

琵琶湖におけるウログレナ

赤潮発生と環境要因との関係

滋賀県水産試験場

太田 豊三・前河 孝志・吉原 利雄

目 的

琵琶湖では、昭和52年の春以来、毎年、4月下旬から6月上旬にかけて黄色鞭毛藻ウログレナ (*Uroglena* sp.) による淡水赤潮が発生する。この赤潮の発生前から発生時にかけての期間を重点的に、定点を北湖に設けて水象・水質・プランクトン調査を行なうことにより、ウログレナが異常に増殖する原因と年ごとの発生状況の違いを明らかにし、赤潮発生防止対策の一助とすることを目的としている。

調 査 方 法

(1) 調査地点

琵琶湖北湖をほぼ東西に横断する線上、彦根港口から多景島を通り安曇川河口舟木崎に至る間に7定点を設け、定期観測を実施した。(図1)

地点1	彦根港口から離岸距離	約 400 m
地点1'	〃	約 1,800 m (地点1と2の間中点)
地点2	〃	約 3,200 m
地点2'	〃	約 4,700 m (地点2と3の間中点)
地点3	〃	約 6,200 m (多景島北側)
地点4	舟木崎から離岸距離	約 4,400 m
地点5	〃	約 150 m

(2) 調査月日および調査回数

昭和60年4月15日から6月17日までの期間中、計12回実施。

実施月日(日付の肩数字は回数を示す)

4月: 15日¹ 22日² 25日³ 30日⁴
5月: 4日⁵ 7日⁶ 10日⁷ 15日⁸ 23日⁹ 29日¹⁰

6月： 4日¹¹ 17日¹²

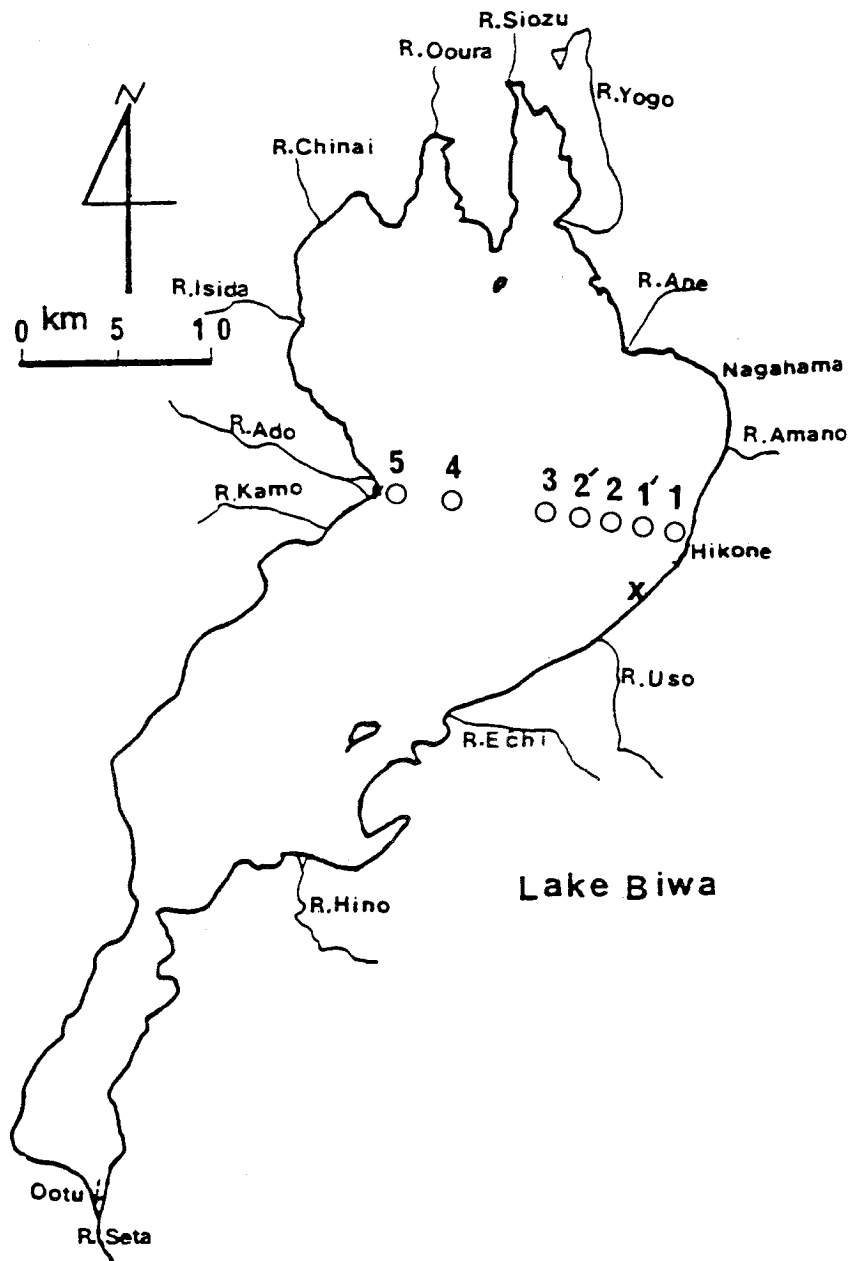


図1 調査地点

なお湖水温・風向等の連続観測地点として、彦根市八坂町滋賀県水産試験場港沖 200 m に設けた。(図1中×印で示す)

(3) 調査項目および方法

- 1) 気象：天候 雲量 気温 風向・風速
- 2) 水象：水温（サーミスター電気水温計）
透明度（セッキーマル）
水色（JIS色票）
水深（測深錘）
- 3) 水質：pH（ガラス電極pHメーター）
溶存酸素（ウィンクラー法）
NH₄-N（インドフェノール法）
NO₂-N（スルファニルアミド・ナフチルエチレンジアミン法）
NO₃-N（Mullin&Riley法）
DIN（「NH₄-N」+「NO₂-N」+「NO₃-N」）
Org-N（ケルダール法）
T-N（「DIN」+「Org-N」）
PO₄-P（モリブデン青法）
T-P（過塩素酸・硫酸分解法）
SiO₂-Si（モリブデン青法）
クロロフィルa（アセトン抽出法）
全鉄・溶存鉄（原子吸光法、溶存態は0.45μmフィルター使用）

注) 採水はバンドーン採水器（6リッター容）により、0、2、5、10、20… 底層（底層は地点4で月一回）から採水した。

- 4) ウログレナ群体数および他のプランクトン：採水プランクトンとして計数板で行なう。他にネットプランクトンとして口径20cm・ミューラーガーゼNXX25のプランクトンネットを水深5mから表層まで垂直に曳いたものを検鏡した。

調査結果

「気象および水象観測結果」と「水質分析結果」は付表1、2に一括表示した。

(1) 赤潮の発生状況

本年度のウログレナによる赤潮は、南湖西岸域で4月30日から5月4日にかけて発生を見た。北湖では愛知川～北小松以南水域において5月2日から4日にかけて、北湖最北の塩津湾で5月3日、大浦湾で5月10日、11日、今津沖で5月9日にそれぞれ赤潮の発生を見た。4月30日から始まった赤潮の発生時期は、琵琶湖で最初にウログレナ淡水赤潮の発生を見た昭和52年か

ら今年までの9年間を眺めてみると、今年(昭和54年(同発生日:4月26日))に次いで早かった。その他の年はいずれも5月10日以降に発生を見ている。

(2) 湖水温

図2に各調査日毎に2m層における水温を平均した結果を示した。

調査期間中、比較的水温が上昇した時は4月25日から5月4日にかけてと5月29日以降であった。その間の5月4日から29日にかけてはほぼ15℃線を推移する状態であった。

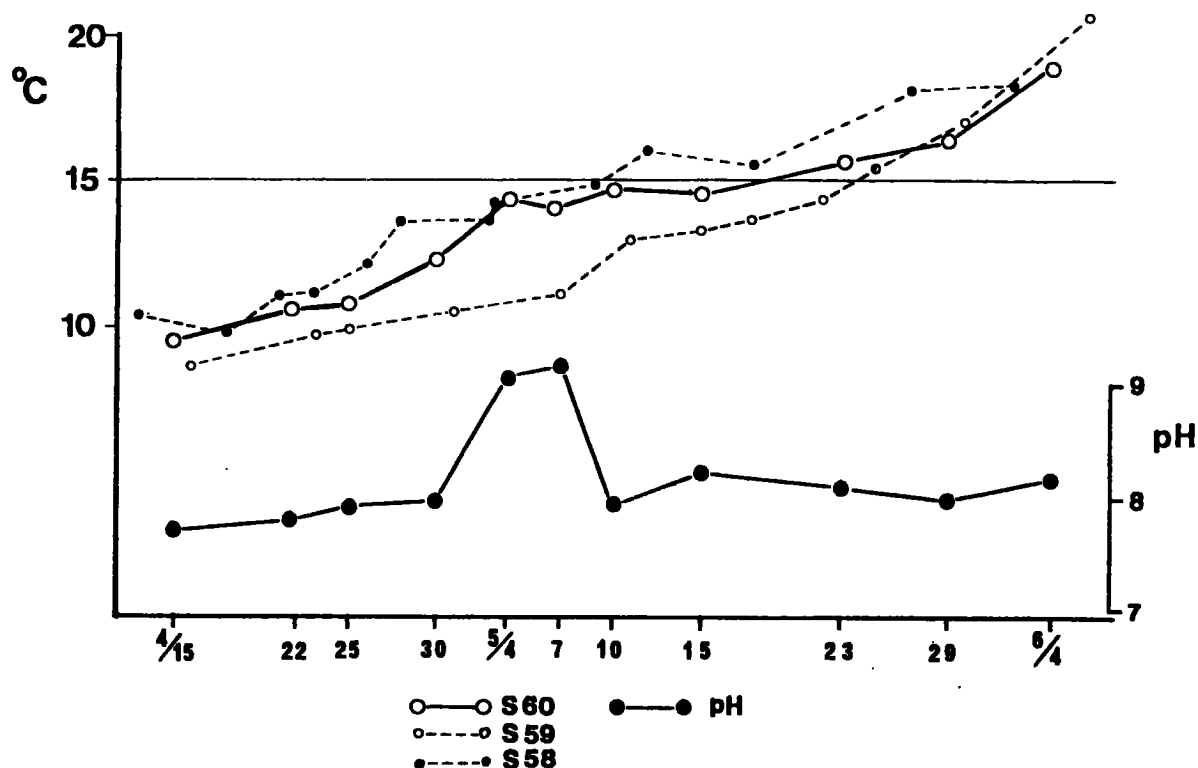


図2 湖水温とpHの変動(2m層平均値)

当調査事業を開始した昭和54年から毎年この時期(4月中旬~5月末)の2m層水温を比較してみると、今年(昭和54年)は最低水温年であった昭和59年より1~3℃高く、高水温年の58年より約1℃低かった(図2)。ウログレナ赤潮発生の開始時の一つの目安として考えられた、湖水温15℃ライン到達時については昭和54年と今年の場合には適合してないことが判明した。この到達月日は、昭和58年は5月10日ごろ、59年は5月23日、今年(昭和54年)は5月4日である。今年の特徴として湖水温が15℃付近で約3週間程継続していたことである。

水産試験場沖地点Xにおける湖水温の連続観測結果から(図3-1~3-3)4月25日から5月4日にかけての水温上昇期においては各層ノコギリ刃状に水温上昇していくことが見られる。同時に、この時期の風状態は無風に近く安定していることがうかがえる。さらに湖水温と密接な関係にある気温については、4月28日に平年値より低く落ち込んでから後晴天が続き、平年値以上に気温が急上昇した時でもある。(図4)

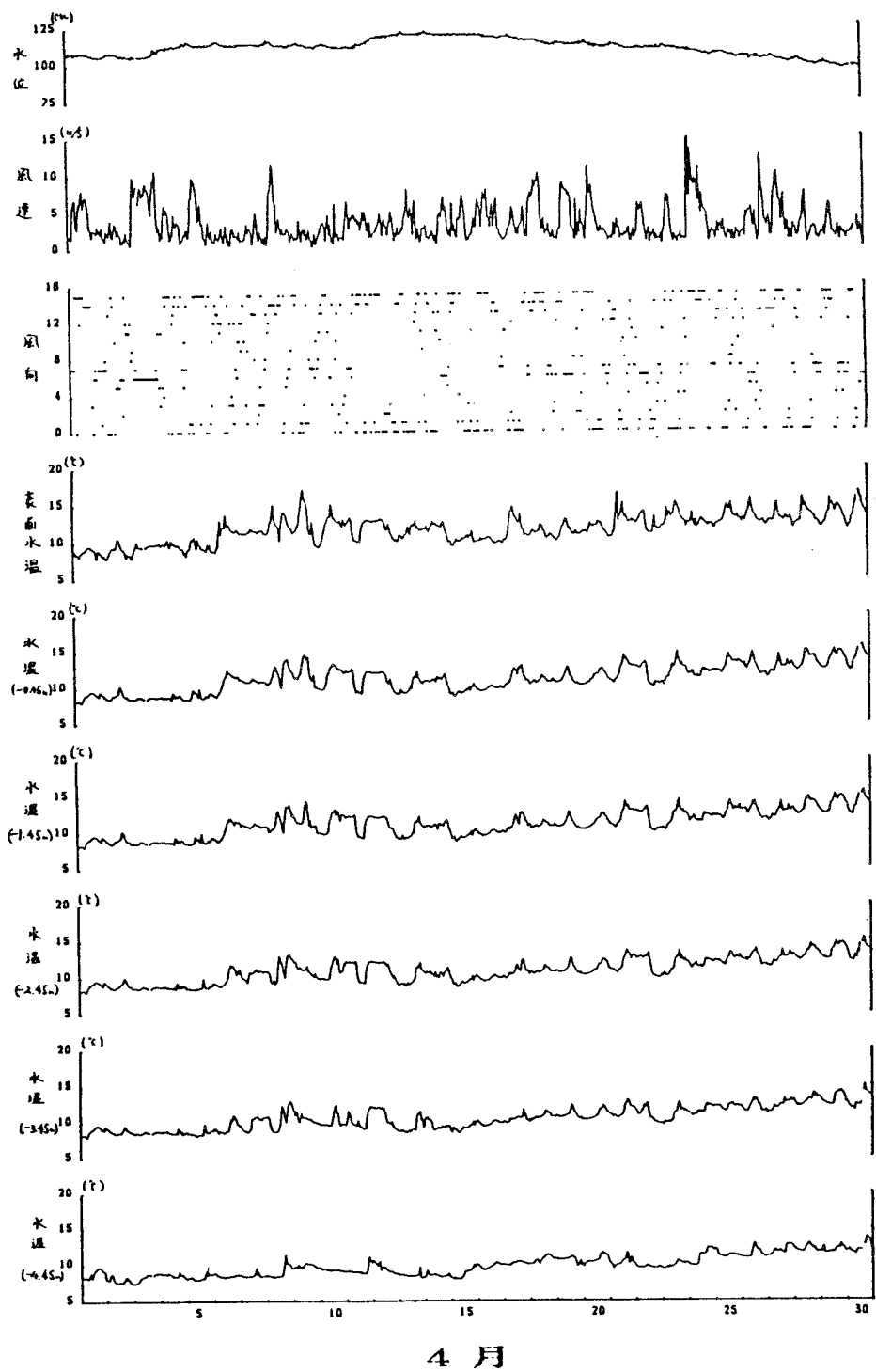


図3-1 地点Xにおける湖水温と風向・風速

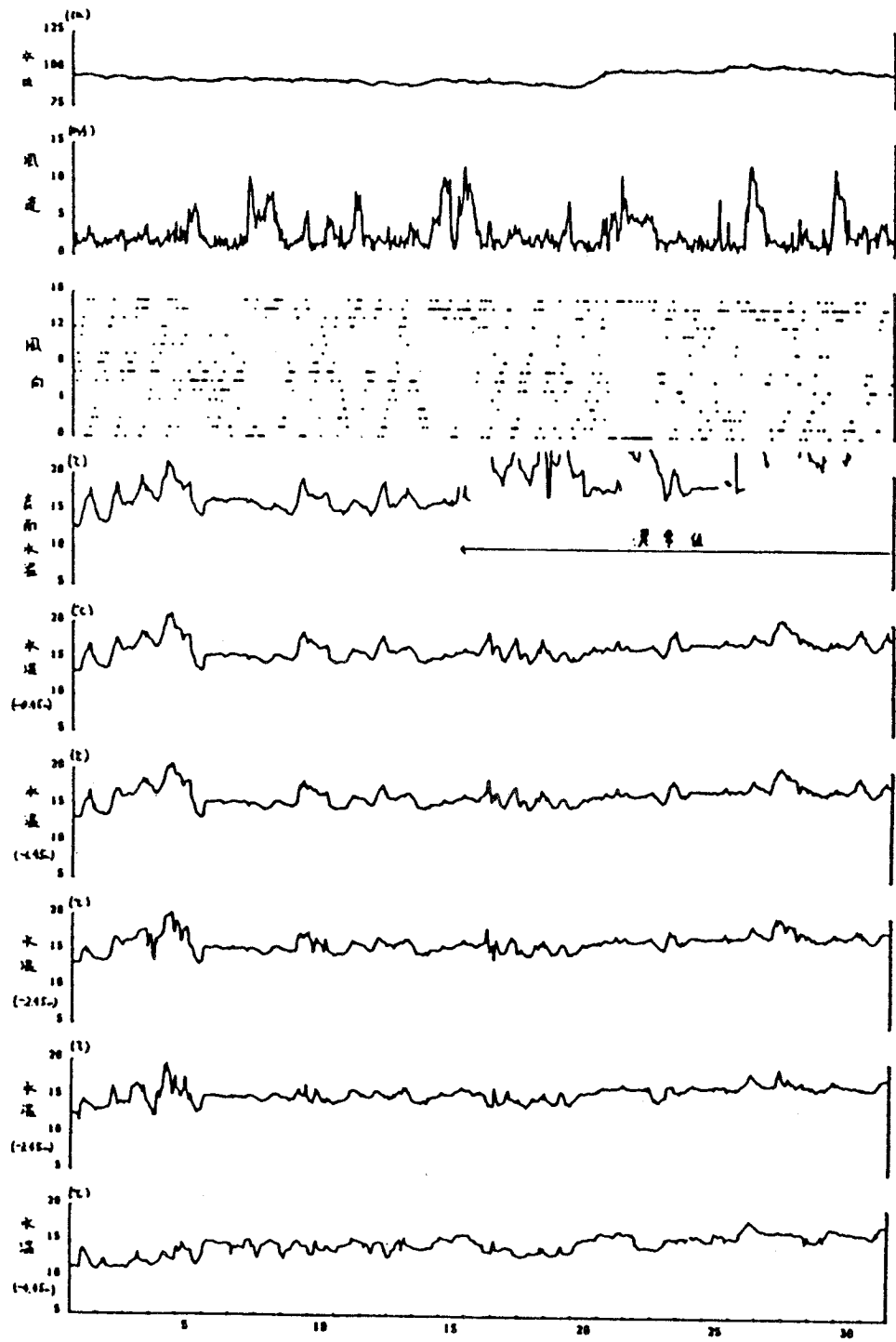


図3-2 地点Xにおける湖水温と風向・風速

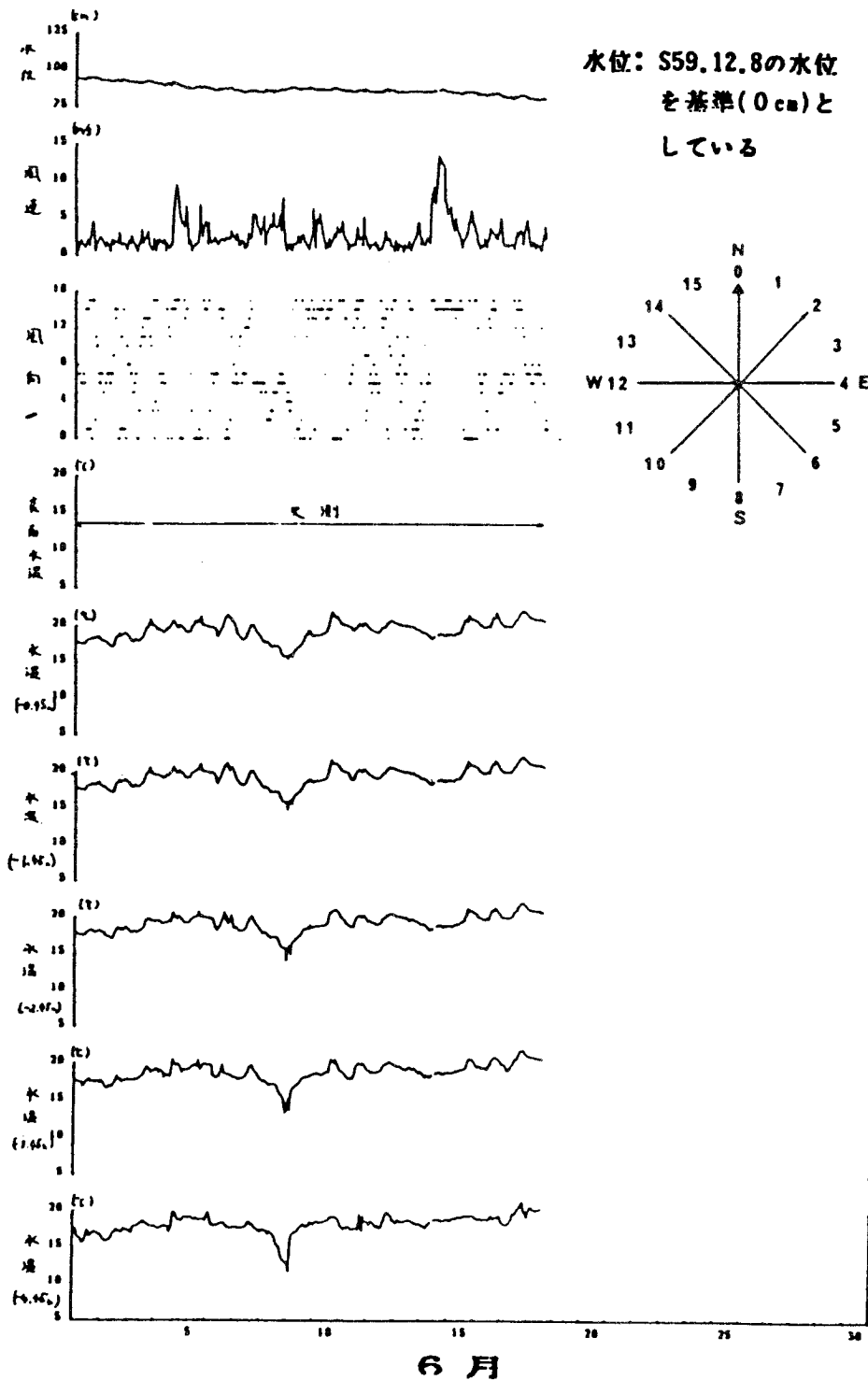


図3-3 地点Xにおける湖水温と風向・風速

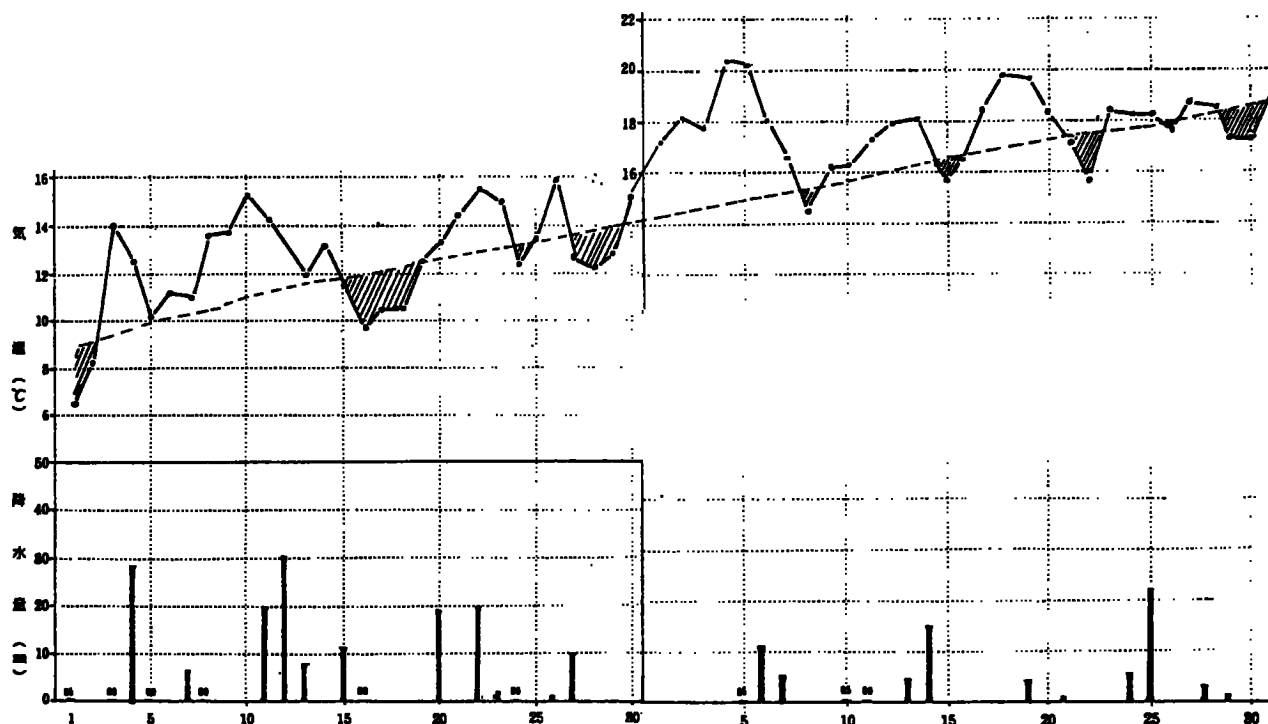


図4 彦根における毎日の気温・降水量変化（4月～5月）

注）破線は平年値 「彦根気象台 気象月報より」

表1で示す月一回の水深別湖水温の平年差を見ると、5月10m層を除く全月、全層において平年値より低かった。

表1. 水深別湖水温（3月～6月）

月日 水深	3月14日		4月15日		5月15日		6月17日	
	平均値	平年差	平均値	平年差	平均値	平年差	平均値	平年差
0.5 m層	6.22	-0.93	9.76	-0.78	14.56	-0.44	20.28	-0.04
10	5.93	-0.76	7.73	-0.95	13.87	+1.59	17.90	-1.02
20	5.93	-0.75	7.27	-0.77	9.17	-1.03	10.67	-0.60
30	5.95	-0.82	6.90	-0.93	7.25	-1.40	7.35	-1.67
40	5.95	-0.71	6.75	-0.67	7.30	-0.65	7.05	-0.99
50	6.00	-0.67	6.70	-0.46	7.00	-0.49	6.60	-0.97
60	6.00	-0.65	6.60	-0.38	6.80	-0.52	6.40	-0.87
75	5.90	-0.43	6.30	-0.01	6.60	-0.04	6.20	-0.42

注）「平年差」とは水温、プランクトン沈澱量では昭和25年から53年まで、NO₃-N濃度では昭和50年から59年までの間の平均値との差を言う。（表4.5）

(3) pH

図2下に示すように、4月30日から5月10日まで峰を形成する一山突出型の変動パターンでその最高値は9.2であり、他の時期はpH7.7～8.2のなだらかな横バイ状態で推移した。

表2に月一回の水深別 pH観測結果を示した。これからは、上述した pHのピークが存在したことが判明しない。

表2. 水深別水素イオン濃度 (pH)

調査月日 水深	3月14日	4月15日	5月15日	6月17日
水面下0.5 m層	7.42	7.65	8.23	8.76
10	7.41	7.58	8.15	8.45
20	7.42	7.54	7.74	7.63
30	7.41	7.48	7.60	7.64
底層	7.41	7.50	7.70	7.62

(4) ウログレナと他のプランクトン増殖状況

表3にウログレナ群体数と *Closterium aciculare* var. *subprorum* の増殖状況を示した。

表3. ウログレナ群体数とクロステリウムの増殖状況
(2 m層. *印の日は表層)

月日	地点	1	1'	2	2'	3	4
(1) 4月15日		2/100 10		10/100		1	1/2 10
(2) 22日		20~30/100	30~40/100 6~7	1~2 12	1 10	1 10	50/100
(3) 25日		10/100 11	15~20/100 5	2~3 1~2	2~3 5	3~4 7	50/100 6
(4) 30日		~1 10	8 11	8 10	5~7 13	5~7 6	2 12
(5) 5月4日		30 10	150 10	60	30 11	1 10	1~2 10
(6) 7日		77 12	230 19	120	25 25	12 20	
(7) 10日		12 8	110 10	160 14	73 23	90 13	24 8
(8) 15日		2 50		13 45		22 35	21 45
(9) 23日		1 50~60	1~2 63	5~6 50~52	9 56~58	5~9 55~58	5~9 41~56
(10) 29日		1/100 81~97	~5/100 101	1~1/100 95	~5/100 84	0/100 83~87	
(11) 6月4日		5/100 156	5/100 147	2~3/100 106~117	3/100 138	3~5/100 110	0/100 131~147
(12) *17日		10~20/100 486		10/100 462		1 497	5/100 440

上段：ウログレナ群体数/ml

下段：クロステリウム細胞数/ml

「参考」 *Uroglena americana* の群体の大きさ と細胞数：一瀬・若林(1884)より

- (1) 大の群体 = 250 μm 以上 → 800 cells (平均値)
- (2) 中の群体 = 100 μm ~ 250 μm → 300 cells (")
- (3) 小の群体 = 20 μm ~ 100 μm → 60 cells (")
- (4) 微小の群体 = 20 μm 以下 → 20 cells 以下

調査開始時の4月15日の時点で既にウログレナが確認された。この時の群体数は湖水100 ml 中2 群体から同1 ml 中1 群体であった。この後、4月30日までは緩やかな増殖状態を示した(1日あたり約0.5 群体/mlの増加)。この間のウログレナの水平分布の特徴として、湖心部(St. 2~3)で高く湖岸寄りで低いことが挙げられる。5月4日になると、1 群体/ml ~ 150 群体/mlの範囲内で分布し、湖岸(厳密に見ると湖岸からやや離れた沖合地点St. 1')寄りで多く湖心部で少ない状況であった。同月7日では同じ傾向の水平分布を保持しながら、12 ~ 230 群体/mlに増加していた。10日の観測ではウログレナは湖岸寄りから沖合へと広がる傾向を示していることがうかがえた。15日になると群体数はどの地点においても減少した結果を示し(2~22 群体/ml)、以降、23日では1~9 群体/ml、29日および6月4日で湖水100 ml 中0~5 群体までに減少した。しかし、例年6月中旬にはウログレナを確認する事がなかったが、今年は6月17日観測時でも湖水100 ml 中5 群体~同1 ml 中1 群体が見出だされた。

次にこの時期に現われる主要な植物プランクトンとしてクロステリウムの増殖状況を見てみると、4月15日から5月10日にかけて湖水1 ml 中10細胞前後であったのが、ウログレナが減少傾向を示し始めた5月15日以降は急速に増加した。5月15日で30~50細胞/ml、29日で約100細胞/ml、6月4日で約150細胞/ml、6月17日では約500細胞/mlのレベルにまで増殖した。下表に各観測日間の一日当たりのクロステリウム細胞増加数を示す。

表 調査期間中におけるクロステリウム増殖状況

観測日間	4/15 ~ 5/10	5/10 ~ 5/15	5/15 ~ 5/23	5/23 ~ 5/29	5/29 ~ 6/4	6/4 ~ 6/17
増加細胞数 (cells/ml/日)	0	6.2	1.4	6.0	7.2	25.9

ネットプランクトン計数結果では、特徴的な事として、4月25日と5月4日の間を境に Dinobryon cylindricum (黄色鞭毛藻類)の量が著しく変化していた現象である。その境の前の時期には群体数2/ml(細胞数に換算すると約40細胞/ml)あったのが、5月4日以降ほとんど観察されなかった。

採水プランクトンでは計数されなかった Staurastrum dorsidentiferum はクロステリウム細胞数の約1/3 ~ 1/2 増殖していた。

表4に3月から6月までの月一回の層別プランクトン沈澱量測定結果を示した。6月の0~10m層を除く全層で平年値より大きく下回った。ウログレナはネットを曳く時点や固定後にその群体が壊れたりし沈澱量としては表われてこないことが考えられる。6月の0~10m層の沈澱量はクロステリウムによる大量発生である。

表4. 層別プランクトン沈澱量 (3月~6月)

調査月日	採集層	プランクトン量	
		平均値(cc/m)	平年差(cc/m)
3月 14日	0~10 m層	3.97	-0.85
	10~20	0.54	-1.43
	20~40	0.46	-1.05
	40~75	0.33	-0.37
4月 15日	0~10 m層	3.74 ※	-2.26
	10~20	0.69	-2.26
	20~40	0.38	-1.58
	40~75	0.20	-0.72
5月 15日	0~10 m層	9.83	-0.99
	10~20	3.38	-0.51
	20~40	0.12	-1.44
	40~75	0.07	-0.46
6月 17日	0~10 m層	35.48 ※※	+15.07
	10~20	2.46	-3.86
	20~40	0.64	-1.35
	40~75	0.40	-0.30

※
湖心部(st2、
3)では、
Closterium
および
Uroglenaの
増殖

※※
全地点の表層
部で
Closterium
の大量発生

図5に各地点の2 m層におけるクロロフィル量の変動を示した。このパターンはpHと酷似した一山突出型であった。このピークを地点毎に見ると、湖岸寄りから湖心部へと最大値がタイムラグ的に移動するのうかがえた。

又、その最大値も湖心(沖合)の地点ほど高くなる傾向が見られた。

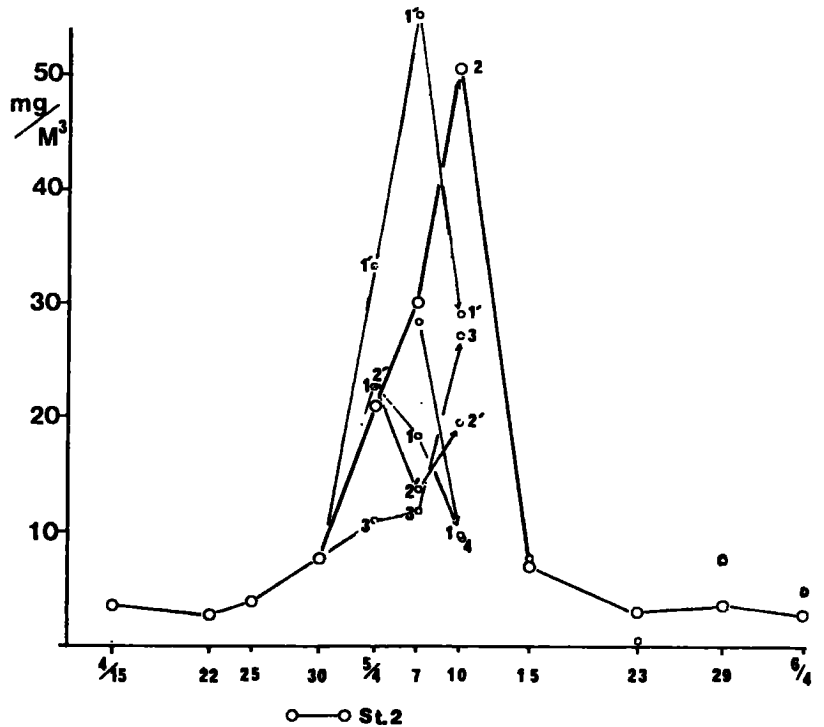


図5 各地点の2 m層におけるクロロフィル a の変動

図6に調査地点における水温とウログレナ群体数の分布密度の関係を昭和54年から今年までの全層データから求めてみた。分布温度範囲はおおよそ10℃から20℃である。低密度時期(1~10群体/ml)を見ると54年は10℃と20℃付近に偏在している。

59年は10~15℃、60年は10~18℃、その他の年は約12℃以上の温度範囲にプロットされる。又、54、55、56年では20℃以上(ウログレナにとって高温域にあたる)でも分布する傾向が見られる。今年の特徴は比較的広い温度範囲に観察されたことである。

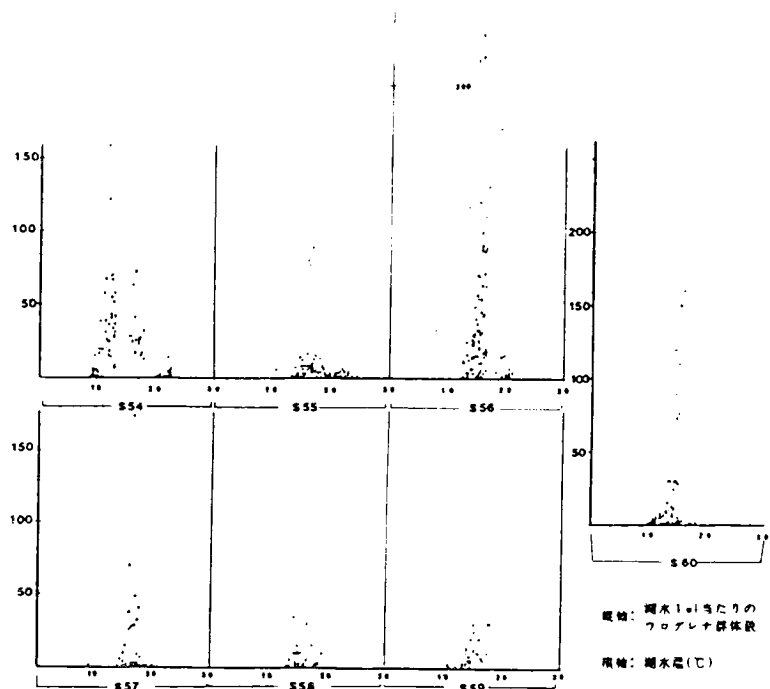


図6 調査地点におけるウログレナ群体数と水温の関係 (昭和54年~60年)

しかし、ウログレナ群体数が高密度の場合、その温度範囲は狭い。54年を除く年ではその中心温度は15℃前後と言える。増殖と集積を分ける観点からは15℃付近で集積しやすい、言い替えば赤潮を形成すると言える。

(5) 栄養塩類

窒素成分 図7に各態の窒素濃度変動を示した。

調査開始月日4月15日で既にOrg-N濃度がDINより上回っていた。この現象は58年に続いて2回目であった。次の観測日4月22日ではOrg-N(0.40mg/l)、T-N(0.61mg/l)の高いピークが出現し以降漸減した。特に4月30日と5月15日におけるOrg-Nの濃度低下が著しかった。ウログレナ発生時期におけるこの低下と漸減ないし横バイ現象は例年にないことであった。DIN濃度は4月22日の0.21mg/lを最高に漸減ないし横バイする変動(幅:0.07~0.21mg/l)であった。

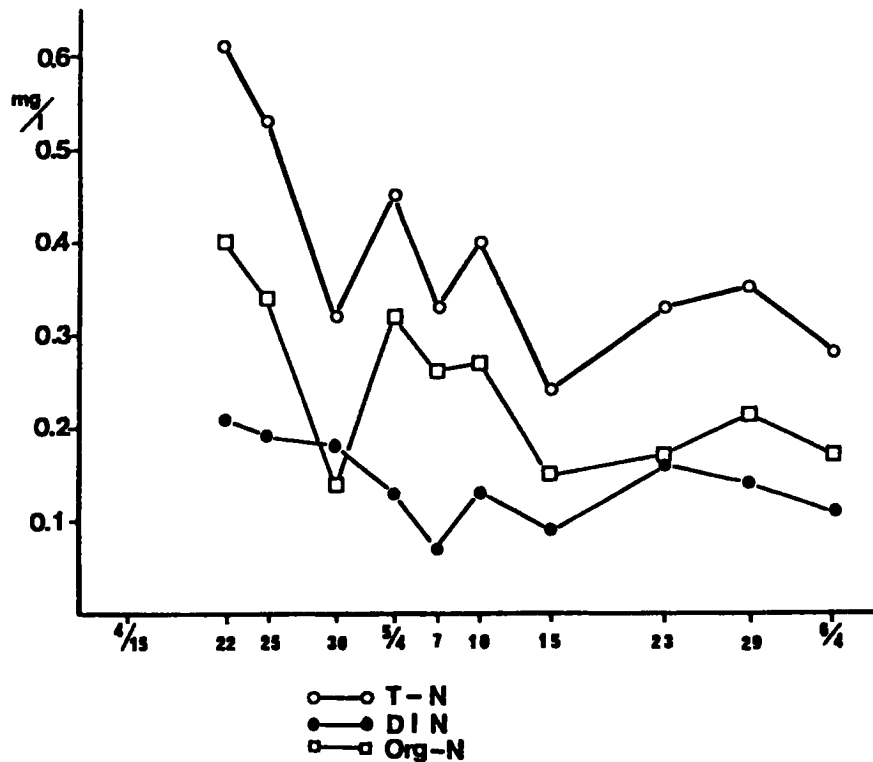


図7 窒素濃度の変動 (2m層平均)

表5に3月から6月の月別層別NO₃-N濃度分布を示した。10m以浅の生産層において平年値より低い傾向があった。一方、5、6月の20m以深で平年値より高い傾向があった。又、昨年同月と比べた場合も深い層で高い。

表5 層別NO₃-N濃度(3月~6月)

調査月日	水深	平均値(mg/l)	平年差(mg/l)	昨年同月差(mg/l)
3月14日	水面下0.5m層	0.12 ⁸	-0.00 ¹	+0.05 ⁰
	10	0.13 ⁵	+0.01 ¹	+0.06 ⁶
	20	0.09 ⁵	-0.02 ³	+0.03 ⁴
	30	0.11 ⁵	0.00 ⁰	+0.05 ⁹
	底層	0.23 ⁵	+0.11 ⁴	+0.17 ⁵
4月15日	水面下0.5m層	0.09 ⁹	-0.02 ⁷	-0.00 ³
	10	0.09 ⁹	-0.02 ³	+0.00 ⁹
	20	0.10 ²	-0.02 ⁴	+0.00 ⁵
	30	0.11 ⁶	-0.01 ²	+0.01 ¹
	底層	0.11 ⁵	-0.02 ¹	+0.01 ⁷
5月15日	0.5m層	0.07 ⁹	-0.01 ⁹	-0.02 ⁴
	10	0.08 ³	-0.01 ⁸	-0.01 ⁸
	20	0.14 ³	+0.01 ⁵	+0.02 ⁴
	30	0.17 ⁶	+0.04 ⁰	+0.04 ⁷
	底層	0.18 ⁰	+0.02 ⁸	+0.04 ⁹
6月17日	0.5m層	0.04 ⁶	-0.04 ⁷	-0.00 ¹
	10	0.06 ⁵	-0.03 ⁵	+0.00 ⁹
	20	0.17 ³	+0.02 ⁸	+0.09 ²
	30	0.23 ⁰	+0.06 ⁶	+0.13 ⁰
	底層	0.23 ⁷	+0.07 ⁰	+0.12 ⁸

NH₄-Nはおおよそnot detectedないしは0.01mg/l以下であった。NO₂-Nはおおよそ0.001mg/l以下~0.007mg/lの範囲であった。DIN成分の95%以上はNO₃-Nであった。

リン成分 4月15日から25日にかけてPO₄-P濃度は0.001~0.006mg/l T-Pは0.003~0.011mg/lの変動範囲であった。後者は岸寄りに比較的高く湖心へと低い傾向があった。

4月30日ではPO₄-Pは0.001以下、T-Pは岸から湖心へ0.004mg/lから0.013mg/l分布していた。5月4日になると、T-Pだけが突出したピーク(0.014~0.066mg/l)を示した。以後元の濃度に戻り、PO₄-Pは幾分上がった傾向(~0.007mg/l)を継続した。

図8でSt.1'におけるリン濃度の変動を示した。

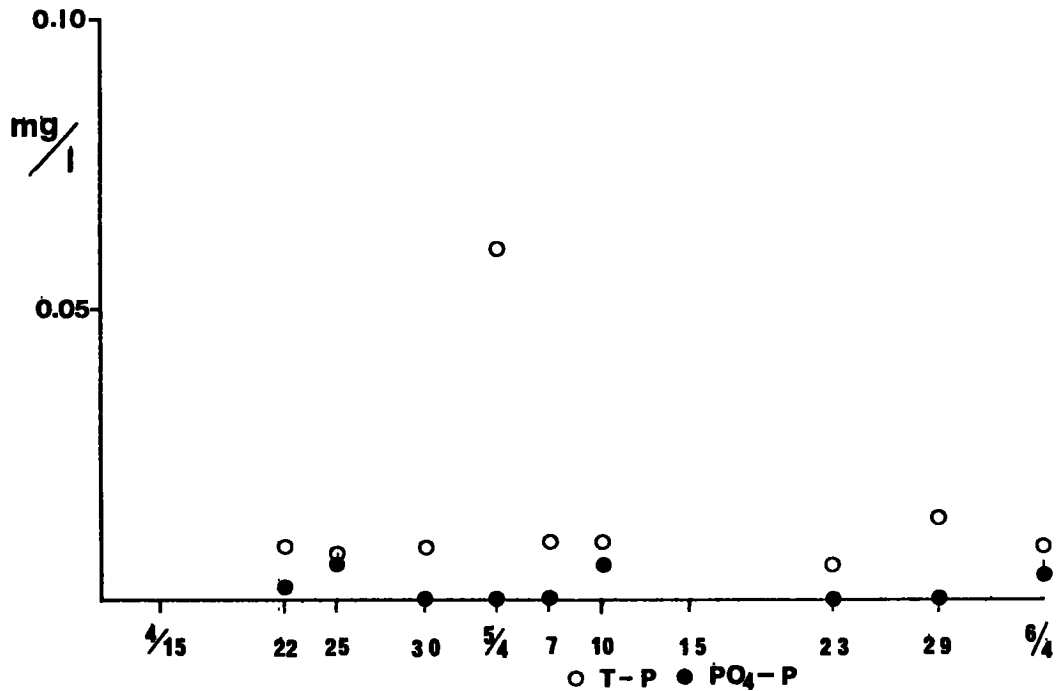


図8 地点1'におけるリン濃度の変動(2m層)

SiO₂-Si 図9にSt.1'、St.2およびSt.3におけるSiO₂-Siの変動を示した。

これらの変動パターンは5月4日の突出したピーク(1.18~1.70 mg/l)を形成し、それ以外の観測日では0.90~1 mg/l強のペースで変動していた。このパターンは前述のT-Pの変動と酷似したものと言える。あんにpH、クロロフィルa量とも似ているが幅ないしタイムラグがある。又、後者間でも幾分のタイムラグが見出だされる。

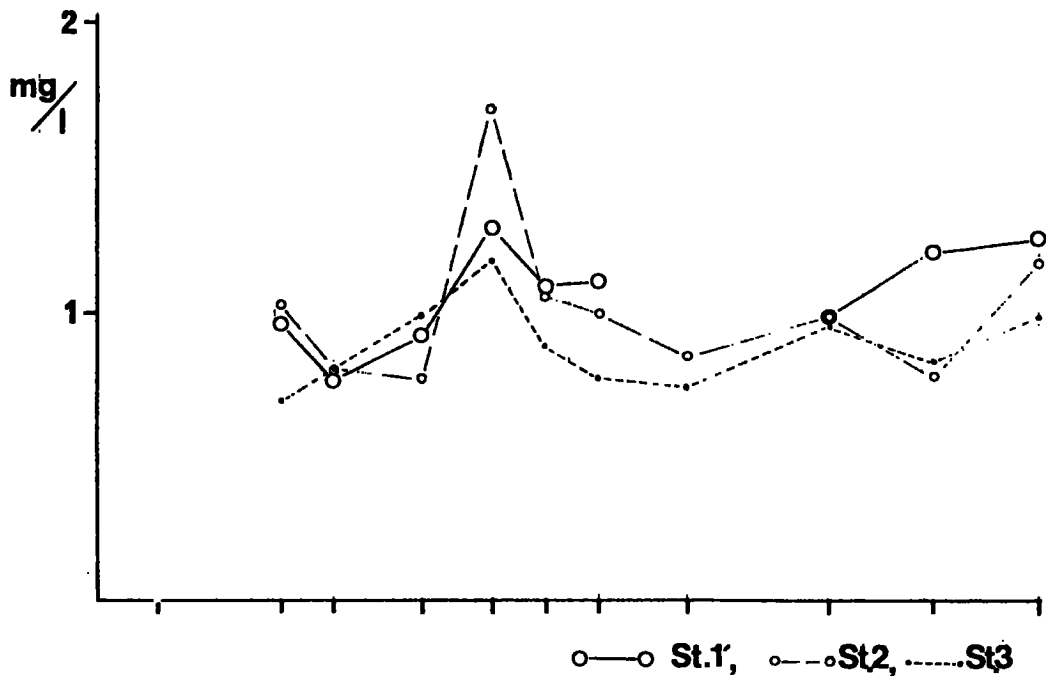


図9 地点1'、2および3におけるSiO₂-Siの変動(2m層)

全鉄・溶存鉄 表6に各地点の2m層における全鉄・溶存鉄の変動結果を示した。各地点の溶存鉄濃度は4月25日のND以外は2~10 $\mu\text{g}/\text{l}$ 以下であったと言える。しかし、中には4月22日のSt.3、St.4、30日のSt.4のように溶存鉄が全鉄の50%以上を占めていた。これについては毎年の同分析結果からも、岸寄りで粒子状鉄および全濃度が高く、湖心部では全鉄に占める溶存鉄の濃度比率が高い傾向があることが示唆される。今年全鉄濃度は4月15日、5月4日および10日ではほぼ全地点で比較的高かったと言える。又、流入負荷ないし波浪の影響を受けやすいSt.1での全鉄濃度の変動が大きかった。

表6. 各地点の2m層における全鉄・溶存鉄の変動(2m層)
単位: Fe($\mu\text{g}/\text{l}$)

調査月日	地点		1-2		1'-2		2-2		2'-2		3-2		4-2		5-2	
	全	溶存	全	溶存	全	溶存	全	溶存	全	溶存	全	溶存	全	溶存	全	溶存
1 4 15	105	8			60	6			44	8	34	7	37	7		
2 22	63	5	62	12	—	8	50	7	21	12	18	(26)				
3 25	142	3	47	ND	20	ND	18	ND	26	3	ND	ND				
4 30	72	4	48	6	34	5	32	5	43	4	24	14				
5 5 4	103	4	66	4	84	6	92	7	22	5	18	4				
6 7	45	7	23	3	17	5	18	6	20	5						
7 10	89	8	80	7	68	8	49	7	34	9	26	9				
8 15	177	7			28	5			16	5	28	6				
9 23	22	7	18	4	34	6	17	3	20	6	24	5				
10 29	76	4	64	5	16	3	27	3	15	5	12	2				
11 6 4	35	4	42	5	20	4	18	4	15	4	13	3				
溶存鉄の濃度範囲			3~8	ND~12	ND~8	ND~7	3~12	ND~14								

論 議

今年のウログレナが早い時期から出現していた要因は不明である。昨年の夏から今年の2月にかけての琵琶湖異常濁水（水位低下）が遠因なのか判断することは困難である。ただ、昭和54年においても早期から出現しかつその前年は異常濁水だったことを考えあわせると何等かの関係があるとも言える。赤潮形成も例年は5月10日前後に発生するが今年は54年と同じく早い。これは、ウログレナの増殖と集積の関係から、早期に増殖を開始していたため天候条件等によって集積が早く発生したものと考える。このため例年見てきた水温（2 m層）15℃ラインをクリアせずとも琵琶湖北湖で赤潮が集中した時期に発生したと考える。ただその後の水温上昇が極端に緩やかで、しかも6月中旬においての水温も20℃以上には達していなかったことが、赤潮発生ないしは本調査地点での最大増殖（集積）以降ウログレナ群体が長期に渡って観察された原因と考える。

さらにこういった一連のウログレナおよび他の主要プランクトンの増殖状態が、pH、クロロフィル等の変動結果として表現されたと解釈できる。ここで必要なことは、4月15日以前に栄養塩類等の流入ないしは湖内循環、あるいは水温分布ないしは変動に例年と違った特徴があったのか、又はウログレナの生物群間の遷移のなかでの生物的反応か見極める方向を検討することと思われる。

要 約

(1) 琵琶湖において発生する赤潮生物 Uroglena sp. の増殖と環境条件との関係を明らかにするため、琵琶湖北湖に定点を設け、4月15日から6月17日にかけて計12回調査を実施した。合わせてこの期間の風速風向・水温の連続観測と気温・降水量記録および過去に実施した観測結果をもとに今年の赤潮発生状況の特色について検討を加えた。

(2) 調査期間中の湖水温はおおよそ平年より1℃弱低かったが後半ではその差は10 m以浅で小さくなる傾向が見られた。又、最低水温年であった昨年と比較すると1～3℃高く、高水温年の一昨年とでは約1℃強低かった。

湖水温が上昇したのは4月25日から5月4日にかけてと5月29日以降であり、その間はほぼ15℃線を推移した。今年の2 m層水温が15℃ラインに最接近したのは5月4日付近であった。

(3) ウログレナは調査開始時に1群体/ml以下確認され、これは昭和54年に次いで早い出現であった。この両年とも前年に異常濁水に見舞われその影響による可能性が示唆されたがその因果は定かでない。ウログレナは4月30日までは緩やかな増殖状態を示し、それ以降5月10日にかけて、調査地点によっては100群体/mlを越す分布状態を示した。5月15日以後減少し6月17日まで1群体/mlのレベルで継続して出現した。例年はクリアーな「水変り現象」ととも

に消滅するに反して、長期に渡って出現し続けた原因として湖水温のよこばいと5月以降6月にかけての天候の不順によるものと示唆された。

(4) 昭和54年から今年までの調査結果をもとに、ウログレナとその分布する水温との関係を全層について調べた。年度毎に分布温度範囲に差異が見られるがおおよそ10℃から20℃の範囲以内であり、赤潮ないしは最大分布群密度になる温度は15℃前後であった。

(5) 調査期間中優占種であるウログレナ以外の主要なプランクトンの増殖については、Closterium aciculareがウログレナの減少とともに5月15日以降増加したことがわかった。又、ウログレナと近い種である黄色鞭毛藻類Dinobryon cylindricumは、ウログレナが湖水温上昇とともに増殖と集積をはじめた時点を境に観察されなくなった。

3月から6月までの月別層別プランクトン沈澱量は6月の表層を除く全月、全層で平年値を下回り、これは第一には湖水温が低めに推移したことによりネットプランクトンの発生が抑えられたものと考えられる。

(6) pH、クロロフィル量および栄養塩類の $\text{SiO}_2\text{-Si}$ 、 T-P はいずれも5月4日ないしは7日付近でピークを形成する一山突出型の変動結果を示した。これらを今年のウログレナの増殖状況の特徴と照らし合わせると、その変動結果がウログレナ生物の挙動と一致することがうかがえた。

(7) 窒素成分については、今年の特徴として4月15日の調査開始時には既に Org-N 濃度が DIN より上回っていた。次回4月22日調査では Org-N 、 T-N のピークがあり以後漸減した。このため今年の DIN 濃度は $0.07\sim 0.21\text{ mg/l}$ のやや低いレベルで推移した。 $\text{NH}_4\text{-N}$ はほとんど検出されなかった。 $\text{NO}_2\text{-N}$ は $0.001\sim 0.007\text{ mg/l}$ の範囲以内で検出された。 $\text{NO}_3\text{-N}$ は例年のごとく DIN 成分の95%以上を占めていた。

各地点の溶存鉄濃度はおおよそ $2\sim 10\text{ }\mu\text{g/l}$ の範囲以内で検出され、湖心部になるほど全鉄に占める溶存鉄の濃度比率が高まる傾向が今年も見られた。