

# I 編 湖山池と東郷湖の漁場環境

湖山池と東郷湖は図-1に示したとおり、本県東部と中央部にあり、漂砂によって形成された潟湖である。

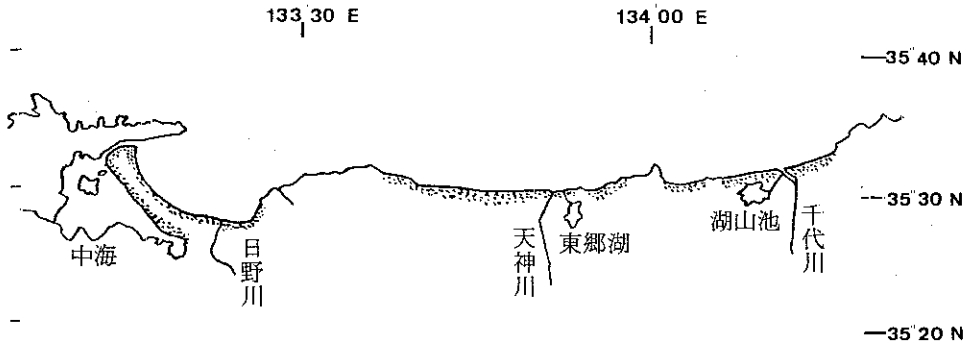


図-1 鳥取県下の潟湖

両湖沼の漁場環境は昭和40年4月～41年3月と、昭和46年5月～47年4月の2期にわたって調査を行った。調査結果については、昭和40年度鳥取水試事業報告ならびに昭和46年度漁場環境保全基礎調査報告書によって、その都度一応の報告を行ったが、ここでは両期の調査結果をまとめて、漁場環境を考察した。

## I 湖沼の地形と湖盆の形態

### 1. 湖山池

湖山池は鳥取県の東部、千代川の河口域にあり、砂洲によって閉塞されて生じた潟湖である。湖の面積は6.95km<sup>2</sup>、湖岸線の長さ14.5kmに達するかなり大きな湖であって、<sup>1)</sup>水深は長年の埋積作用のため比較的浅く、湖面積の大半は2～4m深の部分で占められている。

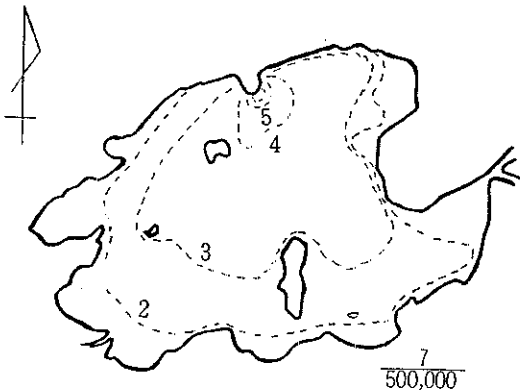


図-2 湖山池の水深 M

昭和40年4月、当场で実測した水深は図2のとおりであって、最大水深は竜ヶ崎地先で6.6mあった。図にもとづいて深度別面積を求めると表1となる。シンプソンの公式<sup>2)</sup>により湖容積を算出すると $18.6 \times 10^6 \text{ m}^3$ 、平均水深は2.68mとなる。

この湖に注入する河川のうち流量が最も多いのは南西端に開口する長柄川であって、湖水は東端

表-1 湖山池の湖容積

水深層 m	面 積		容 積 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>
	10 <sup>6</sup> m <sup>2</sup>	%	
0	6.95	100	6.776
1	6.60	95.0	5.908
2	5.21	75.0	4.062
3	2.91	41.9	1.550
4	0.19	2.7	0.097
5	0.007	0.1	0.003
6	—	—	—
全 容 積			18.600

の湖山川を経て千代川へ排出されている。周辺の農地では湖水を灌漑に使用しており、海水の逆入を防止するため湖山川には潮止め樋門が設けられている。

注) Amの等深線で囲まれた面積S<sub>A</sub>と、Bmの等深線で囲まれた面積S<sub>B</sub>の面の間の湖水の容積V<sub>A~B</sub>は次の簡易式により算出した。

$$V_{A \sim B} = \frac{S_A + S_B}{2} (B - A)$$

したがって上式により算出した各層間の容積を表層から底層まで累加した値はシンプソン公式で求積した全容積と厳密には一致しない。

## 2 東 郷 湖

東郷湖は県中央部を流れる天神川の右岸に生じた潟湖である。面積は4.1km<sup>2</sup>、湖岸線は11.5km<sup>3</sup>とされている。この湖で吉村は水深7.5mを計測し(1929)<sup>4</sup>) 堀江も最大深を5.2m(1961)と記録しているが、現状は埋立て干拓により湖面積、水深ともかなり変化している。昭和40年、著者らの調査では湖面積

表-2 東郷湖の湖容積

水深層 m	面 積		容 積 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>
	10 <sup>6</sup> m <sup>2</sup>	%	
0	3.41	100	1.700
0.5	3.39	99.4	1.610
1.0	3.05	89.4	1.310
1.5	2.19	64.1	0.588
2.0	0.16	4.7	0.040
全 容 積			5.33

3.41km<sup>2</sup>、深度も2.1mより深い場所はなかった。測深値から湖盆の容積を算出すると表2に示したとおり5.33×10<sup>6</sup>m<sup>3</sup>で平均水深は1.54mとなる。

注) 容積は湖山池と同様にして算出した。  
最も多い河川は湖の南西に注ぐ東郷川であって、湖水は北端の橋津川を経て日本海に直接排出されている。

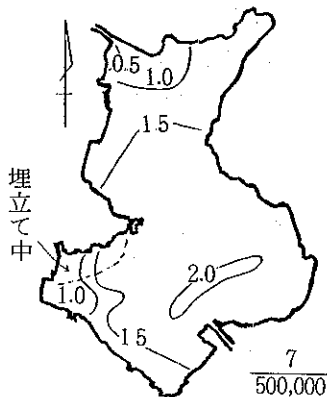


図-3 東郷湖の水深 M

## II 観 測 点 の 設 定

湖水深の測定結果にもとづいて等深線図を画き、a最も深い地点。b湖心近くで平均的水深の地点。c最も水量の多い注入河川の注入口。d排出河川の排出口の4個所に観測定点を設定し、竹ざおを建てて目印とした。

### Ⅲ 湖水の物理的性状

ここでは40～41年の調査結果に46～47年の資料を補足して湖水の物理性状を報告する。

#### 1. 湖水位

湖内の各観測点で湖底に建てた竹ざおに、昭和40年4月の調査開始時における湖面から1 m上方に印をつけ、以後毎月の観測時にこの印から湖水面に至る高さを計測した。4定点における高さを平均し、これを観測時の湖水位とする。

##### (1) 湖山池

湖山池の水位は昭和40～41年に図5に示した年周変化をなしていた。湖水位は6月から上昇し始め8月には最高位

となる。その後下降が始まるが、11月以降は水位がほぼ定常化して翌年5月までは低水位が保たれていた。図中の点線は比較対照のため境港における月平均潮位<sup>5)</sup>の年周変化を示したものであるが、両者はよく一致した昇降の傾向を呈している。前述したとおり、この湖沼では海水の逆流を防ぐため樋門が設けてあり、潮位にあわせて樋門を操作した結果、湖水位が潮位の昇降と一致するに至ったものと解される。最低水位時の5月と最高位の8月では70cmの位差を生じていた。

##### (2) 東郷湖

この湖では昭和40～41年に図6に画いた水位の昇降が観測された。前記の湖山池とは全く異形の年周変化を呈している。

東郷湖では湖山池と違って排出河

川橋津川が、直接に日本海へ開口しており、たえず漂砂にさらされているため、荒天が数日続けば河口は閉塞されて湖水位が上昇するに至る。

最高水位が12月に出現し、3月の最低水位にくらべて80cmも上昇しているのは、冬期の荒天によって橋



図-4 観測定点の位置

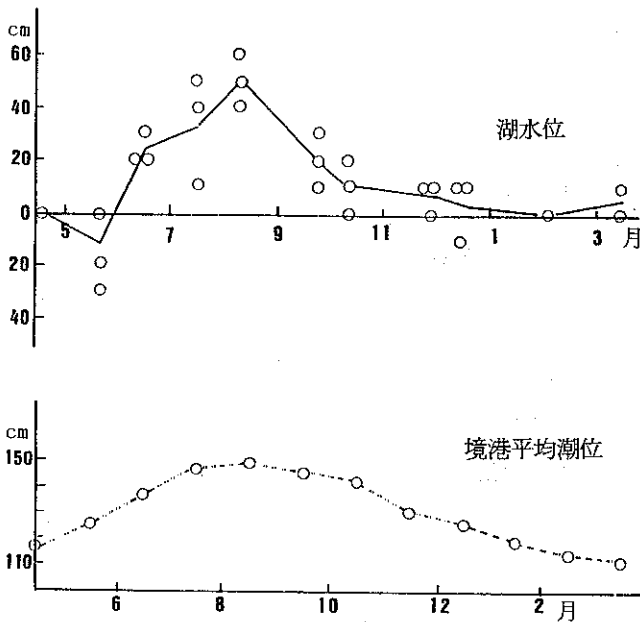


図-5 湖山池の水位と境港平均潮位の年周変化

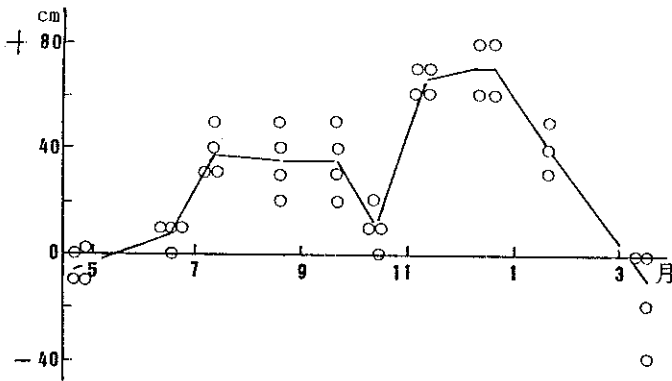


図-6 東郷湖の水位の年周変化

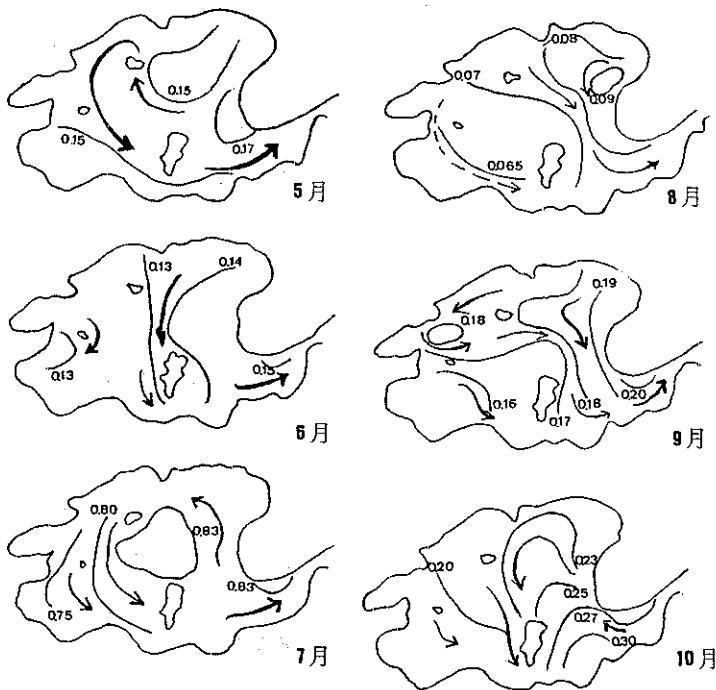


図-7 表層Cl<sup>-</sup>の分布から推定した湖流

一方、微流速計で実測した結果でも同様な流向が観測されているので、<sup>6)</sup>吹送流などの発達がない限りこの湖沼でも湖山池と同様に通常は反時計回りの湖流が卓越しているものと考えられる。

### 3 透明度、水中照度および消衰係数

透明度はセツキ一板で0.1m刻みに計測した。また水中照度は鶴見工作所、TS簡易水中照度計を船上

津川河口が塞ったためであり、水位の昇降に周期性が認められないのは、河口の閉塞と開削が季節にかかわりなく、くり返されたためである。

## 2. 湖 流

ここではCl<sup>-</sup>の実測値をもとに表層Cl<sup>-</sup>の分布を画いて湖流の流向を推定した。湖山池では染料(フルオレセイン)や浮子の投入追跡<sup>1)</sup>が行われており、東郷湖では流速計による測流も行われている。<sup>6)</sup>

### (1) 湖山池

湖内の16定点における表層Cl<sup>-</sup>の分布<sup>3)</sup>を図7に示した。

昭和40年5月から10月まで6回の観測時において、矢印で示したとおり、おおむね反時計まわりの流れがあったものと推定することができる。一方、染料の投入によっても同様な傾向が認められているので、<sup>1)</sup>特に風の影響などが無い限り、この湖沼では反時計回りの湖流が常時卓越しているものとみなすことができる。

### (2) 東郷湖

湖内11定点における表層のCl<sup>-</sup>は昭和40年の観測時に図8に示す分布をなしていた。<sup>3)</sup>

9月を除いた5例の図は湖心を軸とした反時計回りの流れが存在することを示している。

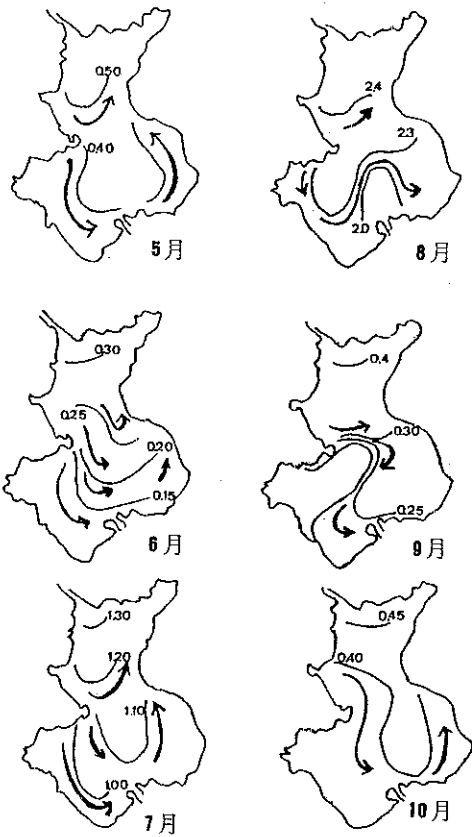


図-8 表層Cl<sup>-</sup>の分布から推定した湖流

から垂下して、1 m 間隔で測定した。この両者は光学的に関連がある<sup>7)</sup>とされているのでここでは一括して考察する。

(1) 湖山池

昭和40年に測定した透明度は表3に示したとおり<sup>3)</sup> 85cm程度であった。46~47年には高温期にやや減少し、低温時には増大する傾向が見られた。経年的変化は明確でない。

一方、水中照度の実測値をもとに算出した消衰係数Kはおよそ1.2~3.3の範囲にあって、場所によってバラツキがかなり大きい。表4に示したように透明度との相関性が大であって、

$K = -2.36 T + 4.12$  ……(1)によって現わすことができる。

透明度が年間を通じて1 m未満であり、かつ消衰係数が他の内陸部にある湖沼にくらべると1桁大きいことは、この湖の懸濁物が著量であることを示している。

(2) 東郷湖

この湖沼では昭和40年の透明度が表5に示すとおり70~80cmであったが、<sup>3)</sup> 46~47年には48~117cmとなっていて、経年的には増大傾向がある。一般にいわれるような汚濁の進行にともなう透明度の減少傾向は認められなかった。水中照度から

表 3 湖山池の透明度 (cm)

昭和40年												
月	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
n	16	15	16	16	16	16	16					
$\bar{T}$	86.13	85.67	90.13	125.69	74.63	84.63	86.25					
S	15.66	6.60	6.31	11.98	5.60	7.35	9.37					

昭和46~47年												
月	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
n		7		10	7		10	7			7	
$\bar{T}$		85.43		73.90	70.00		79.50	78.57			158.57	
S		5.22		11.43	5.77		8.32	3.78			35.32	

消衰係数を求めた結果は表6のとおりであるが、湖山池にくらべると概してK値は大となっている。透明度との相関度は湖山池同様にかかなり高く、 $K = -2.61 T + 4.25$  ……(2)の関係がある。

表4 湖山池の透明度(T)mと消費係数(K)

月	4	5	6	7	8
測点数 n	5	5	6	6	6
平均 $\bar{T}$	0.85	0.89	0.90	1.24	0.75
標準偏差 s	0.17	0.09	0.02	0.07	0.06
平均 $\bar{K}$	1.96	1.70	1.83	1.38	2.70
標準偏差 s	0.56	0.27	0.17	0.16	0.55

$$K = -2.36T + 4.12$$

$$r = -0.79, n = 28$$

表5 東郷湖の透明度 (cm)

昭和40年

月	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
n	11	10	11	11	11	9	11					
$\bar{T}$	73.09	80.80	93.82	59.55	76.00	79.89	82.27					
s	6.66	7.35	8.55	4.59	4.67	2.76	4.38					

昭和46~47年

月	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3
n		6		3	6		2	6			6	
$\bar{T}$		48.33		116.67	91.67		100.00	68.33			60.00	
s		8.16		28.87	19.41		0.00	11.69			8.94	

表6 東郷湖の透明度(T)mと消費係数(K)

月	4	5	6	7	8
測点数 n	7	8	8	7	8
平均 $\bar{T}$	0.71	0.81	0.95	0.61	0.77
標準偏差 s	0.05	0.08	0.07	0.05	0.04
平均 $\bar{K}$	2.08	1.99	1.94	2.81	2.36
標準偏差 s	0.41	0.59	0.22	0.61	0.33

$$K = -2.61T + 4.25$$

$$r = -0.62, n = 38$$

表7 湖山池の濁度 (mg/l)

昭和46~47年

St	層	月	7	10	2	4
1	表		13.5	28.0	8	12
	2		17.5	26.0	—	—
	3		—	—	8	—
	4		13.5	24.5	—	—
1	底		35.5	—	58.	—
	表		16.0	36.0	15	15
2	2		21.0	37.0	—	—
	底		23.0	—	38	21
3	表		19.0	38.5	9	—
	底		—	—	10	—
4	表		14.0	33.0	8	22
	底		18.5	—	13	24

#### 4. 濁 度

北原式B型採水器で水深層別に採取した湖水を試験室に持ち帰り、24時間以内にJISK 0102に準拠してカオリンを標準物質とし、積分球式濁度計を使って比濁した。

##### (1) 湖山池

昭和46~47年にこの湖沼では表7に示すとおり、年間を通して10mg/l以上の高濁度を呈していた。表層にくらべて底層が著しく濁った例があ

表8 東郷湖の濁度 (mg/l)

昭和46~47年

St	層	5	7	10	2
1	表	33.5	45.5	37.0	21
	底	46.0	44.0	37.0	83
2	表	39.5	37.5	42.0	23
	底	80.5	—	36.5	24
3	表	—	25.0	44.5	23
	底	—	27.5	41.0	28
4	表	—	—	53.0	23
	底	—	—	64.5	22

るのは、採水時に湖底堆積物が混入したためと思われる。

10月に30mg/l台の高値を呈し、2月の寒冷期に10mg/lの低値を生じており季節変化がかなり明瞭であった。

(2) 東郷湖

この湖の濁度は昭和46~47年に表8のとおり周年20mg/l以上を示していた。湖山池にくらべると約2倍

量の濁りである。7~10月の高温期に40mg/l台、2月には20mg/l台に減少して季節変化は湖山池より一層顕著であった。

(3) 考察

透明度と消衰係数ならびに濁度の3者は相互に関連性がある<sup>8)</sup>といわれている。濁度の測定値はやや少ないが、透明度との相関性を検定すると、湖山池ではn=5、r=0.60(5%危険率でRの有意水準0.81)で相関がない。東郷湖ではn=7、r=0.90であって、濁度Dと透明度Tの間には

$$D = 76.30T - 36.38 \dots (3)$$

の関係が得られた。

5. 水 温

北原式B型中層採水器で所定層の試水を採取し、0.2℃目盛の水銀棒状寒暖計で0.1℃まで目測で読み取った。

(1) 湖山池

湖心のSt2における表層と底層水温の年周変化を図9に示した。図でわかるとおり、この地点では周年、表層が底層よりも高温であって、逆列成層することがない。最高水温は8月に表層で28.6℃、最低水温は2月に表層とも4.5℃を呈していた。

一方、最深地点St1における水温は図11に示したが、他の地点と違って10月下旬になると底層付近で逆転層を生じ、表層よりも5

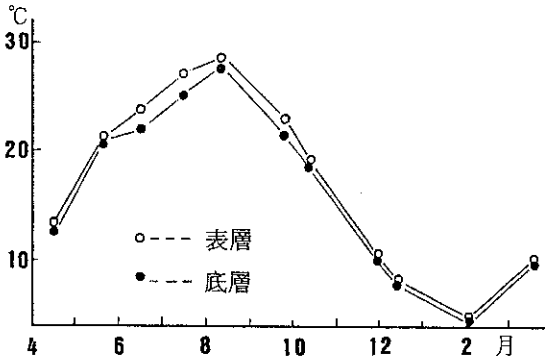


図-9 湖山池湖心部における水温の年周変化

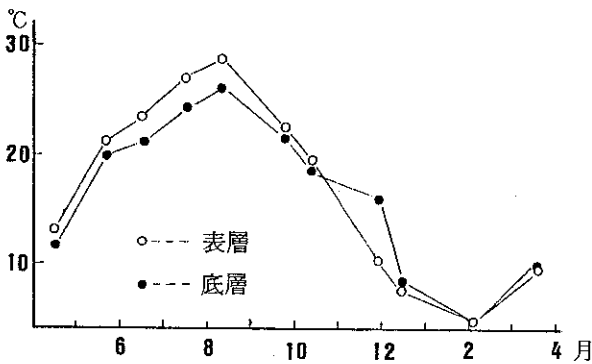


図-10 湖山池最深部における水温の年周変化

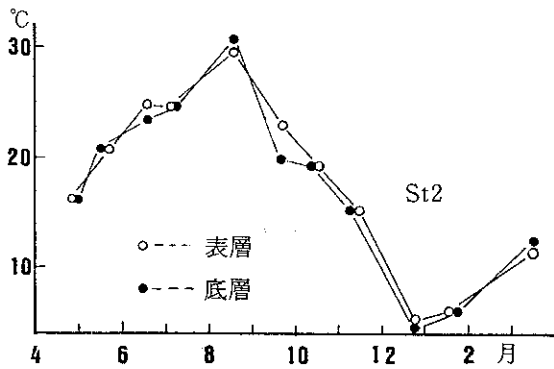


図-11 東郷湖湖心部における水温の季節変化

高温期に水温が逆列成層するのはめずらしい現象だが、これはSt2に限らず他の定点でも認められており、東郷湖全域で生じる特異現象である。湖底からの温泉水の自噴も考えられる。

最高水温は8月に表層で30.0℃、底層は30.6℃また最低水温は12月に表層で4.4℃、底層では4.6℃であった。

### (3) 考察

湖山池と東郷湖の最低水温を比較すると、両者共に4.6℃であるにもかかわらず、東郷湖では12月下旬に、湖山池では2月上旬にこの水温に到達しており両者には1カ月余のずれがある。東郷湖が湖山池よりも降温が早いのは次の理由によるものと著者は考える。

表1と表2に示したとおり、湖山池の湖容積は $1860 \times 10^6 \text{ m}^3$ 、東郷湖は $5.33 \times 10^6 \text{ m}^3$ である。

今、両湖の単位体積当り熱容量が共にQである場合を想定すると、湖沼の全熱容量はそれぞれ $1860Q$ 及び $5.33Q$ となる。

湖水の冷却が主として湖面からの放熱によって起ると仮定し、ある条件下における単位面積当り単位時間の放熱量を $q$ とすれば、両者が単位時間内に湖面全域で失う熱量は湖山池の $6.95q$ に対して東郷湖では $3.41q$ となるが、これは湖水の全熱容量のそれぞれ $6.95q/1860Q$ および $3.41q/5.33Q$ に相当する。すなわち同一条件下で東郷湖が失う熱量は湖山池にくらべて、湖全体の熱容量に対する比率で $0.640q/Q : 0.374q/Q \approx 1.72$  約1.7倍であることがわかる。湖山池に比べて東郷湖の降温が1カ月早いのはこのためであると考えられる。また最高水温をみても湖山池の28.6℃に対し東郷湖では30.0℃で1.4℃高いが、これも同様な理由で東郷湖の方が湖容積の割りに大気から受熱しやすいとして説明できよう。

湖山池で、10～11月に底層水温が逆列成層するのは海水の流入によることは先述したが、東郷湖で7～8月に逆列した際にも後述するように海水の逆流が認められた。海水の流入による水温成層の逆転は海浜近くに形成された潟湖に共通した現象とも考えられる。

～6℃高い水温を呈する特異現象が生じている。この逆列成層は後述するとおり、農閑期になって潮止め樋門を開放した際に高温、高比重の海水が逆流し、湖盆の深部に滞留したために生じたものと解される。

### (2) 東郷湖

湖心部のSt2では表層および底層水温が図11に示した年周変化を呈していた。表、底層の較差は年間を通じて僅少であるが、これは水深が浅いため対流による表底層間の熱の移動が比較的容易に行われるからであろう。年間に4、7、8月および3月の4回、表層よりも底層が高温となっている。7～8月の高



## IV 湖水の化学的性状

湖水の化学的性状は資料の多い40～41年の調査結果をもとに46～47年の資料を補足して考察する。

### 1. P H

国土調査法、水質調査作業規程準則（以下略して、水質作業準測と呼ぶ）に従って採水直後に、I BまたはP Rを指示薬として現地で測定した。

#### (1) 湖山池

湖心部St 2におけるPH鉛直分布の季節変化を図12に示した。

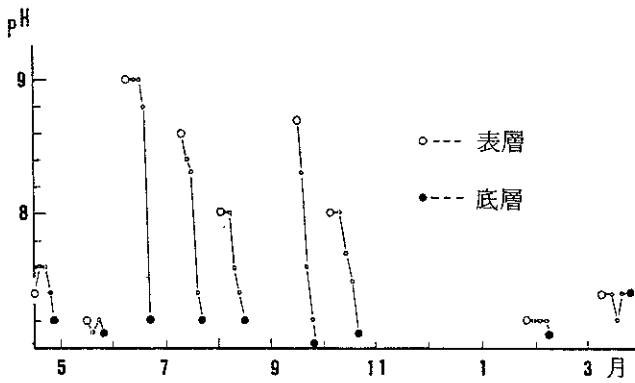


図-12 湖山池湖心部における各層PHの季節変化

表層では6月に最高値9.0となり、最低値は2月の7.2で年較差は1.8である。一方底層では周年7.0～7.2で季節変化がほとんど認められなかった。

一方、最深部St 1におけるPH鉛直分布の年変化を図13に示したが、この地点では季節変化の傾向が湖心部とほぼ同一であるものの中、底層のPHは湖心部よりも一層、低値であって6.8～7.0となっている。

#### (2) 東郷湖

昭和40～41年の調査時における湖心部のPHは図14に示したような鉛直分布と季節変化をなしていた。

表層では最高値が5月に生じ9.1、最低は12～1月で7.4、年間較差は1.4である。また底層では最高が5～6月で8.8、最低値は1月に7.6であって、年間較差は1.2であった。一方、表底層間の差が最大で成層が著しかったのは9月で1.0の差を生じてい

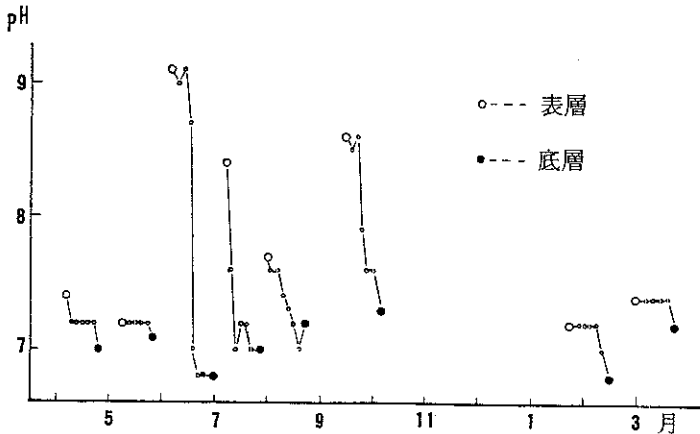


図-13 湖山池最深部における各層PHの季節変化

る。12～1月の寒冷期を除いて常時pH 8～9の高値を呈しているのが湖山池との相違点である。

### (3) 考察

湖水のpHは溶存電解質の組成によって決定する。潟湖の場合、特に影響の大きな因子として次の要素が考えられる。

ア、地質因子 湖水が通過した場所の地質、岩石土壌の化学組成によって支配される。火山地帯や湿原地の酸性水がこの例で、本県では河合谷高原、天神池（pH 4.5）の酸性水などはこれに属する。

イ、海水の混入 海水のpHは8.2程度の微アルカリ性を呈する。した

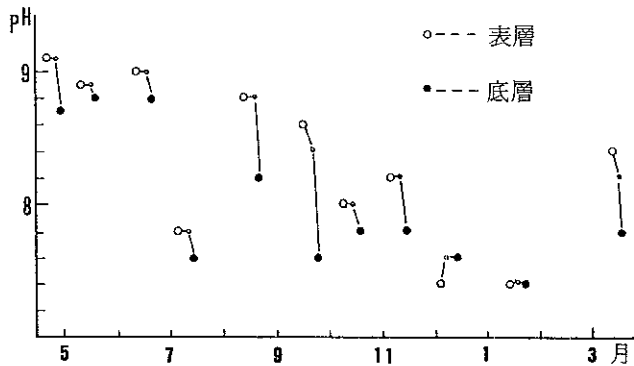
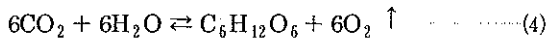


図-14 東郷湖湖心部における各層PHの季節変化

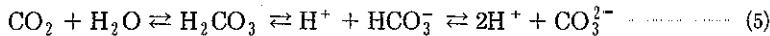
がって海浜近くの潟湖では湖底でpHが上昇した場合、海水の浸入が考えられる。

ウ、浮遊藻類の炭酸同化作用 浮遊藻は炭酸を同化して炭水化物等藻体の構成物質を光合成する。



しかし藻類は一方で逆反応の呼吸によってエネルギーの獲得も営んでおり、正逆両反応の見かけ上の平衡は照度によって決定する。

一方、湖水中の $\text{CO}_2$ は次式により電離し、



$\text{H}^+$ と平衡するので、藻類の光合成により $\text{CO}_2$ が減少すれば平衡は左方へ移動して $\text{H}^+$ を減じ、暗所で呼吸だけが行われると、 $\text{CO}_2$ は増加して反応は右方へ進行し $\text{H}^+$ が増量する。

エ、湖底における細菌等微生物の代謝 土壌コロイドは細菌等微細な生物にとって格好な住みかである。<sup>9)</sup> 硫酸還元菌が底層だけから検出される<sup>10)</sup>等はその好例であって、堆積した生物体有機物はそれらの炭素源、エネルギー源として利用されている。好氣的条件下での呼吸であれ、嫌氣的環境での発酵であっても、細菌がエネルギーを獲得した際に生じる代謝産物には $\text{CO}_2$ や酢酸など酸性物質が多いから、底層水は他層と違ってpHが低値となりやすいと考えることができる。

湖山池の最大流入河川、長柄川では河水のpHがおよそ6.6～7.3<sup>1)</sup>で年間を通して、ほぼ中性であり、一方、東郷湖では湖中に湧出する温泉水のpHが7.1、流入河川水もほぼ中性に近い<sup>6)</sup>とされている。よってこの地方では地質にもとづく化学成分の流入によって、湖水のpHが異常値を生じる現象は起り難いと考えられる。したがって、両湖沼とも湖水pHの消長を論ずるには、地質因子を除いた他の要素すなわち海水の混入、浮遊藻類の炭酸同化、湖底における微生物の代謝産物についての検討が必要となる。

湖山、東郷の両湖に共通な現象として、表中層のpHが高温期に上昇し、低温期に下降することは先述したとおりである。これは一般にいわれる如く、両湖沼が富栄養化しており、この時期に浮遊藻の炭酸同化が旺盛に行われるためと解してよいだろう。しかし、下層乃至底層での季節変化を見ると両湖ではそれぞれ異ったpHの消長を呈している。

湖山池ではSt1の下底層で、他の地点にくらべて殊にpHが下降し易い傾向があり、6月には特に著しかった。またSt2の底層では9月に最低値となっているが、この両期はともに表、中層のpHが極大値を

呈した時期と一致する。この際の補償深度を見ると6月には2m、9月には1.8mとなっていた。(表21)

すなわち、この時期、湖山池では多量の浮遊藻が繁殖した結果、表、中層では著しくpHが上昇するが、藻の懸濁量が増加すると水中照度が減少するので補償点が増加する。このため下底層では藻類による光合成よりも呼吸の方が卓越して(4)式の平衡は左方へ進み、(5)式は右方へ移動して $H^+$ が増加したものと解することができる。一方、低温期に入って浮遊藻が微量になり、表、下層のpHが全般に低下する季節になっても、底層だけは他層よりpHが低いを見ると、この季節になってもなお底土における細菌の代謝は旺盛であることがわかる。

東郷湖の底層では最低時でもpH 7.4であって湖山池にくらべるとかなり高値となっている。この湖では平均水深が2m弱であるため、浮遊藻の懸濁量が増加する高温期にあっても補償点を生じない場合がある。この際には底層においても藻類の $CO_2$ 同化によって $H^+$ の減少が惹起しているであろう。しかし東郷湖のpHを論ずる場合に海塩の影響を無視することはできない。この湖では後述する如く多量の海水がしばしば流入し湖底に滞留している。前述したとおり底層では細菌群の代謝によって酸性物質が産生されているが、逆流した海水が呈するアルカリ性(pH 8.2)はそれらを凌駕するものであって、更に海塩の呈する緩衝能がこれを支えているから、底層水が湖山池のそれよりも高値となっているものと考えている。

次に湖水pHの経年変化について若干ふれておきたい。

湖山池における40年のpHを46年の値と比較すると表9となる。

40年には表層の年間較差が大きかったのに対して、46年には表底層ともpH 7台で四季を通して安定した値を呈しているのが注目される。

吉村の観測によると<sup>4)</sup>昭和4年7月に表層でpH 8.8、6m深で7.2であって40年と大差がない。すなわちこの湖沼では一般にいわれているようなpHの経年的上昇はなかったと見なしてよい。

表-9 湖山池におけるPHの経年変化

St2

年	月		7	10	2	4
	層					
40~41	表		8.6	8.0	7.2	7.4
"	底		7.2	7.1	7.1	7.2
46~47	表		7.5	7.4	7.2	7.3
"	底		7.2	7.4	7.2	7.0

St1

年	月		7	10	2	4
	層					
40~41	表		8.4	8.2	7.2	7.4
"	底		7.0	7.4	6.8	7.0
46~47	表		7.6	7.4	7.2	7.4
"	底		7.0	7.2	7.0	7.1

表-10 東郷湖におけるPHの経年変化

St2

年	月		5	7	10	1
	層					
40~41	表		8.9	7.8	8.2	7.4
"	底		8.8	7.6	7.8	7.4
年	月		5	7	10	2
層						
46~47	表		9.5	8.9	9.1	8.6
"	底		9.5	8.7	7.9	8.4

一方、東郷湖では昭和4年7月に表層でpH 8.5が観測されているが、<sup>4)</sup>これは昭和40年の調査時7.8よりもかなり高値である。また表10によると昭和46~47年のpHは40~41年当時にくらべて四季を通じて約1.0上昇していることがわかる。すな

わち、この湖では経年的にpHの増減が、かなりひんぱんにくり返されていたことがわかる。

近年、湖水の汚濁が論議される中で富栄養化にともなうpHの経年的上昇が注目されているが、上記の考察によってもわかるとおり、これを論ずるには長期にわたる、頻繁な観測が必要であって、数年の資料によって判断するのは困難である。

## 2 溶存酸素 (O<sub>2</sub>)

溶存酸素 O<sub>2</sub> は水質作業準則に従ってウインクラ法により測定した。試薬を加えて O<sub>2</sub> を固定した試水は湖水を満したバケツに沈めて水封し、採水後24時間以内に測定に着手した。

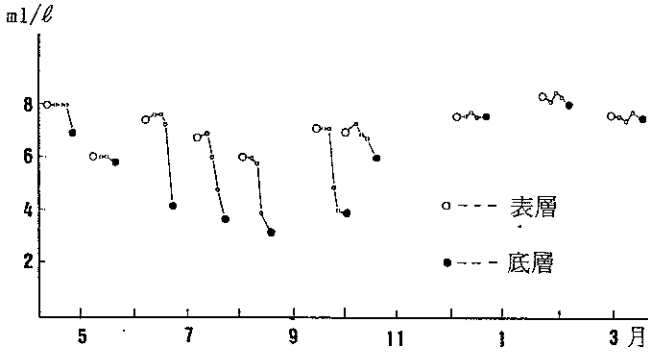


図-15 湖山池湖心部における各層溶存酸素量の季節変化

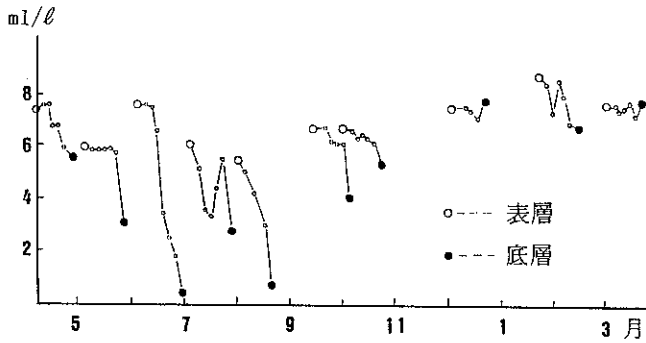


図-16 湖山池最深部における各層溶存酸素量の季節変化

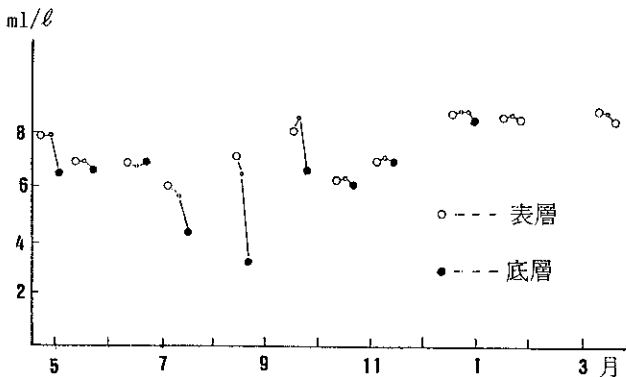


図-17 東郷湖湖心部における各層溶存酸素量の季節変化

### (1) 湖山池

湖心の St2 では表層の溶存酸素量が図15に示す季節変化をなしていた。

高温期の8月に最少となり6.03ml/l、寒冷期2月に最大となって8.38ml/l、年間較差は2.35ml/lである。

一方、底層では表層と同様、高温期8月に最少となり3.16ml/l、最大は2月の8.14ml/lで年間較差は4.98ml/lあって表層より著しい。成層の度合いを示す表底層較差は6～9月の高温期に大であって、6月には3.23ml/lにも達するが、寒冷期になると表底層の O<sub>2</sub> 量は同一となっている。

図16には最深部 St1 における鉛直分布の季節変化を示した。季節的な増減傾向や成層の発達などは St2 と全く同様であるが、特に注目されるのは高温期の6、8月に底層では1ml/l以下にまで減量していることで、St2 では見られなかった現象である。

### (2) 東郷湖

図17に示した溶存酸素の鉛直分布を見ると、この湖においても表、底層の O<sub>2</sub> 量は湖山池と同様な季節変化をなすことがわかる。表層では最小値が7月に6.00ml/l、最大値は3月の8.62ml/lであり、底層では高温期8月に最小値2.98ml/l、最大は3月の8.64ml/lであった。表

底層間の較差は概して小さく0.5ml/l程度であるのは湖深が浅いためであろう。しかし高温期には較差も増加する傾向があり、8月には4.1ml/lとなっていた。

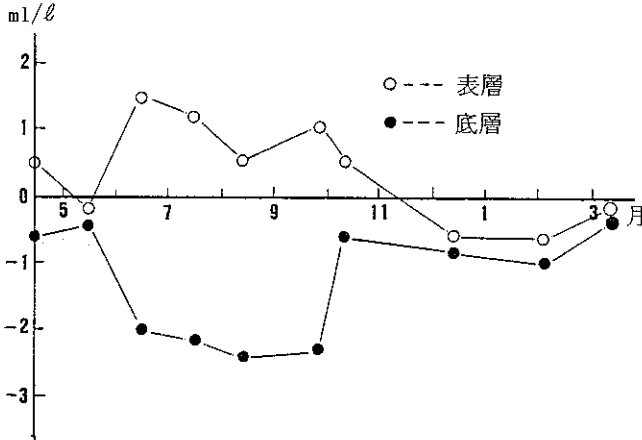


図-18 湖山池湖心部における溶存酸素の飽差

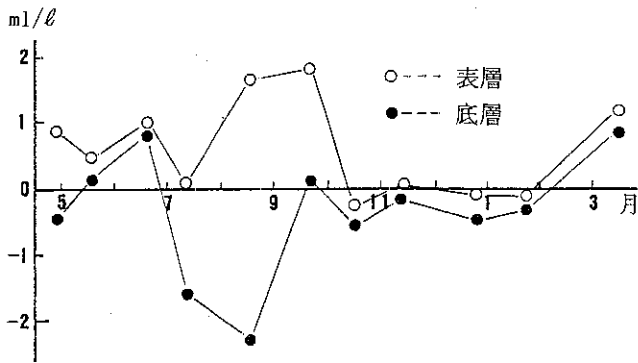


図-19 東郷湖湖心部における溶存酸素の飽差

### (3) 考察

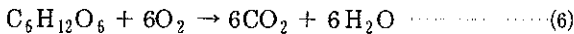
湖水に対する酸素の溶解度は水温と含有塩分量によって定まる。水温、 $Cl^-$ の実測値から求めた $O_2$ 飽和量と実測 $O_2$ 量の差(飽差と呼ぶ)を算出して図示したのが図18及び19であるが、図によると両湖沼に共通な現象として、10~3月の寒冷期には表底層とも飽差が減少して-1~0ml/lとなっている。高温期になると表層の飽差は増大して+1~2ml/lにも達する反面、底層では著しく減少して-2.4ml/lの負値を呈していた。

ここで、溶存酸素の飽差について考察する。

先にpHの項で(4)式に示したとおり、浮遊藻が増殖すれば炭酸の同化が旺盛に行われて多量の $O_2$ が生成する。これが湖水中で飽和量以上の酸素を生じる唯一の要因である。一方で藻類はエネルギー獲得のため、呼吸すなわち溶存酸素の消費も営んでおり、補償深度以深の下、底層では同じ浮遊藻が逆に酸素消費者となっ

ている。この他に底層で溶存酸素を欠乏させる要因としては、湖底堆積物中の細菌等微生物の作用も考えられる。その機序はおおよそ次のとおりであると考えられる。

湖底堆積物中に細菌が多いことは、先述したとおりであるが当初、底層まで酸素が飽和している状態にあっては、湖底土中の細菌群はおおむね好気性種が主体であろう。堆積した生物体有機物はエネルギー源として利用され、酸化されて終局的には $CO_2$ となる。



溶存酸素はこの反応によって消費され飽差が大となるが、湖水の対流や循環が微弱で、表層から $O_2$ の補給が十分に行われない場合には、 $O_2$ の減少につれて湖底の細菌群も次第に種類が変化して、偏性好気性種→通性嫌気性種→偏性嫌気性種へと遷移する。偏性嫌気性細菌の中で漁業上特に問題となるものに硫酸還元菌がある。これは湖水中の $SO_4^{2-}$ を利用してエネルギーを獲得するものであって、この際代謝産物として硫化水素を生成する。<sup>11)12)</sup>ここに生じた硫化水素は極めて強力な還元力を有し、湖水から更に $O_2$ をうばって無酸素状にする。 $2H_2S + O_2 \rightarrow 2S + 2H_2O \quad (6)$

偏性好気性細菌のエネルギー代謝が始まるこれら一連の酸素消費は連鎖的であって、生物体有機物の堆積が起点となっている。溶存酸素が消失し切った後には、底土中の細菌群、偏性嫌気性種が生産する代謝

産物の蓄積が始まり、それらの呈する還元力によって漁場環境は一段と悪化する。

次に、両湖沼における酸素量の経年変化についてふれておく。

湖山池のSt2では表11に示したとおり表底層とも40~41年にくらべると、46~47年の方が四季を通じてO<sub>2</sub>量が減少気味である。St1でも同様な傾向があり、殊に底層での減少は著しくて7月には無酸素状となっている。全体としてはこの6年間に下、底層の酸素欠亡が進行して漁場環境が劣化したと解することができる。

表-11 湖山池におけるO<sub>2</sub> (ml/ℓ) の経年変化 St2

年	層	月	77	10	22	44
40~41	表		6.79	7.04	8.38	7.90
	底		3.66	5.97	8.14	6.91
46~47	表		5.12	5.03	7.74	7.47
	底		4.34	4.50	7.66	6.44

St1

年	層	月	7	10	2	4
40~41	表		6.24	—	8.87	
	底		2.81	5.47	6.95	
46~47	表		5.51	4.98	8.00	
	底		0.00	2.79	6.90	

表-12 東郷湖におけるO<sub>2</sub> (ml/ℓ) の経年変化 St2

年	層	月	5	7	10	1
40~41	表		6.85	6.00	6.39	8.66
	底		6.55	4.19	6.14	8.55
46~47	表		7.82	5.75	7.10	8.85
	底		7.35	1.90	0.00	5.95

一方、東郷湖では表12のとおり40~41年にSt2において、表底層の較差が高温期の7月にでさえ2ml/ℓ以下であったのに、46~47年には寒冷期の2月においても2ml/ℓ以上の較差を生じており10月には底層が無酸素状となっていた。湖山池と

同様にこの湖でも6年の間に漁場環境が急速に悪化したことがわかる。

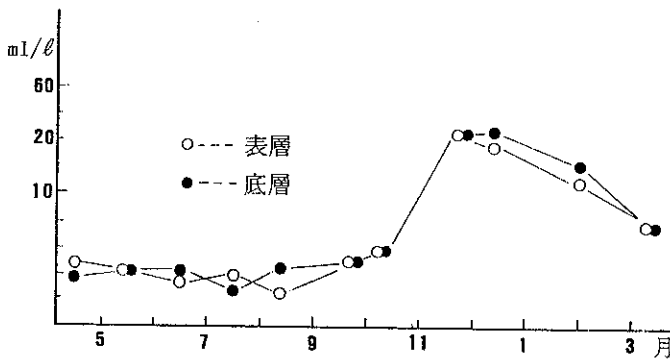


図-20 湖山池湖心部における塩素量の年周変化

### 3. 塩素量 (Cl<sup>-</sup>)

湖水中のCl<sup>-</sup>は水質作業準則に従ってモール法で滴定した。

#### (1) 湖山池

鉛直分布：図20によってわかるとおり、St2では逆列成層が季節にかかわりなくしばしば生じている。これは表、底層間の較差がかなり小さいことと、水温が周年、順列成層をなしているためCl<sup>-</sup>が多少逆転しても安

定度が負値とならないため生じる現象であろう。一方、最深地点St1では周年、逆列成層は見られず表底層間の較差が大きい。これは湖山川を逆流して湖内に侵入した海水が、この地点に滞留するためと考えられる。

水平分布：湖流の項でのべたように、おおむね反時計回りに対応した水平分布をなしている場合が多い。  
年周変化：湖面の大半を占める4m以浅の部分では、図20に示した如く表底層間の較差が周年、僅少であるから層別に考察する必要はない。4~10月には2.8~5.5me/ℓで目立った変化はないが、11月には

急増して20me/l台となり3月まで8me/l以上の高値が持続していた。St1では図21のとおり寒冷期急増の傾向は一層顕著であって、11月の底層水は183me/l $\equiv$ 6.5g/lとなり、海水の混入量が1/3容に達していることを示している。もっとも、この地点では8月にも底層で若干増量し、11.5me/l(0.4g/l)海水の流入痕跡が認められた。

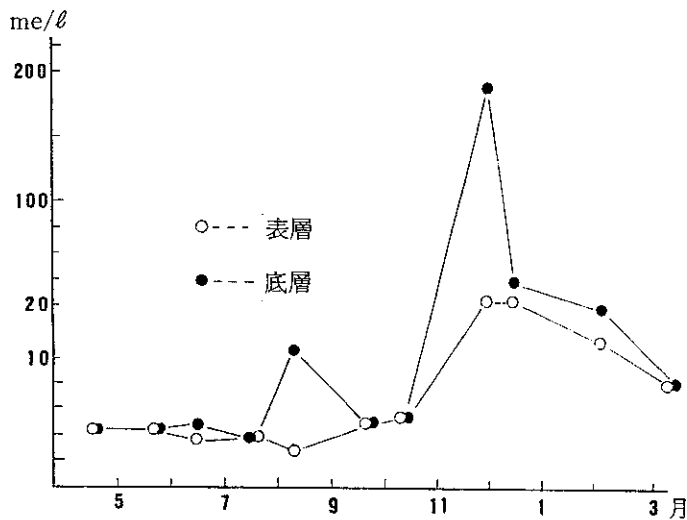


図-21 湖山池最深部における塩素量の年周変化

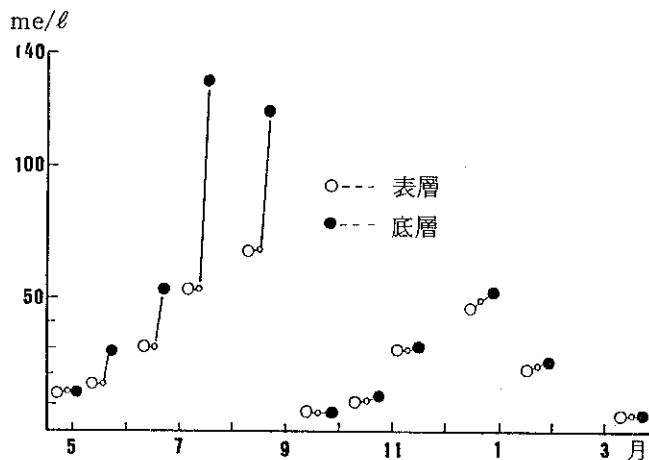


図-22 東郷湖湖心部における塩素量の年周変化

り、長柄川でも $Cl^-$ はおおむね13~18 $\mu g/l^1$  (0.37~0.51me/l)であるから、湖山池では常時その10倍近い多量の $Cl^-$ が溶存しているわけであるが、11月以降潮止め樋門が開放されると、海水の流入量が増すため $Cl^-$ 量は目立って増加する。一方、東郷湖では湖水の $Cl^-$ 量が120me/lにも達し著量の海水流入がわかっているものの、その増減には一定した傾向が認められないのは前述のとおりであって、橋津川河口の状態によって海水逆流入量が支配されることを示している。いずれにしても排水河川を経て海水が逆流するのは海浜の近くに形成された潟湖に共通した現象である。

海水は多量の塩類を含有しているばかりでなく、陸水にくらべると密度が甚だ大きい。したがって潟湖

## (2) 東郷湖

鉛直分布：この湖では図22に示したとおり水深が浅い割に成層を生じやすい。ことに高温期には著しく、7月には底層で119me/l(4.2g/l)表底層の較差は77me/lを呈していた。橋津川を逆流した海水によるものである。湖山池のような逆列成層は全く見かけない。

水平分布：湖流の項で考察したとおり反時計回りの流れに対応した分布をなしている。

年周変化：昭和40~41年の調査時は図22のとおり表底層とも7~8月および12月に峰が生じ、9~10月と3~4月が谷となっていた。一方、46~47年の観測によると表層では8月、底層では10月に峰を生じており、単峰型の年周変化となっている。一定した季節変化の型は認められない。

## (3) 考察

千代川水系では $Cl^-$ は0.24me/l程度<sup>14)</sup>といわれてお

に逆流した海水は湖底に滞留し、上層部との密度差が大きいため対流が妨げられるので、長期にわたって嫌氣的に保存されやすい傾向がある。先にpHと溶存酸素の項で考察した、嫌気性細菌による酸性物や還元物質の生成は、この密度差がもたらす対流の阻害によって一層助長されているものと考えられる。

次に両湖沼  $\text{Cl}^-$  量の経年変化について若干ふれておきたい。

昭和4年7月26日、吉村は湖山池の竜ヶ崎で表層  $10.7\text{mg}/\ell$  ( $0.302\text{me}/\ell$ ) および6m層  $148.5\text{mg}/\ell$  ( $4.19\text{me}/\ell$ ) の  $\text{Cl}^-$  を観測している。<sup>4)</sup> すなわち当時は表層の  $\text{Cl}^-$  が著しく微量であって現今の1/10程度であったことがわかる。この値を著者らが測定した結果と比較すると、少くとも表、上層においてはこの40数年間に  $\text{Cl}^-$  は増加傾向を呈したと解することができよう。

一方、東郷湖でも吉村は昭和4年7月27日に表層で  $125.0\text{mg}/\ell$  ( $3.53\text{me}/\ell$ ) の  $\text{Cl}^-$  を観測し海水の流入を指摘しているが、現今の  $\text{Cl}^-$  は更に多量となっており、昭和40~41年の観測時には表層で  $4.27\sim 68.3\text{me}/\ell$ 、底層では  $2.75\sim 130.2\text{me}/\ell$  であって、46~47年には表層が  $17.4\sim 58.9\text{me}/\ell$ 、底層が  $18.1\sim 91.4\text{me}/\ell$  となっていた。経年変化の傾向は必ずしも明確でないが、これは前述の如く橋津川の河口の状態が年によって異なるためであろう。

#### 4. 過マンガン酸カリ消費量

湖山池と東郷湖では海水の逆流がしばしば起っているので、 $\text{KMnO}_4$  消費量は水質業準則のアルカリ性法により滴定した。ただし46~47年の調査には「閣議決定の方法」に改め、過剰の  $\text{KMnO}_4$  はヨード法により滴定した。

##### (1) 湖山池

鉛直分布：湖心の St2 における  $\text{KMnO}_4$  消費量は図23に示したとおり6~7月を除いて、おおむね表層よりも底層が高値の鉛直分布をなしていた。しかし中層部では極小または極大層を生じる場合が多く、10次の観測において、極大と極小層の両者を生じたのが7回、極小層だけを生じたのが2回で、遞増型の鉛直分布は1回見られたに過ぎない。

表底両層の較差は図24によると St1 では6月が最大であって  $1.12\text{me}/\ell$  であるが、St2 は4月に  $0.32\text{me}/\ell$  の較差を生じたのが最大であって、St1 の最大期に当る

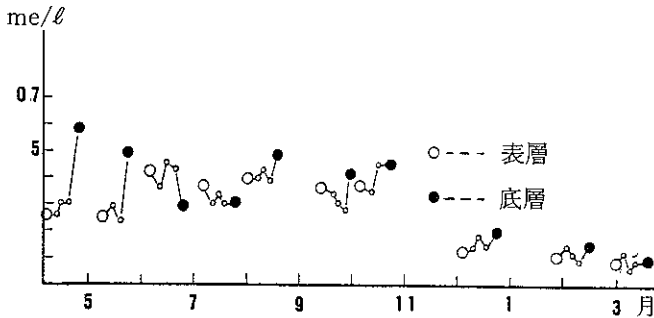


図-23 湖山池湖心部の各層  $\text{KMnO}_4$  消費量の季節変化

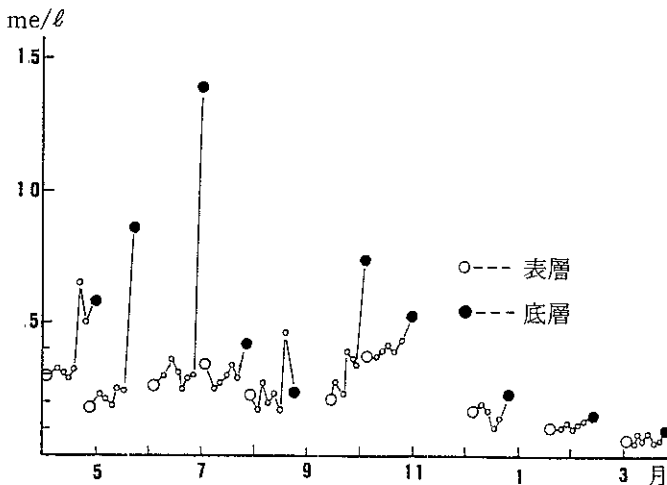


図-24 湖山池最深部の各層  $\text{KMnO}_4$  消費量の季節変化



6～7月はそれほど大きくはない。底層水  $\text{KMnO}_4$  消費量の季節変化が地点の深度によって異なることがわかる。

季節変化：図23～24によると、表層水の  $\text{KMnO}_4$  消費量が高温期に増量し、低温期には減量する季節変化をなすことが明瞭に現われている。

すなわち、湖心部では6月に  $0.42 \text{ me/l}$  の最高値を呈し（St3では7月に  $0.52 \text{ me/l}$ ）、3月に最低値  $0.07 \text{ me/l}$  となっていた。

底層水の消費量もほぼ同様な増減傾向を呈するが、最深部 St1 では4～10月の高温期に  $0.6 \sim 1.4 \text{ me/l}$  に達する異質な高値となり、低温期になると  $0.07 \text{ me/l}$  に減少して表層と等量になっている。湖心部の St2 でも高温期には増加傾向を示したが、4月の  $0.58 \text{ me/l}$  が最大であって St1 のような高値は生じていない。

## (2) 東郷湖

鉛直分布、湖心部における  $\text{KMnO}_4$  消費量は図25に示したとおり、四季を通じて表低、底高の通増型鉛直分布をなしていた。表底層の較差は高温期に大であって、11月には  $0.45 \text{ me/l}$  であり、1～4月の低温期には較差が僅少である。

季節変化：表、底層とも高温期に増量し、低温期に減少するのは湖山池と同様である。

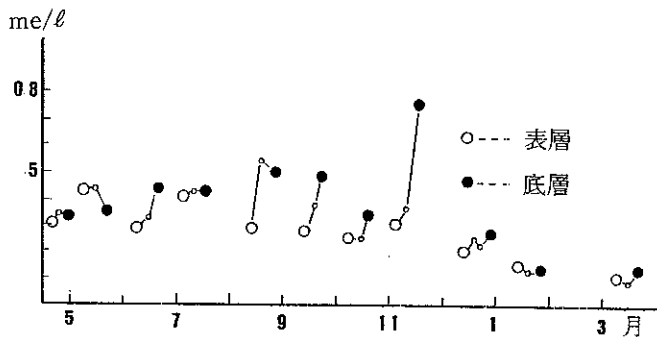


図-25 東郷湖湖心部における各層  $\text{KMnO}_4$  消費量の季節変化

湖心部の表層は5月に最大値  $0.44 \text{ me/l}$ 、3月に最小となつて  $0.10 \text{ me/l}$  である。底層では11月に最大となり  $0.76 \text{ me/l}$ 、3月に  $0.13 \text{ me/l}$  の最小値を生じていた。

## (3) 考察

過マンガン酸カリは強力な酸化剤であるから、湖水中における反応対象物は  $\text{Fe}^{2+}$ 、 $\text{Mn}^{2+}$ 、 $\text{S}^{2-}$  など無機イオンから蛋白質、炭水化物等生物体構成物質まで広範に及んでおり、消費量自体もこのうちの物質に由来するものか不明である。しかし両湖沼の場合には高温の一時期、湖底に形成される無酸素層を除いておおむね好氣的な性状にあるから、還元性無機イオンが反応の主対象となっているとは考え難い。またこの調査時には湖岸に有機性汚濁物を多量に放流する施設も見当らなかったから、主要な  $\text{KMnO}_4$  反応対象物質としては湖水中で発生した生物体を構成する有機物<sup>13)</sup>と考えると大きな誤りはないだろう。すなわち両湖沼において高温期に  $\text{KMnO}_4$  消費量が増大するのは浮遊藻の増殖に由来するものと考えられ、消費量の増大期が pH や  $\text{O}_2$  飽差の増大期と一致する事実はこれをうらづけている。湖山池の6～7月に鉛直分布が通減型に逆転しているのもこの時期、表層における藻類の増殖が特に旺盛なためと考える。

一方、底層における  $\text{KMnO}_4$  消費量は他層と異った様相を呈し、特に湖山の最深部や東郷湖では時として表層の数倍に達することがある。一見してわかるとおり、この現象は他層にない異質な物質の存在を示すものであって、高温期に生じやすいこと、ならびに溶存酸素が欠乏した際に増量すること等からみて、嫌気性細菌の生産する低級な還元物質がその本体ではないかと予察する。堆積物中で硫酸還元菌が生産する硫化水素が有力な一員であることは先述したが、その他の還元物質については編を改めて中海の章で詳細を論じたい。

表-13 湖山池における  $\text{KMnO}_4$  消費量 (me/l) の経年変化

St 2

年	層	7	10	2	4
40~41	表	0.373	0.373	0.111	0.257
"	底	0.299	—	0.141	0.578
46~47	表	0.374	0.374	0.300	0.193
"	底	0.365	0.365	0.385	0.173

St 1

年	層	7	10	2	4
40~41	表	0.342	0.371	0.113	0.300
"	底	0.415	—	0.141	0.578
46~47	表	0.355	0.471	0.273	0.160
"	底	0.420	0.495	0.814	0.348

表-14 東郷湖における  $\text{KMnO}_4$  消費量 (me/l) の経年変化

St 2

年	層	5	7	10	1
40~41	表	0.444	0.407	0.246	0.149
"	底	0.356	0.412	0.338	0.132
年	層	5	7	10	2
46~47	表	0.589	0.913	0.595	0.395
"	底	0.648	0.863	0.731	0.498

次に  $\text{KMnO}_4$  消費量の経年変化について考察する。

昭和4年7月、吉村は湖山池竜ヶ崎の表層で 6.8mg/l (0.215 me/l) 東郷湖の湖央では 9.6 mg/l (0.304 me/l) の  $\text{KMnO}_4$  消費量を観測した。<sup>4)</sup> これらの値を40年の測定値と比較すると、36年間に湖山池では 0.127 me/l 増加し、東郷湖でも 0.103 me/l の増量となっている。一方、40~41年と46~47年の観測値を比較すると表13と表14に示したとおりであって、湖山池では高温期表層の消費量に大きな変化はないものの、低温期2月の消費量が 0.160~0.189 me/l 増量しており、特に最深部底層では2月に 0.673 me/l の著しい増量が認められる。また東郷湖の湖心では46~47年に全期を通じて表層で 0.145~0.506 me/l 増量して40年当時の約2倍量となっており、底層でも40年にくらべて 0.292~0.451 me/l 増量し、四季にわたっておよそ2倍の消費量を呈している。すなわち両湖沼とも近年になって湖水の  $\text{KMnO}_4$  消費物質の増加が目立っており、特に東郷湖での増加が著しいことがわかる。これは生物体有機物の増加、富栄養化現象の進行を示している。

### 5 マグネシウム及びカルシウム ( $\text{Mg}^{2+}$ , $\text{Ca}^{2+}$ )

この両アルカリ土金属はキレート滴定により次のようにして定量した。

まず水質作業準則に従って EBT を指示薬とし、EDTA 2Na で滴定して  $\text{Mg}^{2+} + \text{Ca}^{2+}$  を求めた。別に試水 50ml をとり、5N KOH 1ml とカルセイン希釈粉末 (カルセイン 1 :  $\text{K}_2\text{SO}_4$  100) を約 20mg 加えて EDTA 2Na で滴定して  $\text{Ca}^{2+}$  を求める。<sup>22)</sup>  $\text{Mg}^{2+}$  は両者の差として算出した。

#### (1) 湖山池

湖内 4 定点で測定した  $\text{Cl}^-$  および  $\text{Mg}^{2+}$  と  $\text{Ca}^{2+}$  につき、底層の値だけを除外して平均値を算出し、これを表 15 中に実測値として示した。底層を除外した理由は湖水が底土と反応するためか、他の層とは若干異った値が数例見られたためである。

測定結果は図 26 を一見してわかるとおり、この両金属は  $\text{Cl}^-$  と相関性が甚だ大きく、海水の逆流時等に濃度が特に大となっている。従って鉛直分布や年周変化等は  $\text{Cl}^-$  と全く同様であると考えてよい。

#### (2) 東郷湖

前記した手法により、 $\text{Cl}^-$  と  $\text{Mg}^{2+}$  および  $\text{Ca}^{2+}$  の月別平均値を算出すると表 16 となる。湖山池と同様この湖でも三者の相関性は極めて大きい。これら三者は年周変化も図 27 に示したとおり共に類似した消長

表-15 湖山池における Mg・Ca の実測値と計算値

月	Cl me/ℓ	混合率m ×10 <sup>-6</sup>	Mg me/ℓ			Ca me/ℓ		
			実測値 a	計算値 b	a - b	実測値 a	計算値 b	a - b
4	4.416	8023	0.845	0.983	-0.138	0.362	0.395	-0.033
5	4.182	7579	0.828	0.938	-0.110	0.355	0.387	-0.032
6	3.824	6900	0.817	0.868	-0.051	0.358	0.373	-0.015
7	3.190	5700	0.625	0.743	-0.118	0.371	0.349	+0.022
8	3.705	6675	0.868	0.844	+0.024	0.406	0.369	+0.037
9	4.614	8400	0.961	1.022	-0.061	0.405	0.403	+0.002
10	5.421	9936	1.076	1.181	-0.105	0.479	0.432	+0.047
11	20.560	39615	4.004	4.148	-0.144	1.110	1.004	+0.106
12	21.730	42020	4.453	4.377	+0.076	1.125	1.048	+0.077
2	12.950	24499	3.319	2.656	+0.663	0.825	0.717	+0.108
3	7.694	14289	1.519	1.626	-0.107	0.501	0.519	-0.018

表-16 東郷湖における Mg・Ca の実測値と計算値

月	Cl me/ℓ	混合率m ×10 <sup>-6</sup>	Mg me/ℓ			Ca me/ℓ		
			実測値 a	計算値 b	a - b	実測値 a	計算値 b	a - b
4	14.125	26722	2.669	2.883	-0.214	0.730	0.728	+0.002
5	16.663	31749	3.068	3.380	-0.312	0.814	0.823	-0.009
6	33.725	66860	6.405	6.724	-0.319	1.285	1.466	-0.181
7	48.775	99875	9.481	9.674	-0.193	2.156	2.034	+0.122
8	67.338	143523	13.340	13.313	+0.027	2.811	2.734	+0.077
9	6.261	11455	1.350	1.341	+0.009	0.405	0.431	-0.026
10	11.700	21966	2.055	2.407	-0.352	0.616	0.636	-0.020
11	30.113	59229	5.630	6.016	-0.386	1.374	1.330	+0.044
12	44.429	90133	10.045	8.823	+1.222	2.190	1.870	+0.320
1	25.343	49317	5.017	5.081	-0.064	1.222	1.150	+0.072
3	5.597	10187	1.386	1.211	+0.175	0.390	0.406	-0.016

注) Cl, Mg, Ca の実測値は底層を除いた各層の測定値の平均値

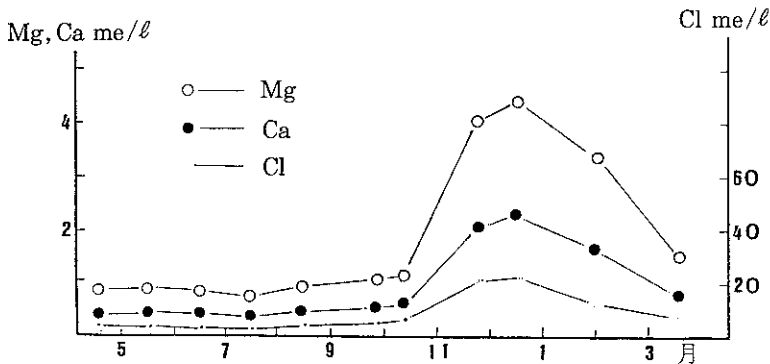


図-26 湖山池における Mg<sup>2+</sup>・Ca<sup>2+</sup> および Cl<sup>-</sup> の表～下層平均値の年周変化

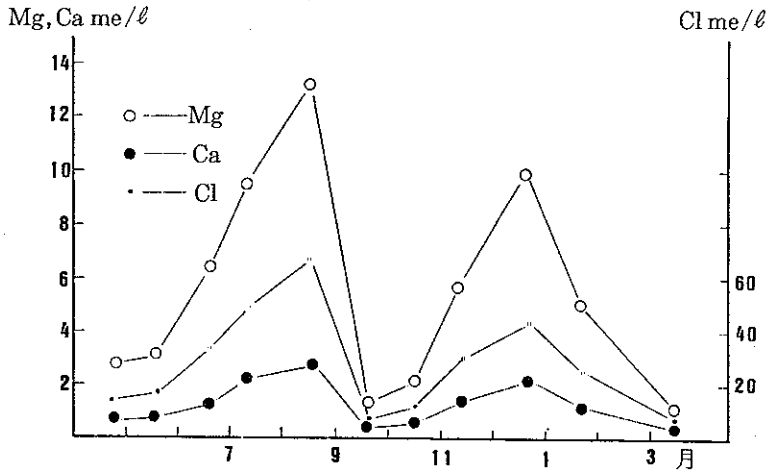


図-27 東郷湖における  $Mg^{2+}$ 、 $Ca^{2+}$  および  $Cl^-$  の表～下層  
平均値の年周変化

をなしており、鉛直的にも各々が一致した分布を呈していると考えても大きな誤りはない。

(3) 考 察

海水中には陸水にくらべて多量の  $Mg^{2+}$ 、 $Ca^{2+}$  が含有されておりその量は  $Cl^-$  19.00% の場合、 $Cl^- = 535.1 \text{ me/l}$ 、 $Mg^{2+} = 105 \text{ me/l}$ 、 $Ca^{2+} = 20.4 \text{ me/l}$  である。従って海水が湖中に逆流して  $Cl^-$  が増せば  $Mg^{2+}$ 、 $Ca^{2+}$  も増量する。

千代川水系の陸水は年間平均して  $Cl^- = 0.158 \text{ me/l}$ 、 $Mg = 0.149 \text{ me/l}$  および  $Ca = 0.235 \text{ me/l}$  を含有しているが、<sup>14)</sup> 湖山池に流入する河川水もこれと等質であると仮定し、湖内で河川水  $m$  と海水  $m$  が混り合って湖水が形成されていると考える。この調査時における湖水の  $Cl^-$ 、 $Mg^{2+}$  及び  $Ca^{2+}$  の間にはそれぞれ次式の関係が成立つ。

$$Cl = \frac{535.1m + 0.158}{m + 1} \quad m = \frac{Cl - 0.158}{535.1 - Cl} \quad \dots(7)$$

$$Mg = \frac{105m + 0.149}{m + 1} \quad Mg = 0.196Cl + 0.118 \quad \dots(8)$$

$$Ca = \frac{20.4m + 0.235}{m + 1} \quad Ca = 0.037696Cl + 0.229 \quad \dots(9)$$

故に湖水の  $Cl^-$  量がわかれば演算によって  $Mg^{2+}$  および  $Ca^{2+}$  を求めることができる。表15にはこの計算値を示した。

同様に天神川水系では  $Cl^- = 0.203 \text{ me/l}$ 、 $Mg^{2+} = 0.154 \text{ me/l}$ 、 $Ca^{2+} = 0.235 \text{ me/l}$  <sup>14)</sup> であるから、この値を東郷湖の流入河川に適用すると、

$$Mg = 0.1960 Cl + 0.114 \quad \dots(10)$$

$$Ca = 0.0377 Cl + 0.195 \quad \dots(11) \text{ となる。}$$

(10) および (11) によって求めた  $Mg^{2+}$  および  $Ca^{2+}$  量も表16に示した。

ここに算出した計算値と実測値を比較すると、 $Mg$ 、 $Ca$  と両湖沼においてそれぞれ若干の差を生じている。

図28と図29は両湖沼において、 $Mg^{2+}$ 、 $Ca^{2+}$  の実測値と計算値のズレが季節的に如何に推移したか、示したものである。

図によると  $Mg^{2+}$  と  $Ca^{2+}$  は両湖沼とも概して寒冷期に実測値が大となり、高温期には計算値の方が大となる傾向がうかがえる。

陸水中の  $Mg^{2+}$ 、 $Ca^{2+}$  量は周年一定ではなく、季節によって若干の増減があるからこの影響を無視する

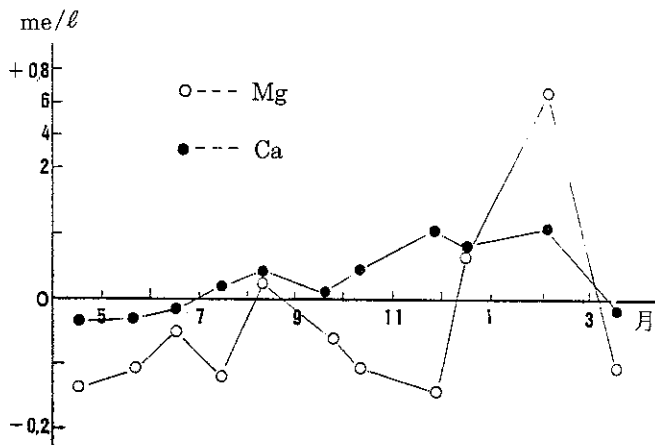


図-28 湖山池におけるMgとCaの実測値と理論値の差の季節変化

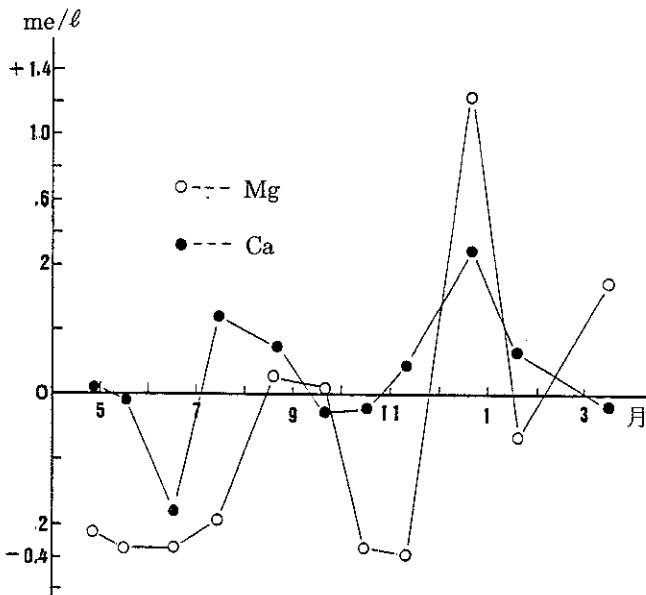


図-29 東郷湖におけるMgとCaの実測値と理論値の差の季節変化

(2) 東郷湖

湖山池の場合と違ってこの湖沼では図30と図27によってわかるとおりBx 4.3の年周変化は、 $Cl^-$ や $Mg^{2+}$ ならびに $Ca^{2+}$ とよく一致した増減傾向を示している。

(3) 考察

湖山池と東郷湖では、アルカリ度の消長がそれぞれ異った様相を呈するところを見ると、両湖では各々違った因子によって、湖水のアルカリ度が決定づけられているものと考えられる。

海水の混入量が多い東郷湖で、Bx 4.3が $Cl^-$ や $Mg^{2+}$ 、 $Ca^{2+}$ の消長とよく一致しているのは、海塩がアルカリ度と関係深いことを示している。海水中には $Cl^-$ の0.74%に相当する $HCO_3^-$ が含有されているが、こ

ことはできないであろう。しかし一方で、湖中の生物系とくに浮遊藻では $Mg^{2+}$ は葉緑素を形成する栄養素であるし、 $Ca^{2+}$ も植物にとってN,P,Kに次ぐ多量栄養素である<sup>23)</sup>から、浮遊藻が増殖する高温期になると、これらアルカリ土金属が植物体にとり込まれて消費され、湖水中の実測値が著しく減量することも十分考えられる。

6. アルカリ度 (Bx 4.3)

水質作業準則によりBCGを指を指示薬としてpH 4.3アルカリ度を滴定した。

アルカリ土金属の場合と同様に、湖水のアルカリ度も底層水の値が他層にくらべて著しく低い場合が多い。したがってここでは底層を除いた各層のアルカリ度を平均した値について考察することとし、湖山池と東郷湖におけるこの平均値の年周変化を図30に示した。

(1) 湖山池

湖山池におけるBx 4.3の平均値は高温期に増大し、低温期に減少する傾向が明瞭であって、図26に示した $Cl^-$ や $Mg^{2+}$ あるいは $Ca^{2+}$ の消長とは全く異った様相を呈している。

これは規定酸で滴定すると、 $\text{HCO}_3^- + \text{H}^+ \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2 \uparrow$ と反応し、アルカリ度の対象物質として定量されることとなる。すなわち海水の逆流が著しい東郷湖では、海塩の混入量に比例した $\text{HCO}_3^-$ がアルカリ度として定量される結果、 $\text{Cl}^-$ や $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ と類似した増減傾向をBx 4.3も呈するのであろう。

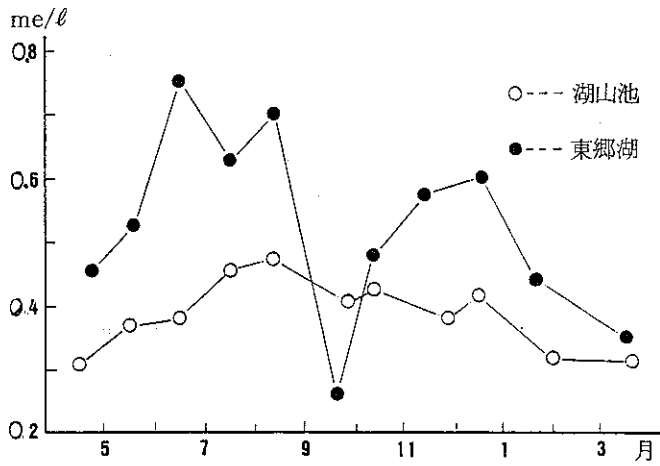
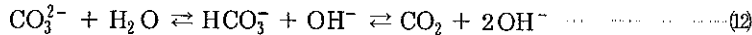


図-30 湖山池と東郷湖におけるアルカリ度の年周変化

一方、湖山池では海水の逆流はあるものの季節的には11月以降3月までの期間に限られており、しかも海水混入率が表15でわかるとおり東郷湖の半量以下である。したがってアルカリ度中に海塩の $\text{HCO}_3^-$ が占める割合が小さくて、他の因子の影響が大きいことがわかる。 $\text{Cl}^-$ の増減とBx 4.3が一見して無関係に見えるのはこのためだろう。海塩以外にアルカリ度を左右する因子としては、周辺の地質ならびに

大気中 $\text{CO}_2$ との平衡条件等が考えられる。

湖水中には大気から溶け込んだ $\text{CO}_2$ や、流入河川水がもたらした $\text{HCO}_3^-$ 、 $\text{CO}_3^{2-}$ が含有されていて、それらの間には次の平衡が成立っている。



浮遊藻が繁殖するとその光合成により $\text{CO}_2$ は炭水化物に転じて水中の $\text{CO}_2$ は減少する。このため(12)式の平衡は右方へ移動して、 $\text{CO}_2$ 1モルの消費につき2当量の $\text{OH}^-$ を生じ湖水はアルカリ性が強まる。先にpHの項で考察したとおり、高温期における湖水pHの上昇はこの状態を指すものである。ここに生じた $\text{OH}^-$ はアルカリ度滴定の際に規定酸を消費するので、当然Bxは大となる。海水の混入が少ない湖山池でアルカリ度が高温期に上昇する傾向を示すのは、主としてこの理由によるものではないかと考える。

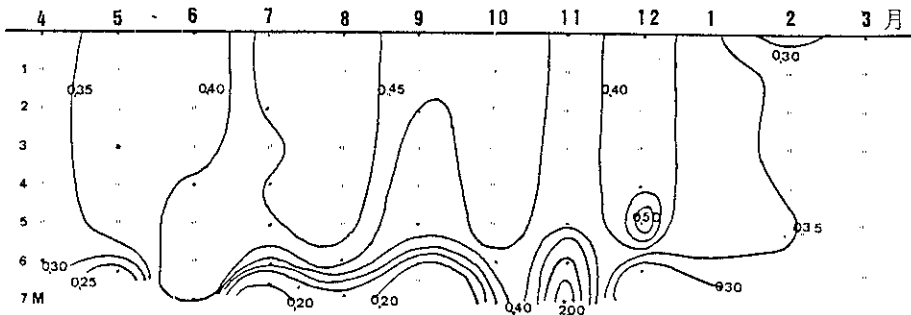


図-31 湖山池におけるアルカリ度鉛直分布の年周変化 (me/l)

次に湖山池の最深地点St1におけるアルカリ度鉛直分布の年周変化を図31に示した。

一見してわかるように底層では表～下層にくらべて著しい高値または低値を生じている。特に11月には

200 me / ℓ に達する高値となっているが、 $\text{Cl}^-$  の項で指摘したとおり、この観測時には湖底に著量の海水が浸入していたから、海塩がもたらした  $\text{HCO}_3^-$  による高値と考えることができる。その他の観測時にはおおむね底層のアルカリ度が他層よりも低値となっているのは、 $\text{pH}$  の項で考察したとおり、湖底における微生物群の代謝によって生じた、各種の酸性物質がアルカリ度を低下させるのであろう。

## 7. 溶解性珪酸 ( $\text{SiO}_2$ )

湖水中の溶解性 Si は試水を実験室に持ち帰って採水 3 昼夜以内に分析に着手した。水質作業準則に従い青木の方法によって  $\text{K}_2\text{CrO}_4$  代用標準液と比色して定量した。

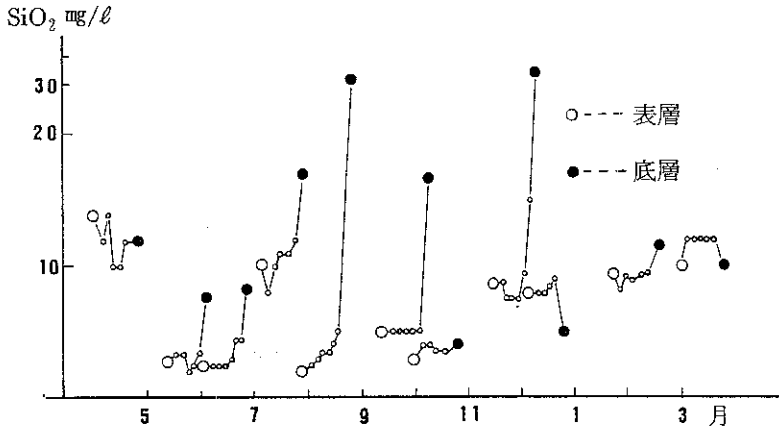


図-32 湖山池最深部における溶解性 Si 鉛直分布の季節変化

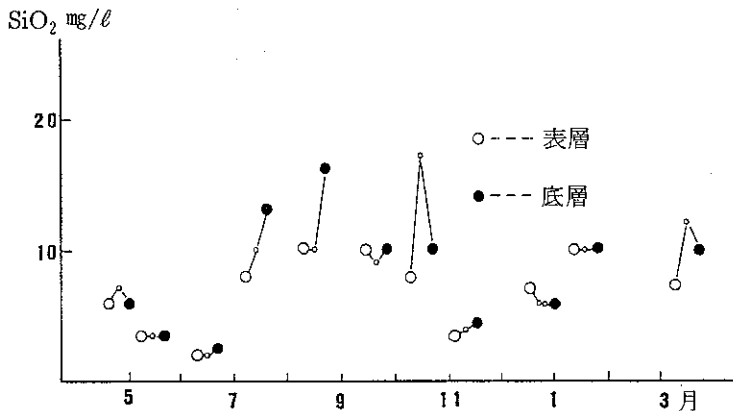


図-33 東郷湖湖心部における溶解性 Si 鉛直分布の季節変化

下層ほど高濃度となる分布型を呈している。季節的には、表層で 5～6 月と 11～12 月に減少期があり、7～10 月の高温期と 12～4 月の低温期には増量する傾向を生じていた。

底層の Si も表層とはほぼ同様な消長をなしている。

### (3) 考 察

溶解性珪素は珪藻類の栄養物質であって、その消長は珪藻の繁殖と密接に関係する<sup>2)</sup>といわれている。湖山池で高温期に表層で減量するのは、珪藻によって消費されたためであると考えられるし、底層で異常な高

### (1) 湖山池

最深部における溶解 Si の鉛直分布とその季節変化を図 32 に示した。

概して Si は表層で希薄であって底層では濃厚となる場合が多い。表層よりも底層の方が希薄であるのは 12 月の 1 例にすぎなかった。

季節的には表層の Si がおおむね高温期に少量であって、5～6 月と 8～10 月に 2 つの谷を生じており、低温期になると増加傾向を示すのに対して、底層では逆に 7～11 月の高温期に多量となる傾向がうかがえる。

### (2) 東郷湖

図 33 には東郷湖の溶解性 Si の鉛直分布ならびに季節変化を示した。

この湖沼は水深が浅いにかかわらず Si の成層が顕著であって、湖山池と同様に

濃度が出現するのは、硅藻の遺骸が沈降して溶解したため生じたものとされている。一方、東郷湖では表層で5～6月と11～12月が減少期に当たっているが、他の諸条件からみて11月が硅藻類の繁殖期とは考え難いので、この湖沼には硅藻の代謝以外にSi量を左右する有力な因子があるのかもしれない。

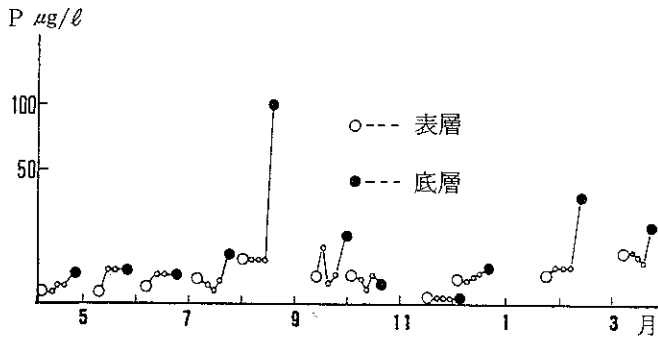


図-34 湖山池湖心部における  $PO_4^{3-}$  鉛直分布の季節変化

認められる。表層の  $PO_4^{3-}$  濃度は年間を通じて  $P=0\sim 16\ \mu\text{g}/\text{l}$  であって、11月を除きおおむね一定しており、顕著な季節変化は認められない。しかし、底層ではややおもむきを異にしており、特に8月には  $P=100\ \mu\text{g}/\text{l}$  の異常な高値を生じていた。

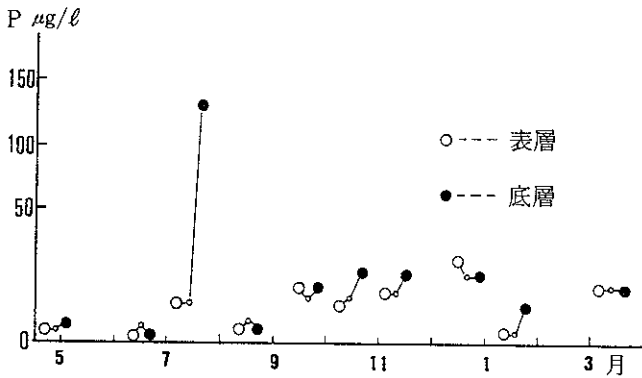


図-35 東郷湖湖心部における  $PO_4^{3-}$  鉛直分布の季節変化

の  $P=125\ \mu\text{g}/\text{l}$  に見られる如く、湖山池と同様に高温期になると異常な高値を呈する傾向がある。

### (3) 考察

昭和4年7月下旬、吉村は湖山池と東郷湖で予察的調査を行い、共に表層水からは  $PO_4^{3-}$  を検出していない。<sup>4)</sup> また著者が昭和40～41年と同46～47年に観測した結果では両湖における  $PO_4^{3-}$  量は表27.28のとおりであって、両湖沼とも表層では  $P=0\sim 35\ \mu\text{g}/\text{l}$  の範囲にあり、天然水の  $PO_4^{3-}$  としては特に多量であるとはいえず、経年的にも増加傾向にあるとは断定し難い。鳥大ならびに鳥取衛研では昭和46年の調査結果にもとづいて富栄養化が進行していると報告しているが、<sup>1,6)</sup> 窒素と違って磷の場合にはその蓄積、増加傾向を論じるには水圏ばかりでなく湖底堆積物も含めた測定が必要であると著者は考える。

すなわち、冬期に水温が  $4\sim 5\ ^\circ\text{C}$  にまで低下すると、浮遊藻の大半は死滅して湖底に沈積し、藻体を構成していたNやPは無機態となって湖水中に溶出する。後述する如くNの大半は  $NO_3^-$  となるから、これを測定すれば経年的な富栄養化の進行状況は甚だ理解し易い。実際に冬期  $NO_3^-$  の経年的増加傾向は東郷湖

## 8. 磷酸塩 ( $PO_4^{3-}$ )

水質作業準則に従ってドニゼ、アトキンス法で比色した。

### (1) 湖山池

昭和40～41年の湖心部における  $PO_4^{3-}$  の鉛直分布とその季節変化を図34に示した。

四季を通じて表層は少量で下層ほど増量する通増型の鉛直分布が

### (2) 東郷湖

昭和40～41年の湖心における  $PO_4^{3-}$  の鉛直分布は、図35に示したような季節変化をなしていた。この湖は水深が浅いためか表底層の較差は微小である。

表層水の  $PO_4^{3-}$  は年間  $P=0\sim 30\ \mu\text{g}/\text{l}$  で季節的消長は湖山池よりやや大きく、概して高温期には少量となるが低温期には増量する傾向が見える。一方、底層では7月



表-17 湖山池における  $\text{PO}_4^{3-}$  (P- $\mu\text{g}/\ell$ )  
の経年変化

St2

年	月		7	10	2	4
	層					
40~41	表		8	10	11	4
"	底		18	9	40	11
46~47	表		15	16	3	7
"	底		15	18	3	6

St1

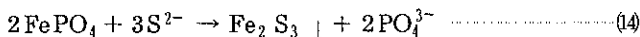
年	月		7	10	2	4
	層					
40~41	表		6	9	13	16
"	底		30	10	42	7
46~47	表		7	13	3	6
"	底		120	20	5	8

表-18 東郷湖における  $\text{PO}_4^{3-}$  (P- $\mu\text{g}/\ell$ )  
の経年変化

St2

年	月		5	7	10	1
	層					
40~41	表		±	15	11	4
"	底		±	125	40	13
年	月		5	7	10	2
層						
46~47	表		--	7	±	3
"	底		--	±	±	3

な機構によるものと考えられる。いづれも高温期の底層に限って生じるものであって、前述した還元層の出現期と一致しているので関係ありそうに思われる。この時期になると海水の逆流し易い潟湖では、底層で硫化水素が生じやすいことは先述したが、ここに生じた硫化水素は、前述した機序によって湖底に沈積している  $\text{FePO}_4$  (Fe コロイドと  $\text{PO}_4^{3-}$  の結合によって生じた沈殿) と更に反応して、次式のとおり  $\text{S}^{2-}$  と当量の  $\text{PO}_4^{3-}$  を溶出する。<sup>15)</sup>



この反応は、海水の逆流が起点となっていることからみて、海浜近くの潟湖に共通な現象の一つと考えてよい。この機序によって溶出した  $\text{PO}_4^{3-}$  は対流によって上層に波及し、再び藻類の繁殖に利用されることとなる。潟湖の富栄養化を論ずる場合に、堆積物中の  $\text{PO}_4^{3-}$  が無視出来ない存在であると考えられる理由は、(14) の反応によって生じる P の溶出が、海塩の滞留する潟湖にあっては意外に多量であると考えられるからである。

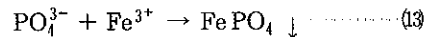
## 9. 無機態窒素 ( $\text{NH}_4^+$ 、 $\text{NO}_2^-$ 、 $\text{NO}_3^-$ )

いづれも水質作業準則に従って採水後4時以内に分析に着手した。

$\text{NH}_4^+$  : ネスラー試薬で比色した。ただし、46~47年の調査時には発色を強めるために衛生試験法注解の方法によりネスラー試薬を調成した。

ではかなり明確であって、この近年富栄養化が進行中と判断して誤りはない。しかし、 $\text{PO}_4^{3-}$  の場合には前述した如く冬期になっても  $\text{NO}_3^-$  のような増量傾向は生じていない。

地殻には  $563 \times 10^2 \mu\text{m}$  程度の Fe が存在しており、それらは  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  等のコロイド状をなして河川水や湖中にも懸濁している。一方、冬期になって生物体から溶出した  $\text{PO}_4^{3-}$  は、これら  $\text{Fe}^{3+}$  コロイドと反応して難溶性の  $\text{FePO}_4$  となり沈降する。



したがって湖水中に  $\text{PO}_4^{3-}$  が増加しても、それは Fe コロイドの存在する限り  $\text{FePO}_4$  となって沈積し溶出することはない。他の栄養成分と違って  $\text{PO}_4^{3-}$  には顕著な季節的増減がないのはこのためであると著者は考える。

以上の論拠によって、湖沼における磷の蓄積を論ずる場合には、湖水ならびに浮遊生物体の磷化合物以外に、湖底堆積物中の磷も含めた考察が不可欠である。

次に高温期、底層中に著量の  $\text{PO}_4^{3-}$  が溶出する特異現象について考察する。

この現象は湖山、東郷湖の両湖で生じており、共通

NO<sub>2</sub><sup>-</sup>: グリスロミイン試薬により発色させて比色した。

NO<sub>3</sub><sup>-</sup>: ジフェニルアミン法で比色した。ただし46~47年にはアニン法<sup>21)</sup>で測定した。

### 9-1 アンモニウム塩

(NH<sub>4</sub><sup>+</sup>)

#### (1) 湖山池

鉛直分布: 湖心部 St2 における NH<sub>4</sub><sup>+</sup> の鉛直分布を月毎に示したのが図36である。11月の1例を除いておおむね下層ほど多量な分布型をなしており、特に底層では N-200 μg/l を超える高濃度を生じる場合がある。

季節変化: 概して3~9月の高温期には少量であって10~2

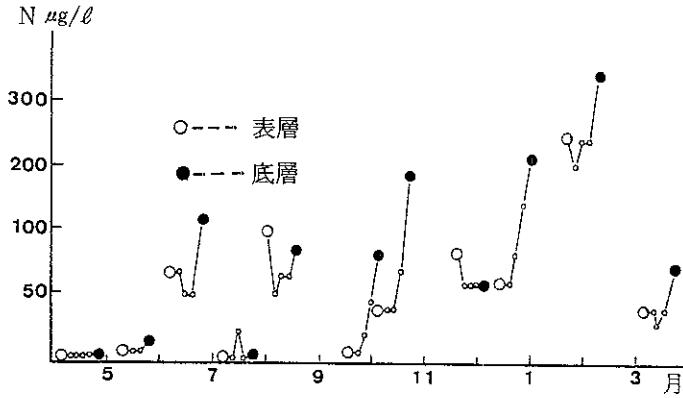


図-36 湖山池湖心部における NH<sub>4</sub><sup>+</sup> 鉛直分布の季節変化

月の低温期に増量する傾向がある。ただし、最深部 St 1 の底層では高温期の7月と9月に6,000~1,000 μg/l の著しい高値を生じていた。

#### (2) 東郷湖

鉛直分布: 湖心における NH<sub>4</sub><sup>+</sup> の鉛直分布は図37に示したとおりであった。11例中、下層ほど高濃度な分布型をなしているのが5例、中層に極大または極小層を持つ型が5例であって、特定の傾向は認め難いが、概して湖山池と同様に底層では高濃度を呈する場合が多い。

季節変化: 図37によってわかるように NH<sub>4</sub><sup>+</sup> が増量したのは6、7、9、12、1月であって底層では N-80~180 μg/l 程度であり、3、4、5、8、10、11月には比較的少量であった。湖山池ほど顕著ではないが、高温期には概して減少傾向を示す。

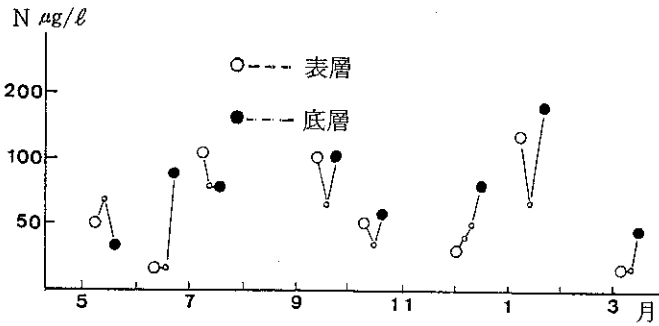
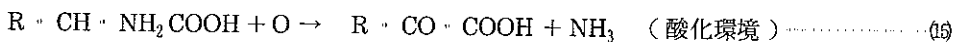


図-37 東郷湖湖心部における NH<sub>4</sub><sup>+</sup> 鉛直分布の季節変化

#### (3) 考察

湖水中の NH<sub>4</sub><sup>+</sup> は2通りの由来が考えられる。一つは湖岸の住居や産業施設から排出される生活、産業廃水がもたらしたものであり、他の一つは湖水中に増殖した藻類等が枯死し腐敗して溶出したもの、すなわち湖沼内での N 循環系における一過程である。生物体を構成する窒素

化合物は主として蛋白質であるが、それらは由来の如何を問わず腐敗細菌の作用を受けて下記の脱アミノ反応により NH<sub>4</sub><sup>+</sup> を生じる。



湖底層で $\text{NH}_4^+$ が高濃度となりやすいのは湖底に堆積した生物体有機物に由来することを示すものと解される。

湖水中の $\text{NH}_4^+$ が高濃期になると減少傾向を呈する理由としては、植物の栄養において無機窒素化合物 $\text{NH}_4^+$ 、 $\text{NO}_2^-$ および $\text{NO}_3^-$ の三態中で最も吸収が早いのは $\text{NH}_4^+$ であるから<sup>16)</sup>藻類の繁殖が旺盛な高温期には、上記の脱アミノ反応によって $\text{NH}_4^+$ が多量に生じて、浮遊藻が直ちに吸収するためではないかと考える。

## 9-2 亜硝酸塩 ( $\text{NO}_2^-$ )

### (1) 湖山池

湖心部における $\text{NO}_2^-$ の鉛直分布とその季節変化は図38のとおりであった。各層とも $\text{NH}_4^+-\text{N}$ や $\text{NO}_3^- - \text{N}$ にくらべて1/10程度の少量である。比較的少量であったのは8、12月であった。

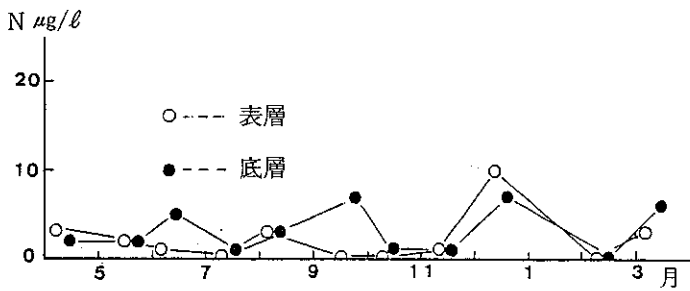


図-38 湖山池湖心部における $\text{NO}_2^-$ の季節変化

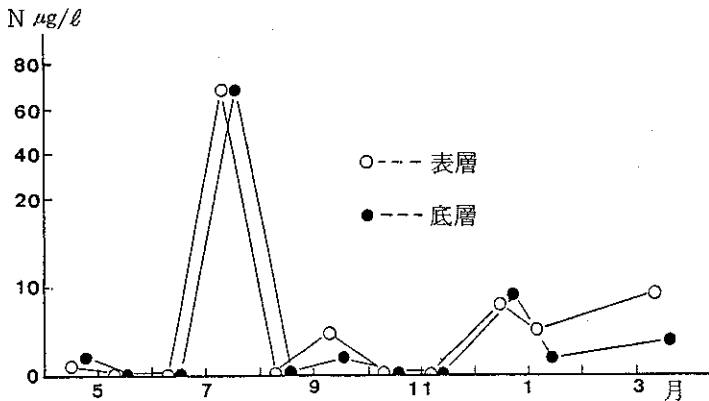


図-39 東郷湖湖心部における $\text{NO}_2^-$ の季節変化

7月には $\text{NH}_4^+$ 、 $\text{NO}_2^-$ ともに増量しているが、1月には $\text{NH}_4^+$ が著量に溶存するにもかかわらず $\text{NO}_2^-$ は微量であって、湖山池と同様寒冷期には多量の $\text{NH}_4^+$ が存在しても $\text{NO}_2^-$ は増量しないことがわかる。この現象について著者は寒冷期になると溶存酸素が飽和して酸化状態が強まるので、 $\text{NO}_2^- \rightarrow \text{NO}_3^-$ の酸化が急速に行われる結果、 $\text{NO}_2^-$ が残存しないのではないかと考えている。

## 9-3 硝酸塩 ( $\text{NO}_3^-$ )

### (1) 湖山池

図40には湖心部St2における $\text{NO}_3^-$ の鉛直分布を月別に図示した。観測時によっては中層に極値を呈す

### (2) 東郷湖

湖中央部の $\text{NO}_2^-$ は図39に示したような分布と消長をなしていた。やや多量であったのは7月の1例だけである。

### (3) 考察

亜硝酸 $\text{NO}_2^-$ は $\text{NH}_4^+$ が $\text{NO}_3^-$ にまで酸化される過程で生じる中間体に相当するので、湖水が還元状態の場合には $\text{NH}_4^+$ と共に多量に存在する。発生の過程から見て $\text{NH}_4^+$ が多量になれば $\text{NO}_2^-$ も付随的に増加するのであろう。湖山池の場合8月と12月は共に $\text{NH}_4^+$ がやや多量に溶存していたので、これが酸化して $\text{NO}_2^-$ を生じたものと解されるが、 $\text{NH}_4^+$ は2月にも増量したにもかかわらず $\text{NO}_2^-$ は痕跡程度であった。一方東郷湖でも7

る場合もあるが、おおむね下層ほど高濃度な分布をしていることが多い。

他の無機窒素化合物  $\text{NH}_4^+$  や  $\text{NO}_2^-$  にくらべて  $\text{NO}_3^-$  は季節変化が明確であって、5～11月の高温期には表～底の各層とも少量であるが、11～4月の寒冷期には著しく増量している。12月には濃度が最大となり各層ともおよそ  $\text{N}-250\sim 300\ \mu\text{g}/\ell$  を呈していた。

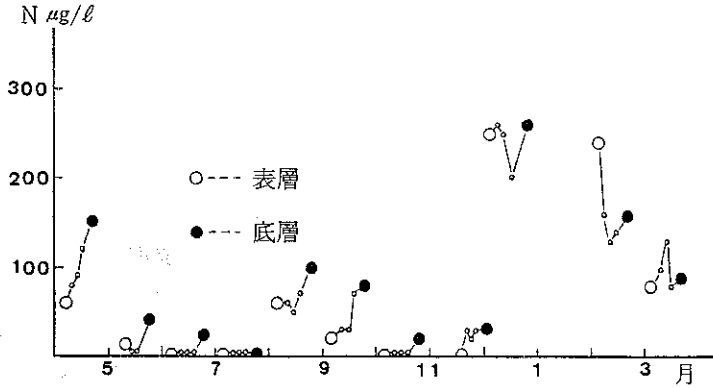


図-40 湖山池湖心部における  $\text{NO}_3^-$  鉛直分布の季節変化

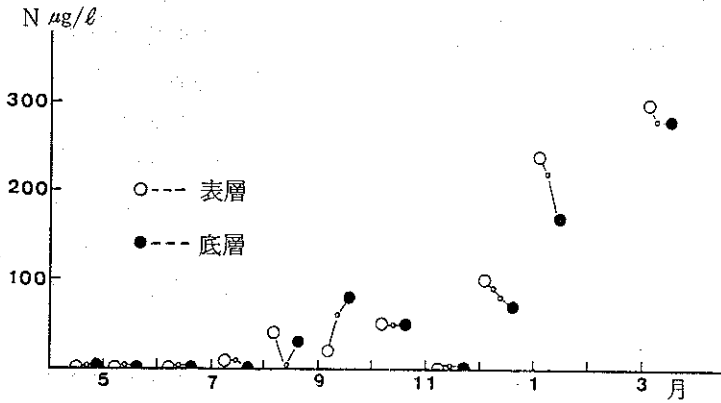
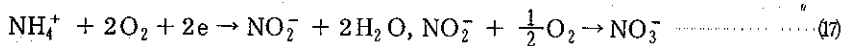


図-41 東郷湖湖心部における  $\text{NO}_3^-$  鉛直分布の季節変化

ば、細菌類を介して溶存酸素により  $\text{NO}_3^-$  にまで酸化される。<sup>11)</sup>



湖山池および東郷湖で寒冷期になると  $\text{NO}_3^-$  が特に増量する理由としては、水温の降下によって浮遊藻が減少し  $\text{N}$  の消費が少なくなったこと、同じく水温の降下にもなって溶存酸素が増量し、上記の酸化反応が速度を早めたことが原因であって、寒冷期に限って  $\text{NO}_3^-$  が増量するのはこのためであると考えられる。

無機態窒素化合物では前記した  $\text{NH}_4^+$ 、 $\text{NO}_2^-$  および  $\text{NO}_3^-$  の三態が主要なものであるが、それらは相互に転化しつつ藻類に摂取されながら溶存している。従って藻類の  $\text{N}$  代謝を論ずるに当っては無機態窒素化合物の総和について考察する必要がある。図42、43は昭和40～41年における湖山池と東郷湖の各湖央部における表層ならびに底層水の無機態窒素の総和を示したものであるが、両湖沼とも4～11月の高温期にはおおむね  $200\ \mu\text{g}/\ell$  以下の少量であって、寒冷期になると湖山池では2月に  $540\ \mu\text{g}/\ell$ 、東郷湖でも1月に

## (2) 東郷湖

鉛直分布は図41に示したとおり、この湖では  $\text{NO}_3^-$  の分布が逡増型や逡減型など様々であって特定な傾向は認められない。

季節的には高温期に減少し寒冷期に増量する傾向が著しい。4～7月と12月には各層とも痕跡程度であるが、1月になると急増して  $200\ \mu\text{g}/\ell$  台となっていた。

## (3) 考察

湖水中の  $\text{NO}_3^-$  は湧水や溪流の水によって多量に供給されるというが、湖山池や東郷湖では今のところそのような事例は認められない。湖中に存在する生物体が枯死すると湖底に堆積し、腐敗して  $\text{NH}_4^+$  を生じることが前述した。  $\text{NH}_4^+$  はこれを摂取する藻類がなければ、細菌類を介して溶存酸素により  $\text{NO}_3^-$  にまで酸化される。<sup>11)</sup>

370  $\mu\text{g}/\ell$  に増量している。

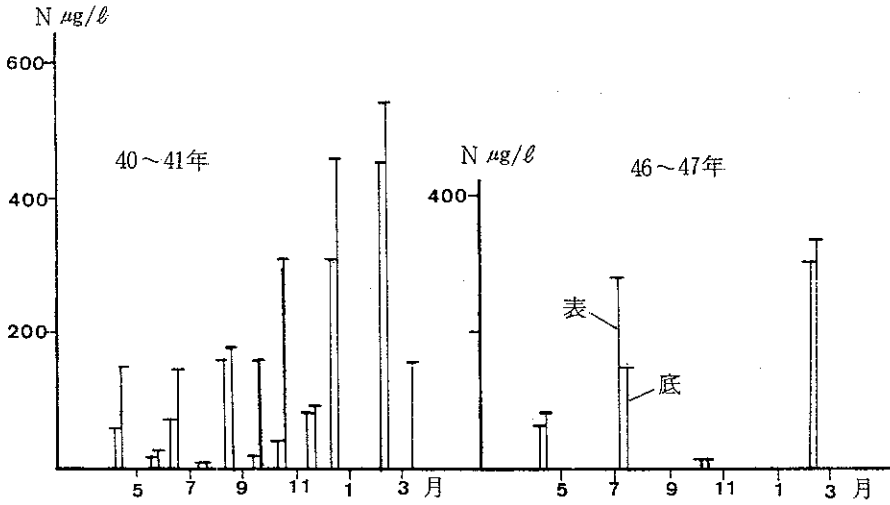


図-42 湖山池の無機態総N量

湖水中に溶存、懸濁する窒素化合物の総量を、 $\text{総N量} = \text{生物体有機N} + \text{無機態総N}$ と考え、寒冷期には藻類などの死滅、減量により生物体有機Nが微量となっているから $\text{総N} \approx \text{無機態N}$ と考えてもよいであろう。すなわち、1~2月の寒冷期における無機態総N量は湖沼の栄養化を示す指標であると見なしてよいのではあるまいか。

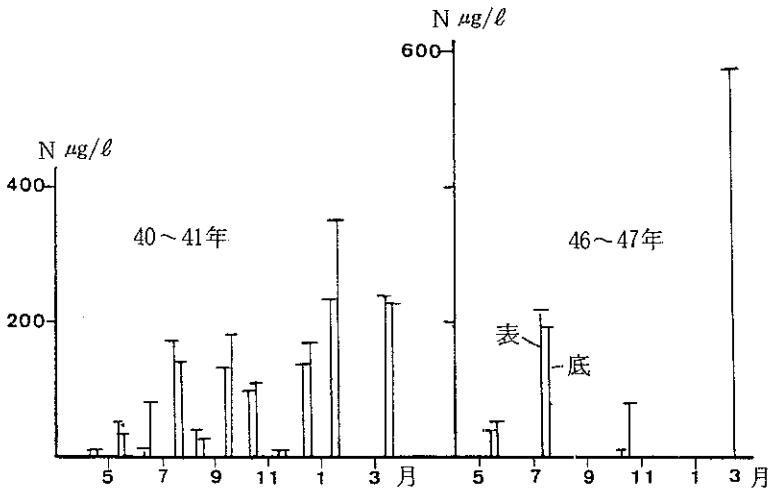


図-43 東郷湖の無機態総N量

昭和46~47年における

調査結果を40~41年と比較すると、湖山池の場合には2月に340~390  $\mu\text{g}/\ell$  であって40~41年当時を若干下回っているが、東郷湖では47年に590  $\mu\text{g}/\ell$  となっていて、41年当時と比べるとおよそ1.6倍となっている。

すなわち、湖山池ではこの6年間における富栄養化の進行が緩慢であったのに対して、東郷湖では急速に進行したことを示すものではないかと考えている。

## 10 基礎生産量

無機栄養生物による基礎生産量は昭和40~41年の調査時に次の方法<sup>17)</sup>により測定した。

すなわち両湖沼の湖中部に位置する観測点で、表層から底層に至る1m間隔の各層から試水を採取し、

これを4本の酸素定量ビンにとって密栓する。このうち2本は黒色ビニール袋に包んで遮光し、他の2本は暴光したままで両者を再び採水層にまで垂下した。24時間放置した後とりあげて各ビンの酸素量を測定する。

#### 10-1 総生産量と呼吸量および純生産量

採水時における溶存酸素量を  $O_0$ 、24時間後における暴光ビンの酸素量を  $O_1$ 、遮光ビンの酸素量を  $O_2$  とすると、この水深層における24時間当り総生産量は  $O_1 - O_2$  に相当し、呼吸量は  $O_0 - O_2$  である。また純生産量は  $O_1 - O_0$  と当量になる。両湖で実測した結果は表19、表20のとおりであった。

表-19 湖山池の各水深層における基礎生産量 ( $O_2$ -ml/ $\ell$ ・日) 40~41年

月	4			6			7		
水深	総生産	呼吸	純生産	総生産	呼吸	純生産	総生産	呼吸	純生産
0 m	-	-	+ 0.72	1.77	1.01	+ 0.76	1.68	1.30	+ 0.38
1	-	-	+ 0.54	1.12	0.56	+ 0.56	0.81	1.28	- 0.47
2	-	-	+ 0.13	0.74	0.74	0.00	0.27	0.75	- 0.48
3	-	-	+ 0.22	0.35	0.67	- 0.32	0.35	0.79	- 0.44
底層 (3.6m)	0.18	0.12	+ 0.06	0.20 (3.8m)	0.65	- 0.45	0.48 (3.7m)	1.55	- 1.07
月	8			9			10		
水深	総生産	呼吸	純生産	総生産	呼吸	純生産	総生産	呼吸	純生産
0 m	3.16	0.96	+ 2.20	0.33	0.00?	+ 0.33	1.26	0.41	+ 0.85
1	1.08	0.58	+ 0.50	0.63	0.43	+ 0.20	0.78	0.44	+ 0.34
2	1.23	1.49	- 0.26	0.32	0.45	- 0.13	0.06	0.66	- 0.60
3	0.12	0.60	- 0.48	0.09	0.09	0.00	0.10	1.24	- 1.14
底層 (4.0m)	0.00	0.87	- 0.87	0.57 (3.7m)	1.25	- 0.68	0.57 (3.6m)	1.69	- 1.12
月	12			3					
水深	総生産	呼吸	純生産	総生産	呼吸	純生産			
0 m	0.30	0.11	+ 0.19	0.82	0.22	+ 0.60			
1	0.35	0.16	+ 0.19	0.46	0.22	+ 0.24			
2	0.20	0.09	+ 0.11	0.28	0.09	+ 0.19			
3	1.78	1.86	- 0.08	0.48	0.23	+ 0.25			
底層 (3.5m)	1.84	1.84	- 0.00	0.43 (3.7m)	0.22	+ 0.21			

表-20 東郷湖の各水深層における基礎生産量 ( $O_2$ - $m1/\ell \cdot 日$ ) 40~41年

月	4			5			6		
水深	総生産	呼吸	純生産	総生産	呼吸	純生産	総生産	呼吸	純生産
0 m	1.40	0.42	+ 0.98	1.08	0.95	+ 0.13	2.77	1.99	+ 0.78
1	1.50	0.52	+ 0.98	0.95	0.82	+ 0.13	0.71	0.85	- 0.14
2									
底層	0.64 (1.9m)	0.13	+ 0.51	0.69 (2.0m)	0.81	- 0.12	1.13 (2.1m)	1.11	+ 0.02
月	7			8			9		
水深	総生産	呼吸	純生産	総生産	呼吸	純生産	総生産	呼吸	純生産
0 m	4.45	1.35	+ 3.10	2.44	1.70	+ 0.74	2.12	1.27	+ 0.85
1	1.05	1.09	- 0.04	1.56	1.06	+ 0.50	1.18	0.30	+ 0.88
2									
底層	1.38 (2.7m)	2.09	- 0.71	1.98 (2.2m)	0.63	+ 1.35	0.64 (2.3m)	0.93	- 0.29
月	11			12			3		
水深	総生産	呼吸	純生産	総生産	呼吸	純生産	総生産	呼吸	純生産
0 m	2.44	0.51	+ 1.93	0.13	0.12	+ 0.01	1.25	0.51	+ 0.74
1	0.66	0.52	+ 0.14	0.31	0.17	+ 0.14	0.69	0.34	+ 0.35
2				0.12	0.15	- 0.03			
底層	0.14 (2.7m)	0.48	- 0.34	0.01 (2.8m)	0.10	- 0.09	0.92 (2.0m)	0.94	- 0.02

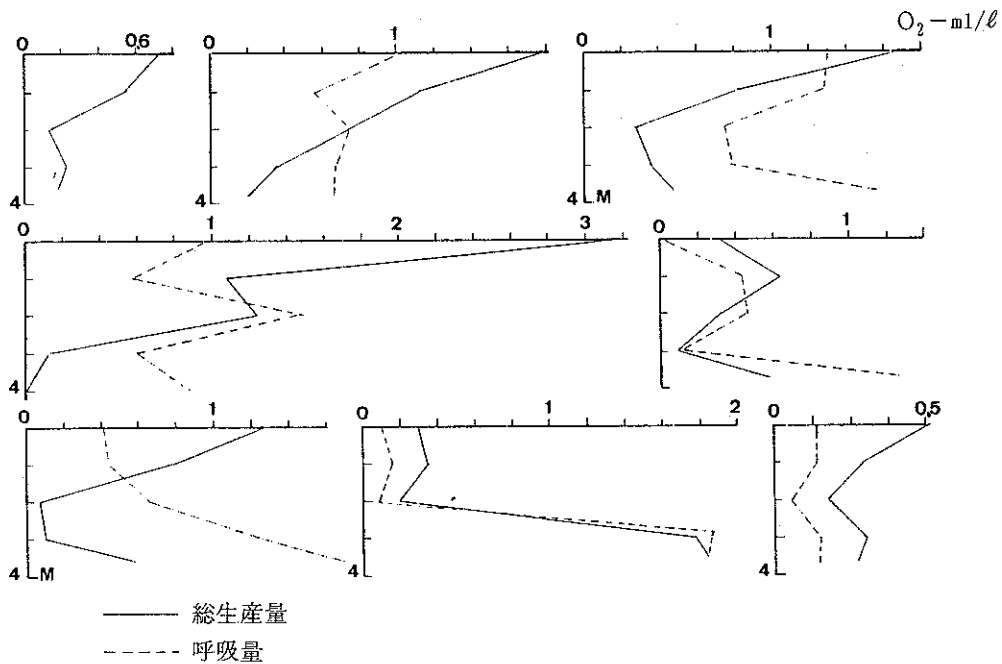


図-44 湖山池における水深別・総生産量と呼吸量 ( $O_2$ - $m1/\ell \cdot 日$ )

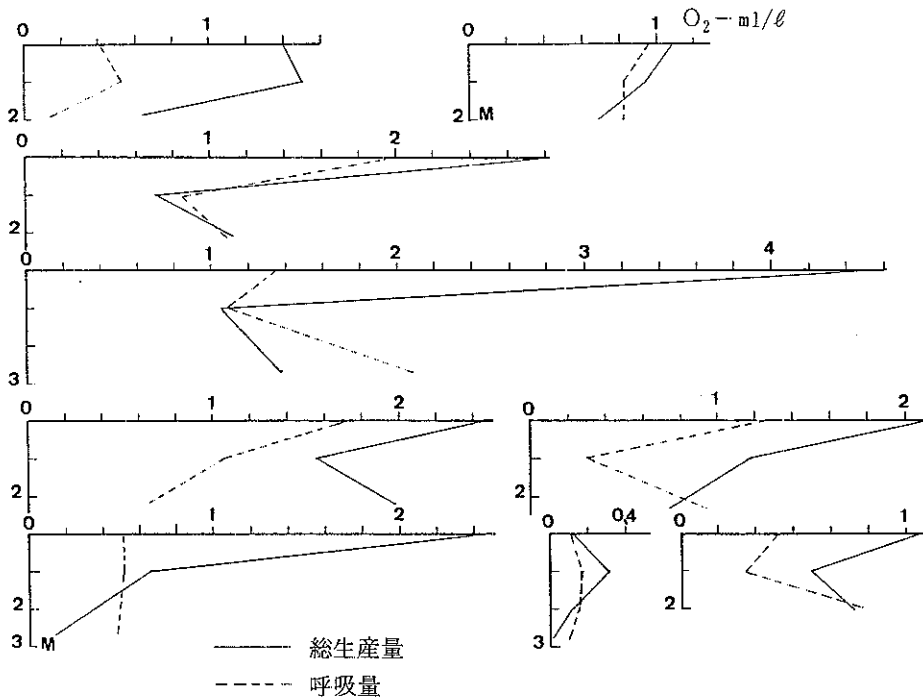


図-45 東郷湖における水深別・総生産量と呼吸量 ( $O_2$ -ml/ℓ・日)

### 10-2 補償深度

補償水深は作図によって求めた。縦軸に水深をとり横軸に酸素量単位をとって、総生産量と呼吸量を打点する。総生産折線と呼吸折線の交差した点の水深が補償深度に相当する。湖山、東郷の両湖について作図したものを図44と図45に示す。

### 10-3 湖沼全域の積算純生産量

湖沼全域の積算純生産量は次式によって算出した。すなわち、水深Dm層の純生産量を $P_D$ 、(D+1)m層の純生産量を $P_{(D+1)}$ とすると、D~(D+1)m層間の平均純生産量は $\{P_D + P_{(D+1)}\} / 2$ となる。水深Dm層が占める面積を $H_D m^2$ 、(D+1)m層の面積を $H_{(D+1)} m^2$ とするとD~(D+1)m層間の容積はおよそ $\{H_D + H_{(D+1)}\} / 2 m^3$ となる。従ってD~(D+1)m層間の純生産量は $\{P_D + P_{(D+1)}\} \{H_D + H_{(D+1)}\} / 4$ 、 $O_2$ -ℓ/日で表すことができる。表層から補償点までの各層につき純生産量を求めて累加すると湖沼全域の積算純生産量となる。各水深層の面積としては先に湖盆の形態の項に示した表1、2の値を使い、表19、20の各層純生産量から湖沼全域の純生産量を算出すると表21、22となった。

表-21 湖山地全域について積算した純生産量 ( $O_2$ -kl/日)

月	4	6	7	8	9	10	12	3
補償深度	3.6<	2.0	0.4	1.7	1.6	1.4	2.6	3.7<
積算純生産量	7176	6126	515	10108	2150	4393	2297	5387
湖沼面積	6.95km <sup>2</sup>	"	"	"	"	"	"	"
積算純生産量/km <sup>2</sup>	1033	881	74	1454	309	632	330	775



表-22 東郷湖全域について積算した純生産量  $O_2$ -kl/日

月	4	5	6	7	8	9	11	12	3
補償深度	2.0<	1.5	0.9	1.0	2.2<	2.0	1.5	1.8	1.9
積算純生産量	4678	516	1103	5031	3726	3688	3518	369	2126
湖沼面積	3.41km <sup>2</sup>	"	"	"	"	"	"	"	"
積算純生産量/km <sup>2</sup>	1372	151	323	1475	1093	1082	1032	108	623

表中には湖山池と東郷湖の両者を比較する目的で積算純生産量を湖面積で除した値を記載しておいた。

### (1) 湖山池

#### ア、総生産量

表19によって明らかなおおりの純生産量が最大なのは表層である。その季節的増減は図44に見られるとおりの高温期になると増量し、低温期には減少する傾向が著しい。

#### イ、補償深度

補償深度は図44に示したとおりの低温期に深くなる。3～4月には補償点が消失しているが、高温期に入ると次第に上昇して7月には0.5mとなっていた。前述したとおりの高温期には浮遊藻の増殖が盛んとなるので湖の濁りは大となり、光の消散も大きくなって補償深度が浅くなるのであろう。

#### ウ、純生産量

藻類の増殖が著しいと考えられる7月に、湖沼全層の累加純生産量は最少となっている。表層の総生産量は季節的増減が顕著であるにもかかわらず、湖沼全域について積算した純生産量では、寒冷期の観測例が少ない関係もあって特定な季節変化の傾向は認められなかった。

### (2) 東郷湖

#### ア、総生産量

表層の総生産量が最大であって、季節的には高温期に増量する傾向が、湖山池よりも一層顕著であった。

#### イ、補償深度

4月と8月には補償点が消失していた。年間を通じておよそ2m深に補償点があり、季節的には特定な増減傾向が認められない。

#### ウ、純生産量

湖山池と違って高温期に増量し低温期に減量する傾向はかなり明瞭であった。

### (3) 考察

基礎生産に関する上述した資料を総合的に吟味すると、単位面積当りの純生産量については湖山池よりも東郷湖の方が年間を通じて若干多量であることは間違いない。

図46において、単位面積1日当り純生産量を示す折線と、横軸(月軸)の間に囲まれた部分の面積を求積すると、それは単位面積当り年間純生産量に相当する。積算の結果は実線で示した湖山池で $O_2$ -248×10<sup>3</sup>kl/km<sup>2</sup>年となり、破線で示した東郷湖では $O_2$ -279×10<sup>3</sup>kl/km<sup>2</sup>年であって、東郷湖は湖山池の1.13倍となっていた。寒冷期など更に詳細な観測を行ったなら、おそらく東郷湖の1.5倍ぐらいになるのではあるまいか。

$O_2 - 10^3 \text{ k1/日} \cdot \text{km}^2$

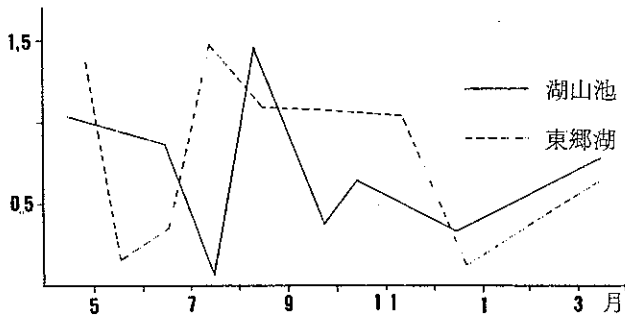


図-46 湖山池と東郷湖における純生産量の季節変化

## V 湖底土の性状

湖山池の湖底堆積物は主としてシルトと粘土であって、湖岸が砂丘や砂堆の所では砂質となっている。東郷湖でも北東部、橋津川の地先には砂質の堆積が見られるものの、大半はシルト、粘土におおわれている。この章では昭和46~47年に両湖沼で測定した湖底土の強熱減量、 $KMnO_4$ 消費量ならびに硫化物について考察した。

### 1. 強熱減量

湖底土約10gをとり100℃で風乾状態となるまで乾燥し、粉碎した後ルツボに入れて精秤する。500℃のマッフル炉中で3時間強熱し放冷後秤量して減量を求めた。

#### (1) 湖山池

湖山池における強熱減量の平面分布を図47に示した。四季を通じて竜ヶ崎のSt1が常に最大であり、次いでSt2、4、3の順となっている。これは湖底深度の序列とよく一致する。

最深地点St1と湖心部St2について強熱減量の季節変化を示すと図48のとおりであって、高温時に減量し低温時には増量する傾向が認められる。

#### (2) 東郷湖

この湖における堆積物の強熱減量は図49に示すような平面分布をなしていた。4回の観測において減量はSt2で最も大きく、次いでSt1、3、4の順となっている。

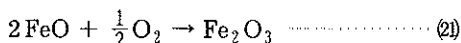
東郷湖は渚浚によって湖底が平滑化しており、湖山池ほどの深度差はないが、それでもこの減量の順序は湖底深度の序列と一致している。すなわち、瀉湖における湖底堆積物の強熱減量は水深の深い場所ほど大きいと考えられる。

一方、強熱減量の季節変化を見ると、図50に示したとおり、湖山池の場合と同様にこの湖でも低温期になると増量する傾向が見られる。これも瀉湖に共通した性質ではないかと考える。

#### (3) 考察

強熱減量は一般に堆積物中の有機物含有量を示すとされている。しかし実際には貝殻や石灰岩を含有する場合には有機物がなくても、 $CaCO_3 \rightarrow CaO + CO_2 \uparrow$  (18) となって減量する。瀉湖では、底層で(6)により発生した硫化水素が、土中の鉄と反応してFeSの沈澱を多量に堆積している場合が多いが、これも強熱すれば  $4FeS + 7O_2 \rightarrow 2Fe_2O_3 + 4SO_2 \uparrow$  (19) となって減量する。また  $H_2S$ の酸化によって沈殿したSも  $S + O_2 \rightarrow SO_2 \uparrow$  (20) 減量の対象になる。

一方、湖底には還元鉄  $Fe^{2+}$  や  $Mn^{2+}$  が堆積していると推定されるが、これらは強熱すると、



$MnO + \frac{1}{2}O_2 \rightarrow MnO_2$  (22) となって逆に増量する。したがって湖底土の強熱減量は堆

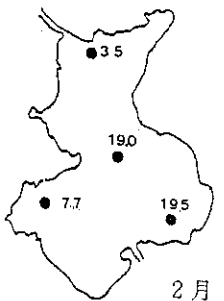
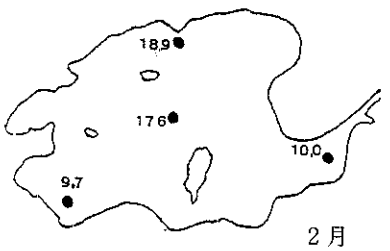
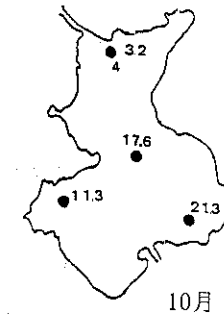
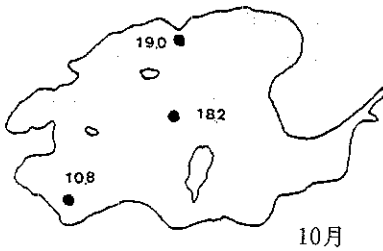
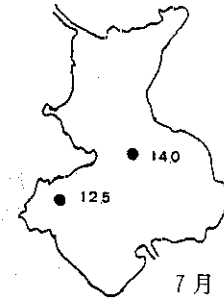
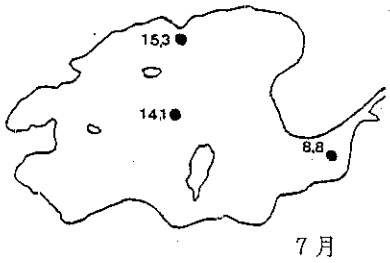
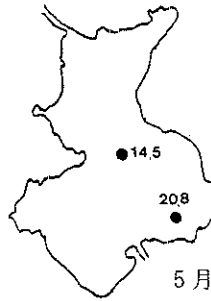
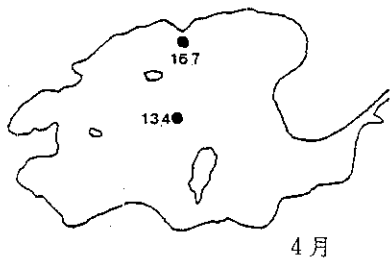


図-47 湖山池湖底土の強熱減量 (%)

図-49 東郷湖湖底土の強熱減量 (%)

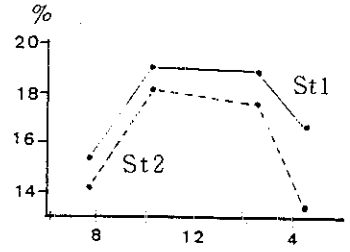


図-48 湖山池湖底土強熱減量の季節変化

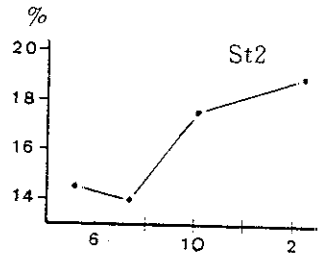


図-50 東郷湖湖底土強熱減量の季節変化

積物の成分組成によって必ずしも減量するとは限らず、逆に増量する場合もあり得るので、この値が何を意味するか一義的には決め難い。

強熱減量が水深の深い所ほど大である現象は、有機物など加熱によって減量する物質が、深い場所ほど堆積しやすく、かつ安定して存在するためと考えられるが、高温期に減量し低温期に増量する理由については、昇温によって細菌群の代謝が活発化し、堆積した生物体有機物が速かに消費されるためではないかと考える。

## 2 過マンガン酸カリ消費量 (COD)

松江吉行著、水質汚濁調査指針に準拠した。すなわち、湿底土約1gをとって0.01gまで精秤し、三角フラスコにとって0.1NK $MnO_4$  20mlと10% NaOH 1mlを加えてよく攪拌し、バス中で30分間加熱する。冷却後0.1N修酸20mlと(1:3)  $H_2SO_4$  10mlを加えて $KMnO_4$ の色を消す。再びバス中に漬け55~60℃に加熱し、直ちに0.1NK $MnO_4$ で滴定して約5秒間色の消ない点をもって終点とした。

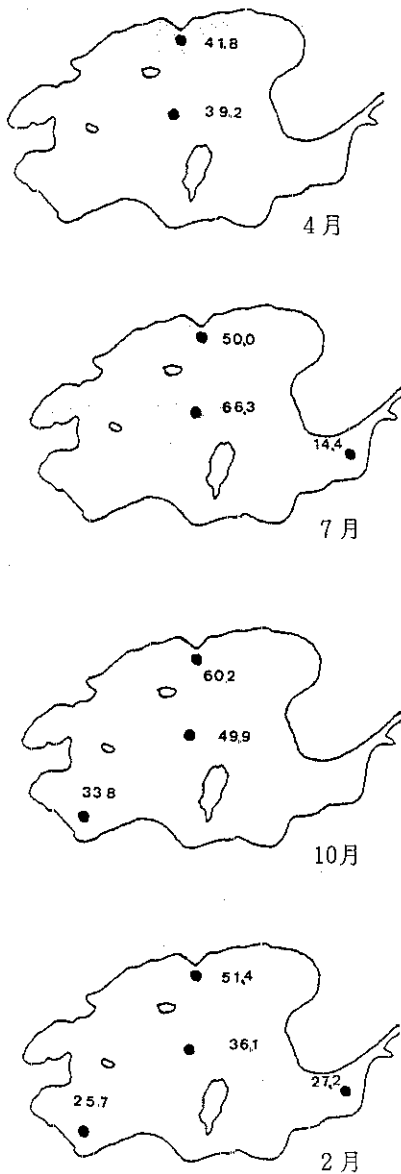


図-51 湖山池湖底土のCOD (O-mg/l)

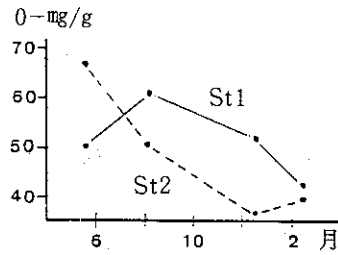


図-52 湖山池湖底土CODの季節変化

### (1) 湖山池

堆積物のCODは図51に示したような平面分布をなしていた。

7月のSt1とSt2が逆転しているのを除けば、CODも強熱減量の場合と同様に、水深の順序と一

致した序列を呈していた。

湖底土COD消費量の季節変化を図示したのが図52であるが、最深地点St1および湖心のSt2とも高温期になると消費量が増大し、低温期には減量する傾向が明瞭に現われている。すなわち湖底土のCODは、先に考察した強熱減量とは逆の季節変化をなしている。

### (2) 東郷湖

この湖における堆積物のCODは図53に示す平面分布をなしていた。

5月にSt2とSt4が逆転しているのを除けば、この湖沼における湖底土のCODも湖山池の場合と同様に、水深の序列と一致した分布をなしている。

またSt2における堆積物CODの季節変化は図54のとおりであって、高温期に増量する傾向があると見てよいだろう。

### (3) 考察

底土の過マンガン酸消費量は一般に有機物の含有量を示すものとされている。しかしその反応対象物は広範囲に及んでいて、無機還元物質なども当然対象物となっている。したがって消費量自体は同値であっても底層水や底土の酸化還元状態によって(具体的にはEhで表示される)消費物質の実態はさまざまとなる。

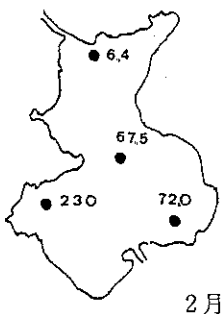
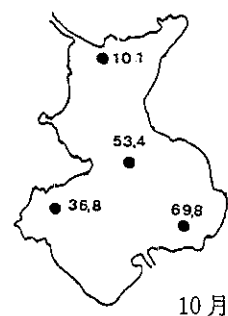
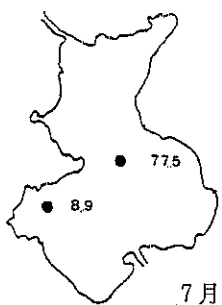


図-53 東郷湖湖底土のCOD  
(O—mg/l)

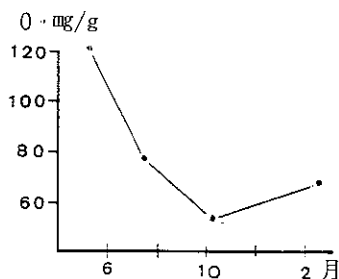


図-54 東郷湖湖底土CODの季節変化

かなりの部分が類似物質によって占められているかの観がある。しかし一方では両者が全く相反する季節変化を呈することをみると、両者はそれぞれ異った物質を反応の対象としていると考えるのが妥当であろう。しかし両者の対象物質は、湖盆の深所で多量に存在する点が共通している。中海の編で詳述するが、この共通点および相違点から推定すると、高温期のCODは硫化物が主対象物であり、その他の季節では、生物体有機物が反応対象物をなしているのではないかと考える。

湖山、東郷の両湖沼を比較すると、湖山では年間に14.4～66.3mg/gのCODが観測され、東郷湖では6.4～122.3mg/gであって、やや東郷湖の方が大きな値を呈している。

### 3. 全硫化物

硫化物は富山の方法<sup>18)</sup>によって測定した。ここでは揮発性硫化物と結晶型硫化物の総和について考察する。

#### (1) 湖山池

堆積物中の全硫化物は図55に示した分布をなしていた。

四季を通じて最も多量に硫化物が存在する地点はSt1であって、St4がこれに次ぎ、St3、2の順となっている。この順は先に考察した強熱減量やKMnO<sub>4</sub>消費量と違って水深とは関係がない。

次にSt1と2における全硫化物の季節変化をみると、図56に示したとおり高温期に増量し低温期に減量する様相がかなり明瞭である。

#### (2) 東郷湖

この湖では全硫化物が図57に示したとおり分布していた。

年間を通じてSt2で最多であってSt4、3、1の順となっている。この序列は強熱減量やKMnO<sub>4</sub>消費量の序列とくらべるとSt2と4が逆転している他はおおむね一致している。

St2、3における全硫化物含有量の季節変化は図58に示したが、両地点とも7月の高温期に減少する反面、2月の低温期にもかなり多量の硫化物

湖底堆積物CODについて湖山池と東郷湖で一致した現象としては、水深の深い地点ほどCODが大きいこと、並びに高温期に増大し低温期に減少する季節変化をあげることができる。

強熱減量についても湖深の深い地点ほど減量が多いことは前項で考察したとおりであって、CODの対象物質と強熱減量対象物質の

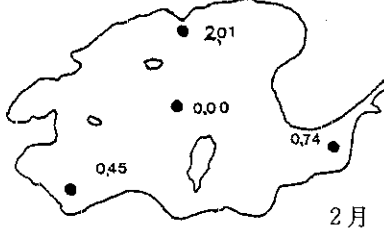
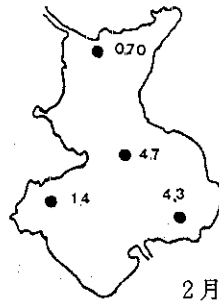
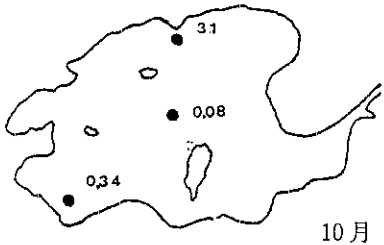
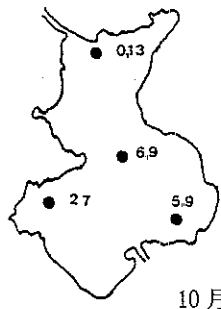
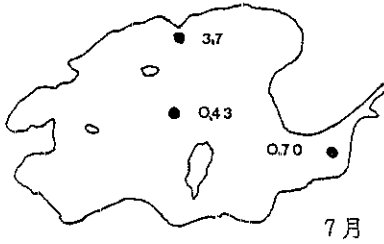
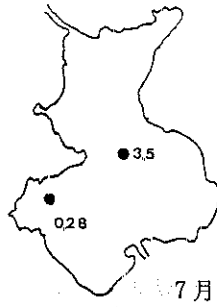
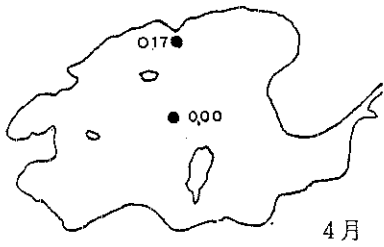


図-55 湖山池湖底土の全硫化物 (S-mg/g)

図-57 東郷湖湖底土の全硫化物 (S-mg/g)

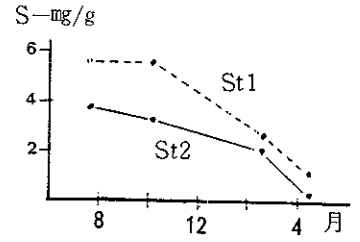


図-56 湖山池湖底土全硫化物の季節変化

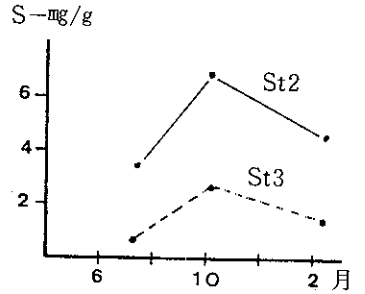


図-58 東郷湖湖底土全硫化物の季節変化

が存在する等、前述した湖山池とは異った様相を呈している。

### (3) 考察

図55と57によって両湖沼の堆積物中の硫化物量を比較すると、湖山池ではのべ12点の観測値中1.0mg/g以上であったのは3点にすぎないが、東郷湖ではのべ10点中7点が1.0mg/g以上となっている。また最大値も湖山池では3.7mg/gであったのに対して、東郷湖では6.88mg/gであって、全体として東郷湖の方が数倍の硫化物を堆積していることがわかる。

湖沼に堆積する硫化物は、生物体を構成する蛋白質にも由来するといわれるが、海浜に近い潟湖では、海水がもたらした $SO_4^{2-}$ を硫酸還元菌が呼吸することによって生じたものが主体であると考えられる。

その生成機構は先に溶存酸素の項で記述したとおりであるが、生物体有機物の堆積と海水の浸入が発端となっている。

ことに海水は一度浸入すると、密度差が大きいため湖底に停滞し、底層水の擾動をさまたげるので、硫

化物の生成を一層助長するものであると考える。

ここに生じた  $S^{2-}$  のかなりの部分は、土壤中の重金属類と結合し、金属硫化物となって堆積するのであろう。

湖山池にくらべて東郷湖では数倍もの硫化物が堆積していることは前述したとおりであるが、この調査を行った昭和46年の底層の  $Cl^-$  量を見ると、湖山池の  $354 \sim 1065 \text{mg/l}$  に対して東郷湖では  $641 \sim 3040 \text{mg/l}$  であって海塩濃度は約2倍である。 $S^{2-}$  の堆積量が大きいのは海塩による  $SO_4^{2-}$  の補給が大きいことも一因であらう。

次に湖底土の色彩について若干ふれておきたい。

この地方の土壤には  $10 \sim 30\%$  の Fe、 $0.1 \sim 0.3\%$  の Mn など重金属が含まれているが、それらは好気的条件下では、 $Fe_2O_3$  や  $MnO_2$  に類似した形態で存在するものと考えられる。粘土が赤色を呈するのはこれら金属酸化物の色であって、湖山池のシルト堆積域では寒冷期2月に、深淺を問わず湖面全域で、底土が赤色を呈していた。

然し、季節が進んで高温期に入ると湖底土の赤色は次第に灰色となり、深い地点では黒色となって腐卵臭を発するようになる。

この色彩の変化は硫酸還元菌によって生じた  $S^{2-}$  が、湖底土中の Fe、Mn、Cu など重金属と反応してそれぞれ黒色の金属硫化物を生じたためである。

東郷湖では昭和46～47年の調査時に、全域が周年にわたって黒色泥におおわれていて、赤色の酸化泥は見られなかった。

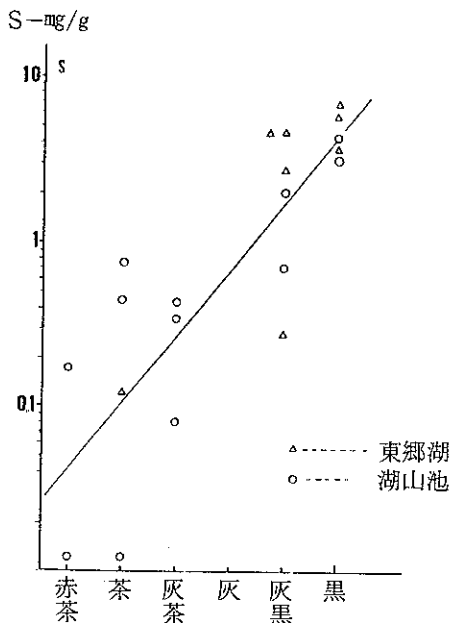


図-59 湖底土の色彩と硫化物含有量の関係

湖底土に含まれる全硫化物量を、泥土の色彩と比較対照したのが図59であるが、この図を見ると湖底土の色彩は硫化物全量と関係深く、かつ湖沼による相違のないことがわかる。従って湖底土の色を見ることによって、堆積する硫化物量のおおよそを推定することが、普遍的に可能であると考えられる。

## VI 湖山池と東郷湖の漁業

湖山池と東郷湖では昭和32年から59年までの28年間に、表23と表24に示した魚貝類が漁獲されていた。<sup>19)</sup>

概観したところでは、両湖沼における漁獲物の魚種組成には著しい相違があり、量的な消長も両湖でそれぞれ特徴があつて、いづれも先に考察した湖沼の物理的ないし化学的性状と関係深いものがうかがえる。

### 1 魚種組成

#### (1) 湖山池

湖山池の漁獲物を東郷湖のそれと比較した時、魚類組成

表 - 23 湖山池における主要魚種別漁獲量

(単位:トン) 農林統計による

年	わかぎ	しうらお	こい	ふな	うなぎ	ほら	その他魚	えび類	計	計/面積	貝類	植その他
32	4		8	26	3	1	5	38	85	12.2		
33	4		7	26	3	1	3	39	83	11.9		
34	3		6	24	3	1	7	35	79	11.4		
35	3		7	24	3	1	7	35	80	11.5		
36	14	0	17	35	13	1	8	68	156	22.4		
37	24	1	17	31	15	1	28	84	201	28.9	1	
38	21		14	25	0	0	18	67	145	20.9		1
39	5	0	12	36	7	1	12	67	140	20.1	0	1
40	6		20	80	20			10	136	19.6		
41	10		8	40	1			10	69	9.9		
42	15	1	10	45	2		22	15	110	15.8		
43	15	1	8	25	1		21	20	91	13.1		
44	25		5	20	1		24	25	100	14.4		
45	20		2	3	2		11	20	58	8.3		
46	18		2	3	2		11	16	52	7.5		
47	8	-	3	4	2	-	14	18	49	7.1		
48	-	-	3	3	0		27	8	41	5.9	-	
49	5		1	2	1	-	27	5	41	5.9	-	
50	7		2	2	2	-	34	8	55	7.9	-	
51	9	-	2	3	1	-	32	8	55	7.9	-	
52	15	-	5	3	2	-	23	10	58	8.3	-	
53	20	-	3	3	2	-	25	20	73	10.5	-	
54	23	3	3	3	2	-	5	20	59	8.5	-	
55	25	3	3	3	1	-	23	25	83	11.9	-	
56	25	2	2	3	1	-	10	20	63	9.1	-	
57	30	20	2	2	1	5	5	15	80	11.5	-	
58	50	4	6	6	2	4	1	31	104	15.0	-	
59	60	4	6	6	3	2	2	36	119	17.1	-	
$\bar{X}$	16.57	1.39	6.57	17.36	3.43	0.68	14.54	27.61	88.04	12.66	-	-
S	13.82	3.86	5.19	18.67	4.73	1.22	10.45	20.89	38.99	5.61	-	-
$S/\bar{X}$	0.83	0.36	1.27	1.08	1.38	1.79	0.72	0.76	0.44			
魚種組成	19%	2	7	20	4	0.8	17	31				
$\bar{X}/面積$	2.38	0.20	0.95	2.50	0.49	0.10	2.09	3.97		12.66		



表-24 東郷湖における主要魚種別漁獲量

(単位:トン) 農林統計による

年	わ か ぎ	し ら お	こ い	ふ な	う な ぎ	ぼ ら	そ の 他 魚	え び 類	計	計 / 面 積	貝 類	植 物 其 他
32	1			38	2		5		46	13.5		
33			1	15	6	22			44	12.9		
34				43	2		1		46	13.5		
35	2			126	4	16	29	5	182	53.4	2	
36	0	1	1	335	10	24	17	21	409	119.9	6	13
37	0	2	5	324	13	17	18	33	412	120.8	6	13
38			3	275	14	-	31	13	336	98.5	2	10
39	3	2	7	219	15	35	23	7	311	91.2	2	
40	3	-	6	419	15	-	?	6	449?	131.7	3	
41	1	-	0	500	3	-	26		530	155.4	1	
42	2	1	1	500	3	-	26		533	156.3	1	
43	-	1	1	500	3	-	3	1	509	149.3	1	
44	-	-	2	350	3	-	1	0	356	104.4	1	
45	-	-	2	350	3	-	1	0	356	104.4		
46	-	-	2	180	2	-	1	0	185	54.5		
47	0	-	2	180	2	-	2	0	186	54.5		
48	-	-	2	50	2	-	-	0	54	15.8	-	
49	-	-	2	15	0	-	5	-	22	6.5	-	-
50	-	-	1	12	-	7	-	-	20	5.9	-	-
51	-	-	1	15	2	-	6	1	25	7.3	1	
52	1	-	3	15	1	-	9	1	30	8.8	2	
53	1	-	1	5	1	-	8	-	16	4.7	1	3
54	-	0	1	5	1	6	5	4	22	6.5	3	1
55	-	1	1	5	1	7	5	4	24	7.0	9	1
56	-	1	1	8	1	3	3	2	19	5.6	30	1
57	1	0	2	12	2	3	1	0	21	6.2	300	
58	2	1	3	50	7	3	1	0	67	19.6	30	
59	3	1	3	50	6	2	1	0	66	19.4	20	
$\bar{X}$	0.71	0.39	1.93	164.4	4.43	5.18	8.14	3.50	188.43	54.16	15.04	1.50
S	1.05	0.63	1.72	177.40	4.64	9.12	10.09	7.47	188.17	54.60	56.46	3.79
$S/\bar{X}$	1.48	1.62	0.89	1.08	1.05	1.76	1.24	2.13	1.00		3.75	2.53
魚種組成	0.4%	0.2	1	87	2	3	4	2				
$\bar{X}$ /面積	0.21	0.11	0.57	48.2	1.30	1.52	2.39	1.03		54.16		

において、ワカサギとシラウオの魚類ならびにエビ類が多獲されているなど、著しい相違が認められる。

28年間の平均漁獲量を湖面積で除した単位面積当り年平均漁獲量は、東郷湖でワカサギ 0.21 t/km<sup>2</sup>、シラウオ 0.11 t/km<sup>2</sup>ならびにエビ類 1.03 t/km<sup>2</sup>であるのに対して、湖山池ではワカサギ 2.38 t/km<sup>2</sup>、シラウオ 0.20 t/km<sup>2</sup>およびエビ類 3.97 t/km<sup>2</sup>であって、ワカサギでは11倍、シラウオは1.8倍、エビ類は3.9倍となっている。

## (2) 東郷湖

東郷湖の漁獲物中で湖山池にくらべ目立って多獲されているものに、フナ、ボラ、ウナギ及び貝類がある。

単位面積当り年平均漁獲量では、フナが湖山池の 2.50 t/km<sup>2</sup>に対して 19.3倍の 48.2 t/km<sup>2</sup>、ボラは 1.52 t/km<sup>2</sup>と同じく 15.2倍、ウナギは 2.7倍で 1.30 t/km<sup>2</sup>となっており、湖山池では貝類(ヤマトシジミ)がほとんど漁獲されていないのに、東郷湖では単位面積当り 15.04 t/km<sup>2</sup>となっていて漁獲物の大半を占める重要種である。

## (3) 考察

東郷湖の湖水は湖山池にくらべると、塩素量が多量である。

湖沼全体を代表する湖心部での Cl<sup>-</sup> 量を比較すると、図20および図22に見られる如く表、底層とも常に東郷湖の方が多量となっている。

湖山池は湖水を灌漑に利用する関係上、潮止め樋門を設けて、高温期は海水の逆流を防いでいるのに対して、東郷湖では排水河川である橋津川の河口が常時開放されているため、海水が容易に逆入することによる。

両湖におけるこの相異点は魚種組成に明瞭に反映しており、東郷湖ではボラやウナギの汽水性魚が多獲されている。またヤマトシジミは汽水域にしか生息しないとされているが、図20および図22によると湖山池の底層水(約4m深)が汽水性を呈する(Cl<sup>-</sup> 0.5%およそ 14.1me/l以上)のは11~1月の寒冷期だけであるのに対して、東郷湖ではほとんど周年にわたって、底層では 14me/l以上の Cl<sup>-</sup> 量となっており、ヤマトシジミの漁獲がこの湖沼に限って特に多いのはこのためと思われる。

一方、湖山池では東郷湖にくらべてワカサギとシラウオの漁獲が特に多いが、これらは共にサケ垂目に属する種で、比較的清浄な湖水を好むことが知られている。

湖水の汚濁を示す指標は種々あるが、KMnO<sub>4</sub>消費量によって両湖沼を比較すると、表13および表14に示した如く、昭和40~41年には両者に顕著な差異はないものの、46~47年には明らかに東郷湖の方がKMnO<sub>4</sub>消費量は大であって、湖中部での比較では表、底層ともおよそ湖山池の2倍となっている。

清浄な湖水を好むサケ垂目の漁獲量に著しい相違が認められるのは、湖水の汚れが主要因となっているものと考えられる。エビ類が湖山池で特に多いのも同様な理由によるものであろう。

一方、湖沼の汚濁が進行するとコイ、フナの漁獲が増加する。

コイの単位面積当り漁獲量は湖山池と、東郷湖では大差ないが、フナの漁獲量は湖山池の 2.50 t/km<sup>2</sup>に対して東郷湖では約19倍となっており、著しく多量である。

日本水産資源保護協会では水産用水基準を設定し、漁場環境保全の目やすとしているが、この中で湖沼について、湖水中の総Pや総Nが増量するとこれに対応して漁業生物の種類が変化することを示し、利用目的の適応性と水質の基準値ならびに漁獲物の魚種組成の関係について表25のとおり定めている。<sup>20)</sup>

この分類を両湖沼に適用すると、湖山池はワカサギ型に該当し、東郷湖の漁獲物は明らかにコイ、フナ

型に属する魚種組成であって、一段と汚濁の進んだ段階にあることがわかる。

表-25 湖水の利用目的・水質の基準値と魚獲物、魚種組成の関係

利用目的	魚種組成の型	水質の基準値	
		TP—mg/ℓ	TNの参考値mg/ℓ
水産1種	サケ科・アユ型	0.01	0.2
〃 2種	ワカサギ 〃	0.05	0.6
〃 3種	コイ、フナ 〃	0.1	1.0

注) 基準値は湖心における表層の年間平均の上限値を示す。

## 2. 総漁獲量

### (1) 湖山池

湖山池における年間総漁獲量はおよそ50～100 tの範囲であって、28年間の平均では、88.04 t、年によっては40 t及至200 tに達することもあるが、変動係数(標準偏差/平均値)は0.44であって比較的小さく、単位面積当り平均漁獲量は12.66 t/km<sup>2</sup>年である。

### (2) 東郷湖

東郷湖における年間総漁獲量は19～530 tで、年による変動が甚だ大きい。変動係数は1.00であって、湖山池にくらべて漁獲のムラが著しい湖沼であることがわかる。

また単位面積当りの平均漁獲量は54.16 t/km<sup>2</sup>年であって、湖山池にくらべると約4倍となっている。

### (3) 考 察

湖沼において毎年引続き漁獲することが可能な数量を推定する手段として、燐や窒素量を指標とする方法<sup>21)</sup>など、古くから種々な試みがなされている。

本報においても、無機栄養生物による単位面積当りの基礎生産量を比較した結果、東郷湖では湖山池の1.13倍であって、実際には1.5倍程度になるものと推定した。

また寒冷期における無機態窒素量が漁獲可能量と関係深いのではないかと考え、47年の測定値について両湖を比較したところ、東郷湖の窒素量が湖山池の1.6倍となったことは先に指摘したとおりである。

いづれにしても、湖山池にくらべて東郷湖の方が単位面積当り漁獲可能量は大きであって、これらの指標にもとづく推定では1.2～1.6倍ぐらいと考えられるが、28年間の単位面積当り平均漁獲量では約4倍であって、推定値とはかなりのへだたりがある。しかし、前述した如く、漁獲量の年による変動が比較的小さい湖山池に対して、年変動の甚だ大きな東郷湖の漁獲量を比較するのに、平均値をもって年間漁獲量を代表させたことには若干疑義が残る。

ちなみに28年間漁獲量の中央値をもって年間漁獲量を代表させると、湖山池では11.5 t/km<sup>2</sup>東郷湖では19.5 t/km<sup>2</sup>であって両者の比は1.7となり、基礎生産量や無機態窒素量から推定した比率とよく一致する。

東郷湖の漁獲量が年によって大きく変動するのは、Ⅲ、Ⅳ章で述べたとおり排出河川、橋津川の河口の状態によって海水の浸入量が著しく変化し、その都度底層水の還元化などに直接影響していること、ならびに河口の閉塞状態は年によって一様ではないことが主な理由であると考えられる。

## Ⅶ 湖山池の石釜漁業

湖山池には石釜漁業と呼ばれる特有な漁業がある。これは石を湖底から湖面上90cmまで円筒状に積み重ねたものであって、漁獲の対象は主としてフナである。

冬期に積石の間隙を通して円筒内に入り、潜んでいるものを竿で突いておとしながら、次第に魚捕部へ追い込んで漁獲するものであって、石釜の築造は明治以前から行われており、昭和31年には56個あった。

石釜は鳥取県下でもこの湖沼にだけ存在する集魚用の構築物であって、他の地方には例をみないというが、ここでは漁場環境からみたその集魚効果について考察する。

湖山池に海水が流入することは古くから観察されていた。<sup>4)</sup> 流入した海水は湖底を伝って最深部、竜ヶ崎地先に停滞する。

昭和40年11月、この地点では底層水の $Cl^-$ が $183\text{me}/\ell$ であって、海水の1/3に相当する著量であった。これは周辺の農地で秋の収穫が終わり、湖水を灌漑に使用しなくなったため、湖山川の潮止め樋門を開放した結果、多量の海水が流入したことによると解される。

ここで湖山池と鳥取港沖での観測値をもとに、海水の流入時を推定すると次のようになる。

ア、10月11日の観測によると、この地点の底層水は $Cl^- = 5.36\text{me}/\ell$ であって海水の多量な流入は認められない。

イ、次に11月29日における湖山池での実測値と、鳥取港沖における10～11月の観測値をもとに、11月1日における湖山池の湖水と海水の $Cl^-$ ならびに水温を推定すると表26となる。

この両水塊が湖底において混合し、 $Cl^- = 182.6\text{me}/\ell$ の底層水を生じたと仮定し、両者の混合比を求めると、湖水1：海水0.493の比率となる。この混合比率によって生じた底層水の水温は、混合時に熱の損失がなかったと仮定すれば $17.1^\circ\text{C}$ となる。

ウ、同様にして12月1日に湖水と海水が混合して $182.6\text{me}/\ell$ の底層水が生じたとすると、その水温は $12.2^\circ\text{C}$ になるものと推定できる。

エ、底層水の水温に関する以上の計算値をもとに、海水が湖底層に侵入した時期を推定すると、およそ11月上旬となる。実際には熱の損失等を考慮すると、これよりも多少早めに流入したものであろう。

ところで、11月下旬の湖山池における水温は表27に示した観測値を見ると、湖容積の99%を占める水深5m以浅で $10^\circ\text{C}$ 台に降温しており、魚群はすでに避寒行動を起していると考えてよい。しかし最深部の底層では依然として $16^\circ\text{C}$ の水温が保たれており、表、中層にくらべると約 $6^\circ\text{C}$ も高温となっている。したがって魚群はこの高水温の底層水へ向って移動を始め、竜ヶ崎地先の窪みに向って集中して行くものと考えられる。更に降温が続くと魚群はこの窪みに構築された石釜の影にかくれて越冬することになる。

他の湖沼では見られないこの漁法は、湖山池の特異な湖盆の形態と、海水の侵入しやすい潟湖の特徴をたくみに利用した漁法であると見ることが出来る。

図-5に示した如く、日本海の海面は10月末まで高水位を呈するので、潮止め樋門が設置される以前から、初冬になると深所の底層が高温となる現象は生じていたと推定される。この漁法が明治以前から行われていたのは、漁業者が古くからこの事実を知っていたためだろう。

表-26 湖山池の底層における海水の混合率（11月29日、St1におけるCl<sup>-</sup> 182.6me/ℓに対する）  
ならびにこの混合率に対する水温の計算値

海				水				湖 水		
実 測 値				内 挿 値				実 測 値		
月 日	Cl <sup>-</sup>		℃	月 日	Cl <sup>-</sup>		℃	月 日	Cl <sup>-</sup>	℃
	‰	me/ℓ			‰	me/ℓ				
10 1	17.85	515.4	22.9					9 24	4.54	22.2
				11. 1	—	528.8	20.6	10 11	5.39	19.1
11. 7	18.39	531.4	20.1					11. 29	20.0	10.4
				12 1	—	540.6	17.2			
12. 4	18.74	541.8	16.8					12. 13	20.39	7.9
湖 水				Cl <sup>-</sup> 182.6 me/ℓ に対する計算値						
内 挿 値										
月 日	Cl <sup>-</sup>	℃	月 日	海水混合率	m に対する	水温理				
	me/ℓ			m	論 値					
10 1	4.89	20.9	10 1	1:0.534	℃	21.6				
11. 1	11.9	15.4	11 1	1:0.493		17.1				
12 1	20.6	10.0	12 1	1:0.453		12.2				

注) 湖水の実測値は湖内全定点における表～5 m層の平均値を示した。  
海水の実測値は、鳥取港沖（35°40'N 134°20'E）表層水の値である。

表-27 湖山池の漁場環境(昭和40~41年)

月日時分	St	天候	風向 風力	気温	水深	水温	pH	O <sub>2</sub> ml/ℓ	Clme/ℓ
4.16 14:35	1	b	W 2	18.4	0	12.8	7.4	7.53	4.43
					1	12.9	7.2	7.64	4.49
					2	12.9	7.2	7.58	4.49
					3	12.5	7.2	6.85	4.49
					4	12.4	7.2	6.80	4.49
					5	11.8	7.2	6.04	4.55
					6	11.6	7.0	5.71	4.63
4.16 11:45	2	b	4	20.4	0	13.1	7.4	7.90	4.53
4.16 15:40	3	b	1	-	1	14.3	7.2	7.46	4.35
					2	13.1	7.6	7.89	4.55
					3	12.7	7.4	7.86	4.35
4.16 16:00	4	b	-	-	0	14.1	7.2	7.40	4.26
4.16 16:00	4	b	-	-	1	14.3	7.2	7.46	4.35
					2	14.8	7.2	7.62	4.26
5.21 8:10	1	c	SW 4	22.8	0	14.8	7.2	7.53	4.26
					1	14.8	7.2	7.62	4.26
					2	14.9	7.2	7.59	4.24
					3	21.0	7.2	6.07	4.24
					4	20.0	7.3	6.00	4.24
					5	20.0	7.2	6.00	4.24
5.21 9:10	2	c	2	-	3	20.0	7.2	6.00	4.28
					4	20.0	7.2	6.00	4.22
					5	20.0	7.2	5.88	4.28
					6	20.0	7.2	5.88	4.28
5.21 9:30	3	c	3	-	0	21.2	7.2	6.00	4.22
					1	20.1	7.1	6.04	4.22
					2	20.0	7.2	5.95	4.22
5.21 11:00	4	c	6	-	3	20.0	7.1	5.88	4.24
					4	20.6	7.2	5.93	3.99
5.21 11:00	4	c	6	-	1	20.4	7.2	5.93	3.83
					2	20.4	7.1	6.27	3.79
					3	20.2	7.2	6.06	4.20
5.21 11:00	4	c	6	-	1	20.1	7.2	6.05	4.18
					2	20.3	7.1	5.95	4.20
					3	23.2	9.1	7.67	3.62
5.21 11:00	4	c	6	-	1	23.0	9.0	7.67	3.64
					2	22.9	9.1	7.61	3.66

COD me/ℓ	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> N-μg/ℓ	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> N-μg/ℓ	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> N-μg/ℓ	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> P-μg/ℓ	SiO <sub>2</sub> mg/ℓ	BX 43 me/ℓ	Ca <sup>2+</sup> me/ℓ	硬度 me/ℓ	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> me/ℓ
0.300	±	2	150	16	14	0.339	0.385	1.27	
0.320	"	3	150	5	12	0.330	0.370	1.30	
0.312	"	3	150	14	14	0.335	0.392	1.30	
0.292	"	2	150	19	10	0.339	0.385	1.30	
0.318	"	2	140	8	10	0.326	0.377	1.30	
0.645	"	2	90	8	12	0.330	0.373	1.31	
0.503	"	2	190	6	12	0.326	0.404	1.34	
0.578	"	3	120	7	12	0.321	0.385	1.28	
0.257	"	3	60	4	12	0.326	0.385	1.29	
0.263	"	2	80	4	12	0.326	0.385	1.32	
0.295	"	3	90	5	12	0.317	0.404	1.30	0.66
0.295	"	3	120	5	12	0.357	0.404	1.32	
0.578	"	2	150	11	4	0.370	0.422	1.23	1.46
0.287	"	2	90	6	12	0.335	0.385	1.24	
0.270	"	2	130	6	12	0.339	0.373	1.24	
0.548	"	2	130	16	14	0.361	0.385	1.18	
0.328	"	2	80	6	12	0.321	0.392	1.24	
0.303	"	2	130	6	12	0.330	0.381	1.25	
0.770	"	3	110	8	12	0.321	0.385	1.26	
0.183	+	2	20	5	3	0.360	0.377	1.20	
0.231	"	2	10	4	3	0.373	0.362	1.19	
0.205	"	2	10	5	3	0.373	0.351	1.22	
0.188	"	2	0	4	2	0.356	0.351	1.20	
0.253	"	2	10	4	3	0.369	0.366	1.20	
0.238	"	2	0	5	4	0.369	0.377	1.20	
0.845	"	2	20	15	8	0.211	0.395	1.27	
0.253	"	2	10	4	3	0.369	0.348	1.19	1.04
0.274	"	2	0	12	3	0.365	0.340	1.19	1.07
0.238	"	2	0	12	3	0.360	0.348	1.19	1.18
0.387	"	2	20	12	4	0.356	0.348	1.21	1.39
0.238	"	2	0	10	3	0.373	0.344	1.11	
0.289	"	2	0	5	5	0.373	0.344	1.12	
0.632	"	2	20	10	7	0.378	0.340	1.13	
0.404	"	2	0	10	2	0.378	0.359	1.18	
0.361	"	2	10	10	5	0.378	0.351	1.19	
0.595	"	2	10	16	6	0.373	0.359	1.22	
0.258	70	1	0	6	3	0.363	0.353	1.13	
0.295	70	1	0	5	3	—	0.371	1.16	
0.361	100	1	0	6	3	0.366	0.335	1.12	

月日時分	St	天候	風向 風力	気温	水深	水温	pH	O <sub>2</sub> ml/ℓ	Clme/ℓ
6.15 16:20	1	C	2	-	3	22.4	8.7	6.74	3.72
					4	21.8	7.0	3.49	3.72
					5	21.6	6.8	2.37	3.89
					6	21.5	6.8	1.86	4.16
					7	21.4	6.8	0.53	4.55
6.15 12:25	2	C	2	23.8	0	23.8	9.0	7.44	3.61
					1	23.5	6.9	7.54	3.62
					2	23.0	9.0	7.46	3.64
					3	22.8	8.8	7.18	3.65
					3.8	22.0	7.2	4.21	3.80
6.15 14:00	3	C	-	-	0	24.0	9.0	7.25	3.62
					1	24.0	9.0	7.42	3.60
					2	23.6	9.0	7.43	3.60
					2.4	22.6	7.2	5.32	3.23
6.15 14:50	4	C	3	-	0	24.2	9.0	7.55	4.42
					1	24.2	9.1	7.69	4.42
					2	24.0	9.0	7.60	4.42
					2.4	23.6	8.2	6.18	5.14
7.15 15:45	1	BC	3~4	-	0	26.8	8.4	6.24	3.25
					1.0	25.9	7.6	5.28	3.23
					2.0	25.3	7.0	3.73	3.10
					3.0	25.0	7.2	3.42	3.04
					4.0	25.7	7.2	4.62	3.08
					5.0	25.2	7.0	5.61	3.08
6.6	24.5	7.0	2.81	3.12					
7.15 13:40	2	B	2~3	28.8	0	27.1	8.6	6.79	3.35
					1.0	27.0	8.4	6.88	3.38
					2.0	26.2	8.3	6.00	3.33
					3.0	25.7	7.4	4.80	2.98
					3.7	25.2	7.2	3.66	2.82
7.15 14:40	3	-	-	-	0	28.0	8.8	7.44	3.23
					1	27.6	8.8	7.44	3.23
					2.6	26.3	7.3	6.25	2.98
7.15 15:10	4	-	-	-	0	26.8	8.8	7.12	3.19
					1	27.4	8.8	7.16	3.19
					2.6	26.7	8.0	5.31	3.17
					0	28.4	7.7	5.55	2.81
					1.0	28.1	7.6	5.18	2.90
					2.0	27.8	7.6	-	2.94
					3.0	27.6	7.4	4.39	3.08



COD me/l	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> N-μg/l	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> N-μg/l	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> N-μg/l	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> P-μg/l	SiO <sub>2</sub> -mg/l	BX 43 me/l	Ca <sup>2+</sup> me/l	硬度 me/l	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> me/l
0.309	100	1	20	10	3	0.370	0.360	1.14	
0.249	220	2	10	6	3	0.400	0.335	1.15	
0.293	330	10	10	10	5	0.422	0.367	1.22	
0.295	480	10	10	15	5	0.440	0.410	1.31	
1.377	670	4	+	18	8	0.426	0.425	1.43	
0.420	70	1	0	6	4	0.366	0.342	1.12	0.38
0.366	70	1	0	—	4	0.197	0.353	1.12	
0.447	50	1	0	10	4	0.352	0.335	1.12	0.56
0.434	50	1	0	10	4	0.366	0.378	1.14	0.41
0.298	120	5	20	10	3	0.380	0.346	1.16	0.54
0.442	70	1	0	6	4	0.373	0.342	1.11	
0.366	120	1	0	10	4	0.373	0.335	1.12	
0.379	120	1	0	5	4	0.363	0.335	1.11	
0.786	130	5	30	14	5	0.359	0.342	1.06	
0.361	100	1	0	4	4	0.377	0.389	1.31	
0.398	80	1	0	8	4	0.373	0.378	1.31	
0.374	80	1	0	6	3	0.373	0.371	1.31	
0.548	120	3	10	12	5	0.366	0.414	1.50	
0.342	0	0	0	6	10	0.465	0.369	1.13	
0.254	0	0	0	6	8	0.472	0.380	1.11	
0.268	130	1	+	9	10	0.458	0.358	1.11	
0.304	140	0	+	13	11	0.433	0.361	1.07	
0.335	400	0	+	8	11	0.458	0.376	1.09	
0.286	600	1	10	11	12	0.444	0.358	1.07	
0.415	6,000	1	20	30	17	0.176	0.310	0.942	
0.373	0	0	+	8	9	0.468	0.387	1.14	1.06
0.308	0	0	0	6	9	0.461	0.383	1.14	1.24
0.332	+	1	0	5	9	0.465	0.376	1.16	1.02
0.299	0	1	0	8	10	0.451	0.358	1.05	0.91
0.299	0	1	+	18	15	0.324	0.314	0.909	1.15
0.516	0	0	0	8	10	0.440	0.369	1.11	
0.422	0	0	0	8	10	0.444	0.361	1.11	
0.380	0	0	0	18	18	0.289	0.303	0.942	
0.522	0	0	0	13	10	0.451	0.383	1.10	
0.404	0	0	0	8	10	0.444	0.376	1.11	
0.427	0	0	0	14	11	0.401	0.365	1.07	
0.216	50	3	50	16	2	0.475	0.347	1.03	
0.169	50	3	100	16	3	0.489	0.358	1.05	
0.272	60	3	60	16	3	0.493	0.358	1.07	
0.197	60	4	60	16	3	0.475	0.384	1.11	

月日時分	St	天候	風向 風力	気温	水深	水温	pH	O <sub>2</sub> ml/ℓ	Cl <sup>-</sup> me/ℓ
8. 9 15:40	1	-	-	28.2	4.0	27.6	7.3	-	3.16
					5.0	27.4	7.2	3.06	6.77
					6.0	27.5	7.0	-	11.50
					6.9	26.3	7.2	0.84	10.66
					0	28.6	8.0	6.03	2.50
8. 9 12:00	2	B	1	28.7	1.0	28.6	8.0	6.00	2.55
					2.0	28.0	7.6	5.79	2.75
					3.0	27.8	7.4	3.86	3.57
					4.0	27.8	7.2	3.16	4.10
					0	29.5	8.6	6.54	2.32
8. 9 15:00	3	B	1	-	1.0	29.2	8.4	6.54	2.32
					2.0	29.2	8.2	-	2.39
					2.6	28.4	7.4	4.39	2.28
					0	29.4	8.4	6.51	3.59
8. 9 14:00	4	B	1	31.2	1.0	29.1	8.4	-	3.85
					2.0	29.2	8.0	-	3.98
					2.8	28.4	7.0	3.74	8.42
					0	22.3	8.6	6.94	4.70
9.24 14:20	1	-	N 4	-	1.0	22.4	8.5	-	4.70
					2.0	22.1	8.6	6.92	4.70
					3.0	21.8	7.9	6.38	4.70
					4.0	21.8	7.7	6.34	4.75
					5.0	21.8	7.7	6.27	4.79
					6.5	21.7	7.3	4.22	4.83
9.24 12:30	2	BC	2	24.6	0	23.1	8.7	7.13	4.61
					1.0	22.9	8.3	7.05	4.59
					2.0	21.9	7.6	5.91	4.60
					3.0	21.6	7.2	3.99	4.71
					3.7	21.6	7.0	3.93	4.77
9.24 13:00	3	-	-	-	0	23.1	8.5	6.50	4.28
					1.0	22.8	7.8	6.69	4.28
					2.4	21.6	7.2	4.29	3.63
9.24 13:30	4	BC	N 4	-	0	22.2	8.2	6.15	4.57
					1.0	22.2	7.6	6.18	4.61
					2.4	21.8	7.2	4.14	4.56
					0	19.4	8.2	-	5.53
					1.0	19.1	8.2	6.84	5.53
					2.0	19.2	8.2	6.52	5.57
					3.0	18.8	7.8	6.59	5.56
					4.0	18.7	7.6	6.51	5.40

COD me/ℓ	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> N-μg/ℓ	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> N-μg/ℓ	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> N-μg/ℓ	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> P-μg/ℓ	SiO <sub>2</sub> mg/ℓ	BX 43 me/ℓ	Ca <sup>2+</sup> me/ℓ	硬度 me/ℓ	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> me/ℓ
0.229	80	3	70	28	3	0.482	0.421	1.11	
0.172	110	4	70	24	4	0.458	0.544	2.03	
0.462	210	3	50	20	5	0.458	0.775	3.28	
0.244	360	1	70	60	30	0.211	0.723	3.01	
0.385	100	3	60	16	2	—	0.363	1.01	
0.385	50	3	60	16	3	0.482	0.373	1.10	
0.413	60	3	50	16	3	0.482	0.358	1.10	
0.394	60	3	70	16	4	0.482	0.388	1.21	
0.478	80	3	100	100	6	0.387	0.410	1.33	
0.229	40	2	0	16	2	0.465	0.347	0.913	
0.248	60	2	60	16	2	0.475	0.321	0.913	
0.563	60	2	40	16	2	0.419	0.328	0.933	
0.432	60	1	50	24	5	0.422	0.358	0.895	
0.358	卅	2	40	16	2	0.472	0.388	1.24	
0.351	50	2	50	16	2	0.465	0.403	1.30	
0.826	50	2	50	16	3	0.493	0.447	1.26	
0.947	80	2	100	40	5	0.422	0.608	2.37	
0.211	+	0	0	10	5	0.405	0.405	1.38	
0.265	〃	0	0	10	5	0.405	0.413	1.39	
0.228	〃	0	10	15	5	0.401	0.443	1.38	
0.389	〃	2	20	15	5	0.401	0.413	1.38	
0.357	卅	1	40	17	5	0.398	0.394	1.40	
0.352	卅	2	30	20	5	0.398	0.405	1.39	
0.720	1,000	?	20	50	17	0.158	0.574	1.65	
0.356	+	0	20	10	5	0.401	0.394	1.36	0.173
0.329	〃	0	30	20	5	0.398	0.402	1.37	0.182
0.304	卅	2	30	7	6	0.401	0.394	1.37	0.155
0.279	50	9	70	10	6	0.419	0.405	1.42	0.167
0.388	80	7	80	25	9	0.366	0.386	1.37	0.173
0.337	卅	0	0	7	6	0.380	0.386	1.29	
0.379	〃	0	10	7	6	0.391	0.413	1.30	
0.329	〃	0	30	25	8	0.285	0.341	1.06	
0.329	卅	0	30	20	6	0.394	0.405	1.36	
0.399	〃	1	20	20	5	0.401	0.394	1.36	
0.362	卅	1	40	25	8	0.366	0.386	1.31	
0.371	40	+	0	9	3	0.419	0.450	1.59	
0.367	50	〃	0	7	4	0.426	0.450	1.59	
0.394	50	〃	0	9	4	0.422	0.469	1.59	
0.403	50	〃	0	5	4	0.422	0.469	1.59	
0.390	50	〃	0	7	4	0.426	0.489	1.57	

月日時分	St	天候	風向 風力	気温	水深	水温	pH	O <sub>2</sub> ml/ℓ	Cl <sup>-</sup> me/ℓ
10.11 15:20	1	-	-	-	5.0	18.7	7.6	6.25	5.43
					6.2	18.6	7.4	5.47	5.36
10.11 12:00	2	BC	--	21.0	0	19.3	8.0	7.04	5.58
					1.0	19.0	8.0	7.16	5.50
					2.0	18.7	7.7	6.86	5.45
					3.0	18.7	7.5	6.79	5.50
					3.6	18.7	7.1	5.97	5.69
10.11 14:00	3	-	--	-	0	19.9	8.2	6.99	4.95
					1.0	19.8	8.0	7.01	4.95
					2.2	18.9	7.4	5.72	4.43
10.11 15:00	4	B	0		0	19.6	8.0	6.99	5.49
					1.0	19.6	7.8	6.92	5.45
					2.3	19.0	7.4	5.52	5.69
11.29 13:40	1	-	-	--	0	10.3	-	-	20.4
					1.0	10.6	-	-	20.5
					2.0	10.4	-	-	20.4
					3.0	10.4	-	-	20.5
					4.0	10.2	-	-	20.5
					5.0	10.2	-	-	20.5
					6.0	13.6	-	-	152.7
7.0	15.9	-	-	182.6					
11.29 12:45	2	BC	S 3	15.0	0	10.6	-	-	20.7
					1.0	10.6	-	-	20.7
					2.0	10.4	-	-	20.7
					3.0	10.4	-	-	20.7
					3.7	10.2	-	-	20.7
12.13 14:30	1	-	-	--	0	7.8	-	7.74	20.3
					2.0	7.7	-	7.69	20.6
					3.0	7.7	-	7.60	20.8
					4.0	7.8	-	7.34	23.7
					5.0	8.0	-	7.85	38.2
6.2	8.0	-	3.27	35.0					
12.13 12:20	2	0	0	9.7	0	8.1	-	7.62	19.8
					1.0	7.9	-	7.63	19.9
					2.0	7.7	-	7.67	20.0
					3.0	7.7	-	7.62	20.4
3.5	7.8	-	7.60	21.9					
12.13 13:30	3	-	-	--	0	8.0	-	7.51	18.5
					1.0	7.9	-	7.53	18.3
					2.2	7.6	-	7.29	19.3

COD me/l	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> N-μg/l	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> N-μg/l	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> N-μg/l	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> P-μg/l	SiO <sub>2</sub> mg/l	BX 43 me/l	Ca <sup>2+</sup> me/l	硬度 me/l	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> me/l
0.428	50	+	0	8	4	0.426	0.450	1.56	
-	80	"	0	10	3	0.387	0.469	1.54	
0.373	40	"	0	10	4	0.426	0.469	1.59	0.248
0.361	40	"	0	9	4	0.426	0.477	1.56	0.246
0.447	40	"	0	6	4	0.426	0.489	1.57	0.238
0.447	70	"	0	10	4	0.426	0.458	1.58	0.208
-	290	1	20	9	33	0.180	0.420	1.47	0.230
0.375	40	"	0	9	3	0.415	0.469	1.43	
0.466	40	"	0	8	4	0.419	0.431	1.44	
-	80	"	0	10	5	0.373	0.424	1.29	
0.470	40	"	0	7	4	0.426	0.542	1.56	
0.538	40	"	0	10	4	0.419	0.588	1.56	
-	40	"	0	10	5	0.398	0.450	1.60	
-	70	1	30	0	9	0.377	1.13	5.11	
-	60	1	100	0	9	0.377	1.11	5.10	
-	50	1	70	0	8	0.380	1.11	5.10	
-	40	1	50	0	8	0.377	1.11	5.09	
-	40	1	50	0	8	0.380	1.13	5.08	
-	50	1	50	0	9	0.380	1.08	5.10	
-	50	3	50	0	15	1.021	6.05	36.35	
-	390	0	200	88	32	2.119	7.41	44.07	
-	80	1	0	0	8	0.380	1.11	5.14	0.530
-	60	1	30	0	8	0.391	1.13	5.14	0.532
-	60	1	20	0	8	0.380	1.08	5.14	0.513
-	60	1	30	0	9	0.380	1.11	5.14	0.548
-	60	1	30	0	9	0.373	1.23	5.14	0.522
0.171	60	7	250	14	8	0.409	1.06	5.22	
0.183	60	8	260	6	8	0.414	1.05	5.24	
0.171	80	9	250	16	8	0.405	1.07	5.38	
0.111	100	9	280	16	8	0.423	1.21	6.08	
0.139	200	17	310	20	9	0.500	1.78	9.73	
0.211	400	10	270	20	5	0.255	1.73	9.09	
0.129	60	10	250	16	7	0.409	1.05	5.04	0.547
0.144	60	17	260	14	7	0.400	1.05	5.07	0.560
0.171	80	20	250	16	8	0.409	1.05	5.10	0.512
0.146	120	20	200	16	9	0.414	1.11	5.60	0.512
0.189	200	7	260	24	10	0.346	1.11	5.80	0.573
0.139	60	14	260	12	9	0.400	0.99	4.68	
0.146	70	13	270	16	10	0.400	1.05	4.68	
0.211	140	10	280	24	10	0.364	1.05	4.88	

月日時分	St	天候	風向 風力	気温	水深	水温	pH	O <sub>2</sub> ml/ℓ	Cl <sup>-</sup> me/ℓ
12.13 13:50	4	-	-	-	0	8.0	-	7.95	21.0
					1.0	7.9	-	7.85	21.0
					2.3	7.9	-	7.71	25.7
2.3 12:10	1	-	-	-	0	4.7	7.2	8.87	12.3
					1.0	4.7	7.2	8.55	12.3
					2.0	4.7	7.2	7.48	12.3
					3.0	4.7	7.2	8.68	12.4
					4.0	4.6	7.2	8.08	13.1
					5.0	4.6	7.0	7.13	16.7
6.2	4.7	6.8	6.95	17.2					
2.3 11:20	2	BC	1~2	16.4	0	4.6	7.2	8.38	12.5
					1.0	4.6	7.2	8.23	12.6
					2.0	4.6	7.2	8.45	12.6
					3.0	4.6	7.2	8.40	12.7
					3.6	4.5	7.1	8.14	14.0
3.17 13:50	1	-	-	-	0	10.3	7.4	7.75	76.8
					1.0	10.2	7.4	7.80	76.8
					2.0	10.3	7.4	7.61	7.63
					3.0	10.3	7.4	7.73	7.64
					4.0	10.3	7.4	7.85	7.66
					5.0	10.2	7.4	7.44	7.71
6.3	10.2	7.2	7.75	7.72					
3.17 12:20	2	C	NE 4	10.6	0	10.2	7.4	7.67	-
					1.0	10.2	7.4	7.61	7.75
					2.0	10.2	7.2	7.53	7.74
					3.0	10.2	7.4	7.65	7.76
3.7	10.1	7.4	7.61	7.74					

表-28 東郷湖の漁場環境（昭和40~41年）

月日時分	St	天候	風向 風力	気温	水深	水温	pH	O <sub>2</sub> ml/ℓ	Cl <sup>-</sup> me/ℓ
4.26 15:00	1	R	SW 2	-	0	15.9	9.1	7.96	14.6
					1	15.9	9.1	7.96	14.3
					1.5	15.9	8.8	7.39	14.2
4.26 14:30	2	O	2	15.7	0	16.2	9.1	7.87	14.7
					1	16.2	9.1	7.92	14.7
					1.9	16.3	8.7	6.52	15.0

COD me/ℓ	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> N-μg/ℓ	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> N-μg/ℓ	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> N-μg/ℓ	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> P-μg/ℓ	SiO <sub>2</sub> mg/ℓ	BX 43 me/ℓ	Ca <sup>2+</sup> me/ℓ	硬度 me/ℓ	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> me/ℓ
0 161	50	10	230	16	8	0.400	1.07	5.31	
0 155	60	10	250	16	9	0.400	1.08	5.38	
0 154	120	11	310	20	10	0.437	1.30	6.40	
0 113	200	2	140	13	9	0.302	0.802	3.95	
0 111	180	2	140	7	8	0.325	0.802	3.97	
0 120	190	1	160	10	9	0.313	0.805	3.97	
0 111	160	±	180	11	9	0.313	0.840	4.06	
0 116	190	1	160	14	9	0.325	0.863	4.21	
0 125	180	±	240	16	10	0.348	0.859	5.12	
0 141	230	3	260	42	11	0.325	0.998	5.24	
0 111	210	±	240	11	10	0.313	0.859	4.01	0.353
0 125	170	"	160	13	10	0.313	0.825	4.06	0.353
0 108	200	"	130	13	10	0.325	0.790	4.01	0.371
0 095	200	"	140	13	10	0.313	0.809	4.09	0.345
0.141	380	"	160	40	16	0.313	0.821	4.45	0.386
0 063	40	6	130	26	10	0.321	0.505	2.02	
0 076	40	5	70	21	12	0.309	0.517	2.01	
0 068	40	3	80	21	13	0.297	0.498	2.01	
0 070	40	6	70	21	13	0.333	0.505	2.01	
0 074	卅	8	80	21	13	0.309	0.498	2.03	
0 068	40	7	90	26	13	0.309	0.498	2.03	
0.068	卅	6	100	23	12	0.321	0.498	2.03	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
0 076	40	5	100	19	12	0.345	0.486	2.03	0.162
0 072	卅	3	130	19	12	0.309	0.498	2.03	0.174
0 079	40	6	80	15	13	0.309	0.505	2.03	0.175
0.093	70	±	90	38	13	0.309	0.486	2.04	0.155

COD me/ℓ	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> N-μg/ℓ	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> N-μg/ℓ	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> N-μg/ℓ	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> P-μg/ℓ	SiO <sub>2</sub> mg/ℓ	BX 43 me/ℓ	Ca <sup>2+</sup> me/ℓ	硬度 me/ℓ	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> me/ℓ
0 302	+	1	+	4	6	0.434	0.683	3.48	
0 310	"	2	+	5	6	0.443	0.702	3.41	
0.359	"	4	0	5	6	0.443	0.728	3.40	
0 308	"	1	0	4	6	0.465	0.758	3.52	0.97
0 326	"	2	0	4	7	0.460	0.758	3.54	1.60
0.334	"	2	0	5	6	0.404	0.833	3.60	1.72

月日時分	St	天候	風向 風力	気温	水深	水温	pH	O <sub>2</sub> ml/ℓ	Cl <sup>-</sup> me/ℓ
4.26 13:10	3	O	5	21.0	0	15.9	9.0	7.56	14.1
					1	16.0	8.8	7.63	13.9
					1.5	16.2	8.5	7.08	14.2
4.26 13:40	4	O	2	-	0	16.2	9.0	8.43	13.1
					1	16.2	9.0	8.09	13.6
					2.0	16.2	9.0	7.59	13.7
5.17 14:15	1	BC	-	-	0	21.5	8.9	6.97	20.1
					1	21.5	8.9	6.97	20.1
					1.5	21.6	8.7	6.88	27.5
5.17 11:10	2	B	3	20.4	0	21.1	8.9	6.85	18.0
					1	21.1	8.9	6.85	18.1
					2.0	21.0	8.8	6.55	30.8
5.17 13:30	3	-	-	-	0	21.6	9.1	6.97	14.1
					1	21.6	9.1	6.96	14.3
					1.5	21.6	9.0	6.85	15.1
5.17 13:10	4	BC	2	-	0	21.3	8.8	6.74	14.3
					1	21.3	8.9	6.74	14.3
					2.1	21.4	8.8	6.80	14.3
6.17 13:00	1	C	W 3	-	0	24.6	8.9	6.78	38.3
					1	24.4	8.6	4.76	44.7
					1.5	24.2	8.4	3.74	46.9
6.17 11:10	2	C	N	25.6	0	24.7	9.0	6.85	31.4
					1	24.8	9.0	6.73	31.4
					2.1	23.8	8.8	6.87	53.3
6.17 12:30	3	C	W	-	0	25.2	9.0	6.90	30.2
					1	25.0	9.0	6.74	30.4
					1.6	24.9	8.9	6.75	34.7
6.17 12:05	4	C	-	-	0	24.9	9.0	6.80	31.6
					1	24.9	9.0	6.83	31.8
					2.2	24.0	8.7	6.99	69.2
7.12 11:00	1	R	-	26.2	0	24.7	7.6	5.61	46.7
					1.0	24.7	7.6	5.62	46.7
					1.9	24.7	7.6	5.49	47.4
7.12 12:00	2	R	-	-	0	-	7.8	6.00	53.0
					1.0	24.8	7.8	5.56	53.0
					2.3	24.9	7.6	4.19	130.2
7.12 14:00	3	R	-	-	0	24.1	7.4	5.38	38.1
					1.0	24.1	7.4	5.34	38.6
					2.0	24.7	7.4	1.45	53.6



COD me/ℓ	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> N-μg/ℓ	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> N-μg/ℓ	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> N-μg/ℓ	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> P-μg/ℓ	SiO <sub>2</sub> mg/ℓ	BX 43 me/ℓ	Ca <sup>2+</sup> me/ℓ	硬度 me/ℓ	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> me/ℓ
0.335	+	1	0	4	7	0.465	0.747	3.39	
0.314	"	1	0	5	7	0.456	0.739	3.37	
0.650	"	4	0	7	7	0.421	0.758	3.38	
0.338	"	2	0	4	7	0.469	0.713	3.20	
0.302	"	2	0	4	7	0.451	0.739	3.28	
0.323	"	2	0	4	7	0.438	0.777	3.29	
0.327	80	±	10	±	3	0.569	0.926	4.62	
0.417	110	"	30	"	3	0.569	0.926	4.68	
0.401	100	"	0	"	3	0.595	1.18	6.28	
0.444	50	"	0	"	4	0.547	0.871	4.21	1.97
0.441	60	"	0	"	4	0.551	0.871	4.24	1.90
0.356	卅	"	0	"	4	0.621	1.32	7.36	3.35
0.515	60	"	10	"	3	0.551	0.713	3.25	
0.475	60	"	+	"	3	0.543	0.725	3.32	
0.381	60	"	+	"	4	0.560	0.761	3.51	
0.441	80	"	0	"	4	0.434	0.736	3.37	
0.390	80	"	0	"	4	0.434	0.743	3.37	
0.432	50	"	0	"	4	0.434	0.743	3.36	
0.404	120	1	20	2	3	0.781	1.62	8.80	
0.360	80	1	20	0	4	0.807	1.88	10.33	
0.301	+	+	30	0	4	0.825	1.92	10.83	
0.299	卅	0	0	0	2	0.729	1.34	7.38	2.93
0.334	卅	1	0	2	2	0.721	1.32	7.36	2.81
0.443	80	±	+	0	3	0.886	2.15	12.52	4.14
0.411	120	+	30	3	3	0.773	1.30	7.00	
0.390	120	+	20	3	3	0.760	1.31	7.07	
0.358	卅	0	20	0	3	0.790	1.48	8.04	
0.299	+	0	20	4	2	0.729	1.34	7.34	
0.281	卅	+	10	0	2	0.721	1.34	7.41	
0.464	"	+	10	0	3	0.964	2.70	25.3	
0.430	80	70	30	13	8	0.660	2.06	11.1	
0.364	80	60	10	13	9	0.643	1.97	11.1	
0.369	80	70	10	13	8	0.634	2.03	11.2	
0.407	100	70	10	15	8	0.643	2.26	12.6	
0.412	80	80	10	15	10	0.643	2.29	12.6	
0.412	80	60	+	125	13	0.986	5.21	31.4	
0.348	250	80	10	15	10	0.537	1.73	9.2	
0.375	130	100	10	13	9	0.555	1.81	9.3	
0.442	400	70	10	18	11	0.600	2.34	12.9	

月日時分	St	天候	風向 風力	気温	水深	水温	pH	O <sub>2</sub> ml/ℓ	Cl <sub>2</sub> me/ℓ
7.12 13:10	4	R	3~4	—	0	—	7.6	5.21	57.1
					1.0	24.8	7.6	5.07	57.0
					2.4	24.8	7.8	0.34	127.0
8.17 12:35	1	C	2	—	0	30.7	9.0	7.08	68.0
					1.0	30.4	9.0	6.26	68.1
					1.8	29.4	8.6	5.28	71.0
8.17 11:00	2	B	2	31.6	0	30.0	8.8	7.08	68.2
					1.0	30.0	8.8	6.50	68.5
					2.2	30.6	8.2	2.98	119.3
8.17 12:00	3	C	2	—	0	30.2	8.6	6.50	59.9
					1.0	29.6	8.8	6.50	69.1
					2.0	29.7	8.7	4.67	70.7
8.17 12:50	4	BC	1	—	0	30.0	8.8	6.46	68.3
					1.0	29.9	8.8	6.26	68.6
					2.2	30.2	8.4	3.17	96.7
9.20 14:00	1	BC	0	—	0	23.0	9.2	8.93	7.29
					1.0	22.3	9.2	8.93	7.29
					1.9	22.0	8.8	7.15	8.68
9.20 11:00	2	BC	1	25.3	0	22.9	8.6	8.06	6.89
					1.0	21.4	8.4	8.55	7.36
					2.3	20.1	7.6	6.61	8.07
9.20 —	3	—	—	—	0	22.4	8.0	7.57	4.27
					1.0	21.4	8.3	7.80	4.60
					2.0	19.8	7.1	3.10	3.33
9.20 11:45	4	—	—	—	0	22.7	8.9	8.32	6.46
					1.0	21.0	8.8	8.48	5.93
					2.3	18.4	7.0	6.51	2.75
10.14 14:30	1	BC	1~2	—	0	19.6	8.2	6.29	13.0
					1.0	19.1	8.0	6.32	13.3
					1.6	19.3	7.8	6.17	14.1
10.14 12:40	2	BC	1~2	19.8	0	19.0	8.0	6.39	11.4
					1.0	18.9	8.0	6.28	11.4
					2.1	18.7	7.8	6.14	11.6
10.14 14:00	3	—	—	—	0	19.0	7.8	6.19	9.9
					1.0	19.0	7.8	6.13	10.8
					1.7	18.9	7.6	4.39	11.3
10.14 13:20	4	—	—	—	0	19.2	8.2	6.43	11.9
					1.0	18.9	8.0	6.34	11.9
					2.1	18.7	7.4	5.30	11.9

COD me/ℓ	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> N-μg/ℓ	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> N-μg/ℓ	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> N-μg/ℓ	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> P-μg/ℓ	SiO <sub>2</sub> mg/ℓ	BX 43 me/ℓ	Ca <sup>2+</sup> me/ℓ	硬度 me/ℓ	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> me/ℓ
0.451	80	72	10	15	8	0.651	2.61	13.6	
0.444	130	80	10	10	9	0.678	2.52	13.6	
0.772	330	60	—	83	12	0.889	5.16	30.4	
0.380	+	0	20	10	11	0.701	3.04	16.0	
0.334	〃	0	0	8	10	0.704	2.85	16.1	
0.366	〃	0	0	10	12	0.637	2.95	16.7	
0.289	0	0	40	5	10	0.704	2.63	16.1	
0.544	±	0	0	7	10	0.704	2.72	16.2	
0.500	±	0	30	5	16	0.144	4.81	28.6	
0.343	40	0	0	7	10	0.687	2.53	16.1	
0.348	+	0	0	7	10	0.704	2.98	16.4	
0.428	+	0	0	16	10	0.528	2.87	16.7	
0.325	±	0	0	6	10	0.704	2.89	16.1	
0.316	+	0	0	6	10	0.704	2.85	16.2	
0.387	±	0	40	12	12	0.782	2.80	23.0	
0.326	50	4	80	22	12	0.271	0.424	1.79	
0.301	60	4	70	22	12	0.268	0.462	1.78	
0.386	100	4	40	23	11	0.292	0.488	2.08	
0.285	100	5	20	20	10	0.261	0.425	1.67	0.228
0.366	70	4	60	17	9	0.264	0.450	1.84	0.238
0.480	100	2	80	20	10	0.250	0.495	2.02	0.259
0.314	100	3	70	20	10	0.253	0.341	1.14	
0.375	100	3	50	20	10	0.253	0.349	1.18	
0.326	100	2	170	35	12	0.239	0.255	0.86	
0.293	70	4	30	20	10	0.253	0.424	1.61	
0.301	70	3	120	20	10	0.250	0.368	1.48	
0.244	70	0	200	20	13	0.232	0.255	0.78	
0.218	70	0	50	14	9	0.489	0.641	2.95	
0.211	70	0	60	21	8	0.489	0.656	2.99	
0.255	100	0	50	35	8	0.465	0.676	3.18	
0.246	50	0	50	14	8	0.482	0.603	2.63	0.390
0.251	40	0	50	16	17	0.493	0.603	2.63	0.401
0.338	60	0	50	25	10	0.465	0.622	2.65	0.380
0.196	100	0	50	14	9	0.451	0.553	2.29	
0.192	100	0	60	14	10	0.465	0.588	2.46	
0.268	90	0	50	35	9	0.391	0.622	2.63	
0.200	50	0	60	12	9	0.486	0.622	2.73	
0.237	70	0	60	14	9	0.489	0.660	2.72	
0.423	100	0	50	25	9	0.468	0.645	2.74	

月日時分	St	天候	風向 風力	気温	水深	水温	pH	O <sub>2</sub> ml/ℓ	Cl <sup>-</sup> me/ℓ
11.10 13:30	1	C	W —	—	0	15.0	8.2	7.11	31.2
					1.0	14.8	8.0	7.11	31.2
					2.0	14.8	8.0	6.58	31.1
11.10 12:00	2	R	NE 2~3	12.0	0	15.2	8.2	7.04	31.3
					1.0	15.0	8.2	7.09	31.4
					2.7	15.0	7.8	6.98	31.6
11.10 13:00	3	C	—	—	0	14.8	7.8	6.87	28.4
					1.0	14.6	7.6	6.79	28.6
					2.2	14.6	7.6	6.77	29.6
11.10 12:40	4	—	—	—	0	15.0	8.2	7.00	29.4
					1.0	14.9	8.0	7.00	29.4
					2.7	14.9	7.8	6.29	30.2
12.20 12:40	1	C	—	—	0	5.8	7.4	8.59	29.0
					1.0	4.7	7.4	8.70	46.5
					2.2	4.4	7.4	8.59	52.1
12.20 12:20	2	R	0	12.2	0	4.8	7.4	8.83	47.1
					1.0	4.6	7.6	8.85	48.6
					2.0	4.5	7.6	8.87	51.2
					2.8	4.4	7.6	8.54	51.1
12.20 12:00	4	C	0	10.0	0	6.0	7.4	8.15	31.3
					1.0	4.6	7.7	8.87	47.3
					2.7	4.6	7.4	7.76	60.8
1.18	1	S	—	3.8	0	5.6	7.4	8.55	26.1
					1.0	5.6	7.4	8.62	26.2
					2.0	5.7	7.4	8.20	26.4
1.18 12:00	2	S	—	—	0	5.8	7.4	8.66	24.4
					1.0	5.6	7.4	8.66	24.7
					2.3	5.8	7.4	8.55	24.7
1.18 —	4	S	—	—	0	5.8	7.4	8.66	24.8
					1.0	5.8	7.4	8.74	24.8
					2.5	5.8	7.4	8.69	25.4
3.14 12:55	1	—	—	—	0	11.8	8.4	8.67	6.22
					1.1	11.9	8.4	8.17	6.22
3.14 11:40	2	B	1~2	13.0	0	11.4	8.4	8.87	5.52
					1.0	11.3	8.2	8.80	5.53
					2.0	11.5	7.8	8.64	5.62
3.14 12:30	3	B	2	—	0	11.6	8.4	8.62	5.27
					1.0	11.7	8.2	8.59	5.31
					1.3	11.9	8.0	8.23	5.31
3.14 12:10	4	B	2	—	0	11.6	8.4	8.90	5.67
					1.0	11.5	8.2	8.94	5.66
					2.1	11.4	8.2	8.69	5.75

COD me/l	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> N—μg/l	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> N—μg/l	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> N—μg/l	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> P—μg/l	SiO <sub>2</sub> mg/l	BX 43 me/l	Ca <sup>2+</sup> me/l	硬度 me/l	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> me/l
0.338	±	±	10	24	4	0.574	1.40	7.22	
0.378	±	±	10	22	4	0.577	1.38	7.21	
0.250	±	±	30	24	4	0.570	1.39	7.20	
0.310	±	±	0	19	4	0.591	1.41	7.16	0.780
0.360	±	±	0	19	4	0.595	1.41	7.18	0.763
0.763	±	±	0	24	4	0.549	1.43	7.20	0.734
0.273	±	±	10	24	4	0.546	1.33	6.97	
0.378	±	±	0	19	4	0.542	1.36	6.82	
0.323	±	±	0	24	4	0.542	1.36	6.82	
0.323	±	±	20	19	4	0.556	1.35	6.84	
0.305	±	±	20	24	5	0.567	1.35	6.63	
0.316	±	±	0	27	4	0.553	1.39	6.67	
0.220	+	6	140	25	7	0.557	—	—	
0.230	40	6	100	25	6	0.615	—	—	
0.223	50	6	80	25	6	0.650	—	—	
0.208	+	8	100	30	7	0.615	—	—	—
0.247	40	8	90	25	6	0.638	2.37	11.97	1.22
0.242	40	9	80	25	6	0.650	2.01	12.50	1.22
0.262	90	9	70	25	6	0.650	2.21	12.52	1.29
0.172	40	5	160	25	10	0.510	—	—	
0.245	60	6	80	25	6	0.626	—	—	
0.312	70	10	60	25	6	0.707	—	—	
0.136	80	4	290	4	10	0.441	1.24	6.43	
0.157	100	3	240	4	11	0.441	1.24	6.43	
0.149	250	2	190	36		0.441	1.25	6.53	
0.149	130	5	240	4	10	0.429	1.17	6.14	0.348
0.132	80	3	220	4	10	0.429	1.25	6.13	0.350
0.132	180	2	170	13	10	0.441	1.21	6.15	0.410
0.152	130	4	170	4	10	0.464	1.19	6.15	
0.149	130	5	170	4	10	0.441	1.24	6.15	
0.199	140	4	170	4	10	0.453	1.23	6.34	
0.093	+	6	180	25	11	0.333	0.389	1.57	
0.081	+	6	190	25	12	0.357	0.389	1.57	
0.102	+	9	200	21	8	0.345	0.389	1.43	0.134
0.089	+	6	180	25	11	0.381	0.401	1.43	0.137
0.126	50	4	180	35	10	0.297	0.401	1.56	0.143
0.087	+	7	200	25	11	0.345	0.370	1.36	
0.093	+	8	180	25	12	0.345	0.389	1.37	
0.099	+	5	200	25	14	0.345	0.393	1.37	
0.077	+	7	200	21	12	0.357	0.393	1.46	
0.087	+	7	190	21	8	0.357	0.401	1.47	
0.097	+	5	190	21	7	0.357	0.389	1.47	

表-29 湖山池の漁場環境(昭和46~47年)

年月日	St	気温	透明度	水深	水温	pH	濁度 mg/l	O <sub>2</sub> ml/l	Cl <sup>-</sup> mg/l
46.7.19	4	25.0	0.8	0	28.3	7.4	14	5.09	528
"	"			B 1.9	28.0	7.2	19	4.83	482
"	1		0.7	0	29.3	7.6	14	5.51	502
"	"		2	29.0	7.5	18	5.09	503	
"	"		4	28.7	7.3	14	4.60	513	
"	"		B 6	27.9	7.0	36	0.00	1065	
"	3		0	28.5	7.5	19	5.27	429	
"	2		0	28.9	7.5	16	5.12	455	
"	"		2	28.9	7.4	21	4.97	458	
"	"		B 4	28.7	7.2	23	4.34	454	
46.10.7	4	19.8		0	20.4	7.3	33	5.38	409
"	"			B 1.9	19.7	7.2	—	4.06	373
"	1		0	20.3	7.4	28	5.21	419	
"	"		2	20.3	7.4	26	4.98	420	
"	"		4	20.2	7.4	25	4.80	418	
"	"		B 6.5	20.3	7.2	—	2.79	421	
"	3		0	20.3	7.4	39	5.48	403	
"	"		B 1.4	20.3	7.4	—	5.40	402	
"	2		0	20.4	7.4	36	5.03	419	
"	"		2	20.4	7.4	37	4.98	420	
"	"	B 4	20.4	7.4	—	4.50	419		
47.2.17	4	9.0	—	0	6.7	7.0	8	7.44	524
"	"			B 1.7	6.9	7.2	13	7.60	507
"	1		—	0	6.5	7.2	8	8.00	527
"	"			3	6.4	7.2	8	7.89	532
"	"			B 5.9	6.3	7.0	58	6.90	545
"	3	9.6	—	0	8.0	7.0	9	7.35	407
"	"			B 1.3	6.9	7.0	10	7.43	516
"	2	8.3	—	0	6.7	7.2	15	7.74	548
"	"			B 3.7	6.5	7.2	38	7.66	551
47.4.14	4	17.3		0	13.5	7.3	22	7.13	355
"	"			B 1.5	13.2	7.3	24	7.00	354
"	1	19.8		0	12.5	7.4	12	7.47	366
"	"			B 5.8	11.6	7.1	—	6.08	366
"	2	19.6		0	13.4	7.3	15	7.47	345
"	"			B 3.5	11.6	7.0	21	6.44	367

NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> N-μg/ℓ	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> N-μg/ℓ	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> N-μg/ℓ	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> P-μg/ℓ	COD me/ℓ	泥		土			
					遊離 S mg/g	結 合 S mg/g	COD O mg/g	強熱減量 %	色	
200	0	0	15	0.374						
260	0	0	25	0.471	0.12	0.58	14.4	8.8	灰黑	
270	0	0	7	0.355						
210	0	0	7	0.388						
240	1	0	7	0.335						
2300	2	0	120	0.420	1.06	2.62	50.0	15.3	黑	
170	1	0	35	0.386						
280	0	0	15	0.374						
210	0	0	11	0.394						
140	2	0	15	0.365	0.15	0.29	66.3	14.1	灰茶	
+	0	0	11	0.405						
0	0	0	24	0.738					砂	
0	0	0	13	0.471						
0	0	0	13	0.438						
0	0	0	15	0.376						
0	0	0	20	0.495	0.95	2.16	60.2	19.0	黑	
+	0	0	12	0.439						
0	8	0	18	0.511	0.06	0.28	33.8	10.8	灰茶	
0	0	0	16	0.374						
+	0	0	16	0.420						
0	0	0	18	0.365	0.01	0.07	49.9	18.2	灰茶	
58	6	370	4	0.269						
99	11	340	4	0.385	0.10	0.64	27.2	10.0	茶	
59	5	330	3	0.273						
55	4	310	2	0.300						
200	12	410	5	0.814	0.62	1.39	51.4	18.9	黑茶	
50	5	310	4	0.259						
73	7	270	0	0.318	0.08	0.37	25.7	9.7	茶	
48	4	290	3	0.300						
100	4	280	3	0.385	0.00	0.00	36.1	17.6	茶	
63	0	12	7	0.298						
68	0	18	8	0.260						
63	0	12	6	0.160						
97	0	36	8	0.348	0.07	0.10	41.8	16.7	赤茶	
56	0	+	7	0.193						
70	0	10	6	0.173	0.00	0.00	39.2	13.4	赤茶	

表-30 東郷湖の漁場環境(昭和46~47年)

年月日	St	気温	透明度	水深	水温	pH	濁度 mg/l	O <sub>2</sub> me/l	Cl <sup>-</sup> mg/l
46.5.11	2			0	20.2	9.5	34	7.82	—
"	"			B	19.6	9.5	46	7.35	—
"	4			0	20.7	9.6	40	7.88	—
"	"			B	19.1	9.4	81	7.89	1.30
46.7.16	2		1.0	0	30.6	8.9	46	5.75	2.09
"	"			B1.8	30.3	8.7	44	1.90	2.09
"	4		1.0	0	30.6	8.9	38	5.53	2.05
"	3		1.5	0	30.6	8.7	25	4.59	1.98
"	"			B2.6	30.4	8.7	28	3.83	1.96
46.10.5	2	21.3	1.0	0	21.5	9.1	37	7.10	1.71
"	"			B2.5	22.4	7.9	37	0.00	3.24
"	4		1.0	0	21.4	9.1	42	7.13	1.75
"	"			B2.4	22.3	8.1	37	4.03	3.17
"	3			0	21.2	8.9	45	7.08	1.62
"	"			B1.5	21.3	8.6	41	5.91	1.71
"	1			0	21.8	8.7	53	5.81	1.75
"	"			B0.6	21.7	8.7	65	5.91	1.75
47.2.15	1	11.0		0	6.7	8.5	23	9.02	0.747
"	"			B0.7	6.9	7.8	22	6.44	0.755
"	2		1.3	0	6.6	8.6	21	8.85	0.707
"	"			B2.9	6.6	8.4	83	5.98	0.764
"	4		1.5	0	6.6	8.7	23	8.50	0.707
"	"			B2.7	6.5	8.7	24	8.75	0.743
"	3			0	6.9	8.2	23	8.43	0.617
"	"			B1.2	6.7	8.3	28	8.40	0.641



NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> N-μg/l	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> N-μg/l	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> N-μg/l	PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> P-μg/l	COD me/l	泥		土		色
					遊離 Smg/g	結合 Smg/g	COD Omg/g	強熱減量 %	
20	18	0	—						
30	20	0	—				122	14.5	黒
10	15	0	—						
10	10	0	—				122	20.8	黒
220	0	+	7						
190	0	10	0		1.01	2.47	77.5	14.0	黒
190	0	14	0						
180	0	16	12						
170	0	14	10		0.09	0.19	8.9	1.3	灰
0	0	0	0						
80	0	0	0		0.43	6.45	53.4	17.6	黒
0	0	0	0						
110	0	0	0		0.83	5.05	69.8	21.3	黒
0	0	0	0						
0	0	0	0		0.42	2.29	36.8	11.3	灰黒
0	0	0	0						
0	0	0	0		0.06	0.07	10.1	3.2	茶
100	12	440	3	0.381					
130	13	390	5	0.431	0.37	0.33	6.4	3.5	—
150	11	420	3	0.395					表面のみ
—	12	440	3	0.498	0.92	3.78	67.5	19.0	茶
100	10	410	2	0.338					表面のみ
100	12	400	3	0.451	1.90	2.44	72.0	19.5	茶
100	10	460	4	0.373					
100	12	450	5	0.434	0.23	1.20	23.7	7.7	—