

海洋深層水培養コンブの介生生長に基づく 自給型アワビ養殖の提案

Proposal of A Self-sustainable Abalone Culture System Based on Kelp
Intercalary Growth in Deep-sea Water

松村 航¹・藤田 大介²

Wataru MATSUMURA and Daisuke FUJITA

Abstract

As a course of multiple/cascade utilization of deep-sea water (DSW, known as a cold, clean and nutrient-rich seawater) pumped from Toyama Bay, a self-sustainable abalone culture system was proposed. In the system, DSW enhances the intercalary growth of kelp after cutting off its blade tip, which is fed to abalone cultured in the warmed drainage of kelp culture. In the present study, *Laminaria japonica* Areschoug (ca. 50 cm in total length) was reared in outdoor tanks using running intact (3 °C) or warmed DSW (11 °C). Blade tips were cut off at 15 cm above the stipe-blade transition every month to feed the juvenile abalone *Nordotis discus hannai* (Ino). Growth was examined using a hole punching method from March 2001 to January 2002. All of the pruned kelp continued to grow even after the repeated cut-off by 11 times. The mean elongation varied from 1.3 to 8 cm/week in length, recording the maximum of 16.7 cm/week in March. The cut-off blade tips formed sori in 2 weeks every month when cultured using DSW (11 °C). Juvenile abalones (41mm in shell length) were fed 0.25 g and 0.75 g of blade tip per shell in a day at 15 °C and 18 °C, respectively. The pruning method allows us to use shorter culture tanks, to keep high kelp densities without forming canopies, to prevent elongated kelp from deteriorating by exposure to the air, and to utilize all of the produced materials of kelp without wasting. In addition, the sorus formation provides year-round kelp seed production. In the proposed system, a quarter of cultured kelp is rotationally pruned every week to supply sufficient blade tips to abalone. Using the system, 12,000 to 16,000 abalones (40 mm in shell length) can be reared by culturing 12,000 pruned kelps.

Key Words: abalone, culture system, deep-sea water, sorus formation, *Laminaria*, intercalary growth

要 旨

富山湾深層水の多目的・多段利用の一環として、コンブの介生生長を利用した餌料自給型のアワビ養殖システムを考案した。このシステムでは、コンブの先端部を切断し、加温したコンブ培養排水で飼育するアワビに与え、切断後のコンブの生長を深層水培養によって促す。本研究では、深層水の原水（3 °C）または加温深層水（11 °C）を屋外水槽にかけ流し、全長約 50 cm のマコンブを培養した。毎月、コンブの葉状部の基部（葉と茎の境目）から 15 cm の部位で切断し、切り取った葉片をエゾアワビに与えた。コンブの生長量は 2001 年 3 月から 2002 年 1 月まで毎月一度、穿孔法を用いて測定した。切断したコンブはすべて、11 回の剪断を行っても生長し続けた。平均の

¹ 科学技術特別研究員

^{1,2}富山県水産試験場（〒936-8536 富山県滑川市高塚 364）

伸長は 1.3~8 cm/週で、3 月には最高 16.7 cm/週を記録した。殻長 41 mm のアワビ稚貝は 15 °C で 0.25 g、18 °C で 0.75 g のコンブ先端片を摂餌した。コンブ剪断法を用いれば、丈の低い水槽の利用が可能となり、深層水の水量が節約できるだけでなく、高密度のコンブ培養が可能となり、伸びたコンブを無駄なく利用することができる。今回提案したシステムでは、十分な量のコンブ葉片をアワビに供給するため、屋外水槽のコンブを 1/4 ずつ毎週剪断する。このシステムにより、12,000 本のコンブを培養すれば、12,000~16,000 個体のアワビ（殻長 40 mm）を育成することができる。なお、切り取ったコンブ葉片は、屋外水槽に入れて加温深層水（11 °C）で培養しておくと、どの月も 2 週間で子囊斑を形成するので、これを利用すればコンブ種苗の周年供給が可能である。

キーワード：エゾアワビ、介生生長、海洋深層水、コンブ、葉状部片

1. 緒 言

アワビは最も高価な水産物の一つで、市場価格においてもキロ当たり数千~一万円で取引される。国内のアワビ漁獲量は低迷しており、資源の回復を目指した漁場造成や種苗放流が各地で盛んに行われてきたが、密漁、害敵生物による捕食、生息環境（藻場）の減少・悪化などの問題があり、期待した効果は得られていない（藤田 1998）。このため、食材としてのアワビを確保する手段としては、北日本を中心に行われているような海中養殖または陸上養殖への期待が大きい。しかし、富山県の場合、沿岸が急深地形となっているため、海中養殖の適地は限られ、夏の高水温がしばしば問題となる。また、陸上養殖を行うにしても、清浄かつ適水温の海水や大量の餌の確保が必要である。昨今、富山県では、表層海水と比べて水温が低く、清浄性に優れ、栄養塩が豊富に含まれる海洋深層水（以下、深層水）が取水されており、これを利用した水温の調節、あるいはコンブや付着珪藻などの冷水性餌料藻類の培養が進められている。深層水で餌料藻類を育てながらアワビを飼育した報告は国内でもいくつかあるが、その多くは放流用稚貝（殻長 40 mm 以下）の育成（深見 1998, Fukami *et al.* 1998）で、食用サイズまでの養殖を目指した事例としては、Fujita (2000) が付着珪藻を餌料として一口アワビ（殻長 60 mm）まで育てた例があるにすぎない。そこで、著者らは効率のよいコンブの培養方法を検討した結果、切断したコンブの介生生長を利用すれば比較的浅い水槽でもコンブの高密度培養が可能で、定期的にコンブ

葉状部の先端を切り取ってアワビの餌や次世代コンブの母藻として利用できることを明らかにした。また、コンブ培養とアワビ養殖の水槽を多段化し、コンブ種糸の保存培養と組み合わせて自給型アワビ養殖システムを考案したので報告する。

2. 材料と方法

実験材料のコンブはマコンブ *Laminaria japonica* Areschoug で、2000 年 11 月に北海道の尾札部漁業協同組合から分与された促成栽培用種糸を持ち帰り、富山県水産試験場で培養してから用いた。種糸はプラスチック製の正方形基盤（40×40 cm）数基に 4~5 本ずつ縛って加温深層水（サクラマス熱交換用：約 17~18 °C の地下水と熱交換による加温、約 11 °C）をかけ流した屋外 1 t 水槽に沈めた。一部は、深層水原水（3 °C）をかけ流した屋内 1 t 水槽に垂下し、低光量（約 6 μEm⁻²s⁻¹）で保存培養した。

切斷したコンブの生長試験 2001 年 3 月に葉長 50~60cm、葉幅約 5cm に達した屋外培養藻体を用い、毎月一回、葉状部の基部から 15cm の位置で切斷して先端部を除き、加温深層水をかけ流した屋外水槽（0.5~1t）で培養を続けた。正方形基盤 1 基あたりの生育本数は 100~150 個体であった。生長量は、基盤上のコンブのうち標識をつけた 30 個体について、コンブ類の生長測定でよく用いられる穿孔法（Yokohama *et al.* 1987）により調べた。本研究では、葉状部の基部から一定部位（10cm）に小孔を設け、切斷 3 週間後に次の孔までの距離を測った (Fig. 1)。また、切斷時に穴を空けた部

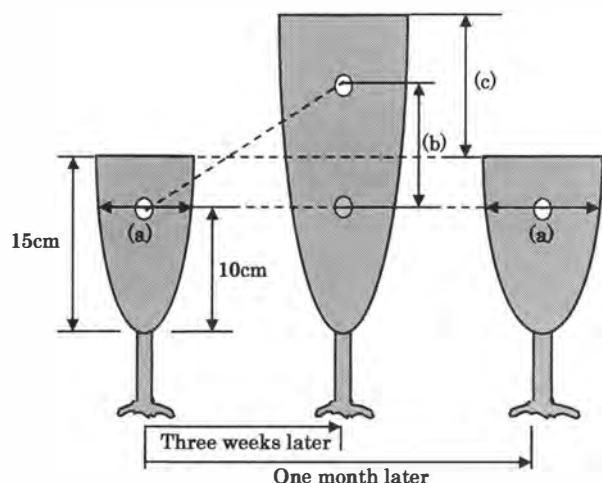


Fig. 1 Diagram showing the punch hole method to measure growth of a pruned *Laminaria japonica* plant, where blade tip was cut at 15 cm and holed at 10 cm above the stipe-blade transition of *Laminaria*; (a) blade width, (b) growth, (c) a blade tip to be cut off, which was weighed one month after pruning.

位の葉幅も毎月測定した。

コンブ葉片の成熟誘導 成熟誘導は、生長試験時に切断して得たコンブ葉片（長さ 15~30 cm）を、加温深層水をかけ流した屋外水槽の水面付近（水面下 10~20 cm）に吊るし（Fig. 2），定期的に子囊斑が形成されているかどうかを確認した。なお、成熟誘導の試験は隔月に実施した。

保存培養コンブと促成コンブの生長比較 2001 年 5 月に、約 7 ヶ月間保存培養したコンブ幼体（葉長 10~20 cm, 以下、保存培養コンブ）の種糸と、富山県水産試験場で 2 月に種苗生産を行い約 3 ヶ月間室内培養（温度 10 °C, 光量 50 $\mu\text{Em}^{-2}\text{s}^{-1}$, 光周期：明暗各 12 時間, 培養液：PESI 培地）したコンブ幼体（葉長 1~5 cm, 以下、促成コンブ）の種糸を正方形基盤に縛りつけ、加温深層水（11 °C）と深層水原水（3 °C）をかけ流した別々の屋外水槽（約 1 t, 水位は約 75 cm に設定）に移して培養し、3 ヶ月後（8 月）に全長と葉幅を測定した。保存コンブは加温深層水でのみ培養を行った。

エゾアワビの飼育試験 試験に用いたアワビは殻長 41 mm のエゾアワビ *Nordotis discus hannai*（山形県栽培振興協会産）で、2001 年 2 月に 2 基の屋内水槽（0.5 トン）に 20 個体ずつ収容し、チタンヒーターで 15 °C と 18 °C に設定した深層水止

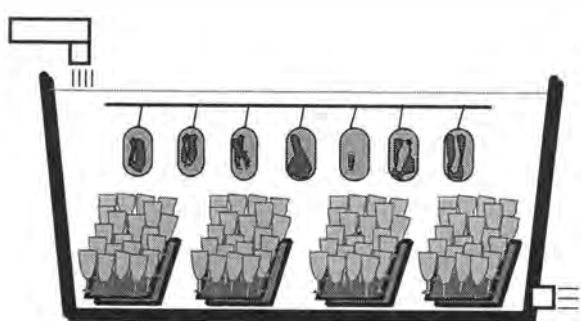


Fig. 2 Diagram showing the culture method of pruned *Laminaria japonica* plants and cut-off blade tips in an outdoor tank using flowing deep-sea water.

水で飼育を行った。アワビには生長実験で得たコンブ葉片を与え、最初の 1 ヶ月間に摂餌量（日量）を調べ、その後は残餌が出ない程度に週 2 回給餌した。

3. 結 果

切断コンブの再生長 コンブの再生長は 2001 年 3~2002 年 1 月までの毎月、全ての藻体で認められた（Figs. 3~5）。Fig. 9 (a) には、各月の切断後 3 週間に再生長して伸びた部分の長さを示した。実験を開始した 3 月には平均 23.5 cm 伸び、最大葉長 65 cm に達した藻体も認められた。介生生長による藻体の伸びは冬（天然の衰退期）に向かって徐々に減少する傾向が見られ、9 月には平均 8.8 cm, 10~12 月には平均 4.1~6.0 cm の伸びに留まったが、葉幅（b）は毎月の切断にもかかわらず 9 月まで増加傾向を示し、9 月には平均 11.2 cm となっただ。10 月から 1 月にかけて葉幅の増加は停滞したが、12 月には葉状部にいわゆる「突き出し」（多年生のコンブが越年後に伸長生長を開始し、根元側の幅の広い新葉部が細い旧葉部を押し上げる現象）が認められ（Fig. 6）、日照時間が長くなるとともに、1 月には若干ではあるが生長量の増加が認められた。

なお、8 月と 1 月に切断したコンブが 1 ヶ月間に伸長した部分（Fig. 7）の湿重量を Table 1 に示した。1 藻体当たりの生長量は 8 月に平均約 21 g, 1 月に約 15 g であり、150 個体を付着させた 1 基盤上で得られる葉片の概算重量はそれぞれ約 3 kg, 2 kg と計算された。



Figs. 3-8 Growth of pruned *Laminaria japonica* plants. Ruler in Figs. 3-8 is ca. 30 cm long.

Fig. 3 Plants just after pruning in May.

Fig. 4 Grown plants in May (three weeks after pruning).

Fig. 5 Grown plants in July (one month after pruning).

Fig. 6 Monthly-pruned plants in December, showing "Tsukidashi" (lift-up, arrows), which is characteristic in perennial kelp.

Fig. 7 Grown plants in August (one month after pruning in July).

Fig. 8 Elongated plants of *Laminaria japonica* in December, in which monthly pruning was stopped in July.

Table 1 Weights (g.wet-weight) of blade tips cut off from pruned *Laminaria japonica* plants after culturing for one month.

Month	Mean	S.E.	Minimum	Maximum	Number of blade tips
August	20.9	2.5	11.8	45.6	15
January	14.5	1.6	7.4	23.0	10

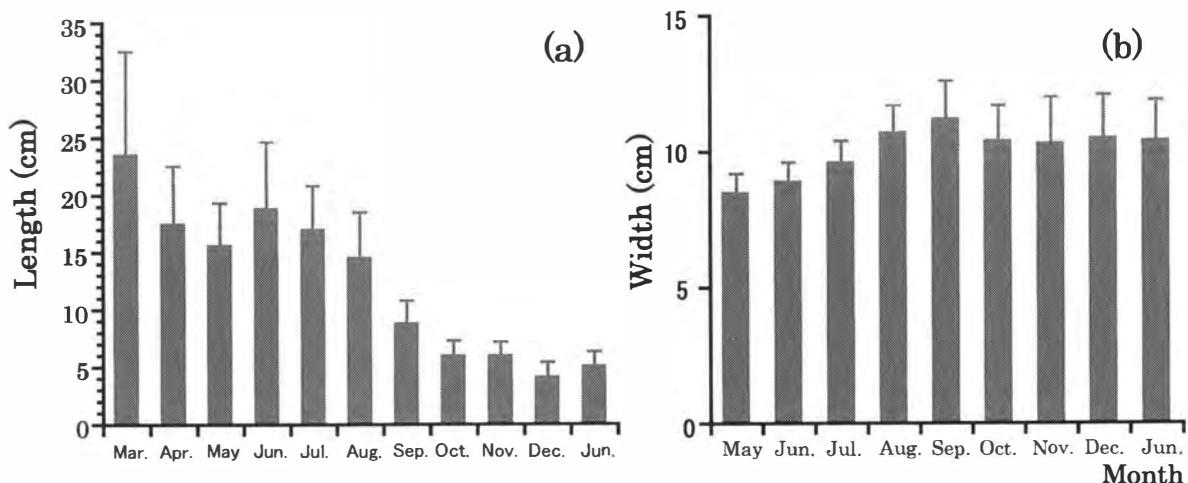
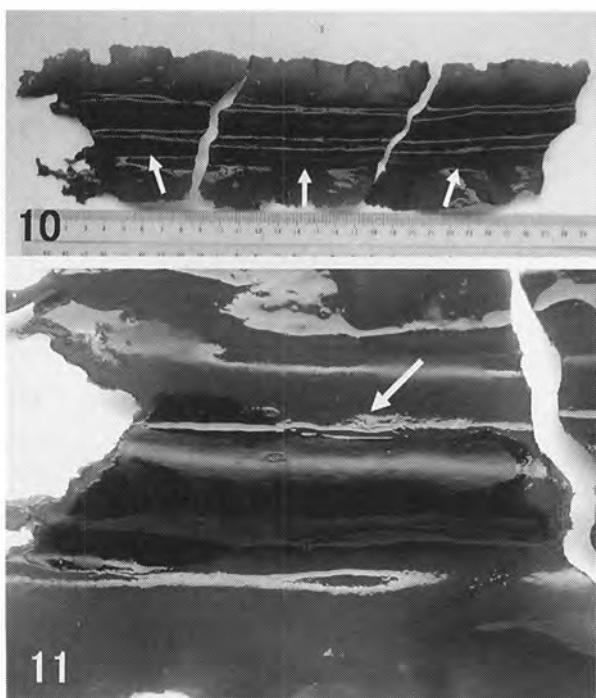


Fig. 9 Monthly changes of growth in pruned *Laminaria japonica* plants; (a) length, (b) width.



Figs. 10-11 Sorus formation in cut-off blade tips of *Laminaria japonica* in March.

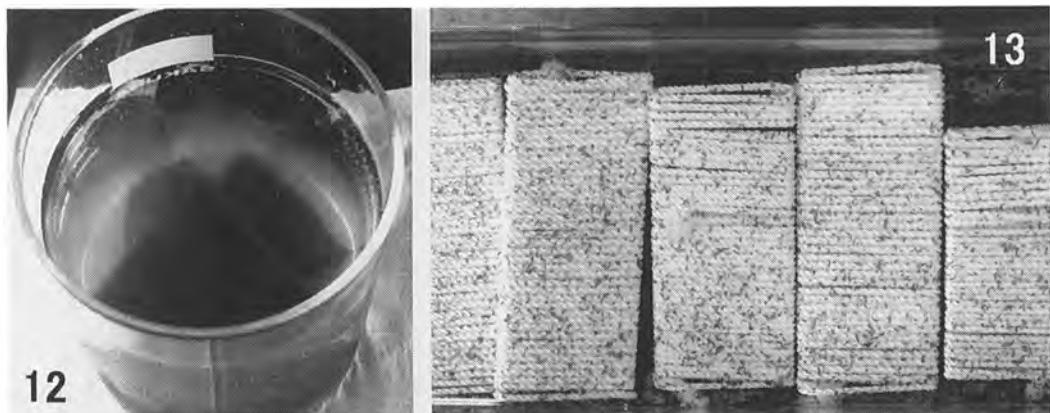
Fig. 10 Three fragments of a blade tip in which sorus (arrow) was formed.

Fig. 11 Enlargement of one fragment shown in Fig. 10.

このほか、一部の藻体の切断を7月に止めて培養し続けたところ、5ヶ月後（12月）、最も伸長したもので全長230 cm、葉幅17.2 cmにまで生長した（Fig. 8）。

コンブ葉片の成熟誘導 切り取った葉片の成熟誘導は、時期（季節）を問わず、深層水をかけ流した水槽で容易に行うことができた。葉片は、加温深層水では各月とも2週間の培養で子囊斑を形成し始めた。子囊斑は葉状部片の中帶部（中央の厚みのある部位）だけに形成され（Figs. 10, 11），別に行つた藻体部位別の試験では、藻体の上部から得た葉片ほど早く子囊斑を形成する傾向が認められた。また、加温深層水と原水では、加温深層水で培養した方が原水の場合に比べて子囊斑が形成されるまでの期間が1～2週間程度短かった。

9月に成熟誘導によって得た遊走子を用い、実際にコンブの種糸作りを行ってみたところ、培養4週間後の子囊斑を形成した葉片から多数の遊走子が放出された（Fig. 12）。また、これを海水ごとクレモナ糸に適量散布して付着させ、インキュベーター



Figs. 12-13 Seed production of *Laminaria japonica* in which zoospores were released from sorus-formed cut-off blade tips.

Fig. 12 Releasing of zoospores from sorus-formed cut-off blade tips.

Fig. 13 Culture of stringed young sporophytes (ca. 1 mm in total length).

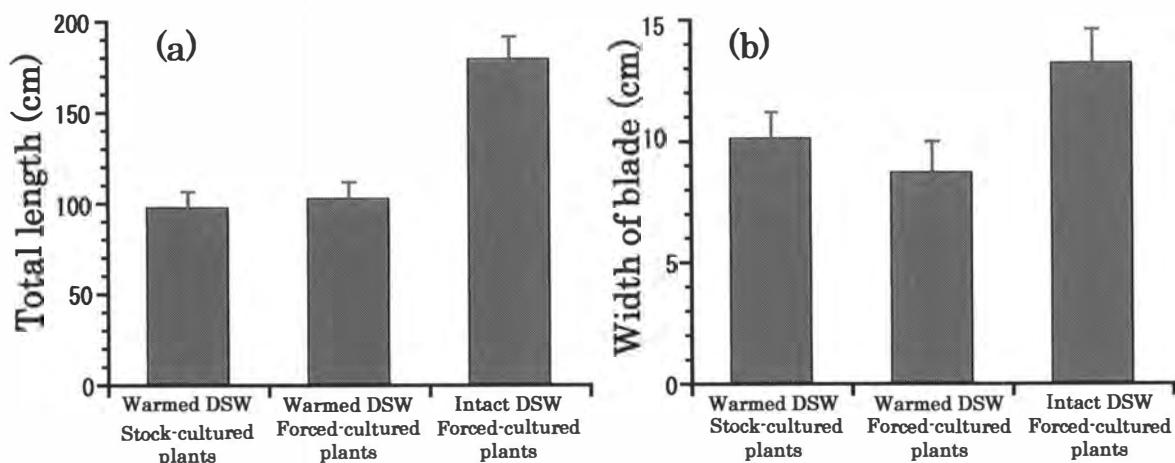


Fig. 14 Comparison of growth between stock-cultured (for six month under a low temperature-low light intensity condition, see Fig. 18) and usual forced-cultured plants (see Fig. 13) of kelp *Laminaria japonica*; (a) total length, (b) width of blade.

(10 °C) で培養した結果、約 1 ヶ月後には糸上に約 1 mm の正常なコンブ幼体を認めることができた (Fig. 13).

保存培養コンブと促成コンブの生長比較 保存培養コンブ（加温深層水）と促成コンブ（加温深層水と原水の 2 群）はいずれも生長し、7 月には各群とも全長 140 cm を越える藻体が出現した。ただし、その後、原水培養の促成コンブは順調に生長し続けたのに対して、保存培養コンブや加温深層水培養の促成コンブは、水温がしばしば 15 °C を越えたこともあります。先端部から枯れたりちぎれて流失したりする藻体が多くなった。培養 3 ヶ月後（8 月）に取り上げて測定した藻体の全長を Fig. 14 (a)、葉幅を Fig. 14 (b) に示した。全長では、原水培養の促成

コンブは平均 180 cm（最大 205 cm）に達したのに対して、加温深層水で培養した保存培養コンブや促成コンブは平均全長 100 cm（最大 120 cm）に留まった。なお、原水培養の促成コンブはその後も伸び続け、培養 5 ヶ月後（10 月）に最も長く伸びた藻体は全長約 260 cm に達した。

培養 3 ヶ月後の葉幅を比べてみると、やはり原水培養の促成コンブが平均 13.2 cm（最大 16.3 cm）と最も幅広くなり、加温深層水で培養した 2 群では、保存培養コンブ（平均 10.1 cm）が促成コンブ（同 8.7 cm）よりも幾分幅広くなる傾向が認められた。

エゾアワビの摂餌量と成長 アワビ 20 個体が一日に食べるコンブ葉片の量を調べた結果、水温 15

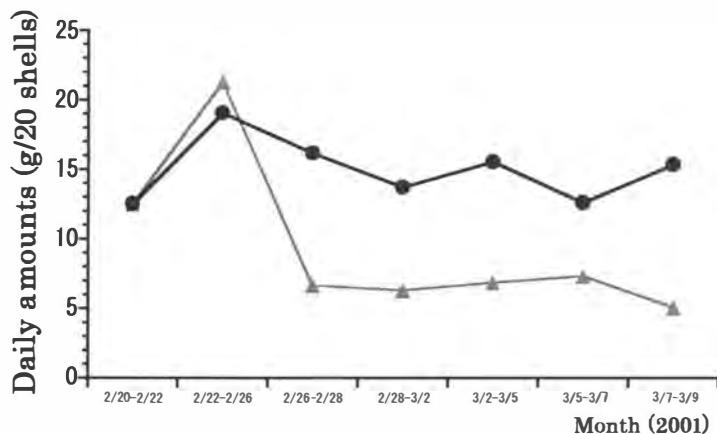
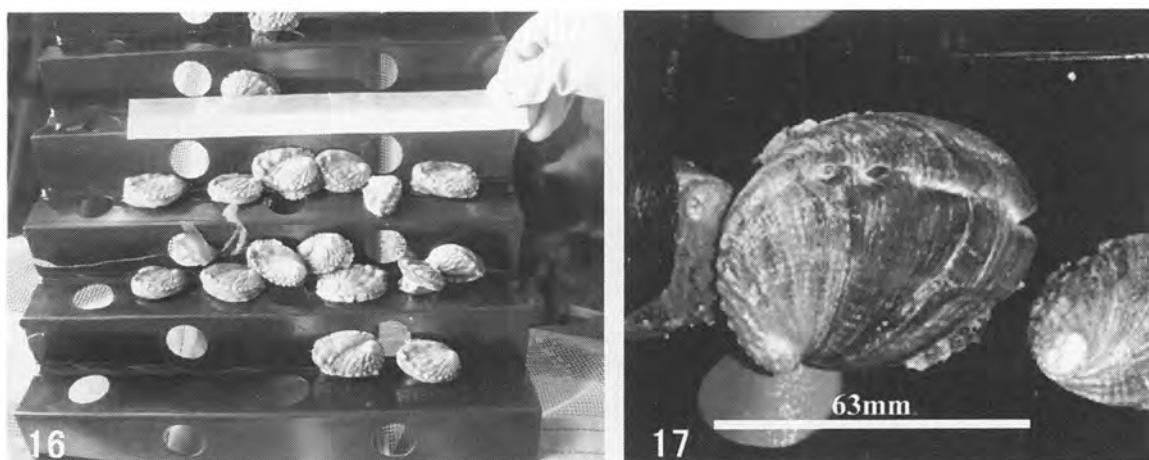


Fig. 15 Daily amounts of *Laminaria japonica* fed by juvenile abalones *Nordotis discus hannai* ($n=20$); ▲, 15°C, ●, 18°C



Figs. 16-17 Abalone *Nordotis discus hannai* reared by feeding cut-off blade tips of *Laminaria japonica*.
Fig. 16 Juvenile shells reared for three months.
Fig. 17 Shells which reached commercial size by rearing for eight months.

°Cでは約5g, 18°Cでは約15gであった(Fig. 15)。これに基づき、1個体当たりの日間摂餌量を計算したところ、それぞれ0.25g, 0.75gとなった。この量を目安にしてコンブを与えると、3ヶ月間飼育したアワビの殻長(5月)は、15°Cでは平均45.4mm、最大51mm、18°Cでは平均46.5mm、最大52mmとなり、いずれも3ヶ月間に最大で約11mm伸びた(Fig. 16)。これ以後、気温の上昇で水温が設定値を超えた時に曝気に支障が生じた場合に、一部のアワビが死亡したが、飼育8ヶ月後(10月)には殻長63mm(Fig. 17)、1年後(2月)には67mmに達した。

4. 考 察

アワビの養殖では餌の確保が重要な課題の一つで、

何らかの形で自給を考えない限り、配合餌料、天然餌料とともに、大量に購入し、低温で保管しなければならず、経費が嵩むだけでなく、保存期間が長くなると変性の問題も生じる。配合餌料の場合、成長については天然餌料よりも良いが、原料の内容が不透明で安全性が懸念され、水質が悪化しやすく、低温時にあまり摂餌されない。また、天然餌料では、富山県内で大量供給が可能なのは養殖ワカメ *Undaria pinnatifida* だけで収穫期が春に限られるため、周年給餌分の大量保管が必要となる。このような状況の中で、深層水は、栄養性にすぐれ、藻類の大量培養に適しているため、餌料の自給への可能性を秘めるものとして期待されていた。先の報告(Fujita 2000)では、アワビ稚貝の初期餌料として扱われることが多かった付着珪藻(鈴木ら 2000)に注目

し、これだけでもアワビの養殖が可能であることが飼育実験により示された。一方、アワビ成貝の主食である大型褐藻のコンブについては、深層水のかけ流しによって大量に確保する場合には大型の水槽や広大なスペースが必要で、生長して水槽からはみ出して空中に露出した部分が枯死しやすいうこと（藤田 2000）が指摘されていたが、本研究では、コンブの介生生長を利用して効率よく培養し、アワビ養殖の餌料として周年の安定供給が可能であることが示された。

褐藻コンブ目の藻類のうち、表層海水中で切断した藻体が再生長することはワカメ（西川 1960）やマコンブ（坂井 1968, Torkko *et al.* 1987）で報告されており、この場合には海中養殖への応用も試みられているが、葉長 50~60 cm にまで生長した藻体で切断後の再生長を確認し、その後も毎月 1 度切断し続けほぼ 1 年間を通して再生長を測定したのはおそらく本報告が初めてと思われる。コンブが基部（茎と葉の移行帯）で生長（介生生長）する特性を餌料培養に応用する利点としては、1) 長く伸びたコンブが光を遮らない、2) 空中露出による枯死を防げる、3) 底の浅い水槽で高密度に培養できる（多段化しやすい）、4) 深層水を利用すれば 1 年を通してコンブが伸長し、その部分を無駄なくアワビの餌として利用できる、などを挙げることができる。

本研究では、藻体から切り離した葉片を深層水で屋外流水培養し続けるだけで成熟を誘導できることも明らかにした。コンブから切り出した葉片を成熟させる方法については、Mizuta *et al.* (1999) が報告している。これは直径 3 cm の小型ディスクを打ち抜き、インキュベーター内で PES 培地を用いて培養するというもので、どこでも遊走子を周年確保することができるようとした点で画期的な成果であった。しかし、コンブ種苗の量産を行うには、本研究のように大きな葉片（今回は、幅約 10 cm、長さ 5~20 cm）に対し深層水を用いる方が有利で、餌料用コンブの自給に十分活用できる量を貯えると考えている。

深層水（流水）を用いた低光量一低温培養（生長

抑制）によりコンブ幼体の保存培養ができるることは既に藤田（2000）が報告しているが、今回の実験でも、半年以上の間、藻体を全長 20 cm 未満のまま保存し、屋外に展開して培養しても特に生長の面で問題はなかった。なお、保存培養に関しては、これ以外にプロトプラスの利用（Matsumura 1999）も有効と考えられる。単離したプロトプラスを用いると、水温 5 °C、光量約 $10 \mu\text{Em}^{-2}\text{s}^{-1}$ で培養することによって再生体を数細胞の状態で抑制しておくことができる。抑制状態から再び生長を開始させるには、光量を約 $60 \mu\text{Em}^{-2}\text{s}^{-1}$ まで上げて培養すればよく、2 ヶ月後には 1~10 cm の正常な幼体を得ることが可能である。プロトプラスの場合には多少の培養技術と恒温培養装置が必要となるが、さらにコンパクトなサイズでの大量保存が可能となり、Fig. 18 に示したように、流水保存培養と組み合わせれば種苗の保有能力を高めることができる。

以上の結果に基づき、コンブを安定供給しながらアワビを陸上養殖するために、深層水と切断コンブの再生長を活用した自給型アワビ養殖システム（Fig. 19）を考案した。切断コンブは、毎月の切断後も葉が生長をし、これを「床屋」のように定期的に収穫することにより、アワビの餌料としてほぼ周年利用できる。

このシステムでは、水温を 15~20 °C に加温した深層水のコンブ培養排水を活用してアワビを養殖するもので、陸上で深層水をかけ流すことによって全てを貯うことができる。まず、水温を 5~10 °C に調節したコンブ培養水槽 8 基を 4 列 2 段に配列し、1 水槽に約 150 個体のコンブを付着させた正方形基盤（40 × 40 cm）を 10 個入れる。1 ヶ月間の培養で切断コンブが再生長した葉状部片を毎週 2 水槽分採取し、アワビに与える。8 基の多段水槽を用い、採取する水槽の列を毎週ずらしていくれば、4 週間（約 1 ヶ月）周期で切断コンブを利用できる。毎月得られるコンブ葉片は 1 藻体につき平均 15~21 g、1 基盤上から 2~3 kg、2 水槽で約 40~60 kg となり、これを毎週アワビに給餌することになる。一方、殻長約 40 mm のアワビ 1 個体の月間コ

(a) Stock of juvenile sporophytes using running intact DSW

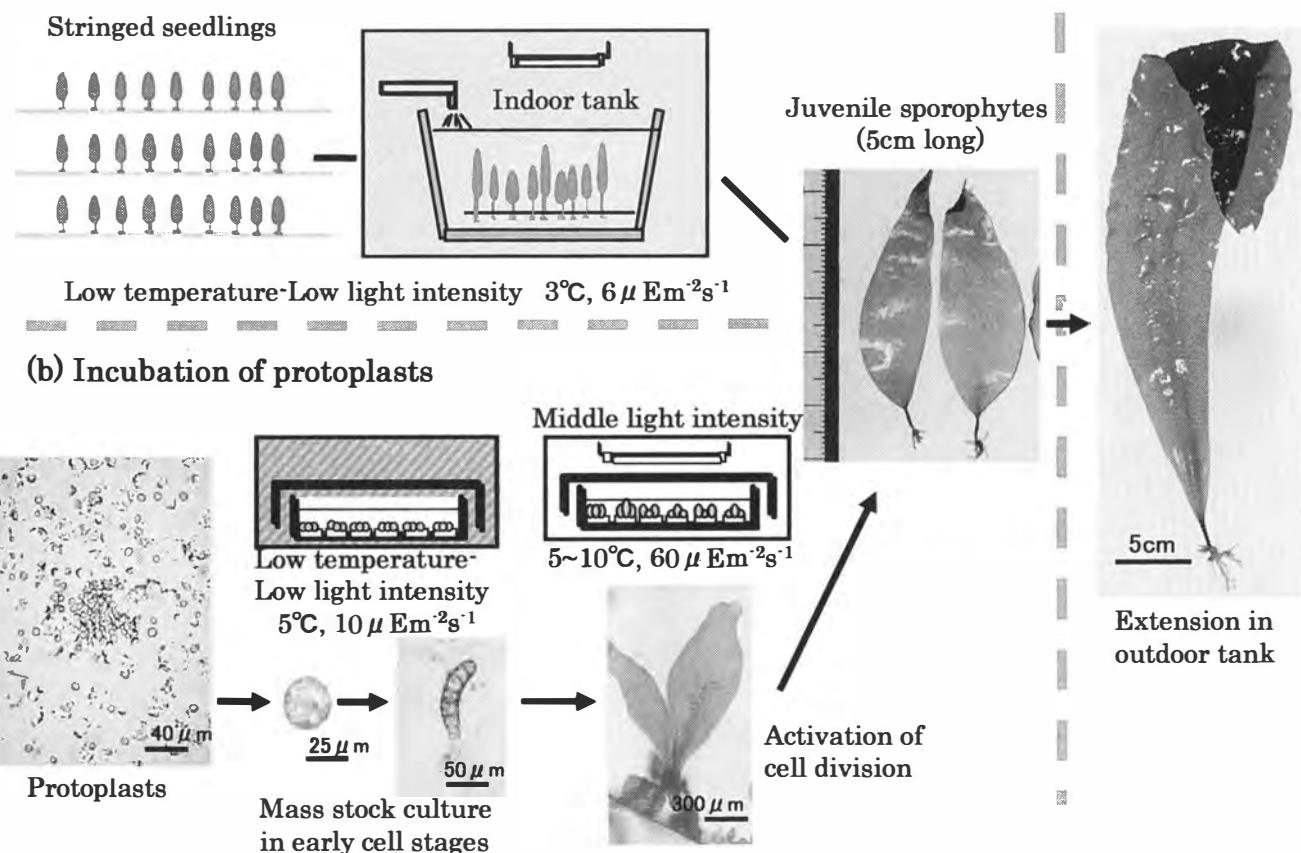


Fig. 18 Diagrams showing two stock culture methods of *Laminaria*: (a) stock of juvenile sporophytes using running deep-sea water and (b) incubation of protoplasts obtained from young sporophytes.

ンブ摂餌量（水温 15°C と 18°C の平均）は約 15 g であるので、1 基盤上のコンブ葉片を与えることにより約 150～200 個体のアワビが飼育可能である。この多段式培養システムが機能すれば、12,000 本 (=150 本/基盤×10 基盤/水槽×8 水槽) のコンブ切断により、計算上 12,000～16,000 個体のアワビ（殻長 40 mm）を育てることができ、常にコンブの種苗を確保しておくことも可能となる。実際には、アワビの成長に伴う摂餌量の増大、コンブ再生長の停滞期を考慮して収容数を調整する必要がある。また、コンブ種苗については、成熟誘導のための予備水槽やコンブ種糸を保存するための低温水槽を用意しておくことが望ましい。なお、1 年間培養した切

断コンブは、平均海水温の高い海域でも、海水温の低い時期に海中培養を行えば、2 年目コンブとして養殖できる可能性もある。今後、さらに各技術に関して実験を進め、システムの実用化を目指したい。

謝 辞

本研究は（社）マリノフォーラム 21 の深層水多段式利用技術開発事業の一環として行われたもので、関係者各位に感謝の意を表したい。また、実験材料のマコンブを提供して頂いた北海道尾札部漁業協同組合養殖種苗センターの小枝順吉主任に、厚く御礼申し上げる。

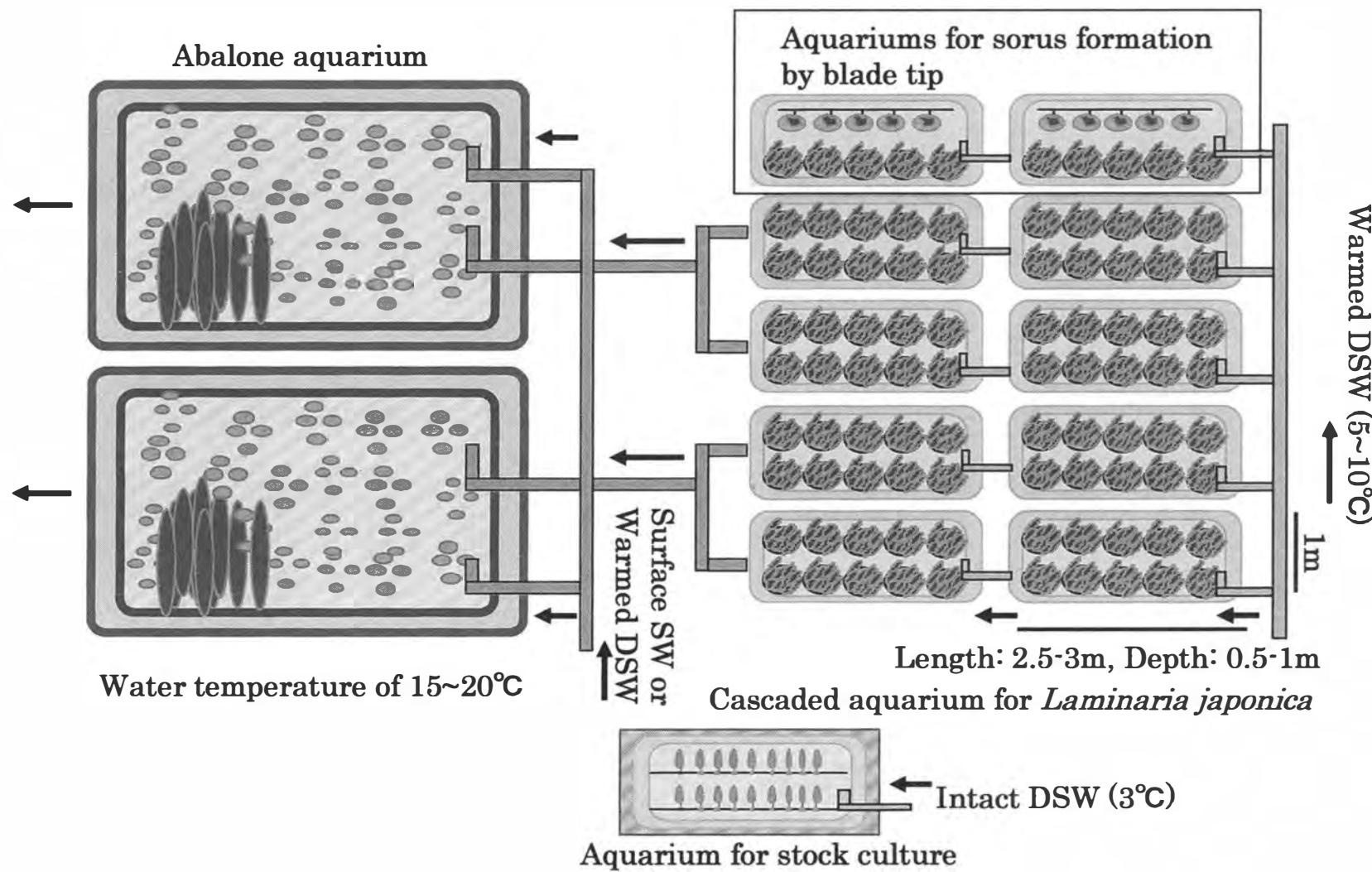


Fig. 19 Proposal of a self-sustainable abalone culture system in which growth of pruned kelp plants and sorus formation of cut-off blade tips were applied.

文 献

- 藤田大介 (1998) : アワビ. 40-41 頁. 富山湾の魚たち
は今. 桂書房, 東京.
- Fujita, D (2000): Abalone of a mouthful size reared
with attached diatoms in seawater pumped from
the deep water of Toyama Bay. Bull. Toyama
Pref. Res. Inst., 12, 43-46.
- 藤田大介 (2000) : 海洋深層水を利用した藻類の培養.
月刊海洋, 22, 76-80.
- 深見公雄 (1998) : 海洋深層水の特性を利用した餌料性
珪藻の培養およびそれを用いたアワビ種苗生産. 海
洋深層水利用研究会ニュース, 2, 9-12.
- Fukami, K., A. Kawai, M. Asada, M. Okabe, T. Hotta, T.
Moriyama, S. Doi, T. Nishijima, M. Yamaguchi
and M. Taniguchi (1998): Continuous and simu-
taneous cultivation of benthic food diatom
Nitzschia sp. and abalone *Haliotis sieboldii* by
using deep seawater. J. Mar. Biotechnol., 6,
237-240.
- Matsumura, W. (1999): Development of the
protoplasts isolated from 7 species of
Laminariales (Phaeophyceae). Ph.D. Thesis, Grad.
Sch. Fish. Sci. Hokkaido Univ. Hakodate., 136pp.
- Mizuta, H., K. Nimura and H. Yamamoto (1999):
Inducible conditions for sorus formation of the
sporophytes discs of *Laminaria japonica*
Areschoug (Phaeophyceae). Fisheries Sci., 65,
104-108.
- 西川博 (1960) : 有明海におけるワカメ養殖の研究-IV.
剪切された養殖ワカメの再生長について. 水産増殖,
14, 91-98.
- 坂井英世 (1968) : 佐渡沿海におけるマコンブ養殖の研
究. 1. 成長量について. 水産増殖, 15, 33-37.
- 鈴木秀和・南雲保・藤田大介 (2000) : 富山湾深層水で
自然繁茂する付着珪藻. 富山県水産試験場研究報告,
12, 33-42.
- Torkko, K. G., T. Ioriya, Y. Aruga and K. Iwamoto
(1987): Growth of transplanted *Laminaria japonica* Areschoug in Tokyo Bay far from its natural
habitat. Jpn. J. Phycol. (Sorui), 35, 10-18.
- Yokohama, Y., J. Tanaka and M. Chihara (1987):
Productivity of the *Ecklonia cava* community in a
bay of Izu Peninsula on the Pacific coast of Japan.
Bot. Mag., Tokyo, 100, 129-141.

(2002. 3. 14 受付, 2002. 5. 1 受理)