

北海道産紅藻 *Rhodochorton purpureum* (LIGHTF.)
ROSENVINGE の生活史について

太田雅隆・黒木宗尚

北海道大学理学部植物学教室 (060 札幌市北区北10条西8丁目)

OHTA, M. and KUROGI, M. 1979. On the life history of *Rhodochorton purpureum* (LIGHTF.) ROSENVINGE from Hokkaido in culture. Jap. J. Phycol. 27: 161-167.

The life histories of the two isolates of a red alga *Rhodochorton purpureum* (LIGHTF.) ROSENVINGE from Muroran and Oshoro, Hokkaido in Japan were completed in unialgal culture. The isolated tetraspores were cultured with Provasoli's ES medium and maintained in freezer-incubator illuminated with cool-white fluorescent lamps (2,000-3,500 lux) at 10°C in a 8-hr photoperiod.

The tetraspores of the Muroran isolate germinated into the creeping and erect filaments. Spermatangia were formed on the erect filaments about 5 weeks after germination and carpogonia were formed on the creeping and erect filaments about 1 week after spermatangia developed. The spermatangia and carpogonia were formed on different plants. The four celled gonimoblasts developed about 3 weeks after fertilization and tetrasporophytes developed directly from the apical cells of the gonimoblasts. The basal cells of gonimoblasts issued the rhizoidal filaments from which secondary gonimoblasts developed. Morphologically distinct carposporophytes producing carpospores were absent. The tetrasporangia were formed about 4 months after the gonimoblasts developed. This pattern of life history was almost identical with that reported for the dioecious isolates of this species by the previous workers.

The tetraspores of the Oshoro isolate grew into plants similar to those of the Muroran isolate, but the gametophytes were monoecious. The gonimoblasts of the Oshoro isolate were longer than those of the Muroran isolate, reaching up to 230 μm , sometimes branched and the rhizoidal filaments from the gonimoblasts were very few in number. The initials of the tetrasporophytes of the Oshoro isolate tapered as did those of the Muroran isolate.

Masataka Ohta and Munenao Kurogi, Department of Botany, Faculty of Science, Hokkaido University, Sapporo, 060 Japan.

Rhodochorton purpureum(LIGHTF.)ROSENVINGE は、南北両半球の温帯から寒帯にかけて分布することが知られており (KNAGGS 1967), 日本では, YENDO (1916) と NAKAMURA (1941) によって, *Rhodochorton rothii* (TURTON) NÄGELI の学名で報告されている。本種は, 天然では四分胞子体だけが知られているが, イギリス産 (KNAGGS 1968), 南・北アメリカの大平洋岸産 (WEST 1969, 1970), フランスのブルターニュ産 (FELDMANN 1972), およびオランダ産 (STEGENGA 1978) の材料で培養実験が行われ, 配偶体が存在する

ことが明らかにされ, さらに四分胞子体が特異な方法で発達することが報告された。

室蘭と忍路から本種の四分胞子体を採集し, 四分胞子を培養した結果, 同様の結果を得たが, 室蘭産の株は雌雄異株, 忍路産の株は雌雄同株であることが判明し, 2, 3 の新知見も得られたのでその結果を報告する。

材料と方法

培養に用いた室蘭の材料は, 1974年4月25日に,

チャラツナイ浜の飛沫帯の岩のさけ目から採集した。また、忍路の材料は、1973年10月15日に、忍路湾の飛沫帯の岩の窪地から採集した。採集した材料は、糸状体の先端部の数細胞をマイクロピペットの先端で切り取り、滅菌海水で2~3回洗浄し、ネジ蓋付試験管(直径2cm×高さ18cm, 培養液10ml)に分離培養した。1ヵ月後、単藻培養であることを確認した後、藻体を200ml容量の腰高シャーレ(直径6.5cm×高さ8.0cm)に移植して培養した。

腰高シャーレに移してから4ヵ月後に、四分孢子嚢の形成が見られた。放出された四分孢子をマイクロピペットで吸い取り、培養液を数滴たらしたスライド・ガラス上に、約10個ずつ植えつけた。これらのスライド・ガラスを培養液約40mlを入れたペトリ皿(直径9cm)中に3日間放置し、その後、200ml容量の腰高シャーレに移した。

培養条件は、10°C、8時間照明で、照明には白色蛍光灯を用い、照度2,000~3,500 luxとした。培養液は、PROVASOLI (1968)のES培地を用いた。観察は生体材料を用いて行い、必要に応じて10%フォルマリン海水液で固定し、コットンブルーで染色して観察した。

結 果

室 蘭 産 株

室蘭産の株の四分孢子嚢から放出された四分孢子は、球形で、密に内容物を含んだやや濃い赤色を呈し、直径は14.4~19.2 μm (平均16.4 μm)であった(Fig. 1)。四分孢子は1日以内で発芽し(Fig. 2)、発芽様式は猪野(1947)のいわゆる直接糸状型であった。発芽管は、多くの場合2本(Fig. 4)であったが、1本(Fig. 3)、あるいは3本の場合(Fig. 5)も観察された。1本の場合に、多くは匍匐枝となり、2本の場合には、一方が直立枝となり、他方が匍匐枝となった。3本の場合には、2本が匍匐枝となる場合が多かった。直立枝の直径は8.8~12.5 μm であり、匍匐枝の直径はそれよりもやや細く、5.0~8.8 μm であった。細胞の長さは、直立枝の場合に直径の2~4倍、匍匐枝の場合に3~10倍であった。

四分孢子から直接発出した短い直立枝と匍匐枝から二次的に形成された短い直立枝は、対生あるいは不規則に互生して側枝を發出し、側枝はさらに房状に分枝して、約5週間後にその先端部に多数の精子器を形成した。1つの先端細胞には、2~4個の精子器が形成された。直立枝はその後にも生長を続け、また分枝して精

子器を形成した(Fig. 7)。精子器からは、球形の不動精子が放出された。精子器の直径は、5.0~7.6 μm であり、長さは6.3~8.8 μm であった。不動精子の直径は5.0~7.6 μm であった。

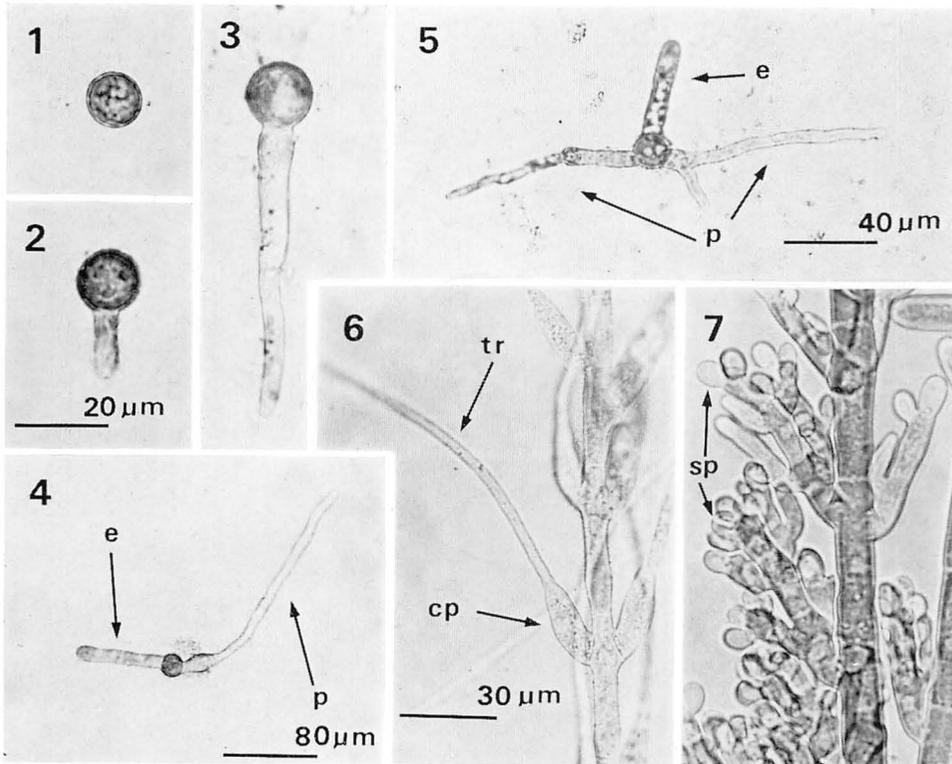
造果器は、精子器が形成され始めた時期よりも約1週間遅れて、別の個体に形成された。造果器が形成された位置は、雄性体の直立枝に側枝が形成された位置と同じであった(Fig. 6)。また造果器は、匍匐枝上に直接形成される場合と直立枝の先端部や中間部に形成される場合があり、無柄もしくは、短い柄を持って形成された。造果器の直径は7.5~10.0 μm であり、長さは20.0~30.0 μm であった。受精毛の直径は、3.5~5.0 μm であり、長さは50.0~350.0 μm であった。

WEST (1969)が報告した、直立枝の中間部に介生的に形成された造果器、分枝した受精毛、及び造果器の中間部から二次的に発達した受精毛は観察されなかった。

放出された不動精子は、受精毛に付着し内容物が造果器に移動した後も、細胞膜を受精毛上に痕跡として残していた(Fig. 8)。受精した造果器は、最初上下に2分裂した(Fig. 9)。その後、受精毛を残している上部の細胞は、そのまま伸長し、中央部にピレノイド様の球形の構造体が出現し(Fig. 10)、やがて分枝せずに横の分裂面によって分裂を始め造胞糸を形成した。一方下部の細胞も、数本の新しい造胞糸を側生した(Fig. 10)。これらの造胞糸が4細胞になった時に、最上部の細胞が中央から細くなり、さらに生長を続けた。細くなった糸状体は、最初、分枝せずに生長を続けるが、ある程度生長した時分枝した(Fig. 12)。この糸状体は、野外で採集した四分孢子嚢を持つ糸状体と良く似ていた。造胞糸の直径は太く、17.5~22.5 μm であり、長さは100.0~157.5 μm であった。造胞糸の先端から発達した細い糸状体の直径は7.5~11.3 μm であった。

また、造胞糸の下部細胞からは、下降する根様糸が形成された(Fig. 10)。根様糸の直径は5.0~11.3 μm であった。根様糸は、さらに生長し、その上に、STEGENGA (1978)の報告にあるような二次的な太い造胞糸を形成した(Fig. 11)。

造胞糸上に細い糸状体が発達し始めると、配偶体だけの時には不鮮明であった色素体の形は*R. purpureum*に特徴的な側壁性で多数の小盤状となった。一方配偶体においても、雌性配偶体と雄性配偶体を分離して培養した場合に、両者は10ヵ月で3mm位までに発達し、この時、同様の色素体が観察された。このような本種の色素体の変化は、KUCKUCK (1897)が報

Figs. 1-7. Muroran isolate of *Rhodochorton purpureum*.

- Fig. 1. Liberated tetraspore.
 Fig. 2. One-day-old germling.
 Fig. 3. 5-day-old germling, issuing a prostrate filament.
 Fig. 4. 14-day-old plant, issuing an erect and a prostrate filament.
 Fig. 5. 16-day-old plant, issuing an erect and two (one branched) prostrate filaments.
 Fig. 6. Female gametophyte with mature carpogonia.
 Fig. 7. Male gametophyte with mature spermatangia.

e; erect filament. p; prostrate filament. cp; carpogonium. sp; spermatangium.
 tr; tricinogyne.

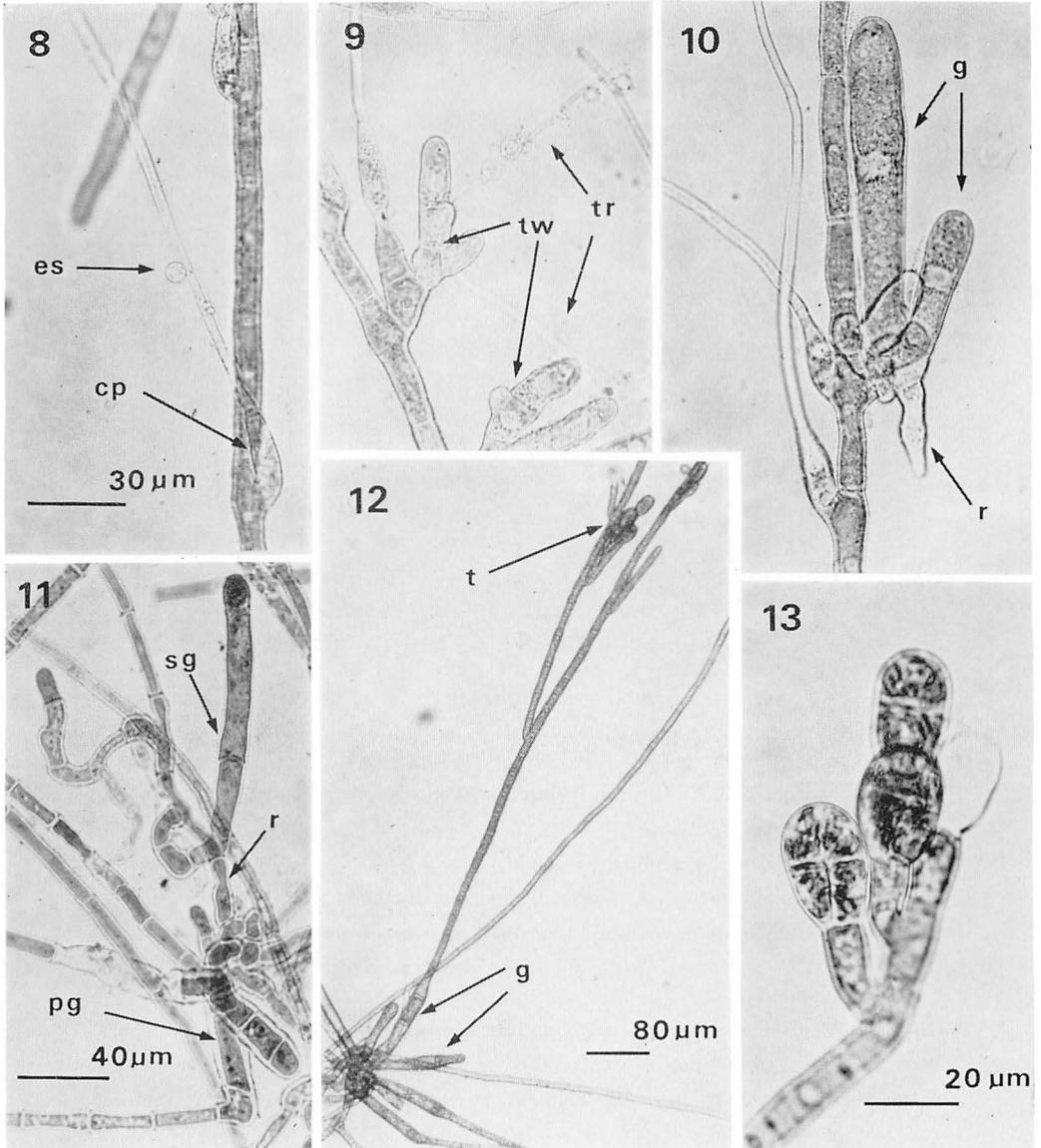
Use scale in 2 for 1-3; scale in 4 for 4; scale in 5 for 5; scale in 6 for 6, 7.

告している。なお両者を混入して培養した場合には、不動精子と造果器間で受精が行われ、雌性配偶体上に造胞糸が発達するためか、雌性配偶体自体の発達は、抑制される傾向が観察された。

受精して3ヵ月後、造胞糸の先端から発達した細い糸状体の先端部、あるいは中間部の側枝上に、四分胞子嚢が房状に多数形成された (Figs. 12, 13)。四分胞子嚢は、十字状に分裂し、その直径は、17.5~22.5 μm であり、長さは27.5~31.3 μm であった。

忍路産株

忍路産の株は、四分胞子の発芽体上に、最初、造果器 (Fig. 14)、もしくは精子器 (Fig. 15) の一方だけを形成するが、やがて同一藻体上に両者を形成した (Fig. 16)。精子器から放出された不動精子が受精毛に付着して、造果器は受精し、室蘭産の株と同じ様式で発達して、造胞糸を形成した (Fig. 17)。忍路産の株の造胞糸は、室蘭産の株のそれよりも長く、4細胞の段階で230 μm までに達するものがあり、しばしば分枝するものが観察された (Figs. 18, 19)。しかし、室蘭産の株で見られた造胞糸の下部細胞から発出する根様



Figs. 8-13. Muroran isolate of *Rhodochorton purpureum*.

Fig. 8. Carpogonium after fertilization with an empty spermatium attached to the trichogyne.

Fig. 9. Transversely divided fertilized carpogonium.

Fig. 10. Carpogonia and gonimoblasts with rhizoidal filament.

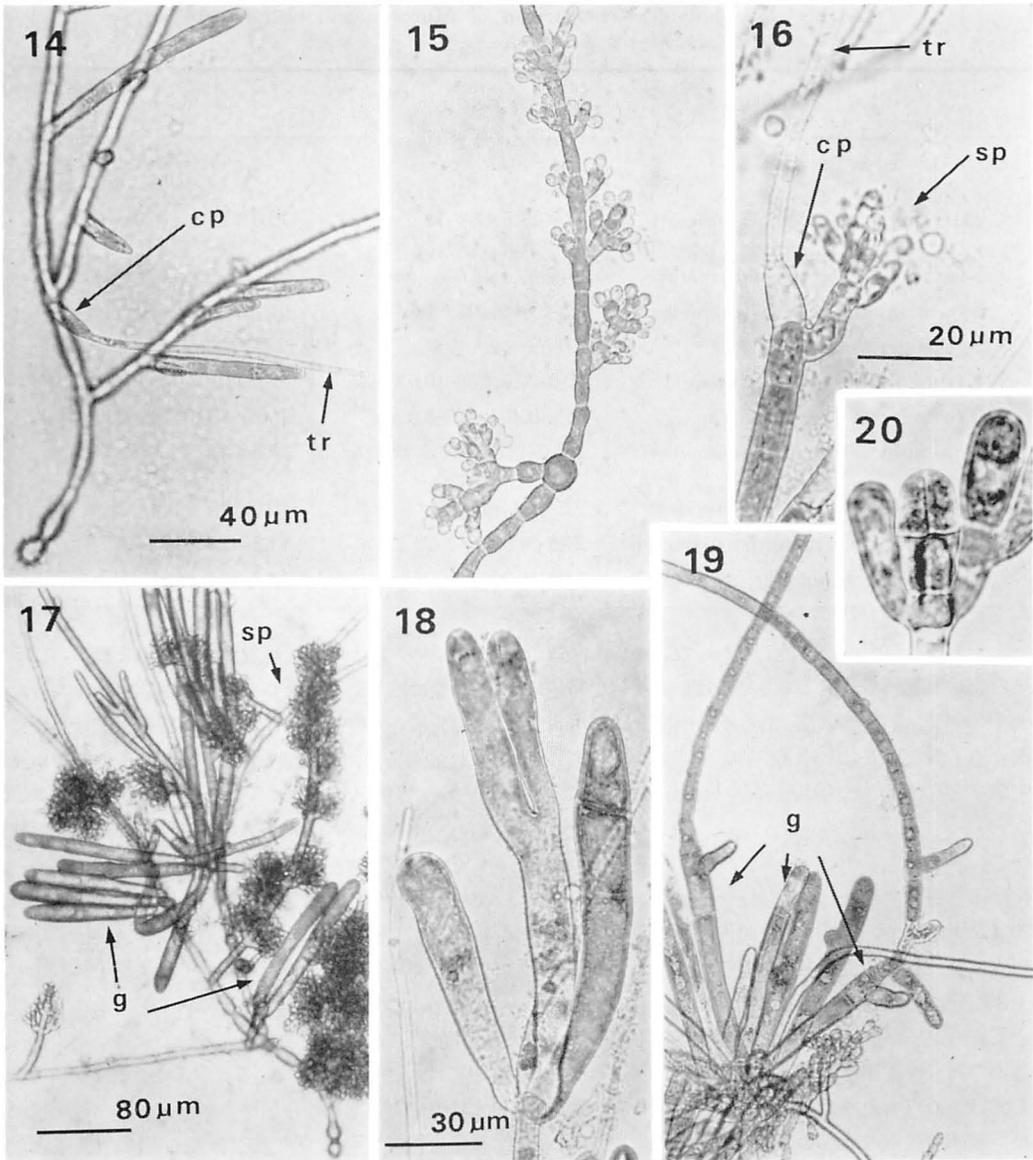
Fig. 11. Secondary gonimoblast borne on a rhizoidal filament from the primary gonimoblast.

Fig. 12. Tetrasporophyte issuing from gonimoblast.

Fig. 13. Mature tetrasporangia.

g; gonimoblast. r; rhizoidal filament from gonimoblast. cp; carpogonium. es; empty spermatium. pg; primary gonimoblast. sg; secondary gonimoblast. tr; trichogyne. tw; transverse cell wall.

Use scale in 8 for 8-10; scale in 11 for 11; scale in 12 for 12; scale in 13 for 13.



Figs. 14-20. Oshoro isolate of *Rhodochorton purpureum*.

- Fig. 14. Young gametophyte with carpopogonium only.
- Fig. 15. Young gametophyte with spermatangia only.
- Fig. 16. Gametophyte with both carpopogonium and spermatangia.
- Fig. 17. Gonimoblasts and spermatangia formed on a gametophyte.
- Fig. 18. Branched gonimoblast.
- Fig. 19. Branched gonimoblasts and young tetrasporophytes.
- Fig. 20. Mature tetrasporangia.

g; gonimoblast. cp; carpopogonium. sp; spermatangium. tr; trichogyne.

Use scale in 14 for 14, 15, 19; scale in 17 for 17; scale in 18 for 18; scale in 16 for 16, 20.

Table 1. Morphological comparison of Muroran and Oshoro isolates of *Rhodochorton purpureum*

Character	Muroran	Oshoro
Dioecious or Monoecious	Dioecious	Monoecious
Cells of erect filament of gametophyte (length×diameter)	17.5–37.5×8.8–12.5 μm	15.0–31.5×7.5–10.0 μm
Cells of creeping filament of gametophyte (length×diameter)	27.5–57.4×5.0–8.8 μm	27.5–55.0×5.0–7.5 μm
Spermatangia (length×diameter)	6.3–8.8×5.0–7.6 μm	6.3–8.8×5.0–6.3 μm
Spermatia (diameter)	5.0–7.6 μm	6.3–7.6 μm
Carpogonia (length×diameter)	20.0–30.0×7.5–10.0 μm	17.5–40.0×7.5–10.0 μm
Trichogynes (length×diameter)	50.0–350.0×3.5–5.0 μm	100.0–250.0×3.0–3.8 μm
Gonimoblasts (length×diameter)	100.0–157.5×17.5–22.5 μm	132.5–230.0×12.0–22.5 μm
“Tetrasporophyte” filaments (diameter)	7.5–11.3 μm	10.0–12.8 μm
Tetrasporangia (length×diameter)	27.5–31.3×17.5–22.5 μm	21.3–42.5×13.8–16.3 μm
Tetraspores (diameter)	14.3–19.2 μm	14.3–17.5 μm

糸は、大部分の造胞糸で発達しなかった。ついで、造胞糸の先端細胞から造胞糸よりやや細い糸状体を発達させ (Fig. 19) その先端部、あるいは側枝上に、房状に四分胞子嚢を形成した (Fig. 20)。

室蘭産と忍路産の株の諸形質を Table 1 に示した。

考 察

室蘭産と忍路産の株は、双方とも、WEST (1969, 1970), STEGENGA (1978) らの報告と同様、果胞子嚢の形成は見られず、造胞糸から直接発達した四分胞子体上に四分胞子嚢を形成した。両者の間には、雌雄異株と同株の違いがあるが、多くの形態学的形質が一致するので同一種に属すると考えられる (Table 1)。しかし、以下の点で差異がみられた。忍路産の株の造胞糸は、室蘭産の株のそれよりも長くしばしば分枝した。さらに大部分の造胞糸の下部細胞からは、根様糸が発達しなかった。

WEST (1970) は、チリから採集した雌雄同株の株の造胞糸の先端から発達する四分胞子体は、造胞糸と比較して急には細くならないと報告しているが、忍路産の雌雄同株の株では、室蘭産やこれまで報告された雌雄異株の株と同様に細くなった。

R. purpureum は、天然では四分胞子体だけが知られている。一方 KNAGGS (1963) は、四分胞子嚢で減数分裂が行われていることを発見し、配偶体の存在の可能性を示した。後に KNAGGS (1968) は、培養実験で配偶体を得、造胞糸の発達を報告した。本種の生活

史は WEST (1969) が培養実験で完結させた。この中で、彼は四分胞子嚢をつける細い糸状体が、太い造胞糸の先端から直接発出するという特異な発達形態を報告した。彼は、この細い糸状体を生活史型から見た場合の解釈として次の3つを上げ考察している。(1) *Liagora tetrasporifera* で報告されているような独立した四分胞子体形成しない四分果胞子体である。(2) 果胞子体は無く、四分胞子体が受精した造果器から直接発達したものである。(3) 造果器が受精後に作る構造は、発達の悪い、機能の変化した果胞子体であり、造胞糸は単列の“果胞子”を形成する。しかし、果胞子は放出されず、最先端部の果胞子だけがその場で発芽して、四分胞子体になる。(1) の解釈については、本種では、造胞糸から根様糸が形成され、後には配偶体に依存しない独立した四分胞子体になること、(2) については、受精後横壁で分裂すること等の受精後の造果器の発達が、Acrochaetiaceae の典型的な果胞子体の発達に似ていることをあげ、この2つの解釈に対しては、必ずしも肯定的ではない。

MAGNE (1972) は (3) の解釈をとり、本種の核相・世代交代からみた生活史型を cycle trigénétique haplodiplophasique としており、STEGENGA (1978) もまた同様の考え方をしている。一方 FELDMANN (1972) は (2) の解釈をとり、本種の生活史型を cycle digénétique haplodiplophasique としており、UMEZAKI (1977) もまた同様の考え方をしていると思われる。

本実験でも、造胞糸の先端細胞から発出する糸状体は、造胞糸と比較して細く、良く発達すること、また室蘭産の株の造胞糸の下部細胞から発出した根様糸上にも造胞糸と同じものが形成され、同様に細い糸状体が発出したことから、更に研究が進むまで WEST (1969) の (3) や、MAGNE (1972) の解釈と同様に造胞糸と細い糸状体の部分は異った世代と見ておいた方が良く考えられる。そうすると、配偶体、果胞子体、少なくとも若い四分胞子体が、同一個体上に存在することになる。いずれにしても、本種は特異な生活史型を示し、MAGNE (1972), FELDMANN (1972), UMEZAKI (1977) はこの生活史型を *R. purpureum* 型とよんでいる。

終りに本論文作製にあたり貴重な御助言を賜ったカリフォルニア大学 John A. WEST 教授に厚く御礼申し上げます。培養の御指導と有益な御助言を賜った北大増田道夫博士に深く感謝する。

引用文献

- FELDMANN, J. 1972. Les problèmes actuels de l'alternance de générations chez les algues. Soc. Bot. Fr., Mémoires 1972: 7-38.
- 猪野俊平 1963. 海藻の発生. 北隆館, 東京.
- KNAGGS, F. W. 1963. "Developmental and cytological studies in the Rhodophyceae. Ph. D. thesis, Univ. Glasgow."
- KNAGGS, F. W. 1967. A review of the world distribution and ecology of *Rhodochorton purpureum* (LIGHTF.) ROSENVINGE. Nova Hedwigia 14: 549-570.
- KNAGGS, F. W. 1968. *Rhodochorton purpureum* (LIGHTF.) ROSENVINGE, the morphology of the gametophytes and of the young carposporophyte. Nova Hedwigia 16: 449-457.
- KUCKUCK, P. 1897. Über *Rhodochorton membranaceum* MAGNUS, eine chitinbewohnende Alge. Wiss. Meeresunters., Abt. Helgoland, N. F. 2: 13-24.
- MAGNE, F. 1972. Le cycle de développement des Rhodophycées et son évolution. Soc. Bot. Fr., Mémoires 1972: 247-268.
- NAKAMURA, Y. 1941. The species of *Rhodochorton* from Japan. Sci. Pap. Inst. Algal. Res., Fac. Sci., Hokkaido Imp. Univ. 2: 273-291.
- PROVASOLI, L. 1968. Media and prospects for the cultivation of marine algae. In WATANABE, A. and HATTORI, A. (ed.), Cultures and collections of algae. Proc. U. S.-Japan Conf. Hakone, Sept. 1966, Jap. Soc. Plant Physiol.: 63-75.
- STEGENGA, H. 1978. The life histories of *Rhodochorton purpureum* and *Rhodochorton floridulum* (Rhodophyta, Nemaliales) in culture. Br. phycol. J. 13: 279-289.
- UMEZAKI, I. 1977. Life histories in the Florideophyceae and their evolution. Acta Phytotax. Geobot. 28: 1-18.
- WEST, J. A. 1969. The life histories of *Rhodochorton purpureum* and *R. tenue* in culture. J. Phycol. 5: 12-21.
- WEST, J. A. 1970. A monoecious isolate of *Rhodochorton purpureum*. J. Phycol. 6: 368-370.
- YENDO, K. 1916. Notes on algae new to Japan, IV. Bot. Mag. Tokyo 30: 47-65.