

福岡湾における植物プランクトン群集の季節変動

篠原 満寿美・杉野 浩二郎・佐藤 利幸*¹・池内 仁*¹
吉田 幹英・本田 清一郎*²・神蘭 真人
(研究部)

Seasonal Fluctuation of phytoplankton Community in Fukuoka Bay

Masumi SHINOHARA, Kojiro SUGINO, Toshiyuki SATOU, Hitoshi IKEUCHI,
Mikihide YOSHIDA, Seiichiroh HONDA and Masato KAMIZONO
(Research Department)

福岡湾においては、福岡市およびその周辺都市からの生活・都市排水等が多量に流入し、赤潮が発生するなど、富栄養化の影響がみられ、その漁業に及ぼす影響が懸念される。当研究所では福岡湾における赤潮の発生機構を解明するために、1974年度から主に夏季を中心に湾内に出現する植物プランクトンについての調査を行っており、さらに'92年度以降、毎月一回の調査を行っている。

湾内に出現する植物プランクトン種の記述、あるいは赤潮に関しては多くの研究^{1)~6)}があるが、植物プランクトン群集の季節変動に関する研究はほとんどない。

そこで、'92年度から'97年度の6年間の資料を用いて、福岡湾に出現する植物プランクトンの季節変動について整理を行い、さらに湾内の水温、塩分、栄養塩濃度の変化から、その変動要因についても検討した。

方 法

解析に用いた資料は、福岡湾の赤潮調査の'92年4月から'98年3月までの6年間のデータである。図1に示した調査点で毎月一回の調査を行っており、所定層（表層、5m、底層）から採水を行い、栄養塩類（NH₄-N, NO₂-N, NO₃-N, PO₄-P）の測定⁹⁾、植物プランクトンの種の同定と計数を行った。プランクトンは採水した生海水の0.2~1mlを分取し、その全量を検鏡した。解析には、湾口部のStn. 10と湾中央部のStn. 9の資料を用い、年度別・月別に綱単位で整理した。

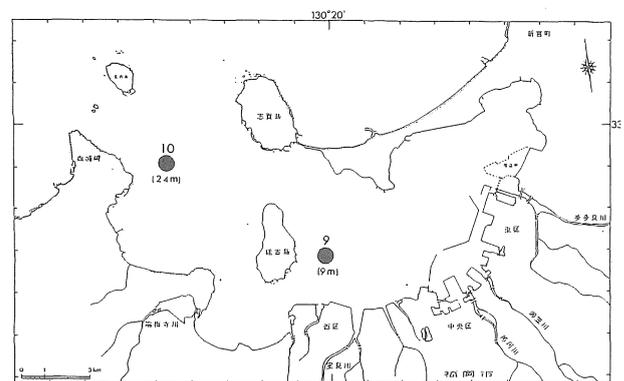


図1 福岡湾

結 果

1. 植物プランクトンの季節変化

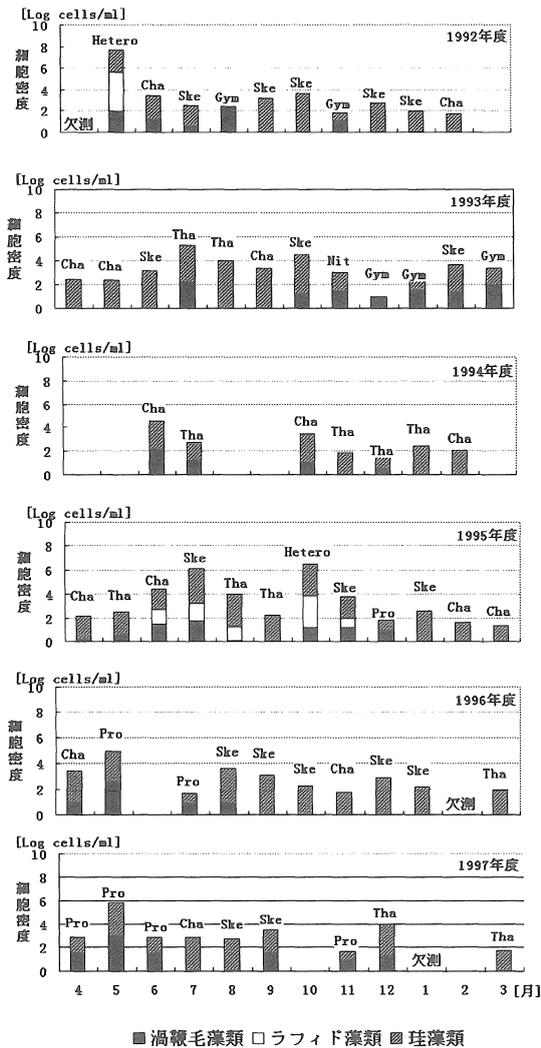
湾口部 (Stn. 10) と湾中央部 (Stn. 9) に出現した植物プランクトンを3層平均し、その年別・月別変化をそれぞれ図2と図3に示した。図中のアルファベットはその月に最も優先した種類を示している。

1) 湾口部

1992年度：5, 8, 11月を除くといずれの月も珪藻類が卓越しており、その大部分は *Skeletonema costatum* であった。5月はラフィド藻類 (*Heterosigma akashiwo*) が出現し、赤潮状態を呈していた。細胞密度の変動をみると、5月を除くと、6月以降増加しており、10月に最も密度が高く、その後減少していた。

1993年度：4月から11月にかけて珪藻類が卓越していた。10月以降、渦鞭毛藻類が出現しはじめ、12, 1, 3月に

*1 現水産林務部漁政課 *2 現企画管理部



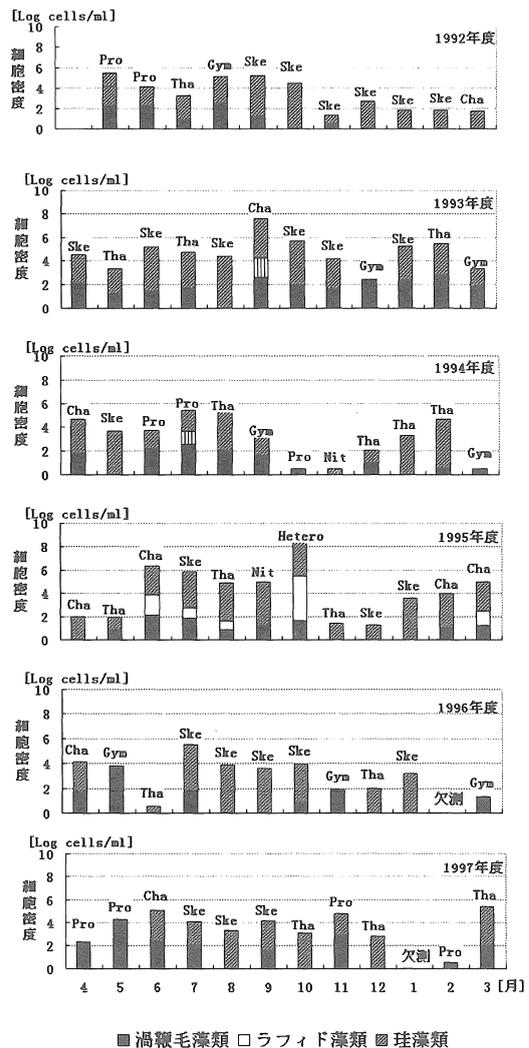
< 渦鞭毛藻類 > Gym: *Gymnodinium* 属, Pro: *Prorocentrum* 属
 < ラフィド藻類 > Hetero: *Heterosigma akashiwo*
 < 珪藻類 > Ske: *Skeletonema costatum*, Cha: *Chaetoceros* 属
 Tha: *Thalassiosira* 属, Nit: *Nitzschia* 属

図2 湾口部のプランクトン細胞密度

は *Gymnodinium* 属が優占した。最も細胞密度が高かった月は8月で 3.6×10^3 cells/ml であり、最低は12月で 10 cells/ml 以下であった。

1994年度：他の年度に比べると細胞密度が低く、最大でも 3×10^2 cells/ml 程度であり、1 cells/ml 以下の月も多かった。1 cells/ml を超えた月はいずれも珪藻類が卓越しており、*Chaetoceros* 属と *Thalassiosira* 属が優占していた。渦鞭毛藻類も出現していたが、その細胞密度は珪藻類に比べるとはるかに低かった。

1995年度：10月と12月を除くといずれの月も珪藻類が



< 渦鞭毛藻類 > Gym: *Gymnodinium* 属, Pro: *Prorocentrum* 属
 < ラフィド藻類 > Hetero: *Heterosigma akashiwo*
 < 珪藻類 > Ske: *Skeletonema costatum*, Cha: *Chaetoceros* 属
 Tha: *Thalassiosira* 属, Nit: *Nitzschia* 属

図3 湾中央部のプランクトン細胞密度

卓越していた。ラフィド藻類 (*Heterosigma akashiwo*) がしばしば出現しており、特に10月には優占種となっていた。細胞密度は7～9月にかけて高い傾向が伺えた。

1996年度：4～8月にかけて渦鞭毛藻類が出現していたが、大部分の月は珪藻類が卓越しており、*Skeletonema costatum* が優占していた月が多かった。

1997年度：4～6月にかけて渦鞭毛藻類の *Prorocentrum* 属が優占しており、特に5月には 8.5×10^2 cells/ml を示し、赤潮状態を呈していた。春から夏にかけて細胞密度が高くなる傾向が伺えた。

2) 湾央部

1992年度：9月～3月にかけて珪藻類が卓越しており、特に細胞密度が9月と10月には高く $1 \times 10^4 \sim 10^5$ cells/mlのオーダーを示した。全体の細胞密度は夏季に高く、冬季に低い傾向が伺えた。5, 6, 8月には、渦鞭毛藻類が優占しており、12月以降は1 cells/ml以上の出現は認められなかった。

1993年度：他の年度と比べると各月の細胞密度が高かった。8月を除くいずれの月でも渦鞭毛藻類が $1 \times 10^2 \sim 10^3$ cells/mlのオーダーで出現した。

1994年度：渦鞭毛藻類が8月を除いた6～10月に優占しており、珪藻類は春と冬に卓越していた。細胞密度は9～12月にかけて低い傾向が伺えた。

1995年度：10月を除くといずれの月も珪藻類が卓越していた。ラフィド藻類 (*Heterosigma akashiwo*) がしばしば出現しており、特に10月には 8×10^3 cells/mlを示し、赤潮状態を呈していた。5～10月にかけて渦鞭毛藻類は出現したが、珪藻類の細胞密度に比べるとはるかに低く、優占することはなかった。

1996年度：7～10月にかけて珪藻類の *Skeletonema*

*costatum*が優占しており、細胞密度は $1 \times 10^3 \sim 10^4$ cells/mlであった。*Gymnodimium*属が5, 11, 3月に優占しており、特に5月には 6×10^3 cells/mlのオーダーを示し、赤潮状態を呈していた。

1997年度：4～7月にかけて渦鞭毛藻類の *Prorocentrum*属が出現した。5月には、*Prorocentrum*属が優占種となり細胞密度が 2×10^4 cells/mlを示し、赤潮状態を呈していた。

2. 水温, 塩分の変動

海域の水温, 塩分が植物プランクトンの変動にどのように関わっているのかをみるために、調査点別の3層平均した水温, 塩分の年度別・月別変化を図4 (湾口部) と図5 (湾央部) に示した。

1) 湾口部

水温は春季から夏季にかけて上昇し、秋季から冬季にかけて下降する季節変動を示した。最高水温は8～9月の23～28℃, 最低水温は1～2月の11～13℃であった。塩分は夏季に低く、冬季に高い季節変動を示し、時折、夏季に急激な塩分低下がみられた。

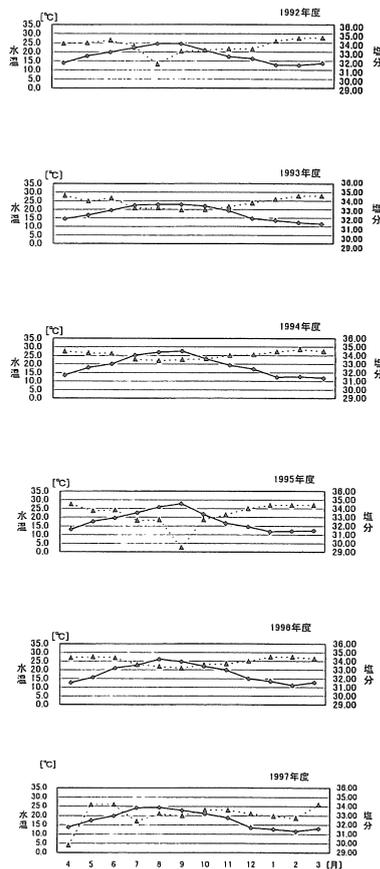


図4 湾口部の水温, 塩分

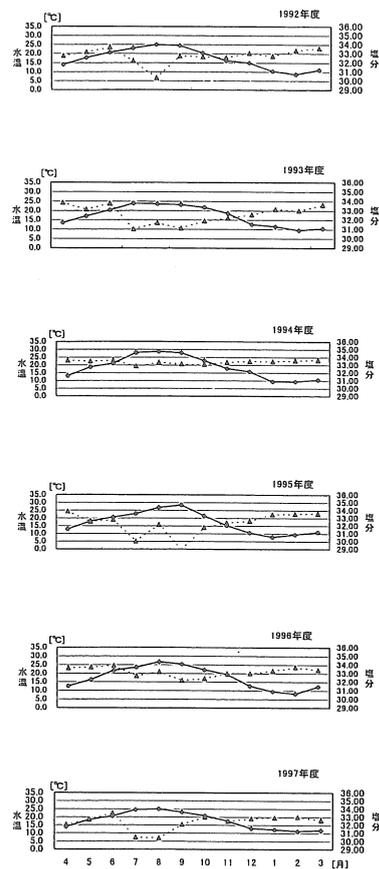


図5 湾央部の水温, 塩分

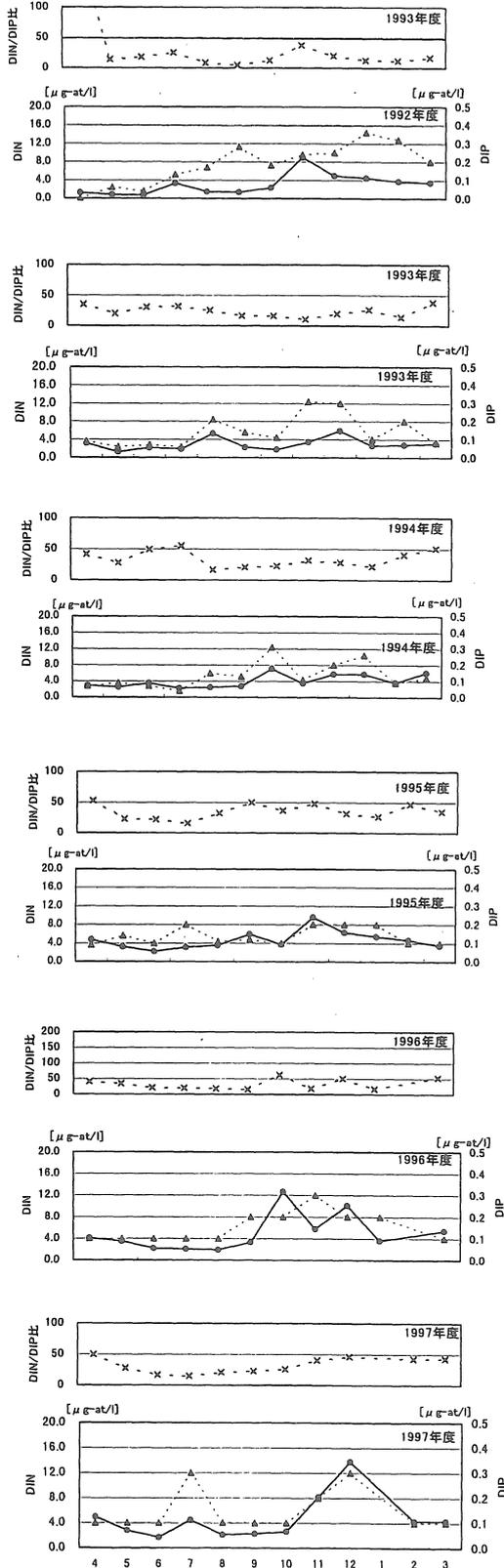


図6 湾口部のDIN, DIP, DIN/DIP比

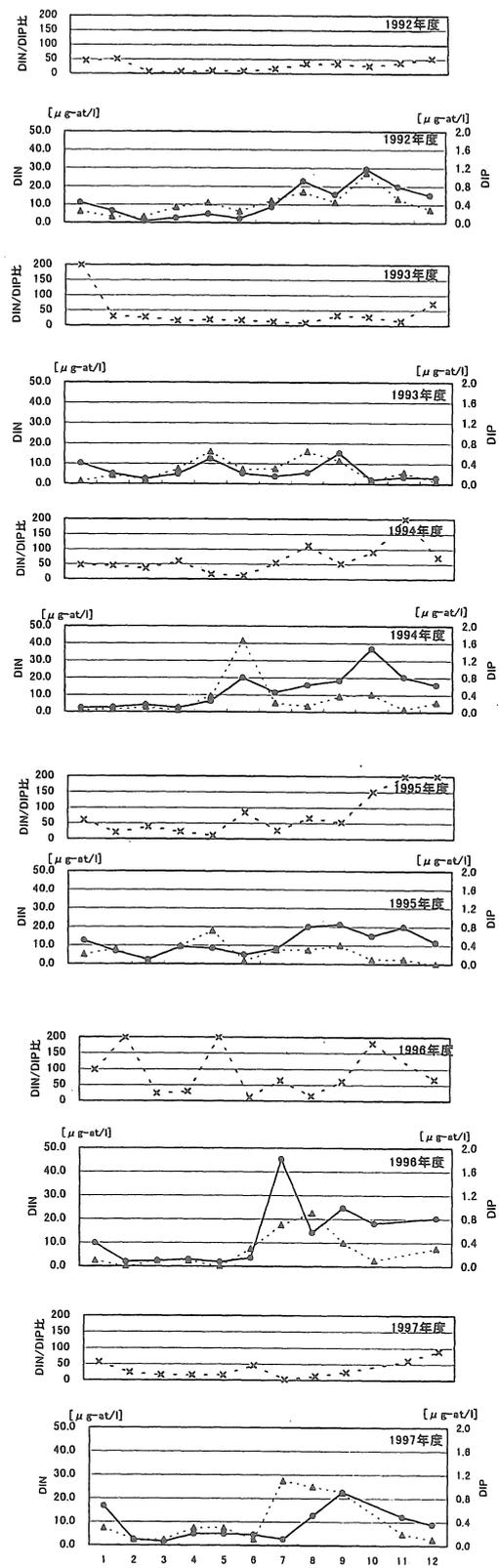


図7 湾中央部のDIN, DIP, DIN/DIP比

2) 湾中央部

水温は湾口部と同様に、夏季にかけて上昇し、秋季から冬季にかけて下降する季節変動を示し、最高水温は8~9月の23~29℃であり、最低水温は1~2月の8~12℃であった。湾口部の水温と比較すると、最高水温は約1℃高く最低水温は約3℃低いことから水温の変動は湾中央部の方が湾口部より大きいことがわかった。塩分も湾口部と同様に、夏季に低く、冬季に高い季節変動を示し、特に6~8月には顕著な塩分低下がみられた。

2. 栄養塩類濃度の変動

海域の栄養塩類濃度が植物プランクトンの変動にどのように関わっているのかをみるために、調査点別の3層平均した無機溶存態窒素(DIN)、無機溶存態リン(DIP)、DIN/DIP比^{*1}の年度別・月別変化を図5(湾口部)と図6(湾中央部)に示した。

1) 湾口部

DIN、DIPともに同様の季節変動をしており、年による変動があるものの、春季から夏季にかけて濃度が低く、秋季に増加し、冬季に減少するという季節変動がみられた。その濃度は、DINで1~14 $\mu\text{g-at/l}$ の範囲、DIPで0.05~0.36 $\mu\text{g-at/l}$ の範囲で変動していた。DIN/DIP比をみると、DINの変動がDIPの変動に比べて大きいこと、その変動はDINの変動と連動している傾向が伺えた。年による栄養塩濃度の違いを積算値^{*1}と比較すると、DINでは値の高い方から97、96、95、94、92、93年度の順になった。最も高い97年度は60.7 $\mu\text{g-at/l}$ で、最も低い93年度の値は36.9 $\mu\text{g-at/l}$ であった。DIPでは、値の高い方から92、97、94、95、96年度の順となり、最も高い92年度は2.2 $\mu\text{g-at/l}$ 、96年度が最も低く1.6 $\mu\text{g-at/l}$ であった。DINとDIPの年度別積算値の大小が年度によって必ずしも一致しないことから、湾口部のDIN/DIP比は年度によって大きく異なり、最大値は97年度のDIN/DIP比が33.7、最小値は92年度の16.7であった。

2) 湾中央部

湾中央部でのDIN濃度は1~45 $\mu\text{g-at/l}$ の範囲、DIP濃度は0.05~1.09 $\mu\text{g-at/l}$ の範囲で変動しており、それらの値は湾口部で値に比べてはるかに高い。季節変動も明瞭であり、春季から夏季にかけて濃度が低く、秋季に増加し冬季に低下するという変動を示した。DIN/DIP比をみると、春季から夏季にかけて低く、冬季に高くなる傾向が伺えた。年による栄養塩濃度の違いを積算値と比較すると、DINでは高い方から96、94、95、92、97、93年度の順になり、最高値は160.3 $\mu\text{g-at/l}$ 、最低値は72.9 $\mu\text{g-at/l}$ であった。DIPで

は、92、97、94、93、96、95年度の順となり、最高値は5.1 $\mu\text{g-at/l}$ 、最低値は3.0 $\mu\text{g-at/l}$ であった。それらの値を用いて年度別にDIN/DIP比を計算すると51.7(96年度)~21.9(97年度)の範囲であり、湾口部と同様にDIN/DIP比は年によって大きく変動しているという結果が得られた。

考 察

福岡湾湾口部：珪藻類が卓越する月が多く、渦鞭毛藻類とラフィド藻類(*Heterosigma akashiwo*)が優占する月は年間で2~3ヶ月程度である。細胞密度の季節変化は春季から夏季にかけて高く、その後冬季にかけて減少する傾向が伺える。年度による差異はあるものの渦鞭毛藻類が出現する時期は、4~12月にかけてであり、1月以降の出現は希である。ラフィド藻類(*Heterosigma akashiwo*)は92年度5月と95年度の数ヶ月のみの出現である。優占した種は珪藻類の*Skeletonema costatum*、*Chaetoceros*属及び*Thalassiosira*属であり、渦鞭毛藻類では*Gymnodinium*属と*Prorocentrum*属である。

福岡湾湾中央部：湾口部と同様に年間を通して珪藻類が優占している。一方、渦鞭毛藻類が出現したのは、4~10月にかけてと3月であり、ラフィド藻類(*Heterosigma akashiwo*)が出現したのは95年度の数ヶ月のみである。珪藻類の出現頻度は春から夏にかけて高くなり、秋から冬にかけて低くなる傾向が伺える。細胞密度の季節変化は春季から夏季にかけて高く、その後冬季にかけて減少する傾向が伺え、細胞密度は湾中央部の方が湾口部よりはるかに高い。

水温は夏季に高く、冬季に低い季節変動を示しており、塩分は夏季に低く冬季に高い変動を示している。栄養塩濃度は春季から夏季にかけて低く、秋季に増加し冬季に減少する傾向が伺える。栄養塩濃度は湾口部で低く、湾中央部で高い。湾口部、湾中央部ともに植物プランクトンの細胞密度の季節変化は、おおむね水温、塩分の変化に対応しており、福岡湾の植物プランクトンの増殖に水温、塩分が大きく影響していることが示唆される。特に珪藻類は夏季に細胞密度が高くなることから珪藻類の増殖には高水温、低塩分が適していることが推察される。湾口部と湾中央部の細胞密度の差は、両海域での栄養塩濃度の差を反映したものであろう。

渦鞭毛藻類の出現は、春季から秋季にかけてみられるが、優占するのは主に春季であり、珪藻類の細胞密度が高く

*1 DIPの値が検出限界値の場合とDIN/DIP比が200以上になった場合はDIN/DIP比の値を200とした。

*1 積算値は年間12ヶ月の合計値であり、欠測月については線形補間をおこなった。

なる夏季に渦鞭毛藻類が優占することは少なかった。渦鞭毛藻類が優占する春季には、水温成層が発達し始め、下層から上層への栄養塩の供給が減少する。また、渦鞭毛藻類は日周垂直移動を行い、増殖に適した環境である水深に移動する¹⁰⁾ことが可能である。上層の栄養塩濃度が低下する春季に鞭毛藻類は移動能力を利用し、増殖していると考えられる。夏季になると渦鞭毛藻類の細胞密度は減少する。山口¹¹⁾によると渦鞭毛藻類と珪藻類との間になんらかの競合関係が存在し、珪藻類が増殖すると渦鞭毛藻類は増殖できない。夏季において珪藻類が優占しており、その結果渦鞭毛藻類が増殖できなかったと推察される。

要 約

- 1) 福岡湾湾口部、湾中央部における植物プランクトンの細胞密度は春季から夏季にかけて高くなり、その後減少する傾向が伺えた。
- 2) 珪藻類は周年出現し、夏季に優占し、渦鞭毛藻類は3月～12月に出現し、春季に優占した。
- 3) 福岡湾湾口部でのDIN濃度は1～14 $\mu\text{g-at/l}$ の範囲、DIP濃度は0.05～0.36 $\mu\text{g-at/l}$ の範囲で変動する。湾中央部でのDIN濃度は1～45 $\mu\text{g-at/l}$ の範囲、DIP濃度は0.05～1.09 $\mu\text{g-at/l}$ の範囲で変動しており、湾中央部の栄養塩濃度が湾口部の栄養塩濃度よりはるかに高い値を示した。
- 4) 渦鞭毛藻類は6年間で毎年出現していたが、ラフィド藻類 (*Heterosigma akashiwo*) の出現は湾口部において92, 95年度にのみ、湾中央部において95年度にのみ出現した。
- 5) 福岡湾の植物プランクトンの増殖は水温・塩分に大きく影響されており、湾口部と湾中央部の細胞数の差は両海域の栄養塩濃度の差を反映しているものと推察される。
- 6) 渦鞭毛藻類は3～12月に出現し、春季に優占した。鞭毛藻類は上層の栄養塩が低下している春季において日周鉛直運動を利用して増殖し、夏季において珪藻類が優占するため渦鞭毛藻類は増殖できなかったと推察される。

文 献

- 1) 本城凡夫・花岡資：博多湾における赤潮発生機構に関する研究Ⅱ. 日本プランクトン学会, 19(2), 17-23 (1973).
- 2) 本城凡夫・花岡資：博多湾における赤潮発生機構に関する研究Ⅲ. 日本プランクトン学会, 20(2), 34-38 (1974).
- 3) 川上大和・田中義興・河辺克己：博多湾における *Gymnodinium*65型種の出現と環境について, 福岡県福岡水産試験場研究業務報告 (昭和52年度), 171-181 (1978).
- 4) 田中義興・川上大和・松尾新一：福岡湾の *Heterocapsa atriquetra* 赤潮と環境について, 福岡県福岡水産試験場研究業務報告 (昭和53年度), 201-214 (1979).
- 5) 田中義興：福岡湾に出現した *Heterocapsa triquetra* の遊泳細胞から得た休眠細胞について, 福岡県福岡水産試験場研究業務報告 (昭和54年度), 147-150 (1980).
- 6) 佐藤利幸・本田清一郎・池内仁：福岡湾における *Gymnodinium mikimono* 栄養細胞の季節変化, 福岡県水産海洋技術センター研究報告, 51-58 (1996).
- 7) 本田清一郎・金澤孝弘： *Gymnodinium mikimono* による赤潮発生と環境. 平成4年度九州海域赤潮査報告書, 1-10 (1993).
- 8) 本田清一郎・佐藤利幸： *Gymnodinium mikimono* による赤潮発生と環境. 平成5年度九州海域赤潮調査報告書, 1-10 (1994).
- 9) 日本海洋学会：海洋観測指針 (気象庁編), 188-190 (1981).
- 10) 本城凡夫：赤潮の科学 第2版 (岡市友利編), 264-273 (1997).
- 11) 山口峰夫： *Gymnodinium nagasakiense* の赤潮発生機構と発生予察に関する生理生態学的研究. 南西海区水産研究報告, No. 27, 251-394 (1994).