

## 2000年佐賀県有明海湾奥部における フィブロカプサ赤潮の発生とノリ養殖への影響

首藤俊雄, 吉田賢二, 川村嘉応

### Occurrence of Bloom Forming *Fibrocapsa japonica* in the Inner Part of Ariake Sea in 2000 and Effect to the Cultivation of *Porphyra* (Nori)

Toshio SHUTO, Kenji YOSHIDA, and Yoshio KAWAMURA

The occurrence bloom forming of *Fibrocapsa japonica* in the inner parts of Ariake Sea in 2000 and effect to the cultivation of *Porphyra* (Nori) were examined. *F. japonica* was occurring for 39 days from 5 October to 13 in November 2000, and occurred on the west ground of Nori cultivation, where the flux was slow. They spread all the ground of Nori cultivation in Saga Prefecture. This is the first occurrence of *F. japonica* red tide on the period of Nori cultivation. Maximum population densities reached 168,000 cells/ml in the shore front Kokueikantaku on 7 November. Watertemperature (24.9°C), Solar irradiation (17.6MJ/m<sup>2</sup>/day), DIP (1.13 μg-at/l) and DIN:DIP (7.14) may related to the occurrence of *F. japonica*. On the other hand, the ending of increase of this species may be related to lower watertemperature (19°C>). The symptoms of discoloration, low growth and the shape of abnormal buds such as twist, shrinkage revealed Nori thalli exposed to *F. japonica*. The viscous substance releasing from *F. japonica* were stuck to Nori net and Nori thalli.

#### はしがき

フィブロカプサ *Fibrocapsa japonica* は、ラフィド藻（緑色鞭毛藻）綱、ラフィドモナス目、ヴァキュオラリア科に属する微細藻類の一種である<sup>1-3)</sup>。本種は、1971年6月以降、1974、1975、1985、1986年に各地で赤潮として報告され、1988年以降は、1994、1995年を除いて毎年記載されている<sup>4-7)</sup>。漁業被害については1971年6月に燧灘で発生した赤潮による報告だけである<sup>7)</sup>。ところが本種は、佐賀県有明海湾奥部で2000年10月上旬から11月中旬にかけて大增殖し、ノリ養殖における色落ちなどの被害を与えた。

そこで、本種の発生経過、環境条件およびノリ養殖に与えた影響について報告する。

#### 材料および方法

2000年9月28日から11月24日までFig. 1に示す佐賀県有明海で採水し、持ち帰り後直ちに、プランクトン計数板 (Matsunami glass Co.ltd)を用いてフィブロカプサを計数し

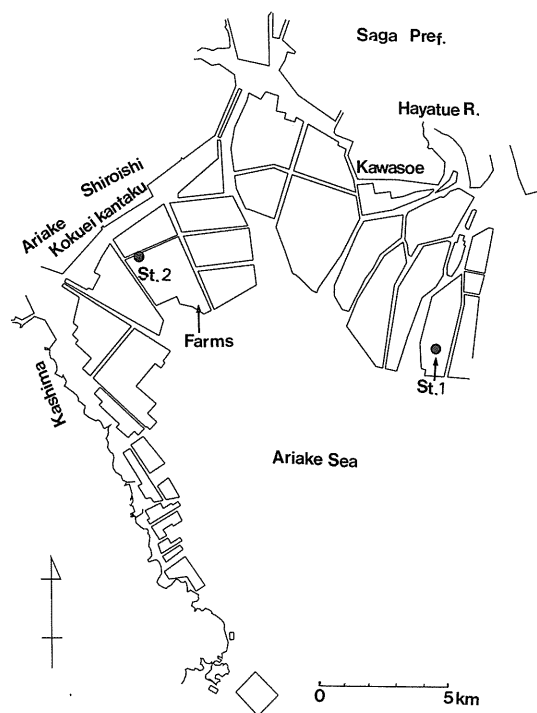


図1 佐賀県湾奥部および採取地点図  
Fig. 1. Map of the inner part of Ariake Sea, showing station of sampling . □, nori culture farms at Saga Prefecture.

た。非発生域と発生域を代表してFig. 1に示すSt.1, 2で採水し、水温、塩分濃度、栄養塩類 (DIN(NH<sub>4</sub>-N, NO<sub>2</sub>-N, NO<sub>3</sub>-N), DIP(PO<sub>4</sub>-P), DISi(SiO<sub>2</sub>-Si)) およびクロロフィルa量を常法により測定した。気象は佐賀県地方気象台値で表示した。ノリ葉体は、週に2回採取し、葉体の色調、および形態を顕微鏡により観察した。葉長は、非発生域である東部漁場と発生域である西部漁場で採集した葉体の最大葉長の平均値とした。

## 結 果

### 1. フィブロカプサの発生状況

フィブロカプサの発生状況をFig. 2に示した。まず本種は9月28日にSt.2で初認され、10月11日には佐賀県西部海域の岸より(白石町地先)で水色番号24に示すような着色域として1,480cells/mlが確認された。これから徐々に発生域が拡大して16日には東部海域に達し、とくに有明町地先は5,520cells/mlと濃密であった。19日には発生域が全域に拡大した。26日には中西部海域まで縮小したが、鹿島市地先の沿岸域では9,900cells/mlのパッチ状の着色域が認められた。30日になって西南部海域の岸まで縮小し、500cells/ml以下となった。しかし10月31日から11月2日まで降った雨(118mm)のあと再び増殖し、11月5日にはFig. 2に示すように白石町地先で32,900cells/ml、さらに7日に有明町地先の岸よりで168,000cells/mlと最大細胞数を示した。7日にフィブロカプサが認められた海域は、佐賀県ノリ漁場の殆どの地点(面積は約160km<sup>2</sup>)に達していた。その後徐々に細胞数が減少し、13日には最大でも420cells/mlと少なくなり、終息期に入った。従って、本種の発生(>50cells/ml)期間は、初認された10月5日(50cells/ml)から殆ど観察されなくなった11月13日(20cells/ml)までの39日間であった。

### 2. クロロフィルa量と細胞数

クロロフィルa量をFig. 3に示した。クロロフィルa量は10月12日に1回目のブルームを示し、St.2で33.69μg/lとなった。そのときフィブロカプサの細胞数は1,080cells/mlであり、珪藻類は640cells/mlであった。さらに2回目のブルームでは、同地点において11月8日にクロロフィルa量で54.28μg/lを示し、フィブロカプサの細胞数は3,850cells/ml、珪藻類は280cells/mlであった。いずれの調査でも珪藻類は少なかった。

### 3. 発生環境と増殖環境

水温の変動をFig. 4に示した。本種が発生していた間の水温は、24.9~18.2°Cで11月8日に19°C台になると急激に

減少した。またこの時は旧暦の13日であり、干満差が大きく潮流が強かった。非発生域と発生域における水温には差がみられなかった。

塩分の変動をFig. 5に示した。9月29日から10月2日の間に降った雨(62.5mm)により塩分が26台にまで低下したのち、10月5日に本種が初認された。この時の塩分は非発生域であるSt.1よりも2.2ほど高い値27.4であった。発生していた期間の塩分は、27.4~29.4であった。

栄養塩の変動をDIN, DIP, DISiとしてFig. 6に示した。本種が確認される前の9月28日の栄養塩条件としては、DIN, DIPがそれぞれ8.07, 1.13μg-at./lと非発生域よりも低く、DISiは117μg-at./lと非発生域と大差なかった。しかし発生が確認された10月5日には、DIN, DISiが、16.62, 196μg-at./lと、降雨により濃度が高くなっているものの非発生域よりも低く、DIPは2.65μg-at./lと非発生域よりも高くなった。そして増殖とともにDIN, DIPも急激に減少し、非発生域に比べるとやや低い値を示していた。DISiは本種の増殖とは関係なく、196-182μg-at./lの範囲で変動し、増殖後の減少もないことから本種はDISiを摂取していないことが認められた。

DIN:DIP, DIN:DISiの変動を、Fig. 7に示した。本種が初認される前の9月28日の栄養塩条件としては、DIN:DIP, DIN:DISi, DIP:DISiが7.14, 0.0687, 0.0096と非発生域よりも低かった。しかし本種が確認された10月5日には、DIN:DIP, DIN:DISiが6.29, 0.085と非発生域よりも低いが、DIP:DISiは0.00136と高かった。このように9月28日から10月2日の間に降った雨により河川からかなりの水量の流入があつて、栄養塩、とくにDIPが増加していた。

栄養塩類の構成比を表す指標とされるDIN:DIP比<sup>8)</sup>は、*Heterosigma akashiwo*は比較的低い水域に出現するとされ、佐賀県海域で本種が発生した時も7.14という値を示していた。一方、*Skeletonema costatum*は比較的高い海域で出現するとされているが、播磨灘の秋から冬に掛けて発生した時の値<sup>8)</sup>は、この7.14に近かった<sup>8)</sup>。

なお、フィブロカプサが確認された日と終息した日の環境を、非発生域であるSt.1と発生域のSt.2に分け、まとめてTable 1に示した。

### 4. ノリ養殖に及ぼした影響

本種が発生していた期間のノリ葉体の色落ち状況を、Fig. 8に示した。10月12日から採苗が始まったが、10月18日には色落ちはみられなかった。10月23日になると、国営干拓前から鹿島市、太良町地先まで色落ちしていた(Fig. 9-A, B)。そのときの症状としては、縦分裂だけがすすみ芽の幅がない、配列が乱れ間隙が広い(Fig. 9-A)、芽

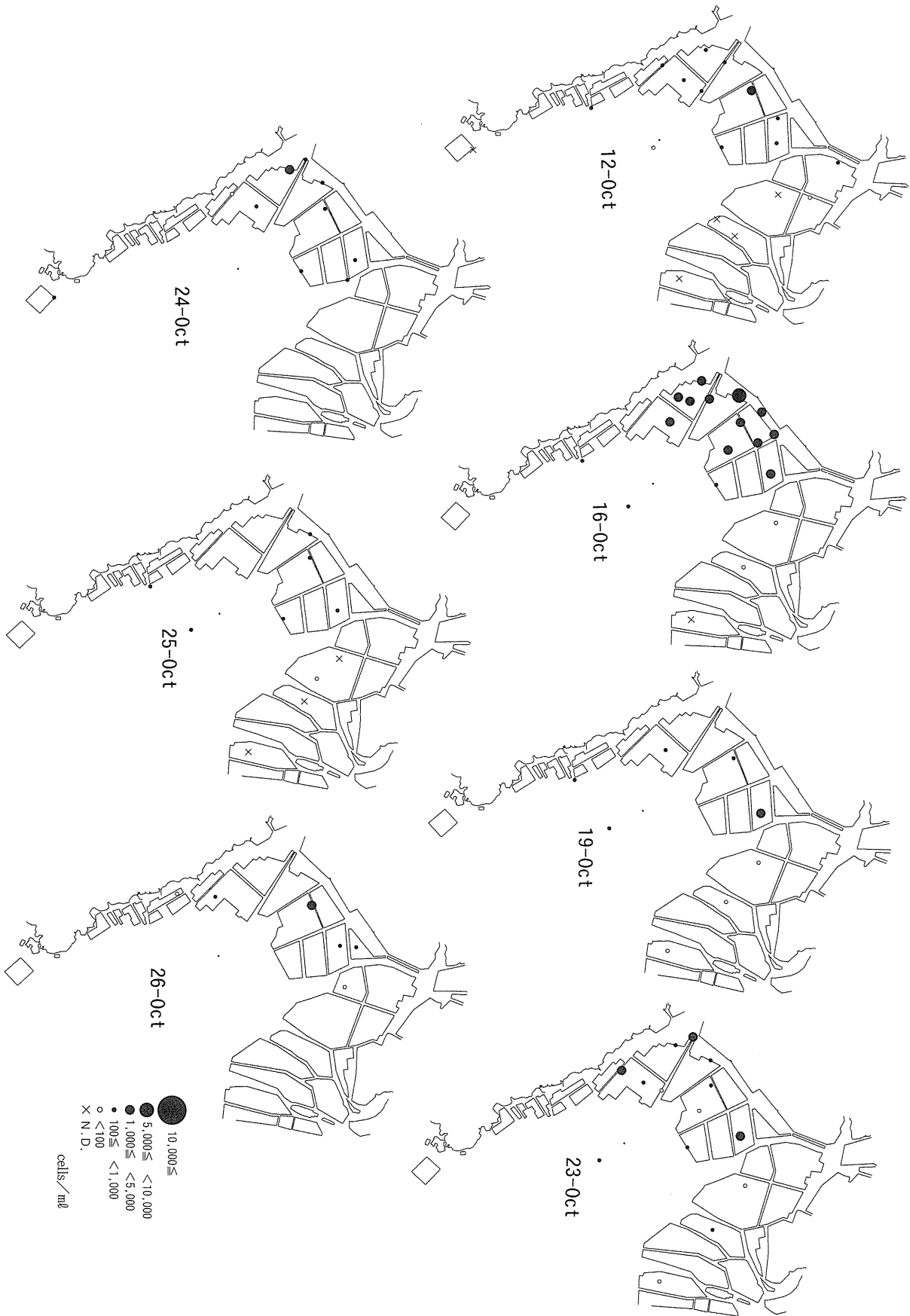


図2 フィブロカプサの発生状況

Fig. 2. Horizontal distribution of cells of *F. japonica* in the inner part of Ariake Sea from 12 Oct. to 8 Nov. 2000.

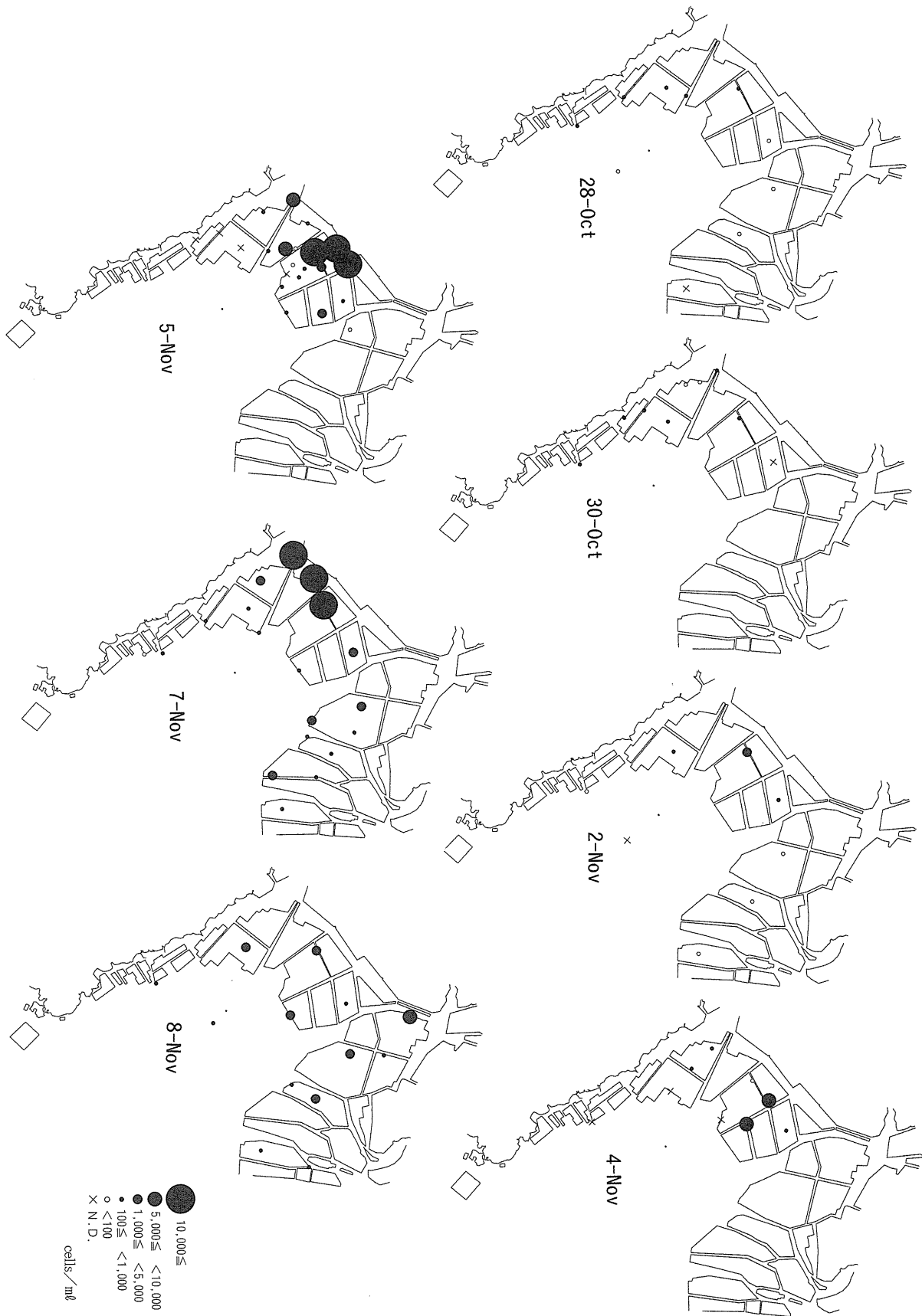


図2 フィブロカプサの発生状況 (続き)

Fig. 2. Horizontal distribution of cells of *F. japonica* in the inner part of Ariake Sea from 12 Oct. to 8 Nov. 2000.

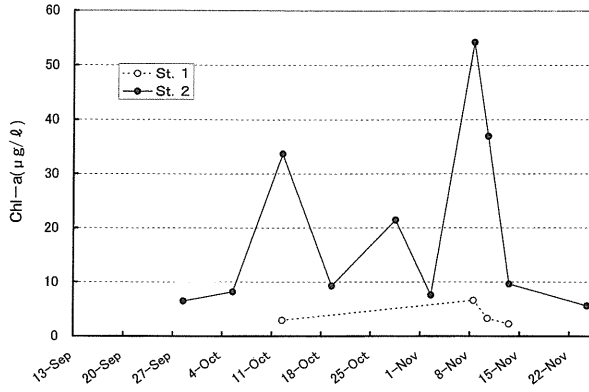


図3 非発生域 (St.1) と発生域 (St.2) におけるクロロフィルaの変動

Fig. 3. Variation in Chl. a of the surface water at St.1(slight occurrence area)and 2(severe occurrence area).

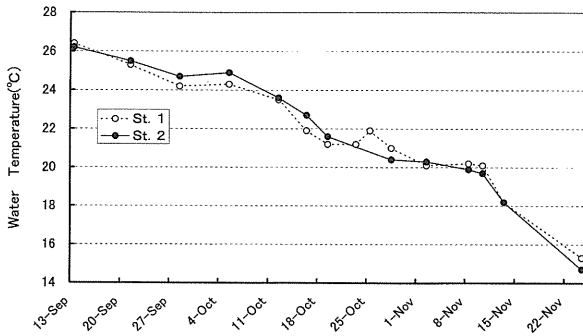


図4 非発生域 (St.1) と発生域 (St.2) における水温の変動

Fig. 4. Variation in watertemperature of the surface water at St.1 (slight occurrence area)and 2(severe occurrence area).

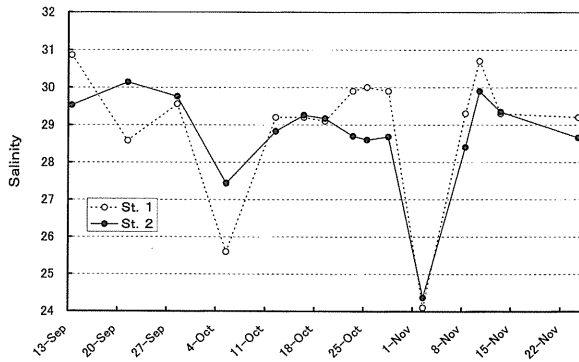


図5 非発生域 (St.1) と発生域 (St.2) における塩分の変動

Fig. 5. Variation in salinity of the surface water at St.1(slight occurrence area)and 2(severe occurrence area).

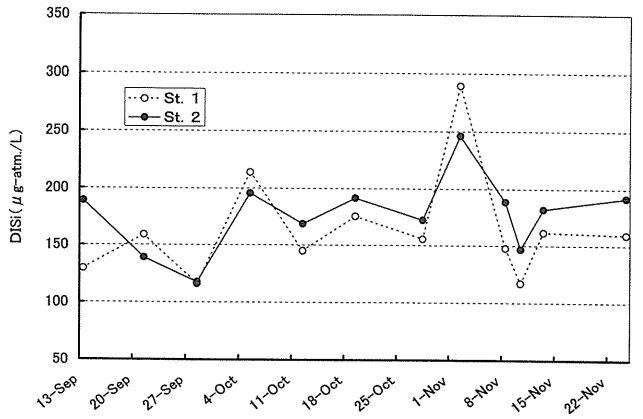
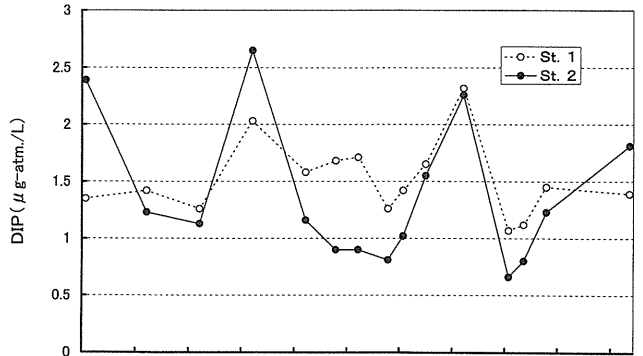
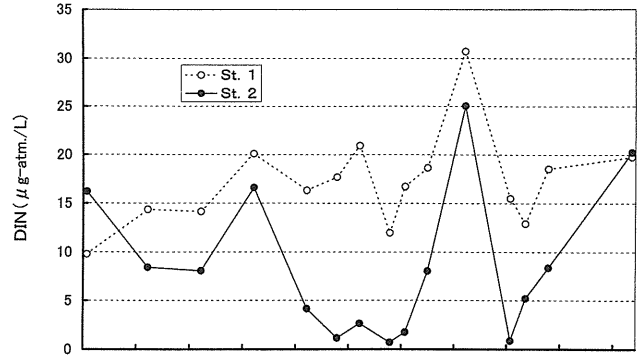


図6 非発生域 (St.1) と発生域 (St.2) におけるDIN, DIP, DISiの変動

Fig. 6. Variations in DIN, DIP, DISi of the surface water at St.1 (slight occurrence area)and 2(severe occurrence area).

表1 フィブロカプサの非発生域と発生域における初認日と終息日の環境

Table1 Environmental conditions of first observation , ending date on slight occrence area and severe occrence area of *F. japonica*.

Watertemperature (°C)	Salinity	DIN (µg-at./ℓ)	DIP (µg-at./ℓ)	DISi (µg-at./ℓ)	DIN:DIP	DIN:DISi	DIP:DISi
Slight occurrence area 24.3(18.2)	25.6(29.3)	20.11(18.55)	2.03(1.45)	214(162)	9.91(12.7)	0.0940(0.1149)	0.0095(0.0090)
Severe occurrence area 24.9(18.2)	27.4(29.4)	16.62(8.38)	2.65(1.23)	196(182)	6.29(6.82)	0.0850(0.0460)	0.0136(0.0068)

Left, First observation date; Right ( ), Ending date.

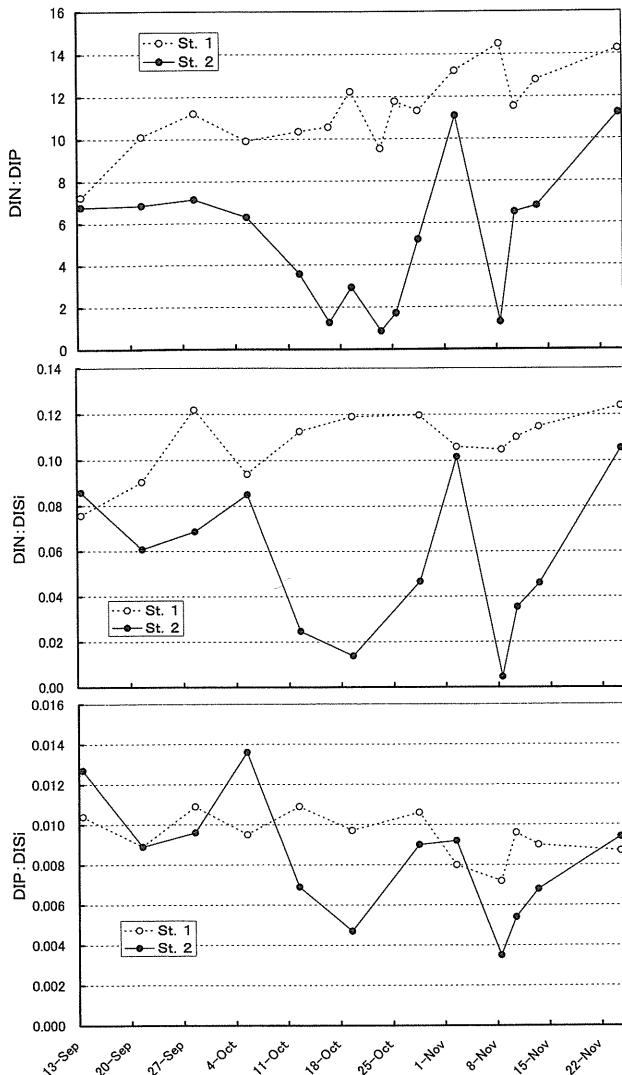


図7 非発生域 (St.1) と発生域 (St.2) における  
DIN:DIP, DIN:DISi, DIP:DISiの変動

Fig. 7. Variations in DIN:DIP, DIN:DISi, DIP:DISi of the surface water at St.1 (slight occurrence area) and 2 (severe occurrence area).

が縮れ、顕著なくびれなどの異形となる (Fig. 9-C, D) などが観察された。また細胞から粘質物が出るため、Fig. 9-E, Fに示すような汚れが網に付着した。その後、色落ちは10月26日には鹿児島市地先で最も重症となったもののフィロコプサの減少とともに30日には終息傾向となった。11月9日には再び色落ちが起こったが短期間で解消した。

ノリ葉体の葉長の変動については、Fig. 10に示した。すなわち採苗してから18日後 (10月30日) の時点で、非発生域である東部が5.4mmであったのに対し、発生域である西部漁場では2.5mmと平均で44%も生長が遅れていた。さらに25日後になると、それぞれ50, 30mmと生長差

が大きくなり、色落ちが起きなかった1998年における生長との差は明らかであった (Fig. 10)。

## 考 察

フィロコプサは1971年以降赤潮としての記載があり、多くの発生が認められている。その件数は1998年までに30件で、発生期間は6~11月の夏季が中心であった<sup>7)</sup>。発生場所は北から紀伊水道、瀬戸内海、土佐湾、博多湾、伊万里湾、有明海、八代海、小湊湾 (鹿児島) に及んでおり、この内の最大細胞数は70,000cells/mlであった<sup>7)</sup>。本種の赤潮については港の湾奥部などでもみられ、発生が瀬戸内海の汚染の認識が深まるといった記載<sup>5)</sup>もある。また内海、湾奥部など比較的富栄養化の進んだ海域に生育するとされている<sup>3)</sup>ように、本海域の富栄養化の前兆としてとらえる必要があるのかもしれない。有明海での発生は1998年に小長井町地先での確認が最初で、今回の発生は有明海では2回目であり、最大細胞数は、168,000cells/mlと過去最大の細胞密度であった。発生期間は10月5日から11月13日までの39日間にわたっており、過去最長であった。ただ今回の増殖は、2度のブルームがあり、11月の降雨がなければ1度のブルームで終息していた可能性もあったように思われる。

本種の発生については、降雨後の10月3日から5日の間の高い全天日射量(17.6MJ/m<sup>2</sup>/日)および海水中の栄養塩とくにDIP量が1.13 μg-at/lと豊富であったこと、DIN:DIP比が7.14と低かったこと、さらには水温が24℃台と高かったことが関与していたと思われる。一方、終息については、水温が19℃以下にまで下がったことが関与していたと思われる。加えて、発生が長期化した原因の一つは、発生海域である西部漁場は、潮流が緩やかであり、赤潮が滞留しやすい海域であったこととも関係があると思われる。

今回の発生時期は、有明海でノリ養殖が行われている期間と同じであり、発生域も沿岸部 (1km以内) が中心であったことから、ノリ養殖における育苗期、育苗場所に一致していた。その結果、葉体の色落ち、あるいは異形芽の発生に繋がった。この症状は千々波ら<sup>9)</sup>が報告している色落ちと同じ症状であるものの、本種が増殖し栄養塩が減少したためなのか、本種の産生物質によるものなのか、今後の研究で明らかにする必要がある。本種がノリ葉体に与える影響については、今までも記載がなく、今回は初めての記載となる。粘質物が出るという症状は、網が汚れ、魚類養殖に被害を及ぼしたとして報告されて

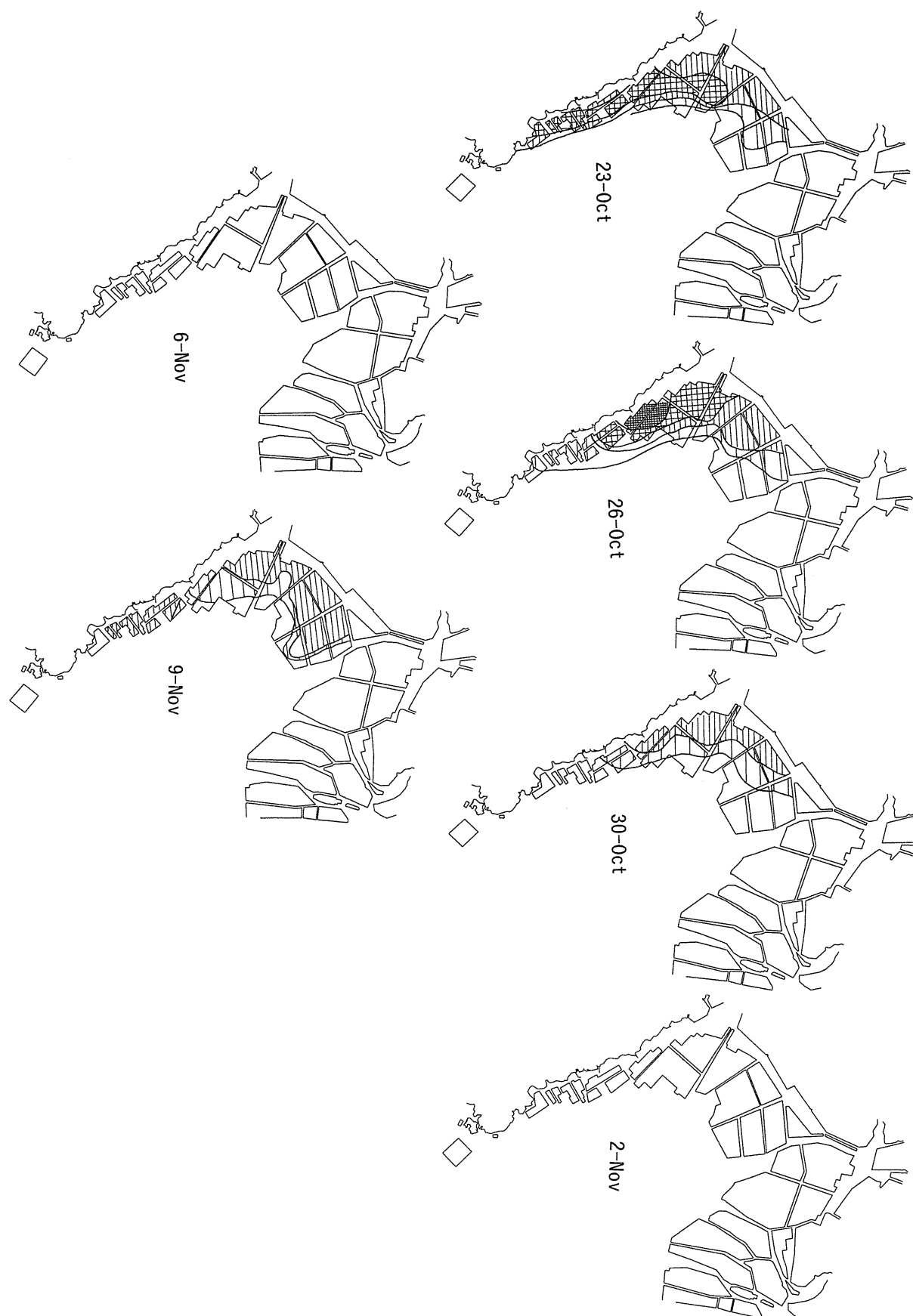






図8 色落ちの発生状況

Fig. 8. Horizontal distribution of discolouration of Nori thalli in the nori cultivation.  
Degree of discolouration: , slight ; , little; , middle; , severe.



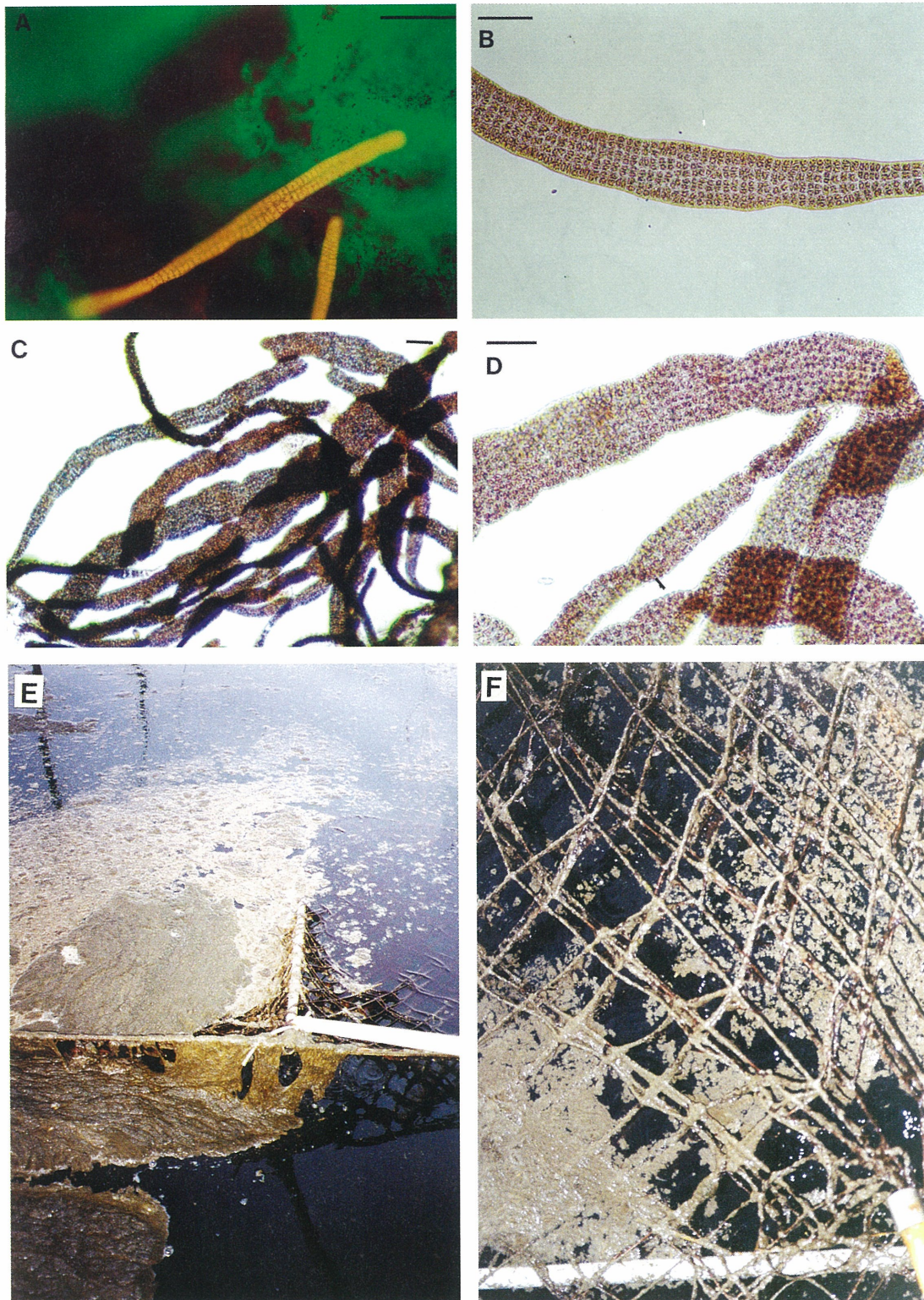


図9 色落ちと異形芽

Fig. 9. Micrographs of discolouration, heteromorphic buds and photographs of dirty nets. Scale bars,  $100 \mu\text{m}$ . A, discolouration of bud by fluorescence microscopy; B, discolouration; C, D, twisting buds; E, F, dirty nets.



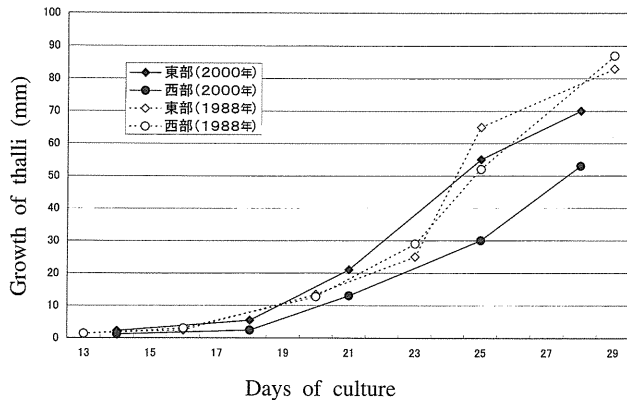


図10 非発生域（東部漁場）と発生域（西部漁場）におけるノリ葉体の生長

Fig. 10. Growth of Nori thalli at slight occurrence area (east nori cultivation farms) and severe occurrence area (west nori cultivation farms).

いる1971年の赤潮<sup>7)</sup>と一致する。

また本種の産生物質については、毒性があるとの報告<sup>10)</sup>があるので、今回、発生がみられた時期の天然カキを採集し、麻痺性、下痢性の毒性試験を行った結果、毒性は確認されなかった（未発表）。

今回の発生は有明海では2回目であり、本種はシストをつくる<sup>11)</sup>ので、次年度以降の発生が危惧される。被害を防止する方法としては、本種が比較的外圧に弱いと考えられることから、物理的な方法や浸透圧変化を与えるなどの対症療法的手法が考えられる。

## 謝 辞

文献を恵与いただいた瀬戸内海区水産研究所 山口峰生博士にお礼申し上げます。

## 文 献

- 1) 原慶明 1990:日本の赤潮生物.ラフィド藻(緑色鞭毛藻)綱 ラフィドモナス目 ヴァキユオラリア科 *Fibrocapsa japonica* TORIUMI et TAKANO.日本水産資源保護協会,344-345.
- 2) S.Toriumi and H.Takano 1973: *Fibrocapsa*, a New Genus in Chloromonadophyceae from Atsumi Bay, Japan. *Bull. Tokai Reg. Fish. Res Lab.*, (7),25-35.
- 3) 千原光雄・村野正昭編 1997:日本産海洋プランクトン検索図説.東海大学出版会,pp1574.
- 4) 吉松定昭 1992:瀬戸内海における赤潮生物特に渦鞭毛藻類 *Alexandrium*属2種,ラフィド藻類3種の生活史に関する研究.香川県赤潮研究報告,(4),1-90.
- 5) 岡市友利 1997:赤潮の科学 第2版.(岡市友利編).恒星社厚生閣,東京,20-23.
- 6) 飯塚昭二 1985:最近のわが国沿岸内湾域における植物プランクトンの出現状況(2).日本プランクトン学会報,32(2),174-177.
- 7) 瀬戸内海漁業調整事務所 2000:瀬戸内海の赤潮-漁業被害編-(昭和45年-平成10年).1-67.
- 8) 吉田陽一 2000:異常発生植物プランクトンの諸特性とその発生機構.*Nippon Suisan Gakkaishi*,66(3),395-411.
- 9) 千々波行典・川村嘉志・大隈斉・白島勲 1993:1991年度西・南部ノリ養殖漁場で育苗期から発生した色落ちと幼芽の異形化.佐有水研報,(15),61-70.
- 10) M.Rademaker, M.Reckermann, U.Tillmann, A. Tillmannmayer, F.Colijin, W.Zevenboom and P.Haupt 1998: *Fibrocapsa japonica* and *Heterosigma akashiwo*: new observations. Harmful algae news, The international oceanographic commission of UNESCO, (17), 8-10.
- 11) 吉松定昭 1987:瀬戸内海播磨灘より見出された *Fibrocapsa japonica*(Raphidophyceae)のシスト.日本プランクトン学会誌,34(1), 25-31.
- 12) 吉川浩二 1974:赤潮 *Heterosigma inlandica* HADA, *Hemientreptia antiqua* HADAがノリ幼芽に与える影響について-I. 南西海区水産研究所研報,(7),111-122.