

五ヶ所湾のギムノディニウム赤潮*

柳 哲雄**・平尾賢治**・松山幸彦***・本城凡夫***

Red tide of *Gymnodinium mikimotoi* at Gokasho Bay*

Tetsuo YANAGI***, Kenji HIRAO***, Yukihiro MATSUYAMA***, and Tsuneo HONJO***

Abstract: Weekly phytoplankton data from 1989 to 1991 were analysed in order to elucidate the ecological process of red tide formation of *Gymnodinium mikimotoi* at Gokasho Bay in the central part of Japan. Red tides of *G. mikimotoi* occurred in summer 1989 and 1990 when the cell density of diatom was low, average water temperature in water column was higher than 25°C and the cell density of *Prorocentrum dentatum* decreased. On the other hand, red tide of *G. mikimotoi* did not occur in summer 1991 when the cell density of diatom was high, water temperature was lower than 25°C and the cell density of *P. dentatum* did not decrease.

1. はじめに

三重県五ヶ所湾 (Fig. 1) は1984年, 1986年夏季に *Gymnodinium mikimotoi* の大規模な赤潮が発生した海域として知られている (本城, 1987)。*G. mikimotoi* は, かつては *G. nagasakiense* と呼ばれていたが, 高山・松岡 (1991) により, *G. nagasakiense* は *G. mikimotoi* の同種異名であることが明らかにされ, 現在では *G. mikimotoi* と呼ばれている。本種の培養条件下での水温, 塩分, 照度, セレン濃度に対する増殖特性はかなり明らかにされているが (山口・本城, 1989, ISHIMARU *et al.*, 1989), 現場海域におけるその生活史, 並びに赤潮形成条件は未だ十分には解明されていない。

HONJO *et al.* (1991) は, 1984-1989年の6年間, 五ヶ所湾の *G. mikimotoi* の遊泳細胞密度の変動を観察し, その遊泳細胞密度が 1 cell/ml (増殖前期) と 10^3 cells/ml (赤潮期) に最初に到達する日 (4月-6月) は, 冬季 (12月-3月) の湾平均水温に依存することを

見いだした。すなわち, 冬季の五ヶ所湾の湾平均水温が高いほど, 湾内の *G. mikimotoi* 細胞は早く成長を開始し, 早い時期に赤潮を形成する。一方, 柳ら (1992) は瀬戸内海伊予灘の *G. mikimotoi* 赤潮の発生条件を調べて, 本種が低照度で多降水の年に赤潮を形成することを明らかにしている。これに関連して, 今井 (1992) は瀬戸内海周防灘では低照度で多降水の年には *G. mikimotoi* 赤潮が, 高照度で少降水の年には *Chattonella* 赤潮が発生することを明らかにしている。

我々は五ヶ所湾において, 1989年1月から1991年12月までの3年間, 植物プランクトンの種類組成と細胞密度の観察を行ってきた。本稿では, 五ヶ所湾における植物プランクトン観測結果をもとにして, *G. mikimotoi* の増殖状況と他のプランクトンの増殖との関連の有無, また五ヶ所湾に面する南勢町の気象変動と本種赤潮との関連の有無について検討する。

2. 観測資料

植物プランクトンデータは, Fig. 1 に示す五ヶ所湾のA点 (水深17m) で1989年1月から1991年12月までの3年間, 原則として毎週1回, 0, 2, 5, 10, 15m深の5層から採取し, 各層試料の1ml中の植物プランクトンの種類と, 細胞数を光学顕微鏡で観察した。その後で, 各層の試料 500ml を混合して得た 2,500ml の試水を, 本城式プランクトン濃縮装置 (Whatman GF/C 使用) で約 2.5ml まで濃縮して, 濃縮試水 1ml 中の植物プラ

* 1993年12月24日受理。Received December 24, 1993

** 愛媛大学工学部土木海洋工学教室, 〒790 松山市文京町3

Department of Civil and Ocean Engineering, Ehime University, Matsuyama 790, Japan

*** 南西海区水産研究所, 〒739-04 広島県佐伯郡大野町丸石2-17-5

Nansei National Fisheries Research Institute, Ohno, Saeki, Hiroshima 739-04, Japan

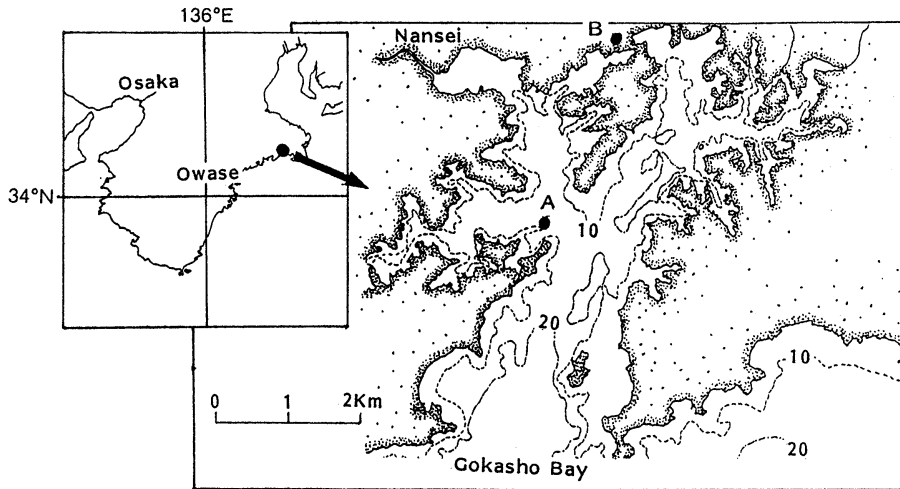


Fig. 1. Observation points of phytoplankton and water temperature (A) and meteorological data (B).

ンクトンの種類毎の個体数を観察した。採水と同時に、各層の水温も測定した。

気象データとして、三重県気象資料から南勢町 (Fig. 1 中のB点) の毎日の日照時間、降水量、平均風速の記録を得た。

これらのデータをプランクトンデータと対応させるために、前回プランクトン資料が得られた翌日から、次のプランクトン資料が得られた日までの積算平均気象データを気象の基本データとした。

3. 解析結果

Fig. 2 に、珪藻と鞭毛藻の出現種類数と優占度の変動、珪藻と鞭毛藻の出現細胞密度と優占度の変動を示す。図中の破線は生データ、実線は観測回数3回毎の移動平均を示している。

出現種類数には、基本的には秋季から冬季に珪藻、夏季に鞭毛藻が卓越するという季節変動の特徴が見られる。細胞密度にも、夏季に鞭毛藻が卓越し、秋季から冬季に珪藻が卓越するという季節変動が伺われる。このような季節変動は、有光層で栄養塩が豊富な鉛直循環期には増殖速度の大きい珪藻が卓越し、有光層で栄養塩が枯渇する成層期には、鉛直移動して底層からも栄養塩取り込み可能な鞭毛藻が卓越するという、珪藻と鞭毛藻の増殖機構の違いに起因していると考えられる。しかし、1989-1990年の冬季には、種類数、細胞数とも鞭毛藻が卓越していて、上述したような推論が五ヶ所湾で必ずしも常に成り立つとは限らないことを示している。

HONJO *et al.* (1991) は、*G. mikimotoi* の水柱平均細胞密度が 10^3 cells/ml 以上を赤潮と定義しているが、この定義に準拠すると、1989年7月と1990年8月は、*G. mikimotoi* の細胞密度は 10^3 cells/ml を越えて赤潮発生年であった。しかし、1991年8月は、*G. mikimotoi* の細胞密度は最大 8×10^2 cells/ml にしか達せず、この年は赤潮非発生年であった。

このような赤潮発生に関連したプランクトン増殖の経年変動の理由を探るために、*G. mikimotoi* が成長期に入る4月から赤潮を形成する8月までの、毎年のプランクトン観測値と同時期の気象データを比較検討してみた (Fig. 3)。各年、各月で観測間隔が一定でないために、横軸の時間間隔は異なっている。幅の広い月は、1月内に多くの観測が行われたことを、幅の狭い月は観測間隔が1週間ではなく、2週間の場合があったことを示す。

Fig. 3 より以下のようなことが読み取れる。*G. mikimotoi* 細胞密度が 10^3 cells/ml 以上となった1989年8月と1990年7月は、水柱平均水温が 25°C を越えているが、 10^3 cells/ml を越えなかった1991年8月は、水柱平均水温が 25°C を越えていない。*G. mikimotoi* 細胞密度が急増する期間は、いずれの年も日照時間が短くなっているが、赤潮の発生した1989、90年と発生しなかった1991年で、特に異なった日照時間の変動傾向は伺えない。降水量、風速に関しても赤潮発生年と非発生年で、特に異なった傾向は見いだせない。

1989年6月と1990年4月、*G. mikimotoi* の細胞数

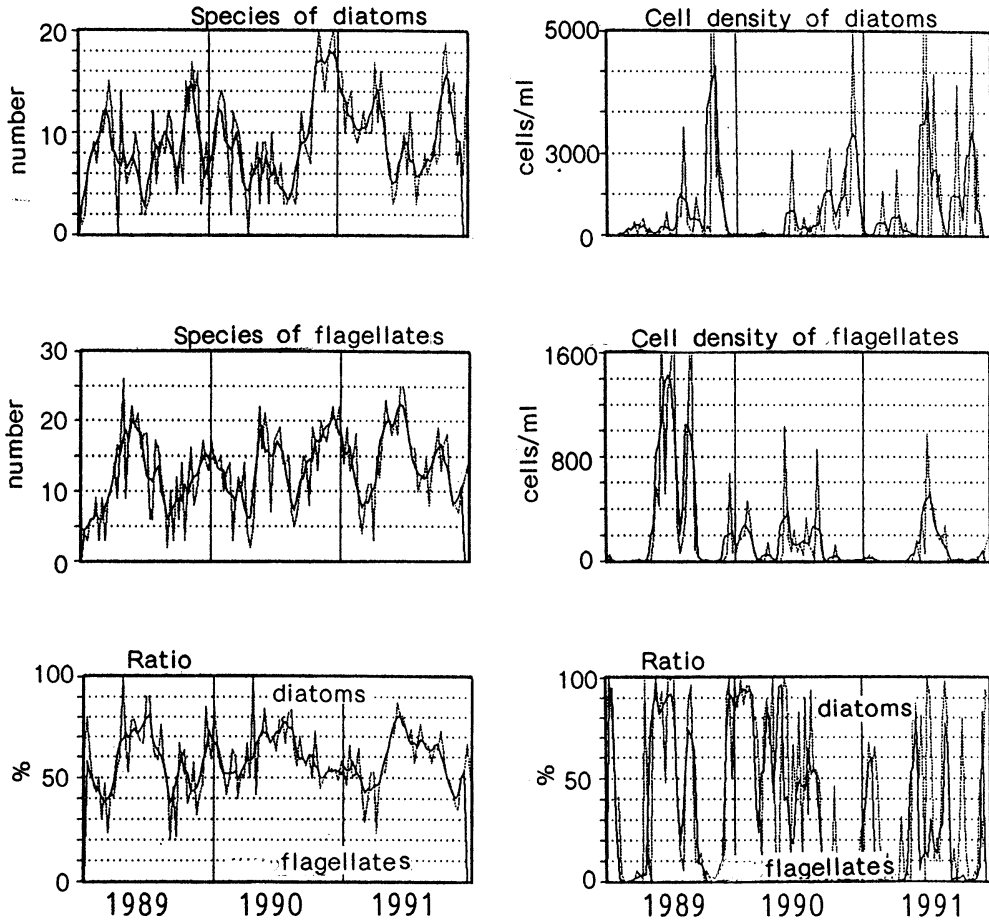


Fig. 2. Species, cell density and ratio of diatoms and flagellates.

が急増し始める時期に、珪藻の細胞数は10cells/ml程度と小さいが、1991年6月、*G. mikimotoi* の細胞数が急増し始める時期には、珪藻細胞数は 10^2 cells/mlと大きく、またその直前に 10^4 cells/mlとなっている。このことは、珪藻と鞭毛藻の種間競争が、五ヶ所湾の *G. mikimotoi* 赤潮発生に何らかの関連を持っていることを示唆している。

また、*G. mikimotoi* の細胞密度が 10^2 – 10^3 cells/mlに達する時期には、*G. mikimotoi* 以外の鞭毛藻の種類数、細胞密度は共に減少している。さらに、*G. mikimotoi* 赤潮が発生しなかった1991年8月、*G. mikimotoi* 細胞密度が 10^2 cells/mlに達した時に、*G. mikimotoi* 以外の鞭毛藻の種類数は減少しているが、鞭毛藻の細胞密度は減少していない。

そこで、*G. mikimotoi* 以外の代表的な鞭毛藻の細胞密度の変動を調べてみた (Fig. 4)。Fig. 4によれば、*Heterosigma akashiwo*, *P. triestinum*, *Eutrepitiella* sp. などは *G. mikimotoi* 細胞密度が小さい時にその細胞密度が大きく、*G. mikimotoi* 細胞密度が増加する時期にほぼ消滅しているが、*P. dentatum* だけはその細胞密度の増加時期が *G. mikimotoi* 細胞密度の増加時期と重なっている。しかも、*G. mikimotoi* が赤潮を形成した1989年、90年には、赤潮形成期に *P. dentatum* 細胞密度は急減したのに対して、*G. mikimotoi* 細胞密度が 10^2 cells/mlを越えたものの 10^3 cells/mlに至らなかった1991年は、*P. dentatum* の細胞密度は高いまま推移していて、減少していない。また、1989、90年はいずれも水温 25°C 以下で *P. dentatum* は



Fig. 3. Temporal variations in each parameters in 1989, 1990 and 1991.

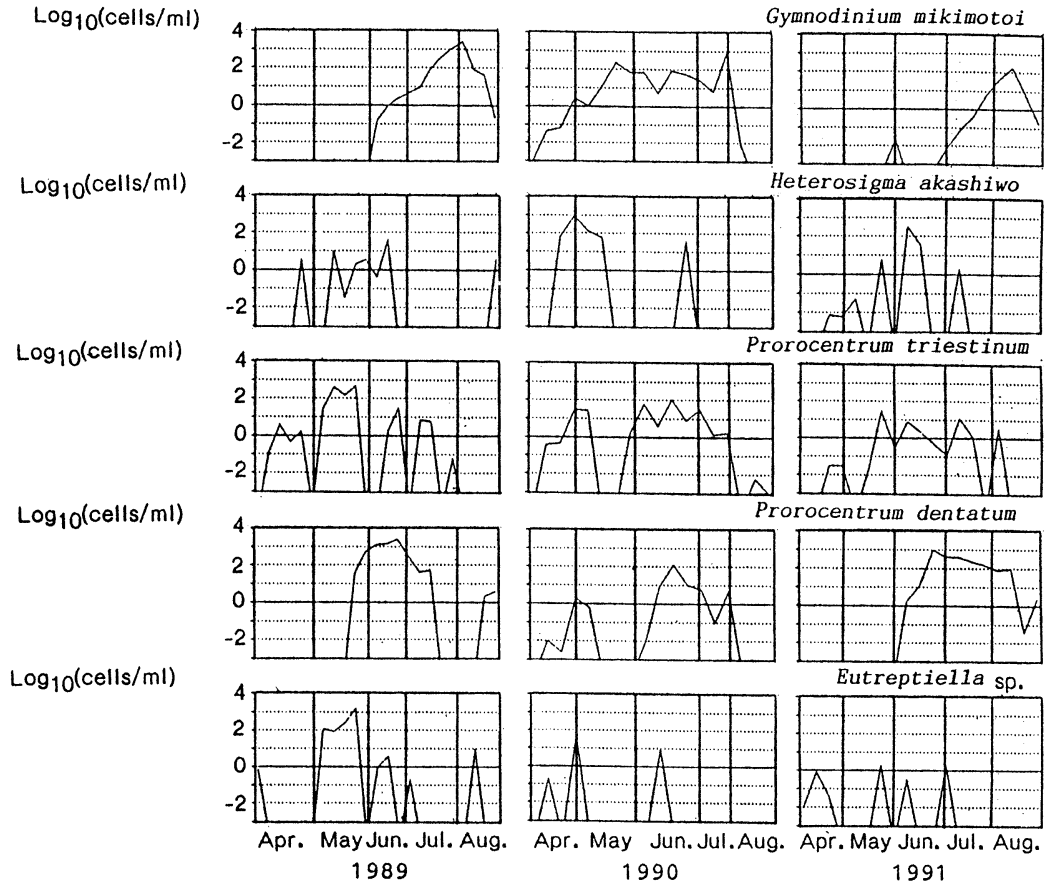


Fig. 4. Temporal variations in cell density of main flagellates.

細胞密度最大を記録しているのに対して、*G. mikimotoi* は水温 25°C 以上になってから細胞密度が最大となっている。

以上の結果と、1991年には水温が 25°C 以下であったことを併せて考慮すると、*P. dentatum* は *G. mikimotoi* よりやや低温に至適増殖領域を有すると推定される。それゆえ、水温が 25°C 以上になった1989, 90年は、*G. mikimotoi* が *P. dentatum* より高密度に増殖出来たが、水温が 25°C 以下であった1991年は、*P. dentatum* の方が勝って、*G. mikimotoi* 赤潮が形成されなかったのではないかと、という仮説が考えられる。

G. mikimotoi の至適増殖水温が 25°C である(山口・本城, 1989)ことはすでに明らかにされているが、*P. dentatum* の至適増殖水温は未だに明らかにされていない。今後、培養実験により両者の競合関係に関する研究が行われることが望まれる。

4. おわりに

以上、五ヶ所湾の植物プランクトン観測データに基づいて、五ヶ所湾の *G. mikimotoi* 赤潮の発生条件について、珪藻と鞭毛藻の種間競争、また水温約 25°C を境にした *G. mikimotoi* と *P. dentatum* という鞭毛藻間の増殖競争により *G. mikimotoi* 赤潮発生の有無が決まるという新しい考えを提唱した。

瀬戸内海伊予灘や周防灘で見いだされている *G. mikimotoi* 赤潮と、日射量、降水量との関係(柳ら, 1992; 今井, 1992)が五ヶ所湾では見られなかったことに関しては、瀬戸内海が閉鎖的で、海域の水温や栄養塩濃度が日射量や降水量と密接に関連しているのに対して、五ヶ所湾は太平洋に対して開放的で、湾内の水温や栄養塩濃度が、気象変動よりも太平洋の海水との海水交換により主に支配されているためかもしれない。

以上のような疑問点も含め、今後さらに栄養塩データ

などの観測も行って、五ヶ所湾の *G. mikimotoi* 赤潮の発生機構を明らかにしていきたい。

本研究を進めるにあたり、気象データの収集に御協力頂いた三重大学関根義彦教授、加藤 進氏に感謝の意を表する次第である。

文 献

- 本城凡夫 (1987) : ギムノディニウム. 「赤潮の科学」, 岡市友利編, 恒星社厚生閣, 東京, 228-237.
- HONJO, T., M. YAMAGUCHI, O. NAKAMURA, S. YAMAMOTO, A. OUDHI and K. OHWADA (1991): A relationship between winter water temperature and the timing of summer *Gymnodinium nagasakiense* red tides in Gokasho Bay. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **57**, 1679-1682.
- 今井一郎 (1992): 瀬戸内海のシャットネラ赤潮におけるシストの生態的役割. *月刊海洋*, **24-1**, 33-42.
- ISHIMARAU, T., T. TAKEUCHI, Y. FUKUYO and M. KODAMA (1989): The selenium requirement of *Gymnodinium Nagasakiense*. "Red Tide," T. OKAICHI *et al.* (eds), Elsevier, New York, 357-360.
- 高山晴義・松岡数充(1991) : *Gymnodinium mikimotoi* MIYAKE et KOMINAMI ex ODA と *Gymnodinium nagasakiense* TAKAYAMA et ADACHI の種形質の再評価. *日本プランクトン学会報*, **38**, 53-68.
- 山口峰生・本城凡夫(1989) : 有害赤潮鞭毛藻 *Gymnodinium nagasakiense* の増殖に及ぼす水温, 塩分および光強度の影響. *日本水産学会誌*, **55**, 2029-2036.
- 柳哲雄・浅井良保・小泉喜嗣(1992) : *Gymnodinium mikimotoi* の赤潮発生の物理的条件. *水産海洋研究*, **56**, 107-112.