

紅藻エゴノリの養殖

桐原慎二*・能登谷正浩**・有賀祐勝**

*青森県水産増殖センター (039-34 青森県平内町茂浦月泊10)

**東京水産大学藻類学研究室 (108 東京都港区南4-5-7)

KIRIHARA, S., NOTOYA, M. and ARUGA, Y. 1990. Cultivation of *Campylaeophora hypnaeoides* J. AGARDH (Ceramiales, Rhodophyta). Jpn. J. Phycol. 38: 377-382.

The edible red alga, *Campylaeophora hypnaeoides* J. AGARDH, was investigated for good indoor seeding and outdoor cultivation. Effects of the temperature and photoperiod on the growth and maturation of tetrasporophytes and female gametophytes were studied in laboratory culture. Tetrasporophytes and female gametophytes grew well and matured at 25°C and a photoperiod of 14L: 10D. When female gametophytes were cocultured with mature male gametophytes at 20 or 25°C, fertilization occurred, gonimoblasts developed and carpospores were liberated within a week of culture. Large female gametophytes were grown by cultures isolated from male gametophytes, and on cocultured afterwards with male gametophytes a great amount of carpospores were obtained for indoor seeding. Seedlings (4-5 cm long), 35 g/cage, were outplanted in a cage (lantern net) at Shiranuka, Aomori Prefecture, in May. They grew up 1403 g per cage in July.

Key Index Words: *Campylaeophora hypnaeoides*—cultivation—growth—indoor seeding—photoperiod—Rhodophyta—temperature.

Shinji Kirihara, Aomori Prefecture Aquaculture Center, Moura, Hiranai, Aomori Prefecture, 039-34 Japan
Masahiro Notoya and Yusho Aruga, Laboratory of Phycology, Tokyo University of Fisheries, Konan-4, Minato-ku, Tokyo, 108 Japan

エゴノリ *Campylaeophora hypnaeoides* J. AGARDH は紅藻のイギス科に属し、北海道南部以南の本邦の沿岸に広く見られ (千原 1970, NAKAMURA 1965), 主に寒天原藻として利用されているが、徳田ら (1987) は「新潟、佐渡、能登ではエゴノリ *Campylaeophora hypnaeoides* からエゴテンあるいはエゴモチを作っており、福岡で親しまれている『おきうと』もエゴノリを材料としている」と記している。また、一部の地域では酢の物にして生食することも知られている (工藤他 1986)。

全国及び青森県における最近14年間の漁獲量の変化 (Fig. 1) を見ると、年による豊凶の変動が大きい上に、漸減の傾向も窺われる。そのため、エゴノリ漁業者は天然藻体よりも安定的に多量に収穫できる養殖技術の開発を望んでいる。

これまでエゴノリの養殖や人工採苗についての報告はないが、能登谷 (1979) は室内培養により生活史を完結させ、雌雄配偶体はごく小さい体のうちから成熟し、受精して果胞子を形成すること、四分胞子体は配偶体に比べてはるかに大きく成長すること、更に、四分胞子体及び配偶体の生長に及ぼす温度の影響を調

べ、それぞれの生長や成熟条件などを明らかにした。これらの結果を踏まえて著者らはエゴノリ養殖のための効率的な人工種苗の生産や養成の方法を検討するため、いろいろな光周期と温度を組み合わせた条件下で四分胞子体及び雌性配偶体の生長特性や雌雄配偶体の混合培養による果胞子の成熟や放出条件などを調べ、更に人工種苗の天然海域での養成試験を行った。以下にその結果を報告する。

材料と方法

材料のエゴノリは、1987年8月21日に青森県三厩村上宇鉄 (Fig. 2) の水深 3 m から採取した成熟した四分胞子体である。藻体からよく成熟した枝の一部分 5~10 cm を十数本切り取り、ペーパータオルまたは筆を用いて表面に付着している他の藻類やごみ等を取り除き、滅菌海水で数回洗浄した後、二酸化ゲルマニウムを 5 ppm 加えた滅菌海水中に数時間放置して胞子の放出を待った。放出された胞子は直ちに実体顕微鏡下でマイクロピペットを用いて吸い取り、新たに用

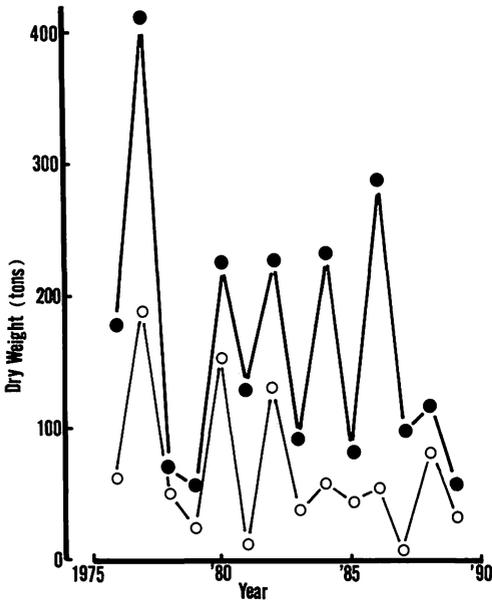


Fig. 1. Changes of the annual harvest of *Campylaeophora hypnaeoides* from 1976 to 1989 in Aomori Prefecture (○) and in Japan (●).

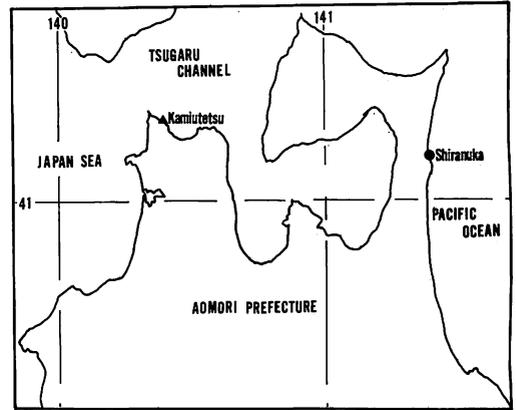


Fig. 2. A map showing the sites of collection (▲) and cultivation (●) of *Campylaeophora hypnaeoides*.

意した滅菌海水に移し、更にそれらの胞子を別の滅菌海水へ移す操作を数回繰り返して胞子の洗浄を行い、最後に Grund 改変培地 (McLACHLAN 1973) の中

に入れ、20°C、2000 lux (白色蛍光灯) の条件下で培養を行った。

1 週間後にこれらの胞子は発芽生長して雌雄の判別ができるようになったため、それぞれの配偶体は分離して培養、保存した。また、一部は雌雄配偶体を混合培養して果胞子を得、更に果胞子を発芽させ、次世代の四分胞子体を得た。

四分胞子体及び雌性配偶体の生長は、500 ml 丸底フラスコを用いて通気培養し、温度は15°C、20°C、

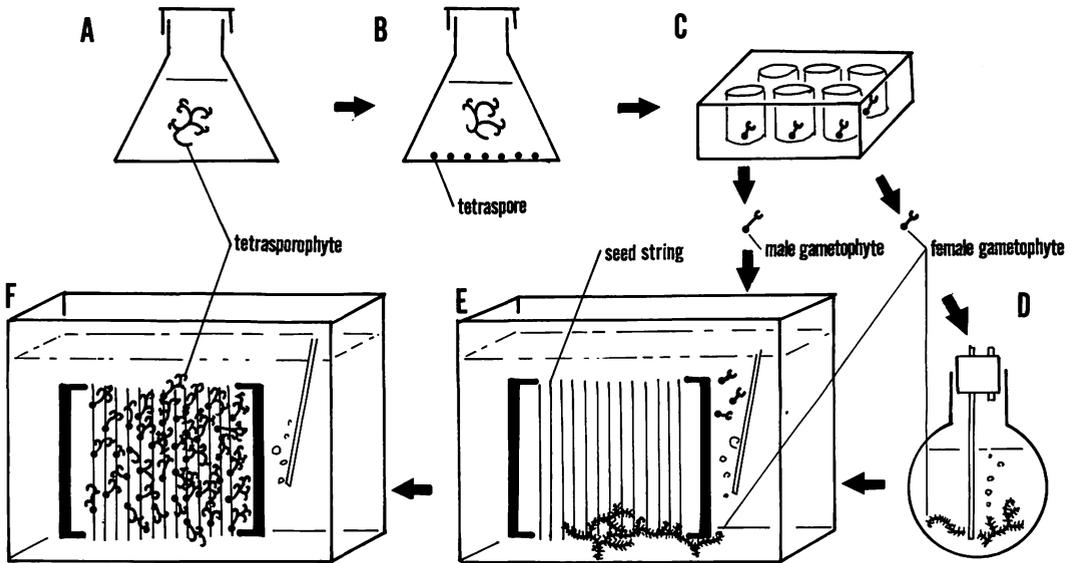


Fig. 3. Manual of indoor seeding of *Campylaeophora hypnaeoides*. A, maintenance of sporophytes (15°C, 14L: 10D); B, liberation of tetraspores (20–25°C, 14L: 10D); C, isolation of male and female gametophytes; D, culture of female gametophytes (20–25°C, 14L: 10D); E, mixed culture of male and female gametophytes for fertilization, development of gonimoblasts and carpospore liberation; F, carpospore germlings (tetrasporophytes) on the seed strings.

25°C, 30°C の4段階, 光周期は長日 (14L: 10D), 中日 (12L: 12D), 短日 (10L: 14D) の3段階をそれぞれ組み合わせて12段階の各条件下で観察した。照度は全て2000 luxとした。それぞれの藻体は培養1週間目ごとに長さや藻体表面の水分を濾紙でよく取り除いた後の湿重量を測定した。培養液には Grund 改変培地を用い, 藻体測定時にその全量を更新した。

人工種苗は, Fig. 3 に示す手順に従い, 温度25°C, 照度 2000 lux, 長日条件下で雌性配偶体約 20 g に成熟した雄性配偶体 (藻長 3-5 mm のもの約50個体) を混合して4週間培養することによって得た。

養成には藻長 1-5 cm の四分胞子体が15個体/cm 程度着生したクレモナ糸を, 約 10 cm の長さに切断して養成籠の格段に10本ずつ結着した。養成籠にはホタテ貝養殖用の目合 4分, 直径 50 cm, 高さ 15 cm の10段式丸籠を用い, 1988年5月7日に青森県東通村白糠 (Fig. 2) の沿岸の水深 5 m に設置した施設で養成を開始し, その後1か月ごとに9月まで計4回, 藻体の生長 (湿重量) と養成籠に着生した海藻類の湿重量を測定した。

結 果

1. 生長に及ぼす光周期と温度の影響

室内培養における四分胞子体の生長を Fig 4 に示す。30°C では長日, 中日いずれの条件下でも殆ど生長が認められなかったが, 短日条件下ではわずかに生長が認められ, 5週間後には藻長 5.7 mm, 湿重量 30 mg に達したものの, 他の温度条件に比べ生長量は小さく, 四分胞子囊の形成は認められなかった。25°C では長日および中日条件下で, 既に1週間後には四分胞子の放出が認められ, 各培養条件中でもっとも早く四分胞子囊の形成と胞子の放出が認められ, 5週間後まで継続して多量の四分胞子の放出が見られた。しかし, 藻体は胞子を放出した部分から枯死し, 5週間後には成熟の遅い短日条件下のほうが大きな藻体となった。20°C では四分胞子囊の形成は各光周期条件下とも1週間後に認められたが, 胞子の放出は長日と中日条件下では2週間後に, 短日条件下では3週間後にそれぞれ認められ, 藻体の大きさは25°C に比べて長日と中日条件下では大きく, 短日条件下では小さかった。15°C では四分胞子囊の形成は長日条件下では2週間

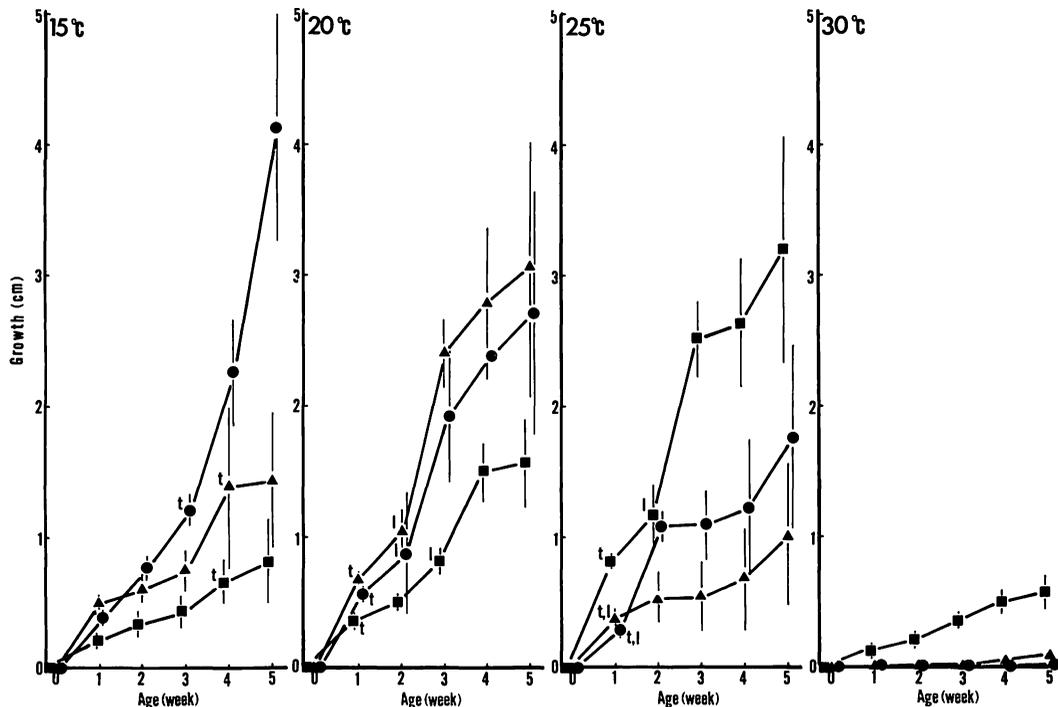


Fig. 4. Growth of tetrasporophytes of *Campylaeophora hypnaeoides* under various photoperiods and temperatures. Solid circles, 14L : 10D; solid triangles, 12L : 12D; solid rectangles, 10L : 14D. Vertical bar, standard deviation; t, development of tetrasporangia; l, liberation of tetraspores.

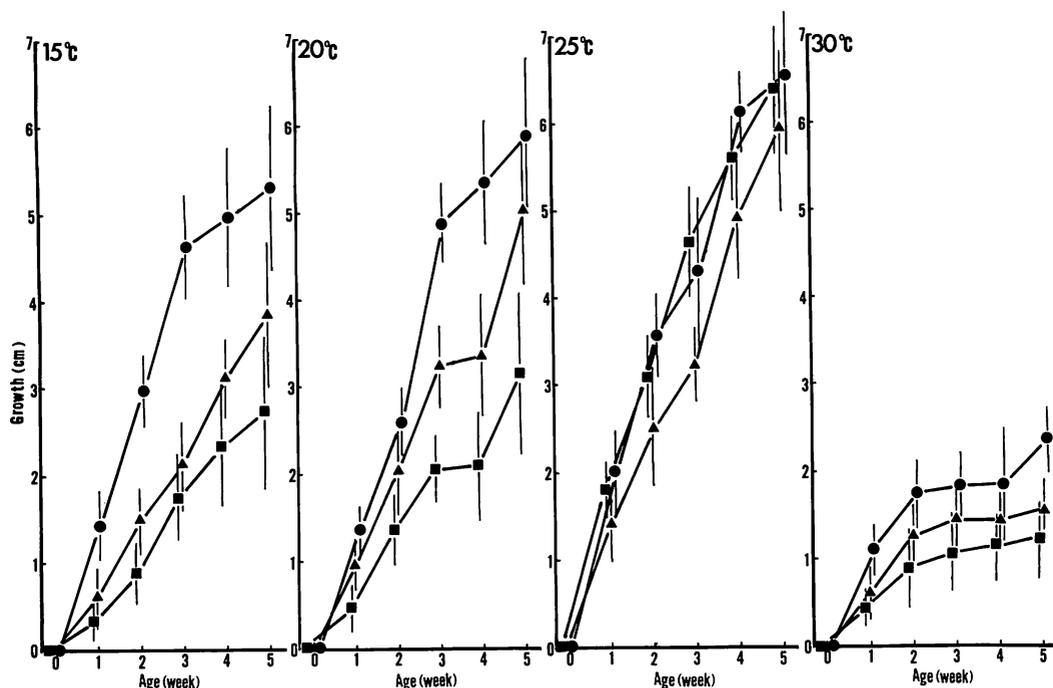


Fig. 5. Growth of female gametophytes of *Campylaeophora hypnaeoides* under various photoperiods and temperatures. Solid circles, 14L : 10D; solid triangles, 12L : 12D; solid rectangles, 10L : 14D. Vertical bar, standard deviation.

後に、中日と短日条件下では3週間後に認められたが、胞子の放出は5週間後でも認められなかった。従って、25°Cおよび20°Cにおける藻体のように胞子放出部分からの枯死流失は認められず、培養期間を通じて藻体の重量が増加し続けた。特に、長日条件下ではよく生長し、5週間後には藻長44 mm、湿重量430 mgに達

し、各組合せ条件の中でもっとも大きな藻体となった。室内培養における雌性配偶体の生長をFig. 5に示す。四分胞子体とは異なり雌性配偶体は25°Cでもっともよく生長し、続いて20°C、15°Cと生長量は少なくなかった。30°Cでは藻体は枝の発生数が少なく、色彩も黄褐色を呈し、他の温度条件下に比べ極端に生長

Table 1. Changes of wet weight (g) per cage (lantern net) of *Campylaeophora hypnaeoides* and other seaweeds attached on cage.

	22 June	18 July	20 August	21 September
<i>Campylaeophora hypnaeoides</i>	530.1	1403.2	237.0	60.7
<i>Ulva pertusa</i>				13.6
<i>Cladophora</i> sp.		0.7		
<i>Hydroclathrus clathratus</i>		1.0		
<i>Kjellmaniella crassifolia</i>				0.7
<i>Bonnemaisonia hamifera</i>	770.7	1150.0		
<i>Ptilota serrata</i>	29.2	5.2	8.4	14.0
<i>Delesseria serrulata</i>				2.1
<i>Acrosorium yendoi</i>				10.6
<i>Heterosiphonia pulchra</i>			0.5	0.3
<i>Laurencia pinnata</i>		3.6		0.7
Total	1330.0	2563.7	245.9	102.7

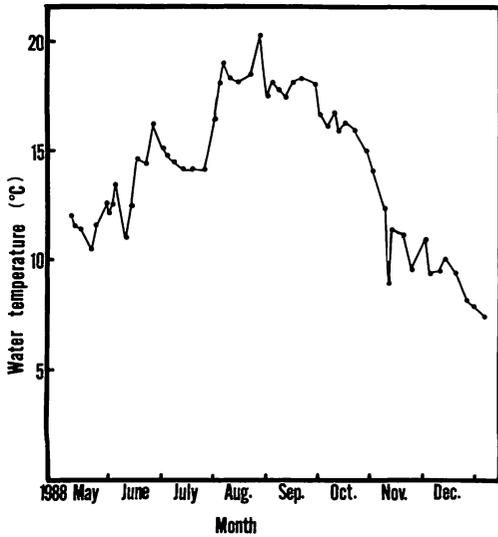


Fig. 6. Changes of surface water temperature at cultivation site of Shiranuka, Aomori Prefecture, in 1988.

が遅れた。また、光周期に関してはいずれの温度でも長日条件下ほどよく生長した。

これら各条件で培養した雌性配偶体に、成熟した雄性配偶体を混合して培養したところ、15°C ではいずれの光周期においても2週間後までに嚢果の形成が認められたが、果胞子の放出は観察されなかった。これに対して、25°Cと20°Cではいずれの光周期においても1週間後までに嚢果が形成され、果胞子の放出が認められた。また、30°Cでは4週間後まで観察したが、いずれの藻体にも嚢果の形成は認められなかった。

2. 天然海域での養成

藻体の長さ4~5 cmのエゴノリ種苗は2~3本の枝を持つが、それぞれの枝の先端は未だ鉤状ではなかった。しかし、生長するに従って鉤状に屈曲した枝の先端を籠の網糸に絡ませて藻体を固定させながら生長するのが認められた。

6月から9月までのエゴノリの成育藻体と養成籠に付着した他の藻体の湿重量の増減をTable 1に示す。エゴノリの湿重量は7月に最大の1403 gとなり、それ以降8月からは四分胞子の放出部分から藻体の枯死流失が認められ、減少傾向に転じて、9月には約61 gとなった。

養成籠に付着、成育した他の藻類のうち、クシベニヒバ *Ptilota serrata* は調査期間を通じて着生がみられ、カギノリ *Bonnemaisonia hamifera* は6月および7月に大量の着生が認められたが、8月以降にはほとんど流失

した。その他の藻類は極く短期間に少量着生しただけであった。

考 察

エゴノリの生産対象となる藻体は夏季に大型となる四分胞子体である。従って、養殖には大量の果胞子を得て、果胞子発芽体を種苗とする方法を用いることになる。エゴノリの雌性配偶体は天然または室内培養いずれの条件においても四分胞子体より遙かに小さい矮小体から成熟するため(NAKAMURA 1965, 能登谷1979), 1雌性配偶体には数個の嚢果が形成されるだけで、それら嚢果の1個から放出される果胞子の和は数十個~百数十個程度(能登谷 未発表)であるため、種苗生産のために使用するには少なすぎる。そこで、本実験では雌性配偶体のみを分離培養することにより大型の雌性配偶体を得、これを20°C~25°Cで雌性配偶体と混合培養することによって多数の嚢果を短期間に形成させ、採苗に必要、十分な量の果胞子を一度に得ることができた。

エゴノリはホンダワラ類の枝などに絡みついて成育する特性を持っている。採苗操作で撚糸上に付着した果胞子は一定期間の培養によって長さ数 cmの藻体に生長するが、鉤状の枝を形成しない。しかし、その大きさまでは付着器によって撚糸上から離脱することなく生長する。その後、天然海域で養成すると、生長するに従って枝先端に鉤が形成され、養成籠の網糸上に絡み付き、かなりの藻体量にまで達した。したがって、エゴノリ養殖には本研究で用いた養成籠の様に藻体を流失させることなく、また鉤状枝の絡みつきやすい基質が必要と考えられる。

養成籠中の藻体の量は7月までは増加したが、8月以降は減少傾向となった。これは8月以降に養成場所の水温が急に上昇し、20°Cを越えることもあったため(Fig. 6), 四分胞子体の四分胞子放出部分からの枯死流失が始まったことによるものである。これと同様のことは本実験における四分胞子の生長に及ぼす温度の影響や能登谷(1979)の室内培養実験の結果からも明らかである。

最近、ウミゾウメン(四井 1989)やムカデノリ(右田 1988)で試みられているように撚糸に栄養体の組織を直接付着させ、その再生による栄養繁殖を利用した簡便な養成法が報告されているが、エゴノリについても今後更に簡便な養成法を検討したい。

文 献

- 千原光雄 1970. 標準原色図鑑全集 第15巻. 海藻・海浜植物. 保育社, 大阪.
- 工藤由紀子・紺野 仁・齋藤宗勝 1986. 青森県津軽地方沿岸における海藻類の食用としての利用状況. 東北女子大・東北女子短大紀要 25: 45-48.
- McLACHLAN, J. 1973. Growth media-marine, p. 25-57. In J. R. STEIN (ed.), Handbook of Phycological Methods. Cambridge Univ. Press, New York.
- 右田清治 1988. 座の再生による紅藻ムカデノリの養殖. 日水誌 54: 1923-1927.
- NAKAMURA, Y. 1965. Species of the genera *Ceramium* and *Campylaeophora*, especially those of northern Japan. Sci. Pap. Inst. Algal. Res., Fac. Sci., Hokkaido Univ. 5: 119-180.
- 能登谷正浩 1979. 紅藻エゴノリの培養における生活史と成熟条件. 藻類 27: 201-204.
- 徳田 廣・大野正夫・小河久朗 1987. 海藻資源養殖学. 緑書房, 東京. p. 43-55.
- 四井敏雄 1989. 紅藻ウミゾウメンの四分孢子発芽体と体組織の再生による栽培. 日水誌 55: 1339-1342.