

# 昭和59年度における植物プランクトンの出現状況と その発生予測について

古賀 秀昭

Appearance of Phytoplankton in Fiscal 1984 and Forecasting Its Growth

Hideaki KOGA

## まえがき

佐賀県有明海域では、毎年、冬季に珪藻類の大発生がみられ、海水中の栄養塩が急減する現象が生じている。そのため、当海域において最も重要な水産業であるノリ養殖業は、栄養塩不足によるノリの退色症状（色落ち）という形で多大な被害を受けている<sup>1)</sup>。

このため、昭和57年度から冬季の珪藻赤潮発生機構の解明を目的として、赤潮予察調査を実施しているが、周年にわたる植物プランクトンの出現状況についての報告は少なく<sup>2)</sup>不明な点が多い。ただ、福岡県有明海域においては、山下<sup>3)</sup>が有明海湾奥部のプランクトンの季節的消長について報告している。これによると、季節的消長は定常ではなく、年によって異なり、さらに、中緯度で一般にみられる春、秋季の珪藻類の増殖は比較的少なく、冬季に珪藻が爆発的に増殖することを示した。

当海域では魚類養殖が行われていないため、これまで夏季を中心に発生する渦鞭毛藻類等についての報告は少なく、赤潮情報交換事業報告<sup>4)</sup>や川村ら<sup>2)</sup>の報告の他に、安部ら<sup>5)</sup>が、福岡県有明海において季節ごとに調査し、*Heterosigma*, *Gymnodinium* が赤潮を形成するまで増殖したことを報告しているに過ぎない。

そのため、昭和59年度に、佐賀県有明海の一定点で渦鞭毛藻類を含む植物プランクトンの出現状況を周年にわたり調査した。また、この資料と自動観測塔から得られた水温、塩分のデータを用いることにより、植物プランクトン発生予測が可能かについて若干の検討を加えたので以下に報告する。

なお、本研究は昭和60年度近海漁業資源の家魚化システムの開発に関する総合研究の一環として実施した。

## 方 法

1. 昭和59年4月19日から昭和60年4月5日までの間、  
図1に示す筑後川自動観測塔設置地点 (St. A) におい

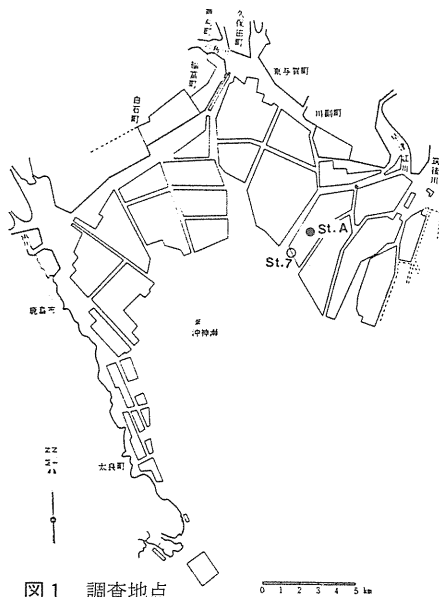


図1 調査地点

て、原則として週一回満潮前後2時間以内に調査を行なった。観測層は0, 1, 2, 3, Bm層の5層(小潮時には4層の場合もある)で、水温、塩分、プランクトンの細胞数を計測した。水温は東邦電探ET-5D型電気水温計、塩分は鶴見精機E-2型サリノメーターにより測定した。プランクトンは生海水を可変ピペットで細胞密度により適量取り、顕微鏡下で同定、計数を行なった。なお、期間中クリプト藻類等の微細プランクトンもみられることがあったが、これらと繊毛虫類は計数から除外した。また、同時に北原式プランクトンネット(XX13)を用い底層からの垂直曳きを行ない、プランクトン沈澱量を求めた。

2. 筑後川観測塔の観測項目は水温、塩分の2項目、観測層は表層、観測頻度は1時間毎で、調査期間中連続して観測を実施した。

結果および考察

1. 植物プランクトンの出現状況

図2に植物プランクトン細胞数の鉛直分布、プランクトン沈澱量、及び自動観測塔の日平均水温、

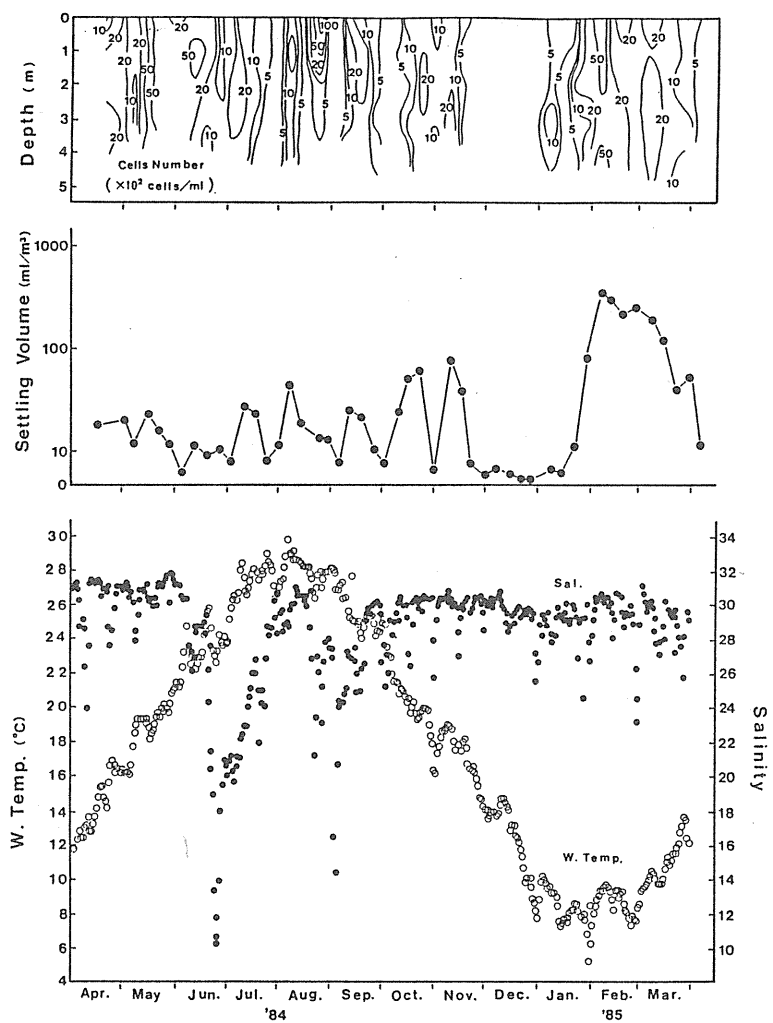


図2 植物プランクトン細胞数の鉛直分布、プランクトン沈澱量、及び日平均水温、塩分の周年変化

塩分の周年変化を示す。なお、細胞数については断りがない場合は全層の平均値で示す。

細胞数は4月から6月中旬までは1,000cells/ml以上の比較的高密度で推移しており、特に5月15日は各層とも5,000cells/ml以上を示した。この期間の優占種は *Skeletonema costatum* で6月11日まではほぼ1,000cells/ml以上であった。

6月18日には *Heterosigma akashiwo* が急増し、1 m以浅では2,000cells/ml以上を示した。この時期、佐賀県有明海全域で赤潮となった。6月26日には *H. akashiwo* による赤潮は終息し、優占種は再び *S. costatum* となった。7月2日には *Thalassiosira* sp.が優占し、1,000cells/ml以上となった。

7月10日には *S. costatum*, *Thalassiosira* sp.が減少し、*Nitzschia pungens* が急増したが、*Gymnodinium* sp. (小型種) が表層で4,450cells/mlと激増し、佐賀県有明海北西海域では赤潮状態となった。ほかに *Prorocentrum triestinum*, *H. akashiwo* も数100cells/mlみられた。

7月16日には *Gymnodinium* sp.などの渦鞭毛藻類は激減し、替って *N. pungens* が優占種となった。23日から月末までは *S. costatum* が全くみられなくなるなど珪藻類が激減した。特に31日には112 cells/mlと極めて小さな値を示した。

8月6日には日平均水温が29.8°Cと期間中最高を示したが、*Chaetoceros curvisetus* 一種のみが、急増した。14日には同種は減少し、再び100cells/ml程度の低い細胞密度となった。しかし、24日には *S. costatum*, *Thalassiosira* sp., *Chaetoceros* sp.が急増し、表層では17,800cells/mlと調査期間中の最高値を示した。なお、8月25日から9月28日まで佐賀県有明海西部海域を主に *Chattonella* sp., *Gymnodinium nelsonii*, *Geratium furca* の複合赤潮が発生した。前述3種は当調査点では1 ml当りの10のオーダーに留まり、赤潮状態とはなっていない。*C. furca* は7月上旬から出現し始め、8月29日に表層で56cells/mlと最高値を示した。

8月29日から9月4日にかけて再び珪藻類は激減し、細胞数は100cells/ml程度となった。9月10日以降、*S. costatum*, *C. curvisetus* が増え始めたが、10月1日には再び100cells/ml程度に減少した。

このように、7月から9月の高水温期には高細胞密度を数週間にわたり維持することはなく、極端な増減の繰り返しがみられた。

10月8日以降、*S. costatum*, *C. curvisetus* が再び増え始め、23日には2,000cells/mlを超え、沈澱量も60.0ml/m<sup>3</sup>とこれまでの最高値を示した。31日には細胞数は約50%に減少し、沈澱量も4.4ml/m<sup>3</sup>と激減したが、11月9日には *C. socialis*, *Asterionella glacialis* が急増し、2,108cells/mlとなった。沈澱量も78.3ml/m<sup>3</sup>とこれまでの最高値を示した。この10月下旬、11月上旬の珪藻類の増殖により佐賀県有明海西部のノリ漁場では色落ちがみられ被害を受けた。

11月16日には前述の2種は減少し、それ以降12月まで珪藻類はほぼ50cells/ml以下の極めて少ない状態で推移した。また、沈澱量も5 ml/m<sup>3</sup>以下で推移した。

1月7日には *S. costatum* が338cells/mlと若干増えたものの、全体としては依然として少ない傾向が続いた。しかし、21日になると *C. socialis* が増え、細胞数は722cells/mlに、沈澱量は10.9ml/m<sup>3</sup>と2ヶ月振りに10ml/m<sup>3</sup>を示すなど増加傾向を示し始めた。

1月28日には *C. socialis*, *C. debilis*, *Rhizosolenia delicatula* が増え、細胞数は2,000cells/mlを超え、沈澱量も78.9ml/m<sup>3</sup>と急増した。2月6日には、この大增殖のピークとなり、前述3種に加え *Aster-*

*ionella glacialis*, *Eucampia zoodiacus* 等の多種の珪藻類が混在し、細胞数は6,000cells/mlを超え、沈澱量は437.5ml/m<sup>3</sup>と極めて高い値を示した。

それ以降、3月まで長期間にわたり、減少傾向にはあるものの高いレベルで推移した。3月中旬までは細胞数は1,000cells/ml以上、沈澱量も100ml/m<sup>3</sup>以上を示した。その間の種の変遷については、*R. delicatula*, *E.zoodiacus*, *C. socialis*, *C. debilis* は2月下旬にはほとんどみられなくなり、替って *R. setigera*, *N. pungens* が2月中旬から3月上旬にかけて急増した。3月下旬から4月上旬には *S. costatum*, *R. setigera* 以外の珪藻類はほとんどみられなくなった。4月5日の細胞数は500cells/ml以

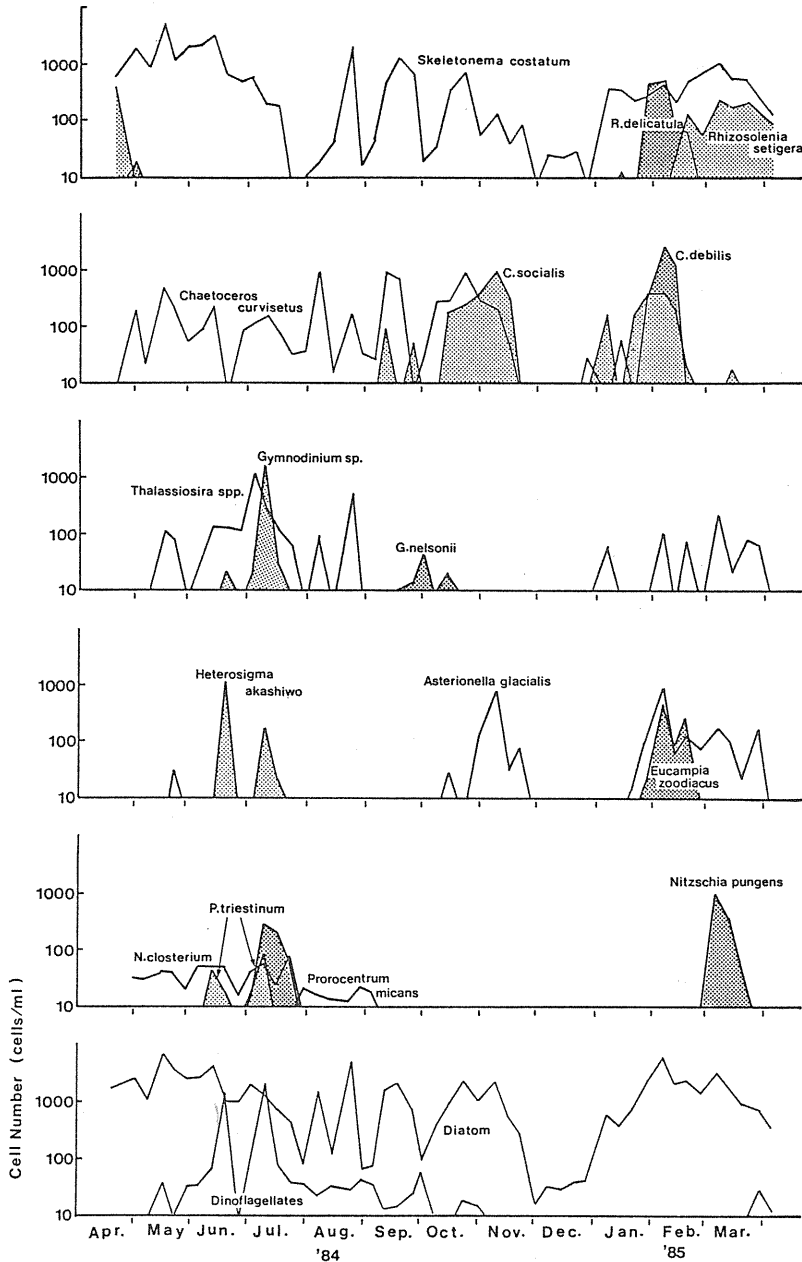


図3 主な植物プランクトン細胞数の周年変化

下、沈澱量でも11.5ml/m<sup>3</sup>と少なくなり、1月下旬から続いた珪藻類の大増殖は終息した。

なお、細胞数の鉛直分布については、8月下旬に *S. costatum*, *Thalassiosira* sp., *Chaetoceros* sp. が表層を中心に高密度に分布したのを除くと、顕著な鉛直差はみられなかった。

## 2. 主要植物プランクトンの出現の特徴と海況との関係

図3に主なプランクトンの細胞数の周年変化を示す。

### ○ *Skeletonema costatum*

ほぼ周年にわたり出現した。4月から6月までは、長期間にわたりほぼ1,000cells/ml以上の高密度な状態を維持した。7月から12月までは、細胞数の増減が著しく、長期間にわたり高密度を維持することはなかった。特に7月下旬から8月上旬の最高水温期と12月の低水温期にはほとんどみられなかった。1月以降は長期間にわたり、500cells/ml程度の比較的高密度を維持した。すなわち、水温上昇期（1月～7月）には比較的高密度な状態を長期間維持する。一方、水温低下期（8月～12月）にはそのようなことはみられず、急激に増加する時もあるが、その期間は短い。

期間中、急激に増殖した例（原則として増殖した時の細胞数が300cells/ml以上で、なおかつ、前調査時の3倍以上を示した時とする）は5月中旬（870→4,822cells/ml）、8月中旬（38→1,964）、9月中旬（434→1,204）、10月中旬（32→314）、1月上旬（6→338）の5回認められた。この5回の増殖時前後における海況についてみると、5月中旬は、上旬から中旬にかけ水温が3°C以上急激に昇温した後、8月下旬は28°C以上の高水温が続いた後26～27°Cに降温し、塩分は30台から21台まで急激に低下した後、9月中旬は水温が24～25°Cに急激に低下し、塩分は26～30台で比較的変動が大きい時期、1月上旬は12月下旬に水温が8°C以下まで下がり、再び9～10°Cに上昇した後であった。すなわち、急増した直前、またはその時期に水温、塩分の変動がかなり大きくなっている。図4に水温、塩分と細胞数との関係を示す。

出現範囲は極めて広い。

水温が28°C以上ではほとんどみられておらず、高水温期には活性はかなり低くなるように思われる。

### ○ *Thalassiosira* spp.

*S. costatum* ほどではないが、ほぼ周年出現した。しかし、長期間高密度を維持することは少なく増減の変化が激しかった。急増した例は7月上旬（104→1,042）と、8月下旬（0→612）の2回であった。第1回急増時

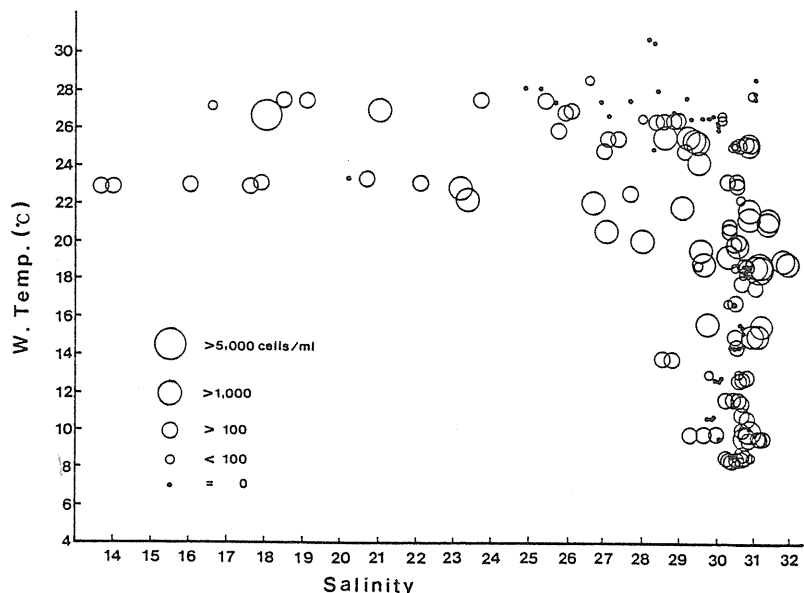


図4 *Skeletonema costatum* の細胞数と水温、塩分との関係

前後の海況は、6月下旬に塩分が10台まで急激に低下した後20台で安定し、水温については24°C台であった。

○ *Chaetoceros* 属

*C. curvisetus*：長期間高密度を維持することは少なかったものの、2～3月を除きほぼ周年出現した。また、増減の変化も激しかった。急増した例は5月中旬(20→480)、8月上旬(34→922)、9月上旬(25→900)、10月下旬(264→878)の4回であった。*S. costatum*, *Thalassiosira* sp.が増殖した以外の時期に増殖がみられたのは8月上旬で、7月下旬からの低塩分が徐々に回復し28～30台となり、水温が28～29°C台から26～27°C台に低下した時期である。

*C. socialis*：一時的に増殖し、主に低水温期に出現した。急増した例は11月上旬(374→910)、1月下旬(164→391)の2回であった。11月上旬の海況は、水温は10月下旬に20°C台から16°C台へ急激に低下した後19°C台に回復し、塩分についてはほぼ30で比較的安定していた。1月下旬については、水温は9～10°Cから7°C台まで低下した後8°C台で比較的安定し、塩分については、29台であるものの、若干変動が大きい時期である。

*C. debilis*：1月下旬から2月中旬の限られた時期に出現した。急増した1月下旬(0→363)、2月上旬(363→2,630)の2回であった。2月上旬の海況は、水温については1月末に5°C台と最低値を示した後9°C台まで急激する昇温する途中、塩分は1月末の小潮時に24台まで低下し、29台まで回復した時期である。

○ *Rhizosolenia* 属

*R. delicatula*：*C. debilis* とほぼ同じ時期に一時的に出現した。急増した例は1月下旬(0→413)に1回認められた。

*R. setigera*：大型種であるためか、300cells/ml以上を示したのは第1回調査時の4月だけで、5月上旬にはほとんどみられなくなった。次に出現したのは、昭和60年2月中旬で、その後4月まで100～200cells/mlの範囲で継続してみられた。

○ *Eucampia zoodiacus*

夏季にも若干出現したが、*C. debilis*, *R. delicatula* とほぼ同時期に出現した。急増した例は2月上旬(21→458)の1回認められた。

○ *Asterionella glacialis*

10月下旬から11月中旬と、1月下旬から3月末まで出現したが、2回目の増殖は比較的長期間にわたった。急増した例は10月上旬(125→798)、2月上旬(100→942)の2回であった。

○ *Nitzschia* 属

*N. pungens*：7月と3月に一時的に出現した。急増した例は7月上旬(16→300)、3月上旬(0→936)の2回であった。7月上旬は *Gymnodinium* sp.と同時に急増したが、この時の水温は24°C台から27～28°Cへと急激に昇温し、塩分は、6月下旬の低塩分が回復する途中ではあるものの、22台と低い時期である。3月上旬については、水温は8°C台から10°Cに昇温し、塩分は小潮時の塩分低下が大きく、変動が比較的大きい時期にあたる。

*N. closterium*：4月下旬から7月下旬まで100cells/ml以下と数は少ないものの長期間にわたり出

現した。その後は2月中旬に最高228cells/mlと一時的に急増したが、300cells/mlを超えることはなかった。

○ *Heterosigma akashiwo*

6月中旬と7月上旬に一時的に出現した。急増した例は赤潮となった6月中旬(8→1,228)の1回認められた。この時期、水温については22°C台から24°Cへと急激に昇温し、塩分は28台で安定していた。また、この時期はほとんどの珪藻類が減少していた。

○ *Gymnodinium* sp.

20~25μmの小型種である。*H. akashiwo*と同時期に出現した。*N. pungens*と同時期である7月上旬(20→1,596)の1回急増した。

### 3. 自動観測塔による植物プランクトン発生予測の試み

現在、赤潮発生機構やプランクトンの生理生態等については、様々な調査、研究により、解明されつつある。しかし、海域により同種のプランクトンによる赤潮でもその発生機構は若干異なっていると考えられる。このことから海域に応じた調査、研究が各海域で行なわれ、コンピューター等による赤潮発生の予測についての試みがなされている<sup>6-7)</sup>。しかし、調査や水質分析に要する時間や労力が大きいなど残された問題点が数多くあり、まだ実用段階には至っておらず、さらに、簡便な方法はみられない。

前述のように、当海域では自動観測塔が設置されており、1時間ごとの水温、塩分をリアルタイムで知ることができる。これによる植物プランクトン発生予測が可能となるならば、極めて簡便な方法となる。この自動観測塔のデータから赤潮の前駆現象を発見しようとする試みは早くから大阪湾等では行なわれている<sup>8)</sup>。しかし、当海域ではこのような試みはほとんどなされていないのが現状である。

前項では主なプランクトンの出現の特徴と水温、塩分との関連について述べたが、水温、塩分が大きく変動した時期に植物プランクトンが急増した例が多かった。このような現象は他の海域でもみられている<sup>9)</sup>。

このことから、自動観測塔の水温、塩分のデータを解析することにより植物プランクトンの発生が予測出来るかについて若干の検討を行なった。

そこで、自動観測塔の日平均値から、次式により求めた値を水温、塩分の変動の大きさの指標(Fluctuation Index)とした。

$$F.I. (\text{Fluctuation Index}) = \sum_{k=1}^7 (|X_{t-k} - X_{t-k+1}|) / 7 \quad x: \text{水温} \cdot \text{塩分の日平均値}$$

図5に水温、塩分のF.Iの変動と植物プランクトンの増殖との関係を示す。6月29日の塩分のF.Iをみると期間中最高の3.6を示しているが、これは、6月29日以前一週間は前日とは平均3.6の塩分の差があったことを示す。また、矢印は前項で述べた植物プランクトンが急増した時期を示す。

塩分の変動は大潮時に大きく、小潮時に小さいという基本的なパターンの繰り返しであるが、降水量の影響を最も強く受けている。7月下旬、10月上旬、2月上旬については、若干の降雨はあるものの、他の時期に比べ変動の大きさが著しいなど降水量だけでは説明できない部分もみられ、河川流量と関係していると思われる。また、水温については、比較的塩分の変動と類似した傾向にある。

図5から、植物プランクトンが急増した時期は、水温、塩分のF.I.がそれぞれ0.5、1.5以上の比較的大きな値を示した時期とほぼ一致していることがわかる。そこで、表1に植物プランクトン急増時期と水温、塩分のF.I.のピークとの関係を示す。前項で述べた植物プランクトンが急増した例は、15回みられ、8回は複数の種類が急増している。このうち、10月中旬の*C. curvisetus*、2月中旬の*Chaetoceros* sp.の2例を除く13例については、水温、あるいは塩分のF.I.のピークや6日前から11日後以内に急増している。水温あるいは塩分だけのピーク前後に急増した例もみられるが、いずれかのF.I.のピーク3日前から5日後以内に急増したのは11例と全体の73%となった。

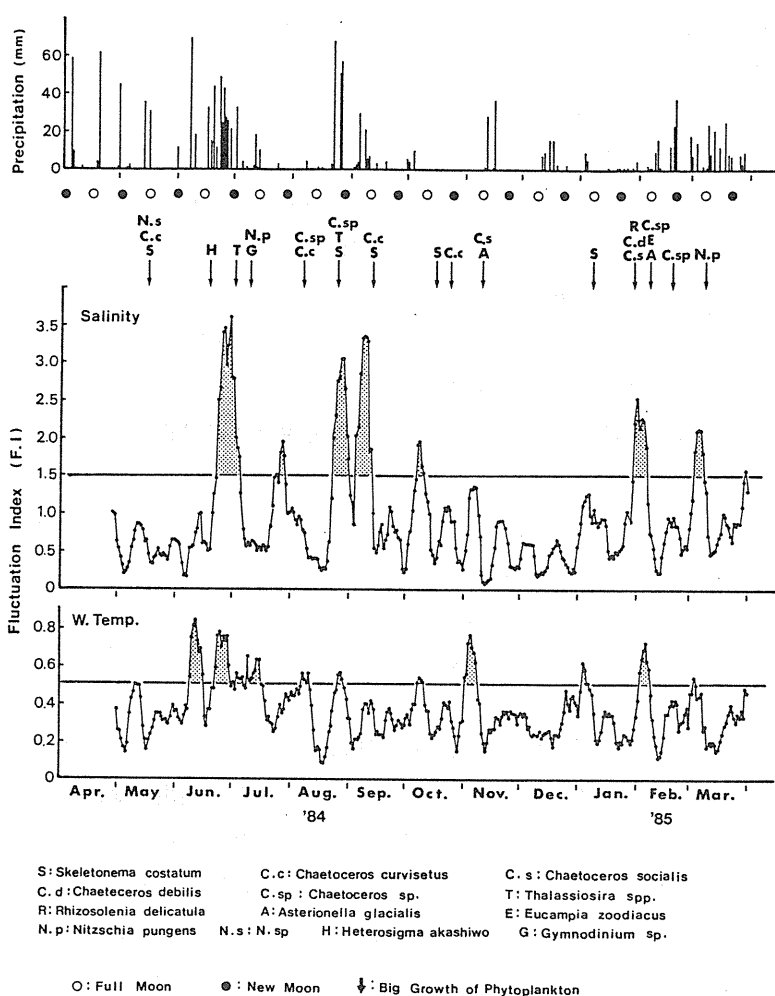


図5 水温・塩分の変動の大きさと植物プランクトン増殖との関係

週一回の植物プランクトンのデータであるため、実際の増殖時期とは若干のずれがあるであろうし、また、3月下旬の塩分のピーク時には植物プランクトンの急増がみられていないなど問題点はあるが、植物プランクトンの急増と水温、塩分の変動との間には何らかの関係があるものと考えられる。

一般に赤潮の形成要因として、水温、塩分等の海況要因、光、風、流れ等の物理的要因、窒素、リン化合物、微量金属、ビタミンなどの増殖促進物質等の化学要因等があげられる<sup>10-11)</sup>。図6に示すように(浅海定線調査、赤潮予察調査の結果を引用した。8月までは図1に示すSt.7の値である。調査地点との相関係数はD I Nで0.892, D I Pで0.919である), 梅雨期や、8月から9月にかけての降雨で陸水から大量の栄養塩が供給されていることがわかる。このように、当海域においては、窒素やリンの主な供給源は河川であり<sup>1)</sup>, また、安部ら<sup>5)</sup>は、有明海湾奥部の鉄の補給源は河川水が直接関与しているとしている。

これらのことから、陸水から供給される種々の化学物質については、塩分の変動から間接的に知ることが可能であると考えられる。また、水温の変動から、日射量等の物理的要因の変動をある程度知



表1 植物プランクトン急増時期と水温，塩分のF. Iのピークとの関係

No.	Species	Month	Peak of F. I (W. Temp.)	Peak of F. I (Salinity)
1.	<i>S. costatum</i> <i>C. curvisetus</i> <i>Nitzschia</i> sp.	May	after 5 days	—
2.	<i>H. akashiwo</i>	June	after 7 days	before 6 days
3.	<i>Thalassiosira</i> spp.	July	after 4 days	after 3 days
4.	<i>Gymnodinium</i> sp. <i>N. pungens</i>		after 1 day	after 11 days
5.	<i>Chaetoceros</i> sp. <i>C. curvisetus</i>	August	before 2 days	after 9 days
6.	<i>S. costatum</i> <i>Thalassiosira</i> spp. <i>Chaetoceros</i> sp.		before 3 days	before 3 days
7.	<i>S. costatum</i> <i>C. curvisetus</i>	September	—	after 1 day
8.	<i>S. costatum</i>	October	after 7 days	after 7 days
9.	<i>C. curvisetus</i>		—	—
10.	<i>A. glacialis</i> <i>C. socialis</i>	November	after 5 days	after 3 days
11.	<i>S. costatum</i>	January	after 4 days	—
12.	<i>C. socialis</i> <i>C. debilis</i> <i>R. delicatula</i>		—	before 3 days
13.	<i>A. glacialis</i> <i>E. zoodiacus</i> <i>Chaetoceros</i> sp.	February	after 1 day	after 6 days
14.	<i>Chaetoceros</i> sp.		—	—
15.	<i>N. pungens</i>	March	after 4 days	after 2 days

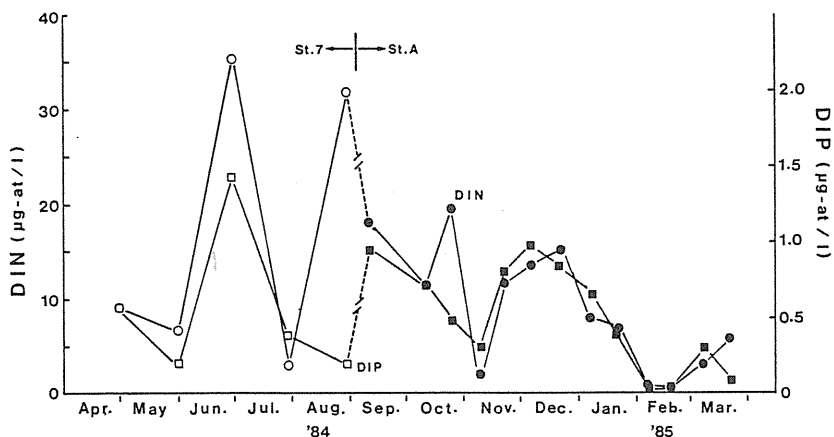


図6 栄養塩の周年変化

ることが出来るものと考えられる。このようなことから、水温、塩分の F.I が大きくなるということは、その時期に、何らかの物理的・化学的・生物学的刺激、化学物質の供給がなされ、その結果として植物プランクトンが急増したのと考えられる。

一方、前述のように、11月中旬から12月まで、植物プランクトン（珪藻類）の増殖は全くみられていない。この時期には図6に示すように、栄養塩類はかなり多く溶存している。このことより、佐賀有明水試<sup>1)</sup>は、当海域における冬季の珪藻類の大発生に関して、N、Pは、少なくとも制限因子にはなっていないとしている。そこで、この時期の水温、塩分の F.I をみると、他の時期に比べ小さくなっており、このことが、植物プランクトンが発生しなかった原因の一つであるとも考えられる。

以上のことから、自動観測塔のデータから前述の方法で変動の大きさを求め、その値やピークに着目することは、一週間程度の短期的植物プランクトン発生予測の簡便な一手段として有効ではないかと思われる。しかしながら、前述した問題点の他に、水温、塩分の変動の大きさを表す方法についても検討の余地がある。また、底泥からの各種化学物質の溶出については水温、塩分の変動から推測するのは難しいなど、まだ不十分な点も多い。さらに、昭和59年度1年間だけの結果に過ぎないため、今後、光強度<sup>2)</sup>や潮汐との関係も含め、資料の蓄積を図り、詳細な検討を加える必要があろう。

## 要 約

1. 昭和59年4月から昭和60年4月まで、植物プランクトンの出現状況を把握するための調査を週一回実施した。
2. 4月から6月中旬までは、1,000cells/ml以上の比較的高密度で推移した。この期間の優占種は、*Skeletonema costatum* で、6月中旬から下旬にかけて *Heterosigma akashiwo* の赤潮が発生した。  
7月から9月までの高水温期には珪藻類や渦鞭毛藻類等多種の植物プランクトンが出現したが、高細胞密度を数週間にわたり維持することはなく、極端な増減の繰り返しがみられた。  
10月から12月までは、10月下旬と11月上旬の2回、珪藻類の一時的な増殖がみられた。しかし、その後12月末まで植物プランクトンは極めて少ない状態で推移した。  
1月下旬から珪藻類は増加傾向を示し始め、2月上旬に爆発的に増殖した。ピーク時には *S. costatum*, *Chaetoceros* spp., *Eucampia zoodiacus*, *Asterionella glacialis* 等多種の珪藻類が混在し、沈澱量は437.5ml/m<sup>2</sup>を示し、細胞数は6,000cells/mlを超えた。その後、3月まで種の変遷を繰り返しながら減少傾向にはあるものの高いレベルで推移した。
3. *S. costatum* は、ほぼ周年にわたり出現したが、水温28℃以上の高水温期にはほとんどみられなかった。また、水温上昇期と下降期とでは出現のパターンが異なっていた。
4. 自動観測塔の水温、塩分の日平均値を用い、前日との差（絶対値）の一週間平均値を求め、変動の大きさの指標（F.I）とした。植物プランクトンが急増した時期との関連について検討した結果、水温、塩分のいずれかの F.I のピーク3日前から5日後以内に植物プランクトンが急増した例は全体の73%であった。このことから、水温、塩分の変動に着目することは短期的な植物プランクトン発生予測の一手段として有効と考えられた。

## 文 献

- 1) 佐賀県水産試験場 1985：昭和59年度九州海域赤潮予察調査報告書。水産庁他，59～79。
- 2) 川村嘉応・山下康夫・北嶋博卿・小澄千尋 1986：六角川河口沖定点における微細環境—I，珪藻類と水温・塩分・栄養塩類との関連について。本誌，71～88。
- 3) 山下輝昌 1983：有明海湾奥部におけるプランクトンの季節的消長—XV。昭和56年度福岡県有明水産試験場研究業務報告，83～90。
- 4) 水産庁九州漁業調査事務所 1985：九州海域の赤潮。昭和59年。
- 5) 安部 昇・松尾新一ほか 1984：有明海・福岡湾に発生する赤潮生物の増殖を支配する物理，化学的要因に関する比較研究。大規模赤潮の形成及び赤潮被害防止に関する研究，5年間の研究成果，125～137。
- 6) 大内 晟・高山晴義 1984：赤潮図による *Gymnodinium* '65年型種赤潮の予察について。日水誌50(7)，1201～1205。
- 7) 矢田武義・高田純司 1985：伊万里湾海水の励起光測定による赤潮予察の試み。長崎水試研報11。
- 8) 安部恒久・城 久 1978：昭和51年度大阪府水産試験場業務報告書。
- 9) 伊藤克彦 1984：内湾水域における植物プランクトン種の交替の特徴。大規模赤潮の形成及び赤潮被害防止に関する研究，5年間の研究成果，179～190。
- 10) 坂本 充 1980：赤潮の栄養条件。赤潮に関する近年の知見と研究の問題点，日本水産資源保護協会。
- 11) 古賀文祥 1984：赤潮プランクトン変動の前駆現象の研究。大規模赤潮の形成及び赤潮被害防止に関する研究，5年間の研究成果，23～38。