

(19200052)  
基盤研究  
(A)

科学リテラシーの涵養に資する科学系博物館の教育事業の開発・体系化と理論構築

小川義和

平成三十三年三月

科学リテラシーの涵養に資する科学系博物館の  
教育事業の開発・体系化と理論構築

(課題番号 19200052)

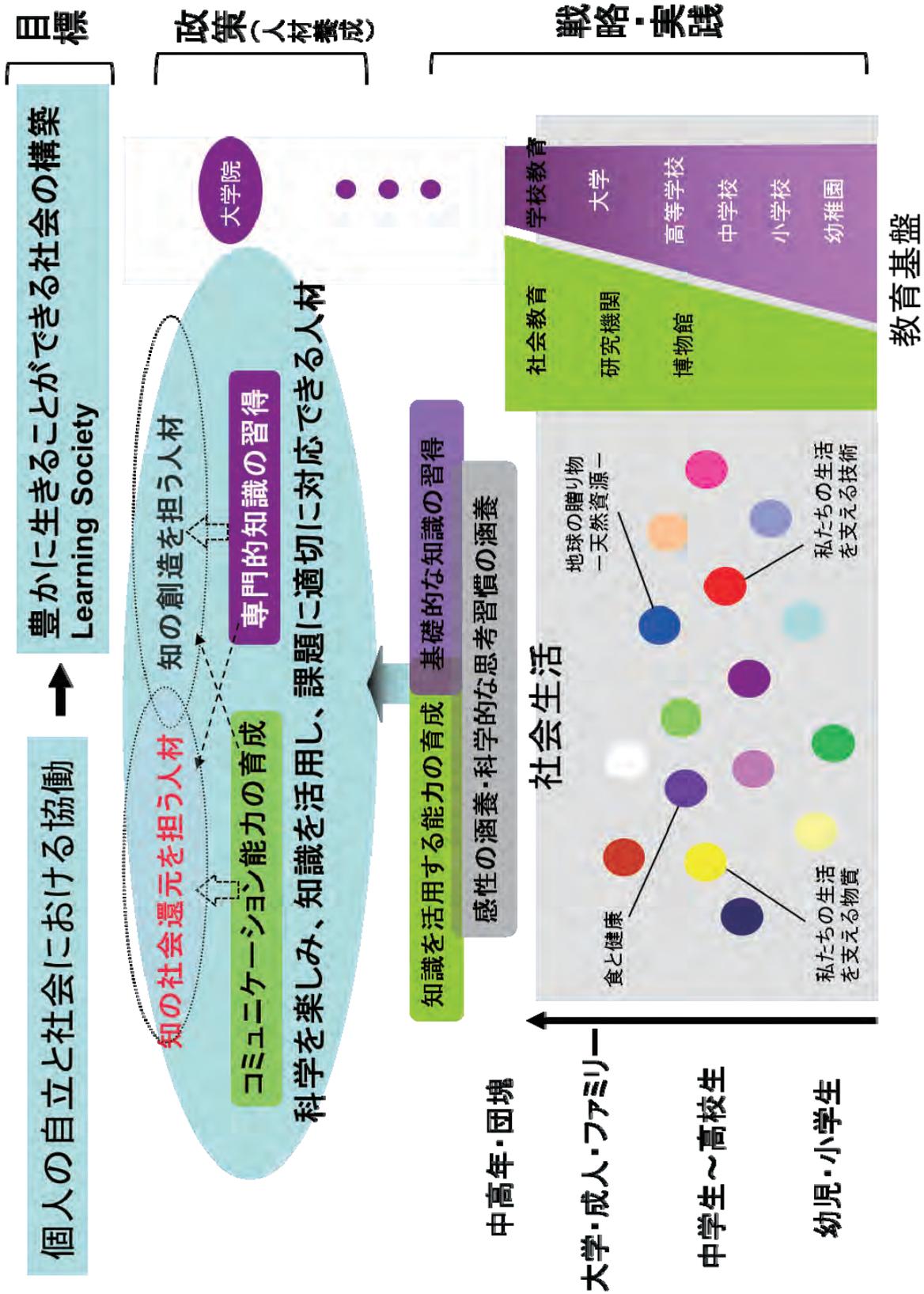


平成 19 年～22 年度科学研究費補助金 (基盤研究 A)

研究成果報告書

平成 23 (2011) 年 3 月

研究代表者 小川 義 和  
(国立科学博物館 事業推進部学習企画・調整課長)



(小川, 2009)を元に作成

## 生命・人間と社会グループ

### テーマ:「食と健康」

生物を生命の営みの根本である「食」の対象としてとらえることでより身近に感じ、その形態や生態の理解、人間の暮らす環境との関わりについて理解を深める。

#### 幼児・小学生

- おいしいぬりえ(P.19)
- 生きもの美肌コレクション(P.19)

普段食卓に上る海の生き物を、展示物のぬりえを通してじっくり観察することで、外部形態の特徴を学ぶと共に、博物館展示の観察の視点が得られるプログラム。



#### 中学生・高校生

- 恐竜発掘地層ケーキをつくろう！(P.65)
- 火山と暮らしの美しい関係(P.75)

「食べる」「調理する」「実験・観察する」という食に関連した多様な体験活動を通して、地質・地層や、火山のメカニズム等、地域の自然環境に対する理解を深めるプログラム。



#### 大学・成人・ファミリー

- われら海岸調査隊～地元の家を知ろう！～(P.119)

身近な海の生物という切り口から、親子が、地域の環境と食と暮らしとの関わりに気づき、理解を深めることをねらいとしたプログラム。



#### 中高年・団塊

- サツマイモから見える食の恵み(P.145)

サツマイモの伝来から普及、品種改良の歴史等について学びながら、日本の風土に合った食文化に対する理解を科学的な面から深めるプログラム。



#### <空間の広がり>

食材(=生物)そのもの → 自分たちの暮らす地域の自然 → 地域の海域から世界へ → 地域に「知」の還元

## 宇宙・地球・環境と社会グループ

### テーマ:「地球の贈り物—天然資源—」

「私たちはどこから生まれ、今どこにいて、これからどこにいくのか」という疑問に自分なりに答えるために、地球環境の課題に対し、科学的に認識し、知識を活用して判断する。

#### 幼児・小学生

- かわらの小石で遊ぼう(P.37)
- かわらの小石で遊ぼう(P.43)～小石のアートにちょうせん！～

石を使った工作を親子で楽しみながら、石の種類や地学的な背景に興味を持つきっかけをつくるプログラム。



#### 中学生・高校生

- めざせ砂金ハンター(P.79)～河原の砂金はどこから来るの？～
- 化石は語る(P.85)～化石が教えてくれる過去の環境～

河原の砂金や化石を切り口に、大地の成り立ちに関する地学的概念を深め、日常生活との関わりに気づかせるプログラム。



#### 大学・成人・ファミリー

- 地球ツアー (P.127)～現在・過去・未来～

学芸員資格取得を目指す大学生が、生物の進化や地球の歴史をテーマとした博物館のガイドツアーを企画・実施するプログラム。



#### 中高年・団塊

- 私たちの暮らしと大地(P.151)

地域の産業や文化と大地の成り立ちの関わりをテーマに、参加者の知識や経験を生かした壁新聞を作成するプログラム。



#### <時間と空間の広がり>

足もとのかわらの石 <今> → 石のふるさと(上流域・地下鉱脈) <数十万年前～現在> → 地球規模で見る生物の進化 <46億年前～現在> → 地域の地学的背景と暮らしの関わり <歴史ある今と、未来へ>

## 物質と社会グループ

テーマ:「私たちの生活を支える物質」

物質と様々な化学変化について、よりミクロな視点を獲得し、概念の理解を深め、広がりを意識することで、日常生活や社会において物質を利活用できるようになる。

幼児・小学生

○“かたち”のはてな?  
(P.49)

レンズ付き下敷きを使った遊びや拡大写真クイズなどを通して、様々な「もの」のかたちや見え方の違いについて興味・関心を高めるプログラム。



中学生・高校生

○鉄を取りだしてみよう(P.91)  
○化学反応は電子が主役(P.95)  
～酸化還元反応～

金属をさびさせたり、めっきを行う実験等を行い、「酸化・還元反応」について実感を伴った理解を深めるプログラム。



大学・成人・  
ファミリー

○あれもこれもカガクヘンカ  
～化学でつながる身近な生活～  
(P.133)

酸・アルカリ、酸化・還元といった代表的な化学変化について、教科書で学んだ知識と身近な生活を結びつけて学ぶプログラム。



中高年・団塊

○子どもと社会をつなぐ展示  
見学シート作り(P.155)

物質に関連した博物館の展示に対する子ども達の関心と理解を深めるためのワークシート作りに挑戦するプログラム。



<概念の理解の深まりと広がり>

ミクロな視点の獲得による科学的な基礎概念の深まり → より専門的に深める  
→ 身近な生活にある事象と結びつけた学び直しによって理解と活用範囲を広げる  
→ 「伝える」活動によって自身への理解を深め、人々につながる楽しみを知る

## 技術と社会グループ

テーマ:「私たちの生活を支える技術」

自らの生活に即した総合的視点に立って、現代社会を支える科学技術の方向を自ら選択できるようになる。

幼児・小学生

○風車でわかる電気エネルギー  
(発電編) (P.53)  
○風車でわかる電気エネルギー  
(省エネ編) (P.59)

風車を使って実際に電気を作る体験を行い、発電のしくみや家庭でのエネルギー消費について体験的に学ぶプログラム。



中学生・高校生

○ロボットをつくってタイムトライアルをしよう(P.101)  
○大きな水の話(P.109)

数種のパーツを組み立ててロボットを製作し、トレードオフの問題を最適化する活動を行ったり、水に関わる科学技術についてその規模の大きさに伴う課題について理解を深めるプログラム。



大学・成人・  
ファミリー

○生活に役立つロボットのモデルをつくろう(P.137)  
○オーロラってどんなもの?  
(P.141)

生活に役立つロボットのデザイン、プログラミング等を通してトレードオフの問題を最適化する活動を行ったり、地球立体表示技術を活用した効果的なサイエンスコミュニケーションのあり方をさぐるプログラム。



中高年・団塊

○家電にみるテクノロジーの過去・未来(P.159)

家電の歴史をふりかえりながら最新の情報家電を体験し、自らが必要とする科学技術についてディスカッションしながら考えを深めるプログラム。



<総合的視点に立つ選択>

生活を支える科学技術を部分ではなく全体としてとらえる活動 → 両立できない事項があることを意識した活動 → 他者を含め対立する要素を意識して組み合わせたり、選択したりしてより良い結果を目指す活動



## は し が き

科学技術の進展で、生活の質が向上し、便利になってきている。同時に、生命倫理問題等に見られるように、一般の人々が直接関係し、対応や判断を迫られる場面が増えるなど、科学技術と一般社会が密接不可分になってきている。一般の人々が科学技術を理解し、判断できるようにする必要がある。また BSE 感染牛の問題等、社会的文脈で取り扱われる科学的諸課題は、科学コミュニティの考え方だけでは判断ができなくなりつつある。このような状況の中、1999 年に開催された世界科学会議では、21 世紀の科学の在り方について議論が行われ、「社会における科学」「社会のための科学」という位置づけが問われている。我が国においても平成 17 年版科学技術白書が現代社会における科学技術の在り方を論じ、科学技術と社会との対話の必要性を指摘している。このような科学の在り方に呼応して、科学教育の在り方も改めて検討する必要がある。

しかし生活が科学技術に依存すればするほど、科学技術による日常生活への恩恵は背景の中に溶け込み人々の科学技術への距離感が遠くなる傾向がある。近年の理科や科学技術に対する人々の理解度と意識に関する国際的な調査によれば、我が国においては児童生徒の理科に関する理解度は概ね国際的に上位に位置するが、関心度は学校段階が高くなるにつれて低くなる傾向がある。成人の科学技術に関する基礎的知識は国際的に低く、その関心度も必ずしも高くない。これらは就学期間における理科の知識や経験が成人段階において定着していないことを暗示している。

人々が豊かに生きることができる社会を構築するため、様々な社会的課題において人々が自立し、適切に対応し、合理的な判断と行動ができる能力が求められている。これは基礎的な知識を社会生活に活用し、課題を解決しようとする科学的な見方や態度を含む総合的な資質・能力を示している。本研究は、このような資質・能力を科学リテラシーと考え、その涵養のために科学系博物館がどのような貢献ができるかを考察するものである。科学リテラシーは総合的な資質・能力であるため、その育成には、各教育機関が連携・協力の上で就学期間以降も含めた長期間にわたる教育が必要である。科学系博物館においてその資質・能力の育成を見極めるためには、児童生徒を含む一般の人々の科学に対する興味・関心を生涯にわたり持続させる継続的な学習環境が不可欠であると考えられる。

本研究は、過去に行った「少年クラブ活動のカリキュラム開発に関する研究」(科学研究費基盤研究(C),平成13~15年度)や「科学コミュニケーターに期待される資質・能力の分析とその養成プログラムに関する基礎的研究」(科学研究費基盤研究(B),平成16~18年度)で明らかになった課題を踏まえ、科学系博物館における科学コミュニケーション活動の目標を定め、生涯学習の観点から指針に沿った教育事業の在り方を考察するものである。本研究は、国内外における学校及び学校外における科学リテラシーの知見を統合し、児童生徒を含む一般の人々を対象とした科学リテラシー涵養のために、博物館特有の資源の活用をも視野に入れた、世代に応じた効果的な学習プログラム(以下プログラムと表記)を開発し、その体系化とモデル化を行うことを目的としている。

本研究では、国立科学博物館の研究者に加え、国内の科学系博物館の研究者および科学教育、生涯学習の研究者並びに政策研究の担当者等からなる研究チームを組織し、科学系博物館を主要な場として科学リテラシー向上に資する教育事業の研究開発と体系化を行った。

本報告書は、4年間の調査研究の成果を取りまとめたものであり、国内外の科学系博物館における科学リテラシー涵養に資するプログラムの開発とその実践報告、海外の関連する事例、研究の評価から構成されている。

第一に、プログラム実践報告として、本研究でこれまでに開発された24のプログラムのねらいと開発の背景、実施概要及び評価を報告した。第二に、海外の事例報告では、プログラム開発に関する理論的な側面として、アメリカを初め、フィンランド、スウェーデン、イギリス、カナダ、オーストラリアの実践的な事例について報告した。第三に、本研究への助言・評価として、本研究に関わる研究者による自己評価及びPISA、英国の21世紀科学等の科学リテラシーの研究者、さらにPCST(Public Communication of Science and Technologyの略で、世界中の科学館関係者、科学ジャーナリスト、科学技術コミュニケーション研究者等が個人の資格で参加している国際的ネットワーク)に代表される海外の学会での意見交換等による外部評価意見を報告した。最後に中間評価と最終的な成果報告としての国際シンポジウムの報告をした。

本研究の成果の一部は、多くの関係者により様々な場面で情報発信され、科学技術政策や国立科学博物館をはじめ、他の博物館・大学等に対して有用な知見を提供しつつある。本研究が開始されてから4年間のうちに、わが国の理科教育や科学技術政策にも大きな変動があり、平成19年度末に小学校と中学校の新学習指導要領が告示された。そこでは、義務教育修了段階における科学リテラシーの必要性が示唆されている。新学習指導要領のねらいを達成するためにも、体験的なプログラムの開発と学習指導要領に応じた体系化が喫緊の課題となっている。また、第4期科学技術基本計画の策定に向けた答申案(仮)(平成22年12月)においては、科学技術に関する社会・国民の理解や関心を深めるためのコミュニケーション活動を一層充実していくとともに、これらの活動を通じて、我が国全体の科学技術リテラシーの向上を図っていくことが強く求められている。科学技術リテラシーの内容については、平成19年度末、「科学技術の智」として公開されている。さらに博物館を取りまく環境が変化し、博物館の社会的役割について改めて問われている。

このような状況も踏まえ、現在までに得られた主な成果を取りまとめたのが本報告である。ここで報告する内容が、国内外の科学系博物館における科学リテラシー涵養に資する教育事業の開発について、いささかでも参考になれば幸いである。

今後博物館に代表される学校外教育と学校教育との境目は次第になくなっていくであろう。我々はそれに備える必要がある。今後わが国が科学技術イノベーション推進の基盤として、国民の科学リテラシーを涵養するためには、就学期間における理科教育と成人段階も含めた科学教育との連続性を構築し、学校、博物館、メディア等、様々な場面において生涯にわたり人々と科学との結びつきを維持していくことが重要である。

調査に快く対応していただいた国内外の大学・博物館の関係者、それに研究代表者を支えてくれた研究分担者、連携研究者、研究協力者、支援研究員の皆様に対し、この場を借りて御礼を申し上げる次第である。

平成23年3月  
研究代表者 小川義和

## 【研究組織】

### 研究代表者

小川 義和 国立科学博物館事業推進部学習企画・調整課長

### 研究分担者

亀井 修 国立科学博物館事業推進部連携協力課長  
岩崎 誠司 国立科学博物館事業推進部学習企画・調整課  
学習企画・調整担当係長  
有田 寛之 国立科学博物館事業推進部学習企画・調整課  
学習企画・調整担当専門職員  
原田 光一郎 国立科学博物館事業推進部連携協力課連携協力担当  
田邊 玲奈 国立科学博物館事業推進部広報・サービス課  
常設展示・展示案内担当

### 連携研究者

松原 聰 国立科学博物館研究調整役兼地学研究部長  
若林 文高 国立科学博物館理工学研究部理化学グループ研究主幹  
永山 俊介 国立科学博物館事業推進部学習企画・調整課  
ボランティア活動・人材育成推進室長  
内尾 優子 国立科学博物館経営管理部研究推進課  
ホットニュース・ニュース展示担当  
小倉 康 国立教育政策研究所教育課程研究センター基礎研究部総括研究官  
北原 和夫 国際基督教大学教授  
小林 辰至 上越教育大学大学院学校教育研究科教授  
山本 恒夫 八洲学園大学長  
渡辺 政隆 科学技術振興機構科学ネットワーク部  
科学コミュニケーションスーパーバイザー

### 研究協力者

前島 正裕 国立科学博物館理工学研究部研究主幹  
久保 晃一 国立科学博物館事業推進部学習企画・調整課学習企画・調整担当  
土屋 実穂 国立科学博物館事業推進部学習企画・調整課学習企画・調整担当  
石井 久隆 千葉県立現代産業科学館普及課上席研究員  
木村 政司 日本大学芸術学部教授  
栗栖 宣博 土浦市立荒川沖小学校教頭  
小池 渉 ミュージアムパーク茨城県自然博物館資料課主任学芸員  
小原 一成 船橋市教育委員会学校教育部学務課課長補佐  
小椿 清隆 千葉県立現代産業科学館普及課上席研究員  
齊藤 昭則 京都大学大学院理学研究科助教  
齊藤 有里加 くにとち郷土文化館学芸員  
先山 徹 兵庫県立人と自然の博物館主任研究員  
高田 浩二 海の中道海洋生態科学館館長  
高橋 みどり 静岡科学館主事  
高安 礼士 財団法人全国科学博物館振興財団公益事業課長  
嶽山 洋志 兵庫県立淡路景観園芸学校講師/景観園芸専門員

田代英俊	財団法人日本科学技術振興財団・科学技術館企画広報室室長
中瀬勲	兵庫県立人と自然の博物館副館長
中村隆	財団法人日本科学技術振興財団・科学技術館企画広報室主任
野田学	名古屋市科学館学芸課天文係長
平田大二	神奈川県立生命の星・地球博物館学芸部部长
前田克彦	北海道教育大学事務局長
丸山義巨	財団法人日本科学技術振興財団・科学技術館科学技術館 事業部副主任
三宅基裕	海の中道海洋生態科学館学習交流課長
矢野真理子	株式会社博報堂

#### 支援研究員

渡邊千秋	国立科学博物館事業推進部学習企画・調整課学習企画・調整担当
------	-------------------------------

## 【研究経費】

平成 19 年度	13,910 (千円)	〔内訳：直接経費 10,700 (千円), 間接経費 3,210 (千円)〕
平成 20 年度	11,700 (千円)	〔内訳：直接経費 9,000 (千円), 間接経費 2,700 (千円)〕
平成 21 年度	10,400 (千円)	〔内訳：直接経費 8,000 (千円), 間接経費 2,400 (千円)〕
平成 22 年度	10,920 (千円)	〔内訳：直接経費 8,400 (千円), 間接経費 2,520 (千円)〕

## 【研究発表】

### 論文発表

- 五島政一, 小林辰至: 教員養成課程学生 of 自然観察的な自然事象への気づきに影響を及ぼす要因の検討, 理科教育学研究, 日本理科教育学会, 日本理科教育学会, 第 51 巻第 2 号, pp.21-27, 2010
- 橋本悦雄・宮脇律郎・松原 聡・重岡昌子: 福島県郡山市手代木から発見された金緑石およびフェナク石の産状. 地学研究, 39巻, 67-75, 2010
- 橋本悦雄・宮脇律郎・松原 聡: 福島県石川町石田産水酸ハーデル石, 地学研究, 39巻, 21-25, 2010
- 平田大二: 自然系博物館の未来②小中学校との連携, 科学, 79(6) :pp. 688-691, 岩波書店, 2009
- 平田大二: 博物館が伝えるべきもの. 科学, 80(3) :pp.225-227, 岩波書店, 2010
- 平田大二・岡田 篤・澤野 誠: 博物館の活用で理科授業を改革するー神奈川県立生命の星・地球博物館での取り組みを通じてー. 理科の教育, 59(3) :pp.13-17, 日本理科教育学会, 2010
- 平田大二: 神奈川県立生命の星・地球博物館ー46 億年の地球の歴史を, 見て, ふれて, 体感する. 理科教室, 4, pp.54-55, 2010
- 金子健治, 小林辰至: The Four Question Strategy(4QS)を用いた仮説設定の指導が素朴概念の転換に与える効果ー質量の異なる台車の斜面上の運動の実験を例としてー, 理科教育学研究, 50(3), pp.67-76, 2010
- 金子健治, 小林辰至, 伊藤明彦, 渡辺一博: 中学生の「斜面上の物体の運動」の指導法に関する研究ー台車を一定の大きさの力で引く実験を取り入れることの効果ー, 理科教育学研究, 50(2), pp. 31-38, 2009
- Matsubara, S., R. Miyawaki, K. Yokoyama, M. Shigeoka, H. Miyajima, Y. Suzuki, O. Murakami and T. Ishibashi, Momoiite and nagashimalite from the Tanohatamine, Iwate Prefecture, Japan. Bull. Natn. Mus. Nat. Sci., Ser C, 36, 1-6, 2010
- 三上戸美, 小川義和, 高田浩二, 高安礼士: サイエンスコミュニケーションの場としての科学系博物館の現状と課題, 日本ミュージアム・マネジメント学会研究紀要, 12, pp. 37-45, 2008
- Mills, S. J., U. Kolitsch, R. Miyawaki, F. Hatert, G. Poirier, A. R. Kampf, S. Matsubara and E. Tillmanns,  $Pb_3Fe^{3+}_2(PO_4)_4(H_2O)$ , a new octahedral-tetrahedral framework structure with double-strand chains. European Journal of Mineralogy, 22, 595-604, 2010
- 三島美佐子, 佐々木圭子, 加留部貴行, 渡辺政隆: ワールド・カフェによる科学コミュニケーションの試み「つどう・かたる・つなぐ～科学と社会の新しい関係づくり～」, 九州大学総合研究所報告, 8, pp.75-82, 2010

- Miyawaki, R., K. Yokoyama and S. Matsubara, Huanzalaite,  $MgWO_4$ , a new mineral species from the Huanzala mine, Peru. *Canadian Mineralogist*, 48, 105-112, 2010
- 並河洋, 藤田敏彦, 小川義和: 分類学者ネットワークと臨海実習を連携した生物多様性に関する研究・教育の試み, タクサ日本動物分類学誌 (*TAXA, Proceedings of Japanese Society of Systematic Zoology*), 26:13-21, 2009
- 小川義和: 国立科学博物館におけるサイエンスコミュニケーター養成実践講座, 博物館研究, 42 (9), pp. 8-11, 2007
- 小川義和: 科学博物館と大学との連携による大学生の科学リテラシー向上への取り組み, 化学と教育, 56(7), pp. 324-327, 2008
- 小川義和, 亀井修, 中井紗織: 科学系博物館と大学との連携によるサイエンスコミュニケーター養成の現状と課題, 科学教育研究, 31(4), pp. 328-339, 2008
- 小川義和: 科学系博物館と大学の連携による人材養成プログラムの課題と展望～米国の科学系博物館における教員養成・研修プログラムを事例に～, 科学技術コミュニケーション (*Journal of Science Communication*), 5, pp. 69-78, 2009
- 小川義和: 科学系博物館における教員免許更新状講習～教員の博物館リテラシー向上への取り組み～, 博物館研究, 44(5), pp. 17-19, 2009
- 小川義和: 「教員のための博物館の日」の取り組み, 博物館研究, 45(11), pp. 6-8, 2010
- 小川義和: 社会とつながる科学教育-地域の資源を活用した地学教育から考える-, 第四紀研究, 印刷中, 2011
- 荻原庸平, 小林辰至: 月の運行モデル教材と観測を組み合わせた学習が月の見え方の理解に及ぼす効果—初等教員養成課程の学生を対象として—, 理科教育学研究, 50(3), pp.43-56, 2010
- 荻原庸平, 小林辰至: 小学校教員養成課程学生の天文に関する体験及び興味・関心が天体の運行に関する理解に及ぼす影響, 理科教育学研究, 日本理科教育学会, 第51巻第2号, pp.1-9, 2010
- 小倉康: 国際的動向をふまえたカリキュラム『科学』(岩波書店) 80 巻, 5 号, pp.523-526, 2010
- 小倉康: 学習意欲の向上を図り, 生きる力を育む理科の指導『中等教育資料』(文部科学省教育課程課編, 東洋館出版社) 第 878 号, pp.10-15, 2009
- 高橋みどり, 小川義和, 原田光一郎, 松原聰, 栗栖宣博, 小池渉: 科学系博物館における科学リテラシーの涵養に資する教育活動評価法開発の試み～ 幼児向けプログラムを例として, 科学教育研究, 32(4), pp. 392-404, 2008
- Tsutsumi, Y., K. Yokoyama, R. Miyawaki, S. Matsubara, K. Terada and H. Hidaka, Ages of zircons in jadetite and jadeite-bearing rocks of Japanese Islands. *Bull. Natn. Mus. Nat. Sci., Ser C*, 36, 19-30, 2010
- 山本恒夫: ヒューマン e ラーニングの構造『「e ラーニングに適した教授法および教材開発の研究」報告書』八洲学園大学生涯学習学部人間開発教育課程, pp.59-62, 2009
- 山本恒夫: 日本生涯教育学会 30 年と生涯学習研究, 日本生涯教育学会年報第 30 号『生涯学習研

- 究 30 年-軌跡と展望-』, pp.3-17, 2009
- 山本恒夫：生涯学習研究の対象と方法，日本生涯教育学会編『生涯学習研究 e 事典』  
(<http://ejiten.javea.or.jp/>)，2009
- 山本恒夫：生涯学習事象・関係論，日本生涯教育学会編『生涯学習研究 e 事典』  
(<http://ejiten.javea.or.jp/>)，2009
- 山本恒夫：・公理論法，日本生涯教育学会編『生涯学習研究 e 事典』(<http://ejiten.javea.or.jp/>)，2009
- 山本恒夫：生涯学習支援のための大学 e ラーニング，オンラインジャーナル「メディア教育研究」  
第 6 巻第 1 号，放送大学 ICT 活用・遠隔教育センター，S1-S5，[http://www.code.u-air.ac.jp/  
media/vol6no1](http://www.code.u-air.ac.jp/media/vol6no1)，2009
- 山本恒夫：ヒューマン e ラーニングにおける個別対応について、『「e ラーニングに適した教授法  
および教材開発の研究 2」報告書』八洲学園大学生涯学習学部人間開発教育課程，pp. 65-66，  
2010
- 山本恒夫：事象解明のための共通式の活用，八洲学園大学紀要第 6 号，pp. 1-6，2010
- 山本恒夫：ガイドラインの種類と計画におけるガイドラインについて，日本生涯教育学会論集 31  
(2010 年度)，pp. 157-159，2010
- 山本恒夫：生涯学習振興行政の役割，『新訂 生涯学習概論ハンドブック』国立教育政策研究所社  
会教育実践研究センター，pp. 28-31，2010
- 山本恒夫：社会教育における学習成果の評価と活用，国立教育政策研究所社会教育実践研究セン  
ター編『社会教育計画ハンドブック』同センター，pp. 110-119，2010
- 山本恒夫：学習成果の評価・認証，浅井経子編著『生涯学習概論－生涯学習社会への道－』理想  
社，pp. 189-196，2010
- 吉山泰樹，小林辰至：中学生の日常生活での因果関係に関与する経験及び認識の傾向の類型化－  
見通しをもって探究する能力を育成するために－，理科教育学研究，日本理科教育学会，  
第 51 巻第 2 号，pp.125-133，2010

## 図書

- 千葉和義他編著，小川義和他 12 名共著：サイエンスコミュニケーション 科学を伝える 5 つの技  
法，日本評論社，237 ページ，2007
- ジョージハイン著鷹野光行監訳，小川義和他 7 名共訳：博物館でまなぶ，同成社，287 ページ，  
2010
- 日本展示学会編，小川義和，高田浩二，高安礼士，有田寛之他共著：展示論，雄山閣，225 ペー  
ジ，2010
- 河野義章編著，小川義和他 11 名共著：教育フィールド開発 豊かな教育体験活動のために，学芸  
図書，214 ページ，2008
- 松原 聰：鉱物ウォーキングガイド全国版，丸善，167 ページ，2010

松原 聰（監修）：鉱物・岩石紳士録，学研，206 ページ，2010

岡田厚正，高安礼士，亀井修，前島正裕，西川稔（共著）：産業技術誌 科学・工学の歴史とリテラシー，裳華房，170ページ，2010

清水誠，熊野善介編著，小川義和他 16 名共著：新学習指導要領の指導事例 新中学校理科・重点指導項目の実践開発，明治図書，128 ページ，2009

山本恒夫，浅井経子，伊藤康志（共編著）：生涯学習支援実践講座・第 I 単元コーディネートの理解と技術，社会通信教育協会，141 ページ，2009

## 学会等発表

Arita-Kikutani Hiroyuki, Yoshikazu Ogawa, Tomotsugu Kondo, Atsushi Kasao, Koji Takada, Midori Takahashi: Coloring in pictures at Science Museum: Facilitating Sensitivity Toward Science in a Creative Way, The 10<sup>th</sup> Conference of Public Communication of Science and Technology, June, 2008

原田 明・山田 隆・松原 聰・宮脇律郎・重岡昌子・宮島 宏・桜井 浩：長野県茅野市金鶏鉱山産ビスマスの二次鉱物. 日本鉱物科学会 2010 年度年会，R1-07，2010

原田光一郎，小川義和：「中高生・アフタースクールプログラム」展示製作を通じた青少年の科学リテラシー涵養，日本科学教育学会第 33 回年会（同志社女子大学）日本科学教育学会年会論文集，33，pp. 451-452，2009.8.26

亀井修：小学校教員を目指す非理系学生の理科指導力向上を通じたリテラシーの涵養，日本ミュージアムマネジメント学会第 15 回大会，2010.6.6，国立科学博物館

亀井修，永山俊介，高橋みどり，齊藤昭則：科学系博物館における科学リテラシー涵養活動を目指した学習プログラム事例①「大きな水の話」，日本科学教育学会第34回年会（広島大学），日本科学教育学会年会論文集，255-256，2010.9.12

亀井修，永山俊介，渡辺千秋，高橋みどり：「博物館と大学の連携による人材育成プログラム実施システム -非理系学生の理科指導能力向上を通じた科学リテラシーの涵養-」，日本科学教育学会年会論文集，34:359-360，2010

亀井修，「ミュージアムリテラシー・地域との連携の可能性 - 上野の街と連携した『国際博物館の日』記念事業・ミュージアムウィークの事例から -」，JMMA 基礎部門研究部会平成21年第1回研究会，大妻女子大学，2010.8.21

亀井修，永山俊介，渡辺千秋，高橋みどり，「博物館と大学の連携による小学校教員養成支援プログラム～大学生の理科指導能力向上を通じた科学リテラシーの涵養～，国際シンポジウム：社会とつながる科学教育～博物館における科学リテラシー涵養活動の体系と人材育成～ Science Education Connecting with Society，国立科学博物館，2010.11.23

亀井修，「文化としての科学リテラシー 社会連携と人材育成の視点から」，地域における科学コミュニケーション，21 世紀科学教育の創造2010 - 科学コミュニケーションのグランドデザイン，東京大学農学部一条ホール/アネックス，2010.12.18

北原和夫：「科学技術の智」と博物館への期待，日本科学教育学会第34回年会（広島大学），日本科学教育学会年会論文集，pp.247-254，2010.9.12

草地 功・宮脇律郎・横山一己・重岡昌子・松原 聰・田中崇裕・田邊満雄：岡山県高梁市布賀鉱山産 jacquesdietrichite. 日本鉱物科学会 2010 年度学術講演会, R1-12, 2010

松原 聰・宮脇律郎・重岡昌子・杉山和正・毛利孝明・中原理栄・岡井 隆：山口県長門市川尻産 offretite. 日本鉱物科学会 2010 年度学術講演会, R1-08, 2010

松原 聰・宮脇律郎・横山一己・重岡昌子・原田 明・山田 隆・川島和子・清水孝一・宮島 浩：長野県茅野市向谷鉱山産 Bi-Te 系鉱物. 日本鉱物科学会 2010 年度学術講演会, R1-09, 2010  
宮島 宏・松原 聰・宮脇律郎：新潟県糸魚川産ストロンチアン石. 日本鉱物科学会2010年度学術講演会, R1-06, 2010

宮島 宏・百瀬孝仁・大塚 勉・那須野雅好・遠藤公洋・赤羽久忠・松原 聰・宮脇律郎：長野県安曇野市中房温泉産タマルガ石. 日本鉱物科学会2010年度学術講演会, R1-P07, 2010

宮脇 律郎・重岡 昌子・横山 一己・松原 聰・小林寿宣：福島県水晶山産のTaに富むβフェルグソン石. 日本鉱物科学会2010年度年会, R1-10, 2010

Miyawaki, R., H. Shimazaki, K. Yokoyama, S. Matsubara, Z. Yang & M. Shigeoka,  
Fluorotetraferriphlogopite and fluorokinoshitalite: New species of fluoro-micas from Bayan Obo, Inner Mongolia, China. IMA2010 (Budapest), GM75 R, 2010

永山俊介, 亀井修, 高橋みどり, 下出朋美, 水野麻衣子, 太田真由加：外部の挙行く資源を効果的に活用する科学リテラシー向上プログラムの開発ー「小学校教員を目指す文系学生のための理科講座」の実践を通してー, 日本理科教育学会第60回全国大会 (山梨大学), 2010.8.8

永山俊介・亀井修・小川義和・太田真由加・下出朋子・水野麻衣子・高橋みどり, 「外部の教育資源を活用する科学リテラシー向上プログラムの開発ー『小学校教員を目指す文系学生のための理科講座』の実践を通して」, 第60回全国日本理科教育学会, 2010.8.7-8

小川義和：ミュージアム・リテラシーを涵養する博物館運営, 日本ミュージアム・マネジメント学会第14回大会シンポジウム ミュージアム・リテラシー - 学校と博物館 -, 東京家政学院大学, 2009.6.6

小川義和：ミュージアム・リテラシーがもたらす博物館経営のこれから, 日本ミュージアム・マネジメント学会基礎部門研究部会平成21年度第1回研究会, 科学技術館, 2009.7.14

小川義和：利用者側からの視点「ミュージアム・リテラシー」をどうとらえるか, 日本ミュージアム・マネジメント学会基礎部門研究部会平成21年度第2回研究会, 東京国立近代美術館, 2009.10.25

小川義和：科学リテラシーの共有にむけて-サイエンスアゴラへの期待-, サイエンスアゴラ総括シンポジウム, 日本科学未来館, 2009.11

小川義和：教員の生涯学習の場としての博物館の役割ー科学リテラシーの涵養の観点からー, 基盤研究 (B) ミニシンポジウム 博物館と大学の連携による人材育成プログラム実施システムー小学校教員を目指す非理系学生の理科指導力向上を通じた科学リテラシーの実現ー, 国立科学博物館, 2010.1

小川義和：サイエンスコミュニケーションの未来-サイエンスアゴラへの期待-ミニサイエンスアゴラ 2010@東京, JST 東京本部 (サイエンスプラザ), 2010.2

- 小川義和：博物館側からの視点「ミュージアム・リテラシー」をどうとらえるか，日本ミュージアム・マネジメント学会基礎部門研究部会平成 21 年度第 3 回研究会，東京都美術館，2010.2
- 小川義和・原田光一郎：科学リテラシー涵養の資する教育事業の体系化の枠組みと学習プログラムの開発～中高生・アフタースクールプログラムを事例に～，全日本博物館学会第36回研究大会（明治大学）発表要旨集，pp. 31-32，2010.6
- 小川義和：社会とつながる科学教育，日本第四紀学会シンポジウム「学校教育で地学は生き残れるか：学会と教育現場との連携に向けて」，2010.6
- 小川義和：科学系博物館における科学リテラシーの実装と課題，日本科学教育学会第34回年会（広島大学），日本科学教育学会年会論文集，pp. 251-254，2010.9.12
- 小川義和：社会とつながる科学教育～学校外教育施設の活用とこれからの理科教育～長崎大学コアサイエンスティーチャー事業，長崎市科学館，2010.9
- 小川義和：サイエンス，社会，そして人，サイエンスアゴラ閉幕セッション，東京国際交流館 2010.11
- Ogawa Yoshikazu, Takahashi Midori, Arita-Kikutani Hiroyuki: Development of an Educational Program Framework for Science Museum to Nurture Public Science Literacy, The 10<sup>th</sup> Conference of Public Communication of Science and Technology, June, 2008
- Ogawa Yoshikazu, Arita Hiroyuki, Watanabe Chiaki, Nagayama Shunsuke Development of a Framework to Foster Science Literacy in the Science Museum Setting. 2010 Association of Science-Technology Centers Annual Conference, Bishop Museum (Honolulu, Hawaii, USA), October, 2010
- Ogawa Yoshikazu, Watanabe Chiaki, Arita Hiroyuki, Takahashi Midori: Development of an Educational Program Framework for Science Museum to Foster Public Science Literacy, The 11<sup>th</sup> Conference of Public Communication of Science and Technology, NASC Complex (New Delhi, India), December, 2010
- 小倉康：「理科における技術的問題解決能力の育成」『レゴ エデュケーション カンファレンス 2010』（レゴエデュケーションジャパン），東京，2010.6.20
- 小倉康：「科学技術と教育を考える 科学技術はなぜ『理科』から消えたのか」『科学技術と社会安全の関係を考える市民講座 2009』（東京大学グローバル COE 「世界を先導する原子力教育研究イニシアチブ」），東京，2010.1.16
- 小倉康：「PISA から見える日本の科学リテラシー」『第 17 回「化学教育フォーラム」』（日本化学会化学教育協議会），大阪，2010.3.27
- 高橋みどり，渡邊千秋：科学系博物館における科学リテラシー涵養を目的とした学習プログラムの評価手法，日本科学教育学会第34回年会（広島大学），日本科学教育学会年会論文集，pp. 261-262，2010.9.12
- 高橋みどり，亀井修，石井久隆，小椿清隆，小川義和：科学系博物館における科学リテラシー涵養を目指した学習プログラムの可能性と評価の試み(2)～評価ツール作成までの方法論構築を目指して，日本科学教育学会第 33 回年会（同志社女子大学）日本科学教育学会年会論文集，33，pp. 457-458，2009.8.26
- 高橋みどり，齊藤昭則，亀井修：「地球立体表示システム“ダジック・アース”を用いた科学系博

- 物館教育におけるプログラムの可能性」, 日本科学教育学会年会論文集, 34: 471-471, 2010
- 田邊玲奈, 若林文高, 岩崎誠司, 高橋みどり, 小川義和, 田代英俊, 野田学: 科学系博物館における科学リテラシー涵養のための学習支援活動の取り組み-国立科学博物館幼児向け学習プログラムを事例に-日本科学教育学会第33回年会(同志社女子大学), 日本科学教育学会年会論文集, pp. 489-490, 2009. 8.26
- 田代英俊, 田邊玲奈, 若林文高, 岩崎誠司, 永山俊介, 小川義和, 高橋みどり, 野田学: 科学系博物館における科学リテラシー涵養活動を目指した学習プログラム事例②「あれもこれもカガクヘンカ〜化学でつながる身近な生活〜」, 日本科学教育学会第34回年会(広島大学), 日本科学教育学会年会論文集, pp. 257-260, 2010.9.12
- 高安礼士: 「科学リテラシーとカリキュラム開発 “教科をつなぐ理科”」, 初等理科教育, pp. 14-17, 農山漁村文化協会, 2010.8
- Uchio Yuko, Ogawa Yoshikazu: The Issues on Providing the Scientific Information to the Public from the Science Museums, The 10<sup>th</sup> Conference of Public Communication of Science and Technology, June, 2008
- 渡辺政隆: 科学を文化として社会に浸透させるために, 日本科学教育学会第33回年会(同志社女子大学), 日本科学教育学会年会論文集, pp. 49-50, 2009. 8.
- 渡辺政隆: 連携から生まれるもの〜科学系博物館の潜在力, 全国科学博物館協議会第17回研究発表大会, 仙台市科学館, 2010.2.26
- 渡辺政隆: 科学リテラシー涵養活動のあり方, 日本科学教育学会第34回年会(広島大学), 日本科学教育学会年会論文集, pp. 263-264, 2010.9.12
- Watanabe Masataka: Science Communication in Japan, 2009 年科学傳播國際研討會(台北), February, 2009
- Watanabe Masataka: New wine must be put into new wineskins: The New Key Word Science Communication has changed PUST Policy in Japan, The 11<sup>th</sup> Conference of Public Communication of Science and Technology, NASC Complex (New Delhi, India), December, 2010
- Watanabe Masataka: On Japan's Ways of Science Communication, 2010 AAAS Annual Meeting (San Diego Convention Center, USA), February 20, 2010
- Watanabe Masataka: How to nurturing science literacy and promoting science communication, The 1st Asia Science Educator Academy, Seoul, August, 2010

## 報告等

- 平田大二: サンフランシスコ&デンバー科学博物館訪問記. 神奈川県博物館協会報, (81), pp. 53-63, 2010
- 小原一成, 石井久隆: 教育用レゴマインドストーム NXT<sup>®</sup>を活用した科学館における学習プログラムの開発 II, 千葉県立現代産業科学館研究報告第 16 号, 2010
- 小椿清隆, 石井久隆, 吉野健一: 教育用レゴマインドストーム NXT<sup>®</sup>を活用した科学館における学習プログラムの開発, 千葉県立現代産業科学館研究報告第 15 号, 2009

- 小川義和：科学リテラシーと科学系博物館，科学，岩波書店，78(3)，pp. 343-345，2008
- 小川義和：科学教育研究とサイエンスコミュニケーション，科学教育研究，31(4)，pp. 193-194，2008
- 小川義和：科学コミュニケーションの広がりとは博物館活動ーミュージアムコミュニケーションのすすめー，科学におけるコミュニケーション2007，葉山高等研究センター研究プロジェクト「人間と科学」研究課題「科学におけるコミュニケーション」報告書，総合研究大学院大学，pp. 33-47，2008
- 小川義和：第2分野第7項目の基本的な考え方と内容-持続可能な社会の構築のための総合的な能力の育成-，理科の教育，57(673)，pp. 54-57，2008
- 小川義和：報告 21世紀を豊かに生きるための「科学技術の智」，日本学術会議科学と社会委員会科学力増進分科会，2008
- 小川義和・小島道裕・近藤雅樹・平田光司：特集博物館と研究 博物館における研究・教育のあり方を探る，総研大ジャーナル，総合研究大学院大学，pp. 4-9，2008
- 小川義和：バランスのとれた教育，全国学習塾協会創立20周年記念誌『絆 きずな』，pp. 49-51，2008
- 小川義和：理科第1，2分野で共通の学習内容が登場，楽しい理科授業，明治図書，No. 508，pp.49，2008
- 小川義和，縣秀彦：科学系博物館におけるキャリア教育，21世紀型科学教育の創造V - キャリアを拓く科学教育 - 集録，pp. 29-41，2008
- 小川義和：学芸員養成の充実方策について これからの博物館の在り方に関する検討協力者会議第2次報告書，これからの博物館の在り方に関する検討協力者会議，pp. 30，2009
- 小川義和：つながる知の創造，文部科学省教育課程課編集中等教育資料，ぎょうせい，4月号，pp. 40-41，2009
- 小川義和：共に楽しみ共に学び共に育てる，「学び」，池田学園，第34号，pp. 46-47，2009
- 小川義和：コミュニケーションの担い手を育てる その② 大学と連携した国立科学博物館の試み，ミルシル，2(3)，pp. 30-31，2009
- 小川義和：科学系博物館の現状と今後の活動展開，教室の窓，東京書籍，pp. 28-30，2009
- 小川義和：ミュージアム・リテラシーを涵養する博物館運営，日本ミュージアム・マネジメント学会会報 No.53, Vol.14, No.2, pp. 10-11，2009
- 小川義和：新学習指導要領と博物館の利用，博物館研究，458(1)，pp. 2-5，2010
- 小川義和：「科学技術の智」プロジェクトを進める，日本教育，財団法人日本教育会，No.390，pp. 5，2010
- 小川義和：科学系博物館における教員の養成と研修の課題，理科の教育，日本理科教育学会編集，東洋館出版社，59(697)，pp. 20-25，2010

斎藤靖二, 加藤真, 小川義和 : 博物館の未来 - 自然系博物館から考える, 科学, 岩波書店, 79(4), pp. 420-428, 2009

山本恒夫 : 平成 20 年度の国における社会教育・生涯学習振興行政の成果と今後の課題, 「社会教育」No.753, 第 64 巻第 3 号, pp. 8-11, 2009

山本恒夫 : 第 6 章 提言～遠隔社会教育研修の実効性と今後の展開～, 『平成 20 年度インターネットを活用した研究セミナー等に関する調査研究報告書』所収、国立教育政策研究所社会教育実践研究センター, pp. 35-36, 2009

山本恒夫 : 第 3 章 1 社会教育計画における計画と評価の体系, 『平成 20 年度 地方公共団体における社会教育計画等の策定及び評価に関する調査研究報告書』, 国立教育政策研究所社会教育実践研究センター pp. 13-15, 2009

山本恒夫 : インターネットライブ授業の大学から, 「視聴覚教育」平成 21 年 9 月号, pp. 4-5, 2009

山本恒夫 : 社会教育法 60 周年とこれからの課題, 文部科学時報, No. 1607, pp. 10-11, 2009

山本恒夫 : 第二の変動期, 「社会教育」No.765, 第 65 巻第 3 号, pp. 4-5, 2009

山本恒夫 : 社会人対象のインターネット・ライブ通信制大学における経営, 私学経営, No.423, 平成 22 年 5 月号, pp. 22-28, 2009

山本恒夫 : 第 6 章 インターネットを活用した遠隔社会教育研修の今後の展望, 『平成 21 年度インターネットを活用した研究セミナー等に関する調査研究報告書』, 国立教育政策研究所社会教育実践研究センター, pp. 56-57, 2010

山本恒夫 : これまでの生涯学習振興と今後の生涯学習の展開, 文部科学時報平成 22 年 11 月号, pp. 35-37, 2010

## 表彰

<日本科学教育学会第 33 回年会 年会発表賞>

高橋みどり, 亀井修, 石井久隆, 小椿清隆, 小川義和 : 科学系博物館における科学リテラシー涵養を目指した学習プログラムの可能性と評価の試み(2)～評価ツール作成までの方法論構築を目指して, 日本科学教育学会第 33 回年会 (同志社女子大学) 日本科学教育学会年会論文集, 33, pp. 457-458, 2009.8.26

田邊玲奈, 若林文高, 岩崎誠司, 高橋みどり, 小川義和, 田代英俊, 野田学 : 科学系博物館における科学リテラシー涵養のための学習支援活動の取り組み-国立科学博物館幼児向け学習プログラムを事例に-日本科学教育学会第33回年会 (同志社女子大学), 日本科学教育学会年会論文集, pp. 489-490, 2009. 8.26



## 目次

I 研究の概要	小川義和
1. 研究の目的と背景	1
2. 研究計画	2
3. 研究活動の概要	3
II プログラム開発と実践	
1. プログラムの開発	13
2. プログラムの実践報告	
2-1. 幼児・小学生向けプログラム	
2-1-1. おいしいぬりえ／生きもの美肌コレクション ～科学系博物館の展示を活用したぬりえの開発～	19
有田寛之, 高橋みどり, 高田浩二, 三宅基裕	
2-1-2. 恐竜キャンプ ～展示室に宿泊する英語学習プログラムの開発～	29
有田寛之, 高橋みどり	
2-1-3. かわらの小石で遊ぼう	37
原田光一郎, 松原 聡, 栗栖宣博, 高橋みどり	
2-1-4. かわらの小石で遊ぼう ～小石のアートにちょうせん！～	43
原田光一郎, 松原 聡, 栗栖宣博, 小池渉, 高橋みどり	
2-1-5. “かたち”のはてな？	49
田邊玲奈, 田代英俊, 若林文高, 野田学, 高橋みどり	
2-1-6. 風車で分かる電気エネルギー(発電編)	53
亀井修, 田代英俊, 丸山義巨, 高橋みどり, 中村隆	
2-1-7. 風車で分かる電気エネルギー(省エネ編)	59
亀井修, 田代英俊, 丸山義巨, 高橋みどり, 中村隆	
2-2. 中学生・高校生向けプログラム	
2-2-1. 恐竜発掘地層ケーキをつくろう！	65
有田寛之, 高橋みどり, 先山 徹, 嶽山洋志	
2-2-2. 恐竜発掘地層ケーキをつくろう！ 事後評価	73
有田寛之, 高橋みどり, 先山 徹, 嶽山洋志	
2-2-3. 火山と暮らしのおいしい関係	75
有田寛之, 高橋みどり	
2-2-4. めざせ砂金ハンター ～河原の砂金はどこから来るの？～	79
原田光一郎, 松原 聡, 平田大二, 高橋みどり	
2-2-5. めざせ砂金ハンター ～河原の砂金はどこから来るの？～ 外部からの評価	83
高橋みどり, 原田光一郎, 平田大二	
2-2-6. 化石は語る ～化石が教えてくれる過去の環境～	85
原田光一郎, 松原 聡, 平田大二, 高橋みどり	
2-2-7. 鉄を取りだしてみよう	91
若林文高, 岩崎誠司, 高橋みどり, 田代英俊, 丸山義巨	
2-2-8. 化学反応は電子が主役 ～酸化還元反応～	95
若林文高, 岩崎誠司, 高橋みどり, 田代英俊	
2-2-9. ロボットをつくってタイムトライアルをしよう	101
亀井修, 高橋みどり, 小椿清隆, 石井久隆	
2-2-10. 大きな水の話	109
亀井修, 高橋みどり, 齊藤昭則, 矢野真理子	
2-3. 大学生・成人・ファミリー向けプログラム	
2-3-1. われら海岸調査隊 ～地元の海を知りつくそう！～	119

	有田寛之, 高橋みどり, 高田浩二, 三宅基裕	
2-3-2. 地球ツアー ～現在・過去・未来～	平田大二, 松原 聡, 原田光一郎, 高橋みどり	127
2-3-3. あれもこれもカガクヘンカ ～化学でつながる身近な生活～	田邊玲奈, 若林文高, 岩崎誠司, 高橋みどり, 永山俊介, 田代英俊, 野田学	133
2-3-4. 生活に役立つロボットのモデルをつくろう	亀井修, 永山俊介, 高橋みどり, 石井久隆, 小原一成	137
2-3-5. オーロラってどんなもの?	亀井修, 永山俊介, 高橋みどり, 斉藤昭則	141
2-4. 中高年・団塊向けプログラム		
2-4-1. サツマイモから見える食の恵み	有田寛之, 小池涉, 土屋実穂, 渡邊千秋	145
2-4-2. 私たちの暮らしと大地	先山徹, 原田光一郎, 久保晃一, 渡邊千秋	151
2-4-3. 子どもと社会をつなぐ展示見学シート作り	岩崎誠司, 田邊玲奈, 若林文高, 田代英俊, 野田学, 渡邊千秋	155
2-4-4. 家電にみるテクノロジーの過去・未来	亀井修, 永山俊介, 前島正裕, 田代英俊, 渡邊千秋	159
III プログラムの評価	小川義和, 高橋みどり	163
IV 海外調査報告		
1. アメリカ合衆国における科学リテラシー涵養のための学習プログラムの調査	小川義和, 高安礼士, 有田寛之	175
2. 米国西海岸 科学リテラシー涵養のための体系的科学教育プログラム調査報告	原田光一郎, 渡辺政隆	181
3. フィンランド・スウェーデンにおける科学リテラシー涵養のための学習プログラムの調査	小川義和, 高橋みどり	191
4. 第10回科学・技術についての市民とのコミュニケーションに関する国際会議(PCST-10) 参加報告	内尾優子, 小川義和, 高橋みどり, 有田寛之	201
5. イギリス・カナダにおける科学リテラシー涵養のための学習プログラムの調査	小川義和, 高橋みどり	207
6. 第11回科学・技術についての市民とのコミュニケーションに関する国際会議(PCST-11) 参加報告	有田寛之, 渡邊千秋	215
V 本研究に関する自己評価及び外部からの助言・評価		
1. 第2回研究会(平成19年度)～世代の分類とプログラムの体系化議論のまとめ	小川義和, 高橋みどり	217
2. 第3回研究会(平成20年度)～プログラムの体系化へ向けて議論のまとめ	小川義和, 高橋みどり	221
3. プログラムの体系化・評価に関する外部からの意見のまとめ	小川義和, 高橋みどり	225
4. 第10回科学・技術についての市民とのコミュニケーションに関する国際会議(PCST-10)		

議論の要旨	229
小川義和, 高橋みどり	
5. 第4回研究会(平成21年度)～プログラムの体系化へ向けて議論のまとめ	231
小川義和, 高橋みどり	
6. 第5回研究会(平成22年度)～調査研究の総括に向けて議論のまとめ	233
小川義和, 渡邊千秋	
VI まとめ	235
小川義和	
資料 国際シンポジウム開催報告	
1. 科学リテラシー涵養のための博物館における教育事業のあり方 ～世代と領域を踏まえた体系化の試み～(平成21年6月13日開催)	資 1
2. 社会とつながる科学教育 ～博物館における科学リテラシー涵養活動の体系と人材育成～ (平成22年11月23日開催)	資 85



# I 研究の概要



## 研究の概要

国立科学博物館 小川義和

### 1. 研究の目的と背景

本研究は、国内外における学校及び学校外における科学リテラシーの知見を統合し、児童生徒を含む一般の人々を対象とした科学リテラシー涵養のために、博物館特有の資源を活用し、世代に応じた効果的な学習プログラム（以下プログラムと表記）を開発し、その体系化とモデル化を行うことを目的としている。

米国、英国、カナダ、オーストラリア等においては、科学教育の目標として科学リテラシーを掲げており、一部地域においては FOSS (Full Option Science System) や GEMS (Great Explorations in Math and Science) などの特徴的なプログラム体系があるが、主として就学期間や義務教育修了段階を前提とした研究やプログラム開発にとどまっている。国内の関連する研究は、主に上記の国々の科学リテラシー研究の動向の紹介やその文化的考察等に関するものであり、結果として就学期間における科学リテラシーを対象にしており、市民一般を対象にした研究事例は少ない。

科学リテラシーは総合的な資質・能力であるため、その育成には、就学期間以降も含めた長期間にわたる教育が必要であり、科学系博物館においてその資質・能力の育成を見極めるためには、児童生徒を含む一般の人々の科学に対する興味・関心を生涯にわたり持続させる継続的な学習環境が不可欠であると考えられる。

博物館における体験的な活動の意義については、米国において研究事例（例えば Falk & Dierking, 2000）が見られ、わが国においても小倉や小川らの報告（小倉, 2005 及び小川, 下條, 2003）等があり、総じて体験的な活動が子ども達の興味・関心を高めたり、博物館での記憶を強化したりするものと考えられている。しかしその体験の質、理論的背景、体験が人々の生活に及ぼす影響さらには各世代の特性に応じた体験活動の体系性等に関しては、十分に研究されているとは言えない。

研究代表者は、平成 13 年～15 年度において「科学系博物館における少年クラブ活動のカリキュラム開発に関する研究」(科学研究費基盤 (C)) を行い、科学系博物館において児童生徒を対象とした問題解決能力の養成を目的とした継続的な学習活動のカリキュラムを開発し、その特性を明らかにした。その結果、我が国においては学校と博物館が連携したカリキュラムを開発するための人材養成の機会がほとんどなく、博物館と大学との連携による人材養成プログラムの開発が喫緊の課題であった。また生涯学習の観点から、成人を対象にした学習プログラムの必要性、活動の適時性、階層性、順序性の考慮、さらにはそれらを踏まえた活動体系の指針の確立が大きな課題として残された。

そこで研究代表者は、平成 16 年度～18 年度において「科学コミュニケーターに期待される資質・能力の分析とその養成プログラムに関する基礎的研究」(科学研究費基盤 (B)) を実施し、オーストラリア大学等と協力して、対話型科学技術社会における科学コミュニケーターの位置づけやその資質・能力並びに科学系博物館と大学が連携した養成プログラムの在り方について明らかにした。この研究成果は科学技術政策にも生かされ、国立科学博物館や大学等における科学コミュニケーター養成講座に対して基本的な指針の一つとなっている。

一方、一般市民を対象とした科学リテラシーの在り方については、研究代表者及び連携研究

者の北原和夫・小倉康・渡辺政隆らが参画した「科学技術リテラシー構築のための調査研究」において、成人段階を念頭において日本人が持つべき科学技術リテラシー像として明文化がされている。

このように科学系博物館や大学を中心として、人々と科学をつなぐ科学コミュニケーションが浸透しつつあることを考慮して、本研究は、上記の研究経過で明らかになった課題を踏まえ、科学系博物館における科学コミュニケーション活動の目標を定め、生涯学習の観点から指針に沿った教育事業の在り方を考察するものである。その際、「科学技術リテラシー構築のための調査研究」及び、国立科学博物館「科学リテラシー涵養に関する有識者会議」の取り組みと綿密な連携を図りつつ、以下の観点から研究を進める。

- ① 幼児・小学生，中学生・高校生，大学・成人・ファミリー，中高年・団塊の世代に応じた科学リテラシー涵養に資するプログラムを開発し，関東，東海，阪神，九州の各地区の科学系博物館等において試行・実践を行う。
- ② プログラムの実践評価を通じてシステムの構築とプログラムの汎用化・モデル化を行い，最終的に教育事業の体系化と科学系博物館における学習モデルの提案と理論構築を行う。

## 2. 研究計画(平成 19 年度～22 年度)

本研究は、研究推進グループとプログラム開発グループ、プログラム試行・実施グループの三つから組織される(図 1)。研究推進グループは、研究全体の調整と理論的枠組み、プログラムの体系化、プログラム開発の分野や適時性、世代の区分、学校との連携、プログラム評価の観点などについて指針を策定するとともに学習モデルを提案する。プログラム開発グループは、主に分野別に世代に応じた学習プログラムの開発を行う。プログラム試行・実施グループは、開発グループと共同して、プログラムを実際の現場にて展開し、評価に寄与する。

プログラム開発にあたっては、表 1 に基づき、各年度に対象世代を設定し、分野ごとにプログラムを開発していく。その際、研究推進グループの科学的探究のプロセス等の理論的な枠組みに基づき、世代の特徴や学習指導要領の改善等を踏まえながら、キーとなるプログラムを選定し、開発する。

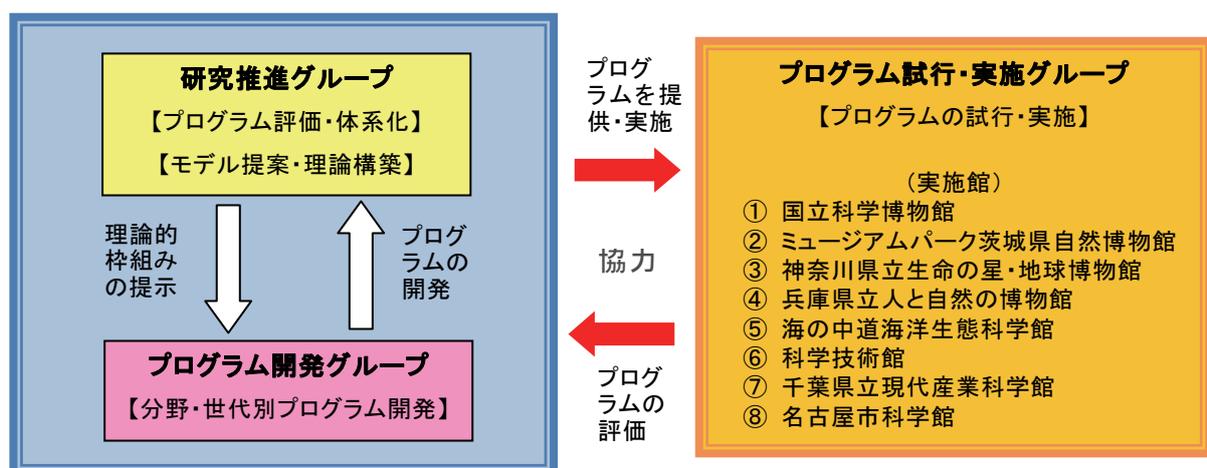


図 1 研究組織の枠組み

表1 プログラム開発の枠組み

年度 開発プログラム数 分野 世代	平成 19 年度	平成 20 年度	平成 21 年度	平成 22 年度
	2 世代×4 分野=8 幼児・小学生	2 世代×4 分野=8 中学生・高校生	1 世代×4 分野=4 大学・成人 ファミリー	1 世代×4 分野=4 中高年・団塊
生命・人間と社会	① 科博 ⑤ 海の中道	① 科博 ④ 人博	① 科博 ⑤ 海の中道	① 科博 ② 茨城
宇宙・地球・環境と社会	① 科博 ② 茨城	① 科博 ③ 生命の星	① 科博 ③ 生命の星	① 科博 ④ 人博
物質と社会	① 科博 ⑧ 名古屋 ⑥ 科技館	① 科博 ⑥ 科技館	① 科博 ⑥ 科技館 ⑧ 名古屋	① 科博 ⑥ 科技館
技術と社会	① 科博 ⑥ 科技館	① 科博 ⑦ 現産館	① 科博 ⑦ 現産館	① 科博 ⑥ 科技館

プログラムの試行後に、参加者へのアンケート調査、自然観察法（プログラムへの参与状況の観察）等を通じて評価を行い、人々の科学への意識の変容や考え方・見方の拡張性を調査する。

平成 19 年度には、科学リテラシー涵養に資する教育事業の在り方に関する基本的な知見について調査・研究し、プログラムの開発と試行及び評価に関して指針と枠組みを提案する。理論的な構築の根幹となる科学リテラシーに関しては、国内外における現状を調査するとともに、先行研究をレビューし、その構造を見極める。また教授学的アプローチや内容論及び評価についても合わせて検討を進める。さらに生涯学習の観点からも調査を行い、各世代の捉え方、世代の社会的な位置づけ、世代ごとのニーズ等に関して基本的な知見を得る。

平成 20 年度は、プログラムの評価結果から、プログラムの内容面とマネジメント上の課題を抽出し、プログラムを効果的に展開できるモデル化を試みる。また、暫定的な開発の理論的枠組みについて、幼児～高校生のプログラムを対象に、19 年度の試行、20 年度の本格実施及び評価を通じて、その実効性を検証し、初年度の調査結果をより理論化、精緻化していく。

平成 21 年度は、大学生・成人やファミリーを対象に暫定的な開発の理論的枠組みについて、その実効性を検証し、理論的な枠組みを構築する。同時に、平成 21 年度までに、プログラム開発の中間的な研究成果について学会等において発表するとともに、研究会を一般公開で行い、一般の人々及び関係者から意見を聴取する。

平成 22 年度は、中高年・団塊の世代を中心にプログラム開発を進めていく。これまでの知見を元に、プログラムの共通性と多様性を抽出し、幼児・小学生等においては分野別プログラムを統合するなど、世代の特性を生かした連続性のあるプログラムを構築し、再評価し、プログラム体系を完成させる。また、プログラムと運営システムを統合した教育事業の体系化を行い、代表的な学習モデルを抽出するとともに、理論的な枠組みを完成させる。さらに、本研究の最終年度として、成果を明確にして、国際的なシンポジウムを開催し、研究成果を公開するとともに、報告書を印刷・公表する。

### 3. 研究活動の概要

#### 平成 19 年度

1) 「生命・人間と社会」「宇宙・地球・環境と社会」「物質と社会」「技術と社会」の四つの分野で、幼児～小学生を対象とした以下のプログラムを開発・実践し、評価を行った。

- 「生命・人間と社会」
  - ・ぬりえの手法を用いて博物館の実物資料の観察を促す学習プログラム
  - ・国立科学博物館の展示室を児童英語教育の場として活用するプログラム
- 「宇宙・地球・環境と社会」
  - ・河原の石の観察と、創造性を駆使した石の工作を行うプログラム
- 「物質と社会」
  - ・「もの」を拡大することを通じ、観察の基本や拡大するとものがどのように見えるのかを体感することをねらいとしたプログラム
- 「技術と社会」
  - ・家庭用電力やエネルギーについての概念を紹介し、エネルギーを利用することへの理解を図るプログラム

2) プログラム開発の成果をもとに、国立科学博物館の科学リテラシー涵養活動の枠組み(付録1, P.11; 国立科学博物館, 2008)に当てはめる形で、プログラムの体系化を試みた。なお、2010年には、同枠組みの改訂版が報告され(付録2, P.12)、最終的には「感性の涵養」「知識の習得・概念の理解」「科学的な思考習慣の涵養」「社会の状況に適切に対応する能力の涵養」の四つの目標に基づき、体系化を試みた。

3) 科学リテラシー涵養のためのプログラム開発の参考事例とするため、積極的な取り組みを行っている米国での科学リテラシー涵養の在り方とそれに関するプログラム開発事例の調査を行った。

調査先: American Museum of Natural History, Peabody Museum of Natural History (Yale University), Liberty Science Center, National Science Resources Center, Association of Science-Technology Centers(以上ニューヨーク州およびワシントン DC), Lawrence Hall of Science (UC Berkeley), Center for Biophotonics Science and Technology (UC Davis), Children's Discovery Museum, TheTech, Exploratorium, World Forestry Center, (以上カリフォルニア州及びオレゴン州)

## 平成 20 年度

1) 「生命・人間と社会」「宇宙・地球・環境と社会」「物質と社会」「技術と社会」の四つの分野で、中学生・高校生を対象とした以下のプログラムを開発・実践し、評価を行った。

- 「生命・人間と社会」
  - ・お菓子をを通して地質・地層や食材などの地域の自然、住んでいる街並みに対する理解の広がり・深まりを目指した継続学習プログラム
  - ・火山との関わりを中心に、地域の地質をはじめ、暮らしや食に関する火山の恩恵を知り、チョコレートを使った実験から火山のメカニズムを学ぶプログラム
- 「宇宙・地球・環境と社会」
  - ・砂金を切り口として、野外の河原における実習と博物館内での実習・解説を組み合わせ、中高生の動的地球観の定着と地学的概念の向上を目指すプログラム
  - ・同定した化石を元に、自分の知識や資料を活用し、過去(地層堆積当時)の環境の推測考察を行うプログラム
- 「物質と社会」
  - ・金属を燃やしたり、さびやモデル鉱物を簡単な方法で還元してぴかぴかの金属を取り出

- したりするなどの実験を通し、酸化や還元概念を体感的に理解するプログラム
  - ・金属を取り出すもう一つの方法として、電気を通したり溶液から金属を取り出したりしてめっきを体験するプログラム
  - 「技術と社会」
    - ・教育用レゴマインドストーム NXT®を活用し、技術革新の過程で頻りに迫られるトレードオフの関係に気づくプログラム
- 2) プログラムの評価をもとに、国立科学博物館の科学リテラシー涵養活動の枠組みに当てはめる形で体系化を試みるとともに、他の体系化の方法についても検討を加えた。
- 3) 第10回科学・技術についての市民とのコミュニケーションに関する国際会議(PCST-10)にて前年度の成果発表をするとともに、科学リテラシーの定義や涵養活動の一環としてのプログラム、そして体系化について議論を行った。
- 4) 博物館等における科学リテラシー涵養のための取り組みについて、高い教育水準を誇るフィンランドの事例と、スウェーデンにおける世界初の野外博物館の事例を調査した。  
調査先：Heureka, Tekniikan Museo, Center for School Clubs, Finnish Museum of Natural History (以上フィンランド), Skansen (スウェーデン)

## 平成 21 年度

- 1) 「生命・人間と社会」「宇宙・地球・環境と社会」「物質と社会」「技術と社会」の四つの分野で、大学・成人・ファミリーを対象とした以下のプログラムを開発・実践し、評価を行った。
- 「生命・人間と社会」
    - ・身近な海の生物という切り口から、親子が地域の環境と食や暮らしとのかかわりに気づき、理解を深める継続学習プログラム
  - 「宇宙・地球・環境と社会」
    - ・生物の進化や地球の歴史をテーマとした博物館のガイドツアーを企画することで、学芸員免許取得を目指す大学生の科学的知識の習得、表現、コミュニケーション能力の育成を目標としたプログラム
  - 「物質と社会」
    - ・成人を対象に、酸・アルカリ、酸化・還元といった代表的な化学変化について、教科書で学んだ知識と身近な生活を関連させながら理解を深めるプログラム
  - 「技術と社会」
    - ・ロボット製作を通して、技術革新の過程で迫られるトレードオフの問題を最適化するための試行錯誤を行うプログラム
    - ・地球立体表示技術を活用した効果的なサイエンスコミュニケーションの在り方に着目したプログラム
- 2) これまでの体系化の試みをもとに、さらに分野ごとの体系化の軸についても検討を加えた。
- 3) イギリス・カナダの大学・博物館等における科学リテラシー涵養活動の実態を調査した。

調査先：Natural History Museum, Science Museum, Science Learning Centre East Midland, National Science Learning Center (以上イギリス), Council of Ministry of Education, Canada, Ontario Science Museum, Royal Ontario Museum (以上カナダ)

- 4) 本研究の中間報告の場として、公開シンポジウムを開催した。国内外の研究者を招き、科学リテラシー定着・共有化のためのコミュニケーションの在り方について議論を行った。

## 平成 22 年度

- 1) 「生命・人間と社会」「宇宙・地球・環境と社会」「物質と社会」「技術と社会」の四つの分野で、中高年・団塊対象のプログラムを開発・実践し、評価を行った。

- ・「生命・人間と社会」

サツマイモの伝来から普及、品種改良の歴史等について学びながら、日本の風土に合った食文化に対する理解を科学的な食文化に対する理解を深めるプログラム

- ・「宇宙・地球・環境と社会」

地域の産業・文化・社会のインフラと大地の成り立ちのかかわりをテーマに、参加者の知識や経験を生かした壁新聞を作成するプログラム

- ・「物質と社会」

物質に関連した博物館の展示に対する子ども達の関心と理解を深めるためのワークシート作りを行うプログラム

- ・「技術と社会」

家電の歴史をふりかえりながら、最新の情報家電を体験し、自らが必要とする科学技術についてディスカッションしながら考えを深めるプログラム

- 2) 検討を重ねてきた基本の枠組み（4分野×4世代）を開発プログラムで全てカバーし、全体および各分野における体系化の軸を再整理し、最終的な提示モデルを構築した。

- 3) 第11回科学・技術についての市民とのコミュニケーションに関する国際会議(PCST-11)にてこれまでの成果発表をするとともに、科学リテラシーの定義や涵養活動の一環としてのプログラム、そして体系化について議論を行った。さらに、研究成果の発表とまとめにむけた意見交換の場として、国際シンポジウムを開催した。より幅広い層への普及媒体として、成果の概要をまとめた広報パンフレットを作成した。

## 4. 研究成果の概要

### 平成 19 年度

幼児・小学生を対象に八つのプログラムを開発した。また、科学リテラシー論とその実装の様子に関して、アメリカ合衆国の自然科学系博物館等において、実地調査を行った。

- 1) 本年度重点的に研究を行った幼児～小学校低学年段階のプログラム実践において、科学リテラシー涵養の観点から以下の点が明らかになった。

- ・もののかたちを理解することを目的としたプログラムにおいて、幼児には虫眼鏡を使った観察が難しかったが、ものを拡大した写真を見たときには何を拡大したものなのかを理解することが出来た。また、拡大するとものが違って見えることに気づいた子どもが

多かった。

- ・ぬりえプログラムは子どもたちに展示をじっくり見る機会を提供し、展示物を媒介とした親子の会話を促進した。
- ・親子で参加したプログラムにおいて、保護者は、科学に限らず様々なものから幼児の豊かな感性を養いたいと思っている。
- ・ぬりえプログラムにおいて、普段食卓に上がるものを科学的に観察することにより、子どもの日常生活や社会への関心を高めることができた。

2) アメリカ合衆国において科学リテラシーの実態を調査した結果、以下の知見が得られた。

- ・科学リテラシーの定義や目的に関する研究は、動向の紹介やその文化的考察等に関するものが多数を占める。
- ・アメリカ合衆国においては、科学教育の目標として科学リテラシーを掲げており、一部地域では特徴的なプログラム体系が開発されているが、主として幼稚園から高等学校卒業段階を対象としたプログラム開発にとどまっている。

## 平成 20 年度

1) 試行した中学生・高校生対象のプログラム実践において、科学リテラシー涵養の観点から以下の点が明らかになった。

- ・お菓子を通して丹波地域の自然などについて理解を深めるプログラムにおいて、学校での「学び」の枠からはみ出た「学び」は、参加者の学びへの積極的な態度を促進することが確認され、実験や観察をはじめとした体験的な学びの重要性を明らかにした。また、活動を通して、参加者は「実際の自然現象は必ずしもモデルのように規則的ではない」と自然現象の多様性に対する理解をし、プログラムが科学的な見方を育成することに寄与した。
- ・教育用レゴマインドストーム NXT®を活用した継続プログラムにおいて、回が進むにつれ、評価として行ったふり返りの中に、試行錯誤の要素が多く見られるようになった。このことより、「動いた、動かなかった」という質的な着眼点から「どのくらい速く動いた」「ここを～すると安定するが動きが遅くなる」などの量的な着眼点へと参加者の作業が変化し、科学的な考え方やトレードオフを元にした科学的判断の概念が身につけてきたことが分かる。

2) 体系化の方法として、以下の点から課題が浮かび上がり、それに代わる枠組みについて検討が加えられた。

- ・国立科学博物館の科学リテラシー涵養活動の枠組み（付録 1，P.11）に当てはめる形で、プログラムの体系化を試みたが、各プログラムは枠組みで示されている四つの目標に当てはめて作っているため、結局は、マトリックスは埋まる。この体系化の方法が妥当であるか、プログラム開発者から疑問が提示された。
- ・プログラム開発者から、開発したプログラムをつながりがつくようにパッケージ化したらどうかという提案が出された。複数のプログラムをパッケージ化して、世代をまたいで連続性のあるものができると、リテラシーのプログラムとして新規性があると考えられる。
- ・テーマを設定する必要がある。テーマは、「食と健康」「地球の贈り物—天然資源—」「私たちの生活を支える物質」「私たちの生活を支える技術」など発達段階（世代）的に深ま

っていく一貫したプログラムを束ねる社会的課題を踏まえたものを考え、個々のプログラムはより具体的なテーマを持たせて開発する。(例：テーマが「エネルギー」、プログラムのテーマが「電力量」など)

3) フィンランド・スウェーデン両国において科学リテラシーの実態を調査した結果、以下の知見が得られた。

- ・今回の調査対象の各施設では、コミュニケーションを促進する展示物が多くデザインされていた。これらの展示は学んだことや意見を発信したり他と話し合ったりするときに必要な、表現力や発信力の育成に寄与するものであるが、日本の科学系博物館の展示においては例が少ない。今後、コミュニケーションツールとしての機能を持った展示物の開発が必要である。
- ・各施設におけるプログラム開発にあたっては、国の教育カリキュラムと連携するように開発されていることが明らかになった。これらは、館の独自性を表現し、分野横断、体験的などの要素も取り入れたものである。理科に限らず、様々な切り口を持った体験的なプログラムは、柔軟なものを見方を伝えるだけでなく、科学・技術を総合的に理解する上で有効であり、科学リテラシー涵養に適している。
- ・大人を含めた教育プログラムの体系的開発については、いずれの館においても行われておらず、大人向けプログラムについての成功例も聞かれなかったが、いずれの館も必要性には気づいていた。大人に必要な科学リテラシーについては、新しい科学知識やメディアの情報を解釈するためのより高度なスキルであるとの意見が共通してみられた。

## 平成 21 年度

1) 「発達段階(世代)的に進化・拡張する一貫した系統によるプログラム群」という視点から体系化を試み、大学・成人・ファミリー対象のプログラムを開発・実施したことにより、科学リテラシー涵養について以下の知見が得られた。

- ・「生命・人間と社会」「宇宙・地球・環境と社会」「物質と社会」「技術と社会」の四つの分野においては、開発したプログラムを「空間の広がり」や「概念の深まり」等の軸で体系化する方向性を提案することができた。
- ・「技術と社会」グループでは、大学の地球科学研究者のアウトリーチ活動における研究者のサイエンスコミュニケーション能力の育成を目指したプログラムを行った。研究者は、伝える内容を個々の情報の受け手の興味や知識レベルに合わせて明確化して解説をすることの重要性に気づくとともに、教育の要素を取り込んだ、サイエンスコミュニケーションについての一般的かつ実際的方法を学んだ。

2) イギリス・カナダの大学・博物館等において科学リテラシーの実態を調査し、以下の知見が得られた。

- ・科学リテラシーは、市民の科学理解の増進と科学的マインドの育成を目的として、科学の方法や本質、科学的ものの見方・考え方やそれを伝えること(コミュニケーション)の観点から定義されていた。
- ・イギリスの科学リテラシー促進のための教員支援システムに、Impact Award や ENTHUSE Award という賞があった。これは、教員研修において一定の条件を修めた教師に賞金を支給し、受講料や旅費、理科授業のための備品購入に充てることができ、全国で展開されていた。

- 3) 本研究の中間報告として、シンポジウムを平成 21 年 6 月に開催した。博物館の伝えるメッセージを個々の来館者がどう受け取るかなどに着目したパネルディスカッションでは、科学リテラシーの定着・共有化にあたり、両者のコミュニケーションを効果的に図ることが求められていることが明らかとなった

## 平成 22 年度

- 1) 試行した中高年・団塊対象のプログラム実践において、科学リテラシー涵養の観点から以下の点が明らかになった。
  - ・「宇宙・地球・環境と社会」グループのプログラムでは、これまで参加者が持っていた地学的な知識や経験を改めて「暮らし」や「地域」という切り口で再認識する機会を提供することができた。一連の活動を通して活発な知識の伝達や共有が参加者間で行われ、コミュニケーション能力の向上にも寄与できる可能性が示唆された。しかしながら、今回の参加者は、博物館や地学分野にもともと高い関心を持った層が多く、同様のアプローチがそれ以外の層の人々にとって有効かどうか検証する必要がある。
  - ・「技術と社会」グループのプログラムでは、「家電」というテーマで、「技術者」「消費者」の立場からの参加者が多様な意見の交換を行う場を設定することができた。背景としての家電の歴史を踏まえたうえで、個人にとっての利点とリスク、社会にとっての利点とリスクを考えるきっかけを与えた本プログラムは、日常生活における新たな視点を参加者に与えることができたと考えられる。
  
- 2) プログラム開発グループごとに方向性を提案してきた体系化の軸については、中高年・団塊対象のプログラムを開発するとともに、一部変更が加えられた。「空間や時間の広がり」や「概念の深まり」等、成人になるまでに大きく広がった後、中高年・団塊の世代で再び収束していくというような共通性も見られた。
  
- 3) 国内外での学会発表およびシンポジウム開催を通して、以下の知見が得られた。
  - ・博物館や科学にあまり関心のない層へのアプローチを考える時、情報の発信の在り方だけではなく、情報の受け手への視点が非常に重要であることが示唆された。利用者の多様性を理解するための取り組みや研究の必要性が明らかになった。
  - ・世代間をつなぐ学習プログラムを開発することにより、個人の科学リテラシー向上から社会総体としての科学リテラシー向上へと発展する可能性が示唆された。
  - ・異なる興味・関心を持った人々がコミュニケーションできるような場の創出を、今後博物館が行っていくことの必要性が示された。内発的・外発的な学びのきっかけを作ることで、より幅広い層の人々を取り込むことの可能性が考えられた。

## 参考文献

- Falk, J. H. and Dierking, L., D : Learning from Museums, AltaMira Press, 1-14, 2000.
- 小川義和, 下條隆嗣: 科学系博物館における単発的な学習活動の特性—国立科学博物館の学校団体利用を事例として—. 科学教育研究, 27(1): 42-49. 2003.
- 小倉康: 科学への学習意欲に関する実態調査 調査結果報告書. 平成 16 年度科学研究費補助金特定領域研究. 独立行政法人国立科学博物館科学リテラシー涵養に関する有識者会議: 「科学リテラシー涵養活動」を創る～世代に応じた教育活動開発のために～ (中間報告), 2008.

## 本調査研究（平成 19～22 年度）の成果

### <プログラムの開発>

- 四つの世代と四つの分野に関する科学リテラシー涵養プログラム 24 種類を開発・実施した。
- これまで博物館が経験的に行ってきたプログラム開発を、科学リテラシーの涵養という観点で意識的に行うことで、より明確なねらいをもった意図的なプログラム開発を行った。
- 科学技術 4 分野と社会との接点にテーマを設定し、そのテーマに基づき、プログラムを開発した。
- 複数の博物館、地域のセクターと連携して、地域資源を活用したプログラムを開発した。

### <プログラムの体系化>

- 「科学リテラシー涵養の目標」「世代」「社会とのつながり」という三要素に基づいたプログラム体系の構築を試みた。
  - ・科学リテラシー涵養の目標
    - 「感性の涵養」「知識の習得・概念の理解」「科学的な思考習慣の涵養」
    - 「社会の状況に適切に対応する能力の涵養」
  - ・世代
    - 「幼児・小学生」「中学生・高校生」「大学・成人・ファミリー」「中高年・団塊」
  - ・社会とのつながり
    - 「生命・人間と社会」「宇宙・地球・環境と社会」「物質と社会」「技術と社会」
- 世代を通じて「発達段階的に深まっていく一貫した系統によるプログラム群」として、分野ごとに連続性を持たせた体系化を提案した。

### <プログラムの評価>

- 国立科学博物館の「科学リテラシー涵養の目標」を踏まえた評価システムを開発した。
- 評価システムのねらいに基づいたプログラムの評価を行った。

### <成果の発信>

- 国内外の学会およびシンポジウム等での発表を通じ、広く成果を普及するとともに、外部からの助言・評価を得た。
  - ① 主な発表・意見交換
    - ・日本科学教育学会（平成 19, 20, 21, 22 年度）※平成 21 年度の発表は年会発表賞を受賞
    - ・科学・技術についての市民とのコミュニケーションに関する国際会議（PCST）（マルメ・スウェーデン平成 20 年、ニューデリー・インド平成 22 年）
    - ・PISA, 英国の 21 世紀科学等の科学リテラシーの研究者との意見交換
  - ② シンポジウム開催
    - ・「科学リテラシー涵養のための博物館における教育事業の在り方～世代と領域を踏まえた体系化の試み～」（平成 21 年 6 月 13 日、参加者 57 名）
    - ・「社会とつながる科学教育～博物館における科学リテラシー涵養活動の体系と人材育成～」（平成 22 年 11 月 23 日、参加者 48 名）
  - ③ 情報発信
    - ・報告書の作成ならびに、研究成果の普及媒体として広報パンフレットを作成した。

付録1 科学リテラシー涵養活動の枠組み (国立科学博物館科学リテラシー涵養に関する有識者会議, 2008)

ライフステージ 科学リテラシー 涵養活動の目標	幼児 ~ 小学校低学年期	小学校高学年 ~ 中学校期	高等学校・高等教育期	子育て期・壮年期	熟年期・老年期
感性の涵養	科学に親しむ体験を通じて、身のまわりの事象の美しさ、不思議さなどを感じる。	科学に親しむ体験を通じて、科学に対する興味・関心や実生活との関わりを感じる。	科学に親しむ体験を通じて、科学に対する興味・関心や科学の有用性を感じる。	子どもの科学リテラシー涵養のたのめや科学リテラシーの必要性への意識を高める。博物館の展示や資料に触れ、面白いと感じる。科学および科学に関連する分野に対して、持続的により豊かな情報に裏打ちされた好奇心と興味を示す。	科学に対する楽しい体験や博物館の展示や資料に触れ、面白いと感じる。
知識の習得・概念の理解	わかる、できることを実感し、達成感を得る。	科学に親しむ体験を通じて、生活で直接関わる科学的知識を身につける。	生活や社会に関わる科学的知識の理解を広げる。	子どもの科学リテラシー涵養のたのめや科学リテラシーの必要性への意識を高める。博物館の展示や資料に触れ、面白いと感じる。生活や社会に関わる科学的知識に対する理解を深める。	生活や社会に関わる科学的知識に対する理解を深める。自身の趣味・教養など個々の興味・関心に応じて科学的知識を身につける。
科学的な見方・考え方(スキル、実践力、科学的な態度、判断力、創造性)の育成	興味・関心を持った事象を取り入れて活動する。	自然界や人間社会に興味・関心を持ち、その規則性や関係性を見いだす。	多くの不確実な情報の中から科学的な知識に基づいて判断し、行動する。	多くの不確実な情報の中から科学的な知識に基づいて判断し、行動する。学んだことを総合力として生かし、生活及び社会との課題解決のために適切に判断する。	学んだことを総合力として生かし、生活及び社会との課題解決のために適切に判断する。学んだ成果を、自身の趣味・教養に生かす。
社会の状況に適切に対応する能力(表現力、コミュニケーション能力、活用能力)の育成	興味・関心を持った事象を利用してまわりの人と一緒に活動する。	学んだことを表現し、わかりやすく人に伝える。学んだことを自分の職業選択やキャリア形成と関連づけで考える。	社会との関わりをふまえ、得られた知識・スキル等を実生活の中で生かす。学んだことを職業選択やキャリア形成に生かす。	社会との関わりをふまえ、学んだことを表現し、人に伝える。地域の課題を見出し、その解決に向けてよりよい方向性を見いだす。	地域の課題を見出し、その解決に向けてよりよい方向性を見いだす。自身の持っている知識・能力を、社会の状況に応じて適切に効果的に次の世代へと伝える。

付録2 科学リテラシー涵養活動の枠組み (国立科学博物館科学リテラシー涵養に関する有識者会議, 2010)

世代及びライフステージ		幼児 ~ 小学校低学年	小学校高学年 ~ 中学校期	高等学校・高等教育期	子育て期	壮年期	熟年期・高齢期
学校教育(教育課程に基づく進級段階に応じた基礎的・基本的な学び等)							
科学系博物館の学習(豊富な物(資料)を活用した体験型の学び・環境や医療等学校以外での学びとしての領域の広がり等)							
4つの目標(*1)	目標の具体的な観点(*1)	世代及びライフステージに求められる目標	世代及びライフステージに求められる目標	世代及びライフステージに求められる目標	世代及びライフステージに求められる目標	世代及びライフステージに求められる目標	世代及びライフステージに求められる目標
科学的な思考 習慣の涵養	身近な出来事や科学に興味や好奇心を示す。	○科学や技術に親しむ体験を通して、身のまわりの事象の不思議さを感じる。	○科学や技術に親しむ体験を通して、科学に対する興味・関心や実生活との関わりを感じる。	○科学や技術に親しむ体験を通して、科学に対する興味・関心や疑問を探究する意欲を持ち、科学の有用性を感じる。	○子どもと一緒に学ぶことで、科学の有用性や科学リテラシーの必要性への意識を高める。	○科学および技術に対して、興味・関心や疑問を探究する意欲を継続的に持つ。	○科学および技術に対して、より豊かに情報を取り入れ、継続的に好奇心と興味を示す。
	科学や技術の分野で働く人々に興味を持つ。	○科学や技術の分野で働く人々の不思議さを感じる。	○自分で進んで観察したり、疑問を探究する意欲を持つ。	○科学や技術の分野で働く人々に興味を持つ。	○科学および技術に対して、興味・関心や疑問を探究する意欲を継続的に持つ。	○持続可能な社会を維持するために行動しようと思う。	○持続可能な社会を維持するために行動しようと思う。
知識の習得・ 概念の理解	身のまわりの自然事象や技術の仕組みを科学的に説明できる。	○身のまわりの自然事象や技術の仕組みに知り、わかることを実感する。	○科学や技術に親しむ体験を通して、生活で直接関わる科学的知識を身につける。	○生活や社会に関わる科学や技術について理解を広げる。	○子どもと一緒に学ぶことで、生活や社会を支えている科学や技術の知識や概念について幅広く理解を深める。	○豊かに情報を取り入れ、生活や社会を支えている科学や技術の知識と役割について継続的に幅広く理解を深める。	○豊かに情報を取り入れ、生活や社会を支えている科学や技術の知識と役割について継続的に幅広く理解を深める。
	課題解決のために調べべき問題を見つけてみる。	○興味・関心を持った事象について積極的に調べ、活動し、自分の考えを持つようになる。	○自然界や人間社会に興味・関心を持ち、興味・関心を持つ事象について、その規則性や関係性を見いだす。	○多くの不確実な情報の中から科学的な知識に基づいて疑問を探究し、結論を導く。	○多くの不確実な情報の中から科学的な知識に基づいて疑問を探究し、結論を導く。	○生活及び社会の上の課題に対して、学んだことを総合的に活かして科学的な考え方を導く。	○生活及び社会の上の課題に対して、学んだことを総合的に活かして科学的な考え方を導く。
社会的状況に 適切に対応する 能力の涵養	個人や社会の問題に対して科学的な知識・態度を活用して意思決定する。	○興味・関心を持った事象について、自分の考えを持ち、一緒に活動できるようになる。	○学んだことを表現し、わかりやすく人に伝える。	○社会との関わりをふまえて、得られた知識・スキル等を実生活の中で活かす。	○社会との関わりをふまえて、学んだことを表現し、人に伝える。	○地域の課題を見出し、その解決に向けてよりよい方向性を見出し、判断する。	○地域の課題を見出し、その解決に向けてよりよい方向性を見出し、判断する。
	科学の応用や技術の導入について、社会と環境に及ぼす利点とリスクを多様な視点から分析して決める。	○学んだことを自分の持っている科学的知識・能力を提供する。	○学んだことを自分の職業選択やキャリア形成と関連づけて考える。	○学んだことを職業選択やキャリア形成に活かす。	○学んだことを職業選択やキャリア形成に活かす。	○学んだことを職業選択やキャリア形成に活かす。	○自身の持っている知識・能力を、社会の状況に応じて適切に効果的に次の世代へと伝える。

\*1 表は、科学リテラシー涵養活動の目標を四つに分類し、各分類における具体的な観点を更に四つずつ示している。  
 \*2 各分類の具体的な観点の「特」は、どの観点を強調点としてとらえ、世代及びライフステージに応じた目標としたのかを色の濃淡で示したものである。  
 \*3 各世代及びライフステージでは、どの目標を特に重要であると考えるか(四つの目標の中の目標の強調点)を示したものである。

## II プログラム開発と実践

### 1. プログラムの開発



## プログラムの開発

国立科学博物館 小川義和

### 1-1. プログラムの開発方針

本研究は、最終的に教育事業の体系化と科学系博物館における学習モデルの提案と理論構築を行うものである。したがって「教育事業を体系化」することを前提にプログラムの開発を行った。本研究では「科学リテラシー涵養の目標」「世代」「社会とのつながり」という三要素に基づいたプログラム体系を構築し、人々の生涯を通じた学びの在り方を提案する。以下に観点ごとにプログラムの開発方針を記述する。

#### 1) 科学リテラシー涵養の目標

この目標は国立科学博物館が提案している「科学リテラシー涵養の目標」を活用し、「感性の涵養」「知識の習得・概念の理解」「科学的な思考習慣の涵養」「社会の状況に適切に対応する能力の涵養」の四つの目標に基づき、各プログラムのねらいを考え、プログラムの開発を行う。

#### 2) 世代

幼児から高齢者までの生涯にわたり、科学リテラシーを涵養する必要がある。本研究では、生涯学習の観点から、世代別にプログラムを開発することにした。具体的には、研究期間が4年間であることを踏まえ「幼児・小学生」「中学生・高校生」「大学・成人・ファミリー」「中高年・団塊」の四つに分け、それぞれの世代を対象としたプログラムを順次年ごと開発する。

#### 3) 社会とのつながり

日本学術会議が策定した「科学技術リテラシー」では七つの専門領域（数理科学，生命科学，物質科学，情報学，宇宙・地球・環境科学，人間科学・社会科学，技術）が設定されているが，本研究では科学リテラシーに関する全ての分野を網羅しようとはせずに，その中で比較的博物館等が扱いやすい分野に限定し，「生命・人間」「宇宙・地球・環境」「物質」「技術」分野を取り上げた。これらの分野が社会との接点に見いだせる課題をテーマに設定して，プログラム開発を行う。そこで各分野と社会とのつながりを意識して「生命・人間と社会」「宇宙・地球・環境と社会」「物質と社会」「技術と社会」と名称を定め，各分野に設定し，対応する現代的課題についてはさらにしぼり，プログラムを開発する。

##### ① 分野におけるプログラムの体系化

プログラムの体系化とは「発達段階（世代）的に深化・拡張する一貫した系統によるプログラム群の事例」ととらえ，プログラムの開発母体である各グループ（生命・人間と社会グループ

プ、宇宙・地球・環境と社会グループ、物質と社会グループ、技術と社会グループ)において、「発達段階(世代)的に深まっていく一貫した系統によるプログラム群」を開発・整理する。

## ② テーマの設定

体系化のために、四つに分けた分野ごとに、テーマを設定する。テーマは「発達段階(世代)的に深まっていく一貫したプログラムを束ねる社会的課題を踏まえたテーマ」を考え、このテーマのもとに開発を進める。テーマは、四つの分野それぞれの中で、現代社会で課題となっていることから選ぶ。そして、その課題に対応できる人を育てていくことをプログラムの最終目標とする。グループ内でテーマを一つ設定し、個々のプログラムはより具体的なテーマを持たせて開発する。

生命・人間と社会グループは「食と健康」、宇宙・地球・環境と社会グループは「地球の贈り物—天然資源—」、物質と社会グループは「私たちの生活を支える物質」、技術と社会グループは「私たちの生活を支える技術」とした。科学リテラシーの涵養を念頭にメッセージ性を加えてグループ内のプログラムをパッケージ化することにより、新規性を担保する。

## ③ 分野における科学リテラシー涵養の考え方

分野の各テーマについて対応できるように、成人の段階で最終的に身につけておくべき知識、科学的な態度・判断力、社会の状況に適切に対応する能力を明らかにする。さらに、それに迫るために、幼児と小学生、中学生と高校生の各段階でどのような能力を育成しておく必要があるか、ねらいを設定する。個々のプログラムを集めて一つの見通しを持たせることを通して、基本的な概念をとらえれば自然現象が理解できるような基盤を作る。それをもとに、社会の状況に対応することができるような、応用可能なプログラムを開発する。

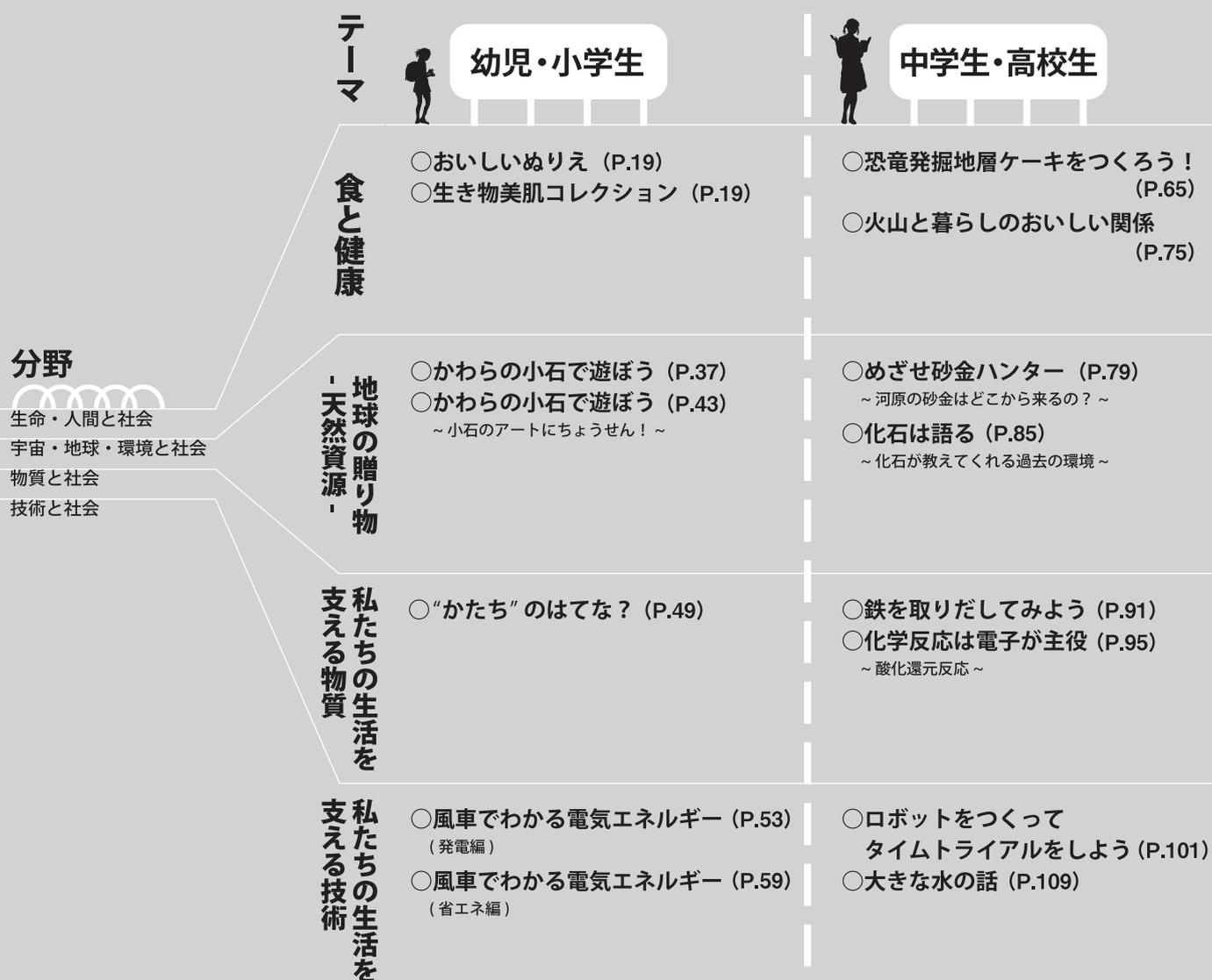
## 4) プログラム内容とねらい

科学リテラシーの涵養を目指しているため、各プログラムは、生活や社会との関連性を強く意識して開発する必要がある。プログラムのテーマはオープンエンドにして、多様な答えを用意する。開発したプログラムは、持続・継続・発展していく必要がある。そのために、開発したプログラムにオプションを付け、博物館で開発したのち、博物館と学校や保護者、地域の人などとも連携して発展させていく。特に、これまでの試行における参加者は、博物館活動に対して経験のある人が多かったので、博物館に関心のない人に対するアプローチを考える必要がある。プログラム開発にあたっては、プログラムを実行・普及していくことも考えて、対象と目標を明確に開発する。

## 1-2. 各分野のテーマとプログラムの位置づけ

各分野のテーマと開発プログラムの位置づけ、対象世代との関係について図1(P.16, 17)に示す。プログラムの詳細についてはそれぞれの関連ページを参照されたい。





## 科学リテラシー涵養の目標

具体的にどのような能力が育てば、科学リテラシーが涵養できたと言えるのでしょうか。この問いに答えるために、科学リテラシー涵養のための四つの目標を設定し、これにもとづいて、プログラム開発や評価を行いました。

- ① 感性の涵養
- ② 知識の習得・概念の理解
- ③ 科学的な思考習慣の涵養
- ④ 社会の状況に適切に対応する能力の涵養

図 1 各分野のテーマと開発プログラムの位置づけ



大学・成人  
ファミリー



中高年・団塊

テーマ

○われら海岸調査隊 (P.119)  
～地元の海を知りつくそう!～

○サツマイモから見える  
食の恵み (P.145)

食と健康

○地球ツアー (P.127)  
～現在・過去・未来～

○私たちの暮らしと大地 (P.151)

地球の贈り物  
「天然資源」

分野

生命・人間と社会  
宇宙・地球・環境と社会  
物質と社会  
技術と社会

○あれもこれもカガクヘンカ (P.133)  
～化学でつながる身近な生活～

○子どもと社会をつなぐ  
展示見学シート作り (P.155)

私たちの生活を  
支える物質

○生活に役立つロボットの  
モデルをつくろう (P.137)  
○オーラってどんなもの? (P.141)

○家電にみるテクノロジーの  
過去・未来 (P.159)

私たちの生活を  
支える技術



## 世代

科学リテラシーは、生涯を通し時間をかけながら育まれていくものと私たちは考えます。プログラム開発の枠組みとして、「①幼児・小学生」「②中学生・高校生」「③大学・成人・ファミリー」「④中高年・団塊」と四つに世代を区切り、それぞれの世代における「科学リテラシー涵養の目標」を検討することで、各世代が必要とする科学リテラシーとは何かを考えました。



## 社会とのつながり

人々と科学技術との接点を見出すことは、科学リテラシーを育むうえで大切なポイントのひとつです。私たちは、それぞれの世代がおかれた社会的背景や生活場面に着目し、四つに分類した科学技術の学問分野(①生命・人間②宇宙・地球・環境③物質④技術)と各世代の身の回りの生活が結びつくことで科学技術の有用性を実感できるようなプログラム開発を目指しました。



## II プログラム開発と実践

### 2. プログラムの実践報告

#### 2-1. 幼児・小学生向けプログラム



## おいしいぬりえ／生きもの美肌コレクション～科学系博物館の展示を活用したぬりえの開発～ Coloring in Pictures at Science Museum: Facilitating Appreciation to Science

有田寛之<sup>\*1</sup>，高橋みどり<sup>\*1</sup>，高田浩二<sup>\*2</sup>，三宅基裕<sup>\*2</sup>

国立科学博物館<sup>\*1</sup>，海の中道海洋生態科学館<sup>\*2</sup>

Hiroyuki ARITA<sup>\*1</sup>，Midori TAKAHASHI<sup>\*1</sup>，Koji TAKADA<sup>\*2</sup>，Motohiro MIYAKE<sup>\*2</sup>

National Museum of Nature and Science<sup>\*1</sup>，Marine World Umino-nakamichi<sup>\*2</sup>

概要：多くの子どもに人気の高いぬりえという手法を用い，生活場面と重なる視点で博物館の実物資料の観察を促す学習プログラムを開発した。生活場面と関わる視点と参加の促進とはさほど強い関わりが示されなかったが，ぬりえという手法自体が参加を促進し，より細かい観察により生物の特徴の発見へと誘う可能性が示された。

キーワード：科学系博物館，ぬりえ，観察，感性の涵養

science museum, coloring in pictures, observation, facilitating appreciation to science

### はじめに

科学系博物館は児童生徒や親子連れにとっても人気がある。科学に親しみ，自由に学ぶ場として最適の施設の一つである。しかしながら，多くの展示物に対し，学術的な展示解説コンテンツの多くは幼児や小学校低学年の子どもたち（以下，子どもたち）には難解であることが多く，敬遠されがちである。その結果，博物館の中でもハンズ・オン展示やディスカバリールームといった一部のエリアに利用が集中してしまうことが多かった。しかし，現在の博物館教育においては，博物館展示をどう解釈し，何を感じ，何を理解するかは個人ごとに異なり，知識を得ることだけが学習の成果ではないととらえられている（代表例として[1]～[4]）。学術的な知識を一方的に伝えることだけが展示を活用した学びの目的ではない。

解説が難解であることが子どもたちから展示見学を遠ざけているとしたら，博物館でじっくり観察する機会を博物館自身が減らしていることになる。科学において，観察することは子どもたちに限らず重要である。例えば人体の作りを学ぶために，解剖学では実習等においてスケッチが多用される。描くことで，正しく見ているかどうかを確認できる。また，高等教育に限らず，継続的に観察することは，子どもたちの自然認識の構成を支えることになるという指摘もある[5]。

また，感性の涵養という点で見れば，近年「大人のぬりえ」ブームに見られるように，絵を描く，色をぬるといった多くの人

にとって楽しい行為は，主体的な学びを促進するきっかけとなる。

そこで，子どもたちに博物館の展示室において実物資料の「観察」を促し，科学に親しんでもらうため，ぬりえという手法を用いることが効果的であると考え，「ぬりえシート」の開発を行うこととした。ただ，子どもたちには意識的に「観察」する経験が少ないため，子どもたちのレベルに合わせた観察の視点の提供方法を工夫する必要がある。そこで，子どもたちにとって身近である「食べる」「肌の手入れをする」といった生活場面に関連する視点から観察を行うなど，ぬりえの対象となる展示物との距離感を縮める工夫を行うことも重要であると考えた。

### ぬりえプログラム開発のねらいと期待される効果

ぬりえプログラム開発のねらいは以下の通りである。

- ・子どもから大人まで身近なぬりえを用い，生活場面に関わるテーマとあわせて提供することにより，博物館展示の観察の視点を与える。
- ・展示を見ながらぬりえをすることで，何気なく見過ごしてしまうような展示をじっくり見ることを促し，新たな発見のきっかけを与える。
- ・異なる文化施設で共通に利用可能な学習資源を開発する。

これらのぬりえを子どもたちが展示室で行うことにより，子どもたちの感性を涵養

し、楽しみながら自然と標本をじっくり観察するようになる。その結果、新たな発見や感動を見だし、疑問や発見を促し、次の学びを導くことができると期待される。また、複数の施設で連携して汎用性の高いぬりえを開発することにより、同じような手法の活用を広く促進する基礎となる。

### ぬりえ開発の概要

ぬりえ開発において、博物館の展示室で行うことで効果的なものとなるよう、以下のようなポイントを整理した。

#### 1 取り上げる題材は海の生き物

海の生き物は単に子どもたちに人気が高いというだけでなく、日本人の食生活と縁が深く、日本の自然や、日本人の生活に対して興味・関心を示す入口として良い題材である。また、身近な海の生き物をぬりえの対象として取り上げることで、自然史博物館だけでなく水族館でも活用できると考えられる。

自然史博物館も水族館も、生物の進化や生態という共通のテーマのもと、身近な生き物から全く環境の異なる地域に生息する生物、絶滅が危惧される希少動物まで、幅広く展示を行っている。水族館では、目の前で生きている動物たちの生き生きとした暮らしぶりを垣間見ることができ、楽しみながら自由な学びを生み出すことができる。自然史博物館での展示標本のほとんどは生きておらず、その動きを観察することは難しいが、骨格や剥製などを詳細に観察することから、生物の生態について理解を深めることができる。このように展示手法は異なるものの、子どもたちにとっては楽しみながら実物を観察するための共通のフィールドとなり得るため、ぬりえを共通の学習素材として開発することは有意義であると考えられる。

そこでこの「ぬりえシート」を、国立科学博物館と海の中道海洋生態科学館と共同で開発することとした。

#### 2 「食」と「美肌」という生活場面と関わる「ぬりえシート」の開発

平成 19 年の秋に、国立科学博物館では「海の『おいしい』豆知識」という小中学生向け観察プログラムを、海の中道海洋生態科学館では企画展「生きもの美肌コレク

ション ―魚よ君は美しい―」を開催したため、その時期にあわせて館内で「ぬりえシート」を配布し、食や美肌といった生活との結びつきも視野にいれることにした。

#### 3 「ぬりえシート」の中で、より深い観察の視点を与える

「ぬりえシート」を使って観察できるのは展示資料（剥製や生体）の外部形態である。ぬりえをすることで対象となる海の生き物の体の色が分かるというのに加え、他種との比較の視点を与えることで、細かな外部形態など、より深い観察につながることを期待した。

これらのポイントを元に、図 1 に示すような「ぬりえシート」のフォーマットを定めた。ぬりえを行うエリアの右上部に吹き出しを設け、観察のポイントを簡単に記すこととした。その下には他種との比較を説明するエリアを設けた。子どもたちが読んで分かるよう、あまり内容を盛り込まず、短く平易な文章となるよう心がけた。ぬりえの下部にはぬりえをしていて気づいたことを記入する欄を設けた。

また、参加者の多様な好みに合わせるよう、全て線で描かれているものだけでなく、体の一部のみの線画が描かれ、残りの部分は自分でスケッチをするもの（図 2）、全て自分でスケッチと色ぬりを行うもの（図 3）も制作することとした。

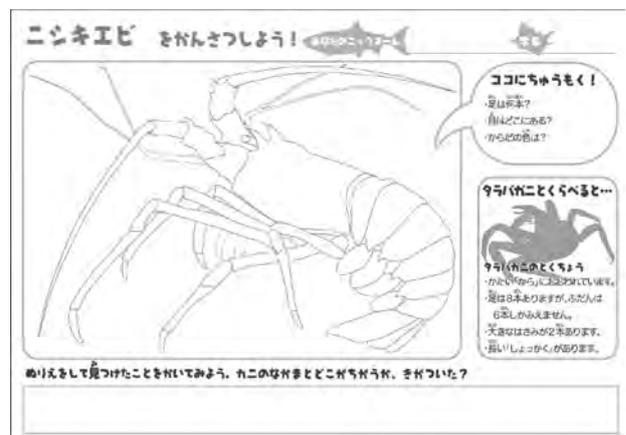


図 1 「ぬりえシート」の構成

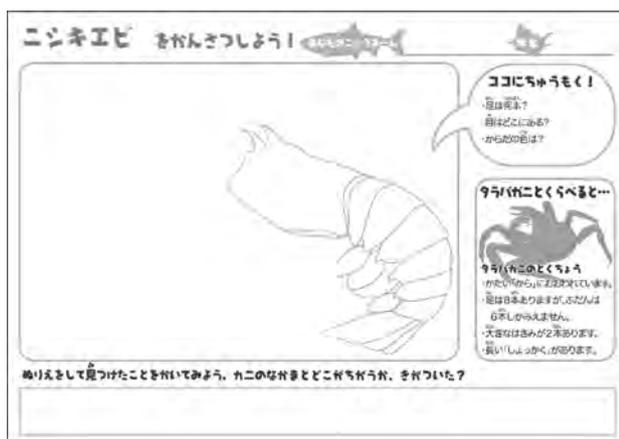


図2 一部のみ線画が描かれた「ぬりえシート」

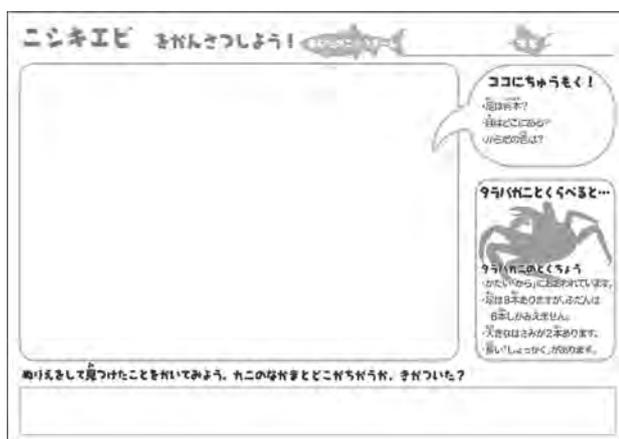


図3 全てスケッチを行う「ぬりえシート」

これらの共通フォーマットのもと、国立科学博物館と海の中道海洋生態科学館それぞれの展示に関わる生き物をピックアップし、その中から以下の視点で選抜を行った。

- ・両施設共通で展示されているもの
  - ・子どもたちの視線で観察できるように、視線の高い位置に展示されていないもの
- その結果、以下の海の生き物を対象に「ぬりえシート」を制作した。
- ・両施設兼用  
タラバガニ、ニシキエビ、ミズダコ
  - ・国立科学博物館用  
スケトウダラ
  - ・海の中道海洋生態科学館用  
ハリセンボン、スナメリ、ゴマフアザラシ、ウミガメ

### ぬりえプログラム実施の概要

以上の方針により開発した「ぬりえシート」を一般来館者に利用してもらうプログラムを両施設において2度ずつ、計4回実施した。対象は幼児、小学生を優先とした

が、年齢に関係なく希望者は全て参加できるようにした。国立科学博物館では、初回を平成19年11月24日(日)に行った。参加者は、地球館2階で行われた「海の『おいしい』豆知識」の展示室出口で使ってみたいぬりえを選択し、日本館3階の常設展示室に移動し、そこで画板と色鉛筆を借りてぬりえを行った。2回目は平成20年2月23日(土)および24日(日)に行った。この時期は「海の『おいしい』豆知識」は終了していたため、日本館3階に設置した受付で「食卓にのぼることもある身近な海の生き物のぬりえをしませんか?」といった、ぬりえと食と結びつけるような案内を行い、参加を呼びかけた。

海の中道海洋生態科学館では、平成19年12月27,28日、平成20年1月19,20日の計4日間実施した。正面入口すぐ右手にある、「生きもの美肌コレクション 一魚よ君は美しい」の入口わきにカウンターを設置して参加を呼びかけた。国立科学博物館同様、全ての来館者を対象とし、参加者がぬりえを選んだ後、画板と色鉛筆の貸出を行った。

いずれの実施日においても、参加者自身のぬりえ作品はおみやげとして持ち帰ってもらうかわりに、参加者の了解を得た上でスキャナを用いてそれぞれの作品を取り込み、保存を行った。

### アンケート調査の実施

本プログラム参加者に対し、ぬりえ終了後にアンケート調査を実施した。回答を求めた項目は、性別、学年、来館の有無、楽しかったか(5件法)、ぬりえの使い勝手(5件法)、ぬりえの種類(選択式)、科学(理科)の好き嫌い(選択および自由記述)、参加の理由(選択式)であった。平成20年2月に国立科学博物館で実施したときのみ、これらに加え、海の生き物のことをもっと知りたくなったか(5件法)、博物館の展示をもっと見たくなったか(5件法)という質問を追加した。

### 調査結果

回収したアンケート数は、国立科学博物館(以降、かはく)における試行では88、海の中道海洋生態科学館(以降、海の中道)における試行では213であった。また、スキャンした「ぬりえシート」は、かはくは

86 枚、海の中道は 228 枚であった。プログラムは両施設において 2 度ずつ実施したが、同じ「ぬりえシート」を用いた内容であったため、回収したアンケートは施設ごとにまとめて分析した。

### 1 参加者の属性

かはくでの参加者はほぼ男女半々であったのに対し、海の中道は女性の参加数が多かった (表 1)。

表 1 参加者の性別

性別	かはく	海の中道
男性	45	79
女性	42	125

参加者の学年は、どちらも幼稚園以下および小学校低学年が大半を占めた。海の中道ではとくに幼稚園児が多く、どちらも小学校高学年以上の参加者は非常に少なかった (表 2)。学年と性別の関係を見ると、かはくではとくに一貫した傾向は見られないが (図 4)、海の中道では低学年においてとくに女性の参加が多かった (図 5)、これが女性の参加数が多かった主な要因とみることができる。

表 2 参加者の学年分布

学年	かはく	海の中道
中学生以上	8	3
小学校 6 年生	0	0
小学校 5 年生	5	3
小学校 4 年生	2	11
小学校 3 年生	13	12
小学校 2 年生	10	27
小学校 1 年生	19	30
幼稚園以下	30	112

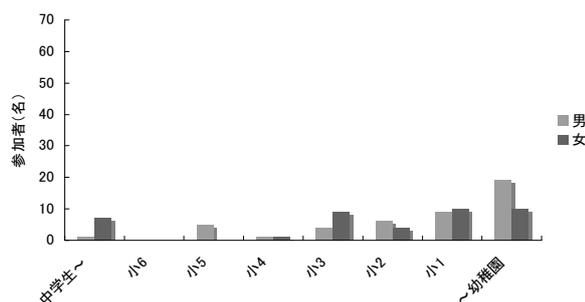


図 4 参加者の性別と学年分布 (かはく)

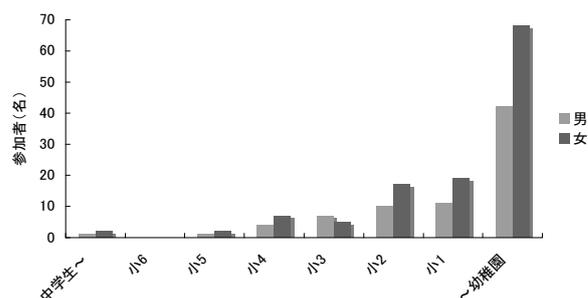


図 5 参加者の性別と学年分布 (海の中道)

また、両施設とも、すでに利用経験があるリピーターの参加が多かったが、特に海の中道でのリピーター率が高かった (表 3)。

表 3 来館経験の有無

リピーター率	かはく	海の中道
割合 (%)	57.0%	79.2%

### 2 参加の動機と満足度

本プログラムへの参加理由については、「ぬりえをしたかったから」「海の生き物が好きだから」という意見が非常に多かった。「その他」の自由記述の中でも「たのしそうだったから」という回答が複数見られた。アンケートの回答からは、参加理由として「食べる」「美肌」など、生活場面との結びつきを意識した展示テーマに関連する回答はさほど多くなかった (表 4, 5)。

表 4 ぬりえへの参加理由 (かはく)

かはくでの参加理由 (複数回答可)	件数
ぬりえをしたかったから	63
海の生き物が好きだから	48
無料だったから	19
食べることに注目しているところが面白かったから	14
おみやげを持って帰れるから	10
<b>その他 (自由記述)</b>	
たのしそうだったから	7
こどもと一緒にうみのいきものをみながらえがかけるから	1

表 5 ぬりえへの参加理由 (海の中道)

海の中道での参加理由 (複数回答可)	件数
ぬりえをしたかったから	155

海の生き物が好きだから	131
無料だったから	39
美肌展がおもしろかったから	23
マリンワールド海の中道にいる動物をよく観察したかったから	81
おみやげを持って帰れるから	17
<b>その他 (自由記述)</b>	
たのしそうだったから	7
絵がかきたかったから	2
目がくりくりしてたかわいかった	1
カメが好きだから	1
スナメリが好きだから	1
すすめられて	1
時間つぶし	1

本プログラムに参加した感想を5件法でたずねたところ、両施設とも「とてもおもしろかった」「おもしろかった」が大半を占めた (図6, 7)。

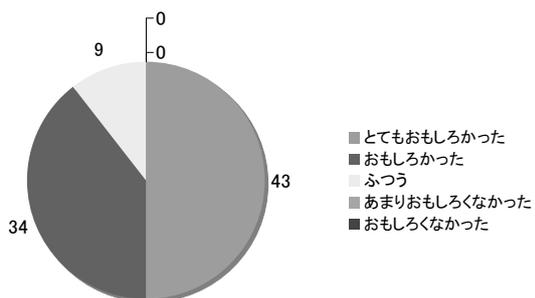


図6 プログラム参加後の感想 (かはく)

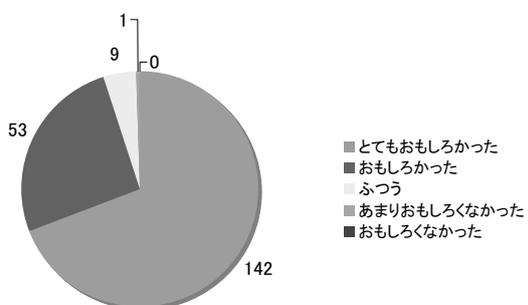


図7 プログラム参加後の感想 (海の中道)

また、シートの使い勝手についてもおお

むねよく、大部分の参加者はプログラムを楽しむことができたと考えられる (付録1)。次回も同様のプログラムへの参加を希望するかどうかをたずねたところ、9割を超える参加者がまた参加したいと回答した (表6)。

表6 次回も参加したいと回答した人の割合

	かはく	海の中道
また参加したい		
割合 (%) と 件数	92.8% (77/83)	96.0% (190/198)

### 3 むりえの人気

本プログラムの参加者が選択したむりえの種類を表7に示す。どのむりえも活用されたが、海の中道では大型のウミガメ、ゴマフアザラシ、スナメリの人気が高かった。

表7 参加者が選んだむりえの数

むりえの種類	かはく	海の中道
ミズダコ	17	31
ニシキエビ	20	13
タラバガニ	27	26
スケトウダラ	23	
スナメリ (1月20日のみ)		20
ゴマフアザラシ		39
ハリセンボン		28
ウミガメ		48

注: 斜線を引いた部分は、提供しなかったことを示す。

むりえのタイプについては、両施設において、全て線画になっているものが多く選ばれた (表8)。

表8 選ばれたむりえのタイプ

むりえタイプ	かはく	海の中道
全部	65	159
一部	15	20
まっ白	1	14

白紙にスケッチすることは、むりえの「枠」となる線画を自ら描かなくてはならないためハードルの高い作業となる。むりえという形式であることで、絵を描くのが苦手な人にも参加しやすい状況を作られるが、全部線画になっているタイプを

選んだ人の選択理由の中に、絵が難しいから選んだという回答がやはり含まれていた (表 9)。

表 9 全て線画の「ぬりえシート」を選んだ参加者の選択理由

選択理由	かはく	海の中道
簡単だから	15	58
絵を描くのが難しい	5	23
ぬりえをしたいから	1	11

#### 4 ぬりえによる学習と、次の学習への動機付け

本プログラムでは、生き物の外部形態を観察してもらうことが目的であった。単にぬりえを楽しむだけでも参加は可能であったが、どちらもおよそ 4 割の参加者が「ぬりえシート」に、ぬりえだけでなく気づいたことを記入した (表 10)。かはくの参加者の方が、記入率がやや高かった。

また、観察のポイントを示すためにシートでは「足は何本？」といった問いかけ型の表記をしていたが、そこに答えを記入した参加者もあり、かはくでは 6 件 (7%)、海の中道では 13 件 (5.7%) であった。

表 10 気づいたことを「ぬりえシート」に記入した参加者の割合

気づいたことの記入	かはく	海の中道
割合 (%) と 件数	46.5% (40/86)	38.6% (88/228)

また、海の中道では生き物のぬりえだけでなく、水槽の中の様子を背景として描いた子どもの割合が、かはくよりやや高かった (表 11)。

表 11 ぬりえの背景をぬった参加者の割合

	かはく	海の中道
割合 (%) と 件数	8.1% (7/86)	12.7% (29/228)

気づいた点の記述内容を分類すると、図 8、9 のようにまとめることができた。色についての発見よりも、外部構造に対する気づきが多く記された。さらに、生きている動物を観察できる海の中道でのみ、動物の動きや生活の仕方についての記述が多く見られた。

これらは断片的な結果であるが、総合すると、かはくでは動かない標本をじっくり観察し、標本そのものの形についての気づきが導かれ、海の中道では生きている標本の観察から、その動きや周囲の様子への気づきが促される可能性が示唆される。いずれにしても、観察から新たな発見に結びつく可能性が示されたと言える。

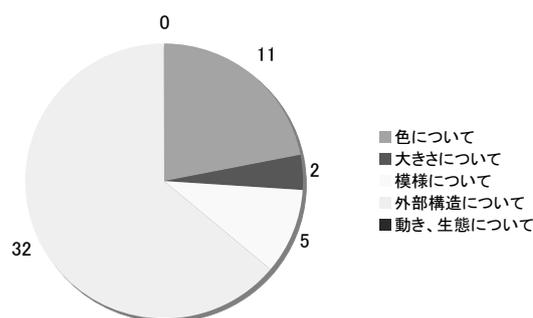


図 8 ぬりえで気づいた内容の分類 (かはく)

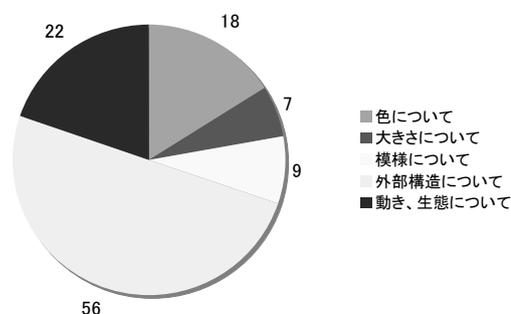


図 9 ぬりえで気づいた内容の分類 (海の中道)

また、かはくで行った 2 回目の調査のみ、ぬりえに参加したことで海の生き物のことをもっと知りたくなったり、博物館の展示をもっと見たくなったりしたかを質問したところ、大半の参加者が「とてもそう思う」「そう思う」と回答し、次の学びへつながる可能性が示された (図 10, 11)。

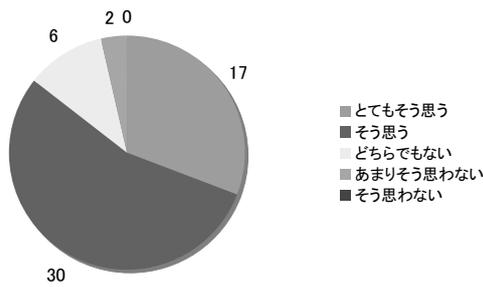


図 10 海の生きものをもっと知りたくなった

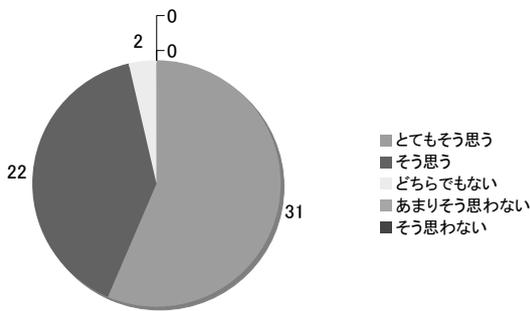


図 11 博物館の展示をもっと見たくなった

### 5 参加者の科学（理科）の好き嫌い

参加者が、科学または理科が好きかどうかをたずねたところ、どちらの施設でも高い割合で好きだという回答が得られた（表 12）。

表 12 科学（理科）が好きかどうか

好きな割合	かはく	海の中道
割合(%)と件数	91.8%(67/73)	82.7%(105/127)

好きな科学(理科)の内容を分類すると、生き物全般に関する回答が多いが、実験が好きだという回答も非常に多かった（表 13, 図 12,13）。

表 13 好きな科学（理科）の分類

好きな科学（理科）	かはく	海の中道
生き物全般	17	33
化学	3	1
物理	7	4

地学	2	1
薬学	1	0
観察・調べる	5	4
実験	19	27
博物館	1	1
自然	1	2

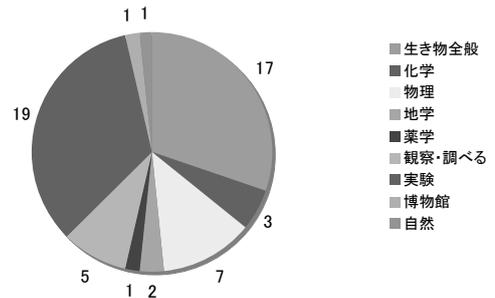


図 12 好きな科学（理科）の分類（かはく）

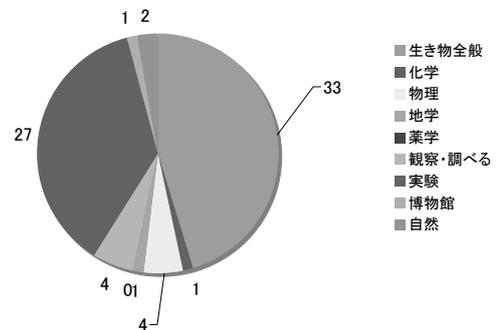


図 13 好きな科学（理科）の分類（海の中道）

### 考察

本プログラムでの実施結果は以下のよう  
にまとめることができる。

#### 1 参加者の属性

- ・幼稚園児，小学校低学年が多かった。
- ・海の中道の参加者はより低年齢が多く，中でも女性が多かった。

#### 2 参加の動機と満足度

- ・ぬりえ，海の生き物がもともと好きな人が多かった。
- ・参加者のほとんどがぬりえを楽しみ，次回も参加したいと思った。

・「ぬりえシート」の使い勝手はおおむねよかった。

### 3 ぬりえの人気

- ・ぬりえの対象となる生き物の選択はばらつきがあり、幅広く利用されたが、ぬりえのパターンは全て線画が描かれているものが多く選ばれた。
- ・全て線画の「ぬりえシート」を選んだ理由は、ぬりえだけだと楽だから、という意見が多かったが、絵が苦手な人の参加を促すのにも有効となった。

### 4 ぬりえによる学習と、次の学習への動機付け

- ・約4割の参加者がぬりえをしながら海の生き物について気づいたことを「ぬりえシート」に記入した。
- ・両施設において、海の生き物の外部形態に関する記述が多く、海の中道では、海の生き物の動きや周囲の様子に気づいた参加者も多く、単にぬりえをただけではなく、観察をきちんと行う参加者も多かったことが明らかとなった。
- ・ぬりえをしたいというきっかけで参加した人が多かったが、それをきっかけに海の生き物や展示に興味・関心が高まる結果が得られた（かはくのみ結果）。

### 5 参加者の科学（理科）の好き嫌い

- ・科学（理科）が好きな参加者の割合が高かった。
- ・生き物全般だけでなく、実験が好きな人が多かった。

かはくと海の中道で共通利用できる「ぬりえシート」の使い勝手はおおむねよく、異なる展示環境においても共通フォーマットの「ぬりえシート」を使うことで、楽しみながら海の生き物の観察が促された。両施設が協力して学習素材を開発することで、よりよい学習素材の製作が可能となることが示されたと言えるだろう。

ぬりえへの参加の動機として、生活と結びつく展示との関連を挙げた回答はさほど多くなかったが、ぬりえをしたいという動機の子どもたちに参加を促し、その結果展示物を観察し、新たな発見を促し、海の生き物や展示に興味・関心が生まれるという流れを作り出す可能性が示された。

子どもたちにとって、ぬりえ自体が生活の一部になっているかもしれない、このようなプログラムへの参加のきっかけとして、「食」や「美肌」といった生活場面との結びつけをすることはさほど重要ではなかったかもしれないが、この点についてはさらなる検証が必要である。いずれにしろ、科学リテラシー涵養という視点から、本プログラムがきっかけとなって学んだことを、知識として定着させ、家庭や社会における生活場面で生かし、将来役立てられる仕組み作りは重要である。今後のプログラム開発にそのような視点を取り入れてゆきたい。

### 謝辞

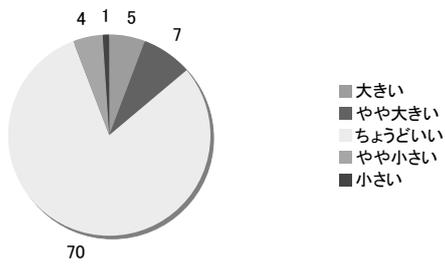
本プログラムの試行にあたっては、東京家政学院大学の柳川悠さん、学校法人滋慶文化学園福岡エコ・コミュニケーション専門学校の内詩織さん、立石央さん、木菌陽平さんにご協力いただきました。記して謝意を表します。

### 参考文献

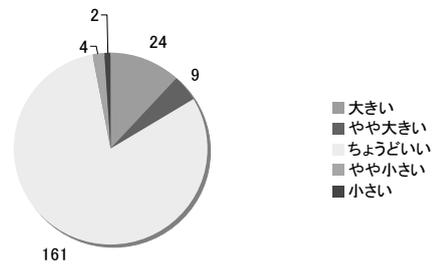
- [1] Hein, G. Learning in the Museum. Routledge, 1998.
- [2] Hooper-Greenhill, E. (ed.) The Educational Role of the Museum Second Edition. Routledge, 1999.
- [3] Falk, J. & Dierking, L. Learning from Museums. AltaMira Press, 2000.
- [4] <http://www.inspiringlearningforall.gov.uk/>
- [5] 小川哲夫, 子供の継続的な観察による自然認識の構成, 理科の教育, 56, 2007

付録1 ぬりえシートの使い勝手について

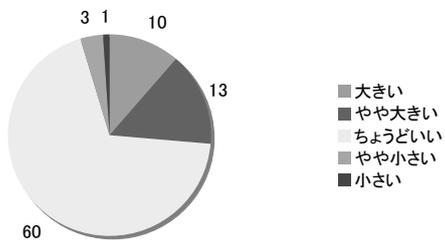
紙の大きさについて(かはく)



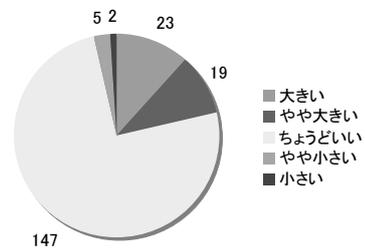
紙の大きさについて(海の中道)



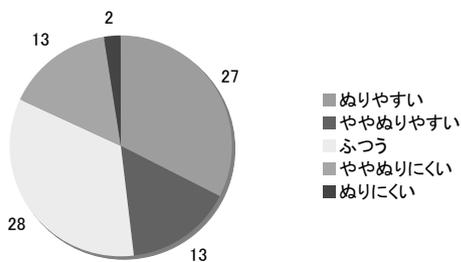
絵の大きさについて(かはく)



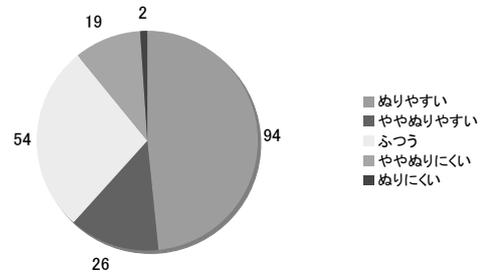
絵の大きさについて(海の中道)



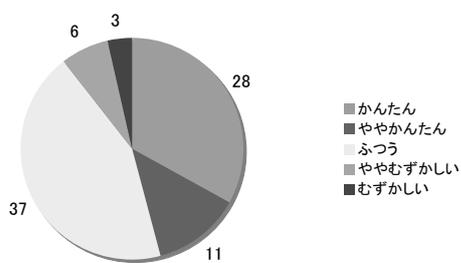
絵のぬりやすさについて(かはく)



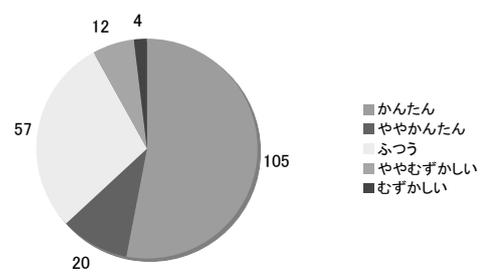
絵のぬりやすさについて(海の中道)



ぬりえの説明について(かはく)



ぬりえの説明について(海の中道)





## 恐竜キャンプ～展示室に宿泊する英語学習プログラムの開発～ Learning English in Sleepover Program at Science Museum

有田寛之, 高橋みどり

国立科学博物館

Hiroyuki ARITA, Midori TAKAHASHI

National Museum of Nature and Science

概要：国立科学博物館の展示室を児童英語教育の場として活用する試み「恐竜キャンプ」を行った。博物館の研究者との交流や、展示室に宿泊して学ぶという非日常的な体験が児童にとって学習意欲を高める効果が見られたが、「恐竜キャンプ」で学んだ内容を知識として定着させる仕組みが必要であるという課題も明らかになった。

キーワード：英語学習, 非日常的な体験, 博物館と学校の連携

English learning, extraordinary experience, collaboration between museums and schools

### はじめに

生涯学習施設である博物館は、学校教育と連携・協力しつつ、多様な学びを提供する場として社会から期待されている。科学系博物館は、従来から理科を学ぶ場として学校教育の中で活用されてきたが、近年は理科に限らず、小学校の国語で扱う科学的な内容に関する情報収集の場として科学系博物館が注目されたり[1]、特別展における英語の音声ガイドを高校生の英語学習に役立てる試みがなされたり[2]と、様々な科目を学ぶ機会を提供する可能性に注目が集まりつつある。

国立科学博物館は、国を代表する総合科学博物館として、地球誕生から人類の進化、人類が築き上げてきた様々な科学技術の紹介など、地球規模での様々な科学的事象に関わる展示を展開し、幅広い学習機会の提供という社会的要請に応える可能性を持っている。

また、アメリカの映画「ジュラシックパーク」「ナイトミュージアム」など、博物館の研究や展示に関連する内容を盛り込んだ作品が日本でも大変人気が高く、英語と科学と博物館を結びつけることにより、学習意欲を高める効果を生み出すことが十分予想される。

そこで国立科学博物館は、学習プログラム開発の一環として東京純心女子大学における児童英語学習の実践研究に協力し、児童が恐竜展示室に宿泊しながら英語を学ぶプログラムを実施した。

### プログラム実施のねらいと期待される効果

本プログラム実施のねらいは、以下の二点であった。

1) 博物館の展示室にキャンプするという非

日常的な体験をしながら、恐竜などの展示物を使い、英語学習への意欲を高める。

2) 科学系博物館において先導的な児童英語学習のカリキュラム作りを行う。

博物館の展示室に宿泊するという非日常的な体験により、学習意欲や学習効果を高めることが期待される。また、博物館を普段利用しない子どもや保護者に、英語学習というきっかけで来館する機会を提供し、本プログラムにおける学びから、科学や自然、英語には国境がないことの理解につながることを期待される。

### プログラム開発の概要

本プログラム開発にあたって、博物館の展示や学習資源をどう活用すれば効果的かという議論がまず行われた。

児童英語教育を実践している大学側からは、子どもたちへの学習の動機付けとして恐竜を扱うことが一番であることと、英語学習を始めたばかりの児童にとって、プログラム期間中全て英語学習になるのは荷が重いという要望が伝えられた。これらの点を考慮し、様々なプログラムを体験する中で、日常生活の中で用いられる、体の部位や移動の際の方向の示し方、英語による質問の仕方など、基本的な内容を楽しみながら学ぶ仕組みを検討した。

その結果、国立科学博物館と東京純心女子大学における既存の学習プログラムをアレンジし、以下のプログラムを実施することとした。

①英語表現の学習(英語)：本プログラムで必要な、基本的な英語表現を来館途中のバス

内で学ぶ。

- ②シアター360 (全天周映像)鑑賞 (日本語): 博物館における迫力ある恐竜のCG映像を鑑賞し, 学習への動機付けとする。
- ③恐竜の研究者による展示室案内 (日本語): 研究者と直接コミュニケーションを取ることにより学習意欲を高めるとともに, 恐竜の基本的な知識を身につけ, 後の英語学習に役立てる。
- ④鶏肉の骨洗浄 (日本語): 夕食のおかずに入っている鶏肉の煮込み料理を食べた後に各自で骨を洗浄し, 研究活動への理解や後の骨の部位探しの導入とする。
- ⑤絵本読み聞かせ (英語): 展示に関連する内容を, 絵本という親しみやすい切り口で学ぶ。
- ⑥レプリカを使った骨の部位探し「レプリカを探せ!」 (英語): 3~4人のグループごとに骨格標本のレプリカを渡し, 展示されている恐竜の全身骨格と見比べながら, 体の部位や, 英語での質問の仕方などを学ぶ。
- ⑦恐竜のぬりえ (日本語) とニックネームゲーム (英語): ステゴサウルスが生きていた当時の姿を想像しながらぬりえを行い, 各自が描いたぬりえに英語でニックネームを付け, 英語表現を身につける。
- ⑧トレジャーハンティング (英語): 展示室において, 展示物を目印に用いたオリエンテーリングを英語で行い, 進行方向などの基本的な英語表現を学ぶ。

### プログラムの実施概要

実施日程は平成19年12月1日(土)から2日(日)までの2日間であった。参加者は, 八王子市立第十小学校5, 6年生のうち, 抽選で選ばれた計21名と, 教員2名であった。

英語の指導は東京純心女子大学の教員5名と大学生18名が行った。学術的な解説およびプログラム進行における調整は国立科学博物館のスタッフ3名が行った。

参加者のプログラムは以下の通りであった。

初日 (12月1日)

- 15:00~16:30 英語表現の学習
- 16:30~17:00 シアター360鑑賞
- 17:15~19:00 展示室案内
- 19:00~19:30 夕食
- 19:30~20:30 鶏肉の骨洗浄
- 20:40~21:00 絵本読み聞かせ
- 21:00~21:40 レプリカを使った骨の部位探し

21:40~22:00 講評

22:00~23:00 洗面, 就寝準備

23:00 消灯 (恐竜展示室内で寝袋にて就寝)  
二日目 (12月2日)

6:45 起床

7:15 朝食

7:30~8:30 恐竜のぬりえ

8:30~10:00 トレジャーハンティング

10:00~10:30 写真撮影 (自由行動)

10:40~11:15 ニックネームゲーム

11:15~11:30 終了式

また, 本プログラムの実施に際し, 参加した児童の持つキャンプの感想, 理科に対するイメージ, 英語に対するイメージ, 職業観, 科学の本質に対する理解を調べるため, 事後アンケートを行った。アンケートの質問項目は以下の通りであった。

- ・国立科学博物館への来館経験
- ・恐竜キャンプに参加を希望した理由
- ・科学(理科)の好き嫌い
- ・英語の好き嫌い
- ・恐竜について印象に残った内容
- ・恐竜キャンプでの中で, 面白かったこと
- ・年に何回くらい博物館や科学館へ行くか
- ・将来何になりたいか
- ・意見と観察の違いへの理解
- ・科学の本質に対する理解
- ・恐竜キャンプで, 英語はたくさん学べたか
- ・学校と恐竜キャンプ, どちらの英語学習が面白かったか
- ・恐竜キャンプで学んだ英語表現のうち, 良く覚えている表現

### 調査結果

アンケートの回収率は95%(21名中20名)であった。以下に, アンケートの回答結果を記す。

#### 1) 博物館・国立科学博物館への訪問経験

これまで国立科学博物館に来た回数を訪ねたところ, 10回が1人, 3回以下が3人, 全くないが16人であった。一年間に博物館を訪問する頻度は, 全く行かない人が13人, 年に1~2回が7人であった。

#### 2) キャンプに関して

本アンケートでは, 恐竜キャンプに参加しようと思った理由を三つまで選んで○をつけ,

うち最大の理由には◎をつけてもらった。

参加理由として最も多かったものは、「博物館に泊ってみたかったから」であり、次いで「座っている勉強ではなく、遊びの中で学ぶことが出来るから」、「英語で恐竜のことを学んでみたかったから」、「プログラムが面白そうだったから」の回答が多かった。また、参加を決めた最大の理由も、「博物館に泊ってみたかったから」を挙げた参加者が最も多かったことより、宿泊することに関する参加者の期待の大きさが伺えた (図1)。

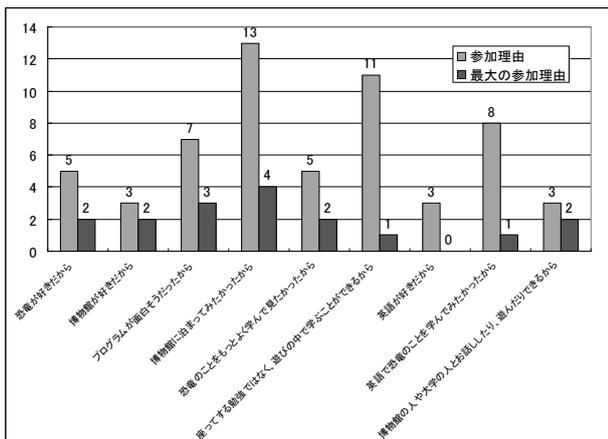


図1 恐竜キャンプに参加を希望した理由

キャンプ中参加者が面白かったと感じたプログラム内容及びその他の行動は、「シアター360を見たこと」が最も回答数が多く、次いで「恐竜博士のお話」、「レプリカを探せ!」、「博物館に寝袋で泊まったこと」、「トレジャーハンティング」と続いた。キャンプの主なプログラム内容の回答数が多い中、「博物館に寝袋で泊まったこと」の回答数も多いこの結果は、キャンプが参加者の大きな期待に応えられたことを示唆している (図2)。

また、最多ではなかったものの、「恐竜の展示をじっくり見たこと」や「英語で恐竜の名前や部位を学んだこと」の回答数もそれぞれ7件、5件となっており、恐竜キャンプの参加理由としてあげられた「座っている勉強ではなく、遊びの中で学ぶことが出来るから」、「英語で恐竜のことを学んでみたかったから」の回答数と合わせて考えると、参加者の関心が「恐竜のことを英語で学ぶ」ことに集中していることが明らかになった。

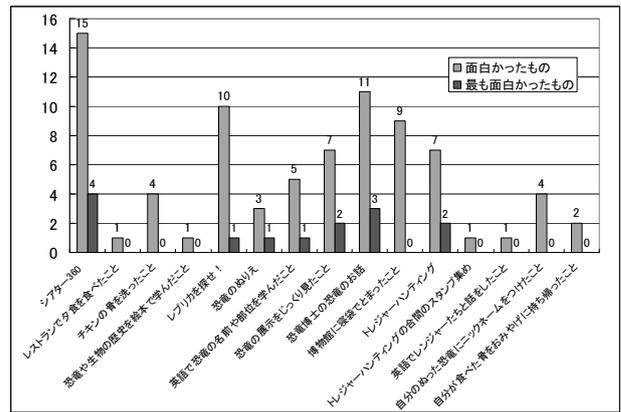


図2 恐竜キャンプ中で面白かったこと

### 3) 理科に関して

参加者の理科の好き嫌いは、「とても好き」「結構好き」を合わせて全回答者数中15人で、残る5人は「あまり好きではない」と答えた。科学(理科)が「とても好き」「結構好き」と答えた人に聞いた、好きな理科の分野は、「恐竜・化石」が最も多く、次いで「動物・鳥」および「生きものと環境」であった。同じ生きものでも昆虫の分野が好きと回答したのは1名で、「電気」も1名、「エネルギー」は0名であった (図3)。この結果は、キャンプの参加理由としてあげられた結果とも一致した。つまり、日頃から恐竜が好きなおもたちがこのキャンプに参加し、実際に楽しんだ内容も恐竜のことであると解釈することができる。

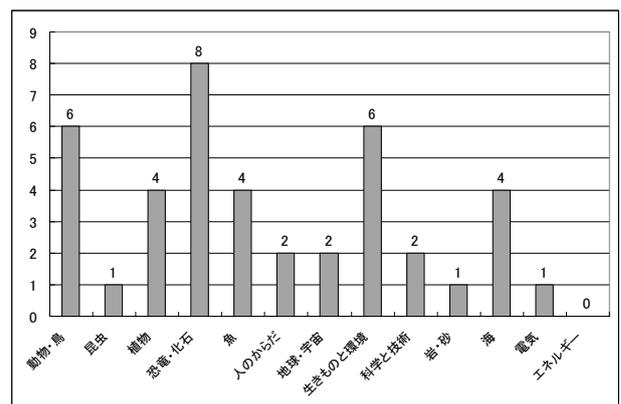


図3 好きな科学の分野

展示物を観察して渡された化石レプリカの部位を探してスケッチをしたり、ぬりえをしたりする本キャンプにおいて「観察」は重要なキーワードであった。したがって、子どもたちが観察とはどういうものか、意見や感想とどのように違うのかについて理解を得ているかを測るため、図4のような絵を提示し、四つの選択肢から観察言明を選ぶ質問を設定

した。

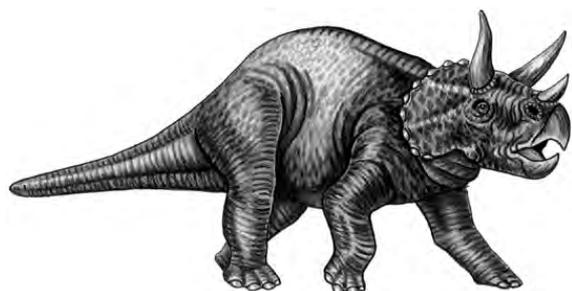


図4 質問に用いたトリケラトプスのイラスト

全回答者 17 人中 12 人が、正解「この恐竜は頭に角を 3 本持っている」を選んだ。混同しやすい選択肢「この恐竜の化石はとても大きい」を選んだのは 2 人であり、回答者は観察について意見や感想と区別できている様子が見えた (図 5)。

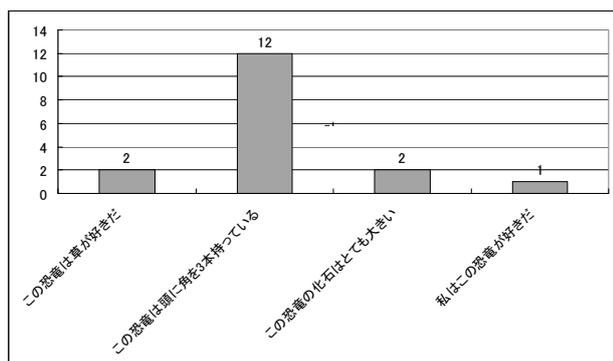


図5 観察言明を選ぶ質問の回答

#### 4) 英語に関して

参加者の英語に対する好き嫌いは、「とても好き」「結構好き」を合わせて全回答者 20 人中 13 人であり、「好きではない」と思っている参加者は 2 人のみであった (図 6)。キャンプにおいて英語を学べたと思うか否かを聞いた項目では、回答者全員 (19 人、無回答者 1 人) が「とても学べた」「学べた」と答えた。

しかし、実際にどんな英語を学んだかの自由記述において、恐竜に関することを例示した回答は、「Hypacrosaurus」の一例のみであり、「go straight」、「hint, please」、「not yet」、「turn to the right」など、トレジャーハンティングで使った英語表現を挙げた回答者が非常に多かった。また、「分からない」や無回答も 4 人いた。

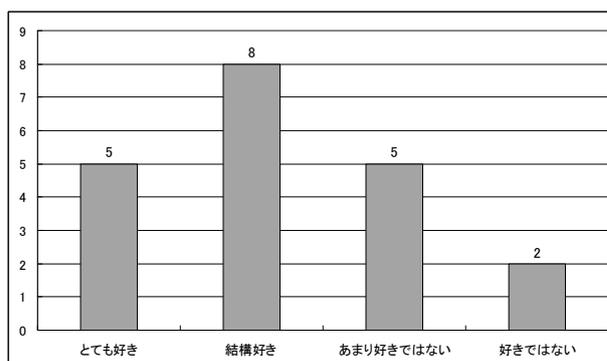


図6 英語の好き嫌いに対する回答

#### 5. 将来なりたい職業について

参加者が将来なりたい職業について聞いたところ、なりたい職業がある回答者は全体の 79% (15 人) であった。キャンプの内容と関連する職業 (化石の発掘家や恐竜の研究者、または博物館や水族館などではたらかたい) を答えたのは回答者全体の 32%、その他の職業を挙げたのは 47% であった (図 7)。また、キャンプの内容に近い職業に分類されるものとして「真鍋先生のような恐竜に詳しい人」になりたいという回答もあった (表 1)。

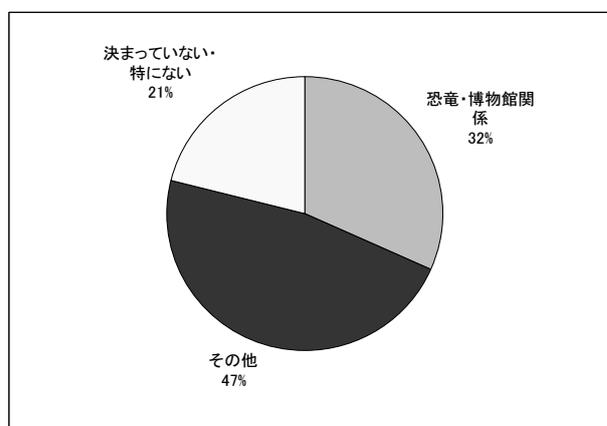


図7 将来なりたい仕事

表1 将来なりたい仕事の回答一覧

番号	職業	理由
1	まだはっきり決まっていない	
2	特にない	特にない
3	大阪にある海よう堂で働きたい	フィギアが作れるから
4	特にない	
5	恐竜研究者	生き物が好きだから
6	スポーツ選手	スポーツをたくさんなっているし、楽しいし、スポーツが大好きだから

7	ファッションデザイナー	自分が考えた服をきてもらいたい
8	看護師(医療関係)	人のためにはたらきたいから
9	発掘家	土・日できょうみを持ったし、まえから好きだった
10	マンガ家・イラストレーター	えをかくのが好きだから
11	今はない	
12	①歌手か②漫画家	①歌が好きだから ②絵が好きだから
13	アナウンサー	見ている人がよく分かるように伝えたいから
14	無回答	無回答
15	水ぞくかんでほたらきたい	海とか、海の生きものが好きだから
16	真鍋先生のような恐竜にくわしい人	ぼくは恐竜から鳥までの生きものが大好きだから！
17	かせきはつつ	きょうりゅうが好きだから
18	水泳のコーチか選手	プールが好きだから
19	保育士&ダンサー	小さい子が好きだから。ダンスが好きだから。
20	料理人	4年の時、母の手伝いをして、とても楽しかったから

今回のキャンプの内容に近い職業(発掘家、恐竜の研究者、博物館などの職員)を挙げた回答者は、その理由として、恐竜が好きだから、生きものが好きだからといった理由の他に、「前から好きだったが、今回のキャンプでもっと好きになったから」という理由も見られた。「真鍋先生のようにになりたい」との回答も合わせると、子どもたちの中でこのキャンプは一定のインパクトを与えたと解釈できる。

その他として挙げたものには、保育士や看護師の他に、スポーツ選手、ファッションデザイナー、漫画家、ダンサー、料理人など、創造性を発揮する職業が多く見られた(表1)。

### 5) その他

参加者の科学に対する意識や理解について質問を行い、「とてもそう思う」、「そう思う」、「どちらでもない」、「あまりそう思わない」、「そう思わない」の中からあてはまるものを選択させた。

「科学には解明されていないことがたくさんある」の質問に対して、全回答者 20 人中

19 人が肯定的に回答し(図8)、「博物館の展示は、様々な科学者の今までの研究成果が元になっている」に対しては 20 人全てが肯定的に回答した(図9)。これより、科学は万能ではなく、今までの成果の積み重ねで成り立っていると理解している様子がうかがえた。

また、「科学や技術は私の生活に良くも悪くも影響を与える」、「将来、科学や技術は全ての問題を解決する」に対する回答は、いずれも明確な意識の差は出なかった(図10, 11)。これらの結果は、上記の結果と合わせ、科学は必ずしも生活や社会をよい方向に導くわけではなく、使い方によっては悪影響を与えることもあること、また、科学技術の進歩は研究成果の積み重ねに依存するため、必ずしも全ての問題を解決するわけではないことを理解していると解釈することもできる。

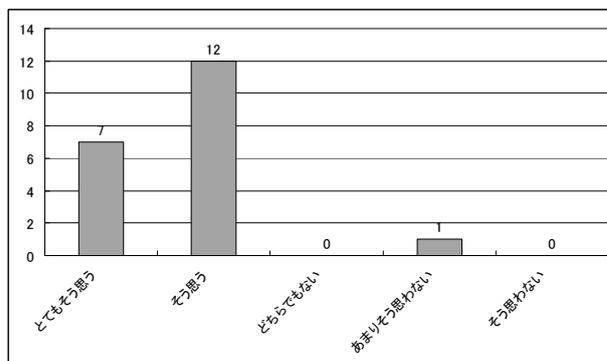


図8 「科学には解明されていないことがたくさんある」の回答

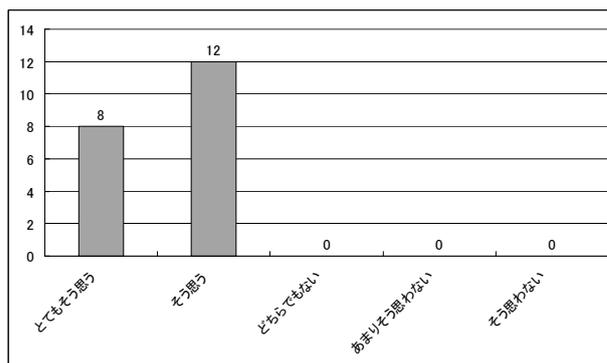


図9 「博物館の展示は、様々な科学者の今までの研究成果が元になっている」の回答

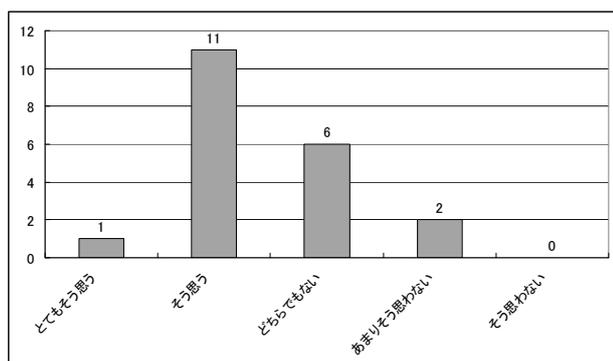


図 10 「科学や技術は私の生活に良くも悪くも影響を与える」に対する回答分布

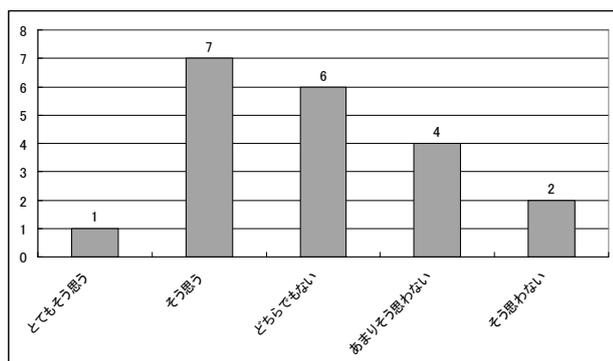


図 11 「将来、科学や技術は全ての問題を解決する」に対する回答分布

## 考察

本プログラムの参加者に対するアンケート結果は以下のようにまとめられる。

- 1) 恐竜キャンプ参加者は、恐竜のことを英語で学べることを期待し、それが大きな参加理由となった。また、英語をよく学ぶことができたと感じている回答が多かったことから、その期待は満たされたと解釈できる。しかし、実際に学んだ英語を挙げてもらう質問において、恐竜に関する内容は一例のみであった。
- 2) 国立科学博物館のシアター360や恐竜の展示の監修を行った研究者に、展示室を案内してもらいながら話を聞いたことは、参加者にとって大きく印象に残ったようである。今回の経験に刺激を受け、将来は恐竜の研究者になりたいという回答も見られた。
- 3) 参加者の中には、元々恐竜をはじめ動物や環境について好きだと感じている人が多かった。また、キャンプ中の会話や、アンケートの余白に書かれたメモより、このキャンプを「一生に一度しかないすばらしい経験」と位置づけている参加者が

いることが明らかになった。このことより、ある一定の興味レベルの人がキャンプに参加したことにより、全体的な満足度が高かったと解釈できる。

- 4) 科学の本質に関しては、一定の水準の理解が見られた。これは、上記3)でも述べたように、元々恐竜をはじめ動物や環境について好きだと感じている参加者が多く、日頃から科学そのものや科学的な考え方に親しんでいるという理由が考えられる。

プログラム実施のねらいと比較すると、1の「博物館の展示室にキャンプするという非日常的な体験をしながら、恐竜などの展示物を使い、英語学習への意欲を高める」ことは達成されたと考えて良いが、2の「科学系博物館において先導的な児童英語学習のカリキュラム作りを行う」という点には、英語の理解増進という面で課題が残るだろう。子どもたちが学んだ英語表現に関する回答から、恐竜という子どもたちに人気の高い題材を用い、日常生活における基本的な英語表現を身につけるといふ点では一定の成果が見られたと考えられる。しかし、恐竜について英語で学ぶ、さらに言えば科学に国境がないことに気づくという点で見ると、今回のプログラムでは知識の定着までを望むのは難しかったのかもしれない。

今回得られた結果は、博物館における単発的な学習に関する従来の知見と一致する。国立科学博物館における教育プログラムに小学生が参加すると、「実物資料に触れる」「博物館職員との交流を図る」という体験により、博物館に対して親しみがわき、興味・関心が高まることが明らかになっている[3]。博物館特有の資源が子どもたちの学習意欲を高めることは、理科に限らず英語学習でも同様であることが今回明らかとなった。

本プログラムは、博物館に宿泊する非日常的な体験により、参加者の満足度は非常に高かった。科学的内容を英語で学習する面があまり見られなかった原因としては、英語の指導者が科学の専門家ではなく、学習プログラムも日常的な英語表現を学ぶものがほとんどだったことなどが考えられる。科学リテラシーを涵養するプログラムとして位置づけるならば、博物館職員自身が英語の指導にも関わるなどの、科学系博物館で英語学習を行いつつ科学的知識も身につけられる仕組みづくりが求められるだろう。

## 参考文献

- [1]平賀伸夫, 三ツ川章, 齊籐仁志: 教師支援を目的とした学校と博物館との連携に関する研究, 科学教育研究, 31(2), 103-113, 2007.
- [2]関口洋美, 吉村浩一: 「いのちのたび博物館」英語解説モニター調査報告書. 移動体通信を用いた新しい博物館展示解説の研究. 平成 14 年度~平成 17 年度科学研究費助成金 (基盤研究(A)) 研究成果報告書, 55-70, 国立科学博物館, 2006.
- [3]小川義和, 下條隆嗣: 科学系博物館の単発的な学習活動の特性 -国立科学博物館の学校団体利用を事例として-, 科学教育研究, 27(1) , pp.42-49, 2003.



## かわらの小石で遊ぼう Let's Play with Pebble of Rivers

原田光一郎<sup>\*1</sup>, 松原 聡<sup>\*1</sup>, 栗栖宣博<sup>\*2</sup>, 高橋みどり<sup>\*1</sup>  
国立科学博物館<sup>\*1</sup>, ミュージアムパーク茨城県自然博物館<sup>\*2</sup>  
Koichiro HARADA<sup>\*1</sup>, Satoshi MATSUBARA<sup>\*1</sup>, Nobuhiro KURISU<sup>\*2</sup> Midori TAKAHASHI<sup>\*1</sup>  
National Museum of Nature and Science<sup>\*1</sup>, Ibaraki Nature Museum<sup>\*2</sup>

概要: 幼稚園児, 小学校低学年児童とその保護者を対象とした科学リテラシー涵養のための学習プログラム「かわらの小石で遊ぼう」を開発し, 国立科学博物館で実施(試行)した。その概要と成果を報告する。

キーワード: 科学リテラシー, 石あそび, 石の違い, 親子

### プログラム開発の背景

河原の小石は, 岩石の成因や河原の小石と上流の地質との関連, 水や川の働きなど, 我々が生活する大地の作りや変化を理解する上で有用な素材である。幼児や小学校低学年の児童にとって, 遊びを通じて河原の石に親しむことは, 石や石の地学的な背景に興味を持つことのきっかけになると考えられる。

### プログラムのねらい

対象である子ども(幼児・小学生)に対して下記の3点, 保護者に対して1点をねらいとして定め, プログラム開発と実践を行った。

#### 【子ども(幼児・小学生)】

- ①親子で一緒に石遊びを楽しみながら, 自然(石)に親しみ, 興味・関心を持つ。
- ②石には様々なちがいが(種類)があることを知り, 身の回りの自然環境を理解するきっかけを持つ。
- ③異年齢の参加者とのコミュニケーションのなかで社会性向上のきっかけを持つ。

#### 【保護者】

- ①親子で石の工作を楽しむとともに, 家庭において継続的に親子の自然遊び・学習を自発的に行うための, 河原の石に関する基礎知識, 学習方法の事例を知る。

### プログラムの実施概要

本プログラムは, 70分程度のワークショップ形式で, 平成20年1月19日(土)に国立科学博物館にて, 親子6組17人(幼児3人, 小学1~3年生6人, 保護者8人)を対象に実施した。プログラム実施日にフロア内に参加者募集のための受付を設け, 先着順に受け付けた。そのため, 参加者は, 国立科学博物館の来館者である。

### 【プログラムの流れとポイント】

#### ① 石の観察

初めに, 異なる川(今回は多摩川と相模川)の河原から採集された河原の石の中から, 親子が別々の河原の小石を選択し, 観察シートに基づいて形・色や模様・手触り等に注目した石の観察と比較を行った。ここでのポイントは, 多摩川と相模川は上流の地質が異なるため, 多摩川では堆積岩(砂岩, 石灰岩, チャート), 相模川では火成岩(石英閃緑岩, 安山岩, 玄武岩)を参加者が選び出し比較することになる。特にこの二つの川は首都圏からのアクセスも良く, また, 河原の石の違いが顕著であるため, 教材として有用である。



図1 石の観察の様子

#### ② 小石のアート工作

参加者が選び出し観察を行った, 河原の石を素材にポスターカラーペンや折り紙などを使用したアート工作を行った。ポイントとして, 元の石の形や色模様を活かし, 想像力を働かせることを促すことと, 親子それぞれひとつずつ工作を行い, 親が子どもの作業に過

度に手を出してしまわないよう特に留意した。



図2 石の工作の様子



図3 完成した作品

### ③完成品のお披露目

参加者を半分のグループに分け、前半後半で見る側、見られる側にまわるミニ展覧会形式で参加者同士交流しながらお披露目を行った。

### ④解説

主として保護者を対象に「石の成因と種類」や「河原の石と上流の地質の関係」、また、参加者にとって身近な河川として多摩川、相模川、荒川のポイントをピックアップし「フィールドガイド」を行うとともに、解説シートを配布した。この解説と解説シートは保護者を対象とすることで、家庭での親子の発展的・継続的学習活動に繋げることを念頭に置いた。特にフィールドガイドでは、一般人が河原にアクセスしやすくまた、危険でない場所を選定し紹介するとともに、科博の地学展示の紹介を行った。

### プログラム実施結果

家族代表の保護者6人を対象に行ったアンケートおよび、子どもの石観察ワークシート、プログラム中の参加者の様子をもとに、プログラム開発時に設定したねらいの達成を中心にプログラムの評価を行った。

### 評価概要

形態：アンケート調査（プログラム後）

内容：プログラムの目的（興味、工作、石の違いの理解）の定着、科学好嫌

回収率：参加者7組中6組

### 結果と解釈

#### 1) 参加者について

親子7組計20人が参加申し込みをし、実際に参加したのは6組17人であった。保護者1人につき子ども1～2人のグループが多かったが、保護者2人に子ども1人というグループ構成も2組見られた。

#### 2) プログラムについて

##### ① 面白かったプログラム内容（図4）

ワークショップで面白かったプログラムは、石の工作、石くらべ、お披露目会であり、石の工作の回答数は6と最多であった。プログラム中の人との交流に関しては、親子で交流したことを挙げた回答者は2人いたが、他の参加者との交流を挙げた回答者はいなかった。また、河原の石のお話を挙げた回答者はおらず、参加者の興味がお話を聞くことよりも、ワークショップで実際に手にとって扱ったものや出来事に向いていることが分かる。

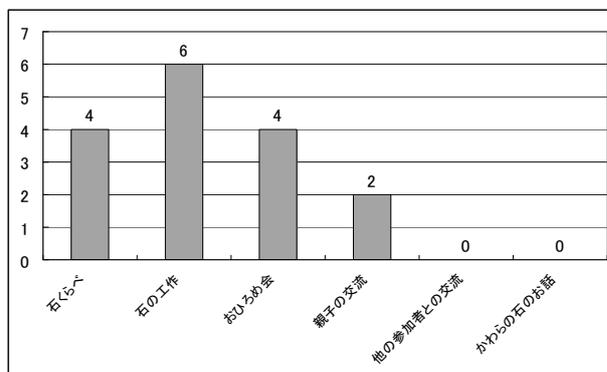


図4 お子さんはこのプログラムの中でどれを楽しんでいましたか？

##### ② ワークショップへの参加理由（図5）

この質問では、回答者はワークショップに参加を決めた理由を最大5つまで選択した。参加者のワークショップへの参加理由は、「工作が好きだから」、「受付の見本に興味を持ったから」が最多であった。また、「プログラムが面白そうだったから」との回答数が4に上り、全体的なプログラムへの関心を示した参加者もいた。「プログラムが面白そうだったから」と答えた回答者全員が「工作が好きだか

ら」の理由も選んでおり、工作への関心の高さが伺える。

「休日を過ごすのにふさわしいプログラムだったから」との回答は全回答者数中半数の3人に上ったのに対し、「家族で河原によく行くから」の理由を選んだ回答者はいなかった。これは、工作が好き、見本に興味を持ったなどと同じく、休日の一時をこのようなプログラムに参加して過ごしてみたいという直接的な理由は参加・不参加を決定する要因となりうることを示すと共に、家族でしている余暇活動に河原で遊ぶことは含まれていない、あるいは家族でよく河原へ行くことがワークショップの参加理由ではないことを示している。また、受付の見本に興味を持った回答者が多かったことと合わせると、その場で見たワークショップの内容に興味を持って参加を決めた人がほとんどであることが読み取れる。

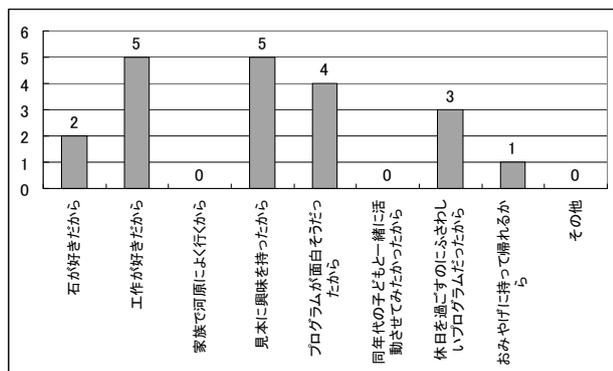


図5 このワークショップに参加した理由は何ですか？

### 3) 科学好嫌について

参加者の中で、科学が好きであると答えた人（保護者）は全回答者6人中4人、2人がどちらでもないと答えた。好きな科学の内容は、生物（1人）、生物と天文（1人）、全般（「子どもと一緒に楽しめるもの」も含む、計2人）であった。子どもに身につけてほしい科学的素養については、科学が好きだと答えた回答者は、なぜだろうと思う気持ちを身につけてほしいと答えており（4名中3名）、科学の好嫌がどちらでもないと答えた回答者は、2名とも観察力を身につけてほしいと答えた。

### 4) その他

#### ① 参加者はいかにプログラムを楽しんだかについて（図6）

この質問に関して、アンケートを記入した回答者の目には子どもはプログラムをとて

楽しんだと映っている様子が分かる。アンケート回答者である保護者自身も、子どもほどではないものの、プログラムを楽しんだようである。

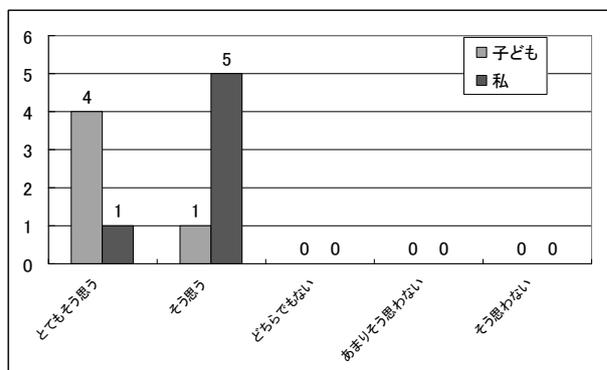


図6 「子どもはこのプログラムを楽しんでいた」、「私は、このプログラムを楽しんだ」回答状況比較

#### ② 親子間・参加者同士の交流について（図7）

プログラムにおいて親子で交流できたか否かを尋ねた質問で、「とてもそう思う」、「そう思う」の合計が全回答者6人中4人であり、回答者は、プログラム中の親子の交流について、概ね満足した様子である。一方、子どもと他の参加者との交流については、半数の3名が「どちらでもない」、また残りの半数が「あまりそう思わない」、「そう思わない」と回答している。更に、ワークショップへの参加理由を尋ねた質問において、「子どもに幼稚園・学校以外の場所で同年代の子どもと一緒に活動させてみたかったから」という理由を選んだ回答者がいなかったことより（図2）、他の子どもと交流することが参加者（保護者）の意図するものではなかったことが伺える。

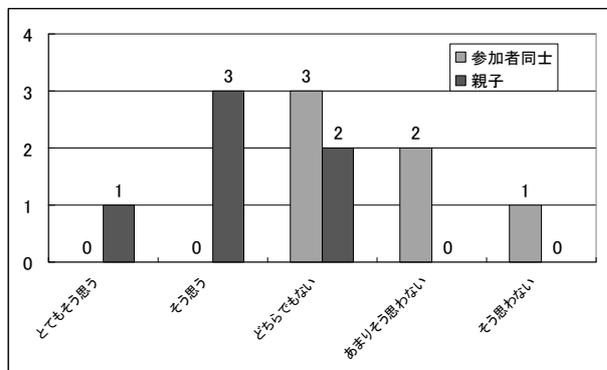


図7 「子どもは、参加していた子どもたちとの交流を楽しんだ」、「私は、プログラム内容に関して子どもと上手に交流できた」回答状況比較

#### ③ 石の観察・工作について（図8）

子どもが工作や観察を上手にすることが出来たか、観察より石の違いを理解することが出来たかを尋ねた質問の回答を、石を観察することへの興味と合わせて比較した。

子どもが工作を積極的に行うことができたか否かを問う質問において、回答者全員が肯定的に答えた。また、子どもが石を観察することに興味を持ったという回答と石を上手に観察できたという回答は、同じ傾向を表した。それぞれ5人が「石を観察することに興味を持った」「石を上手に観察できた」という言明に対して肯定的に答えており、興味のレベルも観察の出来・不出来も保護者の満足いくものであったことが見て取れる。参加者の観察シートには、形、色と模様、手触りともにたくさんの観察言明が書かれており、子どもたちが積極的に観察に臨んだ様子が分かる。

一方で、観察を通して石の違いを理解できたか否かを尋ねた質問においては、「そう思う」が3人、「あまりそう思わない」が3人と、保護者の印象は二分した。いずれの場合も「とてもそう思う」「そう思わない」という強い意味合いを含む選択肢を選んだ回答者はいなかった。観察シートには、自分の石と保護者の石の観察言明が書かれており、比較の材料はそろっていたが、それをもとに違いを理解するまでには至らなかった。

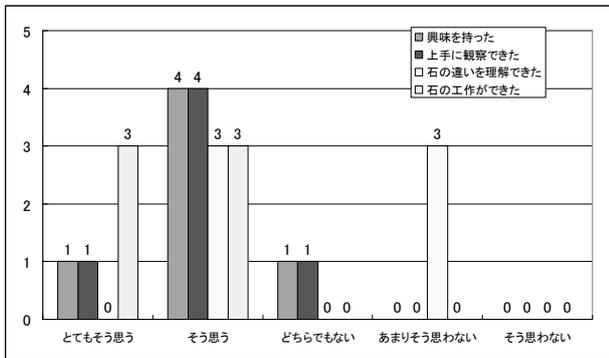


図8 「子どもは、石に意識を払って観察してみることに興味を持った」、「子どもは、上手に石を観察できた」、「子どもは、観察した内容から石の違いを理解できた」、「子どもは、石の工作を積極的に行うことが出来た」回答状況比較

5) 興味・学習の発展について (図9)

ワークショップが参加者のさらなる興味や学習のありように影響を及ぼしたか否かを測るため、「科博の中の関連した展示を見てみたい」、「子どもと一緒に身の回りの石を観察してみたい」、「もっと石の工作をしてみたい」、「紹介された河原で石を採集してみたい」と

いう四つの言明について、参加者の意識を尋ねた。

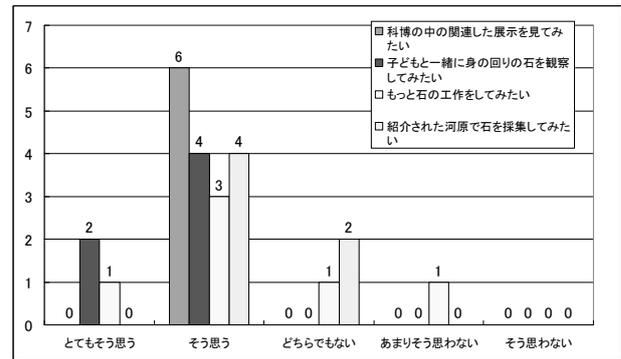


図9 「科博の中の関連した展示を見てみたい」、「子どもと一緒に身の回りの石を観察してみたい」、「もっと石の工作をしてみたい」、「紹介された河原で石を採集してみたい」回答状況比較

どの質問も概ね好意的な回答を得たが、「科博の中の関連した展示を見てみたい」、「子どもと一緒に身の回りの石を観察してみたい」という言明に関しては、否定的に回答した人はおらず、ワークショップから発展して興味が広がったことが見て取れる。「紹介された河原へ行って石を採集してみたい」との言明に対しては、4人の回答者が「そう思う」と答えた。ワークショップ参加理由や最も面白かったプログラムに河原に関するものは挙げられなかったが、ワークショップを終えてみて、参加者の興味が河原へ行って石を採集することへ向いた。

考察とまとめ

- 1) 科学が好きであると答えた回答者4名中3名が、子どもに身につけてほしい科学的素養を「なぜだろうと思う気持ち」と答えた。これは、能力やスキルよりも感性の涵養を重視する段階である幼児～小学校低学年の子どもを科学に触れさせるのに適切なアプローチである。
- 2) ワークショップにおける他との交流について、参加者は親子間の交流を楽しんだが、子どもが他の子どもと十分に交流した様子は見られなかった。他の子どもとの交流は本ワークショップの目的の一つであり、これを促進するために、何らかの方策を立てる必要がある。
- 3) 参加した子どもは、石をよく観察することに興味を持つと同時に上手に観察も出来た。また、参加者全員が、子どもが創意工夫を持って積極的に石の工作をするこ

とが出来たと感じており、「親子で一緒に石遊びを楽しみながら自然（石）に親しみ、興味・関心を持つ」というねらいは達成できたようである。

しかし、観察したことをもとに石の違いを理解できていたとは言い難い結果も出ており、観察を記述することから知見を得ることが参加者には難しかったことが分かる。違いを理解することは、子ども向けの目的にも明記されていることであり、このねらいを達成しより高い次元の学びを実現するためには、子どもに気づきを促すための方策を施す必要がある。

- 4) ワークショップへの参加を通して興味や学習意欲に変化が見られたか否かに関する質問において、「関連した展示を見てみたい」、「石を観察してみたい」、「石の工作をしてみたい」、「河原で石を採集してみたい」の4点において積極的な回答を得た。特に、河原へ行って石を採集することに参加者の興味が向いたことは、当初の目的である「親子で工作を楽しむとともに、継続的に親子の自然遊び・学習を自発的に行うための、河原の石に関する基礎知識、遊びの方法を知る（保護者向け目的）」ことがワークショップによってある程度達成されたことを示すものである。

## 謝辞

本プログラムの試行にあたっては、齋藤哲也さんと北村圭さんにご協力頂きました。記して謝意を表します。



## かわらの小石で遊ぼう～小石のアートにちょうせん！～ Let's Play with Pebble of Rivers: Challenge Art of the Pebble!

原田光一郎<sup>\*1</sup>, 松原 聡<sup>\*1</sup>, 栗栖宣博<sup>\*2</sup>, 小池 渉<sup>\*2</sup>, 高橋みどり<sup>\*1</sup>  
国立科学博物館<sup>\*1</sup>, ミュージアムパーク茨城県自然博物館<sup>\*2</sup>  
Koichiro HARADA<sup>\*1</sup>, Satoshi MATSUBARA<sup>\*1</sup>, Nobuhiro KURISU<sup>\*2</sup>, Wataru KOIKE<sup>\*2</sup>, Midori TAKAHASHI<sup>\*1</sup>  
National Museum of Nature and Science<sup>\*1</sup>, Ibaraki Nature Museum<sup>\*2</sup>

概要: 幼稚園児, 小学校低学年児童とその保護者を対象とした石遊びを通じて科学リテラシーの涵養をねらう学習プログラム「かわらの小石で遊ぼう 小石のアートにちょうせん！」を開発し, ミュージアムパーク茨城県自然博物館にて実施した。

キーワード: 科学リテラシー, 石あそび, 石の違い, 親子

### プログラム開発の背景

河原の小石は, 岩石の成因や河原の小石と上流の地質との関連, 水や川の働きなど, 我々が生活する大地の作りや変化を理解する上で有用な素材である。幼児や小学校低学年の児童にとって, 遊びを通じて河原の石に親しむことは, 石や石の地学的な背景に興味を持つことのきっかけになると考えられる。

### プログラムのねらい

対象である子ども (幼児・小学生) に対して下記の3点, 保護者に対して1点をねらいとして定め, プログラム開発と実践を行った。

#### 【子ども (幼児・小学生)】

- ①親子で一緒に石遊びを楽しみながら, 自然 (石) に親しみ, 興味・関心を持つ。
- ②石には様々なちがいが (種類) があることを知り, 身の回りの自然環境を理解するきっかけを持つ。
- ③人前で自分の作品を紹介することを通じて, 表現力向上のきっかけを持つ。

#### 【保護者】

- ①親子で石の工作を楽しむとともに, 家庭において継続的に親子の自然遊び・学習を自発的に行うための, 河原の石に関する基礎知識, 学習方法の事例を知る。

先に国立科学博物館で実施したプログラムにおいて, 参加者は観察シートには石の違いを記述しているのに事後アンケートでは石の違いがあることを理解しなかったと答え, 何を以て「石の違い」とすべきなのかが理解しきれていない様子が見て取れた。また, 親子間の交流は良好な結果が出たが, 子ども同士の交流に関してはできたと答えた参加者はほとんどいなかった。そこで, 今回実施のプロ

グラムでは以下の2点を改良した。

- 1) 石には違いがあることを理解させるために, 石の工作のお披露目会において, 川によって石の違いがあることを強調した。
- 2) 「石に興味を持って観察や工作をし, 結果を他に向かって表現する」という一連の流れを押さえることに特化した。そのため, 子ども同士の交流を図るよりも, 自分の作品を上手に表現するという項目をねらいに入れた。

### プログラムの実施概要

本プログラムは, 70分程度のワークショップ形式で, 平成20年3月1日 (土) にミュージアムパーク茨城県自然博物館にて, 親子8組24人 (幼児8人, 小学1～3年生4人, 小学6年生1人, 保護者11人) を対象に実施した。プログラム実施日にフロア内に参加者募集のための受付を設け, 先着順に受け付けた。そのため, 参加者は, ミュージアムパークへの来館者である。

本プログラムは, 以下の流れで行った。

#### ① 石の観察

初めに, 異なる川 (今回は多摩川と相模川) の河原から採集された河原の石の中から, 親子が別々の河原の小石を選択し, 観察シートに基づいて形・色や模様・手触り等に注目した石の観察と比較を行った。ここでのポイントは, 多摩川と相模川は上流の地質が異なるため, 多摩川では堆積岩 (砂岩, 石灰岩, チャート), 相模川では火成岩 (石英閃緑岩, 安山岩, 玄武岩) を参加者が選び出し比較することになる。

#### ② 小石のアート工作

参加者が選び出し観察を行った河原の石を素材に、ポスターカラーペンや折り紙などを使用したアート工作を行った。ポイントとして、元の石の形や色模様を活かし、想像力を働かせることを促すことと、親子それぞれひとつずつ工作を行い、親が子どもの作業に過度に手を出してしまわないよう特に留意した。

### ③完成品のお披露目

家族グループごとに前に出て、発表会形式で作品の紹介を行った。ひとりでは前に出ることをためらう子どもでも、家族揃ってなら頑張ることを期待した。特に、このお披露目は、子どもの表現力の向上をねらいとするため、子どもが自分の言葉で作品を紹介できるよう、指導者と保護者が励ました。



図1 投影機を使った作品のお披露目

### ④解説

主として保護者を対象に「石の成因と種類」や「河原の石と上流の地質の関係」、また、ミュージアムパーク来館者である参加者にとって身近な河川として、久慈川、那珂川、多摩川、相模川、荒川のポイントをピックアップし「フィールドガイド」を行うとともに、解説シートを配布した。この解説と解説シートは保護者を対象とすることで、家庭での親子の発展的・継続的学習活動に繋げることを念頭に置いた。特にフィールドガイドでは、河原にアクセスしやすくまた、危険でない場所を選定し紹介すると共に、ミュージアムパークの地学展示の紹介をした。



図2 河原の石の解説

### プログラム実施結果

家族代表の保護者7人を対象に行ったアンケートおよび、子どもの石観察ワークシート、プログラム中の参加者の様子をもとに、プログラム開発時に設定したねらいの達成を中心にプログラムの評価を行った。

#### 評価概要

形態：アンケート調査（プログラム後）

内容：プログラムの目的（興味、工作、石の違いの理解）の定着、科学好嫌

回収率：参加者8組中8組（アンケート数は7）

#### 結果と解釈

##### 1) 参加者について

親子8組24人がプログラムに参加した。8組中5組が親1人につき子ども1人ないし2人の構成で、残りの3組は、両親ともに参加していた。子どもの参加は全13人で、うち幼稚園児が8人、小学校低学年が4人、小学校高学年が1人であった。

アンケートに回答した参加者8組のうち、2組は共同でアンケートに回答したため、回収したアンケート数は7となった。

##### 2) プログラムについて

ワークショップで面白かった内容は、石の工作と石くらべであり、また、ワークショップにおいて親子で交流したことが面白かったという回答も一つあった。石の工作を挙げた回答者は6人であった（図3）。

ワークショップへの参加理由を尋ねたところ、「工作が好きだから」との回答が6と最多であり、次いで「石が好きだから（回答数3）」、「見本に興味を持ったから（回答数3）」、「プログラムが面白そうだったから（回答数2）」、

「休日を過ごすのにふさわしいプログラムだったから(回答数2)」の回答が続いた(図4)。これより、もともと工作が好きの人がこのプログラムに参加し、工作が満足度の高いプログラム内容となったことが分かる。

また、普段から家族で河原へ遊びに行っているという回答はなく、プログラムへの参加の指向が、河原の自然よりも工作へと向いていたと解釈できる。

ワークショップにおいてどんなことを学んだかを問う質問において、4組から回答が得られた。それぞれの回答は、「川による石の違い」、「石をきっかけに遊びと共に学習できることの楽しさ」、「想像する考え」、「自然のものから、その素材をうまく利用して、何かを表現することの楽しさ」となっている。

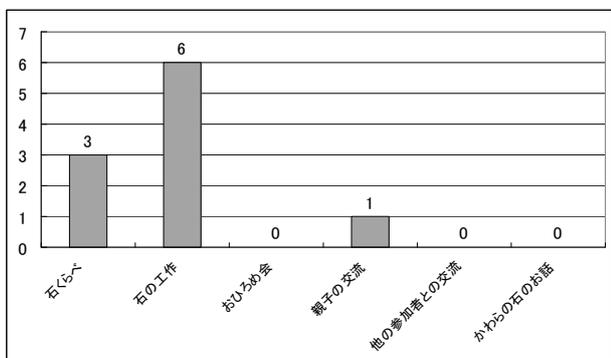


図3 お子さんはこのプログラムの中でどれを楽しんでいましたか？

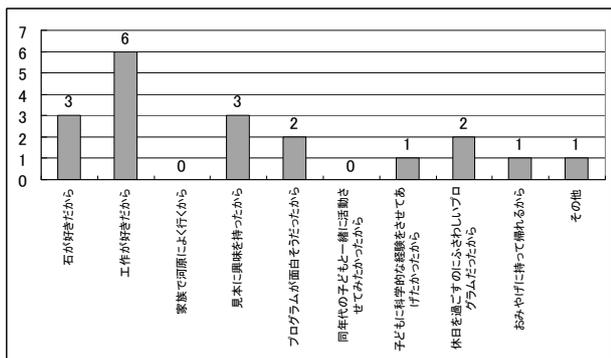


図4 このワークショップに参加した理由は何ですか？

### 3) 科学好嫌について

参加者の科学に対する好嫌は、7組中2組が科学が好き、残りの5組はどちらでもないと回答した。好きと回答した人は、好きな科学の内容をそれぞれ「実験」、「地学や宇宙」と回答した。また、これらの「科学が好きである」と回答した人たちは子どもに身につけてほしい科学的素養として、「自分が気になっ

たものを全て吸収してもらいたい」、「身の回りの自然に対する興味」を挙げた。科学を好きでも嫌いでもないと回答した人のほとんどは無回答で、唯一の回答が「想像力」であった。

### 4) その他

#### A 参加者がいかにプログラムを楽しんだかについて

この質問に関して、子どもも親も概ね肯定的に回答した。親の方の回答はやや分散しており、子どもの回答の方は肯定的ではあるが、「とてもそう思う」ではなく「そう思う」に回答が集中した。親が子どもの様子を見たうえでの回答なので、肯定・中立・否定のみで判断をした可能性もある(図5)。

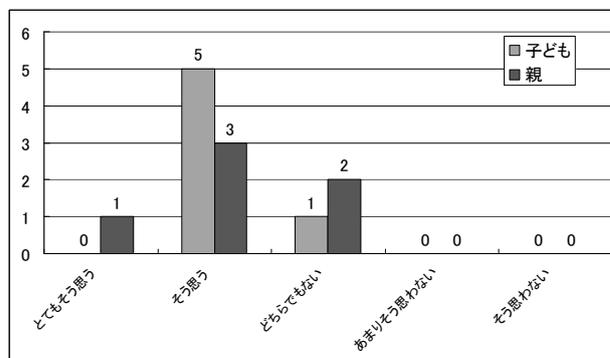


図5 「子どもはこのプログラムを楽しんでいた」、「私は、このプログラムを楽しんだ」回答状況比較

#### B 石の観察・工作について

参加した子ども向けに設定したねらいがどの程度達成できたのかを、工作や観察を上手にすることができたか、観察より石の違いを理解することができたか、自分の作品を他に表現することができたかの質問により測った。

石の工作や石の違いに関する質問においては、全回答者6組中5組がそれぞれ肯定的に答えており、ねらいは達成されているようである。自分の作品を他に表現することができたかについては、肯定的な回答はやや低くなるが、3組がそう思うと回答した。石の違いの理解を尋ねた質問においては、同じ質問を前回のプログラムでも行ったが、前回の参加者は観察シートに違う石の様子を記述したものの、それを違いと認識している参加者はあまりいなかった。今回は同様のプログラムの流れでその部分の定着を重点的に図った結果、子どもたちが「石には違いがあるんだ」と改めて認識した様子が見られた(図6)。

更に、これらの達成度を子どもの石に対する興味と比較したところ、興味に関しては肯定的な回答が多かったが、「とてもそう思う」、「そう思う」、「どちらでもない」の回答数がそれぞれ2と分散した。一方で、石の工作や石の違いの理解の回答にはより肯定的な傾向が見られた。

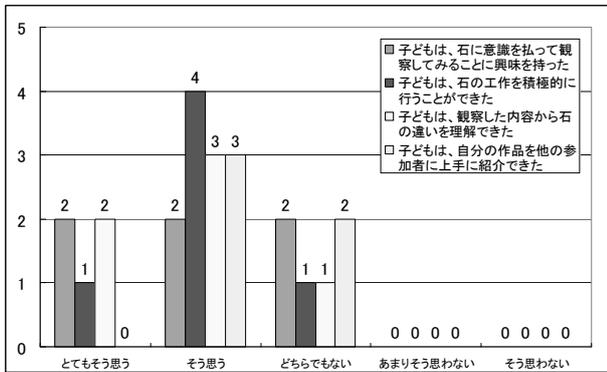


図6 「子どもは、石に意識を払って観察してみることが興味を持った」、「子どもは、上手に石を観察できた」、「子どもは、観察した内容から石の違いを理解できた」、「子どもは、石の工作を積極的に行うことが出来た」回答状況比較

### C 興味・学習の発展について

ワークショップが参加者の興味の発展にどのように寄与したかを図るため、ミュージアムパークの展示を見る、身の回りの石を観察する、石の工作をする、紹介された河原へ行って石を採集する、の四つの項目に関して、どのくらいしてみたいかを尋ねた。

「身の回りの石を観察してみたい」、「石の工作をしてみたい」の項目に関しては、全回答者6組中それぞれ5組が肯定的に回答しており(図7)、観察、工作の点において興味を持続させられたことが見て取れる。「紹介された河原へ行って石を採集してみたい」の項目では、2組が肯定的に、残りの4組はどちらでもないと回答した。プログラム中の「河原の石のお話」で、安全に河原遊びや石の採集が行えるところを紹介したが、あまり参加者の印象には残らなかった。これは、ワークショップの参加理由や面白かったプログラムとして石の工作を挙げた参加者が最多であったことより、参加者はワークショップの時間中に工作や観察を行うことが主な目的で、ワークショップ後に改めて河原へ行って石を採集することまでは意識していない可能性もある。

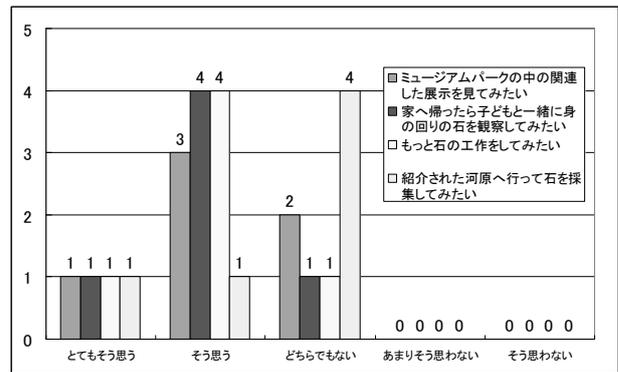


図7 「ミュージアムパークの中の関連した展示を見てみたい」、「子どもと一緒に身の回りの石を観察してみたい」、「もっと石の工作をしてみたい」、「紹介された河原で石を採集してみたい」回答状況比較

### 考察とまとめ

- この回のワークショップ参加者は工作が好きな人が多く、工作ができるからワークショップに参加したと答えた人も多かった。また、石の工作はワークショップで行ったもののうち最も満足度が高く、もっと工作をしてみたいとの回答も最多であった。一方で、面白かったプログラムとして「かわらの石のお話」を挙げた回答者はおらず、今後どんなことをしてみたいかを尋ねた質問においても、紹介された河原へ行って石を採集してみたいとの回答は低かった。このことより、参加者は、プログラム単体を楽しむのが目的で参加し、その目的は満たされた、また、逆にそこから発展的に何か新しいことをしてみたいとまでは思っていないと解釈できる。
- 石の違いに関する理解は、前回の改善点を受けてしかるべき対応策をとった結果、理解が深まった。ワークショップにおいて、逆に石には違いがあることを強調したかたちになったが、その結果、何を以て違いとするかの理解と共に、違うのか同じなのかを考えるきっかけも提供し、より深い理解が得られた。この点において、プログラムのねらいは達成された。アンケート結果には現れていないプログラム中の出来事であるが、参加者の1人が、石のお披露目会で「自分の石はお母さんの石とくらべて何も変わらない」と発言した。他の参加者が選んだ石は保護者の石と全く違うことが分かるものであったが、その参加者が選んだ石は、偶然に保護者の石と見かけが同じでざらざらのものであった。お披露目会で講師が石の

違いを強調していたが、その子どもはそれに流されずに「同じに見える」と問題提起し、お披露目会を「何を以て違うとするかを確認する場」へと変えていった。

- 3) 前回のプログラムの課題を踏まえ、今回は、他の子どもとの交流よりも興味→作業(観察・工作)→発表の流れの中で自分の作品を表現することにねらいを置き換え、プログラムの修正と評価を行った。自分の作品についての表現の形を取ったことで、前回の結果との比較では向上が見られたが、この部分はさらに工夫を行う余地があると考えられる。

### 謝辞

本プログラムの試行にあたっては、日本獣医生命科学大学の荒金有衣さん、山本圭さん、西佐織さんにご協力いただきました。記して謝意を表します。



## “かたち”のはてな？ Investigate the Micro World

田邊玲奈<sup>\*1</sup>, 田代英俊<sup>\*2</sup>, 若林文高<sup>\*1</sup>, 野田学<sup>\*3</sup>, 高橋みどり<sup>\*1</sup>

国立科学博物館<sup>\*1</sup>, 科学技術館<sup>\*2</sup>, 名古屋市科学館<sup>\*3</sup>

Rena TANABE<sup>\*1</sup>, Hidetoshi TASHIRO<sup>\*2</sup>, Fumitaka WAKABAYASHI<sup>\*1</sup>, Manabu NODA<sup>\*3</sup>,  
Midori TAKAHASHI<sup>\*1</sup>

National Museum of Nature and Science<sup>\*1</sup>, Science Museum<sup>\*2</sup>, Nagoya City Science Museum<sup>\*3</sup>

概要：幼児とその保護者を対象に、「もの」を拡大することを通じ、観察の基本や拡大するとものがどんな風に見えるのかを体感することをねらいとした。このプログラムに参加した幼児は、ものを見るのに虫めがねや顕微鏡をのぞき込むのは不得手であり、写真を見せるとよく理解できた。また、このプログラムにおいては、拡大するということ（スケールを動かすこと）に対する理解も促進することに成功した。

キーワード：観察、物質の構造、拡大、保護者の支援

### プログラムのねらい

このプログラムでは、「もの」を拡大してじっくり観察することによって、拡大するとものが違って見えることを体感させることを目的とした。同時に、普段「もの」を観察する機会がないであろう大人（保護者）も一緒に興味を持って、「もの」の観察に取り組んでもらうことも目的に含めた。その目的を達成するため、本プログラムでは幼児・保護者それぞれについて、以下のようなねらいを設定した。

幼児：「もの」を拡大し、じっくり観察することを通じ、もののかたちを知る。

保護者：「もの」を観察する際の幼児への接し方を通じ、物質のかたちや構造について理解を深める。

### プログラムの実施概要

都内の幼稚園にワークショップの告知をし、事前に参加者を募った。実施は平成19年11月25日（土）に約40分間行った。参加者は保護者子計7組で、中には兄弟を伴っての参加もあったため、参加人数は、保護者7人、幼児9人であった。

プログラムの流れは表1に示した。

表1 プログラムの流れ

#### ものを拡大(大きく)して見る？

- ①フレンネルレンズの下敷きあそび
- ②拡大写真クイズ

<詳細>

\*フレンネルレンズの下敷きあそびの際には、保護者子

で顔を見合うなどをしてもらう。  
\*拡大写真クイズには、袋や花などを使用

#### 虫めがねを使ってみよう

- ①虫めがねの使い方の練習
- ②3つの“もの”をよく観察してみよう
- ③どんなかたちに見えたかおはなししてね

<詳細>

- \*虫めがねを使う際には、保護者が上手に子どもをサポートできるようにする。
- \*観察は「1.砂」、「2.塩」、「3.砂糖」とし、シャーレには番号だけをふり、参加者に何か考えてもらう。
- \*保護者が子どもの話を聞き取り、1, 2, 3について拡大した形や色、特徴など観察した内容を記録できるようなワークシートを用意する。
- \*砂、塩、砂糖の拡大写真を用意する。
- \*保護者向けにカメラのマクロ機能が使えることを紹介。
- \*ワークショップ終了後に時間のある保護者子には、実体顕微鏡で塩、砂糖、砂の拡大を見てもらう。

#### 身の回りのものや自然界をもっと見てみよう&拡大してみる便利な道具のお話

身近なものから、より空間的に広がりを持たせ、自然の中で見られるものの観察に目をむける。雪の結晶の写真(太陽を直接虫めがねで見ちゃだめだけど、雪の結晶の写真を例に、自然を観察する気持ちを持つとう)月のもようは何に見えるかな？

<詳細>

- \*帰宅後も自分で色々ものを観察してみることを促す。
- \*虫眼鏡を使用する際には、空や太陽を見たりしないことを厳重注意する。
- \*観察は研究の第1歩であることも伝える。
- \*虫めがね+星砂をおみやげに持ち帰る。星砂の説明プリントおよび関連展示も紹介するプリントを作成



図1 フレンネルレンズの下敷き遊び



図2 虫めがねによる観察



図3 雪の結晶の観察

## 調査結果

### 参加者全体の傾向

#### 1) 参加理由

このワークショップに参加しようと思った理由は何ですか？

回答数 5 :

- ・プログラムが面白そうだったから
- ・親子で参加できるプログラムだったから
- ・子どもに色々な経験をさせてあげたから

たから

回答数 4 :

- ・自分が参加してみたかったから
- ・子どもが参加したかったから

回答数 3 :

- ・「かたち」に焦点を置いた内容が興味深かったから

回答数 0 :

- ・両保護者とも、あるいはどちらかの保護者が科学が好きなので、子どもにも科学的な活動に参加させたいと考えたから
- ・両保護者とも、あるいはどちらかの保護者が科学が苦手だからこそ、子どもには科学的な活動に参加させたいと考えたから
- ・子どもに、幼稚園以外の場所で幼稚園のお友達と何かをさせたかったから

保護者が本プログラムへ参加を決めた理由は、内容に興味を持った、あるいは子どもが参加したかったという直接的な理由が非常に多く見られた。また、子どもに色々な経験をさせてあげたかったという理由を挙げた保護者も多く、この結果は、質問「子どもが科学を学ぶ目的は意義、そして具体的に身につけてほしい科学的素養についてお書き下さい」に見られる結果(後述)と一致する。

#### 2) プログラムの効果

プログラムの中の何が一番面白かったですか？(三つまで回答可)

4人が回答：下敷き遊び、雪の結晶の写真、月の模様の写真

3人が回答：拡大写真クイズ、虫眼鏡を使ったこと

2人が回答：食塩の形の観察

回答なし：砂糖の形の観察、砂の形の観察

プログラムの内容で参加者の印象に残ったものは、下敷き遊び、雪の結晶や月の模様の写真、あるいは拡大写真クイズなど、虫眼鏡の中を「のぞき込む」ものよりも、より大きな対象を「眺める」ものの方が、回答数が多かった。これは、子どもが虫眼鏡を使って上手に観察できたと感じた保護者が少なかったこと(後述)とも一致する。

#### 参加者のプログラムへの印象

表2 プログラムへの印象回答

	とても そう 思う	そう 思う	どち らで もな い	あま りそ う思 わな い	そう 思わ ない
子どもは、拡大してみるとものが違って見えることに気づいた	6	1	0	0	0
子どもは、ものを拡大してみるとものに興味を持った	5	2	0	0	0
全体を通して、子どもはこのプログラムを楽しんでいた	5	2	0	0	0
全体を通して、このプログラムは面白かった	5	1	1	0	0
科博の中の関連した展示を見てみたい	5	1	1	0	0
家へ帰ったら、虫眼鏡を使って子どもと一緒に色々なものを観察してみたい	4	2	1	0	0
子どもは、虫眼鏡を使って上手に観察できた	2	3	1	1	0
子どもには、早いうちから科学的素養を身につけてもらいたい	2	2	2	1	0

もっとも顕著なあらわれは、「拡大してみるとものが違って見えることに気づいた」ことであり、「ものを拡大してみるとものに興味を持った」ことがそれに続いている。また、「科学的素養を子どもたちに獲得してほしい」という質問においては、肯定的であるとはっきりと言える結果は出なかった(表2)。

子どもが科学を学ぶ目的や意義、そして具体的に身につけてほしい科学的素養は何ですか？

- A 広い視野、何にでも疑問、興味を (回答数4)
- B 物事をよく観察して、自分で考える (回答数2)

自由記述の質問だったが、回答は大きく二つに分かれた。一つは、広い視野でものごとに興味を持ってもらいたいというもの(上記A)、もう一つはものごとをよく観察して自分で考えてもらいたい(上記B)というものである。Bの回答群は、Aに比べ、よりプログラム内容を意識したものと考えられる。また、その他の回答は、「子どもの興味のあるものを保護者子で学びたい」というものであった。

以上より、本プログラム参加者(保護者)には、以下のような傾向が見られた。

- 1) プログラムに参加した理由は、直接的な理由が多く見られた。

- 2) プログラム内容については、注視する作業よりも眺める作業の方が、参加者の印象に残った。
- 3) 拡大すると「もの」が違って見えることに気づいた子どもが多かった。これは、科学に限らず様々なものから子どもの豊かな感性を養いたいと思っている保護者が多く、本プログラムに興味を持って参加したことと共に本プログラムの大きな成果である。

**考察**

- 1) プログラムへの参加を決めた理由として、保護者は内容がおもしろそうだったなどの直接的な理由を挙げている。また、子どもに身につけて欲しい科学的素養として、何かに限定せずに幅広く興味を持ち、自分で考えることとしている。幼児期は知識や概念の獲得よりも、豊かな感性を育むことが重視され、これらの保護者のねがいはそれと合致する。結果、プログラムの満足度が高かったことより、このプログラムはねがいを合致させることが出来たと解釈できる。
- 2) 参加者の印象に残ったプログラム内容は、下敷き遊びや拡大写真クイズであり、のぞき込むことよりも眺めることに集中した。5~6才の幼児の観察スキルの限界がこの部分にあるかもしれないという推測も成り立つ。この点については、今後詳細な調査が待たれる。また、プログラムから学んだこととして、「拡大するとものが違って見える」ことを最も多くの方が挙げており、学びの観点からも強く印象に残ったことが分かる。幼児に対するねらいとして、本プログラムでは、ものを拡大することが挙げられており、この点で本プログラムは幼児にとって効果的であったと言える。

**謝辞**

本プログラムの試行では、日本獣医生命科学大学の荒金有衣さんと山本圭さんにご協力頂きました。記して謝意を表します。



## 風車で分かる電気エネルギー(発電編)

### Investigate Electric Energy through a Pinwheel: Improvement of Energy Efficiency by a Pinwheel

亀井修<sup>\*1</sup>, 田代英俊<sup>\*2</sup>, 丸山義巨<sup>\*2</sup>, 高橋みどり<sup>\*1</sup>, 中村隆<sup>\*2</sup>

国立科学博物館<sup>\*1</sup>, 科学技術館<sup>\*2</sup>

Osamu KAMEI<sup>\*1</sup>, Hidetoshi TASHIRO<sup>\*2</sup>, Isao MARUYAMA<sup>\*2</sup>, Midori TAKAHASHI<sup>\*1</sup>,  
Takashi NAKAMURA<sup>\*2</sup>

National Museum of Nature and Science<sup>\*1</sup>, Science Museum<sup>\*2</sup>

概要：科学館に来館する小学校4年生以上を対象に、家庭用電力やエネルギーについての概念を紹介し、発電の仕組みやエネルギーを利用することへの理解を図る実験教室を行った。また、エネルギー確保の観点より、省エネに関して一人一人が行えることについても考察を行った。

キーワード：エネルギー，仕事，消費電力，風力，発電

#### はじめに

このプログラムは、エネルギーが国際的な関係の下で安定して確保され、持続可能な成長をもたらすべきものであることを前提に、家庭での消費量に着目し、そこから、電力を得るのに必要なエネルギー変換や、ソフトパスの利用の可能性についての理解を図ろうという試みである。全体の取組みを通じて、電力確保や省エネルギーへのイメージを持たせることを意図した。

#### プログラムのねらい

家計に直結する電気料金は、電気を使った量によって決まっている。例えば、「kWh」や「A」などの単位と、電球や蛍光灯に書いてある「W」の数字は関係があるが、では、20Wの蛍光灯を一時間つけていたら、電気代いくら分になるのだろうか。また、エアコンと電子レンジを同時に使っているとき、他に何を使ったらブレーカーが落ちるのだろうか。

このプログラムで、参加者は風車を回して「仕事」をさせたり電気を起こしたりすることで、エネルギーやそれらを扱う単位について学ぶ。また、風車の構造を調節し、効率がどのように変わるかも実験を通して理解することを目指す。

#### プログラムの実施概要

本プログラムは科学技術館との連携プログラムであり、平成20年1月27日に科学技術館のサイエンス友の会会員17人を対象に行った。プログラムは、以下の流れで行った。

表1 プログラムの流れ

<p><b>1 「電気ご使用量のお知らせ」に出てくる単位を知ろう</b></p> <p>料金内訳のうち、「電力量料金」が、電気エネルギーを使った量に関わる料金である。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・kWhとは：電力・消費電力・消費電力量の用語について解説</li> <li>・消費電力の限界：各家庭ごとに契約で限界が決められている（電気料金表やブレーカーに書いてある「〇〇A」という数字）。</li> <li>・コンセントの電気と電池の電気のちがい：電池は、つないでいるときに＋と－が入れかわることはない。これを「直流」という。コンセントの電気は、東日本では1秒間に50回、西日本では1秒間に60回＋と－が入れかわる。これを「交流」という。交流だとたくさんの電気を遠くまで伝えやすい。</li> </ul> <p><b>2 電気エネルギーを作るのに必要な力を体験しよう</b></p> <p>電流を流すには、電線の中の電子を押して動かす必要があるが、電子は小さいので直接押すことができない。発電機を使い、手や足で押した力を電子に伝えて動かすことを体験させる。</p> <p><b>3 風力を使ってみよう</b></p> <p>①水入りペットボトルがついた棒に風車をつけ、扇風機の風をあてて、何が起きるか観察する。</p> <p>②風車をモーターにつけかえて扇風機の風をあて、モーターに接続されている電球を観察する。</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・これによって、風力エネルギー(力学エネルギーの一種)が電気エネルギーに変換される。</li> <li>・電気エネルギーが、光エネルギーおよび熱エネルギーに変換される。</li> </ul> <p>③モーターに風車をつけ、隣のグループのモーターにはペットボトルがついた糸をつける。発電した電気が、隣のグループのモーターに流れるように接続し、扇風機の風をあてた時に、後のグループのモーターがどうなるか、様子を観察する。</p>
--

#### 4 風車を改良してみよう

- ① 風車をモーターにつけて、モーターと電流計、電圧計、電球を正しく接続する。
- ② 羽根の角度を変えて扇風機の風を当て、電流計と電圧計から電力を計算する。これらを繰り返して、なるべく電力が大きくなるようにする。

#### 5 まとめ

- ② 力量 (W 時) は、電力(W)×時間。
- ② 電力量の値段は、1 kWh あたり約 20 円。
- ③ 100V の電気を使っている場合、ブレーカーや電気料金表に〇〇A と書いてあったら、使える電力は  $〇〇 \times 100(W)$  まで。
- ④ 60W 発電するだけでも、人力ではけっこう大変。一方で、軽自動車のエンジン最大出力：約 40000W、大井火力発電所の出力：1050000000W



図1 プログラム実践の様子

プログラム終了後、参加者に対して、エネルギーの理解、科学・技術の好嫌、キャリアに対する意識に関してアンケート調査を行った。

#### 調査結果

##### ① 参加者について

参加者 17 人中、小学 4 年生は 8 人、5 年生は 5 人、6 年生は 3 人、中学 1 年生は 1 人、また、男が 13 人、女が 4 人であった。サイエンス友の会の教室への参加経験は、5 回未満が 4 人、5 回以上 10 回未満が 6 人、10 回以上が 10 人であった。

##### ② プログラムについて

このプログラムに参加を決めた理由について(図2)、「興味があった・よく分かりたかったから」、「苦手だったから」、「面白そうだったから」とその他の四つに分類された。「興味

があった・よく分かりたかったからとの回答は 8 人、苦手だったからとの回答は 2 人、面白そうだったからとの回答が 2 人であった。その他の回答として、日付が合ったから、勧められたから、実験が好きだからなどが挙げられた。

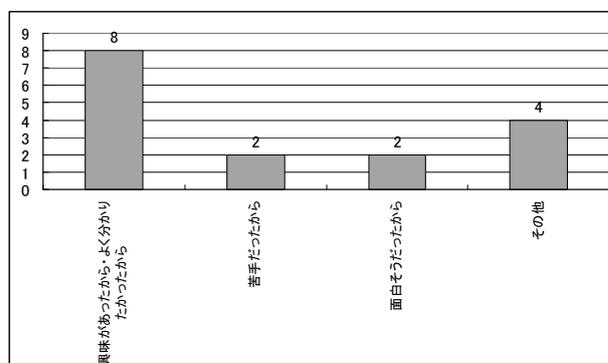


図2 ワークショップへの参加理由

全体を通してプログラムが楽しかったか否かを聞いた質問において、全員が「とても楽しかった」、「楽しかった」と答えた(「とても楽しかった」= 8 人、「楽しかった」= 9 人)。また、楽しかった内容は、全回答者 17 人中 14 人が風車の改良とそれに関すること(A と V を出す、最後の競争の実験、風車の良く回る角度を調べたことなど)を答えている。その他の回答者は、「風力の勉強」、「ペットボトルを巻き上げるところ」、「扇風機を回して風車を回したときの電流計の目盛りの変化があったこと、実験の結果と扇風機を使うときの電気の量の比を求めたこと」と答えた。

プログラム参加中に新たに学んだことは、電流や電力の単位に関するものが 3 名、電流計の読み方や計算に関するものが 4 名、人による発電は大変であることが 3 名、節約をしなければいけないことが 2 名と、多岐に渡った。

エネルギーについての理解を、例示した現象についてエネルギーの種類を答えてもらうことにより測った。質問ごとの得点状況を見てみると(図3)、「太陽電池に光を当てる」に関して得点状況が良いことが分かる。また、誤答を検証した結果、「力学エネルギーから電気エネルギー」にするところを「電気エネルギーから力学エネルギー」と逆に記述している例が多く見られた。

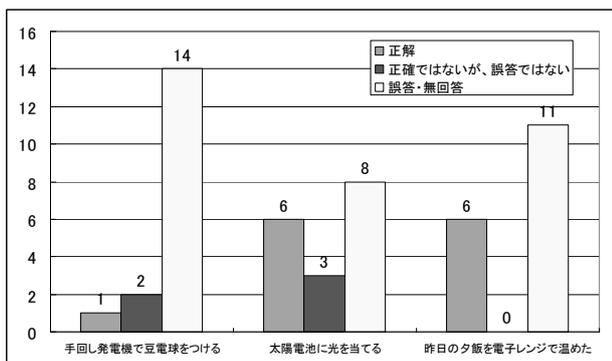


図3 次の例は、何エネルギーが何エネルギーに変わったものですか？（問題別回答状況）

同様に、プログラムを通してエネルギーについて良く理解できたか否かを尋ねた質問において、全回答者 17 人中 15 人が肯定的に回答した(図4)。このことは、プログラムで扱った事例についてはエネルギーへの理解が定着したが、その他の事例への応用は不十分であることを示している。特に、力学エネルギーをエネルギーであると気づくことは知識がない状態では難しく、それが自分で認識している理解度の様子と、実際の得点とのずれになっていると推測される。

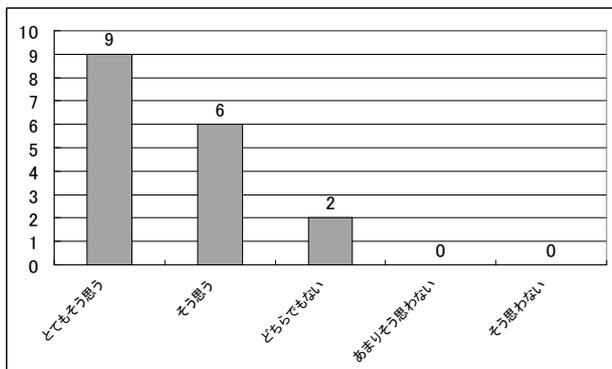


図4 エネルギーについて良く理解できた

③ 興味・学習の発展について  
A 発展的学習

「もっと電気やエネルギーの仕組みについて勉強してみたい」、「科学館や博物館の関連のある展示を見てみたい」について5段階でマークしてもらった質問において、双方の記述とも肯定的な結果が得られた。このことより、プログラムが参加者のさらなる学習意欲を呼びかけとなったことが見て取られる。

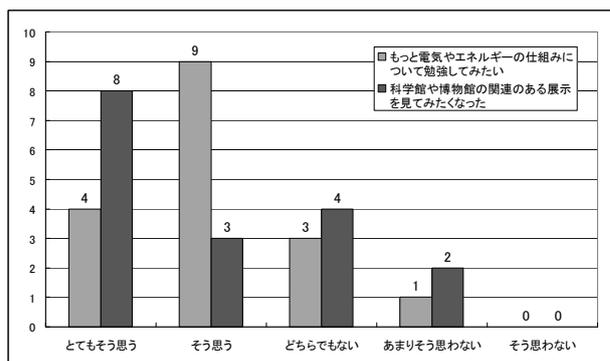


図5 「もっとエネルギーの仕組みについて勉強してみたい」、「科学館や博物館の関連のある展示を見てみたくなった」回答状況比較

B 興味の発展（家族で共有する）

「今日学んだ内容を家族に教えてあげたい」、「家族で省エネについて話し合ってみたい」については、非常に多くの参加者が肯定的に思っていることが明らかになった。全回答者 17 人中 14 人が「今日学んだ内容を家族に教えてあげたい」と、13 人が「家族で省エネについて話し合ってみたい」と回答した。それぞれについて否定的に回答したのはわずかに 1 人だった。

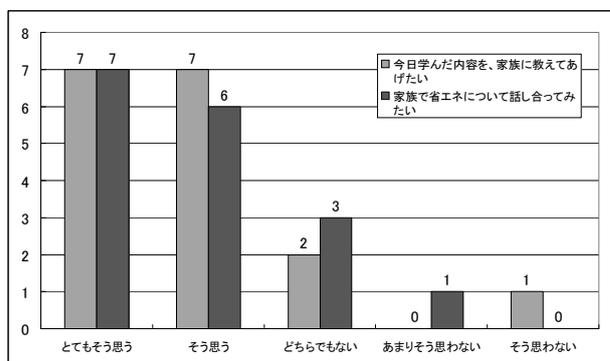


図6 「今日学んだ内容を家族に教えてあげたい」、「家族で省エネについて話し合ってみたい」回答状況比較

C 興味の発展（意欲）

「持ってきた電気の料金表を見て『思ったより電気を使っていないな』と思った(reverse question)」に関しては、とてもそう思う(=ほとんど使っていないと思う)と回答したのは 2 人、そう思う(=使っていないと思う)が 3 人、あまり思わない(=使っていると思う)が 7 人であった。これは、各家庭の構成や生活スタイルにもよるものであり、一定の基準があるものではないが、電気の料金表を見て、使用量に関して危機感を持った参

加者が多いことが分かる。

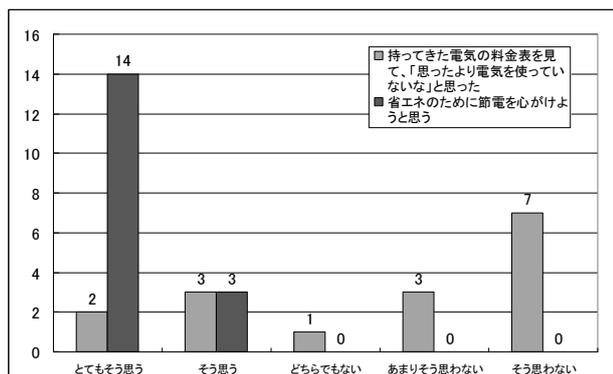


図7 「持ってきた電気の料金表を見て、『思ったより電気を使っていないな』と思った」、「省エネのために節電を心がけようと思う」回答状況比較

#### ④ 科学・技術の好嫌について

参加者と保護者の双方について、科学・技術に関する好嫌を尋ねたところ、参加者は軒並み好意的に回答し、保護者についてはどちらかといえば中立的な回答を得た。但し、保護者の好嫌は参加者から見た印象を答えてもらっていることに留意する必要がある。また、参加者の好きな科学・技術の分野は、実験、物理(力学)、水溶液、生物など多岐に渡った。

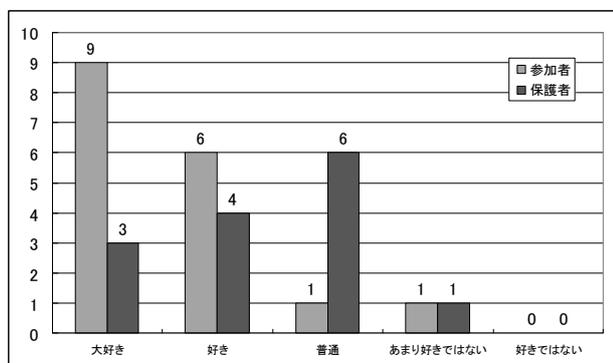


図8 「科学は好きですか？」参加者、保護者比較

参加者の科学・技術に関する好嫌と共に学校理科に関する好嫌も質問したが、明らかな差は出なかった(図9)。しかし、学校理科に加わった方が良い内容として、「もっと実験や観察する時間してほしい」、「どうして?何で?を解決する時間がある内容」、「応用問題や科学の思考面」など、示唆に富む内容も見受けられた(表2)。

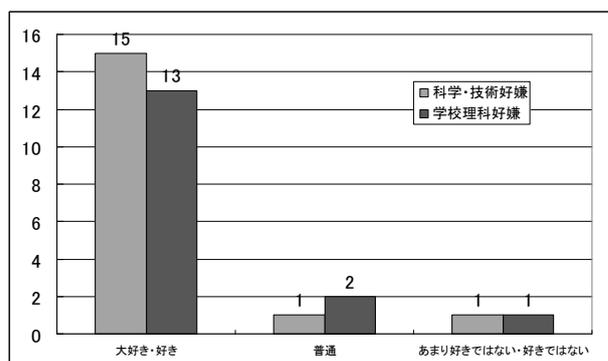


図9 科学・技術好嫌、学校理科好嫌の回答比較

表2 あなたは、学校の理科に、どんな内容が入ると良いと思いますか？(素データ)

1	電気エネルギーなど
2	生物の解体
3	モーターの使った工作
4	もっとたくさんの実験や、物を観察する時間を作ってほしい。
5	自然の力をつかって、発電しよう
6	ない
7	風車を作る
8	どうして?なんで?を解決させる時間がある内容
9	生物のかいぼう
10	星:気体の発生のしかた
11	(無回答)
12	工作
13	応用問題や、科学の思考面
14	・生き物の実験や観察 ・人体のことについて
15	やるのは嫌だけど、勉強のためになるなら、テスト等?
16	いろいろ
17	自然エネルギー

#### ⑤ 将来の職業について

将来なりたい職業がある参加者は、全回答者17人中12人であった。うち、科学や技術、数学に関する職業を挙げたのは8人であった。この8人はいずれも科学・技術に対する好嫌においては「とても好き」、「好き」と回答している。将来なりたい職業として科学系・技術系の職業を挙げた回答者の理由の中に、「わくわくするから」、「タイムマシンを作りたいから」、「理科が大好きだから」といったものもみられた。

表3 科学・技術に対する好嫌と将来なりたい職業の回答

	科学・技術 好嫌	将来なりたい 職業	理由(素データ)
1	とても好き	野球選手	野球の試合を見て楽しそうだったから
2	とても好き	医者	人体が好きな分野だから
3	とても好き	(無回答)	(無回答)
4	とても好き	気象予報士	気象のことに興味があるから
5	好き	科学者	地球温暖化をくいとめる
6	とても好き	会計士	算数が好きだから
7	好き	じっけんする人	ワクワクするから
8	とても好き	科学者	実験が好きだから
9	普通	極秘	
10	とても好き	技じゅつ者	タイムマシンを作りたいから
11	好き	野球選手	野球を習っているから
12	とても好き	科学の先生	理科が大好きだから
13	好き	?	
14	あまり好きではない	?	
15	好き	?	
16	とても好き	きまってない	
17	好き	数学者か歴史学者	(無回答)

### 考察

1) 「手回し発電機で豆電球をつける」の正答数が少なかった理由は、参加者の多数が小学生で、学校でエネルギーについて学んでいないこともあり、発電機を手で回すことにより生み出されるエネルギーがあるということに思い至らなかったことが考えられる。答えを逆に書いてしまった回答者が多かった理由は本結果からは明らかに出来なかったもので、次の調査においては方策を立てる必要がある。

また、エネルギーの種類を答えてもらうこの問い自体が、ワークショップ内でエネルギーについて十分扱っていなかったため、適切な質問ではなかった。そこで、今回はワークショップで参加者が実際に行った事例について、「( )エネルギーから( )エネルギー」という回答フォーマットを与えて、括弧内を埋めてもらう質問に変える。

2) 現在学校で割かれる時間の少ない実験や

疑問を解決するための作業に対し、全回答者17人中5人がこれらを含めてほしいと明確に回答した。博物館は時間の制限や分野の境界、学習の深度が学校にくらべて緩やかで、このような参加者の期待に応えやすい環境にある。プログラムにこのような要素を盛り込み、考えさせる機会を与えることにより、科学的なものの方・考え方を身につける一助となるのではないか。

3) 本プロジェクトの主目的は世代ごとに体系化された目標に基づいて開発されたプログラムにより、人々の科学リテラシーを涵養することであり、プログラムの評価は、参加者の科学リテラシー涵養に寄与したかどうか、また、どのように寄与したかを明確に図る必要がある。そこで、プログラムの前後での理解や関心の伸びを図るような質問を多く含めることが有効である。今回は「～してみたくなった」、「今日の内容をもとに～」、「もっと～してみたい」などの質問や「プログラムで～を学んだ」のような質問を中心に構成する。また、これに関し、家庭での科学学習、素養の得かたなどに関する質問も作成する。

### おわりに

今回の実践にあたっては、参加者の理解と協力によって得られたものが大きい。このような、教育プログラムの研究・開発にあたっては、単に開発者側からのアプローチだけではなく、学習活動に参加する側からの働きかけも重要な役割を果たすことを再度確認することができた。今後の研究を進展させることをもって、謝意を表したい。



## 風車で分かる電気エネルギー(省エネ編)

### Investigate Electric Energy through a Pinwheel: Energy Conservation Starting from Home Electricity Usage

亀井修<sup>\*1</sup>, 田代英俊<sup>\*2</sup>, 丸山義巨<sup>\*2</sup>, 高橋みどり<sup>\*1</sup>, 中村隆<sup>\*2</sup>

国立科学博物館<sup>\*1</sup>, 科学技術館<sup>\*2</sup>

Osamu KAMEI<sup>\*1</sup>, Hidetoshi TASHIRO<sup>\*2</sup>, Isao MARUYAMA<sup>\*2</sup>, Midori TAKAHASHI<sup>\*1</sup>,  
Takashi NAKAMURA<sup>\*2</sup>

National Museum of Nature and Science<sup>\*1</sup>, Science Museum<sup>\*2</sup>

概要：小学校4年生以上を対象に，エネルギーについての概念を紹介し，理解を図るために実験教室を行った。

キーワード：エネルギー，仕事，消費電力，風力発電，省エネ

## はじめに

本稿は，工作型の科学技術実験教室として，科学技術館で行われた取り組みに基づいている。先のプログラム「風車で分かる電気エネルギー(発電編)」は，家庭の電気料金表を切り口として，風力発電を例にとりて，発電の仕組みを体験を通じて理解を深めた。今回の「風車で分かる電気エネルギー(省エネ編)」では，社会における電気の有用性，位置づけをより強調することを目的として，切り口とした家庭の電気料金表を元に，いかに省エネに貢献することが出来るのかを考えていくことまで含めた。

## プログラムのねらい

このプログラムで，参加者は風車を回して「仕事」をさせたり電気を起こしたりする作業を通じ，エネルギーの概念や単位を学んだ。また，風車の構造を調節し，電力量を大きくする試行錯誤を行い，効率がどのように変わるかも，体験的に理解させることを目指す。更に，省エネの観点より作業結果をふり返り，社会や日常生活においてどのくらいの電力が使われているかや，節電のために出来ることは何なのかを考えるきっかけを与える。

## プログラムの実施概要

本プログラムは，科学技術館との連携プログラムであり，平成20年2月23日に科学技術館のサイエンス友の会会員7人を対象に行った。プログラムは，以下の流れで行った。

表1 プログラムの流れ

<p>1) <b>「電気ご使用量のお知らせ」に出てくる単位を知らう</b></p> <p>料金内訳のうち，「電力量料金」が，電気エネルギーを使った量に関わる料金である。電力，消費，消費電力について，単位と共に解説し，エネルギーの量と関連させて理解をさせる。コンセントの電気と電池の電気の違い，エネルギーは形態を変えることが出来る性質も合わせて解説する。</p>
<p>2) <b>電気エネルギーを作るのに必要な力を体験しよう</b></p> <p>電流を流すには，電線の中の電子を押して動かす必要があるが，電子は小さいので直接押すことができない。発電機を使い，手や足で押した力を電子に伝えて動かすことを体験させる。</p>
<p>3) <b>風力を使ってみよう</b></p> <p>発電機を回す力(力学エネルギー)さえあれば発電できる。風の力で発電機を回すと石油を使わなくてすむなど，利点がいくつかあるので，風力発電はさかんに研究されている。</p> <p>①水入りペットボトルがついた棒に風車をつけ，扇風機の風をあてて，何が起きるか観察する。</p> <p>②風車をモーターにつけかえて扇風機の風をあて，モーターに接続されている電球を観察する。(これによって，風力エネルギー(力学エネルギーの一種)が電気エネルギーに変換される)(電気エネルギーが，光エネルギーおよび熱エネルギーに変換される)</p> <p>③モーターに風車をつけ，隣のグループのモーターにはペットボトルがついた糸をつける。発電した電気が，隣のグループのモーターに流れるように接続し，扇風機の風をあてた時に，後のグループのモーターがどうなるか，様子を観察する。</p>
<p>4) <b>風車を改良しよう</b></p> <p>①風車をモーターにつけて，モーターと電流計，電圧計，電球を正しく接続する。</p> <p>②羽根の角度を変えて扇風機の風を当て，電流計と電圧計から電力を計算する。これらを繰り返す</p>

て、なるべく電力が大きくなるようにする。

#### 5) まとめ

- ①電力量 (W 時) は、電力(W)×時間。
- ②電力量の値段は、1kWh あたり約 20 円。
- ③100V の電気を使っている場合、ブレーカーや電気料金表に〇〇A と書いてあったら、使える電力は  $〇〇 \times 100(W)$  まで。
- ④60W 発電するだけでも、人力ではけっこう大変。一方で、軽自動車のエンジン最大出力：約 40000W、大井火力発電所の出力：1050000000W
- ⑤帰宅したら、家の中の家電製品の消費電力を調べてみよう。おどろくほど電気を使うものもある。
- ⑥電気エネルギーを節約する方法について考えよう。

例：「同じ機能でも消費電力の少ない家電製品を使う」「人力や自然の力でできることは、機械を使わないでやる」



図1 プログラム実践の様子

本プログラム終了後、エネルギーについての理解、科学・技術の好嫌に加え、プログラムを通して身についた省エネへの意識についてアンケート調査を行った。また、エネルギーの理解については、プログラム参加前に持っているエネルギーの概念と学んだことを元にしたエネルギーに関する理解を、事前・事後アンケートを用い、合わせて測った。

## 調査結果

### 1) 参加者について

プログラムに参加した7人の内訳は、小学校4年生が4人、5年生が2人、6年生が1人で、男子が3人、女子が4人であった。全員が科学技術館のサイエンス友の会の会員であり、友の会で行われる実験教室への参加経験は、3～5回が6人、6回以上が1人、3回未満は1人もいなかった。

### 2) プログラムについて

「プログラムは楽しかったか」の質問には、全回答者7人中全員が肯定的に回答した。内訳は、「とても楽しかった」が4人、「楽しかった」が3人であった。プログラムのどれが楽しかったかという質問（自由記述）においては、6人が風車の改良を挙げ、1人が人力発電機を挙げた。

プログラムへの参加理由は、「楽しそうだったから」と記述したのは3人、「風力発電や電気のことを知りたかったから」、「科学やエネルギーの実験だったから」あるいは「電気のことをよく知らなかったから」と内容により参加を決めたと見える回答が3人であり、1人が「ブレーカーが落ちることがあり、どうしてか知りたかったから」と普段の生活の中に参加理由を見いだした。

プログラムに参加して一番学んだことは、電気料、省エネ、人力や自然の力、単位など、プログラムで扱った内容のキーワードを挙げている回答者が多かった一方で、「羽などの角度を少し変えただけでモーターが回るようになる」、「発電するのは大変だと思い、省エネをもっとしたい(原文通り)」のように何を学んだのか明確に記述する回答者もいた。参加理由と学んだことの関連は全てに見られたわけではないが、「科学やエネルギーの実験だったから」と答えた回答者は「人力や自然の力」について学んだ、また、「電気のことをよく知らなかったから」と答えた回答者は「電気の単位のこと」と回答し、わずかに関連を見せている。ブレーカーが落ちることに関して疑問を持っていた回答者は、プログラムより学んだこととして「羽などの角度を少し変えただけでモーターが回るようになる」と答え、直接の関連は見られないが、もしインタビューなどを行い詳細に検討する機会があれば、何らかの関連を見ることができたであろうことを予感させる内容である。

### 3) エネルギーへの理解

エネルギーについての理解を深めたか否かについて、事前アンケート、事後アンケートを組み合わせ調査した。

事前アンケートにおいては、「エネルギーについて知っていること・頭に浮かんだことを全て書いてみてください。うろ覚えの内容でも、ことばだけでも構いません。」と質問し、どのような概念を持っているかを探った。うろ覚えの内容でも構わないと明記したのは、

間違っているかもしれないと思ったときにも躊躇せず記述してもらうためである。また、これにより、正しいか否かにかかわらずエネルギーをどのように思っているのかを把握することができた。また、事後アンケートでは、エネルギーについて良く理解できたかについて5段階のスケールに○をつけてもらうことで自分が認識している理解度を測り、更にワークショップで行った実験についてエネルギーの変換の様子を記述する質問を通して実際の理解度を測った。

事前アンケートの質問に関して、単語を挙げた回答者が非常に多く、7人中6人に上った。単語以外を挙げた回答者は、「エネルギーでもものが動いたりする。」と記述した。単語を記述した回答の中では、電気や発電に関する単語を挙げたものが多く、「～発電」や「ボルト、アンペア」などであった。エネルギーに直接関係するものでは、太陽から得る光エネルギーのみが挙げられた。

表2 エネルギーに関して持っている概念の事前調査の結果

	エネルギーについて知っていること・頭に浮かんだこと(素データ)
1	火力発電, 風力発電, 水力発電, ちようせき発電, 地熱発電, 電気, 原子力発電
2	電気, 風力発電, 火力発電, 水力発電
3	発電, 太陽光発電, 電気の節電, 電力, ソーラーパネル, ソーラー
4	エネルギーでもものが動いたりする。
5	光電池, ソーラーカー, 光エネルギー, 熱エネルギー
6	ソーラーエネルギー
7	V(ボルト), A(アンペア)

事後に行ったアンケートのうちエネルギーについての理解度を自己評価してもらう質問において、全回答者7人中6人が肯定的に回答した(図2)。一方で、実験の例を用いてエネルギーの種類を答えてもらう質問では、正解は、「電気エネルギー(扇風機)から力学エネルギー(おもりが上がる)」と、「力学エネルギー(風)から力学エネルギー(おもりが上がる)」の二通りあるが、このいずれかの回答をしたのは2名であった(表3)。不正解の回答の中で、風力エネルギーから電気(電力)エネルギーと答えた回答者が4人に上ったが、これは、例示したこのステップの次に、風車とモーターを付け替えてその先に接続した電

球をつける作業をしたが、それと混同している可能性もある。いずれにしても「エネルギーが変換される」というイメージを参加者は持っていることが見て取れる。

エネルギーについての理解と共に電気を作る大変さや電気の料金表の見方についても、理解度を自己評価してもらった(図2)。双方の項目共に、全員が理解できたと答えており、特に電気を作る大変さを理解できたとの項目に対しては、6人が強い肯定を示した。

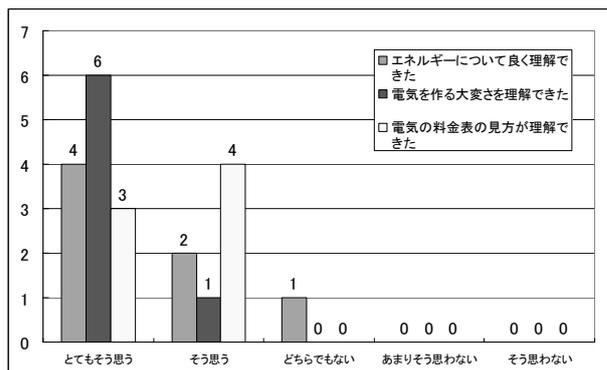


図2 「エネルギーについて良く理解できた」、「電気を作る大変さを理解できた」、「電気の料金表の見方が理解できた」回答比較

表3 エネルギーに対する理解に関する事後調査の結果

	「水を入れたペットボトルの棒を風車に取り付け、扇風機の風を当てたらペットボトルが上へ巻き上げられた。」(このワークショップで行った実験です。)これについて次の( )を埋めてください。 <u>これは、( )エネルギーから( )エネルギーに変わったものである。</u>
1	(風力)エネルギーから(人力)エネルギー
2	(風力)エネルギーから(電気)エネルギー
3	(風力)エネルギーから(電気)エネルギー
4	(風力)エネルギーから(電力)エネルギー
5	(風力)エネルギーから(電気)エネルギー
6	(電気)エネルギーから(力学)エネルギー
7	(電気)エネルギーから(力学)エネルギー

#### 4) 学習・興味の発展

##### A 発展的学習

「科学館や博物館で関係のある展示を見てみたい」、「もっと電気やエネルギーのしくみについて勉強してみたい」の項目において、それぞれ全回答者7人中5人が肯定的に回答した。特に「もっと電気やエネルギーのしくみについて勉強してみたい」に対して5人全員が「とてもそう思う」と回答したことより、ワークショップが当該分野に関して更なる学習意欲を促進することができたと解釈できる。

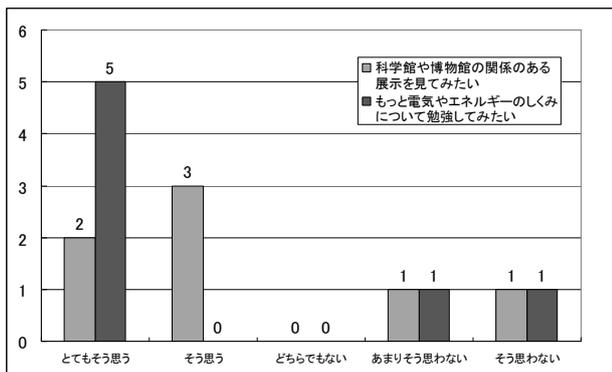


図3 「科学館や博物館の関係のある展示を見てみたい」、「もっと電気やエネルギーのしくみについて勉強してみたい」回答状況比較

B 興味の発展(家族で共有する)

「今日学んだ内容を家族に教えてあげたい」、「家族で省エネについて話し合ってみたい」の各項目に関して、それぞれ6人、5人が肯定的に回答しており、プログラムを通して関心が広がった様子が見て取れる。一方で、「家族で科学や技術について話し合うことがある」の項目では、「そう思う」、「どちらでもない」との回答が2人ずつ、その他の回答が各1人と分散した。これより、プログラムの参加によりプログラムの内容や省エネについて家族での話題に上らせてみよう意識が向上したと解釈することができる。

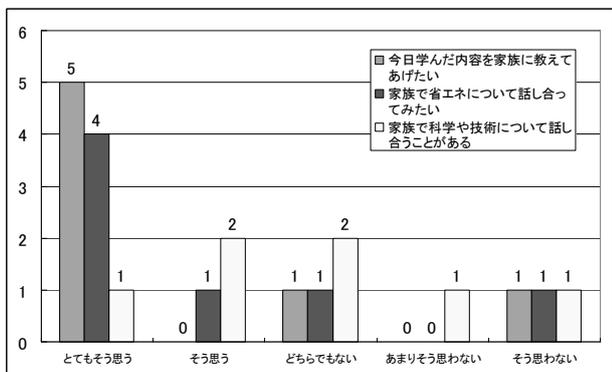


図4 「今日学んだ内容を家族に教えてあげたい」、「家族で省エネについて話し合ってみたい」、「家族で科学や技術について話し合うことがある」回答状況比較

C 興味の発展 (意欲)

「持ってきた電気の料金表を見て『思ったより電気を使っていないな』と思った (reverse question)」に関しては、そう思わない(=たくさん使っていると思う)と回答したのは2人、あまりそう思わない (=使っていると思う)が3人であった。また、どちらでもないとの回答も3人に上った。一方で、「省エネを心が

けようと思う」の項目に関して、7人全員が肯定的に回答した。

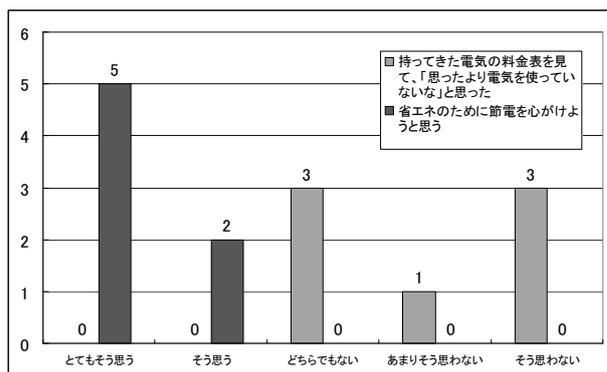


図5 「持ってきた電気の料金表を見て、『思ったより電気を使っていないな』と思った」、「省エネのために節電を心がけようと思う」回答比較

5) 科学・技術の好嫌

参加者の科学の好嫌の度合いを尋ねたところ、参加者7人中5人が肯定的に答え、残りの2人は普通と答えた。また、肯定的に答えた5人に好きな科学の内容を尋ねたところ、4人が実験と答え、1人が生物学と答えた。更に、学校理科にどんな内容が入ればいいのかの質問には、2人が「実験」と答え、それぞれ1人が「日常生活との結びつき」、「環境・温暖化」などと答えた。

ここで「日常生活との結びつき」を挙げた参加者は、プログラムへの参加理由を「プレーカーが落ちることがあり、どうしてか知りたかったから」と答えている。また、「環境・温暖化」を挙げた参加者は、職業観の変化を尋ねた事後アンケート(後述)において、「地球を守るために温暖化を防ぐことをしたくなった」と答えている。これらより、一部の参加者の意識の中に生活や職業と科学の関連が根付いたことが見て取れる。

表4 あなたは、学校の理科に、どんな内容が入るといいと思いますか?(素データ)

1	もっと実験をふやしてほしい
2	ロボットを造りたい
3	自然環境や、地球温暖化などについて
4	雲のこと
5	家庭生活との結びつきや、くわしいことまで、もっとしっかりやっていった方がいいと思う。
6	静電気
7	色々な実験

6) 将来の職業

将来の職業への意識に関して、事前アンケートと事後アンケートにより比較を行った。事前アンケートでは、将来つきたい職業とその理由、そして補足的な自由記述を行い、事後アンケートではワークショップに参加してその意識にどのような変化があったかを質問した。

参加者が将来なりたい職業は表5のようになっており、将来科学や技術に直接関係する仕事を選んだ回答者はいなかった。プログラム後に行った職業観の変化を問う質問では、1人が変化したと答えた。この回答者は、事後アンケートでは「科学の勉強について。地球の温暖化について。地球のために、省エネや、節電など。(原文通り)」と答え、プログラムの内容を通して省エネや地球を守ることへと職業観が変化した様子が見える。

参加者の自発的な学びにつながっていく可能性があることを示している。

また、「家族で省エネについて話し合ってみよう」という質問に対する回答も、肯定的なものが多かった。本プログラムにおいて、作業から学んだことと絡めて社会や日常生活において使われている電力についても考えていったことが、効果的に参加者の印象に残ったのではないかと推測される。

エネルギーについてなど、プログラムで扱ったことへの理解は、概ね良好であった。一方で、ワークショップで行った作業について、どのようなエネルギー変換が起きていたのかを問う質問では、正解した人は少なかった。このことより、エネルギーのような概念的なものを理解することの困難さが明らかになったと同時に、感覚的には理解したのではないかと推測が成り立つ。

表5 将来の職業に関する事前調査「あなたは将来どんな職業につきたいですか？どうしてその職業につきたいのですか？」回答と事後調査における職業観の変化

	なりたい職業(事前)	理由(多肢選択式)	自由記述	職業観の変化
1	けいさつ	人の役に立てるから		なし
2	演劇関係	それが好きだから	お客さんを感動させたいです。	なし
3	ラリーカーの選手	考える仕事だから給料が高いから科学や技術に関する仕事だからそれが好きだから	車の運転や、外国に行ける体力などをつける	ある
4	音楽の先生	人の役に立てるからそれが好きだから	生徒が音楽を知って楽しんでもらえるような人になりたい	なし
5	幼稚園の先生	人の役に立てるから考える仕事だから重要だからそれが好きだから子どものかわいい笑顔が見られるから	失敗してもくじけずに前向きにがんばっていききたい	なし
6	クレープ屋	それが好きだから		なし
7	電車の運転士	人の役に立てるから	お客さんを安全に運べる運転士になりたい	なし

考察

アンケートより、「もっとエネルギーのしくみについて勉強してみたい」「今日学んだことを家族に教えてあげたい」という質問において、概ね良好な結果が得られた。このことは、弱い証拠ながら、当プログラムが今後



## II プログラム開発と実践

### 2. プログラムの実践報告

#### 2-2. 中学生・高校生向けプログラム



## 恐竜発掘地層ケーキをつくろう！ Let's Make a Dino-digging Cake

有田寛之<sup>\*1</sup>, 高橋みどり<sup>\*1</sup>, 先山 徹<sup>\*2</sup>, 嶽山洋志<sup>\*3</sup>

国立科学博物館<sup>\*1</sup>, 兵庫県立人と自然の博物館<sup>\*2</sup>, 兵庫県立淡路景観園芸学校<sup>\*3</sup>

Hiroyuki ARITA<sup>\*1</sup> Midori TAKAHASHI<sup>\*1</sup>, Tohru SAKIYAMA<sup>\*2</sup>, Hiroshi TAKEYAMA<sup>\*3</sup>

National Museum of Nature and Science<sup>\*1</sup>, The Museum of Nature and Human Activities, Hyogo<sup>\*2</sup>

Awaji Landscape Planning & Horticulture Academy<sup>\*3</sup>

概要：生活の身近なところに位置するお菓子を通して地質・地層や食材などの地域の自然，そして住んでいる街並みに対する理解の広がり・深まりを目指し，4回継続の中高生向けプログラムを開発した。

キーワード：科学系博物館，ケーキ，地域の自然，生活と科学の結びつき，実体験

### はじめに

本プログラムは，自然と触れ合うことが少ないニュータウンの中高生が，洋菓子・恐竜という身近な切り口をきっかけに生活と自然科学との関わりを学ぶことを目的として実施した継続学習プログラムである。

「恐竜発掘地層ケーキ」に興味を持って参加した中学生と高校生は，ケーキを作るまでのプロセスとして，丹波竜や丹波栗，地層の成り立ちや防災と暮らしの関係といった話題を絡めながら，地域の自然を総合的に学ぶ。また，地域の自然に合わせたまちづくり，そしてまちづくりと洋菓子文化の関わりについても学び，郷土の自然や文化への理解も深める。

さらに，これらの学習を通して食や防災といった日常生活の課題と科学技術との関わり，さまざまな職業と科学との関わりへの認識を深めることも目指した。そのための対象地域として，兵庫県三田市・神戸市周辺を設定し，その地域で学ぶ中高生を対象とした。

### プログラム開発のねらい

本プログラムの開発にあたり，以下の四つのねらいを設定した。

- ・地域の自然や文化に関心を持ち，日常生活の中で自然と共存しようという心が育まれる。
- ・生態系や地質といった地域の自然に対して理解を深める。
- ・自然現象による暮らしへの影響は，悪い面だけでなく良い面もあることを理解する。
- ・食や科学に関わる人々との交流を通し，科学が将来の職業選択に関わることに気づく。また，各回のねらいは，上記のプログラム

全体のねらいをもとに，内容に応じて設定された。

第1回目：

- ・地域の自然史に関わる最近の話題を知り，興味・関心（恐竜発掘のロマン）を高める
- ・地域の自然と，自然に関わる暮らしにおける恩恵を理解する

第2回目：

- ・暮らしの土台となる，地域（兵庫県）の地質の特徴を理解する

第3回目：

- ・「災害文化」（災害とうまくつきあう暮らし）を理解する
- ・まちづくりの文化と自然との関わりを理解する

第4回目：

- ・学んだことの振り返り（ケーキを作りながら）
- ・学んだことを表現することの練習（新作ケーキの企画・プレゼンテーション）

### プログラムの概要

第1回目：

三田のニュータウンにも元々あったであろう，自然と調和したくらしの原風景の特徴として丹波を紹介した。プログラムの趣旨を理解し，和やかな雰囲気の中で交流することを第一の目標として，食を通して地域の自然を理解することを主に座談会形式で行った。

具体的にはパティシエが提示した恐竜発掘ケーキの試食をして最終回で発表する恐竜発掘ケーキのイメージをふくらませたり，近年発掘された丹波竜に関する解説をもとに，丹波の地質・地層へと理解を広げたりした。

そして三田で取れる食材についての講義を聴き、米の白濁米の含有率を実際に見たりすることにより、環境についても意識を広げた。

第2回目：

人間が暮らす地面の下の話として、兵庫県の地質の特徴（火山岩）を理解し、火山岩を生み出した火山活動を理解するために、食材（ココア、チョコレート、ケーキ台、蜂蜜など）を使ってモデルを作る実験をしながら理解を深めた。

作ったモデルは、火山の噴火の外観、マグマ活動、カルデラなどであった。それらの実験を通して、兵庫の地質は白亜紀の火山岩が大部分を占めること、恐竜化石が出る篠山群層との対比、そして火山岩に化石が出ない理由などを解説を交えながら行った。

第3回目：

この回では、よりマクロな視点から、兵庫県の地質の特徴（海と山が近い）が人々の生活へ及ぼす影響について、街を歩いてその証拠を見つけながら学んだ。

地域の大学で建築や街づくりについて研究している教員を講師に招き、実際に街を歩いて街並みや石垣に使われている石、天井川などの珍しい地形、そして災害の傷あとを間近で観察した。それを通して、海と山が近くて山が急峻であることが神戸に水害が多い背景として存在すること、一方で海と山が近いことから恩恵も受けていることを体感した。



図1 街歩きの様子

また、街歩きの経験を元に、神戸のコミュニティ形成と洋菓子の関係を、自然をかたどったお菓子（御影石のチョコレートや、栃木の大谷石の和菓子）を通して学び、また、災害と建築物の構造の関係を、ミルフィーユを使った実験を通して学んだ。

第4回目

学んだことのふり返しとして、初回で紹介した恐竜発掘地層ケーキを作って地層の構造を学び、学んだことを表現することの練習として自分の企画したケーキを発表した(図2)。

新作ケーキの発表は、A3の紙一枚にこのプログラムで学んだ地域の自然について、企画の中にどう取り入れたかを見る目的で行った。初回で講師を行ったパティシエの前で発表し、創造性や実現の可能性についてアドバイスをもらった。また、参加者1名につき3名程度までゲストを呼ぶことを促し、ケーキの試食会を全員で行ってプログラムの成果を身近な人と共有した。

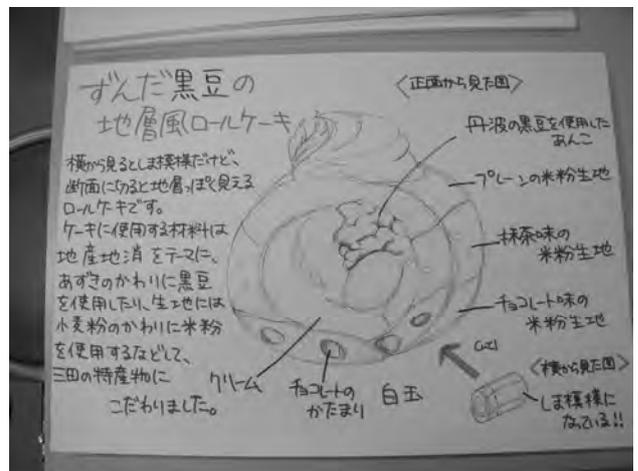


図2 ケーキ企画の例

プログラム実施の概要

当プログラムは4回継続のプログラムであり、平成20年10月、11月の週末に実施した。連携機関である兵庫県立人と自然の博物館の学習クラブ「石ころクラブ」の参加者と兵庫県立三田祥雲館高等学校（以下祥雲館高校）の生徒を対象に、事前に募集した。応募者は、石ころクラブから中学2年生2人、祥雲館高校から1年生3人、2年生3人の計6人となり、総計8名のプログラムとなった。このうち高校2年生の1人は第3回目、第4回目のみの参加となった。高校1年生のうち1人は男子生徒、その他はすべて女子生徒であった。これらの学校・博物館は、いずれもニュータウン内に立地し、そこで学ぶ中高生も、一般には自然の少ないと思われる地域に居住している。

実施にあたっては、第1回目、第2回目は兵庫県立人と自然の博物館で、第3回目の街歩きは神戸市街で行い、そして第4回目のケ

ーキ作りは、祥雲館高校で行った。

当該プログラムのケーキや街歩きに関する部分では、外部講師として、三田市内のパティシエと、建築や街作りが専門である大学教員に依頼した。

### 評価の実施

プログラム評価として、コンセプトマップとインタビューを行った。

コンセプトマップは、参加者の地域の自然や自身の生活との関わりに関し、プログラム全体を通して理解がどのくらい広がり、深まったかを測るために行い、各参加者は「生活」というキーワードを中心としたコンセプトマップをプログラムの事前（第1回目開始時）と事後（第4回目終了後）に作成した。

各回終了後に参加者全員に対して個別に行ったインタビューでは、参加者の各回の学びの内容や印象に残ったこと、生活との関わりを調査した。

### 評価結果

#### 1) 事前のコンセプトマップ

この調査では、参加者に「生活」というキーワードを中心としてコンセプトマップを作成してもらった。参加した全員がコンセプトマップを作成するのが初めてであったため、参加者には、作成方法を簡単に説明した後で、この調査には正解・不正解がない旨、思ったことを自由に書いてほしい旨を伝え、できるだけたくさんの言葉を書くように促した。

この調査において、キーワード「生活」から直接挙げられた語彙数と挙げたすべての語彙数との関係は、表1のようになった。

表1 直接挙げた語彙数とすべての語彙数(事前コンセプトマップ)

参加者	「生活」から挙げられた語彙数	すべての語彙数
1	7	46
2	5	25
3	5	24
4	6	44
5	5	24
6	8	16
7	9	16
8	欠席のためデータ無し	

また、挙げられた語彙の頻度は、表2のようになった。(これは、全員のコンセプトマッ

プに出てきた語彙ごとに、頻度を数えたものである。)

表2 挙げられたすべての語彙の使用頻度

頻度	語彙
5回	食事 学校
4回	家族 勉強 睡眠(寝ること) 遊ぶこと
3回	-
2回	家人 休み(休日)
1回	家庭科 時間 金 創作 運動 塾 風呂 仕事 規則 掃除 社会 衣住

ここで挙げられた語彙には、日常していることに関するものや、好きなマンガや食べ物に関するものがあつた。キーワード「生活」から語彙がつながってはいるが、この段階では、プログラム内容に関わる内容でまとまっている例はあまり見られなかった。

また、語彙同士のつながりは、挙げた語彙の数に関わらず、中心に近い語彙から派生した語彙が直線的に構成されており、派生した語彙同士が互いに関連している様子はあまり見られなかった。また、その直線もたくさんの語彙を経由している様子は見られなかった。(付録1, P.71 参照)

#### 2) インタビュー調査

インタビュー調査では、各プログラムで印象に残った内容とその詳細、そして自分の生活と関わる部分や生かせそうな部分があるかどうかを尋ねた。

第1回目のプログラムの後のインタビューは、試作ケーキそのものに対する感想や、プログラムで扱った内容に関する発言が多数を占めた。また、魚竜や翼竜は恐竜とは違うことが参加者にとっては新しい知識であつたようで、それに対する発言も多く見られた。

第2回目のプログラムでは、「実際に何が起きているかを実験で見ることができて実感がわいた」「写真よりも理解できた」「マグマがどう動いているのかなど、知識としては知っているが、見られたからよかった」など、視覚的に確認できたのがよかったとする意見が多く聞かれた。

この回の実験では、生クリームを挟んだケーキの台に溶かしたチョコレートを下から注入して火山のモデルを作つたが、各グループ

で様々な形に出来上がった(図3)。これに対して講師は、実験でできた現象に即した写真や資料を提示してそのメカニズムを解説していった(図4)。



図3 ケーキで作った火山のモデル

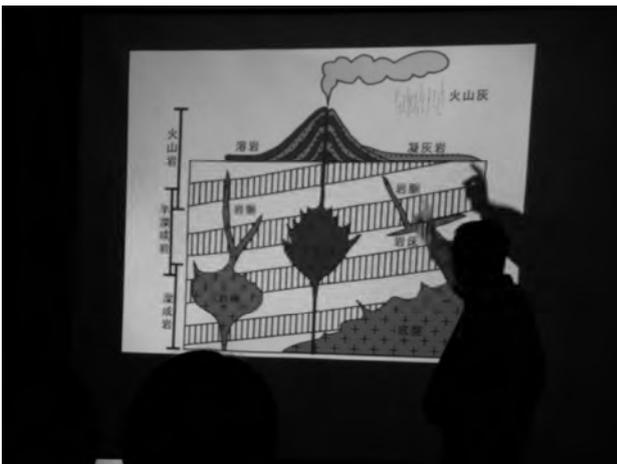


図4 実験を元に資料を使って解説する講師

また、ココアの山で作ったカルデラが講師の予想よりもはっきりとできなかったが、これに対しても講師は使用したコンデンスミルクやココアの量などから説明を加えていった。

これにより、モデルによる再現は必ずしも教科書や図鑑に載っているようにはいかないということ、そして自然にできる地層やカルデラも同様に、様々な例外があるということに触れる機会にもなった。

これを受け、参加者の1人はインタビューにおいて「学校でも溶岩の種類などを習うけれど、学校の授業では、話を聞くだけですぐに忘れてしまう。・・・中略・・・(一方で、)色などを覚えても例外があったりするので、実際に見て経験することが必要(と感じた)」と、体験的に理解することの重要性と共に、

自然現象の多様性に対する理解をも示す発言をした。

第3回目プログラムでは、街歩きを通して地域の地形や街並みなどを実際のスケールで観察した。この回のインタビューでは、岩石の見分け方が難しかったという意見が3人から聞かれた。一方で、同じ種類の石でもできた場所で色や形、粒の大きさが違う(御影産の御影石と中国産の御影石など)ことが分かったという意見も4人から聞かれた。

また、神戸の水害の際に上流から流れてきた岩が水が引いた後もその場に留まって記念碑となったものを見学し、「あんなに大きな岩が流れてきたのか」と驚いたという意見や「天井川は授業でしか知らなかったが、初めて見た」などの意見もそれぞれ1人から聞かれた。

この回では、「石の中のマグマの層が見られたので、前回の実験とつながりがあった(同様の記述他1名)」「前回の実験が石のでき方に関わっているのが分かって理解が深まった」「山とセットで見て歩いてみたい」など、前回の火山の成り立ちに関する実験とのつながりを実感できた参加者が多かった。

第4回目のプログラムでは、4回すべてを通して学んだことや印象に残ったことを尋ね、学んだことが今後の生活にいかに関わると思えるかを合わせて尋ねた。

参加者のコメントは、火山の実験、街歩き、ケーキ作りに集約された。各参加者は、インタビューにおいて表3のことに言及した。

表3 「プログラムで印象に残ったこと」結果

参加者*1	火山の実験	街歩き	ケーキ作り
1	○	○	-
2	○	○	-
3	早退のためデータ無し		
4	○	○	○
5	-	○	○
6	○	○	○
7	-	-	○
8	-	-	○

\*1: 表中の参加者の番号は、表1の番号と同一人物を指している。

火山の実験、街歩きに関しては、「実際に見て興味が増した」「知識にプラスアルファができた」というように体験を伴った学びが有効であったことが示された。水害の恐ろしさに触れた参加者は、「自分の家のそばの川があふ

れたらと思うと怖い」と身近な環境を意識してコメントを加えた。また、実験を通して「自然現象は教科書に載っているようなきれいなモデルばかりを示してはいない」ことに言及した参加者は、このインタビューにおいても同様のことに触れた。このことより、自然現象が必ずしも規則的にはいかないということが大きく印象に残った様子が分かる。

ケーキ作りに関しては、「ケーキの企画を通して地層の積み方が気になるようになった」「ケーキの層の具合を（学んだことをどう取り入れようかと）考えながら作るのが楽しかった」と、学んだことと有効に結び付いた様子がうかがえる。

このインタビューより、参加者がプログラムを通して学んだことを包括的に理解した様子が見て取れるが、先述のプログラム開発における四つのねらいのうち「自然現象による暮らしへの影響は、悪い面だけでなく良い面もあることを理解する」「食や科学に関わる人々との交流を通し、科学が将来の職業選択に関わることに気づく」についてはプログラムで直接扱った内容ではなかったこともあり、インタビュー結果からはこれらについての効果は見い出せなかった。

### 3) 事後のコンセプトマップ

この調査でも、事前の調査と同様に「生活」というキーワードからコンセプトマップを作成してもらった。ここでも前回同様に、思った通りに作成してもらおう旨、そしてできるだけたくさんの語彙を書いてもらう旨指示をした。

表 4 直接挙げた語彙数とすべての語彙数(事後コンセプトマップ)

参加者*1	「生活」から挙げられた語彙数	すべての語彙数
1	4 (7)	49 (46)
2	5 (5)	26 (25)
3	2 (5)	13 (24)
4	6 (6)	32 (44)
5	8 (5)	28 (24)
6	4 (8)	17 (16)
7	7 (9)	20 (16)
8	6 (データ無し)	39 (データ無し)

\*1: この表中の参加者の番号は、表 1 の番号と同一人物を指している。

( ) 内は事前コンセプトマップでの語彙数

表 5 挙げられたすべての語彙の使用頻度

頻度	語彙
6 回	食べ物 (食べること)
5 回	学校
4 回	-
3 回	地面 (土地) 家 (住居)
2 回	寝ること 音楽 マンガ・テレビ
1 回	地震 石 三田 人博 地域 海 社会 家族 友達 遊ぶこと 人 時間 挨拶

事前のコンセプトマップ (表 1) に比べ、ほぼ全員においてプログラム内容を踏まえた語彙数が増えた (表 4)。しかし、その語彙同士のつながりは見られても、他の語彙とのつながりまでは見いだせなかった。

前回は見られなかったが、事後調査では食材や食べることに関する語彙、地層や地震に関する語彙など、関連する語彙のクラスター (かたまり) が見られ、学んだことが参加者の中で系統立てて整理されていることが分かった (付録 2, P.71)。

一方で、学んだことに関する語彙は主としてそれだけでクラスターをなしており、学んだこと以外の語彙との関連はあまり見られなかった参加者もいる (付録 3, P.72)。

## 考察

本プログラムの総合的な評価は、以下のようによまとめることができる。

### 1) 参加状況から

- ・事前申込は必要だったものの、参加費は無料で、各回の出席も強制ではなかった。それにもかかわらず、途中で参加を取りやめる人はおらず、最終回のオリジナルケーキの企画まで全員が行い、一連のプログラムに楽しみながら参加していたことが明らかとなった。

### 2) コンセプトマップから

- ・事前調査では、日常的な行為や趣味に関するものが多かった。キーワード「生活」からの語彙のつながりは直線的であり、プログラム内容に関わる内容でまとまる例はあまり見られなかった。
- ・事後調査では、ほぼ全員においてプログラム内容に関連する語彙数が増え、かつまとまりが見られた。しかし、プログラム内容に関連しない語彙とのつながりまでは見い

だせなかった。

### 3) インタビューから

- ・実験や街歩きを盛り込んだことにより、体験的に理解することの重要性が明らかになった。
- ・実験を通して、自然現象は教科書に載っているようなきれいな事例のようにになっていることは少ないという、自然現象の多様性に対する理解が深まった。
- ・街歩きを通して、地域の自然の特徴をより身近な環境という視点で意識することができた。
- ・火山の成り立ちを学ぶ実験を行った後で火成岩の実物を街歩きにおいて見るといった構成にしたことにより「石の中のマグマの層が見られたので、前回の実験とつながりがあった」「前回の実験が石のでき方に関わっているのが分かって理解が深まった」といったような、各回のつながりを実感できた。

### 4) オリジナルケーキ企画から

- ・学習の成果を確認する機会としてオリジナルケーキの企画を行ったが、ケーキのタイトルや形状を考える際にプログラムの中で学んだ内容を参考にしており、学んだことと課題への取り組みが有効に結び付いていた。

これらの評価より、参加者が継続的な学習プログラムを通して与えられた情報を包括的に理解した様子が見て取れる。

多くの中学生、高校生にとって日々の生活で最も多くの時間を費やす場所は学校であり、その点においても、学校が生活の中心に位置していることは明らかである。今回のコンセプトマップでも、事前事後ともに「学校」という語彙の出現頻度は高かったことから、その様子は見て取れる。本プログラムで行ったような学校での「学び」の枠からはみ出た「学び」は、参加した中高生に大きな刺激を与え、実験や観察といった体験的な学びの重要性や、自然現象は簡単にはモデル化できないということへの理解などが印象に残ったことが明らかとなった。

学校理科では主に原理・原則を学ぶが、それを理解するために提示される例は、その原理・原則を最も分かりやすく表現しているものである。しかし、インタビューでも見られたように、自然現象は必ずしも教科書で示されているように規則的には行かないことが多

い。そのため、博物館における学びは学校理科で扱う周辺、あるいは学校理科で補いきれない部分を扱うことが多く、自然現象の多様性に触れることにもなる。そしてこのことは、博物館が扱う多様性を学校教育とうまく対比させながら活用できたことを示していると考えられる。

また、本プログラムでは各回様々な講師が指導したが、普段学校などでは会うことのできない専門家に直接指導を受けたことも、参加者にとっていい刺激になったようである。例えば、第3回目の街歩きで指導した建築・街歩きの専門家である大学教員は、研究の一環としてケーキを毎日一つずつ買い、スケッチをした後食べているという話をした。また、その研究を何年も続けていると言うこと、そしてそのケーキは「今年はミルフィーユのみ買う」というようにテーマを決めて研究をしているということであった。その話に触れ、参加者はインタビューにおいて「変わった先生だった。しかし、ケーキをスケッチして食べると言うことも、長年続けていれば立派な研究となるんだ」と新たな認識を持つことができた。

今回のプログラムは、実地にて必ずしも規則通りではない様々な例を見たり、自分の経験とは全く違う経験をしている様々な人とふれあったりすることにより様々な多様性を提供したが、参加者は、まさにそこに学びの意味を見出したと言えるのではないだろうか。

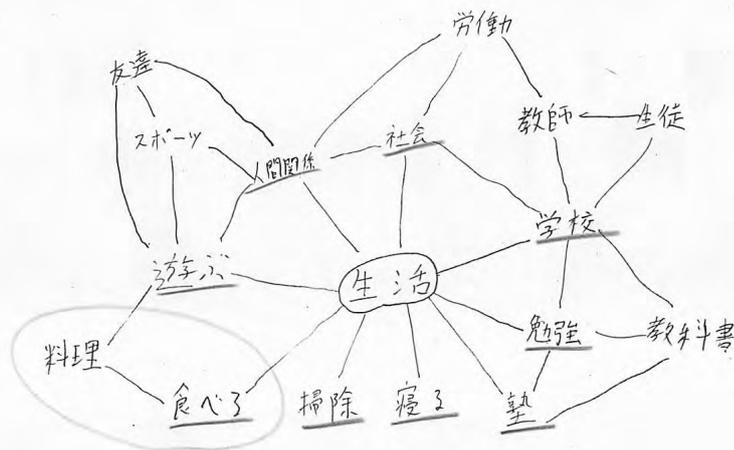
### 謝辞

本プログラムの企画・実践にあたっては、ル・パティシェ プチ・ムッシュの松浦孝一氏、兵庫県立三田祥雲館高等学校教頭高橋敬介氏、武庫川女子大学生活環境学部准教授三宅正弘氏にご協力、ご指導を頂きました。記して謝意を表します。

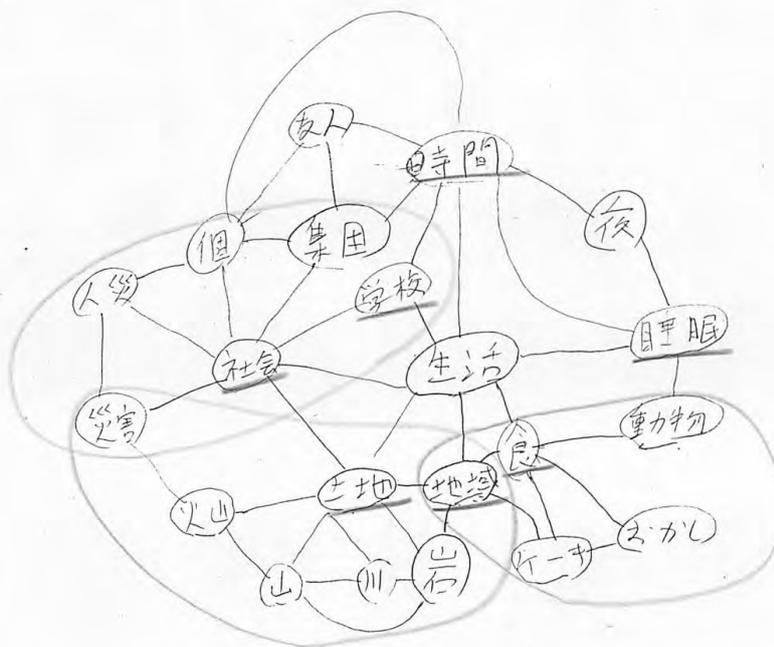
### 参考文献

林信太郎：世界一おいしい火山の本、小峰書店、127ページ、2006

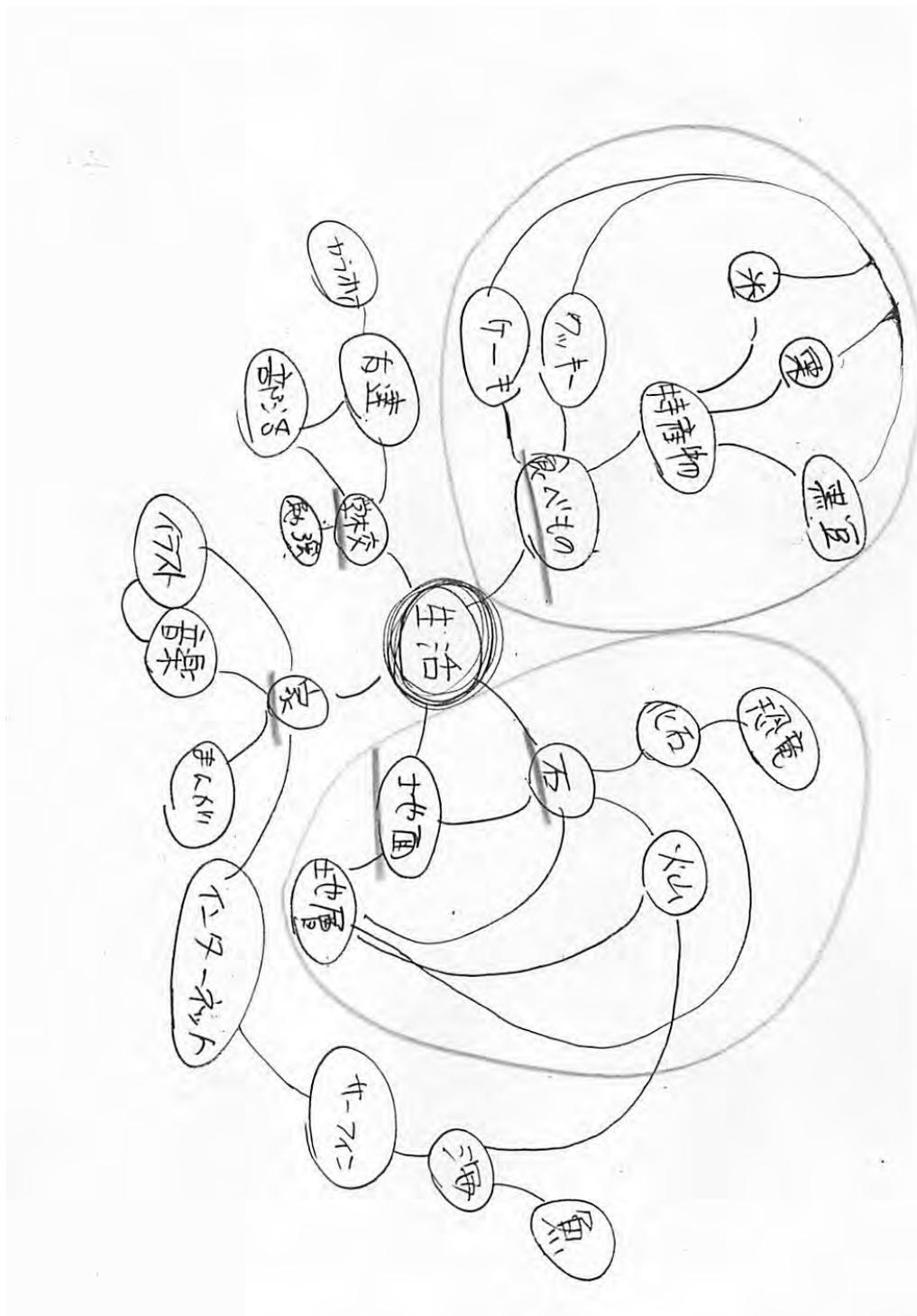
付録1 事前コンセプトマップ(例)



付録2 事後コンセプトマップ(例, 付録1と同じ参加者のもの)



付録3 事後コンセプトマップ(例)



## 恐竜発掘地層ケーキをつくろう！ 事後評価 Let's Make a Dino-digging Cake: An Additional Evaluation

有田寛之<sup>\*1</sup>, 高橋みどり<sup>\*1</sup>, 先山 徹<sup>\*2</sup>, 嶽山洋志<sup>\*3</sup>  
国立科学博物館<sup>\*1</sup>, 兵庫県立人と自然の博物館<sup>\*1</sup>, 兵庫県立淡路景観園芸学校<sup>\*3</sup>  
Hiroyuki ARITA<sup>\*1</sup>, Midori TAKAHASHI<sup>\*1</sup>, Tohru SAKIYAMA<sup>\*2</sup>, Hiroshi TAKEYAMA<sup>\*3</sup>  
National Museum of Nature and Science<sup>\*1</sup>, The Museum of Nature and Human Activities, Hyogo<sup>\*2</sup>  
Awaji Landscape Planning & Horticulture Academy<sup>\*3</sup>

概要：4回継続で行った「恐竜発掘地層ケーキをつくろう！」の参加者を対象に、プログラム終了3週間後に郵送にてアンケートを行い、最終回に企画・発表したケーキについての自己評価、プログラムに参加した後での地域の自然への認識の変化（深化）について尋ねた。

### はじめに

「恐竜発掘地層ケーキをつくろう！」では、洋菓子を切り口に地域の地質・自然や産業について理解を深めることを目的とし、お菓子を使った火山の再現実験や街歩きなどを通して、それらについて体験的に理解を深めた。また、ケーキをデザインし、発表することで、学んだことをまとめ、表現した。

事後に行った当アンケートでは、プログラムで学んだことのうち、どのようなことが印象に残っているか、そして、自分の住む地域に対する認識がどのように広がりや深まりを見せたのかを図ることを目的として行われた。そこで、企画したケーキの概要、プログラムで学んだことのうち元になった内容、こだわりの他、プログラムで印象に残っている内容、地域（丹波地方）についての認識について尋ねた。

質問の回答は自由記述を指定し、アンケートは郵送で行った。参加者8名にアンケートを依頼し、4名が回答した。

### アンケート結果

#### 1) 企画したケーキについて

回答者が企画したケーキは、全てが火山がモチーフになっており、その中でチョコレートやゼリーでマグマを表現したり、岩盤をタルトで表現したりしていた。

企画したケーキの元になっているのは、プログラムの第2回目で行ったチョコレートやケーキを使った火山の実験や、第3回目で行った街歩きであった。その中で、マグマがどのようにたまって吹き上がるかや、深成岩がどのように出来るかの知識が高い頻度で使われていた。

ケーキをデザインした際のこだわりとして、地層を模したスポンジの各層の違いや、チョコレートの中に生クリームをふんだんに使い、マ

グマのどろっとした感じを舌で感じる事が出来るなど、どの企画も素材の材質を生かして自然の再現を行っていた。

#### 2) プログラムで印象に残っていること

プログラムで印象に残ったことを挙げてもらったところ、学んだこととしては以下の5点が挙げられた。

- ・翼竜は恐竜ではないこと
- ・国産の御影石と中国産の御影石は違うこと
- ・断層と天井川
- ・丹波竜の発掘の話
- ・神戸の川が氾濫したときのこと

また、ケーキを食べながら学んだことや、実験を多く行ったこと、実験で見られた火山の事象について、実際の写真を見ながら解説を聞いたことも、印象に残ったこととして挙げられた。

#### 3) 地域（三田、丹波地方）の自然についての認識

参加者の住む地域はどのようなところだと思うか、自由に書いてもらったところ、全回答者4名中全員が「自然が多い」ことを挙げ、3名が「三田はニュータウンであるため、街（都市部）と自然がうまく共存している」との観点を挙げた。特に、田んぼや畑がすぐ近くにあるが、季節ごとの変化を感じることが出来、色々な体験ができる。しかしその一方で、そのような風景を「昔の風景」「昔の〇〇」と特別に捉えるのではなく、「今の姿」であることを教えてもらえるとの指摘もあった。

また、丹波特産の農産物で全国的に有名なものもあることや、大水害や震災などに見舞われても、その都度住民が力を合わせて街を復興してきたことが誇らしいと、プログラムを通して自分の住む地域を見直す声も聞かれた。

## 考察

当アンケート結果より、プログラムで体験したことが時を経ても印象に残っていることが分かる。一方で、プログラム実施中に行ったアンケートでは、火山の再現実験が印象深かったとの記述が非常に多く見られたが、この事後アンケートでは、翼竜と恐竜の違い、断層と天井川、神戸の水害など、多様な内容が挙げられた。これより、他の事項に対する印象も参加者の中に定着してきていることが分かった。

また、三田に自然と都市部が共存しているのは、参加者が日々の生活の中で経験していることであるが、他の都市部ではほとんど見られなくなった田園風景も三田においては「今の姿」であることを認識できたことや、過去に住民が災害を乗り越えてきたことに誇りを感じたことなど、プログラムで扱ったことを総合的に学び取り、地域の自然に対する認識に深まりを見せていることが分かる。

このように、洋菓子を作り口として地域の自然や産業、防災について総合的に学ぶこの試みは、自分の住む地域に対する参加者の認識を改めることに寄与した。プログラムの各回でケーキやお菓子を試食することや、ケーキの企画案・ケーキ作りという誰もが注目する活動を入れたが、参加者はそれらに終始することなく、提供されたきっかけを有効に使い、プログラムでねらった学びを吸収した。

このプログラムにおいては、地質学を専門とした博物館職員や街作りを専門とする大学教員、そして自然を模した洋菓子作りに興味を持ったパティシエなど、個々の講師の持つ知見がプログラム内容に効果的に合致し、参加者の学びがより促進された。そのような特定の人材はいつも確保できるわけではなく、その意味で、このプログラムの成功は特別な例であるかもしれない。しかし、地域の特性を抽出し、それに見合った資源を選び出すことは、どの地域やテーマのプログラムでも十分可能であると思われる。

## 火山と暮らしの美しい関係 Sweet Relationship between Volcanoes and Our Life

有田寛之, 高橋みどり

国立科学博物館

Hiroyuki ARITA, Midori TAKAHASHI

National Museum of Nature and Science

概要：お菓子を使った火山の再現実験を通して火山のメカニズムを体験的に学ぶと共に、関東地方にある火山が人々の暮らしにどのような影響を与えているのかについて、地域の農産物を初めとした諸資源を参考に考察していくことにより、理解を深めた。

キーワード：火山, お菓子, 関東ローム層, 実験

### はじめに

本プログラムは、平成 20 年度に行った洋菓子を切り口として地域の自然について学ぶプログラム「恐竜地層発掘ケーキをつくろう！」を元に、火山と関東地方における暮らしの関係に着目したものである。

東京都及び近隣に住む中高生を対象に、火山と私たちの暮らしには深い関係があり、様々な恵みも受けていることを理解させることを目的として、火山の成り立ちを実験を通して体験的に理解をし、関東ローム層の地質について学んだ。また、農産物、観光資源など、火山が生活にもたらす恩恵についても考察を深めた。

### プログラムのねらいと期待される効果

プログラム開発にあたり、以下の二つのねらいを設定した。

- ・火山活動の元である地下のマグマの動きを目で見ると共に、地殻変動によりどのように地表に出てくるかについても理解を深める。
- ・火山と暮らしの関わりを知る。(自然現象による暮らしへの影響は、悪い面だけでなく良い面もあることを理解する。)

本プログラムでは、これらを、食材を使って実験をすることにより、楽しみながら学ぶことを目指した。

### プログラムの概要

本プログラムは、1)火山の成り立ちと溶岩・火山岩の種類、2) 食材を使った火山の再現実験、そして 3) 生活との結びつき、恩恵：

関東ローム層と農業、火山と温泉の三つの要素で構成した。

#### 1) 火山の成り立ちと溶岩・火山岩の種類

ここでは、ハワイ島にあるキラウエア火山の火口付近やマグマが沿岸部まで流れている様子の空中映像を元にして、マグマの粘度や流れる様子を実際に見て学ぶとともに、富士山や昭和新山の成り立ちを通して、様々な火山の形態やマグマの粘性との関係、そして火山岩についての理解も深めた。

また、北アルプスの写真を元に、火山と火山ではない山の違いについての解説や、なぜ火山ではない山において火山岩が見られるのかについての解説から、地殻変動についても学んだ。

#### 2) 食材を使った火山の再現実験

ここでは、解説で扱ったものを実際に観察して理解を定着させることを目的として、チョコレートやココア、ケーキを使ったモデルを通して、マグマの流出の様子やカルデラのでき方を体験的に学んだ。

本プログラムの元になったプログラム「恐竜地層発掘ケーキをつくろう！」で洋菓子を切り口としたのは、ココアやケーキを使うと、火山活動の様子が安全に、かつ臨場感を持って再現することが出来る(林, 2006) ことに加え、神戸に古くから洋菓子文化が存在し、三田には個人が営業する洋菓子店が多いことが全国的にも知られているため、地域の産業や街づくり・防災とも絡めて行うことが出来たからである。本プログラム「火山と暮らし

の「おいしい関係」では、火山活動の過程と結果の双方を、臨場感のある実験を通して小さいスケールのものを俯瞰することにより全体像を実感して理解することができるという利点に注目し、同じく食材を使って実験を行うことを取り入れた。

湯せんで溶かしたチョコレートをマグマに見立て、ココアで作った山に下から注入してマグマ流出の様子を観察した実験では、粘度の異なるチョコレートを用意し、流出の仕方の違いを観察した。また、最も粘度の低いマグマの例として、ハチミツを使って同様の実験を行い、それぞれが解説で扱ったどの火山のモデルであるかを話し合った。



図1 ハチミツを使った火山の噴火実験



図2 実験結果を元にした考察・議論

次に、クリームや砕いたナッツ、オレンジピールを挟んだ二層のケーキを山に見立て、同様にチョコレートを注入して様子を観察した。そこでマグマだまりや岩脈・岩床がどのようになっているのかについて理解を深めるとともに、砕いたナッツやオレンジピールの部分をチョコレートのマグマがどのように通

過・浸透するか、そしてナッツとオレンジピールはそれぞれ何がモデルになっているのかについて考察を加えた。

最後に、カップに入れた練乳の上からココアを振りかけて山を作り、カップの底から練乳を抜いてカルデラを再現した。ここで、カルデラが出来る過程や出来たものを詳細に観察することにより、実寸では大きすぎてイメージがわきにくいカルデラの生成過程や形を理解していった。

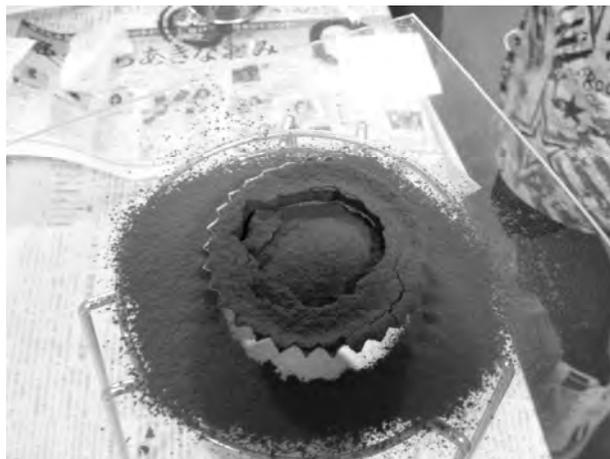


図3 ココアと練乳を使ったカルデラの再現

### 3) 生活との結びつき，恩恵：関東ローム層と農業，火山と温泉

ここでは、解説・実験のまとめ及び火山と人々の暮らしとの関わりを学ぶため、火山のどんな側面が人々の生活を制限しているのか、あるいは生活に恩恵を与えているのかについて考えていった。

具体的には、火山のある地域の地質の特徴やその利用法をはじめ、特に関東ローム層で取れる農作物の種類や、その作物を作ることの利点について参加者があらかじめ持っていた知識や本プログラムで学んだことを元に議論をした。さらに、観光資源としての火山という側面から、火山の恵みの一つである温泉やカルデラがある長野・群馬両県にまたがる浅間山や熊本県阿蘇山の地形と照らし合わせ、人々の暮らしとどのような関係があるのかを話し合ったりした。

### 評価の実施

本プログラムにおいては、参加者が火山についてどのような既存の知識を持っているかをはじめに尋ね、プログラム終了後に、学んだ内容や活動の中でどんなことが印象に残ったのか、そして、火山と生活はどのように関

わり合っているのかについて尋ね、学びの伸びを検証した。

参加者が3人と少数であったこともあり、既存の知識を問う質問も、印象に残ったことや学びの伸びを問う質問も、プログラムの流れに組み込んで行い、自由な雰囲気の中でプログラム内容に即した生の声を拾うようにした。一方で、プログラム後に行った質問は、まとめの議論という形で行った。このため、得られたデータは一人一人というよりもむしろ、3人が議論した内容であると位置づけられる。

## 評価結果

### 1) 参加者の既存の知識

プログラムのはじめに火山について知っていることを尋ねたところ、マグマ、火山帯、溶岩、火砕流、温泉、地熱発電のキーワードが挙げられた。これらは学校の理科の授業で火山について学んだ時に出てきたものであるということだった。挙げられたキーワードについての理解は定着しているようであったが、同じく理科の教科書で扱っている火山が出来るメカニズムや火山岩との関係に関する事項は挙げられなかった。

また、東京都とその近郊に住んでいる参加者の身近に火山がないためか、生活に関わるものなど、授業で扱ったもの以外の事項は挙げられなかった。

### 2) プログラムで印象に残ったこと

プログラム後にまとめの議論として行った評価において、参加した全員が、カルデラの実験とチョコレートやハチミツを使った火山の実験が印象に残ったと答えた。実験によってカルデラの出来る過程を実際に確認することができたため、「こういうふうに見えるんだ」と認識を新たにし、カルデラが出来る過程も出来上がったものもとてもリアルでおもしろかったということであった。また、ココアの山が割れてマグマが地表に出てくる様子についても同様に、本物のようでおもしろかったとの声が聞かれた。

山の成り立ちについても議論がなされた。一つは、「恐竜発掘地層ケーキをつくろう！」で扱った兵庫県の山の資料を比較材料として本プログラムにおいても扱ったところ、現在火山として有名である山以外にも火山由来の山があるということが、参加者にとって新しい知識だったようであった。もう一つは、火

山ではない北岳の頂上付近に火山由来の岩石である花崗岩が帯状に存在している写真より、火山由来の岩石が参加者の思いも寄らない場所で見られるのは、火山活動そのものによるものではなく、長い年月をかけた地殻変動によるものであることにも興味を持ったようであった。それらの事項より、どの山が火山でどの山が火山ではないのか、どういうところからそれが分かるのかなどについて研究を試みるとおもしろそうとの意見が聞かれた。

また、マグマを模したチョコレートを山の下から上へ向けて注入しても、ココアの山の具合やケーキの層に挟まれているものによってマグマが真上に出るとは限らないことが印象に残ったということであった。参加者は、実際の火山においても、山の構造や地層に含まれている岩石の大きさ・固さによりマグマの噴出の方向や流れ方が異なるということに気づき、現在ある山の姿は様々な要因が互いに作用し合った結果のものであり、回答が必ずしも一つではないことがおもしろかったとする意見や、そういうことを研究してみるのもおもしろそうという意見が聞かれた。

上記に関連して、昭和新山が出来たときにどのように記録が取られたかについての話もおもしろかったとの意見が出た。昭和新山が一望できる近隣の郵便局で、局員が窓に紙をおいて定期的に山の輪郭を写していき、それが後に貴重なデータ（ミマツダイヤグラム）となったというプログラム中の解説は、参加者の印象に大きく残ったようである。このことも、火山の研究がおもしろそうであるという意見につながったようであった。

ハワイのキラウエア火山の話は、写真や実験で扱ったようなモデルではなく実際の火山の映像であったために、火口から出てくる噴火の煙やいまだに赤くくすぶっているマグマ、道路に溶岩が流れて観光スポットになっている場所、そして粘性の低いマグマが流れて海岸に達した時に、その熱のために海水が瞬時に水蒸気へと変わる様子を見ることができ、参加者にとって大きなインパクトがあった。

### 3) 生活との関わり

プログラムを通して生活と火山の関わりについて何を考えたのか、どのように理解が深まったのかを尋ねたところ、参加者全員が、これまで火山を野菜などにつなげて考えたことがなかったと答えた。また、関東地方の畑における野菜の栽培に火山灰(関東ローム層)

が関係していることもこれまで知らず、大変興味を持ったということであった。

### 考察

本プログラムの試行を通して、最も参加者の学びに効果的であったのは、食材を使った火山の再現実験によって、参加者の火山に対する理解に大きく貢献したことである。また、写真や映像を使った火山の様々な側面に関する解説も、学校の理科の授業で扱う範囲を超えて火山活動のメカニズムや諸現象を理解させることに貢献した。これより、プログラムでねらいとした「火山活動の元である地下のマグマの動きを目で見ると共に、地殻変動によりどのように地表に出てくるかについても理解を深める」ことが達成されたと言える。

また、昭和火山の観測の話や、地殻変動の作用により火山岩が火山ではない山のあたりに現れることより、このようなことを深く研究したらおもしろそう、と参加者の更なる興味を引き出すことも出来た。

解説時に用いた写真や映像も、参加者が手を動かして体感的に理解することを目指した火山の実験を効果的に補足した。プログラムで行った火山の実験では、参加者は、実寸ではイメージがしにくい現象を俯瞰してイメージすることができたが、実際の映像で見た火山活動の様子からは、逆に本物の臨場感を感じさせることができ、スケールとメカニズムの両面から参加者の理解を深めることが出来た。

関東ローム層と農作物の関わりに関する解説により、参加者は先に挙げられた観光資源としての火山という関わり以外の知見を得、興味を促すことも出来た。一方で、この解説においては、火山と農作物との関わりについての新しい知識を得るに止まってしまい、もう一つのねらいである「火山と暮らしの関わりを知る」ことに関しては、十分踏み込んで扱うことが出来なかった。これは、火山の再現実験が予定外に時間を取ったことと、参加者にとって、火山は人々の暮らしに脅威となるということは知っていたが、もたらず恩恵についての知識がもともとなかったため、解説した内容が実感しきれなかったこと、そして、参加者の住む東京都やその近郊では、地産地消や産地直売を目指していても、需要が供給を上回る上、輸入品などに押され、関東地方において地元で生産された野菜を入手できることをイメージしにくいことが原因として考え

られる。

### 参考文献

林信太郎：世界一おいしい火山の本，小峰書店，127 ページ，2006

## めざせ砂金ハンター ～河原の砂金はどこから来るの？～ Let's Become a Gold Hunter ~ Where Do Gold Dusts Come from?

原田光一郎<sup>\*1</sup>, 松原 聡<sup>\*1</sup>, 平田大二<sup>\*2</sup>, 高橋みどり<sup>\*1</sup>  
国立科学博物館<sup>\*1</sup>, 神奈川県立生命の星・地球博物館<sup>\*2</sup>  
Koichiro HARADA<sup>\*1</sup>, Satoshi MATSUBARA<sup>\*1</sup>, Daiji HIRATA<sup>\*2</sup> Midori TAKAHASHI<sup>\*1</sup>  
National Museum of Nature and Science<sup>\*1</sup>, Kanagawa Prefectural Museum of Natural History<sup>\*2</sup>

概要：中・高校生を対象とした科学リテラシー涵養のための学習プログラム「めざせ砂金ハンター ～河原の砂金はどこから来るの？～」を開発し、平成20年10月4、5日に国立科学博物館で実施した。本プログラムは、野外の河原における実習と博物館内での実習・解説を組み合わせ、中高生の地学的概念の向上を目指すものである。ここでは、本プログラムの概要と実施後の評価を報告する。

キーワード： 科学リテラシー、地学教育、中高生

### プログラムの目的とねらい

本プログラムは、河原の砂金を切り口に、中高生の地学的概念、中でも特に大地の成り立ちに関する知識・認識を向上させるとともに、ここから生み出されるレアメタル等、我々の生活を潤す大地の恵みについて理解を深めることを目的とする。

上記目的の達成のため、下記3点のねらいを定め、プログラムの開発・評価を行った。

- ①砂金・河原の石の地学的生い立ち「岩石・金鉱床の生成～風化浸食と運搬～河原への堆積の過程」を知る。(→大地の成り立ちの理解へ繋がる)
- ②砂金採集において、金の性質(比重)、川の流れの特徴等、地学的要素を意識し・活用する。(→大地の成り立ちの理解へ繋がる)
- ③身近な電子機器に金を始めとするレアメタルが使用されており、現在の便利で快適な生活を支えていることを感じる。(→大地の恵みの理解へ繋がる)

### プログラムの実施概要

参加者は中高生6名、プログラムは2日間連続の日程で、初日の平成20年10月4日(土)は東京都昭島市の多摩川河原で終日実習を行い、2日目の5日(日)は国立科学博物館内にて半日の実習と解説を行った。

#### 【プログラムの流れ】

- 10月4日(初日) 多摩川河原にて
- ①イントロダクションとして河原で砂金が多量に採れる場所とその理由を意識しな

ら作業を促すための砂金採集のコツを解説。

- ②多摩川河原で砂金採集を行う中で、砂金(実際には現場では砂鉄を中心とした重砂の採集を行う)の多い場所の特徴の記録を取る。ここでは砂金の比重に注目したパンニングテクニックについて指導者が見本を見せながら指導を行う。



図1 砂金採集の様子

○10月5日(2日目) 博物館にて実習・解説

- ①比重による砂金の挙動を意識しながら、お椀とタライを使ったパンニングと実体顕微鏡観察を併用し、重砂の中から砂金のピックアップを行う。ここで、採集した砂金は採集データとセットにすることで価値が高まることを意識させる。
- ②岩石・金鉱床の生成～風化浸食と運搬～河原への堆積という河原の石および砂金の生い立ちの過程を、現地では採集して

きた石と参加者各自が野外で記録をした砂金採集ポイントの特徴の意見交流・ふりかえりを行いながら、解説を行う。

- ③科博の地学展示を見学しながら、なぜ日本は金の産出が多いのか。日本列島の地盤（岩石）の成り立ちから考えていく。
- ④中高生に馴染みのある電子機器を中心に、金を始めとするレアメタルを大地の恵みと捉え、現在の便利で快適な生活を支えている事を解説する。



図2 砂金のピックアップの様子

【指導・引率】

2日間のプログラム実施に当たっては平田、松原、原田、高橋に加え、国立科学博物館教育ボランティアで、国立科学博物館の特別展金展に関わり砂金採集・解説経験のある2名（内久根・匹田）が指導・引率を行った。

調査結果

a. 参加者について

本プログラムは、過去に国立科学博物館のプログラムに参加した経験のある中高生を対象に募集チラシを配布し、事前申し込み制で行った。プログラムに参加したのは、中学1年2人、中学2年1人、高校1年2人の計6人であった。このうち、高校1年の1人は2日目のプログラムのみに参加した。

b. プログラムへの参加理由について

このプログラムへ参加した理由として、A「砂金採集をしてみたかったから」B「砂金がどこから来るのかについて興味を持ったから」C「国立科学博物館での活動に参加してみたかったから」D「東京で砂金が取れるなんて信じられなくて、確かめてみ

たかったから」そしてE「その他」の五つの選択肢を挙げ、二つまで選んでもらった。このうち、C「国立科学博物館での活動に参加してみたかったから」は、国立科学博物館で行うから興味があったのか、それとも当該プログラム自体に興味があったのかを測るために設定し、D「東京で砂金が取れるなんて信じられなくて、確かめてみたかったから」という選択肢は、募集チラシにあった「砂金の採集場所は、なんと東京都の多摩川！ほんとに多摩川で砂金採れるの？」を受けたものである。

この問いにおいて、6人全員がA「砂金採集をしてみたかったから」を選択し、3人がB「砂金がどこから来るのかについて興味を持ったから」、2人がC「国立科学博物館の活動に参加してみたかったから」を選択した。

c. プログラムで学んだ内容について

プログラムで学んだ内容について尋ねた質問において、2日間参加した5人（表中の参加者1～5）のうち4人が学んだ内容を具体的に記述した。この具体的な回答の中で、2人が「金は重い」「金はさびず、伸びる」と、金の物性について記述し、3人が「金は山（上流）から流されてくる」「東京（身近な川）でも砂金が取れる」「金は長い年月をかけて作られる」と、金や砂金に関わる地学的要素について記述した。

表1 質問「今日のプログラムの中で、どんなことを一番学びましたか？」に対する回答（素データ）

参加者	学んだ内容
1	金は重く、さびなくとても伸びることを知った。
2	金はどこまでできるのか。どのくらいの大きさなのかがよく分かりました。
3	金は上流からやってくる 金はとても重い 東京でも砂金が取れる
4	身近な川などから「金」がとれるなんて思ってもいなかったもので、とても驚いた。しかも金がとても遠くの山から流されてきたということを初めて知った。
5	砂金というのは、長い年月をかけて自然が作ってくれた天然物の鉱石であること
6	砂金の流れてくる場所 金の取り方

d. 参加者の学びの自己評価

プログラムのねらいを受け、アンケートでは A「川のどんなどころに砂金がたまりやすいかを理解できた」 B「お皿を使って砂金を効率よく採集する方法が分かった」 C「金はどのように自然界に出てくるのかを理解できた」 D「日本で金がたくさん取れる理由が分かった」 E「なぜ電子機器に金が使われているかを理解できた」との言明を設定し、それぞれについてどう思うかを問う質問（5段階のライカートタイプ）を作成した。

表2 参加者の学びの自己評価結果

	A	B	C	D	E
とてもそう思う	1	4	4	2	5
そう思う	5	2	2	3	1
どちらでもない	0	0	0	1	0
あまりそう思わない	0	0	0	0	0
そう思わない	0	0	0	0	0

どの質問においても肯定的な回答が多く、参加者はプログラムの内容を理解できたと感じていることが見て取れる。

また、興味や学びの発展を図ることを目的として、F「もっと河原で砂金を採集してみたい」 G「もっと金の生成や河原への堆積について学んでみたい」 H「今日学んだ内容を家族に教えてあげたい」の三つの質問を同様に作成し、どう思うかを尋ねた。

表3 参加者の興味・学びの発展自己評価結果

	F	G	H
とてもそう思う	4	2	3
そう思う	2	3	2
どちらでもない	0	1	1
あまりそう思わない	0	0	0
そう思わない	0	0	0

どの質問もほぼ肯定的な回答を得たが、G「もっと金の生成や河原への堆積について学んでみたい」との質問への回答は、はっきりと肯定的であると言える結果とはならなかった。

e. 日本と金の関係について

ここでは、プログラムで扱った日本と金の関係について家族や友達にどう説明をするかという設定で、自由記述の質問を行っ

た。前述の参加者の学びの自己評価の質問では、C「金はどのように自然界に出てくるのかを理解できた」 D「日本で金がたくさん取れる理由が分かった」 E「なぜ電子機器に金が使われているかを理解できた」と尋ねたが、実際にどのくらい理解しているのかを測ることを目的としたものである。

表4 日本と金の関係回答

参加者	日本と金の関係
1	日本の金の需要は高い
2	金はどんな色をしていて、どうやってできているのかを説明したいです。
3	宝飾品だけではなく、パソコンや携帯電話などにもタップリ金が使われている
4	日本でたくさん使われている携帯電話にも金が使われているということ
5	金は火山のマグマからできる 日本は火山国なので、金が多く採集できる
6	今は電子機器が多く輸出されたりするので、金はとても必要である

この質問においては、4人が金の需要について触れ、日本列島に多く存在する火山や金鉱脈との関係を記述したのは1人に留まった。

f. 砂金採集について

ここでは、参加者の学びの自己評価を尋ねた A「川のどんなどころに砂金がたまりやすいかを理解できた」の質問に対応させ、実際の理解度を測るために、実習時に川のどんなどころで砂金を採集したのかを、その場所を選んだ理由と共に自由記述にて尋ねた。第1日目の実習に参加した5名がこの質問に回答した。

表5 砂金採集の場所と選定理由結果

参加者	選んだ砂金採集の場所(上段)
	選んだ理由(下段)
1	草の根の中(採集できた) 高くて砂だけのところ(失敗)  教えてもらったから
2	雑草の根っこ(ひげ根)のところを採集しました  たくさん金が取れると思ったので
3	①流れのあるところの砂→失敗 ②草の根元→一粒

	①少し黒っぽかった(砂鉄ではなく、石の色だった) ②根に金が引っかかっていると思ったから
4	砂鉄などがたくさん取れたところ ・草木の根やその近く 全然取れなかったところ ・岩と岩の間や、小石があるところ  ・土の上の方は石がたくさんあって砂がなかった。 ・草の根に金などが引っかかっている
5	・くぼみに草が生えていて、砂がたまっているところ ・地層の上と下  ・くぼみに砂が多くたまっていて、砂鉄が多く取れたから ・地層は、ふとありそうだったから
6	実習を欠席したため、無回答

この質問に対して、3人が砂金を採集できなかったところも含めて記述した。採集場所を選んだ理由の記述もほぼ具体的であった。記述の内容も川の流れや金の比重を意識していることが分かる。

g. 砂金のピックアップについて

砂金のピックアップ方法とその方法を行った理由を尋ねた。

表6 砂金のピックアップ方法と選定理由結果

参加者	ピックアップ方法(上段)
	それをした理由(下段)
1	軽い砂をたくさん落とす  教えてもらったから
2	上下左右をしました+回す  それをやると軽い石も早く取れるから
3	お皿をゆらした  軽いものをとばすため
4	皿の中の砂を指で混ぜた  下の方にたまっている小石などを出すため
5	・皿を大きく回す時と小さく回す時は使い分けをした ・砂がすべて流れてしまった  最初、皿を大きく回していたが、砂がすべて流れてしまったので、ある程度流れたら小さく回してみた。

6	実習を欠席したため、無回答
---	---------------

砂金のピックアップをする際にほぼ全員がパンニング皿を揺らすことを挙げたが、上下左右に動かしたり、大きく回すのと小さく回すのを使い分けたりするなど、個人で工夫した様子が見て取れる。また、「軽い石を取るため」にパンニング皿を回すとの記述をした人が3人おり、金の比重を意識してピックアップを行ったことが分かる。

考察

本プログラム実施の参加者アンケートには直接表れていないが、実施後の振り返りとして、下記2点が課題として挙げられる。①中高生の試行錯誤を通じた地学的概念の習得のアプローチ

本プログラムでは、大地の成り立ちの理解を促すために、「岩石・金鉱床の生成～風化浸食と運搬～河原への堆積の過程」について講師が解説を行った。しかし、一方的な解説になりがちであり、より効果的に中高生の理解を促すためには、中高生が自ら考えたり、議論の中で答えを導き出すような試行錯誤をさせるアプローチを検討する必要があると考える。

例えば、砂金と共に河原の石を採集し、参加者が石の同定と、川上流部における石の起源を地質図上で推測する中で地学的サイクルを意識させるなどのアプローチの可能性はある。

②扱う内容の精選の必要性

本プログラムの目的として、大地の成り立ちに関する知識・認識を向上させることとレアメタルの産業利用から生活を潤す大地の恵みについて理解を深めることの二つの視点を掲げたが、短い実習時間の中では両方を深めるにはやや無理があったのではない。

特に、後者のねらいを達成するためには、前者を達成した上で、さらにレアメタルの物性等についてのベースとなる知識・理解が必要であるため、今回のプログラムでは、前者の大地の成り立ちの理解に絞り、よりプログラムの内容・アプローチ方法を検討するほうが効果的プログラムとなったと考えられる。

## めざせ砂金ハンター ～河原の砂金はどこから来るの?～ 外部からの評価 External Evaluation on “Let’s become a gold hunter ~ Where do gold dusts come from?”

高橋みどり<sup>\*1</sup>, 原田光一郎<sup>\*1</sup>, 平田大二<sup>\*2</sup>  
国立科学博物館<sup>\*1</sup>, 神奈川県立生命の星・地球博物館<sup>\*2</sup>  
Midori TAKAHASHI<sup>\*1</sup>, Koichiro HARADA<sup>\*1</sup>, Daiji HIRATA<sup>\*2</sup>  
National Museum of Nature and Science<sup>\*1</sup>, Kanagawa Prefectural Museum of Natural History<sup>\*2</sup>

概要：宇宙・地球・環境と社会グループ中高生向けプログラム「めざせ砂金ハンター～河原の砂金はどこから来るの? (以下、「めざせ砂金ハンター」)」について、同様のプログラムに参加した小学校・中学校の教師3名から意見を聴取した。

### はじめに

本研究の宇宙・地球・環境と社会グループのメンバーであり、本報告の筆者の一人である平田は、理科教師のための研究グループ「あしがら NST 研究会」の事務局を担当している。あしがら NST (Natural Science Teacher) 研究会とは、科学研究費「子どもが主体的に学び、科学を好きになるための教育システムの開発に関する実証的な研究」(研究代表：五島政一 国立教育政策研究所, No.17200046) の研究グループである「あしがらグループ」が組織した研究会であり、神奈川県立生命の星・地球博物館の学芸員と神奈川県西湘地区小中学校の教員が連携し、足柄地域における教材開発の研究や研修を実践している。

ここでは、「めざせ砂金ハンター」実施後の2008年12月、第2回理科研修会「パンニング技術の習得と鉱物の採集—砂金、宝石」が行われ、4人の小学校・中学校教師と4人の中学生が、神奈川県河内川(こうちがわ)河床よりパンニング技術を使って砂金やガーネットなどの鉱物を採集し、同定のコツを学んだ。

この理科研修会にオブザーバーとして参加し、教師の取り組みの様子を観察すると共に、実際に砂金採集を行った立場から「めざせ砂金ハンター」を評価してもらった。理科研修会に参加しなかったあしがら NST メンバーにも書面で評価を依頼し、計3名から回答を得た。なお、「めざせ砂金ハンター」の評価と合わせて、理科授業において地学を扱う際の難しい点、そして扱う理科の内容と社会の仕組み・現象を絡めて教える際の工夫についても尋ねた。

### 両プログラムの違い

「めざせ砂金ハンター」では、砂金を切り口に、大地の成り立ちに関する知識・認識を

向上させるとともに、ここから生み出されるレアメタル等、我々の生活を潤す大地の恵みについて理解を深めることを目的とした。そのため、参加者が採集した砂金がどこから来ているのか、なぜ日本には金が多く産出するのかを理解するために、金の性質(比重)、川の流れの特徴等、地学的要素を意識し活用することに重点を置いた。また、貴金属としての価値とは別に、現代社会において金がどのように利用されているのかについての理解を図るために、身近な電子機器に金を始めとするレアメタルが使用されていることにも触れた。

一方、「あしがら NST」で行った理科研修会では、パンニング技術を使って、砂金やガーネットなどの鉱物を採集し、同定できるようにすることが目的であった。そのため、砂金に限らず、採集した鉱物全般について、観察を通してその特徴を学ぶことに重点が置かれていた。

### 「めざせ砂金ハンター」の評価結果

回答した3名の教師は、経験14年の小学校教師、経験32年の小学校教師(専門は理科)、そして経験38年の中学校理科教師であった。「めざせ砂金ハンター」は中高生向けプログラムであったため、小学校に勤務している教員には、分かる範囲で答えてもらった。

「めざせ砂金ハンター」が生徒の科学的能力を伸ばすのに実際に有効だと思うかの問いに対して、3名全員がそう思うと答えた。伸ばすことの出来る科学的能力として、知識(回答数2)、科学的な見方や考え方(同2)、実生活との関わり(同2)、積極的に学ぶ態度(同1)、スキル(同1)が挙げられた。

回答した3名全員が「めざせ砂金ハンター」が中高生プログラムとして適切であると評価した。実際にこのプログラムを行う場合、ど

の単元とどのように結びつけるかを尋ねたところ、「地学単元において、導入として使う」「1年生の第一分野・比重の単元において、砂金の見つかる場所の条件。そして1年生の第二分野において、パンニングによって得た他の鉱物への興味・関心の深化」「大地の成り立ちと変化の単元において深成岩の組織と結びつける」との回答を得た。

「めざせ砂金ハンター」のプログラム案を検討した感想を尋ねたところ、以下のようになった。

教師	感想
1	<ul style="list-style-type: none"> <li>・自然体験ができ、金という印象が、子どもにとって興味を持ちやすい。</li> <li>・子どもが抱くであろう疑問を予想し、それを元に追究する場面が必要。追究の視点が必然的に岩石やその起源、地質や大地の生い立ちに発展していく学習の場が保証されると良いと思う。</li> <li>・追究する場面が、予想される子どもの思考過程を元に単元構成される必要、さらに、学習指導要領の指導内容に関わって、系統的に発展するように整理される必要がある。</li> </ul>
2*	<ul style="list-style-type: none"> <li>・夢がある上、学習への関連もある良いプログラムであると思う。博物館主導型であると思うが、学校では、2時間続きで実施できるものもある。</li> </ul>
3	<ul style="list-style-type: none"> <li>・砂金ということで、生徒の興味・関心を高めることが出来るが、確実に誰にも取れると言うことが必要だろう。</li> <li>・はじめから砂鉄も視野に入れて考えたかどうか。</li> </ul>

\*：中学教師の回答

### 理科授業に関する質問の結果

理科の授業で地質に関わる内容を教えるときの難しい点を尋ねたところ、小学校教師の2名が地域の素材の教材化と回答した。その理由として、2名が時間的制約、1名が教材としての価値を見出すための専門知識の不足を挙げた。中学校教師は、岩石や鉱物の同定を回答した。この教師は合わせて、この点についてはとにかく実習をたくさん行うことにしていると記述した。

また、理科の授業において扱う内容と関連する社会の仕組みや現象を絡めて教える際の工夫を尋ねたところ、最新科学ニュースの蓄積、録画したテレビ番組の利用の他に、例えば「電気は使う側だけでなく、作る側のこと(発電の工夫)を扱う」などと、多面的なもの

の見方を提示することも挙げた。

### まとめ

「めざせ砂金ハンター」と類似のプログラムである「あしがらNST」の第2回理科研修会に参加した理科教師に「めざせ砂金ハンター」を評価してもらったところ、広範な内容を扱っており、中高生にとって効果的なプログラムであるとの評価を受け、また、以下の点において助言を受けた。

- ・「めざせ砂金ハンター」は、知識をはじめ、科学的な考え方や実生活との関わりなど広範な観点から参加者の学びを促進することを目指しており、参加者の総合的な科学的能力を育成するのに有効である。
- ・学校で「めざせ砂金ハンター」を使用する場合には、細切れにして部分を使うことも考えられる。
- ・一方で、自由な枠組みで行っているため、じっくり全てを行うことが出来れば、ものごとを広範に扱うこと、じっくり学ぶ場を提供することにおいて有効である。
- ・プログラムの効果について万全を期すためには、系統的に発展する内容になっていることが必要になってくるとの指摘があった。この指摘は、このプログラムは、中高生が対象であっても、内容が十分整理されていれば、広範な内容を扱うことが無理なく効果的に出来ることを示唆している。
- ・実際の授業において、地域の自然を教材化することの難しさが指摘されたが、このプログラムは砂金を切り口として地域の地質や砂金の由来を扱っており、この点において効果的であることが分かる。時間的制約を挙げた教師もいたが、時間の確保が可能ならば、このプログラムを理科の授業で扱うことにより、他の単元との関連を深めることが出来、互いに有効な学びとなるのではないだろうか。

おわりに、今回の理科研修会にて、「めざせ砂金ハンター」を実施していただくとともに、アンケートにご回答いただいた、あしがらNST研究会メンバーの方々にお礼申し上げる。

## 化石は語る ～化石が教えてくれる過去の環境～ Fossils Give the Past Environment

原田光一郎<sup>\*1</sup>, 松原 聡<sup>\*1</sup>, 平田大二<sup>\*2</sup>, 高橋みどり<sup>\*1</sup>  
国立科学博物館<sup>\*1</sup>, 神奈川県立生命の星・地球博物館<sup>\*2</sup>  
Koichiro HARADA<sup>\*1</sup>, Satoshi MATSUBARA<sup>\*1</sup>, Daiji HIRATA<sup>\*2</sup>, Midori TAKAHASHI<sup>\*1</sup>  
National Museum of Nature and Science<sup>\*1</sup>  
Kanagawa Prefectural Museum of Natural History<sup>\*2</sup>

概要：中・高校生を対象とした科学リテラシー涵養のための学習プログラム「化石は語る ～化石が教えてくれる過去の環境～」を開発し、国立科学博物館で実施した。本プログラムは、化石を元に過去（地層堆積当時）の環境を推測する実習を通じて、探究活動における中高生の科学的なものの見方・考え方を育み、また大地の成り立ち・歴史（地史）に関する認識を向上させることを目指すものである。ここでは、本プログラムの概要と実施後の評価を報告する。

キーワード：科学リテラシー、動的地球観、化石、地史

### プログラムの目的とねらい

本プログラムは、化石や地層の観察を基に過去の環境を推測する実習を通じて、探究活動における中高生の科学的なものの見方・考え方を育み、また大地の成り立ち・歴史（地史）に関する認識を向上させることを目的とする。さらに、日常生活に関連付けた動的地球観育成のために、自身の生活地域の地質学的背景の理解を深める。

上記目的の達成のため、下記4点のねらいを定め、プログラムの開発と実践を行った。

- ①地層と化石の分析から、過去（地層堆積当時）の環境を推測できることを知る。
- ②過去の環境の推測をするために、化石と地層の観察を基に、図鑑等資料を活用する。また、それを通して、観察データの意味や有用性を認識する。
- ③身近な地域の過去の環境と、その後どのようにして現在の環境に変化してきたか地史を知る。
- ④グループワークおよび他のグループとの意見交流の中で、コミュニケーション能力を向上する。

### プログラムの実施概要

平成 21 年 2 月 1 日に行われた本プログラムには、高校生 1 人、中学生 6 人が参加した。参加した 7 人は、中学校での告知に応募してきた人や以前国立科学博物館の活動に参加した人である。また、中学生の引率の教師や保護者などの大人 3 人が、オブザーバーとして一つのグループを作ってプログラムに参加し

た。

プログラムは、以下の流れで行われた。

#### ①化石の同定作業

始めに準備された複数の種類の貝化石を、同じ種類（似ている）だと思えるもの同士でグループ分けし、化石図鑑を用いて種名の同定を行う。準備された化石は、全て千葉県印旛地域で採集されたものである。



図 1 化石の分類と同定作業の様子

#### ②過去の環境の推測・考察

この地域の貝化石の大半が現在でも日本近海に生息している種類（現生種）であることから、現在の貝の生態が掲載された図鑑と中高生の既知の知識を活用し、これらの貝が生息していた環境の推測・考察を行う。

#### ③推測・考察結果の発表と意見交流

グループごとに推測・考察した過去の環境について、スケッチなどを用い発表し、質疑

応答など意見交流を行う。

その後、当時から現在までの地史について指導者が解説を行う。このプログラムは参加者達の住む関東地域の地史をテーマとすることで、参加者の興味・関心を高め、実習で学んだことの定着を促すことを念頭に置いた。

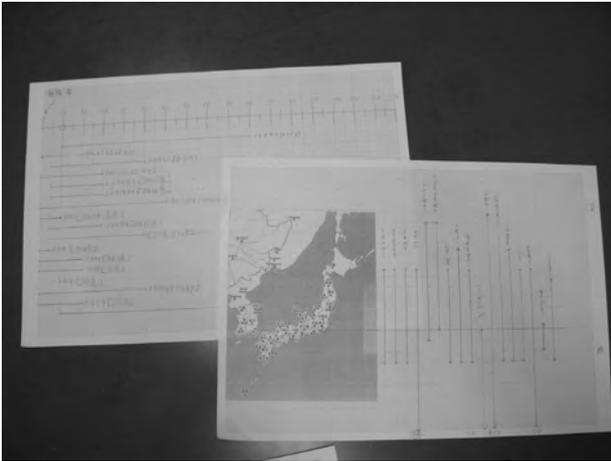


図2 過去の環境の推測のためのデータ



図3 参加者の発表の様子

### 評価の概要

本プログラムにおいて、印象に残ったことや学んだことの他、化石から古環境を推測する際にどんなことに着目したのかという作業のふり返りを参加者に尋ねることで、アンケート調査による評価を行った。また、共に参加した大人に対しては、感想を自由に記述してもらい、大人の立場からプログラムを評価してもらった。

### 調査結果 1 - 中高生用アンケートより

#### 1) プログラムへの参加理由

当プログラムへの参加理由として最も多かったのが、「前から化石に興味があったから」

(回答者数5人)というものであった。次いで、「化石から昔の環境を調べることがおもしろそうだったから」(同3人)「化石を深く調べてみたかったから」(同2人)の理由が挙げられた。「自分の地域の化石を扱うことに興味があったから」は、当プログラムで一番重要なねらいとしているところであるが、それが明確に参加理由につながったのは1人であった。

#### 2) プログラムにおいて印象に残ったこと

参加者の印象に残ったこととして、アンケート調査では、学んだことと活動そのものに分けて、印象を尋ねた。

プログラムで学んだことの中で印象に残ったものとして、3人が貝の捕食と回答し、2人が貝類の分別と回答した。また、化石を詳しく調べることにより古環境を推測することと回答したのは2人であった。

また、プログラムで行ったことの中で一番おもしろかったこととしては、3人が貝の分類と回答し、それぞれ1人が「貝の捕食のあとを見つけたこと」「みんなで調査をしたこと」「貝の生息域の調査をしたこと」と回答した。これより、化石の同定作業中に見つけた貝の捕食の跡を示す貝殻の穴が、参加者の興味をひいたことが分かる。

#### 3) プログラムの内容に即した理解度

プログラムで扱った内容やねらいとした事項について、参加者の理解度や発展的興味に対する意識を尋ねた(5段階ライカートタイプ)。この質問には、全参加者7人中5人が回答した。

表1 プログラムの理解度や発展的興味回答

	とても そう 思う	そう 思う	どちら でもない	あまり そう 思わ ない	そう 思わ ない
A.古生物学者がどのように研究をしていくのかが分かった	1	3	1	0	0
B.どのように化石を調べていくのか、方法が分かった	1	4	0	0	0
C.化石はどのように地上に出てくるのかを理解できた	1	3	0	1	0
D.なぜ化石が重要なのか、理由が分かった	3	1	1	0	0
E.自分が住んでいる街の昔の様子が分かった	1	3	1	0	0
F.自分で化石を採集してみたい	4	1	0	0	0

G.もっと化石と過去の環境について学んでみたい	3	2	0	0	0
H.グループの人と協力して作業・考察が出来た	1	4	0	0	0

上記の質問とプログラムのねらい・興味の発展との関連は、以下のようになっている。

ねらい①「地層と化石の分析から、過去（地層堆積当時）の環境を推測できることを知る」と関連した質問

D.なぜ化石が重要なのか、理由が分かった

ねらい②「過去の環境の推測をするために、化石と地層の観察を基に、自分の知識や資料を活用する」と関連した質問

A.古生物学者がどのように研究をしていくのかが分かった

B.どのように化石を調べていくのか、方法が分かった

ねらい③「身近な地域の過去の環境と、その後どのようにして現在の環境に変化してきたか地史を知る」と関連した質問

C.化石はどのように地上に出てくるのかを理解できた

E.自分が住んでいる街の昔の様子が分かった

ねらい④「グループワークおよび他のグループとの意見交流の中で、コミュニケーション能力を向上する」と関連した質問

H.グループの人と協力して作業・考察が出来た

興味・学びの発展を測る質問

F.自分で化石を採集してみたい

G.もっと化石と過去の環境について学んでみたい

どの質問に対しても、参加者は概ね肯定的な回答をした（表1）。中でも、F「自分で化石を採集してみたい」の質問には4人がとてもそう思うと回答したが、この結果と、参加理由として5人が挙げた「前から化石に興味があったから」を合わせると、化石そのものに対して最も関心があることが見て取れる。

ねらい①に関連した質問D「なぜ化石が重要なのか、理由が分かった」に対しては、3

人がとてもそう思う、1人がそう思う、1人がどちらでもないと回答した。

ねらい②に関連した質問の中で、A「古生物学者がどのように研究をしていくのかが分かった」に対しては、1人がとてもそう思う、3人がそう思う、1人がどちらでもないと回答した。また、B「どのように化石を調べていくのか、方法が分かった」に対しては、1人がとてもそう思う、4人がそう思うと回答しており、良好な結果を得た。これらに関して、プログラムへの参加理由を尋ねた質問において、3人が「化石から昔の環境を調べることがおもしろそうだったから」、2人が「化石を深く調べてみたかったから」と回答しており、この結果を考慮すると、化石に興味のある参加者がプログラムを通して古生物学的な化石の扱い方を学ぶことができ、更に化石を使って古環境を推測する体験をしたことは、参加者の期待を十分満たすことが出来たと解釈できる。

ねらい③に関連した質問C「化石はどのように地上に出てくるのかを理解できた」に対して、1人がとてもそう思う、3人がそう思うと回答した。しかし、あまりそう思わないと回答した人も1人いた。実際のプログラムにおいては、化石の同定・分類に予定よりも長く時間がかかったため、昔の海底がどのように陸地化に至ったかの解説に十分な時間が取れず、参加者の反応に応じた解説を行うことも不十分となった。このことが、1人があまり理解できているとは思わないという原因となったと考えられる。

また、同じくねらい③に関連した質問E「自分が住んでいる街の昔の様子が分かった」に対して、1人がとてもそう思う、3人がそう思う、1人がどちらでもないと回答した。この結果と上述の「化石はどのように地上に出てくるのかを理解できた」の回答状況を比べると、自分が住んでいる地域の古環境については理解が定着しているが、それがどのようなメカニズムでそうなったのかに対する理解があまり定着していない様子が見て取れる。これより、「地史を知る」というねらいは十分達成できてはいないようである。

プログラムを通じて興味や学びがどう発展していったのかに関連した質問の中で、F「自分で化石を採集してみたい」に対しては、4人がとてもそう思う、1人がそう思うと回答し、良好な結果となった。また、G「もっと化石と過去の環境について学んでみたい」に

対しても、3人がとてもそう思う、2人がそう思うと回答し、こちらも良好な結果となった。プログラムへの参加理由として、5人が「前から化石に興味があったから」と挙げ、また、プログラムにおいて印象に残ったこととして、貝の捕食を挙げた人が多かったが、化石採集や、化石と古環境との関連への興味にも発展が見られたことより、参加者の期待は満たされ、興味が効果的に発展していった様子が分かる。

#### 4) 古環境推測を通じた参加者の科学的意識

当プログラムにおいて化石から古環境を推測することを通じ、参加者の科学的な見方・考え方・スキルを習得させること、そしてそれを通して観察データの意味、図鑑等資料の有用性を認識し活用することがどのように達成されたのかを測るため、化石の同定・分類作業において一番重要だと思ったこととその理由を尋ねた。この質問には、全参加者7人中4人が回答した。参加者の回答は、表2のようになった。

表2 古環境の推測で一番重要なこととその理由

重要なこと	理由
データをきちんと調べること	きちんとしたデータがないと、どんなものかも分からないし、きちんとした自分の考えも出せないから
住んでいる場所の様子(砂, 泥などや深さ)	見つけた地層の土との比較で、そこに波によって運ばれたのか、貝塚だったのかなどが分かりそうだから
当時の状況を決めつけたい	今時の常識通りか分からないから
現代の生物を調べる	生き方が分かるから

上記の結果より、参加者は、化石の観察や現生生物の情報を元にして、住んでいる場所やくらし方などのデータを取ることが重要であることを理解したようであった。また、データの正確さや詳細さが分析・考察においては欠かせないものであることも、理解が出来ている様子が分かる。これらの結果より、本プログラムは、現生生物と比較する手法は古生物学研究において重要であるとの理解のきっかけを提供したのではないだろうか。

#### 調査結果2 - 保護者用アンケートより

当プログラムには、中高生7人の他、中学生を引率してきた教師1名と保護者2名がオ

ブザーバーとして参加し、大人同士で共同して同じ作業をしてもらった。作業後に自由記述式のアンケートを実施し、プログラムに参加した感想を尋ねた。

表3 本プログラムへの保護者の感想

引率教師	<ul style="list-style-type: none"> <li>・貝の化石は、化石というイメージが薄いですが、作業を通して、化石としての認識が高まると思う。貝の同定の難しさが、パズルを解く感じで生徒も楽しめるのではないかと。</li> <li>・全体的に時間がかかるので、短縮できると良いかもしれない。</li> <li>・貝の分布をグラフ化し、どんな生活をしていったのか、どんな環境だったのかを創造させる方法は大変良い。</li> <li>・発表をもっと授業でやらせなければいけないと感じた。</li> </ul>
保護者	<ul style="list-style-type: none"> <li>・全く知識がなかったが、詳しい説明で作業もやりやすかった。貝の同定の方法が少し分かった。</li> <li>・実験実習のプログラムは、大人と一緒に参加してしまうと、子どものやることに手を出してしまうことが多いが、今回は少人数の上大人だけで作業が出来、子ども同士も協力をできてよかった。</li> <li>・実習が多く充実していた。</li> <li>・最後の発表と考察はよかった。</li> </ul>
保護者	<ul style="list-style-type: none"> <li>・きちんと考察をする時間があり、とてもよかった。</li> <li>・もう少し時間があるとよかった。</li> <li>・子どもとは別に作業が出来てよかった。</li> <li>・レジュメがあれば、今後同様のプログラムに参加するときに予習が出来て良い。</li> <li>・同様のプログラムを継続して参加し、フォローアップできるようになっていると良い。</li> </ul>

表3に示された結果より、全体として、化石の同定・分類作業に関する記述が多く、大人も化石の同定・分類方法を楽しみながら行った様子が分かる。また、作業を通して考察した内容を発表することに対して高い評価を得、中学校の教師からも、自らの授業において発表の機会を増やさなければいけないとの記述が寄せられた。このように、作業だけで終らず、考察とまとめをしっかりと行った当プログラムは、保護者や教師にとって重要な要素であることが分かる。

また、特に保護者からは、普段は大人が手を出してしまうため、子どものグループと大人のグループに分けたことで、双方にとって効果的に学ぶことが出来たとの声が聞かれた。時間に関しては、長すぎるとの評価があった一方でもっとほしかったとする評価もあり、さらに、同様のプログラムを継続して行って理解を深めたいとの記述も見られた。これより、化石の同定やそれを元にした古環境の推測が参加した大人の印象に残り、中高生

向けに開発されたプログラムではあったが、大人にもふさわしいプログラムであったことが分かる。

## 考察

当プログラムの実践を通して、以下の3点が特筆すべき点としてあげられる。

- 1) 当初、参加者は、古環境の推測よりも化石そのものに興味を持っていたが、プログラムにおいて実際に化石を扱うことを体験し、化石の扱い方や古生物学における役割を学んだ。これより、参加者の興味のあり方に深みを増すことができ、プログラム後も化石を採集したり調べたりしてみたいと発展させることにも寄与した。
- 2) 全ての参加者にとって、化石を扱うのも、化石の同定・分布データより古環境を推測するのも初めてのことであったが、もっと化石や過去の環境について学んでみたいとの回答が多かったことより、それらの活動が効果的に学びを促進することが出来たことが分かる。一方で、昔の海底がどのような経緯で現在の陸地となったのかについて、参加者が自信を持って理解したとは言えない状況が明らかになった。これより、プログラムの時間配分や、個々人の理解に応じた解説の仕方など、修正を加える余地があることが分かる。
- 3) 共に参加した大人（保護者と引率した教師）に向けたアンケートより、当プログラムが、当初対象となった中高生だけでなく、大人の興味や学びを満たすのにも十分効果的であることが明らかとなった。更に、このプログラムを単発で行うだけではなく、同じテーマで継続して行い、化石の同定作業の経験を積み、化石や古環境の推測についてより深く学んでいきたいとのねがいが見て取れる。



## 鉄を取りだしてみよう

### Let's Make Brilliant Metal from Rust or Mineral Ores

若林文高<sup>\*1</sup>, 岩崎誠司<sup>\*1</sup>, 高橋みどり<sup>\*1</sup>, 田代英俊<sup>\*2</sup>, 丸山義巨<sup>\*2</sup>  
国立科学博物館<sup>\*1</sup>, 科学技術館<sup>\*2</sup>  
Fumitaka WAKABAYASHI<sup>\*1</sup>, Seiji IWASAKI<sup>\*1</sup>, Midori TAKAHASHI<sup>\*1</sup>  
Hidetoshi TASHIRO<sup>\*2</sup>, Isao MARUYAMA<sup>\*2</sup>  
National Museum of Nature and Science<sup>\*1</sup>, Science Museum<sup>\*2</sup>

概要: 「物質の変化」という観点から基礎的にも実用的にも重要な「酸化・還元反応」を取り上げ、酸化や還元概念を体感的に理解させることをねらい、金属を燃やしたり、さびやモデル鉱物を簡単な方法で還元してぴかぴかの金属を取りだしたりするなどいくつかの実験を行った。このプログラムでは、酸素との結びつきから酸化・還元をとらえた。

キーワード: 酸化, 還元, さび, 燃焼, テルミット反応

#### プログラムのねらい

実験を通して以下の事項を体感的に理解させることを目的として行った。

- ・金属が酸素と結びつくとさびる (酸化)
- ・さびた金属から酸素を取り除くとぴかぴかになる (還元)
- ・燃焼も酸化の一種である。
- ・酸化・還元は同時に起こる (酸化・還元反応)
- ・酸化は自然に起きやすいが、還元は起きにくい。金属の還元には工夫が必要である。
- ・鉱物などから金属を取り出すことは、社会の重要な技術である。

#### プログラムの実施概要

本プログラムは科学技術館と連携して、平成20年8月23日に科学技術館のサイエンス友の会会員 (小学校3年生以上対象) 15人を対象に行った。男11人、女4人であり、学年ごとの内訳は3年生1人、4年生8人、5年生4人、6年生2人であった。

本プログラムは、以下の流れで行った。

- 1) 導入として、鉄、アルミや銅などの金属はさびやすく、地中では酸化物などの形 (鉱物) で存在している。その例として「さび」に触れ、酸化物の概念と、身の回りで見かける「さび」を結びつけた。そして、人は鉱物から金属をどのようにして取り出し、利用しているのかと問いを投げかけた。
- 2) 導入の内容を受け、酸化については、火

をつけて金属を燃焼させる実験と、空气中で金属が自然発火する実験を行った。前者では、スチールウールに火をつけて燃焼させ、燃焼過程やできたものを詳細に観察させることにより、酸化や「さび」について理解を深めた。後者では、シュウ酸鉄から作成した鉄の微粒子を空气中に落下させると自然に燃焼する実験をおこない、経過を観察させるとともに、できたものをスチールウールの燃焼でできたものと比べてみた。ここでは、粒子を細かくすると反応性が高まることを強調し、砂糖や小麦粉でさえも爆発することを強調した。

- 3) 還元を体感的に理解させる取り組みとして、さびたもの (銅鉱物、銀鉱物) から金属を取り出す試みをした。銅のモデル鉱物として酸化銅を使い、木炭に開けた穴の中につめ、吹管で炎を吹き付けることにより還元した。この過程では、吹き付けた炎の色の変化を観察させ、炎色反応についても触れた。また、銀のモデル鉱物として硝酸銀水溶液と食塩水から塩化銀をその場で作り、銅の場合と同様の手順で銀の結晶を取り出した。できた銅や銀の結晶を肉眼で観察するとともに、虫眼鏡や簡単な実体顕微鏡で拡大して観察した。



図1 酸化銅の還元の様子

- 4) 上記2, 3の実験を, 「酸化」「還元」ということばと結びつけて解説し, 理解の定着を図った。また, 実験で扱った物質(炭素, 酸化銅, 塩化銀など)の特性の話から, 酸素との結びつきやすさにも触れた。その解説を踏まえ, 鉄よりも酸素と結びつきやすい(酸化しやすい)アルミニウムを使って酸化鉄を還元させる「テルミット反応」を演習実験で見せた。反応で生成した物を手にとって観察したり, 磁石に近づけたりして特性を調べた。
- 5) 全てのまとめとして, テルミット反応を例に取り, 還元されるものがあるれば必ず酸化されるものがあること, つまり, 酸化と還元は同時に起こること(酸化・還元反応)を強調した。また, 社会や経済活動との結びつきとして, 鉄が最も大量に使われているのは建築材であること, 取り出した金属をリサイクルすることの重要性にも触れた。



図2 テルミット反応の生成物の観察

プログラム終了後, 参加者に対して, プログラムの印象, 酸化や還元についての理解,

生活や社会における鉄の役割についての理解, 興味や学びの発展に関してアンケート調査を行った。

## 調査結果

### プログラムの印象

#### 1) 参加理由

このワークショップに参加しようと思った理由は何ですか?

楽しそう・おもしろそう	7人
学ぶ必要があった	2人
疑問に思った	1人
興味があった	1人
理由無し・無回答	4人

プログラム参加理由は, 全参加者15人中7人が「募集要項を見ておもしろそうと思い, 参加した」という理由を挙げた。その他, 「夏休みの自由研究などのために学ぶ必要があった」というニーズに基づいた理由や「鉄が本当に取り出せるのか疑問に思った」「かねてから興味があった」などの回答が続いた。

#### 2) プログラムの効果

このプログラムでどんなことが一番勉強になりましたか? (複数回答)

還元(テルミット反応含む)	7人
酸化	3人
酸化と還元の関係	2人
くらしの中の鉄	1人
その他	2人
無回答	2人
誤答	1人

参加者が最も学んだことに関して, 「酸素を取ると, さびから金属に戻る」など還元についての記述が7人と多く見られた。続いて, 酸化に関する記述や「酸化と還元はいつもセットになっている」などの酸化と還元の関係についての記述がそれぞれ3人, 2人から回答された。鉄の社会的有用性に関しては1人が記述した。

### 酸化・還元についての理解

ここでは, 酸化, 還元それぞれについて説明できるか否かを自己評価(5段階ライカードタイプ)する質問と実際に説明をしてもらう質問を設定した。

#### 1) 酸化についての理解

表1は, 酸化という現象について説明でき

と思うかどうかを尋ねた質問と、実際に酸化について参加者が行った説明についての結果を示している。

表 1 酸化についての理解の自己評価と実際の説明

酸化について説明できる	酸化についての説明	
とてもそう思う (4人)	さびること	1人
	質問の意図を誤解	3人
そう思う (4人)	酸素と結び付く	2人
	誤答	1人
	質問の意図を誤解	1人
どちらでもない (4人)	さびること	1人
	酸素と結び付くこと・還元と一緒に起こる	1人
	不十分な記述	1人
	分からない・無回答	1人
あまりそう思わない (3人)	分からない・無回答	3人

「酸化について説明できる」との言明に対して、肯定的に回答したのは全参加者 15 人中約半数の 8 人、あまりそう思わないとやや否定的な傾向を示したのは 3 人であった。

酸化についての説明では、参加者の回答は以下ようになった。

酸素・アルミニウムと結び付くこと	3人
さびること	2人
不十分な記述	1人
誤答	1人
質問の意図を誤解	4人
分からない・無回答	4人

この質問においては、6人が正しい説明をすることができた。酸化についての説明の質問に対し、3人が「金属と酸素（アルミニウム）が結び付くこと」と回答し、続いて2人が「(金属が酸素に触れたときに)さびること」と回答した。

1人が還元と一緒に起こると回答したが、この参加者は、先の質問「このプログラムの中でどんなことが一番勉強になりましたか？」で酸化と還元の関係について言及した参加者とは違う人であった。このように、自己評価の結果と、説明の正しさには関連は見られなかった。

## 2) 還元についての理解

表 2 は、還元という現象について説明でき

と思うかどうかを尋ねた質問と、実際に還元について参加者が行った説明についての結果を示している。

表 2 還元についての理解の自己評価と実際の説明

還元について説明できる	還元についての説明	
とてもそう思う (3人)	酸化物から酸素を取り除く、酸素が金属から取れる	1人
	分からない	1人
	質問の意図を誤解	1人
	酸化物から酸素を取り除く、酸素が金属から取れる	2人
そう思う (5人)	分からない	1人
	質問の意図を誤解	2人
	酸化物から酸素を取り除く、酸素が金属から取れる	2人
どちらでもない (3人)	さびが他の物質に移動	1人
	酸化物から酸素を取り除く	1人
あまりそう思わない (4人)	さびたものを戻してきれいにする	1人
	分からない	2人

「還元について説明できる」との言明に対して肯定的に回答したのは 8 人、やや否定的な傾向を示したのは 4 人であった。どちらの言明についても、「そう思わない」と明確な否定を示した参加者はいなかった。

酸化物から酸素を取り除くこと	
酸素が金属から取れる、など	6人
さびが他の物質に移動	1人
さびたものを戻してきれいにする	1人
分からない	4人
質問の意図を誤解	3人

この質問においては、全回答者 15 人中 6 人が還元について正しい記述をした。また、2人が「さびが他の物質に移動する」「さびたものを戻してきれいにする」などのように、部分的にはあってはいるが、不正確な記述をした。正しい記述をした回答者のうち 1 人は、「酸素と結び付きやすいものと結び付きにくいものでは難しさが異なる」との記述もしており、プログラムのねらいより一歩踏み込んだ理解を得ている様子が分かる。

「還元について説明できる」の回答状況と「還元についての説明」の回答状況を比較したところ、説明に対する自信の有無にかかわらず、還元について正確に説明できている記述が見られた。「とてもそう思う」では1人、「そう思う」では2人、「どちらでもない」では2人、「あまりそう思わない」では1人」

### 3) テルミット反応についての理解

酸化・還元についての理解と共に、テルミット反応についての理解を測るため、テルミット反応について説明をする質問を設定した。あなたが「テルミット反応」について家族や友達に説明するとしたら、どう説明しますか？

- アルミニウムにより酸化鉄が還元 2人
- 酸化と還元が同時に起こる (還元→酸素→別の金属と酸化) 3人
- 不十分な記述 1人
- 分からない 4人
- 質問の意図を誤解 4人
- 無回答 1人

この質問において、テルミット反応について正確に記述できたのは全回答者 15 人中 2 人に留まった。また、3人が「酸化と還元が同時に起こる」と酸化還元反応の一般的な記述をし、1人が「火をつけると酸化鉄から酸素をうばいとる」と不十分な記述をした。

酸化・還元やテルミット反応についての理解を測るこれらの質問においては、質問の意図を誤解した「紙に書いて説明する」などという回答が目立った。今後は、意図を誤解されないような質問表現を検討する必要がある。

### 4) 生活や社会における鉄の役割

社会に深く関わる物質としての鉄について、説明できるか否かを5段階ライカートタイプにより自己評価する質問も合わせて設定した。

「私たちの生活や鉄について説明できる」との言明に対して、5段階で自己評価をする質問を作成し、以下のような回答を得た。

- とてもそう思う 2人
- そう思う 5人
- どちらでもない 2人
- あまりそう思わない 2人
- そう思わない 4人

生活や社会と鉄の関わりについてはプログラム終盤で軽く触れるに留まったため、参加

者の自己評価は分散し、かつやや否定的な傾向が見られた。ここでは実際に説明をさせる質問は作成しなかったため、参加者が実際にどんな内容の説明を想定して自己評価を加えたかは明らかにできなかったが、プログラムにおける扱いを考慮し、自己評価に留めた。

### 5) 興味や学びの発展

表3は、酸化・還元に対する参加者の興味や今後の学びへの意欲を尋ねた質問の結果を示している。

表3 参加者の興味や学びの発展

	とても そう 思う	そう 思う	ど ち ら も な い	あ ま り さ う わ な い	さ う わ な い
鉄や酸化・還元について もっと知りたくなった	9	2	3	1	0
今日学んだ内容を、家族 に教えてあげたい	5	5	3	1	1

「鉄や酸化・還元についてもっと知りたくなった」との言明に対して、全参加者 15 人中 11 人が肯定的に回答した。うち、「とてもそう思う」と強い肯定を示したのは9人であった。また、今日学んだ内容を家族に教えてあげたいとの言明に対しては 10 人が肯定的に回答した。

### 考察

金属は酸素と結び付くことでさびるという酸化についての理解は、酸化について説明できるかどうかの自己評価に関わらず 15 人中 6 人に見られた。また、酸素を取り除くとさびた金属がびかびかになること、つまり還元については、15 人中 6 人が理解した。こちらも、還元について説明が出来るかどうかの自己評価との関連は見られなかった。

酸化・還元は同時に起こる反応であることに対する理解は、1人の記述においてみられたのみであった。しかし、「酸素と結び付きやすいものと結び付きにくいものでは(還元)の難しさが異なる」との記述も見られ、ねらい以上の理解を示した参加者もいた。

今回実施した酸素との結びつきからの理解は、酸化・還元の定義の第一歩であり、さらに酸化・還元を広くとらえるプログラムをさらに1, 2度実施する必要がある。

## 化学反応は電子が主役 ～酸化還元反応～

### Electrons play the leading parts in chemical reactions: Redox reactions

若林文高<sup>\*1</sup>, 岩崎誠司<sup>\*1</sup>, 高橋みどり<sup>\*1</sup>, 田代英俊<sup>\*2</sup>

国立科学博物館<sup>\*1</sup>, 科学技術館<sup>\*2</sup>

Fumitaka WAKABAYASHI<sup>\*1</sup>, Seiji IWASAKI<sup>\*1</sup>, Midori TAKAHASHI<sup>\*1</sup>, Hidetoshi TASHIRO<sup>\*2</sup>  
National Museum of Nature and Science<sup>\*1</sup>, Science Museum<sup>\*2</sup>

概要： 砂鉄のかたち、金属をさびさせたり取り出したりする酸化・還元反応に続くステップとしてめっきを取り上げ、酸化や還元概念の理解に深みを持たせることをねらった。このプログラムでは、「電子の受け渡し」という観点から酸化・還元をとらえ、一連の実験で体験しながらイメージできることをめざした。

キーワード： 酸化, 還元, 電子, めっき

#### プログラムのねらい

酸化・還元反応は、酸・塩基反応と並んで重要な化学反応で、この二つで化学反応の大部分を占める。そのため、物質の変換を理解するにあたっては、酸化・還元反応を理解することが重要となる。

小中学校レベルでは、酸化・還元反応を酸素のやりとりで理解するが、中学校を超えたレベルでは、一歩進んで「電子のやりとり」から理解することにより、より広い現象を統一的に理解することができる。現行の小中学校学習指導要領では、原子の構造や電子については学んでいないが、この基礎を説明することにより、電子のやりとりから酸化・還元反応を理解することができる。

そこで、本プログラムでは、酸素の授受による酸化・還元概念を踏まえ、電子の授受により酸化・還元反応が起きることを二つのめっきの実験を通して体感させることを目的とした。まず、電極及び溶液に電気を流して電子の授受をさせ、直感的にもわかりやすい「電気めっき」の実験を行い、次に電気を使わなくても電子を授受させる方法として、還元剤（化学の力）を使う「化学めっき」の実験をおこなった。この化学めっきの手法では、電気伝導性のないプラスチックにもめっきでき、実生活においては、高密度ハードディスク製造に利用されるなど、応用範囲が格段に広がっている。

また、酸化・還元反応における電子の授受を説明するため、目で見て美しいシュウ酸エステル発光反応や、色が時間的、空間的に変化する「振動反応」についても実験し、幅広い事例から酸化還元反応についての理解を深めることをねらった。

#### プログラムの実施概要

本プログラムは、中学校の生徒 16 人を対象として、平成 21 年 3 月 3 日に 1 回 2 時間のプログラムとして行った。参加者の多くは中学校の科学部に所属しており、定期的に様々な科学的な活動をしている。参加者の男女別内訳は、男 12 人、女 4 人であり、学年ごとの内訳は 2 年生 13 人、3 年生 3 人である。また、引率の理科教師 3 人がプログラムを見学し、指導補助を行った。

本プログラムは、以下の流れで行った。

##### 実験 1 銅の電気めっき

酸素は電子を引きつけようとする力が強く、酸化還元反応における酸素のやりとりの本質は、実は電子のやりとりであり、酸素が関与しなくても酸化・還元ができることを理解させるため、銅パイプと銅板を電極として銅溶液に電気を流して銅イオンを還元し、銅金属を取り出す実験（めっき）をした。ここでは、プラスの電極では銅が溶液に溶け、マイナスの電極では溶液から純粋な銅が析出していくことを確認するとともに、プラスの電極では他の物質から電子を奪い（酸化）、マイナスの電極では電子を受け取っている（還元）ことを理解させる。

##### 実験 2 無電解めっき

電気を流さなくても、化学の力を使って電子をやりとりができることを理解させるため、プラスチック板表面を触媒化してめっき浴に浸すことにより、電気を使わなくてもめっきができることを実験で体験する。これにより、めっき浴に入っている還元剤が金属イオンに電子を与える働きをしていること、そして電子を受けとることを還元と呼ぶことを理解させる。



図1 基板（プラスチック板）の触媒化の作業



図2 めっき浴の作業

また、酸化・還元反応が関与している視覚的にも興味深い反応を、ひとつは生徒実験で、ひとつは演示で見せた。

### 実験3 振動反応

ペローゾフ・ジャボチンスキー反応により、時間的・空間的に色が繰り返して変わる様子を観察する。ここでは、色の変化は鉄イオンが酸化・還元反応を繰り返している（鉄の2価イオンと3価イオンが行ったり来たりしている）ために起きていることを理解させる。

### 実験4 シュウ酸エステルの発光

この実験は演示実験で行った。この実験により酸化反応を利用して光を出すことができることを理解させる。ここでは、燃焼により酸化するときにはエネルギーが熱と光として出るが、エネルギーが光としてのみ出る反応もあることを理解させる。なお、この反応の発光原理は、2008年度ノーベル化学賞を受賞した下村 脩博士が発見した発光タンパク質の発光原理と同じであることを説明した。

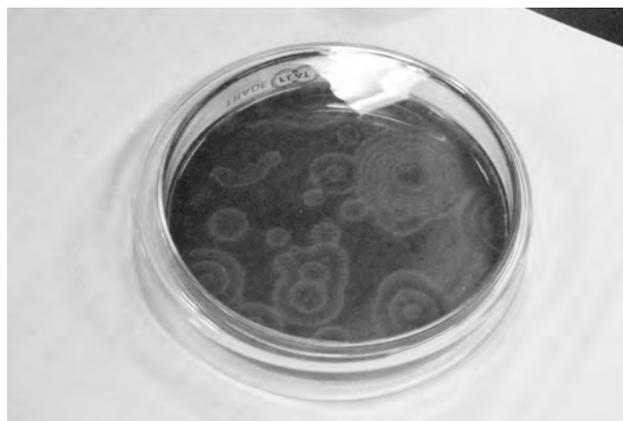


図3 ペローゾフ・ジャボチンスキー反応

プログラム終了後、参加者に対して、酸化・還元や電子、めっきについての既存の知識、印象に残った実験や学んだこと、更に学んでみたいことに関してアンケート調査を行った。全参加者16人のうち、15人がアンケートに回答した。また、引率の教師のうち2人に対しても、理科教師の立場からプログラムの印象及び感想をアンケート調査にて尋ねた。

### 調査結果—生徒向けアンケートより

#### 1) 酸化・還元や電子、めっきについての既存の知識

本プログラムで扱った酸化・還元や電子、めっきについて、これまでにどんなことを知っていたかについて尋ねた。

酸化・還元については、2人が還元についての既存の知識を記述し、10人は酸化についての記述をした。また、無回答は3人であった。

何らかの記述をした回答のうち、4人が酸化銅や酸化鉄、カイロなどと例示をした。また、9人が「酸素と結び付いて変化する」「酸化したものが元に戻る」などの現象についての説明をした。1人がことばや原理を知っていると答えたが、具体的な記述は見られなかった。

電子については、「マイナスの電気を帯びる」「原子核の外側を回っている」「マイナスからプラスに移動する」等の性質について記述したのは8人に上り、電子顕微鏡、携帯電話等のような例を示したのは5人であった。ここでは、2人が無回答であった。

めっきについては、1人が「さび防止のために行う」と用途について記述し、5人が「物質にはり付けること」「薄い金属の膜」等の定義について記述した。また、電解めっきと無電解めっきがあることを知っている、ある

いは電解めっきの仕組みを知っていると記述した人が3人いた。

	がおもしろい。一回失敗したけど、逆に完成させたくなくて、出来たときはおもしろくてうれしかった。
--	---

2) 印象に残った実験や学んだこと

プログラムで行った実験の中でどれが一番おもしろかったかを理由と共に答えてもらったところ、表1のような回答が得られた。

表1 おもしろかった実験とその理由

参加者	おもしろかった実験とその理由
1	<u>無電解めっき</u> 最初はプラスチックだったのに、いろんな液につけてニッケルの溶液につけるとびかびかになったのがおもしろかった。
2	<u>無電解めっき</u> 時間をきっちり測って、決まった温度に設定してやるのが理科っぽかった。他の実験よりも現実感や身近さを感じた。理科は苦手だったけれど、ちょっとは好きになれたと思う。
3	<u>振動反応</u> ひとりでに化学反応するのはとてもふしぎだった。
4	<u>振動反応</u> 決められた液体を混ぜていくことによって、色の変化などが見られたということがおもしろく、また不思議に思い、おもしろいと思ったから。
5	<u>振動反応</u> 色々な高価な薬品を使って混ぜて、色が変わり、不思議な模様が出来ておもしろかった。
6	<u>無電解めっき</u> 唯一やったことのない実験で、仕組みを知ることが出来たから。
7	<u>振動反応</u> 二つの色が、何もしていないのにどんどん変わったりするのが不思議だと思った。
8	<u>振動反応</u> 色が変わったことがとてもすごいと思った。
9	<u>シュウ酸エステルの発光</u> 反応が長く続いたから。
10	<u>無電解めっき</u> 金属だけではなく、プラスチックなどにもめっきが付くことに驚いた。
11	<u>無電解めっき</u> 一つ一つの工程を自分でやる事が出来、出来たものもきれいだったから。
12	<u>電気めっき</u> 科学を楽しみながら学習できた。
13	<u>無電解めっき</u> 完全に均一にめっきが出来ないので、どうすれば均一にめっきが出来るか考えられたから。
14	<u>無電解めっき</u> めっきがどのようにして出来るのか知ることが出来たから。銅はできなかったけど、めっき浴により色が変わる(ニッケルでめっきした上に銅でめっきをしたところ、銅めっきが微かに出来た：筆者注) ことがおもしろかった。
15	<u>無電解めっき</u> プラスチックが見た目鉄みたいに見えるの

この結果より、おもしろかった実験として、8人が無電解めっきを挙げ、5人が振動反応を挙げた。シュウ酸エステルの発光と電気めっきはそれぞれ1人が挙げた。

振動反応は、それ自体が酸化と還元を繰り返す反応であり、この実験を挙げた5人全員が、ひとりでに反応することや色の変化・模様に対して不思議だと思ったと回答した。

無電解めっきを挙げた8人が示した理由のうち、「プラスチックにめっきが出来ることがおもしろかった(驚いた)」との理由は3人に見られ、「仕組みを知ることが出来た」との理由は2人に見られた。また、めっきを完成させるために試行錯誤をしたり、めっきの上に違うめっきを施すことによって自分の考えを試してみたりすることが楽しかったとの理由も2人に見られた。また、無電解めっきの技術はボールペンの先など普段目にするところにも応用されているとの説明を受けたためか、「他の実験よりも身近に感じたから」との理由を挙げた人も1人いた。

本プログラムの実験では、薬品を混ぜたり、時間を計りながら反応させるなど、参加者が自ら「科学的な」作業を行うことが多かった。そのようなことが印象に残ったようで、それをおもしろかった実験の理由に挙げた人も4人見られた。

プログラムで新たに学んだことの中で印象に残っていることを理由と共に尋ねたところ、表2のような回答が得られた。

表2 印象に残った内容とその理由

参加者	印象に残った内容とその理由
1	<u>シュウ酸エステルの発光</u> シュウ酸エステル自体は光を出さなくて、エネルギーで光ること。
2	<u>シュウ酸エステルの発光</u> ノーベル化学賞と同じようなものを目の前でやってくれたから、すごい印象に残った。
3	<u>無電解めっき</u> 電気を使わないでめっきする方法は知らなかった。
4	<u>電子の作用</u> 電子の正負によって同じ銅でも起こる結果が変わるということが印象に残り、学んだと思っている。
5	<u>めっきは電気を使わなくても出来る</u> めっきは電気を使わないと出来ないはずと思っていた。
6	<u>無電解めっきの仕組み</u> 電解めっきの仕組みは分かっていたが、電気

	を流さない無電解めっきでどのようにめっきしているかが知れたから。
7	電子は様々なものにはたらいっている 電子のイメージがあまりわからないから。
8	無回答
9	金属以外にもめっきできること 意外だったから。
10	めっき プラスチックにもめっきが付くことに驚いた。
11	振動反応 青色になったり赤紫になったりを繰り返して、おもしろかった。
12	電子を動かすことによるめっき 身近なものに使われている技術の奥深さを知った。
13	薬品について 異なる種類の薬品を混ぜることで、エネルギーが発生し、色が変わったり光が出ることが不思議に思えたから。
14	酸化が電子を失うことであること 酸化は加熱したことで空気中にある酸素がその物質に取り込まれることかと思っていたが、身の回りのさびも酸化であることや電子が酸素と相性がいいことに驚いた。
15	1. <u>めっきが日本語であること</u> 。 ずっと英語だと思っていたので、日本語だと分かったときに驚いた。何か自分の常識がひっくり返されたみたいで。 2. <u>プラスチックにめっきが出来ること</u> プラスチックにめっきをつけることが出来るのを知ったときも驚いた。シャープペンとかの鉄だと思っていたのが本当はプラスチックだと知って驚いたし、おもしろいと思った。

以上の結果より、3人が電子のはたらきを、3人が金属以外のものにもめっきできることを挙げ、それぞれ2人がシュウ酸エステルの発光実験および無電解めっきを挙げた。また、1人が薬品を混ぜるとエネルギーが発生し、様々な現象が見られることを挙げた。

この質問においては、電子のやりとりに関して記述した参加者が多く見られ、本プログラムの主なねらいである電子の授受について、参加者の理解が深まった様子が分かる。一方で、参加者4の回答に見られるように、電気めっきの実験において「電子の正負により同じ銅でも起こる結果が変わる（+極につないだ銅パイプと-極につないだ銅板でそれぞれ違うことが起きている）」ために、「電子の作用」について印象に残ったと記述するなど、電子と電気を混同している様子も見られた。

### 3) 更に学んでみたいこと

このプログラムを受けて、更に知りたいこと・調べてみたいことはあるか否かについて理由と共に尋ねたところ、表3のような回答

が得られた。

表3 更に知りたいこと・調べてみたいこととその理由

参加者	更に知りたいこと・調べてみたいこととその理由
1	<u>シュウ酸エステルの発光</u> この発光が、ペンライトなどで使われているのも初めて知り、もっと調べたいと思った。
2	<u>シュウ酸エステルの発光</u> お祭りで売っている光るものは、すごくおもしろいものと考えたと思うし、もう一回やるのが出来るのならやってみたいと思った。
3	<u>還元</u> とても不思議で、一度物質を変えたのにそれを元に戻せるというのがすごかった。
4	<u>電子について</u> 今回の実験は全て電子が関係して起きたものなので、電子にはどのような性質があるのかなどを知りたいと思った。
5	<u>金属を更にきれいにしてみたい</u> そうすれば、空気と触れただけで何か起きるのではないかと考えたから。
6	<u>金属以外のめっきはどのようにやっているのか</u> 電子を受け取れるプラスイオンになれば、非金属をめっきできるのかと思ったので。
7	<u>電子はどのように私たちの生活に役立っているのか</u> 理由記述無し
8	無回答
9	無回答
10	<u>めっき</u> めっきが他にどんなものに付くか
11	<u>プラスチックにめっきをすること</u> 銅やニッケルだけではなくもっと色々なものでやってみたい。
12	<u>電子の動き</u> 電子の運動によって他にどのようなことが出来るのか。
13	<u>めっきが日常の中でどこに使用されているか、等</u> 日常の中で自分たちがどれだけの科学技術に頼っているのか気になったから。
14	<u>酸化には他に何があるか</u> さびや物質が変わることだけではなく、もっと身近にある酸化の例にはどのようなものがあるか知りたいから。
15	<u>めっきの種類</u> 今まで簡単に考えていたから、興味が出てきた。それに知らないことを知るのは楽しい。

この質問では、5人がめっきに関する事柄を挙げ、3人が電子に関する事柄、そして2人がシュウ酸エステルの発光（ペンライトなど）を挙げた。酸化や還元についてもそれぞれ1人が挙げたが、参加者5の「金属を更に更にきれいにしてみたい。そうすれば、空気と触れただけで何か起きるのではないかと考えたから。」というのは、酸化を意識した記述

である可能性もある。

めっきと回答した5人が挙げた理由として、2人が「色々なもので試してみたい」と記述し、それぞれ1人が「知らなかったのが興味が出てきた」「生活でどのような科学技術に頼っているのか気になったから」と記述した。関連して、「金属以外のめっきはどのように起こっているか」を学んでみたいと記述した参加者がいたが、その理由を「電子を受け取れるプラスイオンになれば、非金属をめっきできるのかと思ったので」としており、電子の授受の概念とめっきの出来る過程を結びつけて考えることが出来ている様子が分かる。

### 調査結果－教師向けアンケートより

本プログラムの実践にあたり、見学及び指導補助を行った理科教師2名に対し、プログラムの難易度、最もおもしろかった実験、そしてプログラムの感想を尋ねたところ、表4のような回答が得られた。

表4 教師のアンケートへの回答

このプログラムは、参加した生徒にとって簡単でしたか、それとも難しかったですか？	
教師1	普通（ちょっと難しいところもあったと思うが、結構理解していると思う。）
教師2	難しい
今日のプログラムで行った中で、どの実験が一番おもしろかったですか？理由も教えて下さい。	
教師1	振動反応 今までに経験したことがない実験であったから。
教師2	振動反応 時間変化があり、目で見て楽しい。各班で模様に違いがあり、個別化が図れる。
このプログラムの感想を教えてください。	
教師1	<ul style="list-style-type: none"> <li>四つの実験全てを一回で行うことは時間がかかるが、それぞれ興味を持って出来る。結果を予想させると意欲が高まるのではないか。</li> <li>中学3年くらいだと、プリントに操作手順がしっかり書いてあると、自分たちでかなり出来る。</li> <li>最後にモデル図で説明する方法もあるのではないか。</li> </ul>
教師2	<ul style="list-style-type: none"> <li>反応に時間がかかる実験、短時間で反応する実験を組み合わせると、興味・関心を惹きつけ続ける工夫は素晴らしい。</li> <li>酸化・還元は3年生、イオンは高校での学習範囲だが、分かりやすく、そして少し難しい内容も織り交ぜた解説も非常にすばらしかった。</li> <li>中学生でも実験手順などは、驚くほど簡単に、出来れば図解するとベストだと思う。</li> </ul>

以上の結果より、以下の点が主な特徴として挙げられる。

どちらの教師も、自分が日々接している生徒には少し難しいとしている一方で、扱った実験が興味をひくものばかりで生徒は意欲的に活動したと感じている。

また、多くの参加者は中学2年生であったが、酸化・還元は中学3年生、イオンは高校での学習範囲であるために、どちらの概念もほとんどの生徒は知らないと思われるものであった。しかし、視覚に訴えるめっきや振動反応などの実験を目の前に行った解説により、参加した生徒の酸化・還元への理解が深まったと感じている教師もいた。

一方で、教師1は、結果を生徒に予想させたり、モデル図を使って行ったことのまとめをしたりなどをして考察の部分を充実させることを示唆した。

### 考察

本プログラムにおける主な成果は以下の4点である。

1) 電子の働きについての参加者の理解が深まった。

目に見えない電子を理解するためには、概念化に頼る他はないが、電気を流してめっきをする実験に続いて、電気を使わずにプラスチック板に金属のめっきを施す実験を行ったことは、参加者に「電子」に注目させ、それぞれの実験でどんなことが起きているのかを考えさせるきっかけになった。特に、絶縁体であるプラスチック板がニッケルによってめっきされたのを実際に見たことにより、参加者は驚き、次の学びへの意欲につながったようである。

参加者の約半数は、電子についての既存の知識として「マイナスの電気を帯びる」などの電子の性質を挙げており、基本的な理解は出来ていた。しかし、プログラムで学んだ中で印象に残ったことを挙げる際にも電子の働きに言及しており、電子が様々なものの反応に関わっていることを意識化した様子が分かる。

2) 生活（技術製品）との関わりを考えるきっかけになった。

上記に関連して、ボールペンの先にめっきされたプラスチックの素材が使われていたり、縁日などで売られているアクセサリにシュウ酸エステルの発光の原理が使われていたりすることを知り、参加者は本プログラムで行ったことは身近にあるものにも応用されてい

ることに驚いたようであった。

おもしろかった実験を挙げてもらった質問においては、条件を制御したり薬品や器具を操作したりするなど科学の手法を使ったことを、「理科っぽい」と表現した参加者もいたが、「身近なものに使われている技術の奥深さを知った」という参加者の回答にも象徴されるように、乖離していた作業のイメージと実際の生活における応用のイメージとがうまくつながったようである。

### 3) 参加者の興味・関心の喚起と概念の理解が効果的になされた。

生徒向けのアンケートより、参加した生徒は実験を自分で行った満足感と現象を目にした不思議さ、そして、身近にあるものにも同じ原理が使われていることへの驚きが見て取れた。また、教師向けのアンケートからは、生徒は興味を持って意欲的に活動しており、難しい内容も実験と解説により理解していたと感じていることが分かった。

これより、本プログラムは興味・関心をはじめとして生活へと参加者の視点を移して総合的に理解することが出来たと考えられる。一方で、1人の教師が、生徒が科学的に考える機会をプログラムに組み込む旨助言をした。この部分を充実させれば、より包括的な科学リテラシーの涵養に資することが出来るのではないだろうか。

### 4) 生徒主体の実験においては、実験手順の資料と実地での指導の双方が必要である。

教師向けアンケートにおいて、どちらの教師も、実験手順を詳細に記述した資料があれば、生徒はある程度は自分で実験を進めることが出来ると記述した。しかし実際には、電気めっきの実験において、電源装置の接続は生徒自身で出来たが、接触が悪く電気が流れない班がいくつか見られた。その原因を自分たちで見つけることが出来ず、指導者が指示をしていた。

また、扱う薬品の性質上、吸い込んだり目に入らないように注意をしたりしなければならぬこともあるが、実験の経験が少ないためか、つい顔を近づけて作業を行ったり、安全めがねを外したりする参加者もいた。

電源装置の操作や薬品の扱いは、本プログラムで扱った実験に特有のものではなく、どの実験にも必要な基本操作である。実験の手順の詳細を示すと同時に、このような基本

操作についても注意を喚起したり実地にて指導したりする必要があると思われる。

### おわりに

平成 24 年から実施される新しい中学校学習指導要領（理科）では「イオン」が高校での学習内容から中学校 3 年での学習内容に移行されることになり、この内容は平成 21 年 4 月より先行実施されることが決定している（文部科学省、2009）。これにより、今後は中学でもイオンの概念を習得することになり、本プログラムで扱う内容や核実験の意味合いの理解がより深まるとと思われる。

### 謝辞

本プログラムの試行にあたっては、筑波大学大学院生命環境科学研究科の熊谷現さん、東京農工大学大学院工学府の長澤慎之介さん、東京理科大学大学院基礎工学研究科の土屋博之さんにご協力いただきました。記して謝意を表します。

### 参考文献

文部科学省：生きる力（中央教育審議会教育課程部会「審議のまとめ」教師用パンフレット）

([http://www.mext.go.jp/a\\_menu/shotou/new-cs/pamphlet/20071108/001-008.pdf](http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/pamphlet/20071108/001-008.pdf)) (2009.3.10)

## ロボットを作ってタイムトライアルをしよう Time Trial Using MINDSTORM NXT® ~ Designing a Robot and Writing a Program

亀井修<sup>\*1</sup>, 高橋みどり<sup>\*1</sup>, 小椿清隆<sup>\*2</sup>, 石井久隆<sup>\*2</sup>  
国立科学博物館<sup>\*1</sup>, 千葉県立現代産業科学館<sup>\*2</sup>  
Osamu KAMEI<sup>\*1</sup>, Midori TAKAHASHI<sup>\*1</sup>, Kiyotaka KOTSUBAKI<sup>\*2</sup>, Hisataka ISHII<sup>\*2</sup>  
National Museum of Nature and Science<sup>\*1</sup>, Chiba Museum of Science and Industry<sup>\*2</sup>

概要：技術革新の過程で頻繁に迫らせるトレードオフの関係を生徒に気付かせるため、高校生を対象に教育用レゴマインドストーム NXT® を活用した学習プログラムを開発した。生徒は「ロボットの構造」と「速度」等のトレードオフの関係を最適化していく活動に意欲的に取り組んだ。

キーワード：トレードオフ, 技術, 教育用レゴマインドストーム NXT®

### はじめに

『技術能力とは、端的に言えば、「人が豊かに暮らせるようになる」ための「問題解決能力」』である<sup>(1)</sup>。生徒の「問題解決能力」を高めるためには、技術革新の過程において頻繁に迫られるトレードオフの問題に接し、その問題を最適化する活動が有効であると考えた。

そこで、「トレードオフの問題を最適化」する活動を体験するために、今回は豊富なパーツで自在に形を作ることができ、プログラムを自作して動かすことができる教育用レゴマインドストーム NXT® を教材として活用することにした。

本教材の操作を通して、自らの思考を外在化し、失敗を繰り返しながら工夫を重ね問題解決能力を育成していくことが、科学リテラシーの涵養につながると考えた。

### プログラムのねらいと期待される効果

#### I. プログラムのねらい

本プログラムは、教材(教育用レゴマインドストーム NXT®)を活用し、組み立て・プログラミングの活動を行い、様々なトレードオフの関係を気付かせ、その課題を最適化する活動を通して問題解決能力を育てることをねらいとした。

#### II. プログラム開発の概要

今回のプログラムでは、「トレードオフの問題を最適化する」活動を体験させるための課題として、「ロボットによるコース別走行タイムトライアル」を採用した。タイムトライアルのコースは、難易度を段階的に上げて3コース設定し、3回のワークショップに分けて

実施することとした。ワークショップでは毎回、課題のコースをクリアし、タイムを競わせることとした。

それぞれのワークショップの内容は、下記のように計画した。

- ①コース別タイムトライアル(難易度☆☆)  
直線コースとクランクコースの両方で速く動くロボットをつくり、ロボットの構造と速度とのトレードオフの関係を解決する。
- ②車庫入れタイムトライアル(難易度☆☆☆)  
3箇所の車庫をより速く正確に移動するロボットをつくり、軌跡制御と速度のトレードオフの関係を解決する。
- ③障害物タイムトライアル(難易度☆☆☆☆)  
速く確実に障害物を乗り越えて動くロボットをつくり、難しい条件でのロボットの構造・軌跡制御と速度のトレードオフの関係を解決する。

#### III. ワークショップ実施の概要

千葉県立市川工業高等学校と千葉県立現代産業科学館で連携し実施している高等学校単位認定支援事業の講座(休日を中心に年間13回実施)に本プログラムを組み込み、3回実施した。参加者は、3回とも同じ生徒で行い、ワークショップ実施後のアンケートで生徒の意識等の変容を考察するよう計画した。しかし、生徒の都合(部活動等)により、3回のすべての講座に参加した生徒は3名で、1回目・2回目の参加が1名、1回目と3回目の参加が2名、1回目のみ参加が3名、3回目のみ参加が1名となった。

ワークショップの進め方 (3回とも同様の流れで実施)は、テーマに沿って「組み立て」、PCによる「プログラミング」の流れで行い、課題のコースで繰り返しロボットを試走させ、正確に速く動くように調整させた。その時に、生徒は他の生徒の良いところを参考にす等情報交換を行った。

また、生徒の試行錯誤の道筋を追うために、生徒が活動中に考えたロボットの構造やプログラミングの構想をワークシートに随時記入させた。課題を達成した生徒には、さらに速いタイムが出せるように考えさせた構想をワークシートに記入させ、ロボットの構造やプログラミングの改良を行わせた。

ワークショップの最後には、各生徒の成果を発表させ、相互評価を行った。

#### a. 「コース別タイムトライアル」

実施日:平成20年6月28日(土)13:00~16:00

##### 【コース選定のねらい】

直線とクランクの2種類のコースを設け、走行タイムを競う(図1)。直線コースでは、車の構造や動力の伝達方法を工夫し、動力を最大にすることで記録を短縮することが可能であるが、クランクコースでは、軌跡制御の方法も工夫しなければゴールもできず、記録の短縮も難しい。そこで、あえて二つのコースを設け両方のコースでよりよい記録を残すことを目指すことで、構造と軌跡制御のトレードオフの関係に気付かせ、最適な方法を導き出す。

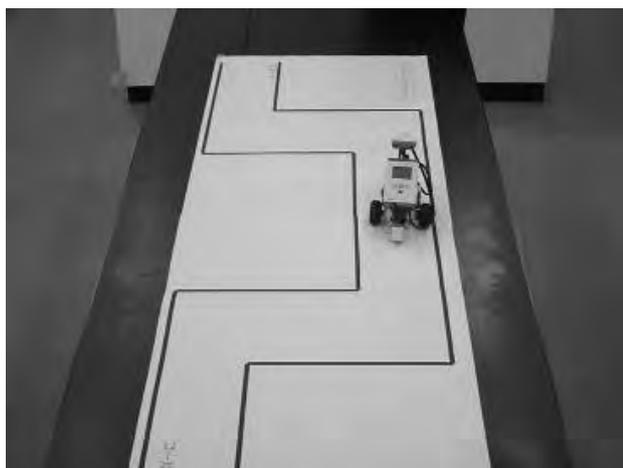


図1 クランクコースと作成したロボット

#### b. 「車庫入れタイムトライアル」

実施日:平成20年8月23日(土)13:00~16:00

##### 【コース選定のねらい】

開口方向の異なる車庫を3ヶ所設け、その間を移動するタイムを競う(図2)。車庫の移動経路や車庫への入れ方等、生徒の独創性を高める。また、ロボットの車庫入れでタイムトライアルを実施することで、速度と軌跡制御のトレードオフの関係に着目させ、「コース別タイムトライアル」よりも精度の高いロボットの動きを実現させるために、最適な方法を導き出す。

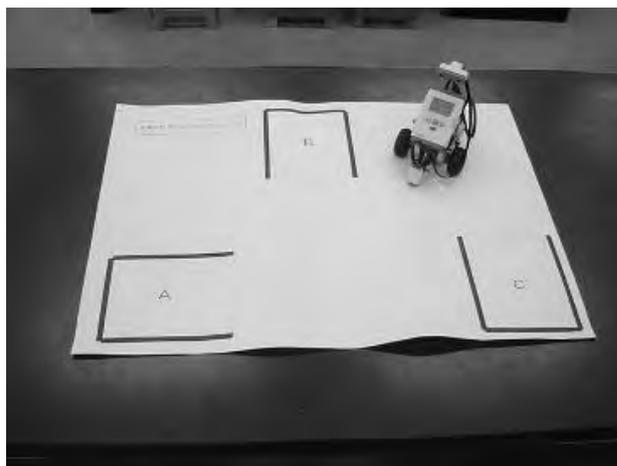


図2 車庫入れコースと作成したロボット

#### c. 「障害物タイムトライアル」

実施日:平成20年9月14日(日)13:00~16:00

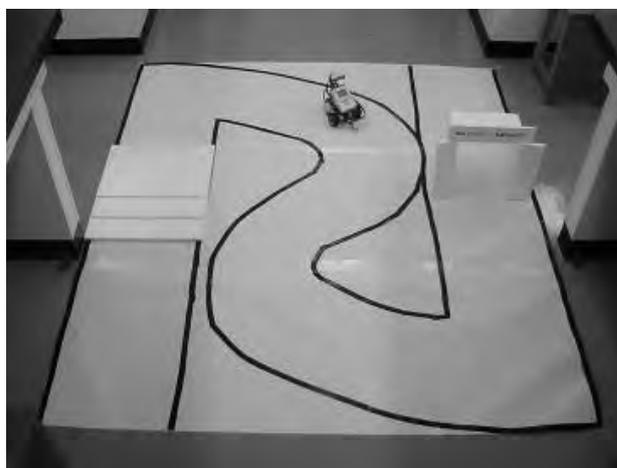


図3 障害物コースと作成したロボット

##### 【コース選定のねらい】

高低差のある直線、S字の曲線、トンネルのある直線の3パターンを組み合わせたコースを走行し、タイムを競う(図3)。また、モーターの動力を、どのような形で動作化すれば障害を乗り越えられるのか、ロボットの構造や動きを工夫させることで、創造力を養うとともに、「速度」と「軌跡制御」だけでなく「安定性」など、様々なトレードオフの関係

を最適化する場面を体験しながら問題解決能力を高める。

#### IV. プログラムの期待される効果

本プログラムを実施するにあたり、学習テーマである「速くて、正確に走るロボット」をつくるために、「ロボットの構造」と「軌跡制御」と「速度」のバランスをとることに注目し、活動計画をたてた。「コース別タイムトライアル」では主に「ロボットの構造」と「速度」, 「車庫入れタイムトライアル」では主に「軌跡制御」と「速度」, 「障害物タイムトライアル」では主に、難しい条件での「ロボットの構造・軌跡制御」と「速度」のトレードオフの関係を生徒に着目させ、段階的に難易度を上げたプログラムに取り組みさせることで、生徒の問題解決能力を高められることが期待される。

また、ワークショップの実施をトライアルゲーム形式にして「速さ」と「正確さ」を競わせ、生徒の意欲的な活動に結びつける。その活動を通して生徒は、試行錯誤を繰り返し、各自のコミュニケーション能力を高めていくことが期待される。

さらに、課題に取り組む中で、なぜそのような結果になったかの考察、改良すべき点、そして改良を加えるとどのようになるかの予測を記録として取ることを、ワークシートを用意して生徒に促すことにより、情報をもとにした科学的思考の育成を図る。

### 調査結果

#### I. コース別タイムトライアル

第1回目のコース別タイムトライアルの参加者は9人であった。教材セットは四つ用意し、参加者を2人のグループ三つと3人のグループ一つに分けて活動を行った。

##### a. プログラム効果について

ワークショップが楽しかったか否かを尋ねた質問において、とても楽しかったとの回答が6人、楽しかったとの回答が2人で、概ね肯定的な回答が得られた。この肯定的な回答の理由として、「組み立てがよかったから(2人)」「プログラミングが楽しかったから(2人)」「自分の考えと実際のプログラムで違う動きをしたから(1人)」「友達と協力したから(1人)」が挙げられた。

また、何が楽しかったのかを尋ねた質問(複数回答)においては、ロボットを作ったこと(回答数5)、プログラムを組んだこと(同4)、そしてロボットを走らせたこと(同3)が挙げられ、作業そのものを楽しんだ様子が見て取れる。しかし、自分の考えを試したこと、試す中で苦しんだこと、自慢できる工夫をしたことを選んだ参加者はいなかった。

このワークショップが楽しくなかったと答えたのは1人であったが、その理由は最後までできなかったからというものであった。

このワークショップで印象に残ったことを自由に記述してもらった質問において、参加者の回答は、プログラミングをしたこと、タイヤ選び、プログラミングが簡単だった/難しかったこと、ロボットを動かしたことなど、多岐に渡ったが、詳しい記述はあまり見られなかった。また、プログラミングについて記述した生徒が5人いた。先の「何が楽しかったか」の質問において、プログラミングを必要とする自立型ロボットの製作、もしくはロボット製作自体をしたことがないという記述が見られることより、プログラミングについての印象が強かった様子が見て取れる。

##### b. ロボットの性能について

ここでは、ロボットの性能、ロボットの形、プログラミングの3点について、満足度を自己評価してもらった(表1)。

表1 満足度の自己評価結果

	ロボットの性能	ロボットの形	プログラミング
とても満足した	2	1	2
満足した	1	3	3
ふつう	1	2	2
あまり満足しなかった	4	2	2
満足しなかった	1	1	0

ロボットの性能に関しては、課題を達成できた人ほど、満足度が高い傾向が見られた。満足度に関わらず、5人が「センサーが機能しなかった」「車高がよくできなかった」「プログラミングが思い通りにいった」など、具体的に理由を述べた。

ロボットの形についての満足度は、肯定的に回答したのは全参加者9人中4人であった。そのうち2人が「斬新な形になった」と答えた。一方で、肯定的な回答をしなかった5人のうち3人が「説明書と同じ形になってしま

った」と答えた。これは、グループで協力して試行錯誤するうちに時間が足りなくなってしまい、見本と同じ形になってしまったことによる。

プログラミングに関しては、満足度が分散した。それぞれの参加者が選んだ満足度の理由として、「言葉、単位で違う動きをする」などの具体的分析をしていたのは2人であった。

また、「自分で作ったものではないからあまり満足しなかった」との記述もあったが、これは、先述のように、ロボットの組み立てが自らのアイデアを反映させたものではなく見本を使ったものであったため、プログラミングにも満足ができなかったためである。また、講師によれば、このグループのロボットは、形に懲りすぎていて機能性の考慮が甘かったと言うことであった。

c. トレードオフの関係について

「クランクコースで速く正確に走るロボットを動かすには、どんなことが大切だと思いますか？」の質問に対して、6人が「車高を平らにする。安定性を高めすぎない」など、トレードオフについて言及した。うち、1人は「速さは100固定。カーブは角度をMAXで時間を小さく」と具体的に記述した。また、「プログラムを正確に作る」「自由に動く後輪」「車高を平らにする。安定性を高めすぎない」などロボットの形/プログラミングを修正することに言及したのは3人であった。これらのことより、「トレードオフの関係に気づかせる」というねらいの達成度は高いと言える。

d. ロボットと社会との関わりについて

「ロボットは、世の中のどのようなところで実際に使われていると思いますか？」の問いに対して、6人が「工場（オートメーション）」「福祉（生活支援）」「災害救助（危険な作業）」「医療（人間の手では出来ない細かい作業）」と答えた。作る人次第で無限の可能性があると答えた人も1人いた。

e. 参加者同士の協力・コミュニケーションについて

「同じチームの友達と協力して作業ができた」「自分たちで問題点を見つけることができた」については肯定的な回答を得た。「他のチームとの話し合い」は回答が分散し、否定的な回答に傾いた（表2）。

表2 参加者同士の協力・コミュニケーション結果

	同じチームの友達と協力して作業ができた	自分たちで問題点を見つけることができた	他のチームと話し合いができた
とても思う	5	3	1
思う	1	4	1
ふつう	2	1	2
あまりそう思わない	0	0	1
そう思わない	0	0	3

f. その他

- ・記述の具体性に差はあるものの、自らの活動をふり返って、それを元に感想や満足度を判断できている。
- ・各質問の記述に示されている感想や満足度の判断の観点は、ロボットの出来・不出来といった活動の成果についてのものが多い。これは、本ワークショップの課題にフォーカスできていると言える。

## II. 車庫入れタイムトライアル

今回のワークショップでは欠席者が多く、参加者が4人であったため、主に1人で行う作業が多かった。そのため、アンケート中の質問「あなたは、今日のワークショップの中で何が楽しかったですか？」の中の項目「友達と一緒に作業したこと」および「同じチームの友達と協力して作業ができた」の質問は割愛した。

a. プログラム効果について

前回の試行以降マインドストーム、ロボット、プログラミングについて事前に調べたり学んだりしたか否かを尋ねたところ、全参加者4人中1人がロボットの作り方について学ぶに留まった。

「プログラムは楽しかったですか」の質問（5段階ライカートタイプ）において、3人が「とても楽しかった」、1人が「楽しかった」と回答し、全体的な満足度は高かった。

また、楽しかった理由として、「1人1台で作れたから。しかし、もう少し時間が欲しかった」「1人1台で自分の好きなようにパソコンをいじれたから」「今回は、自分のペースでできたから」などの回答を得た。前回のワークショップでは2人ないし3人1組で作業をしたが、共同作業の中で自分のアイデアを

試しきれなかった不満がアンケートや講師の話から見られた。今回は、参加人数の関係上、1人1台ずつロボットを割り当てて作業を行った。そのため、自分のアイデアを存分に試すことができ、それがこのような結果につながったと考えられる。

ワークショップ中のどんなことが楽しかったのかについて尋ねた質問(複数回答)において、「ロボットを作ったこと」「プログラムを組んだこと」の回答数がそれぞれ3、自分の考えを試したことの回答数は1であった。今回のワークショップでは、前回と同様「自慢できる工夫をしたこと」「試行錯誤をしたこと」が楽しかったとの回答はなく、作業そのものを楽しんだ様子が見て取れる。

「自分の考えを試したこと」と回答した生徒も1人いた。この生徒は、この項目の他に、プログラムを組んだことにも○をつけており、その理由を「自分の考えがフルに生かして、プログラミングに生かした」からであると答えている。この回答からも、1人1台ロボットを与えて自由に試行錯誤をさせることが、このワークショップでねらいとした三つのうちの「課題を解決するためのロボットの構造、プログラムを主体的に考えさせる」「創造力を用いて試行錯誤する」に対して効果的であったことが見て取れる。

このワークショップで印象に残ったことを尋ねた質問において、2人が課題を達成したこと、1人が達成感を得たこと、そして1人が自分で作ったことと回答した。

課題を達成したことと回答した参加者は、具体的には「タイムを計測できたこと」(つまり、コースアウトせずに完走したこと)と「車庫入れに成功したこと」と記述した。第1回目のアンケートでは、ロボット製作をしたことがないと回答した参加者がほとんどであったが、第1回目の試行でロボット製作のコツをつかみ、今回の試行では組み立て作業が前回よりもスムーズにできたため、より多くの時間を試行錯誤に当てることができた。その結果、全員がロボットを完走させることができた。

「出来上がったときの達成感」が印象に残ったと答えた回答者は、見本や説明書を参考にせず、初めから創造性を用いて自分のロボットを設計していた。車庫入れを成功させるためにロボットのデザインを変更したが、そのために製作に時間がかかり、タイムトライアルの試行錯誤に十分な時間を割くことがで

きなかった。しかし、自分の力で作ったロボットが完成したことに達成感を感じたためにこのような回答になったと考えられる。

b. ロボットの性能について

ロボットの性能、ロボットの形、プログラミングの3点についての満足度の自己評価は、以下のようになった(表3)。

表3 満足度の自己評価結果

	ロボットの性能	ロボットの形	プログラミング
とても満足した	0	3	1
満足した	3	0	2
ふつう	1	1	1
あまり満足しなかった	0	0	0
満足しなかった	0	0	0

ロボットの性能、形ともに、全参加者4人中3人が肯定的に回答した。特に、ロボットの形に関しては3人が「とても満足した」と回答した。また、プログラミングに関しては、1人が「とても満足した」と回答し、2人が「満足した」と回答した。これらの回答に関し、作業やロボットの動き、または試行錯誤を例に具体的に理由付けした回答は見当たらなかった。

c. トレードオフの関係について

「車庫入れタイムトライアルで速く正確にロボットを動かすには、どんなことが大切だと思いますか?」の質問において、2人が「プログラミングとロボットの性能」、2人が「ロボットの機能を最大限に生かすこと」と回答した。この質問は、トレードオフの関係に気づくことと、試行錯誤から見出したトレードオフの関係を具体的に記述してもらうことが目的であったが、トレードオフの具体的な例については「プログラミングと、動きやすいロボット」「プログラミングと車の性能」と、2人が記述したのみであった。

d. ロボットと社会の関わりについて

「車庫入れが速く正確にできるロボットは、どんなことに役立つと思いますか?」の質問において、全参加者4人中3人が回答し、「ハンズフリーの車庫入れ」「介護用」「工場で荷物を運ぶ」との回答が上がった。

### III. 障害物タイムトライアル

このワークショップには、6名が参加した。前回は参加したが今回欠席した者や、今回初めての参加者などが混在し、第2回目から続けて参加したのは3名であった。今回のワークショップでは、第1、2回目で試行錯誤した内容をもとにより高度なコースを完走・タイムトライアルするという課題が課されており、前回参加した人は、その時に製作したロボットを引き続き使用した。今回も、参加者1人につき1台ずつロボットが割り当てられた。

#### a. プログラムの効果について

前回の試行以降マインドストーム、ロボット、プログラミングについて事前に調べたり学んだりしたか否かを尋ねたところ、前回も参加した人全員が何もしなかったと答えたが、今回初めて参加した1人が以前よりC言語を勉強していたと回答した。

「プログラムは楽しかったですか」の質問（5段階ライカートタイプ）において、とても楽しかったと回答したのが2人、4人が楽しかったと回答した。その理由として、2人が「自分で行ったから」と記述し、各1人が「初めてだったから」「色々な動きがあったから」「難易度が上がったから」「ロボットを簡単に作れたから」と記述した。

前回の車庫入れタイムトライアル試行時の評価と同様、「自分の思うように行うことができた」ことが楽しかったとの回答があったと同時に、過去に2回試行錯誤をしており、今回もより難しい課題に挑戦できたから楽しかったという回答が見られた。

具体的にどんなことが楽しかったのかを尋ねた質問（複数回答）において、「ロボットを作ったこと」（回答数4）、「自分の考えを試したこと」（同3）、「障害物コースに挑戦したこと」（同2）「プログラムを組んだこと」（同1）「試す中で苦しんだこと」（同1）との回答が見られた。

今回の試行では、「自分の考えを試したこと」と回答した人が3人おり、第1回目の0人、第2回目の1人から増加傾向にある。また、「試す中で苦しんだこと」と回答した人が1人おり、今回初めてこの選択肢が選ばれた。これは、前回同様1人1台ロボットを割り当てることができたため、試行錯誤の機会が増えたこと、そして直線・クランクコース、車庫入れ、障害物コースと段階的に難易度が上

がっており、その中で試行錯誤をすることにより参加者のモチベーションも上がっていたことが原因であると推測される。

ワークショップで印象に残ったことを尋ねた質問において、それぞれ1人が「ロボット作成とプログラムの難しさ」「物事は計算では動かない」「ものづくりの楽しさ」と回答した。今回は、2人が試行錯誤の末に得た見解（「物事は計算では動かない」）や楽しさ（「ものづくりの楽しさ」）を挙げた。このことから、今回のワークショップでは組み立てや操作よりも高い次元で参加者が活動していたこと、つまり試行錯誤が参加者の活動の中心にあったことが見て取れる。

#### b. ロボットの性能について

ロボットの性能、ロボットの形、プログラミングの3点についての満足度の自己評価を尋ねた（表4）。

表4 満足度の自己評価結果

	ロボットの性能	ロボットの形	プログラミング
とても満足した	1	2	0
満足した	1	0	2
ふつう	0	1	2
あまり満足しなかった	0	0	0
満足しなかった	2	1	0

ロボットの性能については、課題を達成できた人ほど満足度が高かった。「とても満足した」と回答した人は、他のロボットとの比較を通して自分のロボットの満足度を判断していた。また、「満足した」と回答した人は、「動きはよかったが段差が攻略できなかった」と、自分のロボットの機能のバランスから満足度を判断していた。第1回目、第2回目にあった「センサーが機能しなかった」「プログラミングが思い通りにいった」のようなある部分に特化した回答から、複合的に判断する人が増えていることが見て取れる。

プログラミングについては、難しいという回答と簡単という回答に分かれた。これは、課題を達成するためのプログラミングが難しかったという回答と、今回初めてワークショップに参加し、直進や右左折などのアイコンを配置して数値を指定していくプログラミングが、想像よりも簡単であったという回答に分かれた可能性がある。

c. トレードオフの関係について

「このワークショップで行った障害物タイムトライアルで速く正確にロボットを動かすには、どんなことが大切だと思いますか？」の質問においては、「予想できる力、様々な動力の動き方を見て考えられる力」の他、「プログラムと作り」「動かして微調整」「集中力」が挙げられた。

d. ロボットと社会の関わりについて

このワークショップは3回シリーズの最終回であったため、総括として「このワークショップで学んだことは、あなたの生活や社会にどのように役立つと思いますか？」との質問をした。この質問においては、2人が「他の製品に応用できるか」「少子高齢化社会で役に立つ」などロボットの有用性について、2人が「一つずつこつこつとやっていく」「根気よくがんばる」と作業から学び取ったことを記述した。

e. その他

今回のワークショップでは、試行錯誤の視点が各変数の一対一対応ではなく、全体的にバランスを取って課題を達成しようとしている様子が見て取れ、全体的により高次の試行錯誤が行われていることが分かった。そのようなことから、試行錯誤に幅や深みが出てきたようであることが分かる。

その結果、今回のワークショップでは、前回までのような課題が達成できたか否かから発展し、自分の考えを試したことや試行錯誤において苦しんだことが印象に残り、そして根気よく一つずつ行っていくことを学んだという回答が多く見られた。内容に特化した振り返りだけではなく、そこから何か別のものを学び取ったのは、このプログラムの大きな成果であろう。

考察

①初回は、各参加者とも作業内容をもとに満足度を判定する傾向が見られたが、回が進むにつれ、アンケートの回答中に試行錯誤の要素が多く見られるようになった。このことより、「動いた、動かなかった」という質的な着眼点から「どのくらい速く動いた」「何秒でコースを完走した」「ここを～すると安定するが動きが遅くなる」などの量的な着眼点へと参加者の作業が変化したこと

が分かる。

②本ワークショップでは、トレードオフの関係に特化して着目したため、技術や技術製品（ロボット）の社会的役割、意義については触れなかった。3回のワークショップを通してトレードオフについて学ぶことはできたものの、科学リテラシーを涵養する上で、「社会との関わりを踏まえ、得られた知識・スキル等を実生活の中で生かす<sup>(2)</sup>」という段階まで踏み込むことができなかった。

③観察結果を詳細に記述すること、そしてそれをもとに自らの作業をふり返ったりトレードオフについて体感的・具体的に理解したりすることが本ワークショップの目的の一つであったが、参加者のワークシートからは、自分のアイディアや改良点などについての情報はあまり読み取ることができなかった。これは、参加者が課題に取り組むのに集中するあまり、記録を取るのをしばしば忘れてしまったためであり、講師が折に触れて記録を取ることを促したが、あまり効果が見られなかった。参加者がこれほど集中して課題に取り組んだのはよい傾向ではあるが、データや試行錯誤の過程を記録することの大切さを伝えるためのより効果的な方策については検討の必要がある。

参考文献

- (1) 科学技術の智プロジェクト 日本人が身につけるべき科学技術の基礎的素養に関する調査研究 21世紀の科学技術リテラシー像～豊かに生きるための智～プロジェクト 技術専門部会報告書 平成18・19年度科学技術振興調整費「重要政策課題への機動的対応の推進」調査研究報告書、2008
- (2) 独立行政法人国立科学博物館科学リテラシー涵養に関する有識者会議「科学リテラシー涵養活動」を創る～世代に応じたプログラム開発のために～(中間報告)、2008



## 大きな水の話 A Story of Water

亀井修<sup>\*1</sup>, 高橋みどり<sup>\*1</sup>, 斉藤昭則<sup>\*2</sup>, 矢野真理子<sup>\*2</sup>

国立科学博物館<sup>\*1</sup>, 京都大学大学院理学研究科<sup>\*2</sup>

Osamu KAMEI<sup>\*1</sup> Midori TAKAHASHI<sup>\*1</sup>, Akinori SAITO<sup>\*2</sup>, Mariko YANO<sup>\*2</sup>

National Museum of Nature and Science<sup>\*1</sup>, Graduate School of Science, Kyoto University<sup>\*2</sup>

概要：本プログラムは、産業で利用されている科学技術の規模の大きさに伴う課題について、「水」を題材として体験的に学ぶ、科学技術リテラシー涵養のための中高生向け体験的学習プログラムである。このプログラムは、科学技術に関する仮想社会科見学、科学技術に関する社会科見学、学習成果の発表、学んだことを生活に生かすことの4部から構成されているが、本研究ではそのうち仮想・実地の社会科見学の部分を行った。

キーワード：科学技術，水，量的視点，水の大循環

### はじめに

本プログラムは、産業で利用されている科学技術の規模の大きさに伴う課題について、「水」を題材として体験的に学ぶ、科学技術リテラシー涵養のための中高生向け体験的学習プログラムである。科学技術に関する仮想社会科見学、科学技術に関する社会科見学、学んだことを表現すること、学んだことを生活に生かすことの4部からなり、地球規模での水の循環や、人間社会における水（飲料水）の安定供給について学ぶことに加えて、学んだ知見を社会に還元することも視野に入れて仕組みを作った。

### プログラムの概要とねらい

この試行においては、科学技術に関する仮想社会科見学、科学技術に関する社会科見学、学んだことを表現すること、学んだことを生活に生かすことの4部のうち、科学技術に関する仮想社会科見学と科学技術に関する社会科見学の二つを実践し、地球規模での水の循環についての理解や大量の飲料水を供給するために必要な科学技術についての理解を図った。

#### 1. デジタル地球儀（科学技術に関する仮想社会科見学）

これは、上記の「科学技術に関する仮想社会科見学」に相当する部分である。「くももくもく」と「オーロラってどんなもの？」の二つからなり、地球を模した半球上に衛星からの雨や雲の時間軸を持つ情報をグーグルア

ースの地図上に重ね合わせて投影し、雲の発生の様子や動き、オーロラの見え方を地球の外からの視点で観察するとともに、ゲーム機のリモコンで操作できる二つのソフトウェアを作成した。



図1 半球上に投影したオーロラの画像

この科学技術に関する仮想社会科見学では、投影した画像を自在に動かし、地球上において雲はどこで発生してどこへ流れていくのか、オーロラはどこで最もよく見えるのかなどについて、参加者は自分の見たい地域に画像を動かしながら体験的に学んだ。

参加者にはワークシートを配付し、展示を見て気づいたことやプログラムで体験したり解説を受けたりしたことを記入して、体験的な学びの支援ツールとして使うように促した。

また、プログラムの内容に関する簡単なクイズを用意した。

この部分では、以下の3点を目的とした。

- ・世界各地の雲の様子から、淡水（真水）の循環が限られた地域に偏在して行われていることを理解する。
- ・オーロラを地球規模で見ることにより、太陽活動が地球で起こる事象と深く結びついていることを理解する。
- ・上記を通して、地球の表面のほとんどが水に覆われていることと、水の循環をはじめとする環境に関わる事象が地球規模の大きさを持つことに気づく。

上記の目的を達成するため、この科学技術に関する仮想社会科見学では、以下の三つの目標を設定した。

- ・地球規模における雲とオーロラの分布及び変化を理解する
- ・地球規模の視点を育成する
- ・地球の外から地球を見る視点を養う

このプログラムは2008年12月5日～11日と2009年2月21日、22日の計2回にわたって行われた。



図2 プログラムの様子



図3 プログラムの様子（雲の解説）

## 2. 一度は見たい！大きな施設（科学技術に関する社会科見学）

東京都下水道局芝浦水再生センターの見学と現場での学習を通し、下水処理の仕組みの他、飲料水に適した水質に関する科学的基準と都条例との関連、大量の水を処理する施設を支える科学技術について総合的に学んだ。

この部分では、以下の点を目的とした。

- ・都市部にもう一つの大きな水資源を得ることに至っていることを意識化する。
- ・農業・工業・生活に使用される水の量が非常に大きいことを知ると共に、水を大量に利用する技術や大量に水を扱うことによって発生する問題を解決するために科学技術に頼らなければならないことを意識化する。
- ・環境保全が問題化されたことにより、対応する技術が開発され、問題を解決してきていることを理解する。

上記の目的を達成するため、以下の二つの目標を設定した。

- ・個人の生活において使用する水の量と内訳を推測することにより、個人レベルでの水の量について考える。
- ・見学して得たことを元に社会における水の量を鑑み、その量を個人レベルで処理するシミュレーションを通して、地域で処理されている水の量を意識すると共に、水再生センターの役割と価値について考える。

この科学技術に関する社会科見学は、2009年1月6日に行われた。



図4 下水処理施設（反応槽）遠景



図5 下水処理施設（反応槽）近景

### 参加者の概要

デジタル地球儀（科学技術に関する仮想社会科見学）では、館内に設置したデジタル地球儀展示前にやってきた来館者に向けて、展示を体験してもらいながら解説を行うという形で行った。主な参加者は小学生や成人であったが、特に制限を設けないプログラムであったため、様々な世代の人が参加した。2回の試行において、展示を体験してアンケートに回答した人は全277人であり、その内訳は、幼児38人、小学生107人、中学生4人、高校生3人、大学生10人、成人115人であった。一度は見たい！大きな施設（科学技術に関する社会科見学）では、過去に国立科学博物館で実施されたプログラムに参加した人から参加を募り、高校生2人が参加した。

### 評価の概要

本試行の評価は、以下のように行った。デジタル地球儀（科学技術に関する仮想社会科見学）では、地球規模での水の循環についての学びや地球上での視点から地球への視点へと移動させることがいかに効果的になされたかを測るために、事後に参加者に対してアンケートを実施し、オーロラや雲についての既存の知識およびプログラムで行ったことや学んだことの中で最もおもしろかったことを尋ねた。一度は見たい！大きな施設（科学技術に関する社会科見学）では、アンケート調査を通して、東京都下水道局芝浦水再生センターの見学で印象に残ったことを尋ね、合わせて生活と水との関わりや、水再生センターの生活における役割について思うことを尋ねた。生活と水との関わりについては、一日に使う水の量とその内訳を尋ねる質問を、そして水再

生センターの生活における役割については、もし水再生センターが壊れて使えなくなったとしたら、汚れた水をどうするかという質問を作成した。この質問より、個人や家庭のレベル、地域のレベルで生活に必要な水がどのように供給されているか、そして使われた水はどのように処理されているかに対する理解度を測ることを目指した。

### 評価結果ーデジタル地球儀（科学技術に関する仮想社会科見学）

#### 1) 雲についての既存の知識

雲についての既存の知識を自由記述にて尋ねたところ、表1のような結果が得られた。表中の「その他」には、解読不能や意味不明の回答、質問の意図を捉えていない回答などが含まれている。

表1 雲についての既存の知識（カッコ内は回答数）

<b>幼児</b> ・水・水蒸気から出来ている (7) ・色について (4) ・雷と関係がある (2) ・知らない (9) ・その他・無回答 (7)
<b>小学生</b> ・水が蒸発して出来た (28) （上記の内、水の循環と絡めた記述 (2)） ・雲の種類について (10) ・色について (8) ・氷の粒のかたまり (3) ・雨を降らず、暖かいところから冷たいところへ行く、季節による (各1) ・知らない (24) ・その他・無回答 (20)
<b>中学生</b> ・水蒸気から出来ている (2) ・風で流される、雪や雨を降らせる (各1) ・無回答 (1)
<b>高校生</b> ・知らない (3)
<b>大学生</b> ・水・水蒸気から出来ている (6) （上記の内、「水蒸気が上空で冷やされる」 (1)） ・西から東へ移動する、気圧の低いところから出来る、雲の種類について、チリも混ざっている (各1)
<b>大人</b> ・水蒸気から出来ている (32) （上記の内、「水蒸気が上昇し、冷やされて出来る」 (5)、(飽和)水蒸気と気圧の変化について(2)、水の循環と絡めた記述 (1)） ・赤道周辺で発生する (6) ・海で出来る、海水が蒸発して出来る (11) ・雨を降らせる (11) ・雲の流れについて (8) ・雲の種類について (5) ・気温と気圧が関係している、季節によって違う (各2)

<ul style="list-style-type: none"> <li>・都内でも小さな雲が急に出来ることがある, 氷の粒 (各 1)</li> <li>・知らない (12)</li> <li>・その他・無回答 (35)</li> </ul>
--

高校生を除くどの世代においても, 水蒸気との関連について言及した人がいた (幼児 7 人, 小学生 28 人, 中学生 2 人, 大学生 6 人, 大人 32 人)。水蒸気との関連についての記述のほとんどは, 「雲は水蒸気からできている」というものであったが, そのうち, 地球規模でも水の大循環に触れた人は, 小学生で 2 人, 大人で 1 人であった。また, 小学生 1 人, 大学生 1 人と大人 5 人は, 「水蒸気は上空で冷やされて雲になる」と, メカニズムについて述べた。

雲に関するその他の事柄として, 小学生から大学生にかけては, 西から東に移動する, 雲には様々な種類があるなどをはじめとして, 学校の理科で扱う内容を記述した参加者が多かった。一方で, 大人の回答には, 赤道付近で発生する, 海水が蒸発してできる, 都内でも小さな雲が急にできることがあるなど, 学校で扱う内容を越えた事柄を記述した人もいた。

また, 気圧との関連に触れた参加者は, 大学生 1 人と大人 4 人であった。

## 2) オーロラについての既存の知識

オーロラについての既存の知識を自由記述にて尋ねたところ, 表 2 のような結果が得られた。表中の「その他」には, 解読不能や意味不明の回答, 質問の意図を捉えていない回答などが含まれている。

表 2 オーロラについての既存の知識 (カッコ内は回答数)

<p><u>幼児</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・色がきれい (5)</li> <li>・アラスカで見られる (2)</li> <li>・寒いところで見られる (2)</li> <li>・カーテンみたい (2)</li> <li>・ドーナツみたい (1)</li> <li>・知らない (8)</li> <li>・その他・無回答 (8)</li> </ul>
<p><u>小学生</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・色について (22)</li> <li>・寒いところで見られる (6)</li> <li>・極地付近で見られる (5)</li> <li>・アラスカ, 北で見られる (5)</li> <li>・カーテンみたい (5)</li> <li>・丸い (4)</li> <li>・日本でも見られる (3)</li> <li>・夜で見られる (2)</li> <li>・知らない (23)</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>・その他・無回答 (29)</li> </ul>
<p><u>中学生</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・カーテンみたい (2)</li> <li>・色が変わる (2)</li> <li>・磁気に関係している, イオンが変わる (各 1)</li> </ul>
<p><u>高校生</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・寒いところに出来る (2)</li> <li>・太陽と磁気の関係で出来ている (1)</li> </ul>
<p><u>大学生</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・寒いところで見られる (5)</li> <li>・空気がきれいなところで見られる, 電気で出来ている, 太陽風に関係がある, 紫外線などの波が地球の表面に当たると見える現象 (各 1)</li> </ul>
<p><u>大人</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・カーテンみたい (19)</li> <li>・太陽風と地磁気の影響で出来る (20) (上記の内, プラズマに言及 (2), 電磁波のみに言及 (1))</li> <li>・寒い地域で見られる (17)</li> <li>・アラスカ(高緯度地方)で見られる (12)</li> <li>・極地域で見られる (10)</li> <li>・太陽の周期に左右される (4)</li> <li>・冬に見える, 寒いと見える (2)</li> <li>・日本でも見られる, 南北で見える, 南北でペアになって見える (各 1)</li> <li>・知らない (6)</li> <li>・その他・無回答 (29)</li> </ul>

高校生と大学生を除く世代において, カーテンみたいとの記述や色についての記述など, 見た目についての記述が見られた (幼児 6 人, 小学生 27 人, 中学生 4 人, 大人 19 人)。また, 中学生を除く全ての世代において, 寒い地域で見られるとの記述が見られた (幼児 2 人, 小学生 6 人, 高校生 2 人, 大学生 5 人, 大人 17 人)。一方で, 極点 (付近) で見られるとの記述は小学生 5 人, 大人 12 人に, そして高緯度地方で見られるとの記述は, 大人 10 人に見られた。

太陽や地磁気との関連について記述した人は, 幼児・小学生には見られず, 中学生 1 人, 高校生 1 人, 大学生 1 人, 大人 24 人 (太陽風と地磁気の影響でできると記述した 20 人と太陽の周期に左右されると記述した 4 人の合計) であった。うち, プラズマに言及したのは, 大人 2 人であった。また, オーロラの色をイオンと結びつけて捉えている記述 (中学生 1 人) も見られた。

この既存の知識に関する回答には, 「紫外線などの波が地球の表面に当たると見える現象 (大学生 1 人)」「寒いと見える (大人 2 人)」「冬に見える (大人 2 人)」, そして「極地付近で見える (小学生 5 人, 大人 10 人)」などの科学的に正しくない記述も見られた。

3) プログラムでおもしろかったこと・新たに学んだこと

プログラムでおもしろかったことおよび新たに学んだことを自由記述にて尋ねたところ、表3のような結果が得られた。表中の「その他」には、解読不能や意味不明の回答、質問の意図を捉えていない回答などが含まれている。

表3 おもしろかったこと、新たに学んだこと（カッコ内は回答数）

<p><u>幼児</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・雲はアメリカまで流れる (1)</li> <li>・雲の種類 (1)</li> <li>・オーロラはドーナツみたい (6)</li> <li>・オーロラはアラスカで見られる (1)</li> <li>・クイズ (5)</li> <li>・迷路 (4)</li> <li>・リモコンで画像を動かすこと (4)</li> <li>・ワークシート (1)</li> <li>・その他 (11)</li> </ul>
<p><u>小学生</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・雲は日本からアメリカへ流れる (6)</li> <li>・砂漠の上で雲が消える (3)</li> <li>・雲は極地で渦を巻く (2)</li> <li>・オーロラの出来る場所 (14) (上記の内、アラスカで見える (9)、北極点を中心にして見える (1))</li> <li>・オーロラのかたち (15)</li> <li>・オーロラの仕組み (6) (上記の内、プラズマについて言及 (1)、磁力と絡めた記述 (1))</li> <li>・プラズマは遠回りをして地球に届く (5)</li> <li>・磁気圏のかたち・磁気圏が吹き飛ばされる (5)</li> <li>・オーロラの色・かたち (3)</li> <li>・日本でもオーロラが見られる(2)</li> <li>・太陽の影響 (1)</li> <li>・リモコンで画像を動かすこと・半球 (7)</li> <li>・クイズ (9)</li> <li>・迷路 (3)</li> <li>・なし (1)</li> <li>・その他・無回答 36)</li> </ul>
<p><u>中学生</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・オーロラのかたち (1)</li> <li>・説明, クイズ (各1)</li> <li>・無回答 (1)</li> </ul>
<p><u>高校生</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・オーロラはスウェーデンで見える, 日本で見える オーロラは赤色をしていて, 酸素が関係している (各1)</li> <li>・クイズ (2)</li> </ul>
<p><u>大学生</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・雲の移動するスケールの大きさ (1)</li> <li>・オーロラのでき方 (5) (上記の内、磁力について言及 (1))</li> <li>・オーロラのかたち, 北極点では見えない (各1)</li> <li>・分かりやすい図 (1)</li> </ul>
<p><u>大人</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・雲の消える場所 (7)</li> <li>・雲の流れ方 (7)</li> <li>・雲のできる場所 (2)</li> <li>・雲の種類, でき方 (各1)</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>・オーロラの仕組み (17)</li> <li>・オーロラの見える場所 (10) (上記の内、寒いところでなくても見られる (1), 極点では見にくい (1), 日本でも見られる (1), 南半球でも見られる (2), 北極よりもアラスカで見られる (2))</li> <li>・オーロラのかたち (8)</li> <li>・オーロラがプラズマだったこと (6)</li> <li>・磁気圏・磁気について (5)</li> <li>・太陽風, 色について (各3)</li> <li>・太陽から電磁波が出る, 太陽の力により見え方が違う (各1)</li> <li>・半球の画像・動かしたこと (11)</li> <li>・解説 (9)</li> <li>・ワークシート, クイズ (各3)</li> <li>・立体の地球を使って全体のスケールで眺めたこと (3)</li> <li>・その他・無回答 (14)</li> </ul>
---

この質問において、どの世代においても、オーロラについての記述の数が雲についての記述の数を上回った。

雲について参加者に伝えたい事柄は、雲は赤道付近で活発に発生すること、砂漠で消滅すること、そして身近な事柄として、日本で見られる雲のかたまりは太平洋を渡ってアメリカまで到達することであった。雲のできる場所についての回答は大人2人に見られ、雲の消える場所についての回答は、小学生3人、大人7人に見られた。日本で見られた雲のかたまりが太平洋を渡ってアメリカまで到達することについては、幼児1人、小学生6人が回答し、雲の流れ方と答えた大人7人のうち、アメリカまで行くことと具体的に記述したのは1人であった。また、雲の流れ方に関連して、立体の半球に投影された画像を見て、雲が移動するスケールの大きさ（を実感した）と答えた大学生もいた。

オーロラに関して参加者に伝えたい事柄は、主にオーロラの見える場所、オーロラのかたち、オーロラの発生する仕組みであった。オーロラの見える場所（極点付近よりも、スウェーデンやアラスカなどの、すこし緯度の低い領域で最もよく見られることを理解した）に関する記述は、幼児1人、小学生14人、高校生1人、大学生1人、大人10人であった。オーロラの見える場所についての既存の知識と学んだことの記述の数を比較したところ、表4のようになった。なお、記述の数は、具体的な記述のみを抜粋して集計した。

表4 オーロラの見える場所に関する既存の知識 (事前) と学んだこと (事後) の比較

	アラスカ		寒い所		極点付近		日本	
	事前	事後	事前	事後	事前*1	事後*2	事前	事後
幼児	2	1	2	0	0	0	0	0
小学生	4	9	6	0	5	0	3	2
中学生	0	0	0	0	0	0	0	0
高校生	0	1	2	0	0	0	0	0
大学生	0	0	5	0	0	1	0	0
大人	12	0	17	1	10	1	1	1

\*1: 「極点付近で見える」との記述の数

\*2: 「極点付近では見えない」との記述の数

既存の知識 (事前) に関しては、表中の回答の他に、「北で見える」と答えた小学生が1人と「空気のきれいなところで見える」と答えた大学生が1人いた。学んだこと (事後) に関しては、「北極点を中心にして見える」と答えた小学生が1人と「南半球でも見える」と答えた大人が3人いた。また、学んだこと (事後) において「アラスカで見える」と答えた小学生9人のうち2人は、「北極点よりもアラスカでよく見える」とより具体的に回答した。

この比較より、誤概念であった「寒いと見える」「空気のきれいなところで見える」「極点付近で見える」との回答がなくなり、「極点付近では見えない」との回答は逆に増えていることが見て取れる。しかし、「北極点を中心にして見える」と回答している参加者も1人おり、この参加者においては、誤概念を正すことができなかった。

実際には、地磁気緯度の高いところでオーロラが見えているのだが、それが偶然寒いところであった。プログラムで学ぶ前にはそこが誤概念として表れていたが、プログラムにより寒いから見えるのではなく、磁気との関係でその場所に見えることを学んだ。

オーロラのかたち (地上で見るとカーテンみたいであるが、宇宙から見るとドーナツ型をしている) に関する記述は、幼児6人、小学生15人、中学生1人、大学生1人、大人8人であった。オーロラの発生する仕組み (太陽から吹いてくるプラズマ粒子が、地球の磁気圏を通して大気にあたり光を発する) に関する記述は、小学生6人、大学生5人、大人17人であった。オーロラの発生と直接からめて記述していないが、プラズマ、磁気圏や太陽風についての記述は、小学生11人と大人

10人に見られた。しかし、これは専門性の高い内容であるため、プラズマや磁力を元に具体的に記述したのは、小学生2人と大学生1人に止まった。また、日本でオーロラが見えることがあることに言及したのは、小学生2人、高校生1人であった。また、「紫外線が地球の表面にあたると見える現象」という記述がここでは見られなかったため、この誤概念も正されたと考えられる。

プログラムを運営するための装置として、半球に画像を投影したこと、リモコンで画像を動かしたこと、クイズの宝箱 (図6)、ワークシートを用意した。どの世代においても、それらは効果的に作用したようで、それぞれの回答は表5のようになった。

表5 おもしろかったこと (装置)

	半球	リモコン	クイズ	ワークシート	その他
幼児	2	1	4	5	0
小学生	0	5	9	4	0
中学生	0	0	3	0	0
高校生	0	0	0	0	0
大学生	0	0	0	0	0
大人	8	5	4	3	7



図6 プログラムで使ったクイズの宝箱

高校生、大学生では、装置そのものを挙げた人は見られなかった。何らかの装置を挙げた小学生、中学生、大人のうち、クイズを挙げた人は、どの世代においても最多であった。

幼児、小学生ではワークシートを挙げた人が多く、大人は半球に画像を投影してみたことを挙げた人が多かった。また、リモコンを使って画像を自在に動かすことは、小学生5人と大人5人に見られた。これは、昨今流行しているゲーム機のリモコンを体験することによる効果と、逆にリモコンが通常ゲームで

行う使い方とは異なるため、幼児には扱いづらいものであったことによると思われる。

### 評価結果—一度は見たい！大きな施設（科学技術に関する社会科見学）

#### 1) 見学で印象に残ったこと

ここでは、「この水再生センターの大きさや、センターで使われている技術について印象に残っていること、おもしろいと思ったことを何でも書いてください」と質問し、参加者には自由記述にて答えてもらった。

表 6 見学で印象に残ったこと回答

参加者	印象に残ったこと
1	<ul style="list-style-type: none"> <li>大都市である東京の主要4区を一つの下水処理場の設備で賄っていたのは驚いた。</li> <li>よく知られている塩素による処理やオゾンでの浄化の他に、複雑な道のりをたどって海へ至ることを知り、新たな知識を得られた喜びを持った。</li> <li>世界でも最古の技術が利用され、開発されていることを知り、日本の技術力の高さを再確認した。</li> <li>アジア諸外国への技術の紹介が行われていること。</li> </ul>
2	<ul style="list-style-type: none"> <li>薬は使わずに、全て活性汚泥できれいにすること。</li> <li>少し汚い水でないと活性汚泥は活動しないこと。</li> <li>水と空気の割合が1:6であること！（第二沈殿）。</li> <li>この水再生センターでも4区しか処理できない→区部ではたくさんの土地が再生センターとして利用されていること。</li> </ul>

参加者1、参加者2共に水再生センターの規模について言及した。たくさんの土地を使って建設され、実際に見てその大きさを実感した水再生センターをもってしても、東京都の四つの区の排水しか処理できないことから、利用されている水の量がいかに大きいか気づいた様子が分かる。しかし同時に、参加者1は芝浦水再生センターが大都市の主要4区を一つの処理場で賄っていることに驚き、参加者2はこの規模の水再生センターでも四つの区しか賄うことが出来ないと感じているように、逆の印象を持ったことが分かる。

参加者1は下水処理過程の詳細を初め、日本の下水処理の技術が国際的にも水準が高くアジア諸国にも使われているということが大きく印象に残ったようであり、参加者2は芝浦水再生センターで行われている下水処理の各ステップにおいて、活性汚泥が使われていること、そして下水処理における活性汚泥の特性利用（少し汚い水でないと活性汚泥は活

動しないこと、水と空気の割合）が印象に残ったようであった。

#### 2) 生活と水との関わり

生活と水との関わりについて、参加者の一日に使う水の量を推測してもらい、内訳を示すことで推測した理由を書いてもらった。

表 7 一日あたりの水使用量と内訳回答

参加者	一日あたりの使用量と内訳
1	使用量：30L 内訳： ・飲料水：2L ・食事含有水：10L（ヴァーチャルウォーター） ・洗面など水道水：3L ・シャワーや風呂：15L
2	使用量：500Lくらい？ 内訳： ・トイレ ・飲み水 ・洗面 ・お風呂 ・料理 ・洗濯

国土交通省土地・水資源局水資源部の報告書<sup>1)</sup>によれば、一日に使う生活用水の量は、1人あたり307Lである（2005年度実績）。また、その使途の内訳は、トイレ（28%）、風呂（24%）、炊事（23%）、洗濯（17%）、洗顔・その他（8%）である（東京都水道局調査平成14年度実績<sup>2)</sup>）。

参加者の回答より、生活用水の使用量は実際よりも大きな開きがあったが、内訳はほぼ実情に近いものが挙がった。

#### 3) 水再生センターの生活における役割

水再生センターが壊れて使えなくなったら暮らしはどうなるか、汚れた水をどう処理するかを尋ねたところ、表8のような回答が得られた。

表 8 水再生センターの生活における役割回答

参加者	もし、あなたの街の水再生センターが壊れてしまい、使えなくなったとしたら、あなたは家から出る汚れた水をどうしますか？そう答えた理由と、それをするとどうなるかも教えて下さい。
1	案1 どうする：ためる(自宅の中でもよいが、空き地や工場などの倉庫にタンクを設置し、住民コミュニティの中で問題解決まで管理する。汚物水、生活排水は区別する) 理由：汚水を何らかの方法でため、田舎の農家に処理をお願いするシステムを、住民のコミュニティから形成し、役所に届

	<p>け、市町村主体の都市→田舎の汚水処理システムを構築するため。  <u>どうなる</u>：うまく行けば問題解決となるが、課題は、過疎化が進む農村地区の農地不足である。問題の範囲が一市町村であれば、大きな問題ではないかもしれないが。                  案2  <u>どうする</u>：ためて、大気中に蒸発させる(ためる場所は、家か宅地かは分からない)  <u>理由</u>：住民には慣れを要するが、既存のもので解決できる。  <u>どうなる</u>：一部住民から苦情が出るかもしれない。あくまでも一時的な策。</p>
2	<p><u>どうする</u>：お風呂は水をかえないで使う。トイレは災害用の簡易トイレを使う。他は流す(土にやる、川に流す)  <u>理由</u>：たくさんのお水を家でためておくことは無理だが、水を全く使わない、出さないことも無理なので、なるべく使わず、使ったものは流そうと思った(土にやる方が、川に流すよりもいいような気がする)。  <u>どうなる</u>：みんなが流し続けたら、いつか海に流れていって(垂れ流し)、汚染されてしまう。しかし、トイレには限界があるので、結局は流れてしまう。</p>

この質問のねらいは、社会の基幹設備を使わず、自助努力により家庭排水を処理する手だてを考えてみることであり、そしてそれを考える過程において、自助努力にも問題点や限界があることに気づき、暮らしにおける処理場の役割や大切さを認識してもらうことであった。ここでは、可能な限り実現可能な方法を考えてもらうようにしたが、真に実現可能か否かよりもむしろ社会における状況や地域の人々など、いかに様々な要因を考慮して考えているかに着目して回答を分析した。

表8に示した結果より、参加者は、もし浄水施設が壊れたら、汚れた水をためて他地域(田舎)に処理を依頼する、汚れた水をためて蒸発させる、もしくは水の使用量を最小限に抑え、使った分は環境に負荷の少ない方法で流すとの回答に分かれた。

参加者1が回答した案1は、水再生センターの故障が重度なもので、長期にわたる対策が必要である場合のものであるということであった。ここでは、壊れてしまった水再生センターに代わって、汚水を田舎に送り農地の肥料へと有効利用するための新しいシステムを市町村も巻き込んで構築することを目指し、自分の使った汚れた水をためて、肥料として使える有機的な汚水と洗剤など化学合成成分の混ざった汚水とに分け、新システム完成までの間に地域単位で保管しておくということ

であった。

これは、水の処理が出来ないという都市部の問題と農地の肥料が足りないという田舎の問題の双方が同時に解決できることをねらった案であり、社会を比較的大きな範囲で捉えている。また、この参加者は、都市の問題の規模によっては成功するのではないかと推測している一方で、汚水を処理する田舎の農地不足により案がうまくいかないことにも気づいている。

案2は、ためて大気中に蒸発させるとして、一人一人が汚れた水を集めて処理する自助努力の範囲で書いてあり、新規に何かを開発・調達しなくても問題が解決できると考えている。しかし、住民から苦情が出るかもしれないという点で方法の限界を感じており、あくまでも一時的な策としている。

参加者2の回答は、水の使用を最小限に抑えるといった、まずは個人レベルで出来ることを実行し、それでも出てしまった汚れた水については、自然の自浄作用の範囲で流すことによって処理をすることを提案するものである。しかし、少しの水でも多くの人汚れた水を流し続けたり、簡易トイレの限界を超えて使い続けたりしたら、最終的には海に達して汚染されてしまうとして、この方法では解決しきれないことに気づいている。

### 考察

本プログラムにおける科学技術に関する仮想社会科見学と科学技術に関する社会科見学の実践より、以下の4点が明らかとなった。

- 1) デジタル地球儀(科学技術に関する仮想社会科見学)において雲について学んだことを記述した回答のうち、どの世代の参加者も、地球上での雲のできる場所や消える場所、雲の流れを理解した。
- 2) デジタル地球儀(科学技術に関する仮想社会科見学)においてオーロラについての参加者の既存の知識からは、誤概念と判断されるものがいくつか見つかったが、プログラムを体験したことによってほとんどが正された。
- 3) デジタル地球儀(科学技術に関する仮想社会科見学)において半球の映像やリモコンでの操作、クイズ、ワークシートなどの装置が効果的に作用し、スケールの移動(自分の目で見る実際の雲や天気予報などで見る雲から、地球規模での雲の動きへの視点の変化)や視点移動(地上

から空を見上げる視点から宇宙から地球を見る視点への変化) が達成された。

- 4) 一度は見たい! 大きな施設 (科学技術に関する社会科見学) において, 既存の知識を有効に利用して, 社会の様々な要因を考慮しながら自分なりに水の処理に関する考えを表現することができた。また, どの参加者が考えた方法も限界に行き当たった。それにより, 社会基幹設備の一つである水再生センターの役割と価値 (社会で水再生センターを持っていることが大事なのだという視点) を再認識したと思われる。

なお, デジタル地球儀 (科学技術に関する仮想社会科見学) においても一度は見たい! 大きな施設 (科学技術に関する社会科見学) においても, 限られたサンプル数における実践であり, 特にデジタル地球儀 (科学技術に関する仮想社会科見学) では各世代におけるサンプル数が 3 から 115 と大きなばらつきがあるため, 一回答数の重みに違いがある。分析においては重みを考慮せず実回答数のみを用いて行ったことを, 本報告の限界点として記しておく。

## 謝辞

本プログラム中のデジタル地球儀 (科学技術に関する仮想社会科見学) においては, 京都大学大学院理学研究科の五井紫さん, 西憲敬先生, 国立科学博物館サイエンスコミュニケータ養成実践講座平成 19 年度「サイエンスコミュニケーション 1」修了生の森本美奈子さん, 東京大学大学院の豊田丈典さんにご協力頂きました。また, 一度は見たい! 大きな施設 (科学技術に関する社会科見学) では, 東京都下水道局芝浦水再生センター見学担当の益子さんにご協力いただきました。記して謝意を表します。

## 参考文献

- 1) 国土交通省 土地・水資源局水資源部 平成 20 年版日本の水資源について ~総合的水資源マネジメントへの転換~  
<http://www.mlit.go.jp/tochimizushigen/mizsei/hakusyo/H20/index.html> (2009.2.19)
- 2) 東京都水道局公式ホームページ 「水の上手な使い方」  
[http://www.waterworks.metro.tokyo.jp/life/g\\_jouzu.htm](http://www.waterworks.metro.tokyo.jp/life/g_jouzu.htm) (2009.2.19)



## II プログラム開発と実践

### 2. プログラムの実践報告

#### 2-3. 大学・成人・ファミリー向けプログラム



## われら海岸調査隊 ～地元の海を知りつくそう！～

### We Are Beach Explorers : Let's Know Everything About Our Local Marine Environment!

有田寛之<sup>\*1</sup>, 高橋みどり<sup>\*1</sup>, 高田浩二<sup>\*2</sup>, 三宅基裕<sup>\*2</sup>

国立科学博物館<sup>\*1</sup>, 海の中道海洋生態科学館<sup>\*2</sup>

Hiroyuki ARITA<sup>\*1</sup>, Midori TAKAHASHI<sup>\*1</sup>, Koji TAKADA<sup>\*2</sup>, Motohiro MIYAKE<sup>\*2</sup>

National Museum of Nature and Science<sup>\*1</sup>, Marine World Umino-nakamichi<sup>\*2</sup>

概要: 親子が身近な海の生物という切り口をきっかけに, 地域の環境と食や暮らしの関わりに気づき, 理解を深めることを目的として実施する継続学習プログラムを開発した。

キーワード: 科学系博物館, 地域の環境, 海岸, 親子

#### はじめに

四方を海に囲まれた日本列島に暮らす私たちの生活は, 海の環境と切り離すことはできない。環境問題が大きくクローズアップされる現代社会において, 海辺に住む市民にとって地元の海の環境を理解することは大変重要である。

多くの水族館や自然史博物館では, 海の環境や生物について理解する学習プログラムとして, 磯や干潟の観察会, 展示を使ったワークシートやクイズラリーなどを実施しているが, 単発的な学習であったり, 博物館と参加者との間の, その場限りの交流であったりすることが多い。

地域の自然を理解するためには, 一回限りの調査で得られる情報は限られるため, 四季を通じた調査, さらに経年変化まで調べる必要がある。そのためには, 博物館は参加者の自主的な活動の「きっかけ作り」役となり, 地域の知財, 人材を活用し, 学習プログラムが終わった後も参加者が立ち立ちして継続できる環境を作ることが重要と考えられる。

そこで, マリンワールド海の中道が中心となり, 地元の公民館や漁業関係者の協力を得て, 博多湾や玄界灘の海岸に漂着する生物を地域住民が継続的に調査し, さらに地域の海の特徴や, その特徴に合わせた漁業についても理解を深め, 地元の海について総合的に理解するためのファミリー向け継続学習プログラムを実施した。

#### プログラム開発のねらい

本プログラムにおけるねらいは以下の3点である。

- ・身近な海(博多湾, 玄界灘)の季節変化を, 海岸に漂着する生物など継続的に調査することにより理解する。
- ・身近な海の自然を総合的に理解し, 自分たちが日々の生活でこれから行うべきことを考えるよう

になる。

- ・継続的な調査から分かったことをまとめ, インターネット等を活用して情報発信ができるようになる。

#### プログラム開発の概要

上記ねらいを元に, 本プログラムの活動方針として, 四つの活動項目と, それぞれの項目における参加者の学習目標と, 具体的な活動を以下のように定めた。

##### 【活動項目1】

地元の漁港で水揚げされる漁獲物や海岸に漂着する生物の季節変化を調査する。

<学習目標>

- ・博多湾, 玄界灘という身近な海の季節変化を理解する。
- ・自然の理解のために, 継続して調査することの重要性を理解する。

<具体的な活動>

- ・グループごとに調査する海岸・漁港を決め継続的に調査し, 違いも比較する。
- ・漂着生物はコドラート法による定量的調査を行う。
- ・市場の仲買人や地元漁師へのインタビューを行う。

##### 【活動項目2】

地域の地理的特性と海産物との関わりを調査する。

<学習目標>

- ・様々な異なる海の環境それぞれに適応した生物が生息していることを理解する。
- ・人間が昔から環境に合わせた暮らし(産業, 食生活)を営んでいることに気づく。

<具体的な活動>

- ・水族館を見学し、博多湾の生きものについて理解する。
- ・地元の海の特産品を、実際に食べ歩きをするなどして探る。
- ・海岸構造と漁法、海の生物の生活史と漁法の関係を調査する。

### 【活動項目3】

漁獲高の経年変化や、環境の変化について調べる。

＜学習目標＞

- ・自分たちが得た情報を長期的な時間軸のなかに当てはめ、より理解を深める。
- ・地域の自然を総合的に理解し、自分たちがこれから行うべきことを考える。

＜具体的な活動＞

- ・出版物やインターネットで公開されている情報を検索する
- ・水族館関係者、漁業関係者等の専門家にインタビューを行う。

### 【活動項目4】

調べた成果を発表する。

＜学習目標＞

- ・学んだ内容をまとめ、外部に発信することができるようになる。

＜具体的な活動＞

- ・各グループによるブログの更新。

この活動方針をもとに、マリンワールド海の中道が中心となり、調査地点(ステーション)を定めた。マリンワールド海の中道が位置する海の中道の地形は、海流が運んだ砂嘴構造であり、その海岸構造の始まりと中間点と終わりの3地点を結ぶことで、海流の存在やその海岸構造にも興味関心をもってもらうことをねらい、図1に示すように志賀島、奈多、津屋崎の3地点を選んだ。



図1 各ステーションの位置関係

また、プログラム終了後も自主的に活動が継続するよう、各ステーションの世話役として、地域の生涯学習の拠点となる公民館や NPO の協力を得た。それぞれ、以下の通りである。

ステーション1 志賀島(志賀公民館)

ステーション2 奈多(奈多公民館)

ステーション3 津屋崎(つやざき海辺の自然学校)

ステーションごとに海岸の漂着生物の観察会を実施し、参加者に調査方法を理解してもらうだけでなく、観察会では地元の漁業関係者、水族館関係者によるレクチャーや見学会を同時に開催し、地域の海を総合的に理解するきっかけを提供した。

情報発信については、参加者だけが閲覧、投稿することができるブログを開設し、観察会や自主的な海岸調査の成果を積極的に投稿するように促した。

また、これらの観察会やブログの活用により、三つのステーションの参加者同士がそれぞれの海岸環境に興味・関心をもって交流できることもねらいとした。

### プログラム実施の概要

本プログラムは 2009 年5月から 2010 年2月にかけて、福岡市の海岸や漁港を中心に実施した。参加登録を行ったのは、ステーション1(志賀島)は8家族 28 名、ステーション2(奈多)は3家族 12 名、ステーション3(津屋崎)は8家族 25 名であった。

各ステーションでの活動日については、事前にブログにて公開し、他ステーションの家族も自由に参加できるようにした。また、合同の観察会も2回開催した。各活動日の概要は以下の通りであった。

自主的な調査結果については、ブログに報告するように参加者に依頼するとともに、マリンワールドの入館は無料とし、海岸調査に関連して、展示を見て調べたり、スタッフに質問したりできるようにした。

2009年5月10日(日)14時～17時

ステーション2(奈多)観察会

参加者:3家族 12名

ここではまず、奈多公民館にて、奈多漁港の昔と今と題し、奈多漁協の組合長から奈多漁港の地形や漁獲高の変遷、伝統的な漁法であるイカカゴ漁や手漕船、鯛網による漁の話聞き、当日

の朝獲れた魚介類の観察を行った(図2)。



図2 漁業に関する講義の様子

その後、奈多海岸に移動して、漂着生物の観察会を行った。定量的な調査として、海岸のある区画を5メートル×10メートルに区切り、その中の漂着生物を調査した。それに加え、海岸全体を歩き、漂着生物を探した(図3)。



図3 奈多海岸での調査の様子

2009年5月16日(土)  
ステーション1(志賀島)観察会  
参加者:2家族5名

ここでは、志賀公民館にて元漁協の職員の方から志賀島の環境の変化について話を聞いたあと、志賀島の大岳海岸にて、奈多海岸での調査と同じ方法で漂着生物を調査したが、悪天候のため短時間で打ち切り、志賀公民館に戻って収集した漂着生物の同定を行った(図4)。



図4 志賀公民館での調査の様子

2009年5月24日(日)  
ステーション3(津屋崎)観察会  
参加者:1家族5名+スタッフ3名

この日は、福津市津屋崎の恋の浦海岸にて、漂着生物の調査を行った(図5)。



図5 恋の浦海岸での調査の様子

2009年6月28日(日)  
ステーション1(志賀島)観察会  
(クルマエビ養殖)

参加者:6家族22名

この日は、志賀島にあるクルマエビとガザミの養殖場を見学した(図6)。この養殖場では、小エビと小ガニを育てて博多湾に放流しているが、地元の人々にもあまり知られていない。



図6 クルマエビ養殖場の様子



図8 ブログの内容を発表する様子

養殖場の見学後、大岳海岸に移動し、前回と同様の漂着生物の観察を行った(図7)。



図7 大岳海岸での調査の様子

その後、マリンワールド海の中道館長から、海図を使ったぬりえ体験などを交え、博多湾周辺の海流や海底地形の解説を受けた(図9)。海図のぬりえは、等深線を元に色を塗り分けることで、海面下の海の地形に理解、関心をもつことをねらいとして行った。



図9 海底地形のぬりえを行う様子

2009年8月9日(日)

第1回全体会(志賀島公民館)

参加者

志賀島:3家族8名

奈多:2家族6名

津屋崎:1家族5名

この日はステーションごとに参加者が自己紹介を行い、ブログをスクリーンに投影しながら、各ステーションでの今までの活動報告と質疑応答を行った(図8)。

2010年2月13日(土)

第2回全体会(志賀島公民館・カキ養殖)

参加者

志賀島:3家族8名

奈多:2家族7名

津屋崎:4家族15名

この日はまず志賀公民館にて、志賀島と奈多の漁港内で3年前から試験的にはじめたカキ養殖について、現場を撮影したビデオ映像を用いてマリンワールド海の中道職員と漁師による概要の解説を行った(図10)。



図 10 カキ養殖現場を解説する様子

その後奈多漁港に移動し、参加者は漁船に乗ってカキを養殖している筏まで行き、実際の養殖の様子を間近に見た(図 11)。



図 11 カキ養殖現場での見学の様子

漁港に戻り、漁船の海上における定位法について、漁船の操舵席を実際に見せながら解説を行った(図 12)。



図 12 漁船の操縦席を解説する様子

漁船の操舵室では、参加者は磁石(コンパス)と海図を元に船の位置を確認する方法を学び、8月の全体会でぬりえを行った海図が漁業の現場でどのように活用されているのか理解を深めた。

午後はマリンワールド海の中道に移動し、館内の自由見学及び、カキの試食を行った。

参加者によるブログへの記事の投稿は、観察会に関するものが9件、自主調査に関するものが9件であった。

### アンケート調査の実施

第2回全体会終了後に、参加を登録した全ての家族にアンケート用紙を配布した。回答を求めた項目は、参加した観察会(選択式)、観察会に参加して知ったことや印象に残ったこと(自由記述)、自主的な調査の回数、自主調査で知ったことや印象に残ったこと(自由記述)継続的な調査の面白かった点や不都合な点(自由記述)、日々の生活での変化(自由記述)、ブログへの投稿の有無(選択式)、投稿時の工夫(自由記述)、ブログを活用することで都合のよかった点と悪かった点(自由記述)であった。

### 調査結果

アンケートは、志賀島ステーションから6家族、奈多ステーションから2家族、津屋崎ステーションから3家族の、計11家族の回答を得た。

#### 1) 観察会への参加状況

全ての家族は自らが所属するステーション又は全体会にのみ参加し、他ステーションの活動への参加は見られなかった。

#### 2) 学んだ内容

観察会に参加して学んだことの中で、新たに知ったことや印象に残ったこと(質問 1-1)としては、

- ・漁獲高の減少(志賀島①)
  - ・漂着生物の数や種類(志賀島②津屋崎①②③)
  - ・福岡で漁業を行っていることや、その内容(志賀島③④⑥)
  - ・海岸の様子や季節や時間による変化(志賀島⑤奈多②)
  - ・漂着するゴミの量(奈多②津屋崎③)
  - ・調査方法やプログラム運営への理解(津屋崎②)
- が挙げられた。

観察会以外に、自主的に調査を行った回数(質問 1-2)は図 13 のとおりであった。

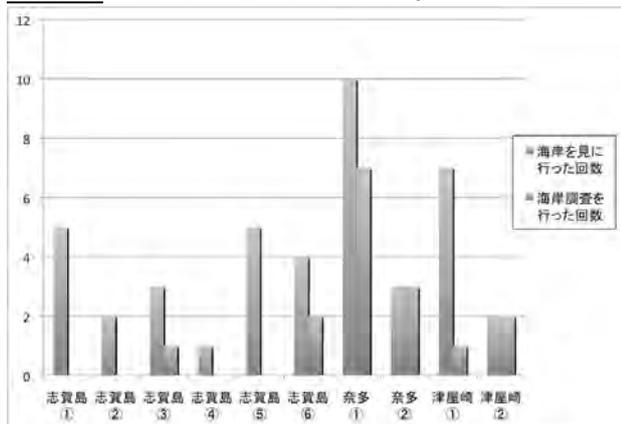


図 13 家族ごとの自主的な調査の回数

回数を記入しなかった1家族も、毎週海に足を運んでいると回答しており、どの家族も一度は自主的に海岸へ足を運んだことは明らかとなったが、観察会で指導したような調査方法で調査を行った家族は、9家族中5家族にとどまった。

自主的に調査を行ったことで、新たに知ったことや印象に残ったこと(質問 1-3)として

- ・流れ着いたり生物についたりしたゴミ、海の汚れ(志賀島①⑤奈多①②津屋崎③)
- ・漂着物の季節変化や多様性(志賀島⑤⑥)
- ・海岸の季節変化(志賀島③津屋崎①)
- ・海岸線の変化(奈多①津屋崎②)
- ・海岸に人が来ること(奈多①)
- ・漂着生物の具体例(津屋崎②)

が挙げられた。

継続的に調査を行うことで、面白かった点として

- ・漁業関係者や水族館職員の話が聞けて身近に感じることができた(志賀島③)
- ・観察会が勉強になり、面白かった(志賀島④)
- ・海、生物、漂着物について興味がわき、特に子供は知識を吸収して更に関心が出た(志賀島⑤)
- ・一年を通して振り返ると、違いが分かって面白い(奈多①)
- ・海岸の様子の違いに気付けた(津屋崎①)
- ・継続的に行うことで変化を感じ、違う海岸に行くことで比較ができ、違いを知って地域の理解につながる(津屋崎②)
- ・自然の偉大さを感じた(津屋崎③)

が挙げられた。一方で、継続的に調査を行うことで、不都合を感じた点として

- ・移動が多い(志賀島③)
- ・年間スケジュールが事前に分からない(志賀島

⑥)

- ・自主的な調査だと継続が難しい(志賀島④)
  - ・毎回同じ海岸だと子供たちが飽きる(奈多①)
  - ・特に変化や、これといった生物がない時などは、報告すべきか迷う(奈多①)
  - ・漂着生物の同定が難しい(津屋崎②)
- 海、海辺に流れついたゴミが調査の妨げとなる(津屋崎③)が挙げられた。

### 3) 行動の変化

今回の活動を通して、日々の生活の中で変化した行動や、これからどう行動するべきか感じ始めたこととして

- ・生活排水やゴミを捨てない、減らすといった、自然を守る活動をしたい(志賀島①奈多①②)
  - ・資源の無駄づかいが海の生物に大きな影響を与えていることの再認識(志賀島②)
  - ・日常生活の中で改善すべきところはないか考えるようになった(志賀島②)
  - ・海や海の生き物への関心が深まった(志賀島③)
  - ・合成洗剤をほとんど石けんにかえた(志賀島⑤)
  - ・生物以外にも海の環境変化を観察していきたい(志賀島⑥)
  - ・自然をもとの美しい姿に戻すことが大切だと思った(津屋崎③)
  - ・今まで以上に海を身近に感じられるようになった(津屋崎①)
  - ・情報発信をすることで、新たに知ることが出来るので情報発信が必要(津屋崎②)
- が挙げられた。

### 4) 情報発信

ブログへの記事の投稿を行ったのは11家族中5家族で、コメントの投稿を行ったのは1家族のみであった。

記事やコメントを書く際の注意点や工夫として

- ・読み手に対する分かりやすさ、おもしろさ(志賀島①奈多①)
  - ・文章の正確さ(志賀島③津屋崎②)
  - ・情報の正確さ(志賀島④)
  - ・自分の思ったことをすこしでも書く(奈多①)
- が挙げられた。

ブログを活用したことについて、都合のよかった点として

- ・他者や他ステーションの観察の様子が分かる

- (志賀島①③④⑥奈多②津屋崎①)
- ・見ようと思えばいつでも見られる(志賀島⑤)
  - ・身近な情報を新しいまま多くの人と共有できる(奈多①)
  - ・自分の情報に対する回答や情報が興味深く、特に子供達が見て楽しんでいた(津屋崎②)が挙げられた。

情報発信まではできても、他者の情報発信に対して補足をしたり、意見を述べたりというコミュニケーションまではあまり見られなかった。

ブログを活用したことについて、都合が悪かった点として

- ・PC やブログに慣れていない、操作が煩雑(志賀島①③⑤奈多①②津屋崎③)
  - ・更新頻度が低い(志賀島④津屋崎②)
- の二点に意見が集まった。

### 考察

本プログラムでの実施結果は以下のようにまとめることができる。

「身近な海(博多湾、玄界灘)の季節変化を、海岸に漂着する生物など継続的に調査することにより理解する。」というねらいについては、地元の海の調査や、海に関わる漁業関係者や水族館職員との交流により、身近な海への関心や理解の深まりが見られ、一部の参加者には季節変化への気づきも見られた。

「身近な海の自然を総合的に理解し、自分たちが日々の生活でこれから行うべきことを考えるようになる。」というねらいについては、具体的な行動の変化として現れた事例は家庭で使う合成洗剤を石けんに変えた、という一例のみだったものの、身近な海の重要性と、人間生活による影響の大きさに気づき、日々の生活の改善から始めようとする態度が見られた。しかし、今回の参加者の学びの態度はどちらかというと受動的であり、自主的に継続して調査を行い、問題や課題を見いだすところまでは至っておらず、自主的、継続的な学びに導く仕組み作りが、今後の課題として残る。

「継続的な調査から分かったことをまとめ、インターネット等を活用して情報発信ができるようになる。」というねらいについては、ブログの投稿を行った家族に関しては、他者に伝えることを意識した記事の作成がみられたが、インターネットやコンピュータを日常的に使用することに慣れていない家族も多く、情報発信、または受信の手段としてブログを活用することが必ずしも全ての家族に最適とは限らないことが明らかとなった。また、コメントの多くは運営者によるもので、参加した家族は



## 地球ツアー ～現在・過去・未来～

The Tour of the Earth –Present, Past, Future–

平田大二<sup>\*1</sup> 松原 聡<sup>\*2</sup> 原田光一郎<sup>\*2</sup> 高橋みどり<sup>\*2</sup>

<sup>\*1</sup>神奈川県立生命の星・地球博物館 <sup>\*2</sup>国立科学博物館

Daiji HIRATA <sup>\*1</sup>, Satoshi MATSUBARA <sup>\*2</sup>, Koichiro HARADA <sup>\*2</sup>, Midori TAKAHASHI <sup>\*2</sup>

<sup>\*1</sup>Kanagawa Prefectural Museum of Natural History, <sup>\*2</sup>National Museum of Nature and Science

概要: 博物館における学芸員免許取得のための実習に訪れた大学生を対象に、「地球の歴史と生物の進化」をテーマとしたガイドツアーを制作・試行する活動を立案した。

キーワード: 適応, 生きる, 競争, ガイドツアー, 表現力

### 開発の背景と目的

これまで、宇宙・地球・環境と社会グループでは、幼児向けには河原の小石、中高生向けには川の上流地域の鉱床や関東地方に分布する化石を切り口とするなど、各世代(発達段階)に応じた空間に焦点を当てて動的地球観を軸にプログラム開発を行ってきた。

大学・成人・ファミリーを対象とした本プログラムでは、国立科学博物館で実施している博物館実習を受講した大学生を対象に、地質、気候、生物など地球のあらゆる環境を巨視的に理解し、地球の時間的・空間的な広がり概念を概念的に捉えることを目的として、展示解説のガイドツアーを制作する。その過程において、扱う事項や関連する展示物に関する知識の習得を目指すと共に、学んだことを適切に表現し、人に伝えるスキルを養う。

### ねらい

上記の目的を達成するために、本プログラムでは以下の三つのねらいを設定した。

- 1) 展示ガイドツアーの制作を通して、他者に説明するに十分な知識・概念を学び、設定したテーマについての理解を深める。
- 2) 習得した知識・概念を元に科学や展示物についての興味を来館者に伝えるために、表現力やコミュニケーション能力を向上させる。
- 3) 班内のメンバーや班同士と主体的・協同的に活動する。

### 実施概要

#### 1) 対象

博物館実習を受講した大学生 12 名(うち3名が理

系学部在籍者)

#### 2) 日時

平成21年 11 月 25 日(水)～12 月4日(金)のうちの8日間および自主研修2日間

#### 3) 場所

国立科学博物館(上野地区)

#### 4) プログラム概要

学習支援活動を担う上で必要とされる資質の養成のため、展示室(展示物)を活用した学習支援プログラムの企画開発を中心に実習を行った。

実習は、国立科学博物館の概要の講義、特別展・常設展の見学、学習支援活動の概要の講義から始まり、教育ボランティアが行うガイドツアーに実際に参加したり、スタッフとしてハンズオンのフロアに立って来館者に解説したりすることを通して、将来の学芸員としての訓練を積んでいく。

本プログラムでは、実習の基礎段階を終えた時点で大学生を3班に分け、ガイドツアーの企画・制作を課した。制作に当たっては、単体のツアーでも三つのツアーを組み合わせても使用できるものを制作するように指定をするとともに、「地球～現在・過去・未来～」というトピックを与え、その範囲で実習の三つの班のツアーを束ねる大テーマおよび各班が扱う小テーマを、大学生自身に設定させた。また、ツアーは、各班それぞれに、30 分の長さになるようにした。

ツアーの制作に際しては、それまでの博物館実習で扱った展示や来館者理解に関する知識・経験を生かしながら、適切なガイドツアーを構成し、効果的

にコミュニケーションを図ることを目指し、ツアータイトル、ねらい、想定する対象、順路、ツアーのセールスポイントを記述した企画書を作成するよう指示した。同時に、ツアーのねらいやセールスポイントの明確化、綿密なツアー進行計画の立案を指示し、そのためには実習生同士のコミュニケーションを密にすることも強調した。企画書は仮の段階で発表し合い、小テーマ間の調整や大テーマとの一貫性、単体のツアーとしての完成度を議論した。また、完成したツアーは、フロアにおいて試行し、企画書に記したセールスポイントがどのくらい達成できたかについて振り返りを行った。

### 5) プログラム実践の様子

「地球～現在・過去・未来～」というトピックを元にガイドツアーのテーマを決める実習生同士の話し合いにおいて、「過去→現在→未来」を「生物の海→陸→空への進出」へと読み替えて大テーマを設定し、各班が小テーマとして海、陸、空を担当することにより、生物がどのように環境の変化に適応してきたのかを示すツアーを制作することとなった。

しかし、ツアーの素案発表時に、実習生は「生物は海(古生物進化)→陸(人類までの生物進化)→空(航空技術と宇宙開発)へと進出していった」と考えていることが明らかとなった。これは、生物の進化の過程を単純化しすぎたため、そして、生物の形態や性質における進化と科学技術の進歩が混同されていたために起きたと推測でき、妥当な概念とは言えなかった。そこで、「(人類を含む)生物は、新たな場所へなぜ、どのように進出していったか」を軸として、大テーマ・小テーマを再度考えるように指導を行った。これは、生物の進化の歴史は場所(食べ物)をめぐる競争の歴史であり、人類も「すぐれた思考能力によって技術革新を繰り返しながら、寒冷地や乾燥地などの厳しい自然環境を克服し」ていった(国立科学博物館「地球環境の変動と生物の進化」エリア内「人類の進化」展示パネルより)との科学的考えが背景にある。

その結果、1班は生命の誕生から恐竜までの進化の過程(タイトル「ガオー、ギャオー！化石・恐竜だー！ガイドツアー2009」)、2班はほ乳類の登場と人

類が文明・技術を身に付けた理由(同「踏み出せ大地！進化のドラマ」)、3班は科学技術の発展と宇宙進出(同「人類よ！宇宙へ飛び立て！！」)の小テーマで、「適応」をキーワードに生物進化と科学技術の進歩の例を紹介することとなった。

ガイドツアーを制作する中で、実習生自身が大テーマ・小テーマを設定したため、上述のプログラムのねらい1は、その内容に合わせて以下のように修正された。

(ねらい1修正版)

展示ガイドツアーの制作を通して地球の歴史における生物の進化や人類が生き延びる手段として進歩させてきた科学や技術について理解する。

実習全体の中で、ガイドツアーの制作に割り当てられた時間は一日半が最大限であった。その中で、実習生は展示を詳細に検討し、効果的と思われる展示の選定・ツアーを完成させた。ガイドツアーは、質疑応答は想定せずに展示の解説のみを立案したが、科学的に正しい内容で一通りの解説はできていた。

## 評果

### 1) 評価の観点

本プログラムにおいては、テーマにかかる実習生の学びと展示解説における表現力の向上を評価するため、表1のような観点を抽出した。なお、表1は抽出したプログラムの内容に応じて修正済みである。

表1 本プログラムで抽出された評価の観点

<p><b>知識の習得・概念の理解</b></p> <p>1. プログラムの内容に関連する知識</p> <p>1-1 生物の進化の根源は、場所(食べ物)をめぐる競争であることを理解する。</p> <p>1-2 環境などの外的要因が生物の進化に影響を与えていることを理解する</p> <p><b>スキル</b></p> <p>3. 班相互のツアー内容を関連づける</p> <p><b>社会の文脈に適切に対応する</b></p> <p>4. 他者と協力して活動する</p> <p>5. 他者が理解できる用語やことばを用いて記述する</p> <p>6. 自分自身の理解をまとめる際に、他者の考えと行動を考慮する</p>
--

また、評価に当たっては、「地球」をキーワードにしたコンセプトマップ(事前および事後に各15分程

度), 毎日の活動のふり返りを記した実習日誌, 企画書に記したセールスポイント, そしてセールスポイントごとにまとめたツアー実践のふり返りを使用した。また, 博物館実習の担当者が行ったアンケート調査のうち, 本プログラムの内容に合う質問の回答を抜粋して合わせて報告する。

## 2) 結果

### ① コンセプトマップの分析

コンセプトマップでは, ねらいの1に示したような「知識・概念の定着」および「テーマの理解」に関するの評価を行った。

- コンセプトマップからは, ガイドツアーのテーマ「生きものは, 食べ物を得るために新しい生存場所を広げていった」ことに関連することばは見られなかった。
- 受講生の挙げた語彙を分類すると, 「生きものに関すること」「惑星としての地球や宇宙に関すること」「科学技術に関すること」の三つに分けられることが判明した。各グループ内の語彙は, 中心のことは「地球」から全て直線的に派生しているか, 連想ゲームのように直線的に派生しているものがほとんどであり(図1), 派生した語彙同士が互いに関連している様子はあまり見られなかった。また, 直線もたくさんの語彙を経由している様子は見られなかった。

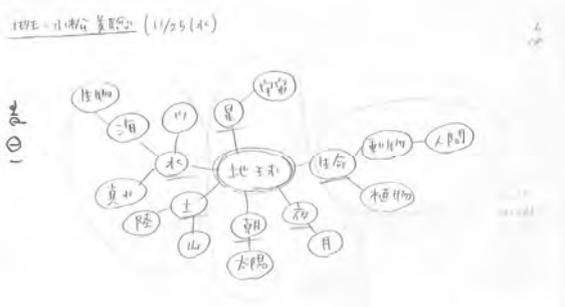


図1 受講生のコンセプトマップ

- 挙げた語彙の分析より, 概念に広がりが見られたのは7人, 深まりが見られたのは5人, 逆に概念が狭まったのは2人であった。ここで概念の広がりや深まりはグループの数, 深まりはグループ内の語彙の数とした。また, 概念が深まったと分析された5人のう

ち4人に, 広がりも同時に見られた。

- 一人を除く全ての実習生のコンセプトマップにおいて, ガイドツアーの内容との関連が薄かった。

### ② セールスポイントのふり返りの分析

ねらいの2に示した表現力, コミュニケーション能力に関する達成度を評価するため, ガイドツアー後, 企画書に示したセールスポイントのふり返りを行ったところ, 以下の点が明らかになった。

- 時間が不足していたので上手にできなかった, 音声の重複を防ぐために, 館内アナウンス中にはガイドツアーを一時中断する方がいいなど, ツアーの技巧的な面に関する記述がよく見られた。
- ふり返りは, 来館者の反応や理解の度合いなどに基づいて客観的に行い, 記述するように促したが, 「お客さんが進化の過程と関連できたかどうかは微妙なところである」「周りがどう思っているかは分からないが, 私は積極的にコミュニケーションが取れたと考えている」などのように, 主観に基づいた記述も見られた。同様に, 自らが「〇〇について説明できたから」などと, 自分の行動に基づくふり返りも見られた。

### ③ 実習日誌の分析

実習日誌の分析では, ねらいの2「表現力やコミュニケーション能力」や3「主体性・共同作業」を重点的に行った。

- 全体において, 前述のセールスポイントのふり返りと同様に, 自身の活動に対するふり返りが不足している。実習日誌にはその日の活動の感想や反省が記されているが, 具体的な記述が少なく, どういうことに基づいて何を得たのかが不明瞭であった。

### ④ 博物館実習のアンケート結果(抜粋)

博物館実習の担当者が行ったアンケート調査のうち, 実習によって変化した項目, 実習時間に対する感想を尋ねた質問の報告をする。

実習によって変化した項目のうち, 科学の基礎知識, 科学に関する興味・関心, 展示に対する理解の各項目(図2)に関しては, 「大いに変わった」と感じ

ている実習生が多かった。一方で、コミュニケーション能力、プレゼンテーション(発表)能力に関しては、「多少変わった」と答えた人数が前項より増えているものの「変わらない」と感じている人はいなかった。

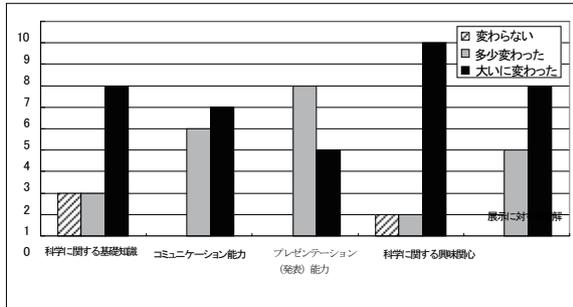


図2 実習により変化した項目

実習時間(図3)に関しては、課題の準備、相談時間、課題発表と議論の各段階において、適切だと答えた人が最多であった一方で、少ないと感じている人もいた。

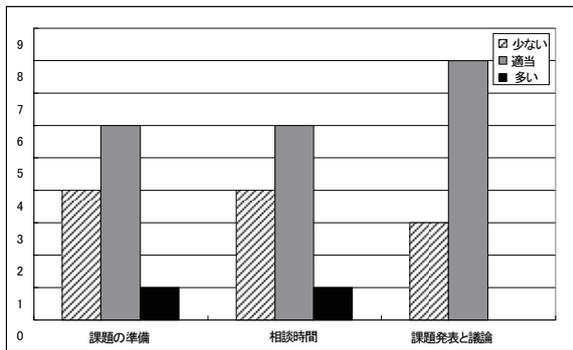


図3 実習時間に対する感想

## 考察とまとめ

### 1) ねらい1に関して

過去と未来をつなぐ「現在」を扱った2班は、大テーマを良く理解し、1班の扱ったストロマトライトから恐竜・アンモナイトまでの生物進化と3班の扱った人類のもたらした科学技術の進歩に共通する「適応」というキーワードを、効果的に表現していた。この班は、ツアーを通して、環境などの外因が形態の遺伝的变化(進化)や科学技術の進歩に影響を与えていることを、様々な展示物を通して伝えていた。また、それを「場所(食物)を巡る競争がきっかけになっている」と、メカニズムを明快に説明していた。

一方で、班同士の一貫性を保つための話し合いを経ても、未来を扱った3班が大テーマの理解に困難を示した。これは、ツアーの扱うテーマが単なる「進化」ではなく、生物進化と技術の進歩を束ねている「適応」であることを理解できなかったことに起因するものと考えられる。本来ならば、これは班同士の話し合い・調整の中で解決されるべきものであるが、時間不足・コミュニケーション不足により、解決に至らなかった。班を超えた協力がもう一つ必要であったのではないかと思われる。

### 2) ねらい2に関して

企画書に示したセールスポイントの達成度を具体的に自己評価した結果では、来館者の反応や理解の判断が主観的であり、全てのセールスポイントについて個別にふり返りをしている受講生も少なかった。これより、実習生の表現力、コミュニケーション能力に関しては、学んだ知識を発信するレベルに止まり、実習生日誌には現に「原稿を丸読みだった」「参加者の心をつかむのが難しい」などと記述されているように、受け手の興味や理解に応じて伝え方や内容を変えるような相互のコミュニケーションを取るレベルには達しなかった。

一方で、博物館実習の担当者が行ったアンケート調査では、コミュニケーション能力、プレゼンテーション(発表)能力ともに全員が多少なりとも変わったと感じていることが明らかとなった。この結果とガイドツアーの成果は、表現力のレベルにおいて一貫した結果であると推測できる。

### 3) ねらい3に関して

班内や班相互で主体的・協同的に活動するというねらいに関しては、主体的に活動する姿勢は、どの班にも見られた。これは、博物館実習全体を通してスタッフが必要以上に指導せず、疑問があればスタッフに自由に尋ねることを促しており、実習生は、本プログラムにおけるガイドツアー制作においても同様に活動したことに起因する。

一方で、協同的な活動ができたかに関しては、班内の作業においては達成できていたものの、班相互に関しては、未来を扱った3班とのコミュニケーション

ョンが効果的に進まず、結果として3班がテーマの修正に対応しきれなかった。発表前日まで1・2班は修正テーマに基づくガイドツアー制作における3班の抱える問題に気づいてはおらず、スタッフが1・2班と3班の橋渡しをした。

実習におけるアンケートの結果より、課題にかけることのできる時間がやや少ないと感じている受講生が多かったこともその一員であると考えられるが、三つのガイドツアーで一つの一貫したテーマをなすツアーを制作するとの課題は達成できなかった。



## あれもこれもカガクヘンカ～化学でつながる身近な生活～

Chemical Change is Just About Everywhere～connecting to daily life with chemistry～

田邊 玲奈<sup>\*1</sup>, 若林 文高<sup>\*1</sup>, 岩崎 誠司<sup>\*1</sup>, 高橋みどり<sup>\*2</sup>

永山 俊介<sup>\*1</sup>, 田代 英俊<sup>\*3</sup>, 野田 学<sup>\*4</sup>

国立科学博物館<sup>\*1</sup>, 静岡科学館<sup>\*2</sup>, 科学技術館<sup>\*3</sup>, 名古屋市科学館<sup>\*4</sup>

Rena TANABE<sup>\*1</sup>, Fumitaka WAKABAYASHI<sup>\*1</sup>, Seiji IWASAKI<sup>\*1</sup>, Midori TAKAHASHI<sup>\*2</sup>,

Shunsuke NAGAYAMA<sup>\*1</sup>, Hidetoshi TASHIRO<sup>\*3</sup>, Manabu NODA<sup>\*4</sup>

National Museum of Nature and Science<sup>\*1</sup>, Shizuoka Science Museum<sup>\*2</sup>,

Science Museum<sup>\*3</sup>, Nagoya City Science Museum<sup>\*3</sup>

概要: 代表的な化学変化である酸・アルカリ, 酸化・還元を事例に, 成人を対象に理科の授業の時に教科書で学んだ知識と身近な生活との関わりを感じてもらうことを目的として実施を行った。

キーワード: 成人, 生活との関わり, 化学変化, 酸化・還元, 酸・アルカリ

### プログラムの目的とねらい

#### 【プログラムの目的】

“化学変化”というと, 多くの成人にとっては, 昔, 理科の授業の時に教科書で学んだことであり, 実生活との結びつきを意識していない。そこで, 代表的な化学変化である酸・アルカリ, 酸化・還元を事例に, 身近な生活と関わる化学変化や, その活用が社会に役立っていることなどを, 体験を通して知り, 「あれもこれも実は基礎は(理科の授業で学んだ)化学変化だったのか」と, 日常生活を科学的な視点から捉え, 学んだ知識と社会との結びつきを感じるようにする。成人向けのプログラムであるが, 成人のみの参加は実際には難しいと考えられるため, 親子(小学生と保護者)で参加できる家族向けのプログラムとして実施した。

#### 【プログラムのねらい】

上記の目的を達成するために, 以下のねらいを設定した。(親子での参加であるが, 主たる対象は保護者である。)

保護者:

- 1) 生活の各場面で当たり前に使っているものは, 実は教科書でも扱われている知識が基礎となっていることを実感する。
- 2) 化学変化には, 主に「酸・アルカリ」「酸化・還元」の二つがあることを, 事例を元に整理して理解し直す。

小学生:

- 1) 身近な生活と関わる化学変化を体験することを

通して, 科学的な視点を持って身近なものを観察する心を育む。

### プログラムの実施概要

【対象】小学生と保護者 最大 15 組

午前と午後にそれぞれ申し込み制(当日受付)

【日時】平成 21 年 11 月 21 日(土)

実施時間 11:00～12:15, 13:30～14:45 の全2回  
(所要時間は最短 30 分, 最長 75 分, 選択する実験の数により所要時間は異なる。)

【実施場所】科学技術館

#### 【プログラム概要】

本プログラムでは, 化学変化について教科書で学んだ知識の復習として, 「カガクのとびら」という全員が必ず参加するコーナーを設け, 参加者に対して導入を行った。その後, 参加者の興味に応じて実験の選択を行ってもらった。実験は全部で四つのコーナーを設け, いくつでも参加可能とした(全て回る必要はない)。実験のコーナーとしては, 酸・アルカリについての内容を扱う「生活の中のカガク」「けい光ペンのカガク」, また, 酸化・還元についての内容を扱う「カイロのカガク」「ビタミン C のカガク」である。また, 元素に関する話題提供として「宇宙のカガク～身の回りの物質の正体: 元素～」というポスターコーナーも用意した。

\*実際に実施の際には, 「生活の中のカガク」はクイズ形式の実験としたため, 「カガクのとびら」の後, 全員一緒に「生活の中のカガク」を体験してもらった流れとした。

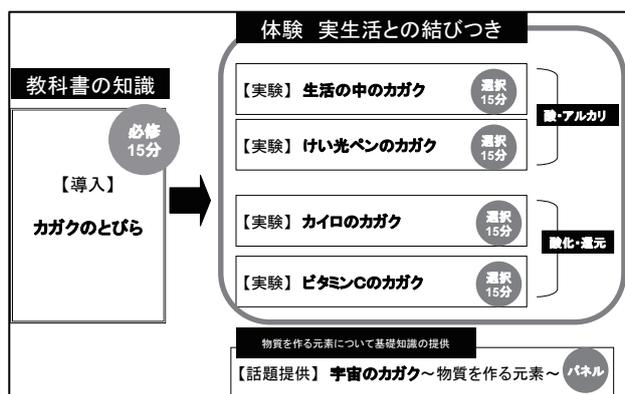


図1 プログラムの流れ

各コーナーの内容は、以下の通りである。

### 1) カガクのとびら (教科書の知識の復習)

身の回りにあるものの変化から、それが化学変化によって起こっているのだということを再認識することを目的に、酸化・還元への導入として十円玉や真鍮の鈴などを事例に、身の回りのものがさびたり、研磨剤を使用することでぴかぴかになったりする現象を確認した。また、酸・アルカリへの導入として理科の教科書でよく使われる指示薬等を用いた演示実験を行い、学校での学びを思い起こしてもらった。



### 2) 生活の中のカガク (酸・アルカリ)

梅干し、ジュース、レモンなど、食品を事例に、身近なものが示す性質として酸性・アルカリ性についてクイズ形式で体験的に学んでもらった。さらに話を発展させ、海水中に二酸化炭素がとけ込むことにより起こる海の酸性化を事例に、環境との関係についての話題も提供した。



### 3) けい光ペンのカガク (酸・アルカリ)

消えるマーカーペンなどを事例に、身近な薬品(掃除用の洗剤)を使っても、描いたマーカーの色を消せるということを体験してもらった。また同様に、酸・アルカリ反応を利用すると色の変化として見ることができることを活用した製品として、乾くと色が消える色付きスティック糊、感熱紙(ファックス用紙)、お湯や冷水で色が変わるマグカップ、紙に色が塗られた温度計などを事例に、酸・アルカリ反応が身近なものへ応用されていることを学んでもらった。



### 4) カイロのカガク (酸化・還元)

鉄粉と食塩水を使用したカイロ作り体験を通して、鉄の酸化について学んでもらった。また、市販されているカイロの製品表示などを確認し、同じ材料が表示されていることなどから、この原理を活用して身近な製品となっていることを学んでもらった。



### 5) ビタミンCのカガク (酸化・還元)

オレンジやレモンなどを用いて、身近な果物に含まれているビタミンCの量の測定や、ビタミンCが持つ性質として還元作用を示す実験を行い、ビタミンCの役割や生活への活用について学んでもらった。



### 6) 宇宙のカガク

物質について理解を深めるための基礎知識の習得として、元素についての話題提供を行った。物質をどんどん拡大していくと、どのように見えるかという投げかけから、元素について知ってもらい、その後は、周期表を利用し元素の種類について知ってもらったり、こうした元素が宇宙の中でどのようにして誕生したかなどについても触れた。話題提供を通じて、物質は元素で出来ていることを学んでもらった。



### 【評価の概要】

本プログラムの評価は参加者向けの事後アンケートの形式で行った。今回は保護者を主たる対象として実施したため、アンケートは小学生ではなく、保護者に答えてもらうように作成し、保護者を対象にプログラムの内容に対する意識・評価を実施した。(保護者には、祖父・祖母など成人も含めた。)評価の観点は、以下の通りである。

表1 本プログラムの評価の観点

①化学変化には大きく酸化・還元と酸・アルカリの二種類あることを理解する。
②日常にある事象を化学変化という視点に基づいて理解し直す。
③事象を化学的な視点を持って観察する。

アンケートは、本プログラムの目的を受け、(1)保護者の学生の頃の化学・理科の好き嫌い、(2)化学変化とはどういう変化か、(3)昔習ったことと現在の生活の結びつきのうち印象に残ったもの、(4)本プログラムで扱ったテーマのうち子どもに分かってもらいたいこと・伝えたいことを尋ねた。

### 調査結果

本プログラムには、午前と午後合わせて15家族計43名が参加した。(保護者数は計21名)

[参加者の属性]

保護者:男性8名,女性13名

年齢層:30代9名,40代7名,50代1名,60代3名,不明1名

アンケート用紙は20枚回収し、保護者に回答してもらうように依頼してあったが、回収した回答は明ら

かに子どもが回答したと見られるものが三つ見られた。そのため、有効回答数を 17 として分析を行った。

回答した保護者が学生の頃に化学や理科が好きだったかを尋ねたところ、理科が全部好きだったと答えたのは8人、化学のみ好きだったと答えたのは3人、化学以外の理科が好きだったと答えたのは1人、理科が全部嫌いだったと答えたのは4人であった。また、1人が普通と回答した。

「カガクのとびら+生活のカガク」の全員が参加するコーナー以外には、一つのコーナーに3組、二つのコーナーに9組、三つのコーナーに4組、全てのコーナーに1組が参加した。また、けい光ペンのカガクには11組、カイロのカガクには14組、ビタミンCのカガクには6組、宇宙のカガクには6組が参加した。

アンケートの回答より、以下の点が明らかになった。

- 1) 化学変化とはどういう変化だと思ったかを尋ねたところ、3人が「色や物質が変化すること」と回答し、2人が「酸化・還元」、2人が「酸・アルカリ」を例として示して回答した。
- 2) 保護者が昔習ったことと生活との結びつきで印象に残っていることを尋ねたところ、カイロを作ったこと(回答数3)、洗剤を使った酸・アルカリの演示(回答数3)、リトマス紙で様々なものの色の変化を見たこと(回答数2)、ビタミンCが酸化を防ぐこと(回答数1)などが見られた。他には、「化学反応を見ることができた」「食事や体内での変化」など具体性に欠ける記述(回答数3)、無回答(回答数6)が見られた。
- 3) 子どもに分かって欲しいことを尋ねたところ、身近な科学や化学変化に興味を持って欲しいと回答したのが7人と最も多く、次いで、いろいろ試して自分で確かめて欲しいとの回答が2人から得られた。また、「学生の頃には無味乾燥に思われた元素記号にも意味があること」との回答も見られ、保護者の学び直しが見られた。

## 考察

本プログラムは、評価の観点から以下について特

に効果的であったと考察できる。

- 1) 本プログラムで扱った内容の中で、保護者が子どもに理解して欲しいこととして、身近な科学にもっと興味を持って欲しいとの回答が多数を占めた。これより、子ども向けのねらい「身近な生活と関わる化学変化を体験することを通して、化学的な視点を持って身近なものを観察する心を育む」の達成について直接確認はできないが、そのような心を育むきっかけにはなったのではないかと推測される。
- 2) 保護者の「昔学んだ内容は日常生活で役に立っているのだ」と理解したのは、カイロを作ったこと(回答数3)、ビタミンCが酸化を防ぐこと(回答数2)、二酸化炭素が海中へ溶けて地球温暖化の原因となっていること、洗剤や家庭で使用するものに使われている、酸性・アルカリ性が今まで思っていたものと違う(それぞれ回答数1)であった。これより、昔教科書で学んだ化学変化の内容と日常生活における事象が効果的に結び付いたことが示唆される。
- 3) 化学変化とはどのような変化か尋ねた質問において、それぞれ二人が「酸化・還元」「酸・アルカリ」のことばを挙げた。ことばを挙げただけではあるが、化学変化の種類については意識ができていてと解釈することもでき、実生活と結びつけて昔学んだ知識を思い起こしてもらえた。

こうした考察結果から、本プログラムは、目的である「日常生活を科学的な視点から捉え、学んだ知識と社会との結びつきを感じるようにする」という点について効果的であった。

一方で、本プログラムの評価には課題も見られた。評価に使用したアンケート用紙は、保護者に回答してもらうように依頼したが、子どもが記入する例もいくつか見られた。これらの回答は評価に使用することができず、回答数の減少につながった。今後は、それらの設定を行ったときには徹底できるように何らかの対策を立てる必要がある。p

## 生活に役立つロボットのモデルをつくろう

### Designing a Model Robot for Daily Life

亀井修<sup>\*1</sup>, 永山俊介<sup>\*1</sup>, 高橋みどり<sup>\*1</sup>, 石井久隆<sup>\*2</sup>, 小原一成<sup>\*2</sup>

国立科学博物館<sup>\*1</sup>, 千葉県立現代産業科学館<sup>\*2</sup>

Osamu KAMEI<sup>\*1</sup>, Syunsuke MAGAYAMA<sup>\*1</sup>, Midori TAKAHASHI<sup>\*1</sup>, Hisataka ISHII<sup>\*2</sup>, Kazunari KOHARA<sup>\*2</sup>  
National Museum of Nature and Science<sup>\*1</sup>, Chiba Museum of Science and Industry<sup>\*2</sup>

概要:問題解決能力の要素であるトレードオフの体験的習得をねらいに, 大学生を対象とした科学リテラシー涵養のための学習プログラム「生活に役立つロボットのモデルをつくろう」を開発し, 千葉県立現代産業科学館で実施した。

キーワード:トレードオフ, 科学技術リテラシー, 工学, 科学, 技術, 試行錯誤, レゴ, マインドストーム NXT<sup>®</sup>

#### 開発の背景とねらい

「技術の本質は, 問題を解決すること」にあり, また「技術の利用に必要な能力とは, 人が豊かに暮らせるようになるための問題解決能力である」とされている。亀井(2007)は科学自体も問題解決のための技術の一つであるとしている。

本プログラムでは, 社会という文脈の中で科学技術を実際に用いる過程において頻繁に求められる「トレードオフ」を体験する活動を通して, 大学生の問題解決能力を高めることをねらいとした。ここでもトレードオフとは, 機能と予算, 運動性と安定性といったように両方必要でありながら, 困難であることをバランスさせる活動と定義できる。

生活の中でロボットが役立つ場面を考える「構想段階」と, 構想から具体的なロボットの組み立て・プログラミングを行う「製作段階」の過程で直面する試行錯誤を行わせた。

#### 実施概要

- 1) 対象  
非理系の大学生 10 名
- 2) 実施日  
平成 21 年 9 月 2~3 日, 7~8 日  
(※各日 3 時間程度)
- 3) 場所  
千葉県立現代産業科学館

#### 4) プログラム概要

レゴマインドストーム NXT<sup>®1</sup>を用いたプログラミングとデザインを含めて生活に役立つロボットの製作を行った。活動過程は, 構想・組み立て・プログラミングの三段階とし, 二人組みで 4 日間行った。構想段階では, 生活の中でロボットが役立つ場面をグループごとに対話を通じて考える作業を行い, 結果を言葉や図で表現させた。

製作段階では, 試行錯誤の時間を十分にとり, ロボットを組込んだ生活のイメージを具現化できる

ようにした。

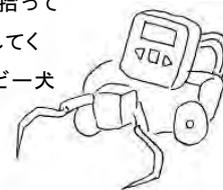
表 1 にプログラム全体の活動の流れを示す。

表 1 活動の流れ (180 分 × 4 日)

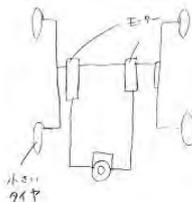
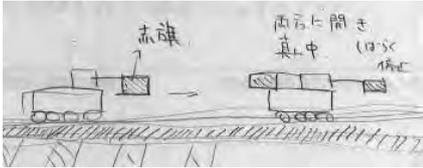
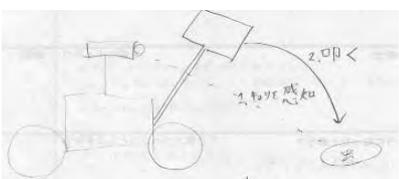
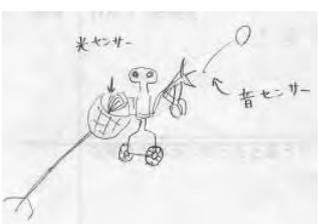
過程	主な活動	留意点
導入	○「こんなロボットがあったらいいな」と学生になげかけ, ロボットが活躍する具体的な生活の場面を考える。	○実用ロボットを示す。 ○レゴマインドストーム NXT <sup>®</sup> を使って組み立てたロボットの見本を数種類準備し, 学生のデザインの参考とする。 ○具体的な場面を設定し, どのようなロボットにするかイメージを図と言葉で記入させる。
活動	○想定した場面を実現するために必要な道具を準備する。 ○考え出した場面を実現するためにロボットの組み立て・プログラミングを行う。	○改良した部分等を記入し, 記録を残させる。
まとめ	○各チームの発表 設定した場面に沿ったロボットであることを示す。	○工夫したところや可能性を述べさせる。 ○相互評価・自己評価を評価表に記入する。

表 2 構想段階での学生の思考の流れ

グループ名	ロボットの構想
Aチーム 「犬ロボットスピーット」	ボールを転がしたら拾って反転して自分に返してくれるロボット(フリスビー犬的な感じ)



<sup>1</sup> レゴ社登録商標

<p><b>Bチーム</b> 「階段荷物運び介助ロボット」</p>	<p>階段で重い荷物を運ぶことができるロボット</p> 
<p><b>Cチーム</b> 「横断歩道安全ロボット」</p>	<p>横断歩道での歩行者の安全を確保するためのロボット</p> 
<p><b>Dチーム</b> 「虫退治ロボット」</p>	<p>ゴキブリを発見し、退治してくれるロボット</p> 
<p><b>Eチーム</b> 「玉入れ介助ロボット」</p>	<p>小学校で利用できるロボット、玉入れの玉投げ上げロボット（準備から片づけまで）</p> 

**結果**

終了後、アンケート方式で検証を行った。

1) ワークショップについて

① ワークショップは楽しかったですか

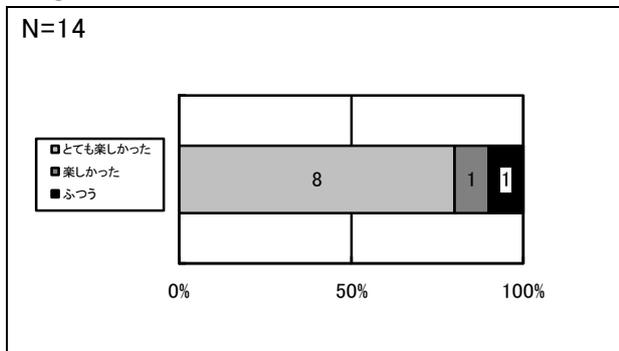


図1 ワークショップへの興味・関心

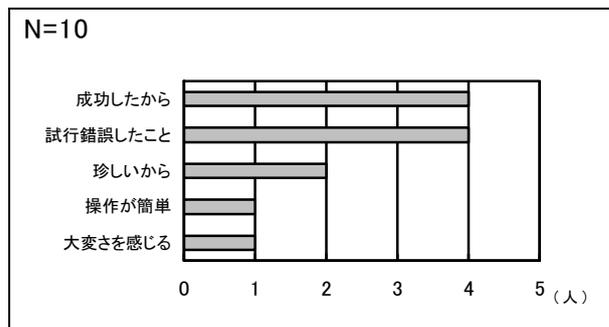


図2 楽しかった理由

② 「とても楽しかった」「楽しかった」と答えた人に質問します。あなたは、今日のワークショップの中で何が楽しかったですか。二つまで○を付けてください。

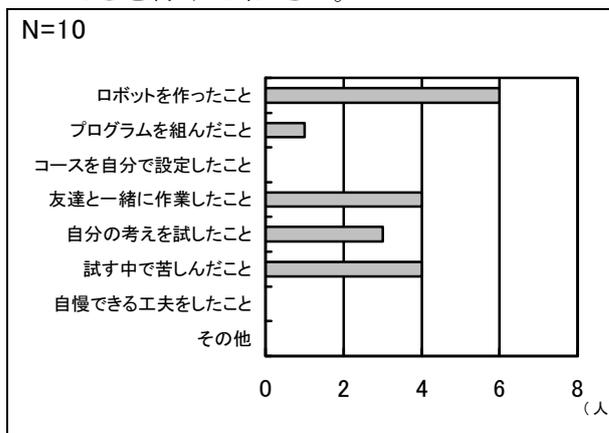


図3 ワークショップで楽しかった内容

③あなたは、このワークショップでどんなことを一番学びましたか。(自由記述)

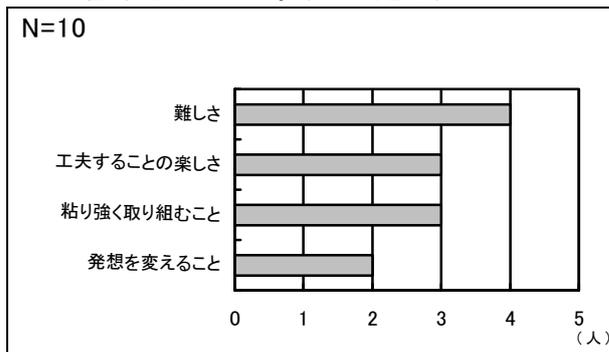


図4 ワークショップで学んだこと

③あなたが作ったロボットについて教えてください。

表3 ロボットの性能・形・プログラミングについて

	ロボットの性能	ロボットの形	プログラミング
とても満足した	1	2	3
満足した	7	5	3
ふつう	2	2	3
あまり満足しなかった	0	1	1

満足しなかった	0	0	0
---------	---	---	---

性能では、肯定的な意見(「とても満足した」「満足した」:以下記載省略)が8人で、掲げていた目標をほぼ達成できたこと等を理由に挙げていた。形では、肯定的な意見は7人であった。理由としては「かっこよくできた」「可愛くできた」であり、外形にも愛着を感じている様子が見受けられた。

プログラミングでは、肯定的な意見が6人で、4人の学生が満足度の低い回答となった(表3)。

④ 効率よく正確にロボットを動かすには、どんなことが大切か。

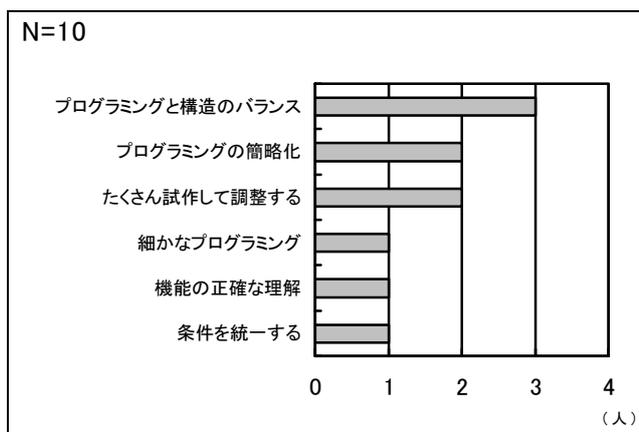


図5 ロボットを動かすにはどんなことが大切か

効率よくロボットを動かすには「プログラミングと構造のバランスをとる」「プログラミングの簡略化」「たくさん試作して調整する」などの気付きが見られ、学生は無理なく様々なトレードオフの関係を最適化する活動を行っていたことが分かる(図5)。

まとめ

実際の作業を行うことで、通常科学や技術に慣れ親しんでいない非理系の学生であっても、デザインやプログラミング、あるいはトレードオフ等の工学的な考え方の手法を身に付けられることが確認できた。

今後の課題としては、それぞれの学生が体験した課題が、その場面だけに止まるものではなく、普遍的な事柄に通じる意識を喚起し、各自がそれぞれの日常生活の中での具体的な活動へと結びつけることを学ぶ方策についても、検討することが求められることが示唆された。

科学技術リテラシーを個別の知識技能だけではなく、設計や安全の価値判断に関わる、トレードオフ等の思考というレベルから、様々な属性を持つ学生に涵養できる可能性が示された。

謝辞

本プログラムに実施するに当たってご指導ご協力いただいた方々に謝意を表します。

ワークショップに参加・協力し忌憚のない意見を述べてくれた学生の方々には謝意を表するとともに、今後のますますの活躍を楽しみにしていることを言葉として添えさせていただきます。

また、学生の募集や連絡、意思疎通、時にはお世話に至るまで、千葉大学教育学部附属教育実践総合センター准教授土田雄一氏にご協力を頂きました。記して厚く謝意を表します。

参考文献

亀井修: ASPAC2007 予稿集, 2007  
 科学技術の智プロジェクト: 日本人が身に付けるべき科学技術の基礎的素養に関する調査研究「21世紀の科学技術リテラシー像～豊かに生きるための智～プロジェクト」技術専門部会報告書, 2008  
 国立科学博物館: 「科学リテラシー涵養活動」を創る～世代に応じたプログラム開発のために～(中間報告), 2009  
 科学技術の智プロジェクト: 日本人が身に付けるべき科学技術の基礎的素養に関する調査研究「21世紀の科学技術リテラシー像～豊かに生きるための智～プロジェクト」総合報告書, 2008  
 大庭慎一郎: 「入門 LRGO MINDSTORMS<sup>B</sup> NXT」ソフトバンク クリエイティブ(株), 2006  
 大庭慎一郎: 「LEGO MINDSTORM NXT グレーブック プログラムノツヅラ」(株)毎日コミュニケーションズ, 2007  
 北原和夫(代表研究者): 「平成17年度科学技術振興調整費調査研究報告書 重要課題解決型研究等の推進: 科学技術に必要な調査研究, 2005  
 北原和夫(代表研究者): 『科学技術リテラシー構築のための調査研究』調査研究報告書, 2006  
 シーモアパパート: 「マインドストーム 子供, コンピュータ, そして強力なアイデア」, 未来社, 1995



## オーロラってどんなもの？

亀井修<sup>\*1</sup>, 永山俊介<sup>\*1</sup>, 高橋みどり<sup>\*1</sup>, 斉藤昭則<sup>\*2</sup>

国立科学博物館<sup>\*1</sup>, 京都大学大学院理学研究科<sup>\*2</sup>

Osamu KAMEI<sup>\*1</sup>, Syunsuke NAGAYAMA<sup>\*1</sup>, Midori TAKAHASHI<sup>\*1</sup>, Akinori SAITO<sup>\*2</sup>

National Museum of Nature and Science<sup>\*1</sup>, Graduate School of Science, Kyoto University<sup>\*2</sup>

概要:地球立体表示を使ってオーロラ・雲の衛星画像に関する知識を深めると共に, 解説者のサイエンスコミュニケーション能力の向上を目指し, 「伝え方」に重点を置くプログラムを開発・試行した。

キーワード:サイエンスコミュニケーション, スタッフの役割, 地球立体表示, アウトリーチ

### 開発の背景と目的

平成20年度の技術と社会グループ開発プログラムの一つ「大きな水のはなし」では, 産業で利用されている科学技術の規模の大きさに伴う課題について, 仮想社会科見学と実地の社会科見学を行った。そのうち, 仮想社会科見学では, 地球立体表示装置(以下, 「デジタル地球儀」)を用いて, 衛星からの雲の時間軸を持つ情報をバーチャル地球儀ソフトの地図上に重ねて投影し, 雲の発生の様子や動きを地球の外からの視点で観察した。

本プログラムでは, デジタル地球儀を体験する来館者(主に成人・ファミリー)の対話を促進し, 学習内容の理解を深めるために, 解説者がどのように交流するべきかに着目した。

### ねらい

本プログラムにおける展示解説者は, 地球電磁気学や気象学を専門としている大学院生であり, 展示はそのような研究者達のアウトリーチ活動として行われた。そこで, 本プログラムでは, 展示内容に関する理解よりも展示の解説者のサイエンスコミュニケーション能力の育成に重点を置いた。

解説者は以下の目標を設定し, 2日間のアウトリーチ活動において, 来館者の行動や反応を実地で学んでいくと共に, 効果的なコミュニケーションの方法を試行錯誤していった。

#### (目標)

- 1) 地球全体の個々の現象を知る。
- 2) 複数の視点(地上から, 宇宙から)を体験し, 多様なものの見方が出来るようにする。
- 3) 地球上, または地球を取り巻く現象には連続性があることを理解する。
- 4) 本プログラムを通して, 成人・ファミリーグループ内での対話を促進し, 考える余地を

作る。

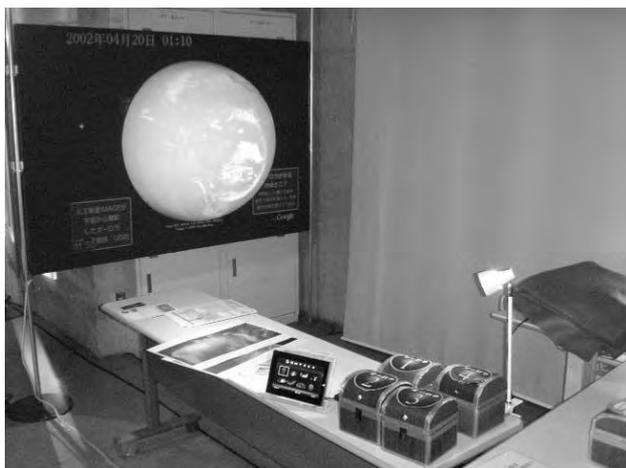
### 実施概要

- 1) 対象  
地球科学を専門とする大学院生
- 2) 実施日  
平成21年7月4, 5日  
(4日のみ2人, 5日のみ1人, 両日参加3人)
- 3) 場所  
国立科学博物館
- 4) プログラム概要

デジタル地球儀のコンテンツは, 「くもくもく」と「オーロラってどんなもの?」の2種を使用した。衛星から得られたオーロラや雲のデータを, 地球を模した半球型スクリーンに投影し, オーロラの見え方や, 雲の発生の様子や動きを地球の外からの視点で観察した。投影画像は, 地球儀を手で回すように, 自分の見たい場所を画面の中央に移動させるなどの操作を, ゲーム機のリモコンでできるように設定した。その他, 参加者の理解を助けるため, 解説パネルや質問ボックス等のコミュニケーションツールが用意された。

解説員の役割として, 主に親から子への知識や感動の伝達を効果的に行わせるために, 参加者が自分で気付いたり発見したりする余地を作ることを心がけさせた。また, 親が子どもに説明出来る範囲の情報の質と量がどの程度のものなのかも見極めさせた。

本プログラムは2日間にわたって行われたが, 各日とも, 事前・事後にミーティングを開き, 経験を共有していった。



## 評価

### 1) 評価方法

本プログラムは、事前・事後のミーティング時に行ったアンケート結果をもとに評価を行った。事前アンケートでは、今日の活動で伝えたいこと、スタッフとしての役割の二点を尋ねた。事後アンケートでは、今日の活動の感想、来館者に効果的に伝えられたかの自己評価(理由と共に)、そして、次回の活動に向けての目標を尋ねた。アンケートは自由記述で行われた。

### 2) 結果

本プログラムに解説者として参加した8名の大学院生(A~Hとして記載)のアンケート結果概要を下記にまとめる。

<p>A(1日目のみ参加)</p> <p>事前アンケート</p> <p>楽しんでもらう</p> <p>役割:自分も楽しむ</p> <p>事後アンケート</p> <p>あまり理解しなかった</p> <p>導入で何というか?</p> <p>課題:もう少し長く説明できるようにしたい</p>
<p>B(1日目のみ参加)</p> <p>事前アンケート</p> <p>へえーという気持ち、得たという気持ちを引き出す今日だけでその感動が終らずに、今後の生活で思い出して欲しい</p> <p>役割:新しい視点を与えたい</p> <p>事後アンケート</p> <p>良く理解した</p> <p>前回よりも手応えがなかった。</p> <p>質問やポイントを投げかけるとたくさん質問が来る</p> <p>きっかけを待っていると感じた</p>
<p>C(1日目)</p> <p>事前アンケート</p> <p>会話を聞き、足りない部分を補足する</p>

<p>役割:子どもをもの知りに、親に童心を思い出させる</p> <p>事後アンケート</p> <p>普通</p> <p>クイズをさせ、半球を実際に見てもらい、確かめさせるようにした</p> <p>親を巻き込む(助けになった)</p> <p>課題:なるべく簡単な説明</p> <p>子どもへの対応</p>
<p>C(2日目)</p> <p>事前アンケート</p> <p>入口を分かりやすく</p> <p>役割:クイズから半球へと送る</p> <p>事後アンケート</p> <p>良く理解した</p> <p>半球を先に体験しても、ある程度の理解は得られた。</p> <p>課題:雲の説明、子どもへの対応</p>
<p>D(1日目)</p> <p>事前アンケート</p> <p>深い知識よりも、「日常で見かけるこの現象を外側から見るとどう見えるのか」を考えるきっかけ</p> <p>「オーロラも雲も太陽によって作られる」ことを伝える</p> <p>役割:きっかけ作り、会話の促進</p> <p>事後アンケート</p> <p>良く理解した</p> <p>午後になり、自分なりの説明ポイントが出来た。</p> <p>地球を遠くから見ること、近くから見ることの面白さは伝えられた。オーロラが輪状である理由は難しい</p> <p>課題:お年寄りへの説明、雲の説明</p>
<p>D(1日目)</p> <p>事前アンケート</p> <p>科学を会話の中に自然に入れる</p> <p>役割:会話の中に科学を織り込む手助け</p> <p>事後アンケート</p> <p>普通</p> <p>反応の薄い親、興味津々の親など様々</p> <p>地球外から見る視点に感動してもらえた</p>
<p>E(1日目)</p> <p>事前アンケート</p> <p>お客様の興味・質問だけに答える形(興味が持続するし、好奇心を満たすことが出来るから)</p> <p>未知のものに対して自分で考えた過程を大切にしたい</p> <p>役割:地球の姿を視点を変えて伝える、自分のいる世界に少しだけ気づいてもらう</p>
<p>E(2日目)</p> <p>事前アンケート</p> <p>宇宙から見た地球の姿を少しでも見てもらいたい</p> <p>オーロラはリング状であること</p> <p>雲の流れがいろいろあること</p> <p>会話から上記を伝えたい</p> <p>役割:きっかけ作り</p> <p>事後アンケート</p> <p>良く理解した</p> <p>オーロラの形状を最低ラインとした。良く理解してくれた。</p>

相手の反応を見つつの会話に重点を起きたので、注意がそれることはなかった 課題: 中高生の「理科＝難しい」といった印象を取りたい。
F(2日目) 事前アンケート 同じ目線で一緒に気づいていくイメージ 役割: 企画に関わった人の意図を正しく汲んで伝える, 来館者の気づきをフィードバックさせる 事後アンケート あまりよく理解しなかった Wii に気を引かれる子どもを, オーロラや雲の話題に引き寄せるのが難しい 棒磁石や砂鉄にとっても興味を持ってくれたエピソード記憶と対話に重点を置くのならば, スタッフはいらぬ。 課題: いかにかコミュニケーションを取るか, もっと深めたい
G(1日目) 事前アンケート 赤外雲画像はよく見るが, 何を見ているのか(雲の高さ) 地球から見た梅雨前線のサイズ オーロラの場所と形状 役割: 特に雲に関する正確な知識の伝達 事後アンケート 良く理解した 道具の活用法に迷いがあり, 有効活用しきれなかった 大人と話すように指示があったので, 準備ができなかった。 課題: 道具の活用法, 対話促進を目的とした大人への語りかけの方法
G(2日目) 事前アンケート コミュニケーションの部分はまだ理解しきれていない。 役割: いろいろ試す 事後アンケート 良く理解した 普通 大人には理解してもらえたが, 子どもの興味にはあっていない 課題: 教材の再吟味
H(1日目) 事前アンケート 宇宙から見た地球の多様性 半球などを使ったシステムの楽しさ 役割: 技術担当, 企画担当 事後アンケート 新しく導入した装置が問題なく動作し, 良かった 課題: 雲コンテンツの負荷軽減, Wii リモコンの動作の安定化
H(2日目) 事前アンケート 地球のシステムとしての多様性 役割: 技術担当 事後アンケート 普通 小さい子と雲の話長くしたが, 理解していたかは

不明 課題: 技術開発, コンテンツ開発
-------------------------

### 考察

#### 1) 参加者の学び, 対話について

親子では, 次のように親が子に教える場面がよく見られた。

親: 太陽から風が吹いているんですか?

スタッフ: はい。太陽からは「太陽風」というつぶつぶが吹いています

親: [子に向かって]すごい, 太陽から風が吹いているんだって

子ども: [親に]何で?

親: [子に]それはね・・・

このような会話の場面は随所に見られ, スタッフはこれを利用して, 難しい内容はまず親に直接語りかけ, 親から子どもに伝わる道すじを作るようにすることを経験的に学んでいった。

一方, 成人グループでは, 互いに教え合う場面が多く見られた。一人で来ていた成人の多くは, オーロラや雲についてのより深い知識に関してスタッフにたくさんの質問をしていた。

親子に対する効果的なコミュニケーションスキルとして, スタッフは以下のような事項も, 試行錯誤から学んでいった。

- ①ポスターで概念的な導入をし, クイズや写真を使ってより具体的なものを提示・説明していく手法。
  - ②子どもがまずクイズの宝箱に向かってやって来て, 後から親がついてくる場面が多く見られたが, そのような場合には, まず親に向かって導入を行う。すると, 半球のところでは親が「オーロラを探すんだよ」等とタスクを明確にしてくれる。親が一生懸命になると, 子どもを引き込み, 最終的に親に伝えた内容が子どもまで分かりやすい形で伝わる。
  - ③全てを伝える必要はない。伝えたいことの最低ラインを決め, 親子双方に話しかけて会話を促進する。気軽に会話をする中で, 最終的に受け取る情報量は全て説明する時と同じになる。また, 受け取る感動や楽しむ気持ちはもっと多くなる。
  - ④ワークシートを読み上げることにより, 親子間の対話を促進する。固いことばを使わない。
- 2) スタッフのコミュニケーション能力の変容について
- 2日間の実践を通して, スタッフは, 内容に関

連した問いかけや解説、その周辺のコミュニケーションはある程度出来るようになったが、「考えさせる」「疑問を持たせる」きっかけを与えるようなコミュニケーションスキルを持つには至らなかった。これは、大学研究者のアウトリーチでは研究を紹介する活動が多く、より深いコミュニケーションに対する経験不足に由来するスキル不足が原因と見られる。

当初は各スタッフが伝えたいことの明確化、プログラムの目的とのすりあわせが十分ではなかったが、実践を2日間通して行った人ほど、コミュニケーターとしての役割の自覚が出てきた様子がアンケート調査より見て取れた。これは、1日目終了後のミーティングによりスタッフ同士の意思の疎通が大きな役割を占めたこと、2日目にその結果をもとに個人が試行錯誤して方法を見つけようとしたことによる。

実践において、スタッフの一人に実地で具体的アドバイスをしたら、波及的に全体のコミュニケーションスキルが向上した。



### 3) プログラムのねらい、展示のメッセージとスタッフの役割について

この展示において説明する主要な事項は、「オーロラ場所と形」「雲の流れと発生・消滅場所」である。磁気圏、太陽風等についての知識を理解させるにはこの展示だけでは困難であり、クイズの中身を改良する、補助教材を開発する等の工夫が必要である。スタッフの役割が説明中心になってしまっていることは、このことと関係があるのではないかと推測できる。

上記の事項を伝えることのみが本プログラムの目的ではなく、研究者のアウトリーチ活動、また、科学リテラシー涵養のためのプログラムとしての目的も持つべきである。例えば赤外線画像の中の何を実際に見ているかということの切り口に来館者にアプローチしたスタッフがいたが、これは研究分野や手法の紹介にもつながり、アウトリーチ

活動として効果の高いものと思われる。

一方で、科学を会話の中に自然に入れる、今後の生活で思い出して欲しい、等を達成するには、スタッフのコミュニケーション能力の育成やプログラム運営の再考、展示装置の改良などが適宜必要になってくる。このように、展示にどのようなメッセージを込めるかということ、逆にどのようなメッセージを伝えたいからどういう展示をデザインするかという部分で、まだ共通理解が出来ていないのではないと思われる。このため、展示で伝えたいメッセージを効果的に伝えるためには、この展示で来館者がどこまで学び、感動し、記憶に影響を与えられるかについての一般的かつ正確な知識が必要。

### まとめ

① 来館者の学びや興味の促進は、スタッフのコミュニケーションスキルの進歩に即した範囲でなされた(前回よりも楽しんでくれたことが参加者アンケートからも分かるが、「〇〇について知った」という回答がやはり多い)。

→スタッフの教育哲学は、本当に重要である

② 同時に、展示装置で伝えることの出来る範囲と、スタッフのコミュニケーションの範囲のバランスを高い次元で保つ必要もあることが明らかになった。

③ 科学リテラシーの涵養

個々の来館者の知識や背景に合わせて学んだことを発信することを通して、本プログラムがスタッフの表現力、コミュニケーション能力の育成に寄与できたと考えることができる。

### 謝辞

本プログラムにおいては、京都大学大学院理学研究科の西憲敬先生、五井紫さん、秋谷祐亮さん、寺本万里子さん、国立科学博物館サイエンスコミュニケーター養成実践講座平成19年度「サイエンスコミュニケーション1」修了生の森本美奈子さん、矢野真理子さんにご協力頂きました。記して謝意を表します。

## II プログラム開発と実践

### 2. プログラムの実践報告

#### 2-4. 中高年・団塊向けプログラム



## サツマイモから見える食の恵み

Gift from Japanese Climate –Sweetpotatoes; then and now-

有田寛之<sup>\*1</sup>, 土屋美穂<sup>\*1</sup>, 小池渉<sup>\*2</sup>, 渡邊千秋<sup>\*1</sup>

国立科学博物館<sup>\*1</sup>, ミュージアムパーク茨城県自然博物館<sup>\*2</sup>

Hiroyuki ARITA<sup>\*1</sup>, Miho TSUCHIYA<sup>\*1</sup>, Wataru KOIKE<sup>\*2</sup>, Chiaki WATANABE<sup>\*1</sup>

National Museum of Nature and Science<sup>\*1</sup>, Ibaraki Nature Museum<sup>\*2</sup>

概要: 中高年にとってなじみの深いサツマイモの伝来から、関東地方への普及、品種改良とその背景を学び、日本の風土に合わせた食文化の形成を理解するとともに、石焼きいもの調理を科学的視点からとらえるなど、日本の食文化を科学的な面からも理解することを目指すプログラムを開発した。

キーワード: サツマイモ, 石, 調理, 食の科学

### 開発の背景と目的

南北に長い日本列島は四方を海に囲まれ、4枚の大陸プレートの境界に位置し、そのため変化に富んだ自然環境がある。亜寒帯から亜熱帯まで様々な気候があり、火山や地震、台風といった自然災害も多い。一方で、それらは美しい地形や温泉、農業に適した土壌の提供など、様々な恩恵ももたらしている。

日本人はそれぞれの地域で、この自然の特徴をうまく取り入れた暮らしを行ってきた。地域に根ざした食生活も、地域の自然や産業と切り離すことができない。

本プログラムでは、国立科学博物館とミュージアムパーク茨城県自然博物館とが連携し、両博物館が位置する関東地方の特徴に着目した。

関東地方は様々な火山に囲まれており、火山活動による生活への影響を受けることが多い。富士山や箱根といった美しい景観や温泉など、生活への恩恵も多いが、一般的に火山は地震とともに怖い存在として認識されている。また、関東地方の農業においては、関東平野を広く覆う関東ローム層の影響を受けており、栽培される野菜の種類もこの土壌の影響を大きく受けている。

そこで、関東地方における代表的な作物の一つであるサツマイモを取り上げ、その普及の歴史や暮らしとの関わりだけでなく、石焼きいものに注目してその調理法の科学的な側面を知ることを通して、身近な食生活と身近な自然環境との関わりへの理解を深め、その成果を周囲へ伝えるきっかけとなる学習プログラムを実施した。

### ねらい

本プログラムの主対象は中高年・団塊の世代である。プログラム実施のねらいは、国立科学博物館科学リテラシーに関する有識者会議で示された枠組み<sup>(1)</sup>における「社会の状況に適切に対応する能力の涵養」の、熟年期・高齢期に対する「自身の持っている知識・能力を、社会の状況に応じて適切に効果的に次の世代へと伝える」が該当する。

さらに、具体的な目標については、以下の二つが該当する。

- ・自らの疑問や考えを適切に表現し、人に伝えられるようになる。
- ・社会の状況に応じて自分の持っている科学的知識・能力を提供することができるようになる。

本プログラムにおいては、参加者が食の対象としてのサツマイモや、植物としてのサツマイモ、その調理と自然環境との関わりを理解することを通して、若い世代に自らの知識や経験を伝えられるようになることを目指す。

### 実施概要

#### 1) 対象

本プログラムの参加対象は上記ねらいにある通り中高年・団塊の世代であったが、対象外の参加者からの参加希望もあり、実際には特に年齢制限を行わなかった。

当日は、6組11名(60代1名, 50代2名, 40代3名, 30代3名, 小学生2名)の参加があった。

#### 2) 日時

実施日時は、平成 22 年 12 月 18 日(土)13 時 30 分から 15 時 30 分であった。

### 3) 場所

実施場所は国立科学博物館上野本館(東京都台東区上野 7-20)であった。

### 4) プログラム概要

まず、サツマイモ伝来から関東地方への普及、第二次世界大戦前後から現在までの日本の食卓におけるサツマイモの存在、品種改良等のサツマイモの歴史について、現在東京で唯一のサツマイモ専門問屋である株式会社川小商店の齊藤興平会長による一時間の講演を行った(図1)。



図1 齊藤興平氏によるサツマイモの講義

次に、休憩時間を兼ね、かつてサツマイモ栽培が盛んであった川越でサツマイモ販売を行っている井上俊彦氏による石焼きいもの実演と試食を行った。ここでは、芋の種類による焼き時間の違いや、味や食感の違いについて、実物を用いて体験的に理解を深めた。



図2 井上俊彦氏による石焼きいもの実演

その後、ミュージアムパーク茨城県自然博物館の小池渉学芸員によるサツマイモや石の科学の講義を行った(図3)。



図3 小池渉氏による石の科学の講義

石焼きいもに代表される、熱しくいが冷めにくいという石の特徴を使った調理の他、食器や調理道具としての石の活用、石焼きいもの甘さを作り出す科学的な背景として、サツマイモに含まれるデンプンの特性や、石を用いた加熱の特徴などを学んだ。その後、短時間の加熱で甘くなる品種「クイックスイート」と、関東地方で一般的に流通している「ベニアズマ」を、電子レンジで加熱したものの食べ比べを行い、その甘さの違いを体感し、調理の科学的な背景について体験的な裏付けを得た。

## 評価

### 1) 評価の観点

本プログラムの参加者に対し、科学・技術と生活との結びつきの理解と、学んだ内容を他者と共有する活動についてアンケート調査を行い、「自らの疑問や考えを適切に表現し、人に伝える」「社会の状況に応じて自分の持っている科学的知識・能力を提供する」ことができたかどうか調査を行った。

### 2) 評価方法

まず、プログラム当日に、成人の参加者に対し、プログラムで理解した内容と、生活と科学・技術の結びつきについて、自由記述による回答を求めた。

次に、プログラム終了後3週間の間に、周囲の人々に学んだ内容や、生活と科学・技術の結びつきについて話題を共有する活動を行ったかどうか、電子メールによる調査への協力を承諾した対象者に

対してアンケート調査を行った。

### 3) 結果

#### (1) プログラム内容の理解

参加者が本プログラムの内容に関して印象に残ったこと、新たに知ったことを自由記述により回答してもらったところ、回答は①サツマイモの品種の多様化②サツマイモ伝来、普及の歴史③サツマイモの調理法・石の科学の3種類に分類することができたが、回答数や内容から、石焼きいもの調理の科学的な要素に関する印象が最も強かったと考えられる。

#### ① サツマイモの品種の多様化

- ・さつまいも一品種名まで知る身近な食材だが、具体的にいろいろ知ることができて良かったです。(40代男性)
- ・品種の多さと用途(60代男性)
- ・さつまいモの種類(40代女性)
- ・サツマイモが環境に合わせて変化していくこと(50代男性)
- ・「クイックスイート」。この芋を通常の焼き芋のように温めると甘くならないこと。(30代男性)
- ・一番のおどろきは、「クイックスイート」です!!電子レンジでも、おいしい焼き芋・・・夢のようです。又、芋を知るにつれ、石を知るにつれ、「焼き芋」に秘められた知恵や技術の深さに、本当に感心しました。(30代女性)

#### ② サツマイモ伝来、普及の歴史

- ・サツマイモの渡来の歴史(60代男性)
- ・現在川越ではさつまいもを栽培していない(50代男性)
- ・さつまいモは外来の物だった(40代女性)
- ・東京唯一の甘藷問屋は、筆者の出身の川越をルーツとしていること。(30代男性)

#### ② サツマイモの調理法・石の科学

- ・石一食と石のつながりがおもしろかったです。(40代男性)
- ・石焼きイモの甘くなる原理(60代男性)
- ・さつまいもの甘さを出すしくみ(50代男性)

- ・さつまいモの味比べ(40代女性)
- ・電子レンジと石焼きの差(40代女性)
- ・石焼きイモがおいしいわけ(50代男性)
- ・石の生活の中での使われ方に興味をもてた。(50代男性)
- ・石焼き芋が甘くなる理由をなんとなく理解していたつもりだったが、今回のお話でその温度が甘みのポイントになるということ、「焼く」のではなく「蒸す」ということがわかり、そのことが印象に残りました。(40代男性)
- ・「いもが 60~75℃で長時間加熱するのがベスト」というのはためになった。家でためしてみようと思います。栄養価もとても高く子供達のおやつにこれからもたくさん使っていこうと思います。子供はおいもが好きなので子供対象で会があっても良いなあとと思います。(30代女性)
- ・石焼き芋に最も適した石は1cm程度の玉砂利であること。(30代男性)
- ・焼き芋を温めることに遠赤外線が必ずしも作用している訳ではないこと。(30代男性)

#### (2) 日々の生活と科学・技術との結びつき

参加者が、日々の生活と科学・技術との結びつきについてどのような気づきを持っているかについては、本プログラムに関連の強い、食や調理に関するものが多かった。一方で、現代生活において身近な問題である水や次世代エネルギー等に関する意見も見られ、日頃からの意識の高さがうかがわれた。

#### ① 食や調理と科学・技術の関わり

- ・イモー歴史や文化、加工など学べました。ジャガイモなど、多種も混ぜていただけ、更に良かったです。食べものと+α(今回ならイモ+石)という異業種の交わりがおもしろかったです。(40代男性)
- ・調理用方法と味(60代男性)
- ・調理器具の開発(60代男性)
- ・目的にあった品種改良(60代男性)
- ・種(品種)の多様性(60代男性)
- ・「食について」自給率を上げるには、日本古来の食について考える機会がたくさんあったら良いのになーと思います。(40代女性)

- ・“食”と“健康”については、つい気になってみてしまう。ただ最近のメディアは視聴率優先が見えて信頼できない。やはり体験に基づく学びは大きいと思います。(40代男性)
- ・石の特ちょうをいかしてうまく食と結びついているんだなあと感じました。(30代女性)
- ・“食”は、日頃何げなく行っている行為ですが、“焼き芋”からもわかるように、実は科学と技術がいつぱいつまっているんだなあ…と思います。「どうして、スポンジケーキはふくらむの?」、「正油の香りって、どうして香ばしい?」…、ごはんを作りながら、ふと考えています。(30代女性)

## ② 食以外の、身近な生活と科学・技術の関わり

- ・水の浄化(到るところに水再利用の施設・トイレがある)(50代男性)
- ・CO<sub>2</sub>を排出しないシステム作り(太陽光を活用し、充電した電力で車を走らせる等)(50代男性)
- ・自分は機械技術者ですので、毎日が「生活と科学技術の結び付き」です。職業としてだけではなく、自身の興味としても「この現象はなぜ起こっているのか」と考えることを大切にしているつもりです。(30代男性)

### (3) プログラム参加後の活動について

本プログラム実施後に、プログラム内容や、身近な食と科学・技術との関わりについて気づいたことを話題に取り上げ、周囲の人と共有する活動について、電子メールによる報告を依頼したところ、3件の報告があった。

報告数は少なかったが、プログラムの内容を発端に、年末年始に家族が集まる機会等を用い、普段の食生活やおせち料理を通じて生活場面を周囲の人々と科学的な切り口で見つめ直す機会をもつことができたようである。

#### 事例1(50代男性)

- ① 話題提供の対象:妻 50歳 娘 16歳 息子 14歳 義理の父母 77歳
- ② 話題:沖縄旅行後、サツマイモの歴史や環境に順応しやすい性質などを紹介

- ③ 対象者の反応:石焼きいもがおいしい理由を科学的に説明できることなど、初めて知ったことに興味を示していた

#### 事例2(30代男性・女性夫婦)

- ① 話題提供の対象:夫の父(60代),母(60代),妹(30代 会社員),妹の夫(30代 会社員),妹の夫の母(60代)
- ② 話題:雑煮に入っている青菜について調べた
  - ・全国的に、三つ葉・小松菜・ほうれん草・セリ・ネギ等を入れる傾向がある
  - ・愛知県豊田市では「餅菜」と呼ばれる青菜を入れ、焼津では京菜、長野県松本市では絹サヤ等を入れるなど、地域特有の青菜を用いるところもある
  - ・野沢菜も、小松菜と同じアブラナ科である
- ③ 対象者の反応
  - ・普段から「食」について関心が強く、家庭菜園で野菜を作っている
  - ・おせち料理の黒豆や田作り、きんとん等の作り方や意味、栄養価について話題が広がった
  - ・正月は、めでたい行事であり、そこで食べられる料理には沢山の意味が込められている
  - ・おせち料理には、冷蔵庫等が無い時代から保存・味・見栄えへの工夫が含まれている
  - ・黒豆やきんとんの色をよく仕上げる手順は、実は科学的だ
  - ・手作りする事によって、料理を文化的にも科学的にも再発見する事が出来る
- ④ その他:夫婦でマーマレードづくりを行い、その工程から、ジャムを加工する目的、皮に含まれる苦味成分の除去方法、食物繊維のジャムづくりへの活用、加熱による殺菌などについて、科学的な面から理解を深めた

#### 事例3(40代男性)

- ① 話題提供の対象:妻(40代)
- ② 話題
- ④ 対象者の反応
  - ・サツマイモを発端に、石の話題が盛り上がり、石と料理に関して、WEBや書籍をいろいろ調べた
  - ・様々な品種のサツマイモを購入し食べ比べをして

みました

- ・昨年(2010年)はサツマイモにとって厳しい年であったことを改めて知った
- ・国立科学博物館の企画展「田んぼの遺伝的多様性」を踏まえながら、雑穀に関する情報を仕入れることができた
- ・これらに端を発し、夫婦で「味噌作り」に参加することになった

### 考察とまとめ

本プログラムにおける実施結果については以下のようにまとめられる。

身近な野菜であるサツマイモを題材に、その歴史や科学的な背景について学ぶプログラムを実施したところ、参加者はサツマイモの調理や石を用いた調理の科学的な背景に関して最も印象が強かった。また、本プログラムへの参加者の多くは、プログラム内容に関連の強い、食や調理と科学・技術の関連への関心を持っていたが、一部の参加者は現代生活において身近な問題である水や次世代エネルギー等にも注目していた。プログラム実施後、年末年始に家族が集まる機会に、普段の食生活やおせち料理を題材として生活場면을科学的な切り口で見つめ、食生活について情報を入手したり、科学的な面に着目して調理を行ったりするという、新たな活動へ結びつけていた。

私たちの食を支える農業においては、土壌の利用と改良、品種改良(生物学的な要素)、栽培や保存・流通技術の改良など、どのプロセスを見ても科学・技術の成果が活用されているが、毎日の食卓でそのことを意識する機会は少ない。

しかし、本プログラムでは、食や調理の科学的な面への気づきが多く見られ、一部の参加者はプログラム参加後に持った、食の歴史や科学に関する疑問に基づき周囲の人々と調査や調理体験などを行い、科学的な要素を含む活動へとつなげていた。参加者数や報告数が少ないものの、身近な食と科学・技術の結びつきにはさほど違和感を持たずに学びを行っているように見受けられた。

サツマイモについては、野菜売り場や製菓、石焼

きいも等子どもから大人まで、毎日の生活で触れる機会が多く、その入手も容易である。また、伝来や普及の歴史の一部は社会科で取り上げられ、主たる栄養素であるデンプンについては理科で学ぶなど、学校教育において学習の対象として取り上げられており、このような背景が参加者の自然な学びに結びついた可能性が考えられる。

以上から、本プログラムのねらいである「自らの疑問や考えを適切に表現し、人に伝えられるようになる。」「社会の状況に応じて自分の持っている科学的知識・能力を提供することができるようになる。」については、サツマイモという身近な題材を取り上げたことで、食と科学・技術の関わりについて学んだ成果や、そこから生まれた疑問を他者と共有できたと考えられる。また、サツマイモが出回る時期と合っていたり、年末年始に家族でおせち料理を食べる機会を活用したり、季節の行事に合わせて探究活動を行うことができたと考えられる。

しかし、主対象として想定した中高年が若い世代に自らの経験や学びの成果を元に食と科学・技術の結びつきを伝えるという点については、対象となる参加者が少なかったため、本プログラムの結果からは明らかにすることができなかった。ただ、世代は異なるものの一部の参加者はプログラム参加後に、家族など異年齢の集まりで身近な食を話題に取り上げたり活動を行ったりしており、同様のプログラムで中高年の参加を増やすことができれば、ねらいが達成できる可能性はあると考えられる。

また、調理に関する科学以外に、品種改良や保存、流通に関する意見はあまり多くなかったが、これらの内容に関して、プログラムにおいて実物を用いたり、体験したりする要素が欠けていたことに原因を求めることができるかもしれない。食や調理の科学に関しては、石焼きいもの実演や、石を用いた調理器具等実物に触れる機会が本プログラムにはあった。市場や倉庫などの見学を含めることで、参加者の視点がより広がることも考えられる。

さらに、参加者が食や調理と科学・技術のつながりについて意識が高い、または高まったことは結果から読み取ることができるが、その後の活動で周囲の人々にどのように伝わり、その人々の行動にどのよう

な変化があるかについては不明である。今後同様のプログラムを行う際には、追跡調査を行うなどし、参加者と周囲の人々両方の変化を追うことで、科学リテラシーの涵養の様子がより明確になると考えられる。

### **謝辞**

本プログラムの実施にあたっては、株式会社川小商店の齊藤興平会長からサツマイモの歴史等に関する情報提供や、当日の講義、様々な品種のサツマイモの提供を行っていただいた。また、井上俊彦氏には、石焼きいもの実演や、調理における工夫等の紹介をしていただいた。

### **参考文献**

(1) 独立行政法人国立科学博物館 科学リテラシー涵養に関する有識者会議:2010, 「科学リテラシー涵養活動」を創るー世代に応じたプログラム開発のためにー

## 私たちの暮らしと大地

Connection with our life and the earth –Making a geo-wall newspaper-

原田光一郎<sup>\*1</sup> 先山 徹<sup>\*2</sup>, 久保晃一<sup>\*1</sup>, 松原 聡<sup>\*1</sup>, 渡邊千秋<sup>\*1</sup>

国立科学博物館<sup>\*1</sup> 兵庫県立人と自然の博物館<sup>\*2</sup>

Koichiro HARADA<sup>\*1</sup>, Toru SAKIYAMA<sup>\*2</sup>, Koichi KUBO<sup>\*1</sup>, Satoshi MATSUBARA<sup>\*1</sup>, Chiaki WATANABE<sup>\*1</sup>  
National Museum of Nature and Science<sup>\*1</sup>, The Museum of Nature and Human Activities, Hyogo<sup>\*2</sup>,

概要: 団塊の世代の参加者を対象に4日間の日程で、地域の産業・文化、社会のインフラが、大地の成り立ち(地球科学的背景)と密接にかかわりながら発達してきた事例について、講義や現地見学、参加者同士の交流を通じて学んだ。さらに、学んだ成果を自身の経験などを踏まえながら、様々な世代の人たちに普及するための壁新聞を製作し、人と自然の博物館内に掲示した。

キーワード: 科学リテラシー, 団塊の世代, 継続学習, 生活と大地

### 開発の背景と目的

これまで3年間にわたり宇宙・地球・環境と社会グループでは、対象の年齢層の上昇に合わせて、プログラムで扱うテーマについて時間的な深まりと空間的な広がりを軸としてプログラムの開発を行ってきた。4年目となる今年度のプログラムでは成人(中・高年・団塊の世代)を対象とし、従来の時間的深まり、空間的広がりとともに「社会との関わり」を中心として扱うプログラムの開発を行うこととした。

本プログラムでは参加者自身の生活する地域の地球科学的背景とそのような背景に即して(活かして)我々の社会が発達してきた歴史や事例について理解を深めるとともに、学んだことや自身の経験を他者と共有・普及する中で、参加者のより深い理解とコミュニケーション能力の向上を目指すことをねらいとしてプログラムの開発を行った。

### ねらい

- ①社会と大地が密接に関わっていることを大地の恵みとして捉える
- ②地域の地球科学的背景と社会との関わりに関する知識や概念を習得する
- ③学んだことや自身の経験を他者(様々な世代)と共有・普及する(コミュニケーション能力)

### 実施概要

人と自然の博物館で行われている通年セミナーの活動グループのひとつである「石ころクラブ」参加者を対象に、4回連続のプログラムとして実施した。

- 1) 対象: 中高年・団塊の世代を中心とした 18 名 (人と自然の博物館の石ころクラブ参加者)
- 2) 日時: 平成 22 年 8 月 29 日, 9 月 26 日, 11 月 3, 21 日 (13:30~15:30) (9 月 26 日の野外は終日活動)
- 3) 場所: 兵庫県立人と自然の博物館
- 4) プログラム概要

#### 第1回目: オリエンテーション(8/29)

本プログラムの流れを参加者に説明するとともに、学芸員が山陰海岸ジオパークを中心に、暮らしと大地との関わり的事例について話題提供を行った。

#### 第2回目: 野外活動(9/26)

暮らしと大地の関わりをテーマに、学芸員とともに神鍋高原、コウノトリの郷公園、玄武洞等の現地見学に出かけた。

#### 第3回目: 情報交流(11/3)

第1, 2回目の活動内容を踏まえ、暮らしと大地の関わりをテーマに、参加者が知っていること、気になること、調べてきたこと等について参加者同士情報交流を行いながら、壁新聞製作の準備を行った。

#### 第4回目: 壁新聞作り(11/21)

暮らしと大地の関わり的事例について、参加者が学んだことと自身の経験を基に、様々な世代の来館者に普及するための壁新聞を複数のグループに分かれて製作した。製作した壁新聞は人と自然の博物館の展示室に一定期間掲示した。

### 評価

- 1) 評価の観点

- ① 地学的背景と社会の関わりについて理解することができる。
- ② 自分の経験や知識等を他者とコミュニケーションをはかりながら共有することができる。

## 2) 評価方法

上記観点①②の「知識・理解」「コミュニケーション」の達成度について、プログラム第3, 4回目の参加者同士の情報交流、壁新聞製作中の様子、完成した壁新聞の内容、全4回のプログラム終了後に参加者を対象に実施したアンケート調査結果を基に評価を行った。アンケート調査は上記観点にもとづき、達成度を尋ねる選択式の設問とともに、全体的な感想を尋ねる自由記述欄を設けた。

## 3) 結果

参加者同士の情報交流、壁新聞製作に際し、参加者達は各自調べてきた資料を持ち寄ったり、日頃から興味を持ち学習・実体験した豊富な知識を基に積極的に交流を行った。特に自分の知識を他人に伝えるだけでなく、他人の知識を積極的に質問し聞き取ろうとする態度も多く見られた。

完成した壁新聞の内容では、今回のプログラム前半の学芸員からの話題提供や現地見学の内容を基に製作するグループと、参加者自身の知識や経験を基に内容を構成するグループとがあった。また、見学者により興味を持ってもらおうと参加者自身が採集した実物の鉱物も一緒に展示する等の工夫をするグループもあった。

アンケート調査では参加者 18 名のうち、14 名から回答を得た。参加者の年齢は、70 歳以上(6名)、60 歳代(5名)、50 歳代(1名)、40 歳代(1名)、10 歳以下(1名)であった。全4回のプログラムのうち、第1回目を欠席した参加者が2名、第2回目を欠席した参加者が5名いたが、その他は全部の回に参加していた。

プログラムの主要テーマである、「暮らし・社会と大地のかかわり」について理解することができたか、という問いに対し、14 人中 12 人が「とてもそう思う」「そう思う」と回答した(図1)。

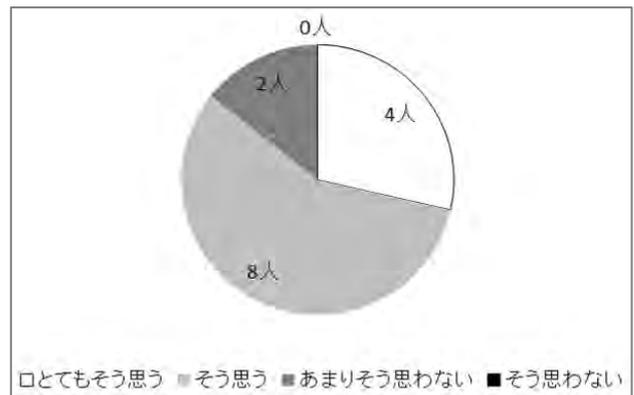


図1 アンケート回答

「地域の社会基盤や文化、産業が地質や大地の成り立ちと密接に関わりながら発達してきたことがわかった。」

コミュニケーションに関しては、「自分の知識・経験をクラブのメンバーと共有することができたか」という質問に対して、14 人中 12 人が「とてもそう思う」「そう思う」と回答した(図2)。クラブのメンバー以外の人と、プログラムの活動について会話をしたかどうか、という問いについては、会話をしたと回答した人が5人、会話をしなかったと回答した人が9人であった(図3)。

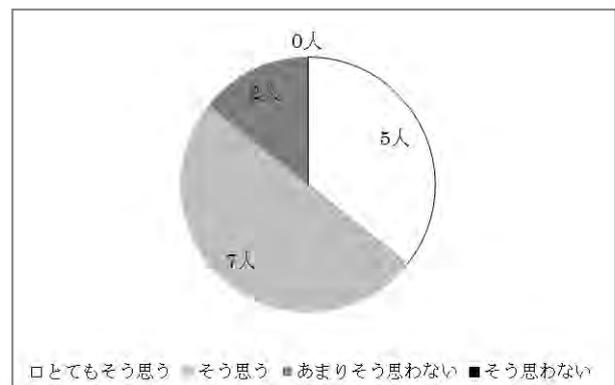


図2 アンケート回答

「今回の活動を通して学んだことやこれまでの自分の経験についてクラブのメンバーと話し合いながら共有することができた。」



図3 アンケート回答  
「今回の活動についてクラブ以外の人と会話をしましたか。」

プログラムに対する評価として、「このような活動にまた参加したいか」という質問に対しては、12人の参加者が「とてもそう思う」「そう思う」と回答した(図4)。

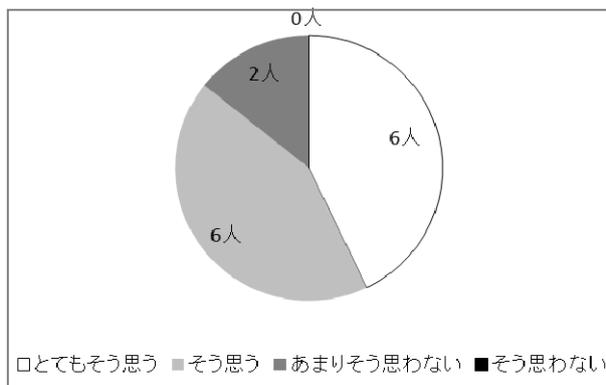


図4 アンケート回答  
「このような活動があればまた参加したい。」

### 考察とまとめ

参加者同士の情報交流、壁新聞製作中の様子、完成した壁新聞の内容から、参加者は今回のプログラムでプログラム提供者側からの知識の提供だけでなく、参加者同士の意見交流の中でも多くの暮らしと大地の関わりに関する知識と概念を得た。さらに元々参加者が持っていた地学的知識に関しても暮らしと大地の関わりという切り口で再認識する機会となったと考えられる。これらから、評価の観点①の知識・理解について達成できたと考えられる。

さらに、これらの場面で積極的な知識の伝達、吸収、共有が行われ評価の観点②のコミュニケーションについても(仲間の間という範囲において)達成できたと考えられる。

アンケートの回答から、参加者が自己評価として一連の活動を通して、身の回りの生活と地域の地学

的背景との関わりについて理解することができたと考えられる。また、自分の経験や知識等を他者とコミュニケーションをはかりながら共有することについても、多くの参加者は達成できたと考えられる。また、今回は、少数ながらも中高年・団塊以外の世代の参加者も含まれていたが、社会的に実績のある団塊の世代にとっては、若い世代に助言できたりすることは大きな励みになる様子も見受けられた。

クラブメンバー以外の人々とのコミュニケーションという点では、学んだ知識や経験の共有は必ずしも活発には行われなかったことがアンケートからわかったが、作成した壁新聞の展示スペースを活用し、一般来館者と参加者が会話をする機会を設定するなど、より踏み込んだコミュニケーションの場をつくることが今後の課題と言える。

しかし、プログラム自体への参加者の意欲や満足度はおおむね高く、全体として好意的な意見が多く見られた。これは、今回の対象が、博物館のセミナー活動の参加者であり、博物館や地学分野にもともと関心の高い層であったためと考えられるが、地質や地形を生活と結びつけたアプローチが他の層の人々にとって効果的であるかどうか検証する必要がある。

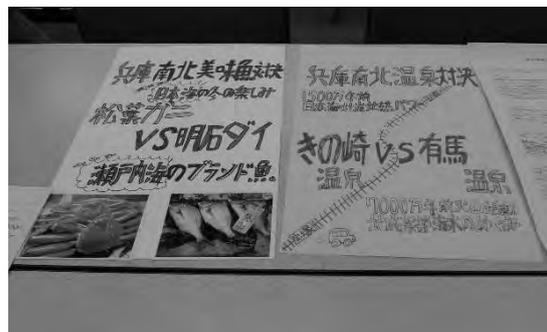


図5 参加者が作成した壁新聞の一部(食材や温泉をテーマに取り上げ、地学的背景との関わりをわかりやすくまとめている)



図6 壁新聞の展示の様子



## 子どもと社会をつなぐ展示見学シート作り Making the museum worksheets for children

岩崎誠司<sup>\*1</sup>, 田邊玲奈<sup>\*1</sup>, 若林文高<sup>\*1</sup>, 田代英俊<sup>\*2</sup>, 野田学<sup>\*3</sup>, 渡邊千秋<sup>\*1</sup>

国立科学博物館<sup>\*1</sup>, 科学技術館<sup>\*2</sup>, 名古屋市科学館<sup>\*3</sup>

Seiji IWASAKI<sup>\*1</sup>, Rena TANABE<sup>\*1</sup>, Fumitaka WAKABAYASHI<sup>\*1</sup>,

Hidetoshi TASHIRO<sup>\*2</sup>, Manabu NODA<sup>\*3</sup>, Chiaki WATANABE

National Museum of Nature and Science<sup>\*1</sup>, Science Museum<sup>\*2</sup>, Nagoya City Science Museum<sup>\*3</sup>

概要: 中高年・団塊の世代が持つ自らの知識や経験を, 子どもたちに伝えるためのコミュニケーションについて考えることをねらいに, 科学系博物館の展示室で活動するボランティアスタッフが展示見学のための展示見学シート作りに挑戦した。

キーワード: 博物館展示, 展示見学シート, 異世代コミュニケーション

### 開発の背景と目的

#### 1) 開発の背景

大学生・成人については, 科学的知識を成人後もより専門的に深め続け職業として扱う専門家と, 意識的に科学的知識を深める機会が少ない一般とに大きく方向性が分かれていくことが明らかと思われる。「物質」との関わり方も同様で, 中高年・団塊の世代では, 専門家と一般で「物質」に関する知識や経験の差が大きくなっていることが想定される。そこで, 科学系博物館の展示を活用して両者が自身の歩みをふりかえり, 世代間で意見交換を行うことが重要と考えた。さらに, 世代の異なる相手に伝えることを通して, 「物質と社会」について考えを深めることが可能と考えた。これらを達成するプログラムとして, 来館者向けの展示見学シート(以下, シートと表記)作りを設定した。

#### 2) 開発の目的

- ① 「物質」に関する自身の知識や経験を来館者に伝える機会を通して, 自分自身の歩みをふりかえり, 「物質と社会」について再考し, 考えを深める。
- ② 「物質」について子どもたちに伝える機会を通して, 自分の知識や経験を相手に伝えるための工夫について体験的に知る。

### ねらい

国立科学博物館のボランティアスタッフ(以下, 教育ボランティアと表記)は展示室の内容について深く理解している。同時に, 来館者との対応を通して, 展示制作者の意図が来館者に十分に伝わっていな

いことを経験的に知っている。このため自分自身が伝えたいと思っている内容を, 相手に正確に伝えたいという意欲が高い。シート作りを通して, 自身の知識や経験の再考, 異世代コミュニケーションについて体験的に学ぶ機会とすることをねらいとした。

### 実施概要

#### 1) 対象

教育ボランティア 10 名。国立科学博物館の地球館地下3階展示室「宇宙・物質・法則」を見学した来館者が, 物質についての理解や物質と社会との関わりを考えられるようなシートの作成に対し, 趣旨に賛同する教育ボランティアを募集した。賛同者はいずれも 60 歳代以上で, 教育ボランティアとしての活動歴は2年~25 年までと幅広く, 企業で研究開発の支援を担当していた, 薬剤師, 教員, 主婦等と経歴も様々であった。

#### 2) 日時

##### <準備期間>

平成22年11月29日, 12月13, 20日(各日約2時間)展示室での日頃の経験や課題等について話し合い, どのようなシートにすれば伝えたいことを伝えるために効果的なのか, シートのイメージを持つ。それぞれがテーマを決めてシートを作成した。作成したシート案を二度持ち寄り, お互いに意見交換を行い, 改良を重ねた。シート開発にあたっては, 研究者(若林)が, 物質の展示について解説をした教育ボランティア向けの研修の内容を参考にした。

<試行期間>

平成 22 年 1 月 12, 13, 14, 18 日 (各日 2-3 時間)  
 試作したシートを展示室で一般来館者に活用してもらおう。来館者にアンケートをとり、教育ボランティアは、自身が作成したシートについてふりかえる機会とした。

<試行場所>

国立科学博物館地球館地下 3 階「宇宙・物質・法則」展示室

3) プログラム概要

日頃「物質」に関する展示室で活動している教育ボランティアの経験と知識を生かした、来館者向けのシートを作成する。普段、展示室で来館者と接しながら感じている課題や展示室での経験についてお互いに話し合い、シートのテーマやねらい、対象を絞って案を作ることにした。

国立科学博物館地球館地下 3 階展示室「宇宙・物質・法則」は、2004 年に公開された展示室で、「広大な宇宙、それを構成する物質、これらを支配する物理法則を知ることは、すべての科学的認識の基礎である」とし、私たちの視野を広げ、自然観を変えてきた自然探求の成果を紹介している。素粒子から宇宙までスケールの異なる内容を扱っており、展示室に広く展開している。このため、来館者が全体像をとらえにくかったり、専門的な内容を扱っていることから、基礎知識がないと理解しにくかったりする展示室である。この展示室を担当するボランティアスタッフにとっては、質の高い展示室にもかかわらず、その良さが来館者に十分伝わっていないとの思いが募っていた。

プログラム開始時には、展示見学シートとして来館者が展示を見学しながら記入を行うワークシートを想定したが、教育ボランティアの意見交換の中で、ワークシートの他に、「来館者が展示見学を行う際の参考資料」と「教育ボランティアが来館者に展示解説を行う際の補助資料」と異なる構成のシート作成を希望していることが明らかになった。本プログラムでは、教育ボランティアが来館者に伝えるための方法を工夫することを優先し、シートの構成は自由選択とした。三つの構成を総称し、展示見学シートとした。

作成したシート案について教育ボランティア同士で意見交換を行い、改善を加えた第 2 案を作成後、実際に展示室で一般の来館者にシートを活用してもらい、作成のねらいがどの位達成されたかを自己評価した。

シートの試行は、シートの内容の中心となる展示の前で、来館者にシートを渡す形をとった。「記入式のワークシート」では、対象となる展示を示したり、情報端末を使用する内容のシートでは、端末の使用方法的説明を行った。「展示見学の参考資料」では、来館者が展示見学を行い、必要に応じて補足を行った。「展示解説を行う際の補助資料」では、参加者が来館者に展示解説を行った。



図 1 展示室における課題等の抽出



図 2 作成者同士の意見交換



図 3 展示室における試行

## 評価

### 1) 評価の観点

- ① 他の教育ボランティアや博物館職員との話し合いを通して、展示を介して来館者とのコミュニケーションにおける課題を見いだすことができる。
- ② シートの作成を通して、自分の知識やこれまでの経験を活用し、他者に対して適切に表現し伝えることができる。
- ③ 本プログラムの内容や構成が、教育ボランティアの意欲を引き出す内容になっていたか。

### 2) 評価方法

本プログラムのねらいがどのくらい達成されたかを明らかにするため、シートの試行後に、シート作成者(教育ボランティア)へのアンケートを行った。

また、教育ボランティアが作成したシートを自己評価するための素材として、展示室でシートを活用した利用者に対してもアンケートを依頼した。

教育ボランティアは、利用者のアンケート結果からフィードバックを得た上で、自分のアンケートに回答した。

### 3) 結果

教育ボランティア 10 人のうち、6人からアンケートの回答を得た。本プログラムに参加した理由として、「(テーマとなった)展示室は、初めて来た来館者にはわかりにくいので、来館者が展示を楽しく理解する手がかりとなるようなものを作りたいと思った」というような、日頃の課題が動機になっている場合や、「素粒子の世界を理解する人を少しでも増やしたいと思っていた」など、科学のおもしろさを伝えたいという思いから参加していたことがわかった。

展示見学シートの作成のねらいとしては、「展示を理解すること(6人)」が最も多く、次いで「展示を楽しむこと(4人)」が挙げられた。「他の人と交流すること」にねらいをおいた教育ボランティアは0人であった(表1)。

表1 作成した展示見学シートのねらい

ねらい	人数
展示を楽しむこと	4人
展示を理解すること	6人
他の人と交流すること	0人
その他	1人

ねらいを達成するための工夫や配慮を尋ねる質問に対しては、普段来館者が気づかなかつたり、利用方法がわかりにくい展示物を正しく使ってもらえるように構成を考えたり、来館者にとって身近な話題からスムーズに入れるような導入を作ったり、最新的话题を盛り込むなどの回答があった。

シートを実際に来館者に活用してもらった結果、どの程度作成者のねらいが達成されたかについては、「まあまあ達成できた(4人)」「あまり達成できなかった2人」であった(表2)。そのように自己評価した理由としては、「〇〇について初めてその意味がわかった」という来館者の言葉や、「熱意をもって聞いてくれた」様子が挙げられていた。また、「少し難しかった」という来館者の反応や、展示見学シートの記入等にかかる時間の問題など、作成時に想定した難易度や所要時間の調整が必要なこと気づいた教育ボランティアもいた(表3)。

表2 ねらいの達成度

達成できた	0人
まあまあ達成できた	4人
あまり達成できなかった	2人
達成できなかった	0人

表3 作成した展示見学シートの試行で気づいたこと

展示をチェックしたり、動かして数値を読み取って記入してもらうところは極力単純にし、説明も現場読んでもらうのはなかなか難しそうなので別にする(裏面にまとめるなど)工夫が必要。単に解説シートとして持ち帰って読み・学んでもらう方が喜ばれるかも知れない。
言葉が人によって何通りかに解釈されてしまって、質問をうけた。
時間がないという方が多かったので、読んでもらうより話をしてしまった結果、ワークシートへの書き込みが少なかったかもしれない。しかし分かりにくい部分をシートで補えたと思う。
中学生以上・高校生以上の2種類の学習シートをつくったが、中

学生以上のもののみで良い。(高校生以上用は難しく時間かかりすぎ)
どなたも、熱心に話をきいてくれた。大人が多かったが、宇宙についてかなり、つっこんだ質問も受けた。
問題が難しいと思った。一人でアンケートをすることは、大変な作業と感じる。

本プログラムの一連の活動について尋ねた質問においては、全員が「とても有意義」「有意義」と回答した。導入で行った課題の洗い出しと共有は、他の活動を比較すると、やや評価が低かった(表4)。

活動への意欲は高く、このような活動を今後も継続的にやりたいかという質問に対しては、全員が「とてもそう思う(3人)」「そう思う(3人)」と回答している。

表4 プログラムの各活動への評価

活動内容	とても有意義	有意義	ではない	あまり有意義ではない
(ア) 日ごろ展示室で感じている課題などの洗い出しと共有	2人	4人	0人	0人
(イ) ワークシートの作成作業	4人	2人	0人	0人
(ウ) 教育ボランティア同士の意見交換	3人	2人	0人	0人
(エ) 博物館職員との意見交換	4人	1人	0人	0人
(オ) 展示室での試行	4人	1人	0人	0人

### 考察とまとめ

今回のプログラムの参加者である国立科学博物館教育ボランティアは、博物館のボランティア活動を行っている方々であったこともあり、展示を介した来館者とのコミュニケーションについて、予想されたように普段から課題意識があったことが明らかになった。物質に関する高度な知識を持っている教育ボランティアがほとんどであり、自らが感じている科学のおもしろさや不思議さを来館者にも伝えたいという強い思いが感じられた。

・国立科学博物館のボランティア制度では、活動曜日が決まっているため、曜日が異なると面識がないことが多い。課題共有やシート案の検討でのディスカッションでは、互いに遠慮する場面も見られた。回

を重ねる中で、率直な意見交換も行われるようになった。

・教育ボランティアにとって作成から試行までの時間が短かったことや、自宅でのシートのデータ作成作業の負担が大きかった。プログラム担当者が教育ボランティアとのやりとりに必要な時間が不足し、十分な対応ができなかったなど、実装には効率化が課題。

・今回はプログラム実施期間中に完成度の高いシートを作ることに主眼を置かなかった。作成者である教育ボランティアがワークシート作りを通して、博物館での効果的なコミュニケーションとは何かに気づくことをねらいとした。「まあまあ達成できた」「あまり達成できなかった」との回答は、改善すべき課題を理解していることの表れと考えられる。

・シートの試行では、当日展示室を訪れた来館者に対して行ったために、時間がないと断られるケースが想定されたが、シートを紹介する教育ボランティアのこやかな提案に、参加する来館者が多かったのが印象的であった。シートをきっかけに展示解説へと発展するケースも多く、展示自体への興味や理解が増したことに加え、理系進学希望の大学生はボランティア本人について興味をもち、経歴を尋ねていた。

試行期間後にも、教育ボランティアからシート改善の申し出、展示室でのシートの提供の希望が多く寄せられ、教育ボランティアにとって有意義なプログラムとなっていることが伺われた。

今後は、プログラムの内容、構成について検討を行っていく。さらに、教育ボランティアと意見交換を行う博物館職員の態勢についても検討を行いたい。また、教育ボランティアの職歴等とプログラムの関係について十分に考察を行うことができなかったが、今後の展開に当たり、重要と考えられる。

### 謝辞

本プログラム実施にあたり、参加者となったボランティアスタッフの熱意が不可欠でした。年末年始の多忙な期間に検討会に参加し、自宅でシートを作成し、改善を行っていただいた教育ボランティアの皆様に感謝します。

## 家電にみるテクノロジーの過去・未来

### Home electrical appliance workshop: Looking at past and future of technology

亀井修<sup>\*1</sup>, 永山俊介<sup>\*1</sup>, 前島正裕<sup>\*1</sup>, 田代英俊<sup>\*2</sup>, 渡邊千秋<sup>\*1</sup>  
 国立科学博物館<sup>\*1</sup>, 科学技術館<sup>\*2</sup>

Osamu KAMEI<sup>\*1</sup>, Syunsuke NAGAYAMA<sup>\*1</sup>, Masahiro MAEJIMA<sup>\*1</sup>, Hidetoshi TASHIRO<sup>\*2</sup>,  
 Chiaki WATANABE<sup>\*1</sup>  
 National Museum of Nature and Science<sup>\*1</sup>, Science Museum<sup>\*2</sup>

概要:家電の歴史に関するレクチャーや,最先端の家電製品体験を行い,科学技術の発展の方向性や,社会あるいは自らの生活に必要な科学技術について,参加者相互のディスカッションを通じて考える。

キーワード:総合的視点に立つ選択,科学技術リテラシー,対話,家電製品,利便性,

#### 開発の背景と目的

家電製品をはじめとする工業製品は,「夢」や「未来」といった生活イメージと共に提供されてきた。従来の製品が次々と短いサイクルで新しい製品に取って代わられる昨今,あらゆる機能を搭載した新製品の登場により,様々な作業の効率性や利便性が高まる一方で,真の「必要性」や「便利さ」について改めて問い直す時期にきているともいえる。

社会構造やライフスタイルが多様化している現代において,豊かな社会や生活の質の向上のために,科学技術の開発やその活用について利用者がより主体的に関わっていくことが必要とされる。本プログラムでは,身近な科学技術の一つとも言える家電製品を例に取り上げ,その発展の歴史を振り返りながら,自らが必要とする科学技術について考え,選択することの重要性を認識することを目的に内容を構成した。

#### ねらい

「科学リテラシー涵養活動の目標」における,「社会の状況に適切に対応する能力の涵養」を踏まえ,本プログラムでは,以下のねらいを設定した。

自らの生活経験を活用して,それぞれの生活場面や社会活動で必要とされる科学技術を選択,あるいはその価値を判断して提案することができる。

#### 実施概要

- 1) 対象  
40～60歳代の男女8名
- 2) 日時  
平成22年9月26日(日)10:00～12:00
- 3) 場所

国立科学博物館上野本館

#### 4) プログラム概要

本プログラムは,「レクチャー」「最新家電体験と談話」の2部構成からなる2時間単発のワークショップである(表1)。

レクチャーでは,博物館の研究員の話題提供から「家電の歴史」を振り返り,科学技術が人々の生活や意識へ与えた影響や,製品開発の視点等について触れた。次の最新家電体験では,発達してきた家電の最新製品の一つとして,タブレット型メディアプレイヤーを紹介し,参加者は電子書籍の閲覧や,動画や音楽の視聴の他,様々なアプリケーションを体験した。基本操作の説明やアプリケーションの紹介は最小限にとどめ,体験の内容については各参加者に委ねた。これらの二つの活動を踏まえ,参加者と運営スタッフを交えた談話を通して個々の考えや感想などを共有した後,参加者は2グループに分かれ,提示された観点についての意見をまとめ,キーワードと共に発表を行った。

なお,最新家電体験と談話においては,2名の博物館職員がファシリテーターとして参加者の活動をサポートした。ファシリテーションにあたっては,参加者全員が発言しやすいように心がけ,要所所で,レクチャーを担当した職員のコメントを求めるなど,プログラムの各活動を一連の流れとして捉えられるよう,配慮した。

表1 活動の流れ

構成	主な活動
導入	○今日のスケジュール ○スタッフ紹介,参加者紹介

<b>レクチャー</b>	テーマ:「家電の歴史」 家電製品(洗濯機、炊飯器など)の歴史を振り返る。家電製品が人々の生活や意識へ与えた影響や人々が製品開発へ与えた影響について、以下の視点で触れる。 ①大きな必要性を土台に生まれたもの(電信から情報家電まで) ②技術が先あってそこから派生して生まれたもの・(洗濯機、炊飯器など)
<b>最新家電体験と談話</b>	○タブレット型メディアプレイヤーの体験(1台/1, 2人) ○体験の感想を全体で共有 ○2グループに分かれて以下の観点で意見をまとめ、発表する。 ①科学技術が自分/社会にとって必要かどうか ②今後の科学技術はどうあるべきか

## 評価

### 1) 評価の観点

本プログラムのねらいにもとづき、以下2点の観点を設定した。

- 身の回りの生活の中にある科学技術(=テクノロジー)のあり方やその進歩について、それぞれの文脈に沿った価値尺度に基づく視点を獲得し共有することができる。
- 社会や日常の生活に必要な科学技術について主体的に考え、取捨選択・提案することができる。

評価にあたっては、プログラム終了後に行った参加者へのアンケート結果をもとに検証を行った。アンケートは、「①参加者の属性を尋ねる質問」②「参加者の科学技術や家電製品に対する印象等を尋ねる質問」「③実施したプログラムについて尋ねる質問」からなる。もともとの参加者像を把握するため、①と②については、プログラムの実施前に回答してもらうよう依頼した。

### 2) 結果

参加者の基本属性を最初に記す。

参加者数8名(男性7名、女性1名)、年齢は40代から60代、職業については半数が理系、半数が文系である。参加目的は、家電というテーマ、そして最新家電の体験ということが主である(図1)。ちなみに最新家電の体験を謳っていることから情報家電製品の頻度や使い方も聞いたが、今回の参加者は、パーソナルコンピューターや携帯電話については使用頻度が高い方が多く、電子メール、ワープロ、調べ物、さらには音楽を聞くという趣味的な活用をしている方が目立った。

今回のプログラムは、中高年・団塊の世代向け

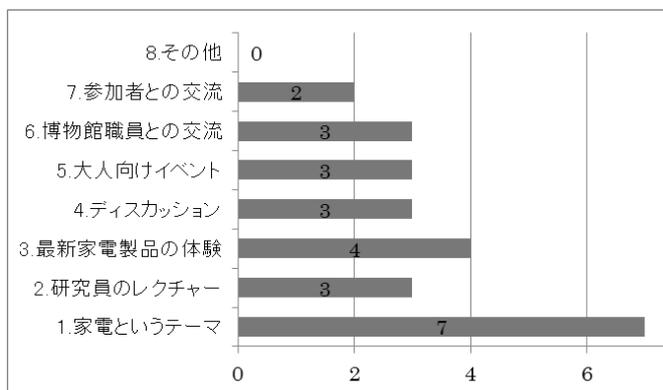


図1 参加目的

に『社会の状況に適切に対応する能力の涵養』として、「学んだことを適切に表現し、人に伝える。社会の状況に基づいて、科学的な知識・態度を活用したり、利点やリスクを考慮したりして意思決定する。」能力を育成することにある。このような観点から、ワークショップの中で参加者から多様な意見が出され、これを参加者同士でキャッチボールすること、ディスカッションすることを意図した。この点からすると、家電というテーマ取りの中で理系・文系の方々にバランス良く集まってもらえた。

この結果、科学・技術系の参加者、例えば家電製品を作る側の意見と、家電製品を使う側の意見が相互に出され、理系、文系双方にとって、家電製品について、個人的利点やリスク、社会的利点やリスクを考えるきっかけを作ることができた。ただし、残念なことに女性の参加が1名であった。家電というテーマからもう少し多い申し込みを期待していたが、この点は広報の観点からもさらなる工夫を要すると考える。

次にワークショップの実施評価である。ワークショップの流れの中で、それぞれのセッションごとに参加者の評価をしてみる(図2)。

『「家電の歴史」がよかった』の設問について、選択肢として「とてもよくあてはまる」が8名中7名であった。これについては、今回講義を実施した博物館研究者の日頃の研究成果が表れたと考える。

『「iPad」体験がよかった』については「とてもよくあてはまる」が3名「まあまああてはまる」が5名であった、ワークショップの時間的制約があり、十分「iPad」を体験する時間がとれなかったことが「とてもよくあてはまる」が3名となった要因と考えられる。

今回のワークショップの主目的であるディスカッションである。コミュニケーションに関する設問、『話し合いがよかった』については「とてもよくあてはまる」が5名「まあまああてはまる」が2名、「あまりあ

てははまらない」が1名であった。社会の状況に適切に対応する能力としての自意識に関する設問、『多様な視点から考えること』は、「とてもよくあてはまる」が6名「まあまああてはまる」が2名、『自ら選択することの必要性を理解できた』は「とてもよくあてはまる」が5名「まあまああてはまる」が3名である。強いポジティブ回答が優位であり、今回のワークショップの意図が、高評価の中で参加者におおむね伝わったと考える。

足するものである。一方で、社会的に評価するにはまだまだサンプル数が少ないのも事実である。今後、さらに多様な層を対象にワークショップを実施し、本ワークショップをより有意義な形にしてい

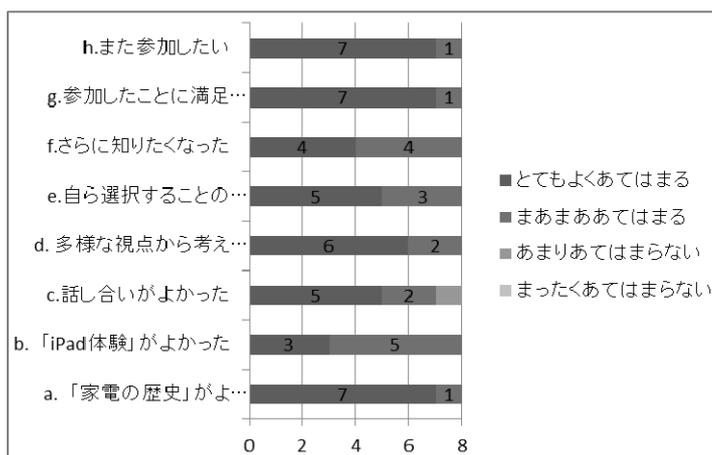


図2 ワークショップに対する参加者の評価

このことは自由記述にも見ることができる。「グループに分かれて意見交換できたところ、メーカーの方がいたため、そちらの方面からの視点があったのが良かったと思います。」「科学技術＝便利とはなっていないこと、通常使っていることに対する疑問を持っていない。」「情報家電のレクチャーについて、今まで全体として考えたことがなかったのでもよかった。」との意見を得ることができた。

最後に『参加したことに満足している』かどうかを聞いた設問では、選択肢として「とてもよくあてはまる」が8名中7名に達しており、参加者の満足度が非常に高かったことがうかがえる。

### 考察とまとめ

ワークショップの実施については当初の意図通りの結果を得ることができたと考え、ただし、課題として、自由記述でも指摘されているが、内容が盛りだくさんであり、特に iPad 体験やディスカッションの部分に時間が十分割けなかったことから、スケジュールリングについてさらなる改良が必要であると考える。また、今回、家電というテーマ取りで実施したが、女性の参加者は1名であった。女性の方々にもアピールするテーマ取りを今後考える必要がある。とはいえ、今回の評価結果は実施者とともに参加いただいた8名の参加者と協働して作り上げた結果であり、実施者として非常に満



### III プログラムの評価



## プログラムの評価 Evaluation of Educational Programs

高橋みどり, 小川義和  
Midori TAKAHASHI, Yoshikazu OGAWA  
静岡科学館, 国立科学博物館  
Shizuoka Science Museum, National Museum of Nature and Science

### 1. はじめに

我が国の科学系博物館では、それぞれの博物館の目的に基づいてプログラムの開発と提供が行われている。しかし、これらの科学系博物館が提供するプログラムの評価に関する事例（例えば小谷・野上, 2002；五十里ほか, 2003；小川・下條, 2003；中山ほか, 2003；里岡ほか, 2004）は、学校教育の目的に即して行われたプログラムの評価であり、必ずしも人々の科学リテラシーの向上を目的としたものではない。

プログラムを開発し、次いでその効果を測るために評価を行うのは通常行われている方法である。本研究では、科学リテラシーの涵養のためのプログラムにより具体的な知識やスキルを身につけさせることを目的としているため、評価の観点をあらかじめ設定した方が明確な評価ができると考えられる。

そこで本稿では、科学系博物館における評価の枠組みを構築するために、文献を調査し、国立科学博物館の科学リテラシー涵養活動の枠組みをもとに、科学系博物館において人々の科学リテラシーがどのように涵養されたのかを評価するための枠組みの開発を試みた。そして、それをを用いてプログラムを評価することによって、評価の枠組みの実効性を探った。

なお、本稿では、科学リテラシーに関する表記は、各文献原典もしくは翻訳の表記に従った。

### 2. 先行資料の比較検討

#### 2-1. 国立科学博物館の科学リテラシー涵養活動の枠組み

国立科学博物館では、2008年に科学リテラシー涵養活動の枠組みを提示し、幼児から老年期までの世代に対応した科学リテラシーの涵養を目的としたプログラムの体系を提示した。国立科学博物館が提示した科学リテラシーの涵養活動の枠組みでは、科学リテラシーは「人々が自然や科学技術に対する適切な知識や科学的な見方及び態度を持ち、自然界や人間社会の変化に適切に対応し、合理的な判断と行動ができる総合的な資質・能力」と定義されている。

人々が科学技術に依存する現代社会で生活し、豊かな未来を構築するためには、変化し続ける自然環境と人間社会の課題を適切に理解し、科学的に考え、合理的に判断することが必要であり、それを可能にするために科学リテラシーが必要である。生涯学習機関である科学系博物館は社会の諸機関と連携の上、科学リテラシーを涵養すべきであるとしている。

これを受け、国立科学博物館では、科学系博物館に求められるものとして、「自然界や人間社会において実生活に関わる課題を通じ、人々の世代やライフステージに求められる科学リテラシーを涵養する継続的な活動体系」である科学リテラシー涵養活動を提案している。その中で、科学リテラシー涵養活動の目標を「感性の涵養」、「知識の習得・概念の理解」、「科学的な見方・考え方」、「社会の状況に適切に対応する能力」の四つに分類し（表1）、そのそれぞれの分類においてどのようなことを促進すべきかを示している。

表1 科学リテラシー涵養活動の目標(国立科学博物館, 2008)

感性の涵養	感性・意欲を育む体験的な活動を通じ、科学や自然現象への興味・関心を高められるようにする。
知識の習得・概念の理解	科学的な知識・概念を定着させる活動を通じ、科学的な知識を広げられるようにする。
科学的な見方・考え方（スキル、実践力、科学的な態度、判断力、創造性）の育成	事象の中の疑問を見出し分析し、課題解決のための探究活動を行ったり、科学的な知識を実生活に活用したりすることを通じ、科学的な事柄や、環境問題などの現代的課題について総合的にとらえ、自ら学び、独自の解釈・判断をできるようにする。
社会の状況に適切に対応する能力（表現力、コミュニケーション能力、活用能力）の育成	学んだことを適切に表現し、人に伝える。社会の状況に基づいて、科学的な知識・態度を活用して意思決定する。 自らの持っている知識・能力を次の世代へと伝えるなど、社会への知の還元を行う。 社会と対話し、豊かに生きる社会作りに参画する。

#### 2-2 諸外国における科学リテラシーに関する評価の枠組み

評価の枠組みの作成にあたり、科学学習の体系を示した諸外国の文献で提示されている科学リテラシーの枠組みを比較した。参考にしたのはPISA2006 (OECD,

2006 ; 国立教育政策研究所, 2007) , Pan Canadian Protocol (Council of Ministries of Education, Canada, 1997 ; 小倉, 2006) , Iowa Assessment Handbook (IAH, Enger & Yager, 1998) ,そして Generic Learning Outcomes (GLO, Museum Libraries Archives Council, 2004) の四つである。

これらは、学校教育という限られた領域ではあるが、科学リテラシーの評価の枠組みを提示する点で大いに参考となるものと考えられる。例えば、PISA2006 は、国際的に使用されている科学リテラシーの定義をもとに、評価の枠組みを提示している。Pan Canadian Protocol は、カナダ全土における科学リテラシーの定義を提示し、その達成度を測るための評価の枠組みを示している。IAH は、AAAS (1990) の科学リテラシーの枠組みに基づき、科学の探究や学習における側面を六つに分類して枠組みとして提示している。尚、GLO は、学校外の教育機関である博物館を中心として、来館者が何をどのくらい学んだかを測るための観点を提示している。

#### ○PISA2006

PISA2006 (OECD, 2006 ; 国立教育政策研究所, 2007) は、学校教育の範囲内で科学的リテラシーを規定しており、以下のように定義されている。

- ・疑問を認識し、新しい知識を獲得し、科学的な事象を説明し、科学が関連する諸問題について証拠に基づいた結論を導き出すための科学的知識とその活用
- ・科学の特徴的な諸側面を人間の知識と探究の一形態として理解すること
- ・科学とテクノロジーが我々の物質的、知的、文化的環境をいかに形作っているかを認識すること
- ・思慮深い一市民として、科学的な考えを持ち、科学が関連する諸問題に、自ら進んで関わること

PISA で扱う側面には生徒が各分野で習得する必要がある「知識領域」、生徒が応用する必要がある「関係する能力」、そして知識・技能の応用やそれが必要とされる「状況・文脈」がある。2006 年の PISA の調査においては、これらの三つの側面に、科学への興味・関心、科学的探究の支持、資源と環境に対する責任からなる「科学に対する態度」を加えて四つの側面で評価の枠組みを示している。

#### ○Pan Canadian Protocol

Pan Canadian Protocol (Council of Ministries of Education, Canada, 1997 ; 小倉, 2006) は、カナダの学

校における科学学習の成果を測る観点を示している。これは、カリキュラム開発・実践者が幼稚園から第 12 学年までの生徒に求められる学習成果を設定するのに支援するために開発され、生徒が何を知り、できるべきかを示しているとともに、促進すべき態度も示している。

Pan Canadian Protocol では、科学的リテラシーは「生徒が探究活動、問題解決、意思決定の諸能力を養い、生涯にわたる学習者となり、身の回りの世界においてセンス・オブ・ワンダーを保つのに必要な科学に関連した態度、スキル、知識の結合体」と定義されている。

Pan Canadian Protocol では、カナダにおける科学的リテラシーの基礎力として「科学とテクノロジー・社会・環境 (STSE)」「スキル」「知識」「態度」の四つが提示されている。このそれぞれの基礎力の中で、全般的学習成果と特定の学習成果が、学年のまとまりごとに設定されている。全般的学習成果は、上記の四つの基礎力において、生徒は何を学んで何ができるようになると期待されるかについての大きな記述である。そして特定の学習成果は全般的学習成果のそれぞれを受け、各学年において、生徒が何を知って何ができるようになると期待されるかを具体的かつ明確に例示している。

#### ○Iowa Assessment Handbook (IAH)

IAH (Enger & Yager, 1998) は、概念、プロセス、応用、態度などの科学の六つの領域とその内容を例示している。ここでの科学的リテラシーの定義は AAAS (1990) に準拠しており、科学的リテラシーを備えた人は、科学の強みと限界を正しく理解し、科学の知識と科学的見方・考え方を個人のよりよい生活および社会における根拠に基づいた意思決定を行うことのできる人としている。

IAH はさらに、子どもの科学学習を包括的にとらえる試みの一つとして、NRC (1996) や AAAS (1993) をもとに、科学における領域を概念、プロセス、応用、態度、創造性、そして科学の本質の六つに設定した。この科学の六つの領域には、科学の広範な内容が挙げられており、生徒の次元の高い思考や探究活動に必要なスキル、実践的な論理付けのスキルを評価するためには、これに基づいた全体的な評価が必要であると述べている。

IAH では、教師は提示された科学の六つの領域をもとに授業の内容に即した評価ツールを作成することを

期待されている。

### ○Generic Learning Outcomes (GLO)

科学リテラシーの体系を示してはいないが、一般的な博物館における学習成果を測る体系として、博物館のプログラムにおいて、来館者の興味の発展や学びの指標を例示した GLO (Museum Libraries Archives Council, 2004) が挙げられる。GLO では、博物館の学びにおいて期待すべき成果が五つに分類して提示されている。それぞれの分類は、知識と理解、スキル、態度と価値、楽しみ・インスピレーション・創造性、そしてアクションを起こすこと・個々の行動・(更なる学びやスキルアップへの) 進歩である。

GLO では、学びの成果は来館者の発言などの証拠をもとに分析することを想定している。また、GLO で示されている枠組みは、博物館において一般的に来館者が何を見、試し、学んでいるのかを、それぞれのスタッフのニーズに基づいて調査することが目的であり、科学系博物館に限らず、社会教育施設が使用できるように開発されている。そのため、示されている観点も必ずしも科学リテラシーに基づいたものではなく、非常に一般化して表現されている。

## 3. 評価の枠組みの構築

### 3-1. 枠組みの設定

評価の枠組みの構築にあたっては、枠組みを構成する領域の設定、そして各領域内に配置する評価の観点の設定の順で行った。

領域の設定に関しては、国立科学博物館の科学リテラシー涵養活動の目標(「感性の涵養」, 「知識の習得・概念の理解」, 「科学的な見方・考え方」, 「社会の状況に適切に対応する能力」)に対応し, 「科学(学習)や社会への積極的な態度」, 「知識の習得・概念の理解」, 「科学的な見方・考え方」, 「社会の状況に適切に対応する能力」の四つを設定した。

その中で, 「科学(学習)や社会への積極的な態度」は, 国立科学博物館で示された「感性の涵養」の目標から変更を加えたものである。それは, 感性とは無意識的, 直感的な感じ方や考え方, 物事のとらえ方のことであるため, それを客観的に評価するのは非常に困難であるからである。本稿においては, 感性を科学や科学学習, 社会への積極的な態度に置き換え, 自己評価によってそれを測ることにより, 参加者の学びや活動に対する意欲, 興味・関心を測ることを目指した。

### 3-2. 評価の観点の設定

評価の観点の作成にあたっては、諸文献の中から特に Pan Canadian Protocol, IAH, GLO を参考に、国立科学博物館の科学リテラシー涵養活動の評価の観点を精査した。この三つの文献には科学リテラシーの枠組みに基づいて評価の観点が明確に提示されており、表1の科学リテラシー涵養活動の四つの目標を包含できるものと考えられるからである。表2は Pan Canadian Protocol, IAH, そして GLO で示された評価の観点例を示している。

表2 文献で示された評価の観点例

<p><b>Pan Canadian Protocol (抜粋)</b></p> <p><b>STSE</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>科学的な疑問に答え、実際的な問題を解決できるように材料や道具を使う方法を実際に行い、それを記述する。(全)</li> <li>科学とテクノロジーの歴史的な発展を記述する。(全)</li> <li>生物・物体および材料の特徴と特性を記述し比較する(特)</li> <li>静電気と電流の特徴を比較する(特)</li> </ul> <p><b>スキル</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>環境を観察し調べ、その結果を記録する。(全)</li> <li>実際的な問題と課題を元に、調査すべき疑問を見つける。(特)</li> </ul> <p><b>知識</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>生物・物体および材料の特徴と特性を記述し比較する。(全)</li> <li>健康な身体を維持するために必要な栄養その他の要件を記述する。(特)</li> </ul> <p><b>態度</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>偏見のない目で探究する。(全)</li> <li>他者と協力して探究と調査を行う。(全)</li> <li>科学とテクノロジーの応用から倫理的ジレンマが生じる可能性を認識する。(全)</li> </ul> <p>注：(全)は全般的学習成果、(特)は特定の学習成果の観点を指す。</p>
<p><b>Iowa Assessment Handbook (IAH) (抜粋)</b></p> <p><b>概念</b></p> <p>事実, 法則, 原理, 理論, 個々の生徒により内面化された知識</p> <p><b>プロセス</b></p> <p>観察, 分類・グループ化・整理, 数値化, 計測, 推論, 予測, 実験</p> <p><b>応用</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>クリティカルシンキングを使う。</li> <li>科学の概念, スキルを技術的な問題に使う。</li> <li>日常に起こる問題を解決するために科学のプロセスを使う。</li> </ul> <p><b>態度</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>自身に対して積極的な態度を養う(「できるんだ」という気持ち)。</li> <li>科学一般に対しての積極的な態度を養う。</li> </ul> <p><b>創造性</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>オープンエンドな質問をする。</li> <li>代替的な視点を考える。</li> <li>ものや考えを新しい方法で結びつける。</li> </ul> <p><b>科学の本質</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>科学の考えについての歴史についての理解</li> <li>科学研究で使われる方法についての理解</li> </ul>
<p><b>Generic Learning Outcomes (GLO) (抜粋)</b></p> <p><b>知識と理解</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>何かを知る。</li> <li>何かを理解する。</li> <li>物事の間に関係を作る。</li> </ul> <p><b>スキル</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>キー・スキル (算数の基礎学力, 読解力, 学びの方法)</li> </ul>

<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 知的スキル (読解, クリティカルかつ分析的に考える)</li> <li>・ 社会的スキル (人と会う, 共有する, チームワーク)</li> </ul> <p><b>態度と価値</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 自分に対する態度 (自尊心)</li> <li>・ 他者に対する態度</li> <li>・ 起こしたアクションの理由や自分の視点</li> </ul> <p><b>楽しみ・インスピレーション・創造性</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 楽しむこと</li> <li>・ 驚くこと</li> <li>・ 革新的な考え, アクション, 物事</li> </ul> <p><b>アクションを起こすこと・個々の行動・(更なる学びやスキルアップへの) 進歩</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 人がすること, しようとしていること</li> <li>・ 個人の生活における変化 (仕事, 勉強, 家族, 地域の状況を含む)</li> <li>・ 進歩 (これは, 変化へと続くためのアクションの結果である)</li> </ul>
---

Pan Canadian Protocolには全般的学習成果と特定の学習成果が各領域において構造化して示されており, 本研究における評価の枠組みの構築においてはその構造も参考にした。

全般的学習成果の例は, 生徒に期待される学習成果の大まかな記述であるため, 「科学的な疑問に答え, 実際的な問題を解決できるように材料や道具を使う方法を実際に行い, それを記述する」のように一つの例に複数の要素が複合的に含まれているものも多い。一方, 特定の学習成果に示されている例は, 「生物・物体および材料の特徴と特性を記述し比較する」のように簡潔・明確に示されているものや, 「静電気と電流の特徴を比較する」のように限定的で汎用性の低い記述もある。

本研究における評価の枠組みの構築にあたっては, 観点を明確にするために具体的で簡潔に示されているものも必要となると同時に, 科学系博物館のプログラムに共通して使用するために, 汎用性の高いものが必要となる。そこで, 本研究においては, 特定の学習成果に示されている観点を中心に検討し, 具体的かつ汎用性の高い例を選択し, 科学の広範な内容を網羅することを目指した。

IAH は科学の六つの領域で示された項目を使用して教師が評価ツールを作成することをねらいとしている。本研究においては, この方法を参考にし, 評価の枠組みからプログラムのねらいや内容に沿った評価ツールを開発する方法を採用した。

また, GLOの指標は, 科学リテラシー涵養活動の指標の作成のために参考にするには広範ではあるが, 博物館教育一般における学習成果の指標を示している。それらの指標は多様な来館者に対応する博物館におけるプログラムの評価に適したものであり, 評価の枠組

みの観点の精査・作成において参考にした。

上記文献中に提示されている観点を精査して観点を当てはめる際には, 学校の科学カリキュラムの枠内に留まらない記述であること, 汎用性が高い記述であること, 国立科学博物館の科学リテラシーの枠組みを補完する記述であることに留意して科学リテラシーの涵養を測ることができものを抽出し, 評価の枠組みに当てはめた。これらの留意点は, 科学系博物館で提供されるプログラムの評価に対応するため, そして様々な対象や内容のプログラムに対応するために設定されたものである。

表3はそれぞれ国立科学博物館の科学リテラシー涵養活動の枠組みに対応して構築された評価の枠組みと観点例を示している。

表3 本研究における評価の枠組み観点例

<p><b>科学 (学習) や社会への積極的態度</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 科学への関心や好奇心を示す。</li> <li>・ 意欲的に観察し, 疑問を見つけ, 探究する。</li> <li>・ 身近な環境にある物体と事象に興味と好奇心を示す。</li> <li>・ 持続可能な環境を保つことに責任感を持つ。</li> </ul> <p><b>知識の習得・概念の理解</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 生物・物体および材料の特徴と特性を記述し比較する。</li> <li>・ (プログラム内容に応じた知識・概念の理解)</li> <li>・ 社会における科学の価値を知る。</li> </ul> <p><b>科学の方法, 科学的ものの見方・考え方</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 分類・グループ化・整理する。</li> <li>・ 数値化する。</li> <li>・ 批判的・論理的に考える。</li> <li>・ 適切な方法を用いて, 調査から分かったことを解釈する。</li> <li>・ 疑問に答えるために, 解釈した結果に基づいて科学的な判断を下す。</li> </ul> <p><b>応用(社会の状況への対応, 意思決定)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 適切なことばを使って他者とコミュニケーションを取る。</li> <li>・ 科学の知識・科学的ものの見方・考え方を社会の課題の理解や問題解決に使う。</li> <li>・ 状況に応じて科学を他の学問領域と統合させた考え方を示す。</li> <li>・ 科学の知識や概念に基づいて, 社会的な状況等を踏まえ, 意思決定をする。</li> </ul>
--

### 3-3. 評価の流れ

本稿では, プログラムの内容に基づいて科学における六つの領域に示された項目から評価するものを抽出して評価ツールを作成する IAH の手法を採用し, 国立科学博物館で開発された科学リテラシー涵養活動の枠組みをもとに構築された評価の枠組みから, プログラムのねらいと合う評価の観点を抽出して評価ツールを作成する方法を検討した。具体的には, 以下の二つの手順を経て行われた (図1)。

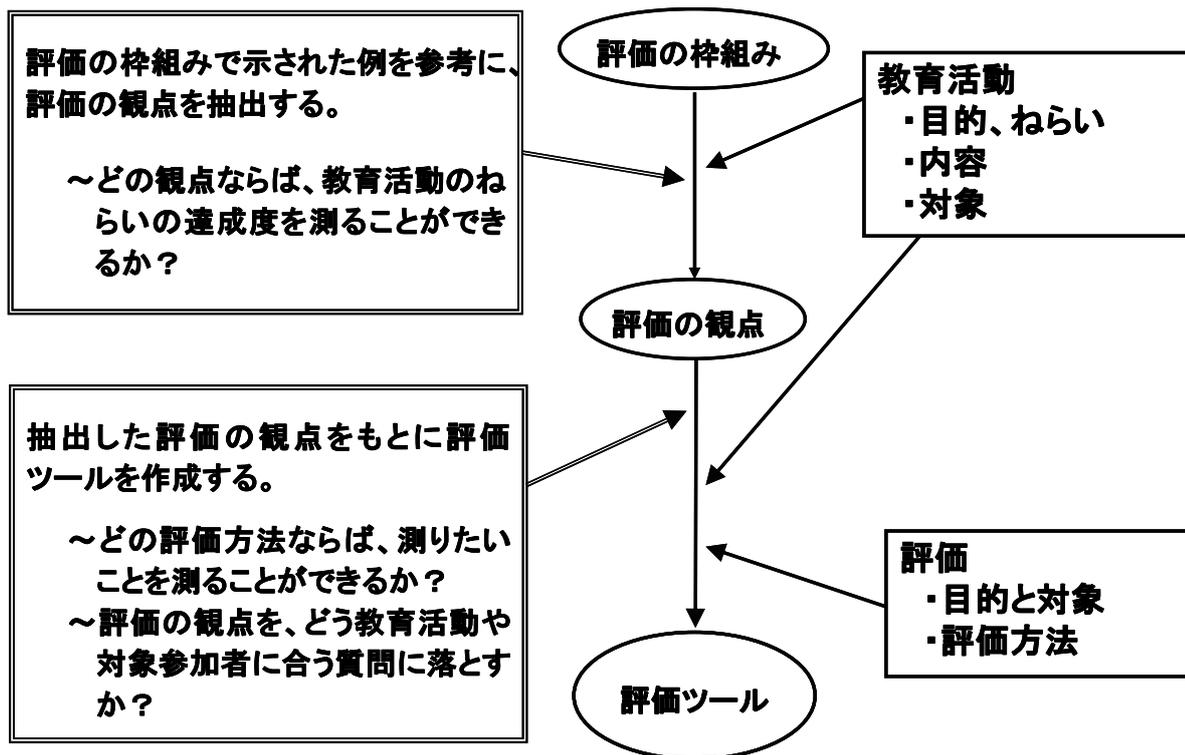


図1 評価の流れ

- (1) プログラムのねらいや内容，対象参加者の情報をもとに，評価の枠組みより評価の観点を抽出する。ここで言うプログラムとは，科学リテラシー涵養活動の一環であり，プログラムのねらいとは，科学リテラシー涵養のために身につけて欲しい知識やスキルを定着させるためのものである。評価の観点を抽出するときには，どの観点ならばプログラムのねらいが達成されたのかを測ることができるのかに留意して抽出する。
- (2) 抽出した評価の観点をもとに，プログラムの内容や対象参加者の年齢・学年などの情報に基づいて，使用する評価方法（アンケート調査，観察法，インタビュー，プレ-ポストテストなど）を決定し，各プログラムに沿った評価ツール（質問紙やインタビューガイドなど）を作成する（Biemer & Lyberg, 2003）。ここでは，対象とする参加者の年齢に適した評価方法を選ぶと共に，抽出した評価の観点から，どうプログラムの内容に合う質問や観察の視点等を作成するか，そしてねらいが達成されたか否かの基準はどう設定するかに留意しながら，ツールを作成していく。

### 3-4. 期待される効果

この評価の枠組み及びそれに基づいて作成された評価ツールには，以下の四つの効果が期待される。

- (1) 各領域において具体的に挙げられた観点よりプログラムのねらいや内容に適したものを抽出するため，評価の観点を新規に作成する必要がなく，プログラムの評価を明確・簡便に行うことに寄与する。
- (2) 本評価の枠組みは，科学リテラシーの枠組みに基づいて人々に身につけて欲しい知識や能力をもとに構築されているため，プログラムからは独立している。従って，プログラムの開発に当たり，独立した評価の観点からプログラムのねらいなどを見直すことができる。
- (3) 従来の評価はプログラム実施者の経験や主観に基づいており，第三者が同じ評価を使用する際に使用上の問題点が出てきて活用しにくいものが多かった（大隅・芦葉，1983）。また，科学系博物館はその多様性ゆえに評価の方法論などの知見を共有しきれていなかった（Takahashi, 2007）。共通の評価の枠組みを使用することにより，より客観的に評価を行うことが可能になる。評価の枠組みは，プログラムからは独立して作成されているため，プログ

ラムの変更に評価が左右されることがなく、客観的な結果を提供する。さらに、客観的な評価は、他のプログラムとの知見の共有や、他者との共通の基盤に立った議論を実現できる。

- (4) 博物館で展開されるプログラムは、多様な年齢層、学習経験の人に対応すべく、多岐に渡る。そのため、個々のプログラムに統一の評価ツールを設定することは不可能である。本評価の枠組みで提供された観点を個々のプログラムに応じてツールや評価基準を設定することにより、プログラムの内容やねらいにより即した評価ツールを作成することが可能になる。

#### 4. 評価ツールの試行

本稿においては、「科学リテラシーに関する先行研究の比較検討」「評価の枠組みの構築」「評価の流れの設定」という大きな流れの中でプログラムの評価を試行することにより、開発した評価法全体の効果を探った。

##### 4-1. プログラムの概要

本稿において評価の試行に使用されたのは、幼児向けプログラム「かわらの小石で遊ぼう」である。本プログラムは河原の石を手触りや色などの観点から観察し、創造性をはたらかせて石の工作をすることを通して石に親しんだ。

石の観察では、親子それぞれが異なる川から採取された石を選び、自分の選んだ石についてその形、色や模様、手触りなどについて注目した観察を行い、記録すると共に観察結果の発表を行った。講師は観察結果のいくつかを例に石の異なる特徴を紹介し、石には様々な種類があることを実感させるよう働きかけた。

石の工作では、石の形だけでなく、色や模様を生かすことに留意して石の工作を行い、発表を行った(図2)。出来上がった工作の発表においては、講師は、参加者が自分の石のどんなところに着目してどういう工作をしたのかが他に分かるように発表することを支援した。

また、最後に継続的に親子の自然遊び・学習を自発的に行うことを目的として、河原の石に関する基礎知識や遊びの方法、そして家族で安全に石を採集できる河原の紹介を行った。

本プログラムでは、三つのねらいが設定されており、そのそれぞれは、国立科学博物館の科学リテラシーの

枠組みに対応している。

「親子で一緒に石遊びを楽しみながら、自然(石)に親しみ、興味・関心を持つ」というねらいは国立科学博物館の科学リテラシーの枠組みの「感性の涵養」と対応している。同様に、「石には様々な種類(ちがいがい)があることを知り、身の回りの自然環境を理解するきっかけを持つ」というねらいは、「知識の習得・概念の理解」と対応している。そして「異年齢の参加者とのコミュニケーションのなかで社会性を向上する」というねらいは「社会の状況に適切に対応する能力(表現力、コミュニケーション能力、活用能力)の育成」に対応している。

本プログラムとその評価は2回にわたって試行され、参加人数は第1回目、第2回目それぞれにおいて、親子7組20人、同8組24人であった。



図2 石の工作の様子と工作物

##### 4-2. 評価ツールの作成

本稿におけるプログラムの評価では、プログラムへの参加理由、参加者の印象に残った内容などを探る質問に加え、評価の枠組みから抽出した観点をもとに質問を作成した(表4)。この観点をもとに作成した質問は、科学リテラシーの涵養がどの程度達成されたのかを測ることを目的としており、ライカートタイプの質問形式にした。評価の観点から質問を作成する過程においては、プログラム開発・実践者と評価者がプログラム開発段階から継続的に共同して評価ツール作成に関わった。

「親子で一緒に石遊びを楽しみながら、自然(石)に親しみ、興味・関心を持つ」というプログラムのねらいは、国立科学博物館の科学リテラシーの枠組みの「感性の涵養」に対応している。このねらいを測るためには、「科学への関心や好奇心を示す」「意欲的に観察し、疑問を見つけ、探究する」という観点を評価

表4 教育活動のねらいと抽出した評価の観点

科学リテラシー 涵養活動の枠 組み	教育活動のねらい	評価の枠組み	評価の観点	評価ツールの質問項目
感性の涵養	・親子で一緒に石遊びをしながら、自然(石)に親しみ、興味・関心を持つ	科学(学習)や社会への積極的 態度	・科学への関心や好奇心を示す ・意欲的に観察し、疑問を見つけ、探究する	・子どもは、石に意識を払って観察することに興味を持った ・子どもは、石の工作を積極的に行うことができた
	・石には様々な違い(種類)があることを知り(①)、身の回りの自然環境を理解するきっかけを持つ(②)		② ・身近な環境にある物体と事象に興味と好奇心を示す	・科博の関連した展示を見てみたい ・家へ帰ったら、子どもと一緒に身の回りの石を観察してみたい ・紹介された河原へ行って石を採集してみたい
知識の習得・ 概念の理解		知識の習得・ 概念の理解	① ・生物・物体および材料の特徴と特性を記述し比較する	・子どもは、上手に石の観察が出来た ・子どもは、石の違いを理解できた
科学的な見方・ 考え方の育成		科学の方法、 科学的ものの見方・考え方		
社会の状況に 適切に対応する 能力の育成	・異年齢の参加者とのコミュニケーションの中で社会性向上のきっかけを持つ(第1回目の試行) ・人前で自分の作品を紹介することを通じて、表現力向上のきっかけを持つ(第2回目の試行)	応用(社会の状況への 対応、意思決定)	・適切なことばを使って他者とコミュニケーションを取る	・子どもは、参加していた他の子どもたちとの交流を楽しんだ(第1回目の試行)  ・子どもは、自分の工作を他の参加者に上手に紹介できた(第2回目の試行)

の枠組みから抽出した。このねらいには複数の要素が含まれているが、本稿においては、プログラムの内容に即して、「意欲的に観察する」の部分のみ使用した。また、ねらいには「石遊び」と表現されているが、実際には石の観察と工作を行うため、「子どもは、石に意識を払って観察してみることに興味を持った」「子どもは、石の工作を積極的に行うことが出来た」と内容に即した質問を作成した。

「石には様々な種類(ちがい)があることを知り、身の回りの自然環境を理解するきっかけを持つ」とのプログラムのねらいは、国立科学博物館の科学リテラシーの枠組みにおける「知識の習得・概念の理解」に対応している。しかし、このねらいには、「石には種類(ちがい)があることを知る」「身の回りの自然環境を理解するきっかけを持つ」のように、要素が複数含まれている。そこで、観点の抽出は要素ごとに行った。

「石には種類(ちがい)があることを知る」の部分においては、違いがあることを知るために観察を行うことが内容に盛り込まれている。そして、それを理解

するためには、観察したことを正確に記述することが求められる。そこで、この部分に対応するものとして「ものの特徴や特性を適切に記述し、比較する」という観点を枠組みより抽出した。これより、「子どもは上手に石の観察が出来た」「子どもは、観察した内容から石の違いを理解できた」との質問を作成した(付録1, P.174)。

また、「身の回りの自然環境を理解するきっかけを持つ」の部分では、プログラム開発・実践者は、「きっかけを持つ」ことを強調した。それは、幼児を対象とするプログラムでは感性や情意領域を重視する(国立科学博物館, 2008; 文部科学省, 1998)とともに、家へ帰って親子でさらに活動するような発展性を含めることを目的としたためである。そこで、このねらいを、プログラムで経験したことが今後の行動や意識に影響を与えるかどうか置き換え、「身近な環境にある物体と事象に興味と好奇心を示す」との観点を抽出した。それを、プログラムの内容に基づいて「科博の中の関連した展示を見てみたい」「家へ帰ったら子どもと一緒に

に身の回りの石を観察してみたい」「紹介された河原へ行って石を採集してみたい」の三つの質問を作成した。

「異年齢の参加者とのコミュニケーションのなかで社会性を向上する」のねらいは、国立科学博物館の科学リテラシーの枠組みに提示されている「社会の状況に適切に対応する能力（表現力，コミュニケーション能力，活用能力）の育成」に対応している。ここでは、プログラム開発・実践者は、石の工作の発表においてそれぞれの工作について質問したりすることを通して他の子どもとコミュニケーションを取ることを活動内容に含めた。それを受け、評価の枠組みから「適切な言葉を使って他者とコミュニケーションを取る」との観点を抽出し、「子どもは、参加していた他の子どもたちとの交流を楽しんだ」との質問を作成した。

評価ツールは事後アンケートの形態を採用し、保護者が子どもの様子を用紙へ記入するように作成した。

### 4-3. プログラムの結果—プログラムの試行

#### a. 石の観察と工作について

「石を観察することに興味を持った」に対し、第1回目試行、第2回目試行においてそれぞれ7人中6人、8人中4人が肯定的に回答した。また、「石の工作を積極的に行うことができた」という質問に対しては、第1回目の試行では7人全員が、第2回目の試行では6人中5人が肯定的に回答した。図3、図4はそれぞれ第1回目試行、第2回目試行の結果を示している。

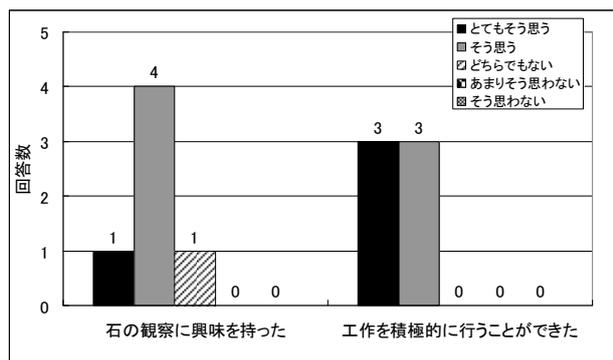


図3 石の観察と工作(第1回目試行)

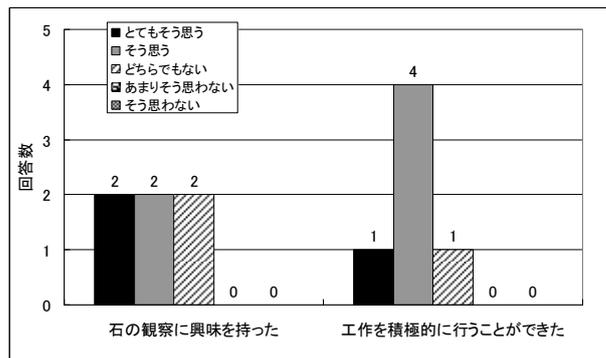


図4 石の観察と工作(第2回目試行)

#### b. 「石には様々な種類(ちがい)があることを知る」の結果

第1回目の試行において、観察を上手にできたと思うとの回答が多かったのに比較して、観察を通して石の違いを理解できたか否かを尋ねた質問においては、「そう思う」「あまりそう思わない」がそれぞれ3人となり(図5)、石の違いが理解できたと回答した人は少なかった。観察シートには、それぞれ異なった川から採取された自分の石と保護者の石に対して、外見の異なる特徴が観察結果として書かれており、比較の材料はそろっていたが、それを石の違いと認識するには至らなかったと推測できる。この結果を受け、第2回目の試行では、講師は「あなたの石は黒くてごつごつしているね、でもお母さんの石は白くてすべすべしているね。こんな風に違うんだね。」などと、子どもが発表した内容をもとに石の違いを意識するように支援した。その結果、「石の違いを理解できた」の質問に対して、2人がとてもそう思う、3人がそう思うと回答し(図6)、概ね良好な結果を得た。

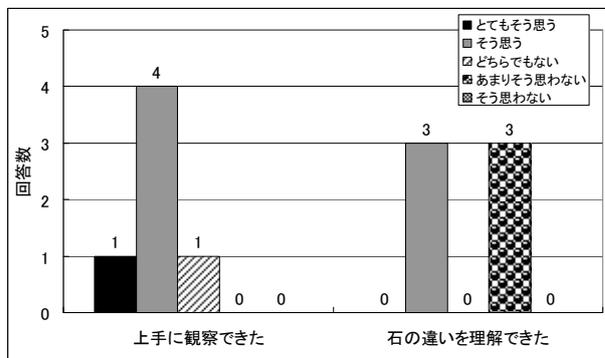


図5 石の観察と石の違いの理解(第1回目試行)

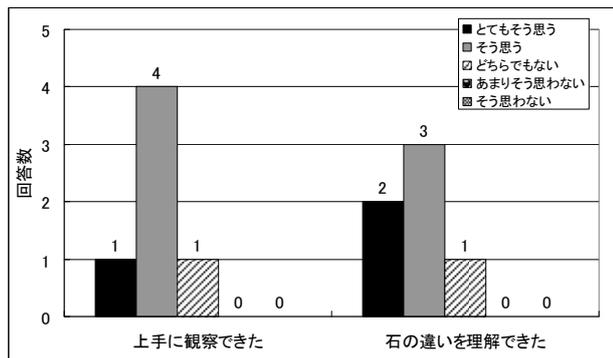


図6 石の観察と石の違いの理解(第2回目試行)

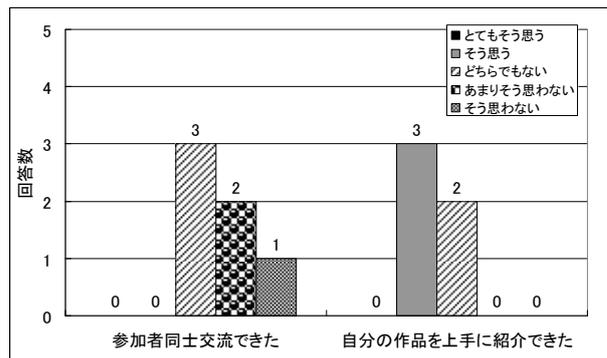


図7 親子間・他者との交流(第1回目・第2回目試行比較)

### c. 「異年齢の参加者とのコミュニケーションのなかで社会性を向上する」の結果

第1回目の試行において、「子どもは、参加していた他の子どもたちとの交流を楽しんだ」との質問では、全回答者6人中4人が肯定的に回答した。しかし、子どもと他の参加者との交流については、全回答者6人中3人が「どちらでもない」、また残りの3人が否定的に回答しており、異年齢の参加者とのコミュニケーションのなかで社会性を向上するというねらいは達成されたとは言えない結果となった。更に、ワークショップへの参加理由を尋ねた質問において、「子どもに幼稚園・学校以外の場所で同年代の子どもと一緒に活動させてみたかったから」という理由を選んだ回答者はいなかった。このことより、他の子どもと交流することは参加者(保護者)の期待するものではなかったことが伺える。

この結果を踏まえ、第2回目の試行では、参加者同士の交流から社会性を向上させることよりもむしろ、自分の石の工作を説明することを切り口として、表現力とコミュニケーション力を向上させることに特化した。それを受け、子ども同士の交流を図ることではなく、自分の作品を上手に表現するという項目をねらいに入れた。そこで、評価の観点は「異年齢の参加者とのコミュニケーションのなかで社会性を向上する」のまま残り、プログラムのねらいと評価ツールの質問項目を表4のように変更した。この結果、全回答者5人中3人が、自分の作品を上手に紹介できたかの質問に対して肯定的に回答した。

図7は、当該ねらいの評価に関する第1回目試行、第2回目試行の結果を示している。

### 5. 考察

本稿において、評価の枠組みは以下の三つの役割を果たした。

(1) 明確な評価ツールの作成に寄与した。

評価の枠組みから抽出された観点をもとに評価ツールを作成する過程においては、一般化して示されている評価の観点をプログラムの内容に基づいて具体化し、明確な質問を作成することができた。

例えば、「石には様々な種類(ちがひ)があることを知り、身の回りの自然環境を理解するきっかけを持つ」のねらいでは、観点を明確にするために「石には様々な種類(ちがひ)があることを知る」「身の回りの自然環境を理解するきっかけを持つ」と分けた。そしてそのそれぞれについて観点を抽出し、質問を作成した。また、「きっかけを持つ」という表現の曖昧さを補うため、「家へ帰ったら、子どもと一緒に身の回りの石を観察してみたい」などの質問を作成した。

このように、枠組みによりプログラムのねらいを反映して評価ツールを作成することが可能となった。

(2) プログラムの修正に伴って変更しがちであった評価の観点到一貫性が保たれた。

本稿における試行に使用したプログラム「かわらの小石で遊ぼう」の第1回目試行では、「異年齢の参加者とのコミュニケーションの中で社会性向上のきっかけを持つ」のねらいに基づき、石の工作について質問したりすることを通して他の子どもとコミュニケーションを取ることを活動内容に含めた。それを受け、「適切な言葉を使って他者とコミュニケーションを取る」という評価の観点を抽出した。しかし、評価の結果、他の参加者と交流できたと感じている参加者はおらず、参加理由を尋ねた結果も、他者との交流を望んで参加したとの回答はなかった。

この結果を受け、第2回目の試行においては、「適切な言葉を使って他者とコミュニケーションを取る」とのねらいは残し、自分の作品を他に適切に表現することができたか否かにより測るようにプログラムのねらいと内容を修正し、評価ツールの質問も変更した。

このことは、プログラムとは別に開発された評価の枠組みが2回にわたる試行において一貫した評価の観点を提供したことを示しており、独立した評価の観点からプログラムのねらいを見直すことの可能性を示唆した。

(3) プログラム開発・実施者と評価者に共通の前提を提供した。

上述のように、評価ツールを作成する過程において、評価の枠組みに基づいた共通の理解の下で、プログラム開発・実践者と評価者が確認・議論することにより、プログラムの内容や評価ツールに対する思考を深めることが可能となった。また、本稿における第1回目の試行後にプログラムの修正を決断した際、科学リテラシーの枠組みをはじめ、評価の枠組みから抽出した観点到に基づいて修正の方針を決定することが出来た。

一方、本稿におけるプログラム評価の試行において、以下の課題が残された。

(1) 評価の枠組みの汎用性に対する検証の必要性

本評価の枠組みは、プログラム参加者の科学リテラシーの涵養を図ることを目指して、国立科学博物館の科学リテラシーの枠組みをもとに構築された。しかし、本稿の試行の対象が幼児向けプログラムであり、科学的な考え方の定着については評価の対象から外れている。このため、本稿における試行では、他の世代や科学リテラシー涵養活動の目標を含むプログラムの汎用性を検証できなかった。

他の目標も踏まえたプログラムの評価を、中高生、大学生、成人などを対象としたプログラムにおいて試行を重ね、科学リテラシーの涵養を目指したプログラムにおける評価の枠組みの実効性を検証していく必要がある。

(2) 評価の観点の妥当性に関する検証の必要性

「親子で一緒に石遊びを楽しみながら、自然(石)に親しみ、興味・関心を持つ」というプログラムのねらいを測るために、「意欲的に観察し、疑問を見つけ、探究する」との観点を抽出したが、本稿では、便宜上、プログラムの内容に合わせて「意欲的に観察する」という部分のみを使用した。これは、観点の中に複数の

要素が入っているのが原因であり、それぞれの観点の検証も継続して行っていく必要がある。一つの観点到を含む内容は一つとするなど、枠組みに含めた観点を再検討し、プログラムにおける試行を通してその妥当性を探っていく必要がある。

## 6. おわりに

本稿における試行の結果、科学リテラシーの枠組みをもとに作成した評価の枠組みは、一つのプログラムにおいて試行したのみではあるが、プログラムの内容を反映した評価ツールを作成すること、そして一貫した観点のもとに評価を行うことができたと考えられる。

筆者らはPISA国際専門委員のRodger Bybee氏、Robin Millar氏、Robert Laurie氏らと科学リテラシーの涵養および科学系博物館におけるプログラムの評価について意見交換をする機会を持った。氏らからは、まず評価の観点を設定し、それを達成するためのプログラムを開発する旨を助言いただいた。

本稿においては、プログラムを開発し、そのねらいや内容に応じて評価の枠組みから観点を抽出し、ツールを作成する方法を試みた。プログラムを通して伝えたいこと、身につけて欲しいことが具体的な知識やスキルに表されるような科学リテラシーである場合、本試行で明らかになったように、評価の観点をあらかじめ設定した方が明確な評価ができると考えられる。

今後、多様な科学の分野、世代を対象に開発されたプログラムの評価の試行を重ねてその効果を実証していくとともに、このような評価の手順の妥当性についても、今後様々なプログラムにおいて検証していく必要がある。

## 謝辞

評価の枠組みの構築にあたってご助言いただいたPISA国際専門委員のRodger Bybee氏、Robin Millar氏、Robert Laurie氏を初め、国立教育政策研究所の小倉康氏に心より謝意を表する。

## 付記

本稿は、以下の論文をもとに改良し、作成したものである。

・高橋みどり、小川義和、原田光一郎、松原聰、栗栖宣博、小池渉：科学系博物館における科学リテラシーの涵養に資するプログラム評価法開発の試

み～ 幼児向けプログラムを例として, 科学教育研究, 32(4), 392 - 405, 2009

## 註

- 1) 科学リテラシーの基礎文献, 先行研究に関しては, 長崎栄三: 「科学技術リテラシー構築のための調査研究」サブテーマ1 科学技術リテラシーに関する基礎文献・先行研究に関する調査 (平成17年度科学技術振興調整費 我が国の科学技術政策の展開に関する調査報告書) に詳しい。
- 2) 科学リテラシー涵養活動の目標 (表1)はその後改訂されている。

独立行政法人国立科学博物館科学リテラシー涵養に関する有識者会議:「科学リテラシー涵養活動」を創る～世代に応じたプログラム開発のために～, 2010.

## 引用・参考文献

American Association for the Advancement of Science (AAAS) : Science for all Americans. New York: Oxford University Press, 1990.

American Association for the Advancement of Science (AAAS) : Benchmarks for science literacy. New York: Oxford University Press, 1993.

Biemer, P., P., & Lyberg, L., E.: Introduction to survey quality. NJ: Wiley Series in Survey Methodology, 2003.

Council of Ministries of Education, Canada: Pan Canadian Protocol.  
<http://www.cmec.ca/science/framework/pages/english/cmec%20eng.html>, 1997. (2008.3.13)

Enger, S., K., & Yager, R., E.: Assessing student understanding in science. Thousand Oaks, CA: Corwin Press, Inc., 2001.

五十里美和, 山口悦司, 山本智一, 藤井浩樹, 野上智行: 科学系博物館における学習支援としてのワークシートー学校の科学教育カリキュラムと連携したドイツ博物館のエネルギー技術に関する事例の検討ー, 科学教育研究, 27 (1), pp.60-70, 2003.

小谷卓也, 野上智行: 科学系博物館での学習における生徒と学習指導員の学習観の現状と課題ー神戸市立水の科学博物館における理科学習を事例としてー, 科学教育研究, 26 (1), pp.20-32, 2002.

文部科学省: 幼稚園教育要領  
[http://www.mext.go.jp/b\\_menu/shuppan/sonota/990301a.htm](http://www.mext.go.jp/b_menu/shuppan/sonota/990301a.htm), 1998. (2008.5.9)

Museums Libraries Archives Council. More about the GLO's.  
<http://www.inspiringlearningforall.gov.uk/uploads/More%20about%20the%20GLO's.doc> (2008.4.14)

中山迅, 山口悦司, 里岡亜紀: フィールド学習を通して進める中学校と博物館の連携に関する事例的研究ー宮崎県総合博物館の場合ー, 科学教育研究, 27 (1), pp. 71-82, 2003.

国立教育政策研究所: 「生きるための知識と技能: OECD 生徒の学習到達度調査 (PISA) 2006 年調査国際結果報告書, ぎょうせい, 2007.

独立行政法人国立科学博物館科学リテラシー涵養に関する有識者会議: 「科学リテラシー涵養活動」を創る～世代に応じたプログラム開発のために～ (中間報告), 2008.

National Research Council: National Science Education Standards. Washington, DC: National Academy Press, 1996.

小川義和: 科学コミュニケーションと科学系博物館の役割, ミュージアムを語る 文化を語る 教育を語る, 内田洋行知的生産研究所, pp.158-165, 2005

小川義和, 下條隆嗣: 学校と科学系博物館をつなぐ学習活動の現状と課題, 科学教育研究, 27 (1), pp.24-32, 2003.

小倉康: 幼稚園から第12学年までの科学の学習成果に関する共通フレームワークー学校カリキュラムに関する協力のための全カナダ協定, 平成18年度科学研究費補助金特定領域研究 (課題番号 17011073) 「科学的探究能力の育成を軸としたカリキュラムにおける評価法の開発」研究資料, 2006

Organization for Economic Co-operation and Development (OECD) : Assessing Scientific, Reading and Mathematical Literacy: A Framework for PISA 2006.  
<http://213.253.134.43/oced/pdfs/browseit/9806031E.PDF>, 2006. (2007.9.26)

大隅紀和, 芦葉浪久: 理科実験器具ー教材教具の評価基準の設定, 科学教育研究 7 (1), pp.29-35, 1983

里岡亜紀, 中山迅, 山口悦司, 伊東嘉宏, 串間研之, 末吉豊文, 永井秀樹: 宮崎県総合博物館と連携した中学校における干潟の理科学習, 科学教育研究 28 (2), pp.122-131, 2004.

Shamos, B.M.H. : The Myth of Scientific Literacy, 1995

Takahashi, M.: Toward enhanced learning of science- An educational scheme for informal science institutions. Saarbrücken, Germany, VDM Verlag, Dr. Muller e.K., 2007.

付録1 「かわらの小石で遊ぼう」評価ツール (第2回目試行分)

5. あなたは、このプログラムでどんなことを学びましたか?

6. お子さんに対してつけてほしい科学的素養は何ですか?

7. 次の項目について、あてはまる番号に○をつけて下さい。(5:とてもそう思う、4:そう思う、3:どちらでもない、2:あまりそう思わない、1:そう思わない)

* 子どもは、石の工作を積極的に行うことが出来た	5	4	3	2	1
* 全体を通して、子どもはこのプログラムを楽しんでいた	5	4	3	2	1
* 子どもは、石に素顔を払って観察してみることが興味を持った	5	4	3	2	1
* 子どもは、上手に石を観察できた	5	4	3	2	1
* 子どもは、参加していた他の子どもたちとの交流を楽しんだ	5	4	3	2	1
* 子どもは、観察しながら密から石の違いを理解できた。	5	4	3	2	1
* 私は、このプログラムを楽しんだ	5	4	3	2	1
* 私は、プログラム内容に関して子どもと上手に交流できた	5	4	3	2	1
* 科博の中の関連した展示を見たい	5	4	3	2	1
* 家へ帰ったら子どもと一緒に身の回りの石を観察してみたい	5	4	3	2	1
* もっと石の工作してみたい	5	4	3	2	1
* 紹介された河原へ行って石を採集してみたい	5	4	3	2	1
* 子どもには、早いうちから科学的素養を身につけてもらいたい	5	4	3	2	1

ご協力ありがとうございました



「かわらの小石で遊ぼう」参加者アンケート

1. お子さんはこのプログラムの中で次のうちどれを楽しんでいましたか?

- あてはまるもの3つまでに○をつけてください
- ( ) 石くらべ (石の観察ワークシート) ( ) 観察し入りの石探し
  - ( ) 石の工作 ( ) おひろめ会 ( ) 親子で交流したこと
  - ( ) 他の参加者と交流したこと ( ) 河原の石のお話を聞いたこと

2. このワークショップに主に参加したかったのは誰ですか? ( 私 ・ 子ども )

3. このワークショップに参加した理由は何ですか? 次のAからEの中であてはまるもの5つまで○をつけてください

- A 子ども私が好きだから—— どちら? ( 子ども ・ 私 ・ 両方 )
- B 子ども私が工作が良かったから—— どちら? ( 子ども ・ 私 ・ 両方 )
- C 家族で河原によく行くから
- D 受けブースの兄本に興味を持ったから
- E プログラムの内容が面白そうだったから
- F 子どもに幼稚園・学校以外の場所と同年代の子どもと一緒に活動させてみたかったから
- G 子どもに科学的な経験をさせてあげたかったから
- H 休日を通すのにふさわしいプログラムだったから
- I 工作した石をおみやげに持って帰れるから
- J その他 ( )

4. あなたは科学が好きですか? ( はい ・ いいえ ・ どちらでもない )

はいと答えた方にお訪ねします。どんな科学の分野が好きですか?

## IV 海外調査報告



## アメリカ合衆国における科学リテラシー涵養のための学習プログラムの調査 A Research of Learning Programs for Nurturing Science Literacy in United States

小川義和<sup>\*1</sup>, 高安礼士<sup>\*2</sup>, 有田寛之<sup>\*1</sup>  
 国立科学博物館<sup>\*1</sup>, 千葉県総合教育センター<sup>\*2</sup>  
 Yoshikazu OGAWA<sup>\*1</sup>, Reiji TAKAYASU<sup>\*2</sup>, Hiroyuki ARITA<sup>\*1</sup>  
 National Museum of Nature and Science<sup>\*1</sup>, CHIBA Prefectural General Education Center<sup>\*2</sup>

概要：科学リテラシー涵養のためのプログラム開発の参考事例とするため、積極的な取り組みを行っている米国東海岸での事例を調査した。

キーワード：科学系博物館，科学リテラシー，現職研修，批判的思考

### 1. 調査の目的・調査期間・調査先

博物館等における科学リテラシー涵養のあり方とそれに関するプログラム開発事例の調査を行った。

調査期間は、平成 20 年 1 月 22 日～30 日で、調査先はアメリカ合衆国のニューヨーク、ニューヘイヴン、ワシントン DC であった。

#### 調査日程

日程	訪問先
1 月 23 日 (水)	American Museum of Natural History
1 月 24 日 (木)	Peabody Museum of Natural History・Yale University
1 月 25 日 (金)	Liberty Science Center
1 月 28 日 (月)	National Science Resources Center
1 月 28 日 (月)	Association of Science-Technology Centers Incorporated

### 2. 調査の概要

#### 2.1 American Museum of Natural History

「Pipeline」：世代に応じた継続的な学び

(1) 対応者：

Jane Rohan Kloecker 氏  
 Rosamond J. Kintzler 氏  
 Steve Gano 氏  
 Jim Short 氏

(2) 日時：平成 20 年 1 月 23 日 10:00-17:00

(3) 調査結果概要

・アメリカ自然史博物館は 1869 年に設立された、ニューヨークの中心部、マンハッタンに位置する世界最大級の自然史博物館。

・教育部門に三つのセンターがあり、世代に応じた幅広い学習をサポートしている。

Gottesman Center for Science Teaching and Learning

→Formal Education に対応

Center for Lifelong Learning

→Informal Education に対応

National Center for Science literacy, Education & Technology

→教材開発

・今回は Gottesman Center for Science Teaching and Learning と National Center for Science literacy, Education & Technology の担当者に取材を行った。

学校教育への対応：Gottesman Center for Science Teaching and Learning

・このセンターは、初等中等教育 (K-12) において博物館資源の活用を広げるために設置されている。

・スタッフは現在 25 名。今後拡充の方向。

・対象はニューヨークを中心に、アメリカ全国を視野に入れている。

・学校教育向けの活動は、教員向けの現職研修 (professional development), 展示を使った学習活動支援, アウトリーチなど、幅広く行っている。

・現職研修では、博物館の展示に対する理解を深めるための研修プログラムを用意し、年間 6000 名以上の教員が参加している。この中には、校長、副校長向け (理科に関する教員に限定しない) の研修プログラムや、大学 (Brooklyn and Lehman Colleges) と連携し、夏休み期間を利用した 10 日間の研修プログラム、研究者の元で学ぶ 8 週間のインターンシップなどがある。

・展示を使った学習活動支援では、展示室を

活用するための教員向けガイドの開発、展示室でガイドとして活躍するボランティアの研修などを行っている。

- ・アウトリーチでは、学校期間中（9月から6月までの平日）大型バスによる移動展示を提供しており、この展示を利用するための教員向け研修、展示見学前後の学習も含めたワークシートの開発及び提供を行っている。

#### 教材開発：National Center for Science literacy, Education & Technology

- ・このセンターでは、博物館展示に関連する紙媒体のワークシート及びインターネット上に公開されているデジタルコンテンツの開発を行っている。
- ・教員向けガイドは Gottesman Center for Science Teaching and Learning と連携し、ウェブ上のコンテンツは Communication Department と連携して開発を行っている。このセンターでは特に、効果的な学習資源となるよう、博物館のサイトと様々な学習資源を持つ博物館以外のサイトとのリンク、既存のデジタルコンテンツ間のリンクを構築している。
- ・このセンターだけで全てを開発しているわけではないため、もっとセクション間が重なりを持って活動すべきとスタッフも感じている。
- ・教材開発においては、プロデューサー、デザイナー、ライター、教育専門家や科学者がチームを組んで開発を行っている。
- ・展示とリンクしたインタラクティブなコンテンツを開発している。展示室でのゲームや映像と同じものを、インターネット上で見ることができ、展示の意味を再確認することができる。
- ・代表的なウェブサイトとしては、家庭でも学校でも活用可能な「Ology」がある（7才から11才対象）  
（<http://www.ology.amnh.org>）。
- ・直近の特別展「Water」のウェブ上での学習資源の開発には、750万ドルの予算をかけたという。

#### 特別展 Water:H<sub>2</sub>O = Life

- ・担当者への取材以外に、現在開催されている特別展の見学を行った。
- ・この展示は、水の科学的な性質から地球上での水の役割、現代の環境問題や食糧問題

なども取り上げ、生命にとって貴重な資源である水を守り続けなくてはならないというメッセージを発しており、科学リテラシー涵養という視点からも大変興味深い構成となっていた。



特別展 Water:H<sub>2</sub>O = Life の様子

#### (4) 所感

- ・開発している学習資源、指導者向け研修とも徹底してこの博物館の資源と関連づけており、独自性が非常に高い。
- ・デジタルコンテンツは展示更新に合わせて膨大な量となっているが、クオリティのコントロールや開発方針の統一が難しそうである。

## 2.2 Peabody Museum of Natural History • Yale University

### 「Ladder Program」：継続的な人材育成

#### (1) 対応者：

Jane Pickering 氏  
Terry Stern 氏

#### (2) 日時：平成20年1月24日 11:00-12:00

#### (3) 調査結果概要

- ・ピーボディ自然史博物館は、コネチカット州ニューヘイヴンのイェール大学内にある大学博物館。
- ・人材育成に力を入れており、教員向け研修プログラム「Peabody Fellow Program」や高校生向けのアフタースクールプログラム「EVOLUTIONS」を展開している。
- ・「Peabody Fellow Program」は、コネチカット州の学習指導要領に合わせたもので、夏休み期間に開催される。これは継続教育単

位 (CEU) に認定される。

- ・「EVOLUTIONS」は、イェール大学の大学生、大学院生の指導の下、8年生から12年生が、大学入学の準備や、博物館の展示作り、参加者同士の教えあい(peer teaching)などを通じて科学について学ぶプログラムである。National Science Foundationからの援助を受けている。
- ・ニューヘイヴンの公立学校に通う生徒は参加が無料で、このプログラムへの参加により単位が取得できる。また、生徒の参加状況は、学校に報告される。
- ・当博物館では現在、「science career ladder program」という構想がある。これは、アフタースクールプログラムを発展させ、経験を積むとともに展示のインタープリター、フェローというようにステップアップできるシステムである。ステップがあがるとともに責任が重くなっていくが、参加者に給与を払う。フェローがアフタースクールプログラムでメンターになる、ということも考えている。このような人材育成の仕組みにより、博物館利用者の展示への関わりが強くなり、よい博物館体験を提供できるようになるという博物館側のメリットも考えている。



アフタースクールプログラムの様子

#### (4) 所感

- ・大学博物館の特性を活かし、地域の学校教員や生徒を、大学の研究者や学生が指導し、継続的な人材育成につなげようという意欲が感じられた。

### 2.3 Liberty Science Center

『Vehicle of the Society』：社会の乗り物

#### (1) 対応者：

Emlyn Koster 氏  
Wayne LaBar 氏

#### (2) 日時：平成20年1月25日 9:30-15:00

#### (3) 調査結果概要

- ・マンハッタン島とハドソン川を挟んで隣り合う、ニュージャージー州のリバティパーク内にある大型科学館。2年間の休館を経て、昨年7月に増築と展示改修が終わったばかりである。
- ・館長曰くこの館は社会の乗り物 (vehicle of the society)。単なる科学館 (science center) ではなく、学習だけでなく生活や労働、地域のための「science resource」と考えている。そのため、展示内容は社会との関わりを意識したものが多い。



館長の Emlyn Koster 氏と展示担当 Wayne KaBar 氏  
背景に見えるのはロウアーマンハッタンの高層ビル群

- ・たとえば、最新の常設展示である「Skyscraper」では高層ビルの技術を伝える展示であるが、その中に2001年9月の同時多発テロで崩壊したワールドトレードセンターの熱で折れ曲がった鉄骨をシンボリックに展示していたり、エネルギー、コミュニケーション、感染症など社会性の高いテーマを取り上げたりしている。地域の自然の代表としてハドソン川をテーマにした展示があり、ここでは自然と人間の関わりについて IT を用いてインタラクティブに学ぶことができる。



大陸移動からネイティブアメリカンの進出、ヨーロッパからの渡来までを体感的に理解できる展示

- ・最新の特別展は人種（タイトルは RACE）を取り上げており、人種を科学的に解説するだけでなく、アメリカ人の人種に対する理解の歴史や文化的背景に触れている。
- ・また、里親を待つ子どもたちの写真をホールに展示するなど、ソーシャルサービスの一環としての活動も積極的に行っている。

#### (4) 所感

- ・科学館という以前は科学の原理をハンズオン展示等によりわかりやすく説明する、という印象が強かったが、この館は徹底して社会との関わりを第一に考えている。そのため各展示室のテーマは社会性が高いが、個々の展示の中には従来の科学の原理を解説するものが多く、社会と科学の関わりを展示で子どもたちに伝える難しさがよく分かる。展示は頻繁に更新されるようなので、今後の開発に注目したい。

## 2.4 National Science Resources Center (NSRC)

### 『Reform of Science Education』：科学教育のリフォーム

#### (1) 対応者：

Claudia Campbell 氏  
David Marsland 氏

#### (2) 日時：2008年1月28日 10:00-11:00

#### (3) 調査結果概要

- ・このセンターは、ナショナルアカデミーとスミソニアン協会により 1985 年に設立さ

れた。現在はスミソニアン協会主導になりつつあるという。

- ・大学も含む科学教育の改善のために、米国だけでなく世界を視野に入れて活動を行っている。
- ・中心となっているのは、教材開発による生徒の学習の改善と教員研修であり、スミソニアン博物館群の展示開発にも関わる。
- ・センターのスタッフは 12 名のみで、各博物館や大学等外部の専門家と共同で教材開発などを行っている。
- ・予算は企業支援と教材の売り上げからなり、カリキュラム開発に関しては National Science Foundation から支援を受けている。彼ら曰く、政府からの予算はないので政策の変化には影響されない。
- ・このセンターでは、教材ベースで科学教育のリフォーム (reform) を行いたいと考えており、「Science and Technology for Children Program (STC Program)」という 24 種の教材ユニットを開発した。
- ・従来の教科書では教えて覚えさせる (didactic) ものであったものを、STC では inquiry-based, hands-on based なものにしていく。この方法により科学に対してより深い理解ができると彼らは考えている。
- ・STC では科学的な推理力の発達のための以下の 4 段階の learning cycle を考えている。  
Focus (既存の知識と学習の目標の設定)  
Explore (既有知識を基礎とする探究)  
Reflect (観察やデータから説明を導き出す)  
Apply (新しく理解した概念の活用)  
(→Focus に戻る)
- ・STC は、全米の約 10% の学校で使われており、特にデラウェア州とワシントン州で良く活用されている。スペイン語 (中南米で活用) とスウェーデン語に翻訳されている。中国では独自に翻訳したものを使っているという。
- ・STC は National Science Education Standard に沿って開発されており、各州での学習指導要領に合わせて適しているものを選択して使ってもらえるようになっている (オンラインで確認可能)。
- ・STC の各ユニットは教員用ガイド (Teacher's Guide) と生徒用のテキスト、30 人分の実習用素材 (Science Kits) から構成される。これとは別に、STC と同じ科学に関するテーマを使い、読解能力を高めるための読み物を収録した本 (STC BOOK) もある。

- STC の活用については、出版社 (Calorina) による教員向け研修, NSRC がトレーナーを派遣して地域のリーダー的な存在の教員に対する研修といった制度がある。
- その他 NSRC ではスミソニアン博物館群の展示を学校教育でより活用するための教員研修として、博物館のキュレーターとエデュケーターが指導にあたるプログラム「Smithsonian Science Education Academy for Teachers」を行っている。所蔵する資料と展示、独自のカリキュラムを用い、一日約 8 時間の研修を 5 日間行う。



NSRC にて、Claudia Campbell 氏 (写真手前右)、David Marsland 氏 (同左) と調査チーム

#### (4) 所感

- 科学者の集まりであるナショナルアカデミーと世界的規模の博物館群を運営するスミソニアンとが知的資源を出し合い、学校教育のリフォームに取り組むということであるが、近年はスミソニアン主導になりつつあることもあり、博物館の持つ資料や展示といった資源の活用に対する注目の高まりが感じられた。

## 2.5 Association of Science-Technology Centers (ASTC)

### 「Informal Science Education」非公式科学教育?

#### (1) 対応者:

Ellen McCallie 氏  
John Baek 氏  
Bonnie Vandorn 氏  
Walter Staveloz 氏  
Wendy Pollock 氏

(2) 日時:平成 20 年 1 月 28 日 14:00-16:00

#### (3) 調査結果概要

- ASTC は 1973 年に設立された、米国を中心とする世界の科学系博物館の連合組織である。現在 40 カ国から 540 館が加盟している。
- ASTC では、National Science Foundation の援助を受け、Center for Advancement of informal science education (CAISE) を立ち上げた。ここでは博物館やデジタルメディアなど、informal science education の実践の発展を目指している。
- アメリカでは教員向け研修プログラムはあるが、国立科学博物館におけるサイエンスコミュニケーター養成実践講座のような informal なプログラムは少ないとのことで、高い評価を受けた。

### 3. 全体の所感

- 科学リテラシーを涵養する、高める (enhance, promote), という議論の中で、各施設の担当者から共通に聞かれたのは、critical thinking や relevant といったキーワードである。
- 科学的知識だけでなく、科学的な見方、考え方や、社会と科学との関係など、本研究が科学リテラシーの涵養において目指している方向性に注目が集まっていることが再確認できた。
- 課題としては、「学校教育との連携」については有効な手法が確立しているとは言えない状況が見て取れた。科学協会等が提示している「学習基準」(日本で言う学習指導要領)に準拠した「学習プログラム」はある程度できているとはいえ、初等中等教育の多様性から来る困難さが推定された(実施段階での課題は調査できなかった)。
- 「サイエンスカフェ」については、アメリカではこれからの取り組みという状況であった。その内容として、「新しい科学的な知識」の他にどのようなものがあるか、逆に質問された。科学コミュニケーションの中身の検討がさらに必要と思われる。



## 米国西海岸 科学リテラシー涵養のための体系的科学教育プログラム調査報告 Systematic Education Programs to Foster Science Literacy in the United States

原田光一郎<sup>\*1</sup>, 渡辺政隆<sup>\*2</sup>

国立科学博物館<sup>\*1</sup>, 科学技術振興機構科学技術理解増進部<sup>\*2</sup>

Koichiro HARADA<sup>\*1</sup>, Masataka WATANABE<sup>\*2</sup>

National Museum of Nature and Science<sup>\*1</sup>

Japan Science and Technology Agency Department of Public Understanding of Science and Technology<sup>\*2</sup>

概要:米国における科学リテラシー涵養のための体系的科学教育プログラムについて、大学、科学系博物館等の視察、担当者とのミーティングにより調査した結果を報告する。

キーワード: 科学リテラシー, 体系的科学教育プログラム

### 調査目的・調査期間・調査先

#### 調査目的

米国において先進的・特徴的な科学リテラシー涵養のための体系的科学教育プログラムについて調査を行う。調査方法はプログラム開発担当者とのミーティングおよび施設の視察を行う。

調査日程:平成20年1月31日~2月8日  
調査先

- ・ UC Berkeley Lawrence Hall of Science (カリフォルニア州)
- ・ UC Davis Center for Biophotonics Science and Technology (カリフォルニア州)
- ・ World Forestry Center (オレゴン州)
- ・ UC Berkeley 自然史博物館 (カリフォルニア州)
- ・ TheTech Museum of Innovation (カリフォルニア州)
- ・ Exploratorium (カリフォルニア州)

### 調査の概要

#### 1. UC Berkeley Lawrence Hall of Science

対応者

- ・ Steven Dunphy (Marketing and Promotions Director, GEMS)
- ・ Susan Gregory (GEMS)
- ・ Kimi Hosoume (FOSS Specialist, FOSS)
- ・ Linda De Lucchi (Curriculum Developer, FOSS)
- ・ Larry Malone (Curriculum Developer, FOSS)

訪問日:平成20年1月31日(木)

調査者:原田光一郎

Lawrence Hall of Science(以下LHS)は1968年設立。カリフォルニア州バークレイの小高

い丘の上に位置し、科学・数学教育の研究をはじめ、科学館として展示室やプラネタリウム、講義室、実験室を備える。

LHSが研究開発している科学教育プログラムは様々なものがあるが、その中でもここでは、Great Explorations in Math & Science (GEMS)、Full Option Science System (FOSS)に焦点を当て報告する。



LHS 入口外観



左から原田, Linda氏, Larry氏, Kimi氏

## ■ Great Explorations in Math & Science (GEMS)

GEMS は科学と数学の探究学習プログラムで、K (幼稚園) から Grade8(中学生)の世代を対象として、プログラムごとに対象学年が設定された、およそ 70 種類の指導者用ガイドブックという形でリリースされている。対象学年については指導者の工夫によって、設定されている年齢層以外にも応用することを勧めている。

探究活動を主体とした参加体験型プログラムで、子ども達が自発的に活動を楽しみ、想像力や好奇心を持ってテーマの科学分野の知識を身につけることはもちろん、プログラムを通じて体験的に科学的・論理的なものの見方・考え方・態度や様々なスキルを習得させることがねらいとなっている。

取り扱う分野は数学、物理、化学、生物、地学、数学、環境と幅広く、必ずしも特定の分野だけでなく、複数の分野にまたがるようなテーマが設定されたプログラムが多い。例えば Grade2~4 向けの「On Sandy Shores (砂浜)」というプログラムでは、砂から岩石・鉱物、海の生き物の生態・生態系、波や海流、汚染と保護等、科学のあらゆる分野に関わり、それらを総合的・体系的に関係性をイメージできる。さらに計測作業などで数学的要素も扱う。

プログラムのガイドブックは、指導者が効率的・効果的にプログラムを実施できるよう配慮されており、準備すべき教材 (多くの物は入手しやすい物)、プログラム進行の時間配分の目安、重視されるスキル、コンセプト、評価方法などが明記されている。



GEMS ガイドブックの一例 Acid Rain

そして、このプログラムは理系のバックグラウンドを持たない指導者でも、効果的なプ

ログラムの実施ができるよう内容・ガイドブック構成・附属資料等、工夫されている。

また、これらプログラムの開発に当たっては、科学分野専門の研究者と教育専門のカリキュラム開発担当者が協力するとともに、実際に学校でプログラムを実施した結果を踏まえ改良を加えることで常にブラッシュアップしている。

このガイドブックは安価のため、学校の教師や博物館等の教育施設の指導者が個人レベルでも実習に導入することが可能であり、またそのような使用が想定されている。

## ■ GEMS の新しいプログラム体系 Seeds of Science / Roots of Reading (Seeds / Roots)

Seeds / Roots は、G2~5 を対象とした基本的レベルの科学探究学習カリキュラムで、カリキュラムごとに対象学年が設定されている。数種類の科学読み物と実習用の教材、指導者用ガイドが 1 クラス分セットになった形でリリースされている。学校での使用が想定されているが、中に入っている科学読み物は 1 種類ずつ単体でも購入でき、家庭で親子で気軽に楽しむことができるようになっている。

まだ、開発されたばかりで、現在 G2~3 対象の「Soil Habitats」「Shoreline Science」の 2 種類がリリースされており、他のプログラムもこれから順次リリースされる予定 (全部で 12 プログラム) だという。

Seeds / Roots の最も特徴的な点は、「Bringing inquiry science and literacy learning together」というキャッチコピーにあるように、科学の探究学習と文字を読む (+ 書く) 能力育成を同時に行うことである。開発の背景には「Do-it, Talk-it, Read-it, Write-it」と呼ばれるマルチモーダル教育モデルが存在する。

この科学読み物の中ではキーワードとなる専門用語が積極的に使われ、巻末で各用語の解説を掲載するような特徴も見られる。特に移民の多い米国において、英語の読み書きの能力の育成は重要であるという考えもあるようだ。

## ■ Full Options Science System (FOSS)

FOSS は、K~G6, Middle School (G6~8) を対象とした体系的な科学の探究学習カリキュラムで、主に学校の授業のカリキュラムとして使用されることが想定され開発されている。(各地域の教育委員会や学校単位で導入する事が多い。)

分野は K~G6 で「生命」、「物理」、「地球」、Middle School になると「科学的推論」と「テクノロジー」が加わる。

教師用ガイドブック・DVD と生徒用ストーリーブック(プログラム内容に即した読み物, テキストとは若干位置づけが異なる), プログラムに必要な教材(実験器具や観察用資料, 素材など) がセットになっており, 32 名のクラスでそのまま使用できるようになっている。



Seeds / Roots の実習用教材と科学読み物

各カリキュラムは「Module」と呼ばれ, Module の中に複数の「Investigation」と呼ばれるセッションに分かれた探究活動があり, 段階的に学習活動を進めていく形になっている。

K から G6 向けの Module は 26 種類, Middle School 向けは 9 種類リリースされている。また, 各 Module 間に直接的なリンクはないが (Module ごと個別に購入, 運用できる), 同じ分野の Module を段階的に学習していくことで, 共通の学習理念に沿って (受け入れやすく) 発展的に学習をすることができる。各 Module の対象年齢とテーマ, 活動内容・ねらいは, 各年齢層の児童生徒の発達レベル (認知発達, 科学的思考) に関する研究と, 各

年齢層がどのような内容に興味を持ちやすいか (子ども達がわくわくできるか!), 社会情勢 (例えば酸性雨など) などを踏まえた上で, 米国の科学教育スタンダードと州ごとに異なる教育ガイドラインに適合するように入念に検討され設定されている。

また, 2007 年にカリフォルニア州の教育ガイドライン (全米でも高いレベルとのこと) に合わせた, K から G5 を対象とした, 物理, 生命, 地球分野の 21 の Module からなる California Edition の FOSS をリリースした。

GEMS 同様, 指導者が科学的なバックグラウンドを持っていなくても効果的かつ効率的な運用ができるよう, 詳細なプログラムの進行手順, 留意点, 各セッションにおける評価方法, 配布用資料, 各ポイントにおける保護者へのメッセージ等が教師用ガイドブックに入れられる等工夫されている。



FOSS の教材 (Earth Materials)

### FOSS の目的

FOSS は下記の 2 点を目的に開発された。

#### ①科学的リテラシー

全ての生徒達に「彼らの認識発達段階にふさわしく」、「ますます科学的・テクノロジー的に複雑化する世界で生きていく備えとしての, より高度な考え方の基礎となる」科学の経験を提供すること。

#### ②指導上の効率

完璧, 柔軟で使いやすい「最新の教育・学習に関わる研究成果を反映し」、「参加体験型学習や探究学習など効果的教育手法を用いた」科学教育プログラムを提供すること。

### FOSS の開発理念

小・中学生レベルで科学を学ぶに当たり, 重要なのは「Doing Science」であり, 教材を使って, さわる, 実験する, 飼育する, クラ

スメイトと議論する等の「Doing」がこの FOSS プログラムには的確に反映されている。

この「Doing」によって、与えられた答えではなく、自分で答えを発想・発見する力を養い、このような訓練によって、論理的な考え方ができるようになり、大人になってからも問題が起きたときに的確に対処できる人材を育てるのだ、というのが FOSS 担当者の考える開発理念である。

### FOSS 担当者の考える科学リテラシーとは

自然界の中で「科学」がどのように我々の生活に関わっているのか、年齢に応じたレベルで理解し、レベルに応じて議論をする。

科学リテラシーは教育期間の最終ゴールではなく、継続的に大人になってからも芯になって人生を歩んでいくことができるものである。大人世代において、社会生活の中で科学がどういう役割を果たしているのか、人間の歴史の中で科学がどう流れてきてどう流れていくのか興味を示すことが重要である。

科学リテラシーの要素は二つ、「事実を学ぶ、原則原理を学ぶ、知識を身につける」と、「科学的に考える力、つまり自然界（生活の中）の様々なデータを元にして、論理的に考え、論理的疑問を持ち、論理的に結論を導き出すこと」であるという。

### ■考察

GEMS, FOSS とともに、全ての指導者が効率的な科学教育を行うことができるプログラムの開発、指導者の研修を行うことで、(間接的に) 青少年の科学リテラシー涵養を行うという哲学に則っている。直接専門家がプログラムを実施する機会もあるが、必ずしも専門性を持たない現場の多くの指導者が効率的指導をできることによって裾野の広がりを狙う。

例えば国立科学博物館でも必ずしも専門性を持たない教育ボランティアが科学学習プログラムを指導するような事例はあるが、より高度な科学リテラシー涵養を狙うプログラムでは専門家が直接プログラム指導を行うという概念が強いのではないかと考える。指導者養成という方向性も取り組んでいるが、誰でもが効果的学習プログラムを指導できるプログラムを開発するという視点も重要だと考える。

### 課題など

GEMS, FOSS とともに非常に素晴らしいプログラムであることは間違いないが、課題としては、どんなに素晴らしいプログラムでも、現場の先生、もしくはカリキュラム採用の決

定権をもつ各教育委員会の担当者が、このような手間がかかる、教室が整然としない（グループで作業したり、床に教材セットを並べて実習したり）指導形態を好まない場合は本プログラムを採用してくれない状況があるという。日本でわれわれの身の回りでも同様の課題は耳にする。

## 2. UC Davis Center for Biophotonics Science and Technology (CBST)

対応者

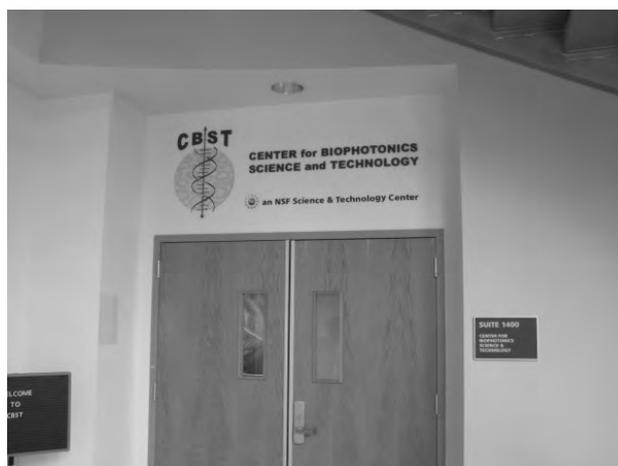
Marco Molinaro (Chief Education Officer, CBST)

Michelle McCombs (Curriculum and Evaluation Coordinator, CBST)

訪問日：平成 20 年 2 月 1 日（金）

調査者：原田光一郎

Center for Biophotonics Science and Technology (以下 CBST)は、UC Davis の機関で NSF のファンデーションにより運営されている（現在 10 年間の 6 年目）。バイオフォニクスの研究と研究者を目指す学生養成と一般へのバイオフォニクス普及のための教育活動を行う。CBST の予算のうち教育部門が占める割合は 18%前後である。施設は UC Davis のキャンパス内と新しくサクラメントにできたメインビルディングがある。



CBST の新しいオフィス入り口（サクラメント）

### ■CBST における教育活動

図 1（本稿末尾に掲載）に CBST の教育活動体系を示す。低年齢向けから、大学生、大学院生用の研究者養成コースと一般への普及活動があり、キーワードとして「エデュケーション」と、「サイエンス・アンド・テクノロジー（科学技術研究）」、「ナレッジトランスフ

ァー (身に付けた知識等を外に向けて発信, 世代を越えて知識を伝達する)」の相互に関連を持っている。

### 一般を対象としたもの

#### ①Public Outreach

博物館, 地域グループ, 大学のオープンキャンパス等において, バイオフォトニクスに親しんでもらうことをねらいとした参加体験活動を行う。内容は, レーザーポインターや赤外線体温計, モバイル顕微鏡などバイオフォトニクス機器を使った楽しい実験など。

#### ②BPWorld.com

研究者, 産業界, 一般を結びつける目的のWEBサイトを一般向けに公開している。

### 学生・学校を対象としたもの

#### ③High School Academies

- 高校向けの活動で下記のような種類がある。
- ・サクラメントの高校で実施するカリキュラム。年間 200~300 時間×2 年間。高校教師, バイオフォトニクス研究者, CBST 教育者が連携して進行するカリキュラムで, 内容はバイオフォトニクスを中心とした科学の学習カリキュラム。カリキュラム開発自体を三者が協力するとともに, 学校での指導も三者が適宜連携する。
  - ・デービスや, バイエリアの高校向けにはバイオフォトニクスの学習キットの貸出を行っている。このキットのコンセプトはバイオフォトニクスを中心とした科学の基礎を教材を使ったグループ実験・学習を通じて学習する。「Doing」が大切だと。キットの中身はモバイル顕微鏡, モバイルスペクトル分析機などバイオフォトニクス機材が入っており, 貸出先のニーズに合わせて組み換えている。このキットは FOSS キットより専門性に特化した物であり, また, カタログ販売の FOSS とは異なり, 相手に合わせて柔軟に組み換えて提供できることがこだわりであるという。ちなみに, マルコ氏は数年前まで 3 年間 LHS の FOSS 開発に携わっていた。
  - ・ティーチャートレーニングでは高校の教員を対象に, 三つのレベルの研修を行っている。レベル 1 では 3 日のバイオフォトニクスの基礎的イントロダクション研修。レベル 2 では 5 日間の参加体験型のバイオフォトニクスの実験を通じた研修。レベル 3 は 4 ~

8 週間の研究インターンシップでバイオフォトニクスの高度な研究手法の研修を行う。この研修の参加者は主に物理や生物の教員が多く, 化学, 数学の教員の参加もある。

#### ④Internships

短大生・大学生を対象に将来の研究者養成を目的とする。8~12 週間程度研究所でインターンしながら研究スキルだけでなく, 科学の二面性, 自分の研究を PR するスキル, レジユメの作り方, そして最も重要な科学研究者としてのものの考え方, 態度, 一般とのコミュニケーションスキルを身につける。

#### ⑤Courses/DE

大学・大学院生へのカリキュラム。バイオフォトニクス専門のコース。もちろんここでも, 科学研究者としてのものの考え方, 態度, 一般とのコミュニケーションスキル習得にも力を入れている。身につけた専門性は一般に積極的に普及することが大切だという考え。

DE はバイオフォトニクス以外でドクター, PhD を持っているような人が+αでバイオフォトニクスの専門性を身につけるというコース。

### CBST の哲学

CBST における全ての研究・教育活動はバイオフォトニクス中心で, バイオフォトニクスの研究者を育てたいということが主目的。

バイオフォトニクスは「生物学」「物理学」「化学」「数学」など科学のあらゆる分野に関わるものであり, バイオフォトニクスを切り口に科学分野全体に関わる科学リテラシーを涵養するという考え。

①→⑤まで, 発展的にレベルが上がっていくのだが, 最も重要なのは, CBST の研究・教育で科学の専門性を身につけた後, その専門性を社会一般にフィードバックするサイクルを構築すること。

そのため, 研究だけができればよいという研究者ではなく, 社会一般や後継者指導へとフィードバックできるサイエンスコミュニケーションのスキルを身につけることが重要だと考えている。ここでフィードバックを受けた子どもや学生が, このサイクルに乗って行くことが理想だと考えている。

図 2 の「Engagement」「Capacity」「Continuity」はそれぞれ単体だけを突き詰めるのではなく, それぞれがリンクすることが重要なのだということであった。

また, CBST の教育において「Diverse (多

様)」 「Team-Based (チームワーク)」 「Interdisciplinary (学際的な)」 「Authentic Research (真の研究)」 の4本柱が大切で、これにより、様々な情報を収集し、分析して、的確な判断をする能力を養う。これは、科学分野に限らず日常生活の様々な場面で重要な能力である。

### CBST (Marco 氏) が考える科学リテラシーとは

今サイエンスの社会で何が起きているのか何がフォーカスポイントなのか理解すること。一般人がサイエンスというものがどういうものなのか、どういう風に実社会に位置付けているか理解すること。どんな、分野でも何かしらサイエンスに関わる知識に触れていくことが科学リテラシーであると考えをうかがった。

### 3. World Forestry Center (WFC)

対応者

Rick Zen (Education Director)

Sara Wu (WFI Director)

訪問日：平成20年2月4日(月)

調査者：渡辺政隆・原田光一郎



WFC Discovery Museum 外観

オレゴン州ポートランドに拠点を置くNPOであり、1905年に発足し、1986年にポートランドのワシントンパークに Discovery Museum を設置した。1986年から現在のWFCの名称となった。

NSFからの資金援助により運営されている。WFCは、持続可能な将来の構築のために、世界の森林や樹木について、また、それらと生物の関わり合いについて、教育活動と情報提供を行うことを使命としている。

### Discovery Museum

Discovery Museumは森林をテーマにした参加体験型の展示施設である。

森林のジオラマがあり、砂場に木を植える展示や、地下に潜って森林の地下を覗くことができる展示、クレーンで10メートル以上までつり上げられ、森林を見渡すことができるような展示の他、世界の森林の役割や現状をツアー形式でめぐる展示、森林や森林の生態系について学べる展示など、森林について多面的に興味と理解を深めるような展示が設置されている。



左から Sara 氏, Rick 氏, 渡辺

### WFC の教育活動

地元の小中学生向けから、一般成人まで様々な年齢層に対し、Discovery Museum や周囲の森林へのフィールドトリップによる教育活動を行う。理念として、教室での講義よりも、実際のフィールドでの学習活動がより効果的だと考えている。

また、森林や環境について児童生徒を対象に実施できる教育プログラム集の冊子を制作し、教員向けに発行し、教員のトレーニングに力を入れている。

### WFC の特別研究員プログラム

1989年に、WFCは世界の林業問題に対する関心の高まりを受け、World Forest Institute を設置し、国際的な特別研究員プログラムを行うようになった。

世界各国から若手の林業や林産業の研究者が集まり、半年から1年程度研究を行う。研究に関しては、それぞれの母国や政府や森林関連の企業などがスポンサーとなっている場合が多いようだ。

#### 4. カリフォルニア大学バークレー校 (UCB) 自然史博物館

対応者

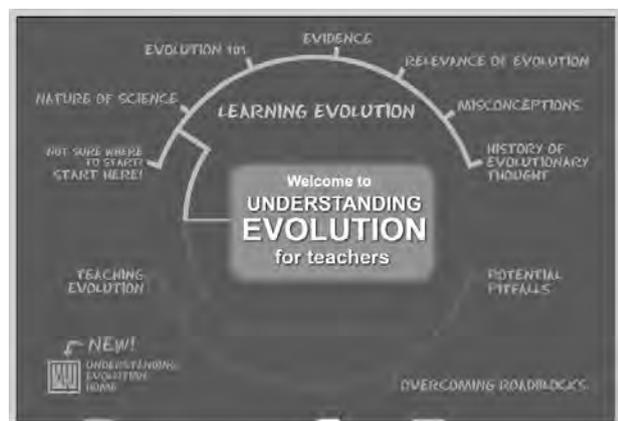
Roy L. Caldwell (UCB 古生物学博物館館長)

日時：平成 20 年 2 月 6 日 (水)

調査者：渡辺政隆

個別の科学館があるわけではなく、理学部の自然史学系のものが一緒になったオフィスをミュージアムと称している。建物、踊り場などに、ティラノザウルスの化石が置いてあったり、主立った講座 (各々が博物館を名乗っている) の事務室の一隅が展示室になっていたりする。<http://bnhm.berkeley.edu/>

古生物学博物館は、Web サイトで Understanding Evolution というとても良いサイトを運営している。



Understanding Evolution

その設立経緯をコールドウェル教授に聞いたところ、もともと 12~13 年前に古生物学部門が独自のサイトを開設していた。その運営は主に大学院生が担当していた。その活動に注目した NSF (米国国立科学財団) から進化に関する教育サイトをやらないかという提案があり、資金の提供を受けて 5 年前から進化論教育サイトの運営を開始した。現在は専任スタッフを一人置いて、あとは大学院生などと協力しながらやっている。

<http://evolution.berkeley.edu/>

サイトの内容は、進化学の教科書などを参考にしてウェブの内容の充実を図っている。すでに何カ国語かに訳されている。

米国ではキリスト教原理主義者による反進化論キャンペーンが盛んに行われており、理科教育へのマイナスが大きい。特に生物学教育は被害を被っており、全米の科学教育関係者、生物系研究者が団結して進化論教育に力

を入れている。このサイトも教師向けの情報提供に力を入れている。

自然史博物館の主催で半年前からサイエンスカフェを開始した。大学の近くのピザショップを借り、月に 1 回の割合で開催している。きわめて好評で、90 人ほどが集まる。米国ではサイエンスカフェはまだ新しい試みである。

9 月から Understanding of Science という新しいサイトを開始する。これは科学とは何か、どのように研究するものかを学ぶためのサイト。これも NSF の支援を受ける。

<http://undsci.berkeley.edu/>

現場では、リテラシー云々よりもまず科学教育の向上、教員の質の向上が最優先事項。そのための教育ツールの充実力を入れている。

GK-12 プロジェクト：サンフランシスコ湾エリアの中学、高校を対象に、UCB の大学院生がチューターとなり、環境教育プログラムを実施している。

<http://gk12calbio.berkeley.edu/>

#### 5. TheTech Museum of Innovation

対応者

Greg Brown

Vice President

Content Development

日時：平成 20 年 2 月 6 日 (水)

調査者：渡辺政隆

1970 年にシカゴ産業科学技術館を訪れた女性が感激し、サンノゼに同様の科学館の創立を提案し、1998 年に建設された。

年間予算は 1200 万ドル。100 万ドルは市が負担し、残りの半分は民間からの寄付、後の半分は入場料収入でまかなっている。

主要なプログラムの一つが Tech Challenge。5 年生から 12 年生の子どもがチームを組み、ハンズオン展示を制作する。毎年 5 組を表彰し、科学館に展示する。

2001 年から The Tech Award を毎年 5 組選定し、表彰している。その業績紹介展示もする。

地元のカレッジセンターで教師教育のトレーニングプログラムを実施している。内容は主に、館の展示を教育にどう活かすか。

当初は 1 組 8 人のグループでトレーニングを実施していたが効果が上がらないため、現在は 1 組 2 人のグループ編成で実施している。

学校の生徒を対象とした Field Trips プログラムを実施している。1 回のプログラムは 2

時間。

展示は、アイマックスシアター、コンピュータを使ったいろいろなゲーム的なもの、あるいは遺伝子関係だと発光するクラゲの遺伝子をバクテリアに入れて、その結果を培養してくれて、帰ったら Web サイトで見られるといった双方向的な展示が目をついた。

整備したい展示は、単位に関するもの。キログラム、ワット、馬力などを実感できるもの。

- ・ ボランティア登録数は 300 人。
- ・ 専任の展示デザイナーが 1 人いる。
- ・ 来館者のリテラシー涵養よりも教師教育が優先課題。

## 6. Exploratorium

対応者

Sam Dean (Director ExNet)

Kua Patten (Director, Exhibit Services)

訪問日：平成 20 年 2 月 8 日

調査者：渡辺政隆

NSF (米国国立科学財団) の支援を受けていることから、展示内容に関する外部評価を実施している。そこでは Who Whom When How の四つが重視されている。

証拠に基づいた評価を行う評価チームも内部にある。展示ホールとコミュニティ活動の二つを別々に評価する。

教師教育としては Teachers Institute があって、特に数学の教師を対象としたワークショップを夏に実施している。

展示はデザインが命。科学者、技術者との軋轢もあるが、デザイナーの意見を尊重する。その他、アートとサイエンスに関する意見交換をした。

表 1 Seeds/Roots のプログラム体系

GRADES	LIFE SCIENCE	EARTH SCIENCE	PHYSICAL SCIENCE
2-3	Soil Habitats (Long Unit)	Shoreline Science (Long Unit)	Designing Mixtures (Short Unit) Gravity and Magnetism (Short Unit) (available Summer 2009)
3-4 (available Summer 2009)	Variation and Adaptation (Short Unit) Digestion and Body Systems (Short Unit)	Weather and Water (Long Unit)	Light Energy (Long Unit)
4-5 (available 2010)	Aquatic Ecosystems (Long Unit)	Planets and Moons (Long Unit)	Models of Matter (Short Unit) Chemical Changes (Short Unit)

(Seeds/Roots ガイドブックより引用)

表 2 FOSS のプログラム体系

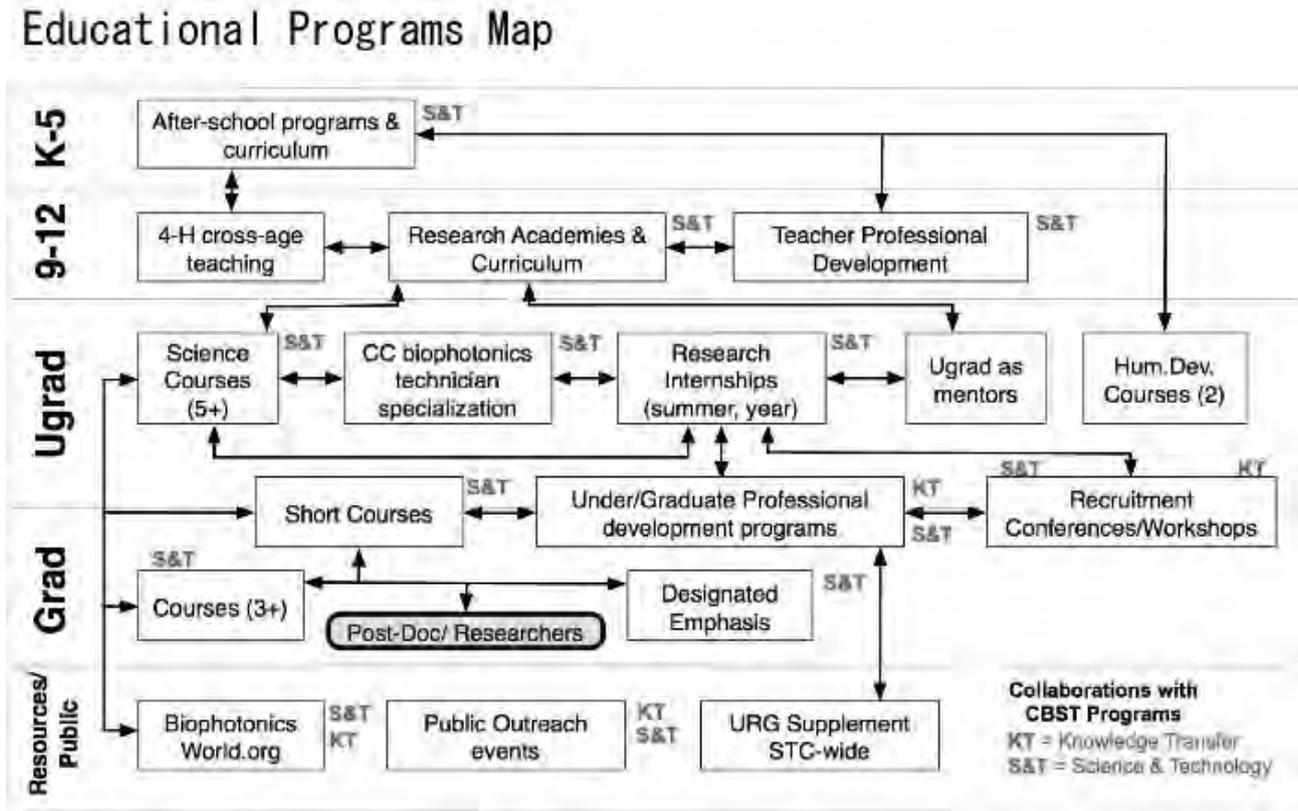
FOSS <sup>®</sup> K-6 Scope and Sequence				
Grade	Life Science	Physical Science	Earth Science	Scientific Reasoning and Technology
5-6	Environments Food and Nutrition	Levers and Pulleys Mixtures and Solutions	Landforms Solar Energy	Models and Designs Variables
3-4	Human Body Structures of Life	Magnetism and Electricity Physics of Sound	Earth Materials Water	Ideas and Inventions Measurement
1-2	Insects New Plants	Balance and Motion Solids and Liquids	Air and Weather Pebbles, Sand, and Silt	
K	Animals Two by Two Trees	Fabric Wood and Paper	Trees (Tools for Observing Weather)	

FOSS <sup>®</sup> Middle School Courses		
Life Science	Physical Science	Earth Science
Human Brain and Senses	Electronics	Planetary Science
Populations and Ecosystems	Chemical Interactions	Earth History
Diversity of Life	Force and Motion	Weather and Water

(FOSS ガイドブックより引用)

図1 CBSTの教育活動体系



(CBST ホームページより引用)

図2 CBSTの教育活動



(配付資料より引用)



## フィンランド・スウェーデンにおける科学リテラシー涵養のための学習プログラムの調査 Learning Programs to Foster Science Literacy in Finnish and Swedish Science Museums

小川義和, 高橋みどり

国立科学博物館

Yoshikazu OGAWA, Midori TAKAHASHI

National Museum of Nature and Science

概要：科学リテラシー涵養のための取り組みについて、高い教育水準を誇るフィンランドの事例と、スウェーデンにおいて世界初の野外博物館の事例を調査した。

キーワード：科学リテラシー, 科学系博物館, 学校連携, 教育カリキュラム

### 1. 調査の目的・調査機関・調査先

フィンランド, スウェーデン両国において, 博物館等に於ける科学リテラシー涵養のあり方とそれに関するプログラム開発事例の調査を行った。調査機関は平成 20 年 6 月 23 日及び 6 月 28 日で, 調査先はフィンランドのヘルシンキ, スウェーデンのストックホルムである。

#### 調査日程

日時	訪問先
6 月 23 日 10:00-12:00	Heureka
12:45-14:45	Tekniikan Museo
15:15-16:15	Center for School Clubs
6 月 24 日 9:00-11:00	Finnish Museum of Natural History
6 月 28 日 10:00-14:30	Skansen

### 2. 調査の概要

#### 2.1 Heureka

日時：平成 20 年 6 月 23 日 10:00～12:00

対応者：Dr. Per-Edvin Persson (館長), Ms. Mirja Rosenberg (School Relations Manager)

入館料：大人 14.5 ユーロ, 子ども 9.5 ユーロ (6～15 才)

調査結果概要：

#### (1) 概要

本サイエンスセンターは 1989 年 4 月に開館し, ヴァンター市, ヘルシンキ大学など五つの機関からなる Finnish Science Centre Foundation を運営委員会に持つサイエンスセンターである。ヴァンター市から 26% あまり, 教育省から 37% あまりの資金援助を受け, 残りの 37% あまりを入館料, 場所のレンタルなどの自助努力によって賄っている。



Heureka 外観

#### (2) コンセプト

本サイエンスセンターには三つの「コアアイデアオロジー」があり, すべての運営計画はそれによって立案されている。「コアアイデアオロジー」は「私たちは発見の喜びをすべての人にもたらしめます」「私たちは刺激的な学習経験を作り出します」「私たちは科学, 革新, 質を大切にします」の三つである。また, 本センターにおける科学, 革新, 質のそれぞれの価値を提示している。それらをもとに, 目標と達成すべき価値からなる平成 20 年～22 年までの運営計画を立案した。コアアイデアの体系図を図 1 (P.199) に示す。

#### (3) 展示

展示関係は Experience Department で行っており, Production Manager がワークショップ及びデザインの監修, 館内の展示構築のプロセス管理などの他, 展示自体の運用性やメンテナンスの管理も行っている。展示は, Main Exhibition の他, Ships and the Sea, Me Games, Sense of Silence, Move and Play!, Science Changing the World, そして野外に位置する Galilei Science Park などに分かれており, 手

を動かすことや体験を重視した展示が数多く配置されている。中には、バルト海の海運事情を学ぶ展示や冬のフィンランドで安全に運転をする方法を体験する展示などもあり、地域に根ざした取り組みも見られた。また、それぞれの展示は、友達同士、他人同士にかかわらず、来館者が展示を通してコミュニケーションをとることを促進することも目的としている。



コミュニケーションを促進する体験型展示

#### (4) プログラム

本サイエンスセンターで行われる最大のプログラムは、Finnish Society of Scientific Information と共同で行われる Night of Chemistry であり、期間中訪れた 3700 人の人が研究者や大学教授の話の聞いたり、デモンストレーションを見たり、専門家によりワークショップに参加したりする。多様な見方を提供すれば、化学は参加者にとって面白く、刺激を受ける分野となる。

平成 19 年春まで、毎週末に Finnish LEGO と共催で子どもたちがブロックを扱うプログラムも行った。また、Café Scientifique が、フィンランドにあるフランスの文化センターと共同で行われていた。さらに、展示と関連のあるプログラムが開発された。

これらに加え、Senior Sunday, Senior's Science Days, Veteran's Day などのシニア向けのプログラムや、若い世代向けの Hiking and Wilderness Skills, Risks of Life and Study-Experiment- Development days などのプログラムも開発された。

また、移民向けの多文化をテーマとしたイベントも行われた。ここでは、フィンランド流の科学の楽しみ方を紹介するプログラムが組まれた。ヴァンターに住むスウェーデン人、

フィンランド人のために講義も行った。

平成 19 年から平成 20 年の国際極年では気候変動が重要なテーマになっているのを受け、Autumn Storm というイベントを開催し、自然環境の保護を子どもたちに訴えると共に大人向けに専門家による講義を行った。

#### (5) ラーニングセンター

本サイエンスセンターでは、教育省の資金援助を得てラーニングセンターを準備している。現在、プロジェクトマネージャーなどの人材は雇用しており、平成 20 年末までにディレクターを雇用、平成 20 年にはオープンする予定である。

ラーニングセンターの社会における目的は、若い世代の自然科学や技術への関心を増やし、社会における知識基盤を豊かにすることである。ラーニングセンターでは、様々な科学の分野における教育的な実験、デモンストレーション、プロジェクトを企画、試行する。企画の際、学校教科を横断する統合的なテーマを扱うことが非常に重要であると考えている。

平成 19 年には、本サイエンスセンターの展示と関連のある教材の電子媒体を開発した。例えば、リサイクルの内容を扱う教材を、環境に優しい DVD に記録してフィンランドの学校に配布した。更に、ラーニングセンターでは、Finnish National Board of Education やヘルシンキ大学の Palmenia Centre for Continuing Education と共同で教師教育も行っている。

ラーニングセンターのプロジェクトは、拡張予定の教育施設のために立案されるなど、本サイエンスセンターの将来的なプロジェクトと連動して行われている。学校からの訪問は広い地域からあり、平成 16 年から 18 年の間には、59%の訪問者が、ヘルシンキ市外の居住者であり、44%がヘルシンキのあるウーシマー県の居住者である。年間およそ 1000 の異なる学校が本サイエンスセンターを訪問する。

#### (6) 科学リテラシー

本サイエンスセンターでは、科学リテラシーの定義は特別に使用しておらず、先述のコアイデオロギーが教育活動の方向性を決定している。フィンランドでは教育省の強力な活動により、本サイエンスセンターが市民の科学リテラシーを活性化・支援することができ

るようになっている。科学リテラシーの涵養を目的としたプログラムの例は、**Water Chemistry** と呼ばれる実験室での活動であり、そこでは、生徒は実験について指導を受け、科学について考えていく。

本サイエンスセンターでは、幼児期の科学リテラシーは、水、光、色、音などの様々な自然現象について興味を持つこと、そして基礎的な操作のスキルを習得することであると考えている。子どもの科学リテラシーを涵養するための保護者の役割は、遊びの要素がたくさんある学びの可能性を提供すること、子どもに身の回りの世界を探究することを許すことなどである。

大人が保持しているべき科学リテラシーは、科学の現在の話題や議論されている内容に関する知識、新しい技術に適応するためのスキル、職業の成功の元となる革新が重要であると考えている。そのための館内の教育活動については、大人一般をターゲットにした活動はまだ成功していない。一方で、教師教育が重要であると考えており、そのためのプログラムを用意している。また、本サイエンスセンターにおける展示の主要な目的の一つは、家族を伴った大人を取り込むことである。

科学リテラシーを涵養するために今後必要となる世代は、十代から青年期(14~21才)の世代と幼児期(3~6才)である。館で行うプログラムには科学リテラシーの要素は常に入っているが、館の目的に適う今後のプログラム開発として、国の学校カリキュラムに沿った分野横断的なプログラムを考えている。しかしサイエンスセンターならではの要素や、新しい技術と、その背後にある科学についても取り入れていく予定である。

## 2.2 Tekniikan Museo

日時：平成20年6月23日 12:45-14:45

対応者：Ms. Leenu Juurola (Project Manager),  
Ms. Leena Tornberg (Senior Coordinator)

入館料：大人6ユーロ、子ども1ユーロ  
(7~17才)

調査結果概要：

### (1) 概要

本博物館は、1969年に開館し、フィンランドの技術と産業を主に扱っている。建物は当初、水質浄化施設であった。展示のテーマは、木材工業、冶金工業、通信、情報技術、家庭、ビルの建設やエネルギーなどである。近年、

現在の場所に移設されたが、展示は従来型の目で見るとタイプのもものがほとんどで、ハンズオンの展示やデモンストレーションなどは行っていない。展示物も基本的な技術製品や機械などが主であり、これらを通して展示物の説明をすることを主な目的としている。



Tekniikan Museo 展示室

基本的な技術製品や概念に注目しているが、スタッフは何かが不足していると感じており、それを本博物館とサイエンスセンターとの違いに起因しているとした。その違いとは、サイエンスセンターはハンズオン展示があるが、本博物館にはないこと、本博物館では、展示物の説明を通して基本的な技術の理解を深めることである。また、スタッフは、受け身である展示の内容を理解することを主な目的とする本博物館においては、シンプルな技術の原理を扱った展示物を採用すること、そして効果的な展示プランニングが生涯学習につながると考えている。これをもとに、本博物館では、展示と学びを効果的に結びつけることを目指し、平成18年より3年間の予定で **InnoApaja** というプロジェクトを立ち上げた。

### (2) InnoApaja プロジェクト

**InnoApaja** プロジェクトは、新しい学習環境、革新的な学習方法を構築するために、展示をメディアとしてとらえてそれを使って創造的な思考と問題解決の方法を育成することを目的としている。その背景には、故事の「温故知新」によく似た考えの”Researching old creates something new”がある。革新的な学習方法のモデルとして、pre-learning, learning path on-site, post-learning からなる3時間の learning path を設定した。このモデルの中で、

何か新しい革新的なものを学んでもらうことを目指している。この learning path では、教師の役割は非常に重要であると考えられており、教師は何を考えているのかを知ること、教師を learning path 中のすべてのプロセスに取り込むことが成功につながるとし、教師を対象に訪問の目的と訪問計画を調査することを計画している。同時に、生徒に対しても創造的な思考を探るための調査を計画している。

フィンランドでは、教師は国の教育カリキュラムに沿って授業を計画するものの、自由度はかなり高い。また、小学校の教師は日本と同様にほとんどすべての教科を担当教師が担当するため、授業の中に博物館の活動を組み込むことは可能な状況にある。また、教育省も、博物館活動を取り入れることを推奨している。一方で、教師は博物館の活動をどのように取り入れるべきかについて明確な方策は持っておらず、博物館側も、教師に何をどのように提供できるかについての有効なアイデアは、館独自には持っているが、異なる館共通のアイデアは持っていない。更に、教師は技術の分野を授業に使用することに不安を感じている。InnoApaja プロジェクトでは、そのような課題の原因を明らかにし、教師が博物館を利用しやすいような情報提供などの解決策を提供していく。

本プロジェクトでは、展示プランニングの改善の一環として、説明に特化した展示からコミュニケーションの要素を取り入れ、考える過程を重視した展示も開発が進んでいる。



コミュニケーションの促進もねらった展示

また、本博物館のスタッフは、生徒にとって科学の方法や科学的試行に注目することの方が展示の内容に注目するよりも楽であると感じており、教師は、なぜ、どのような目的

で創造的思考を使うのかをもっと理解しなければならないと考えている。しかし、本博物館では内容に注目しているため、創造的思考を取り入れた学びは行われていない。

InnoApaja プロジェクトは、実践を通して learning path の検証をしていくが、最終的には受け身である展示に関する生徒の「理解」に着目し、革新的な学習方法について検証していく。本博物館のスタッフは、科学リテラシーとはシンプルな造りをした技術の原理を理解し、更にその歴史や背景を社会の文脈の中で包括的に理解することなのではないかと感じている。最終的には図 2 (P.199) で示したようなシステムを構築し、本プロジェクト、展示、収集・研究の三者を有効に連携させ、本博物館の教育的機能を向上させることを目的としている。

本プロジェクトにおいて、博物館展示に関して、館の展示物の中で重要であり、カリキュラムに沿っており、かつ教師が使えるようなものを 50 Key Innovation として選定することも計画している(例:フィンランドの重要な技術革新とは何か?)。館の中で活動することと同じく、外に向かって情報を発信していくことも重要であると考えている。一方で、活動の評価についてはほとんどなされていない状態なので、上述の観点に沿って評価を進めていくのがさしあたっての課題である。

### 2.3 Centre for School Clubs

日時：平成 20 年 6 月 23 日 15:15-16:15

対応者：Ms. Merike Kesler (Project Manager)

調査結果概要：

#### (1) 概要

Centre for School Clubs はフィンランドの学校においてカリキュラム上のクラブ活動や課外活動、趣味・文化や科学に関する他の教育活動を展開するためのセンターである。クラブ・課外活動以外の教育活動には、市民教育、メディア教育、職業教育などが含まれる。若い年齢層のための活動、趣味、健康的な生活と前向きな思考を促進するために、1947年に設立された。第二次世界大戦後、多くの命が失われ、家族は家計を助けるものを失い、若い世代は将来への可能性が絶たれた。当センターは、若い世代が参加できる活動を創り、家族を支援するために設立された。運営は、主にフィンランドの教育省から支出された資金でまかなわれている。当センターは、子ども

もたちの福祉に関する政治的議論や意思決定にも参画している。

## (2) クラブ活動

クラブ活動普及においては、教材やプログラムを開発し、その指導法と共にポータルサイトに掲載している。都市部の学校では複数のクラブ活動を展開して生徒はの中から自分にあったクラブ活動を選択することができるが、地方の学校では、一つの学校に一つのクラブ活動しか配置されず、生徒に選択の余地はない。隣の学校まで 80 キロメートルほど離れているため、隣の学校のクラブ活動を選択することもできない。

## (3) ヤングサイエンティスト

ヤングサイエンティスト促進に関しては、当センターは以下の七つの目標を定めている。

- ・フィンランドの子どもたちのどんなことにも対応できる科学的な習慣を培う
- ・活動や教育方法を改善する
- ・科学クラブ、サイエンスキャンプ、科学週間などを組織する
- ・才能のある子どもたちが長期間にわたって支援されるような活動の基準を作り、普及させる
- ・仕事において科学教育に興味を持った大人を教育し、支援する
- ・様々な機関を連携させ、国レベルで科学教育のネットワークを構築する
- ・あらゆる協力体制のモデルを模索する

## (4) 市民教育

科学関連の活動と並んで、当センターでは市民教育に関する活動も行っている。市民教育においては、ユースパーラメントと呼ばれる活動を 2 年に一度行っている。これは、子どもたちが本物の国の議会の合間に、社会的な問題に関して議員と議論をすることを通して、議員の仕事や民主主義について理解を深めると同時に、子どもたちが影響を及ぼすことで市民としての自覚を育成することを目的としている。議員のほぼ全員が、このユースパーラメントに参加する。

参加している子どもたちはフィンランド式的意思決定のモデルと意思決定がいかになされるかの方法を学ぶ。議員への質問を作成するには広範な周辺知識が要求され、自ら学んでいく過程で積極的な市民がどう行動するのかを学んでいく。更に、すべてのメンバー

が議員との議論に参加できるわけではなく、その選考課程において、子どもたちは民主主義がいかに関能するかについても学ぶ機会がある。

## (5) メディア教育

メディア教育に関しては、当センターは教育省を初めとして四つの機関と合同で“Media Muffin”と呼ばれるプロジェクトを立ち上げている。ここでは、違法なコンテンツや有害なメディアの理解を初めとして、コミュニケーションの改善やメディア教育の新しい側面、質の高いコンテンツ作りの促進、地域の政策とのバランス、家族や親子におけるメディア利用の支援などを活動対象としている。

本プロジェクトの主な対象は幼児などの極低年齢層から小学生までであり、加えてそれらの子どもの保護者に対して周知することも目的としている。本プロジェクトでは主にメディア教育の教材を作成しているが、教師を対象として、メディア教育をいかに行うかについてやメディアの安全な使用方法について、国レベルでトレーニングセッションも行っている。本プロジェクトでは、メディア教育のみに注目するのではなく、政府が定めた幼児教育や小学校とも融合させた、より総合的な教育を提供することも目指している。

## (6) 科学リテラシー

当センターで使用している科学リテラシーの定義は、PISA で示されている「個々人の科学的知識、科学的課題への知識の応用、科学的現象の説明、証拠に基づいた結論」の各能力としている。

このうち、科学的思考やそのプロセスについては、現行のすべてのプログラム(社会科学・自然科学双方)で扱っている。総合的な科学リテラシーを育成するための自然科学の特別プログラムは時に応じて開発している。科学リテラシーが最も必要であると考えている世代は小学校、中学校、高等学校であるが、同時に国の教育政策や科学技術政策に影響を与えるような国際的なネットワークも大切ではないかと感じている。

当センターで展開されているプログラムの主な目的は、生徒の思考力の育成や科学的な議論をいかに促進し、支援できるかを教師に理解させることである。これらのプログラムは国の教育政策、経済政策(将来の職業、勤労の本質、加齢による問題など)、学校外教育(学

校外教育の役割、役者（アーティスト）などの共同作業など)の影響を受ける。幼児に対しては、観察及び親子間の質問をベースとした会話、ばかげた様に感じられる質問をする自由、そして親子一緒に答えを見つけていくことをプログラム中で促進している。また、成人向けのプログラムは開発されていないが、成人段階では、マスメディア(特に商業メディア)で伝えられた情報を解釈するためにより高度なスキルが必要となる。科学リテラシーは自らの行動の結果や地域規模、地球規模での環境に対する意思決定の結果を理解するためにも必要である。

当センターでは、フィンランドの社会において科学リテラシーのスキルを広く普及させることが何よりも大切であり、更なる教師教育の機会や生徒のクラブ活動の機会のために非常に具体的なプログラムを開発するだけでなく、フィンランドの教育科学において積極的な役割を果たすことが必要であると考えている。



Centre for School Club のスタッフと

## 2.4 Finnish Museum of Natural History

日時：平成 20 年 6 月 24 日 10:00-12:00

対応者：Ms. Satu Jovero (Educational Curator)

入館料：大人 5 ユーロ，子ども 2.5 ユーロ  
(7～18 才)

調査結果概要：

### (1) 概要

この博物館はヘルシンキ大学に付属した施設であり、動物、地学と古生物学、植物の 3 分野があり、それぞれの博物館の他、植物園や年代測定ラボラトリーが併設されている。また、分子環境学とシステムティクスのラボラトリーは大学の生物・環境科学学部と共同

で運営されている。本調査では、自然史博物館を訪問した。

自然史博物館は平成 20 年 5 月に改装され、一般公開されたため、調査時にはまだ展示・プログラムとも完成はしていなかったが、一部を除いて展示は公開されており、プログラムは学校の夏休みが終了した後の 9 月に向けて開発中とのことであった。ガイドツアーはパートタイムで勤務する主に大学生・大学院生により夏期に行われ、イベントも随時行われている。主なイベントは、毎年 8 月にヘルシンキで開催される Night of the Arts に合わせて行われるものを初め、Animal's Winter, Winter Holiday Happenings など、多岐に渡る。



Finnish Museum of Natural History 外観

### (2) 展示

館内には主にフィンランド国内から集められた動物、化石などが展示されており、現在 4 階中 3 階が一般に公開されている。展示のテーマは「フィンランドの自然」「生命の歴史」「骨が語ること」の三つである。「フィンランドの自然」は一般家庭の台所にどのような害虫・害獣がいるのかから始まり、フィンランド南西部、北東部のそれぞれ冬と夏を、標本などを使って再現している。ケースに展示されている標本以外に、ケースに据え付けてある引き出しの中にも標本が入っており、来館者が自由に引き出しを開けてみるができるようになっている。しかし、実際にはその存在に気づく来館者は少なく、気づいてもらえるように何らかの工夫をする必要があるということであった。

展示室内の 16 カ所に 30cm 四方×高さ 70cm ほどの金属製の箱が設置されており、ふたを開けると各ポイントの説明や簡単なクイズな

どが書かれていて、スタンプラリーのように回ることができるようになっている。また、フィンランドに生息する鮭について学ぶ展示では、実際の持った感触と重さを再現して作ったぬいぐるみを来館者が抱いて体験できるほか、冬のフィンランドに特有の雪について学ぶ展示においては、吹雪の音や雪の上を歩いていく音を再現した展示が設置されているなど、来館者の様々な感覚を使って体感して理解することができるように工夫されている。



標本ケースに据え付けられた引き出し



各ポイントの説明

### (3) プログラム

本博物館は大学博物館であるため、研究が主な目的である。そのため、展示や教育専門のスタッフは、今回対応していただいた Ms. Jovero を含む 2 名しかいないということであった。知識を一般に広める役割も担う教育のスタッフは 2 名とも教師経験があり、国の教育カリキュラムに沿ったプログラムを開発している(改装後のプログラムは夏休み終了後より実施)。本博物館では、展示が一般の理解を促進するために最も重要であり、社会へ向

けた窓であると考えている。しかし、展示の開発は多大な時間がかかる上、科学や技術、社会が進歩するにつれてだんだんと遅れてくるため、展示の利用のみで知識を伝えることに限界も感じている。一方、プログラムは展示とのつながりを意識して開発され、国の教育カリキュラムにも対応するように意識されている。ここではハンズオン活動をたくさん取り入れ、視覚障がい者対象のプログラムも用意されている。ハンズオン活動を取り入れている理由は上述の展示の工夫と同じで、様々な感覚を使って学ぶことはより深い理解をもたらすという信念から来ている。

大人向けのプログラムに関しては子ども向けのものと同じく興味を引き出すことが大切であると感じている。Ms. Jovero によると、大人は子どもにくらべて知識を理解する力が備わっているため、現行の大人向けプログラムは知識注入型に構成されているものが多い。一方で、大人は刺激の少ない生活をしている。従って、そのような大人向けプログラムはあまり人気がなく、館でもあまり行われていない。しかし、子ども向けに開発された興味を引き出すようなプログラムが大人に対しても人気があったという経験があり、大人も興味・好奇心を刺激されるような機会が必要なのではないかということであった。本博物館では、次のプログラムのターゲットは退職後の老年期であるということであった。この世代は、孫を連れて来館することが予想され、自らの経験に基づいた説明を孫にすることが可能である。身近な人がする話はより臨場感があり、それによって、展示が示す自然現象への理解も深まることを期待している。

### 2.5 Skansen

日時：平成 20 年 6 月 28 日 10:00-14:30

入場料：大人 40～120 ユーロ、子ども 20～50 ユーロ (6～15 才) \*入場料は、季節や時間帯によって異なる。

調査結果概要：

#### (1) 概要

Skansen は、1891 年に民俗学者アットゥール・ハセーリウスによって創設された、世界最初の野外博物館である。ここでは、スウェーデンの全国各地から移築された 150 以上の代表的な家屋や農園を見学することができ、これらと関連する各イベントが日常ベースもしくは季節ごとに開催されている。

Skansen は文化省からの補助金により運営される財団であり、約 170 人のスタッフが働いている。活動内容は政府が定める規定により決定され、活動のミッションは、次のように定められている。

「Skansen 財団は、野外博物館という Skansen の特徴を十分に考慮した上で、スウェーデン文化と自然を活かすための活動や、文化遺産を中心に据えた様々なレジャー活動への関心に沿う生き生きとした環境を作り上げる活動を通して、現在の Skansen をさらに拡大し開発する事業を行うことを目的としている。Skansen は、北欧博物館財団との緊密な文化的科学的協力関係を保ちつつ、その活動を推進する。Skansen は文化・歴史的建築物の存在を保護するもので、その活動は、利潤追求を目的としてはならない。」

## (2) 展示

それぞれの展示は、17~19 世紀頃のスウェーデンの様々な地域や町並みの特徴付ける。主なものには、ストックホルム南の工房街、ダーラナ地方や北スウェーデンの農園、貴族の農園、山小屋、サーメ人の住居などがある。各展示にはその土地や時代特有の衣装を着たガイドが配置され、訪問者に当時の生活様式を見せて背景を説明したり、訪問者の質問を受け付けたりしている。



スウェーデンの伝統的衣装を着たスタッフ

また、敷地の一角には動物園があり、スカンジナビアに棲息する動物たちが集められている。オオカミ・オオヤマネコ・アナグマ・ヒグマ・大鹿・フクロウ・鷺・ヨーロッパアンバイソン・狐・イノシシ・アザラシ等の他、純粋種の羊・山羊・豚・牛などもいる。これらの展示やイベントを通して、Skansen では

文化的・自然的遺産や生物多様性に関する知識や理解を求める人のニーズに応えると同時に、コミュニティーの意識を育てることを目的としている。

Skansen では、科学リテラシーという言葉で活動を説明してはいないが、過去から現在へ至る流れの中での人間・社会・自然の相互作用を切り口とした理解の提供を行っている。ここでは本研究で目的としている科学リテラシー涵養活動よりも広範なものを扱っているが、個人が何をどの程度理解し、社会の中でいかに行動すべきかを含む教育活動を考える上で、重要な参考となる。



サーメ人の住居の再現

## 3. まとめ

### (1) 展示について

本調査で訪問した科学系博物館において、ハンズオン展示と従来のスタイルである説明中心の展示が特徴としてあげられる。どちらも来館者の深い理解をねらったものであるが、説明中心の展示はそこに込めた意図をよりの確に伝えることができ、ハンズオン展示は見るだけでなく、触ること、聞くことなどを通して学ぶことができるという特徴がある。Tekniikan Museo で行われている説明中心の展示は、シンプルな技術の原理を理解させることを目的としており、より深い理解を提供することにより、知識の定着を図ることができるのではないのだろうか。

コミュニケーションを促進する展示物が多くデザインされているのも、今回の調査対象より明らかになった特徴である。Heureka では、主に一緒に遊ぶことや意思の疎通を目的とした展示物、Tekniikan Museo では、一緒に課題に挑戦することを目的とした展示物があった。科学の知識や科学的ものの見方・考え

方の習得, それらを応用する能力のみならず, 学んだことや意見を発信したり他と話し合ったりすることも科学リテラシーの涵養のためには必要である。これらの展示はそういった表現力や発信力の育成に寄与するものであるが, 日本の科学系博物館の展示においては例が少ない。例えば, 国立科学博物館では, 「森の標本箱」など, 展示物と関連づけたコミュニケーションツールが開発されている。今後, コミュニケーションツールとしての機能を持った展示物の開発が必要であろう。また, これを日本の科学系博物館の展示及び教育活動にどう取り入れていくかを考慮することは有益なのではないだろうか。

### (2) 国の教育カリキュラムとの関わり

本調査より, プログラム開発にあたっては国の教育カリキュラムと連携するように開発されていることが明らかになった。これらは, 館の独自性を表現し, 分野横断, 体験的などの要素も取り入れたものである。これらの展示は自由度が高く, 来館者が何を学ぶかは必ずしも展示に込められた意図に限定されない。フィンランドの学校教育は授業の立案においては自由度が高く, 教師の裁量で行うことが認められているため, 分野横断的で体験的なプログラムは, 学校理科の状況に柔軟に対応することができる。

日本でも, 科学系博物館は学校理科との連携を様々な形で提供しているが, カリキュラム上・スケジュール上の理由などにより, 教師にとって利用しにくいのが実情である。理科に限らず, 様々な切り口を持った体験的なプログラムは, 柔軟なものを見方を伝えるだけでなく, 科学・技術を総合的に理解する上で有効であり, 科学リテラシー涵養に適している。日本の状況の中でどのように学校と博物館が効果的な連携を保っていくかが今後の課題となるのではないだろうか。

### (3) 大人向けプログラム

大人を含めた教育プログラムの体系的開発については, いずれの館においても行われておらず, 大人向けプログラムに関しては成功例は聞かれなかったが, 三館いずれも必要性には気づいていた。大人に必要な科学リテラシーについては, 新しい科学知識やメディアの情報を解釈するためのより高度なスキルであるとの意見が共通してみられた。その実装において特筆すべきなのは, Finnish Museum

of Natural History で聞かれた, 大人も興味・好奇心を刺激される機会が必要で, 現に子ども向けプログラムが大人にも人気があった経験があるということである。好奇心や感性, 疑問は, どの世代でも持っているものであり, 大人のプログラムでもそれらを切り口にするのは有効である。国立科学博物館の科学リテラシー涵養活動の枠組みにも感性の項目があり, それらを大人向けのプログラムにていかに有効に取り入れるかを考慮する必要がある。



図1 Heurekaのコアイデオロギー (Heureka館長プレゼンテーションより)

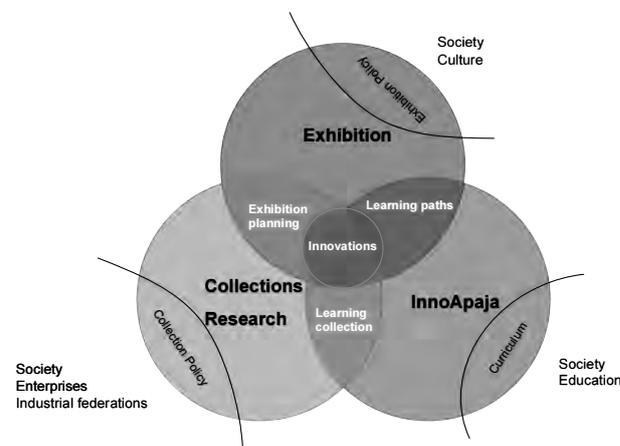


図2 Tekniikan Museo InnoApaja プロジェクト (プレゼンテーションより)



**第 10 回科学・技術についての市民とのコミュニケーションに関する国際会議(PCST-10)参加報告**  
**The 10th International Conference on Public Communication of Science and Technology**

内尾優子, 小川義和, 高橋みどり, 有田寛之  
 国立科学博物館  
 Yuko UCHIO, Yoshikazu OGAWA, Midori TAKAHASHI, Hiroyuki ARITA  
 National Museum of Nature and Science

概要: 当会議において昨年度の成果報告をするとともに, 科学リテラシー涵養のための科学系博物館の教育事業や評価のあり方を議論した。

キーワード: 科学リテラシー, 科学系博物館, 学校連携, 教育カリキュラム  
 Key words: science literacy, science museums, partnership with schools, national curriculum

1. 会議の概要と参加目的

1.1 PCST-10 の概要

Public Communication of Science and Technology の略で, 世界中の科学館・サイエンスシアター関係者, 科学ジャーナリスト, 科学広報担当者, 科学技術コミュニケーション研究者, コミュニケーションに関心を持つ科学者等が個人の資格で参加している国際的ネットワークである。

2~3年おきに国際会議が開催され, 前回の第9回大会は初めてアジア, 韓国(ソウル)で開催された。PCST10 回目となる平成20年のPCST-10はスウェーデンとデンマークで開催された。

会場は, コペンハーゲンビジネススクール(デンマーク)とマルメ大学, ルンド大学(スウェーデン)である。主要な会議はマルメ大学で行われた。初日夕方の懇親会はルンド大学で, そして2日目の午後に開催されたコペンハーゲンチャレンジと題した環境問題討論コペンハーゲンビジネススクールで行われた。

(公式ホームページ: <http://www.vr.se/pcst>)  
 主催: スウェーデン研究協議会, ルンド大学, マルメ大学, およびオームル大学, デンマーク大学の科学コミュニケーション, スウェーデンの政府の革新システム開発機構, 仕事生活のためのファスウェーデン語協議会, 就業, 生活および社会研究, スウェーデン協議会, スウェーデン王立科学アカデミー  
 後援: 農業科学開発スウェーデン研究協議会(スウェーデン政府研究資金機構及び幾つかの省庁), 持続型開発省, 農業食料省, 教育文化研究省。

(前回の第9回の主催・後援: 科学技術の韓国のアカデミー, 韓国科学財団, PCST-9 組織委員会, 科学技術省, 文化観光省, ユネスコ

韓国国家委員会, 韓国国家観光組織)

1.2 テーマ

メインテーマ「未来への架け橋」  
 サブテーマ ●「科学と社会を巡る新しい課題」 ●「科学者と一般市民が参加し, 社会的(科学の)力をつけるには」 ●「影響と成果の評価」 ●「メディアとの対話の手法や機会の開発」

会議では, これらのサブテーマに基づいて53のプログラムが生まれ, 約70のセッションが開催された。

1.3 期間とメインコンファレンスの日程

	6月25日	6月26日	6月27日
午前	Opening Reception  Plenary Session  Plenary Session	Communicating Science in Social Contexts  Parallel Sessions 3, 4	What did Copenhagen Challenge tell us?  Parallel Sessions 5, 6  Poster Session 2
午後	Parallel Session 1 (小川発表)  Poster Session 1 (有田発表) Parallel Session 2 (内尾発表)	Copenhagen Challenge	Parallel Session 7  Closing Session  Plenary Session
夕刻	Physics Show and Dinner in Lund		

プレコンファレンス: 平成20年6月23~24日  
 メインコンファレンス: // 6月25~27日  
 ポストコンファレンス: // 6月28日

1.4 参加目的

○当科研費プロジェクトの成果(評価体系と

科学リテラシー涵養のためのプログラム実践)を報告し、更なる情報収集にあたる。

- 世界中の博物館・科学館、研究機関等の広報活動において、科学・技術の理解の普及に関して、国際的にどのような現状かを把握し、国際的にネットワークを広げる。
- 科学博物館において、科学的内容を情報提供する際に生じた様々な例をもとに、正確に情報提供するにはどのような工夫が必要か議論する。
- 国立科学博物館において、科学・技術リテラシーについて考慮した広い観点からの広報活動を行っていることのアピールをし、他館・組織の新しい工夫などの情報を得る。

## 2. 実施報告

### 2.1 平成 20 年 6 月 24 日

19 時よりマルメ大学にて、ウェルカムレセプションが開催された。



図書館横というユニークな場所で行われた



参加者との情報交換、議論の様子

### 2.2 平成 20 年 6 月 25 日

メインコンファレンス初日。開会式はマルモ

大学のロビーにて行われた。



開会式の様子



開会式に続く全体セッション

#### ■ PARALLEL SESSION での発表・議論

- Science museums and science festivals I (E439) 口頭発表

Development of an Educational Program Framework for Science Museum to Nurture Public Science Literacy

Yoshikazu Ogawa, Midori Takahashi, and Hiroyuki Arita-Kikutani (National Museum of Nature and Science)

このセッションは科学系博物館における各取り組みの紹介が中心であった。ここでは、小川が当科研費研究の概要と科学リテラシーの涵養を測る評価の体系について発表した。



発表の様子 (小川)

○POSTERS I ポスター発表

Coloring in Pictures at Science Museum:  
Facilitating Sensitivity toward Science in a  
Creative Way

Hiroyuki Arita-Kikutani, Midori Takahashi,  
Yoshikazu Ogawa (National Museum of Nature  
and Science), Tomotsugu Kondo (National  
Institute of Multimedia Education), Koji Takada  
(Marine World Umino-nakamichi) and Atsushi  
Kasao (Tokyo Polytechnic University)

ポスターセッションでは、サイエンスコミュニケーションの取り組み紹介や学生・市民等の科学への印象の調査報告などがなされた。ここでは、有田が科学系博物館におけるぬりえを使った展示観察の手法について検討した。



発表の様子 (有田)

○ Science Museums and Science Festivals II  
(E340) 口頭発表

The issue on providing the scientific information  
to the public from the Science Museums  
Yuko Uchio and Yoshikazu Ogawa (National  
Museum of Nature and Science)

科学系博物館がメディア等を通じて、どのようにして情報を一般大衆に的確に提供するかについて、メディア等に行ったアンケートのまとめを中心に内尾が発表を行い、メディアに向けてのアンケートの手法についての質問を受け、メディアへの科学的情報の提供について、様々な国での状況についてのコメントなどがあり、議論となった。



発表の様子 (内尾)

■ PHYSICS SHOW AND DINNER IN LUND

ルンド大学へバスで移動し、サイエンスショー及び懇親会に参加した。

サイエンスショーでは、レーザー光線を使用して様々なデザインやライン画を表現したショーが行われた。単純な物理現象の実験ショーが演劇仕立ての演出で行われ、興味を持ちやすく面白く表現されていた。手元の実験は大きなスクリーンで映し出された。



ルンド大学の教授・学生によるサイエンスショー

続く懇親会は、ルンド大学ステューデントユニオンのボールルームまで徒歩で移動し、

スウェーデンの正式なディナーが供された。民族舞踊などのアトラクションとともに、テーブルには科学のクイズとパズルの用意が有り、アイスブレーキングとして、簡単なゲームを行った。



クイズに答えながらパズルを組み立てるゲーム

2.3 平成 20 年 6 月 26 日

#### ■ 各テーマによる PARALLEL SESSION

会議のサブテーマに基づいて設定された Science museums and science festivals, Science journalism, Evaluation, Science in Society, Risk Communication, The participation of scientists, Science theater, The new media, Communication in science education curricula などのプログラムがあった。



Science theater I 発表の様子

演じるタイプの発表等表現に工夫されていた



Science and the media 発表の様子

#### ■ COPENHAGEN CHALLENGE

環境問題について様々な観点から話合うイベントが行われた。デンマークの環境省大臣の話の後、約 20 のグループに分かれて環境問題について様々議論を行った。



Copenhagen Challenge の様子

#### ■ 懇親会（デンマーク国立博物館）



科学者ボーアについての戯曲を役者が演じたサイエンス・シアター

■ デンマーク国立博物館内の見学



2.4 日本からの参加者

ジャーナリズムの分野からの参加者，大学等（サイエンスコミュニケーションをテーマとした方々）の参加者，科学館，研究機関の広報関係者などの約 20 名の参加者が見られた。

3. まとめ

(1) 科学リテラシーについて

PCST-10 会議でなされた発表において科学リテラシーの概念を明示しているのは，小川や有田の発表を初めごく少数であった。発表タイトルやアブストラクトには明示されていないが，発表の中で科学リテラシーに触れているものは少数見られた。それらの発表において，科学リテラシーは「先端の科学の知識を説明できること」「新聞や他のメディアで扱う科学の内容が理解でき，他者と意見交換ができたり，自分の意見を発信できたりすること」などと様々な定義がそれぞれなされていた。これらの定義は多様であり，科学リテラシーについての理解が統一されていない状況が明らかになった。

その中で，小川の発表で示したように，科学リテラシーを知識に限らず科学的考え方や意思決定なども含めて広範に捉え，体系化しようという試みは新規性を持って受け入れられたようであった。

(2) 一般大衆に対する科学リテラシー向上の間接的手法について

一般に，科学に関する情報について一般大衆が影響を受けやすいのが，テレビ，新聞，ウェブなどのメディアからであるが，今回のセッションにおいての議論では，個々の科学的内容（例えば医学的内容，先端科学技術の

高度な内容）についての一般に対する理解についての議論は見られたが，総合的なメディアの影響などについての広い視点かつ具体的な議論は少ないようであった。近年メディアから科学博物館に対して情報提供が求められる件（写真などの具体的な情報提供のみならず，内容の確認）が増加しつつあると思われる。内尾の発表は，科学博物館からの情報提供という立場での内容であったことから，メディアについてのセッションではなく，**Science museums and science festivals II** のセッションにて発表をおこなった。メディアにおいて科学の情報を実際に扱う人々がより詳しく理解することで，科学博物館からの情報提供をより活用してもらいやすく，また的確な情報の配信が可能となると考えられる。それによって，活用するメディアの担当者の科学リテラシーのみならず，間接的に情報を得る一般大衆の科学リテラシー向上にも影響があると考えられるため，より一層丁寧な議論が必要と思われた。こういった議論は，科学博物館における科学リテラシーについての具体的役割を検討して行く上でのテーマの一つになると考えられる。

(3) 小川の発表より

科学リテラシーおよび評価体系の発表において，時代の流れとともに変容する科学観に科学リテラシー涵養活動の枠組みおよび評価の枠組みがどのように対応していくのかという質問を受けた。また，この枠組みを実際にどのように使っていくのか（政府に提言するのか，実践者レベルに普及していくのかなど）との質問も受け，有意義な議論となった。

電気料金表を切り口としたプログラムに対して，社会との関連のあり方としてとても良いと評価する声があった。評価の枠組みを実際にどのように使用していくのかといった具体的な質問や，この研究成果を政府にどう提言していくのかという質問などもあり，本研究に対する関心は高かったようである。



## イギリス・カナダにおける科学リテラシー涵養のための学習プログラムの調査 Learning Programs for Nurturing Science Literacy in United States

小川義和 高橋みどり

国立科学博物館

Yoshikazu OGAWA, Midori TAKAHASHI  
National Museum of Nature and Science

概要：科学リテラシー涵養の枠組みの検討およびプログラム開発の参考とするため、積極的な取り組みを行っているイギリスおよびカナダの博物館、大学等での取り組みを調査した。

キーワード：科学系博物館，科学リテラシー，現職研修，批判的思考

### 1. 調査の目的・調査期間・調査先

大学・博物館等における科学リテラシー涵養のあり方とそれに関するプログラム開発事例等の調査を行った。

調査期間は、平成 21 年 10 月 11 日～18 日で、調査先はイギリス、カナダの下記の施設である。

ダーウィンは、イギリス最高水準の科学研究を行い、自然科学の標本を展示する施設である。ダーウィン生誕 200 年を記念して平成 21 年 9 月にリニューアルオープンした。建物は繭の形をしており、生物の多様性に関して、疑問を見つけ、研究の手法に基づいて解明する一連の流れを、展示全体として表現している。

#### 調査日程

日程	訪問先
10 月 12 日 (月) 9:00-12:00 16:00-17:30	Natural History Museum Science Museum (ロンドン)
10 月 13 日 (火) 14:00-16:30	Science Learning Centre East Midland (レスター大学内)
10 月 14 日 (水) 13:00-16:00	National Science Learning Centre (ヨーク大学内)
10 月 16 日 (金) 9:00-12:30 14:00~15:30	Council of Ministry of Education, Canada Ontario Science Museum (トロント)
10 月 17 日 (土) 10:00-11:00	Royal Ontario Museum (トロント)



ダーウィンセンター入口

建物内には 1700 万点の昆虫と 300 万点の植物の標本を収蔵しており、来館者は、「コクーンツアー」と称するセルフガイドツアーによりそれらを見学する。館内には「疑問を持つことの重要性」「証拠の重要性」「自然現象を整理すること」「標本の重要性」など自然科学研究の本質についてのパネルや映像による説明があり、各所にコンピューターを使ったインタラクティブ展示を配置し、展示物についてより深く学ぶことが出来るようになっている。

### 2. 調査の概要

#### 2.1 Natural History Museum

日時：平成 21 年 10 月 12 日 9:00～12:00

対応者：Mr. Martin Lawrence (Deputy Head of Learning)

入館料：無料（ダーウィンセンターは事前予約が必要）

#### 調査結果概要

本自然史博物館に隣接したダーウィンセン



センター内の自然標本の展示

もう一つの学習装置として、NaturePlus というウェブサイトがある。NaturePlus Card というカードを受付で取得し、展示を見学する際に好きな展示物そばのリーダーにかざすと、取得した情報が記録として残る。帰宅後にウェブサイトにアクセスしてカードの ID 番号を入力し、その情報を見ることができる。また、カードを使って他のイベント情報を取得したり博物館の研究者とのフォーラムやブログに参加したりすることができる。



NaturePlus を用いたインタラクティブ展示

センター内には Attenborough Studio と呼ばれるスタジオがあり、学校団体や一般向けのプログラムを行っている。プログラムには、ショートフィルムの上映や博物館の研究者の仕事紹介・ディベートなどがある。プログラムの参加は無料であるが、事前申し込みが必要となっている。

センター内の Climate Change Wall と呼ばれる展示では、当博物館の研究が気候変動の解明にどのように貢献したかを知ることができる。この展示は 12 メートル幅の壁に 100 以上

の画像・映像がタッチパネルとしてインストールされており、触れると自然界の美や多様性、気候変動の例や、博物館がどのようにその研究を行っているかについて学ぶことができる。ここでは、来館者には自身のライフスタイルを適宜改善し、自然を保護していくことを求めている。

Angela Marmont Biodiversity Center がセンターの一階に設置されており、イギリス全土から動植物、昆虫、化石や鉱物の標本を収集し、来館者向けにライブラリーを作って室内で公開したり、市民の持ち込んだ標本の同定サービスを行ったりしている。また、Citizen Science Project と称して NaturePlus Card を使って事後学習をするシステムも整えられている。

自然史博物館で提供している教育プログラムは、中等学校以上を対象としており、例えば以下のようなものがある。

- アニマルビジョン (キーステージ 2, 3 (7-11 才, 11-14 才) 対象): 動物の視覚を切り口とした適応について
- シナリオサイエンス (キーステージ 4(14-16 才)対象): 多くの人を脅かす病気が発生したというシナリオの元に、科学的情報が意思決定に及ぼす影響を学ぶ。

ダーウィンセンターでは、科学者がどのように自然の事象から疑問を取り出し、科学の手法に則って解明しているかという視点を教育活動においても重視しており、自然から学んだ結果としての標本収集の重要性も訴えていることが特徴としてあげられた。

## 2.2 Science Museum

日時：平成 21 年 10 月 12 日 16:00~17:30

対応者：Mr. Anthony Richards (Manager, Gallery Programmes)

入館料：無料

### 調査結果概要

当館は「bringing science to life, and life to science」のキャッチコピーの下、科学や技術が生活といかに結び付いているのかを示している。物質や材料の科学、エンジニアリング、ICT、医薬品の歴史などの展示が 5 階建ての建物に配置されている。



Science Centre 概観

当館で行うプログラムは、市民の科学理解増進を図ることを目的としたものが多く、特に母親の期待やニーズに応えるようなプログラムを多く開発している。プログラムのデザインは、知識をベースとした親子の対話を促進するようなものが多く、対話データの評価を試みているとのことであった。

教育プログラムの主な対象は5才から7才および7才から11才で、出前授業ではなく、ときに宿泊も含む来館プログラムを行っている。科学への理解を促進するため、サイエンスドラマに取り組むこともある。プログラムの開発に当たっては、遺伝子組み換え食品など生活課題を考える機会を与えるテーマを選択し、ラーニングゴールを設定している。

教育プログラムにおいては、市民の科学理解増進のみではなく、科学を楽しむこと、体感すること、そして意思決定力の育成を通して政治に声を反映させることもねらっている。



プラスチックに関する展示

### 2.3 Science Learning Centre East Midlands

日時：平成 21 年 10 月 13 日 14:00～16:30

対応者：Ms. Sue Bull (Director)

#### 調査結果概要

全英に 11 カ所ある初等・中等教育の教師教育を行っているサイエンスラーニングセンターのうちの一つである East Midlands 支部では、レスター大学に本拠を置き、Nottingham University と Bishop Grosseteste University College of Lincoln が連携をして、教師教育講座を開講している。科学教授と日々進歩する科学をつなげ、教師がそれらを授業で分かりやすく伝えるのを支援することを目的とし、より革新的な科学を切り口に講座を展開している。

このプロジェクトは、2004 年から Department for Children, Schools and Families (DCSF) の予算を獲得し始まったが、3 年間 Wellcome Trust から追加資金を得、2011 年まで活動することが決定している。初等・中等教育の理科教師の中でも主に年配の教師や理科支援員に対する養成講座の力量を上げることに重点を置いている。

これまでに本プロジェクトは着実に成果を上げており、受講した教師は講座で学んだことを元に、クラスで子どもを惹きつけるような有効な発問をすることができている。これらのあらわれは、受講後に長期的な評価を実施した結果、多くの教師に見られている。

講座では科学に対する考えを扱い、ハンズオン活動を通して科学の事象そのものだけではなく考え方や探究活動のスキルなども身につけていく。講座は単発のものから年に 7、8 回受講するものまで多岐に渡るが、特に長期の講座では、センターのスタッフがメンタリングを行い、教師の現場指導をサポートする。長期のプログラムを開講して関係を作っていくことがセンターの特徴となっている。これらのプログラムは科学者と教育者が主導で行うが、大学の教授が自分の考えたプログラムを売り込みに訪れることもあるということであった。

#### 表 Science Learning Centre East Midlands のプログラム例

<p>&lt;初等学校理科教師向け&gt;  <b>Science Through Games</b>                  ・科学的探究の方法を授業で導入することを目的としてゲームや他の活動を行う。                  ・5才-7才対象、1日限りのプログラム  <b>Developing the Role of the Science Subject Leader</b>                  ・科学を効果的に行うための運営方法を学ぶ。</p>
--

- ・現在の勤務校での優先事項や改革を先導する方法を学ぶ。
- ・4才-11才対象，2日間のプログラム

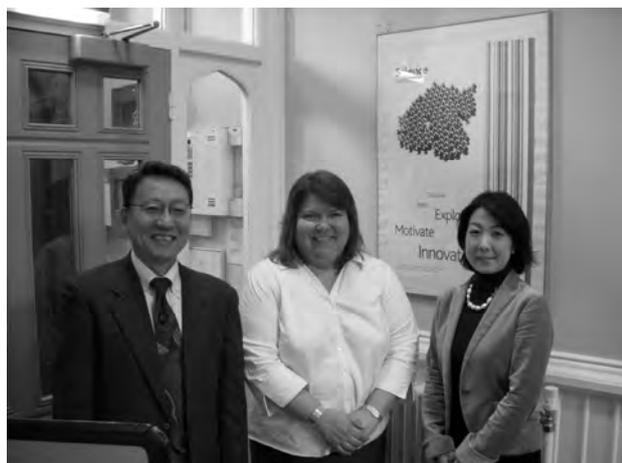
< 中等学校理科教師向け >

#### Bringing Cutting Edge Science into the Classroom

- ・対象学年の理科授業の内容に合わせ，現代科学のトピックを選び，記述・説明する。
- ・関連する現代の科学的課題や議論を評価する方法を学ぶ。
- ・トピックを教える際に，適切で考えを促されるような教材やアプローチ法を取り入れる方法を学ぶ。
- ・14才-19才対象，一日のプログラム

#### Chemistry for Non-specialists

- ・対象学年で扱う化学のトピックに対する理解を増やす。
- ・対象学年の化学の指導に自信を持ち，資質を向上させる。
- ・対象学年の生徒が持つ誤概念やその解決法について理解を深める。
- ・11-14才対象，4日間のプログラム



対応者の Ms. Sue Bull (中央) と

中等学校の講座には Impact Award という賞が設定されており，授業でのラーニングアウトカムを設定するレポートと子どもの学びを振り返り今後の改善を考えていくレポート，そして6週間後に行うフォローアップのレポートの三つを提出し，センターから認められると受講日一日あたり200ポンドが賞金として学校に与えられる。受講料は，どのプログラムも一律一日あたり130ポンド（理科支援員の場合は一日95ポンド）であり，その資金は受講料に充当したり受講時の旅費に使うほか，学校の教材購入に充てることできる。

この賞は，受講した教師の約85%が応募し，予算の余裕に応じてではあるが，ほぼ全員が合格するということであった。この Impact Award は East Midlands 等の支部で行われてお

り，英国全てを統括している。National Science Learning Centre では，ENTHUSE Charitable Trust から資金を得，ENTHUSE Award という類似の賞を出している。

## 2.4 National Science Learning Centre

日時：平成21年10月14日 13:00～16:00

対応者：Prof. John Holman (Director)

Prof. Mary Ratcliffe (Associate Director)

Prof. Robin Millar (The University of York)

### 調査結果概要

本センターは科学教授に関する専門性向上の全国ネットワークであり，先述の Science Learning Centre East Midlands をはじめ計九つの支部の本部でもある。科学教授のモラル向上と，子どもたちにワクワクする知的な刺激を与えるような科学教育を提供することを目的とした各種プログラムを開発している。



National Science Education Centre 外観

プログラムは，未来の市民，科学者に必要な知識と理解を得させることをねらいとし，それぞれの学年の理科授業の内容に組み合わせられて作成されている。平成20，21年度の重点項目は，先端科学，ICT，学びの充実・支援，科学の本質（How Science Works），リーダーシップとマネジメント，新しいカリキュラムの方向性，非専門家のための科学などである。本センターには教師が授業で利用できる様々なリソースが揃っているライブラリーがあり，プログラムを受講した教師が開館時はいつでもテキストや参考書を閲覧できるようになっている。



ライブラリーの様子

教師教育に当たっては、何を知っているか (What we know), そしてそれをどのように知ったのか (How we know it) を教師が学び、授業に還元することを、子どもたちの科学的リテラシーを育成する効果的な方法であるとのビジョンの元、様々なプログラムでそれらを取り入れながら実践をしている。それは、教師の科学への心 (habit of mind) を変える試みでもあり、科学の知見をプログラムで教え込むことよりも進歩は遅いように見えるが、実際にはプログラムの趣旨に対してより共感を得られる、つまり、科学的リテラシーの育成への近道となることのであった。

センターで行う教師教育プログラムに関する評価結果では、受講した教師はプログラムを高く評価しており、他の教師に推薦したいと思っていることが明らかになった。また、3分の2の教師が学校の理科授業で求められているラーニングアウトカムに合致していると感じ、3分の2以上が実際に授業に役立ったと答えた。

国立科学博物館が作成した科学リテラシー涵養活動の枠組みとそれをもとに開発したプログラムについて意見を交換した。「scientific concept」と共に「ideas about science」を重視している本センターやヨーク大学の Twenty First Century Science の立場から見ると、本枠組みにおける領域 (生命・人間と社会、宇宙・地球・環境と社会など) はまだ伝統的な科学観に基づいているように見えるということであった。学校においても、事実に基づいた学びだけではなく「learning by doing」を取り入

れていってもいいのではないかと意見が挙がった。

また、科学の本質は枠組み中のどこの目標に入るのかを考えなければならない旨、生活や社会の中で科学を適切に位置づけるために、「コミュニケーション能力の育成」が枠組み中の「社会の文脈に適切に対応する」という目標の中で語られているのは有効である旨指摘を得た。

更に、評価の枠組みを構築しその効果を探る際に、現時点では教育プログラムの試行という限定的な環境で行っているが、博物館としては、いずれは来館者の既存の知識も考慮に入れつつ一般化をして広く使用できるものが求められるとの指摘も得た。



対応者 Prof. John Holman (左から2人目), Prof. Robin Millar (左から3人目) と

## 2.5 Council of Ministry of Education, Canada (CMEC)

日時：平成 21 年 10 月 16 日 9:00~12:30

対応者：Ms. Marthe Craig (Coordinator, Pan-Canadian Assessments)  
Ms. Melanie Labrecque (Analyst, Assessment)

Ms. Mars Bloch (Director, Education Services, let's talk science)

### 調査結果概要

本研究で評価の枠組みの構築にあたり参考にしたカナダの共通フレームワークについて、CMEC 職員への聞き取り調査によりその実装の様子を探ると共に、カナダにおいて科学的リテラシーを育成するための活動の展開例を探るために、全国レベルの慈善組織である let's talk science のディレクターに聞き取り調査をした。

カナダ共通フレームワークは、カナダの児童生徒の科学的リテラシーを育成することを目的として、カリキュラム開発者のために開発された。州を越えて転居する家族が増えている中、履修漏れなどを避け、子どもたちの科学的素養の育成の質を一定に保つために国内で共通に利用できるフレームワークを開発した。

現時点では、フレームワークの利用状況は州ごとに異なっており、カリキュラム開発は主に州の方針に依存している。また、教科書は州のカリキュラムに準拠して作成されている。例えば、オンタリオ州はカナダ共通フレームワークを採用していないが、扱うトピックのヒントは得ているようである。共通フレームワークが開発されてから10年が経つが、他州においても共通フレームワークを使い始める例が次第に増えているということであった。

let's talk science は、リーダーシップと革新的な教育プログラム、研究と議論を通して科学的リテラシーを改善することを目的とした慈善団体である。国内の自然科学・工学系の大学院生をボランティアとして動員し、子どもたちの活動をサポートしている。それらの大学院生の役割は、おもしろく学校のカリキュラムと一貫しているハンズオン活動を行うこと、今日の若者へ模範を示すこと、典型的な科学者のイメージ（「白衣を着た変わり者の科学者」のようなイメージ）を崩すことなどである。

この活動を通して、学生ボランティアも研究を伝えることの楽しさを知り、卒業までボランティアを続けるケースも多い上に、持っている知識やスキルを効果的に伝えるためのサイエンス・コミュニケーションのスキルを向上させることができおり、発信者・受け手の双方が利することのできるシステムとなっている。

let's talk science の活動内容は、幼児向けプログラム、学校向けプログラム、アウトリーチ、研究と議論、カスタムサービスとプログラム開発である。幼児向けプログラムと学校向けプログラムでは、平成12年より始まったWings of Discovery という専用の活動があり、カリキュラムに沿った科学系探究プログラムをそろえている。Wings of Discovery では、言語や数学、音楽を扱うことをはじめ、問題解決、探究、個人・社会・身体的スキルの構築とその応用の切り口として科学を使い、知識

やスキルを形成することを目的としている。また、研究と議論とは、科学的リテラシーの向上に関してのみではなく、let's talk science の活動の自己評価を指している。

let's talk science で言及している科学的リテラシーとは、疑似科学とは対極にある科学の本質である。テーマの周辺の考えや科学における用語を適切に使用できることなども科学的リテラシーに分類されている（カナダ共通フレームワークでも用語の適切な使用については触れられており、共通フレームワークとの関連性が感じられる）。また、学校の理科カリキュラムは知識偏重で、カリキュラムと一貫性を持つ let's talk science の活動において科学的リテラシー（科学の本質）の向上を図るのには困難を感じているとのことであった。そのため、活動にハンズオンの要素を入れることはもちろん、科学的なマインドを入れていくことも重要であると考えている。



対応者 Ms. Mars Bloch（前左列）、Ms. Marthe Craig（前中央）、Ms. Malenie Labrecque（前右列）と

## 2.6 Ontario Science Centre

日時：平成21年10月16日 14:00~15:30

入館料：18ドル

### 調査結果概要

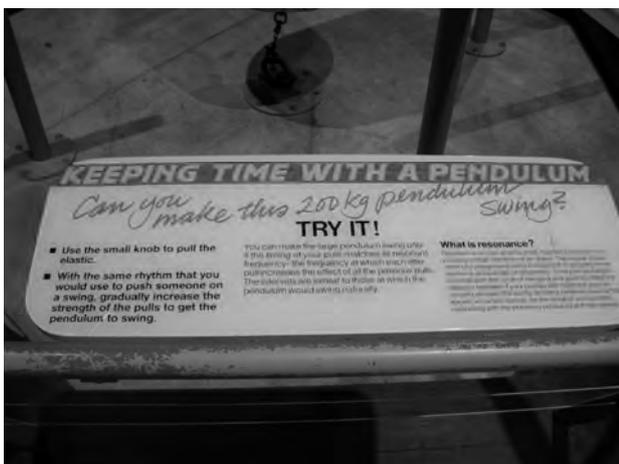
オンタリオサイエンスセンターは、やりがいがあって考えさせるような科学技術の体験を通して来館者を楽しませ、情報を与え、取り組ませることをミッションとして活動し、今年40周年を迎える。平成15年より60%以上の場所を改修した。年間100万人以上の来館者を迎えるが、その半数以上はトロントおよびその近郊からである。開館時からの通算で、4000万人が当館を訪れた。

館内は地球科学と環境、認知・錯覚、イン

タラクティブセンター、ファミリーイノベーションセンターなどの九つのエリアがあり、グループや家族のコミュニケーションの促進を可能にするようなハンズオン活動を多数備えている。



Ontario Science Centre のハンズオン展示



共振についてのハンズオン展示 (上) とそのラベル (下)

館で行っている教育活動は、主に学校団体の受け入れがあり、ウェブサイトには各学年

のカリキュラムとの関連が明示されている。その他、サイエンススクールという講座があり、授業の他に 15 時間の実践を行う。大学入学準備に相当する単位認定の対象であり、地域で 40 時間ボランティア活動をしたときに与えられるのと同じ単位数である。サイエンススクールでは、生物、化学、物理、アドバンスト・ファンクションズ、微分とベクトルのクラスが開講されている。生徒は、過去に学校で履修していないクラスを三つ以内応募することができる。

受講する生徒に求められる資質は、科学学習に対する情熱と科学のコミュニケーションスキル、十分な科学の知識、積極性、学習における自立性、そしてチームワークなどである。サイエンススクールでは、生徒は実習を通して科学のコミュニケーションスキルを学び、本センターや地域における活動に従事するための実践を積む。

サイエンススクールに参加するには、所定の応募用紙とエッセーの他、教師 2 名（うち 1 名は必ず理科か数学の教師）からの推薦書を提出し、最終選考のインタビューに合格することが求められる。一学期ごとにオンタリオ州内から 28 名ずつが選ばれる。

## 2.7 Royal Ontario Museum

日時：平成 21 年 10 月 17 日 10:00~11:00

入館料：22 ドル

### 調査結果概要

ロイヤルオンタリオミュージアムは「文化や自然の多様性、それらの関係性、重要性、保護や保存への理解を増すために研究と収集物を媒介としたコミュニケーションをとるリーダーとなる」ことを使命とし、自然科学の他、先住民文化、アジア文化、カナダ入植の歴史などの展示物を通して、人間文化と自然界の理解を促進している。市民には文化の変遷を探究し、自然科学の学びにおいて科学について議論を深めることを促すべく、生涯学習の枠組みを元に教育活動を展開している。

本ミュージアムで展開している教育プログラムは、学校向けや大学との単位互換のもの他、一般の子ども向け、一般成人向けがあり、形態も講義、ワークショップ、イベント、フィールドトリップや街歩きなど多彩に用意されている。

子ども向けのコースは ROMkids と呼ばれ、土曜日の朝に開催するもの、夏休みに開催す

るもの、3月の休暇時に開催するものがある。ROMkidsは、考古学や自然科学など展示に関する内容を扱うハンズオン活動を展開しており、自然科学や考古学などについて学んでいく。



Royal Ontario Museum 外観



Royal Ontario Museum 入口ホール

### 3. 考察

本調査より、以下の2点が明らかとなった。

#### 3.1 科学リテラシーの定義・方向性について

今回調査した機関においては、科学リテラシーは、科学の方法や本質、科学的ものの見方・考え方やそれを伝えること（コミュニケーション）の観点から定義されていることが多かった。それらは主に、市民の科学理解の増進のために、科学的マインドを育成することを目的としている。

国立科学博物館の科学リテラシーの枠組みでは、「実生活に関わる具体的な課題を中核とし、（中略）世代やライフステージに応じて発展・総合化させた活動（国立科学博物館，2008）」とあり、これまで調査したアメリカや北欧諸国の事例においても、科学リテラシ

ーは類似の視点で定められていた。今夏のイギリス・カナダの事例は、本研究に新しい視点を提供した。

#### 3.2 長期的な活動のためのサポート体制について

National Science Learning Centreでは、教師が長期にわたる研修プログラムにも参加できるようなサポート体制が確立していた。そのサポートは、教師個人ではなく、アワードという形で学校に支給することにより、教師が職務として受講しやすいようなシステムとなっている。プログラムも、一日限りのものや複数回のもなど、個々の教師のニーズや負担に多様に答えるように構成されている。

let's talk scienceにおいても、学生ボランティアを効果的に活用して息の長いプログラムを学校や子どもたちに提供している。この中で学生ボランティア自身もサイエンス・コミュニケーションスキルを向上させることができ、双方が恩恵を受けている。

日本においても、開発プログラムを効果的に運営し、人々の科学リテラシーを涵養するために、これらの例のような有効かつ持続可能なシステムを構築していくことが求められるのではないだろうか。

#### 参考文献

独立行政法人国立科学博物館科学リテラシー涵養に関する有識者会議（2008）「科学リテラシー涵養活動」を創る～世代に応じたプログラム開発のために～

**第 11 回科学・技術についての市民とのコミュニケーションに関する国際会議(PCST-11)参加報告**  
**The 11th International Conference on Public Communication of Science and Technology**

有田寛之, 渡邊千秋  
 国立科学博物館  
 Hiroyuki ARITA, Chiaki Watanabe  
 National Museum of Nature and Science

概要: PCST 第 10 回における成果報告につづき, 本調査研究の最終報告としてポスター発表を行い, 成果の普及を行った。

キーワード: 科学リテラシー, 科学系博物館, 学校連携, 教育カリキュラム  
 Key words: science literacy, science museums, partnership with schools, national curriculum

**1. 会議の概要と参加目的**

平成 20 年にスウェーデンとデンマークで開かれた PCST-10 (前項参照) につづく第 11 回総会として, インドを会場に全 8 日間にわたって開催された。主要な会議は, ニューデリーのコンファレンスセンター NASC Complex にて行われた。

開催国インドを中心に, 世界各国のジャーナリズム分野, 大学, 博物館・科学館, 研究機関等から多くの参加者があった。日本からは, 10 名弱の参加があった。

主催・後援組織: Department of Science and Technology Ministry of Science and Technology in India, Madhya.Pradesh Council of Science and Technology, Vaigyanik Drishtikon Society, The Government of India, International Centre for Science Communication, Indian Science Communication Society, Indian Science Writers' Association, Indian Journal of Science Communication



会場 (NASC Complex)

本会議のメインテーマは「境界なきサイエ

ンスコミュニケーション」, サブテーマは, 「世界のサイエンスコミュニケーション再考」「サイエンスコミュニケーション学と研究」「サイエンスセンターとサイエンスミュージアムの役割」「マスメディアを通じたサイエンスコミュニケーション」「グローバル化・局所化するサイエンスコミュニケーション」であった。会議では, これらのサブテーマに基づいて約 20 のセッションやスピーチ等が生まれ, 各セッション内では 3~15 程度のプレゼンテーションが行われた。

表 メインコンファレンスの日程

	午前	午後	夕刻
12/6	/		Introductory Talk
12/7	/		Parallel Workshops Evening Talk
12/8	Poster Session I (今回発表) Scientific Session I II	Scientific Session I III, IV Parallel Workshops	Evening Talk
12/9	Poster Session II Scientific session V	Plenary Session II	Evening Talk

プレコンファレンス: 平成 22 年 12 月 4~5 日  
 メインコンファレンス: " 12 月 6~9 日  
 ポストコンファレンス: " 12 月 10~11 日

PCST 第 10 回大会においては, 本調査研究の中間報告という位置づけで成果発表を行ったが, 第 11 回大会においては, 前大会以降の経過を盛り込んだ最終報告として, ポスターセッションにて発表を行った。

①本調査研究の成果 (評価体系と科学リテラシー涵養のためのプログラム実践) を報告

し、研究のまとめに向けて更なる情報収集にあたること、②世界の科学技術の理解普及に関して、国際的にどのような現状かを把握し、国際的ネットワークを広げること、③科学リテラシーを考慮し広い観点から活動を行っている国立科学博物館についてアピールし、他機関の新しい工夫などの情報を得ること等を目的とした。

## 2. 実施報告

<12月8日ポスターセッション I >

Development of an Educational Program Framework for Science Museum to Foster Public Science Literacy

Yoshikazu Ogawa, Chiaki Watanabe, Hiroyuki Arita (National Museum of Nature and Science), Midori Takahashi (Shizuoka Science Museum)

NASC Complex 展示ホールにて、過去4年間にわたって行ってきたプログラム開発および学習プログラム体系の開発について発表を行った。

世代ごとの社会との接点に着目した科学リテラシー涵養プログラムの枠組みや、一事例として取り上げた中高生向けプログラム「恐竜発掘地層ケーキを作ろう！」に対して関心を示す参加者が多く、用意した関連資料等も好評であった。

立ち寄った参加者からは、プログラムの所要時間や盛り込む内容、長期的な学習効果の評価について質問が寄せられた。



ポスター展示の様子



参加者との議論・意見交換の様子

## 3. まとめ

PCST 第10回大会と同様、第11回大会においても、科学リテラシーの概念を踏まえた上での科学リテラシー向上に関する発表は多く見られなかった。一学問分野としてのサイエンスコミュニケーションについて課題提起を行った初日のセッションをはじめ、サイエンスコミュニケーションを担う人材の育成およびその土壌をどのように充実させていくかという点に大きな関心が払われている印象であった。

また、科学リテラシーやサイエンスコミュニケーション能力の向上をねらいとした取り組みの具体事例が、各国から発表されていたが、各事例の独自性が見えにくいものもあった。そのような中で、本調査研究が提示した、博物館が行う科学リテラシー涵養のための体系的枠組みは新規性を持っており、引き続き国内外へ広く普及していく意義あるものと考えられる。



全体セッションの様子

**V 本研究に関する自己評価及び  
外部からの助言・評価**



## 第2回研究会(平成 19 年度)～世代の分類とプログラムの体系化 議論のまとめ

小川義和, 高橋みどり  
国立科学博物館  
Yoshikazu OGAWA, Midori TAKAHASHI  
National Museum of Nature and Science

### 研究会開催概要

**日時** : 平成 20 年 3 月 10 日 (月) 午後 1 時～午後 2 時 45 分

**場所** : 国立科学博物館上野本館

**出席者** : 小川義和, 山本恒夫, 北原和夫, 渡辺政隆, 栗栖宣博, 平田大二, 石井久隆, 田代英俊, 野田学, 高田浩二, 嶽山洋志, 高安礼士, 前田克彦, 亀井修, 岩崎誠司, 有田寛之, 原田光一郎, 松原聰, 若林文高, 高橋みどり, 小堀幸子(編集者・オブザーバー), 森美樹(日本放送協会・オブザーバー)

### 議論のまとめ

#### 1. 本研究で参考にした科学リテラシーと研究の方針について

- 「国立科学博物館科学リテラシー涵養に関する有識者会議」が平成 18 年に立ち上がった。本研究では、その成果をある程度踏まえて、科学リテラシーの涵養に資する具体的なプログラムをいくつかの博物館が共同して作っていく。
- 科学リテラシーの諸定義については、北原教授が研究代表者となっている「すべての日本人のための科学技術リテラシー」(日本学術会議)という定義があり、3月19日にシンポジウムが開かれて、全体についての共通理解を図っていこうという動きがある。本研究では、厳密な定義を設定してはいないが、このような既存のもののある程度踏まえながら体系化をする中で、定まっていくものと考えている。
- 本研究では、幼児・小学生、中学生・高校生、大学・成人・ファミリー、中高年・団塊という四つの世代に分けて、年度別にプログラムの開発をしている。平成 19 年度は幼児・小学生を対象に、分野ごとに、プログラムを開発した。幼児には、科学リテラシーを網羅することよりも、楽しむことに重点を置いて開発した。平成 20 年度は中高生向けプログラムを開発し、今後、同様に世代別の分け方と分野別の分け方でプログラムの体系化を進めていく。

#### 2. 生涯にわたる学習・知の循環について

- 本研究の特徴は、高校で終わらずに大学や子育て期、壮年期、老年期まで扱うことなので、ただ教材を作って終わりではない。生涯学習答申で出ている知の循環型社会や、CBST\*で言っているような、自分が得た知識を下の人たちに教えていくようなプログラム(knowledge transfer)、またエール大学の同様なアイディア(ラダーシステム)も、取り入れていく必要がある。例えば、年齢の上の方に対しては、ただこちらから提供するだけでなく、向こうが知識などを提供してプログラムが成長していくようなものも、考える必要があるのではないかと。

\*CBST : Center for Biophotonics Science and Technology。UC Davis の機関で NSF の助成を受けて運営されている。バイオフォトンクスの研究、研究者を目指す学生の養成、そして一般へのバイオフォトンクス普及のための教育活動を行っている。平成 19 年度に調査を行い、本研究会で報告された。

- 現在ではまだ知の循環をするようになっておらず、文科省の生涯学習政策局の中でも、学習したことを生かす仕組みの提示が貧弱。また、教育基本法の第 3 条に生涯学習の理念が入っていて、その最後で「学習した成果を生かすことのできるような社会」と言っているが、「成果を生かす部分」の仕組みがまだ確立されていない。
- 本研究で開発したプログラムにおいて、学習したことをどう生かしていくかというところは、

まだ完成していない。プログラムを体系化していく時、その部分が入ってくると、すごいプログラムになる。この部分は、国際的に見てもまだあまり進んでいないと思う。

- 学力のことでNHKがテレビでやっていたが、中学生ぐらいになってくると理科も含め授業が面白くないという。それを社会や生活で活用できるところまで見通せるようなプログラムになってくると、面白さが全然違ってくと思う。何か生活で生かせるだけではなくて、サイエンス、あるいは科学リテラシーは社会でどう生かして、それはどういうことなのか。そのあたりまで見込むプログラムになってくると、全く新しいものができるのではないだろうか。

### 3. プログラムの体系化について

- 国立科学博物館の「科学リテラシーの涵養に関する有識者会議」で枠組みが提示されているので(付録1, P.11), それをある程度踏まえ、感性の涵養, 知識の習得・概念の理解, 科学的な見方・考え方の育成, 社会の状況に適切に対応する能力の育成といった目標を元に体系化する。実際にプログラムを開発するときは, 一つのプログラムで四つぐらいの目標を持つかもしれないし, 二つかもしれないし, それで世代が変わってくる。そういう流れの中で, 今後どのようにプログラムの体系化をしていくのかを考える必要がある。

- 国立科学博物館のサイエンスコミュニケーター養成実践講座の四つのラーニングサイクル\*\*をアメリカの調査の際に示したところ, 非常に興味を持って見ていただいた。これより, 本研究においても, 目的を四つに分けるなどの形で科学リテラシーの構造化を示した方がいいか。

\*\*サイエンスコミュニケーター養成実践講座の四つのラーニングサイクル:「深める」「伝える」「つなぐ」「活かす」の四つから構成されている。国立科学博物館では, 実際のサイエンスコミュニケーションの場において「試行錯誤」を繰り返すことで, より深く考え, 人々に知を伝え, 人々の知をつなぎ, 知を社会に還元することが重要であり, これらの過程を通じ, サイエンスコミュニケーターとしての確かな資質能力と自信を身につけることができると考えている。

- 一方で, 例えばビッグバンから始まって, 生命が始まって, 文明が発達してきて, 最後は家が建って, 今, 生活しているところまでのような歴史的な軸で体系化していくのも一つの方策か。
- そのような体系化の方法は博物館らしいが, 同時に, 科学リテラシーを個人の関心に合わせて体系化していく視点も重要。いくつかの領域は, 同じような内容を扱って行って, いずれ重なっていくのかもしれないが, 最後に体系化をする時に, 領域の扱いはどうするのか。

### 4. 世代の分け方とプログラム体系について

- 幼児と小学生をひとくくりに, また中学生・高校生をひとくくりにすることが, 果たして妥当なのか。これに関しては, プログラム開発・実践段階で既に話があった。

- 幼児・小学生向けプログラムに関しても, 小学校の3年生以降になってくると, 徐々に自分のやりたいことをやりだす時期に入ってくる。それに応じてプログラムのありようも変わってくるのではないかとも思うので, 検討が必要かと感じる。

- 現行の世代の分け方は国立科学博物館の科学リテラシー涵養に関する有識者会議が提示した五つの世代の分け方を応用したものだが, 実際のプログラムを作るときにこれでいいかどうかという問題がある。目標も, 感性, 知識, 態度, 社会などの四つの目標を設けているが, この四つでいいのかというところもあるのではないかと思う。

- 子どもたち向け, 幼児向けのプログラムはいろいろとやっているが, 今回は初めて科学リテラシーの涵養を観点としてやった。幼児向けの場合には, これまでだと興味・関心を持ってもらうことをねらいとして, それで満足してやっていたが, 今回初めて, 一緒に来た親についても少し考えよう, また, 幼児にはどこまで本当にできるか分からないが, 人の前で自分の作った作品を発表するとか, この後の学びにつながっていくことも, 観点としてやってみた(かわらの

小石で遊ぼう)。そのために、プログラムそのものとしては散漫な感じになってしまったが、実際にやってみると、このぐらいなら子どもたちはできるのだなというのが分かってきた。

- 本研究で開発したプログラムは、博物館をベースにしていることをポイントにしなければならないが、報告のあったプログラムの中で、博物館ならではのプログラムがどこまであるのかということには、少し疑問がある。ただ、博物館とはどこまでかと範囲も決められないし、いくつかの博物館が集合すれば、かなりの分野はカバーできるのではないか。しかし、博物館という特徴は出しておく必要があり、展示を活用したプログラムが非常に分かりやすいと思う。その教材を作っていくことが一つの方向性かと思う。

## 5. プログラム評価について

- 平成 18 年現在の PISA で行っている科学リテラシーの構成図が本研究における評価の枠組みになる。PISA では、状況、能力、知識、態度などがどれぐらい到達できたかというので評価をしているので、本研究の課題としては、プログラムの体系化の際に評価を絡めて詰められたらいい。
- 各プログラムや各世代に共通の科学のバックグラウンドを知るような、あるいは学びのバックグラウンドやモチベーションを知るようなアンケート調査などがあった方がいいのではないか。
- 上記のようなことを探る質問は、「かたち」のはてな?」や「風車で分かる電気エネルギー」の中に少し入っているが、博物館に来る人がどういう人たちなのかを正確にとらえきれていない。漠然と小学生、中学生、あるいは大人を一くくりにしてしまっていて、ではその人たちが科学に対してどういう意識でいるのか、学びに来ているのか、単に楽しみに来ているのか、子どものために来ているのか、自分のために来ているのか、両方なのかなどが不明である。しかし、それによって、提供するものをどれだけ受け取れるかが変わってくると思う。そのあたりについて、ある程度つかんでおくべきではないかと思う。
- それぞれのところでどこまでやったら、これが到達したとするかという問題もある。中高生向けプログラムの開発・実施に際しては、学習指導要領との関連も含めて、この評価をどのようにしていくかという問題があるのではないか。

## 6. 平成 20 年度の中高生向けプログラム開発について

- 指導要領との整合性は課題となる。学校の先生たちと話をする際、いろいろな分野に展開したいと博物館側は思うが、博物館で思っていることと、現場で思っていることにギャップが相当ある。博物館側は、教材として使えるようなものをそろえて、その中から、先生たちや学校の教育側が選ぶことが出来るような仕組みができていけば、そこで何か協力関係ができるのかと思う。
- 特に自然に興味がなくなってくるのは中学生、高校生が多いが、高校生に関しては進路や将来設計に影響してくるので、しっかりしたアプローチをするべきだ。



### 第3回研究会(平成 20 年度)～プログラムの体系化へ向けて 議論のまとめ

小川義和, 高橋みどり  
国立科学博物館  
Yoshikazu OGAWA, Midori TAKAHASHI  
National Museum of Nature and Science

#### 研究会開催概要

**日時**：平成 20 年 12 月 17 日 (月) 午後 2 時～午後 4 時

**場所**：国立科学博物館上野本館

**出席者**：小川義和, 北原和夫, 小倉康, 渡辺政隆, 栗栖宣博, 平田大二, 石井久隆,  
田代英俊, 高田浩二, 高安礼士, 前田克彦, 亀井修, 岩崎誠司, 有田寛之, 原田光一郎,  
松原聰, 若林文高, 千葉和義(お茶の水女子大学サイエンス&エデュケーションセンター  
長, オブザーバー)

#### 議論のまとめ

##### 1. 科学リテラシーについて

- 科学技術リテラシーは、大きく三つに分けられる。一つは、まず学問体系があり、それを一般の方が分かればいいのだという、理学部系の方中心のグループと、二つ目は、学問体系ではなく、実社会のレベルでどんな科学技術が使われているか、有効かということを提示すべきという、比較的工学部系の方の発想。三つ目は、市民がタッチできる科学技術、社会リテラシーのようなもの、新たな体系のようなもので、コンシューマーのような立場で科学技術リテラシーを考えるべきだとしている。
- 最終的には社会の状況に応じた能力を科学リテラシーとして身につけることが重要だと思う。社会の中でより良く生きていくための知識として何が必要なのか。既存の科学的な体系、あるいは技術的な体系というものは、ある程度学ばなければならないとは思いますが、社会性のところに最終的には還元されるようなプログラムづくりが、本研究においてまず目指すべきところなのではないか。
- 例えば、今日予防注射をしようと思うのだけれども、これが 3500 円に見合う効果があるのだろうかとか、あるいはもっと切実に、受けさせた方がいいのだろうか、よくないのだろうかという答えを自分で出せるようにしていくというのが上記にあてはまる。
- 自分が知らないことに気付くチャンスがなかなかない。気付く場面を作っていくことが必要なのではないか。そこで面白いと思ったり、「そんなことだったのだ」と気付くことで初めて興味・関心がわいてくるし、「そういうつながりがあるのだ」と理解も深まる。今度は自分たちが生きている社会や自然がどういう仕組みになっているのだろうかとまた気が付いていく。それはどの世代でも共通して言えることである。そういうプログラムを、科学リテラシーの涵養というところでつなげていくようなものができればいい。

##### 2. プログラムの体系化について：プログラムのパッケージ化

- プログラムは国立科学博物館科学リテラシー涵養に関する有識者会議が提示した「科学リテラシー涵養活動の枠組み」の中の四つの目標\*にうまく当てはめるように作っているので、結局は、入れていけば当然枠組みは埋まる。このような体系化のやり方でいいのかと、実際のプログラムを開発した者から疑問が提示された。

\*「科学リテラシー涵養活動の枠組み」の四つの目標：「感性の涵養」「知識の習得・概念の理解」「科学的見方・考え方(スキル, 実践力, 科学的な態度, 判断力, 創造性)の育成」「社会の状況に適切に対応する能力(表現力, コミュニケーション能力, 活用能力)の育成」

- 年代別にプログラムを開発し、目的や分野を意識した枠組みで今までやってきたが、もう少し違う体系化があるのかと思う。
- 誰のため、何のための体系化か。最終的には一般の人々がこの体系から提供されるプログラムを享受するが、本研究が目指しているものは、直接的には他の博物館に対してモデルとして提供することなのではないだろうか。
- 既存のプログラムと本研究におけるプログラムに違いがあるのかどうかはまだ明確ではない。本研究で何を持って新規性とするか、プログラム担当者の認識をある程度共有していく必要がある。
- プログラムの体系化において、「科学リテラシー涵養活動の枠組み」に当てはめるのではなく、開発したプログラムをグループ内でつながりがつくようにパッケージ化したらどうかという提案がプログラム開発者から出ている。プログラムに新規性がそれほどなくても、複数のプログラムをパッケージ化して、世代間で連続性のあるものができること、科学リテラシーのプログラムとして新規性があるのではないか。
- パッケージ化の例として、物質グループでは、酸化・還元という切り口で流れを作っていくと、自然に世代間にもなる。個々の内容は特にオリジナルなものではないが、ばらばらにやっているものを組み合わせると一つの見通しができる。例えば、酸素との結び付きで付けたり離したりするプログラムから、電子を動かしていくというプログラムへと流れていくと、小学生ぐらいから始めても、その後中学生、高校生になっても続いていく。そのような基本的な概念をとらえれば、いろいろな社会の現象や、太陽電池なども基本に戻って考えられる。そういう基盤が作られればいいと思っている。その意味で、いろいろな応用が可能な、見方によっては大人も出来るし、中学生、高校生も参加できるといったものを考えている。

### 3. プログラムの体系化について：グランドテーマ

- 体系化に際し、グランドテーマを設定する必要がある。グランドテーマとしては、生活に結び付いたテーマもあるし、スケールや科学の性質的なテーマのように、学問的な体系でビッグアイデアといわれるものもあるかもしれない。
- 一般の人に厳密な理解を求めるのは難しいが、必ずしも科学者と同じ追体験をしなくても、いろいろなことを推計できるような体系性を作ることが大事ではないか。生きる、食べる、住まうなど日常生活に近い形でのテーマ性も一つあるし、科学技術から出てくる法則の法則性みたいなもので科学をもう一度チェックしてみるというのも、良いアプローチではないか。
- 例えばエネルギー問題と言うとき、エネルギーとは何なのかという理解を国民にしてもらいたい。産業でなぜ苦勞しているかや、節電をなぜしなくてはいけないのかなどは、結局、エネルギー問題や資源をどのように考えるかという問題になるので、そのようなものを大きなテーマにしてはどうか。
- グランドテーマを設定しても、実際のプログラムは具体的に開発する必要がある。例えばエネルギーという大きなテーマのプログラムでは、電気料など、身近なものでエネルギーにかかわるプログラムをやっていく。

### 4. プログラムについて

- 科学リテラシーの涵養を目指しているが、これまでのプログラムが社会や生活との関連が弱いので、それを強く意識して開発する必要がある。しかし、短時間でやると社会性のところまでなかなか踏み込めないというのが、開発の担当者からも話があった。
- プログラムは、1回やると科学館からいったん手が離れてしまうが、持続・継続・発展してい

くプログラムが必要。科学館が地域に種をまき、それを持続・発展させてくれるのが保護者や地域の方であると考え、プログラムにオプションをたくさん付けておいて、科学館での実践に地域の方を巻き込んで発展していくというような作り方をしておくと、社会性との関連まで学ぶには短期間すぎてできなかったという問題が克服できるのではないかと。

- 今後団塊の世代や高校生・大学生のレベルになったときには、地球全体での環境の問題についても考えられるようなプログラムを作る必要がある。そうすると、食の安全や食べ物となる生物と人とのかかわりとか、物質と社会だとリサイクルの問題とか、そういったところにつなげていかななくてはならない。そこに行き着くことを見通して、子どもや中学生のプログラムを考えていかななくてはならない。
- 本研究は、博物館としての特色が反映しているというところが一つの売りだと思うが、開発・試行したプログラムからは、博物館でなければできないという印象はあまり受けなかった。まさにこれは博物館の特色を生かしたプログラムだなというものも、今後開発されるプログラムとしてはあっていいのではないかと思う。予算が許せば、そのプログラムに特化した資料性というか、展示というか、そういうものも付随していくと、博物館の特色化ができるのではないかと。
- 展示を利用するというのが博物館の一つの大きな特徴である。ただ、展示も定期的に入れ替わりがあるので、そこをどうするか考えなければいけない。

## 5. サンプル(参加者)の設定方法について

- 本研究のプログラムは、ある程度科学に対して興味・関心があるという子どもたちを対象に試行した。しかし、本来ならば、科学リテラシーとは、幅広く多くの人々の科学的能力を向上させることと考えているので、関心のない子どもたちをどのように取り込むかというのが、次の大きな課題。
- 中学生・高校生になると、どちらかという自然科学というか科学館や博物館から遠ざかってしまうところが課題の中で、彼らに科学リテラシーを涵養するきっかけというか、プログラムをどう提供するかというのは非常に大事なテーマだ。
- 少なくとも首都圏に関しては、中高生の参加・不参加の意思決定しているのは保護者。従って、そちらに訴求するようなプログラムでないと、多分子どもたちはなかなか参加しない。また学校は、土日でやることについては基本的には全く関与しないと思う。その意味でも、保護者や地域の方を上手に巻き込んだプログラムづくりをしていった方が逆にいい。

## 6. 評価について

- 来る人が違って来たり、非常に興味・関心の高い子どもたちが来たり、土日に試行したりという状況もあって、実践が必ずしも原案どおりにいかない場合がある。こういうものをどう精査していくか。
- 週末や夏休みには、保護者や地域の方がプログラムに関わることが出来る。週末とか休みのときにやるのであれば、保護者や地域の方がどれほど関わられたのか、保護者や地域の方にも何か役割があったのかを調査しても良い。保護者や地域の方が自分が参加したプログラムを見てどう評価するかということも大事。
- 昨年試行したプログラム「かわらの小石で遊ぼう」や「“かたち”のはてな？」では、子ども(幼児)にアンケートを記入してもらうことが出来ないということで、子どもからは感想を聞き、保護者にアンケート調査に協力してもらった。「おいしいぬりえ」「美肌コレクション」においても、アンケート記入が難しい幼児には、親に回答を手伝ってもらった。

## 7. トレードオフ(技術と社会グループ・マインドストームプログラム)について

- トレードオフは、例えば開発と環境保全というような違う価値観の下にどちらを優先すべきかという様な一つの回答がない状況で、それにどう対処していくかという、相反するような価値観の間の関係のようなこと。従来、理科教育では扱ってこなかったが、社会で起こっている事柄を科学と結び付けるときには、そうしたところが非常に重要な視点だと、今、理科の授業にもトレードオフの内容が加わりつつある。しかし、今の工学的なアプローチの中では、トレードオフではなく、最適解がありそうだという気がした。つまり、軌道制御と運動が相反するのではなくて、どこかに一番効率のいいところがあるのではないか。
- 一般的に、トレードオフというのは、二つの異なる要件を両立させるということであるが、工学の分野では、例えば運動と軌道制御などは大きく対立する概念で、そういうところから始めてステップ・バイ・ステップでいかないと、より大きな対立要素が見えなくなる。いきなり社会の中でAとBが対立して、それをどうにかバランスを取ろうというところから入るという方法もあるかもしれないが、やはりある程度ステップを刻んでいくということは有効な手法だと思う。
- 環境問題でも基本的にはどこかに最適解があり、その要素がいくつあるかという違いではないのか。このプログラムの場合には、運動と制御とデザインぐらいしか要素がないが、実社会においては、例えば産業活動と経済と環境保全とか、生活の中での富の分配とか、いろいろなものを絡めてトレードオフという形になってくる。数の違いはあるが、全く同じものを扱っている。
- 環境問題についても、やはり工学的なアプローチを取る限り、最適解は一つではないが、いくつかはある。言葉上、最適解というのはただ一つであるが、取り得る選択肢はいくつもあり、また最適解同士のトレードオフというか選択も、何らかの価値によって行わなければならないと思う。
- 短期間でトレードオフを扱ったプログラムをやるとなると、かなり目に見えてできるところから始めるのが最初のステップかということで、技術と社会グループはそれに取り組んだ。子どもたちにとって、普通の学校の理科で、いつもある程度答えがあるところを目指しているものに対して、どちらか迷うというところから、自分でここら辺に落とし込もうとかいうような体験ができることが重要ではないか。

## プログラムの体系化・評価に関する外部からの意見のまとめ

小川義和, 高橋みどり

国立科学博物館

Yoshikazu OGAWA, Midori TAKAHASHI

National Museum of Nature and Science

### 意見交換の詳細

平成 20 年 3 月 8, 9 日に国連大学で行われた教育改革国際シンポジウム（主催：国立教育政策研究所, 文部科学省, ブリティッシュ・カウンシル）へ招聘された講演者が国立科学博物館を訪れ, 本研究のテーマである科学リテラシーの涵養について, 本研究担当者と意見交換を行った。

**日時**：平成 20 年 3 月 7 日（金）午前 10 時～午後 2 時

**場所**：国立科学博物館上野本館

**出席者**：

ロジャー・バイビー：PISA2006科学的リテラシー国際専門委員会議長, 米国BSCS（生物科学カリキュラム研究所）名誉所長

メリケ・ケスラー：フィンランド学校クラブ活動センター科学教育スペシャルコーディネーター

ジョン・ホルマン：英国ヨーク大学教授, 全国理科学習センター長

ロバート・ローリー：カナダブルンスウィック州教育省教育統計部長, PISA 2006科学的リテラシー国際専門委員

ロビン・ミラー：英国ヨーク大学教授, PISA 2006科学的リテラシー国際専門委員

ヒュー・ウィリーツ：英国セトルカレッジ理科主幹教諭

小倉 康：国立教育政策研究所総括研究官

辛島美香：ブリティッシュカウンシル科学教育担当

浅海範明：山口県教育研修所理科指導主事・通訳担当

**対応**：小川義和, 前田克彦, 亀井修, 有田寛之, 高橋みどり



写真 意見交換の様子



### 意見交換要旨

#### 1. サイエンスコミュニケーションについて

○イギリスの National Science Learning Center では, 科学者のコミュニケーション能力を高めるためのトレーニングコースがある。ここでは, 科学者が学校に実際に出向き, 自分の研究を説明する。この科学者たちに 3 日間泊まりで訓練をする。これから自分が話をする子どもたちが何

を学んでいる最中なのかが分かるようにカリキュラムを教え、実際にコミュニケーションの練習をし、最終日には14歳の子どもたちが来て実践をして、その場で面白かったか、面白くなかったなど、フィードバックを受ける。

- 科学者がカリキュラムを知るといのはとても大切であるが、カリキュラムが焦点化してデザインされていないと、科学者の負担が増えるという点に注意が必要である。
- イギリスでは、サイエンスコミュニケーションに関して日本の科学研究費補助金に相当する政府からの助成金がある。その援助を受ける場合は、サイエンスコミュニケーション的な何かのツールを使って、自らの研究結果を国民に向けて発信するということが義務付けられている。その結果をまた政府に報告しないと次の助成研究に移れないのだが、実際には、そのサイエンスコミュニケーションの上手な人と下手な人との差がすごく広がってしまっている。
- イギリスでも、インペリアル大学（修士課程）と科学系博物館が協同でやっているサイエンスコミュニケーション講座がある。そこでは、ジャーナリスト志望者やテレビのプロダクションに入りたい人などを対象に行っている期間は1年であるが、授業時間数はかなり多い。

## 2. 科学リテラシーの涵養について

- 国立科学博物館で、サイエンスコミュニケーションの大切さや科学リテラシーの大切さを挙げているのが非常に興味深い。何かを見せられたときにうのみにするのではなく、何でそういうことが分かるのか、その結果は信用できるのか、論理付けは信用できるのか、どういう過程でこういう結果になったのか、というような質問をする授業を学校でもしていくべきだというのが、科博のスタンスであるように感じる。科学的事実をそのまま受け入れると受け身の学習になってしまうが、自分と展示が相互に問いかけ、問いかけ返されながら、考えるように仕向けていくことが大切なのではないか。
- 科学リテラシーを向上させるということは、生活上の問題に適切に対応できること、あるいは豊かに生きる社会が実現することであり、そのリテラシーを涵養するには、学校だけではなく、博物館や企業、NPOなど、さまざまな主体が連携することが大切である。また、科学リテラシーを向上するには、世代別に対応するなどの新たな手法や考え方で育てることが大事ではないか。

## 3. 科学リテラシー涵養活動の枠組みについて

- 国立科学博物館が提示している科学リテラシー涵養のためのマトリックスの目標（国立科学博物館、2008）は、当該研究の方向性を明確にする上で大切なものである。三つめの目標（科学的な見方・考え方の育成）は、どちらかというところ認知的であり、どのように展開していくかは注目すべきである。四つめ（社会の状況に適切に対応する能力）は、英語の文言を検討する必要がある。また、将来的には、学習者の達成度をいかに測るか、どの観点で測るか、何を以てその証拠とするか、ということを確認にしなければならない。特に、感性をどのように、どのような証拠を以て測るのか？これらに関する議論を深めるために、科学リテラシー涵養活動の枠組みの各項目の英訳をしてはどうか。
- 「感性」を表す英語は、“appreciation”, “awe toward nature”, “worship”。“nature”は生物だけではなく、無生物も入る。このような感情を表すことばは、文化に依存する。西洋では、自然には聖なるものが宿っていると、ごく少数ではあるが考えられているので、実用的、実践的な意味において「保護すべきもの」との意味合いがある。

## 4. 本研究のプログラム評価について

- 現在この研究で行われているような、数値をもとに、現場に証拠や理由を求める評価分析方法は、時に逆説的な証拠にたどり着いてしまう危険がある。例えば、環境や自然の物質の利用に関して危惧を抱いている子どもが、学校中に平気でゴミをまき散らすこともある。従って、子

どもたちの環境観について何を使って明らかにするかと子どもたちが環境について何を言っているかの間にはギャップがあるので、そのギャップはなぜ起こったかに注目することも大切である。また、良い質問を設定することも大切な基本である。

- 各世代に適切な質問のしかたを考えることも大切である。質問の種類によってはあまりにも幅が大きすぎて、例えば 10 歳の子供に「環境に興味がありますか」といっても、環境自体が抽象的なので、ちゃんとした答えは出てこないが、博物館で展示を見ている子供たちに「これを見たときに考えることは何ですか」と、言葉をいくつか挙げて、一つではなくたくさんの言葉を渡して、それについて考えてもらう。また、例えば 100 円の入場料がかかるとすれば、100 円をもらったときにまたこれを使って戻ってくるか、ジュースを買ってしまうのか、その後の行動をそういうふうに評価対象にしていくこともできるのではないかな。
- プログラムを通して参加者が感性を実際に身に付けたかどうかを評価するための質問を、「(感性やある能力がある程度身に付いたのならば、この質問の答えは A ではなく B の方が多くなる」などのように、見通しを持って測るように作成していくと、何を達成してほしいのかというのも焦点化されてくるのではないかな。評価も含めて定義付けをしたり日本語から英語にしたりするのも大切だが、どのように評価するかを考えると、実際に何を達成してほしいのかが分かってくるのではないかな。
- 普通の展示やハンズオンの展示を見ている間に子どもたちがなにを思ったか。大人の場合も、展示室にいる間に、どういう質問が浮かんで来て、何を思ったのかをぜひ評価したい。
- 博物館を回る 1～2 時間で、来館者が得る知識は限られているが、まず興味をわかせる、その後に関心が高まるという観点より、どういう展示が有効なのかを見ていくことができるのではないかな。



## 第10回科学・技術についての市民とのコミュニケーションに関する国際会議(PCST-10) 議論の要旨

小川義和, 高橋みどり  
国立科学博物館  
Yoshikazu OGAWA, Midori TAKAHASHI  
National Museum of Nature and Science

### 議論の要旨

#### 1. 科学リテラシーの定義について

PCST-10 会議 (平成 20 年 6 月 23~28 日開催) でなされた発表においては, 発表タイトルやアブストラクトに明示はされていないものの, 科学リテラシーに関する発表はいくつかあった。しかし, 科学リテラシーの概念を明示しているのは, 小川<sup>\*1</sup> や有田<sup>\*2</sup> の発表を初めごく少数であった。

科学リテラシーに関する他の発表において, 科学リテラシーは「先端の科学の知識を説明できること」「新聞や他のメディアで扱う科学の内容が理解でき, 他者と意見交換ができたり, 自分の意見を発信できたりすること」などと様々な定義がそれぞれなされていた。本学会が主にサイエンスコミュニケーションをテーマとしているためか, 他に説明できること, 意見のコミュニケーションが取れることとの定義が多かった。しかし, これらの定義は多様であり, 科学リテラシーについての理解が統一されていない状況が明らかになった。

その中で, 小川の発表で示したように, 科学リテラシーを知識に限らず科学的考え方や意思決定なども含めて広範に捉え, 体系化しようという試みは新規性を持って受け入れられたようであった。

\*1: Yoshikazu Ogawa, Midori Takahashi, Hiroyuki Arita-Kikutani: Development of an educational program framework for science museum to nurture public science literacy, The 10<sup>th</sup> Conference of Public Communication of Science and Technology, Malmo University (Malmo, Sweden), June, 2008

\*2: Hiroyuki Arita-Kikutani, Midori Takahashi, Yoshikazu Ogawa, Tomotsugu Kondo, Koji Takada and Atsushi Kasao: Coloring in Pictures at Science Museum: Facilitating Sensitivity toward Science in a Creative Way, The 10<sup>th</sup> Conference of Public Communication of Science and Technology, Malmo University (Malmo, Sweden), June, 2008

#### 2. 科学リテラシーの枠組み・評価体系について

科学リテラシーおよび評価体系の発表において示した評価の体系と方法は, 新しい取り組みであるとの意見を頂いた。また, 時代の流れとともに変容する科学観に科学リテラシー涵養活動の枠組みおよび評価の枠組みがどのように対応していくのかという質問を受けた。また, この枠組みを実際にどのように使っていくのか (政府に提言するのか, 実践者レベルに普及していくのかなど) との質問も受け, 有意義な議論となった。

また, 科学リテラシー涵養に資するプログラムの一つである電気料金表を切り口としたプログラムに対して, 社会との関連のあり方としてとても良いと評価する声があった。科学リテラシーを涵養する目的であっても, 家庭で実際に受け取る電気料金表を使ってプログラムを展開するといったことは, 諸外国ではあまり行われていないようであり, 本発表で報告したプログラムのアイデアに対する関心は高かった。

### 3. 一般大衆に対する科学リテラシー向上の間接的手法について

今回のセッションにおいての議論では、個々の科学的 content (例えば医学的内容, 先端科学技術の高度な content) についての一般に対する理解についての議論は見られたが, 総合的なメディアの影響などについての広い視点かつ具体的な議論は少ないようであった。近年メディアから科学博物館に対して情報提供が求められる件 (写真などの具体的な情報提供のみならず, 内容の確認) が増加しつつあると思われる。内尾<sup>\*3</sup>の発表において, メディアにおいて科学の情報を実際に扱う人々について, より詳しく理解する事で, 科学博物館からの情報提供をより活用してもらいやすく, また的確な情報の配信が可能となると考えられ, それによって, 活用するメディアの担当者の科学リテラシーのみならず, 間接的に情報を得る一般大衆の科学リテラシー向上にも影響があると考えられ, より一層丁寧な議論が必要と思われた。こういった議論は, 科学博物館における科学リテラシーについての具体的役割を検討して行く上でのテーマの一つになると考えられる。

\*3: Yuko Uchio, Yoshikazu Ogawa: The issue on providing the scientific information to the public from the Science Museums, The 10<sup>th</sup> Conference of Public Communication of Science and Technology, Malmö University (Malmö, Sweden), June, 2008

## 第4回研究会(平成 21 年度)～プログラムの体系化へ向けて議論のまとめ

小川義和, 高橋みどり

国立科学博物館

Yoshikazu OGAWA, Midori TAKAHASHI

National Museum of Nature and Science

### 研究会開催概要

**日時**：平成 22 年 3 月 16 日 (火) 午後 2 時 30 分～午後 4 時 30 分

**場所**：国立科学博物館上野本館

**出席者**：小川義和, 小倉康, 渡辺政隆, 平田大二, 石井久隆, 田代英俊, 高田浩二, 先山徹, 小池渉, 齊藤昭則, Ilan Chabay, 高安礼士, 亀井修, 永山俊介, 岩崎誠司, 有田寛之, 田邊玲奈, 原田光一郎, 松原聰, 若林文高

### 議論のまとめ

#### 1. 科学リテラシーについて

- 科学リテラシーとは、「科学の基礎知識（最低限のもの）を身につけることなのか」、「考え方を身につけるのか」。そういうものを結び付けてプログラムができればいい。サイエンスに関して 30 年前とは変わってきている。昔は大学の先生がこういうことをやることはなかった。機会は増えているのになぜ広まらないのか？ある意味で面倒を見すぎているのか(知識を与えすぎ)？それが当たり前になって、本当に面白いものを伝えられていないのではないかな？
- 理論構築のための部会（研究推進グループ）において、科学リテラシーを高めるために何がどう必要なかを一般化したい。例：幼稚園の子どもたちを高めるために何が必要なのか、いくつかのプログラムをまたいで共通の理屈のようなものを抽出できればいい。

#### 2. プログラムの体系化について：プログラムのパッケージ化

- 理論構築，プログラムの統合，再評価と体系化の方針は？それに合わせた形でプログラムを走らせなければ。領域をまたいだ統合ができるかと思ったが，なかなか難しい。幼児ならばできるのかもしれない。世代が進んでいくと難しい。本来は四つの領域をベースとして開発したものを統合したかったが，そうはいかないのが現状。
- 領域内で軸が出てきて，パッケージ化できないかと思っている。これを，マトリックスの上に配置し，HP 上をクリックするとプログラムが出てくるようなものを想定している。

#### 3. プログラムの体系化について：グランドテーマ

- グローバル化に対する意識が広まってきている (AAAS, PCST)。日本のリテラシーはメッセージを発信していかないといけないのではないかな。そういうことを頭に置きながら体系化していつてはどうか。
- これまでやってきたことを発展させるとすると，文脈というものがキーワードになってくるが，社会状況に応じたテーマ選び（時代に応じたもの）と個人の生きてきた文脈に応じたテーマ選び（個人の関心に即したもの）を総括的に行うといいのではないかな。10 年先を見越したテーマも有益なのではないかな。
- 体系は唯一のものではないかという前提でやっているが，時代，国に応じて，あるいは個人の生活に応じた体系があるのではないかな？そのどこを選んで体系化してあげるかを考えていかないと，その人にとってのリテラシーが身につかない。

- 場を体系化していく、場に応じた手法や内容も相対的なものとして考えていかないと、個々人のリテラシーは身につかない。

#### 4. プログラムの手法について

- 古生物進化の基礎知識が参加者によって違う→事前に共有されていないのではないか  
全員がどのくらいのレベルであるか？→ブレインストーミングでスタート位置を知ってから始めるべき
- プログラムそのものの新規性は見いだせない。プログラムにメッセージを込める。体系化に新規性を見出していく。テーマを発達段階的に深まっていく一貫したものを設定する。生活や社会との関連を強く意識して開発したい。発展性のある内容を込める。
- 科学的リテラシーを念頭に置いているので、このプログラムは参加者からすると自分との関係性が従来よりは高いのが特徴になる。できれば、教養とは違う有益感、満足感が得られるようなプログラムであると、科学的リテラシー涵養のエビデンスになるのではないかと。それぞれの参加者にとっての関係性が明確に出てくるといい。
- 現場で子どもから大人まで対象にしてやっているが科学の部分と生活の部分がなかなか一致しない。自分の周りに自然があって科学があるということを理解してほしい。それを世代に応じてどう伝えていくか、教育、心理学などの治験を使って出せばいいのではないかと。
- 本来は自分で考え、自ら行動を起こしてほしいが、知識を聞かれると教えてしまう。教える側のジレンマ。どういう態度でプログラムをするかは非常に難しい。個々の参加者の興味や既存の知識に応じてどこまで支援をするべきなのかを見極めるのが、指導者に必要な資質。次の興味の引き金となれるように。
- 答えを求める来館者が多い。しかし、答えを教えるのではなく、その過程をどう導いていくのかを日々考えている。中高生向けには現在できているが、大人向け・高齢者向けにはそれをどうやったらいいのか難しい。
- 博物館のサイエンスショーと学校へ出向いていくサイエンスショー、博物館の来館者は興味が高い。来年度の中高年・団塊向けプログラムにあたり、人それぞれ経験が違うので、内容を考えていくのが非常に難しい。共通に目的を共有していきたい。

#### 5. コミュニケーションについて

- サイエンスショーのプレゼンターとお客さん、コミュニケーションはどうとるのか(サイエンスコミュニケーション)?ある程度対等な立場でないといけないか?プロデューサー(ファシリテーター)が必要か?
- 大学の教員は話を聞いてほしいが退屈されるのが怖くてみんな話をしない。そういう人をうまく導いてあげるようなガイドラインがあると、科学者も比較的参加しやすいのではないかと。
- リテラシーの本質を考えること、中高年のリテラシーを考えること、状況に応じて最適化していく(相対性、文脈に応じていく)コミュニケーション。

## 第5回研究会(平成 22 年度)～調査研究の総括に向けて議論のまとめ

小川義和, 渡邊千秋  
国立科学博物館  
Yoshikazu OGAWA, Chiaki WATANABE  
National Museum of Nature and Science

### 研究会開催概要

**日時**：平成 23 年 2 月 3 日 (木) 午後 2 時 00 分～午後 4 時 00 分

**場所**：国立科学博物館上野本館

**出席者**：岩崎誠司, 小川義和, 亀井修, 久保晃一, 小林辰至, 高橋みどり, 田代英俊, 田邊玲奈, 土屋実穂, 永山俊介, 松原聡, 山本恒夫, 若林文高, 渡邊千秋, 渡辺政隆

### 議論のまとめ

#### 1. 各世代に共通するプログラムの観点について

- 中中年・団塊の「知の還元」というのが意外とネックだったのではないかと感じる。教育的なスキル・知識に自信がない人にはハードルが高かったと感じる。
- 中中年・団塊が還元する矢印の先がどこに向かうのか。輪のようなサークルにもなり得る。
- 成人以降で「学び直し」と「還元」となっていたが、人は常に学び続けるのでは？自分が学びたいからという素直な知的好奇心が参加動機になる大人は多いと思う。結果として、自分がおもしろいと感じたものは、人にも話したくなる。
- 中中年は意外と自分の実利的なところを重視して参加するかもしれない。「還元」という意味では、ファミリーが一番その傾向が強いのではないかと感じる。親から子への還元。

#### 2. 世代を通じたプログラムの連続性について

- 生活の中の課題に直面した時、こうやったらこうなるという体験の積み上げが発達と共に深まっていく。そのステップアップが世代をつらぬく軸になるのではないかと感じる。

#### 3. プログラムの一般化と今後の発展性について

- サツマイモのプログラムなど、同じコンセプトでアレンジできる要素がある。そういったプログラムの応用例があると、より発展性があるのではないかと感じる。
- 四つの科学リテラシー涵養の目標のウェイトの置き方によって、どのプログラムもどの世代でも対応できるのではないかと感じる。これらのプログラムをどう使い回していくかが課題。
- 教員養成の観点では、ぜひ学生にこのプログラムをやらせてみたい。大学がこのようなプログラムをカリキュラムに加えられることは大きな還元。
- プログラムの継承には、バラエティに富んだ人々の参加が必要。

#### 4. 利用者にとって望ましい体系について

- 世代ごとに構築された体系としては美しいものができたが、参加者側からは、継続学習の枠組みに見えないのではないかと感じる。幼少期の最初の投げかけ(プログラム)が大人向けになった時どうつながるのか。点を面にするための工夫が課題。
- 情報提供の仕方に工夫が必要。大学のシラバスではないが、情報をどの程度開示すると適切な

のかを精査すると、提供側のねらいと参加者のニーズのズレがなくなるのではないかと。参加者のニーズがこの体系のどこに位置づくのかを見極めることが重要。

- 参加者のこれまでの経験のどこにこのプログラムが役立つのか。そこに目標をたてて作ると良いのでは。

#### **5. 世代をつなぐプログラムについて**

- それほど多くはないかもしれないが、世代や性別などを越えて共有できるテーマはある。一つのテーマや切り口から、それぞれの経験とつなげることも可能。

#### **6. 科学技術や博物館に関心のない層へのアプローチについて**

- 学校やマスコミとの連携を行うことで、博物館の守備範囲を広げる必要がある。
- 博物館の外へ出て行って活動することが必要。今回開発したプログラムをより一般化して、受け手が親しみやすいようなバージョンのプログラムが展開できると良いのではないかと。
- 今回の世代別の対象のなかでは、「大学」と「ファミリー」から抜けてしまう「成人」は、もっとも引きつけにくい層の一つであったかもしれない。
- 「恐竜」や「電車」といったテーマに対する人々の興味・関心のピークは、「幼少期」「子どもを持った時」「孫を持った時」と、人生において何回かあると言われている。第二期、三期のピークにあたる人を対象とするプログラムもあるかもしれないし、第一期のピークを持続させようとするプログラムの可能性もあるかもしれない。

#### **7. 普及について**

- 他の施設や団体との連携は、まめな関係作りが重要。互いの資源を交換することで双方のメリットを明確にすると良い。

## VI まとめ



## まとめ

国立科学博物館 小川義和

### 1. 体系化の意味

体系とは「個々別々のものを統一した組織。そのものを構成する各部分を系統的に統一した全体」(広辞苑)である。本研究のねらいは、科学リテラシーの涵養を目的とした教育事業を開発し、それを体系化することにある。従来、博物館はそれぞれの使命に基づいて、教育事業を開発し、一般の人々の学習機会を提供してきた。これまでの、個々に開発・実施されてきたものも含め、本研究では、教育事業を科学リテラシー涵養という考え方で系統的に統一していくことを求めている。

科学リテラシーは「人々が自然や科学技術に対する適切な知識や科学的な見方及び態度を持ち、自然界や人間社会の変化に適切に対応し、合理的な判断と行動ができる総合的な資質・能力」である(国立科学博物館, 2010)。科学リテラシーは総合的な能力であり、その涵養に当たっては継続的に行う必要がある。また、従来のような学問体系で体系化したのでは、科学と人々をつなぐ科学リテラシーとしての体系化には不十分であると考えられる。V章の研究会及び外部有識者との意見交換等で検討されたように、本研究における体系化についていくつかの論点が提案された。これらを整理すると、体系化において以下のような系統が考えられる。

- ・対象となる参加者から見た系統
- ・扱う内容から見た系統
- ・科学リテラシーの目標から見た系統
- ・社会的な文脈から見た系統

以下にそれぞれの系統について考察する。

#### 1) 対象となる参加者から見た系統

本研究においては、対象となる参加者を「幼児・小学生」「中学生・高校生」「大学・成人・ファミリー」「中高年・団塊」として年代別に体系化して示している(表1)。本研究では、この世代を基本にプログラムを開発してきたが、これまでの議論にあるように、例えば幼児と小学生をひとくくりにして良いのか、中学生と高校生がひとくくりに良いのかなど、この4世代の分け方が妥当かどうかは今後検討する必要がある。

また参加者の科学への関心や関与の度合いによる分類も考えられる。同じ小学生でも頻繁に博物館を利用している子どもとあまり利用しない子どもでは、プログラムへの興味・関心も異なってくるであろう。博物館を頻繁に利用し科学に興味がある成人の場合は、基本的な知識に加え、学んだことを次の世代に伝えるという社会的役割を担うことが期待される。一方、あまり科学に興味のない成人については科学に慣れ親しんでもらい、身近な課題に対し自分で判断できるようになることを目標とすることも考えられる。例えば、成人の科学技術リテラシーについて、社会と科学等に対する興味・関心や活動傾向から四つのクラスターに分類している事例がある(西條, 2010)。今後このような分類方法も踏まえ、プログラム開発と体系化を検討する必要がある。

以上を踏まえ、プログラム開発においては、基本となるプログラムとより発展的な内容を取り入れたプログラムを開発することが重要である。または、基本となるプログラムに発展的な内容を部分的に取り入れ、必要に応じて発展的な内容が展開できるような拡張性のあるプログラムの開発が必要であろう。その際、基本となるプログラムと発展的なプログラムを有機的につなげることも配慮すべきである。

表 1 世代と開発プログラム

	幼児・小学生	中学生・高校生	大学・成人・ファミリー	中高年・団塊
生命・人間と社会	<ul style="list-style-type: none"> <li>おいしいぬりえ</li> <li>生きもの美肌コレクション</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>恐竜発掘地層ケーキをつくろう！</li> <li>火山と暮らしの美しい関係</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>われら海岸調査隊～地元の海を知りつくそう！～</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>サツマイモから見える食の恵み</li> </ul>
宇宙・地球・環境と社会	<ul style="list-style-type: none"> <li>かわらの小石で遊ぼう</li> <li>かわらの小石で遊ぼう～小石のアートにちょうせん！～</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>めざせ砂金ハンター～河原の砂金はどこから来るの？～</li> <li>化石は語る～化石が教えてくれる過去の環境～</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>地球ツアー～現在・過去・未来～</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>私たちの暮らしと大地</li> </ul>
物質と社会	<ul style="list-style-type: none"> <li>“かたち”のはてな？</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>鉄を取りだしてみよう</li> <li>化学反応は電子が主役～酸化還元反応～</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>あれもこれもカガクヘンカ～化学でつながる身近な生活～</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>子どもと社会をつなぐ展示見学シート作り</li> </ul>
技術と社会	<ul style="list-style-type: none"> <li>風車で分かる電気エネルギー（発電編）</li> <li>風車で分かる電気エネルギー（省エネ編）</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ロボットをつくってタイムトライアルをしよう</li> <li>大きな水の話</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>生活に役立つロボットのモデルをつくろう</li> <li>オーロラってどんなもの？</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>家電にみるテクノロジーの過去・未来</li> </ul>

## 2) 扱う内容から見た系統

学問体系に基づく体系化は、従来行われてきているものである。本研究においては、「生命・人間と社会」「宇宙・地球・環境と社会」「物質と社会」「技術と社会」と分野を定め、その分野に基づきプログラムの開発を行ってきた。しかしこれらの分野はあくまでも開発母体であり、それぞれの領域で開発されたプログラムを、科学リテラシー涵養という観点から体系化することが必要である。

また、プログラム開発に当たっては、学問の発達段階と参加者の理解段階を踏まえた系統を軸とすることも考えられる。例えば、「物質と社会」グループでは、酸化・還元という科学的な概念をキーワードにプログラム開発を行っており、参加者の理解の段階と科学的な基礎概念を組み合わせた体系化として期待できる（図3）。最終的には社会生活との関連が図られるようにする。

さらにV章での議論で見られるように、内容とする素材の歴史的発達をもとに体系化することも検討した。これは、現在ある地球環境・社会生活が何故このように存在するのかを歴史的にたどり、過去を見つめ、現在を認識し、将来を見通す作業となる。このような体系化は博物館にとって得意分野であるが、従来、宇宙誕生から現在の社会生活までを自然科学だけでなく社会生活の範囲まで見据えたプログラムは、あまり開発されていない。例えば、「宇宙・地球・環境と社会」グループで開発した「めざせ砂金ハンター」や「化石は語る」は、地球がどのように形成され、我々が住んでいる現在の土地はどのような特徴を持ち、社会生活にどのような影響を与えているか、将来その土地を有効活用するためには、どのような技術が必要かなどに発展する可能性があるプログラムである。このようなプログラムを開発し、

他のグループとの有機的な接続を行うことにより、歴史的な側面からの体系化が可能であろう。いずれにしても、過去と現在の認識から今後の地球環境や社会生活の将来の有り様を俯瞰していくことは、科学リテラシーを涵養する上で重要な系統となる。

以上を踏まえ、各分野別の体系化の考え方を以下に整理した (図1～図4)

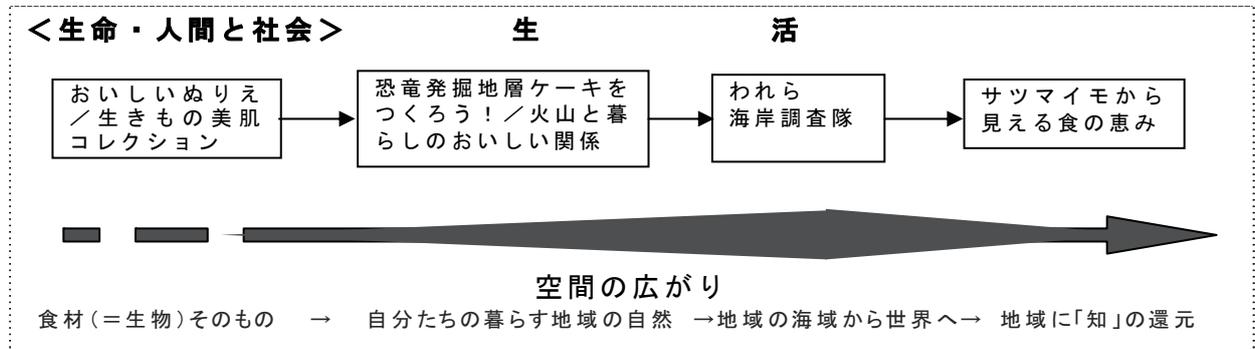


図1 「生命・人間と社会」グループの体系イメージ

発達段階に応じた生活空間の変化に着目した。親子関係を中心とした、社会生が発達途上の幼児と小学生から、社会活動の一番中心となる世代と言える大学・成人・ファミリーにかけては、家庭から地域、世界へと広がり、中高年・団塊の世代では、他の世代へ知の還元を行うという意味で再び地域へと収束する。

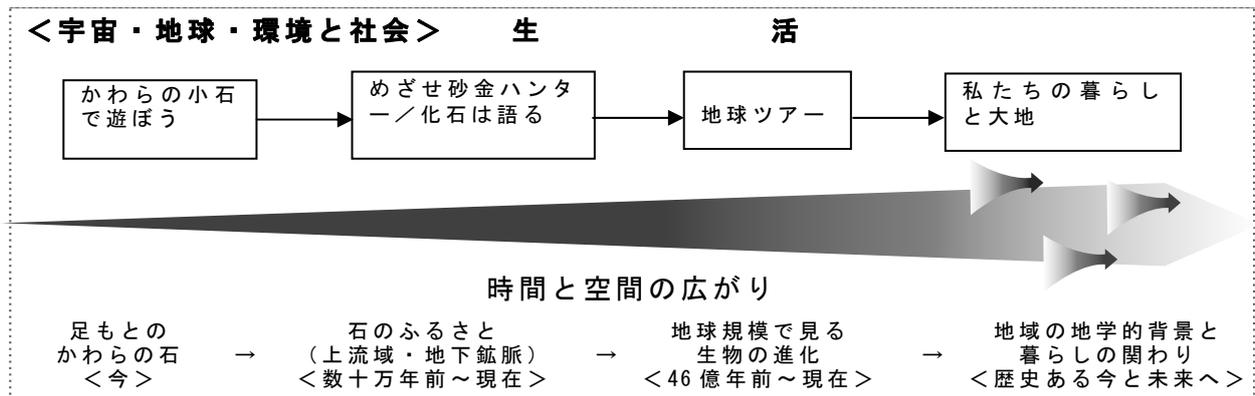


図2 「宇宙・地球・環境と社会」グループの体系イメージ

プログラムで扱う地学的な時間と空間のスケールを広げていく。幼児・小学生から大学・成人・ファミリーにかけては、身近な足もとにあるかわらの小石から地球規模の生物の進化まで広がり、中高年・団塊では、既存の知識や経験、身近な暮らしと地学的背景とを結びつけることで、未来へつなげていく。

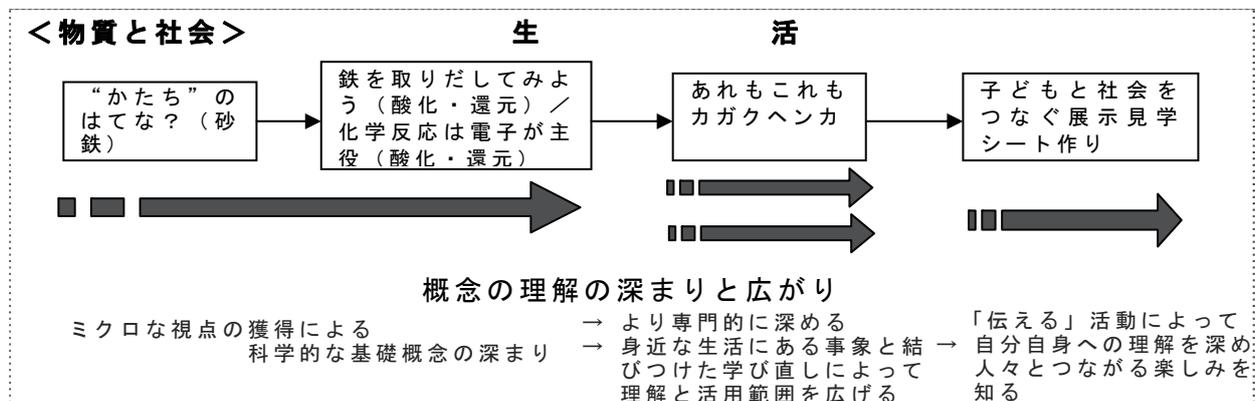


図3 「物質と社会」グループの体系イメージ

物質の形態や特性、化学変化に対する概念の理解という観点で、ミクロな視点の獲得により、

幼児・小学生から中学・高校生まではその理解を深めていく。大学・成人・ファミリーでは、より専門性を高めていく方向と、身に付けた知識を日常生活に活用する方向に分かれ、中高年・団塊では、「伝える」活動によって自分自身への理解を深めることに収束していく。

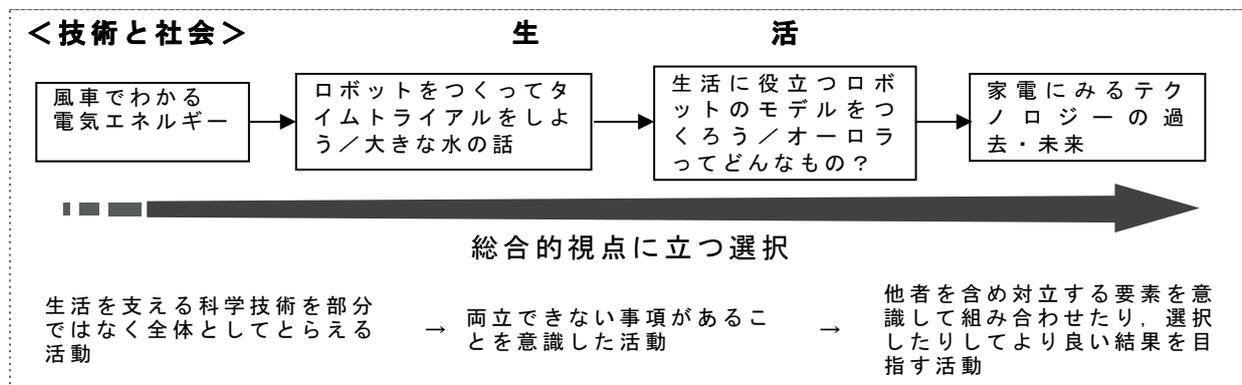


図4 「技術と社会」グループの体系イメージ  
現代社会を支える科学技術の活用にあたって迫られる「総合的視点に立つ選択」に焦点をあて、技術をシステムとして全体的にとらえる視点から、対立する要素を意識し、より良い結果を導くための考え方に至るまで、段階的に学んでいく。

### 3) 科学リテラシーの目標から見た系統

国立科学博物館科学リテラシー涵養に関する有識者会議（2008）で示された「科学リテラシー涵養活動」の枠組みに基づき、プログラムを開発し、同会議にて平成22年に改訂された目標である「感性の涵養」「知識の習得・概念の理解」「科学的な思考習慣の涵養」「社会の状況に適切に対応する能力の涵養」（表2）により、体系化を行った。これは科学リテラシーを構成する要素でもあり、これらが段階的に存在するわけではない。また世代やその人の科学への関心度などによって目標とすべき内容は異なっている。本研究ではこの目標に基づきプログラムを開発し、体系化を行ってきた。

表2 「科学リテラシー涵養活動」の目標とその内容（国立科学博物館，2010）

感性の涵養	感性・意欲を育む体験的な活動を通じ、科学や自然現象への興味・関心をもって接するようにする。
知識の習得・概念の理解	科学や技術の性質を理解し、身の回りの自然現象や技術の働きを理解できるようにする。
科学的な思考習慣の涵養	事象の中の疑問を見出し分析し、課題解決のための探究活動を行ったり、様々な情報や考えを適用して自ら結論を導いたりする。
社会の状況に適切に対応する能力の涵養	学んだことを適切に表現し、人に伝える。社会の状況に基づいて、科学的な知識・態度を活用したり、利点やリスクを考慮したりして意思決定する。自らの持っている知識・能力を次の世代へと伝えるなど、社会への知の還元を行い、豊かに生きる社会作りに参画する。

しかし、プログラムの体系化は、科学リテラシー涵養活動の枠組みに当てはめる方法で行っているが、プログラムは科学リテラシー涵養活動の四つの目標を極力網羅すべく開発されているため、多くのプログラムがマトリックスのすべての欄を埋めてしまう（図5，6，7）。この方法では各プログラムの特徴を洗い出すことができないため、体系化の方法としては適切ではないのではないだろうか。

この体系化の枠組みは、V章の外部有識者との意見交換において、PISAの科学的

リテラシー国際専門会議のメンバーや、英国・カナダ・フィンランドの科学教育担当者から、開発したプログラムの評価の枠組みとして十分価値のあるものと評価された。この枠組みは、プログラム開発における体系化の指針であり、開発したプログラムの評価の観点として活用できるとの指摘を受けた。本研究では、この四つの目標をもとに各プログラムを評価できるような枠組みを策定し、効果的で汎用性の高い評価体系を構築することを試みた（Ⅲ章「プログラムの評価」参照）。

感性の涵養	えいお ぬい りし	生きもの美肌 コレクション	恐竜キャンプ						
知識の習得・ 概念の理解				かわらの小石で遊ぼう	かわらの小石で遊ぼう 〜小石のアートにしようせん！〜	“かたち”のはてな？	風車で分かる電気エネルギー (発電編)	風車で分かる電気エネルギー (省エネ編)	
科学的な思考 習慣の涵養	えいお ぬい りし	生きもの美肌 コレクション							
社会の状況に 適切に対応する 能力の涵養									

図5 平成19年度開発プログラム

感性の涵養	恐竜発掘地層 ケーキをつくろう！	火山と暮らしの おいしい関係	めざせ砂金ハンター					ロボットをつくって タイムトライアルをしよう	
知識の習得・ 概念の理解					鉄を取りだしてみよう	化学反応は電子が 主役		大きな水の話	
科学的な思考 習慣の涵養				化石は語る					
社会の状況に 適切に対応する 能力の涵養	恐竜発掘 地層ケーキ をつくろう！	火山と暮らしの おいしい関係							

図6 平成20年度開発プログラム

感性の涵養					
知識の習得・概念の理解					
科学的な思考習慣の涵養	われら海岸調査隊	地球ツアー	あれもこれもカガクヘンカ	生活に役立つロボットのモデルをつくらう	オーロラってどんなもの？
社会の状況に適切に対応する能力の涵養					

図7 平成21年度開発プログラム

感性の涵養					
知識の習得・概念の理解					
科学的な思考習慣の涵養	サツマイモから見える食の恵み				家電にみるテクノロジーの過去・未来
社会の状況に適切に対応する能力の涵養		暮らした大地	子どもと社会をつなぐ展示見学シート作り		

図8 平成22年度開発プログラム

#### 4) 社会的な文脈から見た系統

社会的な課題について、PISA2006では、科学的リテラシーについて以下のような理論的な枠組みを提示している(図9)。これは、中心となる能力をどのように養成していくかをいくつかの側面から示したものである。この中で状況には個人、社会、地球のレベルにおいて「健康」「天然資源」「環境」「災害」「科学とテクノロジーのフロンティア」等の社会的課題が提示されている。

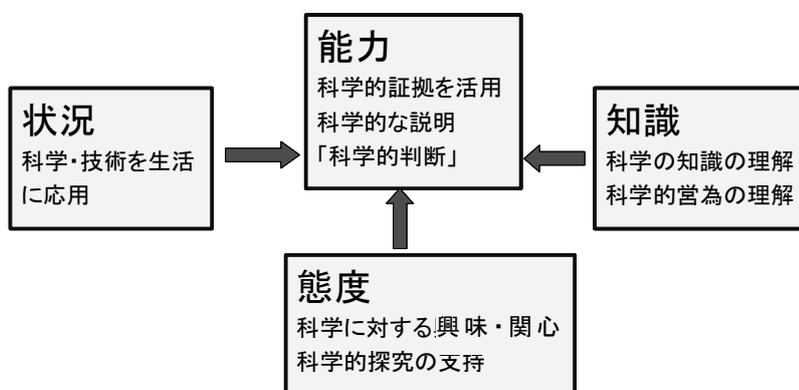


図9 PISAの枠組み

「科学技術の智」(「日本人が身に付けるべき科学技術の基礎的素養に関する調査研究」, 平成18・19年度科学技術振興調整費「重要政策課題への機動的対応の推進」研究代表者: 北原和夫)の報告書では、現在の学術的な領域を再編成し、既存の学問の枠組みを超えて、社会的課題に挑戦するために必要と思われる七つの領域が示されている。その七つの領域とは、「数理科学」「生命科学」「物質科学」「情報学」「宇宙・地球・環境」「人間科学・社会科学」「技術」である。また、プロジェクトの総合報告書では、「第5章 科学技術の智の活用: 四つの話題」として、「水」「食料」「エネルギー」「地球と人間圏」の四つの現代的課題を取り上げている。これらは横断的なテーマである。「科学技術の智」は、わが国の科学者と教育者が共同で作

り上げた歴史的に意義のある成果であり、科学系博物館においても十分活用可能な知識・科学的な見方・考え方であると思われる。

本研究では、これらを参考にして、四つの分野「生命・人間と社会」「宇宙・地球・環境と社会」「物質と社会」「技術と社会」においてプログラムの開発を行ってきた。「～と社会」とした意味は、各学問領域における社会的課題を踏まえて科学リテラシーを涵養することを念頭にしているからである。四つのグループにおいて開発したプログラムを有機的に接続・融合し、科学リテラシーの涵養のためにどのようなプログラムが必要であるかを精査し、体系化した。グランドテーマと開発プログラムの関係について表3に示す。

各分野内でグランドテーマを一つ設定し、個々のプログラムはより具体的なテーマを持たせて開発した。グランドテーマは「発達段階（世代）的に深まっていく一貫したプログラムを束ねる社会的課題を踏まえたテーマ」を考え、このテーマのもとに開発を進めた。テーマは、四つの分野それぞれの中で、現代社会で課題となっていることを設定した。それに対応できる人を育てていくことをプログラムの最終目標とした。科学リテラシーに関するすべての分野を網羅しようとせず、グランドテーマを四つに設定し、対応する現代的課題についてはさらにしぼり、プログラムを開発した。

表3 グランドテーマと開発プログラムのねらいの関係

生命・人間と社会グループ「食と健康」		
生物を、生命の営みの根本である「食」の対象として捉えることでより身近に感じ、その形態や生態の理解、人間の暮らす環境との関わりについて理解を深める。		
H19	おいしいぬりえ	<ul style="list-style-type: none"> <li>子どもから大人まで身近なぬりえを用い、生活場面に関わるテーマとあわせて提供することにより、博物館展示の観察の視点を与える。</li> <li>展示を見ながらぬりえをすることで、何気なく見過ごす展示をじっくり見ることが促し、新たな発見のきっかけを与える。</li> <li>普段食卓に上の海の生き物を、展示物のぬりえを通してじっくり観察して外部形態の特徴を知る。</li> </ul>
	生き物美肌コレクション	
H20	恐竜発掘ケーキをつくろう！	<ul style="list-style-type: none"> <li>地域の自然や文化に関心を持ち、日常生活の中で自然と共存しようという心が育まれる。</li> <li>生態系や地質といった地域の自然に対して、理解を深める。</li> <li>自然現象による暮らしへの影響は、悪い面だけでなく良い面もあることを理解する。</li> <li>食や科学に関わる人々との交流を通し、科学が将来の職業選択に関わることに気づく。</li> </ul>
	火山と暮らしの美しい関係	
H21	われら海岸調査隊～地元の家を知りつくそう！～	<ul style="list-style-type: none"> <li>身近な海（博多湾、玄界灘）の季節変化を、海岸に漂着する生物など継続的に調査することにより理解する。</li> <li>身近な海の自然を総合的に理解し、自分たちが日々の生活でこれから行うべきことを考えるようになる。</li> <li>継続的な調査から分かったことをまとめ、インターネット等を活用して情報発信ができるようになる。</li> </ul>
H22	サツマイモから見える食の恵み	<ul style="list-style-type: none"> <li>自らの疑問や考えを適切に表現し、人に伝えられるようになる。</li> <li>社会の状況に応じて自分の持っている科学的知識・能力を提供することがで</li> </ul>

		きるようになる。
<b>宇宙・地球・環境と社会グループ「地球の贈り物—天然資源—」</b> 「私たちはどこから生まれ、今どこにいて、これからどこに行くのか」という疑問に自分なりに答えるために、地球環境の課題に対し、科学的に認識し、知識を活用して判断する。		
H19	かわらの小石で遊ぼう	<ul style="list-style-type: none"> <li>親子で一緒に石遊びを楽しみながら、自然(石)に親しみ、興味・関心を持つ。</li> <li>異年齢の参加者とのコミュニケーションのなかで社会性を向上する。</li> <li>石には様々な種類(ちがい)があることや、発展として河原の石は上流から流れてくることを知り、身の回りの自然環境を理解する。</li> </ul>
	かわらの小石で遊ぼう～小石のアートにちょうせん!～	<ul style="list-style-type: none"> <li>親子で一緒に石遊びを楽しみながら、自然(石)に親しみ、興味・関心を持つ。</li> <li>石には様々な違い(種類)があることを知り、身の回りの自然環境を理解するきっかけを持つ。</li> <li>人前で自分の作品を紹介することを通じて、表現力向上のきっかけを持つ。</li> </ul>
H20	めざせ砂金ハンター～河原の砂金はどこから来るの?～	<ul style="list-style-type: none"> <li>砂金・河原の石の地学的生い立ち「岩石・金鉱床の生成～風化浸食と運搬河原への堆積の過程」を知る。(→大地の成り立ちの理解へ繋がる)</li> <li>砂金採集において、金の性質(比重)、川の流れの特徴等、地学的要素を意識し、活用する。(→大地の成り立ちの理解へ繋がる)</li> <li>身近な電子機器に金を始めとするレアメタルが使用されており、現在の便利で快適な生活を支えていることを感じる。(→大地の恵みの理解へ繋がる)</li> </ul>
	化石は語る～化石が教えてくれる過去の環境～	<ul style="list-style-type: none"> <li>地層と化石の分析から、過去(地層堆積当時)の環境を推測できることを知る。</li> <li>過去の環境の推測をするために、化石と地層の観察を基に、自分の知識や資料を活用する。ひいては科学的な見方・考え方・スキルの習得に繋がる。</li> <li>身近な地域の過去の環境と、その後どのようにして現在の環境に変化してきたか地史を知る。</li> <li>グループワークおよび他のグループとの意見交流の中で、コミュニケーション能力を向上する。</li> </ul>
H21	地球ツアー～現在・過去・未来～	<ul style="list-style-type: none"> <li>展示ガイドツアーの制作を通して、他者に説明するに十分な知識・概念を学び、設定したテーマについての理解を深める。</li> <li>習得した知識・概念を元に科学や展示物についての興味を来館者に伝えるために、表現力やコミュニケーション能力を向上させる。</li> <li>班内のメンバーや班同士と主体的・協同的に活動する。</li> </ul>
H22	私たちの暮らしと大地	<ul style="list-style-type: none"> <li>社会と大地が密接に関わっていることを大地の恵みとして捉える。</li> <li>地域の地球科学的背景と社会との関わりに関する知識や概念を習得する。</li> <li>学んだことや自身の経験を他者(様々な世代)と共有・普及する(コミュニケーション能力)。</li> </ul>
<b>物質と社会グループ「私たちの生活を支える物質」</b> 物質と様々な化学変化について、よりミクロな視点を獲得し、概念の理解を深め、広がり意識することで、日常生活や社会において物質を利活用できるようにする。		
H19	“かたち”のはてな?	<ul style="list-style-type: none"> <li>「もの」を拡大し、じっくり観察することを通し、もののかたちを知る。(幼児)</li> <li>「もの」の観察の際の幼児への接し方を通し、物質の形や構造について理解を深める。(保護者)</li> </ul>
H20	鉄を取り出してみよう	<ul style="list-style-type: none"> <li>金属が酸素と結びつくときさびる(酸化)</li> <li>さびた金属から酸素を取り除くとぴかぴかになる(還元)</li> <li>燃焼も酸化の一種である。</li> <li>酸化・還元は同時に起こる(酸化・還元反応)</li> <li>酸化は自然に起きやすいが、還元は起きにくい。金属の還元には工夫が必要である。</li> <li>鉱物などから金属を取り出すことは、社会の重要な技術である。</li> </ul>
	化学反応は電子が主役～酸化還元反応～	様々な酸化還元反応に関する実験を通して、 <ul style="list-style-type: none"> <li>酸化・還元反応における電子の授受を理解することができる。</li> <li>酸化・還元反応の技術製品への応用など、生活との関わり気づくことができ</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>・化学への興味・関心が高まる。</li> </ul>
H21	あれもこれもカガク ヘンカ～化学でつな がる身近な生活～	<ul style="list-style-type: none"> <li>・生活の各場面で当たり前に使っているものは、実は教科書でも扱われている知識が基礎となっていることを実感する。</li> <li>・化学変化には、主に「酸・アルカリ」「酸化・還元」の二つがあることを、事例を元に整理して理解し直す。</li> <li>・身近な生活と関わる化学変化を体験することを通して、科学的な視点を持って身近なものを観察する心を育む(小学生)。</li> </ul>
H22	子どもと社会をつな ぐ展示見学シート 作り	<ul style="list-style-type: none"> <li>・他のボランティアスタッフや博物館職員との話し合いを通して、展示を介した来館者とコミュニケーションにおける課題を見いだすことができる。</li> <li>・シートの制作を通して、自分の知識やこれまでの経験を活用し、他者に対して適切に表現し伝えることができる。</li> </ul>
<b>技術と社会グループ「私たちの生活を支える技術」</b> 自らの生活に即した総合的視点に立って、現代社会を支える科学技術の方向を自ら選択できるようになる。		
H19	風車で分かる電気 エネルギー(発電 編)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・風車を回して「仕事」をさせたり電気を起こしたりすることで、エネルギーやそれらを扱う単位について学ぶ。</li> <li>・風車の構造を調節し、効率がどのように変わるかも実験を通して理解することを目指す。</li> </ul>
	風車で分かる電気 エネルギー(省エネ 編)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・風車を回して「仕事」をさせたり電気を起こしたりする作業を通じ、エネルギーの概念や単位を学ぶ。</li> <li>・風車の構造を調節し、電力量を大きくする試行錯誤を行い、効率がどのように変わるかも、体験的に理解させることを目指す。</li> <li>・省エネの観点より作業結果をふり返り、社会や日常生活においてどのくらいの電力が使われているかや、節電のために出来ることは何なのかを考えるきっかけを与える。</li> </ul>
H20	ロボットをつくってタ イムトライアルをしよ う	<ul style="list-style-type: none"> <li>・組み立て・プログラミングの活動を通して、様々なトレードオフの関係を最適化することの大切さに気づかせ、問題解決能力を育てる。</li> </ul>
	大きな水の話	<ul style="list-style-type: none"> <li>・社会基盤設備の見学を通して、既存の知識を活用し、社会の様々な要因を考慮しながら、自分なりに水の処理に関する考えを表現したり、社会基盤を支える科学技術の大切さを認識することができる。</li> <li>・気象衛星画像の立体映像の体験を通して、地球規模での雲の移動など、大きなスケールの視点を得ることで、雲やオーロラに関する理解を深めることができる。</li> </ul>
H21	生活に役立つロボ ットのモデルをつくら う	<ul style="list-style-type: none"> <li>・社会という文脈の中で科学技術を実際に用いる過程において頻繁に求められる「トレードオフ」を体験する活動を通して、大学生の問題解決能力を高める</li> </ul>
	オーロラってどんな もの？	<ul style="list-style-type: none"> <li>・地球全体の個々の現象を知る。</li> <li>・複数の視点(地上から、宇宙から)を体験し、多様なものの見方が出来るようにする。</li> <li>・地球上、または地球を取り巻く現象には連続性があることを理解する。</li> <li>・本プログラムを通して、成人・ファミリーグループ内での対話を促進し、考える余地を作る。</li> </ul>
H22	家電にみるテクノロ ジーの過去・未来	<ul style="list-style-type: none"> <li>・自らの生活経験を活用して、それぞれの生活場面や社会活動で必要とされる科学技術を選択、あるいはその価値を判断して提案することができる。</li> </ul>
<b>その他</b>		
H19	恐竜キャンプ	<ul style="list-style-type: none"> <li>・博物館の展示室にキャンプするという非日常的な体験をしながら、恐竜などの展示物を使い、英語学習への意欲を高める。</li> <li>・科学系博物館において先導的な児童英語学習のカリキュラムづくりを行う。</li> </ul>

## 2. 成果と今後の課題

あらためて本研究の成果と課題について以下に列記する。

### 1) 成果の概要

本研究では、24 のプログラムを開発し、「科学リテラシー涵養の目標」「世代」「社会とのつながり」の三つの視点から体系化した。従来博物館では様々なプログラムが開発されているが、本研究のように世代を通じた体系的な視点からの開発は行われているものはない。このような生涯学習の観点から世代に応じたプログラムを開発し、その体系化を図った点が成果である。主なものを列記すると、

- ① プログラムの開発において、世代に応じた科学リテラシー涵養プログラム 24 種類を開発・実施した。これまで博物館が経験的に行ってきたプログラム開発を、科学リテラシーの涵養という観点で意識化して行うことで、より明確なねらいをもった意図的なプログラム開発を行った。
- ② プログラムの体系化において、「科学リテラシー涵養の目標」「世代」「社会とのつながり」という三要素に基づいたプログラム体系を構築し、人々の生涯を通じた学びの在り方を提案した。また世代を通じて「発達段階的に深まっていく一貫した系統によるプログラム群」として、分野ごとに連続性を持たせた体系化を提案した (図 10)。
- ③ プログラムの評価において、国立科学博物館が提示した「科学リテラシー涵養の目標」を踏まえた評価システムを開発し、それに基づいたプログラムの評価を行うことで効果を明らかにした。
- ④ 成果の発信において、国内外の学会およびシンポジウム等での発表を通じ、広く成果を普及すると共に、外部からの助言・評価を得た。特に平成 22 年度には、日本科学教育学会年会発表賞を受賞した。また科学・技術についての市民とのコミュニケーションに関する国際会議 (PCST) (マルメ・スウェーデン平成 20 年、ニューデリー・インド平成 22 年)での発表や、国際シンポジウム「科学リテラシー涵養のための博物館における教育事業の在り方～世代と領域を踏まえた体系化の試み～」(平成 21 年)や「社会とつながる科学教育～博物館における科学リテラシー涵養活動の体系と人材育成～」(平成 22 年)を開催し、国際的な発信を行った。さらに報告書の作成ならびに、研究成果の普及媒体として広報パンフレットを作成した。
- ⑤ 本研究は科学リテラシーの涵養を図る先駆的なプログラムを開発し、実際に評価することで、科学リテラシーの定着と実効性について実証的に示すことができ、科学リテラシーの構造と社会への実装という側面から学術的な知見を提起するとともに、科学系博物館における実証的な教育評価について指針を示すことができた。  
成人段階では科学教育の目標として「科学技術リテラシー像」(日本学術会議、

2008) がある。本研究は成人段階において科学技術リテラシー像に対応した体系的な教育事業の枠組みを提示し、他の科学系博物館の教育事業に対し有益な指針を示すことができると期待される。

年度	テーマ	19年度	20年度	21年度	22年度
世代分野		幼児・小学生	中学生・高校生	大学・成人・ファミリー	中高年・団塊
生命・人間と社会	食と健康	○おいしいぬりえ ○生き物美肌コレクション <span style="float:right">感 思</span>	○恐竜発掘地層ケーキをつくろう！ ○火山と暮らしの美しい関係 <span style="float:right">感 知 思</span>	○われら海岸調査隊 ～地元の家を知りつくそう！～ <span style="float:right">知 思 思</span>	○サツマイモから見える食の恵み <span style="float:right">知 思 思</span>
	体系化の軸	<b>空間の広がり</b>			
宇宙・地球・環境と社会	地球の贈り物—天然資源—	○かわらの小石で遊ぼう ○かわらの小石で遊ぼう ～小石のアートにちようせん！～ <span style="float:right">感 知 思 思</span>	○めざせ砂金ハンター— <span style="float:right">感 知 思</span> ～河原の砂金はどこから来るの？～ ○化石は語る～化石が教えてくれる過去の環境～ <span style="float:right">知 思 思</span>	○地球ツアー ～現在・過去・未来～ <span style="float:right">知 思</span>	○私たちの暮らしと大地 <span style="float:right">知 思 思</span>
	体系化の軸	<b>時間と空間の広がり</b>			
物質と社会	私たちの生活を支える物質	○“かたち”のはてな？ <span style="float:right">感 知 思</span>	○鉄を取りだしてみよう <span style="float:right">知 思</span> ○化学反応は電子が主役 ～酸化還元反応～ <span style="float:right">知 思 思</span>	○あれもこれもカガクヘンカ ～化学でつながる身近な生活～ <span style="float:right">感 思</span>	○子どもと社会をつなぐ 展示見学シート作り <span style="float:right">知 思</span>
	体系化の軸	<b>概念の理解の深まりと広がり</b>			
技術と社会	私たちの生活を支える技術	○風車でわかる電気エネルギー(発電編) ○風車でわかる電気エネルギー(省エネ編) <span style="float:right">知 思 思</span>	○ロボットをつかってタイムライアルをしよう ○大きな水の話 <span style="float:right">感 知 思 思</span>	○生活に役立つロボットのモデルをつくろう ○オーロラってどんなもの？ <span style="float:right">知 思 思</span>	○家電にみるテクノロジーの過去・未来 <span style="float:right">感 知 思 思</span>
	体系化の軸	<b>総合的視点に立つ選択</b>			

図 10 開発プログラムの体系図

注：図中では各プログラムにおいて重点的な「科学リテラシー涵養の目標」(表 2 参照)を表している。それぞれ感は表 2 の「感性的涵養」、知は「知識の習得・概念の理解」、思は「科学的な思考習慣の涵養」、思は「社会の状況に適切に対応する能力の涵養」を示す。

## 2) 世代別のプログラムの共通性と特徴

開発した各プログラムの実践から、プログラム開発グループごとに方向性を提案してきた体系化の軸から考えれば、「空間や時間の広がり」や「概念の深まり」等、成人になるまでに大きく広がった後、中高年・団塊の世代で再び収束していくというような共通性も見られた。

具体的には、プログラムの開発においては、国立科学博物館が提案した科学リテラシー涵養の目標に基づいて、ねらいを設定した。これらのねらいを達成するための手法やアプローチとして世代別に特徴的なものを以下にまとめた。

### 【幼児・小学生】

#### ①ものの見方や視点に着目→科学的な思考習慣の涵養

例：おいしいぬりえ、生き物美肌コレクション、“かたち”のはてな？

#### ②ものづくり、想像力に着目→感性的涵養

例：かわらの小石で遊ぼう、風車でわかる電気エネルギー

#### ③家族との対話、共同作業に着目→社会の状況に適切に対応する能力の涵養

例：かわらの小石で遊ぼう，“かたち”のはてな

【中学生・高校生】

- ① 学校で習う事象を異なる学習アプローチで体験（実物資料，フィールド，実験等）→感性の涵養

例：めざせ砂金ハンター，鉄を取りだしてみよう

- ② 多様な専門家の参加（キャリア教育）→感性の涵養

例：恐竜発掘地層ケーキをつくろう！

- ③ 探究活動→科学的な思考習慣の涵養

例：ロボットをつくってタイムトライアルをしよう

【大学・成人・ファミリー】

- ① 身近な気づきの場の設定（地域環境への視点，学び直し）

→科学的な思考習慣の涵養，社会の状況に適切に対応する能力の涵養

例：われら海岸調査隊，あれもこれもカガクヘンカ

【中高年・団塊】

- ① これまでの生活経験・知識の共有と還元

→科学的な思考習慣の涵養，社会の状況に適切に対応する能力の涵養

例：私たちの暮らしと大地，家電にみるテクノロジーの過去・未来

図 11 は，幼児・小学生では家庭から学校・博物館へという家庭という空間・生活から外へ目が向いていくことを示している。また中学生・高校生では家庭と学校を中心としており，学齢期では社会への広がり意識したプログラムとなっている。

また，大学・成人・ファミリーは，学齢期の学習内容を自分のおかれている社会環境中で思い出し，学び直す時期である。さらに中高年・団塊の世代では，学び直しを通じて習得した知識や経験を次の世代や周りの人に還元していくことを念頭にしたプログラムとなっている。

年度 世代 分野	テーマ	（社会のひろがり） 家庭の外へ		（社会での活用・共有） 学び直し 還元	
		19年度 幼児・小学生	20年度 中学生・高校生	21年度 大学・成人・ファミリー	22年度 中高年・団塊
生命・人間と 社会	食と健康	○おいしいぬりえ ○生き物美肌コレクション	○恐竜発掘地層ケーキをつくろう！ ○火山と暮らしのおいしい関係	○われら海岸調査隊 ～地元の海を知ろう！～	○サツマイモから見える食の恵み
宇宙・地球・ 環境と社会	地球の贈り物—天然資源—	○かわらの小石で遊ぼう ○かわらの小石で遊ぼう ～小石のアートにちょうせん！～	○めざせ砂金ハンター ～河原の砂金はどこから来るの？～ ○化石は語る～化石が教えてくれる過去の環境～	○地球ツアー ～現在・過去・未来～	○私たちの暮らしと大地
物質と社会	私たちの生活を支える物質	○“かたち”のはてな？	○鉄を取りだしてみよう ○化学反応は電子が主役 ～酸化還元反応～	○あれもこれもカガクヘンカ ～化学でつながる身近な生活～	○子どもと社会をつなぐ 展示見学シート作り
技術と社会	私たちの生活を支える技術	○風車でわかる電気エネルギー（発電編） ○風車でわかる電気エネルギー（省エネ編）	○ロボットをつくってタイムトライアルをしよう ○大きな水の話	○生活に役立つロボットのモデルをつくろう ○オーロラってどんなもの？	○家電にみるテクノロジーの過去・未来

図 11 世代別のプログラムの特徴

### 3) 今後の課題

① プログラム実践の多くは、比較的科学的な知識や博物館に興味を持って参加した人々が対象となっている。今後はあまり関心のない層を引きつけるためのアプローチを工夫し、そのための枠組みを提示することが必要である。

- ・ 学校やマスコミとの連携を行うことで、博物館の外へ出て行って活動するなど、博物館の守備範囲を広げる必要がある。他の施設や団体との連携は、まめな関係作りが重要である。今回開発したプログラムをより一般化して、受け手が親しみやすいようなバージョンのプログラムが展開できると良い。今回の世代別の対象のなかでは、「大学」と「ファミリー」から抜けてしまう「成人」は、もっとも引きつけにくい層の一つであったかもしれない。
- ・ V章の研究会では、中高年・団塊の「知の還元」というのが意外とネックだったのではないかという意見も聞かれた。教育的なスキル・知識に自信がない人にはハードルが高かったと感じられるプログラムもある。参加者のこれまでの経験のどこにこのプログラムが役立つのか。そこに目標をたてて作ると良いのではないかとと思われる。
- ・ 「恐竜」や「電車」といったテーマに対する人々の興味・関心のピークは、「幼少期」「子どもを持った時」「孫を持った時」と、人生において何回かあると言われている。第二期、三期のピークにあたる人を対象とするプログラムと第一期のピークを持続させようとするプログラムの可能性がある。
- ・ 開発したプログラムの持続、継続、発展のために、プログラムにオプションを付け、博物館で開発したのち、博物館と学校や保護者、地域の人などとも連携して発展させていく。特に、これまでの試行における参加者は、博物館活動に対して経験のある人が多かったので、博物館に関心のない人に対するアプローチも必要である。プログラムの開発・実施にあたっては、プログラムを実行・普及していくことも考えて、対象と目標を明確に開発・実施する必要がある。
- ・ 博物館や科学に興味のない層へのアプローチを考える時、情報の発信の在り方だけではなく、情報の受け手への視点が非常に重要であることが示唆された。利用者の多様性を理解するための取り組みや研究が必要である。

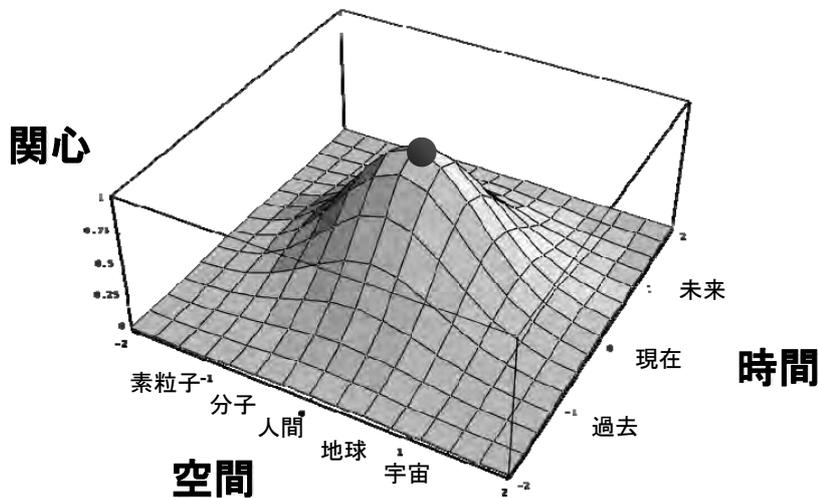
② 提案したプログラム体系は、他の博物館に対するモデル提示として、プログラム提供側の視点で作られている。利用者にとって望ましい体系を作成していくことが課題である。

- ・ 世代ごとに構築された体系としては美しいものができたが、参加者側からは、継続学習の枠組みに見えないことが課題である。幼少期の最初の投げかけ（プログラム）が大人向けになった時どうつながるのか。提供者側からのプログ

ラムの体系化であって、利用者側から見れば点の状態とも考えられる。今後は利用者側から見て点を面にするための工夫が課題と考えられる。

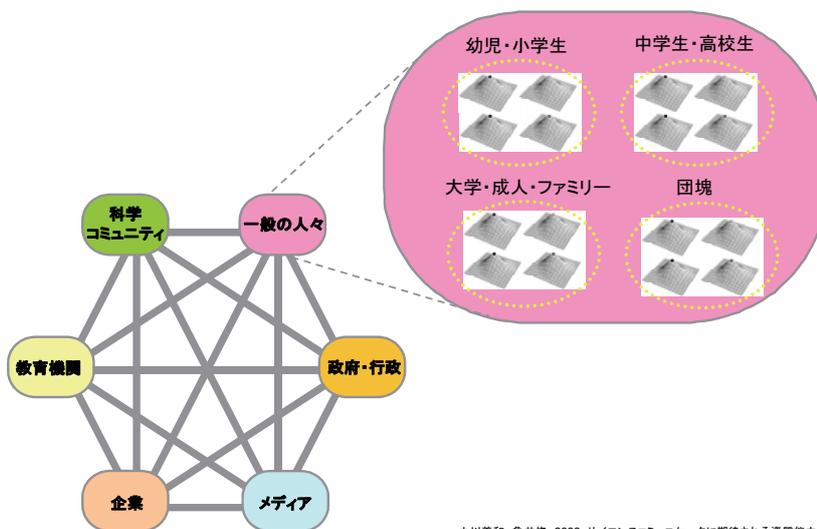
- ・利用者に対する情報提供の仕方に工夫が必要である。大学のシラバスではないが、情報をどの程度開示すると適切なのかを精査すると、提供側のねらいと参加者のニーズのズレがなくなるのではないと思われる。参加者のニーズがこの体系のどこに位置づけるのかを見極めることが重要である。
  - ・最終的なアウトプットとしてどのようなプログラム体系が相応しいか定めるのが、今後の課題である。それは、誰のためのプログラム体系なのかという視点を設定することから始まる。究極的には、プログラム体系は、一般の人々が科学リテラシーを涵養するのを支援するためのものであるが、本研究の目的を鑑みたとき、直接的には、様々なプログラムを開発・提供する科学系博物館が効果的に活動を整理・展開する（枠組みのどこに、各プログラムが入るのかということをつかりやすく提示する）指針とすることを目的として開発をすることである。
- ③ 個人の科学リテラシー涵養に焦点を当てて調査研究を行ってきたが、個人のリテラシーをどのように社会全体のリテラシー向上につなげていけるかが課題である。また人と人をつなぐプログラムや世代間をつなぐプログラムの開発や学習手法などが必要である。
- ・図 10 において、中高年・団塊が還元する矢印の先は別の世代に向かう方がいいと思われる。成人以降で「学び直し」と「還元」となっていたが、人は常に学び続けるのではないか。自分が学びたいからという素直な知的好奇心が参加動機になる大人は多いと思う。結果として、自分がおもしろいと感じたものは、人にも話したくなる。中高年は意外と自分の実利的なところを重視して参加するかもしれない。
  - ・「還元」という意味では、ファミリーが一番その傾向が強いのではないかと考えられる。親から子への還元については、生活の中の課題に直面した時、具体的な体験の積み上げが発達と共に深まっていく。そのステップアップが世代をつらぬく軸になる可能性がある。
  - ・四つの科学リテラシー涵養の目標のウェイトの置き方によって、どのプログラムもどの世代でも対応できると思われる。プログラムの世代間の継承には、バラエティに富んだ人々の参加が必要であろう。教員養成の観点では、学生にこのプログラムを試行することが考えられる。大学がこのようなプログラムをカリキュラムに加えられることは社会において大きな還元と位置づけられる。これらのプログラムをどの世代でどのような場面で活用していくかが課題であろう。個人のリテラシーがつながることで社会全体のリテラシー向上に寄与するような社会が最終的なゴールであろう。

- 例えば、個人の科学リテラシーの一つの側面として、空間と時間の軸における関心の広がりと考えると、図 12 のような関心を示す可能性がある。一般人にとっては、現在の生活の中で実感できる大きさや時間に関心を持つかもしれない。本研究では個人の科学リテラシーの向上を目的としてプログラムの開発を行ってきた。しかし個人の科学リテラシーは個々人で異なる関心を示していると考えるのが妥当であろう。そこで図 13 のように各世代に科学技術に対し異なる関心を持つ人々がいる状態が現在の社会である。そこで地域の社会的課題に対し、足りない見識や経験等をお互いに補い合って、人と人が協働して課題を解決するような、社会全体の科学リテラシーを高めることが重要である。すなわち人々が科学リテラシーを持ち、自立的に判断することができ、地域の課題に対し、サイエンスコミュニケーションを通じて他の人と協働して解決して行くことができる社会を構築することが望まれる。



亀井修, 2002: グローバルとダイバシティ: 現状から環境の未来を考えるベネフィットの確認, 私立大学環境保全協議会より引用

図 12 科学に対する個人の関心の広がり



小川義和, 亀井修, 2006: サイエンスコミュニケーターに期待される資質能力: つながる知の創造を目指して, 日本教育工学会研究報告集を参考に作成

図 13 個人と社会の科学リテラシー

④ 個人がつながることで社会全体のリテラシー向上に寄与するような社会において、博物館の新しい社会的役割を再考する必要がある。

- ・異なる興味・関心を持った人々がコミュニケーションできるような場の創出を、今後博物館が行っていくことの必要性が明確になった。内発的・外発的な学びのきっかけを作ることで、より幅広い層の人々を取り込むことの必要性とそのための博物館の新たな社会的役割の可能性が考えられる。
- ・博物館は社会の変化を前提に、地域における目標・理念等を共有し、それに基づくコンセプトを創造することが求められるであろう。それは知の循環型社会において人々の知と経験を統合し、新たな知を創造し、共有し、継承する知のプラットフォームとしての機能を示す。
- ・従来の議論は一方向的な役割・機能に基づく機関像・人材像の中で語られてきた。博物館は「知識ある博物館が知識のない人々に伝える」という欠如モデルから脱却した、双方向性の教育モデルを前提に運営を行うべきである。それは変化する社会において知識を活用し、課題を解決する能力の養成、生涯学習、相互作用に対応した思考法やそれを応用した学習理論が必要である。人々と博物館をつなぎ、相互作用によって互いに成長し、自らの成長を実感し、その成長を社会が共有することが重要である。
- ・地域における博物館の役割を考え直すことが必要である。その際、文化、学術、教育に限らず、環境、福祉、産業、雇用等の社会基盤の形成と地域再生に寄与する役割も考慮する。また博物館は、人々の人生において博物館の主體的活用を促し、人々が生涯にわたって地域参画と自己実現できる場としての役割を果たすべきであろう。さらに博物館には、地域の文化や知恵を蓄積、継承し、それらを統合、発信し、他の機関と連携することにより、それらの価値を内外で位置づける役割を持つことが望まれる。

### 3. 結びにかえて～科学リテラシーは何のために

#### 1) 科学リテラシーの必要性和科学系博物館への期待

科学技術に依存する社会において今後我々が豊かに生きるためには、科学技術に対する正しい理解と、その課題に対し合理的に判断でき、対応できる能力が必要である。それには、科学技術の専門家育成のための教育と豊かな科学リテラシーを持った人々の育成のための教育の二つの側面からの議論が必要である。

Fensham (1997) は、科学リテラシーが学校では十分に達成できなかったこと、それは科学者等からの重圧により、高度な科学研究のための準備とみなされていたからであると主張した。科学技術の専門家養成を前提としたカリキュラムだけでは科学リテラシーの向上は不十分であり、一般の人々を対象とした教育が必要である。

Shamos (1995) は、過去において科学リテラシーの達成が失敗したことの解決を学校教育だけに委ねるのは無理があること、そして成人の科学リテラシーを向上に関して、科学系博物館が最も理にかなった場であると指摘している。小川 (2005)

は、科学系博物館には科学技術の専門家の育成・研修とともに、人々の科学リテラシーを涵養する場としての役割が期待されるとし、特に科学リテラシー向上におけるその役割の重要性について指摘している。

科学リテラシーの涵養の目的は人々が自立して豊かに生きることができる社会の構築である。それを標榜する科学教育は、学術、生活、環境、産業等、様々な領域で取り組む必要があり、学校教育に限らず、科学系博物館等の社会的資源を活用した総合的な教育活動を展開する必要がある。また科学リテラシーの涵養の対象は一般の人々である。世代を意識した継続的な取り組みが必要である。豊かな科学リテラシーを持った人々を育成するためには、子どもの頃に理科に対する興味・関心を高め、成人になっても継続的に科学に触れる機会を提供することが必要である。そして科学を気軽に楽しめる雰囲気醸成など、長期間にわたり社会を構成する人々の間で科学を共有できることが重要である。

科学系博物館には、自己実現を希求する人々に対しその社会参加を促し、科学を文化として共有できる社会の構築に寄与する役割が期待されている。

## 2) 科学系博物館における科学リテラシー涵養活動の体系

日本学術会議（2008）は平成20年に、『21世紀を豊かに生きるための「科学技術の智」』の報告を公表した。これは、持続可能で安心・安全な民主的社会を実現するために、すべての日本人が身につけてほしい科学・数学・技術に関わる知識、技能、ものの見方・考え方を成文化したものである。「科学技術の智」は、科学系博物館の立場からどのような活動によって科学リテラシーを涵養していくのか、科学リテラシーを具体的に実装する場合の一つの拠所となる。

独立行政法人国立科学博物館科学リテラシー涵養に関する有識者会議（2010）では、科学リテラシーの実装にあたり、科学リテラシーを「人々が自然や科学技術に対する適切な知識や科学的な見方及び態度を持ち、自然界や人間社会の変化に適切に対応し、合理的な判断と行動ができる総合的な資質・能力」と定義した。これに基づき、「科学リテラシー涵養活動」を設定し、自然界や人間社会において実生活にかかわる課題を通じ、人々の世代やライフステージに求められる科学リテラシーを涵養する継続的な活動体系を提案した。科学リテラシー涵養活動は、「感性の涵養」「知識の習得・概念の理解」「科学的な思考習慣の涵養」「社会の状況に適切に対応する能力の涵養」の四つの目標と、「幼児～小学校低学年」「小学校高学年～中学校」「高等学校・高等教育」「子育て・壮年」「熟年・高齢」の五つの世代からなる枠組みを提案している。

本研究では、上述の国立科学博物館の「科学リテラシー涵養活動」を踏まえ、基本的な枠組みを設定した。全国8館の科学系博物館が協働して「生命・人間と社会」「宇宙・地球・環境と社会」「物質と社会」「技術と社会」の4分野に分かれ、年度ごとに「幼児・小学生」「中学生・高校生」「大学・成人・ファミリー」「中高年・団塊」の世代別にプログラムの開発を試みた。

## 3) 科学リテラシーの涵養活動が目指すもの

図14は、科学リテラシーの涵養の目標を前提に科学教育をグランドデザインした俯瞰図である。人々が豊かに生きることができる社会を構築するために、人々が自立し、社会的課題に対して意思決定できる総合的な能力である科学リテラシーが必要である。

本研究では「食と健康」「地球の贈り物—天然資源—」など、科学技術と社会生活



会的課題を踏まえ、その解決のためにどのような最低限の知識と能力が必要なのかを提示する必要がある。特に、分野を超えて共通する概念と能力に注目する必要がある。例えば、モデル、システム、トレードオフ、恒常性（変化、平衡、安定）、時間、空間（規模）などがあるが、これらは各分野に共通する概念であり、科学的な見方や考え方を習得するために必要な基礎的な概念でもある。また、科学的見方や考え方、判断力、表現力、活用能力、意思決定についても、分野に共通する能力として養っていく必要があるだろう。分野が変わると知識と概念は変わるが、それらに適切に対応できる感性や基礎的な対応能力と分野ごとに変わる最低限の知識・概念から構成されるものが科学リテラシーであろう。これらの資質能力の検討については、図 14 のように、政策レベルにおける人材養成戦略と位置づけられ、今後どのような国民を養成するのかという観点から議論を続ける必要がある。

社会的課題は時代と共に変化するということを前提に、10 年後ぐらいの将来を見通し、プログラム体系と社会の各セクターの連携を構築することが重要である。社会環境が変われば社会的課題が変化し、科学的知識も増大し、新たな科学的な概念が創造されるかもしれない。しかし、科学リテラシーは「自然界や人間社会の変化に適切に対応する能力」であることから、これらの時代変化に対応し、新しい知識と概念を活用して科学的な見方や考え方に基づき判断、表現、意思決定できる能力を持った人材を養成することが重要である。社会的課題は時代と共に変化することを前提にプログラム体系を構築することが重要である。

#### 参考文献

- 独立行政法人国立科学博物館科学リテラシー涵養に関する有識者会議、「科学リテラシー涵養活動」を創る～世代に応じた教育活動開発のために～，2010
- Fensham, P. J. : School science and its problems with scientific literacy, Science today : problem or crisis?, In R.Levinson and J. Thomas(edited), London : Routledge, pp. 119-236, 1997
- 日本学術会議：報告 21世紀を豊かに生きるための「科学技術の智」，2008
- 小川義和：科学コミュニケーションと科学系博物館の役割，ミュージアムを語る 文化を語る 教育を語る，内田洋行知的生産研究所，pp. 158-165, 2005
- 小川義和：科学リテラシー涵養に資する科学系博物館の教育事業の開発・体系化と理論構築，シンポジウム：科学リテラシー涵養のための博物館における教育事業の在り方～世代と領域を踏まえた体系化の試み～，平成19年～20年度科学研究費補助金（基盤研究A）研究成果中間報告会発表資料，2009
- 西條美紀：科学技術リテラシーの実態調査と社会的活動傾向別教育プログラムの開発 研究報告書，東京工業大学，2010
- Shamos, B. M. H. : The Myth of Scientific Literacy, pp. 216-228, pp. 186-188, 1995



## **資料 国際シンポジウム開催報告**



**科学リテラシー涵養のための  
博物館における教育事業のあり方  
～世代と領域を踏まえた体系化の試み～**

**日時：平成 21（2009）年 6 月 13 日（土）13:00～17:10  
会場：国立科学博物館地球館 3 階講義室  
主催：国立科学博物館**

## 目次

開催趣旨	資 1
プログラム	資 1
開会挨拶	資 2
趣旨説明	資 3
講演 1	資 11
講演 2	資 31
プログラム事例紹介 1	資 46
プログラム事例紹介 2	資 52
パネルディスカッション	資 62
閉会挨拶	資 79
資料（プログラム事例紹介パネル展示）	資 80

## 開催趣旨

人々が豊かに生きることが出来る社会を構築するため、人々が科学技術に関する適切な知識と考え方を有って様々な課題に対して自立して適切に対応し、合理的な判断と行動ができる能力「科学リテラシー」が求められています。

本シンポジウムでは、人々の科学リテラシーを涵養するためのプログラム開発に関する2年間の研究から得た知見を報告するとともに、科学系博物館を主要な場として人々の科学リテラシー涵養に資する教育事業のあり方について、議論を深めます。

## プログラム

時間	内容
13:00～	開会挨拶 北見耕一 (国立科学博物館理事) 趣旨説明 小川義和 (国立科学博物館事業推進部学習企画・調整課長)
13:30～	講演 1 : Examining the Impact of Science Museums for Science Literacy - A critical examination of assumptions David Anderson (University of British Columbia, Canada)  2 : The Science and Nature Program: A Model of Early Childhood Science for Children, Parents and Teachers Jean Rosenfeld (American Museum of Natural History, USA)
15:00～	休憩 プログラム事例紹介パネル展示
15:30～	プログラム事例紹介 1 : 「概念の深まり」をモチーフにした世代別プログラム体系の試み 岩崎誠司 (国立科学博物館事業推進部学習企画・調整課)  2 : 「空間の広がり」をモチーフにした世代別プログラム体系の試み 有田寛之 (国立科学博物館事業推進部学習企画・調整課)
16:10～	パネルディスカッション David Anderson (University of British Columbia, Canada) Jean Rosenfeld (American Museum of Natural History, USA) 北原和夫 (国際基督教大学) 岩崎誠司 (国立科学博物館事業推進部学習企画・調整課) 有田寛之 (国立科学博物館事業推進部学習企画・調整課) 小川義和 (国立科学博物館事業推進部学習企画・調整課)
	閉会挨拶 亀井修(国立科学博物館事業推進部連携協力課長)

## 開会挨拶

北見耕一（国立科学博物館理事）

国立科学博物館・シンポジウム「科学リテラシー涵養のための博物館における教育事業のあり方 ～世代と領域を踏まえた体系化の試み～」の開催に当たり、一言ご挨拶を申し上げます。

本日は本シンポジウムに多数の方にご参加いただき、心から歓迎申し上げます。

現在、人々が科学に関連する社会生活上の諸問題に対し適切な対応ができ、豊かに生きる社会を構築するために、科学の総合的な資質・能力としての「科学リテラシー」を人々が身につけることの重要性が指摘されています。

その一方で、近年の理科や科学技術に対する理解度と意識に関する国際的な調査では、我が国の若年層および成人の科学に対する興味・関心が国際的に見て低い状況が問題となっています。

このような状況の中で国立科学博物館では、常設展示として、日本館は「日本列島の自然と私たち」、地球館は「地球生命史と人類・自然との共存を目指して」をそれぞれテーマとして、見学者に自然科学を普及する等、人々の科学リテラシー涵養のための様々な事業を実施しています。

特に、平成18年より有識者会議を組織し、科学系博物館における科学リテラシー涵養活動のあり方について議論し、世代に応じた科学リテラシー涵養のためのプログラムの開発を行うと共に、平成18年よりサイエンス・コミュニケーター養成実践講座を開講し、科学と人々をつなぐサイエンス・コミュニケーターの養成に取り組んでいます。

さらに平成19年からは文部科学省の委託事業として学習指導要領に対応した科学的体験学習プログラムの体系的開発に関する調査研究を行っています。

本シンポジウムでは、科学研究費補助金基盤研究A「科学リテラシーの涵養に資する科学系博物館の教育事業の開発・体系化と理論構築」における、人々の科学リテラシーを涵養するためのプログラム開発に関する2年間の研究から得た知見を報告すると共に、科学系博物館を主要な場として人々の科学リテラシー涵養に資する教育事業のあり方について、議論を深めます。

最後に、このシンポジウムへの出席を快諾いただいた講演者の皆さまと、シンポジウム開催に多大なご協力を頂きました関係の皆さまに厚く御礼申し上げます。

お集まりいただきました皆さまにとって、実りの多いシンポジウムとなり、相互に交流を深められることを祈念いたしまして、私の挨拶といたします。

## 趣旨説明

小川 義和 (国立科学博物館)

皆さん、こんにちは。科学博物館の小川です。さて、このシンポジウムは「科学リテラシーの涵養に資する科学系博物館の教育事業の開発・体系化と理論構築」ということで、2年前から始めています。今日はこの概要についてお話して、その後に皆さんにいろいろとご講演をいただいて、始めようと思っています。

博物館というのは、様々な資料を収集し、展示をして教育活動をしているということで、この図のように、コケを取りに行ったり、植物の標本を作ったり、チョウの標本を保管したり、また、恐竜の展示を組み立てたりということをしています。その中で、人々がどのように科学を感じ、そして感じたことをどのように人々に伝えていくのかということ、私たちとしては何らかのフレーム (枠組み) を持って対応していきたいと思っています。

最初に先ほど当館の理事からもお話がありましたが、私たちが科学リテラシーを目指すところは、21世紀を豊かに生きるというためにということで、三つほど課題があるのではないかと思います。

一つは、現代社会における科学のあり方が随分変わってきていると思っています。科学技術が高度化して、人々の意識が乖離してきています。それから、社会における個人の自立的判断ということで、目の前にした科学的なものについて判断を求められるという時代になっています。こういう中で、まさしくサイエンス・コミュニケーションということで、社会と人々をつなぐ、社会と科学をつなぐという、対話型の教育が必要になってくるのではないかと思います。

二つ目は、科学というものが非常にいろいろなところに広がってきていますので、人工的な環境や、人や科学技術との関係を扱うようになってきているということです。今までのように、ある程度決まったものではなくて、ある程度社会が変化していく中で、変化を前提とした機関連携型の科学教育のあり方を考えなければいけないのではないかと思います。それから、場合によっては、答えのない総合的な視点に立った選択をしなければいけないという、課題解決型の学習が必要になってくるのではないかと思います。

三つ目は、先ほど理事から紹介がありましたが、日本の理科教育、科学教育の課題として、やはり成人や子どもたちの科学に対する興味・関心が低いということです。子どもたちは意外に高いのですが、大人はあまり高くないということで、就学期間の理科の知識が十分に成人段階に結びついていないのではないかと思います。特に成人を含めて、各世代が持つべき科学リテラシーの重要性が感じられるところです。こういうことで、特に私どもが感じているのが、この研究に当たっては、世代別にプログラムを作って、成人が持つべき科学リテラシーを涵養していきましょうというのが、もともとの発想だったと思います。

科学博物館はいろいろなことをやっていますが、イメージとして持っていただきたいのは、ナショナルコレクションということで、標本を集めて調査研究をして、展示教育をすることを、世界のいくつかの博物館とも連携して行っているのが現状です。その中で科学リテラシーはどのように位置づけられているのかということ、三つの目標を持っています。

一つは、地球と生命の歴史、科学技術の歴史の解明を通じた社会的有用性の高い自然史科学技術体験の構築というのが一つです。二つ目が、ナショナルコレクションを構築していきましょう。

三つ目が、人々の科学リテラシー向上に資する展示・学習支援事業と位置づけられています。右側にポンチ絵で書きましたが、調査・研究が「深める」と考えると、資料・収集がものを「集める」、そして展示・学習支援活動が「広める」というところです。この広めるという展示・学習支援活動の目標が、「人々の科学リテラシー向上に資する」ところに位置づけられています。

ここをもう少し整理しますと、どちらかという自然科学を振興していくという部分と、それが自然史や科学技術史の進展、コレクションの構築になります。もう一方が、自然科学の振興を、さらに一般の人々を巻き込んで、知の共有と社会還元をしていくという二つ目の項目です。目標としては、人々の科学リテラシーの向上を科学博物館としては位置づけています。この中に、知の社会還元を担う人材の育成として、サイエンスコミュニケーター養成講座も位置づけられているところです。

さて、この研究に当たっては、過去 10 年ぐらい基礎的な研究を進めてきたところです。もともと、理科に対する興味・関心が成人になると低くなってきます。理解というのは、中高生は高いのですが、成人はやはり低いということで、私どもとしては、最初に子どもたちに対する、後で Jean Rosenfeld さんから紹介があると思いますが、子どもたちに対するアフタースクールプログラムを開発しました。そのときに、二つの課題が出てきました。

一つは、博物館でアフタースクールプログラムを指導する指導者の問題が浮かび上がってきたということです。もう一つは、成人を対象にした学習プログラムがどうしても必要だろうということです。1 番目の課題については、サイエンスコミュニケーター養成プログラムということで、現在うちの博物館で開発して実施しているところです。

2 番目のところは、まさしく科学リテラシーの向上なので、いくつかの連携をもって実際にプログラムを動かしています。もともと国の政策として、科学技術基本計画があり、それを受けて、今日ご講演いただきます北原先生が科学リテラシー構築のための調査研究を行いました。それと相互にリンクしながら、このプログラムを進めているところです。それから科学博物館としても有識者会議を立ち上げて、このプログラムを作っているところです。

本プロジェクトの目的は、「全ての人々を対象とした科学リテラシーの涵養のために、科学系博物館の資源を活用しながら効果的なプログラムを開発し、その体系化とモデル化を図る」ことです。ここで「科学リテラシー」とは何なのだろうということで、科学博物館の有識者会議では、このように定義しています。「人々が自然や科学技術に対する適切な知識や科学的な見方及び態度を持ち、自然界や人間社会の変化に適切に対応し、合理的な判断と行動ができる総合的な資質、能力である」と、非常に幅広い能力であることを定義しております。これに基づいて、本研究も進めているところです。

この目指すところは、学校教育だけではなく、生涯学習の観点から、世代に応じた学習プログラムを作っていこうというのが一つです。それから、それを定着させたいということと、できればこれが博物館の一つの評価と指針になるのかと感じています。それから、北原先生が進めています科学技術リテラシー像の策定に対応した、体系的な教育事業の枠組みを提示できたらと思っています。それから非常に欲張りですが、何らかの形で学校が進めています、学習指導要領の改訂の方向も踏まえつつ、体験的な活動として学校教育に寄与できたらいいと思っています。

この有識者会議では、科学リテラシーに関しては四つ、目標を持っています。これからよく出てくるとは思いますが、感性の涵養と知識の習得・概念の理解と、科学的な見方・考え方の育成と、社会の状況に適切に対応する能力（表現力、コミュニケーション能力、活用能力）の育成という目標を持って科学リテラシーを規定しようと考えています。この四つの枠組みで、それぞれ

世代別に、幼児・小学生、小学校高学年から中学校、それから高等学校から大学、子育て・壮年期、そして熟年期・老年期と世代を分けて、どのようにプログラムを作ったらよいかという、一応の目標値を設けているところです。これについては、今日いろいろなご意見をいただけたらと思っています。

この枠組みを受けて、このプロジェクトでは4年間で、幼児と小学生、そして中学生と高校生、大学・成人・ファミリー、そして団塊の世代というぐらいの、キーとなるステージを設けて、それぞれの領域でプログラムを開発していこうと思っています。予算的な制限と、時間的な制限とがあって、なかなかうまくいってないところが若干ありますが、今年は2009年ということで、成人と大学、ファミリーを中心にプログラムを開発しているところです。

いずれ、これらをつなぎ合わせるということで、私たちの課題としては、世代をどのようにつなぎ合わせるのか、そしてこういう領域をどのように統合していくのかというところが、今回の大きな課題です。

連携している博物館は、東京を中心に科学技術館、ミュージアムパーク茨城県自然博物館、千葉県立現代産業科学館、神奈川県立生命の星・地球博物館、名古屋市科学館、兵庫県立人と自然の博物館、海の中道海洋生態科学館ということで、8館で連携してこのプログラムを作っているところです。本日は、このうち二つの領域に関して発表していただこうと思っています。

昨年度まで作ったプログラムを一覧にしてみました。今日、私たちの方で発表するのは、「生命・人間と社会」のプログラムと、「物質と社会」というプログラムを解説します。残りの2領域に関しては後ろにポスターが貼ってありますので、休憩の時間にぜひ見ていただければと思っています。

例えば2007年、一昨年度は、幼児と小学生を対象に開発したプログラムを一つ紹介いたします。技術と社会では、「風車で分かる電気エネルギー」というプログラムを開発しました。これは家庭での電気使用量のお知らせを子どもたちが見たときに、それをきちんと読み解くことができるかという意味でのリテラシーを、プログラムとして入れ込んだところです。課題として、いくつかこれから申し上げて、私のプレゼンテーションを終わりにしようと思います。

今日のシンポジウムの中でぜひご意見をいただければと思いますが、私どもは教育事業の体系をどのようにとらえているかという、発達段階別に深まっていくとか、広がっていくとか、ある方向性をもったプログラム群の事例と考えています。いくつかの方向性があるのではないかと思います。一つは参加者の世代から系統を考えていく方向性、それから扱う領域、どういう領域を扱うかという見方、それから先ほど見ました四つの科学リテラシーの目標、そこから体系化をしていこうということです。四つ目を社会的文脈と言っており、社会でいろいろな課題がありますが、課題に応じて体系化できたらいいのではないかというような、四つぐらいのものがあるのではないかと想定しています。

ですから、こういうものを踏まえて、プログラムを束ねて、できたら社会的テーマを踏まえたテーマを定めて、それに基づいてプログラムを開発できたらいいと思っています。これについては、それぞれグループの方から説明があると思いますので、ここでは簡単に紹介だけしておきます。

「生命・人間と社会」グループに関しては、空間の広がりということで、いくつかのプログラムをつないでいこうかと考えているところです。次に「物質と社会」グループでは、概念がどこまで深まっていくかというところで、グループ別に方向性を考えているところです。

二つ目の課題は、今日はDavid Andersonさんにインパクトの話をしていただきますが、私たち

は博物館で、社会に対してどのような影響力を与えることができるかというところで、図式化したところです。私たちの経営資源としてのお金と人と物質的な資源を基に、マネジメント、経営をして、そして最後に出力をするわけですが、その出力に応じて、人々に何を残せるのか。アウトカムとして人々に伝えて、そして人々にどのような影響を与えられるのかを考えていかなければいけないかと思います。確かに個人的な側面もありますが、経済的な側面が非常に強調されるところも若干ありますので、ぜひ社会的な側面や文化的側面についても考えていく必要があると思います。その辺については、ご講演の中で Davidさんから示唆に富むことがあるのではないかと期待しているところです。

科学リテラシーを涵養することによって、何を私たちは目指すのかということ PONCH絵にしましたが、こうしたプログラムを通じて知識を積極的に活用し、課題に適切に対応できる人材を育てていく。その中に、コミュニケーションに長けた人がいれば、サイエンスコミュニケーターとして行う必要があるだろうし、専門的知識をさらに深めていくことによって、科学者として知の創造を担う人材になっていくのではないかと思います。

いずれにしろ、知識を積極的に活用し、課題に適切に対応できる人材の育成が、個人の自立と社会における協働を通して、豊かに生きることができる社会の構築になるのではないかと思います。

今日はこれからお二人にご講演いただきます。ご承知のとおり、Davidさんは、日本における1970年の大阪万博の分析や、愛知万博の分析をしていただいて、どのようなインパクト(影響力)を及ぼしたかをお話ししていただきます。世代を通じてどのようにそれが継承されていくのかも非常に興味深いところですし、まさしく今日の大きな課題の一つになってくるかと思います。

お二人目の Jeanさんは、実はご本人には見せていませんが、私が10年前にアメリカ自然史博物館と一緒に4カ月ほど働いたとき、子ども向けのプログラムと一緒に勉強させていただきました。幼児に特化してプログラムを行う場合、どのような留意点が必要なのかというのは非常に興味深いところです。実は、うちの子どもはここに入っていたのですが、10年前、まだ小さい子どもが非常に素直に話を聞いていたと思います。一度参加させていただいて非常に感銘を受けました。小さい子どもは多分覚えていないと思いますが、上の女の子は何となく覚えていると言っていましたので、それなりにインパクトがあったかと感じています。私の方は以上で終わりにします。ありがとうございました。



### 本プロジェクトの目的

#### 本プロジェクトの目的

すべての人々を対象とした科学リテラシーの涵養のために、科学系博物館の資源を活用しながら効果的な学習プログラムを開発し、その体系化とモデル化を図る。

科学リテラシーとは、人々が自然や科学技術に対する適切な知識や科学的な見方及び態度を持ち、自然界や人間社会の変化に適切に対応し、合理的な判断と行動が出来る総合的な資質、能力である。

国立科学博物館「科学リテラシー涵養活動」を創る～世代に応じたプログラム開発のために～(中間報告)より

7

### 本プロジェクトの期待される成果

- 生涯学習の観点から世代に応じた学習プログラムの開発とその体系化を図る。
- 開発した学習プログラムを評価することで、科学リテラシーの定着と学習プログラムの実効性について実証的に示す。
  - 博物館における科学リテラシーの実装の検証。博物館における実証的な教育評価についての指針。
- 科学技術リテラシー像に対応した体系的な教育事業の枠組みを提示する。
- 学習プログラム開発において体験的な活動を念頭に置くことにより、言葉と体験が重視されている学習指導要領の改訂の方向性と符合しつつ、体験的な学習活動として学校教育に寄与する。

8

### 科学リテラシー涵養活動の目標

#### 感性の涵養

感性・意欲を育む体験的な活動を通じ、科学や自然現象への興味・関心を高められるようにする

#### 知識の習得・概念の理解

科学的な知識・概念を定着させる活動を通じ、科学的な知識を広げられるようにする

#### 科学的な見方・考え方(スキル、実践力、科学的な態度、判断力、創造性)の育成

事象の中の疑問を見だし分析し、課題解決のための探究活動を行ったり、科学的な知識を実生活に活用したりすることを通じ、科学的な事柄や環境問題などの現代的課題について総合的にとらえ、自ら学び、独自の解釈・判断を出来るようにする。

#### 社会の状況に適切に対応する能力(表現力、コミュニケーション能力、活用能力)の育成

学んだことを適切に表現し、人に伝える。社会の状況に基づいて、科学的な知識・態度を活用して意思決定する。自らの持っている知識、能力を次の世代へと伝えるなど、社会へ後の還元を行う。社会と対話し、豊かに生きる社会作りを参画する。

国立科学博物館「科学リテラシー涵養活動」を創る～世代に応じたプログラム開発のために～(中間報告)より

9

ライフステージ	幼児～小学校低学年	小学校高学年～中学校	高等学校・高等教育	子育て期・壮年期	熟年期・老年期
感性の涵養	科学に親しむ体験を通して、身の回りの事象の美しさ、不思議さなどを感じる。	科学に親しむ体験を通して、科学に対する興味・関心や実生活との関わりを感じる。	科学に親しむ体験を通して、科学に対する興味・関心や科学の有用性を感じる。	子どもの科学リテラシー涵養のための学習を通じて科学の有用性や科学リテラシーの必要性への意識を高める。博物館の展示資料に触れ、面白く感じる。	科学に対する楽しい体験や博物館の展示や資料に触れ、面白く感じる。
知識の習得・概念の理解	わかる、できることを実感し、達成感を得る。	科学に親しむ体験を通して、生活と直に関わる科学的知識を身につける。	生活や社会に関わる科学的知識を理解を広げる。	子どもの科学リテラシー涵養のための学習を通じて一層に知識を身につける。生活や社会に関わる科学的知識に対する理解を深める。	生涯学習に関わる科学的知識に対する理解を深める。
科学的な見方・考え方(スキル、実践力、科学的な態度、判断力、創造性)の育成	興味・関心を持った事象を取り入れて活動する。	自然界や人間社会に興味・関心を持ち、その規則性や関係性を見いだす。	多くの不確実な情報の中から科学的な知識に基づいて判断し、行動する。	多くの不確実な情報の中から科学的な知識に基づいて判断し、行動する。学んだことを総合力として生かす。生活および社会との課題解決のために適切に判断する。	学んだことを総合力として生かす。生活および社会との課題解決のために適切に判断する。学んだ成果を、自身の趣味・教養に生かす。
社会の状況に適切に対応する能力(表現力、コミュニケーション能力、活用能力)の育成	興味・関心を持った事象を利用して周りの人と一緒に活動する。	学んだことを表現し、わかりやすく人に伝える。学んだことを自分の職業選択やキャリア形成と関連づけて考える。	社会との関わりを深め、得られた知識・スキル等を社会の中で活かす。学んだことを職業選択やキャリア形成と関連づけて考える。	社会との関わりを深め、得られた知識・スキル等を社会の中で活かす。学んだことを職業選択やキャリア形成と関連づけて考える。	社会との関わりを深め、得られた知識・スキル等を社会の中で活かす。学んだことを職業選択やキャリア形成と関連づけて考える。

10

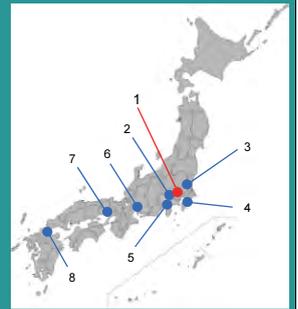
### プログラム・評価実施計画

本プロジェクトでは、科学リテラシーの涵養を目指し、すべての世代を対象として4つの分野に関する学習プログラムを作成し、連携している科学系博物館において実施し、評価を行う。最終的には学習プログラムの汎用化・モデル化を行い、教育事業の体系化と科学系博物館における学習モデルの提案を行う。

世代	2007	2008	2009	2010
学	国立科学博物館	国立科学博物館	国立科学博物館	ミュージアムパーク茨城県自然博物館
	マリノワールド海の中道	兵庫県立人と自然の博物館	神奈川県立生命の星・地球博物館	国立科学博物館
	国立科学博物館	国立科学博物館	マリノワールド海の中道	国立科学博物館
	ミュージアムパーク茨城県自然博物館	神奈川県立生命の星・地球博物館	国立科学博物館	兵庫県立人と自然の博物館
学	国立科学博物館	国立科学博物館	国立科学博物館	名古屋科学館
	名古屋科学館	科学技術館	名古屋科学館	国立科学博物館
学	国立科学博物館	国立科学博物館	千葉県現代産業科学館	国立科学博物館
	科学技術館	千葉県現代産業科学館	国立科学博物館	科学技術館

### 連携している博物館

- 国立科学博物館
- 科学技術館
- ミュージアムパーク茨城県自然博物館
- 千葉県現代産業博物館
- 神奈川県立生命の星・地球博物館
- 名古屋科学館
- 兵庫県立人と自然の博物館
- 海の中道海洋生態科学館



本研究の枠組みと開発したプログラム (2007~2008)

年度	2007		2008	2009	2010
分野	世代	幼児と小学生	中学生と高校生	大学・成人・ファミリー	団塊
生命・人間と社会		おいしいぬりえ 生きもの美肌コレクション	恐竜発掘地層ケーキをつくらう! 火山と暮らしの楽しい関係		
宇宙・地球・環境と社会		かわらの小石で遊ぼう かわらの小石で遊ぼう ~小石のアートにちようせん!	めざせ砂金ハンター ~河原の砂金はどこから来るの? 化石は語る ~化石が教えてくれる過去の環境		
物質と社会		"かたち"のはてな?	鉄を取りだしてみよう 化学反応は電子が主役 ~酸化還元反応~		
技術と社会		風車で分かる電気エネルギー ~風車によるエネルギー変換効率改善を中心として 風車で分かる電気エネルギー ~家庭で使用する電気の電圧を測定し、電圧を安定させる中心として	速く正確に走るロボットを作って、 コース別タイムトライアルをしよう 大きな水の話		

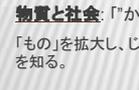
13

学習プログラム展開例 (2007年度 幼児・小学生対象)

**生命・人間と社会**「おいしいぬりえ」「生き物美肌コレクション」  
普段食卓に上る海の生き物を、展示物のぬりえを通してじっくり観察することにより、外部形態の特徴を知ると共に、博物館展示の観察の視点を与える。



**宇宙・地球・環境と社会**「かわらの小石で遊ぼう」  
・親子と一緒に石遊びを楽しみながら、自然(石)に親しみ、興味・関心を持つ。



**物質と社会**「"かたち"のはてな？」  
「もの」を拡大し、じっくり観察することを通して、もののかたちを知る。



**技術と社会**「風車で分かる電気エネルギー」  
電気を作る難しさについて考えてもらう。また、社会との対応として、家庭で「電気使用量のお知らせ」を見たとき、単位を読み解くことができるようにする。

14

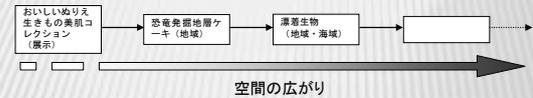
課題:教育事業の体系化の試み

- 「教育事業の体系」とは、「発達段階(世代)的に深化、拡張する一貫した系統によるプログラム群の事例」のことである。
- 系統の例
  - 参加者から見た系統
  - 扱う領域から見た系統
  - 科学リテラシーの目標から見た系統
  - 社会的な文脈から見た系統
- 「発達段階(世代)的に深まっていく一貫したプログラムを束ねる社会的課題を踏まえたテーマ」

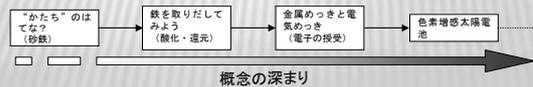
15

グループ内のプログラム体系化の例(扱う領域から見た系統)

生命・人間と社会グループ



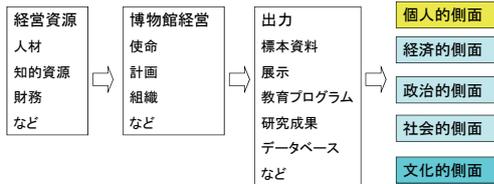
物質と社会グループ



16

課題:評価  
博物館の経営から見た科学リテラシーの影響力

資源投入(inputs) → 経営 → 結果(outputs) → 成果(outcomes, impacts)

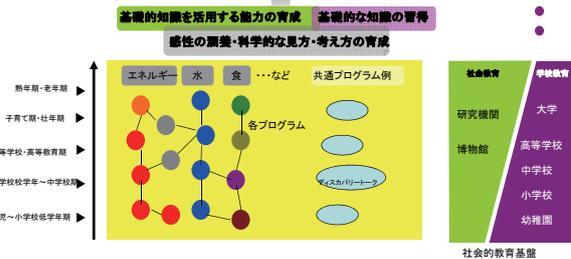


Persson(2000)及びGamett(2002)を元に小川が作成

17

科学リテラシー涵養活動の目標と人材養成

知識を積極的に活用し、課題に適切に対応できる人材の育成 → 個人の自立と社会における協働 → 豊かに生きることができると社会の構築





19



国立科学博物館

National Museum of Nature and Science

20

## 講演 1

### **Examining the Impact of Science Museums for Science Literacy - A Critical Examination of Assumptions**

**David Anderson (University of British Columbia, Vancouver, Canada)**

Thank you very much for the opportunity to speak to you today. I have actually had the pleasure of living in Japan for the last 6 months. So, I have not made the trip all the way from Canada, on this occasion, just all the way from Kobe, this morning on the Shinkansen.

First of all, I just want to express how much I have enjoyed living in Japan this last 6 months with my wife. I have thoroughly enjoyed the experience. I have been doing a lot of research work at Kobe Gakuin University based on visitors' memories of Banpaku and I am thoroughly enjoying the experience.

But today I want to share with you something of my thoughts about examining the impact of science museums for scientific literacy, and in particular, a critical examination of some of the assumptions that we hold about scientific literacy and museums. I think there is no doubt that we intend and we decide museums to have impact on the communities that the museums serve. The nature of that impact has multiple components and multiple facets. One part of which is scientific literacy and indeed it is a very important component. Today, I want to explore some of the assumptions that we might hold behind that particular component of impact.

#First of all, I want you to just follow-on from where my colleague Ogawa-san has let off talking about the nature of scientific literacy and I think that there are some very traditional definitions of what we mean by this particular phenomena. And I have just one here; I think there are many variations, but let me use this one as perhaps one of the more typical examples of scientific literacy.

So, we expect the scientifically-literate person to be able to appreciate and understand the impact of science and technology on everyday life. To be able to make and take informed personal decisions about the things that involve science, such as health and diet, and the use of energy resources. To be able to read and understand the essential points of media reports about matters involving science to reflect critically on information, including and more often important omitted from such reports. Also to take part confidently in discussions that relate to issues involving science.

This is a fairly standard definition of what we mean by scientific literacy, but I want to explore some of the underlying principles and tenets that form these definitions.

#The first point that I would like to make about scientific literacy is that it is, in fact, a very high-order learning outcome. It is not a simple thing. It is built on the foundation of other learning outcomes. This particular graphic here is a very old graphic from a scholar by the name of Benjamin Bloom, who did work in the year 1957, published a seminal piece of work based on the nature of learning and in particular cognitive learning. In this particular model, he describes the fact that learning is, in fact, hierarchical. It is built upon the platform of lower order dimensions of learning such as knowledge and understanding and the higher order dimensions of learning are, in fact, derivatives of this.

So, in his model he talked about the fact that we have knowledge, understanding and from this follows

application, synthesis and evaluation as the higher order learning outcomes. And indeed scientific literacy is a higher order learning outcome.

I also would like to make the point that science and indeed scientific literacy is a phenomenon which is culturally mediated. Today, we are in the year 2009 in Japan and we have a particular social context, which science is being mediated. There are certain things that are particularly relevant to today's society in modern day Japan. But equally, there are other cultures around the world which have scientific literacies but these are embodied in very different cultural context.

I recently had been doing some work in Kenya, helping doing some reforms to their education system. And I have been investigating some of the traditional forms of knowledge within Kenyan society and Kenyan culture and I find some very interesting phenomena. For example, there is a strong use of the idea of taboos to mediate cultural practices. Taboos are things that we use in society to modify or to direct behaviors. One of the taboos in Kenyan culture is that you must never sit on a cooking stone, a little bit like Yakiniku, a stone or a grill for cooking meat. And the taboo in this society is you must never sit on this. And everybody knows you must never sit on a cooking stone. The derivatives of why you must never sit on a cooking stone are rooted in the fact that you cannot tell whether a cooking stone is hot or cold. So it is a protective device for young children and indeed other people in society that you must never sit on this particular object. It has its origins rooted in scientific principles. Yet these scientific principles and the scientific literacy behind that is mediated in a very, very different and distinct culture. So likewise our definitions of scientific literacy and what we hold to be the conceptions of scientific literacy are rooted within our culture and within that context.

The third point that I would like to make about scientific literacy, is that it is a journey, not a destination. To be scientifically literate is not a state of being on or off, rather it is a continuum and it is a journey. We are all on a journey to increasing levels of scientific literacy, even those amongst us who are well educated and carry university degrees, all of us are on journeys of scientific literacy. So, from the child through to the adult through to the maybe not so well educated to the highly educated, we are all on journeys of scientific literacy as opposed to arriving at destinations.

The fourth point that I want to make, and elaborate on in my critical evaluation and of the assumptions behind scientific literacy, is that notions of emotion and emotional affect should not be discounted from the development of scientific literacy on our journeys to becoming more scientifically literate. And by this I mean that traditionally we have put a very strong emphasis purely on the cognitive domains of learning. That is the facts, the concepts, the knowledge that we deem to be in the body of science, but often to the exclusion of emotional responses or affective responses to this. And I want to say that both emotion and affect are critical elements in the journey to becoming increasingly scientifically literate.

#To illustrate this, I want to tell you a brief story of one of my own recent visits to a museum and this particular museum happens to be in China and it is Guanxingtai Museum, which is an ancient astronomical observatory in Central China which I visited last year. I want to use my personal experience of visiting this museum as an example of my own personal journey in reflection of becoming more scientifically literate around the topics of astronomy.

On this day, I visited with a group a people to this ancient observatory and this observatory, I discovered,

was built around the 1200 AD. It was a commissioned structure by the emperor of that particular area of China in that particular period. It was used for measuring the length of days and also the shortest and the longest day of the year, quite an elaborate structure. On that day we toured the exhibitions, we looked at the ancient astronomical instruments, we were given a tour by the curator of the museum, who was quite knowledgeable about many of the important and significant contributions that China has made to the science of astronomy. I was intrigued as I went around to see the sophistication of the instruments for ones that are developed many, many centuries ago and the science that is embedded behind their construction.

#The curator here was quite passionate about his observatory and his museum and told many interesting stories that got all of us very engaged about the topic of science and the history of science and the contribution that Chinese culture has made towards the science of astronomy.

#We actually got to participate in a number of experiments. We actually were there at the middle of the day, when the sun was transcending the meridian and we performed the experiment using the same instruments that the ancient Chinese astronomers used many centuries ago to locate the position of the sun on that day and determine the length of the day on that particular day of the year.

#So, as I went around this particular museum I learned a lot of new facts, a lot of new knowledge about the contribution of Chinese astronomers. But also as a result of this, I developed a whole bunch of other impacts or other learning outcomes.

Cognition was a key part of it, the elements that we would consider under the cognitive domain, learning the facts was a key part of it. But also there was strong emotional effect. I had a thoroughly enjoyable day. I was intrigued and taken in by the enthusiasm of the staff that were there at the observatory. I had very enjoyable, social interactions with my friends that I was there on that particular day.

I learned a lot about the culture. I learned a lot about the aesthetics behind the instruments. For me, it was impacting because I found the science behind these instruments to be aesthetically pleasing as well as the instruments themselves were quite pleasing in terms of their design. And so I have increased appreciations. As I reflect back on it myself, I can see that I have changed as a result of that visit. My identity and understanding of science and my self appreciation of me as a scientist has changed and developed because of the visit and, of course, increased interest and appreciation.

So the impact of the visit is not just in the cognitive domain, there are many, many, many other related and interconnected aspects of impact which have led me on a course. Since that time, I have done other things. I have seen television programs related to the contribution of Chinese astronomers. I have been on the Internet. I have read articles. I have had conversations with people. And I myself am on this journey of becoming increasingly literate in this particular topic and area. The catalyst was the museum. The starting point was the experiences that I have had which have led me further down the path with other life experiences to make me increasingly scientifically literate.

#The first assumption that I want to draw your attention to is the fact that there are a larger set of dimensions of impact on visitors, derived from museum experiences that transcend an exclusive focus on

the cognitive domains. And these domains are inextricably interconnected and are the basis of becoming more scientifically literate. My point that I made in the earlier introduction is that we should not ignore the emotional and the affective components of museum experiences, because these are the catalytic events that cause us to become increasingly interested and to investigate further and to journey further down the track of interest in science and indeed as a result, as a by-product, becoming more scientifically literate. And scientific literacy should not be considered to the exclusion of the cultural context in which it is embedded, the societal context, or other “non”-cognitive aspects.

There is a very recent example, I think, of this in Japanese society and it is the recent swine flu epidemic. I have been living in Kobe, but I can assure that I am very Genki. I have been witnessing a very interesting social phenomenon, particularly in Hyogo Prefecture. Many, many, many people, in fact probably 95% of the population wear face masks as they travel on the Densha. So there is, if you like, an increased appreciation of the fact that there is this infectious disease around. Also as I go into restaurants, everybody has bottles of alcohol to wash your hands with.

So, there are manifestations in society which are influenced by this contemporary event. You cannot isolate that event with the emotional aspects. For sure there are behavioral changes going on, people are much more conscious and aware of the spread of bacteria. People are much more aware of personal hygiene issues. People are much more aware of the need to wear face masks on the train, but I think this is an interesting topic for debate as to whether that is effective or not. You cannot separate that from the emotional aspects which you are driving at, is my point.

#My next assumption relates to the fact that not all visitors are the same. I was very pleased to hear Ogawa-san talk about this issue and the fact that in this particular museum there is a considerable effort being made to structure programs and efforts to promote scientific literacy as a function of different age groups, university, older people, younger people, and so on. It is indeed a very important appreciation that the impact of museum experiences are, in fact, mediated by visitor identity.

An identity is made up of multiple components. I have just a few here to talk about. Of course, personal interest and background knowledge are very key and traditionally well-known aspects that influence the impact of museum experiences. What you bring to the museum experience in terms of your background knowledge and interest is a key factor, which mediates how you engage with the exhibits and the programs and the impacts that result.

But there is more to it than that. I think there are other aspects like one’s life stage and this was alluded to previously, whether you are young or old, whether you are a university student or whether you are a young mother, these are all critical aspects, which shape the impact of the museum experience. Your personal culture, your community to which you belong and your personal agendas that you bring to the museum are critical influences of the impact of that museum experience.

#I want to allude to the study that I have been working on the last 6 months with my colleague Hiroyuki Shimizu at Kobe Gakuin University, and we have been looking in particular at the long-term memories of the Aichi Banpaku, it follows on from another study we did few years ago based on visitors’ long-term memories of Osaka Banpaku. I just want to use this as an example to show you that life stage, your age and your community identity are, in fact, variables which influence the museum experience.

Now, I appreciate Banpaku is not the same as the museum, but there are many similar characteristics. Banpaku have exhibits and visitors come along and are able to engage freely as they choose to with the exhibitions as they go through the various pavilions and displays. And so in this manner it is a free-choice experience, it is a leisure-time experience, which people can engage in.

In this particular study that we have been working on the last 6 months, we have been interviewing visitors to Aichi Banpaku and in our study we were conscious to look at two variables, one was the age of the participants and so we looked at university level students' ages to – 22 through 30. Also we looked at older adults, ages 60 through to 80.

And the other variable that we looked at was the community to which they belonged. We looked at people from Aichi Prefecture, Aichi-jin, and we also looked at people from Kansai area, Kansai-jin. And when we did some analysis based on their personal writings of their emotional response to Aichi Banpaku, we see that there are some differences.

Just to very briefly explain this diagram. This diagram here represents younger adults, these are older adults and this circle here represents the older people from Kansai. These are the older people from Aichi. These two dots are superimposed on one another. These are the younger people from Aichi and from Kansai.

This scale here represents the extent to which they feel a positive emotional effect associated with the visit. And you can see for younger people and for older Aichi-jin, there is a strong emotional affect associated with their visit, as they remember it. But for older Kansai-jin, very low, not so much. So, definitely, age and where you come from are, in fact, variables, which influence your identity and in turn the impact of the visit.

#Likewise, this is another factor which we were able to determine. This is the clarity of the memories, how well did these people remember. And we can see a quite a nice interaction going on here, the older Kansai-jin have the vaguest memories, the older Aichi-jin have the strongest memories. Interestingly, we have a difference by younger people and their location also. So, the younger Kansai-jin have stronger memories than the younger Aichi-jin. An interesting paradox I think.

I do not mean to fully explain the results in this particular seminar. However, next Monday, that is the 22nd, I will be presenting here in Tokyo again at the Japan Foundation in near Shinjuku and if you would like to attend that seminar in the centre isle here there are some application forms and a poster describing that event. It is between 2 p.m. and 3:30 p.m. next Monday. That is not this Monday, the following Monday, the 22nd of June. And you are very welcome to attend, please collect an application form and fax to the Japan Foundation.

#So assumption number two, visitors are not all the same. Our identity or visitor's identity and life stage shapes their attention, the meaning that is made from the experience, and ultimately the impact of the museum experience. Lastly, museums need to consider a wider set of identity factors beyond age in order to consider their development of exhibitions and programs that promote scientific literacy. Age is one factor, but there are other factors, which need to be considered.

#My third assumption that I want to discuss is the issue of measuring the impact of museum experiences

and indeed scientific literacy. The impact of museum experiences, or any experience for that matter, is continually constructing and reconstructing with subsequent life experiences. Very often in my research career I have been asked the question of museums what is the impact of my museum. Well, there are a lot of ways to measure that. But if we look and consider impact it is important to realize that instantaneous measures, measures immediately following the visit only tell a part of the story.

There are other stories to be told. And the impact of the museum experience goes on in the subsequent hours, days, weeks, months and even years, as is demonstrated by the Banpaku studies which I have been involved in. So we need to consider the measuring of impact with much longer baselines rather than instantaneous post-visit measures. Many museums try to assess the impact of museums based on exit interviews or exit surveys or exit polling. And the impact of the museum experience, as measured by instantaneous measures, tells a part of the story, not the whole story. The reason being is that the experience lives on.

The experience of visiting the museum continues in the conversations that visitors have with one another, as they leave the museum. It continues as they, for example, watch television programs that relate to the content of the museum or as they read the newspaper or surf the Internet or have conversations with their mother or father or friends or colleagues, as they engage with their teacher back in the classroom in the subsequent days and weeks following the visit. There are a lot of other experiences that are going on which cause the museum experience to reconstruct and construct again. So if we really want to understand the impact of the museum, we must consider measures not just following the visit but longitudinally, in the days, weeks, months and even years, following the museum experience.

Also I want to say that based on much of the published research, most of the research that has looked at impact of museum experience has tended to use individual units of analysis. So we consider the individual visitor and consider the impact on the sole person as the unit of analysis to understand impact. And I want to say that there are other units that can be considered.

We should be considering the impact on other units like, for example, groups, one of the traditional groups that are considered with the museums are families. What was the impact of the museum visit on the family as a whole group or even larger units of analysis, what is the impact of how classrooms, from schools visiting the museums, or what is the impact of the museum on the citizens of Tokyo. There are other units that can be considered when we start to conceptualize impact beyond the unit of the individual and it is important to consider these units of analysis when we are thinking about measuring impact.

#This is my third and last assumption that we need to be aware of. Measuring impact in the museum is in reality measuring an interaction, it is an interaction between the museum and other life experiences that the visitors have. There is, I believe, no such thing as a one-to-one correspondence between the impact of the museum and subsequent life impact, because there are other things going on. There are other interactions going on, there are other things happening that the visitors are exposed to which causes them to change. So to isolate the pure essence of the impact of a museum is impossibility. We really need to be aware that, that actually what is going on is that our museum experience is that we have and visitors have are dynamically changing with other life experiences. And if we appreciate that, actually we can understand that there is great importance with partnering with other organizations and other mediums of life experience within our communities, partnering with schools is an obvious one, many museums do this. But also

partnering with community groups, partnering with the media, partnering with other scientific organizations and other elements to which visitors are exposed to our scientific messages in museums are important.

As I have mentioned within my third assumption here, longitudinal assessments are very important that go long beyond instantaneous measures. We need to capture changes overtime. Sometimes these changes are big and sometimes very often, I think for the most part the changes are incremental and small. But they are nonetheless significant. I remember the story of a child who visited the Ontario Science Centre in Toronto in Canada. This particular child, in this research study, went to the mathematics gallery and was looking at an exhibit that was trying to demonstrate probability. And the exhibit consisted of balls which dropped through a matrix of pins. And as the balls fell, increasingly it developed a normal curve distribution. In this particular study, the child was interviewed and made no mention whatsoever of this particular exhibit. However, in a follow-up interview 6 months later the child very excitedly reported that, 'Oh, I understand what my teacher is talking about when he talks about probability, because it is like that exhibit that we saw in the science museum 6 months ago, where the balls were dropping and it made that nice bell shaped curve.'

If we had measured the impact immediately, following the exhibit experience, we would have said, ah, no impact, we have failed. But the longitudinal measuring and appreciating that there are other life experiences going on actually speak to the fact that the exhibit was a success, but not able to be detected in the immediate post visit sense. So, we need to be able to measure our impact longitudinally and overtime.

#In conclusion, I want to summarize the three assumptions that I think we need to be critically aware of when it comes to looking at museums for scientific literacy. And that is that, number one; we need to develop a wider appreciation of the dimensions of impact. We need to understand that the impact of museums are not just in the cognitive domain but the impact are emotional, they are aesthetic, they are social, they are attitudinal, they are cultural, they relate to our identity, and in some instances they relate to our issues of moralistic issues, depending on the exhibit content. So, we need to be aware that there are a wider set of impacts, which are the vehicles, which are the channels, the foundations upon which increasing scientific literacy is developed. Scientific literacy is not a destination, it is a journey and the catalytic events that go on during museum experiences are the vehicles, are the channels which lead us further into increasing levels of scientific literacy with life experiences.

Secondly, museums, as museums we need to have a deeper appreciation of visitor identity and life stages as important and highly significant considerations to be realized. Identity is a multifaceted construct, identity relates to who we are, our values, our life stages, our personal characteristics, the communities to which we belong, these are important factors to consider as we investigate the impact of museums for scientific literacy.

Lastly, we need to consider the measurement of scientific literacy from a longitudinal perspective and that we need to take measures, which go long beyond instantaneous assessments to consider the interaction of subsequent life experiences that people have after they visit the museum on the development of scientific literacy.

#Thank you very much. I would encourage you to please visit my faculty web site in which there are

many, many articles, which relate to assessing the impact of museums and indeed informal learning research. Thank you very much.

本日皆さんの前でお話をする機会を与えていただき本当にありがとうございます。実は、私は6ヶ月前に来日し、以来日本で暮らしております。従いまして、私は本日のために遠いカナダから参ったわけではなく、今朝新幹線に乗って神戸から参りました。

はじめに、この6ヶ月間妻と共に日本で暮らせましたことを、非常にうれしく思いますことを申し上げておきたいと思ひます。この経験を本当に喜ばしく思っております。私は、神戸学院大学において、万博来場者の感想に基づいた研究に勤しんでおり、このように過ごせますことを大変光栄に思ひます。

本日は、科学リテラシーにおける科学博物館のインパクトの調査、とりわけ、科学リテラシーと科学博物館に関して私たちが抱えている課題のいくつかの批判的調査について私が考えていることを皆さんと共有したいと思ひます。博物館が社会にインパクトを与えるようにすることを私たちが目指し、是非ともそれが実現するように強く思っていることは紛れもない事実です。そのインパクトの性質は多くの部分と多くの面を持っています。その一つは科学リテラシーであり、実際、これはとても重要な部分です。本日は、インパクトのこの部分に関して私たちが抱えているであろう課題のいくつかについて探りたいと思ひます。

# まず最初に、小川さんが科学リテラシーの性質についておっしゃったことを踏まえ、私たちがこの現象に与えている意味にはいくつかの非常に伝統的な定義が存在すると私は考えます。その一つはこうです。バリエーションは多くあると思ひますが、科学リテラシーの最も典型的な見本の一つと思われるものをここで使用させてください。つまり、私たちは科学リテラシーを持つ人に対し、日常生活において科学と技術のインパクトを認識し、理解することができることを期待します。健康や食生活、そしてエネルギー資源の利用など、科学に関わることについて、十分な情報に基づいて個人的な決定を下すことができること。科学に関する報道の要点を読み、理解して、情報を、その報道から重要な点が省かれている場合はその点をも含めて、批判的に精査することができること。さらに、科学関連問題に関係する議論に積極的に参加することです。これは私たちが科学リテラシーに与えている意味のかなり標準的な定義ですが、私は、これらの定義を形作っている基本的な原則と主張のいくつかを探りたいと思ひます。

# 私が科学リテラシーに関して指摘したい第一の点は、これが実際、非常に高いレベルの学習成果であるということです。これは簡単なことではありません。これは、その他の学習成果を土台にして、その土台の上に築かれます。このグラフはベンジャミン・ブルームという学者が発表したとても古いグラフで、彼は1957年に研究を行い、学習、特に認知学習の性質に基づいた画期的な論文を発表しました。このモデルにおいて、彼は、学習が実際、階層的であるという事実を述べています。知識や理解といったレベルの学習要素を土台にして、その土台の上に築かれ、学習の高レベルの要素は、実はこれの派生物です。

従って、このモデルにおいて、彼は、私たちは知識、理解を持ち、この上に高レベルの学習成果としての応用、総合、評価があるという事実について語りました。そして、まさに科学リテラシーは高レベルの学習成果です。

私は、さらに、科学、科学リテラシーというものは文化に左右される現象であるという点も指摘

したいと思います。今日、2009年の日本には、科学を左右する社会環境が存在しています。現代の日本の社会に特有のものが存在しています。しかし、同様に、科学リテラシーを持つ別の文化は世界中に存在していますが、これらは非常に異なる文化的環境の中に存在しています。

私は最近ケニヤで活動し、ケニヤの教育システムの改革を手伝いました。また、ケニヤ社会とケニヤ文化の内部にある知識の伝統的な形態のいくつかを調査し、非常に興味深い現象をいくつか発見しました。例えば、文化的慣習を左右するタブーの概念が普及していることです。タブーとは、私たちが行動を改めるまたは指示するために社会において使用するものです。ケニヤ文化におけるタブーの一つに、料理用の石、つまり焼肉に少し似たような、肉を料理するための石やグリルの上に決して座ってはならない、というものがああります。誰もが料理用の石の上に決して座ってはならないということを知っています。料理用の石の上に決して座ってはならない理由は、料理用の石は熱いのか冷たいのかわからないという事実に基づいています。従って、この特定の物の上に決して座ってはならないということは、幼い子どもや社会の中のその他の人々を保護する手段です。その源は科学的原理に根ざしています。しかし、これらの科学的原理とその背後にある科学リテラシーは、非常に独特である文化に左右されます。従って、同様に、私たちの科学リテラシーの定義と科学リテラシーの概念の中身は、私たちの文化とその環境に基づいています。科学リテラシーに関して私が指摘したい第三の点は、それは旅であって目的地ではないということです。科学リテラシーがあるということは、着いているか離れている状態ではなく、むしろ、連続体であり、旅です。私たちは皆、科学リテラシーのレベルを高める旅に出ます。高等教育を受け大学の学位を持っている人でさえ、皆、科学リテラシーの旅に出ます。従って、子どもから大人まで、あまり教育を受けていない人から高等教育を受けた人まで、私たちは皆、目的地に到達することとは全く異なる科学リテラシーの旅に出ます。

私が指摘したい、私の批判的評価において科学リテラシーにおける課題に関して述べたい第4の点は、科学リテラシーを深める旅の途上にあつて、私たちは、科学リテラシーの育成から感情と情緒の概念を軽視すべきではないということです。これは、伝統的に私たちは学習の認知領域のみを極めて著しく重視してきた、ということの意味します。私たちが科学の本体に入ると見なししているのは事実、概念、知識であり、これに対する感情的反応、情緒的反応はしばしば除外されてきました。さらに、感情と情緒は共に科学リテラシーを深める旅の重要な要素である、と言わなければなりません。

# これを説明するため、私自身が最近ある博物館を訪れたときのことを簡潔にお話ししたいと思います。この博物館は中国にあります。観星台 (Guanxingtai Museum) という中国中央部にある古い天文台で、私が訪れたのは昨年のことでした。この博物館を訪れたときの私の個人的体験を、天文学分野の科学リテラシーを深める私自身の旅の一例として使用したいと思います。

その日、私はあるグループと共にこの古い天文台を訪れ、この天文台が西暦1200年ごろに建てられたものであることを知りました。これは、中国のある地域の皇帝がある時期に命じて建てさせた建物でした。それは、日の長さを計り、さらにその年の最も短い日と最も長い日を計るために使用され、非常に精密な構造を持っていました。その日、私たちは展示品を見て回り、古い天文機器を見ました。私たちは博物館学芸員の解説付きで見て回り、学芸員は、中国が天文学に非常に重要で多大な貢献を果たしたことを詳しく知っておられました。私はわくわくしながら見て回

り、何世紀も前に建てられた建物の設備とその建造の基礎を成した科学のレベルの高さを認識しました。

# その学芸員はその天文台と博物館を深く愛しており、面白い話を次々と語ってくれるので、私たちは皆、この科学とその歴史、さらには中国文化が天文学において果たした貢献に強く引かれました。

# 私たちは実際に多くの実験に参加しました。太陽が子午線を超えるその日の真ん中に実際にここにおいて、昔の中国の天文学者らとその日の太陽の位置を突き止めると共にその年のその日の日の長さを決定するために何世紀も前に使用したのと同じ装置を使って実験を行いました。

# このように、私はこの博物館を見て回る中で、多くの事実や、中国の天文学者らの貢献について大いに学びましたが、この結果、私は別のインパクトあるいは別の学習成果をも豊富に得ることとなりました。

認知はその重要な部分でした。私たちが認知領域に入ると見なしている要素、即ち、事実を学ぶことはその重要な部分でした。しかしまた強い感動もありました。その日は私にとって非常に楽しい日となり、私は天文台のスタッフが熱く語る話に引き込まれました。私はその日、そこで友人らと非常に楽しい交流を持つことができました。

私は文化について多くのことを学びました。また、装置を支えている美学についても多くのことを学び、それにより私はインパクトを受けたのですが、それは、私がこれらの装置を支えている科学を美しいと思うと共に装置そのものをデザインの面で非常に心地よいと感じたからです。認識も高まりました。そこでの私自身の体験を振り返ってみると、その訪問の結果、確かに私は変わりました。私のアイデンティティと科学の理解、そして一科学者としての私に対する私の自己評価が、その訪問そして、関心と認識の向上により変化しました。

この訪問の影響は認知領域のみに留まらず、私を前進させたインパクトは、関連し合う他の多くの側面にも及んでいます。私は中国の天文学者らの貢献に関係するテレビ番組を見ました。インターネットにアクセスしたり、記事を読んだり、人々と会話したりもしました。そして私はこの特定分野の教養を深める旅に出たのです。触媒となったのは博物館でした。出発点は私自身の体験であり、その体験に導かれて私はさらに道を進み、科学リテラシーを深める別の人生経験をえました。

# 皆さんに注目していただきたい最初の課題は、博物館体験が入館者に及ぼすインパクトの範囲を認知領域のみに留めるべきではない、ということです。そしてこれらの領域は密接に関係しあっており、科学リテラシーの深まりの根底を成しています。私をはじめに指摘しましたように、私たちは博物館体験の感情と情緒の部分を無視すべきではありません。なぜなら、私たちに触媒作用が起きて関心が高まり、さらに調査し、科学への関心を深める旅を続けるようになり、その結果、副作用として、科学リテラシーが深まるからです。そして科学リテラシーは、それを包み込んでいる文化的環境、社会環境、その他の認知以外の側面を無視して考えられるべきではありません。

最近の一例を挙げましょう。日本の社会における例です。それは豚インフルエンザの流行です。

私は神戸に暮らしていますが、私はとても元気です。私は兵庫県において非常に興味深い現象を目の当たりに見えています。非常に多くの人、おそらく人口の 95%が、電車内でマスクを着用しています。つまり、伝染病が流行しているという事実の認識の高まりが存在しているわけです。レストランに行けば、手を消毒するためのアルコールのボトルがどこにでも置いてあります。つまり、この現在の事象から影響を受けている社会現象が存在しているのです。この事象から感情の側面を切り離すことはできません。行動の変化が間違いなく起きています。人々の間で細菌が蔓延しているという意識と認識、衛生の問題の認識が著しく高まっています。電車内でマスクを着用する必要があるという認識も著しく高まっています。ただし、そうすることに効果があるかどうかについては議論の余地があると思います。つまり、そういうふうに仕向けている感情の側面を切り離すことはできません。私が言いたいのはそういうことです。

# 次に申し上げたい課題は、来館者全員が同じであるわけではない、ということに関係しています。私は、小川さんがこの問題についてお話しされたこと、この博物館においてプログラムの構成に相当の努力が払われていること、様々な年齢層、大学生、高齢者、若者などの科学リテラシーを育成する努力が払われていることを非常にうれしく思います。博物館体験のインパクトが、実際に、入場者のアイデンティティーに左右される、ということを経験することは非常に重要です。

アイデンティティーは多くの部分から成り立っています。ここではその中のほんのいくつかについてお話しします。勿論、個人的な関心と基礎知識は、博物館体験のインパクトに影響を及ぼすとても重要で、昔からよく知られている側面です。基礎知識と関心は博物館体験を生む重要な要素であり、展示物とプログラムに引き付けられる程度と結果としてのインパクトを左右します。しかし、これだけではありません。人々のライフステージなどのその他の側面もあると思います。さきほど触れましたように、若い年を取っているか、大学生であるかどうか、若い母親であるかどうか、ということです。これらは全て博物館体験のインパクトを形作る重要な側面であり、人の私的な文化、人が属する社会、博物館を訪れる個人的な理由は、博物館体験のインパクトに影響を及ぼす重要な要素です。

# 私が神戸学院大学において私の同僚である清水寛之さんとともにこの 6 ヶ月間行ってきた研究に触れたいと思います。私たちは特に愛知万博の長期的記憶について調査してきました。大阪万博の来場者の長期的記憶に基づいて私たちが数年前に行った別の研究に続く研究です。私これを例に挙げるのは、人々のライフステージ、年齢、属する社会が、実際、博物館体験に影響を及ぼす変数であることをわかっていただくためです。

確かに万博は博物館とは同じではありませんが、類似する特徴が数多く存在しています。万博は展示を行い、人が来場し、来場者は様々なパビリオンと展示物を見て回る中で展示と好きなように自由に関わることができます。要するに、自由選択体験であり、人が参加することのできる余暇体験です。

私たちがこの 6 ヶ月間にわたり行ってきたこの研究において、私たちは愛知万博入場者に聞き取り調査を行いました。研究において私たちは、二つの変数について調べたいと思いました。一つは入場者の年齢です。私たちは 22 歳から 30 歳までの大学生について調べ、また、60 歳から 80

歳までの高齢者についても調べました。

私たちが調べたもう一つの変数は入場者が属する社会です。愛知県から訪れた人、愛知人について調べました。関西エリアから訪れた人、関西人についても調べました。そして、入場者の愛知万博に対する感情的反応の個人的記載の内容に基づいて分析を行った結果、いくつかの相違のあることがわかりました。

この図を簡単に説明させてください。この図は若い成人です。これは高齢の成人、この丸は関西から訪れた高齢者です。これは愛知から訪れた高齢者です。これら二つの点はお互いに重なり合っています。これらは愛知から訪れた若い人と関西から訪れた若い人です。

この大きさは、来場して感動した人の数を示しています。ご覧のように、若い人と高齢の愛知人においては、来場して強く感動したと記憶している人が大勢います。しかし、高齢の関西人においては、それほど多くありません。従って、明らかに、年齢と属する社会は、実際に、人のアイデンティティーに影響を及ぼし、結果的に来場のインパクトに影響を及ぼしています。

# 同様に、私たちが決定することのできる要因はもう一つあります。それは記憶の鮮明さ、これらの人々がどれくらいよく覚えているかです。ご覧のように、これには非常に強い関連が認められ、記憶は高齢の関西人において最もぼやけており、高齢の愛知人において最も鮮明となっています。面白いことに、若者と若者の属する社会では異なります。記憶は若い愛知人よりも若い関西の方が鮮明です。興味深いパラドックスだと思います。

# このように、第二の課題は、来館者を全員同じと思っはいけない、というものです。私たちのアイデンティティー、即ち、来館者のアイデンティティーとライフステージは、来館者の印象、体験の意義、そして最終的に博物館体験のインパクトを形成します。最後に、博物館は、科学リテラシーを育成する展覧会とプログラムの開発を考慮するためには、年齢以外の様々なアイデンティティー要素を考慮する必要があります。年齢は一つの要素ですが、考慮する必要のある要素は他にもあります。

# 私が論じたい第三の課題は、博物館体験のインパクト、ひいては科学リテラシーを測定するという問題です。博物館体験、あるいはこれに関係する一切の体験のインパクトは、その後の人生経験を得る中で継続的に構築され、再構築されています。私は研究者になって以来、何度も、博物館に関する疑問、博物館のインパクトはどれほどかという疑問を問い続けてきました。確かに、これを測定する方法はいろいろとあります。しかし、インパクトを調べ考慮する場合、瞬間的な計測値、来館直後の計測値は全容の一部しか教えてくれないということに気づくことが重要です。明らかにされるべき点は他にもあります。博物館体験のインパクトは、私が参加している万博調査の結果が示しているように、その後、何時間、何日間、何週間、何ヶ月間、何年間も継続します。従って、来館直後の瞬間的な計測値ではなく長期的なスパンでインパクトを計測することを考慮する必要があります。多くの博物館は、出口調査や出口投票の結果に基づいて博物館のインパクトを評価しようとします。しかし、博物館体験のインパクトを瞬間的な計測値で測定した場合、その計測値は全容の一部を明らかにするだけであり、全体を明らかにしているわけではありません。なぜなら、その体験は生き続けるからです。

博物館来館の経験は、来館者が博物館を出た後も、来館者の間で交わされる会話の中で継続しま

す。例えば、来館の数日後あるいは数週間後に、博物館の中身に関するテレビ番組を見る、新聞を読む、インターネット上のサイトを見る、父や母あるいは友人や同僚と会話する、教室で先生に話す、といった中で続きます。その後の多くの別の経験により、博物館体験は再構築されてゆくのです。従って、博物館のインパクトを本当に理解するためには、来館直後の計測値だけではなく、博物館体験後、何日間、何週間、何ヶ月間、何年間にもわたって長期的に計測された値をも考慮しなければなりません。

また、発表された研究の多くに基づいて申し上げるとすれば、博物館体験のインパクトを調査した研究のほとんどでは、個人を分析単位として用いる傾向にありました。これは、来館者個人を考慮すること、個人を分析単位として個人へのインパクトを考慮してインパクトを理解するということです。私が申し上げたいのは、考慮することのできる単位が他にもあるということです。私たちはその他の単位へのインパクト、例えば、集団へのインパクトを考慮すべきです。博物館に関して考慮されている伝統的な集団の一つは家族です。一集団としての家族に与えた博物館来館のインパクトはいかほどか。分析単位をこれより大きくすることもできます。博物館を訪れた学校の一クラスに与えたインパクトはいかほどか、東京都民に与えたインパクトはいかほどか。インパクトを計測する計画作りに着手する際に考慮することのできる単位は個人以外にも存在し、インパクトの計測を考える際にこれらの分析単位を考慮することが重要です。

# これは私たちが認識すべき三番目の最後の課題です。博物館のインパクトを計測するということは、実際、相互作用、即ち、博物館と来館者が得た他の人生経験との間の相互作用を計測するということです。博物館のインパクトと以後の人生のインパクトの間に一対一の関連のようなものが存在するとは思えません。なぜなら、継続することが他にあるからです。継続する相互作用が他にあり、来館者を変える出来事が他に起きるからです。従って、博物館のインパクトの純粋なエッセンスを分離することは不可能です。私たちは、現実において、来館者が得る博物館体験が、他の人生経験を積む中でダイナミックに変化する、ということ十分に認識する必要があります。他の組織、関係する他の人生体験媒体と連携すること、学校と連携することが非常に重要であることを理解すべきであり、実際、多くの博物館がこれを行っています。しかし、地域グループとの連携、メディアとの連携、他の科学組織との連携、博物館が訴えたい科学的メッセージを来館者に伝える他の要素との連携も重要です。

第三の課題の中で申し上げたように、瞬間的な計測の後に長く継続する長期的な評価は非常に重要です。私たちは時間の経過と共に発生する変化を捉える必要があります。これらの変化は時に大きく、時に頻発しますが、変化は漸進的であり小さい場合がほとんどであると思います。ただし、それらは重要です。ここで、カナダのトロントにあるオンタリオサイエンスセンターを訪れたある子どもの話をしたいと思います。この調査研究に参加したこの子どもは、数学の展示室に行き、確率を説明するための展示を見ました。その展示はボールが盤に留められたピンの間を落ちて落ちるといったものでした。ボールは、落ちる中で、徐々に正常な曲線を描きました。この研究においてこの子どもに聞き取り調査したところ、その子どもはこの展示については一言も言いませんでした。しかし、6ヵ月後の追跡調査において、その子どもは、非常に興奮して、「先生が確率について話していたとき、先生が何について話しているのか理解できました。6ヶ月前に科学博物館で見た展示と同じだったからです。その展示では、ボールが落ちてゆき、きれいなベルの形をした曲線を作りました」と言いました。

もしもその展示体験の直後に瞬間的にインパクトを計測していたら、私たちは、ああ、インパクトはゼロだ、失敗した、と言っていたでしょう。しかし、長期的な計測と評価において、その後起こった人生体験が他にあり、その展示は成功であったことがわかりました。その成功は来館直後には確認することのできないものでした。そういうわけで、インパクトを長期的に、時間をかけて計測する必要があるのです。

最後に、科学リテラシーについて博物館を調査する際に批判的に認識する必要があると私が考える三つの課題を要約したいと思います。まず、一つ目は、インパクトをより幅広く理解する必要がある、というものです。博物館のインパクトは認知の領域のみに留まるものではなく、感情、美学、社会、態度、文化、アイデンティティーに及び、展示の内容によっては私たちの道義的問題も関与します。従って、私たちはインパクトの範囲が広いことを認識する必要があります。これらは科学リテラシー育成の媒体であり、経路であり、土台です。科学リテラシーは目的地ではありません。旅です。そして博物館体験中に進行する触媒作用は、人生経験を積む中で科学リテラシーを深めるための媒体であり、経路です。

二つ目は、博物館は、来館者のアイデンティティーとライフステージを、重要かつ非常に重大な検討事象として深く認識する必要があるというものです。アイデンティティーは多面的な構造を持ち、私たちが何者であるかや、それぞれの価値観、ライフステージ、個性、属する社会に関係しています。これらは、私たちが科学リテラシーについて博物館のインパクトを調査する中で考慮すべき重要な要素です。

最後に、私たちは、長期的な視点に立って科学リテラシーを計測することを考慮する必要があります。また、科学リテラシーの深まりについては、瞬間的な評価のみに留まらず、長期的に計測し、人々が博物館を訪れた後に得る以後の人生経験の相互作用を考慮する必要があるのです。

ありがとうございました。どうか、私の学部のウェブサイトを訪れてみてください。そこには、博物館を含むインフォーマルラーニングのインパクト評価に関係するたくさんの論文が載っています。ありがとうございました。

(永山) どうもありがとうございました。

(亀井) 国立科学博物館、亀井と申します。よろしく願いいたします。万国博覧会と博物館の間で、ロングタームのインパクトで、同じようなところと違うようなところがありましたら、端的に確認していただけると幸いですので、お願いします。

(Anderson) 面白い質問です。出版されているこの分野に関する文献は限られております。経時的に長期的に、博物館体験を評価している論文はあまり多くありません。全部考えたとしても、15本程度しかありません。英語の論文でもせいぜい15本しか私は思い出すことができません。しかし、共通して言える項目はいくつか知られていると思います。一つは情動・感情として記憶が残るということの重要性です。長期的な博物館訪問のインパクトに関する論文ならびに、私自身が行った万国博覧会に関する長期的な記憶の結果を見ますと、気持ち、感情です。悪くても、

良かったとしても、気持ちが大きいのです。例えば、いらいらした、気に入らなかったことがあった場合、あるいはせっかく訪問した場合に、何かのニーズが満たされなかった、あるいは特に楽しかった、特に充足感があった、特に良かった、あるいは悪かったという感情が伴っている場合には、非常に長く記憶が残ります。

もう一つは、意図に関わっているのです。証拠が実際にありまして、例えば実際に皆さんがX・Y・Zをしようと思っ、インフォーマルな学習の場に行き、実際に予定されていたX・Y・Zが満足できる程度にできた場合には、記憶に残ることが分かっています。また万博の研究でも一つ分かったことがあります。ただ、博物館研究で長期影響として研究されているか分からないのですが、その記憶を皆さんがリハーサルするかどうかなのです。思い返す、思い起こすことを、心理学用語でリハーサルと言っています。

例えば、おしゃべりをする中で、「あのときはね、XとYとZをしたのだ」と語り合うときに、それはリハーサルの一つなのです。例えば写真を見ながら思い出したり、おしゃべりしながら思い出したり、あるいはお土産を見ながら思い出す、それによって訪問のことを思い返すことをリハーサルと言っております。

何回それを思い起こすか、記憶を繰り返すか、これが何よりも重要な要素であって、その記憶が数年たっても鮮明であるかどうかを決めると思うのです。それは博物館にとっても多くの教訓になると思うのです。博物館として、何回も思い出してもらうためには、どうするか、参考となると思います。一部の世代や、教師にとってはやりやすいかもしれませんが。教室の中で、様々なアクティビティをして「博物館に行きましたね」と先生が繰り返し言うことができるかもしれません。一方、自分で選んで行った場合には、それを繰り返し思い出させることは簡単でないかもしれません。ただ、考えなければいけないのです。来た人みんなに思い起こしてもらいたいと私たちは思っているわけですから、それを意識した上で展示をすると、皆さんにとって構築・再構築が繰り返されて、リハーサルが増えてくるかと思えます。

(会場) 科学系の博物館は今、様々なマルチメディアのデバイスを使って、ここの科学博物館でも、タッチパネルのようなものを使ったりして、来館者にいろいろな経験を提供することをしています。こういった技術は、例えば何十年たった場合には、陳腐化して使われなくなっている可能性が高いわけですね。そうしたときに、長期の来館者経験を測りたくても、使われていたデバイスはもうないという状態になったとき、来館者の経験というのは測れるものなのでしょうか。

(Anderson) 技術的なデバイスは、具体的にどういうものなのでしょうか。

(会場) 例えば今、そのタッチパネルで、動物が動いている映像を見られますが、それがもう単純にディスプレイにタッチしてというものではなくて、例えばマイノリティ・レポートの映画にあったような、いわゆるタンジブルなデバイスになったとき、古いものはすでに使われなくなってしまって、そのときの経験を思い出そうとしても、もうデバイスがなくて、「そのときどう思いましたか」という話は、聞けないのではないかと思ったのです。そういったデバイスを残しておく必要があるのかということを含めた質問です。

(Anderson) 測定は可能です。つまり、多くの博物館では苦勞してITや最先端の技術を使おうとしているのですが、それは財政的にも厳しいことですし、実務的にも簡単ではありません。

技術は、あまりにも早く進んでいるからです。皆さんの博物館でも、そのときの最先端の技術を使いたいと、最先端のメディアを使いたいと思ったとしても、簡単ではありません。しかし、長期的なインパクトを考えた場合、インタラクティブな相互作用があるもの、やりとりができるもの、最先端の「クールだ」という技術であったからといって、記憶が鮮明だとかインパクトが大きいとは限りません。ITではないのです。

ほかに重要なのは、例えば本人に対する関連性、あるいは本人の関心との関連性です。よく私が言うストーリーがあります。中国科学技術博物館を訪問したことがあり、そのときに同僚が私に言ったのですが、「頑張ったんだよ。苦労したんだよ、この展示。これは栄養と食べ方に関しての食育なのだけれど、若い人は全然関心を持ってくれないんだよ。若い人はぜんぜん足も止めてくれないんだよ。ただ高齢者は、パネルを全部見るし、質問もたくさんするのだけれども」とキュレーターは言うのです。「なぜ若い子は関心を持ってくれないのか」と。そこで私は言ったのです「若い人は気にかけていないんだよ」と。高齢者は、もちろん自分の栄養や食べ方に関心を持っているであろう。なぜかといえば、そういう人生のライフステージであって、高齢者であるから関心があるのだ。タッチパネルがあるかないかということは、重要ではないのです。大事なのは、その文脈であり、本人にとっての関連性であって、それが来館者に影響を及ぼすのです。

もう一つ簡単なストーリーを紹介します。私自身が一番忘れられない展示は何かというと、ワシントンのスミソニアン航空宇宙博物館で、私は月の石を見ました。岩石なのです。岩ですから、インタラクションなどありません。やりとりなどないのですが、触ればいいのです。小さいものです。ただ、私にとって一番忘れがたいのは、あの月の石なのです。別にITは関係ありませんし、ボタンパネルもなかったですし、光が光っているわけでもなく、どちらかという解釈も何もなく、単なる石ころです。ただ、私にとっては忘れられない。なぜか。60年代に宇宙軍拡競争なるものがあったのです。天文学にも少し関心があったのです。私があのであったからこそ、記憶に残っているのです。私につながりがあったから、私に関連性があったから、あのスミソニアンの石ころが一番記憶に深いのです。

(永山) ほかにございますでしょうか。最後に北原先生、お願いします。

(北原) 先ほどの、パチンコ玉の確率の話は、僕は非常に面白いと思って聞いていたのですが。

先ほど、リハーサルが大事だとおっしゃっていて、そのときはまだ分からなくても、ある種の経験を通して、アブストラクトな概念だけれども、*real experiment* をやることによって、将来そのアブストラクトのことが分かるときにきて、それが開くことがあるということですね。それはものすごく大事だと思っていて、私自身も小さいときに、サイコロを振って、本当に6分の1になるかという実験を先生と一緒にやったことがあって、そのことが、今の自分の研究に、20年後につながるといえることがあります。やはり何が大事かということ、展示する側が、何をメッセージとしてインプットするかということが非常に大事かなと聞いておりました。

(Anderson) 完全に同感です。その概念、いわゆる *latent knowledge*、隠れている知識と言っていますが、こういった経験は、すぐにそのときにぱっと出すことはできないけれども、後の人生経験を加えることによって、そういったものが出てくるという、その触媒になります。私がもう10年ぐらい前に書いた *Ph.D.* の論文でも、若い学生についてたくさんそういう例を見ました。彼らの、科学博物館の展示物との関係は、そのときにはあまり重要ではないように見えても、何

週間とか、しばらくたってから、非常に重要なイベントのトリガーになるということ、そこから知識がどんどん花開くということなので、絶対に経時的な必要が重要だということを、確かめられたと思います。つまり来館直後ではなく、何日、何週間、何カ月後の調査が重要であるということが確かめられたと思います。

## Examining the Impact of Science Museums for Science Literacy: A Critical Examination of Assumptions

International Symposium at National Museum of Nature and Sciences, Tokyo, Japan, 13<sup>th</sup> July, 2009



Dr David Anderson,  
University of British Columbia, Vancouver, Canada.

### What do we mean by 'scientific literacy'?

- One way of answering the question is to identify the knowledge and skills to be expected of a scientifically literate person. Scientifically literate person to be able to:
  - appreciate and understand the impact of science and technology on everyday life;
  - take informed personal decisions about things that involve science, such as health, diet, use of energy resources;
  - read and understand the essential points of media reports about matters that involve science;
  - reflect critically on the information included in, and (often more important) omitted from, such reports; and
  - take part confidently in discussions with others about issues involving science.

### Learning and SL are Complex and Diverse Phenomenon

- To become Scientifically Literate is a higher-order form of learning outcome – It is built on the foundation of other domains of learning;



- Science is culturally mediated (by people & society)
- Scientific Literacy is a Journey (not a destination)
- *Emotion* and *Affect* should not be excluded in the development of Scientific Literacy.

### The Impact of Museum Visits – A Visit to Guanxingtai





### The Domains of Impact (Learning as a Product)

#### A Visit to Guanxingtai

- Interest
- Cognitive
- Appreciation
- Social
- Moralistic
- Affective
- Culture
- Aesthetic
- Identity



What you "value" is where the emphasis lies

### Assumption #1

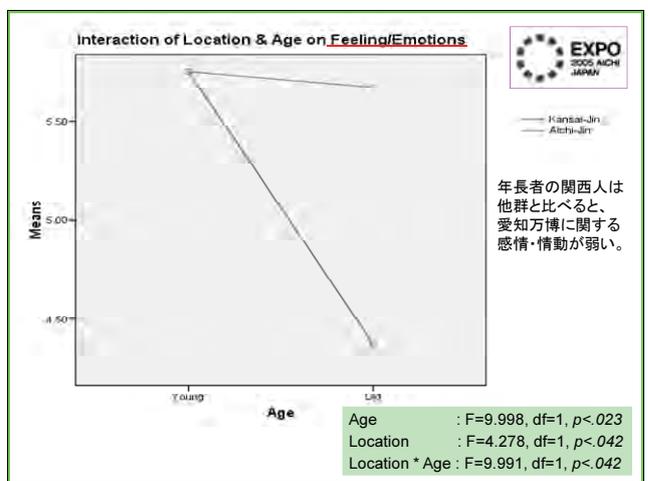
- There are a larger set of the dimensions of impact on visitors derived from museum experiences that transcend an exclusive focus on the cognitive domains
- These domains are inextricably inter-connected – and are the basis of becoming Scientifically literate.
- Scientific literacy should not be considered to the exclusion of the societal culture, context, or other “non”-cognitive domains of learning (and impact)

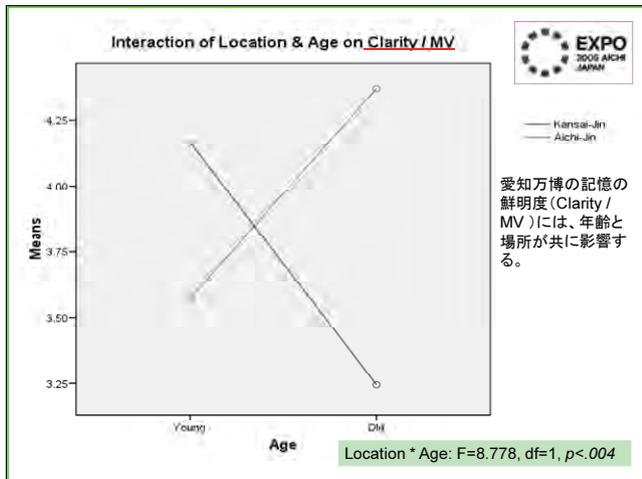
### Visitors Are Not All the Same!

- Visitor Experience and the impact of museum experiences are mediated by their Visitor Identity
  - Interests
  - Background Knowledge
  - Life stage
  - Culture
  - Community
  - Personal Agendas

Constructivist  
View of Learning

Socio-cultural  
View of Learning





## Assumption #2

- Visitors are not all the same!
- Visitor identity (and life-stage) shapes the attention, meaning made, and ultimately the impact of a museum experience.
- Museums need to consider a wider set of identity factors in the development of exhibitions and programs that promote Scientific Literacy.

## Measuring Impact

- The impact of museum experiences (or any life experience) continually construct and re-construct, and that learning/SL arising from a museum experience changes longitudinally with other life experiences.
- Instantaneous measures tell only part of the story;
- Other units of Analysis
  - Groups
  - Communities

## Assumption #3

- The impact of the museum is in reality an **interaction** of the museum experiences AND other subsequent life experiences
- Longitudinal assessments of museum impact that go long beyond instantaneous post-visit measures are vital
- Thus, we need measure which capture changes – big and small – over time.

## Conclusion

- As Museum attempt to understand the impact of the exhibitions and programs for Scientific Literacy:
  - a) A wider appreciation of the dimensions of impact on visitors need to be considered
  - b) A deeper appreciation of visitor identity (and life-stage) as important and highly significant considerations need to be realised
  - c) The importance of longitudinal assessments of museum impact that go long beyond instantaneous post-visit measures in order to better understand the **interaction** of museum experience and other life experience must be appreciated.

## ご清聴ありがとうございました

Visit:

[http://m1.cust.educ.ubc.ca/newsite/faculty/david\\_anderson.php](http://m1.cust.educ.ubc.ca/newsite/faculty/david_anderson.php)

For references

## 講演 2

### **The Science and Nature Program : A model of Early Childhood Science for Children, Parents and Teachers Jean Rosenfeld (American Museum of Natural History, USA)**

Good afternoon everybody. Thank you so much. I am very happy to be here today. I come all the way from New York City, from the American Museum of Natural History and this is my first time in Japan and I am very happy to be here. Dr Ogawa, thank you very much for inviting me.

My name is Jean Rosenfeld, and I know today we are talking about science literacy. I work at a program called The Science and Nature Program for Young Children. And, of course, this is the façade of the museum and you can see the New York City cab driver there.

#So, let me tell you a little bit about our program. We work with children aged 2 years old to 5th grade, or 11 years of age, and our goal of our program is to create a program of early science education with those children ages – children in mind and their families and their teachers to foster a respect of nature and a sense of belonging, but we do this in a museum setting.

#One of the things everybody says, well, who comes to your program, how does this work? We have a number of different ways this happens. One way is that we have weekly classes for families; we feel it is very important for the young child to come with an adult in their life, not just the child alone, I think Dr Ogawa mentioned that it is not just the children but it has to also be the adults. So, what we have done is we have combined the two.

We also have partnerships with community-based organizations. When I talk about community-based organizations, I am talking about daycare centers, Head Start programs, sometimes we work with shelters and of course our public schools in Manhattan, we work quite closely with.

I am not sure if you are familiar with what a Head Start is? Head Start are programs for children who are usually 3 and 4 years of age. Usually, the families are not of very high economic means and I think that Head Start gives a child just an extra boost, socialization, nutritionally. We have two different kinds of partners, we have something we refer to as distance partners and those are organizations that are a little bit further away from the museum and we have neighborhood partners and those partners are very, very close to the museum. So, they are able to get here very quickly.

#So, what do we do? Why are we here? What is the rationale and our thinking? Well, we feel it is very, very important to bring children in at a very young age. This is a little boy who started in the program; he just graduated 2 years ago. At this time the picture was taken he was, I think, 3 years of age. So we begin very early.

#We also think it is very important, as I mentioned before, to not just have the children come alone but to have the very important people in their lives such as their parents, grandparents, aunts and uncles come and

take the classes with the children. One of the reasons we do this is because I know that in America a lot of times is you will send your child off to school, they will come home at the end of the day and you will say, how was school, what did you do today. And you do not get usually a very good answer. Sometimes your child will say, 'It was fine, no big deal, we did a little of this, we did a little of that.' When the adult attends the program with the child, that knowledge and the sharing continues outside the museum. So, it is brought home and then that learning can continue.

#We feel it is very important to establish a group of families and learners who meet weekly and year after year. We do not take people in our program just for one year. We want them to start very early and to continue on.

In fact, the picture that you see here is a mother, who has just had her fourth child in the program. So, she is very familiar with the way our program works and she is very comfortable.

#Of course, one of our very, very big goals is to make the museum accessible for everyone. We feel that a lot of people come and appreciate the museum but there are a lot of people who are a little bit intimidated by the museum. They are not sure how to get through. They are not sure how to pay. I know that when I visited a few museums yesterday, because I did not have the language I was very intimidated, I was nervous, I was not sure how to handle myself. This goes even a little bit beyond because a lot of our families do not have a formal education and so they are really not sure how to do it. So, we try to bring everybody in and to give them that opportunity.

#So, the way our program works is we have children, as I said aged 2 to 11, and we do many different things. One very big aspect of our program is for the child to feel a level of comfort. And we really like them to – if they want to and usually they do – look very closely at live animals. And this happens in a very natural way at the Science and Nature Program. We do not have to make a big deal about it. Everything is very low to the ground; it is very accessible for the children. And I think as you can see especially in that picture, these children are very comfortable. There is – they are doing this, you can really watch their body language, they are very happy, they are not afraid.

#Another very important part of our program is that we have group meetings and the children and their parents will come to the meeting area, it is usually a special part in our classroom and there is always a lead teacher. And the lead teacher has a goal in mind; he or she knows what the discussion of the day will be. But the teacher does not teach all the time, the teacher does not stand there lecturing. What happens that she will open up a conversation and she will ask a question and a lot of the teaching actually comes from the children themselves.

It is not uncommon for somebody at the Science and Nature Program to say, what do you think about the planet earth, what do you know about planet earth. And we listen to what they have to say. Usually that is how our lessons are planned. We have vocabulary that we need to get across in a certain period of time and we guide it, but we really allow the children to help us.

I think this is one of our favorite parts in the museum, we are very lucky to have these two beautiful classrooms but we are also very lucky to have the museum itself. And so we call this part taking a safari

or an expedition in the museum. That is really our classroom. So, we either visit special exhibits or we visit temporary exhibits or just exhibits that are always there. This is what helps the children make another connection.

So, I will do a group meeting or another teacher will do a group meeting. We will talk about a specific topic, and in this case one class went to the dinosaurs in Mongolia exhibit, we talked about what the new discoveries were about dinosaurs and how we learned that some of the dinosaurs had feathers and what did that mean for the young children and they kept wondering, well, how could it have feathers, does that mean it is – could it be a bird and they started making these connections and then we actually went to visit the hall.

#Then the other group of 4 year olds, and both these pictures by the way are our neighboring partners, so they are the groups of children that come once a week, we went to the hall of planet earth and we talked a little bit about, what is planet earth, what is it made of. And a lot of children know that earth revolves but that is a very hard concept. So, what you see at this picture on the end is children trying to move the earth which was a very successful thing for them to do.

#We also have science related art activities. We feel that this is another way to elaborate what is happening in the classroom and there are a few very cute little pictures here. There is a little girl. She is 4-1/2 years old. She comes from Goddard Riverside Daycare, which is our neighboring partner. And this child and her teacher did a study on birds. And she decided to pick penguins. So the program activity was learning about what kind of a bird is a penguin, we learned that not all birds fly, that this special bird has a special adaptation and it swims. She also learned that the male penguins take care of the babies and we came back to the classroom and she designed a rookery, a habitat, based on the things that she learned while she was out on safari and at our classroom meeting.

The children often do sketches out in the hall. I do not know if you can see but this child is wearing a little safari vest. When the children go outside, we usually ask them to wear their vests. Sometimes they carry a special tool and in this case the tool was a clipboard and a pencil. She sketched a millipede, a giant tropical millipede that she saw on the Dzanga-Sangha rainforest, which is one of our exhibits. This is a very interesting picture because you can tell, the child has made the connections that the millipede has legs on both sides of its body and antennas, but in a very age appropriate way she gave it a face which is, you know, another nice thing about young children, they bring it back to where the things that they know.

Then this group of children on the end were doing a butterfly study and they learned about proboscis and so they came back and they made flowers and they are sipping their nectar through the proboscis.

Sometimes it is not art; sometimes it is more of a hands-on project. This was a group of teachers and their children from the Head Start Centre. We went out into Central Park and we collected leaf litter one day and we brought the leaf litter back and the children went carefully through the leaf litter and found all different kinds of insects and usually they categorized them or classified them and they did tallies. So it makes everything we do just another connection a little bit more meaningful.

#We also think it is very important to bring in more behind the scenes. So, we bring in special scientists and maybe students that are going to get their Ph.D.'s. We think this is also something that children really

enjoy as well as the scientists in the museum. The first picture is a lady who is actually getting her Ph.D. in etymology and her specific study was this one kind of bee. She came with the third and fourth graders and did bee pinning. And I do not know about anybody here, but I certainly, at the age that I had never had that opportunity and here are third and fourth graders doing it. So, I think it is a very important thing. We had another guest scientist come, I do not know Dr Ogawa if you have met Dr. Sorkin when he was here, when you came to the museum, but he does a wonderful study on arachnids and it is very funny because the young children are very interested and the adults are not so sure, a little more stand back and a little bit more nervous which is because they did not come to the Science and Nature Program.

#So, how does this work? Well, we have families that come. This is actually a very good picture talking about the different generations. These are grandparents and a father working with their children and you can see this is a very high level of engagement. This picture was because of the gold exhibit that we had at the museum a few years ago. This child is actually panning for gold. And there is a study here; this is just back to the idea of close observation of living things. But you can see their faces and they are really very comfortable and they are very engaged and the nice thing about it is that they are all doing it together. Again, our goal is to keep families in the program. We feel that that is the way to really continue the relationship and we find that it is most successful.

#So here is a little thing we did a few years ago. We found that a lot of New York City parents work and would not be able to attend the program. So, we decided to try to have a class with caregivers and babysitters. That is actually how we started the program with such very young children. This child is just 2 years old and look what she is doing. A lot of people feel, Oh no, do not let her touch the microscope, it might break, but she is being very respectful, she knows. We do not feel like there is any harm in trying to let children be exposed to things like this. And we also work with the caregiver. A lot of times we find that in New York City the caregivers mean very well but they do not really know how to use the museum. It is not – it is very often you will find a babysitter just walking, not looking at the child, no communication, but we actually train the babysitters and the caregivers how to actually use the museum. And they love it.

#So I mentioned before, we have partnerships. These are our partners that come once a week. We call them neighboring partners, Head Starts and daycare centers. They usually come with their family member, sometimes they just come with their teachers depending on the organization. When they do come, we feel it is very important to teach the teachers as well, so we have a large component of professional development and teacher training.

#We feel that this is a very good way to continue the learning back at the school. It is going back to that idea of making the museum accessible for all. A lot of the teachers in the daycare centers, we had found out, had never even been to a museum. And that was a pretty amazing thing for us to learn. So by giving them sort of the support and being open and encouraging them, this is something that after they are done with their classes, we find that they come back to the museum.

#Also the teachers do not only come to the museum, we go to their classrooms too. We find that that helps more with the mutual respect, it is not just them coming to us but it is us going to them.

#The neighboring sessions, as I said, come once a week, usually for 2.5 hours and during that we do the activities, it is the class meeting, it is the safari, it is the free exploration. This is a teacher who has been at the Head Start program for many years. She is a seasoned teacher. She has worked with us very closely. This is one of our most successful partnerships. This is a partnership that has happened from the very beginning, 10 years ago. And you can see, everyone is very happy or very engaged.

One of the other things that happens with this group of children is that our director, Jane Kloecker, who unfortunately could not be here today, offers these children an opportunity to come back free of charge. And so there is this possibility that if the child is interested, they can stand our program until fifth grade. I will show you a picture in a few minutes, but we did just have our first graduating class and a lot of the children were here from the very beginning.

#Our distance partners are a little bit different. They are usually a little bit further away from the museum. Again daycares, Head Starts, some shelters, usually they come seasonally. So they either come three times a year or four times a year and every time they come, right before they come, they get a very in-depth teacher training. We bring them to the museum all day. We figure out what they want to work with, with their children. We find fun, good, solid ways to help them understand the topics so that they can help with their children and then take it back to the classroom. And again, a lot of these teachers have never been to the museum before.

#So how do we know we are doing a good job? How do we get feedback from everybody? Well, one way is, as I mentioned; we do the science related art projects and this is a group of children who have studied 'Woods in Winter,' it is the kindergarten curriculum, so 5 and 6 years olds do this. And for a whole semester, which is usually 7 or 8 classes they study different aspects of what happens to the woods during the winter, what happens to the trees, what happens to different animals, they learn about hibernation, insulation and then at the very end they create a diorama very similar to the dioramas that we have in our own classroom or in our own museum. And then we listen to what they have to tell us about it. They present and usually they do a wonderful job.

So that is one kind of feedback and then there is other kind of feedback we do, I guess, surveys or evaluations but asking the children not so much – we do ask the adults, but in this case we ask the children. And we asked this one child who ended up graduating, 'What was one of your favorite memories? What was one of your favorites exhibits?' And he actually wrote about – it is a very famous diorama in the Hall of Reptiles with the comodo dragon was eating something. And he realized that it was not the animal being mean, that this was the animal's job in nature. And he started making the connections about food chains and sort of the web of life. This is great. I like this a lot.

#Another thing we do and we figure out what we are doing and how we are doing it is we just look at the children. I mean these are three different pictures. Pure delight in holding a corn snake, happy, very comfortable, close observation, again they are having a small conversation, these five children, but then

maybe not so happy. This little boy is holding his finger there getting ready to do a squid dissection and they do not know what to think about that, they are not quite sure.

#So we watch and then we ask our parents how we are doing. We get feedback from them. Every semester we do surveys for our parents and we ask them to tell us what is important to you, tell us what is important to your child. What aspects of the program do you like the most, what aspects do you not like. And for our families that do not speak English we have teachers that this is, I think, a grandparent who came and this is one of our teachers who is reading the survey and explaining the survey to the adult who does not speak English.

#I hope you understand this. First of all, I should tell you that because we are an enrichment program in the museum, we do not have to follow the National Standards, we want to follow the National Standards. There are no rules that say you must do this or you must do this. But we feel that it is an important thing to do, especially because we do teacher training to be able to give the teachers their guidelines. So what happens is when we teach in the program, we will teach about the characteristic of an insect, what is an insect that has 6 legs and 3 body parts. You know animals that have meat. We talk about carnivores and so forth. But these are things that you can teach, I do not know if you are familiar with the term ‘dummy it down,’ we use the real vocabulary. It does not matter to us if the child does not understand it right away, eventually they will. What happens here through this and this, this happens. It is very hard to have a class on respect for nature. It is very hard to talk about observing. Those things happen because we do these and these. So, it is almost like a big umbrella.

#One of the things that come back from the surveys and the parents’ observation is we hear little anecdotes and the anecdotes are always a very good thing for us to look at and read because we can really see that the children has made a connection. I think, David, you mentioned sometimes that it is not always about what they see at the moment, it is what happens afterwards. And a lot of times we can be in a class and have a child look at us and be talking to us.

Or sometimes the child will not say a word and we are not really sure if the child is understanding it. But they will go home and 3 weeks later they will say something like, I saw an owl in the subway and he realized that this would be a good place for owls. Now, it is not exactly, you know, you cannot really find owls in a subway. But he was starting to think about food chains and he was making those connections. Again, this awareness, this little girl wants to go into the fish store so she can actually look at crabs and lobsters. So she is starting to think, let me think about this, let me go back and let me learn more.

Then, of course, the standard respect for living things. A lot of the times children do not want their parents to kill a cockroach or a spider that they find in their home because it is supposed to be there, it got there because it was supposed to be there. You know, finding a dead insect, wanting to take it home and try to make it come back, these are all things that children start again making those connections and having an appreciation and a respect and those are not things that we teach, those are things that happen naturally.

#I love this because it talks about the language of science and communicating. I am not going to go through all of them but there is one in particular that I think is very important. The second one with a

little girl Briana and her grandmother are coming home from school and it is a good thing that they are having a conversation. Briana asks her grandmother how to you say ‘mammal’ in Spanish? And because the grandmother was not a native Spanish speaker, she used an improper word. She referred to it as a ‘mamalito.’ And the little girl, who is only 5 or 6 years old, said, ‘No grandma, it is mamifero.’ So, this shows a comfort and hopefully not a disrespect but trying to tell an adult who does not have the right terminology and the child is actually telling the grandmother. Again, making the connection that the grandmother says, he is a carnivore, and then he says, well, that is because I am not a carnivore, I do not eat vegetables, again making that connection.

#So I did want to say and I apologize if I did not, we are 10 years old, we are starting our 11th year. You can see that when we first started we were a very small group and now especially here we have really grown. This was our very first year of graduating class of 5th graders which I will talk about a little bit more in a minute.

#We started out in 1998, with 4 and 5 years olds. That is actually our very first class. And I will point out that is Jane, the Director who is still there, and this is Jennifer, who was just finishing up her Ph.D. and she is actually still in the program teaching.

#2008-2009, we ended up serving over 300 families in our core program and then because of our community outreach we were serving over 800 families. So, we really have grown a lot.

#Of course, this was our very first year of our graduating class of 5th graders. This is a very important part for us at the museum because now the museum has an opportunity to have children as young as 2 years of age to middle school. We have a High School Internship Program and a High After School Program.

#Then if not so much the families at that point, but if the children want to continue and there is a real interest, there is a possibility to continue in high school, college, undergraduate and then, of course, the new, Gilder Graduate School. So now, we really are lifelong learning in a sense.

#Anyway, we end at a nighttime scene in the Rose Centre. I think that is it. Thank you.

(会場) ありがとうございます。千葉市にある動物公園で、子ども向けのプログラム開発に携わっております。二つのことをお伺いしたいです。

一つは、博物館でなければできないというか、博物館であるからこそできる、先生のおやりになっているプログラムの特徴は何か。学校ではなく、博物館だからこそということについて、お考えをお聞きしたい。

二点目に、私たちが苦労しているのですが、小さいお子さんの擬人化された表現というものが、生き物の姿を理解する上で、幼少期は理解する上でのアナロジーとして、自分の体や人間の体を使うという意味で、非常に納得できるというふうによく思う場合と、それは打ち消して、やはりサイエンスというか、先生のおっしゃったような、例えば肉食獣というような述語に置き換えていく、それを言葉として教えてあげていく、この微妙な関係についていつも悩んでいます。ある

程度の年代的な区切りがあるのかどうか。あるいは決して擬人化された表現を、打ち消さずに理解してあげる、大人の側が表現されたことを理解してあげるということによいのでしょうか。このあたりについて、よろしく願いいたします。

(Rosenfeld) では、二つ目の質問から初めてよろしいですか。用語を教えることは大事だと思います。時には、その用語はなかなか理解できないかもしれません。でも、理解ができなくてもかまわないのです。私の経験では、そしてサイエンスネーチャープログラムの参加者の考えでは、少なくとも言葉を言うてみることは重要だと思うのです。理解ができなかったとしても、子どもに言うてみる、子どもが聞いたと言うことが大事なのです。

もし、私が質問を正しく理解しているとすれば、例えば生物を観察していて、例えば自分の体と比較してみたり、ほかのものと比較してみるときに、どこから始めるかといえば、それは生きていますのか、生きていないのか、そこから対比を始めています。いろいろな意味で、例えば子どもと一緒に動物を見ているのであれば、動物は生きていますのだからラッキーだと思います。私たちが生きています人間なのですが、呼吸している、動いている、私たちは生きています生き物なのです。その際に、人間を参考にするには意味があると思います。動物も生きています、人間も生きていますと、そういう意味での比較は可能だと思います。

最初の質問は何だったのでしょうか。もう一度おっしゃっていただけますか。

(会場) 一つ目の質問は、博物館でなければできないと、先生が思われることは何でしょう。学校の教室ではなく、博物館だからこそできることについて、お考えをお聞かせいただければと思います。

(Rosenfeld) ありがとうございます。博物館での独特な体験だと思います。ある特定の場に来ているからです。やはり違いはあると思います。学校は学校ですから。博物館は、豊かにするのです。文化的・科学的であれ、それは濃縮された、豊かな、詰め込まれた独特の場所だと思います。もしご質問を私がきちんと理解しているとすれば、博物館として、学校ができないことで、何ができるかということですね。ちょっと考えさせてください。また後で直接お話ができるかもしれません。

(永山) ほかにございますでしょうか。はい、お願いいたします。

(会場) 日本科学未来館でサイエンスコミュニケーターをやっております。本日はありがとうございます。

先生のやられているプログラムは子ども向けということですが、結局親が、興味があつてそのプログラムに子どもを入れるわけですね。親にある意味で働きかけをしないと、子どもは来ないと思うのですが、そういう親への働きかけはどのようにしているのか、教えてください。

(Rosenfeld) 大事な質問ありがとうございます。それをお話しすると、ほかの質問の回答になるかもしれません。

このプログラムに来てくださる皆さんと言った場合には、パートナーシップの機関としてではなく、コアのプログラムです。マンハッタンといっても広いのです。そして自然史博物館と聞く

と、子どもを参加させようと皆さん、思ってくれるようなのです。実際、面談、聞き取りをしているのです。その結果、ある特定の年代の子どもであれば、どんどん面談に来てくださいますと言っているのですが、最終的には私たちが選ぶのです。いわば選抜とでもいいですか、選り好みというか、この子なら合うという子を選んでいるのです。子どもと大人と、両方が関心を持っていないければいけないのです。

実は面談を行うと、親しか関心がないのか、実は子どもは興味を持っていないということが分かるのです。そうであれば、実はあまり合わないのです。仮に親御さんたちがサポートの気持ちが強かったとしても、子ども自身の関心があることがとても重要なのです。そういう選び方を実はしているのです。私たちは、大人と子どもが両方関心を持っているという方たちを、選抜しているのです。お答えになったでしょうか。

(会場) ありがとうございます。今の質問のほかにもう一ついいでしょうか。

一般市民というか、科学リテラシーを上げることを考えたときに、今、選抜をされているということでしたが、親にしても子どもにしても、本当に関心がない人に「科学って面白いな」と思ってもらうことも、すごく大事なことだと思うのです。それに関しては、どのようにお考えですか。今回のプログラムに直接関係なくてもかまわないので、お考えを聞かせてください。

(Rosenfeld) それも大事な質問ですね。そういうことは、していないかもしれません。つまり、誰でも一定の関心はあるかと思うのです。それがサイエンスであれ、ダンスであれ、陶器・焼き物を作るとか。ただ、なぜこのプログラムが成功しているかというのは、そもそも家族が一定の関心を、みんなが持っていると思うのです。関心がゼロであれば、もともと申し込んでこないと思います。

しかし、違ったということもあるのです。場合によっては、前に申し上げましたが、子どもと親の両方が関心を持っていないければいけないのです。親だけとか、もしかしたら例えば広報の中で、子どもが生き物に関心があったとします。そして親が、関心がなかったとした場合には、子どもには参加してもらおうと思います。願わくば、うまくいけば、親御さんも関心を持ってくれるようになるかもしれない。それによって、親も興味を持ってくれるかもしれません。ただ、親も100%同じ関心を持つということではなかったとしても、参加はしてもらって、一定の関心は必要なのです。親は、後ろで離れて立っていればいいということではありませんから。子どもの隣にいてほしいわけですから。

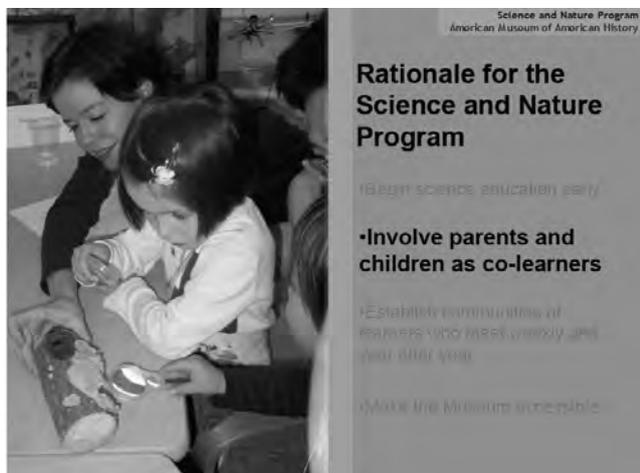
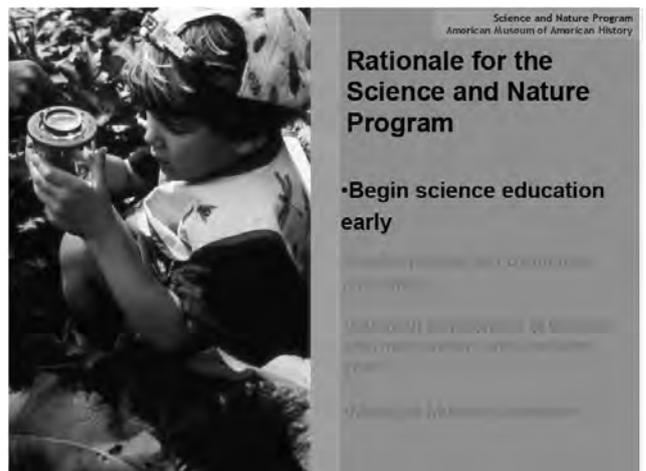
(永山) ほかにございますでしょうか。

(Rosenfeld) 今の質問にもう一回答えさせてください。今、全く科学に関心を持っていない人に対して、リテラシーをどう高めるかについて、もう一回考えないと、私もきちんと答えができません。確かに皆が皆興味を持っていないのは事実です。人は皆違うわけですから、科学に興味がない人もいますでしょう。ただ、正直言いまして、今のご質問にきちんと答えることができないと思うのです。どこから語り始めてよいか分からないのです。例えば大人がいて、全く科学に興味になかった人がいたとします。そういう話が、後で、パネルで出てくるかもしれませんが、それを大人になってからどう興味を持たせるのかは、よく分かりません。やはり興味は、子どものときに始まると思うのです。本当に大人になったときに関心がゼロという人にどうしたら

よいか、私も一緒に考えたいと思います。

(会場) 教育心理学者です。質問の一部ですが、今おっしゃったプログラム以外に、一般の人向けのプログラムがあると思いますので、紹介してください。

(Rosenfeld) ありがとうございます。子ども向け以外のプログラムも実施しております。大人向けのプログラムもありますし、学生向けのプログラムもあります。幼児だけでもあります。メンター（指導者）を用意したプログラムもあるのです。それ以外にも、退職した世代の人たち、例えば元教育者であって、ボランティアとして教えてくれる人がいます。教育目的で話をしてくれることもあります。結局、やはり好きだから来るのだと思います。文化組織が好きだとか、理科系の機関、科学系のものが好きとか、科学が好きだから、そういう人たちは協力してくれると思うのです。例えば私自身であれば、好きではないもので手伝おうとは思わないと思います。



Science and Nature Program  
American Museum of American History



### Rationale for the Science and Nature Program

- Engage children and families
- Increase awareness and appreciation of science
- Encourage hands-on learning and inquiry
- Foster a love of learning and discovery

**•Make the Museum accessible**

Science and Nature Program  
American Museum of American History

### Program Activities

Close observation and handling of living things




Science and Nature Program  
American Museum of American History

### Program Activities

Group Meetings




Science and Nature Program  
American Museum of American History

### Program Activities

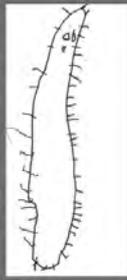
Visits to Museum Halls




Science and Nature Program  
American Museum of American History

### Program Activities

Science-related art and investigations



Science and Nature Program  
American Museum of American History

### Program Activities

Museum scientists and specialists as guest teachers




**Family Enrollment** Science and Nature Program  
American Museum of American History

- Weekly (fee based) classes for children ages 2 to 11 and their parents
- Families often remain year after year



**Family Enrollment** Science and Nature Program  
American Museum of American History

- Weekly classes for children age 2-4 and their caregivers
- Designed to accommodate working parents of our youngest learners



**Partnership Enrollment** Science and Nature Program  
American Museum of American History

- Partnerships are created with community centers and their Head Start, day care and shelters, and with public schools



**Partnership & Professional Development** Science and Nature Program  
American Museum of American History

- Occurs at the Museum and at the site itself



**Partnerships: Visits to the Museum** Science and Nature Program  
American Museum of American History

- Children, parents, and teachers from partner sites visit the Museum for full morning sessions guided by SNP staff.



**Neighborhood Partners** Science and Nature Program  
American Museum of American History

- Weekly visits
- Opportunity to continue in K - 5th grade after school programs.



### Distance Partners

Science and Nature Program  
American Museum of American History

- Seasonal visits with children and parents
- In-depth professional development



### How do we assess learning?

Science and Nature Program  
American Museum of American History

- We look at children's work



When I was little, I felt  
bad for the poor who died by the sea.  
Oh how sad, I thought, how sad I thought  
I would be like them some  
I thought was not mean, it was just  
trying to live

- We listen to children's comments and questions

### How do we assess learning?

Science and Nature Program  
American Museum of American History

- We observe children's reactions and body language



- We observe children observing




### How do parents help us assess learning?

Science and Nature Program  
American Museum of American History

- Evaluate curriculum and activities
- Observe and report on what children "take away"




### Framework for Assessment

Science and Nature Program  
American Museum of American History

- **Habits of mind (life long learning)**
  - values and attitudes
    - awareness & respect for nature (in urban setting)
    - confidence in learning science
  - initial skills of inquiry
    - observing closely
    - communicating ideas, asking questions
    - using tools
- **Big (umbrella) ideas**
  - biodiversity: there are many different kinds of living things
  - classification: living things can be grouped in different ways
  - life cycle
  - camouflage
- **Specific observations/ concepts**
  - characteristics of an insect
  - animals that eat meat have sharp teeth
  - the snake has scales on its body – so do lizards
  - some animals only come out at night – nocturnal
- **Vocabulary**
  - Examples: proboscis, arthropod, carnivore, herbivore

### Parent Observations

Science and Nature Program  
American Museum of American History

**Development of "Habits of Mind" & Initial Skills of Inquiry**

**Standard: Awareness of the natural (urban) environment**

- When he saw a rat in the subway, he said "this would be a good place for owls."
- We pass a fish store on the way to school – he wants to go inside and try to get the crabs to move and look at the lobsters.
- She showed me a 'fossil' in the cement sidewalk.

**Standard: Respect for living things**

- He doesn't want his father to flush a spider in bath tub down the drain – says the spider "lives there."
- She found a dead butterfly on the sidewalk, wanted to take it home and revive it.
- One time a ladybug flew in through the window. I noticed that he and his sister were observing it, touching it carefully – noticing its color – not afraid.

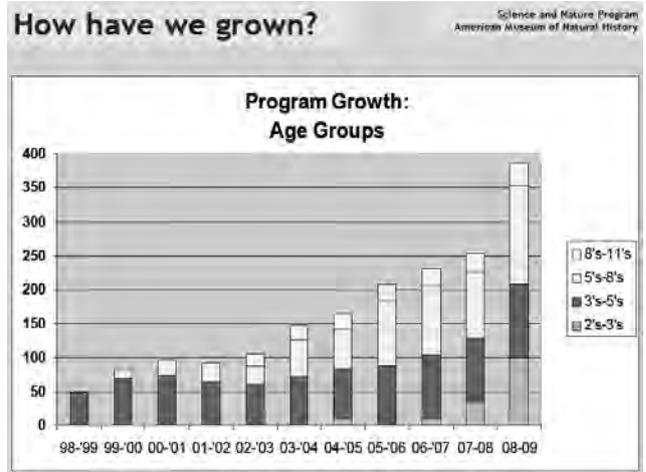
### Parent Observations

Science and Nature Program  
American Museum of Natural History

#### Development of "Habits of Mind" & Initial Skills of Inquiry

**Standard: Communication through the language of science**

- Her older sister said butterflies come from cocoons, but Melissa corrected her – said "no it's a chrysalis. Cocoons are for moths." Also likes to talk about proboscis
- When Briana and her grandma were coming from school, Briana asked her: how do you say 'mammal' in Spanish? Grandma (not a native Spanish speaker) said: mamalito. And Briana corrected her: mamifero!
- Tells his grandmother he is a carnivore –that's why he doesn't eat vegetables
- As we were walking from the Museum, Sofia bent her body and said "look! I can metamorphosize"
- When eating peanut butter he dropped some on the wooden table and said "look, it's camouflaged."



### How have we grown?

Science and Nature Program  
American Museum of Natural History

The first Science and Nature Program class of 4 and 5 year olds was held 1998. The Program served close to 50 families through partnerships and individual enrollment.

### How have we grown?

Science and Nature Program  
American Museum of Natural History

In the 2008-2009 school year, we served over 300 families through family enrollment, and over 800 children and parents through our community partnerships

### How have we grown?

Science and Nature Program  
American Museum of Natural History

This was the first year we offered a class for fifth graders (11 and 12 year olds)

**Museum Investigations in Science**  
Graduating class 2009

### How have we grown?

Science and Nature Program  
American Museum of Natural History

The American Museum of Natural History is proud to offer educational opportunities to learners of all ages, from pre-schoolers to graduate students

## プログラム事例紹介 1

### 「概念の深まり」をモチーフにした世代別プログラム体系の試み

岩崎 誠司 (国立科学博物館事業推進部学習企画・調整課)

こんにちは。国立科学博物館岩崎と申します。プログラムの事例をこれから報告させていただきます。プログラム開発は四つの分野に分けて行ってまいりました。物質と社会グループでは、概念の深まりをモチーフにして世代別プログラムの体系化を行いました。その報告をいたします。

物質と社会グループの目標を以下のように設けました。物質の形態や特性，化学変化について理解を深める。諸物質によって形作られている世界をとらえ直す。日常生活や社会において，物質や化学変化を利活用できる場面が広がる。この三つを，関連付けていきたいと考えました。このときに，物質や様々な化学変化について理解の深まり，そしてつながりを意識して，世代に応じた学習プログラムの開発を行いました。

理解の深まり，広がり，つながりを持ったプログラムを開発するために，酸化・還元をテーマにしました。その理由としては，酸化・還元が酸・塩基反応と並んで重要な化学変化であること。この二つの反応，酸化・還元と酸・塩基反応で，一般的な物質反応の大半を理解することができるために，そして酸化・還元反応は，日常生活において非常に身近な反応であるために選びました。

世代に応じたプログラムをとらえるために，二つのキーワードを考えました。一つ目が理解の深まり，そして広がりです。これについては，よりミクロな視点の獲得によって，科学的な基礎概念の深まりができてくる。普通は，専門的になればなるほど視野が狭くなるという印象があると思いますが，私たちのグループの場合には，抽象的な概念を獲得する。その概念が，適用できる範囲が広がっていくというように考えました。

内容が深くなっていくに従って，狭くなってしまおうという印象があるのですが，逆にここでは深まれば深まるほど，その概念を適用できる範囲が広がると考えました。

二つ目がつながりについてです。世代に応じて開発した各プログラムの内容が，科学的な理解の段階を一つずつ積み上げていくように計画しました。世代のつながりとプログラムの内容のつながりを計画の中に盛り込みました。

世代別のプログラムの目標として，幼児・小学生向けは，幼児と小学生で違った内容を考えてみました。こういう世代別のプログラムを開発する際に，世代によって大切な要素を考えて，実際に実践を行いながら，その中身の調整を行っています。

幼児・小学生については，三つ考えました。①物質への興味：世界は物質でできている。②未知の世界への関心：拡大すると違う世界が見えてくる。③道具への関心：道具を使うと違った世界が見える。こういう三つを，幼児向けとして考えました。

さらに小学生については，この幼児向けに加えて，三つのことを考えました。簡単な物質に対して理解する。現象をモデル化して理解する。そして簡単な実験操作ができるようになる。この三つを考えました。

中学生と高校生に対しては，四つのことを考えてみました。①物質に対する理解，現象をモデル化して理解すること。②モデルを基にして，予測を立てながら実験を計画・実施すること。そして，③知識と実験結果を統合して理解すること。④難易度の高い実験操作もできるようになる。

こういう四つを、中学生・高校生向けとして考えました。

これが2007年度、2008年度、そして2009年、2010年という4年間の計画です。物質と社会グループでは「“かたち”のはてな?」「鉄を取りだしてみよう」「化学反応は電子が主役」(酸化・還元反応)という三つのプログラムを開発しました。この三つのプログラムが、世代が進むに従って、よりミクロな視点に着目して科学的な基礎概念が深まっていく、科学的な理解の段階を一つずつ進めていくように考えてみました。世代が重なって積み重なっていく。内容についても、この三つの実験がばらばらではなくて、「“かたち”のはてな?」「鉄を取りだしてみよう」「化学反応は電子が主役」という順番に、理解が深まっていくように構成を考えました。

実際のプログラムですが、幼児・小学生向けには「“かたち”のはてな?」を行いました。対象は、幼児とその保護者になっています。幼児へのねらいとしては、ものを拡大してじっくり観察することを通して、ものの形を知ること、道具を使うこと。また、保護者へのねらいとして、ものを幼児と一緒に観察することを通じて、物質の形や構成について理解を深めること、というねらいを考えました。

流れとしては、ものを拡大して見ることを中心に組んでみまして、虫眼鏡を使って砂や塩、砂糖を拡大して見る。身の回りのものや、自然界をもっとよく見てみよう。拡大して見るときに役立つ便利な道具。この三つを考えて、流れを作っていきます。

結果としては、拡大するともものが違って見えることに気が付いたという幼児が多かった。幼児は、虫眼鏡を使った観察がちょっと難しかった。そのかわり、何を拡大したかということについては、理解することができました。保護者からは、帰宅後も虫眼鏡を使って子どもと一緒に観察してみたいといった回答が非常に多くありまして、親子で身近な物を観察する気持ちになった。今後、物質の形や構造に理解を深めるきっかけになったと思っています。

それから「鉄を取りだしてみよう」というプログラムを、中学生向けに開発しました。実際に、小中学生向けのプログラムとして開発し、応募をかけたのですが、実際には小学生のみが参加しました。ねらいとしては、酸化・還元を通じて物質の変化を理解する。実験によって、それを体感的に理解してほしい。具体的な内容としても、金属が酸素と結び付くと、さびる。さびた金属から酸素を取り除くと、ぴかぴかになる。燃焼も酸化の一種である。この酸化・還元が同時に起こるのだということを、紹介したくて行いました。こちらの場合には、酸素と結び付くということで、酸化・還元を理解させています。

内容としては、さびについての話、酸化の実験としてスチールウールの燃焼、還元の実験として、さびたものから金属を取り出す。テルミット反応の生成物の観察や、社会における鉄の活用についての話という、四つの中身を考えて実際に行いました。ここでは、中学生向けの内容ですが、実際には小学生に実施して、酸素との結び付きということで、酸化・還元を説明・理解してもらいました。

結果としては15人の参加だったのですが、15人中6人が、金属は酸素と結び付くことでさびるといふ、酸化について理解することができた。それから、還元についても理解することができたのが、15人中6人、酸化と還元は同時に起こることを理解してくれた小学生が1名いました。

それから、酸素と結び付きやすいものと結び付きにくいものでは、還元の難しさが違うという、こちらが意図したことよりも、さらに高度なことを理解してくれた小学生がいました。

次に、「化学反応は電子が主役」という中高生向けのプログラムを、中学生に実施しました。こちらの場合、酸化・還元反応をさらに一段進めまして、電子のやり取りということで理解してもらうように組みました。酸化・還元反応の、身の回りの物質についての利活用について知るこ

とを目的として立てました。

実際のプログラムとしては、電子のやり取りによる酸化・還元反応の話、銅の電子めっきの実験、無電解めっき、化学めっきの実験。鉄イオンによる振動反応、シュウ酸エステルが発光反応の実験を行いまして、電子の受け渡しとしての酸化・還元を理解してもらうように内容を組みました。

中学生に実際にこれを体験してもらいまして、絶縁体であるプラスチックの板にニッケルをめっきすることができた。普通だと銅版でめっきするのですが、この場合にはそうではなくて、プラスチックの板にめっきをすることもできるという体験をしてもらって、非常に中学生たちは驚きまして、次の学びに意欲がつながりました。

電子の働きが、様々な反応にかかわっていることを意識できた。条件を制御したり、薬品や器具を使うことについて、理科っぽいと表現してくれた生徒もありました。

物質の調査研究期間は今、4年間中の2年まで来ているわけですが、以下のようなことを考えてきています。開発目標については三つのことを考えていたわけですが、「物質の形態や特性、化学変化について理解を深める」「諸物質により形作られている世界をとらえ直す」の二つは、大体できたのかなど。最後のところの「日常生活や社会において、物質や化学変化を利活用できる場面が広がる」、これがまだ到達できていないところです。

この深まりということと、つながりということが今課題になっていまして、段々と概念を深めていくことを行ってきたわけですが、研究者の場合には、専門性を高めていくということができると思うのですが、一般の方の場合には、深めていくのはちょっと方向性が違うのか、研究者と一般の方で求めていくものが違ってくるのかと考えています。

一般の方については、日常生活や社会での利活用に話を変えていったらどうか。世代と内容についても、どう世代を関係させていくのか、内容を深めていくのかを考えています。

今、幼児、小学生、中学生、高校生向けのプログラムを作ってまいりまして、専門家について、研究者については、もっと深めていくという内容があるかと思うのですが、一般の方については、もう少し違った方向性があるのではないかと考えています。専門家と一般の方の緩やかな分離が起きてくる。物質と社会について、成人向けの科学リテラシーを考えることが課題になってきています。

最後に、深まり・広がりについてですが、成人については、物質や様々な化学変化について、概念の深まりはある程度で止まるのではないかと、安定するのではないかと。むしろ質的な深まり、広がりに移っていった方がいいのではないかと。日常生活や社会での経験が増えてくる大人については、事象について具体的に理解する機会や、事象と事象との関係を理解する。これを繰り返し経験することで理解が定着する。こういったことが大事になってくるのではないかと。

つながりについてはテーマや世代についても理解が広がっていくので、この物質や社会という中だけではなくて、ほかの内容についても関係をつけていくことが大事ではないかと。

それから、再び学び直す。ほかの世代の学びを助けることも、この後の研究ではやっていきたい。

それから、科学系博物館以外の機関との連携も大事な要素になってくると思っています。

体系化を考える上では、科学リテラシーの観点から、適切な学びの深さを考えてみたい。それから、今四つのグループで研究を行っているのですが、それぞれの関係づけをしっかりとやっていきたい。場合によっては、融合していくこともあるのではないかと考えています。こういう事象間のつながり、関係づけを強化することを考えて、プログラムを作っていきたいと思っています。

す。

概念の深まりをモチーフにした、物質グループの世代別プログラムの開発と体系化について現在の状況を報告いたします。

(永山) では、会場の皆さまから何かご質問がありましたらお願いいたします。よろしいでしょうか。では、お願いいたします。

(会場) 中高生に向けての実験の際に、何人中、何人が理解したというようなお話があったのですが、それはどういうふうに計ったのか。アンケートなのか試験というか、その方法を教えてください。

(岩崎) どういう形で評価したかですが、これは書いていただきました。アンケート方式です。

(会場) それは、例えば「金属は酸素と結び付くことでさびるということが分かりましたか」というような質問を書いて、それに対して「はい」「いいえ」ということですか。

(岩崎) 「はい」「いいえ」という場合もありますし、具体的に本人に書いてもらって、その内容をこちらが判断したものもあります。

(会場) ありがとうございます。

(岩崎) 詳しい内容が報告書に書いてありますので、ぜひご覧いただければと思います。

(永山) ほかにございますでしょうか。それでは、どうもありがとうございました。

プログラム事例紹介

## 「概念の深まり」をモチーフにした 世代別プログラム体系の試み

物質と社会（私たちの生活を支える物質）

＜プログラム開発担当館＞  
科学技術館、名古屋市科学館、国立科学博物館

1

## 「物質と社会」の開発目標

- ・ 物質の形態や特性・化学変化について理解を深める  
よりミクロな視点を獲得する（理解が深まる）ことが、  
理解できる範囲を広げる
- ・ 諸物質により形作られている世界をとらえなおす
- ・ 日常生活や社会において、物質や化学変化を利活用で  
きる場面が広がる

「物質や様々な化学変化」について理解の深まり、つながりを意識し、世代に応じた学習プログラムを開発

物質と社会 2

## 理解の深まり（広がり）、つながり

「酸化・還元」をテーマに理解の深まり（広がり）とつながりを持たせるように、プログラムの開発を行った。

### 理解の深まり（広がり）

よりミクロな視点の獲得による科学的な基礎概念の深まり  
抽象的な概念の獲得→その概念が適用できる範囲が広がる

### つながり

世代に応じて開発した各プログラムの内容が、  
化学的な理解の段階を1つずつ積み重ねていくように計画  
(世代のつながりとプログラム内容のつながり)

3

## 世代別のプログラムの目標

### (1) 幼児・小学生

#### 幼児

- ①物質への興味：世界は物質でできている
- ②未知の世界への関心：拡大すると違う世界が見られる
- ③道具への関心：道具を使うと違った世界が見える

#### 小学生

- ①簡単な物質に対する理解（現象をモデル化して理解）
- ②簡単な実験操作

物質と社会

### (2) 中学生・高校生

- ①物質に対する理解（現象をモデル化して理解）
- ②モデルをもとに、予測を立てながら実験を計画、実施する
- ③知識と実験結果を統合して理解する
- ④難易度の高い実験操作

物質と社会

## 理解の深まり（広がり）、つながり

年度	2007年度	2008年度	2009年度	2010年度
分野	幼児と小学生	中学生と高校生	大学・成人・ファミリー	団塊
生命・人間と社会	おいしいゆめえ 生きもの美肌コレクション	恐竜発掘地層ケーキをつくろう！ 火山と暮らしのかわいい関係		
宇宙・地球・環境と社会	かわらの小石で遊ぼう かわらの小石で遊ぼう ～小石のアートにちようせん！	めざせ砂金ハンター ～河原の砂金はどこから来るの？ 化石は語る ～化石が教えてくれる過去の環境		
物質と社会	「かたち」のはてな？	鉄を取りだしてみよう 化学反応は電子が主役 ～酸化還元反応～		
技術と社会	風車で分る電気エネルギー ～風車によるエネルギー変換効率実験を中心として 風車で分る電気エネルギー ～実験で使用する電力量を個人とした働きを中心として	速く正確に走るロボットを作って、 コース別タイムトライアルをしよう 大きな水の話		

### 「かたち」のはてな？

対象：幼児とその保護者  
ねらい：「もの」を拡大し、じっくり観察することを通して、もののかたちを知る。道具を使う。  
→保護者へのねらいとして、「もの」を幼児と一緒に観察する、物質のかたちや構造について理解を深める。  
流れ：ものを拡大して見る

- ①虫めがねを使って砂や塩、砂糖を拡大してみる
- ②身の回りのものや自然界をもっと見てみよう
- ③拡大してみる便利な道具のお話



・拡大するものが違って見えることに気づいた幼児が多かった。  
・幼児は虫眼鏡を使った観察が難しかったが、ものを拡大した写真を見たときには、何を拡大したものなのかを理解することができた。

### 鉄を取りだしてみよう

対象：中学生（小学生に実施）  
ねらい：酸化・還元を通じて物質の変化を理解する。体感的に理解。  
・金属が酸素と結びつくとき（酸化）  
・さびた金属から酸素を取り除くとびかびかになる（還元）  
・燃焼も酸化の一種 など  
流れ：さびについての話

- ①酸化の実験としてスチールウールの燃焼など
- ②還元の実験としてさびたものから金属を取り出すなど
- ③テルミット反応の生成物の観察や社会における鉄の活用についての話

「酸素との結びつき」として理解



・金属は酸素と結びつくことでさびるといふ酸化について理解した。(15人中6人)  
・還元について理解(15人中6人)  
・酸化・還元は同時に起こる(1名)  
・酸素と結びつきやすいものと結びつきにくいものでは、(還元)の難しさが異なる。

### 化学反応は電子が主役

対象：中学生  
ねらい：電子のやりとりから酸化・還元反応を理解し、身の回りでの物質の活用について知る。  
流れ：電子のやりとりによる酸化・還元反応の話

- ①銅の電気めっきの実験
- ②無電解めっき（化学めっき）の実験
- ③鉄イオンによる振動反応
- ④シュウ酸エステルの発光反応

「電子の受け渡し」と概念を拡大



・絶縁体であるプラスチック板にニッケルをめっきできたことに驚き、次の学びへの意欲  
・電子の働きが、様々な反応に関わっていることを意識化した  
・条件を制御したり、薬品や器具を操作することを「理科っぽい」

### 物質の理解の深まり（広がり）、つながり

（中間報告段階）

#### ○ 開発目標の実現

- ・物質の形態や特性・化学変化について理解を深める
- ・諸物質により形作られている世界をとらえなおす
- ・日常生活や社会において、物質や化学変化を活用できる場が広がる

#### ○ 今後の課題

- ① 深まりはどこまで？  
（物質と社会に関する科学リテラシー）  
・研究者と一般とのゆるやかな分離  
・日常生活や社会での利活用
- ② つながりはどうなっていく？  
・世代のつながり  
・内容のつながり

10

### 今後の開発（プログラムの開発、体系化）

	幼児・小学生	中学生・高校生	大学・成人・ファミリー	団塊
当グループが目指した世代のつながり	<p>よりミクロな視点の獲得による科学的な基礎概念の深まり。</p> <p>・身の回りの物質と様々な化学変化について理解を深める ・家庭生活への物質の関わりや社会においてどのように利活用されているかについて考える</p> <p>【学習段階に応じて理解がより深くなる】</p>			
プログラム	「かたち」のはてな？	鉄を取りだしてみよう	化学反応は電子が主役	
ねらい	「もの」を拡大し、じっくり観察することを通して、もののかたちを知る。	酸化・還元を通じて物質の変化を理解し、身の回りでの物質の活用について知る。	電子のやりとりから酸化・還元反応を理解し、身の回りでの物質の活用について知る。	

今後の開発

物質と社会

11

### 今後の開発（プログラムの開発、体系化）

（世代：「大学・成人・ファミリー」、「団塊」）

#### プログラム開発の方向性

(1) 深まり（広がり）  
「物質や様々な化学変化」についての概念の深まりは安定する？  
→質的な深まり（広がり）  
日常や社会での経験が増え、事項について具体的に理解する機会や事項と事項の関係を理解する。  
繰り返し経験することで定着する。

(2) つながり  
①他のテーマ（領域）や世代に対する理解が広がり、関係が増えていく  
②再び学び直す。他の人（世代）の「学び」を助ける  
③科学系博物館以外の機関との連携

#### 体系化

- ①科学リテラシーの観点から、適切な「学びの深さ」
- ②他のテーマ（領域）との関係づけの強化、融合

事項間のつながり、関係づけを強化するプログラム？

## プログラム事例紹介 2

### 「空間の広がり」をモチーフにした世代別プログラム体系の試み

有田 寛之 (国立科学博物館事業推進部学習企画・調整課)

こんにちは。国立科学博物館の有田と申します。よろしくお願いたします。ここでは生命・人間と社会のグループの事例紹介ということで、空間の広がりをモチーフにした世代別プログラム体系の試みということでご紹介したいと思います。何度も出ていますが、この科研費の目的は、様々な世代の人々の科学リテラシー涵養を目指し、博物館の資源を生かしたモデル的な学習プログラムの体系的開発を行うということになっています。

四つの世代と分野を設定しているのですが、今ご紹介する「生命・人間と社会」では、人間を含む全ての動物にとって、生きるために必要な「食」を学びの切り口、モチーフとして、食を通して自然の理解を目指すプログラムを、世代別に開発しようということになりました。

プログラム開発の前提としては、世代の特徴に合わせるということになっているのですが、生命・人間と社会では、発達段階に応じた生活空間の変化に注目しています。知識の発達だけに注目するのではなく、人格形成や社会の中でのそれぞれの役割の変化に合わせたプログラムを作ろうということになります。

四つの世代に向けたプログラム開発で扱うような空間的な広がりや、世代ごとの社会における活動範囲に合わせることを念頭に置いて、各年度のプログラム開発をこのように整理しています。

まず、幼児と小学生ですが、まだ社会性が発達途上である。親子関係を中心とした時期となりまして、小学校でようやく先生や友人といった、家族以外の人間関係が広がるということですので、いきなり非常に社会的に大きなテーマを設定するプログラムではなくて、食という直接的なきっかけで、食べる対象である生き物という視点で、生き物自体に興味・関心を持たせて、観察を促すようなものを目指そうということにしました。

中高生は家庭以外に学校や部活動といった、地域に根ざした集団活動が段々盛んになってくる時期です。職業選択なども考える時期になりますので、地域の社会に目を向けるようなことということで、暮らしと自分の住む地域の自然のかかわりを理解するようなプログラム作りを目指そうということにしました。

大学・成人・ファミリーの世代は、職業を選択して家庭をつくって、それぞれの役割の中で地位を確立していくような、社会活動の一番中心となる世代になります。そこで、身近な地域を学びの出発点にはするのですが、より広い世界に視野が広がるようなプログラムを目指そうということを考えました。

団塊の世代は、今度は知識・技術を得ることから、伝えるということに目的をシフトして、地域社会への知の還元機会を提供する。ひし形の広がりがきゅっと狭くなっているのですが、地域社会に目を向けるというような流れを考えています。こちらは来年度の開発なので、考え方を整理したという段階になります。

このように、現在、科研費3年目ですので、3本のプログラムです。今年度のは始まったばかりになりますので、本日は残りの時間を使って、この2007年度、2008年度の二つのプログラムについてご紹介したいと思います。

まず、幼児・小学生向けの「おいしいぬりえ」を紹介したいと思います。科学において観察し

たりスケッチすることは、子どもに限らず重要なことと考えられます。解剖学にはスケッチというような学びの機会がありますし、そもそも博物学というのが、様々なスケッチが重要な役割を果たしてきたという歴史もあります。

書くということで、正しく見ているかどうかを確認することができる。それだけではなくて、絵を描いたり色を塗るといのは基本的に楽しい行為ですから、主体的な学びを促進するきっかけになると考えられます。

そこで、子どもたちに博物館の展示室で実物資料の観察を促して、科学に親しんでもらうという塗り絵のシートを、国立科学博物館と海の中道海洋生態科学館が共同で開発しました。ご覧いただいているのが塗り絵シートの例ですが、ただ色を塗るということではなくて、観察のポイントや、ほかの種とどう違うかというような特徴が、右側に書かれている。それから、下には気づいたことを自由に書ける欄を設けています。

塗り絵の種類も、このように全部線画になっている物と、一部分だけあって、残りは自分で線と色を書いてくださいと。あとは、そもそも真っ白で自由にスケッチをしてくださいということで、個人の趣味やレベルに応じて参加できるような工夫をしています。

対象にした展示物ですが、両施設で共通に展示されているものや、食べられるもの、身近なもの、人気があるものということを考えて選びました。あとは、子どもがスケッチをしたり塗り絵をしたりということですので、あまり高い所にあるものは見えないということで、そういう物理的な要因も考えながら、この写真に挙げているような9種類を作りました。

実際に、2007年度に国立科学博物館と、海の中道海洋生態科学館で、来館者に使ってもらうことを、両施設合わせて計7日間行いました。実施の様子が出ております。

参加者にアンケートを取りましたが、その概要を簡単にご紹介したいと思います。塗り絵なので、参加者の動機は、「とりあえず塗り絵が面白そうだったから参加しました」という人がほとんどです。「参加してみて実際にどうでしたか」と言うと、「とても面白かった」「面白かった」が大半を占めている。「次も同じようなものがあったら参加したいですか」ということについては、9割ぐらいの人が「ぜひまた参加したい」と答えているという回答がありました。

このプログラムの目的は、楽しんでもらうということでもいいですが、生き物の形とか外部形態を観察してもらうことが目的になっています。実際には、約4割の参加者が塗り絵のシートに色を塗ったり絵を描くだけではなくて、気づいたことをこのように書き込むということをしてくれました。

観察のポイントで、足は何本でしょうというような問いかけをしていますが、そこに答えを書いてくれているような子がいました。あとは水族館の例で、水槽の背景のほかの生き物や、大きな岩があったりという、対象物以外の絵も描いてくれるような例もありました。

記述されている内容にどんなことがあったかということですが、塗り絵だから色のことを書いたかということと必ずしもそうではなくて、外部構造、形に対する気づきが多く記入されています。海の中道は水族館ですので、生きている動物が見られますが、動きや生活の仕方を記入している例も比較的多く見ることができました。

この結果から、標本をじっくり観察して、形についての気づきが導かれている。さらに生きている標本がある場合には、その動きや周りの様子についての発見が促されるということが示されているのではないかと思います。

こういう塗り絵シートを作ってみたということで、二つの異なる館で実施しましたが、どちらもおおむね評判が良く、楽しみながら海の生き物の観察ができるという結果になりました。

もともと、塗り絵をしたいということで子どもたちは参加するのですが、その結果として、よく展示物を観察する。そこから新しい発見が生まれて、海の生き物に興味が生まれるという流れが、こういう工夫によって生み出されるのではないかという可能性が示されたと考えられると思います。

引き続きまして、2本目の中高生向けの「恐竜発掘地層ケーキをつくろう！」というプログラムです。これは、普段あまり自然と触れ合う機会が少ないニュータウンに住んでいる中高生が、お菓子や恐竜という身近な切り口をきっかけに、生活と自然科学のかかわりを学ぶという継続学習プログラムです。

プログラムの中で、実際にケーキ作りにチャレンジするのです。そのプロセスとして、地層を模したケーキをパティシエの人に開発していただきましたが、その地層のケーキを作るために、地層や、そこから出てくる恐竜、自然、地層の成り立ち、それから防災と暮らしの関係など、地域の自然について学んでいきます。地域の自然に合わせたまちづくりや、まちづくりと洋菓子文化のかかわりなども、トピックとして知ったり、郷土の自然や文化に理解を深めることを目指しています。

食や防災といった日常生活の課題と、科学のかかわりに気づいてもらう。あとは、いろいろな職業の人と、科学のかかわりの認識を深めてもらうことも目的に入っています。

このプログラムは、国立科学博物館と兵庫県立人と自然の博物館（以下、ひとはく）が連携して、昨年度に兵庫県内で実施しています。全部で4回のプログラムで、全て週末に実施しています。参加者は中2が2名、高1が3名、高2が3名でした。高1の1名が男子で、残りは全部女の子でした。

各会の内容を紹介しますが、1回目はひとはくの中でやります。ここは、自然と調和した原風景の例として、丹波地方のことを取り上げています。この真ん中に座っている左側の写真ですが、パティシエの松浦さんという地元のお菓子屋さんが、恐竜発掘地層ケーキを開発してくれました。

これを試食したり、丹波といえば丹波竜が発掘されて話題になっていますから、丹波竜の話を基に、丹波の地質や地層のイントロダクションの話を聞いたりしました。それから、丹波や、ひとはくがある三田市で採れる食材が、近年どのように変化しているかという話も聞きながら、環境について意識を広げる機会にもしています。

翌週もひとはくの部屋の中でやったのですが、この回は、人間が暮らす地面の土台の地下の話で、兵庫県の地質の特徴を学びました。火成岩が主にベースになっているのですが、火成岩を生み出す火山活動を理解するために、ココアやチョコレート、ケーキを使って、火山の噴火とかマグマ活動、カルデラといったモデルを作って実際に体験しました。

こういうことから、自分たちの兵庫の地質を、白亜紀の火成岩が占めていることを理解したり、恐竜が出てくる堆積岩との違いを理解したりしました。

3回目は外に出ました。神戸の住吉川周辺の市街地の街歩きをしています。ここでは、海と山が近いという兵庫県の特徴が、生活に及ぼす影響について学ぶことを目指しています。建築やまちづくりを研究されている武庫川女子大の三宅先生をゲストにお迎えして、一緒に街歩きをしながら、街並みとか石垣に使われている石、天井川、それから阪神大洪水の傷跡、記念碑や災害の碑などがあつたりするので、そういうものを見て回っています。

これらの観察を通して、海と山が近くて山が急であるということで、神戸に水害が多いことを知る一方で、海と山が近いことから恩恵を受けている。例えば水車が発達して酒造りに利用され

るとか、すぐ山に登れるからいい景色が見られるとか、ゴルフ場ができたとか、そういう話も聞いたりしました。

あとは、地域のコミュニティづくりと洋菓子。神戸といえば洋菓子文化が有名なので、そのコミュニティとお菓子の関係を三宅先生に話していただいたり、自然をかたどったお菓子を食べて、人間の自然の見方の話を聞いたり、ミルフィーユを使って災害と建築物の構造の関係を学んだりもしました。

いよいよ最終回では、高校の調理室をお借りして、実際に恐竜発掘地層ケーキを作ることをしました。それから、各自が自分の企画するオリジナルケーキのプランをそれまでに作ってくるのですが、それを発表することをしました。これは、こんな感じで紙一枚にまとめてもらいますが、学んだことを盛り込みながら、オリジナルケーキのプランを立ててくださいということです。

これは、実際にパティシエの松浦さんの前で発表して、創造性や、これが実現できそうかというアドバイスをもらったりする。実際に作ったケーキについても、お友達や家族を呼んだりしていますので、そこでみんなで食べながら、成果を共有するを行いました。

このプログラムの評価ですが、コンセプトマップによる記録とインタビューを行いました。参加の前と後に、このようなコンセプトマップというものを書いてもらったのですが、参加前では「生活」という言葉をどちらもスタートにして、思いつく言葉を書いていってもらいました。日常に関する言葉が参加前には多く、直線的な語彙のつながりで、語彙同士が相互に関連する様子が見られなかったのですが、参加後に書いてもらおうと、プログラム内容を踏まえた言葉のまとまりが見られるようになったということで、一応学んだことが頭の中で整理されているようなことが見受けられました。

それから、インタビューを毎回行いました。参加した感想とか、学んだことを聞いたのです。実験や街歩きを盛り込んだことによって、体験的に理解することの重要性が明らかになりました。それから実験を通して、自然現象は教科書に載っているような、きれいなモデルばかりを示してはいないという、自然の多様性に対する理解が深まりました。街歩きを通して、地域の自然の特徴を身近な環境という視点で意識することができました。

それから、火山の実験をやった後に、街歩きで火成岩の実物を見るという流れを組んだことで、前回のプログラムと、次のプログラムのつながりがあったとか、それによって理解が深まったという、つながりが実感できました。

また、ケーキの企画の内容を見てみますと、ケーキのタイトルや形を考えるときに、プログラムの中で学んだことが盛り込まれていたことから、課題と学んだことが、結び付いていたということが分かりました。

このように、与えられた情報を、4回の学習を通して包括的に理解できたと考えることができるのではないかと考えます。今回は、学校で学ぶようなものから、ちょっとはみ出した内容を含む学びでしたが、体験的な実験や観察の学びの重要性や、教科書どおりに自然現象はうまくモデル化できるとは限らない、自然の多様性ということが、非常に印象に残ったということが明らかになっています。

学校の理科で補いきれないような多様性を博物館で学ぶということで、うまく学校の学びが、中高生にとっては生活の中心になると思うので、そこと対比させながら学ぶことができると考えられます。

それから、パティシエや大学の先生などいろいろな人と出会い、普段会えない人に直接指導を受けたことが、非常にいい印象に残っている。この武庫川女子大の三宅先生は、毎日1個ケーキ

を食べて、それをスケッチしてからケーキを食べる。今年はミルフィーユと決めたら、1年間1個ずつ、ずっとミルフィーユを食べるといふ先生なのですが、そういうことをすごく楽しそうに話すのです。子どもたちが、すごく変わった先生だなという印象を持つのですが、こういう人が「これは研究なのです」とまじめな顔でおっしゃって、毎日継続していくことを話している。そういう人がいるのだということを、すごく印象深く思ったということがありました。

最後のまとめになります。最初に申し上げましたが、発達段階に応じた生活空間に対応したプログラム開発を、生命・人間と社会では試みています。

塗り絵では幼児、小学生、親と一緒に学ぶことも大事ですが、子ども自身が自分で展示物をしっかり見て学ぶ。その観察眼を養うという効果が、このプログラムではあったのではないかと考えられます。

それから、ケーキのプログラムの方は、プログラムで理解した地域の自然の多様性を、学校の学びと比較しながら整理することができたということができると思います。

残り2年も引き続き、今度は成人向けのプログラム開発で、それぞれの世代の生活範囲に合わせた適切な学習機会の提供ができるようなことを念頭に置いて、去年、一昨年に引き続き、プログラム開発を行っていきたいと考えております。ありがとうございました。

(永山) それでは、会場の皆様から質問などはございますでしょうか。お願いします。

(会場) フリーランスでライターをしております。面白いお話をありがとうございました。

ちょっと感想を言うと、このプログラムで一番科学の勉強をされたのは、パティシエの先生ではないかというふうには感じたのですが、このプログラムを実施するに当たって、科学博物館の方々がパティシエの先生に協力を仰ぐときに、どのようなお願いの仕方をしたのかというところに非常に興味を持ったのです。その先生のパティシエの方に対するメリットであるとか、教育の効果であるとかいろいろあると思うのですが、どういう言い方をして、パティシエの方が一番関心を持たれて、取り組んでくださったのかというところを教えてください。

(有田) ありがとうございます。パティシエの方は、地元で例えば地域の自然をモチーフにしたお菓子作りということ、そもそも最初からされていたということがありました。あとは、常々その人は、ケーキ作りは科学であると、全部数値化して、分量や時間を計ってやっているということで、お菓子作りと科学が結び付いているという意識があったときに、ちょうど丹波竜が発掘されて、丹波竜をモチーフにしたせんべいとか、ものづくりで町おこしをしようというような雰囲気もありました。その中で、たまたまこのケーキの企画が盛り上がったときに、この科研費のプログラムというだけではなくて、ひとはくとお菓子屋さんのコラボレーションで商品開発しようというような空気が自然とあったのです。その中で、このパティシエの松浦さんも、ぜひそういう企画であれば参加して、パティシエの方も一生懸命、地層の成り立ちなどを勉強して、学芸員の人にいろいろ質問しながら、相互でコミュニケーションを取りながら、試作品を作って、学芸員が「これはちょっとリアルじゃない」という駄目出しをしたり、骨をお菓子で表現して入れてみたり、そういうことを繰り返す。そういうプロセスがあって、ケーキを作るという流れがあります。

(会場) ありがとうございます。そうすると、このプログラムを多様な地域で普遍化するため

に、たまたまそういう方がいらしたのは幸運だったと思うのですが、普遍化や広がりのためには、何が必要だと思われますか。

(有田) もともと、私が勝手なイメージで、兵庫県と一緒に神戸の洋菓子文化がいいだろうとか、丹波だから丹波栗でお菓子が作れるのではないかと、みたいなことを思いついたのがきっかけなのです。これが、違う館や違う地域でしたら、地域の名産品というものが、必ずしも洋菓子ではない。和菓子であるかもしれないし、普通に農産物であるかもしれない。それぞれの地域の特産品や話題になっているものを、話題の入り口として行うということで、ケーキが有名だとか、地域の文化に根ざしている所であれば、同じような応用ができるでしょうし、それぞれ入り口は考えなければいけないと思っております。

(永山) お願いいたします。

(会場) 塗り絵に関する質問で、やり方についてですが、例えば子どもに最初にスケッチさせてやるのか。実際の絵を見せるとか、あとは子どもの年と絵を描く能力によって、いろいろなやり方があると思うのですが、その辺はどうでしょう。

(有田) まず、子どもの年齢や能力に関しては、ご紹介したような塗り絵のバージョンは、ただ色を塗るというものから、一部は自分で形も書いてみましょう。それから、全部、自分で書けるという人は、絵を描きましょうというもので対応することをしています。

実際に、スケッチをしてみましょうということに関しては、国立科学博物館では身近な海の生き物のことを、簡単に標本などを見たりしながら学ぶ小さいコーナーがありまして、そこで身近な食べ物を生き物として、意識するようなことを少し学んだ後で、塗り絵をしましょうということをやったりします。あとは、水族館でも食べるということではないですが、生き物の表面ですね。美肌というようなテーマで小さい展示をやっている状態で、その横に塗り絵のコーナーを置くようなことをして、まず生き物として興味を持つという入り口は与えた後で、塗り絵をしましょうというような工夫はしています。

(会場) ありがとうございます。

**「空間の広がり」をモチーフにした世代別プログラム体系の試み**  
**A program system that focuses on expanse of viewpoint**

有田寛之<sup>1)</sup>、高橋みどり<sup>1)</sup>、高田浩二<sup>2)</sup>、三宅基裕<sup>3)</sup>、先山 徹<sup>4)</sup>、嶽山洋志<sup>4)</sup>

国立科学博物館<sup>1)</sup>、海の中道海洋生態科学館<sup>2)</sup>、兵庫県立人と自然の博物館<sup>3)</sup>、兵庫県立淡路景観園芸学校<sup>4)</sup>

Hiroyuki ARITA<sup>1)</sup>, Midori TAKAHASHI<sup>1)</sup>, Koji TAKADA<sup>2)</sup>,  
 Motohiro MIYAKE<sup>2)</sup>, Toru SAKIYAMA<sup>3)</sup>, Hiroshi TAKEYAMA<sup>4)</sup>  
 National Museum of Nature and Science<sup>1)</sup>, Marine World Umino-nakamichi<sup>2)</sup>,  
 The Museum of Nature and Human Activities, Hyogo<sup>3)</sup>, Awaji Landscape Planning & Horticulture Academy<sup>4)</sup>

**科研費の目的**  
 様々な世代の人々の科学リテラシー涵養を目指し、博物館の資源を生かしたモデル的な学習プログラムの体系的開発

**プログラム開発の枠組み**

年度	2007年度	2008年度	2009年度	2010年度
対象世代	幼児と小学生	中学生と高校生	大学・成人とファミリー	連携
生命・人間と社会	おいしいぬりえ 重要もの展覧コレクション	動植物展覧コーナーをつくろう! 次々と暮らしの美しい側面	おたけな展覧会 「おたけな展覧会」	
宇宙・地球・環境と社会	おたけな展覧会 おたけな展覧会 「おたけな展覧会」	おたけな展覧会 おたけな展覧会 「おたけな展覧会」		
物質と社会	おたけな展覧会 おたけな展覧会 「おたけな展覧会」	おたけな展覧会 おたけな展覧会 「おたけな展覧会」		
技術と社会	おたけな展覧会 おたけな展覧会 「おたけな展覧会」	おたけな展覧会 おたけな展覧会 「おたけな展覧会」		

**生命・人間と社会**

発達段階に応じた生活空間の変化に着目

【幼児と小学生】  
→食材 (=生物) そのもの

【中学生と高校生】  
→自分たちの暮らす地域の自然を意図

【大学・成人・ファミリー】  
→地域から世界への広がり

【団塊】  
→地域に「知」の還元

「空間の広がり」をモチーフにした  
世代別プログラム体系の試み

**おいしいぬりえ**  
 ~Coloring in Pictures at Science Museums~

実物資料の観察を促し、科学に親んでもらうための「ぬりえシート」を開発。  
 開発担当：国立科学博物館・海の中道海洋生態科学館

**ニシキエビ をかきまわろう!**

ココにちゅうもく!  
 - 足は何本?  
 - 目はどこにある?  
 - からだの形は?

9/9(金)こころへまど...  
 9/9(金)こころへまど...  
 からだのつくりかた...  
 足はそれぞれが役割があります。  
 目はいろいろな働きをします。  
 からだのつくりかた...  
 足はそれぞれが役割があります。  
 目はいろいろな働きをします。

ぬりえをして見たことを書いてみよう。これらの資料とどこがちがうか、ちがったところをいこう。

**対象展示物**  
 共通に展示されているもの・子どもたちが観察しやすい位置のもの

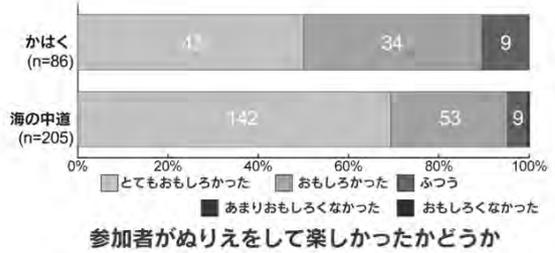
**実施概要**

国立科学博物館：2007年11月24日、2008年2月23日、24日

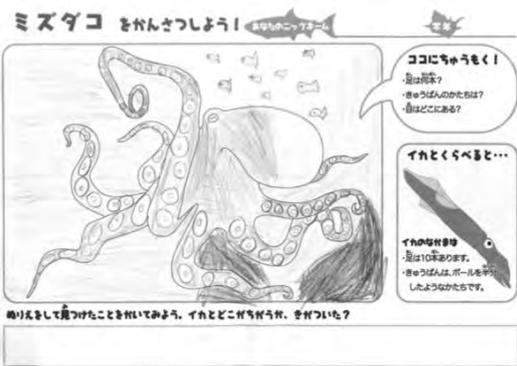
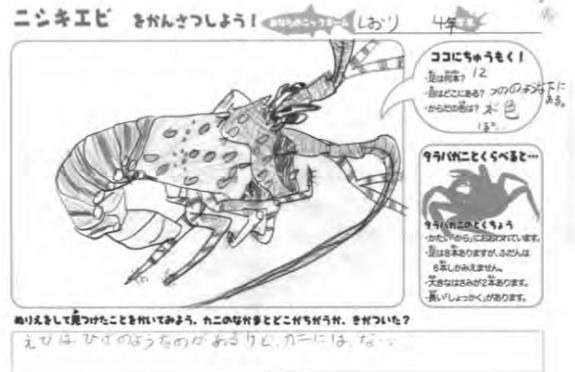
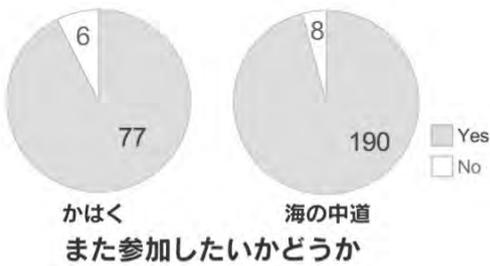


2007年11月の様子

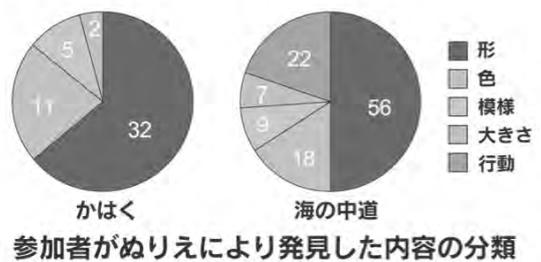
**結果概要**



**結果概要**



**結果概要**



**おいしいぬりえ まとめ**

- ・約9割の参加者がぬりえを楽しみ、もう一度参加したいと回答した。
- ・約4割の参加者が海の生き物について気づいたことを記入する欄を活用した。
- ・海の生き物の外部形態、動きや周囲の様子に気づいた参加者が多く、色をぬるだけでなく、観察をしっかり行っていた。

「ぬりえをしたい」というきっかけ



展示物の観察や、新たな発見を促す



海の生きものや展示への興味関心

**恐竜発掘地層ケーキをつくろう！**

~Let's Make a Dino-digging Cake!~



**「恐竜発掘地層ケーキをつくろう！」**

ニュータウンの中高生が洋菓子・恐竜という身近な切り口をきっかけに生活と自然科学との関わりを学ぶことを目的として実施する継続学習プログラム

**ねらい**

- ・地域の自然や文化に関心を持ち、日常生活の中で自然と共存しようという心が育まれる。
- ・生態系や地質といった地域の自然に対して理解を深める。
- ・自然現象による暮らしへの影響は、悪い面だけでなく良い面もあることを理解する。
- ・食や科学に関わる人々との交流を通し、科学が将来の職業選択に関わることに気づく。

第1回：2008年10月26日（日）

兵庫県立人と自然の博物館にて

テーマ 地域の自然に関わる最近の話題を知る

内容 ケーキの試食、丹波・三田の自然や恐竜の理解

第2回：2008年11月9日（日）

兵庫県立人と自然の博物館にて

テーマ 暮らしの土台となる地域の地質の特徴の理解

内容 チョコレートを使った火山のメカニズム実験

第3回：2008年11月16日（日）

神戸市東灘区にて

テーマ 自然や災害とうまくつきあう暮らしの理解

内容 住吉川周辺の街歩き

第4回：2008年11月24日（祝）

兵庫県立三田祥雲館高等学校にて

テーマ 学んだことの振り返りと表現

内容 ケーキ作り、新作ケーキ案の発表

第1回：2008年10月26日（日）

ケーキの試食、丹波・三田の自然や恐竜の理解



第2回：2008年11月9日（日）

チョコレートを使った火山のメカニズム実験



**第3回：2008年11月16日（日）**

自然や災害とつきあう暮らしの理解・住吉川周辺の街歩き



**第4回：2008年11月24日（祝）**

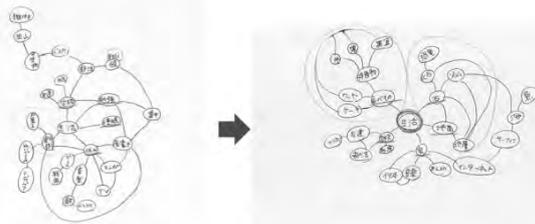
学んだことの振り返りと表現・ケーキ作りとプレゼン



オリジナルケーキの例

**コンセプトマップ**

参加後には、プログラム内容を踏まえた語彙が増加  
関連する語彙のクラスターを形成



**インタビュー**

- ・実験や街歩きにより、体験的に理解することの重要性が明らかになった。
- ・自然現象の多様性に対する理解が深まった。
- ・地域の自然の特徴をより身近な環境という視点で意識することができた。
- ・火山の成り立ちを学ぶ実験後に火成岩の実物を見るといった構成により、各回のつながりを実感できた。

**継続的な学習プログラムを通して・・・**

○与えられた情報の包括的理解

- 生活の中心である学校からややみ出した「学び」が参加者の刺激に
  - 実験や観察といった体験的学習の重要性
  - 自然現象は簡単にはモデル化できないことへの理解
  - 博物館が扱う多様性を学校教育と対比させながら活用できる可能性

○パティシエや大学教員など普段会うことのできない専門家からの指導  
→参加者にとっての刺激



**まとめ**

**■おいしいぬりえ**

生活範囲に合わせた目標：「モノ」そのものに注目  
結果：観察眼を養う

**■恐竜発掘地層ケーキをつくろう！**

生活範囲に合わせた目標：自分たちの暮らす地域の自然の理解  
結果：地域の自然の多様性を学校の学びと比較しながら整理

**■今後は・・・**

- ・ファミリー向け：われら海岸調査隊
- ・団塊世代向け（内容未定）
- 世代の生活範囲に合わせた適切な学習機会の提供を目指す

## パネルディスカッション

### パネリスト

David Anderson (University of British Columbia, Canada)

Jean Rosenfeld (American Museum of Natural History, USA)

北原 和夫 (国際基督教大学)

岩崎 誠司 (国立科学博物館事業推進部学習企画・調整課)

有田 寛之 (国立科学博物館事業推進部学習企画・調整課)

小川 義和 (国立科学博物館事業推進部学習企画・調整課)

<北原氏による講演>

(北原) では、10分ほどで、私たちがどんなことをやってきたか、やっているかをお話したいと思います。「Science Literacy for All Japanese」というプロジェクトを数年やっております。自分がどんな人間かということを書いたのですが、僕は物理屋で、一時、物理学会の会長をやったことがあって、そんなことからこういう分野に入ってきたわけです。

まず2003年ぐらいから、全ての日本の成人が共有すべきサイエンス・リテラシーとは何か。その目的は *sustainable democratic society*, つまり一人一人の人間が、かけがえのない構成員として認められるような社会、かつそれがサステイナブルである。つまり、自然と人間の調和の中で生きていけるような社会をつくらう。そのためには、どんな知恵が必要であるかということ、約150人の先生方と一緒に議論してきました。その辺についてお話したいと思います。

サステイナビリティということで考えてみますと、今はどんな時代であるかという、エネルギー問題、それから資源の問題、それから *global warming* の問題があります。それから、先般の新型インフルエンザの問題にしても、交通やコミュニケーションの手段が非常に発達したので、一国一地域で起こったことが、直ちに世界中に広がっていく状況になっています。それと同時に、非常に複雑で、かつ人間によって引き起こされた問題がある。こういう時代ではないかと考えるわけです。

そうしますと、私たちが考えるサイエンス・リテラシーとサイエンス・コミュニケーションは、全ての人がいろいろな職種を超えて、サイエンティストであろうがなかろうが、みんなが協力してこういう問題を解決するようなものとして、必要なのではないかと考えてまいりました。

実は、そういう学習能力についての考え方は、日本の歴史を調べてみると、実は1950年代は、理科の授業は非常に統合されており、理科とテクノロジー(技術)と健康というものは、一つのものとして生活学習という形で教えられていた時代があるのです。

ところが1960年代になって、いわゆる理科の近代化が起こり、物理、化学、生物、地学と分かれて教えられるようになりました。これが、いわばアカデミックなディシプリンの枠組みに沿って教えられるようになったということがあります。このことが、日本の高度成長を支えたこともありますが、一方において理科離れを起こしてきたといえるのではないかと。

近年になって、PISAの調査等では、むしろサイエンス・リテラシーの重要性がさらに認識されるようになって、生活の問題、つまりライフとかテクノロジーに、むしろ関係づけてやるようになってきたのではないかと思います。

つまり、日常の生活とクラス・スタディをブリッジするようなことの重要性が、最近認識され

てくるようになった。今度の指導要領の改訂も、その方向が少し出てきているように思います。

それで、私たちがどんなことをやってきたかを、2005～2008年にかけて150人のサイエンティスト、エドゥケーター、メディア、それから行政の関係の人たちに入らせていただいてやりました。それで目指したものは、どういうサイエンス・リテラシーが必要かということで、基本的な知識、能力、考え方をみんなで考えてきたわけです。

それをするために、七つのドアを考えて、七つの数理科学、物質科学、生物科学、情報学、地球・宇宙環境科学、人間社会科学、そして技術という七つの分野でまず議論をしまして、全体としてまとまったサイエンス・リテラシーなるものを考えました。これは基本的には、私たちが今どういうところにいる、どういう道を歩んできたのか。人間ならびに社会がどういう状況にあるかということ、認識するための基本的な知識をまとめてみました。そこで私たちが重要視したのは、持続可能性のために伝統的な知恵も必要ではないかということ、を提言したわけです。

今、どんなことをやっているか。このプロジェクトでは、それが今広がりつつありまして、いろいろな所で地域の活動を始めております。名古屋、函館、三鷹ではサイエンス・リテラシー講座やサイエンス・リテラシーカフェをやり、この9月には東京インターナショナル・サイエンス・フェスティバルを、それから、近くの喫茶店でカフェをやったりしています。

それから、JST や未来館では、サイエンス・コミュニケーションの問題を検討していますし、サイエンスハイスクールでは、サイエンス・リテラシーの授業をやらうとか、いろいろなことを今始めております。それから南アフリカとESD (Education for Sustainable Development) の教育プログラムを作ろうという動きもあります。

僕が少ししかかわっているものでは、先ほど教育のところでサステナビリティの考え方が大事だということで、なぜ今アフリカと組んでやっているかということ、一番大事なことはここなのです。本当の意味でサステナビリティを考えると、先進国同士、あるいは先進国だけで考えているのでは良くない。先進国だけで考えると、どうしてもエネルギーとかリソースに問題がいきまして、結局、今の社会あるいは自然とのかかわりを維持するところに力点を置くわけです。けれども、本当に大事なものは、一国一地域の影響が全世界に及んで、かついろいろな問題を起こすことだと考えると、私たちとは違う文化、自然、生活を送っている人々がいるということ、よく認識する必要がある。そこで、僕らは小学校、中学校で日本の子どもたちとアフリカの子どもたちが一緒になって、勉強できるような教育モジュールを作ろうということで今始めています。

これが、この3月に行ったときのことで、こんな学校を訪ねてきました。

それから、今もう一つプロジェクトとしてやらうと思っているのは、これまではサイエンスとテクノロジーのところで考えてきましたが、やっぱりヒューマン・ソーシャルサイエンスと、芸術というものを含めた形でのサイエンス・リテラシーが必要ではないかということを考えています。それはなぜかと言うと二つありまして、一つはサイエンス・リテラシーを定着化させるためには、やはり私たち人間とか社会、芸術をよく知っておく必要がある。そういうものをうまく使って、人間がどういう形でサイエンス・リテラシーを受け入れることができるかどうかという問題を、考える必要があるということです。

もう一つは、もう一歩進めて、サステナビリティというのは単に自然環境の問題ではなくて、これは社会も含めて、本当に人類と自然が生き延びていくために必要である。そうだとすると、これは自然科学とテクノロジーだけの問題ではないと考えるわけです。

ということで、今こんなプロジェクトを立ち上げようとしています、これだけは英語を訳せなかったのが申し訳ないのですが、今は、こういう Integrate Science Literacy というものをやらう

ということで立ち上げたところです。歴史学者、心理学者、政治学者、音楽学者、経済の人たちも含めてやることを始めています。

僕がかかわっているもう一つのことで、物理オリンピックがありますが、実は今年はメキシコであるので、今私たちが苦勞しているのです。

ただ、一つ申し上げたいのは、2008年のベトナムでのオリンピックのときに、こんな問題が出たのです。これは日本のししおどしのようなもので、ここに水が入っていて、これが下りてきて、そして水が抜けるとこちらが倒れて、このように米をつく機械です。それについての問題が出まして、こういう問題は物理の問題というより、非常にもっと複雑な系の問題で、これに対して日本の子どもたちが随分苦勞していました。

つまり何を言いたいかというと、本当の意味をこのとき問われたのは、本当の意味の科学の力とは何だろうかということ、それはこういう問題を解くときに、どうやって攻めていくかというストラテジーです。それから、物理オリンピックでは下書き用紙があって、どこまで考えたかを書くと、それで点をもらえるような仕組みになっているのです。要するに、そういうときに、どこまできちんと書いて、問題をシェアできるかが問われたのが、昨年ベトナムのオリンピックでした。こういうことは、実はオリンピックに行った子どもたちだけではなく、実は全ての人間にとって大事な能力ではないかと思っています。

ということで、短いですが、全体のサイエンス・リテラシーの問題と、物理オリンピックで問われた現在のサイエンス・コンピテンシーの問題について報告しました。

## Science Literacy for Sustainable Society in the 21st Century

Kazuo KITAHARA  
International Christian University  
“Science Literacy for All Japanese” Project

### Self Introduction

- Theoretical Physics, Once a member of IUPAP Commission (1997-2003) and president of JPS (2002-2003)
- “Science Literacy” to be shared by all adult Japanese for a sustainable democratic society
- “Outcome of higher education” : Generic skill of university graduates
- “Physics Olympiads” giving challenging experience opportunities to middle school students
- “ESD ( Education for sustainable development)” : common module of primary and secondary education of Japanese and African children

### Modern Times

- Energy, resource and global warning
- Traffic and communication, giving rise to immediate influence on all the world
- Complex and human-caused problems
- We need science literacy and science communication so that all can collaborate for solving world-wide problems

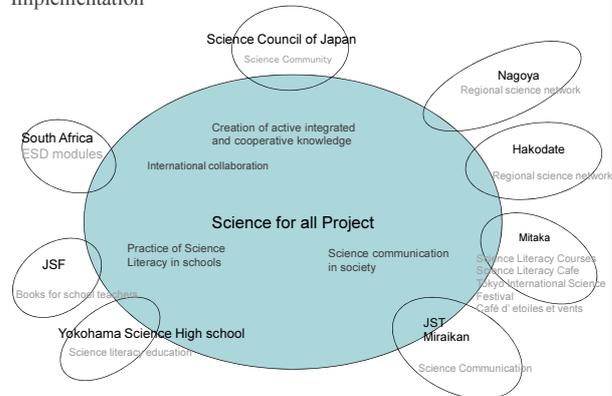
### Tendency of competence in learning in Japan

- In 1950’s, integrated study of science: technology and health as “Life study”.
- In 1960’s, modernization of science: separation of physics, chemistry, biology and geology in the frame of academic disciplines. This gave rise to science-phobism among students
- PISA 2006 led to awareness of importance of science literacy: enquiry-based, outcome-based and close relation to life, technology etc.
- Importance of bridging everyday experience and class study

### “Science for all Japanese”Project 2005-2008

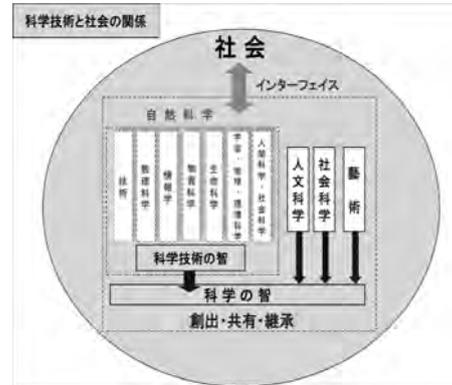
- 150 scientists, educators, media, officers are involved.
- Science Literacy for sustainable democratic society
- Basic knowledge, skill and concepts for collaboration of all people, specialists and non-specialists.
- Seven doors for science literacy: mathematical science, material science, biological science, informatics, earth/space/environmental sciences, human/social sciences, technology
- Traditional knowledge also for sustainability
- “Integrated science literacy”

#### Implementation



## Human, social sciences and arts

- For implementation of science literacy, aspects of society related to human, social sciences and arts should be considered.
- For sustainability, integration of human, social and natural sciences and arts is necessary.

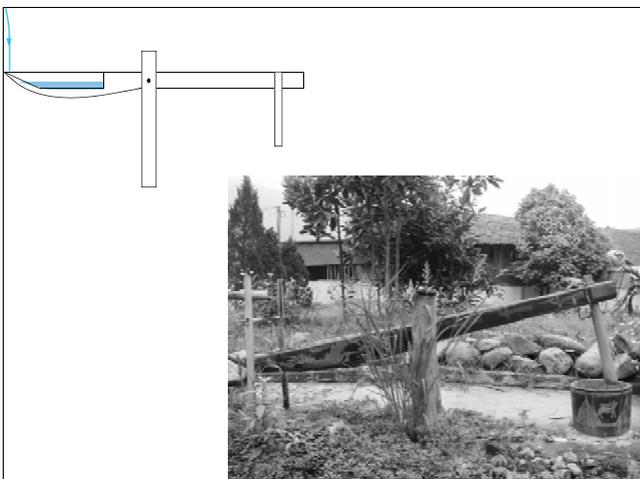


## Integrated science literacy

- We just launched the project “Integrated science literacy for sustainability of earth and mankind”, which includes history, psychology, politics, musicology, economics and so on.

## Physics Olympiad

- International competition of high school students in physics
- Japan has participated since 2006.
- In 2008, in Vietnam, a complicated problem about traditional machine for grinding rice. It required strategy for solution. First rough approximation and then precise analysis. They required submission of writing paper. It is important to write research note as public records.
- Tendency of Japanese students: They think that there is a single and unique solution in every problem. There may be a problem which has no solution. They think that a research note is private not public.
- Science literacy or competency may include strategy for solution, manner for communication.



## Real science competency

- Interest in science or in reality: very basic interest and inquiry of human being.
- Strategy for solution
- Communication for sharing problems with others

Not just for contestants of Olympiad but for all human beings

<パネルディスカッション>

(小川) 北原先生、ありがとうございました。これからパネルディスカッションを始めたいと思います。最初にパネリスト同士のコミュニケーションを行い、続いて、会場とパネリストのコミュニケーションへと展開していきます。早速ですが、北原先生から他の方に質問はありますか。

(北原) お二人の方の発表をありがとうございました。特に、私が印象的だったのは David さんの発表で、サイエンス・リテラシーというのは旅であると言われてまして、すごくイメージが広がって良かったなと思っていました。この博物館だと、350 人の方が活動しているのですが、経験も年齢も全然違う方が 350 人ほどいらっしゃいまして、このたくさんのボランティアさんたちと大行進して、リテラシーを作っていきたいと感じました。ありがとうございます。

(小川) David さん、何かコメントはありますか。

(Anderson) 本当に、旅だと思っているから、そう申し上げました。私の理念、ものの考え方ですが、あなたが今旅のどこにあったとしても、まだ先はあるということが私の深い理解なのです。

最も学歴のレベルが高い人であったとしても、そこで到着点ではないのです。この科博でも、理解していらっしゃると思うのです。プログラムを概念化・体系化して、リテラシーを高めたいと、かつ世代別に相手を変えて大学あるいは幼児、子ども、あるいは壮年と分けて考えていらっしゃるのは、私の考えととても合っていると感じました。

(小川) ありがとうございます。続いて有田さん、お願いします。

(有田) お二人の話は大変興味深かったのですが、Jean さんの親子で参加するとか、あとはさらにおじいちゃん、おばあちゃんも一緒に来る。それから繰り返して来るというプログラムを、そういう環境を作られていることがすごく素晴らしい。

それから、繰り返しそういう人たちが参加する。何年も続けて参加して、その追跡の調査もできていることが大変うらやましい限りで、見習わなければいけないと思いました。

今年の私たちのグループは成人向けですが、親子向けに1年間、地域の海岸を定期的に観察しに行って、海岸に漂着する生物の調査をすることを、親子でグループに参加するということを考えています。まだ始まったばかりですが、そのプログラムが終わった後も、親子が継続的に博物館とかかわれる仕組みづくりということで、参考にさせていただきたいと思いました。

(小川) 何かコメントはありますか。

(Rosenfeld) ありがとうございます。パワポを使いながら申し上げましたが、大人と子どもと一緒にというのは本当に大事で、そうであるからこそ、むしろプログラムが成功したのだと思います。

(小川) ありがとうございます。北原先生、何かお願いいたします。

(北原) 二人の講演を聞いて、しかも僕自身が考えていることを申し上げたのですが、やはりどういう社会でどういう人間がいて、それに対して、科学をどういうふうに伝えていくかという問題だと思います。かつ Jean さんの話だと、親子でいかに一緒に学んでいくか。それをせんじ詰めて考えてみると、結局、科学を通して、どんな社会を作っていくのか。

つまり、もちろん科学を伝えることが、私たちのミッションであるけれども、むしろ科学を使ってと言うと変ですが、いわば親子が共に語り合う社会をつくる。それから時間の長いスケールで、人が成長していく段階で、どういう発見をしていくかという、一人一人の人生の歩みに合わせて刺激を与えていく。

そういう人間作り、社会作りが、科学コミュニケーションあるいは科学博物館、あるいは博物館のあり方にとっても、非常に大事ではないかということを感じました。

(小川) ありがとうございます。それでは、それぞれ5人の方から、ご意見がありましたら、一人ずつどうぞ。David さんの方からいきましょうか。どなたに対してもいいです。ご質問がある場合でも、コメントでも結構です。

(Anderson) 私が感銘を受けたのは、第一に相乗効果、調和が皆さんの話にあったと思います。特に、私が深く関心を持って興味をわいたのは有田先生の手法です。有田先生がコンセプトマップを使っていらして、プログラムのインパクトを評価なさったというのは、とても良かったように思いました。

特に関心を持ったのは、知識がどのように発達していったかを、その前と後で比較されましたね。経時的に前と後で比較なさって、コンセプトマップのような形で調べて、体系化を高めていくという手法が、戦略として、また手法として良かったと思うのです。本来は、影響評価は測定・評価が難しいのを、大変良くやっていたらっしゃると思えました。

知識ベースの調査、知識ベースの試験は、確かに測る一つの方法ではありますが、先生がおっしゃった分析的な手法は、非常にレベルが高い、洗練された評価方法だと思うのです。その分析の戦略、あるいはそのようなコンセプトマップの評価の仕方、どういうテーマが分かったのか、どういうインパクトがあったのかについて、ぜひ何か詳しくおっしゃっていただければと思います。

(有田) ありがとうございますというか、困りましたというか。私一人でももちろんやっているわけではなくて、コンセプトマップに関しては、科研費のメンバーの奥にいる高橋みどりさんが、主にまとめなどをしていただいたということもあるので、僕の口からあまり詳しく言うのは、なかなか説明するのが難しいのです。

もともとプログラムの性質で、知識を得るというよりは、自分たち中高生が、自分たちが住んでいる地域の自然や、暮らしているいろいろな物事と科学とがかかわる、つながることを知りたいたいことを目指していました。そこで、単発の断片的な知識が増えていくというよりは、知識の総量ではなくても、つながっていくことを調べたいということで、コンセプトマップを使おうということになりました。

実際に、プログラムの内容に関しては、まとまりとして書くような傾向がほとんどの参加者について見られたということは、一定の成果ではないかと考えているのですが、直後であると。プログラムが終了した直後なので、ある程度成果が出るのは当然ということがありました。そこか

らロングタームのインパクトということで考えたときに、終わった後のさらに1年後とか、中高生なので将来どういう進路選択をしたかなど、そういうことはまだ調べられていないという問題があるので、そういうことについては、むしろ David さんがされていることを勉強して、長期的な調査をしたいと考えています。

(小川) ありがとうございます。うまくまとめていただきました。ほかの方はいかがでしょうか。今長期的なという話が出ましたが、そういう世代間をつなぐという意味で、Jean さんのところは、いろいろな世代のプログラムをやっていると思います。

私たちも、こういう世代別に開発していきますと、やはり世代間をどのようにとらえたらいいのか。例えば私どもで少し議論したのは、結局今の世代の人は、10年経ったら違う世代の人になるわけですから、たぶん10年ぐらいしか、こういうリテラシーの考え方・枠組みは、もたないのではないかと。ですから、10年ぐらい経ったら、またもう一回考え直さなければいけないのかなと思いつつ、そういう世代ごとの人たち、10年前にサイエンスネーチャープログラムを経験した人たちが、どういうふうにつながっていったのかということが、すごく興味があるところではあります。

Jean さんには、そういう世代間をつなぐという観点から、何かコメントをいただけたらと思います。

(Rosenfeld) 10年前に経験した人が、10年経ったらどうなったのかというフォローができると大変興味深いと思います。私もプログラムを紹介していて、かつ聴衆からも、ほかの関心がない大人に、どのように参加してもらおうのかという質問がありました。もともと理系のバックグラウンドがない場合に、そして興味がないのであれば、誘うのは難しいと思ったのです。

しかし、発表を聞いていまして、私たち全てが何らかの理解を持つことが必要だと思うのです。これは私たちの社会であって、私たちが社会の面倒を見なければいけないので、大人一人一人が一定の科学に対する理解を持つのは、義務だと思うのです。

質問をいただいて考えたのですが、また私どものサイエンスネーチャープログラムでわかるのは、優秀な学生は親なのです。一番勉強してくれるのは、子どもではなく、親であることが多いのです。しばしば親の方が、もともと理科の教育を、残念ながらきちんと受けることができなかった。そして、大人になってから、子どもを持ってから、博物館に来て、初めて基礎的なことを学習することになっているのです。子どもより、大人の方が良く勉強したということになっていて、子どもたちではなく、親のためにもなっているということです。

(小川) ありがとうございます。ほかにはいかがでしょうか。お互いに、質問などがもしありましたら。

(北原) その意味では、Jean さんのプログラムはうまくいっているわけですね。つまり子どもが来ることによって、親が興味を持ち始めたこと自体は素晴らしいことですね。

(Rosenfeld) そうです、成功しています。ありがとうございます。それを求めているわけです。

(小川) 全てに共通する話題で、先ほどご質問に出た、いわゆる科学に興味がない人に対して、

どういふふうにあプローチしていくか。または、極端に言えば、博物館に來ない人、例えこの場所にいない人に対して、どういふふうにあプローチしていくのか。ここに来ている人は、かなり興味・関心が高い人なのではないかという気がするのですが、そういう人たちに、どういふふうにあプローチしていくのかということが、先ほどご質問に出ました。何かそのあたりについてコメントはございますか。どなたでも結構です。

(Anderson) もともと興味のない人に、どうやって来てもらうかという問題は、大変な問題です。私は、高校教師として数年仕事をしたことがあります。科学教育の実践ということで、8年生から9年生まで教えたのですが、一番科学に関してスイッチがオフされてしまっている者は、特に9年生、つまり中学3年生です。これは、オーストラリアの学校制度で私が教えていると、高校1年に入って、それから13歳、14歳という、科学にともかく興味を持っていない。それまでの科学教育が面白くなかったから、興味を持たなくなってしまう。

そうってしまったときに、もう一回科学が彼らの生活に関係があるのだ、毎日の生活に、こんなに相互作用を持っているのだと。世界で起きていること、世界の人々、それからこの世界の中で起きている、この経験に科学が関連しているという、そのrelevanceが大変鍵となると思います。

私の考えでは、最終的には科学というのは、世界を知る一つのやり方、理解の一つの仕方なのです。そして、周りの世界の解釈が科学なのです。科学博物館として、プログラムとか展示のことを考えて、そしてそれはその人との世界とコネクション、つながりがあるものにと考えるわけです。

先ほどのプレゼンの中でも、アイデンティティという話をしました。複数のいろいろなアイデンティティを持っている人がいるのに、その人たちに対してどうやって訴えていくかということでもあります。セミナーのときにも使っているのですが、全ての成人ということが重要だと思うのです。

全ての成人ですが、例えば食べる方法や食育には、高齢になれば関心を持つかもしれませんけれども、若い子については、正しく食べるよりも関心を持つことがあるのです。その年代によって、自分にとって関心があることが違うのは当然です。聴衆を理解すれば、その世代の人が何に関心を持っているのかを理解できればできるほど、つながりを深めることができ、皆さんの関心をさらに強めることがうまくなるはずです。

(Rosenfeld) 皆さんのコメントを聞いて考えさせられているのですが、何かの方法でもともと博物館に来てくれない人に対して、何ができるか。例えば1日、本日無料ですとか、例えば入館料がこの日はかかりませんなど、何らかの広告宣伝的なことができないか。インセンティブです。ある一定の大人の年になると、もうこれから起こらなかったことは、この先も起こらないかもしれないと思うかもしれません。しかし、何らかの食欲を刺激することができれば、ただである、無料であるなどは、あるいはもしかすると、ほかの博物館にも行ってみようというきっかけになるかもしれません。

(小川) ありがとうございます。科学博物館では去年、先生方は無料の日というのを1日設けてまして、多くの先生に来ていただきましたが、そういうのもインセンティブになるかもしれません。

それから、先ほどの David さんの話ですと、やはり個人の文脈に基づいた博物館のあり方があるかもしれません。それは、博物館側から見た、例えば展示でしたらメッセージを込めるということ、それからメッセージを個人の人はどうとらえるかという、個人側と参加者側から見た見方の、両方の対話がすごく重要だと、お話を聞いて感じたところです。

(北原) 恐らく、私が思うには、科学嫌いというか科学から離れているというのは、本来の人間の姿ではないのではないかと。つまり人間というのは、周りにある自然など、いろいろな状況を観察して、その背後にある何か物事を考えて、そして生き延びてきた。だから、進化の過程で恐らく *sense of wonder* といいますか、不思議に思うことを本来身に付けてきた動物なはずですが、恐らく社会的な要因で、疑問を持つことが封じられているような状況があるのではないかと。それから人々を解放することが、非常に大事ではないかというふうに思うのです。

ですから、何か疑問が、子どもや一般市民の方から来たときに、絶対に「これは難しい話だから」ということではなくて、それなりのモデルで答えるというか、一緒に考えることを、やはり私たちは努力していかなければいけないのではないかと考えています。

もう一つ、それで今思うのは、例えば台所というのは、あらゆるサイエンスの集中している場所なのです。熱もあるし、化学反応もあるし、流体もあるし、おみそ汁一つ温めるだけでも対流のパターンが出ます。そういうことで、圧力鍋なども本当に気相、液相の共存の問題になるわけです。そういう身近なところに本当にサイエンスがあふれているということ、伝えていく必要があるのではないかと。先ほど David が言ったことと同じことですが。

(小川) ありがとうございます。それでは、会場からのコミュニケーションを展開したいと思います。

(会場) 科博の中にあります、科学博物館後援会というところに属しております。どうぞよろしく申し上げます。

いきなり重い質問になるかもしれませんが、Andersonさんと北原先生にです。

先日、博物館リテラシーというフォーラムをやったら、美術館の人はアートリテラシーを語るし、科学館の人はサイエンス・リテラシーを語るし、歴史の人は歴史リテラシーを語って、細かくやっていると、多分科学リテラシーも、物理リテラシーや数学リテラシーになってしまうところを、そうならないように今、北原先生がおやりになっているということだと思えます。

実は、今回のプロジェクトにも深くかかわっているのですが、博物館における学びをもう一度きちんと考えたいと思っています。科学と関係あるのですが、皆さんがご存じのような科学の方法論としては、帰納法、英語で *induction* と言うらしいですが、いろいろな現象から法則や原理を見つける帰納法的なやり方。それから、数学がやるやり方で演繹法、英語では *deduction* と言うらしいですが、この二つをうまく使い分けて、いろいろ科学の勉強を、学校でも大学でも博物館でもやってきたと思うのです。

今日の発表のいろいろな事例を聞いてみると、この二つのやり方をうまく組み合わせてやっていると思うのです。かつ、それはある概念を形成するとか、仮説を確認するというか、そういったやり方を博物館は得意としているのではないかと。そういった学びのことを、仮説形成法、概念形成法、問題解決法と言って、英語では誤解のある言葉ですが *abduction* と言うのだそうです。日本語で言うと、仮説を形成していくという方法ではないかと思うのです。

これが、これからの博物館における学びの一つの方法論になるのではないかと思います。それから、サイエンス・リテラシーの方でも、この方法論は有効ではないかと思うのですが、Andersonさん、北原先生、いかがでしょうか。

(Anderson) 英語の格言に、「猫の皮を引っぱがす方法は何種類もある」という言葉があるので。つまり、博物館で学ぶのも、いろいろな方法があるということです。一通りということはありません。そこをきちんと評価することが重要だと思います。教育者、また博物館プログラム、展示の開発者として、ここを忘れてはいけないと思うのです。個人として学び方、学ぶ方法も多様だということです。これは、つまり私たちが展示を組織するときに、プログラムの組織のときにもいろいろな意味を持ってくることだと考えるのです。

一つ、弁証法的な使い方が博物館では行われます。科学技術館は、そういう意味では教科書のような形で、例えばギャラリーの1は光、ギャラリーの2の所へ行くと、ここでは磁気に関して、その後へ行くと、段々展示物がどんどん教科書的に見えてくる。そして、その理念はどうかというと、少しずつ抽象化して、知識などある一つのロジカルなやり方で並べるということは、一つのやり方に過ぎません。ほかのやり方もあるのです。もっとずっと抽象的なやり方もあります。必ずしも、順番にやらなくてもいいということもあるわけです。

というのも、例えばこのような順番で見ない人もいるわけです。来館者の人たちのトラッキングを見ると、あちこちへ行って見えています。それはどうしてかと言うと、いろいろな展示物を見ることが簡単にできるし、また人気のあるものも、そうでないものもあるわけです。あまりたくさんの人がいると、こっちへ行こうとか、あるいは興味があるものから見ようとか、いろいろな要素があります。

社会グループとしての関心もあります。例えば、家族で来ているような人たちがそうです。しばしば、子どもがまず行きたい所に行かせるときもあるわけです。だから、必ずしもこちらの順路をたどってということではありません。家族連れの場合は特にそうです。だから、こういった多様性もちゃんと分かっているなければいけません。論理的・弁証法的な学習モデルが、必ずしも博物館という文脈では適切ではないこともあるということです。

それから、先ほどの関心という話に戻しますと、博物館の中で、私たちはフリーチョイスがあるわけです。自由に選べるのです。好きな物を見ていいわけです。もちろん関心によって決まってくるわけですが、これはシークエンス、どうやって見るかというのは、いろいろな要素が影響を与えています。だから、ここはもちろん調査対象として、研究対象として興味深いところだと思いますが、私がお答えしようとしたのは、博物館での学び方にも、いろいろなやり方があるということです。

例えば、しょっちゅう来ている人もいます。そうしたら、いろいろな違うやり方で展示物を見るでしょう。初めて来た人なら、やはり見方もそうでない、初めてでない人とは違うでしょう。自分がどんなものを議題だと思っているか、何を課題としているかによって、例えば1時間あるから1時間で見ようと思って来たのか、それともすごくたくさん時間があるのか。それから、ここに来て、あとは車を停めてアートギャラリーに行くのか。そういう形によって、いろいろな見方があるわけです。そのような形でプロセスも違ってきますし、この経験から構築的な形に学ぶやり方もいろいろあるというのがお答えです。

(北原) 博物館は、それが大事ななと思うのです。いくら波動方程式を見ていても波が分かる

わけではなくて、やはり水面の波とか、それをもう少し波の展示みたいなものがあって、それを見て「ああ、波ってこんなものか」ということで、理解が深まるものだと思うのです。

ですから、博物館で本物の現象、あるいはそれを本物の現象ではないにしても、それをうまくビジュアルに、あるいは触ったりして感じるができる、そういう仕組みがあるということは、科学の理解にとってはものすごく大事ではないかと思います。

(小川) ありがとうございます。皆さん、答えを探しに来ていらっしゃるかもしれませんが。

(亀井) 今のお話を統合していくと、やり方がたくさんあるのと同じように、もしかするとリテラシーのゴールがたくさんあるのではないかという形を感じてきたのです。

私は、今日の手紙の裏側のページに、グラフの図を書いているのです。それは10年ぐらい前から、人の関心というのが、その上に乗っている赤丸ですが、その周りが時間的広がりや空間的な広がり、すごく大きなもの、すごく小さなもの、すごく昔とすごく未来という形で書いているのです。

そして、そのグラフのピークが段々と広がっていけば、個人として完成された人格、あるいはリテラシーが身に付いていくと考えていたのです。もしかしたら、私たちがやろうとしていたことは、広げるということは必要のないことをやっていたのかなど。

個人的には、西洋という言葉を使うと怒られるかもしれませんがけれども、ヨーロッパの考えというのは、個人が完成されて、一人一人が世の中に主体としてかかわっていかなければならないという考え方があると思います。けれども、それに対応して、それぞれがそれぞれの個性を持って、相対的な者として臨んでいけば、それぞれが興味を持っているだけ臨めるのではないかという可能性を思ったのです。ここで北原先生にお返ししたいのですが、よろしいですか。

(亀井) 国立科学博物館連携協力課の亀井と申します。今やっているのは、科学館の中において「邦楽百選」をやってみたり「上野音楽の森」をやってみたり、それから展示を使った映画撮影、ドラマ撮影をやったりしているセッションでございます。よろしく願いいたします。

(北原) 難しい問題です。一人の人間が、全てを知って完成することはあり得ないと思うのです。だから、何が大事な事かということ、やはり僕が強調したのですけれども、全ての人が共に働く。この21世紀のいろいろな課題に対して、共に挑戦していくためのリテラシーとは何か。

そうすると、それはもちろん、ベーシックなノレッジは必要かもしれないけれども、一番大事なことは、そういう自分が全体の中でどう位置付けられているか。それから、人とのかかわりはどういうふうになっていくべきか。そのために、どのような性格のコミュニケーションの仕方が大事なのか。そういうことがリテラシーの本質かと思っています。

(小川) ありがとうございます。ほかにいかがですか。

(会場) 総合研究大学院大学でライブラリーサイエンスを専門としています。有田さんに3点ほど質問があります。すみません、ちょっと多くて。

1点目が、先ほどの博物館に興味がない人をいかに来させるかという話に関連して、塗り絵で参加された方の満足度は非常に高かったという話をされていましたが、その参加された

方は、本当に塗り絵をやりたくて絵をやっていたのかなということがあります。要するに、参加したけれど、初めは塗り絵をやりたくなくて、やってみたら満足したというような、本当はやりたくなかったけれども、やったら満足したみたいな人もいるのかなと思って、それについては集計されたのかということが1点目です。

2点目が、空間の広がりというのは発達段階に合わせて設定されて、あのようなひし形っぽい形になったと思いますが、今の時代は、一応、若者的な立ち位置に自分はいらっしゃるので、若者的な感覚で言うと、モバイル世代というか携帯世代の人たちは、発達段階とは関係なしに、非常に広いつながりの空間を持っているように思うのです。今の時代に発達段階に単純に合わせて、空間が広がっていくみたいなダイスは描けるのかということが2点目です。

3点目は、やる気がなかったとか、博物館を特に見る気はなかったけれども、私のように大学の単位欲しさに博物館を見ざるを得なくて、回ってみただけでも出てくる時にはなぜか満足していたということが何度かあったのですけれども、満足になる瞬間みたいなことは測定できるのかという、この3点をお願いします。

(有田) なぜ、これが僕なのか分からないのですが、1点目に関しては、報告書をお読みいただくと、塗り絵の参加理由の一番多いのが「塗り絵をしたかったから」「海の生き物が好きだから」「楽しそうだったから」というのが多いことをご確認いただければと思います。

発表のときに、簡単にしか触れなかったですけれども、基本的に勉強したいというよりも、塗り絵がしたかったから参加したと。それに関しては、満足したと。

私たちの理解としては、塗り絵をしたいということで引きつけるのは、ねらいどおりですけれども、知らず知らずのうちに観察するようになったという、プラスアルファの科学において重要な、観察ということをしたということなのです。塗り絵をしたいということをむしろねらって、そこに付け込んでというか、参加させたというのがあります。

それから、発達段階をうんぬんのところですけども、私は実は携帯端末を使ったクイズやガイドのプロジェクトもやっています、実際に中高生とかに使ってもらったりしているのです。

それと携帯世代のつながりの広さとは違うかもしれないですが、博物館は基本的に実空間を相手にしていることがありまして、携帯世代の空間の広がりというのが、本当に実生活や人間形成における発達と、その空間的な広がり的一致しているかと言うと、これは個人的見解ですが、そこにはずれがあるのではないかと思います。

いくらインターネットが発達して、みんなが携帯を持って、コミュニケーションの相手がいるまでの距離は遠くて広いことがあったとしても、それが人間として広い空間で、それをきちんと認識して、その中で活動しているということにはならないのかなと。新人という、私たちが10万年かもう少し前に進化をして以来、脳みその構造というのは基本的には同じ種であるということですから、変わらないと思うのです。ですから、ITの発達はいいこともたくさんありますが、それによって身体的な発達が変わるわけではないと思うので、そこは検討段階ではあまり重視してこないというか、多分そんなにはこれからは気にはしないかなというのが見解です。

それから3番目に関しては、その瞬間を計るというのは、そんなものがあつたら、みんな苦労しないなというところですけども。一つ、すごく個人的な経験にはなるのですが、自分がそう思ったときはどういうときかということ、プログラムを企画するときに考えます。自分だったら、こういうことがあつたら楽しいとか、あのとき楽しかったからこうだろうと。

計る方法はないですけれども、実際にプログラムをやっている現場に行ったときの子どもの表

情が変わる瞬間は、たびたび目にすることができるので、ちょっとそれは自己満足の世界ですけども。そこをうまく、そのプログラムの中での博物館のスタッフと参加者のコミュニケーションとか、形式ばってインタビューにしてしまうと、その話が取れないかもしれないですが、そこは感覚的なものをうまく、どうきちんと博物館の成果として出せるかということが課題だと思います。そんなところで許してください。

(小川) 多分これに関しては、David さんもコメントがあるのではないかと思います。有田さん、回していただけますか。

(Anderson) どういう学習があり得るか、またその学習がどれだけ大きな影響があるかは、塗り絵をしても、とても大きな影響があり、それを過小評価してはいけないと思います。子どもたちがスケッチをしたり色を塗ったり、それを博物館で行った場合に、信じられないほどの知識を受け取っているはずですよ。その結果、どれだけ多くのことを学んでいるかは、目に見えるよりも大きいはずですよ。

そういう話をしている、もう一つアイデンティティと、来てくれる人たちのことを考えてプログラムを考えると、四つの世代に分けて考えることがありましたけれども、その話をしたいと思います。

最終的に何を提供するかというコンテンツ（中身）だけではなく、プロセス（過程）が大事だと思うのです。幼い子どもを考える場合に、博物館の経験を社会・文化的な子どもの世界を通して伝えることが重要なのです。子どもにとっての社会・文化の世界は何か。お絵かき、お話を聞くこと、お話を読んでもらうこと、かわいい洋服を着てみること、夢みたくなことを話してみる。あるいは庭で、うちの庭から骨が出るかなと掘ってみるといことなのですよ。子どもの文脈ですよ。いわば波なのですよ。情報を運んでくれる電波の波が、子どもにとっての社会・文化なのですよ。

といっても、つまり科学の概念、XとかYとか、そういう概念にとらわれてはいけないと思います。どのような方法・手段がその子どもに合うのか。あるいは文化のアイデンティティが違う場合に、どういう伝え方のルートがいいのか。

例えば、お年寄りはおしゃべりが好きです。どの社会でも、私が研究した限りでは、お年寄りは井戸端会議、おしゃべりが大好きで、語り合うことによって、おしゃべりによって社会とつながっています。それは、高齢者特有のコミュニケーションの方法なのですよ。共通の社会、文化的な形質・傾向で、若い世代、あるいは幼い子どもになった場合には、お絵かきが好きとか、庭を掘ってみるとか、お姫様のふりをしてみるとか、それはメッセージを伝える子ども向けの波なのですよ。その際に、もう少し批判的に考える必要があるのです。どういう波で伝えたらいいのか、社会・文化的なルートとして、異なる文化的な集団がいた場合に、どの形でメッセージを伝えるべきであるのか、その搬送する波が重要だと思うのです。周波数を使うと、どの聴衆の耳に届くのか。Jean さんも、何か言いたいことがあるのでは。

(Rosenfeld) 全く同感です。しばしば、例えばより高齢の世代がもう一回博物館に来たとして、その隣の人たちに、子どもがしていることと同じことをしてもらったら、どうなのかと思います。そうすると、いきなり記憶がよみがえってくるのか、「ああ、子どものときにこんなことが好きだったな」と、思い出がいきなり振り返ってくるかどうか、懐かしいと思うかどうか。もし、高齢

の方が子どものときに、こんなに楽しかったなと思った場合には、もう一回サイエンスにカムバックするかなと今思いました。

実は、今質問して下さった GRIPS (政策研究院大学) の方に質問ですが、大学の単位のために博物館に行かなければいけないと言いましたね。そのために今回も来ているのですか。今、ここに参加しているのも単位のためですか。教えてください。

素晴らしいですね。いまや関心をお持ちです。けれども、先ほどあまり興味がなかった、最初は単位のためだったとおっしゃっていましたね。そして、結局、単位のためだけに博物館に来たけれども、来てみたら楽しかった、単位も取れた。そして、今は博物館に行ったら良かったと思っていらいやいますか。

良かったと思います。こういう理由があるからこそ、皆さんも今日、来てくださっているわけですね。つまり、スパークが再び起こったと言いましょか、何か感じたものがあつたから来てくださったので、良かったと思います。

(小川) ありがとうございます。いろいろなきっかけで博物館に来られている。金曜日の夜は、科学博物館はデートに来る人が何人かいますけれども、学生が同じぐらいの男女の比で来るというのが分析結果で出ていますので、恐らく二人で来ているのではないかということが予想されます。そのアウトカムは、私は確認していないので分かりませんが、多分人生を豊かに歩んでいるのではないかと思います (笑)。

いずれにしろ、皆さんが文脈を無視して博物館活動をやるわけではなくて、やはり文脈に基づいてというか、文脈を踏まえて博物館のプログラムを作っていく必要があるということ、今日確認できたのではないかと思います。

本当にいろいろなご意見があると思いますが、あとお一人、ご質問等を。

(会場) 教育心理学の者ですが、一つ、気が付いたことがあります。教育関係としても今回の展示物の共通のものですが、これはライブのインタラクション (相互運用) があるということで、例えば動物のものは、例えばアメリカの自然史博物館にもあり、ここにもそういったものがあります。生きているものとのつながりという意味で、聞きたいと思います。例えば、中国の博物館などはどうでしょうか。いろいろナリサーチや研究が行われています。そして、それが生きている動物、生きている展示物の重要性、そしてその意味、そこに関与するというものの関心に関しても研究が行われています。いくつかの共鳴や、動物に関してアイデンティフィケーションを持つということです。生きた動物、生きている展示物はそもそも生きているわけですから、本当に維持することが博物館にとって大変ですけれども、メンテが必要ということで大変でも、非常にこれらは人にとってエンゲージングで、人を引きつけるものであり、そして来館者にとって重要です。

多くの方々が、例えばニワトリがかえるところ、ヒナがかえるところをご覧になっていると思います。そうすると、そこでの人々の引き込まれ方や対話のレベルを持つことができる、抱えることができることは、非常に大きなものがあつて、みんながその周りに集まって、とにかくヒナが卵からかえるのを待っているということが見られます。非常に刺激の多いものです。いろいろな会話がそこから生まれてきます。情動、感情の関与の深いものが生まれ、そしてその結果、非常に強いつながり、かかわりが見られます。

同じように、ほかの例えばブラックスネークに関しても、いわゆるクモや爬虫類も非常に大き

な興味を呼び起こすものです。

強い感情的な反応が生まれてくることもあります。全くインタラクションをやめてしまう、かわることをやめてしまうこともあるけれど、非常にそこから刺激に満ちた会話が生まれることもあります。

あとは、水族館の例もあります。動物が自然に動き始めていると、それぞれの生態系の中で、その瞬間を見ることができることは素晴らしいです。これは学習の経験としても、例えばある動物が何かのことをやって、皆さんがそこでファシリテーターとしていらしたら、そこでたくさんいろいろな質問が出てくるでしょう。いろいろなフォローアップの学習が、ある特定の動物の挙動の後に続くことになるでしょう。

(Rosenfeld) 非常に面白い点をおっしゃいました。私たちの自然史博物館においても、ライブの、生きているものの展示物を始めました。そのときにも、参加者の attendance rate, 見る人たちの率がすごく高まりました。例えばカエル, チョウ, 両生類, 爬虫類, ヘビ, その後、哺乳類も始めています。

博物館や動物園のような所に行った人は、必ずしもたくさん理解を深めるということだけでなくもいいのです。楽しいもの、それからいろいろな年齢層に対してできるもの、つまり本当に幼児から高齢の人まで楽しめるものを見ると、例えばいいことも悪いこともあったでしょうけれど、昔の記憶を呼び覚ますようなものは非常に興味深いですし、より多くの博物館がこういったライブの展示を行っています。

(小川) ありがとうございます。本当は、もうちょっといろいろとご意見を伺いたいところですが、時間が来てしましまして、そろそろまとめに入ろうと思います。今日は主に博物館と個人の問題、個人の科学リテラシーの問題を取り上げております。

本来ですと、社会を構成する個人ということで、個人と社会の関係も次の話題としてはあるべきだろうと思いますが、次回の宿題にさせていただきたいと思います。

事によると、日本では、非常に科学リテラシーを持った人間・個人が自立すると、孤立してしまうという社会もありますので、日本の社会において、科学リテラシーを持った人間が孤立しないようなことも考えていく必要があるかなど。そういう面では、今日いくつかお話をいただいたコミュニティとの協働、パートナーシップも非常に重要な観点ですし、これから私たちも取り組んでいかなければいけないものだと思います。

いずれにしろ、今日は文脈に基づいたプログラム作りということで、私たちにとっては非常に勉強になったと思っています。

それから、入り口の部分を非常に敷居を低くして、いろいろな方が博物館に入っていただく。それが旅の始まりであることが認識されたのではないかと思います。途中で旅をやめそうになったときに、また面白いものがあれば、そこで満足して旅を続けるというふうに考えていただければ、私たちも非常に楽にいろいろなプログラムが組めると思います。ですから、嫌がっている人がいても、いずれまた戻ってくる可能性がある。また、旅を続けることがあるかもしれないということで、終わりのない旅が始まるわけですが、そういうことを世代を通して、人生を豊かに生きていただければと思っています。

本当に長い間ありがとうございました。そして、お二人の方ありがとうございました。Davidさん、本当にありがとうございました。Jeanさん、ありがとうございました。それから、北原先

生も参加していただきありがとうございます。それからお二人、ありがとうございました。これでパネルディスカッションを終わりにしたいと思います。どうもありがとうございました。

## 閉会挨拶

亀井 修 (国立科学博物館)

今日はパネラーの方々，どうもありがとうございました。それからご出席いただいた方々，本当にありがとうございました。この6月の，またインフルエンザがはやっている中で，命を顧みず参加して下さったことには本当に感謝申し上げます。

私どものマーケティングというのは，今回のプッシュ型のマーケティングのほかに，待ち受け方のマーケティングも行っています。Webサイトにはたくさんの案内も出ています。そして，私どもは科学が，より高い文化の中の一員となれるような活動をこれからも続けていく所存でございますので，今後ともごひいきにお願いできればと思います。

それから，懇親会の会場は狭いですので先着順，申し込み順になりますので，ぜひ奮ってご参加いただければと思います。

本当に，今日はお忙しいところをありがとうございました。

プログラム事例紹介パネル①

科学リテラシーの涵養に資する科学系博物館の教育事業の開発・体系化と理論構築  
～研究の枠組みとプログラム体系化の試み

科学リテラシーの定義

人々が自然や科学技術に対する適切な知識や科学的な見方および態度を持ち、自然界や人間社会の変化に適切に対応し、合理的な判断と行動ができる総合的な資質・能力 (国立科学博物館、2008)

本研究では、一般の人々の科学リテラシーを涵養することを目的とし、生涯学習の観点から教育事業のあり方を考察していく。

- ①科学リテラシーの涵養を目的としたプログラムを開発し、試行・実践を行う。
- ②プログラムの実践評価を通してシステムの構築とプログラムの汎用化・モデル化を行う。
- ③教育事業の体系化と科学系博物館における学習モデルの提案と理論構築を行う。

国立科学博物館の科学リテラシー涵養活動の目標と枠組み

世代	幼児～ 小学校低学年期	小学校高学年～ 中学校期	高等学校・ 高等教育期	子育て期・ 壮年期	熟年期・ 老年期
感性の涵養	科学に親しむ体験を通じて、身のまわりの事象の美しさ、不思議さなどを感じる。	科学に親しむ体験を通じて、科学に対する興味・関心や実生活との関わりを感じる。	科学に親しむ体験を通じて、科学に対する興味・関心や科学の有用性を感じる。	子どもの科学リテラシー涵養のための学習を通して科学の有用性や科学リテラシーの必要性への意識を高める。博物館の展示や資料に触れ、面白いと感じる。	科学に対する楽しい体験や博物館の展示や資料に触れ、面白いと感じる。
知識の習得・ 概念の理解	わかる、できることを実感し、達成感を得る。	科学に親しむ体験を通じて、生活で直接関わる科学的知識を身につける。	生活や社会に関わる科学的知識を理解を広げる。	子どもの科学リテラシー涵養のための学習を通して科学的知識に親しみ、生活や社会に関わる科学的知識の重要性を理解する。	生活や社会に関わる科学的知識に対する理解を深める。自身の趣味・得意な分野の興味・関心に応じて科学的知識を身につける。
科学的な見方、 考え方の育成	興味・関心を持った事象を取り入れて活動する。	自然界や人間社会に興味・関心を持ち、その個別性や関係性を見いだす。	多くの不確実な情報の中から科学的な知識に基づいて判断し、行動する。	多くの不確実な情報の中から科学的知識に基づいて判断し、行動する。学んだことを社会生活に生かす。学んだことを職業選択やキャリア形成と関連づけて考える。	学んだことを社会生活に生かし、生活及び社会との課題解決のために適切に判断する。学んだことを、自身の趣味・得意な分野に生かす。
社会の状況に適切に対応する能力の育成	興味・関心を持った事象を利用してまわりの人と一緒に活動する。	学んだことを表現し、わかりやすく人に伝える。学んだことを自分の職業選択やキャリア形成と関連づけて考える。	社会との関わりを深め、得られた知識・スキル等を生活の中で生かす。学んだことを職業選択やキャリア形成に生かす。	社会との関わりを深め、学んだことを表現し、人に伝える。地域の課題を抽出し、その解決に向けて、より広い方向性を見いだす。	地域の課題を抽出し、その解決に向けて、より広い方向性を見いだす。身の周りの社会生活の課題を抽出し、その解決に向けて、より広い方向性を見いだす。学んだことを、自身の趣味・得意な分野に生かす。

独立行政法人国立科学博物館科学リテラシー涵養に関する有識者会議(2008)「科学リテラシー涵養活動」を創る～世代に応じたプログラム開発のために～(中間報告)

本研究の枠組みと開発したプログラム

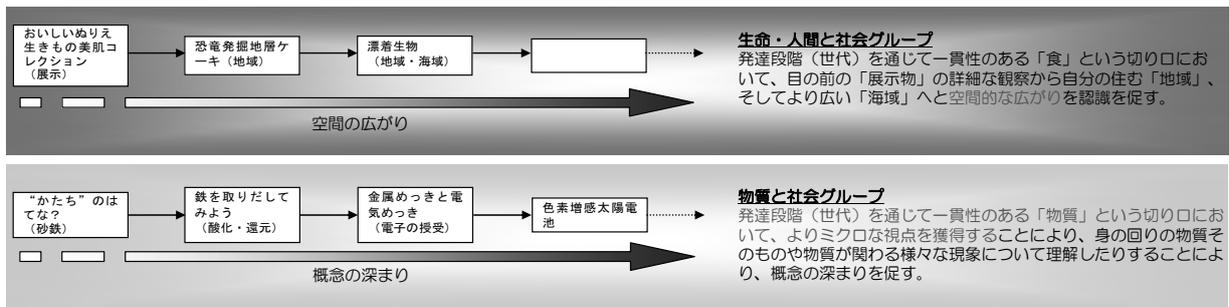
年度	2007年度	2008年度	2009年度	2010年度
分野	幼児と小学生	中学生と高校生	大学・成人・ファミリー	団体
生命・人間と社会	おいしいぬりえ 生きもの美肌コレクション	恐竜発掘地層ケーキをつくる! 火山と暮らしの美しい関係		
宇宙・地球・環境と社会	かわらの小石で遊ぼう かわらの小石で遊ぼう ～小石のアートにちようせん!	めざせ砂金ハンター ～河原の砂金はどこから来るの? 化石は語る ～化石が教えてくれる過去の環境		
物質と社会	“かたち”のはてな?	鉄を取りだしてみよう 化学反応は電子が主役 ～酸化還元反応～		
技術と社会	風車で分かる電気エネルギー ～風車に再生エネルギー実験博物館を中心として 風車で分かる電気エネルギー ～実験で使用する電力を輸入した第三工場を中心として	速く正確に走るロボットを作って、 コース別タイムトライアルをしよう 大きな水の話		

プログラムの体系化における基本的な考え方

「教育事業の体系」とは、「発達段階(世代)的に深化、拡張する一貫した系統によるプログラム群の事例」のことである。

テーマは「発達段階(世代)的に深まっていく一貫したプログラムを束ねる社会的課題を踏まえたテーマ」を考え、このテーマのもとに体系化を進める。

グループ内のプログラム体系化の例(扱う内容から見た系統)



テーマ(暫定版)

生命・人間と社会グループ 「食と健康」

生物を、生命の営みの根本である「食」の対象として捉えることでより身近に感じ、その形態や生態の理解、人間の暮らし環境との関わりについて理解を深める。

宇宙・地球・環境と社会グループ 「地球の贈り物 天然資源」

「私たちはどこから生まれ、今どこにいて、これからどこに行くのか」という疑問に自分なりに答えるために、地球環境の課題に対し、科学的に認識し、知識を活用して判断する。

物質と社会グループ 「私たちの生活を支える物質」

物質の形態や特性、変化を詳細に理解することで、諸物質により形作られている世界をとらえ直す。

技術と社会グループ 「私たちの生活を支える技術」

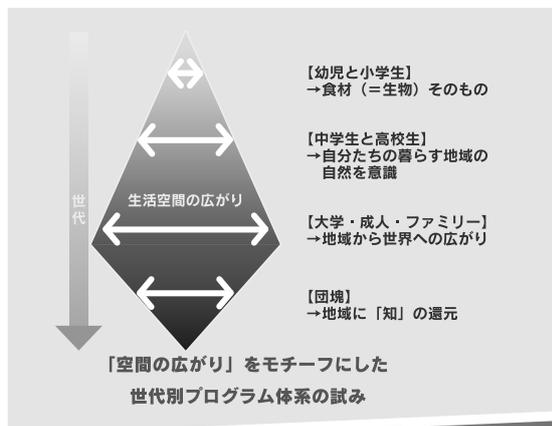
自然の力を利用したり、自然を理解し仕組みを整えて制御したりすることによって、豊かになった生活や社会を総合的に理解する。

プログラム事例紹介パネル②

# 生命・人間と社会グループ

生物を、生命の営みの根本である「食」の対象として捉えることでより身近に感じ、その形態や生態の理解、人間の暮らす環境との関わりについて理解を深める。

分野	年度 世代	2007年度 幼児と小学生	2008年度 中学生と高校生	2009年度 大学・成人 とファミリー	2010年度 目標
生命・人間と社会		おいしいぬりえ 生きもの展覧コレクション	恐竜発掘地層ケーキをつくろう！ 火山と暮らしが近い噴煙	火山発掘地層 「ぬりえ」	
宇宙・地球・ 環境と社会		宇宙の不思議 「宇宙の不思議」	宇宙の不思議 「宇宙の不思議」	宇宙の不思議 「宇宙の不思議」	
物質と社会		「かはく」	「かはく」	「かはく」	
技術と社会		「かはく」	「かはく」	「かはく」	



2008年度  
兵庫県立人と自然の博物館 (ひとはく)

2007年度 (2009年度)  
海の中道海洋生物科学館 (マリンワールド海の中道)

2007~2010年度  
国立科学博物館 (かはく)

プログラム開発担当館

## 空間の広がり

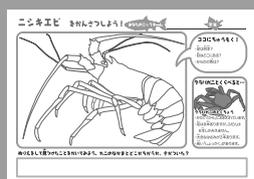
幼児・小学生向け：食べる（食べられる）生物「そのもの」に注目

中学生・高校生向け：食べる（食べられる）生物を育む「地域」に注目

### 2007年度開発プログラム

#### 【プログラムの概要】

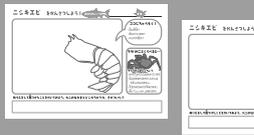
本プログラムは、子どもたちに博物館の展示室において実物資料の「観察」を促し科学に親しんでもらうために「ぬりえ」という身近な手法を用いた学習プログラムである。子どもたちのレベルに合わせた観察の機会を提供するため「食べる」「肌の手入れをする」といった生活場面に関連する視点からの観察を行うなど、ぬりえの対象となる展示物との距離感を縮める工夫を行った。



- ぬりえは9種類
- ・タラバガニ
- ・ニシキエビ
- ・ミスダコ
- ・スケトウダラ
- ・ハリセンボン
- ・スナメリ
- ・コマアサザシ
- ・ウミガメ
- ・ナホレオンフィッシュ



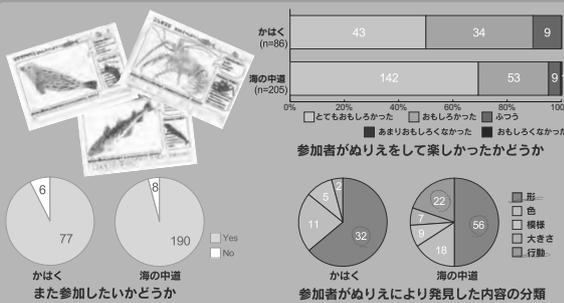
かはくで実験  
・2007年11月24日  
・2008年2月23日、24日



- シートレベルは3段階
- ・ぬりえ
- ・ぬりえとスケッチ
- ・スケッチのみ



マリンワールド海の中道で実験  
・2007年12月27日、28日  
・2008年1月19日、20日



### 2008年度開発プログラム

## 恐竜発掘地層ケーキをつくろう！

#### 【プログラムの概要】

本プログラムは、自然と触れ合うことが少ないニュータウンの中高生が、洋菓子・恐竜という身近な切り口をきっかけに生活と自然科学との関わりを学ぶことを目的として実施した継続学習プログラムである。



#### 【日程とねらい】

- 第1回 2008年10月26日(日) ひとはくにて
  - 地域の自然史に関する最近の話題を知り、興味・関心を高める
  - 地域の自然と、自然に関わる暮らしにおける恩恵を理解する
  - ケーキの試食、丹波・三田の名産品を知る
- 第2回 2008年11月9日(日) ひとはくにて
  - 暮らしの土となる、兵庫県各地の地質の特徴を理解する
  - チョコレートとケーキを使った火山メカニズムの実験
- 第3回 2008年11月16日(日) 神戸市内にて
  - 「災害文化」(災害と向きあう暮らし)を理解する
  - まちづくりの文化と自然との関わりを理解する
  - 神戸(御影)の街歩き
- 第4回 2008年11月24日(月) 祥雲館高校にて
  - 恐竜発掘地層ケーキを作りながら学んだことの振り返り
  - 学んだことを表現することの練習 (新作ケーキ企画とプレゼン)



#### 【参加者】

中学2年生2人・高校1年生3人・2年生3人

参加者に、プログラム参加前と後に「生活」というキーワードを中心として思いつく言葉を挙げてもらったところ・・・プログラム参加前には、日常していることに関するものや、好きなマンガや食べ物に関するものが書かれていた。一方、プログラム参加後では、プログラム内容を踏まえた言葉の数が増えた。また、食材を食べること、地震や地層に関することなど、関連する言葉のまとまりが見られ、学んだことが参加者の中で系統立てて整理されていることが明らかになった。



プログラム事例紹介パネル③

# 宇宙・地球・環境と社会グループ

目標:「私たちはどこから生まれ、今どこにいて、これからどこに行くのか」という疑問に自分なりに答えるために、地球環境の課題に対し、科学的に認識し、知識を活用して判断できるようになる。

年度	2017年度	2018年度	2019年度	2010年度
分野	現代	中学生と高校生	大学生・フューチャー	環境
生命・人間と社会	おいらと地球 生きもの美術館コレクション	岩盤の砂金ハンター 火山と暮らしの深い関係		
宇宙・地球・環境と社会	かわらの小石で遊ぼう かわらの小石のアートにしよう	砂金ハンター ～河原の砂金はどこから来るの?～ 化石は語る ～化石が教えてくれる過去の地球～		
物質と社会	「からん」のはてまで?	暮らしの中で使われている 化学製品は電子部品 ～暮らしを支えている～		
技術と社会	風車で作る電気エネルギー ～風によるエネルギー変換効率を高める～ 風車で作る電気エネルギー ～家庭で使用する電力を減らすために省エネを中心として～	遠征(観)による砂金採掘 ～コース別タイムトライアルしよう 大なる水の話		

## かわらの小石で遊ぼう 小石のアートにしよう!

### プログラム開発の背景

河原の小石は、岩石の成因や河原の小石と上流の地質との関連、水や川の働きなど、我々が生活する大地の作りや変化を理解する上で有用な素材である。幼児や小学校低学年の児童にとって、遊びを通じて河原の石に親しむことは、石や石の地学的な背景に興味を持つことのきっかけになると考えられる。

### ねらい

#### 【子ども(幼児・小学生)】

- ①親子で一緒に石遊びを楽しみながら、自然(石)に親しみ、興味・関心を持つ。
- ②石には様々なながい(種類)があることを知り、身の回りの自然環境を理解するきっかけを持つ。
- ③人前で自分の作品を紹介することを通じて、表現力向上のきっかけを持つ。

#### 【保護者】

- ①親子で石の工作を楽しむとともに、家庭において継続的に親子の自然遊び・学習を自発的に行うための、河原の石に関する基礎知識、学習方法の事例を知る。



### プログラム概要

幼稚園児、小学校低学年児童とその保護者を対象とした、1時間程度のワークショップで、石を用いた工作を行う。  
国立科学博物館とミュージアムパーク茨城県自然博物館の連携により開発・実施した。

### 実施概要

実施日:平成20年3月1日(土)  
実施場所:ミュージアムパーク茨城県自然博物館  
参加者:親子8組24人(幼児8人、小学1～3年生4人、小学6年生1人、保護者11人)

### プログラムの流れ

#### ①石の観察



異なる川で採集された小石を形・色模様・手触りなどに注目して観察し、気づいたことを発表した。

#### ②小石のアート工作



小石を素材に、元の形や色模様を活かしながら、ペンや折り紙を使って工作をした。

#### ③完成品のお披露目



発表会形式で製作した作品のお披露目を行った。

#### ④解説



指導者が主に保護者を対象に、石の種類・河原の石と上流の地質の関係・関東地方の河原の解説した。

## めざせ砂金ハンター ～河原の砂金はどこから来るの?～

### プログラムの目的

河原の砂金を切り口に、中高生の地学的概念、中でも特に大地の成り立ちに関する知識・認識を向上させるとともに、ここから生み出されるレアメタル等、我々の生活を潤す大地の恵みについて理解を深めることを目的とする。

### ねらい

- ①砂金・河原の石の地学的成り立ち「岩石・金鉱床の生成～風化浸食と運搬～河原への堆積の過程」を知る。(→大地の成り立ちの理解へ繋がる)
- ②砂金採集において、金の性質(比重)、川の流れの特徴等、地学的要素を意識し・活用する。(→大地の成り立ちの理解へ繋がる)
- ③身近な電子機器に金を始めとするレアメタルが使用されており、現在の便利で快適な生活を支えていることを感じる。(→大地の恵みの理解へ繋がる)

### プログラム概要

中高生を対象とした、野外の河原における砂金採集と博物館内での実習を行う2日間のプログラム。  
国立科学博物館と神奈川県立生命の星・地球博物館の連携により開発・実施した。

### 実施概要

実施日:平成20年10月4, 5日(土・日)  
実施場所:多摩川河原・国立科学博物館  
参加者:中高生6人

### プログラムの流れ

#### 1日目多摩川河原にて

##### ①野外調査・砂金探し



河原にて砂金が堆積しそうな場所を推測し、記録を取りながら砂金を含む重砂をパン皿を用い採集を行った。

#### 2日目博物館にて

##### ②砂金のピックアップ作業



河原で採集した重砂からお椀を使ったパンニングと実体顕微鏡観察を併用し砂金を取り出す。

##### ③地学的背景の解説



岩石・金鉱床の生成と風化浸食、河原への堆積過程と日本の地学的背景について展示室を併用し解説。

##### ④大地の恵み



携帯電話、PCの中に金を始めとするレアメタルが使用され、我々の生活を支えていることを解説。

※宇宙・地球・環境と社会グループのプログラムの詳細は報告書P. 33～37, 69～81をご覧ください。



プログラム事例紹介パネル⑤

# 技術と社会「私たちの生活を支える技術」

自然の力を利用したり、自然を理解し仕組みを整えて制御したりすることによって、豊かになった生活や社会を総合的に理解する。

年度	2007年度	2008年度	2009年度	2010年度
世代	小学生・中学生	小学生・中学生	小学生・中学生	小学生・中学生
内容	自然の力を利用し、自然を理解し仕組みを整えて制御したりすることによって、豊かになった生活や社会を総合的に理解する。	自然の力を利用し、自然を理解し仕組みを整えて制御したりすることによって、豊かになった生活や社会を総合的に理解する。	自然の力を利用し、自然を理解し仕組みを整えて制御したりすることによって、豊かになった生活や社会を総合的に理解する。	自然の力を利用し、自然を理解し仕組みを整えて制御したりすることによって、豊かになった生活や社会を総合的に理解する。
実施形態	自然の力を利用し、自然を理解し仕組みを整えて制御したりすることによって、豊かになった生活や社会を総合的に理解する。	自然の力を利用し、自然を理解し仕組みを整えて制御したりすることによって、豊かになった生活や社会を総合的に理解する。	自然の力を利用し、自然を理解し仕組みを整えて制御したりすることによって、豊かになった生活や社会を総合的に理解する。	自然の力を利用し、自然を理解し仕組みを整えて制御したりすることによって、豊かになった生活や社会を総合的に理解する。
対象	小学生・中学生	小学生・中学生	小学生・中学生	小学生・中学生
参加人数	7人	7人	7人	7人

## H19開発プログラム

### 風車で分かる電気エネルギー～家庭で使用する電力量を導入とした省エネを中心として

ねらい

- ① 風車を回して「仕事」をさせたり電気を起こしたりして、エネルギーの概念や電力の単位を学ぶ。
- ② 風車の構造を調節して発電量を大きくする試行錯誤を行い、効率がどのように変わるかを体験的に理解する。
- ③ 家庭の電気使用量のお知らせを調べたり省エネの観点より作業結果を振り返ったりして、社会や日常生活においてどのくらいの電力が使われているかや、節電のためにできることは何なのかを考える。

開発担当館：科学技術館  
 実施形態：友の会会員向け実験教室  
 対象：小学校3年生以上  
 参加人数：7人

概要

1 「電気ご使用量のお知らせ」に出てくる単位を知ろう

2 電気エネルギーを作るのに必要な力を体験しよう  
 発電機を使い、手や足で押した力が電気に変わることを体験する。

3 風力を使ってみよう

- ① 水入りペットボトルやモーターと電球を風車につなぎ、扇風機の風を当てて、ペットボトルや電球に起きる現象を観察する。
- ② モーターをつないだ風車を隣のグループのモーターにつなぎ、扇風機の風を当てて現象を観察する。  
**発電機を回す力(力学エネルギー)さえあれば発電できることを体験させる。**

4 風車を改良しよう

- ① 風車をモーターにつけて、モーターと電流計、電圧計、電球を正しく接続する。
- ② 羽根の角度を変えて扇風機の風を当て、電流計と電圧計から電力を計算する。  
 これらを繰り返して、なるべく**発電量が大きくなるようにする。**

5 まとめ

家の中の家電製品の消費電力を調べてみよう。おどろくほど電気を使うものもある。**電気エネルギーを節約する方法について考えよう。**



## H20開発プログラム

### 速く正確に走るロボットを作って、コース別タイムトライアルをしよう

ねらい

- ① 教育用レゴマインドストームNXT を活用して組み立て・プログラミングの活動を行い、様々なトレードオフの関係に気づかせる。
- ② エレベーターなど社会で実際に用いられている技術のトレードオフの視点からロボットのデザインと制御を最適化させ、問題を解決する。

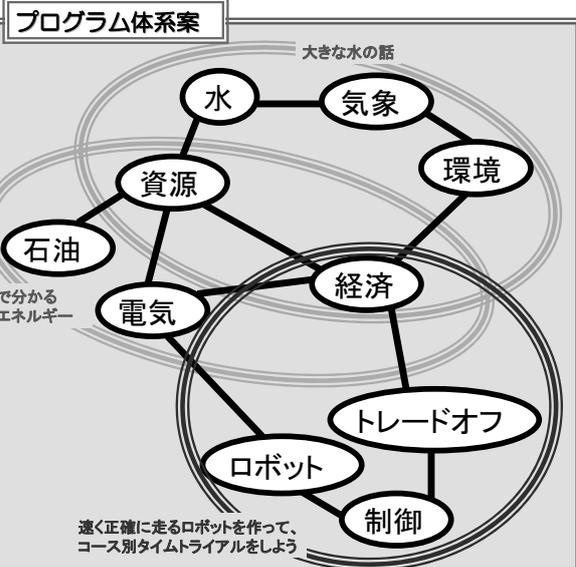
開発担当館：千葉県立現代産業科学館  
 実施形態：単位認定講座(継続プログラム)  
 対象：高校生  
 参加人数：9人(第1回目)、4人(第2回目)  
 6人(第3回目)

概要

第1回目：直線とクランクの2種類のコースを設け、走行タイムを競う。直線コースでは、動力を最大にすることで記録を短縮できるが、クランクコースでは、コースを完走するために、軌跡制御の方法も工夫しなければならないことを知る。

第2回目：開口方向の異なる3カ所の車庫間を移動するタイムを競う。移動経路や車庫への入れ方など、正答が一つではない事柄を体験し、参加者の問題解決能力を高める。

第3回目：高低差のある直線、S字曲線、トンネルのある直線の3パターンを組み合わせたコースを走行し、タイムを競う。障害を乗り越えるための実際のロボットの構造や動きをデザインやプログラミングにフィードバック、工夫させることで創造力を養うと共に、速度と軌跡制御だけでなく、安定性など、様々なトレードオフの関係を最適化しながら問題を解決する。



## 社会とつながる科学教育

～博物館における科学リテラシー涵養活動の体系と人材育成～

日時：平成 22（2010）年 11 月 23 日（火祝）13:00～17:15

会場：国立科学博物館地球館 3 階講義室

主催：国立科学博物館

## 目次

開催趣旨	資 85
プログラム	資 85
開会挨拶	資 86
趣旨説明	資 87
講演 1	資 96
Science Programming at Melbourne Museum Priscilla Gaff (Program Coordinator-Life Science, Museum Victoria)	
実践事例報告①	資 118
成人を対象とした科学系博物館における科学リテラシー涵養プログラムの試み「あれもこれもカガクヘンカー化学でつながる身近な生活」 田代英俊（日本科学技術振興財団・科学技術館企画広報室 室長）	
講演 2	資 125
Enhancing student scientific research capabilities through teacher professional development and connected student programs Marco Molinaro(Chief Education Officer, CBST :NSF Center for Biophotonics Science & Technology at University of California, Davis)	
実践事例報告②	資 143
博物館と大学の連携による小学校教員養成支援プログラム～大学生の理科指導能力向上を通じた科学リテラシーの涵養～ 亀井修（国立科学博物館事業推進部連携協力課長）	
パネルディスカッション	資 154
<ショートプレゼンテーション>	資 154
科学技術リテラシーの実態調査と社会的活動傾向別の教育プログラムの開発 西條美紀（東京工業大学留学生センター/イノベーションマネジメント研究科教授）	
<ディスカッション>	資 167
閉会挨拶	資 179

## 開催趣旨

近年、様々な社会的課題において人々が自立し、適切に対応し、合理的な判断と行動ができる能力ー科学リテラシーーを育むことが求められています。さらに、個々の科学リテラシーの向上を図ることに加え、科学リテラシーを備えた個人が協働することにより、社会全体としての科学リテラシーの向上に資するものと期待されています。

本シンポジウムでは、関連する二つの研究を取り上げ、その成果と課題から科学系博物館における科学リテラシー涵養活動のあり方や人材育成の可能性について検討し、人々が豊かに生きることができる社会に求められる科学系博物館の役割について議論を深めます。

## プログラム

時間	内容
13:00～	開会挨拶:永山俊介(国立科学博物館事業推進部学習企画・調整課ボランティア活動・人材育成推進室長)
13:10～13:30(20分)	趣旨説明:小川義和(国立科学博物館事業推進部学習企画・調整課長)
13:30～14:15(45分)	講演 1:Priscilla Gaff (Program Coordinator-Life Science, Museum Victoria) Science Programming at Melbourne Museum
14:20～14:40(20分)	実践事例報告①:田代英俊(日本科学技術振興財団・科学技術館企画広報室 室長) 成人を対象とした科学系博物館における科学リテラシー涵養プログラムの試み「あれもこれもカガクヘンカー-化学でつながる身近な生活-」
14:40～14:50(10分)	休憩
14:50～15:35(45分)	講演 2:Marco Molinaro (Chief Education Officer, CBST :NSF Center for Biophotonics Science & Technology at University of California, Davis) Enhancing student scientific research capabilities through teacher professional development and connected student programs
15:35～15:55(20分)	実践事例報告②:亀井修(国立科学博物館事業推進部連携協力課長) 博物館と大学の連携による小学校教員養成支援プログラム～大学生の理科指導能力向上を通じた科学リテラシーの涵養～
15:55～16:15(20分)	休憩
16:15～17:15(60分)	パネルディスカッション・質疑応答(コーディネイター:小川義和) <パネラー> Priscilla Gaff Marco Molinaro 西條美紀(東京工業大学留学生センター/イノベーションマネジメント研究科教授) 田代英俊 亀井修
17:15	閉会挨拶

## 開会挨拶

永山俊介（国立科学博物館 事業推進部 学習企画・調整課 ボランティア活動・人材育成推進室長）

本日はお忙しい中、多数の方にご参加いただきまして、心から感謝申し上げます。現代に生きる私たちの生活は、科学技術の恩恵にあずかる一方で、人々と科学技術との距離はむしろ広がっているように見えます。同時に、遺伝子組み換え食品や、原子力エネルギーの利用など、専門家だけではなく、一般市民一人一人による科学技術の理解と主体的な判断を求められることが多くなっています。社会生活上の科学に関する諸問題に適切に対応し、合理的な判断や行動ができる総合的な資質・能力としての「科学リテラシー」は、豊かな社会を構築するために私たちが身に付けるべき要素として、その重要性が指摘されております。

当館では、多様な展示や学習支援活動を通して、人々の科学リテラシー涵養のための取り組みを行ってまいりました。平成 18 年に有識者会議を組織し、科学系博物館における科学リテラシー涵養活動のあり方について議論し、世代に応じた科学リテラシー涵養のためのプログラムの開発を行ってきました。この 4 年間の成果は、昨年度末に最終報告をまとめたところです。さらに、平成 18 年から実施しておりますサイエンス・コミュニケーター養成実践講座においては、科学と人々をつなぐサイエンス・コミュニケーターの養成に取り組んでおります。

本シンポジウムは、科学系博物館における科学リテラシー涵養のための学習体系と人材育成について、それぞれ取り組んでまいりました調査研究の成果をご報告するとともに、「社会とつながる科学教育」の発展にどう資することができるのか、皆さまと一緒に議論を深めていければと存じます。お集まりいただきました皆さまにとって実りの多いシンポジウムとなりますよう、相互に交流を深められることを祈念いたしまして、ご挨拶と代えさせていただきますと思います。よろしく願いいたします。

## 趣旨説明

「科学リテラシー涵養のための科学系博物館の活動の可能性と課題」

小川義和（国立科学博物館 事業推進部 学習企画・調整課長）

皆さん、こんにちは。シンポジウムに先立ちまして、このシンポジウムの趣旨等をお話したいと思います。

今日は50人ぐらいの中規模で、このシンポジウムを開催いたしました。私どもの研究は4年前から始めて、ちょうど今年が最終年度ということで、最終年度にあたって深い議論ができる人数ぐらいでと考えて、40~50人程度の人たちにお集まりいただきました。

さて、このシンポジウムですが、社会とつながる科学教育というテーマでシンポジウムを開催いたしました。博物館における科学リテラシー涵養活動の体系と人材育成ということです。シンポジウム全体は実は二つのパートになっており、前半部分はこの科学博物館における科学リテラシー涵養活動の体系、プログラムの開発について、後半の部分は、その一つとして、教員にフォーカスをした人材養成について議論を深めたいと思っています。そして最後に、パネルディスカッションで全体のことについて議論ができればと思います。

特に前半の部分、科学リテラシーの涵養のために科学博物館の活動をここまでやってきましたが、その可能性と課題を少しご紹介したいと思います。

そもそも何のために理科を学ぶのか、また、科学を学ぶのか、または、先生方からすれば教えるのかということで、これは3年ほど前に私立中学校・高等学校の理科系の先生方の研修会で120名の先生方からアンケートをとった結果ですが、様々なご意見が出てきます。社会における科学技術の発展のために理科が必要だとか、もともと理科が好きだから教えているのだという先生方もいますし、子どもたちに論理的な考え方を教えるために必要だとか、情報選択やえせ科学に対する判断力を身に付けるためとか、この辺がこれから議論しなければいけないところだと思います。最終的にわれわれが目指すところは何なのかということです。科学者や技術者の養成という科学教育とともに、サイエンスコミュニケーション能力を身に付けたり、一般の人々が科学に対して理解を深めて、科学に対するいろいろな判断ができる科学リテラシーを育成していくということがすごく重要だと思っています。(スライド2)

私は二つ課題をいつもご提示しますが、先ほどのオープニングの挨拶でお話がありましたように、科学技術の高度化と人々の意識の乖離という問題があって、それに個人の自立的な判断が求められているのが現状です。そこで、サイエンスコミュニケーションが必要だと言われております。科学博物館としてはこのサイエンスコミュニケーションに関する養成講座を立ち上げて、サイエンス・コミュニケータ養成プログラムを実施し、コミュニケータの輩出をしているところです。一方で、日本の理科教育、科学教育の課題としては、子どもたちの科学に対する知識はかなり高いものがあるのですが、残念ながら成人においてはあまり高くないといわれています。この辺の問題があるので、成人を含めた、一般の人々が持つべき科学リテラシーの必要性を考える必要があるのではないかと思います。これがこの研究の出発点になります。(スライド3)

科学リテラシーの向上における科学系博物館への期待はかなり昔から言われているところで、例えば1997年にFenshamは、学校では科学的リテラシーが十分に達成されていなかったということ指摘しております。科学研究の専門家育成を目的としたカリキュラムでは不十分であるということ

す。また、Shamosは1995年に、成人の科学的リテラシーの向上の場として科学系博物館への期待を述べています。科学系博物館のミッションから見た可能性としては、コレクション機能とコミュニケーション機能があります。後で説明しますが、専門家養成・研修の場としての博物館と一般の人々の科学リテラシー涵養の場としての博物館という、二つの可能性があると思っています。(スライド4)

さて当館は、日本館で日本の自然を展示したり、地球館で地球のダイナミックな自然や科学技術の発達を展示したり、シアター360という球形のシアターを設けてイメージとして自然をとらえる努力をしています。また、サイエンス・コミュニケータ養成講座の一環として、サイエンスカフェを実際に運営しています。それから、子ども向けのワークショップ、たんけん教室を毎日実施しています。(スライド5)

このような博物館において、われわれはどのような使命を持っているかという、科学博物館は独立行政法人になってから、三つの目標を文部科学大臣から指示されています。この目標はいわば国民と約束した目標ですが、一つは研究に関する目標、二つ目は資料の収集に関する目標、三つ目が展示・学習支援活動に関する目標です。非常に抽象的な言葉になりますが、一つ目は自然史・科学技術史体系の構築、二つ目がナショナルコレクションの体系的構築、三つ目が科学リテラシー向上に資する展示・学習支援事業という三つの目標を設けております。この三つはどのような関係にあるかという、調査・研究活動によっていろいろなものについて深めていく、そしてものを集めていくコレクション、この両方の成果によって社会還元をしていくという観点での展示・学習支援活動と位置付けられています。おそらくほとんどの博物館がこういう構造で実施されているのではないかと思います。(スライド6)

特に、科学リテラシーをどのように科学博物館として位置付けているか、このスライドは科学博物館のミッションを書いたものです。自然科学の振興という目標と社会教育の振興という目標の二つがあります。自然科学の振興については、先ほど述べたように、調査研究や資料の収集・蓄積というものを通して、自然史、科学技術史の研究の進展とコレクションの構築をしています。一方で、社会教育の振興については、研究成果を社会還元していく、展示・学習支援活動そのものです。それから、蓄積された標本を共有していくということを通して、例えばそれを補うために社会還元を担う人材の育成などもしております。そういうことを通して、国民の科学リテラシーの向上を目指しています。このように、科学博物館において科学リテラシーの向上は社会教育の振興の一環として位置付けられると考えられます。(スライド7)

さて、科学リテラシーについては、科学リテラシー、科学的リテラシー、科学技術リテラシーなど、様々な言い方をしておりますが、ここでは総称して科学リテラシーと言っており、国立科学博物館では以下のように定義しています。「人々が自然や科学技術に対する適切な知識や科学的な見方及び態度を持ち、自然界や人間社会の変化に適切に対応し、合理的な判断と行動ができる総合的な資質・能力」。このような科学リテラシーの涵養に当たっては、既に先ほどの開幕のお話の中に出てきていましたが、生活上の問題に適切に対応できるとか、豊かな社会を実現するために必要だとか、様々な観点があります。特に世代別に対応するなど、新たな手法や考え方が必要だと考えております。(スライド8)

その科学リテラシーを向上するプログラムの体系を科学リテラシー涵養活動と呼んでおりますが、自然界や人間社会において実生活にかかわる課題を通じ、人々の世代やライフステージに求められる科学リテラシーを涵養する、継続的な活動体系を指します。この考え方に基づいてプログラムを開発しているところです。極端に言うと、何か社会的な課題があって、その課題を解決する過程で科学的なアプローチをして、プログラムを作って提供していこうという活動体系です。(スライド9)

科学リテラシー涵養活動の目標を四つ設けています。この目標についてはまたいろいろ議論があるかもしれませんが、これはどのような能力を身に付けたら人々が科学リテラシーを持つのかということで、一つは感性の涵養です。それから、二つ目は知識の習得・概念の理解です。この知識の習得も科学技術そのものの知識だけではなく、科学技術に関する知識、科学技術が社会の中でどのような動きをしているのか、どんなふうにいるのかという、科学や技術の性質・本質を理解するということも含めています。三つ目が、科学的な思考習慣の涵養です。これは、いろいろな探求活動を行うのですが、論理的に考えるとか、批判的にいろいろ思考していく思考習慣を身に付けましょうということです。四つ目は、社会の状況に適切に対応する能力の涵養です。これはコミュニケーション能力や、いろいろな情報を集めて最終的に意思決定をし、他の人々にその知を還元していくという能力を想定しております。(スライド 10)

この能力と先ほど言った世代を、能力を縦に、世代を横にして 20 のマス目を作り、このマス目に従っていろいろなプログラムを作っています。これは細かいので省略させていただき説明はしませんが、詳細は科学博物館のホームページに出ております。そちらに報告書があると思いますので、白い報告書を見ていただければ解説があります。(スライド 11)

本プロジェクトでは、四つの世代と、四つの領域を設けて、それぞれプログラムを開発してきました。八つの博物館と連携して、それぞれの学芸員の方にはお忙しい中、いろいろとご協力いただいてプログラムを開発してきました。(スライド 12)

日本地図ですとこういうことで、九州の海の中道海洋生態科学館等を含めて八つの科学館・博物館・水族館と連携をしてプログラムを開発したところです。(スライド 13)

具体的には後でお話があると思いますが、簡単に概略だけ説明しますと、幼児・小学生向けの「おいしいぬりえ」というプログラムを作ってみたり、中学生・高校生向けの「めざせ砂金ハンター」という砂金を採りに行くもの。それから、ファミリー向けの「われら海岸調査隊」、中高年・団塊の世代の「私たちの暮らしと大地」といったプログラムを開発しております。中高年・団塊については今年度のプログラムの開発ですので、まだ十分ではないところもありますので、これは見込みで書いているところも若干あり、これから開発するところもあります。(スライド 14)

これらのそれぞれの四つの領域でどのように体系化ができるかということで、例えば「生命・人間と社会」のグループですと、食と健康というテーマを設けてずっとプログラムを作っているのですが、最初は自分の食卓に上る身近なものから、もう少し広がりのある地域の「火山と暮らしの美味しい関係」や「恐竜発掘地層ケーキを作ろう！」、もう少し広がって地球環境、そしてまたもう一度地域に戻ってくるというように、空間がずっと広がって、世代が高くなるともう一度地域に戻ってくるという設定をしてプログラムを作っています。他の領域も同様の考え方で体系化しようと努力しているところ

です。(スライド 15)

これらのプログラムを実際に行って、これらの科学リテラシーを博物館に実装といいますか、実際にプログラムを開発して、子どもたちや大人に展開することによってどのような意義が考えられるかをまとめてみました。われわれは今まで経験的にいろいろなプログラムを開発してきましたが、ある程度目標を設けてプログラムを開発する意図的な教育活動を展開することができるのではないかと思います。それから、教育活動の達成水準がある程度評価を通して明確化できるかと思えます。また、これらを通してどうしても学校や地域、研究所との関係、場合によっては企業と連携もしますが、そういう場合に科学系博物館というのは一体何なのか、どういう役割を果たしたらいいのかというのをもう少し考えなければいけないと思えます。そういうものを逆に考えさせられた4年間だと思えます。最終的には科学教育のグランドデザインが示せれば一番いいのですが、学校、博物館、地域、家庭、それぞれの小さな単位でもいいですから、共通の目標を設定して、就学期間と成人段階との連続性の構築をしたグランドデザインを目指すべきだと思っています。(スライド 16)

今までが大まかな成果ですが、いくつか課題があります。これは後半の話題につながると思いますが、個人の興味、関心の領域を示したもので、時間と空間に置き換えて、どの辺に人々が関心を持つか、人によって随分違うのではないかと。これは、大きさで言うと、人間の大きさは10の0乗ですか、それから現在のところに関心を持つ方がほとんどではないかと思えますが、このような軸でいろいろな個人の興味や関心を切っていくとどうなるかというのを示したものです。(スライド 17)

それぞれいろいろな方がいろいろな関心を持っていますので、これをつないでいくことが必要だと思っております。われわれのやっていたプログラムは、どちらかというと個人に注目して、それぞれの人の科学リテラシーを高める、この関心領域を広げる、または、これを高くするというのを多分努力してきたのだと思うのですが、これからは個人個人をうまくつないでいくことも考えていかなければいけないと思っています。(スライド 18)

これはサイエンスコミュニケーションが展開できる六つの領域をかなり前に設定して、その中から今回は一般の人々を対象に四つの世代に分けて、それぞれの世代の一人一人のリテラシーをどういうふうに上げていくかというプログラムを開発していきました。これをお互いにつなげていくのは並大抵のことではないと思えますが、この広い領域の中でどのようにコミュニケーションをつないでいくかというのが大きな課題だと思っています。(スライド 19)

これらを通してわれわれは何を目指していくのかということで、最後にまた最初の問いに戻るのですが、それがすごく重要なことだと思っています。今日はオーストラリアの方とアメリカの方がいらしていますが、オーストラリアの場合は既に今年の2010年にサイエンスコミュニケーションのストラテジー(戦略)が出ました。そこには、最終的な科学的な社会というのはどういうものを目指しているかということが書いてありました。私が注目しているのが、世代別にどんなことをしたらいいか、どんな目標を設けたらいいかというのが書いてあるという点で、そこに共通点を感じたので紹介させていただきます。小学校に上がる前、小学生レベル、中学生・高校レベル、18~25歳、さらに働いているレベルにおいて、科学に対してどのような取り組みやアプローチの仕方があるかということが記述されていて、最終的にどういう社会を目指しているかということが書いてあります。(スライド 20)

一方アメリカですと、サイエンス(科学)とテクノロジー、エンジニアリング、それから数学に関して、Elementary からずっと Higher Education/Workforce まで継続性を持つべきだというレポートが政府から出ております。私はやはり世代別に継続性を持ったプログラムを作っていく必要があると思います。(スライド 21)

今回やっているプログラムは、この世代を体系化していこうということです。そのときに先ほど言いましたように、博物館や研究機関や学校などが関係していますので、これをどのように組み合わせていくかというのが大きな問題なのですが、今回はこの一個一個のプログラムを少しご紹介して、そして、これを体系化していった先には何があるのかというと、科学リテラシーを持った人々が社会を構築していくことが必要だろうと思います。そのときにどんな能力が必要なのか、そして、サイエンス・コミュニケーターと言われる人たちがどんなふうに位置付けられるのか、研究者がどのように位置付けられるのかということはある程度先を見ながら展開していかないと、なかなかこの研究も先が見えないだろうと思っています。今回はこの体系化の話を中心に議論できたらと思っています。(スライド 22)

これは今回のシンポジウムに際して、われわれの研究会で作った絵ですが、小学校、中学・高校、成人、中高年～リタイアした人たち、この四つの世代に注目して、社会の中にあるいろいろな科学技術と出会ったときに生まれてくる影というものが、科学リテラシーではないかと思い、このようなデザインを考えてみました。人々は自分の経験から科学技術に関して知識や興味、考え方をもちます。このように個人の文脈を通じて形成される科学リテラシーは、生活や社会に投影されると考えてこのようなデザインを考えてみました。(スライド 23)

今日は皆さんから講演をいただいて、どのような科学リテラシー像が投影できるか、そしてそれをディスカッションできればいいなと思っています。以上です。ありがとうございました。

国際シンポジウム  
社会とつながる科学教育  
～博物館における科学リテラシー涵養活動の体系と人材養成～

**科学リテラシー涵養のための  
科学系博物館の活動の可能性と課題**

20101123  
小川義和  
国立科学博物館

本研究は平成22年度科学研究費補助金基盤研究(A)「科学リテラシーの涵養に資する科学系博物館の教育事業の開発・体系化と理論構築」(課題番号19200052 代表:小川義和)の支援を受けている。

### 何のために理科を学ぶのか(教えるのか)

- 社会における科学技術発展のため
- 純粋な科学探究の楽しさ、不思議さ
- 理科が好き(教師)
- 論理的な考え方(生徒)
- 生活力の育成のため
- 安全な生活を営むための知識を得るため
- 科学技術の限界(＋とー)を知るため
- 情報選択、えせ科学に対する判断力

科学者、技術者の養成

サイエンスコミュニケーション能力  
科学リテラシーの育成

\* 2007/08/01全国私立中学高校理科系研修会参加教師120名より

### 21世紀を豊かに生きるために

1. 現代社会における科学の在り方
  - ・科学技術の高度化と人々の意識の乖離
  - ・社会において個人の自立的な判断が求められる
  - ・「社会における科学」「社会のための科学」(世界科学会議, 1999)
  - 対話型科学教育(サイエンスコミュニケーション)の必要性
2. 理科教育、科学教育の課題
  - ・就学期間中の科学的知識が成人段階に結びついていない
  - 成人を含め、各世代が持つべき科学リテラシーの必要性

### 科学リテラシー向上における科学系博物館への期待

- 学校では科学的リテラシーが十分に達成されなかった。科学研究の専門家育成を目的としたカリキュラムでは不十分である。一般の人々を対象にした教育の必要性(Fensham, 1997)
- 成人の科学的リテラシー向上の場として科学系博物館への期待(Shamos, 1995)
- 科学系博物館のミッションから見た可能性
  - コレクション機能: 専門家養成・研修の場
  - コミュニケーション機能: 一般の人々の科学リテラシー(小川, 2008)

### Educational Operations at National Museum of Nature and Science



Japan Gallery



Theater 360



Science Café by Science Communicators



Science Discovery Classes

### 博物館の使命 CollectionとCommunication

- 地球と生命の歴史、科学技術の歴史の解明を通じた社会的有用性の高い自然史体系・科学技術史体系の構築
- ナショナルコレクションの体系的構築と人類共有財産としての標本資料の収集・保管
- 人々の科学リテラシー向上に資する展示・学習支援事業



### 科学リテラシーの位置づけ(科博の場合)

- 自然科学の振興(知の創造と継承)
  - ・調査研究
  - ・標本資料の蓄積と将来への継承
  - ・知の創造を担う人材の育成:連携大学院等による後継者養成
- 自然史・科学技術史研究の進展、コレクションの構築
- 社会教育の振興(知の共有と社会還元)
  - ・研究成果の還元:展示・学習支援事業
  - ・蓄積された標本資料の共有
  - ・知の社会還元を担う人材の育成:サイエンスコミュニケーション養成講座
- 国民の科学リテラシーの向上

7

### 科学リテラシー涵養の必要性

【科学リテラシーとは】(国立科学博物館, 2008)  
 人々が自然や科学技術に対する適切な知識や科学的な見方及び態度を持ち、自然界や人間社会の変化に適切に対応し、合理的な判断と行動ができる総合的な資質・能力

科学リテラシーの涵養は

- ・生活上の問題に適切に対応
- ・豊かに生きる社会を実現
- ・多様な活動主体が行う
- ・世代別に対応など、新たな手法や考え方が必要

### 科学系博物館における「科学リテラシー涵養活動」のあり方

「科学リテラシー涵養活動」とは(国立科学博物館, 2008)

自然界や人間社会において実生活に関わる課題を通じ、人々の世代やライフステージに求められる科学リテラシーを涵養する継続的な活動体系

- ・ 人々の科学技術に関する知識や態度を発展・向上させ、個々人がその成長を実感
- ・ 科学系博物館と社会とのコミュニケーションにより、個々人の成長過程を社会も共有

### 科学リテラシー涵養活動の目標

#### 感性の涵養

感性・意欲を育む体験的な活動を通じ、科学や自然現象に対して興味・関心をもって接するようにする。

#### 知識の習得・概念の理解

科学や技術の性質を理解し、身のまわりの自然現象や技術の働きを理解できるようにする。

#### 科学的な思考習慣の涵養

事象の中の疑問を見出し分析し、課題解決のための探究活動を行ったり、様々な情報や考えを適用して自ら結論を導いたりする。

#### 社会の状況に適切に対応する能力の涵養

学んだことを適切に表現し、人に伝える。社会の状況に基づいて、科学的な知識・態度を活用したり、利点やリスクを考慮したりして意思決定する。自らの持っている知識・能力を次の世代へと伝える等、社会への知の還元を行う。豊かに生きる社会作りへ参画する。

\* 国立科学博物館「科学リテラシー涵養活動」を創る～世代に応じたプログラム開発のために～より

### 科学系博物館における「科学リテラシー涵養活動」の体系

世代・ライフ学習目標	幼・小(低学年)	小(高学年)・中	高校・高等教育	子育て・社年期	熟年期・高齢期
感じる	...	...	...	...	...
知る	...	...	...	...	...
考える	...	...	...	...	...
行動する	...	...	...	...	...

### プログラム開発・実施計画

本プロジェクトでは、科学リテラシーの涵養を目指し、各世代を対象として四つの分野に関する学習プログラムを作成し、連携している科学系博物館において実施し、評価を行う。最終的にはシステムの構築と学習プログラムの汎用化・モデル化を行い、教育事業の体系化と科学系博物館における学習モデルの提案を行う。

分野	2007		2008		2009		2010	
	幼児・小学生	中学生・高校生	大学・成人・ファミリー	中高年・団塊	幼児・小学生	中学生・高校生	大学・成人・ファミリー	中高年・団塊
生命・人間と社会	国立科学博物館	国立科学博物館	国立科学博物館	国立科学博物館	海の中道海洋生態科学館	兵庫県立人と自然の博物館	海の中道海洋生態科学館	国立科学博物館 ミュージアムパーク茨城県自然博物館
宇宙・地球・環境と社会	国立科学博物館	国立科学博物館	国立科学博物館	国立科学博物館	海の中道海洋生態科学館	神奈川県立生命の星・地球博物館	海の中道海洋生態科学館	国立科学博物館 兵庫県立人と自然の博物館
物質と社会	国立科学博物館 科学技術館 名古屋市科学館	国立科学博物館 科学技術館	国立科学博物館 科学技術館	国立科学博物館 科学技術館	国立科学博物館 科学技術館 名古屋市科学館	国立科学博物館 科学技術館	国立科学博物館 科学技術館	国立科学博物館 科学技術館
技術と社会	国立科学博物館 科学技術館	国立科学博物館 科学技術館	国立科学博物館 科学技術館	国立科学博物館 科学技術館	国立科学博物館 科学技術館	千葉県立現代産業科学館	国立科学博物館 科学技術館	国立科学博物館 科学技術館

### 参加している博物館

- 1 国立科学博物館
- 2 科学技術館
- 3 ミュージアムパーク茨城県自然博物館
- 4 千葉県立現代産業博物館
- 5 神奈川県立生命の星・地球博物館
- 6 名古屋科学館
- 7 兵庫県立人と自然の博物館
- 8 海の中道海洋生態科学館

### プログラム展開例 (2007-2010)

幼児・小学生:「おいしいぬりえ」「美肌コレクション」  
 普段食卓に上る海の生き物を、展示物のぬりえを通してじっくり観察する。外部形態の特徴を知ると共に、博物館展示の観察の視点を与える。

中学生・高校生:「めざせ砂金ハンター」  
 河原の砂金を切り口に、砂金堀りなどの体験活動を通して大地の成り立ちに関する地学的概念の理解向上を目指した。

大学・成人・ファミリー:「われら海岸調査隊」  
 身近な海の生物という切り口から、親子が、地域の環境と食や暮らしとの関わりに気づき、理解を深めることをねらいとした継続学習活動を行った。

中高年・団塊:「私たちの暮らしと大地」  
 地域における産業・文化・社会のインフラが、大地の成り立ちと密接に関わりながら発達してきた事例について学び、その成果を様々な人々に伝えるための壁新聞を作成する。

年度	テーマ	19年度	20年度	21年度	22年度
世代		幼児・小学生	中学生・高校生	大学・成人・ファミリー	中高年・団塊
分野		幼児・小学生	中学生・高校生	大学・成人・ファミリー	中高年・団塊
生命・人間と社会	食と健康	○おいしいぬりえ ○生き物美肌コレクション	○恐竜発掘地層ケーキをつくらう！ ○火山と暮らしの楽しい関係	○われら海岸調査隊 ～地域の環境を知ろう！～	○サツマイモから見える食の恵み
	体系化の軸	空間の広がり			
宇宙・地球・環境と社会	地球の謎り物・天然資源	○かからの小石で遊ぼう ○かからの小石で遊ぼう ～小石のアーチにしようせん！～	○めざせ砂金ハンター ～河原の砂金をとらぬか？～ ○化石は語る～ももが教えてくれる過去の環境～	○地球ツアー ～親・娘・孫・未来～	○私たちの暮らしと大地
	体系化の軸	時間と空間の広がり			
物質と社会	私たちの生活を支える物質	○「かたち」のはてまで？	○鉄を動かしてみよう ○化学反応は電子が主役 ～鉄と炭素の反応～	○あれもこれもカガクヘンカ ～化学でつながる身近な生活～	○子どもと社会をつなぐ 展示学習シート作り
	体系化の軸	概念の理解の深まりと広がり			
技術と社会	私たちの生活を支える技術	○風車でわかる電気エネルギー(発電機) ○風車でわかる電気エネルギー(発電機)	○ロボットをつつてタイムトライアルをしよう ○大きな水の流	○生活に役立つロボットのモデルをつくろう ○オーロラってどんなもの？	○家園にみるテクノロジーの過去・未来
	体系化の軸	総合的視点に立つ選択			

### 科学系博物館への科学リテラシー実装の意義

- 科学系博物館における意図的な教育活動の展開
- 科学系博物館の教育活動等の達成水準の明確化
- 科学系博物館の役割の明確化
- 科学教育のグランドデザイン  
 学校・博物館・地域・家庭等における共通の目標の設定  
 就学期間と成人段階との連続性の構築

### 課題: 科学リテラシー涵養における個人と社会の関係

科学に対する個人の関心の広がり(時間と空間を軸)

関心

未来

現在

過去

時間

空間

素粒子

分子

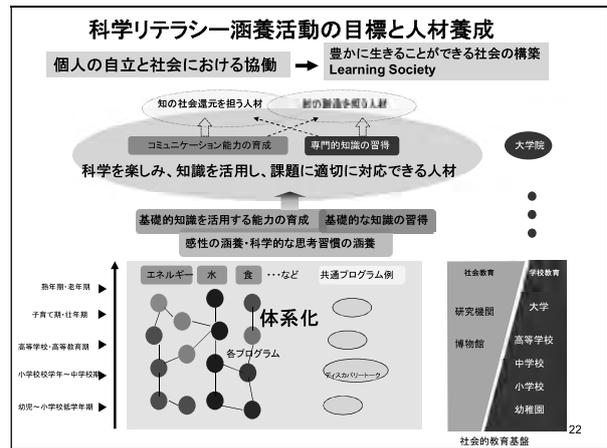
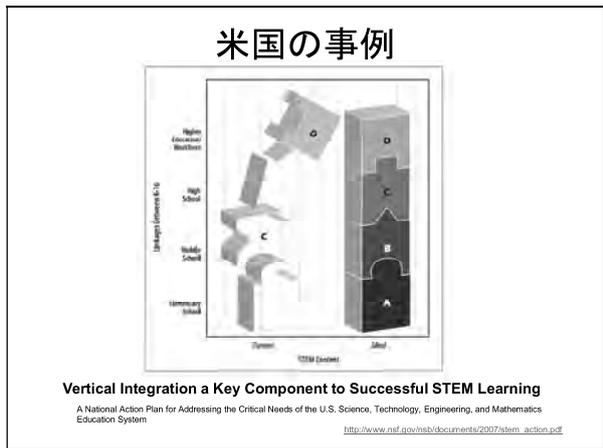
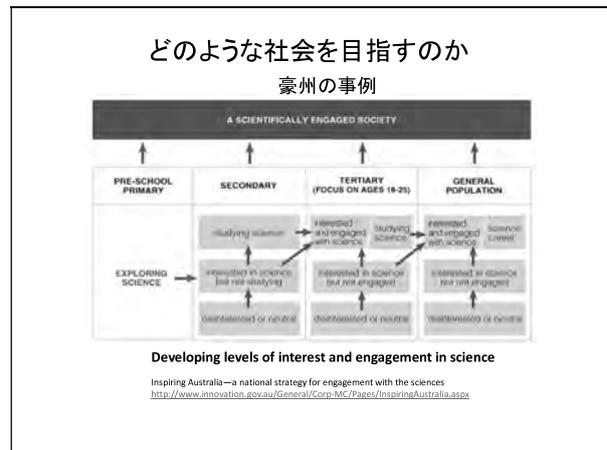
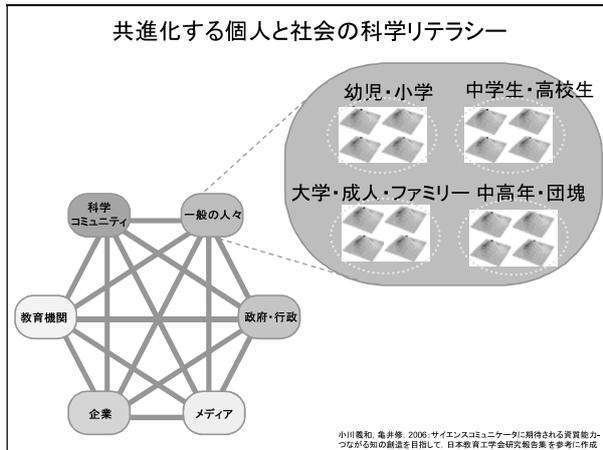
人間

地球

宇宙

資料館: 2002 プログラムデザイン55頁の図表から整理した未来を軸としたグラフの図解。国立科学博物館資料館編

### 共進化する個人と社会の科学リテラシー



## 講演 1

### **Science Programming at Melbourne Museum**

**Priscilla Gaff**

**Program Coordinator-Life Science, Museum Victoria**

I'd like to thank you very much for inviting me to come and speak. This is my first time in Japan and I'm absolutely thrilled to be here. My name is Priscilla Gaff. I work as a program coordinator in life science at Museum Victoria. For the past few years I've been particularly working with the exhibition teams redeveloping four of our science exhibitions, so I'm going to be talking to you today about those exhibitions and about the way that we frame our intended learning outcomes for those exhibitions and how we link those intended learning outcomes to our education programs and the framework for those, and then the evaluation around those.

So in particular I'm focusing on two case studies for school programming: one for young children; one, which is brand new, for teenagers. And another, then I'm going to talk a little bit about some of the ways that we program for adult audiences, particularly those who don't normally come to museums.

So I work for Museum Victoria, which is in Melbourne, and we are funded by the state government, and we are also recognized as a significant place for learning and life-long learning. We also receive significant funding from the Department of Education. And Museum Victoria is sort of the overarching organization and we have three museums that sit under this organization. We have Melbourne Museum, which is the organization where I've been working and I'm going to be talking mostly about. We also have Scienceworks Museum, which is an interactive science and technology museum, and we also have an Immigration Museum.

So Melbourne Museum itself, it's in this beautiful, modern, brand-new building, which is ten years old. We just recently had our tenth birthday. But as an institution it dates back to 1854, so it's quite an old institution that's had a long history of research and collection. We have some 16 million objects in our collection, though 40,000 of those objects are native, one species of native bee, so it's not always lots of different things. We are involved with science but also with history and indigenous cultures. But in the past two years, from 2009 to 2010, we've opened four new science exhibitions.

Our exhibitions, the way that we produce them, everything is very interconnected, so our exhibitions are very connected with the research because we have a large team of active science researchers in fields like paleontology, geology, marine science, as well as the history and indigenous cultures. We also have a large collection, which I mentioned, and our exhibitions are also very highly linked to the way that we program, so everything is very interconnected.

So one very exciting thing for me in terms of the way that we've been able to redevelop our science exhibitions is sort of two things. We've been able to bring in a lot of current science. One of the problems I think science museums face is that we have these exhibitions that are up for, in our case, ten years, and in that time the science can change so rapidly and what you put up ten years ago could be completely different to the way it's presented now. So it's been a fantastic opportunity to bring out a lot of contemporary issues in science, particularly in issues around climate change and our sort of relationship with nature.

Another thing that it has enabled is to change the way that we display our exhibitions, to think about

our visitors and the way that they learn, so there's a lot more emphasis on the learner and the ways that we can sort of interpret things for the learner.

So in this dinosaur exhibition you are able to walk under the dinosaurs, over the top of the dinosaurs, all around them. We also have these new dinosaur viewers where you can look through and then you see a picture of the skeleton but then it morphs into sort of it has the flesh that builds up over the animal, and then eventually the live animal, and we have a lot more sort of timeline interactives, whereas the previous exhibition was a lot more passive in the way that people could interact with it.

Our second exhibition to open was one about animals and it's called "Wild: Amazing animals in a changing world." So we have over 700 animals on display. We have one component that deals very much with worldwide biodiversity, and every single animal in there is listed according to their status of the Red List, which talks about whether they're endangered or secure or in some cases some of the animals that we have extinct. All of this has been displayed electronically so that there are opportunities for us to update that on a regular basis. And there's also a section that talks more about some environments in Victoria.

Just earlier this year we opened an exhibition called "600 million years: Victoria evolves" and it looks at life evolving on planet Earth, so starting from multi-cellular life forms around 600 million years ago, which Australia is quite famous for Ediacaran fossil site, and there are new ways of interpreting that, including these new animatronic dinosaurs, which look incredibly life-like, which we're quite proud of.

And our final of the four is Dynamic Earth, which talks about the history of the planet Earth but also is an opportunity to bring out our geological specimens, and again, we've had not quite as, it's not the 360 degrees of the theater that you have here, but we have a brand new sort of virtual reality room that people can go into and learn more about volcanoes.

So in all of these exhibitions there's also, we've brought out our scientists a lot more so that people are not just seeing rocks or dinosaurs but they're also seeing the scientists who study them and they are talking about that in their exhibitions.

So in the past I think some of our exhibitions were more focused on what knowledge people could walk away with and just more on the content, but we've really moved to a more holistic approach towards the way that we sort of plan for people to learn and what we plan for them to learn from this exhibition. And we always call it intended learning outcomes because you can never really guarantee what someone has walked in with and what they already understand and think, and then what they're going to walk away with, so we always refer to it as intended.

So now we very specifically plan for how they're going to enjoy the exhibition and how it's going to affect them on an emotional level, and what kind of attitudes we might want them to develop, which I guess is particularly important around climate change and species loss, and particularly in Australia we have huge debates about whether climate change is actually occurring or not and it's having a massive impact on the political situation.

We also plan for what sort of skill-based progression people might have. And we also, when we think about the way that we plan for people to learn, we don't just have, we have our onsite experiences, so our exhibitions and our programs onsite, but I'm also going to talk a little bit about some of our offsite

experiences and some of our online. So those are sort of the ways that we run our various experiences for people.

So this is my first case study around the Dinosaur Walk exhibition. So I mentioned before that we no longer just think about the cognitive or the knowledge that we want people to walk away with but we also think about what sort of affects. So for the Dinosaur Walk it was things about awe and amazement about the animals from the past and being able to interpret data for themselves.

So these are our intended learning outcomes for the exhibition, but for the school program we also have learning outcomes which link very much the exhibition outcomes, but they also are very much linked to the Department of Education curriculum objectives for these students, so in particular, things like working in teams is very much something that they want to foster in schools. Of course we have fun, which is very important because we believe that children learn more when they're having fun and they're engaged, as well as some more specific things around sort of their cognitive understanding.

So the program that I evaluated is one that's a 30-minute program. It's interactive, problem-solving, it involves teamwork and fun. It's for children aged four to eight years old. And we sought feedback from the children about their experience and what they thought of their experiences in the program and we received 250 responses.

So this gives you a bit of a snapshot of what goes on in our program. We have high-quality materials that we let the children look at and interpret and we sort of help them with their interpretation. We get them to work in teams to look at real fossils and discuss that with each other and so they can really be up close with it, and we also get them to act out so they are physically involved in thinking about, in this case, dinosaurs and how dinosaurs walked and how that's linked to their success.

Then what we do is we gave the teachers a packet of this evaluation so it's framed in a way that's incredibly familiar to school groups in Australia. We have set what we called sentence stems so the children can follow on and answer that, and all of these are linked back to our intended learning outcomes so we can really get a sense of what the children are really taking away, because often we find museum programs will have 30 kids come into the room and then they go and we have no idea what actually happened in their brain. And then we have another 30 kids and they go. So it's important for us to understand what they took away.

So this first one is talking about their progression of learning, so one of our aims is that after they attend the program they are actually able to go out into a dinosaur exhibition and able to interpret the skeletons for themselves so that they can sort of determine what the animal's diet was. And in this case we asked them to identify what they thought these two dinosaurs ate. And 98 percent of the children were able to get it correct, and this is the children aged four to eight years old, so we feel quite confident that they sort of gained that new skill and were able to apply it elsewhere.

This slide is talking about what facts or information did they gain from their experience, and so we just asked the children, "One thing I learned in the dinosaur lesson was" and we asked them, so they responded with their various answers, and again, we found 98 percent of the student responses indicated that they were able to tell us something that they learned that directly linked back to the sorts of things that we were talking about in the program. So this one is "dinosaurs lay eggs," "that pterandon was not a dinosaur. It was a reptile," "that some dinosaurs have feathers," "that you can tell

a herbivore or a carnivore from its teeth."

We also wanted to ask them one thing they liked to see if they could, if they had fun, and almost all of them were able to tell us one thing that they all liked, and mostly they are interested in looking at the fossils and hands-on, although they're looking at the fossils is when they're in that picture when there was a group of them, and that's really when they're all doing stuff; it's not them sitting there listening to me.

We also wanted to sort of think about the active behavior and their progression, so something that they can now tell or determine when they see a dinosaur skeleton, and again, 98 percent of the children were able to articulate something that they could now tell as a result of the lesson. So this one is "if it is a herbivore or a carnivore," which is a very strong message in our program, although one child wrote, "I can tell my mum," which we felt was very cute.

We also wanted to know if the students had new questions and if this program was able to sort of help them think about further questions, and again, 94 percent of the students had new questions.

But we also do realize that the programs are not disconnected from the exhibition experience, that they are, we really had to work quite hard at the way that we framed these questions. The first evaluation form we developed we didn't target it so specifically to the lesson and so the children actually sort of were back and forth between writing about the museum exhibition versus writing about the program, and so they just see their whole experience as one integrated day. And just sort of giving you an example: this is one student who has drawn a little picture of one of those dinosaur viewers, so yes.

We also ask the teachers what they valued about the program and most of them valued the hands-on and interactive element, because I think that's something that we're able to do as museums is provide a very unique experience that these primary teachers can't possibly provide and so that's one of the things that we're able to do.

And we also asked the teachers and parents about what they thought the students learned as well, so again, linking back to all our intended learning outcomes, and we feel like it's very challenging to measure "what do the children actually learn?", but this was the way that we attempted and we see that they are sort of taking quite highly the things that we intended for the students to learn.

So that was the case study for the younger children, but now this is just a brand new program that I've been working on for teenagers. So I don't know what Japanese teenagers are like, but Australian teenagers are very, very disengaged with science. They traditionally come to museums and run around and the teachers are like tearing their hair out trying to get them to have a good time, and sometimes they want to give them worksheets where they just have to fill in the answers and it's what we refer to as more like rote learning rather than developing a deep appreciation and a more sort of, you know, more... They're not really learning because they want to learn and that they are personally motivated. They are sort of learning because the teacher's got a whip over them and yelling at them, which is not the experience that we want to foster for science in our museums.

So, again, this exhibition has split up the way that they talk about how we want people to learn, so learning about Victorian flora and fauna has changed over time, that they have a sense of awe and

amazement about past life and a sense of ongoing change, and being able to draw conclusions from the fossil evidence. Again, the schools learning outcomes are very much linked so it's all, so that when we're developing an exhibition we're very much thinking about our schools programs and our visitor programs but also how it all links to the school curriculum as well, but we definitely have some more very targeted school ones like working in teams and also thinking about the work of paleontologists because at the teenage level they want to bring in more talking about Australian scientists and the impact of scientists so they are I guess thinking about careers in science.

So this program has a little bit of a James Bond feel to it and it specifically targeted 13- to 16-year-olds, and it's called "600 million years in 60 seconds." So the idea is that the students work in teams and they develop a clip or a video clip, a 60-second video clip about one area of the exhibition that relates to evolution, but then as a whole class they bring all those clips together and then as a whole class they have then a documentary about past life in Victoria and the world, and then the students are actually able to teach each other, so it's not just, you know, it's quite a sort of a deeper engagement.

And when we put them in teams we also give them very specific jobs, such as the director and the camera person or the presenter. And we give the teacher the role of the executive producer. So sometimes we find the teachers are a little unsure of their role in the experience, and this, because they see us as the person running the program that this sort of gives the teacher a sense of they have an ownership as well of the whole program being participants.

So we'll have ten groups and each group gets their own kit and each group gets a mission and they get a different mission sort of relating to a different theme of evolution in a different time in the exhibition. Each group gets these little Flip cameras. I have one here if you want to see. And they have a stopwatch so they have only 25 minutes in the exhibition to make their clip. So it's really fast but they love this. In some of the feedback they told me that the teenagers, they think it's too short but they also love the rush of having to produce something really fast. And they also have an object as well, so this one is a part of a jaw of a giant marsupial that lived in Victoria.

They also get, each team gets a filming location, so they get a site within the exhibition, and they get a movie storyboard to help sort of script out their story.

So these are a couple of clips from some of the trial groups that I've run. This is an all-girls' group and I'm going to need to hold this.

[video clip plays]

*Did you know that birds evolved from dinosaurs? Birds evolved from a group of small carnivorous dinosaurs. Archaeopteryx has both dinosaur and bird features.*

*This is what the Archaeopteryx looked like when it was alive.*

*This is a lizard skeleton and this is a bird skeleton. The Archaeopteryx has a jaw and teeth like a lizard. It also has a long, bony tail like a lizard, and crawls like a lizard. It has long arms and legs just like a bird and a long feathery tail and feathery wings just like a bird.*

*As you can see the Archaeopteryx is very similar to both the lizard and the bird. Ack, ack, ack.*

[video clip ends]

[laughs] So you can see, in that one they, very, these teenagers had a really short amount of time and they really effectively used the exhibition, they used the text, they used the models, they used the fossils to tell the story of one component of evolution.

This is a group of boys and they start off singing a song. Have a look.

[video clip plays]

*Fish, fish, fish, fish, fish in the water  
Fish, fish, fish, fish, the fish are in the water.  
The fish are in the water swimming.  
What are they doing in the water?  
They're swimming in the water because they're fish.  
Oh, I see.  
Fish.  
Look, another fish.  
Fish is in the water.  
Another fish.  
What's that one doing?  
That one's going onto the land.  
It might get out for a bit.  
Oh, look, another one on the land!  
It's fish on the land.  
Fish on the land!*

*Hello, everyone. Today we're going to talk about how fish moved from the water and then they came up onto the land.*

*Hi again, have a look at this. This is called a Eusthenopteron and it is the first stage of fish moving onto the land. Now this fish had very strong fins so it sort of started fish moving to the land.*

*Now this fish here is called a Tiktaalik, and it's sometimes called a fishapod, and that was between the Eusthenopteron and the tetrapod, which eventually goes on the land, and this had much stronger fins and it was suggested that they were used to prop the animal's body under water. Isn't that incredible?*

*Now, this one is called Pederpes, and Pederpes was a more advanced early tetrapod. Its jointed legs had toes pointing forward so it could walk more effectively on land. Its hearing was better suited to underwater environments but it probably spent a lot of time in water and may have even hunted there.*

*So that's how the fish moved onto the land.*

*But how do we know that this is all true? We're just like crazy people. No, look at this! This is a fossil and it's really real, and these, see, these are fingers; they're not fins, they're fingers.*

*So that's how the fish moved onto the land. And that is the end of the video.*

[*video clip ends*]

So again, that was another sort of group of students who I felt really effectively used our exhibition and took charge of their own learning. This was my emergency slide in case those clips didn't work, just to talk about it, and you've seen those ones.

So after they've made this clip we give the students, we edit the clips quickly. So they were actually, that's what the students edited, that was a one-hour program they were able to do all of that. And then they take those clips back to school and they can continue working on them back at school and we have sort of website support as well. And our future plans for this program is that we can create an online space where the students could upload it for themselves and eventually perhaps even have peer reviews that the students review each other and potentially scientist science reviews, and then show their clips in the museum, which would be really exciting.

So we asked them questions relating to how they found the program and what kinds of things that they felt that they learned, and what they talk about is not they learned about the digital technology, but they really talk a lot about the content, and some of the things that I was thrilled from these trials is that they talk about things like "It allows you to get a full understanding of a concept instead of learning little bits about each." So they really feel like they're really developing their understanding in a lot more concrete way.

In terms of new skills, they talk about having more confidence after presenting, so for some of them this is very challenging. Creating a video, they talk about this is something that they've never done, which for some students that's not true at all; some students create a lot. And some of them talk about working in a team, and particularly in Australia we're very much about fostering people working in teams and developing those skills, and this last one says, "I learnt about how to work in a team, and that you need to speak up," which I work in a very extroverted team and that is certainly important where I work at Melbourne Museum.

And we also ask them about, Did they have fun?, which again, Australia teenagers are very honest if they don't like your program and will happily tell you they thought it was boring. But we didn't have one single child tell us that it was boring at all, which I was again very thrilled because I had some very, very honest teenagers. They talk about it being fun because the program actually gave all the responsibility to them and for them to take charge of their learning. They also talked, some of them talked about it being a competition, although I never said it was a competition, but for some of the students, this really, really motivated them, and they also wanted to all put it on YouTube, which is not surprising.

Some of them talked about they loved working with other people and that they found that really fun. They also, this third one down says, "I enjoyed the program, because even though it was about science it was turned into something fun," which I was particularly happy to read that comment. And the last one is I guess sort of the main thing that we aimed for the program to do for our teenagers, "I felt the format helped me to learn as it was more interactive than just walking around an exhibition and therefore we were more engaged and ready to learn," which we were particularly pleased about because we feel like this sort of style of pedagogy is really targeted well to these teenagers and where they're at and the way that they want to learn.

So I'm going to talk a little bit about a couple of adult programs. We have more but these are two that I thought you might find very interesting. In Melbourne we have a large international comedy festival each year and we attract comedians from all around the world and we have a month-long festival and it's really huge, and a lot of young people attend these comedy nights, and it's very, you know, we have TV programs about it as well.

So we have partnered with the Melbourne International Comedy Festival and we run comedy shows within our science galleries at night. So the one that we ran last year, we had three comedians, who, so we would have 90 people come into the museum and they would sort of follow a different comedian, so it wasn't, it certainly wasn't a traditional talk about our exhibits but these comedians met with the museum staff beforehand and worked on their kind of talk and drew out things to do with science but also very funny aspects like about the way eels would behave, some of the deep-sea hagfish behave if you take them out of water and all the slime that they eject. And this way of programming really attracted a new audience for us. And so last year we had I think 500 participants and it was sold out every night. And these are people who wouldn't normally come because a lot of our visitors to the Melbourne Museum are either schoolchildren or they are families, either grandma or grandpa or parents with their children, or international visitors. We don't tend to get sort of adults coming by themselves to our science exhibitions. Perhaps to add, we have exhibitions about design and they might come to that, but not necessarily science.

We also run another adult education program that is very specifically targeted to people who don't visit, and that's either because people from low socio-economic groups or new migrants. So where the Melbourne Museum is located, only ten minutes away there is a big sort of government housing that has hundreds or thousands of people who live there who despite living a short walk away will never visit, and despite having children and despite that it is free for them to visit, they won't come. So this program is called Science Morning Teas and it specifically sort of targets people who could potentially become visitors but then potentially become advocates to other people within their community to come to the center.

So it's not, it's not a huge program in terms of targeting large numbers but we actually target a small number of people, so sort of making it feel like you're just having a morning tea with people. And we'll team them up with one of our very friendly staff. So here is John, here, whom I work with, or Laura here, and they will have one sort of familiar face that they develop a relationship with. And that person sort of helps to sort of bring them into the museum and have morning tea with them and run science programs. So in this one, they are learning about butterflies and insects. We have a very active research group in entomology and also a very, very popular bugs exhibition too.

So in particular, this is sort of one of the women who is getting a ticket, so part of the process is actually taking these people to the ticketing desk to show them their card so that they can get free entry. And something that perhaps for us is not something that's unfamiliar, but for some people coming from other countries, seeing somebody in uniform can actually be something that they're terrified of. So there's a story of one woman sort of shaking as she approached the person in uniform. But then it sort of helps to make them feel more comfortable, and we also give them free tickets that we can track whether they come back, and we find that they do come back, although they don't need free tickets because they can get in free.

And this program was actually rolled out to all the other museums in Australia, so there was some

funding for our museum to go to the other museums throughout Australia and train them in doing this, and they are doing it as well.

So offsite adult programming. This is one that happens during National Science Week and it's called Market of the Mind, so this is a crocheted brain here, which crochet has become an arts and craft very, very popular among sort of 20-year-olds in Australia now, it's like the new hip thing. And during National Science Week they ran this year a Market of the Mind in the middle of the city in a very popular sort of shopping and drinking area. So rather than having this science festival happening at our center where they wouldn't necessarily come, and in fact somebody told me that the Melbourne Museum has the longest distance from our entry to the street compared to any museum in the world except the Taj Mahal, so it's a barrier for people to come, strangely enough.

So this night was not just run by Melbourne Museum but they also partnered with CSIRO, which is sort of a major scientific research organization in Australia, as well as Melbourne University. It was a very informal science night where they had speed dating with scientists. So we had scientists from all those venues who you could sort of sit down and have a glass of wine with and talk to them.

We also had very informal and fun different exhibitions that all relate to the mind which then relate back to ourselves, which, you know, people love talking about themselves and at coming from, sort of where they're coming from. So I think this was I think very attractive to young people to participate.

This program, some of you may know this face. This is Bernard Caleo, who received a scholarship to come to Japan and participate in science and theater. This was a program that was rolled out to regional Victoria, so rather than, you know, we have a lot of activities happening in Melbourne, but Museum Victoria is a very large place and this was traveled for three weeks. And he did a performance around William Blandowski, the first director of the Melbourne Museum, and it was about "The art of scientific observation," and he was a Dutch man and he did this whole performance in character. And these events were, they were partnered with the Department of Sustainability to bring in some of their scientists, and they were held at art galleries all across the state, so it was incredibly successful at bringing people in.

We also are involved in a lot of online science programs, so these are just a couple. This is one that involves Web2 technology, and we got, it's called Biodiversity Snapshots, and we got 250,000 from the Department of Education to develop this, as well as we received a further 250,000 from Climate Watch. And what this is is a citizen science online program, so it's very specific to Victoria and what's going on for biodiversity in Victoria. And you can download this application to your iPhone or your iPad or your laptop, and you can log yourself in and you can identify using the tools that this sort of walks you through, you can identify animals in your area. And because, if you are on iPhone or on iPad, it will locate you in terms of your GPS, so it will just download the species that are known for that particular area. So it's quite specific. And then when you log in and you make an observation of a species, that is then uploaded back up to Climate Watch and the Living Atlas of Australia. So its people are really participating in making observations about animals and that is having in impact in sort of how we understand the biodiversity in Victoria.

So at this stage it doesn't include plants but it includes mammals, birds, reptiles, frogs, and insects, and we have 279 listed, but we're about to go to 265, so there's sort of so much more to build on and it's quite a new thing for us to be involved in. And you can see that if you were to click on, sort of go through to click on birds, these might be some of the animals that you would pull up, and then you can

click over here to document your observation. And this is more looking at what it might look like if you see a species. So it will give you a picture of the animal as well as sort of some regions we might see in Victoria, as well as sort of deeper information as well.

And this is just a little bit about Wild. So that exhibition that I talked about, all our new science exhibitions have a web presence as well. For the International Year of Biodiversity we produced this online game and we received funding from the Department of Sustainability. So the idea with this game was to develop messages around the importance of biodiversity in Victoria and what changes you can make to the environment to make that environment better, and in the end you can earn your Ranger badges, just like Jesse, who is actually one of our staff members.

So what are the lessons learned? I think that none of these programs can happen, or happen successfully, without the teams and the partnerships that we work in, so particularly Museum Victoria we have 500 staff and we work heavily with all these different areas within the museum. I sort of often describe my job as a negotiator to get these science programs happening. We work heavily with the exhibition team in terms of thinking about how this scientific information is put in there and the best way for our visitors. We work heavily with our science staff to make sure that our information in our programs, online, exhibitions are up to date. We work with our preparators, the design team, we have museum photographers, online team, our evaluation team, and of course our public programs team.

We also rely heavily on our external partnerships, particularly for money, as I'm sure that you do too. The Victoria government, we rely heavily on these partnerships for financial reasons, but also we rely on other institutions such as CSIRO, the universities, and other sort of science organizations in terms of making sure that all our science is up to date and that we're really connected with the scientific community, not just sort of isolated with a whole lot of stuffed animals, that it's very much integrated.

So some of the overarching strategies in terms of approaches for scientific literacy would be to: keep up to date with current approaches to learning; maintain a broad approach to learning outcomes rather than just focusing on the content to sort of think about all the ways in which we learn; to really understand your audience, your actual or potential, so in the case of those families that I was showing, they are your potential audience that you really need to know how to target them; identify and deal with the barriers to participation, so really think, like with the teenagers, thinking about what's stopping them from really participating and how you can really target them to get them to participate and enjoy their participation; and I think just as you were saying, treat education and general audiences just as one long continuum not just sort of these segments, that we will just do a little bit here and here, that the whole spectrum is important. And that, that is the end of my talk. Thank you very much.

< 質疑応答 >

(会場) 大変、勉強になりました。ありがとうございました。ビデオ・クリップの制作が教育にとっても良い影響を与えていることは分かったのですが、クライメット・チェンジのような、まだ科学的に良く分かっていないことやいろいろと学説が分かれるようなことについて、手に取れるとか何か作れるとか、オーディエンスが理解を深める方法があれば、教えて欲しいのですが…。

(Gaff) I think that this is something that there's a bigger research project at the institution that I'm working at to deal with looking at the how the museum can contribute to the society's understanding

of climate change and the issues around it. At the moment there are sort of components of it that throw out some of the assumptions but not one exhibition specifically targeting it. I know that Marco has a very good example of an institution in the United States he was talking about; maybe he can talk to you a little bit more about what that institution is doing in particular to look at climate change that's quite highly targeted. Yes.

(Audience) I have a quick question for you. You mentioned about intended learning outcomes and you mentioned about three layers, one is affective and the other one is cognitive and skill-based. My question is, how do you measure the... You mentioned about skill-based and progressions, how do you measure the skills. I mean, there are many cases with different skills. What's your measuring?

(Gaff) Well, in the instance of the dinosaur program, there is probably a faster way for me to do this. This is one here is sort of one of the ways we measured the skill in terms of we wanted them to develop the skill of interpreting the specimens for themselves, so I guess our intention in this question here is for them to look at those images and interpret them for themselves, and in that way if they are able to answer it correctly then they have developed that skill of being able to look at something and interpret it for themselves. So in that particular instance, I guess that's the way we measure it. Although, we have very deep conversations about when we're doing this, I mean, we're asking the students these questions, actually, we know that a lot of the students are already walking in with a lot of information and a lot of prior knowledge, so I think that's another challenge. What do they already know before they came here, and possibly some of the children could already determine some of the things that we're asking them to do, but for some of them it might be new.

So I guess how we tackled this evaluation is that we really thought sort of quite hard about how each of these sentence stems linked directly back to all of these points here, so we really asked very much sort of, that's the best way that we could do it in that one.

The one for the 600 million years, I suppose for that one we have only just started. I've only run that with three trial schools, and so part of what we wanted to assess was did the program work in the first instance, and then sort of our next thing to do for that program is to really develop a questionnaire sheet for the students or some kind of evaluation where we really learn more about how well we've achieved our intended learning outcomes for that program. Yes.

(Audience) Hello. I have been working in science museums for a long time. Thank you very much for sharing with us some very creative programs. I was wondering, and I know it's a difficult thing, but in terms of follow-up studies, particularly with the pre-schools, have you been able to maybe ascertain some impacts, perhaps through the teachers and the classrooms that you feel that you might be able to connect with their activities at the museum?

(Gaff) I think that's probably part 2 of our evaluation. Yes. I think, I've been working at the museum for three-and-a-half years, and when I first arrived, before that I was working at a science center at a university, and sort of when I first started at the museum, I mean they were doing a lot of evaluations of exhibitions, but in terms of some of the school education programs, the way that they would report to the Department of Education was they would just report numbers. And now the Department of Education wants evidence of learning and they want evidence of teacher change, and even we get asked for how we can impact on the entire school culture as part of the way.

So this program, no, but I think that's something that I'd like to do further on. We do have another program called Science at Work, which is a lot more in-depth program targeting specific schools. And I know that through that program one of my colleagues has been working on, he gets the teachers to do video journals and talk about their experiences, so he gives them the Flip cameras and they've, in that program some of the teachers say quite amazing things about how they've developed as teachers and how they can sort of take all that information and understanding and development further in their teaching. But we haven't been doing that with this one yet. But yes, I think it is part 2.

**Science Programming:  
frameworks and evaluation at  
Melbourne Museum**

International Symposium, NMNS Tokyo 2010  
Priscilla Gaff: Program Coordinator – Life Science



**Museum Victoria**

Museum Victoria receives core funding it from the State governments culture agency, Arts Victoria.

Recognised and support by the State Government of Victoria as an important life long learning provider.

Recognised by the Department of Education and Early Childhood.

Melbourne Museum is one of the venues of Museum Victoria.




**Melbourne Museum**

- Established in 1854, Melbourne Museum opened at the new site in 2000.
- Indigenous cultures, history and science exhibitions and programs
- From 2009 to 2010 – opened 4 new science exhibitions, which are modern, contemporary presentation of science.





Collections    Research    Exhibitions    Programs




Look at dinosaurs from above  
*Dinosaur Walk*



Dinosaur viewers  
*Dinosaur Walk*

**Dinosaur Walk  
exhibition**



Multimedia timeline  
*Dinosaur Walk*



**Wild exhibition**

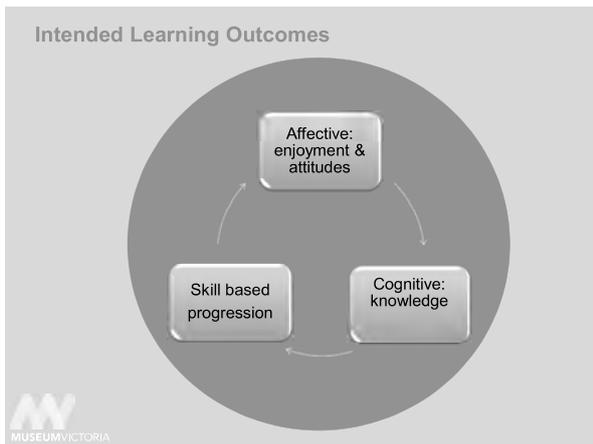
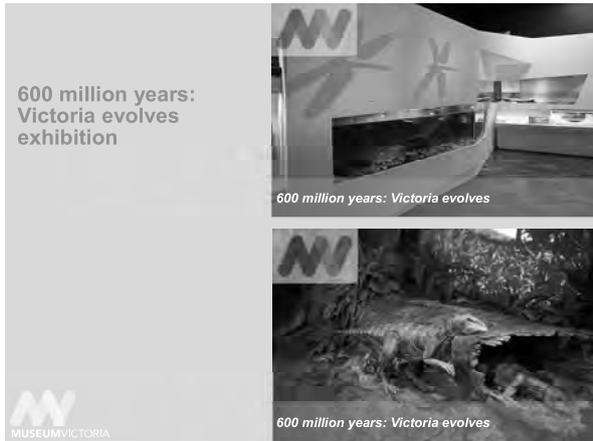


*Wild: Amazing animals in a changing world*



*Wild: Amazing animals in a changing world*

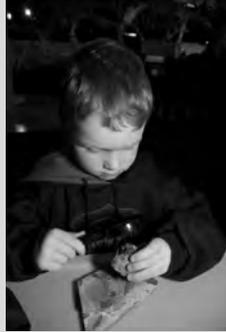




- Dinosaur Walk**  
Intended learning outcomes:
- |  |   |
|--|---|
| <p><b>Exhibition:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● <b>Cognitive</b><br/>Skeletal structures provide information about an animal's behaviour</li> <li>● <b>Affective</b><br/>Awe/amazement about animals from the past</li> <li>● <b>Skill-based</b><br/>Interpreting data</li> </ul> | <p><b>School program:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● <b>Knowledge &amp; understanding</b><br/>Know that many things can be a fossil</li> <li>● <b>Skills</b><br/>Work in teams</li> <li>● <b>Attitudes &amp; values</b><br/>Have an appreciation for fossils</li> <li>● <b>Enjoyment &amp; creativity</b><br/>Have fun</li> <li>● <b>Active behaviour &amp; progression</b><br/>Be able to use the features of a dinosaur to be able to work out what it ate, how it walked.</li> </ul> |
|--|---|

### 4 to 8 year old student program

- 30 minute program
- Interactive, problem solving, team work and fun!
- Student feedback sought
- 250 individual responses received



Handling dinosaur skulls



Acting out how dinosaurs walked



Working together to study real fossils

### Student evaluation sheet

MELBOURNE MUSEUM  
Student Evaluation

**DINOSAUR WALK**

What's your answer?  
What did each of these dinosaurs eat? Was it meat or plants?

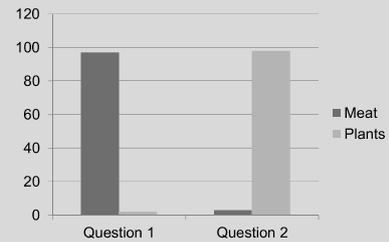
Finish the sentence:

- One thing I learned in the dinosaur lesson was \_\_\_\_\_
- One thing I liked in the dinosaur lesson was \_\_\_\_\_
- When I see a dinosaur skeleton, I can tell \_\_\_\_\_
- Since visiting the museum, my opinion of how to see about dinosaurs is \_\_\_\_\_
- When I grow up I want to be a \_\_\_\_\_

Question: Was there anything you didn't like in the dinosaur lesson?



### Progression of learning and skill



### Knowledge and understanding

What facts or information did they gain from the experience?

- 98% of responses indicated a specific fact that they had learned that directly correlated with the learning outcomes.

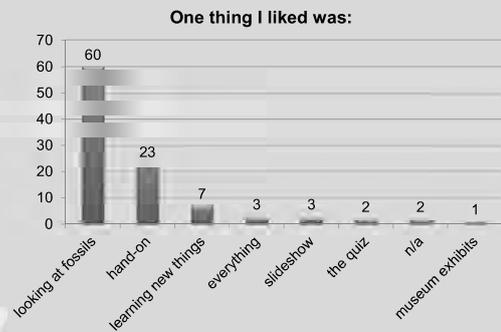
Finish the sentence:

- One thing I learned in the dinosaur lesson was DINOSAUR LAY EGGS
- One thing I learned in the dinosaur lesson was that pterodan was not a dinosaur it was a Reptile.
- One thing I learned in the dinosaur lesson was that some dinosaurs have feathers.
- One thing I learned in the dinosaur lesson was that you can tell a Herbivore or a carnivore from its teeth.



### Enjoyment and creativity

Did they have fun?



Active behaviour and progression

What can they now 'tell', and new questions?

- 98% of students could articulate a new idea.

When I see a dinosaur skeleton, I can tell if it is a herbivore or a carnivore.

- 94% of students had new questions.

Since visiting the museum, one question I now have about dinosaurs is if there is a difference between a male dinosaur and a female.



**MELBOURNE MUSEUM** **DINOSAUR WALK**  
Student Evaluation Date: 11/11/19 Grade: 3/4/7

What's your answer?  
What did you like most about the dinosaur walk? What kind of dinosaur?  
I liked the Diplomats

Finish the sentence:  
If I was a dinosaur I would like to see if we can find dinosaurs

What question do you have about dinosaurs?  
if you go on the dinosaur walk when you get to see the relaxation of the plants or meat.

What did you learn about dinosaurs?  
if you visit the museum, one question I now have about dinosaurs is how did they mate?

What did you like about the dinosaur walk?  
if you visit the museum, one question I now have about dinosaurs is how did they mate?

What question do you have about dinosaurs?  
if you visit the museum, one question I now have about dinosaurs is how did they mate?

What did you learn about dinosaurs?  
if you visit the museum, one question I now have about dinosaurs is how did they mate?



What did the teachers value about the program?

- Hands on & interactive... 48%
- Engagement & fun... 25%
- Information & educational... 24%
- The presenter... 24%



What do the teachers and parents think the students have learnt?

- That fossils tell us different things about how dinosaurs lived... 80%
- How amazing and important fossils are to science 40%
- How to work in teams like scientists to investigate fossils... 37%
- How to look at the features of dinosaur teeth to determine its diet... 26%



**Case study two**  
**600 MILLION YEARS: VICTORIA EVOLVES**

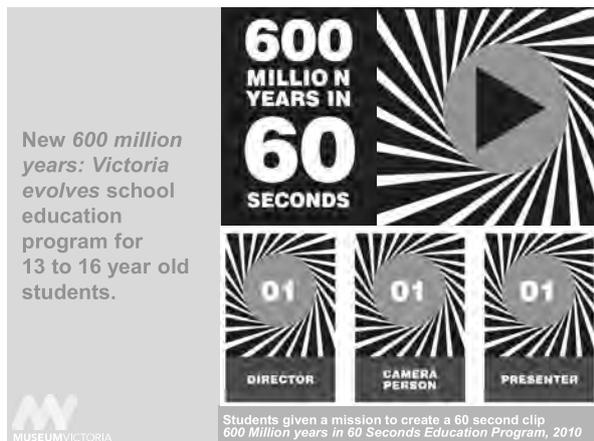
**600 million years: Victoria evolves**  
Intended learning outcomes:

**Exhibition:**

- **Cognitive**  
Victorian flora and fauna have changed over time
- **Affective**  
Awe/amazement about past life, and sense of ongoing change
- **Skill-based**  
Drawing conclusions from the fossil evidence

**School program:**

- **Knowledge & understanding**  
Understand that evolution has been happening over millions of years, and that the fossil provides evidence.
- **Skills**  
Work in teams
- **Attitudes & values**  
Have an appreciation for the work of palaeontologists
- **Enjoyment & creativity**  
Have fun and be creative
- **Active behaviour & progression**  
Be able to more curious about evolution.



13 to 16 year old students program:

Following the museum visit...

- Students edit clips at school and continue their research.
- The class can mash their clips together to make a whole documentary, and hence the students become the teachers.

Future plans:

- To create an online space where students can upload their clips to the museum's website.

13 to 16 year old students evaluation:

Knowledge and understanding

*What facts or information did they gain from the experience?*

- "It allows you to get a full understand of a concept instead of learning little bits about each".
- "I learnt about how organisms evolved over many generations".
- "The evolution between fish and tetrapods and the amount of time it took".
- "That dinosaurs existed in Victoria, and we know by looking at fossils".

13 to 16 year old students evaluation:

Progression of learning and skill

What new skills did they feel they learnt?

- “I have more confidence after presenting”
- “Creating a video. I have never done something like that before. It was cool how we were able to put it all together on the computer”.
- “I learnt about how to work in a team, and that you need to speak up”.



13 to 16 year old students - evaluation:

Enjoyment and creativity

Did they have fun?

- “Fun, because it gave us a big responsibility”
- “I LOVED IT! Working with other people was fun!”
- “I enjoyed the program, because even though it was about science it was turned into something fun”.
- “I felt the format helped me to learn as it was more interactive than just walking around an exhibition and therefore we were more engaged and ready to learn”.



ONSITE ADULT PROGRAMS



Science Comedy Partnership

- Part of the Melbourne International Comedy Festival
- Attracts an adult audience
- Participants tour science galleries with 3 well known comedians



Science Morning Teas

- designed to break down barriers
- actively engage parents and carers who would otherwise not visit a museum
- supports adults with their children to visit museums independantly



Science Morning Teas



## OFFSITE ADULT PROGRAMS



### City Science Partnership

- Partnered with CSIRO and Melbourne University
- In a city venue – on a Friday night
- Informal event; wine provided; speed dating scientists
- 15 to 35 year olds to socialise with science



Market of the Mind post card  
National Science Week Event



### The art of scientific observation

- Regional Tour 2010

Partnership program:

- Department of Sustainability and Environment
- National Science Week; Department of Innovation, Industry, Science and Research
- The Council of Australasian Museum Directors
- Regional art galleries



William Blandowski performance.  
*The art of scientific observation*



## ONLINE SCIENCE PROGRAMS




Biodiversity Snapshots



### Biodiversity Snapshots

- 279 Victorian species included:
  - Mammals
  - Birds
  - Reptiles
  - Frogs
  - Insects
- Content written by project author and curators
- Images sourced from local photographers



[biodiversitysnapshots.net.au](http://biodiversitysnapshots.net.au)





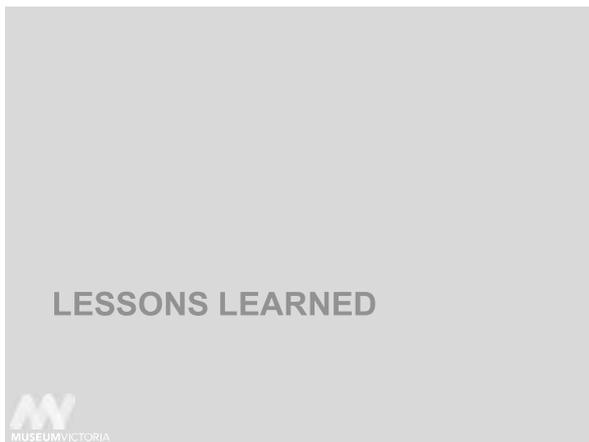
New Wild website  
Landing page



Online Wild Environments learning game.  
MV and DSE partnership.



Wild Environments Game, supported by Department of Sustainability and Environment  
*Wild: Amazing animals in a changing world*

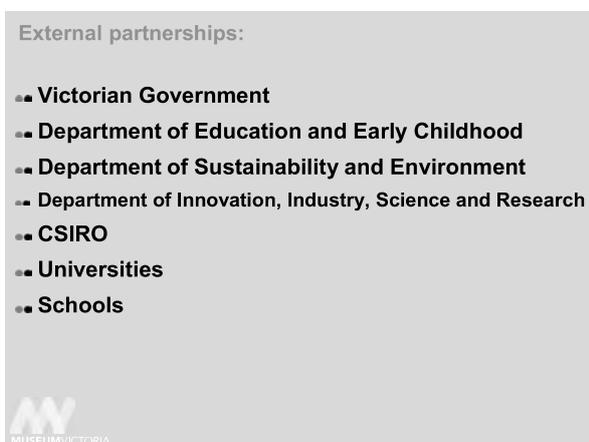


## LESSONS LEARNED



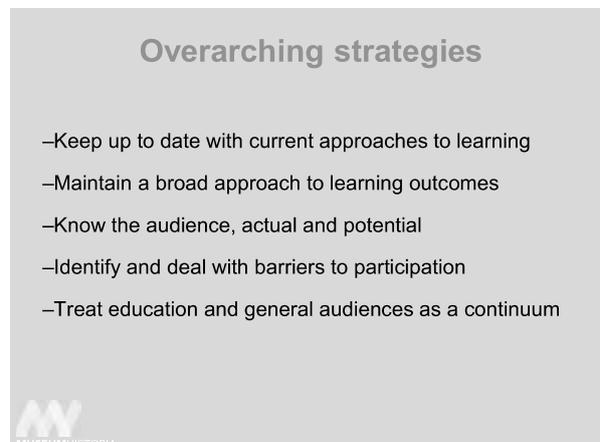
### Internal partnerships: The networked organisation

- Exhibition Team
- Science staff
- Preparators
- Museum Design Team
- Museum photographers
- Online team
- Museum evaluations team
- Public Programs team



### External partnerships:

- Victorian Government
- Department of Education and Early Childhood
- Department of Sustainability and Environment
- Department of Innovation, Industry, Science and Research
- CSIRO
- Universities
- Schools



### Overarching strategies

- Keep up to date with current approaches to learning
- Maintain a broad approach to learning outcomes
- Know the audience, actual and potential
- Identify and deal with barriers to participation
- Treat education and general audiences as a continuum



## 「科学リテラシー涵養 世代別プログラム開発の概要」

永山俊介(国立科学博物館 事業推進部 学習企画・調整課 ボランティア活動・人材育成推進室長)

科学リテラシーの涵養を目標に開発して参りましたプログラムですが、分野は、生命・人間と社会、宇宙・地球・環境と社会、物質と社会、技術と社会の四つです。また、それぞれのテーマは、食と健康、地球の贈り物—天然資源—、私たちの生活を支える物質、私たちの生活を支える技術です。プログラムは幼児・小学生、中学生・高校生、大学・成人・ファミリー、中高年・団塊の四つの世代に分けています。これらの体系をもとに24のプログラムを開発・実施・評価しました。

まず生命・人間と社会グループです。テーマは「食と健康」、世代を通したねらいは「生物を生命の営みの根本である「食」の対象としてとらえることでより身近に感じ、その形態や生態の理解、人間の暮らす環境とのかかわりについて理解を深める」ということで、四つの世代それぞれにプログラムの開発・実施・評価を行いました。中高年・団塊のプログラムはただ今開発中です。

続いて、宇宙・地球・環境と社会グループです。テーマは「地球の贈り物—天然資源—」、世代を通したねらいは「“私たちはどこから生まれ、今どこにいて、これからどこに行くのか”という疑問に自分なりに答えるために、地球環境の課題に対し、科学的に認識し、知識を活用して判断する」ということで行いました。同じようにそれぞれ四つの世代別プログラムの開発・実施・評価を行っております。

物質と社会グループのテーマは「私たちの生活を支える物質」、世代を通したねらいは「物質と様々な化学変化についてよりミクロな視点を獲得し、概念の理解を深めて広がり意識することで、日常生活や社会において物質を利活用できるようになる」というものです。これも今、実施に向けて中高年・団塊のプログラムを作っている最中です。これについては、中高年の方々が参加できる機会があると思いますので、ホームページ等を参考にいただき、ぜひお申し込みいただければと思います。

四つ目は、技術と社会グループです。テーマは「私たちの生活を支える技術」、世代を通したねらいは「自らの生活に即した総合的視点に立って、現代社会を支える科学技術の方向を自ら選択できるようになる」ということで、四つの世代に分かれたプログラムの開発をしました。

本日は、物質と社会グループのメンバーとしてご協力いただきました日本科学技術振興財団・科学技術館の田代氏からプログラムの開発事例をご報告いただきます。「成人を対象とした科学系博物館における科学リテラシー涵養プログラムの試み「あれもこれもカガクヘンカー—化学でつながる身近な生活」です。

### 科学リテラシー涵養 世代別プログラム開発の概要

年度 分野	テーマ	19年度	20年度	21年度	22年度
		幼児・小学生	中学生・高校生	大学・成人・ファミリー	中高年・団塊
生命・人間と社会	食と健康	○おいしいゆめえ ○生き物美術館コレクション	○恐竜発掘地層ケーキをつくらう！ ○火山と暮らしの楽しい関係	○われら海岸調査隊 ～地元の生き物を探そう！～	○サツマイモから見える家の恵み
宇宙・地球・環境と社会	地球の贈り物—天然資源—	○かわらの小石で遊ぼう ○かわらの小石で遊ぼう ～小石のアートにもようせん！～	○めざせ砂金ハンター ～河原の砂金はどこから来るの？～ ○化石は語る—化石が教えてくれること～	○地球ツアー ～現在・過去・未来～	○私たちの暮らしと大地
物質と社会	私たちの生活を支える物質	○“かたち”のはてな？	○鉄を取りだしてみよう ○化学反応は電子が主役 ～無水還元反応～	○あれもこれもカクハンカ ～化学でつながる身近な生活～	○子どもと社会をつなぐ展示見学シート作り
技術と社会	私たちの生活を支える技術	○風車で作る電気エネルギー ～発電機～ ○風車で作る電気エネルギー ～発電機～	○ロボットをつくってタイムトライアルをしよう ○大きな水の話	○生活に役立つロボットのモデルをつくろう ○オーロラってどんなもの？	○家電にみるテクノロジーの過去・未来

### 生命・人間と社会グループ

テーマ:「食と健康」  
生物を生命の営みの根本である「食」の対象としてとらえることでより身近に感じ、その形態や生態の理解、人間の暮らし環境との関わりについて理解を深める。

幼児・小学生	中学生・高校生	大学・成人・ファミリー	中高年・団塊
「おいしいゆめえ」 「生き物の美術館コレクション」	「恐竜発掘地層ケーキをつくらう！」 「火山と暮らしの楽しい関係」	「われら海岸調査隊 ～地元の生き物を探そう！～」	「サツマイモから見える家の恵み」
普段食卓による海の生き物を、展示物のゆめえを通してじっくり観察することで、外観形態の特徴を学ぶと共に、博物館展示の観察の視点の得られるプログラム。	「食べる」「調理する」「実験・観察する」という食に関連した多様な体験活動を通して、地層・地層や、火山のカニズム等、地域の自然環境に対する理解を深めるプログラム。	身近な海の生物という切り口から、親子が、地域の環境と食や暮らしとの関わりについて学び、理解を深めることをねらったプログラム。	サツマイモの伝来から普及、品種改良の歴史等について学びながら、日本の風土に合った食文化に対する理解を科学的な面から深めるプログラム。

開発中

### 宇宙・地球・環境と社会グループ

テーマ:「地球の贈り物—天然資源—」  
「私たちはどこから生まれ、今どこにいて、これからどこにいくのか」という疑問に自分なりに答えるために、地球環境の課題に対し、科学的に認識し、知識を活用して判断する。」

幼児・小学生	中学生・高校生	大学・成人・ファミリー	中高年・団塊
「かわらの小石で遊ぼう」 「かわらの小石で遊ぼう」 ～小石のアートにもようせん！～	「めざせ砂金ハンター」 ～河原の砂金はどこから来るの？～ 「化石は語る」 ～化石が教えてくれる過去の環境～	「地球ツアー」 ～現在・過去・未来～	「私たちの暮らしと大地」
石を使った工作遊びを親子で楽しみながら石に親しみ、石の種類や地学的な背景に興味関心を持たせかけるプログラム。	河原の砂金や化石を切り口に、大地の成り立ちに関する地学的概念的向上と、日常生活に活用された知識の深まりを目的としたプログラム。	学芸員免許取得を目指す大学生の科学的知識の習得、表現、コミュニケーション能力の育成を目指し、生物の進化や地球の歴史をテーマとした博物館のガイドツアーを企画・実施するプログラム。	地域の産業・文化、社会のインフラと大地の成り立ちの関わりについて、現地の見学者や参加者同士の交流を通して得られた知識や経験を盛り込み、ガイドリーフレットを作成するプログラム。

### 物質と社会グループ

テーマ:「私たちの生活を支える物質」  
物質と様々な化学変化についてよりミクロな視点を獲得し、概念の理解を深め、広がり意識することで、日常生活や社会において物質を活用できるようになる。

幼児・小学生	中学生・高校生	大学・成人・ファミリー	中高年・団塊
「かたち”のはてな？」	「鉄を取りだしてみよう」 「化学反応は電子が主役」 ～無水還元反応～	「あれもこれもカクハンカ」 ～化学でつながる身近な生活～	「子どもと社会をつなぐ展示見学シート作り」
レンズ付き下書きを使った遊びや拡大写真クイズなどを通して、さまざまな「もの」のかたちや見え方の違いについて興味・関心を高めるプログラム。	金属をさびさせたり、めっきを行う実験を行い、「酸化・還元反応」について実感を作った理解を深めるプログラム。	鉄・アルカリ、酸化・還元といった代表的な化学変化について、教科書で学んだ知識と身近な生活を結びつけて学ぶプログラム。	物質に関連した博物館の展示に対する子ども達の関心と理解を深めるためのワークシート作りに関連するプログラム。

開発中

### 技術と社会グループ

テーマ:「私たちの生活を支える技術」  
自らの生活に即した総合的視点に立って、現代社会を支える科学技術の方向を自ら選択できるようになる。

幼児・小学生	中学生・高校生	大学・成人・ファミリー	中高年・団塊
「風車で作る電気エネルギー(発電機)」 「風車で作る電気エネルギー(発電機)」	「ロボットをつくってタイムトライアルをしよう」 「大きな水の話」	「生活に役立つロボットのモデルをつくろう」 「オーロラってどんなもの？」	「家電にみるテクノロジーの過去・未来」
風車を駆って実際に電気を作る体験を行い、発電のしくみや家庭でのエネルギー消費について体験的に学ぶプログラム。	数種のパーツを組み立ててロボットを製作し、トレードオフの関係を意識化する活動を行った。水に關する科学技術についてその観察の大きさに伴う課題について理解を深めるプログラム。	生活に役立つロボットのデザイン、プログラミング等を通してトレードオフの問題を最適化する活動を行った。地立立体系表示技術を活用した効果的なサイエンスコミュニケーションのあり方をさぐるプログラム。	家電の歴史をふりかえりながら最新の情報家電を体験し、自らが必要とする科学技術についてディスカッションしながら考えを深めるプログラム。

## 実践事例報告 1

### 成人を対象とした科学系博物館における科学リテラシー涵養プログラムの試み 「あれもこれもカガクヘンカー化学でつながる身近な生活ー」

#### The Case Study of the Learning Program Fostering Science Literacy of Adults at Science Museum “Chemical Change is Just About Everywhere -Connecting to Daily Life with Chemistry-”

田代英俊(日本科学技術振興財団・科学技術館)

Hidetoshi Tashiro (Japan Science Foundation/Science Museum)

皆さん、こんにちは。科学技術館の田代と申します。本日は「あれもこれもカガクヘンカー」ということで、物質と社会グループで開発したプログラムについてお話をさせていただこうと思います。よろしく願いいたします。

まず物質と社会、物質なんていうと堅苦しい言い方ですよね。堅苦しい言い方なのですが、私自身が物質です。「もの」でできています。私の周りにあるこのパソコンも、このテーブルも、このスクリーンも、ここにいらっしゃる皆さんも「もの」です。さらにこの「もの」を活用して、例えば今、プレゼンテーションをやっているわけです。そういう意味では、私たち自身が「もの」ですし、周りは「もの」に囲まれていますし、「もの」を活用して生活が成り立っているわけですが、「もの」というのは当たり前すぎて意識していない、ここが問題かと思えます。そこで、ものである自分自身を、周りにある「もの」を、そして、これを活用していることを意識した方がもっとより良い社会が来るのではないかと、私たちの生活が豊かになるのではないかとということで、「もの」に着目してプログラム開発を行いました。

テーマとしては「もの」なのですが、もうちょっと学習の柱ということで、私たちの生活から、さらにはミクロな視点で「もの」を見て、そして、理解を深めることで日常生活や社会において物質(もの)をどう利用できるか、そういう場面が広がっていくのではないかと考えました。

世代を考えた学習プログラムというのが、今回のキーの部分だと思います。幼児・小学生、そして、中学・高校生、ここでは、よりミクロな視点の獲得ということなのですが、学習段階に応じて理解がより深くなるように考えました。日本では理科教育の範疇に入ります。理科教育を学校で習うのと同時にその補完的な学習として博物館に何ができるかということでプログラムの作成を行いました。大学・成人・ファミリー、そして、団塊の世代(中高年世代)までフォローします。キャリアの流れとして研究活動に従事している方々がいらっしゃるかと思いますが、今回はこちらのカリキュラム開発は行っておりません。

大人については、研究活動とは無縁の、義務教育が終わった後は科学という言葉もあまり聞かない、科学を学習するなんてやったことがないという方々を対象に、もう一度理科というもの、科学というものを学び直そうということでカリキュラム開発を行いました。この辺は日常生活や社会において、「もの」をもう一度見直して、いかに利用できるのか、活用できるのかを考えよう、また、そこに潜んでいるリスクが何なのかということをやっとらえようということで、プログラム作成を行っております。

ちなみに、幼児・小学生向けは「かたち」のはてな?」と言って、「もの」を拡大して見ていく。さらに中高生向けは「鉄を取りだしてみよう」、さらにはもう少しミクロなレベルで「化学反応は電子が主役」という、原子レベルの話です。それから「あれもこれもカガクヘンカー」、今日お話しする主題になるところです。そして「子どもと社会つなぐ展示見学シート作り」というのが今開発中のところです。では順次、開発したプログラムを見ていきたいと思えます。

まず平成 19 年、2007 年です。対象は幼児とその保護者向けで、狙いとしては、「もの」を見る、例えば、虫眼鏡や顕微鏡を使ってものを拡大して見る、あるいは望遠鏡を使ってものを拡大して見ると、今まで日

常見ていたものと違うのだということを、観察を通して感じることです。そこから「もの」というのは、実は私たちが日常生活の中で感じているものどちょっと違う側面を持っているのではないかということに気付いてもらうというのが、このプログラムの主題でした。

結論から先に言ってしまうのですが、本プログラムでは、幼児については「拡大するとものが違って見える」「雪の結晶って面白いじゃない」「塩の結晶ってなんでこんな角張っているの？」という、科学に対して興味を持つ、「もの」に対して興味を持つきっかけづくりに有効だったと思います。また、保護者の方は、このときにはワークショップが終わった後、帰りに虫眼鏡を皆さんにお持ち帰りいただきました。親子で家に帰ってから「ものを拡大して見ると面白いよね」「じゃあ、家に帰って、ものを拡大して見てみようよ」という、親子のコミュニケーションのきっかけを一つ作ることはできたのではないかと思います。

続きまして、平成 20 年度、2008 年は「鉄を取りだしてみよう」というプログラムを作りました。対象は中学生なのですが、今回は小学生で、小学生の高学年から中学生を対象ということで考えていただければと思います。狙いは「酸化・還元を通じて物質の変化を理解する」。酸化・還元というと非常に言葉が堅いですが、例えば金属はなぜさびてしまうの、あるいは、さびを取り除くというのは還元反応ですが、どうすればいいのかというような、非常に日常的でありふれた現象を対象にして、酸化・還元というのを見ていきました。さびについての話から、酸化の実験としてスチールウールの燃焼をやりました。それから、還元の実験として、さびたものを金属から取り出す。さらにはテルミット反応まで、ちょっと爆発するような過激な反応なども見せました。こういうものも昔、鉄道の線路をくっつけるところに使ったのだよということで、社会とのかかわりについてもお話をさせていただいています。

本プログラムにおける成果としては、金属は酸素と結び付くことでさびるなど、酸化について理解がかなり深まったのではないかと思います。酸化と還元は同時に起きている反応なのだという点については、やや難しかったと思いますが、酸化と還元のあり方について一定の理解を深めることができたのではないかと思います。

同じ年度ですが、もう少し難しい内容で、今度は原子レベルのお話です。「化学反応は電子が主役—酸化還元反応」ということで、対象は中学生ですが、内容的には高校生が学ぶ領域にも入ってきます。電子のやり取り、受け取り、あるいは電子を渡すことから酸化還元反応を理解し、身の回りでの物質の活用について学んでもらいました。例えば、銅の電気めっきや、無電解めっき、さらには鉄イオンによる振動反応、シュウ酸エステルの発光反応と、学校でもなかなかやらないような、学校ではなかなかやらないからこそ博物館がやる意味があると思うのですが、こういう実験を行いました。

この中で電子の働きについて参加者の理解が深まりました。また、ここでも生活とのかかわりに触れていきました。参加者の興味・関心の喚起と、概念の理解が、これもアンケート調査の結果ですが、効果的になされたと思っています。生徒主体の実験においては、実験手順の資料と実地での指導の双方が必要です。特にこのような難しい実験、手順をかなり大きく踏まなければならない実験については、かなり前準備が必要だと思いました。化学反応の実験を行う場合は有毒ガス等も出ますので、そういう意味では、施設、設備、手順に応じて安全性の確保が非常に重要になってくると思った次第です。

そして昨年度(2009 年度)に行ったのは「あれもこれもカガクヘンカー—化学でつながる身近な生活—」です。これは主に大人をターゲットにしたプログラムで当初は考えました。オーストラリアでのお話にもあったように、大人は博物館に来てくれないというのは事実だと思います。なかなか来てくれない。しかし、親子だと来てくれるのです。子どものためにお父さんやお母さんは来てくれます。子どものために来たのだけれども、親は子どもとセットだったら、例えば博物館でもワークショップに参加してくれます。そこで、大人と

子どもをセットにして親を意識しながらワークショップというものを作ってみました。

ねらいとしては、大人については、日々、生活の各場面で使ったりしている「もの」にからめながら、昔、教科書で習った知識というものをもう一度実感してもらおうと考えて、ここでは特に化学変化として「酸・アルカリ」「酸化・還元」という二つの現象について学んでもらいました。子どもについても身近な生活とかかわる化学変化として、子どもたちは学校で理科を習っていますので、この理科をもう少し深く考えてもらうようにした次第です。

「あれもこれもカガクヘンカ」では、まず、「カガクのとびら」ということで、一応学校で習った理科のおさらいをして、その後は子どもと大人では、興味や関心、知識レベルも違うので、それぞれ屋台形式にして、「生活の中のカガク」、「けい光ペンのカガク」、「カイロのカガク」、「ビタミン C のカガク」と四つのブースに分かれ、さらに「宇宙のカガク」というブースを設け、自由に参加してもらう形式にしました。

「カガクのとびら」ということで、まず教科書で学んだことを思い起こしてもらいます。そして「生活の中のカガク」、ここはクイズ形式にしました。例えば、梅干しやジュースなどの食品の pH を調べるクイズです。よく酸性食品とか、アルカリ性食品といいますが、では、炭酸水は酸性なのか、アルカリ性なのかというお話。例えば、炭酸水は皆さんご存じかどうか分かりませんが酸性なのです。CO<sub>2</sub>(二酸化炭素)は酸性を示します。そうすると、今、環境問題でよくいわれますが、二酸化炭素が増えると、それが海の中に溶けて、実は海が酸化してしまうという話につながります。炭酸水の pH を当てるクイズが環境問題の話に発展していくのです。

あるいは「けい光ペンのカガク」、今、消えるマーカーペンが売られています。何で消えてしまうのだろう。実は、これも酸・アルカリ反応なのです。さらに「カイロのカガク」、ホッカイロはなぜ暖くなるのか。「ビタミン C のカガク」、果物に含まれているビタミン C が実は何で体にいいのか、どういう反応なのかということも学んでいただきました。そして最後に「宇宙のカガク」ということで、そもそも私たちを構成するこの宇宙そのものに存在する物質はどうやって生まれたのか、ということも学んでいただいた次第です。

本プログラムでは、大人に関しては、昔、教科書で学んだことを再確認してもらうことができた、という結果が出ました。また、「酸・アルカリ」「酸化・還元」についても意識してもらうことができました。子どもについても、体験を通して身近なものを観察するきっかけづくりになったと思います。

今後の課題として、まずは今年度、現在、中高年・団塊の世代向けに、国立科学博物館のボランティアの方々には展示を解説するワークシート作りを行っていただいています。

整理すべき課題は、ここが一番のポイントかと思いますが、社会教育は学校教育や家庭教育との関係性を踏まえた上で考えていかなければいけないと思います。カリキュラム開発において学習環境やコミュニケーション環境、学校教育や家庭教育を意識しないとイケないと思うのです。学校で何を学んだか、それがちゃんと身に付いているかどうかということ、家庭においても、科学に対する教育が行われているかということも考えなければなりません。もう一つ考えなければならぬこと、例えば子どもの場合は家庭教育と社会教育のつながりと言いますと、お父さんやお母さんが同伴しないと博物館に来られません。中学のレベルだと一人で来ることもできますが、それでも博物館の入館料であったり、あるいは交通費、食事代などを考えると、やはり親との関係性、家庭教育との関係の中で社会教育として博物館での学びのあり方を考えていかなければならないかと思っています。

一方で、くり返しになりますが、大人はなかなか来てくれません。ここに大きな課題が潜んでいます。学校教育や家庭教育で科学が嫌いになってしまった人たち、あるいは科学が嫌いな親御さんは、博物館になかなか来ていただけません。この方々をどう取り込んで、生涯学習、ライフサイクルに応じた学習体系を築いていくかというのが課題だろうと思います。

以上で私のお話を終わらせていただきます。ご清聴ありがとうございました。

<質疑応答>

(会場) 今のご発表の中で大きな体系としては、全て物質と社会となっていたのですが、その社会とのかかわりがプログラムを見ても、自己反省も含めて、足りないような気がするのです。そのときに、先ほどのご質問にもあったように、このプログラムを作るときに社会とのかかわりを、企画する方も評価する方も、何かある視点があったらいいと思うのです。

例えば、展示でよくやりますが、社会とのかかわりというのは、まず人だとか、経済的な状況だとか、社会といったときに何をもって社会とのかかわりというのかを、視点を持って、評価軸を持って企画したり評価するといいいのではないかと思ったのですが、その点はいかがでしょう。

(田代) ありがとうございます。ご指摘のとおりです。社会の側面についてはまだまだ弱い部分があるかなと思います。今回のカリキュラム開発はどちらかといえば、学校教育の延長線上、あるいは当該するマテリアルサイエンスの分野を押さえながら、これが社会にどう活用されているかという視点で組まれている部分が多いと思います。一方で、今ご指摘のように、社会の中で、社会の評価軸から逆にこれはこういう技術が使われている、あるいは、こういう原理なのだというアプローチの仕方もあるかと思います。どちらがいいかというのはなかなか難しいところで、両側面が必要なのではないかと思います。

特に幼児・小学生あるいは中学生・高校生は、学校教育とのつながりが非常に強い部分があり、学校教育で学んだ知識を押さえてあげた方が、より社会というものを考える上で分かりやすいということがあります。これは社会に対する経験がまだまだ少ないということから考えられます。一方で、大人向けは、実はプログラムの社会の部分をかなり大きく扱っています。例えば、食で入ったり、あるいはホッカイロから入ったりという、生活の部分から入って作っています。この辺は年齢的なものも関係してくると思います。

(小川) 今のご質問で、何をもって社会として評価軸を持つかということですが、全てのプログラムにおいて四つの構造を持ってやっているのですが、先ほど申し上げた通り四つの目標を設けてやっております。このプログラムについては、社会の中で適切に対応できる能力の養成というのを目標に設けているプログラムが弱い感じで、少ないのではないかと思います。社会において適切に対応する能力の向上というところの評価の部分がまだ一つ見えていないところがあると思います。

一つは、コミュニケーションというところがすごく大きなキーワードになってくると思います。対話する力とか、または人に自分のことを説明する力とか、自分の立場を説明してあげて相手のことを理解する力とか、この辺の評価がやってみて非常に難しい。「“かたち”のはてな？」では、親子でそういうことをやらせようと思ったのですが、なかなか子ども同士がうまく対話できなかつたり、幼稚園に戻ってどうだということもフォローしたこともあります。なかなかそこまで追えないというのが現状です。この辺はこのプログラムを実際に開発してみて、非常に難しい評価のところかと思っています。

実践事例報告①  
成人を対象とした科学系博物館における科学リテラシー涵養プログラムの試み  
The Case Study of the Learning Program Fostering Science Literacy of Adults at Science Museum  
"Chemical Change is Just About Everywhere -Connecting to Daily Life with Chemistry-"

## あれもこれもカガクヘンカ

— 化学でつながる身近な生活 —

● メンバー:

- 科学技術館 田代 英俊
- 国立科学博物館 若林 文高
- 岩崎 誠司
- 田邊 玲奈
- 永山 俊介
- 静岡科学館るくる 高橋 みどり
- 名古屋市科学館 野田 学



物質と社会

物質についてよりミクロな視点を獲得することが理解を深め、日常生活や社会において物質を利活用できる場面が広がる。  
→科学リテラシーの涵養につながると考えた。

「物質と様々な化学変化」について理解の深まり、広がりを意識し、世代に応じた学習プログラムの開発を行っている。

物質と社会

世代	幼児・小学生	中学生・高校生	大学・成人・ファミリー	団塊
当グループが目指した	よりミクロな視点の獲得による科学的な基礎概念の深まり。 ・身の回りの物質と様々な化学変化について理解を深める ・実生活への物質の関わりや社会においてどのように利活用されているかについて考える 【学習段階に応じて理解がより深くなる】	ゆるやかな視点から、身の回りの物質と様々な化学変化について理解を深める。 【もう一度学びなおすことにより、理解に広がりが見られる】	研究活動を行うために、既に必要な科学リテラシーを身につけている研究者等はより専門的に深める。 ● 基礎教育を終えてからは科学に特化した概念がなかなかつかないが、職なり、子どもと一緒に「同じ」科学的な基礎概念を学ぶ。 ● 実生活、社会での関わりもまた物質について、理解を広げる。 ● 子育ても、教育も、自分の興味のために同じ科学的な基礎概念を深める。 ● 実生活、社会での関わりもまた物質について、理解を広げる。 【もう一度学びなおすことにより、理解に広がりが見られる】	→日常生活や社会において物質や様々な化学変化を利活用できる場面が広がる
プログラム	「かたち」のはてな?	鉄を取りだしてみよう	化学反応は電子が主役	あれもこれもカガクヘンカ
ねらい	「かたち」をはてな? 物の形を拡大し、じっくり観察することを通して、もののかたちを知る。	鉄を取りだしてみよう 酸化・還元を通して物質の変化を理解する。	化学反応は電子が主役 電子のやりとりから酸化・還元反応を捉え、身の回りの物質の活用について知る。	あれもこれもカガクヘンカ 代表的な化学変化である酸化・還元、鉄・アルミが身近に、身近な生活と関わる化学変化や、その活用が社会に役立っていることを体験を通して知る。

物質と社会

(平成19年度実施)「かたち」のはてな?

対象: 幼児とその保護者  
ねらい: 「もの」を拡大し、じっくり観察することを通して、もののかたちを知る。  
→保護者へのねらいとして、「もの」を観察する際の幼児への接し方を通して、物質のかたちや構造について理解を深める。  
(ファミリー向けプログラムとして実施も可能)  
流れ: ものを拡大して見る→虫かごを使って砂や塩、砂糖を拡大してみる→身の回りのものや自然界をもっと見てみよう、拡大してみる便利な道具のお話

本プログラムにおける主な成果

- 1) 幼児: 「拡大するもの」が違って見えることを印象づけた。
- 2) 保護者: 帰宅後も親子で身近な物を継続的に観察する意欲や、今後は物質の形や構造について理解を深めるきっかけをつくるという点で効果的であった。

きっかけづくり



物質と社会

(平成20年度実施)鉄を取りだしてみよう

対象: 中学生(今回は小学生に実施)  
ねらい: 酸化・還元を通して物質の変化を理解する。  
特に、以下の項目を体感的に理解させる。  
・金属が酸素と結びつくときびる(酸化)、  
・さびた金属から酸素を取り除くとびかびかになる(還元)  
・燃焼も酸化の一種 など  
流れ: さびについての話→酸化の実験としてスチールワールの燃焼など→還元の実験としてさびたものから金属を取り出すなど→テルミット反応の生成物の観察や社会における鉄の活用についての話

本プログラムにおける主な成果

- 1) 金属は酸素と結びつくことでさびるなど、酸化について理解が深まった。
- 2) 還元について、また、酸化・還元は同時に起こる反応であることに対する理解についてはまだ難しいようであったが、酸化・還元について理解を深める一歩となった。

知識の獲得と体験



物質と社会

(平成20年度実施)化学反応は電子が主役 —酸化還元反応—

対象: 中学生  
ねらい: 電子のやりとりから酸化・還元反応を理解し、身の回りでの物質の活用について知る。  
流れ: 電子のやりとりによる酸化還元反応の話  
→銅の電気めっきの実験  
→無電解めっき(化学めっき)の実験  
→鉄イオンによる振動反応  
→シュウ酸エステルの発光反応

本プログラムにおける主な成果

- 1) 電子の働きについての参加者の理解が深まった。
- 2) 生活(技術製品)との関わりを考えるきっかけになった。
- 3) 参加者の興味・関心の喚起と概念の理解が効果的になされた。
- 4) 生徒主体の実験においては、実験手順の資料と実地での指導の双方が必要である。

知識の獲得と体験生活への結びつきを深める



（平成21年度実施） 物質と社会

## あれもこれもカガクヘンカ

— 化学でつながる身近な生活 —

**【ねらい】**

親子で学ぶ  
親がメイン

**保護者** 教科書で学んだ知識と生活への結びつきを深める

①日々、生活の各場面で当たり前に使っているものは、実は教科書の知識が基礎となっていることを実感する。  
②主な化学変化として、「酸・アルカリ」「酸化・還元」の2つがあることを学びなおす。

**子ども**

○身近な生活と関わる化学変化を体験することを通して、科学的な視点を持って身近なものを観察する心を育む。

物質と社会

## あれもこれもカガクヘンカ

— 化学でつながる身近な生活 —

**教科書の知識**

導入 必修 15分

**カガクのとびら**

**体験 実生活との結びつき**

実験 生活の中のカガク	選択 15分	酸 アルカリ
実験 けい光ペンのカガク	選択 15分	
実験 カイロのカガク	選択 15分	酸化 還元
実験 ビタミンCのカガク	選択 15分	

お話 宇宙のカガク～物質を作る元素～ パネル

物質と社会

### カガクのとびら

実施：平成21年11月21日  
場所：科学技術館  
参加者：15家族 43名  
(大人21名 子ども22名)



教科書で学んだことを思い起こしてもらって体験  
→身の回りにあるものの変化から、それが化学変化によって起こっているのだということを確認する。

物質と社会

#### 生活の中のカガク

酸  
アルカリ



**基本**

- ・梅干し、ジュースなどの身近な食品のpHを調べる
- 酸・アルカリについて身近な食品と関わらせて体験
- ・海の酸性化のお話(環境問題)

#### けい光ペンのカガク



**応用**

- ・消えるマーカーペンなどを事例に酸・アルカリ反応を利用して色の変化として見ることができることを体験
- 酸・アルカリ反応の活用が生活に役立っている

物質と社会

#### カイロのカガク

酸化  
還元



**基本**

- ・さびるとはどうか？
- ・カイロ作りを体験
- カイロ作りを通して、酸化反応が身近な製品に活用されていることから、生活との結びつきを感じる。

#### ビタミンCのカガク

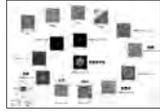
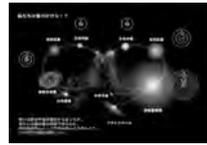


**応用**

- ・果物に含まれているビタミンCの測定
- ・アスコルビン酸(ビタミンC)による還元実験
- ビタミンCの役割と生活と関わる活用

物質と社会

#### お話 宇宙のカガク～物質を作る元素～

**基本**

- ・1家に1枚の周期表などを活用
- ・物質はどんどん拡大すると、そもそも粒からできている→元素
- ・すべての物質は元素でできている→元素って何？
- ・どんな元素があるの？→周期表
- ・どうして元素が生まれたの？→星の内部の核融合、超新星爆発による元素合成

→物質を作っている元素について学びなおす

物質と社会

## あれもこれもカガクヘンカ

— 化学でつながる身近な生活 —

**本プログラムにおける主な成果**

**保護者**

- 1) 音教科書で学んだ化学変化の内容と日常生活における事象が効果的に経験を通して結びついた。
- 2) 主な化学変化として、「酸・アルカリ」「酸化・還元」の2つがあることを意識することができた。

**子ども**

体験を通して、身近なものを観察するきっかけづくりへとつながった。  
(保護者が子どもに思うこととして表れてきた)

物質と社会

## あれもこれもカガクヘンカ

— 化学でつながる身近な生活 —

**今年度の活動**

- ・中高年・団塊の世代を対象とし、知の還元につながることを目標としたプログラムを開発中。

**整理すべき課題**

- ・社会教育として学校教育、家庭教育との関係性を踏まえた参加者のプログラムに対する評価を行い、これをもとに学習環境・コミュニケーション環境の構築、カリキュラム開発、プログラムの実施を行っていく必要がある。

## 講演 2

### **Enhancing student scientific research capabilities through teacher professional development and connected student programs**

**Marco Molinaro**

**Chief Education Officer,**

**NSF Center for Biophotonics Science & Technology at University of California, Davis**

Thank you very much. Sorry for the very long title. I wanted to first thank my gracious host, Dr. Ogawa, for this wonderful opportunity. I'm very excited to be here in Japan here for the second time. I am from the Center for Biophotonics Science & Technology, which is a research center that is based at the University of California at Davis, and we are funded, fortunately, by the National Science Foundation to conduct research on biophotonics and also develop human resources in biophotonics. I have the good fortune of heading the education program where we create materials for students from kindergarten all the way to graduate students, as well as teachers.

I also want to acknowledge that we also receive funding from the SEPA program of the National Institutes of Health, so we are very fortunate to have funding from both of the major agencies in the United States.

And just to give you a little bit of background. I was trained as a biophysical chemist at University of California, Berkeley, and started doing educational work back in 1995 with the university to restructure the undergraduate curriculum in chemistry, and then moved on to working in a science museum, the Lawrence Hall of Science, based at UC Berkeley. After the Lawrence Hall of Science I moved on to work with the Center for Biophotonics. So I've had my feet in both worlds, the world of the science museum and the world of the research center.

Today I would like to talk to you about the importance of scientific inquiry in developing research capabilities in students and teachers. I will then share with you some of our teacher professional development approaches, including our summer research academies, our curriculum development that we do with teachers, and our latest ideas in teacher/student teams for scientific inquiry. I will then tell you a little bit about how we approach schools and school districts, how we interact with these entities, and overall lessons learned.

So first of all, why is it important to engage teachers and students in research? These are some of my opinions, which I have heard in many of the talks given today before me.

Science and technology are an increasingly important part of our lives. We all seem to agree with that.

Research is critical to science and technology process, progress – and process.

We need to expand our research capabilities both in the teachers and students. They do not receive much training in research and in conducting research and have little exposure to recent and cutting-edge research.

In our schools, as well as I see in many other parts of the world, schools focus on science basics not

the current or the cutting-edge research.

And we feel as a society that we need creative, capable, interdisciplinary thinkers and researchers to help us solve current problems like climate change, energy, and many, many of the problems that we're faced with today.

It is our belief that research experiences can help motivate participants to deepen their understanding of science and cutting-edge science while they also solve real problems. And this is why we think that it's important to bring both students and teachers in research.

So why do we focus on teacher professional development?

Teachers are the primary conduit to science literacy for students. If you think about the amount of time that teachers spend with students, if you think about the range of topics in science that teachers present to students, and if you think about the sheer number of students a high school teacher or a science high school teacher in the United States will see - approximately 150 to 180 students per day to talk to them about science and train them in science, so it's a high exposure factor when you train the teachers.

We want teachers to stay engaged in and excited about science so we give them professional development, we engage them in professional development, so that they can update their knowledge and renew their excitement in the field of science and research.

We also think that through teacher professional development we have an opportunity to change the way that science is taught and the approach to science literacy.

And we have found that teacher networks are a very powerful resource for changing approaches to how science is taught.

Something I just want to make sure you understand, in the U.S. we have seen an increasingly alarming trend in which teachers have been neglected; science teachers and almost all teachers do not receive much attention. What is happening is teachers are viewed as someone that can be remote-controlled. They can be given a manual that tells them how to teach and they will follow it. Very alarming, in middle schools, some of the middle schools that we work in, the teachers are literally given a manual and it says on day 15 you shall have written these five words on the wall, you shall have explained them, and there is actually a police, although it's not called a police, there's a curriculum resource specialist that walks around and checks: okay, let's see, it's the middle of the class, have they written the five words? Okay.

So teachers are being made into technicians with very little opportunity to express their own interests and excitement about science. We are trying to counteract this trend at the middle school and high school levels.

So how do we find our teachers, because not all teachers are interested in learning new things. We try to get them excited and get them involved. So we give workshops, seminars. We do this locally, at the state level, and at national meetings. We also give public presentations where we have lots of demonstrations.

And you'll see here an image; this is from the first USA Science and Engineering Festival that happened about a month ago in Washington, D.C. That is another place where we recruit teachers because they are also parents who bring their kids to science activities and demonstrations, and we do some recruiting at those places.

And of course we have advertisements that we send out to all the different schools. We mail to their science, math, and technology departments. And through these three different means we find teachers that are willing to engage with us further. They learn a little bit about biophotonics and now they want to know more and they want to think about current science.

So we have three different approaches, primary approaches. And I just want to point out, here, when you see a T it's a classroom teacher, an E is an educator, an R is a research scientist, and this is the symbol I'm showing for student.

So in our summer program we have Teacher Research Academies. It's a four-level academy, and what we do in this academy is we have a research scientist paired with an educator, one or two educators, and they interact with teachers who then interact with students.

Now we can create an academy where two people or three people here will interact with up to ten to 15 teachers and have a multistep program, and of course each teacher has an impact on very many students. So low resources here, potentially high impact.

We have another program, another approach, where we develop modules and courses, and this happens all year long, and in this situation we have the research scientist, the educator, and sometimes we have more than one educator, and a classroom teacher working together to develop the material. We write the curriculum together, and then that teacher has the opportunity to impact a certain number of students.

In this model, as you can see the way it's outlined, if you need to impact more than one teacher, you need to have this whole thing happen again, so it's resource-intensive, but you develop a whole course which may last one semester or a whole year.

And in our third model we have teacher/student teams for research. This happens during the school year, and what we do here is a little bit revolutionary. It can raise some concerns at times. What we do is we take the research scientist, the educator, the teacher, and the students, and we do the professional development all together. So in this scenario we have teacher/student teams, usually about four to six, teacher/student teams that work with the research scientist and the educator at the same time.

So these are our three models and I'll be explaining a little bit more in detail about each one of these.

First I will tell you about our teacher research academies. The basic structure of these academies is a three-day introduction. This involves laboratory tours, scientist presentations, simple experiments, and connections to research, how the biophotonics technologies are used in research and how they connect to applications.

In Level II, it's very much hands-on. You do a lot of activities yourself. There are more activities, deeper scientist presentations, and you have two days to develop your own activities or lessons that you, as a teacher, will bring to your classroom.

In our Level III, it's a five-day training in the nature of science, strategies, methods, technical writing.

And then Level IV is the last level that we have in this model, and here you do active research. The teacher is actually in a research laboratory conducting research with the researchers. And part of what they have to do is develop a research poster that presents their research, but they also have to create lesson plans.

All of these programs are free to the teachers. Level IV actually pays them a \$4,000 stipend to participate because in the United States teachers in the summer often get extra work and so this is to compensate them for the time that they spend in the laboratory.

To give you an example of our agenda for Level II, just to show you how it's divided, here are our five days and the times, and we have some talks and tours. So research talks, and what we do in our research talks, I give initial ones then we have graduate students give research talks. We also have research scientists give research talks, and we have a post-doctoral student give a research talk. All of these different things are happening at once. We have hands-on activities, so what you see highlighted here are the various hands-on activities that vary from working with instrumentation to working with programs for manipulating images, to investigating fluorescence in plants. So there is active hands-on work that they do.

We have starting and ending caps, so what this does is it tries to get you in the mood, shall we say, get you thinking about what's going to happen during the day, and here it kind of wraps up what you're doing, and we give time for the teachers to journal, to write in a book what they have learned, what questions they have. And we do this every day. And then what you see here is teacher planning time. The teachers have all of Thursday to develop their one or two activities or a lesson that they will teach with their class about what they've learned. And we do peer review so they trade their lesson with their peers, other teachers, and get feedback, and then we have them give presentations to all the other teachers. So all the teachers learn about what every teacher's lesson or activity is. In case they hear of a lesson from another teacher that they're interested in they can then adapt it and bring it to their own classroom.

We evaluate this program. This is the Biophotonics Teacher Research Academy, that's just our shorthand for how we call this academy, but we have three main tools for evaluation: what we call the Participant Event Report Card or PERC, the Biophotonics Concept Inventory, and the Teacher Implementation Plan. This one, PERC, is basically rating the structure and participants in the program. This one, Concept inventory, rates some very basic biophotonics knowledge, and the final one looks at how likely are they to use what they've learned and bring it back to their students. What are their plans for bringing it back?

So if you look at their answers, we ask them a question, how well did the academy prepare you for implementing biophotonics activities or curriculum into the classroom? And these are Level I and Level II from 2008 and 2009, with a response of five meaning highly effective. So you can see that the program is actually getting better, but overall they find it highly effective in Level II in helping them think about how they can bring this material into their classroom. They feel well prepared.

When they rate different components of the academy, for example the instructors were all given the highest score. The instructional material is rated very high. The training format, quite high. Time and pace they complained; they wished they had more time. That's the main complaint that we get. They

would like to have an extra day or two. Facility and environment and overall value they all rate very highly, so we we're happy to see that.

We also ask them specifically about intellectual engagement, and 50 percent of them state that they were very, very excited – this is without us asking them, they just write in their comments – that they were very excited to be able to explore cutting-edge interdisciplinary science. It both excited and informed them while energizing them.

They also made comments saying that they think that they could actually incorporate the activities, one-third feel that they could easily incorporate these activities into the regular curriculum. As some point of background, in the United States teachers are strongly constrained by state standards for science education and they vary in each state. We do have national standards, but most states choose to have a more specific version with many more facts in their state versions of the standards, so we see that a third of these teachers felt that immediately they could take these lessons and fit them even within this constraint. And let me assure you, there are no biophotonics standards currently in state or national standards; those don't exist. The word biophotonics doesn't exist in any of the standards, but because we deal with biology, we deal with physics, we deal with light, the electromagnetic spectrum, teachers can readily see how to incorporate this material.

Now just to say we think this number would be much higher if interdisciplinary courses were still allowed in the United States. Unfortunately, interdisciplinary courses have seen a decrease in popularity, but now there is starting to be a resurgence. They are starting to come back, which is nice to see; we're happy to see that. We think that if interdisciplinary situations or courses were more welcome this number would be much higher, and we see that in middle school they have an easier time incorporating certain biophotonics activities because they have more freedom in their standards.

These are some items that show you our biophotonics concept inventory exam. It's very visual. We try to very much stress hands-on activities and hands-on exams, so we try to have very visual types of questions. And we see a minor difference pre and post but it is significant. So they are learning some more biophotonics content. This is only with the first level, so this is only after the introduction. We don't measure this after Level IV because it would be unfair because they would be seeing the same test over and over again, so we are only able to show this once to have a true pre/post.

And when we look at the teacher implementation plan, this is trying to look at their plans for implementing this into their curriculum, we see that half of the teachers have very clear ideas of where the biophotonics activities will fit into their curriculum with both after Level I and Level II. And by the way, this is not disaggregated based on disciplinary focus, and what I mean by this is if we were to say, how many of the biology teachers can utilize the biology activities?, how many of the physics teachers can utilize the physics activities?, these numbers would be closer to 100 percent. It's because there are different disciplines of teachers coming to take our course.

This is what the activities look like from the teacher's perspective. They are very active, using computers and dissection. There's one activity where they take a chicken wing and they look at the light properties, the optical properties of skin, muscle, bone, cartilage, look through all those different pieces, how light goes through, how light comes back, using a spectrophotometer. This is what you're seeing here. But you can see the teachers are very excited to see how disciplines work together. They find that what they learned, the material, some of the things are very affordable and can be easily

brought to student instruction. "Expectations were met and exceeded...Great stuff!! Bend my brain stuff!" "My judgment of training is 'how much can be brought back to the classroom?' In this case – Lots and then some." So they're very excited about what they learn.

Now fortunately, these teachers are very open to new things and they find this to be a perfect opportunity for that.

To be fair, we also provide a lot of resources, so just to make sure that you understand. We have the facilities and equipment that we provide to the teachers. We also provide visits to research laboratories and discussions with researchers. And equipment that is very, very advanced equipment for microscopy and spectroscopy. They have a variety of posters that they receive for partaking in the training that they can bring back to their classroom, and we have YouTube videos about certain experiments and ideas.

Recently we also started an online, very structured, activities/lesson unit and curriculum repository where all the teachers deposit all the material they create and then it's easy to share with a larger community of teachers using the language that teachers like. So we have tried this kind of thing for about eight years now and only with this model is it straightforward enough that the teachers have an easy time putting the material in there. So a lot of times it was our structure; this is the teachers' structure. This is how teachers think, when they learn to teach and when they teach, this is the structure that they learn to put it in, talk about the standards, talk about the different components of the lesson, the different activities. It's very nicely structured.

So let me move on to the second approach. This is the module/course development, and in this approach we have worked on a biophotonics, many biophotonics modules for plant biology, basic biology, and physics. We have worked on a biophotonics and cancer course that was taught. Most people taught it for a year-long course with research in a second year. Biotechnology and biophotonics, biomedical imaging, and the latest is our Science, Biostatistics, and Cancer Education (SBCE) where we're working on blending math and science with cutting-edge lung cancer and skin cancer statistical work.

Because I will only talk about the latest one, the science and biostatistics, I'm just going to tell you a little bit about the other ones that I will not be talking in greater detail about.

This is the academy that we did with cancer - biophotonics and cancer. In this one, students in the second year actually join research laboratories in our cancer research center at our campus. And all of our students are low socio-economic status students. They come from the inner city. They are not students who are accustomed to having much opportunity, so these are incredible opportunities for them.

We've worked with a School of the Arts, believe it or not, and there we did a lot of plant biology and biophotonics type of work. We've worked with a teacher at Hiram Johnson to create biophotonics activities that enhance a biotechnology course. And we've helped develop a biomedical imaging semester course that is taught at a school that is very close to where we are. And these are courses that now we are putting the material together to share via that lesson repository that I showed you earlier.

So this is the model I do want to talk to you about, the science and biostatistics project. In this one we

have four web-based teaching modules using data-rich cancer education resources that teachers would never have enough time to find and adapt for themselves. We hope that as a result of using these materials students will make better informed decisions about their wellness. These are the four modules: distributions (cancer patterns), causation versus correlation, population sampling, and randomization. These are the concepts that we teach in this high school module by using current data from the research.

We hope that as the students do these modules they learn statistical and evidence-based reasoning, basic cancer and clinical trials knowledge and understanding.

And very important, we want them to understand risk and how changes to their behavior will affect their risk. So we chose lung cancer and skin cancer because those are the two diseases that high school students can do something about now. They can choose not to smoke; they can choose not to be exposed to second-hand smoke. They can choose to wear sunscreen. They can choose when they're out in the sun. And we want them to understand the real data behind why this is important.

So we think that it's important for our modules to help the students learn to take charge of what we call wellness, their own health. So we want them to be learning this for the effect that they can help their parents make good decisions and they can help themselves make good decisions related to their health.

And we also believe that through the use of these modules we'll increase their interest in science, technology, engineering, and mathematics and careers in STEM.

This is what Module 1 looks like. It's approximately seven to ten hours of instruction. We look at understanding patterns in cancer incidence, understanding rates, understanding risk factors, and then looking at and understanding lung and bronchus cancer distributions, and then adapting that and seeing how they understand that same information with respect to skin cancer.

The modules are all web-based; everything is online. Even now as we develop the modules, we are developing everything online. We do not do anything on paper. We have these interactive data resources that look at distributions of cancer rates. This is a statistical tool that we've developed that is Java-based, and it shows, allows the students to manipulate different data sets, and these are videos from YouTube and these are games that we find and collaborate with others to bring in games. For example this is from the Nobel Prize site on the cell cycle. We try to bring all these interactive components together because we want to make sure that the students are engaged and interested in looking at these topics and we have to use these new technologies both to give them the opportunity to look at real data but also to have some fun with it as well.

In terms of our development we have a team approach. We have science educators, math educators, education graduate students, and then we have advisors in science, math, and biostatistics. We also work with evaluators and teacher leader.

Everything is online. We are using a free system, Google Sites, believe it or not, because we want to make sure that it's easily accessible to everyone. And the material that you find on the site is always the most up-to-date. There aren't multiple versions; it's always the latest. We use Java-based statistical viewing tools, and we use a lot of other existing resources like YouTube, simulations, databases, and

data visualization tools.

And to give you a sense of how we involve the teachers and how this is part of their professional development, we have the educators and research scientists working directly with the teacher, what we call the teacher leader or the first tester. When we create a new module this is the first person that tests it in the classroom. They then help alpha teacher testers, and we're actually in Module 1 right now. This is happening right now as I'm here. They're doing these tests. And then they will go and help the beta teacher testers. So this is how we play a big role at the beginning but then the community of teachers is developed enough that they can go and they can spread this to a larger group. And after this level we go national. So this all happens locally within about 80 kilometers of where we are, the schools around us. We choose different types of schools with different levels of students, and then this is how we in a sense multiply ourselves with trained teachers.

Now I want to look at the last approach, and this is also our newest approach, which was one of the first approaches that we tried but it's the most currently evolved. In our original model it was the After-school Biophotonics Student Research Academy. Each teacher held a three-hour session after school for students that were interested in research. Student teams worked on biophotonics-related projects that they chose, and undergraduates from University of California, Davis, would go and help act as mentors to these students. The teams were all expected to present their work at a research competition. So this work would start in September and by March they were expected to present their research at a competition.

And the goal was really to improve access and use of new technology, inspire students to do research, and bring new and relevant science into the classroom.

So what worked? Students were successful at competitions. We had many students win first, second, third places. The students and teacher all had research opportunities. There was additional excitement and learning of science. Students had job opportunities because we paid the students to participate in this work. These were communities where normally the students would work after school. They would be going to work at McDonald's or similar places to have money for their families, but instead, since we were taking them outside of that environment, they were not able to work as much any more, we paid them for participating, so now they had a job opportunity that was related to doing research.

We were able to bring current technology into their classroom. And we developed mentoring relationships with undergraduates who could act as role models for them as they thought about going on to college.

The difficulty with this program was after school is an important time for sports and clubs in American schools. So students sometimes were in conflict. They had an important volleyball game or a basketball game, and so they had to choose: research or basketball, research or basketball were their choices. So there were some problems. It was somewhat expensive because we were paying the students to participate, and the teacher. There was only one teacher involved at each school where we did this. This was a bit of a problem. It made it difficult for that to continue without us being there on a regular basis. And the teacher often complained of being tired after working a full day and then spending another three or four hours at night.

So we revised the model and we made it a summer and fall workshop for teachers, and in this

workshop we gave them the experience of using technology for research and we talked about how they could adapt the technology for use in their classroom.

We expected teachers to motivate groups of students to conduct the research and still go to research competitions.

And the goals were very much the same.

So what was good about this model? In this approach, we concentrated the teacher and staff time. We only had a summer and fall workshop and then the time was the time the teacher spent with their students.

The technology that they used, we made sure that all the technology was only technology that they had at their school. We did not introduce new technologies which they may not be able to afford, only their technologies. And we made sure that the activities were easy to incorporate into their classrooms. And we had some success with that.

In terms of difficulty, the biggest difficulty is teachers were reluctant to introduce their technology into their classroom, into their regular classrooms. They were okay doing it with a few students in special settings, but to bring the technology and research ideas into their classroom was frightening to them. They were afraid that with 35 students, they have 50 minutes for their lesson, if something doesn't work then all their time will be spent fixing the technology that didn't work, so they were very worried about doing some of these activities because of the fear of technology failure.

There was low student participation in competitions, and there was no real specific time for doing the research. In the prior version it was every Wednesday and Thursday night you spend three hours. In this version, it was up to each teacher to decide what time they were going to spend with their students, and usually they didn't make a regular time; this made it difficult. And the teacher had to spend time without receiving any kind of compensation because this was after school hours, so still a problem.

So we revised it again. And in our current model we have weekly after school meetings with each teacher bringing three to six students with them. So when we go and do the professional development now, the teacher cannot come by themselves; they have to bring students.

We regularly have visits by educators, scientists, and others interested in these students.

And we still expect the student teams to come up with a research question and develop a poster which they compete at research competitions.

The teachers and educators are their mentors and facilitators for the students, while both the students and the teachers learn the technology.

So what has been working so far? We have regular teacher attendance. It's low cost. We only have to pay a little bit to the teachers, but it's mostly our time. The technology used again is school property. We have learning happening now by both the students and the teachers together. The research is motivated by the students. And the students can act as classroom helpers the following year. So now, if the teachers and students together receive the professional development, when the teacher has

difficulty in using technology or using research methodologies in their classroom, they have helpers. The students can help other students. The students can help the teacher with the technology. The teacher is no longer the sole expert but now has a few students in their classroom that also know how to help.

The problems we've seen so far are minimal compensation. There is still extra time for the teacher needed. Students come up with projects that are often difficult to accomplish. They come up with projects like, "I want to study AIDS" or "I want to study how to make new solar cells." Difficult when you have limited budget, limited time, difficult. I'm glad that they're thinking that way but it's still difficult. And the educators that help mentor these students and mentor these teachers have to have a very large knowledge base because many students want to do projects that relate to medicine. They might want to do projects that relate to energy, climate change, environment, so I have to engage researchers from a wide range of disciplines.

This just shows you the timeline. I won't go over this in detail. But this is what we do with them over each month. We do things like explore project ideas, design project outlines, discuss how research is done, talk to them about responsible conduct of research, train them on equipment and data analysis, visualization, share progress on projects, submit their applications for competing, and then compete, and there share lessons from their competitions, then plan for activities in the following year. So it's a full set of activities but we really believe it's important to get the students and the teachers both excited about research and doing research.

Just as a model to show you, the teachers and the students have professional development together. They do research projects. They present their research projects. And now they can bring the classroom science inquiry and technology activities that they learned by going through this process into the classroom. And new students can enter the cycle. So this just keeps going around.

So with that said, how do we connect with the variety of schools and the districts? So we recruit teachers at a variety of venues, as I mentioned earlier, so we find teachers that connect with us. We also have what we call a Regional Open House. We invite educators, from teachers to scientists that are interested in teaching to people that develop commercialization, commercialize new companies, to departments of commerce in our local regions, we invite them all to an open house and we discuss research and science goals and training goals that we have for our teachers and for our students. And this way we invite principals from schools and administrators all coming together to this activity to discuss things with us to make new connections. We also invite many teachers, principals, and district administrators to our site visits. Site visits are a yearly event where all of the science is featured and all of the advancements in science and education are featured, and it's a good time for them to see what we do.

So what has happened from these things? What we've seen is we've seen teachers that come to us, the Center for Biophotonics Science & Technology, and they want to work with us. That leads to us with the teacher going to the principal, and then the principal helps us find more teachers that now work with us. That's one approach that we take.

Another one is the principal, we connect with the principal or the principal connects with us, and then brings us some teachers, and that teacher brings us more teachers. So this I would call a bottom-up from the teacher perspective bringing in the administration, and this is more of a top-down, the

principal comes in and connects us with teachers.

And most recently we have had this approach, it's happening now. We've had the district and us working together on a large proposal to impact five schools, and so we bring in the principal from each of those five schools through the district, and then the principal brings on teachers. So this is really top-down, but these schools are very good schools that have a lot of communication between their principal and the teachers, so they are excited about this together. And they are also very well-connected to the district, so in this case it does work quite well.

So overall lessons learned. You need to spend a lot of time in the school or community before they will ask you to collaborate with them. We tend to go in there and say, look, we have all these wonderful things, take them, use them, and they say, no, no, we have enough to do, we don't need new things. So you have to go there and say, okay, I'll come and give a talk, we'll do demonstrations, I'll come to your parent night, we'll do things with you. And after two years, three years, four years, then they say, oh, we're writing a grant and we'd love you to collaborate with us so that we can create some new science research and science teaching opportunities for our students and teachers. So it takes time to build the trust.

Something else that we've learned, traditionally the teachers, the students, and the educators are all separated. So we either just train the teachers or we just train the students, or the educators just think about how the education takes place but don't think about the science. So what we're trying to do very proactively is to **not separate teachers, educators, scientists, researchers, and the students; they all learn from each other**. Even a science researcher that's been doing science research for 30 years, when they're trying to explain their work to a 16-year-old student and trying to talk about the value of their work, there's a lot to be learned for them as well, there's a lot to be gained from working together.

We've also realized, of course, that investing in teachers has a multiplicative effect. What I mean is one teacher affects 150 students, much more than we can affect if we just target the students. So we do want to spend time with our teachers because they have a large impact on how students perceive science later on in their life, during that class and later on in their life, and what they think about in terms of their career choices later.

And we also learned that the current cutting-edge science is very engaging, relevant, and powerful, and guess what? They still learn basic science. Even though you start with the current cutting-edge science that's only a few years old, the results that are very new, it still can help you learn the basics. And we're even finding that it still can help you teach to the standards.

And I have to say I feel fortunate that there's new standards about to come out, common core standards that are going to be nationwide standards that now certain states have committed to adopting, and these new science standards that are coming out in the United States put a lot more emphasis on the research process and collaboration and having research experiences, so I'm very hopeful that our approaches will become more valuable and more usable by more teachers because of these changes. It might take a while for California to adopt these but hopefully it won't be too long.

So with that said, I just want to acknowledge of course the education team, a lot of researchers, this is just a few of our researchers, and some our teacher leaders. Lots of people, very important in doing our work. And I also want to acknowledge my son and daughter because they keep me very motivated

and keep reminding me how important it is to try to make these changes and have them happen before they get to high school so that they can take benefit in being excited about a career in science and also learn about science. And with that, I just wanted to say thank you.

< 質疑応答 >

(Audience) Thank you very much for your very interesting presentation. I have two questions. One is how do you find teacher leaders? And the second is how many teachers were attending your three approaches annually?

(Molinaro) Okay, so how do we find teacher leaders? We find teacher leaders through the teacher academy, so we look at them for at least one summer, but usually two summers, so we want to see how they behave, their creativity, their openness to new ideas, and their aptitude for science and for science research. So we kind of cannibalize our program. We take people, the best people from our earlier programs, to go to the next level. In all those models, whether we're developing curriculum, just a module or two modules, or we're developing a whole year course, we take from the Teacher Research Academy. We find the best teachers there.

And about numbers, usually we have about 14 to 20 teachers in Level 1 every summer, and in Level 2 we end up having somewhere in the neighborhood of eight to 12. Not all the teachers from Level 1 go on to Level 2. In Level 3, Level 3 sometimes we've combined Level 3 and 4 just to make it easier to accommodate the schedule of the teachers, but we've only to date had two teachers that completed through Level 4.

So most teachers do Level 1 and 2, and then bring things into their classroom. To go to Level 4 we've been constrained by one main thing, which is money, we have to pay them \$4,000 to participate and that has made it a little bit more difficult to find that funding. Most foundations and private donors really like to give money to students but not so much to teachers, and even less to us. They really want the money to go to the students.

But we have seen some, with the two teachers that went, they both really appreciated the process, but the researchers were not as excited with the level of their work, and the reason for that was because the teachers were in there thinking "How can I be looking at this laboratory and understanding this and translate it for my students?" whereas the researcher was thinking, I have a free worker for the summer. So there was a bit of disconnect between those two things and we need to do some more work to improve that connection because we've been much better with undergraduate students putting them in research labs. That's worked very, very well. But the teachers have a very different perspective of why they want to be there. They're not there to become researchers later; they're there to absorb the research culture so they can be real, speak from the heart when they talk to their students about research. And the researchers are not as interested about that.

(Audience) I have a question around the teacher leaders and the alpha teachers and the beta teachers, because I've worked with programs where we've had teacher leaders in the school and matched them with science university students to act as mentors, and then the idea was that the teacher was meant to develop lesson plans and share those with their whole community but also upload them online and so share them even broader with the whole Victorian school community...

(Molinaro) Difficult to do, yes.

(Audience) And it was unbelievably hard to get those teachers to do that, even though we had money to pay those teachers to have time out of class, and it was also a requirement of the grant that we got from the federal government. So it was a great challenge, and I'm interested in, I love your model of all these teachers, they can affect, and I'm wondering how that is achieved.

(Molinaro) Okay, so there's two different ways I can look at your question. So one way is, for example in our biostatistics program where we have the alpha teachers going to the beta teachers, because they're doing it in their classroom and because we've done kind of the initial version of the module, what they are contributing are modifications, enhancements, improvements to make it work in their classroom, so that they're very willing to share. We do pay them for being testers, and part of that expectation is that they write down what they change, but we also do observation, so we can help them take the adaptations and put them in the new version of the module. And these teachers, the alpha and beta teachers, tend to do this because they like to see these materials being used and that they have an impact on changing these materials. So it's a little bit easier in that scenario.

In the scenario where we do Levels 1 and 2 and then after Level 2 they're meant to contribute their activities, we do still pay them some minimal amount for contributing their activities, but we've found that the biggest reason why they're using it, they're doing it, is because the software is easy to use, and it's directly lined with what they are mandated to do by their districts and by their schools. The structure is exactly the same as what's taught when they learn to become teachers and it's exactly the same as what they have to show their principals for their lesson plans. Before, it never worked. Only now that we have this very tied structure that's made for teachers does it work, seem to work. Still, sometimes you have to nudge a little bit but that's how it works.

## Enhancing Student Scientific Research Capabilities Through Teacher Professional Development and Connected Student Programs

 National Museum of Nature and Science  
 Tokyo, Japan Nov. 23, 2010

Marco Molinaro, Ph.D. (mmolinaro@ucdavis.edu)  
 Chief Education Officer, Center for Biophotonics



### Outline

- Importance of Scientific Inquiry to Develop Research Capabilities in Teachers and Students
- Teacher Professional Development Approaches
  - Summer Research Academies
  - Modules/Curriculum Development
  - Teacher/Student Teams for Scientific Inquiry
- Approach with Schools and School Districts
- Overall Lessons Learned

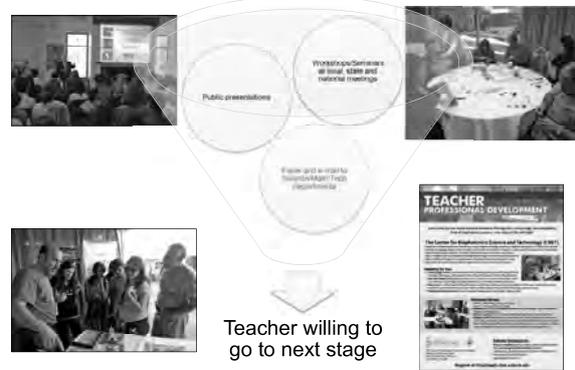
### Why Engage Teachers/Students in Research?

- Science and technology are increasingly part of our lives
- Research critical to science/technology progress
- Need to expand research capabilities of teachers and students
- School focuses on science basics, not current/cutting-edge research
- Need creative, capable, interdisciplinary thinkers/researchers to solve current problems
- Research experiences help motivate participants to deepen their understanding while solving real

### Why Teacher Professional Development?

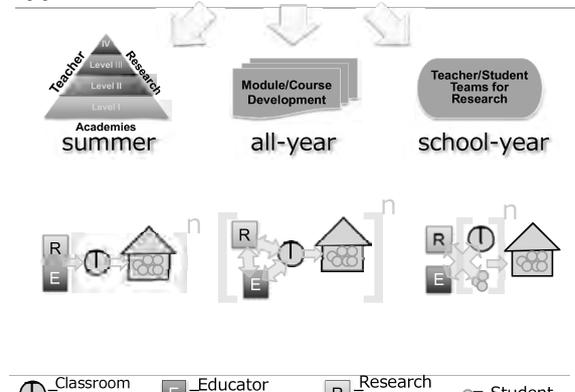
- Teachers primary conduit to science literacy for students (time, range of topics, # students)
- Teachers want/need to stay engaged in and excited about science
- Opportunity to change approaches to science education and literacy
- Teacher networks are a powerful resource for changing approaches to science education
- In US, education is top down, teachers have been neglected – remote controlled, de-skill teaching

### Teacher Recruitment Path



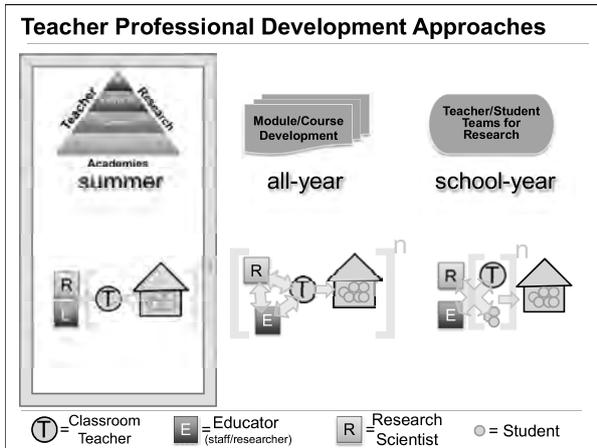
Teacher willing to go to next stage

### Approaches



Academies summer      all-year      school-year

Legend: Classroom Teacher    Educator (staff/researcher)    Research Scientist    Student



### Biophotonics Teacher Research Academy (BPTRA)

- **Level I** (3-day introduction)
  - Lab tours, scientist presentations, simple light/matter experiments, connection to research use
- **Level II** (5-day hands-on)
  - More activities/investigations, deeper scientist presentations, 2 days to develop own activities
- **Level III** (5-day training)
  - Nature of science, strategies, methods, technical writing
- **Level IV** (8 week internship)
  - Active research, research poster and lesson plans

Summer, Free to attend, \$4000 stipend (Level IV)

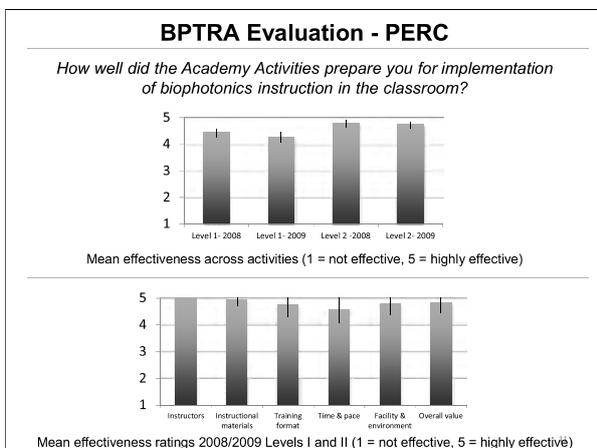
### BPTRA Level II Agenda

Time	Session 1: Light Experiments	Session 2: Light Images	Session 3: Light Energy	Session 4: Lesson Development	Session 5: Lesson Presentations
8:30-9:00	Activities: Introduction of BPTRA				
9:00-9:30	Activities: Workshop 1				
9:30-10:00	Activities: Workshop 2				
10:00-10:30	Activities: Workshop 3				
10:30-11:00	Activities: Workshop 4				
11:00-11:30	Activities: Workshop 5				
11:30-12:00	Activities: Lunch				
12:00-12:30	Activities: Lunch				
12:30-1:00	Activities: Lunch				
1:00-1:30	Activities: Lunch				
1:30-2:00	Activities: Lunch				
2:00-2:30	Activities: Lunch				
2:30-3:00	Activities: Lunch				
3:00-3:30	Activities: Lunch				
3:30-4:00	Activities: Lunch				

Start and End Caps | Teacher Implementation

### BPTRA Evaluation

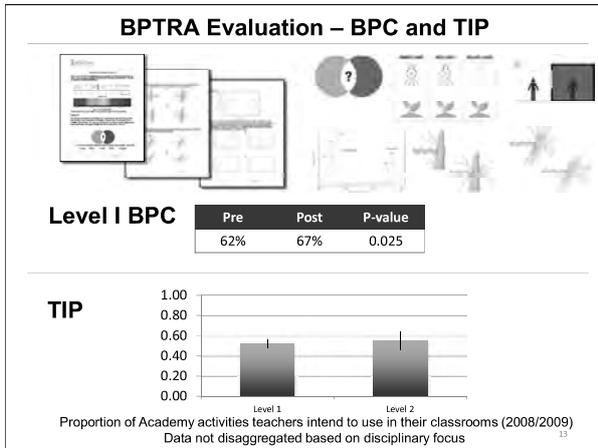
- Participant Event Report Card (PERC)
  - Rate Academy activities, structure and instruction
- Biophotonics Concept Inventory (BPC)
  - Pre/post inventory of basic biophotonics content knowledge
- Teacher Implementation Plan (TIP)
  - Likelihood of incorporating Academy activities into their instruction



### BPTRA Evaluation - PERC

- Intellectual Engagement
  - >50% stated that *Opportunity to deeply explore cutting edge, interdisciplinary science informed, excited and energized them*
- Teaching Standards Through Cutting Edge Science\*
  - > 33% mentioned the *ease of incorporating biophotonics activities into the regular curriculum and the high interest factor for students*

\*Biophotonics is interdisciplinary. Some items fit in physics, some biology, some in chemistry. US grade 7-12 education is constrained by a disciplinary content focus and struggles with interdisciplinarity.



### Teacher Comments

Hands-on activities were very affordable and lectures could be easily manipulated for student instruction.

This [PD] has provided me with a greater understanding of what biophotonics is. Also a clearer understanding of how cross disciplines can work together.

My expectations were met and exceeded... I met fellow teachers. Great stuff! Bend my brain stuff!

My judgment of training/workshops/etc is "how much can be brought back to the classroom?" In this case—Lots and then some

Cutting-Edge Science Classroom Applications Resources

### Resources

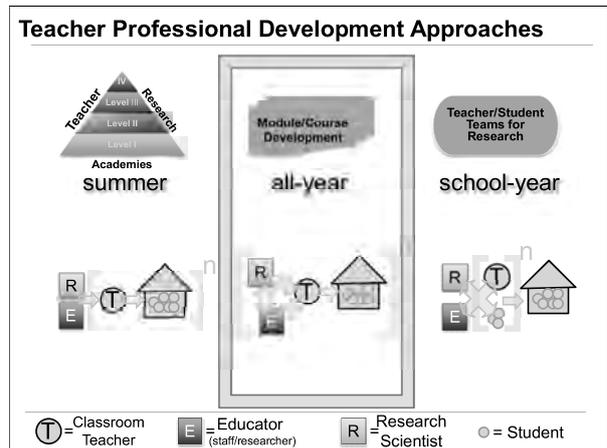
Facilities and Equipment

Educational Posters

Researchers/Laboratories

CTE Online

Online Resources/Activity and Lesson Repositories



- ### Module/Course Development
- **Biophotonics** (many modules)
    - Plant biology enhancements, basic biology and physics
  - **Biophotonics and Cancer** (1-2 years)
    - Emphasis on Cancer and uses of Biophotonics, extended research experience
  - **Biotechnology/Biophotonics** (2-5 modules)
    - Microscopy, fluorescence, tissue optics enhancements
  - **Biomedical Imaging** (1 semester)
    - Techniques/Applications, connection to research and Medical Center
  - **SBCE Biostatistics** (4 modules)
    - Math/Science blend

### High School Student Academies - Overview

East Oakland School of the Arts: Undergraduate researchers from Mills College work with a Biology class inserting biophotonics.

Sacramento High School: One+ year course dedicated to cancer science and biophotonics. Students join research laboratories after first year.

Hiram Johnson High School: Incorporating biophotonics activities into a biotechnology course.

### How Sure Are You? Science, Biostatistics, and Cancer

**SRCE**

- **Four web-based teaching modules using data-rich cancer education resources** high school teachers and other educators otherwise might not consider well matched to their curriculum. As a result of use, students gain:
  - Statistical and evidence-based reasoning in science and mathematics;
  - Basic cancer and clinical trials knowledge/understanding;
  - Understanding of risk and changes to behavior = taking charge of own wellness;
  - Increased interest in STEM and STEM careers.

19

### SBCE- Module 1

**SRCE**

- Approximately 7-10 hrs of instruction
- Highly interactive – online and classroom simulations/tools

20

### SBCE- Development

**SRCE**

- **Team Approach**
  - Science educators, math educators, science education graduate students, science, math and biostatistics advisors, evaluators and teacher leader
- **Online**
  - Google Site with all materials at latest stage of development, simple edit control
  - Java-based basic statistical viewing tools
  - Utilization of existing resources (YouTube, simulations, databases, data visualization tools)
- **Teacher Involvement and Professional Development**
  - Beta Teacher Testers
  - Alpha Teacher Testers
  - Teacher Leader/First Tester

21

### Teacher Professional Development Approaches

(T) = Classroom Teacher    (E) = Educator (staff/researcher)    (R) = Research Scientist    (●) = Student

### Teacher/Student Teams for Research

- **Original Model**, After-School Biophotonics Student Research Academy
  - One teacher holds a weekly 3 hour session after-school for research interested students co-facilitated by CBST educator
  - Student teams work on a biophotonics related project they choose
  - Undergraduates act as team mentors
  - Teams expected to present their work at research competition
  - **Goals:** Improve access and use of new technology, inspire students to do research, and bring new/relevant science into the classroom

<p><b>PROs</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Students successful at competitions</li> <li>Students and teacher have research opportunities – excitement/learning</li> <li>Students have job opportunity in science</li> <li>Current technology brought into classroom</li> <li>Mentoring relationships w/ undergraduates</li> </ul>	<p><b>CONs</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Conflict with sports/clubs activities</li> <li>Expenses (students, teachers, staff and equipment)</li> <li>Only 1 teacher involved at school – critical mass missing</li> <li>Teacher tired after full work day</li> </ul>
--	--

23

### Teacher/Student Teams for Research

- **Revised Model**
  - Hold a Summer and a Fall workshop for teachers to give them experience of using technology for research and discuss in depth activity ideas for their classrooms
  - Teachers expected to motivate groups of students to conduct research and present their work at research competition
  - **Goals:** Improve access and use of new technology, inspire students to do research, and bring new/relevant science into the classroom

<p><b>PROs</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Concentrated teacher and staff time</li> <li>Very low cost</li> <li>Technology used is school property</li> <li>Activities relatively easy to incorporate into classrooms</li> </ul>	<p><b>CONs</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Teacher fear of technology failure due to lack of expertise/equipment failure</li> <li>Low student participation in competition</li> <li>No specific time set aside, ad-hoc</li> <li>Teacher time commitment without compensation</li> </ul>
--	--

24

### Teacher/Student Teams for Research

- **Current Model** – Engaging Students in Research
  - Weekly after-school meetings with each teacher bringing 3-6 students
  - Regular visits by educators, scientists, and others interested in students
  - Student teams expected to present their work at research competition
  - Teachers and educators are mentors/facilitators for students while they learn the technologies themselves
  - **Goals:** Inspire students to do research, improve access and use of new technology, and expose students/teachers to current science

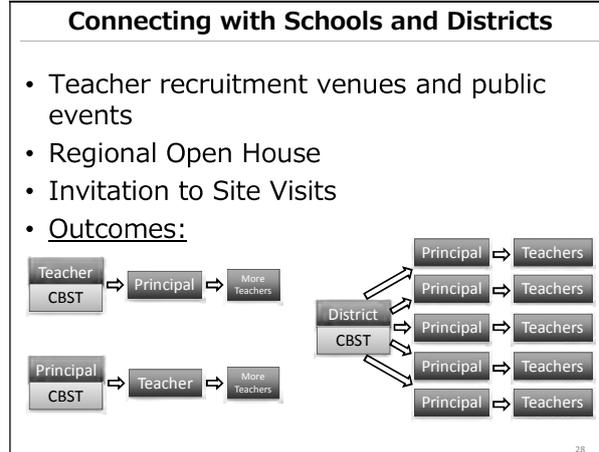
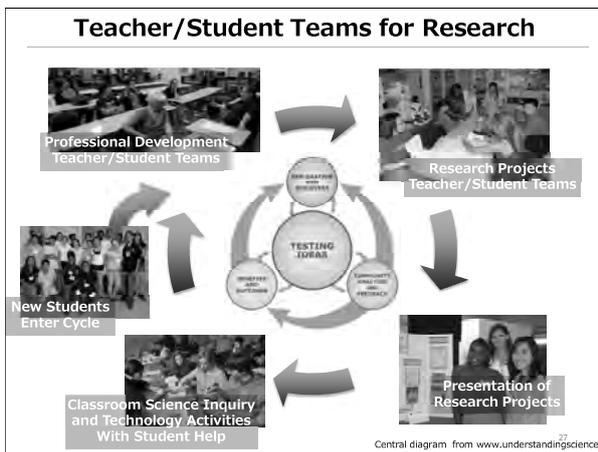
<p><b>PROs</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Regular teacher attendance/community</li> <li>Low cost (some teacher, student, and equipment costs)</li> <li>Technology used is school property</li> <li>Learning by students/teachers</li> <li>Research motivated by students</li> <li>Student as classroom helpers following year</li> </ul>	<p><b>CONS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Teacher time commitment, minimal compensation</li> <li>Student projects often not reasonable</li> <li>Educators and scientists involved need broad knowledgebase</li> </ul>
--	---

25

### Engaging Students in Research - Timeline

- **October** – explore project ideas, begin to learn about the process of research (resources from Science Buddies and Understanding Science), learn about science competitions.
- **November** – design project outlines, determine necessary equipment, learn how to use technology, continue to discuss how research is done
- **December** – review project progress, train as needed on equipment and data analysis/visualization tools, researcher talk, RCR (Responsible Conduct for Research) mini training
- **January** – share progress on all projects and critique, train as needed on equipment and data analysis/visualization tools
- **February** – complete and submit science competition applications, review poster outlines, help with data analysis and visualization
- **March** – finalize posters, present at competitions
- **April** – share lessons learned from competitions, discuss how each poster/project can be improved and what further work is needed, interviews with students
- **May** – plan for activities in following year, interviews with teachers

26



### Overall Lessons Learned

- Need to spend lots of time in schools/community to be asked to collaborate – build trust
- Let's not separate teachers, educators, scientists/researchers and students – they can learn from each other
- Investing in teachers has multiplicative effect at a very impressionable stage in a student's life
- Current, cutting edge science is engaging, relevant and powerful in the learning of science – basics can be taught through cutting-edge science!

29

### Acknowledgements

**Education Team**

- Jodie Galosy, Evaluation and TPD
- Jim Shackelford, Faculty Advisor
- Ana Corbacho, Diversity and Higher Ed
- Teresa Vail, Curriculum Writer
- Michelle McCombs, HS Coordinator
- Alisa Lee, Program Coordinator

**Researchers**

- Dennis Matthews, Director, CBST
- Stephen Lane, CSO, CBST
- Thomas Huser, Lead Scientist, CBST
- Sebastian Wachsmann, Facility Director, CBST
- Ralph DeVere White, Director, Cancer Center
- Rafael Diaz, Statistics Researcher, CSUS

**Teacher Leaders**

- Mike Wright, Center HS
- Pat Bohman, Health Professions HS
- Vlastimil Krbecek, Hiram Johnson HS
- Tobias Spencer, Encina HS
- Don Stauffer, River City HS

Julia and Luke

30

## 実践事例報告 2

### 博物館と大学の連携による小学校教員養成支援プログラム ～大学生の理科指導能力向上を通じた科学リテラシーの涵養～ Developing a Pre-service Science Training Program for Non-science Students Using a Partnership between Science Museums and Colleges of Education

亀井修 (国立科学博物館)

Kamei Osamu, National Museum of Nature and Science, Tokyo

わが家にも子どもがいるのですが、子どもたち二人と私が理系です。そして、ワイフが文系なのです。司書(ライブラリアン)をやっていたり、小学校の教員をやっていたりするのですが、そのところで三人だけで面白い話をしていて私は不満だということもあって、サイエンスコミュニケーションにだんだん入っていったというところがあります。

今、いろいろなお話をいただいたのですが、教員になってからの場合ですと、なかなか効果が上がりにくいという実態があります。それで、私どもでは卵の段階で手を打てないだろうかと、それが今回のプロジェクトの要になっています。

そして、科学リテラシーとの関連でいきますと、今までは直接的に成人や子どもたち、あるいは中高年のリテラシーを上げるという、直接的な道筋を考えていたのですが、今回は学校の先生というワンクッションを置いて、しかも、学校の先生になるかもしれないという学生さんを置いて、玉突きのように相乗効果を出していこうと、そのための取り組みになっています。

背景ですが、「思い」「なのに」「だから」と書いています。「思い」の方は国民の科学リテラシーの向上が必要と、これは市民と言い換えてもいいかもしれません。市民の科学リテラシーの向上が必要だと。学校教育は重要、特に初等教育。教員の果たす役割は大きい、これも特に初等教育では教員の果たす役割はとても大きいです。

「なのに」、理科の指導にたけた小学校の教員が少ない。そして、多分、養成と採用と採用後の研修に問題があるだろうと考えました。これも後ほどお話ししたいと思います。背景としては、免許法では小学校教員養成課程での教科としての理科は必修ではない。教員養成大学で全教科を履修させない場合もある。必要がないわけですから、試験にパスするだけのことを教えればいいということもなきにしもあらずだと聞いております。それから、実験・観察等を一度も履修しない教員も、これは日本の学校のカリキュラムの問題なのですが、中学校までは確かに実験をやったけれども、高校以降、特に名だたる進学校に行った場合などですと、実験を一度もやらないで理科の先生になってしまい、最後に実験をやったのは中学校の教室ということもあります。

「だから」、そういういろいろな社会背景を乗り切っていくためには、大学だけではなかなかできない場面もあるだろう。そこで、複数の教育資源、社会の中にある博物館等の教育資源を組み合わせた相乗効果

を期待できるのではないか。それから、その場合でも教員になった後の継続的な学びを見据えることも必要ではないだろうか。大学と博物館が連携して教員を育成するモデルシステムを開発・実施し、将来的には普及し、次世代の科学リテラシーの継続的な改善に資すると、これはかなり大きな目標になっています。どこまでできたかについては、またその中で語っていきたいと思います。

次のページになりますが、これは先生がどれくらい子どもの理科の好き嫌いに影響するかというところ です。簡単に説明しますと、緑の部分が、学校の先生が影響を及ぼした部分、青い部分が家庭が及ぼした部分、赤い部分がマスコミとか、その他が及ぼした部分になります。そして、6～9歳のころ、9～12歳、12～15歳、以下、22歳からそれ以上になっています。そして、左側の母集団は国立科学博物館の友の会の保護者、それから、右側は科学技術館の友の会の保護者になっています。どちらも似たような傾向がありますが、若干の違いもあるかなというところです。

続きまして、先生の「文系」の割合ですが、小学校教員の71%が文系です。それから、理科の授業に自信がないかあるかということですが、これはいずれも自信がない方の割合が非常に高い割合を示していると言うことができます。低いというのが青い部分、やや低いというのが赤い部分になります。これが最も面白いグラフだと思うのですが、理科を指導することが得意な教員の割合です。5年目以下、これは卒業から近いです。38.9%が得意としています。それから、6～10年目、11～20年目、21～30年目、31年目以上とずっといくのですが、この数字は改善されないのです。むしろ維持されていることが素晴らしいと見ることもできると思うのですが、改善されないとこの際は読み取っております。教育委員会とか、各市町村・県レベルによって度重なる研修が行われていると思うのですが、改善しないという実態があることになります。

そこでもう一つ、自分たちのプロジェクトの後付けの理由なのですが、伸びているところを伸ばすというのは私も科学館でやっているプログラムを見た場合に、非常にコストが高い割には伸びが低いのです。科学者をより高いレベルの科学に引き上げるのは非常にコストがかかる。その一方で、初学者、小中高、大学生で理系に興味がないところに、ある一定の伸びを出すためには、限られた資源の投入量でも非常に大きな効果が出てくると、そういうところがあって、文系の学生にフォーカスすることは非常に効果があるのではないかと考えております。

これは先ほどの採用後、採用、採用前でのそれぞれの理科の指導力に対する対策を整理したのですが、採用後については、現職研修、それは一人の先生の力を高めていくという方法です。それから、理科の専門家を追加、これは外から科学者を持ってきて追加して、教室に投入するという考え方になります。それから、教師を追加、これは細かくより目が届くようにして、実力は同じぐらいだけれどもチームティーチングとか、少人数学級や理科専科等で教師の数を増やす、そういう形にしようというものです。それから、採用試験は、採用試験でちゃんと理科のできる人を採ればいいのではないかと聞いてみたのですが、なかなか難しい。なぜなら日本の場合、小学校は全教科を一人の先生が教えます。そうすると、その先生は理科ができることが望ましいけれども、理科に加えて、算数も社会も国語も体育も音楽も家庭科も図工も、最

近では英語もできなければいけない。そういう中でいうと、理科は one of them だと。だから、理科の得点だけを見て教員を採用するわけにはいかない、バランスをとらなければいけない。では、どこでやるか、知識や技能を追加するのは学生のところだと、そういうところで採用前にフォーカスしていく。ただ、あまり前すぎると発散してしまうだろう。

これは、先ほどのところをフォーカスしたのですが、なる前となった後、その境目に力を入れて、いろいろなバリエーションで各地で展開していこうと考えております。

小学校教員養成系大学における資源の活用ですが、学内資源の活用、それは付属施設の活用、カリキュラムの充実。それから、学外資源の活用は、私どものような博物館との連携とか、企業との連携とか、その他の研究機関との連携などが考えられます。今回はこちらにフォーカスを当てて取り扱った事例をご報告しております。

現在の手持ちでご報告できる事例が3件あり、一つ目が科学系博物館が主体となって行った非理系学生対象の人材育成講座、二つ目が、科学館の資源を活用した大学連携授業、三つ目が企業と連携して行う環境・エネルギー教育の教材開発講座で、今回は一つ目を中心にご報告したいと思います。

講座の名前ですが「明日の先生へおくる理科のコツ」という形で、非常に即物的な講座の名前が付いています。長い方の名前ですと「小学校教員を目指す非理系学生を対象とした博物館による人材育成講座」です。基本的には私ども科学系博物館による、科学リテラシー涵養活動の一環として開発しました。それから、小学校教員養成課程大学、小学校各機関のメンバーからなる調査研究委員会により、基本コンセプトを作成しました。それから、理科の基礎的な知識・技能の向上を目指すとともに、博物館の資源を生かした内容に配慮しました。これは今までに2回ほど実施しており、今年は3回目をやっているのですが、その初年度の募集パンフレットです。

中身はいくつかのパーツに分かれているのですが、今、写真で見えていただいているところは博物館の活用・暮らしの中の理科という形で、自然や社会に対して興味・関心を示し、継続的に自ら学ぶことができる人を目指し、博物館などの学習資源を活用する力を身に付けるという講座を行っている場面です。

天体観測では、科学の基本というのは自然の謎を感動をもって解き明かす、というところがあると思います。そのような、感動を持った活動が限られた時間の中でできないだろうか。それは何だろうか。私どもでは、天文ドームを持っていますから、そこで宇宙を見てもらう、そういう活動を行いました。同時に学校の教室で必要な星座早見盤の授業などを行っております。

実験基礎、ここが一番学校の先生に欠けているところで、かなり重点的に行いました。私どものサイエンティスト、科学者が絡んでおります。また、実際の模擬授業を行って見直しをする。それから、若い現職の先生を呼んで話を聞く、そういう活動を行いました。

以上のものを図に整理すると、自信を持って子どもたちに理科の指導ができる人を目指すために、この二つの活動と実験。それから、自然界の不思議さに気付き、その感動を子どもたちに伝えられる人、これはここに見られているような活動。それから、自然や社会に対して興味・関心を示し、継続的に自ら学ぶことができる人ではこちらの活動を組み込んだ構成を考えました。

こういうものが面で展開されたのですが、博物館の教育普及活動の中では、専門的・一般的、小さい子から大きい方々まで含めた中のちょうどセンターに位置する講座としています。今、当館で行われている講座を面で示したものがこの形になっています。趣旨説明にあったものとは違う切り口になっていますが、博物館では既にこのような講座は持っておりますので、持っている講座からどのように科学リテラシーを高めていくか、また、それをプロットしていくことができるかというのを表したのがこの図になります。

博物館と大学が連携した教員養成のリスクとベネフィットですが、ベネフィットが左側の列、リスクが右側の列になります。それから、子どもたち、学生、博物館、大学、社会とそれぞれにカテゴリーを分けて書いてあります。子どもたちにとってのベネフィットは、科学の専門家、あるいは教員になろうという若者から直に指導を受けることができる。リスクは特にありません。そして大学にとっては、多様な指導の場を得ることができる。それから、人と時間を準備しなければならないというのがリスクになります。あとはそれぞれの組織に応じたことが書かれておりますが、もう少しお話ししたいことがありますので、少し先へ進めさせていただきたいと思っております。

こちらは科学館の資源を活用した天文分野の連携授業になります。これは他の博物館や科学館を使って子どもが開発したものをインプリメント(移植)できないかという形で考えた講座になっています。現在進行中で、1回目は11月に行って、12月3日にもう一回行う予定です。

もう一つは、企業と大学が行っているもので、これは電力会社と大学が連携して行っている授業になります。こちらも現在進行中の話題になります。

大学と外部機関との連携における論点ですが、やはり組むときには、双方の機関のメリット、役割分担と負担感、それから、大学・学部レベルでの理念の共有、ステップ・バイ・ステップで段階的な連携関係の構築。それから、カリキュラムにおける位置付けの強弱、これは単位として認めもらえるか、それともアディショナル(追加)としてやるか。それから、教員のライフサイクルについて、忙しい教員がどういうふうに分の職能を開発していくかということが明確に意識できるような、継続性を持たせたステップを組まなければいけないだろうと考えております。

支援プログラムのセグメントですが、今言ったことで分けたのがこの軸ですが、教育資源は学内・学外、それから、カリキュラムにおける位置付けがあるかないか、の二つです。科博のプログラムの場合、大学のカリキュラムに対する位置付けはありません。そして、全く学外の教育資源に位置付けられます。

これは企業と組んだプログラムです。それから、現在、岩手大学でやっているプログラムをこのカテゴ

リーA で実施しているのですが、こちら B でやるとさらなる効果が出てくるのではないかと研究を進めているところです。

基本的にですが、教員に対するサポートですが、人生の若いときに非常にケアがあると、理学教育と学校とか、いろいろな親も含めてケアがある。そして、教員の卵は大学になるに従ってだんだんかける支援が下がってきて、現職教員になると実際にやられているけれども、仕事のバランスを考えていけば、どう考えても無理がある。そういうところでどういうふうなライフサイクルに応じた支援をとっていくか。

それから、理科と科学の関係。理科に対して現在求められているものがきちんと実現されているだろうか。理科が実際の科学技術と離れているのではないだろうか。そういうところについても検討を今後加えていくことを考えております。

これも科学技術と研究との関係について考えている図です。

最終的には実際に行った科学リテラシーが、理科や博物館の活動を通じて私たちの生活をより豊かにしていくことができると考えております。

かけ足になりましたが、以上です。

#### < 質疑応答 >

(会場) 私は東芝で、社内教育ボランティアという形で NPO 法人のリアルサイエンスさんと一緒に、出前授業という形で小学校に何回かお伺いしたことがあります。後は応用の救急救命の普及教育もやっています、そういう形で理科教育といろいろな形で密接に協力させていただいています。

その中で、今聞いていて、マニュアル教師を作るのではないかなということを危惧しました。失敗学というのでしょうか、マニュアルに書いてある順番どおりやれば成功できるという理科教師を作っていくのではないかな。逆に失敗をしたらどうなるかとか、そういうところについての配慮はどういうふうにお考えですか。今、学生さんが好きなのはどうか、小学校教員になろうとしている人が理科をやるというのは、生物、地学、化学、物理の順番だそうです。それは、実験がないとか、数学的な計算をしなくてもいいとか、そういう順番で簡単なものから選んでいるそうです。これは学会で話題になりました。そういうことで、すごくみんな危惧しています。エンジニアも危惧しています。そういうところの考えを教えてください。

(亀井) とても良い質問だと思います。最初の失敗についてですが、私は化学が専門なので、酵母を使った実験で必ず何人かの学生がかなり派手な失敗をするように仕込んであります。具体的に言うと、発酵させるときに内圧が高まるような実験を組み込んであります。酵母の内圧ですから大したことはないのですが、ただ、器具を不注意に扱くと、酵母のにおいが付いた液体を頭からかぶることができるという、そういうレベルの失敗を誘発するようなどころを何ステップか作ってあります。

そして、それを経験することによって、実験着や保護眼鏡の重要性が確認できるようなことを考えています。ただ、おっしゃられるとおり、それは用意された失敗ですので、実際の研究活動での失敗とはかなり意味合いが違ってきます。そういう意味で、本当に創造性のある理科の教師が育てられるのかということについては、もっとよく勉強していかなければいけないと思います。

それから、マニュアル教師のことについてですが、これは奥が深いところだと思います。これについては、日本も国で決めた学習指導要領がありまして、いつの時期にはどういうふうにと、そういう形で日本全国どこでも同じようにというのがこれまでの指導方法でした。最近になって、何回か前の学習指導要領の改正になって初めて、あなたたちの自由にやっつけていいのですよという形で生活科の時間や総合的な学習の時間ができてきたのですが、逆にそのことによって現場が混乱してしまって、自由にやっていたものにマニュアルが欲しいという問い合わせがたくさん来ています。それを変えるのは今回の取り組みだけではなかなか対応できないと思います。

シンポジウム 社会とつながる科学教育  
Science Education Connecting with Society

23 Nov. 2010

## 博物館と大学の連携による小学校 教員養成支援プログラム ～大学生の理科指導能力向上を通じた 科学リテラシーの涵養～

亀井修 永山俊介 渡辺千秋 高橋みどり  
国立科学博物館, 静岡科学館

Developing a Pre-service Science Training Program for Non-science Students - Using a Partnership between Science Museums and Colleges of Education  
Kamei Osamu, Chiaki Watanabe and et al., National Museum of Nature and Science, Tokyo



小学校教員養成課程を支援する科学技術体験プログラム実施システムの研究開発, 科学研究費補助金 基盤研究 (A) 課題番号 19300269 (研究代表者: 亀井修)

### 背景と目的

**思い**

- 国民の科学リテラシーの向上が必要
- 学校教育は重要(特に初等教育)
- 教員のはたす役割は大きい

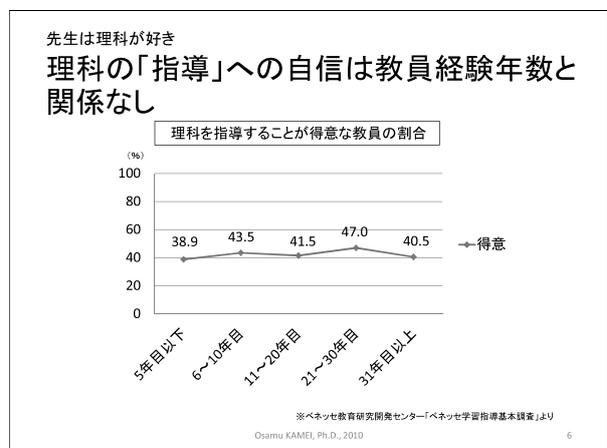
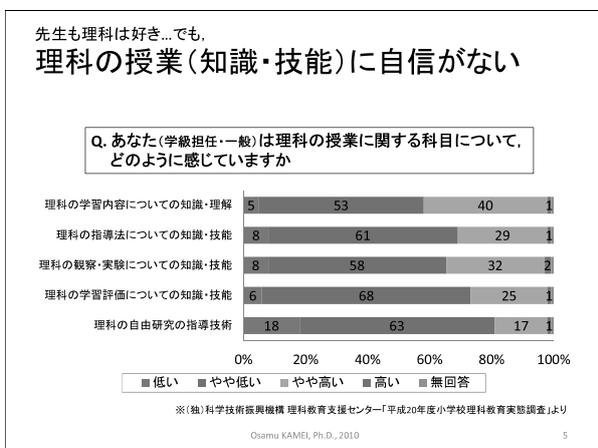
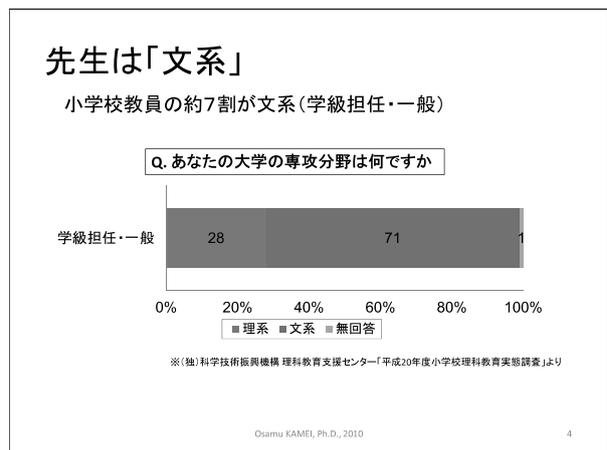
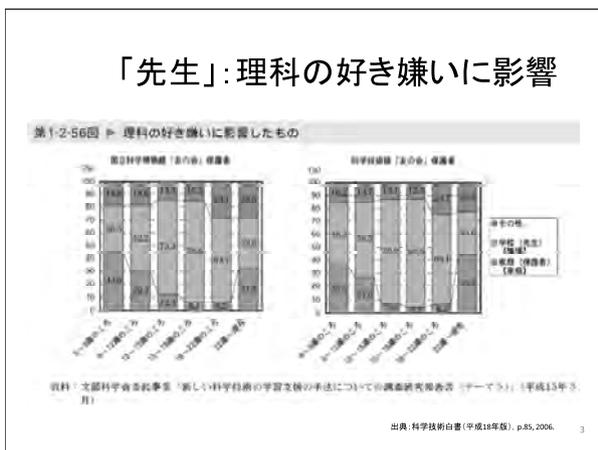
**なのに**

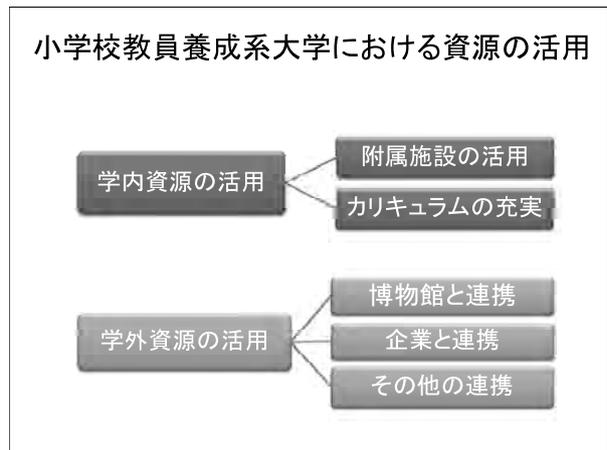
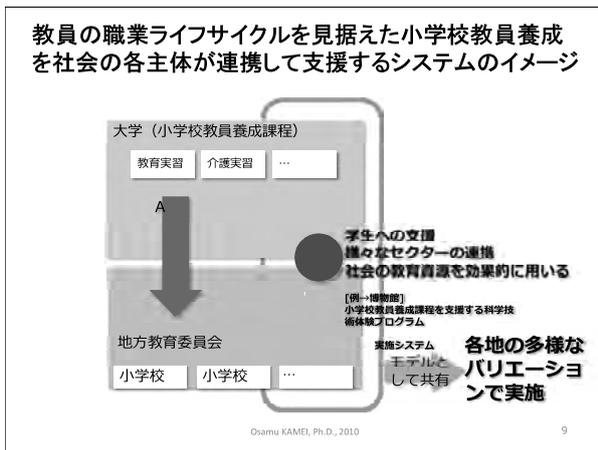
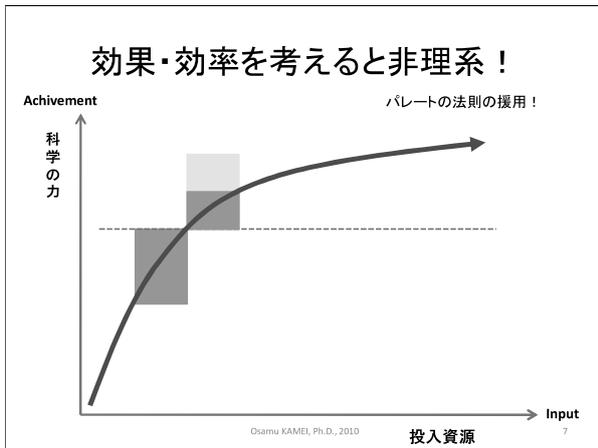
- 理科の指導に長けた教員が少ない (養成・採用・研修に...)
- 免許法では小学校教員養成課程での教科としての理科は必修ではない
- 大学で全教科を履修させない場合も...
- 実験・観察等を一度も履修しない教員も...

**だから**

- 複数の教育資源を組み合わせた相乗効果
- 教員になった後の継続的な学びを見据える
- 大学と博物館が連携して教員を育成するモデル・システムを開発・実施し, 将来的には普及し, 次世代の科学リテラシーの継続的な改善に資する

Osamu KAMEI, Ph.D., 2010





1. 科学系博物館が主体となって行った非理系学生対象の人材育成講座
2. 科学館の資源を活用した大学連携授業
3. 企業と連携して行う環境・エネルギー教育の教材開発講座

### 1. 小学校教員を目指す非理系学生を対象とした博物館による人材育成講座

【国立科学博物館】

- 科学系博物館による、科学リテラシー涵養活動の一環として開発
- 小学校教員養成課程大学、小学校各機関のメンバーからなる調査研究委員会により、基本コンセプトを設定
- 理科の基礎的な知識・技能の向上を目指すとともに、博物館の資源を生かした内容に配慮

Osamu KAMEI, Ph.D., 2010

## 博物館の活用・暮らしの中の理科

自然や社会に対して興味・関心を示し、継続的に自ら学ぶことができる人

↓

【学習資源を活用する能力を身につける】




- ・新学習指導要領について
- ・学校教育の理科と博物館
- ・授業に役立つ館内見学
- ・暮らしの中の「理科」について
- ・アイデアシートの作成

Copyright KAMEI, Ph.D., 2010 13

## 天体観測

自然界の不思議さに気づき、その感動を子どもたちに伝えられる人

↓

【体験活動を行い、それを表現し伝える能力を身につける】




- ・天体観測
- ・天体についての講義
- ・天体望遠鏡の使い方
- ・星座早見盤の使い方

Copyright KAMEI, Ph.D., 2010 14

## 実験基礎①～⑥

自信をもって、子どもたちに理科の指導ができる人

↓

【基礎的な理科の知識及び実験技能を身につける】




- ・酵母を使った実験【条件制御の考え方】
- ・植物のデンプンを調べる
- ・デンプンの消化実験
- ・身近なもの（紫キャベツ・赤タマネギなど）を使ってpH指示薬を作る
- ・試薬の調製（塩酸・硫酸・水酸化ナトリウム）
- ・実験器具の扱い方
- ・安全管理について「保護メガネの着用」

Copyright KAMEI, Ph.D., 2010 15

## 模擬授業の計画・準備・発表・検討

自然界の不思議さに気づき、その感動を子どもたちに伝えられる人

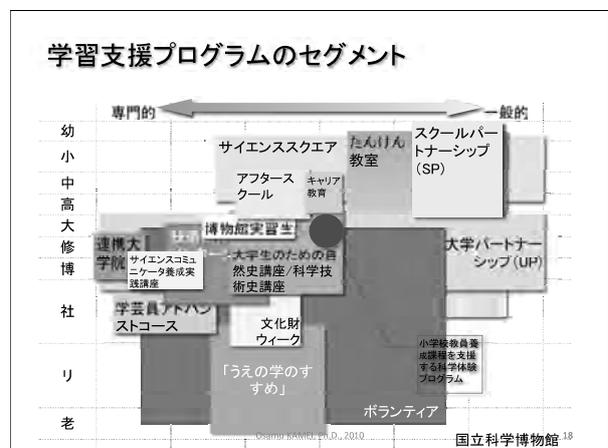
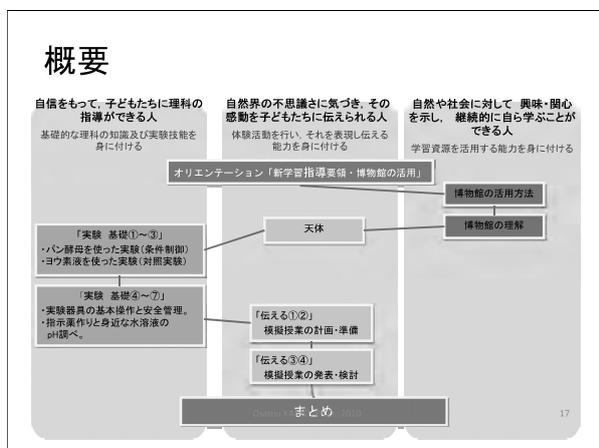
↓

【体験活動を行い、それを表現し伝える能力を身につける】




- ・指導案の作成
- ・模擬授業（1人あたり5分程度）
- 『教員のための博物館の日』に実施
- ・八嶋講師による講評
- ・模擬授業の振り返り
- ・現職小学校教員（昨年年度修了生）がアドバイザー

Copyright KAMEI, Ph.D., 2010 16



### 博物館と大学が連携した教員養成のリスクとベネフィット

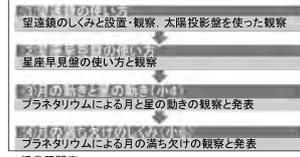
	ベネフィット	リスク
子どもたち	科学の専門家、あるいは、教員になるという若者から直に指導を受けることができる	特になし
学生	教育実践の場が得られる その領域の専門家の指導を受けられる 標本利用など博物館を活用するチャンネルを持てる	忙しさが増す 大学でできないか 就職先が外部の教育資源へのチャンネルを持っているべき
博物館	多様な人が集まる場となることができる	場・時間・人を準備しなければならない
大学	多様な指導の場を得ることができる	人と時間を用意しなければならない
社会	存在する教育資源の利活用 将来にわたってよい教育環境を得ることができる 教育のサイクルの実現(→つながる知の創造)	教育への重複投資 社会の全ての人について必ずしも直接的な見返りを受けるわけではない

※図表：高井雄、高橋みどり、森田真由美「連携型教育機関への参画～の役割」(The World Museum of Science and History, USGにおける取組みを中心として)、科学系博物館連携型教育事業に関する研究報告書(科学系博物館連携型教育事業報告書、1999年)→2007年度科学系博物館連携型教育事業報告書、2007年度科学系博物館連携型教育事業報告書、2008年度科学系博物館連携型教育事業報告書、2009年度科学系博物館連携型教育事業報告書、2010年度科学系博物館連携型教育事業報告書、2011年度科学系博物館連携型教育事業報告書、2012年度科学系博物館連携型教育事業報告書、2013年度科学系博物館連携型教育事業報告書、2014年度科学系博物館連携型教育事業報告書、2015年度科学系博物館連携型教育事業報告書、2016年度科学系博物館連携型教育事業報告書、2017年度科学系博物館連携型教育事業報告書、2018年度科学系博物館連携型教育事業報告書、2019年度科学系博物館連携型教育事業報告書、2020年度科学系博物館連携型教育事業報告書、2021年度科学系博物館連携型教育事業報告書、2022年度科学系博物館連携型教育事業報告書、2023年度科学系博物館連携型教育事業報告書、2024年度科学系博物館連携型教育事業報告書

### 2.科学館の資源を活用した天文分野の連携授業

—岩手大学+盛岡市子ども科学館—

- 岩手大学教育学部における理科基礎実験教育改善プロジェクト対象講座の一コマに位置づけ
- 近隣に位置する盛岡市子ども科学館と連携。プラネタリウムにおける職員の実施指導を含んだ、天文分野の授業を共同実施予定(本年11月)
- 対象は非理系学生を含む2年生約120名
- 大学教員と科学館職員双方の視点により、授業展開を検討

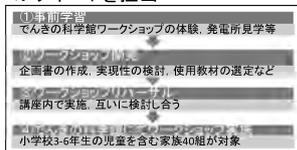


授業展開案

### 3.企業と連携して行う環境・エネルギー教育の教材開発講座

—愛知教育大学+中部電力(でんきの科学館)—

- 中部電力PR展示館における小学生向けワークショップを愛知教育大学生が企画・実施する半期必修の演習講座
- 理科専修3年生約20名を対象
- 単位取得対象の科目として位置づけ
- 大学は学生の指導と評価、企業は実践機会の提供、費用面でのサポートを担当

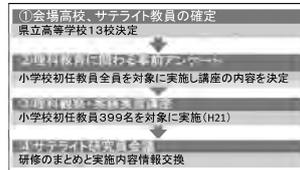


演習のながれ

ワークショップの体験

(参考)行政が対策を講じて実施している事例「理科観察・実験実習講座」-児童生徒の理科離れ対策事業-千葉県教育委員会

- 小学校初任教員に対して、理科観察・実験実習講座を実施 県内の小学校新規採用者全員を対象とする
- サテライト研究員制度の実施 小・中・高の理科教育のリーダーを継続的に養成し、初任研等の講座で講師を担う。
- 各地区の高校を会場に実施



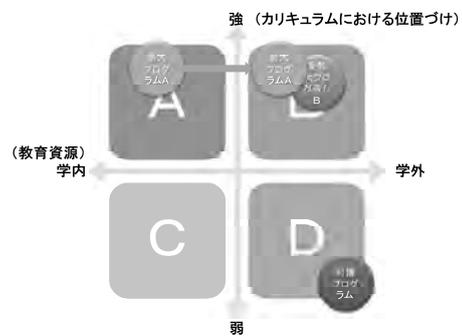
講座のながれ

理科観察・実験実習講座

### 大学と外部機関との連携における論点

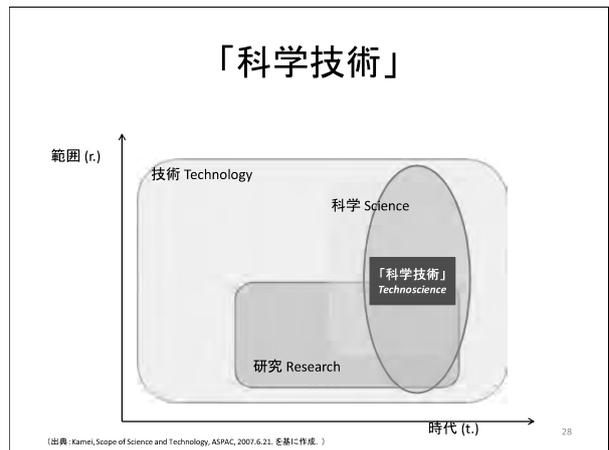
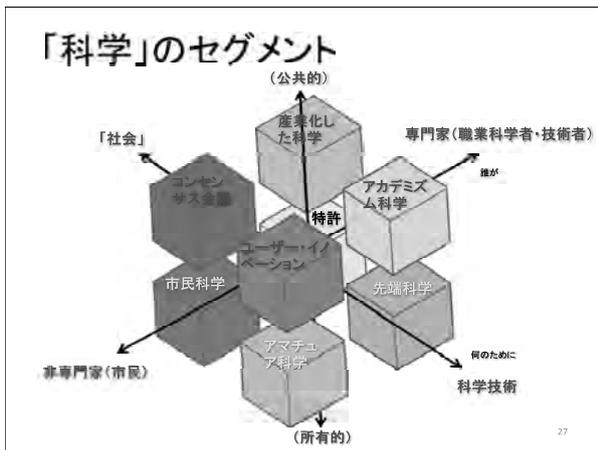
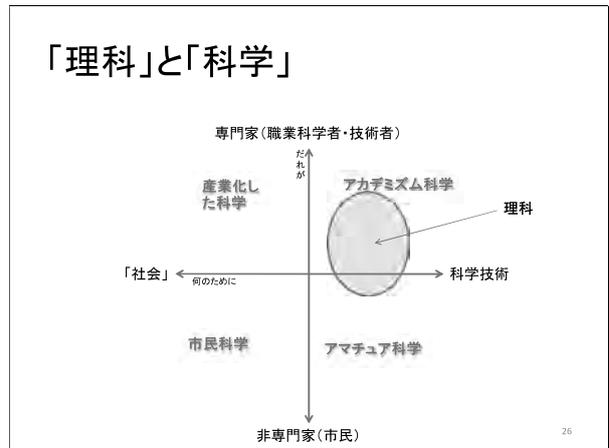
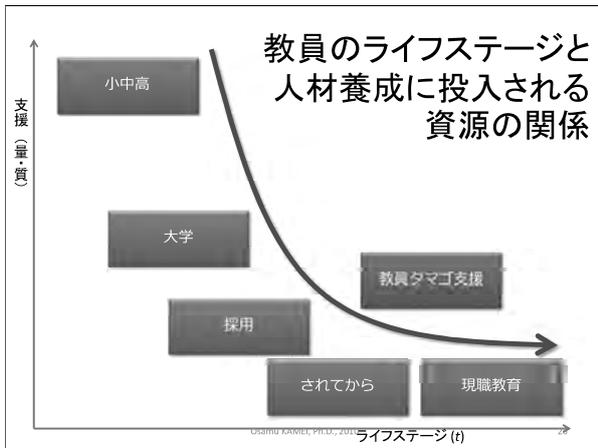
- 双方の機関のメリット、役割分担と負担感
- 大学・学部レベルでの理念の共有
- 段階的な連携関係の構築(外部とも理念を共有)
- カリキュラムにおける位置づけの強弱
- 教員のライフサイクルを意識した継続性

### 支援プログラムのセグメント



Osamu KAMEI, Ph.D., 2010

24



## パネルディスカッション

**Priscilla Gaff (Museum Victoria)**

**Marco Molinaro (CBST at UC Davis)**

**西條美紀 (東京工業大学留学生センター/イノベーションマネジメント研究科)**

**田代英俊 (日本科学技術振興財団・科学技術館)**

**亀井修 (国立科学博物館)**

**コーディネーター：小川義和 (国立科学博物館)**

---

(小川) このパネルディスカッションは、今までご発表いただいた皆さんにご参加いただくとともに、会場の皆さんにもご意見をいただいて進めたいと思います。

最初に、東京工業大学の西條先生から成人の科学リテラシーについての分析についてご発表いただきたいと思います。「科学技術リテラシーの実態調査と社会的活動傾向別の教育プログラムの開発」というタイトルで15分ほどプレゼンテーションをいただいて、それからパネルを展開したいと思います。

### ショートプレゼンテーション

**「科学技術リテラシーの実態調査と社会的活動傾向別の教育プログラムの開発」**

**西條美紀 (東京工業大学 留学生センター/イノベーションマネジメント研究科 教授)**

皆さん、こんにちは。あまり人数が減らなくて少しほっとしたのですが、私は科博のプログラムとはあまり関係がないお話をするのですが、JSTの研究開発プログラム「21世紀の科学技術リテラシー」ということで受託研究をいたしまして、成人のリテラシーをどのように調査するかということで受託研究を4年間、2006年から2009年までいたしました。その結果について話をしてほしいと言われましたので、今日はちょっとご紹介したいと思います。先ほど15分というお話があったのですが、少しはみ出してしまうかもしれませんが、お許しいただければと思います。

科学技術を巡る問題について、人々はどうコミュニケーションすればよいのかということですが、成人の科学技術に対する関心とか、コミュニケーションということを考えるときに、よく情報に対する視点、分かりやすさとか、発信という方に目を向けがちですが、重要なのは受け手がどう受けるか。コミュニケーションの基本は発信ではなくて受信にあつて、受ける方がその情報をどう受けるかということですので、対象によって分かりやすさは異なります。従って、対象に対する視点、どういう人たちがどういうリテラシーを持っているのかということを考えない限り、コミュニケーションは成立しないだろうと思いました。そのコミュニケーションが成立するための背景的なものとしてリテラシーをとらえて、では、リテラシーを把握してみようというのが私たちの受託研究です。

リテラシーに対する課題ですが、リテラシーとは何か、どうすべきかということには諸説あります。いろいろな定義があります。しかし、限定的な定義に従った調査しか行われていません。調査があつたとしても、「どうすべきか」というリテラシーの向上、特に成人の場合ですが、リテラシーの向上を見据えた調

査は非常に少ないと言えると思います。ですので、私たちは今日的リテラシーの定義と実態把握のための手法が必要と考え、そのような実態把握に基づいた科学技術コミュニケーション活動の設計を行いました。

では、まず科学技術リテラシーの考え方です。ちょっとヒストリカルトレースをしますと、シェーン、ミラーは必ず科学技術リテラシーの定義をするときに引き合いに出されるわけですが、科学技術リテラシーを実用的リテラシー、市民的リテラシー、文化的リテラシーと大きく3分類しています。よく日本人は科学技術リテラシーが低いという嘆きとともに伝えられるのが国際比較可能な用語・概念の理解や、手法・過程の理解です。よく知られている調査はこれのみを測定して科学技術リテラシーが高いとか低いとか言っています。しかし、リテラシーを巡っては他にもいろいろな考え方があります。これだけでいいのかということが、一つ今日的なリテラシーを考える大きな問題です。

Public Understanding of Science (PUS)、聞いたことがあると思います。これは基本的な考え方としては、理解すれば正しい判断をするようになるだろう、科学について理解する人が増えれば、科学について肯定的な評価をする人が増えるだろうという、いわゆる欠如モデル(90年代英国)というものに基づいています。しかし、90年代以降、様々な、この絵のように無理やりにも入れれば、欠如しているのだから入れて補えばいいということですが、これではなかなかうまくいかないということが各種統計によって明らかになりました。知識があっても科学に対してより懐疑的・反対的になる場合もあるということが言えるわけです。ですから、結論として、知識レベルだけの議論では不足しているということです。

ですので、今日的なリテラシーというのは、知識とか関心とか、こういうあるとか、ないとか、少ないとか、多いとかいうニアモデルではなくて、まして階層モデルではなくて、複合的な軸として科学技術に対するリテラシーを考えるべきだろう。科学技術以外の分野への興味とか、政治とか地域への参加傾向、実際の社会的判断・活動なども含めてリテラシーを考えるべきだろうということです。

私たちのモデルの元となったのは、Wellcome Trust と英国科学技術庁が行ったクラスターモデル調査です。ここでは8因子・6クラスターに分類しています。ただし、ここではリテラシーを向上させるプログラムの検討は行っていませんし、実際にそれぞれのクラスターの人たちがどのような活動をするのかというフィールドワークも行っていません。

私たちはこのようにリテラシーを定義して、科学的基礎知識と手法を、科学技術を含む社会に対する関心と態度に結び付けて、科学技術に関する話題について社会的に判断し行動する能力。このような三角形の形をしているものを科学技術リテラシーと考えています。

そのように定義すると、マクロレベルの大規模な質問紙調査だけでは足りないということが分かります。しかし、これをしないと全てのレベルを解釈することができません。これが基本的な調査になります。も

もちろんこういう調査をする利点は、一般化された量的なデータが出るということです。しかし、欠点は、個別の解決策に結び付きにくいということです。

メゾレベルというのは、各会社とか、各コミュニティとか、各クラブ活動とか、博物館とか、そういった属性、あるいは興味・関心に従ったグループレベルをメゾレベルと呼んでいます。こういうところを調査するのは、実際のコミュニケーションの場での行動を把握できるということがあります。しかし、マクロレベルなしにメゾレベルだけをして、分析結果を解釈できないという欠点があります。

マイクロレベルというのは個人調査です。個別に質問紙やインタビューに答えてもらう。対象が非常に明確だという利点がありますが、もちろん一般化できないという欠点がありますし、リテラシーというものが果たして個人のものか、誰が学ぶのかという問題もありますが、そのような根本的な問題を含んでいます。

私たちの調査では、マクロ、メゾ、マイクロ、全てのレベルの調査をしておりますが、マクロレベルが基礎的な調査ですので、今回はこの調査を中心にお話します。

研究の概要ですが、全国質問紙調査はインターネット調査と、これはモニター調査ですが、後は無作為抽出による郵送調査をしています。これが統計学的手法による科学技術リテラシーを抽出する基本調査です。もう一つは、地域調査をこの地域でやっており、それぞれのリテラシーの人の行動調査をしています。これは複数のフィールドで実施しています。この二つの手法を組み合わせる科学技術リテラシーの実態を把握し、リテラシー向上プログラムを開発しました。

まず全国質問紙調査ですが、先ほど言ったように、大きく分けてインターネット調査と郵送調査をしています。郵送調査は2008年に行い、全国20か所、200名、計4000名に郵送で依頼して、1286票を回収しています。これは選挙人名簿に基づいて各自治体において無作為抽出、中央調査社が調査したのですが、そのような形でやっております。非常に苦労しましたが、1286票を回収しました。インターネット調査はモニター調査で1019票を回収し、さらに小学校教員調査をして411票を回収しております。

複数の要素からなる構造としてリテラシーをとらえようということで、回答パターンを因子分析・相関分析して、リテラシー内構造を明らかにしています。リテラシー内構造というのは、どのような要素があって、どのように関連しているのかということです。もう一つ、リテラシー間構造を明らかにするための人々をタイプ別にとらえるというクラスター分析をしています。どのような特徴と規模を持った人がどのようなクラスターを形成するのかという調査です。この二つのアスペクトでマクロ調査をしております。

質問紙はこのような形になっており、興味分野、もちろん科学技術だけではなくて、広くいろいろ聞いています。あとは自己の関心・態度、科学技術と社会に対する評価、科学知識問題、科学的思考法・社会的判断12問、属性7問という形で行っています。しつこいようですが、科学知識問題でよく国際比較される13問を、私たちが狭義の科学技術リテラシー問題として使っています。

多分、ご興味がおありになると思うので示しますと、ネット調査、教員調査の方がやや郵送調査よりも正解率が高いという形になっておりますが、郵送調査と2001年にNISTEPが行った調査はほぼ同じような形になっています。グラフにしますとこんな感じです。インターネット調査の方が知識レベルはやや高いという傾向があります。

質問紙ですが、私たちが因子分析にかけたのは、Q1～Q3を広義のリテラシーといっています。それと知識問題との相関を見たり、Q5との相関を見たりして調査をしています。

Q1～Q3の65項目を因子分析して、三つの因子を抽出しました。一つが科学因子、科学技術への関心、科学的思考や機器操作等に関する因子です。一つは社会因子、社会的な分野への関心や参加意識に関する因子です。科学重視因子は、科学の評価に対する因子です。信頼できるとか、いいものとかいいうことです。郵送調査とインターネット調査は因子の出方が少し違いました。この辺についてはあまり説明しません。

3因子および知識量の関係ですが、面白いことに、知識得点と科学重視因子には正の相関はありませんでした。「おお」とおっしゃいましたが、知識量が多くても科学に対する価値意識を持つとは限りません。これはユーロバロメーターの結果とも一致しておりますし、Wellcome Trustの結果とも一致しております。ただ、インドで行った結果とは一致しておらず、発展途上にある国においては、知識量と科学の価値はパラレルな関係にあるという発表も聞いたことがあります。

社会因子は科学重視因子とのみ正の相関を持っていました。ですから、科学に対する直接的興味や欲求は低くても、社会的な意識が高ければ、ある程度科学を大事と思うという弱い相関ですが、相関はあったということです。ですので、相関のある因子を結び付けたプログラムを作った方がいいのではないかと考えました。

では、どのような人がどんなクラスターに入るのかということですが、男女差も結構あり、人数もいろいろでした。3因子・4クラスターモデルを作りました。少しご紹介すると、クラスター1は全方位タイプで、全部の因子が高く出ています。ですが、これが理想的なクラスターかという、「超能力のような超自然現象は存在するか」という質問に対して、「そう思う」と答える人が4クラスター中最高で、興味の幅が広いというか、全てに対して積極的といえると思います。

クラスター2は科学だけに対して積極的な人々です。科学因子は高い、社会因子はやや低い、科学重視因子は中程度、知識得点はもちろん高い。顕著な特徴として、男性が7割を占める、若い層が多い。クラスター1に比べると、超能力設問において「そう思う」は14%です。これは科学好きタイプというタイプで、東工大生が典型的です。

社会重視因子はクラスター3、一番人数の多いクラスターです。科学因子はやや低い、科学は少し

苦手という意識を持っていますが、社会因子はやや高い。科学重視因子は中程度、知識得点も中程度で、7割を女性が占めます。科学嫌いかという、必ずしもそうではなくて、苦手なのです。科学的思考や作業が苦手と答えますが、科学についてもっと知りたいと答える人も多いという結果です。

クラスター4は無関心タイプ、全部の因子が低く出たクラスターで、割と若い人に多いという特徴があります。ただ、何にも興味がないというのではなくて、本調査の質問紙では関心の方向をつかめなかったと解釈するべきかと思っております。

先ほど言ったように非常に膨大な数の質問をしていますので、これを全部メゾレベル、いわゆる属性レベルで調査することはできません。ですので、簡易版の質問紙調査を作成しました。属性の明らかな小集団、さっき言ったメゾレベルで実施してクラスターの実質を把握する。イベント等での参加者評価への応用もできるということを考えて、10問でクラスタリングできるものを作りました。これはウェブで公開しておりますので、ご興味があれば、自分が何型か判断していただきたいと思います。

情報提供までに申し上げますと、クラスターはこのように郵送調査ではばらばらに出ています。全てのクラスターがあるわけです。小学校教員も全てのクラスターがあります。掛川市でやった環境シンポジウムでも全て出ています。しかし、一般向けの科学イベントでは、クラスター1とクラスター2に非常に偏っています。いわゆる一般向けではないということが言えたのではないかと思います。大変興味深い結果です。

これをどういうふうに解釈するかについてフィールド調査が必要で、佐渡ではトキの放鳥をしています。そういう社会的な問題と自然科学がかかわる分野の問題をどのように皆さんがとらえているかという調査をしました。もちろんこれはクラスター2です。小学校近隣はクラスター3、広島市は、広島は原爆投下都市ですので、科学技術と市民の間が乖離しないようにということで、科学技術市民カウンセラーという活動をしていらっしゃいます。ここの人たちはほとんどがクラスター1と2だったのですが、どのようにそのような活動をオーガナイズしているかという調査をしました。掛川市は全ての人が興味を持つ環境問題について調査をしています。この話をしているととても終わらないので、このお話はしません。

リテラシー向上プログラムですが、私たちの目的は全部をクラスター1に持っていくということではなくて、この違いを受け入れた上で、各クラスターが乖離しないようにするための、協働を通じた相互でリテラシーを向上させるプログラムを考えています。総体としてのリテラシー向上を考えているということです。

クラスター別プログラムは、先ほど言ったような佐渡や広島ではオーガナイザーとしてどういうふうスキルを磨くか。クラスター2では理系のことに興味があるわけですが、いわゆる生活重視の人たちとコミュニケーションするためのサイエンスカフェのあり方を考える。クラスター3は、小学校で理科を教えてい

るわけなので、この人たちは理科について必要があるわけですが、そういうことの技術をどう学ぶかということをしました。クラスター4は環境を通じた地域コミュニティという問題について取り組んでいます。それぞれプレゼン資料に書いてありますのでご覧ください。

それぞれについて全て論文を書いておりますので、詳細についてご覧になりたい方はぜひ論文をお読みいただきたいと思います。以上です。

科学技術振興機構 社会技術研究開発センター  
 研究領域「科学技術と人間」  
 研究開発プログラム「21世紀の科学技術リテラシー」

## 科学技術リテラシーの実態調査と 社会的活動傾向別 教育プログラムの開発

# Scientific Literacy

東京工業大学 RISTEX  
 科学技術リテラシー  
 プロジェクト

代表 西條美紀  
 東京工業大学  
 留学生センター/イノベーションマネジメント研究科 教授

1

科学技術リテラシーと  
 科学技術コミュニケーション

科学技術をめぐる問題について、  
 人々はどのようにコミュニケーションすればよいのか？

- 情報に対する視点＝リテラシー
  - 「わかりやすく」や「発信」について目を向けがちだが…
- 対象に対する視点＝リテラシー
  - 対象によって「わかりやすさ」は異なる。受信も必要

コミュニケーションのためには  
 リテラシーの把握が必要不可欠

2

科学技術リテラシーに関する課題

リテラシーとは何か？ どうすべきか？

- 「何か」についてはいくつもの定義があり、質問紙調査もおこなわれているが…
  - 限定的な定義にしたがった調査しか行われていない
  - 「どうすべきか」リテラシーの向上を見すえた調査は少ない
- 今日のリテラシーの定義と実態把握のための手法が必要
  - 科学技術コミュニケーション活動の設計へ

3

## 科学技術リテラシーの 考え方

Scientific Literacy



4

Shen (1975), Miller (1983) による  
 科学技術リテラシーの定義

- 実用的リテラシー Practical Sci. Literacy
  - その場その場で役に立つ具体的知識・技能
  - 「ローカル知」
- 市民的リテラシー Civic Sci. Literacy
  - 1. 用語・概念の理解 → よく知られている調査はこれのみを測定 (国際比較のため)
  - 2. 手法・過程の理解
  - 3. 個人と社会におよぼす影響の理解
- 文化的リテラシー Cultural Sci. Literacy
  - 知的たしなみとしての科学

5

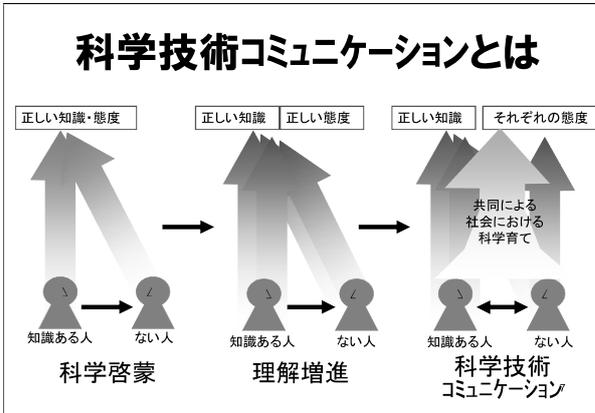
## 理解・受容から関与へ

- PUS** Public Understanding of Science
  - 科学や技術に対する「理解増進」を求める
    - 「ご理解いただけなかった…」
    - 理解されれば、受け入れるだろう⇒理解⇌受容
  - 欠如モデル (90年代英国)
    - 正しい知識を補えば正しい判断をする
- PES** Public Engagement of Science
  - 市民としての関与を求める
    - 社会調査等による欠如モデルの否定
    - 知識があってもより懐疑的・反対的になる場合もある

《知識レベルだけの議論では不足》



6



### 今日的リテラシーの考え方

- 知識や関心の有無のような単一の軸ではない
  - 「持つべき」知識・関心を補うプログラムにしか結びつかない
- 複数の軸で把握する
  - 科学技術以外の分野への興味
  - 地域や政治への参加傾向
  - 実際の社会的判断・活動など

リニアモデル      階層モデル      クラスターモデル(8因子・6クラスター)  
英国科学技術庁, Wellcome Trust (2000)

### 本研究におけるリテラシーの定義

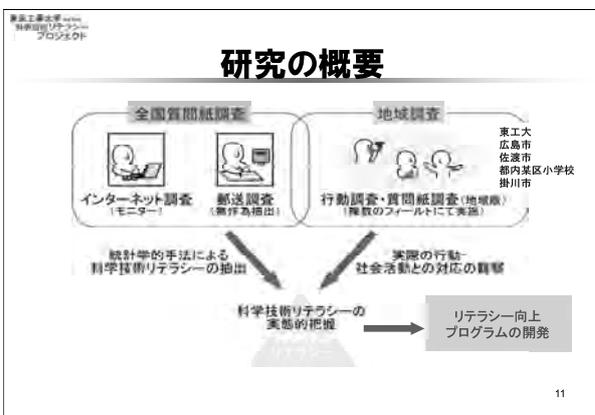
科学的基礎知識と手法を、  
科学技術を含む社会に対する関心と態度に結びつけ、  
科学技術に関する話題について  
社会的に判断し行動する能力

※ 「関心・態度」は科学に対する肯定的な「関心・態度」を指していない  
※ 成人が対象

### リテラシーをどう調査するか？

- マクロレベル**
  - 大規模質問紙調査・分析
  - ランダムに選ばれた多数の人に共通の質問に答えてもらう
  - 利点: 一般化された量的なデータ
  - 欠点: 個別の解決策に結びつきにくい
- メゾレベル**
  - 談話分析
  - 特定のテーマについての話し合いを質的に分析
  - 利点: 実際のコミュニケーションの場での行動を分析
  - 欠点: このレベルだけを分析しても結果を解釈できない
- ミクロレベル**
  - 個人調査
  - 個別に質問紙やインタビューに答えてもらう
  - 利点: 対象が明確
  - 欠点: 一般化できない

《リテラシーは個人のものか?》



### 全国質問紙調査

## Scientific Literacy

### マクロレベル調査の手法

- 日本人一般のリテラシーを量的にとらえる
  - 無作為抽出による日本全国規模の質問紙調査
    - 2008年3月18日~4月7日実施(中央調査社に委託)
    - 全国20か所 各200名 計4000名に郵送で依頼。1286票を回収
  - 他に比較としてインターネット調査(1019票)と小学校教員調査(41票)を実施
- 複数の要素からなる構造としてとらえる
  - 回答パターンを因子分析・相関分析=リテラシー内構造
- タイプ(クラスター)別にとらえる
  - クラスター分析で回答者进行分类=リテラシー内構造

### 質問紙の概要

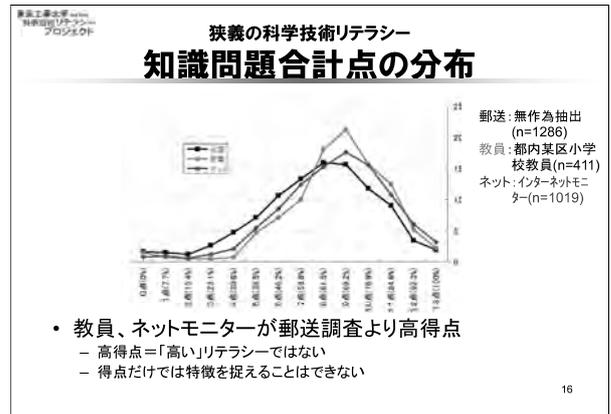
- Q1 興味分野: 15問 (Q1-3は4段階評定法)
  - 例) 健康/教育/芸能/スポーツ/科学的発見/新技術開発/政治...
- Q2 自己の態度・関心: 35問
  - 例) ものづくりが好きだ
- Q3 科学技術と社会に対する評価: 15問
  - 例) 科学技術に関する理解は日常生活に役立つ
- Q4 科学知識問題: 13問 (3択法)
  - 例) 抗生物質は細菌だけでなくウイルスにも効く
- Q5 科学的思考法・社会的判断: 12問
  - 例) 音楽を聴かせた酒はおいしいと聞きました。この話についてどう考えますか (5段階択法)
- Q6 属性: 7問 (多岐選択法)
  - 年代・性別・職業・学歴・理系文系・年収・居住地

※同じ質問項目からなる調査をインターネットモニターと都内某区小学校教員に対して実施

「狭義の科学技術リテラシー」  
これまで世界中で行われてきた問題と共通の12問を含むため、従来調査との大まかな比較に使うことが可能

### 狭義の科学技術リテラシー 科学知識問題の正答率

問題	郵送調査	小学校教員	ネット調査	NISTEP 2001	Euro B. 2005
1. 地球の中心部は非常に高温である	82.0%	91.2%	87.7%	77%	86%
2. すべての放射線物質は人工的につくられたものである	73.8%	78.6%	83.2%	56%	59%
3. 我々が呼吸に使っている酸素は植物から作られたものである	61.7%	66.4%	66.1%	67%	82%
4. 赤ちゃんが男の子か女の子になるのを決めるのは父親の遺伝子である (* Eurobarometerでは「母親の遺伝子である」)	32.6%	43.6%	36.1%	25%	64%*
5. レーザーは音波を集中することで得られる	29.6%	28.5%	37.5%	28%	47%
6. 電子は原子より小さい	32.3%	46.5%	43.7%	30%	46%
7. 抗生物質は細菌だけでなくウイルスも殺す	27.9%	29.0%	30.2%	23%	46%
8. 宇宙は巨大な爆発によってはじまった	66.4%	76.9%	77.7%	63%	
9. 大陸は何万年もかけて移動しており、これからも移動するだろう	86.7%	93.2%	91.9%	83%	87%
10. 現在の人類は原始的な動物種から進化したものである	75.0%	77.4%	78.3%	78%	70%
11. ごく初期の人類は恐竜と同時代に生きていた	43.7%	61.1%	39.3%	40%	66%
12. 放射線で汚染された牛乳は湯煎させれば安全である	84.2%	86.1%	90.3%	84%	75%
13. 植物などの自然由来物質は安全で、合成化学物質はみな危険である	75.9%	79.6%	81.1%		75%



### 質問紙の概要

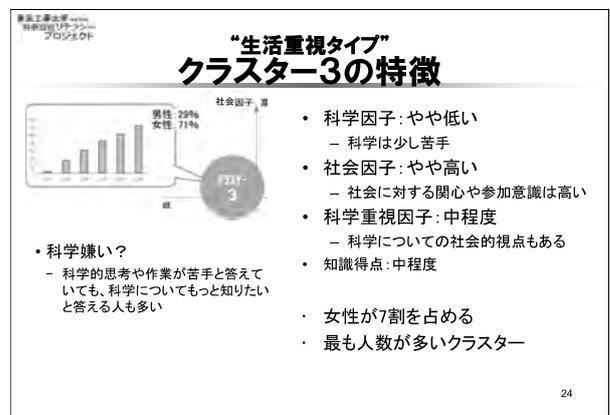
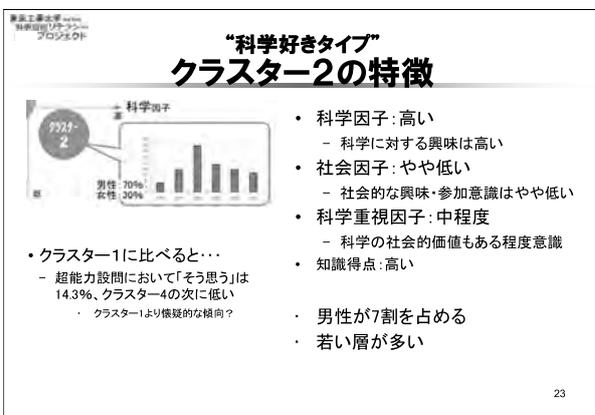
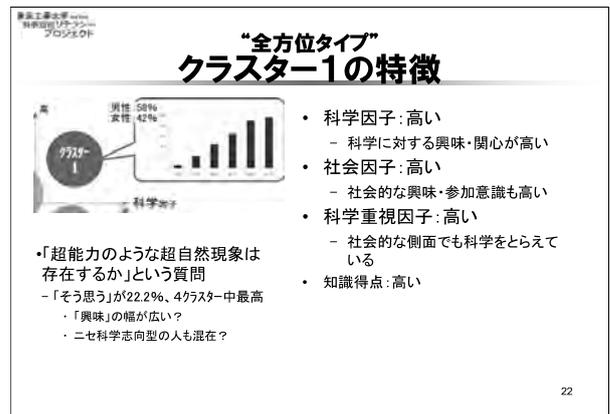
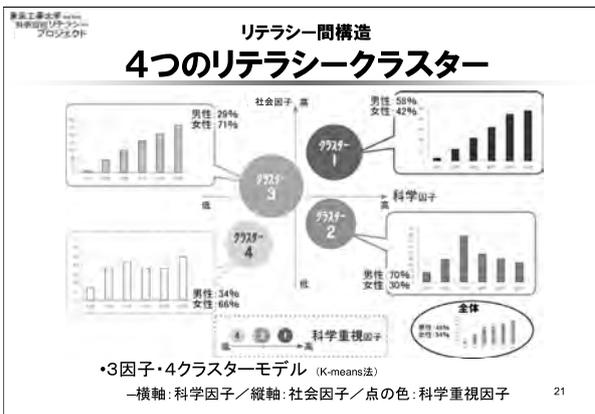
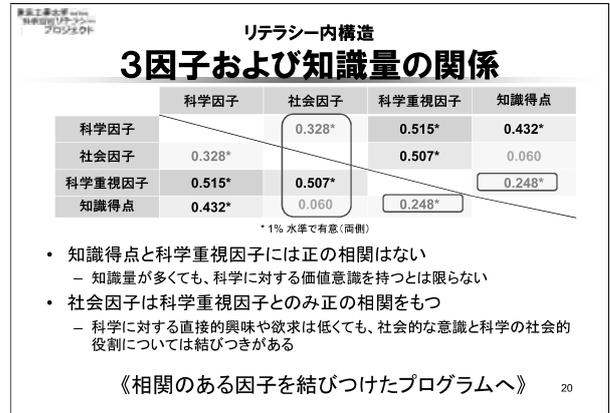
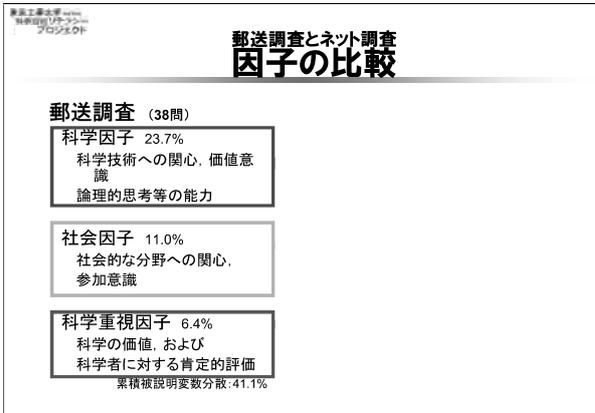
- Q1 興味分野: 15問 (Q1-3は4段階評定法)
  - 例) 健康/教育/芸能/スポーツ/科学的発見/新技術開発/政治...
- Q2 自己の態度・関心: 35問
  - 例) ものづくりが好きだ
- Q3 科学技術と社会に対する評価: 15問
  - 例) 科学技術に関する理解は日常生活に役立つ
- Q4 科学知識問題: 13問 (3択法)
  - 例) 抗生物質は細菌だけでなくウイルスにも効く
- Q5 科学的思考法・社会的判断: 12問
  - 例) 音楽を聴かせた酒はおいしいと聞きました。この話についてどう考えますか (5段階択法)
- Q6 属性: 7問 (多岐選択法)
  - 年代・性別・職業・学歴・理系文系・年収・居住地

広義の科学技術リテラシー  
これらの設問で、リテラシーをタイプ別にとらえる

日本人一般のリテラシーを把握するため、無作為抽出による郵送調査のデータを用いた

### 3つのリテラシー因子

- Q1~3の65項目を因子分析 (最大法: 70%以上、共通性: 0.22以上、因子付加重: 0.3以上、Kaiser-Meyer-Olkin: 0.89)
  - 38問から回答の要因(リテラシー因子)を抽出
- 科学因子 (被説明変数分散: 23.6%)
  - 科学技術への関心、科学的思考や機器操作等に関する因子
    - 科学技術についての知識は豊かなほうだ
    - もの共通点を捉えるのが得意だ
    - 科学技術についてもっと知りたい
- 社会因子 (被説明変数分散: 11.8%)
  - 社会的な分野への関心や、参加意識に関する因子
    - 地球社会の分野に興味がある
    - 同・福祉、文化、経済の分野に興味がある
- 科学重視因子 (被説明変数分散: 6.3%)
  - 科学的社会的・個人的価値に対する意識、信頼感に関する因子
    - 科学的な発見や新技術の開発は社会や人間を豊かにする
    - 社会の中に科学的な考え方が浸透するとい
    - 科学技術に関する理解は日常生活に役立つ



### “無関心タイプ” クラスター4の特徴

- 科学因子: 低い
  - 科学への関心は低い
- 社会因子: 低い
  - 社会的関心や参加意識も低い
- 科学重視因子: 低い
  - 科学の社会的価値についても関心がやすい
- 知識得点: 低い

・何にも興味がないクラスター？  
本調査の質問紙では関心の方向がつかめなかっただけであり、全てに無関心というわけではない。

25

## 簡易版質問紙調査

# Scientific Literacy

26

### 大規模な質問紙調査の問題点

- クラスターの実質がやや不明瞭
  - 実際にどのような人がどのクラスターに入るのか？
- 質問項目数が多すぎる
  - 短時間ですぐに回答できないため、応用がきかない
- 簡易版質問紙の作成
  - 属性の明らかな小集団に実施し、クラスターの実質を把握
  - イベント等での参加者評価等への応用
    - 談話分析による発話機能分析とあわせて、実際のコミュニケーション方法とリテラシークラスターの関連を分析

27

### 簡易版質問紙

- 10問でクラスターリング (ステップワイズ法による重回帰分析、R<sup>2</sup>値0.8以上10問のモデルを採用)
  - クラスター一致率は90%以上 (クラスター1: 92.4%, 2: 90.9%, 3: 93.6%, 4: 94.9%)

科学技術についての知識は豊かなほうだ  
ものの共通点を捉えるのが得意だ  
科学技術についてもっと知りたい  
地域社会の分野に興味がある  
福祉の分野に興味がある  
文化の分野に興味がある  
経済の分野に興味がある  
科学的な発見や新技術の開発は社会や人間を豊かにする  
社会の中に科学的な考え方が浸透するとよい  
科学技術に関する理解は日常生活に役立つ

Webで公開  
<http://www.ci.titech.ac.jp/literacy/cgi-bin/forSciencesAgora2008/>

28

### イベント別のクラスター構成

どのようなプログラムにどのクラスターが参加したか  
— 評価、  
— 設計に活用

29

## フィールド調査

# Scientific Literacy

30

### フィールド調査の場所とテーマ

- ・ 佐渡島
  - 環境省地球環境研究総合推進費「トキの野生復帰のための持続可能な自然再生計画の立案とその社会的手続き」
  - » 研究者による地域との対話・メディア活用
- ・ 東京工業大学
  - 大学院総合科目「科学技術コミュニケーション論」
  - » 学生間の協働による企画運営を通じたリテラシー基礎教育
- ・ 東工大近隣小学校
  - 「理化教育高度化ワーキンググループ」
  - » 大学生・研究者教育を兼ねた地域理科教育支援
- ・ 広島市
  - 「広島市科学技術市民カウンセラー」
  - » モラティブと行政の協働による対話活動の活性化
- ・ 掛川市
  - 地域における太陽光発電システムの導入
  - » 地域コミュニティ創出、大学との協働による新技術創出



31

## リテラシー向上プログラム

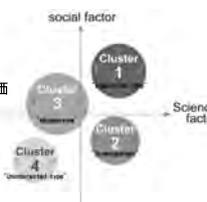
### Scientific Literacy



32

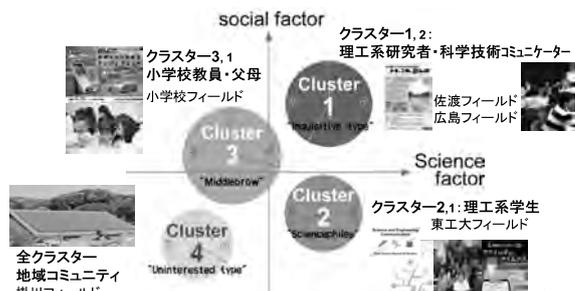
### リテラシー向上のためのコミュニケーションプログラム

- ・ リテラシークラスター
  - ・ 対象別コミュニケーション戦略のためのモデル
  - だが、だれを対象とするのか
  - ・ プログラムにどのような人が参加したのかの評価
- ・ 各クラスターが乖離しないようにするための、協働を通じた相互のリテラシー向上プログラム
  - ・ 特定のクラスターに収斂させることを目的としない
  - ・ 総体としてのリテラシー向上、ニーズに即したリテラシー向上



33

### クラスター別プログラムの実施



- ・ クラスター1, 2: 理工系研究者・科学技術コミュニケーター
- ・ クラスター3, 1: 小学校教員・父母、小学校フィールド
- ・ クラスター2, 1: 理工系学生、東工大フィールド
- ・ 佐渡フィールド、広島フィールド
- ・ 全クラスター地域コミュニティ、掛川フィールド

34

### クラスター1向けプログラム

- ・ 佐渡フィールド「トキカフェ」/広島フィールド「サイエンスカフェひろしま」
  - 理工系研究者・コミュニケーター⇆クラスター1向け支援
    - » 各因子の深化、クラスター2、3とのコミュニケーション
  - 社会のニーズ把握
    - » 聞き取り調査、質問紙調査
  - 発信活動の主催
    - » プロジェクト管理、メディアリテラシー、話し合い設計
  - 持続的活動
    - » 自己評価による本業との両立、人材育成—クラスター2、3の参加



35

### クラスター2向けプログラム

- ・ 東工大フィールド「科学技術コミュニケーション論」
  - 理工系学生⇆クラスター2向け講義
    - » 社会因子の向上、クラスター3、1とのコミュニケーション
  - 基礎教養
    - » コミュニケーション理論、倫理、科学史、メディア論、科学技術政策、知的財産、美術・芸術論
  - 基礎スキル
    - » サイエンスライティング、インタビュー、話し合い設計、社会人基礎スキル
  - 実践
    - » クラスター3を意識したブックレット作成、サイエンスカフェ企画・運営
    - » クラスター1のメディア、政策機関、科学NPOへのインターンシップ



36

東京工業大学 特別連携プログラム プロジェクト

## クラスター3向けプログラム

- ・ 小学校フィールド「初等理科教育高度化ワーキンググループ」
  - 小学校教員、父母 ⇨ クラスター3向けプログラム
    - » 科学因子の向上、クラスター1, 2, 3とのコミュニケーション
  - ・ 実態把握のために質問紙調査を実施
    - » 科学技術リテラシーと理科教育・大学連携に関する質問項目
- 小学校教育への支援
  - » 生活科・理科授業研究の支援を通じた大学とのコミュニケーション促進
  - » 大学院講義との連携 - 学生と学校教員の資源・要望のマッチング
- 地域との連携
  - » 親子実験教室の実施 - 保護者の関与の向上によるクラスター4との間接的コミュニケーション



37

東京工業大学 特別連携プログラム プロジェクト

## 全クラスター向けプログラム

- ・ 掛川フィールド「太陽光発電によるコミュニティ創出」
  - 事業参加市民 ⇨ 全クラスター向け地域活動
    - » クラスターがばらばらにならずに目的に向かう
  - 組織づくり
    - » 市役所、業者、市民等各ステークホルダーをてグリーンコミュニティを創出
    - » 太陽光発電自己診断システムをツールとしたコミュニティづくり、およびコミュニティと大学による上記システムの開発



38

東京工業大学 特別連携プログラム プロジェクト

## 参考文献

川本思心, 浅羽雅晴, 大石麻美, 武山智博, 関島恒夫, 鳥谷幸宏, 西條美紀  
トキ野生復帰に関するサイエンスカフェの企画・準備・実施の記録と分析—理系研究者による対話活動を支援するための手法の検討  
*科学技術コミュニケーション* 5 pp. 19-40 (2009.3)

西條美紀, 川本思心  
社会関与を可能にする科学技術リテラシー—質問紙の分析と教育プログラムの実施を通して—(招待論文)  
*科学教育研究* 32(4) pp. 378-391 (2008.12)

川本思心, 中山美, 西條美紀  
特定学術・教育組織構成員の科学技術リテラシークラスターの所属傾向  
*第7回科学技術社会学会予稿集* pp.80-81 (2008.11)

川本思心, 中山美, 西條美紀  
科学技術リテラシークラスター推定に有効な質問項目の検討—少項目による多様なリテラシーの把握—  
*日本心理学会第72回大会 予稿集* p.152 (2008.9)

西條美紀, 川本思心, 野原佳代子  
非母語話者学生はいつ、どのように、何がきっかけで「ラディカルな探究」をするようになるのか—大学院総合科目におけるサイエンスカフェ 実習の記録分析—  
*日本語教育学会 第6回実践研究フォーラム 予稿集* pp.85-89 (2008.8)

川本思心, 中山美, 西條美紀  
科学技術リテラシーをどうとらえるか—リテラシークラスター別教育プログラム提案のための質問紙調査  
*科学技術コミュニケーション* 3 pp.40-60 (2008.3)

39

## <ディスカッション>

(小川) ありがとうございます。質問はパネルの中でお受けしたいと思います。皆さんにはそれぞれ発表していただきましてありがとうございます。今日のテーマは科学リテラシーの涵養ということと、人材養成というテーマでご発表いただきました。最後は、西條先生から科学リテラシーを考えるに当たって相手がどういう人なのかを知る上での一つの手段としてのクラスター分析の話がされたと思います。

最初は、パネラー同士でお互いにご質問があればお受けしたいなと思っております。どうでしょうか、最初に田代さん、どなたかに質問していただいて答えていただくという形で進めたいと思います。

(田代) 最初にマイクを持たされましたので、質問をさせていただきたいと思います。今日のディスカッションは非常に面白かったです。せっかくなので、マルコさんとプリシラさんに質問させていただきたいと思います。

まず、プリシラさんに質問なのですが、非常にユニークなプログラム開発をされたのですが、評価、エバリュエーションのところで、例えば科学に対する興味をもともと持っている人がアクティベートされたのか、それとも、そうでない人がアクティベートされたのか、この辺を調べられたかどうか、もし調べられていたらお話しいただければと思います。なぜなら、科学にもともと興味を持っている人は博物館に来ると、何も言わなくても勉強してくれるという傾向があります。あえてプログラムを提供して、よりアクティベートされるのか、それとも関心のない層が逆にうまくアクティベートしてくれたのか、これは大変重要なことだと思うからです。

もう一つがマルコさんに質問なのですが、教員向けにカリキュラム開発をされているのですが、この教員の人たちは、自分自身のスキルアップのために当然来ている部分もあるかと思うのですが、一方で学校の生徒たちに対してはどのような教育をしたいと思って来ているのかというのがいまひとつよく分からなかったのです。例えば、日本の高校の先生たちでこういうカリキュラムを提供したとしたら、恐らく医学部に進学するような生徒たちをたくさん抱えているような高校の先生たちがもしかすると来るかなと思ったのです。

私は前に、高校教員向けの DNA 組み換えに関する実験講座にちょっと参加させていただいたことがあるのですが、明らかに先生たちは医学部に行く子たちを抱えていて、そういう意味では、非常に目的意識が明確な先生たちだったのです。自分のスキルアップと同時に、学生にどのようなアプローチをしたい先生たちが集まっているのかというのをお話しいただければと思います。

(Gaff) Thank you very much for your question. I think it is a very interesting one and one that we do not always have the answer to. I suppose if I look at and think about the dinosaur program for the young children; those young children might not necessarily have a label for that as science and scientific literacy and think about it in those terms but they certainly love dinosaurs. I think

dinosaurs are a great conduit to science and for teachers in primary schools who often use that to teach mathematics and to teach English and to teach geography and they use it to teach it in a number of ways, but we can also use it to teach about the scientific thinking and processes.

Young children have a natural curiosity of the world. So, I think in their own way, whether they have a label for it or not, they are engaged. I think with the teenagers, they would have once been those young beautiful children, happy to participate, and ask lots of questions. They have gone into the realm of being a teenager and being disengaged or some of them are engaged, but I think a lot of them are highly disengaged. There is still a lot of science teaching that goes on in schools that is very unconnected to their own personal interests and personal lives and they feel often that it does not mean anything to them.

And there are still plenty of teachers who teach in the method we call "Chalk and Talk," like you were saying what happens in some Japanese schools, the students do not actually get to actively participate in experiments or meaningful science programs, so they are just completely turned off. I think in that instance, given that I have only just developed that program that would be an important question for me to put in evaluation about to ask the students about their attitudes towards science and it would be something that would be very interesting to learn more about whether that program affects their attitudes to science.

In terms of some of the adult programs, I guess some of them, say for example, The Science Morning Tea is about – in the first place, it is actually more about getting people to use the museums who just simply would not come. So, I do not have an answer for about their level of participation in science.

For the science comedy, I know that these are people in a sort of age bracket that would not traditionally come to the museum, but there has been some surveys done about people who go to the International Comedy Festival and the most commonly read magazine by those people attending not just the science comedy at our venue, but comedy festivals throughout Melbourne is New Scientist magazine. They are obviously actually quite engaged with science, but ways of bringing it to them in the museum. So, I think it depends on the audience you are talking about. That certainly would be good for us to learn more.

(Molinaro) I will address the first part of your question I think was what kind of teachers participate in our programs. So we primarily find there are two main categories of teachers, the young teacher who has just recently finished their degree, and is very excited, still has a lot of energy and missed getting a lot of experience with cutting-edge science in their pre-service programs and so now wants to have access to that to bring to their students. So it is a young

teacher that like science, had some kind of science in their undergraduate degree when they went for their teaching certificate, they just learned methodology, and now they want to get back to some of the science, so that is one type of teacher that we get.

The other type of teacher that we get is what I would call the once-excited teachers but now are tired. And they are looking for a recharge, new batteries. And they come to us because a lot of standard American professional development programs focus on telling them how they are teaching wrong and how they should do different methodology, but they do not focus on science content. They focus on pedagogical approaches, so the way that you teach. And so they come to us because we are, in a sense, different. We are refreshing for them because we talk about the cutting-edge science and we show them how they can incorporate it into their standard science.

So those are primarily the two kinds; the ones that we see very, very little of are the teachers who have taught somewhere between 5 and 15 years. We do not see very many of those teachers. We see the teachers between 0 and 5 years of teaching and the teachers kind of 15 years plus. The middle ones are kind of so disenchanting with the teaching of science that they are either leaving the profession, before they go beyond 15 years, or they are kind of just reading the book.

They just kind of go by the thing and they have kind of turned their brain off. So fortunately, we do not get those teachers, but thinking about your model, those would probably be the teachers we need to attract the most, the teachers that really are doing the worst service for their students. So, we need to think about ways of attracting those teachers.

(小川) よろしいですか。では、西條さんから他の方に質問があれば。

(西條) 私はぜひ伺いたいことがあって、亀井さんがさつき科学館に成人は来ないという話をされていたのですが、日本は世界で一番美術館に成人が行く国ですよ。美術館にはたくさんの成人が行くのです。科学館は上野にあって、たくさんのアートミュージアムがあるので、何かそういう美術館と博物館のコラボレーションみたいなことは、せっかく同じ上野にあるのに何か方法がないのかどうか、お伺いしたい。

(亀井) まず私が科学館に成人が来ないと言ったのだとしたら、それは説明が足りなかったと思います。国立科学博物館の場合には、実は成人の割合は高く、子どもの割合は大体3割、大人の割合が7割になります。逆に科学技術館の方はある程度違う数字になっていると思います。そのことを含めてさつきお話ししてしまったので、聞き取りにくかったのだと思います。

(田代) プリシラさんも、成人はあまり来ないとおっしゃったと思います。これは博物館の館種によって、

来る館種と来ない館種があると思います。科学技術館の場合は、年間 60 万人の来館者がいるのですが、3分の1が団体の子どもたち、これは小中学生が主です。後の3分の2が個人来館なのですが、これは1対1で実は大人と子どもなのです。ですから、60 万人ということでは、20 万人は大人です。ただし、これは主体的に来ているというよりは、子どものために来ている大人です。一方で、美術館の場合は、科学技術館のお隣にも近代美術館があるのですが、こちらは明らかに中高年の女性が多い。大人が多いといっても中高年の女性というところがまたミソなのです。実は館種による偏りは何も日本だけではなくて海外もではないかなと思うのですが、プリシラさん、いかがでしょうか。

(Gaff) Yes, we recently had Titanic exhibition at our museum and the year before we had Pompeii exhibition. And for the first time, we saw visitors in our museum that would normally go to the National Gallery of Art. And so I think this was quite exciting for a lot of us, because I mean some of them may or may not have come into the rest of the museum and had a look around, although there is sort of science content in there they are not particularly science exhibitions, but they certainly were exhibitions that attracted a new audience. So we were like, “Wow, we have people in our museum who do not normally come.”

But I think that is because there were exhibitions that they were specifically interested in and also some of our visitor research survey sort of talks about there is a group of people we refer to as the inspirers and these are the people who inspired or aspire to be seen at certain exhibitions. They go to these exhibitions, because their friends in the sort of socioeconomic cohort discuss these sorts of cultural exhibitions, so it is attracting in that way.

(西條) 日本でも、美術館と博物館の協働による展示ということは考えられないのでしょうか。

(田代) まず、館種によって来館者の意識がそもそも違います。例えば科学技術館という看板だと、それだけで大人の女性からは「私が行くところではないわ」と思われている節があります。だから、科学技術館が例えば美術系の博物館とサイエンスアートということでコラボレーションしたりしても、なかなかそれが入館には結び付かないところが現実にはあります。

(西條) やることはあるのですか。

(田代) あります。

(西條) あっても結び付かない。

(田代) 方法やテーマにもよりますのでまったく結びつかないわけではありませんが、なかなか難しいです。また、こんな事例もあります。実は去年、女性の入館者を増やそうよといって、「美を科学する・美

-Make 展」という特別展をやったのです。これは科学技術館には通常来ないような 20 代の女性が結構いらっしやいました。通常来館しない方を来館に結びつけたというところでは成功しました。ところが、全体の入館者で見ると、入館者の大幅な増とまではいきませんでした。というのは、女性は来てくれましたが、逆に男性が思っていたほど入ってくれなかったのです。特別展の内容が「美」とか「化粧」がテーマですのでこれはしかたないところなのですが、館種の持つ先入観を払拭しながら展示等のテーマ取りで、いかに来館してもらうかというのは、本当に難しい課題です。

(亀井) そうですね。科学博物館に付いているイメージも子ども向けというイメージが強くて、実際には大人の方が来て楽しめる博物館に変えているのですが、利用される方はここに行けば子ども向けの何かがあるのだろうという意識で来ている方が非常に多いです。そして、運営している方も、実際には大人が多いにもかかわらず、大人向けのプログラムを充実させることが後手に回っている。そして、やはり子どもが来ていると、子ども向けのプログラムを出そう出そうという圧力が強い傾向があるようです。

(小川) 西條先生、これを質問した意図は何なのですか。

(西條) 先ほどお話ししたように、サイエンティフィックリテラシーはかなり男女による違いが顕著に出ている、リテラシー3は女性が多く、リテラシー2は若い男が多いということで、若い男の中に子どもも含まれる可能性はあるのですが、私たちの調査は 20 歳以上ですので、子どもの調査はしていないのです。先ほどやったことはあるけれども難しかったということで、親子ということであれば女性も来ると思うのですが、子どもと離して大人の男と女が楽しめるような科学的なイベントは、すごく社会を豊かにすると思います。その辺は文系の研究者と理系の研究者が協働して、何か楽しめるイベントだけどころいろいろ考えることもできる。そのようなことでサイエンスカフェは始まったと思うのですが、どんどん理系主導というか、理科実験教室と変わらないような感じになって、男と女というよりは教師と生徒みたいな感じになってしまうのが少し残念だなと思って。

(小川) ちなみに今日来られている方はどうでしょう。自分が理系だと思われる方はどのくらい、または理系の仕事をしているとか、どうですか。こんな感じです。

(西條) 仕事をしているのだったら、私も。

(小川) それから、文系だと思われる方。非常に少ないというのが分かりました。これが日本の現状かもしれません。ただ、博物館に来る、来ないという問題のとらえ方というよりは、博物館を社会的な装置として考えるならば、もう少し広くとらえて考えた方が私はいいかなと思っているのです。

例えば、博物館と地域が連携して何かイベントをする。具体的には、例えば山梨県の甲府にある科学館はライトダウンという、ある時期に光害を減らすためにライトダウンを科学館が中心になってやっています。そこにプラネタリウムがあったり、天体望遠鏡があったりして、星の観察をしているからです。そ

うすると、それは子ども向けのプラネタリウムだけではなくて、実は商店街のおじさんやおばさんを巻き込まないと電気は消してくれないわけですよね。例えば、そういう社会的なムーブメントまではいかないとしても、メゾレベルでのムーブメントみたいなものを科学館が持ち出していけば、今言ったようなことが、もう少し広い考え方ができるのではないかと私は思いました。

他に何か質問はありますか。もう1人か2人ぐらい質問したら、今度は会場からご質問をいただこうと思います。

(亀井) 最初の質問なのですが、実はカテゴリー3のところに教員が非常に入っているというところがあったのです。そのところでどういうプログラムをやっているかというところをもう少し補足してもらえると、こちらのテーマと少し絡められるのではないかと感じて質問したのですが、お願いしてよろしいですか。

(西條) カテゴリー3のタイプは生活重視型と名付けたのですが、すごく科学の思考とか手法に対して苦手意識はあって、自己判断として苦手だと答えていて、経験も少ない。ただし、そういうことが嫌いというわけではないということで、小学校の先生は理科教育をしなければいけないので、小学校の先生と東工大の学生と一緒にいわゆる小学校の学習指導要領に準拠した新しい形の学習指導要領が出ました。ただ、まだ教材があまりなくて、先生たちがどうしたらいいか東工大の大学院生と小学校の先生と一緒に小さいネタを考えるというような活動をしています。先ほど亀井さんが言っていた形と結構似ている部分があると思うのですが、私たちはそれを大学院生の教育にも使っているという点で、二毛作みたいな形です。

(亀井) ありがとうございます。

(小川) 今のことについて、マルコさんから何かありそうです。

(Molinaro) I had a question for Miki Saijo. We tend to think of Japan and United States as having amazing technology companies that very much employ technology-capable people. I am wondering have you looked in terms of the science literacy, what kind of cluster do companies prefer, what would they like the educational system to generate? Would they like the number one cluster people, would they like the number two cluster people, because part of what we are trying to be aware of in the United States is there is a lot of pressure from technology and science based companies to have workers that are very capable and not enough workers are being generated. So there is a fear in the United States of losing some kind of edge, some kind of capability. And so that fear is coming down into the high schools and into the middle schools and pressuring for more science and engineering, because they complain very much that what we are doing now does not train good workers. So, I am just wondering from the point of view here in Japan and from

the work that you have done. Do you have any sense of the interest that companies have and what kind of workers are they looking for?

(Saijo) Maybe Japanese companies are looking for the person who can run continuously. Japanese companies are now changing and a kind of globalization or the way of producing the materials itself is changing. So the people are very eager to enhance their company members' literacy, but not so many very sophisticated programs are in their companies, I think. So that such kind of cooperation between university and each company would be very enhanced, I think.

(小川) 時間がなくなりますので、会場からそろそろご意見をいただこうと思うのですが、よろしいですか。今、非常に幅広い議論をしまして、博物館の対象となる人、世代別のプログラムという話から、もう少し社会とか、さらに人材養成という観点からも企業の話も出てきました。今日は企業から来られている方もいらっしゃいますし、大学の先生もいらっしゃいます。それから、博物館の職員の方もいます。それから、大学の学生さんもいらっしゃると聞いておりますので、全方位でお待ちしておりますので、ぜひご質問を受けたいと思います。焦点が絞られていないというご批判を受けるかもしれませんが、それをあえて受けて、ご質問が出やすい状態になっておりますのでどうぞ出してください。

(会場) 小学校の先生が西條先生の調査だと社会的関心が強いけれども、理科・科学が少し苦手だけれども意欲はあるという、この人たちを何とかした方がいいのではないかとというのが西條先生のご意見ですよね。私は長年、実は現場で教員の研修の教育センターというところに勤めていたこともあって、先生の実態をよく知っているのです。それから、その前には女子校にずっと勤めていまして、田代さんが言うように、ご父兄、博物館にお子さんとお母さんで来るときに、何度聞いても自分のために来たとは言わないのです。女の人は高校生のころから「自分が好きだからこれをやる」とは絶対に言わないのです。それは本当なのでしょうか、なぜ人のためにどうそについて生きているのでしょうかというのを、どなたか質問に答えてくれる人はいませんか。なぜ自分の趣味で来ていると言わないのでしょうか。何かそういう調査はありますか。

(西條) そういう調査はないですが、世の中も変わってきているので、自分のために来ていると言う女の人も増えると思います。

(会場) それは理系の人間だけではないですか、理系女子。

(西條) そんなことはありません。いかがですか、会場の女性の方、こんなことを言われていいのですか(笑)。

(小川) 自分磨きというのが随分前にはやりましたよね。自分を磨く。肌を含めてとか、いろいろなカル

チベーションとか、いろいろなカルチャーセンターに行って自分を磨いていくという自分磨きというのがあったではないですか。

(会場) 女子校にいますと、絶対に自分のためにではなくて人のために私はやるのだと女の子はいうのです。それから、教育センターで、お母さんと子どものための科学教室をやったら50人くらいいて、「自分はいいです。子どもが理科の勉強を好きになるために私は来たのです」という人が全員なのです。私の教養を上げるために来ましたという人が少ない。科学博物館でそういう調査をやったことがありますか。田代さんのところはあるかもしれない。

(田代) 誰の何のために来たのかというのは、科学技術館の来館者調査では、大人は親御さんがほとんどであり、子どものための来館です。後は若干教員が混じっています。教員に関しては自分のためかと思えます。それが実態だと思います。

逆に言うと、自分磨きのために科学というものが選ばれていないのだと思うのです。生活の中で必要だ、あるいは国の発展のために必要だということは、結構、私たちも言いますし、国の施策レベルでもいわれているのですが、一般の、例えば科学技術館に来る来館者は全くそんなことは考えていないというのが実態ではないかなと思います。一方で、科学技術について子どもたちはかなり興味を持っています。また、科学を身に付けていないと、これからの世の中を渡っていけないのではないかという親御さんの不安から、親御さんが子どもを連れてきているというものはあるかと思えます。

(会場) 私の意見としては、その対象にあるのはクラスター2、自分だけの興味でやっている男子、これは問題ではないかと思っています。

(小川) もしかしたら、それは世代によって違うかもしれません。実はこのシンポジウムの2年前に行われた私どもの科研費の中間的な国際シンポジウムで、カナダのデビッド・アンダーソンが日本の万博の調査をしまして、1970年代の大阪の万博の調査とこの間の名古屋の万博の調査をしましたが、数は少数ですが、若い人は何を目的に行ったかというよりも、誰と行ったかというのがすごく重要だという結論を出しています。ですので、私どもの博物館でも大学パートナーシップというもので、大学生がよく男女で来ますが、誰と行くかというのがすごく重要で、2人でどういう思い出を作れるか、共有できるかというのがすごく重要なことなのだろうと思っています。もしかしたら、その場合は科学はどうでもいいかもしれませんが、対象が美しければいいとか、そのような感覚かもしれません。ジェンダーというか、それだけではなくて年代の差というものもあるかもしれませんし、その人たちが育った年代も関係あるかもしれません。

(会場) 私は小学校で長く理科の先生をやっていて、今は短期大学で教員養成のために理科教育を主に教えています。今、オーストラリアとアメリカのそれぞれの子どもの様子で、科学のことはなかなか興味がない。先生の方でもなかなか科学に対する理解がよくない、指導について困っていることが

多いということをお伺いして、ある意味でこれはインターナショナルな課題なのだと思います。実際に教えてみて、私が今教えているのは女子学生ですから、科学や理科というだけで駄目、興味がない。ただし、実験は面白かった。ですから、それをどうやって確保するかが問題だろうと思っています。

ただ、今、西條先生から、男子と女子とでリテラシーに随分違いがあるというお話がありました。それは性差なのか、それとも指導の方法によるのか、大変興味があるところです。というのは、今日ここに来た一番大きな目的というとなあれなのですが、なぜアメリカは成人になると理科に対する科学リテラシーが高くなるのかというのが大きな課題だと思っていたのです。日本の理解教育は非常に質が高く点数としてはいいのに、大人になると全く興味がない、理科・科学そのものに対して下がってしまうのは何かなと私自身にとっての課題でもあります。そういうところで、教育なのか、もともと男女差なのか、あるいは国としての国民性なのか、ちょっとずれてきてしまうのですが、そういったところでどうお考えなのかということをお伺いしたいと思います。

それから、これは余計なことなのですが、女の人が科学館に来ない。私が考えるに、科学館と美術館の一番大きな差はレストラン、いかがでしょうか。

(西條) 最後のレストランの問題は本当にそうだと思います。近代美術館のレストランも素晴らしいですし、新しくできた美術館のレストランはとても素晴らしいです。科学館のレストランはどうかというのは後で小川さんがお話しになるそうですが、やはり誰と一緒に来るか、どんな思い出が作れるかということが大きなインセンティブの一つだというのは、男女を問わずそうだと思うのです。そのようなことを含めて、文化的な環境というか、いろいろ科学や技術のことについて学ぼうとするインセンティブが多様な国は文化的なのではないかと思うのです。企業は学び続ける人を求めている、自分の中の内発的な要因として学び続けられる人もいると思うのですが、誰かと一緒にどこかに行くとか、レストランがいいから行ってみるとか、そういう外発的な要因によって学びのトリガーを引かれる人もいると思うので、そのようなところがもう少し豊かになると、本丸に踏み込めるというか、本当の科学や技術のことについて興味を持つ人の幅が増えるのではないかと思います。

もう一つは、地球温暖化のようなすごく深刻な問題について真剣に考える、情報提供を受けつつ真剣に議論し合える場がもっと要るのだと思います。楽しいだけではなくて、21世紀を生きる、ここにいる人たちはあと100年は生きないと思いますが、子どもたちはあと100年生きるわけですから、どのようにしていくのがいいのかということ、パフォーマンスではなくて少人数で真剣に語り合える場が足りないのではないかと思います。そういうことができることが、科学博物館のファンクションの一つではないかと思うのですが、いかがでしょう。

(小川) まさしくそのとおりだと思います。言い訳をちょっとしますが、レストランに関しては私どもの方は満足度調査を一応やっています、そんなに悪くはないのです。それなりにおしゃれなレストランだとは思っていますので、ぜひご利用いただきたいと思います。レストランから展示室が見えるようになっていきますので、そういう面では非常にいいレストランだと私は勧めていますので、ぜひご利用いただきたいと思います。

それから、今の後半の話で、いわゆる環境問題などを真剣に話し合うということは博物館として非常に重要なことで、そういう場を提供する、その機会を提供する、ただ単に場所を提供するだけではなくて、博物館という資源を使ってそういう問題を地域の問題として、自分たちの問題としてとらえていくような場、そういう機会を作っていくというのは博物館として非常に重要なことだと思います。

(Audience) I just wanted to suggest two things. One, it is more a question I think of the way people conceptualize science and there is a very interesting project in terms of climate change that I thought I would just share with you that National Science Foundation has funded ASTC to do a program called "Communicating Climate Change" and there are 12 science centers in the US that are involved in that. And they have all chosen to select citizen science initiatives to build the understanding of regional issues on climate change. So, they have basically families coming to the museum.

Each is doing it slightly differently, but it is not only public engagement in science, but it is also bringing groups into the museum that might not have otherwise interacted with it in the same way, so I do not know about the restaurant question, but just this last piece that I thought of when many of you spoke about the art and science. There are a number of museum partnerships and actually right here you have the same kind of geographic setup where a museum such as in San Francisco, the Young Art Museum, and The California Academy of Science are working on a partnership. In New York, The American Museum of Natural History is working with the metropolitan, so you might consider exploring something like that. It is even happening in Italy, in Trento, where there is a science and art museum, so those were just random thoughts, but I thought I would share.

(小川) だんだん話が膨らんできましたが、もう一つぐらいフロアから質問をいただいて私のまとめにしようかと思いますが、どうぞ。

(会場) 面白いお話をありがとうございました。財団法人で研究者をやっております。今回参加させていただいて、すごく感じたのは、世代別にテーマを変えるとか、目標を年代別に変えるということだったのです。それはすごくいいことではあると思うのですが、反対に私が一般市民になったときに、これは面白いと思うのが小学生以上で、小学生だけとか、中学生だけとか、そういうことが意外にあるのです。お金の問題もあると思うのですが、可能性として、それぞれの年代によって目標とするものが違うかもしれないのですが、同じものを使って何かやるというのを小学生だけとか中学生だけにしないで、大人バージョンをやっただけだと、お金も時間もかかるかもしれないのですが、それぞれ引っ張れるのではないかと、食いつくのではないかと思ったのです。もちろん年齢別にそれぞれ知っていてほしいものはあると思うのですが、せっかく興味を出しているのに切ってしまうようにも思えるのです。

一方で、よく研究者が何かアプライするのに、若手とか何とかとありますが、それも人によって生活レ

ベルが違って、もしかして学校に行けなかった人が社会人になって、アプライしようと思ったら出せなかったとか、海外に長い間行って出せなかったという若手の研究員などもあったりするのです。そういう意味で、今2点を混ぜて話しましたが、今、何か子ども向けに開発しているものも、できれば大人バージョンで作っていただけるといいのではないかと思ったのですが、その辺はわざと切られたのでしょうか。

(小川) 研究そのものがまず世代別にプログラムを開始していきましょうという目的で研究を始めたので、そのようにしています。しかしながら、実際問題としては、子ども向けに開発したものに大人が参加していることは十分ありますし、博物館というのは来る人を拒みませんので、子ども向けにやってみたら、結局、親子になってしまったというような、実際問題としてはそういうことが多々あります。

もう一つは、逆に実際に世代別にやってみても、世代だけではない切り口もあると思うのです。つまり、博物館によく来ている人だとか、科学に非常に造詣のある人と全くの初心者という、また、子どもの中でもすごくそういう造詣が深いといえますか、いろいろなことを知っている博学の子どももいます。そうなってくると、その子どもたちはもしかしたら今までのような子どもたちに対するプログラムでは満足しないとか、そういうことになってきて、必ずしも世代だけではなかなか正確にはきちっとはできないのです。

ただ、私どもがこの研究でやっていたのは、学芸員がそれを意識してプログラムを作るということを実験としてやってみたということです。意識して意図的にプログラムを作ることがすごく大事なというのが、私としてはそういう感覚を持っています。その意図するというのは、決して無理強いを来館者にすることではなくて、自由にやらせる意図でやらせるということもあるのですが、そういうことも含めて意図的にどういうプログラムを作っていくかをわれわれが考えるということが、この研究では非常に重要なことではないかと思っております。お答えになったか分かりませんが、そういうことで実際には柔軟に対応しているつもりです。

(Gaff) Just one thing I would say is, although we offered programs to lots of different age groups and see everyone as important, but as I mentioned where I used to work at the university was a science center and we used to travel exhibitions around the world in paleontology, I believe one came to Fukui about paleontology and also we used to go into primary schools and work with primary teachers a lot. And then we ended up having a lot of pressure on us, because we were not working with older students who were – we could directly tell if they were going into university degrees and hence paying fees.

So, it was quite an issue for us because one of the ladies that worked there had done a lot of research on primary teaching and primary science teaching and teachers' attitudes and there was a lot of research around young children and if they were turned off science in primary school, then it was incredibly difficult to get them back and interested in science as older people. I think it is a worldwide phenomenon and that we attract young children and their parents or grandparents and

school children, but I think in some ways it can be one of our great strengths, because we can have young people and influence their attitudes in these ways and I think many of us were talking about not just in the content base, but in terms of attitudes and values and so I think in some ways, there is quite strength in it.

(亀井) そうですね。割と重要で、参加者を決めるときに大人のプログラムをやりたいと思っているときに、それが障害になっているのです。ですから、これから大人のプログラムを増やしていくということであれば、ぜひそのようなお声をいただければと思っております。

(小川) 分かりました。では、それはちょっと個人的に聞いていただく感じでいいですか。

(亀井) では、アンケートの方に。

(小川) そうですね、アンケートに書いていただくとか。これはすぐに手を挙げられないと思うのです。多分、亀井さんの言われたのはコンテキストがあると思うのです。その置かれた環境だとか、博物館の環境だとか、その人がここまで来た、何をもち込んできたかというその経験だとか、そういうものを加味していかないとなかなか答えが出てこないところだと思います。

今回、最後のご質問はすごくいい質問だったと思いますが、われわれが意図を持ってやってきたということは、今まで経験的にあれがいいのではないかと、これがいいのではないかと並んでいたものを少し意図的にやってみた。意図的にやることによって何が分かってきたかという、一言で言うと、答えは来館者の中にあるということだと思います。つまり、答えをわれわれは探しているのですが、答えはやはり利用者の中にあるということがますます分かってきたと私は思っています、利用者がどのようなことを考えているか、西條先生のように四つに分けるというやり方もあるだろうし、世代別に分けるというやり方もあるだろうし、そのセグメントの取り方は様々です。それをいろいろな博物館の置かれたコンテキストの中で、文脈の中で最適だと思われるものをわれわれは目指してきたのですが、まだまだそうではないということが分かってきましたし、やはり答えは一人一人の来館者の中にあるのだということが再認識されたところで、このセッションをそろそろ閉めたいと思うのですが、いかがでしょうか。

ありがとうございました。さらにいろいろ議論したい方は、この後 21 世紀の科学教育の創造、サイエンスコミュニケーションを徹底的に議論する会、あるいは今度の土曜日に美術館と科学系博物館が一緒にやるような、戸田市で美術館の地域連携の事例などもありますので、ぜひこういうところに参加していただいて、少人数で議論を続けていただきたいと思っています。今日は、パネラーの方々は恐らく話し足りないのではないかと思います、短い期間で本当に効率よく効果的にプレゼンテーションとパネルディスカッションにご参加いただきまして、誠にありがとうございます。皆さまにもう一度拍手をお願いいたします。

## 閉会挨拶

永山俊介（国立科学博物館 事業推進部 学習企画・調整課 ボランティア活動・人材育成推進室長）

本日は子どもではなくて、大人の皆さまが楽しめる会になったのではないかと思います。本当にお忙しい中、たくさんの方々に参加いただきまして誠にありがとうございました。また、本シンポジウムのためにオーストラリアからプリシラさん、アメリカからマルコさん、遠くからはるばるご講演のために来ていただきました。また、その他の皆さま方も心よりお礼を申し上げます。ありがとうございます。

4年間にわたる本調査研究も今年度で一区切りがつくこととなりますが、科学リテラシー涵養活動については、今後も様々な形で継続してまいります。引き続き皆さまのご理解とご協力を賜りますよう、どうぞよろしくお願い申し上げます。本日はどうもありがとうございました。これをもちまして、閉会の言葉とさせていただきます。



科学リテラシーの涵養に資する科学系博物館の教育事業の開発・体系化と理論構築  
平成 19 年～22 年度科学研究費補助金（基盤研究 A） 課題番号 19200052  
研究成果報告書

---

研究代表者 小川義和 (国立科学博物館 事業推進部 学習企画・調整課長)  
2011 年 3 月 発行 独立行政法人国立科学博物館  
東京都台東区上野公園 7-20



国立科学博物館  
National Museum of Nature and Science