

幕末期の西洋技術導入に関する一考察 (II)

——佐賀藩の反射炉用耐火煉瓦の製造技術について——

鈴木 一 義

国立科学博物館理工学研究部

A Case Study on the Introduction of the Western Techniques at the Latest Period of Edo era (II) —Regarding to The Refractory Bricks for Reverberatory Furnace at Saga—

By

Kazuyoshi SUZUKI

Department of Science and Engineering, National Science Museum, Tokyo

Abstract

This paper tries to consider how to introduce the modern, Western science and technology at the latest period of Edo era, continued from a previous paper.

Many authors relate the beginning of the Japanese industrial Revolution to Meiji era.

However the latest many studies show which the adoption of Western methods was greatly facilitated by the already existing level of technology during the Edo period, and so the contribution of the latter must be reappraised.

In this paper I shall discuss the adoption of modern, Western technology by the traditional technique of Edo area, taking the analysis of the Refractory Bricks of Reverberatory Furnace at Saga.

1. はじめに

本研究は幕末から明治初期における、西洋近代技術の導入について考察したものである。前報¹⁾で述べたように、この時期は彼我の圧倒的な軍事力の差に気付いた幕府や有力諸藩が、争って西洋近代技術の導入を図ろうとした時期であった。その技術導入は、主として軍事的な造船や大砲製造などを中心としており、またそれは決して体系的なものではなく、「そのガイダンスは輸入された蘭書による自学自習であり、苦勞も失敗も多かった。その蘭書も藩でオランダ発行の文献目録を調査して発注した、という筋合いのものではなく、万事出島のオランダ商館まかせ²⁾」であり、極めて幼稚未熟のものであった。にもかかわらず、この様な状況が、その後の日本の工業近代化に大きな影響を与えた事は、多く指摘されるところである。

本報では、幕末佐賀藩において、鉄製大砲鑄造のための築造された反射炉に使用されたとされる耐火煉瓦の分析を行っている。こうした具体的な技術評価については、大橋周治氏³⁾のなかで「幕末に導入された近代工業とその技術が、簡単に「近代工業」といっても、西欧の科学技術・産業の発達史のなかで、どんな段階・水準のものであったかを具体的に検討することはこれまで充分におこなわれなかった。また幕末日本の工業とその技術についても、おくれた手工業、伝統技術として簡単に片づけられて、その中身は充分に検討されなかったのが一般である。」として、この時期の反射炉や高炉による製鉄技術についての詳細な研究を行っている。また芹沢正雄氏⁴⁾、竹内清和氏⁵⁾、岡田広吉氏⁶⁾、E. パウアー氏⁷⁾、高良義郎氏ら⁸⁾も反射炉や高炉、それに使用された耐火煉瓦についての、技術的考察を行い、その評価を行っている。

本報では、これらの研究をもとに、これまで充分調査されていなかった反射炉用耐火煉瓦の分析を行い、その技術状況を考察し、具体的な技術導入・消化の過程を明らかにしようとするものである。

2. 反射炉について

まず概略的な反射炉の構造と、反射炉築造の手がかりとなった技術書について簡単に解説する。

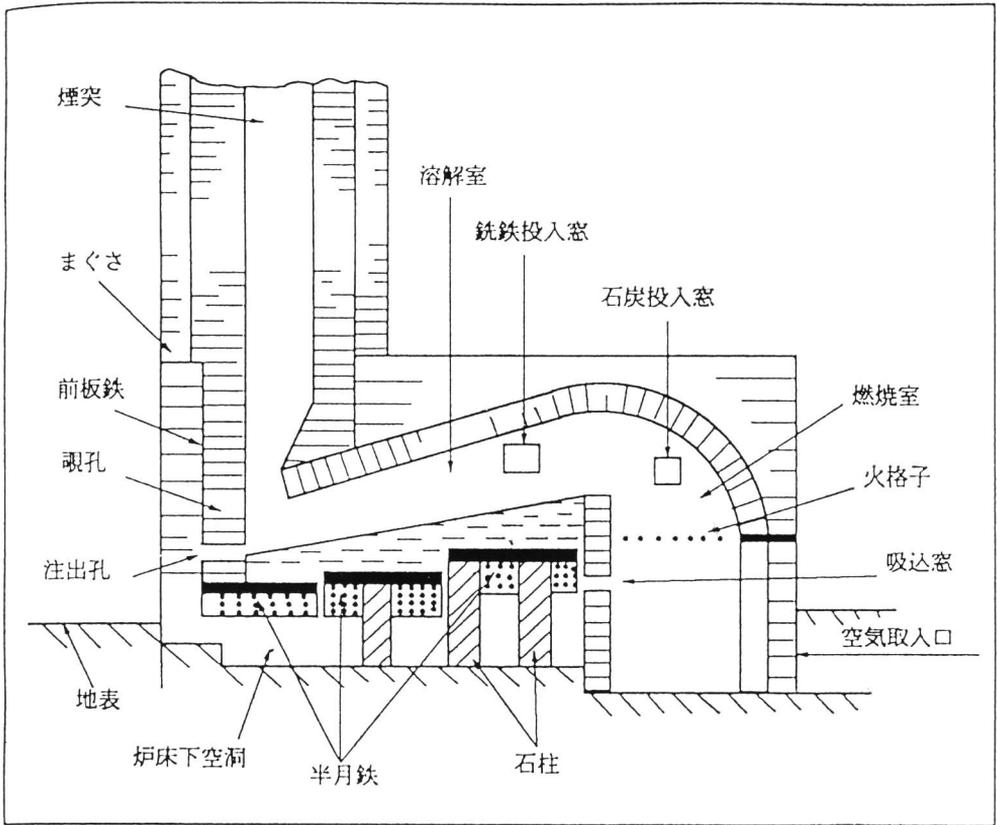
2-1. 反射炉の構造

日本における反射炉の築造は、鑄鉄大砲用の銑鉄溶解炉としてであった。幕末の軍事中心の技術導入において、鉄製大砲の鑄造は最も急がれた要件であり、それまでの在来技術によるこしき炉では、数トンに及ぶ大砲用鉄の溶解はとて不可能であり、また銑鉄⁹⁾と木炭を層状に積み踏鞴で送風して溶解した鉄では、溶解の過程で加炭され、不純物も多いために、大砲に鑄造された場合、使用の際に破裂する危険性が高かったのである。

さて反射炉とは、高さ十数 m に及ぶ煉瓦積みの煙突を持った溶解炉、もしくは精錬炉のことである。構造的には、燃焼室と溶解室からなる炉本体と、外形上の特徴である煙突からなっている。(図 1) 容量的には、日本では 1 炉 1 チャージで銑鉄溶解量が 1~1.5 トン程度であったと思われる。当時よく作られた 24 ポンド砲は砲身重量が約 3 トンであり、36 ポンド砲では約 4.5 トンの鑄鉄が必要であった。従って反射炉の数はほとんどが 2 炉 1 セットとして建設されたのである。

反射炉自体は、ヨーロッパでは早くから木炭による青銅の溶解炉として用いられており、18 世紀にはイギリスで石炭を燃料とした銑鉄溶解炉として利用されるようになった。その後、銑鉄の溶解ばかりでなく、鉄の精錬炉としても用いられるようになった。すなわち 1784 年に、ヘンリー・コート (Henry Cort) が銑鉄 (鑄鉄、炭素量約 2~4.5%) を精錬して錬鉄 (鍛鉄、炭素量 0.1% 前後)、錬鋼 (炭素量 1% 前後) を製造できるパドル炉に発達した。幕末の日本においては、もっぱら銑鉄 (鑄鉄) の溶解炉として建設され、精錬炉としての利用はなかったと考えられる。

反射炉は、高い煙突による自然通風で、燃焼室の石炭 (木炭) を高温燃焼させ、その熱と長く伸びた火炎によって溶解室の銑鉄を溶解するものである。また、溶解状態の銑鉄に酸化炎を吹き付けることにより、適宜に溶解・脱炭が行え、燃料と銑鉄が直接接触しないので、新たに不純物が混入する事も少なく、鑄造に適した鉄を得る事ができたのである。鑄込んだ大砲の破裂を防ぐには、できるだけ鑄鉄を鋼の状態に近づける必要があったが、当時の反射炉で到達できる温度の限界は 1200 度程度であり、鋼の状態ちかくまで脱炭が進むと溶解温度が上がってしまい、流動性を失い炉の中で固着してしまい、うまくいかなかった。銑鉄の表面上だけ脱炭が進む場合は、状況によって攪はんを行い、銑鉄の温度を一定にすることも行われたようである¹⁰⁾。



葦山反射炉復元想定断面略図

図1 葦山反射炉復元想定断面略図 (芹沢正雄氏文献(4)より引用)
 ——炉床下空洞は葦山反射炉のみの構造——

反射炉は在来技術のこしき炉に比べ、以上のような点で優れていたが、これを次項で述べる蘭書のみで築造するには多くの問題があった。大橋氏はつぎのように指摘している¹⁴⁾。

- (1) わが国ではいまだ製造されたことのない煉瓦によって、巨大な重構造物を築造する事。
- (2) 約 1200 °C 以上の高温に耐える耐火煉瓦を製造すること。
- (3) 約 1200 °C 以上の温度をうること、あるいは工業用燃料としてはじめて石炭を使用する銃鉄溶解であること。
- (4) とくに巨砲鑄造に際しては、均質の優良な溶銃を 2 炉ないし 4 炉で同時溶解して鑄型に同時注入する作業であること。
- (5) 水車とそれを動力とする「中ぐり盤」の製作と穿孔作業を伴うこと。
- (6) 砲弾を発射しても砲身が破裂しないで実戦に耐える強靱な鉄製砲を製造すること。

この中で、本報で問題とする耐火煉瓦は、「製品の形態や機能などを不問にすれば、耐火煉瓦も在来

の陶器や瓦の製造法に比べ、技術そのものに本質的な相違を認め難いが、耐火煉瓦の他の窯業製品と異なる最大の特徴は耐火度にある。反射炉操業の成否が、まず耐火煉瓦の製造技術の確立に設定されたのである。¹²⁾とされるように、反射炉築造において最初に直面する技術的問題であった。また耐火材料としてだけでなく、構造材料としての使用もはじめてであり、煙突上部には倒壊防止の鉄筋が入れられる等¹³⁾、煉瓦そのものの強度やめじ材にも多くの問題が山積していたのである。

2-2. 反射炉築造の技術書¹⁴⁾

この反射炉築造の参考となった蘭書は、ヒュージェニン著の「ロイク王立鉄大砲鑄造所における大砲鑄造法」(Ulrich Huguenin「Het Gietwezen in's Rijks Ijzer—Geschutgieterij te Lujk」1826年)であった。日本にもたらされたのは、天保年間(1830~1843)と考えられている。¹⁴⁾日本における反射炉の築造は、すべてこの蘭書およびその翻訳書(以下大砲鑄造書と呼ぶ)によって行われたと考えられる。翻訳書は3種類の存在が確認されている。すなわち、

- (1)「西洋鉄煖鑄造編」訳者 手塚謙蔵(律蔵)
- (2)「鉄煖全書」訳者 伊東玄朴、後藤又二郎、池田才八、杉谷雍助
- (3)「鉄煖鑄鑑」訳者 金森錦謙

の3種類である。鉄煖鑄鑑のみ版本が存在している。

耐火煉瓦について西洋鉄煖鑄造編では、次のように訳述している。

『泥工常用ゆるところの石は、猛烈なる火力に触るる時は忽ち焼けて石灰と成り、或いは破裂し或いは溶解す。是の故に猛烈なる火力を用ゆる竈は、久しく火力に堪えて更に此の如きことなき石を撰び、其の内面を覆ひぬるべし。之を堪火石と名く。此の堪火石は下條に示すところの性を能く具有するものを撰用すべし。

第1は、猛烈なる火力に触るるも更に溶解せざるもの。

第2は、能く火力に堪えて全く破裂せざるもの。

第3は、其の性甚だ精密にして堅剛なるもの。

(以下略)』

この後、粘土材料の外見や性質、採取、耐火煉瓦の製造法について20数項目に渡って詳細に述べられる。芹沢氏の要約を示す¹⁵⁾。

『粘土は礬土(高アルミナ粘土)と珪土(石英質粘土)からなり、礬土は火に触れても溶けず、堅くもなるが、温度が高いと、収縮し、破裂しやすいので、これを防ぐために収縮しない石英質の砂を混ぜる。純粹の礬土と石英がない場合には粘土を焼いて生土と混和する。焼土は反射炉(横炎炉であろう)の中で数時間焼いて作り、粘土と生土は粉引き臼で粉末にして金網篩で大粒を除く。成形に当たっては、良く混和したものを板の上で水に湿潤させ、約1日後に別の板の上に置いて足で踏みならし、木型に入れてつき固める。型打ちには強圧が必要なため、金型を用い、水圧や螺旋圧搾具で圧する法があり、ロイク王立鑄砲所では螺旋圧搾具を用いているので、それについて詳述する。型ぬきしたものは日光雨露にあてることなく3分の2になるまで8~10日間徐々に乾燥し、焼成は反射炉で行い、1~2日間木屑、次いで木片で予熱し、3日間の石炭焚きを続けて後、密閉除冷する。煉瓦の標準形は炉側壁用が最初縦横230mm、厚97mmの型にいれ、乾燥、押圧、焼成の工程間の伸縮を経て、縦横222mm、厚65mm、煙突用はその半分とする。収縮しやすい粘土の場合は、石英や焼粉(シャモット)の混入成形が力説される。最後に炉天井用煉瓦の形状、めじ用材について記述されてい

る。』

これらの記述を参考にして、在来の陶器技術や知識によって試行錯誤が行われたのである。その苦心の記録は反射炉を築造した諸藩に見られるが、具体的な耐火煉瓦製造の記録はきわめて少ない。また、現存する耐火煉瓦も数少なく、製造後 150 年余りを経ていることもあり、本報で行っている分析などがそのまま、技術や設備の推定につながらないのではあるが、その蓄積は必要と考えられる¹⁶⁾。

3. 耐火煉瓦の分析結果とその評価

反射炉築造、そして大砲鋳造に他にはない成功をおさめた佐賀藩においても、耐火煉瓦製造をふくめ、具体的な記録はほとんど見受けられない。また、佐賀藩反射炉は、築地と多布施の両地に 4 炉づつ築造されたが現存しておらず、大正 15 年 9 月には陸軍による発掘が多布施反射炉について行われたが、その記録もごく簡単なものしか残されていない¹⁷⁾。耐火煉瓦についても、昭和 16 年に採取、分析された高良義郎氏らのデータ¹⁸⁾が一般に引用され、その後の新たに公表された分析データは見受けられない。この高良氏の分析した耐火煉瓦については、分析サンプル数やどこで採取したのか、等不明の点が多く、問題も含んでいる。

本報では、武雄市教育委員会より依頼された煉瓦について分析を行った。

3-1. 煉瓦の来歴

今回分析を行った煉瓦は、現在の佐賀県武雄市武雄町下西山の今泉信彦氏宅に収集されているものである¹⁹⁾。武雄はかつて佐賀藩武雄領(邑)であり、幕末の佐賀本藩の西洋技術導入に大きな役割をは

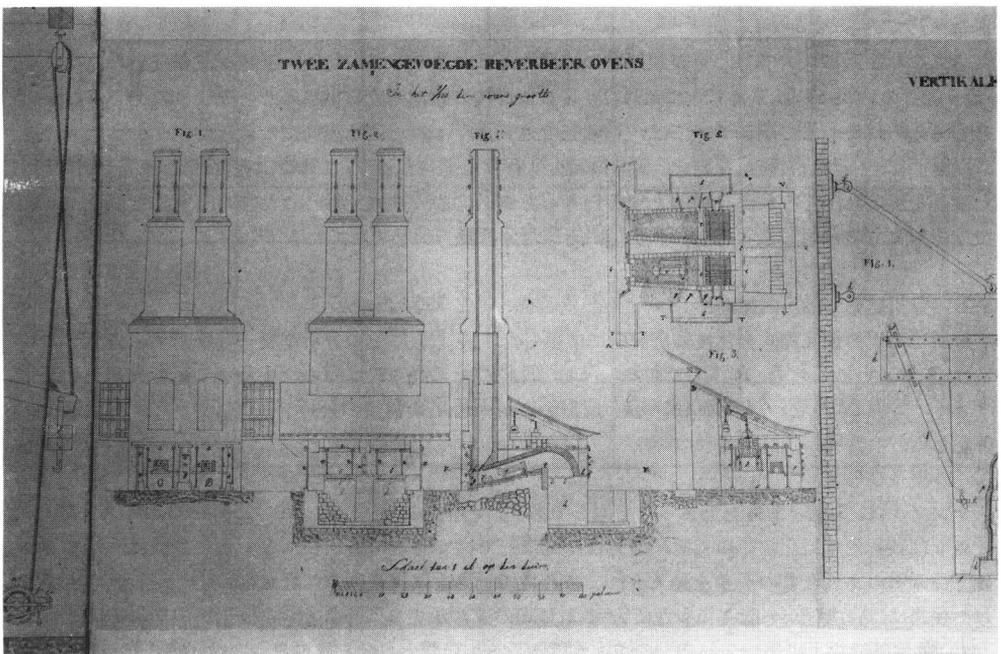


図 2 反射炉絵図 (武雄市教育委員会所蔵)

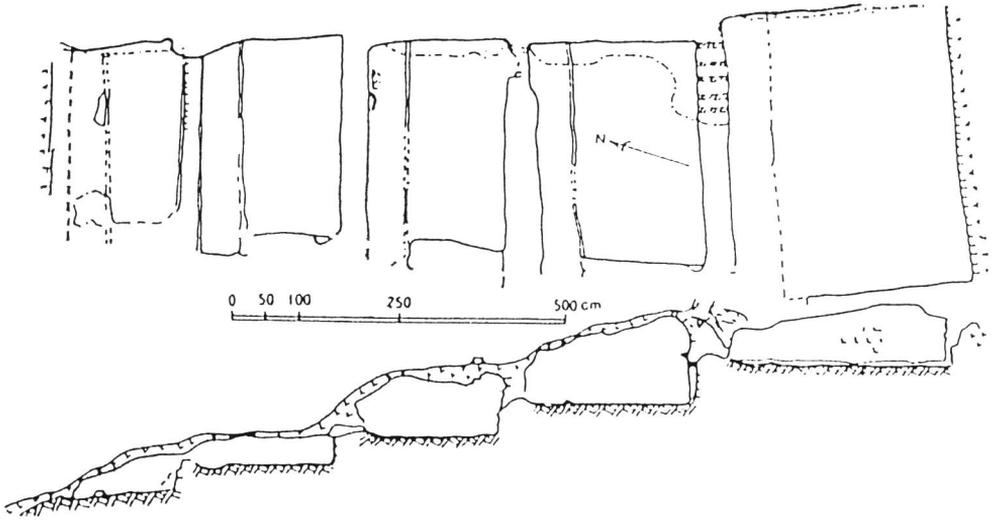


図 3 武雄三の丸窯実測図（文献（22）より引用）

たしていたと考えられる²⁰⁾。現在の武雄高校には多数の蘭書が残され、武雄市教育委員会にも武雄鍋島家の文書や絵図が保管されているが、その中には大砲鑄造書の反射炉絵図部分や、大砲の図面などが含まれている²¹⁾。

さてこの煉瓦については、今泉家以前の採取地がはっきりしていない。武雄歴史研究会の発行する「湯か里」の昭和 57 年 3 月号²²⁾によれば、現武雄高校の敷地内で発掘された古窯より出土されたものとも考えられる。この窯については、初め三の丸窯と呼ばれた武雄鍋島家のお庭焼窯であったが、後に反射炉に使った耐火煉瓦を焼き、薬品の調合も行ったとされる²³⁾。この窯（登り窯）で反射炉に使った煉瓦を焼いたかどうかは、疑問とするむきもあるが、この発掘が行われた際の出土品として、本報で分析したものと同一と考えられる煉瓦の簡単な分析報告がなされている。²²⁾

3-2. 分析結果（品川白煉瓦）

分析は品川白煉瓦株式会社技術研究所に依頼した。表（1）にその分析結果一覧を示す。分析サンプルは 3 個（サンプル A, B, C）である。なお、比較のため高良氏が行った佐賀藩の耐火煉瓦分析データ（サンプル D）²⁴⁾と、那珂湊（水戸藩）反射炉の耐火煉瓦 2 種類の分析データ（サンプル E, F）²⁵⁾を併記した。

① 外観及び形状

サンプルは、3 個とも外見上まったく同じであり、完形品の寸法は約 $220 \times 155 \times 135$ mm である²⁶⁾。

表面は茶褐色で風化状態に見え、破面はぼそぼそで指で簡単に削り取れる。また、淡黄色のあらい砂や煉瓦屑のようなものが多く混入され、多孔質で一見断熱煉瓦に似た組織を示す。反射炉に使用された煉瓦には、成分から考えて少なくとも 2 種類の煉瓦があり²⁷⁾、ひとつは反射炉内部に用いられるもの、他は外壁などに用いられるものに大別できるものと思われる。武雄のものは、外見上、那珂湊反射炉の場合（サンプル E）の外壁用と考えられるものに、極めて類似している。

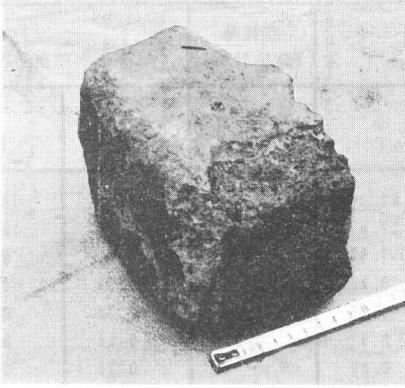
表 1 耐火煉瓦分析表

採取地		武雄			佐賀藩 (高良分析)	水戸藩	
項目	試料	A	B	C	D	E	F
		化学組成 (%)	SiO ₂	62.62	62.32	62.24	68.78
	Al ₂ O ₃	26.93	27.02	27.57	23.91	23.80	18.70
	Fe ₂ O ₃	7.98	8.05	7.98	3.43	3.06	0.89
	TiO ₂	0.83	0.87	0.86	—	0.93	0.22
	CaO	0.07	0.09	0.09	1.38	0.76	0.09
	MgO	1.07	0.96	0.97	0.93	0.54	0.17
	Na ₂ O	0.00	0.02	0.00	—	0.72	0.25
	K ₂ O	0.13	0.20	0.12	—	1.49	2.90
	lg. loss	0.19	0.29	0.18	—	0.40	0.60
鉱物組成	Cristobalite	S	S	V S	—	M	—
	Mullite	S	S	S	—	W	W
	Quartz	S	V S	S	—	S	V S
	Hematite	W	W	W	—		
耐火度 (SK)		26	26	26	26	27	28
吸収率 (%)		37.8	34.2	39.2	30.3	17.5	13.4
見掛気孔率 (%)		50.5	48.3	51.1	45.1	31.0	25.9
かさ比重		1.33	1.41	1.30	1.41	1.77	1.93
見掛比重		2.69	2.73	2.66	2.65	2.57	2.60
圧縮強さ (kgf/cm ²)		26.5	45.9	25.5	—	153	293
熱膨張率 (%) at 1000°C		0.88	0.83	1.04	0.61-800°C	0.39	0.33
残存線膨張収縮率 (%)							
1000°C 2h		±0.0	±0.0	±0.0	—	—	—
1200°C 2h		+0.05	-0.09	-0.03	—	-0.53	-0.75
1300°C 2h		+0.25	+0.05	+0.15	—	-1.88	-1.63
推定焼成温度 (°C)		1200~1300			1200 ~ 1300	1100~1350	

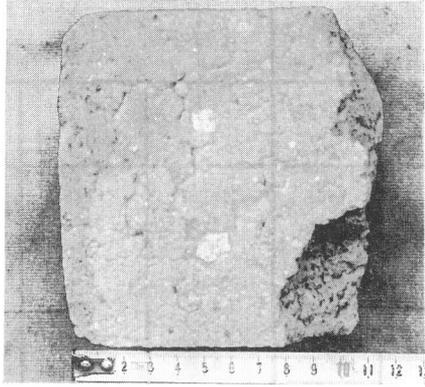
※ V S ; Very strong, S ; Strong, M ; Medium, W ; Weak を示す。以下同じ。

高良氏は分析した煉瓦について、「外観赤褐色で現在のシャモット煉瓦とよく似ている。破面を見ると全体粗鬆な感がする。褐色粘土中に淡黄色粘土が散在し両者の割合は 7 : 3 位で淡黄色粘土粒の大きなものは径 12 mm に達する。その大きさは極めて不揃いで何れも丸みを有している。粗粒は周辺の粘土と充分密着せず指で取り出す事ができる。外に少量ではあるが鉄分の多い黒褐色粒が点在してい

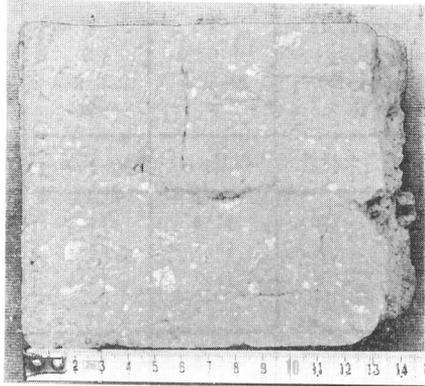
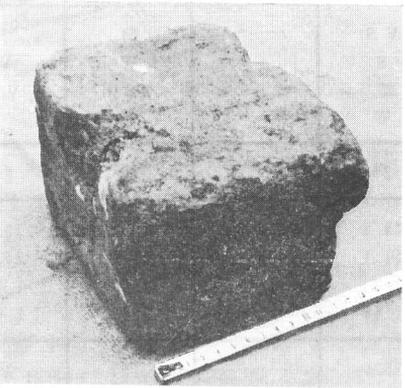
(外 観)



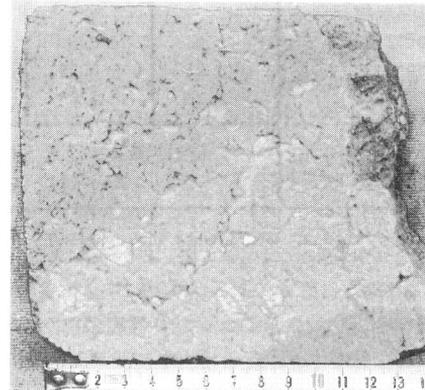
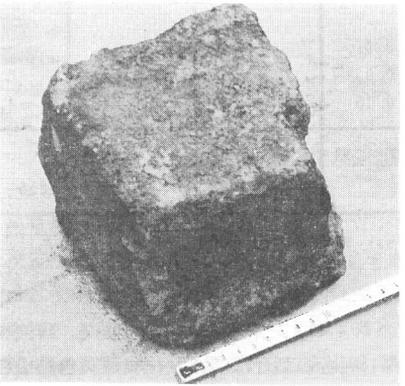
(切断面組織)



写 真 1. サンプル A



写 真 2. サンプル B



写 真 3. サンプル C

る。文献による 3 箇所の粘土を使用したという事と一致している。膨張の点から考えて他の反射炉の煉瓦に比較して残存石英が全然なく良くクリストパライト（著者注：石英の高温生成物）に転化している。焼成火度の高いことと原料の性質によると思われる。焼成温度は再加熱試験の吸水率の変化の大きな間隔から 1200°C と 1300°C との間と推定できる。」²⁸⁾としている。石英 (Quartz) が全然ないという記述を除けば、今回分析したものとほぼ同一となる。

② 煉瓦原料土及び焼成

耐火煉瓦の原料土に関しては、「土は我肥ノ白石山、志田山、文珠山ニ取り、(中略) 土ハ粘土類ナリ。炉ヲ築クニ用ユル焼石及ヒ製型ノ料ニ給ス。白石山ニ出ス者ハ淡灰色粘土ニシテ陶工以テ「トチミ」ヲ製スル者及ヒ浅黄色粘土是ナリ。志田山ニ出ス者ハ砂ニ類シテ淡灰色、浅黄ヲ帯ル者間錯ス。陶工以テ「トチミ」ヲ製スル者ニシテ、メスナ幾分ヲ調和スル者及ヒ浅黄色粘土是ナリ。文珠山独リ浅黄色粘土ヲ出ス。」とある²⁹⁾。この記述について高良氏は、「肥前白石山の陶工がトチミの製造に用いる淡灰色粘土、志田山産の砂質の淡灰浅黄色粘土、並びに文珠山の浅黄色粘土の 3 種を配合して良質の煉瓦を製造する事ができた。」³⁰⁾、また竹内氏は、「志田の土は一種の珪砂で、陶業においてはメスナとして使い、鑄造には型砂として使用されている。」³¹⁾としている。那珂湊反射炉においても、数種の原料土の配合が明らかにされており³²⁾、技術的に最も進んでいた佐賀藩においても、原料土の厳選や調合は当然行われていたと考えられる³³⁾。

大砲鑄造書では、原料土の混合について砂車で粉碎混合する、との記述がある。砂車とは今日のフレット用機構の「ホイールモーレン」であり、上廻りフレットで馬や水車を動力とするものである³⁴⁾。この砂車は幕末に、火薬の調合に用いられた「フレットモーレン」と呼ばれた磨薬車と、機構的に同じも

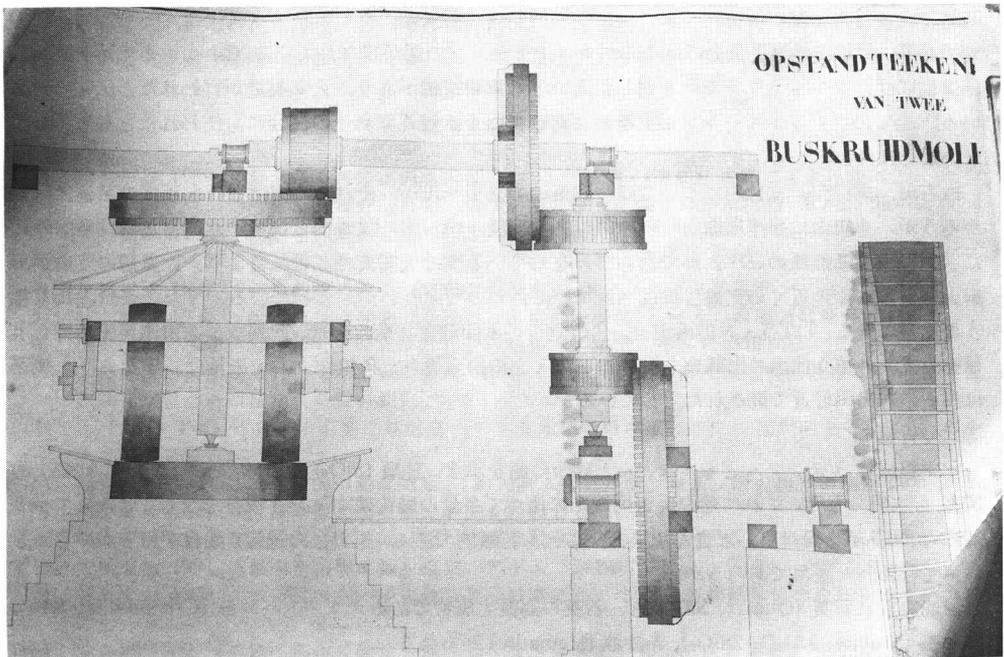


図 4 プレットモーレン絵図 (武雄市教育委員会所蔵)

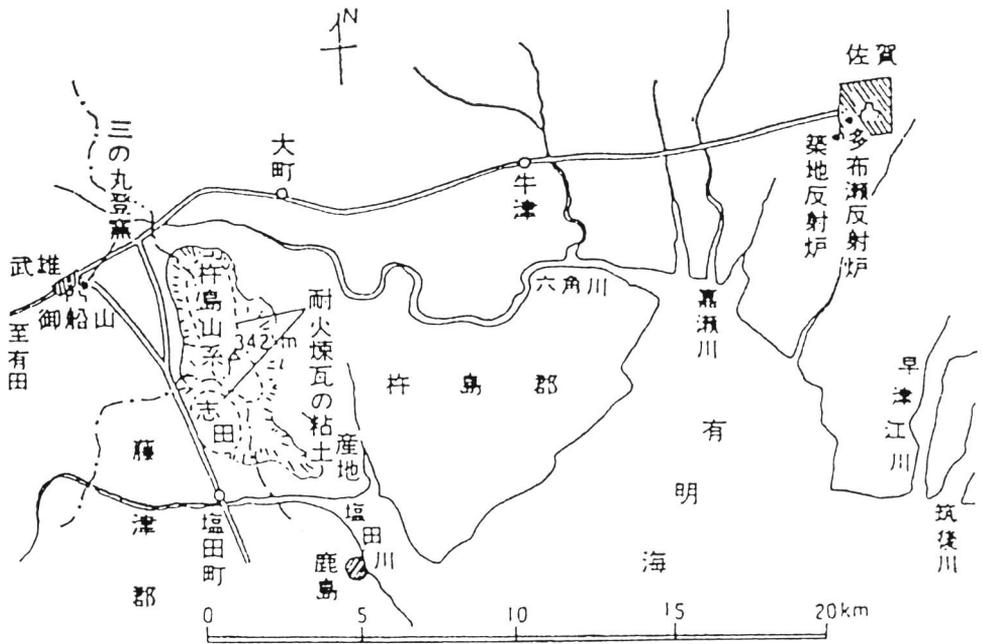


図5 武雄・佐賀関係位置図（大橋周治氏文献（3）より引用）

のである。武雄市教育委員会にはこのプレットモーレンの図が残されている（図4）。また同市武内町柿田代には、プレットモーレンを廻したという水車場遺構があり、火薬製造が行われたと伝えられている³⁶⁾。このプレットモーレンが火薬製造だけでなく、煉瓦原料土の混合にも使われたとも考えられないことはない。

白石山、志田山、文珠山については、武雄の中島平一氏が「これらの山はどれも正式の名称では無かるうが、志田山は藤津郡塩田町の志田にある丘陵、白石山、文珠山とはその北に連なる杵島山連峰に10以上ある峰峰のいずれかであろう」としている³⁶⁾。大橋氏はこの証言より、佐賀藩の反射炉用耐火煉瓦は、産地近くの武雄で焼成されて運ばれたのではないかと、としている。また、長野暹氏も種々の文書に残る、「白石・志田両山土、角焼立用炉木山取運賃駄賃」や「此鑄立後志田山エ土角焼立ニ付土見究其外拵立仕組ニ出郷致ス」、「白石山・志田山両所エ土角焼作立右地床見分」等をあげ、煉瓦は白石、志田山付近で焼かれたとしている³⁷⁾。

③ 分析値について³⁸⁾

化学組成は3サンプルとも、ほとんど同一の値を示す。珪酸(SiO_2)約62%とアルミナ(Al_2O_3)約27%を主成分とし、これに他の反射炉煉瓦に比べて多量の酸化鉄(Fe_2O_3)成分を含む。また、アルカリ(Na_2O , K_2O)をほとんど含んでいないことも特徴的である。原料土の選定、配合が何らかの意図を持って行われた証左であろうか。

鉱物組成は石英(Quartz, SiO_2)と、石英の高温生成物であるクリストパル石(Cristobalite, SiO_2)、ムル石(Mullite, $3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$)、赤鉄鉱(Hematite)からなる。

耐火度は、SK 26を示し、この値も高良氏の分析値と同じである。この値は那珂湊反射炉煉瓦や釜

山反射炉煉瓦 (SK 27~28)³⁹⁾ に比べれば、高いとは言えない。

焼成温度は残存線膨張収縮率と熱膨張率曲線から推定して、1200~1300°C と考えられる。

分析を行った品川白煉瓦 (株) 技術研究所の所見では、物理特性面では見かけ気孔率が極めて高く、強度が低い。断熱煉瓦に似た特性を示す、とのことであった。

4. ま と め

本報告の結果から、武雄市の煉瓦は高良氏が幕末、佐賀藩の耐火煉瓦として分析したものと同一のものと考えて良いようである。しかし今後、原料土と考えられる粘土⁴⁰⁾の分析や、大正 15 年に行われた多布施反射炉跡発掘の際に出土した煉瓦も現存していると聞いているので、これらの分析との比較が必要であろう。

佐賀藩の反射炉は、幕末期に計画・築造された反射炉にあって、唯一成功を納めた例とされている。しかしながら、現存する反射炉も鋳造された大砲もほとんど存在しないとあって良い。こうした状況においては、佐賀藩の反射炉を調べる上でも佐賀や武雄のみでなく、全国的な調査と情報交換が必要なのではないだろうか。

謝 辞

本報告書を作成するに当たり、品川白煉瓦株式会社には分析をお願いした。武雄市での調査では、松尾善章氏、武雄市教育委員会にお世話になり、今泉信彦氏には史料を含めいろいろお教えいただいた。大橋周治氏、岡田廣吉氏、飯塚一雄氏には、多くの資料提供とご指導をいただいた。ここに深く感謝申し上げます。

また、亡くなられた芹沢正雄氏、竹内清和氏の両氏には、生前、多くの資料を持ち込んだにもかかわらず、ひとつひとつ丁寧にお教えいただいた。お二人のご冥福を祈りつつ、感謝申し上げます。

参考文献及び注

- 1) 鈴木一義 1989. 「幕末期の西洋技術導入に関する一考察 (造船所建設に伴う技術導入について)」『国立科学博物館研究報告 (E類) 第 12 巻』東京 国立科学博物館 70 pp., 59-70.
- 2) 武田楠雄 1972. 『維新と科学』東京 岩波書店 218 pp., 4.
- 3) 大橋周治 1991. 『幕末明治製鉄論』東京 アグネ 524 pp., 5.
- 4) 芹沢正雄 1991. 『洋式製鉄の萌芽 (蘭書と反射炉)』東京 アグネ技術センター 177 pp.
- 5) 竹内清和 1990. 『耐火煉瓦の歴史 (セラミック史の一断面)』東京 内田老鶴圃 197 pp.
- 6) 例えば 岡田廣吉編 1990. 『たたらから近代製鉄へ』東京 平凡社 318 pp.
反射炉耐火煉瓦については 岡田廣吉 1978. 「水戸反射炉の耐火煉瓦製造技術について」『資源関係学協会合同秋期大会資料集』.
- 7) E. Pauer 1983. 『日本の工業化黎明期 (日本産業革命の原点としての反射炉を中心に)』ボン大学 576 pp.
- 8) 高良義郎他 1951. 「百年前の耐火煉瓦」『耐火物工業第 8 集』東京 耐火物技術協会 20 p-29 p.
- 9) 江戸時代において、銑鉄はたたら炉で砂鉄を原料として作られた。
- 10) 杉本 勲・酒井泰治・向井 晃編 1987. 『幕末軍事技術の軌跡』東京 思文閣出版 438 pp., 62.
- 11) 大橋周治 1991. 『幕末明治製鉄論』東京 アグネ 524 pp., 17.
- 12) 岡田廣吉 1978. 「水戸反射炉の耐火煉瓦製造技術について」『資源関係学協会合同秋期大会資料集』17 p.
- 13) 葦山町 1989. 『史跡 葦山反射炉 保存修理事業報告書』葦山町教育委員会 208 pp., 134-136.
- 14) 芹沢正雄 1991. 『洋式製鉄の萌芽 (蘭書と反射炉)』東京 アグネ技術センター 177 pp.

- 15) 芹沢正雄 1991. 『洋式製鉄の萌芽 (蘭書と反射炉)』東京 アグネ技術センター 177 pp., 148-149.
- 16) 前掲の芹沢 4) や岡田 12), 竹内清和 1986. 「古い耐火煉瓦とその評価」『日本の産業遺産』東京 玉川大学出版 527 pp., 446-455. 等がその評価を行っている. 竹内氏の筆者宛の私信では, ふるい耐火煉瓦の分析結果は, その保存された状態や採取地, サンプル数など種々の問題も多く含み, その結果のみを議論する事は好ましくない. 今後のデータの蓄積と当時の技術状況を文献などからもっと明らかにする必要があるだろうと, 指摘している.
- 17) 西村謙三 1928. 「反射炉跡に残存する基礎工事説明」『肥前史談 1巻7号』.
- 18) 高良義郎・小島辰三・池ノ上典 1951. 「百年前の耐火煉瓦」『耐火物工業第8集』東京 耐火物技術協会 20 p-29 p.
- 19) 今泉家は, 武雄邑主 28代鍋島茂義, 29代茂昌に御側頭人等として仕えた木村仲兵衛忠俊(1798-1873)の子孫にあたる. 現当主の信彦氏は残された多数の文書を整理し施設の文書館を開設している.
- 20) 大橋周治 1991. 『幕末明治製鉄論』東京 アグム 524 pp., 72-84.
- 21) 武雄高校に所蔵される蘭書については, 有馬成甫 1962. 『武雄の蘭学』武雄市教育委員会 65 pp. があり, 武雄市教育委員会に所蔵される文書, 絵図などのなかには, 砲術書や大砲図面, 反射炉絵図, 蒸気機関書及び絵図, 蒸気船書及び絵図, また幕末の長崎における機械関係の購入などを記した「異国御注文器械御取入方長崎贈答控」等がある. この文書中にドライバンと記されたものの図面にあたるものも残されている. 26尺旋盤図面(6枚)は, 幕末に武雄で大砲の砲身の線条や外皮の切削に用いたものではと考えられる. 今泉氏によれば, 同家の文書「義法院御高積(草稿)」にも, 武雄に作られた工場で幕末使用されたとの記述がある, という事であるが, 工場自体があったのかは確実な記録はないとの事である. 佐賀藩で作られたとされるアームストロング砲などを考えれば, 武雄において試作的に(もしくは武雄で), 旋盤という近代機械技術により大砲が加工されても無理はない. 旋盤を扱える職人の手当も, 長崎製鉄所の間近にあった佐賀や武雄では充分可能である. この旋盤図面に関しては, 田中重芳・真新利雄 1972. 「徳川時代の英国旋盤」『機械技術 第20巻第9号』日刊工業新聞社 113-116 p. に詳しい.
- 22) 中島平一 1982. 「三の丸窯と耐火煉瓦」『湯か里 第37号』武雄歴史研究会.
- 23) 武雄市教育委員会 1973. 『武雄市史(下)』武雄市教育委員会 709 pp., 367.
- 24) 高良義郎・小島辰三・池ノ上典 1951. 「百年前の耐火煉瓦」『耐火物工業第8集』東京 耐火物技術協会 20 p-29 p.
- 25) 岡田廣吉・鈴木一義 1991. 「那珂湊反射炉の耐火煉瓦について」『那珂湊市史料 第12集(反射炉編)』那珂湊市史編さん委員会 326 pp., 14-50 (耐火煉瓦分析関係資料). 那珂湊反射炉の耐火煉瓦の分析は今回と同じ, 品川白煉瓦株式会社にお問い合わせのものである.
- 26) 大砲鑄造書に記された煉瓦の大きさと一部異なるが, 前掲『那珂湊市史料 第12集(反射炉編)』の文書中には, 一部の寸法を変えた長瓦や半瓦, 大瓦などと呼ばれる異形煉瓦の記述がある.
- 27) 岡田廣吉・鈴木一義 1991. 「那珂湊反射炉の耐火煉瓦について」『那珂湊市史料 第12集(反射炉編)』那珂湊市史編さん委員会 326 pp., 14-50 (耐火煉瓦分析関係資料).
- 28) 高良義郎・小島辰三・池ノ上典 1951. 「百年前の耐火煉瓦」『耐火物工業第8集』東京 耐火物技術協会 20 p-29 p., 23.
- 29) 杉本 勲・酒井泰治・向井 晃編 1987. 『幕末軍事技術の軌跡』東京 思文閣出版 438 pp., 59.
- 30) 高良義郎・小島辰三・池ノ上典 1951. 「百年前の耐火煉瓦」『耐火物工業第8集』東京 耐火物技術協会 20 p-29 p., 24.
- 31) 竹内清和 1990. 『耐火煉瓦の歴史(セラミック史の一断面)』東京 内田老鶴圃 197 pp., 4.
- 32) 那珂湊市史編さん委員会 1991. 『那珂湊市史料 第12集(反射炉編)』那珂湊市史編さん委員会 326 pp., 113.
- 33) 那珂湊市史編さん委員会 1991. 「反射炉日記(桜井精一郎筆文書)」『那珂湊市史料 第12集(反射炉編)』那珂湊市史編さん委員会 326 pp., 101-105. この文書の内容には, 礬土(陶土)の成分分析などを, 試行錯誤によって行っている状況がうかがえる. 佐賀藩においても精煉方において, 分析などの種々の研究を行った記録がある. (秀島成忠 1972. 『佐賀藩銃砲沿革史(復

- 刻)』東京 原書房 496 pp., 367-381. によればブリッキ (煉瓦) 製造や石灰礬土粘土用法等の研究も行われていた.)
- 34) 高良義郎・小島辰三・池ノ上典 1951. 「百年前の耐火煉瓦」『耐火物工業第8集』東京 耐火物技術協会 20 p-29 p., 22.
- 35) 中島平一 1974. 「ドライバン工場跡? 武内町の柿田代」『湯か里 第34号』武雄歴史研究会.
- 36) 大橋周治 1991. 『幕末明治製鉄論』東京 アグネ 524 pp., 82.
- 37) 杉本勲編 1989. 「在来技術と移入技術の接点 (佐賀藩の鉄製大砲鑄造をめぐる)」『近代西洋文明との出会い (黎明期の西南諸藩)』京都 思文閣出版 289 pp., 72. 同様の見解は、佐賀県立博物館編 1978. 『幕末における佐賀藩鑄造の大砲とその復元 (佐賀県立博物館調査研究書第5集)』佐賀県立博物館 128 pp., 55.
- 38) 本文で使用した耐火物関係の用語を日本工業規格「耐火物用語」(JIS R2001) で解説しておく。耐火物 1500°C以上の耐火度をもつ非金属物質またはその製品 (ただし、金属が一部使用されているものを含む)。

耐火レンガ 窯炉その他高温で使用する構造物の構築に適するいろいろの形を備えた耐火物。
耐火度 耐火物が軟化変形を起す加熱温度の度合を示すもので、同一の加熱条件によって同一程度の変形を示す標準ゼーゲルコーンの番号で表示する。

ゼーゲルコーン 焼成程度あるいは耐火度を測定するために使用する標準の三角スライ。

見掛け気孔率 開口気孔容積のカサ容積に対する百分率。

吸水率 耐火物が吸水し得る水の重さのものと重さに対する百分率。

見掛け比重 耐火物の重量をその見掛け容積をもつ 4°C の水の重さで割った値。カサ比重 耐火物の重さ (g) をそのカサ容積 (cm³) で割った数値をいう。なお、カサ容積とは内部に有する気孔を含んだ外形の容積をいう。

本文の見掛け気孔率、吸水率、見掛け比重、カサ比重は、JIS R2205 (耐火レンガの見掛け気孔率、吸水率および比重の測定方法) によった測定値である。ゼーゲルコーン (SK) 番号と熔例温度は下記の通りである。

番 号 (SK)	熔 倒 温 度 (°C)	番 号 (SK)	熔 倒 温 度 (°C)
18	1500	30	1670
26	1580	31	1690
27	1610	32	1710
28	1630	33	1730

JIS R2304 (粘土質耐火レンガ) は下記の通りである。

項 目	1 種	2 種	3 種	4 種	5 種
耐 火 度 (SK)	34 以上	33 以上	31 以上	30 以上	28 以上
見 掛 け 気 孔 率 (%)	24 以下	24 以下	26 以下	23 以下	26 以下
カ サ 比 重	1.90 以上	1.90 以上	1.90 以上	1.95 以上	1.80 以上

- 39) 高良義郎・小島辰三・池ノ上典 1951. 「百年前の耐火煉瓦」『耐火物工業第8集』東京 耐火物技術協会 20 p-29 p., 26-29.
- 40) 中島平一 1982. 「三の丸窯と耐火煉瓦」『湯か里 第37号』武雄歴史研究会.

