

自然教育園内水域における水質の季節変化

坂上 寛一*・瀬戸 義正**・久居 宣夫***

Seasonal Changes in Water Qualities at Ponds and Springs in the Institute for Nature Study

Kan-ichi Sakagami*, Yoshimasa Seto**
and Nobuo Hisai***

は じ め に

霞ヶ浦 (田淵・高村, 1979), 多摩川 (小倉, 1981) などの総合的調査研究を始めとしてわが国の水域における水質汚濁の報告例は数多い。その原因は, いずれも主として人間活動による水環境の悪化と考えられており, 汚染物質そのものによる水質汚濁とは別に水質の富栄養化現象がみとめられる。富栄養化は, 過剰な栄養塩の流入によりプランクトン量が増加する現象であるが, その直接的, 間接的影響の結果は, 種々の化学的, 生物的水質特性の変化を通して理解することもできる。

自然教育園は人間活動の活発な都心に位置しているため, 園内の水域においても, その水質汚濁が懸念される。しかし, 園外から園内水域への表面流としての流入はほとんどなく, また, 自然教育園の地形的, 地質的狀況から考えると周辺の地下水 (ローム層下部) 流との関連もきわめて少ない (三寺・菅原, 1980)。従って, 園内の池沼は園内の湧水を唯一の水源としていと考えられている。このことは, 園内水域の水質悪化を促進する可能性のある外圧を封じていることであり, 園内水域の水質を良好に保つためには喜ばしいことである。

湧水地は現在, 3ヶ所知られている。これらの湧水を始め, 園内水域の水質を特に化学的特性の面から各季節毎に調査分析し, 水質の現状を報告するとともに, これまでの園内水域の水質調査 (山岸, 1966; 久居他, 1974; 久居, 1980) と比較検討し, 水質の変動を考察した。

1. 調査地点と調査方法

調査は 1980 年 5 月 20 日, 8 月 29 日, 11 月 1 日および 1981 年 1 月 31 日の 4 回実施した。調査地点は 1973 年の調査地点 (久居他, 1974) に準じた (Fig. 1)。自然教育園には 3 本の水系があり, 北門流出口 (St. 1) で全てが合流し, 園外の渋谷川に排出される。東側水系の湧水地のサンショウウオの沢 (St. 7), 中央水系の湧水地 (St. 4), それに続く, ひょうたん池 (St. 3), 現在では湧水が涸渇した西南水系の水鳥

* 東京農工大学農学部, Faculty of Agriculture, Tokyo University of Agriculture and Technology

** 神奈川県内広域水道企業団, 水質試験所, Water Research Center, Kanagawa Water Supply Authority

*** 国立科学博物館附属自然教育園, Institute for Nature Study, National Science Museum

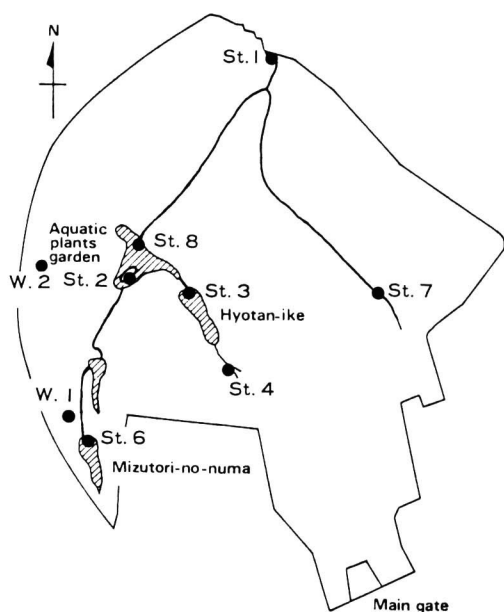


Fig. 1. Map showing the water sampling stations.

溶存酸素量 (DO): ウィンクラー法アジ化ナトリウム変法による。

BOD₅: ウィンクラー法によるが, 1 μ m のガラスフィルターろ過処理検液と無処理の検液について測定した。

COD: M/200 過マンガンカリウム酸性法 (JIS K 0102) による。

K, Ca, Mg: 原子吸光光度法による。

2. 結果と考察

採水は一定の順序で地点を回り, 10時25分から13時15分の間に実施した。採水時刻と採水時の気温, 水温を Table 1 に示した。調査日はいずれもはれあるいはくもりで降水はなかった。8月29日の気温が夏季としては低い。当該年は冷夏であった。因みに, 8月の平均気温は 23.4°C であったが, 平年の 26.7°C より 3.3°C も低い。

(1) pH と電気伝導率 (EC) の季節変化

各季節の pH と EC を Table 2 に示した。pH は 5.82~7.35 に分布し, ほぼ中性を示した。なかでは, St. 1, St. 2, St. 8 が高く, W. 1 が低かった。季節変化は 5 月, 11 月に低く, 8 月, 1 月に高い傾向が, St. 1~St. 4, St. 8 および W. 1 でみられた。水は水温により密度を異にするから, 温帯地方の湖沼は季節により水の動きが異なる。春, 秋は水の上下の混合がおこなわれる循環期であるのに対し, 夏, 冬は水の混合がおこなわれない成層期 (停滞期) である (山縣, 1973)。水中植物が多くその光合成が活発な場合には, 水中の CO₂ の消費が進み, 一方, 成層期のように大気中からの酸素の供給が不十分であれば, 呼吸作用による CO₂ の生成が減少することから, pH は高くなる。久居ら (1974) は St. 2 で気温 30°C を示した 6 月に pH 9.0 を記録している。自然教育園の水域は流れているが, その流れは極めて緩慢なだけ

の沼 (St. 6), 中央水系と西南水系の合流する水域である水生植物教材園 (St. 2) および同流出口 (St. 8), および, 掘抜き井戸の W. 1 と W. 2 の計 9 ケ所から検液を採取した。調査地点の概況は久居 (1980) に詳しい。

調査は採水時に現場で気温, 水温, pH, 電気伝導率を測定し, 他の調査項目については採水後必要な処理をした後, 実験室内で測定した。

測定方法は下記の通りである。

pH: 携帯用 pH メーター (TOA HM-1F) による。

電気伝導率 (EC): 携帯用電導計 (DKK PK-5) による。

アンモニア態窒素 (NH₄-N), 硝酸態窒素 NO₃-N: イオンメーター (ORION 701) による (後藤, 1979)。

Table 1. Water temperature at investigated stations.

Station	Date											
	1980. 5. 20			1980. 8. 29			1980. 11. 1			1981. 1. 31		
	Components											
	Time of Sam-pling	Air Temp. (°C)	Water Temp. (°C)	Time of Sam-pling	Air Temp. (°C)	Water Temp. (°C)	Time of Sam-pling	Air Temp. (°C)	Water Temp. (°C)	Time of Sam-pling	Air Temp. (°C)	Water Temp. (°C)
St. 1	11:35	20.5	17.8	11:30	21.5	19.0	12:02	15.0	13.0	11:45	8.5	4.3
St. 2	12:05	21.5	21.2	12:15	23.2	22.4	12:45	20.5	13.5	12:20	8.0	3.0
St. 3	12:20	23.0	17.5	12:05	21.0	19.0	12:35	16.0	12.3	12:10	7.8	3.8
St. 4	12:45	20.5	17.0	12:40	21.2	18.0	13:15	14.2	15.0	12:30	8.6	14.0
St. 6	10:30	20.0	18.0	10:25	22.0	20.5	10:47	14.5	11.0	10:45	10.5	4.0
St. 7	13:00	20.5	16.5	13:00	21.5	18.0	13:00	15.0	15.2	13:00	8.5	12.5
St. 8	11:55	22.0	20.0	11:50	23.2	22.2	12:15	18.7	15.0	12:00	8.7	4.8
W. 1	10:45	20.8	17.0	10:45	22.0	18.5	11:05	14.8	17.3	11:05	8.0	14.5
W. 2	11:00	19.2	17.2	11:15	22.0	16.5	11:20	14.0	16.8	11:30	8.5	14.5

Table 2. Changes in chemical components at investigated stations.

Station	Date							
	1980. 5. 20		1980. 8. 29		1980. 11. 1		1981. 1. 31	
	Components							
	pH	EC (μ S/cm)	pH	EC (μ S/cm)	pH	EC (μ S/cm)	pH	EC (μ S/cm)
St. 1	6.75	220	7.35	220	7.03	200	7.31	200
St. 2	6.92	220	7.31	220	7.05	180	7.35	190
St. 3	6.32	200	6.74	210	6.62	180	6.95	180
St. 4	6.50	180	6.86	220	6.51	200	6.69	200
St. 6	6.50	250	6.89	310	6.91	260	7.01	240
St. 7	6.33	310	6.72	300	6.66	270	6.58	300
St. 8	6.83	210	7.28	210	7.25	190	7.32	190
W. 1	5.82	310	6.49	320	6.06	310	6.18	260
W. 2	6.92	180	7.00	190	7.01	170	6.98	160

に、St. 1, St. 2, St. 3, St. 8 などでは上記と類似の機構による pH の季節変化を示したことも考えられる。St. 4, St. 7 の湧水の pH は年間を通じて、他の池沼より低かった。掘抜井戸のうち W. 2 の pH が年間を通じて、6.92~7.01 と極めて安定した中性を示したのに対し、W. 1 は 5.82~6.46 とやや酸性であり、季節変化も上記のように、春、秋に低く、夏、冬に高い傾向がみられるなど、両者の違いは明らかである。W. 1 と W. 2 の地下水脈は異なり、W. 1 の方が浅い水脈で、都市環境の影響をわずかながら受けており、W. 2 はより深い水脈で人間活動の影響がほとんどみられないと考えられる。

EC は溶存イオンの総量を概略示す指標であるが、湧水の St. 7 と井戸の W. 1 が 260~320 μS/cm と各季節とも最も高いが、同じく湧水の St. 4, 井戸の W. 2 は高くない。必ずしも水源が高いとは限らない。後の無機態窒素および無機塩類の項で述べるが、St. 7 と W. 1 は溶存陽イオン、陰イオンともに高濃度を示したことから、EC の高いことが裏付けられた。次いで、St. 6 の EC が高い。全地点とも EC の

季節変化は小さいが、8月が1月よりわずかに高い。水温の影響であろう。

(2) 溶存酸素量 (DO) の季節変化

DO の季節変化を Fig. 2 に、また、酸素飽和度による季節変化を Fig. 3 に示した。各地点間の高低関係は、いずれの表示によっても大きく異ならなかった。水生植物教材園の St. 2, St. 8 の両地点が最も高く、9.5~12.1 mg/l であった。酸素飽和度においても最も高く、1月に90% 台に低下したが、5月、8月、11月は両地点とも過飽和であった。水生植物教材園は全地点の中で日照条件が最も良好である。季節変化をみると、DO では両地点の傾向が異なっていたが、酸素飽和度では両地点とも8月に高く、1月に低下する同様の傾向を示した。また、これらと類似の季節変化を示したのは、St. 4 と St. 7 の湧水である。5月、8月、11月は飽和度79~89% であったが、1月は57~58% に急減した。一方、St. 1 は飽和度85~96% と11月にわずかに高いが通年ほぼ平均していた。St. 3 と St. 6 の飽和度は池沼の中では最も低く、1月を除くと、飽和度39~60% であった。1月は74~75% に上昇した。このひょうたん池と水鳥の沼は、給源の湧水量が少ないか、全く涸渇した状態であること、また両池沼の日照条件が悪く、水生植物の生育がほとんどみられないことなどが、DO 値および酸素飽和度の低い原因であろう。W. 1 と W. 2 では、8月の動きが異なった。

(3) COD の季節変化

COD は水中の有機物量を示す指標であるが、全地点で8月に極大値をもつ類似の季節変化をみせた (Fig.

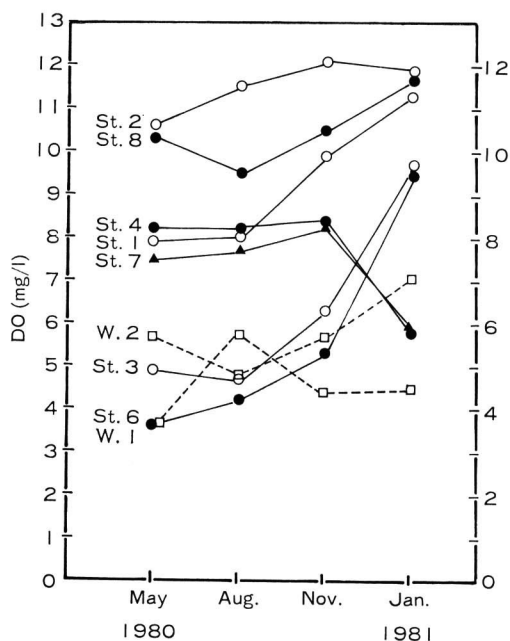


Fig. 2. Seasonal changes of DO at investigated stations.

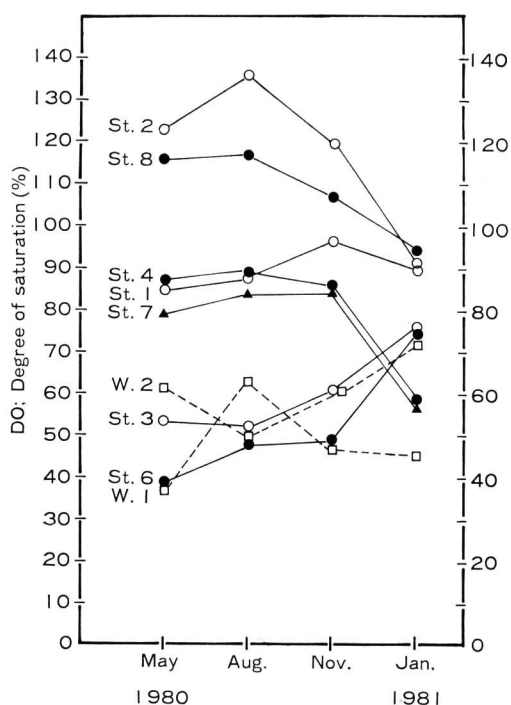


Fig. 3. Seasonal changes in the degree of saturation of oxygen at investigated stations.

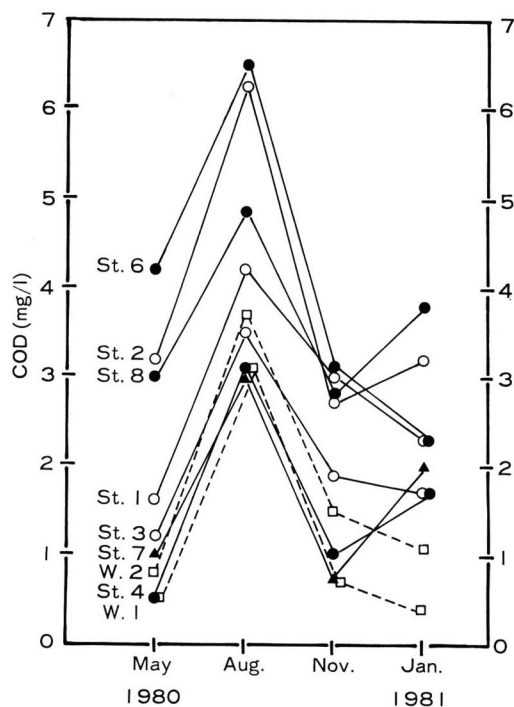


Fig. 4. Seasonal changes of COD at investigated stations.

4)。ただし、水生植物教材園 (St. 2, St. 8) と湧水 (St. 4, St. 7) は1月に再上昇をみせた。夏季の植物プランクトンの優占種である藍藻類よりも比較的清浄な水域でみられるケイ藻類の発生による (小林, 1982) か、あるいは湧水量の減少による相対的な有機物含有率の上昇なども考えられるが、1月の再上昇の原因は明らかではない。しかし、DO (酸素飽和度) の季節変化における、これら4地点の1月の減少傾向とはよく符合する。

COD を地点間で比較すると、St. 6, St. 2, St. 8 で高く、8 月で $4.9 \sim 6.5 \text{ mg/l}$ 、湧水と井戸水が低く8 月で $3.0 \sim 3.7 \text{ mg/l}$ であった。St. 3 は比較的的低く、St. 1 は中間的であった。

(4) BOD の季節変化

検水をろ過することなく測定した BOD(n) と $1 \mu\text{m}$ のガラスフィルターにより浮遊物質を除去した後に測定した BOD(f) について比較検討した (Fig. 5)。BOD(n) では、St. 2, St. 6, St. 8 が年間を通じ高く、St. 8 の8月を除き、 2.7 mg/l 以上であった。いずれも COD の高い地点と一致した。ただし、季節変化パターンは異なり、St. 2 と St. 8 は5月が最も高く、St. 6 は11月に最高値 5.1 mg/l を示した。BOD(f) は BOD(n) に比べて地点間の差が小さくなったが、全地点にほぼ共通した季節変化をした。即ち、8月に

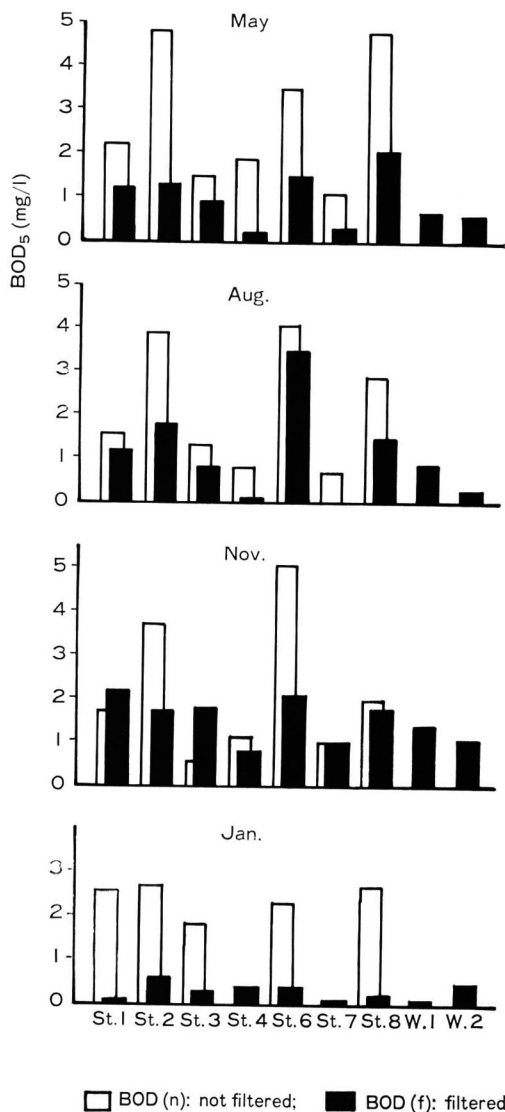


Fig. 5. Seasonal changes in BOD₅ at investigated stations.

顕著な上昇をみせた St. 6 以外は, 8 月より 11 月に更に上昇し, 極大値を示した。BOD(f) は腐植様物質が主体と考えられるが, 落葉物などの腐朽抽出が秋に進むためと考えられる。St. 6 は積年の未分解物が多いことを示していると思われる。1 月の BOD においては BOD(n) と BOD(f) との差が大きく, 浮遊物が BOD に寄与する割合が非常に高いことを示している。St. 4, St. 7 など湧水の BOD は 5 月の BOD(n) のそれぞれ 1.9 mg/l, 1.1 mg/l 以外は 1 mg/l 以下と低かった。なお, W. 1 と W. 2 の BOD(n) は測定していない。また, 11 月の St. 1 や St. 3 において, BOD(n) より BOD(f) が高い逆転現象がみられたが, その原因として BOD(f) におけるろ過など曝気効果も考えられるが, DO 値からすると, それ程効果があるとも思えず不明である。

(5) 無機態窒素の季節変化

アンモニア態窒素 ($\text{NH}_4\text{-N}$) と硝酸態窒素 ($\text{NO}_3\text{-N}$) 濃度を季節毎にイオンメーターにて測定した (Table 3)。 $\text{NH}_4\text{-N}$ 濃度は 5 月の St. 1 の 0.40 mg/l, St. 4 の 0.14 mg/l, W. 1 の 0.12 mg/l を除いて, 0.1 mg/l 以下であった。なかでは St. 6 が高い。また, St. 6 を除く全地点の傾向として, 5 月, 11 月に高く, 8 月, 1 月に低い季節変化がみられた。この季節変化パターンは先の BOD(f) と同様であった。本法では浮遊物の $\text{NH}_4\text{-N}$ は測定していないため COD との相関は得られない。一方, $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度は $\text{NH}_4\text{-N}$ に比べて高い。特に, 湧水の St. 7 と井戸の W. 1 が 10~26 mg/l を示し, 高い EC 値を裏付けた。St. 2, St. 6, St. 8 は $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度の最も低いグループであるが, 3 地点とも有機性汚濁の指標である COD, BOD などでは常に高かったことを考えると, ここに測定された $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度は園内の池沼で有機物から $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$ を経て硝化されて生じたものより, 台地の土壤中を浸透流下する間に硝化された地下水中の $\text{NO}_3\text{-N}$ がどれだけ関与しているか否かにより大きく左右されていると言えよう。 $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度は 5 月, 1 月に高く, 8 月, 11 月に低い傾向があった。

$\text{NO}_3\text{-N}$ は水質汚濁の一つの典型である底泥からのリン溶出を抑える効果を有することが知られており (Andersen, 1982), 今後, 検討する場合も予想される。

(6) 無機塩類の季節変化

溶存無機塩類のうち, カリウム (K), カルシウム (Ca) およびマグネシウム (Mg) を測定した (Table 4)。

Table 3. Changes in inorganic nitrogen contents at investigated stations.

Station	Date							
	1980. 5. 20		1980. 8. 29		1980. 11. 1		1981. 1. 31	
	Components							
	NH ₄ -N (mg/l)	NO ₃ -N (mg/l)	NH ₄ -N (mg/l)	NO ₃ -N (mg/l)	NH ₄ -N (mg/l)	NO ₃ -N (mg/l)	NH ₄ -N (mg/l)	NO ₃ -N (mg/l)
St. 1	0.40	5.7	0.02	4.7	0.05	4.7	0.01	11
St. 2	0.06	3.0	0.02	1.7	0.06	2.0	0.02	5.0
St. 3	0.05	5.3	0.03	2.9	0.04	2.5	0.02	5.3
St. 4	0.14	7.5	0.02	4.6	0.03	4.6	0.02	6.3
St. 6	0.09	2.6	0.07	1.2	0.04	1.8	0.01	4.5
St. 7	0.05	24	0.02	16	0.04	14	0.02	26
St. 8	0.04	3.6	0.01	1.6	0.05	2.0	0.01	4.6
W. 1	0.12	25	0.01	10	0.07	14	0.01	26
W. 2	0.01	2.5	0.02	1.2	0.04	1.0	0.02	5.3

Table 4. Changes in cation contents at investigated stations.

Station	Date											
	1980.5.20			1980.8.29			1980.11.1			1981.1.31		
	Components											
	K (mg/l)	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	K (mg/l)	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	K (mg/l)	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	K (mg/l)	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)
St. 1	4.23	25.0	9.72	3.77	22.5	9.50	4.20	23.5	10.20	3.96	25.7	10.30
St. 2	3.65	25.0	9.52	2.82	21.6	9.34	3.80	23.1	9.95	3.65	25.5	10.50
St. 3	5.32	25.0	9.40	4.80	21.2	9.25	5.05	22.5	9.74	5.35	25.0	9.77
St. 4	6.60	26.8	9.57	6.04	24.5	9.35	6.31	24.5	9.70	6.65	26.0	9.30
St. 6	5.32	35.2	11.00	4.80	28.2	10.40	5.00	31.0	11.10	4.95	36.0	11.40
St. 7	7.90	34.2	10.50	8.40	32.0	11.60	8.43	32.4	11.50	7.65	33.2	11.40
St. 8	3.65	23.7	9.32	3.25	20.1	9.05	3.85	22.2	10.10	3.68	13.5	9.30
W. 1	2.45	35.1	12.90	2.88	34.5	10.20	2.30	32.0	12.90	2.66	31.1	12.70
W. 2	0.60	29.0	7.50	0.50	26.9	8.80	0.45	25.1	8.75	0.20	25.0	8.30

K は St. 4 と St. 7 の湧水で最も高く、W. 1 と W. 2 の井戸水で低い。また、St. 2 と St. 8 の水生植物教材園で比較的低い。Ca は 3 塩類のうちで最も濃度が高い。St. 7, W. 1 および St. 6 で 28.2~36.0 mg/l と高水準であった。St. 8 の 1 月を除いて、他の池沼の Ca 濃度はよく近似した値であった。Mg も Ca の傾向によく類似しており、St. 7, W. 1 および St. 6 がやや高い。ただし、Ca の場合ほど、他の池沼の値と大きな差異はない。

K, Ca, Mg のいずれも、St. 7, W. 1 および St. 6 が高い濃度を示した。St. 7 と W. 1 は $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度も高いが、St. 6 の $\text{NO}_3\text{-N}$ 濃度はそれ程高くない。Cl を始め他の陰イオンを考える必要がある。いずれにせよ、この 3 地点は EC 値が高いこととよく一致した。

(7) 水質の経年変化

今回の結果と久居ら(1974)、久居(1980)の結果を比較検討した。

自然教育園内水域では、水生植物教材園(St. 2, St. 8)と水鳥の沼(St. 6)が有機物に富んでいることが COD や BOD(n) によって判明した。それでは、これらの水域で有機物の富化が進んでいるだろうか。まず、St. 2 であるが、1973 年 6 月、11 月、12 月をそれぞれ、1980 年 5 月、11 月、1981 年 1 月と対比すると COD が 6.6—3.2, 4.9—2.7, 2.6—3.2 となり、今回の方が低下している。BOD は更に 1979 年 7 月と 10 月に調査されており、それぞれ、1980 年 8 月と 11 月に対比すると、それぞれ季節毎に次のような組合わせとなる。3.2—4.8, 5.1—3.9, 2.9—2.0—3.7, 1.6—2.7 夏を除いてやや上昇している。水生植物教材園は 1979 年 8 月に浚渫工事が行われている。以前に比べて、有機物総量は低下したが、植物プランクトン類はすでに以前にも増して増殖していると考えられる。BOD に占める浮遊プランクトンによる BOD の割合が 50% 以上と高い (Fig. 5) ことからもうかがえる。

St. 6 について同様にみると、COD は、5.8—4.2, 3.6—3.1, 5.2—2.3 と低下している。BOD は、4.4—3.5, 4.6—4.1, 5.3—2.9—5.1, 4.6—2.3 と浚渫後よりは上昇したが、それ以前よりは低下している。湧水が涸渇しているのに、水質の悪化は進んでいないようにみえる。しかし、DO は久居(1980)も指摘しているように飽和度 38~74% とかなり低下していることが気懸りである。

ひょうたん池(St. 3)は、COD が、3.1—1.2, 3.4—1.9, 2.7—1.7, BOD が 2.6—1.5, 2.5—1.3,

1.4—1.8—0.5, 2.7—1.8 といずれも低下傾向であった。しかし、ここでも水鳥の沼と同様に酸素飽和度が 52~76% と低い。

北門出口 (St. 1) は、COD が 8.7—1.6, 1.9—3.0, 2.0—2.3, BOD が 2.4—2.2, 3.0—1.6, 0.9—2.7—1.7, 1.0—2.7 と低下, 上昇相半ばしており, あまり大きな経年変化はないといえる。

湧水 (St. 7) についてみると, COD は 11.8—3.0, 0.6—0.7, 0.9—2.0, BOD は, 0.9—1.1, 1.8—0.7, 1.0—1.2—1.0, 0.3—0 と大きな変化はない。

自然教育園内水域は, 湧水と園内の降水を水源とするため, 都市環境に位置しながら, 水質の悪化は特にみられない。

お わ り に

水質の化学的特性について, 季節変化を中心に考察してきたが, 今回調査期間中は冷夏で気温が上らず, 夏季における標準的な水質変化を示しているかどうか懸りではある。できれば, 季節変化の調査研究を何回か繰返し行う必要があろう。また, 従来水質変化を化学的特性の面から考察してきたが, もう一つの重要な側面である生物的特性の定量的解析が今後望まれる。また, 水源が湧水と降水に限られるとすれば, 降水の分析も必要となろう。

要 約

自然教育園内の池沼 5 ケ所, 湧水 2 ケ所, 井戸 2 ケ所の水質について, 化学的特性の面から季節変化を考察した。得られた結果は下記の通りである。

1. pH, 1 μ m ろ過処理後の BOD, $\text{NH}_4\text{-N}$ は春と秋に上昇し, 夏と冬に低下した。
2. COD は夏に最も上昇した。
3. 水鳥の沼, 水生植物教材園の水質が園内では最も有機性物質に富み, COD, BOD が高かった。また, BOD の過半は浮遊プランクトンによるものであった。
4. $\text{NO}_3\text{-N}$ および Ca, Mg, K などの無機塩類の溶存濃度が高いが, 湧水, 浅井戸の水質から判断して地下水 (湧水) 由来のものである。
5. 水鳥の沼, ひょうたん池の酸素飽和度が冬を除くとそれぞれ, 39~49%, 52~61% と低い。
6. 園内水域には園外からの流入がないためこれまでの水質と比較して, 一部に酸素飽和度の低下がみられるが特に大きな変化は認められなかった。

引 用 文 献

- Andersen, J. M. 1982. Effect of nitrate concentration in lake water on phosphate release from the sediment. *Water Research*, 16 : 1119—1126.
- 後藤逸男・蛭木 翠. 1979. アンモニア電極 (デバルタ合金還元法) による土壌中の硝酸態窒素の定量. *土肥誌*, 50 : 71—73.
- 久居宣夫. 1980. 自然教育園内水域の BOD の変化. *自然教育園報告*, 10 : 51—55.
- ・菅原十一・田中信幸. 1974. 自然教育園内の池沼および湧水の水質について. *自然教育園報告*, 5 : 1—7.
- 小林節子. 1982. 手賀沼の汚濁と生態系 (1). *用水と廃水*, 24 : 965—976.

- 三寺光雄・菅原十一. 1980. 自然教育園の水収支. (4) 水文気象について. 自然教育園報告, 11: 103—109.
- 小倉紀雄編. 1981. 多摩川およびその流域の生態系動態に及ぼす人間活動の影響. 263 pp. 文部省「環境科学」特別研究, 環境動態領域「多摩川班」.
- 田淵俊雄・高村義親編. 1979. 霞ヶ浦—研究報告集一. 381 pp. 茨城大学農学部霞ヶ浦研究会.
- 山縣 登. 1973. 水と環境. 183 pp. 大日本図書.
- 山岸 宏. 1966. 自然教育園内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, 1: 137—140.

Summary

The present investigation was undertaken to see if the water qualities could change seasonally at ponds and springs in the Institute for Nature Study. The results obtained were as followed.

1. The values of pH, BOD after filtered with $1\mu\text{m}$, and $\text{NH}_4\text{-N}$ were higher in spring and autumn, and lower in summer and winter.
2. The highest values for COD were obtained in summer.
3. Mizutori-no-numa and Aquatic plants garden showed higher values for COD and BOD, because of including more extensive organic matter than elsewhere.
4. The high contents of $\text{NO}_3\text{-N}$, Ca, Mg and K in some locations were ascribed to be due to high contents of $\text{NO}_3\text{-N}$ and minerals in the underground water.
5. Degrees of DO saturation of Mizutori-no-numa and Hyotan-ike were low except in winter, 39~49% and 52~61% respectively.
6. The any water qualities now showed no noticeable changes except DO comparing with being before. It was ascribed to be due to no streams coming into here from outside.