

スジアオノリ養殖における種網保存についての研究

團 昭紀^{*1}・広澤 晃^{*2}・牧野 賢治^{*2}

Studies on the Storage of Culture Nets with Young Thalli of *Enteromorpha prolifera*

Akinori DAN^{*1}, Akira HIROSAWA^{*2} and Kenji MAKINO^{*2}

Development of a cold storage technique of culture nets with young thalli has been shown to improve production in *Porphyra* spp. cultivation. The cold storage technique of culture nets with young thalli is as follows; the culture nets with the small bud are kept under the low temperature (-20°C) at the beginning of the fishing season, and when the conditions in the cultivation grounds recover, the nets are taken out from the freezer and set in the cultivation ground. By the point of view which is the same as above, the way of the storage of culture nets with young thalli of *Enteromorpha prolifera* was investigated. In the optimum storage conditions, it can be saved for 6 months under the conditions of 5 - 10 °C temperature without illumination. In this case, culture medium is not necessary for storage (moist conditions). The smaller storage size of fronds is better to grow at the cultivation after taking out. The proof experiment was carried out using the cold storage culture nets in the *Enteromorpha* cultivation ground, Yoshino River southern Japan, from November, 2000 to December. The culture nets with bud lengths of 1.7, 3.4, 15.5, 64.0 mm were put into vinyl bags, sealed up and kept for 27 - 42 days at the refrigeration temperature (5°C). As a result of the cultivation examination, the culture nets with 1.7, 3.4 mm bud grew successfully, but there was no growth in the other culture nets. We could show the storage method of culture nets with young thalli of *Enteromorpha prolifera* from the above results.

Key words : *Enteromorpha prolifera* スジアオノリ, Storage of culture nets with young thalli 種網の保存, Storage conditions 保存条件

アマノリ養殖の生産量は昭和40年代前半に開発された種網の冷蔵保存技術により飛躍的に伸びたことはよく知られている(三浦1992, 大島1994)。アマノリ類でおこなわれている種網の冷蔵保存技術は、漁期の始め幼葉であるうちに低温で休眠させておき、再び漁場の生産力に応じて逐次出庫して生産対象とする方法である(倉掛1969)。アマノリ類では凍結前の水分含量が40~60%という半乾燥状態で-18~-20°Cの低温条件下において4ヶ月以上の長期間保存することができる(右田1964)。アマノリ類では保存前に乾燥による脱水をおこなうことで、細胞液の濃度を高めることにより氷点降下させて細胞内水の氷結による害を防ぐことができる(倉掛1969)。一般に海藻類の凍結冷蔵では、葉体から水分が奪われるため、乾燥に強い海藻は凍結にも強く、潮間帯上部で干出を受け生育するヒ

トエグサもアマノリ同様強い耐凍性を示す。このため、ヒトエグサ *Monostroma nitidum* の冷蔵・冷凍保存の研究もおこなわれている(右田・潮田1975, 松岡1980)。アオノリ類に関する種網の保存に関する研究はないが、アマノリ類の種網冷蔵試験の中で、冷蔵によるアオノリ駆除について調べられたものがあり、ノリ種網に混生したアオノリは-20~-30°Cの冷蔵では5日間でほとんど死なず、20日間以上では死滅すると報告されたものがある(富山1967)。本研究では、種網として入庫するためのスジアオノリ *Enteromorpha prolifera* 幼葉の保存条件を明らかにし、それに基づいた野外での実証試験を実施し、スジアオノリの種網保存方法を示すことができた。

^{*1} 徳島県農林水産技術総合センター水産研究所 (Fisheries Research Institute, Tokushima Agriculture, Forestry and Fisheries Technology Center, Hiwasa, kaifu, Tokushima 779-2304, Japan)

^{*2} 徳島県農林水産技術総合センター水産研究所 鳴門分場 (Fish. Res. Inst. Naruto Branch, Tokushima Agriculture, Forestry and Fisheries Technology Center, Naruto, Tokushima 771-0361, Japan)

材料と方法

保存時の光、培養水の有無と保存温度域：1999年5月に徳島県吉野川河口より4km上流の地点から採取した天然スジアオノリ（藻体長73～106cm，藻体幅2.2～4.6mm）4藻体を細断し成熟誘導をおこなうことで、3日後に大量の胞子液を得た（團ら1997）。この胞子液を塩分20psuのPES培養液に添加し十分に混合し、胞子の密度を均一にした後、スライドグラス（76×26mm）を敷いた直径20cm高さ5cmのガラスシャーレに注ぎ、1日暗所に置いた。翌日、胞子の付着したスライドグラスを1枚ずつ直径90mm高さ20mmの腰高シャーレに移し、25℃、 $25 \mu \text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 光周期12時間明期で2週間培養した。

保存実験は、Table1に示したそれぞれの条件でおこなわれた。培養水がない条件では直径30mm、高さ120mmの試験管に20psu海水を湿らせたろ紙で包んだ培養藻体の付着したスライドグラスを入れ、パラフィルムで密封し湿潤状態で保存した。培養水がある条件では、20psuのPES培養液が入った同様の試験管に培養藻体の付着したスライドグラスを入れた。また、保存中の光は $8 \mu \text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 、光周期12時間明期とし、光がない条件では試験管をアルミハクで包んで遮光した。保存終了後、それぞれのスライドグラスを20psuのPES培地が入った直径90mm高さ20mmのシャーレに1枚ずつ移し、20℃、 $25 \mu \text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 、光周期12時間明期で1週間培養した後、藻体の観察をおこなった。なお、生死の判断は細胞構造により判断した。

Table 1 Storage conditions on the glass slide with young thalli of *E. prolifera*

Storage temperature (°C)	-10, 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30
Storage periods (month)	2, 4, 6
Irradiance	Presence ($8 \mu \text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), absence (dark)
Culture medium	Presence, absence (moist condition)
Storage initial size of frond (mm)	8.2-8.8

In the experimental conditions of storage temperatures -10, 0 °C, no irradiance was used.

保存時の藻体の大きさ：2000年10月に、継代培養しているY1124株（吉野川産）から成熟誘導をおこなうことで得た胞子液を用い、太さ2mm、長さ4cmのクレモナ糸20本に採苗した。採苗は室温20℃の部屋でおこない、採苗開始後6時間で終了し、20psuの海水で糸を軽く洗浄した後、20psuのPES培地を満した直径20cm高さ5cmのガラスシャーレへ糸を移し静置した。また、培養開始7日目からは200mlのピーカー

に糸を一本ずつ入れ、通気培養を開始した。培養時の光量は $25 \mu \text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ で、光周期は12時間明期であった。

保存実験はTable2に示した条件でおこなわれた。保存までの培養日数を違えて保存時の藻体長の大きさを調整したが、胞子から、採苗後4時間及び24時間後、藻体長8.3mmサイズは17日後、15.5mmサイズでは21日後、36.5mmサイズは28日後、75.5mmサイズでは35日後に保存を開始した。保存容器は入庫時の大きさが胞子及び藻体長8.3mmは10mlのスクリー管ビン、15.5、36.5及び75.5mmは50mlのスクリー管ビンを用いた。いずれの場合も空の容器内へ胞子または成長した藻体の付いたクレモナ糸を入れ湿潤状態で密封した。保存終了後、胞子の場合には4時間及び24時間後保存とも40日間、8.3mmサイズは23日間、15.5mmサイズでは19日間、36.5mmサイズは12日間、75.5mmサイズでは5日間、入庫前と同じ条件で培養された後、1cm当たりの藻体乾燥重量を測定した。つまり、各サイズとも保存期間を挟み培養に要した日数は合計40日となるようにし、結果を比較できるようにした。

Table 2 Storage conditions on the strings with young thalli of *E. prolifera*

Storage temperature (°C)	5
Storage periods (day)	35
Irradiance	Dark condition
Culture medium	Moist condition
Storage initial size of frond (mm)	spore ¹⁾ , spore ²⁾ , 8.3, 15.5, 36.5, 75.5

- 1) String with spore put into a vessel 4 hour after seeding.
- 2) String with spore put into a vessel 24 hour after seeding.

野外養殖試験—I：2000年10月2日に、継代培養株Y1124を用い細断により成熟誘導をおこない、胞子液を得た。採苗は屋外に設置した500L透明のポリカーボネイト水槽に20psuの海水を満し、これに胞子液を注ぎ込んだ。これに、ノリ養殖網（幅1.8×長さ20m）4枚を入れ、強い通気をおこないながら、5時間採苗をおこなった。採苗後、養殖網を20psuの海水の入った100ℓ透明のポリカーボネイト水槽4槽に、それぞれ移し水槽内で網が充分広がるように吊した。それぞれの採苗された網は、保存までの間水槽内で通気をおこない育苗したが、そのうち2枚は採苗後8日目に吉野川養殖漁場セット（Fig.1）に展開し、そこで所定の藻体長になるまで育苗した。なお、育苗用の水槽内の海水は市販ノリ糸状体培養用栄養剤（ポルフィランコンコ）を2000分の1となるよう添加し、1週間ごとに換水した。

保存した種網の種類は育苗期間、育苗方法を違える

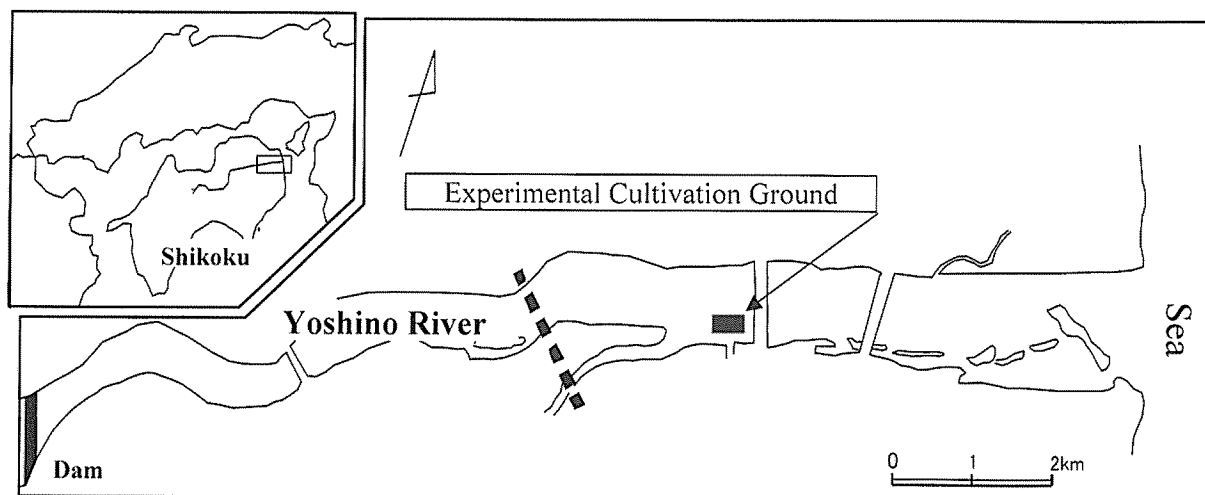


Fig. 1 Map showing the study site near the river mouth in Yoshino River, Tokushima Prefecture, southern Japan.

ことにより藻体長の異なる4種が作成されたが、保存時の藻体長は、網に平均的な藻体の成長が見られる部分の網糸を採取し、網糸1cm内にある上位50本の藻体を測定した。

種網の保存期間は27～42日間で藻体が大きいほど保存期間が短くなった。保存条件は5℃の冷蔵温度で光は無い状態で保存された。保存容器は60cm×45cmの厚手のビニール袋1枚とその上から黒色のビニール袋重ねた。袋の中に滴下する水分がなくなった程度になった育苗後の養殖網を入れ、更に1ℓの20psuの海水を加え、ビニール袋の外から押さえながら網と袋との間にできるだけ空気が残らないようにして密封した。

11月21日に養殖試験を開始したが、この時に冷蔵保存してあった種網以外に、前日にY1124株から成熟誘導した胞子液から人工採苗した網1枚及び対象区として何も付けていない養殖網1枚をFig.1にある試験養殖セットに張り込んだ。それぞれの網の張り込み水深は水面下50cmであった。試験養殖は11月21日から12月22日までの1ヶ月間であった。種網は、ビニール袋に入れたままクーラーボックスに入れ低温で現場に輸送し、開封後直ちに養殖セットに張り込んだ。この時、水面下1mの位置に連続水温塩分計（アレック電子社製ACT-16K）を設置し、養殖実験終了時まで観測した。種網を漁場へ張り込む前に、網糸の一部をサンプリングしておき、蛍光顕微鏡下で葉緑体の自家発光を確認した。

12月22日に各網について平均的なスジアオノリの成長が見られる部分数カ所から藻体を網糸ごと採取した。測定は、採取した網糸を1cmに切断し、藻体長、藻体本数、乾燥重量をもとめた。藻体長は、育苗後の

網の平均的な藻体成長が見られる部分の網糸を採取し、網糸1cm内にある2mm以上の藻体の上位50本を測定した。また、藻体本数は採取した網糸を1cmに切断したものを、糸をできるだけ分解し発芽体まで含め全藻体数を計数した。これを、5本分測定した。採取したサンプル全てを熱風乾燥機で乾燥させた後、網糸1cm当たりの乾燥重量をもとめた。

野外養殖試験-II：野外養殖試験-Iで設定していなかった、採苗後育苗をおこなわない種網の保存の可能性を確認するために、2001年秋に再度、野外養殖試験をおこなった。2001年9月20日に、継代培養株Y1124を用い細断により成熟誘導をおこない、得た胞子液で採苗をおこなった。採苗は100ℓ透明ポリカーボネイト製水槽でおこない、通常の養殖網の半分の長さの網（幅1.8×長さ10.0m）に採苗した。4時間採苗水槽に養殖網を入れ、その後、20psuの海水の入った別の水槽に移し、一晩静置した。翌日に野外養殖試験-Iと同様の方法でビニール袋に密封した(Fig.2)。保存は試



Fig. 2 Photograph on the cold storage culture nets with spores of *E. prolifera* in vinyl bag. (21 Sep. 2001) The ruler indicates 50 cm.

験-Iと同様5℃で光のない条件でおこなった。

11月2日に、42日間暗所保存しておいた種網を出庫し、養殖漁場へ輸送した。このとき、出庫後の養殖網と何も付けていない通常の養殖網の半分の長さの新しい網とを結合させて20mの長さの網とし、Fig.1にある試験養殖セットに張り込んだ。張り込み水深は水面下50cmで、養殖試験は12月4日までの32日間おこなった。養殖藻体のサンプリングは試験終了時におこなったが、サンプリング方法及び測定項目、測定方法は試験-Iと同様とした。

結 果

保存時の光、培養水の有無と保存温度帯：保存終了後、再培養された藻体の観察結果を Table 3 に示した。保存温度-10℃では培養水のある、ない条件とも保存期間にかかわらず生存個体は見られなかった。0℃では、保存期間2ヶ月で培養水のある、ない条件とも Fig.3-Aに見られるように基部のみが生き残り、残った主枝から分枝が多数出て成長する形態が見られた。保存期間が長くなると、基部だけが生き残るといこともなく生存個体は見られなくなった。5℃以上での保存では、保存期間が4ヶ月を越えると光のある保存条件では Fig.3-Bに見られるように藻体全体から多数の発芽体状のものが見られ、また多数の仮根が見られることもあった (Fig.3-C)。15℃以上の培養水のない条件での保存では、15と20℃の光がない条件での2ヶ月保存の場合を除き、すべて死亡した。培養水中での保存では、光がある場合は上述の異常発育がみられるが死亡はなく、光がない暗状態の保存では保存温度が高くなるほど、また保存期間が長くなるほど死亡個体が多く

なった。5および10℃の保存では、培養水の有無にかかわらず光がある保存条件では、4ヶ月以上となると異常な発育をするが、光がない保存条件では、10℃で6ヶ月保存した場合を除き再培養後も正常な発育を示した。

保存開始時の藻体の大きさ：保存を終え、再培養後の1cm当たりのクレモナ糸上に生育したスジアオノリの乾燥重量を Fig. 4 に示した。胞子で保存した場合が最も重量が大きく、保存時のサイズが大きくなるにつれ重量は減少した。胞子での保存では、採苗4時間後と24時間後とでは、差異はみられなかった。保存時のサイズが75.5mmでは保存終了時に死亡している藻体が多くみられた。また、再培養後の藻体は異常発育したものは見られなかった。保存時のサイズ15.5mmでは、保存終了時に既に全ての藻体は死亡していた。

野外養殖実験-I：Fig.5に試験養殖期間中の養殖セットでの水面下1mの水温、塩分を20分間隔で測定した結果を示した。2000年秋漁期は、11月2日に台風による増水により漁場の低塩分が長期間続いた。このため、試験養殖開始時の11月21日から11月末までは20psu前後の塩分が続いた。しかし、12月に入ると急速に回復し28psu前後となった。水温は、16℃から11℃へと変動はあるが順調に降下した。

入庫時の平均藻体長 (SD) は 1.7 (± 0.3), 3.4 (± 0.8), 15.5 (± 3.7), 64.0 (± 14.2) mmであった。保存終了時にサンプリングし、蛍光顕微鏡下で葉緑体の自家発光を確認したが、1.7mmサイズの種網では、観察された藻体の80~90%が、3.4mmサイズの種網では60~90%の自家発光がみられた。しかし、15.5mm以上のサイズでは、自家発光は非常に弱かった。12月

Table 3 Survival of young thalli of *E. prolifera* kept under the various storage conditions.

Culture medium	Irradiance	Storage periods (months)	Storage temperature (°C)								
			-10	0	5	10	15	15	-20	-25	-30
In moist	Presence	2			+	+	-	-	-	-	-
		4			+ [※]	+ [※]	-	-	-	-	-
		6			+ [※]	+ [※]	-	-	-	-	-
	Absence	2	-	+ [※]	+	+	+	+	+ [※]	-	-
		4	-	-	+	+	-	-	-	-	-
		6	-	-	+	-	-	-	-	-	-
In water	Presence	2			+	+	+	+	+	+ [※]	+ [※]
		4			+ [※]	+ [※]	+ [※]	+ [※]	+ [※]	+ [※]	+ [※]
		6			+ [※]	+ [※]	+ [※]	+ [※]	+ [※]	+ [※]	+ [※]
	Absence	2	-	+	+	+	+	+	+	-	-
		4	-	+	+	+	+	+	-	-	-
		6	-	-	+	-	-	-	-	-	-

1) +, Alive; -, Dead

2) ※, The fronds recognized with extraordinary growth (It has a lot of branches and a dead apical part of frond or a basal)

22日に各試験区の網についてサンプリングした結果、試験終了時の平均藻体長をTable 4に、藻体本数をTable 5に、乾燥重量をTable 6にそれぞれ示した。漁場における目視観察では、成長している試験区は入庫サイズが1.7mm, 3.4mm試験区と漁場へ張り込む前日に人工採苗した試験区の3網だけで他は対象区と同じ

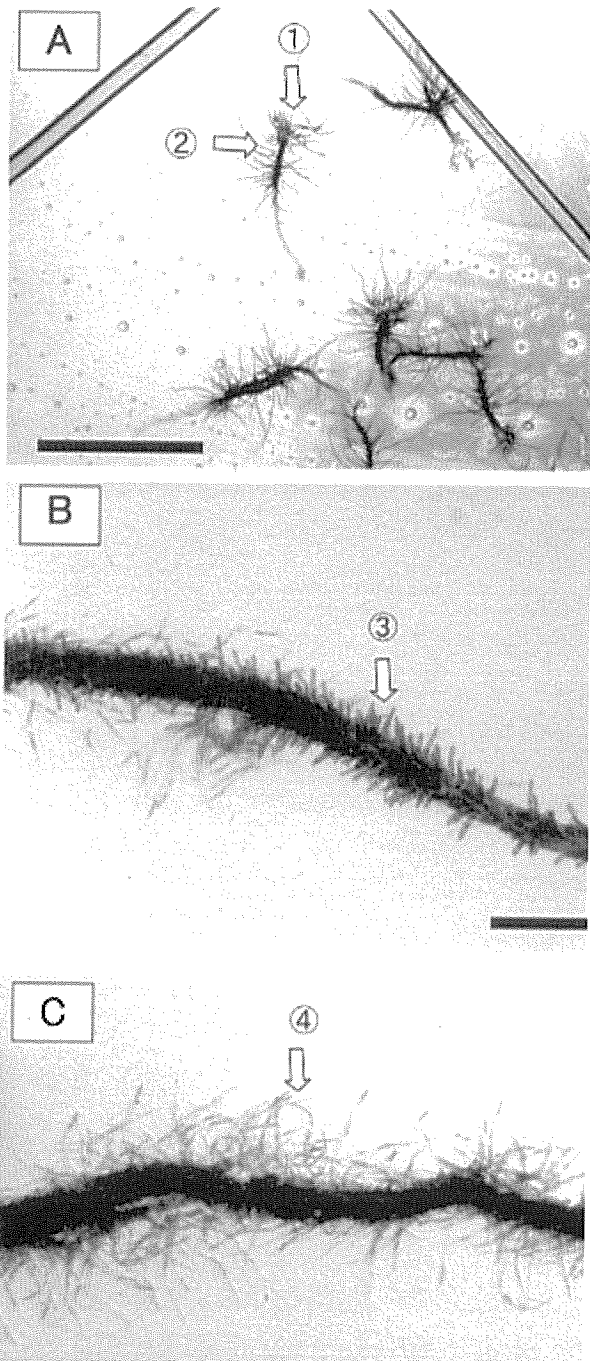


Fig. 3 Changes in form of *E. prolifera* kept at the refrigeration temperature.
 A. The fronds kept at low temperature of 0 °C. Storage periods are two months in this picture. ①, rhizoids; ②, branches. Scale bar indicates 0.5 mm.
 B and C. Frond kept at 5 °C in refrigeration temperature and 8 μ mol m⁻²s⁻¹ in irradiance. ③, numerous germlings from the trunk of the frond; ④, rhizoids from the trunk of the frond. Scale bar indicates 10.0 mm.

でほとんど生育していない状態に見えた。Table 4から6までのデータも目視観察結果の傾向と同じであった。
野外養殖実験-II: Table 7に養殖試験終了時の藻体本数, 平均藻体長, 乾燥重量を示した。また, Fig.6に試験終了時の結合部付近を中心とした養殖網上のスジアオノリの状態を示した。藻体本数, 平均藻体長, 乾燥重量とも明らかに対象区より大きく, 胞子での冷蔵保存による藻体であることが確認された。

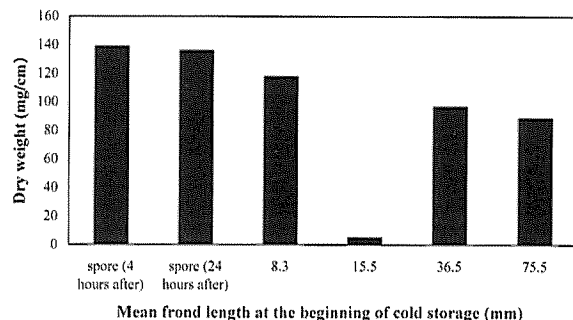


Fig. 4 Comparison of the dry weight (mg/cm) of *E. prolifera* cultured in PES medium after cold storage.

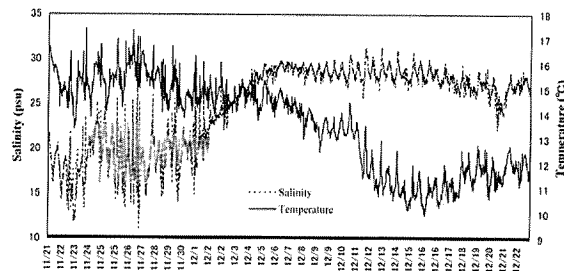


Fig. 5 Twenty min interval changes in temperature, salinity at the study site (Fig. 1) in Yoshino River.

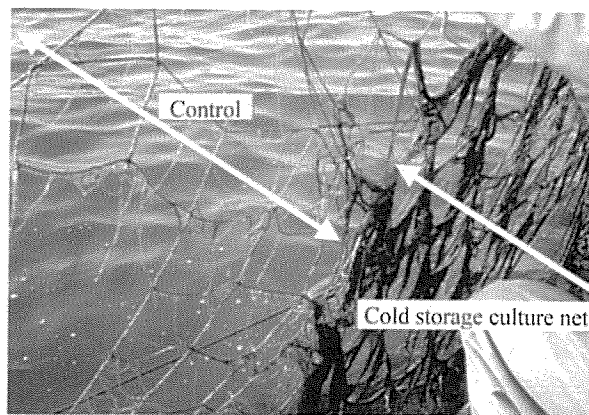


Fig. 6 Comparison of the growth of *E. prolifera* between the cold storage culture net and the control. (29 Nov. 2001)

Table 4 Mean length of fronds at the end of field culture experiment (21 Dec. 2000).

The kinds of culture net	Cold storage nets (mm)				Artificial seeding net ²⁾	Control ³⁾
	1.7 ¹⁾	3.4	15.5	64		
Mean Frond length (mm)	334	275	41	48	124	54
SD	110	71	22	19	25	31
n	50	50	9	28	50	21

- 1) Mean length of fronds at the beginning of cold storage (mm)
- 2) The culture net seeded at 20 Nov. 2000.
- 3) New culture net without spores of *E. proliferata* set at 21 Nov. 2000.

Table 5 Mean individual of fronds/cm culture net string after one month at field cultivation.

Kinds of culture net	Cold storage nets (F. L. mm) ²⁾				Artificial seeding net	Control
	1.7	3.4	15.5	64		
Mean Frond individual/cm	476	2272	35	72	495	66
SD	40	130	16	7	108	11

- 1) the value measured at 5 parts of culture net.
- 2) F. L., Frond length

Table 6 Dry weight at the end of field culture experiment (21 Dec. 2000).

Kinds of culture net	Cold storage nets ¹⁾				Artificial seeding net	Control
	1.7	3.4	15.5	64		
Dry weight(mg/cm)	234.4	224.7		7.3	41.6	7.8

- 1) F. L., Frond length

Table 7 Mean number, mean length and dry weight of frond per 1 cm culture net string at the end of field culture experiment (4 Dec. 2001)

kinds of culture net	Mean number ¹⁾ ± S D	Mean length (mm) ²⁾ ± S D	Dry weight (mg/cm)
Cold storage culture net	154.4 ± 13.8	240.9 ± 93.1	43.3
Control ³⁾	5.6 ± 6.7	43.0 ± 27.7	3.3

- 1) The value measured at 5 parts of culture net.
- 2) The value measured 50 fronds in long order of more than 2 mm
- 3) New culture net without spores of *E. proliferata* set at 2 Nov. 2001

考 察

スジアオノリの幼葉 (8mm) を保存するのに 5 ~ 10 °C の低温で光がない条件が再培養後の生残が高く、正常な発育を示すことが明らかになった。-10°C での保存では、どの条件でも死亡し、0°C では、2ヶ月での保存では Fig.3-A にみられる異常成長を示したが、6ヶ月では死亡した。アマノリ類の種網の低温保存試験ではアマノリ種網に混生した 2 ~ 3 cm の藻体長のアオノリが -3°C と -10°C の保存で 15 日間は生存したが、32 日間では死亡したと報告されている (富山 1967)。アマノリ類の種網に混生していたため、アオノリは湿潤状態で保存されていたと考えられた。今回の実験では 2ヶ月未満の保存期間は設定しておらず、半月程度の短期間であれば -10°C の保存でも生存できた可能性は残されていると考えられた。0°C での保存では 2 ~ 4ヶ月の保存であれば、藻体基部のみ生き残り分枝が成長することがわかった。ボウアオノリ *E. intestinalis* では藻

体の主枝を切断すると分枝が増加し、それが成長してゆくことが報告されている (Moss *et al.* 1976)。スジアオノリでも同様の現象が観察されており、分枝を成長させて収穫まで結びつけられるのであれば、この温度でも種網の保存温度帯として利用することはできるであろう。5 ~ 10°C の温度であれば培養水がない湿潤状態での保存と培養水中での保存に生残の差はないが、15°C 以上になると湿潤状態では死亡個体が増加した。保存中に照明を付けた場合は 4ヶ月保存以降に異常発育が多く見られている。緑藻アオノリ属では培養水中の光のない暗黒の状態でも、6ヶ月間、放出された胞子は未発芽で休眠し、正常な天然光にもどすと正常に発芽、生長することが報告されている (新崎 1953)。海藻類の胞子が光のない状態でどれだけ生存できるのかがアナアオサ、ヒトエグサ、アサクサノリ、マクサ、カヤモノリ、アラメの胞子で実験されている (大野・新崎 1969)。この結果、低温にするほど、どの種も生

残率は高く、生存能力は緑藻が褐藻、紅藻に比べて強く、この報告からも緑藻では、光がない低温での保存の可能性が高いと考えられた。光がない状態での保存で、アオノリは休眠していると考えられるが、光がある条件での保存では $8 \mu \text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ という低光量であるがスジアオノリは休眠しておらず、Fig.3-B と C に見られる異常成長をしたと考えられた。アオサ属やアオノリ属などの同型世代交代をする海藻の種の保存には 1 ~ 2cm 程度の藻体を試験管 (10ml) に入れ保存培養することが多い (館脇 1979)。スジアオノリでは、培地の交換をあまりおこなわないと、Fig.3-B と C に見られる異常成長をした藻体に似た藻体となることが観察されている。スジアオノリでは、藻体中に栄養細胞が胞子嚢化することを阻害する物質が存在すると考えられ、栄養細胞の抽出液を添加した培地で培養すると同様の現象がみられた²³。光がある状態での藻体の保存では、保存中に藻体自身が生産する何らかの物質の影響により異常生育することが推測された。このため、保存には光がない状態で休眠させる必要がある。いずれにしても、藻体長 7 ~ 9mm のスジアオノリ幼体の付いた養殖網を保存する場合は、5 ~ 10℃ の温度で光がない条件では 4 ヶ月保存が可能であることがわかった。また、保存中の培養水の有無による再培養後の成長については差異がなく、今後の応用の面から考慮すれば培養水がない湿潤状態での保存が優れていると考えられた。

種網保存を実用化させる場合、育苗にかかる施設労力を軽減するには採苗後直接保存するのが理想である。逆に、出庫後に野外に展開してから収穫までの期間を短縮するには、できるだけ大きな芽で入庫するのが有利であると考えられる。このため、採苗後 4 時間、24 時間の着生直後の発芽期での状態として入庫する場合から 75.5mm の大きな藻体まで保存し、再培養後の成長に差がみられるか調査した。この結果、胞子の状態での保存が最も再培養後の成長がよく、藻体が大きくなるにつれ成長が悪くなった。これは、培養期間は保存期間を挟み同じに合わせてあるが、連続した期間としては胞子での保存の場合が最も長いためであったと考えられた。また、胞子の状態での保存では採苗直後からの保存でも可能であり、今後、種網保存の応用面での進展が期待される結果となった。15.5mm サイズでの保存が最も成長が悪かったが、これは保存容器の容

積が大きかったため、保存中に乾燥し死亡したためと考えられた。

2000 年秋漁期の漁場環境の特徴は、台風による増水による漁場の低塩分化が長期間続いたことであるが、試験養殖開始時の塩分は 20psu 前後でありアオノリ類の成長にとって問題とはならないと判断された (Kim *et al.* 1996, Htun *et al.* 1986)。スジアオノリの成長に好適な水温は 15℃ 付近にあると考えられ (平岡ら 1999)、12 月の中旬には 11℃ 付近まで低下したため成長が低下したと考えられた。

野外養殖試験結果については、1cm 当たりの藻体本数では 1.7mm, 3.4mm 区及び人工採苗区が 490 ~ 2270 本であるのに対し、15.5mm と 64.0mm 区と対象区では 35 ~ 65 本の範囲にあり、15.5mm と 64.0mm 区は対象区と同じであるとみなすことができる。15.5mm と 64.0mm 区では出庫時の蛍光顕微鏡による自家発光が非常に弱く、また肉眼による観察でも藻体に変色しており、すでに出庫時に藻体は死亡していたと考えられた。つまり、対象区と藻体本数が同じということは、漁場へ張り込んでから一端藻体は流失し、新たに漁場に放出されている胞子が付着し成長したものと考えられた。平均藻体長は 1.7mm, 3.4mm, 人工採苗はそれぞれ 333.5, 275.4, 124.3mm と順に短くなり、乾燥重量はそれぞれ 234.4, 224.7, 41.6mg/cm と順に軽くなっている。乾燥重量では室内実験の結果では、入庫時の藻体長が長くなるほど乾燥重量は減少する傾向となっており、1.7mm と 3.4mm の 2 例であるがこれを支持した。室内実験では、36.5mm, 75.5mm の長い藻体でも死亡個体はでるが、再培養後に成長がみられたが、野外養殖試験では 15.5mm, 64.0mm サイズでは、すでに出庫時に藻体はほとんど死亡していた。この違いは現在のところ不明であるが、入庫された藻体の育苗方法にあると考えられる。つまり、15.5mm 以上では水槽で育苗後、一端野外養殖セットで育苗されており、これを入庫する場合、取り上げ後直ぐに冷蔵庫へ入庫できるわけではなく輸送にある程度時間がかかり、その間に藻体にストレスがかかると考えられる。また、野外では藻体表面や藻体間に泥などが溜まることが多い。これらが、保存中に腐敗することにより悪い影響を与えたのではないかと推測された。人工採苗されたものとの差は、入庫までの育苗期間にあるといえる。種網保存の特徴は出庫後も入庫時の藻体そのまま成長す

*3 圖 昭紀：未発表

るわけであるから、入庫まで費やした期間分、人工採苗された網にくらべ早く成長していると考えられるわけである。また、育苗中の水温が高いと成長も早いわけであるため、11月21日時点の水温ではその差はもっと大きくなったわけである。さらに、2001年に実施した採苗1日後の冷蔵保存でも可能ということが野外養殖試験でも実証されたことは、スジアオノリの種網保存の効率化、省力化に大きく資するものと考えられた。いずれにしても、採苗後1日の未発芽の胞子から育苗された平均藻体長1.7～3.4mmまでの種網であれば、ビニール袋等に入れ密封することにより湿潤状態にして5℃の冷蔵温度で無光条件下において、1ヶ月程度の保存が可能であり、出庫後漁場へ展開すれば収穫することができるということが分かった。

スジアオノリの種網保存方法

冷蔵による種網保存の特徴としては、アマノリ類冷蔵網の考え方と同じであるが任意の時期に保存しておいた種網を取り出してきて漁場に張り込み養殖ができるという点にある。人工採苗技術(團ら 1997)も任意の時期に母藻さえあれば可能であるが、成熟誘導のための適水温があり気温が低くなる冬季は、屋外に設置した水槽の水温が下がるためヒーターなどで加温をする必要があり簡単におこなえるものでない。また、人工採苗には採苗用水槽とかプロアー装置などが必要で、施設に経費をかけたくない者にとってはできない。なによりも、採苗作業そのものが忙しいためできない場合がある。徳島県吉野川漁場では秋漁期と春漁期の2回あるが、春漁期の採苗時期は3～4月ころにあたり天然採苗も人工採苗も水温、気温とも低いためうまくゆかないことがある。このような場合には、前もって作成しておいた冷蔵保存しておいた種網を使うことにより養殖することができる。また、種網の保存方法もビニール袋などに入れ、水を切った状態で収納するため容積を取らず、また、無光下状態で保存できるので冷蔵庫内の照明も必要なく、大量に効率的に保存することが可能である。徳島県のアオノリ養殖業者で種網保存用の冷蔵庫設置の動きがすでに始まっていることも、この技術がスジアオノリ養殖にとって有効なものであることの証でもあると考えられる。以下に種網保存についての基本的な注意点を示した。

採苗時期及び入庫時期：冷蔵網作成のための人工採苗と育苗の時期は、秋漁期に向けては5～6月がよいのではないか。人工採苗は屋外に設置した水槽で採苗をおこなうので、水槽内の水温は外気温に影響を受ける。20～25℃が人工採苗に適した水温帯であるので、西

日本ではこの時期は人工採苗に適した温度となる。また、春の養殖をおこなっている場合は漁期中に作業をおこなう余裕がないので、漁期が終了してからこの時期に作業をおこなうと都合がよい。20～25℃の気温であれば、屋外水槽内で育苗された場合、2～3mmサイズにするならば7～10日で入庫することになる。春に人工採苗できなかった場合は、秋漁期の直前に人工採苗しておき、いったん冷蔵入庫しておくこともできる。この場合は9月上旬から10月上旬までに採苗し、短期間の保存で出庫することになる。

また、人工採苗網だけでなく天然採苗したものも冷蔵することが可能である。秋漁期に向けては、5月末に入庫することになる。また、春漁期に向けては9月上旬から10月上旬までに人工採苗したものを入庫するか、11月下旬までに天然採苗したものを入庫しておく。天然採苗は、春漁期では水温上昇期であるので採苗は簡単であるが、水温下降期である秋漁期は11月末まででないといふ採苗できなくなる点に注意する必要がある。

入庫サイズ：入庫サイズであるが15mm以上まで育苗したものは、保存中に死亡することがわかっている。この場合は、養殖漁場で育苗したために泥などが混じったことが原因していると推定されるが、やはり長い芽の冷蔵入庫は避けるべきである。室内実験において、短い芽ほど出庫後の成長がよいので2～3mm程度のサイズで入庫するのが最もよい。このサイズは、ちょうど培養中に養殖網の色が黄緑色になってきた時期にあたる。採苗直後の入庫(着生直後の発芽期での入庫)も可能であるが、漁場へ展開してから収穫するまでの期間は、育苗して入庫したものに比べ長くなる。天然採苗網を入庫する場合は、2～3mmであればそれほど泥の付着は気にしなくてもよいが、やはり十分に海水中で洗ってから入庫するべきである。

入庫方法：通常、養殖網を5枚重ねで1セットとして採苗することが多い。保存容器は密封することができて、容器内の湿度は飽和状態を保っている必要がある。養殖網5枚が入るビニール袋を用意し、これに水が切れた状態の育苗後の網を入れ更に1ℓ程度の海水を加え、外側から押さえながら袋と網の間の空気をなるべく少なくし、ビニールテープなどで密封する(Fig.7)。冷蔵網を多数保存する場合はコンテナ等に入れ冷蔵庫内に積み上げると網の自重で破れることがない(Fig.7)。冷蔵庫内の照明は必要ない。また、保存中の保存容器(ビニール袋等)の手入れは不要である。**出庫方法：**スジアオノリ冷蔵網について出庫方法の研究はおこなわれていない。我々のおこなった実証試験

では漁場へ張り込むまで袋ごとクーラーボックスにいれ温度の上昇が少ないようにし、ただちに漁場に張り込んでいる。出庫後は、アマノリ類の冷蔵網の処理方法と同じく、なるべく短時間で漁場に張り込むのがよいと思われる。

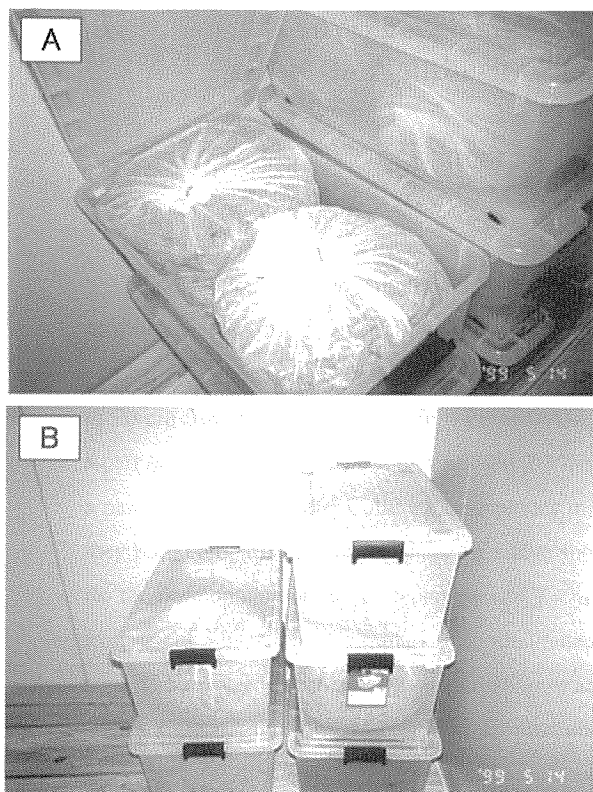


Fig. 7 Photographs on the cold storage culture net with young thalli of *E. prolifera* in the vinyl bags.
A. The vinyl bags stuffed with culture nets are put into a container.
B. Containers are piled in the refrigerator.

要 約

スジアオノリの幼体（藻体長 8mm）の保存時の光の有無、培養水の有無及び最適な保存温度帯について調べられた。その結果、5～10℃の冷蔵温度で、光がない状態で保存することが生残及び出庫後の成長がよいことがわかった。また、実用面から判断すると培養水には入れずに、湿潤状態での保存が優れていると判断された。入庫時の藻体の大きさは、室内実験では採苗直後の発芽期から 75.5mm の大きな藻体まで、35 日間の保存が可能であったが、野外での養殖試験では 15mm 以上の藻体では保存中に死亡した。このため、スジアオノリ種網の最適な保存サイズは採苗直後の発芽期から 2～3mm までであることがわかった。

謝 辞

本研究をおこなうに当たり、実証試験での漁場の提供と調査を手伝っていただいた徳島市第一漁業協同組合に感謝します。また、本稿を御校閲いただいた高知大学大野正夫教授に厚く御礼申し上げます。

文 献

- 大島泰雄：水産増殖養殖発達史。初版。東京、緑書房、1994、476 p .
- 三浦昭雄：ノリ，食用藻類の栽培（三浦昭雄編）。初版。東京、恒星社厚生閣、1992、150 p .
- 倉掛武雄：海苔網冷蔵の手引き。増補版。東京、全海苔漁連、1969、82 p .
- 右田清治：アマノリ葉体の生体凍結保存—I。長崎大水産学部研報。17、44-53 (1964)。
- 右田清治・潮田卓三：ヒトエグサの生体凍結冷蔵。長崎大水産学部研報。40、35-38 (1975)。
- 松岡正義：ヒトエグサ冷蔵・冷凍保存試験—I。徳水事報。昭和 55、126-128 (1980)。
- 富山 昭：ノリ網の冷蔵試験。山口県内海水産試験場事報。昭和 41 年度、8-11 (1967)。
- 團 昭紀・大野正夫・松岡正義：スジアオノリの母藻細断法による人工採苗。水産増殖、45 (1)、9-15 (1997)。
- Moss B. and A. Marsland: Regeneration of *Enteromorpha*. *Br. Phycol. J.*, 11, 309-313 (1976)。
- 新崎盛敏：海藻胞子の発芽、生育におよぼす光の影響に関する 2, 3 の実験。日水誌、19 (4)、466-470 (1953)。
- 館脇正和：代表的な大型藻の培養例、緑藻アオサ、ヒトエグサ、藻類研究法（西澤一俊・千原光雄編）。初版。東京、共立出版、1979、99-106P。
- 大野正夫・新崎盛敏：海藻類胞子に対する暗処理の検討。藻類、17 (1)、37-42 (1969)。
- Kim, K. I. and I. K. Lee: The germling growth of *Enteromorpha intestinalis* (Chlorophyta) in laboratory culture under different combinations of irradiance and salinity and temperature and salinity. *Phycologia*, 35(4), 327-331 (1996)。
- Htun, U. S., M. Ohno, and S. Mizuta: Effect of salinity and temperature on the growth of the green alga, *Enteromorpha intestinalis*, in culture. *Rep. Usa Mar. Biol. Inst. Kochi Univ.* 8, 9-13 (1986)。
- 平岡雅規、團 昭紀、萩平 将、大野正夫：異なる温度条件下におけるスジアオノリのクローン藻体の成長と成熟。日水誌、65 (2)、302-303 (1999)。