

## フィブロカプサがノリ葉体に及ぼす影響

久野勝利・川村嘉応

### Effect of *Fibrocapsa japonica* on the Growth of Nori, *Porphyra yezoensis* in Culture

Katsutoshi KUNO and Yoshio KAWAMURA

The first bloom forming of *Fibrocapsa japonica* occurred in the Saga area of Ariake Sea in the autumn of 2000. Then, the abnormal buds and low growth of Nori thalli (*Porphyra*) exposed to *F. japonica* were revealed in the culture ground. In this study, the effects of *F. japonica* on the growth of Nori thalli (*Porphyra yezoensis*) were examined in vitro. The results were as follows : 1) The appearance rate of abnormal buds of Nori thalli became higher as increasing cell density of *F. japonica* in the culture solution. 2) The appearance rate of abnormal buds in the culture solution from which *F. japonica* were removed by filtration was higher than that in the control culture solution, and that in the culture solution which *F. japonica* were homogenized in was still higher. 3) Nori thalli in all the experimental cultures were thinner than those in the control culture . Further, the low growth of Nori thalli was observed in the combined cultures. 4) Abnormal buds of Nori thalli increased instead of recovery from abnormal buds and thin thalli in the re-culture for ten days. Therefore, the effects of *F. japonica* on the growth of Nori thalli might continue until the first harvest. 5) The symptoms observed in this study were the same as those in the bloom forming of *F. japonica* that occurred in 2000. These results suggested that *F. japonica* might cause the appearance of abnormal buds and low growth of Nori thalli.

#### はじめに

*Fibrocapsa japonica*はラフィド藻に属し、細胞全体の表層に粘液胞をもち、その内容物を放射する形態的な特徴をもっている<sup>1-3)</sup>。また、本種の産生物質については毒性があるとの報告<sup>4,5)</sup>もある。

*F. japonica*による赤潮は各地で報告<sup>6)</sup>されているが、有明海佐賀県海域では、2000年の秋期に初めて発生した<sup>7)</sup>。このため、ノリ養殖において栄養塩の減少による色落ちの被害がみられ、葉体の縮れ、くびれなどの異常芽も確認された<sup>8)</sup>。また、ノリ葉体における異常芽の出現は、栄養塩の減少以外に本種およびその産生物質などの関与も考えられた<sup>9)</sup>。しかし、本種とノリ葉体との関係について、室内培養により検討した報告はない。

そこで、本研究では、*F. japonica*の増殖が異常芽の出

現などノリ葉体に及ぼす影響を明らかにするため、室内試験を行ったので以下に報告する。

#### 材料および方法

##### 実験1 *F. japonica*とノリ葉体との混合培養

本実験には、2000年11月に有明海佐賀県海域で採集、単離した*F. japonica*培養株を用いた。基本海水は、有明海佐賀県海域中央部で採水し、ポリプロピレンフィルター (TCW, 孔径1 $\mu$ m) でろ過し暗所保管した海水をオートクレーブしたものを用いた。供試株の継代培養および実験は、この基本海水に補強栄養塩として改変SWM3<sup>9)</sup>、緩衝剤として最終濃度10mMとなるようTricineを添加した培養海水を用いた。この改変培地では、*F. japonica*とノリ葉体の両方が十分増殖できた。

*F. japonica*赤潮が採苗から育苗期に出現したことか

ら、供試ノリ葉体は、採苗後1日経過したスサビノリ (*Porphyra yezoensis*: 品種名 新佐賀1号) の幼芽期葉体を用いた。その作成法について以下に示す。フリー糸状体をカキ殻に穿孔させて、18°C, 20 $\mu$ mol/sec/m<sup>2</sup>, 明暗周期12L:12Dで3ヶ月, および26°C, 15 $\mu$ mol/sec/m<sup>2</sup>, 明暗周期13L:11Dで2ヶ月間静置培養した。さらに、18°C, 80 $\mu$ mol/sec/m<sup>2</sup>, 明暗周期12L:12D, 7日間, 通気培養により糸状体の成熟を進め殻胞子を放出させ、煮沸滅菌した5cmピニロン単糸に2mmあたり5個前後の着生密度になるように採苗した。単糸は1日通気培養後、葉体(1から2細胞)の着生数を確認し用いた。なお、ノリ葉体の作出に関する一連の培養海水は、基本海水を煮沸滅菌したものをを用いた。また、実験時のノリ葉体(単糸)からの雑藻混入を軽減化するため、カキ殻糸状体の凹凸の除去と18°C成熟培養における糸状体のブラッシング、滅菌海水洗浄および培養海水の換水を毎日行った。

試験区は、混合培養を開始したときの*F. japonica*の細胞密度を180 (A-I), 1,220 (A-II), 6,460 (A-III) および12,960cells/ml (A-IV)に調整し、対照とあわせた5試験区とした。培養は、各培養液をそれぞれガラス製試験管( $\phi$ 21 $\times$ 200mm)に20ml分注し、ノリ葉体が付着した単糸を2本ずつ投入し行った。また、培養条件は*F. japonica*とノリ葉体の両方が十分増殖できるために20°C, 70 $\mu$ mol/sec/m<sup>2</sup>, 明暗周期12L:12D, 90回/min振とう培養とし、培養は8日間行った。なお、対照は*F. japonica*の培養と同じ培養海水を用いた。

*F. japonica*の細胞数は培養開始から1, 3, 5, 8日後に、プランクトン計数板(Matsunami glass Co.ltd)を用いて計数した。ノリ葉体の異常芽の出現状況は1, 3, 5, 8日後に、単糸上の全葉体を顕微鏡下で観察し、くびれ、肥厚などの変形葉体および死細胞を含む葉体を異常芽として計数し、全芽数に対する割合から異常芽出現率として表した。また、葉体の生長は8日後に、単糸に付着している葉体のうち大きい方から20番目までの葉長と最大葉幅を測定し、平均葉長と平均葉幅で表した。各培養液の無機三態窒素濃度(以下、DINと記す)とpHは8日後に、それぞれ常法により測定した。

#### 実験2 *F. japonica*培養液各画分によるノリ葉体の培養

供試した*F. japonica*とノリ葉体は、実験1と同じものをを用いた。試験区は*F. japonica*の細胞密度180, 1,220, 6,460および12,960cells/mlの培養液それぞれについて培養ろ液(培養液の細胞密度が低い方からB-I, B-II,

B-IIIおよびB-IVとし、以下、同じ順序で記す)、ホモジナイズ液(C-I, C-II, C-IIIおよびC-IV), ホモジナイズろ液(D-I, D-II, D-IIIおよびD-IV)を調整し、対照とあわせた計13試験区とした。培養ろ液は培養液をオープニング1 $\mu$ mのプランクトンネットでろ過した後、シリンジ用フィルター(アドバンテック東洋社製, CS, 孔径0.2 $\mu$ m)で再ろ過し調整した。ホモジナイズ液は培養液をホモジナイザー(NISSEI社製, AM-3)により15,000rpm, 3分間処理し、そのろ液は培養ろ液調整と同様にプランクトンネットとシリンジ用フィルターでろ過し調整した。また、ホモジナイズ液は*F. japonica*の細胞が完全に破壊されたことを確認し用いた。なお、培養方法および条件は、実験1と同様に行い、培養は8日間行った。また、本実験は実験1と同時に、同場所で行い、対照は実験1と共用した。

ノリ葉体の異常芽出現率、生長、各培養液のDINおよびpHは培養8日後に、実験1と同じ方法により測定した。

#### 実験3 ノリ葉体の回復試験

実験1, 2を終了した後、対照, A-I, A-II, A-III, A-IV, D-I, D-II, D-IIIおよびD-IVの単糸(ノリ葉体)は、それぞれ滅菌海水で2回洗浄後、新たな培養海水で引き続き10日間の培養を行った。なお、培養海水は*F. japonica*の培養と同じものをを用い、培養方法および条件は実験1と同様に行った。

ノリ葉体の異常芽出現率と生長は培養10日後に、単糸より分離した葉体について実験1と同じ方法により測定した。

## 結 果

#### 実験1 *F. japonica*とノリ葉体との混合培養

実験1におけるノリ葉体の異常芽出現率(以下、出現率と記す)と*F. japonica*の細胞密度の推移をそれぞれFig. 1, 2に示した。培養8日後の出現率は対照で23.3%, A-I~A-IVで33.5~44.6%であった。対照区の出現率は、室温20°Cで無通気培養であったことから培養8日後で23.3%と高めであったが、試験区の出現率は対照区と比べ明らかに高く推移した。また、A-IIIとA-IVの細胞密度は培養8日後に減少しているが、全体として細胞密度が高くなれば出現率も高くなる傾向を示した。さらに、培養開始時の細胞密度が高くなれば、その後の出現率も高い傾向にあった。出現した異常芽はFig. 3に示すくびれ、肥厚、死細胞であり、2000年の本種赤潮発生時に報

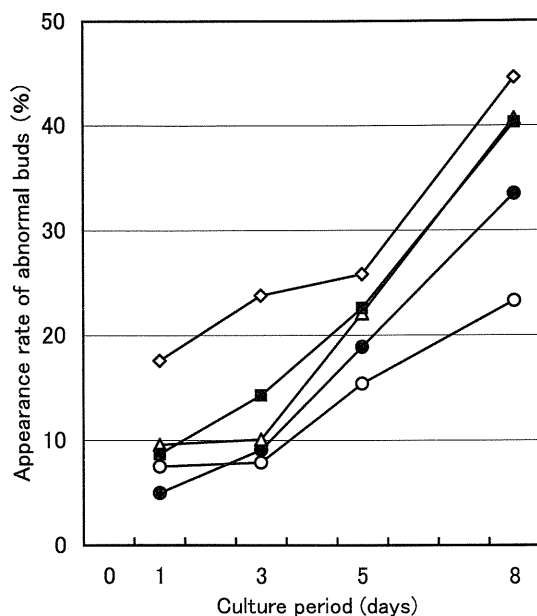


Fig. 1. Daily changes of appearance rate of abnormal buds in Experiment 1. The cell density of *F. japonica* at the start of combined culture of Nori thalli and *F. japonica* was as follows : control (○) ; A-I (●), 180cells/ml ; A-II (△), 1, 220cells/ml ; A-III (■), 6, 460cells/ml ; A-IV (◇), 12, 960cells/ml.

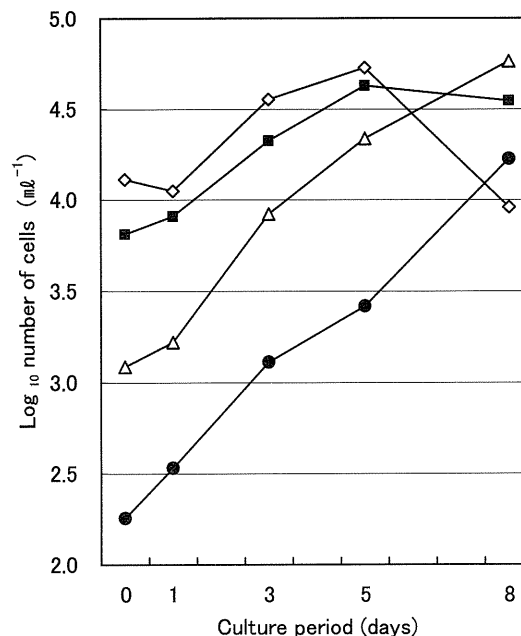


Fig. 2. Daily changes of cell density of *F. japonica* in Experiment 1. ○, control ; ●, A-I ; △, A-II ; ■, A-III ; ◇, A-IV. Abbreviations are the same as in Fig. 1.

告<sup>8)</sup>されたものと同様であった。また、A-IIIとA-IVは培養1日後から色調不良や肥大した細胞がみられた。しかし、対照に比べて試験区にだけ特徴的に観察される異常芽は、本実験では確認できなかった。一方、*F. japonica*の細胞密度は、培養8日後のA-I～A-IVでそれぞれ16,820, 58,000, 35,120, 9,120cells/mlとなり、このとき粘液状のプランクトンの集塊がすべての試験区でみられた。この集塊はA-IVでは培養開始時から、その他の試験区では細胞密度10,000cells/ml前後ぐらいからみられ、その集塊の一部が単糸にからみついたものもあった。また、ゼリー状の黒色沈澱物が培養5日後からA-IIIとA-IVに、8日後にはA-IIで試験管の底にみられ、その量はA-IVが最も多かった。

実験1における培養8日後のノリ葉体の葉長、葉幅をFig.4に示した。葉長は対照で421.5 $\mu$ m, A-I～A-IVで145.5～477.5 $\mu$ mであった。対照との葉長差のt検定の結果、すべての試験区で有意差がみられた ( $P < 0.05$ )。一方、葉幅は対照で51.8 $\mu$ m, A-I～A-IVで12.0～34.8 $\mu$ mであった。対照との葉幅差のt検定の結果、すべての試験区で有意差がみられた ( $P < 0.05$ )。Fig.5に実験1における葉長と葉長幅比の関係を示した。葉長はA-II, A-IIIおよびA-IVで、対照に比べ生長の遅れが顕著であった。葉長幅比は対照で8.1, A-I～A-IVで10.4～15.3と

なり、すべての試験区が対照区と比べ細葉であった。

実験1における培養8日後のDINは対照で9.2 $\mu$ g-at/l, A-I～A-IVで4.70～18.31 $\mu$ g-at/lであった。また、pHは対照で7.94, A-I～A-IVで8.01～8.20であった。

#### 実験2 *F. japonica*培養液各画分によるノリ葉体の培養

実験2におけるノリ葉体の異常芽出現率の推移をFig.6に示した。出現率は培養1日後のB-IとB-IIをのぞけば、すべての試験区で対照より高い値で推移した。培養8日後の出現率は対照で23.3%, B-I, C-IおよびD-Iで27.5～38.6%, B-II, C-IIおよびD-IIで37.8～48.3%, B-III, C-IIIおよびD-IIIで38.1～51.1%, B-IV, C-IVおよびD-IVで42.6～59.6%となり、各画分の調整時における細胞密度が高くなればその後の出現率も高くなる傾向を示した。また、各I～IVで、培養8日後のB～Dの各画分間の出現率を比較した場合、出現率の高い方から順に、すべてD > C > Bであった。出現した異常芽は実験1と同様、くびれ、肥厚、死細胞であり、B-III, B-IV, C-III, C-IV, D-IIIおよびD-IVでは実験1と同様、培養1日後から色調不良や肥大した細胞がみられた。また、本試験の試験区にだけ特徴的に観察される異常芽は、確認できなかった。

実験2における培養8日後のノリ葉体の葉長、葉幅をFig.4に示した。葉長は対照で421.5 $\mu\text{m}$ , B-I~B-IVで392.0~421.0 $\mu\text{m}$ , C-I~C-IVで470.5~492.5 $\mu\text{m}$ , D-I~D-IVで418.5~473.0 $\mu\text{m}$ であった。対照との葉長差のt検定の結果, 試験区C-I, C-II, C-III, C-IVおよびD-Iで有意差がみられた( $P < 0.05$ )。一方, 葉幅

は対照で51.8 $\mu\text{m}$ , B-I~B-IVで32.3~41.8 $\mu\text{m}$ , C-I~C-IVで36.5~42.5 $\mu\text{m}$ , D-I~D-IVで33.8~37.8 $\mu\text{m}$ であった。対照との葉幅差のt検定の結果, すべての試験区で有意差がみられた( $P < 0.05$ )。Fig.5に実験2における葉長と葉長幅比の関係を示した。葉長は, 実験1でみられた顕著な生長の遅れはなかつ

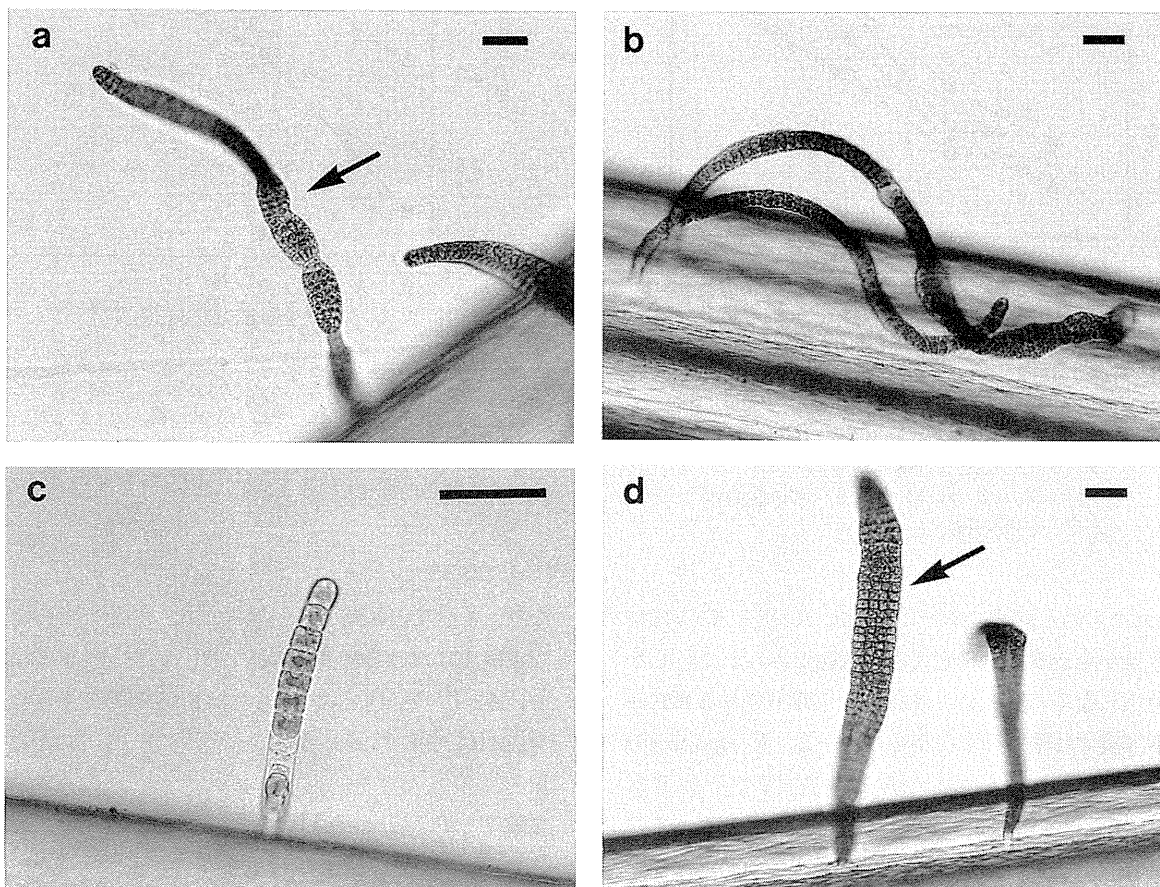


Fig. 3. Micrographs of abnormal buds of Nori thalli after the culture for eight days in Experiment 1. a, constriction of bud by abnormality cell division ; b, tumour of bud by cell hypertrophy ; c, dead cell ; d, normal bud. Scale bars indicate 50 $\mu\text{m}$ .

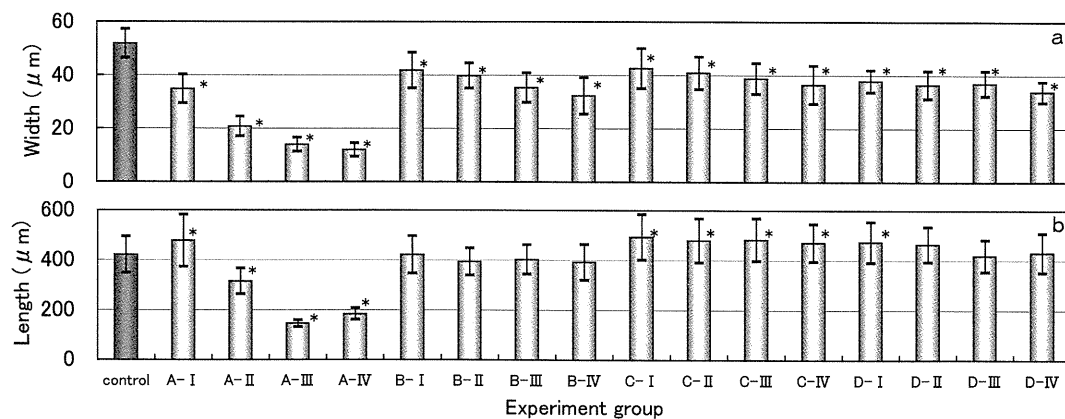


Fig. 4. Length, width of Nori thalli after the culture for eight days in Experiment 1 and 2. Each value represents the mean  $\pm$  SD. a, width ; b, length ; \*, significantly different at  $p < 0.05$  ( $t$ -test) from control. Abbreviations are the same as in Fig. 1 and 6

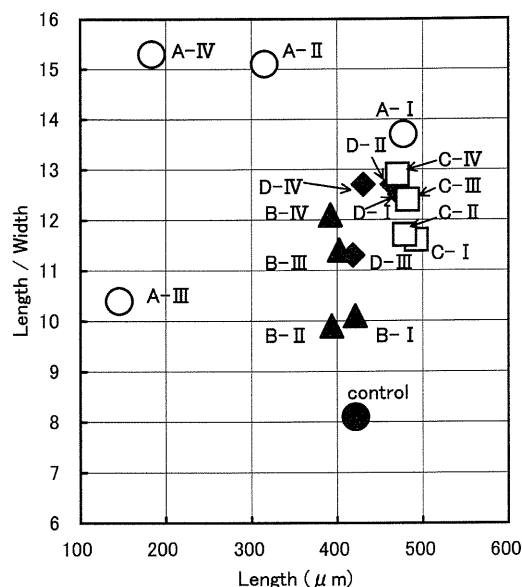


Fig. 5. Relationship between the length and the length:width ratio of Nori thalli after the culture for eight days in Experiment 1 and 2. ●, control; ○, A-I, A-II, A-III and A-IV; ▲, B-I, B-II, B-III and B-IV; □, C-I, C-II, C-III and C-IV; ◆, D-I, D-II, D-III and D-IV. Abbreviations are the same as in Fig. 1 and 5.

た。葉長幅比は対照で8.1, B-I~B-IVで9.9~12.1, C-I~C-IVで11.6~12.9, D-I~D-IVで11.3~12.7となり, すべての試験区が対照区と比べ細葉であった。特に, B-I~B-IVとC-I~C-IVでは, 各画分の調整時における細胞密度が高くなればその葉長幅比も大きくなる傾向がみられた。また, B~D間で葉長と葉長幅比を比較した場合, 全体的な傾向として葉体が細長い順にD>C>Bであった。

実験2における培養8日後のDINは対照で $9.2\mu\text{g-at}/\ell$ , B-I~B-IVで $10.27\sim 21.07\mu\text{g-at}/\ell$ , C-I~C-IVで $11.42\sim 20.87\mu\text{g-at}/\ell$ , D-I~D-IVで $19.20\sim 20.82\mu\text{g-at}/\ell$ であった。また, pHは対照で7.94, B-I~B-IVで7.82~7.87, C-I~C-IVで7.84~7.89, D-I~D-IVで7.84~7.89であった。

### 実験3 ノリ葉体の回復試験

実験3における培養10日後のノリ葉体の異常芽出現率, 葉長および葉幅をFig.7に示した。出現率はすべての試験区が対照より高く, 対照で20.2%, A-I~A-IVで35.3~69.4%, D-I~D-IVで48.1~89.5%であった。

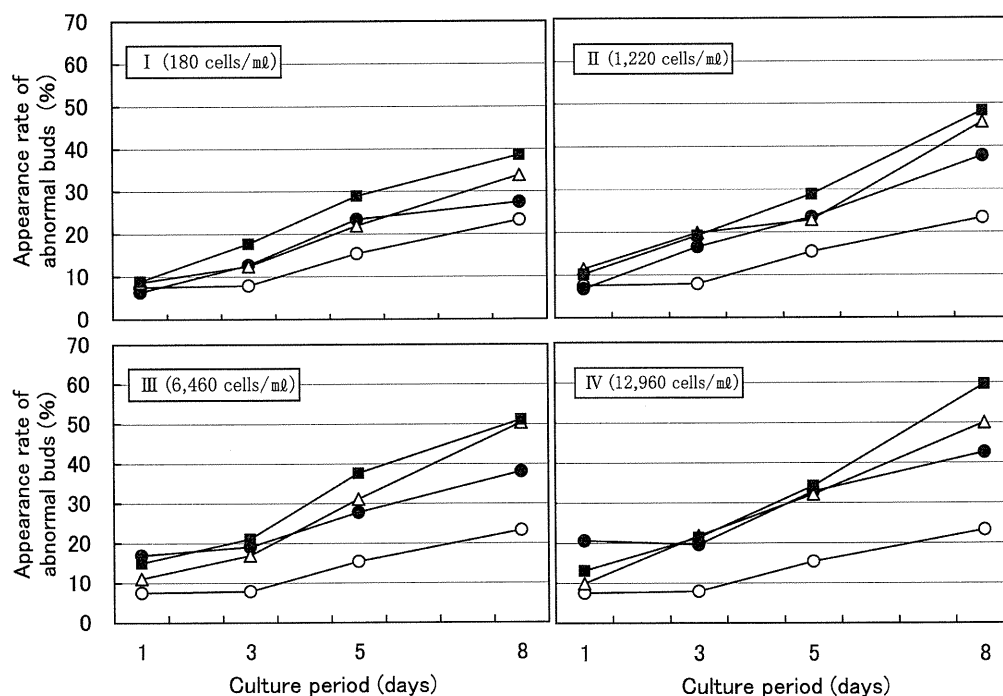
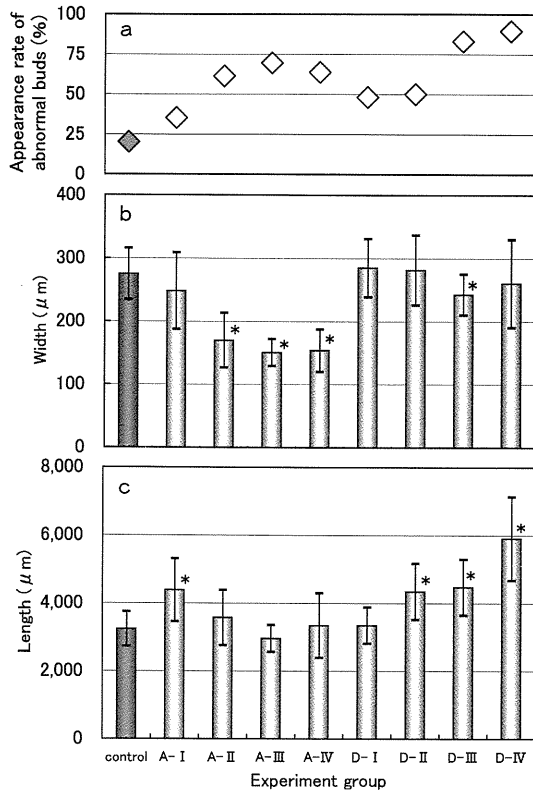
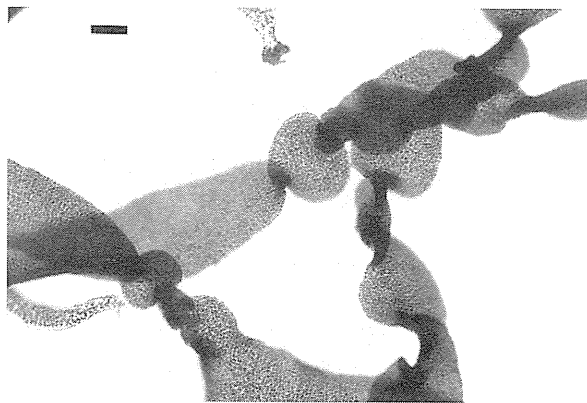


Fig. 6. Daily changes of appearance rate of abnormal buds in Experiment 2. The culture medium for single culture of Nori thalli was as follows: B-I, the filtrate of *F. japonica* culture solution at 180 cells/ml; C-I, the homogenate of *F. japonica* culture solution at 180 cells/ml; D-I, the filtrate of C-I; B-II, the filtrate of *F. japonica* culture solution at 1,220 cells/ml; C-II, the homogenate of *F. japonica* culture solution at 1,220 cells/ml; D-II, the filtrate of C-II; B-III, the filtrate of *F. japonica* culture solution at 6,460 cells/ml; C-III, the homogenate of *F. japonica* culture solution at 6,460 cells/ml; D-III, the filtrate of C-III; B-IV, the filtrate of *F. japonica* culture solution at 12,960 cells/ml; C-IV, the homogenate of *F. japonica* culture solution at 12,960 cells/ml; D-IV, the filtrate of C-IV. I, control, B-I, C-I, D-I; II, control, B-II, C-II, D-II; III, control, B-III, C-III, D-III; IV, control, B-IV, C-IV, D-IV; ○, control; ●, experiment group B; △, group C; ■, group D.

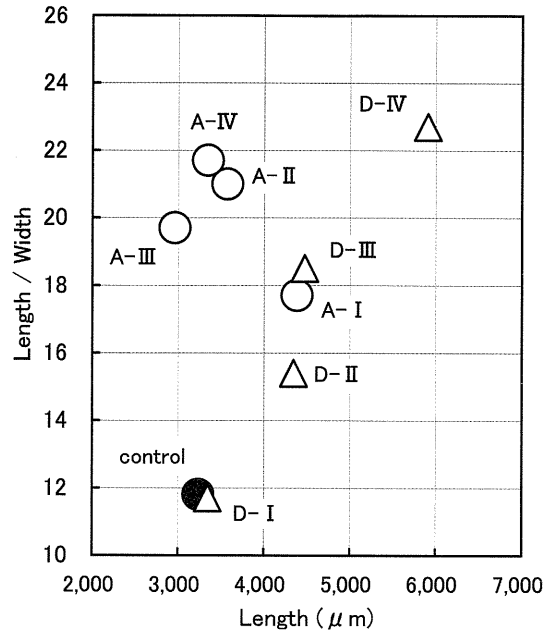


**Fig. 7.** Appearance rate of abnormal buds, length and width of Nori thalli after the culture for ten days in Experiment 3. Nori thalli at Experiment 1 and 2 (control, A-I, A-II, A-III, A-IV, D-I, D-II, D-III and D-IV) were re-culture for recovery. Length, width value represents the mean  $\pm$  SD. a, appearance rate of abnormal buds; b, width; c, length; \*, significantly different at  $p < 0.05$  ( $t$ -test) from control. Abbreviations are the same as in Fig. 1 and 6.



**Fig. 8.** Micrographs of twist and shrinkage of Nori thalli after the culture for ten days in Experiment 3. Scale bar indicates 50  $\mu$ m.

また、対照との出現率の差は、実験1、2終了時（培養8日後）と比較した場合、本実験ではいずれの試験区も



**Fig. 9.** Relationship between the length and the length : width ratio of Nori thalli after the culture for ten days in Experiment 3. ●, control; ○, experiment group A; △, group D. Abbreviations are the same as in Fig. 7.

大きくなっており、特にA-II, A-III, A-IV, D-IIIおよびD-IVで異常芽の増加が顕著であった。さらに、本試験では、異常芽としてくびれ、肥厚、死細胞のほか、Fig. 8に示した縮れやくびれた部分でねじれた葉体が多数みられた。しかし、出現した異常芽はすべて、2000年の*F. japonica*赤潮発生時に報告<sup>8)</sup>されたものと同様であった。

葉長は対照で3,236.3  $\mu$ m, A-I ~ A-IVで2,960.0 ~ 4,383.8  $\mu$ m, D-I ~ D-IVで3,343.8 ~ 5,908.8  $\mu$ mであった。対照との葉長差のt検定の結果、試験区A-I, D-II, D-IIIおよびD-IVで対照との間で有意差がみられた ( $P < 0.05$ )。一方、葉幅は対照で275.0  $\mu$ m, A-I ~ A-IVで150.6 ~ 248.1  $\mu$ m, D-I ~ D-IVで242.5 ~ 285.0  $\mu$ mであった。対照との葉幅差のt検定の結果、試験区A-II, A-III, A-IVおよびD-IIIで有意差がみられた ( $P < 0.05$ )。Fig. 9に実験3における葉長と葉長幅比の関係を示した。葉長幅比は対照で11.8, A-I ~ A-IVで17.7 ~ 21.7, D-I ~ D-IVで11.7 ~ 22.7となり、D-Iをのぞくすべての試験区が対照と比べ細葉であった。A-II, A-IIIおよびIVは、実験1終了時には対照に比べ生長の遅れがみられたが、本実験では対照と同程度もしくはそれ以上に回復した。しかし、葉長幅比は対照と比べ依然大きく、細葉であった。また、D-I ~ D-IVでは、実験1での調整時における細胞密度が大きい順にIV > III > II > Iで葉長幅比も大きくな

る傾向がみられた。

## 考 察

*F. japonica*赤潮は、2000年以降、毎年、ノリ養殖の育苗期である10月頃に発生<sup>10,11)</sup>しており、本県における本種の発生は恒常化していると思われる。2000年に発生した本種赤潮は10月から11月の長期間だったため、ノリ養殖において色落ち被害のほか、異常芽や細葉が観察され、粘液状物質の付着や生長の遅れなどが顕著にみられた<sup>8)</sup>。特に、異常芽と細葉については色落ち葉体にみられる特徴的な症状であるが、本種およびその産生物質の関与については明らかでないので、本種とノリ葉体の両者が十分に増殖する培養条件を設定し、混合培養などにより検討した。

ノリ葉体の異常芽の出現について、実験1の混合培養では、*F. japonica*の細胞密度が高くなれば、ノリ葉体の異常芽の出現率も高くなる傾向がみられた。ノリ葉体の生長において必要なDINは十分な量があり、pHも8.01~8.20で安定し、ノリの生長には影響を与えていないと考えられることから、異常芽の出現は本種の存在が大きく関係していると考えられた。吉川<sup>12)</sup>は、室内試験で*Heterosigma inlandica*や*Hemientrepia antiqua*の増殖が20,000~30,000cells/ml以上で、ノリ幼芽の生長阻害や細胞障害がみられたとしている。また、佐々木ら<sup>13)</sup>は、室内試験でノリ葉体と*Skeletonema costatum*との混合培養を行い、プランクトン増殖の定常期以降からノリ葉体の著しい生長阻害がみられたとしている。本実験では、細胞密度が10,000cells/ml前後から粘液状のプランクトン集塊がみられ、40,000~50,000cells/mlから試験管の底にゼリー状の黒色沈澱物が観察された。これらの現象について、本実験の異常芽の出現状況と先述した知見とを考えあわせると、ノリ葉体への影響が本種増殖の誘導期、対数増殖期、安定期、減衰期の各段階で異なることが考えられた。本種培養液の各画分でノリ葉体を培養した実験2の結果から、その出現率が高い順にホモジナイズろ液>ホモジナイズ液>培養ろ液となった。培養ろ液よりホモジナイズ液の出現率が高いのは、ノリ葉体の生長に対して阻害させるような物質の量が多くなったためと考えられた。また、ホモジナイズ液よりホモジナイズろ液が高いのは、阻害物質の作用を邪魔する物質がフィルターろ過で取り除かれたためと考えられた。このことから、細胞破壊によりノリ葉体への影響が大きくなる可能性も考えられ、本種赤潮の被害を防止す

るために細胞破壊などの物理的な方法を用いることについては、充分検討すべきと思われた。

ノリ葉体が細葉になる症状については、実験1、2のすべての試験区で対照区と比べ細葉になる傾向を示した。ノリ葉体の生長に関して川村ら<sup>14)</sup>は培養10日後で葉長670~720 $\mu$ m、葉長幅比10.9~12.0、培養20日後で葉長5,780~6,250 $\mu$ m、葉長幅比12.27~12.81(室内、18 $^{\circ}$ C恒温、通気培養)とし、片山<sup>15)</sup>は培養25日後で葉長2,500~3,000 $\mu$ m、葉長幅比8.3~12.1(野外、10~11月、岡山県)としている。これらの知見と対照の結果から、本試験が室温20 $^{\circ}$ Cで無通気培養(振とう培養)であることを考慮すれば、本実験の培養方法はノリの生長に関して問題はないと考えられた。さて、室内培養における細葉の出現は、低栄養塩、高水温、芽付き厚、緩衝剤の影響下でみられる(未発表)。本試験では、培養8日後の栄養塩は十分な量があり、色調が全体的に低下した傾向もなく細胞間隙が広く液胞肥大した葉体も観察されなかったことから、低栄養塩による細葉ではないと考えられた。ほかの要因についても、対照が良好な生長を示していることから、細葉出現の原因とは考えられない。従って、本実験の細葉出現に関しては、本種あるいはその産生物質の影響が大きいと考えられた。一方、ノリの生長、特に葉長の伸びが鈍かった症状も実験1でみられたが、本種培養液の細胞密度が高くなったことによる受光量の不足が関係していると思われた。

実験3の回復試験では、すべての試験区で縮れやねじれなどの異常芽が増加し、10日間の培養では異常芽の回復はみられなかった。このことは、千々波らの野外試験で色落ちしたノリ葉体の縮れなどの異常芽がDIN増加後も回復しなかったとする報告<sup>16)</sup>に一致する。また、ノリの葉長はすべての試験区で回復したが、葉幅の回復は鈍く細葉になる傾向を示した。このことから、本種赤潮により異常芽や細葉となった葉体は、乾ノリ表面のがさつきや生産枚数の減少の一因となり、また、摘採するまでその影響がなくならないと考えられた。

以上のことから、*F. japonica*はノリ葉体の異常芽の出現と生長に関して影響を及ぼしていることが明らかとなった。しかし、本種が活性酸素<sup>17)</sup>や神経毒素<sup>4,5)</sup>を産生する報告もあり、本種のどのような産生物質がノリ葉体に影響を及ぼしているのか、また、本種増殖のどこでその物質の影響が発現し大きくなるかについては、今後の検討課題である。

## 謝 辞

文献を恵与いただいた元鹿児島大学水産学部教授 尾上義夫博士, 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) S.Toriumi and H.Takano (1973) : *Fibrocapsa*, a New Genus in Chloromonadophyceae from Atsumi Bay, Japan. *Bull. Tokai. Reg. Fish. Res. Lab.*, (76), 25-35.
- 2) 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, 158-159.
- 3) 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エオラリア科 *Fibrocapsa japonica* TORIUMI et TAKANO. 日本水産資源保護協会, 344-345.
- 4) M.Rademaker, M.Reckermann,U.Tillmann,A.Tillmann-mayer, and F.Colijin, W.Zevenboom, and P.Houpt (1998) : *Fibrocapsa japonica* and *Heterosigma akashiwo* : new observations. *Harmful algae news, The international oceanographic commission of UNESCO*, (17), 8-10.
- 5) S.Khan,O.Arakawa and Y.Onoue (1996) : Neurotoxin Production by a Chloromonad *Fibrocapsa japonica* (Raphidophyceae). *Journal of The World Aquaculture Society*, 27(3), 254-262.
- 6) 水産庁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.
- 7) 水産庁九州漁業調整事務所 (2001) : 平成12年九州海域の赤潮. pp.29, 52, 68.
- 8) 首藤俊雄・吉田賢二・川村嘉応 (2001) : 2000年佐賀県有明海湾奥部におけるフィプロカプサ赤潮の発生とノリ養殖への影響. 佐有水研報, (20), 25-33.
- 9) 伊藤克彦・今井一郎 (1997) : 赤潮生物研究指針. ラフィド藻, 日本水産資源保護協会, 304-473.
- 10) 水産庁九州漁業調整事務所 (2001) : 平成13年10月分九州海域における赤潮発生状況. pp.12, 17.
- 11) 水産庁九州漁業調整事務所 (2002) : 平成14年11月分九州海域における赤潮発生状況. pp.13, 16.
- 12) 吉川浩二 (1987) : 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.
- 13) 佐々木和之・宇野史郎 (1988) : アサクサノリとの混合培養における6種の珪藻プランクトン増殖率の比較. 日本プランクトン学会誌, 35(1), 57-65.
- 14) 川村嘉応・鷺尾真佐人・北嶋博卿 (1996) : 室内の傾斜水温条件におけるアマノリの生長. 佐有水研報, (17), 29-31.
- 15) 片山勝介 (1982) : 養殖ノリの選抜分離種の特性について. 昭和56年度 岡山水試事報, 130-134.
- 16) 千々波行典・川村嘉応・大隈斉・白鳥勲 (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.
- 17) T.Oda, A.Nakamura, M.Shikayama, I.Kawano, A. Ishimatsu, and T.Muramatsu (1997) : Generation of reactive oxygen species by raphidophcean phytoplankton. *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, 61, 1658-1662.