

# アマノリ養殖種の生長に及ぼす海洋深層水の効果

渡辺裕一\*<sup>1</sup>・羽土 真\*<sup>1</sup>・村瀬 昇\*<sup>1</sup>・水上 譲\*<sup>1</sup>

## Effect of ocean deep seawater on the growth of thalli of *Porphyra yezoensis* (Rhodophyta)

Yuichi Watanabe\*<sup>1</sup>, Makoto Hado\*<sup>1</sup>, Noboru Murase\*<sup>1</sup>, and Yuzuru Mizukami\*<sup>1</sup>

The effect of ocean deep seawater (deep seawater) on the growth of the culture strain of *Porphyra yezoensis* was investigated and compared with coastal seawater. Relative growth rates of thalli were approximately the same between the coastal and deep seawater in bottle culture in which the seawater was replaced every 3 days. However, when thalli were cultured in a flowing seawater culture system, relative growth rates were different between the two types of seawater; higher with the deep seawater than with the coastal seawater. In the flowing deep seawater culture system, the growth rates of thalli were enhanced by increasing the flow rate of seawater from 20 ml/h to 60 ml/h although they were similar between two flow rates of 100 ml/h and 200 ml/h. The addition of ferric chloride (FeCl<sub>3</sub>) into the culture medium of deep seawater was more effective to stimulate the growth of thalli than other nutrient salts investigated. These results suggest that deep seawater is more effective on the growth of thalli than coastal seawater in the flowing seawater culture system and an addition of ferric ions into the deep seawater is also more effective than other nutrient ions.

### 1 緒言

紅藻アマノリ属スサビノリ, *Porphyra yezoensis*, はいわゆる「海苔」として, 我が国沿岸域で広く養殖されている重要な食用種である。しかし, 近年, 病害や海洋環境の変化あるいは就業者人口の減少等によって, 生産性や品質が不安定になり<sup>1)</sup>, 地域経済に大きな影響を与えている<sup>2)</sup>。最近では, それらへの対策として, 新品種の作出や養殖方法の改善など新たな施策が講じられようとしている<sup>3)</sup>。

海洋深層水(深層水)は表層水に比べ, 富栄養性, 清浄性, 低水温性など多くの特異な性質を持つ<sup>4,5)</sup>。このことから, 我が国では新たな海洋資源として1980年代に注目され, 今日までに, 高知県, 富山県等いくつかの地域で汲み上げが行なわれるようになり<sup>6)</sup>, また, 有効利用のための開発研究や産業への実用的な応用も多くなされるようになった<sup>5,7)</sup>。水産分野においても深層水の魚介類養殖への利用研究が活発に進められ, 一部では実用化も行われている<sup>8,9)</sup>。また, 餌料用微細藻類培養への利用も報告されている<sup>9,10,11)</sup>。しかし, 食用海藻類養殖への利用については,

コンブ等数種の培養・養殖への利用が試みられているに過ぎず<sup>9)</sup>, 報告例は少ない。また, ノリ養殖においても, 深層水を用いた新たな養殖法の検討や養殖法改善のための深層水利用研究は, ハワイ沿岸域での研究例<sup>12)</sup>を除いて, 殆ど行われていない。

本研究は, 深層水を用いた養殖アマノリの新養殖法開発に関する基礎知見を得るため, アマノリの生長におよぼす深層水の効果を表層水との比較によって把握し, また, 深層水への栄養塩類添加の有効性について調査することを目的とした。

### 2 材料と方法

#### 2.1 アマノリ葉体

平成12年秋に養殖されたスサビノリ養殖品種(佐賀5号)の葉体を佐賀県有明水産振興センターより入手し, 実験に供した。この葉体は有明海の養殖場で長さ約2 cmに育成後, 約3時間屋外で乾燥させ, 実験に使用するまでの間-20℃で冷凍保存したものである。

## 2.2 深層水及び表層水

深層水は高知県海洋深層水研究所（高知県室戸市）から分水され、15～18℃の暗所に1～数ヶ月間保管したものを、また、表層水については、下関市沿岸域で9月から翌年の1月の間に採取したものをを用いた。いずれの海水もオートクレーブ滅菌後、オートクレーブ滅菌した蒸留水で海水濃度80%に希釈した後使用した。高知県海洋深層水研究所によって発表されている深層水の主な栄養塩等の濃度（カッコ内は表層水の濃度）はNO<sub>3</sub>-N: 25.9 μg/l (1.49 μg/l), PO<sub>4</sub>-P: 1.65 μg/l (0.34 μg/l), Fe: 0.28 μg/l (0.37 μg/l)であった。

## 2.3 葉体の培養

### (1) 換水培養

500mlの80%海水（深層水及び表層水）に、長さとしがほぼ等しく、目視上健全かつ形態が完全と思われる葉体5枚を入れ、15℃、光量46 μmol/m<sup>2</sup>/sの条件下で、12～15日間通気培養した。この間、培養3日目毎に換水を行った。深層水及び表層水のいずれの場合もそれぞれ培養瓶2個を用い、重複して培養実験を行った。

### (2) 連続注水培養

上記と同様の条件下で葉体の培養を行ったが、3日毎の換水に代えて、培養液の海水交換をペリスタポンプによる連続注入により行った。注水量が20, 60, 100あるいは200 ml/hになるようにポンプの流水量を調節し、細管を用いて培養瓶底部に培養液を注いだ。培養は12～15日間行った。

## 2.4 栄養塩等の添加

深層水に、NaNO<sub>3</sub> (1.0 mM), Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> (0.1 mM), FeCl<sub>2</sub> (2.0 μM) あるいはPIメタル混合液 (H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> 6.2 mg/l, MnCl<sub>2</sub> 0.7 mg/l, ZnCl<sub>2</sub> 0.05 mg/l, CoCl<sub>2</sub> 2.3 mg/l, CuCl<sub>2</sub> 0.02 mg/l) をそれぞれ括弧内に示してある最終濃度になるように加え、3日毎の換水培養実験に用いた。

## 2.5 生長量の測定

換水培養実験における葉体の生長は、培養3日目毎の葉長を測定し、培養開始時の葉長を1とした相対生長倍率<sup>19)</sup>で求めた。葉長葉幅比（葉長：葉幅）は、上記と同様の方法で葉長及び葉幅の長さを測定し、葉幅長に対する葉長の比として求めた。葉幅長には、最も幅の広い部分の長さをを用いた。連続注水培養における葉体の生長は、培養3日目毎に、完全に広げた葉体像をパソコンスキャナーに取り込み、画像解析処理によって面積を測定した後、上記と同様

に、培養開始時の葉体の面積を1とした相対生長倍率で求めた。

## 3 結果

### 3.1 生長に及ぼす深層水の効果

3日毎の換水培養における葉体の相対生長倍率を深層水と表層水の間で比較した。しかし、Fig. 1にみられるように、この培養方法では15日間の培養実験で両者の間に有意な成長率の差をみることができなかった。Fig. 2は連続注水培養による葉体の相対生長倍率をみたものである。この図から明らかなように、注水量20 ml/hの時には表層水と深層水間で葉体の生長に大きな違いは見られなかったが、注水量60 ml/hでは培養3日目以後に深層水での生長が著しく、両者間に大きな差が観察された。注水量60 ml/hの時、培養15日目の深層水での生長は表層水の約1.5倍であった。また、深層水と表層水のいずれの場合も注水量20 ml/hに比べ60 ml/hのほうが高い生長を示した。

葉体の生長に及ぼす深層水の注水量効果を調べるため、注水量を100及び200 ml/hとして、双方の注水量間で生長を比較した。しかし、Fig. 3に示した結果から、いずれの注水量の場合も生長は60 ml/hの時とほぼ同じであり、また、100 ml/hと200 ml/hの間にも大きな生長差はみられなかった。

### 3.2 葉長と葉幅の比に及ぼす深層水の効果

葉幅に対する葉長の割合（葉長葉幅比）は養殖ノリの質と収穫量に大きく関係する。したがって、培養、養殖環境の変化等の場合には生育した葉体の葉長葉幅比の新たな解析が重要である。Fig. 4は注水量60 ml/hで連続注水培養した時の葉長葉幅比を深層水と表層水の間で比較したものである。この図から明らかなように、葉長葉幅比は全培養期間を通して両者の間でほぼ同じであり、双方とも培養日数が増すにつれほぼ同じ割合で葉長葉幅比が増大し、深層水による特異な変異は認められなかった。

### 3.3 栄養塩添加による効果

深層水にそれぞれ窒素、りん、鉄及び微量元素を含む栄養塩類を加え、どの栄養塩が葉体の生長に最も大きな促進効果を示すか調べた。Fig. 5から明らかなように、これらの栄養塩類添加実験ではいずれの栄養塩類でも明らかな生長促進効果がみられた。しかし、その中でも、FeCl<sub>2</sub> 2.0 μMを含む栄養塩類の添加に最も高い生長促進効果が観察

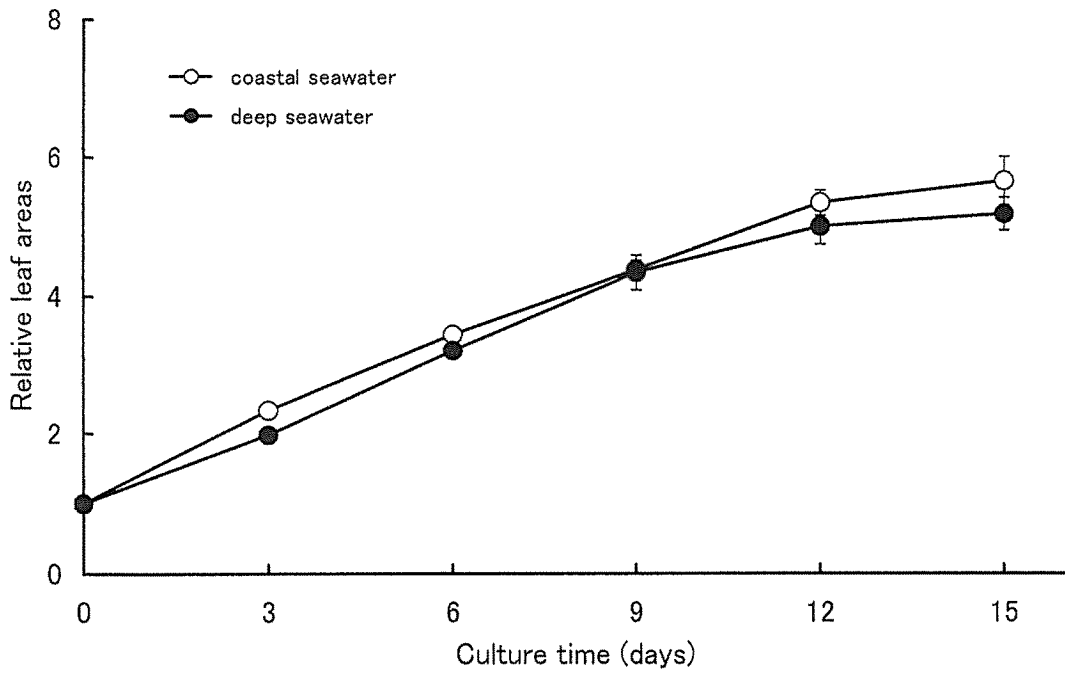


Fig. 1. Comparison of relative growth rates between thalli cultured in the coastal and deep seawater. Thalli, approximately 2 cm in length, were cultured in the coastal and deep seawater with aeration. The seawater was replaced every 3 days of the culture. The relative growth rates were calculated every 3 days from the lengths of thalli. Vertical bars indicate SD.

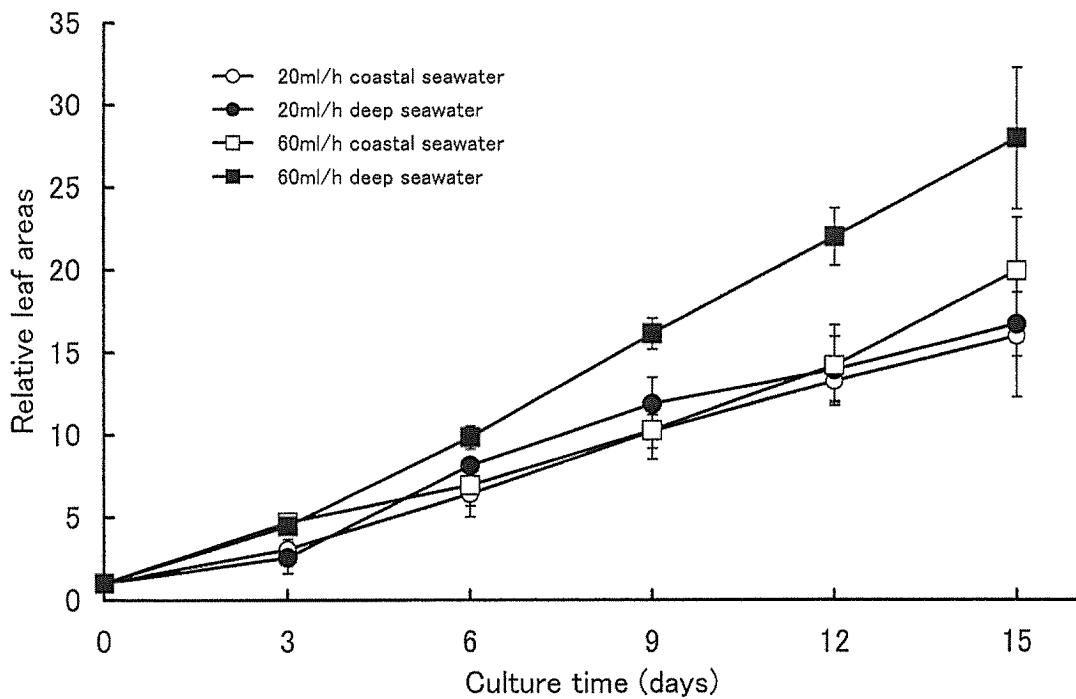


Fig. 2. Effect of flowing seawater culture on the growth of thalli. Thalli were cultured in flowing coastal and deep seawater in culture bottles with flow rates of 20 ml/h or 60 ml/h with aeration. The relative growth rates were calculated every 3 days from the areas of thalli. Vertical bars indicate SD.

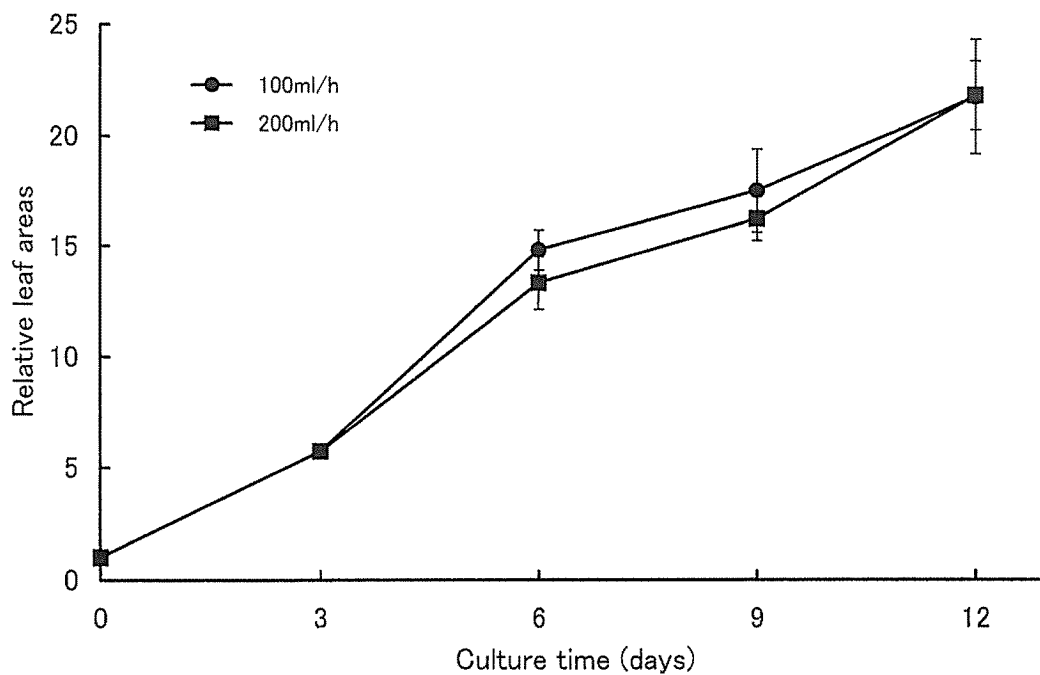


Fig. 3. Growth of thalli in flowing deep seawater cultures. Thalli were cultured in flowing deep seawater in culture bottles with flow rates of 100 ml/h or 200 ml/h with aeration. The relative growth rates were calculated every 3 days from the areas of thalli. Vertical bars indicate SD.

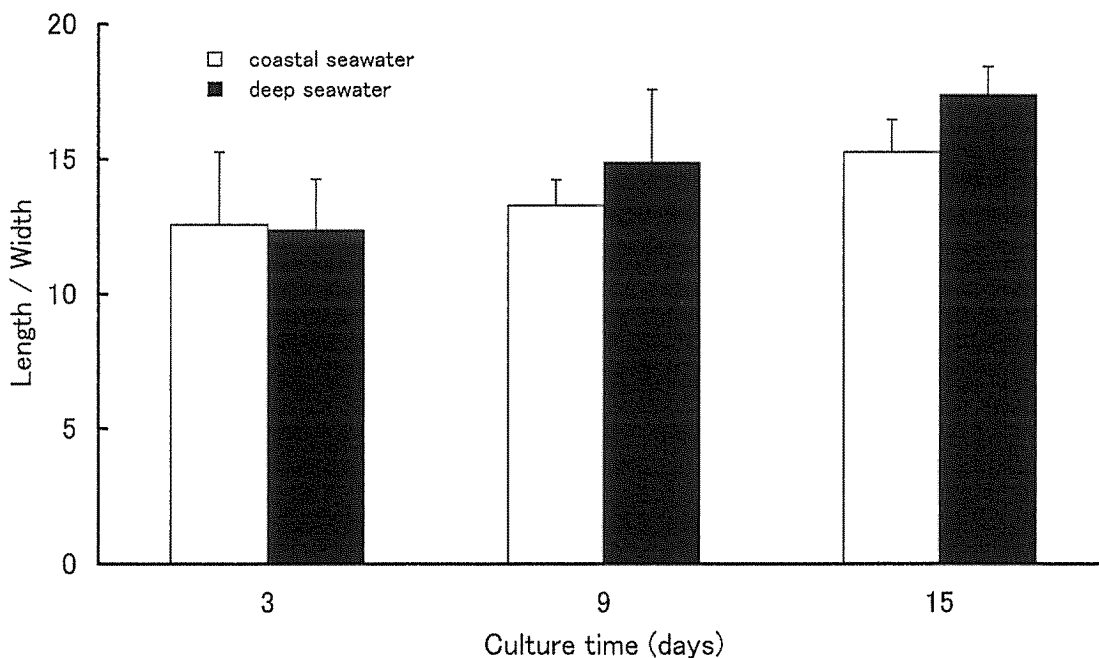


Fig. 4. Comparison of the ratio of length to width between thalli cultured in the coastal and deep seawater. Thalli were cultured in flowing coastal and deep seawater in culture bottles with flow rates of 60 ml/h as shown for Fig. 2. The ratios of length to width of the thalli were obtained on the 3, 9 and 15 day of the culture. Vertical bars indicate SD.

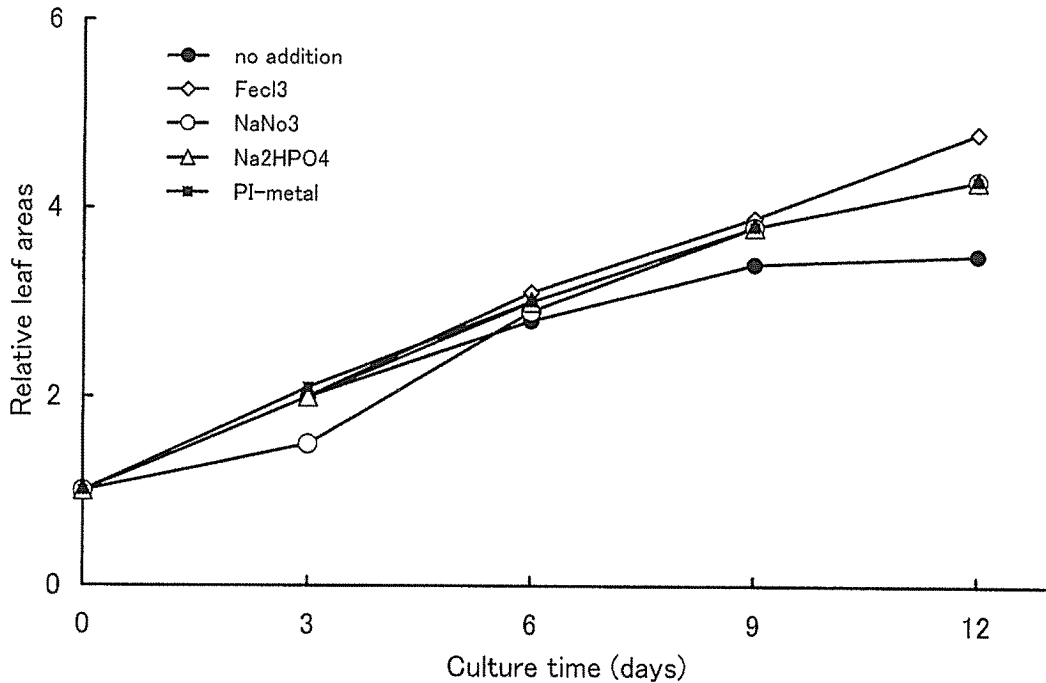


Fig. 5. Effect of the addition of nutrient salts on the growth of thalli in the deep seawater culture. Thalli were cultured in deep seawater containing one of each of the nutrient salts indicated. They were transferred to newly prepared deep seawater containing the same nutrient salt every 3 days of the culture. Their relative growth rates were calculated as shown for Fig. 1. The component of "PI-metal" is shown in the material and method section. Each value indicates the mean of 10 individuals.

され、無添加の場合の約1.6倍の相対生長倍率を示した。

#### 4 考察

Fig. 2 から明らかなように、深層水培養での葉体の相対生長倍率は培養15日目で表層水の約1.5倍に達し、アマノリ葉体の生長には、表層水より深層水の方がより優れていることが示唆された。また、Fig. 2 に見られるように、相対生長倍率は注水量を20 ml/hから60 ml/hに変えることによって高まったが、一方では、Fig. 3 に示されているように、注水量を60 ml/hから200 ml/hに変えても相対生長倍率に殆ど違いはなかった。これらの結果は、葉体の生長に及ぼす深層水の著しい注水効果と、一定の培養条件下では注水（換水）効率にも限界点があることを示唆するものと推察された。一方、Fig. 1 で示した換水培養実験やFig. 2 に示した20 ml/hの連続注水培養実験では、深層水と表層水の間に生長の差が殆ど観察されなかった。このことは、深層水と表層水の間の栄養塩量の差がこのような培養実験下では極めて小さかったこと、に起因するものと考えられた。

Fig. 4 に示したように、葉長葉幅比は深層水と表層水の

間に殆ど違いはなく、葉体は培養日数の増加とともに縦に長く伸長した。このような生長パターンは養殖種の典型的な特徴の1つで、深層水培養においても今日の野外養殖にみられる葉体とほぼ同型、同質の葉体を生産し得る可能性を示唆した。

深層水培養における栄養塩類添加実験ではFeCl<sub>2</sub>の添加が葉体の生長に最も効果的であった。この結果は、深層水は表層水に比べて、窒素やリンを豊富に含むが、鉄含有量には大差がないことに関連しているものと思われる。鉄は窒素やリンに比べて海洋環境汚染の原因物質になり難いため、極微量の深層水への添加、あるいは、鉄を豊富に含む河川水の添加などが社会的に許容される方法にも思われ、今後の深層水培養効率化へむけた検討課題の1つと考えられる。

#### 謝 辞

海洋深層水を提供していただいた高知県海洋深層水研究所及び養殖ササビノリ（佐賀5号）葉体を提供していただいた佐賀県有明水産振興センターに厚くお礼申し上げます。

## 文 献

- 1) 川村嘉応：海苔と海藻，62， 1-12 (2001).
- 2) 藤井弘治：海苔と海藻，62， 13-16 (2001).
- 3) 図説水産白書 (平成13年度)：財団法人農林統計協会，東京， pp. 172-174 (2002).
- 4) 高橋正征：海にねむる資源が地球を救うー海洋深層水の利用ー，あすなろ書房，PP. 189 (1991).
- 5) 高橋正征：海にねむる資源・海洋深層水，あすなろ書房，PP. 189 (2000).
- 6) 中島敏光：養殖，460， 86-89 (2000).
- 7) 中島敏光：養殖，469， 74-79 (2000).
- 8) 中島敏光：養殖，467， 74-79 (2000).
- 9) 中島敏光：養殖，466， 74-79 (2000).
- 10) 深見公雄・西島敏隆：月刊海洋，26， 150-155 (1994).
- 11) 丸山功：月刊海洋，26， 145-149 (1994).
- 12) F.M.Mencher, R.B.Spencer, J.W.Woessner, S.J.Katase, and D.K.Barclay：J.World Maricul. Soc, 14, 458-470 (1983).
- 13) 村瀬昇・前川行幸・松井敏夫・大貝政治・片山舒康・斎藤宗勝・横浜康継：Nippon Suisan Gakkaishi, 60, 625-630 (1994).