

# 昭和56年度赤潮予察調査事業

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—昭和56年度—

滋賀県水産試験場

太田豊三・永松正昭・村長義雄・前河孝志

## 1. 目的

びわ湖のウログレナ淡水赤潮について、主として水質環境面から調査することにより、ウログレナが異常に発生する機構を明らかにする。

## 2. 方法

### (1) 調査地点(図1)

びわ湖主湖盆(北湖)の彦根港口と舟木崎を結ぶ横断線上で次の7地点。

st. I	彦根港口から約400 m	(水深 7.0 ~ 8.0 m)
st. I'	IとIIの間点	(水深 9.5 ~ 9.8 m)
st. II	彦根港口から約3,200 m	(水深 21.0 ~ 24.8 m)
st. II'	IIとIIIの間点	(水深 29.0 ~ 33.0 m)
st. III	彦根港口から約6,200 m	(水深 47.3 ~ 48.0 m)
st. IV	舟木崎から約4,400 m	(水深 77.0 ~ 79.0 m)
st. V	舟木崎から約150 m	(水深 7.0 ~ 10.0 m)

### (2) 調査回数および月日

昭和56年4月16日から7月15日にかけて、合計16回の調査を実施した。

第1回	4月16日	第9回	5月22日
第2回	4月22日	第10回	5月26日
第3回	4月27日	第11回	6月3日
第4回	5月1日	第12回	6月5日
第5回	5月6日	第13回	6月11日
第6回	5月8日	第14回	6月15日
第7回	5月13日	第15回	6月25日
第8回	5月15日	第16回	7月15日

### (3) 調査項目および方法

- 1) 気象・水象(天候、雲量、気温、風向、風速、水温、透明度、水深、水色)
- 2) 水質(pH、DO、NH<sub>4</sub>-N、NO<sub>2</sub>-N、NO<sub>3</sub>-N、DIN、Org-N、T-N、PO<sub>4</sub>-P、T-P、SiO<sub>2</sub>、COD、粒子状鉄)

3) プランクトン(ウログレナ群体数、優占種)

### 3. 結果および考察

調査結果のうち、「気象および水象、水温」については、附表1に、「各地点の0<sup>m</sup>、2<sup>m</sup>層の水質分析結果」については、附表2に、「st.Ⅳにおける0<sup>m</sup>、2<sup>m</sup>、30<sup>m</sup>、底層の水質分析結果」については、附表3に示した。

#### (i) 昭和56年度のウログレナの消長と赤潮発生状況

図2-1にびわ湖全域におけるウログレナ群体数の水平分布を示した。

表1に、調査地点のウログレナ群体数と赤潮発生状況を示した。

4月16日、22日では、ウログレナの存在は確認できなかった。この時の2<sup>m</sup>層の各地点の平均水温9.2℃(水温範囲8.5~10℃)〈以下同じ〉。4月27日調査時で、全地点で、湖水1<sup>ml</sup>中では1群体以下であるが、同10<sup>ml</sup>中で観察すると1~3群体が確認できた(10.1~12.1℃)。5月1日に入っても前回と同じく1群体/<sup>ml</sup>以下(120<sup>ml</sup>中で2~12群体)で、平均水温も横ばいであった(11.2℃(10.5~11.9℃))。5月6日になると、水温が12.2℃(11.5~13.5℃)と上昇し、ウログレナ密度も、水温が比較的高く分布する東岸寄りに濃く、表層で最高30群体/<sup>ml</sup>に達していた。5月8日では、再び、水温が前回と変わらず(12.3℃)群体密度も増加していなかった。この後の5月11日に、びわ湖全域で今年初めてのウログレナ赤潮あるいはその兆候状態が発生していた(図2-2、表3参照)。この状態もその後の降雨の影響で消失したが、一方5月13日の全調査地点では、ウログレナ群体密度が1群体/<sup>ml</sup>を越え、10のオーダーに達していたが、これらが集積して赤潮状態を呈するまでには至ってなかった。5月15日調査では、10~50群体/<sup>ml</sup>に達しており、st.Ⅱ、Ⅱ'で赤潮が確認できた(14.0℃(12.5~15.1℃))。この時点で、本調査地点では、赤潮が形成されるための前提条件として必要な増殖量である50群体/<sup>ml</sup>(京大調査団報告)に達しており、この日以降、6月5日にかけて、天候条件が成立さえすれば、いつでも赤潮状態が発現するウログレナ群体密度を維持していた。表1中で、赤潮又は兆候状態を呈している地点のウログレナ群体数が少いのは、赤潮パッチ水面とそうでない部分とがきわだっており、採水ポイントによって著しくウログレナ群体の計数値が異ってくるためである。6月5日のst.Ⅰ、Ⅰ'の带状赤潮パッチ形成を最後に、6月11日調査時で、st.Ⅴを除く地点で群体数が0になっていた。この時の水温は19.2℃(18.3~20.0℃)であった。6月15日では全地点で0群体/<sup>ml</sup>、6月25日で1~6群体/<sup>ml</sup>をみたくざりであった。

以上のウログレナ増殖過程をまとめてみると、①ウログレナの初期増殖期(4月27日~5月1日)-1群体/<sup>ml</sup>以下。②急激な増殖期(5月6日~13日)-1~50群体/<sup>ml</sup>。③赤潮形成

可能期（5月15日～6月5日）-50 群体/ml以上。㉖ ウログレナ消滅期の4 期に特徴的に区分ができ、㉑期は天候条件が連続して満されるならば、すなわち水温の上昇度合によってウログレナ増殖速度が大きく左右されやすく、㉒期は天候条件（降雨、日照時間、風等）によって赤潮形成の有無が決定する期間であった。たいへんラフな計算であるが、表1 中右端の欄に1 日当りの水温上昇を示したが、㉑㉒㉓の各時期に移行するためには、最低 0.2 ℃/日以上、0.35～0.40 ℃/日が必要なことがわかったが、降雨等がなく無風の晴天が続けば、㉑から直接㉒に移行する可能性も大きい。

今年のウログレナの群体の形態上の特徴として、小型で球型でコンパクトなタイプであった。昨年見られた大型で不定形のタイプは、本調査地点では見られなかった。

## (2) 水温、pH および透明度

図3 に水温、pH、透明度、DO、およびウログレナ群体数の推移をそれぞれ昨年と比較しながら示した。

今年度の水温は、4 月中旬から5 月下旬まではほぼ平年並で経過したが、6 月に入ってやや低目に落ち込んだ後、再び平年並に回復していった。昨年は平年値よりも4 月の時点で- 1.5 ℃ 5 月で- 2.1 ℃ 低く6 月に入ってから+ 3.0 ℃ 高く推移したが、この差異が今年のウログレナ増殖、赤潮形成が昨年よりも約10日程はやく出現した原因と推察される。

pHの動きは、ウログレナの増殖密度とたいへん密接に関係していることが、図3-2 でうかがえた。㉑の初期増殖期では、pH 8.0 以下で経過し、㉒の急激な増殖期で7.7 から8.8 にまで急上昇し、㉓の赤潮形成可能期では、8.5 以上のレベルを維持しながらも、その後期になるにしたがって下降線をたどり、最終的には7.8まで落ち込んだ後、Closterium、Staurastrum 等が増殖するにつれ、再び漸増しはじめ7月15日に入ってからpH 9.5 に達した。昨年のpHの推移も今年ほど明確ではないものの、やはり傾向としてウログレナの増殖とともに上昇し、後下降をみて6 月に入って再び上昇するパターンがゆるやかなカーブで示されていた。（図3-2）。

透明度についても、pHと同じく、ウログレナ増殖の経過とともに明確な変化パターンを示した（図3-3）。図中A点は、㉑初期増殖期が終ろうとする時点で、各地点ともいったん透明度が増える現象を示し、その直後のB点では、㉒急激な増殖期に入ると、急激な透明度の悪化が見られ、その後沖合に位置する地点ほど再び透明度が回復し、㉓赤潮形成可能期ではほぼ一定した透明度を維持しながら、図中C点-㉓期の終了時点で、全地点一斉に透明度が良好になるパターンが読みとれた。この現象が、天候条件やプランクトンの垂直運動等で左右されたものか検討の余地があるが、このパターンは、昨年の観測結果からも認められ（図3-3 下図）このAおよびB点、C点は、春先の硅藻プランクトン→ウログレナ→Closterium といった優

占プランクトン相の移り変わる時点を示すものと思われる。ただ、春先の硅藻等のプランクトン量は極く少くほとんど空白期といってよい状態が例年のことである。観測現場からの印象からは、春先の東岸一帯に濁りが発生し、それが沖合へ広がりながら希薄になった後（あるいはその過程で）、ウログレナが生産層で活発に増殖する可能性がうかがえた。

以上、びわ湖のウログレナ赤潮予察の技法上、天候条件は第一に重要だが、<sup>、</sup>水変り<sup>、</sup>的な湖水の変化の節目に着目するならば、表層 $\sim 10^m$ の水温、pH、透明度、ウログレナ群体数（クロフィル a 量）の連続観測の必要性があげられる。

### (3) 栄養塩類等の変動について

図4-1に各地点2 m層の平均を、図4-2以下に各地点毎の栄養塩類等の変化を示した。

#### ① Nについて

$\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、DINは、本調査月日では5月8日と同月15日の間を境に、すなわち、今年をはじめてウログレナが全湖的に50群体/mlのオーダーになり赤潮を形成した5月11日を境に、その前後で対照的な変動を示した。 $\text{NH}_4\text{-N}$ は、4月16日から5月8日にかけて平均（以下同じ） $0.10 \text{ mg/l}$ で推移し、5月13日以降は、 $0.02 \text{ mg/l}$ のレベルで推移した。 $\text{NO}_3\text{-N}$ も $\text{NH}_4\text{-N}$ とよく似た挙動を示したが、4月16日、22日では $0.20 \text{ mg/l}$ で、ウログレナが出現しはじめた4月27日、5月1日ではいったん $0.15 \text{ mg/l}$ に落ち込みをみせ、再び、5月8日にかけて $0.20 \text{ mg/l}$ 台に回復した後、5月13日に入ると急激な濃度低下を示し（ $0.10 \text{ mg/l}$ ）、その日以降夏期に向け波動的に漸増を示したのが特徴であった。DINでまとめてみると、①初期増殖期ではいったんDIN濃度が低下したものの（ $0.30 \rightarrow 0.23 \text{ mg/l}$ ）ウログレナの群体数の伸びが足踏状態中に再び回復のきざしをみせ（ $0.23 \rightarrow 0.30 \text{ mg/l}$ ）、②急激な増殖期に入ると急激なDIN低下をみた（ $0.30 \rightarrow 0.10 \text{ mg/l}$ ）。この現象は昨年の結果からも認められた。（図4-1の点線）

一方、Org-Nは、ウログレナ群体密度の増加とともに上昇した。DIN低下とOrg-N上昇といった濃度変化の相殺のため、T-Nは、調査期間中、上下に波うちながらも、平均 $0.30 \sim 0.40 \text{ mg/l}$ の変動巾で推移した。（図4-1）

びわ湖プランクトン異常発生調査団で報告された「南湖および北湖において、栄養塩の各成分の現存量とウログレナの現存量との間には顕著な関係は認められなかった」ことに対し、今年の本調査地点では、DINとウログレナの現存量とは明らかに相反する関係があることがわかった。このことは、少なくとも北湖において、今後Nの削減（現象面からとらえると、初春から初夏にかけてのDINの削減）が計れば、ウログレナ増殖に対しダメージを与えることを意味している。

## ②Pについて

$\text{PO}_4\text{-P}$  は、4月16日調査時では、全地点とも不検出であったが、同月22日、27日では、0.011～0.013  $\text{mg}/\ell$  検出され、5月1日で再び0.002  $\text{mg}/\ell$  に落ち込んだ。後、5月6日の0.008  $\text{mg}/\ell$  を頂点に、漸減し、5月26日以降、0.001  $\text{mg}/\ell$  ないしそれ以下で推移した。これは、昨年5月中旬以降の高いレベル(0.01  $\text{mg}/\ell$ )とは対照的であった(図4-1点線)。このことがリンを含む洗剤規制(昨年7月施行)の効果が出てきていると速断できないが、ウログレナ初期増殖を抑制するためにもNと同様 $\text{PO}_4\text{-P}$ の削減が必要なことを意味している。

T-Pは、各地点の平均でみると、昨年とほぼ同様の濃度および変動を示したが、各地点毎にみると、st. I～II'の東岸寄りの地点では、上下に大きく波うって変化しているのが認められ、st. Iで0.02～0.035  $\text{mg}/\ell$ 、st. I'で0.01～0.025  $\text{mg}/\ell$ 、st. II、II'で0.006～0.02  $\text{mg}/\ell$ 、st. IIIで0.005～0.015  $\text{mg}/\ell$ 、st. Nで0.01  $\text{mg}/\ell$ 前後、st. Vで0.01～0.02  $\text{mg}/\ell$ の変動巾の範囲で推移した。

## ③SiO<sub>2</sub>について

今年のSiO<sub>2</sub>の変動は、st. V以外の地点で比較的安定していたのが特徴であった。ただ5月15日に単発のピークが出たが、平均で0.45～0.70  $\text{mg}/\ell$ で推移し、6月15日以降は例年どおりの上昇をみた。今年の冬は、滋賀県北部を中心に記録的な豪雪であり、又びわ湖の奥部に位置する西野隧道からの大規模な濁水流入等があり、2月～3月の時点で北湖水域に、SiO<sub>2</sub>が大量に流入負荷していたことが考えられる。

## ④粒子状鉄について

st. Vでは、昨年よりも全体的に高く検出されたが、その他の地点ではほぼ昨年と同様の結果を得た。ウログレナ増殖との関係では、st. Iとst. Vで5月8日から13日にかけてDINと同様の急激な濃度低下(100～128  $\mu\text{g}/\ell$ →60  $\mu\text{g}/\ell$ )があり、st. I'、II、II'では、5月6日から8日にかけて66～77  $\mu\text{g}/\ell$ から25～42  $\mu\text{g}/\ell$ に半減した。湖心部に位置するst. III、Nでは、10～25  $\mu\text{g}/\ell$ の安定した濃度で終始した。(図4)

## ⑤CODについて

①初期増殖期および②急激な増殖期においては(4月16日から5月15日にかけては)、CODは平均2.0  $\text{mg}/\ell$ 以下で推移したが、③赤潮形成可能期に入ってからからは、2.0  $\text{mg}/\ell$ 以上になり、赤潮発生とCODの上昇(2.5～3.0  $\text{mg}/\ell$ 以上)の関係が認められた。(図4)

#### (4) 各水質項目間の相関について

表2に、各水質項目間で、ウログレナ増殖期①②を含む4月16日から5月13日までと、ウログレナ赤潮形成可能期③および消滅期④であった5月15日から6月25日までの2期に区切って、それぞれの地点毎の相関係数 $r$ を求めてみた。そのうち、特に $\text{SiO}_2$ と $\text{P-Fe}$ の相関を図5に示した。

昨年の結果では、粒子状鉄、ケイ酸およびリンの三者がウログレナ増殖とかがかり合っ、興味ある挙動を示したが、今年の結果は、各地点毎に相関係数の値がばらつく傾向であった。この中で、湖心であるst.Ⅲでは、ウログレナ増殖期で、 $\text{SiO}_2 \Leftrightarrow \text{P-Fe} : 0.94$ といった正の強い相関があり、一方、 $\text{SiO}_2 : \text{P-Fe} \Leftrightarrow \text{PO}_4 - \text{P} : -0.75$ 、 $-0.74$ という負の相関が認められた。 $\text{T-P} \Leftrightarrow \text{P-Fe}$ については、ウログレナ増殖期では沖合から湖心にかけてのst.Ⅱ～st.Ⅲで $0.76 \sim 0.96$ であったが、赤潮形成可能期以降もst.Ⅰ、Ⅰ'を含めてやはり正の相関を示した。st.Ⅴにおいては、これらの各項目間ではいずれの時期も相関がなかった。(3)の栄養塩類等の変動でみたように、溶存性の無機態窒素およびリンは湖岸から湖心にかけて連続的に分布変動する特色があり、一方、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{P-Fe}$ 、 $\text{T-P}$ については、湖心部で比較的安定し、岸寄りで不安定な変動を示す傾向があった。 $\text{NH}_4 - \text{N} \Leftrightarrow \text{NO}_3 - \text{N}$ では、ウログレナ増殖期で各地点とも $0.70 \sim 0.86$ という正の相関が認められたが、赤潮形成可能期では相関がなかった。このことは、両者の間ではびわ湖での負荷形態および栄養塩としての利用され方等に違いがあるように思われた。又、 $\text{DIN} \Leftrightarrow \text{Org-N}$ では、st.Ⅳ～st.Ⅴでウログレナ増殖期で $-0.67 \sim -0.96$ という負の相関が認められ、ウログレナが $\text{DIN}$ を同化したことを意味している。 $\text{NH}_4 - \text{N} \Leftrightarrow \text{P-Fe}$ では、赤潮形成可能期で東岸寄り(st.Ⅰ～st.Ⅱ)で $0.71 \sim 0.82$ という正の相関が認められ、同期、同地点の $\text{T-P} \Leftrightarrow \text{P-Fe}$  ( $0.61 \sim 0.74$ )と考え合わせると、懸濁態物質と $\text{NH}_4 - \text{N}$ が東岸から湖心にかけて赤潮形成可能期以降よく似た挙動を示したことになる。 $\text{SiO}_2 \Leftrightarrow \text{P-Fe}$ は、st.Ⅱとst.Ⅲで昨年と同じ相関を示したが、全地点を含めた $r$ では、両期とも $0.50$ で、明確な関係はつかめなかった(図5)。

#### (5) 春稚アユ漁業とウログレナ赤潮発生との関連について

図6に、ウログレナ赤潮がはじめてびわ湖に発生した1977年から今年までの過去5ケ年の「早期春稚アユ出荷量の推移と赤潮発生日との関係」を示し、表3に赤潮発生経過を示した。今年度は、図6で、↓印で示すように、5月上旬にアユ苗出荷量の大きな落ち込みをみたの

が特徴であったが、過去5ヶ年連続して、2、3月上旬から5月上旬にかけての早期アユ苗出荷量が多く推移する年ほどウログレナ赤潮も早く発生することがうかがえた。すなわち、'77年（昭和52年）と'80年（同55年）が5月下旬に、'78年（53年）と'81年（本年）が5月10日頃に、'79年（54年）は特異的に4月下旬に、それぞれ赤潮発生をみた。図7に、滋賀県がびわ湖7地点に設置している水質自動測定局のひとつである北小松の湖水温（水面下50<sup>cm</sup>）とびわ湖での赤潮発生（図中黒丸で示す）の関係を示した。4月中の湖水温によって赤潮発生の遅速が左右される傾向が読みとれた。又、'79年を除いた年では、15℃以上で赤潮発生をみた。さらに、図7に、前述の春稚アユ出荷量の旬別推移をプロットすると、斜線部の面積の大小で赤潮発生の遅速が旬単位の精度で推定できた。

#### 4. ま と め

- 1) 北湖において、ウログレナの出現およびウログレナ赤潮発生が、それぞれ4月27日、5月11日から始まった。これは、昨年よりも約10日早かった。
- 2) 湖水温はほぼ平年並で推移し、昨年よりは4、5月で1～2℃高く、6月に入って低目に落ち込んだ。
- 3) ウログレナの初期増殖から赤潮形成に至る過程で、水温、pH、透明度、 $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_3\text{-N}$ 、 $\text{DIN}$ 、 $\text{Org-N}$ 、 $\text{PO}_4\text{-P}$ 、粒子状鉄がウログレナ増殖と対応して明確な変動を示し、①初期増殖期、②急激な増殖期、③赤潮形成可能期および消滅期の4期に分けることができた。とくに②期において $\text{DIN}$ と $\text{PO}_4\text{-P}$ の急激な低下とpHの上昇が認められた。又赤潮形成とCODの上昇の関係がみられた。
- 4) 北湖で、春先の溶存性の無機態窒素、リンの削減が計られれば、ウログレナの増殖にダメージを与えることが推察できた。
- 5) ウログレナ増殖期で、 $\text{NH}_4\text{-N}$ と $\text{NO}_3\text{-N}$ の間で正の強い相関が認められ、一方、 $\text{DIN}$ と $\text{Org-N}$ の間では、負の強い相関があった。
- 6) 今年も、鮎苗早期出荷量の推移とウログレナ赤潮発生時期の遅速の関係が認められた。

## 図、表一覧

- 図1 調査地点
- 図2-1 琵琶湖におけるウログレナ群体数の推移
- 図2-2 昭和56年度 赤潮発生水域
- 図3-1 水 温
  - 3-2 pH
  - 3-3 透 明 度
  - 3-4 DO
  - 3-5 ウログレナ群体数
- 図4-1 st. I ~ V 2 m層の平均の栄養塩類等
  - 4-2
    - } st. I ~ st. V 各地点の栄養塩類等
  - 4-8
- 図5 ケイ酸と鉄の関係
- 図6 早期春稚アユ出荷量の推移と赤潮発生の関係
- 図7 湖水温と赤潮発生の関係
  
- 表1 調査地点のウログレナ群体数と赤潮発生状況
- 表2 各水質項目間の相関について
- 表3 過去5ヶ年の赤潮発生経過



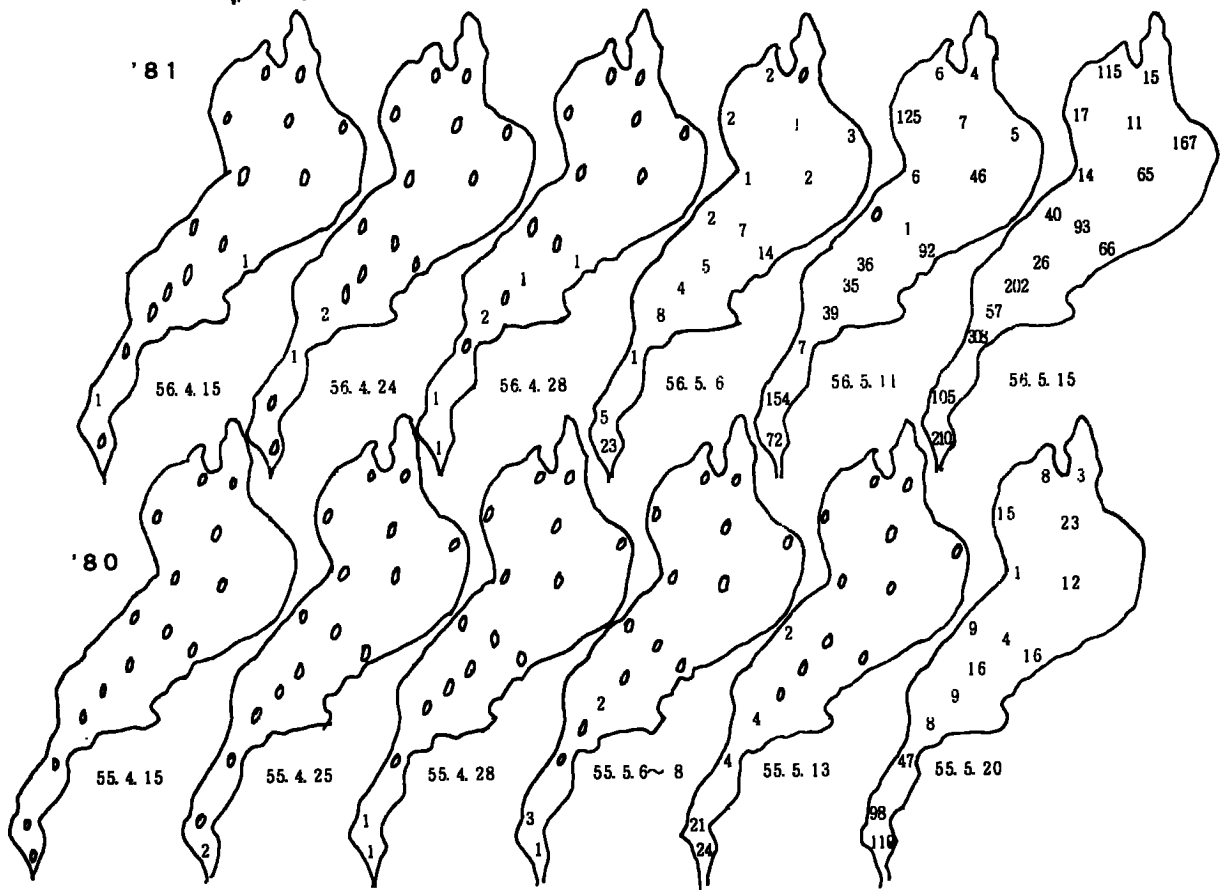
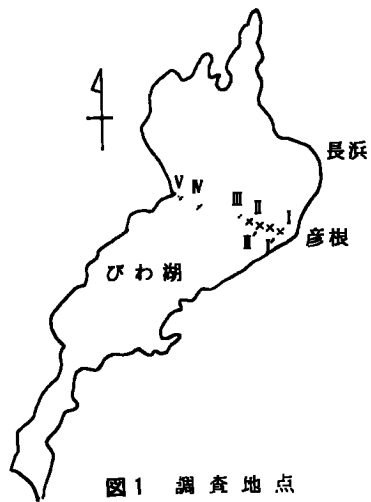


図2-1 びわ湖におけるウログレナ群体数の推移(数字は群体数/cc)  
(環境室資料より)

表1 調査地点のウログレナ群体数と赤潮発生状況

(数字は群体数/cc 上段・水深0m、下段・同2m)

day \ st.	I	I'	II	II'	III	IV	V	平均水温 ℃	℃/day
4 16	0 0		0 0		0 0	0 0	0 0	9.2	
4 22	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	9.9 9.3	0.4
4 27	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	11.7 11.3	—
5 1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	11.3 11.2	0.2
5 6	4 2	20 <1	30 16	12 4	<1 <1	<1 5	3 1	12.6 12.2	0.05
5 8	<1 6	4 2	8 2	<1 2	<1 <1	<1 4	<1 <1	12.3 12.3	0.2
5 13	15 6	2 12	<1 1	6 16	1 29	4 10	3 4	14.1 13.3	0.35
5 15	32 24	41 40	218 70	235 116	14 48	13 6	24 11	14.5 14.0	0.1
5 22	14 30	120 32	220 22	0 38	30 26	20 10	1 3	15.4 14.7	0.13
5 26	86 99	42 63	35 87	3 31	5 20	2 37	110 53	15.8 15.4	
6 3	130 62	88 90	71 68	24 23	3 <1	<1 <1	17 14	15.2 14.6	
6 5	16 19	17 43	1 4	0 8	1 10	1 56	5 17	15.7 15.5	
6 11	0 0	0 1	0 0	0 0	0 0	0 4	15 14	19.7 19.2	
6 15	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	20.1 19.9	
6 25	0 0	3 0	1 2	1 1	2 2	3 6	3 1	20.4 20.2	
斜線部分は「赤潮」状態および兆候									

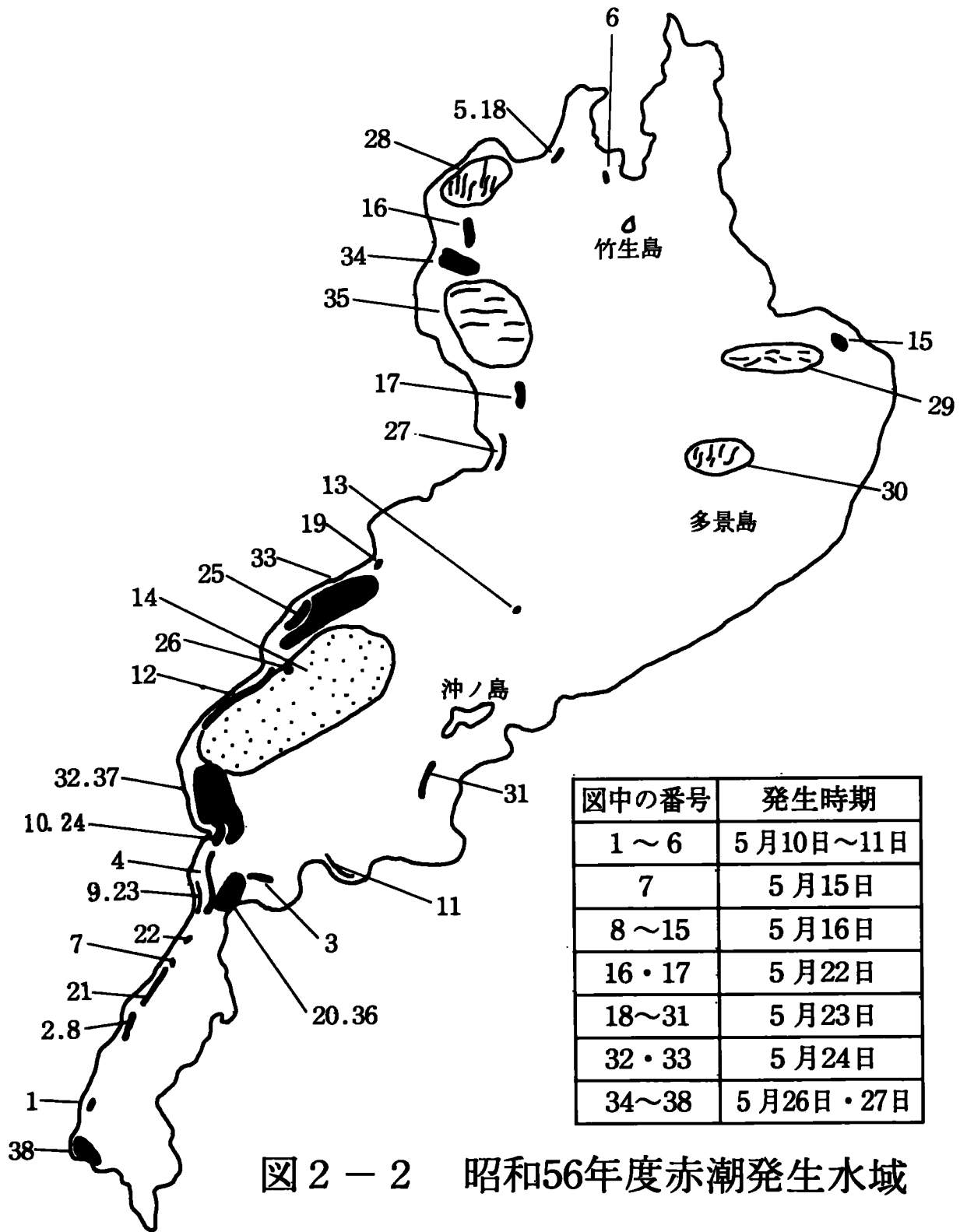


図 2 - 2 昭和56年度赤潮発生水域

图 3-1 水温

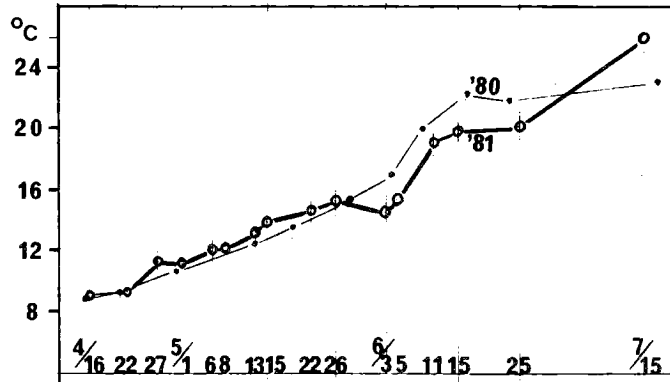


图 3-2 pH

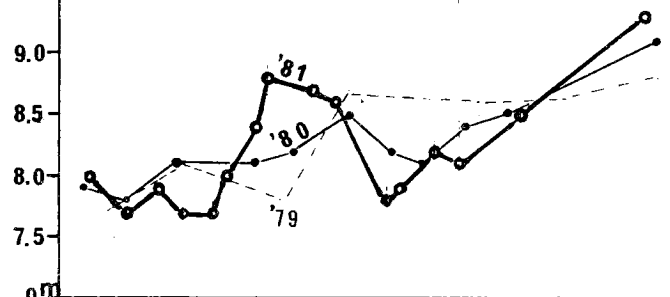


图 3-3 透明度

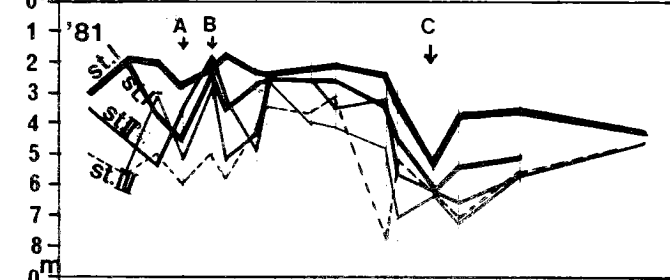


图 3-4

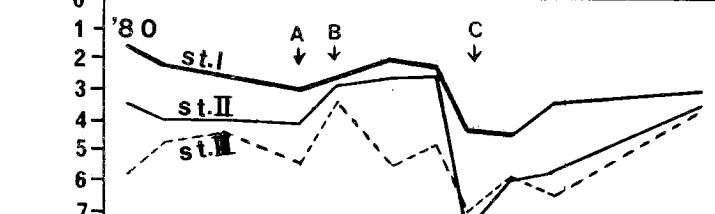
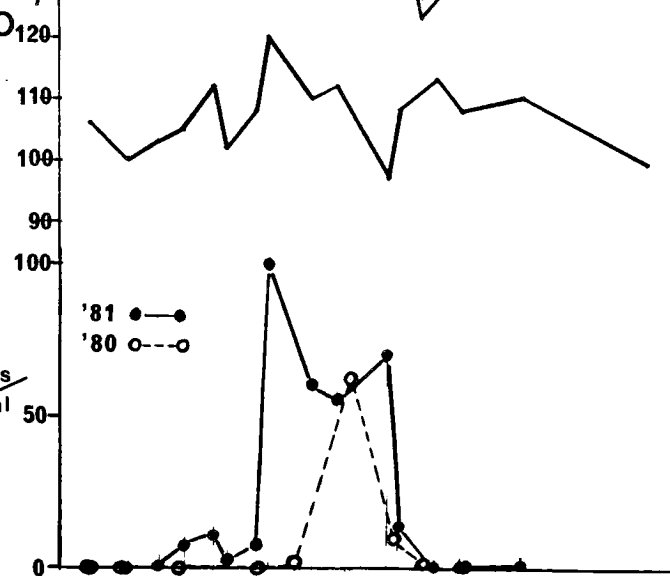


图 3-5

Uroglena

colonies/ml



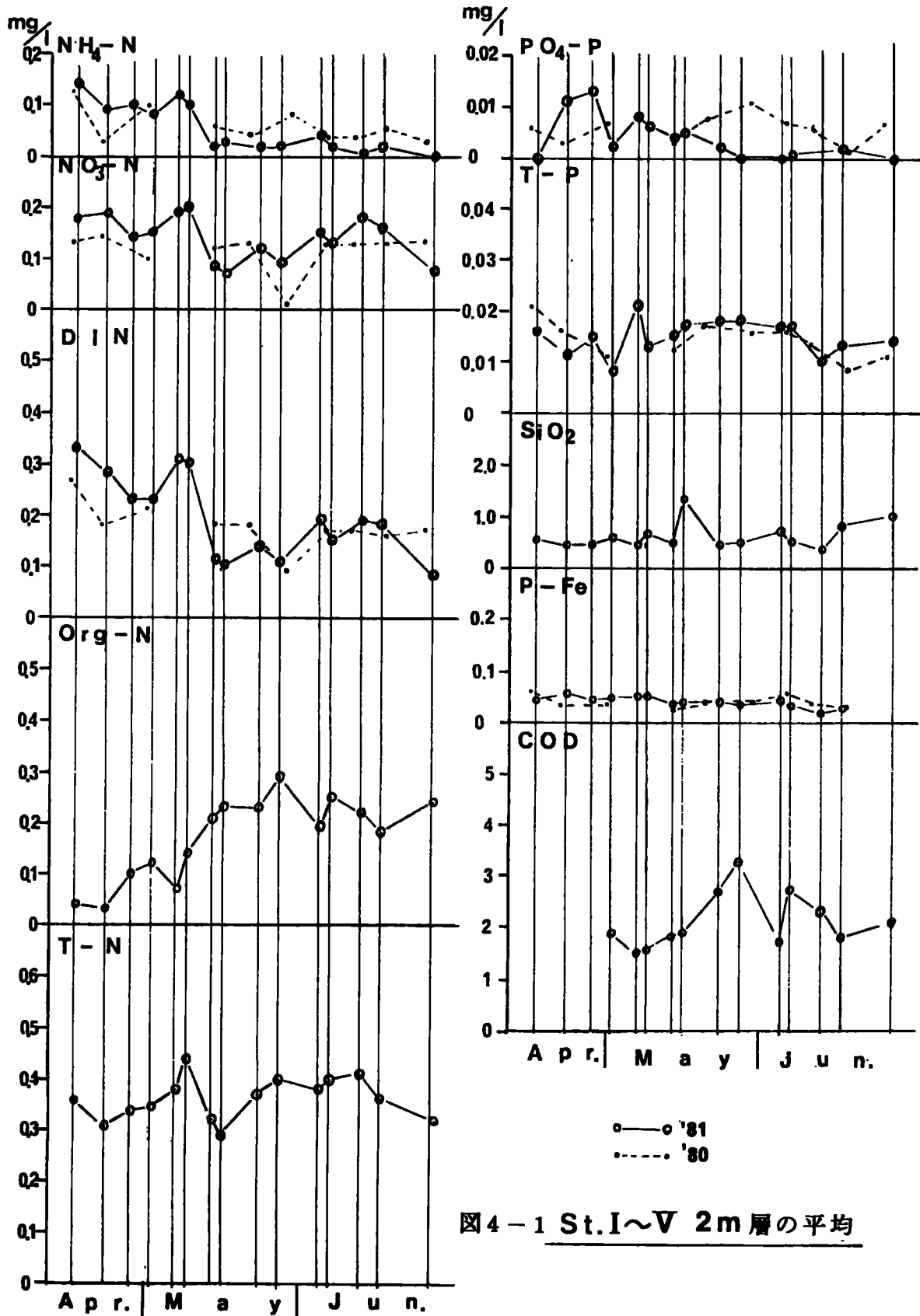


図4-1 St.I~V 2m層の平均

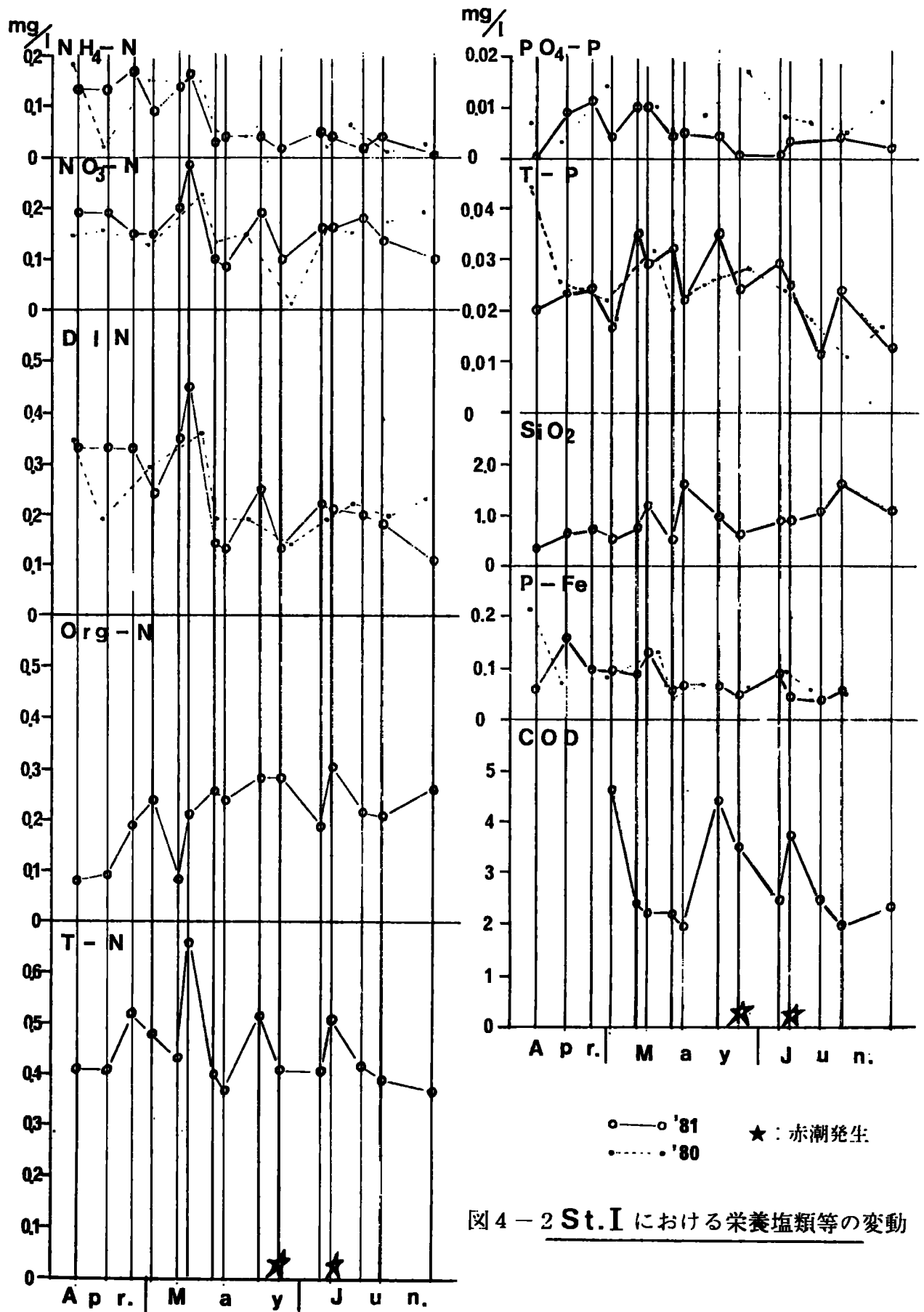


図4-2 St. I における栄養塩類等の変動

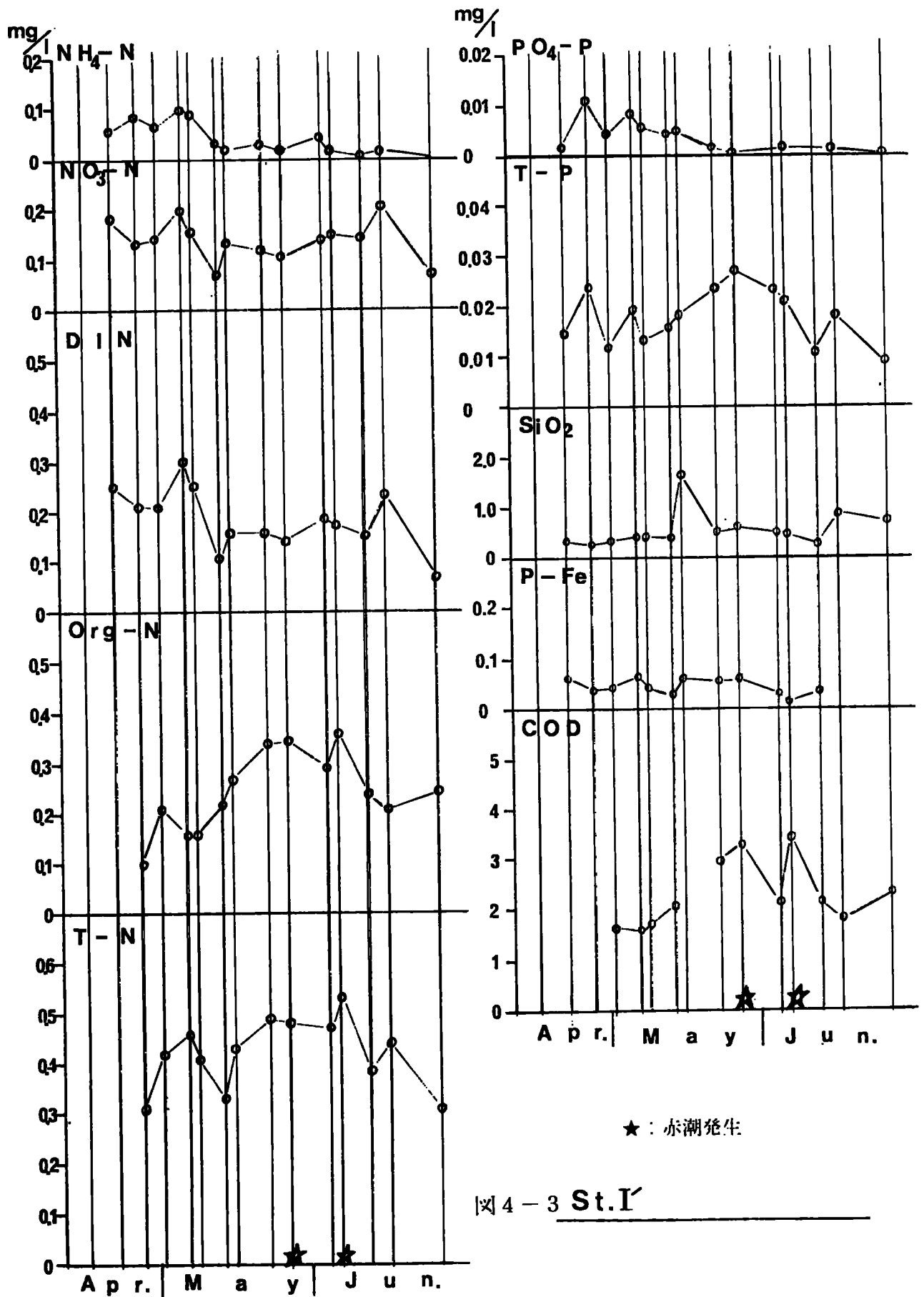


図4-3 St.I'

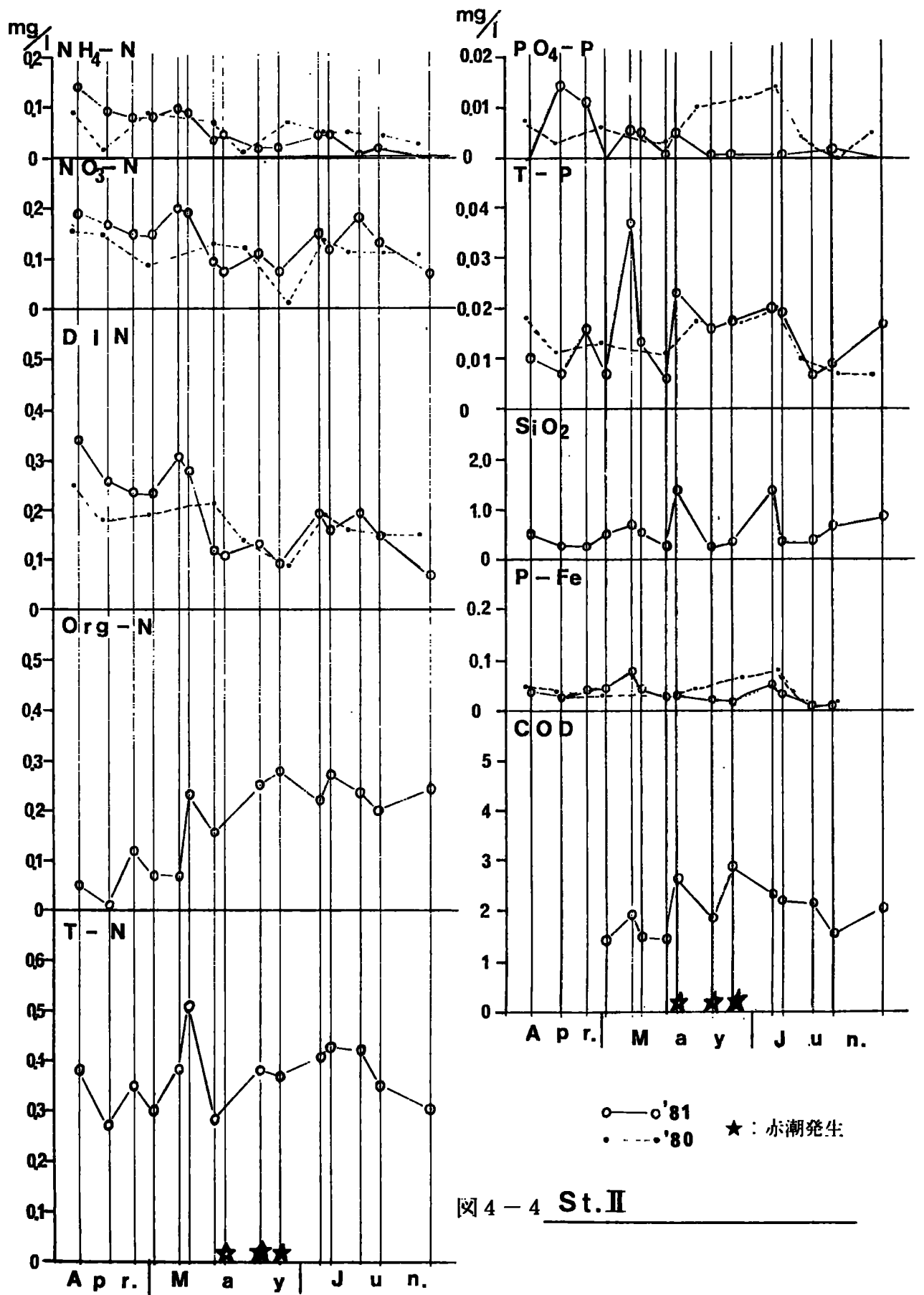


図4-4 St. II



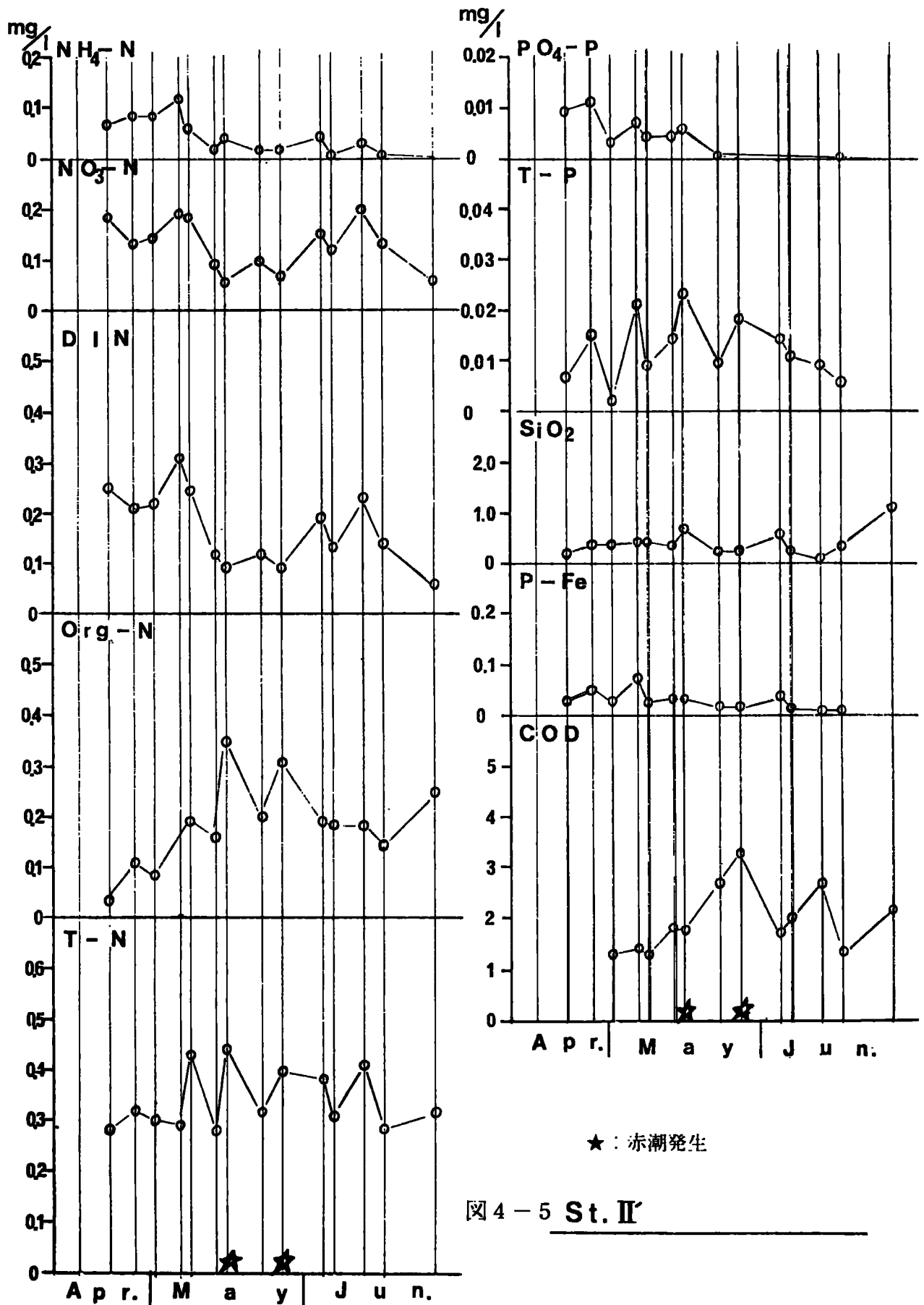


图4-5 St. II

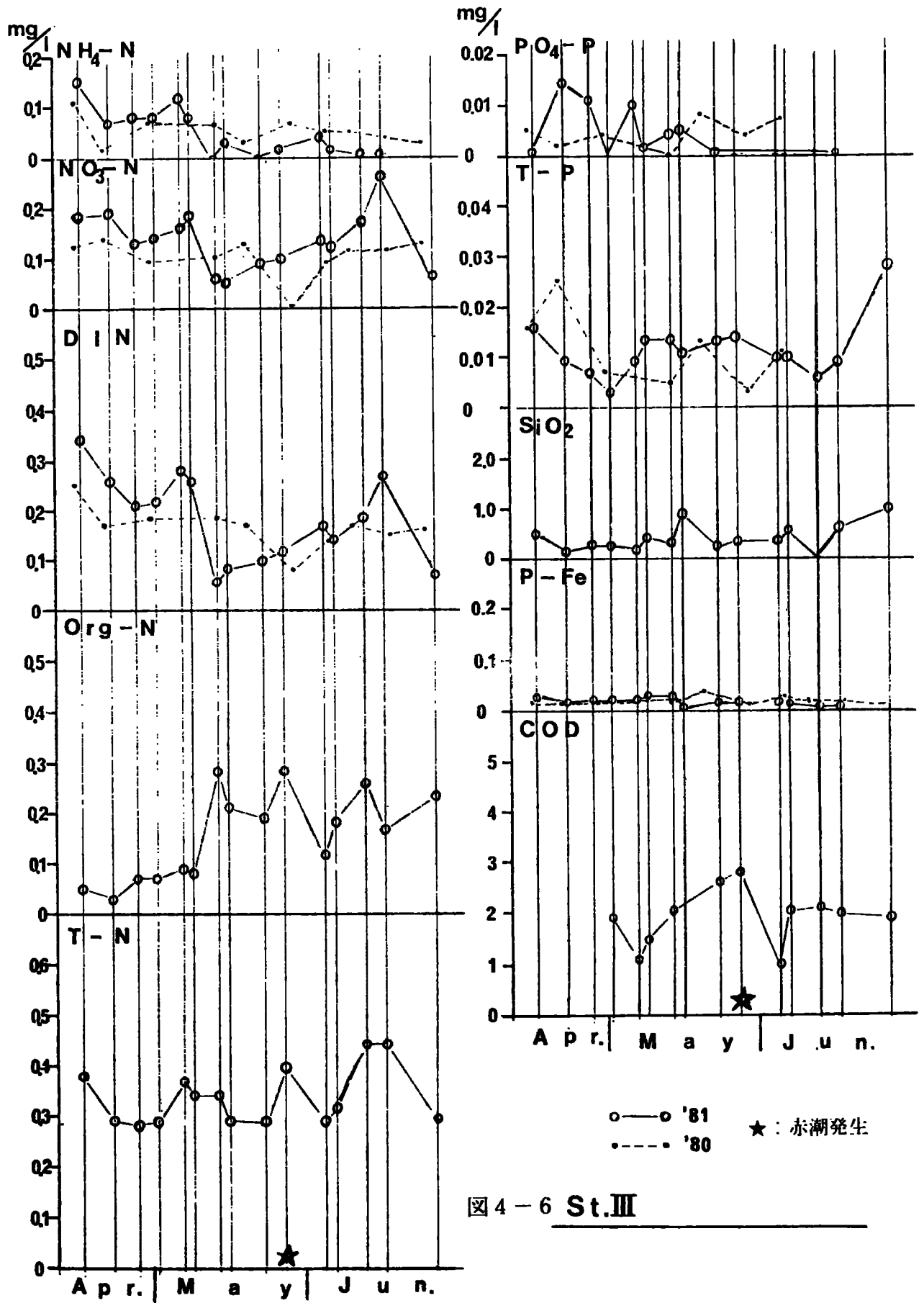
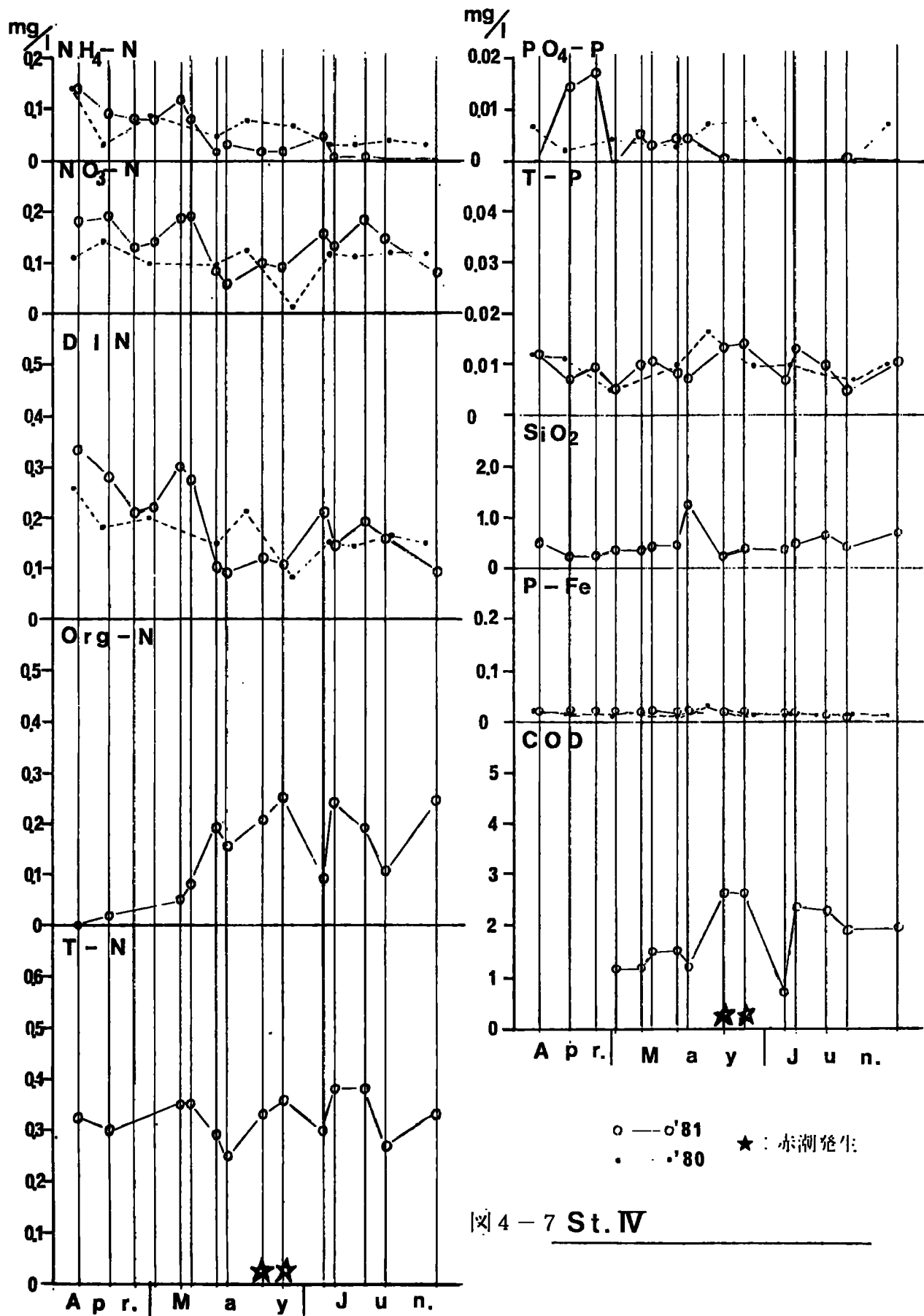


図4-6 St.III



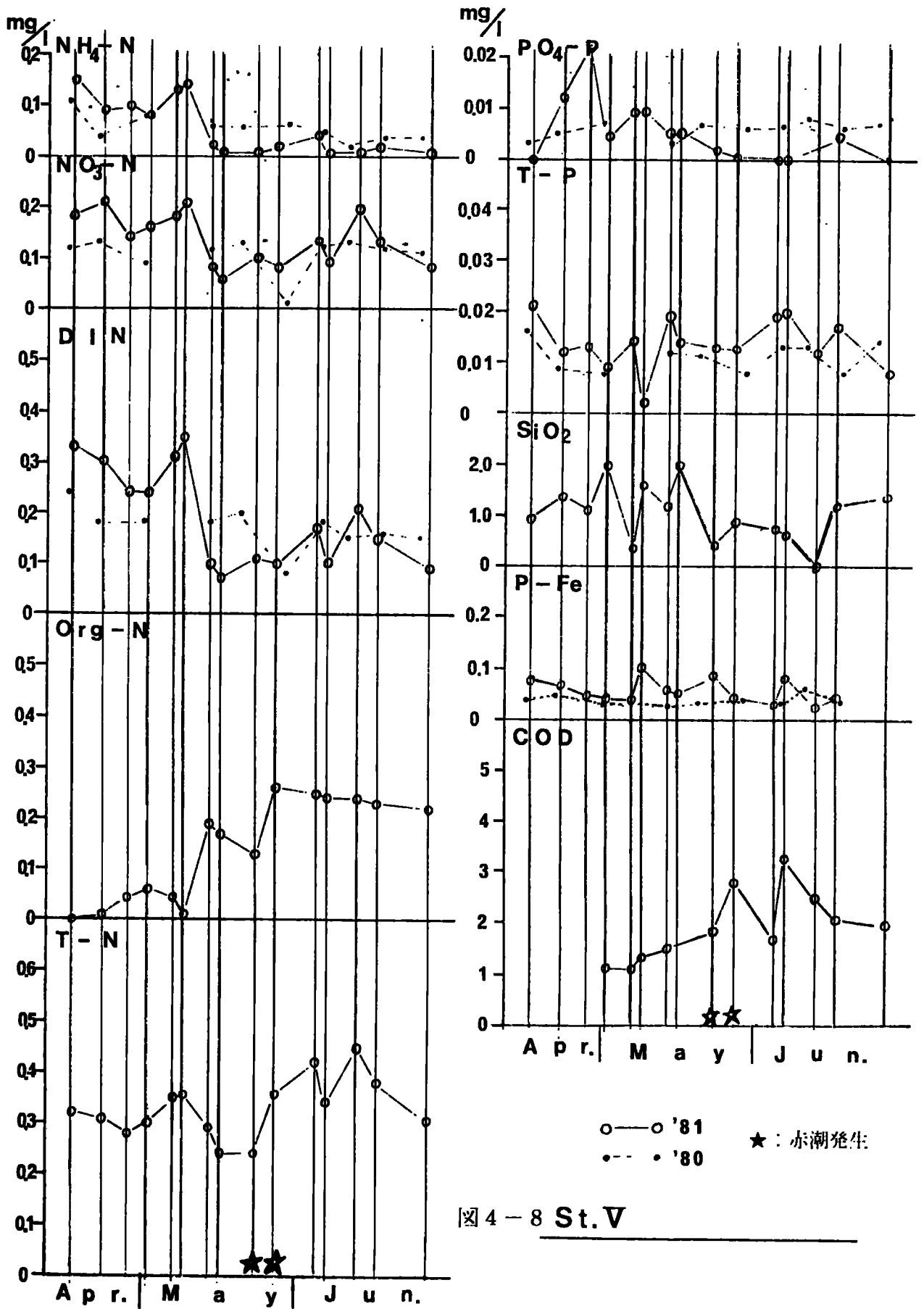


图 4-8 St. V

表2 各水質項目間の相関について(項目間の右の数字は、総地点ひっくりめられた相関係数で4/16~5/13 5/15~6/25のrを表わす)

ST.No.	SiO <sub>2</sub> ***P-Fe					0.50/0.50					PO <sub>4</sub> -P***P-Fe					0.12/0.24				
	I	I'	II	II'	III	III'	IV	IV'	V	I	I'	II	II'	III	III'	IV	IV'	V		
4/16 ~ 5/13	0.58	0.27	0.88	0.42	0.94	0.56	0.21	0.66	-0.11	-0.04	0.44	-0.74	-0.32	-0.23						
5/15 ~ 6/25	0.08	0.50	0.65	0.78	-0.20	0.24	0.002	-0.16	0.04	-0.26	0.21	-0.70	0.25	-0.10						
	SiO <sub>2</sub> ***PO <sub>4</sub> -P										0.10/0.65									
	I	I'	II	II'	III	III'	IV	IV'	V	I	I'	II	II'	III	III'	IV	IV'	V		
4/16 ~ 5/13	0.74	-0.27	-0.32	-0.40	-0.75	-0.68	-0.08	0.44	-0.42	0.76	0.44	0.64	0.55	-0.54						
5/15 ~ 6/25	0.76	0.85	0.36	0.22	0.39	0.78	0.61	-0.20	-0.01	0.52	0.69	0.21	-0.32	-0.12						
	T-P***PO <sub>4</sub> -P										0.07/0.31									
	I	I'	II	II'	III	III'	IV	IV'	V	I	I'	II	II'	III	III'	IV	IV'	V		
4/16 ~ 5/13	0.44	0.84	0.16	0.39	-0.23	-0.15	-0.30	-0.09	-0.01	0.96	0.85	0.76	-0.16	-0.34						
5/15 ~ 6/25	0.14	-0.15	0.27	0.63	-0.25	-0.44	-0.03	0.61	0.73	0.74	0.61	0.77	0.55	0.16						
	DIN***Org-N										NH <sub>4</sub> -N***P-Fe									
	I	I'	II	II'	III	III'	IV	IV'	V	I	I'	II	II'	III	III'	IV	IV'	V		
4/16 ~ 5/13	-0.46	-0.47	-0.34	-0.67	-0.87	-0.96	-0.95	0.45	0.51	0.26	0.72	0.13	-0.82	0.37						
5/15 ~ 6/25	-0.11	-0.05	-0.44	-0.63	-0.33	-0.63	0.40	0.79	0.71	0.82	0.77	0.28	0.39	-0.50						
	NH <sub>4</sub> -N***PO <sub>4</sub> -P										NH <sub>4</sub> -N***NO <sub>3</sub> -N									
	I	I'	II	II'	III	III'	IV	IV'	V	I	I'	II	II'	III	III'	IV	IV'	V		
4/16 ~ 5/13	0.58	0.57	0.00	0.36	-0.07	-0.14	-0.03	0.70	0.79	0.86	0.70	0.75	0.78	0.78						
5/15 ~ 6/25	0.33	0.16	0.40	0.55	0.24	0.18	-0.26	0.35	0.36	0.05	0.23	-0.08	0.02	0.17						
	NH <sub>4</sub> -N***SiO <sub>2</sub>										NO <sub>3</sub> -N***PO <sub>4</sub> -P									
	I	I'	II	II'	III	III'	IV	IV'	V	I	I'	II	II'	III	III'	IV	IV'	V		
4/16 ~ 5/13																				
5/15 ~ 6/25																				

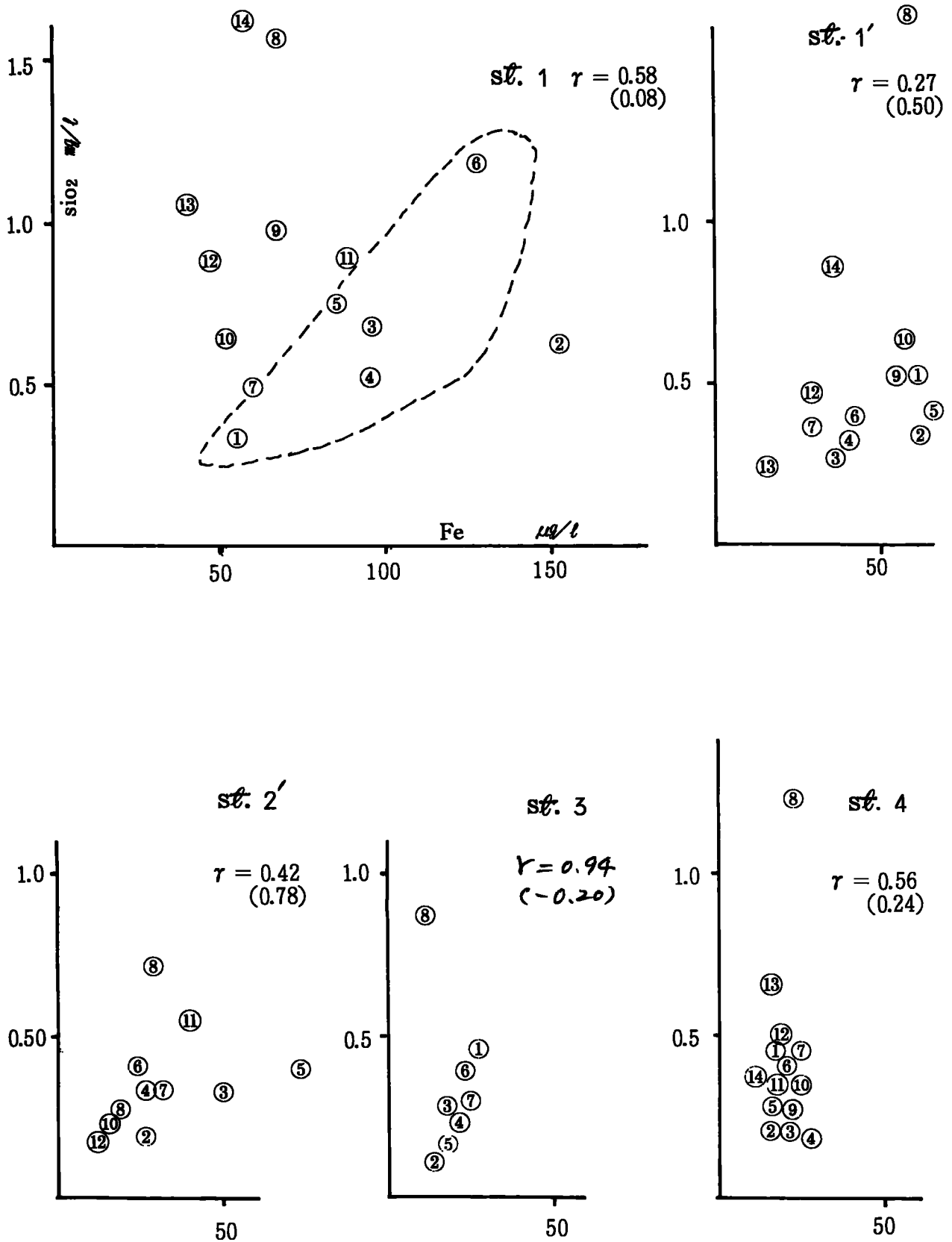
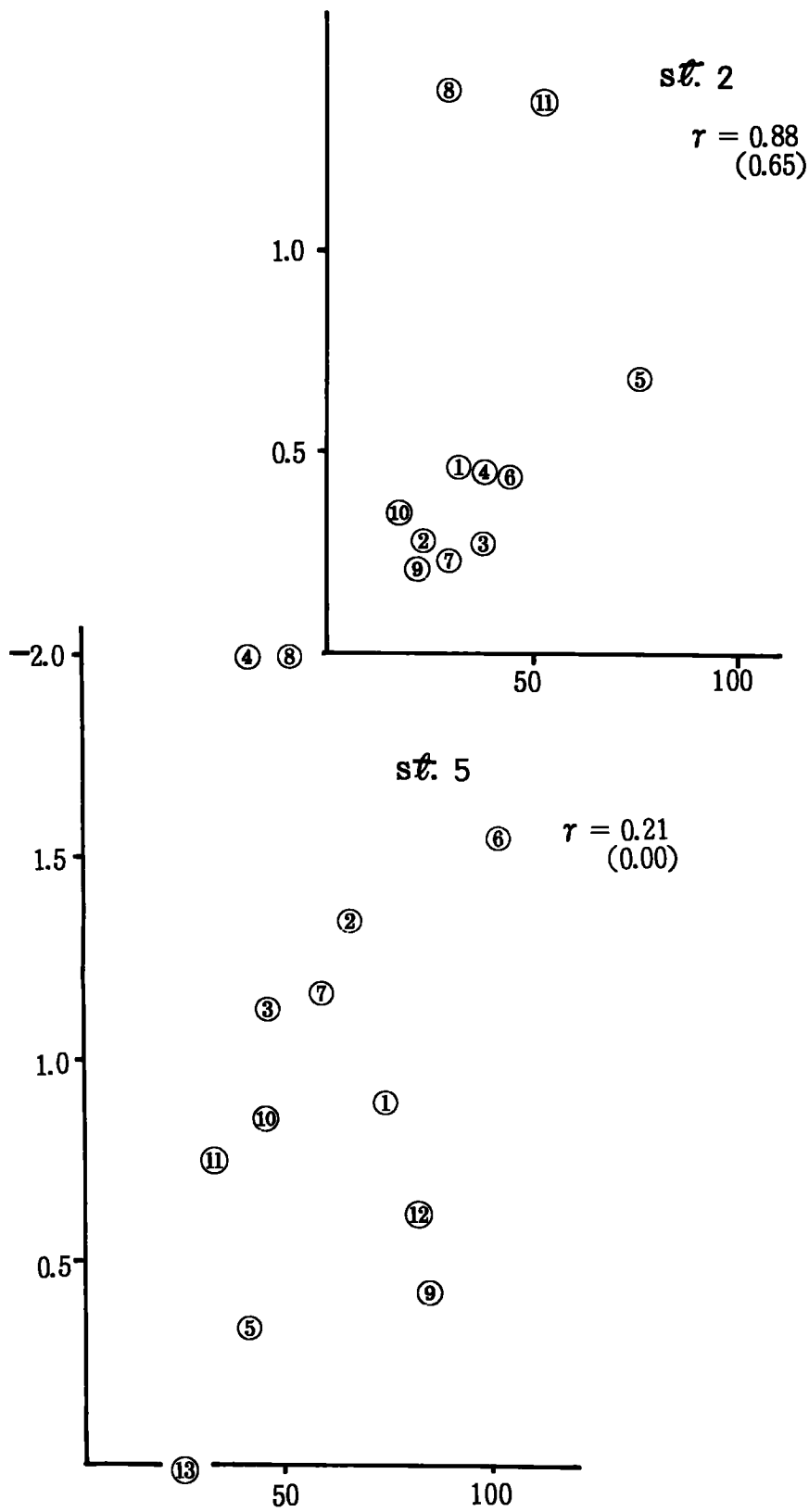


図-5 ケイ酸と鉄の関係

$r =$  : 4月16日~5月13日 ( )の数字は5月15日~6月25日までの  $r$  値



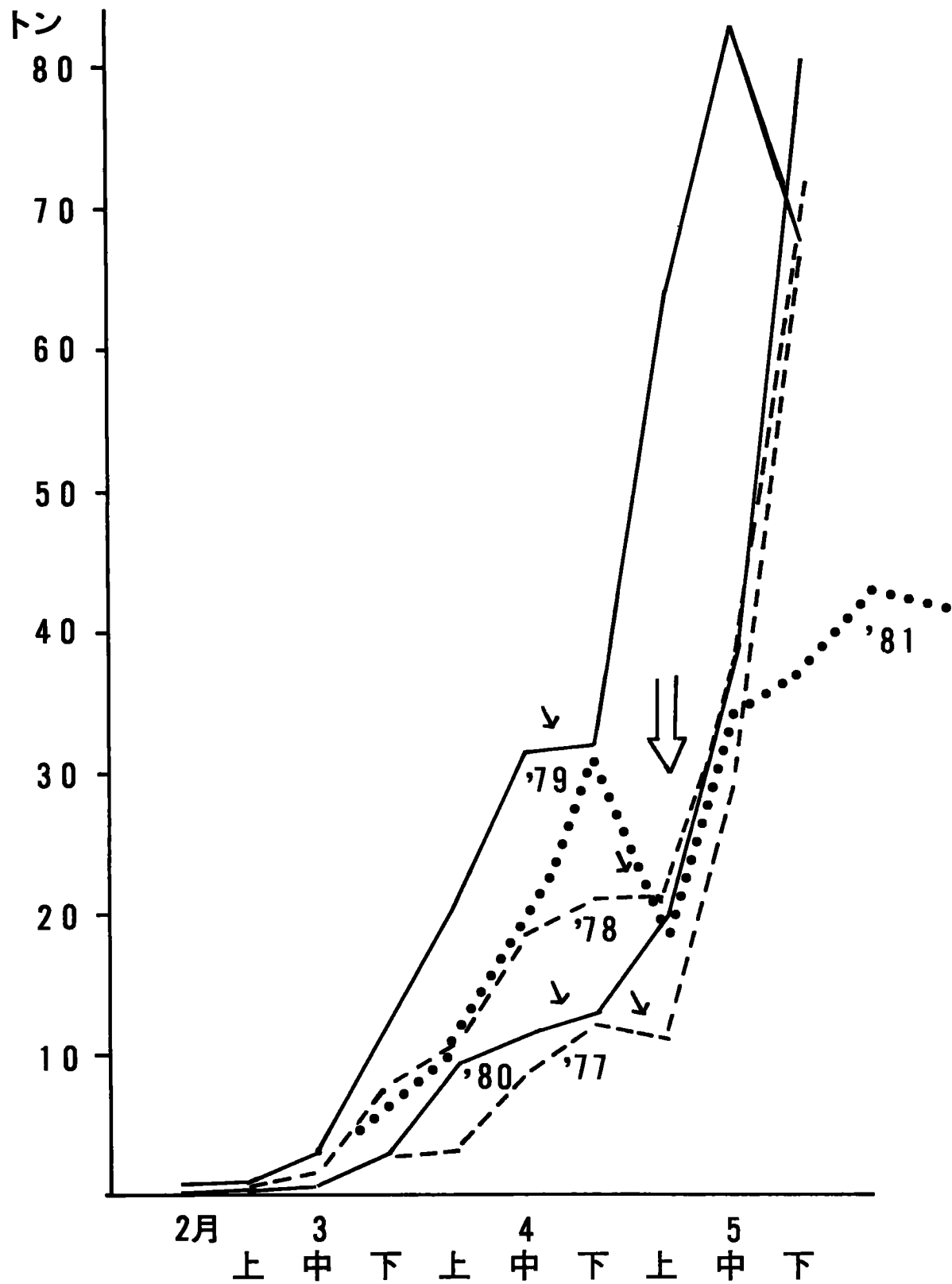


図-6 早期春稚アユ出荷量の推移と赤潮発生の関係

'79	'78	'80	'77
(4 26)	(5 10)	(5 20)	(5 27)





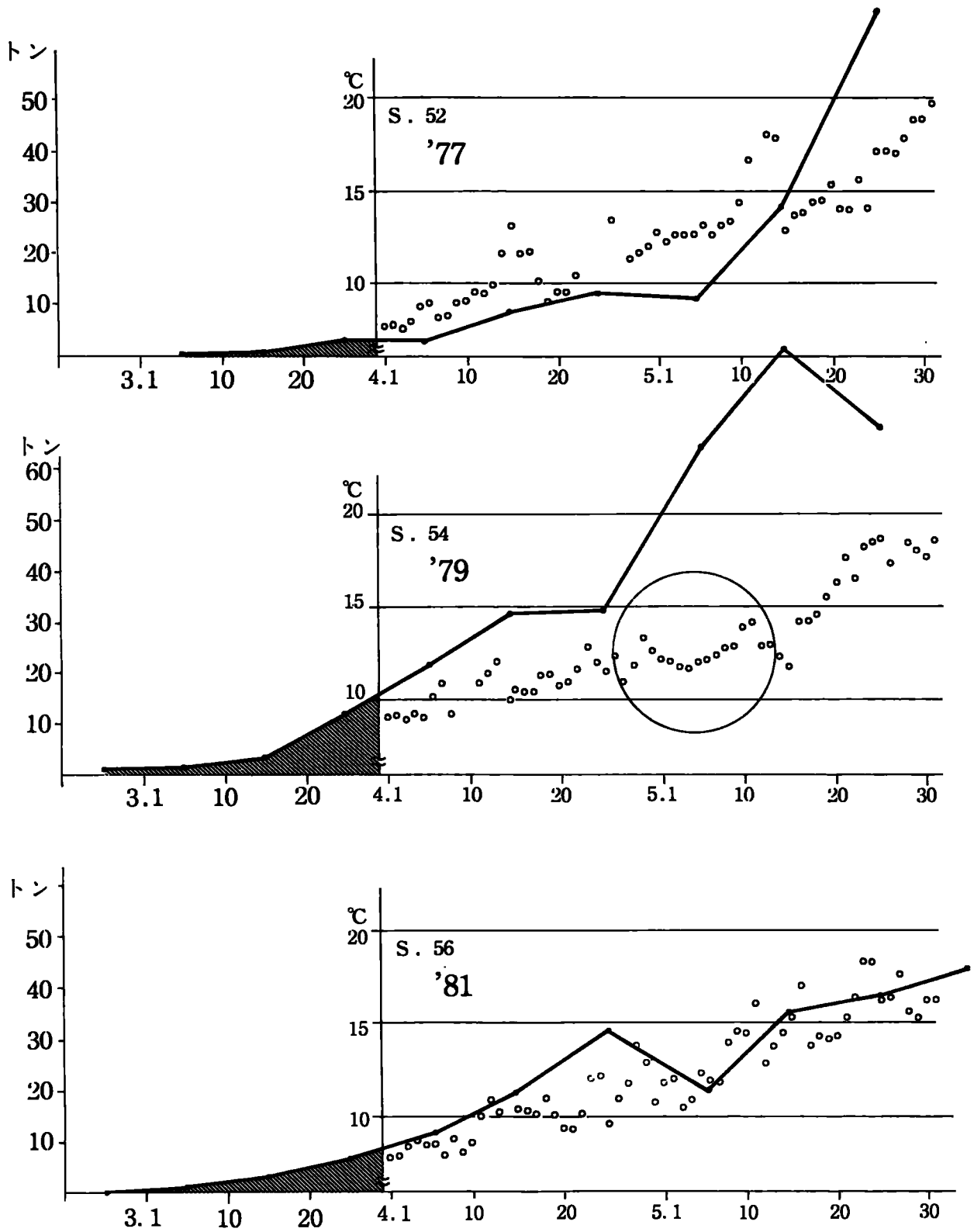


図7 湖水温（表層）の変化（北小松地先）と赤潮発生（琵琶湖）および  
春稚アユ出荷量（折線グラフ）

S 52～56

• 赤潮発生日

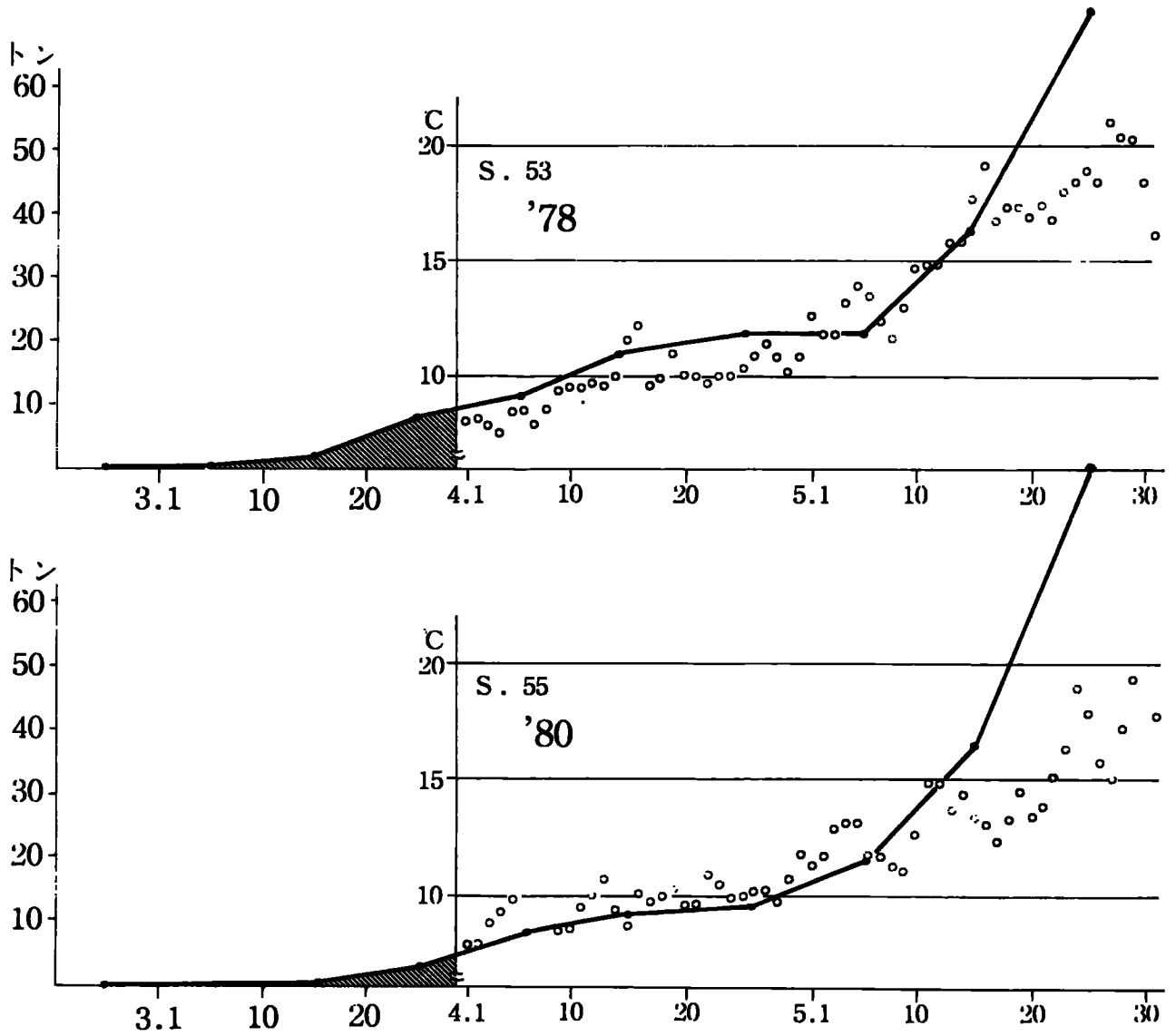


図7 湖水温（表層）の変化（北小松地先）と赤潮発生（琵琶湖）および  
春稚アユ出荷量（折線グラフ）

S 5 2 ~ 5 6

• 赤潮発生日