

自然教育園内の池沼および湧水の 水質について

久居 宣夫^{*}・菅原 十一^{*}・田中 信幸^{**}

Report on the Qualities of Water at Ponds and Springs in the National Park for Nature Study

Hisai, Nobuo^{*}・Sugawara, Toichi^{*} and Nobuyuki Tanaka^{**}

はじめに

自然教育園内の池沼は台地上に存在しているため園外からの流入水はなく園内の湧水を唯一の水源としている。湧水地は現在3ヶ所知られその湧水量はわずかであるが年間を通じて枯れることなく湧出している。

園内の池沼に関する調査はこれまでに山岸(1966)によって底生動物とプランクトン、大西(1966)によって植物プランクトンの定性調査が行なわれている。水質に関しては橋爪他(1971)によって水生植物教材園、ひょうたん池で NH_4^+-N 、 $\text{PO}_4^{3-}-\text{P}$ などいくつかの成分について分析されているが総合的な調査は実施されていなかった。

水質が水生植物の成長や植物相、現存量などに大きく影響していることは多く知られており(水野, 1971, Goulder & Boatman, 1971, 生嶋, 1972, Moss, 1972・1973 a・1973 b・1973 c), その他底生動物に与える影響も多く報告され(Egglishaw, 1968, 津田, 1964・1972, 手塚, 1972), 水中での汚濁物質の動態も明らかになってきた(Dugan, 1973)。

今回は園内の池沼に関する調査研究の一環として1973年6月30日, 11月3日, 12月8日に実施した水質調査の結果を報告したい。

1. 調査地点と方法

調査はひょうたん池, 水生植物教材園, 水鳥の沼など7地点(St. 1~St. 7)と園内の掘抜き井戸3ヶ所(W. 1~W. 3)について行なった(図1)。

調査のうち気温, 水温, pH, 電導度については現場で測定し, その他の水質は採水後研究室に持ち帰り分析した。

測定法は以下に記す通りである。

pH: ガラス電極 pH 計

溶存酸素量(DO), BOD_5 : ウィンクラー法

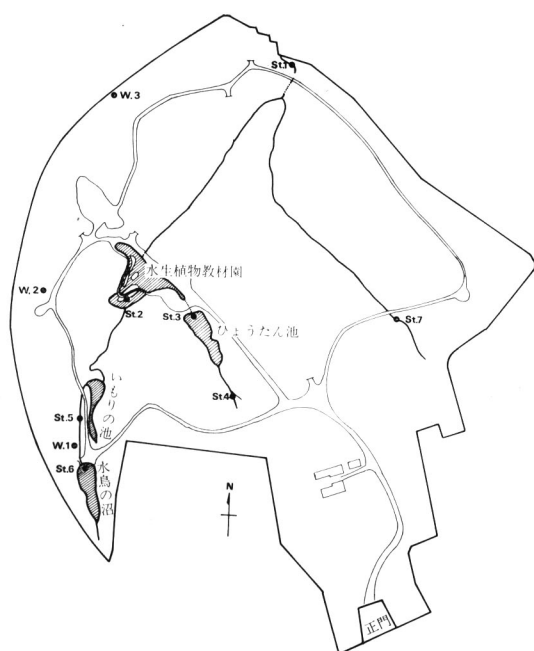


図1 自然教育園内水系の概略と調査地点

COD: 過マンガンカリウム酸性法

NH_4^+-N : ネスラー試薬による比色法

Cl: チオシアン酸第二水銀比色法

Ca, Mg: EDTA (エチレンジアミン四酢酸二ナトリウム) による滴定法

K, Ca: フレーム光度法

Zn, Pb: ジチゾン法

アルカリ度(CaCO_3): pH 4.8アルカリ度

電導度(EC): 携帯用電導度計

* 自然教育園 National Park for Nature Study

** 東京工業大学 Tokyo Institute of Technology

2. 結果と考察

(1) 水質の現状

(イ) pHと溶存酸素量

pHは各調査地点でいつれの時期も中性に近い値が得られた(表1～3)。地点別にみると St.3～5 および W.1 でわずかに酸性の傾向を示したが、湧水源から遠い地点では中性ないし微アルカリ性であった。しかし、6月の調査時に St.2 で pH9.0 と高い値を示した。これは

調査時刻が午後2時頃であり日射射しが強くこの池に水生植物および植物性プランクトンが豊富なことから光合成がさかんに行なわれていたことは容易に推測され(生嶋, 1972)、この光合成作用の結果が水中の pH 値を大きくしたものと考えられる(Clarke, 1954)。このように夏季に著しく pH が高くなる傾向はこの水生植物教材園でのみ観察され他地点ではあまり変化がみられず、同様の例は山岸(1966)によっても報告されている。

溶存酸素量は St.5 で3回の調査とも3.1～4.7 ppm と

表1 6月における水質分析結果

調査地点 調査項目	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5	St. 6	St. 7
測定時刻	14:15	14:35	14:45	15:15	15:45	15:30	16:00
気温(°C)	24.5	30.5	26.0	23.6	24.0	25.2	22.0
水温(°C)	21.5	29.0	21.2	17.0	19.5	24.0	16.8
pH	7.5	9.0	7.3	6.9	6.9	7.6	7.1
電導度(μS/cm)	270	295	255	240	320	345	395
DO (ppm)	7.9	23.8(?)	10.5	7.5	3.1	12.7	8.2
COD (ppm)	8.7	6.6	3.1	1.1	4.4	5.8	11.8
BOD (ppm)	2.4	3.2	2.6	0.9	2.1	4.4	0.9
NH ₄ ⁺ -N(ppm)	0.30	0.41	0.54	0.24	1.63	1.40	0.13
Cl ⁻ (ppm)	26.0	25.2	26.8	26.8	26.4	26.0	39.6
Ca ²⁺ (ppm)	17.48	16.12	16.04	14.44	21.65	25.26	28.87
Mg ²⁺ (ppm)	11.03	9.19	9.72	12.00	11.28	11.42	11.57

表2 11月における水質分析結果

調査地点 調査項目	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5	St. 6	St. 7
測定時刻	11:15	11:45	11:55	12:35	13:00	12:50	13:25
気温(°C)	14.8	14.6	14.4	14.2	14.0	14.0	15.0
水温(°C)	14.0	13.6	13.8	15.6	14.6	13.9	15.9
pH	7.4	7.2	6.7	6.8	6.6	7.1	6.8
電導度(μS/cm)	255	225	210	235	260	290	350
DO (ppm)	9.8	10.9	4.3	7.4	4.7	8.8	8.1
COD (ppm)	1.5	4.9	3.4	3.1	2.5	3.6	0.6
BOD (ppm)	0.9	2.9	1.4	1.1	—	5.3	1.0
NH ₄ ⁺ -N(ppm)	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	—
Ca ²⁺ (ppm)	19.4	18.4	16.8	18.6	20.9	28.7	27.1
Mg ²⁺ (ppm)	10.7	10.8	10.1	10.1	11.5	11.8	11.4
Na ⁺ (ppm)	15.5	15.0	11.2	12.7	21.2	18.4	25.4
Cl ⁻ (ppm)	24.4	24.1	25.4	21.2	24.3	23.1	30.8
K (ppm)	4.8	3.4	5.8	7.6	2.6	5.7	10.2
Pb (ppb)	100	142	104	22	—	—	12

表3 12月における水質分析結果

調査地点 調査項目	St. 1	St. 2	St. 3	St. 4	St. 5	St. 6	St. 7	W. 1	W. 2	W. 3
測定時刻	13:50	17:10	17:00	16:20	14:15	15:35	17:40	15:55	14:50	14:20
気温(°C)	8.5	2.0	4.2	4.5	8.2	8.0	2.5	7.5	8.0	9.2
水温(°C)	7.6	5.2	5.0	12.0	10.1	5.7	13.7	15.1	17.1	15.7
pH	7.2	7.2	6.9	7.0	6.8	7.2	7.0	6.6	7.4	7.2
電導度(μS/cm)	200	150	160	195	215	255	290	240	160	300
DO (ppm)	8.0	9.1	6.1	7.2	3.2	7.8	7.3	3.7	4.4	6.6
COD (ppm)	2.0	2.6	2.7	0.8	3.7	5.2	0.9	0.4	0.7	1.1
BOD (ppm)	1.0	1.6	1.5	0.6	3.2	4.6	0.3	—	—	—
NH ₄ ⁺ -N (ppm)	0.23	0.32	0.30	0.12	0.51	0.50	0.15	0.06	0.05	0.15
Ca ²⁺ (ppm)	19.9	17.6	18.0	18.9	21.3	32.3	27.7	22.6	20.0	31.5
Mg ²⁺ (ppm)	11.0	10.2	10.8	8.9	12.0	13.7	11.7	11.0	8.0	15.8
Na ⁺ (ppm)	17.0	13.6	12.4	12.3	23.1	23.8	25.9	19.7	10.9	16.5
Cl ⁻ (ppm)	25.6	24.8	26.4	27.6	26.2	27.9	33.4	24.2	14.2	19.4
K (ppm)	5.1	4.8	6.2	7.5	2.3	6.7	10.3	1.8	0.5	1.3
アルカリ度 (CaCO ₃) (ppm)	53.4	49.9	49.0	47.3	52.7	75.0	51.2	46.7	61.9	114.6
Pb (ppb)	18.6	20.4	0.5	63.9	82.5	84.3	0.9	—	64.8	31.9
Zn (ppb)	158	201	193	208	186	201	317	—	1	107

著しく少なかった。また St. 2 で 23.8 ppm ときわめて多量の酸素が測定された。この地点では光合成量が多く酸素は相当の過飽和状態であったと考えられるが、このように過飽和になるものか否かは同時期に再定量分析してみる必要があると考える。

(ロ) 無機塩類

溶存無機塩類についてはカルシウム (Ca)，マグネシ

ウム (Mg)，ナトリウム (Na)，塩素 (Cl)，カリウム (K) を測定した。これらの塩類のうち Mg は調査地点による含量の差異は小さく、また測定時期による変動も最も小さかった (図 2)。しかしその他の塩類は地点ごとの変化が大きく、季節的な変動特に 6 月と 11・12 月を比較すると大きい (図 2～4)。

これらの無機塩類を水系別にまとめると湧水源に近い地点程含量が多く、流下するにつれて減少する傾向が見られた。この結果は無機塩類が流下するにつれて底質に沈積するためと水生植物性プランクトンに摂取されるためであろう。Cl は 3 回の調査を通じて St. 7 で常に含量が多く、Na, Ca は St. 6・St. 7 で多く、W. 3 においても Ca 含量が多かった。

無機塩類のうち Mg と Ca の含量はきわめて高い相関を示した (図 5)。また 3 ケ所の井戸において高い相関がみられる Na と Cl は全調査地点では多少相関があるがむしろ Na と Ca の方がより高い相関性がみられた (図 6・7)。

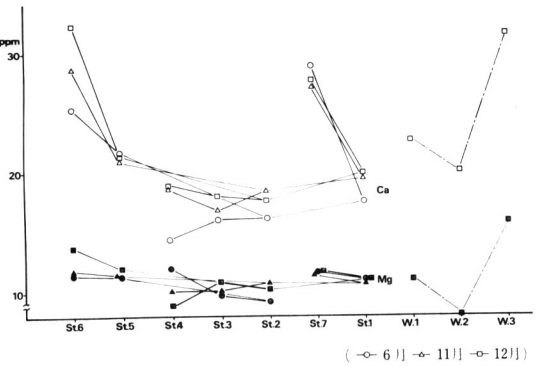


図 2 Ca, Mg の変動

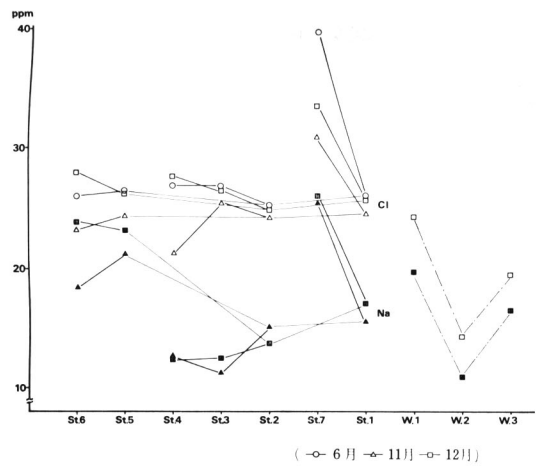


図 3 Cl, Na の変動

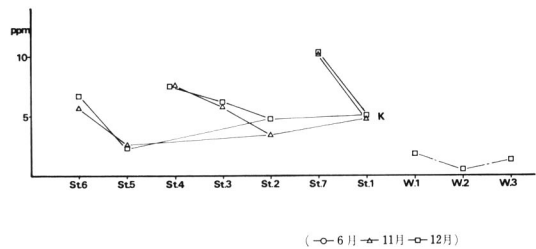


図 4 K の変動

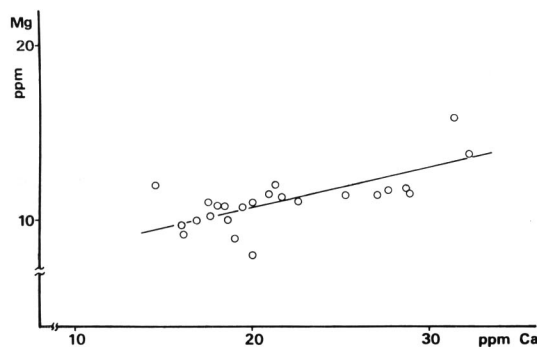


図 5 Mg と Ca 含量の相関

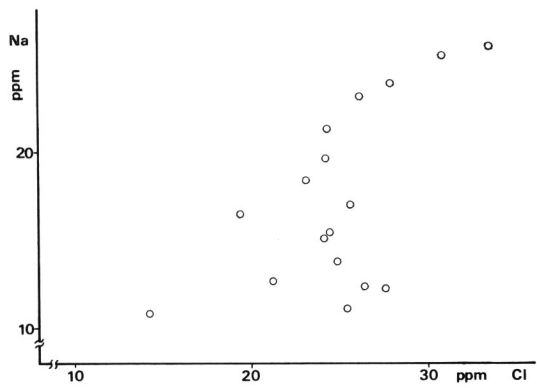


図 6 Na と Cl 含量の相関

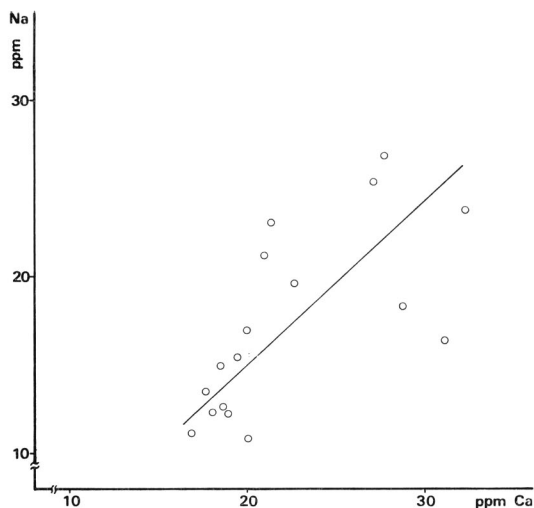


図7 NaとCa 含量の相関

イ) 有機物

有機汚濁物質として $\text{NH}_4^+\text{-N}$ (アンモニア態窒素) 量を, また有機性汚濁の指標として BOD および COD を測定した。 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ は 6 月に St. 5, St. 6 でそれぞれ 1.63 ppm, 1.40 ppm と高い値を示した。その他の地点ではいずれの時期においてもほぼ 0.5 ppm 以下であったが(図8), 他の湖沼の資料(倉沢・山岸, 1971, 桜井・渡辺, 1973)と比較して有機性汚濁が進んでいるといえよう。 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ が他地域から流入水の全くない池沼, 湧水, 井戸から検出され, 含量が 6 月から 12 月にかけて減少する傾向があることから, 有機性汚濁は落葉や水生植物の枯死の分解に起因していると考えられる。図9は BOD の変化を地点別に示したものであるが $\text{NH}_4^+\text{-N}$ と同様に湧水源からの距離にしたがって増加し無機塩類とは逆の傾向を示している。

ロ) 重金属

重金属汚濁物質として鉛 (Pb) を 11 月, 12 月の 2 回, 亜鉛 (Zn) を 12 月に 1 回定量測定した。その結果, 数値の変動は大きい。Pb は 11 月に St. 5・6 を除く全地点で, 12 月には W. 1 を除く全地点で検出された(図10)。一方 Zn も W. 1 を除く全地点で相当高濃度が検出された。Pb や Zn など重金属の水質汚濁に関しては鉾山廃水よるものが多く知られており(津田, 1964, 手塚, 1972, 小林, 1971, 半谷他, 1973), 日本の湖沼で調査された例(半谷他, 1973)では Zn 含量は 0.0013~0.079 ppm であり教育園の池沼の 0.158~0.317 ppm がいかに高濃度かがわかる。現在のところこのように高濃度の Zn に汚濁された原因については地質的なものか(館他編, 1972), 園外から流入する排気ガスによるものか, あるいはその他の原因によるものか不明である。

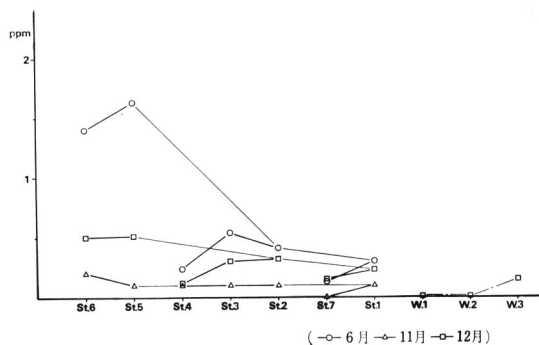


図8 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ の変動

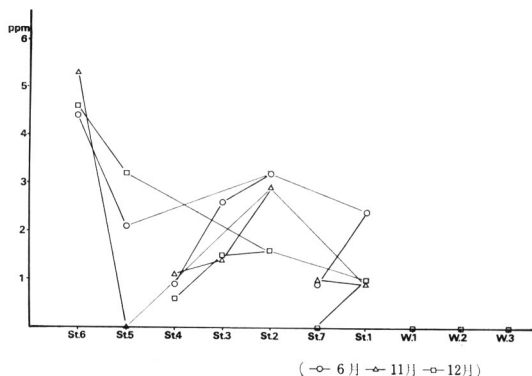


図9 BOD の変動

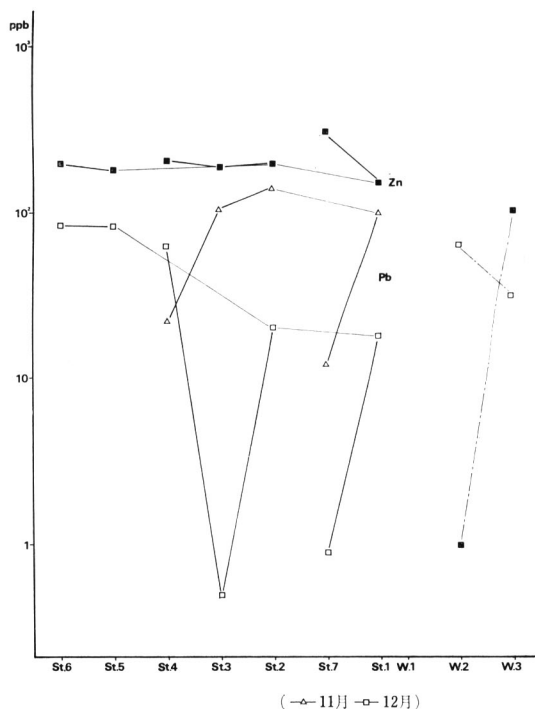


図10 Pb, Zn の変動

3. 園内の水質の特性

教育園内の池沼水は他からの流入が皆無であり全て降雨水と地下水の湧水に依存している。したがって水質、特に無機塩類は教育園が武蔵野台地の東端に位置していることから（関東ローム研究グループ、1965）、関東ロームのうち武蔵野ロームの土壌成分に強く影響されていると考えられよう。日本の湖沼のうち一部は吉村博士によって水質が調査され（半谷、1960）、この結果と武蔵野台地の地下水および湧水での調査結果（消防研究所、1968）と比較した。この結果 Na, Cl, Ca はいずれも武蔵野台地の方が高濃度地点の頻度は高い（図11 a～c）。そして園内の無機塩類の含量頻度分布は武蔵野台地のものと類似し特にモードはほぼ一致している（図11 a～e）。このように園内の池沼水は無機塩類を多く含有しており、これは武蔵野ロームの土壌成分に由来していると考えられる。また電導度は高層湿原のようにほとんど $20 \mu\text{S}/\text{cm}$ 以下の池沼も知られているが（桜井・渡辺）、教育園で測定された高い値（図12）も無機塩類含量の多い武蔵野ロームの特性としてとらえられる。

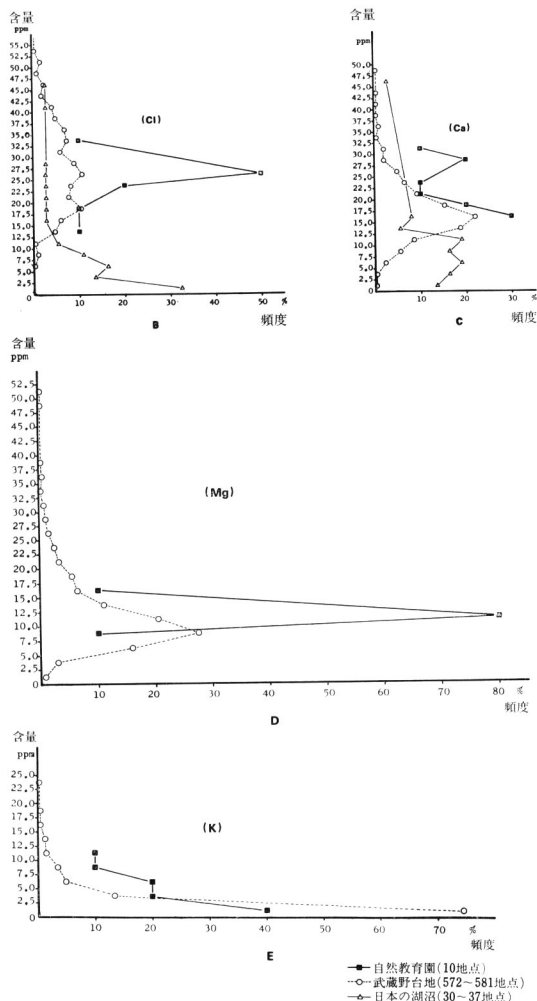
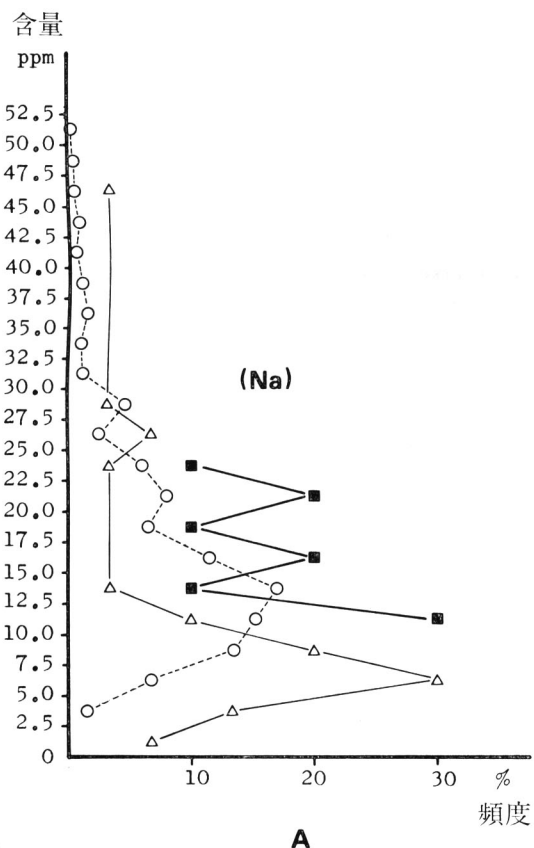


図11 自然教育園、武蔵野台地および日本の湖沼における無機塩類含量の頻度分布
 <武蔵野台地は消防研究所（1968）日本の湖沼は半谷（1960）よりそれぞれ作図>

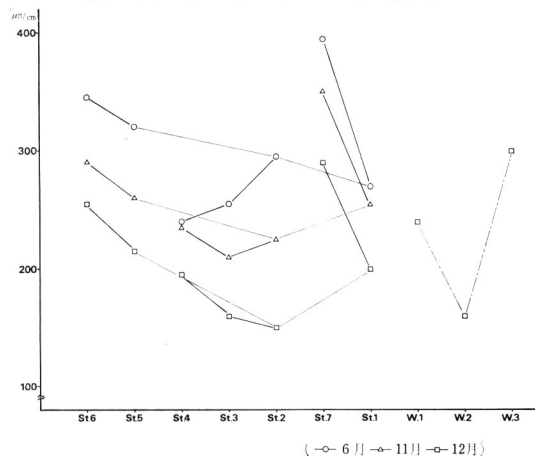


図12 電導度の変動

一方、有機性汚濁物質としての NH_4^+-N はそのほとんどが水生動物の遺体や枯死した水生植物の腐植に由来しているといえよう。これまでに調査された例(橋爪他, 1971)ではひょうたん池(St. 3), 水生植物教材園(St. 2)における NH_4^+-N はそれぞれ 0, 0.05 ppm であり今回の調査より相当少なく、ここ 1~2 年の間に汚濁が急速に進行しているといえる。また今回の調査では測定しなかった NO_3^--N (硝酸窒素) が 1971 年には St. 3, St. 2 でそれぞれ 6.10, 3.38 ppm と高濃度含有していることから有機性汚濁の進行が懸念される。

お わ り に

今回の水質調査は園内における池沼動物群集の調査研究の一環として実施されたものであり、今後はこの資料を基礎にして動物群集の調査をすすめていきたいと考えている。特に近年はモツゴ・メダカ・ザリガニなどが急激に増加しており、これらの個体群の増大と水質や他の生物群集との関係を明らかにしたい。Egglishaw (1968) によれば Ca イオンの増加が水中の植物残渣 (plant detritus) の分解速度を早め、この残渣を摂食する底生動物の現存量が増加するといわれる。無機塩類の多い園内においても、ユスリカ・ガガンボ・イトミミズなど plant detritus feeder の増加が考えられる。一方 detritus 分解によって生じる溶存窒素および磷量の増加は植物性プランクトンの増加をもたらしさらに動物性プランクトンの増加を生じせしめるであろう。特にモツゴはその採餌行動から考えて幼魚がプランクトンを、成魚が detritus feeder や detritus を摂食していることは明らかであり、モツゴの個体群増大に関しては水質との関連が推測される。この点についても今後さらに詳細な調査をすすめていきたい。

要 約

1. 1973年6月, 11月, 12月に園内の池沼水および湧水・井戸水の水質調査をおこなった。
2. pH は全地点ともほぼ中性であったが水生植物教材園で6月に水生植物性プランクトンの光合成のため著しく pH 値が高くなった。
3. 溶存酸素量はイモリの池がきわめて少なかったほかはほぼ80%以上の飽和率であった。
4. 無機塩類は日本の湖沼の平均的含量より多く、これは武蔵野ロームの土壌成分に起因していると考えられる。水系別では湧水源からの距離にしたがって含量が減少する傾向がみられた。
5. 有機性汚濁の主要原因は底生動物の遺骸や落葉・枯死水生植物の分解によって生じているが、 NH_4^+-N の増加速度から考えて近年の汚濁の進行が著しい。

6. 全園にわたって鉛・亜鉛の含量が多く、これらによる汚濁が懸念される。

Summary

1. Present study was carried for the purpose of investigating qualities of water at the ponds, spring and wells in the National Park for Nature Study(NPNS).
2. The values of pH were about 7 at almost of all stations. In June, however, high value was observed at St.2 because of the photosynthesis of abundant hydroplants and phytoplanktons at this pond.
3. The contents of inorganic substances, such as Ca, Mg, Na, Cl and K, is great comparing with those of lakes and other ponds in Japan. This characteristics might be caused by soil components of the Musashino Upland for each frequency distribution of content of these substances in the NPNS and this upland showed a similar tendency. The content of these substances inclined to decrease as water flows down from a spring.
4. Though the organic pollution has been occurred mainly by breakdown of corpses of benthic animals and plant detritus in the NPNS, amounts of ammonia nitrogen (NH_4^+-N) are very great and this substance has increased in the last a few years.

参 考 文 献

- 1) Clarke, G. L. (1954) Elements of Ecology 270 p. (Wiley)
- 2) Dugan, P. R. (鈴木静夫他訳) (1973) 水質汚染の化学生態学(東京化学同人)
- 3) Egglishaw, H. J. (1968) The quantitative relationship between bottom fauna and plant detritus in streams of different calcium concentrations. J. Appl. Ecol. 5: 731-740
- 4) Goulder, R. and D. J. Boatman (1971) Evidence that nitrogen supply influences the distribution of a freshwater macrophyte, *Ceratophyllum demersum*. J. Ecol. 59: 783-791
- 5) 半谷高久 (1960) 水質調査法 61 p. (丸善)
- 6) 半谷高久編 (1973) 汚染水質機構 11-27 p. (共立出版)
- 7) 橋爪健一郎他 (1971) 未発表
- 8) 生嶋 功 (1972) 水界植物群落の物質生産 I.

- (共立出版)
- 9) 関東ローム研究グループ(1965) 関東ローム 47—193 p. (築地書館)
 - 10) 小林 純(1971) 水の健康診断(岩波書店)
 - 11) 倉沢秀夫・山岸 宏(1971) バイオテク 2: 261 p.
 - 12) Moss, B. (1972) The influence of environmental factors on the distribution of freshwater algae: An experimental study. I. Introduction and the influence of calcium concentration. J. Ecol. 60: 917—932
 - 13) — (1973 a) The influence of environmental factors on the distribution of freshwater algae: An experimental study. II. The role of pH and the carbon dioxide-bicarbonate system. J. Ecol. 61: 157—177
 - 14) — (1973 b) The influence of environmental factors on the distribution of freshwater algae: An experimental study. III. Effects of temperature, vitamin requirements and inorganic nitrogen compounds on growth, J. Ecol. 61: 179—192
 - 15) — (1973 c) The influence of environmental factors on the distribution of freshwater algae: An experimental study. IV. Growth of test species in natural lake waters, and conclusion. J. Ecol. 61: 193—211
 - 16) 水野寿彦(1971) 池沼の生態学(築地書館)
 - 17) 日本分析化学会北海道支部編(1966) 水の分析(化学同人)
 - 18) 大西一博(1966) 自然教育園内の池の植物プランクトン. 自然教育園の生物群集に関する調査報告第1集: 141—154
 - 19) 桜井善雄・渡辺義人(1973) 霧ヶ峰高層湿原の池沼の水質. 霧ヶ峰の陸水: 3—24 (長野県)
 - 20) 消防研究所(1968) 武蔵野台地における地表水および地下水の測水資料(消防研究所技術資料第1号)
 - 21) 館 稔他編(1972) (公害)環境の科学 168—170 p. (毎日新聞社)
 - 22) 手塚泰彦(1972) 環境汚染と生物II (共立出版)
 - 23) 津田松苗(1964) 汚水生物学(北隆館)
 - 24) — (1972) 水質汚濁の生態学(公害対策技術同友会)
 - 25) 山岸 宏(1966) 自然教育園の池沼の底生動物とプランクトンについて, 自然教育園の生物群集に関する調査報告第1集 137—140