

## 1984年11月に湖沼で発生した赤潮 (*Prorocentrum minimum*) について

岩崎 順

### Red Tide Bloom of *Prorocentrum minimum* Occurred at Lake Hinuma in November 1984

Jun IWASAKI

#### Abstract

Serial observations on the red tide bloom in Lake Hinuma, Ibaraki Prefecture were carried out at six to eleven day intervals from November 1984 to January 1985. Nine stations were usually arranged around the lake and the river. Water samples for the cell count were collected from two layers. Occasional samplings were performed at surrounding stations.

The red tide bloom consisted of *Prorocentrum minimum*. From serial results of the cell count, the maximum population density of the species was  $36.1 \times 10^3$  cells/ml and the maximum value of the relative growth constant was calculated as 0.11. The precipitation was found to be great on the occurrence of the red tide bloom in Lake Hinuma.

#### はじめに

湖沼は、面積 9.35 km<sup>2</sup>、最大水深 6.5 m、平均水深 2.1 m、周囲 20 kmの汽水湖で、茨城県の中央に太平洋に面するように位置している。湖沼では、20年ほど前から赤潮の発生が見られるようになった。記録として残っているものには、1967年7月に発生した赤潮（茨城新聞社、1967）、1972年8月の渦鞭毛藻赤潮（山崎ほか、1975）および1978年9月の *Gonyaulax* 赤潮（岩崎、1981）がある。その後赤潮の発生は認められなかったが、1984年11月に湖沼全域で大規模な赤潮が発生した。現場での観測の結果、原因種は *Prorocentrum minimum* であることが判明した。（PLATE 1）。赤潮による漁業被害が懸念されたが、幸いにも影響は現れずに消滅した。しかし、これからも再発する恐れがあるため、今後の資料と

すべく観測記録と環境状況を報告する。

なおこの報告にあたり、調査については、大湖沼漁業協同組合および茨城県公害技術センターの協力を得た。また本赤潮種については、東京大学農学部福代康夫博士に同定をお願いし、種名と多くの御助言を得た。以上の方々に厚く感謝する。

#### 調査方法

1984年11月29日に湖内全域をまわり、赤潮の密集状況を観察すると同時に Sta. D, E, F, G, H, I で表層および底層から採水し、水温、塩素量、プランクトン細胞数の測定を行なった。また1984年11月29日から1985年1月5日にかけて、6~11日間隔で、Sta. A, B, Cで上記の項目を測定した（Fig. 1）。

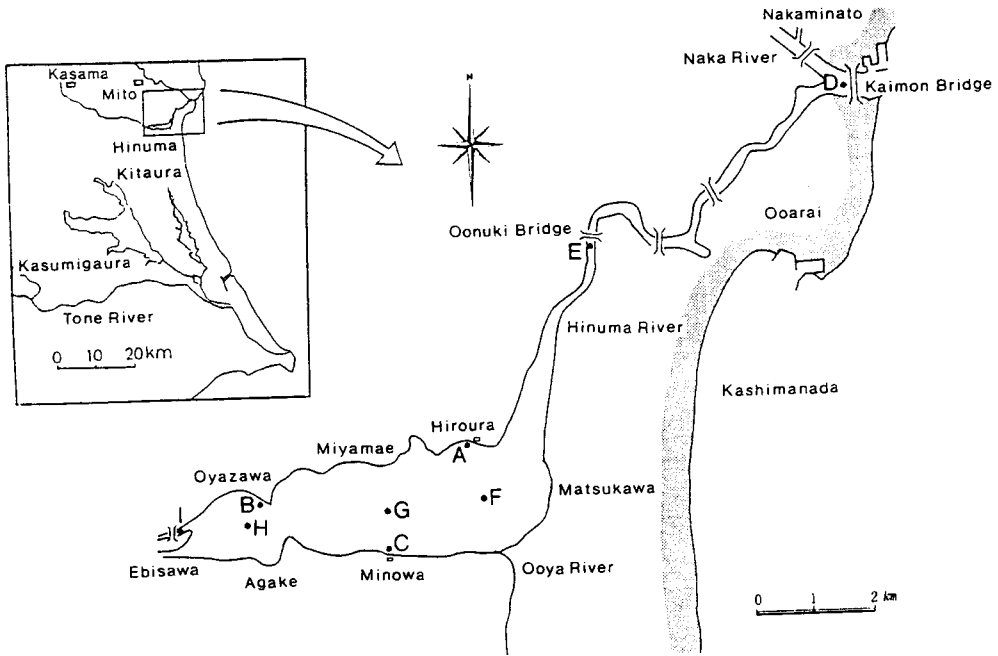


Fig. 1 Sampling stations in the water area of Lake Hinuma.

水温は検定付水銀棒状温度計で、塩素量は YEO - KAL Environmental Electronics 社製 601 Mk1 型サリノメーターを用いて測定した。またプランクトンは、試水をホルマリンで固定した後生物顕微鏡下で同定・計数を行なった。

## 結 果

11月29日に行なった湖沼・湖沼川縦断観測で得られた水温、塩素量、*P. minimum*細胞数の鉛直分布をFig 2に示す。

水温は8.5~10.0℃の範囲にあり、Sta. Dの表層、Sta. Iの表・底層で低いのに対し、Sta. Eの表・底層、Sta. Gの底層で高かった。

また塩素量は3~9ppmの範囲にあり、Sta. Dの表層、Sta. Iの表・底層で少ないのに対し、Sta. Eの表・底層、Sta. Gの底層で多かった。

一方*P. minimum*細胞数は500~3,000 cells/lの範囲にあり、Sta. Fの底層で多いのに対し、Sta. Dの表層、Sta. Hの表層では少なかった。

次に、湖沼周辺部に位置するSta. A, B, Cにお

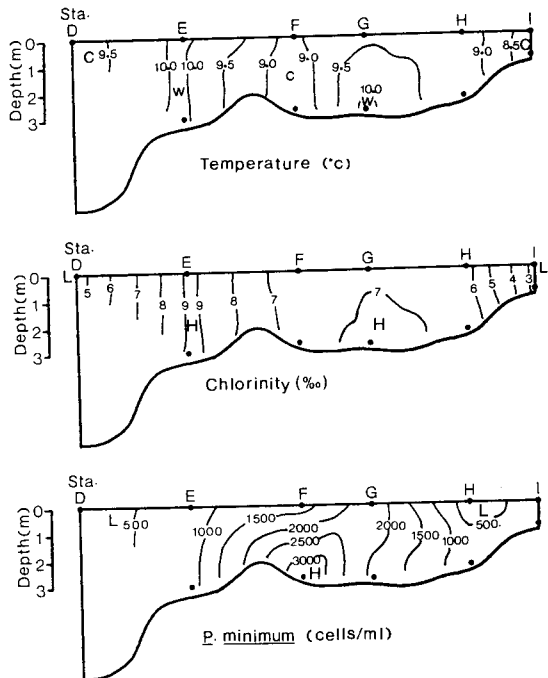


Fig.2 Vertical profiles of temperature, chlorinity and *P. minimum* population density on November 29, 1984 along the longitudinal axis of the lake and the river.

ける水温, 塩素量, *P. minimum* 細胞数の時間変化を Fig. 3 に示す。

水温は, Sta. A, B, C ともに 11 月 29 日の 10 ~ 13°C から 1 月 5 日の 2 ~ 5°C へと漸進的に低下した。

また塩素量は, Sta. A, B, C ともに 11 月 29 日から 12 月 25 日までは 5 ~ 7‰ の間を維持していたが, それ以降は増加しつづけ, 1 月 5 日には 9‰ 近くに達した。

一方 *P. minimum* 細胞数は, 調査期間中増減をくりかえした。すなわち 11 月 29 日から 12 月 7 日まで Sta. A, B, C ともに減少傾向にあったが, その後 Sta. A, C では 7 月 13 日にピーク (各々  $10.2 \times 10^3$ ,  $6.6 \times 10^3$  cells/l) に達し, それ以降は漸進的に減少したのに対し, Sta. B では 7 月 19 日にピーク ( $24.5 \times 10^3$  cells/l) に達し, それ以降は急速に減少した。全体的に見て, Sta. A の *P. minimum* 細胞数は Sta. B, C のそれよりも多い傾向にあった。

最後に, Sta. A, B, C における *P. minimum* 細胞数の平均値から算出した増殖速度定数 (Relative growth constant)  $k^*$  の時間変化を Fig. 4 に示す。  $k$  値は 12 月上旬から中旬にかけて上昇し, 中旬から下旬にかけて減少し, その後 1 月上旬にかけて再び上昇した。最高値は 12 月中旬の 0.11 であった。

ここで  $k$  値が正の場合 *P. minimum* 個体群が増大傾向にあり, 負の場合個体群が減少傾向にあるこ

とを意味しているのので, 湖沼では 12 月上旬から 12 月中旬にかけて *P. minimum* 個体群は増大傾向にあったことがわかる。

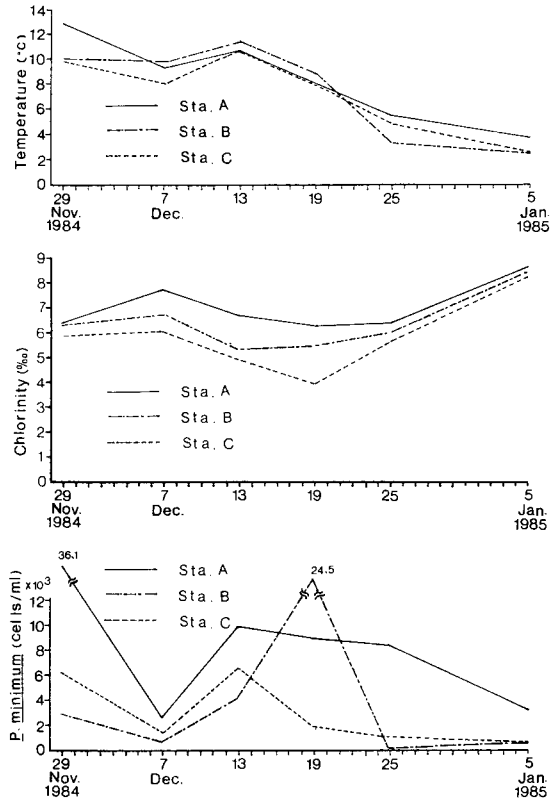


Fig. 3 Temporal changes of temperature, chlorinity and *P. minimum* population density at stations around the lake.

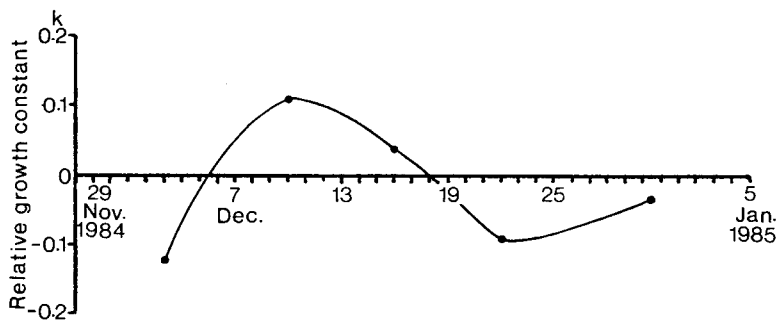


Fig. 4 Temporal changes of the relative growth constant calculated from the average population density of *P. minimum*.

\*  $k = \frac{0.4343}{t} \log_e \frac{N}{N_0}$  (  $t$  は経過日数,  $N_0$  は最初の細胞数,  $N$  は  $t$  日後の細胞数を示す。)

## 考 察

11月29日の瀬沼及び瀬沼川中央部における水温、塩分の鉛直分布を見ると、Sta. Dの表層、Sta. Iの表・底層に河川水起源の水塊が存在し、Sta. Eの表・底層、Sta. Gの底層に海水起源の水塊が存在していたことがわかる。そのとき *P. minimum* は、河川水起源の水塊と海水起源の水塊との境界付近に位置するSta. Fの底層で比較的高密度(3,000 cells/ml)なパッチを形成していた。渦鞭毛藻類が河川水起源の水塊と海水起源の水塊との境界付近に濃密に分布する傾向は岩崎(1984)でも示されており、これは渦鞭毛藻類の特徴であるように思われる。

瀬沼における *P. minimum* 個体群が12月上旬から12月中旬にかけて増大傾向にあったこと、そしてSta. Aでの *P. minimum* 細胞数がSta. B, Cでの細胞数よりも高い傾向にあったことの原因を調べるために、海洋および瀬沼における水位変化、瀬沼沿岸における風速変化、降雨量変化を整理してみた(Fig. 5)。

大洗港および広浦における水位変化を見ると、12月5日～11日、12月19日～25日そして1月3日～5日の大潮時に振幅が増大する傾向にあり、11月29日～12月4日、12月12日～18日そして12月26日～1月2日の小潮時に振幅が減少する傾向にあった。

また笠間および水戸における日間降雨量を見ると、12月11日に30～35 mm、12月16日に5～10 mmそして12月17日に15～20 mmを記録した。

これらのデータと瀬沼における *P. minimum* の増殖速度定数  $k$  の時間変化とを比較すると、 $k$  値が正、すなわち *P. minimum* 個体群が増大傾向にあった12月上旬から中旬にかけての前半は大潮時に相当し、後半は小潮時でかつ降雨量が顕著な時期に相当している。以上から *P. minimum* 個体群は水位変化の大きいとき、すなわち海水交換の大きいときに増大し、水位変化が小さくかつ河川流量が大きいとき、すなわち海水交換の小さいときに減少したことになる。ここで海水交換の変化が *P. minimum* を取囲む物理的・化学的環境要因に影響を与え *P. min-*

*imum* の増殖率を変化させたのか、あるいは海水交換の変化が *P. minimum* の集積・分散に変化を与えたのかは明らかではなく、今後の研究が待たれる。

次に広浦における風速変化を見ると、南北成分では北風(最大6 m/sec)が卓越し、東西成分では西風(最大4 m/sec)が卓越していた。すなわち調査期間中は北西風が卓越していたことになる。北東風が卓越した場合、瀬沼湖中央部に時計廻りの環流ができることは草野ほか(1984)によって示されている。今回は北西風が卓越していたことから、逆に湖中央部には反時計廻りの環流が存在していたことが考えられる。また湖奥部に流れ込む瀬沼川河川水は、北岸づたいに流下することが知られている(大瀬沼漁業協同組合、私信)。以上から、瀬沼湖中央部の北岸には反時計廻りの環流と北岸づたいに流下する河川水との間に流れのシアーに起因する渦が形成され、そこに *P. minimum* が集積された可能性が考えられる。

1979年9月に発生した *Gonyaulax* 赤潮も宮前から親沢にかけての湖中央部北岸に濃密に分布しており(岩崎ほか、1984)、この水域は赤潮生物の集積場所であるように思われる。

最後に、11月下旬に *P. minimum* 細胞数が赤潮状態になるほど増加した理由を、物理・化学的環境要因との関連で考察する。

瀬沼中央部のSta. F, G, Hにおける1984年8月から1985年2月までの塩素量、総窒素量、総リン量の変化をFig. 6に示す。

塩素量は8月中旬から9月中旬にかけて5%前後を維持していた。その後は漸進的に増加しつつ、1月中旬には8%に達したが、2月中旬には2～4%へと急激に減少した。

総窒素量は、9月中旬のSta. F(2.2 ppm)、1月中旬のSta. G(3.6 ppm)を除き1～2 ppmの範囲にあり、顕著な変動は認められなかった。

総リン量は、8月中旬のSta. F(0.17 ppm)、Sta. H(0.24 ppm)を除き0～0.15 ppmの範囲にあり、総窒素量同様顕著な変動は認められなかった。

以上から、1984年9月中旬から11月までの2ヶ

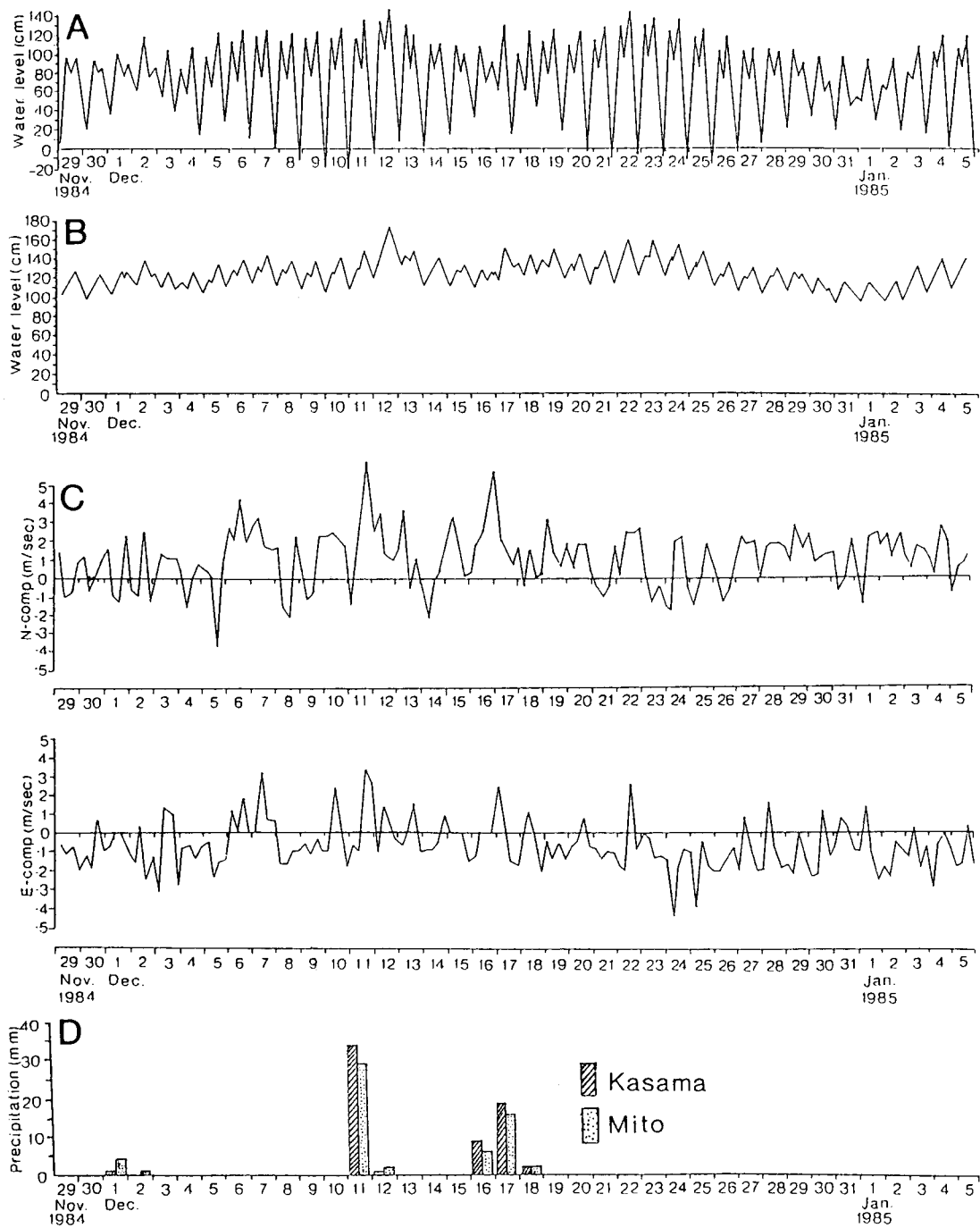


Fig.5 Temporal changes of water levels at Ooarai port(A) and Hiroura(B), wind velocities at Hiroura(C) and the daily precipitation at Kasama and Mito(D).

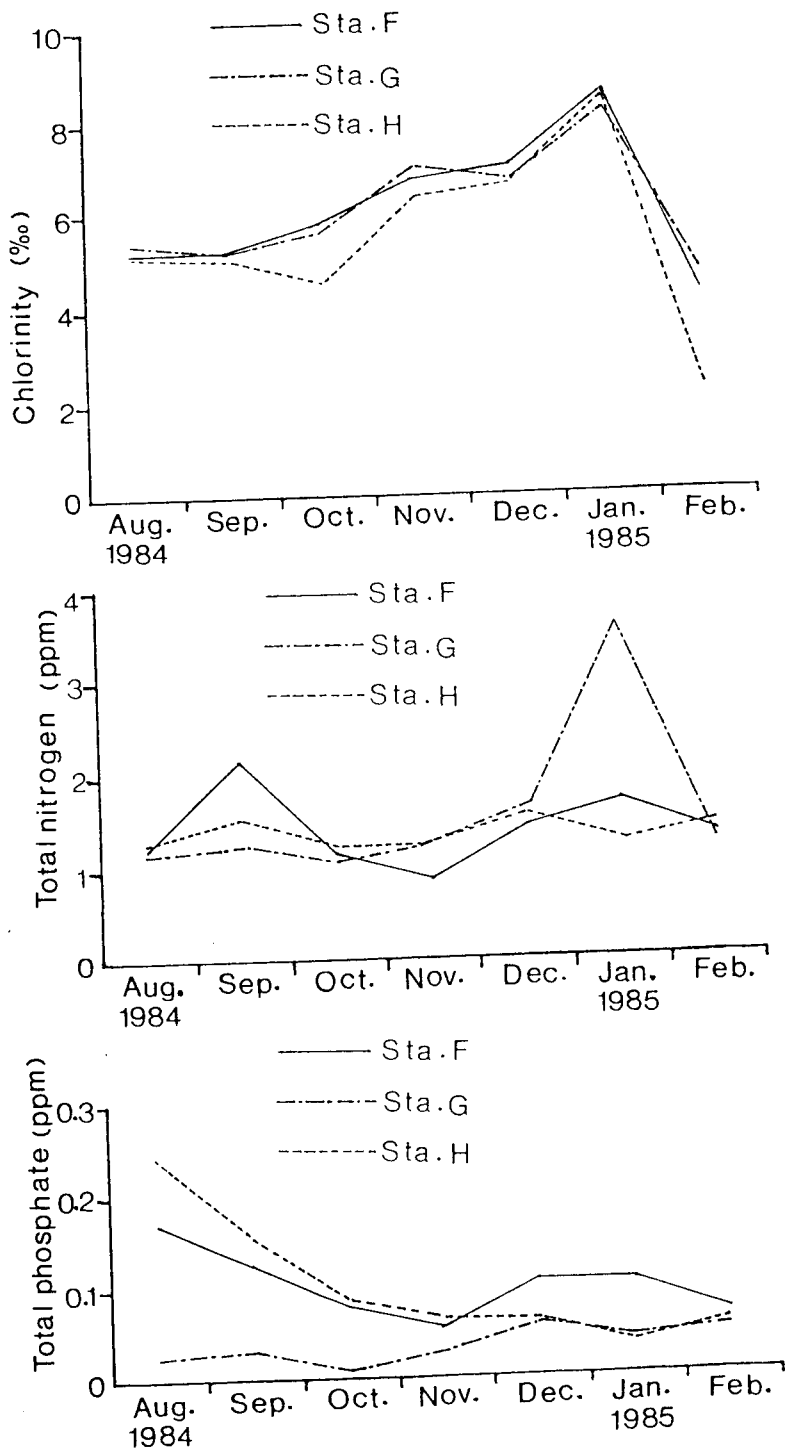


Fig.6 Seasonal changes of chlorinity, total nitrogen and total phosphate at central stations of the lake. Data were collected by Ibaraki Prefectural Pollution Research Center.

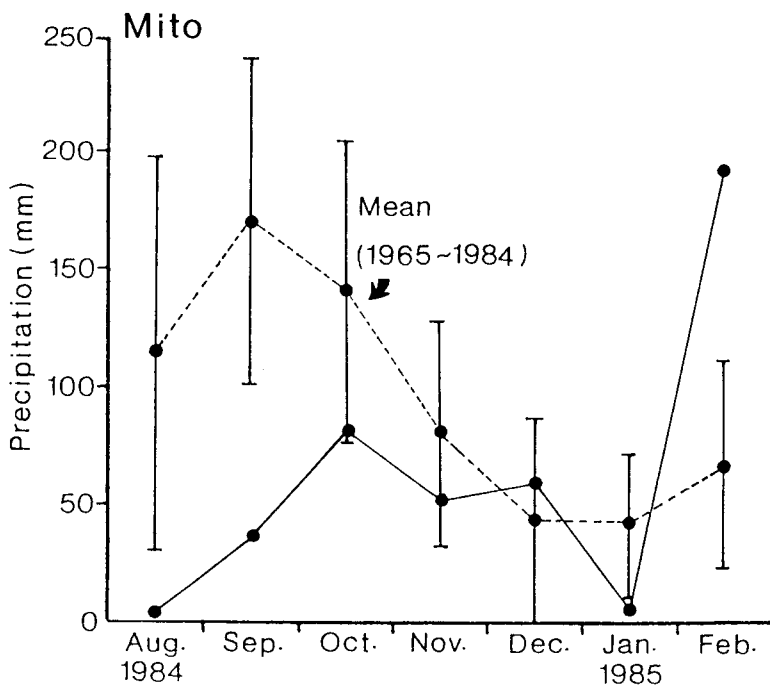
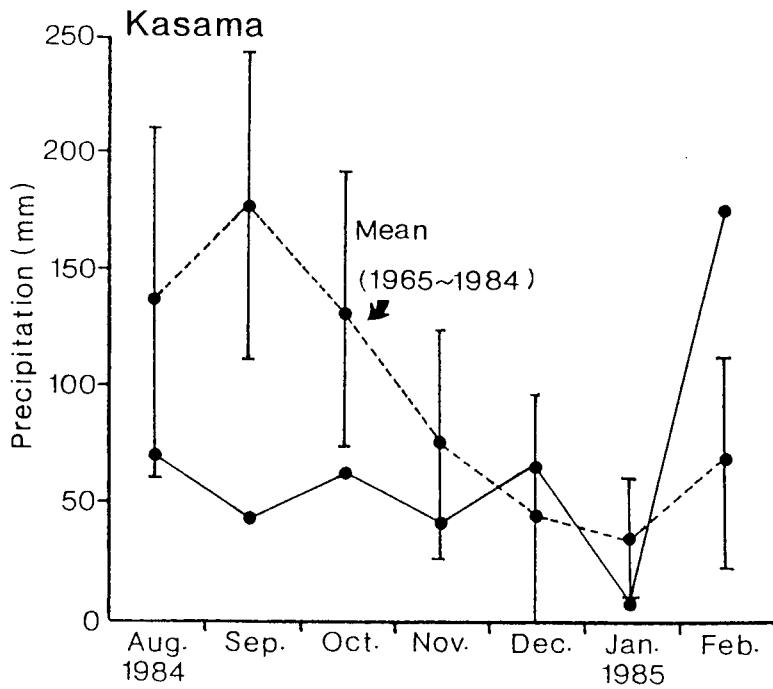


Fig.7 Seasonal changes of the monthly precipitation at Kasama and Mito. The mean  $\pm$ SD was indicated.

Data were collected by Mito Local Meteorological Observatory.

月間における塩素量の増加が、11月下旬における*P. minimum*赤潮の発生と関連しているように思われる。

笠間および水戸における1984年8月から1985年2月までの月間降雨量の変化をFig. 7に示す。笠間、水戸は、各々涸沼・那珂川水系の涸沼川、那珂川の流域に位置し、その降雨量は涸沼に入る河川流量の指標になるものと思われる。笠間、水戸ともに8月～11月の月間降雨量は、過去20年間の平均値を大幅に下廻り、8月～11月が渇水時期であったこと、すなわち涸沼に入る河川流量が少ない時期であったことがわかる。

岩崎ほか(1984)は、1978年9月に涸沼で発生した*Gonyaulax*赤潮に関して、赤潮発生以前2ヶ月の月間降雨量と過去20年間にわたる月間降雨量の平均値とを比較して、赤潮発生以前の低降雨量が赤潮発生の要因になっていると述べている。

WATANABE *et al.* (1980)は、1978年8月～9月に静岡県庄内湖で発生した*Prorocentrum minimum*, *Nitzschia* sp. 赤潮に関して、潮汐作用が赤潮発生の要因になっていると述べている。

これらの点を考慮すると、今回の*P. minimum*赤潮の発生には、赤潮発生数ヶ月前の低降雨量と海水交換の増大に起因する塩素量の増加が直接的な要因になっているように思われる。今後は調査、実験等から赤潮発生の機構を明らかにしていかなければならない。

また今回の赤潮では幸い魚貝類への影響は見られなかったが、再発する可能性があるため今後とも十分な監視体制をとる必要があり、関係者の注意が望まれる。

## 要 約

1 1984年11月涸沼全域に赤潮が発生し、11月

29日から翌年1月5日にかけて顕著であった。

2 赤潮の構成種は*Prorocentrum minimum*であった。

3 調査時の最大細胞数は $36.1 \times 10^3$  cells/ml(11月29日、広浦)であった。

4 平均細胞数から計算した増殖速度定数の最高値は0.11であった。

5 赤潮発生には、赤潮発生数ヶ月前の低降雨量と海水交換の増大に起因する塩素量の増加が直接的な要因になっているものと思われる。

## 文 献

茨城新聞社(1967):いはらき, 昭和42年7月21日。

岩崎 順・位田俊臣(1981):昭和53年9月に涸沼で発生した赤潮(*Gonyaulax* spp.)について。茨城県内水面水産試験場調査研究報告(18), 107-113。

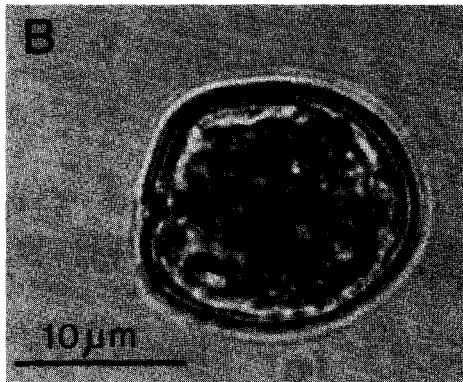
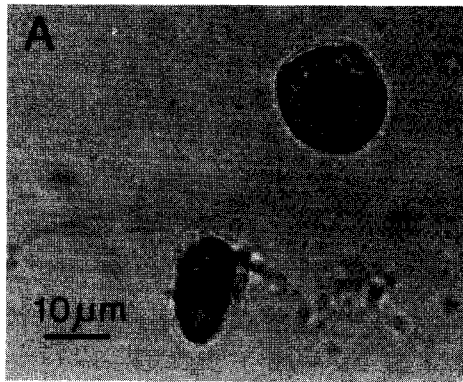
岩崎 順・草野和之・大方昭弘(1984):涸沼の物質循環に関する研究(Ⅲ)一植物プランクトン分布の日変化と環境変動。日本陸水学会第49回大会講演要旨集。21。

草野和之・岩崎 順・大方昭弘(1983):涸沼の物質循環に関する研究(1)一涸沼の湖流について。日本陸水学会第48回大会講演要旨集。196。

WATANABE, K., HINO, A. and HIRANO, R. (1980): Some observations on 1978 red tide blooms in Shonai Estuary, Shizuoka Prefecture. *Bull. Plankton Soc. Japan* (27) 87-98。

山崎睦男・小菅次男・佐藤寿幸・江幡 栄・吉武和治郎(1975):茨城の自然一山野を歩く。水戸, 郁文。328 pp。





- A. *Prorocentrum minimum* (Pavillard)  
Schiller. Ventral and lateral view,  
LM.
- B. *Prorocentrum minimum* (Pavillard)  
Schiller. Detail of plate surface,  
LM.