

琵琶湖におけるウログレナの増殖状況 と赤潮発生条件の検討

滋賀県水産試験場

二宮浩司・森田 尚・里井晋一・前河孝志

目 的

琵琶湖では、昭和52年に黄色鞭毛藻類であるウログレナ (*Uroglena americana*) による赤潮が初めて発生して以来、昭和61年を除き毎年春になると赤潮が発生している。そこで、本調査では、ウログレナの増殖状況を把握するとともに、水質、気象要因等について調査を行い、赤潮発生対策の一助とすることを目的とする。

調査方法

(1) 調査地点

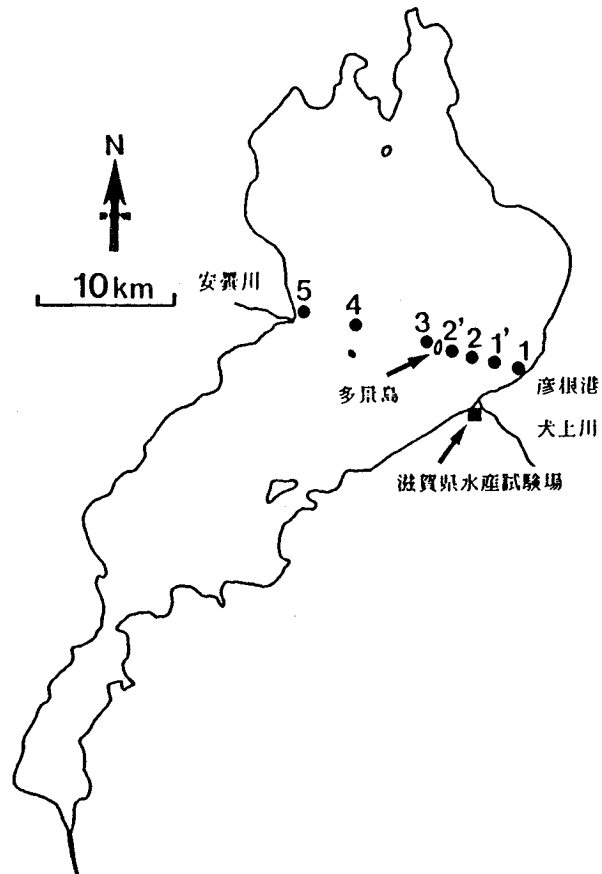
琵琶湖主湖盆（北湖）の彦根港口から多景島を通り安曇川河口舟木崎に至る線上に7つの定点を設け、調査を実施した。（図1）

(2) 調査実施日および回数

平成3年4月15日から6月17日にかけて地点1、1'、2、2'、3については8回、地点4、5については3回調査を実施した。

実施日

4月15日、26日、5月1日、9日
15日、20日、6月3日、17日



(3) 調査項目および方法

1) 水質 pH：硝子電極pHメーター

アンモニア態窒素 (NH₄-N)：インドフェノール法

亜硝酸態窒素 (NO₂-N)：スルファニルアミド・ナフチルエチレンジアミン法

図1. 調査地点

硝酸態窒素 ($\text{NO}_3\text{-N}$): ヒドラジン還元法による還元後、スルファニル
アミド・ナフチルエチレンジアミン法

溶存態無機窒素 (DIN): 「 $\text{NH}_4\text{-N}$ 」+「 $\text{NO}_2\text{-N}$ 」+「 $\text{NO}_3\text{-N}$ 」

リン酸態リン ($\text{PO}_4\text{-P}$): モリブデン青法

クロロフィル a、b、c : アセトン抽出後、吸光光度法

2) プランクトン

ウログレナ群体数: 採水帰場後、試水 1 ml をワク付界線スライドガラスに
入れ、顕微鏡下で計数。

(4) その他気象に関する項目

- 1) 日照時間 滋賀県気象月報 (日本気象協会発行、彦根地方気象台監修) 参照
- 2) 降水量 同上
- 3) 平均風速 同上

調査結果

(1) 赤潮の発生状況とウログレナ群体数の変動

平成3年度の赤潮の発生は、5月24日に今津沖で1回報告されただけで、その際のウログレナ群体数は390群体/mlであった(図2)。昭和52年以来、15年間の中で赤潮が発生しなかった昭和61年を除くと最も赤潮の発生件数が少なかった年になる(表1)。

調査線上の2m層におけるウログレナ群体数の変動を図3に示す。4月26日に地点1'、2、2'の3地点で1ml中に1群体が確認されたが、その後各地点とも5月9日まで1ml中1群体未満であった。5月15日以降は徐々に増加し、5月20日には、地点1'、2、2'の3地点で8~18群体/mlに達し、その4日後に今津沖で赤潮が発生したことになる。その後も群体数は増加したものの6月3日に地点1'、2'の2地点で23~24群体/mlに達したのが最大で

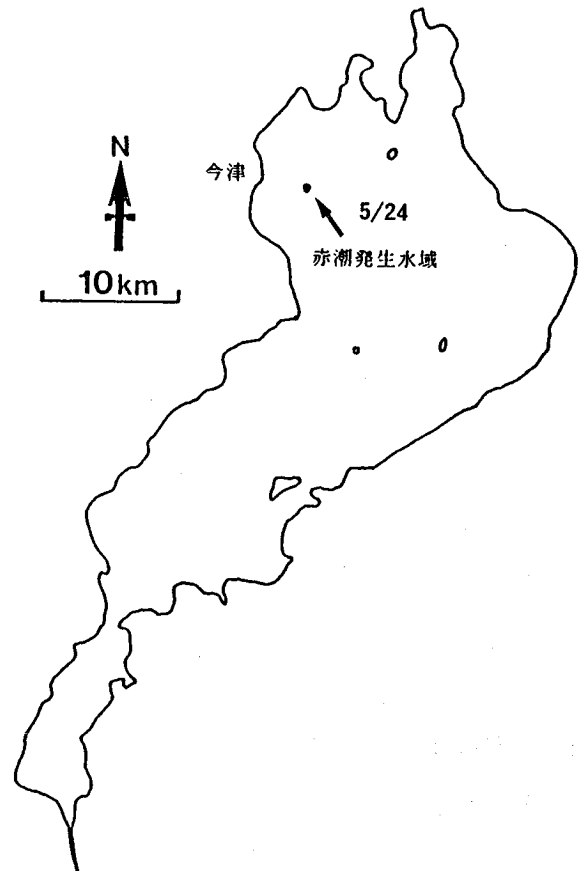


図2. 平成3年度の赤潮発生水域

表1. 琵琶湖の赤潮の発生経過（発生日および発生水域）

昭和52年	4					5					6					発生水域	延べ						
	25	26	27	28	29	30	1	2	3	4	5	6	7	8	9			10	11	12	13	14	15
																						9	19
53																						21	88
54	3	1	3	4	2																	20	34
55																						13	13
56																						15	40
57																						8	10
58																						8	11
59																						5	8
60																						10	21
61																						0	0
62																						7	10
63																						3	5
平成元年																						4	4
2																						10	10
3																						1	1

(滋賀県生活環境部資料参照)

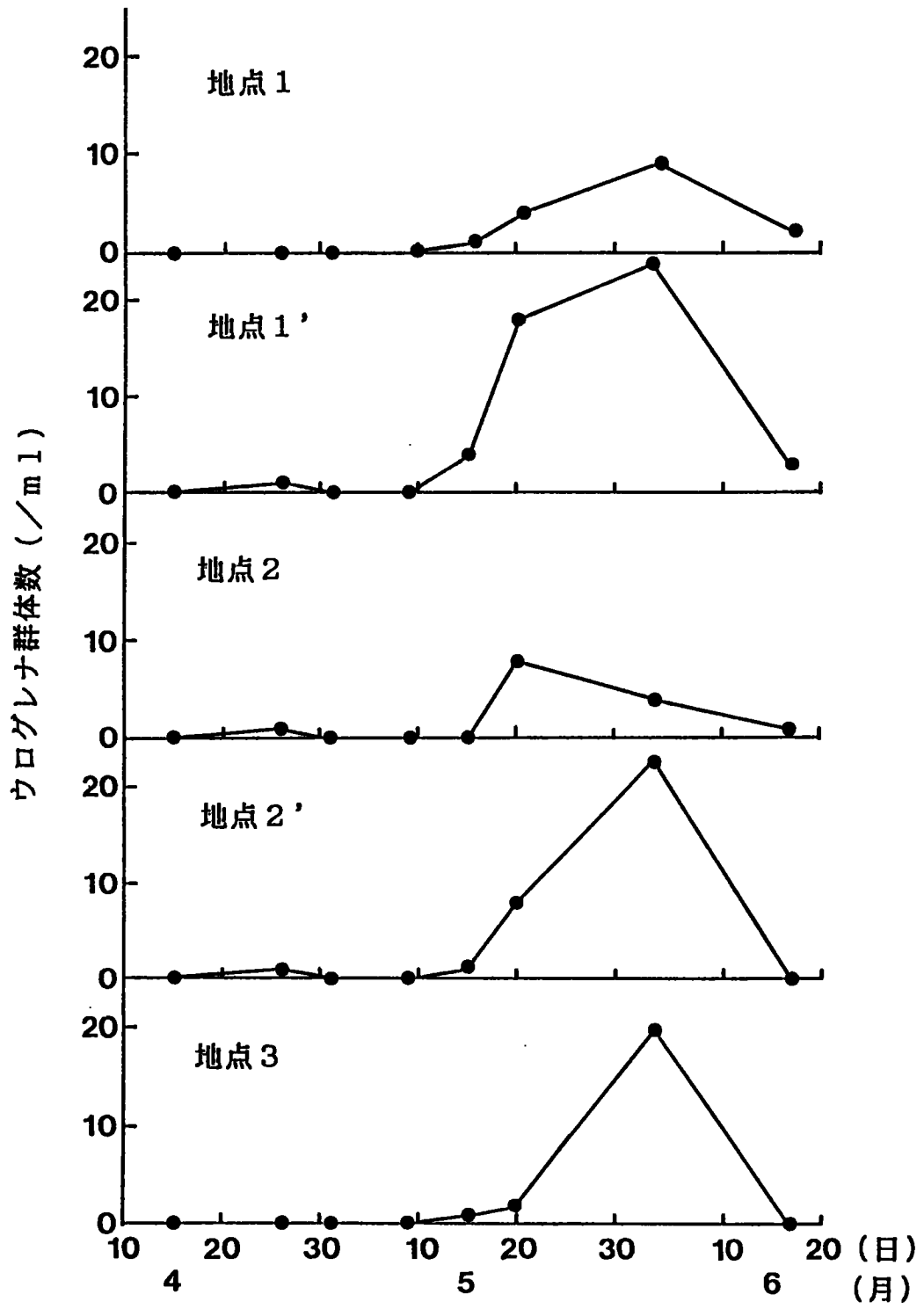


図3. 各調査地点におけるウログレナ群体数の変動

あり、調査線上では赤潮の発生に至るほどの増殖は認められなかった。6月17日には群体数は各地点とも著しく減少し、0～3群体/mlとなった。このように調査線上においてウログレナの増殖は例年と比べて緩慢であり、量的にも少なかった。なお、地点1および2では他の3地点と比べてウログレナ群体数は少なめに推移した。

(2) クロロフィルa濃度の変動

調査線上の2m層におけるクロロフィルa濃度の変動を図4に示す。地点1では4.80～14.08 $\mu\text{g}/\text{l}$ 、地点1'では1.55～9.05 $\mu\text{g}/\text{l}$ 、地点2では2.88～6.76 $\mu\text{g}/\text{l}$ 、地点2'では1.24～7.76 $\mu\text{g}/\text{l}$ 、地点3では1.03～6.92 $\mu\text{g}/\text{l}$ の範囲内でそれぞれ変動したが、各地点とも顕著なピークは認められず、ウログレナ群体数の変動パターンと一致することはなかった。これは、ウログレナの増殖密度が常に低く、ウログレナ以外の植物プランクトン現存量の全体に占める割合が高かったためと考えられる。なお、クロロフィルa濃度は岸から沖に向かうにつれ、減少していく傾向があった。

(3) 湖水温の変動

2m層における各地点の水温の変動を図5に示す。4月中旬から5月上旬にかけて水温の上昇はスローテンポで推移したが、それはこの時期雨がたびたび降るとともに、強い風の吹く日があったことなど天候の不順によるものであった。5月中旬から下旬にかけては急激に水温は上昇しており、この時期に15℃ラインを越えている。ウログレナ群体数の増加や赤潮の発生もこの時期に含まれる。

昭和57年度、昭和60年度および今年度の2m層における平均水温およびウログレナ群体数の変動を図6に示す。昭和57年度は5月中旬に、昭和60年度は4月下旬にそれぞれ赤潮が最初に発生した年である。昭和57年度は、4月下旬に一度水温が低下しているが、その後水温は上昇していき、ウログレナ群体数も5月上旬から増え始め、5月10日に赤潮が発生している。一方、昭和60年度は4月中旬から水温は上昇していき、ウログレナ群体数も4月下旬から増え始め、4月30日には赤潮が発生している。このように4月下旬や5月上旬に赤潮が最初に発生した年と今年度の結果を比較すると、明らかに今年度は水温の上昇が遅れていたことになる。

(4) 栄養塩類の変動

各調査地点の2m層における溶存態無機窒素(DIN)濃度の変動を図7に示す。各地点ともDIN濃度は4月下旬から減少していく傾向にあったが、最も濃度が低下した地点2'の6月17日や地点3の6月3日でさえ0.10 mg/l はあり、赤潮の形成に必要とされる濃度(0.014 mg/l)を大幅に上回っていた。DIN濃度は、岸から沖へと向かうにつれ、低くなっていく傾向にあった。また、DIN濃度の大半は硝酸

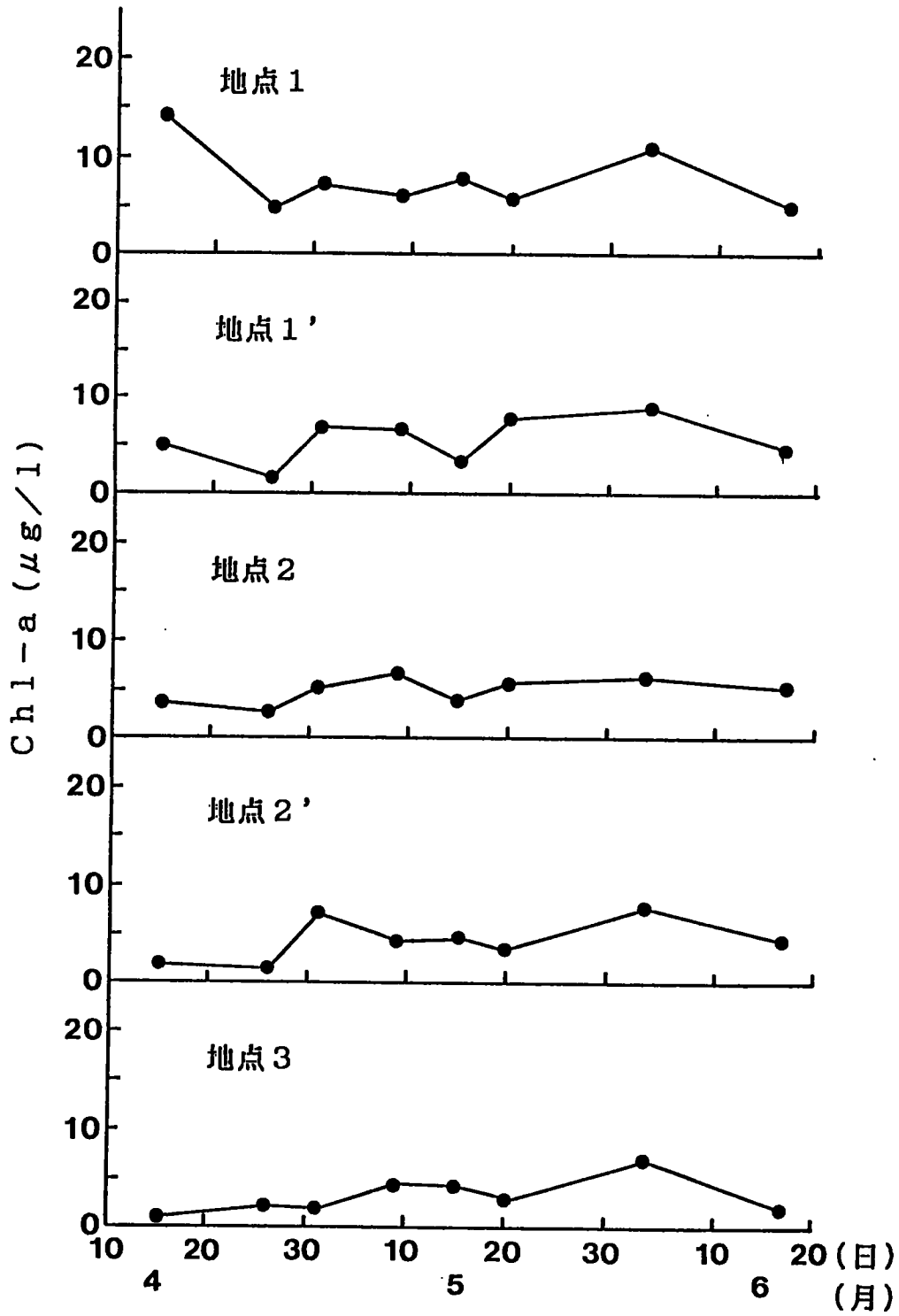


図4. 各調査地点におけるクロロフィル a の変動 (2 m 層)

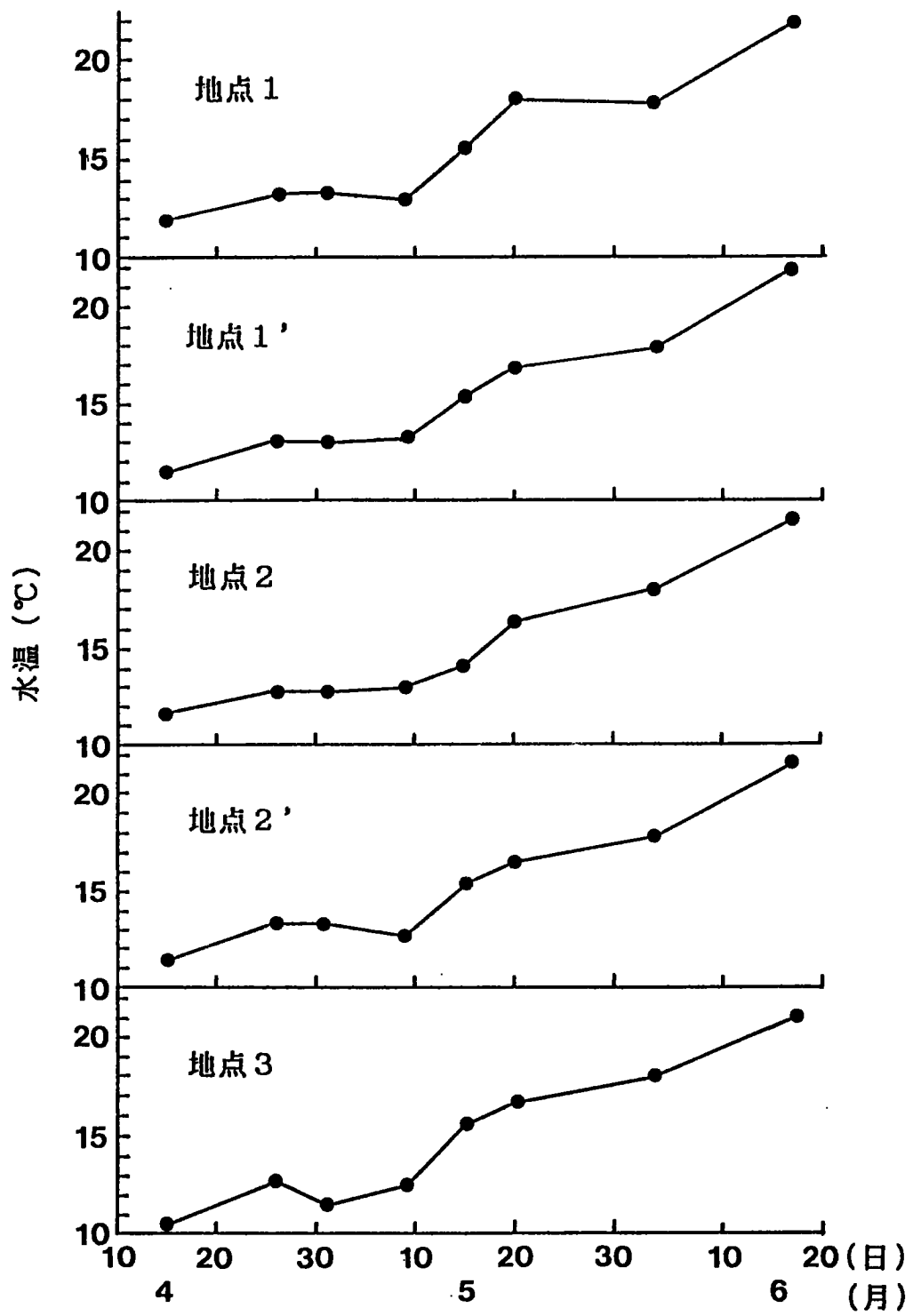


図 5. 各調査地点における水温の変動 (2 m層)

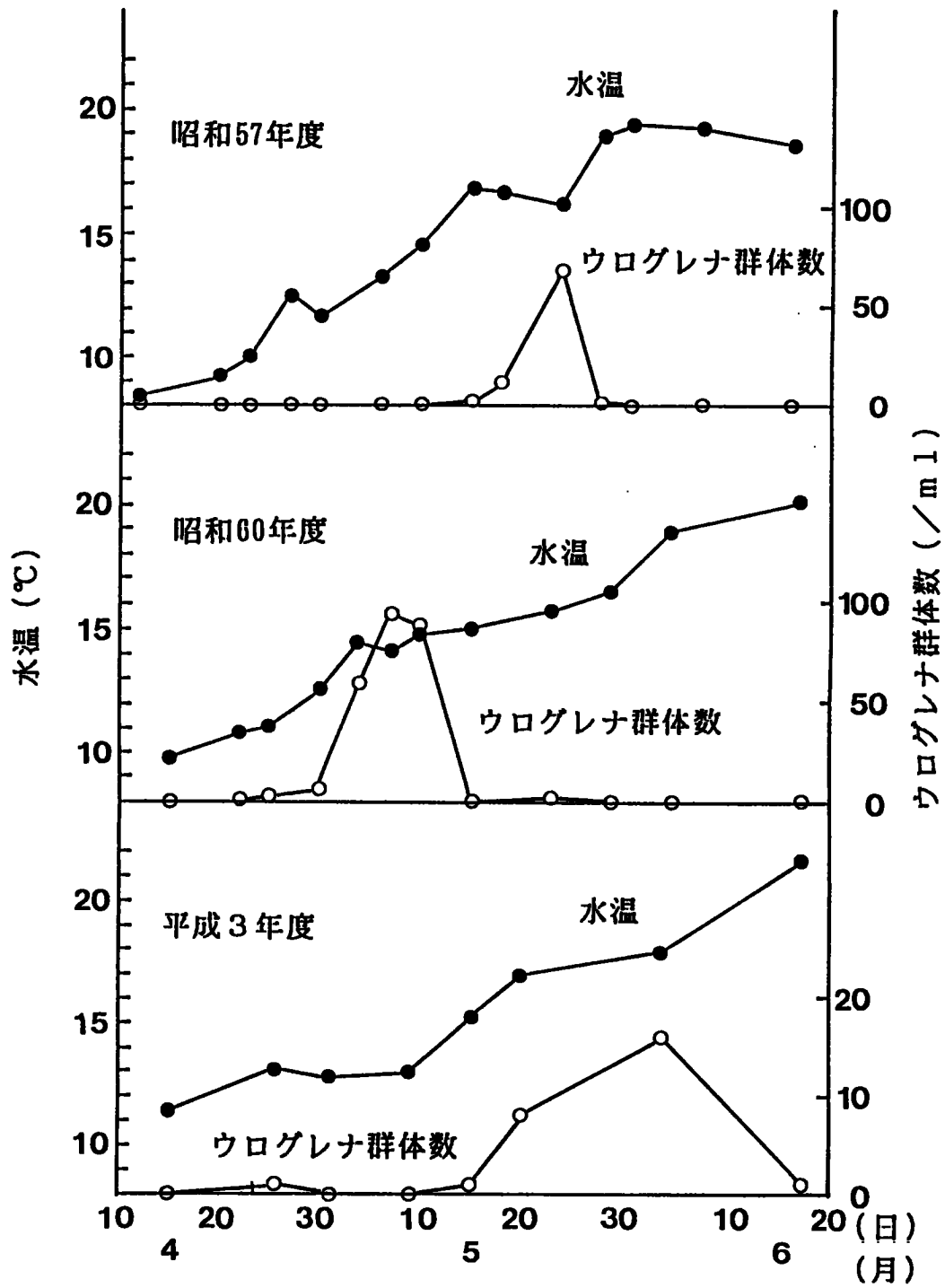


図6. 水温とウログレナ群体数の変動 (2 m層平均)

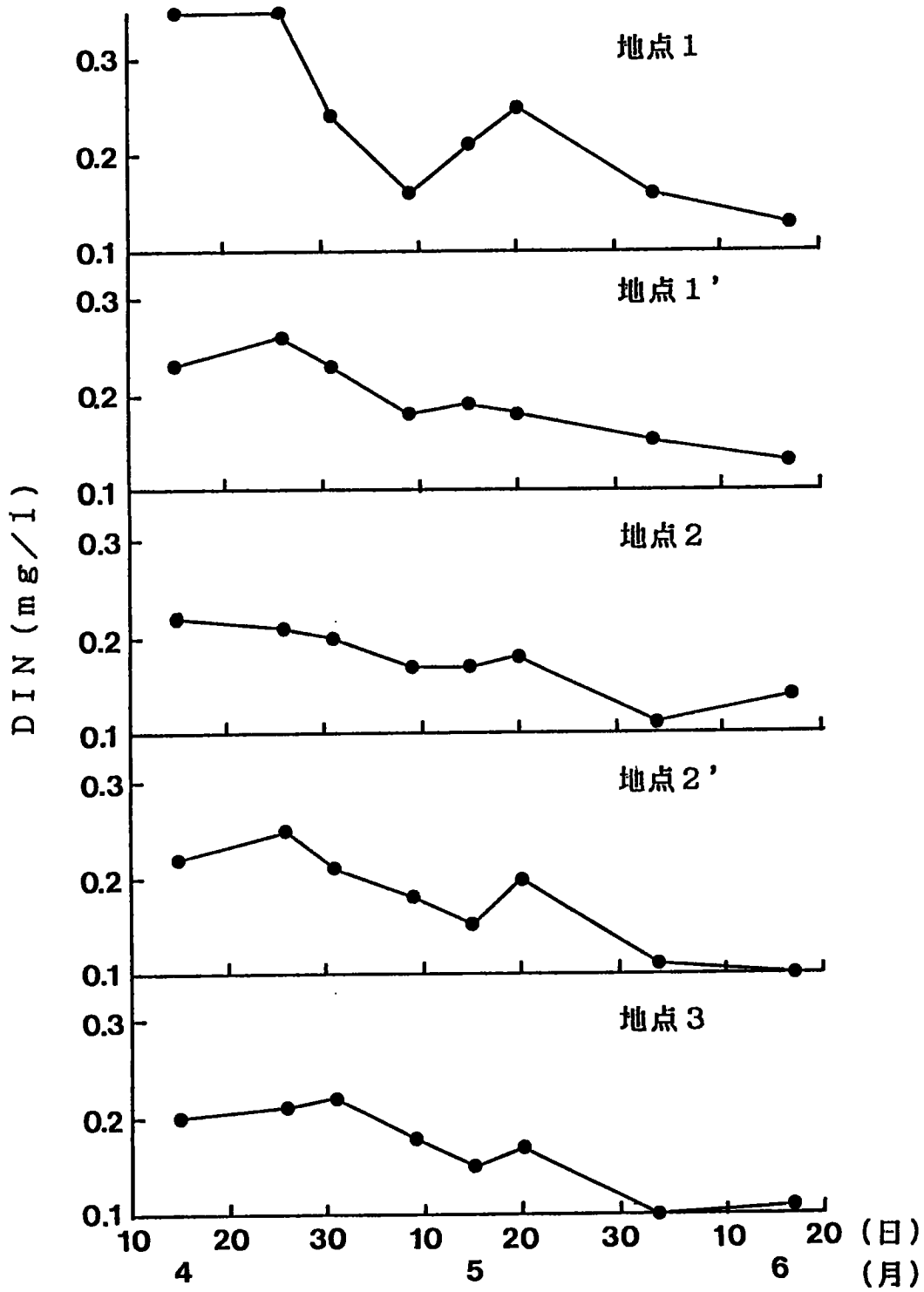


図7. 各調査地点における溶存態無機窒素濃度の変動 (2 m層)

態窒素濃度であった。

リン酸態リン ($\text{PO}_4\text{-P}$) 濃度については、各地点ともに検出限界濃度 (0.001 mg/l) 未満から 0.004 mg/l という極めて低いレベルで変動したが、ウログレナの増え始める時期から減少し、6月3日から6月17日にかけては、各地点とも 0.001 mg/l 未満となった (図8)。赤潮の形成に必要とされるリン濃度と比較した場合、今年度も依然リンが制限因子の一つになっていたことが示唆された。地点1の $\text{PO}_4\text{-P}$ 濃度は、他の地点と比べて高めであった。

(5) pHの変動

pHについては、各地点とも大きな変動は見られず、7.40~8.56の間を推移した (図9)。今年度は、ウログレナ群体数は6月3日にピークを示したが、その際の群体数でさえ、23~24群体/ ml 程度であり、pHの顕著な上昇は認められなかった。

(6) 気象条件

気象要因として4月中旬から6月中旬にいたる日照時間、降水量および平均風速の変動を図10に示す。4月18日には突風を伴うにわか雨が降った (降水量 15.5 mm 、平均風速 3.9 m/s)。翌19日から20日にかけても比較的強い風が吹き (平均風速 $3.2\sim 3.8 \text{ m/s}$)、21日から22日は晴天となった。23日から25日にかけては合計 12.5 mm の降雨があり、日照時間も5時間以内であった。その後は晴天が続いたが、29日には強い風を伴うまとまった雨が降り (降水量 48.0 mm)、翌日も強い風は続いた。5月の初めは強い寒気の影響で低温の日が続いた。2日から3日にかけて強い風が吹くとともに合計 9.0 mm の降雨があった。8日から9日には合計 16.0 mm の雨が降り、日照時間も短かった。10日から11日にかけては晴天となった。12日には 20.0 mm の雨が降り、13日から14日にかけては穏やかな晴天となり、日照時間も10時間前後あった。15日には少量の雨が降り、その後20日まで晴れたり曇ったりする日が続いた。21日には少量の雨が降り、22日から26日にかけては雲の多い日が続いた。31日には 31.5 mm のまとまった雨が降った。6月に入ると、1日には晴れたが、2日3日には合計 99.5 mm のまとまった雨が降った。その後天気は回復し、8日まで穏やかな晴天が続いた。

以上のように、4月中旬から下旬にかけては、強い風を伴ったにわか雨が幾度か降るとともに、5月上旬には強い寒気の影響で低温の日が続いたことから、この期間内での水温の上昇は低く抑えられた。しかし、5月中旬は比較的天候は安定していたので、水温は急激に上昇した。5月末から6月初めにかけては、まとまった雨が降ったことから水温上昇の伸びは鈍化した。6月初旬から中旬にかけては、比較的穏やかな日が続いたので再び水温の上昇は大きくなった。

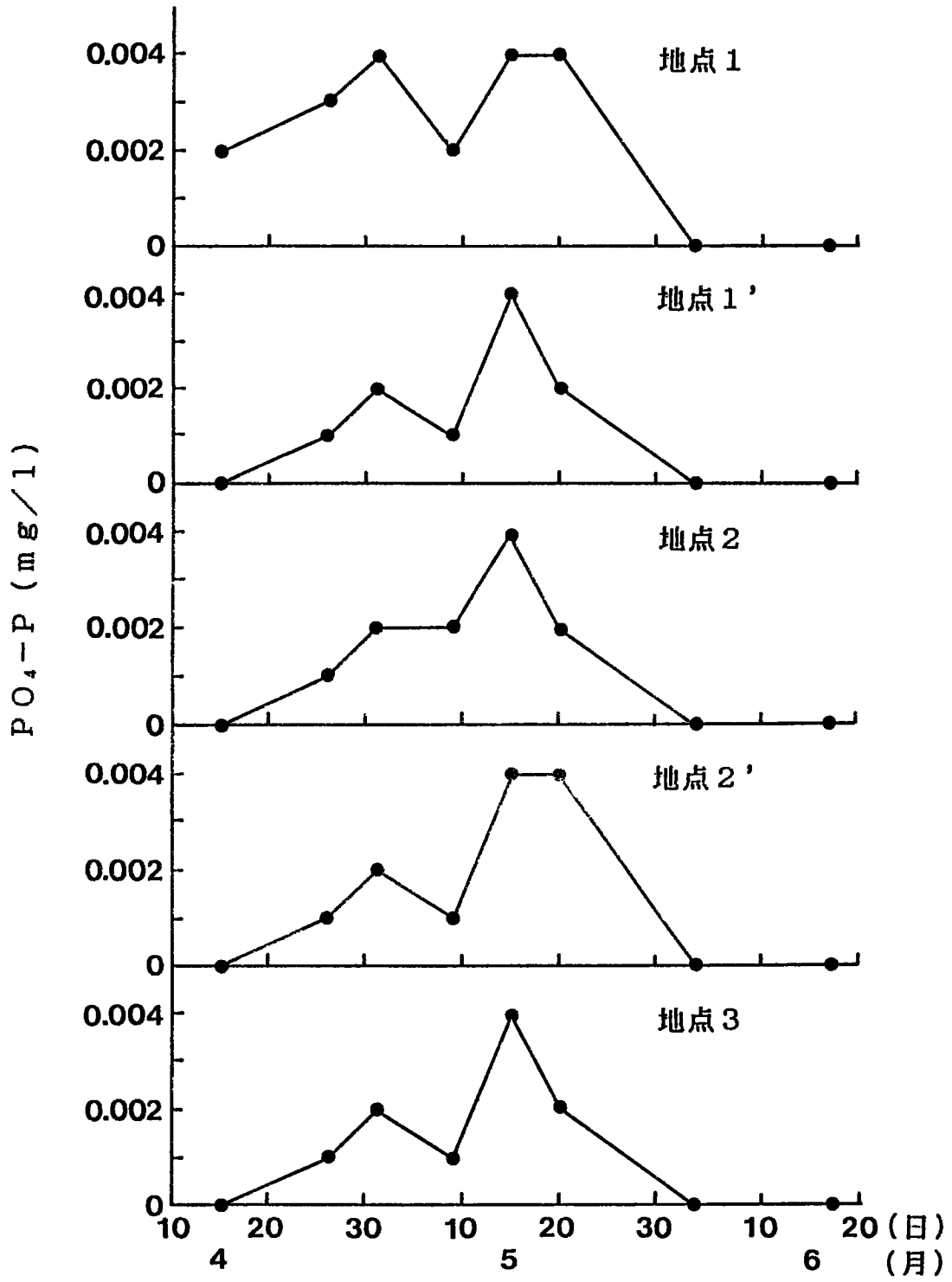


図 8. 各調査地点におけるリン酸態リン濃度の変動 (2 m層)

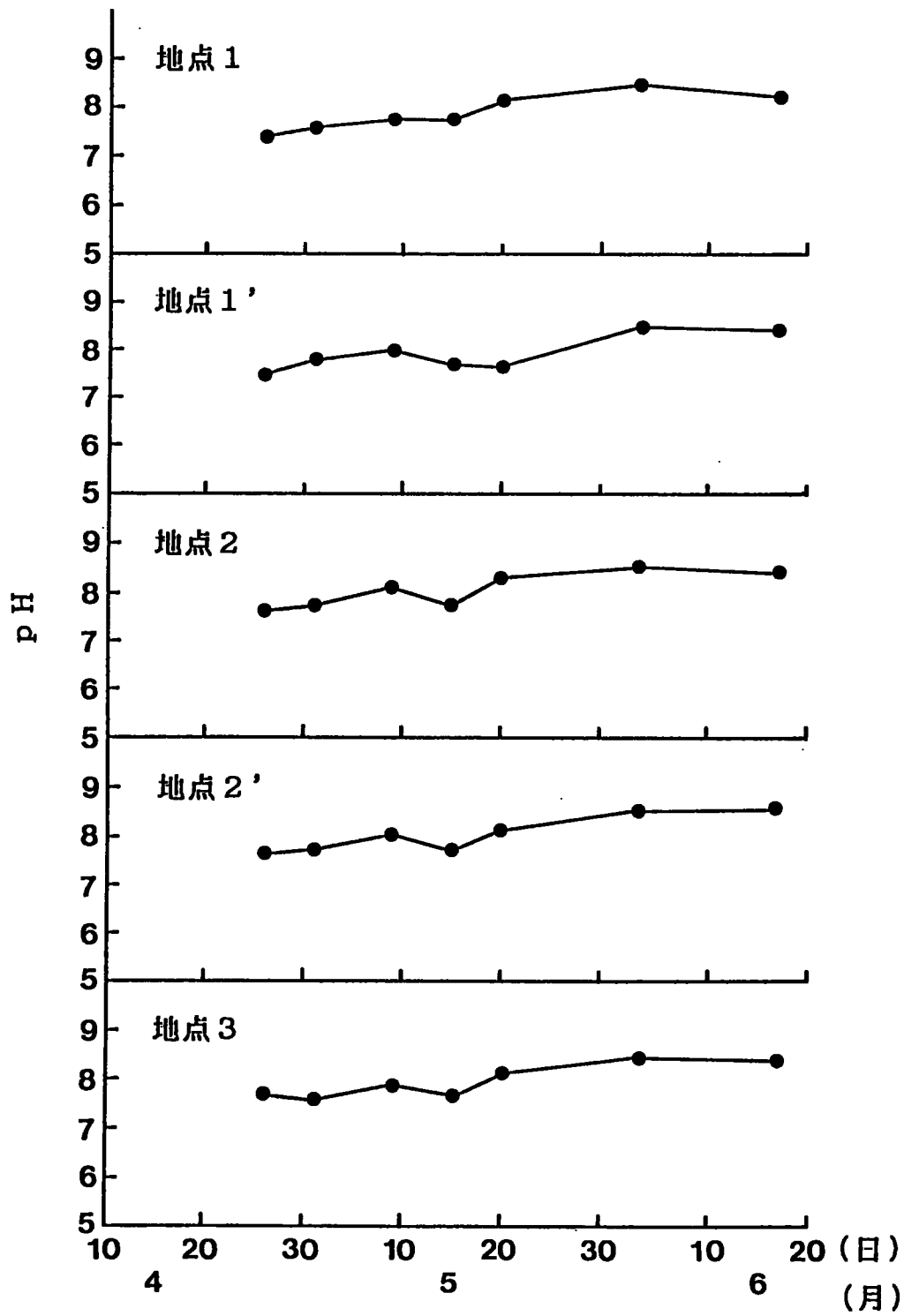


図9. 各調査地点におけるpHの変動(2m層)

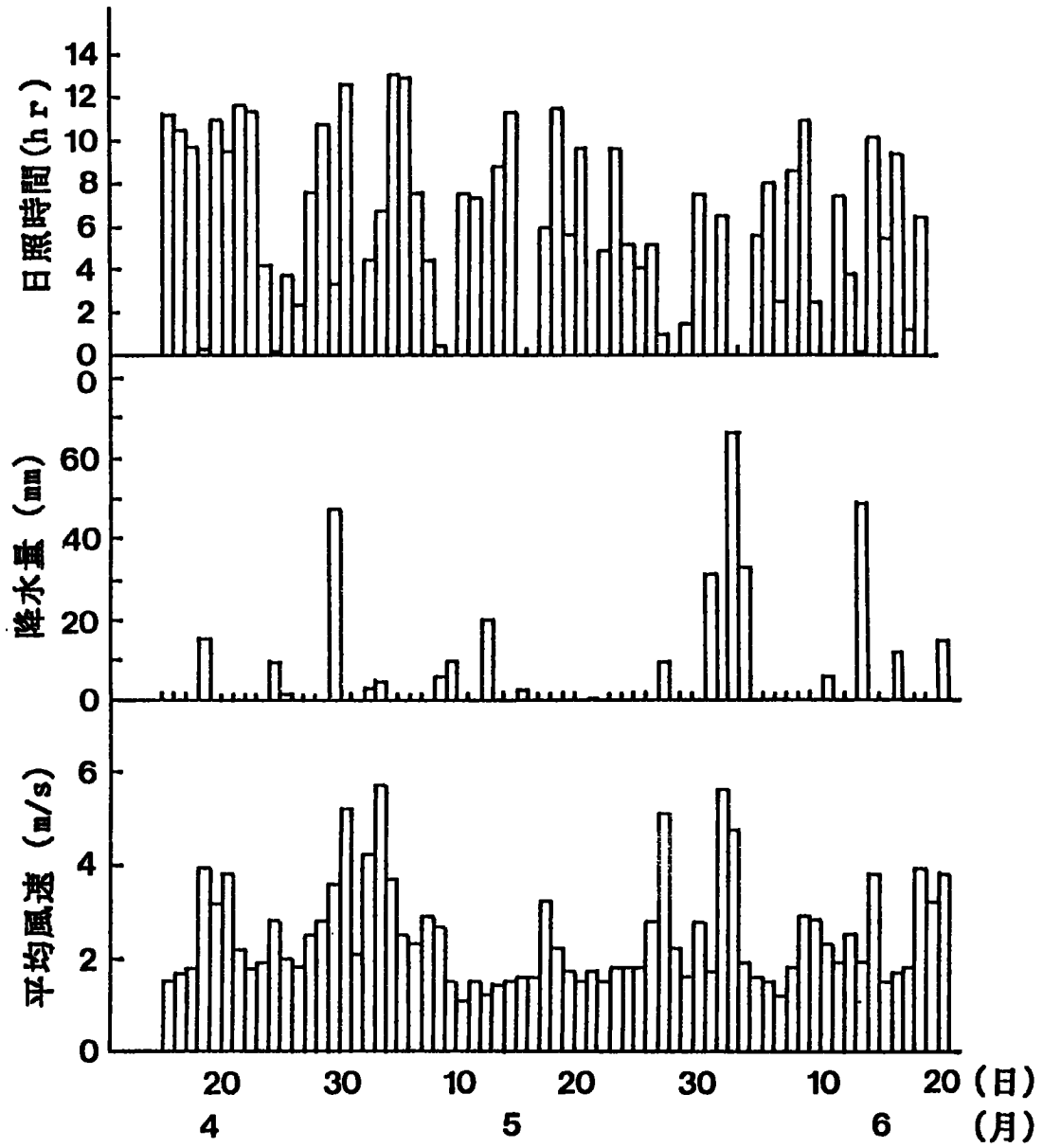


図 10. 気象要因 (日照時間、降水量、平均風速) の変動

(彦根地方気象台)

考 察

今年度のウログレナによる赤潮は5月24日に今津沖で1回報告されただけで、赤潮が発生しなかった昭和61年を除くと、昭和52年以来最も赤潮の発生件数が少なかった年であった。調査線上においてもウログレナ群体数の増加は例年に比べて遅れるとともに、量的にも少なく、24群体/mlに達したのが最大であった。赤潮はウログレナ自身があるレベルまで増殖し、それが集積作用によってある一定水域に集まることにより形成されるものとする、今年度は、ウログレナの増殖が出遅れ、群体数の低迷から赤潮が小規模で短期間しか形成されなかったものと考えられる。ウログレナの増殖を遅らせた要因の一つとしては、4月中旬から5月上旬にかけて例年と比べて天候が不安定だったことがあげられ、日射強度・量の不足、水温上昇度の抑制等によりウログレナの増殖は遅れたものと考えられる。

栄養塩類については、溶存態無機窒素はウログレナの増殖に対し十分な量が存在していた。一方、リン酸態リンは微量しか検出されず、リンは制限因子となっていることが示唆された。しかし、こういった傾向は例年と同様であり、今年度の赤潮が小規模に終わったことに対する関連については不明である。

ウログレナの増殖には栄養塩類の他にB群ビタミン、溶存鉄、細菌数等が重要な影響を与えるという報告があり、これらの要因についても検討する必要があると考えられる。

要 約

- (1) 琵琶湖における赤潮原因種であるウログレナの増殖状況と水質、気象等の環境要因を把握し、赤潮発生対策の一助にするため、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8回の観測調査を実施した。
- (2) 赤潮は今津沖で1回報告されただけで、赤潮が発生しなかった昭和61年を除くと、昭和52年以来赤潮の発生件数が最も少なかった年であった。
- (3) 調査線上において、ウログレナ群体数の増加は例年と比べて遅れるとともに、量的にも少なかった(6月3日、st.1'における24群体/mlが最高)。
- (4) 4月中旬から5月上旬にかけての不安定な天候が水温の上昇を遅らせるとともに、ウログレナの増殖を遅らせ、結果的に今年度の赤潮を小規模なものにしたものと考えられた。5月中旬から下旬にかけては、水温は急激に上昇しており、この時期に15℃ラインを越えるとともに、ウログレナ群体数の増加や赤潮の発生が起こった。
- (5) 栄養塩類については、例年同様リンが制限因子になっていることが示唆された。