

涸沼の湖沼学的研究（予報）

赤野誠之・佐々木道也・加瀬林成夫

1. はしがき

涸沼は水戸市の南方約10Kmの太平洋に面した地点に位置し、湖岸周22.25Km、面積9,461Km²の富栄養湖に属する汽水性の湖である。

湖西部は栃木・茨城の県境に源を発する上涸沼川を受け入れ、湖東部は下涸沼川となり、那川下流と合流して太平洋に続いている。

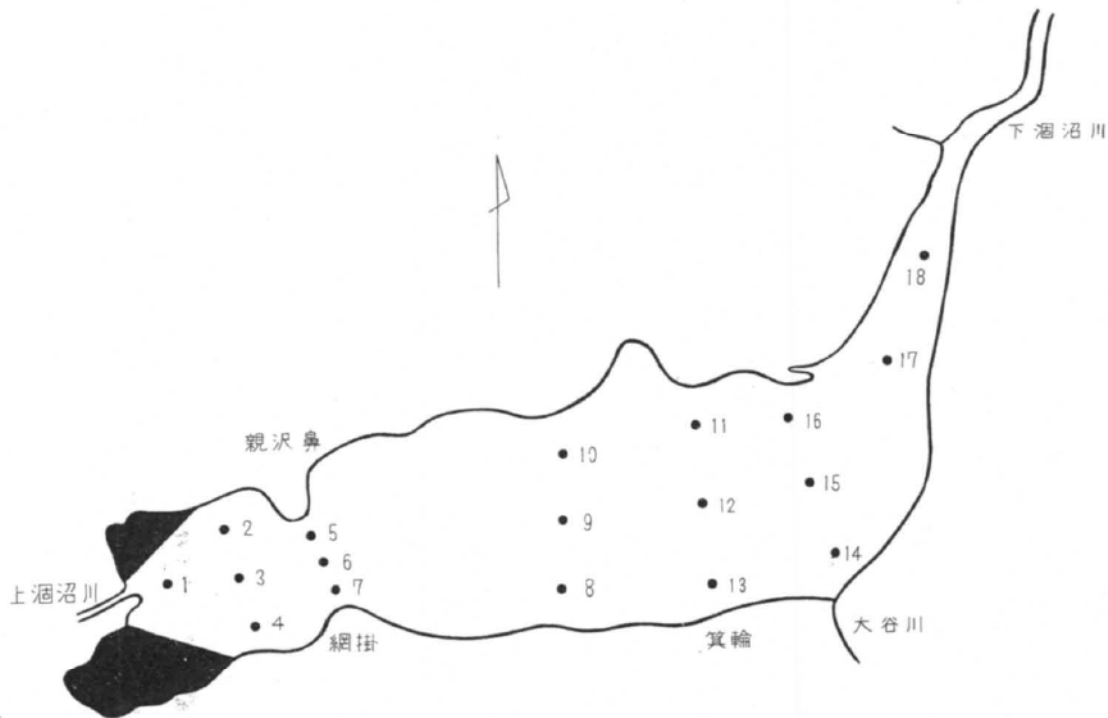
棲息魚種も豊富で、約4,000人の漁業者が漁業に従事し、年間約2,000トンの生産を挙げている。

涸沼における湖沼学的な研究としては、田村(1937)、飯本(1960)、今村・堀(1964)および今村・篠崎・菊地(1965)などの研究が挙げられるが、未だ究明されなければならない問題が多いように思われる。筆者らは、たまたま涸沼へのイケチヨウガイ移殖放流に関連して、同湖の環境調査を実施する機会を得たので、その結果をここに報告する。不十分な点が多いのであるが、これを機会として、今後、同湖の湖沼学的性状について、さらにくわしく究明したいと考えている。

調査に際して種々の配慮をいただき、また現場の作業に積極的に協力下さった、茨城県水産施設課、榎田昭技師に感謝の意を表する。

2. 調査方法

調査は、昭和41年10月14日に第1図に示す、18地点について行った。調査項目は、一般気象条件・水深・水質（透明度、水温、PH、溶存酸素、塩素量、磷酸塩、硅酸塩及び窒素化合物）、底質（粒度組成、有機炭素、総窒素、合硫化物及び強熱減量）、浮游生物及び底



第1図 調査地点

棲生物であつた。

採水は各地点とも表層および底層の2層について行なつた。浮游生物は北原式定量プランクトン・ネットを用いて底層から表層までの垂直採集を行なつた。

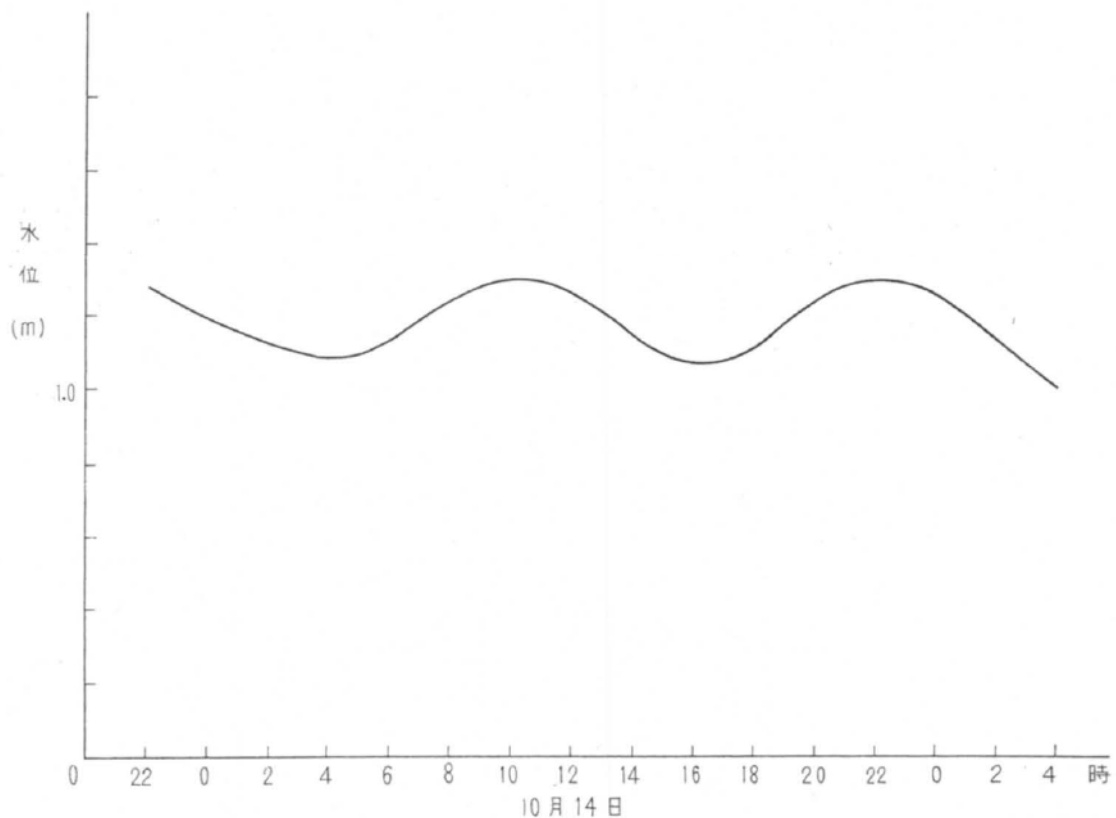
底棲生物は、採集地点を湖の中央部に沿つた地点に限定し、エックマン・バージ式採泥器を用い、各地点ごとに3回採泥し、現場において篩箱でふるい、泥中の生物を採集した。なお、水質分析等の方法はすべて常法によつた。

3. 調査結果

(1) 水 深

調査地点の水深は1.2～3.1 mの範囲にあつた。調査日の2日前に大雨があつたため、全体的に増水の傾向にあつたようである。

第2図に茨城県水戸土木事務所管理の下石崎自記水位計(St.11附近)による調査日の水位の時間別変化を示した、調査を行つた当日の最高水位は、T.P. 1.28 mで最低水位は、T.P. 1.10 mであり平均11.93 m、変動差は0.18 mであつた。飯本(1960)によれば、濁沼の平水位はT.P. 0.20 mであるといわれるので、当日はきわめて高水位にあつたわけ

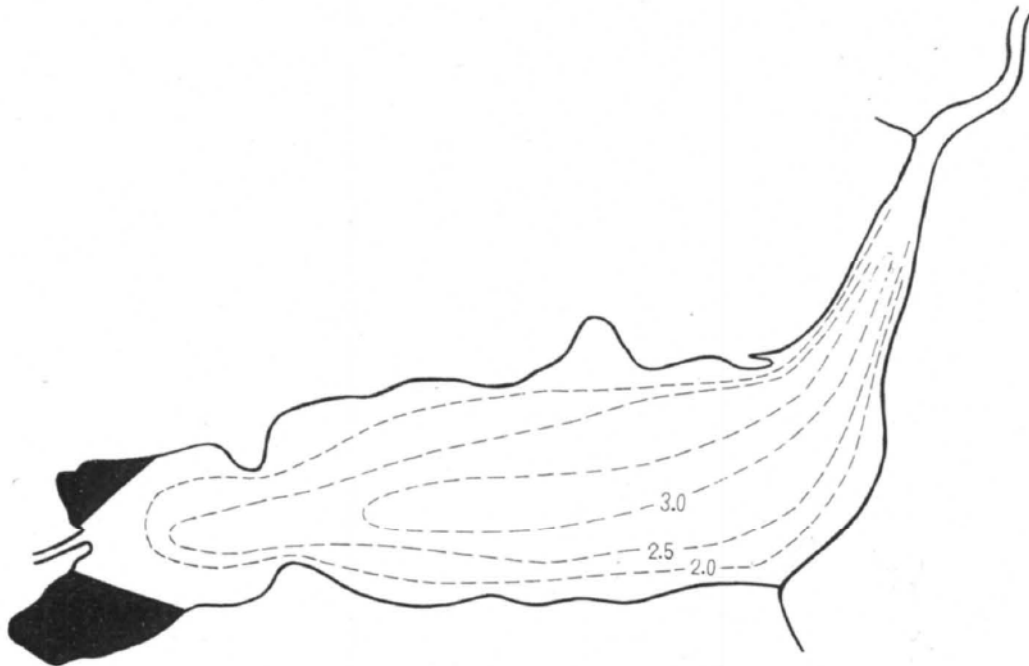


第2図 下石崎自記水位計による水位の時間変化

である。

潮汐の影響は平水位で0.3 m程度、また那珂川河口から濁沼まで、およそ2～3時間遅延するので(飯本)、それぞれの地点ごとに測深値の補正が必要であるが、今回は前記1点の水位資料だけが入手できなかつたので補正が困難であるので測深時のままの数字を用いて大略第3図のような等深図が得られた。

当日の水位差は前述のように高水値のため、とくに小さかつたので相対的な変化は比較的小さいと思われる。ただ平均水位からの水深では大分深くなつている。



第3図 等深図 (単位: m)

最深部は、主湖盆の中央部である St. 9 および St. 12 にみられ、その周辺は 2~3 m の範囲にあり、1 m 層は湖岸部寄りのわずかな水域にだけみつけられた。これは陸上自衛隊施設学校の仮作成による涸沼等深図 (飯本) によっても同様な結果となつている。ちなみに同等深図では中央部の最深部を 3.6 m としており、田村 (1937) は中央部が最深部で 3.1 m を記録している。

なお、湖東部の St. 17 および St. 18 は下涸沼川へ続く滞筋にあたるために深くなつているが、その周辺は那珂川からの逆流によつて砂の堆積のため逆デルタが形成されているといわれている (飯本)。

(2) 透明度

今村・堀 (1964) によると年間を通じて 1 m 前後で、最大が冬季の中央部で 2 m であると報告している。

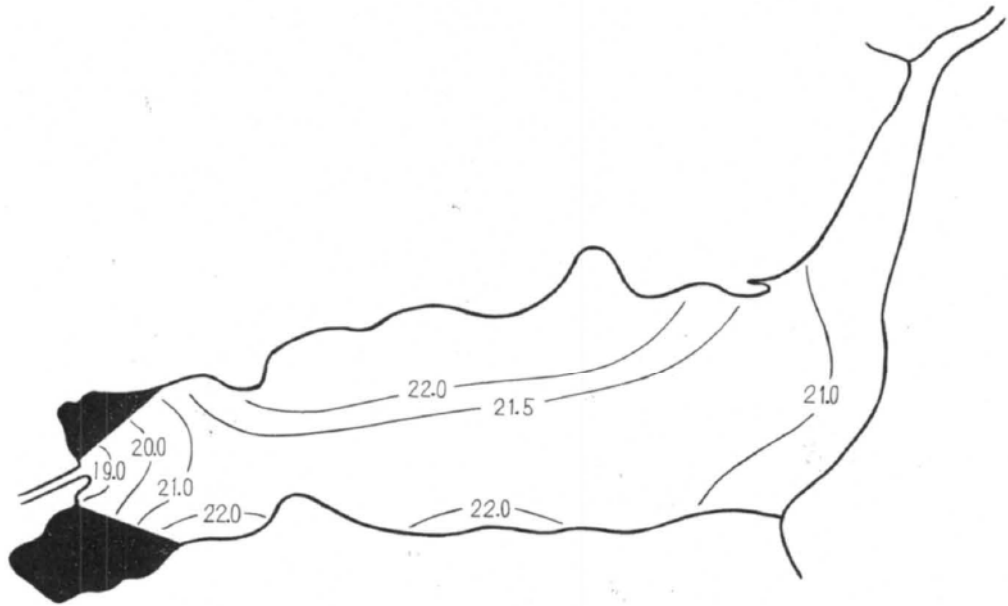
今回の調査結果では、全般的に低かつたが、なかでも湖西部の上涸沼川河口附近と中央部の大谷川河口および下涸沼川へ続く滞筋が 0.5~0.6 m で特に低い値を示した。これは降雨によつて混濁した河川水の影響によるもの、および潮汐の影響による底層泥の攪拌によるものと思われる (St. 17 および St. 18 附近の水深は、わずかな幅の滞を除いて 2 m 以下である)。

(3) 水温

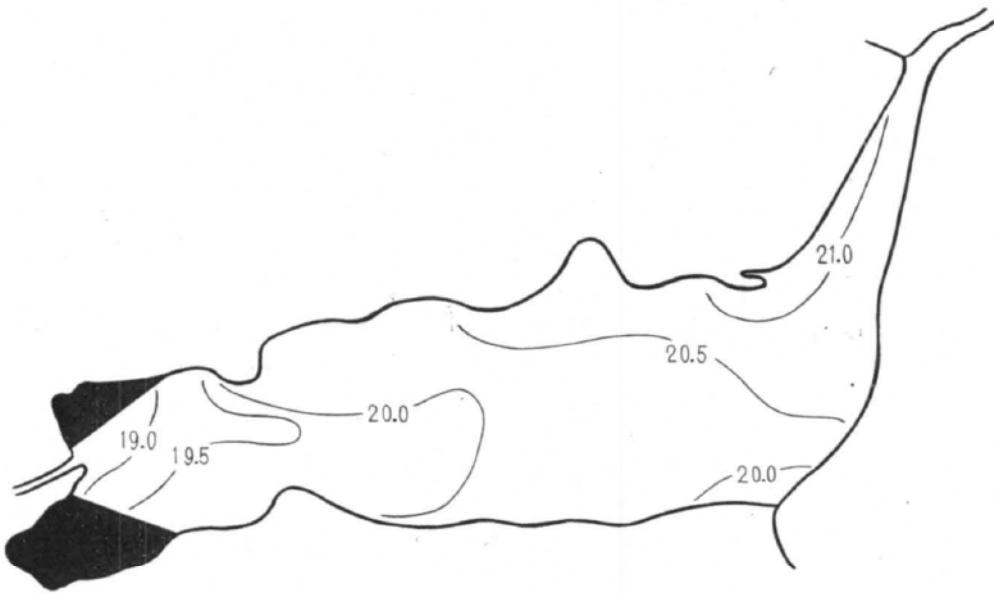
水温は表層水で 18.9~22.7℃、底層水で 18.6~20.9℃ を示し、St. 17 および St. 18 を除いた他の観測点では、表層より底層が低く、その水温差は 0.6~2.7℃ であつた。

第4図に水温の水平分布を示した。すなわち表層水は湖の中央部が高く、上涸沼川河口および下涸沼川附近が低くなつている。これに対し底層水は上涸沼川附近が低く、下流に行くに従つて順次高くなつている。このことは、当然のことながら上涸沼川の影響の度合が徐々に減じ、逆に下涸沼川からの逆流の影響があらわれていることを示すものであり、その程度

A. 表層



B. 底層



第4図 水温の水平分布 (単位:℃)

は塩素量の項で述べるが、上濁沼川の影響は比較的狭い範囲に限られ、反対に下濁沼川の影響のほうが大きいようである。

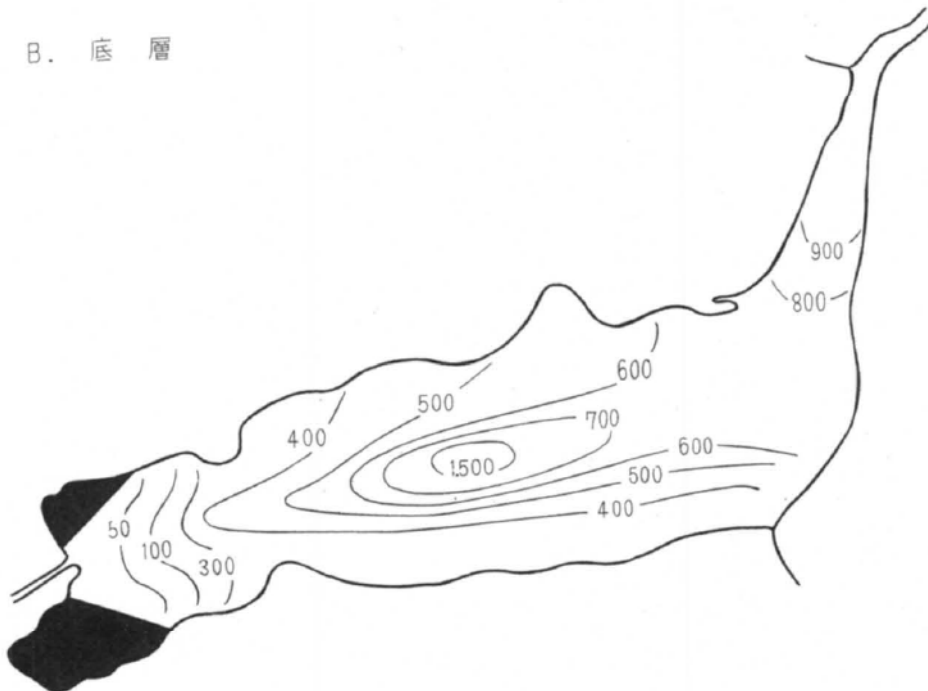
(4) 塩素量

第5図に表層および底層の塩素量の水平分布を示した。塩素量の最低は、上濁沼川河口部の16 ppm、最高は主湖盆中央部の底層にみられた1521 ppmであった。

A. 表層



B. 底層



第5図 塩素量の水平分布 (単位: ppm)

全般的には、表層、底層ともに湖西部上澗沼川河口から湖東部下澗沼川方向に向うに従って高くなっているが、表層の水平分布をみると上澗沼川河口から、湖の中央部までは比較的低い値が、そこから下流に向って急激に上昇している。底層は上澗沼川河口部を除いて、湖西部から急に高くなっている。上下層の差は中央部の深部において著しく、とくに中央部の最深部が最高で、その絶対値においても前述したように最高となっている。

以上のことから逆流によつて湖内に流入した塩素量の高い水は、潜流となつて底層に入り込み、深部に停滞する傾向がみられる。とくに主湖盆の中央最深部には、その傾向が著しい。

逆に上澗沼川の水は表層の塩素量の分布から明らかなように、表面を徐々に流下するものと思われる。

なお、年間を通じての塩素量の変化については、今村・堀(1964)によれば、雨の多い春秋には各層とも低く、夏期と冬期には高くなり、底層では 14 g/l (14 ‰)にも達する。

(5) pH

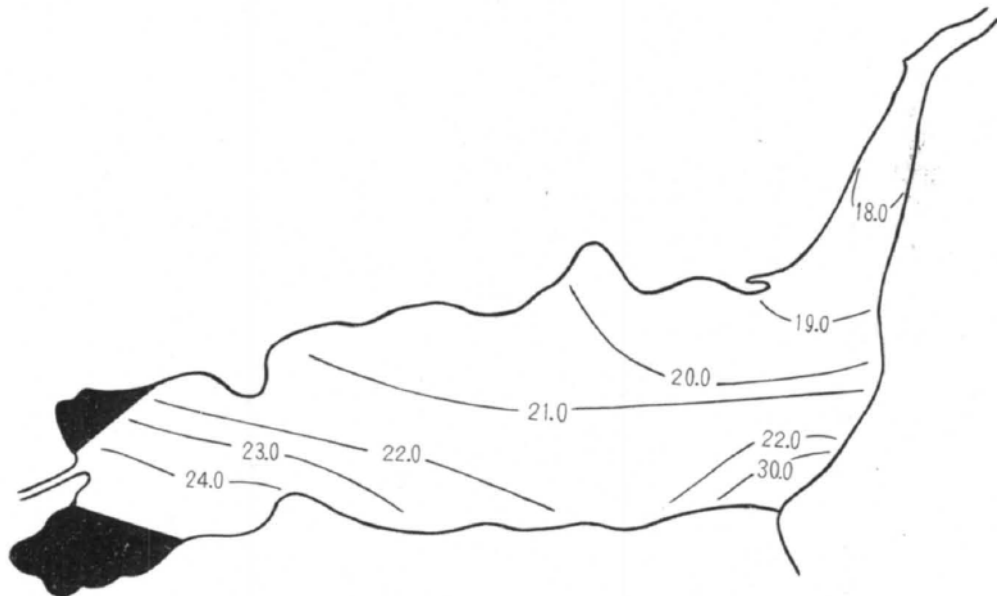
上澗沼川河口およびその附近と大谷川河口がpH 7前後で中性を示し、他はほとんどpH 8前後で上下層の差は全くないか、きわめて小さかつた。

(6) 溶存酸素

溶存酸素量は全般的に多く、飽和または過飽和のところが多いが、最深部の一部を除いては顕著な上下差はみられなかつた。

ただ、大谷川河口(St. 14)においては、とくに低い値(3.12 ppm)がみられたのは、河口から4kmほど上流に5~6軒の澱粉工場があるとのことで、調査時が丁度その操業期に当るので、その廃水の影響によるものであろう。

なお、今村・堀(1964)は年間にわたる観測結果から、表層は常に過飽和か飽和が普通



第6図 硅酸塩の水平分布 (単位: ppm)

第1表 水質および底質分析結果表

項目	調査点		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10		11	
	表	底	表	底	表	底	表	底	表	底	表	底	表	底	表	底	表	底	表	底	表	底	表	底
観天候	11.50		121.0		122.5		140.0		143.0		144.0		145.0		151.0		152.0		153.5		155.0		15.50	
風力	bc		bc		bc		bc		bc		bc		bc		bc		bc		bc		bc		bc	
雲量	8		8		8		6		4		3		3		7		6		7		9		9	
風向	0		1		1		1		2		2		2		2		2		2		2		2	
風速	—		S		E		N		SE		SE		SE		SE		SE		SE		SE		SE	
風深	244		242		242		250		254		246		240		230		230		224		222		222	
風透明度	1.2		2.0		2.8		1.5		2.1		2.9		2.1		2.6		3.1		3.1		2.5		2.5	
風水透明度	0.6		0.5		0.5		0.8		0.6		0.5		1.1		0.8		0.5		1.1		0.8		0.8	
風温	18.9		18.6		19.7		22.3		21.6		20.9		22.2		22.1		21.6		22.7		20.5		22.5	
風PH	6.9		6.9		8.2		7.8		8.2		8.2		8.2		8.2		8.2		8.0		8.0		8.2	
塩素量 P Pm	16.00		137.76		42.08		95.52		90.08		91.36		281.28		190.56		670.40		132.96		1521.60		530.40	
溶存酸素量 P Pm	888		9.03		7.79		9.88		9.84		9.92		9.75		11.57		7.34		9.86		7.77		9.31	
アンモニウム態窒素 P Pm	0.18		0.26		0.40		0.25		0.30		0.27		0.30		0.35		0.34		0.27		0.54		0.49	
亜硝酸態窒素 P Pm	0.01		0.02		0.02		0.01		0.02		0.01		0.01		0.01		0.02		0.02		0.02		0.01	
硝酸態窒素 P Pm	0.82		0.60		0.72		0.56		0.62		0.64		0.26		0.29		0.49		0.40		0.45		0	
磷酸塩 P Pm	0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0		0	
硫酸塩 P Pm	2.45		2.10		1.98		2.60		2.41		2.26		2.12		2.21		2.10		2.05		2.18		1.98	
底質	M		M		M		M		M		M		M		M		M		M		M		M	
有機態窒素 mg/g	30.13		42.15		42.73		1.82		58.46		50.60		46.58		62.40		44.17		1.014		1.014		46.49	
総窒素 mg/g	1.13		1.57		1.85		0.50		2.26		1.86		1.80		2.11		1.97		0.41		0.41		2.27	
全硫化物 mg/g	0.249		1.215		0.853		0.259		0.755		0.323		1.011		1.125		0.320		0.393		0.393		0.522	
強熱減量 %	10.53		15.76		13.28		5.21		15.90		15.59		14.35		1.788		1.359		2.68		2.68		16.54	

項目	調査点		12		13		14		15		16		17		18	
	表	底	表	底	表	底	表	底	表	底	表	底	表	底	表	底
観天候	16.00		16.10		16.30		16.40		16.50		17.05		17.20		17.20	
風力	C		C		C		C		C		C		C		C	
雲量	9		10		10		10		10		10		10		10	
風向	2		2		SE		SE		SE		SE		SE		SE	
風速	SE		SE		SE		SE		SE		SE		SE		SE	
風深	220		21.8		21.6		21.6		21.0		2.10		2.10		2.10	
風透明度	3.1		2.0		2.1		0.8		0.7		0.7		0.6		0.6	
風水透明度	0.8		0.7		0.6		0.8		0.7		0.7		0.6		0.6	
風PH	2.13		2.02		2.02		2.16		2.16		2.10		2.09		2.09	
塩素量 P Pm	315.20		301.56		193.92		402.08		610.56		793.76		1139.20		1147.68	
溶存酸素量 P Pm	1.50		12.42		3.12		12.16		10.80		11.76		8.50		8.46	
アンモニウム態窒素 P Pm	0.34		0.38		0.69		0.33		0.38		0.46		0.58		0.46	
亜硝酸態窒素 P Pm	0.01		0.01		0.01		0.01		0.01		0.01		0.01		0.01	
硝酸態窒素 P Pm	0		0		0		0		0		0		0.61		0.18	
磷酸塩 P Pm	0		0		0		0		0		0		0		0	
硫酸塩 P Pm	21.2		21.2		43.0		19.8		19.0		17.5		18.5		2.08	
底質	M		SM		M		M		M		M		M		M	
有機態窒素 mg/g	45.71		13.13		26.16		35.93		31.34		25.80		17.77		17.77	
総窒素 mg/g	1.65		0.49		0.82		1.30		1.05		1.20		0.59		0.59	
全硫化物 mg/g	0.195		0.458		0.196		0.281		0.622		1.409		0.672		0.672	
強熱減量 %	14.72		3.23		8.00		11.13		8.07		8.98		6.01		6.01	

であるが、底層は時によつては(5, 6, 9月)飽和度が20%になることもあると報じている。

(7) 珪酸塩

珪酸塩の分布によつて陸水の消長を知ることが出来る。

第6図に表層水の珪酸塩の分布を示したが(SiO_2 , 18.5~43.0 P P m)、塩素量の分布とほぼ等しく、淡水の流入水の影響を受けやすい、湖西部および大谷川河口部などが比較的高い値を示している。

(8) 窒素化合物

水中の無機態窒素化合物としては、 $\text{NH}_4 - \text{N}$ 0.18~0.76 P P m、 $\text{NO}_2 - \text{N}$ 0.01~0.02 P P m、 $\text{NO}_3 - \text{N}$ 0~0.82 P P m が認められた。なかでもアンモニア態窒素は表層水では下流程高く、反対に硝酸態窒素は流入河川である上洞川からの影響が大きいようにみえる。

また大谷川河口が高い濃度を示しているのは、前述のように澱粉工場廃水の影響によるものと思われる。

(9) 底質

a. 粒度組成

粒度組成は第2表に示したとおりである。仮りにこれを、0.2 mm以下を75%以上含むものを泥、0.5~1.0 mmを10%以上含むものを砂、他を砂泥とすると、St. 4 および St. 3が砂、St. 10および St. 14 が砂泥で他は泥となり、泥質の占める割合がきわめて大きいことがわかる。この

第2表 粒 度 組 成

組成 地点	>300 mm	300~ 1.00	1.00~ 0.50	0.50~ 0.20	0.20~ 0.05	0.05>
1	—	0.2	6.8	12.2	14.7	66.1
2	—	—	0.1	0.2	0.1	99.6
3	—	—	0.2	0.8	2.8	96.2
4	—	2.8	19.2	63.6	3.0	11.4
5	—	—	2.1	17.2	4.5	76.2
6	—	—	0.8	7.5	1.3	90.4
7	—	0.9	1.0	11.6	5.9	80.6
8	—	—	0.7	11.6	14.9	72.8
9	—	—	0.9	10.5	2.2	86.4
10	1.1	3.2	3.7	81.6	2.3	7.5
11	—	—	—	8.4	2.9	88.7
12	—	—	—	1.1	3.4	95.5
13	2.4	17.9	15.0	40.7	1.3	14.7
14	—	1.3	1.2	53.9	15.4	28.2
15	—	—	0.5	4.5	3.1	91.9
16	—	0.6	1.1	7.1	13.7	77.5
17	—	—	—	2.1	13.4	84.5
18	—	—	1.3	11.8	24.4	62.5

ことは泥の含有率で表わした第7図からも明らかで湖岸が砂質のところでも、ほんのわずかであつて、50~60%沖合にでると、ほとんど泥となつている。

とくに湖の中央部に位置するとSt. 3, 6, 9, 12および15は微細泥の占める割合が多くなつており、湖の中央部に帯状に微細な骸泥が沈積されていることがうかがえる。

b. 有機炭素

泥の有機炭素は重クロム酸カリによる湿式酸化法によつて定量したが、砂および砂泥質のところおよび下流部の潮汐の影響による水の流動の大きな場所を除いては、30~60 mg/gの値を示し、なかでも湖東部及び主湖盆の深部が高い値を示した。

c. 総窒素

泥の総窒素はKiedahl法で測定したが、最低0.41 mg/gを示した、湖岸砂質部および湖東部の一部を除いて高い値を示した。

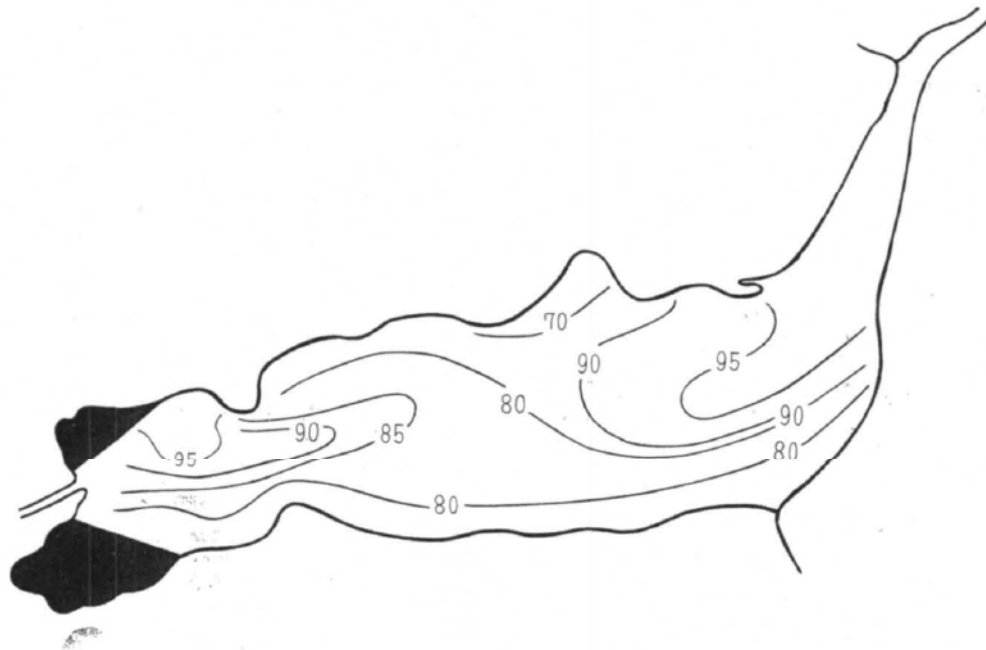
d. 全硫化物

泥の硫化物は、最低0.195 mg/g、最高1.409 mg/gを示した、湖西部および湖東部の一部で高い値を示し、主湖盆の深部で低い値を示した。

e. 強熱減量

泥の強熱減量は、最低 10.53%、最高 17.88% を示したが、砂および砂泥質のところおよび湖東部の潮汐の影響による水の流動の大きな場所で低い値を示し、主湖盆の深部で高い値を示した。

以上底質について、粒度組成と有機炭素、総窒素、全硫物および強熱減量の関係を第 8 図に示した。粒度組成と強熱減量との間には特定の相関があることは知られているが、今回の調査では全硫化物を除いて相関が認められるようである。



第 7 図 泥の分布 (単位: %)

これらのことから、湖岸砂質部および湖東部の一部を除いた部分において底質の悪化している状況をうかがうことができる。

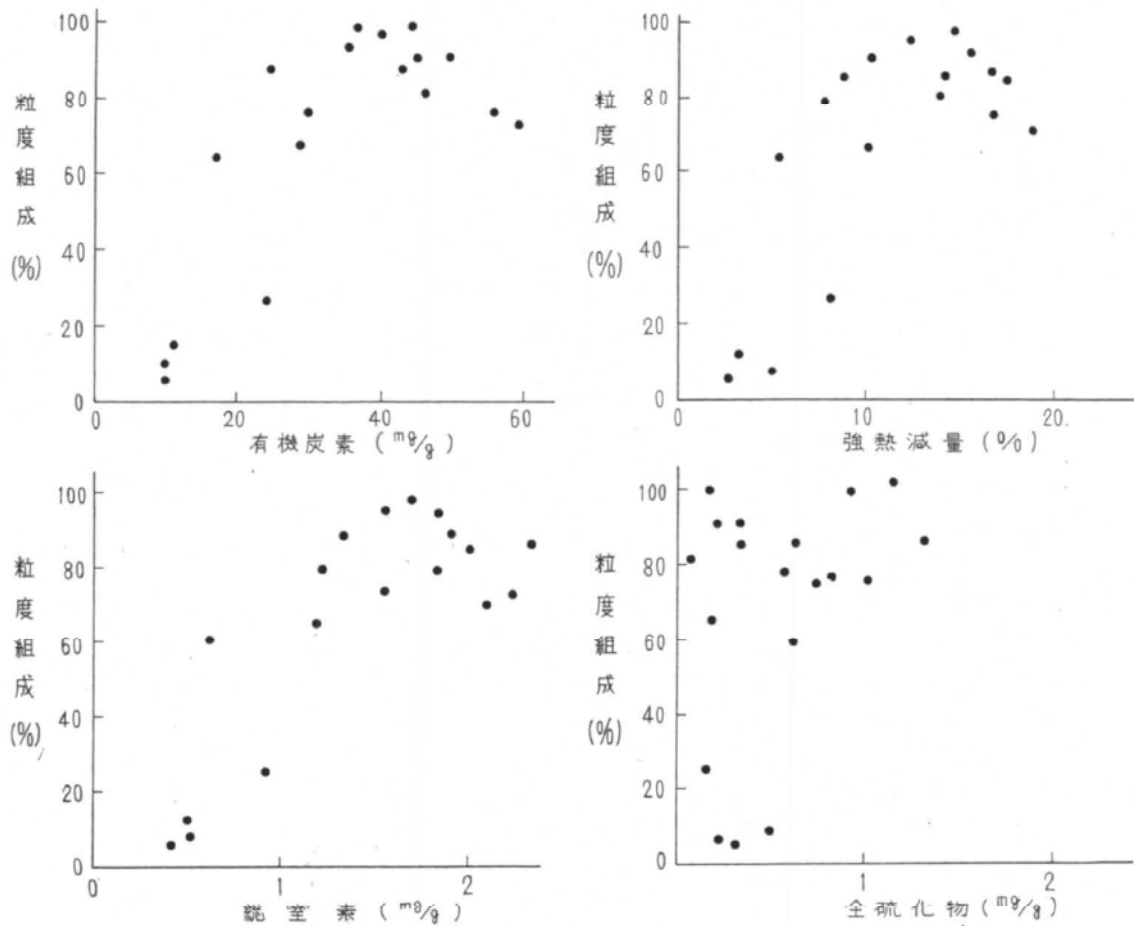
(10) 浮游生物

Genus 別に概略の定量結果を第 3 表に示した。植物プランクトンは、*Melosira* および *Microcyclops* が優先し、植物プランクトンでは、*Sinocalanus* および *Copepoda* の *Nauplius* が優先していた。

優先種以外には種類はきわめてわずかであった。分布では湖西部では植物が多く、中央部では動物が多くなっている。そして湖東部に行くと再び植物が多くなり、汽水性または海産としてみられる *Cosinodiscus*、*Biddulphia*、*Campylodiscus* 等が比較的多く出現した。

なお、湖東部 St. 17 および St. 18 において *Neomysis* の採集がみられたのは、同地点の採集時間が日没後になったので、同種の浮上によつて容易に採集されたもので、同地域にのみ分布がみられたものとは限らないと思われる。

今村・堀 (1964) は同湖の浮游生物を年間にわたつて、くわしく調査し、動物 72 種、植物 80 種、計 152 種を検出しており、優先種としては、動物では *Sinocalanus*、



第8図 粒度組成(泥)と有機炭素、総窒素、強熱減量、全硫化物の関係

Mesocyclops、植物ではMelosira、Cyclotellaなどを優先種として挙げている。

(11) 底棲生物

底棲生物の採集結果は第4表に示した。出現種はきわめて少なく、St. 17およびSt. 18のヤマトシジミを除いては数量的にも1地点1~2個のみであつた。とくにSt. 3およびSt. 6では生物は皆無であつた。これはさきに述べた底質の悪化を生物の分布からも証明していると思われる。ただSt. 17およびSt. 18に代表される湖東部はヤマトシジミの好漁場であつて、その分布密度が高いのは、潮汐の影響によつて、水の流動で湖底が絶えず洗われているためと思われる。

4. まとめ

本湖のような潮汐の影響を受ける汽水湖の水質は一般に湖内の水位、流入河川からの流入量および潮汐などによつて大きく左右されるので、今回のような短期間の観測でその性状を明らかにすることは困難であるが、しかし今回の調査結果から本湖の特徴として挙げられる点は、潮汐の影響がきわめて大きいことである。すなわち最も大きな流入河川である上沼沼川の影響は塩分量の分布から明らかなように、湖西部を除いては表層のみに、わずかにその影響がみられるのに反し、下沼沼川を通じて逆流する潮汐の影響は潜流となつて底層に入り込み深部に停滞し、底層に広く高塩分の水塊を存在させている。

もう一つの特徴は、湖岸帯の砂質部を除いた湖底は粒度組成のきわめて細かい泥質地であつて、有機物が多く全般的に底質の悪化状態を示していることである。

第3表 プラントン組成 (垂直採集)

種類 \ 地点	1	3	6	9	12	15	17	18
動物性プラントン								
Ceratium		rrr						
Trichocerca	r							
Asphanchna		r						
Brachionus	+	r						
Keratella		rr						
Sinocalanus		r	cc	ccc	+	+		
Cyclops		r		+	+	+		r
Naup. of Copepoda		r	+	cc	ccc	ccc	+	+
Neomysis							cc	cc
植物性プラントン								
Merismopedia		rrr						
Microcystis	c	c	+	+	c	c	+	c
Osillatoria	r	+					rr	
Lyngbya	rrr							
Anabana		rr						
Melosira	cc	cc	r	rr	+	r	r	rr
Coscinodiscus							+	+
Synedra	rr	r	rrr			rr		r
Gyrosigma		rr					rr	
Navicula	rrr	rr						
Nitzschia			rrr				rr	
Biddulphia							c	+
Campylodiscus							+	
Surirella	rr						rr	
Pediastrum		r						
Ankistrodesmus		r						
Senedesmus		rr						
Stigeoclonium							rr	
Eudrina		rr						
Chaetoceros								rr
沈澱量 (cc)	0.1	0.2	0.2	0.8	0.4	0.3	0.3	0.3

第4表 底棲生物 (15 cm² × 3)

種類 \ 地点	1	3	6	9	12	15	17	18
Chironomidae	1	—	—	—	1	—	—	—
Limnodrilus	—	—	—	1	2	—	—	—
Annelida	1	—	—	—	—	—	—	—
Corbicula japonica	—	—	—	—	—	2	23	39

このことは前述の湖の深部に高塩分の水が停滞し易いことと関連しているわけで、今後ますます悪化の傾向をたどると考えられる。

これらのことは当然湖の生産力と関係してくることは明らかであり、現に底質の悪化した水域では底棲生物の分布がみられないことでも裏づけられている。しかし、それらの問題の検討については今後における研究にまたなければならない。

参 考 文 献

1. 田村 正 1955 : 茨城県涸沼の小観察
水産学雑誌 41号
2. 飯本信之 1960 : 干拓地の地理学的研究 I
海洋科学 2号
3. 今村泰三・堀 義彦 1964: 涸沼の湖沼学的研究とプランクトンの季節的消長
茨城大学文理学部紀要(自然) 第15号
4. 今村泰三・篠崎寿太郎・菊地 史 1965: 涸沼の秋季に於ける湖沼学的観測
茨城大学文理学部紀要(自然) 第16号
5. 茨城大学淡水生物研究会 1966: 内水面増殖基本調査報告

写 真 説 明

(シラウオの消化管内容物)

A. 体長11.2mmのシラウオ稚魚の消化管内にみられるCyclops sp. × 85

B. 小形のCyclops (体長 0.7mm程度) の群 × 85

C. 大形のCyclops (体長 1.2mm程度) の群 × 35

D. *Bosmina longirostris* の群 × 35

E. *Bosmina longirostris* , *Diaphanosoma brachyrum*

およびCyclops sp. が混食されていた例 × 85

F. *Sinocalanus tenellus* × 80

