

The Japanese Journal of PHYCOLOGY

CONTENTS

Toshikazu Gotoh: On the siliceous structure of the septum and related forms in diatoms	109
Isao Inouye, Terumitsu Hori and Mitsuo Chihara: Observations and taxonomy of <i>Pyramimonas longicauda</i> (Class Prasinophyceae)	113
Shuji Hino: Algal growth stimulation by heterotrophic bacteria with lake sediment extract	124
Hisayoshi Nozoki: Newly found facets in the asexual and sexual reproduction of <i>Gonium pectorale</i> (Chlorophyta, Volvocales)	130
Sumihito Tajiri and Yusho Aruga: Effect of emersion on the growth and photosynthesis of the <i>Porphyra yezoensis</i> thallus	134
Ikuko Shihira-Ishikawa and Tsuneyoshi Kuroiwa: Morphological transition of the nucleus during the whole life cycle of <i>Acetabularia calyculus</i> QUOY et GAIMARD	147
Hisao Ogawa and Khanjanapaj Lewnnanomont: The <i>Porphyra</i> of Thailand III. A new record of <i>Porphyra vietnamensis</i> TANAKA et P.-H. Ho and morphological observation on the specimen of <i>Porphyra</i> sp. collected from Surin Islands, Andaman Sea	(in Japanese) 158
Takeo Ohomori and Junko Hashida: On the germination of liberated tetraspore mother cells in <i>Dictyopteris divaricata</i>	(in Japanese) 162
Kozo Iwamoto: Geographical distribution of <i>Prasiola japonica</i> YATABE in Japan	(in Japanese) 167
Jiahai Ma and Akio Miura: The pit-connections existing in leafy germlings which developed directly from conchocelis filaments in <i>Porphyra tenuipedelis</i> MIURA	(in Japanese) 186
◆ ◆ ◆	
Note	
Yusho Aruga and Masako Ohgane: Changes of the harvesting boat and the harvest of <i>Laminaria</i> in Bretagne, France	(in Japanese) 190
◆ ◆ ◆	
Book review	196
◆ ◆ ◆	
Announcement	197

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。普通会員は本年度の年会費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, Eunkyo-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 恵視 (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)

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)

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)
Hirotohi YAMAMOTO (Hokkaido University)

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 KOBAYASI (Tokyo Gakugei University)
Tomitaro MASAKI (Hokkaido University)
Seiji MIGITA (Nagasaki University)
Kazutosi NISIZAWA (Nihon University)
Tadao YOSHIDA (Hokkaido University)

お 知 ら せ

来る8月21日～24日に北海道大学教養部で開催の日本植物学会第49回大会の際に、当学会は恒例の講演・懇親会の他に、春季大会時に報告しました第3回国際藻類学会議（1988年）開催要請についての学会としての対応を審議するため、評議員会、臨時総会も下記のように開催します。

1. 評議員会

日 時 昭和59年8月22日 昼食時。
場 所 当日会場に掲示。

1. 臨時総会

日 時 昭和59年8月22日 17:30より。
場 所 当日会場に掲示。

3. 講演・懇親会（世話係：北大・理・吉田忠生氏）

日 時 臨時総会終了後～20:30。
場 所 臨時総会場と同じ。
演 者 有賀祐勝氏（東京水産大学）。
演 題 海鷹丸による南極海調査航海。
会 費 1500円（当日）。
申 込 み 8月15日までに、下記宛に葉書きでお願いします。

〒060 札幌市北区北10条西8丁目
北海道大学理学部植物分類学教室
吉田 忠生

— 第2回国際藻類学会開催のお知らせ —

第2回国際藻類学会議（International Phycological Congress）が国際藻類学会（IPS）の主催で明1985年8月初旬にデンマーク国コペンハーゲン市で開催されます。一般の方々も含めて多数の参加を歓迎しております。第1回案内はIPS会員にはとどいておりますが、改めてここに概要をお知らせします。

1. 会 期 1985年8月4日（日）～10日（土）
2. 会 場 コペンハーゲン市 H. C. Ørsted Institute
3. 参加費 一般は1,500 D. Kr.（邦貨約36,000円）、但し学生及び同伴者は半額（この中には大会中のエクスカッションと宴会の費用を含む）
4. 特別講演とシンポジウム 3名の特別講演は開会式（月曜日）終了後直ちに行い、15のシンポジウムを火、木、金曜日の午前中に企画している。
5. 一般講演
 - （1）口答発表：1題20分（講演15分、討論5分）。藻類学のあらゆる分野を含み、内容は自由です。
 - （2）ポスターセッション：展示発表は会期中を通じて行いが、説明の時間は指定します。
 - （3）発表方法：英語に限る。
6. エクスカッション 目的地及び期間は次の通りである。

(1) 会期前の旅行:

(a) デンマーク最北端の Frederikshavn, 8月1日～4日

(b) ノルウェー西部の Bergen, 7月31日～8月4日

(c) スウェーデン南西部の Aneboda 地方, 8月1日～4日

(2) 会期中の遠足: 8月7日(水) 終日採集又は見学, 全員参加会

(3) 会期後の旅行:

(a) デンマーク中部の Jutland lake 地方 約4日間

(b) フィンランド 6～7日間

(c) グリーンランド 10～12日間

第1回案内を希望の方は金子 孝宛 (〒046 余市町浜中 238 北海道立中央水産試験場) に至急申込んで下さい。折返しゼロックスコピーを送ります。案内添付の申込書は6月15日までに下記大会事務局に送ることになっておりますが、遅れても受付けてくれるものと思われま。尚、第2回案内(最終)は9月の予定です。

Second International Phycological Congress

DIS Congress Service

Lindeallé 48

DK-2720 Vanløse, Copenhagen

Denmark

(正置富太郎, 吉田忠生, 金子 孝)

On the siliceous structure of the septum and related forms in diatoms

Toshikazu GOTOH

*The Faculty of General Education, Kinki University,
Higashi Osaka, 577 Japan*

GOTOH, T. 1984. On the siliceous of the structure of the septum and related forms in diatoms. Jap. J. Phycol. 32: 109-112.

The current concept concerning the structure, of the septum which develops from an intercalary band toward the inner cell space, obviously has two different elements. The one is the structure developed to the inner cell space, and therefore the cell space is divided, but incompletely. For instance, the structure of the genus *Climacosphenia* EHR., *Grammatophora* EHR., *Licmophora* C. A. AG., *Rhabdonema* KÜTZ., *Striatella* C. A. AG., *Tabellaria* EHR. and *Tetracyclus* RALFS. And the other, although it develops from an intercalary band, but not divide an inner cell space. It grows attached to an inner valve surface, especially costae or fibulae. For instance, the structure of the genus *Epithemia* BRÉB., *Denticula* KÜTZ., *Denticulopsis* SIMONSEN, *Nitzschia* HASSALL sect. *Fragilariopsis* and the species *Nitzschia valdestriata* AL. & HUST. The former is termed as septum *sensu stricto*, but the later will be required a new term. So I propose the new term, septum-like plate.

Key Index Words: diatom; *Epithemia adnata*; *intercalary band*; *Nitzschia valdestriata*; *SEM fine structure*; *septum*; *septum-like plate*.

A septum is "a sheet or ridge of silica in the valvar plane projecting from a girdle band into the interior of the frustule" (ROSS *et al.* 1979). In some cases a cell space is divided, but incompletely, into several compartments by the structure which develops from the intercalary band. If the structure of the genus *Climacosphenia* EHR. is regarded as a type of septum, although the component of the genus *Epithemia* BRÉB. has been named as septum, it is obviously that it is different fundamentally from the type. It is necessary to reconsider the current concept regarding a septum and related structure.

Materials and Methods

The structure of an intercalary band of *Climacosphenia moniligera* EHR., *Nitzschia valdestriata* AL. & HUST. and *Epithemia adnata* (KÜTZ.) BRÉB. were investigated by LM and SEM. The materials were collected from Shichirui, Shimane Pref., the River Kinokawa estuary and the northern part

of Lake Biwa, respectively. The materials were cleaned and prepared for LM and SEM in the ways described by GOTOH (1980).

Results and Discussion

The siliceous structure develops from an intercalary band to the transapical axis, and the inner cell space surrounded by a valve and an intercalary band is divided incompletely by it, was termed as septum by MÜLLER (1886). And his concept has been accepted by many authors (e.g. HUSTEDT 1930, PATRICK & REIMER 1966, v. STOSCH 1975, Anonymous 1975, ROSS *et al.* 1979).

Two special features of a septum exist: 1. the structure develops from an intercalary band. 2. the inner cell space is divided incompletely by its structure. Only the structure which satisfies the above two conditions should be termed as septum *sensu stricto*. For instance, *Climacosphenia moniligera* EHR. (Fig. 2) satisfies clearly two con-

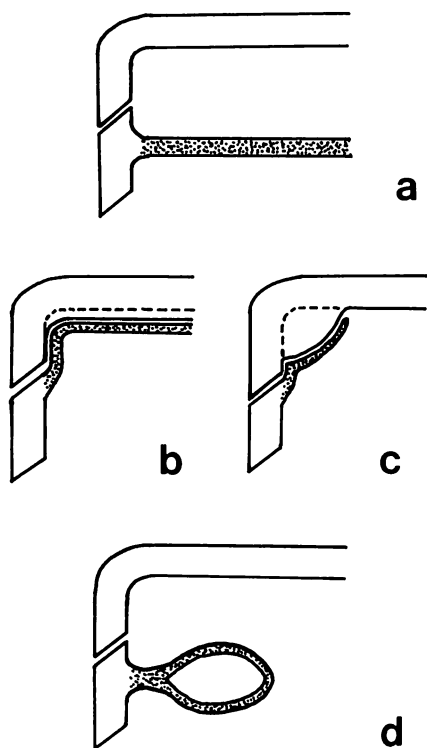


Fig. 1. Schematic sketch of transverse section of the septum and the related structures: a. septum; b, c. septum-like plate; d. partectal ring. upper: valve, lower: copula.

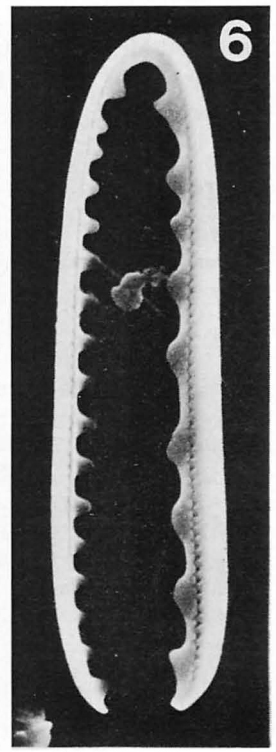
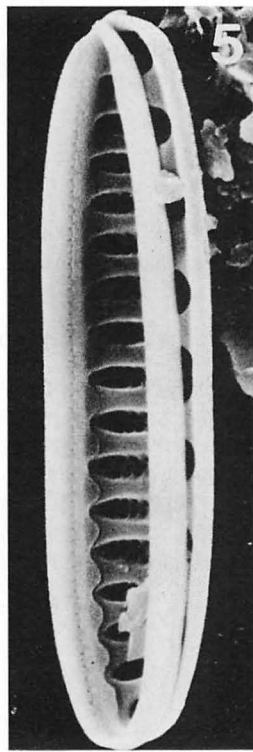
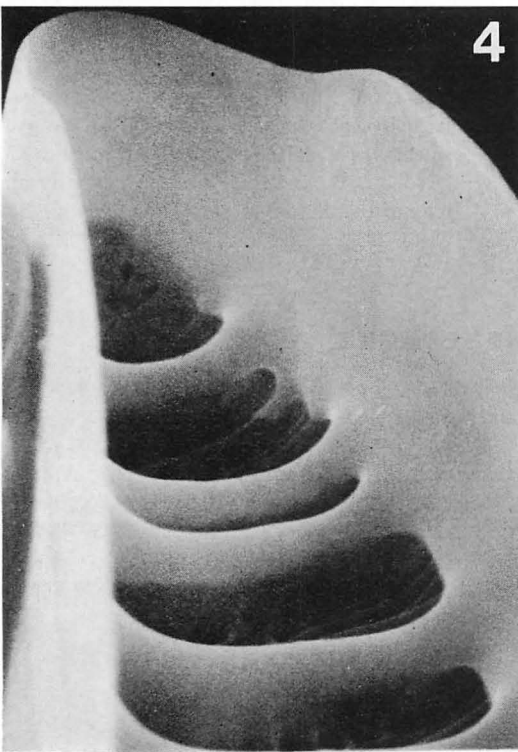
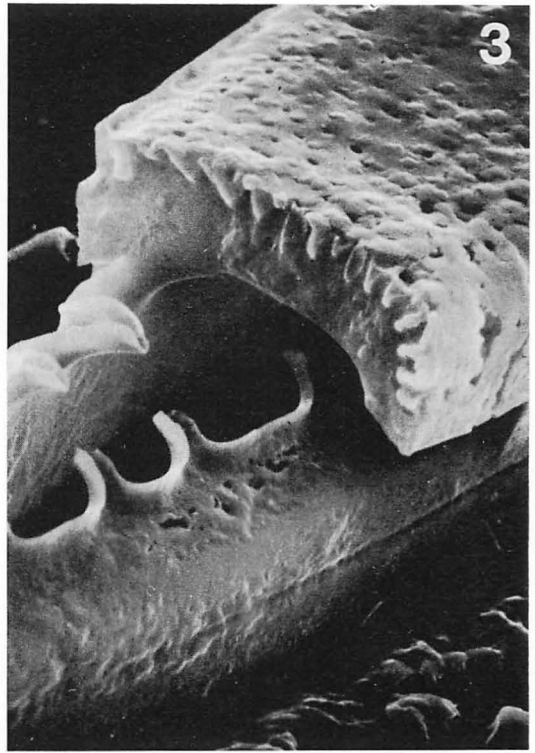
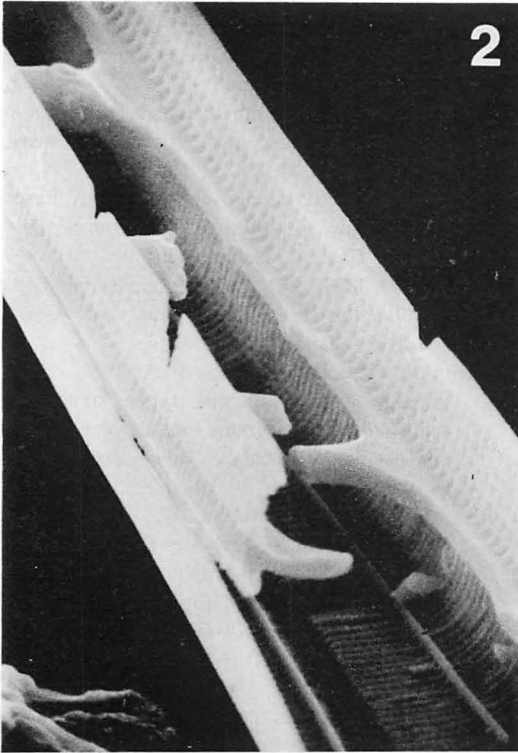
ditions. *Epithemia adnata* (KÜTZ.) BRÉB. has the siliceous structure developing from the intercalary band but it attaches to the costae (pseudoseptum) of the valve inner surface, therefore the inner cell space is not divided (Figs. 3, 4). In this case it doesn't satisfy the second condition. The intercalary band structure of *Nitzschia valdestriata* AL. & HUST. (Figs. 5, 6) is the same manner as *Epithemia adnata* (KÜTZ.) BRÉB.

Septum and its related structure is summarized in Fig. 1. Fig. 1-a modifies the structure of the genus *Climacosphenia* EHR., *Grammatophora* EHR., *Licmophora* C. A. AG., *Rhabdonema* KÜTZ., *Striatella* C. A. AG.,

Tabellaria EHR. and *Tetracyclus* RALFS. Fig. 1-b modifies the structure of the genus *Epithemia* BRÉB. (*E. adnata*; Figs. 3, 4). Fig. 1-c showing the schematic sketch of *Denticula* KÜTZ. (cf. *D. tenuis*; PADDOCK & SIMS 1977, pl. 2, fig. 12), *Denticulopsis* SIMONSEN (cf. *Denticulopsis seminae*; HASLE 1972, figs. 3, 4 as *Denticula*), *Nitzschia* HASSALL sect. *Fragilariopsis* (cf. *Nitzschia kerguelensis*; HASLE 1972, fig. 1) and the species *Nitzschia valdesriata* AL. & HUST. (Figs. 5, 6). Fig. 1-d modifies the structure of the genus *Mastogloia* THWAITES (cf. *M. minutissima*; STEPHENS and GIBSON 1980, pl. 4, fig. 22) and it names as "partectal ring" (ROSS *et al.* 1979). The structure, fig. 1-b and 1-c, which divided from the group, fig. 1-a, by its structure and later discussed its function, will be required the new term. So I propose the new term "septum-like plate" for the structure of the group fig. 1-b and 1-c. Pars interior is "the advalvar part of a cingular element that lies under the abvalvar edge of an adjacent element or, in the case of a valvocopula, the part underlying the edge of the valve" (v. STOSCH 1975). Although the septum-like plate develops from the intercalary band toward the inner cell direction, it doesn't divide an inner cell space, but it grows attached to the inner valve surface over the valve mantle, especially to costae or fibulae. Namely, septum-like plate is the special name of the advalvar part of the pars interior.

The degree of development of the septum-like plate is different among various taxa. In the case of *Nitzschia valdestriata* AL. & HUST., the development of the septum-like plate is a little, but clearly (Figs. 5, 6), as against the structure of the *Epithemia adnata* (KÜTZ.) BRÉB. is furthermore developed, septum-like plate overlaps the valve inner

Fig. 2-6. SEM photographs of the septum and the related structures. 2. *Climacosphenia moniligera*, inner view, valve and valvocopula having septum. $\times 4000$; 3. outer view of *Epithemia adnata*, showing the comb-shaped septum-like plates which separate defectively from the pseudosepta. $\times 6000$; 4. inner view of *Epithemia adnata*, septum-like plates overlaps the pseudosepta. $\times 7000$; 5. *Nitzschia valdestriata*, inner view showing the septum-like plates attached to the costae. $\times 8000$; 6. valvocopula of *Nitzschia valdestriata* with septum-like plates. right: on fibulae, left: on costae. $\times 8000$.



costae, entirely (Figs. 3, 4).

The septum is the structure to divide the inner cell space, but we have no idea to explain its function. Septum-like plate is considered as connective tissue. And by extending the combination area between a valve and an intercalary band, that is the area of the septum-like plate, an increase of strength of junction is estimated.

In Order Pennales, the diatoms which have the septum are of almost belonging to the Family Diatomaceae, Suborder Araphidineae (after the diatom system in the sense of SIMONSEN 1979). It consider that the septum is the good key to discuss the phylogenetic relationships among many diatom taxa Family Diatomaceae.

Acknowledgements

I would like to express my gratitude to Prof. Dr. K. NEGORO, Department of Fisheries, Faculty of Agriculture, Kinki University, for his suggestions and continuing guidance. I also wish to thank Mr. H. KOMIYA and Mr. Y. HORIUCHI, Institute of Life Science, Kinki Univ., for their advice and help with SEM.

References

Anonymous. 1975. Proposals for a standardization of diatom terminology and diagnoses.

- Nova Hedwig. Beih. 53: 323-354.
- GOTOH, T. 1980. Observations on the girdle of the genus *Amphora* (Diatoms). Jap. J. Phycol. 28: 151-155.
- HASLE, G. R. 1972. *Fragilariopsis* HUSTEDT as a section of the genus *Nitzschia* HASSALL. Nova Hedwig. Beih. 39: 111-119.
- HUSTEDT, F. 1930. Bacillariophyta. In: A. Pascher (ed.) Süßwasser-Flora Mitteleuropas. ed. 2. vol. 10. Gustav Fischer, Jena.
- MÜLLER, O. 1886. Die Zwischenbänder und Septen der Bacillariaceen. Ber. deut. bot. Ges. 6: 306-316.
- PADDOCK, T. B. B. and SIMS, P. A. 1977. A preliminary survey of the raphe structure of some advanced groups of diatoms (Epithemiaceae-Surirellaceae). Nova Hedwig. Beih. 54: 291-322.
- PATRICK, R. and REIMER, C. W. 1966. The diatoms of the United States exclusive of Alaska and Hawaii. 1. Monographs of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia, No. 13.
- ROSS, R., COX, E. J., KARAYEVA, N. I., MANN, D. G., PADDOCK, T. B. B., SIMONSEN, R. and SIMS, P. A. 1979. An amended terminology for the siliceous components of the diatom cell. Nova Hedwig. Beih. 64: 513-533.
- SIMONSEN, R. 1979. The diatom system: Ideas on phylogeny. Bacillaria 2: 9-71.
- STEPHENS, F. C. and GIBSON, R. A. 1980. Ultrastructural studies of some *Mastogloia* (Bacillariophyceae) species belonging to the group sulcatae. Nova Hedwig. Beih. 33: 219-248.
- VON STOSCH, H. A. 1975. An amended terminology of the diatom girdle. Nova Hedwig. Beih. 53: 1-28.

後藤敏一：珪藻の隔壁とその類似構造

珪藻において中間帯片 (intercalary band) の1部が細胞内部へ突出する構造は隔壁 (septum) と称されているがその概念は明らかに2つの異なる構造を含む。*Climacosphenia*, *Grammatophora*, *Licmophora*, *Rhabdonema*, *Striatella*, *Tabellaria*, *Tetracyclus* などでは帯殻より突出する構造によって不完全ではあるが細胞内部が分割される。一方, *Epithemia*, *Denticula*, *Denticulopsis*, *Nitzschia* sect. *Fragilariopsis*, *Nitzschia valdestrata* などでは光顕レベルの観察では前者の場合と同様の構造と考えられたが, それらは細胞内部へ突出する構造ではなく蓋殻の内面と付着した形で発達する構造であることが明らかになった。従来, 後者の構造も含めて隔壁と称されてきたが両者は構造的にも機能的にも異なると考える。そこで前者を真の隔壁とし, 後者に対して類隔壁板 (septum-like plate) の名称を提案した。(577 大阪府東大阪市小若江 3-4-1, 近畿大学教養部)

Observations and taxonomy of *Pyramimonas longicauda* (Class Prasinophyceae)*

Isao INOUE, Terumitsu HORI and Mitsuo CHIHARA

*Institute of Biological Sciences, University of Tsukuba,
Sakura-mura, Ibaraki, 305 Japan*

INOUE, I., HORI, T. and CHIHARA, M. 1984. Observations and taxonomy of *Pyramimonas longicauda* (Class Prasinophyceae). Jap. J. Phycol. 32: 113-123.

A species of *Pyramimonas* collected in the Bay of Dokai, Fukuoka Prefecture, Japan has been examined with both the light and electron microscope. The cells characteristically have an arrow-head or funnel-like shape with well developed anterior lobes and a caudate appendage extending posteriorly. However, there is a wide range of cell shape and the organism can be assigned to either one of the previously described two species, namely, *P. ostendensis* and *P. longicauda* (VAN MEEL 1969). Based on observations with the light microscope of the cultured material, it was concluded that VAN MEEL's two species are conspecific, and *P. longicauda* VAN MEEL was chosen as the correct name for the species. Ultrastructurally, *P. longicauda* is characterized by the shape and the size of scales which coat the entire cell-surface including the flagella. Both the intermediate and the outermost layer body-scales are much larger than those described for any other species and have a characteristic architecture. Four basal bodies are arranged in a rhombic (diamond-shaped) pattern. The pyrenoid matrix is invaded by thylakoids from the anterior side only and it is surrounded by two well developed starch sheaths. On the basis of our observations, an emended diagnosis of *Pyramimonas longicauda* is given.

Key Index Words: *Electron microscopy*; *Prasinophyceae*; *Pyramimonas longicauda*; *Pyramimonas ostendensis*; *Taxonomy*

Species of the genus *Pyramimonas* are a common component of the microalgal flora in coastal and estuarine waters and play a significant ecological role in such areas. "Blooms" of *Pyramimonas* species have also been observed many times in various bays in Japan. The taxonomy of this genus at species rank is, however, still confused. Although taxonomic studies have been carried out on several species and considerable amount of knowledge concerning cellular and scale morphology has been accumulated (e. g. NORRIS 1980 for review), there are still many difficulties in delimiting species. Our recent

research has been directed towards resolving some of the problems in the genus. The present paper is the second of a series of studies and deals with an unusual species which can be assigned to *Pyramimonas longicauda* VAN MEEL. Observations were made using both light and electron microscopy and, from these an emended diagnosis for the species is given.

Materials and Methods

Seawater samples were kindly collected from the Bay of Dokai, Fukuoka Prefecture, on monthly basis by Mrs Machiko YAMADA of the Kitakyushu Municipal Institute of Environmental Health Sciences, Kitakyushu-shi, and sent to us by express mail. The living specimens grew in enrichment culture

* This work was supported in part by a Grant-in-Aid for Scientific Research (No. 5812034) from the Ministry of Education, Science and Culture, and the Toyota Foundation (Grant No. 78-1-097, 79-1-198, 80-1-070).

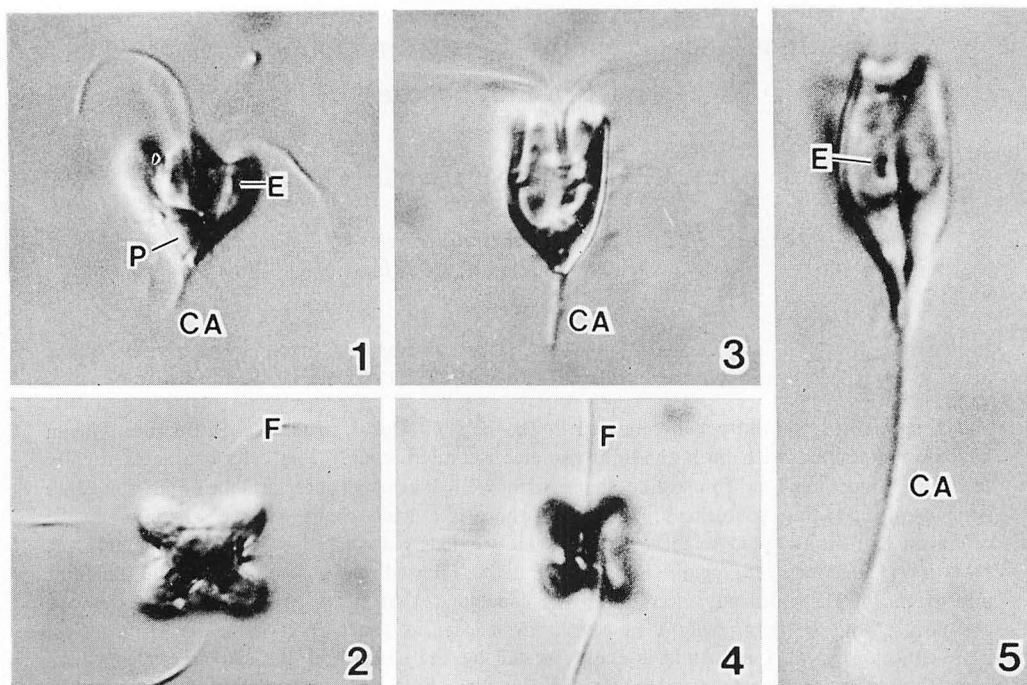


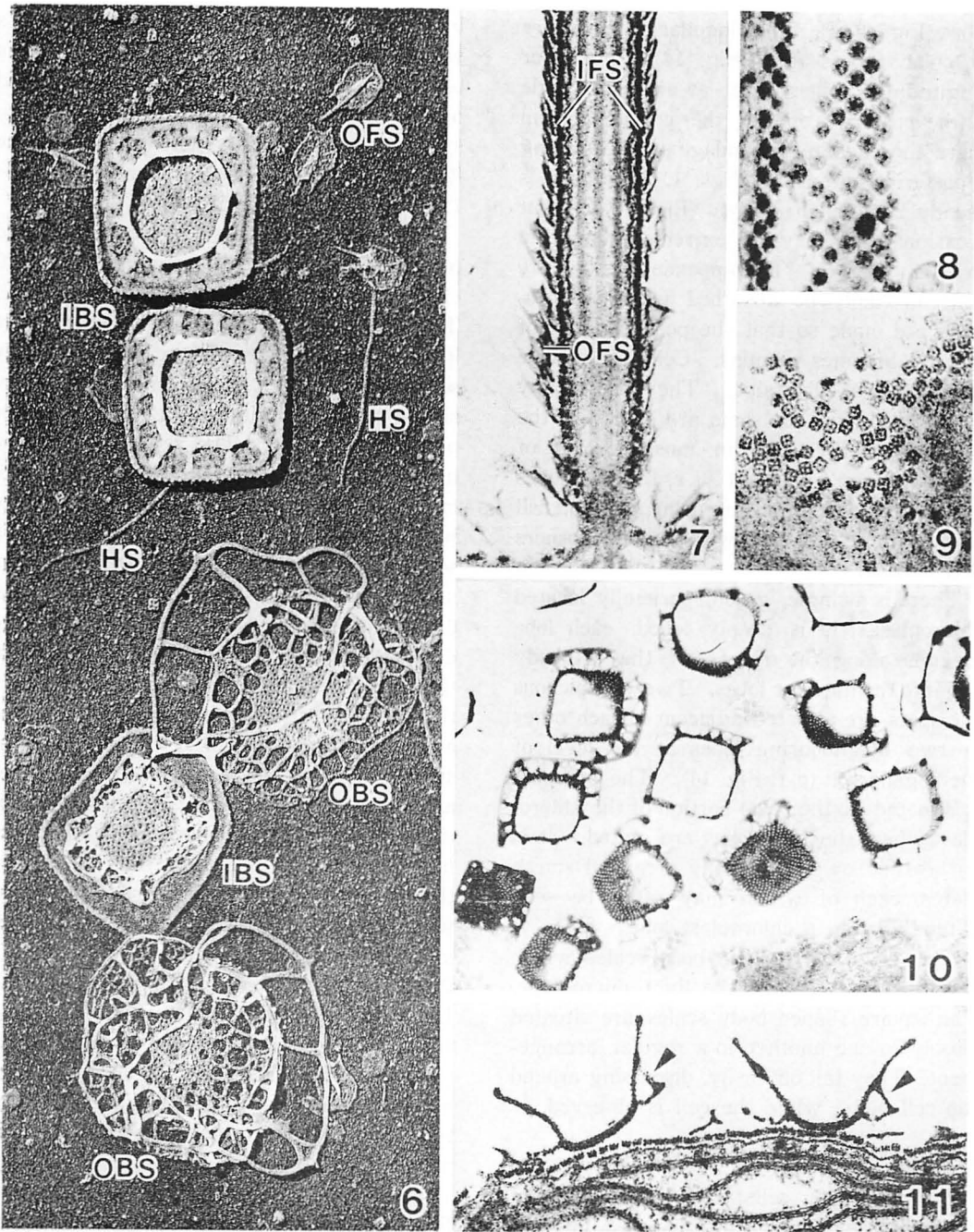
Fig. 1-5. *Pyramimonas longicauda* Light microscopy 1. Lateral view of arrow-head or funnel-like cell; anterior lobes, pyrenoid (P), eye-spot (E) and caudate appendage (CA) are seen. $\times 1,100$; 2. Polar view of arrow-head or funnel-like cell showing flagella (F) radiating out. $\times 1,100$; 3. Lateral view of typical *Pyramimonas*-like cell with caudate appendage (CA). $\times 1,100$; 4. Polar view of typical *Pyramimonas*-like cell. The cell is more or less square in profile with rounded corners. Note the four flagella (F) radiating out in four directions. $\times 1,100$; 5. Cell with extraordinarily long caudate appendage (CA). Two eye-spots (E) situated close to each other are also seen. $\times 1,600$.

of a sample collected on 10 November 1980. Single cells were isolated and inoculated into Erd-Schreiber medium (FØYN 1934). Although not growing rapidly, the culture produced sufficient material to allow light and electron microscopical observations. Preparations for the electron microscopy were same as those described in the previous report (INOUE *et al.* 1983). For careful observation of the living cells, a drop of 10 mM NiCl_2 was added to the medium containing actively swimming cells just before observations were made. This inhibited the flagellar movements without causing damage to the cell structure. Electron microscopy was made with JEOL 1000C and HITACHI H-12.

Observations

Light microscopy

The cell is usually arrow-head or funnel-like in shape. It has four well developed lobes projecting anteriorly and a slender caudate appendage extending posteriorly (Fig. 1). Cells are 16–48 μm long (12.5–20.5 μm excluding the caudate appendage) and 10.0–22.5 μm wide anteriorly. Four lobes extend longitudinally as ridges from the anterior towards the posterior of the cell (Fig. 1). These are well developed so that the cell is cruciform in polar view (Fig. 2). The lobes project anteriorly and give a characteristically concave or invaginated contour at the anterior region. At the bottom of this concave region there is a pit from which four flagella arise and extend in four directions, each passing along the furrow between two



Figs. 6-11. *Pyramimonas longicauda* Electron microscopy 6. Shadowcast preparation of flagellar and body scales (reversed print); *Limulus*-like outer flagellar scales (OFS), hair scales (HS), intermediate (IBS) and outermost (OBS) body scales are seen. Top two IBS are viewed from its distal side and bottom one is viewed from its proximal side. $\times 26,000$; 7. Longitudinal section of a flagellum; inner (IFS) and outer (OFS) flagellar scales are shown arranged in two layers. $\times 3,000$; 8. Tangential section of flagellum showing regularly arranged square to pentagonal inner flagellar scales. $\times 50,000$; 9. Tangential section of body surface showing square-shaped innermost body scales. $\times 40,000$; 10. Glancing section of body scale layers. The intermediate scales are shown cut in various planes. $\times 18,000$; 11. Innermost and intermediate body scales arranged in layers on body surface. Rods interconnecting base-plate and wall of superstructure in intermediate scales are seen (arrow heads). $\times 27,000$

lobes (Figs. 2, 4). The flagellar pit is square in polar aspect (c.f. Fig. 14). The four longitudinal ridges meet at an acute angle at the posterior end of the cell and from there the caudate appendage arises forming a posterior extension (Figs. 1, 3). This is usually 2–4 μm in length (Figs. 1, 2), but occasionally it may be extremely long, up to 25 μm (Fig. 5). The appendage is delicate and can easily be absorbed while observations are made so that the posterior part of the cell becomes rounded. Cells show wide morphological diversity. They are mostly arrow-head-like, but some are similar to the cells commonly seen in most species of *Pyramimonas* (Figs. 3, 4), i.e. the four lobes are less developed and the polar view of cell is more or less square with rounded corners (Fig. 4).

There is a single, green, parietally located chloroplast. It is deeply lobed, each lobe extends along the ridges of the cell-body and into the anterior lobes. Two conspicuous eye-spots are situated adjacent to each other in two neighbouring lobes at the level of the flagellar pit (c.f. Fig. 14). The pyrenoid is situated in the basal portion of the chloroplast where the four lobes are united. It is ensheathed by two laterally arranged starch plates, each of which may often be seen extending into a chloroplast lobe.

The cells have large body scales which can be seen even with the light microscope. The square shaped body scales are situated closely to one another in a regular arrangement. They fall off easily, dispersing around the cell body, while the cell is observed.

Electron microscopy

P. longicauda cells carry six kinds of scales, three of which are disposed in three layers on the flagella, the other three types in three layers on the cell-body surface. The inner (proximal) flagellar scales against the flagellar surface are square to pentagonal, ca. 40 nm on each side, with a raised rim and small central boss (Figs. 7, 8). The outer layer flagellar scales resemble a horse-shoe crab (*Limulus*) and are 400–500 nm

long including spines. They have a spider's web pattern on the surface although this is often obscure. These scales are arranged on top of the inner layer, their projecting spines pointing distally with respect to the flagella (Fig. 7). The hair scales are 0.8–1.2 μm in length (Fig. 6).

The innermost body scales are deposited on the outer surface of entire cell body, including the caudate appendage (Fig. 11). They are similar to the inner flagellar scales in both shape and size but are more obviously square in shape, ca. 45 nm on each side, consisting of a raised rim and a central boss or projection (Fig. 9). The scales of both the intermediate and the outermost layers are large and have characteristic structure. The intermediate body scales are composed of a square shaped baseplate and a basket-like superstructure (Figs. 6, 11). The baseplate, 0.6–1.0 μm long on each side, consists of two distinct portions, each of which has perforations arranged in a characteristic pattern. In the central portion, which is square-shaped and corresponds to the bottom of the superstructure, there are a number of fine holes arranged regularly, while in the outer portion there are larger holes arranged irregularly (Figs. 6, 10). Twelve rods arise from the margin of the base-plate reaching to the wall of the superstructure though in whole-mounted scales these can only be seen in those displaying their distal face (Figs. 6, 11). The perforation pattern in the superstructure is similar to that in the central portion of the base-plate. There are also numerous fine holes on the surface, although they are much finer than those of the base-plate.

The scales of the outermost layer are box-like, consisting of a square base-plate and four sides made up of a framework of rod-like elements (Fig. 6). The base-plate, 1.0–1.2 μm on each side and similar to that of the intermediate body scale, consists of two portions, a central square-shaped portion with numerous fine holes and an outer irregularly reticulated portion (Fig. 6), which are less distinctly delimited than those of

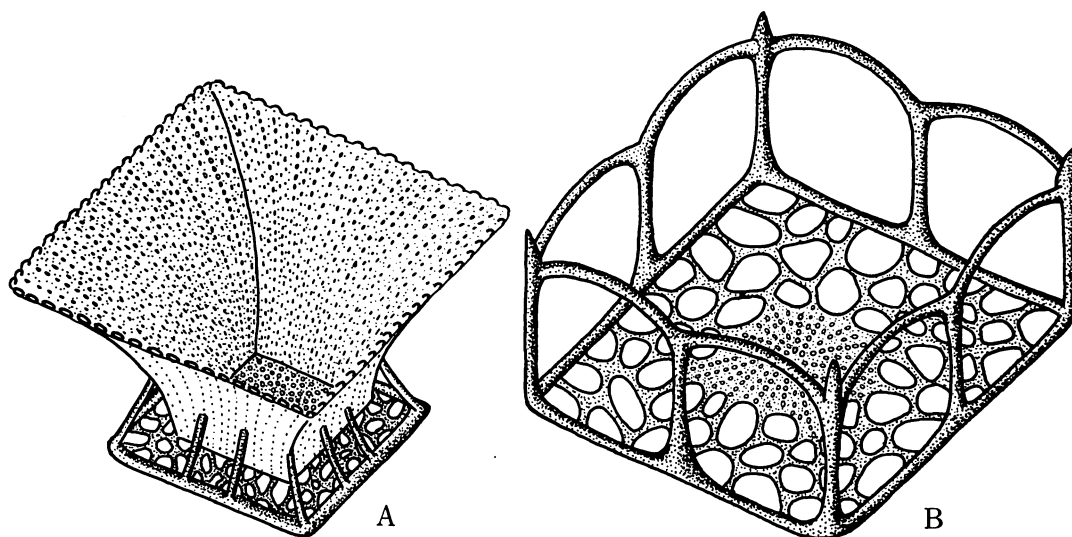


Fig. 12. Three dimensional reconstruction of intermediate (A) and outermost (O) body scales. For detail see text. Not to scale.

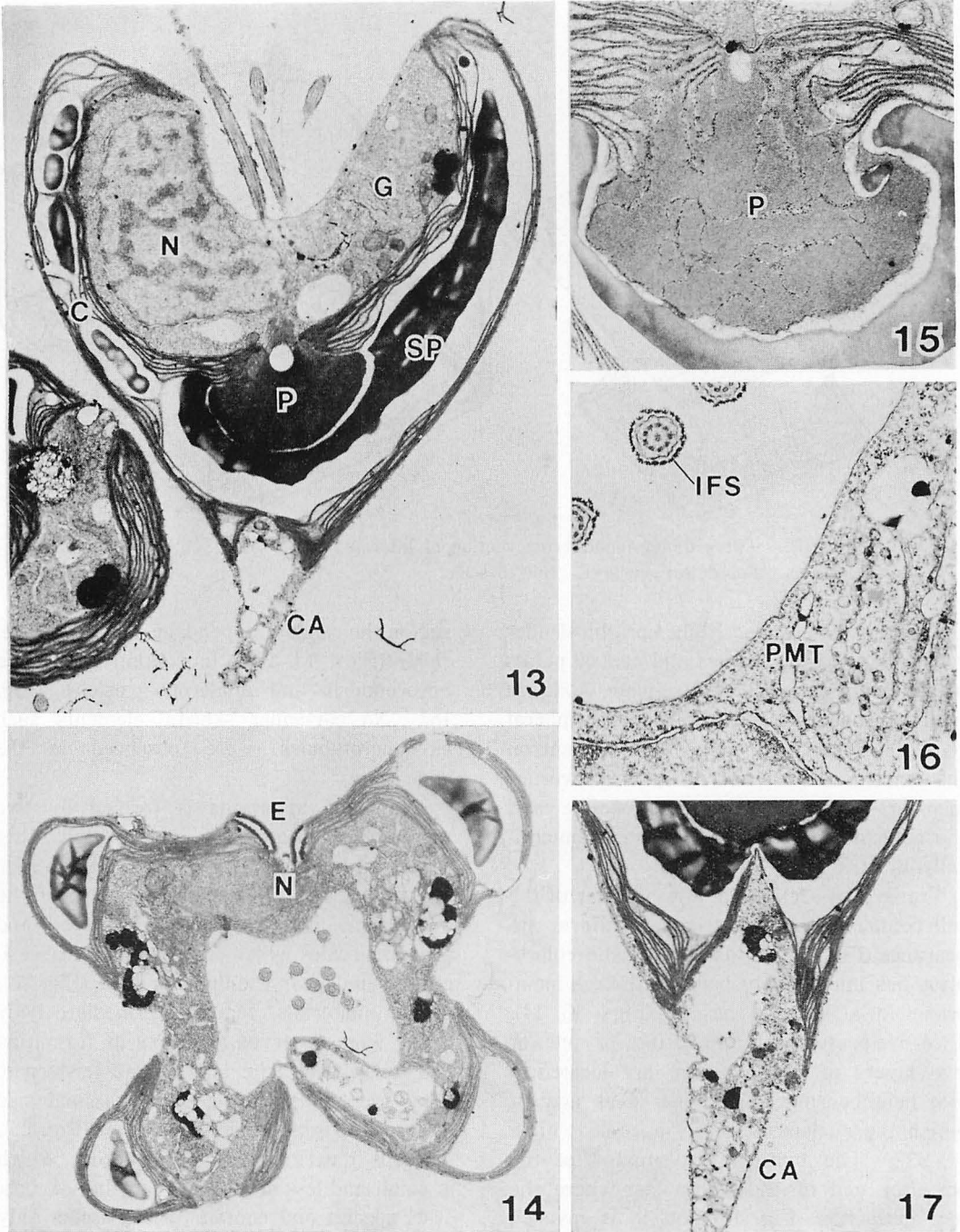
the intermediate scale. Eight upright slender rods arise from the corners and central points of the margins of the base-plate and are linked to one another distally by peripheral rods (Fig. 6). Small spines are present on the extreme distal ends of the four corner members (Fig. 6). The intermediate and the outermost body scales are diagrammatically illustrated in Fig. 12.

Transverse sections at the anterior of the cell confirm its characteristic cruciform appearance (Fig. 14). Each lobe of the chloroplast lies immediately beneath the cell membrane in a lobe of the cell (Figs. 13, 14). Two eye-spots, each consisting of one or two layers of plastoglobules, are located in two neighbouring chloroplast lobes against which the nucleus is closely appressed (Figs. 14, 23). The pyrenoid is situated at the posterior end of the chloroplast where the four lobes fuse (Fig. 13) and it is invaded by thylakoids from the anterior side (Fig. 15). It is surrounded by two well developed starch plates (Figs. 13, 15) each of which has two plate-like projections extending into anterior lobes of the chloroplast (Fig. 13). The chloroplast has a conical invagination at the extreme posterior end which is occupied by vesicles (Figs. 13, 17). From this

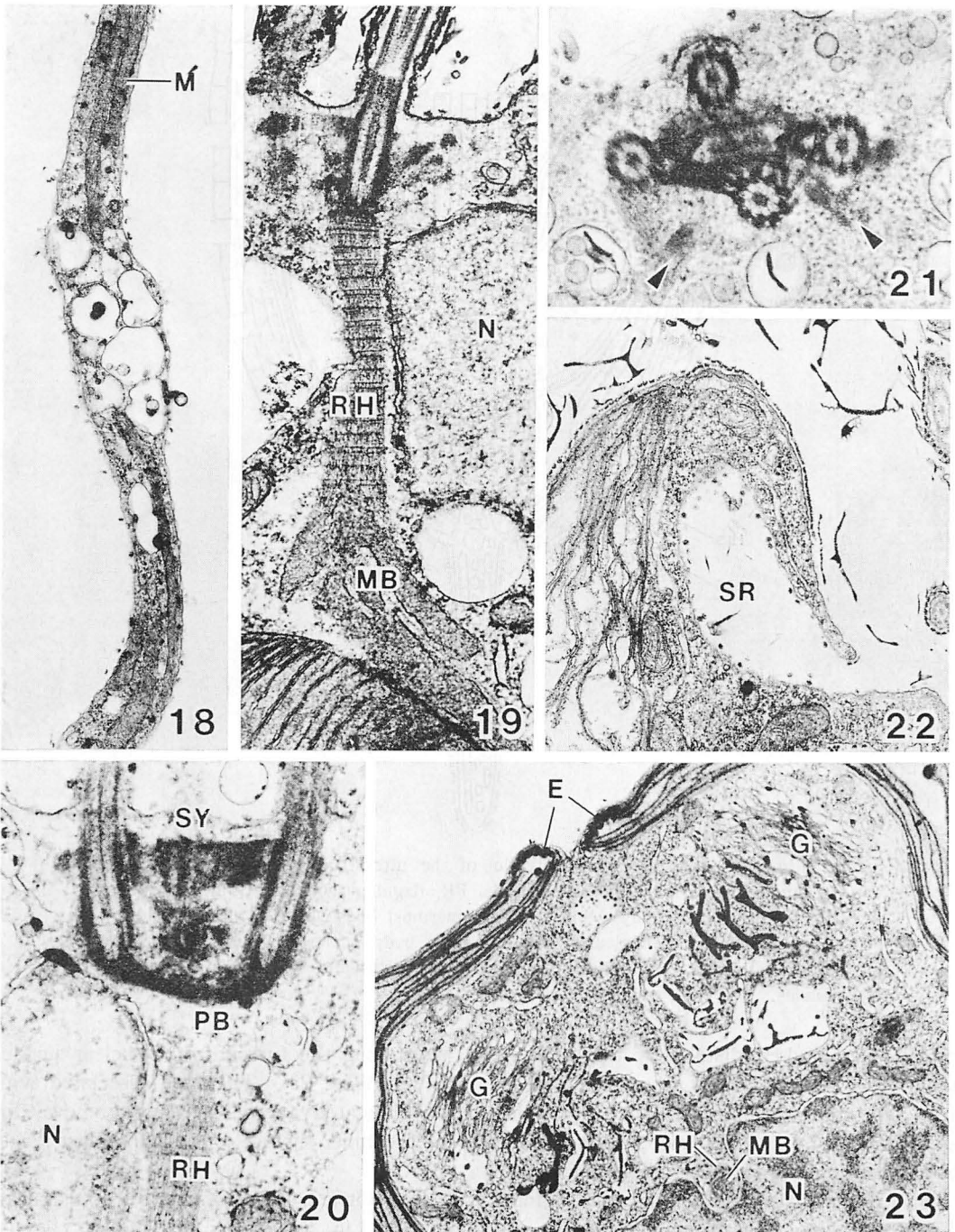
region the caudate appendage extends posteriorly (Figs. 13, 17). It contains elongated mitochondria and numerous vesicles (Fig. 18). No particular skeletal elements such as microtubules were observed in the appendage.

The Golgi apparatus is formed by two dictyosomes located opposite to each other separated by the flagellar pit and flagellar bases (Fig. 23). The maturing face of the dictyosome always faces the inward and produces scales which are released into vesicles located near the flagellar base (Fig. 23). In our materials, many intermediate body scales were observed at stages of formation and release by the dictyosome cisternae. They are released with their proximal side directed towards the flagellar bases (Fig. 23). There is in each cell a scale reservoir, which is small and less developed than that of most other species and contains small scales only (Fig. 22).

Numerous evenly distributed microtubules (more than 200) are arranged longitudinally along the flagellar pit beneath the plasmalemma (Fig. 16). Four basal bodies are arranged at the base of the flagellar pit in a rhombic (diamond-shaped) pattern (Fig. 21). Those situated on the short axis of the



Figs. 13-17. *Pyramimonas longicauda* Electron microscopy 13. Median longitudinal section of a cell showing major cell components: chloroplast (C), caudate appendage (CA), Golgi apparatus (G), nucleus (N), pyrenoid (P) and associated starch plate (SP). $\times 5,200$; 14. Transverse section of a cell showing clearly four cell lobes and chloroplast lobes, two eye-spots (E) situating in two neighbouring lobes against which nucleus (N) is appressed. Note that the flagellar pit is angular, more or less square in transverse section. $\times 5,000$; 15. Pyrenoid matrix invaded by thylakoids from anterior side only. $\times 10,000$; 16. Transverse section cut through flagellar pit. Pit microtubules (PMT) are seen arranged around the plasma-lemma of the pit. Inner flagellar scales are also seen situated on the flagellar surface. $\times 18,000$; 17. Longitudinal section of posterior groove of a cell showing posterior groove of chloroplast and the caudate appendage containing numerous vesicles. $\times 5,300$



Figs. 18-23. *Pyramimonas longicauda* Electron microscopy 18. Caudate appendage containing vesicles and elongated mitochondria (M). $\times 13,000$; 19. Longitudinal section of a cell showing association between basal bodies (B), rhizoplast (RH), nucleus (N), microbody (MB) and pyrenoid (P). $\times 27,000$; 20. Longitudinal section of flagellar apparatus. Two basal bodies are interconnected with synistosome (SY) and proximal band (PB). The nucleus (N) and rhizoplast (RH) are located below the basal bodies. $\times 33,000$; 21. Transverse section of flagellar apparatus. Four basal bodies are arranged in diamond-shaped pattern and interconnected by the synistosome and numerous other bands. Two microtubular roots are also seen (arrow heads). $\times 31,000$; 22. Poorly developed scale reservoir (SR) containing a few scales. $\times 16,000$; 23. Transverse section of cell through eye-spots (E) showing Golgi apparatus (G) producing scales. The rhizoplast (RH) and associated microbody (MB) situated in a furrow on the nucleus (N) are also shown. $\times 9,500$

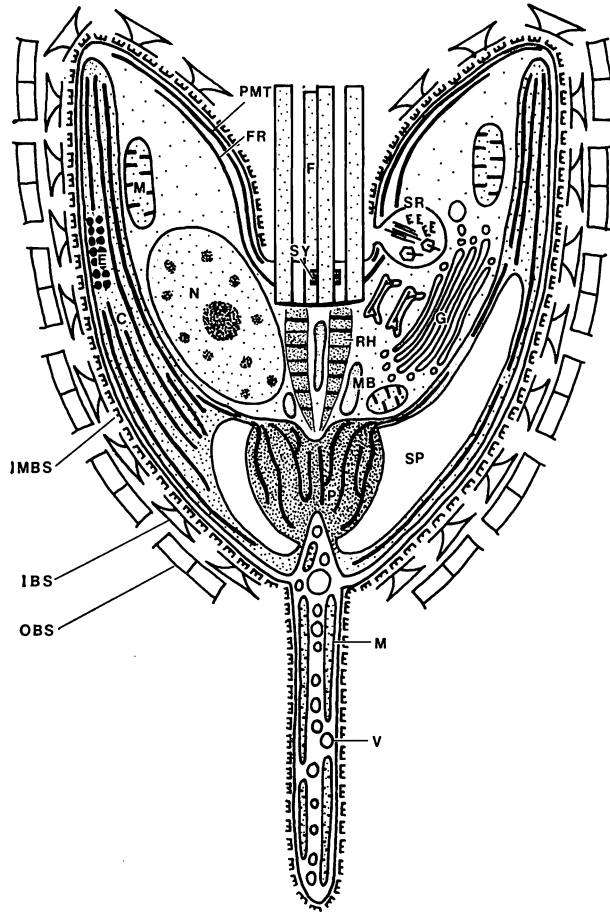


Fig. 24. Diagrammatic illustration of the ultrastructure of *P. longicauda*. C: chloroplast, E: eye-spot, F: flagella, FR: flagellar roots, G: Golgi apparatus, IBS: intermediate body scale, IMBS: innermost body scale, M: mitochondria, MB: microbody, N: nucleus, OBS: outermost body scale, P: pyrenoid, PMT: pit microtubules, RH: rhizoplast, SR: scale reservoir, SY: synistosome, V: vesicles.

rhombus are linked distally by the synistosome (Figs. 20, 21). All four basal bodies are connected by numerous bands to one another (Fig. 21). Four groups of microtubules, flagellar rootlet microtubules, originate below the synistosome and extend in four directions along the proximal side of the pit microtubules. Two such roots can be seen in Fig. 21 but the number of microtubules composing each root is still not clear. The basal bodies are connected by dense bands at their extreme proximal ends (Fig. 20) and, from these, striated bands (rhizoplasts) originate and extend posteriorly pas-

sing along the furrow in the nuclear surface (Figs. 19, 20, 23). They are associated with an elongated microbody and extend as far as the inner surface of the chloroplast (Figs. 19, 23).

The ultrastructure of the cell is diagrammed in Fig. 24.

Discussion

The alga described in this paper is very similar to *Pyramimonas ostendensis* and *P. longicauda*, simultaneously described from Belgium by VAN MEEL (1969). According

to the author, these two species differ from each other in the shape and size of the cell: *P. ostendensis* is $32 \times 24 \mu\text{m}$, funnel-like, with caudate appendage, whereas *P. longicauda* is typical *Pyramimonas*-shape, with distinct caudate appendage and measures $28 \times 12.5 \mu\text{m}$. In the course of the study, we have found that the cell shape was very changeable and, at least, two forms which corresponded with the two taxa of VAN MEEL, occurred in the cultures started from single cells. Usually the cells were arrow-head or funnel-like in shape when the cell lobes were well developed, whereas the so-called "typical *Pyramimonas*-shape" was exhibited when the lobes were less developed. It was also noticed that the cells showed the wide size range (from 16 to $48 \mu\text{m}$ in length and 10 to $23 \mu\text{m}$ in width) which spanned the cell sizes given by VAN MEEL for both *P. ostendensis* and *P. longicauda*. From this evidence, we are of the opinion that the two taxa of VAN MEEL are conspecific and, in turn, our alga is the same as that of VAN MEEL. However, one important difference exists between our specimen and those described by VAN MEEL, i.e., the number of eye-spots. Both *P. ostendensis* and *P. longicauda* have a single eye-spot whereas our alga has two, although they are situated close to each other. In general, the number of eye-spots within a species of *Pyramimonas* is constant so that this difference might be sufficient to separate these algae at specific or infra-specific rank. However, since the alga described here is so similar to those of VAN MEEL, and since there are no features to separate them other than the number of eye-spots, we consider our form to be conspecific with the earlier taxa, the differences between them probably being due to morphological plasticity. As to the species name for this alga, we would like to choose *P. longicauda* as the correct name since the epithet "*longicauda*" indicates more properly its peculiar characteristics. An emended description of the species is given at the end of the paper.

With regard to ultrastructural features,

scale morphology has been well studied in the genus. In their investigations of *Pyramimonas* species, NORRIS and PIENAAR (1978) concluded that the flagellar and body scales characters are reliable enough to be used as diagnostic criteria for identification of species. In addition to these, the following features probably have taxonomic significance and will be used for delimiting species: 1) Flagellar apparatus including arrangement pattern of basal bodies, 2) presence or absence of trichocysts, 3) degree of development of scale reservoir, 4) the presence or absence of the caudate appendage and 5) the pattern of thylakoids into the pyrenoid matrix.

We may comment briefly on each of these features. (1) Flagellar apparatus: As has been emphasized in the previous report, the four-flagellated *Pyramimonas* species can be classified into two groups based on the ultrastructure of flagellar apparatus. The first group is characterized by basal bodies arranged in rhombic (diamond-shaped) pattern and the absence of a fibrous band and include *P. obovata* N. CARTER (MELKONIAN 1981), probably *P. orientalis* BUTCH. (MOESTRUP and THOMSEN 1974), *P. disomata sensu* NORRIS and PIENAAR (1978) (unpublished observation) and *P. longicauda* (present paper). The second group is characterized by basal bodies arranged in 3-1 pattern and the presence of a fibrous band connecting three of four basal bodies. *P. parkeae* NORRIS et PEARSON (NORRIS and PEARSON 1975), *P. lunata* INOUE *et al.*, (INOUE *et al.* 1983), *P. grossii* PARKE and some other unidentified species (unpublished observations) belong to this group. (2) Trichocysts: To date this organelle has been found only in five species, namely *P. grossii* (MANTON 1969), *P. parkeae* (NORRIS and PEARSON 1975), *P. virginica* PENNICK (PENNICK 1977), *P. cirolanae* PENNICK (PENNICK 1982) and *P. lunata* (INOUE *et al.* 1983). We think that trichocysts probably occur only in species which belong to the second groups as classified on flagellar apparatus (see above), although *P. virginica* and *P. cirolanae* need further study before

this opinion can be substantiated. (3) Scale reservoir: A well developed scale reservoir has been found in several species including *P. amyliifera* CONRAD (MANTON 1966), *P. tetraarhynchus* SCHMARD (MANTON 1968), *P. parkeae* (NORRIS and PEARSON 1975) and *P. lunata* (INOUE *et al.* 1983). There is no correlation between cell-size and degree of development of the scale reservoir. Thus it is poorly developed in *P. longicauda* in spite of its large cell size and rather well developed in smaller species such as *P. grossii* and *P. obovata* (MELKONIAN 1981). In order to evaluate the taxonomic significance of this organelle, further investigations are required. (4) Caudate appendage: This structure appears to be restricted in its distribution. To date, *P. torta* CONR. et KUFF. (CONRAD and KUFFERATH 1954), which differ from *P. longicauda* in its smaller size, is the only other species known to have this structure. However this species is not examined by electron microscopy and we are not able to estimate at present whether caudate appendage is more important as a diagnostic character than the other features mentioned above or whether it should be considered of secondary value. (5) Pattern of penetration of the thylakoids into the pyrenoid matrix: At present, there are at least four types recognized of pyrenoid structure. They are as follows: 1) vertically invaded type, known in *P. longicauda* (present paper), *P. virginica* (PENNICK 1977), *P. lunata* (INOUE *et al.* 1983) and *P. disomata* *sensu* NORRIS and PIENAAR (1978) (unpublished observation), 2) horizontally parallel type, known in *P. parkeae* (NORRIS and PEARSON 1975), 3) horizontally single type, known in *P. grossii* (MANTON 1965, PENNICK and CLARKE 1976) and 4) anastomose type, known in *P. amyliifera* (MANTON *et al.* 1963; MANTON 1966; PENNICK 1976) and *P. tetraarhynchus* (MANTON 1968). The occurrence of these pyrenoid type is not correlated with any of the features mentioned above, although it is constant and specific in each species.

Emended description of *Pyramimonas longicauda*

Pyramimonas longicauda VAN MEEL emend. INOUE et CHIHARA, Bull. Inst. Sc. Nat. Belg. **45**: 3. *pl.* 1, *f.* L, 1969.

Synonym: *Pyramimonas ostendensis* VAN MEEL, Bull. Inst. Sc. Nat. Belg. **45**: 2. *pl.* *f.* N, 1969.

Cells arrow-head, funnel-like or elongated obpyriform in lateral view, having 4 distinct longitudinal ridges, and with or without a posteriorly projecting caudate appendage, cruciate to square in polar view, dimensions 16-48 μm long (12.5-20.5 μm excluding caudate appendage), 10.0-22.5 μm wide. Flagella four, arising from an anteriorly located pit; chloroplast single, with four lobes widely separated at the anterior; eye-spots two, located close to each other in antero-lateral position; pyrenoid single, located posteriorly, surrounded by two starch plates.

Scales present on flagella and cell-body. Flagellar scales of 3 types: square to pentagonal inner layer scales, ca. 40 nm each side; Limulus-shaped outer layer scales, flat, spine-tipped, 400-500 nm; hair scales, 0.8-1.2 μm long. Body scales of 3 types: square-shaped innermost layer scales, ca. 45 nm each side; large intermediate layer scales made up of square-shaped baseplate, 0.6-1.0 μm on each side and basket-shaped superstructure; large outermost layer scales box-like, consisting of base-plate, 1.0-1.2 μm on each side, and four sides made up of rod-like elements.

Acknowledgements

We wish to express our thanks to Mrs Machiko YAMADA of Kitakyushu Municipal Institute of Environmental Health Sciences, Fukuoka Prefecture who kindly sent us a seawater sample. Thanks are also due to Dr. Richard E. NORRIS of University of Natal, Pietermaritzburg, South Africa for providing valuable information concerning identification problems of the alga described in this paper and to Dr. John C. GREEN of the Marine Biological Association of the United Kingdom,

England for reading the manuscript.

References

- CONRAD, W. and KUFFERATH, H. 1954. Recherches sur les eaux saumâtres environs de Lilloo 2. Partie descriptive. Mém. Inst. r. Sci. nat. Belg. 127: 1-346.
- FØYN, B. 1934. Lebenszyklus, Cytologie und Sexualität der Chlorophyceae *Cladopora suhriana* KÜTZING. Arch. Protistenk. 83: 1-56.
- INOUE, I., HORI, T. and CHIHARA, M. 1983. Ultrastructure and taxonomy of *Pyramimonas lunata*, a new marine species of the Class Prasinophyceae. Jap. J. Phycol. 31: 238-249.
- MANTON, I. 1966. Observations on scale production in *Pyramimonas amyliifera* CONRAD. J. Cell Sci. 1: 429-438.
- MANTON, I. 1968. Observations of the microanatomy of the type species of *Pyramimonas* (*P. tetrahynchus* SCHMARDA). Proc. Linn. Soc. Lond. 179: 147-152.
- MANTON, I. 1969. Tubular trichocysts in a species of *Pyramimonas* (*P. grossii* PARKE). Österr. Bot. Z. 116: 378-392.
- MELKONIAN, M. 1981. The flagellar apparatus of the scaly green flagellate *Pyramimonas obovata*: Absolute configuration. Protoplasma 108: 341-355.
- MOESTRUP, Ø. and THOMSEN, H. A. 1974. An ultrastructural study of the flagellate *Pyramimonas orientalis* with particular emphasis on Golgi apparatus activity and the flagellar apparatus. Protoplasma 81: 247-269.
- NORRIS, R. E. 1980. Prasinophytes. p. 85-145. In E. R. COX [ed.] Phytoflagellates. Developments in Marine Biology. vol. 2. Elsevier/North-Holland.
- NORRIS, R. E. and PEARSON, B. R. 1975. Fine structure of *Pyramimonas parkeae*, sp. nov. (Chlorophyta, Prasinophyceae). Arch. Protistenk. 117: 192-213.
- NORRIS, R. E. and PIENAAR, R. N. 1978. Comparative fine-structural studies on five marine species of *Pyramimonas* (Chlorophyta, Prasinophyceae). Phycologia 17: 41-51.
- PENNICK, N. C. 1977. Studies of the external morphology of *Pyramimonas*. 4. *Pyramimonas virginica* sp. nov. Arch. Protistenk. 119: 239-246.
- PENNICK, N. C. 1982. Studies of the external morphology of *Pyramimonas* 6. *Pyramimonas cirolanae* sp. nov. Arch. Protistenk. 125: 87-94.
- PENNICK, N. C. and CLARKE, J. C. 1976. Studies on the external morphology of *Pyramimonas*. 3. *Pyramimonas grossii* PARKE. Arch. Protistenk. 118: 285-290.
- VAN MEEL, L. 1969. Études hydrobiologiques sur les eaux saumâtres en Belgique. 10. Espèces de Protistes ou nouvelles pour la cote Belge. Bull. Inst. r. Sci. nat. Belg. 45: 1-18.

井上 勲・堀 輝三・千原光雄: *Pyramimonas longicauda* (プラシノ藻) の観察と分類

尾状突起をもつ *Pyramimonas* を分離・培養し、観察を行った。クローン培養の結果、この藻は形態の著しい可塑性を示し、典型として次の二つの細胞形態をとることが明らかになった。(1) 細胞は矢羽形で頂面観は十字形、(2) 細胞は典型的なピラミナス形で頂面観は丸みを帯びた四辺形。これら二型はそれぞれ VAN MEEL (1969) により記載された尾状突起をもつ二種 *P. ostendensis* と *P. longicauda* に酷似しており、この二種の相違は同一種内の形態変異と結論された。これらを同種と認めて識別形質の修正を行い、*P. longicauda* を正名として指定した。

微細構造上、*P. longicauda* は以下の特徴を有する。(1) 体長中層鱗片は正方形の底盤とカゴ状上部構造からなる。(2) 体表外層鱗片は箱状。(3) トリコソストをもたない。(4) 鞭毛基部の配列は菱形。(5) 鱗片貯蔵胞は未発達。(6) ピレノイドは前方からチラコイドの侵入をうける。これらの特徴の識別形質としての有効性についても論議した。(305 茨城県新治郡桜村天王台 1-1-1, 筑波大学生物科学系)

Algal growth stimulation by heterotrophic bacteria with lake sediment extract

Shuji HINO

*Hokkaido Research Institute for Environmental Pollution
Kita-19 Nishi-12, Kita-Ku, Sapporo, 060 Japan*

HINO, S. 1984. Algal growth stimulation by heterotrophic bacteria with lake sediment extract. Jap. J. Phycol. 32: 124-129.

Algal growth stimulation by heterotrophic bacteria with lake sediment extract was researched by two methods of bottle tests. A stimulatory effect was higher enriching with lake sediment extract added to unfiltered lake water in bottle test than that of enriching with inorganic nutrients. Some bacterial strains isolated from lakes stimulated algal growth in coexistent culture with sediment extract. Maximum growth of *Chlorella pyrenoidosa*, *Scenedesmus bijuga*, and *Microcystis aeruginosa* in coexistent culture were 3.4, 3.6, and 4.1-fold as large as algal yield in unialgal culture.

From these results, it is suggested that coexistent heterotrophic bacteria promoted algal growth with stimulator produced from sediment extract by them except for stimulation with inorganic nutrients.

Key index words: algal growth stimulation; freshwater algae; heterotrophic bacteria; Lake Barato; lake sediment extract; organic substance.

Algal growth is influenced by various parameters. Since SHAPIRO (1970) suggested water bloom and red tide were caused by a supply of phosphorus, many workers have been researching algal growth stimulation from the point of inorganic nutritional concentration.

On the other hand, it is reported that organic substances such as purine, pyrimidine, vitamins, and hormones stimulate algal growth (IWASAKI 1979, ADAIR and MILLER 1982, HINO and ANDO 1983). Moreover, organic substances derived from lake sediment and sewage water stimulate algal growth (PRAKASH and RASHID 1968, McDONALD and CLESCERI 1973, PRAKASH *et al.* 1973, COOKSEY and COOKSEY 1979, HINO and ANDO 1981, 1983).

Although inorganic nutrients are necessary to algal growth, other factors, for instance biological interaction, may associate with algal growth in natural water. In previous papers, it is reported that heterotrophic bacteria in lake water produced algal growth

stimulator when sugars are added to natural water (KUENTZEL 1969, TEZUKA and HAYASHI 1975). Heterotrophic bacteria and organic substances in natural water may take part in algal growth stimulation.

The aim of the present study was research on the interaction among algae, heterotrophic bacteria, and substances derived from sediment on algal growth stimulation. We attempted to isolate heterotrophic bacteria from lake, and researched experimentally by bottle test using lake water and coexistent culture enriched with sediment extract.

Materials and Methods

Sediment and water samples:

Sediment and surface water samples were collected on 24 April 1980, in Lake Barato located around the central Hokkaido of Japan. Lake Barato is a crescent lake formed by changing of River Ishikari in 1930, which is 9 m in maximum depth and 4.37 km² in

Table 1. Chemical nature of surface water in Lake Barato and the sediment extract used in culture experiments.

Item	Unit	Surface water	Sediment extract
pH		7.3	6.5
Dissolved oxygen	(mg O ₂ ·l ⁻¹)	6.9	—
Ammonium nitrogen	(mg N·l ⁻¹)	3.72	1.26
Nitrite nitrogen	(mg N·l ⁻¹)	0.15	0.01>
Nitrate nitrogen	(mg N·l ⁻¹)	1.41	0.01>
Total organic nitrogen	(mg N·l ⁻¹)	0.98	34.8
Phosphate	(mg P·l ⁻¹)	0.058	0.200
Total phosphorus	(mg P·l ⁻¹)	0.104	0.310
Carbohydrate	(mg·l ⁻¹)	1.89	274
Free-amino acids	(mg·l ⁻¹)	0.17	18
Proteins	(mg·l ⁻¹)	2.03	115
Acetic acid	(mg·l ⁻¹)	—	6.8
Purine and Pyrimidine	(μg·l ⁻¹)	3.8	630

area. Sediment extract solution was obtained by the same method of previous paper (HINO and ANDO 1983) except for using sterile distilled water. The samples' chemical qualities are shown in Table 1.

Algal materials:

Axenic *Chlorella pyrenoidosa* (C-28) and *Scenedesmus bijuga* (C-347) which were supplied by the Institute of Applied Microbiology, Tokyo University, were used. *Microcystis aeruginosa* was isolated from surface water of Lake Barato by micropipette washer method, but this strain was not axenic. Culture medium was modified 1/2 ASM medium (HINO and ANDO 1983).

Isolation of heterotrophic bacteria:

Heterotrophic bacteria were isolated by agar plate method from suspension of lake water and sediment mud of Lake Barato. One liter of nutrient agar medium contained 1 g meat extract, 0.5 g polypeptone, 0.5 g NaCl, and 18 g Bact-agar. Agar plates were incubated at 25°C for 14 days. The growth of isolated bacteria were tested in sterile sediment extract solution.

Bottle test using lake water:

Five hundred ml of unfiltered lake water was poured into four one liter, sterile glass bottles. One bottle sample was enriched with 200 ml of sediment extract. Another two bottle samples were enriched with 200 ml of inorganic nutrients mixture containing 62 μg KH₂PO₄ and 7.2 mg NaNO₃, filtered by sterile membrane filter (0.22 μm average pore size). In second samples, amount of phosphorus and nitrogen is similar to those in sediment extract. The last bottle sample was added 200 ml of sterile distilled water as a control. The bottles were incubated for 15 days at 25°C. Illumination was provided by fluorescent lamps (ca 5,000 lux) and 16:8 hr L:D cycle. The samples were agitated by magnetic stirrer during the incubation. They were drawn at intervals and subjected to biological and chemical analysis.

Test of algal growth stimulation by heterotrophic bacteria:

Each alga was pre-incubated in modified 1/2 ASM medium for 8 days by the same condition as bottle test. Each heterotrophic bacterium was pre-incubated in the sterile sediment extract for 14 days at 25°C.

For coexistent culture of heterotrophic

bacterial strains and algal strains, each pre-culture was centrifuged and washed three times with sterile distilled water. Then, algal and bacterial suspension were mixed. Half ml of mixed suspension was inoculated into glass flasks containing 200 ml of sediment extract diluted twice with modified ASM medium or modified 1/2 ASM medium. Each culture was incubated for 12-17 days under the same condition as bottle test, and was shaken by Monosin-shaker. Controls were prepared as follows: C₁ control, enriched with sediment extract, and C₂ control, modified 1/2 ASM medium. These controls were not inoculated for heterotrophic bacteria.

Measurement of bacterial numbers and algal growth:

Five ml of culture solution was daily drawn out by sterile syringe for determination of bacterial and algal growth. Bacterial numbers were measured by agar plate method. Algal growth were assayed with chlorophyll *a* and pheophytin *a* content with Tanner 111 Fluorometer.

Results

The bottle test on enriched with inorganic nutrients or sediment extract:

Fig. 1 shows the changes in chlorophyll *a* (chl *a*) concentration. Chl *a* in the control sample (lake water plus distilled water) increased slowly and reached 42 $\mu\text{g chl } a \cdot \text{l}^{-1}$. Chl *a* in the sample enriched with inorganic nutrients increased slowly and reached 86 $\mu\text{g chl } a \cdot \text{l}^{-1}$. All the while, bacterial numbers in the two samples did not increase significantly. However, chl *a* in the sample containing sediment extract increased rapidly and reached 340 $\mu\text{g chl } a \cdot \text{l}^{-1}$. In this sample, bacterial numbers also increased from 2.3×10^4 cells $\cdot \text{ml}^{-1}$ to 3.4×10^6 cells $\cdot \text{ml}^{-1}$. When sediment extract was added after 5 days to the sample enriched with inorganic nutrients, the concentration of chl *a* was increased rapidly in 290 $\mu\text{g chl } a \cdot \text{l}^{-1}$.

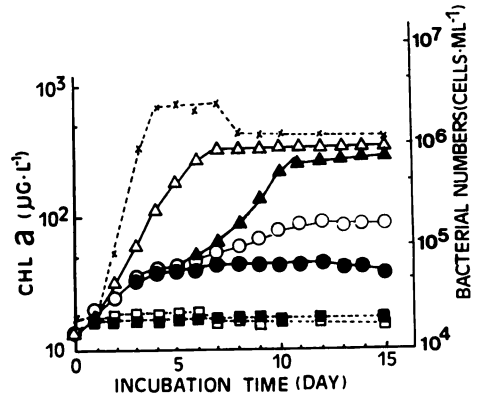


Fig. 1. Changes in chlorophyll *a* concentration and bacterial cells in lake water used in bottle test. ●; chlorophyll *a* in lake water (control), ○; chlorophyll *a* in lake water added of inorganic nutrients, △; chlorophyll *a* in lake water added of sediment extract, ▲; chlorophyll *a* in lake water added of sediment extract after 5 days of culturing of lake water added of inorganic nutrients, □; bacterial numbers in lake water, ■; bacterial numbers in lake water with inorganic nutrients, ×; bacterial numbers in lake water with sediment extract.

Isolation of heterotrophic bacteria:

Forty eight strains of heterotrophic bacteria were isolated from poor nutrient agar medium, while only eleven strains could grow in sediment extract medium.

Algal growth stimulation by heterotrophic bacteria:

As shown in Table 2, when alga and bacterium were coexisted with medium without sediment extract, algal growth (A/C₁, A/C₂) were not promoted. Algal growth effects enriching with sediment extract were higher than that of heterotrophic bacteria.

When alga and bacterium were coexisted in the medium enriched with sediment extract, algal growth as compared with C₁ control were promoted at 1.2~3.4-fold in *C. pyrenoidosa*, at 1.1~4.1-fold in *S. bijuga*, and at 1.4~3.3-fold in *M. aeruginosa*. As compared with sediment extract-free C₂ control, algal growth were promoted at 1.9~7.3-fold in *C. pyrenoidosa*, at 2.7~12.2-fold in *S. bijuga*, and at 2.5~8.3-fold in *M. aeruginosa*. Bacteria strains 2, 3, 6, 9 and

Table 2. Algal growth stimulation in coexistent or unialgal cultures.

No.	<i>Chlorella pyrenoidosa</i>				<i>Scenedesmus bijuga</i>				<i>Microcystis aeruginosa</i>			
	A/C ₁	A/C ₂	B/C ₁	B/C ₂	Ratio of final algal yield				A/C ₁	A/C ₂	B/C ₁	B/C ₂
1	0.48	1.0	0.95	2.0	0.33	1.0	1.4	4.2	0.38	0.96	1.0	2.5
2	0.52	1.1	3.4	7.3	0.33	1.0	2.3	6.8	0.40	1.0	1.6	4.0
3	0.44	0.93	2.3	4.9	0.32	0.97	2.5	7.4	0.44	1.1	2.0	5.0
4	0.45	0.95	1.2	2.6	0.33	0.99	1.1	3.3	0.44	1.1	1.0	2.5
5	0.48	1.0	1.0	2.1	0.33	1.0	1.0	3.0	0.40	1.1	1.1	2.8
6	0.48	1.0	2.6	5.6	0.37	1.1	3.1	9.2	0.40	1.1	2.2	5.5
7	0.48	1.0	1.1	2.4	0.37	1.1	0.90	2.7	0.38	0.96	1.0	2.5
8	0.47	0.98	0.98	2.1	0.31	0.94	0.92	2.7	0.39	0.97	1.0	2.5
9	0.48	1.0	2.4	5.2	0.33	0.98	3.6	10.7	0.40	0.99	3.3	8.3
10	0.45	0.95	3.3	7.1	0.32	0.97	4.1	12.2	0.39	0.98	2.7	6.3
11	0.52	1.1	0.90	1.9	0.33	1.0	1.2	3.6	0.44	1.1	1.1	2.8

No. ; Bacterial strain number

Culture condition

C₁; + sediment extract, - bacterial strain, C₂; - sediment extract, - bacterial strain

A; - sediment extract, + bacterial strain, B; + sediment extract, + bacterial strain

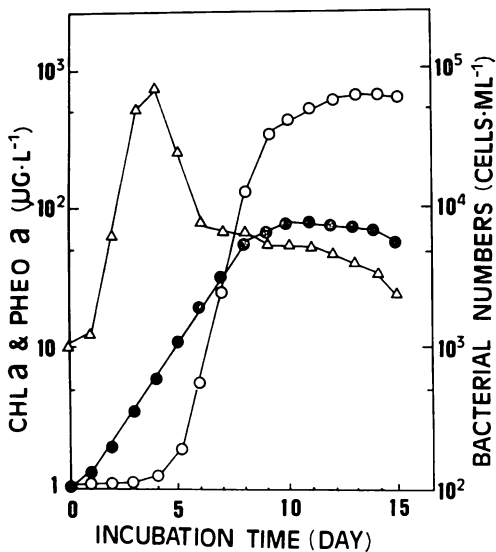


Fig. 2. Growth curves of *Chlorella pyrenoidosa* and bacteria (strain 2) in coexistent culture and unialgal culture. ●; *Chlorella pyrenoidosa* in unialgal culture, ○; *Chlorella pyrenoidosa* in coexistent culture, △; bacterial strain 2 in coexistent culture.

10 promoted of algal growth in three species.

Algal (*C. pyrenoidosa*) and bacterial (strain 2) growth curves are shown in Fig. 2. When only *C. pyrenoidosa* was incubated in sediment extract diluted with modified ASM medium, the alga grew without lag phase. While, in the coexistent culture, the algal growth showed lag phase for 3 days and did not increase until bacterial growth reached plateau, maximum yield of the algal growth was much higher than that of unialgal culture.

Discussion

Algal growth was stimulated with sediment extract containing organic substances in a bottle test using lake water (Fig. 1). KUENTZEL (1969) and, HARTE and LEVY (1983) reported that suitable addition of organic substances to lake water stimulated algal growth and the effect was due to mineralization from organic substances by heterotrophic bacteria. However, Fig. 1 shows algal growth stimulation is not caused

by inorganic nutrients in sediment extract and inorganic nutrients mineralized by bacteria. Because, the stimulatory effect of enriching with sediment extract was more higher than that of enriching with inorganic nutrients of the same concentration of total nutrients in the sediment extract. Therefore, we hypothesized that heterotrophic bacteria were related to algal growth stimulation with sediment extract.

When heterotrophic bacteria isolated from lake and algal strains coexisted with sediment extract, algal growth were stimulated at 3.4~4.1-fold compared with their unialgal cultures, and at 7.3~12.2-fold compared with sediment extract-free unialgal cultures (Table 2). This result suggests that heterotrophic bacteria are related to algal growth stimulation except for bacterial mineralization of organic substances.

LANGE (1971) reported that algal growth was stimulated by addition of both bacteria and many kind of sugars, and suggested that algal growth stimulator was produced from sugars by coexistent bacteria. Moreover, TEZUKA and HAYASHI (1975) reported the final yield of phytoplankton on bottle test was more higher addition of both glucose and inorganic nutrients than addition of glucose or inorganic nutrients alone. Therefore, they suggested that the stimulatory effect might be due to supply of some growth stimulator except for carbon dioxide by coexistent bacteria.

Although LANGE (1971) and, TEZUKA and HAYASHI (1975) added sugars in their experiments, we added sediment extract containing organic substances (Table 1) to consider possibility of releasing from sediment (AUSTIN and LEE 1973, OCHIAI *et al.* 1978). While, we obtained the similar results to enriching with sugars (LANGE 1971, TEZUKA and HAYASHI 1975).

Except for stimulator and mineralizing of organic substances, we hypothesized that heterotrophic bacteria decomposed algal auto-antagonism and autoinhibitor named by LEFÈVRE (1964) and SATOMI (1967), and stimulated indirectly algal growth. But, as

shown in Table 2, coexistent heterotrophic bacteria without sediment extract did not stimulate algal growth. Moreover, Fig. 3 suggests that algal growth is promoted by stimulator released from coexistent bacterium after it utilizes substances in sediment extract and grow quicker than the alga. Therefore, we concluded that the stimulator produced from the substances in sediment extract promoted algal growth.

Although inorganic nutrients are necessary for algal growth, they are rather regulating factors on algal yield than algal growth stimulator. Except for inorganic nutrients, it is reported that algal growth stimulator in the lake and sea sediment promote algal growth (PRAKASH and RASHID 1968, PRAKASH *et al.* 1973, COOKSEY and COOKSEY 1978, HINO and ANDO 1981 1983). Moreover, our research showed that the algal growth stimulator produced from sediment extract by heterotrophic bacteria promoted algal growth (Fig. 1, 2 and Table 2). When precursor of the algal growth stimulator released from the sediment, the stimulator produced from precursor by heterotrophic bacteria as same as the stimulator in the sediment might associate with algal growth stimulation with inorganic nutrients in natural environment.

Acknowledgements

The author is very grateful to workers of Hokkaido Research Institute for Environmental Pollution, and Officers of Ishikaricho for their support throughout this work, and to Dr. M. Mizuno, Dohto University, Hokkaido, for his advice and suggestion.

References

- ADAIR, O. V. and MILLER, M. W. 1982. Growth responses of the diatom, *Cyclotella cryptica* (Bacillariophyceae), to Gibberellic acid. *J. Phycol.* 18: 587-589.
- AUSTIN, E. R. and LEE, G. F. 1973. Nitrogen release from lake sediments. *J. Water Pollut. Control Fed.* 45: 870-879.
- COOKSEY, K. E. and COOKSEY, B. 1978. Growth-

- influencing substances in sediment extracts from a subtropical wet land: Investigation using a diatom bioassay. *J. Phycol.* 14: 347-352.
- HARTE, J. and LEVY, D. 1983. The responses of lake waters to organic matter additions. *Hydrobiologia.* 197: 203-212.
- HINO, S. and ANDO, K. 1981. The influence of high molecular organic substances in the sediment on the green alga *Chlorella pyrenoidosa* CHICK. *Jap. J. Phycol.* 29: 181-187.
- HINO, S. and ANDO, K. 1983. An increase of algal yield by addition of sediment extract of Lake Barato. *Jap. J. Limnol.* 34: 116-122.
- IWASAKI, H. 1979. Physiological ecology of red tide flagellates. p. 357-393. *In* M. LEVANDOWSKY and S.H. HUTTER [ed.] *Biochemistry and physiology of Protozoa 1*. Academic Press, New York.
- KUENTZEL, L. E. 1969. Bacteria, carbon dioxide, and algal blooms. *J. Water Pollut. Control Fed.* 41: 1737-1747.
- LANGE, W. 1971. Enhancement of algal growth in Cyanophyta-bacteria system by carbonaceous compounds. *Can. J. Microbiol.* 17: 303-314.
- LEFÈVRE, M. 1964. Extracellular products of algae. p. 337-367. *In* D.F. JACKSON [ed.] *Algae and Man*. Plenum Press, New York.
- MCDONALD, G. C. and CLESCERI, N. L. 1973. Effect of waste water organic fraction on the growth of selected algae. p. 479-496. *In* G.E. GRASS [ed.], *Bioassay techniques and environmental chemistry*. Ann. Arbor Science Publishers. Michigan.
- OCHIAI, M., NAKAJIMA, T. and HANYA, T. 1979. Seasonal fluctuation of dissolved organic matters in Lake Nakanuma. *Jap. J. Limnol.* 40: 185-190.
- PRAKASH, A. and RASHID, M. A. 1968. Influence of humic substances on the growth of marine phytoplankton: dinoflagellates. *Limnol. Oceanogr.* 13: 598-606.
- PRAKASH, A., RASHID, M. A., JENSON, A. and RAO SUBA, D.V. 1973. Influence of humic substances on the growth of marine phytoplankton: diatoms. *Limnol. Oceanogr.* 18: 516-524.
- SATOMI, Y. 1967. Some experimental observations on the antagonism between several fresh-water algae. *Information Bulletin on Plantology in Japan*. Commemoration number of Dr. Y. MATSUE. 191-199.
- SHAPIRO, J. 1970. A statement on phosphorus. *J. Water Pollut. Control Fed.* 42: 772-775.
- TEZUKA, Y. and HAYASHI, H. 1975. Responses of algae and bacteria to nutrient addition in bottled lake water. *Jap. J. Limnol.* 36: 131-138.

日野修次： 底泥抽出物共存下における従属栄養細菌による藻類増殖促進効果について

茨戸湖より分離された従属栄養細菌および底泥抽出物が藻類増殖におよぼす影響を調べるため、二種類の培養実験を行った。

その結果、底泥抽出物および従属栄養細菌が存在すると、*Chlorella pyrenoidosa*, *Scenedesmus bijuga*, *Microcystis aeruginosa* の三種の藻類増殖は、従属栄養細菌が存在しない時と比較して3.4~4.1倍となり、従属栄養細菌が藻類増殖に影響を与えることが明らかとなった。またこれらの効果は、湖水に対する底泥抽出物および栄養塩類の添加実験による結果より、従属栄養細菌による底泥抽出物質からの生産物質によるものと推定された。(060 札幌市北区北19条西12丁目 北海道公害防止研究所水質部)

Newly found facets in the asexual and sexual reproduction of *Gonium pectorale* (Chlorophyta, Volvocales)

Hisayoshi NOZAKI

*Keio Senior High School, Hiyoshi, Kohoku-ku, Yokohama-shi,
Kanagawa, 223 Japan*

NOZAKI, H. 1984. Newly found facets in the asexual and sexual reproduction of *Gonium pectorale* (Chlorophyta, Volvocales). Jap. J. Phycol. 32: 130-133.

Some details of asexual and sexual reproduction in *Gonium pectorale* MÜLLER were observed by light microscopy under controlled laboratory conditions. Each cell of a newly formed asexual colony initially grew only a single flagellum. The gamete bore a slender cytoplasmic protrusion at the base of flagella. Plasmogamy was initiated by the union of the tips of the protrusions between two gametes. This structure has not been previously described in the gamete of *Gonium*.

Key Index Words: asexual reproduction; Chlorophyta; flagellar emission; *Gonium pectorale*; isogamous conjugation; mating papilla; sexual reproduction; Volvocales.

The general features of asexual and/or sexual reproduction in *Gonium pectorale* MÜLLER have been observed in cultures by HARTMANN (1924), SCHREIBER (1925), STEIN (1958b) and KUSUMOTO *et al.* (1978). Nevertheless, some details on the reproduction of this alga seem to have been left for more careful studies. In this paper, I describe the mode of flagellar emission in daughter colony formation and the presence of cytoplasmic protrusion in conjugating gametes.

Materials and Methods

Water samples from which *Gonium pectorale* was isolated were collected at a small pond in the Keio Senior High School campus, Hiyoshi, Kohoku-ku, Yokohama-shi, Kanagawa Prefecture, in April 1979. The methods of culture, mating and observation are the same as described previously (NOZAKI and KASAKI 1979). Cultures of UTEX 805, 806, 826, 827, 2075 and 13 (STARR 1978) were also used in this study and maintained under the same conditions.

Observations and Discussion

General features of asexual reproduction were essentially the same as previously reported by HARTMANN (1924), STEIN (1958b) and KUSUMOTO *et al.* (1978). Each of 8 or 16 vegetative cells divided three or four times to form an 8- or 16-celled daughter colony within its gelatinous sheath. Sometimes the divisions occurred only twice and a 4-celled colony was formed (Fig. 1). However, it is on the mode of flagellar emission in a daughter colony that my observations differed from the previous reports. Just after the successive divisions, each cell of the daughter colony grew only a single flagellum. As a result, newly formed colonies had uniflagellate cells (Figs. 1-2). Later, before or after colony liberation, these cells began to grow the second flagellum (arrow, Fig. 3). The two flagella became equal in length within a half-day after the daughter colony formation.

Flagellar emission of this type has not been previously reported in *Gonium pectorale*. The figures of HARTMANN (1924 Fig. C)

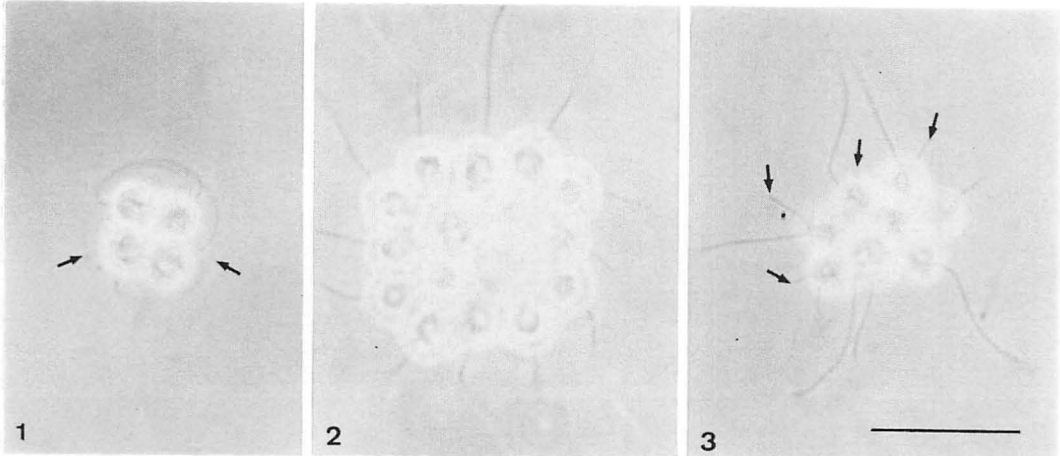


Fig. 1-3. Phase contrast micrographs of *Gonium pectorale* MÜLLER. 1. 4-celled daughter colony with uniflagellate cells within parental gelatinous cellular sheath (arrows); 2. Newly formed colony with 16 uniflagellate cells; 3. 8-celled young colony. Arrow indicates developing second flagellum. Scale in Fig. 3 is 20 μm and also applies to Figs. 1-2.

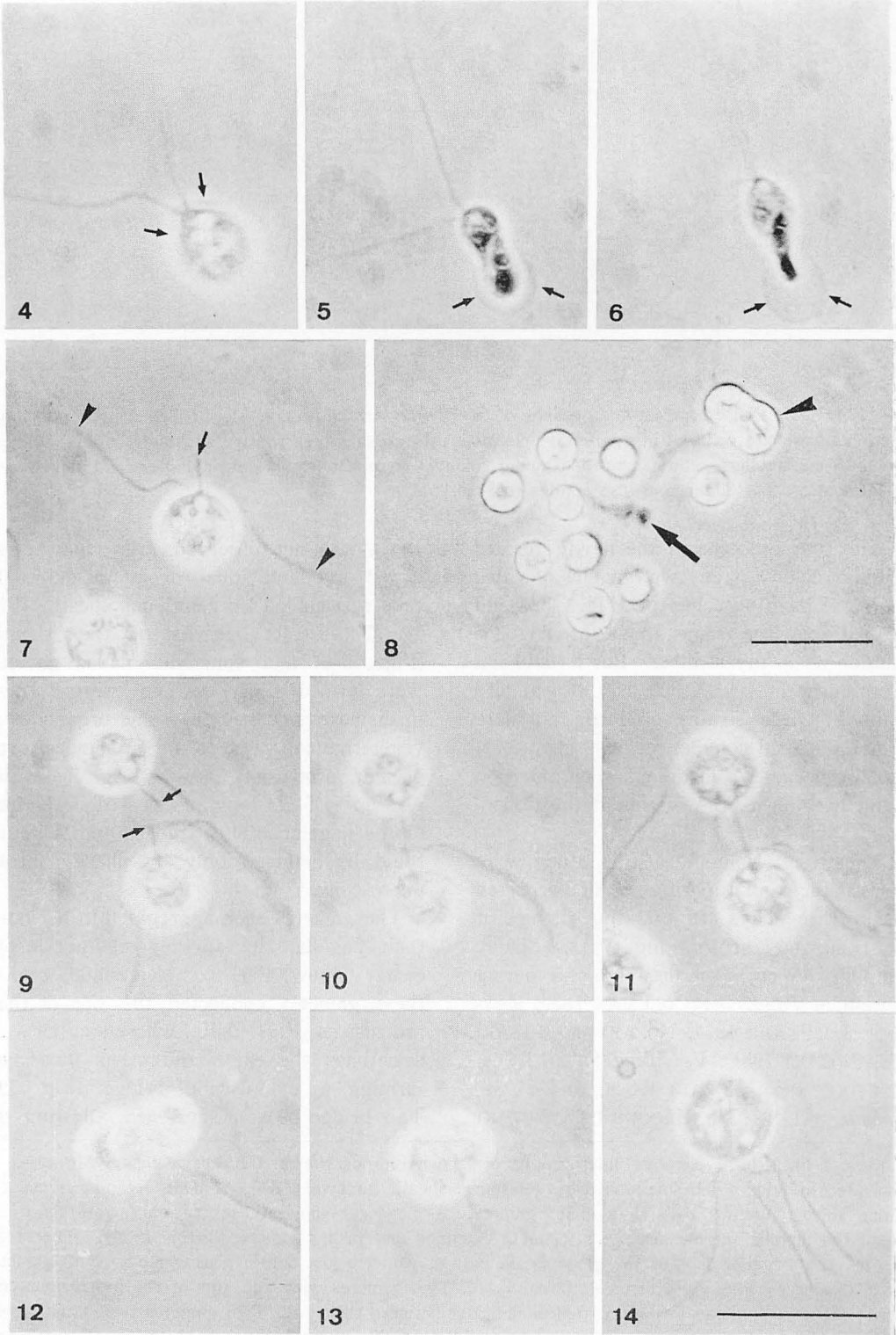
indicate that the cells of the newly formed daughter colony have two flagella of equal length. I have observed in UTEX 827 and 2075 strains the same mode of flagellar emission as in my strains. But I could not determine it in UTEX 805, 806, 826 and 13 strains. These strains produced no more normal 16-celled colonies at my laboratory, probably because of modification or mutation during long-term preservation at the Collection.

The strains isolated in this study were heterothallic, and a mating reaction occurred one to three days after mixing colonies of two complementary mating types. Colony clumping, which is the first sign of a mating reaction in *Pandorina* (COLEMAN 1959, RAYBURN and STARR 1974, NOZAKI and KASAKI 1979, NOZAKI 1981), *Volvulina* (STEIN 1958a, CAREFOOT 1966, NOZAKI 1982a) and *Astrephomene* (STEIN 1958a, BROOKS 1966, NOZAKI

1983), was not observed. A colony dissociated into individual ovoid to ellipsoidal cells surrounded by gelatinous sheaths (Fig. 4). These cells then cast off their sheaths (Figs. 5-6) and spherical, naked gametes were formed (Fig. 7). They were 5-12 μm in diameter and had the same organelles as vegetative cells except for a slender cytoplasmic protrusion (arrow, Fig. 7), which was up to 5 μm long and located at the base of the flagella. This transparent structure could be detected only by phase contrast microscopy.

The gametes soon aggregated in a clump, their flagellar tips sticking together in one center (arrow, Fig. 8). Meanwhile, two of these gametes connected the tips of their protrusions (Figs. 9-10), whose lengths were sometimes the same and other times not, forming a cytoplasmic bridge (Fig. 11). This bridge became shortened, allowing the

Figs. 4-14. Phase contrast micrographs of sexual reproduction in *Gonium pectorale* MÜLLER. 4. Dissociated individual cell surrounded by gelatinous sheath (arrows); 5-6. Gamete escaping from the cellular sheath (arrows); 7. Biflagellate gamete. A slender cytoplasmic protrusion (arrow) is at the base of the flagella (arrow heads); 8. Gamete clumping and fusing gametes (arrow head). The arrow indicates the flagellar tips of the gametes; 9. Pair of gametes just before plasmogamy. Both gametes bear a slender cytoplasmic protrusion (arrow); 10. Two gametes with the tips of the protrusions connected; 11. Two gametes forming cytoplasmic bridge between them; 12. Two gametes fusing with their anterior regions; 13. Late stage of plasmogamy; 14. Quadriflagellate zygote. Scale in Fig. 8 represents 20 μm . That in Fig. 14 represents 20 μm , and applies to Figs. 4-7 and 9-14.



anterior regions of the two protoplasts to approach each other, and finally the two gametes fused (Fig. 12). After this, plasmogamy proceeded from lateral to posterior portions (Fig. 13). A quadriflagellate zygote was formed in the clumping group and then separated from the clump (Fig. 14).

STARR (1962) reported a "protoplasmic protrusion" in the anterior region of the gamete in *Volvulina pringsheimii* STARR. He observed that plasmogamy was initiated by the union of the tips of the protrusions of the two gametes, and said that this structure was one of the diagnostic attributes by which *V. pringsheimii* may be distinguished from *V. steinii* PLAYFAIR. Later, however, CAREFOOT (1966) observed a very similar structure in the gamete of *V. steinii* and named it "mating papilla". Mating papillae have also been observed in the related isogamous genera, *Pandorina* (NOZAKI 1982b) and *Astrephomene* (BROOKS 1966, NOZAKI 1983). The mating papillae reported for these algae are, in general, not as long as the cytoplasmic protrusion of *G. pectorale*, which also can be called a mating papilla on the basis of its function.

Acknowledgements

The author wishes to express his deep gratitude to Prof. H. KASAKI of Toho University and to Dr. S. KATO of Kanagawa Prefecture for their kind guidance and encouragement.

References

- BROOKS, A.E. 1966. The sexual cycle and intercrossing in the genus *Astrephomene*. J. Protozool. 13: 367-375.
- CAREFOOT, J.R. 1966. Sexual reproduction and intercrossing in *Volvulina steinii*. J. Phycol. 2: 150-156.
- COLEMAN, A.W. 1959. Sexual isolation in *Pandorina morum*. J. Protozool. 6: 249-264.
- HARTMANN, M. 1924. Über die Veränderung der Koloniebildung von *Eudorina elegans* und *Gonium pectorale* unter dem Einfluß äußerer Bedingungen. IV. Mitt. der Untersuchungen über die Morphologie und Physiologie des Formwechsels der Phytomonaden (Volvocales). Arch. Protistenk. 49: 375-395.
- KUSUMOTO, M., SONODA, S., KAJINO, M. and HAMAMATU, N. 1978. *Gonium pectorale* MÜLLER isolated from paddy field soil collected from various localities in Japan. Jap. J. Phycol. 26: 19-26 (in Japanese).
- NOZAKI, H. 1981. The life history of Japanese *Pandorina unicocca* (Chlorophyta, Volvocales). J. Jap. Bot. 56: 65-72.
- NOZAKI, H. 1982a. Morphology and reproduction of Japanese *Volvulina steinii* (Chlorophyta, Volvocales). J. Jap. Bot. 57: 105-113.
- NOZAKI, H. 1982b. Gamete conjugation in *Pandorina* (Chlorophyta, Volvocales) with particular reference to the mating papilla. Jap. J. Phycol. 30: 303-304.
- NOZAKI, H. 1983. Morphology and taxonomy of two species of *Astrephomene* (Chlorophyta, Volvocales) in Japan. J. Jap. Bot. 58: 345-352.
- NOZAKI, H. and KASAKI, H. 1979. The sexual process of Japanese *Pandorina morum* BORY (Chlorophyta). J. Jap. Bot. 54: 363-370.
- RAYBURN, W.R. and STARR, R.C. 1974. Morphology and nutrition of *Pandorina unicocca* sp. nov. J. Phycol. 10: 42-49.
- SCHREIBER, E. 1925. Zur Kenntnis der Physiologie und Sexualität höherer Volvocales. Z. Bot. 17: 337-376.
- STARR, R.C. 1962. A new species of *Volvulina* PLAYFAIR. Arch. Mikrobiol. 42: 130-137.
- STARR, R.C. 1978. The culture collection of algae at the University of Texas at Austin. J. Phycol. 14 (suppl.): 47-100.
- STEIN, J.R. 1958a. A morphological study of *Astrephomene gubernaculifera* and *Volvulina steinii*. Amer. J. Bot. 45: 388-397.
- STEIN, J.R. 1958b. A morphologic and genetic study of *Gonium pectorale*. Amer. J. Bot. 45: 664-672.

野崎久義: *Gonium pectorale* (緑藻・オオヒゲマワリ目) の無性・有性生殖上の新発見

Gonium pectorale MÜLLER の無性生殖と有性生殖を培養条件下で詳細に光顕観察したところ若干の知見が得られた。無性生殖で形成された娘群体の各細胞からは最初1本だけ鞭毛が突出し1鞭毛型の細胞となる。その後、2番目の鞭毛が突出し始め等長2鞭毛型となる。配偶子は鞭毛基部に細長い細胞質の突起をもつ。細胞質融合は2個の配偶子の突起の先端同士の間から開始した。この様な配偶子の突起に関しては *Gonium* 属において今までに報告がないが、近縁の *Pandorina*, *Volvulina*, *Astrephomene* の各属で観察されている接合突起 (mating papilla) と同じものと考えられる。(223 神奈川県横浜市港北区日吉四丁目一番二号 慶応義塾高等学校)

Effect of emersion on the growth and photosynthesis of the *Porphyra yezoensis* thallus*

Sumihito TAJIRI** and Yusho ARUGA

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

TAJIRI, S. and ARUGA, Y. 1984. Effect of emersion on the growth and photosynthesis of the *Porphyra yezoensis* thallus. Jap. J. Phycol. 32: 134-146.

The influence of emersion on the growth, thickness, dry weight per unit thallus area, pigment content, photosynthesis rate and emersion tolerance was investigated with *Porphyra yezoensis* thalli grown under laboratory conditions with periodical emersion and submersion treatments. Growth rate of thalli with periodical emersion was slower than that of thalli without emersion. Thalli with periodical emersion were obviously thinner than those without emersion. However, the dry weight per unit thallus area was about 1.3 times greater in thalli with periodical emersion than in thalli without emersion. The photosynthetic activity per chlorophyll *a* was not changed by emersion treatment. However, chlorophyll *a* content on a thallus area basis was higher in thalli with periodical emersion than in thalli without emersion. On a dry weight basis chlorophyll *a* content was lower in thalli with periodical emersion than in thalli without emersion. The ratio of phycoerythrin to phycocyanin was higher in thalli with periodical emersion than in thalli without emersion. The ability of thalli to resume photosynthesis activity when re-submerged was greater in those cultured with periodical emersion than in those cultured without emersion as seen after both thalli with and without emersion treatment were emerged for 23 hrs.

Key Index Words: culture; emersion tolerance; emersion treatment; growth; pigment content; photosynthesis; *Porphyra yezoensis*; *Rhodophyta*.

Intertidal algae suffer great exposure stress, the effects of which were reviewed by GESSNER and SCHRAMM (1971). Most of the studies to date were concerned with the photosynthetic and respiratory activities in air (STOCKER and HOLDHEIDE 1938, TSURUGA and NITTA 1957, CHAPMAN 1966, OGATA 1968, JOHNSON *et al.* 1974, BRINKHUIS *et al.* 1976, QUADIR *et al.* 1979).

In the cultivation of *Porphyra*, economically important marine algae in Japan, the effect of emersion is one of the most important considerations. In recent years, *Porphyra* cultivation in Japan is performed in a floating system as well as in a fixed pole system.

The Nori net in the latter system is exposed to air during low tide, while the Nori net in the former system is continually below the surface of water held in place by buoys. The Nori net in the floating system, however, is exposed to air by an emersion control raft in order to get rid of other seaweeds so that the *Porphyra* thalli can grow well.

Early studies about the effects of emersion on *Porphyra* were reported by FUJIKAWA (1932, 1937), KANEKO (1940, 1941) and KURAKAKE (1941). A number of recent works about the effects of emersion (IWASAKI and MATSUDAIRA 1956, OGATA 1963, OGATA and MATSUI 1963, 1965, IWASAKI 1965, IMADA *et al.* 1970, OGATA and SCHRAMM 1971, WATANABE *et al.* 1971, OOHUSA *et al.* 1978) dealt with the influence on physiological activity. The effects on growth and photo-

* Partly supported by Nori Zoshoku Shinkokai (Nori Cultivation Promotion Association).

** Present address: Diamond Seafoods Co., Ltd., Tsukiji 4-1-17, Chuo-ku, Tokyo, 104 Japan

synthesis of *Porphyra* thalli, cultured under emerged and submerged conditions over a long period of time, were only reported by OGATA and SCHRAMM (1971). They observed the rate of growth and O_2 evolution of the intertidal red alga *Porphyra umbilicalis* during a 3-week culture period.

In the present study, it was attempted to determine the influence of emersion on the growth, photosynthesis and pigment contents of *Porphyra yezoensis* under defined laboratory conditions over an extended period of time.

Material and Methods

Stocks of free-living conchocelis stage of *Porphyra yezoensis* UEDA (strain No. C-13) were maintained in the laboratory. From the stocks, a cluster of filaments was collected and cultured in an incubator under 10:14 LD cycle at 15°C (light period: 08:00-18:00 at about 10 klux). Illumination was provided by fluorescent lamps (Toshiba white, 30W). Synthetic fibers (Cremona monofilaments) about 3 cm long were put into the culture. After 6 to 10 days, conchospores were shed, immediately attached to the synthetic fibers and started to grow into thalli. Zero-day was assigned to the age of the thalli on the day of attachment. When they reached 23 and 24 days in age, the thalli were detached from the synthetic fiber and transferred into 1-liter flasks and aerated. From this point, the culture medium was renewed every other day throughout the culture period. The seawater collected from the Kuroshio off the Izu Oshima Island was filtered with a glass fiber filter (Whatman GF/C) and used. After measuring the chlorinity by AKANUMA's hydrometer and adjusting it to 16-17‰ by adding deionized water (TAKAYAMA 1937), the seawater was autoclaved and enriched with ESP medium (PROVASOLI 1966).

Four series of experiments were performed. In the first experiment, 200 thalli were exposed to air for 3 hrs daily (10:00-13:00, light period emersion), while another 200

thalli of similar size were simultaneously maintained in seawater. In the second and third experiments, 75 thalli were exposed to air for 3 hrs daily (10:00-13:00, light period emersion), and 75 thalli of similar size were simultaneously maintained in seawater. In the fourth experiment, 200 thalli were exposed to air for 3 hrs daily (21:00-24:00, dark period emersion), and another 200 thalli of similar size were simultaneously maintained in seawater. Emersion treatment in all experiments started when the thalli were about 2 cm long. At this stage the thalli were between 36 and 39 days old. The net used to expose the thalli to air was placed in the same incubator used for maintaining the cultures (Fig. 1).

The rate of growth, determined by measuring the length and width of thalli every

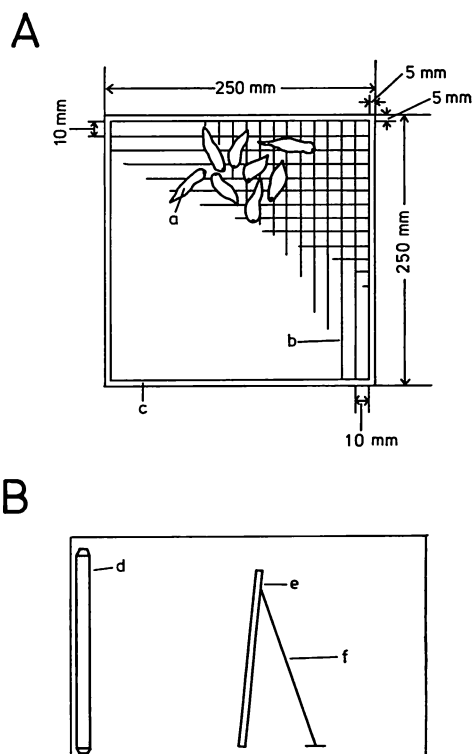


Fig. 1. A net (A) used to expose thalli to air was placed in an incubator (B). Illumination at the net was approximately 10 klux. a, *Porphyra* thallus; b, Cremona monofilament; c, acrylic resin frame; d, fluorescent lamp; e, net; f, stand.

7-10 days, was obtained with 100 samples collected at random from each treatment in the first and the fourth experiments, and with 50 samples from each treatment in the second and the third experiments. In the first experiment, however, 59 sample thalli with periodical emersion and 89 sample thalli without emersion were measured at an age of 69 days.

The time course of water loss under emersion treatment was measured in the first and fourth experiments. The equation used to compute the water content (D) is as follows:

$$D = \frac{\text{air-dry weight} - \text{dry weight}}{\text{wet weight} - \text{dry weight}} \times 100.$$

After air-dry weight was determined, the thallus was rewetted with seawater, and then fresh weight was determined after carefully blotting off the seawater on the surface of the thallus. Dry weight of the thallus was determined after drying at 85°C or in a desiccator with silica gel for 24 hrs. Each point determined from the first and fourth experiments is the average value measured at intervals of 7-10 days. Three thalli were used for each measurement.

Thallus thickness was measured directly using a hand section as well as was indicated indirectly using the ratio of dry weight to thallus area. With hand sectioning, 40 thalli of 50-day old from each emersion and submersion treatment in the fourth experiment were selected. The thalli were preserved in 10% formalin-seawater. Hand sections of each thallus were made in the transverse plane. The thickness of thalli and the inside diameter of the cells (Fig. 2) were measured by a Nikon ocular screw micrometer. A sample size of 100 cells were selected for each treatment. Twelve to fourteen cells from sections of a group of 5 thalli were measured at random. The ratio of dry weight to thallus area was obtained in all experiments. Thallus area was measured by making photographic outlines, which were cut out and weighed.

Chlorophyll *a* in the thalli was extracted with 90% acetone. The absorbances of the

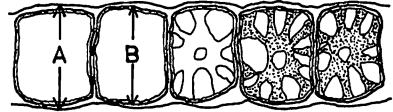


Fig. 2. A transverse section of *P. yezoensis* thallus indicating thallus thickness (A) and inside diameter of the cell (B).

acetone extract were measured with a Hitachi 101 spectrophotometer. The concentration of chlorophyll *a* was calculated by the formula of SCOR-UNESCO W.G. 17 (1966). Phycoerythrin and phycocyanin of the thalli were extracted with distilled water by 4 repeated combinations of freezing and melting. After extraction, the clear extract of biliproteins were obtained by centrifuge (ca. 4000×*g*, 10 min). The absorbances of the extract were measured with a Hitachi 101 spectrophotometer. The concentrations of phycoerythrin and phycocyanin were calculated using the extinction coefficients of Ó CARRA and Ó hEOCHA (1978).

For *in vivo* absorption measurements a Shimadzu UV-365 double monochromator recording spectrophotometer was used with an integrating sphere attachment at wavelengths of 350-750 nm. The recorded absorbances at 676, 567 and 620 nm were used as the indices of chlorophyll *a*, phycoerythrin and phycocyanin, respectively (ARUGA 1974).

Photosynthetic and dark respiratory capacity of thalli of the first and fourth experiment were measured at 15°C as changes in the O₂ tension using a differential gas-volumeter (Productmeter, NIKKO KAGAKU Co., Ltd.) (YOKOHAMA and ICHIMURA 1969). For each measurement, the middle part (3-9 cm²) of a thallus (cf. NOZAWA 1967) was placed in the reaction flask with unenriched filtered seawater. Each photosynthesis-light curve was obtained by measurements with 7-9 thalli. In the first experiment illumination was supplied by a 100V-150W projector lamp (KP-8, KONDO Co., Ltd.), while in the fourth experiment a 100V-150W projector lamp (KP-8, KONDO Co., Ltd.) was used for low light intensities and a 100V-300W projector lamp (KP-8 1/2, KONDO Co., Ltd.) for high light

intensities. The light intensity was measured with a photocell illuminometer (Toshiba SPI-5). All data were taken during the light period in order to avoid possible variation due to daily rhythms (cf. MISHKIND *et al.* 1979). Thalli of emersion and submersion treatments were simultaneously measured.

In order to know the after-effects of desiccation, photosynthesis and respiration rates of thalli following re-transfer to seawater were determined by measuring the increase and decrease in oxygen concentration using the Winkler titration technique under short term incubations. Middle portions of thalli (4–9 cm²) were placed in 100 ml DO bottles and incubated at 15°C and 30 klux provided by a photoreflexor lamp (Toshiba, 100V–500W,

spot) (the photosynthetic rate was presumed to be saturated at 30 klux) and also in the dark. With thalli cultured in both emersion and submersion conditions the measurements were continuously made at 15 or 30 min intervals for a 1 hr period. The same thalli were then exposed to air for 23 hrs in an incubator at 15°C with a 10:14 LD cycle at about 10 klux, after which they were placed in seawater for continuous measurements of photosynthesis and respiratory rates for another 2 hrs at 15 and 30 minute intervals, respectively. The measurements were done on 3 emersion treatments: 13 days emersion (=48 days old thalli), 24 days emersion (=58 days old thalli) and 32 days emersion (=67 days old thalli).

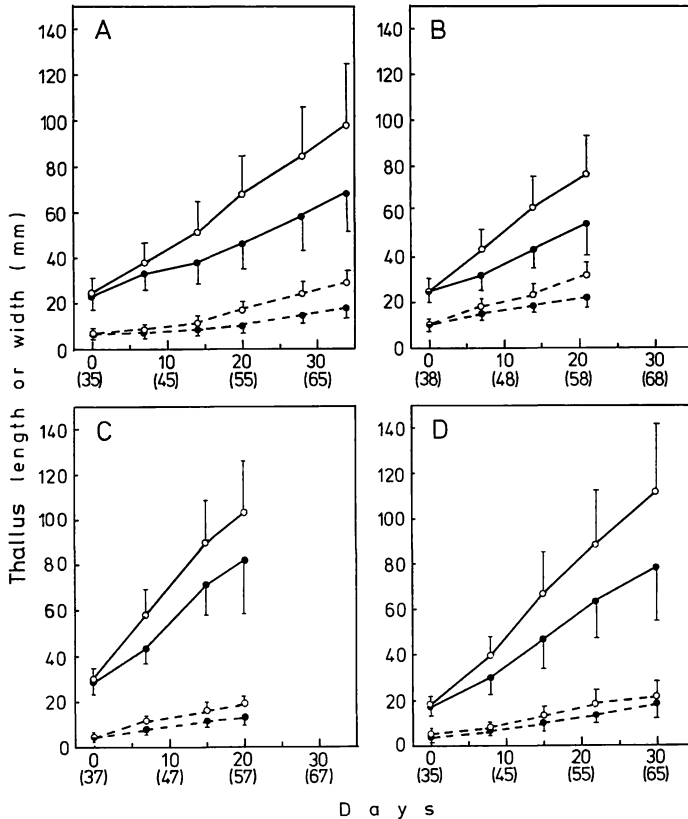


Fig. 3. Growth of *P. yezoensis* thalli cultured with periodical emersion (●) and without emersion (○) under laboratory conditions. Mean length (solid lines) and mean width (dotted lines) of the thalli are indicated with $\pm \frac{1}{2}$ S.D. Abscissae: days of culture (days after conchospore attachment in parentheses). A, B and C: light period emersion (Exp. 1, 2 and 3, respectively). D: dark period emersion (Exp. 4).

Results

Growth in length and width of *Porphyra yezoensis* thalli cultured with or without periodical emersion treatment was illustrated in Fig. 3. Differences of the growth were quite clear between the thalli with and without emersion. In all the experiments including light period emersion and dark period emersion, the growth rate of thalli with periodical emersion was slower than that of thalli without emersion. After 3 weeks of treatment, the length of thalli with periodical emersion was 0.7-0.8 times shorter than that of thalli without emersion.

Thallus thickness was compared with *P. yezoensis* thalli cultured with or without periodical emersion treatment (dark period emersion). The data shown in Fig. 4 indicate that the thalli with periodical emersion were obviously thinner than those without emersion. The average thickness

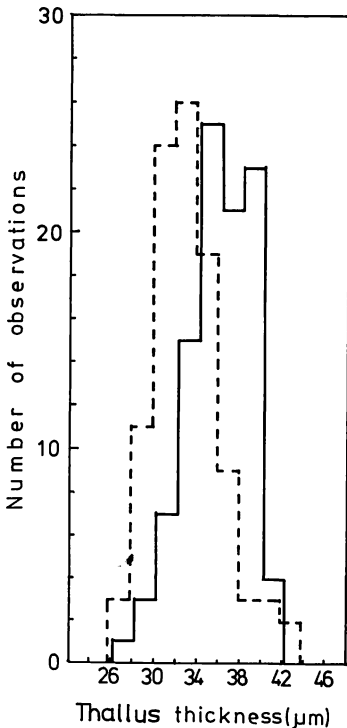


Fig. 4. Comparison of the thallus thickness of *P. yezoensis* cultured with periodical emersion (dotted histograms) and without emersion (solid histograms).

of thalli with periodical emersion was 33.2 μm, and that of thalli without emersion was 35.6 μm. The average inside diameter of thallus cells with periodical emersion was 30.6 μm and that of thallus cells without emersion was 33.2 μm.

Changes in dry weight per unit thallus area of *P. yezoensis* were followed during the cultures with or without emersion treatment. As illustrated in Fig. 5, the dry weight per unit thallus area was about 1.3 times higher in thalli with periodical emersion than in thalli without emersion in all the experiments including both light and

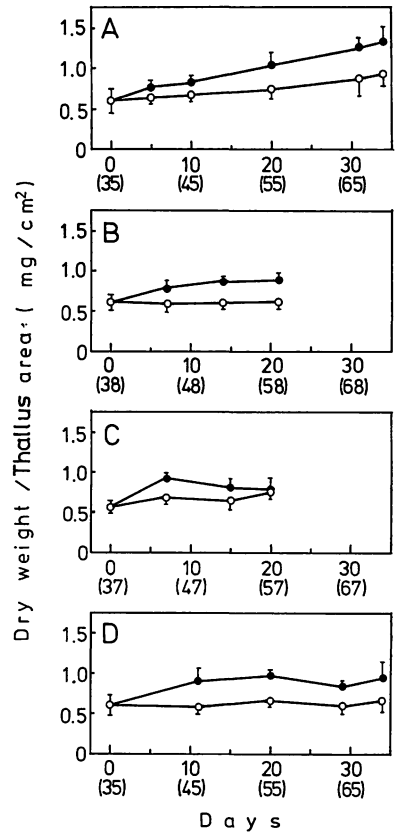


Fig. 5. Changes in dry weight per unit area ($\pm \frac{1}{2}$ S.D.) of *P. yezoensis* thalli cultured with periodical emersion (●) and without emersion (○) under laboratory conditions. Abscissae: days of culture (days after conchospore attachment in parentheses). A, B and C: light period emersion (Exp. 1, 2 and 3, respectively). D: dark period emersion (Exp. 4).

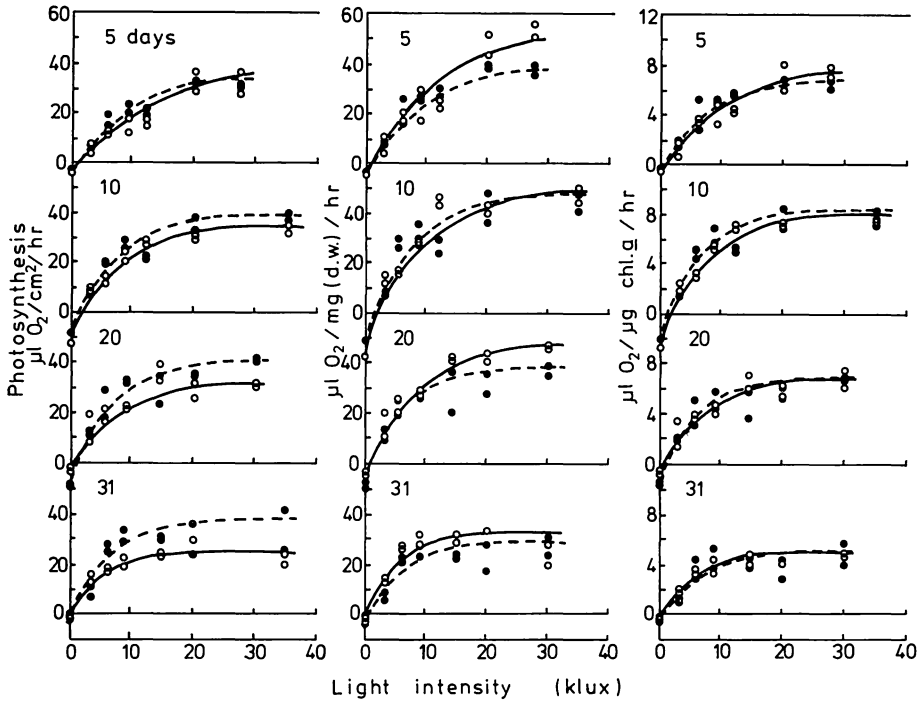


Fig. 6. Photosynthesis-light curves of *P. yezoensis* thalli cultured with periodical emersion (●) and without emersion (○) under laboratory conditions (Exp. 1, light period emersion). Measured at 15°C. Days in culture are indicated in each diagram.

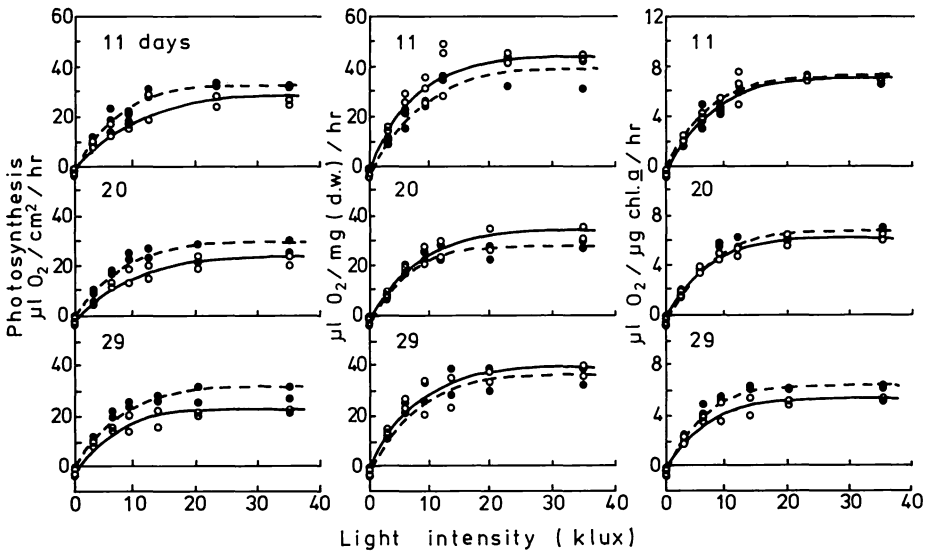


Fig. 7. Photosynthesis-light curves of *P. yezoensis* thalli cultured with periodical emersion (●) and without emersion (○) under laboratory conditions (Exp. 4, dark period emersion). Measured at 15°C. Days in culture are indicated in each diagram.

dark period emersion.

The photosynthesis-light curves of *P. yezoensis* thalli with periodical emersion and without emersion were shown in Figs. 6 and 7. These curves indicate that great variations in photosynthetic rate occurred between thalli with periodical emersion and those without emersion. In light period emersion (Fig. 6), the photosynthetic rates of thalli with periodical emersion were higher than those of thalli without emersion when expressed on a thallus area basis, the difference increasing with time (days of culture). When expressed on a dry weight basis the rate was slightly lower in thalli with periodical emersion than in those without emersion, while when expressed on a chlorophyll *a* basis the rates did not differ much (Fig. 6). In dark period emersion (Fig. 7), the difference in photosynthetic rates was as great as that found in light period emersion when expressed on a thallus area basis. The photosynthetic rates on a dry weight basis did not show any significant difference even after continued emersion. When expressed on a chlorophyll *a* basis, however, the rates were slightly higher in thalli with periodical

emersion 29 days of culture (Fig. 7).

Contents of photosynthetic pigments were measured with *P. yezoensis* thalli cultured under periodical emersion or submersion conditions. Figs. 8-10 show the variations in the contents of photosynthetic pigments with time (days of culture). With continued periodical emersion treatment, chlorophyll *a* content of thalli was higher than that of thalli without emersion on a thallus area basis, but chlorophyll *a* content on a dry weight basis of thalli with periodical emersion was lower than that without emersion (Fig. 8; Exp. 1, light period emersion). In other experiments (Exp. 2 and 3, light period emersion; Exp. 4, dark period emersion), the same tendency as in Exp. 1 was observed.

In *P. yezoensis* thalli both cultured with light period emersion or dark period emersion, the ratio of phycoerythrin to chlorophyll *a* content showed large variations, but that of

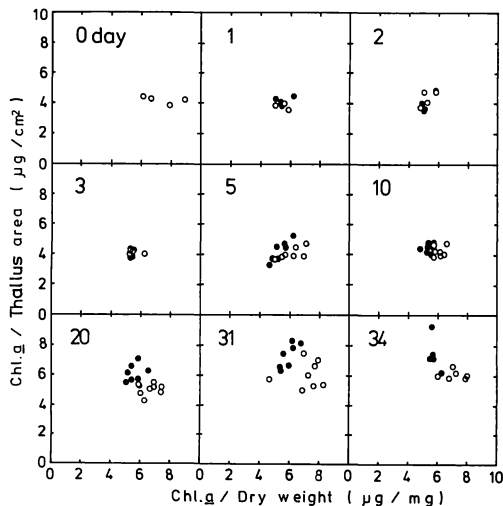


Fig. 8. Chlorophyll *a* content on a dry weight basis and on a thallus area basis of *P. yezoensis* thalli cultured with periodical emersion (●) and without emersion (○) under laboratory conditions (Exp. 1, light period emersion). Days in culture are indicated in each diagram.

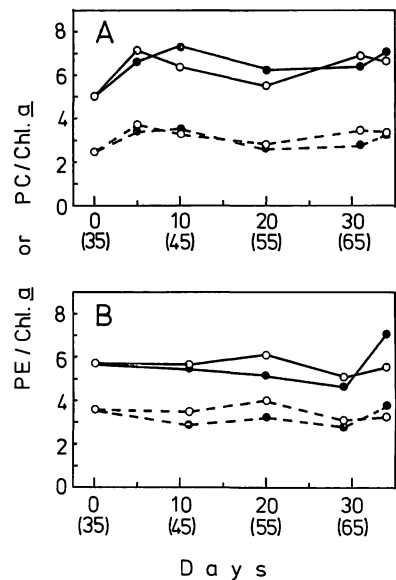


Fig. 9. Changes in the ratio of phycoerythrin to chlorophyll *a* content (solid lines) and that of phycocyanin to chlorophyll *a* content (dotted lines) of *P. yezoensis* thalli cultured with periodical emersion (●) and without emersion (○) under laboratory conditions. Abscissae: days of culture (days after concho-spore attachment in parentheses). A: light period emersion (Exp. 1). B: dark period emersion (Exp. 4).

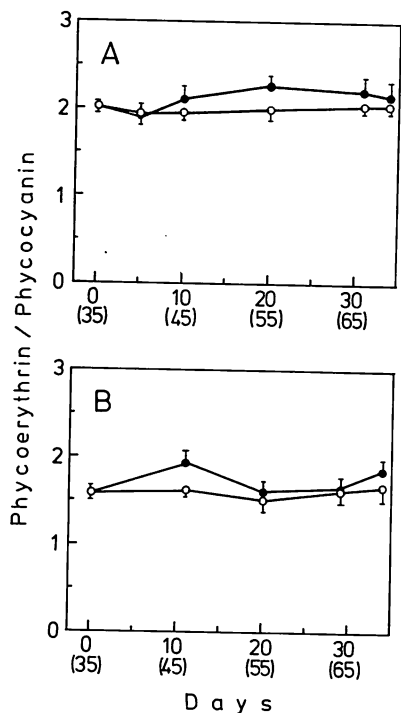


Fig. 10. Changes in the ratio of phycoerythrin to phycocyanin content ($\pm \frac{1}{2}$ S. D.) of *P. yezoensis* thalli cultured with periodical emersion (●) and without emersion (○) under laboratory conditions. Abscissae; days of culture (days after conchospore attachment in parentheses). A: light period emersion (Exp. 1). B: dark period emersion (Exp. 4).

phycoerythrin to chlorophyll *a* content showed little variation (Fig. 9). No correlation was observed between phycoerythrin and chlorophyll *a* contents, and between phycocyanin and chlorophyll *a* contents. The ratio of phycoerythrin to phycocyanin content was higher in thalli with periodical emersion than in those without emersion both in light period emersion and dark period emersion (Fig. 10).

The ratios of phycoerythrin to phycocyanin and of phycoerythrin to chlorophyll *a* were also compared by using the results of *in vivo* absorption measurements of *P. yezoensis* thalli (Table 1). The ratios of phycoerythrin to phycocyanin (A_{567}/A_{620}) and of phycoerythrin to chlorophyll *a* (A_{567}/A_{676}) of thalli with periodical emersion were higher than those of thalli without emersion. The difference in the ratio of phycocyanin to chlorophyll *a* (A_{620}/A_{676}) of thalli with periodical emersion from thalli without emersion was small.

Fig. 11 shows the after-effects of 23 hr desiccation on photosynthetic and respiratory rates of *P. yezoensis* thalli following re-transfer to seawater. After re-transfer to seawater, the photosynthesis of thalli with periodical emersion recovered within an hour to the previous level, but that of thalli grown totally submerged recovered only to 2/3 of the previous level even 2 hrs after re-transfer

Table 1. Phycoerythrin/chlorophyll *a*, phycocyanin/chlorophyll *a* and phycoerythrin/phycocyanin ratios deduced from the absorbance ratios of A_{567}/A_{676} , A_{620}/A_{676} and A_{567}/A_{620} , respectively, in *in vivo* absorption spectra of *P. yezoensis* thalli cultured for 21 days of light period emersion treatment under laboratory conditions (Exp. 2).

Thallus number	With periodical emersion			Without emersion		
	A_{567}/A_{676}	A_{620}/A_{676}	A_{567}/A_{620}	A_{567}/A_{676}	A_{620}/A_{676}	A_{567}/A_{620}
1	0.89	0.61	1.46	0.87	0.64	1.36
2	0.88	0.65	1.35	0.87	0.63	1.38
3	0.92	0.64	1.45	0.87	0.64	1.36
4	0.97	0.60	1.60	0.88	0.65	1.35
5	0.92	0.60	1.52	0.83	0.62	1.34
6	0.88	0.61	1.43	0.84	0.63	1.33
Mean	0.91	0.62	1.47	0.86	0.64	1.35
S. D.	± 0.03	± 0.02	± 0.08	± 0.02	± 0.01	± 0.02

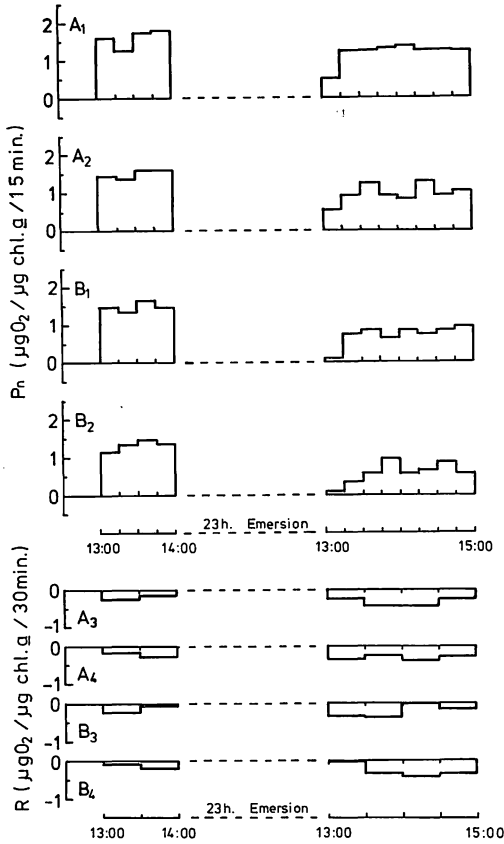


Fig. 11. Changes of net photosynthesis (Pn) and respiratory rates (R) of *P. yezoensis* thalli cultured for 24 days with periodical emersion (A) and without emersion (B) under laboratory conditions following re-transfer to seawater after 23 hr emersion.

to seawater. Especially 15-30 min after re-transfer to seawater, the photosynthetic rates of the thalli grown totally submerged were small. Since the rates were small, the difference in respiration between the two types of thalli with different treatments was not clear. After 23 hrs of emersion followed by retransfer to seawater, the respiratory rates of thalli with either treatment were slightly higher than those before the emersion. The water content (D) after 23 hrs of emersion ranged from 4 to 38. No correlation was observed between the photosynthetic and respiratory rates and the water content (D). The same holds true for the results obtained with 13 and 32 days old

thalli (data not shown).

Discussion

In the present culture experiments, the *P. yezoensis* thalli exposed to air for 3 hrs daily were compared with those cultured in continuous submersion. Fig. 12 shows the time course of water loss from thalli in emersion. The water content (D) of thalli in Exp. 1 was observed to be much higher than that in Exp. 4 when both were measured at the beginning of emersion treatment. This difference might be due to residual water trapped between thalli when they overlapped on the net in Exp. 1. In Exp. 4, therefore, care was taken so that the thalli did not overlap as they dried. However, after 1.5 hrs the water content of thalli in both experiments was almost equal. After 3 hrs thalli lost about half the water content of wet weight in both experiments.

The growth rates in terms of length and width of thalli were measured and it was found that growth of thalli with periodical emersion was very much slower than that of thalli without emersion (Fig. 3). This is similar to the results reported by IMADA *et al.* (1970) and OGATA and SCHRAMM (1971). The difference in growth may be attributed to the slowing down of physiological activi-

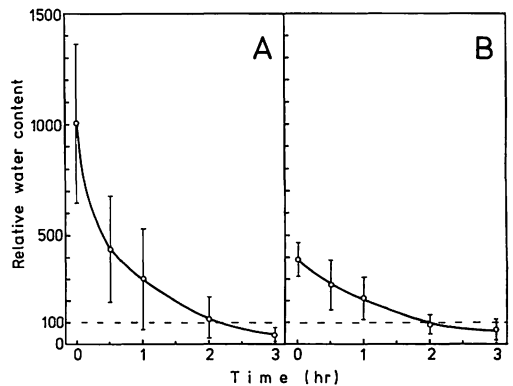


Fig. 12. Time course of water loss from *P. yezoensis* thalli in emersion. Ordinate: water content (D) with S.D.; D of 100 is equivalent to wet weight. A: light period emersion (Exp. 1). B: dark period emersion (Exp. 4).

ties, such as photosynthesis and nutrient uptake, which were caused by the emersion of thalli. IMADA *et al.* (1970) reported, however, that about 50% of the original activity of photosynthesis remained until the water content decreased to 20-25% in *Porphyra tenera*. Furthermore, JOHNSON *et al.* (1974) reported that photosynthetic rates of *Porphyra perforata* can be 2.84 times greater in air than in water. Therefore, it is thought in the present experiments that the difference in growth may be attributed to the lack of nutrient when thalli were exposed to air.

LIDDLE (1975) reported that comparisons of cell sizes in *Padina sanctae-crucis* showed differences between intertidal and subtidal populations, and that the cells from the intertidal populations were significantly smaller than those of cells from the subtidal populations. He assumed that the cells of the intertidal plants do not undergo as much enlargement after mitosis as the cells of subtidal plants. Similar results were obtained in the present study (Fig. 4). Whether the difference is due to cell enlargement after mitosis or not was not investigated. The dry weight per unit thallus area, an index of the frond thickness, was greater in thalli with periodical emersion than in thalli without emersion (Fig. 5). OGATA and SCHRAMM (1971) noted that the influence of salinity was more important than the influence of emersion on the dry weight per unit thallus area. They reported that the dry weight per unit thallus area is higher in hypertonic conditions than in normal and hypotonic conditions. Therefore, the increase of dry weight per thallus area may not only be due to desiccation but also to some other stimulation. In the present culture experiment, thalli with periodical emersion were thinner than those without emersion, but the dry weight per unit thallus area was greater in thalli with periodical emersion than in those without emersion. This indicates that the thalli with periodical emersion had higher cell content than those without emersion.

Comparisons of photosynthesis-light curves of thalli with periodical emersion with thalli

without emersion were reported by OGATA and SCHRAMM (1971) using *Porphyra umbilicalis* and OOHUSA *et al.* (1978) using *P. yezoensis* f. *narawaensis*. OGATA and SCHRAMM (1971) reported that rates of O₂ output on a thallus area basis were in general slightly higher in the algae desiccated every day than in those continuously submerged. OOHUSA *et al.* (1978) reported that photosynthesis on a dry weight basis of thalli with periodical emersion was lower than that of thalli without emersion. In the present work, photosynthesis on a thallus area basis was higher in thalli with periodical emersion than in thalli without emersion. When the same value was expressed on a dry weight basis, photosynthesis of thalli with periodical emersion was lower than that of thalli without emersion. Furthermore, when the same value was expressed on a chlorophyll *a* basis, the difference in photosynthesis between the two types of thalli was very small (Fig. 6). It seems that photosynthetic activity per chlorophyll *a* is not changed by emersion treatment. The difference of photosynthesis-light curves on a dry weight basis from those on a thallus area basis depends on the change in chlorophyll *a* content (Fig. 8). After 29 days of daily emersion in dark, photosynthesis-light curves on a chlorophyll *a* basis differed only slightly (Fig. 7). It is not known whether this difference resulted from the difference among individual thalli or from some other factors.

The respiration rates of thalli under periodical emersion and submersion conditions were low and the differences were negligible.

The color of thalli with periodical emersion was observed to be more reddish than that of thalli without emersion. The result of quantitative measurements of phycoerythrin and phycocyanin indicated that the ratio of phycoerythrin to phycocyanin content was higher in thalli with periodical emersion than in thalli without emersion (Fig. 10).

The after-effects of dehydration on photosynthesis were studied by KALTWASSER (1938), SCHRAMM (1968) and SCHONBECK and NORTON (1978). SCHONBECK and NORTON

(1978) reported that the ability to resume photosynthesis and growth when re-submerged was greatest in the species found highest on the shore, and was progressively less in species inhabiting successively lower tidal levels. IWASAKI and MATSUDAIRA (1956) reported that the exposure had no significant effect on the photosynthetic activity of the *Porphyra* thallus during a period of less than 9 days. WATANABE *et al.* (1971) determined the after-effects of desiccation using the peroxidase activity of thalli that had been emerged for 8 hrs in the light period. They noted that those thalli recovered fully 5 hrs after re-transferred to seawater, and that the peroxidase activity of thalli which had been emerged for 8 hrs in the dark period fully recovered 3 hrs after re-transferred to seawater. In the present work, the thalli in both treatments were emerged for 23 hrs. The ability to resume photosynthetic activity when re-submerged was greater in the thalli cultured with periodical emersion than in the thalli cultured without emersion (Fig. 11). In other words, the emersion-treated thalli had greater emersion tolerance.

The present experimental result on the effects of emersion on *Porphyra yezoensis* shows that the cell contents of thalli with periodical emersion were still complete within 2 weeks and that the emersion tolerance developed.

Observations of *Porphyra yezoensis* f. *narawaensis* thalli cultivated on a fixed pole system and on a floating system under field conditions were also conducted. These observations were discontinued, however, only after one week due to a disease in the thalli. During this period there was no change observed in the photosynthesis-light curves and thalli color, but the dry weight per unit thallus area and the after-effects of desiccation on photosynthesis as well as the variation of chlorophyll *a* content had the same tendency as those of laboratory experiments.

Acknowledgements

The authors wish to express their sincere

thanks to Dr. Akio MIURA and Dr. Teru IORIYA, Tokyo University of Fisheries, for valuable advice and encouragement during the study. Thanks are also due to Mr. Fernando P. SUÑAZ and Miss Kathleen C. TORKKO who kindly corrected the English of the original manuscript. Financial support of Nori Zoshoku Shinkokai (Nori Cultivation Promotion Association) is gratefully acknowledged.

References

- ARUGA, Y. 1974. [Pigmentation of cultivated *Porphyra*.] *Watashitachi no Nori-kenkyu* 23: 1-14. (in Japanese)
- BRINKHUIS, B. H., TEMPEL, N. R. and JONES, R. F. 1976. Photosynthesis and respiration of exposed salt-marsh fucoids. *Mar. Biol.* 34: 349-359.
- CHAPMAN, V. J. 1966. The physiological ecology of some New Zealand seaweeds. *Proc. Int. Seaweed Symp.* 5: 29-54.
- FUJIKAWA, K. 1932. [The studies on physiology of *Porphyra* in Korea III.] *Ann. Rep. Government General Korean Fish. Res. Lab* 1930, p. 32-125. (in Japanese)
- FUJIKAWA, K. 1937. [The studies on physiology of *Porphyra* in Korea V.] *Ann. Rep. Government General Korean Fish. Res. Lab.* 8: 1-131. (in Japanese)
- GESSNER, F. and SCHRAMM, W. 1971. Salinity—Plants. p. 705-820. *In* O. KINNE (ed.), *Marine Ecology*, Vol. 1. Wiley-Interscience, London.
- IMADA, O., SAITO, Y. and MAEKI, S. 1970. Relationships between the growth of *Porphyra tenera* and its culturing condition in the sea II. Influence of atmospheric exposure on photosynthesis, growth and others on *Porphyra* frond. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.* 36: 369-376. (in Japanese with Eng. abstract)
- IWASAKI, H. 1965. Studies on the physiology and ecology of *Porphyra tenera*. *J. Fac. Fish. Anim. Husb., Hiroshima Univ.* 6: 133-211. (in Japanese with Eng. summary)
- IWASAKI, H. and MATSUDAIRA, C. 1956. Studies on the physiology of a laver, *Porphyra tenera* Kjellm. *Tohoku J. Agric. Res.* 7: 65-83.
- JOHNSON, W. S., GIGON, A., GULMON, S. L. and MOONEY, H. A. 1974. Comparative photosynthetic capacities of intertidal algae under exposed and submerged conditions. *Ecology* 55: 450-453.

- KALTWASSER, J. 1938. Assimilation und Atmung von Submersen als Ausdruck der Entquellungsresistenz. *Protoplasma* 29: 498-535.
- KANEKO, M. 1940. [Effect of Hibi emersion on Nori cultivation under light or dark conditions.] *Bull. Zenranando Fish. Exp. Sta., Korea* 13: 1-28. (in Japanese)
- KANEKO, M. 1941. [Effect of Hibi emersion on Nori cultivation under light or dark conditions II.] *Bull. Zenranando Fish. Exp. Sta., Korea* 14: 1-26. (in Japanese)
- KURAKAKE, T. 1941. [Emersion of Nori and uptake of nitrate and nitrite.] *Bull. Zenranando Fish. Exp. Sta., Korea* 14: 72-80. (in Japanese)
- LIDDLE, L. B. 1975. The effect of intertidal stress on *Padina sanctae-crucis* (Phaeophyta). *J. Phycol.* 11: 327-330.
- MISHKIND, M., MAUZERALL, D. and BEALE, S. I. 1979. Diurnal variation *in situ* of photosynthetic capacity in *Ulva* is caused by a dark reaction. *Plant Physiol.* 64: 896-899.
- NOZAWA, K. 1967. On the application of ¹⁴C technique to the photosynthesis determination of *Porphyra*. *Inform. Bull. Planktol. Japan, Commem. No. Dr. Y. MATSUE*, p. 175-181. (in Japanese with Eng. abstract)
- Ó CARRA, P. and Ó hEOCHA, C. 1976. Algal biliproteins and phycobilins. p. 328-376. *In* T. W. GOODWIN (ed.), *Chemistry and Biochemistry of Plant Pigments* (2nd ed.), Vol. 1. Academic Press, London.
- OGATA, E. 1963. Manometric studies on the respiration of a marine alga, *Porphyra tenera*—I. Influence of salt concentration, temperature, drying and other factors. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.* 29: 139-145. (in Japanese with Eng. abstract)
- OGATA, E. 1968. Respiration of some marine plants as affected by dehydration and rehydration. *J. Shimonoseki Univ. Fish.* 16: 139-152.
- OGATA, E. and MATSUI, T. 1963. Manometric studies on the respiration of a marine alga, *Porphyra tenera*—II. Influence of some growth substances, nitrogen compounds and reappraisal of the influence by drying and pH. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, 29: 991-995. (in Japanese with Eng. abstract)
- OGATA, E. and MATSUI, T. 1965. Photosynthesis in several marine plants of Japan as affected by salinity, drying and pH, with attention to their growth habitats. *Bot. Mar.* 8: 199-217.
- OGATA, E. and SCHRAMM, W. 1971. Some observations on the influence of salinity on growth and photosynthesis in *Porphyra umbilicalis*. *Mar. Biol.* 10: 70-76.
- OOHUSA, T., ARAKI, S., SAKURAI, T., SAITOH, M., KIRITA, M. and YAMASITA, T. 1978. The diurnal variations in the cell size, in the physiological activity and in the contents of some cellular components of *Porphyra yezoensis* f. *narawaensis* in cultivation ground. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.* 44: 299-303. (in Japanese with Eng. abstract)
- 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. Plant Physiol.*
- QUADIR, A., HARRISON, P. J. and DEWREDE, R. E. 1979. The effects of emergence and submergence on the photosynthesis and respiration of marine macrophytes. *Phycologia* 18: 83-88.
- SCHONBECK, M. and NORTON, T. A. 1978. Factors controlling the upper limits of fucoid algae on the shore. *J. exp. mar. Biol. Ecol.* 31: 303-313.
- SCHRAMM, W. 1968. Ökologisch-physiologische Untersuchungen zur Austrocknungs- und Temperaturresistenz an *Fucus vesiculosus* L. der westlichen Ostsee. *Int. Revue ges. Hydrobiol.* 53: 469-510.
- SCOR-UNESCO, W. G. 1966. Determination of photosynthetic pigments. *UNESCO Monogr. Oceanogr. Methodol.* 1: 9-18.
- STOCKER, O. und HOLDHEIDE, W. 1937. Die Assimilation Helgoländer Gezeitenalgen während der Ebbezeit. *Z. Bot.* 32: 1-59.
- TAKAYAMA, K. 1937. [Studies on the range of specific gravity and its effect on the growth and quality of Asakusa-nori.] *Suisan-Kenkyushi* 32: 66-69. (in Japanese)
- TSURUGA, H. and NITTA, T. 1957. Biochemical investigations of the marine algae. I. Influences of temperature and emersion upon the carbon-assimilation and respiration of some algae. *Bull. Naikai Reg. Fish. Res. Lab.* 10: 37-41. (in Japanese with Eng. abstract)
- WATANABE, T., KATO, S., ABE, K. and SUZUKI, K. 1971. Studies on the "Shirogusare" disease of "Nori" in Miyagi Prefecture—II. On the exposing effect for the physiology of "Nori" frond. *Bull. Miyagi Pref. Fish. Exp. Sta.* 5: 13-26. (in Japanese)
- YOKOHAMA, Y. and ICHIMURA, S. 1969. A new device of differential gas-volumeter for ecological studies on small aquatic organisms. *J. Oceanogr. Soc. Japan* 25: 75-80.

田尻純仁・有賀祐勝： スサビノリ葉状体の生長および光合成に及ぼす干出の影響

ノリ葉状体の生長および光合成に及ぼす干出の影響を調べるため、室内培養したノリを用いて実験を行った。10時間明期 (10 klux)・14時間暗期、15°C で培養したスサビノリに葉齢約35日から1日3時間の干出を与え、数日間隔で葉長、葉幅、光合成、呼吸、光合成色素含量などを測定し、無干出のものと比較した。干出を与えた葉状体では、厚さが薄くなり、葉長の生長速度は低下するが、干出処理開始後 1~2 週間で細胞内容物が無干出のものより充実し、また干出後海中にもどしたときの光合成活性回復の速さからみて干出に対する耐性を得たと判断される。葉面積あたりの光合成活性は干出を与えた葉状体の方が無干出の葉状体より高かったが、Chl. *a* 量あたりの光合成活性は干出を与えた葉状体でも無干出の葉状体でも変らなかった。これは葉面積あたりの Chl. *a* 含量が干出を与えたものの方が無干出のものより高いことと関連しており、葉重あたりの Chl. *a* 含量は干出を与えたものの方が無干出のものより低かった。(108 東京都港区港南 4-5-7 東京水産大学水産植物学研究室)

Morphological transition of the nucleus during the whole life cycle of *Acetabularia calyculus* QUOY et GAIMARD

Ikuko SHIHIRA-ISHIKAWA* and Tsuneyoshi KUROIWA**

* *Department of Biology, College of General Education, Osaka University, Toyonaka-shi, Osaka, 560 Japan*

** *Department of Cell Biology, National Institute for Basic Biology, Myodaijicho, Okazaki-shi, 444 Japan*

SHIHIRA-ISHIKAWA, I. and KUROIWA, T. 1984. Morphological transition of the nucleus during the whole life cycle of *Acetabularia calyculus* QUOY et GAIMARD. Jap. J. Phycol. 32 : 147-157.

Structural changes of the nucleus were followed throughout the life cycle of *Acetabularia calyculus* using epifluorescent microscopy with 4'-6-diamidino-2-phenylindole (DAPI) staining. This giant unicellular alga had a life cycle of 10 weeks when cultured at 22°C with 2,000 lux of illumination in Müller's synthetic medium. The correlation between cell development during the life cycle and structural transition of the nucleus was studied with special attention paid to the chromosomes and nucleoli. Morphological change of the chromosomes in diploid nuclei (primary nuclei) and the transitional process to haploid nuclei (secondary nuclei) were observed. The development and degeneration of the nucleolus in a primary nucleus were visually observed. Nucleoli were found to develop again in the haploid nuclei during cyst formation and gametogenesis in the caps. Color prints of the nuclear stages in the development and differentiation during the life cycle are presented.

Key Index Words: *Acetabularia*; *chromosome*; *nucleolus*; *epifluorescent microscopy*; *life cycle*.

Acetabularia, a subtropical green alga, has been a useful biological material for studying nucleocytoplasmic relationships since HAMMERLING perceived the characteristic structure of its thallus, a single giant uninucleate cell (1931), and observed the morphogenesis of an anucleate part of this cell (1932). Observation on the chromosomes were reported by SCHULZE in 1939. More recently, many cytological (PUISEUX-DAO 1966 1970), genetical (GREEN 1973), and biochemical (SPRING *et al.* 1974) studies have been conducted to elucidate the behavior of the nucleus during the *Acetabularia* life cycle. In 1979, KOOP reviewed what was known

and proposed a scheme for the behavior of its nucleus during the life cycle.

In the past few years, visual observation of the nuclear behavior of this alga has become possible using epifluorescent microscopy with 4'-6-diamidino-2-phenylindole (DAPI) staining (SHIHIRA-ISHIKAWA *et al.* 1982). This technique was extremely helpful for observing chromosome behavior in the primary nucleus (SHIHIRA-ISHIKAWA 1984) and for following the transitory morphology of the nuclei during the life cycle. For the present study in which nuclear behavior was to be observed throughout the life cycle, *Acetabularia calyculus* was chosen because its life cycle is much shorter than that of *A. mediterranea*, the species usually used for *Acetabularia* research (YAMAOKA-YANO 1980).

This work was supported by Grant-in-Aid for Scientific Research (No. 58540446) from the Ministry of Education, Science and Culture of Japan.

This is the first report of visual observation of *Acetabularia* nuclear behavior over its entire life cycle, which supports the hypothetical scheme summarized by KOOP. The correlation of the development with nuclear morphology and cell appearance was elucidated and the time required for the development under definite culture conditions was also clarified.

Material and Methods

Acetabularia calyculus (Fig. 1) was first collected from Notojima Island in Ishikawa Prefecture (SANO *et al.* 1981) in August 1980. Gametes liberated after collection were cleaned of other microorganisms, and the zygotes were cultured in the laboratory with PES*-supplied synthetic sea water** under 2,000 lux continuous illumination from a fluorescent lamp at 22°C. Zygotes germinated in a few days and caps were formed in 7 weeks after germination. Under these conditions, 10 weeks were allowed for one passage through the life cycle, but the rate of growth and differentiation could be controlled by varying the culture conditions.

The cells used in this study, descendants of several generations of cells growing in this laboratory, were cultured in MÜLLER's synthetic medium (MÜLLER 1962) at 22°C under fluorescent illumination of 2,000 lux for 12 hours a day.

The cells in each stage of the life cycle were put on a slide glass and glutaraldehyde-phosphate buffer (0.5% glutaraldehyde in 0.1 M phosphate buffer, pH 7.0) were dropped onto the slide. For young cells (A-F in Fig. 2), an equal amount of DAPI-staining solution (NISHIBAYASHI *et al.* 1980) with glutaraldehyde was added and a coverglass was placed on them and gently pressed. For the middle-aged cells (G-K in Fig. 2), the rhizoidal part of the cells was cut with Weckel's scissors under a dissecting

* Stock solution of PROVASOLI'S enriched sea water (PROVASOLI 1968).

** Synthetic sea water, "Jamarin", manufactured by Jamarin Laboratory, Osaka, Japan.

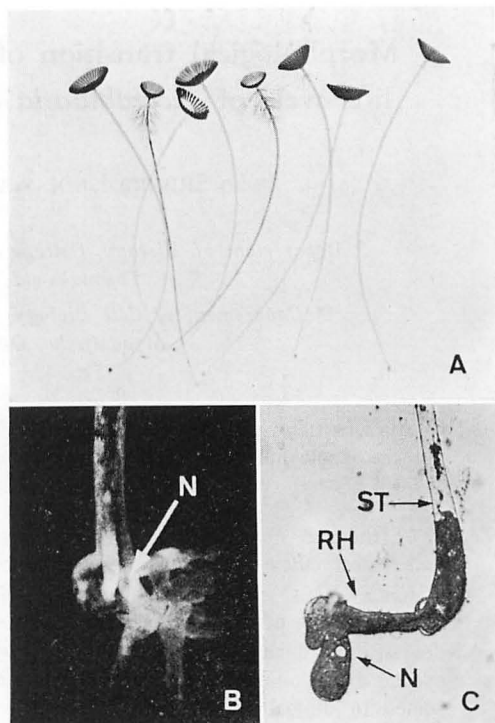


Fig. 1. A. Whole cells cultured in the synthetic medium. $\times 1.2$; B. Rhizoidal part of the cell. $\times 25$; C. Basal part of germling. $\times 100$; N: nucleus, ST: stalk, RH: rhizoid.

microscope and the giant primary nucleus was pushed out from the rhizoidal part. After isolation of the primary nucleus from the cytoplasm, DAPI-staining solution was added. In the later stages, cytoplasm including the nuclei was pushed out from the stalk, cap and cyst, and the DAPI-staining solution was added. The nuclei were observed with an Olympus BH2-RFK fluorescence microscope, equipped with a high-pressure mercury vapor lamp (HBO, 100W), a 340-nm excitation filter and a 420-nm suppression filter. Fluorescent micrographs were taken with Ektachrome ASA400 color positive films.

Results

The relationship between the time elapsed and the morphological variation of cell appearance is shown in Fig. 2. Gametes (A) being liberated from one cap conjugated at

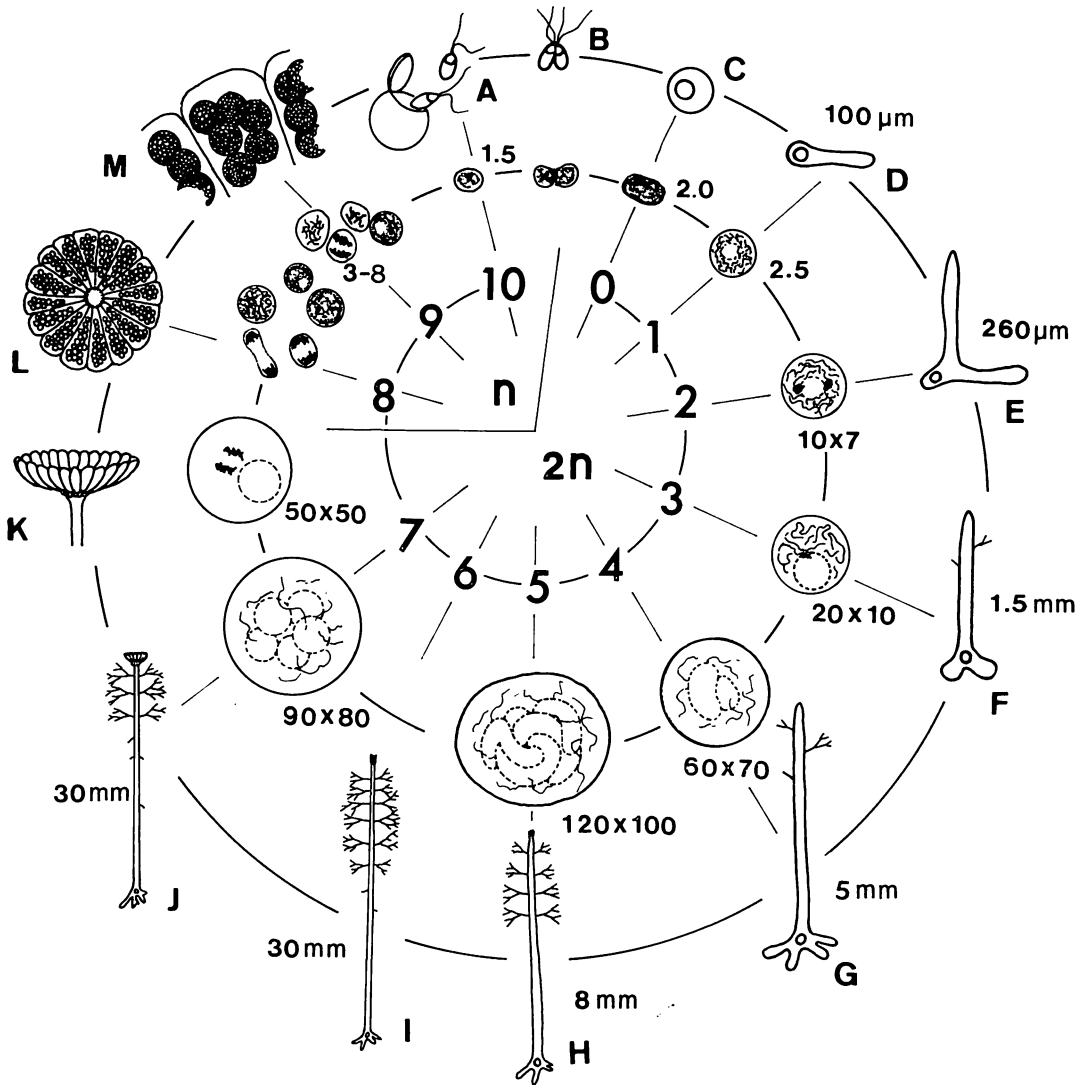


Fig. 2. Schematic presentation of the *Acetabularia calyculus* life cycle showing the correlation between the time of culture and morphological variation of the thallus (outer circle) and the nucleus (middle circle). Numbers of the inner circle indicate the number of weeks elapsed after zygote formation. Numbers of the middle circle show the nucleus size in μm .

a ratio of less than 10%. Fused gametes (B) were immediately transformed into a round immobile zygote (C). In a few days, the zygote started elongation and the cell length reached about $100 \mu\text{m}$ in a week (D), with the nucleus remaining in the original portion. When the germinant tube reached more than $200 \mu\text{m}$, a vertical branch appeared (E), which developed later into a stalk, while the original tube developed into a rhizoid

including a nucleus. The nucleus remained at the base of the rhizoid while the stalk and rhizoid grew and the whorls and a cap were formed (F-J). Whorl differentiation began at the 3rd week of development (F) and all whorls were shed after the initiation of cap formation (J). The cap reached maximum size in a week (K) and immediately after that numerous cysts were differentiated in the cap rays (L). Gametes were produced

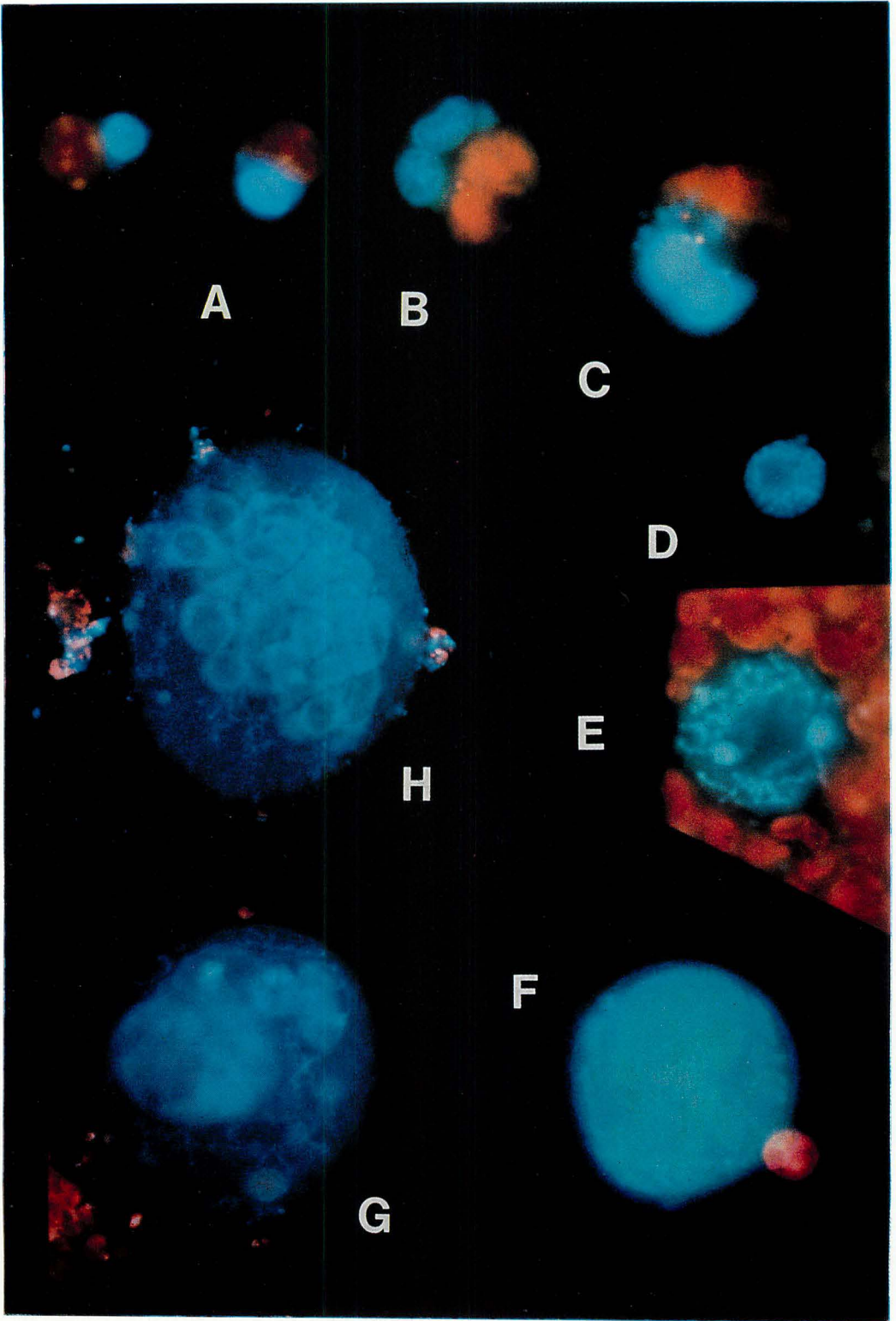


Fig. 3. Morphological transition of nuclei observed by epifluorescent microscopy with DAPI staining. See the explanatory diagram, Fig. 4.

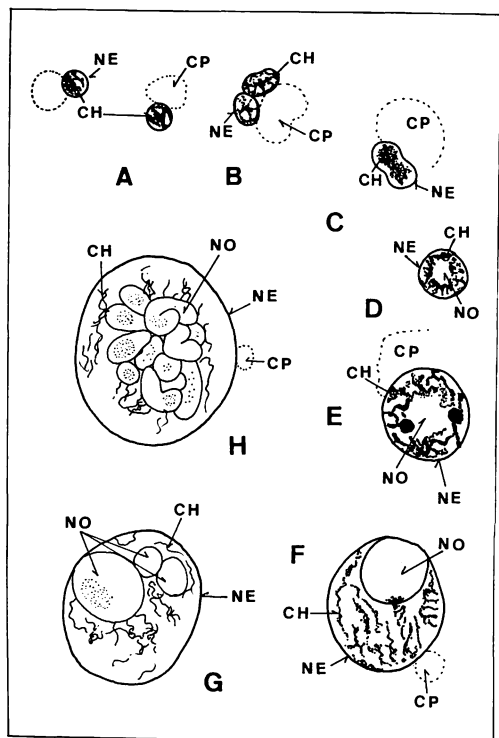


Fig. 4. Explanatory diagram of Fig. 3. A: Gamete with chromatin patches. $\times 5000$; B: Conjugated gametes. $\times 5000$; C: Zygote with a fused nucleus. $\times 5000$; D: Isolated nucleus with a clear center zone of 1-week-old germling. $\times 5000$; E: Nucleus of 2-week-old cell with DNA lumps. $\times 2500$; F: Nucleus with matrix accumulation in center zone of 3-week-old cell. $\times 2000$. G: Nucleus with developing nucleoli with thin chromonemata in nucleoplasm, 4-week-old cell. $\times 750$; H: Complete giant primary nucleus with sausage-shaped nucleoli and twining chromonemata, 5-week-old cell. $\times 500$; NE: nuclear envelope, NO: nucleolus, CH: chromatin or chromonema, CP: chloroplast; small spots are chloroplast nucleoids.

in the cysts (M) and were liberated through a circular opening one week after cyst formation (A).

Morphological changes of the nuclei observed with an epifluorescent microscope are shown in Figs. 3, 4, 5, 6, 7 and 8 while the correlation of the development with nuclear morphology and cell appearances is shown in Fig. 2.

A single nucleus, 2-3 μm in diameter, was located at the anterior portion of the cell and contained a chromatin structure (Fig.

3-A). No nucleolus could be identified. Nuclear fusion occurred after gamete fusion (Fig. 3-B) and the fused nuclei became elliptic (Fig. 3-C) at the time of zygote formation. In the nucleus of a 1-week-old cell, a chromatin-free center zone appeared and chromatin was located in the outer area (Fig. 3-D). The nucleus enlarged and the chromonemata became clearly visible. At the border of the center area appeared two fluorescent lumps which seemed to consist of amplified r-DNA produced by the nucleolar organizer (NOR) of the chromosomes (Fig. 3-E). The matrix accumulated in the clear zone and the DNA lumps decreased in size and finally disappeared (Fig. 3-F), suggesting that the r-DNA fibers had come loose from the packed structure of the lumps and spread out in the matrix. This r-DNA-containing matrix zone increased in volume and developed into a few blocks with enlargement of the nucleus (Fig. 3-G). Chromonemata became extremely difficult to detect because the nucleus volume increased by more than 10^6 times, though the DNA volume in the nucleus did not increase more than twofold. The nucleoli, the matrix zone containing developed r-DNA, assumed sausage-like shapes and frequently occupied more than 80% of the nucleoplasm (Fig. 3-H). Thin chromonemata twined about the nucleoli and spread out in the nucleoplasm (Fig. 3-H).

Seven weeks after the zygote stage, cap formation was initiated. The giant primary nucleus containing the sausage-shaped nucleoli remained for two weeks before cap formation. Soon after the initiation of cap formation, the nucleolus separated into numerous spherical units (Fig. 5-J-1), fusing with each other and finally becoming a single large spherical body (Fig. 5-J-2). Thin chromonemata (Fig. 5-J-1) became thicker (Fig. 5-J-2) and condensed on the surface of the nucleolus forming a lump. Fig. 5-J-3 shows the loosening of the thick chromosomes from the lump. The chromosomes became distributed in the nucleoplasm (Fig. 5-J-4) and became shorter in 24 hrs (Fig. 5-J-5). The peculiar chromosome shapes suggest the occurrence of chiasmata. The

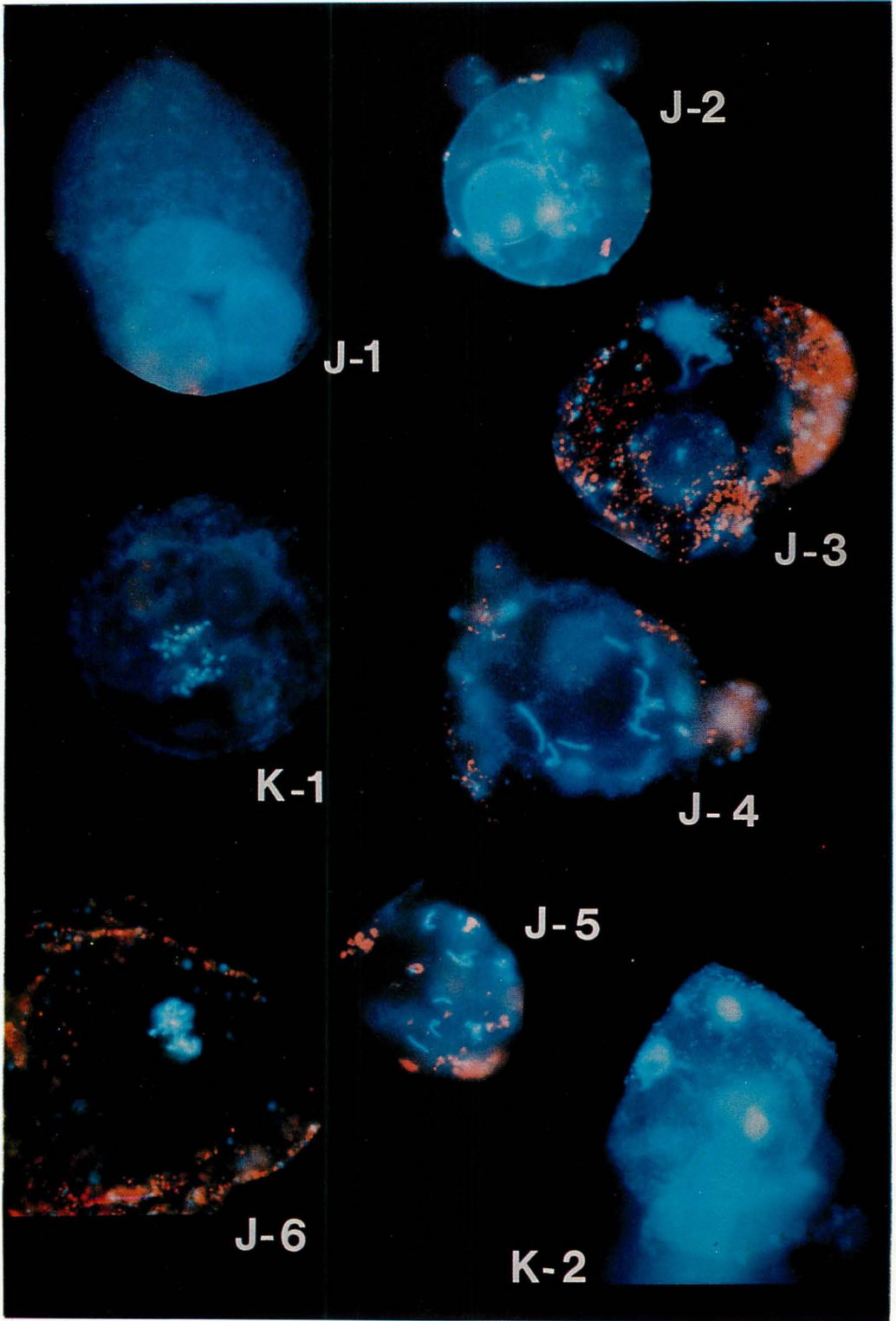


Fig. 5. Morphological transition of nuclei observed by epifluorescent microscopy with DAPI staining. See the explanatory diagram, Fig. 4.

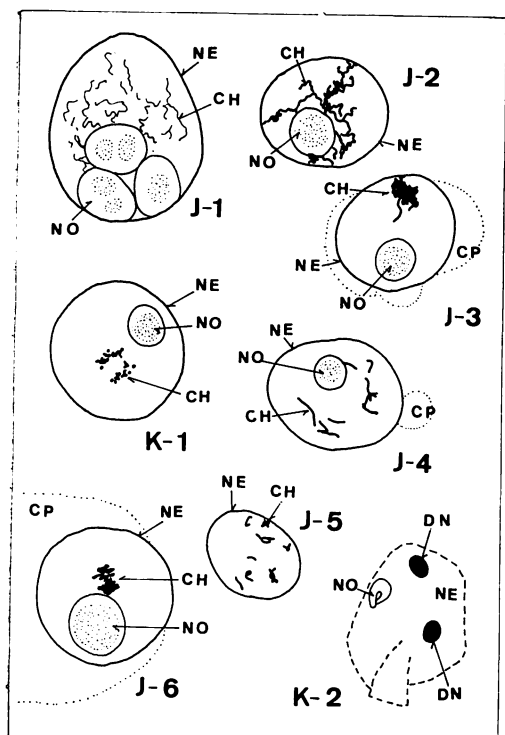


Fig. 6. Explanatory diagram of Fig. 5. Process of "meiotic division" of the primary nucleus. J-1: Nucleus 2 days after cap initiation, showing separate spherical nucleoli. $\times 500$; J-2: Nucleus 24 hrs after J-1 with a fused nucleolus and tangled, thicker chromosomes. $\times 450$; J-3: Chromosome lump loosened from surface of the spherical nucleolus, soon after J-2. $\times 500$; J-4: Thick chromosomes distributed in the nucleoplasm, 24 hrs after J-2. $\times 500$; J-5: Shortened chromosomes. $\times 480$; J-6: Chromosomes arranged at metaphase plate. $\times 750$; K-1: Chromosome segregation, 12 hrs after J-4. $\times 750$; K-2: Daughter nuclei and degenerated nucleus remaining on the broken envelope of the primary nucleus, immediately after nuclear division. $\times 1000$; NE: nuclear envelope, NO: nucleolus, CH: chromosome, CP: chloroplast; small spots are chloroplast nucleoids.

process from J-1 to J-5 is a prophase of "meiosis". Next, the chromosomes again assembled near the nucleolus and arranged themselves at the metaphase plate (Fig. 5-J-6). The chromosomes then became segregated and moved towards the poles (Fig. 5-K-1). Two daughter nuclei on the broken piece of nuclear envelope can be seen in Fig. 5-K-2. The nucleolus entirely

degenerated and became fixed on the broken envelope (Fig. 5-K-2). We seldom observed four daughter nuclei which would result from successive secondary meiotic division. At the nuclear stage of K, the cap size reached its maximum dimensions. Four days were allowed for the passage through the "meiotic division".

After "meiotic nuclear division" of the primary nucleus, numerous secondary nuclei were produced as a result of repeated mitotic division in the rhizoid and stalk, moving towards the caps (Fig. 7-L-1). These nuclei entered each cap ray and became arranged in the cytoplasmic layer located underneath the cell membrane leaving spaces between the nuclei. These nuclei stopped dividing for about a day and increased in size to $7-8 \mu\text{m}$ in diameter (Fig. 7-L-2). Several small nucleoli were detected in the surface area. The process of cyst formation observed under a dissecting microscope is shown in Fig. 9. Cytoplasm gathered around the nuclei and formed same-sized spherical cysts, originally including a nucleus in each. Cysts were formed within 48 hr after the first secondary nuclei production (Fig. 2). In the cysts, mitotic division of the secondary nuclei was again repeated (Fig. 7-M-1), increasing the number of nuclei (Fig. 7-M-2, M-3) until approximately one thousand gametes were produced in each cyst. In the prophase and metaphase of this mitosis, a single large nucleolus was observed, suggesting a considerable ribosomal production in the gametogenesis.

Discussion

Chromosome behavior in the primary nuclei of *Acetabularia* had remained unknown for more than 40 years since Hämmerling's discovery of the special characteristics of the nuclei. Recently, some observations have been made using phase-contrast and electron microscopy by SPRING *et al.* (1974 1975 1978), KOOP (1979) and ТИХОМИРОВА (1979). Lampbrush-like chromosomes, spindles and the nucleolar structure have been reported, but

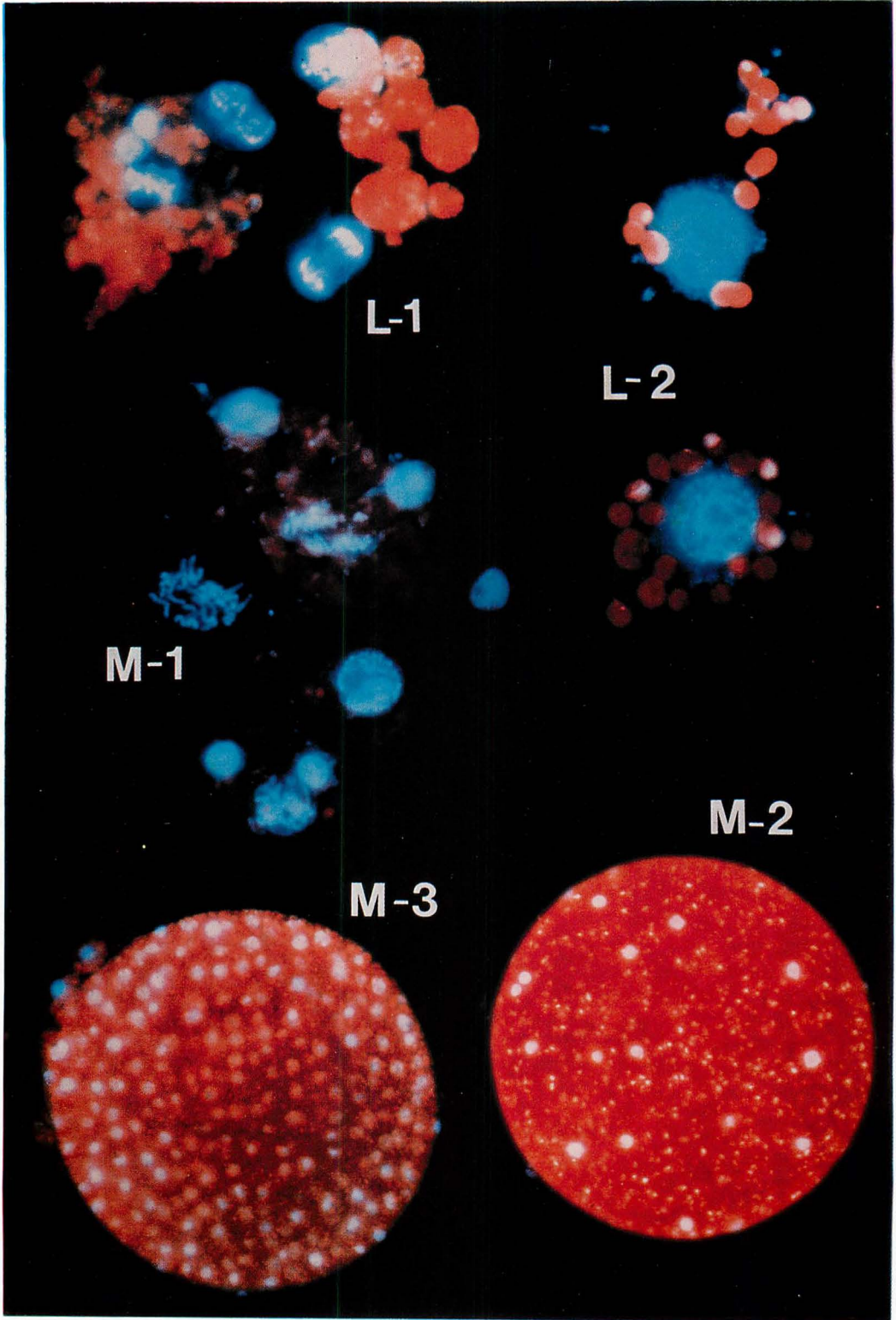


Fig. 7. Morphology of secondary nuclei observed by epifluorescent microscopy with DAPI staining. See the explanatory diagram, Fig. 8.

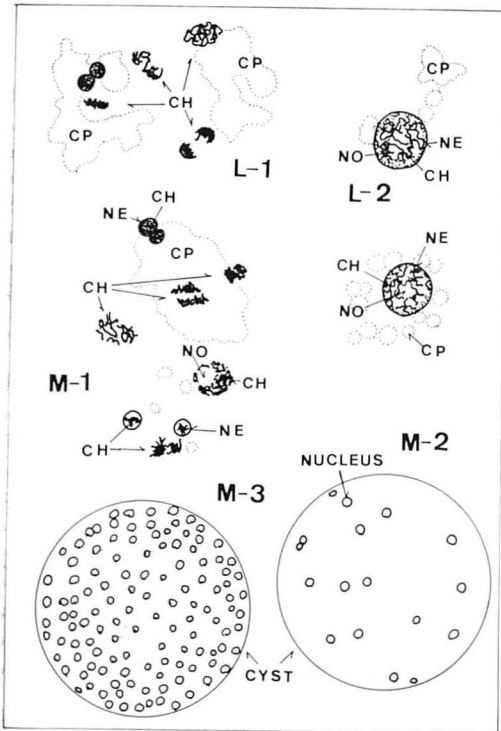


Fig. 8. Explanatory diagram of Fig. 7. L-1: Secondary nuclei in the rhizoid, dividing in mitosis, immediately after K-2. $\times 1600$; L-2: Secondary nuclei in the caps, after translocation from rhizoid to caps. Mitotic division slowed down and the nuclei stopped movement. Cyst formation began 24 hrs after the end of "meiotic division". $\times 1600$; M-1: Mitotic division of secondary nuclei in the cyst in gametogenesis. $\times 1600$; M-2: Young cyst containing some nuclei resulting from repeated mitotic division in the cyst. $\times 200$; M-3: Numerous nuclei in a cyst in which the cytoplasm was later transformed into gametes including a nucleus. Gametes were released from the cysts 7 weeks after cyst formation. $\times 200$; NE: nuclear envelope, NO: nucleolus, CH: chromosome or chromatin, CP: chloroplast; small spots are chloroplast nucleoids.

the consecutive behavior of the chromosomes had not been observed. This paper presents the transition of the chromosomal and nucleolar appearance during the life cycle of *Acetabularia calyculus*. Structural details will be reported in other papers. Chromosome behavior in "meiotic division" in a primary nucleus has been reported (SHIHIRA-ISHIKAWA 1984), but the period of DNA

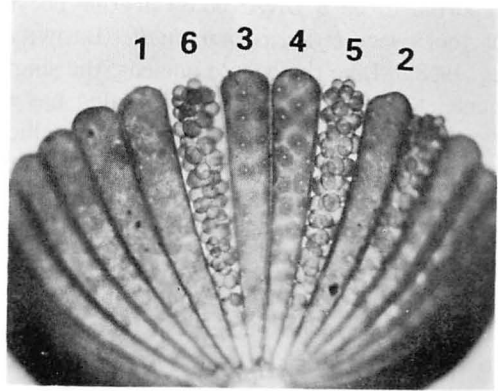


Fig. 9. Cyst formation in cap rays. $\times 20$. Cyst formation occurred non-synchronously and was completed in all of the cap rays in a cap in 12 hrs. Each ray shows a stage in the course of cyst formation. Numbers indicate the order of the progress. White spots seen in 2, 3 and 4 are nuclei.

duplication and initiation of "meiosis" had not been elucidated.

The primary nucleus of *Acetabularia* had been suspected to be polyploid (PUISEUX-DAO 1970). Recently, quantitative analysis of the DNA content in the nucleus confirmed that the DNA volume in the primary nuclei was double that in the gametes. During "meiotic division", the approximate number of chromosomes could be counted in the primary nucleus, suggesting around 20 as a haploid, which corresponded with Yabu's results (1981) on the gametogenesis. Such a small volume of chromosomal DNA in the giant primary nucleus had posed a problem to detection by microscopy. This difficulty could be overcome by epifluorescent microscopy using DAPI staining which made thin chromonemata in the primary nucleus twining round the nucleolar structure become clearly visible.

The development of the nucleolus was observed for the first time with this alga. The lumps of DNA in the nuclei of young *Acetabularia* cells are presumed to be accumulations of r-DNA which were formed by the nucleolar organizers of the chromosomes due to excess amplification of r-DNA cistrons, as has been found in some animal oocytes (BROWN 1967). A lump of r-DNA has been

reported to be a DNA body in the oocyte of the insect *Dytiscus marginalis* (BROWN *et al.* 1968). Like the oocyte nucleus, the single nucleus in a young cell of this alga has to synthesize a large amount of ribosomes which will be required in later stages of development. *Acetabularia* is an unusual alga with a diploid phase under the regulation of a single nucleus, although its cell size is much larger than those of other unicellular algae. The increase of its nuclear size corresponds to the development of the nucleolus which results in an increase in ribosome productivity. Small DNA-containing particles, 2-3 μm in diameter, were observed in young cells beside a primary nucleus (SHIHIRA-ISHIKAWA *et al.* 1982). They may be some DNA parts which had been amplified from nuclear DNA and emitted through nuclear pores like spherules (BOLOUKHERE 1970). They may support the role of the nucleolus in extranuclear protein synthesis to construct and maintain such a huge cell, like the karyosome discussed by BARLOW (1983) in seedlings of higher plants. The degeneration of the nucleolus and the occurrence of "meiotic division" may correspond to cessation of the nucleolar activity in the primary nucleus.

A single nucleolus can be clearly identified in each of the secondary nucleus soon after "meiosis", while in a cap ray, each nucleus contains several small nucleoli. In the cyst, each prophase nucleus contains a large, distinct nucleolus and some have fluorescent lumps like those in the young primary nucleus. Thus, protein syntheses seem to occur actively in cysts independent of those derived from the primary nucleus.

This study enabled identification of the period of active r-RNA production from changes in the nucleolus appearance. However, when and how m-RNA is produced remains for elucidation by further study.

References

- BARLOW, P. W. 1983. Nucleolus-associated bodies (Karyosomes) in dividing and differentiating plant cells. *Protoplasma* 115: 1-10.
- BOLOUKHERE, M. 1970. Ultrastructure of *Acetabularia mediterranea* in the course of formation of the secondary nuclei. p. 145-175. In J. BRACHET and S. BONOTTO (ed.) *Biology of Acetabularia*. Academic Press, N.Y., London.
- BROWN, D. D. 1967. The genes for ribosomal RNA and their transcription during amphibian development. p. 48-75. In *Current topics Develop. Biol.* ed. 2. Academic Press., New York.
- BROWN, D. D. and DAWID, J. B. 1968. Specific gene amplification in oocytes. *Science* 160: 272-280.
- GREEN, B. R. 1973. Evidence for the occurrence of meiosis before cyst formation in *Acetabularia mediterranea* (Chlorophyceae, Siphonales). *Phycologia* 12: (3/4) 233-235.
- HÄMMERLING, J. 1931. Entwicklung und Formbildungsvermögen von *Acetabularia mediterranea*. *Biol. Zbl.* 51: 633-647.
- HÄMMERLING, J. 1932. Entwicklung und Formbildungsvermögen von *Acetabularia mediterranea* II. Das Formbildungsvermögen kernhaltigen und kernlosen Teilstücke. *Biol. Zbl.* 52, 42-61.
- KOOP, H.-U. 1979. The life cycle of *Acetabularia* (*Dasycladales, Chlorophyceae*): A compilation of evidence for meiosis in the primary nucleus. *Protoplasma* 100: 353-366.
- MÜLLER, M. 1962. Über Jahres- und Lunarperiodische Erscheinungen bei einigen Braunalgen. *Botanica Marina* 4: 140-155.
- NISHIBAYASHI, S. and KUROIWA, T. 1982. Behavior of leucoplast nucleoids in the epidermal cell of onion (*Allium cepa*) bulb. *Protoplasma* 110: 177-184.
- PUISEUX-DAO, S. 1966. The nucleus of the Siphonales and Siphonocladales. p. 52-77. In M. B. E. GODWARD (ed.) *The chromosomes of the algae*. Edward Arnold Publishers, Ltd.
- PEUISEUX-DAO, S. 1970. *Acetabularia* and cell biology. Logos Press Limited. London. pp. 162.
- PROVASOLI, L. 1968. 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. US-Japan Conference Hakone, Sept. 1966, Jap. Soc. Plant Physiol.
- SANO, O., IKEMORI, M. and ARASAKI, S. 1981. Distribution and ecology of *Acetabularia calyculus* along the coast of Noto Peninsula. *Jap. J. Phycol.* 29: 31-38.
- SHIHIRA-ISHIKAWA, I., NISHIBAYASHI, S. and KUROIWA, T. 1982. Nucleus-like particles in

- young cells of *Acetabularia calyculus*. First Int. Phycol. Congress, New Foundland, Canada. Abstract, a45.
- SHIHIRA-ISHIKAWA, I. 1984. Chromosome behavior in the primary nucleus of *Acetabularia calyculus* as revealed by epifluorescent microscopy. *Protoplasma*, in press.
- SCHULZE, K. L. 1939. Cytologische Untersuchungen an *Acetabularia mediterranea* und *Acetabularia wettsteinii*. *Arch. Protistenk.* 92: 179-225.
- SPRING, H., TRENDELENBURG, M. F., SCHEER, U., FRANKE, W. W. and HERTH, W. 1974. Structural and biochemical studies of the primary nucleus of two green algal species, *Acetabularia mediterranea* and *Acetabularia major*. *Cytobiologie* 10: 1-65.
- SPRING, H., SCHEER, U., FRANKE, W. W. and TRENDELENBURG, F. 1975. Lampbrush-type chromosomes in the primary nucleus of the green alga *Acetabularia mediterranea*. *Chromosoma (Berl.)* 50: 25-43.
- SPRING, H., GRIERSON, D., HEMLEBEN, V., STÖHR, M., KROHNE, G., STADLER, J. and FRANKE, W. W. 1978. DNA contents and numbers of nuclei and pre-rRNA-genes in nuclei of gametes and vegetative cells of *Acetabularia mediterranea*. *Expl. Cell. Res.* 114: 203-215.
- TIKHOMIROVA, L. A., ZUBAREV, T. N., SALAMAKHA, O. W. and BETINA, M. I. 1979. The ultrastructure of nucleus and the perinuclear zone during cell development in *Acetabularia*. p. 103-113. In S. BONOTTO, V. KEFELI and S. PUISEUX-DAO (ed.) *Developmental biology of Acetabularia*. Elsevier/North-Holland Biomedical Press.
- YABU, H. and SHIHIRA-ISHIKAWA, I. 1981. A long chromosome in the cyst of *Acetabularia ruykyuensis* OKAMURA et YAMADA. *Jap. J. Phycol.* 29: 256-261.
- YAMAOKA-YANO, D. M. 1980. Culture of *Acetabularia calyculus* and regulation of morphogenesis. Master's thesis, Osaka University.

石川依久子*・黒岩常祥**：ホソエガサ (*Acetabularia calyculus*) の生活環における核形態の変遷

巨大単細胞緑藻ホソエガサの成長と分化に対応する核の行動を DAPI 染色による DNA の蛍光で観察した。合成海水、2000 lux 照射 22°C の室内単藻培養で数世代を経過した藻体を用いた。一次核は発芽後 4 週間で最大 (直径 100 μm) となりカサ形成時に減数分裂をおこなって二次核に分化した。一次核内の染色体の挙動および核小体 (仁) の発達退化過程がはじめて可視的にとらえられた。核小体の発達に先駆けて発芽体の核内に DNA 塊が一時的に出現した。これは昆虫の卵細胞で報告されている DNA body と同様にリボソームの DNA 一時的大量増ではないかと考えられる。二次核は有糸分裂をくり返してカサに移動しシストを形成し、更にその中に多数の配偶子を形成するが有糸分裂の前期中期の核にはかならず明瞭な核小体の発達がみられた。シストははじめ一個の二次核を中心として形成されるが、シスト形成のためにカサ内で静止した二次核は、分散した数ヶの核小体をもっていた。(*豊中市侍兼山 1-1 大阪大学教養部生物学教室 **岡崎市明大寺町基礎生物学研究所)

タイ国のアマノリ類 III. *Porphyra vietnamensis* TANAKA et P.-H. HO
の新産地およびアンダマン海スリン島で採集された
アマノリ標本の形態学的観察

小河久朗*・K. リュマノモン**

* 東北大学農学部水産学科 (980 仙台市提通雨宮町 1-1)

** カセサート大学水産学部 (10900 バンコック市バンケン)

OGAWA, H. and LEWMANOMONT, K. 1984. The *Porphyra* of Thailand III. A new record of *Porphyra vietnamensis* TANAKA et P.-H. Ho and morphological observations on the specimen of *Porphyra* sp. collected from Surin Islands, Andaman Sea. Jap. J. Phycol. 32: 158-161.

Surveys on the distribution of *Porphyra* in Thailand were done on the east and west coast of the Gulf of Thailand and Phuket Island, the Andaman Sea from December 1982 to April 1983. Through the surveys, plants of *Porphyra* could not be found at the east coast of the Gulf of Thailand and Phuket Island. However, *P. vietnamensis* was newly found at Hua Hin on the west coast of the Gulf of Thailand.

The specimen of *Porphyra* sp. collected from Surin Islands, the Andaman Sea by CHRISTENSEN and WIUM-ANDERSEN preserved at Phuket Marine Biological Center was observed morphologically. It was monostromatic, but the features of its vegetative and rhizoidal cells were different from those of the vegetative and rhizoidal cells of *Porphyra*. It was made certain this specimen differs from the genus *Porphyra*.

Key Index Words: distribution; Thailand; *Porphyra vietnamensis*; *Rhodophyta*. Hisao Ogawa, Department of Fishery Science, Faculty of Agriculture, Tohoku University, Sendai, 980 Japan; Khanjanapaj Lewmanomont, Faculty of Fisheries, Kasetsart University, Bangkok, Bangkok, 10900 Thailand.

タイ国のアマノリ類に関してはアンダマン海側の Surin 島で *Porphyra* sp. が (CHRISTENSEN and WIUM-ANDERSEN 1977), Prachuap Khiri Khan から南にかけてのタイ湾西岸に *P. vietnamensis* が (小河・リュマノモン 1979), それぞれ採取されている。標本は無いものの、アンダマン海側の Pang-nga や Phuket 島周辺でもアマノリ類が生育しているとの報告もある (LEWMANOMONT and OGAWA 1979)。しかし、これら以外の地域からアマノリ類に関する報告は見当たらない。

我々は現在までアマノリ類の生育が報告されていないタイ湾東海岸, Prachuap Khiri Khan 以北の同湾西海岸, そしてアマノリ類が生育している可能性のある Phuket 島周辺に重点を置いて, 1982年12月から1983年4月にかけてその生育調査を行なった。また既に *P. vietnamensis* の生育が報告されている Prachuap Khiri Khan 以南のタイ湾西海岸についても生育を再

確認するために調査を行なった。

CHRISTENSEN と WIUM-ANDERSEN (1977) は Surin 島で採れた藻体を *Porphyra* sp. として採集記載しているものの, その形態学的観察は行っていない。このため彼らがこれを *Porphyra* sp. とした根拠が不明である。そこで, この点を明らかにすべくブーケット海洋生物学センターに保存されている標本について形態学的観察を試みた。これらの調査および観察結果から若干の新しい知見が得られたのでここに報告する。

調査地点および方法

今回, 我々が調査した地点およびアンダマン海側でアマノリ類に関して報告のあった地点を Fig. 1 に示してある。タイ湾東海岸では Satahip, Si Racha, Ban Seng の3地点を1982年12月から1983年4月にかけて



Fig. 1. Map showing the collection sites (1-12) on the coast of the Gulf of Thailand and Andaman Sea side. 1. Satahip, 2. Si Racha, 3. Ban Seng, 4. Hua Hin, 5. Prachuap Khiri Khan, 6. Gao Seng, 7. Pattani, 8. Ban Panare, 9. Pathong, 10. Ao Nam Bo, 11. Pang-nga, 12. Surin Islands.

毎月2回、同湾西海岸では Gao Seng, Pattani, Ban Panare の3地点を1982年12月11, 12日, 1983年1月22~25日, 2月3~5日に、そして Hua Hin, Prachuap Khiri Khan の2地点は1983年2月17~20日, 4月15, 16日にかけてそれぞれアマノリ類の生育調査を行なった。Phuket 島では Pathong, Ao Nam Bo の2地点を1982年12月13~18日, 1983年4月8~11日にかけて生育調査を行なった。本島での生育調査時にブーケット海洋生物学センターに保存されている *Porphyra* sp. と査定された標本 (PMBC 002, Ko Surin, B. CHRISTENSEN and S. WIUM-ANDERSEN, April 13, 1976) について再査定を行なった。

我々による生育調査以外にソクラー沿岸養殖研究所、ブーケット海洋生物学センターの職員に依頼し、水産関係者からのアマノリ類の生育等についての聞き取り調査を行ない、調査の不足を補うよう努めた。

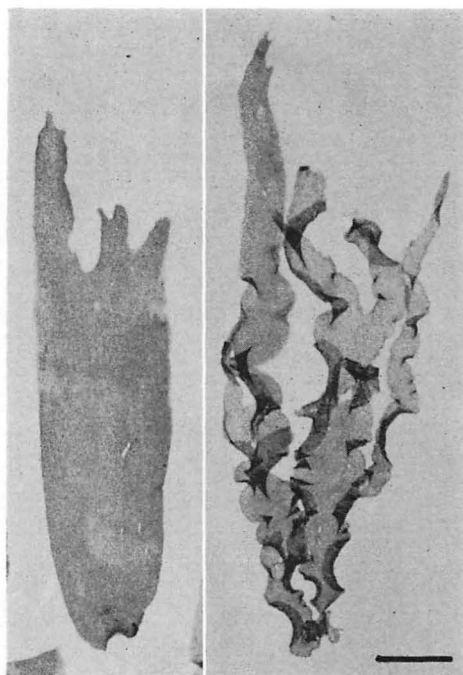


Fig. 2. *Porphyra vietnamensis* TANAKA et P.-H. HO. Matured thalli collected from Hua Hin, Thailand on February 18, 1983 (scale=1 cm).

結 果

タイ湾東海岸 Satahip, Si Racha, Ban Seng の調査では調査期間を通してアマノリ葉体を見つけることはできなかった。同湾西海岸の Gao Seng, Pattani, Ban Panare では1982年12月の調査時に *Porphyra vietnamensis* の生育することが確認でき、1983年1, 2月にはその成熟葉体を採取することができた。聞き取り調査ではこれら地点でのアマノリ葉体は3月に入って消失していた。Hua Hin, Prachuap Khiri Khan では1983年2月の調査で成熟した *P. vietnamensis* の葉体が採取できた (Fig. 2)。両地点とも4月の調査では葉体はみられなかった。Phuket 島の Pathong, Ao Nam Bo での1982年12月, 1983年4月の調査ではアマノリ葉体を見つけることはできなかった。聞き取り調査でもアマノリ葉体の生育に関する情報は得られなかった。

ブーケット海洋生物学センターに保存されている *Porphyra* sp. 標本について外部形態、体構造について観察した。標本はアルコール系の液体に浸けられており、脱色していた。標本は長さ約2 cm, 幅0.5 cm あった (Fig. 3-1)。葉体縁辺は全縁で (Fig. 3-2)、体は一層の細胞からなり、1個の色素体が細胞にみられ

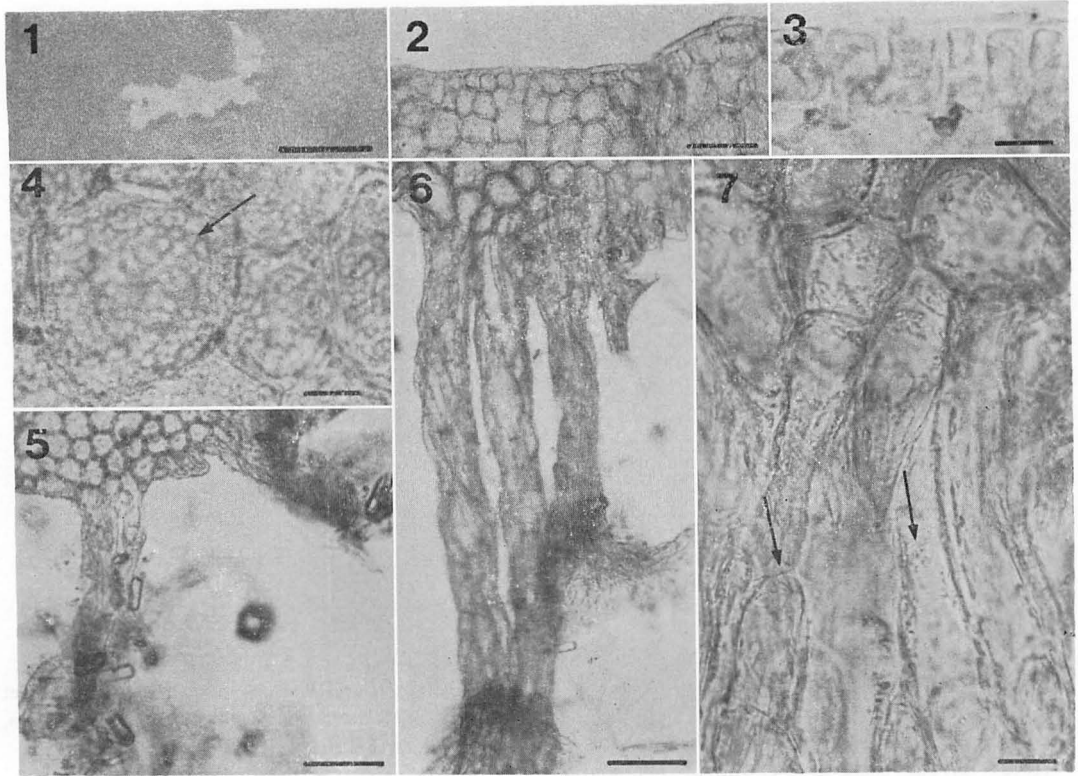


Fig. 3. Photograph and microphotographs of the specimen preserved at Phuket Marine Biological Center (PMBC 002). 1. Bleached specimen; 2. Entire marginal part in surface view; 3. Cross section showing one layer of cells; 4. Vegetative cells in surface view, arrow showing granules; 5 and 6. Holdfasts; 7. Rhizoidal cells, arrows showing the granules and septum (scale in 1=1 cm, scale in 2=50 μm , scales in 3, 4 and 7=10 μm , scales in 5 and 6=100 μm).

た。葉体の厚さは20~30 μm あった (Fig. 3-3)。標本は未成熟で生殖細胞はみられなかった。栄養細胞には液胞がなく、小顆粒が多数みられた (Fig. 3-4)。仮根は葉体の3ヶ所にみられ、根様糸細胞が縞り合っていて束になっていた。その先端は刷毛状であった (Figs. 3~5, 6)。根様糸細胞は葉体の最外縁部の細胞が形態変化をしてきていた。しかし、その内側の細胞には形態変化は認められなかった。根様糸細胞内には小顆粒が散在しており、隔壁もみられた (Fig. 3-7)。

考 察

今回のアマノリ類の生育調査でタイ湾西海岸の Prachuap Khiri Khan, Gao Seng, Pattani, Ban Panare から *P. vietnamensis* の葉体が採取でき、これら地域でのアマノリ類の生育が確認できた。この結果は小河・リュマノモン (1979) の報告と同じであった。Prachuap Khiri Khan よりも北へ約90 km ほどのと

ころにある Hua Hin で *P. vietnamensis* の成熟葉体を初めて採取することができた。これは当地域でのアマノリ類の生育に関する最初の確認である。タイ湾東海岸の Satahip から Ban Seng にかけての海岸では小河・リュマノモン (1979) の報告にあるように、今回の調査でもアマノリ類の生育を確認することができなかった。またアンダマン海側の Pang-nga, Phuket 島周辺にアマノリ類の生育するとの報告 (LEWMANOMONT and OGAWA 1979) があるが、我々および聞き取り調査からではこの地域でのアマノリ類の生育を確認するには至らなかった。

これらの結果から *P. vietnamensis* はタイ国の沿岸ではタイ湾西岸の Hua Hin から南にかけての海岸にかけて生育が確認されているものの、それ以外の同国沿岸からはその生育が報告されていない。とくにタイ湾東海岸では今回の調査でもアマノリ類の生育を確認することはできなかった。この調査で初めて *P. vietnamensis* のみつかった Hua Hin と東海岸の

Satahip, Ban Seng との地理的, 気候的条件について考えてみると, 両地域は距離的には 100 km ほど離れているだけであり, またほぼ同緯度にある。タイ湾内の潮流の動きは乾季(2月), 雨季(8月)とも同湾西海岸から湾奥部, 東海岸にかけての時計方向の流れが卓越している(LAFOND 1966)。この潮流は西海岸に生育している *P. vietnamensis* の分布に大きな影響をおよぼしていることが考えられる。これら気候的, 地理的条件からしてもタイ湾西海岸のみならず同湾東海岸域にもアマノリ類が十分に生育していると思われる。

ブーケット海洋生物学センターに保存されている *Porphyra* sp. と査定された標本の形態学的特徴を殖田(1932), 黒木(1971)らによるアマノリ類の分類特徴を基に比較観察した。この標本は液浸標本であるため脱色していた。また標本自体が小さく, 未成熟な葉体であった。このため, この標本からはアマノリ類の査定の際に欠くことのできない特徴である生殖細胞のできかた, 構造, 色調等は確かめることができなかった。体形を判断することは困難だった。栄養細胞ではアマノリ類の栄養細胞に特有の液胞が見当たらなかった。しかしアオサ目植物の栄養細胞でよくみられる小顆粒状の物体が標本の栄養細胞内に多数みられた。仮根についてみるとアマノリ類には仮根は1ヶ所あり, 複数あることはない。しかしこの標本には仮根が3ヶ所に作られていた。仮根を形成している根様糸細胞はこの標本では葉体の最外縁部の細胞のみが形態変化してきており, その数も少ない。アマノリ類の場合, 根様糸細胞は最外縁部だけでなく, その内側に位置する細胞も形態変化してきており, 数も多い。またこの標本の根様糸細胞内には小顆粒と隔壁がみられたが, アマノリ類の根様糸細胞は一般に透明で隔壁もない。

これらの特徴から, この標本は一層の細胞列からできてはいたものの, アマノリ類としての分類特徴は殆んどなく, むしろアオサ目植物に特有な特徴をより多く持っていることがわかった。したがってこの標本をアマノリ属に置き, *Porphyra* sp. とした CHRISTENSEN と WIUM-ANDERSEN の考えには難点があ

る。マレー半島周辺海域にはヒトエグサ属の生育することが知られている(WEBER VAN BOSSE 1913)。今後これらの点も考慮して Surin, Phuket 島を中心とした水域を含め, アンダマン海側のアマノリ類の生育調査を行なう必要があろう。

今回の我々の調査ではタイ湾東海岸およびアンダマン海側でアマノリ類の生育を確認するには至らなかったが, これら地域ではアマノリ類が生育している可能性が十分に考えられる。今後, 時期, 場所などに検討を加え, これら地域でのアマノリ類の生育調査を行ない, 熱帯域におけるアマノリ類に関する知見を増やして行きたい。

終りに採集, 聞き取り調査に御協力いただいたソクラー沿岸養殖研究所, ブーケット海洋生物学センターの各位, 標本の査定を快く許されたブーケット海洋生物学センター長, ウルバン氏に厚く御礼申しあげます。本調査は日本学術振興会の援助の下に行なわれたものであり, 同会に対して感謝いたします。

引用文献

- CHRISTENSEN, B. and WIUM-ANDERSEN, S. 1977. Mangrove plants, sea grass and benthic algae at Surin Islands, west coast of Thailand. Phuket Mar. Biol. Cent., Phuket, Thailand. Res. Bull. 14: 1-5.
- 黒木宗尚 1971. ノリの生物学的研究 p. 1-84. 今井丈夫(監) 浅海完全養殖. 恒星社厚生閣, 東京.
- LAFOND, E. C. 1966. South China Sea. p. 829-836. In R. W. FAIRBRIDGE (ed.) The Encyclopedia of Oceanography. Reinhold Pub. Corp., N. Y.
- LEWMANOMONT, K. and OGAWA, H. 1979. Study on the life cycle of *Porphyra* of Thailand. Report to the NRCT. 22 pp. 7 pls. (in Thai).
- 小河久朗・K. リュマノモン 1979. タイ国のアマノリ類 II. *Porphyra vietnamensis* TANAKA et P.-H. HO の分布および生育時期. 藻類 27: 95-98.
- 殖田三郎 1932. 日本産アマノリ属の分類学的研究. 水講研究報告, 28: 1-45, 24 図版.
- WEBER VAN BOSSE, A. 1913. Liste des Algues du Siboga I. Siboga-Expeditie, 59(a): 46-186, 5 pls.

エゾヤハズの放出四分胞子母細胞の発生について

大森長朗・橋田順子

山陽学園短期大学 (703 岡山市平井1丁目 14-1)

OHMORI, T. and HASHIDA, J. 1984. On the germination of liberated tetraspore mother cell in *Dictyopteris divaricata*. Jap. J. Phycol. 32: 162-166.

There were two types of germination of liberated tetraspore mother cells in *Dictyopteris divaricata*. In one case, they gave rise to a primary rhizoid and then segmentations of the body took place irregularly. In another case, after they divided into several cells, rhizoids originated from one or more of the peripheral cells of the body. After 4 days culture, many liberated tetraspore mother cells produced 2~5 erect shoots.

When cultured under continuous unilateral illumination, liberated tetraspore mother cells which had a rhizoid developed it away from the light source. In about half of the liberated tetraspore mother cells, which had two rhizoids, both of them were developed away from the light source. In another half two rhizoids originated from the opposite poles of the body at the right angles to the direction of the incident light.

Key Index Words: *Dictyopteris divaricata*; erect shoot; germination; liberated tetraspore mother cell; rhizoid.

Takeo Ohmori and Junko Hashida, Sanyo Gakuen Junior College, Hirai, Okayama, 703 Japan.

アマジグサ科の植物の四分胞子母細胞が四分胞子に成熟することなく未成熟なままで放出され、これが発生することはいくらかの種で報告されている(熊谷・猪野 1964, 西林・猪野 1959, REINKE 1878, ROBINSON 1932, WILLIAMS 1904)。エゾヤハズ (*Dictyopteris divaricata*) の四分胞子の発芽のようすについては、INOH (1936) および西林・猪野 (1959) が詳しく記述しているが、放出四分胞子母細胞の発芽については報告されていない。本研究ではエゾヤハズの放出四分胞子母細胞を培養しその発生を観察したところ、四分胞子の場合とはいくらか異なる発生のようすが観察されたのでその結果を報告する。

材料と方法

本研究では1981年6月1日および1983年6月23日に岡山県玉野市渋川において採集されたエゾヤハズ (*Dictyopteris divaricata*) を用いた。採集後藻体を一晩暗所に放置し、翌日濾過海水を満した大型シャーレに2時間浸して胞子を放出させた。放出された胞子の大きさには大きなばらつきが見られたので、オープニング 110×130 μ のナイロンメッシュを用いて、大きい胞子(放出四分胞子母細胞)と小さい胞子(四

分胞子)を選別した。これらをそれぞれ別々に濾過海水で培養し、発生を観察した。培養は小型シャーレ(径6cm)を使用し、濾過海水は各シャーレに7mlずつ入れた。濾過海水は一週間毎に交換した。光は自然光で培養温度は $17.5 \pm 0.5^\circ\text{C}$ であった。

観 察

放出された胞子の大きさ: 放出された胞子は球形で、その直径は約70~145 μ と非常に変異に富んでいた。Fig. 1はこの胞子の大きさをヒストグラムに表わしたものである。この図から、放出された胞子は105 μ ぐらいを境として、それより小さいものと大きいものの2群から成り立っていると考えられる。葉状体上にある成熟間近の四分胞子母細胞の大きさは100~125 μ であったので、直径約65~105 μ の小さい胞子が四分胞子であり、約105~145 μ の大きいものは四分胞子母細胞が四分胞子にまで成熟することなく、未成熟のまま藻体から放出されたものと思われる。

以後の実験では、オープニング 110×130 μ のナイロンメッシュを用いて四分胞子と放出四分胞子母細胞を選り分け、これを別々に培養して発生を観察した。

四分胞子の発生: 放出された四分胞子は培養後17時

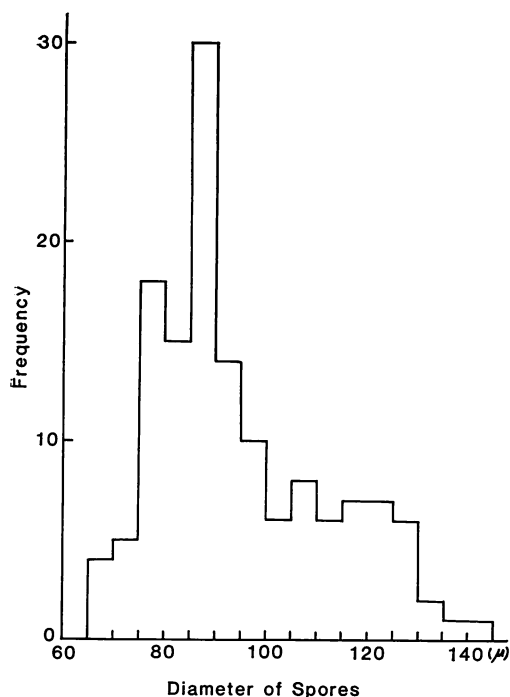


Fig. 1. Histogram showing the variation of the size of liberated spores in *Dictyopteris divari-cata*.

間ぐらいで反光源側にふくらみを生じ始めた。このふくらみは生長して仮根に発達する。培養後2日ぐらいに仮根の伸出方向と直角に第一分割壁がやや仮根よりの所に形成された。次に伸長してきた仮根を切り出すように、その根元近くに第二分割壁が入った。第三分割壁は第一、第二分割壁と平行に胞子の部分を二分するように形成されるが、稀に第一分割壁に対し垂直に形成される場合もあった。培養後4日ぐらいになると、胞子の部分は数細胞に分かれ、その頂端部から細胞の内容が濃密な突起を出し始めた。突起は隔膜で胞子の部分とし切られた後、横裂をくり返して円筒状の直立苗 (erect shoot) に生長した。erect shoot は2~5細胞に分裂した後、その基部の細胞から縦裂がおこり、これが順次、頂端の細胞へと進み、ついに頂端の細胞も縦に二分されるようになる。その後 erect shoot は縦横に分裂を繰り返す、先端の縁辺部に数細胞が並ぶようになると、これらが生長点細胞となり、幅のある葉状体を形成していった。培養後13日ぐらいになると、二次仮根を伸出してくるものや、大きくなった erect shoot から色素体のない毛を生ずるものがあった。

放出四分胞子母細胞の発生：四分胞子に成熟することなく、葉体から放出された四分胞子母細胞はほぼ球

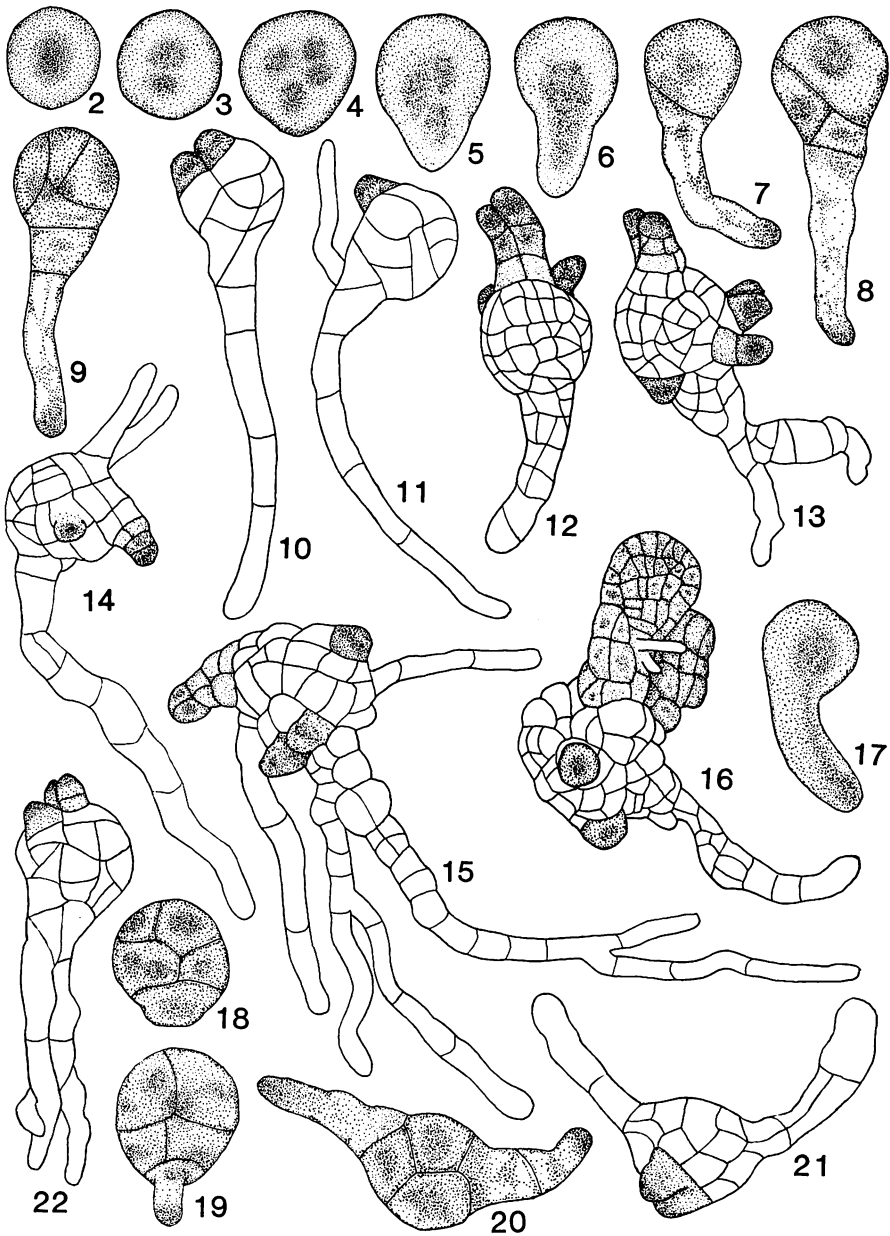
形で、その中央部には色素体が集まっている (Fig. 2)。色素体が2~4ヶ所に分かれて集まっている放出四分胞子母細胞も比較的多く観察された (Figs. 3, 4)。これらは核分裂を行なって2~4個の遊離核を生じ、それらの核の周辺に色素体が集まっているのではないかと思われる。放出四分胞子母細胞も濾過海水中で発生を始めるが、その発芽の様式には2つの型が観察された。第一の型は四分胞子の発芽と同様な発生様式を示すもので、培養後17時間ぐらいたつと仮根となるべきふくらみを生じてくる (Figs. 5, 6)。培養後2日になると、まず胞子の中央よりやや仮根よりの所に第一分割壁が形成された (Fig. 7)。その後次々と不規則に分割壁が入り、培養後3日では胞子母細胞の部分は細分され、仮根も伸長してきた (Figs. 8, 9)。第二の型では、仮根突起のふくらみを生ずることなく、まず最初に不規則に分割壁が形成される。体が不規則に数細胞に分かれた後、周辺部の1~2の細胞から仮根を伸出してくる。四分胞子ではほぼすべての発芽体が1本の仮根を形成するのに対し、放出四分胞子母細胞が発芽した場合は、2本の仮根を形成したものが12.4%もあった (Fig. 20, Table 1)。この場合、体の両端から

Table 1. Number of rhizoids in germlings of liberated tetraspore mother cells cultured for 7 days.

Number of Rhizoids	Mother Cell		Tetraspore	
	No.	%	No.	%
1	99	87.6	100	100.0
2	14	12.4	0	0.0
Total	113	100.0	100	100.0

それぞれ1本ずつ仮根を伸出するものと、一方の側から2本そろって伸出するものの2つのタイプがあった。放出四分胞子母細胞の生残率は89.2%、発芽率は98.9%と良好で、培養後4日を経過しても仮根を形成しない発芽体の割合は2.2%で、四分胞子の発芽体の場合と同じであった。

培養後4日ぐらいに、細分された体から直立苗 (erect shoot) を形成し始めた (Figs. 10, 21)。四分胞子では通常1つの erect shoot を形成するが、放出四分胞子母細胞の発芽体では erect shoot の数は1~5個におよんでいた (Fig. 22)。そのうち、2~3個の erect shoot を生じた発芽体が半数以上を占めていた (Table 2)。この時期の放出四分胞子母細胞の発芽体は四分胞子の発芽体に比べて、仮根の伸長は遅いが体の分裂の



Figs. 2-22. Germlings of liberated tetraspore mother cells in *Dictyopterus divaricata*. $\times 110$ 2-16. Germlings give rise to a primary rhizoid and then segmentations of the body take place irregularly; 18-22. After liberated tetraspore mother cells are divided into several cells, rhizoids originate from one or more of the peripheral cells of the body. 2, 3, 4. Liberated tetraspore mother cells; 5, 6. 17-hour-old germlings; 7. 2-day-old; 8, 9. 3-day-old; 10. 4-day-old; 11. 6-day-old; 12, 13. 8-day-old; 14. 10-day-old; 15. 15-day-old; 16. 18-day-old; 17. 2-day-old abnormal germling; 18. 2-day-old; 19. 3-day-old; 20. 2-day-old; 21. 4-day-old; 22. 6-day-old germling.

Table 2. Number of erect shoots in germ-lings of liberated tetraspore mother cells cultured for 7 days.

Number of Erect Shoots	Mother Cell		Tetraspore	
	No.	%	No.	%
1	14	18.4	181	90.5
2	22	29.0	17	8.5
3	20	26.3	2	1.0
4	15	19.7	0	0.0
5	5	6.6	0	0.0
Total	76	100.0	200	100.0

頻度が高く、もと四分孢子母細胞であった部分の分割壁の数は、四分孢子の場合の数倍にもなっていた。

培養後8日頃になると細分された体の周辺部の細胞から不規則に erect shoot を伸出し、たくさんの角が出たような形になるものもあった (Figs. 12, 13)。稀に仮根の一部から幼体を形成するものも観察された (Fig. 23)。この頃から二次仮根が形成され始め (Fig. 14)、培養後15日ぐらいになると、いろいろな部位から不規則に二次仮根が形成されて発芽体は複雑な形になった (Fig. 15)。四分孢子母細胞の発芽体は四分孢子の発芽体に比べて生存力が強く、ほとんどの発芽体の erect shoot は縦横に分裂して大きくなっていった。erect shoot の先端が数細胞に分かれると、それらが生長点細胞となり葉状体を形成していった (Fig. 16)。それらは生長すると直立するようになった。

放出四分孢子母細胞の仮根形成に対する一方照射の影響：濾過海水で培養した放出四分孢子母細胞に、一方から白色蛍光灯を用いて 300 lux の光を連続照射し、培養後4日に仮根の伸出方向を観察測定した。放出四分孢子母細胞は仮根を1本形成するものと2本形

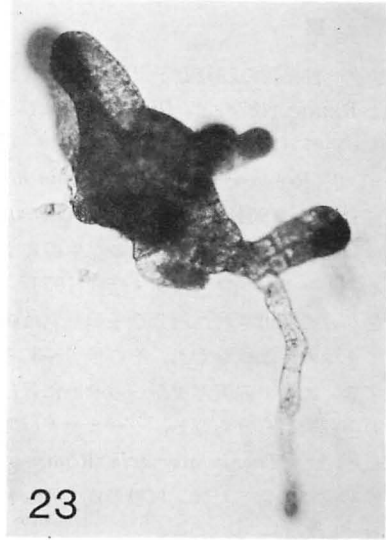
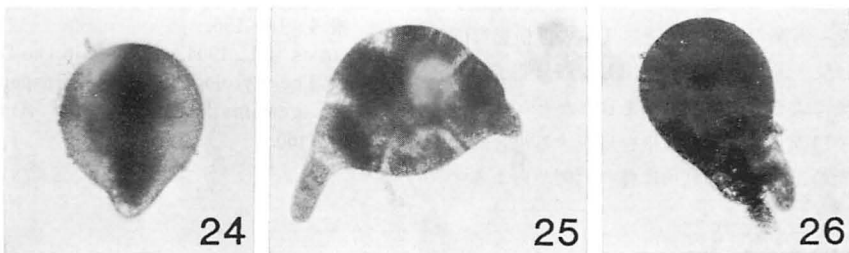


Fig. 23. 11-day-old germling of liberated tetraspore mother cell in *Dictyopteris divaricata*. Young thallus is formed from the rhizoid.

成するものがあるが、仮根を1本形成した場合は54.6%のものが反光源側に仮根を伸出し (Fig. 24)、光源側に仮根を伸出したものはわずかに3.1%であった。この結果から放出四分孢子母細胞も四分孢子と同様に、光によって仮根の伸出方向が決定されることがわかった。仮根を2本伸出したものについては次の2通りのタイプが観察された。約半数は孢子の両側から仮根を伸出し、その方向は入ってくる光の方向とほぼ垂直であった (Fig. 25)。残りの半分は孢子の一端から2本そろって仮根を伸出していたが、その伸出部位はほとんどが光源から遠い部分に位置しており、光の影響を受けていた (Fig. 26)。



Figs. 24-26. Germlings of liberated tetraspore mother cells in *Dictyopteris divaricata* cultured under continuous unilateral illumination. The light source is in the upper part of figures.

考 察

アミジグサ科植物の四分胞子母細胞の放出と発生については REINKE(1878) が *Dictyota* および *Padina* で、西林・猪野 (1959) が オキナウチワ (*Padina japonica*) で、ROBINSON (1932) が *Taonia atomaria* で、熊谷・猪野 (1964) が シマオオギ (*Zonaria die-singiana*) で報告しているが、その発生様式はさまざまである。オキナウチワ (西林・猪野 1959) では、1つの核をもって放出された四分胞子母細胞は核分裂を行なって4つの遊離核をもち、その後1~3本の仮根を形成する。この頃隔膜形成がいっせいに行なわれて8~16の小細胞に分けられる。シマオオギ (熊谷・猪野 1964) および *Taonia atomaria* (ROBINSON 1932) では隔膜形成が先行した後、仮根形成が行なわれると述べられている。

エゾヤハズの放出四分胞子母細胞では、四分胞子の発生と同様に仮根形成の後、隔膜形成が行なわれるものと、まず隔膜形成が行なわれて体が数細胞に分かれた後に、周辺部の細胞から仮根を伸出してくるものとの両方の発生様式が観察された。いずれの場合も、放出四分胞子母細胞の体の分裂は不規則で発生の早い時期に4~7の細胞に細分された。

四分胞子からは常に1本の一次仮根が生じたが、放出四分胞子母細胞では12.4%のものが2本の一次仮根を形成した。また将来 erect shoot に発達していく突起の数は、オキナウチワ (西林・猪野 1959) や、*Taonia* (ROBINSON 1932) の放出四分胞子母細胞では1個まれに2個であるが、エゾヤハズではシマオオギ (熊谷・猪野 1964) と同じく2個以上形成される場合がほとんどで、5個におよぶものもあった。

Taonia (ROBINSON 1932) の放出四分胞子母細胞では、仮根の伸出方向は光によって決定され、2本以上の仮根が形成される場合は1つの極からそろって形成されると述べられている。エゾヤハズの放出四分胞子母細胞に光を一方から照射すると、1本の仮根を形成するものでは反光源側に仮根は伸出し、四分胞子の場合と同様に光による仮根の定位があきらかとなった。放出四分胞子母細胞が2本の仮根を形成する場合には、入ってくる光の方向に対し直角に体の両側から1本ず

つ仮根を形成するものと、光源とは反対の方向にそろって2本の仮根を形成するものがほぼ同数であった。同一培養中に両者が混在して生ずることから考察して後者は光によって仮根が定位したと思われるが、前者は放出四分胞子母細胞が仮根を形成する以前に第一分割壁が形成され、隔てられた2細胞から光の方向に関係なくそれぞれ仮根を伸出したのではないかと考えられる。

今回、エゾヤハズの放出四分胞子母細胞の発芽体で仮根の一部から突起を出し、これが幼体に生長するものが観察された。これと同様な観察はシマオオギ (熊谷・猪野 1964) でなされ、四分胞子の発芽体で仮根から突起を生じ、これが葉状体に生長することが報告されている。また、時田・正置・藪 (1953) は、エゾヤハズの四分胞子体の下部に生ずる根様糸を培養すると、これから幼い葉状体が発生し先端が叉状に分岐するまでに生長したことを報告している。

引用文献

- INOH, S. 1936. On tetraspore formation and its germination in *Dictyopteris divaricata* OKAM., with special reference to the mode of rhizoid formation. Sci. Pap. Inst. Algal. Res., Fac. Sci., Hokkaido Imp. Univ. 1: 213-219.
- 熊谷信孝・猪野俊平 1964. アミジグサ目の形態発生 IV. シマオオギの胞子発生. 藻類 12: 87-96.
- 西林長朗・猪野俊平 1959. アミジグサ科植物の生活史について I. アミジグサ, エゾヤハズ, オキナウチワの四分胞子発生. 植物学雑誌 72: 216-268.
- REINKE, J. 1878. Entwicklungsgeschichtliche Untersuchungen über die Dictyotaceen des Golfs von Neapel. Nov. Act. Leop.-Carol. Acad. 40: No. 1.
- ROBINSON, W. 1932. Observations on the development of *Taonia atomaria* Ag. Ann. Bot. 46: 113-122.
- 時田 郁・正置富太郎・藪 熙 1953. 褐藻エゾヤハズの根様糸に就いて. 北海道大学水産学部研究彙報 4: 149-156.
- WILLIAMS, J. L. 1904. Studies in the Dictyotaceae. I. The cytology of the tetrasporangium and the germinating tetraspore. Ann. Bot. 18: 141-160.

日本におけるカワノリの分布

岩本 康三

東京水産大学水産植物教室 (108 東京都港区港南 4-5-7)

IWAMOTO, K. 1984. Geographical distribution of *Prasiola japonica* YATABE in Japan. Jap. J. Phycol. 32: 167-185.

Many field surveys and collections of information on *Prasiola japonica*, a green alga growing in mountain streams, have been carried out to obtaining its exact geographical distribution in Japan. Ascertained localities were plotted on the maps. The habitats of this species were restricted within the following four geologically characterized areas: the area composed of the Paleozoic or the Mesozoic strata, the volcanic area, the so-called Fossa Magna area, and the area along the Median Tectonic Line. Among them, there are two main typical patterns in distribution, the one forms a straight line along the Median Tectonic Line in Kinki, Shikoku and Kyushu districts, the other surrounds the Mt. Aso caldera in Kyushu district.

At the localities in the ancient strata mentioned above the chert rocks are abundant in the river beds. As the result of the investigation of the properties of chert, it was presumed that the joints or the fissures of the rock are convenient for fixation of *Prasiola* cells, and also for survival of the cells when the rocks emerged from stream water.

Only the Chikumagawa river system with localities of *P. japonica* in Nagano-ken flows into the Sea of Japan, and the others flow into the Pacific ocean or the East China Sea. But it is not necessary to pay special attention to the fact, because those in Nagano-ken are located within the common ancient stratum, extending from Gumma-ken, across the ridge from those in Gumma-ken, besides the same kind disposition of localities has been found also in another three areas.

Key Index Words: chert; Fossa Magna; geographical distribution; green alga; joint; Median Tectonic Line; Mt. Aso; *P. japonica*.

Kozo Iwamoto, Laboratory of phycology, Tokyo University of Fisheries, Konan 4-5-7, Minato-ku, Tokyo, 108 Japan.

形態学的に、あるいは生態学的に興味深いカワノリの分布については、YATABE (1891) が本種を発表して以後、遠藤(1911)は12個所の産地をあげ、東(1913)は日本の1都9県の産地を一覧表にまとめ、さらに東(1935)は栃木県塩原町大網を北限とし、熊本県樺木村を南限とする1都12県にわたる35個所の産地を報告した。東はこれの中で、カワノリの特異な分布に対して古気象や地学的な考察を加えた。

岡田(1938a)は当時の日本産カワノリ属4種の詳細な記述とともに、カワノリが房総、三浦、伊豆、紀伊の諸半島及び中国地方に発見されていないことに興味を示した。その後、藤山(1949a)は日本海に注ぐ信濃川の支流千曲川水系のひとつ抜井川にカワノリが生育することを報じ(須藤・浅川 1938, 未発表)、小清水(1952)は紀伊半島の大台ヶ原の溪流に、千原(1954)は

伊豆半島の河津川上流に、安原・新崎(1978)は同じく狩野川最上流域にカワノリが生育することを報じた。

このようにカワノリの産地や、かつての産地はかなり多く判明してきた。これに伴い、一般的な生育環境要因としての水質、水温、日照、着生基盤についての知識も集積した。しかし、その特異な限定された分布の説明については定説といえるものはなかった。

岩本・高橋(1974)¹⁾は日本のカワノリの分布と地質・地質との関連を報告し、伊藤・橋本・五十嵐(1983)は、長野県の抜井川の産地近くの2個所にカワノリが生育したとの情報に基づき調査し、これら生育地の地質に注目した。さらに、岩本・高橋・庵谷(1983)は多摩川水系で既知の産地を含む19個所の産地を明らかに

1) カワノリの分布, 昭和49年度日本水産学会春季大会講演要旨 92.

するとともに、地質と関連深いことを示した。

以上から、カワノリの産地と地質との関連を本格的に調べるため、従来のカワノリ関係の文献と情報の蒐集につとめるとともに、各地への実地調査を行った。この結果、日本全土のカワノリの産地は、地形・地質と極めて密接な関係にあることが認められた。同時に、着生基盤であることが多い角岩の構造とカワノリの生育についても考察を試みた。以下にこれらを詳述する。

調査方法

カワノリ関係の文献・情報を蒐集し、それらに基づいて各地の役所や水産試験場などに事情を問い合わせるとともに、栃木県、群馬県、東京都、神奈川県、静岡県、岐阜県、滋賀県、三重県、徳島県、福島県下で実地調査を行った。

この他、協力者による別途の実地調査結果も参考とした。

このようにして得られた、産地、かつての産地、並びに確度の高い生育情報の得られた個所を地図上に記録し、地質図その他の文献と照合した。

多くの産地で着生基盤となっている角岩とカワノリとの関係の考察には多摩川水系で得られたカワノリ幼葉体着生の角岩を用いた。

結果と考察

判明したカワノリ生育地に産地番号 (locality number) を付し、それぞれに、文献や実地調査等で得られた主要な知見を記し整理すれば次のようである。

I. 都県別産地 (Table 1)

1. 栃木県 [Figs. 1, 5A; 産地番号 (1)~(7)]

本県の産地はすべて火山地帯で、(1)~(4)は高原山と鶏頂山、(5)~(7)は女峰山と赤羅山の諸火山を取り囲む位置にある。(1)~(3)が那珂川、(4)~(7)が利根川の各支流で、実地調査には及川盛也氏の協力を得た。

- (1) 塩谷郡塩原町大網: カワノリ生育の北限と目される所で、那珂川支流の箒川に生育 (東 1935)。1975年夏の実地調査では、箒川左岸の弥太郎山、安戸山から幾筋もの小滝が箒川に落ちており、その二三の滝の岩面にカワノリの着生を認めた。地元では晩秋から冬に採取する人がいるとのことであった。

- (2) 矢板市赤滝: 東(1935)の報告がある。この地方

の地質調査をされ、カワノリの分布に興味を持たれた、地質学の故新野弘博士¹⁾もこの地にカワノリの生育を認め、筆者に教示された (1963年5月22日)。

- (3) 矢板市山県農場内各地: 前記新野博士が生育を確認したが、現状は不詳。その他、近く的那珂川支流の内川、宮川、中川にも生育するとの情報を得ている。

- (4) 塩谷郡藤原町: 今市からの国道121号へ塩原からの「日塩もみじライン」が合する近くの、鬼怒川へ落ちる小流の野沢が生育地。「日塩もみじライン」工事が当地に及ぶ直前の1973年11月の調査では、この小流のコンクリート堰堤や岩石に比較的豊富に生殖細胞を形成しているカワノリを認めたが、しかし、当ライン開通後は著るしく減少し、上流域に若干残る程度とのことである。なお、近くの二三の小流にも若干生育するとのことである。

遠藤(1911)は産地として藤原町衣川とあるので、当時は鬼怒川本流にも生育していたのであろう。

現在、本流には全く生育をみない。

- (5) 塩谷郡栗山村: 東(1935)が報告した産地で、現状は不明である。この地域の女峰山、赤羅山の2火山麓には次記(6)、(7)の産地がある。
- (6) 日光市霧降高原: 赤羅山南西面の霧降高原の鳴沢、大沢など大谷川へ落ちる溪流に生育する(1973年11月、同地在住植木方平氏による)。

- (7) 日光市清滝町: この地を流れる大谷川が産地で、YATABE (1891)、遠藤 (1911)、東 (1913, 1935)、YABE (1932)、矢部・石井 (1936) などの記載がある。この地のカワノリ事情は上記の報文と筆者の得た情報とから次のように要約できる。

すなわち、大谷川のカワノリは明治39年の大洪水でその生育基盤が荒らされ激減し、製銅所の設立により、その下流での生育条件は悪化し絶滅した。現在この地の馬返付近の川筋は、いわゆる涸れ沢でカワノリが生育できる状態ではない。

2. 群馬県 [Figs. 1, 5A; (8)~(14)]

本県の産地は、YATABE (1891)、遠藤 (1911)、東 (1913, 1935) による数個所の記録にとどまっていたが、近年、小林 (1966, 1967, 1970a, b) は多年の調査結果として、利根川支流の桐生川、渡良瀬川、神流川、鍋川、碓氷川、烏川、吾妻川、滝沢川などの水系に多数の生育地を報告した。これらはすべて古生代秩父系の古い

1) 元東京水産大学教授

地層地域である。

- (8) 山田郡大間々町, 桐生市川内町, 同梅田町:
YATABE (1891), 東 (1913, 1935) 及び小林 (1966, 1969, 1970b) の報告がある。これらの産地は渡良瀬川へ注ぐ小平川, 山田川, 桐生川の上流で, 足尾山地の南西部に位置して, 地層は秩父系で, 群馬, 埼玉, 東京へひろがる関東山地の秩父系と類似して, 川床には角岩 (チャート chert) が多い (藤本 1962)。なお, YATABE (1891) の報文中のカワノリの図は桐生川産のものとみられる。
- 1977年9月下旬に桐生市教育委員会大里仁一氏の協力を得て行った桐生川の現地調査では, 本流の石鴨, 津久原あたりと, 支流の高沢川上流の鍋足付近で生育が確認できた。
- なお, 東の報告や, 岡田 (1936) がタイワンカワノリ (*P. formosana*) を記載した報文には, カワノリの産地として桐生川支流の忍山川があるが, この現地調査での地元の情報では, この支流には昔からカワノリは生育していないとのことで, この点前記小林が生育地としていることとも食違っている。
- (9) 吾妻郡中之条町: 吾妻川支流の滑沢川に生育する (小林 1967, 1970b)。
- (10) 北群馬郡小野上村及び吉岡村: 小野上村の産地は吾妻川支流の正木沢で, 吉岡村の産地は利根川へ注ぐ滝沢川である (小林 1970b)。
- (11) 群馬郡箕郷町, 同榛名町: 小林 (1970a, b) のあげた産地で, 箕郷町の産地は烏川支流の白川上流と白川へ注ぐ6河川 (小野沢, 大沢川, 物沢, 井戸窪川, 車川, 水出沢) で, 榛名町の産地は烏川へ注ぐ2河川 (駒寄川, 至沢) と烏川支流滑川へ注ぐ梨木平川である。
- (12) 碓氷郡松井田町: 小林 (1967, 1970b) による産地で, 碓氷川上流部と, それに注ぐ入山川である。
- (13) 甘楽郡下仁田町, 同南牧村の各地: 下仁田町の産地は鍋川へ注ぐ西牧川へ入る6河川 (屋敷川, 土合川, 道平川, 矢沢川, 馬居沢川, 落沢川), 鍋川へ直接入る2河川 (千沢川, 栗山川), および鍋川へ注ぐ南牧川支流の青倉川上流とその4支流 (七久保川, 後川, 土屋川, 桑本川) である。また, 南牧村の産地は南牧川の5支流 (大仁田川, 日向山川, 砥山川, 渋沢, 居合沢) である (遠藤 1911, 東 1913, 1935, 小林 1966, 1970a, b)。

上記のうち, 遠藤と東が産地としているのは, 青倉川水系の青倉, 土谷沢, 七久保のみで, その

他はすべて小林による。1973年8月下旬に地元の橋本南海男氏をわずらわして行った現地調査では, 土谷沢から七久保にかけて相当量の生育が確認された。地元では, 水量の多い年には土谷沢のコンクリート堰堤に大量に着生するので, 分教場ではカワノリ採取を行うとのことであった。

- (14) 多野郡万場町, 同中里町, 同上野村: 東 (1935) の記した産地は神流湖のやや上流で, 北側の赤久縄山から入る塩沢川と判断される。前記青倉付近現地調査の際に, この付近も調べたが生育は確認できなかった。しかし, 小林 (1966, 1970b) は多数の生育地をあげている。すなわち, 万場町では5河川 (室沢, 入沢川, 塩沢川, 天狗沢, 船子川), 中里村では6河川 (東沢, 白水沢, 寺入沢, 境沢, 橋倉沢, 今泉沢), 上野村では12河川 (野栗沢, 胡桃沢, 所の沢, 乙父沢, 西沢, 楢沢, 黒川, 藤島沢, 矢弓沢, 中の沢, 北沢, 樽の上沢) と神流川最上流地区である。

3. 埼玉県 [Figs. 1, 5A; (15)~(20)]

本県6個所の産地はすべて荒川の本支流上流域で, 秩父系や鳥ノ巣統の古い地層地帯である。

- (15) 秩父郡大滝村中津川: 東 (1935) の報告があるのみで, 詳細不明である。
- (16) 秩父郡大滝村ヒダナ沢: 秩父湖に注ぐ入川上流域の沢で, 矢頭 (1954) が, ここのカワノリを岐阜県小津川産のものと共に報告している。矢頭はヒダナ川としているが, 次記の東京営林局の地図にはヒダナ沢とあるので, この呼び名を採用した。
- (17) 秩父郡大滝村大血川: 秩父湖の下手で荒川へ南方から注ぐ川で, 稲葉伝三郎氏¹⁾ は1959年8月に小葉体多数を採取した。東京営林局の秩父営林署管内図 (1963) 裏面にある大血川の渓谷欄には, 「石灰岩の浸蝕渓谷で, 岩に特異な趣がある。流れの岩には川のりが自生し, ヤマメ, イワナの釣場として……」とある。さらに, TAKEDA, NISIZAWA and MIWA (1967) のカワノリの細胞壁組成の研究材料は, 多摩川水系, 富士川水系のものとともに大血川産のものも使用されている。
- 大血川は県境の尾根をはさんで, 東京都のカワノリ産地である日原川最上流域と相対した位置にある。
- (18) 秩父市: 東 (1935) には秩父郡秩父町とあるのみで, 具体的な場所は不明である。当地の石灰岩採

1) 元東京水産大学教授

掘とセメント工業は著名である。

- (19) 比企郡都幾川村舟の沢：埼玉県自然研究会 (1971) により比較的詳しく記載された産地で、都幾川上流のそと川の水系とある。
- (20) 入間郡名栗村名栗：県南部の荒川流入間川に入る名栗川の各地で、東(1935)の記載があるのみである。名栗川北方を平行して流れる高麗川にも、かつてはカワノリが生育していたとの情報もある。現在は両河川とも生育しないようである。

4. 東京都 [Figs. 1, 5A; (21)~(27)]

生育地は、いわゆる奥多摩と呼ばれる地域で、従来の諸報告にある産地を含め岩本・高橋・庵谷(1983)は多摩川水系のカワノリの産地 19 箇所を報告したが、Fig. 1 では、これらを(22)~(27)の 6 箇所を集約し、他に、荒川水系の 1 箇所(21)の計 7 箇所にまとめた。

(21) 青梅市極指：入間川支流の成木川の最上流域で、この地のカワノリは従来全く記録が無く、都水試奥多摩分場の情報をもとに1976年7月中旬に現地調査を行った結果、生育が確認できた。生育は極めて良好で、地元では若干の抄製品を自家用に作るのとことである。

- (22) 西多摩郡奥多摩町百軒茶屋：
 (23) 同上小丹波：
 (24) 同上日原各地：
 (25) 同上氷川：
 (26) 西多摩郡五日市町養沢：
 (27) 西多摩郡檜原村各地：

以上 6 箇所の説明は前記岩本他の報告があるので省略する。

5. 神奈川県 [Figs. 1, 5A; (28)~(33)]

本県の産地は東(1913, 1935)の報告から推定して相模川水系に限定されると思われたが、近年、福原輝男氏¹⁾の協力で相模川水系のみでなく、金目川、酒勾川水系にも産地が新たに見出された。本県の産地はすべて、後記の山梨県、静岡県の産地と共に植物地理学上のフォッサ・マグナ地域(高橋 1971)内で、かつて、隆起、陥没を繰り返したとされる地帯であることは注目される。

- (28) 足柄上郡山北町白石沢：酒勾川支流の中川川に注ぐ沢で、福原氏が1980年11月、1981年8月、1982年9月に白石沢の大滝付近で生育を確認した。
- (29) 伊勢原市大山：1980年10月に福原氏が発見した産地で、現地は金目川支流の鈴川に入る大山川源

流の二重の滝の上段の滝口近くに生育する。

- (30) 秦野市諸戸カンスコロバシ沢：相模川へ入る中津川支流の藤熊川へ入る沢で、前記の大山の産地とは大山をはさむ位置にある。1982年8月福原氏が、この沢の伏流水が湧き出る所から下流 200~300 m にわたって生育を発見した。筆者も1983年10月に、この沢の堰堤に密生する葉体を確認した。
- (31) 津久井郡伊勢沢：中津川支流の早戸川へ入る沢で、1980年7月、8月に福原氏が生育を確認した。
- (32) 津久井郡津久井町鳥屋：相模川支流の串川の水系と思われるが、この地を産地と報告した東(1913, 1935)には具体的な生育場所の記述が無く、現在、この地では生育についての情報は得られなかった。
- (33) 津久井郡津久井町青根：相模川支流の道志川の流域で、東(1913, 1935)の報告がある。この地についても、現在では生育についての情報は得られなかった。

6. 山梨県 [Figs. 1, 5A; (34)~(39)]

本県は埼玉、東京、神奈川、静岡の都県と接し、カワノリの産地は、神奈川県の場合と同様にフォッサ・マグナ地域であり、同時に明らかに富山火山帯でもある。

- (34) 南都留郡道志村車沢：神奈川県下のかつての産地である青根の近くで、篠原(1976)の記述がある。また、福原氏は1980年9月にこの沢のカワノリの生育を観察している。
- (35) 南都留郡秋山村安寺沢：篠原(1976)によれば、1951年に桂川の支流秋山川に入る安寺沢川の石に着生を見たが、絶滅に類しているとする。
- (36) 富士吉田市下吉田、大明見、小明見：古来から名のある桂川ノリの主産地で、桂川の水源の山中湖近くの鐘山滝下方の地域で、遠藤(1911)、東(1913, 1926a, 1935)の記録があるが、東(1926a)が特に詳しい。篠原(1976)によれば、着生のよいのは、桂川橋から小明見橋の間であったが、今は全く無く、また、もしあるとすれば東電水路あたりであろうとしている。
- (37) 中巨摩郡芦安村：富士川支流の早川の最上流部、野呂川の流域で、協力者の高橋幹男氏¹⁾は、地元より生育するとの確度の高い情報を得ている。具体的な場所は不詳である。この早川へ南から入る雨畑川の支流に紅藻のタニウシケノリ (*Bangia*

1) 武田薬品工業 KK 勤務

1) 東京都立大島南高等学校勤務

atropurpurea Ag.) が生育する (岡田 1944)。

(38) 南巨摩郡早川町西山：篠原(1976)によれば、仙城沢川ノリとして仙城沢に産したが、現在は絶滅したらしいとある。

(39) 南巨摩郡南部町内船：樋之沢で伏流水が再び湧水として現われる所から下方へ 500 m 位の間に生育する (篠原 1976)。南部町は昭和47年5月に天然記念物に指定して保護している。福原氏も1980年9月に生育を確認した。

7. 静岡県 [Figs. 1, 5A; (40)~(44)]

本県の産地はいずれも富士火山帯にあると同時に、フォッサ・マグナ地域内でもある。

(40) 富士宮市精進川より猪之頭：この地のカワノリは、YATABE (1891), 遠藤 (1911), 東 (1913, 1935), 青木 (1913), 矢部 (1928), TAKEDA, NISIZAWA and MIWA (1967) などに記載があるが、安原・新崎(1979)は特に詳しい。

この地域にある静岡県富士養鱒場構内の水路にカワノリが生育することは昔から著名である。養鱒場内のカワノリは昭和40年代の数年間全く姿を消したことがあったが、再び復活して今日に至っている。

遠藤(1911)がカワノリの別名としてあげている清田苔、奈師苔、比岐田苔の出典は駿河風土記(活字本、群書類従28雑部)の p. 384 に見られるが、富士郡白糸村(1953)によれば、「……奈師苔とは、布師苔の誤ではあるまいか。それにしても比岐田苔がわからない」とある。

(41) 静岡市大河内東木：安倍川の上流で現在も若干生育しているとの情報があるが詳細は不明である。記録としては青木(1913)があるのみである。

(42) 賀茂郡河津町七滝：伊豆半島東岸から相模湾に出る河津川上流で千原(1954)が報告した。筆者が1964年現地地で得た情報では、狩野川台風(1958年9月26日)の際に川床が変容して以後見られなくなったとのことであった。しかし、近年の安原・新崎(1978, 1979)の報告によれば、相当の生育があるようである。しかし、1978年1月13日の伊豆大島近海地震で生育地の一部が消滅したとしている。

(43) 田方郡天城湯ヶ島町野畔：安原・新崎(1979)が発見した産地で、前記河津川最上流地域の北側の尾根を越えた駿河湾に注ぐ狩野川最上流域である。

(44) 御殿場市上柴怒田：かつて御殿場で *Scenedesmus obliquus* の餌料試験をされていた県水試の

山田信夫氏から、カワノリ生育の情報は耳にしていたが、安原・新崎(1978)が詳しく報告した。場所は、のり川と呼ばれている酒勾川へ入る佐野川上流である。

8. 長野県 [Figs. 1, 5A; (45)]

本県の信濃川は日本海に注ぐが、その支流千曲川に入る抜井川にカワノリが生育することは藤山(1949a)により公表され、それまで日本海に注ぐ河川には生育しないとの説がくずれ、抜井川のカワノリは大いに注目されるようになった。

(45) 南佐久郡佐久町大日向：藤山(1949a)は「浅川末三氏¹⁾は1938年8月中旬に千曲川上流の抜井川にカワノリを発見し、然もこの時期に十分成熟した gametangia を有することが確かめられた」とし、脚注に「この抜井川と十石峠を隔てて居る群馬県の神流川及び近辺の青倉川に、カワノリの産地のある事は興味深い」としている。

筆者が浅川氏から受けた私信の一部を引用すれば「……当時大日向村では昔からカワノリを村民が食べているのでそのカワノリが何であるか知る目的で採取行をしたのです。(中略)当時の標本は戦災で失してしまい私の手許にはありません」とあり、浅川氏の発見は偶然ではなく、日本海に注ぐ河川にカワノリが生育するか否かを確かめるための調査結果であったことを特に記録する。

小林(1971)は、この地の分布は群馬県側より移植の結果ではないかと推測しているが、伊藤・橋本・五十嵐(1983)は、地元の白金盛男氏が1950年抜井川のほかに千曲川支流の相木川と片見川に入る居川にカワノリが生育するとして記録をもとに、この2箇所を調査したが、生育は見られなかったことを報じた。さらに同時に、小林の移植説は保留し、地質について検討を加えている。

9. 岐阜県 [Figs. 2, 5A; (46)~(48)]

本県3箇所の産地は長良川と揖斐川の上流域で、すべて古生代の古い地層地帯である。

(46) 山県郡美山町神崎、円原：長良川上流の地域で、遠藤(1911), 東(1913, 1922a, 1926b, 1935), 大地(1957)の報告がある。中でも大地の記述は詳しく、環境要因や、かつて、この地で行われ相当程度の成果をあげた養殖にも言及している。また、この地のカワノリの古事来歴は東(1926b)に詳しく、岐阜県農会川崎技手の調査結果として、カワノリ

1) 元広島大学教授

が水中の枯れ枝にも着生すること、生育条件として日照に注目したことが紹介されている。これは日照に注目した最初の記録である。また、菖蒲技師はカワノリ葉体が分裂して栄養繁殖をするのではないかと推測したことも述べられている。1972年8月の岐阜県水試と現地の早矢仕鍊蔵氏との協力による実地調査で、神崎川と円原川に相当量のカワノリの生育を確認することが出来た。

(47) 本巣郡根尾村水鳥：揖斐川の支流根尾川へ注ぐ水鳥川が産地で、東(1922a, 1926b, 1935), 大地(1957)に詳しいが、東(1922a, 1926b)にある、濃尾大地震(1891年10月28日)の山崩れで一時カワノリが消失したが、26, 27年経過して復活したとある。

(48) 揖斐郡久瀬村小津：揖斐川支流の小津川が産地で矢頭(1954)の報告がある。この報告は地元の清水一夫氏の採取品に基づいており、3個所の生育基盤は花コウ岩で、石灰岩地帯に全く生育しないとある。一方、大地(1957)は石灰岩のあるところとあり、清水氏の観察と全く喰違っている。

10. 滋賀県 [Figs. 2, 5A; (49), (50)]

本県は古生代の地層がひろがり、カワノリの生育条件が備わっているようでありながら、これまでの生育記録は醒ヶ井養鱒場構内にありとする柳原(1973)の記録が唯一のものであった。

1976年8月に滋賀県水試、同醒ヶ井養鱒試験場及び伊藤一郎氏¹⁾の協力で実地調査をした。この結果、琵琶湖東岸へ注ぐ天野川と芹川上流の石灰岩地帯に生育が確認できた。なお、伊藤氏によれば琵琶湖西岸に注ぐ安曇川にはカワノリは見られぬとのことである。この実地調査の結果に基づいて、福原(1980)の報告がある。

(49) 坂田郡米原町醒ヶ井：天野川の最上流が宗谷川と呼ばれ、県立醒ヶ井養鱒試験場内が源流となっている。この場内の宗谷川の石上にごく少量の生育を確認した。情報から推して静岡県富士養鱒場から移植をしたものが定着した可能性がある。柳原(1973)の記述は、伊藤氏によれば、次記の芹川でカワノリを採取し、それを醒ヶ井で抄いたことがあるので、同氏の記憶違いであろうとのことである。

(50) 犬上郡多賀町向之倉：芹川の上流で、この川の上流に石灰岩の河内風穴がある。生育場所は向之

倉バス停あたりから下流へ約1 km 位の間で、生育量は多くない。

伊藤氏は、ここのカワノリも富士養鱒場に由来しているかも知れぬとしている。この疑問については、東方の鞍掛峠を越えた三重県側の町屋川最上流の河内谷川にカワノリが、かつて大量に生育したことを考えると、移植によるとの速断はできない。

11. 三重県 [Figs. 2, 5A; (51)]

本県の産地はただ1個所で、ここでは古くから食用とされていたが、産地として記録されたのは比較的新しい。

(51) 員弁郡藤原町：県北端の町屋川支流の員弁川へ注ぐ河内谷川が産地で、大地(1957), 南川(1969), 葛山(1975), 三重県(1976)の記録がある。

1976年8月の前記滋賀県下の調査の延長として調査した。これには藤原町役場と地元の清水実氏¹⁾の協力も得た。

河内谷川は川に沿って通る鞍掛峠からの国道工事の土砂投棄のため、豊富だったカワノリは激減したとのことで、所々の堰堤上に僅かずつ見られる程度であった。しかし最上流に溯ったあたりの石上に相当量が認められた。

この産地は鈴鹿山脈北端で地質は秩父系で(赤嶺 1969), 三重県は当地域一帯を藤原町河内谷自然環境保全地域に指定したが、その理由のひとつに、カワノリの生育をあげている(三重県 1976)。ただし、1978年1月の清水氏からの書信では、カワノリは絶滅したとのことである。

12. 奈良県 [Figs. 2, 5A; (52)]

産地は紀ノ川最上流域の三重県と接する大台ヶ原の地域である。

(52) 吉野郡川上村入之波(しおのは)：小清水(1952)がはじめて吉野川へ注ぐ本沢川の角岩を主体とした岩にカワノリの着生していることを報じ、あと同氏の1974, 1975の記述がある。また、福原(1982)も生育を確認している。現在は奈良県の天然記念物指定となっている。

ここで注目すべきは、この産地は地学でいう中央構造線(Median Tectonic Line, Fig. 5B)に沿った地帯に位置し、秩父系の地層で石灰岩が混在している。

1) 元醒ヶ井養鱒試験場長

1) 町立藤原岳自然科学館事務局長

13. 徳島県 [Figs. 3, 5A; 63~67]

本県5個所の産地は、1個所が勝浦川上流で、他は那賀川水系に分布する。すべて中央構造線に平行する秩父系の地層地帯である。

63 勝浦郡上勝町八重地：東(1913, 1935, 1936a)と杉山(1968)の報告がある他、故野口利夫氏¹⁾は1961年頃に調査し、山腹のコンクリート製用水路の水底にカワノリが密生していることを発見した(私信)。

1972年8月に行った実地調査では地元の人の案内でこの用水路を見たが、水路は幅は約1m、急斜面の杉林の中をうねうね走り、水深約20cm、足を入れると足をとられる程の急流であった。この水路の水床に、長い所では数十メートル、短い所で五、六メートルに亘って絨たんを敷いたようにカワノリが密生していた。生育している場所は杉木立の様子から日照条件のよい所ようであった。

64 那賀郡木沢村与沢、高野、小泉、翔平、出羽：前記八重地とは高丸山をはさむ地域で、東(1935, 1936a)と杉山(1968)の報告がある。

65 那賀郡木沢村大用地：東(1935, 1936a)と杉山(1968)の報告があるのみで現状は不詳。杉山氏(岡山県水試)がこの地のカワノリを岡山県の森山養魚センターの水路に移植したが定着しなかった(杉山・片山 1967; 杉山・本田 1969)。

66 那賀郡木沢村岩倉：剣山に近い地域で杉山(1968)の報告があるのみ。詳細不明。

67 那賀郡木頭村蟬谷：東(1935, 1936a)は、この地を「海部郡上木頭村蟬谷(那賀川上流の支流)」としているが、昭和26年、32年の行政区画改変により、現在は標記の地である。なお、蟬谷は蟬谷の誤記と思われる。現在、俗称東蜂谷とよばれる溪谷に自生するとのことである(木頭村教育委員長走川輝一氏の書信)。

14. 高知県 [Figs. 3, 5A; 68, 69]

本県の産地も中央構造線に沿った位置にあるため、奈良県、徳島県の産地とともに一直線上に並び、極めて興味深い。

68 香美郡物部村：高知営林局の情報に基づく東(1935, 1936b)の報告では物部川上流の横山川が生育地で、後記の四万十川上流の船戸よりはるかに生育量が多いとある。両産地とも石灰岩が基岩と

なっていると注目している。カワノリ生育と石灰岩との関係にふれた最初の文献と思われる。

69 高岡郡東津野村船戸：四万十川上流の東端の支流松葉川が生育地(東 1935, 1936b)。

15. 大分県 [Figs. 4, 5A; 60~62]

3個所の産地のうち2個所が有明海に注ぐ筑後川水系の玖珠川の上流域で、他は別府湾に入る大野川の源流域で、阿蘇外輪山の山腹に位置する。

60 玖珠郡玖珠町山浦：遠藤(1911)、東(1913, 1935)のみで現状は不明。

61 玖珠郡九重町野上：東(1913, 1935)のみで現状は不明。

62 直入郡荻町陽目(ひなため)：大野川源流域で、遠藤(1911)、東(1935)の報告があるが、大分県は昭和37年2月17日付で「陽目のカワノリ」を県の天然記念物に指定している(大分県教育委員会 1971)。

16. 宮崎県 [Figs. 4, 5A; 63~65]

本県3個所の産地は熊本県境に近い地帯で、ここには大分県から東西に走る秩父古生層があり、石灰岩の露頭や小さい鐘乳洞がある。

63 西臼杵郡高千穂町：五ヶ瀬川上流の高千穂川が産地で、東(1935)の報告があるのみであったが、1975年夏に当地産のカワノリ抄製品が入手できた。したがって相当量の生育が推測される。

当地は大分県の陽目と同じく、阿蘇外輪山麓に位置する。

64 東臼杵郡椎葉村尾前、不土野、下福良：前記「陽目のカワノリ」の天然記念物指定理由書に「椎葉村にも生育する」と記されていた以外に記録は見当たらない。

1977年2月に地元の中瀬亢平氏¹⁾と倉岡保洋氏²⁾からの書信により、当地の事情がほぼ下記のようなことが判明した。

中瀬氏によれば、古来カワノリは相当量の産出をみたが、現在は標記の3個所に見られる程度に減少した由。倉岡氏は尾前地区が最も豊富な産地であろうとしている。なお、現地の尾前美義氏からは抄製品の恵与をうけるとともに、尾前地区には石灰岩と豊富な湧水があり、川の水と湧水とが合流した所より下流にカワノリが着生するとの教示を得た。

これらの産地は耳川最上流の上椎葉ダムの地域

1) 椎葉村教育委員長

2) NHK 宮崎放送局

1) 元徳島県水産試験場長

で、九州山地脊梁の尾根をはさんで熊本県八代郡泉村のカワノリ産地〔Fig. 4; 66〕と相対している。

65) 大淀川上流域：大地(1957)があげている産地であるが、具体的な場所は全く不詳である。この水系は支流が多く、流域も広大で、倉岡氏によれば、2～3個所で生育しているらしいが、食用としている様子は無いとのことである。

17. 熊本県〔Figs. 4, 5A; 66, 67〕

産地として2個所があるが、菊池川のもが菊池川ノリとして古来著名である。

66) 八代郡泉村縦木、久連子：球磨川の最上流五木川の源流域で、東(1935)が縦木五家荘としてあげている以外に記録は無い。この場所は、宮崎県の椎葉村の産地とともに、紀伊半島、四国を貫いて九州に及ぶ中央構造線に沿った地である。

1977年2月の泉村教育委員会からの連絡では、カワノリは宮崎県境附近から五木川支流に注ぐ縦木川と久連子川に大量ではないが生育するとのことである。

67) 菊池市水源：阿蘇町との境界にある深葉山、鞍岳の間より発する菊池川源流域が産地で、遠藤(1911)の記録が最も古い、詳しいのは東(1922b)で、三宅仙吉氏が1913年夏に調査・記録した文書を引用して、「急流激して泡沫飛び散り濁水に際するも露出せざる浅瀬の岩石の表面及側面に発生したるは成育良好なれ共水流遅緩なる所又は淵に発生するものは極めて稀にして且つ成育不良なり」としている。

その後、瀬川(1948)、右田(1948a, b, 1956)の報告がある。特に右田は、YABE(1932)が報告したカワノリでの遊走細胞と有性生殖の存在を、当地の材料で再確認した上、同地での生育環境を詳細に調べた。

18. 鹿児島県〔Figs. 4, 5A; 68〕

本県の産地は、遠藤(1911)が大隅国肝属郡鹿屋村をあげている以外、本県での生育に関する記録は見当たらない。

68) 鹿屋市：大分県、熊本県の産地が、阿蘇火山のカルデラ周辺にあること、また、栃木県や静岡県産地も火山地帯であることを考えると、桜島火山をカルデラ丘とする始良カルデラの周辺に位置する当地域の溪流にカワノリが生育するか、又は生育した可能性は十分に考えられる。このことから、1976年に鹿児島県肝属郡教育事務所に問い

合せた結果、同事務所が手を尽して調べたにもかかわらず、カワノリの情報は一切得られなかったとの返事を得ている。

なお都県別産地から船津(1954)が報じた新潟県の産地を除いたが、それは、報告の内容や地域から、かなり疑問があるとともに、協力者の福原氏が1983年に現地調査したが、なんらの知見も得られなかったためである。

II. 分布と地質・地形との関係

前記68個所の産地の約3分の2は多摩川水系の産地と同様な古生代や中生代の古い地層地帯内にある。これを詳細に検討するため、これら産地の位置(Fig. 5)を日本地質図(地質調査所1971)と対比してみると、奈良県から四国を経て九州にかけての産地が、中央構造線(TAKAGI et al. 1963)に沿って一直線上に並ぶことと、九州阿蘇山を取り囲むように産地が位置していることが極めて印象的である。

このことから、カワノリ産地の分布状況を地質・地形から精査すると、カワノリの産地は次にあげる四つの地域の一つ又は二つ以上に該当した所にある(岩本・高橋1974を一部変更)。

1. 古生代、中生代の古い地層の露出する地域(九州、四国、奈良県、岐阜県、東京都、埼玉県、群馬県、長野県)。
2. 中央構造線に沿った古い地層地域(九州、四国、奈良県)。
3. 火山周辺の地域(阿蘇カルデラ、始良カルデラ周辺、富士山周辺、日光地方の火山周辺)。
4. フォッサ・マグナ地域(神奈川県、山梨県、静岡県)。

従来、カワノリの生育環境について、河川水、着生基盤、日照条件などの物理、化学的諸要因の解析が行われ、中でも、菊池川(右田1956)や長良川(大地1957)のそれらは詳しく調べられた。また、着生基盤の岩石も、古い地層地帯では角岩が比較的多いとはいえ、特定出来ないことを東(1935)は述べている。

それでは、各産地でのこれまでの調査で判明している河川水や着生基盤、あるいは日照条件等の一般的な環境要因が満たされている所ではすべてカワノリが生育するかということ、かならずしもそうではない。このことは、同じ産地でもカワノリが生育している範囲が極めて限定されている事実を思えば明らかであろう。

したがって、カワノリの特異な分布を論ずるに当っ

Table 1. List of the localities of *Prasiola japonica* YATABE in Japan.

Districts	Localities	Courses of streams (River names)		References
Tochigi-ken 栃木県	(1) Ohami, Shiobara-machi, Shioya-gun 塩谷郡塩原町大綱	Hohkigawa 箒川		HIGASHI (東) 1935
	(2) Akadaki, Yaita-shi 矢板市赤滝		Arakawa 荒川	HIGASHI (東) 1935
	(3) Various places at Yamagata Farm, Yaita-shi 矢板市山県農場の各地	Uchigawa 内川 Miyagawa 宮川		
	(4) Fujiwara-machi, Shioya-gun 塩谷郡藤原町	Nozawa 野沢		YENDO (遠藤) 1911
	(5) Kuriyama-mura, Shioya-gun 塩谷郡栗山村			HIGASHI (東) 1935
	(6) Kirifuri-kogen, Nikko-shi 日光市霧降高原	Narusawa 鳴沢 Akazawa 赤沢	Kinugawa 鬼怒川	
	(7) Kiyotaki-machi, Nikko-shi 日光市清滝町	Daiyagawa 大谷川		YATABE 1891, YENDO (遠藤) 1911, HIGASHI (東) 1913, 1935, YABE 1932, YABE & ISHII (矢部・石井) 1936
Gumma-ken 群馬県	(8) Ohmama-machi, Yamada-gun 山田郡大間々町 Kawauchi-cho, Kiriu-shi 桐生市川内町 Umeda-cho, Kiriu-shi 桐生市梅田町	Kodairagawa 小平川 Yamadagawa 山田川 Kiriugawa 桐生川	Watarasegawa 渡良瀬川	YATABE 1891, HIGASHI (東) 1913, 1935, KOBAYASHI (小林) 1966, 1969, 1970b
	(9) Nakanojo-machi, Agatsuma-gun 吾妻郡中之条町	Namezawagawa 滑沢川		KOBAYASHI (小林) 1967, 1970b
	(10) Onogami-mura, Kita-gumma-gun 北群馬郡小野上村 Yoshioka-mura, Kita-gumma-gun 北群馬郡吉岡村	Masakizawa 正木沢 Takizawagawa 滝沢川	Agatsumagawa 吾妻川	KOBAYASHI (小林) 1970b
	(11) Misato-machi, Gumma-gun 群馬県箕郷町 Haruna-machi, Gumma-gun 群馬郡榛名町	Shirakawa 白川		KOBAYASHI (小林) 1970a, b
			Karasugawa 烏川	

	(12) Matsuida-machi, Usui-gun 碓氷郡松井田町	Iriyamagawa 入山川 Usuigawa 碓氷川			KOBAYASHI (小林) 1967, 1970b
	(13) Minaminomaki & Higashinomaki, Shimonida-machi, Kanra-gun 甘楽郡下仁田町南野牧・東野牧 Yoshizaki & Kuriyama, Shimonida- machi, Kanra-gun 甘楽郡下仁田町吉崎・栗山 Aokura, Shimonida-machi, Kanra- gun 甘楽郡下仁田町青倉 Nammoku-mura, Kanra-gun 甘楽郡南牧村	Saimokugawa 西牧川 Nammokugawa 南牧川	Kaburagawa 鑷川		YENDO (遠藤) 1911, HIGASHI (東) 1913, 1935, KOBAYASHI (小林) 1966, 1970a, b
	(14) Manba-machi, Nakazato-mura & Ueno-mura, Tano-gun 多野郡万場町・中里村・上野村		Kannagawa 神流川		HIGASHI (東) 1935, KOBAYASHI (小林) 1966, 1970
Saitama-ken 埼玉県	(15) Nakatsugawa, Ohtaki-mura, Chichibu-gun 秩父郡大滝村中津川	Nakatsugawa 中津川			HIGASHI (東) 1935
	(16) Hidanazawa, Ohtaki-mura, Chichibu-gun 秩父郡大滝村ヒダナ沢	Hidanazawa ヒダナ沢	Irikawa 入川		YATO (矢頭) 1954
	(17) Ohchigawa, Ohtaki-mura, Chichibu-gun 秩父郡大滝村大血川	Ohchigawa 大血川			TOKYO FORESTRY BUREAU (東京営林局) 1963, TAKEDA et al. 1967
	(18) Chichibu-shi 秩父市			Arakawa 荒川	HIGASHI (東) 1935
	(19) Funanosawa, Tokigawa-mura, Hiki-gun 比企郡都幾川村舟の沢	Tokigawa 都幾川 Koshibegawa 越辺川			SAITAMA-SHIZEN-KENKYUKAI (埼玉自然研 究会) 1970
	(20) Naguri, Naguri-mura, Iruma-gun 入間郡名栗村名栗	Nagurigawa 名栗川	Irumagawa 入間川		HIGASHI (東) 1935
Tokyo-to 東京都	(21) Kiwazasu, Ohme-shi 青梅市極指	Narikigawa 成木川			IWAMOTO et al. (岩本他) 1983
	(22) Hyakkenjaya, Okutama-machi, Nishitama-gun 西多摩郡奥多摩町百軒茶屋	Ohtabagawa 大丹波川 Irikawadani 入川谷 Mitsusawa 三ツ沢			IWAMOTO et al. (岩本他) 1983
	(23) Kotaba, Okutama-machi, Nishitama- gun 西多摩郡奥多摩町小丹波				FUJIYAMA (藤山) 1949a, IWAMOTO et al. (岩本他) 1983
	(24) Various places at Nippara, Okutama-machi, Nishitama-gun 西多摩郡奥多摩町日原の各地	Nipparagawa 日原川		Tamagawa 多摩川	HIGASHI (東) 1913, 1935, TAKEDA et al. 1967, IWAMOTO et al. (岩本他) 1983

Districts	Localities	Courses of streams (River names)			References
Tokyo-to (continued)	(25) Hikawa, Okutama-machi, Nishitama-gun 西多摩郡奥多摩町氷川			Tamagawa	YENDO (遠藤) 1911, HIGASHI (東) 1913, 1935, IWAMOTO et al. (岩本他) 1983
	(26) Yohsawa, Itsukaichi-machi, Nishitama-gun 西多摩郡五日市町養沢	Yohsawagawa 養沢川	Akikawa 秋川		HIGASHI (東) 1935, IWAMOTO et al. (岩本他) 1983
	(27) Various places in Hinohara-mura, Nishitama-gun 西多摩郡檜原村の各地	Kita-akikawa 北秋川			IWAMOTO et al. (岩本他) 1983
Kanagawa-ken 神奈川県	(28) Shiroishizawa, Yamakita-machi, Ashigara-kami-gun 足柄上郡山北町白石沢	Nakagawagawa 中川川	Kawachigawa 河内川	Sakawagawa 酒勾川	
	(29) Ohyama, Isehara-shi 伊勢原市大山	Ohyamagawa 大山川	Suzukawa 鈴川	Kanamegawa 金目川	
	(30) Kansukorobashizawa, Moroto, Hatano-shi 秦野市諸戸カンスコロバシ沢	Fujikumagawa 藤熊川 Nunokawa 布川	Nakatsugawa 中津川		
	(31) Isezawa, Tsukui-gun 津久井郡伊勢沢	Hayatogawa 早戸川			
	(32) Toya, Tsukui-machi, Tsukui-gun 津久井郡津久井町鳥屋	Kushikawa 串川			HIGASHI (東) 1913, 1935
	(33) Aone, Tsukui-machi, Tsukui-gun 津久井郡津久井町青根			Sagamigawa 相模川	HIGASHI (東) 1913, 1935
Yamanashi-ken 山梨県	(34) Kurumazawa, Dohshi-mura, Minamitsuru-gun 南都留郡道志村車沢	Dohshigawa 道志川			SHINOHARA (篠原) 1976
	(35) Aderazawa, Akiyama-mura, Minamitsuru-gun 南都留郡秋山村安寺沢	Akiyamagawa 秋山川	Katsuragawa 桂川		SHINOHARA (篠原) 1976
	(36) Shimoyoshida, Ohasumi & Koasumi, Fuji-yoshida-shi 富士吉田市下吉田・大明見・小明見				YENDO (遠藤) 1911, HIGASHI (東) 1913, 1926a, 1935, SHINOHARA (篠原) 1976
	(37) Ashiyasu-mura, Nakakoma-gun 中巨摩郡芦安村	Norogawa 野呂川	Hayakawa 早川		
	(38) Nishiyama, Hayakawa-machi, Minamikoma-gun 南巨摩郡早川町西山				SHINOHARA (篠原) 1976
	(39) Utsubuna, Nanbu-machi, Minamikoma-gun 南巨摩郡南部町内船			Fujigawa 富士川	SHINOHARA (篠原) 1976

Shizuoka-ken 静岡県	(40) Shojigawa to Inogashira, Fujino-miya-shi 富士宮市の精進川より猪之頭	Shibakawa 芝川			YATABE 1891, YENDO (遠藤) 1911, HIGASHI (東) 1913, 1935, AOKI (青木) 1913, YABE (矢部) 1928, TAKEDA et al. 1967, YASUHARA & ARASAKI (安原・新崎) 1979
	(41) Utogi, Ohkawachi, Shizuoka-shi 静岡市大河内有東木			Abegawa 安倍川	AOKI (青木) 1913
	(42) Nanataru, Kawazu-cho, Kamo-gun 賀茂郡河津町七滝			Kawazugawa 河津川	CHIHARA (千原) 1954, YASUHARA & ARASAKI (安原・新崎) 1978, 1979
	(43) Nomuro, Amagi-yugashima-cho, Tagata-gun 田方郡天城湯ヶ島町野畔			Kanogawa 狩野川	YASUHARA & ARASAKI (安原・新崎) 1979
	(44) Kami-shibanda, Gotenba-shi 御殿場市上柴怒田	Sanogawa 佐野川	Ayusawagawa 鮎沢川	Sakawagawa 酒勾川	YASUHARA & ARASAKI (安原・新崎) 1978
Nagano-ken 長野県	(45) Oh-hinata, Saku-machi, Minamisakugun 南佐久郡佐久町大日向	Nukuigawa 抜井川	Chikumagawa 千曲川	Shinanogawa 信濃川	FUJIYAMA (藤山) 1949a, KOBAYASHI (小林) 1971, ITO et al. (伊藤他) 1983
Gifu-ken 岐阜県	(46) Kanzaki & Embara, Miyama-cho, Yamagata-gun 山県郡美山町神崎・円原	Kanzakigawa 神崎川 Embaragawa 円原川	Mugigawa 武儀川	Nagaragawa 長良川	YENDO (遠藤) 1911, HIGASHI (東) 1913, 1922a, 1926b, 1935, TAICHI (大地) 1957
	(47) Mitori, Neo-mura, Motosu-gun 本巣郡根尾村水鳥	Mitorigawa 水鳥川	Neogawa 根尾川	Ibigawa 揖斐川	HIGASHI (東) 1922a, 1926b, 1935, TAICHI (大地) 1957
	(48) Ozu, Kuze-mura, Ibi-gun 揖斐郡久瀬村小津	Ozugawa 小津川			YATO (矢頭) 1954, TAICHI (大地) 1957
Shiga-ken 滋賀県	(49) Samegai, Maibara-cho, Sakata-gun 坂田郡米原町醒ヶ井	Sohyagawa 宗谷川 Niugawa 丹生川	Amanogawa 天野川	Lake Biwa 琵琶湖	YANAGIHARA (柳原) 1973, NAGAMATSU (永松) 1978, FUKUHARA (福原) 1980
	(50) Mukainokura, Taga-cho, Inukami-gun 犬上郡多賀町向之倉		Serikawa 芹川		NAGAMATSU (永松) 1978, FUKUHARA (福原) 1980
Mie-ken 三重県	(51) Fujiwara-cho, Inabe-gun 員弁郡藤原町	Kawachidani-gawa 河内谷川	Inabegawa 員弁川	Machiyagawa 町屋川	TAICHI (大地) 1957, MINAMIKAWA (南川) 1969, KATSURAYAMA (葛山) 1975, MIE-KEN (三重県) 1976, FUKUHARA (福原) 1980
Nara-ken 奈良県	(52) Shionoha, Kawakami-mura, Yoshinogun 吉野郡川上村入之波	Honzawagawa 本沢川	Yoshinogawa 吉野川	Kinokawa 紀ノ川	KOSHIMIZU (小清水) 1952, 1974, 1975, FUKUHARA (福原) 1982
Tokushima-ken 徳島県	(53) Yaeji, Kamikatsu-cho, Katsuura-gun 勝浦郡上勝町八重地	Stream for irrigation & Katsuuragawa 用水路及び勝浦川			HIGASHI (東) 1913, 1935, 1936a, SUGIYAMA (杉山) 1968
	(54) Yozawa, Takano, Koizumi, Tochidaira & Izuriha, Kisawa-son, Nakagun 那賀郡木沢村与沢・高野・小泉・羽平・出羽			Nakagawa 那賀川	HIGASHI (東) 1935, 1936a, SUGIYAMA (杉山) 1968

Districts	Localities	Courses of streams (River names)		References	
Tokushima-ken (continued)	55) Ohyohchi, Kisawa-son, Naka-gun 那賀郡木沢村大用地			Nakagawa HIGASHI (東) 1935, 1936a, SUGIYAMA (杉山) 1968, SUGIYAMA & KATAYAMA (杉山・片山) 1967, SUGIYAMA & HONDA (杉山・本田) 1969	
	56) Iwakura, Kisawa-son, Naka-gun 那賀郡木沢村岩倉				SUGIYAMA (杉山) 1968
	57) Semidani, Kitoh-son, Naka-gun 那賀郡木頭村蟬谷				HIGASHI (東) 1935, 1936a
Kohchi-ken 高知県	58) Monobe-mura, Kami-gun 香美郡物部村	Makiyamagawa 槇山川		Monobegawa 物部川 HIGASHI (東) 1935, 1936b	
	59) Funato, Higashitsuno-mura, Takaoka-gun 高岡東津野村船戸	Matsubagawa 松葉川		Shimantogawa 四万十川 HIGASHI (東) 1935, 1936b	
Ohita-ken 大分県	60) Yamaura, Kuzu-machi, Kuzu-gun 玖珠郡玖珠町山浦	Kuzugawa 玖珠川		Chikugogawa 筑後川 YENDO (遠藤) 1911, HIGASHI (東) 1913, 1935	
	61) Nogami & Takigami, Kokonoe-machi, Kuzu-gun 玖珠郡九重町野上・滝上				HIGASHI (東) 1913, 1935
	62) Hinatame, Ogi-machi, Naoiri-gun 直入郡荻町陽目				Ohnogawa 大野川 YENDO (遠藤) 1911, HIGASHI (東) 1913, 1935, OHITA-KEN (大分県) 1971
Miyazaki-ken 宮崎県	63) Takachiho-cho, Nishiusuki-gun 西臼杵郡高千穂町	Takachihogawa 高千穂川		Gokasegawa 五ヶ瀬川 HIGASHI (東) 1935	
	64) Omae, Futono & Shimofukura, Shiiba-son, Higashiusuki-gun 東臼杵郡椎葉村尾前・不土野・下福良			Mimikawa 耳川 OHITA-KEN (大分県) 1971	
	65) Somewhere in mountain stream of Ohyodogawa River 大淀川上流			Ohyodogawa 大淀川 TAICHI (大地) 1957	
Kumamoto-ken 熊本県	66) Momigi & Kureko, Izumi-mura, Yatsushiro-gun 八代郡泉村椈木・久連子	Itsukigawa 五ツ木川		Kumagawa 球磨川 HIGASHI (東) 1935	
	67) Suigen, Kikuchi-shi 菊池市水源			Kikuchigawa 菊池川 YENDO (遠藤) 1911, HIGASHI (東) 1922b, SEGAWA (瀬川) 1948, MIGHTA (右田) 1948a, b, 1956	
Kagoshima-ken 鹿児島県	68) Somewhere in Kanoya-shi 鹿屋市			? YENDO (遠藤) 1911	

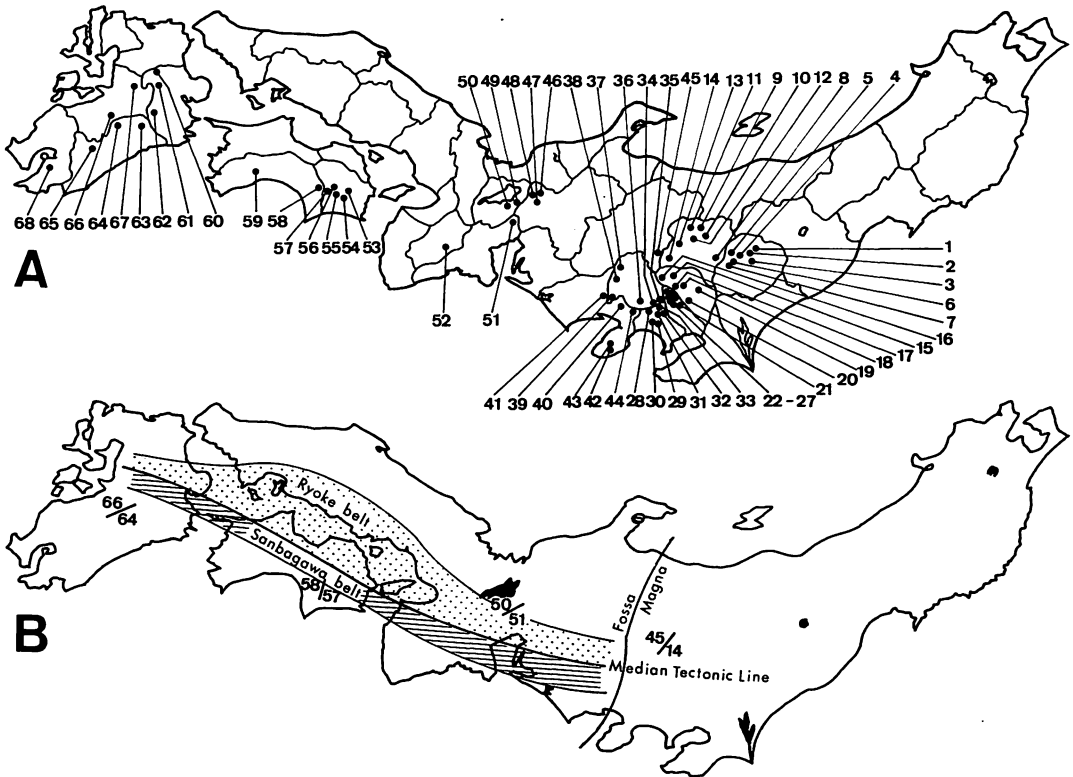


Fig. 5. Map showing all localities of *Prasiola japonica* YATABE and the main geological structure in Japan. A: The numbers, 1-68, denote the locality numbers. B: Four places (45/14; 50/51; 58/57; 66/64) where the localities are located both sides of a ridge respectively.

ては、今回カワノリの分布・出現状態と、その地域の地質・地形等の状態とがよく符合することが明らかとなったので、このことを中心に据えて、さらに一般的な環境要因を加味して考えるのが合理的ではなかろうか。なお、この他に、日本列島の歴史や気象条件等も考慮の中に入れる必要もあろう。

このような観点から、今日判明している産地以外に生育可能と思われる地域を考えると、次の2地域が最も注目される。

第一は、既知の産地北限の箒川の本流である那珂川の最上流域と、栃木県と接して古い地層である福島県下の阿武隈最上流の西白河郡西郷村甲子温泉付近、阿賀野川上流域の大川、荒海川の流れる南会津郡田島町、大沼郡会津高田町、および、夏井川流域である。

第二は、岐阜県の産地に隣接する福井県九頭龍川上流域から京都府にかけての古い地層地域である。

第一の地域については1977年8月に実地調査を行ったが、カワノリの生育の発見はもとより、生育するとの情報も全く得られなかった。福島県内水面水産試験

場によれば、山菜利用では有名な福島県であるので、食用となるカワノリが県内に生育しているなら当然耳に入る筈である。今迄に聞いたことが無いので、県内には恐らく生育しないであろうとのことであった。第二の地域の調査は未だ行っていない。したがって、本邦のカワノリ生育の北限は従来どおり栃木県塩原町大網といえよう。

III. 長野県の生育地とその分布上の考察

日本海に注ぐ千曲川上流の抜井川にカワノリが生育することは、分布上どのように解釈したらよいであろうか。この産地が藤山(1949a)によって須藤・浅川の業績として紹介されるまでは、遠藤(1911)、東(1935)が強い関心を示していたように、カワノリは日本海に注ぐ河川の上流には生育しまいと一般に思われていた。

しかし一方、岡田(1939)は、カワノリの近縁種タイワンカワノリ (*P. formosana* OKADA, 岡田 1936, 1938b; 佐藤 1936) の変種としてチョウセンカワノリ (*P. formosana* var. *coreana* OKADA) を記載し、本

変種が朝鮮の元山付近から日本海に注ぐ河川上流に生育するので、東(1935)が推察した、カワノリが日本海に注ぐ河川に生育しない理由のうち、“未だ日本海は成立し居らざりし……”は考えなおさなければならぬとした。

抜井川の産地を本報では産地番号45で記述したが、南北に走る県境の尾根をはさんで群馬県下の神流川流域の産地(産地番号14)と対していることは藤山(1949a)も指摘している(Figs. 1, 5A, B)。抜井川流域は南佐久層群と呼ばれる鳥ノ巣統に相当する古い地層地帯で、日本地質図(地質調査所 1971)で見ると、この古い地層は群馬県側から長野県内に張り出たちょうどその部分に当たっていることがわかる。

したがって、これと同様な関係、すなわち、古い地層地帯で、南北に走る尾根を挟んで産地が相対している地域が他にもあるかどうかの検討が、当産地の分布上の意味を論ずる場合まず必要であろう。

この点、Figs. 2, 3, 4, 5A から探すと、Fig. 5B に示した3地域が該当する。第1が滋賀県の芹川(産地番号50)と三重県の河内谷川(産地番号51)、第2が徳島県的那賀川上流(産地番号57)と高知県の槇山川(産地番号58)、第3が宮崎県の耳川上流(産地番号64)と熊本県の五木川上流(産地番号66)である。

カワノリの特異な分布を考察した報告は、東(1935)の古気象と日本海成立時とをからませたもののみであるが、前川(1966)は世界のカワノリ類の分布域を古赤道と結びつけて考察している。なお、栃木県下のカワノリの生育に興味をもたれ、種々御教示を賜った故新野弘博士は、日本のカワノリは新生代の水河時代に日本の太平洋側が隆起しているの、その際に、海産であったものが陸封され今日に至っているのではないかと考えておられた。

このような諸考察は十分に留意される必要があるが、今回の調査結果から判断すると、日本海に注ぐ河川につながる抜井川のカワノリは群馬県側からの移植ではないかとする小林(1971)の推測もあるが、次のように解すべきであろう。

すなわち、抜井川の生育地と同様に、共通の古い地層上で、ほぼ南北に走る尾根を挟んで産地が相対している生育地域が他に3箇所も数えられること。また、カワノリと近縁のチョウセンカワノリの生育河川が日本海に注いでいること等から、抜井川がたまたま北上して信濃川に合する千曲川に流れこんでいるに過ぎないという説明でよいと思われる。

IV. カワノリの着生基盤及び着生部位

カワノリの着生基盤となっている岩石の種類は様々で特定できないことは東(1935)が述べている。今回とりまとめた68産地の約3分の2程度が古生代もしくは中生代ジュラ期以前の古い地層地帯に位置して、着生基盤も多くは角岩であり、しかも、産地の人達がよく口にする“カワノリの着く岩”というのはきまって角岩であることは注目される。

1976年7月初旬に多摩川支流日原川へ注ぐ倉沢谷(産地番号24)でカワノリの幼葉体が密生した角岩を観察したところ、葉体の着生場所はすべて、角岩表面を特徴づけている、平行して走る節理(joint)や割れ目(fissure)に限定されていた。

急流の中でもこのような岩石表面の凹所では、水の滞留、渦流もあろうから、前世代の配偶子接合に基づく接合子も定着し易く、流砂の擦過の影響も受けにくいと考えられる。さらに減水時に着生部位が干出しても水分が残り易いので、短時日であれば細胞や幼体は枯死をまぬがれよう。

角岩は乳白半透明の層状構造(節理)をした岩で、その性質を調べるため節理と直角に切断して、厚さ約1.5 cmの角岩片を作り、金槌で軽くたたいたところ、節理部で簡単に離れた。この分離面は明らかに腐蝕しており、藍藻のトリコームと思われるもの若干が認められた。このことは、非常に硬い角岩も節理部に水が滲み込んでいることと、半透明の岩質が光をある程度透過させていることを物語っている。つまり、角岩の節理の方向が川床に立つようになっていれば、その角岩の上部が、減水期や夏季に空中に露出しても、表面の節理部には毛管現象によって絶えず水が補給されるとともに、蒸散によって高温とならぬこととなろう。

右田(1948a, b)、藤山(1949a, b)および筆者の多摩川水系その他の観察結果を総合すれば、カワノリの生活は次のようなものである。晩春から初夏の候に見えてくる幼葉体は大きく成葉体となる途中で、葉縁部の細胞がこぼれ、それに基づく二次芽が発生し、葉体数を増加させるとともに、葉体の生育範囲も広まる。葉体は晩秋から冬にかけて、雌雄の配偶子をつくり、それらの接合子が翌年の晩春から初夏に肉眼で認められるような葉体となる。

以上がカワノリの生活の概要であるので、倉沢谷で7月に角岩の節理の部分に密生していた葉体は前年の接合子に基づくものとみなすことが出来よう。

したがって、角岩やそれに類する性質の岩石がカワノリ生育の河川にあれば、毎年最初の葉体の多くは

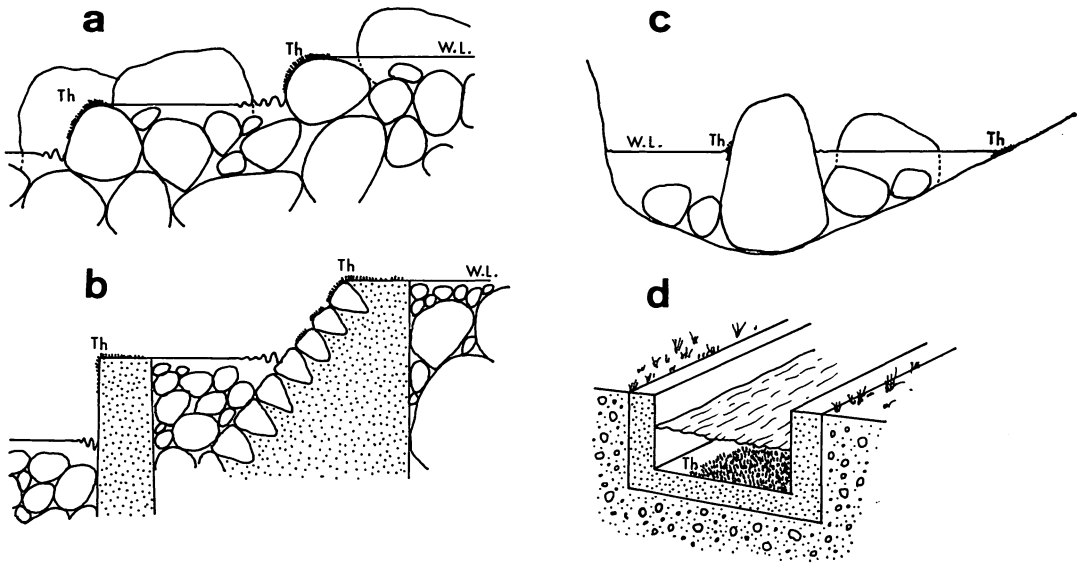


Fig. 6. Diagrams to represent various habitats and growing positions on the substrates of *Prasiola japonica* YATABE a: Longitudinal view of a mountain stream. b: Longitudinal view of the dam. c: Cross view of a mountain stream d: An irrigation canal built of concrete. Th: *Prasiola thalli*. W.L.: Water level.

これらの岩石上に出現し、それらがもととなって、盛夏の頃には他の岩石その他のものへも葉体が見られるようになると判断される。岩石以外の着生基盤としてはコンクリート製の水路の壁や堰堤などが主である。前記の岐阜県農会の川崎氏は水中の雑木の小枝に着生しているのを見ているが、筆者も多摩川水系の産地で枯れ枝に着生するカワノリを見ている。さらに、産地番号21の東京都青梅市の産地では放置されたビニール縫製品の縫い糸部分に幼葉体が密生しているのも観察している。

次にカワノリの着生基盤での生育部位であるが、大多数は急流が洗う岩石やコンクリート面であるが、水しぶきの絶えずかかるような所にもしばしば生育する。その他若干の例外的なものもあるが、日本各地の生育状況の観察に基づいて、着生部位各種を模式的に示したのが Fig. 6 である。本図 a は岩石が重なり合う渓流での着生部位を示し、b は堰堤の場合、c は川すじの横断面観で、流れの中の岩石面や川岸の岩盤にも生育することを示した。d は用水路のコンクリート底に生育する様子を示した。

都県別生育地のところでふれたように、土地開発に伴って、何箇所かの産地ではカワノリは絶滅したが、産地番号40に含まれる静岡県富士養鱒場構内のカワノリが昭和40年代の数年間全く姿を消したことが、産地番号42の静岡県河津川上流のものが昭和33年9月の狩野

川台風による大雨で川床が変容して一時絶滅したと思われたのが、現在やや盛り返していること、産地番号47の岐阜県水鳥川のもが明治24年10月濃尾大地震の際の山崩れで川に土砂が流出し、一時カワノリは見られなくなったが、26、27年経過して復活したことなどは、角岩やそれに類する岩石が、悪条件の下でカワノリを絶やさなかった結果であるとの推測も成り立つ。

以上のことから、カワノリが長期に生育するための要件は、単に水質、水温、日照などの要因のみでなく、川すじにある岩石の種類・構造なども含めて考える必要がある。この意味から、前記の角岩の構造は極めて興味深いといえよう。

謝 辞

本報告を終るに当たり、東京水産大学水産植物学教室の庵谷晃氏、武田薬品工業勤務の福原輝男氏には特に絶大なご協力を賜ったことを記し深謝します。また、及川盛也氏、植木方平氏、大里仁一氏、橋本南海男氏、故新野弘氏、稲葉伝三郎氏、高橋幹男氏、山田信夫氏、浅川末三氏、早矢仕鍊蔵氏、伊藤一郎氏、清水実氏、林旅館、野口利夫氏、走川輝一氏、杉山英之氏、中瀬元平氏、倉岡保洋氏、尾前美義氏、東京都水産試験場奥多摩分場、岐阜県水産試験場、滋賀県水産試験場、同醒ヶ井養鱒場、三重県丹波郡藤原町役場、熊本県八代郡泉村教育委員会、鹿児島県肝属郡教育事

務所の方々に大変お世話になりましたことを深謝します。

引用文献

- 赤嶺秀雄 1969. 鈴鹿山脈の地学景観。鈴鹿の自然 (鈴鹿国定公園協会) 33-36, 三岐鉄道, 四日市。
- 青木三雄 1913. しばかほのり見聞。水産研究誌 8: 442-443.
- 千原光雄 1954. カワノリ伊豆半島に産す。植研誌 29: 40.
- 地質調査所 1971. 日本地質図。地質協会, 東京。
- 富士郡白糸村 1953. 芝川海苔, 山女魚の研究 87, 白糸をめぐる郷土研究。
- 藤本治義 1962. 関東地方。日本地方地質誌 84-91. 朝倉書店, 東京。
- 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: 57-61.
- 福原輝男 1980. 滋賀県下におけるカワノリの分布をめぐって。民俗文化 196: 1907-1909.
- 福原輝男 1982. 幻の食品“カワノリ”をたずねて—奈良県大台ヶ原のカワノリ。関西自然科学 33: 1-2.
- 船津金松 1954. カワノリ越後に産するならん。採集と飼育 16: 253.
- 東道太郎 1913. かほのり調査。水産講習所試験報告 9: 143-145.
- 東道太郎 1922a. 岐阜県産「かほのり」に就て。水産研究誌 17: 11-12.
- 東道太郎 1922b. 菊池川苔に就て。水産研究誌 17: 13-15.
- 東道太郎 1926a. 桂川のり。水産研究誌 21: 11.
- 東道太郎 1926b. 岐阜県北山村産「かほのり」に就て。水産研究誌 21: 22-24.
- 東道太郎 1935. カハノリに就いて。陸水学雑誌 5: 60-63.
- 東道太郎 1936a. 徳島県におけるかほのりの産地。楽水 31: 569.
- 東道太郎 1936b. 高知県に於けるかほのりの新産地。楽水 31: 569-570.
- 伊藤市郎・橋本達夫・五十嵐秀男 1983. 日本海流出河川上流のカワノリ分布。群馬生物 32: 2-6.
- 岩本康三・高橋幹男・庵谷 晃 1983. 多摩川水系におけるカワノリの分布。藻類 31: 274-279.
- 葛山博次 1975. カワノリ。藤原岳の植物 46, 中日新聞本社, 名古屋。
- 小林一雄 1966. 群馬県におけるカワノリの分布について。群馬生物 15: 58-64.
- 小林一雄 1967. 群馬県におけるカワノリの分布について。群馬生物 16: 55-56.
- 小林一雄 1969. 群馬県におけるカワノリの分布について。群馬生物 18: 16-17.
- 小林一雄 1970a. 群馬県におけるカワノリの分布について。群馬生物 19: 9.
- 小林一雄 1970b. カワノリ。群馬県立渋川高校紀要 1: 1-21.
- 小林一雄 1971. 抜井川のカワノリ。群馬生物 20: 6-8.
- 小清水卓二 1952. カワノリ大台ヶ原本沢川に産す。植研誌 27: 72.
- 小清水卓二 1974. 植物班の調査眼目。紀ノ川上流地域自然環境調査中間報告 4, 奈良県。
- 小清水卓二 1975. 紀ノ川上流のカワノリ (*Prasiola japonica* Yatabe)。紀ノ川上流地域自然環境調査報告 23, 奈良県。
- 前川文夫 1948. 南米のカワノリについて。植研誌 41: 261-265.
- 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.
- 右田清治 1956. 菊池川に於けるカワノリの環境に就いて。長崎大学水産学部研究報告 4: 11-14.
- 南川 幸 1969. 鈴鹿山脈の植物。鈴鹿の自然 (鈴鹿国定公園協会) 30, 三岐鉄道, 四日市。
- 永松正明 1978. カワノリの養殖に関する研究, 生育条件と配偶子の形成について。滋賀県水産試験場研究報告 30: 77-82.
- 大分県教育委員会 1971. 陽目のカワノリ。大分県の文化 183, 大分県, 大分。
- 岡田喜一 1936. 台湾ニ発見セラレタかほのりノ一種ニ就テ。植研誌 12: 451-459.
- 岡田喜一 1938a. 日本産かほのり科の藻類。植研誌 14: 469-480.
- 岡田喜一 1938b. 台湾かほのりノ新産地。植研誌 14: 73.
- 岡田喜一 1939. 朝鮮ニ発見セラレタかほのりノ一種ニ就テ。植研誌 15: 449-452.
- 岡田喜一 1944. 日本淡水産うしけのり属ノ一種たにうしけのりニ就テ。植研誌 20: 201-204.
- 埼玉自然研究会 1975. 埼玉県の自然 48-49, 野村出版, 市川。
- 佐藤正己 1936. かほのり台湾阿里山ニ産ス。植研誌 12: 144.
- 瀬川宗吉 1948. カワノリ動配偶子再検討事情。採集と飼育 10: 338-340.
- 篠原 博 1976. 大室のカワノリ。自然環境保全地区等調査報告 (植物編) 142-147, 山梨県, 甲府。
- 杉山英之 1968. カワノリ養殖試験—I. 那賀川上流の生育地について。岡山県水産試験場事業報告書 (昭和42年度) 221-225.
- 杉山英之・片山勝介 1967. カワノリ養殖試験 (予報)。岡山県水産試験場事業報告書 (昭和41年度) 225-228.
- 杉山英之・本田信夫 1969. カワノリ養殖試験—II. 配偶子の放出について。岡山県水産試験場事業報告書 (昭和43年度) 153-156.

- 大地昂太郎 1957. かはのり。長良川の生物 318-310, 岐阜県, 岐阜。
- 高橋秀男 1971. フォッサ・マグナ要素の植物。神奈川県立博物館調査研究報告 (自然科学) 2: 1-63.
- TAKAGI, F., MATUMOTO, T. and TORIYAMA, R. 1963. *Geology of Japan*, 279pp. Univ. of Tokyo Press, Tokyo.
- 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.
- 東京営林局 1963. 秩父営林署管内図。東京。
- 矢部吉禎 1928. 芝川ノリ。富士の研究 IV (岩田久吉・矢部吉禎編) 182-185, 古今書院, 東京。
- YABE, Y. 1932. On the sexual reproduction of *Prasiola japonica* YATABE. *Sci. Pap. Tokyo Bunrika Daigaku, Sect. B*, 3: 39-40.
- 矢部吉禎・石井友幸 1936. 日光のカハノリ及びその他の藻類。日光の植物と動物 (東照宮編) 227-229, 養賢堂, 東京。
- 柳原敏雄 1973. かはのり。山菜歳時記 106-107, 婦人画報社, 東京。
- 安原健允・新崎盛敏 1978. 伊豆天城産カワノリについて。日大文理学部生活科学研究所報告 1: 34-37.
- 安原健允・新崎盛敏 1979. 静岡県東部地域にみられるカワノリの分布と生育および製法について。日大文理学部生活科学研究所報告 2: 21-32.
- YATABE, R. 1891. A new Japanese *Prasiola*. *Bot. Mag. Tokyo* 5: 187-189.
- 矢頭献一 1954. カワノリの新産地。植研誌 29: 324.
- 遠藤吉三郎 1911. かはのり。海産植物学 236-241, 博文館, 東京。

カイガラアマノリの糸状体から直接生ずる 葉状体幼芽にみられる原形質連絡

馬 家海・三浦昭雄

東京水産大学藻類増殖学講座
(108 東京都港区港南 4-5-7)

MA, J.H. and MIURA, A. 1984. The pit-connections existing in leafy germlings which developed directly from conchocelis filaments in *Porphyra tenuipedalis* MIURA. Jap. J. Phycol. 32: 186-189.

The life history of *Porphyra tenuipedalis* is different from the other species of *Porphyra*. It is characterized by developing directly into thalli from conchocelis filaments. The writers observed pit-connections existing between the cells of 1-3 celled leafy germlings which developed directly from conchocelis filaments, but the pit-connections disappeared after the germlings grew into 4 celled bodies. Each cell of the one to three celled germlings are different in size. They grow into multiseriate leafy thalli through uniseriate cell bodies. The conchosporangia formed in most species of *Porphyra* have pit-connections between the cells of the conchosporangia, therefore 1-3 celled leafy germling in the present species are considered homologous to conchosporangia. Consequently, the present species does not form ordinary conchosporangia.

Key Index Words: *Bangialis*; *Cytological investigations*; *Pit-connection*; *Porphyra*; *Porphyra tenuipedalis*; *Rhodophyta*.

Jiahai Ma and Akio Miura, Laboratory of Algal Cultivation, Tokyo University of Fisheries, Konan 4-5-7, Minato-ku, Tokyo, 108 Japan

カイガラアマノリ (*Porphyra tenuipedalis* MIURA) は、葉状体が糸状体から直接発育し、アマノリ属の他の種と違って殻胞子嚢および殻胞子の形成は認められないと述べられている (MIURA 1961)。

同様の葉状体の発育は *P. cuneiformis* について KRISHNAMURTHY (1969) によって報告されている。

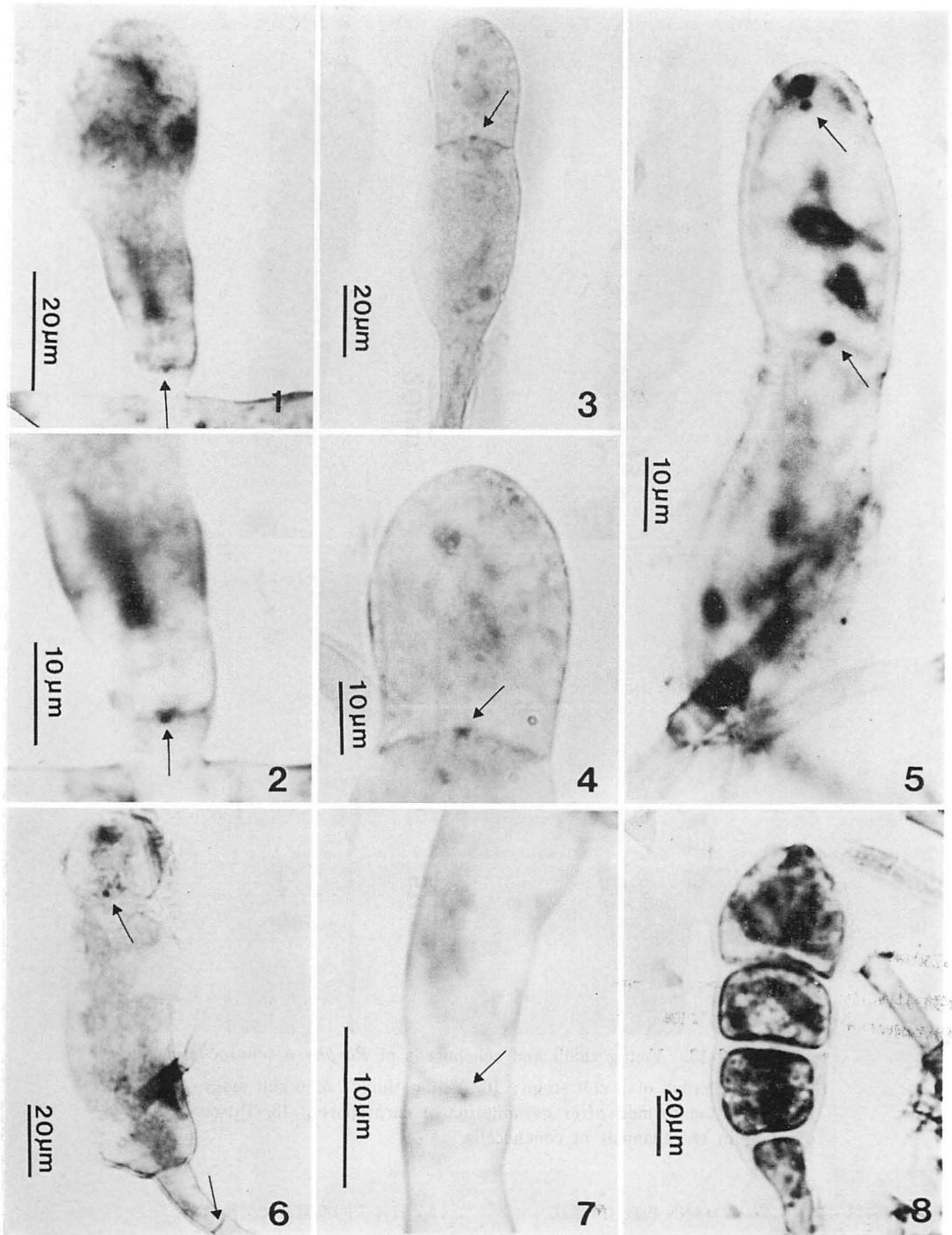
アマノリ属の糸状体の細胞間には原形質連絡が存在することが ROSENVINGE (1931), DREW (1954), TSENG and CHANG (1955), KRISHNAMURTHY (1959), MIGITA (1967), BOURNE *et al.* (1970), LEE and FULTZ (1970), 鬼頭 (1978) などによって確認されている。なお ROSENVINGE (1931), DREW (1954), TSENG and CHANG (1955), MIGITA (1967) および鬼頭 (1978) などは糸状体の細胞間だけでなく、殻胞子嚢の細胞間にも存在することを確認し、また図示している。

筆者等はカイガラアマノリの細胞学的研究の過程において糸状体から直接発育する葉状体幼芽に原形質連絡が存在することを発見したので以下に報告する。

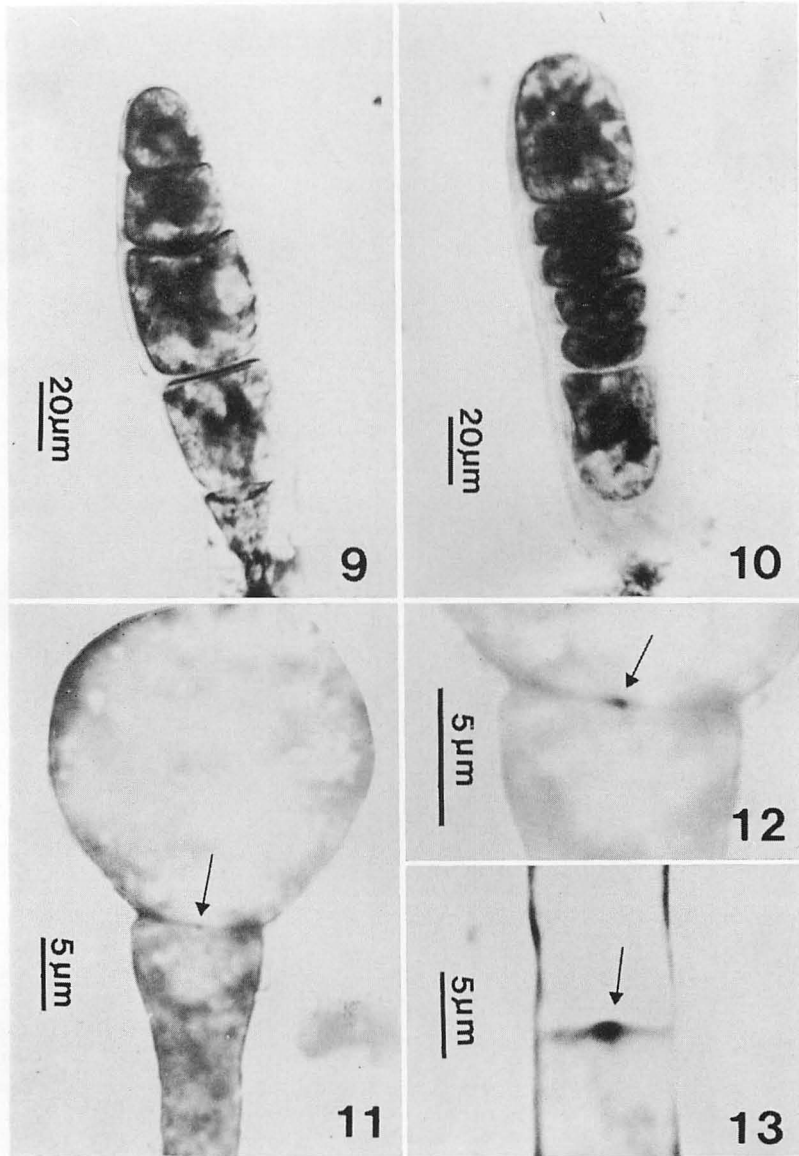
材料と方法

本研究は東京水産大学藻類増殖学講座に分離保存されているカイガラアマノリ *Porphyra tenuipedalis* のフリー糸状体をもちいてなされた。温度 23°C, 10 時間暗期, 14 時間明期 (400 lux) で培養保存されていた無基質糸状体を 15°C, 10 時間明期 (6000~7000 lux), 14 時間暗期の短日低温条件の恒温培養庫内に移し、底部に通気孔をもつ 1 l 用フラスコを用いて送気培養することによって、糸状体から葉状体を直接発芽させた。発芽後 1 細胞期から 10 数細胞期まで固定を行った、また葉状体が成熟してから、葉状体の果胞子嚢の部分をすりつぶし、母藻から離脱した果胞子をスライドグラスに播種し、乾燥しないように固着させて、上述の短日低温条件下で静置培養を行なった。果胞子は発芽管を形成した。

上述の葉状体の発芽体と果胞子発芽管および糸状体をカルノアの酢酸・アルコール液をもちいて固定し、



Figs. 1-8. Germlings and young thallus of *Porphyra tenuipedalis*. 1, 2. Pit-connection existing in the leafy germling of 1 cell stage, an arrow indicates the pit-connection; 3, 4. Pit-connection existing in the leafy germling of 2 cell stage; 5. Pit-connection existing in the leafy germling of 3 cell stage; 6, 7. Pit-connection existing among the cell of leafy germling of 2 cell stage and between the leafy germling and conchocelis filament; 8. Young thallus of 4 cell stage;



Figs. 9-13. Young thalli and conchocelis of *Porphyra tenuipedalis*.

9. Young thallus of 5 cell stage; 10. Young thallus of 6 cell stage; 11, 12. Pit-connection formed after germination of carpospore; 13. Pit-connection existing in the filament of conchocelis.

その材料はいずれも WITTMANN 氏液 (酢酸鉄ヘマトキシリン抱水クロラル液) で染色の後観察した。培養液には PES (PROVASOLI 1968) を用いた, PES の調製には伊豆大島沖の黒潮流域で採水し保存した海水をグラスファイバーフィルター (WHATMAN, G. F/C) で濾過し, 塩分を 33‰ に調製後, 加熱加圧滅菌 (120°C, 1 気圧, 20 min) してもちいた。培養液

は 2 日に 1 回の割合で交換した。

結果と考察

カイガラアマノリの無基質糸状体を 10 L: 14 D, 6000~7000 lux, 15°C の短日低温条件下で培養すると, 約 10~20 数日後に糸状体の糸条の末端あるいは側面に

球形または楕円形の膨脹部分が形成された。この膨脹部分は分裂生長して、単列細胞体を経て多列細胞体となり最後には30~40 cm以上の葉状体に生長するが無基質条件下では3細胞までは著しく不均等な大小の細胞からなっている (Figs. 1, 3, 5, 6)。この発芽体を固定し染色し観察したところ発芽体と糸条の接続する部分に原形質連絡の存在が確認された (Figs. 1, 2)。また2~3細胞からなる発芽体の細胞間にも原形質連絡が確認された (Figs. 3, 4, 5)、2~3細胞期の発芽体の細胞相互間の原形質連絡は糸状体の糸条細胞間のものより顕著で大きい (Figs. 6, 7)、上述の発芽体が4細胞以上の細胞からなる単列細胞体に分裂生長すると1~3細胞期の細胞に形成されていた細胞間の原形質連絡が消失してしまう、以後分裂生長が進んで多列葉状体に発達するが原形質連絡が形成されることはない (Figs. 8, 9, 10)。

一方、上述の葉状体が生長して30~40 cm以上に達し、成熟して遊離した果胞子を培養し、その発芽体及び分裂生長した糸状体糸条細胞について原形質連絡を観察した、果胞子の発芽体においては原胞子腔が発芽管と連絡する部分に顕著な原形質連絡が存在した (Figs. 11, 12)、分裂生長後の糸条細胞間には常に原形質連絡が存在することが確認された (Fig. 13)。

殻胞子嚢を形成するアマノリ属植物の種類では殻胞子嚢の細胞間および糸条体の糸状細胞間には原形質連絡が存在する (ROSENVINGE 1931, DREW 1954, TSENG and CHANG 1955, MIGITA 1967, 鬼頭 1978)。本研究で観察したカイガラアマノリでは糸状体の糸条細胞から直接生じた1~3細胞からなる葉状体幼芽には本来糸状体期の糸条細胞に特有の原形質連絡が存在し、その発芽体の細胞は球形又は楕円形で大きさ形状は4細胞期以後の単列細胞とは著しく相異なる。なお又1~3細胞期の発芽体に認められた原形質連絡は4細胞期以後には完全に消失し、発芽体は以後分裂生長して多列葉状体になる。4細胞期以後には1~3細胞期に存在していた原形質連絡が完全に消失してしまう機構については全くわからない。しかし3細胞期までの発芽体が原形質連絡をもち、その上形態的にもいわゆる葉状体の形とも異なることは3細胞期までの葉状体幼芽は殻胞子嚢と相同の関係にあることを示しているものと思われる。その葉状体幼芽からは殻胞子の形成や放

出は勿論認められなかった。

KRISHNAMURTHY (1969) は *P. cuneiformis* において葉状体が糸状体から直接発生することを観察した。この場合においては殻胞子嚢は殻胞子を放出しないでそのまま葉状体へ発生してゆくかあるいは胞子嚢全体が葉状体幼葉に変成すると推測した。しかし、*P. cuneiformis* ではこれらの発芽体について原形質連絡の有無について観察されていないので確認はできないけれども、カイガラアマノリと同じように殻胞子嚢に相同の葉状体幼芽から葉状体が発生するものと考えられる。

引用文献

- BOURNE, V. L., CONWAY, E. and COLE, K. 1970. On the ultrastructure of pit connections in the conchocelis phase of the red alga *Porphyra perforata* J. Ag. Phycologia, 9: 79-81.
- DERW, K. M. 1954. Studies in the Bangioideae III. The life-history of *Porphyra umbilicalis* (L.) KÜTZ. var. *laciniata* (LIGHTF.) J. Ag. A. The *Conchocelis*-phase in culture. Ann. Bot. N. S., 18: 183-211.
- 鬼頭 鈞 1978. アマノリ属植物の細胞学的研究, 東北水研研究報告, 39: 29-84.
- KRISHNAMURTHY, V. 1959. Cytological investigation on *Porphyra umbilicalis* (L.) KÜTZ. var. *laciniata* (LIGHTF.) J. Ag. Ann. Bot. N. S., 23: 147-176.
- KRISHNAMURTHY, V. 1969. The *Conchocelis* phase of three species of *Porphyra* in culture. J. Phycol., 5: 42-47.
- LEE, R. E. and FULTZ, S. A. 1970. Ultrastructure of the conchocelis stage of the marine red alga *Porphyra leucosticta*. J. Phycol., 6: 22-28.
- MIGITA, S. 1967. Cytological studies on *Porphyra yezoensis* UEDA. Bull. Fac. Fish. Nagasaki Univ., 24: 55-64.
- MIURA, A. 1961. A new species of *Porphyra* and its *Conchocelis*-phase in nature. J. Tokyo Univ. Fish., 47: 305-311.
- ROSENVINGE, L. K. 1931. The merine algae of Denmark. part 4. Rhodophyceae IV. Danske Vidensk. Selsk. Skrifter, 7. Raekke, Naturv. og Mathem. Afd., 7: 613-624.
- TSENG, C. K. and CHANG, T. J. 1955. Studies on the life history of *Porphyra tenera* KJELLM. Scientia Sinica, 4: 375-398.

有賀祐勝・大金雅子： フランスのブルターニュ地方における コブの 採取船と採取量の変遷 Yusho ARUGA and Masako OHGANE: Changes of the harvesting boat and the harvest of *Laminaria* in Bretagne, France

フランスではブルターニュ地方やノルマンディー地方で、海藻とくにコブ (*Laminaria digitata*) はゴエモン (goémon) と呼ばれて収穫され、主としてアルギン酸の原料となっている。この“ゴエモン産業”の近年における規模は、年間 (1 シーズン) の採取量で約 60000 t (生重) または約 6000 t (乾重) といわれる。筆者のひとり有賀は、(財)日仏会館の交換教授として1982年11~12月に約 2 週間にわたりフランス各地の臨海実験所や研究施設、大学などをまわってきたが、その折にコブ採取船について Centre Océanologique de Bretagne (Brest) の Pierre ARZEL 氏から興味ある説明を聞く機会を得た。その説明と資料 (ARZEL 1982) をもとに、ゴエモン産業について紹介したい。

1. 海藻産業の歴史

フランスの海藻産業には盛衰の歴史がある。海藻が工業的に最初に使われたのは17世紀の終わりからで、ガラス製造に必要なソーダ灰を得るためであった。産業としては比較的順調であったが、ソーダ合成法の確立 (1789) で危機を迎える。しかし、その後、海藻からヨウ素をとる工業的利用法が発見され (1811), Conquet に最初の工場が建てられた (1824) が、海藻からヨウ素を工業的に抽出したのは1955年までであった。近年では、1948年頃に家畜飼料の成分に海藻が導入され始め、1965年には5つの工場が 10000 t の海藻を扱っていた。現在、Landerneau にある 1 工場が海藻の粉 1500 t を商品化しているが、そのうち 400 t が畜産に使われている。これは、15年前から家畜飼料の生産が6倍に増加したことと関連があり、ダイズ粉の大量輸入がこのような発展を可能にしたのだといわれる。

今日、ゴエモン産業は主としてコブからのアルギン酸抽出によって成りたっている。アルギン酸の製造法は STANFORD (1884) によって開発されたもので、アルギン酸工業として姿を現わし始めたのは1924年であるが、実際に発展したのは第二次大戦後である。この時期以後今日までゴエモン業者 (海藻採取業者) について調べてみると、彼らの仕事の仕方に大きな変化

が生じていることがわかる。すなわち、彼らは能率的かつ生産的な小型船団 (flottile) を構成するようになったことである。しかし、その小型船団が現在危機的状態にあるといわれる。それは、アルギン酸の市場が悪化しつつあることと関連しているようである。

2. 採取船の機械化

戦前の1936年頃、ゴエモン業者は危機的状態にあった。それは、ヨウ素の値段が季節を追って下落し、また社会の近代化 (有給休暇の導入など) は多くのゴエモン業者を船員やプレストの造船所へとかりたてたからである。第二次大戦後は高い生産をあげることもまれにはあったが、常にヨウ素の値段の下落という危機に直面させられてきた。

1945年には 65% の船が10年以上たったもので、老朽化が進んだ小型船団をとりかえるための投資も田舎の貧しい経済では困難であった。しかし、Molène 諸島を拠点としたゴエモン業者は、早くも1946年には長さ 6~7 m のスループ型帆船 (一本マストの縦帆帆船) にエンジンをとりつけている。この地方の沿岸漁業委員会もこのような近代化を奨励したので、その援助計画によって1955年までにゴエモン産業の一新と小型船団の機械化が実現した。オールでこぐボートに船外機がとりつけられたのは、1960~1966 年であった。

3. “ギロチン” から “スクビドゥ” へ

ゴエモン業者がコブ採取のために伝統的に用いていたのはギロチンと呼ばれる道具であった (図 1)。これを使って海底に生えている海藻の柄にあたる部分を切り、船上に持ち上げるのであるが、海藻を切るには海藻を見る必要がある。したがって、波浪が激しくなると仕事をやめなければならないので、採取作業は大きな制限を受けていた。

1920年頃、Léon 地方のあるゴエモン業者が Pleubian 地方へしばしば通っていた際に、特別な道具を用いて海藻を引抜くという話を聞いたが、当時の道具は満足のいくようなものでなかった。ゴエモン業者たちは更に別の道具を探さことになる。その一人 Yves COLIN は、1961年頃、軽金属製の長い柄の先に

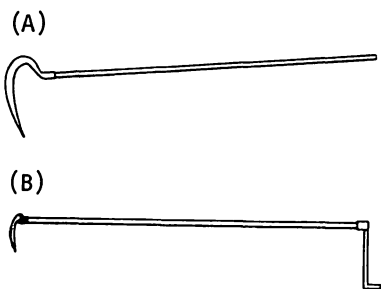


図 1. (A) ギチロン (guillotine). (B) スクビドゥ (scoubidou). (ARZEL 1982)

鋼鉄の小さな鉤をとりつけることを提案し、他の一端にハンドルを溶接した試作品が完成した。これは満足いくもので、スクビドゥ (scoubidou) (図 1) の呼び名で小型船団に普及した。この名は、当時の有名なジャンソンにその由来があるという。

4. 刈り取りの機械化

1955年以来すでに生産の発展に熱心な実業家は、刈り取りの機械化の方法を模索していた。M. BRONNEC は、1963年に試作品を作っている。それは“Tali”という名の、長さ 13 m、幅 4 m の船で、底に金網をはった船倉は海と直接つながっている (図2)。潜水夫は海底で鎌を使って海藻を刈り取る。船上にはポンプ式と排水機があり、刈り取った藻体を海水と共に太いパイプを通して吸い上げることができるようになって

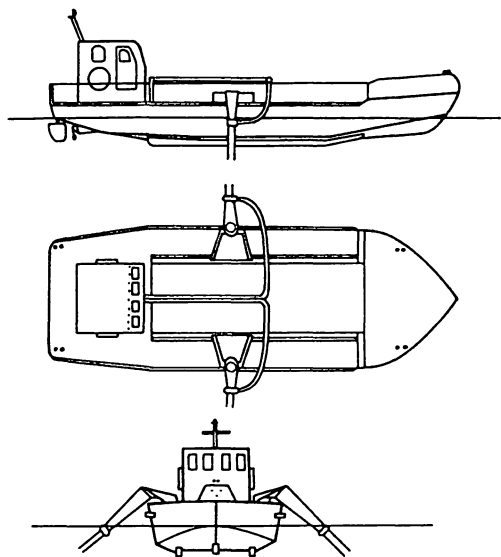


図 2. 海藻採取船“Tali”. (ARZEL 1982)

いる。海水は外へ流れ出し、海藻は金網を底に張った船倉に集められる。この型の船で、1日に 7 t (生重) も収穫することができた人もいた。しかし、その後 7 年たっても、小型船団で 220 隻 (1970年) あった船のうち、同型の船でわずか 2 隻がこの設備をとりつけたにすぎなかった。前述のような 1 日あたり 7 t という収穫はほとんど続かなかったのである。失敗の理由は、陸揚げに時間がかかること (陸での運搬に荷馬車が使われていたこととも関係する)、船を他の目的に利用しにくいこと (海藻収穫用に船を新造するか、他の型の船ならば改造が必要)、潜水を覚えるか潜水夫を雇わなければならないこと (この頃、ゴエモン業者の 65% が 40 歳以上、したがって潜水夫を雇うしかないが給料は払いきれない)、などであった。このうち、第一の理由が最も大きかったようである。潜水夫による刈り取りも、吸い揚げポンプも、刈り取りの機械化という課題に対する理想的な解決策ではなかったのである。

コンブ刈り取りの機械化の問題を解決するには、別の方法が残されていた。すなわち、“ひきぬぎ”，もっと正確に言えば手を使う“スクビドゥ”，を機械化することである。1966年に M. KÉRÉBEL という技術者が指名され、1年後に Jean-Ogor と命名された船が進水した。これは長さ 8.2 m の鉄船で、スクビドゥをつけた可動マストを備え (図 3)、マストを動かすのにスクビドゥの回転と同様に水圧方式を使っている。この船は 1970 年まで使われたが、操作に手間どるのが欠陥で惜しまれた。

その後、ゴエモン業者、実業家、専門家がグループを作って相談した結果、1971 年を試験の年とし、Y. COLIN と E. LANSONNEUR の二人が船を決定的に完

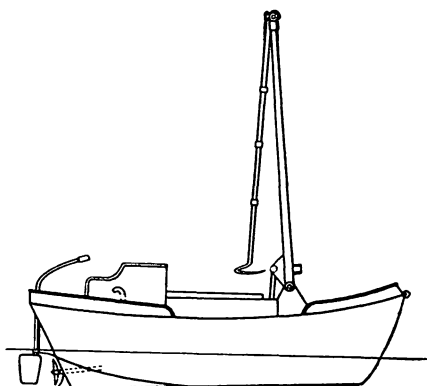


図 3. 海藻採取船“Jean-Ogor” (改良前). (ARZEL 1982)

成させるのに従事することとなった。最終的な解決は、この二人と、当時“Tali”にいつも改良を加えていた M. ELIES の協力の結果であった。その頃、ELIES は“Jean-Ogor”の折りたためるマストを土木工用機械につけられているような型のクレーンと取り換えようと考えていた。最初のクレーンは、まず、彼自身の“Tali”にとりつけられ、次に第二のクレーンが“Jean-Ogor”にすぐとりつけられた。このとりつけの作業は、Morlaix 湾でのカキ養殖業のかたわら海の水力学について若干の経験をもつ M. QUERRÉ が実施した。この新しいクレーンは、より迅速に、より容易に取扱え、船の両舷で仕事をすることができ、更に海藻の陸揚げに使うことも可能であった。1971年の夏が終る頃には、更に3隻の船がこの水力スクビドゥをとった(図4)。このようにして小型船団の文字通りの変化が始まり、図5に見られるように、他の船も急速に機械化されていった。

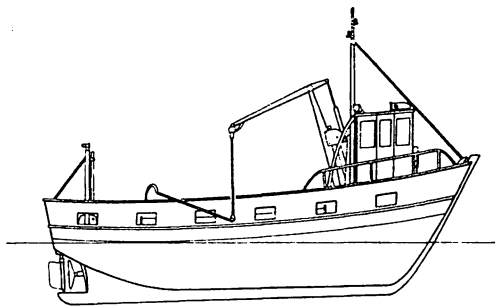


図4. 新しいクレーンをつけた9m型海藻採取船。(ARZEL 1982)

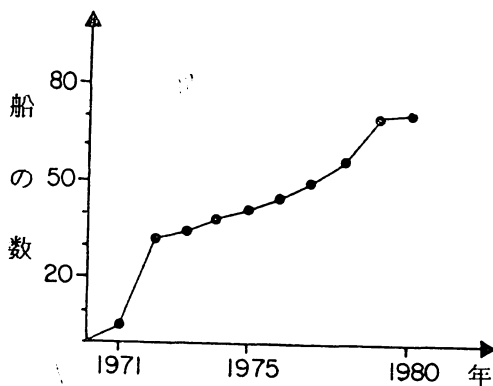


図5. 機械化された船の数の経年変化。(ARZEL 1982)

5. 機械化にともなう変化

機械化された船の数の増加とは別に、小型船団の高度な構造再編が起った。二人乗りの長さ6~7mの船が最初に改良されたが、この船は最も生産の多いこの海域(Molène 海台)には小さ過ぎるということが分り、1973年には新型船が現れた。10.3mのこの船は、うしろに船橋があって、海藻のシーズン以外にも他の漁ができるようになっている。1978年には、さらに一段と優れた3隻の船が造られた。これは、長さ12mで水力スクビドゥを備えている。これらの船の海藻の刈り取り能力は表1のようにになっている。

表1. 船の大きさと海藻の刈り取り量 (ARZEL 1982).

船	年間潜在刈り取り量
7~8 m	700 t (生重)/シーズン
10.3 m	1200 t (生重)/シーズン
12.0 m	3000 t (生重)/シーズン

こうして、沿岸小型船団の刈り取り能力は、1シーズンあたり60000トン(生重)に達した。このような変化に伴って、手で刈り取りを行う小型船団はだんだんなくなっていった(図6)。図5と図6を合わせてみると、このような機械化に伴って海藻採取船の数もだんだん減少していったことがうかがわれる。海藻採取船とその海での作業および陸揚げの様子を図7に示す。

海藻採取量の経年変化を表2に示す。*Laminaria*の

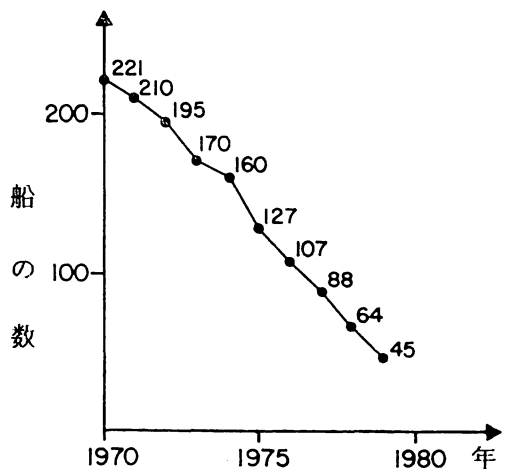


図6. 機械化されていない船の数の経年変化。(ARZEL 1982)



図 7. 現在使用されている海藻採取船 (A, B, D) とその海上作業 (C) および陸揚げ作業風景 (E, F). (P. ARZEL 氏の好意による)

採取量は1950年代前半の 2000 t (乾重) 前後から1960年代中頃に 5000 t (乾重) 台に達し, 1969年には 6000 t (乾重) を記録している。1970年代はやや減少したものの, 1978~1979年には再び 6000 t (乾重) を超えている。*Chondrus* の採取量は 1000~2000 t で, あまり変化がない。*Fucus* と *Ascophyllum* の採取量は, 1973年までは *Laminaria* より多いが, 1974年以後は顕著な減少をみせている。また, 寄り藻の採取量は, 1960年代中頃まで比較的多かったものの, それ以後は

極くわずかになってしまった。

上述のような初期の技術的次元における変化は, ゴエモン業者の生活様式にも改変をもたらした。伝統的に彼らは海のあらゆる植物資源を利用してきた。彼らの仕事は海底の海藻や打ち上げ海藻と同様に, 岸辺に生えている海藻をも対象にしていた。そのため, かつて彼らはあらゆる道具を使い, どのようにやればよいかを知っていたが, 今日ではコンブ (*Laminaria digitata*) の収穫のみに従事している (表2参照)。した

表 2. 海藻採取量 (乾重 トン) の経年変化 (ARZEL 1982).

年	<i>Laminaria</i>	<i>Chondrus</i>	<i>Fucus</i> + <i>Ascophyllum</i>	寄り藻
1951				
2	2030		3550	1200
3	1420	1160	7280	2590
4	1400	1400		
5	2460	2200	7160	9450
6	3200	1170	5100	3500
7	3230	1700	3720	5000
8	4250	930	9890	6710
9	4670	1270	7840	4210
1960	3050	1090	5220	1660
1	4430	1940	8040	1660
2	5400	2320	5130	1130
3	5030	1300	9140	3600
4	5230	1090	7060	920
5	5780	1140	6610	2450
6	5020	1550	7630	4470
7	4630	1380	8670	4440
8	4720	1510	9640	3870
9	6000	1830	7240	1980
1970	5680	2050	7130	1510
1	5350	2140	7220	1110
2	5080	1630	5430	1830
3	5260	1700	6000	690
4	4440	1510	3130	1160
5	5690	1590	2150	850
6	5570	1760	2910	430
7	4990	940	2921	560
8	6190	1170	1941	230
1979	6200			

がって、彼らの用具はそれに応じて変化した。しかし、必要不可欠で、場合によっては唯一ともいえる道具は船である。実際、港では海藻は船から工場のトラックへ直接積み込まれるので、牽引用のトラクターや曳船をもはや必要としなくなっている。

ゴEMON業者のもう一つの伝統的な面は、彼らが農業との兼業漁家であったことである。現在では、より強力な小型船団の船長が乗組員と契約している。農場と船とを同時に経営することは、もはや不可能に近くなっており、海の方を本業として選ぶという傾向が益々強まっているという。かつて海へ出るのは慣例では大潮の時に限られていたが、今ではどんな潮の時でも漁を行うことができ、船もよく設備が整っている。

刈り取った新鮮な海藻を生のまま工場へ渡すことができるようになり、1978年以後は海藻を乾燥しないでよいことになったので(図8参照)、より頻繁に海へ出ることが可能になった。とれた海藻はそのまま陸揚

げするので、乾燥について心配する必要がなくなり、乾期以外でも刈り取りできるわけである。

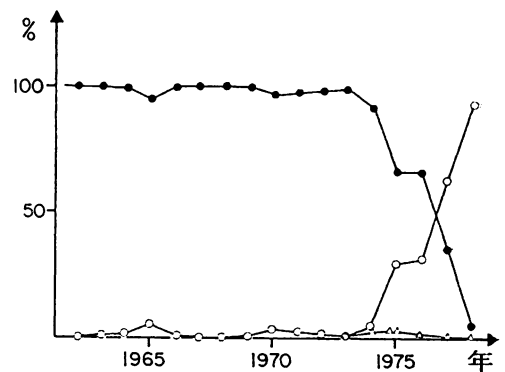


図 8. 工場搬入量に占める生海藻 (○), 乾燥海藻 (●), 乾燥柄 (△) の割合の経年変化. (ARZEL 1982)

しかし、このように発展してきたゴエモン業者の楽観的な話も、1979年以後生じた新しい問題、すなわちフランスにおけるアルギン酸工業の不景気の問題によって水をさされた形になっている。したがって、フランスではゴエモンをアルギン酸以外の目的に広く利用することの開発を強く迫られている。

謝 辞

Centre Océanologique de Bretagne の P. ARZEL 氏には、本文に関する情報と写真の提供を受けたのみでなく、Brest 滞在中に大変お世話になった。ここに記して御礼申しあげる。このたびの渡仏の機会を与え

られた(財)日仏会館をはじめ、フランス滞在中お世話になった多くの方々、特に Dr. A. SOURNIA, Dr. J. CABIOCH, Dr. T. BELSHER, Dr. J. GOSTAN, Prof. H. J. CECCALDI および八木 宏樹君に心から感謝します。また、本文の作成にあたりフランス語に関して種々ご教示いただいた佐伯和昭氏に感謝します。

文 献

Arzel, P. 1982. Évolution récente du métier de goémonier en Bretagne. *Penn ar Bed*, 13: 36-42.

(108 東京都港区港南 4-5-7 東京水産大学)

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

新 刊 紹 介

Tadao YOSHIDA: **Japanese species of *Sargassum* subgenus *Bactrophyucus* (Phaeophyta, Fucales)**. Journ. Fac. Sci. Hokkaido Univ. Ser. V (Botany), 13(2): 99-246, 1983.

ホンダワラ属は褐藻類の中で最多数の種を擁する分類群で、J. AGARDH (1889) のシステムでは *Phyllo-trichia*, *Schizophycus*, *Bactrophyucus*, *Arthrophyucus*, *Eusargassum* の5亜属に分けられる。本論文はこれらのうち、専ら北半球に産して分布中心が本邦及びその近傍の暖海域にあるとされる *Bactrophyucus* 亜属の分類に再吟味を加えたもので、日本産ホンダワラ類の分類に関するモノグラフとしては YENDO (1907) の “The Fucaeeae of Japan” 以来のものである。

緒言、研究史について *Bactrophyucus* 亜属についての一般論議がなされている。そこではホンダワラ属の形態と初期生長様式を概説し、亜属の定義を述べ、次いで術語の解説と共に *Bactrophyucus* 亜属の種の分類のための形態学的特徴と成熟期について記述している。そしてこの論議のしめくりでは、基部(附着器、莖)と生殖器托の形状に着目して本亜属を更に細分した節レベルの分類系について論じている。すなわち、莖が直立し長く伸長して主枝を欠く *Spongocarpus* 節、莖は直立するが短く、主枝が長く伸長するもので円柱状の生殖器托をもつ *Teretia* 節、莖と主枝は前者と同様で扁平又は三角柱状の生殖器托をもつ *Halochloa* 節、莖が傾臥又は匍匐する *Repentia* 節の4節である。

次いで種の検索表が付されている。配列順に挙げると以下の28種で、この中には2新種(*印)が含まれる。*Spongocarpus* 節: 1. *Sargassum horneri* (アカモク), 2. *S. filicinum* (シダモク), *Teretia* 節: 3. *S. microceratium* (フシイトモク), 4. *S. confusum* (フシスジモク), 5. *S. pallidum* (ウスイロモク, 新称), 6. *S. muticum* (タマハハキモク), 7. *S. thunbergii* (ウミトラノオ), 8. *S. fulvellum* (ホンダワラ), 9. *S. ammophilum* (スナビキモク), 10. *S.*

hemiphyllum (イソモク), 11. *S. nipponicum* (タマナシモク), 12. *S. miyabei* (ミヤベモク), *Halochloa* 節: 13. *S. segii* (ナガシマモク), 14.* *S. yamamotoi* (ヨレモクモドキ, 新称), 15. *S. tenuifolium* (ウスバモク), 16. *S. ringgoldianum* (オオバモク), 17. *S. trichophyllum* (イトヨレモク, 新称), 18. *S. sagamianum* (ネジモク), 19. *S. micracanthum* (トゲモク), 20. *S. giganteifolium* (オオバノコギリモク), 21. *S. macrocarpum* (ノコギリモク), 22.* *S. autumnale* (アキヨレモク, 新称), 23. *S. siliquastrum* (ヨレモク), 24. *S. serratifolium* (ウスバノコギリモク, 新称), *Repentia* 節: 25. *S. okamurae* (ヒラネジモク), 26. *nigrifolium* (ナラサモ), 27. *S. yezoense* (エゾノネジモク), *S. yamadae* (アズマネジモク)。なお、16には新亜種として 16a. *S. ringgoldianum* subsp. *coreanum* (ヤナギモク, 新称) を加えている。

各論ではそれぞれの種について命名の根拠とシノニムを列挙し、詳細な種の記載、成熟季節、生育帯について述べ、多数の調査標本に基づく分布域、命名に関する問題点、類似種との形態的比較、生態的知見を記している。またそれぞれの種には精密な線画とタイプ標本写真、著者が所属する北大理学部標本室の標本に基づく詳細な分布図を付している。種ごとの記述の後に若干の疑問種についての説明があり、最後には本亜属の種の地理的分布パターンについて述べている。

ホンダワラ属の種の同定はこれまで大変に難しいものとされてきたが、本論文によって日本産 *Bactrophyucus* 亜属に関する限りは不明な点が一挙に解消されたといつてよい。*Bactrophyucus* 亜属に関する分類学的検討がこの時期になされたということは、環境保全、海藻資源利用といった観点からこの分類群を優占構成種とする藻場、海中林への関心が高まりつつある昨今、まさに時機を得たものといえる。藻類研究者に限らず、藻場、海中林の生態調査に携わっている人々にとっても貴重な文献となるであろう。

(東水大・植・今野敏徳)

—学会録事—

1. 日本藻類学会第8回春季大会

昭和59年3月31日、4月1日の両日、東京学芸大学新3号館において第8回春季大会が開催された。東京学芸大学が春季大会の会場となったのは第1回(昭和52年)、第2回(昭和53年)に次いでこれが3度目である。先の2つの大会では桜花の下で記念撮影できたが今年は例年になく寒く、大会2日目(4月1日)の朝にはみぞれが降り、急きょ電気ストーブを探すといった事態が起きた。しかし大会参加者は133名、講演数は53題(うち展示13題)に達し、まずは盛大な大会となった。また今大会は一つの試みとして、若手研究者を歓迎した大会であったが、多くの若手研究者の発表があり活気に満ちたものとなった。大会第1日目、一般講演終了後昭和59年度総会と懇親会が開かれた。懇親会には93名が出席され、会場が幾分狭くなったが、これがかえって会を盛大にした様である。会は岩本康三学会会長及び加崎英男大会会長の挨拶に続き、大会会場の責任者小林弘氏の乾杯で始まった。約2時間、極めて楽しい時間を過ごすことができた。その間、故岡村金太郎博士の御親戚筋の黒沼勝造氏から、博士59周年回想録編纂に対する協力要請がなされた。会は吉崎誠氏のしめの手拍子で幕を閉じた。

大会の開催に当り、大変御協力いただいた東京学芸大学教育学部生物学教室の各位、東邦大学理学部生物学教室の吉崎誠、宮地和幸の両氏に厚くお礼申し上げます。

大会・懇親会参加者：赤塚伊三武、秋岡英承、秋山優、鯉坂哲郎、阿部英治、有賀祐勝、安藤一男、飯間雅文、井鷲裕司、石川依久子、石川美樹、板垣正、市村輝宣、出井雅彦、伊藤市郎、伊藤広紀、糸野洋、井上勲、居平昌士、岩本康三、上山敏、内田悟、大島海一、大野正夫、大森長朗、大谷修司、岡崎恵視、岡田光正、岡部作一、小河久朗、奥田一雄、奥田弘枝、奥田稔、長田敬五、小野知足、笠井文絵、加崎英男、笠原均、鹿島薫、片山舒康、金子孝、川口栄男、喜田和四郎、木村純子、態野茂、黒沼勝造、高坤山、高原隆明、小林艶子、小林秀明、小林弘、今野敏徳、後藤敏一、斉藤俊一、斉藤英三、斉藤譲、桜井武麿、佐藤恭成、佐藤哲寿、佐藤哲麿、佐蔵滄也、佐藤浩之、佐野修、沢田明義、サントス・リガヤ、清水晃、鈴木秀和、鈴木三喜、須田彰一郎、須田昌宏、須永智、スリマノープラス・ウィタヤ、瀬戸良三、多

田匡秀、田中俊二、田中次郎、千原光雄、月館潤一、鄭濬、中嶋泰、長島秀行、中山克己、南雲保、名畑進一、新原義昭、新山優子、西澤一俊、西村巖、西村多美子、根本泰行、野崎久義、能登谷正浩、橋田順子、橋本達夫、服部洋子、浜田真実、浜野庸子、原成光、原慶明、原田慶宏、半田信司、富士由紀子、福島博、藤田大介、伯耆晶子、堀口健雄、本多正樹、本多素子、MAIRH, O. P.、馬家海、前田昌徹、正置富太郎、松江和則、松尾勝、松山恵二、真山茂樹、丸山晃、三浦昭雄、宮田益忠、宮田昌彦、宮地和幸、森宏枝、山岸高旺、山本裕子、横浜康継、良方一賀、吉崎誠、吉田忠生、吉武佐紀子、和田徳雄、渡辺恒雄、渡辺輝夫、渡辺信、綿貫知彦

2. 評議員会・編集委員会合同会議

第8回大会第1日目の3月31日(12:30~14:00)、東京学芸大学教育学部会議室で評議員会・編集委員会合同会議が開催され、昭和59年度総会に提出される議題について審議された。審議内容は後述の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、三浦昭雄編集委員長。秋山優、有賀祐勝、千原光雄、西沢一俊各評議員・編集委員。市村輝宣、月館潤一各評議員。小林弘、正置富太郎、吉田忠生各編集委員。岡崎恵視、今野敏徳、高原隆明各幹事。

3. 昭和59年度総会

昭和59年3月31日、東京学芸大学新3号館における第8回大会第1日目の一般講演終了後(17:00~18:30)に総会が開催された。岩本康三会長の挨拶に続いて、大森長朗氏(山陽学園短大)を議長に選出して議事に入った。

I. 報告事項

1. 庶務関係

(1) 会員状況(59年2月末現在)：名誉会員3名。普通会員508名。学生会員66名。団体会員50名。賛助会員12名。外国会員81名。購読は国内26件、外国45件。(2) 昭和58年度文部省科学研究費補助金「研究成果刊行費」100万円を受けた。また昭和59年度分として110万2千円の補助金を申請した。(3) 日本学会事務センターに59年度学会業務の一部を委託する契約が締結された。(4) 第49回日本植物学会大会会期中(8月

21日～24, 北大・教養)に恒例の集会(講演・懇親会)を開く計画がある。

2. 編集関係

(1) 昭和58年度に発行された第31巻1～4号は、総頁数285頁、掲載論文数は正論文38編(欧文22編, 和文16編)、短報4編(欧文1編, 和文3編)、合計42編であった。(2) 各号の印刷部数は1,100部、1～4号分の発行経費は3,628,413円(但し学会負担別刷代金を含む)、1頁当りの平均経費は12,731円であった。(3) 昭和59年度既発行分の32巻1号の掲載論文数は11編、2号以下に掲載予定の論文は審査中、改筆中のものを含めて28編である。

3. 会計関係

(1) 昭和58年度会費の納入状況は良好で、普通会员の納入率は92%、学生会員の納入率は79%である。(2) 昭和58年度一般会計、山田基金決算報告は昭和59年3月1日、齊藤英三(専修大・教養)、吉崎 誠(東邦大・理)の両監事により適正であることが認められた。

II. 審議事項

1. 庶務関係

(1) 廣瀬弘幸氏が名誉会員に推薦され、全会一致で承認された。(2) 第49回日本植物学会大会会期中に予定されている集会までに、次期会長予定者の選挙を実施する。(3) 昭和60年度文部省科学研究費補助金「刊行助成金」の申請を行う。

2. 編集関係

(1) 投稿論文の制限頁緩和に関する提案がなされ、英文論文については第32巻2号以降制限頁を8頁とすることが承認された。なお和文論文の制限頁は従来通り6頁に据えおくものとする。(2) 本部事務簡素化のために別刷代請求手続を日本学会事務センターに委託する。このための手数料(現行では別刷代請求1件につき1000円)は著者負担とすることが承認された。

3. 会計関係

(1) 昭和58年度一般会計決算報告、同監査報告。表-1のとおりで、承認された。(2) 昭和58年度山田幸男博士記念事業基金特別会計決算報告、同監査報告。表-2のとおりで、承認された。(3) 昭和59年度予算案(表-3)についての説明がなされ、質疑の後原案どおり承認された。(4) 山田基金の活用に関してはこれまで具体案が提起されていない。従来と同じように、本基金を会運営の円滑化のための運転資金として立替え使用する場合のあることが了承された。

4. その他

(1) 国際藻類学会会長から黒木、千原両氏宛に、第3回国際藻類学会議(1988年)の日本での開催について意向打診があった。この件に関する本会の態度を決めるため、検討委員会を設置した。検討委のメンバーは、会長、評議員、国際藻類学会世話人(正置、吉田、金子各氏)とすることが決まった。(2) 昭和60年度日本藻類学会第9回大会および総会を、本年と同じく東京学芸大学で開催することが決まった。

表-1 昭和58年度 一般会計決算報告

日本藻類学会

収 入 の 部 (円)		支 出 の 部 (円)	
会 費	3,564,496	印 刷 費	4,132,294
（普通会員	2,573,500	（印刷代	3,542,313
学生”	208,000	別刷代	590,630
外国”	247,146	編 集 費	258,864
団体”	355,850	（論文審査料	60,000
賛助”	180,000	英文校閲料	30,000
販 売	393,895	編集補助費	41,940
（定期購読	203,145	通信連絡費	126,924
バックナンバー	190,750	会誌発送費	196,800
別 刷 代	646,983	庶 務 費	455,385
超過頁負担金	60,000	（事務用品費	61,325
広 告 代	148,250	会 議 費	25,080
利 子	8,270	通信・印刷費	148,720
雑 収 入	19,376	事務整理補助費	15,000
刊行助成金	1,000,000	諸 雑 費	10,020
		幹事旅費補助	120,240
		幹事手当	75,000
		学会センター業務委託費	631,573
		第7回大会補助金	92,349
小 計	5,841,270	小 計	5,767,914
前年度繰越金	1,204,472	次年度繰越金	1,277,828
合 計	7,045,742	合 計	7,045,742

昭和59年3月1日

本会計決算報告は適正であることを認める。

昭和59年3月1日

日本藻類学会会長 岩本 康三 ㊟

日本藻類学会会計幹事 高原 隆明 ㊟

日本藻類学会会計監事 斉藤 英三 ㊟

日本藻類学会会計監事 吉崎 誠 ㊟

表-2 昭和58年度 山田幸男博士記念事業特別基金会計決算報告 (58.1.1~58.12.31)

日本藻類学会

収 入 の 部 (円)		支 出 の 部 (円)	
山田追悼号売上金(3冊)	16,500		
学金出版物売上金	4,700		
（コンプ論文集(1冊)	700		
日米セミナー(1冊)	4,000		
雑 収 入	255		
利 子	6,566		0
小 計	28,021	小 計	0
前年度繰越金	1,152,257	次年度繰越金	1,180,278
合 計	1,180,278	合 計	1,180,278

昭和59年3月1日

本決算報告は適正であることを認める。

昭和59年3月1日

日本藻類学会会長 岩本 康三 ㊟

日本藻類学会会計幹事 高原 隆明 ㊟

日本藻類学会会計監事 斉藤 英三 ㊟

日本藻類学会会計監事 吉崎 誠 ㊟

表-3 昭和59年度 一般会計予算案

日本藻類学会

収入の部 (円)		支出の部 (円)	
会費	3,748,000	印刷費	4,550,000
（普通会員 (510)	2,550,000	（印刷代	3,750,000
学生 " (68)	238,000	別刷代	800,000
外国 " (80)	480,000	編集費	376,000
団体 " (50)	240,000	（論文審査料	66,000
賛助 " (12)	240,000	英文校閲料	60,000
販売	440,000	編集補助費	100,000
（定期購読	240,000	通信連絡費	150,000
バックナンバー	200,000	会誌発送費	200,000
別刷代	800,000	庶務費	592,000
超過頁負担金	200,000	（事務用品費	50,000
広告代	200,000	会議費	50,000
利子	10,000	通信・印刷費	240,000
雑収入	1,000	事務整理補助費	90,000
刊行助成金	1,100,000	諸雑費	12,000
		幹事旅費補助	75,000
		（幹事手当	75,000
		学会センター業務委託費	650,000
		第8回大会補助	100,000
小計	6,499,000	小計	6,468,000
前年度繰越金	1,277,828	予備費	1,308,828
合計	7,776,828	合計	7,776,828

表-4 日本藻類学会 第7回大会 (58.7.25~7.26) 会計報告

日本藻類学会第7回大会準備委員会

収入の部 (円)		支出の部 (円)	
大会参加費	116件 232,000	プログラム表紙印刷代	45,000
（予約申込	2,000円 105件 210,000	学会会場借上料	70,000
当日申込	2,000円 11件 22,000	アルバイト代	54,000
懇親会参加費	103件 206,000	懇親会会食代	454,120
（予約申込	2,000円 92件 184,000	雑費	46,229
当日申込	2,000円 11件 22,000	学会補助金返却金	7,651
参加費超過分	1,000円 2件 2,000		
広告料	10件 140,000		
	（10,000円 6件 60,000		
	20,000円 4件 80,000		
学会補助金	100,000		
合計	680,000	合計	680,000

昭和58年12月22日

日本藻類学会 第7回大会幹事

館脇正和 ㊞

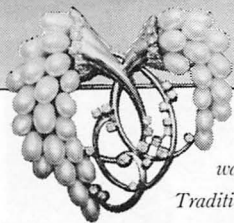
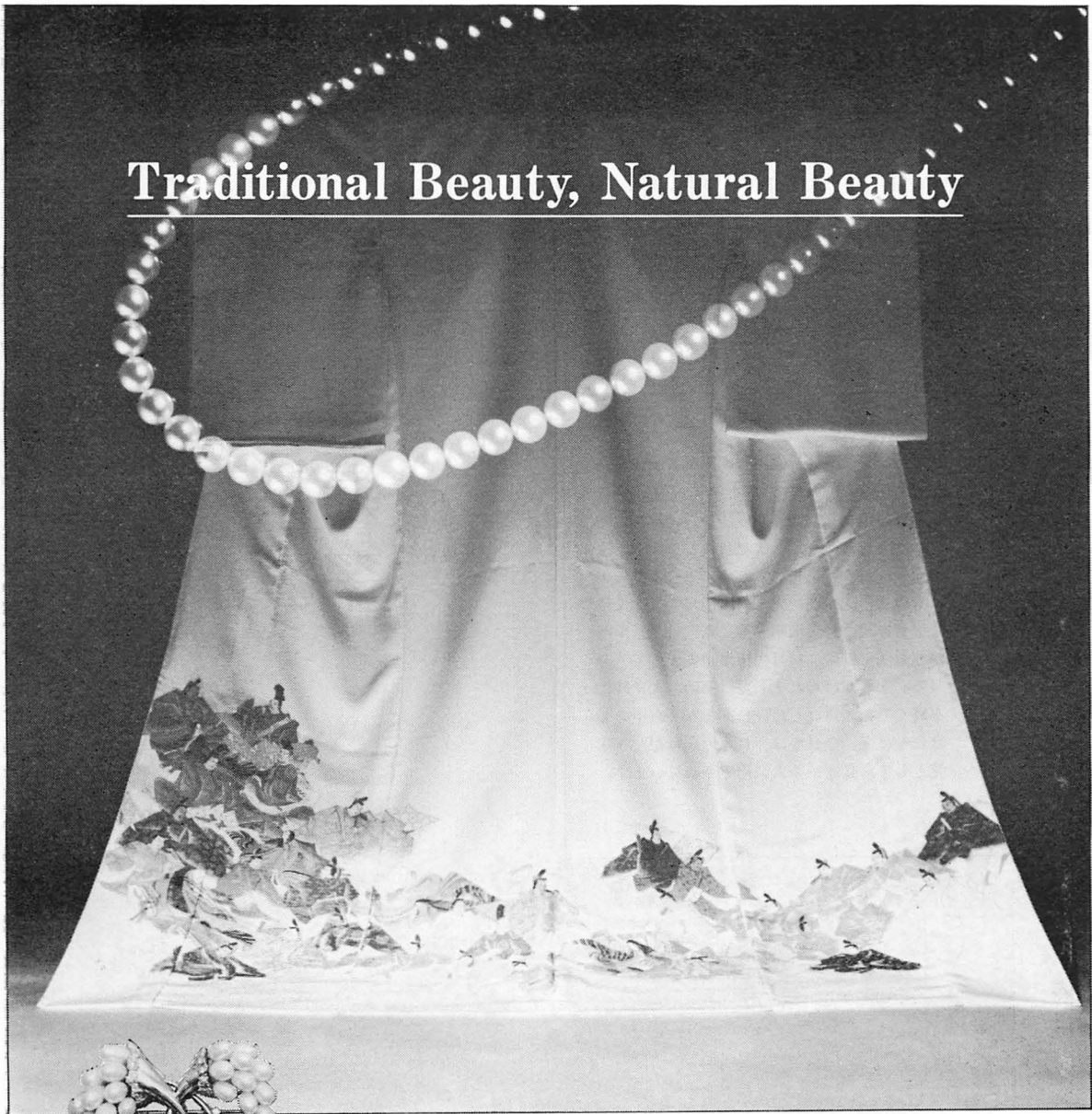
新 入 会

住 所 变 更

退 会

丸伊 満（北海道），森江晃三・薬師寺英次郎（東京都），黒川真弓（神奈川県），造力武彦（大阪府），西川 博（長崎県），中村 直（沖縄県），協和発酵工業（株） 農水産開発部（賛助会員）

Traditional Beauty, Natural Beauty



Modern science and technology may advance rapidly, but there are still things in life worth waiting for. A kimono, painstakingly and exquisitely crafted by hand in delicate hues. Or pearls.

Traditional beauty and natural beauty are created by time. In our frenetic age,

Tasaki Shinju treasures beauty nurtured by time. Ageless, contemporary beauty has its origins in time, is a lasting glory. Tasaki Shinju ensures these principles live on in every pearl. We can wait.



田崎真珠
TASAKI SHINJU

SAPPORO, SENDAI, TOKYO, CHIBA, NARITA, YOKOHAMA,
NAGOYA, KYOTO, OSAKA, KOBE, HIROSHIMA, FUKUOKA,
KITA-KYUSHU, NAGASAKI, HONG KONG, SINGAPORE.
HEAD OFFICE/6-3-2, Minatojimanakamachi, Chuo-ku, Kobe,
Japan. TEL.(078)302-3321



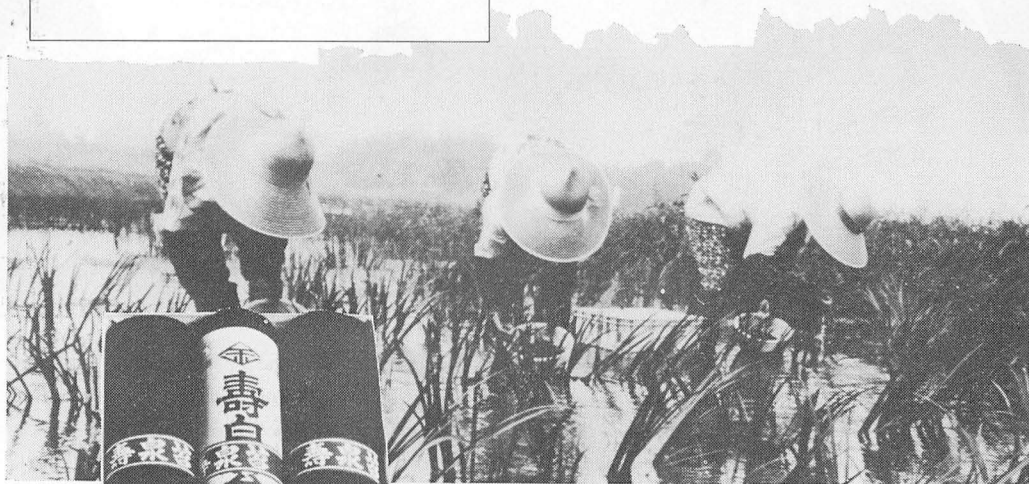
「よい食品を作る会」が認定した優良食品です。

300年の昔から優雅な高級珍味として賞されている 天然の“淡水のり”—— スイゼンジノリ

Aphanothece sacrum

スイゼンジノリは福岡県甘木市黄金川の清流だけで採れる、天然の「淡水のり」です。鮮やかな青緑色をした藍藻類で、良質の炭水化物、タンパク質、ミネラル等を含んでいます。遠藤家に伝わる古文書によりますと、宝歴13年に七代目幸左衛門が屋永村の清泉で風味優雅な川苔を見つけ、天明8年に八代目喜三衛門が乾製法を創始。秋月黒田藩主によって「寿泉苔」と名づけられました。明治、大正時代を経てその名声はしだいに高まり、宮中の饗宴にも献上。今日では、日本の忘れがたき味覚として、食通や茶人に珍重されています。

すい ぜん じ
翠 善 滋 (生ノリ)
じゆ せん たい
寿 泉 苔 (乾燥ノリ)
すい うん か
翠 雲 華 (お菓子)



創業寛政五年

遠藤金川堂

十六代 遠藤秀雄

福岡県甘木市大字屋永2949番地 TEL. 09462(2)2715

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6月10日 印刷
昭和59年6月20日 発行

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

©1984 Japanese Society of Phycology

禁 転 載
不 許 複 製

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

後藤敏一：珪藻の隔壁とその類似構造	(英文) 109
井上 勲・堀 輝三・千原光雄： <i>Pyramimonas longicauda</i> (プランノ藻) の観察 と分類	(英文) 113
日野修次：底泥油出物共存下における従属栄養細菌による藻類増殖促進効果について	(英文) 124
野崎久義： <i>Gonium pectorale</i> (緑藻・オオヒゲマワリ目) の無性・有性生殖上の 新知見	(英文) 130
田尻純仁・有賀祐勝：スサビノリ葉状体の生長および光合成に及ぼす干出の影響	(英文) 134
石川依久子・黒岩常祥：ホソエガサ (<i>Acetabularia calyculus</i>) の生活環における 核形態の変遷	(英文) 147
小河久朗・K・リュマノモン：タイ国のアマノリ類 III. <i>Porphyra vietnamensis</i> TANAKA et P.-H. Ho の新産地およびアンダマン海スリン島で採集されたアマ ノリ標本の形態学的観察	158
大森長朗・橋田順子：エゾヤハズの放出四分孢子母細胞の発生について	162
岩本康三：日本におけるカワノリの分布	167
馬 家海・三浦昭雄：カイガラアマノリの糸状体から直接生ずる葉状体幼芽にみら れる原形質連絡	186
◆ ◆ ◆	
ノート	
有賀祐勝・大金雅子：フランスのブルターニュ地方におけるコンブの採取船と採取 量の変遷	190
◆ ◆ ◆	
新刊紹介	196
◆ ◆ ◆	
学会録事	197