

びわ湖におけるウログレナの異常発生と 環境要因の変動について

滋賀県水産試験場

太田 豊三・水島 久宜・村長 義雄

大野 喜弘・里井 晋一・山中 治

1. 目 的

びわ湖における Uroglena sp. の異常発生は、1977年5月27日に始まり、6月6日まで計5日間部分的、断続的に続いた。さらに翌'78年は5月10日から6月10日にかけて計16日間、'79年は4月26日から6月8日にわたって計17日間、本年（'80年）は5月18日から5月31日にかけて計14日間それぞれ広範囲の水域でウログレナの異常発生をみた。'77年以来、ウログレナの異常発生時期が年々早まってきたが、今年はその傾向に反し5月下旬に入って集中的に発生し出し、とくに昨年とはかなり異なる様相を示した。

今年度も、昨年に引き続いて、ウログレナおよびその他のプランクトンの発生状況と水質環境の構造的な把握に重点をおき、ウログレナが大量に増殖する原因を追求することを目的として、びわ湖主湖盆を横断する定期観測を実施した。

2. 調査方法

(1) 調査地点

びわ湖主湖盆（北湖）の彦根港口～舟木崎を結ぶ横断線上の5定点において、定期観測を実施した。（図1）

stI	水深 7.4～8.5 m	彦根港口から約400 m
stII	水深 21.7～24.8 m	彦根港口から約3,200 m
stIII	水深 47.3～49.5 m	彦根港口から約6,200 m
stIV	水深 78.0～80.5 m	舟木崎から約4,400 m
stV	水深 7.0～10.0 m	舟木崎から約150 m

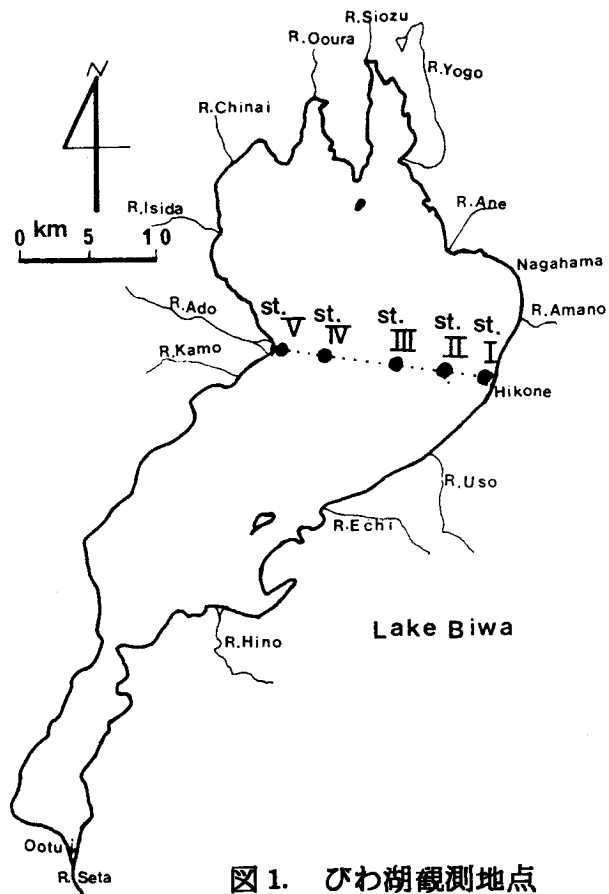


図1. びわ湖観測地点

(2) 調査期日

1980年4月15日から7月17日まで、原則として週に1回の割合で調査を実施した。

第1回調査	1980年4月15日
2 //	4月21日
3 //	4月30日
(3' // 波浪のため中断	5月10日)
4 //	5月13日
5 //	5月19日
6 //	5月28日
7 //	6月4日
8 //	6月9日
9 //	6月16日
10 //	6月23日
11 //	7月17日

(3) 調査項目及び方法

- 1) 気象：天候、風向、風速、雲量、気温、波浪、うねりは海洋気象観測法によった。
- 2) 水象：水深 測深錘、水色 JIS色票、透明度 セッキーマル板 水温 サーミスター電気水温計
- 3) 水質：バンドーン採水器（6ℓ容）により、0、2、5、10、20、30 m層及び底層水を採水し、以下の項目について分析を行った。なお0 m層は水面下約50cmの深さで、また底層は各地点の水深から0.5～1.5 m差し引いた深さで採水した。

pH	硝子電極 pHメーター
溶存酸素量	ウィンクラ法 ¹⁾
COD	KMnO ₄ 酸性法 ¹⁾
NH ₄ -N	ネスラー法（比色法） ¹⁾
NO ₂ -N	G・R法 ¹⁾
NO ₃ -N	Mullin & Riley法 ¹⁾
DIN	(NH ₄ -N)+(NO ₂ -N)+(NO ₃ -N)
PO ₄ -P	Deniges-Atkinsの方法 ¹⁾
SiO ₂ -Si	ケイモリブデン酸による比色法 ¹⁾
DON	ろ過水のケールダール分解 [⊗] N
PON	(原水のケールダール分解 [⊗] N)-DON
T-N	DIN+(原水のケールダール分解 [⊗] N)
（ [⊗] ケールダール分解N：原水および0.22μmミリポアフィルターでろ過した水について、ケールダール法により定量。 ²⁾ ）	
T-P	原水を硫酸で分解 [⊗] したのち、Deniges-Atkins法で定量
DOP	(ろ過水を同上の方法で分析した値)A-(PO ₄ -P)
POP	(T-P)-(A)
溶解性鉄	ろ過水(0.22μmミリポアフィルター)を定量 ⁴⁾
粒子状鉄	上記の0.22μmミリポアフィルターに吸着したものを定量 ⁴⁾
クロロフィルa	WhatmanGF/CによるLorenzenの方法

注1) 三宅康雄、北野康、1976：水質調査法、地人書館

2) 小山忠四郎、半田暢彦、杉村行勇、1972：湖水・海水の分析、講談社

3) 日本薬学会編, 1973 : 衛生試験法注解, 金原出版

4) Strickland & Parsons, 1968, a practical Hand book of sea water analysis,

(4) プランクトン

同上の採水層において, 採水プランクトンを調査した。ウログレナは未固定のまま帰場後, 直ちに計数し, 他のプランクトンは3%ホルマリンで保存し, 各地点2 m層のプランクトンは, 50 ml沈殿管にとり沈殿したものを, St. IVの各層は500 mlをプランクトンネットで回集したものをそれぞれ検鏡及び計数した。

3. 結果及び考察

調査結果のうち, 気象・水象及び水質分析結果については付表1~11に, またSt. I~St. Vにおける主要プランクトン出現数(水平分布)は表1に, St. IVにおける主要動物プランクトンの垂直分布については付表12と図8に示した。

§ 1) ウログレナの消長と水温(図2)

4月15日から7月17日までのびわ湖主湖盆横断観測(計12回実施, 内1回は波浪のため中断)で, 最初にUroglena sp (以下ウログレナと称する)を確認したのは5月19日(第5回観測)で, St. I, I, III及びSt. Vの0~2 m層において1~6群体/mlが観察された。その時の水温は, 13.3~16.6℃の範囲で, 表層水温の急上昇期—表層水が形成されようとする時期であった。5月28日(第6回)になると, 東岸(彦根沖)のSt. I 0~2 m層で80群体/ml(水温16.8℃)と今年の一連の調査中最高の群体密度を示したが, 異常発生いわゆる“赤潮”状態(200~300群体/ml以上⁶⁾)には至らなかった。この日のウログレナの密度分布は図2でみられるように, 東岸寄りに高い傾向(水温も同傾向)を示し, 漸次西へ一面に薄く茶褐色がかかった湖面を呈していたが, 臭いはなく, その時のウログレナ細胞群の形状は小型でかつ球形であった。一方, 同日と翌日(ここ数日来無風で晴天が続いていた)には1977年来, 毎年“赤潮”発生常習水域であるびわ湖西岸の北小松沖や今津沖等では大規模な“赤潮”が発生していた。(図3)北小松と沖島を結んだ線上の“赤潮”水域(図3中○印)のウログレナ群体は大型で様々な形状を呈していたのが印象的であった。St. I~St. IIといった東岸寄りに高く分布していたウログレナは, 6月4日(第7回)になると, St. IからSt. Vまで比較的一様な分布密度(20群体/ml以下, 水温15.0~18.5℃)を示

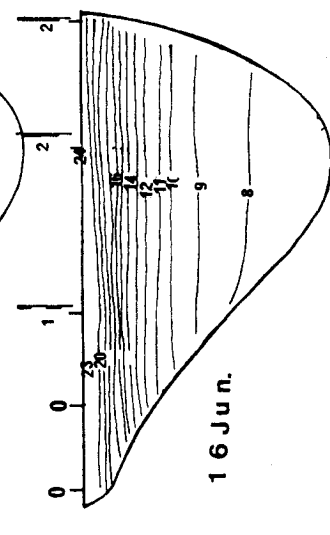
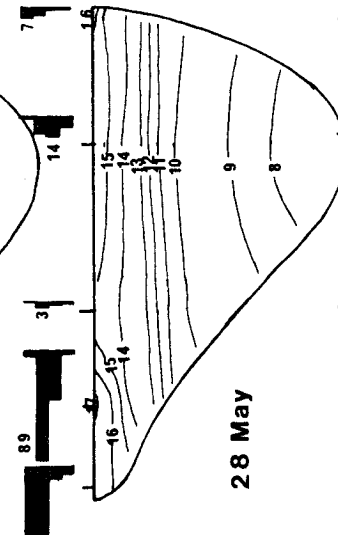
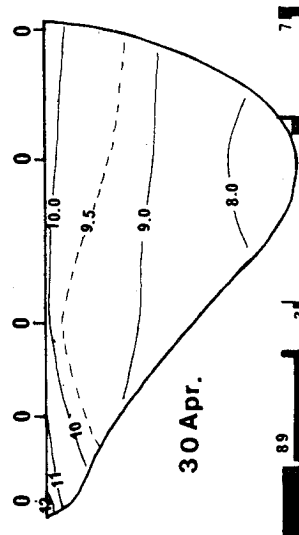
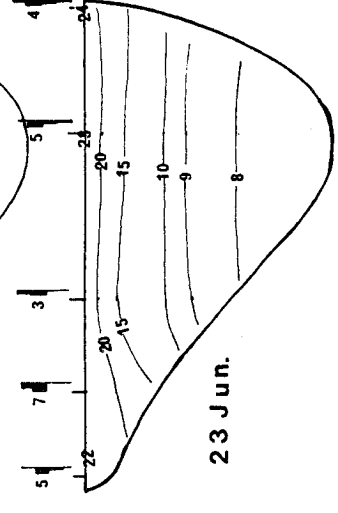
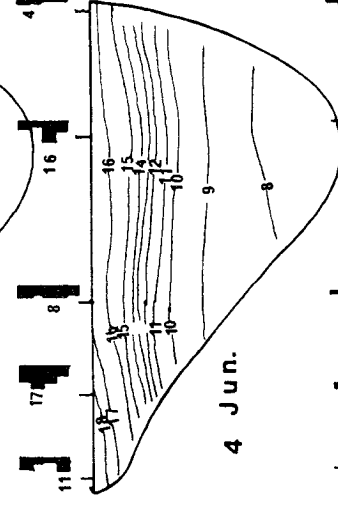
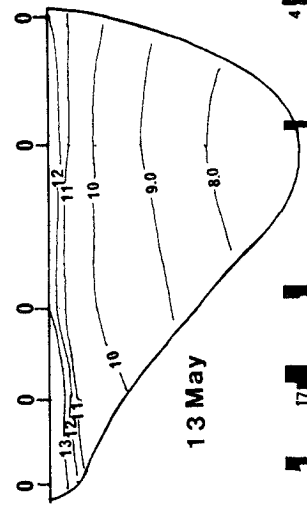
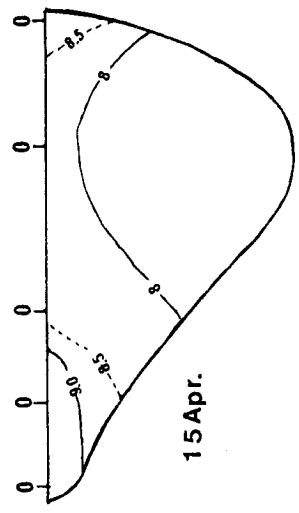
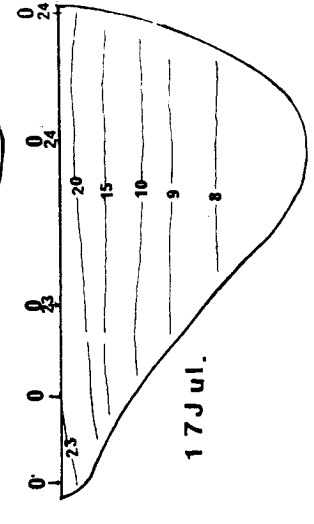
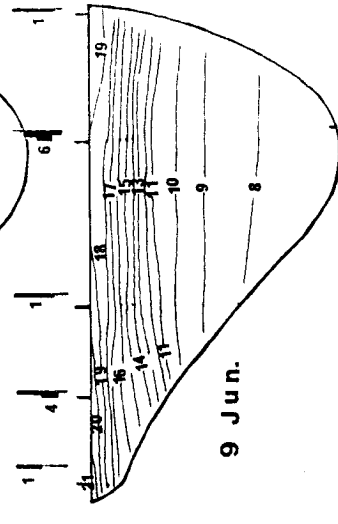
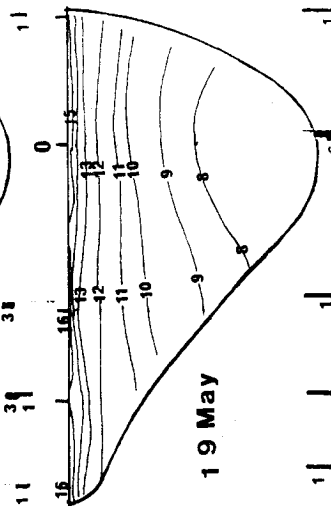
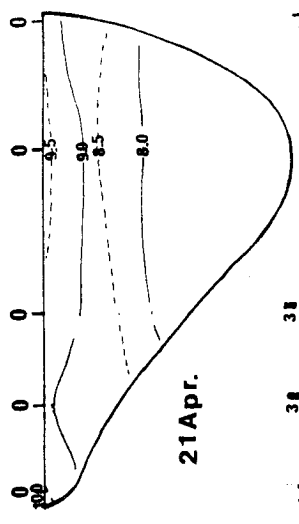
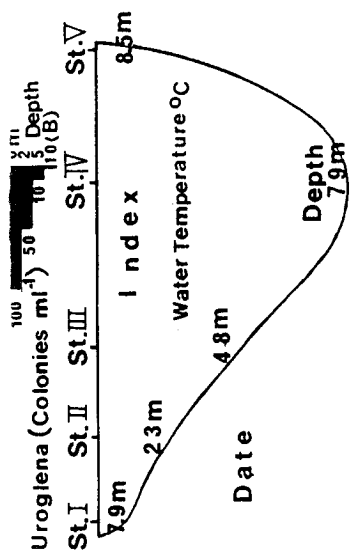


図2 ウログレナ消長と水温分布

し、6月9日(第8回)で1~6群体/ ml (水温 $14.7\sim 21.5\text{ }^{\circ}\text{C}$), 6月16日(第9回)ではSt. III~St.Vで群体が壊れたものを含めても1~3群体/ ml (水温 $19\sim 24\text{ }^{\circ}\text{C}$)と減少したが、6月23日(第10回)では、各地点の2m層を中心に2~7群体/ ml (水温 $21.2\sim 23.1\text{ }^{\circ}\text{C}$)と若干増えた。その後やや間隔をおいての調査であったが、7月17日(第11回)では、ウログレナの姿を確認できなかった。昨年(1979年)の調査では、4月20日の表層水温 $9\text{ }^{\circ}\text{C}$ 付近ですでにウログレナが出現しており、今回の調査での水温成層移行期(5月19日)の $13.3\text{ }^{\circ}\text{C}$ で出現しはじめた様相とは異っていた。水温について昨年

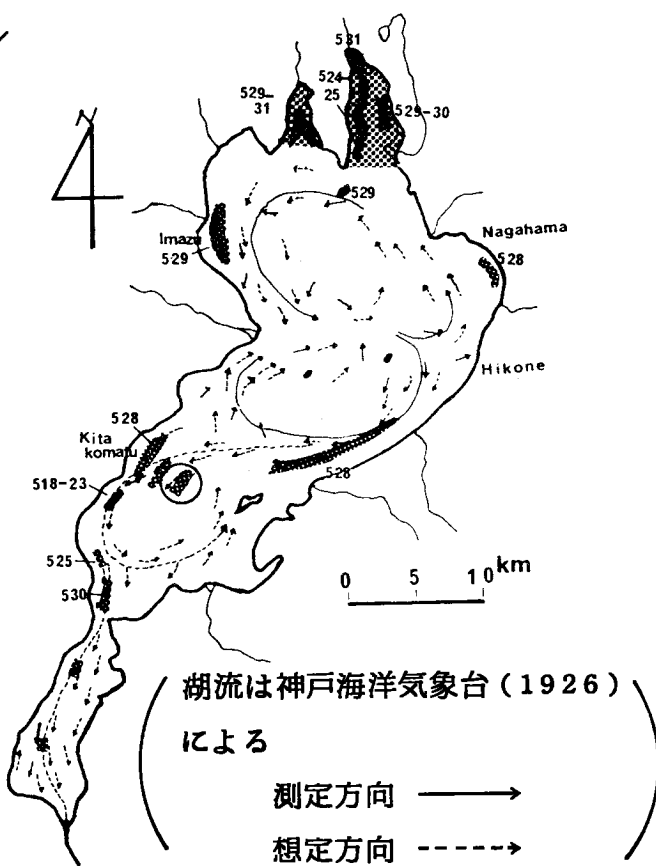


図3 1980年“赤潮”発生水域

と比較すると(図4—調査間隔が異っているので細部まで比較し難いが), 0m層では4月15日から5月13日まで, 10m層では5月19日まで一貫して昨年よりも平均水温が約 $0.4\sim 1.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 低く, これを平年値(過去10年間の平均値)と比較しても0m層で4月で $-1.5\text{ }^{\circ}\text{C}$, 5月で $-2.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ と低く(この傾向は20m層までにも及んでいる), 6月

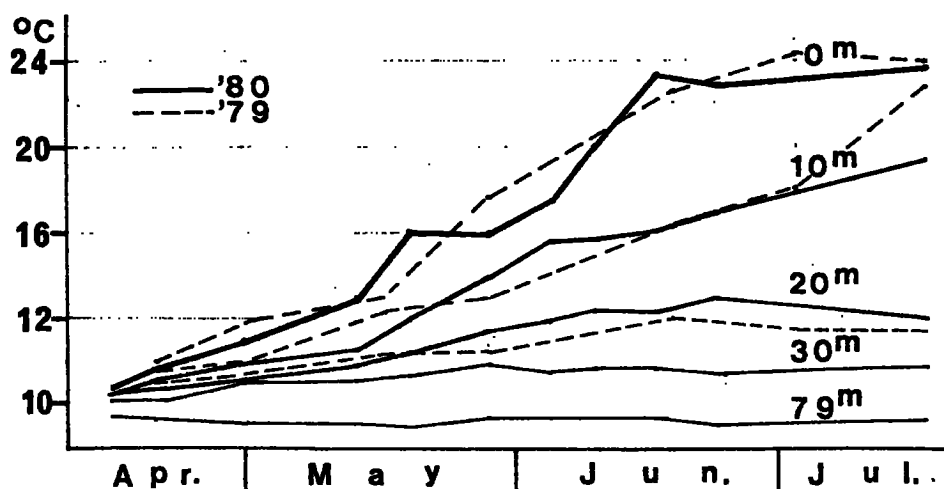


図4. 各層の平均水温

に入ると表層で+3.0℃と逆に高く、この間(ウログレナが出現した時でもある)の水温がいかに急上昇したかがうかがえる。(なお30m以深では両月とも平年より0.2~0.8℃高めであった。)このことが今年(1980年)のウログレナの出現状況に反映したのかは明確でないが、昨年の4月20日から5月16日にかけての水温をふり返ってみても平年より幾分低めで(約-0.5~-2.0℃)推移したことを考え合わせると、ウログレナの増殖には、湖水温条件が重要な位置を占めるが、この条件のみが第一義的に関与していないことがうかがえ、他のウログレナ増殖要因をも含めて考える必要があることを示唆している。ところで、主として湖中、湖岸及び流入河川の水温に左右されやすいとされている、びわ湖北湖の沿岸及び流入河川で種々の漁法で漁獲されている鮎苗(漁具別にはエリ40%、オイサデ追叉手網20%、ヤナ罾20%他。又漁獲場所別には河川産30%湖産70%(1980年))の出荷状況のうち、ごく春先の初期出荷量の推移をみると(図5)、'79が一番多く、ついで'78、'80、'77の順で、'80、'77はとくに量が少なく推移した年であった。このこととウログレナ異常発生との関連をみると2月、3月上旬から5月上旬にかけての早期鮎苗出荷量が多く推移している年ほどウログレナの異常発生が早くみられる傾向にあり、ちなみに、今年の春先の鮎苗出荷状況と5月下旬以降にみられた異常発生との関係は、1977年当時の推移と酷似しており、両年とも後述する動物プランクトンの出現した種や量の多い年でもあった。図5中、矢印で示した出荷量の横バイ状態は何を意味しているのか定かでないが、いずれの年も水温が急上昇する5月上旬以降は極めて急激に出荷量が伸びている(図5中右肩)。湖産重要魚種であり、“赤潮”発生日近辺でそれらの水域に回遊している鮎を対象としている漁業との関連で、プランクトン異常発生と餌料環境なり漁場環境への影響—関連性を今後とも明確にする必要があろう。

次に、今季の調査でのウログレナ出現最高水温は23~24℃で、この付近で

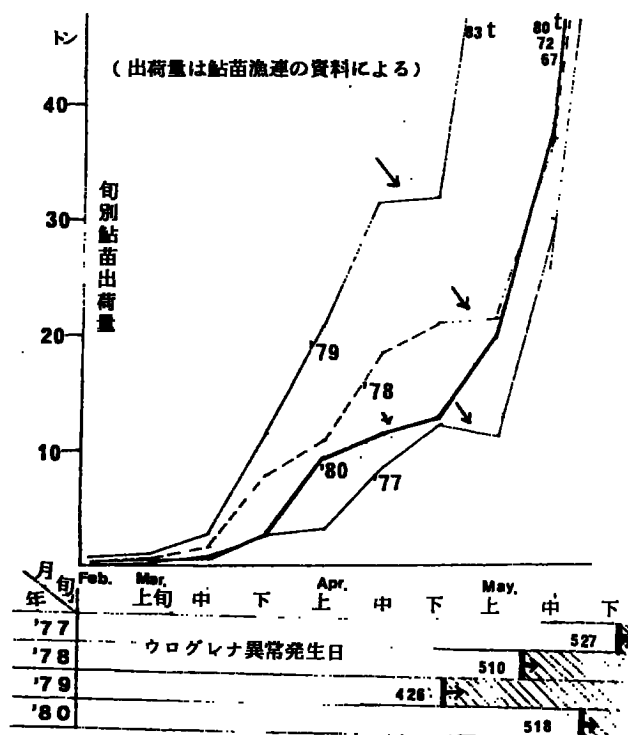


図5 春先の鮎苗出荷量の推移及びウログレナ異常発生日

のウログレナ群体は採水等の扱いによって壊れやすい状態であった。又、出現深度は6月4日のSt.Ⅲの20 m層の6群体/mlを除いてはすべて0~10 m層の範囲内であった。

透明度及びpHの変化を、図6、図7で示したが、2 m層の各地点平均pHは、6月中例年よりやや低く推移した。

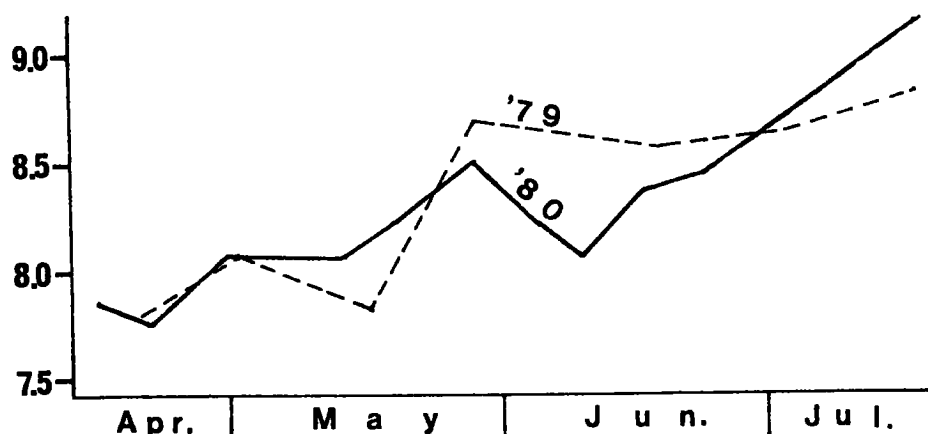


図7. pH (2 m層平均)

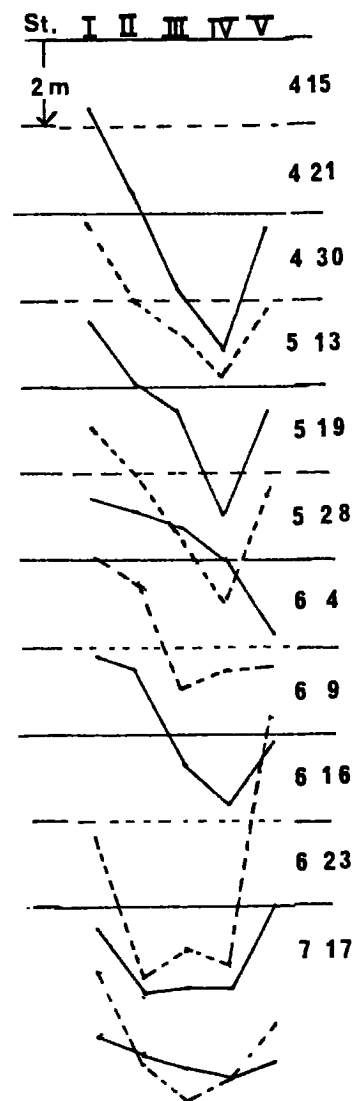


図6. 透明度

§ 2) 主要な動植物プランクトンの分布変動

(表1, 付表12, 図8)

その年の植物プランクトンの季節的な変動については、天候条件(降水量、日射量等)や水温分布、生産層への栄養塩類の供給状況、沿岸水域か沖合かといった陸水の影響を受ける度合、深度や大小様々な湖流等の地理的条件及び生物相互間の関係が複雑にからみ合いながら、プランクトンの増殖条件を左右しているものと考えられるがここでは4月15日から7月17日にかけての短期的な推移をSt. I~St. Vの各2 m層における主なプランクトン(とくに体積の大きいもの)の出現状況(水平分布)とSt. IVの動物プランクトンの垂直分布について調べた。

まず4月15日では、量的にたいへん少ないがケイ藻の種類が比較的多くみられ(プランクトン沈殿量は平年よりかなり下回っており動物プランクトンが多いのが特徴)、Fragilaria crotonensis(オビケイソウ)、Asterionella formosa(ホシガタケイソウ)の順で多くみられ、いずれも東岸寄りに約300, 50細胞/mlと多く分

布していた。以下、Stephanodiscus carconensis var. pusilla (カスミマルケイソウ)、Melosira solida (この種は西岸寄りに多かった)、Melosira spp. と続き、量的にはたいへん少ない。4月21日になっても同じ傾向であったが、Fragilaria 及び Asterionella は沖部水域へと多く分布するようになった。(St.Ⅲ, Ⅳでそれぞれ約200, 50細胞/ml) 又、昨年報告で不明種Aと記された Cyclotella sp. (?) の出現がとくに東岸寄りに著しく1,000細胞/mlに及ぶことがあったが彦根港の影響が表われていたのかもしれない。

4月30日では、ケイ藻類も見られなくなり、植物プランクトン量はきわめて少なく、ちょうどその時期は2m層では循環期から水温成層期に入ろうとしているときにあたり水温約10℃を示していた。5月13日に入ると、Asterionella が再び東岸寄りに多く(約65細胞/ml)出現したが、プランクトン沈殿量としては平年を大きく下回っており、動物プランクトンが大半を占めていた。動物プランクトンで多かったのは4月15日以来東岸寄りに分布していたROTATORIA(ワムシ類) - Asplanchna sp. (フクロワムシ)で、とくに Polyarthra trigla (ハネウデワムシ) や CILIATA (センモウチュウ類)が増えつつあった。さらに、昨年ではすでに4月中旬に多数出現していた Dinobryon sp. の出現がこの時認められた。この期間中の鼓藻類の Closterium aciculare var. subprorum (ミカヅキモ)、Staurastrum dorsidentiferum var. ornatum は約1~3細胞/ml以下の個体群レベルで推移していたが、5月13日頃から、Closterium の増殖する兆候がみられた。(水温12~13℃) 5月19日では、前述のようにウログレナが今季はじめて確認されたが、他のプランクトンでは Fragilaria (約350細胞/ml)、Asterionella (約200細胞/ml) が再び東岸寄りに多く出現した。動物プランクトンでは、Polyarthra、Ceratium hirundinella (ツノオビムシ) 及び Nauplius がとくに多く増え(個体数で約10~40個体/50ml)、Keratella quadrata (コシブトカメノコウワムシ)、Trichocerca spp. (ネズミワムシ) の出現も顕著に多く多彩な動物相を呈してきた。一方、4月調査開始以来、沖部のSt.Ⅳの2~30m層で、Daphnia longispina (ハリナガミジンコ)、Cyclops sp. (オナガケンミジンコ)、Bosmina sp. (ゾウ)、Eodiaptomus japonicus (ヒゲナガケンミジンコ) といった大型の動物プランクトン及びCILIATA等が多く出現しており、とくに5月19日以降の表層水温が急上昇し水温躍層が顕著に形成された後、Ceratium と Poly-

arthra (採集時は正午前であったが、この二種は表層で互いに相反して分布しているのが観察された), K. quadrata (水深5~20 m層で、とくに躍層直上近辺で多く分布), D. longispina 及び E. japonicus (表水層とくに5 m層で多く出現) 及び Cyclops sp. (躍層以深で多く出現), Nauplius 等が多数出現していた。(図8参照) このように動物プランクトンが全体的に少ない傾向にあるびわ湖で比較的多く出現したのも去る1977年以来珍しいこととされている。

5月28日になると、Fragilaria と Asterionella はほとんど認められず、ウログレナが優占しており、Closterium は10細胞/ml (1,000万/ml) のオーダーに達しつつあった。同時に Dinobryon sp. が各地点とも今季では最も多く出現しており、昨年の結果(ウログレナとともに4.5月に多かった)と考え合すと、Dinobryon sp. とウログレナの栄養要求性の面から注目される点であるが、さらに詳細な分布を調べる必要がある。他の動物プランクトンでは、Ceratium, P. trigla が岸寄りに多く増えつつあった。6月4日以降、Closterium 個体群密度がどんどん増加し、6月16日で今季最高密度の100細胞/ml (1億/ml) を認めたが、その後漸減した。一方、4月来ずっと約1細胞/mlで推移していた Staurastrum は6月16日頃から増えはじめ、7月17日では、Closterium が約20細胞/mlに落ち込んでいたのに対し、Staurastrum は約60細胞/mlと個体群密度が逆転し、同時に、Fragilaria が再度出現していた。他に留意すべきプランクトン出現では、5月13日、19日のSt.Ⅱの生産層にラン藻類^{註)}が多く出現し、さらに6月9日から16日にかけてウログレナとともに多く出現した4種類のラン藻類^{註)} (註) Aphanocapsa sp. Sphaeracystis Schroeteri etc. 同定中)である。さらに、6月16日、23日、7月17日の0~2 m層で Eudrina elegans が多数(最大27群体/500ml)出現していたのが特徴で、いずれもびわ湖心部でラン藻類が種及び量ともに増えてきていることは、北湖の富栄養化の進み具合を示唆するものとして注意すべき現象であろう。最後にふれておかねばならないこととして、ウログレナ等を枝角類やコペポダが摂取するかどうかを問う、天然水域における食う食われるの関係が、今後とも解明されるべき重要な課題になろう。

以上、1980年の春先から夏にかけての短い間のプランクトン相の移り変りを、ウログレナ消長と関係してながめてきた。では一体いつ頃から、ここ数年来のプランクトン相の変調要因が形成されてきたのか、あるいは、プランクトン相の変調—異常発

表-1 各地点の2m層の主要プランクトン出現数 < 植物Pℓ(細胞/ml) 動物Pℓ(個体数/50ml) >

種名	月日 地点	植物Pℓ(細胞/ml) 動物Pℓ(個体数/50ml)										
		4.15	4.21	4.30	5.13	5.19	5.28	6.4	6.9	6.16	6.23	7.17
<u>Melosira solida</u>	I	1	2	—	—	—	—					
	II	0.5	3	—	—	—	—					
	III	3	5	6	1	1	—					
	IV	4	2	1	1	—	—					
	V	4	1.5	1	1	1	1					
<u>Melosira italica</u>	I	2	4	—	10	1	1					
	II	1	4	—	1	1	—					
	III	1	4	—	—	1	—					
	IV	0.5	1	—	—	—	—					
	V	1	—	—	—	—	—					
<u>Stephanodiscus carconensis</u>	I	20	20	1	1	—	—					
	II	20	20	5	1	—	—					
	III	20	30	5	—	—	—					
	IV	10	10	—	1	—	—					
	V	10	10	—	1	—	—					
<u>Fragilaria crotonensis</u>	I	300	150	1	—	300	5	1			5	10
	II	300	100	1	—	250	1	1			—	5
	III	40	200	—	—	100	—	—			—	4
	IV	20	200	—	—	150	1	—			—	1
	V	10	10	—	—	30	—	—			—	1
<u>Asterionella formosa</u>	I	50	15	—	65	200	1				—	
	II	30	15	—	40	160	1					
	III	20	15	—	10	20	—					
	IV	3	50	—	10	20	—					
	V	4	5	—	10	10	—					
<u>Closterium aciculare</u> var <u>subpronum</u>	I	1	1	1	4	6	12	18	18	40	25	25
	II	1	1	2	3	8	10	16	20	40	80	16
	III	1	2	1	2	4	7	13	34	50	60	20
	IV	1	2	1	1	6	7	14	32	100	60	20
	V	1	2	1	2	4	7	10	26	110	45	20
<u>Staurastrum dorsidentiferum</u> var <u>ornatum</u>	I	1	1	1	1	2	1	1	1	2	40	70
	II	—	1	1	1	3	1	1	1	2	20	60
	III	2	1	1	1	2	1	1	2	4	18	60
	IV	1	1	1	1	3	1	1	1	4	12	60
	V	1	1	1	1	2	1	1	1	7	20	60

種名	月 日 地点	4. 15	4. 21	4. 30	5. 13	5. 19	5. 28	6. 4	6. 9	6. 16	6. 23	7. 17
			I	1	1	1	1	1	3	2	3	3
<u>Pediastrum</u> <u>biwae</u>	II	—	1	1	1	—	4	5	—	2	—	15
	III	—	1	1	—	—	—	2	3	2	—	15
	IV	1	—	1	1	—	1	3	1	1	1	15
	V	1	1	1	1	—	8	1	2	5	—	15
		I	—	—	—	1	—	2	—	—	—	—
<u>Dinobryon</u> <u>cylindricum</u>	II	—	—	—	2	1	7	—	—	—	—	—
	III	—	—	—	—	—	7	1	—	—	—	—
	IV	—	—	—	—	—	8	1	—	—	—	—
	V	—	—	—	—	—	7	—	—	—	—	—
		I	—	1	—	2	5	27	9	18	19	30
<u>Ceratium</u> <u>hirundinella</u>	II	—	—	2	1	15	3	7	27	2	9	9
	III	—	1	3	3	2	1	12	10	7	19	12
	IV	—	1	—	—	13	2	2	14	1	—	15
	V	—	—	—	1	6	4	4	9	50	8	46
		I	—	—	2	1	2	—	—	4	1	27
<u>Eudorina</u> <u>elegans</u>	II	—	—	1	1	1	—	1	—	—	—	—
	III	—	—	—	—	—	—	—	—	—	2	1
	IV	—	1	1	—	1	1	—	—	—	—	—
	V	—	—	1	—	—	—	—	1	4	2	—
		I	—	2	10	21	17	36	91	131	2	4
<u>Polyarthra</u> <u>trigla</u>	II	—	1	6	8	32	31	41	16	—	—	25
	III	—	3	5	2	2	2	5	6	3	—	16
	IV	—	3	—	4	16	16	19	11	3	—	23
	V	—	—	—	16	8	23	16	5	24	1	5
		I	—	—	—	—	4	1	—	—	—	—
<u>Trichocerca</u>	II	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	3
	III	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5
	IV	—	—	—	—	5	—	—	—	—	—	4
	V	—	—	—	1	—	—	1	—	1	—	9
		I	—	—	—	1	—	4	—	—	—	—
<u>Keratella</u> <u>quadrata</u>	II	—	—	—	—	5	—	2	—	—	—	—
	III	—	1	—	1	2	—	2	—	—	—	—
	IV	—	—	—	—	3	—	—	1	—	—	1
	V	—	—	—	—	1	—	—	1	1	—	—

種名	月 日 地点	4. 15	4. 21	4. 30	5. 13	5. 19	5. 28	6. 4	6. 9	6. 16	6. 23	7. 17
		<u>Asplanchna</u>	I		20	14	8	5	4	4	23	—
	II		3	18	20	2	5	—	1	—		1
	III		1	—	1	—	—	—	—	—		—
	IV		—	—	1	—	4	1	—	—		—
	V		—	2	1	—	—	—	—	5		—
PLOIMA	I		5		3		—	5	4		11	2
	II		—		4		2	5	—		37	—
	III		—		1		—	5	—		4	—
	IV		—		2		—	—	1		3	—
	V		—		1		1	1	—		22	—
<u>Daphnia</u>	I						1					
	II						1					
	III						—		6	1		2
	IV						—		—	—		—
	V						—		—	—		2
<u>Eodiaptomus</u>	I				—	—	2	—	6	1	3	—
	II				—	1	—	1	8	—	—	—
	III				1	—	—	—	8	3	2	—
	IV				—	3	1	—	5	—	—	—
	V				1	1	—	—	6	—	3	1
Nauplius	I		1	—	2	5	19	3	29	13	16	5
	II		1	1	—	37	7	10	26	1	11	—
	III		3	4	1	5	—	4	25	13	5	3
	IV		—	3	1	10	7	2	16	11	3	—
	V		1	1	16	9	5	16	6	23	19	3
CILIATA	I		—	—	—	—	1	6	2	4		—
	II		—	—	1	—	4	1	—	—		1
	III		—	3	8	1	1	—	—	1		—
	IV		3	1	22	—	—	4	2	1		—
	V		—	3	9	—	—	1	—	—		1
<u>Cyclops</u>	I					1			1	1		
	II					—			—	—		
	III					—			1	—		
	IV					—			—	—		
	V					—			—	—		
<u>Uroglena</u>	I					1	76	4	1	0	5	0
	II					1	89	17	1	0	7	0
	III					0	3	6	1	0	3	0
	IV					0	12	4	3	2	5	0
	V					1	6	4	1	1	4	0

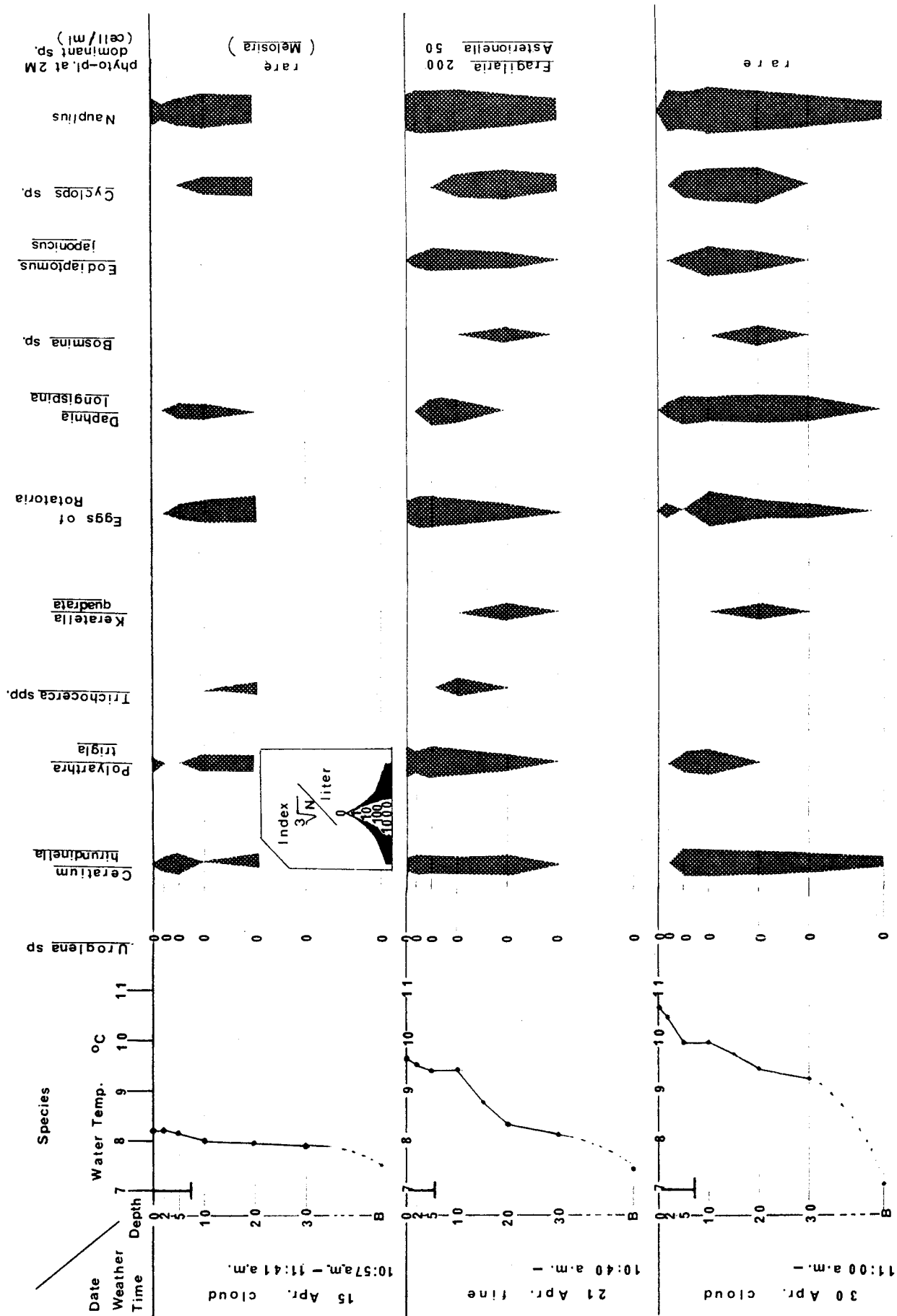


図 8-1 W 地点における動物プランクトンの垂直分布

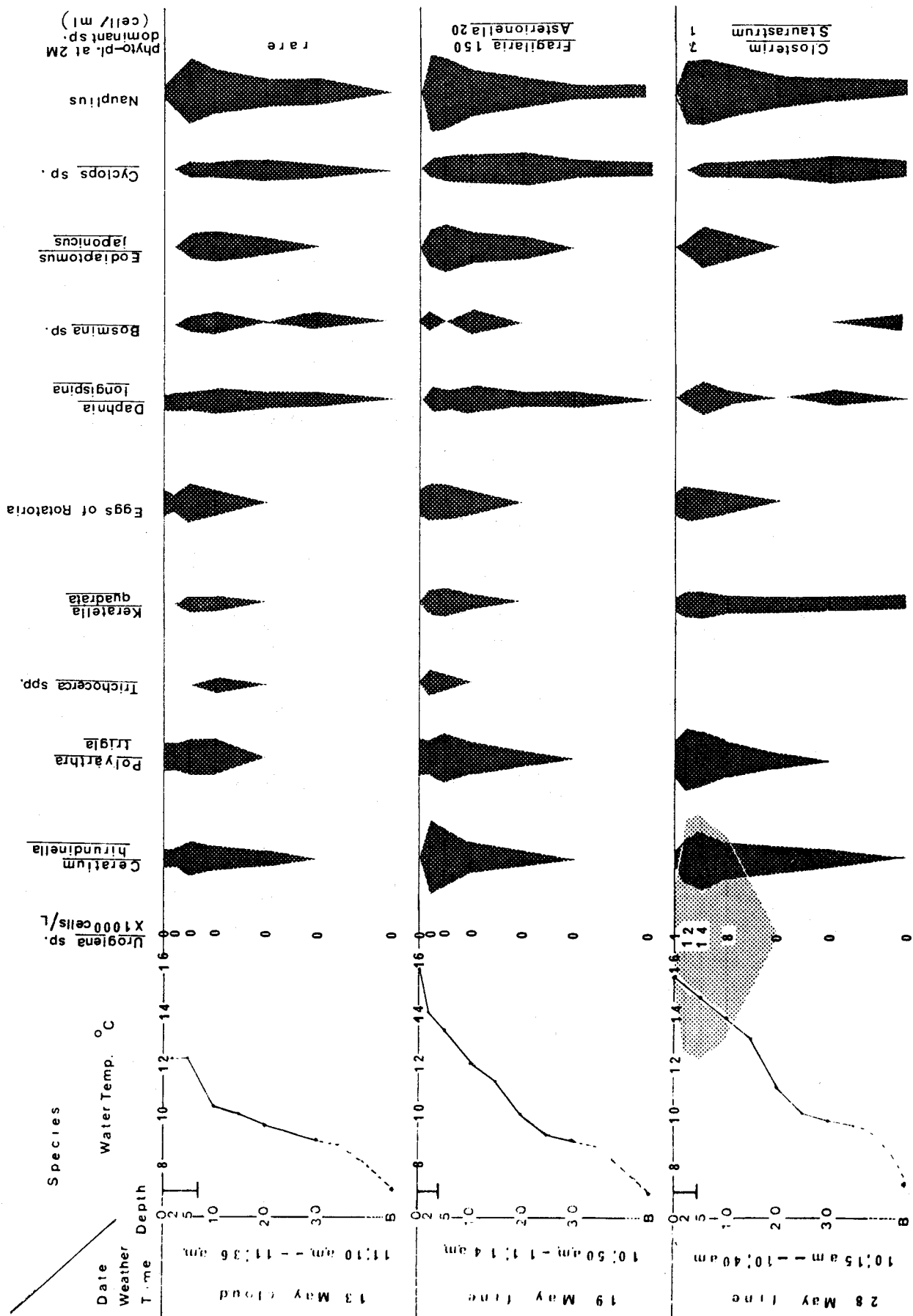


図 8-2 W 地点における動物プランクトンの垂直分布

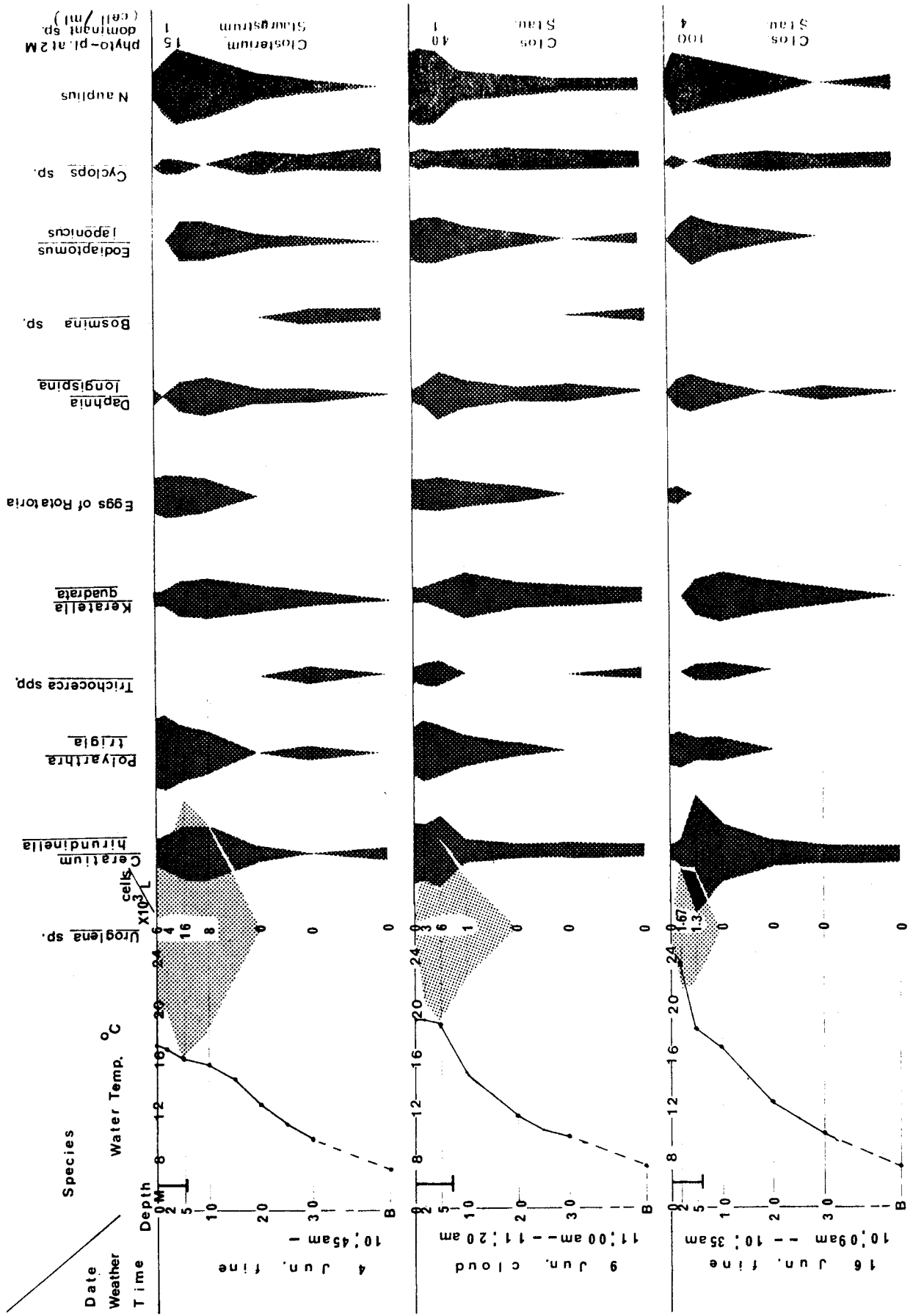


図 8-3 W 地点における動物プランクトンの垂直分布

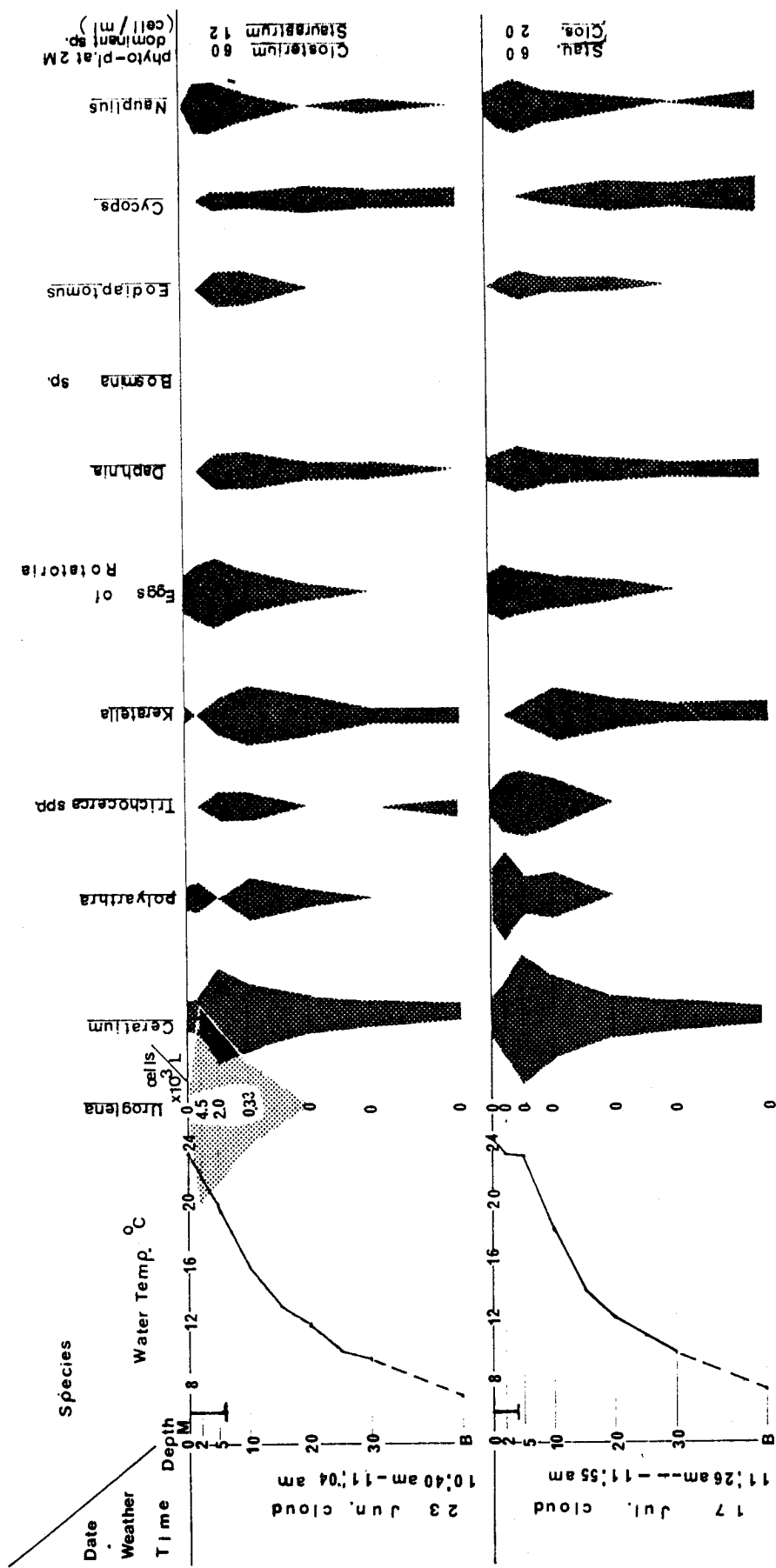


図8-4 W地点における動物プランクトンの垂直分布

生はどのような経過をたどってきたのかをみる一助として、滋賀県水産試験場の報告資料のうち、本調査と同一地点で毎月一回の割合で継続して観測実施してきた「プランクトン沈殿量(0~10m層)の経月変化」について、1950年から1978年までの29年間の資料を基に検討した。(図9)

1950年~1957年はプランクトン沈殿量が 10 ml/m^3 以下の典型的な貧栄養湖を呈しており(この時びわ湖副湖盆-南湖はすでに中栄養状態に入りつつあったといわれている)、1958年頃からClosterium sp. が急激に増殖を始め、1959年の6月では当時としては異常な繁殖ぶりを示し物議をかもし出し、水道のろ過障害等が発生した。さらに、1961年頃からStaurastrum sp. がClosterium sp. と競い合うように異常なほど増殖し始め、以後、この二種の鼓藻類が春先から秋にかけてのプランクトン量の大部分を占めるようになり、その出現も周年化する傾向を強めていった。又、それとともに新たな動物プランクトンの出現も図中に記したように次々みられるようになった。年変化パターンの乱れで特に留意したいのは、1966年~1970年、1972年と段々に山の傾斜が急降下し、とくに1970、1972年での爆発的に発生した後の、大雨に終始した'71年は別として、'73、'74、'75年とやや低い目で推移したことである。このことは次の'77年のウログレナ異常発生とClosterium、Staurastrumの大発生の次の年のパターンでも表われており、いずれも動植物プランクトンの単一の種毎の量は少ないが、種類数が非較的多くなる傾向を示している。

1960年代すでにその徴候を示していたが、1970年代に入ってから急速に富栄養化が進み、⁷⁾これを基礎としてウログレナの異常発生が起ったことは、まぎれもない事実である。

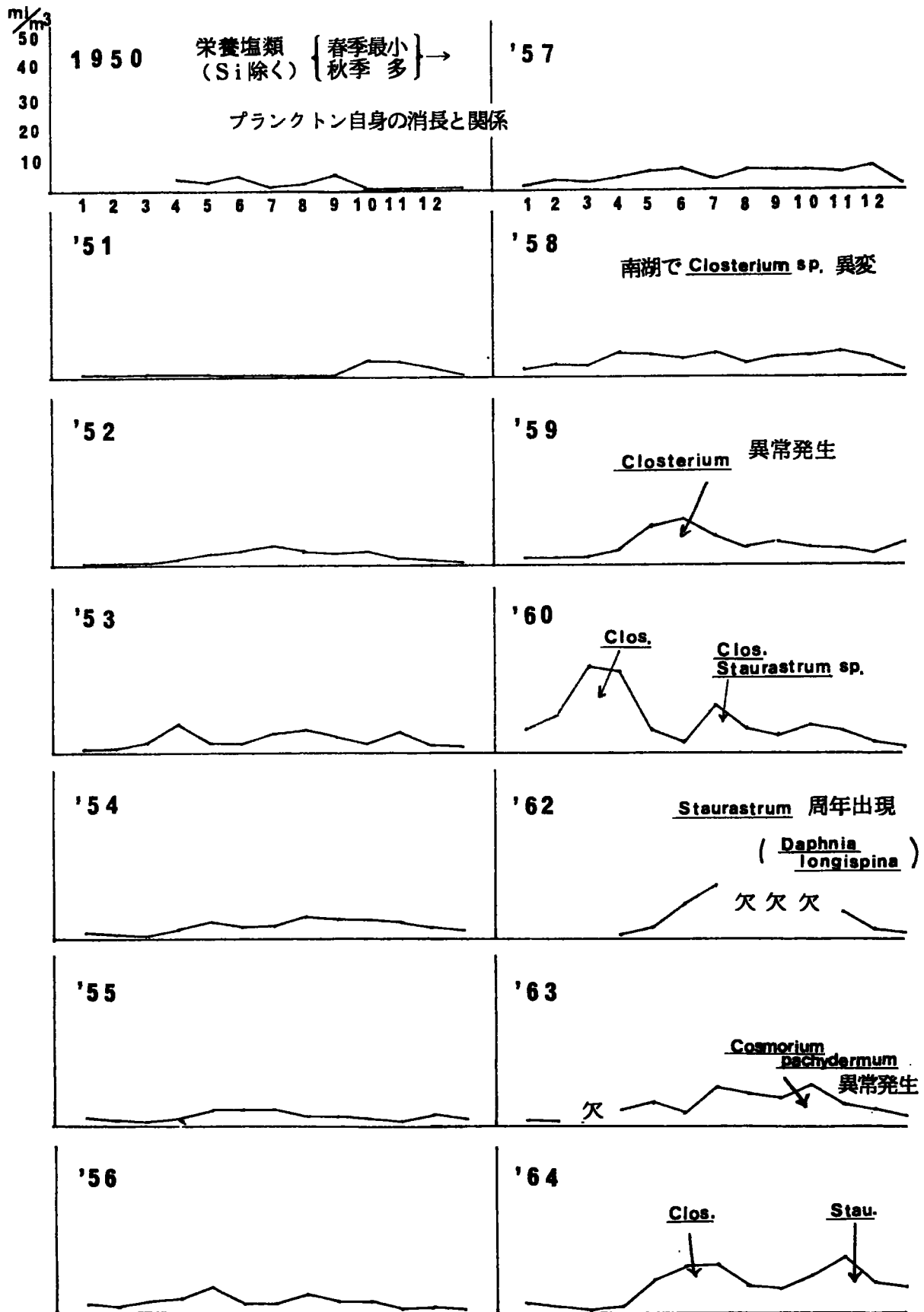


図9 プラクトン沈殿量(0~10層)の経年変化

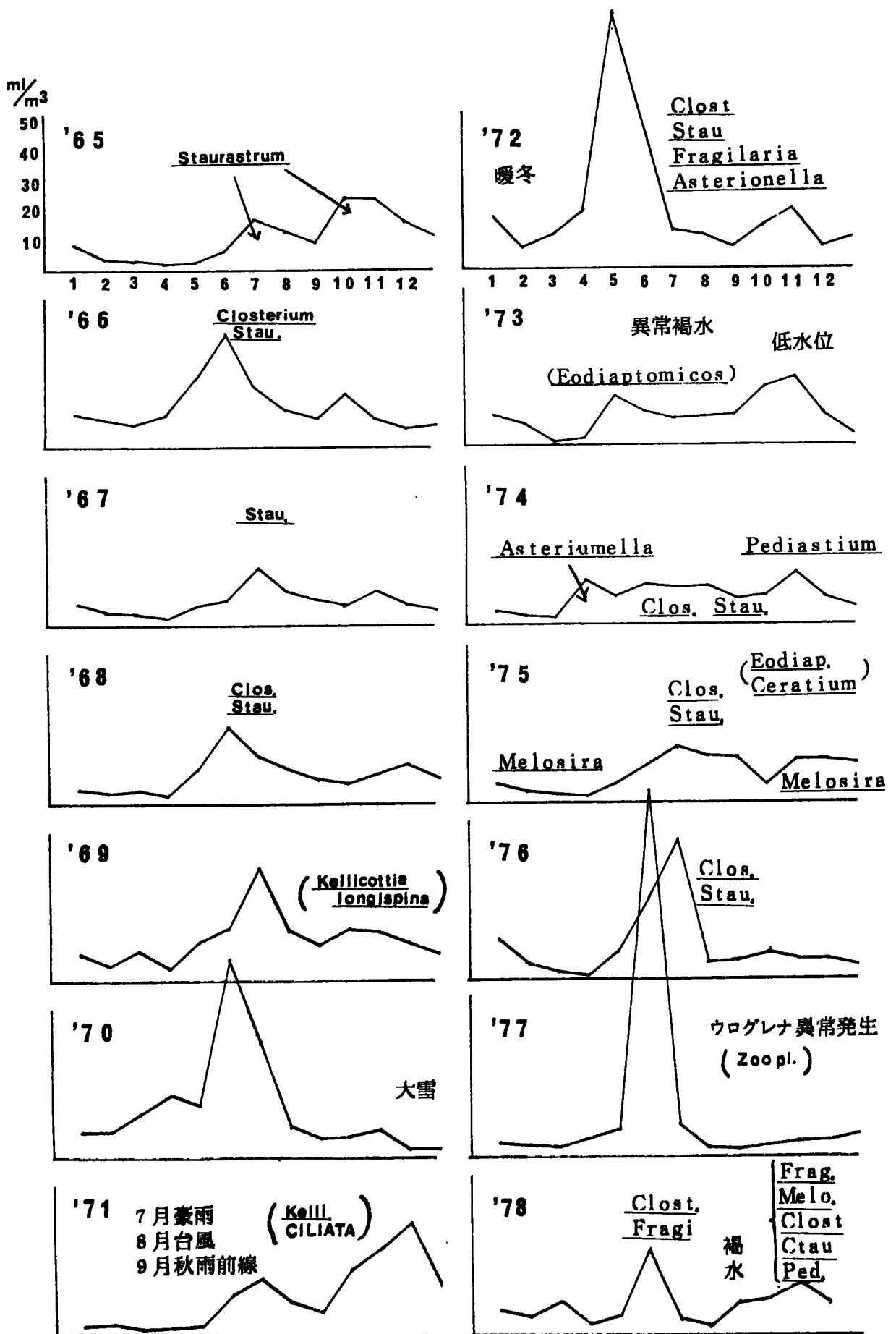


図9-2 プランクトン沈殿量(0~10層)の経年変化

§ 3) 栄養塩類の分布変動 (図 10, 11, 12, 13)

ここではプランクトンが増殖するために基本的な条件である栄養塩類の分布変動について、各地点の 2 m 層を中心に水平分布を St.Ⅳ については垂直分布をそれぞれ検討した。水質分析項目として、pH、溶存酸素量、COD、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_2\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{PO}_4\text{-P}$ 、 $\text{SiO}_2\text{-Si}$ 、ケールダールN及びDON、T-P及びDOP、溶解性鉄、粒子状鉄及びクロロフィルaについて実施した。(このうち、pH以下 $\text{SiO}_2\text{-Si}$ までは観測当日中に分析をすませ、ケールダールN以下溶解性鉄までは、ろ過等の適当な処置後保存したものを、又、粒子状鉄及びクロロフィルaについては当日ろ過し保存したフィルターを、それぞれ後日に分析した。有機態窒素(ケールダール法)及びクロロフィルaについては分析段階で数値がバラツク傾向にあり、参考にできなかったが、DOPについては、 $\text{PO}_4\text{-P}$ との関連でやや不備な面がみられたが、ある一定の相関や地点の特色を比較検討するには支障がないとみて用いた。)

$\text{NH}_4\text{-N}$ は、波状的に上下変化をしているが、昨年と同様に、3月中旬を含め4月15日から5月28日にかけて全体的に高い値(4月15日の各地点2 m層平均0.13 mg/ℓ、4月30日同0.10 mg/ℓ)を示し、とくに東岸のSt.Iでは4月15日、30日及び5月28日には、0.15~0.20 mg/ℓときわだって高く、春先以来、陸水等の影響をパッチ状に強く受けていることが認められた。($\text{NH}_4\text{-N}$ の数年来の傾向として、晩秋から初春にかけて〈循環期〉全地点全層で0.10 mg/ℓ前後が認められ、本格的な春を迎えてからは検出されない場合が多かった。)以降、6月、7月と0.05 mg/ℓ以下に漸減していったが、依然として平年値(0.02 mg/ℓ)より高く推移したのが昨年とともに特徴的なことであった。一方、図12で示したように湖心部での上下層の経時的濃度変化は認められなかった。

$\text{NO}_2\text{-N}$ についても、 $\text{NH}_4\text{-N}$ と同様、4月15日で東岸で高く(St.Iで0.015 mg/ℓ)、全体的にみれば春先から5月初旬にかけて平均0.010 mg/ℓ、以後水温の急上昇とともに湖心部及び深層から順次漸減し、5月13日調査以降の20 m層以深で、さらに7月17日の全地点全層でいずれも検出されなくなった。

$\text{NO}_3\text{-N}$ は、5月28日を除いた4、5、6月の表層で全体的に平均0.100 mg/ℓ以上の高い濃度水準で推移し、とくに6月に入って東岸St.Iで0.150~0.190 mg/ℓ、全地点平均0.100 mg/ℓ以上の高いレベルを維持しており、このことを昨年と比較してみると、昨年は春先では今年同様高かったがその後漸減していった経過とは異ってい

る。(5月28日調査で、St.Ⅲ 30m～底層以外の全地点全層とくにSt.Ⅳ 0～79m層まで全体的に急激な落ち込みを示しているが、これが何に起因しているのか不明である。)一方、図12中矢印で示したように、5月19日頃から深層から徐々に上層へと向ってNO₃-N濃度が高まっていくのがみられ、濃度勾配変曲点が6月で水深10～20m、7月で同5～10mのレベルまで浮上したのが観測された。

DIN(2m層)も専ら春先のNH₄-N値及び5、6月のNO₃-N値の変動の経過に左右されており、図11にみられるように全般的に4月から6月いっぱい0.160mg/ℓ以上の高水準を保っていたのが今年の特徴で、この傾向は年々強まりつつある。

PO₄-Pは、全体的に波動的に変化しているが、昨年よりいく分低い値だが、それでも平年(0.002～0.003mg/ℓ)より高く、(0.003～0.009mg/ℓ)期間を通じて両岸寄りに高く湖心部は低く分布した。

春から夏へと漸減する傾向はプランクトン沈殿量増加との相反関係で例年のことであるが、本調査中でウログレナが一番多く出現した5月28日時点のSt.I,Ⅰ(いずれも80群体/ml)では、それぞれ0.020mg/ℓ、0.012mg/ℓという高い値を示したが、一方、Closterium sp.が同じく今季最高の個体群密度に達した6月16日(約1億/ml)の湖心部の生産層等では検出されず、さらに、Staurastrum sp.が最高に達した7月17日(約6,000万/ml)時点でも2m層中心にほとんど検出されなかった。これらのことを考え合わせると、少なくとも今年の場合、ウログレナの増殖にはN、Pとも制限因子になっていなく、一方、鼓藻類のClosterium及びStaurastrumでは、NよりもPが増殖制限因子である可能性が示唆された。図12-3からSt.Ⅳの底層(約79m)のPO₄-P濃度が5月13日頃から高まる傾向にあり、その時の水温は7.05℃、pH:7.43、DO:10.62mg/ℓで、以後多少のバラツキがあるが、6月23日では同じく7.1℃、7.23、DO:7.40mg/ℓでPO₄-P値が、0.018mg/ℓの水準に達していた。同図でみられるように、St.Ⅳの底層中のNO₃-Nや後述するSiO₂-Si粒子状鉄と違って、PO₄-P値のバラツキ度合が観測日によって比較的大きく出たことについては、採水上の手技のバラツキ(採水ポイントと湖底面との距離差)いいかえれば、PO₄-Pの底質からの溶出による濃度勾配の存在による差なのか(本調査でも底層中の溶解性リンはDOPでなくほとんどPO₄-Pが占めていた)、不明であるが、びわ湖では多分プランクトンの増殖制限因子として重要な役割を果たしているであろうリン、とくにPO₄-Pの挙動が今後とも重要なものと考えられる。

SiO₂-Siについては、全地点の2 m層の平均値をみると、0.23mg/l → 0.10 → 0.25 → 0.10 と4月から5月上旬までの調査では波状的に変化し、Fragilaria, Asterionella, Melosira, Stephanodiscus といったケイ藻類が量的に少なくなった5月19日(水温成層期)以降は、生産層の水温上昇とともに例年どおり漸増する傾向を示しており、又、各地点毎にみれば、期間を通して両岸寄りに高く湖心部に低い分布傾向を示し、降雨等による湖東、湖西からの流入や沿岸水域の風波による沈積したものの巻き上げ等によって波状的に表水層中を湖心部へと拡散することを示唆しているが、ウログレナ等の異常発生との関連で複雑な挙動を示すケイ酸物質について、間隔及び地点を細分化した調査の必要性が感じられた。SiO₂-Siの経時的变化を昨年と比較すると、昨年の4月中旬(この時点ですでに湖心部でウログレナが出現していた)では、風波の影響でSiO₂-Si濃度が高まっていたのであろう。St.Ⅴは別としても、湖心から東岸まで比較的一様に高い濃度レベル(0.22~0.30 mg/l)で分布していたのが観測されていたのが、今年4月中の3回の調査では、湖心部まで一様に0.20 mg/l以上になることはなく、そういった状態がみられるようになったのは水温成層期に入った6月以降であったことから推測すると、昨年と今年とではSiO₂-Siの供給状況(流入・拡散の経時的ずれ)に著しく差があったことが示唆される。なお、図12-4では、4月に入った頃からSt.Ⅳの底層ではSiO₂-Si濃度が高まる傾向を示しながら、以後、徐々に上昇し、水温成層期の6月4日以降は比較的S字型に近い濃度勾配を呈しながら7月17日時点で0.64 mg/lに達した。

Feについて、分析段階の問題ではあろうが、溶解性鉄はほとんど検出精度の限界近辺(5 μg/l)で終始しており、例えば、比較的高濃度で溶解性鉄が存在していると思われるSt.Ⅳの底層(pHは7.0以上だが)でも同様の分析結果しか得られず、果たして実際の湖水中に溶解した状態で存在しているのかどうか、それとも、採水からろ過等の操作過程で空気にふれて粒子状に転化(吸着)しているのか不明だが、ここでは、粒子状鉄についてある程度の結果が得られたので考察してみた。全体的にみると期間を通して両岸寄りに高く湖心部にかけて低く分布し、全期間を平均すると、St.Ⅰ-82 μg/l, St.Ⅱ-34 μg/l, St.Ⅲ-20 μg/l, St.Ⅳ-18 μg/l, St.Ⅴ-39 μg/lといった分布を示し、一般にびわ湖北湖においての全鉄量は約20 μg/l以下⁸⁾とされているのに対し沿岸域で高い傾向を示し、とくに4月15日のSt.Ⅰで210 μg/l波浪で中断した5月10日で130 μg/lと異常な高い値が認められた。

CODについては、図 11 のように本調査期間中一貫して東岸寄りに比較的高い傾向を示し、都市排水等の影響がうかがえた。CODとウログレナ増殖との関連は少なくとも今季の調査ではみられなかった。

参考までに、図 13 に 1980 年の春から 6 月にかけての長命寺湾に流入する一排水路の全鉄量の推移を、表 3 にクロロフィル a とウログレナ個体群密度の関係を示した。さらに「びわ湖プランクトン異常発生調査団中間報告（昭和 54 年度）」でウログレナが石田川ダム湖でも増殖したと報告され明らかにされたが、本湖との比較参考のため 12 月 11 日時点で簡単な調査を実施したのでその結果を表 4 に示した。

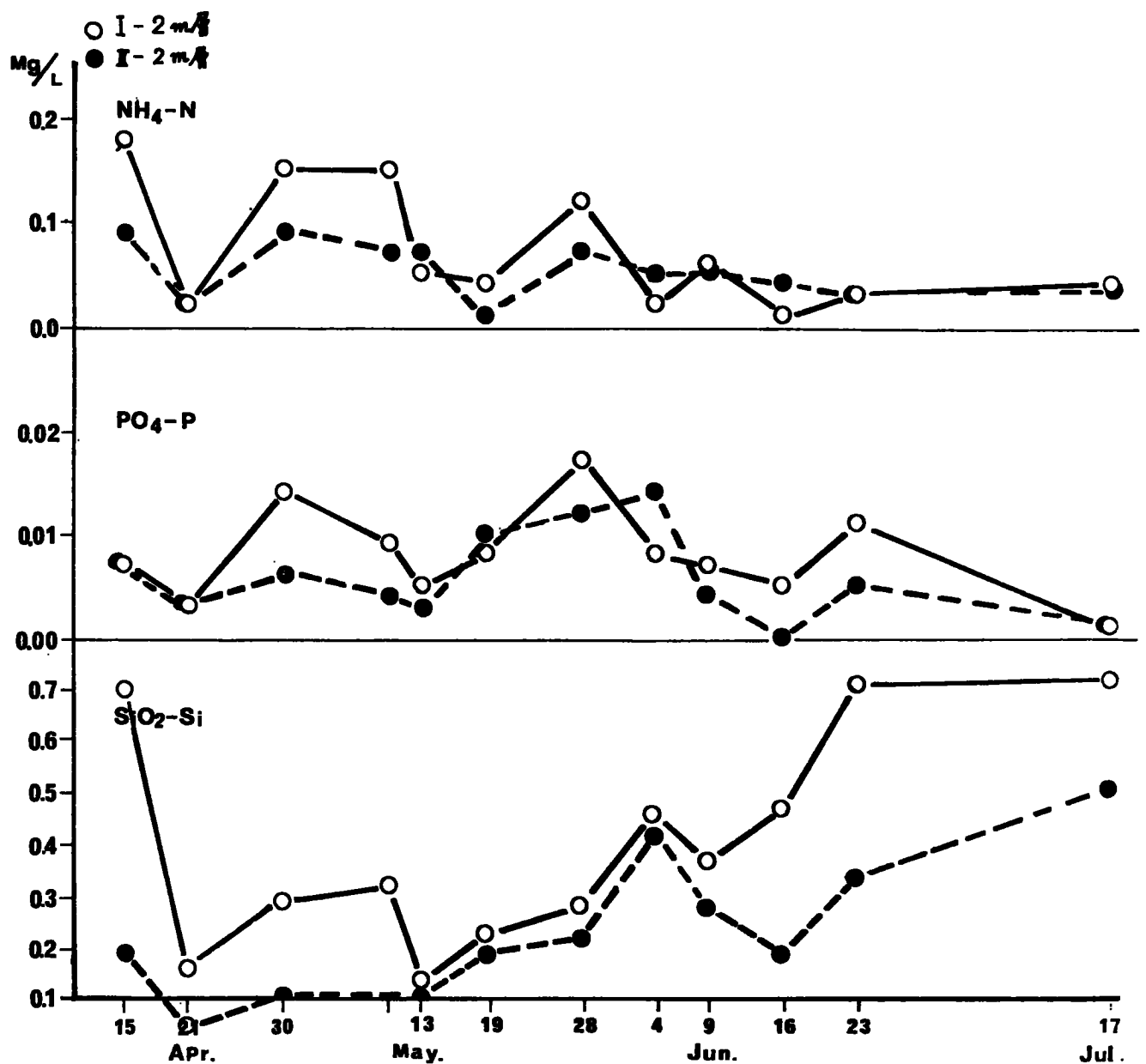
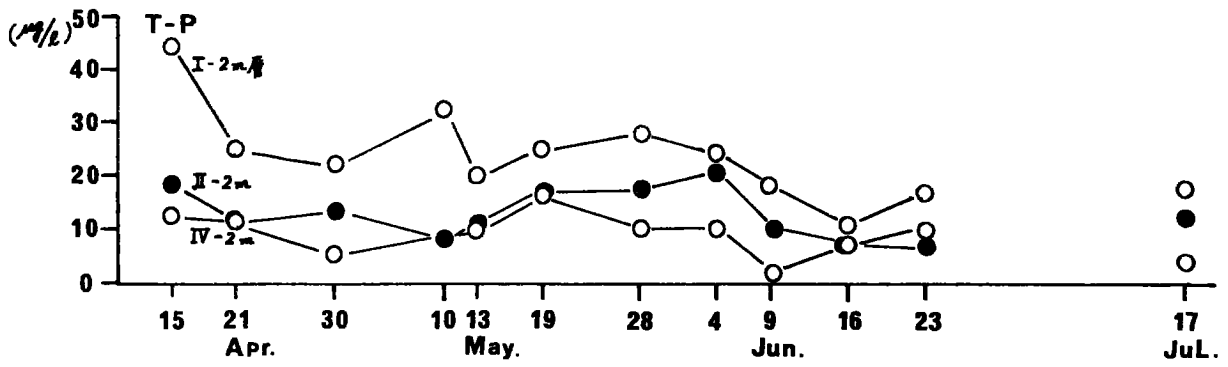
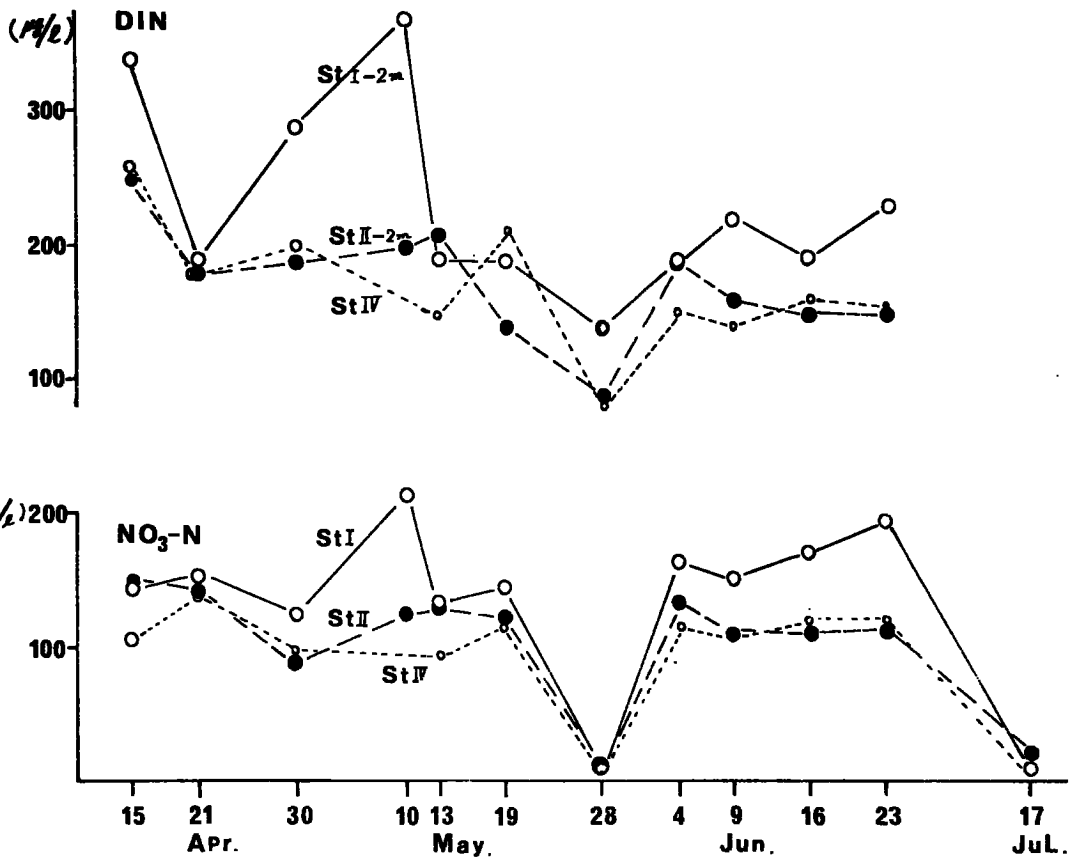
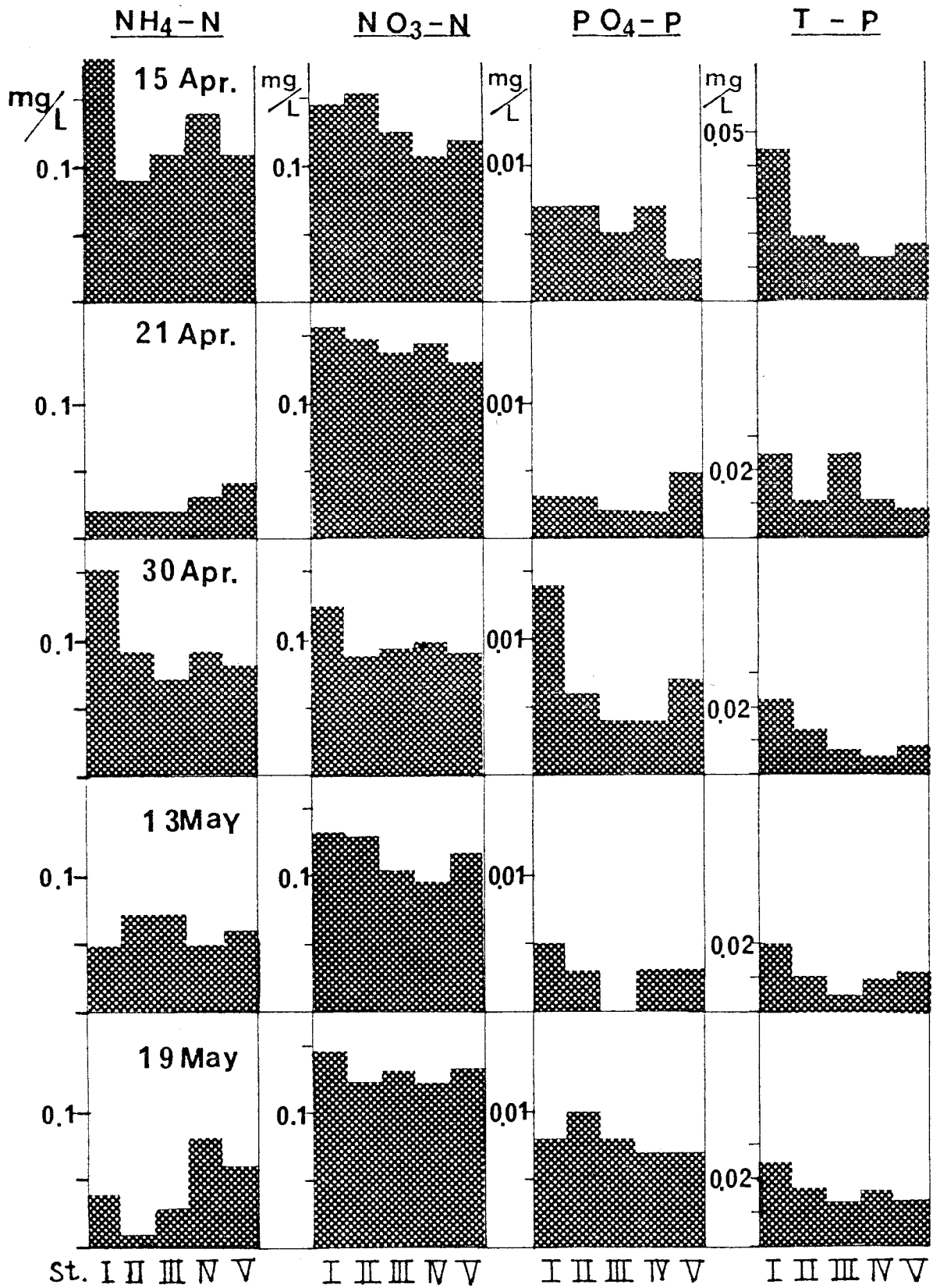


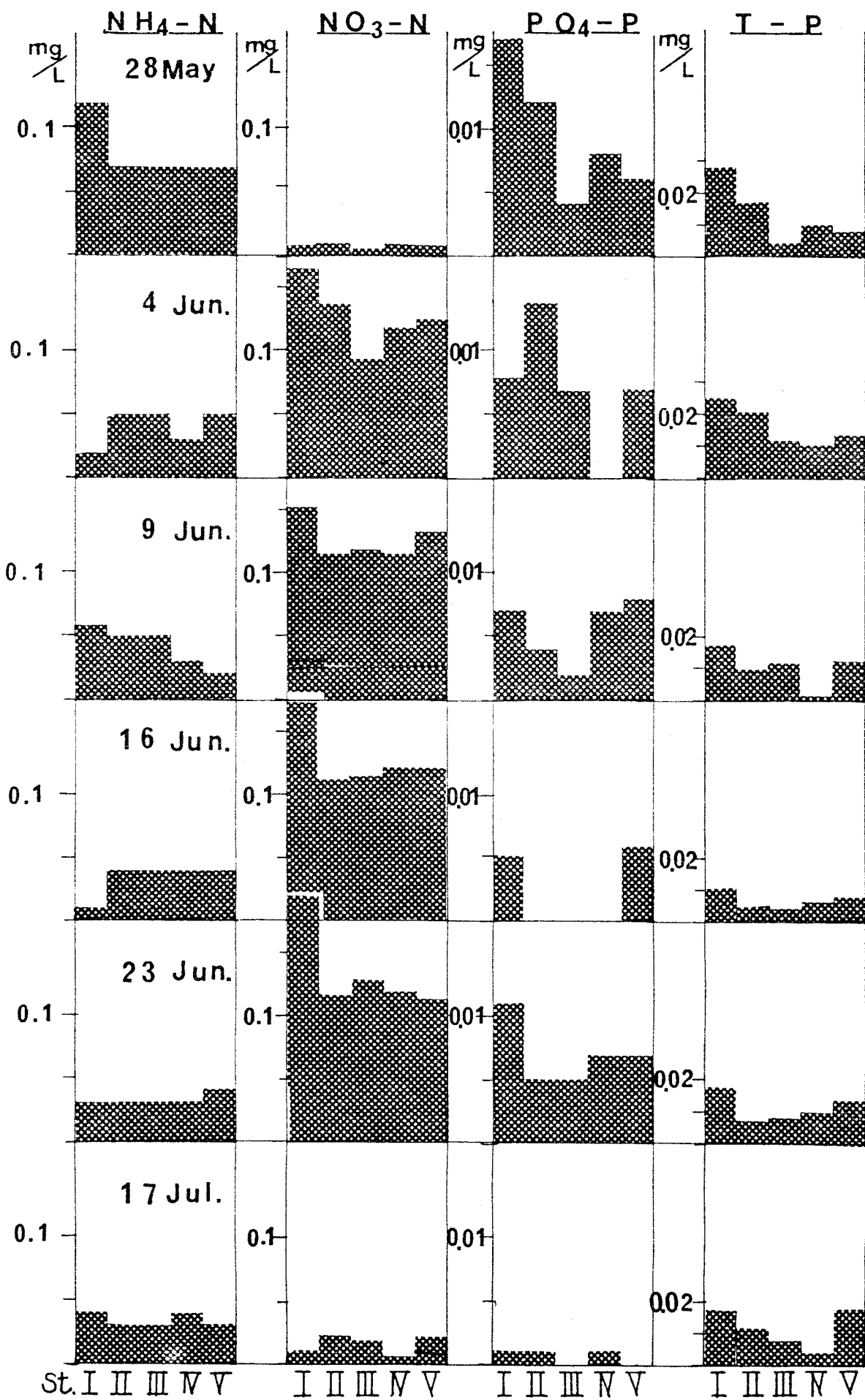
図 10-1

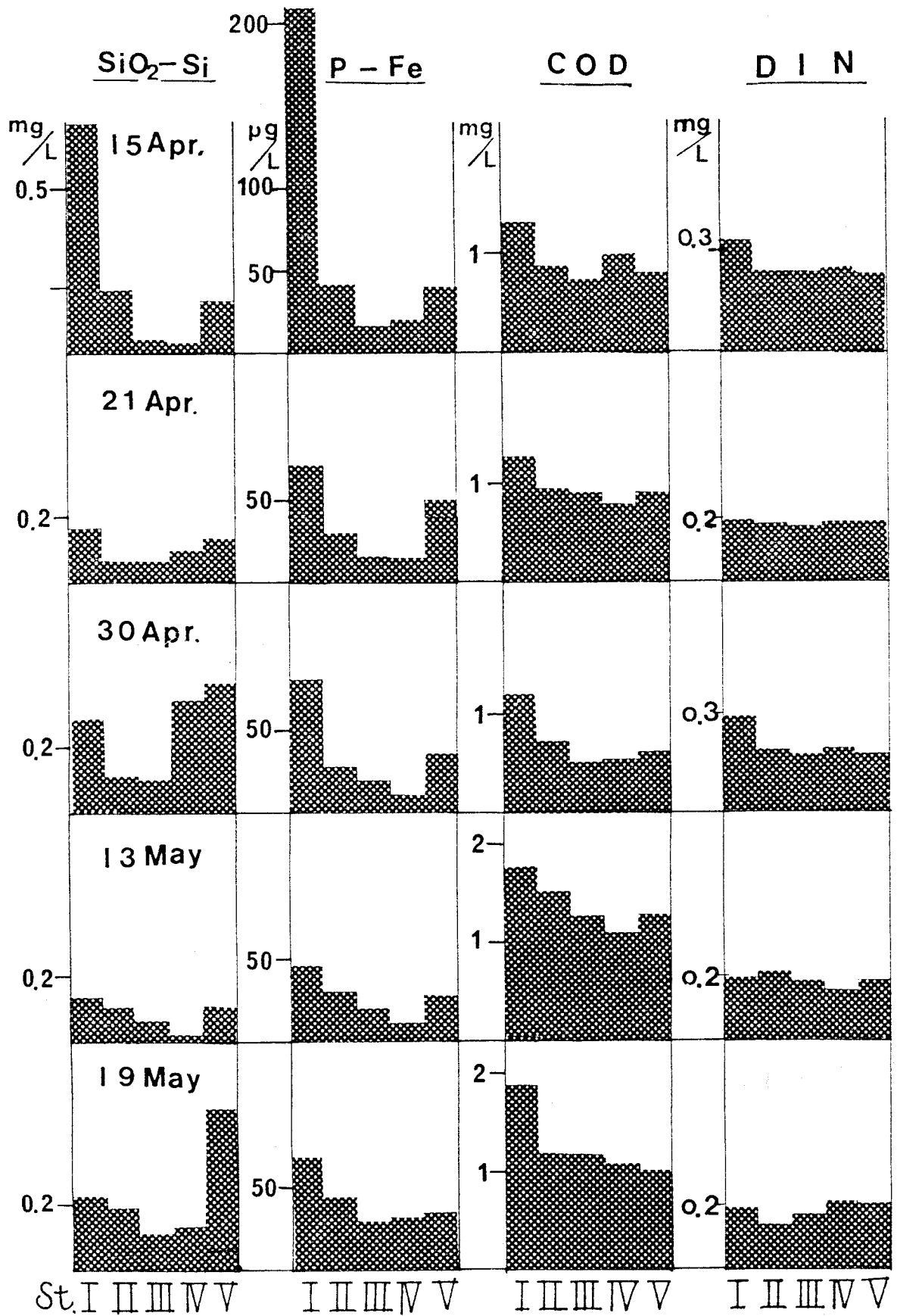


☒ 10 - 2

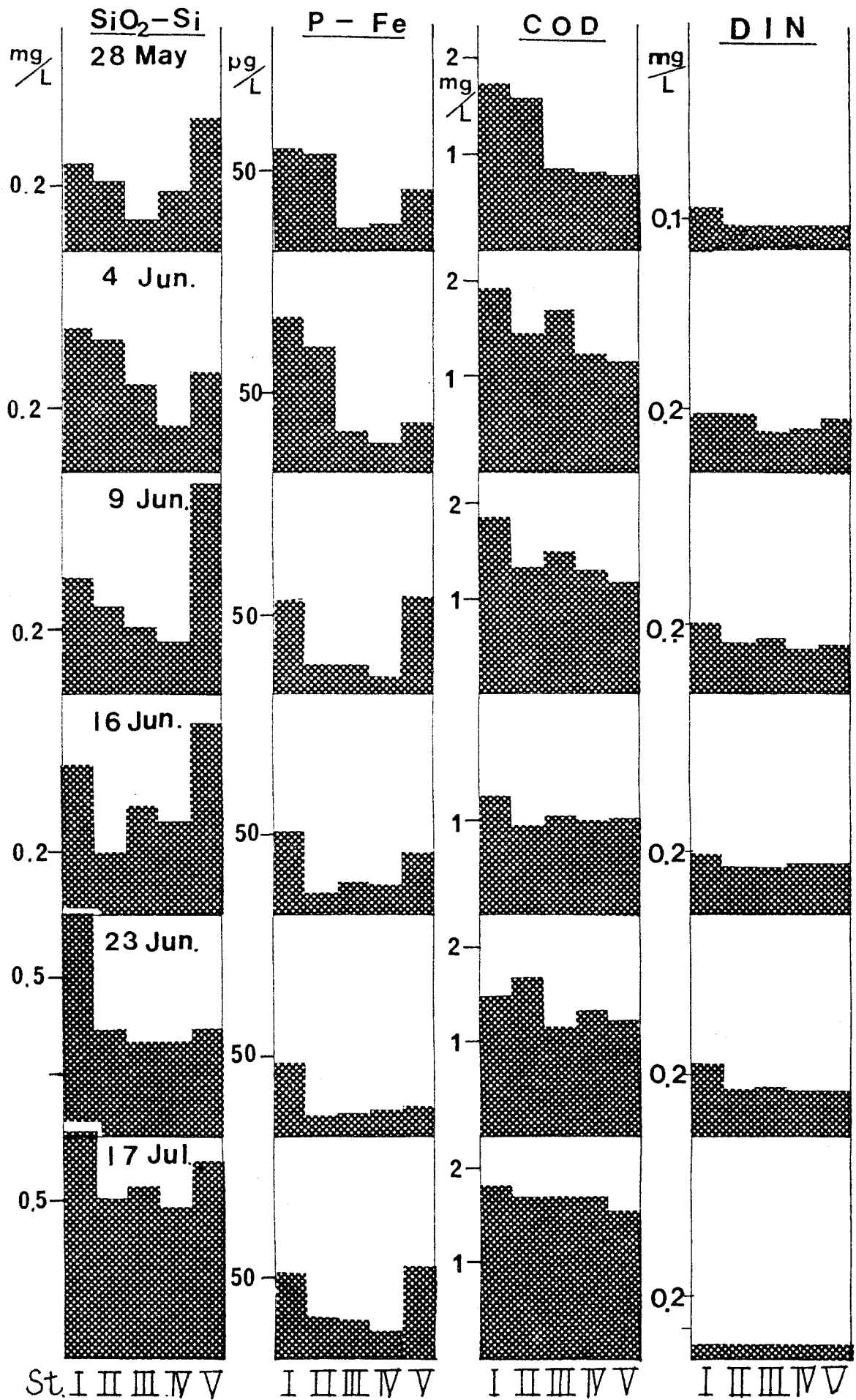


☒ 11-1





☒ 11-3



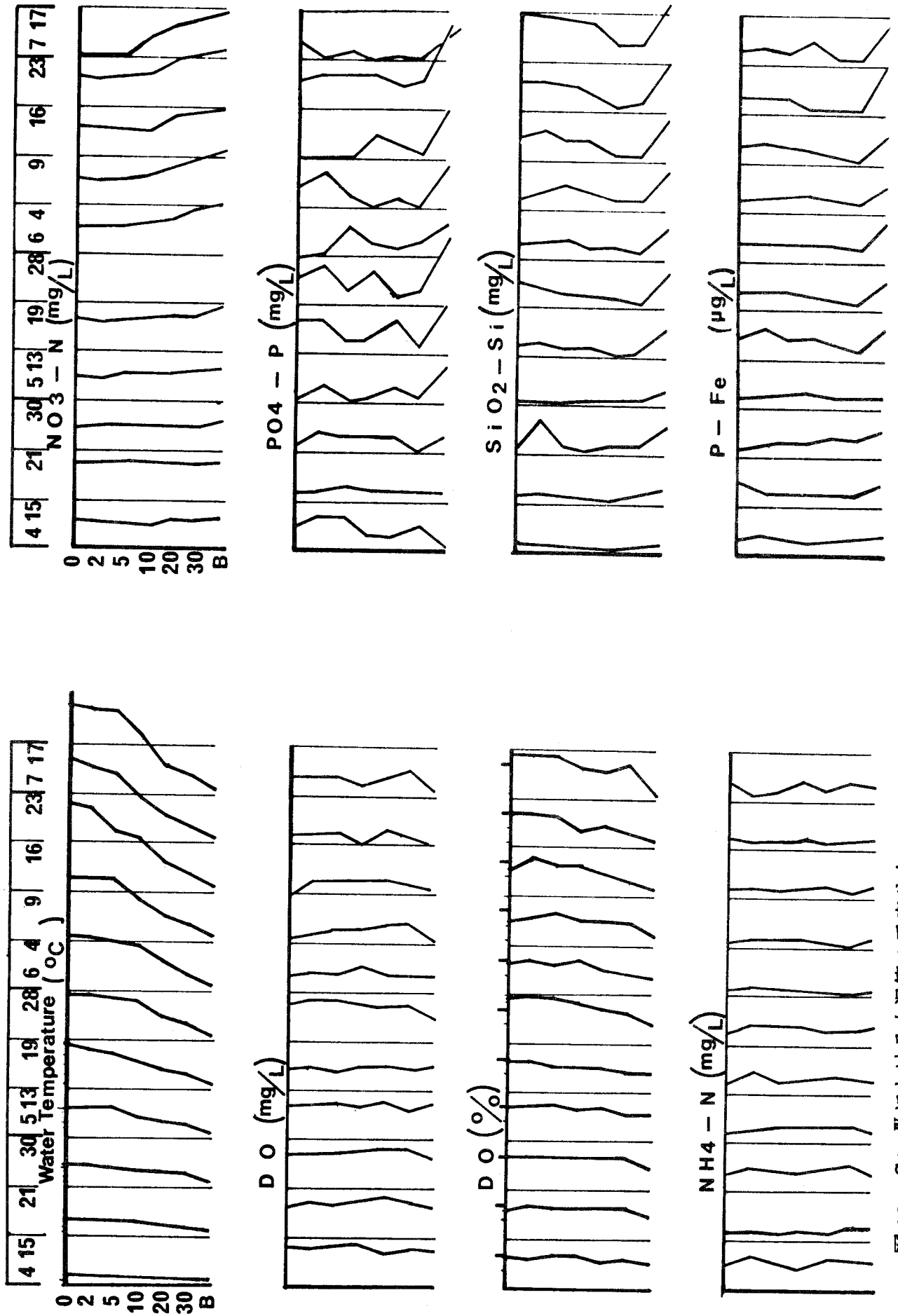


図 12 St. IV における水温等の垂直分布

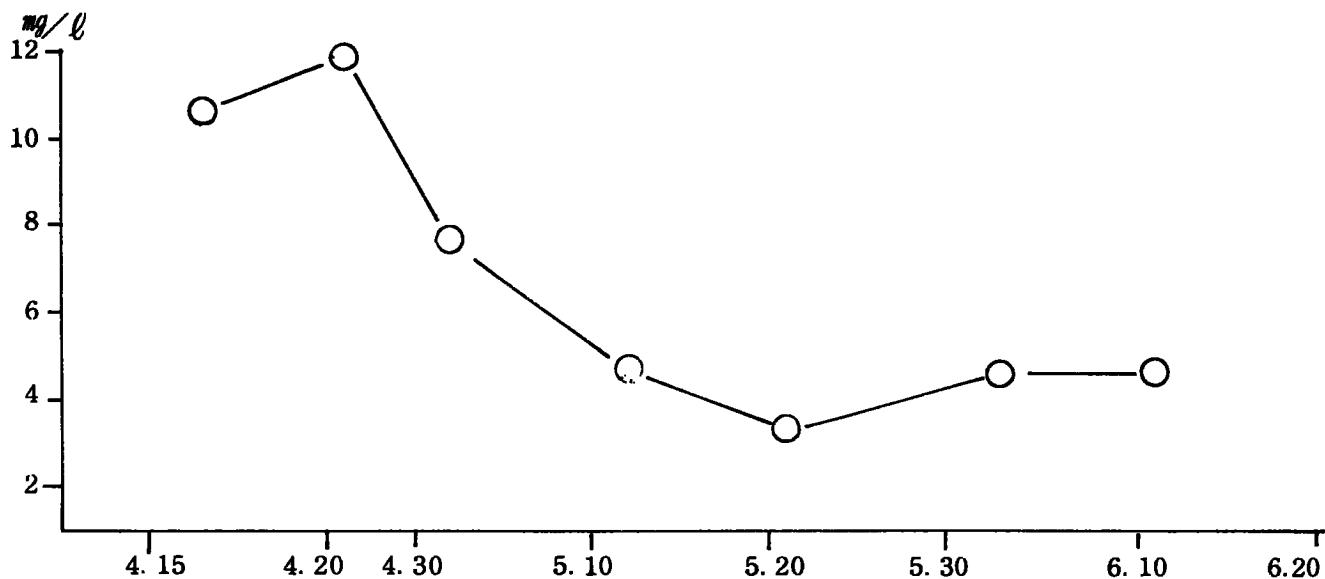


図13 長命湾へ流入する排水路の全鉄
寺

表3. クロロフィルaとウログレナ群体数

(単位 $\mu\text{g}/\text{l}$, 群体数/ ml)

月日 項目 地点	5. 28			6. 4			6. 9			6. 16			6. 23			7. 17		
	クロロフィルa	フェオ色素	ウログレナ	Ch a	フェオ色素	ウログレナ	Ch a	フェオ色素	ウログレナ	Ch a	フェオ色素	ウログレナ	Ch a	フェオ色素	ウログレナ	Ch a	フェオ色素	ウログレナ
I-2 m	18.5	2.6	76	6.6	0.6	4	2.8	3.9	1	4.8	0.9	0	6.1	1.1	5	9.6	0.9	0
II-2	18.5	0.8	89	7.3	1.7	17	1.1	1.0	1	4.1	-	0	4.0	2.2	7	6.9	0.4	0
III-2	0.5	1.9	3	7.1	2.0	6	1.5	1.0	1	3.7	1.7	0	2.7	1.9	3	7.6	-	0
IV-2	14.8	-	12	4.6	1.0	4	1.5	0.7	3	2.7	1.8	2	3.9	0.8	5	7.7	-	0
V-2	4.2	0.4	6	5.0	0.2	4	2.9	ND	1	5.6	1.3	1	2.3	1.8	4	7.4	0.8	0
IV-0	ND	2.6	1	3.9	1.5	6	-	-	0	3.5	-	0	2.4	1.3	0	6.4	-	0
2	14.0	-	12	4.6	1.0	4	1.5	0.7	3	2.7	1.8	2	3.9	0.8	5	7.7	-	0
5	5.6	4.8	14	8.6	-	16	1.2	2.5	6	6.4	1.1	1	5.8	2.0	2	8.0	0	0
10	9.6	-	8	6.0	2.1	8	2.0	1.5	1	5.5	1.6	0	6.7	2.4	0	5.7	-	0
20	1.1	1.5	0	1.2	0.3	0	0.5	2.5	0	-	44.6	0	1.5	0.3	0	0.6	1.0	0
30	ND	7.9	0	-	1.1	0	0.1	1.6	0	1.5	-	0	ND	1.2	0	1.2	-	0
B	ND	4.2	0	0.8	0.9	0	ND	2.5	0	1.7	-	0	0.7	3.2	0	2.0	2.0	0

表 4. 石田川ダム湖調査結果

調査年月日	1980年12月11日	調査場所	石田川ダム湖	備 考
調査時刻	AM11:30~12:00	天候気温	晴, 8.2℃	
調査地点	ダム湖水(事務所真下の中層)	ダム上流のわき水	わき水が湖へ流入途中の濁水	
W. T	5.7℃			石田川ダム上流域は、山土が黒っぽく(腐植?), 林道にはブルドーザーが入った跡があり, かなり荒れていた。このため, 山からの湧水が途中の林道を通る間濁水化して湖中へと注いでいた。
透視度	30 cm<			
透明度	2.5 m			
pH	7.02	7.63	7.20	
DO mg/l	12.39			
SiO ₂ -Si mg/l	2.88	2.54	3.95	
PO ₄ -P mg/l	0.004~0.017		0.052	
NH ₄ -N	ND	ND	ND	
NO ₂ -N	ND	ND	ND	
NO ₃ -N mg/l	0.258	0.273	0.320	
全鉄 mg/l	0.03	0.07	0.41	

§ 4) 主な水質分析結果の相関関係 — SiO₂-Si, Fe, Pを中心に

4月15日から7月17日までの調査で得られた各地点の2 m層における水質分析値を用いて, 主な項目間の相関を, 地点毎にみてみた。(表5)この相関の計算上, ウログレナが増殖する前から増殖盛期に至る4月15日から6月4日までの期間(以下前期と称する)と, 4月15日から7月17日までの調査全期間との二期にわけ, それぞれの期間のデータ数(調査回数)は, 前期で計7(St. I, IIについては8), 全期間で計11(同12)。表5中右上の段に相関係数 $r = 0.80$ 以上の強い相関が認められた地点と期間をぬき書きした。

全期間を通して, 全地点ではほぼ正の相関が認められたのは, T-P ⇔ PO
Pで, 又, これ以外では, St. Iにおいて, 全期間中の T-P ⇔ P-Fe

表 5

2 m層 St.	NH ₄ -N	PO ₄ -P	SiO ₂ -Si	(T-P)	(POP)	COD	P-Fe
NH ₄ -N I II III IV V	—	—	—	—	—	—	(St I全)
							—
							—
							—
							—
PO ₄ -P I II III IV V	—	—	St I 前	St II 全	St II 全	—	St I 全
			St V 前				(St III前)
SiO ₂ -Si I II III IV V	0.53(-0.21)	0.07(-0.15)	—	St I 前	(St I前)	—	St I 前
	-0.08(-0.33)	0.89(0.17)					St I 前
	-0.26(-0.49)	0.53(-0.31)		St II 前			
	0 (-0.29)	0.01(0.27)					
	-0.01(-0.53)	0.84(0.18)					(St III前)
(T-P) I II III IV V	—	-0.02(0.20)	0.82(0.05)	—	⊙ St II ⊙	—	St I 全
		0.87(0.82)	0.91(0.24)				St I 全
		0.04(0.21)	-0.20(-0.34)				St IV 前
		0.34(0.24)	-0.62(-0.59)				
		-0.42(-0.52)	-0.26(-0.07)				
(POP) I II III IV V	—	0.05(0.12)	0.75(0.05)	0.80(0.87)	—	—	St I 全
		0.81(0.71)	0.53(-0.01)	0.53(0.71)			
		-0.20(-0.05)	-0.30(-0.33)	0.92(0.92)			
		0.20(0.15)	-0.29(-0.50)	0.65(0.80)			
		-0.07(-0.57)	0.14(0.13)	0.77(0.84)			
COD I II III IV V	-0.21(-0.04)	—	—	—	—	—	—
	0.14(-0.31)						
	-0.35(-0.44)						
	-0.22(-0.43)						
	-0.53(-0.66)						
P-Fe I II III IV V	0.64(0.71)	-0.11(0.05)	0.91(0.28)	0.93(0.90)	0.88(0.86)	-0.20(-0.09)	—
	-0.13(0.14)	0.92(0.88)	0.95(0.26)	0.84(0.90)	0.63(0.75)	0.63(0.21)	
	-0.43(-0.33)	0.70(0.29)	0.69(0.41)	-0.07(-0.05)	-0.26(-0.20)	0.65(0.60)	
	0.15(0.16)	0.36(0.13)	-0.17(-0.03)	0.84(0.59)	0.53(0.44)	0.48(0.25)	
	-0.04(-0.39)	0.10(-0.21)	-0.06(0.52)	-0.28(0.20)	-0.74(0.08)	-0.63(0.16)	

(粒子状鉄), $POP \Leftrightarrow P-Fe$, 前期の $SiO_2-Si \Leftrightarrow P-Fe$, $SiO_2-Si \Leftrightarrow POP$ (又は $T-P$) であり, St. II においては, 全期間中の $T-P \Leftrightarrow P-Fe$, $PO_4-P \Leftrightarrow P-Fe$, $T-P \Leftrightarrow PO_4-P$, 前期の $SiO_2-Si \Leftrightarrow P-Fe$, $SiO_2-Si \Leftrightarrow T-P$ (又は PO_4-P) がそれぞれ強い正の相関を示した。St. III では, 前期の $P-Fe \Leftrightarrow PO_4-P$, $SiO_2-Si \Leftrightarrow P-Fe$ でやや相関 (0.70) がみられた。St. V の前期の $PO_4-P \Leftrightarrow SiO_2-Si$ で $r = 0.84$ であった。これらの関係をまとめて図式化

したのが図 14 であるが、相関関係のみからそれぞれ相関のある項目間で互いに直接結びついていると判断するのは禁物であろうが、§ 1), § 2), § 3) でみてきた一連の様々な環境要因の変動と考え合わせると、次のように解釈される。

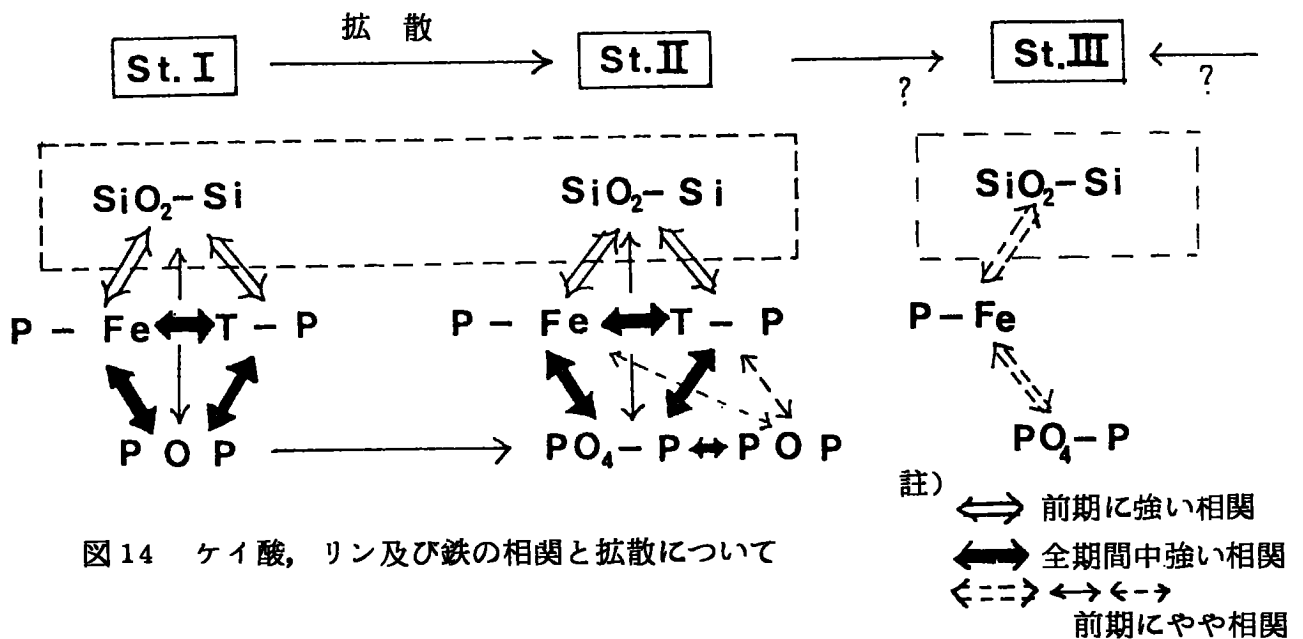


図 14 ケイ酸、リン及び鉄の相関と拡散について

先ず、St. I から St. II への空間的な変化(拡散?)をみると、St. I では少なくとも 4 月 15 日から 7 月 17 日にかけて P-Fe , T-P (又は POP) が、さらに 4 月 15 日から 6 月 4 日にかけては、 P-Fe , T-P (POP), $\text{SiO}_2\text{-Si}$ (これらが果たして 3 物質といえるかどうかかわからないが) が互いに緊密な関係を保ちながら波状的に変動し、St. I からさらに沖合に位置する St. II では、 P-Fe , T-P , $\text{SiO}_2\text{-Si}$ の三者は前期に依然として互いに強い相関を保ちながら変動しているが、St. I で相関のみられた POP よりも、 $\text{PO}_4\text{-P}$ が前 3 者と相関をみせてきており、このことは拡散途上 $\rightarrow \text{PO}_4\text{-P}$ という理化学的変化が徐々に起った可能性が示唆される。次に経時変化をみると、St. I, II のいずれの地点も $\text{SiO}_2\text{-Si}$ と他の三者 (P-Fe , T-P , POP あるいは $\text{PO}_4\text{-P}$) との間に、4 月 15 日から 6 月 4 日にかけての期間中だけ相関を示し、一方、後三者が全期間通して互いに相関し変動しつづけたことは対照的であった。このことは、6 月に入ってから後の $\text{SiO}_2\text{-Si}$ の変動に量的及び質的な差異が生じた可能性が考えられる。この差について考えられることとして (A) *Fragilaria*, *Asterionella* 等のケイ藻類の消長との関連 (B) 循環期末期からの移行期にあるのかそれとも水温成層形成期にあるかの違いによる拡散沈降状況(混合状況)の差 (C) ケイ酸物質の起源の違い(具体的には、降雨出水、風波による巻き

上げ等の陸水由来かそれとも過去のメモリーである底質由来なのか(図16参照)等が挙げられる。

この点に関してもう少し詳しく $\text{SiO}_2\text{-Si}$ と P-Fe との関係で地点毎に経時的な推移をみてみると、St.I では図15-1のように4月から5月中旬にかけて①→②、③' ③→④、⑤⑥→⑦と波状的に強い相関をもって変動がみられ(図ではこの期間中を実線で囲んだ)、⑧⑨⑩⑪にかけて(破線で囲んだ) P-Fe の濃度水準は約 $50 \mu\text{g}/\ell$ で落ち着きを見せ、 $\text{SiO}_2\text{-Si}$ のみが漸増してゆくのがみられる。

St.II では、同様の経過がSt.I よりはやや緩和された様子で表われており、これが湖心部のSt.IIIになると P-Fe のレベルは約 $20 \mu\text{g}/\ell$ で推移しており、(図15-2, 3) St.IV, 西岸のSt.V では全く相関がみられず、 $\text{SiO}_2\text{-Si}$ 濃度変化のみ表われて

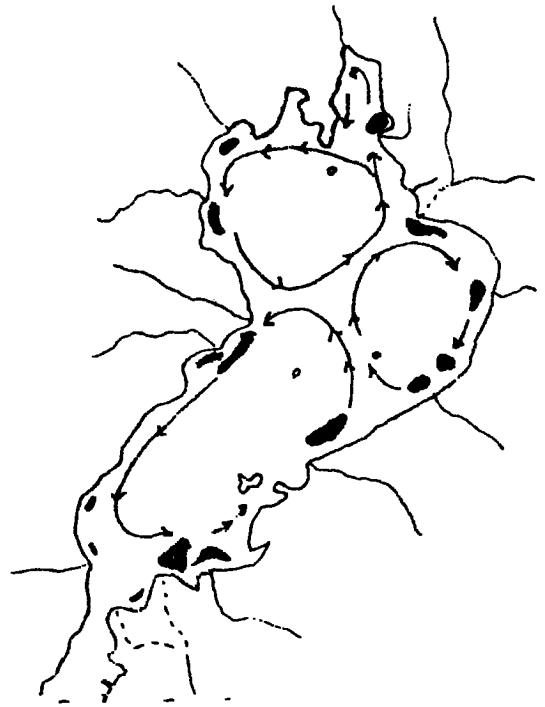


図16 河口泥舌と湖流
(小谷原図より)

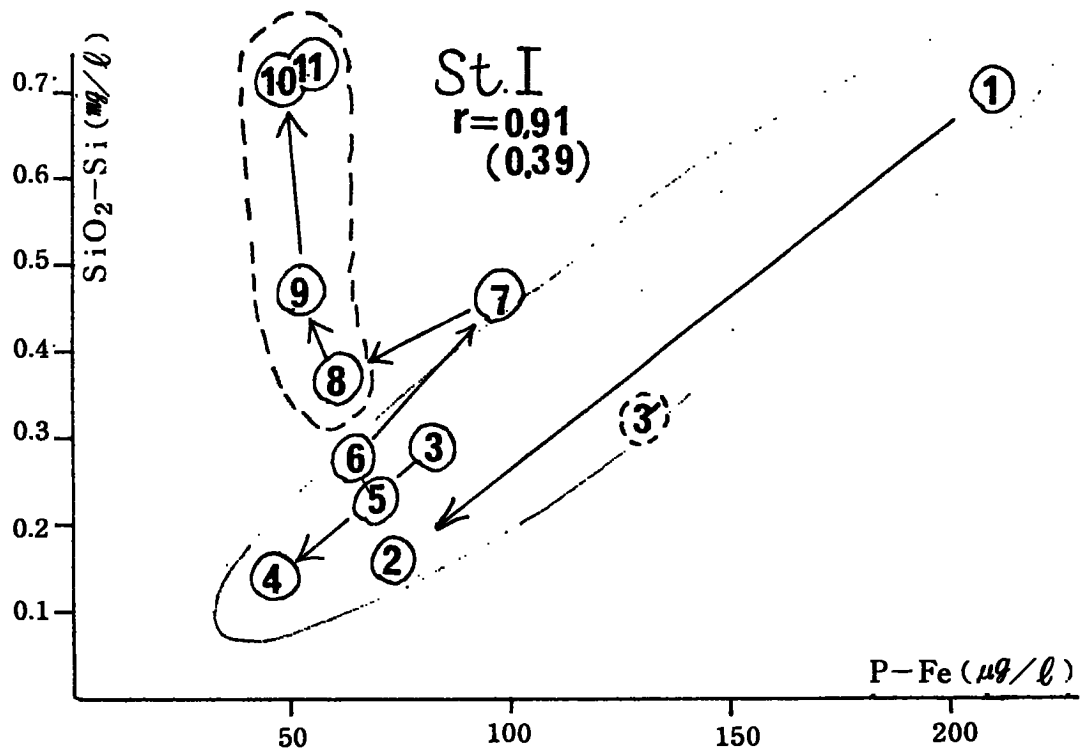
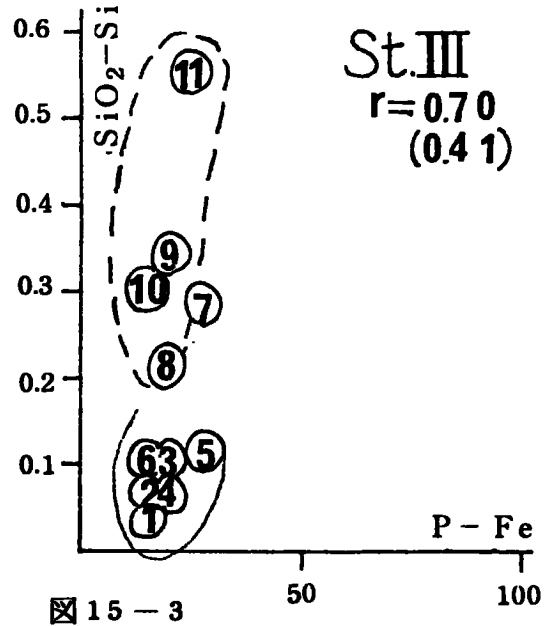
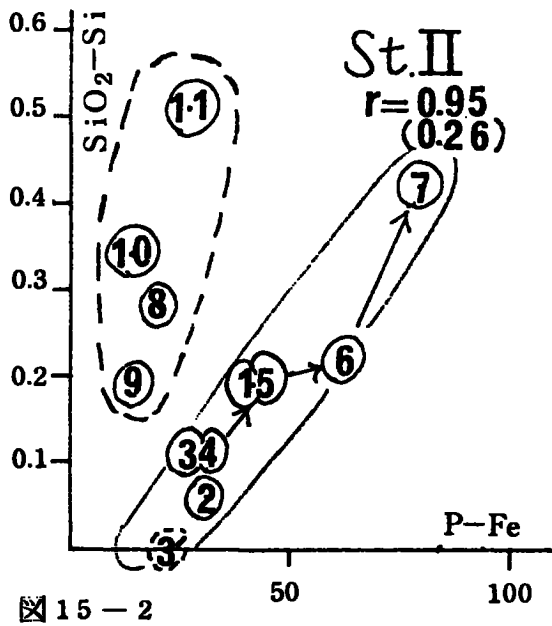
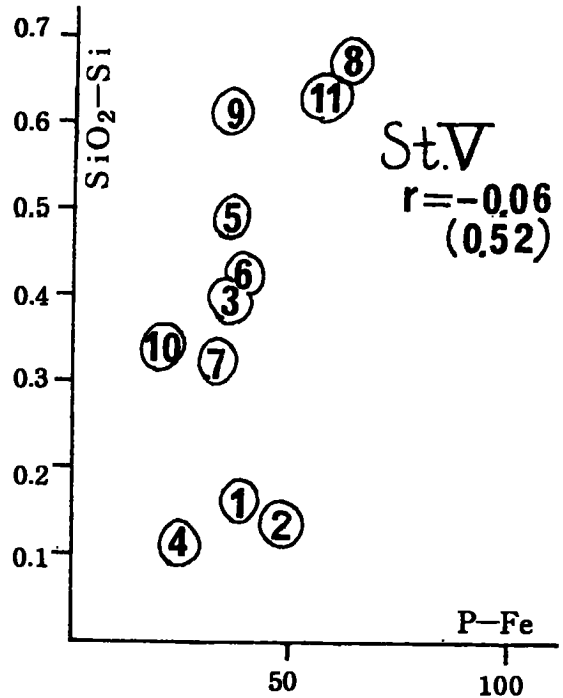
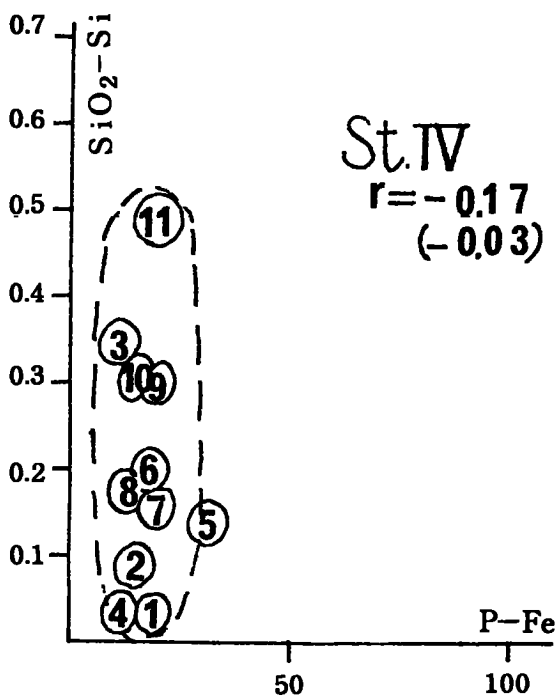


図15-1



いた。(図 15-4, 5)

又, St. IV の底層(水深約 80m)における SiO₂-Si と P-Fe の相関関係は, 全期間通して $r = 0.83$ で(図 15-6), 同様の傾向が PO₄-P, T-P との相互間でみられ, これが果たして上層からの沈降現象なのか, あるいは底泥からの溶出現象なのか, それとも両者の合わさった結果のものか定かでない。



以上のことをまとめてみると、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 等のDINの拡散状態と異なり、春先に $\text{SiO}_2\text{-Si}$ とP-FeとT-P (POP)が湖中へ波状的に流入負荷している可能性が大きく(リンについては、沿岸域のリン物質を凝集しながら拡散することも考えられるが)、このことがウログレナの増殖ひいては異常発生とつながりを持ってくる可能性が推測されるが、流入負荷の実態及び湖中への拡散形態等の面でいまのところ不十分な点が多々あり、結論づけるには早計であるといわざるを得ない。

表6は、火成岩中の各成分の河川水への移行状態を示したもののだが(POLYNOV)⁹⁾、これによると $\text{SiO}_2\text{-Si}$ 負荷は通常のことながら(可動率0.20)、一般に河川へ流入しがたく、流入してもすぐ沈殿等してしまうFe(表では Fe_2O_3 0.02)がいったいどのようにして多量にびわ湖へ流入するのか推定すると吉村¹²⁾は、「表層水には鉄、マンガン共に $0.1\mu\text{g}/\ell$ 以上のことは稀であり、水中に種々のコロイド、例えば粘土や腐植質が懸遊している時には鉄イオンは吸着され、換言すれば粘土や腐植質が鉄の保護コロイドとして働いている。多分、鉄マンガンはそれらによって吸着された形で湖水中に流入するものと思われる。」と述べているが、この説をそのままびわ湖においてあてはめてみると、上記のことからが充分説明されるが、プランクトン異常発生とのつながりで重要である鉄の可利用度(錯形成有機物含量等)といった角度及び濁水中の微粒物質の湖中での挙動¹⁰⁾(凝集沈降、拡散、溶出等の現象)やバクテリアのすみかであろう粒子内の団粒構造¹¹⁾といった面からの基礎的研究なら

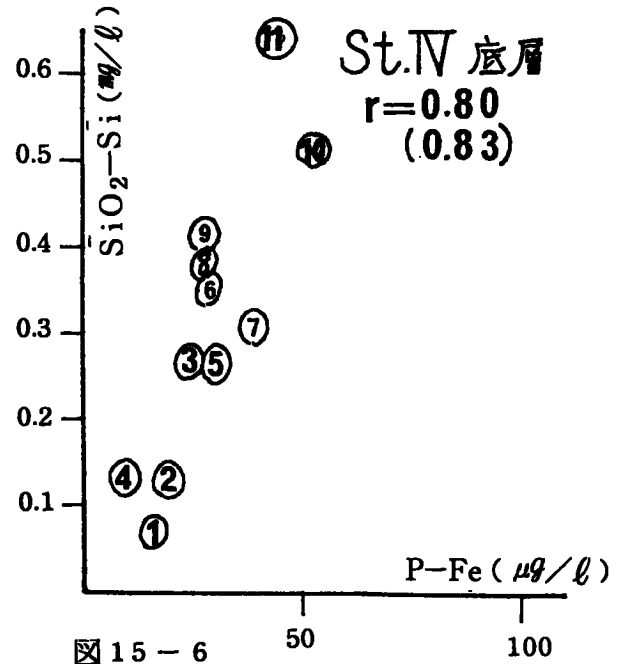


図 15 - 6

表 6 ポリノフの可動率

可動性の順位	物質	可動率
I	Cl^-	100
	SO_4^{2-}	57
II	Ca^{2+}	3
	Na^+	2.4
	Mg^{2+}	1.3
	K^+	1.25
III	SiO_2	0.20
IV	Al_2O_3	0.04
	Fe_2O_2	0.02

びに培養実験系での成果が今後とも期待される。

§ 5) 休眠孢子の分離法の検討

赤潮発生水域における休眠孢子の分布状況、季節的消長を調査するため、花粉分析において一般に用いられている方法^{注)}に従って、ウログレナの休眠孢子の検出を試みた。

材料：1980年5月28日に北小松沖、白ひげ沖で“赤潮”が発生したので、この水域の底泥を採集した。

方法：花粉分析の手法により処理した。

(1) 10% KOHを用いたアルカリ分解

(2) 氷酢酸と硫酸の混液によるアセトリシスにより試料を処理し検鏡した。

休眠孢子の認定：中原が合成培地で形成させた孢子と同形態のものとした。

結果：白ひげ沖で採集した試料からは休眠孢子は分離できなかったが、北小松沖で採集した試料からは休眠孢子に類似したものが分離できた。しかし、休眠孢子そのものかどうか認定できなかったため、再検討したいと考えている。

注) 中村 純, 花粉分析 古今書院

4. ま と め

- (1) 5月19日にウログレナが本調査中で最初に認められ、その時の水温は13.3~16.6℃であった。
- (2) 本調査でのウログレナ出現水深範囲は0~10mで、出現最高群体数は89群体/mlで東岸寄りに分布しその時の水温は16.8℃であった。又、同出現最高水温は23~24℃。
- (3) 湖水温は0m層で平年値より4月で-1.5℃、5月で-2.1℃低く、6月で+3.0℃高く推移した。
- (4) 鮎苗早期出荷量(2, 3月から5月上旬にかけて)が多く推移した年ほど、ウログレナ異常発生時期が早くみられる傾向であった。
- (5) 4, 5月の植物プランクトン量は平年より少なく、動物プランクトンが大半を占めていた。
- (6) Closterium aciculare var. subpronum は、5月13日頃(水温12℃)か

ら増殖しはじめ、6月16日では今季最高密度の約1億/ m^3 以上に達し、その後漸減していった。

Staurastrum dorsidentiferum var. ornatum は、6月16日頃から増殖しはじめ、7月17日では約6,000万/ m^3 に達した。

(7) 1950年から1978年までのプランクトン沈殿量(滋賀水試観測試料)の推移をみた。「富栄養化」は1960年代すでにその徴候を示しており、とくに1970年代に入ってから急速に進行した。プランクトンの異常発生後の翌年ないし翌々年の同沈殿量の経月変化パターンが“乱れる”傾向が認められた。

(8) NH_4-N は、調査期間中高く推移し、とくに3月中旬から5月下旬まできわだって高かった。

NO_3-N は、4、5、6月と高濃度水準を保ったまま推移した。

PO_4-P は、ウログレナ最大密度出現のとき比較的高く、鼓藻類最大のとき、ほとんど検出されなかった。Closterum と Staurastrum の増殖制限因子はリンであることが示唆された。

SiO_2-Si は、4月から5月上旬にかけて波動的に増減し、5月中旬以降は漸増した。

Fe については、溶解性Feはほとんど不検出で、粒子状態のものが検出された。東岸寄りに、4月から5月上旬にかけて高い濃度で分布しているのが確認された。

(9) 粒子状鉄とT-P及びPOP(あるいは PO_4-P)の相互間でSt.I, St.IIにおいて全調査期間中強い正の相関が認められ、さらに、4月から6月にかけて、それら三者と SiO_2-Si とが強い相関を示し、春先に、粒子状鉄、リン及びケイ酸が湖中へ流入負荷(あるいは沿岸水域で結びついて高濃度に分布)している可能性が示唆された。

(10) 花粉分析の手法を用いて、“赤潮”水域の底泥から休眠胞子の分離同定を試みたが、類似したものは見つかったが、休眠胞子であるかどうか認定できなかった。

5. 参考文献(方法で準拠した文献は註の欄に記した)

- 6) 一瀬諭, 若林徹哉, 1978 : 1978年に琵琶湖で発生した赤潮の分布について, 滋賀県立衛生環境センター所報
- 7) 藤永太郎編, 1974 : 琵琶湖の動態, 時事通信社
- 8) 大津臨湖実験所編, 1964 : びわ湖の自然
- 9) 船引真吾, 1972 : 土壌学講義, 養賢堂
- 10) 梶原昌弘, 1978 : 懸濁物質の凝集, 陸水学雑誌
- 11) 服部 勉, 1972 : 大地の微生物, 岩波新書
- 12) 吉村信吉, 1937 : 湖沼学, 三省堂

