

Gymnodinium mikimotoi の赤潮発生の物理的条件

柳 哲雄*・浅井良保*・小泉喜嗣**

Physical Conditions for Red Tide Outbreak of *Gymnodinium mikimotoi*

Tetsuo YANAGI*, Yosiyasu ASAI* and Yositsugu KOIZUMI**

Abstract

Meteorological and oceanographic conditions for red tide outbreak of *Gymnodinium mikimotoi* are examined with use of meteorological and oceanographic data in the Sea of Iyo, Seto Inland Sea, from 1987 to 1990. The red tide of *Gymnodinium mikimotoi* occurred in the mid summer of 1985 and 1986. In those years, solar radiation had been low, rainfall had been large and water temperature had been low since early summer.

1. はじめに

瀬戸内海西部の周防灘、伊予灘では1985年7月中旬と1986年7月下旬に *Gymnodinium mikimotoi* (旧称 *Gymnodinium nagasakiense*, 高山・松岡, 1991) による赤潮が発生し、特に1985年には10億円にのぼる漁業被害を生じた(水産庁, 1986; 柳, 1987; 柳, 1988)。柳(1990)はFig. 1に示したような伊予灘のギムノディニウム赤潮の発生海域は密度躍層の発達程度と肱川からの栄養塩の影響の度合というふたつの要素から決まっていることを明らかにした。さらに柳(1991)は既往のデータ解析より1985, 86年の冬季の伊予灘は例年より低温、高塩分であったこと、両年とも赤潮の発生前に約10日間南風が連吹していたことを明らかにしているが、ギムノディニウム赤潮が瀬戸内海西部で1985, 86年にだけ何故発生したかは未だに明らかにされていない。

本稿では伊予灘に面する四国電力伊方原子力発電所で1978年-1990年の間得られた気象、海象観測データを解析して、ギムノディニウム赤潮の発生に関連する気象、海象変動の特性を明らかにすることを試みる。

2. 解析データ

四国電力(株)伊方原子力発電所 (Fig. 1 中の星印)

1991年12月24日受理

* 愛媛大学工学部土木海洋工学教室 Department of Civil and Ocean Engineering, Ehime University, Bunkyo 3, Matsuyama 790, Japan.

** 愛媛県水産試験場 Ehime Prefectural Fisheries Experimental Stations, Sitaba 5516, Uwajima 798-01, Japan.

では発電所における日積算降水量、1時間毎の積算日射量、毎時の風向・風速、1号炉の取水口(海面下15m)における毎日10時の水温を連続観測している。今回の解析にあたり、日射量に関しては毎時の値を24時間加えて日積算日射量を求め、風向・風速に関しては毎時の値をベクトル平均して日平均風向・風速を求め、それぞれ1日1つのデータを解析の生データとした。解析期間は1978年1月1日-1990年12月31日の13年間である。

解析に用いた生データの時系列をFig. 2に示す。風は伊予灘の三崎半島海岸線に平行な北東成分と直角な南東成分について描いてある。

3. 解析結果

Fig. 2によれば、それぞれの気象・海象要素について季節変動が顕著なので、13年間の同じ日のデータを単純平均して平均的な季節変動を求めた(Fig. 3)。降水量は梅雨による6月下旬と台風による8月下旬-9月上旬に大きな値を持っている。これに対して日射量は5月下旬-6月上旬と7月上旬-8月上旬に大きな値をとる。水温は3月上旬に最小値約12°C、9月上旬に最大値約23°Cをとる。風は4月下旬から8月下旬にかけての南風、それ以外の北-北西風という季節風の交替が顕著である。

生データを1カ月間平均して毎月の平均値を求め、この値と平均的な季節変動の毎月の平均値との偏差を求めた(Fig. 4)。ギムノディニウム赤潮が発生した1985, 86年に注目すると、この両年は赤潮が発生しなかった他の年と比較して、黒抜きで示してあるように、春の間降水量が多く、春から初夏にかけて日射量が少なく、冬か

ら初夏にかけて水温が低めであったという特徴を持っていることがわかる。

そこで、この兩年の気象・海象変動の特性を詳しく見るために、毎日のデータの平均的な季節変動からの偏差を求め、それを10日間で移動平均した図を描いた (Fig. 5)。斜線で示した赤潮の発生する前には、兩年とも春から初夏にかけて降水量は正の偏差を持ち、日射量は負の偏差を持ち、1985年は1-3月、1986年は1-6月に

かけて水温が負の偏差をもっていることがわかる。

4. 考 察

山口・本城 (1989) は *Gymnodinium mikimotoi* の培養実験を行って、本種は低光強度下でも増殖可能であることを明らかにしているが、このことは伊予灘において日射量が平年よりも少ない時に他の植物プランクトン種が卓越しないで、ギムノディニウムのみが赤潮を形成

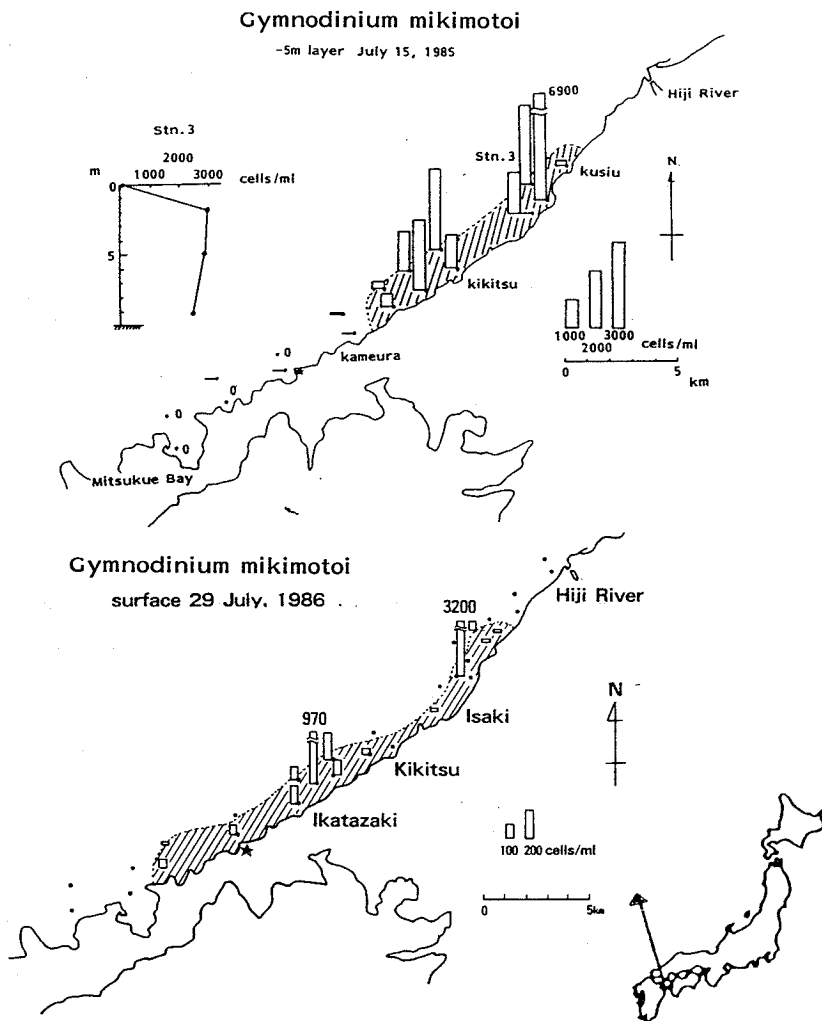


Fig. 1. Distribution of *Gymnodinium mikimotoi* 5 m below the sea surface on 15 July 1985 (upper) and that at the sea surface on 29 July 1986 (lower). Shadow region shows the area where the color of sea surface was changed and star the position of Ikata Nuclear Power Plant.

Gymnodinium mikimotoi の赤潮発生の物理的条件

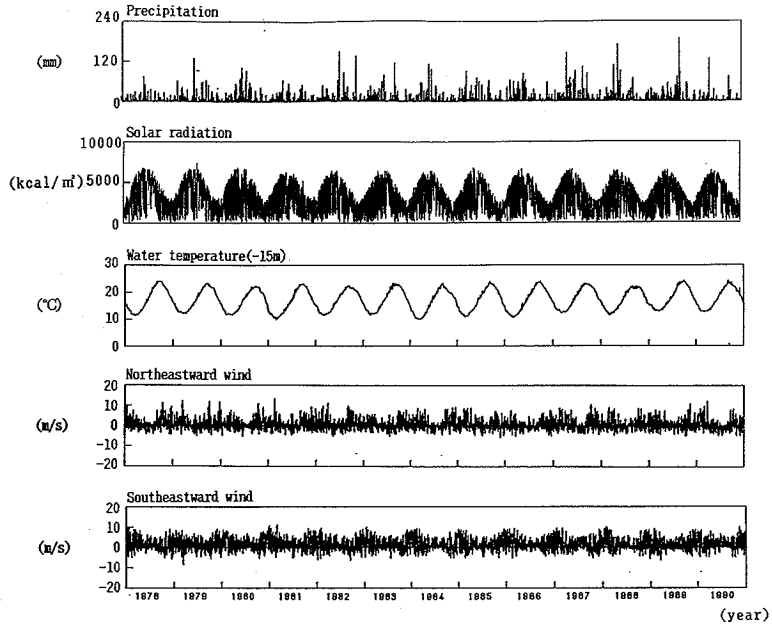


Fig. 2. Accumulated daily precipitation, solar radiation, water temperature 15m below the sea surface at 10 o'clock, daily mean northeastward and southeastward wind at Ikata Nuclear Power Plant from 1978 to 1990.

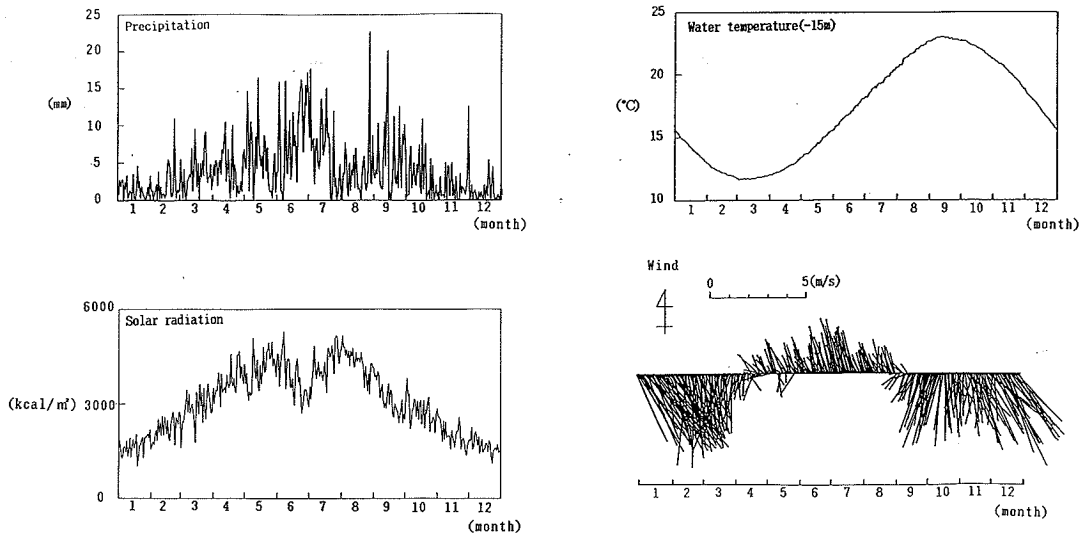


Fig. 3. Averaged seasonal variations in meteorological and oceanographic factors shown in Fig. 2.

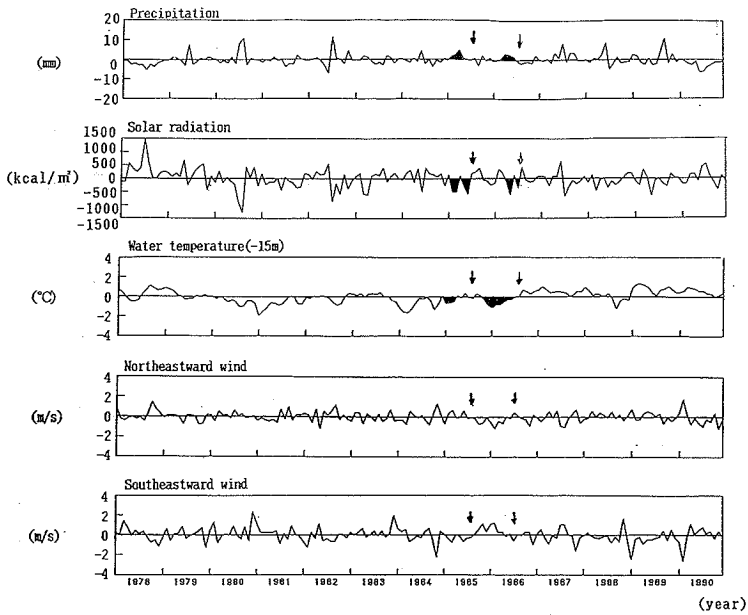


Fig. 4. Temporal variations in monthly date anomaly from the averaged seasonal variations. Arrows show the time when the red tide of *Gymnodinium mikimotoi* was occurred.

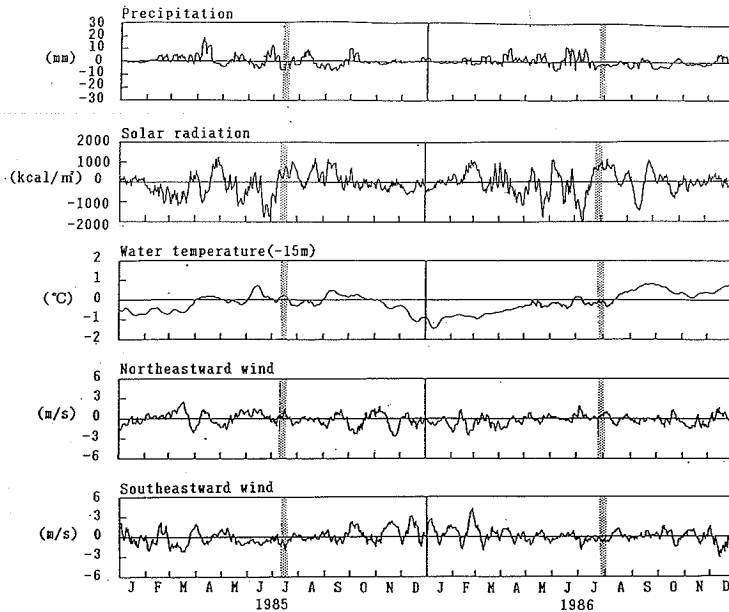


Fig. 5. Temporal variations in 10 days running mean anomalies from the averaged seasonal variations. Shadow regions denote the time when the red tide of *Gymnodinium mikimotoi* was occurred.

したと矛盾しない。また彼らは本種が他の赤潮形成植物プランクトン種と比較すれば低塩分を好む種であることも明らかにしているが、このことも伊予灘において降水量の多い年にギムノディニウム赤潮が発生したと対応している。降水量の多さは肱川からの栄養塩の供給量が多かったことも意味するので、そのことも赤潮の発生には好条件となる。またISHIMARU *et al.* (1989)は*Gymnodinium mikimotoi*の増殖促進物質としてセレンの重要性を指摘しているが、セレンが降水に伴い陸域から海域に供給されるとすれば、降水量が多いという条件はギムノディニウム赤潮発生に好都合な条件となる。

*Gymnodinium mikimotoi*は水温15°C以上になると活発な増殖を行い始めるので(本城, 私信), 伊予灘の伊方沖で水温が15°Cを超えてから赤潮が発生する7月15日までの積算水温, 積算降水量を計算し, 赤潮発生年と非発生年の比較を行ってみた(Fig. 6)。Fig. 5から赤潮発生年は水温が15°Cを超えてから7月15日までの積算日射量が少なく, 積算水温が低く, 積算降水量が多い年になっていることがわかる。1981年は日射量が少なく, 積算水温も低かったが, 降水量が少なかったために赤潮は発生しなかったと考えられる。

また1980年は日射量が少なく, 降水量も多く, 積算水温も低かったが赤潮は発生しなかった。Fig. 7(柳, 1990)から明らかのように, 当海域の植物プランクトン量は1980年の秋以降急増している。栄養塩のデータはないが, Fig. 7より1980年秋以降伊予灘の当海域は富栄養化の状態になったと考えられる。したがって1980年の7月は日射量, 水温, 降水量という物理的条件は満たされていたが, 栄養塩の条件, あるいは他のなんらかの化学, 生物的条件が満たされていなかったためにギムノディニウム赤潮が発生しなかったと考えてもよいだろう。

さらに1985年は7月中旬に, 1986年は7月下旬にギムノディニウム赤潮が発生したことは, Fig. 5より両年ともこの時期に日射量の偏差が負から正に変わっているため, 日射量の変動の違いがその理由であることが推定される。

5. おわりに

以上の解析の結果, 伊予灘のギムノディニウム赤潮は初夏から7月中旬にかけて日射量が少なく, 水温が低く, 降水量が多いという3つの気象, 海象条件が重なった年, 日射量の平年からの偏差が負から正に変化する時に発生することがわかった。

ある植物プランクトンの赤潮が発生するかどうかは基

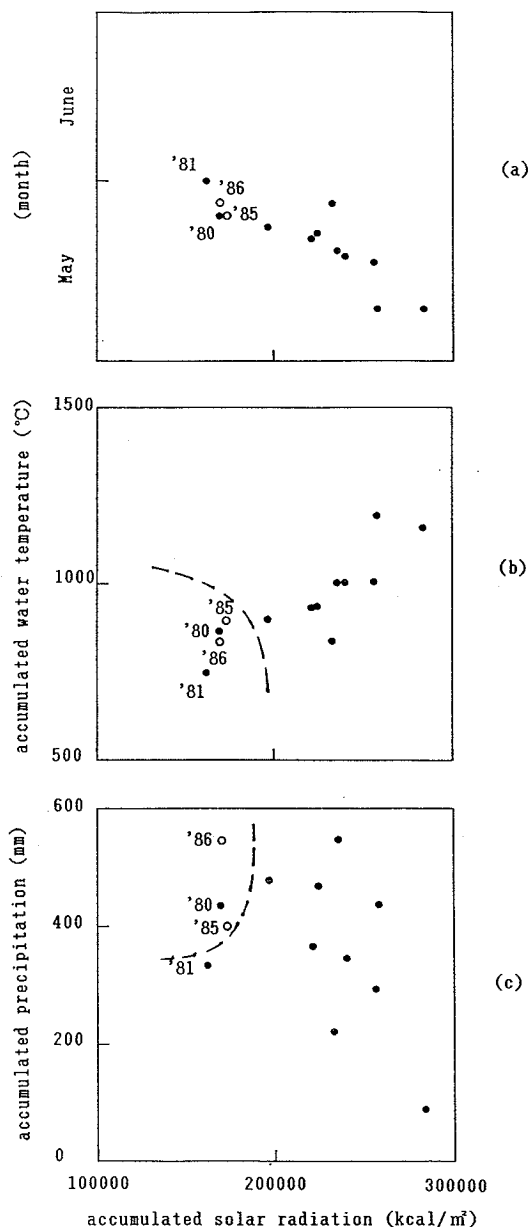


Fig. 6. Accumulated solar radiation from the day when water temperature is 15°C till 15 July versus the day when water temperature reaches 15°C (a), accumulated water temperature (b) and accumulated precipitation (c).

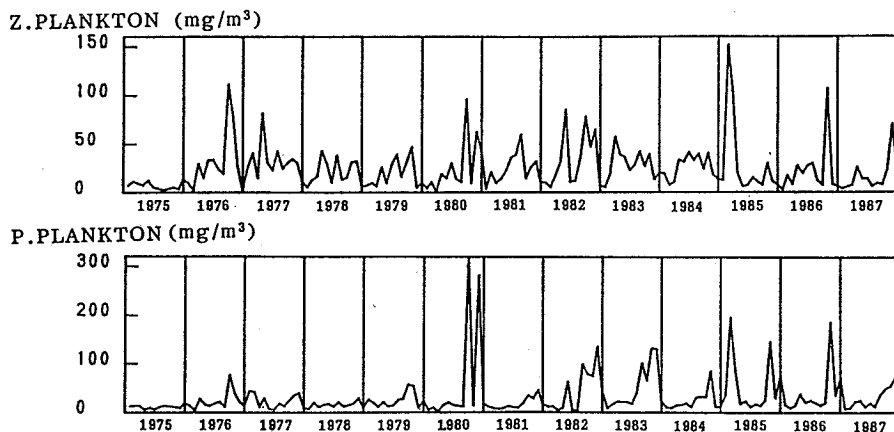


Fig. 7. Year-to-year variations in standing crop of phyto- and zooplanktons in the Sea of Iyo (YANAGI, 1990).

本的には海洋生化学の問題であり、物理的条件のみが赤潮発生の決定的条件になるとは考えられない。今後海洋生化学者とも共同研究を行って、さらに赤潮発生機構を考えていきたいと思っている。

また日射量、水温、降水量の将来変動予測手法を開発して、赤潮発生予測の可能性を追求するとともに、数値生態モデルによる研究を行って、上述したような気象・海象変動とギムノディニウム赤潮発生の定量的な関係を明らかにしていきたいと考えている。

本研究を進めるにあたり、貴重な観測資料を提供して頂いた四国電力株式会社に感謝の意を表す。また有意義な議論をして頂いた水産庁南西海区水産研究所本城凡夫博士、東京水産大学石丸隆助教授に感謝の意を表す次第である。

なお本研究を行うにあたり、(財)鉄鋼業環境保全技術開発基金より研究費の助成を受けたことを付記し、関係各位に感謝の意を表す。

文 献

ISHIMARU, T., T. TAKEUCHI, Y. FUKUYO and M. KODAMA (1989) The selenium requirement of *Gymnodinium nagasakiense*. "Red

Tide" ed. by T. OKAICHI *et al.*, Elsevier, New York, 357-360.

水産庁 (1986) 昭和60年度夏期西部瀬戸内海ギムノディニウム赤潮の発生状況と被害の概要。

高山晴義・松岡数充 (1991) *Gymnodinium miki-motoi* 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, 38-1, 53-68.

山口峰生・本城凡夫 (1989) 有害赤潮鞭毛藻*Gymnodinium nagasakiense*の増殖におよぼす水温、塩分および光強度の影響。日本水産学会誌, 55-11, 2029-2036.

柳 哲雄 (1987) 伊予灘三崎半島の漁場環境 (IV) - 温排水の拡がり。愛媛大学工学部紀要, 11-2, 215-223.

柳 哲雄 (1988) 伊予灘三崎半島の漁場環境 (V) - 冬季の密度逆転。愛媛大学工学部紀要, 11-3, 237-244.

柳 哲雄 (1990) 伊予灘三崎半島海域の漁場環境 (VII) プランクトン量の変動。愛媛大学工学部紀要, 12-1, 263-270.

柳 哲雄 (1991) 伊予灘三崎半島の漁場環境 (VIII) - 連鎖球菌症とギムノディニウム赤潮。愛媛大学工学部紀要, 12-2, 137-142.