

# 海洋深層水を利用した大型海藻類の培養技術に関する研究

田島健司・山中弘雄

## 1 目 的

高知県室戸市三津地先沖合、水深320mから取水される低温、富栄養および清浄な深層水を用いて大型海藻類の陸上での飼育・培養に関する研究を実施し、海洋生物生産に対する深層水の有用性を実証する。

本研究では、深層水の大型海藻類の生長に及ぼす影響を明らかにするため次の実験を行なった。

①カジメの深層水および表層水での生長比較、②カジメおよびワカメ配偶体の生長、成熟に及ぼす深層水の影響、③深層水で培養したマコンブの生長、④メガイの飼育実験による深層水培養海藻の栄養評価。

## 2 方 法

### カジメの深層水及び表層水での生長比較

高知県須崎市池の浦地先で採取したカジメ、*Ecklonia cava* 幼葉 (TL 約130mm 40個体) を深層水と表層水をそれぞれ  $1 \text{ l} \cdot \text{min}^{-1}$  で掛け流した500 l パンライト水槽2槽に収容し、'89年10月30日~'90年12月26日 (422日間) の生長を記録した。両水槽の水温はウォーターバス式の調温を行なった (但し、深層水区は15~20°C、表層水区は17~23°C で推移し、必ずしも同一水温ではなかった)。照明は水槽あたり40W 昼光色蛍光灯2本を用いて水面照度6,000~10,000lux、LD=12:12に調整した。カジメ幼葉の測定は全長、主葉長、主葉の生長速度、主葉の最大葉幅、側葉枚数、側葉長、莖長、体重について行い、主葉の生長速度と主葉長の伸長量の差を便宜上の先枯れ量とした。

### カジメおよびワカメ配偶体の生長、成熟に及ぼす深層水の影響

本実験では深層水への鉄の添加がカジメおよびワカメ、*Undaria pinnatifida* の配偶体の生長・成

熟にどのように影響するかを調べた。実験には須崎市久通産のカジメと深層水中で成熟葉を形成したワカメから得た遊走子をスライドグラスに付着させ、そこで発芽した配偶体を用いた。配偶体の付着したスライドグラスは500ml ビーカの培養水に浸し、水温20°C、照度4,000lux、LD=10:14に調整したグロースチャンバーで培養を行なった。添加する鉄は鉄EDTAを使用し、添加量は0~12  $\mu\text{M}$ まで数段階に変化させた。ワカメ配偶体の実験は'90年4月16日から5月11日、カジメ配偶体の実験は'90年11月14日から12月4日と'90年12月12日から12月29日に行い、2~3日毎に顕微鏡下で細胞数の計数と成熟について観察を行なった。

### 深層水で培養したマコンブの生長

人工採苗したマコンブ (*Laminaria japonica*) の種糸を10mmクレモナロープに12cm間隔で挟み込み、深層水と表層水がほぼ1:1の混合水中での生長を調べた。水槽は7 t 角型水槽 (7×1.5×0.8m) を使用し、注水量は  $1,200 \text{ l} \cdot \text{hr}^{-1}$  (4回転・Day<sup>-1</sup>) での掛け流しであった。照明は屋内自然光のまま特に調整はしなかった (晴天の昼間で照度10,000lux程度)。葉体の測定は、1株中の最大個体について、全長と最大葉幅を記録した ('89年12月13日~'90年12月21日、374日間)。なお、深層水のみを用いて500 l パンライト水槽での培養 (7株) も試みた。

### メガイの飼育実験による深層水培養海藻の栄養評価

種苗生産した剥離直後のメガイ (*Haliotis gigantea*) に深層水で培養した海藻 (マコンブ、ワカメ、ヒロメ (*Undaria undarioides*) ×ワカメの一代雑種) を給餌し、餌料海藻として通常使用される塩蔵ワカメや天然生カジメ給餌群との成長の比較を行なっ

た。メガイ稚貝は実験区毎に編目籠（32×20×10 cm）に70～200個体を収容し、流水（表層水、2回転・hr<sup>-1</sup>）で飼育した。餌料は毎夕、実験区毎に約15g（おおよそ残餌がでない程度）を与えた。

### 3 結果および考察

#### カジメ幼葉の深層水及び表層水での生長比較

深層水区および表層水区でのカジメ幼葉の全長、主葉長、先枯れ量、茎長および体重について、期間中の変化を図1に示した。各項目とも、試験開始時の測定値に差は認められなかったが、約1年の培養後には全長、茎長および体重で深層水区が表層水区のそれぞれ1.5、4.7、2.0倍（最大個体

間の比較では2.2、9.7、4.0倍）の生長を示した。主葉の生長速度は水温が高めで推移した表層水区が深層水区を19.2%上回ったが、生長速度とともに主葉長の大きさに関係する先枯れ量は表層水区が深層水区より20.3%多かった。これらの結果を総合すると、深層水で培養したカジメは主葉部の伸長こそ緩やかであったが、側葉も含めた藻全体では表層水培養より大きく生長し、しかもその形態は幼形の印象を残す表層水培養に比較すると、天然の成体により近かったということになる。限られた大きさの容器内においても、深層水を培養水として、水温、照度などの条件が満たされれば、そこがカジメ培養の優れた環境となり得ることが示されたと考えられる。

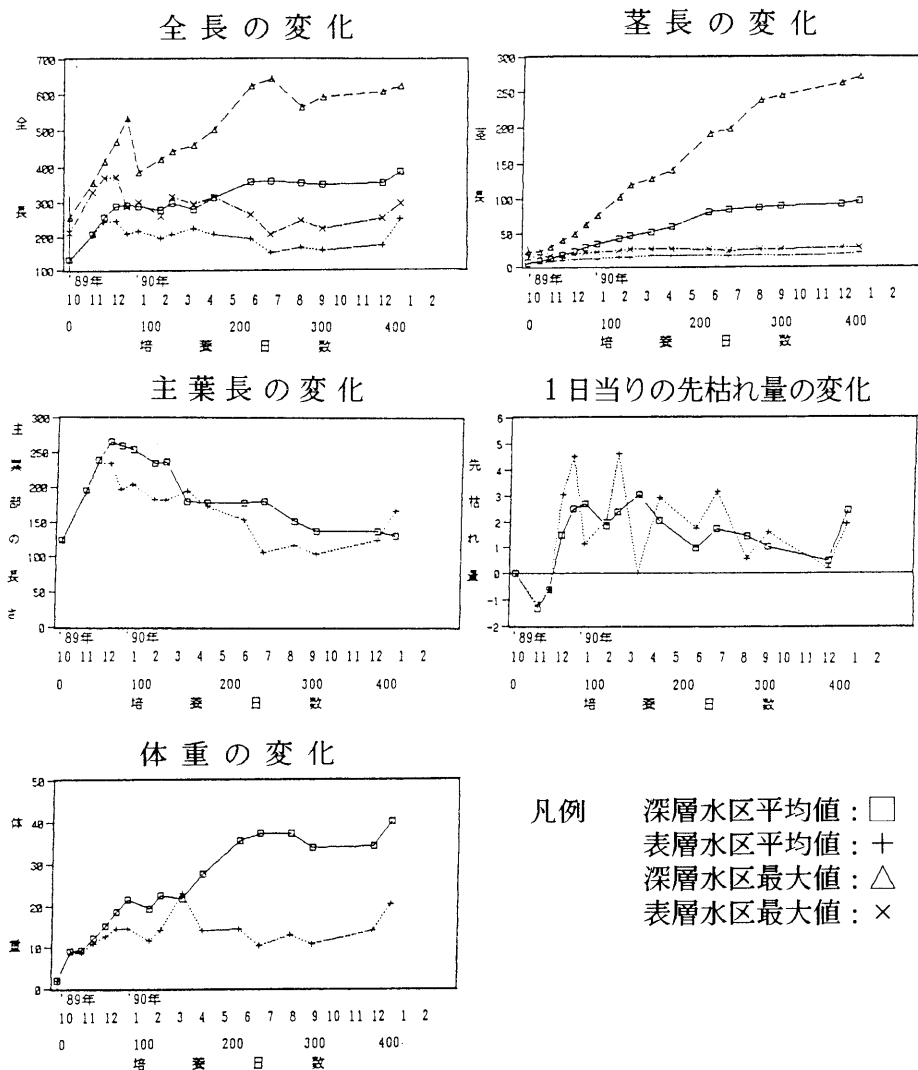


図1 深層水と表層水におけるカジメの生長

### カジメおよびワカメ配偶体の生長、成熟に及ぼす深層水の影響

昨年度の結果（深層水と表層水を混合した海水では深層水の割合の高い海水ほど細胞数が速やかに増加するが成熟は認められず、深層水に鉄を $0.3 \mu\text{M}$  添加した培地でも細胞分裂のみが活発で胞子体形成は非常に遅かった。配偶体の成熟という点では表層水を P E S I で栄養強化した海水中で最も早く胞子体が形成された。キレート剤としての E D T A 添加の必要性は特に認めない）を確認するための実験を再度行なった（図 2）。その結果、深層水に鉄あるいは P rovasoli の金属塩混合（P II メタル）を単独で添加しても、細胞数のみが増加し、栄養強化した表層水のように胞子体が形成されず、深層水には鉄以外にもカジメ配偶体の成熟に欠かせない何らかの因子が不足してい

る可能性が極めて高いことが再確認された。このように、深層水に鉄を単独で添加してもカジメ配偶体を成熟させることができないことが明らかではあったが、細胞の生長に鉄が必要とされることは当然予想されるので、鉄を添加する場合の最も効果的な添加量を求めるため、添加量を変化させた培地中での細胞数の推移を調べた（図 3）。その結果、発芽後 17 日目のカジメ雌性配偶体の細胞数は鉄添加のない深層水で 12.7 と最も少なく、鉄  $1.2 \mu\text{M}$  ( $\text{Fe}: 67.0 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ ) 添加区で 17.8、鉄  $2.4 \mu\text{M}$  ( $\text{Fe}: 134.0 \mu\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$ ) 添加区で 16.4 と細胞数が多くなった。ただ、鉄添加量が  $2.4 \mu\text{M}$  以上では細胞数は増加しても形態は萎縮し、濃度過多の傾向が見受けられたので、カジメ配偶体の生長促進には  $1.2 \sim 2.4 \mu\text{M}$  前後の鉄添加が効果的であろうと判断された。

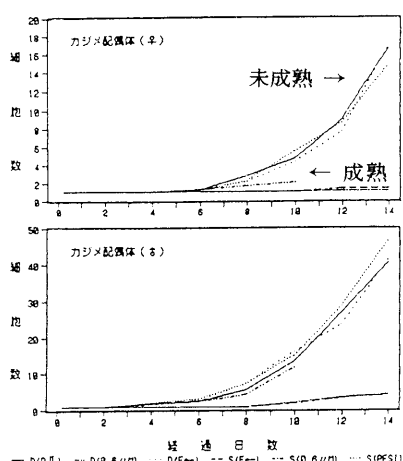


図 2 カジメ配偶体の細胞数の変化（深層水、表層水および鉄添加）

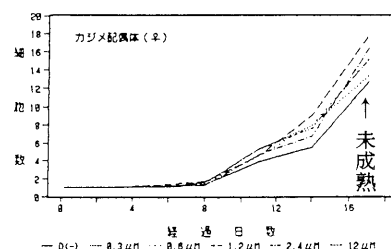


図 3 鉄添加の違いがカジメ配偶体の生長に及ぼす影響

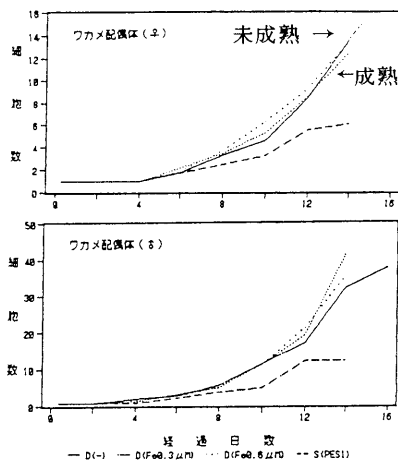


図 4 ワカメ配偶体の細胞数の変化

ワカメ配偶体の深層水中での生長を図4に示した。細胞数は深層水では速やかに、表層水ではゆっくりと増加し、P E S I 強化表層水で、その中間程度の細胞数となる傾向はカジメ配偶体でみられたのと同様であった。しかし、成熟までの期間は、深層水に鉄 $0.6 \mu\text{M}$ 添加区とP E S I 強化表層水が発芽後14日目、深層水に鉄 $0.3 \mu\text{M}$ 添加区ではそれより1日遅れて卵を形成し、深層水中のカジメ配偶体が長期間にわたり成熟できなかったことと比較すると極めて順調に孢子体を形成した。しかし、鉄塩を添加しなかった深層水では観察期間中(50日間)に成熟を認めることはできなかった。以上の結果、深層水を用いてワカメ種苗生産を行う場合、深層水に鉄 $0.3\sim 0.6 \mu\text{M}$ を添加した深層水が、実用的培地として使用できると考えられた。

#### 深層水で培養したマコンブの生長

7 t水槽のマコンブは春先から盛夏にかけて葉体が大きく伸長し、培養250日目頃('90年8月22日)には平均全長 $210 \pm 63\text{cm}$ (最大 $366\text{cm}$ )にまで生長した(図5)。その後、葉体全域に子嚢斑を形成し、遊走子を放出するとともに先端部が少しづつ流出、培養374日後の12月21日には平均全長 $131 \pm 46\text{cm}$ ( $42\sim 262\text{cm}$ )にまで短くなった。しかし、この12月の計測の際には、一部の個体で所謂「突き出し」が認められ、まもなく再生による伸長が始めると思われた。再生は北海道海域では10月位から見られるとのことであるが、今回のように再生時期が遅れたのは、通常なら葉体の流出が急速に生じる夏季にも培養水温が低く保たれた結果(水温 $15\sim 18^\circ\text{C}$ )、高温期に続く水温の低下という再生のきっかけがなかったためと考えられる。葉体の厚みは12月の観測時には茎と葉の境界から5 cm上部で平均 $3.0\text{mm}$ ( $2.0\sim 3.8\text{mm}$ )であり、実入り状態は実海域での養成分物に比べても遜色はないように思われた。図5には、今回の培養結果に重ねて北海道海域での生長例を引用記載した。深層水培養では狭い水槽内での擦れ合いから葉体が途中で切断される個体が多く、表面的には全長1.5

mを超える頃から生長が鈍化するように見受けられるが、従来言われてきたような生長阻害もなく、深層水を利用することにより、実海域に劣らない生長を確保できることがこの図からも明らかであると考えられる。

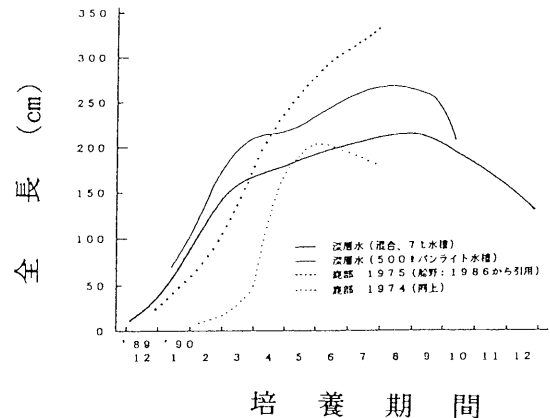


図5 深層水中でのマコンブ生長と実海域での生長例

#### メガイの飼育実験による深層水培養海藻の栄養評価

剥離直後のメガイを複数の餌料で飼育した結果を表1に示した。成長は良い方から深層水ワカメ、深層水ヒロメ、塩蔵ワカメ、深層水マコンブ、天然生カジメの順であった。最も成長が速かった深層水ワカメでの日成長量は $190 \mu\text{m}\cdot\text{day}^{-1}$ 、最も成長の遅かった天然生カジメでは $42 \mu\text{m}\cdot\text{day}^{-1}$ で、その成長速度には4.5倍の開きが認められた。深層水マコンブを与えたメガイの成長速度は深層水ワカメを与えたものの63%、天然生カジメを与えたものの2.8倍であった。ただ、カジメは比較的堅く、剥離直後の稚貝の餌としては少し適さないと言われていることを考慮する必要もあると考えられる。深層水ワカメと塩蔵ワカメでの日生長量はそれぞれ $190 \mu\text{m}$ 、 $144 \mu\text{m}$ で深層水ワカメでの成長が塩蔵ワカメでの成長を32%上回り、生餌と死餌の違いを反映した結果となった。以上のように、深層水で培養した海藻は餌料価値で天然カジメや塩蔵ワカメに優っていることは明らかであり、深層水による海藻培養技術が陸上における生物生産技術への応用として活用されるならば、極

めて有効な技術となり得る可能性が示されたと考えられる。

表1 各餌料区のメガイの成長

餌料区	開始時の殻長 平均(範囲) (mm)	40日後の殻長 平均(範囲) (mm)	日成長量 ( $\mu\text{m}\cdot\text{day}^{-1}$ )
ワカメ(深)	5.0(3.0~7.2)	12.6(4.4~16.4)	190
ワカメ(塩)	5.8(3.1~4.9)	11.6(7.2~15.3)	144
ヒロメ(深)	4.8(3.1~8.2)	11.2(6.0~16.5)	160
マコンブ(深)	4.9(3.1~7.7)	9.7(4.4~15.3)	120
カジメ(天)	5.1(2.9~8.4)	6.8(3.9~11.0)	42

注：(深) 深層水培養の生海藻 (塩) 塩蔵海藻 (天) 天然の生海藻

#### まとめ

以上の結果から深層水は大型海藻類の生活史全般において陸上での培養水として概ね有効であることが明らかになったが、カジメの配偶体を使った実験では、深層水には成熟に必要な何等かの要素が不足していることがほぼ確実となり、今後は

それを補うための研究も欠かせないと考えられる。また、深層水で培養した葉体における栄養吸収等の生理については全くこれからの課題であるなど、深層水利用による大型海藻類の培養技術について更に知見を蓄積していく必要がある。

---

平成 2 年度

高知県海洋深層水研究所報

第 2 号

1996年 9 月 1 日 発行

編 集  
発 行

高知県海洋深層水研究所

高知県室戸市室戸岬町字丸山7156 〒781-71

電話 08872-2-3136 FAX 08872-3-1253

---

印刷所

(有) 西村謄写堂

高知市上町 1-6-4

---