

The Japanese Journal of PHYCOLOGY

CONTENTS

Eurico C. de Oliveira and Estela M. Plastino: The life history of some species of <i>Gracilaria</i> (Rhodophyta) from Brazil	203
Taizo Motomura and Yoshio Sakai: Regulation of gametogenesis of <i>Laminaria</i> and <i>Desmarestia</i> (Phaeophyta) by iron and boron	209
Ryozo Seto and Chin Chih Jao: Morphological study of the fresh water red alga, <i>Caloglossa leprieurii</i> (MONT.) J. AG. var. <i>angusta</i> JAO (Rhodophyta, Ceramiales) from China	216
Shigeru Kumano: Some observation on <i>Batrachospermum intortum</i> JAO and <i>B. sinense</i> JAO (Rhodophyta, Nemalionales) from Szechwan in China	221
Shigeo Kawaguchi and Michio Masuda: The identity of <i>Gigartina prolifera</i> HARIOT (Rhodophyta)	227
Tetsuro Ajisaka: The life history of <i>Leathesia japonica</i> INAGAKI (Phaeophyta, Chordariales) in culture	235
Yusho Aruga and Akio Miura: In vitro absorption spectra and pigment contents of the two types of color mutants of <i>Porphyra</i>	243
Satoru Kobayashi and Kazumi Matsuoka: Cyst and theca forms of <i>Protoperdinium conicum</i> (GRAN) BALECH (Dinophyceae)	(in Japanese) 251
Terunobu Ichimura and Fumie Kasai: Anisogamous conjugation in <i>Spinoclostrium cuspidatum</i> (BAILEY) HIRANO	(in Japanese) 257
Makoto Mizuno: Phenology and seasonal size change of the marine tube-dwelling diatom <i>Berkleya rutilans</i>	(in Japanese) 262
Kozo Iwamoto: Morphological observations on <i>Prasiola japonica</i> YATABE and related species (Chlorophyta, Prasiolales)	(in Japanese) 269



Note

Hiroshi Yabu and Hajime Yasui: The male gametophyte of Japanese <i>Palmaria palmata</i> (Rhodophyta)	279
Kôhei Tsumura: Collection of diatom slides in National Science Museum of Japan	(in Japanese) 283
Kôhei Tsumura: The marking on slides of mixed micro-organisms	(in Japanese) 285



News	287
Announcement	288

日本藻類学会

日本藻類学会は昭和27年に設立され、藻学に関心をもち、本会の趣旨に賛同する個人及び団体の会員からなる。本会は定期刊行物「藻類」を年4回刊行し、会員に無料で頒布する。普通会员は本年度の年会費5,000円(学生は3,500円)を前納するものとする。団体会員の会費は8,000円、賛助会員の会費は1口20,000円とする。

入会、退会、会費の納入および住所変更等についての通信は 113 東京都文京区弥生 2-4-16「学会センタービル内」日本学会事務センター宛に、原稿の送付およびバックナンバー等については 108 東京都港区港南4-5-7 東京水産大学植物学教室内日本藻類学会宛にされたい。

The Japanese Society of Phycology

The Japanese Society of Phycology, founded in 1952, is open to all who are interested in any aspect of phycology. Either individuals or organizations may become members of the Society. The Japanese Journal of Phycology (SÔRUI) is published quarterly and distributed to members free of charge. The annual dues (1984) for overseas members are 6,000 Yen (send the remittance to the Business Center for Academic Societies Japan, 4-16, Yayoi 2-chome, Bunkyo-ku, Tokyo, 113 Japan).

Manuscript for the Journal should be addressed to the Japanese Society of Phycology, c/o Laboratory of Phycology, Tokyo University of Fisheries, Konan 4 chome, Minato-ku, Tokyo, 108 Japan.

昭和58, 59年度役員

会 長: 岩本 康三 (東京水産大学)
庶務幹事: 今野 敏徳 (東京水産大学)
" 岡崎 恵祝 (東京学芸大学)
会計幹事: 高原 隆明 (専修大学)
評 議 員:

秋山 和夫 (東北区水産研究所)
秋山 優 (島根大学)
有賀 祐勝 (東京水産大学)
千原 光雄 (筑波大学)
堀 輝三 (筑波大学)
市村 輝宜 (東京大学)
岩井 寿夫 (三重大学)
巖佐 耕三 (大阪大学)
西澤 一俊 (日本大学)
野沢 治治 (鹿児島大学)
奥田 武男 (九州大学)
阪井 與志雄 (北海道大学)
谷口 森俊 (三重大学)
月舘 潤一 (南西海区水産研究所)
梅崎 勇 (京都大学)
山本 弘敏 (北海道大学)

Officers for 1983-1984

President: Kozo IWAMOTO (Tokyo Univ. of Fisheries)
Secretary: Toshinori KONNO (Tokyo Univ. of Fisheries)
Megumi OKAZAKI (Tokyo Gakugei University)
Treasurer: Takaaki KOBARA (Senshu University)

Members of Executive Council:

Kazuo AKIYAMA (Tohoku Reg. Fish. Res. Laboratory)
Masaru AKIYAMA (Shimane University)
Yusho ARUGA (Tokyo Univ. of Fisheries)
Mitsuo CHIHARA (University of Tsukuba)
Terumitsu HORI (University of Tsukuba)
Terunobu ICHIMURA (University of Tokyo)
Toshio IWAI (Mie University)
Kozo IWASA (Osaka University)
Kazutosi NISIZAWA (Nihon University)
Koji NOZAWA (Kagoshima University)
Takeo OKUDA (Kyushu University)
Yoshio SAKAI (Hokkaido University)
Moritoshi TANIGUCHI (Mie University)
Junichi TSUKIDATE (Nansei Reg. Fish. Res. Laboratory)
Isamu UMEZAKI (Kyoto University)
Hirotoshi YAMAMOTO (Hokkaido University)

編集委員会:

委員長 三浦 昭雄 (東京水産大学)
幹 事 庵谷 晃 (東京水産大学)
委 員 秋山 優 (島根大学)
" 有賀 祐勝 (東京水産大学)
" 千原 光雄 (筑波大学)
" 堀 輝三 (筑波大学)
" 巖佐 耕三 (大阪大学)
" 岩崎 英雄 (三重大学)
" 黒木 宗尚 (北海道大学)
" 小林 弘 (東京学芸大学)
" 正置富太郎 (北海道大学)
" 右田 清治 (長崎大学)
" 西澤 一俊 (日本大学)
" 吉田 忠生 (北海道大学)

Editorial Board:

Akio MIURA (Tokyo Univ. of Fisheries), Editor-in-chief
Teru IORIYA (Tokyo Univ. of Fisheries), Secretary
Masaru AKIYAMA (Shimane University)
Yusho ARUGA (Tokyo Univ. of Fisheries)
Mitsuo CHIHARA (University of Tsukuba)
Terumitsu HORI (University of Tsukuba)
Kozo IWASA (Osaka University)
Hideo IWASAKI (Mie University)
Munenao KUROGI (Hokkaido University)
Hiromu KOBAYASHI (Tokyo Gakugei University)
Tomitaro MASAKI (Hokkaido University)
Seiji MIGITA (Nagasaki University)
Kazutosi NISIZAWA (Nihon University)
Tadao YOSHIDA (Hokkaido University)

The life history of some species of *Gracilaria* (Rhodophyta) from Brazil

Eurico C. de OLIVEIRA and Estela M. PLASTINO

*Departamento Botânica, Universidade de Sao Paulo,
Caixa Postal 11461, Sao Paulo, Brasil*

OLIVEIRA, E.C. DE and PLASTINO, E.M. 1984. The life history of some species of *Gracilaria* (Rhodophyta) from Brazil Jap. J. Phycol. 32: 203-208.

Gracilaria cervicornis, *G. crassissima*, *G. debilis* and *Gracilaria* sp. (aff. *G. verrucosa*) were cultivated in enriched seawater. Erect fronds developed from isolated spores, or from fusion of sporelings. The life history of *Gracilaria* sp. and *G. debilis* was completed *in vitro* and is of the "Polysiphonia-type". Tetraspores of *G. cervicornis* gave rise to male and female gametophytes which produced cystocarps; the carpospores developed into plants with the typical morphology of the species, but remained infertile for two years. Tetraspores of *G. crassissima* gave rise to infertile plants with narrow, terete branches, quite different from the specimens collected in the field. *In situ* germination of tetraspores was observed for both *Gracilaria* sp. and *G. debilis*, *in vitro*, and in natural populations. The resulting gametophytes produced spermatangia, carpogonia and cystocarps when only 2-3 cm in length, being more precocious than the gametophytes growing free from the parent plants. The causes for the occurrence of mixed phase reproductive structures are discussed, stressing the importance of sporeling fusions and *in situ* germination of tetraspores.

Key Index Words: Rhodophyta; *Gracilaria cervicornis*, *G. debilis*, *G. crassissima*; life-history; mixed reproductive phase.

The genus *Gracilaria* GREVILLE has about one hundred species (KYLIN 1956) and is particularly well represented in Brazil (OLIVEIRA 1977), where it has been exploited as raw material for the agar industry (OLIVEIRA 1981). Considering the economical potential of the genus *Gracilaria* in Brazil, an effort is being made to gather more informations about the local species. Life history provide basic information for understanding the natural population behaviour as well as a rational support for mariculture activities. This paper presents observations on the life histories of four species of *Gracilaria* occurring in Brazil and discuss the existing hypothesis to explain the occurrence of mixed phase reproductive structures in the genus.

Materials and Methods

Gracilaria debilis (FORS.) BOERG., *G. cervicornis* (TURN.) J. AG., *G. crassissima* CROUAN ex J. AG., and *Gracilaria* sp. were studied (Table 1). The last mentioned species has morphological and reproductive features that have been broadly attributed to *G. verrucosa* (HUD.) PAP. However, considering the uncertainties about the real delimitation of *G. verrucosa* we preferred not to name it in this paper.

Fertile specimens were transported in insulated box to the laboratory, brushed in sterile seawater, and put in membrane filtered seawater (0.45 μ m) where spores were liberated and settled onto cover glasses. The cover slips with attached spores were transferred to petri dishes containing 50 ml of von STOSCH medium (VON STOSCH 1969) at one

Table 1. Reproductive phase, places and date of collection of the plants studied

Species	Tetrsp.	Cystoc.	Locality	Date
<i>Gracilaria cervicornis</i>	+	+	Monsuaba, RJ	Nov. 79
<i>Gracilaria crassissima</i>	+	-	Natal, RN	Feb. 80
<i>Gracilaria debilis</i>	+	+	Natal, RN	Oct. 79
<i>Gracilaria</i> sp.	+	+	Natal, RN	Oct. 79

Table 2. Minimum, mean and maximum sizes (μm) of spores of *Gracilaria*. N=30

Species	Tetraspores				Carpospores			
	(Min.)	Mean	(Max.)	Sd.	(Min.)	Mean	(Max.)	Sd.
<i>G. cervicornis</i>	(19.0)	21.5	(26.6)	2.7	(15.2)	20.4	(26.6)	2.0
<i>G. crassissima</i>	(19.2)	22.6	(26.8)	1.3				
<i>G. debilis</i>					(22.8)	27.1	(30.4)	2.6
<i>Gracilaria</i> sp.	(19.0)	21.9	(30.4)	2.7	(15.2)	20.1	(22.8)	2.1

half strain. After attaining 5 mm in length unialgal sporelings on cover glasses were moved to 250 ml erlenmeyer flasks containing 200 ml of the same medium and bubbled with air; the medium was changed weekly; the temperature was $26^{\circ}\text{C}(\pm 3)$ and illumination provided by fluorescent lamps (Philips "cool-light") giving $60 \mu\text{E.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ under an 18:6 hours photo-regime; germanium dioxide were used to suppress diatom growth when necessary.

Results

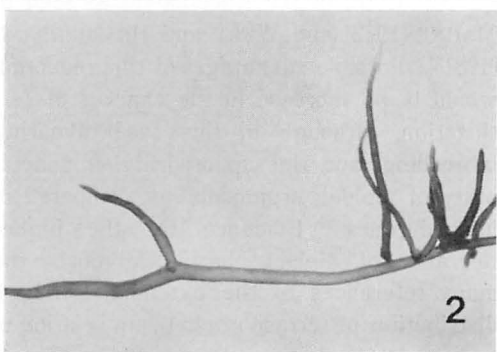
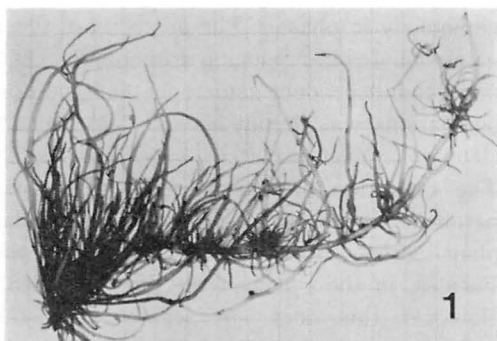
Spore size and development: The size of the spores of the species studied varied continuously. The mean diameter of the spores measured soon after liberation in seawater was 20-22 μm for carpospores and tetraspores, except for *G. debilis* which had larger carpospores. The total variation for spores produced from a single plant is greater than the mean variation among the different species (Table 2). Germination and subsequent development of the sporelings was as described for the genus since 1878 by THURET. After the formation of the multicellular disc, an erect frond is produced, which becomes conspicuous in culture one

month old. Fusions of adjacent discs are common, especially in dense cultures, where, according with the number of fusions two or more erect shoots are produced. The early stages were very similar to each others species studied except for *G. cervicornis*, whose erect shoots very soon become flattened and produced dentiform lateral branches; long hyaline hairs were common on developing sporelings of *G. debilis* and *Gracilaria* sp. Growth of erect fronds is made from an apical meristem.

Life-history: Carpospores of both *G. debilis* and *Gracilaria* sp. gave rise to tetrasporophytic plants whose tetraspores developed into male and female gametophytes, the latter soon produced cystocarps. The life history of *G. debilis* was completed in about 5 months, and in about 9 months for *Gracilaria* sp. In both species gametophytic thalli in culture tend to be more branched than the tetrasporophytic ones. The tetraspores of *G. cervicornis* gave rise to male and female plants, the latter produced cystocarps in 4 months; the carpospores developed normally and gave rise to plants with the morphological characteristics of this species but remained infertile for 24 months of culture. Tetraspores of *G. crassissima* produced erect

fronds scarcely branched, similar in morphology to the "*G. verrucosa* type of thallus" and very different from the field collected plants. *G. crassissima* was maintained in culture for 22 months without becoming reproductive.

In *Gracilaria* sp. and in *G. debilis* there was a high incidence of germination of tetraspores on the tetrasporophytic branches (Figs. 1 and 2). However we did not find any evidence for the development of tetraspores or tetrasporangia within the thallus of the tetrasporophytes. In the two species referred to young gametophytes that germinated on the tetrasporophytes can be distinguished from normal branches by a basal expansion of the frond at the point of contact with the tetrasporophyte (Fig. 3). Beyond a certain stage of development the fusion is completed and the partially "endophytic" gametophytes become indistinguishable while vegetative, from the normal branches of the tetrasporophyte. In *Gracilaria* sp., gameto-



Figs. 1-2. *Gracilaria* sp. Tetrasporophytic plant with many gametophytic "branches" resulting from the germination of tetraspores *in situ*. Fig. 1 $\times 0.6$. Fig. 2 $\times 1.2$.



Fig. 3. *Gracilaria* sp. Longitudinal section of a young gametophyte developing on a tetrasporophyte, showing partial fusion of tissues. $\times 130$.

phyte branchlets being only 2 cm long were already fertile, with normal production of spermatangia or carpogonia and cystocarps. The same situation was later noted on plants collected in the field. The precocious production of gametes from the gametophytes growing on the tetrasporophytic phase suggests an influence of the mature tetrasporophyte on the reproductive maturation of the gametophytes.

Discussion

An examination of the sporelings and plantlets showed that at no stage of development could a typical apical cell be found as described by KILLIAN (1914) and OZA and KRISHNAMURTHY (1967) for *G. verrucosa*. In the case of *G. cervicornis*, whose branch tips are pointed, a terminal cell can be recognized in some cases; however the thallus structure is obviously not uniaxial.

The life history of *Gracilaria* sp. and *G. debilis* is of the "*Polysiphonia*-type" as expected, and has been documented in the literatures for other three species (OGATA *et al.* 1972, MCLACHLAN and EDELSTEIN 1977 and BIRD *et al.* 1977). Our failure to com-

plete the life history of *G. cervicornis* is most likely a problem of finding the right conditions to trigger the production of tetrasporangia, as tetrasporic plants are found commonly in natural populations. The development of the tetraspores in *G. crassissima*, giving rise to infertile plants with a general morphology similar to *G. verrucosa*, is unexpected and should be further studied under different incubation conditions, especially considering that we did not find sexual plants in nature.

The fusion of sporelings during early germination was observed in the species studied here. This is especially common among carpospores which tend to be closer to each other because of the mechanism of spore liberation. This has also been observed for other species of *Gracilaria* (SEGAWA *et al.* 1955, RAO and THOMAS 1974). In agreement with BIRD *et al.* (1977), but in contrary to that described by JONES (1956), we observed that erect fronds are equally produced from discs originated from isolated spores as from those produced by fusion of sporelings. Fusion of sporelings and germination of tetraspores *in situ* are mechanisms that are certainly responsible for the occurrence of mixed reproductive phases in the plants studied. This could also be an explanation for several reported cases in the literatures (CHURCH 1919, OHMI 1958, KIM 1970), although generalizations can not be made by lack of details. In this connection, other possible mechanisms for mixed reproductive phase in *Gracilaria* have been suggested. CABIOCH (1972) produced evidence that in *G. verrucosa* the tetrasporangial contents develops directly into a sexual structure that is either a male crypt or a presumed female gametangium when cystocarps were found. A quite different explanation was given by VAN DER MEER (1977) for *Gracilaria* sp. (= *G. tikvahiae* MCLACHLAN) who attributed the presence of male and female structures on the same plant, to a failure in cytokinesis in some tetrasporangia evidenced by the production of tetraspores of three different size classes, and by the segregation of mutant

genes. In another paper, on the same species, VAN DER MEER and TODD (1977) indicated that mitotic recombination is the mechanism responsible for the production of male and female gametes on tetrasporophytes. Thus, with respect to reproduction in species of *Gracilaria*, it seems that at least 5 different mechanisms leading to mixed-phase reproduction may be operating:

1. fusion of developing sporelings;
2. germination of tetraspores *in situ*, on the tetrasporophytes, giving rise to normal, though somewhat reduced gametophytes;
3. direct development of the sporangial contents into gametangia;
4. failure of cytokinesis during meiosis (tetraspores with 2 or more haploid nuclei), and
5. mitotic recombination.

The last process corresponds, in essence, to a form of apospory, well known in mosses and ferns, although here controlled by a different mechanism. Processes 2 and 3 are only different stages in the reduction of the gametophytic phase. The precocity of these gametophytes in producing gametangia, compared to independent gametophytes in natural populations, was already noted by OSTERHOUT (1896) for *Rhabdonia tenera* (= *Solieria tenera*). The reduction of the gametophytic phase parallels the situation known for vascular plant series (BOWER 1908), and for the Fucales, in the Phaeophyta (FRITSCH 1945). However this does not seem to be the general trend in the Rhodophyta as seen in MAGNE (1972) and WEST and HOMMERSAND (1981). Possible advantages of this reduction would be an increase in the chances of fertilization, although in this case favouring inbreeding, and the supposed higher adaptability of diploid organisms as compared to haploid ones. Evidence for the higher tolerance of diploid phase is given by the many references to the extended northern distribution of tetrasporophytes in relation to gametophytes (but see DIXON 1965).

In conclusion, it remains to be demonstrated in what extent each of the mentioned mechanisms operate in the natural popula-

tions and what is their possible evolutionary significance for the genus *Gracilaria*.

Acknowledgements

Drs. J. MCLACHLAN, J. VAN DER MEER and L. CHEN criticized the manuscript and gave valuable suggestions. The research was carried on during a scholarship from the FAPESP to E. M. P. The final version of the manuscript was completed under a cooperative program between the National Research Councils of Canada (NRC) and Brazil (CNPq) to E. C. O.

References

- BIRD, N. L., MCLACHLAN, J. and GRUND, D. 1977. Studies on *Gracilaria* 5. *In vitro* life-history of *Gracilaria* sp. from the Maritime Provinces. *Can. J. Bot.* 55: 1282-1290.
- BOWER, F. O. 1908. The origin of land flora. A theory based on the facts of alternation. McMillan, London.
- CABIOCH, J. 1972. Un nouveau cas d'anomalie du cycle des Gigartinales (Algues Floridées). *C. R. Acad. Sc. Pâris*, ser. D. 275: 1979-1981.
- CHURCH, A. H. 1919. Historical review of the Floridee. II. *J. Bot. (London)* 57: 329-334.
- DIXON, P. S. 1965. Perennation, vegetative propagation and algal life-histories, with special reference to *Asparagopsis* and other Rhodophyta. *Bot. Gothoburg.* 3: 67-74.
- FRITSCH, F. E. 1945. The structure and reproduction of the algae. Cambridge Univ. Press, Cambridge.
- JONES, W. E. 1956. Effect of spore coalescence and early development of *Gracilaria verrucosa* (HUDSON) PAPENFUSS. *J. mar. biol. Ass. U.K.* 38: 47-56.
- KILLIAN, K. 1914. Über die Entwicklung einiger Florideen. *Zeit. Bot.* 6: 209-279.
- KIM, D. H. 1970. Economically important seaweeds in Chile—I. *Gracilaria*. *Bot. Mar.* 13: 140-162.
- KYLIN, H. 1956. Die Gattungen der Rhodophyceen. Gleerups, Lund.
- MAGNE, F. 1972. Le cycle de développement des Rhodophycées et son évolution. *Soc. bot. Fr.*, Memoires, 247-268.
- MCLACHLAN, J. and EDELSTEIN, T. 1977. Life-history and culture of *Gracilaria foliifera* (Rhodophyta) from South Devon. *J. mar. biol. Ass. U.K.* 57: 577-586.
- OGATA, E., MATSUI, T. and NAKAMURA, H. 1972. The life cycle of *Gracilaria verrucosa* (Rhodophyceae, Gigartinales) *in vitro*. *Phycologia* 11: 75-80.
- OHMI, H. 1958. The species of *Gracilaria* and *Gracilariopsis* from Japan and adjacent waters. *Mem. Fac. Fisher., Hokkaido Univ.* 6: 1-66.
- OLIVEIRA, E. C. DE 1977. Algas marinhas bentônicas do Brasil. Thesis, Univ. S. Paulo, Brasil.
- OLIVEIRA, E. C. DE 1981. A exploracao de algas marinhas no Brasil. Situacao atual e perspectivas futuras. *Phycol. Lat.-amer.* 1: 5-18.
- OZA, R. M. and KRISHNAMURTHY, V. 1976. Carpospore germination and early development in *Gracilaria verrucosa* (HUD.) Pap. *Phykos* 6: 84-86.
- RAO, K. R. and THOMAS, P. C. 1974. Shedding of carpospores in *Gracilaria edulis* (GMEL.) SILVA. *Phykos* 13: 54-59.
- SEGAWA, S., OGATA, E. and SAWADA, T. 1955. Studies on the carpospore liberation in *Gracilaria verrucosa* (HUD.) Pap. II. On the mechanism of carpospore liberation. *Sci. Bull. Fac. Agric., Kyushu Univ.* 15: 245-254.
- THURET, M. G. 1878. *Etudes Phycologiques*. (Publ. E. BORNET). G. Masson, Paris.
- VAN DER MEER, J. P. 1977. Genetics of *Gracilaria* sp. (Rhodophyceae, Gigartinales) II. The life-history and genetic implication of cytokinetic failure during tetraspore formation. *Phycologia* 16: 367-371.
- VAN DER MEER, J. P. and TODD, E. R. 1977. Genetic of *Gracilaria* sp. IV. Mitotic recombination and its relationship to mixed phase in the life-history. *Can. J. Bot.* 55: 2810-2817.
- VON STOSCH, H. A. 1969. Observations on *Coralina*, *Jania* and other red algae in culture. In MARGALEF, R. [ed.] *Proc. Int. Seaweed Symp.* 6: 389-399. Madrid.
- WEST, J. A. and HOMMERSAND, M. 1981. Rhodophyta: Life-histories, pp. 133-193, In LOBBAN, C. S. and WYNNE, M. J. [ed.] *The biology of seaweeds*. Bot. Monogr. 17. Univ. California Press.

オリビエラ, E. C. de・プラステイ, E. M.: ブラジル産オゴノリ数種の生活史

Gracilaria cervicornis, *G. crassissima*, *G. debilis* および *Gracilaria* sp. の培養を行った。分離した孢子および発芽体の癒合体から直立体が生じた。*Gracilaria* sp. と *G. debilis* とでは培養で生活史が完結された。生活史はイトグサ型であった。*G. cervicornis* の四分孢子は雄性および雌性の配偶体を生じ、雌性の配偶体は嚢果を形成した。果孢子は典型的な形態をもつ藻体になったが、2年間未成熟のままであった。*G. crassissima* の四分孢子は細い、尖った枝をもち野生のもの異なる未熟の藻体を生じた。*Gracilaria* sp. と *G. debilis* の四分孢子の体内からの発芽を培養した自然条件下で観察した。それから生じた配偶体は蔵精器、造果器および嚢果を葉長 2~3 cm になったときに形成し、母藻から独立して生じた配偶体より著しく早熟であった。雌性と雄性の生殖器官の混生の理由について論議し、四分孢子の体内からの直接発芽と発芽体の癒合の重要性を強調したい。(Departamento Botanica, Universidade de Sao Paulo, Caixa Postal 11461, Sao Paulo, Brasil)

Regulation of gametogenesis of *Laminaria* and *Desmarestia* (Phaeophyta) by iron and boron¹⁾

Taizo MOTOMURA and Yoshio SAKAI

*Institute of Algological Research, Faculty of Science,
Hokkaido University, Muroran, 051 Japan*

MOTOMURA, T. and SAKAI, Y. 1984. Regulation of gametogenesis of *Laminaria* and *Desmarestia* (Phaeophyta) by iron and boron. Jap. J. Phycol. 32: 209-215.

Nutritional experiments on the gametogenesis of male gametophytes of *Laminaria angustata*, female and male gametophytes of *L. japonica*, and monoecious gametophytes of *Desmarestia ligulata* were carried out. Nitrate, phosphate, iodine, manganese, zinc and cobalt were not effective on *L. japonica*. However, gametogenesis of these species was induced remarkably in media containing high concentration of iron. On the contrary, boron inhibited gametogenesis. In media containing insufficient concentration of iron, gametogenesis could be observed by boron deficiency.

Key Index Words: boron; *Desmarestia ligulata*; gametogenesis; iron; *Laminaria angustata*; *L. japonica*; nutritional experiment.

Influence of some environmental factors such as temperature (YABU 1964, LÜNING and NEUSHUL 1978, LÜNING 1980) and light (SAITO 1956a, b, HSIAO and DRUEHL 1971, LÜNING and DRING 1972 1975) on the development, growth and reproduction of the gametophytes of Laminariales have been investigated. Similar investigations have also been carried out on Desmarestiales (NAKAHARA and NAKAMURA 1971, MÜLLER and LÜTHE 1981, MÜLLER and MEEL 1982). The effects of different concentrations of nitrate, phosphate and iodine were investigated on gametogenesis of *L. saccharina* by HSIAO and DRUEHL (1972a, b) and various micronutrients were tested to establish a chemically defined medium for culturing of gametophytes and for producing of sporophytes on *Macrocystis pyrifera* by KUWABARA and

NORTH (1980) and KUWABARA (1981). NAKAHARA (1984) investigated nutritionally the correlation between growth and nutrition of *Desmarestia viridis*, *D. ligulata*, *Laminaria japonica*, *Alaria crassifolia*.

A previous paper (MOTOMURA and SAKAI 1981) reported that axenic female gametophytes of *Laminaria angustata* grew only vegetatively into branched uniseriate filaments in a defined synthetic medium (ASP₁₂ NTA). But oogenesis was induced in the same medium when higher concentration of Fe-EDTA was added, as well as in an enriched natural seawater medium (PESI).

In the present study, the effects of various chemical elements on gametogenesis were investigated in male gametophytes of *L. angustata*, female and male gametophytes of *L. japonica* and monoecious gametophytes of *Desmarestia ligulata*. The present results confirmed that the gametogenesis of these gametophytes were induced by the medium containing high concentration of iron or boron-deficiency.

1) This study was partially supported by a Grant-in-Aid for Fundamental Scientific Research from the Ministry of Education, Science and Culture of Japan (No. 00554217), and the Ministry of Agriculture, Forestry and Fisheries (BCP 84-II-1-1).

Materials and Methods

The mature sporophytes of *Laminaria japonica* ARESCHOUG and *L. angustata* KJELLMAN were collected at Charatsunai, Muroran, Hokkaido, Japan in November 1980, and the axenic gametophytes were obtained by culturing zoospores which were washed with a capillary pipette method. The female and male gametophytes of *L. japonica* were preserved separately in ASP₁₂NTA medium (PROVASOLI 1963) at 10°C, 14:10 hrs LD cycle and 2000–4000 lux provided by cool white fluorescent lamps. In the case of male gametophytes of *L. angustata*, they were preserved in iron-free ASP₁₂NTA medium, because they usually formed antheridia in regular ASP₁₂NTA medium. In this conditions, they grew only vegetatively into small tufts (1–3 mm diam. after one month's culture). The monoecious gametophytes of *Desmarestia ligulata* (LIGHTFOOT) LAMOUROUX (Strain No. MK-030) also grew vegetatively in ASP₁₂NTA medium at 14°C, 14:10 hrs LD cycle, and 2000–4000 lux. These preserved gametophytes were used in the present study. Culture vessels used were screw-cap test tubes (18 mm×135 mm) containing 10 ml medium or 100 ml Erlenmeyer flasks containing 30 ml medium.

The basal medium based on ASP₁₂NTA was prepared by omitting each objective nutrient (NaNO₃, Na₂ glycerophosphate and various trace elements composed in PII metals), and test media were then made up by the additions of different concentrations of the objective nutrient. Effects of NaNO₃, Na₂ glycerophosphate, iodine (as KI), boron (as H₃BO₃), iron (as EDTA 1:1 molar, PROVASOLI 1968), manganese (as MnCl₂), zinc (as ZnCl₂) and cobalt (as CoCl₂) on the gametogenesis of *L. japonica* gametophytes were tested. On *L. angustata* male gametophytes, the effects of iron and boron were tested in different concentrations. As the test medium of boron, iron-free ASP₁₂NTA medium was used. The effect of iron on the gametogenesis of *D. ligulata* was examined by culture grown in both ASP₁₂NTA

basal media containing 0–4.0 mg-B/l.

In these experiments, small tufts of gametophytes were cut by glass knife into small fragments of filaments, and such fragments were inoculated into each test medium. Culture for experiment of 2 species of *Laminaria* gametophytes were conducted at 10°C on a 14:10 hrs LD cycle of 2000–4000 lux cool white fluorescent light, and the experiment of *Desmarestia* was carried out at 10°C on a 10:14 hrs LD cycle under the same illumination. All experiments were carried out aseptically and the results were obtained after two weeks from inoculation. The percentages of oogonium-bearing female gametophytes of *L. japonica* were determined by random counting more than 200 gametophytes. Furthermore, the gametogenesis of *Laminaria* male gametophyte was shown in table as + (effective), ± (slightly effective) and – (no effective) by examining the degree of antheridium formation on several male gametophytes under light microscope.

Results

The gametogenesis of *Laminaria japonica* female and male gametophytes were not promoted by the addition of NaNO₃ (0, 100, 200, 300, 400 mg/l) and Na₂ glycerophosphate (0, 30, 60, 90, 120 mg/l) to each basal medium. Similarly, conspicuous effects were not observed by the addition of trace elements such as iodine (0, 50, 100, 200, 300 µg-I/l), manganese (0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 mg-Mn/l), zinc (0, 2, 5, 10, 20 µg-Zn/l) and cobalt (0, 5, 10, 20, 30 µg-Co/l) to the respective basal medium.

On the other hand, Fe-EDTA induced remarkably the gametogenesis of *Laminaria*. In two weeks after inoculation, the percentages of oogonium-bearing female gametophytes of *L. japonica* were 0.9% in iron-free medium, 92.5% in 0.5 mg-Fe/l, 98.6% in 1.0 mg-Fe/l, 99.4% in 2.0 mg-Fe/l and 74.0% in 5.0 mg-Fe/l (Fig. 1) and many eggs were observed (Fig. 3H). The antheridium formations of *L. japonica* and *L. angustata* were also induced greatly by adding iron to the basal medium, and many antheridia were

Table 1. Effect of iron chelated with EDTA on antheridium formation of *L. angustata* and *L. japonica*

Concentration (Fe-mg/l)	Antheridium formation	
	<i>L. angustata</i>	<i>L. japonica</i>
0	—	—
0.5	+	—
1.0	+	+
2.0	+	+
5.0	+	+

+ = effective, — = not effective.

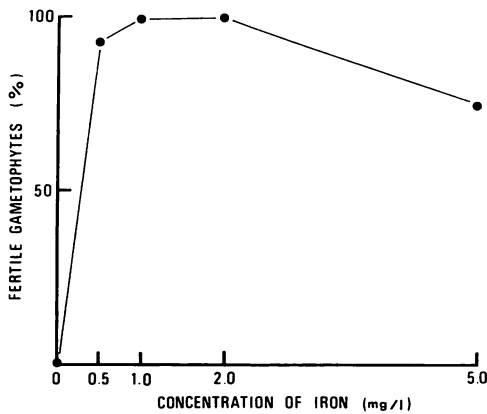


Fig. 1. Effect of iron on the egg formation of *L. japonica* female gametophytes.

observed (Table 1 and Fig. 3 G, I). The male gametophytes of *L. angustata* and the female and male gametophytes of *L. japonica* cultured in iron-free ASP₁₂NTA medium did not differentiate the reproductive cells, and grew only vegetatively into branched uniseriate filaments (Fig. 3 A, B, C). Whereas, PESI medium (TATEWAKI 1966), enriched seawater medium, induced the gametogenesis of *Laminaria* conspicuously (Fig. 3 D, E, F).

In contrast to the effect of Fe-EDTA, boron showed a unique effect on the gametogenesis of *Laminaria*. The percentages of oogonium-bearing gametophytes of *L. japonica* were 55.1% in boron-free medium, 7.4% in 1.0 mg-B/l, 27.0% in 2.0 mg-B/l, 10.0% in 3.0 mg-B/l and 16.7% in 4.0 mg-B/l (Fig. 2), and several eggs were observed on female gametophytes in boron-free ASP₁₂NTA me-

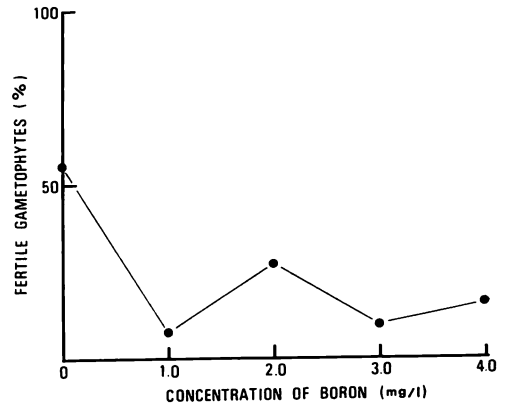


Fig. 2. Effect of boron on the egg formation of *L. japonica* female gametophytes.

Table 2. Effect of boron (as H₃BO₃) on antheridium formation of *L. angustata* and *L. japonica*

Concentration (B-mg/l)	Antheridium formation	
	<i>L. angustata</i>	<i>L. japonica</i>
0	+	+
1.0	+	+
2.0	±	—
3.0	—	—
4.0	—	—

+ = effective, ± = slightly effective, — = not effective.

dium (Fig. 3 K). Many antheridia were also formed conspicuously on *L. angustata* and *L. japonica* male gametophytes (Table 2 and Fig. 3 J, L). This result on *L. angustata* was obtained in the iron-free medium. In the case of test media containing boron and insufficient iron, however, most gametophytes of *Laminaria* continued only vegetative growth.

In the case of gametogenesis of *Desmarestia ligulata*, iron and boron showed similar effects to the *Laminaria* species. In the test medium containing 4.0 mg-B/l, the gametophytes of *D. ligulata* continued to grow vegetatively into uniseriate filaments when 0–0.5 mg-Fe/l was added (Fig. 4 A, B). But gametogenesis was induced slightly at 1.0 mg-Fe/l (Fig. 4 C). At 2.0 mg-Fe/l, gameto-

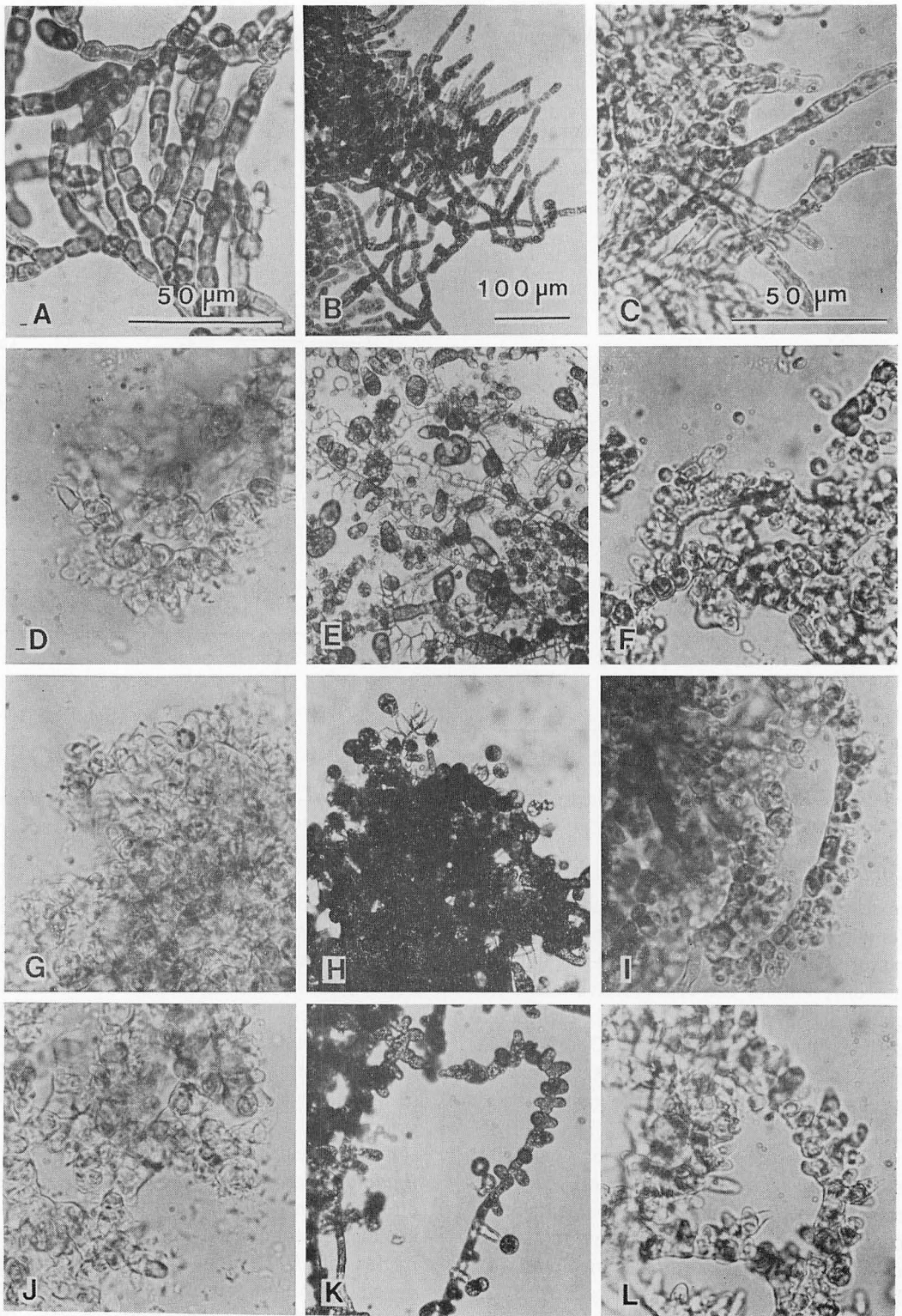


Fig. 3. Effects of iron and boron concentrations on gametogenesis of male gametophytes of *L. angustata* (left), female gametophytes (middle) and male gametophytes (right) of *L. japonica* after 14 days: A-C=Fe-0 mg/l; B-2.0 mg/l; D-F=PESI medium; G-I=Fe-2.0 mg/l; B-2.0 mg/l; J-L=Fe-0 mg/l, B-0 mg/l; Scale=50 μ m (left and right) and=100 μ m (middle).

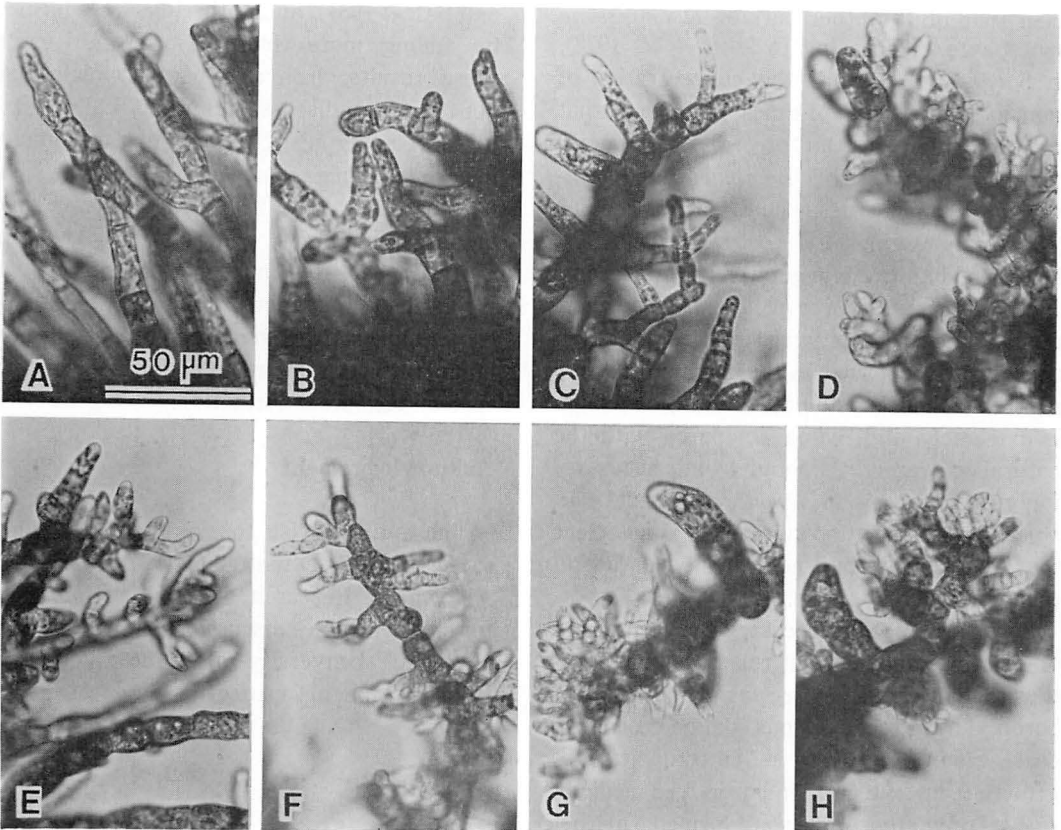


Fig. 4. Effects of iron and boron concentration on gametogenesis of monoecious gametophytes of *D. ligulata* after 14 days: A-D=B-4.0 mg/l; E-H=B-0 mg/l; A, E=Fe-0 mg/l; B, F=Fe-0.5 mg/l; C, G=Fe-1.0 mg/l; D, H=Fe-2.0 mg/l; Scale=50 μ m.

genesis, especially antheridium formation, was induced strongly (Fig. 4 D). Whereas, the gametogenesis was induced a little in the medium lacking in both boron and iron (Fig. 4 E), and was induced significantly in this medium added 0.5 mg-Fe/l, 1.0 mg-Fe/l and 2.0 mg-Fe/l (Fig. 4 F, G, H).

Discussion

In a previous paper (MOTOMURA and SAKAI 1981), the authors reported that the oogenesis of *L. angustata* was induced strongly by the addition of iron (Fe-EDTA at 2.0 mg-Fe/l) to synthetic medium based on ASP₁₂NTA, and was slightly inhibited by the addition of boron. The oogonium formation of this alga was not promoted in the media containing various

concentration of nutrients such as nitrate, phosphate, manganese, zinc and cobalt. The present study confirmed that the formation of oogonia and antheridia in two *Laminaria* species and one *Desmarestia* species can be regulated by the addition or removal of iron and boron in a laboratory culture.

It is well known that many algae require concentration of iron for growth and also believed that iron acts as a co-factor for many enzymatic reactions. However, the specific function of iron in the algae is still obscure. In some brown algae, such as *Laminaria* and *Sargassum*, it is found that the concentration of accumulated iron is considerably different between fertile part and other part of the same individual plant. HOSODA (1972) reported that the concentration of iron in the fertile part was lower

than that of the other part of *L. longissima* sporophyte. According to ISHII *et al.* (1978), in *Sargassum horneri*, the concentration of iron in lamina was 20 times as much as that of receptacle. In the present experiment, the gametophytes of *Laminaria* and *Desmarestia* which were cultured in regular (containing 0.1 mg-Fe/l) or iron-free ASP₁₂ NTA medium grew vegetatively, and reproductive structure never occurred. However, their gametogenesis was induced by high concentration of iron in the medium (0.5-5.0 mg-Fe/l). This amount of iron in the medium is extremely high value compared with the natural seawater. Although iron is necessary for gametogenesis of *Desmarestia* and *Laminaria* in a laboratory culture, it is not clear that much iron has accumulated or not in their reproductive cells.

Boron seems to be necessary for the growth of diatoms, and it is not related to photosynthesis, since *Cylindrotheca fusiformis* required boron during the periods of heterotrophic dark growth as well as autotrophic light growth (LEWIN 1966). In boron-free medium, *Fucus edentatus* embryos formed neither apical hairs nor secondary rhizoids (MC LACHLAN 1977). In *Ulva* and *Dictyota*, boron promoted growth and reproductive maturity (NASR and BEKHEET 1970). And NAKAHARA (1984) reported that boron deficiency in the medium induced strongly the gametogenesis of *Desmarestia ligulata* and *D. viridis*. On the other hand, in higher plants, boron deficiency involves alternations in cellular membranes and ion uptake through membrane (POLLARD *et al.* 1977, MOORE and HIRSCH 1983).

According to the present study, the gametogenesis of *Laminaria* and *Desmarestia* was observed when 0-1.0 mg-B/l was added to the basal medium based on ASP₁₂NTA medium (containing 0.1 mg-Fe/l). In the regular ASP₁₂NTA medium containing 2.0 mg-B/l, the gametogenesis of these algae was induced by adding higher concentration of iron (0.5-2.0 mg/l). Especially in *L. angustata*, oogonia were formed in this medium by adding more than 1.0 mg-Fe/l (MOTOMURA

and SAKAI 1981), and antheridia were formed by adding more than 0.5 mg-Fe/l. From these results, iron and boron, which have not fully been discussed physiologically, seem to show antagonistic effects to the gametogenesis of *Laminaria* and *Desmarestia*, but it is not clear that iron is accelerative and boron is inhibitory. The ratio of the concentration of iron and boron in the medium would be significant for gametogenesis of these algae. Iron requirement for antheridium formation seems to be lower level than that of oogonium formation.

Acknowledgement

The authors wish to express their thanks to Dr. M. TATEWAKI of the Institute of Algological Research, Hokkaido University for his valuable discussion, and Prof. A. GIBOR of University of California, Santa Barbara, for his critical reading the manuscript.

References

- HOSODA, K. 1972. Studies on the components of Naga-kombu, *Laminaria longissima*—II. Inorganic elements. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 38: 1405-1409.
- HSIAO, S.I.C. and DRUEHL, L.D. 1971. Environmental control of gametogenesis in *Laminaria saccharina*. I. The effect of light and culture media. Can. J. Bot. 49: 1503-1508.
- HSIAO, S.I.C. and DRUEHL, L.D. 1972a. Environmental control of gametogenesis in *Laminaria saccharina*. II. Correlation of nitrate and phosphate concentration with gametogenesis and selected metabolite. Can. J. Bot. 51: 829-839.
- HSIAO, S.I.C. and DRUEHL, L.D. 1972b. Environmental control of gametogenesis in *Laminaria saccharina*. III. The effects of different iodine concentrations, and chloride and iodide ratios. Can. J. Bot. 51: 989-997.
- ISHII, T., SUZUKI, H. and KOYANAGI, T. 1978. Determination of trace elements in marine organisms—I. Factors for variation of concentration of trace element. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 44: 155-162.
- KUWABARA, J.S. 1981. Gametophytic growth by *Macrocystis pyrifera* (Phaeophyta) in re-

- sponse to various iron and zinc concentrations. *J. Phycol.* 17: 417-419.
- KUWABARA, J.S. and NORTH, W.J. 1980. Culturing microscopic stages of *Macrocystis pyrifera* (Phaeophyta) in Aquil, a chemically defined medium. *J. Phycol.* 16: 546-549.
- LEWIN, J. 1966. Boron as a growth requirement for diatoms. *J. Phycol.* 2: 160-163.
- LÜNING, K. 1980. Critical levels of light and temperature regulating the gametogenesis of three *Laminaria* spp. (Phaeophyceae). *J. Phycol.* 16: 1-15.
- LÜNING, K. and DRING, M.J. 1972. Reproduction induced by blue light in female gametophytes of *Laminaria saccharina*. *Planta* 104: 252-256.
- LÜNING, K. and DRING, M.J. 1975. Reproduction, growth and photosynthesis of gametophytes of *Laminaria saccharina* grown in blue and red light. *Mar. Biol.* 29: 195-200.
- LÜNING, K. and NEUSHUL, M. 1978. Light and temperature demands for growth and reproduction of Laminarian gametophytes in southern and central California. *Mar. Biol.* 45: 297-307.
- McLACHLAN, J. 1977. Effects of nutrients on growth and development of embryos of *Fucus edentatus* PYL. (Phaeophyceae, Fucales). *Phycologia* 16: 329-338.
- MOORE, H.M. and HIRSCH, A.M. 1983. Effects of boron deficiency on mitosis and incorporation of tritiated thymidine into nuclei of sunflower root tips. *Amer. J. Bot.* 70: 165-172.
- MOTOMURA, T. and SAKAI, Y. 1981. Effects of chelated iron in culture media on oogenesis in *Laminaria angustata*. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* 47: 1535-1540.
- MÜLLER, D.C. and LÜTHE, N.M. 1981. Hormonal interaction in sexual reproduction of *Desmarestia aculeata* (Phaeophyceae). *Br. Phycol. J.* 16: 351-356.
- MÜLLER, D.G. and MEEL, H. 1982. Culture studies on the life history of *Arthrocladia villosa* (Desmarestiales, Phaeophyceae). *Br. Phycol. J.* 17: 419-425.
- NAKAHARA, H. 1984. Alternation of generations of some brown algae in unialgal and axenic cultures. *Sci. Pap. Inst. Alg. Res., Hokkaido Univ.* 7: 77-194.
- NAKAHARA, H. and NAKAMURA, Y. 1971. The life history of *Desmarestia tabacooides*. *Bot. Mag. Tokyo* 84: 69-75.
- NASR, A.H. and BEKHEET, I.A. 1970. Effect of certain trace elements and soil extract on some marine algae. *Hydrobiologia* 36: 53-60.
- POLLARD, A., PARR, A.J. and LOUGHMAM, B.C. 1977. Boron in relation to membrane function in higher plants. *J. Exp. Bot.* 28: 831-841.
- PROVASOLI, L. 1963. Growing marine seaweeds, *In: Proc. IVth Seaweed Symp.* 1961: 9-17. Pergamon Press, New York.
- PROVASOLI, L. 1968. Media and prospects for the cultivation of marine algae. *In A. WATANABE, and A. HATTORI [ed.], Cultures and collections of algae. Proc. U.S.—Japan Conf. Hakone, Sept. 1966, Jap. Soc. Plant Physiol.:* 63-75.
- SAITO, Y. 1956a. An ecological study of *Undaria pinnatifida* SUR.—I. On the influence of environmental factors upon the development of gametophytes. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* 22: 229-234.
- SAITO, Y. 1956b. An ecological study of *Undaria pinnatifida* SUR.—II. On the influence of the environmental factors upon the maturity of gametophytes and early development of sporophytes. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* 22: 235-239.
- TATEWAKI, M. 1966. Formation of a crustacean sporophytes with unilocular sporangia in *Scytosiphon lomentaria*. *Phycologia* 6: 62-66.
- YABU, H. 1964. Early development of several species of Laminariales in Hokkaido. *Mem. Fac. Fish. Hokkaido Univ.* 12: 1-72.

本村泰三・阪井與志雄: *Laminaria, Desmarestia* の配偶子形成に対する鉄とホウ素による制御

ミツイシコンブ雄性配偶体, マコンブ雌性・雄性配偶体, ウルシグサ配偶体の生殖細胞分化について, 人工合成培地 ASP₁₂NTA を基本培地に用い無菌条件のもとで, 培地中の種々の栄養素について栄養実験を行った。その結果, (1)培地中の鉄濃度が低い場合には単列糸状の栄養生長を繰り返すが, 2.0 mg/l の鉄を含む培地中では顕著に生殖細胞が分化する。(2)培地中の鉄濃度が低い場合でも培地中からホウ素を除去することにより, 生殖細胞が分化する。以上のことから, コンブ・ウルシグサの配偶体の成熟は, 培地中の鉄とホウ素の濃度により制御できることが明らかになった。(051 室蘭市母恋南町 1~13, 北海道大学理学部付属海藻研究施設)

**Morphological study of the freshwater red alga, *Caloglossa*
leprieurii (MONT.) J. AG. var. *angusta* JAO
(Rhodophyta, Ceramiales) from China**

Ryozo SETO* and Chin Chih JAO**

* *Kobe College, Research Institute, Mishinomiya, 662 Japan*

** *Institute of Hydrobiology, Academia Sinica, Wuhan, Hubei,
People's Republic of China*

SETO, R. and JAO, C.C. 1984. Morphological study of the freshwater red alga, *Caloglossa leprieurii* (MONT.) J. AG. var. *angusta* JAO (Rhodophyta, Ceramiales) from China. Jap. J. Phycol. 32: 216-220.

The isotype specimen of *Caloglossa leprieurii* (MONT.) J. AG. var. *angusta* JAO (1941), No. SC1105 (Fig. 1) was examined again and the structures of the vegetative organs are observed in detail. Based on the manner of the secondary branch development, the present variety belongs to *C. leprieurii*.

Key Index Words: *Caloglossa leprieurii* var. *angusta*; *China*; *freshwater Rhodophyta*; *morphology*.

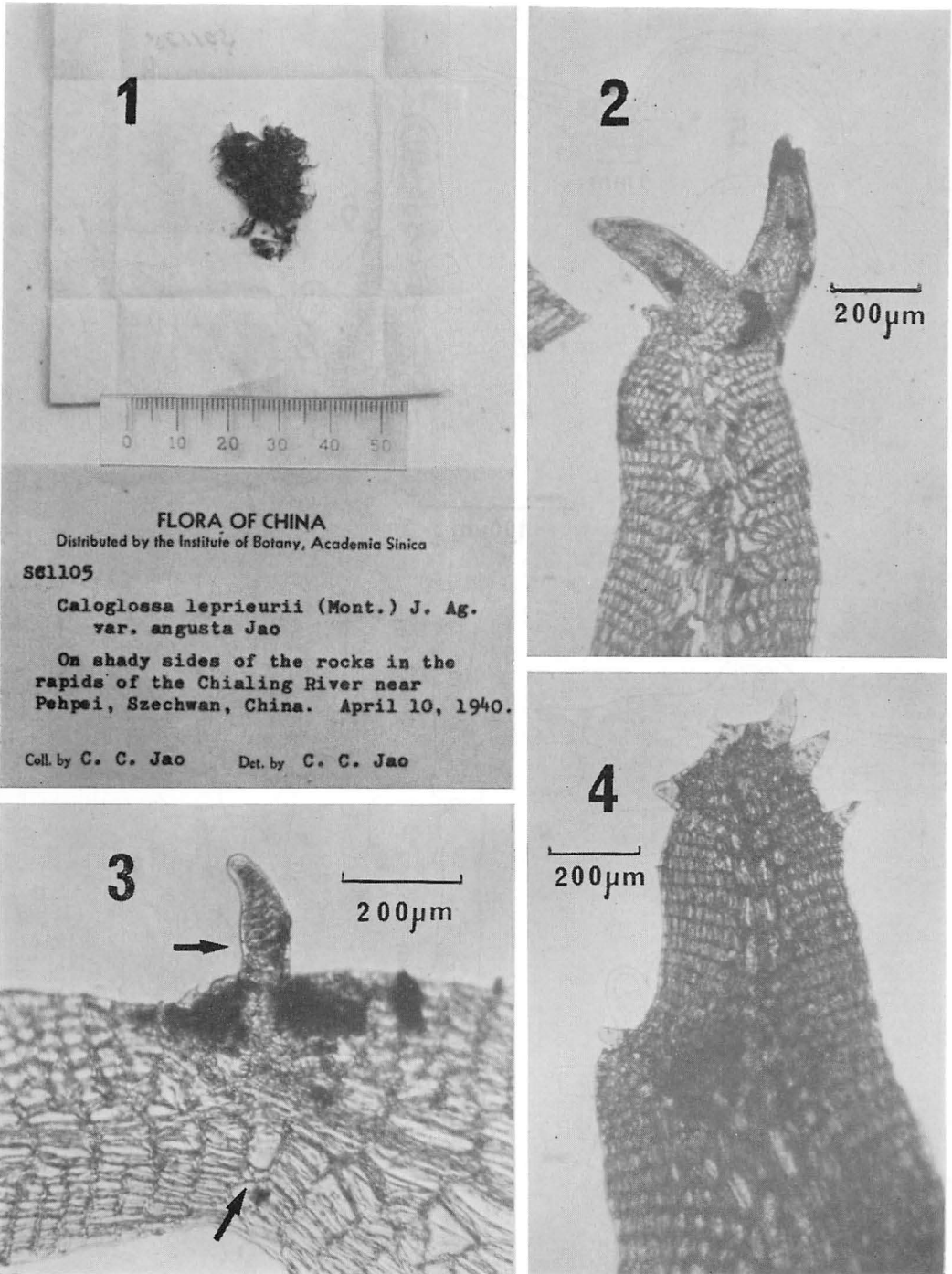
The morphological studies of the genus *Caloglossa* have been reported by various workers. POST (1936) emphasized that as the characteristic of the species rank, *Caloglossa leprieurii* (MONT.) J. AGARDH had the secondary proliferated leafy branch, which was always formed endogenously from the midrib at the node. While in *Caloglossa ogasawaraensis* OKAMURA, the secondary proliferated leafy branches are exogenously formed at the margin of the leafy branch. OKAMURA (1897, 1951) also mentioned that *C. leprieurii* had the secondary proliferated leafy branches endogenously formed, while *C. ogasawaraensis* had those formed exogenously. In other words, *C. ogasawaraensis* distinguishes from *C. leprieurii* in having the secondary proliferated leafy branches formed endogenously. PAPPENFUSS (1961) reported that the secondary proliferated leafy branches of *C. leprieurii* were endogenously formed from central cell of the midrib. KUMANO (1978) described that many secondary proliferated branches were exogenously formed at the margin of the leafy

branches of *C. ogasawaraensis* var. *latifolia*. JAO (1941) described that the fronds of *C. leprieurii* var. *angusta* were proliferous from both midribs and margins. He assigned this variety to *C. leprieurii*.

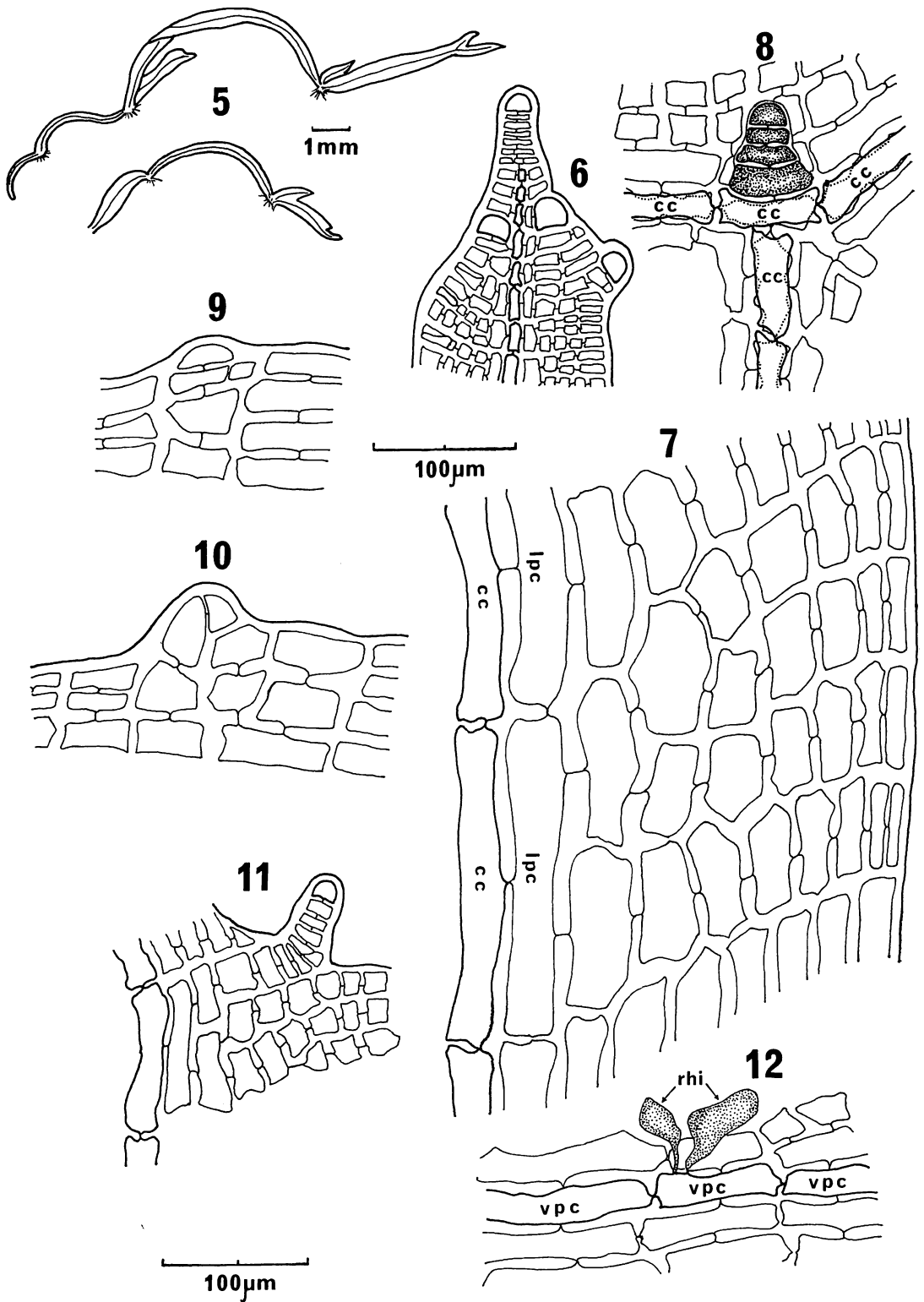
Observations

Caloglossa leprieurii (MONT.) J. AG. var. *angusta* JAO, Figs. 1-12. Examined specimen: specimens of the frond were collected on the shady sides of the rocks in the rapids of the Chialing River near Pehpei, Szechwan, China, on April 10, 1940. The fronds were growing very abundantly. Collector C.C. JAO, specimen No. SC1105 isotype (Fig. 1).

Fronds are ca. 2 cm high, brownish-red tufted and creepingly stolon-shaped. Leafy branches are ca. 3.0-7.3 mm long, ca. 0.5-0.8 mm width, regular downwards arcuated, linear and slightly or not at all constricted at the node (Figs. 1, 5). A dome-shaped apical cell of primary leafy branches cuts off segments by transverse division. Each segment cell undergoes divisions into a cen-



Figs. 1-4. *Caloglossa leprieurii* (MONT.) J. AG. var. *angusta* JAO. 1. Herbarium specimen of SC1105; 2. Apical portion of fronds, showing dichotomous primary branches; 3. Two secondary proliferated leafy branches arising from the central cell at the node of the primary branch; 4. The uppermost portion of a leafy branch, showing small secondary proliferated leafy branches arising exogenously at the margin.



tral cell, four pericentral cells and lateral cells of the wing (Fig. 6). Thus lateral cells become monostromatically arranged with usually 4 rows per a central cell on each side of the wings. The lowermost row of lateral cells consists of 8 cells (Fig. 7). The ramification is dichotomous, but the two arms of the primary branches are not equal in their size. One arm is often completely suppressed, so that ramification becomes frequently pseudodichotomous (Figs. 2, 5). Secondary proliferated leafy branches are endogenously formed at the node from the dorsal side of the central cell (Figs. 3, 8). Secondary proliferated leafy branches are also exogenously formed at the internode from the lateral cell of the marginal portion. In the case of the latter, many secondary leafy branches are produced from the upper portion of the primary leafy branch (Figs. 4, 9-11). Initial cells of rhizoids are formed as knob-like protuberances from the ventral pericentral cells at the node (Fig. 12). They are divided and result in unbranched filamentous rhizoids. A cluster of rhizoids consists of 4-5 filaments.

Discussions

POST (1936) emphasized that as the characteristic of the species rank, *C. leprieurii* and *C. leprieurii* var. *hookeri* had the secondary proliferated leafy branch, which was always formed endogenously from the midrib at the node. The former species had 2 or 4 such leafy branches and the latter variety had more than 4 whorl-like leafy branches around

the short stem. While in *C. ogasawaraensis*, the secondary proliferated leafy branches are exogenously formed at the margin of the primary leafy branch. OKAMURA (1897, 1951) also mentioned that *C. leprieurii* had secondary proliferated leafy branches endogenously, while the *C. ogasawaraensis* had those formed exogenously, and this is a criterion to distinguish from *C. leprieurii* and *C. ogasawaraensis*. PAPENFUSS (1961) reported that the secondary proliferated leafy branches of *C. leprieurii* were endogenously formed from the central cells of the midrib. KUMANO (1978) described that many secondary proliferated branches were exogenously formed at the margin of the leafy branches of *C. ogasawaraensis* var. *latifolia*. JAO (1941) described that the fronds of *C. leprieurii* var. *angusta* were sometimes proliferous from both midribs and margins. He assigned this variety to *C. leprieurii* on the basis of the presence of the secondary leafy branches formed endogenously from the midrib.

In the present study it is observed that the secondary proliferated leafy branches of *C. leprieurii* var. *angusta* are endogenously formed from the midrib, and also exogenously at the margin of the leafy branches. Although the endogenous formation of the secondary proliferated leafy branches are observed less frequently than the exogenous, the endogenous formation is considered more important characteristic to distinguish *C. leprieurii* from *C. ogasawaraensis*, because the endogenous formation is more a fundamental manner of the ramification than the exogenous one. The present authors agree

Figs. 5-12. *Caloglossa leprieurii* (MONT.) J. AG. var. *angusta* JAO. 5. Creeping stolon-shaped primary leafy branches, showing regularly downwards arcuated, linear and pseudodichotomous branches, and clusters of rhizoids at the ventral side of the nodes; 6. Apical portion of the primary leafy branch; 7. Surface-view of the half of the wing of the primary leafy branch, showing glateral cells arranged in 4 rows per one central cell and the lowermost row consisting of cells of lateral cells. Transverse pericentral cells are not illustrated; 8. Early stage in the development of the secondary endogenous leafy branch arising from a central cell at the dorsal side of the node; 9-11. Succession stages in early development of the secondary exogenous leafy branches arising at the margin of the internode; 12. Formation of rhizoids, showing two knob-like cells in early stage from the ventral pericentral cell. (cc: central cell, lpc: lateral pericentral cell, rhi: initial stage of rhizoids, vpc: ventral pericentral cell)

with JAO's opinion (1941) that the present variety belongs to the *C. leprieurii*.

Acknowledgements

The authors are grateful to Academia Sinica for their support of the first author's research visit to the People's Republic of China. The authors must also express thanks to the Director Dr. Liu Jiankang, the Deputy Director Dr. Ley Shang-Hao, the Deputy Director Dr. Hu Hung-Chuen of the Institute of Hydrobiology, Academia Sinica, Wuhan, and to Dr. S. KUMANO of Kobe University for their great help during this study.

References

- JAO, C. C., 1941. Studies on the freshwater algae of China. VIII. A preliminary account of the Chinese freshwater Rhodophyceae 12: 274-277.
- KUMANO, S., 1978. Notes on freshwater red algae from West Malaysia. Bot. Mag. Tokyo, 91: 97-107.
- OKAMURA, K., 1897. Algae from Ogasawara-jima. Bot. Mag. Tokyo. 11: 13-14.
- OKAMURA, K., 1951. Icones of Japanese Algae. 1: 179-186, Pl. 36-37. Kazama-shobo, Tokyo.
- PAPENFUSS, G. F., 1961. The structure and reproduction of *Caloglossa leprieurii*. Phycologia. 1: 8-31.
- POST, E., 1936. Systematische und pflanzengeographische Notizen zur *Bostrychia-Caloglossa* Assoziation. Rev. Algol. Paris. 9: 45-65.

瀬戸良三*・饒 欽止**: 中国産淡水紅藻類アヤギヌ属の1変種 *Caloglossa leprieurii* (MONT.) J. AG. var. *angusta* JAO (紅藻類, イギヌ目) の形態学的研究

中国四川省, 北ペイ, 嘉陵江産のアヤギヌ属の1変種 *Caloglossa leprieurii* (MONT.) J. AG. var. *angusta* の基準標本 No. SC1105 の栄養器官を形態学的に研究した。本属の種段階における分類学上の大きな特徴として、二次的葉状枝の形成に2つの異なる様式があることが知られている。本変種は、その二次的葉状枝の形成において2つの異なる様式を併せ持っている。すなわち、その1つは、一次葉状枝の節部中肋の中心細胞から内生的に二次的葉状枝を発出する様式と、他の1つは、一次葉状枝の節間の周辺から外生的に二次的葉状枝を発出する様式とである。筆者らは、前者の発生様式が、分枝においてより基本的であるとの判断に基づいて、本変種が、*Caloglossa leprieurii* に属するものであることを、再確認した。(*662 西宮市岡田山 4-1, 神戸女学院大学研究所, **中華人民共和国湖北省武漢, 中国科学院水生生物研究所)

Some observations on *Batrachospermum intortum* JAO and
B. sinense JAO (Rhodophyta, Nemalionales)
from Szechwan in China

Shigeru KUMANO

*Department of Biology, Faculty of Science, Kobe University,
Rokko-dai, Nada-ku, Kobe, 657 Japan*

KUMANO, S. 1984. Some observations on *Batrachospermum intortum* JAO and *B. sinense* JAO (Rhodophyta, Nemalionales) from Szechwan in China. Jap. J. Phycol. 32 : 221-226.

Observations on the reproductive organs of *B. intortum* and *B. sinense* are presented. The carpogonium-bearing branch of *B. intortum* is spiral, arising from the basal cell and also from the terminal cell of the primary branchlets, and provides many monosporangia laterally. *B. intortum* resembles *B. pseudocarpum* REIS in having monosporangia but differs from the latter in the shape and the size of monosporangia. The trichogyne of *B. sinense* is cuneate, later becomes enlarged and subpyriform. *B. sinense* seems to resemble more closely taxa of the section *Moniliformia* rather than taxa of the section *Turficola*, because the carpogonium-bearing branch of this species provides many elongated bracts, addition to the shape of the mature trichogyne.

Key Index Words: *Batrachospermum intortum*; *Batrachospermum sinense*; *China*; *freshwater Rhodophyta*; *monosporangia*.

JAO (1941) described *B. intortum* from Szechwan in China and assigned this species to the section *Contorta* characterized in having a twisted carpogonium-bearing branch. Among the taxa of the section *Contorta*, four taxa resemble each other in having monosporangia. An attention is given to the taxonomic distinction among these four taxa. On the other hand, JAO (1941) described *B. sinense* and assigned it to the section *Turficola* on the basis of the shape of the trichogyne. The status of this species is also discussed in the present paper.

Specimens used in the Present Study

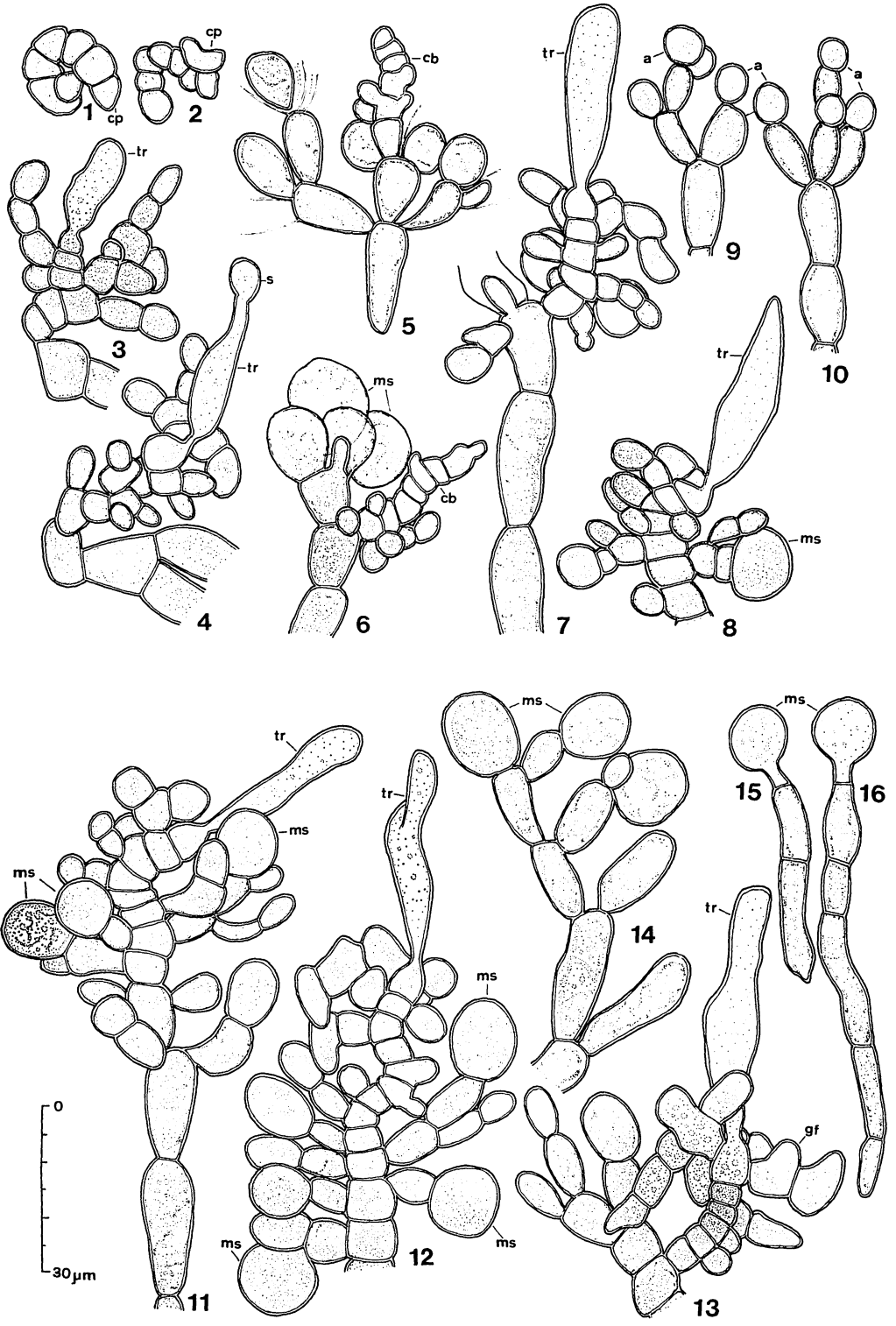
Herbarium specimens used in the present study were collected from China by Dr. JAO Chin Chih of Institute of Hydrobiology, Academia Sinica. Specimen of *B. intortum* was collected from the submerged roots of willow in a pond connected with springs

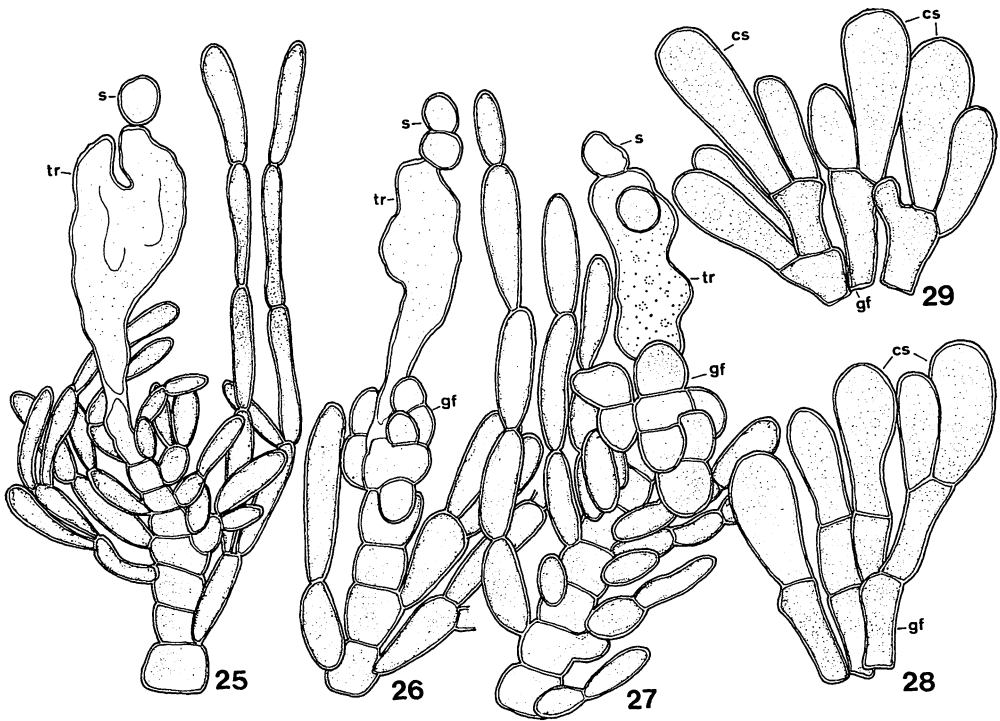
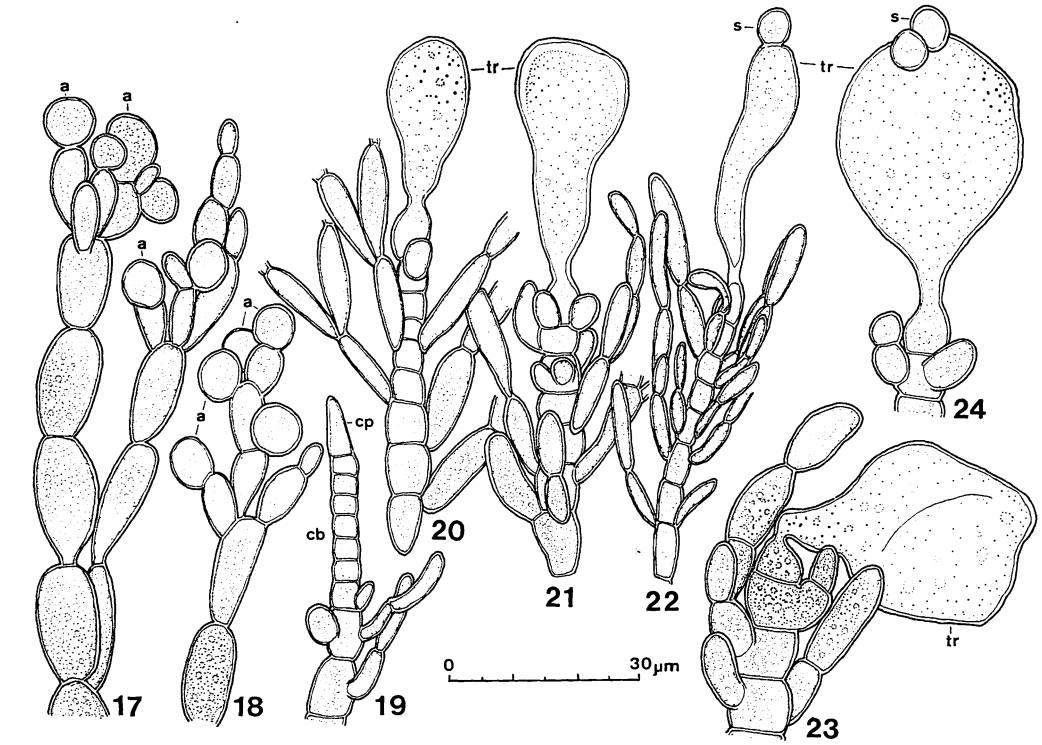
near Lung-chu-sze, Pa-hsien, Szechwan on January 9th in 1940: Herbarium Number SC-1114. Specimen of *B. sinense* was collected from rocks in a mountain stream, about four miles south of Hwang-kuo-shu, Pehpei, Szechwan on February 25th in 1940: Herbarium Number SC-1148.

Observations and Discussions

1. *Batrachospermum intortum* JAO (Figs. 1-16)

The carpogonium-bearing branch of this species arises from the basal cell and also from the terminal cell of the primary branchlets. The carpogonium-bearing branch, which arises from the basal cell of the primary branchlets, is spirally coiled and composed of 4-6 disc-shaped cells. The terminal portion of carpogonium sticks out (Fig. 2), club-shaped trichogynes are formed symmetrically (Fig. 3), sometimes asymme-





trically (Fig. 4). The carpogonium-bearing branch, which arises from an obovoid cell of the terminal portion of the primary branchlets, is less spiral and composed of 4-12 disc-shaped cells. In the early stage in development (Fig. 5), the terminal portion of carpogonium sticks out (Fig. 6), becomes an initial of the trichogyne and gives rise to a club-shaped trichogyne (Fig. 7-8). Gonimoblast filaments are observed to be produced not only from the basal portion of the carpogonium but also from the hypogynous cell (Figs. 7, 11-12). The carpogonium-bearing branch produces short bracts composed of a few cells, some of which may elongate to produce spherical monosporangia (Fig. 8, 11-12). Monosporangia are also formed terminal on the primary and secondary branchlets (Figs. 5-6, 14). The mediate filamentous type (INOH 1947) of germination of monospores is observed in the present specimen (Figs. 15-16). Antheridia are globose, terminal or lateral on the primary and secondary branchlets and 5-7 μm in diameter, smaller than monosporangia.

Among the taxa belonging to the section *Contorta*, four species of *Batrachospermum* have been reported to furnish monosporangia besides carposporangia. *B. lusitanicum* REIS

1965 and *B. waitapense* KUMANO 1983 were reported to furnish the monosporangia terminating the primary and the secondary branchlets. On the other hand, *B. intortum* JAO 1941 and *B. pseudocarpum* REIS 1973 are alike in having the monosporangia terminating the laterals of the carpogonium-bearing branch. In the present paper, it is confirmed that *B. intortum* JAO differs from *B. pseudocarpum* REIS in the size and the shape of the monosporangia. The monosporangia are 20-23 μm long and obovoidal in shape for *B. pseudocarpum*, while the monosporangia are 11-15 μm long and spherical for *B. intortum*.

2. *Batrachospermum sinense* JAO (Figs. 17-29)

Antheridia of this species are terminal or lateral on the primary branchlets, globose and 5-8 μm in diameter (Figs. 17-18). The carpogonium-bearing branch arises from the basal cell of the primary branchlet and consists of 3-9 barrel-shaped cells. In the early stage of development, the carpogonium-bearing branch has few laterals, soon many elongated bracts are produced and embrace the gonimoblast. The terminal portion of a carpogonium sticks out (Fig. 19), then gives rise to a subpyriform trichogyne

Figs. 1-16. *Batrachospermum intortum* JAO

1-4. Carpogonium-bearing branches arising from the basal cells of the whorls; 1, 2. Carpogonium-bearing branches at very early stages; 3. A carpogonium bearing branch with short laterals and a mature trichogyne; 4. A fertilized carpogonium from which a few gonimoblast filaments are developed; 5-8, 11-13. Carpogonium-bearing branches arising from the terminal cells of the whorls; 5, 6. Carpogonium-bearing branch in early stage of development and monosporangia formed terminal on the primary and secondary branchlets; 7. A carpogonium-bearing branch with a mature trichogyne and short laterals; 9, 10. Antheridia terminal on the primary and secondary branchlets; 8, 11-12. Monosporangia formed terminal on short laterals of the carpogonium-bearing branches; 12. Gonimoblast filaments arising from a hypogynous cell; 13. A fertilized carpogonium from which gonimoblast filaments are formed; 14. Monosporangia terminal on the primary branchlets; 15-16. Germinating monospores. (a: antheridium, cb: carpogonium-bearing branch, gf: gonimoblast filament, ms: monosporangium, s: spermatium, tr: trichogyne)

Figs. 17-29. *Batrachospermum sinense* JAO

17-18. Antheridia terminal on the primary branchlets; 19. A carpogonium-bearing branch at very early stage in development; 20-21, 23. Different stages in development of trichogyne; 22. A fertilized carpogonium with a cuneate trichogyne; 24. A fertilized carpogonium with a roundish trichogyne like a balloon; 25-27. Development of gonimoblast filaments arising from the fertilized carpogonium; 28-29. Subcuneate carposporangia terminal on the gonimoblast filaments. (a: antheridium, cb: carpogonium-bearing branch, cp: carpogonium, cs: carposporangium, gf: gonimoblast filaments, s: spermatium, tr: trichogyne)

with an indistinct stalk (Figs. 20-21). The mature trichogyne becomes inflated like a balloon (Fig. 23). The trichogyne is cuneate (Fig. 22), sometimes it is roundish or obovate (Fig. 24). After fertilization, the connection between the trichogyne and the basal portion of the carpogonium is closed (Fig. 25) and the manner of the development of the gonimoblast filaments is the same as those observed in the other taxa of *Batrachospermum* (Figs. 26-27). The gonimoblast grows out into radially branched filaments, on which carposporangia are terminated. Carposporangia are subcuneate, 10-11 μm wide and 24-27 μm long (Figs. 28-29).

To the section *Turficola* SIRODOT (1884) assigned one species, *B. vagum*, with ten varieties, most of which are regarded as nothing but modifications of species by ISRAELSON (1942). KYLIN (1912) divided *B. vagum* into two subspecies, *keratophytum* and *flagelliforme*. ISRAELSON (1942) mentioned that the former is alike *B. vagum* itself and the latter must be called *B. vogesiacum* T. G. SHULTZ accordance with SKUJA (1938). Two varieties of *B. vagum*, *periplocum* SKUJA 1963 and *undulato-pedicellatum* KUMANO et WATANABE 1983, have been described. Three species belonging to the section *Turficola* have been described, viz., *B. sinense* JAO 1941, *B. globosporum* ISRAELSON 1942 and *B. gulbenkianum* REIS 1965. Among the above-mentioned taxa, *B. globosporum* seems better to be assigned to the section *Contorta* rather than to the section *Turficola*, because the carpogonium-bearing branch for *B. globosporum* strongly curved and the trichogyne is formed asymmetrically.

The section *Turficola* is characterized by the trichogyne which is sessile or indistinctly stalked, elongate conical with the largest diameter distal. JAO (1941) observed that the trichogyne of *B. sinense* is cuneate in shape before fertilization, and it becomes subpyriform after fertilization. JAO (personal communication) considered that the shape of trichogyne before fertilization is regarded as an original and typical character and seems to be more important to the taxonomic judge-

ment, thus JAO (1941) assigned this species to the section *Turficola*. In the present study, it is observed that the young trichogyne of *B. sinense* is cuneate, however, the mature trichogyne becomes roundish or obovate, sometimes inflated like a balloon before fertilization. The carpogonium-bearing branch of this species is composed of barrel-shaped cells and provides many elongated bracts. These characters are also observed in the taxa of the section *Moniliiformia*, so that, *B. sinense* resembles more closely those of the section *Moniliiformia* rather than those of the section *Turficola*.

Acknowledgements

The author wishes to express his sincere thanks to Prof. Dr. JAO Chin Chih of the Institute of Hydrobiology, Academia Sinica (Wuhan) for the offer of the specimens of *Batrachospermum* and for the critical reading the manuscript. The author thanks Academia Sinica and the Japan Society for the Promotion of Science for their financial supports for my research visit to People's Republic of China.

References

- INOH, S. 1947. Development of seaweeds. Hokuryukan, Tokyo. (in Japanese).
- ISRAELSON, G. 1942. The freshwater Florideae of Sweden. *Symbolae Botanicae Upsalienses* 6: 1-134.
- JAO, Chin Chih 1941. Studies on the freshwater algae of China VIII. A preliminary account of the Chinese freshwater Rhodophyceae. *Sinensia* 12: 245-290.
- KUMANO, S. 1983. Studies on freshwater Rhodophyta of Papua New Guinea II. *Batrachospermum woitapense*, sp. nov. from the Papuan Highlands. *Jap. J. Phycol.* 31: 76-80.
- KUMANO, S. and WATANABE, M. 1983. Two new varieties of *Batrachospermum* (Rhodophyta) from Mt. Albert Edward, Papua New Guinea. *Bull. Natn. Sci. Mus., Tokyo, ser. B*, 9: 85-94.
- KYLIN, H. 1912. Studien über die Schwedischen Arten der Gattungen *Batrachospermum* und *Sirodotia*. *Nova Acta Regiae Societatis Scientiarum Upsaliensis ser. 4*, 3: 1-40.
- REIS, M. P. 1965. Subsídios para o conhecimento

- das Rhodoficeas de agua doce de Portugal V. Bol. Soc. Brot. Coimbra 34 (ser. 2) : 137-156.
- REIS, M.P. 1973. Subsidios para o conhecimento das Rhodoficeas de agua doce de Portugal VIII. Bol. Soc. Brot. Coimbra 47 (ser. 2) : 139-157.
- SIRODOT, S. 1884. Les Batrachospermes. Libraire de l'Academie de Medecine. Paris.
- SKUJA, H. 1938. Die Süßwasserrhodophyceen der Deutschen Limnologischen Sunda-Expedition. Arach. f. Hydrobiologie suppl. Bd., 15: 603-636.

熊野 茂： 中国四川省産カワモツク属の2種, *Batrachospermum intortum* JAO と *B. sinense* JAO (紅藻・ウミゾウメン目) について

鏡欽止 (1941) の記載した表記2種の模式標本を詳細に観察し、生殖器官について若干の知見を再確認し、分類上の地位を考察した。

1. *Batrachospermum intortum* JAO (中国名, 絞紐串珠藻) 本種の造果器をつける枝はコイル状に巻き、輪生枝基部細胞と先端の細胞の両方から発出する。また多数の単孢子嚢が形成される。単孢子嚢の大きさと形とによって *B. pseudocarpum* REIS と区別することができる。

2. *Batrachospermum sinense* JAO (中国名, 中華串珠藻) 本種の若い受精毛はくさび形であるが成熟すると膨張して逆西洋梨形になる。また造果器をつける枝は長い樽形の細胞からなり、長い側枝が嚢果を包むように伸びる。これらの形質は本種がモニリフォルミア節に近いことを暗示している。(657 神戸市灘区六甲台町1-1 神戸大学理学部生物教室)

The identity of *Gigartina prolifera* HARIOT (Rhodophyta)

Shigeo KAWAGUCHI and Michio MASUDA

Department of Botany, Faculty of Science, Hokkaido University,
Sapporo, 060 Japan

KAWAGUCHI, S. and MASUDA, M. 1984. The identity of *Gigartina prolifera* HARIOT (Rhodophyta). Jap. J. Phycol. 32: 227-233.

The original specimens of the red alga *Gigartina prolifera* HARIOT collected in Japan were examined to clarify its identity and a lectotype was designated. Solitary tetrasporangia cut off as side branches from the cortical cells were found in the lectotype specimen; this feature distinguishes the species from *Gigartina* species which have catenate tetrasporangia. The species is most similar to the alga currently known in Japan as *Carpopeltis flabellata* (HOLMES) OKAMURA in gross morphological, anatomical and tetrasporangial features. *Gigartina prolifera* HARIOT has nomenclatural priority over *Grateloupia flabellata* HOLMES, the basionym of *Carpopeltis flabellata* (HOLMES) OKAMURA. Accordingly, the new combination *Carpopeltis prolifera* (HARIOT) KAWAGUCHI et MASUDA is proposed.

Key Index Words: *Carpopeltis*; *Carpopeltis flabellata*; *Carpopeltis prolifera*; *Gigartina*; *Gigartina prolifera*; *Halymeniaceae*; *Rhodophyta*; *taxonomy*; *typification*.

Gigartina prolifera HARIOT (1891) was first described on the basis of material collected at Yokosuka, Kanagawa Prefecture, on the Pacific coast of central Japan by SAVATIER, but details of the reproductive features were not given. Later, COTTON (1907) reported this species from Korea and stated that the cystocarps were embedded in more or less regularly arranged marginal proliferations. OKAMURA (1902 1916) pointed out that this species might not be referable to the genus *Gigartina*, although he did not give any further information. Since then, the species has not been mentioned in the literature. KIM (1976), who published a taxonomic revision of the family Gigartinaeae, overlooked this binomial and made the illegitimate combination, *Gigartina prolifera* (J. AGARDH) KIM for *Rhodoglossum proli-*

ferum J. AGARDH (1884)*.

HARIOT (1891) and COTTON (1907) stated that in general habit *Gigartina prolifera* resembles *G. mammillosa* (GOODENOUGH et WOODWARD) J. AGARDH, which is a synonym of *G. stellata* (STACKHOUSE et WITHERING) BATTERS. Four species of *Gigartina* subgenus *Mastocarpus*, including *G. stellata*, were recently separated from *Gigartina* STACKHOUSE and transferred to the reinstated genus *Mastocarpus* KÜTZING (GUIRY et al. 1984). The descriptions of the vegetative and reproductive features of *G. prolifera* given by HARIOT (1891) and COTTON (1907) are insufficient to decide whether the alga belongs to *Mastocarpus*, *Gigartina* or another genus. In the present paper the taxonomic status of the alga is examined based on observation of HARIOT's voucher specimens.

Materials and Methods

Fifteen specimens of *Gigartina prolifera* HARIOT collected by SAVATIER and deter-

* As KIM's (1976) merging of the genus *Rhodoglossum* J. AGARDH with *Gigartina* STACKHOUSE has not been widely accepted (SILVA 1979) it would be entirely inappropriate to make any proposals regarding the status of *Gigartina prolifera* (J. AGARDH) KIM.

mined by HARIOT are now preserved in the Laboratoire de Cryptogamie, Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris (PC) (ARDRÉ, pers. comm.). Of these, 8 specimens on loan from PC were examined with the kind help of Dr. F. ARDRÉ. Sections were made by hand using a razor blade, stained with 0.5% (w/v) cotton blue in a lactic acid/phenol/glycerol/water (1:1:1:1) solution and mounted in 50% glycerol-seawater on

microscope slides. Voucher slides are deposited in PC and SAP (the Herbarium of Faculty of Science, Hokkaido University, Sapporo).

Results and Discussion

Morphological and anatomical features of the specimens examined are in agreement with HARIOT's (1891) description. We found,

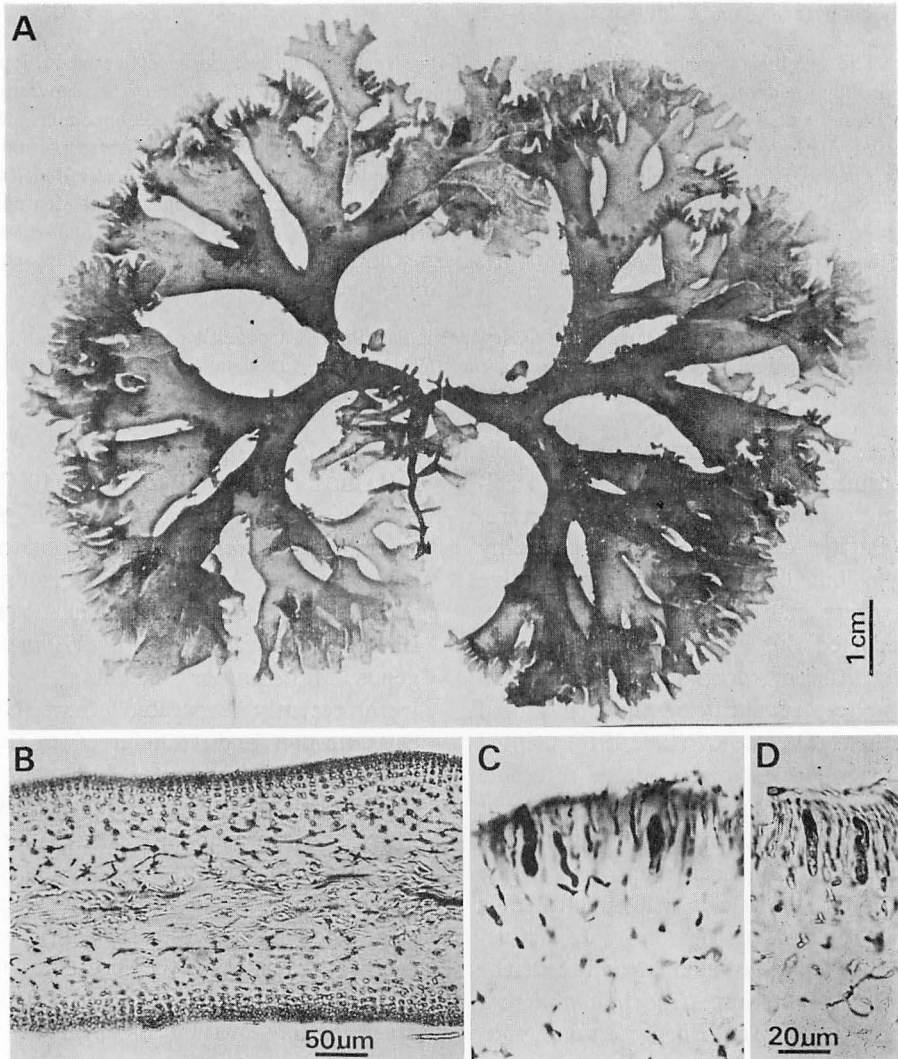


Fig. 1. *Carpopeltis prolifera* (HARIOT) KAWAGUCHI et MASUDA. A. Lectotype specimen collected at Yokosuka, Kanagawa Prefecture, by SAVATIER and deposited in PC. B. Transverse section of the upper portion of the lectotype; note that both the cortex and medulla are reduced. C, D. Transverse sections of the proliferations borne on the lectotype, showing young tetrasporangia cut off as side branches from the cortical cells; note that the cortex and tetrasporangia are reduced. Scale in D applies also to C.

however, that a single specimen has tetrasporangia, although HARIOT (1891) stated that "fructificatio deest". We have selected this specimen as the lectotype (Fig. 1, A) according to Article 7.5 of the International Code of Botanical Nomenclature (ICBN, Voss *et al.* 1983).

The following description is based on the

lectotype specimen. As this specimen is faded we are unable to comment on its original color. The upright thallus is 7 cm high, terete at the base and becoming gradually flattened. It is repeatedly dichotomously divided with rounded axils and bears flabelately expanded branches. The branches are up to 1 cm wide and somewhat obtuse

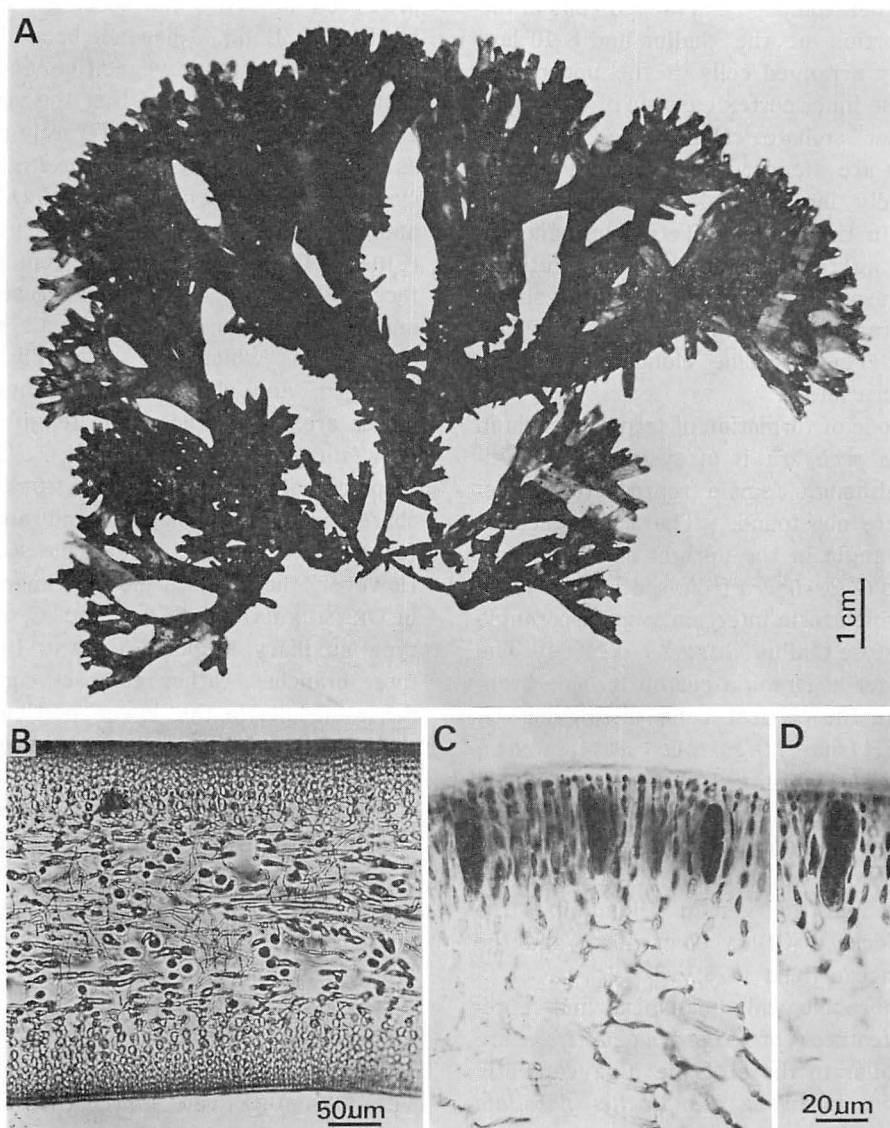


Fig. 2. *Carpopeltis prolifera*. A. Cystocarpic specimen collected at Kamiura, Oita Prefecture, on June 7, 1982 by KAWAGUCHI (SAP 044612). B. Transverse section of the upper portion of the specimen shown in A. C, D. Transverse sections of proliferations formed on a plant collected at Oohama, Oita Prefecture, on June 6, 1982, showing elongated tetrasporangia cut off as side branches from the cortical cells. Scale in D applies also to C.

at the apex and bear many short proliferations on the uppermost parts. Proliferations issue also from both the margin and surface of the thallus. The thallus is of multiaxial construction which is composed of a pseudo-parenchymatous cortex and a filamentous medulla (Fig. 1, B). The outer cortex is composed of small roundish cells arranged in anticlinal cell-rows, each consisting of 20-30 rather compactly arranged cells in the lower portion of the thallus and 8-10 less compactly arranged cells in the upper portion. The inner cortex consists of 4-5 layers of slender stellate cells. The medullary filaments are slender and relatively densely or sparsely intermeshed according to their position in the thallus. Tetrasporangia are borne in aggregations in the proliferations. The tetrasporangial initials are cut off singly as side branches from the cortical cells (Fig. 1, C, D). They become elongated and are divided cruciately.

The mode of formation of tetrasporangia in *Gigartina prolifera* is of systematic significance, although female reproductive structures were not found. The occurrence of tetrasporangia in the upright thallus clearly separates *G. prolifera* from species of *Mastocarpus* which form intercalary tetrasporangia on a crustose thallus (GUIRY *et al.* 1984). The solitary tetrasporangia cut off as side branches from the cortical cells distinguish *G. prolifera* from *Gigartina sensu stricto*, *Iridaea*, *Rhodoglossum* and *Chondrus* which have catenate tetrasporangia formed in an accessory or intercalary position (KIM 1976). Thus, there is no close affinity between *G. prolifera* and the genera belonging to the Petrocelidaceae (GUIRY *et al.* 1984) and the Gigartinaceae (KIM 1976).

The morphological, anatomical and reproductive features of *Gigartina prolifera* are most similar to those of the alga currently known in Japan as *Carpopeltis flabellata* (HOLMES) OKAMURA (Halymeniaceae) (Fig. 2, A-D). It was first described as *Grateloupia flabellata* by HOLMES (1896) on the basis of material collected at Enoshima (near Yokosuka), Kanagawa Prefecture. This species

was subsequently transferred to *Carpopeltis* by OKAMURA (1935). *C. flabellata* has been reported from various localities along the coasts of Japan and Korea (OKAMURA 1935, 1936, KANG 1966). We examined the specimens illustrated by OKAMURA in his *Icones of Japanese algae* (OKAMURA 1935, Pl. 321) and deposited in SAP. Five of the 6 specimens illustrated by OKAMURA (1935) are preserved in SAP; the specimen shown in his Plate 321, fig. 3 has not been detected. Examination of their vegetative and reproductive features revealed that the specimens are referable to what are presently regarded as 3 distinct species of *Carpopeltis*. The 2 cystocarpic specimens in OKAMURA's figs 2 and 6 have the *Aeodes*-type auxiliary ampulla (CHIANG 1970), proliferations from the surface and margin, broad cuneate segments, and a cortex composed of small roundish outer cells, which are relatively loosely arranged, and slender stellate inner cells. These are the characteristic features of *C. flabellata* (KAWAGUCHI, unpubl.). The tetrasporangial specimen in OKAMURA's fig. 1 shares gross morphological and anatomical features with the 2 cystocarpic specimens. However, the cystocarpic specimen shown in OKAMURA's fig. 5 has the *Grateloupia*-type auxiliary ampulla (CHIANG 1970), tortuose branches, rather compact cortex and dense medulla in the lower portion of the thallus. By means of these features it can be identified as *C. crispata* OKAMURA (KAWAGUCHI, unpubl.). The tetrasporangial specimen shown in OKAMURA's fig. 4 is similar to *C. divaricata* OKAMURA in having linear segments arranged in a single plane, very compact cortex with large, roundish inner cells, and a dense medulla (KAWAGUCHI, unpubl.). OKAMURA's confusion of these species was probably due to his original circumscription of *Grateloupia affinis* (HARVEY) OKAMURA var. *lata* OKAMURA (1893) which was later elevated to specific rank as *G. lata* (OKAMURA) OKAMURA (1902). This species was reduced to a synonym of *Grateloupia flabellata* HOLMES by OKAMURA (1916). Later, OKAMURA (1934) separated his *G. lata*

into 2 new species of *Carpopeltis*, *C. divaricata* OKAMURA and *C. crispata* OKAMURA. Judging from OKAMURA'S original description (1893) of *G. affinis* var. *lata* that it has cuneate segments and proliferations from the margin and surface, and from the anatomical features shown in his Pl. 5, figs 8 and 10, *C. flabellata* is also included in his circumscription of *G. lata*. OKAMURA (1934) cited *G. lata* and *G. affinis* var. *lata* ("partim as syn. of *G. flabellata* HOLMES") (p. 31) as synonyms of both *C. divaricata* and *C. crispata*. However, in transferring *G. flabellata* to *Carpopeltis* OKAMURA (1935) did not cite *G. lata* and *G. affinis* var. *lata* as synonyms of it and the resultant binomial was accompanied by a Japanese name, Komenori. The original description of *G. affinis* var. *lata* was accompanied by the same Japanese name and *C. divaricata* and *C. crispata* were accompanied by different Japanese names. This strongly suggests that OKAMURA (1935 1936) probably accidentally omitted *G. affinis* var. *lata* and *G. lata* from

the synonymy list of *C. flabellata*. Thus, it may be concluded that two components of *Grateloupia lata* were described as 2 new species and the remainder, *G. lata sensu stricto* (=Komenori) was reduced to a synonym of *C. flabellata* by OKAMURA (1934 1935). This interpretation is in accordance with Article 53.1 ICBN (Voss *et al.* 1983).

Gigartina prolifera Hariot is identical with *C. flabellata* as circumscribed here in that it has wide cuneate segments, proliferations, a cortex composed of small roundish outer cells and slender stellate inner cells, and narrowly ellipsoid tetrasporangia. HOLMES (1896) illustrated the tetrasporangia of *Grateloupia flabellata* as being broadly ellipsoid. However, species of *Carpopeltis* possess narrowly ellipsoid tetrasporangia as shown in our Fig. 2, C and D (OKAMURA 1893 1909 1934). We examined the holotype specimen of *G. flabellata* on loan from the British Museum (Natural History). The gross morphological and anatomical features are similar to those of *C. flabellata* as circumscribed in the present

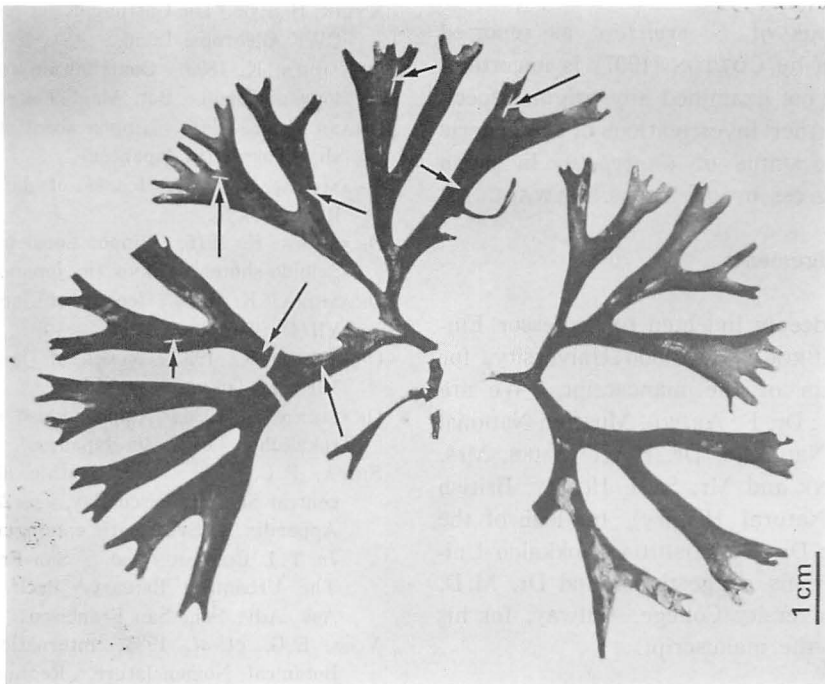


Fig. 3. The holotype specimen of *Grateloupia flabellata* HOLMES collected at Enoshima, Kanagawa Prefecture, on March 20, 1894 and deposited in BM; note the arrows that indicate the positions in which sections were made.

paper. We carefully sectioned many portions of the holotype (Fig. 3, arrows), but we could not find tetrasporangia. Thus, it was not possible to decide the taxonomic relationship between *Grateloupia flabellata* HOLMES and *Gigartina prolifera* HARIOT with any certainty. However, *Gigartina prolifera* is within the circumscription of the genus *Carpopeltis* as currently accepted (KYLIN 1956). *Gigartina prolifera* HARIOT (1891) has nomenclatural priority over *Grateloupia flabellata* and, even though the two species may not be conspecific, we propose the following combination for the alga currently known in Japan as *Carpopeltis flabellata* (HOLMES) OKAMURA:

***Carpopeltis prolifera* (HARIOT) KAWAGUCHI et MASUDA, comb. nov.**

Basionym: *Gigartina prolifera* HARIOT [1891: 220]

Synonyms: *Grateloupia affinis* (HARVEY) OKAMURA var. *lata* OKAMURA [1893 (pro parte): 101, pl. 5, f. 8, 10]. *Grateloupia lata* (OKAMURA) OKAMURA [1902 (pro parte): 87].

The status of *G. prolifera* as reported from Korea by COTTON (1907) is uncertain, as we have not examined any original specimens. Further investigations of the generic and specific status of *Carpopeltis* in Japan are in progress by one of us, KAWAGUCHI.

Acknowledgements

We are deeply indebted to Professor Emeritus M. KUROI, Hokkaido University, for his criticism of the manuscript. We are grateful to: Dr. F. ARDRÉ, Muséum National d'Histoire Naturelle, Dr. P. W. JAMES, Mrs. L. M. IRVINE and Mr. S. H. HONEY, British Museum (Natural History), for loan of the specimens; Dr. T. YOSHIDA, Hokkaido University, for his suggestions; and Dr. M. D. GUIRY, University College, Galway, for his reading of the manuscript.

References

- AGARDH, J.G. 1884. Till algernes systematik. (Afd. 4). VII. Florideae. Lunds Univ. Årsskr. 21: 1-117.
- CHIANG, Y.M. 1970. Morphological studies of red algae of the family Cryptonemiaceae. Univ. Calif. Publ. Bot. 58: 1-95.
- COTTON, A.D. 1907. New or little-known marine algae from the East. Kew Bull. 1907: 260-264.
- GUIRY, M.D., WEST, J.A., KIM, D.-H. and MASUDA, M. 1984. Reinstatement of the genus *Mastocarpus* KÜTZING (Rhodophyta). Taxon 33: 53-63.
- HARIOT, P. 1891. Liste des algues marines rapportées de Yokoska (Japon) par M. le Dr. SAVATIER. Mém. Sci. nat. et mat. Cherbourg 27: 211-230.
- HOLMES, E.M. 1896. New marine algae from Japan. Linn. Soc. J. Bot. 31: 248-260, pl. 7-12.
- KANG, J.W. 1966. On the geographical distribution of marine algae in Korea. Bull. Pusan Fish. Coll. 7(1, 2): 1-125, pl. 1-12.
- KIM, D.-H. 1976. A study of the development of cystocarps and tetrasporangial sori in Gigartineaceae (Rhodophyta, Gigartinales). Nova Hedwigia 27: 1-146.
- KYLIN, H. 1956. Die Gattungen der Rhodophyceen. CWK Gleerups, Lund.
- OKAMURA, K. 1893. Contribution to the phycology of Japan. Bot. Mag. Tokyo 7: 99-102.
- OKAMURA, K. 1902. Nippon sorui meii. Keigyosha, Tokyo (in Japanese).
- OKAMURA, K. 1909. Icones of Japanese algae. II(4). Tokyo.
- OKAMURA, K. 1916. Nippon sorui meii. 2nd. ed. Seibido-shoten, Tokyo (in Japanese).
- OKAMURA, K. 1934. Icones of Japanese algae. VII(4). Tokyo.
- OKAMURA, K. 1935. Icones of Japanese algae. VII(5). Tokyo.
- OKAMURA, K. 1936. Nippon kaiso shi. Uchida-rokakuho, Tokyo (in Japanese).
- SILVA, P.C. 1979. The benthic algal flora of central San Francisco Bay. p. 287-311 [and] Appendix A. Systematic catalogue. p. 313-345. In T.J. CONOMOS [ed.], San Francisco Bay: The Urbanized Estuary. Pacif. Div. Amer. Ass. Adv. Sci., San Francisco.
- VOSS, E.G. et al. 1983. International Code of Botanical Nomenclature. Regnum vegetabile 111: 1-472.

川口栄男・増田道夫：紅藻 *Gigartina prolifera* HARIOT の所属

神奈川県横須賀市の材料に基づいて記載された *Gigartina prolifera* HARIOT の所属を明らかにするために、HARIOT が観察に用いた標本を調査した。タイプ標本とされている複数個体の中から、四分孢子囊を有する個体を選定基準標本に指定して記載を行った。本種の四分孢子囊は皮層細胞から1個の側枝として切り出されてくる点で、スキノリ属 *Gigartina* 及びその近縁属のそれとは明らかに異なる。外部形態、内部構造及び四分孢子囊の位置と形状を検討した結果、本種はわが国でコモノリ *Carpopeltis flabellata* (HOLMES) OKAMURA とされてきた種と同一であるという結論に達した。本種をキントキ属に移して、*Carpopeltis prolifera* (HARIOT) comb. nov. とする。*C. prolifera* はコモノリの学名として *C. flabellata* に対して先取権をもつ。(060 札幌市北区北10条西8丁目 北海道大学理学部植物学教室)

The life history of *Leathesia japonica* INAGAKI (Phaeophyta, Chordariales) in culture

Tetsuro AJISAKA

*Division of Tropical Agriculture, Faculty of Agriculture
Kyoto University, Kyoto, 606 Japan*

AJISAKA, T. 1984. The life history of *Leathesia japonica* INAGAKI (Phaeophyta, Chordariales) in culture. Jap. J. Phycol. 32: 234-242.

A species in the Chordariales was linked through elucidation of its life history with a very simple member of the Ectocarpales. The heteromorphic and haplo- or diplo-biontic life history of *Leathesia japonica* from Wakasa Bay, Honshu, Japan was achieved in culture. Under cooler conditions, zoospore germlings from the unilocular sporangium gave rise the characteristic erect filaments, which were consistent with *Polytretus reinboldii* (REINKE) SAUVAGEAU (Ectocarpales). Unfused swarmers derived from the plurilocular sporangium on the *Polytretus*-like filaments developed into haploid and/or diploid *Leathesia* sporophytes, formerly identified as *L. japonica*. Under cooler conditions, the *Polytretus*-like filaments projected on the *Leathesia* sporophytes, as well. Karyological and morphological chimeras were observed in the same entity, a *Leathesia* sporophyte. The life history of *L. japonica* might support the FRITSCH's (1945) classification: the Chordariales should be merged in the Ectocarpales.

Key Index words: Chordariales; Ectocarpales; Leathesia; life history; Leathesia japonica; Phaeophyta; Polytretus; Polytretus reinboldii.

Leathesia japonica INAGAKI taxonomically belongs to the family Leathesiaceae in the Chordariales. The collections of the species were reported from the northern Pacific part of Japan (Rikuzen and Mutsu) and the middle part of Honshu facing the Japan Sea (Wakasa Bay) (INAGAKI 1958). In the genus *Leathesia*, 11 species have been reported as occurring in Japan and its vicinity by INAGAKI (1958). This author divided the genus *Leathesia* in two sections, section *Leathesia* containing three species, and section *Primariae* containing eight species. In the former section, the frond is hollow and its medullary layer is reticulated and composes of irregular polygonal cells. In the latter section, the frond is very small and solid, and its medullary cells are cylindrical or ellipsoid. *L. japonica* was placed in the latter section by INAGAKI.

Among three species in the former section,

the life histories of *Leathesia difformis* (DANGEARD 1965) and *Leathesia saxicola* (AJISAKA unpublished), have been studied. However, until the present no life history study has been done for eight species belonging to the latter section. The following paper presents the life history of *L. japonica* in culture and its karyological and morphological observations. From this study, it has been found that *Polytretus*-like filaments projected on zoospore germlings of the so-called *L. japonica*.

Material and Methods

Sporophytes of *L. japonica* were collected at Obama in Wakasa Bay of Honshu Island facing the Japan Sea on May 6, 1979. Thalli were found growing epiphytically on *Sargassum hemiphylum* (TURNER) C. AGARDH (Fig. 3 A), which grew on rocks one or two

meters below the low tide mark.

The mature sporophytes collected at low tide, were carried to the laboratory in a cool condition (ca. 5°C). For the culture study, the fertile fronds were rinsed thoroughly with several changes of autoclaved seawater and were dried for about one hour. And they were placed in the petri dishes containing the sterilized seawater until zoospores were obtained. The zoospores showing a negative phototaxis were washed 3-4 times in petri dishes containing the sterilized seawater by the micropipette method under a microscope. Then a little suspension of zoospores was poured over glass slides and left for half an hour for settlement. After the settlement, these slides were washed with a jet of the sterilized seawater and placed into glass vessels (6.5 cm × 8.0 cm) containing 180 ml of medium.

For the investigation of the sexual reproduction, the mixing of swimmers liberated from the different individuals were done under a microscope.

For the single algal culture, each germling adhered to the glass slide was isolated with a micropipette and transferred to a culture test tube (2 cm × 13 cm) containing 10 ml of medium. And the unilocular sporangia of the field and the culture plants, and also the plurilocular sporangia of the culture plants were cut off by needles under a microscope. Each of them was also transferred to a test tube with the micropipette method.

The culture medium used in this study was PROVASOLI'S ES medium. The cultures were incubated in the freezer-incubators illuminated with the cool-white fluorescent lamps (1500-3000 lux) under the following temperature-photoperiod regimes: 20°C: 16-8 hr (Set 1); 20°C: 10-14 hr (Set 2); 15°C: 14-10 hr (Set 3); 15°C: 10-14 hr (Set 4); 10°C: 14-10 hr (Set 5); 10°C: 10-14 hr (Set 6); 5°C: 10-14 hr (Set 7); 25°C: 16-8 hr (Set 8).

For the karyological observations, the germlings in the culture were fixed in alcohol: acetic acid (3:1), and the aceto-iron-haematoxylin-chloral hydrate staining method of WITTMANN (1965) was used.

Results

The culture of zoospores from the sporophytic frond (Fig. 3 A) taken from the field were started on May 8 and 9, 1979. The fertile fronds of the field material had only unilocular sporangia on the basal cells of the assimilating filaments (Fig. 3 B). The mature unilocular sporangium was usually obovoid or ellipsoid, measuring 69-88 μm × 27-37 μm in size.

1) Development of zoospore germlings

The zoospore from the unilocular sporangium was measured 6.0-8.0 μm × 4.0-5.0 μm in size. It was pear-shaped with a single chromatophore and an eyespot, and was laterally biflagellated (Fig. 1 A). The settled zoospore became spherical, measuring 4.0-5.0 μm in diameter (Fig. 1 B).

Within 1-2 days, the settled zoospore germinated by pushing out a protuberance, whose diameter was 1/2-2/3 times as large as that of the settled zoospore (Fig. 1 C). And then, the protuberance transversally divided into two cells (Fig. 1 D). Occasionally, all contents of the zoospore moved into the protuberance.

The germling developed by the successively transversal divisions into a creeping uniseriate filament consisting of 3-6 cells and 40-100 μm in length (Fig. 1 E). The cells near the initial zoospore rounded with a diameter of 6-8 μm , colored dark brown, and produced primary branches (Fig. 1 F). Secondary branches projected on the basal cells of the primary branches and were 8-12 μm in diameter (Fig. 1 G).

Within 2 weeks in Sets 1-4 and 8, as a result of the extensive branching, the zoospore germling developed into a profusely branched filamentous microthallus, measuring 500-800 μm in diameter (Fig. 3 C). It consisted of a large prostrate basal layer and a profusely branched erect portion. Within one month, it grew into a large hemispherical microthallus, measuring 2.0-3.0 mm in diam., but did not project hairs.

In Set 1, multi-seriate plurilocular sporangia were formed on the basal cells of the upright

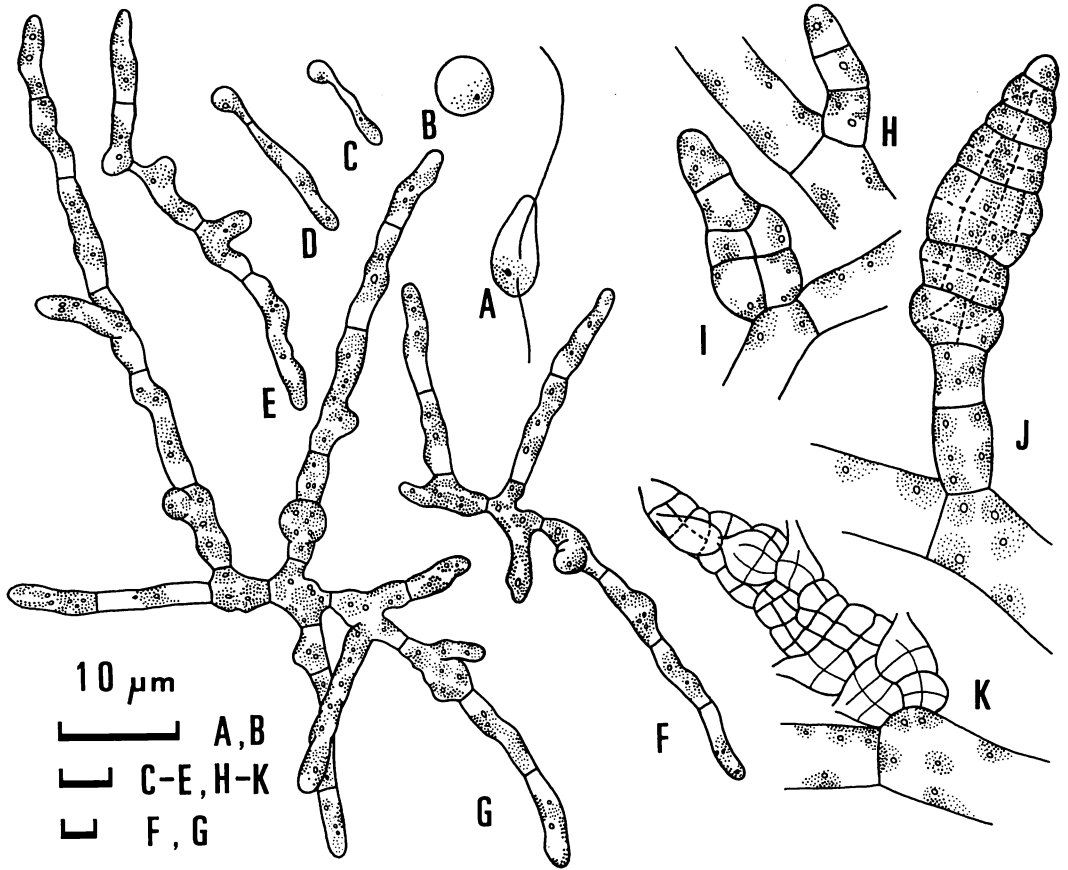


Fig. 1. *Leathesia japonica*. Developmental stages of zoospores released from unilocular sporangia. A. Zoospore; B. Settled zoospore; C-G. 3(C)-, 5(D)-, 8(E)-, 10(F)- and 12(G)-day-old germlings in Set 5; H-K. Plurilocular sporangia on the ectocarpoid erect filaments in Set 5. Immature sporangia (H, I, J) and empty sporangium (K), from which all swimmers just released.

filaments. These sporangia were superficially similar to those produced under cooler conditions as mentioned below. In Set 8, the microthalli grew to 1.8-2.0 cm in diam., not producing any reproductive organs for 4-6 months.

On the other hand, within 2 weeks in Sets 5 and 6 the germling developed into a small filamentous microthallus, measuring 400-500 μm in diameter. Several characteristic erect filaments projected on the initial uniseriate filaments. These were consistent with the erect filaments of some Ectocarpaceae species (Fig. 3 D-F). The erect filaments usually projected in Sets 5, 6 and 7, sometimes in Sets 3 and 4, and occasionally in Sets 1 and 2. However, they never projected in Set 8.

When the hemispherical filamentous microthallus growing under warmer conditions (Sets 1, 2 and 8) were transferred into cooler conditions (Sets 5, 6 and 7), it produced the ectocarpoid erect filaments.

The zoospore germlings, either the prostrate filamentous microthalli or the ectocarpoid erect filaments, had 12-14 chromosomes (Fig. 3 K).

2) Morphology of the erect filaments

Within 4-5 months, the erect filaments developed into tuft-like erect filaments, measuring 3-5 cm in height. The chromatophores of the erect filament were discoid, dispersed irregularly within the cell, each with one pyrenoid (Fig. 1 H-K, 3 G). Apical hyaline hairs projected on the branches of

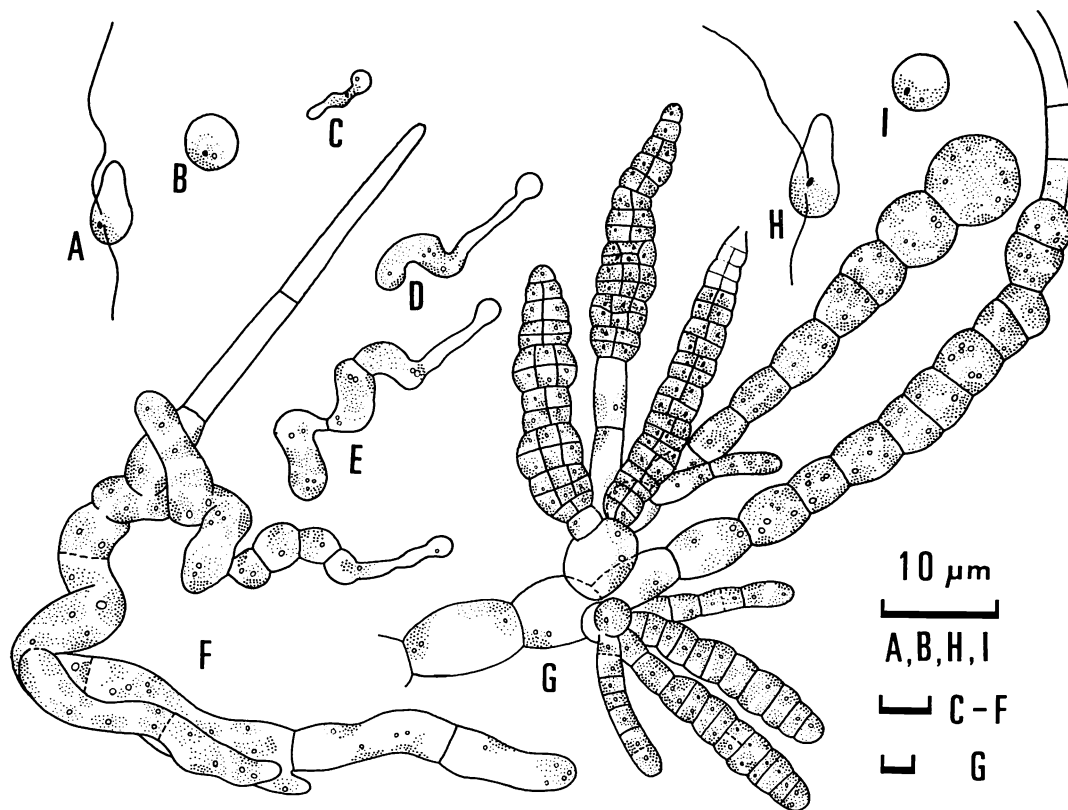


Fig. 2. *Leathesia japonica*. Developmental stages of swarmer released from broader fusiform plurilocular sporangia on the ectocarpoid erect filaments, and slender ones on the sporophytic macrothalli. A. Swarmer; B. Settled swarmer; C-F. 3(C)-, 7(D)-, 10(E)- and 13(F)-day-old germlings in Set 3; G. Slender fusiform plurilocular sporangia in Set 5; H, I. Swarmer (H), and settled swarmer (I) from slender plurilocular sporangia.

the erect filaments (Fig. 3 D-F). The prostrate basal system consisted of the scarcely branched rhizoidal filaments, and did not develop into the discoid microthallus (Fig. 3 D, F). The meristems scattered on the upper portion of the erect filaments (Fig. 3 E).

Plurilocular sporangia were laterally or terminally formed on the branches or branchlets of the erect filaments, and were sessile or pedicellate with several cells (Fig. 3 G). The immature sporangia were initially cylindrical or conical (Fig. 1 H, I), but matured ones became fusiform and undulated at their margin (Fig. 1 J, K; 3 G). Each sporangium was partitioned into a number of compartments. Sometimes they grouped closely in two or three together. Swarmer were discharged through an opening formed in each

compartment of the sporangium. An opening was formed either in each loculus or at an apex in the sporangium. (Fig. 1 K).

3) Development of swarmer germlings

The swarmer derived from the plurilocular sporangium measured $4.9-6.1 \mu\text{m} \times 2.9-4.0 \mu\text{m}$ in size, and was slightly smaller than the zoospore. It had an eyespot and one chromatophore and was laterally biflagellated (Fig. 2 A). Conjugation was not observed. As soon as the unfused swarmer settled on the substratum, it became spherical, measuring $2.9-5.5 \mu\text{m}$ in diameter with an average of $5.0 \mu\text{m}$ (Fig. 2 B).

Two types of swarmer development were observed.

a) Under warmer conditions (Sets 1, 2 and 8), most of the swarmer derived from the

sporangia on the basal system and some derived from the sporangia on the ectocarpoid filaments, both developed into germlings similar to those from the zoospores.

b) Under cooler conditions (Sets 3-7), most of the swarmers derived from the sporangia on the ectocarpoid filaments developed into the sporophytic thalli.

Within 1-2 days the swarmer germinated by pushing out a protuberance, whose diameter was 1/2-2/3 times as large as the settled swarmer (Fig. 2C). Occasionally, all contents of the swarmer moved into the protuberance (Fig. 2D). And then two cell-stage germling was produced by a transversal division (Fig. 2E).

The germling developed initially into an irregularly curved, creeping uniseriate filament consisting of about 10 cells and 100-150 μm in length (Fig. 2F). The apex of the protuberance enlarged to 12-13 μm in diam. and produced the primary branch. At this stage, one hyaline hair projected on the initial swarmer cell or on the apical cell of the primary branch. The germling developed into a filamentous prostrate microthallus with 8-10 primary branches. However, the primary branching of the swarmer germling started later than that of the zoospore germling.

The cells of the initial uniseriate filament enlarged to 15-20 μm in diam., became dark brown and developed into a single row of cells. Soon, these cell-rows were transformed into the primary assimilating filaments which were superficially consistent with those of sporophytes in field. Some of these assimilating filaments had apical hairs under cooler conditions (Fig. 2G). Basal prostrate filaments transformed into the rhizoidal filaments, producing a basal system. The primary assimilating filaments agglutinated together to form a bundle. Within one month in Set 3, the assimilating filament became 10-12 cells and 100-140 μm in length. The apical cell enlarged to a globular form, measuring 25-28 μm in diameter. And it became gradually tapering toward the lower portion, where the diameter was 10 μm (Fig.

2G). The basal cells of the assimilating filament enlarged to 30-40 $\mu\text{m} \times 20 \mu\text{m}$ in size and developed into the medullary cells. The sporophyte grew to very small (1.0-3.0 mm in diam.), solid, cushion-like or hemispherical thallus (Fig. 3H) with an irregular surface, but never developed into a lubricous spherical thallus.

Within 44 days in Sets 4-6 and 7, bi- or tri-seriate plurilocular sporangia were formed on the basal cells of the assimilating filament (Fig. 2G). They were slender, fusiform or conical, measuring 74-123 $\mu\text{m} \times 7-20 \mu\text{m}$ in size, and became gradually tapering toward the apex. The sporangium was sessile or pedicellate with 1-2 cells, solitary or gregarious (Fig. 2G). The swarmers, measuring 7.4-8.0 $\mu\text{m} \times 4.4-5.0 \mu\text{m}$ in size, were released through an apical opening of the sporangium (Fig. 2H). Conjugation was not observed. As soon as the swarmer settled on the substratum, it became spherical, measuring 4.5-6.0 μm in diameter (Fig. 2I). The developmental manner of the swarmer was consistent with that from the ectocarpoid erect filaments under cooler conditions.

When the sporophytic thalli were transferred under warmer conditions (e. g. within 38 days in Set 1), the hemispherical thallus formed unilocular sporangia with a size of 73-98 $\mu\text{m} \times 25-32 \mu\text{m}$ and released zoospores. The zoospore germling developed into the haploid microthallus under all conditions, as did the zoospore germling derived from the sporophyte in field.

Under comparatively cooler conditions (Sets 3 and 5), some ectocarpoid filaments projected from the hemispherical sporophyte (Fig. 3I). Each erect filament had an apical hair. Some primary assimilating filaments with an apical hair transformed into ectocarpoid filaments, and some branchlets of the ectocarpoid filaments transformed into assimilating filaments (Fig. 3I, J). The broader fusiform plurilocular sporangia were formed on the ectocarpoid filaments, while the slender fusiform ones were on the basal sporophytic thallus.

$n=12-14$ and $2n=20-26$ chromosomes were

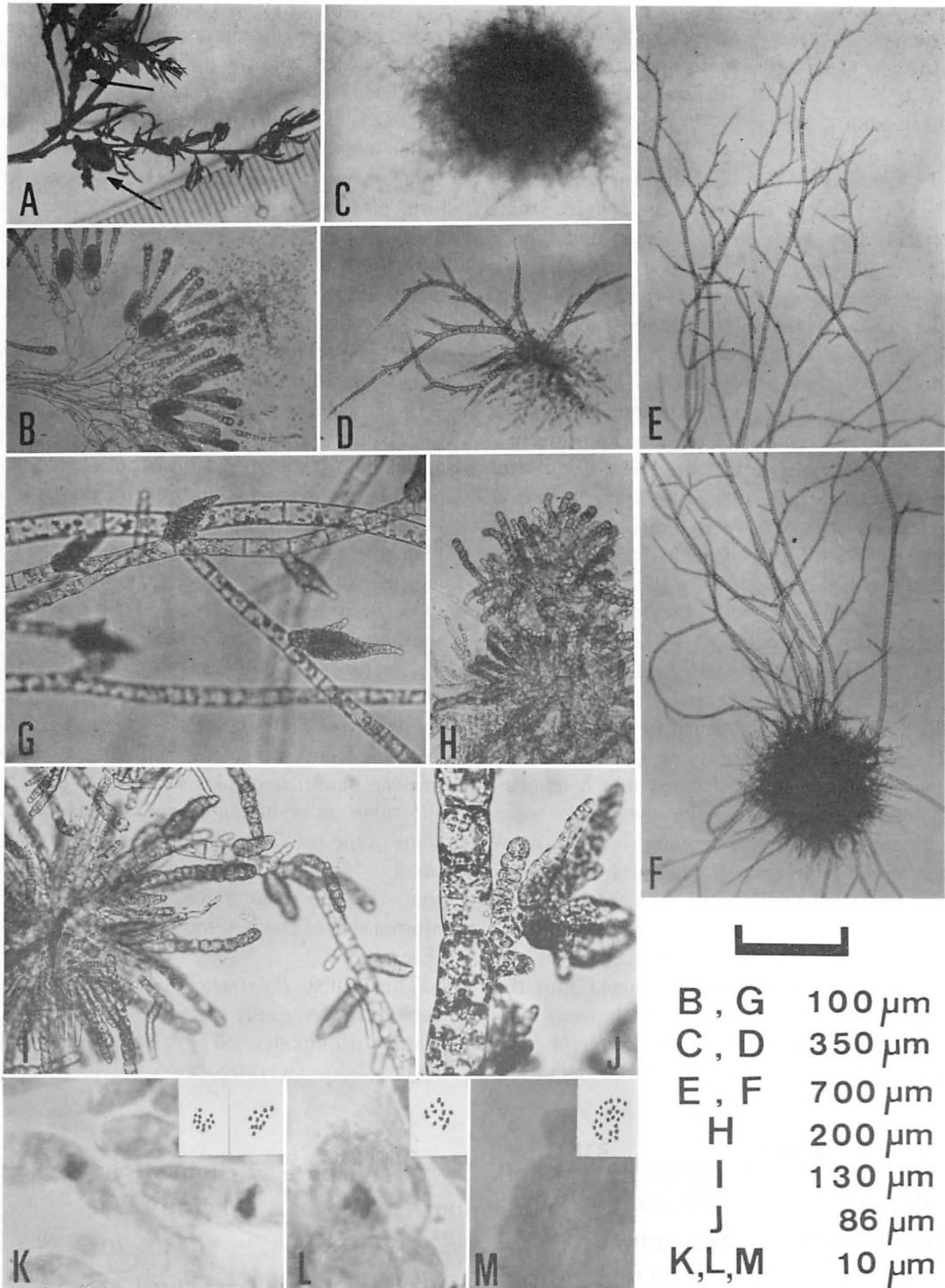


Fig. 3. *Leathesia japonica*. Developmental stages from sporophytes taken from the field, through the *Polytretus*-like stage to the *Leathesia* stage. A. Sporophytic thalli (arrows) growing epiphytically on *Sargassum hemiphyllum*; B. Unilocular sporangia releasing zoospores; C. A profusely branched filamentous microthallus in Set 3; D-F. Erect filaments developed from the small filamentous microthallus. 15 (D)- and 30 (E, F)-day-old germlings in Set 5. (E: apical portion, F: basal portion); G. Plurilocular sporangia on the erect filaments in Set 5; H. A sporophytic macrothallus in Set 3; I. An erect filament arising from the sporophytic macrothallus in Set 5; J. An assimilating filament developed directly on the erect filament in Set 3; K-M. Chromosomes in the zoospore germling (K: $n=12$) and the sporophytic macrothalli (L: $n=12$, M: $2n=24$).

observed in the swarmer germings (Fig. 3 L, M), even in the same germling.

Discussion

In this study, the sequence of the complete life history of *Leathesia japonica* from Wakasa Bay has been established under culture conditions.

The zoospores released from unilocular sporangia developed into the profusely branched filamentous microthalli. Under warmer conditions, they grew into the larger hemispherical ones. Under cool conditions, the characteristic ectocarpoid filaments projected on the zoospore germings. The occurrence of the ectocarpoid filaments was obviously induced by the cool water temperature (lower than 10°C). The morphological characters of the ectocarpoid thalli in this study are in good agreement with the description of *Polytretus reinboldii* (REINKE) SAUVAGEAU (Ectocarpales) in Japan given by KUROGI (1978). And he collected this species in Hokkaido and at Maizuru in Wakasa Bay. The plurilocular sporangium on the ectocarpoid thallus was partitioned into a number of compartments and the swarmers were released through an opening in each compartment. However, the unilocular sporangium observed by KUROGI was not formed in this study.

The unfused swarmers derived from the plurilocular sporangium developed into the hemispherical sporophytes which were morphologically consistent with *Leathesia japonica*. They formed the unilocular sporangia

under warmer conditions (higher than 15°C). All zoospores from the unilocular sporangium developed into the microthalli, which soon erected the *Polytretus*-like filaments under cooler conditions. Also, under cooler conditions (lower than 15°C), the slender fusiform plurilocular sporangia were formed on the sporophytes. Their swarmers developed into the hemispherical sporophytes. The formation of the reproductive organs must be controlled by water temperature, as reported in previous studies (e. g. in *Ectocarpus siliculosus*, MÜLLER 1963).

Under cold conditions (lower than 10°C), the primary assimilating filaments with an apical hair transformed into the *Polytretus*-like filaments, and the branchlets of these filaments transformed into the assimilating filaments here and there. From the karyological study, the reduction division ought to occur in the mother cell of the unilocular sporangium of the *Leathesia* sporophyte. The *Polytretus*-like thalli derived from the zoospores were the haploid phase. However, the sporophytes and the *Polytretus*-like thalli derived from swarmers had both types of nuclear phase, haploid and diploid, even in the same individual. So we consider that some type of chromosomal chimera may occur. From these results, we conclude that the life history of *L. japonica* is an alternation of the heteromorphic generations (Fig. 4).

The Danish *Polytretus reinboldii* has been shown to have the direct type of the life history (PEDERSEN 1977). According to his results, the swarmer from the plurilocular

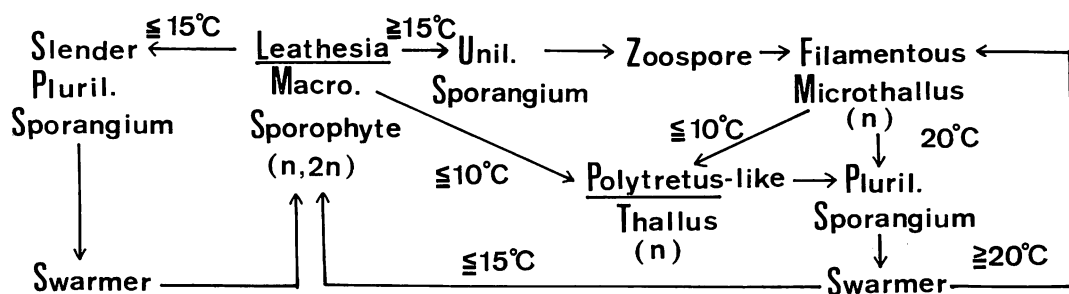


Fig. 4. A diagram of the life history of *Leathesia japonica* INAGAKI in culture.

sporangium develops into a prostrate uniseriate branched system, from which the erect filaments with an apical hair project. Its developmental process is consistent with that of the zoospores of *Leathesia japonica* described in this study. However, the developmental process of the swarmer in the Danish *Polytretus* is different from that of the swarmers of the *Polytretus*-like thalli in this study. The former directly develops into the *Polytretus* thalli. On the other hand, the latter developed into the *Leathesia* thalli. And in the Danish culture, the formation of the erect filaments is strongly inhibited by the comparatively high temperature (15°C). In the present study, the *Polytretus*-like filaments did not project from the microthalli under warmer conditions (20–25°C). PEDERSEN did not study karyologically in his material.

In the previous study, the macroscopic erect filaments arising from the filamentous microthallus were observed in the zoospore germlings (gametophyte stage) of *Acrothrix pacifica* OKAMURA et YAMADA (Acrothriaceae) (AJISAKA 1979). In addition, the zoospore germlings of *Petrospongium rugosum* S. et G. (Leathesiaceae) (ARASAKI 1948) forms the larger fusiform or conical uniseriate plurilocular sporangia, which are consistent with those of the ectocarpcean species. Consequently, some microthallus (gametophyte stage) in the member of Chordariales may be actually identified or described as the member of Ectocarpales.

WYNNE and LOISEAUX (1977) reported that four phaeophycean orders, the Ectocarpales, Chordariales, Dictyosiphonales and Scytosiphonales, were closely related. Much earlier FRITSCH (1945) proposed to merge the member of those four orders into one large orders, the "Ectocarpales" and this proposal have been supported by RUSSELL (1964).

RUSSELL (1973) recently said, "It will be difficult to avoid confusion between the status of ectocarpoid microthalli and that of very similar plants in the Ectocarpales which has been shown to have autonomous life histories". For instance, swarmers from the

plurilocular sporangia of *Hecatonema maculans* (COLL.) SAUV. give rise to the filamentous plethysmothalli which project the macroscopic plants belonging to the genus *Myriotrichia* (Striariaceae, Dictyosiphonales) (LOISEAUX 1969). Zoospores from the unilocular sporangia of *Streblonema anomalum* S. et G. (Ectocarpales) from California give rise the plants identifies as a small *Scytosiphon*, closely resembling *S. pygmaeus* REINKE (Scytosiphonales) (LOISEAUX 1970). Swarmers from the plurilocular sporangia of *Hecatonema maculans* (COLL.) SAUV. (Ectocarpales) develop into *Punctaria latifolia* GREVILLE or *Desmotrichum undulatum* REINKE (Dictyosiphonales) (CLAYTON 1974). And also, FIORE (1977) reported that *Stictyosiphon subsimplex* HOLDEN (Dictyosiphonales) and *Farlowiella onusta* (KÜTZING) KUCKUCK in KORNMAN (Ectocarpales) were the sporophytic and gametophytic generations, respectively.

In this study, the small frond of *Leathesia japonica* (Chordariales) and the rather large filamentous thalli of *Polytretus reinboldii* (*Polytretus*-like thalli) (Ectocarpales) alternated with each other. These results support FRITSCH's early proposal to merge the four orders into the "Ectocarpales". The proposal should be re-examined with the aim of reconstructing the phaeophycean taxonomy, and the further researches may be elucidate the whole life history of the diverse genera in the "Ectocarpales".

Acknowledgements

The author wishes to express his sincere thanks to Dr. I. UMEZAKI for his kind guidance and Dr. H. NAKAHARA for his variable advice during the course of the study. Thanks are also extended to Dr. I. YAMADA for his kind suggestions and for the specimens of *Polytretus reinboldii* collected by him at Oshoro in Hokkaido.

References

- AJISAKA, T. 1979. The life history of *Acrothrix pacifica* OKAMURA et YAMADA (Phaeophyta,

- Chordariales) in culture. Jap. J. Phycol. 27: 75-81.
- ARASAKI, S. 1948. On the life history of the *Acrothrix pacifica*, *Myriocladia Kuromo* and *Petrospongium rugosum*. Seibutsu. 3: 95-102.
- CLAYTON, M.N. 1974. Studies on the development, life history and taxonomy of the Ectocarpales (Phaeophyta) in Southern Australia. Aust. J. Bot. 22: 743-813.
- DANGEARD, P. 1965. Recherches sur le cycle évolutif de *Leathesia difformis* (L.) ARSCHOUG. Botaniste. 48: 5-43.
- FIGLIO, J. 1977. Life history and taxonomy of *Stictyosiphon subsimplex* HOLDEN (Phaeophyta, Dictyosiphonales) and *Farlowiella onusta* (KÜTZING) KORNEMANN in KUCKUCK (Phaeophyta, Ectocarpales). Phycologia. 16: 301-311.
- FRITSCH, E.F. 1945. The structure and reproduction of the algae. Vol. 2. Cambridge Univ. Press. London.
- INAGAKI, K. 1958. A systematic studies of the Chordariales from Japan and its vicinity. Sci. Pap. Inst. Algol. Res., Fac. Sci. Hokkaido Univ. 4: 87-197.
- KUROGI, M. 1978. The genus *Polytretus* (Ectocarpaceae, brown algae) in Japan. J. Fac. Sci., Hokkaido Univ. Ser. V. 11: 237-248.
- LOISEAUX, S. 1969. Sur une espèce de *Myriotrichia obtenu* en culture à partir de zoïdes d'*Hecatonema maculans* SAUV. Phycologia. 8: 11-15.
- LOISEAUX, S. 1970. *Streblonema anomalum* S. et G. and *Compsonema sporangiferum* S. et G. stages in the life history of a minute *Scytosiphon*. Phycologia. 9: 185-191.
- MÜLLER, D.G. 1963. Die Temperaturabhängigkeit der Sporangien-bildung bei *Ectocarpus siliculosus* von verschiedenen Standorte. Pubbl. Staz. zool. Napoli. 33: 310-314.
- PEDERSEN, P.M. 1977. *Polytretus reinboldii*, a rare brown alga in culture (Ectocarpales, Soro-carpaceae, fam. nov.). Bot. Notiser. 130: 35-40.
- RUSSELL, G. 1964. Systematic position of *Pilayella littoralis* and status of the order Dictyosiphonales. Br. Phycol. Bull. 2: 322-326.
- RUSSELL, G. 1973. The Phaeophyta: A synopsis of some recent development. Oceanogr. Mar. Biol., Ann. Rev. 11: 45-88.
- WITTMANN, W. 1965. Aceto-iron-haematoxylin-chloral hydrate for chromosome staining. Stain Technology. 40: 161-164.
- WYNNE, M.J. and LOISEAUX, S. 1976. Phycological reviews 5: Recent advances in life history studies of the Phaeophyta. Phycologia. 15: 435-452.

鱗坂哲朗：培養によるコゴメネバリモ（褐藻類ナガマツモ目）の生活史

若狭湾のイソモク体上に生育するネバリモ科のコゴメネバリモ (*Leathesia japonica* INAGAKI) の生活史を室内培養条件下で研究した。コゴメネバリモ体上の単子嚢からの遊走子は高温条件下で単相の微小体となるが、低温条件下では単相で、シオミドロ目の *Polytretus reinboldii* (REINKE) SAUVAGEAU に非常に似た直立糸状体になる。この糸状体は幅広く、多列の複子嚢を形成する。これからの遊走細胞は接合しなくて、低温条件下で再び単相か、または複相のコゴメネバリモ体（胞子体）になる。この胞子体は高温で単子嚢を、低温で細長い多列の複子嚢を形成する。また、胞子体上に *Polytretus* 状の直立糸状体が生じたり、その上に胞子体の同化糸が形成されるという形態的キメラが観察された。本種の生活史は異型世代交代といえる。また、この研究から FRITSCH (1945) のナガマツモ目をも含めた広いシオミドロ目の分類を支持する有効なる証明ともなる。(606 京都市左京区北白川追分町 京都大学農学研究科熱帯農学専攻水産資源学研究室)

In vivo* absorption spectra and pigment contents of the two types of color mutants of *Porphyra*

Yusho ARUGA and Akio MIURA

*Laboratory of Phycology, Tokyo University of Fisheries,
Konan-4, Minato-ku, Tokyo, 108 Japan*

ARUGA, Y. and MIURA, A. 1984. *In vivo* absorption spectra and pigment contents of the two types of color mutants of *Porphyra*. Jap. J. Phycol., 32: 243-250.

Comparative studies were made on the pigmentation of fronds (leafy thallus) and conchocelis of the red and the green type mutants of *Porphyra yezoensis* and *P. tenera*. *In vivo* absorption spectra of fronds and conchocelis consistently showed characteristic differences between the wild type plants and the red and the green type mutants at the wavelengths where absorption is mainly due to phycobilins. The red type mutant showed the spectra having two-peaked absorption in a 530-580 nm region and a slight shift to longer wavelengths of the peak due to phycocyanin. The green type mutant had the spectra with markedly low absorption in a 460-590 nm region. As expected, phycoerythrin content per unit frond area was extremely low in the green type mutant of *P. yezoensis*. On a dry weight basis, chlorophyll *a* content was highest in the green type frond and lowest in the wild type frond, phycoerythrin content was almost the same in the wild and the red type fronds but distinctly low in the green type frond, and phycocyanin content was not so markedly different among the three types of fronds in *P. yezoensis* cultured under the same laboratory conditions. The red type mutant is characterized with lower PC/Chl. *a* ratio and higher PE/PC ratio, while the green type mutant with lower PE/Chl. *a* and PE/PC ratios. It is inferred that the red type mutant resulted from qualitative variation of phycobilin(s), while the green type mutants resulted from quantitative variation of phycoerythrin.

Key Index Words: chlorophyll *a*; color mutants; *in vivo* absorption spectra; phycocyanin; phycoerythrin; pigment contents; *Porphyra tenera*; *Porphyra yezoensis*.

Studies have been carried out on the pigmentation of *Porphyras* in our laboratory since 1967. Among them there have been two principal subjects. One is concerned with the fading of color, i.e. the bleaching phenomena, in cultivated *Porphyra* fronds and its recovery (ARUGA and IWAMOTO, 1972). The other is concerned with pigmentation, photosynthetic pigment contents and photo-physiology of color mutants of

Porphyra. The studies have, however, been published only partly (KOBARA *et al.* 1976, MERRILL *et al.* 1983, MIURA 1984). The red type mutant used in this study was a strain originally established through selection by a Nori farmer, while the green type mutant was obtained in laboratory culture from a green sector of a variegated chimeral frond collected in the Nori farm (KOBARA *et al.* 1976). KIKUCHI *et al.* (1979) reported chemical nature of phycobilins of the color mutants of *Porphyra yezoensis* from our laboratory. Details of variegated chimeras were partly reported on fronds found in cultivated populations of *Porphyra* with several different types of variegations and several types of

* Partly presented at the 9th International Seaweed Symposium, August 1977, Santa Barbara, California, U. S. A.

Financially supported in part by Nori Zoshoku Shinkokai (Nori Cultivation Promotion Association).

combinations of different color sectors (MIURA 1984). As to other species of seaweeds, on the other hand, only VAN DER MEER and his co-workers published a series of important results especially of genetic studies on the pigmentation mutants of *Gracilaria* (VAN DER MEER 1977, 1978, 1979a, b, 1980, VAN DER MEER and BIRD 1977, VAN DER MEER and TODD 1977) and a study of the life history of *Palmaria palmata* with a pigmentation mutant (VAN DER MEER and TODD 1980).

The contents of such photosynthetic pigments as chlorophyll *a*, phycobilins and carotenoids of cultivated *Porphyra* fronds are not only of physiological interest but also of greatest significance to the grading of commercial Nori sheets because of a high correlation between the pigment contents and the quality of dried Nori sheets (SAITOH *et al.* 1980). Especially, the contents of chlorophyll *a* and phycoerythrin are important in determining the color, and therefore the quality, of dried Nori sheets.

In the present paper we describe the characteristics of pigmentation in fronds and conchocelis, which have been confirmed in color mutants of cultivated *Porphyra yezoensis* and *P. tenera* populations since 1973, with special reference to the comparisons of color and pigment contents in the wild (normal) type, red type and green type plants.

Material and Methods

Fronds (leafy thalli) and conchocelis of *Porphyra yezoensis* and *P. tenera* cultivated in Nori cultivation farms and/or cultured in laboratory were analyzed. Laboratory cultures of fronds and conchocelis were carried out using ESP medium (PROVASOLI 1966). Other culture conditions were the same as described by KOBARA *et al.* (1976). *In vivo* visible absorption spectra were recorded with air as reference with a Shimadzu Multipurpose Recording Spectrophotometer MPS-50L.

Chlorophyll *a* was extracted in 90% acetone and absorbances of the extract were determined at 750, 663, 645 and 630 nm with a

Hitachi 101 Spectrophotometer. The amount of chlorophyll *a* in the extract was calculated by the equation of SCOR-UNESCO (1966).

Phycobilins were extracted in distilled water. Absorbances of the extract were determined at 568 and 615 nm with a Hitachi 101 Spectrophotometer, and calculations of the amounts of phycoerythrin and phycocyanin were made by using the extinction coefficients reported by Ó hEIOCHA (1965).

Results and Discussions

In vivo visible absorption spectra were recorded for the wild, red and green types of fresh *Porphyra* fronds to make clear the characteristics of their frond color. In a strict sense, absorption or absorbance in such cases should be called attenuation or attenuation according to SHIBATA (1974). In this paper, however, the popular term absorption or absorbance is used. As is well-known (cf. HAXO and BLINKS 1950) the *in vivo* absorption spectrum of *Porphyra* frond has in general five representative characteristic peaks; from shorter to longer wavelengths, the first peak is mainly based on the absorption by chlorophyll *a*, the second one mainly by carotenoids and phycoerythrin, the third one mainly by phycoerythrin, the fourth one mainly by phycocyanin, and the fifth one mainly by chlorophyll *a*.

In vivo absorption spectra of the wild type and the red type sectors of a variegated chimeral frond in *P. yezoensis* are shown in Fig. 1. These absorption spectra are clearly different from one the other at wavelengths where the absorption is mainly due to phycoerythrin and phycocyanin. The red type sector showed two apparent absorption maxima approximately at 543 and 568 nm, and a maximum at 622 nm which is slightly shifted to longer wavelengths (a shift of about 3 nm) as compared with the wild type sector which showed absorption maxima at 568 and 619 nm.

Fig. 2 illustrates the *in vivo* absorption spectra of cultivated wild type and red type fronds of *P. yezoensis*. The same charac-

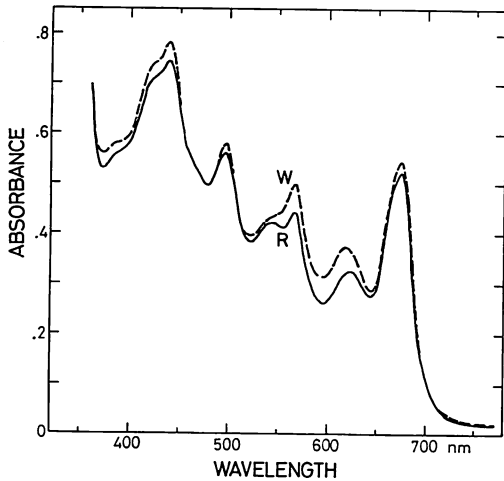


Fig. 1. *In vivo* absorption spectra of the red type (R) and the wild type (W) sectors of a variegated chimeral frond of *Porphyra yezoensis* obtained from a cultivated population.

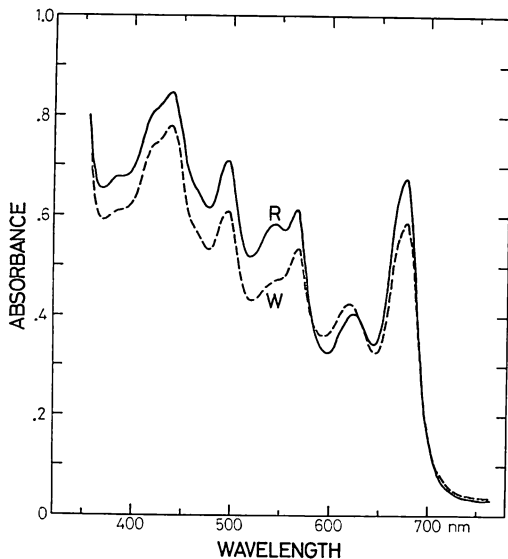


Fig. 2. *In vivo* absorption spectra of the red type (R) and the wild type (W) fronds of *Porphyra yezoensis* obtained from a cultivated population.

teristic features as seen in Fig. 1 can clearly be found in these two spectra. In *P. yezoensis* fronds subtle changes of color can be noticed normally in the basal portion; the basal portion is light and greenish in color as compared with the central and upper portions of the frond. Therefore, we examined the

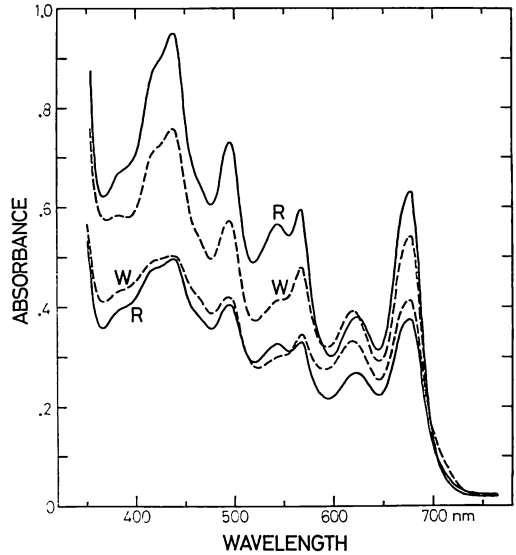


Fig. 3. Comparisons of *in vivo* absorption spectra between the basal portion (lower two spectra) and the upper portion (upper two spectra) of the wild type (W) and the red type (R) fronds of *Porphyra yezoensis* obtained from a cultivated population.

absorption spectra of various portions of a frond both with the wild type and the red type plants and found no difference at all with respect to the characteristic absorption pattern as mentioned above, although the absorbance was usually lower in the basal portion than in the upper portion. Fig. 3 illustrates the comparisons of absorption spectra between the basal and the upper portions of both the same fronds. We also examined more than 200 red type fronds and red type sectors of variegated chimeral fronds of *P. yezoensis* and confirmed that all of them had the same patterns of absorption spectra as the red type shown in Figs. 1 and 2.

In vivo absorption spectra were also compared between the green type sector and the wild type sector of a variegated chimeral frond of *P. yezoensis* (Fig. 4). In the green type sector the wavelenths and patterns of absorption maxima were well in accordance with those of the wild type sector, except that the absorbance was quite low as compared with that of the wild type sector at wavelengths of 460–590 nm where phycoery-

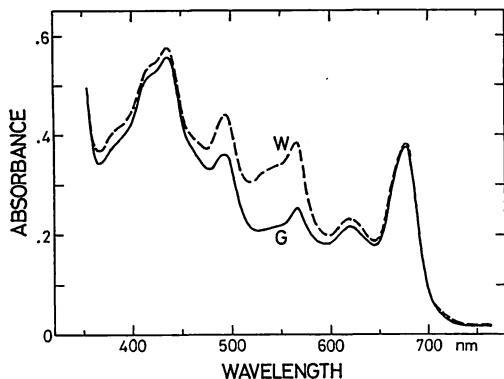


Fig. 4. *In vivo* absorption spectra of the green type (G) and the wild type (W) sectors of a variegated chimeral frond of *Porphyra yezoensis* cultured in laboratory.

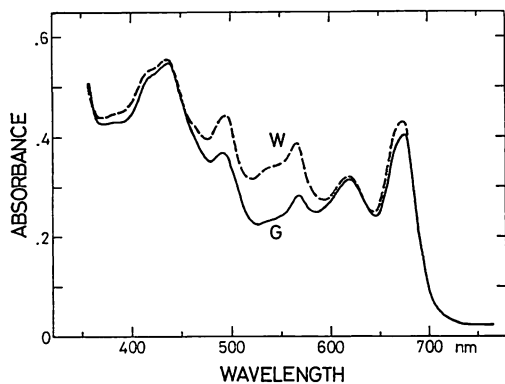


Fig. 5. *In vivo* absorption spectra of the green type (G) and the wild type (W) fronds of *Porphyra yezoensis* cultivated in a Nori farm.

thrin mostly contributes to the absorption. Fig. 5 shows the *in vivo* absorption spectra of the green type mutant frond and the wild type frond of *P. yezoensis* both cultivated in a Nori farm. The absorption spectrum of the green type mutant frond had the same characteristic pattern as that of the green type sector of the variegated chimeral frond shown in Fig. 4. The same type of *in vivo* absorption spectra were consistently obtained with all of the investigated green type fronds both cultivated in the field and cultured in laboratory.

In Fig. 6 are illustrated the *in vivo* absorption spectra of the wild, red and green types of *P. yezoensis* fronds which were cultured

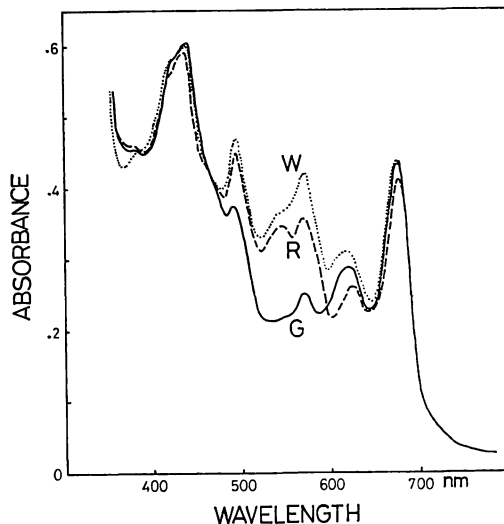


Fig. 6. *In vivo* absorption spectra of the red type (R), the green type (G) and the wild type (W) fronds of *Porphyra yezoensis* cultured under the same laboratory conditions.

under the same laboratory conditions; i. e. the conchospores were collected from free-living conchocelis on the same day and the sporelings were cultured under the same light and temperature conditions using the same culture medium. As can be clearly seen, the pattern of absorption spectrum of each frond was consistent with that of respective fronds (Figs. 2, 3 and 5) obtained from Nori farms at different periods of the cultivation season. Thus, it is established that the difference in color of fronds certainly exists and can be clearly distinguished according to the *in vivo* absorption spectrum characteristic of each type of color mutants.

From the wild, red and green type fronds of *P. yezoensis* we isolated respective carpospores and cultured them in laboratory to obtain respective free-living conchocelis. As the results, we succeeded to establish the wild, red and green types of conchocelis cultures respectively from the wild, red and green types of fronds. We also succeeded to obtain cultures of the wild, red and green types of shell-inhabiting conchocelis in laboratory. Differences in color of both the free-living and the shell-inhabiting conchocelis

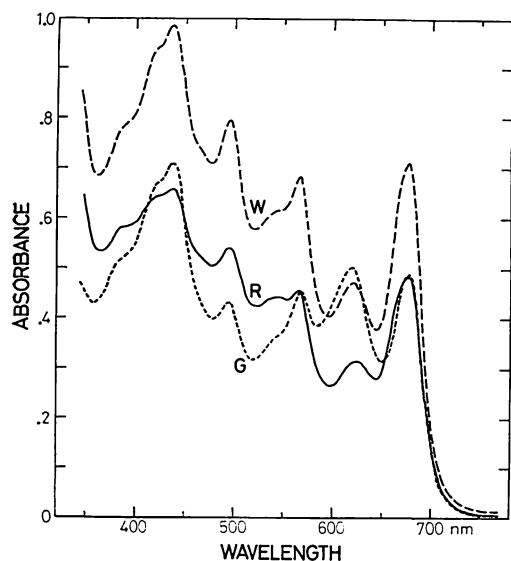


Fig. 7. *In vivo* absorption spectra of the red type (R), the green type (G) and the wild type (W) free-living conchocelis colonies of *Porphyra yezoensis* cultured in laboratory.

colonies can easily be distinguished by naked eyes when the culture conditions were favorable. With the different types of free-living conchocelis colonies we tried to compare the *in vivo* absorption spectra.

Fig. 7 illustrates the *in vivo* absorption spectra of the wild, red and green types of free-living conchocelis colonies of *P. yezoensis* cultured in the laboratory. In each of the curves, the absorption characteristics of conchocelis are consistently in accordance with those of the respective type of frond described above. Two different green types of mutant strains of *P. yezoensis* are kept in our cultures of conchocelis, of which one shows bright green color and the other dim green color. In the former strain the absorbance at 619 nm was higher than that at 568 nm (Fig. 8, C), while the absorbance at 568 nm was slightly higher than that at 619 nm in the latter strain (Fig. 8, F). The same trends were confirmed to be true in the absorption spectra of fronds of respective strain.

From the above-mentioned characteristics of the *in vivo* absorption spectra of fronds and conchocelis, it is suggested that the red

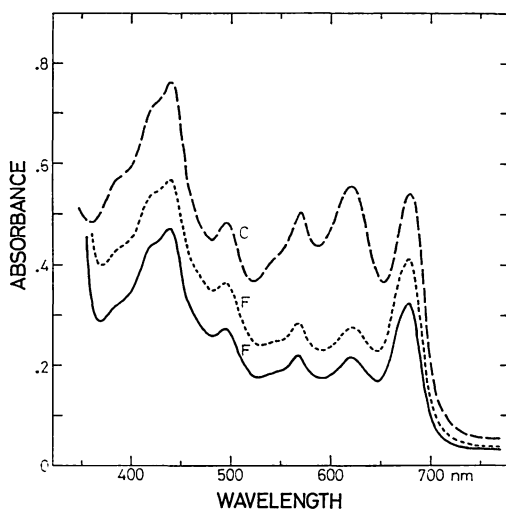


Fig. 8. *In vivo* absorption spectra of the two green type (C and F) conchocelis of *Porphyra yezoensis* cultured in laboratory.

type strain is based mainly on the qualitative genetic variation(s) of phycobilins while the green type strain is based at least on the quantitative genetic variation of phycoerythrin. In this context, KIKUCHI *et al.* (1979) reported that there are qualitative differences of phycobilins among the wild, red and green type fronds of *P. yezoensis*.

With the fronds cultured during the same period under the same laboratory conditions, the contents of chlorophyll *a* and phycobilins were compared among the wild, red and two green type fronds of *P. yezoensis*. Table 1

Table 1. Contents of chlorophyll *a*, phycoerythrin (PE) and phycocyanin (PC), and their ratios in the wild type (W), the red type (R) and the green type (G) fronds of *Porphyra yezoensis* cultured under the same laboratory conditions. Age: 40 days after conchospore attachment.

Frond types*	Chl. <i>a</i> ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$)	PE	PC	Ratios		
				PE Chl. <i>a</i>	PC Chl. <i>a</i>	PE PC
W(C-13)	4.90	33.2	14.0	6.8	2.9	2.4
R(C-22)	4.33	28.3	10.2	6.5	2.4	2.8
G(C-32)	4.48	16.7	9.8	3.7	2.2	1.7
G(C-0)	3.88	17.4	11.4	4.5	2.9	1.5

* Strain numbers in parentheses.

shows the results of quantitative determinations of the pigments with the sample fronds about 40 days after the conchospore attachment. Pigment contents are expressed on a frond area basis in this table. Chlorophyll *a* content differed only slightly, being only a little lower in the red type and in the green type. Phycoerythrin content was appreciably higher in the wild and the red types than in the green type as expected from the pattern of the *in vivo* absorption spectra described above. Phycocyanin content was not so greatly different among the three types, even though it was slightly lower in the red and the green types.

The ratios of contents of chlorophyll *a* (Chl. *a*), phycoerythrin (PE) and phycocyanin (PC) were also compared among the three types of fronds of *P. yezoensis* (Table 1). The PE/Chl. *a* ratio was of course appreciably higher in the wild and the red types than in the green type. Almost no difference was found in the PC/Chl. *a* ratio among the three types, even though the ratio was slightly lower in the red type and in a strain of the green type. The PE/PC ratio was apparently higher in the wild and the red types than in the green type.

In Table 2 are shown the results of another quantitative determinations of the pigments on a dry weight basis of the three types of *P. yezoensis* fronds cultured under the same laboratory conditions. Chlorophyll *a* content of fronds was highest in the green

type frond and lowest in the wild type frond within a range of 0.63–0.77%. Phycoerythrin content was almost the same (4.8–5.1%) in the wild type and the red type frond but low (3.9%) in the green type frond. Phycocyanin content was not so markedly different (2.0–2.4%) among the three types of fronds. The PE/Chl. *a* ratio was distinctly lower in the green type frond than in the wild type and the red type fronds. The PC/Chl. *a* ratio was higher in the wild type frond than in the red type and the green type fronds. The PE/PC ratio was relatively high in the red type frond and relatively low in the green type frond. Thus, the trends of the ratios are quite similar to those shown in Table 1.

In consequence, the wild type is characterized with higher PE/Chl. *a* and PC/Chl. *a* ratios, i.e. higher PE and PC contents relative to Chl. *a* content; the red type mutant is characterized with lower PC/Chl. *a* ratio and higher PE/PC ratio, i.e. lower PC content relative to Chl. *a* and PE contents; and the green type mutant is characterized with lower PE/Chl. *a* and PE/PC ratios, i.e. lower PE content relative to Chl. *a* and PC contents.

Fig. 9 shows the *in vivo* absorption spectra of the wild, red and green types of *P. tenera* fronds cultivated in Nori farms. The characteristic features of the spectra were quite well in accordance with those obtained in

Table 2. Contents of chlorophyll *a*, phycoerythrin (PE) and phycocyanin (PC), and their ratios of the wild type (W), the red type (R) and the green type (G) fronds of *Porphyra yezoensis* cultured under the same laboratory conditions.

Frond types*	(% of D. W.)			Ratios		
	Chl. <i>a</i>	PE	PC	PE/Chl. <i>a</i>	PC/Chl. <i>a</i>	PE/PC
W(C-13)	0.63	4.8	2.4	7.6	3.8	2.0
R(C-22)	0.69	5.1	2.0	7.4	2.9	2.5
G(C-32)	0.77	3.9	2.2	5.1	2.9	1.7

* Strain numbers in parentheses.

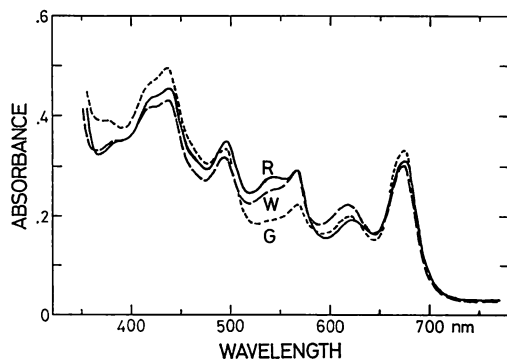


Fig. 9. *In vivo* absorption spectra of the red type (R), the green type (G) and the wild type (W) fronds of *Porphyra tenera* obtained from cultivated populations.

P. yezoensis. This suggests that similar genetic variations occurred in this species of *Porphyra*. Details of the mutant strains of *P. tenera* remain to be investigated.

The red type strains of *P. yezoensis* and *P. tenera* investigated in the present study have been cultivated by Nori cultivators in Nori farms in Japan. The green type strain of *P. yezoensis*, on the other hand, was originally produced in our laboratory from a variegated chimeral frond with wild type and green type sectors cultivated in the Nori farm (KOBARA *et al.* 1976). The green type strain of this species is now cultivated commercially by some Nori cultivators in some districts of Japan. The green type strain of *P. tenera* has also been cultivated by Nori farmers in some districts of Japan. It is quite interesting to note that our results clearly show quantitative and qualitative genetic variations existing in a species of *Porphyra*. The characteristic changes in pigmentation of *Porphyra* described above are essentially different from those reported in *Chondrus crispus* in the natural habitat (RHEE and BRIGGS 1977) in the sense that the latter changes are not genetic. Genetic studies of the mutant strains of *P. yezoensis* have been conducted in our laboratory and will be published elsewhere.

Acknowledgements

We are very grateful to Mr. Kazuhiro TAKAHASHI of Shin-Futtsu Fishermen's Cooperative Association for his continuing cooperation in cultivating and supplying the sample fronds of *Porphyra yezoensis* used in the present study. Financial support by Nori Zoshoku Shinkokai (Nori Cultivation Promotion Association) is also gratefully acknowledged.

References

- ARUGA, Y. and IWAMOTO, K. 1972. Experimental studies on the cultivation of discolored "Nori". Preprints 2nd Internat. Ocean Develop. Conf., 2: 1766-1772.
- HAXO, F. T. and BLINKS, L. R. 1950. Photosynthetic action spectra of marine algae. *J. gen. Physiol.* 33: 389-422.
- KIKUCHI, R., ASHIDA, K. and HIRAO, S. 1979. Phycobilins in different color types of *Porphyra yezoensis* UEDA. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.* 45: 1461-1464.
- KOBARA, T., MIURA, A. and ARUGA, Y. 1976. *In vitro* studies on the green type mutant of *Porphyra yezoensis* UEDA. *La mer* 14: 58-63. (in Japanese with English abstract)
- MERRILL, J. E., MIMURO, M., ARUGA, Y. and FUJITA, Y. 1983. Light-harvesting for photosynthesis in four strains of the red alga *Porphyra yezoensis* having different phycobilin contents. *Plant & Cell Physiol.* 24: 261-266.
- MIURA, A. 1984. A new variety and a new form of *Porphyra* (Bangiales, Rhodophyta) from Japan: *Porphyra tenera* KJELLMAN var. *tamatsuensis* MIURA, var. nov. and *P. yezoensis* UEDA form. *narawaensis* MIURA, form. nov. *J. Tokyo Univ. Fish.* 71: 1-37.
- Ó hEIOCHA, C. 1965. Phycobilins. In T. W. GOODWIN (ed.), *Chemistry and Biochemistry of Plant Pigments*. Academic Press, London. p. 175-196.
- PROVASOLI, L. 1966. Media and prospects for the cultivation of marine algae. p. 63-75. In A. WATANABE and A. HATTORI (ed.), *Cultures and Collections of Algae*. Proc. U.S.-Japan Conf. Hakone, Sept. 1966. *Jap. Soc. Pl. Physiol.*
- RHEE, C. and BRIGGS, W. R. 1977. Some responses of *Chondrus crispus* to light. I. Pigmentation changes in the natural habitat. *Bot. Gaz.* 138: 123-128.
- SAITOH, M., ARAKI, S., SAKURAI, T. and OOHUSA, T. 1980. Variations in contents of photosynthetic pigments, total nitrogen, total free amino acids and total free sugars in dried lavers obtained at different culture grounds and harvesting times. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.* 41: 365-370. (in Japanese with English abstract)
- SCOR-UNESCO W. G. 17. 1966. Determination of photosynthetic pigments. UNESCO Monogr. Oceanogr. Methodol., 1: 9-18.
- SHIBATA, K. 1974. The Measurement of Spectra and the Spectrophotometer. Kodansha, Tokyo. (in Japanese)
- VAN DER MEER, J. P. 1977. Genetics of *Gracilaria* sp. (Rhodophyceae, Gigartinales). II. The life history and genetic implications of cytokinetic failure during tetraspore formation. *Phycologia* 16: 367-371.
- VAN DER MEER, J. P. 1978. Genetics of *Gracilaria*

- sp. (Rhodophyceae, Gigartinales). III. Non-Mendelian gene transmission. *Phycologia* 17: 314-318.
- VAN DER MEER, J.P. 1979a. Genetics of *Gracilaria* sp. (Rhodophyceae, Gigartinales). V. Isolation and characterization of mutant strains. *Phycologia* 18: 47-54.
- VAN DER MEER, J.P. 1979b. Genetics of *Gracilaria tikvahiae* (Rhodophyceae). VI. Complementation and linkage analysis of pigmentation mutants. *Can. J. Bot.* 57: 64-68.
- VAN DER MEER, J.P. 1980. Genetics of *Gracilaria tikvahiae* (Rhodophyceae). VII. Further observations on mitotic recombination and the construction of polyploids. *Can. J. Bot.* 59: 787-792.
- VAN DER MEER, J.P. and BIRD, N.L. 1977. Genetics of *Gracilaria* sp. (Rhodophyceae, Gigartinales). I. Mendelian inheritance of two spontaneous green variants. *Phycologia* 16: 159-161.
- VAN DER MEER, J.P. and TODD, E.R. 1977. Genetics of *Gracilaria* sp. (Rhodophyceae, Gigartinales). IV. Mitotic recombination and its relationship to mixed phases in the life history. *Can. J. Bot.* 55: 2810-2817.
- VAN DER MEER, J.P. and TODD, E.R. 1980. The life history of *Palmaria palmata* in culture. A new type for the Rhodophyta. *Can. J. Bot.* 58: 1250-1256.

有賀祐勝・三浦昭雄：アマノリ属色彩変異体の生体吸光スペクトルと色素含量

スサビノリ (*Porphyra yezoensis*) およびアサクサノリ (*P. tenera*) にみられる赤色型および緑色型色彩変異体について、色彩と色素含量に関する比較研究を行った。葉状体および糸状体の生体吸光スペクトルで、主としてフィコビルン色素が光吸収に関与する波長域において赤色型、緑色型、野生型でいずれも明瞭に異なる特徴が認められた。すなわち、野生型とは異なり、赤色型変異体では 530-580 nm 域に 2 つのピークをもつ吸光極大があり、フィコシアニンによる 620 nm 付近の吸光極大がわずかに長波長側へシフトしているのに対して、緑色型変異体では 460-590 nm 域の吸光度が著しく低いのが特徴である。スサビノリ葉状体について色素を定量した結果、単位葉面積あたりのフィコエリスリン含量は緑色型で著しく低かった。また、同一条件で室内培養したスサビノリ葉状体の分析結果では、乾燥重量あたりのクロロフィル *a* 含量は緑色型で最も高く、野生型で最も低く、フィコエリスリン含量は野生型と赤色型でほとんど同じであるが、緑色型で明らかに低く、フィコシアニン含量は色彩型間に著しい差異が認められなかった。赤色型変異体ではフィコシアニン/クロロフィル *a* 比が低く、フィコエリスリン/フィコシアニン比が高いのに対して、緑色型変異体ではフィコエリスリン/クロロフィル *a* 比もフィコエリスリン/フィコシアニン比も共に低いのが特徴である。赤色型はフィコビルン色素の質的な変異に、緑色型はフィコエリスリンの量的な変異に基づくものと推測される。(〒108 東京都港区港南 4-5-7 東京水産大学植物学教室)

Protoperidinium conicum (GRAN) BALECH
(Dinophyceae) のシストと游泳体

小林 聡*・松岡数充**

* 長崎大学水産学部 (852 長崎市文教町 1-14)

** 長崎大学教養部 (852 長崎市文教町 1-14)

KOBAYASHI, S. and MATSUOKA, K. 1984. Cyst and theca forms of *Protoperidinium conicum* (GRAN) BALECH (Dinophyceae). Jap. J. Phycol. 32: 251-256.

Some living dinoflagellate cysts collected from surface sediments in Omura Bay, West Kyushu, were incubated to clarify the cyst-theca relationship. One of them is identified as *Multispinula quanta* BRADFORD ex HARLAND & REID and the thecate forms germinated from the cyst are recognized as *Protoperidinium conicum* (GRAN) BALECH on the basis of the morphological characteristics of thecate cells.

In *M. quanta*, we recognized two morphotypes, type A and type B. The former has a strongly convex epicyst with a small and distinctive apical boss, and shows a broad bean shape in polar view with a shallow ventral sulcus. While, the latter type is heptagonal in equatorial view with an apical boss in like manner to type A, and was very rare in surface sediments of Omura Bay. The thecate forms germinated from these cysts of both types are closely similar to each other. These thecate forms germinated from type A cyst might be identified as the Pacific form in sense ABÉ.

The thecate forms differ from the similar species, *Protoperidinium leonis* (PAVILLARD) BALECH, in the following points.

- 1) The cingulum does not have any displacement.
- 2) The sulcus reaches the center of the hypotheca.
- 3) The outline between two antapical horns indicates a deep V-shape.
- 4) The suture between the apical 1' and 4' plates, and the precingular 6" and 7" plates is mostly linear, and not zigzag.

Key index words: dinoflagellate cyst; *Multispinula quanta*; *Protoperidinium conicum*; incubation.

Satoru Kobayashi, Faculty of Fisheries, Nagasaki University, 1-14, Bunkyo-cho, Nagasaki, 852 Japan; Kazumi Matsuoka, Department of Geology, Faculty of Liberal Arts, Nagasaki University, 1-14, Bunkyo-cho, Nagasaki, 852 Japan

渦鞭毛藻の生活環を明らかにする上で、シスト (cyst) の存在は無視することができない。近年、一部の種の生活環が培養実験により明らかにされてきている (例えば Von STOSCH 1973, PFIESTER 1975 1976 1977, 福代 1982b)。これらによると、主に水底の表層堆積物中に発見されるシストは、有性生殖後に形成されたものであり、比較的厚い細胞壁を有し、休

眠状態にあって発芽能力を備えていると言える。なお本論にいうシストは resting cyst を示し、temporal cyst や pellicle cyst とは区別している。

これまでシストに関する研究は、海底堆積物中に発見されるシストの形態の記載や、それに基づく分類を中心に発展して来た。そしてその形態に基づき、游泳体とは別の独自の体系下で記載と分類が行なわれるようになってきている (REID 1974 1977, BRADFORD 1975 1977, HARLAND 1977)。しかし、最近ではその両体系を統一しようとする試みもある (HARLAND 1982)。一方、シストを培養することにより、それに対応する

* 現住所: 333 川口市芝鶴ヶ丸 6906-10 (株) 東京久栄環境技術部
(Present address: Tokyo Kyuei Co., Ltd. 6906-10 Tsurugamaru, Shiba, Kawaguchi-shi, 333 Japan)

游泳体を確認する研究は WALL や DALE をはじめとする研究者によって行なわれて来た (WALL and DALE 1966 1968a, b 1971, WALL, GUILLARD and DALE 1967, WALL, GUILLARD, DALE, SWIFT and WATABE 1970, 福代・橋高・平野 1977, 福代 1982a, MATSUOKA, KOBAYASHI and IIZUKA 1982)。これらの研究によって現在まで約30種のシストと游泳体との関係が確認されたと同時に、シストと游泳体の形態が著しく異っていることも明らかになった。それ故に従来古生物学的観点で行なわれて来たシストの形態に関する研究と游泳体の形態、生態に関する研究とを結びつけるものとしてシストを培養し、泳ぎ出した個体からシストと游泳体との対応を確認することはプランクトンとしての游泳体を理解するためにも極めて重要である。

筆者らは長崎県大村湾の表層堆積物中に存在するシストを分離し、これらの培養を試みた。その結果現在までに21種についてシストと游泳体との対応関係を見つかることができた。今回、*Protoperidinium* 属の *Conica* グループに含まれる *Protoperidinium conicum* (GRAN) BALECH において二形態のシストを確認したので、それぞれのシストと游泳体の形態について報告する。なお、小論ではシストの分類体系に基づく学名に * 印を付して示す。

材料と方法

1. シストの分離

1980年10月、1981年3月及び6月に大村湾内の5地点で、投入式の小型コアサンプラーを用いて底泥を柱状に採集した。そして、実験室に持ち帰った柱状試料の表層から2cmまでの泥を直ちに分取して、超音波照射・篩分画法 (福代 1980) に従ってシストを抽出・分離し、精製試料を得た。精製試料は培養に着手するまで約4°Cの冷蔵庫に保存した。

2. シストの培養と観察

精製試料中からシストを顕微鏡下でキャピラリーピペットを用いて1個体ずつ抽出した。そのシストを2~3回ろ過海水で洗浄した後、SW II 培養液 (IWASAKI 1961) が1ml 入ったヌク製24穴マルチディッシュに移した。シスト接種後は20~24°C、4000 lux で明12時間、暗12時間の条件で培養を行ない、発芽の有無を1日1回観察した。シストから発芽した游泳体の観察には発芽後2ないし3日経過した個体を用いた。観察した主な点は外形、鋸板配列様式、表面の模様等であった。観察には必要に応じてトリバンプルーによる染

色や、ノマルスキー式微分干渉顕微鏡を用いて行なった。

結果と考察

発芽に要した日数は、個体によって差はあるが、いずれも一週間以内であった。以下にシストの形態及び発芽個体の形態を述べる。

Protoperidinium conicum (GRAN) BALECH 1974
[**Multispinula quanta* BRADFORD 1977 ex HARLAND et REID 1980]

1) シスト (Figs. 1, 2, 9-11, 14, 15)

Peridinium sp. (Cyst-form 6) WALL 1965, p. 308, text-figs. 17, 23.

Cyst of *Peridinium conicum* (GRAN) OSTENFELD et SCHMIDT, WALL and DALE 1968a, pp. 273-274, pl. 2, figs. 4-5.

**Multispinula quanta* BRADFORD 1975, pp. 3067-3070, figs. 5-7; REID 1977, pp. 448-449, pl. 3, figs. 30-33; HARLAND 1977, p. 106, pl. 3, fig. 14, pl. 4, figs. 18-19; HARLAND and REID in HARLAND et al. 1980, p. 223.

Protoperidinium (*Protoperidinium*) *conicum* (GRAN) BALECH; HARLAND 1982, pp. 384-385, text-fig. 19, pl. 39, figs. 1-3, pl. 42, figs. 1, 10.

本種のシストは二形態確認された。それぞれを Type A, Type B とする。

Type A: シストは淡茶褐色で、両極方向から押しつぶされた円盤状を呈し、上面観は逆心臓形から楕円形をしている。細胞壁は一層よりなる。シスト表面には針状の先端をもつ棘が偽縫合線 (parasuture) の一部に沿って分布している。シスト前部 (epicyst) の先端には数本の棘が分布して前角を示し、シスト後部 (hypocyst) では2ヶ所に棘が密集して分布し、2本の後角を反映している。游泳体の縦溝に相当する部分は陥入しており、横溝に相当する位置には棘が二列に配列している。発芽孔 (archeopyle) はシスト前部の背側にあり、丸味を帯びた六角形で、第2前挿間板 (2a) に対応している。培養に供したシストのほとんどは、発芽前に赤色の油球を3~5個有していた。

大きさ; 左右径: 54~64 μm , 背腹径: 43~50 μm , 長さ: 36~40 μm , 棘の長さ: 7~12 μm 。

Type B: このシストは Type A ほど両極方向に押しつぶされていない。側方より観察すると七角形をしている。腹面観での外形は Type A のような頂部の

へこみがない。上面観ではほぼ楕円形をしている。その他の形態は Type A と同様であった。

大きさ; 左右径: 48~50 μm , 背腹径: 39~41 μm , 長さ: 52 μm , 棘の長さ: 9~12 μm 。

大村湾底泥中には二種類のシストが存在する。WALL and DALE (1968a) の報告したシストはその左右径が 28~52 μm で、図示されたシスト (plate 2, figs. 4-5) の外形から判断すると Type B のシストであろう。REID (1977) 及び HARLAND (1977) が報告したシストは上面観からのみ観察がなされており、腹面観の外形を知ることができない。しかし、それらの左右径の長さから判断すると Type B のシストであろうと思われる。Type B のシストは大村湾では多産せず、観察したシストの大部分は両極方向から押しつぶされた形態を持つ Type A のシストであった。

WALL and DALE (1968a) は *P. conicum* のシストに類似したシストとして、*Peridinium nudum* MEUNIER (= *Protoperidinium nudum* (MEUNIER) BALECH) のシストを報告している。*P. nudum* のシストは *P. conicum* よりも小型で(彼らの記載に具体的な大きさは示されていない)、発芽孔の形が三角形に近い台形であるという特徴を有する。これに対して *P. conicum* のシストの発芽孔は丸味を帯びた六角形である。大村湾の試料中には *P. nudum* のシストは含まれていなかった。

2) 游泳体 (Figs. 3~8, 12, 13)

Peridinium divergens var. *conica* GRAN 1900, pp. 47-48.

Peridinium conicum (GRAN) OSTENFELD et SCHMIDT, PAULSEN 1908, p. 58, fig. 74, LEBOUR 1925, p. 111, pl. XIX, figs. 1a-d, ABÉ 1927 p. 406, figs. 24-25, WOOD 1954, p. 250, figs. 146a-b, TAYLOR 1976, pp. 139-140, pl. 33, figs. 361-362, ABÉ 1981, pp. 371-374, figs. 55 (375-381).

Protoperidinium conicum (GRAN) BALECH 1974, p. 58.

Type A のシスト14個体、Type B のシスト3個体をそれぞれ培養したところ、前者で9個体、後者で1個体のシストが発芽した。Type B のシストから発芽した游泳体は1個体であったので、細部まで十分に観察できなかった。しかし、Type A から発芽した游泳体との間に種を同定する上での後述するような形態的な差は認められなかった。これらの游泳体の上殻は低い円錐状で、下殻は上殻より高い円錐状である。腹面

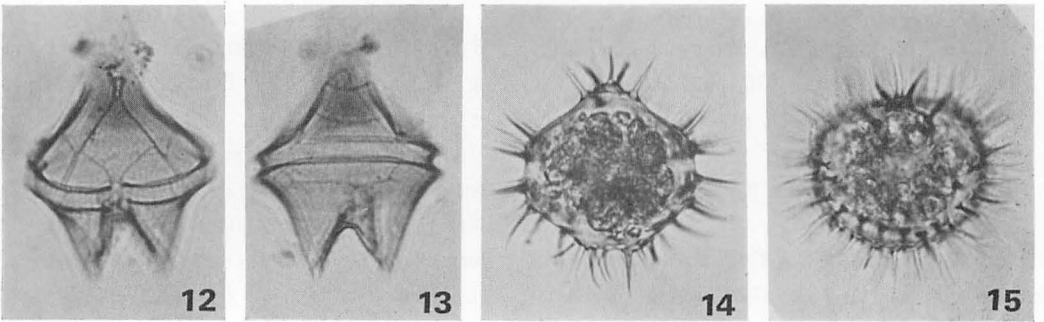
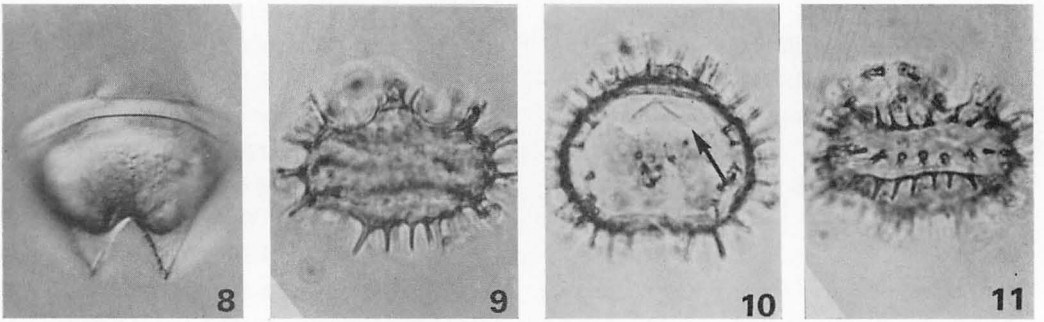
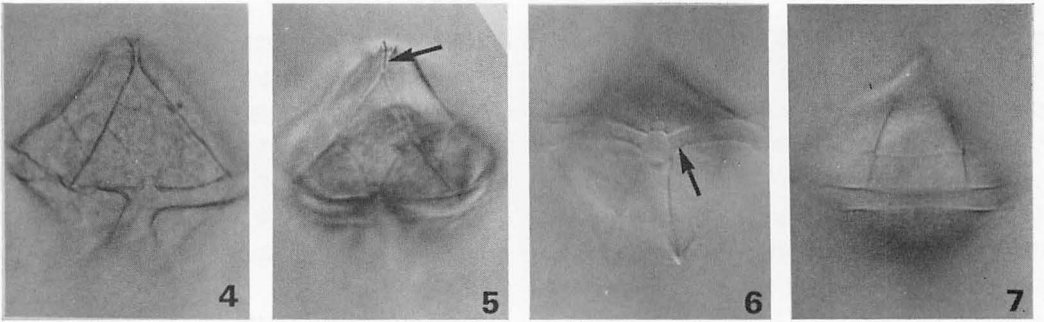
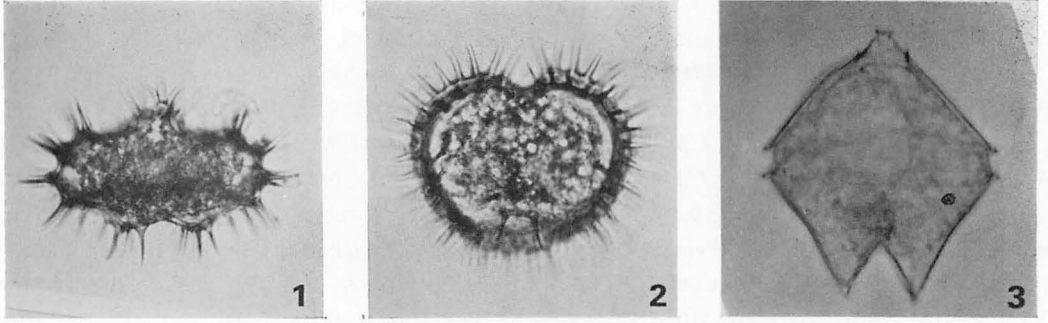
観では細胞の外形が菱形をなす。下殻には2本の後角が顕著であるが、その先端の後棘はほとんど発達していない。2本の後角の間は深いV字形を示す。背腹方向にわずかに扁平で、横溝はほぼ体の中央部より始まり、腹域での両端の段差はほとんど認められない。縦溝は体中央から後方に向ってやや広くなりかつ深く陥入し、下殻の中央に達する。鎧板の表面には網目状の模様がある。鎧板配列は $P_0, P_x, 4', 3a, 7'', 3c, 5'''$, $Op, 2''''$ である。頂孔 (P_0) はほぼ円形で、前頂孔板 (P_x) は細長い長方形である。第1頂板 ($1'$) は菱形であるが、縦溝との接合部ではやや広くなる。第1, 7前帯板 ($1'', 7''$) は三角形で、他の前帯板より高くなることもある。後述するように個体間で $1', 4', 6'', 7''$ 鎧板の接合様式に相違がある。第2前挿間板 ($2a$) は極めて台形に近い六角形で、基本的にシストの発芽孔の形と一致しているが、第2前挿間板の方がより台形に近い点など細部で異なっている。後帯板はすべてほぼ同じ高さを示す。2枚の底板は後帯板よりも高く、ほぼ左右対称である。

大きさ; 細胞長: 64-102 μm , 幅: 53-72 μm 。

本種に最も類似する種は *Protoperidinium leonis* (PAVILLARD) BALECH であるが、以下に記す形態的特徴からそれと区別可能である。本種の横溝の段差はほとんどないが、*P. leonis* では横溝の幅程度ずれる。本種の2本の後角の間は深いV字型を示し、縦溝は下殻のほぼ中央部にまで達するが、*P. leonis* では後角の間がアーチ型であり、縦溝は下殻中央まで達しない。さらに、第1頂板と第4頂板間の縫合線と第6前帯板と第7前帯板の縫合線が本種ではほぼ直線状であるのに対して、*P. leonis* では顕著なジグザグ状を示す。

次に種内での変異について考察を加えるが、Type B より得た游泳体の観察例は少ないので、ここでは対象とし得なかった。以下 Type A より得た游泳体について論ずる。

ABÉ (1981) は *Peridinium conicum* (GRAN) = *Protoperidinium conicum* (GRAN) BALECH の形態的な差に注目して、二つの型 (Pacific form と Atlantic form) を識別し、日本近海に出現する本種のほとんどは Pacific form であろうと報告している。今回、左右径が大きく、両極方向に押しつぶされた形態を持つ Type A シストから得た游泳体はいずれも細胞幅が広く、また前帯板も高く、これらは ABÉ (1981) の示す Pacific form に属する個体であろうと思われた。しかし、頂板の $1', 4'$ 及び前帯板の $6'', 7''$ の鎧板の位置関係が互いに若干異なる標本 (KOP-27, figs. 4, 5 と



1-15: 20 μm

KOP-8, fig. 12) も認められた。すなわち, KOP-8 では 1' と 7" 間の縫合線が 4' と 6" 間の縫合線と連絡しているのに対し, KOP-27 では両縫合線は互いに連絡せず, 1' と 7" 間の縫合線が 4' と接する位置は KOP-8 の個体よりも上部にある。これまでに記載された *P. conicum* の大部分は KOP-27 のような縫合線の特徴を持つが, KOP-8 のように双方間の縫合線が連絡するような形態を持つ例は, ABÉ (1927, fig. 24) が図示している。縫合線の位置関係が異なる例は, *Protoperidinium latissimum* (KOFROID) BALECH にも知られている (TAYLOR 1976)。また, 福代他 (1977) は *Protoperidinium minutum* (KOFROID) BALECH において WALL and DALE (1968a) のシストとは異なった形態のシストから游泳体を発芽させ, その形態を検討した結果, 游泳体も WALL and DALE (1968a) のそれと異なっていると, *P. minutum* には“大型系”と“小型系”の二系統が含まれている可能性を指摘している。これらの例は游泳体を現在よりもさらに細かい形態上の差異で識別し得る可能性を示唆するが, その一方で生理活性の違いや環境要因の変化による個体変異の可能性もある。また, 特にシストからの発芽及び培養によって得られた游泳体については人工環境下における生長過程の差異も考慮すべきであろう。今回観察した *P. conicum* における頂板 1', 4' と前帯板 6", 7" の位置関係の違いは今のところ個体変異の範囲に入るものと推察する。

謝 辞

本研究を行なうにあたって御指導と御配慮をいた

いた長崎大学水産学部飯塚昭二教授に厚くお礼申し上げます。また, シストの分離, 培養方法について御指導いただき, 本稿をまとめるにあたっては種々の御助言を賜り, 草稿を校閲していただいた東京大学農学部福代康夫博士に厚くお礼申し上げます。さらに試料の採集において御協力いただいた長崎大学水産学部実習船“朝霧”の琴浦幸一船長, ならびに海洋学教室大学院生 (当時) 荒木一敏, 中田憲一, 福田靖諸氏にお礼申し上げます。

引用文献

- ABÉ, T. H. 1927. Report of the biological survey of Mutsu Bay. 3. Notes on the protozoan fauna of Mutsu Bay. I. Peridinales. Sci. Rep. Tohoku Imp. Univ., Ser. 4, 2: 383-438.
- ABÉ, T. H. 1981. Studies on the family Peridiniidae. An unfinished monograph of the armoured dinoflagellata. Publ. Seto Mar. Biol. Lab., Special Publ., Ser. 6: 1-412.
- BALECH, E. 1974. El genero "*Protoperidinium*" BERGH, 1881 ("*Peridinium*" EHRENBERG, 1831, partim). Rev. Mus. argent. Cienc. nat. Bernardino Rivadavia Inst. nac. Invest. Cienc. nat., 4: 1-79.
- BRADFORD, M. R. 1975. New dinoflagellate cyst genera from the recent sediments of the Persian Gulf. Can. J. Bot., 53: 3064-3074.
- BRADFORD, M. R. 1977. New species attributable to the dinoflagellate cyst genus *Lejeunia* GERLACH, 1961 emend. LENTIN and WILLIAMS. Grana, 16: 45-59.
- 福代康夫 1980. 渦鞭毛藻シスト—試料の採集・処理・観察方法。安達六郎・入江春彦「赤潮マニュアル I」, 40-46, 水産庁。

Figs. 1-15. *Protoperidinium conicum* (GRAN) BALECH. 1-8. Specimen KOP-27. 1. Lateral view of cyst (type A) before germination filled with starch grains and oil globules; 2. Oblique apical view of cyst before germination; 3. Oblique cross section of germinated theca, showing pentagonal outline and deeply V-shaped outline between two antapical horns; 4. Oblique ventral view of germinated theca, showing triangular 1" and 7" plates; 5. Oblique ventral view of germinated theca, showing X platelet (arrow), 1', 1" and 7" plates; 6. Frontal part of cingulum of germinated theca, showing transitional platelet t (arrow); 7. Dorsal view of epitheca of germinated theca, showing 2a and 4" plates and 2c platelet; 8. Oblique dorsal view of hypotheca of germinated theca, showing conspicuous two antapical horns; 9-13. Specimen KOP-8. 9. Lateral view of cyst (type A) after germination, showing concave epicyst and conspicuous apical boss; 10. Apical view of epicyst (type A) of after germination, showing large intercalary archeopyle reflecting 2a paraplate (arrow); 11. Lateral view of cyst (type A) after germination, showing paracingulum indicated by parallel row of spinous processes; 12. Ventral view of germinated theca, showing X platelet and 1', 1" and 7" plates; 13. Dorsal view of germinated theca, showing 2a, 4" and 3''' plates; 14. Specimen collected from surface sediment. Lateral view of cyst (type B) before germination, showing heptagonal outline and an apical boss; 15. Specimen collected from surface sediment. Oblique apical view of cyst (type B) before germination, showing distinctive apical boss.

- 福代康夫 1982a. 無殻渦鞭毛藻のシストに関する研究。海洋環境特性と赤潮発生, 文部省特別研究・環境科学報告書 205-214.
- 福代康夫 1982b. 日本沿岸における Protogonyaulax の分類と生態に関する研究。東京大学大学院学位論文 (手記), 1-220.
- 福代康夫・橋高二郎・平野礼二郎 1977. 海産渦鞭毛藻シストに関する研究—I. *Proto-peridinium minutum* (KOFOID) LOEBLICH. 日本プランクトン学会報, 24: 11-18.
- GRAN, H. H. 1900. Hydrographic-biological studies of the North Atlantic Ocean and the coast of Nordland. Rept. Norwegian Fish. Mer. Invest., 1: 1-92.
- HARLAND, R. 1977. Recent and late Quaternary (Flandrian and Devensian) dinoflagellate cysts from marine continental shelf sediments around the British Isles. *Palaeontographica*, Abt. B, 164: 87-126.
- HARLAND, R. 1982. A review of Recent and Quaternary organic-walled dinoflagellate cysts of the genus *Proto-peridinium*. *Palaeontology*, 25: 369-397.
- HARLAND, R., REID, P. C., DOBELL, P. and NORRIS, G. 1980. Recent and sub-Recent dinoflagellate cysts from the Beaufort Sea, Canadian Arctic. *Grana*, 19: 211-225.
- IWASAKI, H. 1961. The life-cycle of *Porphyra tenera* in vitro. *Biol. Bull.*, 121: 173-187.
- LEBOUR, M. V. 1925. The dinoflagellates of Northern Seas. *Mar. biol. Ass. U. K.*, Plymouth, 1-250.
- MATSUOKA, K., KOBAYASHI, S. and IIZUKA, S. 1982. Cysts of *Proto-peridinium divaricatum* (MEUNIER) PARKE et DODGE 1976 from surface sediment of Omura Bay, West Japan. *Rev. Palaeobotan. Palynol.*, 38: 109-118.
- PAULSEN, O. 1908. Peridinales. In K. BRANDT, and C. APSTEIN, [ed.], *Nordisches Plankton*. Botanischer Teil 18: 1-124.
- PFIESTER, L. A. 1975. Sexual reproduction of *Peridinium cinctum* f. *ovoplanum* (Dinophyceae). *J. Phycol.* 11: 259-265.
- PFIESTER, L. A. 1976. Sexual reproduction of *Peridinium willei* (Dinophyceae). *J. Phycol.* 12: 234-238.
- PFIESTER, L. A. 1977. Sexual reproduction of *Peridinium gatunense* (Dinophyceae). *J. Phycol.* 13: 92-95.
- REID, P. C. 1974. Gonyaulacacean dinoflagellate cysts from the British Isles. *Nova Hedwigia* 25: 579-637.
- REID, P. C. 1977. Peridiniacean and Glenodiniacean dinoflagellate cysts from the British Isles. *Nova Hedwigia* 29: 429-463.
- Von STOSCH, H. A. 1973. Observations on vegetative reproduction and sexual life cycles of two freshwater dinoflagellates, *Gymnodinium pseudopalustre* SCHILLER and *Woloszynskia apiculata* sp. nov. *Br. Phycol. J.* 8: 105-134.
- TAYLOR, F. J. R. 1976. Dinoflagellates from the International Indian Ocean expedition. A report on material collected by the R. V. "Anton Bruun" 1963-1964. *Bibliotheca Bot.* 132: 1-226.
- WALL, D. 1965. Modern hystrichospheres and dinoflagellate cysts from the Woods Hole region. *Grana Palynol.* 6: 297-314.
- WALL, D. and DALE, B. 1966. "Living fossils" in western Atlantic plankton. *Nature* 211: 1025-1026.
- WALL, D. and DALE, B. 1968a. Modern dinoflagellate cysts and evolution of the Peridinales. *Micropaleontology* 14: 265-304.
- WALL, D. and DALE, B. 1968b. Quaternary calcareous dinoflagellates (Calciodinellidae) and their natural affinities. *J. Paleont.* 42: 1395-1408.
- WALL, D. and DALE, B. 1971. A reconsideration of living and fossil *Pyrophacus* STEIN 1883 (Dinophyceae). *J. Phycol.* 7: 221-235.
- WALL, D., GUILLARD, R. R. L. and DALE, B. 1967. Marine dinoflagellate cultures from resting spores. *Phycologia* 6: 83-86.
- WALL, D., GUILLARD, R. R. L., DALE, B., SWIFT, E. and WATABE, N. 1970. Calcitic resting cyst in *Peridinium trochoideum* (STEIN) LEMMERMANN, an autotrophic marine dinoflagellate. *Phycologia* 9: 151-156.
- WOOD, E. J. F. 1954. Dinoflagellate of the Australian region. *Austr. J. Mar. Freshwat. Res.* 5: 171-351.

異形接合によるトゲミカヅキモの有性生殖¹⁾

市村輝宜*・笠井文絵**

* 東京大学応用微生物研究所 (113 東京都文京区弥生 1-1-1)

** 国立公害研究所微生物系統保存施設 (305 茨城県筑波郡谷田部町
小野川)

ICHIMURA, T.* and KASAI, F.** 1984. Anisogamous conjugation in *Spinoclosterium cuspidatum* (Bailey) HIRANO. Jap. J. Phycol. 32: 257-261.

The mode of sexual reproduction was described for the first time for a rare, interesting desmid genus, *Spinoclosterium* BERNARD. The material was collected from a pond (pH 6.0) located in a hilly area, Shitami, Higashi-Hiroshima, Hiroshima-shi, Japan, on October 19, 1983. Axenic clonal cultures of *S. cuspidatum* (BAILEY) HIRANO were established using synthetic culture media. The clones studied are homothallic with an anisogamous mode of conjugation which is very rare among the desmids but familiar among the Zygnemataceae. Male and female gametangial cells superficially resemble vegetative cells, having a stout spine at each terminal, but they can be distinguished from one another as follows. Vegetative cells are symmetrical whereas male and female gametangial cells are asymmetrical, having a shorter but broader new semicell. The female gametangial cell is slightly larger than male gametangial cell, and the former has a broad transparent, cytoplasmic mid region in which one spherical nucleus with one nucleolus can be clearly seen. Sexual pairing occurs at the position of the ventral part of a female gametangial cell that is facing the dorsal or lateral part of a male gametangial cell. In addition to the colorless amorphous extracellular polysaccharide, a pale orange-brown colored mucus substance is secreted between the pairing cells and, by the time of conjugation tube formation, this forms a conspicuous, alveolar mucilage matrix presumably protecting newly developing walls of conjugation tube. It took about 3 hours to complete the conjugation process from initiation of conjugation tube formation (starting about 3 hours after the onset of light period) to accomplishment of male gamete movement into female gametangium. During this process both male and female gametes contracted gradually and the contraction continued until the volume of the resulting zygote decreased to approximately half of the volume of the female gametangium a few hours after their complete fusion. Always almost the whole of a zygote is contained within the broader semicell of the female gametangium. It took several days for a newly formed green zygote to become a pinkish orange zygosporangium with thick 3-layered walls. Zygosporangia appear irregularly elliptical to oval in shape, but their shape is largely influenced by the lunately curving gametangium.

Key Index Words: Anisogamous conjugation; homothallism; sexual reproduction; *Spinoclosterium cuspidatum*; desmid.

* Terunobu Ichimura, Institute of Applied Microbiology, University of Tokyo, Bunkyo-ku, Tokyo, 113 Japan; ** Fumie Kasai, Microbial Culture Collection, National Institute for Environmental Studies, Yatabe-machi, Tsukuba, Ibaraki, 305 Japan

接合藻綱の1属トゲミカヅキモ *Spinoclosterium* は、今世紀の初め BERNARD (1909) によって創設されたが、これまで同属には *S. cuspidatum* (BAILEY)

HIRANO (Syn. *S. curvatum* BERNARD) がただ1種知られているのみである。本種は日本の数ヶ所の池沼に生息が認められ (HIRANO 1949, 平野 1977), 国外ではアジア, オーストラリア, 南北アメリカ等にも分布が認められているが, 稀産のデスマッドの1種であ

1) 本研究は文部省科学研究費 (一般 C, 58540445) の援助により実施したものである。

る (PRESCOTT *et al.* 1975)。デスマッドの分布、生態の研究が進んでいるヨーロッパ産のデスマッドの種を網羅した書物 (WEST and WEST 1904, KRIEGER 1937, RůžičKA 1977) に本種の記述がないことから考えると、本種はヨーロッパには分布していないのかもしれない。

トゲミカヅキモは、その名が表わすようにミカヅキモ属 *Closterium* の藻に似た単細胞のデスマッドであるが、細胞の両先端に顕著な棘を持っていることでミカヅキモ属とは区別して独立の属として分類されている (SMITH 1950, PRESCOTT *et al.* 1975, 平野 1949 1977)。しかし、BOURRELLY (1966) は、トゲミカヅキモを独立の属とは認めずミカヅキモ属に含めて分類している。

筆者等の知る限り、これまでトゲミカヅキモの有性生殖の様式は全く知られておらず、培養による研究も皆無である。このたび機会にめぐまれ、*S. cuspidatum* の培養に成功し、有性生殖の様式に関する知見を得ることができたので報告する。

材料と方法

1983年10月19日、広島市東広島下見の広島大学新キャンパス予定地の赤松林内にある池の岸より水中に繁茂するシャジクモ等の水生植物を採取した。この時の池の表層水の水温は 17°C、pH は 6.0 であった。採取した植物をビニール袋に入れて研究室に持ち帰り、しばらく水を検鏡した。多数のデスマッドに混って存在する本藻の栄養細胞をピペット洗浄法 (市村 1972) によって分離しクローン培養を行った。

培養は、25°C、16時間明 8時間暗のサイクル、照度約1200ルクス下で行った。MG 培地または CA 培地を pH 6.5 に調整した合成培地の他に、二相培地 (室蘭自然林または湧払原野の表土) (市村 1979) を試験的に用いた。いずれの培地でもクローンの形成が見られ、クローンによっては接合子形成も観察された。本報告は、接合子形成を最もよく行った無菌クローン 83-24-15 を MG 培地で培養した結果に基づいている。

接合過程の経時的観察は、培養中の試験管より性的対合を行っている細胞を含む試料約 0.5 ml を取り出し、Lab-Tek Tissue Culture Chamber Slides (No. 4808) に入れ、ニコン万能倒立顕微鏡ダイアフォト TMD によって行なった。また必要に応じてノマルスキー微分干渉装置 (Nikon Biophot) を使用した。

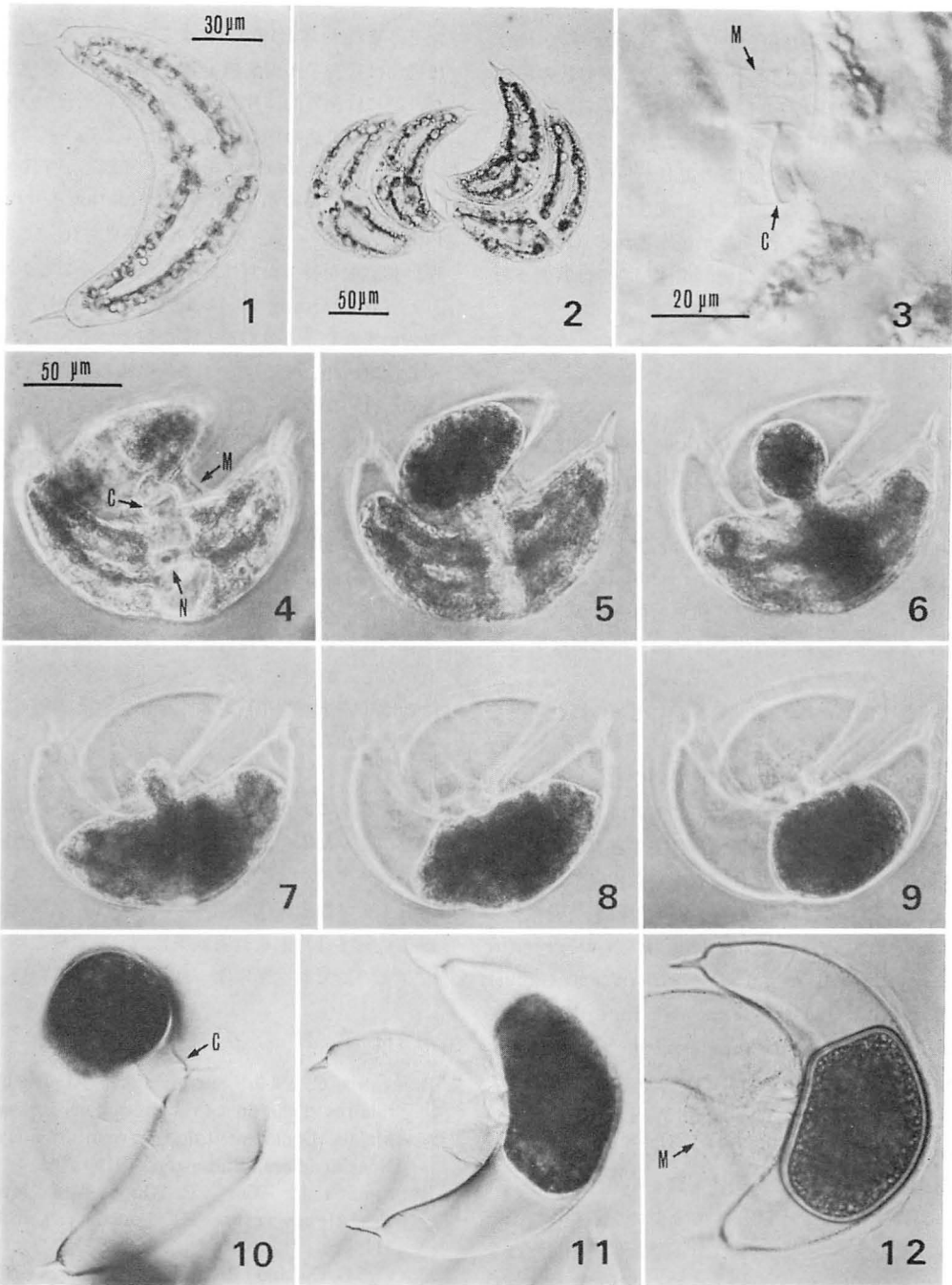
結 果

池より採取したシャジクモに着生していた本藻の栄養細胞を Fig. 1 に示す。細胞は中央部にくびれがなく、大きく湾曲した三日月形をなし、先端部は丸くやや膨んだ感じとなり、約10個の顆粒を含んだ先端空胞を有し、最先端部の細胞壁は大きな針状の棘となっている。細胞の中央部には顕著な仁を持った核が1個存在し、その両側にピレノイドを多数含んだ色素体が細胞のほぼ全体を占めている。

性的対合は、栄養細胞と酷似した両先端に棘を持った細胞が2個並んで起こる (Fig. 2)。性的対合がどのようにして起こり、接合管形成までにどれ位の時間を要するかについては不明であるが、両細胞が接している部分に不定形の粘質物が観察される。この粘質物は薄い茶褐色で粒状の物質を含んでいるように見え、栄養細胞及び性的対合を行っている細胞集団全体を包み込んでいる無色透明の粘質物とは区別される。接合管が形成される頃には、この粒状の粘質物は網目状の袋のようになって両細胞間に拡がり、あたかも新生する接合管を保護するかのように包み込んだ状態となる (Fig. 3)。接合管を形成する頃の細胞は、半細胞の一方が短く太く膨んで左右非対称である。特に、接合対の一方の、細胞の内容物全体を受け入れる側の細胞、即ち雌性細胞ではこれが顕著で、こぶのように膨んだ外湾を有した細胞となっている (Fig. 4)。雌性細胞は雄性細胞よりやや大きく、細胞の中央部分で両側の色素体が大きく離れており、核がよく見える。これに対して、雄性細胞では両色素体がぴったりと合わさっているため核は見えない。

雌雄の細胞 (配偶子囊) より接合突起が伸び、これらの先端部が融合して接合管となり両細胞が連結されると、まず雄性配偶子が収縮を開始し、続いて雌性配偶子もゆっくりと収縮する (Fig. 5)。この収縮の過程と平行して、雄性配偶子は細い接合管を通して雌性配偶子囊へとゆっくり移動する (Fig. 6, 7, 8)。接合管形成は明期開始の2~3時間後に始まり、接合管が形成されてから雄性配偶子が移動を終了するまでに約3時間を必要とする。移動が完了してからも収縮はしばらく続き、数時間後に雌性配偶子囊の容積の半分以下となった接合子がこぶ状に膨んだ半細胞の方に片寄せた状態で形成される (Fig. 9)。

形成されたばかりの接合子は細胞壁も薄く濃い緑色をしているが (Fig. 11)、数日後には3層よりなる厚い細胞壁を持ちピンクばいオレンジ色を呈し、貯蔵物



Figs. 1-12. *Spinoclosterium cuspidatum*. 1. A field-collected vegetative cell; 2. Two pairs of gametangial cells, female one being outside and male inside, both of which are asymmetrical in shape, having a shorter but broader semicell; 3. Conjugation tube formation, being surrounded by alveolar mucilage; 4-9. Time lapse photomicrographs showing anisogamous conjugation; 4. 11:05; 5. 12:48; 6. 13:26; 7. 13:40; 8. 14:00; 9. 19:00; 10 & 11. Newly formed green zygospores, showing the position of conjugation tube and hinge-like opening of gametangium wall; 12. A pinkish orange zygospore with 3-layered thick walls and an alveolar mucilage sac surrounding conjugation tube.

Mucilage, conjugation tube and nucleus are indicated by arrows with *M*, *C* and *N*, respectively. The scale shown in Fig. 4 applies to Figs. 5-9, and the scale Fig. 1 applies to Figs. 10-12.

質をいっばいを含んだ接合胞子となる (Fig. 12)。接合胞子形成後にも、接合管 (Fig. 10) 及び網目状の粘質物の袋 (Fig. 12) は消失しないで残っている。接合が完了し、雄性配偶子嚢が空になった状態になると、雄性配偶子嚢が左右の半細胞壁の継目から蝶番状に開いておりその間に新たな細胞壁が形成され、そこから接合管が生じていることが明瞭に観察される (Fig. 11)。接合管は、雌性細胞では腹側、雄性細胞では背側または脇腹に形成される。

考 察

トゲミカヅキモ *S. cuspidatum* の色素体は、ミカヅキモと異なり側壁性の数本の帯状構造をしているようにも見える (坂東, 私信)。しかし、ミカヅキモの色素体と同様の構造であるがその髪が上記のように見るとも考えられる (PRESCOTT *et al.* 1975)。この点について、培養材料について検討を行ったが、光学顕微鏡による通常の観察方法では結論を得るには至らなかった。

本報告で明らかにしたトゲミカヅキモの接合過程と似た様式は、ホンミドロ科のホンミドロ属 *Zygnema* 及びアオミドロ属 *Spirogyra* でよく知られている。しかし、雌雄配偶子嚢の大きさに差があること及び接合管を包む網目状の粘質物が存在する点で、トゲミカヅキモの接合様式は接合藻綱中でも特異で他に例がない。ホンミドロ科以外の接合藻綱の藻類 (通称デスマッド) では、チリモ属 *Desmidium* の *D. grevillii* (KÜTZ.) DE BARY (= *D. cylindricum* GREV.) (WEST *et al.* 1923, COUCH and RICE 1948), *D. laticeps* NORDSTEDT var. *quadrangulare* NORDSTEDT (WITTROCK and NORDSTEDT 1889), *D. pseudostreptonema* WEST et WEST (SCOTT and GRÖNBLAD 1957) 及び *D. swartzii* AGARDH (市村未発表) などの種類で、雄性配偶子が雌性配偶子嚢の中に移動することが例外的に知られているのみである。他の多くのデスマッドの属では雌雄配偶子の分化はなく、両配偶子は等しく行動し、接合子は両配偶子嚢の外側の中間の位置に形成される。OKADA (1953) によると、*Gymnozyga moniliformis*, *Desmidium cylindricum* (p. 170) または *Desmidium aptogonum* (p. 172) 及び *Hyalotheca dissiliens* の3種において雌雄配偶子の分化が認められる。しかし、これら3種の接合過程の観察を記述した出典が明示されておらず、氏自身の未発表データに基づくものか不明である。

ただ、WEST 等 (1923) によると、*H. dissiliens* では通常は接合子が両配偶子嚢の外側中間に形成されるが、時には例外的に片方の配偶子がもう一方の配偶子嚢の中に入り込む場合があることが記述されている。

最近、*S. cuspidatum* と比較して細胞がずんぐりとしていて先端の棘が短い *S. cuspidatum* f. *crassum* PRESCOTT がニューギニアから発見され、この藻が厚い細胞壁を持った無性胞子を形成することが報告された (WATANABE *et al.* 1979)。この無性胞子は本報告の接合胞子と外形が非常に似ている。しかし、厚い細胞壁の中にピレノイドや色素体の形状が認められる点では、接合胞子が同化物質で満たされて色素体の形状が認められないのと異なっている。これと関連して、古く WHELDEN (1943) は米国メイン州の数ヶ所より *S. cuspidatum* を採集し、細胞の湾曲度合いや棘の形状に変異があることを述べるかわり、本種がしばしば水生菌 (*Olpidium* ?) の寄生を受けることを報告している。その図は非常に簡単なものであるが、本種の接合胞子及び雌性配偶子嚢の特徴がよく表わされている。断定はできないが、本種の接合胞子または無性胞子 (単為胞子) を水生菌の寄生と誤解したものと想像される。

稿を終るにあたり、本研究の材料の入手にあたりお世話になった広島大学理学部植物学教室の中野武登博士、板東忠司、大谷修司両氏に心から感謝したい。また日本大学農獣医学部生物学教室の山岸高旺教授および国立科学博物館筑波実験植物園の渡辺真之博士には、文献その他でお世話になったことを感謝したい。

引用文献

- BERNARD, C. 1909. Sur quelques Algues Unicellulaires d'eau douce récoltées dans le Domaine Malais. Department de L'agriculture aus Indes Néerlandaises. Bultenzorg, 94pp.
- BOURRELLY, P. 1966. Les Algues d'eau douce. I. Les Algues vertes. N. Boubée & Cie, Paris, 511 pp.
- COUCH, G. C. and RICE, E. L. 1948. Vegetative habit and reproduction of *Desmidium grevillii* (KÜTZ.) de BARY. Amer. J. Bot. 35: 482-486.
- HIRANO, M. 1949. Some new or noteworthy desmids from Japan. Acta Phytotax. et Geobot. 14: 1-4.
- 平野 実 1977. ツヅミモ科. 日本淡水藻図鑑 (広瀬弘幸, 山岸高旺編) pp. 465-760. 内田老鶴圃。
- 市村輝宜 1972. 微細藻類の培養に関するあれこれ (2). 遺伝 26(1): 97-100.

- 市村輝宜 1979. 培養液の種類と組成—淡水藻類。藻類研究法 (西沢一俊, 千原光雄編) pp. 294-305.
- KRIEGER, W. 1937. Die Desmidiaceen Europas mit Berücksichtigung der aussereuropäischen Arten. *In* Rabenhorst's Kryptogamen-Flora 13, Abt. 1, Teil 1, 712 pp.
- OKADA, Y. 1953. A new classification of Conjugate, with special reference to desmids. *Mem. Fac. Fish. Kagoshima Univ.* 3: 165-192.
- PRESCOTT, G.W., CROASDALE, H.T. and VINYARD, W.C. 1975. A Synopsis of North American Desmids. Part II. Desmidiaceae: Placodermatae. Section 1. University of Nebraska Press, Lincoln, 275 pp.
- RŮŽIČKA, J. 1977. Desmidiaceen Mitteleuropas. Band 1, 1. Lieferung. E. Schweizerbart'sche Verlags. Stuttgart, 291 pp.
- SCOTT, A.M. and GRÖNBLAD, R. 1957. New and interesting desmids from the southeastern United States. *Act. Soc. Sci. Fenn.*, n.s. B, 2: 1-62.
- SMITH, G.M. 1950. The Fresh-water Algae of the United States. McGraw-Hill Book Co. New York, 2nd Ed. 719 pp.
- WATANABE, M., PRESCOTT, G.W. and YAMAGISHI, T. 1979. Fresh-water algae of Papua New Guinea (2) Desmids from Woitape, Central District. *In* S. KUROKAWA [ed.] Studies on Cryptogams of Papua New Guinea. Academia Sci. Book Inc. Tokyo, pp. 49-66.
- WEST, W. and WEST, G.S. 1904. A Monograph of the British Desmidiaceae. Vol. 1. Ray Society, London, 224 pp.
- WEST, W., WEST, G.S. and CARTER, N. 1923. A Monograph of the British Desmidiaceae. Vol. 5. Ray Society, London, 300 pp.
- WHELDEN, R.M. 1943. Notes on New England algae. III. Some interesting algae from Maine. *Farlowia* 1: 9-23.
- WITTRÖCK, V. and NORDSTEDT, O. 1889. Algae aquae dulcis exsiccatae praecipue scandinavicae, quas adjectis algis marinis chlorophyllaceis et phycochromaceis. Fasc. 21. Descriptiones systematicae dispositae et Index Generalis Fasciculorum 1-20. Stockholm, 92 pp.

海産樹枝状群体珪藻 *Berkeleya rutilans* の季節的消長と大きさの変化

水 野 真

道都大学教養部生物学教室 (094 北海道紋別市落石町7)

MIZUNO, M. 1984. Phenology and seasonal size change of the marine tube-dwelling diatom *Berkeleya rutilans*. Jap. J. Phycol. 32: 262-268.

Standing crop and cell size (valve length) of *Berkeleya rutilans* (TRENT.) GRUN. were measured monthly from January 1976 to April 1979 at the various sites of Charatsunai shore, Muroran. This diatom abundantly occurred on rocks, shells and algae from middle autumn to early summer and poorly from middle summer to early autumn. Among the environmental factors, high temperature (30°C or more) during tidal exposure might cause a decrease in the standing crop during summer. This diatom usually occurred in the upper littoral zone, but it also appeared in the lower littoral zone from spring to early summer. Strong solar radiation from spring to summer seemed to allow the occurrence in the lower littoral zone.

Seasonal size change was observed. Size restitution took place only at the period between autumn and winter. This restitution seemed to be due to auxospore formation. The mean of cell size gradually decreased from winter to summer and it reached its annual minimum in early autumn.

Key Index Words: *Berkeleya rutilans*; marine tube-dwelling diatom; phenology; seasonal size change; standing crop.

Makoto Mizuno, Biological Laboratory, General Education, Dohto University, Mombetsu, Hokkaido, 094 Japan

Berkeleya rutilans (TRENT.) GRUN. (= *Amphipleura rutilans* (TRENT.) CLEVE) は粘液質を分泌し、大きな樹枝状群体を形成する海産珪藻で、岩・貝殻・海藻等に附着し生育する (HENDEY 1964)。本種は世界中に広く分布し (MCINTIRE and MOORE 1977)、これまで多くの研究者によってその生態が報告されてきた (ALEEM 1949 1950, CASTENHOLZ 1963 1967, HENDEY 1964, DRUM 1969, MAIN and MCINTIRE 1974, COX 1977)。しかし地域によって出現時期や生育帯が異なっていることが知られている。

筆者は以前北海道小樽市忍路海岸の *B. rutilans* の生態について報告した (水野 1977) が、今回室蘭市チャラツナイ浜においてより詳細な生態学的研究を行ない、季節的消長、垂直分布並びに細胞の大きさの季節的变化についていくつかの見解が得られたので報告する。

なお本研究は北海道大学理学部附属海藻研究施設において同大学大学院在籍中に行なわれた。

材 料 と 方 法

室蘭市チャラツナイ浜を調査地とした。室蘭市の潮間帯は潮位基準面上 +172 cm から -8 cm の範囲である (気象庁 1977)。Pool-4 (潮位基準面上 +160 cm)、Pool-3 (+80 cm)、Pool-2 (+60 cm) 及び +40 cm から +50 cm に生育する ウミトラノオ (*Sargassum thunbergii* (MERT.) O. KUNTZE) 集団から2ヶ所の計5ヶ所を *B. rutilans* の採集地点とした。Pool 2-4 は前報の環境観測を行なった地点である (MIZUNO 1984)。Pool-4 は大きさが 2×1.5 m、深さが 0.1 m、底にはピリヒバ (*Corallina pilulifera* POST. et RUPR.)、ウミトラノオ、イガイ等が生育していた。Pool-3 は大きさが 0.6×0.4 m、深さ 0.1 m、裸の岩盤上に出来るプールであった。Pool-2 は大きさが 1.5×1 m、深さが 0.15 m、底は砂がたい積していたがフジマツモ (*Neorhodomela aculeata* (PEREST.) MASUDA) が生育していた。Pool-4 はピリヒバ、ウミトラノオ、イガイ上に、Pool-3 は岩盤上に、Pool-

2 はフジマツモまたは岩盤上に生育する *B. rutilans* を 25×25 cm あるいは 10×10 cm のコードラートを用い採集した。ウミトラノオについては各採集地点から5個体のウミトラノオを採集した。採集後濃硝酸を少量加え熱して群体の粘液質を溶かした。冷却後一定量まで純水を加えた。採集物中には *B. rutilans* 以外の珪藻も含まれているのでまず最初に血球計算盤を用いて全珪藻細胞数を求めた。次に材料の一部を遠沈管にとり、濃硝酸と濃塩酸を加え熱した。酸処理し水洗した材料を Pleurax に封入し、1000 倍の倍率下

で200殻について種類を調べ、*B. rutilans* の出現頻度を求めた。全珪藻細胞数にその出現頻度を乗じて求められた *B. rutilans* の細胞数をコードラートの面積 (cm²) あるいはウミトラノオ5個体の合計主軸長 (cm) で除した値を現存量とした。採集は1976年1月から1979年4月まで毎月1回行った。

B. rutilans の細胞の大きさの季節的变化を調べるため1サンプルあたり100殻の殻長をスクリー式マイクロメーター (オリンパス光学製) で計測した。

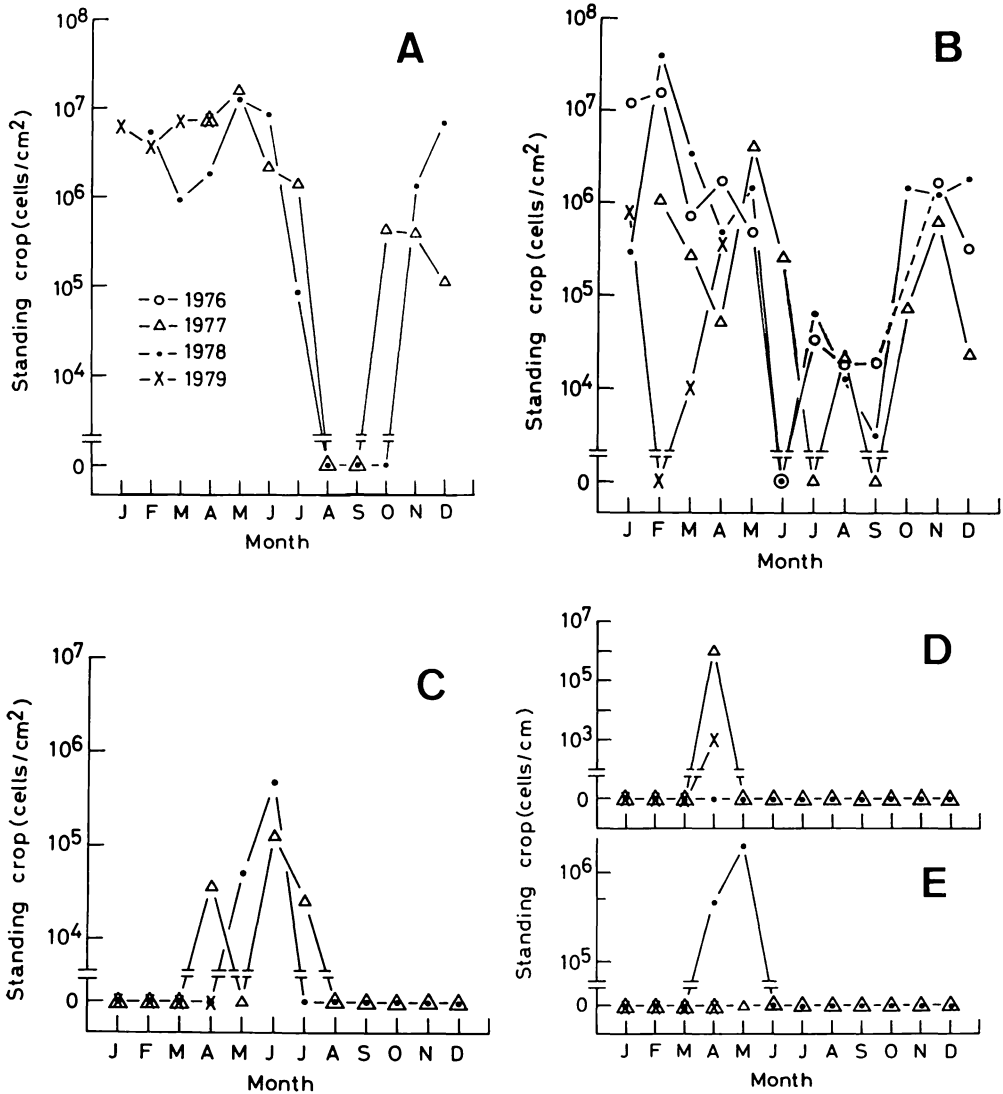


Fig. 1. Standing crop of *Berkeleya rutilans* at various sites of Charatsunai shore from January 1976 to April 1979. A: Pool-4 (+160 cm of the tidal datum line). B: Pool-3 (+80 cm). C: Pool-2 (+60 cm). D: *Sargassum thunbergii*-1 sampling point (+40-50 cm). E: *S. thunbergii*-2 sampling point (+40-50 cm).

結 果

現存量

Fig. 1 にチャラツナイ浜での *B. rutilans* の現存量の月別変化を示した。Pool-4 (+160 cm) (Fig. 1-A) では冬から初夏に高い現存量を示し、7月に減少し8月から9月(-10月)にかけ消失した。そして10月から再び高い現存量を示した。繁茂期の現存量は 10^6 - 10^7 細胞/cm² であった。Pool-3 (+80 cm) (Fig. 1-B) では冬から春まで高い現存量を示し、6月(1977年を除く)から9月は低い現存量を示した。時おりその間に消失することもあった。そして10月から再び高い現存量を示した。繁茂期の現存量は Pool-4 と同程度であった。1976年と1978年の2月は年間最高の現存量を示したが1979年の2月にはまったく消失していた。Pool-2 (+60 cm) (Fig. 1-C) では4月から7月のみ出現した。6月に最高の現存量 (1.3 - 2.0×10^6 細胞/cm²) を示した。この値は Pool 3-4 の年間最高値より小さかった。ウミトラノオ採集地点では毎年ではなかったが4-5月に出現した (Fig. 1-D, E)。その現存量は 1.1 - 2.0×10^6 細胞/cm であった。

細胞の大きさ

Fig. 2-A に Pool-3 での *B. rutilans* の殻長の月別変化を示した。1976年4月の平均値は $23.8 \mu\text{m}$ であったが、バイモーダルな分布を示し、一つのモードは $26.5 \mu\text{m}$ であり他方は $14.5 \mu\text{m}$ であった。5月は平均値が $20.7 \mu\text{m}$ に減少し、その減少は9月まで続いた。9月の平均値は $16.7 \mu\text{m}$ でモードは $17.5 \mu\text{m}$ であった。11月のモードはさらに減少し $14.5 \mu\text{m}$ となったが、大きな細胞が現われたため平均値は $18.7 \mu\text{m}$ と9月より大きくなった。分布は大きな細胞の出現によりバイモーダル分布を示した。12月もバイモーダル分布であったが、大きな細胞が多くなり平均値も $23.1 \mu\text{m}$ と11月より大きくなった。1977年2月の平均値は $24.6 \mu\text{m}$ で小さな細胞は見られなくなった。3月、4月は平均値がそれぞれ $22.1 \mu\text{m}$ $24.2 \mu\text{m}$ でありモードはともに $23.5 \mu\text{m}$ であった。4月は前年の同じ月と比べ、顕著なバイモーダル分布を示さなかったが、平均値はほぼ同じであった。1977年6月から1978年4月までの殻長の変化は1976年4月から1977年4月のそれとほぼ同じパターンを示した。

Fig. 2-B に Pool-4 での殻長の月別変化を示した。Pool-3 と同様に夏から秋にかけて平均値が減少してゆき、冬に大きさが回復した。また両 Pool の同一時期における平均値及び頻度分布はほぼ同じであった。

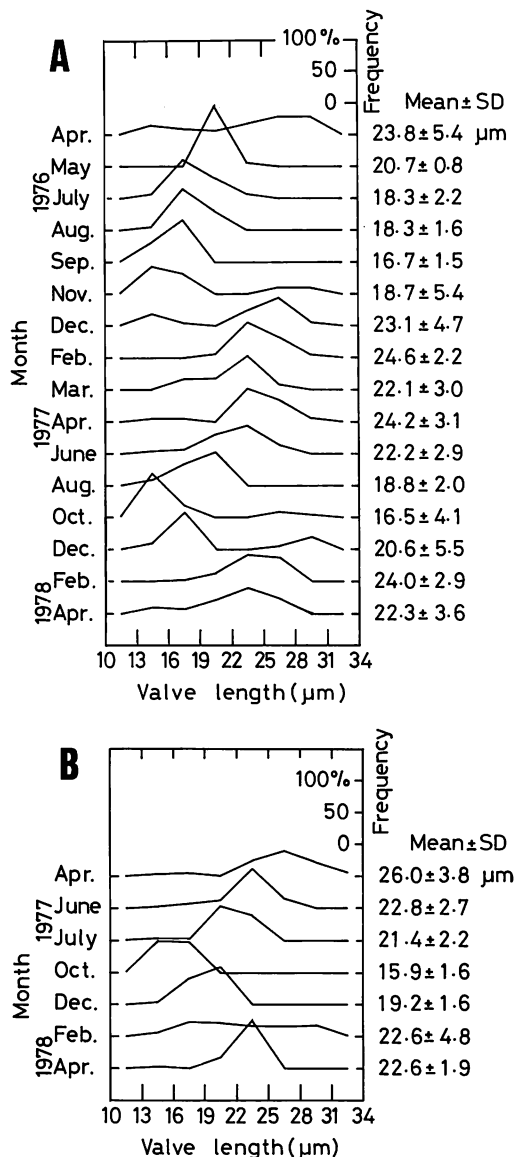


Fig. 2. Seasonal size distribution of *Berkeleya rutilans* collected from two tide pools of Charatsunai shore from April 1976 to April 1978 (number examined=100 valves). A: Pool-3, B: Pool-4.

Pool-2 (1977年4月), ウミトラノオ-1 (1977年4月) 及び-2 (1978年4月) の平均値 (±標準偏差) はそれぞれ $24.5 \pm 2.0 \mu\text{m}$, $24.3 \pm 3.1 \mu\text{m}$ と $18.2 \pm 2.2 \mu\text{m}$ であった。これらの値を同時期の Pool-3 の平均値と比較したところ, ウミトラノオ-2 の平均値が Pool-3 より小さかった。しかしウミトラノオ-2 上には *B. rutilans* は一時的にしか出現せず, また出現しなかった年もあった (Fig. 1-E)。さらに Pool-2 とウ

ミトラノオ-1 は Pool-3 と同様な頻度分布を示し、平均値もほぼ一致していた。また主な生育場所である Pool-3 と Pool-4 での大きさは同様の季節的变化を示していた。これらの事からチャラツナイ浜の *B. rutilans* は夏から秋にかけ小さな細胞が多く、晩秋から初冬にかけ大きな細胞が現われ出し、冬から春に大きな細胞が多くなるという大きさの季節的变化が認められた。

考 察

ALEEM (1949 1950) (イギリス), HENDEY (1964) (イギリス), DRUM (1969) (北米大西洋岸) は *B. rutilans* は冬に繁茂する 冬型珪藻であると報告している。一方, CASTENHOLZ (1963) や MAIN and MCINTIRE (1974) は北米太平洋岸では本種は春から夏に出現すると報告している。また CASTENHOLZ (1967) (ノルウェー) や COX (1977) (イギリス) は本種は夏に量的に少なくなるが一年中出現すると述べている。生育帯に関しては潮間帯最上部から飛沫帯に生育するという報告 (ALEEM 1950) や潮間帯全域に

生育するという報告 (MAIN and MCINTIRE 1974) がある。以上述べたように *B. rutilans* は地域により出現時期や生育帯に大きな違いがみられる種である。本研究のチャラツナイ浜では本種は一年中出現したが、中秋から初夏まで繁茂し、盛夏から初秋の間は量的に少なかった。また高い地点 (Pool-4) では忍路 (水野 1977) 同様盛夏から初秋までまったく消失した。主な生育帯は潮間帯中央より上部であったが季節によって変化した。即ち3月まで潮間帯の上部にのみ生育していたが、4月になると潮間帯中央より下部でも生育するようになり、6-7月までこの帯でも生育がみられた。

本種の現存量とチャラツナイ浜の環境 (MIZUNO 1984) との考察から、本種は冬期の海水温が氷点下となったり、春の水温が 20°C を越える tide pool でも繁茂しているように広温性を有し、Pool-4 のような大きな pH 値変動 (pH 7.5-10) に対しても繁茂を維持できる広水素イオン濃度性を有する珪藻であることがわかった。本種は低い塩分濃度下でも生育できる (MAIN and MCINTIRE 1974) が高塩分 (S=41‰) 下でも繁茂できることがわかった。

次にチャラツナイ浜での本種の衰退要因について考

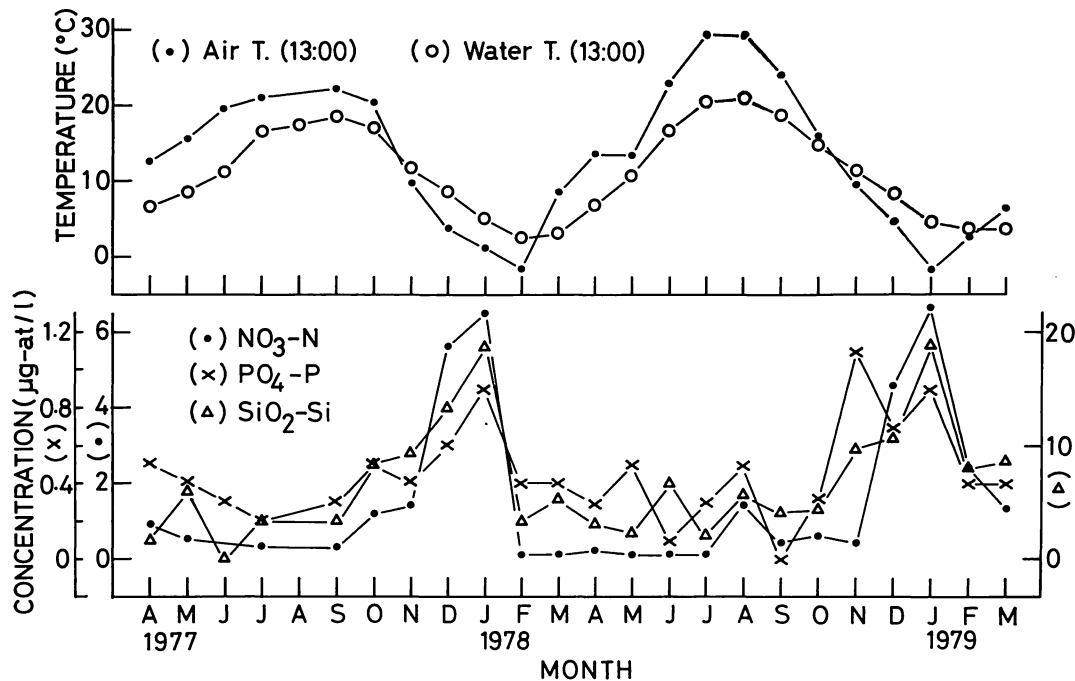


Fig. 3. Physico-chemical conditions of Charatsunai shore from April 1977 to March 1979 (from MIZUNO 1984, air temperature, water temperature and nutrients were measured at the open place near the shore, the Cleft-1 and the Point-B, respectively, number measured per month=6-15 for temperature and=1 for nutrient, water temperature at 10:00 of August 1977 was given by the Institute of Geological Research, Hokkaido University).

察する。海水中の栄養塩濃度が低い春から初夏 (Fig. 3) にかけても繁茂している事から栄養塩の変動が本種の衰退要因とは考えられない。日射露光の強弱が珪藻の季節の変遷を左右するという報告がある (CASTENHOLZ 1967) が、室蘭では春と夏の1日当りの日射量はほぼ同じであり (UCHIDA 1981), 夏の衰退は日射露光が原因しているとは考えられない。北米太平洋岸では本種は平均水温が 17.3-18.5°C の時にも生育している (MAIN and McINTIRE 1974)。また 16°C の条件下でよく生育するという報告 (TSCHERMAK-WOESS 1973) もある。チャラツナイ浜での本種の衰退期間の平均海水温は 1977年は 16.5-18.5°C であった。これらの事からチャラツナイ浜での夏の衰退は平均水温が原因しているとは考え難い。室蘭では大潮時の低低潮は3月下旬から9月上旬までは昼間に起き、他の時期は夜間に起こる (気象庁 1977)。夏季の昼間干出時には高温の大气にさらされ tide pool 中の海水温は 30°C あるいはそれ以上になる (Table 1)。本種の衰退は干出時にこの高温に長時間さらされることが主原因と考えられる。しかしながら Pool-4 では1978年6月の干出時に水温は 30°C 近くになっていたが、7月にも消失していなかった。また Pool-3 では夏の間も量的には少ないが出現していたことから本種は長時間の高温に対してもかなり強い耐性があると考えられる。Pool-2 と -4 では1977年7月にもかなりの現存量がみられたが、6・7月の平均気温が低く tide pool 中の水温もあまり高くならなかった (MIZUNO 1984)

ためだと考えられる。9月の平均気温は夏と比べ少し低くなり (Fig. 3), Pool 3-4 の水温も夏期より低下した (Table 1)。だが現存量は夏と同様少なかった。この時期は夏の間不利な条件にさらされていた細胞が新たに生育するための準備期間ではないだろうか。

Cox (1977) は繁茂期と考えられる時期に時おり本種が消失することを報告しているが、本研究でも1976年と1978年の6月、1979年2月に Pool-3 で同様の現象が観察された。Pool-3 はしけの後に砂で埋もれてしまうことがあったがそのことがこの突然の消失の要因かもしれない。

CASTENHOLZ (1967) はノルウェーの西海岸において着生珪藻の増殖率を調べ、本種は春に増殖率が高いことを示した。そしてこの原因は春になると日射量が強くなるためであろうと推察している。また WULFF and McINTIRE (1972) は培養実験により本種は増殖のために強い光を要求することを示した。室蘭では春の日射量は冬の3-4倍強くなる (UCHIDA 1981)。春に生育帯を下方に広げるのは、その強い光によって増殖・細胞活動が活発になり深所まで移動することと、生育に好適な強い光がより深い所まで到達するようになるためであろう。ウミトラノオ上の本種は他の地点ではまだ繁茂期である6月にはすでに消失していたが、この原因の一つとして、大型海藻の生長が活発となり、ウミトラノオをおおうように生長し、光の通過を妨げることが考えられる。

プランクトン及び底生珪藻の細胞の大きさが季節に

Table 1. Seawater temperature (°C) of tide pools during tidal exposure of spring tide at Charatsunai shore from January 1978 to December 1978 (from MIZUNO 1984)

Measurement time	Pool-2	Pool-3	Pool-4
Jan. 23 20: 00	1.7	1.2	-0.5
Feb. 22 20: 00	-0.6	-0.6	-1.4
Mar. 27 13: 00	17.1	17.6	17.6
Apr. 25 13: 00	17.6	18.3	18.3
May 25 13: 00	26.9	25.9	23.9
June 23 13: 00	31.4	—	29.1
July 24 13: 00	31.7	31.9	30.1
Aug. 18 10: 00	29.0	26.7	28.1
Sep. 18 10: 00	20.2	22.1	21.6
Oct. 17 20: 00	12.5	12.2	10.4
Nov. 15 20: 00	10.8	9.4	8.8
Dec. 14 20: 00	9.2	8.8	8.5

より変化することが知られている (SCHÜTT 1886, BACHMANN 1904, 赤塚 1914, 松江 1936, 江草 1949, 右田 1967 1969, BELLINGER 1977)。チャラツナイ浜の *B. rutilans* の細胞の大きさ (殻長) も季節的に変化し, その変化周期が1年であることがわかった。本種の有性化し得る細胞の長さは (8-) 10-21 μm であり, 水温が約 16°C で有性生殖が起き, その結果, 増大胞子が形成される (TSCHERMAK-WOESS 1973)。チャラツナイ浜の大きさの変化をみると秋から冬にかけて平均値が大きくなっている。これは大きな細胞が現われるからである。秋は有性化し得る大きさの細胞が多く, 水温も適していることから大きな細胞は増大胞子由来の細胞であろう。このような大きさの回復は一年を通じて秋から冬にかけての時期にだけ起こる。チャラツナイ浜では本種の増大胞子形成はもっぱらこの時期に起きている可能性が強い。珪藻の大きさの季節的变化を考える場合, 浮遊適応の面からだけでなく, 増大胞子形成条件をも考慮しなければならないという意見がある (江草 1949)。右田 (1967 1969) は野外観察と室内実験により増大胞子形成が特定の条件下でのみ起こることが大きさの季節的变化の一つの原因であることを示した。チャラツナイ浜の本種の場合も同様の原因により大きさの季節的变化が起こっていると考えられる。

BELLINGER (1977) は珪藻の細胞が繁茂前に大きく繁茂中しだいに小さくすると報告している。チャラツナイ浜の *B. rutilans* も繁茂前あるいは初期の中秋から初冬にかけて大きな細胞が現われ出し, 繁茂期に細胞の大きさは減少を続け, 衰退期の夏-初秋に有性化し得る大きさにまでなり, 繁茂前あるいは初期に再び大きくなることがわかった。

本研究をすすめるにあたり御指導を賜った北海道大学理学部附属海藻研究施設長阪井與志雄教授に感謝いたします。

引用文献

- 赤塚孝三 1914. 高島近海に於ける浮藻珪藻. 北海道水産試験場, 水産調査報文第8号.
- ALEEM, A. A. 1949. Distribution and ecology of marine littoral diatoms. *Bot. Notiser* 4: 414-440.
- ALEEM, A. A. 1950. Distribution and ecology of British marine littoral diatoms. *J. Ecol.* 38: 75-106.
- BACHMANN, H. 1904. *Cyclotella bodanica* var. *lemanica* O. MÜLLER im Vierwaldstättersee und ihre Auxosporenbildung. *Jb. Wiss. Bot.* 39: 106-133.
- BELLINGER, E. G. 1977. Seasonal size changes in certain diatoms and their possible significance. *Br. phycol. J.* 12: 233-239.
- CASTENHOLZ, R. W. 1963. An experimental study of the vertical distribution of littoral diatoms. *Limnol. Oceanogr.* 8: 450-462.
- CASTENHOLZ, R. W. 1967. Seasonal ecology of non-planktonic marine diatoms on the Western Coast of Norway. *Sarsia* 29: 237-256.
- COX, E. J. 1977. The tube-dwelling diatom flora at two sites in the Severn Estuary. *Botanica Marina* 20: 111-119.
- DRUM, R. W. 1969. Light and electron microscope observations on the tube-dwelling diatom *Amphipleura rutilans* (TRENTEPOHL) CLEVE. *J. Phycol.* 5: 21-26.
- 江草周三 1949. 浮遊珪藻の大きさの変化と其の生態学的意義に関する若干の考察 I. *Skeletonema costatum* と *Biddulphia sinensis*. *日水誌* 15: 332-336.
- HENDEY, N. I. 1964. An introductory account of the smaller algae of British coastal waters. Part V. Bacillariophyceae (Diatoms). HMSO, London.
- 気象庁 1977. 潮位表 (昭和53年用). 東京.
- MAIN, S. P. and MCINTIRE, C. D. 1974. The distribution of epiphytic diatoms in Yaquina estuary, Oregon (U.S.A.). *Botanica Marina* 17: 88-99.
- 松江吉行 1936. 浮遊珪藻 *Skeletonema costatum* (GREV.) GRUN. の季節に依る形態変化. *海と空* 16: 225-230.
- MCINTIRE, C. D. and MOORE, W. W. 1977. Marine littoral diatoms: Ecological considerations, p. 333-371. In D. WERNER [ed.] *The biology of diatoms*. Blackwell Sci. Pub., London.
- 右田清治 1967. 中心珪藻目2種の有性生殖とその生態. *日プ研連報* 14: 13-22.
- 右田清治 1969. 珪藻 *Skeletonema costatum* と *Melosira moniliformis* の大きさの季節的变化. *長崎大学水産学部研究報告* 27: 9-17.
- 水野 真 1977. 樹枝状群体珪藻 *Berkeleya rutilans* (TRENTEPOHL) GRUN. について. *藻類* 25: 143-149.
- MIZUNO, M. 1984. Environment at the front shore of the Institute of Algological Research of Hokkaido University. *Sci. Pap. Inst. Algol. Res., Fac. Sci., Hokkaido Univ.* 7: 263-292.
- SCHÜTT, F. 1886. Auxosporenbildung von *Rhizosolenia alata*. *Ber. Deutsch. Bot. Ges. Jahrg.* 4: 8-14.
- TSCHERMAK-WOESS, E. 1973. Die geschlechtliche Fortpflanzung von *Amphipleura rutilans* und

- das verschiedene Verhalten der Erstlingszellen von Diatomeen in Gallertschläuchen. Österr. Bot. Z. 122: 21-34.
- UCHIDA, T. 1981. The relationships between *Prorocentrum micans*-growth and its ecological environment. Sci. Pap. Inst. Algal. Res., Fac. Sci., Hokkaido Univ. 7: 17-76.
- WULFF, B.L. and MCINTIRE, C.D. 1972. Laboratory studies of assemblages of attached estuarine diatoms. Limnol. Oceanogr. 17: 200-214.

カワノリ及びその近縁種の形態学的観察

岩 本 康 三

東京水産大学水産植物学教室 (108 東京都港区港南 4-5-7)

IWAMOTO, K. 1984. Morphological observations on *Prasiola japonica* YATABE and related species (Chlorophyta, Prasiolales). Jap. J. Phycol. 32: 269-278.

Leafy thalli of *Prasiola japonica* YATABE collected from many localities in Japan were very variable in external appearance, and they were classified into four types: Standard-type, Narrow-type, Broad/Fold-type and Broad-type.

In summer the thalli may vegetatively propagate themselves by the fertile cells detached from the margins of thalli. Frequently they are in the state of divided into two. And naked aplanospore reported by FUJIYAMA has not been found in the present observation. It is noticeable that a few juvenile thalli showing the detachment of short threads and small fragments composed of several rows of cells were also found in July.

The gametangia formation on thalli collected from the most localities was observed in late autumn, but on those from a few localities the formation was observed in midsummer.

On the specimens of five freshwater species of *Prasiola* the morphological comparison was carried, especially *P. japonica* was compared with *P. mexicana* collected in Bolivia and *P. formosana* collected in Nepal.

Key Index Words: aplanospore; cell thread; fertile cell; morphological observation; *Prasiola formosana*; *Prasiola japonica*; *Prasiola maxicana*; *Prasiola nevadensis*. Kozo Iwamoto, Laboratory of Phycology, Tokyo University of Fisheries, Konan 4-5-7, Minato-ku, Tokyo, 108 Japan

カワノリ (*Prasiola japonica* YATABE) の地理的分布調査の際に日本各地で採集したカワノリ葉体を形態学的に調べた結果、外形、大きさ、生殖細胞形成時期などにかかなりの差違が認められた。このことは従来の諸報告からもうかがえたところであるが、外形、大きさに差違はあっても、細胞の形態や配列などを観察した結果、すべてカワノリと同定されるべきものと改めて判断した。

これら多くの葉体の観察結果から、葉体は外形では4型に分類できることのほか、いくつかの形態学上の新知見が得られた。本稿では、これらを整理して述べるとともに、カワノリ葉体の形態学的性質を明確にするため、外国産の淡水産カワノリ4種の液浸又は腊葉標本の観察も行ったので、その結果についても述べる。

標本と、外国産のものとして、ボリビア産のメキシコカワノリ (*P. mexicana* LIEBMANN, 1977年2月6日 La Paz 北東 30 km の Pongo の Rio Unduavi で多紀保彦氏採取) の乾燥標本、ネパール産タイワンカワノリ (*P. formosana* OKADA, 1975年9月30日海拔 1950 m の Rantang Valley で神谷晴夫氏採取) 及び東京水産大学所蔵の台湾阿里山産のタイワンカワノリ、スイス産 *P. fluviatilis* (SOMMERGELT) ARESCHOU, 北米産 *P. nevadensis* SETCHELL and GARDNER の腊葉標本等を比較観察した。

特に、ネパール産のタイワンカワノリは配偶子嚢を形成していたので、その細胞分裂の様式を確認した。また、本邦産カワノリと外観が似ているメキシコカワノリは、カワノリとの顕著な相違点とされる付着部の構造に留意して観察した。

材料と方法

日本各地で採集したカワノリ葉体の生鮮または腊葉

結果と考察

1. 外形

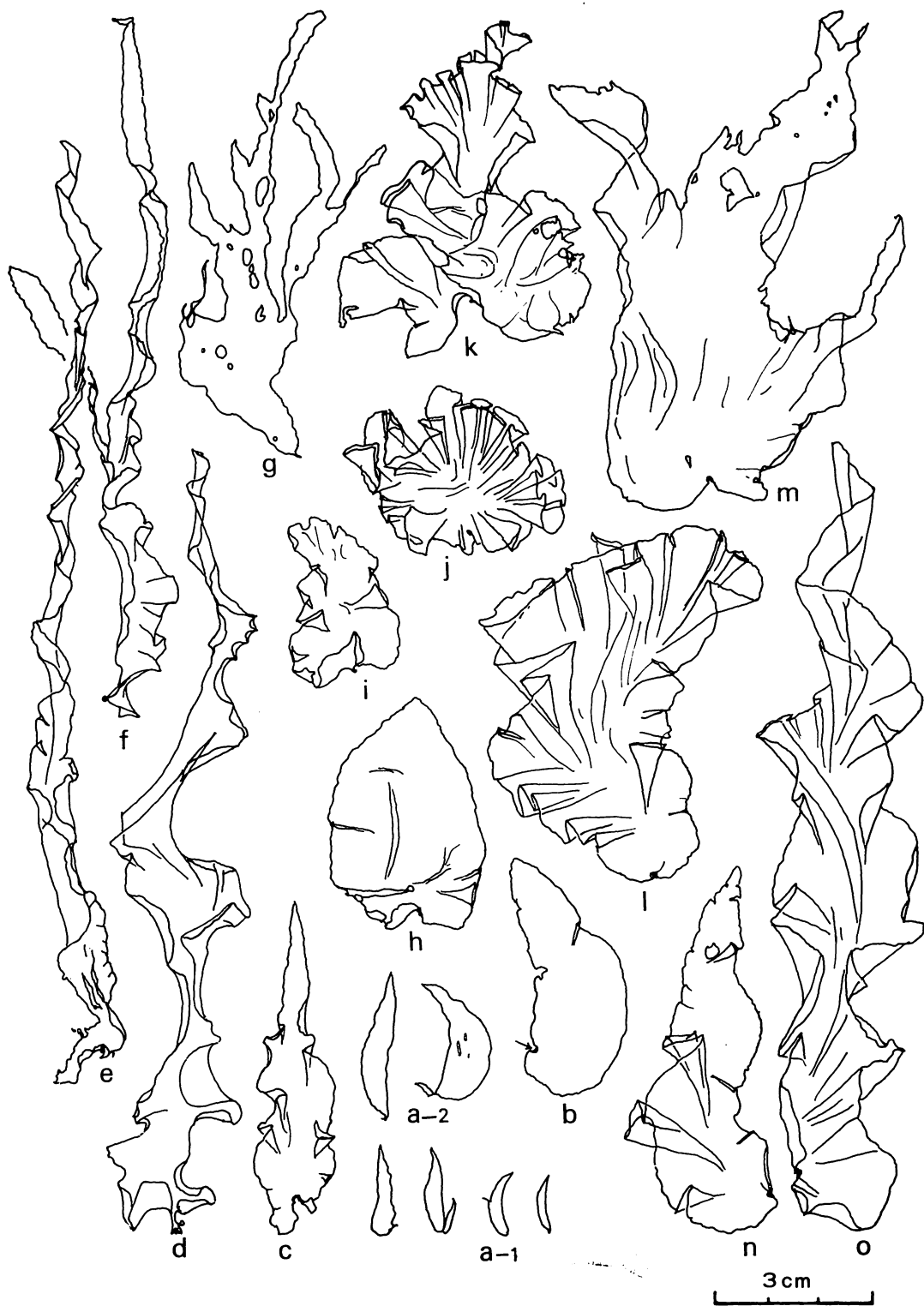


Fig. 1. External forms of dried specimens of *Prasiola japonica* YATABE collected from various localities. a-1, a-2, b, n, o. Standard-type; c~g. Narrow-type; h~l. Broad/Fold-type; m. Broad-type.

カワノリ葉体の外形は生育場所や産地によってかなりの変異が見られる。外形変異の全体像を把握するため、日本各地で採集・作成した腊葉標本の中から、各種形態を代表すると思われるものの輪廓をトレースして示したのが Fig. 1 である。これらの外形は大体次の4型に分けられよう。カワノリ葉体の外形について、次の4型を提唱する。

標準型 (Standard-type): Fig. 1 の a-1, a-2 は多摩川支流日原川に注ぐ倉沢谷で採取された幼体で、体全体が明らかに湾曲している。b, n, o は、生長しているがこの幼体の型とみなせる。日本各地で見られる幼体の外形は、このような形をしていることが多いことから、この型がカワノリの体形の基本と考えられる。なお、カワノリを最初に記載した YATABE (1891) の報文に描かれているものは、まさしくこの型に属するものである。

狭長型 (Narrow-type): Fig. 1c~g は葉幅が狭く、時に分岐も見られる型で、葉体はやや硬く、弾力がある傾向がある。この型の出現頻度は少ない。

広葉ひだ型 (Broad/Fold-type): Fig. 1 h~l がこの型で、葉幅が広く、葉体縁辺部の生長が旺盛なため大きくひだのでる型で、葉体はやや厚い傾向がある。

広葉型 (Broad-type): Fig. 1 m に示した葉体のように幅は広いが、ひだのうち方は弱く、全体の形は様々である。葉体はやや薄い傾向がある。

以上がカワノリ葉体の外形の4型で、季節や生育場所によって体の大きさは様々である。筆者が日本各地で採集したカワノリのうち最大のもは、多摩川支流秋川水系の水ノ戸沢で採取されたもので、体長 21 cm、体幅 6 cm の「標準型」で、岡田 (1938a) によれば体長 1~20 cm とあることからみれば、この程度の大きさが限界であろう。

2. 栄養細胞とその配列

栄養細胞に1個ずつの星形葉緑体があることはカワノリ目の代表的な特徴の一つである。

カワノリの栄養細胞の構造は湯浅 (1940) により詳しく観察され、同氏は *Porphyra* の細胞構造と酷似しているとしている。筆者が徳島県の勝浦川上流八重地で採取したカワノリ葉体の観察結果 (Fig. 2) でも、葉緑体の放射状に出る腕の先端が細胞壁を支えるように見える形態で、このことはうなずける。

ところが、1976年7月東京都青梅市成木川上流で採取したカワノリ葉体を検鏡したところ、Fig. 3 a-2 に示したように、葉体基部の老化した細胞内の葉緑体は、放射状に出る腕の先端は細胞壁内面に届くか届かぬ程

度で、それぞれの先端は尖っていた。

カワノリ属の星形葉緑体の腕の先端が尖っている図は FRITSCH (1935, Fig. 65 D) にあるが、青梅の葉体でも基部以外の細胞や、同時に採取された別の若い葉体の細胞 (Fig. 3 c) では、前記の八重地のものと同様な葉緑体であることから、このような腕部先端が尖った葉緑体の出現は、細胞の age や栄養条件によると判断される。

また、葉体附着器を作る根様系が出る細胞の直上部で細胞が2層となる場合のあることが、静岡県富士養鱒試験場構内で採取 (1963年6月) された幼体基部で観察された (Fig. 10 f)。この2層部は細胞の配置から見て、もとは1層に並んでいた細胞が分割して出来たとみなせる。したがって、この現象は、葉体の生長に伴って、やがて根様系を発生させる前の段階といえよう。

3. 生殖細胞の形成

YABE (1932)、右田 (1948 a, b)、藤山 (1949 a, b)、FUJIYAMA (1955) の諸研究により、カワノリの生殖や生活様式はほぼ明らかとなった。

配偶子の形成期: 数年間の実地調査を重ねた多摩川水系での観察結果では、8月、9月の候に配偶子嚢を形成している葉体を見ることはなかった。このことは、カワノリの有性生殖を最初に発見・報告した YABE (1932) の日光地方の記載と一致している。しかし、右田 (1948a) は菊池川で、藤山 (1949a) は多摩川の三ツ沢で、それぞれ8月から栄養細胞が配偶子嚢への分裂をはじめることを見ている。

夏季に配偶子嚢が形成されることは、滋賀県芹川や同県ヶ井養鱒場で1976年8月上旬に採取されたもので、また、栃木県大綱付近で1975年9月上旬に採取されたもので観察されている。

このように産地によって配偶子嚢形成時期にかなりの差がみられることについては、FRIEDMANN (1964, 1969) が海産の *P. stipitata* ŠUHR の葉体に、不動胞子が形成されるか、減数分裂を行って配偶子が形成されるかは葉体の着生部位、季節、生育地の緯度などの違いによって決定されると報告している。カワノリ葉体に配偶子嚢出現の遅速にかかわる環境要因は明らかではないが、基盤での着生部位は、細胞の成熟とかかわりのある光周性を考えれば重要と思われる。その他、産地による何らかの特異性もあるかも知れない。

不動胞子と分離小葉片: YABE (1932)、右田 (1948a, b)、藤山 (1949a)、FUJIYAMA (1955) はカワノリに有性生殖が存在することを報告したが、DREW and

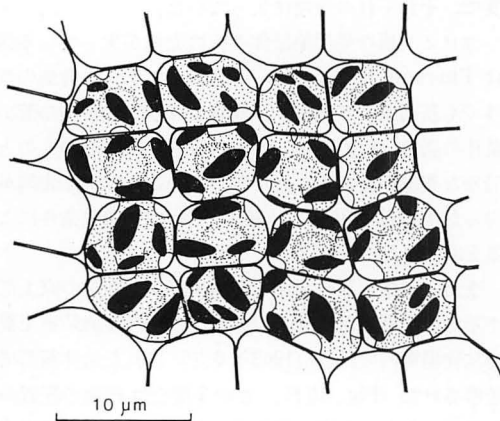


Fig. 2.

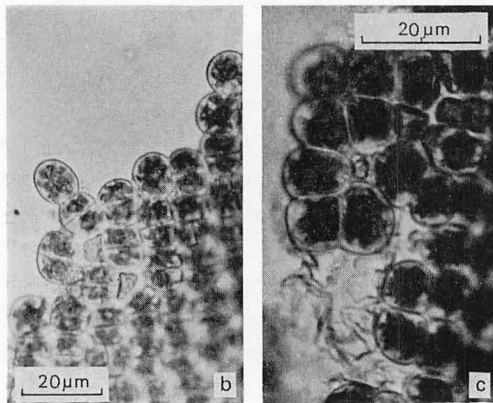
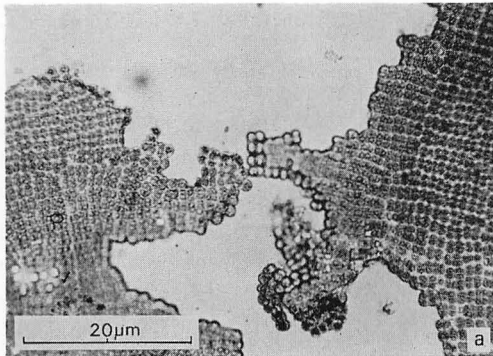


Fig. 4.

FRIEDMANN (1957) が *P. stipitata* に配偶子が生ずることを報ずるまでは、西欧の研究者は有性生殖を疑っていた。

一方、孢子、不動孢子、アキネート、Thallusstücke などと呼ばれるものによる無性生殖は外国種のもので古くから知られていた。この無性生殖については、カワノリの場合、葉体外縁の細胞が、細胞壁から抜け出

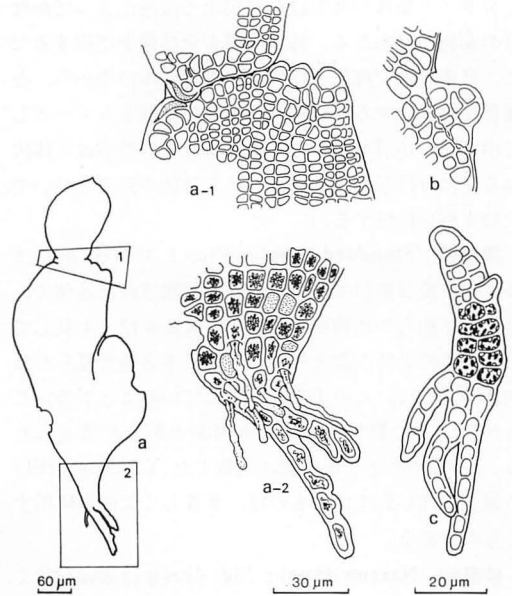


Fig. 3.

Fig. 2. Surface view of the vegetative cells of *P. japonica* showing the axile chloroplasts like as those of *Porphyra*.

Fig. 3. Juvenile thalli of *P. japonica*. a. External form with the adventitious separations; a-1. Separated part of thallus; a-2. Basal part of thallus, showing the cells with the axile chloroplasts issuing the tapering processes; b. Extrusion of a sprout from the margin of thallus; c. A juvenile thallus composed of the cells with normal axile chloroplasts.

Fig. 4. Detachment of fertile cells from thallus margin of *P. japonica*. a. General aspect; b. Several cells of fertile ones are divided into two; c. Spaces caused by the detachment of fertile cells.

す裸の不動孢子 (aplanospore) によって行われていることが藤山 (1949b) によって報告された。

しかし、今回の一連の観察では、葉体外縁部から細胞壁をつけたまま細胞が離脱することが普通に観察された。

即ち、Fig. 4 は多摩川水系の川苔谷で採取された葉体で、その周縁部の葉体外皮 (三輪 1934; TAKEDA

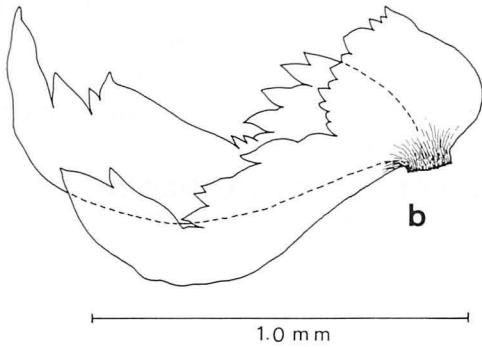
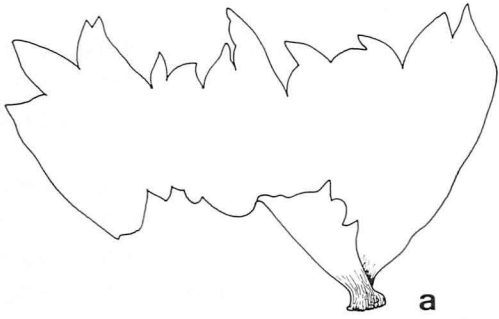


Fig. 5.

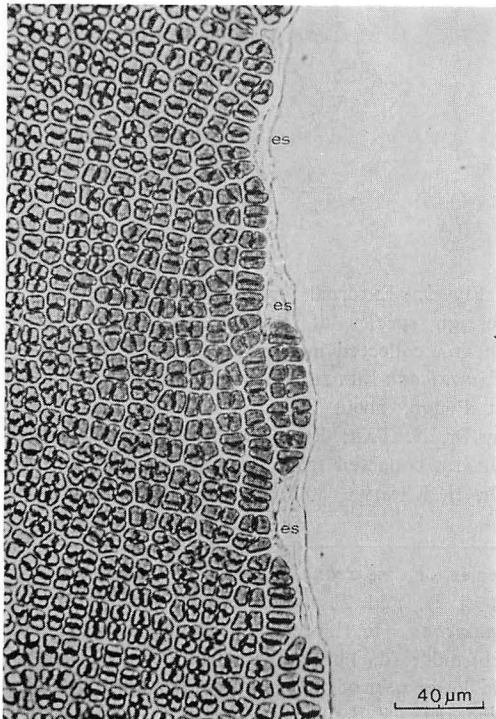


Fig. 7.

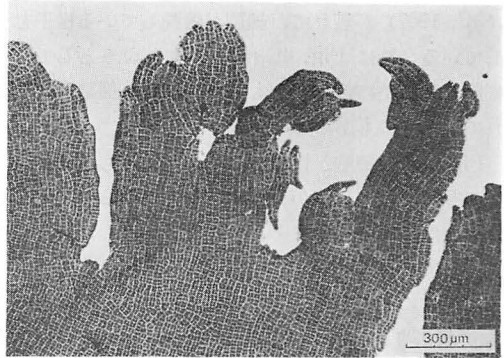


Fig. 6.

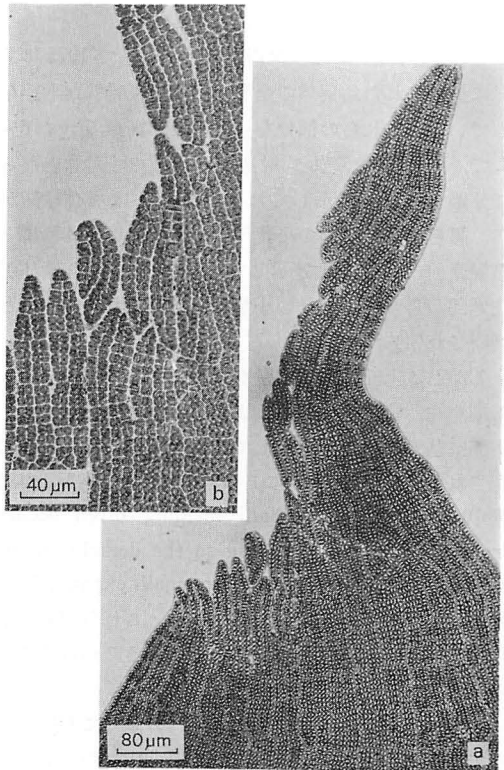


Fig. 8.

Fig. 5. Two juvenile thalli of *P. japonica* showing peculiar appearance caused by the detachment of cell threads and small fragments.

Fig. 6. Appearance of the upper part of juvenile thallus shown in Fig. 5.

Fig. 7. A cell thread composed of two rows of cells and several empty spaces (es) caused by the detachment of cell threads in *P. japonica*.

Fig. 8. Formation of the cell threads and the small fragments in *P. japonica*. a. Showing an apical part of juvenile thallus; b. More magnified figure.

et al. 1967) が破れて、細胞が離脱している様子を示している。特に Fig. 4b では分離しようとしている細胞は明らかに細胞壁をもち、しかも、細胞が2分されているものもあることがわかる。

Fig. 4c は細胞が抜け出したあとを示しているが、この写真では、細胞が裸の原形質体となって抜け出したあとか、細胞壁をまとものまま抜け出したあとかは明らかでない。

いずれにしても、本邦特産のカワノリでも、藤山により報告された裸の不動孢子 (aplanospore) による繁殖とは別に、外国種に普通に見られるとされる細胞壁でつまれた細胞の離脱による繁殖が行われている可能性は極めて高いといえよう。

さらに、Fig. 5 は多摩川水系の倉沢谷で 1975 年 7 月に採取された幼葉体の全形で、極めて特殊な形態をしている。これらの部分を拡大した写真が Figs. 6~8 で、Fig. 6 は葉体が縁辺から多数の小葉片となって分離することを示しており、Fig. 7 は葉体縁辺から、恐らく 2 列細胞の小葉片が離脱した痕跡 3 箇所と離脱直前のもの 1 個を示している。Fig. 8 は葉体が先端部から多数の細長い小葉片に分解されていく姿と判断され興味深い。

しかし、上記の葉体周縁から離脱する細胞壁をもった細胞や、葉体を分解するように離脱する小葉片が、実際に基盤に着生・生長していく過程は残念ながら確認されていない。FRITSCH (1935) のカワノリ目の記載中に "In the leafy thalli budding often occurs from the margins, leading to the detachment of single cells, short threads, or small expanses" とあることから、本邦産のカワノリも、これら細胞や小葉片による栄養繁殖を行っているともみるのが自然であろう。

なお、本邦のカワノリが小葉片に分離して繁殖するのではないかということは、岐阜県北山村のカワノリで推測されていたとの記録がある (東 1926b)。

なお、Fig. 3a, a-1 は葉体が偶発的に分割していると判断される葉体像で、これと似た像は KNEBEL (1935) の *P. velutina* (LYNGBYA) WILLE に見る

ことができる。

以上のように本邦特産のカワノリも外国種に知られているいくつかの栄養繁殖を行っている可能性が強いが、外国種で記載されているアキネートが形成される形跡は全く見出せなかった。

カワノリ葉体が、このように、個々の細胞に分離したり、あるいは小葉片に分解していく性質は、カワノリは多細胞植物とはいえ、それを構成する細胞は個々の独立性が極めて高いことを物語っているといえる。したがって環境条件によっては体形の変化もあろう。

カワノリ葉体が小葉片を分離することと関連して HOLLENBERG (1958) によって記載された紅藻の *Smithora naiadum* (ANDERSON) HOLLENBERG が注目される。即ち、*Smithora* はその葉体縁辺に生ずる "deciduous sori" と称される小体が分離する栄養繁殖を行っている。

4. 外国産淡水性カワノリ属植物との比較

本邦産カワノリの形態的性質を明確に把握するため、

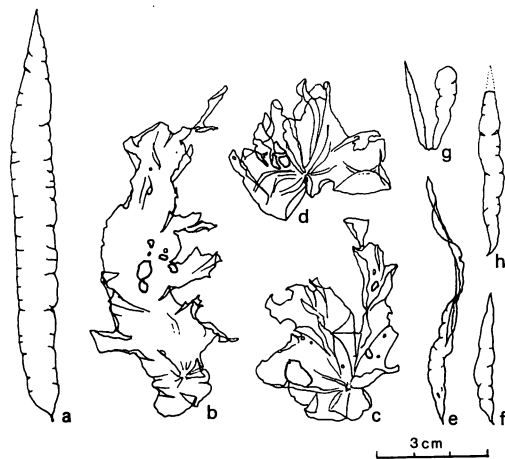
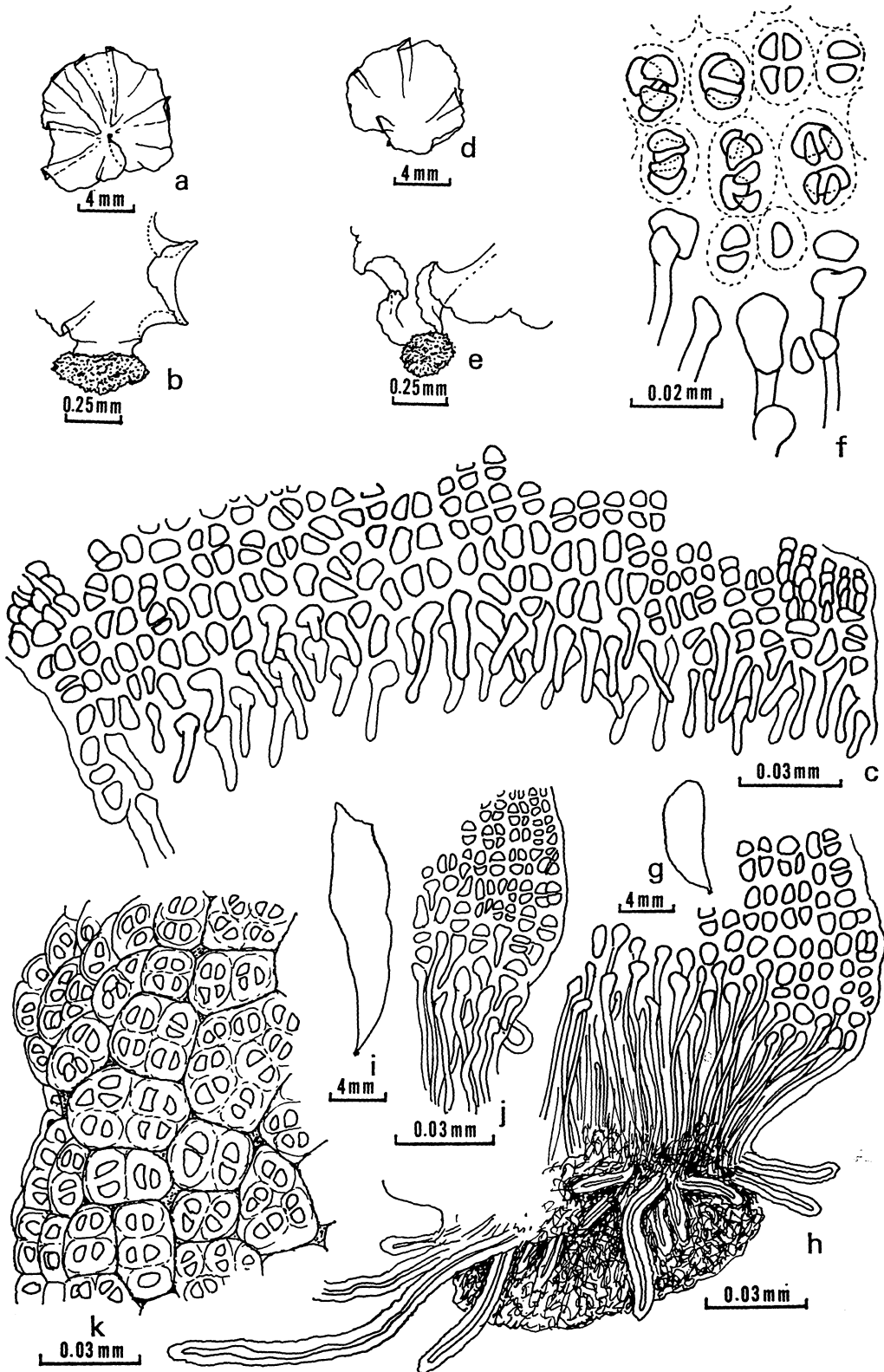


Fig. 9. External forms of dried specimens of foreign species of *Prasiola*. a. *P. formosana* OKADA collected in Taiwan, Oct. 26, 1936; b~d. *P. mexicana* LIEBMANN collected from Rio Unduavi at Pongo, about 30 km N.E. of La Paz, Bolivia, by Dr. N. TAKI, Feb. 6, 1977; e~h. *P. formosana* OKADA collected from Rantang Valley, Nepal, by Dr. H. KAMIYA, 30, 1975.

Fig. 10. Morphological comparison among four species, *P. mexicana* collected in Bolivia (a~c), *P. japonica* (d~h), *P. formosana* collected in Nepal (i, j), and *P. nevadensis*, co-type specimen, W.A. SETCELL, No. 657. a. Young thallus of *P. mexicana*, b. Hapteron of ditto; c. Magnified upper part of the hapteron, showing many short rhizoids; d. Young thallus of *P. japonica*. e. Hapteron of ditto; f. Showing two layered of cells in lower part of ditto; g. Other young thallus; h. Hapteron bounding many long rhizoids; i. *P. formosana*; j. Basal part of thallus; k. Surface view of the vegetative cells of *P. nevadensis*.



外国産淡水性カワノリ属植物4種(材料と方法の項参照)と外形や細胞の形状を比較した。

カワノリとメキシコカワノリとの比較: この兩種は *Prasiola* としては最も大型で、外形もよく似ている。そのため、YENDO (1915) はカワノリの学名 *P. japonica* をメキシコカワノリ (*P. mexicana*) の synonym としたこともある。しかし兩種は生殖細胞の点と付着器の構造とに著しい差があることが記載されている。

メキシコカワノリの付着器については JESSEN (1848) によって極めて不完全ではあるが図が残されているのみである。

多紀氏によって採取されたボリビア産のメキシコカワノリは、Fig. 9b~d に示したように、葉体基部は臍状を呈し、幅広く、縁辺が著るしくひだをうった形状をしている。外観のみでは、カワノリの「広葉ひだ

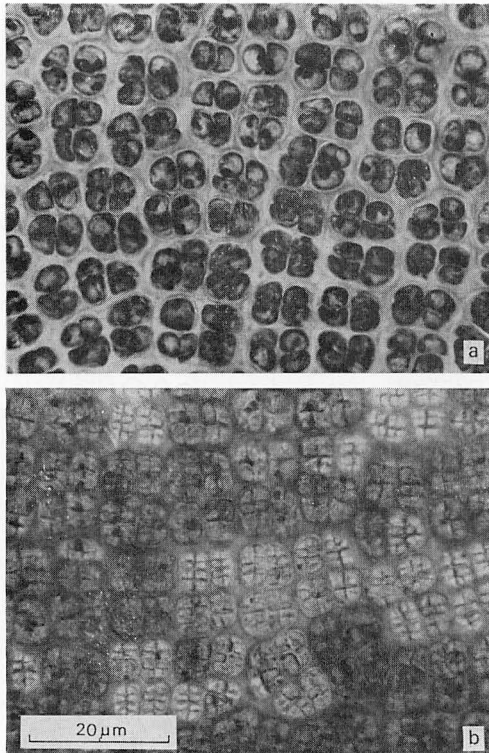


Fig. 11.

Fig. 11. Surface views of *P. formosana* collected in Nepal. a. Showing the arrangement of vegetative cells; b. Showing male and female gametangia groups.

Fig. 12. Features of the vegetative cells and gametangia of *P. formosana* collected in Nepal, a. Surface view of the arrangement of vegetative cells; b, c. Surface views of tessellately arranged male and female gametangia; d. Cross section view of thallus, showing female gametangia divided into $a/2 \cdot b/2 \cdot c/4$; e. Cross section view of thallus, showing male gametangia divided into $a/4 \cdot b/4 \cdot c/8$.

型」とは肉眼で識別困難である。

Fig. 10d~h はカワノリの幼体とその基部、Fig. 10a~c はメキシコカワノリである。前者は YATABE (1891) に示されているように、葉体基部の多数の細胞から、それぞれ根様糸が体内をぬって下方へ伸び、これらが集って付着器を形成している。これに対して後者では、横臥する葉体基部を構成している細胞が、それぞれ比較的短い根様糸を着生基盤におろして葉体を面で固着させている。まさに SETCHELL and GARDNER (1920) にある記述通りであった。

ネパール産カワノリ属植物及びその他: 神谷氏採取のネパール産の外形とその基部を示したのが Fig. 9e~h, Fig. 10i, j である。葉体の外形は基部に向って狭く楔形をなし、細胞の配列はカワノリと同様に整然としている。また、体下部では基部に向って細胞の縦列が顕著である。

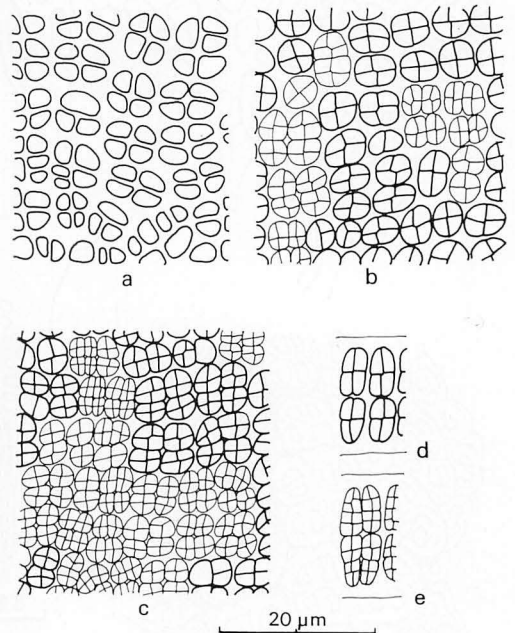


Fig. 12.

細胞の形態は、表面観を Fig. 11a と Fig. 12a に示したが、丸味が強くカワノリとは明らかに異なる。また、葉体の断面観で細胞の丈が高いことが観察された。このような性質はタイワンカワノリ (岡田 1936, 1938a, b), もしくはその変種のチョウセンカワノリ (岡田 1939) の範ちゅうのものともみさせる。

なお、タイワンカワノリは体長 10 cm をこえるものがあり、葉体基部の外形は軽度に臍形をなすことを岡田は述べている。これに対し、ネパール産のものは体長 10 cm をこえるものではなく、入手標本の最大は体長 7 cm, 体幅 0.6 cm で (Fig. 9e), 比較的幅の広いものの基部は若干臍形の傾向を示した。

しかし、岡田がタイワンカワノリとした腊葉の外形 (Fig. 9a) と、岡田 (1939) が示したチョウセンカワノリの外形がかなり不規則であること等を考えると、このネパール産のものは、タイワンカワノリとするのが妥当と考える。なお、このものの付着器はカワノリと同様な構造である (Fig. 10i, j)。

タイワンカワノリやチョウセンカワノリについては未だ配偶子嚢の観察記録がないが、今回のネパール産のタイワンカワノリには雌、雄配偶子嚢群がモザイク状に形成されており、その様子を見ることができた (Fig. 11b; Fig. 12b~e)。雌、雄配偶子嚢群が作りだすモザイク模様はカワノリの場合よりこまかい傾向が認められ、これら配偶子嚢の分裂様式を *Porphyra* の精子嚢と造果器についての HUS (1902) の表示法によって示せば、♀16 ($a/2 \cdot b/2 \cdot c/4$), ♂128 ($a/4 \cdot b/4 \cdot c/8$) となり、藤山 (1949a) のカワノリの場合と同様とみなしてよからう。

タイワンカワノリと外形の似ている *P. fluviatilis* では、葉体を構成している細胞は表面観で比較的大型で、しかも顕著に角ばり、全くタイワンカワノリとは異なる。さらに、*P. nevadensis* の葉体は薄く、しかも脆弱な印象を受けた。細胞の様子は表面観では、原記載 (SETCHELL and GARDNER 1920) の図と同様の 10細胞位までの小ブロックに区画されていることが明らかに認められた (Fig. 10k)。

謝 辞

本報告をまとめるまでに多くの方々、機関のお世話になった。中でも、東京水産大学教官庵谷晃氏、東京都水産試験場奥多摩分場、滋賀県水産試験場の方々、静岡県水産試験場の岩橋義人氏、湯河原町在任の及川盛也氏、また外国産の材料を採集・提供して下さった

秋田大学医学部の神谷晴夫氏、東京水産大学の多紀保彦氏に深甚な感謝の意を表します。

引用文献

- BRAVO, L. M. 1962. A contribution to knowledge of the life history of *Prasiola meridionalis*. *Phycologia*. 2: 17-23.
- BRAVO, L. M. 1965. Studies on the life history of *Prasiola meridionalis*. *Phycologia*. 4: 177-194.
- DREW, K. M. and FRIEDMANN, I. 1957. Occurrence of motile gametes in *Prasiola stipitata* SUHR. *Nature*. 180: 557-558.
- FRIEDMANN, I. 1964. Ecological aspects of the occurrence of meiosis in *Prasiola stipitata* SUHR. *Proc. 4th Int. Seaweed Symp. (Biarritz)* 186-190. Pergamon Press. Oxford, London, New York, Paris.
- FRIEDMANN, I. 1969. Geographical and environmental factors controlling life history and morphology in *Prasiola stipitata* SUHR. *Österr. Bot. Zeit.* 116: 203-225.
- FRIEDMANN, I. 1935. The structure and reproduction of the algae. Vol. 1. Cambridge.
- 藤山虎也 1949a. カワノリの有性生殖と発生について。植雑。62: 25-31.
- 藤山虎也 1949b. カワノリの無性生殖及び其生活史について。植雑。62: 57-62.
- FUJIIYAMA, T. 1955. On the life-history of *Prasiola japonica* YATABE. *J. Fac. Fish. Ani. Husb., Hiroshima Univ.* 1: 15-37.
- 東道太郎 1926. 岐阜県北山村産「かはのり」に就て。水産研究誌。21: 22-24.
- HOLLENBERG, G. J. 1958. *Smithora*, an interesting new algal genus in Erythropeltidaceae. *Proc. Naturalist.* 1: 1-12.
- HUS, H. T. A. 1902. An account of the species of *Porphyra* found on the Pacific Coast of North America. *Proc. Calif. Acad. Sci., 3rd ser. Bot.* 2: 173-239.
- JESSEN, C. F. G. 1848. *Prasiolae generis algarum monographia*. 1-20.
- KNEBEL, G. 1935. Monographie der Algenreihe der Prasiolales, insbesondere von *Prasiola crispa*. *Hedwigia* 75: 1-120, Taf. 1-3.
- 右田清治 1948a. カワノリの生活史に関する研究, 予報—1. 植研誌。22: 33-37.
- 右田清治 1948b. カワノリの生活史に関する研究, 予報—2. 植研誌。22: 90-94.
- 三輪知雄 1940. カハノリ *Prasiola japonica* YATABE の細胞膜に就て。日本学術協会報告。9: 151-156.
- 岡田喜一 1936. 台湾=発見 セラレタかはのりノ一種

- ニ就テ。植研誌。12: 451-459.
- 岡田喜一 1938a. 日本産かほりの科の藻類。植研誌。14: 469-480.
- 岡田喜一 1938b. 台湾かほりの新産地。植研誌。14: 73.
- 岡田喜一 1939. 朝鮮ニ発見セラレタかほりの一種ニ就テ。植研誌。15: 449-452.
- SETCHELL, W. A. and GARDNER, N. L. 1920. Phy-
cological contribution-I. Univ. Calif. Publ.
Bot. 7: 279-324, pls. 21-31.
- TAKEDA, H., NISIZAWA, K. and MIWA, T. 1967.
Histochemical and chemical studies on the cell
wall of *Prasiola japonica*. Bot. Mag. Tokyo.
80: 109-117.
- YABE, Y. 1932. On the sexual reproduction of
Prasiola japonica YATABE. Sci. Pap. Tokyo
Bunrika Daigaku, sect. B. 3: 39-40.
- YATABE, R. 1891. A new Japanese *Prasiola*.
Bot. Mag. Tokyo. 5: 187-189.
- YENDO, K. 1915. Notes on algae new to Japan
III. Bot. Mag. Tokyo. 29: 100-101.
- 湯浅 明 1940. かほりのピレノイド分裂。植雑。
65: 196-198.

The male gametophyte of Japanese *Palmaria palmata* (Rhodophyta)

Hiroshi YABU and Hajime YASUI

Faculty of Fisheries, Hokkaido University, Minato-Cho, 3-1-1,
Hakodate, 041 Japan

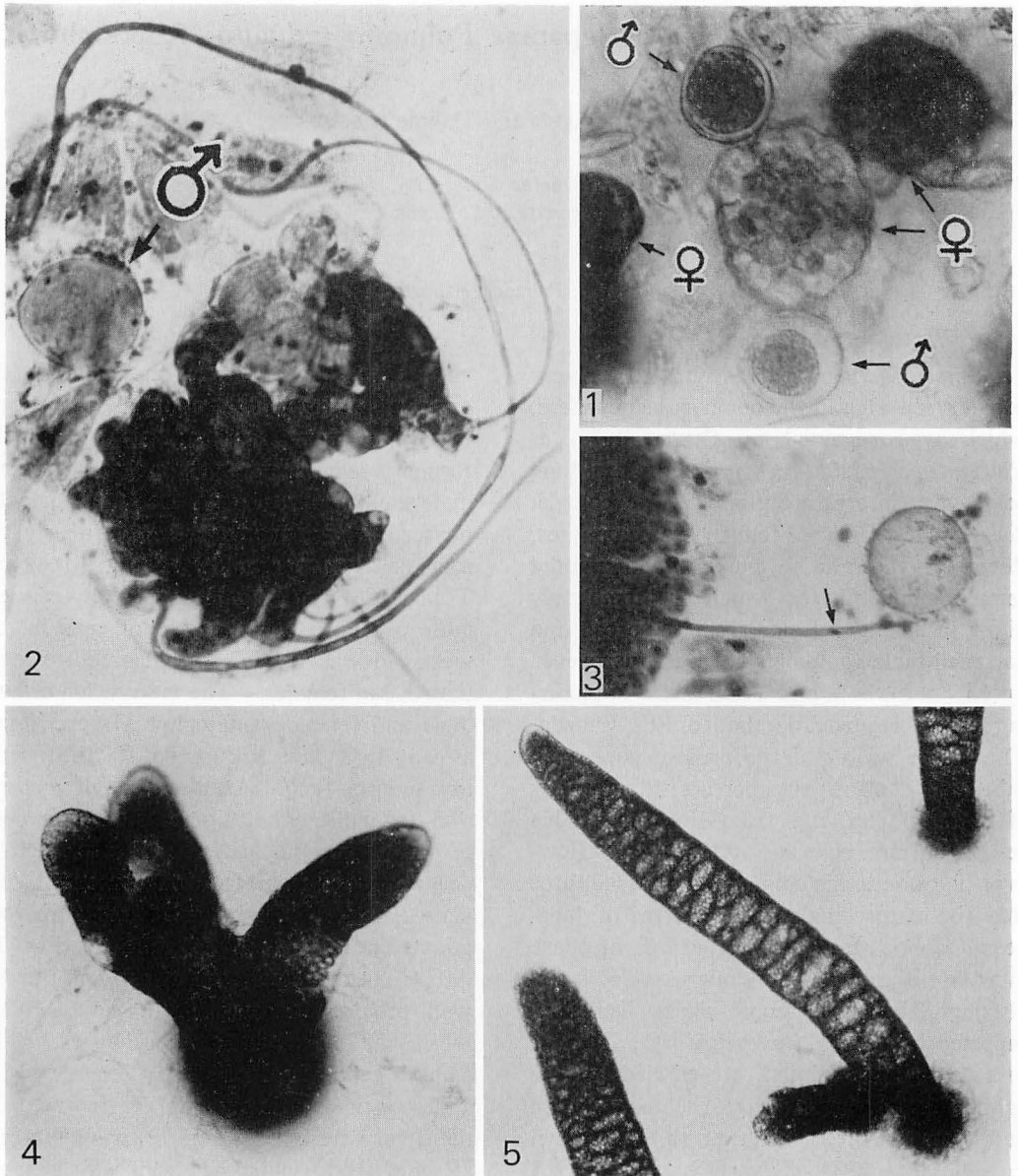
Key Index Words: male gametophyte; *Palmaria palmata*; *Rhodophyta*

Palmaria palmata (L.) O. KUNTZE, a very popular red alga in the northern hemisphere, which was renamed by GUIRY (1975) as *Rhodymenia palmata* (L.) Grev., has long been very interesting to many phycologist due to lack of the female gametophytes. Recently, the minute narrow and stunted female gametophytes which are completely differ in shape and size from the broad and flattened male gametophytes were discovered by VAN DER MEER and TODD (1980) in culturing tetraspores from the thalli of East Canada. The senior writer of the present paper had failed to confirm the perfect life history of *Palmaria palmata* from Hokkaido in his several culture trials during 1970-1980. However he came to his opinion from his cultures that the mature male gametophytes of Japanese *Palmaria palmata* in their usual phase must be extremely minute microscopic plants, although the macroscopic males had been reported by several investigators. In order to ascertain his opinion, we carried out the culture of tetraspores from the thalli which had been collected in March through April in 1983 and 1984 at various places, viz., Anama, Tachimachi-Misaki, Shinori and Nanaehama in Hakodate, Hokkaido, and Usujiri in its neighbourhood.

All cultures of the present work were made under 8-10°C, 12:12 photoperiod at 1,500 lux in the modified Grund medium (MCLACHLAN 1973).

In every culture of our materials, similar results were obtained, and in about two weeks culture, two forms of tetraspore germlings were usually discernible at the ratio approxi-

mately 1:1 as follows: one form is the germling with trichogyne and the other form is the germling without trichogyne; the former is female gametophyte and the latter is male one. In our cultures, the female gametophytes in their development were nearly the same as those reported by VAN DER MEER and TODD (1980), but the male gametophytes were quite peculiar. The number of cells in one week old was 1-8 in males, but 30 to more than 200 in females. The maturation of both male and female gametophytes were found already in 4 days culture and it lasts nearly two months long. At the start of maturation in males, the pigments in their cells begin to become pale as if the cell is decaying, and after the cell content is condensed, it is quickly divided into numerous minute granules to form spermatia (Fig. 1). After finishing spermatia formation, the cell wall provides a very small pore, through which the spermatia are discharged. The empty cell remained for a short while, and soon it completely vanished away. On the slides where the germlings were sparsely attached, the trichogynes from females were occasionally found elongating toward a mature male (Fig. 2). In the stain with acetocarmine or aceto-iron-haematoxylin-chloral hydrate solution, the male nucleus passing through trichogyne was found frequently (Fig. 3). When the female gametophytes attain the disk consisting of a number of cells, they occasionally begin to have upheaval from its central portion, which soon or later also protrude trichogynes (Fig. 4). In our cultures, the erect fronds without



Figs. 1-5. Tetraspore-germlings of *Palmaria palmata* (L.) O. KUNTZE 1. Male and female gametophytes in 12 days old culture. Male gametophytes attain maturity. $\times 400$. 2. Two female gametophytes with long hair-like trichogynes, each of which elongates toward a mature male. From a 14 days old culture. $\times 600$. 3. A trichogyne being connected to a male gametophyte, from which the spermatia were already discharged (Stained with aceto-iron-haematoxylin-chloral hydrate solution). Male nucleus in the trichogyne is indicated by arrow. From a culture 15 days old. $\times 300$. 4. A female gametophyte with two upheavals, from which many trichogynes are also protruded. From a culture 34 days old. $\times 150$. 5. Erect frond regarded as young tetrasporophyte on the disk-shaped female gametophyte. From a culture 34 days old. $\times 60$.

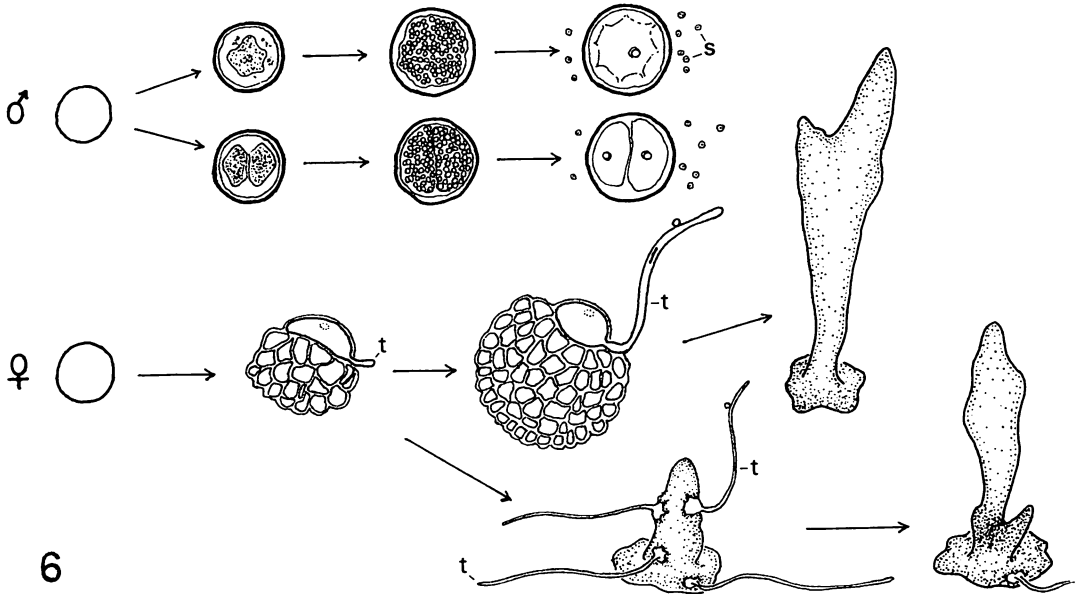


Fig. 6. Schematic illustration on the male and female gametophytes developed from the tetraspore-germlings of *Palmaria palmata* in Hakodate, Hokkaido, Japan. (s; spermatium, t; trichogyne)

trichogyne as be shown in Fig. 5, which are supposed to be young tetrasporophytes, were produced only on the disks with trichogyne (females) and none on the disks without trichogyne (males). In spite of our efforts, tetraspore formation has not been detected in any of the erect fronds in our cultures as yet.

In Japan, the reproductive organs of the macroscopic fronds of male gametophytes have been described by TAZAWA (1975) and LEE (1978) for the materials from Hokkaido. However, according to our collections of *Palmaria palmata* along the coast of the Oshima Peninsula in southern Hokkaido, the fronds of this alga were always mostly tetrasporophytes and very rarely male gametophytes. This fact and the present culture results (Fig. 6) strongly suggest that the male gametophytes of Japanese *Palmaria palmata*, at least in Hakodate and its neighbourhood, would be sure to ordinarily exist in the state of microscopic plants consisting of only one to a few cells in the sea.

The haploid chromosome number of *Palmaria palmata* has been reported as 26 (YABU 1971) and 26 or 21 (YABU 1976) in the

species from Japan, and 22-23 (VAN DER MEER 1976) and 21 (VAN DER MEER and CHEN 1979) in the species from Canada. The occurrence of the minute male gametophytes of *Palmaria palmata* found by us seems to indicate the possibility of this alga as being quite different species between in the both countries. The detailed observations on the female gametophytes in our study will be described elsewhere after ascertaining the complete life cycle in culture.

References

- GUIRY, M. D. 1975. An assessment of *Palmaria palmata* forma *mollis* (S. et G.) comb. nov. (= *Rhodymenia palmata* forma *mollis* S. et G.) in the eastern North Pacific. *Syesis* 8: 245-261.
- LEE, K. 1978. Studies on Rhodymeniales from Hokkaido. *Fac. Sci. Hokkaido Univ. Journ.* 5 (Botany) 11: 1-194.
- MCLACHLAN, J. 1973. Growth media-marine. In E. R. STEIN [ed.] *Handbook of Phycological Methods*. pp. 25-57. Cambridge University Press, New York.
- TAZAWA, N. 1975. A study of the male reproductive organs of the Florideae from Japan. *Sci. Pap. Inst. Alg. Res. Hokkaido Univ.* 6:

- 95-179.
- VAN DER MEER, J.P. 1976. A contribution towards elucidating the life history of *Palmaria palmata* (= *Rhodymenia palmata*). Can. J. Bot. 54: 2903-2906.
- VAN DER MEER, J.P. and CHEN, L.C.-M. 1979. Evidence for sexual reproduction in the red algae *Palmaria palmata* and *Halosaccion ramentaceum*. Can. J. Bot. 57: 2452-2459.
- VAN DER MEER, J.P. and TODD, E.R. 1980. The life history of *Palmaria palmata* in culture. A new type for the Rhodophyta. Can. J. Bot. 58: 1250-1256.
- YABU, H. 1971. Nuclear division in tetrasporophytes of *Rhodymenia palmata* (L.) GREV. Proc. Int. Seaweed Symp. 7: 205-207.
- YABU, H. 1976. A report on the cytology of *Rhodymenia palmata*, *Rh. pertusa* and *Halosaccion saccatum* (Rhodopyta). Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ. 27: 51-62.

藪 潔・安井 肇：日本産ダルスの雄性配偶体

函館とその近傍で採集したダルスの四分胞子を培養し、成熟した雄性体と雌性体とを得た。雌性体は既にカナダ産のダルスの培養で見出されているものと同形の体となった。しかし、雄性体は今迄報告されている四分胞子体と同形の体とは全く異なり、微小な1~8個細胞よりなる体で成熟した。雄性体の成熟は培養開始後4日から約2ヶ月の間にわたって認められた。その成熟は体を構成する全ての細胞で始まり、各細胞内には多数の精子が形成され放出された。筆者らの北海道渡島半島沿岸での採集調査では、ダルスの雄性体は極めて少ない。本培養の結果からみると、自然界における日本産ダルスの雄性配偶体は通常この微小な状態で生育しているものと考えられる。(041 函館市港町3丁目1番1号 北海道大学水産学部)

津村孝平：国立科学博物館の珪藻標本について Kôhei TSUMURA: Collection of diatom slides in National Science Museum of Japan

現生および化石の海産珪藻類の第三回シンポジウム (Third symposium on recent and fossil marine diatoms) の Proceedings (1975) に G. A. PRYOZELL が調査した珪藻標本を蒐集し保存している各国の研究機関または個人の名称と所在地などのリストが公表されているが、遺憾ながら日本の研究機関も個人もその中には載っていない。これはそのリストを作るためのアンケートを受けた日本人が珪藻標本を保存している研究機関か個人が日本には無いだろうと思って応答しなかったのかどうかはわからない。

日本人で珪藻の研究したのは私が文献上で知っている限りでは遠藤吉三郎 (1905) が最初で、それ以後、極く少数の人ではあるが珪藻の研究をした者がいたし、太平洋戦争の終戦後の混乱がおさまった頃からは珪藻を研究する人がかなり増加して来たので個人的には相当多数のコレクションはあるものと考えられる。しかし一般には珪藻はただ混種プレパラートを保存しているだけだろうと思えるからそれを直ちに珪藻の種類を区別して保存した標本と言えるかどうかという問題もある。

欧米では既に 1800 年代の末には珪藻の単種プレパラートが販売されたこともあったが、1900年に TEMPÈRE et PERAGALLO が、珪藻の混種プレパラート 1000枚を 1組としたものを Les Diatomées du monde entier として分譲した。この 1組の混種プレパラートを買うと Diatomées du monde entier という 1冊の印刷物 (書物) が添付されていて、この書物には各プレパラートの番号と産地を見出項目にして、そのプレパラート中に封入されている珪藻のすべて (?) の学名が列記してある。この書物の学名索引を見ると、それはページではなくて、混種プレパラートの番号が索引できるようになっている (従って 1つの学名に対するプレパラートは 2枚以上になることが勿論ある) のである。その番号のプレパラートを鏡検して探せば目的の珪藻は見られるというのである。但しその混種プレパラートの中のどの個体をその学名の種と見るかは鏡検者の判断 (知識) によるのである。このプレパラートは珪藻の研究上にかなり役立つものであることは事実だと思うが、どの個体をその学名の種とみるかは鏡検者の判断によるのであるから、判断の誤りは当然生

ずるだろうと思う。外国にはこの組プレパラートを購入して所蔵している研究機関も少しはあるらしいが、日本には勿論それを所蔵しているらしい研究機関も個人もない。しかしこの組プレパラートはあまり多数組は分譲を受けた者はなかったらしくて、私がいろいろのことから推定したのでは、せいぜい多くても 10~20組ぐらいなものだったらしく、はっきりとそれを持っているらしいところは数箇所しかない。但しそのプレパラートを買わなくても、その印刷物 (TEMPÈRE et PERAGALLO (1915): Diatomées du monde entier) だけでも分与したらしいのであって、私は昭和 13年 (1938) 頃であったが、この書物だけなら外国の古書店から取寄せたのを持っていて、太平洋戦争の戦災に会った前夜にも見ていた時に空襲の警報が発令されたため、自宅の金庫に入れて置いたのだったが、他の文献などは別の倉庫に入れてあったので、翌日の空襲で自宅もその倉庫も全焼したが、金庫に前夜入れていたこの書物だけが私の戦前の珪藻関係の文献や標本では唯一つ焼残っただけの悲惨な思い出の物である。但し私は終戦後 10年ほど経た時に、ある偶然の機会に、恐らくは TEMPÈRE がその組プレパラートを作るために世界各国から入手した材料一部だろうと推定される材料数件をドイツから入手した。その材料の産地名が全く T. et P. のその印刷物にある地名と同じで、鏡検してもその印刷物に載せてあるのと同一种が見られる。

初めに書いた G. A. PRYOZELL が掲げている研究機関の中には T. et P. のこの組プレパラートも所蔵しているらしいところもあるし、昔は混種プレパラートの中に某種が 1個体でも存在していれば、その混種プレパラートにその某種の学名を記して、その種の標本として扱ったこともあるらしいし、また後の時代には標本指示器によって混種プレパラートのカバーガラスの上に、その種のある部位に小円を刻印して指示標識として、その混種プレパラートを保存した例もあり、また単種プレパラートを保存した例もあるから、G. A. PRYOZELL が掲げている研究機関等に所蔵されている標本というものの中には、そのいずれのものも含まれているはずであり、また昔は採集したままの珪藻 (主に大体が同一种だけの群体) を紙片とか雲母板とか滑

石の板の上のせて乾かしただけのものをパラフィン紙のようなものでおっただけの珪藻標本もあったらしいから、それも多くはないだろうが含まれていると思われる。

日本でも前記の遠藤吉三郎 (1905) 以降の各研究者の標本が仮りにホルマリン漬でも、カナダバルサムを用いた混種プレパラートで、種類の指示標識などが全然つけてなかったとしても、それがすべての各研究者のでもなく、みな1900年代になってからのものであるが、英国やドイツその他では1820年頃からの標本が創立の古い研究機関などに保存されているのに比して、日本にはそういう標本を保存しているところがないのは全く惜しいことである。しかし日本でも近年は各研究者の手もとにはその研究に相応した珪藻の標本が保存されているとは思いますが、個人の生存期間などというものは限界があるので、それが永久に保存されるのかどうかを考えると、その中の永久に保存して置きたいものだけでも、責任を以って保存され得る公的研究機関へ寄贈などして保存させるべきではなかろうかと私は思っている。

日本では近年は新種などを命名して、自分が在職している大学の研究室などへ標本を保存したと書いてあることがあるけれども、その大学にそれを責任をもって保存管理する用意があるのかどうかははっきりしていない例も多いのではないかと思う。

それで私は国立科学博物館の研究部内に珪藻プレパラートの保存系列を設けてもらい、そこへ寄贈すれば誰の1枚の寄贈でも受入れて責任をもって保存してもらえる先例を作った。これはその出発が1~数枚のような少数で、その後の増加が余りにも遅いようではその保存系列の廃止ということにならぬとも限らないから、私は2~3の知人にも勧めて、頭初に200余種を寄贈することから出発させたのであったが、それが昭和58年末で750種、枚数では1000枚に近い数になっているから、もうこの保存・管理が廃止されることはないと思うので、珪藻研究者各位も良い珪藻プレパラートを持っておられたら、ここへ寄贈し保存してもらいをお勧めする。これは新種命名のものは勿論であるが、既に科学博物館に保存されている既存学名のもの

のと重複しても受入れて保存してくれるのである。

しかし科学博物館のこのコレクションは種類を区別して明示したプレパラートであることが条件になっているから、1) 単種プレパラートか、2) 単種培養した材料またはほとんどが同一種の集団の材料（それらの中に極く少数の他種が混在している程度なら差し支えはない）で作った俗に言うコロニー・プレパラートか、3) 拭いても抹消できない方法により、目的種を明示する指示標識をつけた混種プレパラートであることが必要である。寄贈するにはプレパラート1枚毎に保存、管理上に必要な項目を記入した書面（用紙は科学博物館に用意してある）を添付することになっているから、寄贈するには事前に博物館の係員と連絡して、その指示に合うようにしなくてはならない。

またこの標本（プレパラート）は事前に訪館の日時を打合せて行けば誰にでも閲覧（鏡検）させてくれるから、研究者各位がなるべく多くの種類を博物館へ保存させることによって、寄贈者自身も他人の寄贈した種類を見得る数が増加するわけで、相互に研究上の便宜を得ることができるのである。

現在までに科学博物館にどんな種類が保存されているかは、実はそれが300余種であった時に仮りの臨時リストを博物館が印刷したこともあって、その中だけにでも閲覧する必要があるであろうと思えるものがかなりあるが、現在はもうそれが750種にもなっているから、そのリストだけではもう役には立たないので、今後は所蔵種が1000種になったときに次のリストを発行される予定になっている。従って、それ以前に寄贈した種類はそのリストに載るであろうが、それを過ぎると次の1000種に達するのは、もう寄贈され易い種が蒐ってしまっているから、そのリストの発行はかなり遠い後のことになると考えられるから、もしプレパラートを寄贈する希望をもっておられる研究者は、なるべく早く寄贈される方が良いかと思う。

付記 この国立科学博物館の珪藻プレパラートの寄贈や閲覧の方法については東京都新宿区百人町、国立科学博物館研究分館 桑野幸夫博士が curator になっておられるので、照会は同博士になされることをおすすめする。 (221 横浜市神奈川区松ヶ丘14番地)

津村孝平：混種プレパラートへの個体指示標識のつけ方 Kôhei TSUMURA：
The marking on slides of mixed micro-organisms

微小生物の種類は紙上に記事としての報告があって図や写真があっても、それだけでは確実な学名の同定ができない場合も多いから、その種類の報告にはその裏付けとして実物を区別して保存しておくことが望ましい。その最良の方法としては単種プレパラートを保存することであるが、微小生物には混種プレパラートには作り得ても単種プレパラートには作れない場合がむしろ多いのではないと思われる。むかし(1854年) J. W. BAILEY が命名した *Amphora stauroptera* という珪藻は後(1872年)に H. L. SMITH が *Amphora* のモノグラフを作るために、BAILEY の遺物標本を保存してある Museum of Boston Society of Natural History へその標本を閲覧に行ったところ、BAILEY の筆跡によるラベルがつけられているその混種プレパラートはあったが、そのプレパラートの全面を入念に鏡検したけれども遂に BAILEY が図示記述したような珪藻は見当らなかつたということを書いている。それは BAILEY がラベルをつけ間違えたのかも知れぬけれども、これが単種プレパラートか、混種プレパラートならばその珪藻が封入されている位置を明示する何等かの指示標識がプレパラートにつけてあれば、そのような不明瞭や間違いは生じなかつたであろうと思う。苦心しても作ろうとすれば作れないわけでもない珪藻に対してできさ単種プレパラートに作るには相当の熟練を要するから、現在の珪藻研究者でも単種プレパラートを製作することにはかなり困難があつて実行されていないようであるから、他の微小生物には単種プレパラートの保存ということは実行されていないことが多いと思われる。

混種プレパラート中の特定個体の封入位置を標示する方法としては昔から種々の方法が考案されているが、その最も良い方法は標本指示器(object marker)を用いてプレパラートのカバーガラスの上に、その個体の封入されている個所に小円を刻印することであるが、わが国ではその使用が余り普及していないことと、実際に使用してみると、それが余り便利でないことを知らぬ人が多い。その不便な点を書くと、(1) 標本指示器で刻印される小円の円周線そのものの太さは通常 $20\ \mu\text{m}$ ぐらいで、しかも極めて淡く刻印されるが、通常肉眼で物を見る場合は眼から明視距離(250 mm)の

ところに置いてみるものとする、肉眼は $73\ \mu\text{m}$ より小さいものは見えないということになるから、この小円は一応肉眼では見えないと言ってよい。勿論顕微鏡では見えるはずだが、この小円はカバーガラスの上面に淡く刻印されているが、目的の微小生物はカバーガラスの下に封入されているから、微小生物にピントを合わせてある顕微鏡ではこの小円はよく見えないこともあるし、混種プレパラートでは目的の個体が必ずしもカバーガラスの中央に近いところにあるとは限らず、極端に言えば周縁に近いところにあることもあるから、それを見つけるには全面を入念に注意して鏡検しなくては見つからぬこともあり得る。(2) この刻印する小円は目的の個体をちょうど囲むような大きさに刻印することが理想的あり、標本指示器は目的物体の大きさにより大体それに合うように円の大きさを加減できるのが特長ではあるが、この調節を目的物体にいちいち合わせることを実際にやってみると実に煩わしいので多数のプレパラートにすべてこれを実行するにはかなりの手数がかかる。

それで、もっと簡単に刻印できて、しかも肉眼で一見して直ぐにその刻印個所がわかる方法を紹介する。

その方法は混種プレパラートを鏡検して目的の個体を見つけたならば、10倍対物鏡を使用の顕微鏡で鏡検しながらその個体の真上にカバーガラスの上面にインキの小点を仮りに打って置く。次にケント紙のような丈夫な紙にパンチ器を用いて直径 2.5 か 3 mm の孔を打抜いたのをそのプレパラートの上のせ、前記のインキの小点がこの孔の中央になるように正しくして確実に手で押さえていて、ダイヤモンド・ペンシルを用いて、この円孔を型紙として円を描く。こうすればその小円は目的の個体を中央にして美しくカバーガラス面へ描くことができるし、この小円は肉眼でもよく見えるから、その後でインキの点を拭って消し去ればよい。

この方法では直径 2.5~3 mm より小さい円は描けないから、微小生物などはその円の中に数個体以上、多数が当然入ってしまうが、ただし目的の個体はほぼその中央付近にあることになり、この小円によってプレパラート面の鏡検する部分と範囲が限定されてしまうから、その中だけの個体を判断すれば、どれが目

的の個体であるかは直ぐにわかるはずであり、これで十分に指示標識の役に立つのである。標本指示器はもっと小さい円も刻印できるから、もっと正確に目的の個体だけを小円で囲み得るように思うであろうが、標本指示器で刻印し得る小円にも限度があって精密に作られた標本指示器でも直径 150 μm (=0.15 mm) 以下の小円は刻印できないことが多いのであるから、その中には当然目的以外の個体も入ってしまうことが多く、要するに円というものは、ある範囲を囲むだけのことにはしかない。そのことから言えば最も理想的な標本指示器は小円を刻印するのではなくて、矢を刻印する方式のものでなければならぬわけであるが、それは実用になるものを製作することが容易でないため販売品がない。目的個体を囲む円である以上は、例えば接近して封入されている細菌のような極端に微細な個体を区別して囲むことは不可能であるから、小円は程度の差はあっても結局はプレパラート面の鏡検すべき部分と範囲を示すことにしかならず、それで囲まれた中にある複数の個体から鏡検して判断によって選択して見ることになるのであって、ただその範囲が大きい小さいかに違いがあるだけである。しかも多数のプレパラートを扱う場合（特に他人がこの標識をつけたプレパラートも含めて）それを肉眼で一見して、すぐにその小円のあることがわかることと、標本指示器では刻印できる円の大きさを調整（加減）することが実に煩らわしいことを考えに入れると、それには両者に各得失はあるが、一般にはここに書いたダイヤモンド・ペンシルで標識をつける方がはるかに便利であると思うから、一般にはすべてダイヤモンド・ペンシルによってマークし、その円の中に極めて類似した形の複数の個体がある場合に、どれが目的のものか判断に迷うような場合に限り、ダイヤモンド・ペンシルによる円の中へ、さらに標本指示器でマークすることを併用すれば、さらに便利である。

なお念のために言うと微小生物の混種プレパラートへこの標識をつけるには1枚のプレパラートではただ1種だけマークをつける（同一種であれば何個体を何個所へマークをつけてもよい）ことを原則とした方がよいけれども、例外的には既に必要な1種へマークをつけてしまった後になって、他のプレパラート中には存在しない別の種が見つかって、それにもマークを

ける必要が生じた場合は、その種に対してはダイヤモンド・ペンシルの小円の中へそれに沿って標本指示器を用いてさらに円を描けば、それは◎の如き二重円となるから、ラベルなどにその区別を記すには「○……、◎……」のように記すようにすれば混同は防げる。

以上は微小生物の混種プレパラートを例にして書いたが、肉眼でも一応は見える糸状藻類とか、生物の切片などでも、そのどの部分に鏡検上特に必要な個所があるということを示す場合にも、このダイヤモンド・ペンシルによるマークをつけておくとは非常に便利である。

この方法によれば混種プレパラートに作れる微小生物はすべて標本として区別して保存ができるのであるから、標本が保存してないための後日の不明瞭はなくなるはずであって、微小生物の研究者で混種プレパラートを用いる者は必ずこの指示標識をつけておくことを希望する。

〔追記〕ダイヤモンド・ペンシルの代用品

ダイヤモンド・ペンシルは理科系の研究室には大概ある物であるが、もしそれが無い場合に上記のマーク方法に使うだけであれば代用の方法がある。それは標本指示器の小円を刻印する尖端は昔はダイヤモンドの小片が取付けてあったものであるが、現在のものは大概はタンガロイと言うタングステンと鋼鉄の合金で硬度の高い金属の尖端が使っている。またトウシャ版の原紙を書く鉄筆はタンガロイで造ってあるが、これは原紙へ書くためのものであるから、その先端は細いようでも顕微鏡的に見れば原紙を破らないように円鈍な形に造ってあるから、そのままではガラスにキズはつけられないけれども、その先端を鋭く尖らせればガラスに少しぐらいのキズはつけられるのであるから、それを鋭く尖らせれば上記のダイヤモンド・ペンシルの代用にも余り使用回数が多くなければ使い得る。但しこれは硬度が非常に高いから、普通の砥石やヤスリでは砥石やヤスリの方が減ってしまう。従ってトウシャ版のヤスリで、その鉄筆を研ぐとそのヤスリは磨滅して原紙を書くのには使えなくなるから、それで研ぐことは絶対にいけない。タンガロイを研ぐには特別の砥石が金物屋に販売されているから、それを用いて砥がなければならぬ。しかしなるべくダイヤモンド・ペンシルを使う方がよい。(221横浜市神奈川区松ヶ丘14番地)

ニ ュ ー ス

“Advanced Phytoplankton: Taxonomy and Systematics” の案内

このことにつきナポリ臨海実験所より案内がありましたのでご紹介します。

主催, 場所: Stazione Zoologica, Naples, Italy

期 間: 1985年7月1日~21日 (3週間)

内 容: ノルウェー, オスロ大学及びベルゲン大学の教官をコースリーダーとした海産植物プランクトン種同定に関する研修。特に既往文献と光学顕微鏡使用に重点を置く。

参加資格: 博士・修士の学位, 学士号あるいは同等の資格を有する者で, 種同定や計数などの植物

プランクトン研究の経験者。

参加者数: 15名

問合せおよび申込用紙請求は下記宛にお願いします。特に急ぎ情報を必要とされる方は古谷 研 (東京大学海洋研究所) までお問い合わせ下さい。申込の締切は1985年1月1日です。

Dr. Carmelo R. Tomas, Head of Marine Botany
Stazione Zoologica,

Villa Comunale, 80121 Naples, Italy

水産増養殖の遺伝学に関する第2回国際シンポジウムについて

1985年の6月23日から28日までの6日間に渡り, 米国カリフォルニア州都サクラメント近郊のカリフォルニア大学デービス校において, 水産動植物の遺伝に関するシンポジウムが企画されています。以下のようなトピックスが用意されています。A) Stock management for extensive aquaculture production; B) Control populations and monitoring genetic change; C) Genetic control of sexual maturation; D) Environmental components of sexual maturation; E) Body size and efficiency of growth; F) Genetic control of susceptibility to disease; G) Genetic management of production broodstocks; H) Ploidy manipulation and genetic engineering; I) Stock

development and strain comparisons; J) Life history strategies and response to domestication.

魚貝類が中心となることが予想されますが, 遺伝や増養殖に興味のある藻類学者の参加も望まれます。2回目の参加案内状は1985年の1月に発行の予定です。問い合わせ先は次のとおりです。G. A. E. GALL: Chair of Organising Committee for 2nd International Symposium on Genetics in Aquaculture, Department of Animal Science, University of California, Davis, CA 95616, U.S.A. もしくは N. SAGA: Marine Science Institute & Department of Biological Sciences, University of California, Santa Barbara, CA 93106, U.S.A.

—学 会 録 事—

1. 持ち廻り評議員会

昭和59年6月12日、次期(昭和60・61年度)会長候補者推薦のための持ち廻り評議員会が開かれた。その結果、評議員会では、阪井與志雄(北大・理)、千原光雄(筑波大・生)、正置富太郎(北大・水産)の三氏が次期会長候補者として推薦することとした。

2. 昭和60・61年度会長および評議員選挙

7月16日に投票用紙および選挙人名簿を発送して次期会長と評議員の選挙を実施した。8月13日に宮地和幸氏(東邦大・理)、大島海一氏(日大・農獣医・教養)立合のもとに開票が行われ、次の方々が次期会長および評議員に選出された。

会長 千原光雄

評議員

北海道地区 吉田忠生・山田家正

東北地区 谷口和也

関東地区 有賀祐勝・小林 弘・山岸高旺・堀 輝三・市村輝宜

中部地区 岩崎英雄・喜田和四郎

近畿地区 榎本幸人・巖佐耕三

中国・四国地区 月館潤一・大野正人

九州地区 右田清治・野沢治治

3. 評議員会

8月22日(12:00~13:20)、日本植物学会第49回大会開催中の北大教養部において評議員会が開かれ、後述の臨時総会に提出する報告事項と議題について審議された。審議内容は臨時総会報告と重複するので、その項を参照されたい。

出席者: 岩本康三会長、秋山 優・有賀祐勝・市村輝宜・梅崎 勇・奥田武男・阪井與志雄・千原光雄・堀 輝三・山本弘敏各評議員、金子 孝・吉田忠生各国際藻類学会世話人、今野敏徳庶務幹事。

4. 臨時総会

昭和59年8月22日、北大教養部における日本植物学会第49回大会第1日目(17:40~18:20)に臨時総会が開催された。岩本康三会長の挨拶に続いて、阪井與志雄氏(北大・理・海藻研)を議長に選出して議事に入った。

I. 報告事項

1. 次期(昭和60・61年度)会長、評議員について、前出(2)の選挙結果が報告され、了承された。

II. 審議事項

1. 第3回国際藻類学会議開催(昭和63年)要請について。

岩本会長からこの件に関する経過説明がなされ、また本会議開催についてはオーストラリア、カナリー諸島、中国が前向きに検討中との情報が披露された。また梅崎勇氏(京大・農)からは、昭和61年春に東南アジアの研究者をまじえた、海藻の応用面での東南アジア海藻シンポジウムを京都で開催したいとの考えが出され、それを当学会後援としてほしい旨の発言があった。

審議の結果、今春発足した国際藻類学会議検討委員会は委員が各地に散在して人数も多く審議が深めにくい事情があったために、現段階では諾否を未定とすること、今後は当委員会の一組織として東京とその周辺地区を主に5~6名程度のワーキンググループを設けて具体的な検討を行い、年末頃までに諾否の方向を会長が判断し、最終決定は来春の総会でを行う、ということが決まった。ワーキンググループの人選は岩本会長に一任することとした。

なお梅崎氏提案の件は、本会が国際藻類学会議開催要請を受け入れるという結論が出ればそれに組み入れる、ということで梅崎氏のと承を得た。

2. 第15回国際植物学会議(昭和68年)に対する本学会の姿勢について。

かねてより日本植物学会に対して国際植物学会議の日本での開催要請がきており、日本植物学会は本会にこれに対する意見を求めてきた。本学会としては、開催決定の場合経済的支援は不可能であるが、後援団体として名を出すことは差し支えないこととした。

5. 講演・懇親会

昭和59年8月22日(18:20~20:00)、北大教養部において、上述の臨時総会にひきつづいて恒例の講演・懇親会が開催された。吉田忠生氏(北大・理)の司会によって、有賀祐勝氏(東水大・植)「海鷹丸による南極海調査航海」の講演が行われた。懇親会は若手の方々への自己紹介を中心に、なごやかに進められた。

なお、講演・懇親会の開催にあたっては吉田忠生氏

はじめ北海道大学理学部植物分類学教室の方々にご尽力いただいた。厚く御礼申し上げる次第です。

参加者：秋岡英承，秋山 優，鯉坂哲朗，安部 守，有賀祐勝，安藤一男，飯間雅文，井上 勲，市村輝宜，岩本康三，梅崎 勇，榎本幸人，王 暁陽，岡崎恵視，奥田武男，長田敬五，加藤哲也，金子 孝，川井浩史，川口栄男，川嶋昭二，工藤利彦，熊野 茂，黒木宗尚，小林和博，小林秀明，今野敏徳，斉藤捷一，斉藤 譲，

阪井與志雄，瀬戸良三，多田匡秀，千原光雄，南雲保，野崎久義，能登谷正浩，芳賀 卓，馬場将輔，藤田大介，舟橋説往，堀 輝三，堀口健雄，増田道夫，松江和則，松永圭朔，松山恵二，水野 真，宮地和幸，本村泰三，簀 熙，山岸高旺，山田家正，山本虎夫，横浜康継，吉田忠生，リガヤ・C・サントス，渡辺真之

新 入 会

住 所 変 更

退 会

野沢美智子 (茨城県), 野村良嗣 (三重県), 坪井 悟 (広島県), B. N. PRASAD (外国)

賛助会員

北海道栽培漁業振興公社 060 札幌市中央区北4西6 毎日札幌会館内
 阿寒観光汽船株式会社 085-04 北海道阿寒郡阿寒町字阿寒湖畔
 有限会社 シロク商会 260 千葉市春日1-12-9-103
 海藻資源開発株式会社 160 東京都新宿区新宿1-29-8 財団法人公衆衛生ビル内
 協和醗酵工業株式会社バイオ事業本部バイオ開発部
 100 東京都千代田区大手町1-6-1 大手町ビル
 全国海苔貝類漁業協同組合連合会 108 東京都港区高輪2-16-5
 K. K. 白壽保健科学研究所・原 昭 邦 173 東京都板橋区大山東町32-17
 有限会社 浜野顕微鏡 113 東京都文京区本郷5-25-18
 株式会社ヤクルト本社研究所 189 東京都国立市谷保1769
 山本海苔研究所 143 東京都大田区大森東5-2-12
 秋山 茂商店 150 東京都渋谷区神宮前1-21-9
 弘学出版株式会社 森田悦郎 214 川崎市多摩区生田8580-61
 神協産業株式会社 742-15 山口県熊毛郡田布施町波野962-1

投 稿 案 内

I. 編集の方針 本誌には藻学と応用藻学に関する会員の未発表の、論文・総説・短報（速報・短い調査報告など）雑録（抄録・採集地案内・分布資料・ニュース・所見・新刊紹介など）を掲載します。論文はデータや考察の独創性の有無に重点を置いた編集委員会の審査を経たのち受理されます。原稿の取捨掲載順序、体裁などは編集委員会および編集幹事で決めます。原稿は和文または英文とし、論文と総説は刷上り英文8頁、和文6頁、短報は1頁以内を無料とします。頁の超過は制限しませんが、頁の超過分、折込み、色刷りなどの費用は著者負担と報は2頁、雑録となります。和文原稿では5枚が、英文原稿では2枚が刷上り1頁となる見当です。

II. 報文の書き方 和文原稿は400字詰原稿用紙（横書きB5またはA4）に、当用漢字、新仮名使い（生物名は片仮名）を用い楷書体で書いて下さい。英文原稿は厚手タイプ用紙を用い、ダブルスペースで28行にタイプで打ち、十分な英文添削または校閲を経たのち提出して下さい。新種の発表や学名の記載に当っては国際植物命名規約に従って下さい。なお、アラビア数字・メートル法・摂氏温度を用い、学名などのイタリック体には下線1本、人名などのスモールキャピタルには下線2本、ゴシック体には波状線1本を記入して下さい。

例：Batrachospermum ectocarpum Sirod., Summary, sec, min, hr, nm, μ m, mm, cm, m, μ l, ml, l, μ g, mg, g, N, M, ppm, lux, g(gravity), 25°C など。

原稿は、標題・英文要約（和文・英文原稿共）・本文・引用文献・和文摘要（英文原稿のみ）・表と図とその説明（英文）の順にまとめて1組とし、コピー共2組（写真は現物2組）にしてお送り下さい。

(1) 標題と要約 英文原稿では、欄外見出し・標題・著者名・要約の順に、和文原稿では、欄外見出し（英）・標題と著者名（和と英）・要約（英）の順に記入して下さい。要約は著者名・標題・雑誌名・まとめ（200字・必要に応じて400字まで）・著者と宛先の順に記入し、研究費に対する謝辞は脚注に入れて下さい。

(2) 本文 標題紙に記した以外の謝辞は、なるべく本文の末尾に入れて下さい。表と図は必ず本文中に引用（Fig. 1, Table 1 のように）し、文献の引用は次の例にならって、著者名と出版年および必要に応じて頁（単行本の場合）を明示して下さい。

例：…aquatic ecosystems (WELCH 1972, 1974), Liebig's (1840 p. 23) "law of the minimum" is..., …が知られている (YAMADA 1949), 岡村 (1907 p. 56) は、

(3) 引用文献 本文中で引用した文献のみを、別紙にアルファベット順に列挙して下さい。引用は、①原著の引用と、②図書目録を見て目的の書物を捜し当てるための引用の2本立てとし、それぞれが イ) 著者名 ロ) 出版年 ハ) 標題（巻次を含む） ニ) 対照事項（頁・図など） ホ) 出版事項（出版者・出版地）のうちの必要部分からなるよう順を追って下例にならって記入して下さい。

(単行本) ①, ②共通 広瀬弘幸¹⁾ 1959.²⁾ 藻類学総説。³⁾ 内田老鶴圃, 東京⁴⁾。

(単行本中の1章) ①DREBES, G.¹⁾ 1977.²⁾ Sexuality.³⁾ p. 250-283.⁴⁾ ②In D. WERNER [ed.]¹⁾ The biology of diatoms.²⁾ Blackwell Sci. Pub., London.³⁾

(叢書中の分冊) ①HUSTEDT, F.¹⁾ 1930.²⁾ Bacillariophyta.³⁾ ②In A. PASCHER [ed.]¹⁾ Sübwasser-Flora Mitteleuropas. ed. 2. No. 10.²⁾ Gustav Fischer, Jena.³⁾

(雑誌の中の1論文) ①森 通保¹⁾ 1970.²⁾ Batrachospermum ectocarpum SIROD. の分類学的研究。³⁾ ②藻類 8⁴⁾: 1-8.⁵⁾

①MORI, M.¹⁾ 1975.²⁾ Studies on the genus Batrachospermum in Japan.³⁾ ②Jap. Journ. Bot. 20⁴⁾: 461-485.⁵⁾

(4) 和文摘要 英文原稿の場合のみ、和文で、著者名・標題・宛先も入れ400字以内にまとめて下さい。

(5) 表と図およびその説明 英文で書き、表と図は印刷頁の寸法（14×20.5 cm）、特に横幅（全幅 14、片段 6.6 cm）を考慮し、原寸大または縮小したとき印刷頁におさまる大きさに仕上げ、図には倍率を示すスケールを入れ、線や記号、文字、数字はタイプライター、レタリング用具などを用い黒インキで鮮明に記入し、そのまま印刷に廻せるようにして下さい。なお、特に表の組版を希望の場合はその旨明記して下さい。表と図の裏には著者名・番号・希望縮尺を記入して下さい。表と図の説明は別紙とし、それを入れる場所を本文原稿左欄外に明示して下さい。

III. 校正と別刷 著者校正は初校のみとし、編集幹事から送りますので、3日以内に校正して同封の別刷申込書に所定の事項を記入して返送して下さい。別刷は、論文・総説・短報に限って50部を学会で負担します。

Information for Authors

Members of the Society are invited to contribute original research reports and short communications in Japanese or English on all aspects of phycology. Every research paper is read and criticized by reviewers on the basis of its originality and the discussion presented. Where appropriate, reviewers other than those on the Editorial Board are consulted. Final responsibility for selection and published order of papers rests with the Editor. Papers not longer than 8 printed pages in English and 6 printed pages in Japanese including figures and tables and short communications within 2 printed pages will be published without charge (exclusive of reprints). Additional published pages will be charged to the author (10,000 Yen perpage).

The manuscript should conform exactly to the following instructions. The **manuscript** should be typewritten, double-spaced, on thick paper of 21.5×28 cm or A4 size. Each typewritten page usually consists of 28 lines. Symbols, units and nomenclature should conform to international usage. The S.I. metric system should be used for all numerical data. Words to be printed in italics should be underlined. The original copy and one duplicate are required. The first page should have only the title, name(s) of the author(s) and institution with address, and any necessary footnote. A short running title should be included. Acknowledgements preferably follow the text but precede the references. Tables and legends for figures should be on separate pages and be placed after the references.

An **abstract** of not more than 200 words is required. At the end of the abstract, 5-10 Key Index Words should be given alphabetically for aid in indexing. A Japanese abstract will be provided by the Editor from translation of the abstract.

References. Citations in the text should read thus: LIEBIG's (1840 p. 23)..... or(WELCH 1972, 1974). In the list at the end of the paper, references should be typed in alphabetical order. Each reference should be given in the following order: Name, Initials, Date, Title, Journal Volume: first page-last page. Example:

MIKAMI, H. 1978. On *Laingia hookeri* (Rhodophyceae, Delesseriaceae) from New Zealand. Jap. J. Phycol. 26: 65-68.

A book title should be followed by the name of publisher and place of publication. Example:

ABBOTT, I. A. and HOLLENBERG, G. J. 1976. Marine algae of California. Stanford Univ. Press, Stanford.

Tables should be numbered with Arabic numerals, have a title, and be referred to in the text.

Figures. whether line drawings or photographs, should be numbered consecutively in Arabic numerals, and referred to in the text. The maximum size for a full page figure is 14×20.5 cm. Line drawings should be made with black ink on white paper or blue-lined graph paper. Letters and numerals should not be made by hand, but should be made neatly with a lettering device (not a typewriter) and be of such size that the smallest character will not be less than 1 mm high when reduced. The original drawing and one set of clear copies are required. Photographs must be of good quality. They should be grouped to conform to the page style and format of the Journal and preferably be submitted at a size that permits reproduction without reduction. Photographs should be submitted in duplicate. Coloured plates may be printed at the expense of the author. The insertion of tables and figures in the text should be indicated on the right-hand margin of the sheet.

Proofs should be checked carefully and should be returned by air mail to the Editor within three days of receipt. The author will receive 50 offprints free of charge. Additional copies can be ordered at cost on the reprint ordering form sent with the proofs.

デイトタイプ レシプロシエーキング インキュベーター

光源として20W蛍光灯、プラントルクス等が10本取付け可能で、最大10,000ルクスの照度が得られ、スイッチにより半分の点灯も可能です。さらに、24時間タイマーと連動させて、最小15分から最大24時間まで自由な照射条件が作れます。

レシプロの振盪機構はつまみひとつで自由に速度が可変でき、回転数もデジタル表示します。振盪パネルはワンタッチで交換可能、オプションとして御要望に合せたどのようなパネルも作成いたします。

恒温機構も10℃から60℃の広帯域で使用でき、恒温振盪培養機としての使用はもちろんのこと、陽光恒温器としても使用でき、藻類の増殖試験等に最適です。長時間試験にも充分使用できるようにデジタル設定の運転用タイマーを備え、経時後自動OFF、または自動ONが可能です。さらに高温防止器などの安全装置も装備していますので無人運転等多様な運転操作が安心して行えます。

※この外にも各種振盪培養機があります。カタログ御請求ください。



温度範囲10℃～60℃

仕様

- 外 法: W900×D780×H1,520mm
- 器内有効内法: W720×D650×H 520mm
(ランプ無し 660mm)
- 振盪パネル: 600×600mm(500mm ϕ 坂口プラスチック25本掛、その他試験管、フラスコ、パネル等任意取付可)
- 振盪巾: 70mm
- 振盪数: 30～200R.P.M. (回転計付)
- 温度範囲: 10℃～60℃
- 温度分布: ± 1 ℃ 温度精度: ± 0.5 ℃
- 安全装置: ヒーター断線、センサートラブル、異常高温を
警報加熱・冷却装置 自動カット機構付

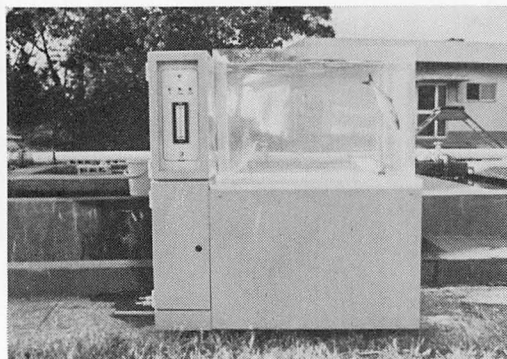
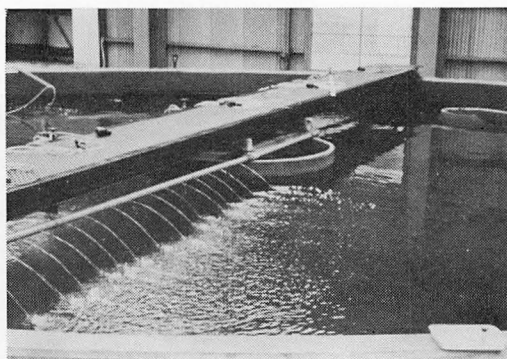
試験研究 栽培漁業 **アクアトロンシステム**

試験研究用・生産養殖用に安定的に調温水を供給し、温度・流量・換水率・流水方式・エア補給量等水生生物生育の主要因を、飼育目的に合わせて、様々な条件に設定することができ、安定した生育環境が得られます。そのため長期にわたる育成においても、その再現性の良さにより、優れた試験養殖が可能です。

◎アクアトロン施設

大規模な飼育設備である程、その目的と、装置とのトータルバランスを考えねばなりません。

小系のアクアトロン施設は、そのバランスの良さもさることながら、省エネルギーをも考え合わせて設計されており、コスト・パフォーマンスの高いシステムとなっております。



◎アクアトロン・ポータブル

小中規模ながら、高精度条件を要求される施設に合った、小型水温調節装置です。海水・淡水の区別なくお使いになれるので、設置場所を選びません。

<仕様例> 型式 APU-253A

温度 10~35°C ±0.5°C

水槽 500ℓ

エア 送水スプレー式エアレーション

目的にあった使いやすいシステム創り----- 私たちは追求します

Kōito

小系工業株式会社

**環境調節
事業部**

営業部: 〒108 東京都港区港南2-6-10三矢ビル ☎(03)472-3921(代表)

☎大阪支店(06)362-9391

☎広島支店(082)262-1341

☎札幌支店(011)231-0460

☎九州支店(092)431-0838

☎仙台支店(0222)25-7954

☎筑波業務所(0298)51-2311

学 会 出 版 物

下記の出版物をご希望の方に頒布致しますので、学会事務局までお申し込み下さい。(価格は送料を含む)

1. 「藻類」バックナンバー 価格、会員各号1,250円、非会員各号2,000円、30巻4号(創立30周年記念増大号、1-30巻索引付)のみ会員3,750円、非会員5,000円、欠号：1巻1-2号、4巻1, 3号、5巻1-2号、6-9巻全号。
2. 「藻類」索引 1-10巻、価格、会員1,000円、非会員1,500円。11-20巻、会員1,500円、非会員2,000円。創立30周年記念「藻類」索引、1-30巻、会員2,500円、非会員3,000円。
3. 山田幸男先生追悼号 藻類25巻増補。1977。A 5版、xxviii+418頁。山田先生の遺影・経歴・業績一覧・追悼文及び内外の藻類学者より寄稿された論文50編(英文26, 和文24)を掲載。価格5,500円。
4. 日米科学セミナー記録 Contributions to the systematics of the benthic marine algae of the North Pacific. I. A. ABBOTT・黒木宗尚共編。1972。B 5版、xiv+280頁、6図版。昭和46年8月に札幌で開催された北太平洋産海藻に関する日米科学セミナーの記録で、20編の研究報告(英文)を掲載。価格3,000円。
5. 北海道周辺のコンブ類と最近の増養殖学的研究 1977。B 5版、65頁。昭和49年9月に札幌で行なわれた日本藻類学会主催「コンブに関する講演会」の記録。4論文と討論の要旨。価格700円。

Publications of the Society

Inquiries concerning copies of the following publications should be sent to the Japanese Society of Phycology, c/o Laboratory of Phycology, Tokyo University of Fisheries, Konan 4chome, Minato-ku, Tokyo, 108 Japan.

1. Back numbers of the Japanese Journal of Phycology (Vols. 1-28, Bulletin of Japanese Society of Phycology). Price, 1,500 Yen per issue for member, or 2,500 Yen per issue for non member, price of Vol. 30, No. 4 (30th Anniversary Issue), with cumulative index (Vol. 1-30), 4,500 Yen for member, or 6,000 Yen for non member. Lack: Vol. 1, Nos. 1-2; Vol. 4, Nos. 1, 3; Vol. 5, Nos. 1-2; Vol. 6-Vol. 9, Nos. 1-3 (incl. postage, surface mail).
2. Index of the Bulletin of Japanese Society of Phycology. Vol. 1 (1953)-Vol. 10 (1962) Price 1,500 Yen for member, 2,000 Yen for non member, Vol. 11 (1963)-Vol. 20 (1972), Price 2,000 Yen for member, 2,500 Yen for non member. Vol. 1 (1953)-Vol. 30 (1982). Price 3,000 Yen for member, 3,500 Yen for non member (incl. postage, surface mail).
3. A Memorial Issue Honouring the late Professor Yukio YAMADA (Supplement to Volume 25, the Bulletin of Japanese Society of Phycology). 1977. xxviii+418 pages. This issue includes 50 articles (26 in English, 24 in Japanese with English summary) on phycology, with photographs and list of publications of the late Professor Yukio YAMADA. ¥ 6,000 (incl. postage, surface mail).
4. Contributions to the Systematics of the Benthic Marine Algae of the North Pacific. Edited by I. A. ABBOTT and M. KUROGI. 1972. xiv+280 pages, 6 plates. Twenty papers followed by discussions are included, which were presented in the U.S.-Japan Seminar on the North Pacific benthic marine algae, held in Sapporo, Japan, August 13-16, 1971. ¥ 4,000 (incl. postage, surface mail).
5. Recent Studies on the Cultivation of *Laminaria* in Hokkaido (in Japanese). 1977. 65 pages. Four papers followed by discussions are included, which were presented in a symposium on *Laminaria*, sponsored by the Society, held in Sapporo, September 1974. ¥ 700 (incl. postage, surface mail).

昭和59年9月10日 印刷
昭和59年9月20日 発行

©1984 Japanese Society of Phycology

禁 転 載
不 許 複 製

編集兼発行者

三 浦 昭 雄

〒108 東京都港区港南4-5-7
東京水産大学 植物学教室内

印 刷 所

学術図書印刷株式会社

〒176 東京都練馬区豊玉北2丁目13番地

発 行 所

日 本 藻 類 学 会

〒108 東京都港区港南4-5-7
東京水産大学 植物学教室内
振 替 東京 4 139176

Printed by GAKUJUTSU TOSHO Printing Co.

本誌の出版費の一部は文部省科学研究費補助金(研究成果刊行費)による。

藻 類

目 次

オリビエラ, E. C. de・プラステイ, E. M.: ブラジル産オゴノリ数種の生活史…………… (英文) 203	
本村泰三・阪井與志雄: <i>Laminaria</i> , <i>Desmarestia</i> の配偶子形成に対する鉄とホウ素による制御…………… (英文) 209	
瀬戸良三・饒 欽止: 中国産淡水紅藻類アヤギス属の1変種 <i>Caloglossa leprieurii</i> (MONT.) J. AG. var. <i>angustata</i> JAO (紅藻類, イギス目) の形態学的研究…………… (英文) 216	
熊野 茂: 中国四川省産カワモヅク属の2種, <i>Batrachospermum intortum</i> JAO と <i>B. sinense</i> JAO (紅藻ウミゾウメン目) について…………… (英文) 221	
川口栄男・増田道夫: 紅藻 <i>Gigartina prolifera</i> HARIOT の所属…………… (英文) 227	
鱒坂哲朗: 培養によるコゴメネバリモ (褐藻類ナガマツモ目) の生活史…………… (英文) 235	
有賀祐勝・三浦昭雄: アマノリ属色彩変異体の吸光スペクトルと色素含量…………… (英文) 243	
小林 聡・松岡数充: <i>Protopteridinium conicum</i> (GRAN) BALECH (Dinophyceae) のシストと游泳体…………… 251	
市村輝宜・笠井文絵: 異型接合によるトゲミカツキモの有性生殖…………… 257	
水野 真: 海産樹枝状群体珪藻 <i>Berkeleya rutilans</i> の季節的消長と大きさの変化…………… 262	
岩本康三: カワノリ及びその近縁種の形態学的観察…………… 269	
◆ ◆ ◆	
ノート	
籾 熙・安井 肇: 日本産ダルススの雄性配偶体…………… 279	
津村孝平: 国立科学博物館の珪藻標本について…………… 283	
津村孝平: 混種プレパラートへの個体指示標識のつけ方…………… 285	
◆ ◆ ◆	
ニュース…………… 287	
学会録事…………… 288	