

紅藻カイガラアマノリの室内培養における生活史*

能登谷正浩**・菊地則雄***・有賀祐勝**・三浦昭雄****

Life history of *Porphyra tenuipedalis* Miura (Bangiales, Rhodophyta) in culture*

MSAHIRO NOTOYA**, NORIO KIKUCHI***, YUSHO ARUGA** and AKIO MIURA****

Abstract: Life history of *Porphyra tenuipedalis* Miura was completed in culture. Growth and reproduction were observed under various photon flux densities ($10\text{--}80\ \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$), temperatures ($10\text{--}24\ ^\circ\text{C}$) and photoperiods (14L:10D, 10L:14D). The optimum growth of conchocelis filaments was observed at $20\ ^\circ\text{C}$ and 14L:10D. The conchocelis filament did not produce conchosporangia, but a spherical cell was formed at the tip of filament. The spherical cell developed into the foliose thallus at $15\text{--}20\ ^\circ\text{C}$ and 10L:14D. The foliose thallus matured within 16 weeks at $15\ ^\circ\text{C}$ and 10L:14D. Monospores were not produced both in conchocelis and foliose phases.

1. 緒言

アマノリ属 (*Porphyra*) の多くの種では、糸状体に形成される殻胞子嚢から放出された殻胞子が葉状体に生長する。しかし、カイガラアマノリ (*Porphyra tenuipedalis* Miura) では貝殻糸状体から直接葉状体が生長することが知られている (MIURA, 1961)。また、著者らは前報 (NOTOYA *et al.*, 1993) でカイガラアマノリの生活史、葉状体と糸状体の生長や成熟における最適温度や光量、光周期について報告した。

本報告では、カイガラアマノリの糸状体の生長や球形細胞の形成、葉状体の生長等に及ぼす温度や光量、光周期の影響、更に単胞子の形成の有無などと共に生活史の経過を詳細に報告する。

2. 材料及び方法

材料には東京水産大学藻類増殖学研究室に保存培養されているカイガラアマノリの無基質糸状体を用いた。糸状体を長さ約 $200\ \mu\text{m}$ に切断し、滅菌海水に懸濁させ、スライドグラスを敷きつめたシャーレに入れ、温度 $20\ ^\circ\text{C}$ 、光量 $10\ \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 、光周期 10L:14D の下で 1 晩放置し、スライドグラス上に付着させた。このスライドグラスを 50ml 容のねじ口瓶に入れて糸状体の培養を行った。糸状体の培養は、温度 $10, 15, 20, 24\ ^\circ\text{C}$ 、光量 $10, 20, 40, 80\ \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 、光周期 14L:10D (長日)、10L:14D (短日) を組み合わせた 32 条件下で行った。葉状体の培養は、球形細胞が形成された糸状体を $1\ \ell$ 容の枝付きフラスコに入れ、温度 $10, 15, 20\ ^\circ\text{C}$ 、光量約 $30\ \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 、光周期 10L:14D (短日) の下で行った。培養液には Grund 改変培地 (McLACHLAN, 1973) を用い、1 週間毎に全量を交換した。

3. 結果

3.1. 生活環

長さ約 $200\ \mu\text{m}$ に細断された糸状体を $20\ ^\circ\text{C}$ 、 $40\ \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 、長日条件下で培養すると 1 か月後には直径約 $2\ \text{mm}$ のコロニーに生長したが、殻胞子嚢の形成は認められなかった (Fig. 1A)。しかし、 $20\ ^\circ\text{C}$ 、 $40\ \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ 、短日条件下では、糸状体の先端に直径 $20\text{--}25\ \mu\text{m}$ の球形の細胞の形成が認められた (Fig. 1B)。その後 2 か月間の培養を継続したところ、短日条件下では

* 1993年7月1日受理 Received July 1, 1993

** 東京水産大学資源育成学科, 〒108 東京都港区港南4-5-7

Department of Aquatic Biosciences, Tokyo University of Fisheries, Konan-4, Minato-ku, Tokyo, 108 Japan

*** 長崎県県北振興局商工水産部水産課, 〒857 長崎県佐世保市木場田町 3-25

Department of Fisheries, Nagasaki Northern Prefecture Promotion Bureau, Kibatacho, Sasebo, Nagasaki, 857 Japan

**** 青森大学工学部生物工学科, 〒030 青森市幸畑 2-3-1

Laboratory of Marine Biotechnology, Faculty of Technology, Aomori University, Kobata, Aomori, 030 Japan

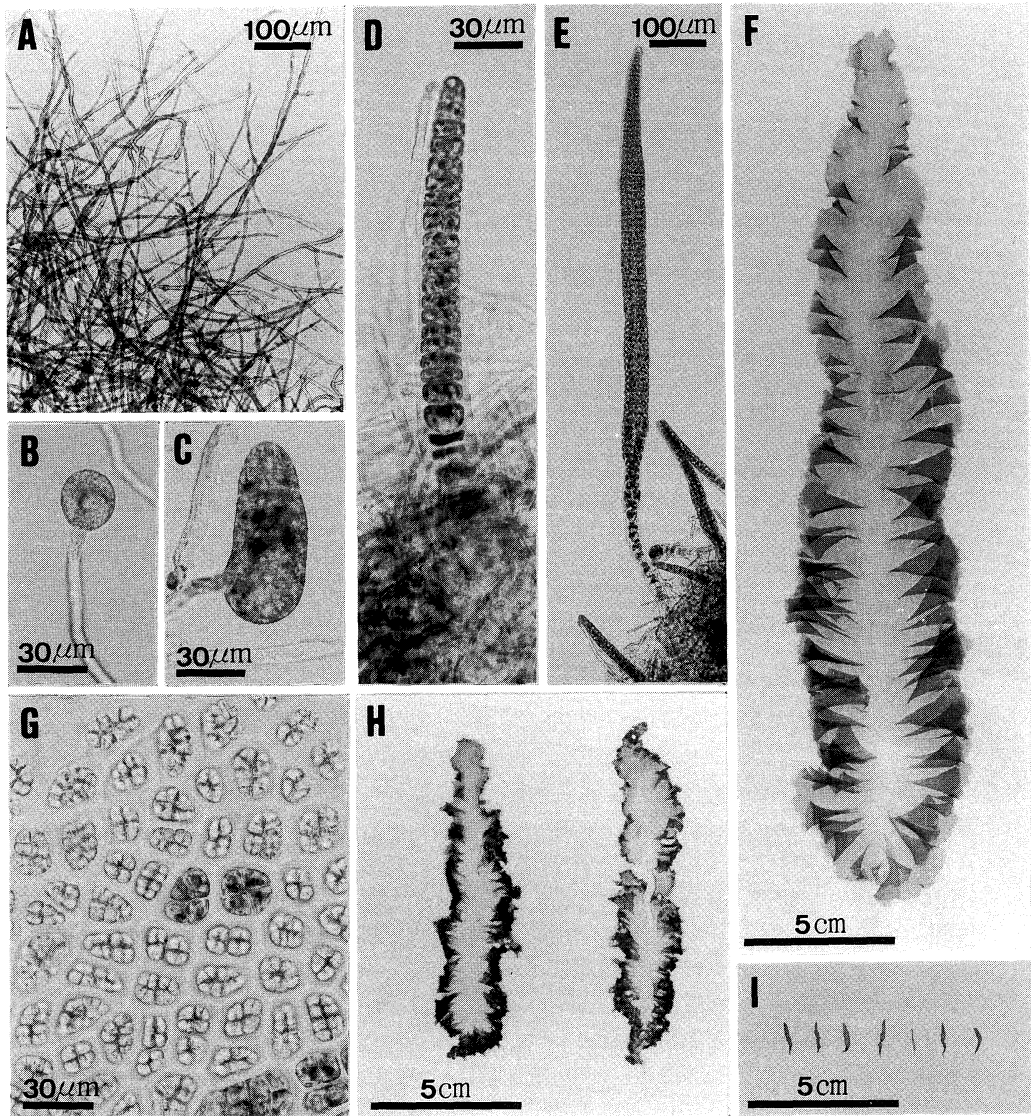


Fig. 1. *Porphyra tenuipedalis* Miura in culture. (A) Conchocelis cultured for a month at 20°C and $40 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ under 14L:10D. (B) Spherical cell formed at the tip of conchocelis filament within 5 weeks of culture at 20°C and $40 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ under 10L:14D. (C) Two-cell germling developed from a spherical cell after 3 days at 15°C and $40 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ under 10L:14D. (D) Uniseriate thallus developed from a spherical cell after a week at 15°C and $40 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ under 10L:14D. (E) Young blade after 3 weeks at 15°C and $40 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ under 10L:14D. (F) Mature blade after 14 weeks at 15°C and $40 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ under 10L:14D. (G) Surface view of carposporangia and antheridia. (H) Immature blades at 20°C and $40 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ under 10 L:14D after 20 weeks in culture. (I) Immature blades at 10°C and $40 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ under 10L:14D after 20 weeks in culture.

球形細胞の形成の増加は認められたが、球形細胞の分裂やそれからの葉状体の発生は認められなかった。また、長日条件下では球形細胞は全く形成されることなく糸状体が生長するのみであった。そこで、15°Cの短日条件下

で球形細胞が20–30個形成された糸状体コロニーを1 ℓ容枝付きフラスコに移して15°C、 $40 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ の短日条件下で通気培養したところ、3日後には球形細胞は大きく発達し、2細胞となった (Fig. 1C)。更に培養を

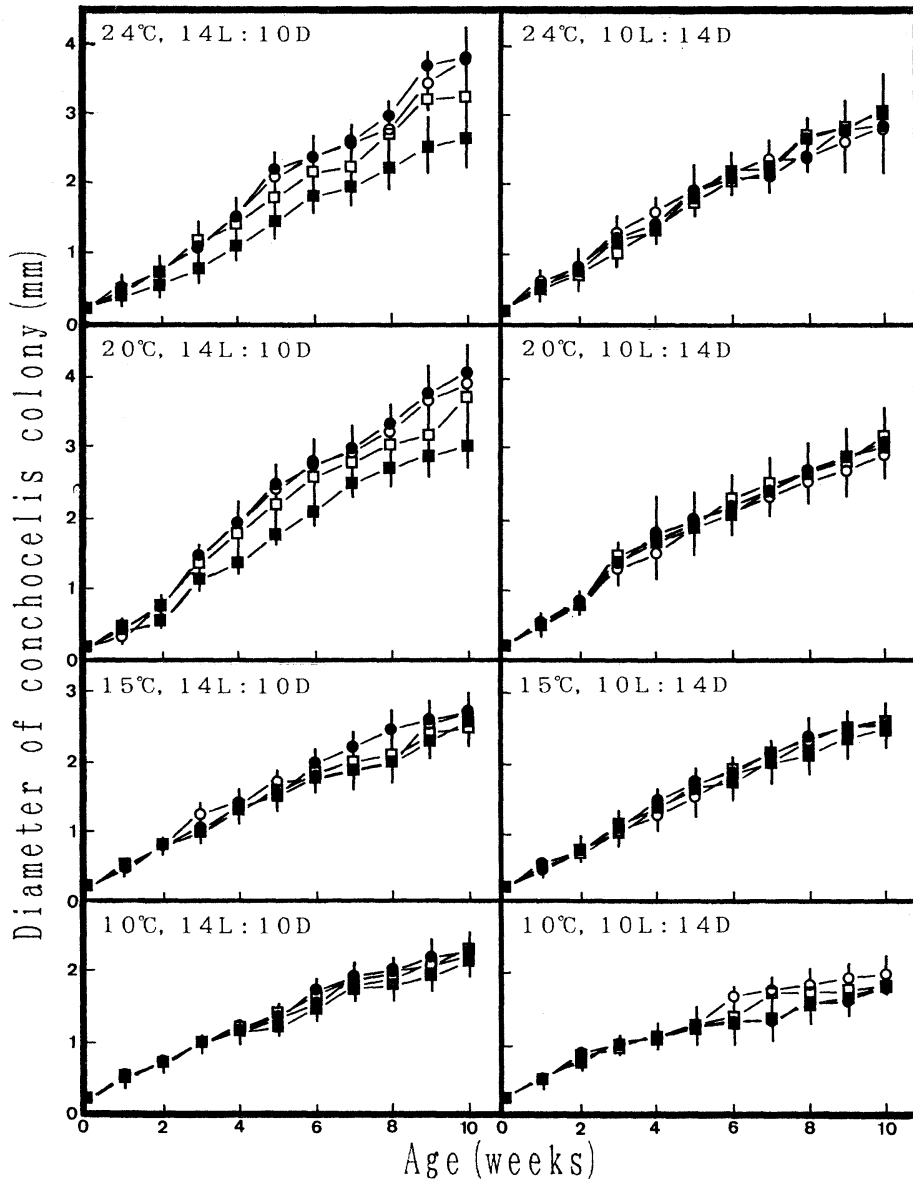


Fig. 2. Growth of the conchocelis colony of *Porphyra tenuipedalis* Miura under different temperatures, light intensities and photoperiods. ■, $10 \mu \text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$; □, $20 \mu \text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$; ●, $40 \mu \text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$; ○, $80 \mu \text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Vertical bars, standard deviation.

続けるると単列細胞の藻体として生長が認められ、2週目には藻体の長さが約0.5mmとなり体中央付近は2列細胞となった (Fig. 1D)。3週目には更に細胞列が増して3-5列からなる一層細胞の葉状体 (長さ約1mm) に発達した (Fig. 1E)。葉状体は培養14週目には葉長約27cm、葉幅約5cmに達し (Fig. 1F)、精子の形成と放出が認められた。更に2週間後には果胞子の形成と放出

が観察された (Fig. 1G)。精子囊の分裂表式は128 (a/4, b/4, c/8)、果胞子囊のそれは16 (a/2, b/2, c/4) であった。

葉状体から放出された果胞子は直径9-10 μm の球形で、赤褐色を呈していた。果胞子は10-24 $^{\circ}\text{C}$ 、10-80 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 、長日および単日いずれの条件下でも発生が認められ、糸状体に生長した。単胞子の放出は葉状

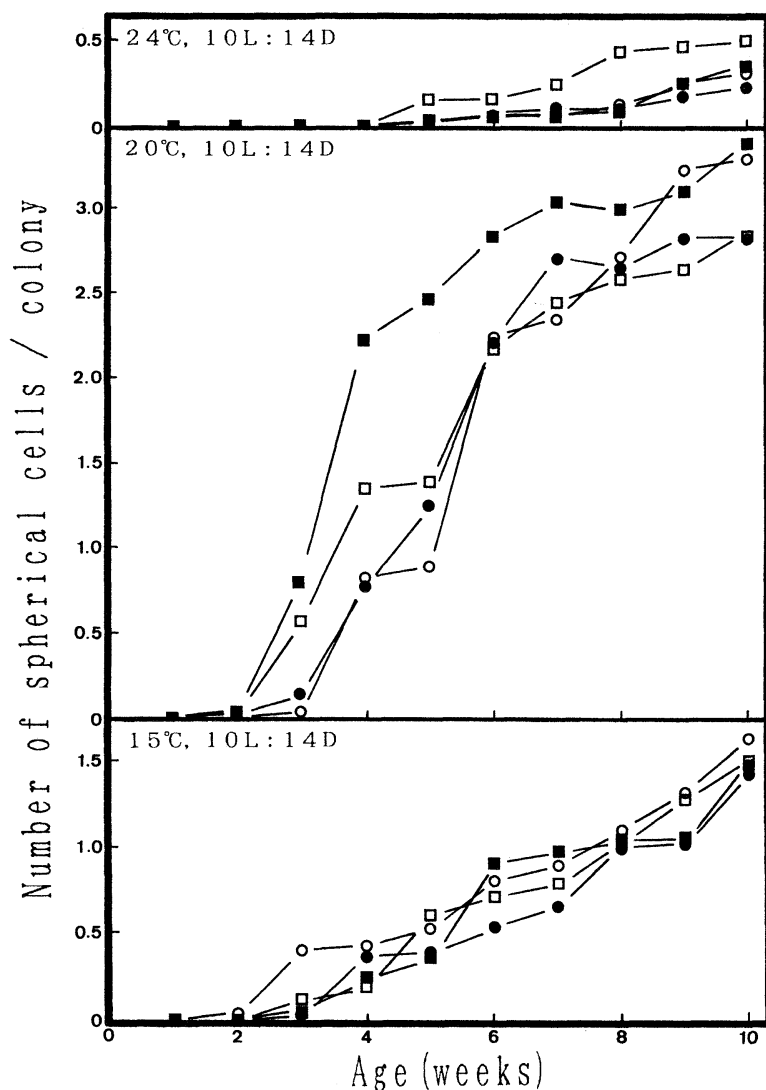


Fig. 3. Rate of spherical cell formation on the conchocelis filament of *Porphyra tenuipedalis* Miura at different temperatures and light intensities under 10L:14D. ■, 10 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$; □, 20 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$; ●, 40 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$; ○, 80 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$.

体および糸状体のいずれからも認められなかった。

3. 2. 葉状体および糸状体の生長と成熟に及ぼす温度, 光量, 光周期の影響

糸状体の生長は20°Cで最も速く, 次いで24°C, 15°C, 10°Cの順となり, 長日条件下の方が短日条件下よりやや速い傾向が認められた。しかし, 光量の影響はほとんど認められなかった (Fig. 2)。糸状体先端における球形細胞の形成は15-20°Cの短日条件下では2週目から, 24°Cの短日条件下では5週目から認められ, 10週目には15, 20, 24°Cではそれぞれ糸状体コロニー当たり約1.5, 3.0,

0.5個の割合であった。これら以外の長日条件下や10°Cでは球形細胞の形成は認められなかった (Fig. 3)。

葉状体の生長は15°Cで最も速く, 14週間の培養で葉長約27cm, 葉幅約5cmとなり精子嚢の形成が認められたが, 20°Cでは培養20週間でも葉長11cm, 葉幅4.6cmと小さく, 成熟には至らなかった。10°Cでの生長は極端に遅く, 培養20週間でも葉長約1cmに留まり, 成熟は見られなかった (Fig. 4)。葉状体の形態は温度によって異なり, 葉長と葉幅の比は10°Cと15°Cでは約6:1で細長く, 20°Cでは約2:1で緑辺部に鬚が多かった (Fig.

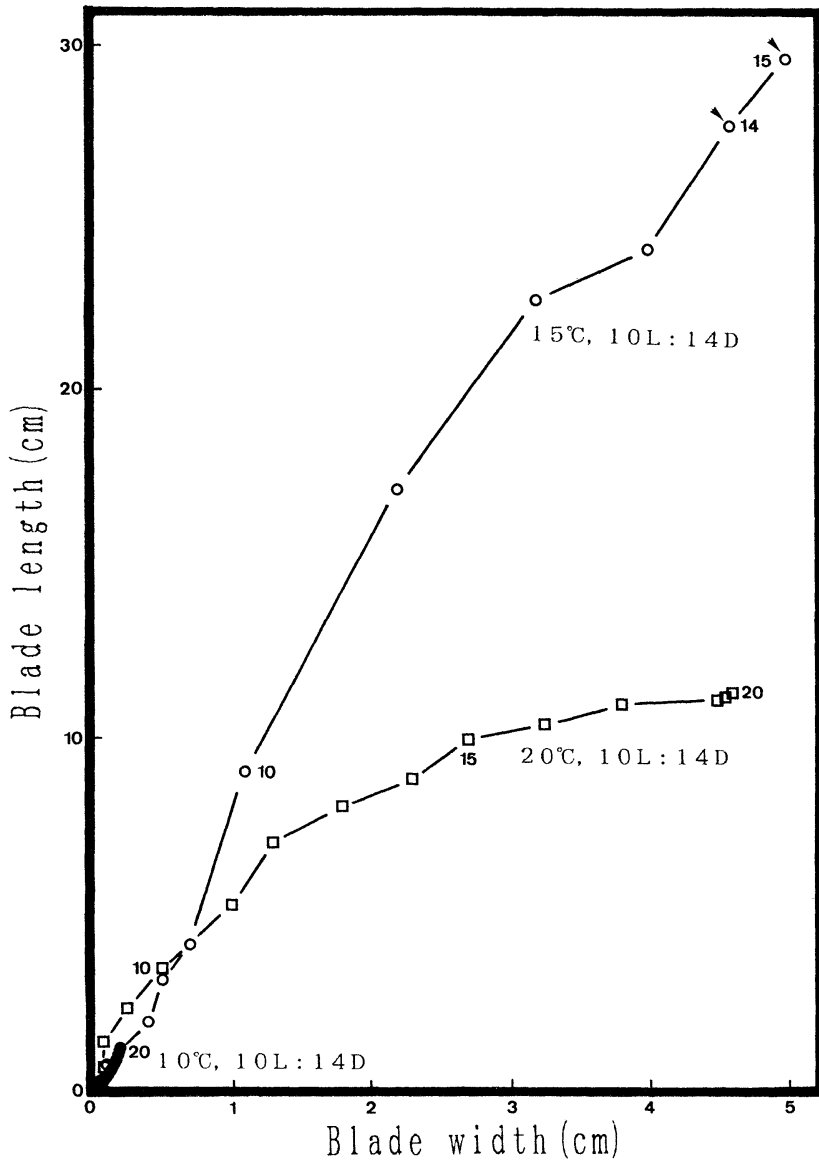


Fig. 4. Growth of the blade of *Porphyra tenuipedalis* Miura at different temperatures under $40 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ and 10L:14D. Numbers near the data indicate weeks in culture. Arrowheads show the maturity of blade. ●, 10°C; ○, 15°C; □, 20°C.

1F-I, Fig. 4)。

4. 考 察

本培養実験の結果から、カイガラアマリノは Fig. 5 に示すような生活環をとると推察され、アマリノ属の中では殻胞子嚢を形成しない特異な種であることが分かった。

現在では、アマリノ属の多くの種で殻胞子から葉状体

が形成されることは一般に認められているが、DAN-GEARD (1931) が “pluricellular buds” としたものとや DREW (1954) が *P. umbilicalis* var. *laciniata* で糸状体に直接形成される “fertile cell-row” および “plantlets” と呼んだものは葉状体ではなく殻胞子嚢枝と見做される。また、KRISHNAMURTHY (1969) が *P. cuneiformis* の培養で観察した糸状体から直接発生した葉状体は、殻胞子が糸状体から離れることなく発芽し

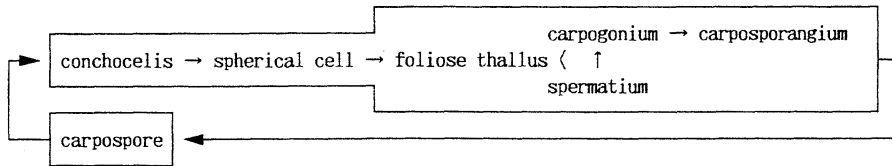


Fig. 5. Life cycle of *Porphyra tenuipedalis* Miura.

たか、または殻胞子嚢枝が変化したものであるとの推察は妥当と見做される。

これらに対し、カイガラアマノリでは糸状体に単胞子嚢や殻胞子嚢の形成は認められなかった。また、球形細胞は全て糸状体の先端にのみ形成され、分裂して単列細胞の体に生長するが、殻胞子嚢枝の様に分枝することはなく、胞子の放出も認められなかった。更に、単列細胞の体は生長して雌雄の生殖器官を形成し、天然で認められるカイガラアマノリの葉状体と同様の藻体となった。従って、本種は、多くのアマノリ属で見られるような殻胞子と類似の機能を持つ細胞が糸状体の先端に1個ずつ形成され、それが糸状体から離れることなく葉状体に生長する種と考えられる。

カイガラアマノリにおける球形細胞の形成は、15–24°Cの単日条件下でのみ認められた。このことは、これまで報告されたアマノリ属の多くの種と同様に殻胞子嚢形成は短日条件下で促進され(黒木, 1959; IWASAKI, 1961; 黒木・佐藤, 1962; 黒木ら, 1962a, b; 新村ら, 1967; DRING, 1967; KAPRAUN and LUSTER, 1980; AVILA et al., 1986; KAPRAUN and LEMUS, 1987; WAALAND et al., 1990), 温度より光周期の影響を強く受けるものと看なされる。

文 献

- AVILA, M., B. Santelices and J. McLachlan (1986): Photoperiod and temperature regulation of the life history of *Porphyra columbina* (Rhodophyta, Bangiales) from central Chile. *Can. J. Bot.* **64**: 1867–1872.
- DANGEARD, P. (1931): Sur le developpement des spores chez quelques *Porphyra*. *Trav. Cryptogam. ded. a L. Mangin*. p. 85–96.
- DREW, K. M. (1954): Studies in the Bangioideae. III. The life history of *Porphyra umbilicalis* (L.) Kutz. var. *laciniata* (Lightf.) J. Ag. *Ann. Bot. N. S.* **18**: 183–211.
- DRING, M. J. (1967): Effect of daylength on growth and reproduction of the conchocelis-phase of *Porphyra tenera*. *J. mar. biol. Ass. U.K.* **47**: 501–510.
- IWASAKI, H. (1961): The life-cycle of *Porphyra tenera* in vitro. *Biol. Bull. (Woods Hole)* **121**: 173–187.
- KAPRAUN, D. F. and D. G. LUSTER (1980): Field and culture studies of *Porphyra rosengurtii* Coll et Cox (Rhodophyta, Bangiales) from North Carolina. *Bot. Mar.* **23**: 449–457.
- KAPRAUN, D. F. and A. J. LEMUS (1987): Field and culture studies of *Porphyra spiralis* var. *amplifolia* Oliveira Filho et Coll (Bangiales, Rhodophyta) from Isle de Margarita, Venezuela. *Bot. Mar.* **30**: 483–490.
- KRISHNAMURTHY, V. (1969): The *Conchocelis* phase of three species of *Porphyra* in culture. *J. Phycol.* **5**, 42–47.
- 黒木宗尚 (1959): アマノリ類の糸状体の生長・成熟と光条件. I 単胞子嚢形成及び単胞子放出と日長作用(1). *東北水研研究報告* **15**: 33–42.
- 黒木宗尚, 佐藤誠一 (1962): アマノリ類の糸状体の生長・成熟と光条件. II アサクサノリの糸状体の生長・成熟と日長. *東北水研研究報告* **20**: 127–136.
- 黒木宗尚, 秋山和夫, 佐藤誠一 (1962a): アマノリ類の糸状体の生長・成熟と光条件. I 単胞子嚢形成及び単胞子放出と日長作用(2). *東北水研研究報告* **20**: 121–126.
- 黒木宗尚, 秋山和夫, 佐藤誠一 (1962b): アマノリ類の糸状体の生長・成熟と光条件. III 種による日長作用の差異. *東北水研研究報告* **20**: 138–156.
- MCLACHLAN, J. (1973): Growth media—marine. p. 25–51. In J. R. STEIN (ed.), *Handbook of Phycological Methods*. Cambridge Univ. Press, New York.
- MIURA, A. (1961): A new species of *Porphyra* and its *Conchocelis* phase in nature. *J. Tokyo Univ. Fish.* **47**, 305–311.
- NOTOYA, M., N. KIKUCHI, M. MATSUO, Y. ARUGA, and A. MIURA (1993): Culture studies of four species of *Porphyra* (Rhodophyta) from Japan. *Nippon Suisan Gakkaishi* **59**: 431–436.
- 新村徹, 椎原久幸, 田中剛 (1967): イチマツノリの糸状体の殻胞子放出におよぼす日長条件. *藻類* **15**: 123–126.
- WAALAND, J. R., L. G. DICKSON and C. S. DUF-FIELD (1990): Conchospore production and seasonal occurrence of some *Porphyra* species (Bangiales, Rhodophyta) in Washington State. *Hydrobiologia* **204/205**: 453–459.