

# The Japanese Journal of PHYCOLOGY

## CONTENTS

<b>Stephen R. Indelicato and Alfred R. Loeblich III:</b> A revision of the marine peridiniod genera (Pyrrhophyta) utilizing hypothecal-cingular plate relationships as a taxonomic guideline.....	153
<b>Taku Misonou and I. K. Pachlavuni:</b> Photosynthetic pigments of <i>Chlorella</i> sp. K cultured under photoauto-, mixo- and chemohetero-trophic growth conditions .....	163
<b>Yong-Pil Lee, Tadao Yoshida and Munenao Kurogi:</b> Observations on the type of <i>Liagorophila endophytica</i> YAMADA (Acrochaetiaceae, Rhodophyta).....	171
<b>Tadao Yoshida and Hideo Mikami:</b> Observations on morphology of <i>Hypoglossum minimum</i> YAMADA and <i>H. geminatum</i> OKAMURA (Delesseriaceae, Rhodophyta) .....	177
<b>Isao Sekikawa, Chiharu Kubota, Toshifumi Hiracki and Isami Tsujino:</b> Isolation and structure of a 357 nm UV-absorbing substance, usujirene, from the red alga <i>Palmaria palmata</i> (L.) O. KUNTZE.....	185
<b>Michiaki Sumita and Toshiharu Watanabe:</b> The changes of benthic diatom assemblages affected by dam construction and its completion on the Tedorigawa River in Ishikawa Prefecture .....	(in Japanese) 194
<b>Hiroshi Kawai:</b> On the life history of Japanese <i>Eudesme virescens</i> (CARM.) J. AG. (Phaeophyceae, Chordariales) in culture .....	(in Japanese) 203
<b>Xiao Yang Wang and Yoshiro Sakai:</b> Life history of <i>Cladophora opaca</i> and <i>Cl. conchopheria</i> (Chlorophyta) .....	(in Japanese) 209
<b>Yuko Niizuma:</b> Morphological phenology of <i>Cladophora glomerata</i> (L.) KÜTZING in Hokkaido .....	(in Japanese) 216
<b>Hideo Mikami:</b> Some observations on <i>Myriogramme polyneura</i> OKAMURA (Delesseriaceae, Rhodophyta) .....	(in Japanese) 225
◆ • ◆	
<b>Note</b>	
<b>Paul C. Silva:</b> Phycology in Japan: past, present, and future .....	189
<b>Shoji Kawashima:</b> Drifting records of alien species of the Laminariales (1). <i>Nereocystis luetkeana</i> (MERTENS) POSTELS et RUPRECHT.....	(in Japanese) 230
◆ • ◆	
<b>Review</b>	
<b>Hisayoshi Nozaki:</b> Sexual reproduction in the colonial Volvocales (Chlorophyta) .....	(in Japanese) 232
◆ • ◆	
<b>News.....</b>	188, 208, 229
<b>Announcement .....</b>	(in Japanese) 248

## 日本藻類学会

日本藻類学会は昭和27年に設立され、藻学に关心をもち、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7,000円（学生は5,000円）を前納するものとする。団体会員の会費は12,000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、原稿の送付は 184 東京都小金井市貫井北町 4-1-1 東京学芸大学生物学教室内、日本藻類学会編集委員会宛に、また、庶務一般およびバックナンバー等については、305 茨城県新治郡桜村天王台 1-1-1 筑波大学生物科学系内、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 (1985) for overseas members are 8,500 Yen (send the remittance to the Business Center for Academic Societies Japan, 4-16, Yayoi 2-chome, Bunkyo-ku, Tokyo, 113 Japan).

Manuscript for publication should be submitted directly to the Editor-in-chief, Prof. H. Kobayashi, Department of Biology, Tokyo Gakugei University, Nukuikita-machi 4-1-1, Koganei-shi, Tokyo, 184 Japan. Claims for missing issues should be sent to the Japanese Society of Phycology, c/o Institute of Biological Sciences, University of Tsukuba, Sakura-mura, Ibaraki-ken, 305 Japan.

#### 昭和60、61年度役員

会長：千原 光雄（筑波大学）

庶務幹事：原 慶明（筑波大学）

“ 井上 熨（筑波大学）

会計幹事：加藤 季夫（筑波大学）

評議員：

有賀 祐勝（東京水産大学）

榎本 幸人（神戸大学）

堀 輝三（筑波大学）

市村 輝宜（東京大学）

巖佐 耕三（大阪大学）

岩崎 英雄（三重大学）

喜田和四郎（三重大学）

小林 弘（東京学芸大学）

右田 清治（長崎大学）

野沢 治治（鹿児島大学）

大野 正夫（高知大学）

谷口 和也（東北海区水産研究所）

月館 潤一（南西海区水産研究所）

山田 家正（小樽商科大学）

山岸 高旺（日本大学）

吉田 忠生（北海道大学）

編集委員会：

委員長：小林 弘（東京学芸大学）

幹事：岡崎 恵視（東京学芸大学）

実行委員：有賀 祐勝（東京水産大学）

“ 堀 輝三（筑波大学）

“ 市村 輝宜（東京大学）

委員：秋山 優（島根大学）

“ 巖佐 耕三（大阪大学）

“ 岩崎 英雄（三重大学）

“ 右田 清治（長崎大学）

“ 三浦 昭雄（東京水産大学）

“ 宮地 重遠（東京大学）

“ 西澤 一俊（日本大学）

“ 篠 熨（北海道大学）

“ 吉田 忠生（北海道大学）

#### Officers for 1985-1986

President: Mitsuo CHIHARA (University of Tsukuba)

Secretary: Yoshiaki HARA (University of Tsukuba)

Isao INOUYE (University of Tsukuba)

Treasurer: Sueo KATO (Kokugakuin University)

Members of Executive Council:

Yusho ARUGA (Tokyo University of Fisheries)

Sachito ENOMOTO (Kobe University)

Terumitsu HORI (University of Tsukuba)

Terunobu ICHIMURA (University of Tokyo)

Kozo IWASA (Osaka University)

Hideo IWASAKI (Mie University)

Washiro KIDA (Mie University)

Hiromu KOBAYASI (Tokyo Gakugei University)

Seiji MIGITA (Nagasaki University)

Koji NOZAWA (Kagoshima University)

Masao OHNO (Kochi University)

Kazuya TANIGUCHI (Tohoku Reg. Fish. Res. Laboratory)

Jun-ichi TSUKIDATE (Nansei Reg. Fish. Res. Laboratory)

Iemasa YAMADA (Otaru Univ. of Commerce)

Takaaki YAMAGISHI (Nihon University)

Tadao YOSHIDA (Hokkaido University)

Editorial Board:

Hiromu KOBAYASI (Tokyo Gakugei Univ.), Editor-in-chief

Megumi OKAZAKI (Tokyo Gakugei Univ.), Secretary

Yusho ARUGA (Tokyo Univ. of Fisheries), Associate editor

Terumitsu HORI (University of Tsukuba), Associate editor

Terunobu ICHIMURA (University of Tokyo), Associate editor

Masaru AKIYAMA (Shimane University)

Kozo IWASA (Osaka University)

Hideo IWASAKI (Mie University)

Seiji MIGITA (Nagasaki University)

Akio MIURA (Tokyo Univ. of Fisheries)

Shigetoh MIYACHI (University of Tokyo)

Kazutosi NISIZAWA (Nihon University)

Hiroshi YABU (Hokkaido University)

Tadao YOSHIDA (Hokkaido University)

## A revision of the marine peridinioid genera (Pyrrhophyta) utilizing hypothecal-cingular plate relationships as a taxonomic guideline

Stephen R. INDELICATO and Alfred R. LOEBLICH III

University of Houston Marine Science Program, 4700 Avenue U  
Galveston, Texas 77550-9199 USA

INDELICATO, S.R. and LOEBLICH III, A.R. 1986. A revision of the marine peridinioid genera (Pyrrhophyta) utilizing hypothecal-cingular plate relationships as a taxonomic guideline. Jap. J. Phycol. 34: 153-162.

The cingulum of peridinioid dinoflagellates is compared and the most probable thecal plate homologies are indicated for these plates in the genera *Ensiculifera*, *Pentapharsodinium* gen. nov., *Peridinium*, *Protoperidinium* and *Scrippsiella*. The newly proposed cingular plate homologies in addition to cyst type and thecal morphology are used as criteria to establish the new genus *Pentapharsodinium*. *Ensiculifera*, originally invalidly described, was not validated but placed in the synonymy of *Scrippsiella* because there are insufficient thecal differences between the type species of the two genera to warrant separate generic status. Three new marine orthoperidinioid species are described. Mutually exclusive criteria that define each of the above four validly described genera are proposed.

**Key Index Words:** *Calcidinellaceae*; *dinoflagellates*; *Pentapharsodinium* gen. nov.; *taxonony*; *theca*.

Traditionally, thecate dinoflagellates are classified according to the number and arrangement of the "major" thecal plates, i.e. the plates of the epitheca and hypotheca. However, more recently, the marine *Peridinium* species have been subdivided into several genera based upon "minor" thecal plate differences; specifically the number of cingular plates.

BALECH (1959), who considered the number of plates in the cingulum and the arrangement of the sulcal plates of prime importance in distinguishing the orthoperidinioid dinoflagellate genera, utilized these characters as the basis for the description of the genus *Scrippsiella* BALECH ex LOEBLICH 1965. The sulcal and cingular areas were accorded prime importance by him as they are "connected with the most dynamic parts of the cell", and therefore were considered by him to be less subject to evolutionary change. BALECH (1967) subsequently described the

dinoflagellate genus *Ensiculifera*, emphasizing these same thecal regions. According to BALECH, the type species of both of these marine peridinioid genera have identical thecal plate tabulations differing only in the number of cingular plates; six for *Scrippsiella* and five for *Ensiculifera*, and several other minor morphological differences. These two genera are distinctly different from that of many marine *Peridinium* Ehrenberg species, which are now referred to *Protoperidinium* BERGH (LOEBLICH 1968, 1970, BALECH 1974).

More recently, cyst morphology, although mostly used in palynology, has been emphasized as being an important criterion for the taxonomy of the extant peridinioids primarily due to its presumed conservative nature (DALE 1977, 1978). Since 1967, the morphological characteristics used to distinguish the genera *Ensiculifera*, *Scrippsiella* and *Peridinium* have been considered and

analyzed by several authors with varying interpretations (BOURRELLY 1968, COX and ARNOTT 1971, BALECH 1974, FINE and LOEBLICH 1976, DALE 1977, STEIDINGER and BALECH 1977). In spite of the number of studies of these genera a set of characteristics that would allow unambiguous assignment of these species to these genera has never been universally accepted. To this day, these marine orthoperidinioid dinoflagellates remain poorly defined.

Even when using both cyst morphology and cingular plate numbers to classify these organisms some problems remain. For example, DALE (1977) isolated a dinoflagellate from marine waters which he identified as "*Peridinium faeroense*". This isolate formed resting cysts composed of organic material similar to the freshwater *Peridinium* spp. yet had a thecal tabulation identical to *Ensiculifera*. Prior to this, the species *P. faeroense* had been placed in the genus *Scrippsiella* by BALECH and SOARES (1966). In spite of sufficient descriptive knowledge such as the type of cyst, thecal tabulation, and general morphology necessary to separate the organisms into species, little emphasis has been given to developing generic diagnoses that are mutually exclusive for these orthoperidinioid dinoflagellates. When each species was described, the descriptions of the species were made sequentially without adequate reference to previously described species or without clear concept of generic diagnoses.

LOEBLICH and LOEBLICH (1979) utilized thecal plate overlap as well as the concept of "homologous plates" to distinguish evolutionary trends within the gonyaulacoid and peridinioid lineages. [See LOEBLICH and LOEBLICH (1985) for a discussion of the methodology we employ to determine thecal plate homologies.] The peridinioid dinoflagellates all have a typical hypothecal plate tabulation of five postcingulars and two antapicals. Fossil records of dinoflagellate cysts show that this hypothecal tabulation dates from the early Jurassic (BUJAK and DAVIES 1983).

We find the relationship between the position of the sutures separating adjacent hypothecal plates and the position of the sutures separating adjacent cingular plates to be useful in assigning these species to genera. For peridinioid species we detect two collinear sutures (X and Y sutures, see Fig. 1) among the hypothecal and cingular series. The consistent occurrence of these collinear sutures in peridinioids is considered a conserved feature of their theca. This suggests to us its usefulness in peridinioid systematics.

In this paper we propose the incorporation of the above detected relationship as a character of value in the generic descriptions. In conjunction with cyst morphology and several other morphological characteristics, these plate relationships can serve as a means of assigning peridinioid species to individual genera. We will also attempt to resolve some inconsistencies in the literature pertaining to these species as well as to propose some revisions in the taxonomy of these peridinioid species.

#### Hypothecal-cingular Plate Relationships

When the hypothecal plates of the peridinioids are viewed from the antapical with the cingular plates attached, several distinct patterns can be seen (Fig. 1). A "transitional" or small 1c plate is only present in the marine species. This characteristic plate is never seen in the fresh water *Peridinium sensu stricto* (s.s.) (i.e. *Peridinium cinctum*).

There are two sutures of the cingular series which we consider to be "homologous" in a variety of species because they are found in the same position on all fresh water and marine peridinioids whose cingular plates have been studied. One of these is collinear or nearly collinear with the suture between the 4" and 5" plates (labeled X in Fig. 1) and the other is collinear or nearly collinear with the suture between the 1" and 2" plates (labeled Y). There are two cingular plates which lie ventral to

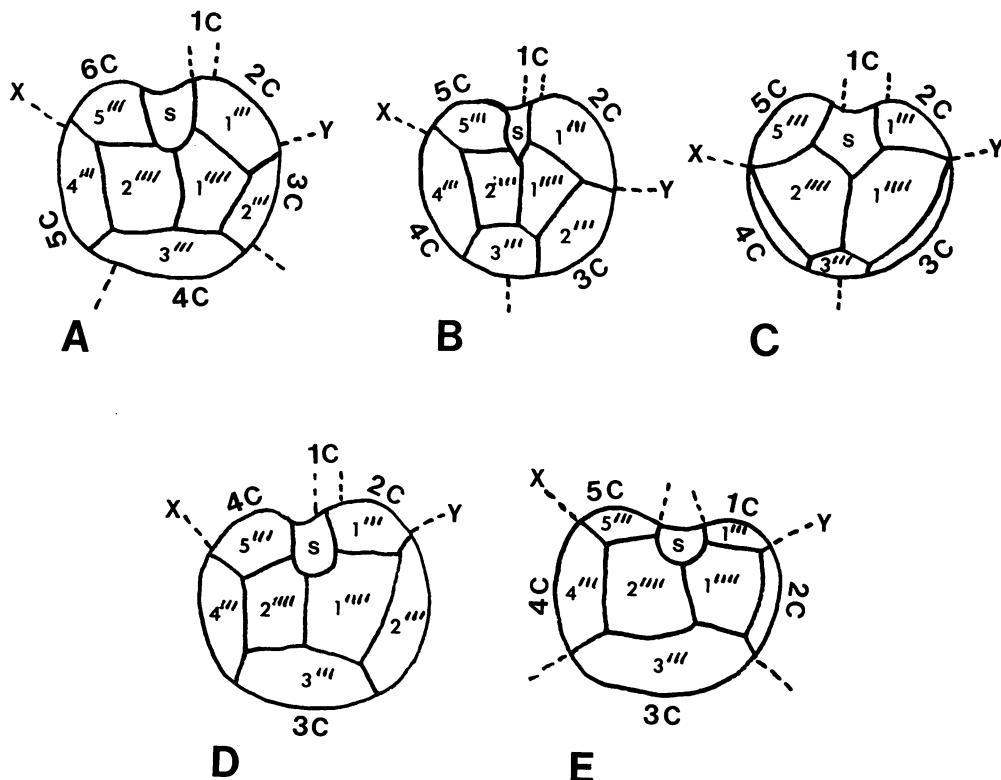


Fig. 1. Diagrams of hypothecal plates in antapical view of several peridinioid dinoflagellate species showing the relationships of the hypothecal plates to the cingular plates. a) *Scrippsiella tinctoria*, b) *Pentapharsodinium trachodium* sp. nov., c) *Pentapharsodinium dalei* sp. nov., d) *Protoperidinium* sp., and e) *Peridinium cinctum*.

these homologous sutures (excluding the transitional plate) in all species studied. In *Peridinium* s.s. these are labeled as the 1c and 5c plates, in *Scrippsiella* as the 2c and 6c, in *Protoperidinium* as the 2c and 4c, and in *Pentapharsodinium* gen. nov. (see below) as the 2c and 5c. Generally these cingular plates run along the complete length of the 1''' and 5''' plates, being slightly displaced along the 1''' plate only if a transitional plate is present.

Major differences in the cingular plate series of these genera occur dorsal to the sutures that are interpreted as being homologous in these species (termed sutures X and Y). In *Peridinium* s.s., there are three cingular plates dorsal to these sutures (2c, 3c, and 4c). Because the sutures separating the hypothecal plates in this genus are collinear with the sutures of the cingular

series, there is one cingular plate associated with each hypothecal plate. Members of the genus *Peridinium* which do not have this configuration of cingular plates should be carefully studied for possible reassignment to different genera.

Members of the genus *Scrippsiella* also have three cingular plates dorsal to the two homologous sutures (3c, 4c, and 5c). This can easily be seen in the recently described *S. tinctoria* (INDELICATO and LOEBLICH, 1985). However, the presence of the transitional plate in members of this genus along with their marine habitat would clearly separate them from *Peridinium* s.s.

The protoperidinioids (*Protoperidinium* and *Diplopsalis*), are noted for the absence of any cingular sutures dorsal to the homologous collinear sutures. The characteristic 3c plate in these genera begins at the 1'''-2'''

suture and completely wraps around the organism to the 4"-5" suture.

The genus, *Pentapharsodinium* gen. nov., was created because the cingular plate configuration does not resemble the *Peridinium* s.s., *Scrippsiella*, or protoperidinioid configurations (Fig. 1). Members of the genus *Pentapharsodinium* also have five cingular plates as does *Peridinium* s.s., however, the position of the sutures in the cingulum of these two genera are fundamentally different. In *Pentapharsodinium*, only one cingular suture is found dorsal to the two homologous sutures to form the plates 3c and 4c. This suture arises from the center of the 3" plate. In *Peridinium* s.s., there are three cingular plates dorsal to sutures X and Y (2c, 3c, and 4c) and all of the sutures are collinear with the sutures of the hypothecal plates. Even though *Pentapharsodinium* and *Peridinium* s.s. each have five cingular plates, they are easily

separable because these cingular plates border different hypothecal plates. Although both genera have five cingular plates they differ from each other in that *Pentapharsodinium* has a transitional plate, and *Peridinium* s.s. has three cingular plates lying dorsal to sutures X and Y rather than two.

These cingular plate configurations can be better visualized using the following suggested simple notation. Members of the genus *Scrippsiella* have a "5+t" cingular plate tabulation (five larger plates and one transitional); *Pentapharsodinium* a "4+t"; protoperidinioids a "3+t"; and *Peridinium* s.s. a "5+0" (Table 1). We prefer to consider the small 1c plate as a transitional plate rather than the first cingular plate in light of our belief that the X and Y sutures (Fig. 1A-D) separate homologous plates in all peridinioid species. Thus the 1c plate of *Peridinium* s.s. is the homolog of the 2c plate in the marine peridinioid species.

Table 1. Summary of the characters useful in separating peridinioid dinoflagellates.

Genus "	Habitat	Cingular Plates	Cyst Type	Photosynthesis	Apical Pore
<i>Scrippsiella</i>	M	6(5+t)	Calcareous Acapsulate	+	+
<i>Pentapharsodinium</i>	M	5(4+t)	Organic Acapsulate	+	+
<i>Protoperidinium</i>	M	4(3+t)	Organic Acapsulate	-	+
<i>Peridinium</i> s.s.	F	5(5+0)	Organic Capsulate	+	+ -

M=marine, F=freshwater, t=transition plate, + =present, - =absent,  
+ - =variable, found in some but not all species.

### Taxonomic Revisions

The confusion regarding the taxonomy of the dinoflagellate genera *Scrippsiella* and *Ensiculifera* can be traced to much of the previous literature which contains inconsistencies, misinterpretations, inadequate descriptions, and lack of suitable documentation e.g. photomicrographs. Some of these taxonomic problems are addressed below.

Division Pyrrhophyta PASCHER, 1914

Order Peridinales HAECKEL, 1894

Family Calcidinellaceae DEFLANDRE, 1947

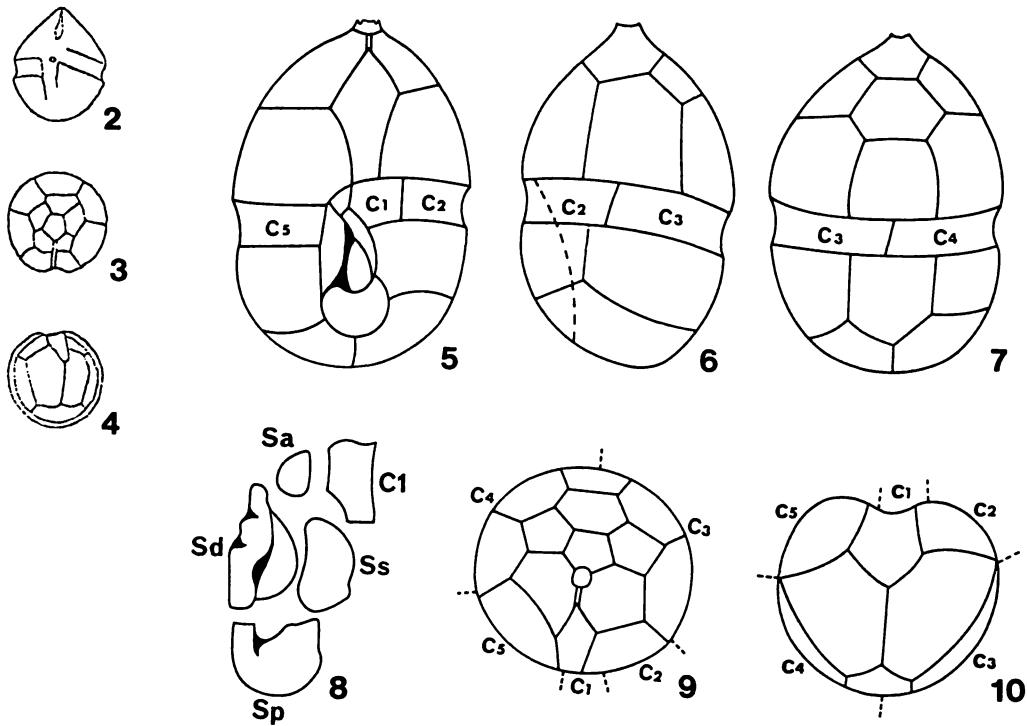
*Pentapharsodinium* INDELICATO et LOEBLICH, gen. nov. Cellulae photosynthetici.

Formula laminarum: pp, pr, 4', 3a, 7", 5c [4+t], 4s, 5", 2""", dispositione orthoperidinoidea. Cysta sphaerica, membrana organica, acapsulata. Habitus: in aqua marina.

Type species: *Pentapharsodinium dalei* sp. nov.

Etymology: the name refers to the five part cingular series on a rotating dinoflagellate. Taken from Greek: *penta*, for five; *pharsos*, for part; *dinos*, for whirling or rotation.

DALE (1977) made observations on dino-



Figs. 2-4. Paulsen's (1905, his fig. 5) original drawings of *Peridinium faeroense*. 2, cell in ventral view; 3, epithecal view (anterior); 4, hypothecal view (posterior). Figs. 5-10. Dale's (1977, his figs. 1-5, and 7) original drawings of "Peridinium faeroense". 5, Ventral view; 6, lateral left view; 7, dorsal view; 8, sulcal plates; 9, apical view of epitheca; and 10, antapical view of hypotheca.

flagellate cultures derived from the germination of two dissimilar cysts collected from Cape Cod Bay and Norwegian fjord sediments. The first type, "spiny" cysts, gave rise to cells which he identified as *Scripsiella trochoidea* (STEIN) LOEBLICH. The second type bore bifurcated spines and gave rise to cultures which he identified as "Peridinium faeroense". Dale's drawings (Figs. 5-10) and photomicrographs of the thecate stage of the organisms derived from the bifurcated spiny cysts, however, do not resemble Paulsen's original line drawing of *P. faeroense* (Figs. 2-4). Differences include the overall shape of the cell, the width and shape of the 1' plate, the relative width of the 3" plate and the differences in relative sizes of the 1" and 7" plates. Even though Paulsen's (1905) illustrations would be considered inadequate for the description of a new species by modern taxonomists, the

differences are great enough to indicate that Dale's specimens are not conspecific with Paulsen's. Dale's drawings of "*P. faeroense*" also differ significantly from the drawings of *S. faeroense* by BALECH and SOARES (1966). BALECH and SOARES' *S. faeroense* more closely resembles Paulsen's original drawing than Dale's, particularly in reference to the cell shape and narrow 1' plate. We believe the organism Dale identified as "*P. faeroense*" is not the *P. faeroense* that Paulsen originally described, but is in fact a previously undescribed species.

SCHILLER (1935) placed *P. faeroense* in the synonymy of *Peridinium trochoideum*. LATER PAULSEN (1949) considered his *P. faeroense* to be synonymous with *P. trochoideum* in agreement with Schiller. This conclusion is further supported by the scanning electron micrographic studies of Fine and LOEBLICH (1976) and the light micro-

scopic observations STEIDINGER and BALECH (1977). In the absence of material fitting the description of Paulsen's *P. faeroense* that shows any demonstrable differences from *S. trochoidea* we concur with SCHILLER, PAULSEN, FINE and LOEBLICH, and STEIDINGER and BALECH in considering *Peridinium faeroense* a subjective synonym of *S. trochoidea*.

Dale's isolate of "*P. faeroense*" possesses five cingular plates and an organic walled "non-capsulate" cyst. These two characteristics differ from the six cingular plates and calcareous walled cysts formed by *Scrippsiella* species. This prompted Dale to consider this organism as a marine member of the genus *Peridinium* s. s. whose type species, *P. cinctum*, is a freshwater organism. The cingular plates of Dale's marine isolate and *P. cinctum* are not homologous to each other. Dale's isolate possesses a small 1c plate which is homologous to the transitional (1c) plate of the scrippsielloids. *Peridinium cinctum*, however, possesses no such transitional plate (BOURRELLY 1968). The 1c plate of *P. cinctum* lies adjacent to the 1" and 1'" plates, and appears to be the homolog of the two plates, 1c and 2c of Dale's isolate. All of the sutures of the cingular series in *P. cinctum* are collinear with sutures in the precingular and postcingular series, whereas Dale's isolate possesses no such cingular sutural relationship.

*Peridinium cinctum* also produces a double walled organic "capsulate" cyst (DURR 1979) in contrast to the non-capsulate bifurcated spine bearing organic walled cyst of Dale's isolate. If cyst morphology and plate homologies have any systematic value in determining relationships then these characteristics would argue against the placement of Dale's "*faeroense*" isolate within the genus *Peridinium*. Dale himself suggests the need for further subdivisions of the genus *Peridinium* (DALE 1978). [See BUJAK and DAVIES (1983) for a discussion of the evolutionary lineages of the family Peridiniaceae with regard to cyst morphology.] The vegetative cell of Dale's isolate differs

from members of another marine peridinioid genus, *Protoperidinium*, BERGH in that Dale's isolate is photosynthetic and lacks the characteristic 3c plate which in *Protoperidinium* nearly encircles the entire cell (GRAHAM 1942). Morphologically, Dale's isolate resembles, but has fundamental thecal differences from *Scrippsiella*, the only well-recognized extant genus of the family Calciodinellaceae. Consequently, we placed it in a new genus, *Pentapharsodinium*, and include it in the family Calciodinellaceae. This assignment is made inspite of the absence of a calcified cyst being present. Since all extant members of this family have not been tested for the presence of a calcareous cyst, it is unknown whether this trait should be used as a familial character. Two species are included in *Pentapharsodinium* gen. nov.

***Pentapharsodinium dalei* INDELICATO et LOEBLICH, sp. nov.**

**Synonymy:**

*Peridinium faeroense* (non PAULSEN 1905), DALE 1977, p. 244, figs. 1-5, 7-8.

*Peridinium faeroense* (non PAULSEN 1905), DODGE 1983, p. 162, figs. 18 n-p, Pl. III e-f. Epitheca conica ad rotundatam, hypotheca rotundata. Epitheca poro apicali eminente praedita. Hypotheca dorso-ventraliter compressa et longitudine epithecae quasi aequa. Cingulum latum cavazoniforme, descendens, per 1/2 partis latitudinis dispositum, sine laciinis. Sulcus latus profundusque, ad antapicem attingens. Collara sulcaria angusta interdum adsunt. Formula laminarum: pp, pr, 4', 3a, 7", 5c, 4s, 5", 2", dispositione orthoperidinoidea. Cellula 18-35  $\mu\text{m}$  long., 15-29  $\mu\text{m}$  transdiametro. Nucleus 15-20  $\times$  12-18  $\mu\text{m}$ , medius, sphericus ad ovoidem. Flagellum longitudinale longitudini cellulae aequum. Cysta sphaerica, membrana organica spinas bifurcatas in eius superficie ferente.

**Habitus:** In aqua marina, in loco Langviksbukta, Oslofjord, Norway dicto. **Holotypus:** figura inter verba 5.

**Etymology:** The *dalei* is a patronymic for

Mr. Barrie Dale who first discovered this species.

**Pentapharsodinium trachodinm** INDELICATO et LOEBLICH, sp. nov.

Synonymy:

*Ensiculifera loeblichii* COX et ARNOTT 1971, pp. 125-135, figs. 1-34. Invalid ICBN Art. 43.1 [*Ensiculifera* invalid (Art. 36.2) therefore included species are invalid.]

*Peridinium loeblichii* (COX et ARNOTT) DALE 1977, pp. 244-247, figs. 6, 9, 12, 20, 22, 26. Invalid ICBN Art. 43.1 (basionym invalid).

Latin diagnosis of *Pentapharsodinium trachodium* sp. nov.: see COX and ARNOTT (1971, p. 124).

Habitus: in aqua marina, in loco Salton Sea, California dicto. Holotypus: figura 26 in COX and ARNOTT (1971, p. 130).

Etymology: The epithet refers to the rough surface ornamenation of the thecal plates; *trachodes* taken from Greek meaning of rough nature.

The second described species in the genus *Ensiculifera*, *E. loeblichii*, was proposed by COX and ARNOTT (1971) and was later transferred to *Peridinium* by DALE (1977). *Ensiculifera loeblichii* possesses a plate tabulation similar to *Pentapharsodinium dalei*, differing only in the shape and relative sizes of the sulcal plates, especially the posterior sulcal (DALE 1977). Noted similarities include identical major plate tabulations (4', 7", 5c, 4s, 5", 2""), cingular plate homologies, and overall size and shape of the cell. Cysts from *E. loeblichii* are as yet unknown.

As mentioned above, the genus *Ensiculifera* is invalid (ICBN Art. 36.2) and thus the species *E. loeblichii* is invalid as the genus in which it was described was never validly described. The type species of *Ensiculifera* was reinterpreted by us to be a member of the genus *Scrippsiella*. *Ensiculifera loeblichii* of COX and ANOTT however, differs in the number and basic homologies of cingular plates from the type species *Scrippsiella sweeneyae* (BALECH 1959).

With respect to the cingular tabulation it more closely resembles the new species we describe as *Pentapharsodinium dalei*. Conclusions reached by an analysis of the cingular plate number and homologies supports placement of *E. loeblichii* into the genus *Pentapharsodinium*. We validly describe this species and place it the new genus *Pentapharsodinium* as *P. trachodium* sp. nov.

***Scrippsiella*** BALECH ex LOEBLICH, 1965

***Scrippsiella mexicana*** INDELICATO et LOEBLICH, sp. nov.

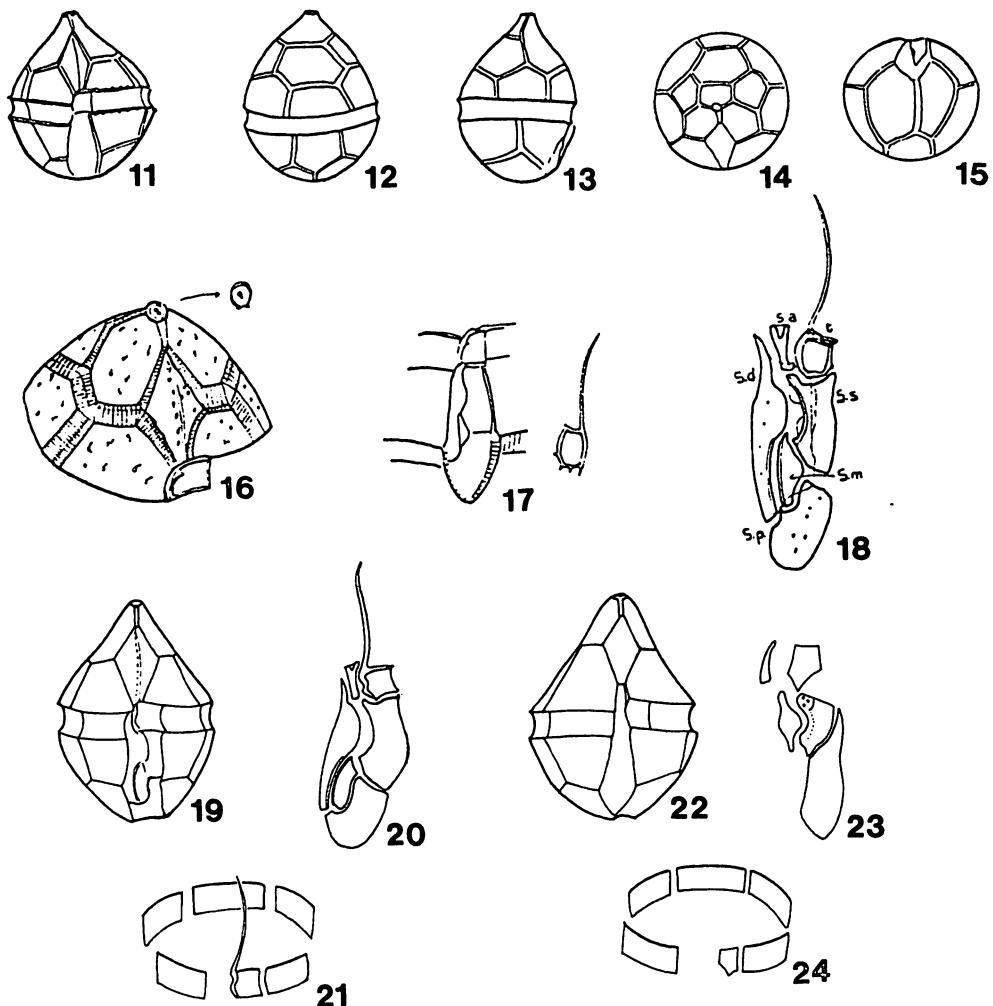
Synonymy:

*Ensiculifera mexicana* BALECH, 1967, p. 120-122, plate 9, figs. 136-144. Invalid ICBN Art. 36.2.

*Epitheca conica*, hypotheca rotundata, sine cornibus projectionibus. Cingulum centrale descendes per 1/2 latitudinis in regione sulcali depositum. Poro apicali elevato. Formula laminarum: pp, pr, 4', 3a, 7", 6c (5+t), 5s, 5" et 2""; dispositione orthoperidinoidea. Laminarum t cum spina majora. Cellulae 42-45  $\mu\text{m}$  longa, 35-36  $\mu\text{m}$  lata. Organismus photosyntheticus. Habitus: in aqua marina, in loco Gulf of Mexico ( $26^{\circ} 23' \text{N}$ ,  $90^{\circ} 44' \text{W}$ ) dicto. Holotypus: figura inter verba 11.

Etymology: *mexicana* refers to the Gulf of Mexico type locality of the species.

BALECH (1967) described, from plankton collected March 1, 1965 in the Gulf of Mexico, the monotypic genus *Ensiculifera* of which the type species, *E. mexicana*, differed from the type species of *Scrippsiella* in three basic characteristics: the arrangement and shape of the sulcal plates; the possession of a long "knife"-like process on the 1c (transitional) plate; and *E. mexicana* was originally thought to possess five cingular plates as opposed to four for *Protoperidinium* species and six for *Scrippsiella* species. In that monograph, BALECH's drawings (Figs. 11-18) of *Ensiculifera mexicana* were sketchy and the placement of the cingular plates was not consistent with the description in his text. His drawings indicated a sutural disposition that is



Figs. 11-18. Balech's (1967, his figs. 136-144) original drawings of *Ensiculifera mexicana*. 11, ventral view; 12, dorsal view; 13, right lateral view; 14, epitheca; 15, hypotheca; 16, ventral view of the epitheca with pore plate; 17, ventral area and first cingular or "transitional" plate; and 18, sulcal series and the "transitional" plate. Figs. 19-24. Balech's (1974, his figs. 4-8) original drawings of *Ensiculifera* (Figs. 19-21) and *Scrippsiella* (Figs. 22-24). 19, ventral view; 20, sulcal series and "transitional" plate; 21, cingular series; 22, ventral view; 23, sulcal series and "transitional" plate; and 24, cingular series.

consistent with four cingular plates, much in the same arrangement as those found in *Protoperidinium* (GRAHAM 1942). In a later paper (1974), Balech again presented a line drawing (Figs. 19-21) of *E. mexicana*, this time clearly with six cingular plates, arranged identically to those found in *Scrippsiella* (Figs. 22-24). In the absence of unequivocal data (i.e. photomicrographs) on the correct number of cingular plates in

*E. mexicana*, we are left to justify the separation of this genus from *Scrippsiella* on Balech's remaining two characteristics.

Variations in sulcal plate sizes and arrangements have been noted among members of *Scrippsiella*, i.e. *S. subsalsa* (STEIDINGER and BALECH 1977), and *S. sweeneyae* (BALECH 1959). The sulcal plate disposition of *S. mexicana* does not differ significantly from other *Scrippsiella* species and should

not warrant the separation of a new genus. The presence of a spine on the 1c plate of *S. mexicana* is Balech's strongest argument for the formation of the genus *Ensiculifera* (hence the name "ensiculifera"). However, differences in thecal processes or cell body projections within a particular dinoflagellate genus are not unusual, e.g. the presence or absence of antapical spines in freshwater *Peridinium* species or the variations in antapical extensions of the cell exhibited by different species of *Protoperidinium* (GRAHAM 1942). In the past this has not led to the formation of new genera nor should it now.

WALL *et al.* (1970) reported that *E. mexicana* produces a calcareous cyst. This would strongly support the placement of this species in the genus *Scrippsiella* over the genus *Pentapharsodinium* gen. nov. In addition, the genus *Ensiculifera* and species *E. mexicana* are not validly published since no Latin description or diagnosis accompanied the description of this taxon. BALECH (1967, p. 122) used the botanical suffix for the family Peridiniaceae, therefore the reader is left with the conclusion that he considered *E. mexicana* a plant and a Latin diagnosis was required as stated in the International Code of Botanical Nomenclature (Art. 36.2).

In summary to date with the changes proposed in this paper there are two species referable to *Pentapharsodinium* gen. nov.: *P. dalei* sp. nov. and *P. trachodium* sp. nov. In addition, there are seven species referable to *Scrippsiella*: *S. gregaria* (LOMBARD et CAPON) LOEBLICH, SHERLEY et SCHMIDT 1979, *S. mexicana* sp. nov., *S. saladense* BALECH 1963, *S. subsalsa* (OSTENFELD) STEIDINGER et BALECH 1977, *S. sweeneyae* BALECH ex LOEBLICH 1965, *S. tinctoria* INDELICATO et LOEBLICH, 1985, and *S. trochoidea* (STEIN) LOEBLICH 1976.

## References

- BALECH, E. 1959. Two new genera of dinoflagellates from California. Biol. Bull. 116: 195-203.
- BALECH, E. 1967. Dinoflagelados nuevos o interesantes del Golfo de Mexico y Caribe. Rev. Mus. Argent. Cienc. Nat. "Bernardino Rivadavia" Inst. Nac. Invest. Cienc. Nat., Hydrobiologia 2: 77-126, pls. 1-9.
- BALECH, E. 1974. El genero "Protoperidinium" BERGH, 1881 ("Peridinium" EHRENBURG, 1831, partim). Rev. Mus. Argent. Cienc. Nat. "Bernardino Rivadavia" Inst. Nac. Invest. Cienc. Nat. Hydrobiologia 4(1): 1-79.
- BALECH, E. and SOARES, O. de. 1966. Dos dinoflagelados de la Bahia de Guanabara y proximidades (Brasil). Neotropica 12: 103-108.
- BOURRELLY, P. 1968. Notes sur les Peridiniens d'eau douce. Protistologica 4: 5-16.
- BUJAK, J. P. and DAVIES, E. H. 1983. Modern and fossil Peridiniinae. Amer. Assoc. Strat. Palyn. Contribution Ser. 13: 1-203.
- Cox, E. R. and ARNOTT, H. J. 1971. The ultrastructure of the theca of the marine dinoflagellate, *Ensiculifera loeblichii* sp. nov. p. 121-136. In P. C. PARKER and R. M. BROWN [ed.] Contributions in phycology. Allen Press, Lawrence, Kansas.
- DALE, B. 1977. New observations on *Peridinium faeroense* PAULSEN (1905), and classification of small orthoperidinoid dinoflagellates. Br. Phycol. J. 12: 241-253.
- DALE, B. 1978. Acritarchous cysts of *Peridinium faeroense* PAULSEN: Implications for dinoflagellate systematics. Palynology 2: 187-193.
- DODGE, J. D. 1983. Marine dinoflagellates of the British Isles. Her Majesty's Stationery Office, London.
- DURR, G. (1979). Elektronmikroskopische Untersuchungen am Panzer von Dinoflagellaten III. Die Zyste von *Peridinium cinctum*. Arch. Protistenk. 122: 121-139.
- FINE, K. E. and LOEBLICH, A. R. III 1976. Similarity of the dinoflagellates *Peridinium trochidium*, *P. faeroense*, and *Scrippsiella sweeneyae* as determined by chromosome numbers, cell division studies, and scanning electron microscopy. Proc. Biol. Soc. Wash. 89: 275-288.
- GRAHAM, H. W. 1942. Scientific results of cruise VII of the Carnegie during 1928-1929 under command of Captain J. P. Ault. Biology III. Studies in the morphology, taxonomy, and ecology of the Peridiniales. Carnegie Inst. Wash. Publ. 542: i-vii, 1-129.
- INDELICATO, S. R. and LOEBLICH, A. R. III. 1985. A description of the marine dinoflagellate, *Scrippsiella tinctoria* sp. nov. Jpn. J. Phycol. 33: 127-134.

- LOEBLICH, A.R. III. 1968. A new marine dinoflagellate genus *Cachonina* in axenic culture from the Salton Sea, California with remarks on the genus *Peridinium*. Proc. Biol. Soc. Wash. 81: 91-96.
- LOEBLICH, A.R. III. 1970. The amphiesma or dinoflagellate cellular covering. Proc. North Amer. Paleontol. Conv., Sept. 1969, Part G: 867-929.
- LOEBLICH, A.R. III and LOEBLICH, L.A. 1979. The systematics of *Gonyaulax* with special reference to the toxic species. p. 41-46. In D.L. Taylor and H.H. Seliger [ed.] Toxic Dinoflagellate Bloom. Elsevier North Holland, N.Y.
- LOEBLICH, A.R. III and LOEBLICH, L.A. 1985. Dinoflagellates: structure of the amphiesma and re-analysis of thecal patterns. Hydrobiologia 123: 177-179.
- PAULSEN, O. 1905. On some Peridineae and plankton diatoms. Medd. Komm. Havundersog., Ser. Plankton 1(3) : 3-7.
- PAULSEN, O. 1949. Observations on dinoflagellates. K. Danske Vidensk. Selskab. Biol. Skrifter 6(4) : 1-67.
- SCHILLER, J. 1935. Dinoflagellatae (Peridineae). Zweiter Teil. Dr. L. RABENHORST's Kryptogamen-Flora von Deutschland, Österreich, und der Schweiz. Bd. 10, Abteilung 3, Leiferung 1, pp. 1-60. Akad. Verlag. Leipzig.
- STAFLUE, F. A. (editor). 1978. The International Code of Botanical Nomenclature, volume 97. 12th Inter. Bot. Cong., Leningrad, July 1975. Bohn, Scheltema, and Holkema, Utrecht.
- STEIDINGER, K. A. and BALECH, E. 1977. *Scrippsiella subsalsa* (OSTENFELD) comb. nov. (Dinophyceae) with a discussion on *Scrippsiella*. Phycologia 16: 69-73.
- WALL, D., GUILLARD, R.R.L., DALE, B. and SWIFT, E. 1970. Calcitic resting cysts in *Peridinium trochoideum* (STEIN) LEMMERMANN, an autotrophic marine dinoflagellate. Phycologia 9: 151-156.

インデリカート, S.R.・レーブリッヒ III, A.R.: 分類学的ガイドラインとして  
下殻の横溝板関係を用いた海産ペリジニウム類（橙藻植物門）の属の改訂

海産の渦鞭毛藻のペリジニウムグループの横溝板を相互に比較し, *Ensiculifera*, *Pentapharsodinium* gen. nov., *Peridinium*, *Protoperidinium*, *Scrippsiella* の各属間の最も妥当と思われる鉗板の homology を明らかにした。シストの形態と鉗板の形態に加えて、新しく提案した横溝板 homology を新属 *Pentapharsodinium* の設立のための基準形質に使用した。*Ensiculifera* は設立時において不当であったが、これを正当化せず、*Scrippsiella* の異名に落した。それは、独立の属とするに足る十分な鉗板の違いがこの二つの属のタイプ種に見当らないからである。Orthoperidinioid の 3 新種の記載を行い、また、上述の正当に記載した 4 新属を識別する基準形質について述べた。

## Photosynthetic pigments of *Chlorella* sp. K cultured under photoauto-, mixo- and chemohetero-trophic growth conditions

Taku MISONOU\* and I.K. PACHLAVUNI

Department of Plant Physiology, Faculty of Biology,  
Moscow State University, Moscow, USSR, 119899

MISONOU, T. and PACHLAVUNI, I.K. 1986. Photosynthetic pigments of *Chlorella* sp. K cultured under photoauto-, mixo- and chemohetero-trophic growth conditions. Jap. J. Phycol. 34: 163-170.

The adaptive reaction of pigment synthesis to types of nutrition and spectral composition of light under photoautotrophic growth conditions was investigated in *Chlorella* sp. K. A comparative study was made for the pigment composition of the cells from various growth stages.

The types of nutrition and the spectral compositions of light had no effect on the pigment composition of this alga. The cells contained  $\beta$ -carotene, lutein, violaxanthin, loroxanthin, neoxanthin and 2 unidentified carotenoids and chlorophylls *a* and *b*. In all variants the content ratios of each carotenoid to the total carotenoid were stable. Although productivity of the photoautotrophic culture was at the lowest level, the pigment content of these cells was significantly higher than in the cultures grown with organic substrate. The cells of mixotrophic and heterotrophic conditions contained all pigments at practically the same level. The "green light" variant maximally accumulated all pigments.

These results suggest that 1) the pigment synthetic system of *Chlorella* sp. K is affected by the environmental conditions, and 2) these factors control the carotenoid synthesis at the pre-carotene stages.

**Key Index Words:** Adaptation; carotenoids; *Chlorella* sp. K; chlorophylls; light condition; types of nutrition.

The unicellular green algae are well known as suitable material for the study of photosynthesis and are used widely for investigations of the photosynthetic pigment systems. In these cases, however, most interests are directed to the chlorophyll pigments, and [the "Second pigment" carotenoids are much less investigated.

The carotenoid pigments are widely distributed in the living world. In the last 30 years, the growing interest of chemists in this pigment has allowed the classification and identification of more than 500 carotenoid pigments from most natural sources.

But there is very little information about the biological functions of these pigments. The role as the photosynthetic light-harvesting antenna was shown for  $\beta$ -carotene and some xanthophylls (PRÉZELIN and HAXO 1976, KAGEYAMA *et al.* 1977, KAGEYAMA and YOKOYAMA 1978, ÖQUIST *et al.* 1980, MATHIS and SCHENCK 1982) and the role of protecting chlorophylls against photodynamic action was shown for  $\beta$ -carotene and some photosynthetic bacterial xanthophylls (KRINSKY 1976, COGDELL 1978, ÖQUIST *et al.* 1980, MATHIS and SCHENCK 1982). But the functions of the remainder are still unclear.

The thermophilic strain *Chlorella* sp. K has been investigated for many years in Institute of Plant Physiology, USSR Academy of Sciences, and other laboratories. It

\* Address for reprint requests.

Present address: Department of Biology, Faculty of Education, Tokyo Gakugei University, Koganei, Tokyo, 184 Japan.

has been shown that this *Chlorella* strain has very high metabolic flexibility. When the environmental conditions were varied, they easily changed the structure of their photosynthetic apparatus, contents of cell components or rates of respiration and photosynthesis etc. (SEMENENKO *et al.* 1966, VLADIMIROVA *et al.* 1968, VLADIMIROVA 1976, SEMENENKO 1982). The photosynthetic pigments of this strain, however, have not been studied in detail.

In this study, the adaptive reactions of the pigment system (especially about carotenoid pigments) of *Chlorella* sp. K under various growth conditions (types of nutrition and spectral compositions of light) were investigated.

## Materials and Methods

A sterile culture of green alga *Chlorella* sp. K from the culture collection of Institute of Plant Physiology, USSR Academy of Sciences, was used for the investigation. This strain of Chlorella was isolated by KOSSIKOV through a selection method which increases the temperature and salinity of the medium (KOSSIKOV 1972). It is proposed, that this strain should be named *Chlorella vulgaris* BEIJERINCK var. *vulgaris* (SETRIC *et al.* 1975). This alga is thermophilic, grows at temperatures between 25 to 41°C, favours high intensity of light (light saturation—over 400 W/m<sup>2</sup>) and has a high productivity up to 30 g/l (VLADIMIROVA 1976).

The following composition of the culture medium was used: KNO<sub>3</sub>, 5.0 g/l; MgSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O, 2.5 g/l; KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, 1.25 g/l; FeSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O, 3 mg/l; EDTA, 37 mg/l and microelement solution, 1 ml/l (Microelement solution: H<sub>3</sub>BO<sub>4</sub>, 2.86 g/l; MnCl<sub>2</sub>·4H<sub>2</sub>O, 1.81 g/l; ZnSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O, 222 mg/l; MoO<sub>3</sub>, 176.4 mg/10 l; and NH<sub>4</sub>VO<sub>3</sub>, 229.6 mg/10 l). The medium was autoclaved. In the cases of mixo- and chemoheterotrophic cultivation, 1% glucose was added to the culture medium.

The culture was grown in 500 ml flasks with 200 ml of medium in the shaker-incu-

bator (200 rpm) maintained at 35°C. Autotrophic and mixotrophic cultures were continuously illuminated with fluorescent light (3500 lux). For the investigation of the effect of spectral compositions of light, the cells were cultured in a 250 ml incubation vessel with 100 ml of culture medium. The algal suspension was aerated with air (250 ml/min), and continuously illuminated with luminescent light through green, red or without acryl filters. The light intensity was fixed at 17 W/m<sup>2</sup>. 2% of 10-day autotrophic culture (at the end of the log-phase) was used as the starting material.

Each culture was tested occasionally for contamination by bacteria or fungi by incubating an aliquot with peptonic agar at 30°C for at least 2 days in the dark.

The cells were ground using a glass homogenizer with 0.3 mm glass beads, the modified method of that previously described (SEMENENKO and KASATKINA 1972), or disrupted by a sonication with quartz sand (400 W, 5 min) on Labsonic 1510 (Braun, USA).

The photosynthetic pigments were extracted as usual with acetone and then removed to diethyl ether. The content of chlorophylls *a* and *b* was determined using the following formulae,

$$\text{Chl } a \text{ (mg/l)} = 9.93 \times D_{660} - 0.78 \times D_{642.5};$$

$$\text{Chl } b \text{ (mg/l)} = 17.6 \times D_{642.5} - 2.8 \times D_{660},$$

where D<sub>660</sub>=optical density at 660 nm and D<sub>642.5</sub>=optical density at 642.5 nm (COMAR and ZSCHEILE 1942). The suspension was then saponified with 20% KOH in methanol in the dark at room temperature over night. Unsaponified carotenoid pigments were dissolved in diethyl ether and washed with distilled water, dried with Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, concentrated and used for further experiments. The total content of carotenoids was estimated spectroscopically, using E<sub>1 cm</sub><sup>1%</sup>=2500 in diethyl ether at λ<sub>max</sub> (HERTZBERG and LIAAEN-JENSEN 1966).

Individual carotenoids were isolated with silicagel thinlayer chromatography (TLC) on "Silufol UV-254" (Kavalier, Czechoslovakia)

and "Kieselgel-60" (Merk, West Germany). The isolated pigments were then immediately eluted from the TLC plate with ethanol.

Each pigment was identified using the following methods. 1. Comparison of the visible absorption spectra in some organic solvents with the data of previously described studies (FOPPEN 1972 DAVIES 1976.). 2. HCl-test for determination of epoxy groups (STRAIN *et al.* 1967). 3. %III/II for identification of the endogroups (HAGER and MEYER-BERTENRATH 1967). 4. Co-chromatography with  $\beta$ -carotene, violaxanthin, neoxanthin extracted from pea leaves and whole carotenoid fraction from *Scenedesmus obliquus*.

The content of individual carotenoid pigment was calculated using the following formula.

$$\text{Carotenoid (mg)} = \frac{E_{\max} \times V_e \times V_a}{E_{1\text{cm}}^{1\%} \times V_s} \times 10,$$

where  $E_{\max}$ =optical density at  $\lambda_{\max}$ ,  $V_e$ =volume of the pigment solution, eluted from TLC plate,  $V_a$ =total volume of aliquot,  $E_{1\text{cm}}^{1\%}$ =coefficient of extinction for each carotenoid and  $V_s$ =volume of the sample spotted on TLC plate (DAVIES 1976).

All experiments were performed under dim light using freshly distilled organic solvents. Absorption spectra were measured on Beckman 35 (Beckman, USA) and SF-14 (USSR) spectrophotometers.

## Results

Fig. 1 shows the growth curves of *Chlorella* sp. K under various types of nutrition (A) and various spectral compositions of light (B). The photoautotrophic culture had a long exponential phase and reached the steady state at the 9th day, while the chemohetero- and the mixo-trophic cultures grew significantly faster and reached the steady state at the 2-3rd day. At the 8-9th day, the heterotrophic culture began to degrade.

The biomass at the steady state of the culture also depended on the types of nutri-

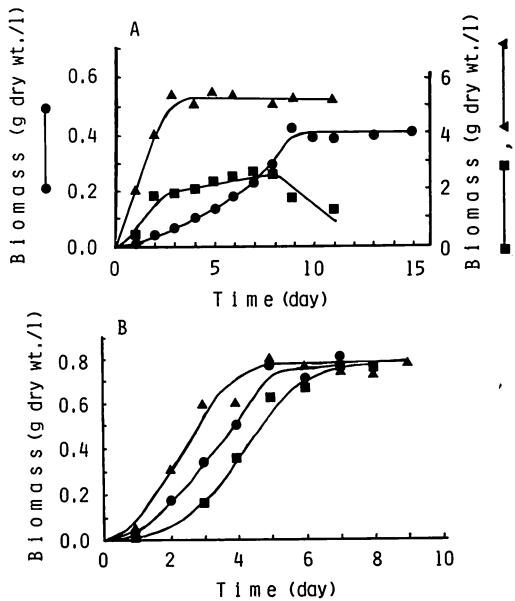


Fig. 1. Growth curves of *Chlorella* sp. K under various culture conditions. A) Under various types of nutrition. ●—●: Photoautotrophic, ▲—▲: chemoheterotrophic and ■—■: mixotrophic growth conditions. B) Photoautotrophic culture under various spectral compositions of light. ●—●: white, ▲—▲: green and ■—■: red light.

tion. The maximal biomass of the culture of the auto-, the hetero- and the mixo-trophic growth conditions was 0.4 g/l, 1.8 g/l and 5.3 g/l, respectively.

Cultures grown under white, green and red light accumulated about the same level of biomass (0.75 g/l) at the stationary phase. However, the "red" culture grew most rapidly, and the "green" cells grew slightly slower than the others.

The pigment contents of the cells under various types of nutrition are shown in Table 1. The carotenoid content of the photoautotrophic cells increased according to the growth curve of the culture and reached the maximum at the stationary phase. The content of chlorophyll *a* of this variant also coincided with the increase of biomass. The chlorophyll *b* content reached the maximum at the end of the exponential phase. The chlorophyll *a/b* ratios remained low level through the growth.

Table 1. The content of the photosynthetic pigments and the chlorophyll *a/b* ratios of *Chlorella* sp. K cultured under various types of nutrition.

Type of nutrition	Growth stage*	Chl <i>a</i>	Chl <i>b</i>	Total carotenoid	Chl <i>a/b</i>
		(mg/g dry wt.)			
Autotrophic	A	14.4	4.8	4.0	3.0
	B	23.3	11.7	7.1	2.0
	C	28.3	9.7	7.8	2.1
Heterotrophic	A	2.7	0.8	1.4	4.3
	B	9.4	2.2	1.6	4.3
	C	3.5	0.8	1.0	4.4
Mixotrophic	A	6.9	2.3	1.6	3.0
	B	6.4	2.2	1.8	2.9
	C	6.6	2.1	1.4	3.1

\* Growth stage of the culture. A: The middle of the exponential phase. B: The end of the exponential phase. C: The beginning of the stationary phase.

Under heterotrophic conditions, the chlorophylls *a* and *b* content varied considerably although the content of carotenoid pigments was rather stable. The content of chlorophylls showed the maximum value at the end of the exponential phase, and decreased at the stationary phase of growth. Thus the decrease in chlorophylls precedes the degradation of the culture itself. The chlorophyll *a/b* ratios under this condition were higher than in the other culture variants through the growth stages.

The contents of all pigments in the mixotrophic cells were stable through the growing process and the values were closer to

those of the heterotrophic culture. The chlorophyll *a/b* ratios were also stable and were between those of the hetero- and the autotrophic conditions.

Table 2 shows the contents of pigments in the cultures grown under various spectral compositions of light. The content of all the pigments in the "green" cells increased according to the growth stages of the culture, while the "white" cells and the "red" cells contained virtually steady amounts of the pigments through the growth phases. At the stationary phase, the "green" cells accumulated all the pigments respectively to a higher level than in any other variants

Table 2. The content of the photosynthetic pigments and the chlorophyll *a/b* ratios of *Chlorella* sp. K cultured under various spectral compositions of light.

Variation of light	Growth stage*	Chl <i>a</i>	Chl <i>b</i>	Total carotenoid	Chl <i>a/b</i>
		(mg/g dry wt.)			
White	A	21.6	9.6	3.7	2.3
	B	23.2	9.9	5.5	2.3
	C	20.9	9.8	5.6	2.1
Green	A	16.5	6.5	4.3	2.5
	B	24.1	9.9	6.6	2.4
	C	43.7	18.1	10.6	2.4
Red	A	19.5	6.8	3.7	2.9
	B	17.6	7.6	3.5	2.3
	C	17.2	6.7	2.9	2.6

\* Growth stage of the culture. A: The middle of the exponential phase. B: The end of the exponential phase. C: The beginning of the stationary phase.

of the culture. The "red" cells seemed to contain less pigments than the others. The chlorophyll *a/b* ratios of all these cultures were similar to that of the photoautotrophic culture of Table 1 and varied within a range of 2.0–3.0.

The carotenoid composition did not vary with variation in culture condition. By the TLC with a solvent system of hexane/acetone (6 : 4), each of samples from all variants was separated into 7 spots as shown in Fig. 2. With more or less polar solvent systems, no other pigment spot appeared. Each pigment fraction was eluted from the zonal TLC and identified as follows.

#### Fraction 1: $\beta$ -carotene

This pigment fraction was identified using HCl test (—), comparing the visible absorption spectrum with the data of previously described studies, co-TLC with pea leaves  $\beta$ -carotene.

#### Fraction 3: lutein

On the TLC plate, this fraction slowly changed color under HCl vapor from yellow to brown, with color-reversal when this vapor was removed (DAVIES 1976). Also this pigment was identified as lutein from the visible spectrum pattern and the medium Rf value.

#### Fraction 5: violaxanthin

This fraction showed rapid change of color from light-yellow to blue-violet with the HCl test. The visible spectrum pattern with a high %III/II (HAGER and MEYER-BERTENRATH 1967) and co-TLC with pea leaf violaxanthin showed that this pigment was violaxanthin.

#### Fraction 6: loroxanthin

From the  $\beta$ -carotene-like visible absorption spectrum, negative reaction to HCl test, and co-TLC with carotenoid fraction of *Scenedesmus obliquus*, known to contain loroxanthin (AITZETMÜLLER *et al.* 1969), this fraction was identified as the xanthophyll, specific to Chlorophyta—loroxanthin.

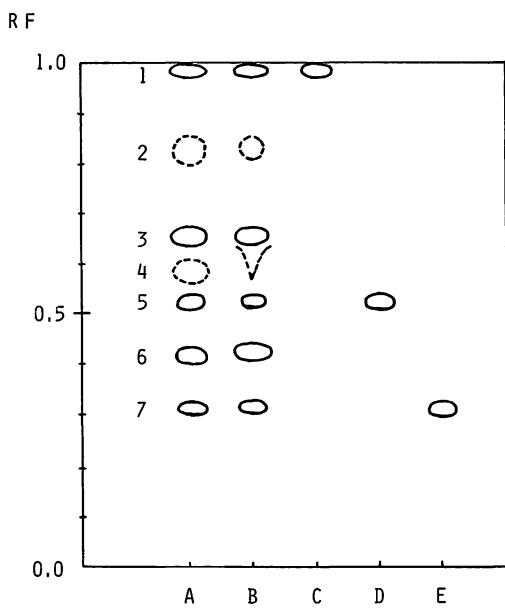


Fig. 2. The chromatogram of carotenoids on silicagel TLC plate. Solvent system—n-hexane /acetone (6 : 4). A: Carotenoid fraction of *Chlorella* sp. K, B: carotenoid fraction of *Scenedesmus obliquus*, C: pea leaves  $\beta$ -carotene, D: pea leaves violaxanthin and E: pea leaves neoxanthin.

#### Fraction 7: neoxanthin

Under HCl vapor, this fraction changed color from light-yellow to blue. And this fraction was identified as neoxanthin by the visible spectrum pattern, high %III/II value and co-TLC with pea neoxanthin.

#### Fractions 2 and 4

These trace fractions also showed a positive reaction to the HCl test. Their visible spectra had a typical pattern of degradative epoxide xanthophyll. We did not continue further investigations on these fractions with low content in the samples.

The relative contents of carotenoids in all the variants are shown in w/w percentages to the total carotenoid content in Table 3. Not only the pigment composition, but also the proportion of pigment content was practically identical among the cultures under various growth conditions and growth stages.

Table 3. The % ratios of individual carotenoid to the total carotenoid content.

Pigment	% (w/w) to total carotenoid content
$\beta$ -carotene	12.9 $\pm$ 2.3*
No. 2	0.9 $\pm$ 1.0
lutein	53.0 $\pm$ 4.9
No. 4	1.8 $\pm$ 1.0
violaxanthin	4.9 $\pm$ 2.0
loroxanthin	4.0 $\pm$ 2.8
neoxanthin	17.4 $\pm$ 3.6

\* Standard deviation

Lutein was the dominant carotenoid of this strain and occupied up to 60% of the total carotenoid content. The epoxide xanthophylls (violaxanthin and neoxanthin) were comprised 23% and carotenes (only  $\beta$ -carotene), 13%.

## Discussion

The conservatism of carotenogenesis in *Chlorella* sp. K was demonstrated in this study on the effect of environmental conditions on the pigment content of cells (Table 3). The composition and ratio of carotenoid content in the cells were fairly stable under various growth conditions. This suggests that in *Chlorella* sp. K, the content of the individual carotenoid varies in the same way. The results in Table 1 also show that light enhancement effect on pigment synthesis is seen remarkably under photoautotrophic condition and barely seen under mixotrophic condition. However the biomass of the mixotrophic culture was conspicuously high. These results suggest that when the environmental medium contains organic substrate, *Chlorella* sp. K synthesize the pigments only on the genetically provided basic level, i.e. as in the dark condition.

Furthermore, stability in the proportion of the individual carotenoid content suggests that carotenogenesis is regulated by culture conditions in the early stage at least, before the appearance of carotenes.

It is widely known that the quality of light has a notable effect on the chloroplast structure, the content of its component pigments, proteins and lipids and on other metabolic systems. In our study, the cells cultured under green light which is less effective for photosynthesis in green plants, accumulated considerably more pigments than other variants. This might be considered as one of the adaptive reactions to the environmental conditions of this alga.

For *Chlorella* sp. K, the ultrastructural alterations in the organization of photosynthetic apparatus was shown, when the culture was transferred to the chemoheterotrophic condition (VLADIMIROVA 1976). It is possible that our results of the variation in pigment content under various types of nutrition is related to this structural change.

The authors also studied the photosynthetic activity of each culture. The results show the different participation level of the pigments in photosynthesis (unpublished). EVANS and BRITTON (1983) suggested that in *Scenedesmus obliquus*, the carotenoids synthesized in the dark were not incorporated into the thylakoid membranes and did not function as the photosynthetic light harvesting pigment, unless exposed to light. Our results also supported this hypothesis. However, further investigations are required to clarify this problem.

## Acknowledgements

The authors express their appreciation to Dr. L. A. MINEEVA from Department of Plant Physiology, Moscow State University for her great assistance to this study, and to Dr. Y. YOKOHAMA from Shimoda Marine Research Center, The University of Tsukuba for his kind suggestions and improvement of the manuscript.

## References

- AITZETMÜLLER, K., STRAIN, H. H., SVEC, W. A., GRANDOLFO, M. and KATZ, J. J. 1969. Loro-xanthin, a unique xanthophyll from *Scenedesmus obliquus* and *Chlorella vulgaris*.

- Phytochem. 8: 1761-1770.
- COGDELL, R. J. 1978. Carotenoids in photosynthesis. Phil. Trans. R. Soc. Lond. B. 284: 569-579.
- COMAR, C. L. and ZSCHEILE, F. P. 1942. Analysis of plant extracts for chlorophylls *a* and *b* by a photoelectric spectrophotometric method. Plant Physiol. 17: 198-209.
- DAVIES, B. H. 1976. Carotenoids. p. 38-165. In T. W. GOODWIN (ed.) Chemistry and Biochemistry of Plant Pigments ed. 2. part 2. Acad. Press, London.
- EVANS, E. H. and BRITTON, G. 1983. Relationship between growth conditions, cell morphology and carotenoid composition of the Cyanobacterium *Chlorogloeopsis (Chlorogloea) fritschii*, and carotenoid composition of photosystem 1 and photosystem 2 preparations. Arch. Microbiol. 135: 284-286.
- FOPPEN, F. 1972. Tables for the identification of carotenoid. Chromat. Rev. 14: 133-298.
- HAGER, A. and MEYER-BERTENRATH, T. 1967. Beziehungen zwischen Absorptionsspektrum und Konstitution bei Carotinoiden von Algen und Höheren Pflanzen. Ber. Dtsch. Bot. Ges. 80: 426-436.
- HERTZBERG, S. and LIAAEN-JENSEN, S. 1966. The carotenoids of blue-green algae. I. The carotenoids of *Oscillatoria rubescens* and an *Athrospira* sp. Phytochem. 5: 557-563.
- KAGEYAMA, A., YOKOHAMA, Y., SHIMURA, S. and IKAWA, T. 1977. An efficient excitation energy transfer from a carotenoid siphonaxanthin to chlorophyll *a* observed in a deep-water species of chlorophycean seaweed. Plant Cell Physiol. 18: 477-480.
- KAGEYAMA, A. and YOKOHAMA, Y. 1978. The function of siphonein in a siphonous green alga *Dichotomosiphon tuberosus*. Jap. J. Phycol. 26: 151-155.
- KOSSIKOV, K. V. 1972. Methods for production of the effective strain of *Chlorella* sp. K. Mikrobiologiya 41: 680-685. (In Russian).
- KRINSKY, N. I. 1978. Non-photosynthetic functions of carotenoids. Phil. Trans. R. Soc. Lond. B. 284: 581-590.
- MATHIS, P. and SCHENCK, C. C. 1982. The functions of carotenoids in photosynthesis. p. 339-351. In G. BRITTON and T. W. GOODWIN (ed.) Carotenoid Chemistry and Biochemistry. Per-gamon Press, Oxford.
- ÖQUIST, G., SAMUELSSON, G. and BISHOP, N. I. 1980. On the role of  $\beta$ -carotene in the reaction center chlorophyll *a* antennae of photosystem I. Physiol. Plant. 50: 63-70.
- PÉREZELIN, B. B. and HAXO, F. T. 1976. Purification and characterization of peridinin-chlorophyll *a*-proteins from the marine dinoflagellates *Glenodinium* sp. and *Gonyaulax polyedra*. Planta (Berl.) 128: 133-141.
- SEMENENKO, V. E. 1982. The mechanisms of endogenous regulation in photosynthesis and adaptive characteristics of chloroplast. p. 164-187. In A. A. NICHIPOROVICH (ed.) Fiziologiya Fotosinteza. Nauka, Moscow. (In Russian).
- SEMENENKO, V. E., ZIMIN, M. B., VLADIMIROVA, M. G., KLYACHKO-GURVICH, G. L., SOKOLOV, M. V. and NICHIPOROVICH, A. A. 1966. An investigation of the photosynthetic productivity and direction of metabolism of *Chlorella* as a function of the energy spectral distribution in an equi-energetic light field. Fiziologiya Rastenii 13: 949-957. (In Russian).
- SEMENENKO, V. E. and KASATKINA, T. I. 1972. A study on the disintegration of *Chlorella* cells in a glass bead disintegrator for the quantitative extraction of native proteins from the cells. Fiziologiya Rastenii 19: 169-179. (In Russian).
- SETRIC, I., SACHLEDER, V., DOUCHA, J., BERKOVA, E. and BARTOS, J. 1975. The nature of the temperature block in the sequence of reproduction processes in *Chlorella vulgaris* Beijerinck. Arch. Hydrobiol. Suppl. 49, Algalogical Studies 14: 70-104.
- STRAIN, H. H., SHERMA, J. and GRANDOLFO, M. 1967. Alteration of chloroplast pigments by chromatography with siliceous adsorbents. Anal. Chem. 39: 926-932.
- VLADIMIROVA, M. G. 1976. Changes in ultrastructure of the cell of *Chlorella* sp. K. during its functional reorientations. Fiziologiya Rastenii 23: 1180-1187. (In Russian).
- VLADIMIROVA, M. G., KLYACHKO-GURVICH, G. L., KURNOSOVA, T. A. and ZHUKOVA, T. S. 1968. A comparative characteristic of the growth and directivity of biosynthetic pathways of *Chlorella* strains under conditions of nitrogen deficiency. I. Growth and productivity. Fiziologiya Rastenii 15: 993-1001. (In Russian).

御園生 拓\*・パフラヴニ, I. K.: 光合成独立栄養, 混合栄養および化学從属栄養条件下で  
培養した *Chlorella* sp. K の光合成色素

栄養条件および培養光のスペクトルに対する *Chlorella* sp. K の光合成色素システム (特にカロテノイド色素) の適応反応を調べるために、藻体を各条件で培養し、種々の生育段階における色素組成の比較を行なった。

栄養条件や光のスペクトル組成および生育段階にかかわらず、藻体には  $\beta$ -カロテン、ルテイン、ヴィオラキサンチン、ロロキサンチン、ネオキサンチンと 2 種の未同定カロテノイド、およびクロロフィル *a*, *b* が含まれていた。全カロテノイド量に対する各カロテノイドの含有比は常に一定であった。独立栄養条件下では、他に比べて生産量は低かったが色素含有量は高い値を示し、特に緑色光下では色素量は最高であった。

以上より、1) *Chlorella* sp. K の色素合成系は環境条件の影響を受けており、2) カロテノイド合成系はカロテン以前の段階で制御されていることが示唆された。(119899 ソビエト連邦モスクワ市モスクワ国立大学生物学部植物生理学科 \*現住所: 184 東京都小金井市貫井北町 4-1-1 東京学芸大学教育学部生物学教室 岡崎研究室気付)

## Observations on the type of *Liagorophila endophytica* YAMADA (Acrochaetiaceae, Rhodophyta)<sup>1)</sup>

Yong-Pil LEE\*, Tadao YOSHIDA\*\* and Munenao KUROGI\*\*

\* Department of Biology, Cheju National University, Cheju, 590 Korea

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

LEE, Y.-P., YOSHIDA, T. and KUROGI, M. 1986. Observations on the type of *Liagorophila endophytica* YAMADA (Acrochaetiaceae, Rhodophyta). Jap. J. Phycol. 34: 171-176.

The lectotype (SAP 20646) specimen of *Liagorophila endophytica* YAMADA was examined to know exact characteristics of the species. Plants are endophytic in *Liagora orientalis* J. AGARDH, composed of creeping filaments and erect ones, with a stellate chloroplast per cell, and produce monosporangia. Fertilized carpogonia divide longitudinally. Gonimoblast filaments develop horizontally and perpendicularly to the axis of the carpogonium. Carposporangia are produced on the upper side of the cells of the gonimoblast filaments.

The occurrence of the species in Hachijo Island, Japan, was newly recorded by an examination of the specimens of *Helminthocladia australis* HARVEY collected by Y. YAMADA. The relationship was discussed between the results from the present examination and previous records relevant to the species.

**Key Index Words:** Acrochaetiaceae; *Liagorophila*; *L. endophytica*; reproduction; Rhodophyta; taxonomy.

The Acrochaetiaceae has long been an object of much argument concerning the generic circumscription. Five or six taxonomic systems for generic definition are presented in the family (PAPENFUSS 1945, 1947, KYLIN 1956, FELDMANN 1962, WOELKERLING 1971, DIXON and IRVINE 1977, GARBARY 1979, STEGENGA 1979). The disagreement among the proposed systems may not be easily solved because almost the same set of data is available for each opinion (see also STEGENGA 1979). As none of the systems is exclusively approved by most phycologists, some confusion may continue in the use of binomials of the members of the Acrochaetiaceae. LEE (1980) has given a clue to solve partly the systematic problem.

*Liagorophila* was established by YAMADA (1944) with an acrochaetoid alga *L. endophytica*; an endophyte in *Liagora orientalis* J. AGARDH collected at Daibanratu, Formosa. He characterized *Liagorophila* as "...by the structure of the carpogonial branches, and by the development of the cystocarps". He described in details carpogonia and post-fertilization development of the alga in his previous paper where he thought the carpogonia as the female structure of the host (YAMADA 1938: fig. 1, D-H). Thereafter, FAN and LI (1964) reported the species from Hainan Island, China. ABBOTT (1966) also reported the species occurring in Tanegashima Island, Japan. However, some characteristics of the plants from the two localities unfortunately contradicted each other. The disagreement of descriptions between the latter two plants arose some confusion in the specific as well as in the generic circum-

1) This paper is dedicated to Professor R.F. SCAGEL, Department of Botany, University of British Columbia, Canada, on the occasion of his retirement.

scription of *Liagorophila*.

The purpose of this study is to furnish details on the characteristics of *L. endophytica* with the lectotype material and allied specimens, and to discuss the plants from the two localities, Hainan Island and Tanegashima Island.

## Materials and Methods

Three materials of *L. endophytica* collected by Y. YAMADA were examined. These are represented here by the name of host species as follows; 1) *Liagora orientalis* J. AGARDH, Daibananraru (Formosa), March 1924 (SAPO 20646); 2) *Helminthocladia australis* HARVEY, Hachijo Island (Japan), 19th of July 1951 (SAPO 47546); 3) *Helminthocladia australis* HARVEY, Hachijo Island (Japan), 17th of July 1951. The first and the second materials are dried herbarium specimens, while the third one is microscopic slides. The morphological description in this paper is mainly based on the third material identified by Y. YAMADA.

For microscopic observation small pieces of the host thallus of the dried herbarium specimens were taken off and soaked in 10% aqueous sodium carbonate for 1-4 hrs (WOELKERLING 1970) and they were stained with 0.5% (w/v) cotton blue in lactic acid/phenol/glycerol/water (1:1:1:1) solution and mounted in 50% glycerol-seawater on microscopic slides. The material of *Liagora* was decalcified in 5% aqueous hydrochloric acid for 30-60 min before staining.

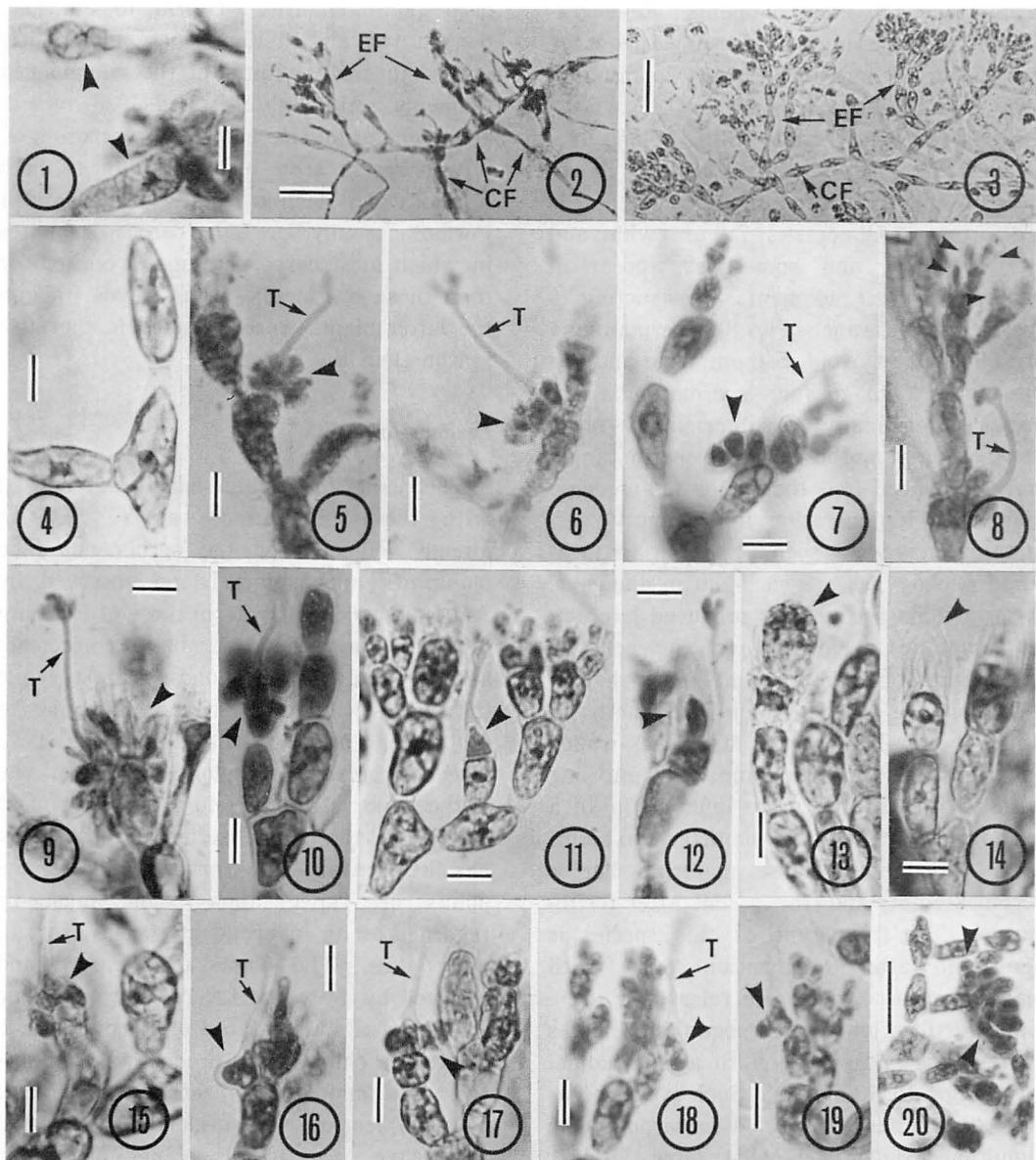
## Results

Most part of the thallus of *Liagorophila endophytica* weaves among the assimilatory filaments (cortical layer) of the hosts, and gives rise to erect filaments toward the host surface. The thallus shows the heterotrichous habit composed of creeping and erect filaments (Figs. 2 and 3). The creeping filaments are sinuous and undulated, and issue branches like themselves resulting in a complicated network of the filaments in

the cortical layer of the host. However, no creeping filaments penetrate into the medullary layer or protrude beyond the surface of the host. Occasionally a part of the creeping filaments approaches the host surface and produces sessile carpogonia or monosporangia as well as short (one- or two-celled) erect filaments. Cells of creeping filaments are fusiform when they do not issue branches, 10-15  $\mu\text{m}$  wide and 30-45  $\mu\text{m}$  long. If a cell issues branches, it usually protrudes toward the branches showing a T-shape or a triangular shape.

Erect filaments usually consist of three to five cells. The erect filament branches dichotomously or trichotomously from the distal part of its component cell. The apex of erect filaments comes to lie on a plane parallel to the tips of the assimilatory filaments of the host. When a cell issues branches, there is no protrusion of the cell. Even if there is, the protrusion is less prominent than those in creeping filaments. The cells of erect filaments are gradually getting shorter toward the tips of erect filaments, pyriform to globose in shape, 8-13  $\mu\text{m}$  wide and 9-35  $\mu\text{m}$  long. Chloroplasts are stellate with a central pyrenoid (Figs. 1 and 4). There is no difference in the chloroplast morphology between creeping filaments and erect ones. Hair or hair-like structures were not observed. However, short bar-like structures measuring 5-6  $\mu\text{m}$  thick and up to 30  $\mu\text{m}$  long were often encountered on the terminal cell of erect filaments. The bar-like structure is sometimes produced by means of regeneration in an empty monosporangium. Although no chloroplast was confirmed in the structure, it is not hyaline as is the hairs of acrochaetiod algae.

Monosporangia (Fig. 13) are terminal, solitary or rarely in pairs on a cell of erect filaments, obovate to globose in shape, 11-15  $\mu\text{m}$  wide and 15-18  $\mu\text{m}$  long with a stellate chloroplast. It is not so easy to discern monosporangia because of their morphological similarity to vegetative cells. Empty monosporangia are quite common on the



Figs. 1-20. *Liagorophila endophytica* YAMADA. All figures are drawn from the plants collected in Hachijo Island unless otherwise indicated. CF, creeping filament; EF, erect filament; T, trichogyn. Scale bar in Figs. 2 and 3 (50  $\mu\text{m}$ ) ; in Fig. 20 (30  $\mu\text{m}$ ) ; in the others (10  $\mu\text{m}$ ).

1. Stellate chloroplast (arrow heads) of the lectotype.
2. Thallus habit of the lectotype.
3. Thallus habit.
4. Stellate chloroplast.
5. Gonimoblast filament in development (arrow head) of the lectotype.
6. Postfertilization development (arrow head) of the lectotype.
- 7, 15 and 17. Postfertilization development (arrow heads) of the lectotype.
8. Spermatangial branch bearing spermatangia (arrow heads) of the lectotype.
9. Older carposporophyte showing most carposporangia being empty (arrow head) of the lectotype.
10. Postfertilization development somewhat advanced (arrow head).
11. Thallus showing a monoecious form with a carpogonium (arrow head) and many spermatangia on the terminal cells of erect filaments.
12. Regeneration in an empty monosporangium (arrow head) of the lectotype.
13. Monosporangium.
14. Empty monosporangium showing a successive formation of sporangium in an old membrane.
- 16 and 18. Fertilized carpogonia being inflated (arrow head).
19. Longitudinal division of a fertilized carpogonium (arrow head).
20. Mature carposporophyte. Note carposporangia on the cells of gonimoblast filaments (arrow heads).

terminal cells of erect filaments. Regeneration of monosporangia is presumed to occur two or three times in an empty sporangium from the frequent appearance of two- or three-folded empty walls (Figs. 12 and 14).

The plants of *L. endophytica* are monoecious (Fig. 11). Spermatangial mother cells are rather isodiametric, 7–9  $\mu\text{m}$  wide and 7–10  $\mu\text{m}$  long, and sometimes appear in groups on erect filaments constructing a spermatangial branch (Fig. 8). Spermatangia are ellipsoid to ovoid, 5–6  $\mu\text{m}$  wide and 6–8  $\mu\text{m}$  long. Two to four spermatangia are produced terminally or subterminally on a spermatangial mother cell. No spermatangia were produced on the cells of creeping filaments. Regeneration in an empty spermatangium was not seen. Spermatia attached to trichogynes are ca. 5  $\mu\text{m}$  in diameter.

Carpogonia are usually produced laterally or sometimes terminally on the cells of upper parts of erect filaments, flask-shaped, 5–10  $\mu\text{m}$  wide and 10–13  $\mu\text{m}$  long with an acute apex. Trichogynes are thick-walled and rigid, ca. 2  $\mu\text{m}$  wide and 18–30  $\mu\text{m}$  long with an inflated tip. The inflated tip of a trichogyne is 5–6  $\mu\text{m}$  in diameter and seems to be filled with dense material, but it becomes empty and transparent after fertilization. The trichogyne of this species is persistent after fertilization even until mature carposporangia are released (Fig. 9). Upon fertilization the carpogonium inflates on one side and divides with a longitudinal wall (Figs. 16, 18 and 19). Such events occur from the other sides of the carpogonium simultaneously or somewhat later (Figs. 6, 7, 15 and 17). As a result, two to four cells are produced from the carpogonium (Figs. 5 and 10). Each cell becomes the origin of a few-celled gonimoblast filament. The cell of gonimoblast filaments is small and various in shape, measuring 5–7  $\mu\text{m}$  in diameter. The gonimoblast filaments develop perpendicularly to the axis of the carpogonium. Each cell of the gonimoblast filament produces one to three carposporangia unilaterally on the upper side of the cells of the gonimoblast filaments (Fig. 20). The

carposporangia are pyriform to ellipsoid, 6–8  $\mu\text{m}$  wide and 13–15  $\mu\text{m}$  long, and slightly curved toward the initial of the gonimoblast filaments. Although YAMADA (1938) recorded regeneration in empty carposporangia, it was rarely seen in the plants of both Formosa and Hachijo Island. The plants of Formosa usually bore older carposporophytes in which most carposporangia were empty than those of Hachijo Island, even though the latter plants were collected in the later season than the former.

## Discussion

The plants of Hachijo Island agree well with those of Formosa as Y. YAMADA already indicated on the specimens. The plants of Tanegashima Island observed by ABBOTT (1966) differ from those of Formosa in having a parietal laminate chloroplast and in producing no monosporangia while the thallus habit of the former is similar to the latter (see ABBOTT 1966: Figs. 1–3). The chloroplast morphology has been one of the major characters for identification of species in the Acrochaetiaceae because it has little intraspecific variation. Thus, the plants of Tanegashima Island must be regarded as an independent species from *L. endophytica*. The plants of Hainan Island reported by FAN and LI (1964) shares some characteristics with those of Formosa, such as stellate chloroplasts, production of monosporangia, and postfertilization development. No cells bearing a monosporangium showed a concave form in the plants of Hachijo Island as do the plants of Hainan Island. FAN and LI (1964) reported the occurrence of active regeneration in empty carposporangia. It also seems to us that the plants of Hainan Island are hardly regarded as *L. endophytica* in view of the thallus habit, the shape of monosporangial mother cells, and the sexuality (see also FAN and LI 1964, ABBOTT 1966, GARBARY 1980). Thus, it is inferred that more species may be attributed to *Liagorophila*. *L. endophytica* also differs from *Auduinella imitator* (ABBOTT) GARBARY

Table 1. Comparison of some characteristics of the plants from each locality. fil.=filaments, W/L=width/length.

Locality	Daibantatu Formosa	Hainan Isl. China	Tanegashima Isl. Japan	Hachijo Isl. Japan
Host	<i>Liagora orientalis</i>	<i>Liagora sp.</i>	<i>Liagora tanakae</i>	<i>Helminthocladia australis</i>
Thallus	creeping and erect fil.	creeping fil. only	creeping and erect fil.	creeping and erect fil.
Cell form size(W/L)	long doliform 16 $\mu\text{m}$ /16-32 $\mu\text{m}$	triangular 8-10 $\mu\text{m}$ /10-22 $\mu\text{m}$	fusiform 10-15 $\mu\text{m}$ /25-35 $\mu\text{m}$	fusiform 10-15 $\mu\text{m}$ /30-45 $\mu\text{m}$
Chloroplast	stellate	stellate	laminar	stellate
Monosporangia	present	present	absent	present
Sexuality	monoecious	dioecious*	monoecious	monoecious
Pyrenoid	present	?	present	present
References	YAMADA (1938) YAMADA (1944) SAPO 20646	FAN and LI (1964)	ABBOTT (1966)	present study

\* Occasionally monoecious.

in chloroplast morphology and postfertilization development of a carpogonium (ABBOTT 1962). It needs further study for the critical comparison among *L. endophytica*, *A. imitator* and *A. liagorae* (BØRGESEN) WOELKERLING as well as the plants of Hainan Island and Tanegashima Island. Several characteristics of the plants from Hainan Island, Tanegashima Island, and Hachijo Island are compared with the lectotype specimen (SAPO 20646) in Table 1.

KYLIN (1956) and FELDMANN (1962) recognized the genus *Liagorophila*. WOELKERLING (1971) regarded *Liagorophila* as a doubtfully distinct genus, emphasizing the necessity of further study. STEGENGA (1979) and WOELKERLING (1983) placed stress on the necessity of caution for having an outspoken opinion on the validity of distinguishing *Liagorophila* without observation of the plants relevant to the genus by themselves. LEE and KUROGI (1978) preferred to use the original valid generic epithet for *Rhodochorton subimmersum* SETCHELL et GARDNER until a generally recognized taxonomic system is provided in the Acrochaetiaceae. However, GARBARY (1980)

synonymized *Liagorophila* under *Auduinella*, proposing a new name *A. yamadae* GARBARY for the type species of the former genus (see also GARBARY 1979). He pointed out that the use of the characteristics based on the development of a fertilized carpogonium for generic circumscription will be difficult until sexual reproduction is demonstrated in most species of the Acrochaetiaceae. We also think that at present the information on sexual reproduction has been provided in too few species to be based on the generic circumscription in the family. We prefer to maintain *Liagorophila* as a distinct genus and characterize the genus by the production of monosporangia, the longitudinal division of a fertilized carpogonium, the horizontal development of gonimoblast filaments, and the production of carposporangia on the upper side of the cells of the gonimoblast filaments.

#### Acknowledgements

Thanks are due to Professor I. YAMADA of the Otaru University of Commerce, Dr. M. MASUDA and members in the Laboratory

of the Department of Botany, Hokkaido University, for their help and guidance. The first author wishes to express his sincere thanks to Professor IN KYU LEE of the Department of Botany, Seoul National University, Korea, for constant encouragement, and to Mr. S. KAWAGUCHI of the Department of Botany, Hokkaido University, for translation of Chinese literature. Financial support of the Association of International Education, Japan, given to the first author is gratefully acknowledged.

## References

- ABBOTT, I. A. 1962. Some *Liagora*-inhabiting species of *Acrochaetium*. Occ. Pap. Berince P. Bishop Mus. 23: 77-120.
- ABBOTT, I. A. 1966. Observations on *Liagorophila endophytica*, a rare species in the Acrochaetiaceae (Rhodophyceae). J. Phycol. 2: 147-150.
- BØRGESEN, F. 1915. The marine algae of the Danish West Indies. Vol. 2. Rhodophyceae. Dansk. Bot. Ark. 3: 1-80.
- DIXON, P. S. and IRVINE, L. M. 1977. Seaweeds of the British Isles. Vol. 1. Rhodophyta. Part 1. Introduction, Nemaliales, Gigartinales. British Museum (Natural History), London.
- FAN, K. C. and LI, W. S. 1964. Studies on the reproductive organs of red algae V. *Liagorophila*. Acta Bot. Sin. 12: 376-383.
- FELDMANN, J. 1962. The Rhodophyta order Acrochaetales and its classification. Proc. 9th Pacif. Sci. Congr. 4: 219-221.
- GARBARY, D. 1979. Numerical taxonomy and generic circumscription in the Acrochaetiaceae (Rhodophyta). Bot. Mar. 22: 477-492.
- GARBARY, D. 1980. On the systematic position of *Liagorophila* (Acrochaetiaceae, Rhodophyta). Taxon 29: 67-69.
- KYLIN, H. 1956. Die Gattungen der Rhodophyceen. CWK Gleerups Foerlag, Lund.
- LEE, Y.-P. and KUROGI, M. 1978. Sexual reproductive structures and postfertilization in *Rhodochorton subimmersum* SETCHELL et GARDNER. Jap. J. Phycol. 26: 115-119.
- LEE, Y.-P. 1980. Taxonomic Study on the Acrochaetiaceae (Rhodophyta). ii, 302 pp. Dr. Sci. thesis, Hokkaido Univ., Japan.
- PAPENFUSS, G. F. 1945. Review of the *Acrochaetium-Rhodochorton* complex of the red algae. Univ. Calif. Publs. Bot. 18: 299-334.
- PAPENFUSS, G. F. 1947. Further contributions toward an understanding of the *Acrochaetium-Rhodochorton* complex of the red algae. Univ. Calif. Publs. Bot., 18: 433-447.
- STEGENGA, H. 1979. Life Histories and Systematics of the Acrochaetiaceae. iii, 34 pp. Total Photo/Total Print, Amsterdam, Holland.
- WOELKERLING, W. J. 1970. *Acrochaetium botryocarpum* (HARV.) J. Ag. (Rhodophyta) in southern Australia. Br. phycol. J. 5: 159-171.
- WOELKERLING, W. J. 1971. Morphology and taxonomy of the *Audouinella complex* (Rhodophyta) in southern Australia. Aust. J. Bot., Suppl. ser. 1: 1-91.
- WOELKERLING, W. J. 1983. The *Audouinella* (*Acrochaetium-Rhodochorton*) complex (Rhodophyta): present perspectives. Phycologia 22: 59-92.
- YAMADA, Y. 1938. The species of *Liagora* from Japan. Sci. Pap. Inst. Algol. Res. Hokkaido Univ. 2: 1-34, pl. 1-15.
- YAMADA, Y. 1944. Notes on some Japanese Algae X. Sci. Pap. Inst. Algol. Res. Hokkaido Univ. 3: 11-25.

## 李 龍弼\*・吉田忠生\*\*・黒木宗尚\*\*: *Liagorophila endophytica* に関する観察

*Liagorophila endophytica* YAMADA の選定タイプ標本 (SAP 020646) について観察を行なった。この植物はフサコナハダ *Liagora orientalis* に内生し、ほふく枝と直立枝よりなり、細胞には1個の星形色素体を含み、单胞子を形成する。受精した造果器は縦の膜で分裂し、造胞糸は横に拡がってその上に果胞子嚢をつける。

この種が八丈島産のベニモズクからも観察された。この種に関する最近の報告についても言及した。( \* 590 大韓民国済州市 済州大学校生物学科 \*\* 060 札幌市北区北十条西8丁目 北海道大学理学部植物学教室)

## Observations on morphology of *Hypoglossum minimum* YAMADA and *H. geminatum* OKAMURA (Delesseriaceae, Rhodophyta)

Tadao YOSHIDA\* and Hideo MIKAMI\*\*

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

\*\* Women's Junior College, Sapporo University, Nishioka 3-7-3-1, Sapporo, 062 Japan

YOSHIDA, T. and MIKAMI, H. 1986. Observations on morphology of *Hypoglossum minimum* YAMADA and *H. geminatum* OKAMURA (Delesseriaceae, Rhodophyta). Jap. J. Phycol. 34: 177-184.

Among the species of *Hypoglossum* attributed to Japan, reproductive as well as vegetative structures of *H. minimum* YAMADA and *H. geminatum* OKAMURA were studied with materials recently collected at Wakayama Prefecture, Japan.

*H. minimum*, usually with simple blades, has procarps composed of a supporting cell, a 4-celled carpogonial branch and 2 groups of sterile cells. Cystocarps are spherical with a conspicuous ostiole. Spermatangial sori are small linear patches arranged parallelly on both sides of midrib. Tetrasporangia are cut off adaxially from 2nd and 3rd order cells including lateral pericentral cells and form an elliptical sorus along the midrib.

*H. geminatum* has creeping blades from which pairs of blades are formed on the dorsal side of the midrib. The female structure is similar to that of *H. minimum*. Spermatangial sori are ovate to elongate elliptical in shape and formed on both sides of the midrib. Tetrasporangia are cut off adaxially from the cells of 2nd order row including lateral pericentral cells. In the tetrasporangial sorus, no 3rd order cell row is formed. In this respect, the mode of tetrasporangial formation is similar to *H. revolutum* known from Australia.

**Key Index Words:** Delesseriaceae; Hypoglossum; *H. geminatum*; *H. minimum*; Rhodophyta; taxonomy.

The genus *Hypoglossum* KÜTZING (1843), based on *H. woodwardii* KÜTZING (= *H. hypoglossoides* (STACKHOUSE) COLLINS et HERVEY), is characterized in the Delesseriaceae by having all tertiary apical cells reaching the thallus margin, the absence of intercalary division in every order of cell rows, tetrasporangia being formed from cortical cells, having the alae only one cell thick and branching from the midrib. In their study of South Australian species, WOMERSLEY and SHEPLEY (1982) extended the circumscription of the genus to include species where (1) not all second-order cells produce third-order cell rows and (2) tetrasporangia are produced from cells of second- and third-order rows and in some species (but not all) from cortical cells and separate cover cells do not occur.

Up to the present, 7 species are assigned to the *Hypoglossum* from Japanese coast. Among these species, *H. serratifolium* OKAMURA was recently reported on its morphological features (MIKAMI 1985). Concerning the other species, reproductive as well as vegetative structures were not well documented, because of scantiness of suitable materials. We were able to obtain freshly collected specimens of *H. minimum* YAMADA and *H. geminatum* OKAMURA with reproductive structures. Observations on these materials are given here.

### Materials and Methods

Collections were carried out in late November 1984 by skin diving at several localities in Wakayama Prefecture, Pacific coast of

central Japan. Formalin preserved materials were stained with erythrosin aqueous solution and mounted in glycerin. Specimens deposited in the herbarium of the Faculty of Science, Hokkaido University (SAP) were also examined.

## Results

### *Hypoglossum minimum* YAMADA

**Vegetative structure:** Several blades arise from a small flattened basal disc (Figs. 1, 4), attaching to old branches of *Sargassum* in the subtidal zone. The blades are erect, usually simples, spatulate or oblanceolate in shape, with round apex and entire margin, measuring up to 9 mm long and 2 mm wide, very rarely issuing branches from the midrib. The blades are single layered except the midrib (Fig. 3). Lateral vein is absent. An apical cell divides transversely to give rise to a first-order cell row. All cells of second-order rows produce third-order cell rows abaxially, and all apical cells of the third-order rows reach the thallus margin. No intercalary cell division occurs in every cell rows (Fig. 2).

**Reproductive structure:** Spermatangial sori are produced on both sides of the midrib

forming somewhat parallel patches, separated by sterile area (Figs. 1b, 5, 6, 7). The procarp is borne acropetally on the first-order cell row (Fig. 8). It consists of a supporting cell, a 4-celled carpogonial branch and 2 groups of sterile cells. The first and second cells of the carpogonial branch are round in shape, the second one ( $cb_2$ ) being the largest. One cystocarp usually develops on the midrib of the upper part of a blade (Figs. 1a, 11), rarely 2 to 3 cystocarps are observed with only one matured. The cystocarp (Fig. 12) is nearly spherical in shape provided with a definite aperture. Carposporophyte is composed of much branched gonimoblast filaments (Figs. 9, 10). Carposporangia develop terminally, obovoid to pyriform in shape, measuring 50–60  $\mu\text{m}$  in diameter.

Well defined tetrasporangial sori develop on the upper part of the blade, ovate to somewhat irregularly elongated in shape (Fig. 13). Tetrasporangia are first cut off acropetally from the lateral pericentral cells, then from other adjacent second- and third-order cells (Fig. 14). They are formed neither from transverse pericentral nor from cortical cells. Mature tetrasporangia are 70–100  $\mu\text{m}$  in diameter. Cortical cells are present at or before the initiation of tetra-

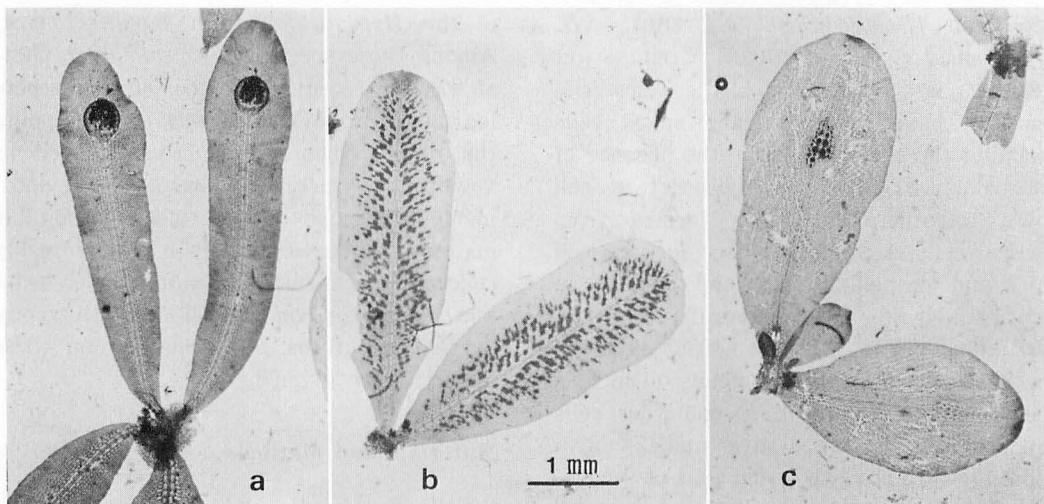
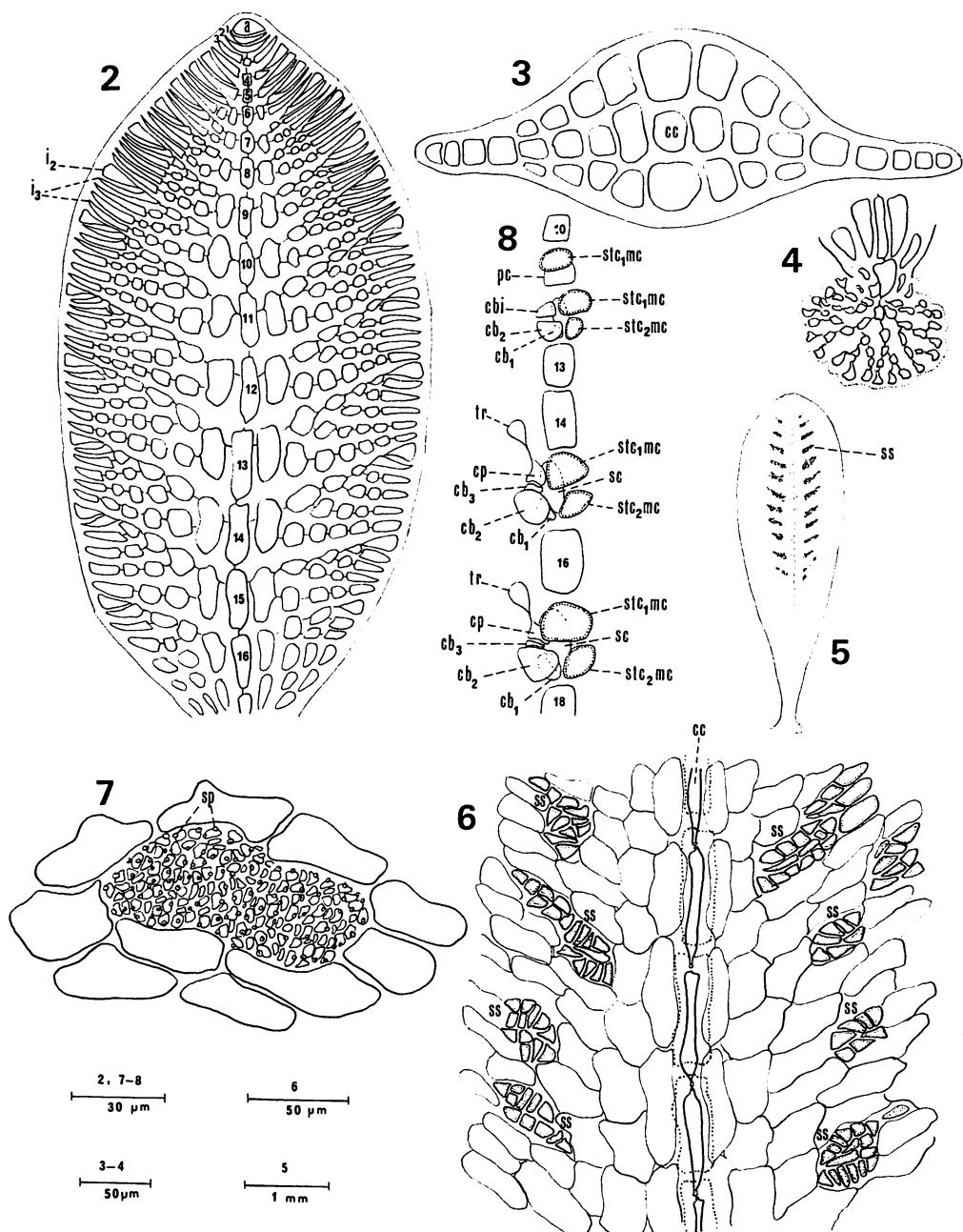
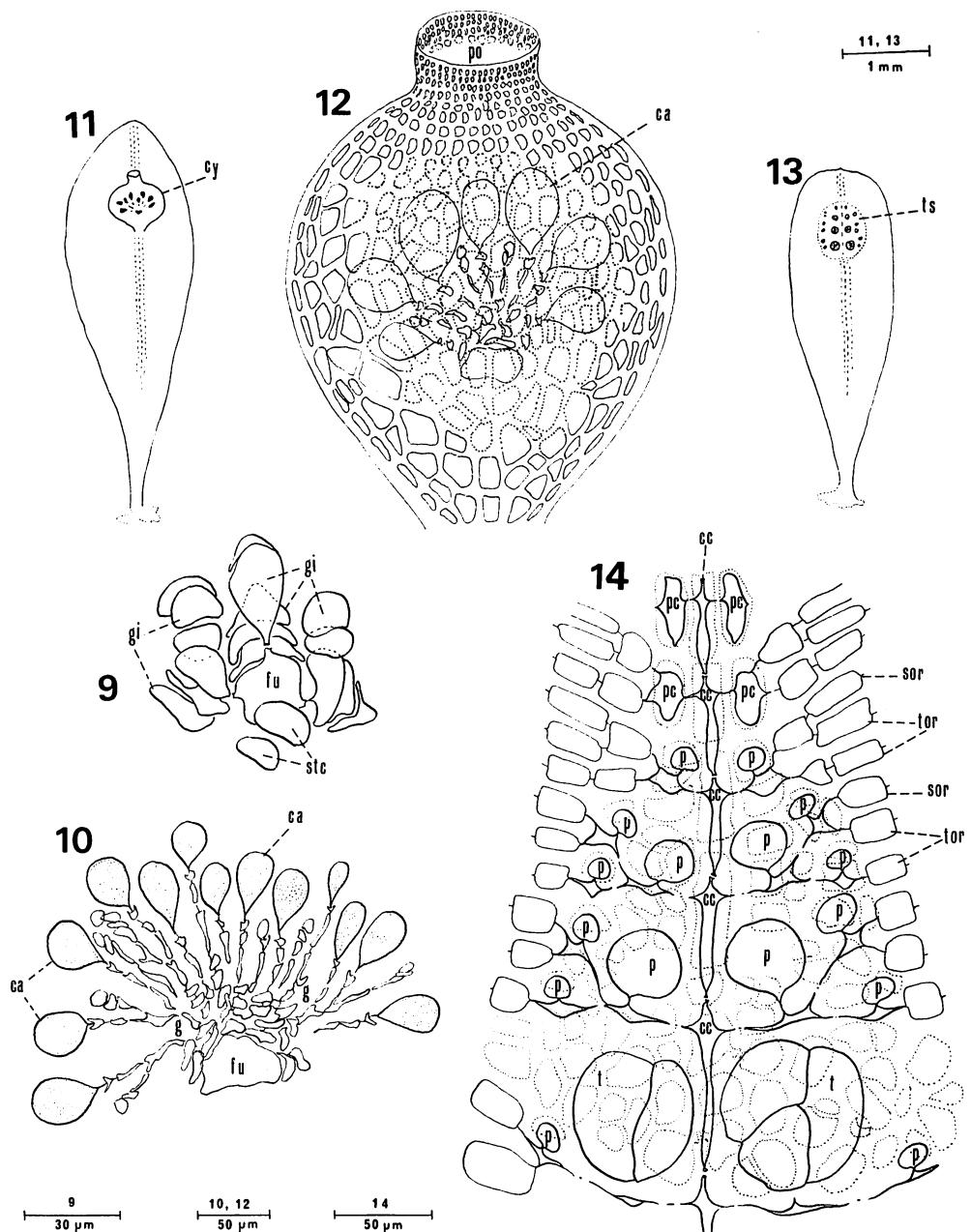


Fig. 1. *Hypoglossum minimum* YAMADA. a, female, b, male, and c, tetrasporangial plants. Hikigawa, Wakayama Pref., Nov. 26, 1984. T. YOSHIDA.



Figs. 2-8. *Hypoglossum minimum*. 2. Young blade, showing all third-order initials reach thallus margin. a, apical cell;  $i_2$ ,  $i_3$ , initials of 2nd and 3rd order rows; numerals 4-16, segments of apical cell. 3. Cross section of blade. cc, central cell. 4. Basal part with attaching disc. 5. Male plant. ss, spermatangial sorus. 6. Young spermatangial sorus. 7. Mature spermatangial sorus. sp, spermatangium. 8. Development of procarp. cb<sub>1</sub>, initial cell of carpogonial branch; cb<sub>1-3</sub>, first, second and third cells of carpogonial branch; cp, carpogonium; pc, pericentral cell; sc, supporting cell; stc<sub>1</sub>mc, stc<sub>2</sub>mc, mother cells of first and second groups of sterile cells; tr, trichogyne.



Figs. 9-14. *Hypoglossum minimum*. 9. Young carposporophyte. fu, fusion cell; gi, gonimoblast initial; stc, sterile cell. 10. Mature carposporophyte. ca, carposporangium; g, gonimoblast. 11. Blade with cystocarp. cy, cystocarp. 12. Cystocarp. po, ostiole. 13. Blade with tetrasporangial sorus (ts). 14. Tetrasporangial sorus. cc, central cell; p, tetrasporangial primordia; pc, pericentral cell; sor, second order row; t, tetrasporangium; tor, third order row.

sporangial primordia.

This species was originally described by YAMADA (1936) based on the materials collected from Naha, Okinawa Prefecture, South Japan. The original materials used by him were 4 microscopic slides deposited in SAP. The lectotype was selected from them. It is a tetrasporic specimen about 2 mm long and 0.6 mm wide. The type was said to be epiphytic on a species of *Carpopeltis*. But the specimens at hand were found growing on the old *Sargassum* plants, and a report of this species from Sado Island, Niigata Prefecture (KONNO and NODA 1980), was also based on the plants on *Sargassum*.

#### *Hypoglossum geminatum* OKAMURA

*Vegetative structure:* The thallus grows on the frond of *Carpopeltis angusta* found in subtidal region, and consists of creeping blades issued from a small attaching disc (Figs. 15c, 19) and distal free lateral blades. The creeping primary blades are linear in shape, with entire margin, measuring 5 mm or more in length and less than 1 mm in width. Terminal part of the creeping blade often transforms into a new secondary attaching disc, which again gives rise to new blades. From the dorsal side of a midrib, several pairs of laterals are issued (Figs. 15c, 17, 18). They may become in-

determinate creeping axes equivalent to the parent axis, giving rise to next order blades.

Growth takes place by the activity of an apical cell which divides transversely forming a first-order cell row (Fig. 16). All cells of the second-order rows bear third-order rows. All third-order initials reach thallus margin. The thallus is single layered except the midrib. Vein is absent on alae.

*Reproductive structure:* Spermatangial sori are usually formed on the ultimate blades and occupy both sides of midrib, and are ovate to long elliptical in shape (Fig. 20). Spermatangia develop on the cells of second- and third-order rows (Fig. 21). Formation of the spermatangia proceeds from proximal to distal area. Pericentral cells usually do not produce spermatangia and remain sterile, so that the spermatangial sori are separated on each ala.

The orocarp is produced acropetally on the first order cell row of ultimate blades (Fig. 22). It is composed of a supporting cell, a 4-celled carpogonial branch and 2 groups of sterile cells. The second cell of the carpogonial branch ( $cb_2$ ) is the largest in size (Fig. 22).

Before fertilization, the first and second sterile cells remain undivided. One cystocarp usually develops on the midrib of the ultimate blade (Fig. 24). The cystocarp (Fig. 25) is

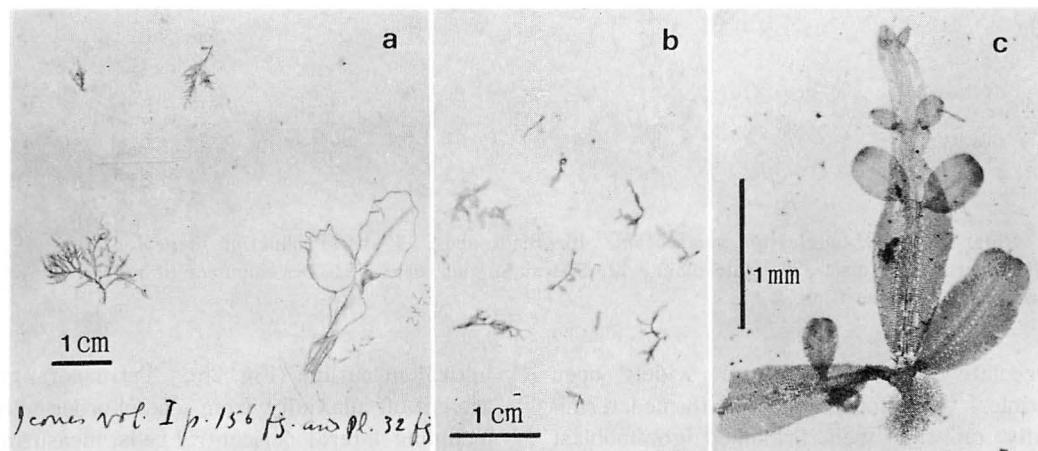
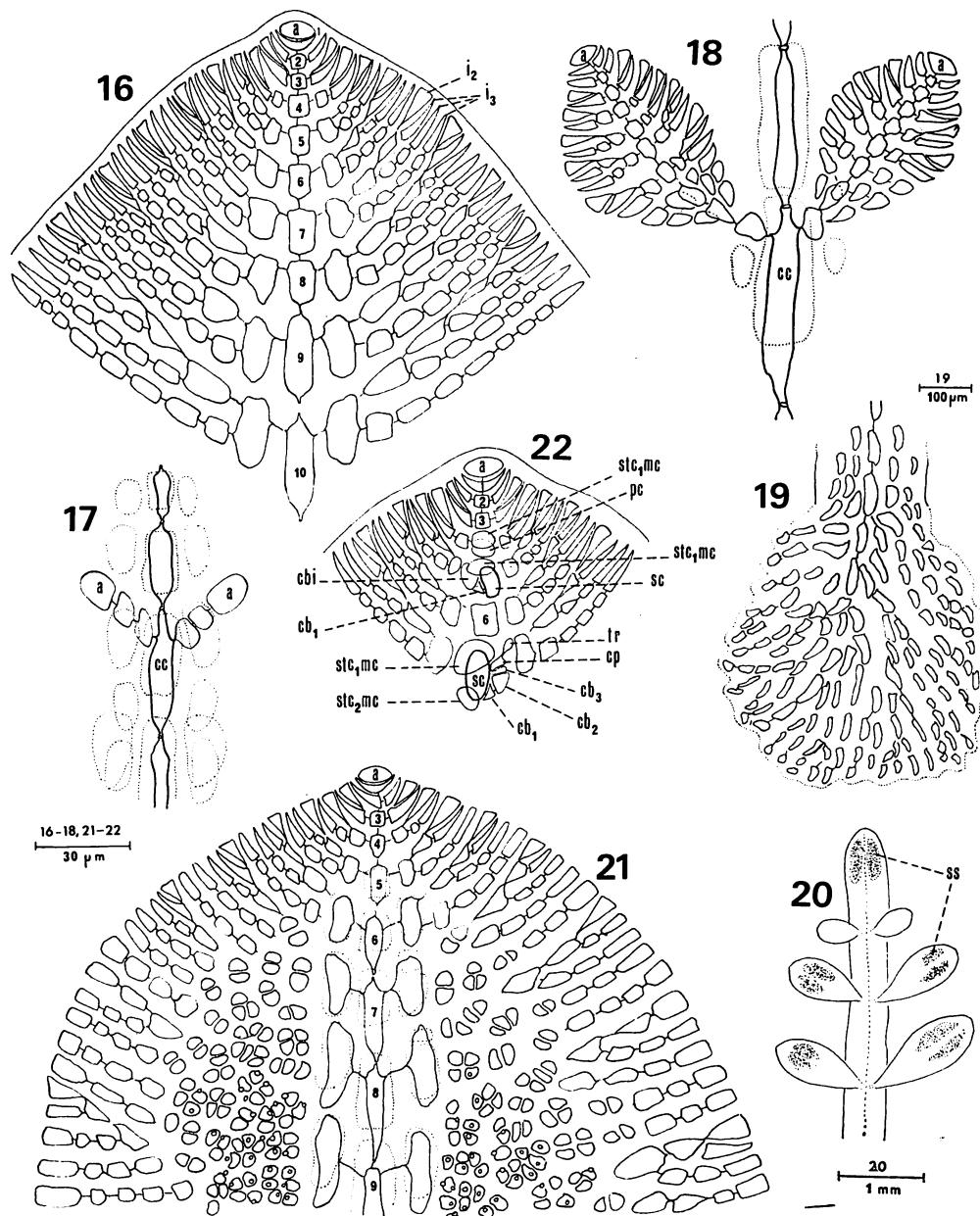


Fig. 15. *Hypoglossum geminatum* OKAMURA. a, the lectotype. Misaki, Kanagawa Pref., K. YENDO. b, Yenoshima, Kanagawa Pref., K. OKAMURA. c, Young plant. Ichie, Wakayama Pref., Nov. 26, 1984. T. YOSHIDA.

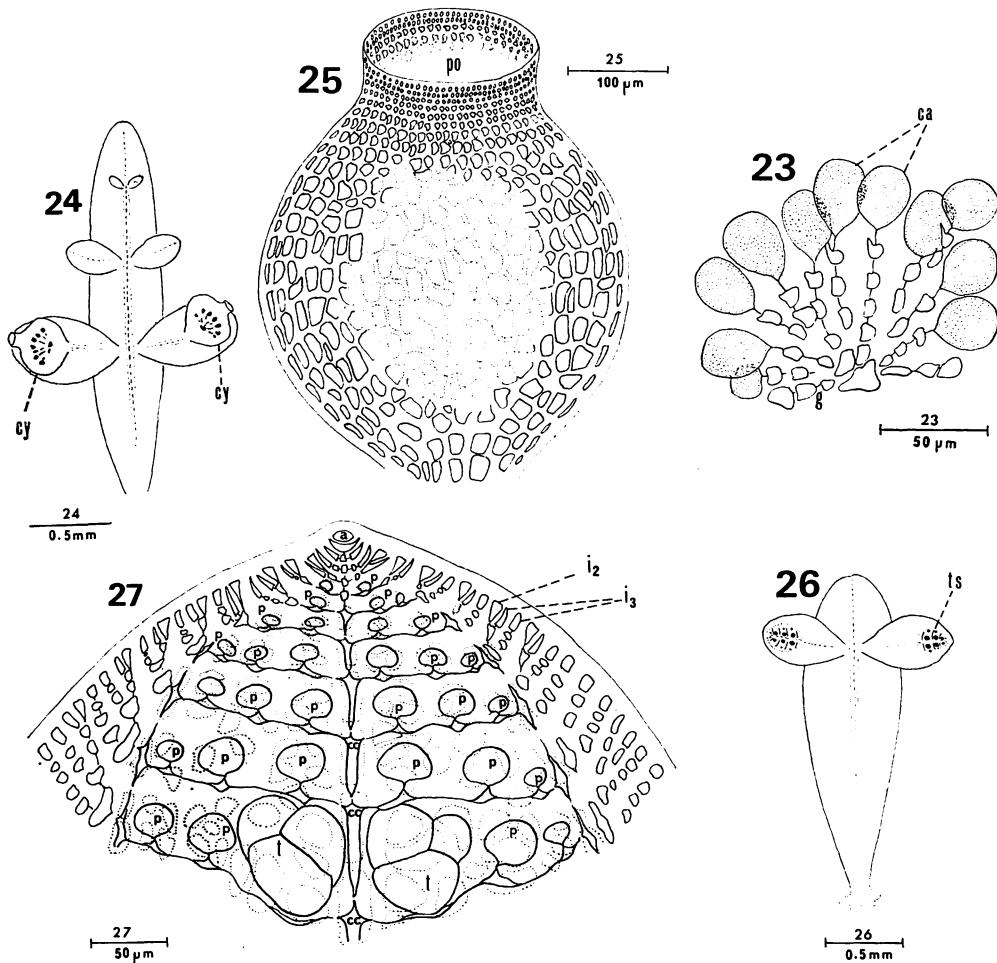


Figs. 16-22. *Hypoglossum geminatum*. 16. Blade apex. 17-18. Production of new blades. 19. Basal attaching disc. 20. Male plant. 21. Spermatangial sorus. 22. Development of procarp. For abbreviations, see Figs. 2-14.

urceolate in shape with a widely open ostiole. Carposporangia are formed terminally on the well branched gonimoblast filaments (Fig. 23).

The tetrasporangial sorus is formed on the upper part of ultimate blades, oval to el-

liptical in outline (Fig. 26). Tetrasporangia are cut off adaxially from second-order cells, including lateral pericentral cells, measuring 70-80  $\mu\text{m}$  in diameter (Fig. 27). No third-order cell row is formed within the sorus, but it is present outside the sorus.



Figs. 23-27. *Hypoglossum geminatum*. 23. Mature carposporophyte. 24. Cystocarpic plant. 25. Cystocarp. po, ostiole. 26. Tetrasporangial plant. 27. Tetrasporangial sorus. For abbreviations, see Figs. 2-14.

This species was first described by OKAMURA (1908). He observed two specimens. The one (Fig. 15a) was collected by Yendo from Misaki, Kanagawa Prefecture, Pacific coast of central Japan. This seems to be suitable for selection as the lectotype, because this was used for the original illustration by OKAMURA. The other specimen (Fig. 15b) was collected by OKAMURA himself from Yenoshima, Kanagawa Prefecture, and was clearly noted that it grew on *Carpopeltis angusta*. Our specimens were also found growing on old thalli of the same species. In his illustration, OKAMURA (1908, pl. 32, fig. 12) gave a figure of cystocarp

with serrated ostiole margin. This might be caused from the fact that he observed only dried materials. Our specimens have ostioles always with smooth margin as shown in Fig. 25.

#### Discussion

Many species of the genus *Hypoglossum*, including the type *H. hypoglossoides*, have usually their thalli of more than 10 cm high, up to 40 cm in *H. harveyanum* (J. AGARDH) WOMERSLEY & SHEPLEY (1982). As for the Japanese species, *H. serratifolium* OKAMURA attains more than 25 cm high (MIKAMI

1985). The thalli of *H. minimum* and *H. geminatum*, here treated, are less than 1 cm in length, and constitute the smallest members of the genus. *H. minimum* is unique in the genus in that this species has usually simple blades and branching is very rarely encountered. *H. caloglossoides* WYNNE & KRAFT (1985), recently described from Lord Howe Island, South Pacific, is similar in size and habit to *H. geminatum*. In these two species, the primary blades become creeping on the substratum, and secondary blades are issued in pairs from the dorsal side of the primary ones.

There are two types in the mode of tetrasporangium formation in the genus *Hypoglossum*. In one type, the tetrasporangial initials are cut off from the second and third-order cell rows as in many species observed up to date. The mode of tetrasporangium formation of *H. minimum* (Fig. 14) is similar to that of *H. pretdens* (J. AGARDH) J. AGARDH reported by WOMERSLEY and SHEPLEY (1982), but in *H. minimum* tetrasporangia are not originated from transverse pericentral cells. In another type, the tetrasporangial initials are cut off only from second-order cells, and development of third-order cell rows is suppressed within the tetrasporangial sorus (Fig. 27). This type was first recognized in *H. revolutum* (HARVEY) J. AGARDH from Australia (WOMERSLEY and SHEPLEY, 1982) and was verified here in *H. geminatum*. This is the second example in the genus.

The shape of spermatangial sori is another characteristic in recognizing the species. In species such as *H. heterocystoideum* (J.

AGARDH) J. AGARDH (=*H. hypoglossoides* (HARVEY) WOMERSLEY et SHEPLEY) and *H. geminatum*, the sori form elongate patches along the midrib (Fig. 20). Whereas in *H. harveyanum* and *H. minimum*, the sori are small linear patches separated by sterile areas arranged parallelly on both sides of the midrib (Figs. 1b, 5).

### Acknowledgements

We wish to extend our sincere thanks to Mr. T. YAMAMOTO and Dr. S. FUSE, Seto Marine Biological Laboratory, Kyoto University, for their kindness and help in collecting the materials.

### References

- KONNO, K. and NODA, M. 1980. Some marine algae further added to the marine flora of Akita Prefecture (5). Niigata Coll. Pharmacy, Seibutu (3) : 51-57.
- KÜTZING, F. T. 1843. Phycologia generalis. Brockhaus, Leipzig.
- MIKAMI, H. 1985. On *Hypoglossum serratifolium* OKAMURA, a delesseriaceous red alga from Japan. Jap. J. Phycol. 33 : 51-56.
- OKAMURA, K. 1908. Icones of Japanese algae. 1(7) : 147-177. Pls. 31-35. Published by the author, Tokyo.
- WOMERSLEY, H. B. S. and SHEPLEY, E. A. 1982. Southern Australian species of *Hypoglossum* (Delesseriaceae, Rhodophyta). Aust. J. Bot. 30 : 321-346.
- WYNNE, M. J. and KRAFT, G. T. 1985. *Hypoglossum caloglossoides* sp. nov. (Delesseriaceae, Rhodophyta) from Lord Howe Island, South Pacific. Br. phycol. J. 20 : 9-19.
- YAMADA, Y. 1936. Notes on some Japanese algae VII. Sci. Pap. Inst. Algol. Res. Fac. Sci. Hokkaido Imp. Univ. 1 : 135-140.

### 吉田忠生\*・三上日出夫\*\*: 紅藻コノハノリ科ヒメベニハノリとベニハノリについて

日本産ベニハノリ属植物のうち、ヒメベニハノリ *Hypoglossum minimum* YAMADA とベニハノリ *H. geminatum* OKAMURA の新しい材料を和歌山県で得てその構造を精査した。

ヒメベニハノリはふつう单葉で、分枝がほとんどない。囊果は壺状で、はっきりした開口部をもつ。精子囊群は中肋の両側に並列し、平行した細い群を多数生ずる。四分胞子囊は側生周心細胞を含め、第2・第3位列の細胞から切りだされ、この属のふつうの様式を示し、橢円形の胞子囊群を作る。

ベニハノリは、ほくする葉片の中肋から対になった葉片を生ずる。雌性生殖器官はヒメベニハノリの場合と同じく同様で、囊果の開口部の縁辺は平滑で、原記載のときの図とは異なる。精子囊群は中肋をはさんで対になつて生ずる。四分胞子囊は側生周心細胞を含む第2位列の細胞からだけ切りだされ、胞子囊群のなかでは第3位列を生じない点で、この属ではオーストラリア産の *H. revolutum* と共に例外的である。（\* 060 札幌市北区北10条西8丁目北海道大学理学部植物学教室 \*\* 062 札幌市豊平区西岡 3-7-3-1 札幌大学女子短期大学部）

## Isolation and structure of a 357 nm UV-absorbing substance, usujirene, from the red alga *Palmaria palmata* (L.) O. KUNTZE

Isao SEKIKAWA\*, Chiharu KUBOTA\*\*, Toshifumi HIRAOKI\*\*\*  
and Isami TSUJINO\*\*<sup>1)</sup>

\* Institute of Immunological Science, Hokkaido University, Sapporo, 060 Japan

\*\* Department of Chemistry, Faculty of Fisheries, Hokkaido University, Hakodate, 041 Japan \*\*\* Department of Polymer Science, Faculty of Science, Hokkaido University, Sapporo, 060 Japan

SEKIKAWA, I., KUBOTA, C., HIRAOKI, T. and TSUJINO, I. 1986. Isolation and structure of a 357 nm UV-absorbing substance, usujirene, from the red alga *Palmaria palmata* (L.) O. KUNTZE. Jap. J. Phycol. 34: 185-188.

Usujirene, a new mycosporine-like amino acid, was isolated from the red alga *Palmaria palmata*. This compound shows a UV-absorption maximum at 357 nm and its structure is determined to be 2.

**Key Index Words:** *Palmaria palmata; Rhodophyta; UV-absorbing substance.*

It is well known that compounds having a strong absorption maxima from 310 to 360 nm are present in many marine plants and animals, as reviewed by TSUJINO in 1983. In a previous paper, we described the isolation of shinorine ( $\lambda_{\text{max}}$  333-334 nm) from the red alga *Chondrus yendoi* and elucidated its structure (TSUJINO *et al.* 1980a). In 1978, TAKANO *et al.* isolated a mycosporine-like amino acid ( $\lambda_{\text{max}}$  360 nm) from the sea anemone *Palythoa tuberculosa* and named it palythene 1. The stereochemistry of the amino propene moiety of 1 is *trans*-form. In this communication, we will report the isolation of a new mycosporine-like amino amino acid ( $\lambda_{\text{max}}$  357 nm) usujirene 2 from the red alga *Palmaria palmata* (L.) O. KUNTZE the stereochemistry of which is *cis*-form.

### Materials and Methods

The fronds of *P. palmata* were collected in February at Usujiri, Minami-Kayabe, Hok-

kaido, Japan. They were carefully freed of any foreign matter, and immediately frozen at -18°C. The frozen thalli were immersed in an equal weight of ethanol. After being left for several days with occasional shakes, the mixture was centrifuged. The supernatant was evaporated under reduced pressure at temperatures below 40°C to one-twentieth of its original volume. The resulting slurry was treated with methanol by a method described previously (TSUJINO *et al.* 1980a, 1980b). The aqueous layer was applied to a column of silica gel (Wakogel C-100, Wako Junyaku Co.). The column was first washed with water and then eluted with 50% methanol. The fractions containing a 360 nm UV-absorbing substance were combined and concentrated to dryness under the same condition as the above, dissolved in water and subjected to the second column chromatography similar to the above, using water as the eluent.

Preparative paper chromatography on Whatman No. 3MM paper was employed for purification using solvent A (isopropanol : water=8 : 2, v/v, multiple ascent) as a

<sup>1)</sup> To whom correspondence should be addressed.

solvent system. The areas including UV-absorbing materials were cut and the paper strips were eluted with 80% ethanol. The eluate was concentrated similarly and the residue was dissolved in ethanol. Crude usujirene was precipitated by adding ether to the ethanolic solution.

The same preparative paper chromatography was carried out for further purification, but using solvent B ( $\text{CHCl}_3 : \text{MeOH}$ : water=35 : 65 : 40, v/v, multiple ascent) as developer. Two UV-absorbing substances were detected on the paper chromatogram. The faster moving substance was extracted with water and lyophilized. The resulting residue was dissolved in ethanol. By adding ether to the ethanolic solution, a refined usujirene preparation was obtained.

The melting point of the purified usujirene was determined on a Shimadzu micromelting apparatus Type MM-2 and was uncorrected. Optical rotation was measured with a Union model PM-101 Automatic Digital Polarimeter. UV-spectra were recorded on a Hitachi 124 Spectrometer. FD-HR-MS spectrometry was performed on a JEOL 01SG-2 spectrometer. Proton NMR spectra were taken in  $\text{D}_2\text{O}$  on JEOL FX-500 and Varian XL-200 spectrometers using DSS as an internal standard. Proton-decoupled and off-resonance decoupling  $^{13}\text{C}$  NMR spectra were obtained with a JEOL FX-100 spectrometer using acetone (30.4 ppm) as an internal standard. Paper chromatographic identification was carried out with Toyo No. 50 paper employing the solvent system of A, B (for UV-absorbing materials) and C (pyridine : water=65 : 35, v/v, for glycine). Further examination of the UV-absorbing materials was performed according to a procedure described previously (TSUJINO *et al.* 1979).

## Results and Discussion

Usujirene was obtained as an amorphous powder by the repeated precipitation from ethanol by the addition of ether. It exhibited the following physical constants: mp. 129-

132° (dec.),  $[\alpha]_D^{23} -41.3^\circ$  ( $c=1.79, \text{H}_2\text{O}$ ) and UV  $\lambda_{\max}$  357 nm ( $\text{H}_2\text{O}$ ). Its molecular formula was  $\text{C}_{13}\text{H}_{20}\text{N}_2\text{O}_6$  by FD-HR-MS [Found :  $m/z$  285.1448 ( $\text{MH}^+$ )]. Calcd: 285.1449] and  $^{13}\text{C}$  NMR methods. The  $^1\text{H}$  NMR spectra of **2** consisted of two AB patterns due to methylene protons  $\delta$  2.81, 2.93 (each 1H, ABq,  $J=17.4$  Hz), 2.86, 2.89 (each 1H, AB<sub>a</sub>,  $J=13.1$  Hz) and three sharp singlets at 3.59 (2H, —CH<sub>2</sub>—O—), 3.70 (3H, —OCH<sub>3</sub>) and 4.07 (2H, >N—CH<sub>2</sub>—) ppm. These signals were similar to those of **1**. The signals of olefinic protons were observed at 5.38 (1H, dq,  $J=7.0, 7.0$  Hz) and 6.38 (1H, br. d,  $J=7.0$  Hz) coupled with methyl proton at 1.76 (3H, dd,  $J=1.5, 7.0$  Hz), which obviously indicated the presence of a group, >N—CH=CH—CH<sub>3</sub>, in **2**.

The presence of the amino propene moiety was further supported by the catalytic hydrogenation of **2** with palladium black in methanol. The resulting dihydroususujirene [FD-MS:  $m/z$  287 ( $\text{MH}^+$ )] showed  $^1\text{H}$  NMR spectra at  $\delta$  0.95 (3H, t,  $J=7.6$  Hz), 1.66 (2H, sextet,  $J=7.6$  Hz) and 3.42 (2H, t,  $J=7.6$  Hz) ppm due to >N—CH<sub>2</sub>—CH<sub>2</sub>—CH<sub>3</sub>. Dihydroususujirene was identified as dihydro-polythene by comparing the  $^1\text{H}$  NMR and  $^{13}\text{C}$  NMR spectra (TAKANO *et al.* 1978). The stereochemistry of the amino propene moiety of **2** was readily determined by  $^1\text{H}$  NMR measurement, that is, the coupling constant of two olefinic protons (7.0 Hz) clearly indicated that **2** has a *cis*-form (SAUER und PRAHL 1966). The  $^{13}\text{C}$  NMR data are summarized in Table 1.

Furthermore, usujirene yielded glycine by treating with ammonium hydroxide, and palythine (TSUJINO *et al.* 1978) by treating with dilute hydrochloric acid. Based on these results, the structure of usujirene was established to be **2**.

Beside usujirene, palythene **1** was also obtained from the same extract by preparative paper chromatography (solvent B, slower moving substance). Its analytical data ( $^1\text{H}$  NMR and  $^{13}\text{C}$  NMR) were found to be identical to those reported previously for palythene (TAKANO *et al.* 1978). The yields of

Table 1.  $^{13}\text{C}$  NMR shifts<sup>a</sup> of **1** and **2** in  $\text{D}_2\text{O}$ .

	1	2
C- 1	161.5 <sup>c</sup>	s <sup>b</sup>
C- 2	126.4	s
C- 3	154.2 <sup>c</sup>	154.4 <sup>d</sup>
C- 4	33.8	t
C- 5	71.8	s
C- 6	33.8	t
C- 7	68.4	t
C- 8	60.3	q
C- 9	47.6	t
C-10	175.4	s
C-11	124.5	d
C-12	117.9	d
C-13	15.2	q
		14.4

a)  $\delta$  in ppm. Internal standard (**1**, dioxane; **2**, acetone).

b) Multiplicity in the off-resonance decoupled spectrum.

c, d) Each assignment may be exchanged.

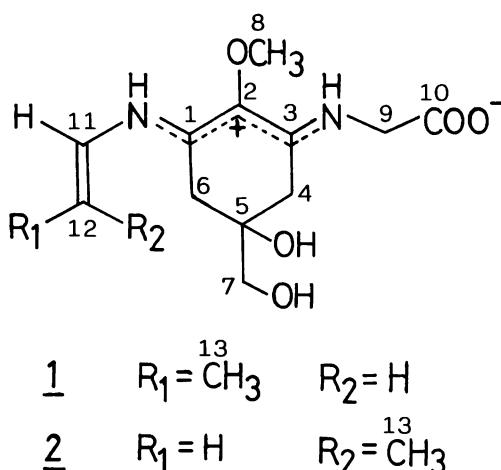


Fig. 1. Structures of palythene (**1**) and usujirene (**2**).

**1** and **2** compounds were 0.0007% and 0.0029%, respectively. These formulas are biogenetically plausible if it is derived from

porphyra-334 (TAKANO *et al.* 1979) through decarboxylation followed by dehydration.

The physiological roles, the distribution and the composition of mycosporine-like amino acids in marine organism are under investigation.

### Acknowledgements

We wish to thank Prof. T. MASAKI for valuable comments on the manuscript and to Dr. K. WATANABE for FD-HR-MS analysis.

### References

- SAUER, J. und PRAHL, H. 1966. Isomerisierungen von N,N-Dialkylallylaminen mit Basen zu *cis*-Enaminen. *Tetrahedron Lett.* 2863-2866.
- TAKANO, S., UEMURA, D. and HIRATA, Y. 1978. Isolation and structure of two new amino acids, palythinal and palythene, from the zoanthid *Palythoa tuberculosa*. *Tetrahedron Lett.* 4909-4912.
- TAKANO, S., NAKANISHI, A., UEMURA, D. and HIRATA, Y. 1979. Isolation and structure of a 334 nm UV-absorbing substance, porphyra-334 from the red alga *Porphyra tenera* KJELLMAN. *Chemistry Lett.* 419-420.
- TSUJINO, I., YABE, K., SEKIKAWA, I. and HAMANAKA, N. 1978. Isolation and structure of a mycosporine from the red alga *Chondrus yendoi*. *Tetrahedron Lett.* 1401-1402.
- TSUJINO, I., YABE, K. and SAKURAI, M. 1979. Presence of the near 358 nm UV-absorbing substances in red algae. *Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ.* 30: 100-108. (In Japanese)
- TSUJINO, I., YABE, K. and SEKIKAWA, I. 1980a. Isolation and structure of a new amino acid, shinorine, from the red alga *Chondrus yendoi* YAMADA et MIKAMI. *Bot. Mar.* 23: 65-68.
- TSUJINO, I. and YABE, K. 1980b. Purification and crystallization of a 320 nm absorbing substance from the red alga, *Chondrus yendoi*. *Bull. Japanese Soc. Sci. Fish.* 46: 1113-1115. (In Japanese)
- TSUJINO, I. 1983. UV-absorbing compounds. p. 78-89. In Japanese Soc. Sci. Fish. [ed.] *Biochemistry and Utilization of Marine Algae*. Koseisha-Koseikaku, Tokyo. (In Japanese)

関川 勲\*・久保田千春\*\*・平沖敏文\*\*\*・辻野 勇\*\*: 紅藻ダルス (*Palmaria palmata* (L.) O. KUNTZE) の 357 nm 紫外線吸収物質ウスジレンの単離と構造

臼尻産ダルスの近紫外線吸収物質について研究した。シリカゲルクロマトグラフィーにより 360 nm 吸収区分を集め、更に調製用汎紙クロマトグラフィーにより精製し、2種の化合物(1, 2)を分離した。核磁気共鳴スペクトル、質量スペクトルにより研究し、1はパリセン(polythene), 2は新化合物でパリセンのシス型であることを決定し、2をウスジレン(usujirene)と命名した。( \*060 札幌市北区北15西7 北海道大学免疫科学研究所  
\*\*041 函館市港町 3-1-1 北海道大学水産学部水産化学科 \*\*\* 060 札幌市北区北10西8 北海道大学理学部高分子学科)

## News

### International Society for Diatom Research

This new Society welcomes all diatomists as members. The first part of the journal "Diatom Research" (152 pages) is published and Part 2 will appear shortly. Volume 2 (Parts 1 and 2) will appear in 1987. The subscription due now for 1986 is £20 (\$30). The subscription for 1987 is due on January 1st 1987.

Please send following subscription form to Miss Patricia A. Sims, Botany Department, British Museum (Natural History), Cromwell Road, London SW7 5BD, U.K.

Please include me as a member of the International Society for Diatom Research. I enclose my initial subscription of £20 (or dollar equivalent).

Signed .....

Address .....

.....  
.....

## Paul C. SILVA: Phycology in Japan: past, present, and future<sup>1)</sup>

*Key Index Words:* Algal specimens; editorial centers; herbarium; Japan; phycology.

*Paul C. Silva, Herbarium, Department of Botany, University of California, Berkeley, California 94720, U.S.A.*

The main purposes of my two-month stay in Japan were (1) to take whatever steps were necessary and feasible to facilitate the completion of a monographic account of the green algal genus *Codium* (Japanese name: miru) as represented in Japan, a study that was begun thirty years ago but discontinued because of pressure from other commitments; and (2) to strengthen contacts between phycologists at the University of California in Berkeley and those in Japan. I believe that both purposes were fulfilled, thanks to the generosity of the Japan Society for the Promotion of Science, the careful planning and continuous attention to detail given by the host scientist (Professor Mitsuo CHIHARA), the splendid support provided by the host institution (the University of Tsukuba), and the enthusiastic cooperation and warm hospitality of numerous Japanese phycologists ranging from Kyushu to Hokkaido.

A base of operations was firmly established at the University of Tsukuba, where I was provided a convenient office, typewriter, microscope, and other required equipment and supplies. At the end of the first week, the annual meetings of the Japanese Society of Phycology were held at the University of Tsukuba, and I was kindly invited to give a special lecture. I chose to discuss the morphology, taxonomy, and phylogeny of the green algal genus *Codium* with special reference to the Japanese representatives.

1) Editor's note: This report was submitted by Dr. Silva at the conclusion of a visit to Japan (March 23-May 23, 1986) sponsored by the Japanese Society for the Promotion of Science. It seemed of sufficient interest to Japanese phycologists to warrant publication in *Sôrui*, and Dr. Silva was pleased to agree.

More than 125 phycologists attended the meetings, giving me an excellent opportunity to meet some whom I would not see again, but more importantly those whose institutions I planned to visit.

During the two-month period, three major trips were made inside Japan. The first, April 6-13, took me to Tokyo, where I visited the National Science Museum (Dr. Jiro TANAKA) and the University of Tokyo (Dr. Yasuwo FUKUYO), examining specimens of *Codium* in both institutions. I then joined a group of students at the Shimoda Marine Research Center of the University of Tsukuba, where they were taking a short course in marine algae taught by Professor CHIHARA and Dr. Yoshiaki HARA. At Shimoda, I collected with the students at two sites and had profitable discussions with the resident phycologist, Dr. Yasutsugu YOKOHAMA.

The second trip, April 20-May 1, took me to southern and western Japan. The itinerary included Kobe (Dr. Shigeru KUMANO of Kobe University and Dr. Ryozo SETO of Kobe College), Iwaya Marine Biological Station on Awaji Island (Dr. Sachito ENOMOTO, Dr. Hideo OHBA), Kyoto University (Prof. Isamu UMEZAKI, Dr. Tetsuro AJISAKA, Dr. Yoichi YOSHIDA), Kagoshima University (Emeritus Prof. Takeshi TANAKA, Dr. Hiroshi ITONO, Dr. Tadahide NORO), Kagoshima Prefectural Fisheries Experimental Station (Dr. Iwao SHINMURA), and the Marine Biological Station of Shimane University at Oki Islands (Mr. Mitsuo KAJIMURA). I gave a seminar on *Codium* at Kyoto University and discussed the research of various graduate students there and at Iwaya Marine Biological Station and Kagoshima University. I collected at Hanaze near Kagoshima and at Kamo,

### Oki Islands.

The third trip, May 8-16, was to Hokkaido, where I visited the Department of Botany in the Faculty of Science of Hokkaido University at Sapporo (Emeritus Professors Yositeru NAKAMURA and Munenao KUROGI, Prof. Tadao YOSHIDA, Dr. Hiroshi KAWAI, Dr. Michio MASUDA), the Institute of Algological Research of the Faculty of Science of Hokkaido University at Muroran (Dr. Masakazu TATEWAKI, Dr. Kazuo KASAHARA, Dr. Taizo MOTOMURA), the Faculty of Fisheries of Hokkaido University at Hakodate (Prof. Tomitaro MASAKI, Dr. Hiroshi YABU, Dr. Yuzuru SAITO), the Usujiri Fisheries Station of the Faculty of Fisheries, Hakodate (Dr. Hirotoshi YAMAMOTO), the Hokkaido Institute of Mariculture at Shikabe (Dr. Takashi FUNANO), and the Hokkaido Hakodate Fisheries Experimental Station (Dr. Shoji KAWASHIMA). At Sapporo, I presented a seminar on the taxonomy, distribution, and ecology of the marine algae of San Francisco Bay. At Muroran, I collected with a small group of students. I discussed the research of graduate students at Sapporo, Muroran, and Hakodate.

In addition to these three trips, I spent two exceptionally profitable days at Toho University, Funabashi (Mr. Makoto YOSHIZAKI, Dr. Kazuyuki MIYAJI).

With regard to the first goal of my stay in Japan—obtaining sufficient material and distributional data to allow me to complete my study of Japanese *Codium*—it turned out that my personal collecting was useful only in a general way and that I was dependent upon existing collections, housed in various institutions and waiting to be studied. There were four treasure troves of *Codium* collections, which the curators have generously shared with me, providing more than enough material for the projected monograph: Toho University at Funabashi, the National Science Museum in Tokyo, Iwaya Marine Biological Station, and Kagoshima University. (I had previously received an unusually fine series of specimens collected by Mr. KAJIMURA from the Oki Islands and the San-in coast

of Honshu.)

With regard to the second goal of my stay in Japan—strengthening professional contacts between the University of California at Berkeley and Japanese institutions—the success has been overwhelming. Berkeley has a long tradition of playing host to Japanese phycologists, extending back to the late Prof. Yukio YAMADA, who worked there in 1928 and 1929. Since World War II, fourteen Japanese phycologists have studied or conducted research at Berkeley for periods ranging from two weeks to two years. Personal contacts having been made with numerous graduate students and young faculty members during my stay in Japan, the tradition seems likely to continue.

The most time-consuming academic activity during my stay in Japan was the reviewing of manuscripts prepared by Japanese phycologists. The reviewing process included criticizing the research and its presentation as well as putting the English version into an idiomatic form. During my visit, several Japanese phycologists expressed their reluctance to submit manuscripts to international refereed journals because of anticipated language difficulties. Much research of international significance is being published in Japanese journals of very limited distribution, often in Japanese. To maximize the effectiveness of Japanese research, a national program designed to help authors prepare their manuscripts for submission to international journals not only seems warranted, but to have high priority. The difficulty of finding editors who know the subject matter in addition to knowing how to write effectively is worldwide and suggests the need for academic programs to train such personnel. Many persons are able to carry out excellent research, but few can communicate their results effectively without resorting to external help.

Japan has long been known internationally as a leading center of phycological research. The number of phycologists is impressive, being one of the highest per capita of any nation. The support of so many phycologists

is warranted in a country in which fisheries are of paramount importance and seaweeds are socially, diatetically, and economically significant. From the beginning, Japanese phycology has been largely concerned with marine macroalgae, but in the last two decades there has been diversification into microalgae, whose study has been greatly facilitated by the development of the computer and of such new techniques as transmission electron microscopy, scanning electron microscopy, microspectrophotometry, and immunological analysis. The need for research on microalgae continues to increase in proportion to the growth of the Japanese economy. The aqueous environment of Japan, both freshwater and marine, is adversely affected by industrial, commercial, agricultural, and domestic wastes. Microalgae play essential roles in ameliorating the impact of society on the water supply but at the same time can have deleterious effects (such as producing toxic red tides) that are correlated in part with human activities.

I was favorably impressed by the quantity and quality of phycological facilities in Japan. In general, the availability of state-of-the-art scientific apparatus exceeds that in the United States. Most of the buildings are fairly new and appear to be pleasant places to work, but while the marine stations are uniformly spacious, the universities tend to be cramped. Physical facilities of the Faculty of Science at Sapporo are not commensurate with the international recognition accorded the Department of Botany as a major center of research on macroalgae. Like the phycological facilities at Berkeley, they are badly in need of being replaced. (The two institutions have much in common with regard to phycology: they both offer tradition, high standards, excellent faculty and staff, and exceptionally fine libraries, but their physical facilities are substandard.)

Several aspects of phycology in Japan seem especially meritorious. First, graduate students are encouraged to take short courses or seek individual instruction from specialists in other institutions. For example, when I

was at the Shimoda Marine Research Center, I met a student from Muroran (Hokkaido University Institute of Algological Research) who was spending several days with Dr. Y. YOKOHAMA learning the techniques of measuring rates of photosynthesis and respiration in macroalgae. As another example, a student from the Tokyo University of Fisheries was at Hakodate when I was there, learning cytological techniques from Dr. H. YABU. Closely related to this praiseworthy practice is the custom for professors to give short courses at universities other than their own. The ultimate result of this interchange of professors and graduate students is an extremely healthful cross-fertilization of ideas.

The second aspect of phycology in Japan that seems especially commendable is the recent development of teamwork, with a group of highly skilled specialists from various institutions collaborating in the execution of a significant piece of research. One of the manuscripts that I reviewed (by M. WATANABE, Y. TAKEDA, T. SASA, I. INOUYE, S. SUDA, T. SAWAGUCHI and M. CHIHARA) on a green dinoflagellate is an excellent example of teamwork<sup>1)</sup>.

Still another aspect of phycology in Japan that deserves favorable notice is the extensive network of guest housing and research facilities provided by the various marine and freshwater biological stations.

In visiting the various phycological centers in Japan, I have become aware of the specter of reduced support for basic research in the intermediate if not immediate future. As in the United States, Canada, and every European country that I have visited, high-level decisions to support molecular biology unfortunately seem to entail unspoken and unwritten decisions to reduce support for basic biology proportionately. Such a policy would soon weaken the foundations that support the top-heavy mass of data accumulating from current research in molecular (rather

1) Read at the 10th Annual Meetings of the Japanese Society of Phycology held at the University of Tsukuba on March 31, 1986.

than organismal) fields. It would be a serious mistake to replace retiring faculty members in organismal biology with molecular biologists. The development of high-technology is making possible the carrying out of research at a previously unthinkable level of sophistication and importance to human welfare, but at the same time it is opening new frontiers for research in such basic fields as life-history determination, embryology, developmental and adult morphology, ecology, and taxonomy. Any administrative program designed to strengthen research and teaching in biology should attempt to improve the basic fields while simultaneously promoting the development of the most sophisticated molecular part of the spectrum.

In visiting various herbaria, I became aware of the possible usefulness of commenting on their current status and use. The main purpose of a herbarium is to house the documentation for published research. Just as the results of research should be made available to the international scientific community, so should the documentation. The herbaria of the world can be classified according to their scope: international, national, regional, and local. Local herbaria should confine their holdings to teaching collections. Specimens cited in the literature should be deposited in herbaria that traditionally lend material to other institutions for study by a qualified investigator. In no case should a cited specimen remain in a private herbarium. Phycologists are scattered at institutions throughout Japan. Most of these institutions have had no herbarium until a recently hired phycologist established a collection in his office; moreover, there is no reason to believe

that these institutions will maintain their collections of algae so that they will be available to the scientific community 10, 20, or 50 years from now. I encountered several collections that were gathering dust in storage rooms, of no use to any current occupant of the building. Therefore, I should like to recommend that the Japanese Society of Phycology, by educating its members and exercising editorial control in its journal, promote the following policy:

(1) All cited specimens should be deposited in herbaria that either have a tradition for lending material to the international scientific community or lend material at the present time and have good prospects of continuing to do so in the future.

(2) When cited, specimens in private herbaria should be transferred to a herbarium as described in (1).

(3) Collections of algae housed at institutions without organized herbaria or systematic phycologists should be transferred to a herbarium as described in (1).

I have noted that specimens of algae in Japanese herbaria frequently have labels written exclusively in kanji and kana. In order that Japanese collections may be used effectively by foreign monographers, the labels should include a romanized version.

My general impression of Japan is of a nation in the front rank of scientific and technological advance, a nation whose people are bright, industrious, conscientious, polite, and hospitable. There can be no doubt that the economic miracle of modern Japan is at least partly the result of an effective national policy in scientific research and technological development.

#### シリバ, P. C.: 日本における藻学—過去・現在・未来—

日本学術振興会の招きで 1986 年 3 月 23 日から 5 月 23 日まで 2 か月間日本に滞在した。受入れは筑波大学の千原光雄教授で、主な目的は日本産管状緑藻ミル属の分類学研究の実施と日本の藻学者と研究上の交流を行うことであった。3 月 30 日・31 日に開催の日本藻類学会大会に参加して招待講演を行った後に、下記の大学及び研究機関を歴訪し、標本資料の調査研究を行うとともに研究者と意見の交換を行った。また二つの大学においてセミナーを行い、大学院生達に研究上の助言を行った。

国立科学博物館、東京大学資料館、筑波大学下田臨海実験センター、東邦大学理学部、神戸大学岩屋臨海実験所、神戸大学理学部、京都大学農学部、鹿児島大学理学部、鹿児島県立水産試験場、島根大学隠岐臨海実験所、北海道大学理学部、北海道大学海藻研究施設、北海道大学水産学部、北海道大学臼尻水産実験所、北海道立栽培

漁業総合センター。

日本は国際的に藻学研究の一つの中心として長い歴史をもつが、現在も研究は活発である。従来からの大型藻類の研究に平行して微細藻類の研究もまた活発に行われるようになっている。

各地を訪問中に幾人かの研究者から成果を国際誌に発表することの難しさの話を聞かされ、英文論文原稿の校閲を依頼された。その数は15に及び校間に随分時間を費した。滞在中に得た知見と経験から次の諸点の実現を希望する。

1. 日本の科学行政は専門分野に基本知識をもち、かつ英語または独語に堪能な編集者の育成に努力を払うべきである。
2. 日本の科学行政は編集センターとも言うべきサービス機関を設立し、著者の求めに応じて欧文論文作成に助力出来る態勢をつくるべきである。
3. 論文に記述された標本資料は専門分野の情報交換が可能な標本資料館（室）に保管されるべきである。
4. 不必要または使用しない標本資料は、例えば国立科学博物館のような管理運営が確立している標本資料館（室）へ納入されるべきである。
5. 藻学の研究には、伝統的な手法と新しい分子レベル等の手法とが平行して取り入れられるべきで、いずれか一方を進めて他方をないがしろにするやり方はとるべきでない。

（註）このノートはP.C.シルバ博士（カリフォルニア大学・バークレイ）が日本学術振興会に提出した報告文を少し修正したもので、日本の藻学者にも興味ある文と思われる所以、著者の同意を得て掲載した（編集委員会）。

## 石川県手取川におけるダム建設にともなう着生珪藻群集の変化

墨田 勉\*・渡辺 仁治\*\*

\* 小松明峰高校 (923 石川県小松市平面町)

\*\* 奈良女子大学理学部生物学科 (530 奈良市北魚屋西町)

SUMITA, M. and WATANABE, T. 1986. The changes of benthic diatom assemblages affected by dam construction and its completion on the Tedorigawa River in Ishikawa Prefecture. Jap. J. Phycol. 34: 194-202.

During the period of the construction work, the values of ignition loss of the sediments on the river bed (representing the standing crops of microorganisms) decreased. However, in the year after the finish of this work, the values were recovered to the same level or slightly lower level than that estimated before the construction.

The ratio of ignition loss to the amounts of inorganic silt deposited on the river bed decreased after the finish of dam construction work.

During the period of the dam construction, the specific components of benthic diatom assemblages on the river beds were simplified at the stations in the downstream from the site of the constructions. Dominant taxa in the assemblages, were *Cymbella ventricosa* and *Navicula viridula*. It appears that the increase in turbidity of the river water during the construction period markedly affected the specific components of the diatoms.

After finish of dam construction, a few diatom taxa preferring the clean water were found in the diatom assemblages at the stations affected by tributaries. It was proved that water quality of the downstream became slightly cleaner after the completion of the dam.

*Key Index Words:* Benthic diatom assemblages; biological indicator; dam construction; ignition loss; similarity index.

Michiaki Sumita, Komatsu Meijo High School, Komatsu, Ishikawa Prefecture, 923 Japan.

Toshiharu Watanabe, Biological Institute, Faculty of Science, Nara Women University, Nara, 630 Japan.

手取川は水源を白山に発し、幹線流路長 70.2 km 流域面積 809 km<sup>2</sup> の一級河川である。流域は年降水量平均が 3,200 mm の多雨豪雪地帯である。したがって、本河川は水量には恵まれているものの、流量変動の大きい、いわゆる“あばれ川”であった。この特性を生かした石川県の総合開発計画により、手取川本流に、大規模ピーク発電、水道水、工業用水の供給、洪水調節を目的とした多目的の手取第1ダムの建設を主目的とする手取川総合開発事業の起工式が1974年11月に行われた。

しかし道路新設等の河川水に影響を及ぼす付帯工事が始まったのは1975年10月であった。1979年6月同ダム湖の湛水開始を経て、1980年7月の金沢市を含む2市4町への給水開始で工事が終了した。また第2、第3ダムは第1ダムより1年半遅れて工事が始まり、完

成は1978年10月であった。

本河川の上流部一帯の地質は、中生代の手取層群からなり、従来から随所で風化による崩壊が発生していた。また、上流から下流にかけて、この工事以前から頻繁に砂利採集が行われていた。そのために本河川は工事以前から川床がシルトでおおわれ、水の濁りの著しい箇所も少なくなかった。したがって、河川生物にとっては、本河川は決して良い環境とはいえなかった。手取ダムの建設が、このような河川の性格をどのように変え、生物にどのような影響を与えるかは大変興味深い問題である。

本研究は、ダムの工事前、工事中、工事終了後の各時期での川床の付着珪藻群集の変化に基づいて、その影響を検討したものである。この影響を調べるために、工事開始前の1974年10月から、工事終了後の1980年11

月に至るまでの6年間、毎年、春季（5月中旬～6月中旬）と秋季（10月下旬～11月上旬）の2回、手取川本流に設定した8地点で調査を行った。春の調査は、融雪後に工事が開始された後の時期に、秋の調査は、その年度の工事が積雪期に入る前に終了した後の時期で、それぞれ10～14日以内で行った。

#### 調査地点と調査法

調査地点はFig. 1に示した8地点である。これらの地点のうち、地点1（風嵐）はダム建設地よりも上流部で、工事の影響を受けない地点、地点2（女原）、3（仏師野）は工事現場に近く、その影響が大きい地点、地点4（木滑）、5（上野）、6（江津）、7（鶴来）、

8（栗生）はそれよりも下流で、影響が比較的小さいと考えられる地点である。

どの調査地点においても、水深が30～40cmの瀬で、水面とほぼ平行な面をもち、藻類の発生量が多い石を選び、その上面の付着藻類を採集した。これらの試料は硫酸処理後、水洗して永久プレパラートを作製し、珪藻群集を調べた。

また、生物の現存量と石面に沈着したシルトの量を調べるために、付着藻類採集の場合と同一条件で、石礫上面の5cm平方内の付着物全部を、5試料づつ採集した。各試料について、強熱減量と強熱残留物量を重量で求め、強熱減量を生物の現存量、強熱残留物の重量を沈積したシルト量とみなした（渡辺・上条 1974、渡辺・墨田 1976）。強熱残留物中には、生物体の灰分

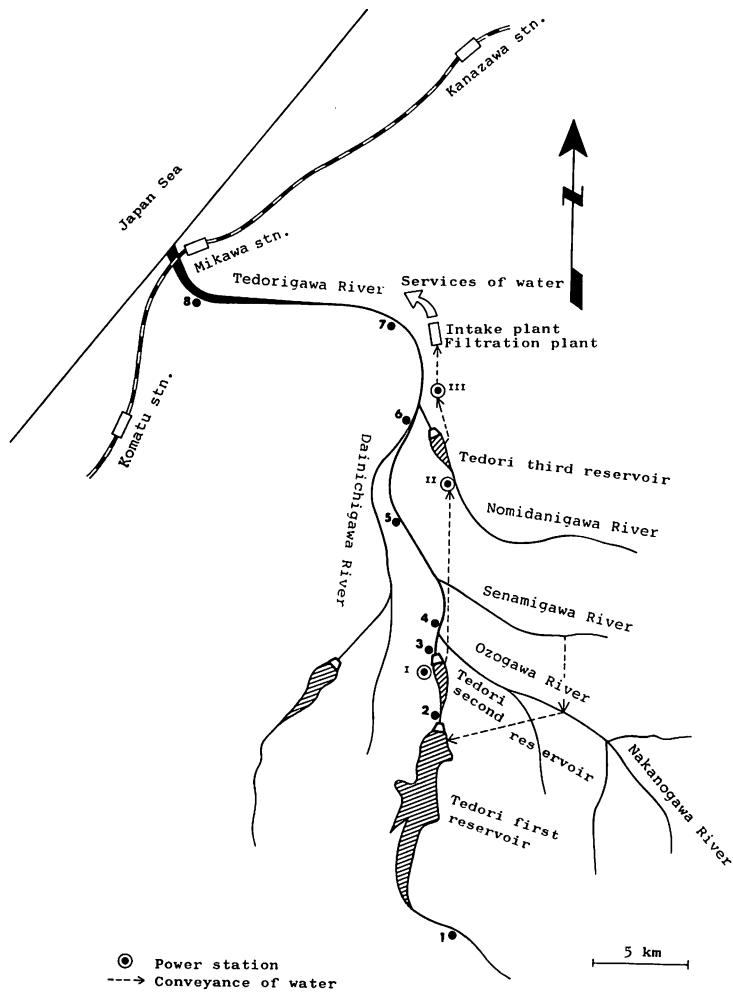


Fig. 1. The Tedorigawa River system and the locations of 8 sampling stations shown by figures.

も当然含まれているが、その重量はシルト量と比べて極めて小さいとみなせるのでこれを無視した。

なお、各地点における、強熱減量、強熱残留物に係る試料数が比較的少なく、測定値も必ずしも均等ではなかったことから、適正な平均値をえるために、近藤・舟坂（1974）に従って、下記の数学的処理を施した。強熱減量（L）を例にとれば

まず、同一地点で採取した5試料の平均値（ $\bar{x}$ ）と、次式による不偏分散（ $v^2$ ）を求める。

$$v^2 = \frac{\sum_{i=1}^m (xi - \bar{x})^2}{n-1}$$

ただし、 $xi$ ：各試料それぞれのLの値

$n$ ：各調査地点で採集した試料数  
(今回は  $n=5$ )

さらに下記のように GRUBS の棄却検定を行った。  
 $x_1$ （最小値）の値が他と著しく異なるときには

$$g_0 = \frac{\bar{x} - x}{v}$$

を、 $x_n$ （最大値）の値が他と著しく異なるときには

$$g_0 = \frac{x_n - \bar{x}}{v}$$

を検定規準として用い、 $g_0$  の値が

$$g_0 \geq g(n, \alpha)$$

ならば、有意水準  $\alpha$  で他と著しく異なった値を棄てる。ただし  $n$  は試料の数で今回は  $n=5$ ,  $\alpha=0.01$  ならば、 $g(5, 0.01)=1.76$  となる。

各調査地点での5試料について、この棄却検定を行ない、棄てられた試料があった場合には、平均値（ $\bar{x}$ ）と不偏分散（ $v^2$ ）を求め直し、同様に棄却検定を行っ

た。

次に棄却検定後の試料についての強熱減量（L）の平均値（Figs. 2, 3 の棒グラフ）及び 95% 信頼できる推定値の範囲（Figs. 2, 3 の矢印）を示した。推定値の範囲は母標準偏差未知の場合の区間検定を使った。その式は下記の通りである。

$$L = \bar{x} \pm t(n-1, 0.05) \sqrt{\frac{v^2}{n}}$$

$n$ ：各調査地点で採集した試料数

$t(n-1, 0.05)$ ：自由度  $n-1$ , 両側5%の  
 $t$  分布

強熱残留物の重量（R）についても、同様の方法によつて計算した。また  $L/R$  は、棄却検定後の L, R の平均値によつて求めた。工事中 R は増加し、環境悪化のためしが減少した。このことから L/R 値を無機汚濁の1つの指標値としてとりあげた。

## 結果と考察

### (1) 水温と pH

水温、pH はすべての表層水の値を測定した。その結果の表記は省略するが、春季、秋季の水温は、地点、年度によって異なつてはいても、春季はほぼ  $15\sim18^\circ\text{C}$ 、秋季はほぼ  $13\sim16^\circ\text{C}$  であった。pH は、全調査期を通じて、工事とは関係なく、 $7.2\sim9.0$  の範囲内で変動していた。なお、工事中の1978年8月5日に、石川県衛生公害研究所が水質検査を行つたので、その結果を Tab. 1 に示した。

### (2) 強熱減量と強熱残留物量

強熱減量（L）を生物の現存量とみなす場合、生物の遺骸や陸上から摄入された生物の碎片などが混入して

Table 1. The character of river water under the dam construction (Aug. 5, 1978).

Station	WT (°C)	TP (cm)	pH	SS (ppm)	COD (ppm)	Cl (ppm)	NO <sub>2</sub> -N (ppm)	NO <sub>3</sub> -N (ppm)	NH <sub>4</sub> -N (ppm)	Kj-N (ppm)	T-P (ppm)
1. Kazaarashi	21.8	>30	8.9	<0.5	1.0	5.3	0.00	0.18	0.11	0.27	0.01
2. Onabara	20.4	>30	9.0	<0.5	0.8	7.4	0.00	0.71	0.22	0.22	0.01
3. Bushigano	22.0	>30	9.2	<0.5	0.7	7.4	0.00	0.62	0.08	0.31	0.01
4. Kinameri	16.8	>30	8.3	2.0	0.3	7.8	0.00	0.44	0.21	0.37	0.02
5. Kamino	22.2	>30	8.7	4.7	0.7	9.2	0.00	0.72	0.11	0.21	0.01
6. Gouzu	24.4	>30	9.0	2.5	0.8	9.6	0.01	0.82	0.12	0.22	0.02
7. Turugi	23.5	>30	8.7	1.2	1.8	9.9	0.02	0.84	0.09	0.25	0.01
8. Ao	22.6	>30	8.5	0.5	0.2	6.7	0.00	0.83	0.15	0.27	0.02

WT, water temperature; TP, transparency.

いるおそれがある。その場で増殖した生物の遺骸の混入は避け難いが、それを含めて、その場で一定期間中に増殖した生物量という概念でしを扱った。陸上からの有機物の混入については、先に述べた条件統一下で試料を採取し、かつ前記の統計の処理によって、その影響を最小限に抑えるように配慮した。

手取第2ダム工事は第1ダムの下流部（地点2,3の間）で行われたが、第1ダムの工事規模より、はるかに小さく、工事期間も第1ダム工事期間中に含まれていた。したがって下流部へのダム工事の影響として、第1ダム工事をとりあげた。また第3ダムは設置箇所が支流中での小河川である直海谷川下流で、工事期間も第1ダム工事期間中であった。

Figs. 2, 3 は春秋二期の採取試料の強熱減量(L)の測定値をそれぞれ図示したものである。図中の矢印の実線は測定値の範囲(有意水準 0.05)を示したものである。春季の測定値 Fig. 2 においては、1976～1978年の工事期間中、Lの値(生物の現存量)がどの地点においても、工事前後と比べて著しく減少していることがわかる。また、秋季の測定値 Fig. 3 においては、流れが停滞した地点2,3を除くと、1975～1978年の工事期間中は春季と同様にLの値の減少が認められる。次に工事前、後のLの値を比べると、春秋とも工事後は工事中よりも増えたとはいえ、工事前の状態にまで回復したとはいえない。

一方、春秋の L/R は、Figs. 4, 5 に示したが、工事中の L/R は共に工事前の値よりも大きくなる傾向があり、ことに融雪時の春季において、その傾向は著しい。この現象は、先に述べたように、工事中の L の値が小さくなっていたことに併せ、工事中の R(強熱残留物量)が L 以上に減少していることによるものである。

次に L/R の値は工事後春、秋季ともに多くの地点で急に増大した。工事後における生物の現存量 L は、Figs. 2, 3 に示すように工事中と比べて増加したといえ、L/R の値ほどに著しい増加は認められない。しかし R の測定値が L の増加の割合以上に減少している。これは恐らく上流から流下してくる無機懸濁物質の多くがダム湖底に沈着し、ダム湖より下流での懸濁物質の沈着がダム建設前よりも減少したためであろう。

### (3) 珪藻群集

全試料から同定した珪藻は 25 属 85 taxa であった。なお種の同定は CLEVE-EULER 1951-1955, 福島ほか 1973, HUSTEDT, F. 1930, 1930-1966, 小林 1964, PATRICK, R. and REIMER, C. W. 1966, 1977 によった。

出現した珪藻を Tab. 2 に列挙した。なお本調査期間中、いずれかの地点で、10%以上の相対頻度をえた taxon には \* 印をつけた。次いで、工事の影響を調べるために、工事前は1974年10月と1975年5月、工事中は1976年、1977年の春、秋の2回ずつ、工事後は1980年の春、秋について、それらの珪藻群集を構成する各々の taxon の相対頻度を調べ、それに基づいて MOUNTFORD による群分析を行った(木元 1976)。群の類別基準は 70% とした(Figs. 6, 7)。

Figs. 6, 7 から明らかなように、工事前には各地点の珪藻群集は多様で全般的に共通性が少ない。しかし、工事が進行中の1976年と1977年の春には、各地点間の珪藻群集は均一化された。同様な現象は工事中の1976年秋にも現われているが、1977年秋には明瞭にみられなくなった。恐らく、これは手取川本流に大きな影響を及ぼす手取第1ダム及び第2,3ダムの各工事が完成に近づいたことが原因であろう。

工事中の珪藻群集を相対頻度の大きいもので代表させると、*Cymbella ventricosa*-*Navicula viridula* 群集であった。これらの taxon は、いづれも濁った水域において、しばしば優占的に出現する種とされている(渡辺・上条 1974, 渡辺 1968, 1970)。工事前には *Achnanthes japonica* を代表種とする珪藻群集が多く、その中で *Cymbella ventricosa* の相対頻度は工事中に比べて小さかった。

またダム完成後は *Diatoma elongatum*, *Cocconeis pediculus*, *Nitzchia sinuata* var. *tabellaria* の群集が見られるに至った。これらの 3 taxa はいづれも清水域に出現するものである(福島・小林 1975)。これらの taxa は第1ダムの下流の各地点で相対頻度は小さいながら出現した。

下流地点中で、地点2,3は第1,2ダムの直下のため工事完了後、本流の水量が激減し、流入する小溪流(Fig. 1 は主な支流のみ)の水量が大部分を占め、地点4以下でも支流、小溪流から流入する、きれいな水が本流の水質に影響を与えたためと思われる。しかし、地点4以下の相対頻度は地点2,3の値より小さくなっている。

Figs. 6, 7 に示されている、工事後1980年6月における地点6,7,8の群集と、11月における地点7,8の群集との類似度が高くなっているのは、最大支流の大日川の流入による影響が大きくあらわれた結果と思われる。

このような珪藻群集の変化は、ダム工事の進行中には、工事現場よりも下流の地点で工事前より濁度が上

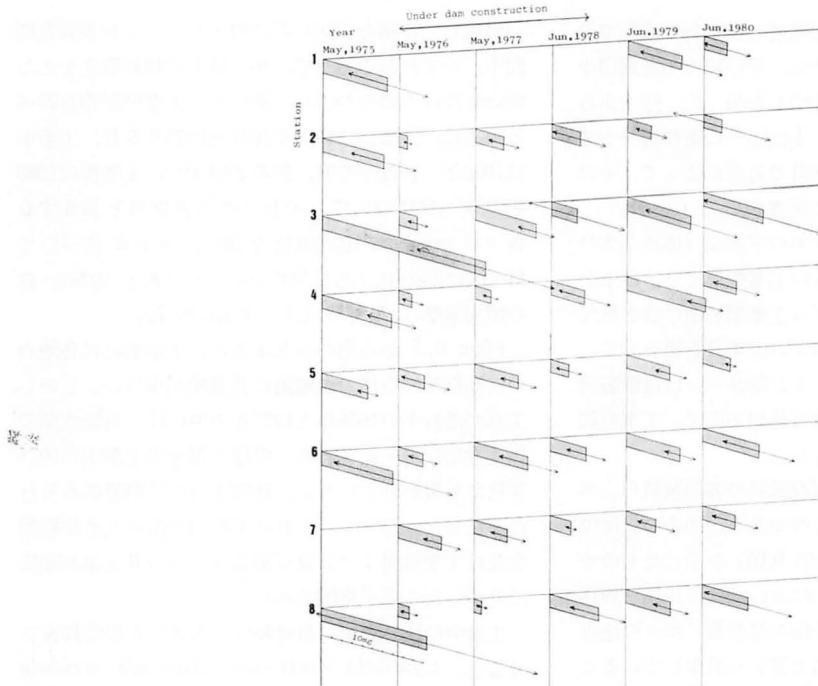


Fig. 2. The annual change of ignition loss (mg) of the sediments collected from 5 cm square on the river bed of each station (in spring). Bar graph: the average of ignition loss. Arrow line: its confidence interval with 95 percent.

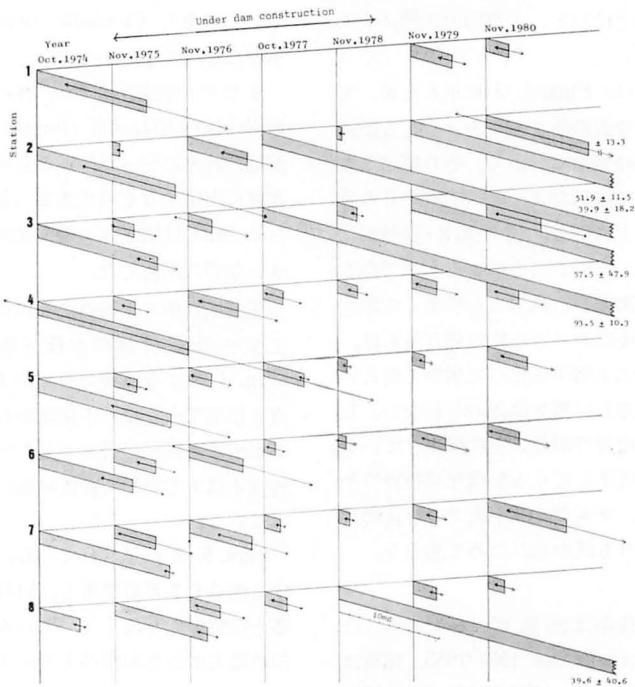


Fig. 3. The annual change of ignition loss (mg) of the sediments collected from 5 cm square on the river bed of each station (in autumn). Bar graph: the average of ignition loss. Arrow line: its confidence interval with 95 percent.

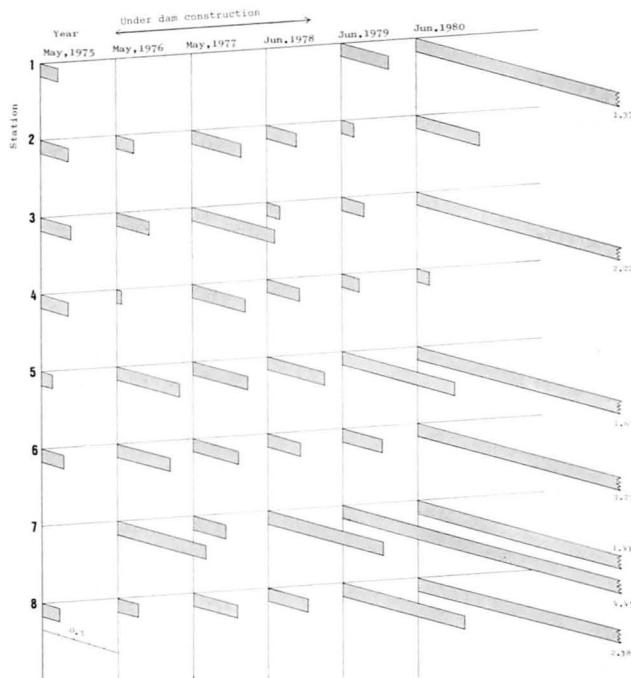


Fig. 4. The annual change of the ratio of ignition loss to ignition residue of the sediment collected from 5 cm square on the river bed of each station (in spring).

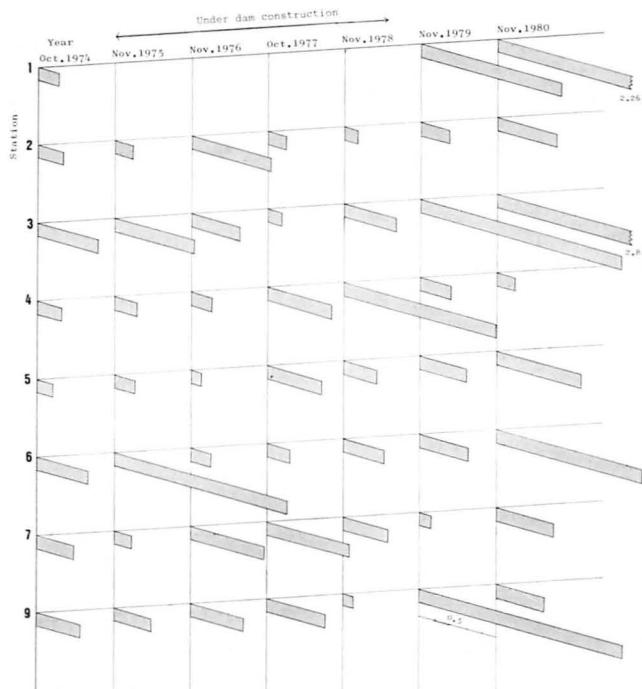


Fig. 5. The annual change of the ratio of ignition loss to ignition residue of the sediments collected from 5 cm square on the river bed of each station (in autumn).

Table 2. The list of benthic diatom taxa occurred in the period of this survey.

<i>Melosira distans</i>	<i>Navicula radios</i>
<i>M. varians</i>	<i>N. rhynchoccephala</i>
<i>Cyclotella stelligera</i>	<i>N. rhynchoccephala</i> var. <i>germainii</i>
<i>Diatom elongatum</i>	<i>N. salinarum</i> var. <i>intermedia</i>
* <i>D. hiemale</i> var. <i>mesodon</i>	<i>N. secreta</i> var. <i>apiculata</i>
* <i>D. vulgare</i>	* <i>N. viridula</i>
* <i>D. vulgare</i> var. <i>brevis</i>	<i>N. viridula</i> var. <i>avenacea</i>
<i>Meridion circulare</i>	<i>N. viridula</i> var. <i>slesvicensis</i>
<i>Asterionella formosa</i>	<i>N. ventralis</i>
* <i>Ceratoneis arcus</i> var. <i>recta</i>	<i>Pinnularia braunii</i>
<i>Fragilaria crotonensis</i>	<i>P. microstauron</i>
<i>F. pinnata</i>	<i>Amphora veneta</i>
* <i>F. vaucheriae</i>	<i>Cymbella cuspidata</i>
<i>Synedra inaequalis</i>	<i>C. gracilis</i>
<i>S. rumpens</i>	<i>C. prostrata</i>
<i>S. rumpens</i> var. <i>familiaris</i>	* <i>C. sinuata</i>
<i>S. ulna</i>	<i>C. tumida</i>
* <i>S. ulna</i> var. <i>ramesi</i>	* <i>C. turgidula</i>
<i>Eunotia arcus</i>	* <i>C. turgidula</i> var. <i>nipponica</i>
<i>E. sp.</i>	* <i>C. ventricosa</i>
* <i>Coccconeis pediculus</i>	<i>Gomphonema angustatum</i>
* <i>C. placentula</i> var. <i>lineata</i>	<i>G. angustatum</i> var. <i>producta</i>
<i>Achnanthes coarctata</i>	<i>G. gracile</i>
<i>A. convergens</i>	<i>G. parvulum</i>
<i>A. exigua</i>	<i>G. quadripunctatum</i>
* <i>A. japonica</i>	* <i>G. vastum</i> var. <i>elongata</i>
* <i>A. lanceolata</i>	<i>Rhopalodia gibba</i>
* <i>A. minutissima</i>	<i>Bacillaria paradoxa</i>
* <i>Rhoicosphenia curvata</i>	<i>Nitzschia amphibia</i>
<i>Frustulia rhomboides</i> var. <i>amphibleuroides</i>	<i>N. apiculata</i>
<i>F. vulgaris</i>	<i>N. denticula</i>
<i>Gyrosigma spencerii</i>	* <i>N. dissipata</i>
<i>Caloneis bacillum</i>	* <i>N. frustulum</i> var. <i>perpusilla</i>
<i>Stauroneis kriegeri</i>	<i>N. ignorata</i>
<i>Navicula cryptocephala</i>	<i>N. linearis</i>
* <i>N. cryptocephala</i> var. <i>veneta</i>	<i>N. palea</i>
<i>N. halophila</i>	<i>N. paleacea</i>
<i>N. heufleri</i>	<i>N. sinuata</i> var. <i>tabellaria</i>
<i>N. hungarica</i>	<i>Surirella angusta</i>
<i>N. lapidosa</i>	<i>S. lapponica</i>
<i>N. mutica</i>	<i>S. ovata</i>
<i>N. neoventricosa</i>	<i>S. ovata</i> var. <i>pinnata</i>
<i>N. pupula</i>	

\* Dominant taxon (occurred over ten percent in relative frequency).

昇し、ダム工事終了後は工事前と比べて幾分清浄な方向へ変化したためとみなせよう。

なお、ダムの建築工事に当っては、諸種の方策を施しても、濁質の流出は避け難く、工事現場から下流では、從来から多少ともこの影響を受けるとされている。

また一般に、ダム完成による下流の河川水への影響は、ダムの立地条件や放水管理のあり方によって、水

質のみならず、濁質、水温などに様々な変化となってあらわれるのが普通である。

以上の諸結果を総合して考察すれば、本研究の結果は下記の 1~4 にまとめられよう。

1. 強熱減量で代表される川床への付着生物の現存量と、強熱残留物量で代表される川床への沈積シルト量とは、ダム建設の工事期間中は工事前より減

- 少したが、工事後1年目で強熱減量は同等又はやや少い状態に回復した。(Figs. 2, 3)しかし、強熱残留物量は減少の状態のままであった。
2. 強熱減量と強熱残留物量の比は、工事中は小さくなり、工事後は著しく増大した(Figs. 3, 4)。
  3. 前述1, 2より、工事後は工事前と比べて流下する懸濁物質がダム湖底へ沈積され、下流でのシルト量が減少したため、以前の“あばれ川”としての性質が一部抑制されたといえよう。これは川床の付着生物にとては、確かに環境改善といえる。
  4. 工事の影響をうけた水域では、工事後、珪藻群集は工事前の群集へ回復したが、工事前には出現しなかった清水性の随伴種も加わるようになった。この現象は、濁質が減少したことにもよるが、ダ

ム地点よりも下流の支流、小溪流からの流入水が、本流の流量の大部分を占めるに至った時点の水質を反映していることになろう。

結果的には、ダム湖よりも下流域の水質は、ダム建設以前と比べて幾分良くなつたと考えられる。

終りに、本研究における、強熱減量等の測定に便宜を与えられた金沢大学教養学部教授、定塚謙二博士、全期間の調査を通じて、同行され協力をいただいた小松市役所農林水産課の高林英一氏、および、資料の統計処理に協力下さった金沢女子短期大学助教授、南俊博氏、水質検査の結果を提供下さった石川県衛生公害研究所主任研究員、矢舗満雄氏に深謝の意を表します。

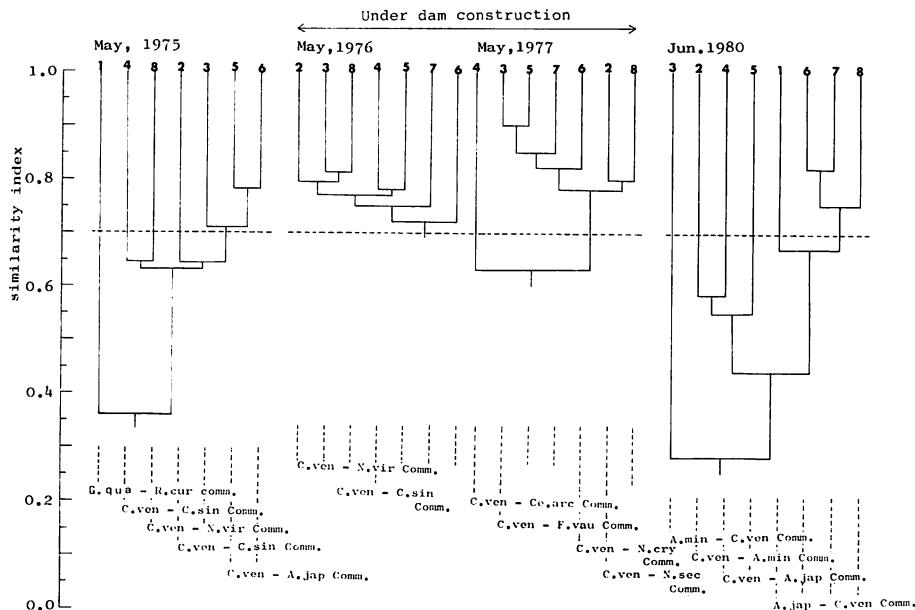


Fig. 6. Cluster analysis of similarity index between the benthic diatom assemblages on the river bed of sampling stations (in spring).

D. vul	: <i>Diatoma vulgare</i>	N. vir	: <i>Navicula viridula</i>
F. vau	: <i>Fragilaria vaucheria</i>	C. sin	: <i>Cymbella sinuata</i>
S. uln	: <i>Synedra ulna</i> var. <i>ramesi</i>	C. tur	: <i>C. turgidula</i>
Ce. arc	: <i>Ceratoneis arcus</i> var. <i>recta</i>	C. nip	: <i>C. turgidula</i> var. <i>nipponica</i>
R. cur	: <i>Rhoicosphenia curuata</i>	C. ven	: <i>C. ventricosa</i>
A. jap	: <i>Achnanthes japonica</i>	G. ang	: <i>Gomphonema angustatum</i> var. <i>producta</i>
A. min	: <i>A. minutissima</i>	G. qua	: <i>G. quadripunctatum</i>
Co. ped	: <i>Cocconeis pediculus</i>	G. vas	: <i>G. vastum</i> var. <i>elongata</i>
Co. pla	: <i>C. placentula</i> var. <i>lineata</i>	Ni. amp	: <i>Netzschia amphibia</i>
N. cry	: <i>Navicula cryptocephala</i> var. <i>veneta</i>	Ni. dis	: <i>N. dissipata</i>
N. sec	: <i>N. secreta</i> var. <i>apiculata</i>	Ni. fru	: <i>N. frustulum</i> var. <i>perpusilla</i>

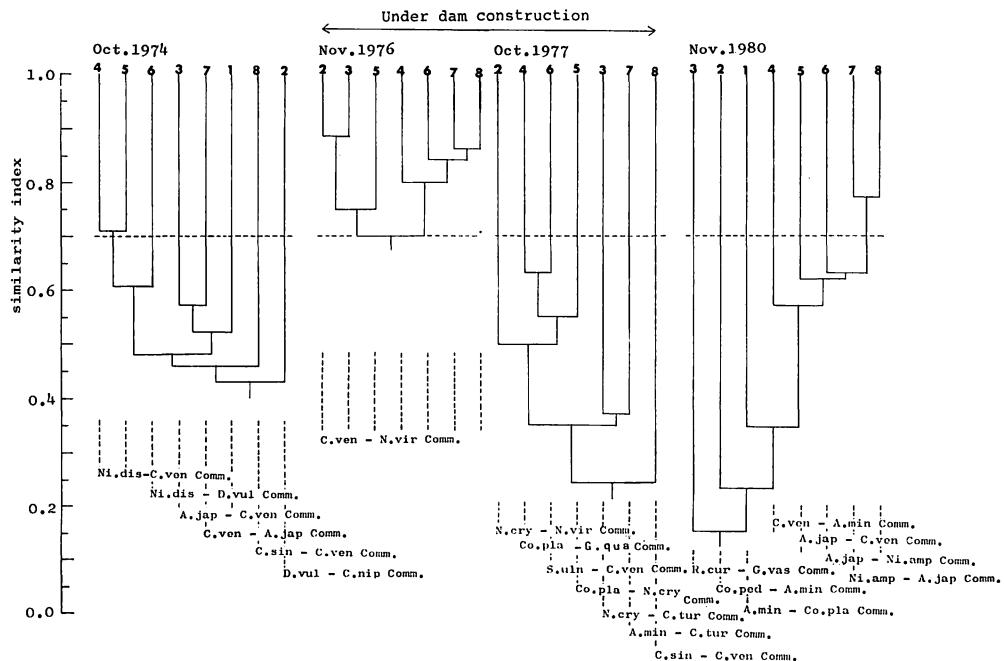


Fig. 7. Cluster analysis of similarity index between the benthic diatom assemblages on the river bed of sampling stations (in autumn).

#### 引用文献

- CLEVE-EULER 1951-1955. Die Diatomen von Schweden und Finnland 1-5. K. Sven. Vet. Akad. Handle. 2(1) : 1-155, 3(3) : 1-143, 4(5) : 1-240, 5(4) : 1-217.
- 福島 博・木村 努・小林艶子 1973. 木曾川のケイ藻。横浜市立大紀要生物学編 3 : 1-155.
- 福島 博・小林艶子 1975. 生物指標としての珪藻。日本生態学会編。環境と生物指標 2 : 54-60. 共立出版, 東京。
- HUSTEDT, F. 1930. Bacillariophyta (Diatomeae). In PASHER, A. (ed.) Die Süßwasser-Flora Mitteleuropas. Heft 10. Gustav Fischer, Jena.
- HUSTECT, F. 1930-1966. Die Kieslagen Deutschlands, Österreichs und der Schweiz. In RABENHORST, L. (ed.), Kryptogamen-Flora Deutschland, Österreich und der Schweiz 7 (3) : 1-920, 1-845, 1-816. Leipzig.
- 木元新作 1976. 動物群集研究法 I—多様性と種類組成。生態学研究法講座 14, pp. 147-151. 共立出版, 東京。
- 小林 弘 1964. 荒川産珪藻類 (2)。秩父自然博物館研究報告 1964(2) : 65-77.
- 近藤良夫・舟坂 渡編 1974. 技術者のための統計的方法。pp. 89-101, 144-148, 共立立版, 東京。
- PATRICK, R. and REIMER, C. W. 1966. The diatoms of the United States (Exclusive of Alaska and Hawaii), 1. Acad. Nat. Sci. Philadelphia, Philadelphia.
- 渡辺仁治 1668. 大和吉野川における付着藻類と濁度。日水処理生物誌 4 : 9-11.
- 渡辺仁治 1970. 砂利採集の河川生物への影響。遺伝 12 : 9-16.
- 渡辺仁治・上條裕規 1974. 九頭竜川水系の付着生物におよぼす濁りの影響。陸水雜 35 : 73-81.
- 渡辺仁治・墨田迪彰 1976. 梶川水系の川床付着物による重金属の濃縮と生物相。日水処理生物誌 12 : 65-72.

## 褐藻ニセフトモズク（ナガマツモ目）の培養下での生活史について

川井 浩史

北海道大学理学部植物学教室（060 札幌市北区北10条西8丁目）

KAWAI, H. 1986. On the life history of Japanese *Eudesme virescens* (CARM.) J. AG. (Phaeophyceae, Chordariales) in culture. Jap. J. Phycol. 34: 203-208.

A direct type of life history was shown in Japanese *Eudesme virescens* (CARM.) J. AG. in culture. Zoospores released from the unilocular sporangia on the plant in nature germinated unipolarly to form sterile compact prostrate filaments, from which the erect filaments bearing unilocular sporangia (sporophyte) were issued. The erect filaments occurred both under short day and long day conditions at 5°C, 10°C and 15°C. However, the medullary filaments developed well to form a central axis only under the long day conditions. At 20°C, erect filaments scarcely developed and the compact prostrate filaments remained sterile. Although there have been several reports on the occurrence of plurilocular sporangia transformed from assimilatory filaments of the sporophyte, such plurilocular sporangia were not observed in the present study, in spite of the frequent occurrence of unilateral swellings or irregular branchlets on the assimilatory filaments. Chromosome numbers of 10-12 were recorded for the vegetative cells and the unilocular sporangia of erect filaments as well as for the vegetative cells of prostrate filaments.

*Key Index Words:* Chordariales; *Eudesme virescens*; life history; Phaeophyceae.

Hiroshi Kawai, Department of Botany, Faculty of Science, Hokkaido University, Sapporo, 060 Japan.

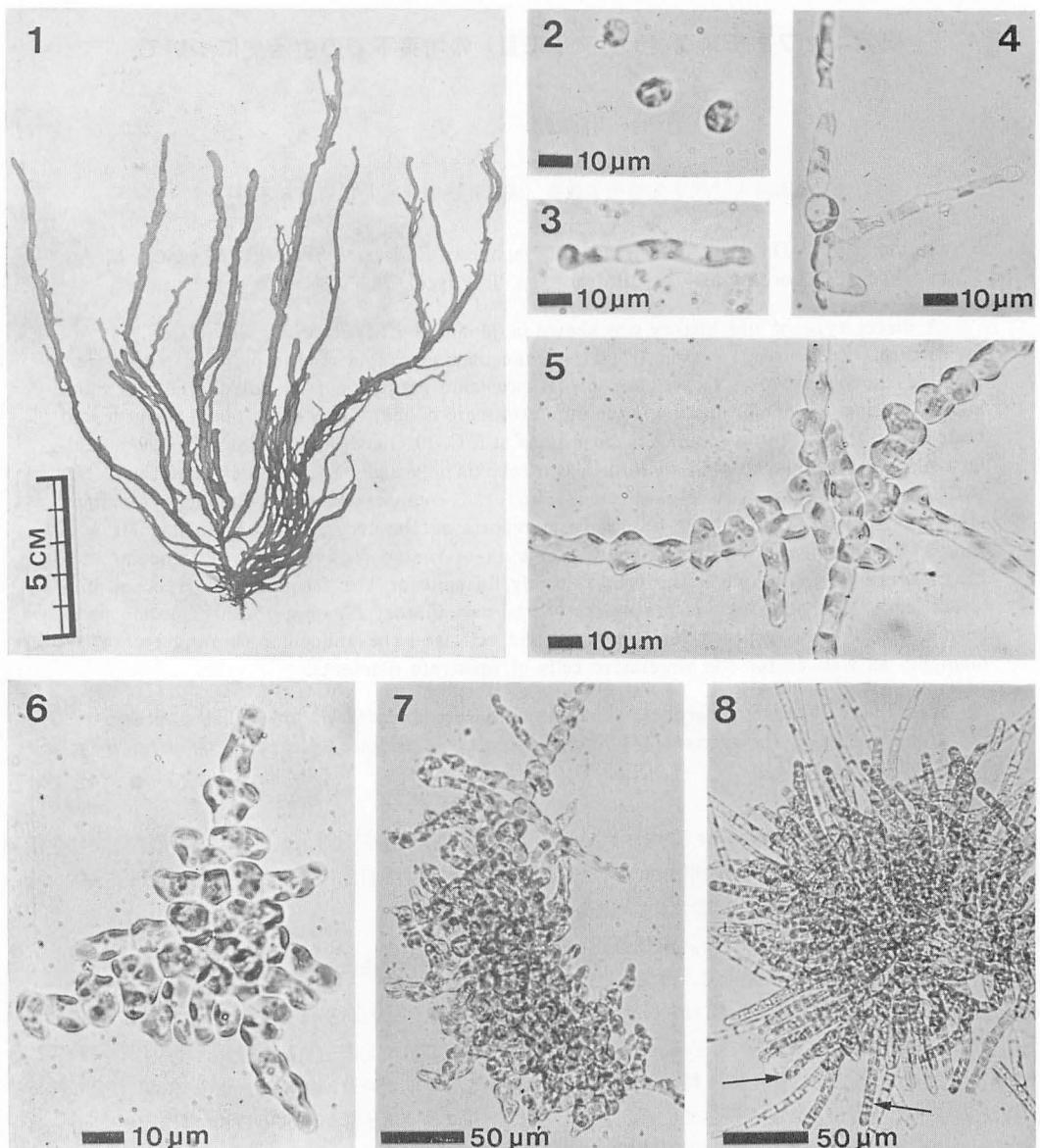
ニセフトモズク *Eudesme virescens* (CARM.) J. AG. (ナガマツモ目, ナガマツモ科) は欧州をはじめ北半球の冷水域に広く分布しており、本邦では主に北海道の寒流の影響を受ける沿岸に分布する。北海道東部では5月から8月に観察される一年藻で、漸深帶上部から潮間帶の中部に生育し、高さ20cm程度になる(Fig. 1)。成熟すると単子嚢を生じる。THURET (1850) 他は本種で単子嚢に加えて、時に同化糸から変成する複子嚢も生じることを報告している。しかしこれには異論もあり、特に KYLIN (1933, 1940) は否定的な見解を示した。本邦周辺では TOKIDA (1954) はサハリン産の材料で単子嚢に加えて未熟な複子嚢様の同化糸の分枝を報告し、一方 INAGAKI (1958) は本邦産の材料では単子嚢だけを報告している。著者のこれまでの北海道各地の材料の観察においては、TOKIDA (1954) の報告しているような同化糸に生じる小枝はしばしば観察されるものの、明らかな複子嚢は観察されず、単子嚢だけが観察された。一方、本種の生活史型に関しては、SAUVAGEAU (1929) 等が欧州産の材料に基づき培養を試みているが生活史を完結するには至っていない。そこで本研究では本種の同化糸に生じる小枝の性質を明らかにし、また培養下での生活史型を解明する目的で厚岸産の材料から培養実験を行った。

### 材 料 と 方 法

培養に用いた材料は1980年6月17日、6月29日、1983年6月27日に北海道東部・厚岸(43°02'N, 144°52'E)のアイカッ普岬及びアイニンカッ普岬において採集した。培養は単子嚢から放出された遊走子をピペッティングにより分離し、スライドガラスに付着させた後、PESI 培養液 (TATEWAKI 1966) を満した200ml腰高シャーレに移して行った。温度・日長は5°C, 10°C, 15°C, 20°Cにそれぞれ長日 (LD, 16:8), 短日 (SD, 8:16) を組み合わせた8条件を用い、2000~3000luxの白色螢光灯で照明した。培養液は2~3週間にごとに交換した。また染色体の観察は酢酸・鉄・ヘマトキシリソ・抱水クロラール法 (WITTMANN 1965) によった。

### 結 果

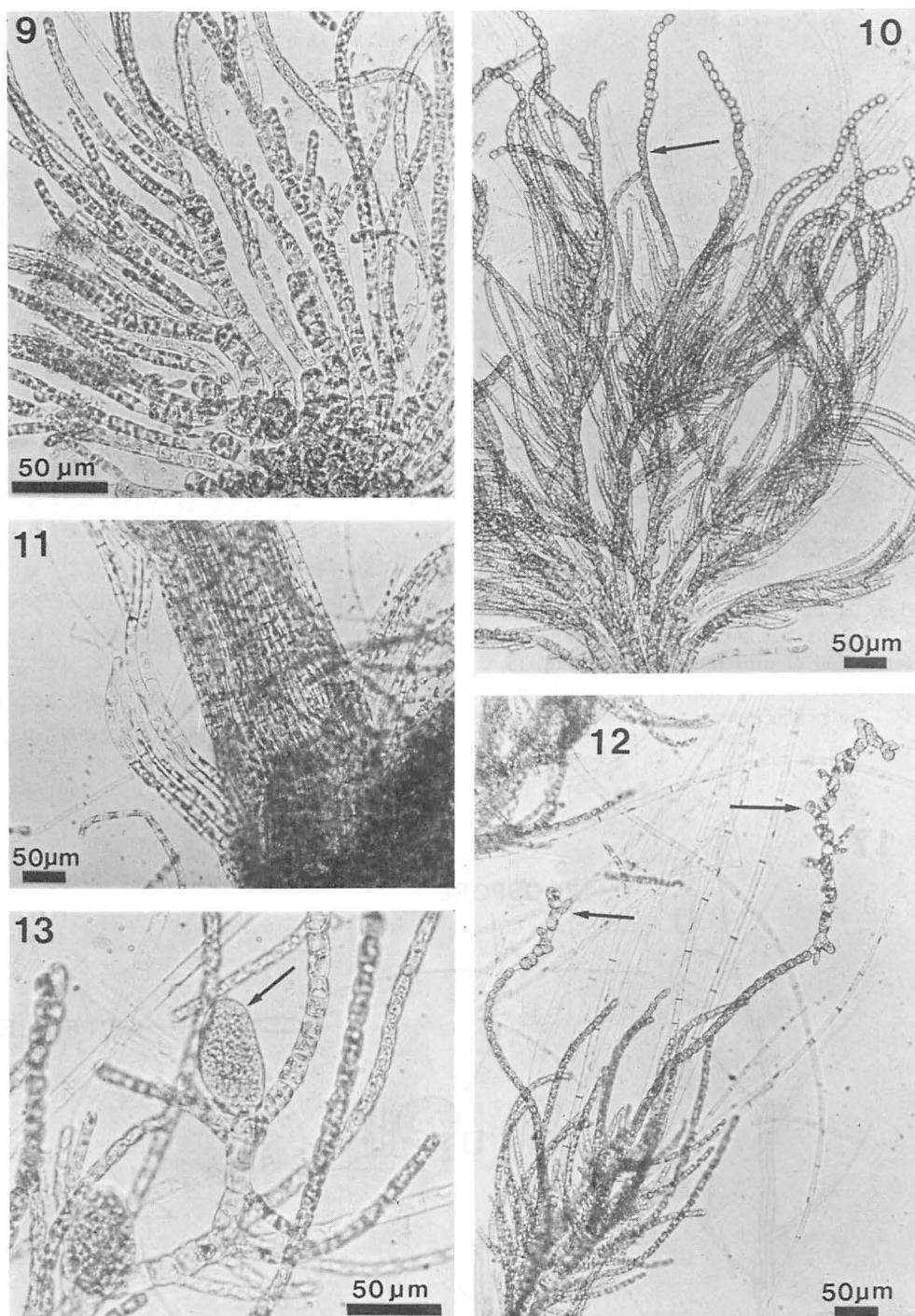
単子嚢から放出された遊走子は長さ7-7.5μm、幅



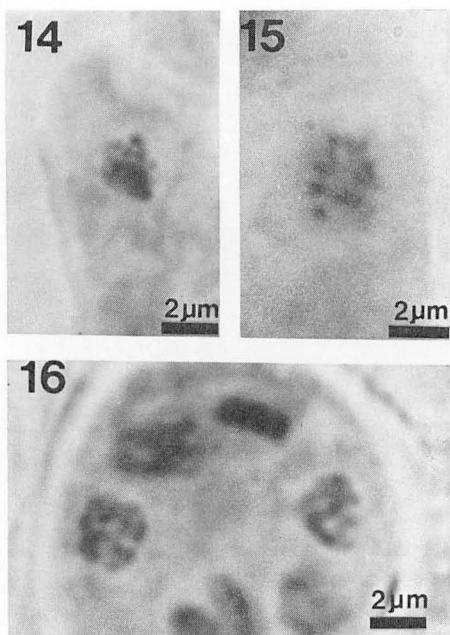
Figs. 1-8. *Eudesme virescens* (CARM.) J. AG., plant in nature and early development of zoospore. Fig. 1. Habit of mature plant in nature collected in Akkeshi on 28 June 1980. Fig. 2. Zoospores. Fig. 3. Unipolar germination of zoospore. Figs. 4, 5. Prostrate branched filaments. Figs. 6, 7. Compact prostrate filaments. Fig. 8. Assimilatory filaments issued from compact prostrate filaments (arrows).

4.5-5  $\mu\text{m}$  の西洋梨形で、側生する 2 鞭毛、ビノレイドを伴う 1 個の色素体と眼点を有する (Fig. 2)。放出後、負の走光性を示し、数分間遊泳した後ガラスに付着し丸くなる。1~2 日で単極的に発芽し、匍匐系状体に発達する (Figs. 3, 4, 5)。その後匍匐部は中央部の細胞糸が互いに癒合して密になり小盤状となる (Figs. 6, 7)。5°C, 15°C の長日、短日いずれの条件でも、3-

13週間で匍匐部から色素体に富む同化糸が直接発出する (Fig. 8)。次いで同化糸の下部に色素体に乏しく介生分裂する大型の髓細胞を分化して、さらに褐藻型の毛を有し、自然藻体を構成する細胞糸と似た直立藻体 (胞子体) に発達する (Figs. 9, 10)。特に長日条件 (5°C LD, 10°C LD, 15°C LD) では並行する髓細胞糸が互いに接着し束状となり、髓糸の束 (中心軸) を



Figs. 9-13. *Eudesme virescens* (CARM.) J. Ag., sporophyte in culture. Fig. 9. Young sporophytic filaments of sympodial growth with phaeophycean hairs. Fig. 10. Simple assimilatory filaments on young sporophytic filaments (arrow). Fig. 11. Central axis of sporophyte formed by the coalescence of medullary filaments. Fig. 12. Mature assimilatory filaments, the upper parts of which formed branchlets (arrows). Fig. 13. Unilocular sporangia on sporophytic filaments (arrow).



Figs. 14-16. Chromosomes of *Eudesme virescens* (CARM.) J. AG. in culture. Fig. 14. Vegetative cell of prostrate filament. Fig. 15. Vegetative cell of erect filament (sporophyte). Fig. 16. Unilocular sporangium on erect filament.

形成しながら (Fig. 11) よく生長する。しかし藻体の先の、同化糸の部分は互いに接着することなく叢状のままで、自然藻体のような粘質に包まれた、まとまった形態には発達しない。胞子体の生長は長日条件の中では 15°C, 10°C, 5°C の順に高温でより早いが、最終的な体の大きさはほとんど変らず、高さ約 30 mm である。同化糸は若い時には分枝せず、ほぼ等径で、25-35 個の少しふくれた円筒形、または長円形の細胞からなる (Fig. 10)。その後、生長とともにしばしば同化糸の中・上部に片側に出る突起を生じ、また小枝や明らかな分枝に発達する (Fig. 12)。しかしその後、藻体が成熟し単子嚢を生じた後も、この部分が複子嚢に変成することはなかった。一方、短日条件 (5°C. SD, 10°C. SD, 15°C. SD) では、髓細胞糸の発達はあまり起らず、伸長も悪く、直立部は高さ 2-5 mm に達するにすぎない。培養開始後 5-23 週間で、胞子体の髓細胞の先、または同化糸の基部に、無柄で長円形または倒卵形の単子嚢が生じる (Fig. 13)。20°C では、長日、短日いずれの条件でも同化糸等の直立藻体の形成はほとんどみられず、また生殖器官の形成もみられなかつた。

染色体数は培養下の匍匐糸状体の栄養細胞 (Fig. 14), 直立藻体の栄養細胞 (Fig. 15), 及び単子嚢 (Fig. 16) のいずれでも 10-12 であった。

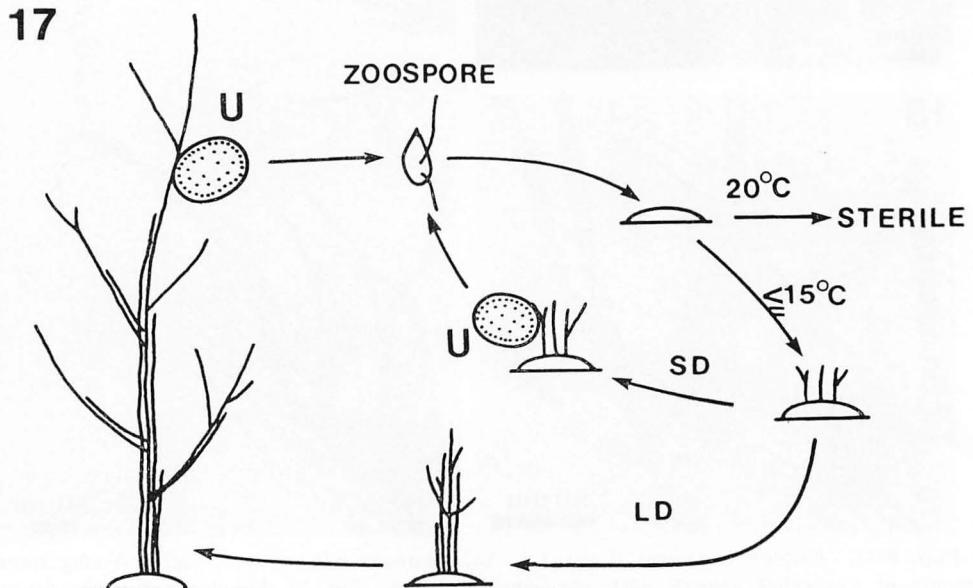


Fig. 17. A diagram of the direct type of life history of *Eudesme virescens* (CARM.) J. AG. in culture.

## 考 察

今回の培養の結果をまとめると Fig. 17 のようになる。遊走子から生じた小盤状の匍匐部はそれ自体が成熟することなく、また 5°C から 15°C の長日、短日いずれの条件でも胞子体（直立藻体）を直接生じた。過去の本種の培養実験では SAUVAGEAU (1929), KYLIN (1933) は遊走子の単列分枝糸状体への発達を観察しているが、これらの糸状体は成熟に至らなかった。PARKE (1933) の実験では、この糸状体は複子囊を生じ、複子囊由来の遊走細胞は接合せずに *Myriophyllum* 状の盤状体となり、そこから髓細胞糸を生じたが、直立藻体は成熟に至らなかった。しかし、この結果から PARKE (1933) は本種が微小な単列糸状の配偶体と大型の胞子体の間で、異型の世代交代をすると考えた。また、COLE (1967) の実験では遊走子由來の糸状体は複子囊を生じたが、複子囊由来の遊走細胞は接合せずに再び糸状体の世代（配偶体）を繰りかえした。この中で COLE は自然藻体の単子囊と、培養下の糸状体世代の栄養細胞の染色体の観察を行い、染色体数につき  $2n=20$  (胞子体),  $n=10$  (配偶体) を報告している。しかし、今回の厚岸産の材料の観察では、胞子体、単子囊、匍匐糸状体を通じて、染色体数は 10-12 であり、核相の交代は確認されなかった。従って、今回観察された、遊走子に由来する匍匐糸状体を胞子体の基部組織と考えるか、配偶体と考えるかについては依然問題が残る。しかし、過去の培養結果の報告を考えあわせると、本種は PARKE (1933) が推察したような典型的な異型の生活史型を基本型として持ちながら、地域的に、配偶体の成熟が抑制され、その上に直接胞子体を生じる様な生活史型が優占的になっているのではないかと考えられる。

THURET (1850), JÖNSSON (1903), SETCHELL and GARDNER (1925), PARKE (1933), TAYLOR (1937), LEVRING (1937), ROSENVINGE and LUND (1943), TOKIDA (1954), LUND (1959), JAASUND (1965) は、本種において、ふつう同化糸の中部の片側に生じる小枝から変成する複子囊、またはそれと似た構造の存在を報告している。一方、KYLIN (1933, 1940) はこのような複子囊の存在に疑問を示し、特に THURET (1850) の図に描かれている複子囊を持つ個体は、*Sauvageaugloia* 等の他の属のものであろうとの見解を示した。さらに、先に挙げた報告の中でも、実際に遊走細胞の放出が観察された例はない。LUND (1959) は部分的に空になった複子囊を観察しているものの、

彼が観察した材料は高さ 15 mm 程度で、ほとんど分枝せず、また単子囊を持たない若い個体であることから、その同定に問題がないわけではない。さらに、本研究においても培養下で胞子体の成長に伴って、しばしば同化糸上の小枝が観察されたにもかかわらず、複子囊への変成はみられなかったことを考えあわせると、現時点での本種の同化糸に見られる構造を複子囊であると結論するのは適当でないと考える。

培養下での温度と日長に対する反応については、胞子体が 5°C-15°C の長日条件でよく成長し、また成熟したことは、本種が春から夏にみられる一年藻であることと一致する。しかし、5°C-15°C の短日条件でもわずかに胞子体が発達し、成熟したことから、自然下で肉眼的には観察されないが、春から夏以外の時期にも小さな胞子体が存在し、また遊走子により繁殖している可能性もあると考えられる。また、20°C では日長にかかわらず、胞子体の発達はほとんど起らず、成熟もしなかった。このことは本種が冷水域にのみ分布することと一致する。

稿を終えるにあたり、本論文の校閲を頂いた吉田忠生博士に感謝します。

## 引 用 文 献

- COLE, K. 1967. The cytology of *Eudesme virescens* (CARM.) J. Ag. I. Meiosis and chromosome number. Can. J. Bot. 45: 665-673.
- INAGAKI, K. 1958. A systematic study of the order Chordariales from Japan and its vicinity. Sci. Pap. Inst. Algol. Res., Fac. Sci., Hokkaido Univ. 4: 87-197, 11 pls.
- JAASUND, E. 1965. Aspects of the marine algal vegetation of North Norway. Bot. Gothenburg. 4: 1-174.
- JÖNSSON, H. 1903. The marine algae of Iceland. 2. Phaeophyceae. Bot. Tidsskr. 25: 141-195.
- KYLIN, H. 1933. Über die Entwicklungsgeschichte der Phaeophyceen. Lunds Univ. Årsskr., N.F., Avd. 2. 29: 1-102, 2 pls.
- KYLIN, H. 1940. Die Phaeophyceenordnung Chordariales. Lunds Univ. Årsskr., N.F. Avd. 2. 36: 1-67, 8 pls.
- LEVRING, T. 1937. Zur Kenntnis der Algenflora der norwegischen Westküste. Lunds Univ. Årsskr., N.F., Avd. 2. 33: 1-148.
- LUND, S. 1959. The marine algae of East Greenland. I. Medd. Om Grönland. 156: 1-247.
- PARKE, M. 1933. A contribution to knowledge of the Mesogloioaceae and associated families. The University Press of Liverpool, Liverpool.

- ROSENVINGE, L. K. and LUND, S. 1943. The marine algae of Denmark. Contributions to their natural history. Vol. 2. Phaeophyceae. P. 2. D. Kgl. Danske Vidensk. Selsk., Biol. Skr. 2: 1-59.
- SAUVAGEAU, C. 1929. Sur le développement de quelques Phéosporées. Bull. Stat. Biol. d'Arcachon. 26: 253-420.
- SETCHELL, W. A. and GARDNER, N. L. 1925. The marine algae of the Pacific Coast of North America. University of California Press, Berkeley.
- TATEWAKI, M. 1966. Formation of a crustaceous sporophyte with unilocular sporangia in *Scytosiphon lomentaria*. Phycologia 6: 62-66.
- TAYLOR, W. R. 1937. Marine algae of the Northeastern Coast of North America. The University of Michigan Press, Michigan.
- THURET, G. 1850. Recherches sur les zoospores des algues et les anthéridies des cryptogames. Ann. sci. nat. sér. 3, Bot. 14: 214-260.
- TOKIDA, J. 1954. The marine algae of Southern Saghalien. Mem. Fac. Fish., Hokkaido Univ. 2: 1-264, 15 pls.
- WITTMANN, W. 1965. Aceto-iron-hematoxylin-chloral hydrate for chromosome staining. Stain Tech. 40: 161-165.

## ニュース

### (1) 第1回「環境科学」シンポジウム

主 催：「環境科学」特別研究総合班・「環境科学」シンポジウム実行委員会

日 時：昭和61年11月12日（木）～14日（金）

場 所：東京虎ノ門パストラル

〒105 東京都港区虎ノ門 4-1-1

TEL 03 (432) 7261 <大代表>

〔交通〕地下鉄銀座線虎ノ門駅下車徒歩8分、地下鉄日比谷線神谷町駅下車徒歩2分

<プログラム>

3日間9:00より17:00まで4会場にて、環境科学全般にわたり広範な研究成果340篇が発表されます。

参加費：要、当日渡しの講演要旨集代を含む。

事前の参加申込みは不要

懇親会：11月12日（木）18時より同パストラル宴会場 葵間

会費5,000円（予定）実行委員会まで早目に葉書で申し込んで下さい。なお、当日も受付けます。

展 示：期間中、文部省科学研究費「環境科学」特別研究成果報告のデータベース（筑波大学環境科学研究所、UTOPIA）および国立公害研究所のデータベース INFOTERRA のオンライン検索の展示・実演を企画しております。

連絡先：〒305 挨城県新治郡桜村

筑波大学大学院環境科学研究所内

「環境科学シンポジウム」実行委員会

実行委員長 山 中 啓

（TEL 0298-53-4752, 6598 何れも直通）

なお、プログラムについては、郵送料60円切手同封の上、連絡先に申し込むこと。

## ツヤナシシオグサとカイゴロモの生活史について

王 晓 陽・阪 井 與 志 雄

北海道大学理学部附属海藻研究施設 (051 室蘭市母恋南町 1-13)

WANG, X. Y. and SAKAI, Y. 1986. Life history of *Cladophora opaca* and *Cl. conchopheria* (Chlorophyta). Jap. J. Phycol. 34: 209-215.

The life history of *Cladophora opaca* SAKAI from Muroran, Hokkaido, and *Cl. conchopheria* SAKAI from Takahama, Fukui Prefecture, was studied by culture experiment. Both of the two species showed a typical *Cladophora*-type cycle, namely they performed an isomorphic alternation between sporophyte and gametophyte. *Cl. opaca* is an annual species which appears from early June to mid September under natural conditions, and reproduction takes place asexually in spring and sexually in summer. The germination pattern of both zoospore and zygote of this species was the bipolar erect type as observed in many other species of *Cladophora*. But in *Cl. conchopheria* a particular pattern of germination was observed; after settling on the substrate, zoospores and zygotes produce a germ tube, by means of which they germinate and develop. Moreover, the reproductive segments were formed acropetally in branches. But the chromosomes in this species were found to be 10-12 in vegetative cells of the gametophyte and 20-24 in those of the sporophyte like other species of *Cladophora*, and the nuclear division was synchronous but independent of the cytokinesis.

*Key Index Words:* *Cladophora conchopheria*; *Cladophora opaca*; *culture experiment*; *early development*; *germ tube*; *life history*; *seasonal periodicity*.

Xiao Yang Wang and Yoshio Sakai, Institute of Algological Research, Faculty of Science, Hokkaido University, Muroran, Hokkaido, 051 Japan.

シオグサ属は緑藻の中で最も大きい属であり、古くから多くの研究者によって研究がなされて來た。生活史の面では、複相の世代のみで核相の交代が見られない型 (*Cl. glomerata*, SCHUSSNIG 1928, 1930, 1951, 1954, LIST 1930) と多くの種に見られる単相と複相の両世代が交代する型の両者が知られている。日本産シオグサ属植物について、千原 (1960) と越坂 (1978) は多くの種の生活史を明らかにしたが、今回標記の2種で2~3の点を明らかにしたので報告する。

本実験の材料として用いられた2種の中で、ツヤナシシオグサはよく知られ、調べられた種類であるが、カイゴロモは SAKAI (1964) によって記載されただけで、その後の研究はない。この種はスガイ *Turbo (Lunella) coronatus* の貝殻の表面に着生する微小な单列糸状で分枝する多細胞・多核緑藻であり、その一般的な外部形態的特徴に基づいて、SAKAI (1964) は新種としてシオグサ属に入れた。その時、彼は本種のもついくつかのユニークな特徴も述べた。例えば、約

1 mm という小さなサイズであること、通常のシオグサ属植物には少ない細胞壁内を下降する不定仮根を有すること、そして成熟が枝の下部細胞から先端部へ求頂的に進むことなどである。筆者らはこの種に興味をもちつつ、数種のシオグサ属植物の培養実験を行なったが、ここでは2種の生活史についてその結果を報告する。

### 材料と方法

本実験に用いられたツヤナシシオグサ (*Cladophora opaca* SAKAI) は室蘭市チャラツナイ浜で1984年7月、王により採集されたものであり、カイゴロモ (*Cl. conchopheria* SAKAI) は福井県高浜で1984年6月、京都大学の中原紘之博士の御厚意により採集され送付されたものである。

採集された藻体を1個体ずつ分離し、濾過海水でよく洗浄してから粗培養した。2種類の場合とも、培養実験は成熟した胞子体から放出された遊走子から始め

た。遊走子をマイクロピペットでスライドガラスの上に植えつけて、遊走細胞が附着した後、腰高シャーレに移し、培養する。接合実験はプラスとマイナスの配偶子と一緒に混ぜることによって行なった。

培養は 5, 10, 14, 18, 22°C で、各温度をそれぞれ 1 日 14 時間照明（長日）、及び 10 時間照明（短日）の 2 日長条件にした合計 10 種類の異なった培養装置で行なった。照明には白色螢光灯 (40 W) を用い、照度は 2,000~4,000 lux であった。培養には腰高シャーレ（直径 6.5 cm, 高さ 8.0 cm）を使用し、各シャーレに PES 培地 (PROVASOLI 1966) 200 ml を入れ、3 週間或は 1 カ月毎にこれを取替えた。

カイゴロモの場合は生活環を完結させると共に、核分裂及び染色体の観察を行なった。藻体を 3:1 のエタノールと酢酸との混合液で固定し、ウィットマン氏鉄ヘマトキシリン・抱水クロラル液 (WITTMANN 1965) で染色した後、押しつぶし法によって、プレパラートを作製し、光学顕微鏡で観察した。

## 結果

### 1. ツヤナシシオグサ (*Cladophora opaca* SAKAI)

室蘭チャラツナイ浜に生育するツヤナシシオグサは潮間帯上部から下部にわたって見られる。Fig. 1 に示すように、6 月の初めから若い胞子体が見え始め、7 月の上旬ごろに 4 鞭毛を有する遊走子の放出が見られ、この放出は 7 月末まで続く。この時期には配偶体が出現し、8 月中旬頃に成熟し始め、配偶子を放出する。しかし、9 月中旬すぎには殆んどの藻体が枯死流失してしまい、翌年の 5 月まで全く見られなくなる。

それぞれの生殖時期に入ると、遊走子嚢あるいは配偶子嚢が形成される。遊走子嚢と配偶子嚢は栄養体構成細胞の変成によるものであり、特殊な生殖器官の形成はない。一般に遊走子嚢や配偶子嚢の形成は枝の先端部から始まり順次基部におよぶ。よく成熟した藻体

を新鮮な培地に移すと、遊走細胞は遊走子嚢あるいは配偶子嚢の上部あるいは側面の放出孔から遊出する。

遊走子は西洋ナシ形で、1 眼点と 4 鞭毛をもっている (Fig. 2)。大きさは約  $12.0 \mu\text{m} \times 6.5 \mu\text{m}$  である。遊走子はしばらく遊泳した後、基物に附着し、鞭毛を失って球状となる。球状となった遊走子の下部に発芽突起ができる、この部分は漸次伸長し、時には二つあるいは二つ以上の突起を生じて盤状部を作り、附着の役目を果す (Fig. 5)。一方、反対の部分は基物と逆の方向へ、即ち上方へ向って分裂しながら伸長し、直立棒状の発芽体となる (Fig. 6)。このような発芽の様式はすでに千原 (1960) により報告されている直立型である。

遊走子の発芽と生長は長日条件の 22°C と 18°C のいずれも良かったが、1 カ月半ぐらい後、22°C で培養した藻体が先に成熟し、配偶子を放出した。この配偶体は天然の胞子体と同じ外形を示した。

配偶体は雌雄異株であり、同一藻体から放出された配偶子間の接合現象は見られない。有性生殖は雌雄の同形配偶子によって行なわれる。配偶子は遊走子と似ているが、やや小形で  $8.7 \mu\text{m} \times 5.6 \mu\text{m}$  の大きさがあり、2 鞭毛をもっているので、明らかに区別がつく (Fig. 3)。

プラスとマイナスの配偶子の融合によってできた接合子 (Fig. 4) は基物に附着した後球状となるが、その発芽と生長の様式は遊走子の場合と同様であり、最後に天然藻体と同形の胞子体に発達する。

ツヤナシシオグサの藻体は 14°C 以上の条件でよく生長したが、配偶体の方は胞子体よりやや高い温度条件を要求するようであり、22°C で培養した藻体が先に成熟した。しかし胞子体の場合には、18°C でよく成熟した。10°C の条件下でも生長したが、成熟しなかった。5°C では球状となった生殖細胞は全く発芽しないまま生きていた。いずれの温度条件においても、長日の方で藻体はよく生長した。以上の観察結果から、

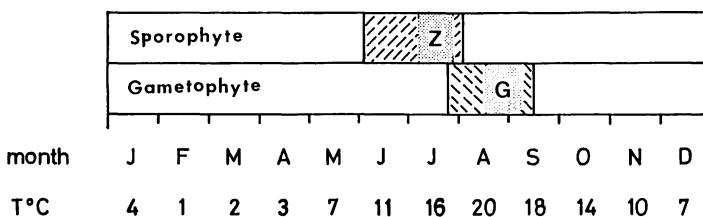
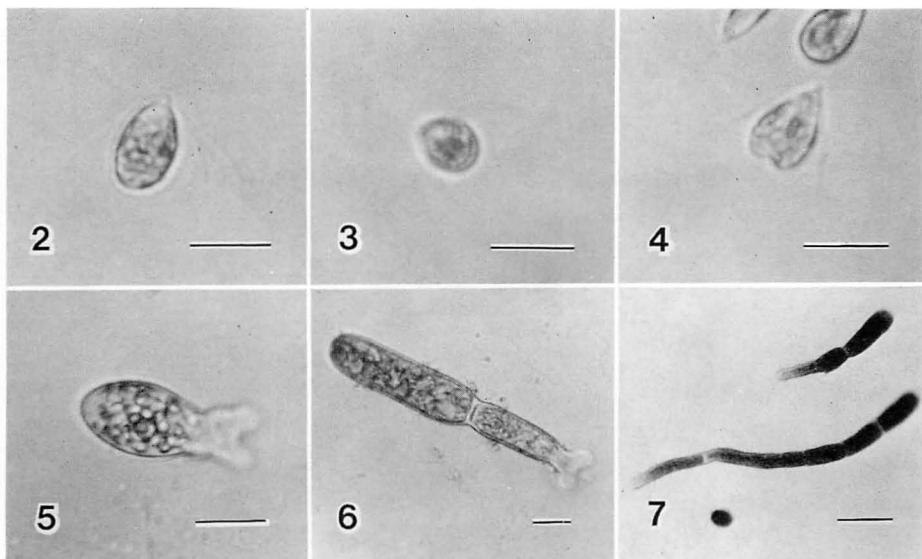


Fig. 1. Diagrammatic representation of seasonal periodicity of occurrence of *Cladophora opaca* at Charatsunai, Muroran. T°C, water temperature. Z and G denote the formation of zoospores and gametes, respectively.



Figs. 2-7. *Cladophora opaca* SAKAI. Fig. 2. Zoospore. Fig. 3. Gamete. Fig. 4. Conjugation of gametes. Fig. 5. Four-day-old germling grown at 22°C long day, showing two-lobed base. Fig. 6. Nine-day-old germling grown at 18°C long day, showing erect growth. Fig. 7. Germling grown at 5°C short day, showing filament-like base. Scale: (Figs. 2-6) = 10 μm; (Fig. 7) = 100 μm.

室蘭産ツヤナシシオグサは同形世代交代をし、胞子体と配偶体は季節的に消長することが明らかになった。

## 2. カイゴロモ (*Cladophora conchopheria* SAKAI)

天然ではカイゴロモは生きているスガイの貝殻の表面にのみ着生して生育している。藻体は深緑色で、1.5 mm 前後の大きさしかない。藻体は2回あるいは3回分枝し、ピンセットで貝殻からはずした場合でも、匍匐する仮根は見られず、先端は尖っている。

成熟に至った藻体は遊子囊あるいは配偶子囊を生じるが、それらは同じく栄養細胞から変成したものである。しかし、遊走子囊あるいは配偶子囊は枝の下部細胞からでき始め、先端へ向って進行していく (Fig. 8)。成熟するにつれて、細胞は膨らんできて、緑色から黄緑色に変り、殆どの場合に細胞の先端側面に一つの顕著な小乳頭状突起ができる、ここに放出孔ができる、生殖細胞が1個ずつ個々に放出される (Fig. 9)。

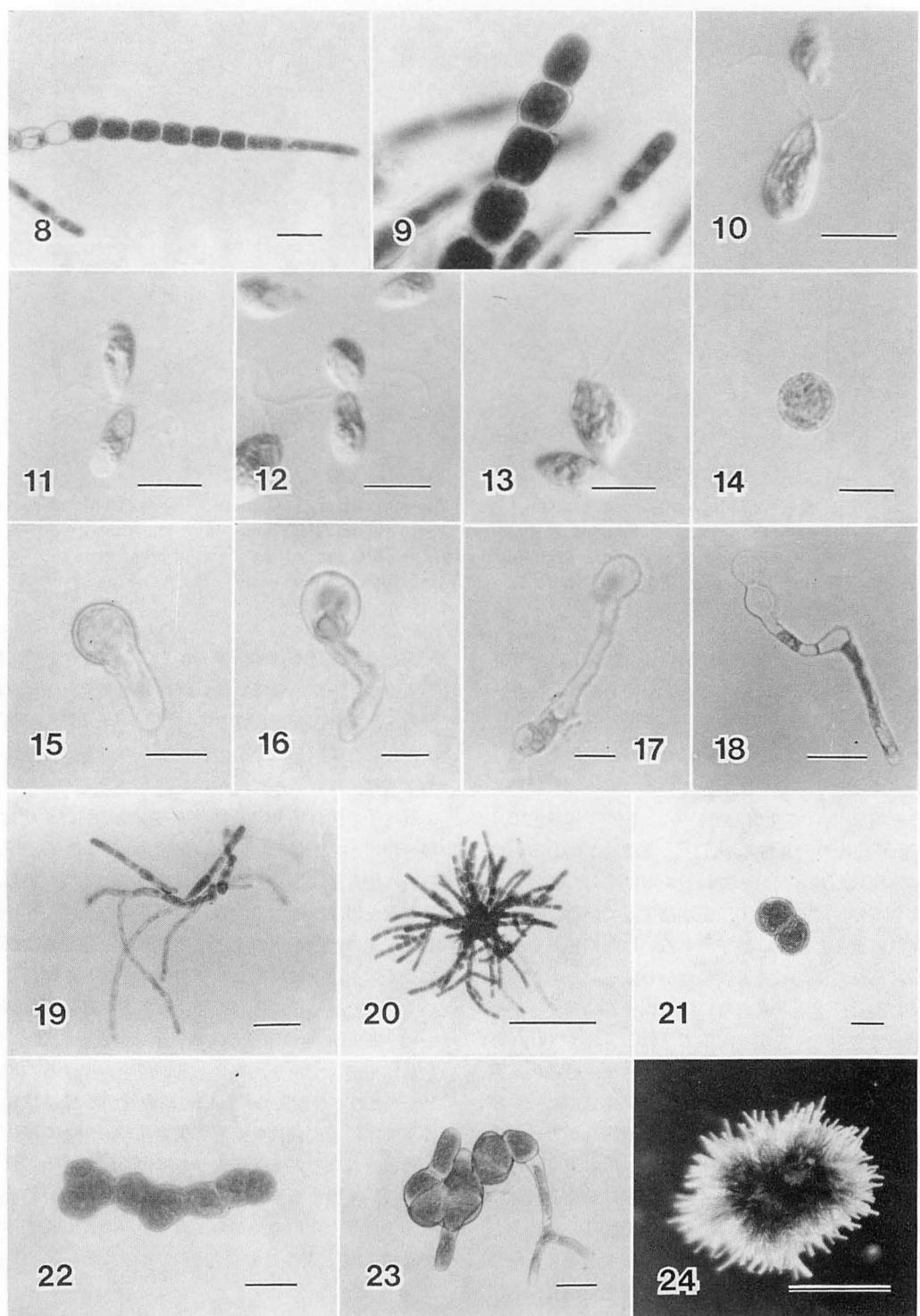
遊走子は涙滴状であり、4本の鞭毛は細胞先端部にある小瘤状の突起から伸びている (Fig. 10)。大きさは約 14.2 μm × 7.8 μm であり、一つの葉緑体と一つの眼点がある。遊走子は弱い負の走光性を示し、しばらく遊泳してから、基物に附着し、球状となる。

配偶体は雌雄異株であり、有性生殖は同形の雌雄配偶子によって行なわれる (Fig. 11)。配偶子は2本の

鞭毛をもち、11.6 μm × 7.0 μm ぐらいの大きさで、弱い正の走光性を示している。雌雄の配偶子と一緒に混ぜると、接合子が形成される (Figs. 12, 13)。配偶子は接合した後割合に早く融合するものが多い。配偶子の単為発生は認められなかった。

遊走子も接合子も同じ発芽の様式を示した (Figs. 14~18)。スライドガラスに植えつけられた遊走子あるいは接合子は附着した後、丸くなり、体積を増し、発芽管を出す。細胞の内容物が発芽管の先端部へ移動して、元の細胞が空のままに残された。発芽管は割合に長く、その中に移動した細胞質は分裂し、伸長していく。この発芽管によって発生してきた藻体は最初の2~3週間に細胞が伸長し、不規則な分枝をするが、葉緑体は未発達であり、外見上薄い緑色を呈する (Fig. 19)。この不規則な分枝は仮根に発達するが、培養条件下では附着の役目を殆ど果さない。つまり藻体はこの仮根によりスライドガラスに固く附着することができず、振盪すると、藻体は簡単に脱落する。培養3週か1ヶ月ぐらいの時から、直立枝がだんだん発達してきて、結局天然のものと同じ藻体になった (Fig. 20)。

ところが、偶に発芽管を生ずることなく、直接二分裂により発芽していくことも観察された (Figs. 21~23)。丸くなつて基物に附着した生殖細胞は分裂して、

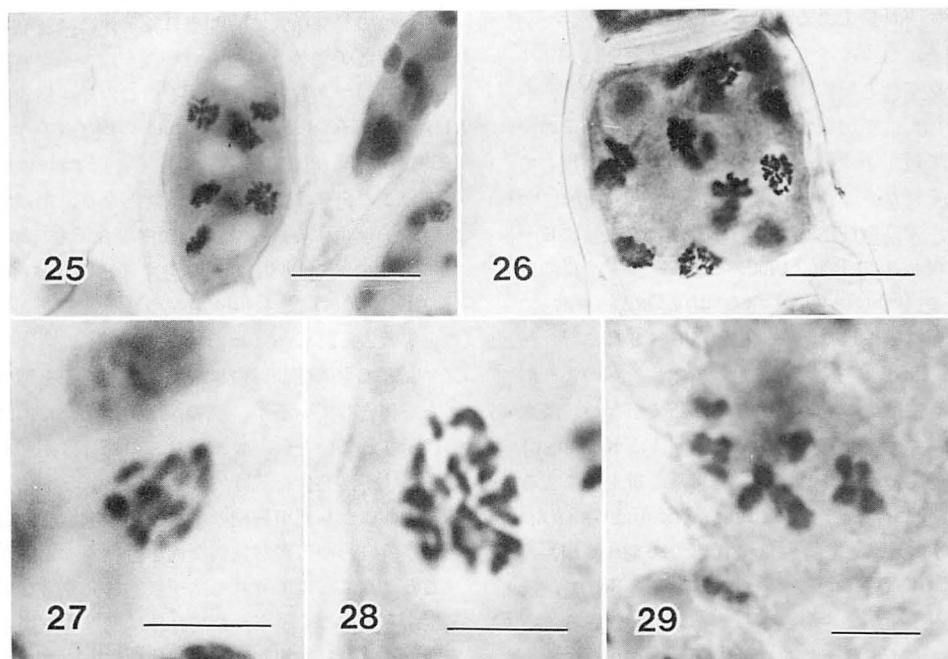


数細胞の匍匐する発芽体になる。この発芽体の一端の細胞が細長くなって、仮根状の枝に発達していくが、直立枝は直接に発達してくるのでよく見られない。この発芽の様式は放出されて、そのままシャーレの底に落ちた生殖細胞の場合にだけ見られた。

カイゴロモは胞子体も配偶体も22°Cの長日条件で最もよく生長し、2.5~3カ月後成熟する。成熟した藻体を続けて培養すると、仮根の部分がだんだん絡み合って来て、直径0.5~1.2cmのマリモ状の球状体になる(Fig. 24)。

細胞核分裂は先端の若い細胞でも成熟細胞でも

観察され、たくさんの核は同調して分裂することがわかった(Figs. 25, 26)。しかし、多数の核は細胞の中にランダムに分散したままであり、*Urospora wormskjoldii* (MERTENS) ROSENV. (KORNMAN 1966) や *Acrosiphonia spinescens* (KÜTZ.) KJELLM. (HUDSON 1974) のように一列に並ぶことはなかった。染色体の数は配偶体の栄養細胞で10~12本であり(Fig. 27), 胞子体では20~24本であった(Fig. 28)。また、複相の胞子体が遊走子を形成する際に、減数分裂を行なうことも観察できた(Fig. 29)。つまり遊走子は単相であり、発芽して単相の配偶体に生長する。



Figs. 25-29. *Cladophora conchopheria* SAKAI. Fig. 25. Synchronous nuclear division in apical cell. Fig. 26. Synchronous nuclear division in reproductive cell. Fig. 27. Chromosomes in vegetative cells of gametophyte, counted 10-12. Fig. 28. Chromosomes in vegetative cells of sporophyte, counted 20-24. Fig. 29. Synapsis of the homologues during zoosporegenesis. Scale: (Figs. 25 and 26)=50 μm; (Figs. 27-29)=10 μm.

Figs. 8-24. *Cladophora conchopheria* SAKAI. Fig. 8. Fertile branch showing the reproductive segment arising from the lower part of the branch. Fig. 9. Reproductive segments with large papillae at the top or the lateral near the top. Fig. 10. Zoospore. Fig. 11. Gamete. Fig. 12. Conjugation of gametes. Fig. 13. Zygote. Fig. 14. Rounded zygote. Fig. 15. Germling producing a germ tube. Fig. 16. Cytoplasm beginning to migrate toward the germ tube. Fig. 17. Most of cytoplasm migrated into the apical end of the germ tube. Fig. 18. Empty original cell. Fig. 19. Three-week-old plant showing irregular branch with less chloroplasts. Fig. 20. Plant with many erect branches. Fig. 21. Germination by binary cell division. Fig. 22. Prostrate elongation without germ tube. Fig. 23. Upright shoots and rhizoids from the germling. Fig. 24. Ball-forming aggregation of *Cl. conchopheria*. Scale: (Figs. 8 and 9)=100 μm; (Figs. 10-17, 19, 21)=10 μm; (Fig. 18)=20 μm; (Fig. 20)=500 μm; (Figs. 22 and 23)=50 μm; (Fig. 24)=5 mm.

減数分裂は配偶体の場合には一切見られなかった。以上、培養及び染色体・核相変化の観察結果から、カイゴロモも典型的な同形世代交代をし、核相交代をすることが確認された。

## 考 察

シオグサ属植物は、一般的に、単相で雌雄異株の配偶体と複相の胞子体とが同形世代交代する。本報告のツヤナシシオグサでは核相の観察を行っていないが、雌雄異株の配偶体と胞子体がシオグサ型の世代の交代をするし、カイゴロモの場合は核相と世代の交代は典型的なシオグサ型であることが確認された。

室蘭市チャラツナイ浜のツヤナシシオグサは一年生植物で、胞子体と配偶体は季節を異にして出現し、春には胞子体だけが出現して無性生殖を行ない、その後夏にかけて遊走子の発芽による配偶体だけが出現して有性生殖を行なう。チャシオグサ (*Cl. wrightiana* HARVEY) では無性生殖は5~12月、有性生殖は6~8月に行なわれ(千原, 1960), 同じシオグサ科のフトシュズモ (*Chaetomorpha spiralis* OKAMURA) では無性生殖は3~11月、有性生殖は6~9月に行なわれ(千原 1958), 室蘭産ツヤナシシオグサのように季節による生殖法の違いははっきりしていない。淡水産のカモジシオグサ (*Cl. glomerata* (L.) KÜTZING) は海産の多くのシオグサ属植物と異って遊走子による無性生殖だけを行なうが、HOFFMANN and GRAHAM (1984) は、20°Cという温度条件下で8:16 h LDの短日や65 μE·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>という彼等の実験下での最低照度で遊走子嚢がよく形成されると報告している。室蘭チャラツナイでは天然のツヤナシシオグサの無性・有性の生殖は共に長日条件下で行なわれているが、この間、水温は胞子体の出現する6月上旬の約11°Cから配偶体の消失する9月中旬の約18°Cまで、8月の最高水温約20°Cを経て変化する。この点及び本実験の結果から、ツヤナシシオグサの無性生殖と有性生殖は日長よりは水温あるいは照度によって規制されると思われるが、その他の要因を考慮し、環境と生殖法との関係を今後検討したいと考えている。

シオグサ科植物の遊走子あるいは接合子の初期発生は多くの研究者が報告し、千原(1958, 1960)も報告しているように、いわゆる直立型であり、通常盤状仮根をもっているが、培養条件によっては盤状にはならず、糸状仮根になることがある。ツヤナシシオグサでも同様の現象が見られ、5°Cや10°Cでは盤状仮根とはな

らず糸状に伸長したものが見られた。また、いずれの場合も、最初の隔壁は発芽体の基部ではなく頂部に近く形成されるし、発芽管を出すこともなかった。これ等のことは、本研究と同時に行なったフサシオグサ (*Cl. fascicularis* (MERTENS) KÜTZING), ワタシオグサ (*Cl. albida* (HUDSON) KÜTZING) 及びタマリシオグサ (*Cl. rudolphiana* (C. AG.) HARVEY) の培養実験でも同様であった。

しかし、カイゴロモの初期発生では、以上の種とは著しく異ったタイプが観察された。つまり、本実験の一般的な条件下で、遊走子も接合子もスライドガラス上に植えつけられたものはすべて発芽管をつくるのである。この発芽様式は温度や日長条件には左右されないし、また栄養欠乏の結果でもなく、カイゴロモの本質的な特徴であると考えられる。この発芽様式はまた *Acrosiphonia* や *Spongomerpha* の胞子体発生(FAN 1959)の場合を想起させる。もちろん、*Spongomerpha*などのこの発芽体は *Codiolum* 状となり、単細胞のまま遊走子を生ずる。シオグサ属の場合でも ARCHER and BURROWS (1960) はイワシオグサ (*Cl. rupestris* (L.) KÜTZING) で *Codiolum* の形をとることのあることを報告し、VAN DEN HOEK (1963) はカモジシオグサなどでも同様な形の単細胞体が遊走子を形成したことを報告しているが、彼の図 (Fig. 528) には発芽管は示されていない。カイゴロモの場合は、初め発芽管を出しが、発生を続けて天然で見られるものと同じ多細胞体になり、単細胞のままで生殖細胞を作るなどという、いわゆる異形世代交代を行なうことではない。

このように、カイゴロモは一般的に発芽管を出して発生するが、ごく限られた場合には発芽管を出さず二分裂をくり返して匍匐する糸状体を作ることがある。つまり、このような稀に起る発芽様式の場合でも、一般的のシオグサ属植物に見られる直立型の発生はしない。この生殖細胞の二分裂による匍匐体は培養瓶の底に落ちた生殖細胞でのみ見られたが、底に落ちたものでも発芽管を出して普通に発生を続けることがあり、何故このような二つの発芽様式が見られるのかは不明である。

天然のカイゴロモは生きているスガイの貝殻上にのみ着生し、ベルベット状に固く貝殻を被っており、ピンセットでも容易にはずれない。ところが、実験室ではスガイの貝殻片に生殖細胞を植えづけても着生せず、また、スライドガラス上で培養したものは仮根状の枝がよく発達して来ても、あまり附着せず、スライドガラスを軽く振盪すると、脱落するものが多い。天然の

貝殻から剥離した藻体でも、スライドガラス上で生長したものでも、仮根の先端は尖っており (SAKAI 1964, Fig. 22-A, C), 附着の用をなしていると思えない。これらのことから、天然ではスガイの貝殻にカイゴロモの仮根が穿入している可能性があると考えられる。また培養基質から脱落した藻体は生長を続け、仮根などによって絡みあい、小さなマリモ状の集団を作ることがよく見られるが、これは培養条件下的現象であって、天然では現われないものであると考えられる。

カイゴロモは一般的な外部形態、生活環、核分裂は細胞中に核が散在したまま同調的に起るが、細胞分裂とは同調しないこと、それに染色体数も従来の報告 (*Cl. flexuosa* HARV., SINHA 1958, PATEL 1961; *Cl. rupestris* var. *distorta* HARV., PATEL 1961) とほぼ同数であることなどからは、シオグサ属の特徴をもっていると言える。しかし、遊走子嚢や配偶子嚢の形成が求頂的であることや、生殖細胞の発芽初期に発芽管を出すことはシオグサの一般的な特徴ではない。この特殊な性質は何を意味するのか、更に多くの点の観察とあわせて検討する必要がある。

#### 引用文献

- ARCHER, A. and BURROWS, E. M. 1960. Heteromorphic life-history as a family criterion in the Cladophorales. Brit. Phyc. Bull. 2: 31-33.
- CHIHARA, M. 1958. Studies on the life-history of the green algae in the warm seas around Japan (6) On the life-history of *Chaetomorpha spiralis* OKAMURA. Journ. Jap. Bot. 33(6): 183-189.
- CHIHARA, M. 1960. Studies on the life-history of the green algae in the warm seas around Japan (10) On the life-history of *Cladophora wrightiana* HARVEY. Journ. Jap. Bot. 35(1): 1-11.
- FAN, K. C. 1959. Studies on the life histories of marine algae I. *Codiolum petrocandidis* and *Spongomerpha coalita*. Bull. Torrey Bot. Club. 86(1): 1-12.
- HUDSON, P. R. and WAALAND, J. B. 1974. Ultrastructure of mitosis and cytokinesis in the multinucleate green alga *Acrosiphonia*. J. Cell Biol. 62: 274-294.
- HOFFMANN, J. P. and GRAHAM, L. E. 1984. Effects of selected physicochemical factors on growth and zoosporogenesis of *Cladophora glomerata* (Chlorophyta). J. Phycol. 20: 1-7.
- KORNMANN, P. 1966. Wachstum und Zellteilung bei *Urospora*. Helgoländer wiss. Meeresunters. 13: 73-83.
- KORNMANN, P. 1973. Codiolophyceae, a new class of Chlorophyta. Helgoländer. wiss. Meeresunters. 25: 1-13.
- KOSHIZAKA, M. 1978. On the life history of eight species of *Cladophora* (Chlorophyta, Cladophoraceae). Bull. Fac. Fish., Hokkaido Univ. 29: 325-337.
- LIST, H. 1930. Die Entwicklungsgeschichte von *Cladophora glomerata* KÜTZING. Arch. Protistenkunde 72: 453-481.
- PATEL, R. J. 1961. Ph. D. thesis, London University.
- PROVASOLI, L. 1966. Media and prospects for the cultivation of marine algae. pp. 63-75. In WATANABE, A. and HATTORI, A. [eds.] Cultures and Collections of Algae. Japanese Society of Plant Physiology, Tokyo.
- SAKAI, Y. 1964. The species of *Cladophora* from Japan and its vicinity. Sci. Pap. Inst. Alg. Res., Fac. Sci. Hokkaido Univ. 5: 1-104.
- SCHUSSNIG, B. 1928. Die Reductionsteilung bei *Cladophora glomerata*. Oesterr. Bot. Zeits. 77: 62-67.
- SCHUSSNIG, B. 1930. Der Chromosomencyclus von *Cladophora glomerata*. Ibid. 79: 273-277.
- SCHUSSNIG, B. 1951. Der Kernphasenwechsel von *Cladophora glomerata*. Svensk. Bot. Tidskr. 45: 597-602.
- SCHUSSNIG, B. 1954. Gonidiogenese, Gametogenese und Meiose bei *Cladophora glomerata* (L.) KÜTZING. Arch. Protistenkunde 100: 287-322.
- SINHA, J. P. 1958. Ph. D. thesis, London University.
- VAN DEN HOEK, C. 1963. Revision of the European species of *Cladophora*. Brill Leiden.
- WITTMANN, W. 1965. Aceto-iron-haematoxylin-chloral hydrate for chromosome staining. Stain. Tech. 40: 161-164.

北海道産カモジシオグサ *Cladophora glomerata*  
(L.) KÜTZING の形態と季節的変化<sup>1)</sup>

新 山 優 子\*

北海道大学大学院環境科学研究科環境構造学専攻 (060 札幌市北区北10条西5丁目)

NIIYAMA, Y. 1986. Morphological phenology of *Cladophora glomerata* (L.) KÜTZING in Hokkaido. Jap. J. Phycol. 34: 216-224.

Morphological phenology of the freshwater algae, *Cladophora* sect. *Glomeratae*, was investigated in 3 rivers and a lake in Hokkaido, Japan. They are annual, a few to several cm long, branched pseudodichotomously, and the cell diameter gradually diminishes toward the end of the thallus. The plants in the same locality show seasonally different habits and branching. They grow in spring attached to hard substrate and form very dense branches. The cells of the upper branches turn into the zoosporangia in summer or in autumn. Zoospores are biflagellate and grow to new plants without conjugation. The mature upper branches disintegrate after sporulation. Then the plants become to have scattered or scarce branches. Late in the growing season they show some morphological differences according to their habitat. Plants in rivers grow very long by intensive intercalary growth. Those on shore of lakes are detached from their basal part and float. From the seasonal observations of habit and cell size of the plant, it is concluded that the above *Cladophora* plants in rivers and lakes should be identified as one species, *C. glomerata* (L.) KÜTZING, including Japanese *C. crispata* and *C. glomerata*. The plant in lakes is regarded as a form of the species, f. *crispata*, because of its light color and floating late in the growing season.

*Key Index Words:* *Cladophora crispata*; *Cladophora glomerata*; *seasonal change, taxonomy*.

Yuko Niiyama, Laboratory of Systematic Botany, Division of Environmental Structure, Graduate School of Environmental Science, Hokkaido University, Sapporo, 060 Japan.

*Cladophora* 属は海及び淡水に生育する、緑藻の 1 属である。BRAND (1899, 1902, 1906, 1909, 1913) は淡水産種の分類学的研究を行い、球團を形成するものを *Aegagropila* 節として 8 種、また球團を形成せず、分枝が少くて介生生長するものを *Affines* 節として 6 種、そして偽叉状分枝をし求頂的生長が主体であるものを *Eucladophora* 節として 3 種を記載した。VAN DEN HOEK (1963) は欧州の *Cladophora* 属について研究し、34 種を記載したが、そのうち淡水産種は以下の 6 節 8 種である。*Affines* 節：糸状で介生生

長をする (*C. basiramosa* SCHMIDLE)。*Basicladia* 節：仮根様糸状体から成る膜状体から枝が直立する (*C. kosterae* VAN DEN HOEK, *C. okamurae* (UEDA) VAN DEN HOEK)。*Cornuta* 節：付着部なく、浮遊又は他物にからみつく (*C. cornuta* BRAND)。*Aegagropila* 節：細胞壁厚く分枝は密。浮遊又は着生し、球團形成することもある (*C. aegagropila* (L.) RABENHORST)。*Glomeratae* 節：偽叉状分枝し、先端は求頂的生長する分枝系となる (*C. glomerata* (L.) KÜTZING, *C. fracta* (MÜLLER ex VAHL) KÜTZING)。*Cladophora* 節：長く、ほとんど分枝しない (*C. rivularis* (L.) VAN DEN HOEK)。

日本の淡水産 *Cladophora* については、これまで、*C. crispata* (ROTH) KÜTZING, *C. fracta* KÜTZING, *C. glomerata* (L.) KÜTZING, *C. minima* (OKADA)

<sup>1)</sup> 本論文は北海道大学大学院環境科学研究科博士論文の一部である。

\* 現住所：305 茨城県新治郡桜村並木 4-918-302  
Present address: Namiki 4-918-302, Sakuramura, Niihari-gun, Ibaraki, 305 Japan.

SAKAI, *C. sauteri* (NEES) KÜTZING の 5 種が報告されている (SAKAI 1964, 広瀬・山岸 1977)。このうち, *C. crispata*, *C. fracta*, *C. glomerata* の 3 種は, BRAND (1906) の *Eucladophora* 節, あるいは HOEK (1963) の *Glomeratae* 節に含まれ, 他の 2 種は *Aegagropila* 節に含まれる。しかし, 日本では, *Aegagropila* 節以外の淡水産種について, 詳しい生育状況や形態, その他の分類学的研究は少い。

著者は主に北海道の河川や湖沼に生育する *Cladophora* 属を採集し, 觀察した。淡水産種は, 藻体の色, 大きさ, 分枝様式, 手ざわり, 主軸や小枝の細胞の径, 及び長さと径の比, といった形態学的特徴によって分類してきた。著者は採集地での藻体の生育状況, 及び採集個体の形態学的特徴を季節的に調べ, 糸状体細胞の大きさや形を比較した。本論文では, 日本, 特に北海道の淡水産 *Glomeratae* 節について, 形態の季節的变化を考慮して分類学的に考察する。

#### 材料と方法

藻体は以下の 3 河川及び 1 湖で観察し, また採集した (Fig. 1)。

阿寒川: 1980年 6・8・10月, 1981年 5・9月。

千歳川: 1979年 7・10月, 1980年 6・10月, 1981年  
4月から1982年 5月まで毎月。

空知川: 1980年 7・8・9・10・11月, 1981年 6・  
7月。

阿寒湖: 1980年 6・8・10月, 1981年 5・7月,  
1982年 6月。

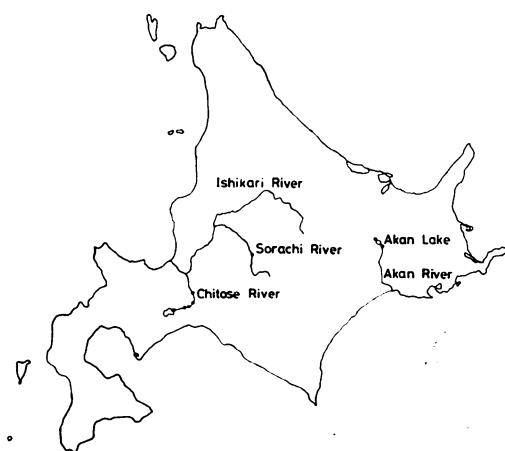


Fig. 1. Map of Hokkaido showing location of the sampling stations (•) in Akan, Chitose and Sorachi Rivers, and Akan Lake.

細胞の大きさや形を比較するために, 採集月を考慮して, 阿寒川から 3, 千歳川から 4, 空知川から 4, 阿寒湖から 2, 合計 13 サンプルを選び, その各々から 50 本ずつ糸状体をとり, 主軸細胞と最末小枝細胞それぞれの径と長さを測定し, 長さと径の比を求めた。主軸細胞は糸状体下部, 最末小枝細胞は頂端近くの, 最も太い部分を測定した。次に各測定値の平均値を求めた。

阿寒川の採集地点は上流にあり, 流れは速く, 岩が多く, 日陰で, 水は冷くて澄んでいた。千歳川では上流から下流にかけて 5 地点で採集した。千歳川の上流は岩や石があって比較的浅く, 下流は川床がシルト状で深かったが, おおむね水は澄み, 流れは速かった。空知川の採集地点は富良野市郊外にあり, 川床には大小の石があって, 流れはやや速く, 水は比較的きれいだった。阿寒湖では, 湖西側の通称シリコマベツで採集した。採集地点は南向きの岸辺で, 水深約 20~50 cm, 底は礫質で大きな石が散在していた。阿寒湖は通常 12 月から翌年の 5 月まで結氷する。

#### 結果

##### 生育状況

阿寒川では岩上に生育する藻体を採集した。藻体は鮮緑色ないし濃緑色で, やや柔かく, 長さ数 cm から 20 cm 程度の房状または叢状であった。生殖細胞は調査が行われた 5 月から 10 月には観察できなかった。

千歳川では川岸近くの石や岩, 護岸コンクリート, 水草等に着生している藻体を採集した。6 月から 10 月

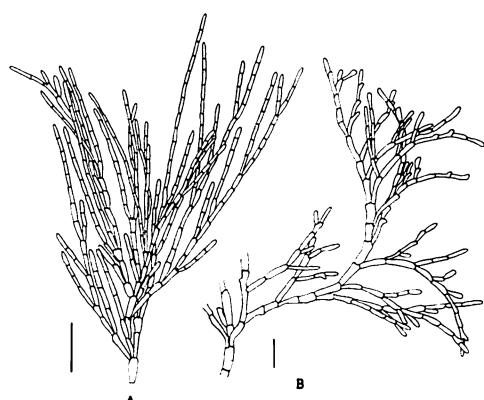


Fig. 2. Upper part of *C. glomerata* (L.) KÜTZING. A: dense branching (Chitose River, June 1980), B: clubshaped cells before branching (Akan Lake, August 1980). Scale: 500  $\mu\text{m}$ .

に多いが、真夏や冬期間にはほとんど消失した。藻体の形態は阿寒川のものに類似し、鮮緑色ないし濃緑色を呈し、長さ数 cm から 20 cm 程度だった。しかし下流域で、長さ 1 m 以上の、水草にからんでいる藻体を採集した。6月末と10月末に遊走子形成が見られた。

空知川では川岸の石やヤナギ類の根、水草等に着生している藻体を採集した。6月から11月に見られ、7月にはかなり多量に生育していた。藻体は鮮緑色で柔かく、上述の阿寒川や千歳川のものよりやや大型で、数 10 cm のものが多かった。6月末から7月に遊走

子の形成が見られた。

阿寒湖の藻体は6月から10月にかけて、湖岸の波打際の石上に、帶状に着生していた。藻体は鮮緑色ないし黄緑色で、上記3河川のものより明るい色を呈し、中には淡緑色ないし白色の藻体もあった。長さは数 cm から 30 cm 程度で、阿寒川や千歳川のものに類似していた。遊走子は6月末から8月に形成された。8月には浮遊する藻体も見られた。このような藻体はもうろく、白っぽい緑色を呈していた。10月には茶色や白色の藻体が石に付着していた。翌年5月には肉眼では藻体が全く見られなかった。

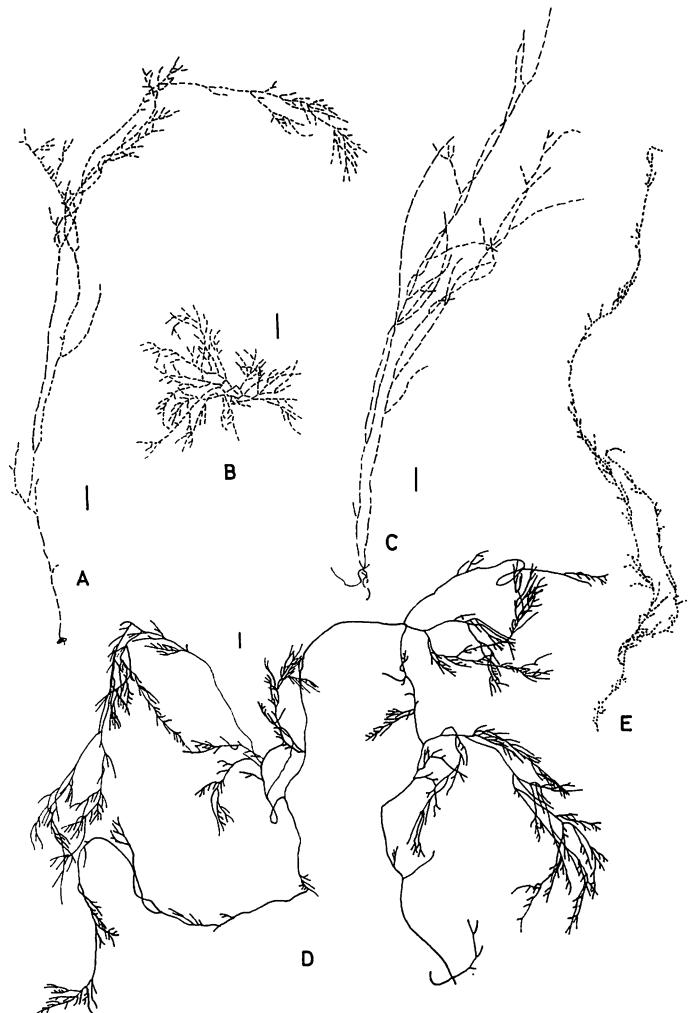


Fig. 3. Various habits of *C. glomerata* (L.) KÜTZING. A: slender attached plant in river (Akan River, October 1980), B: young plant (Sorachi River, July 1980), C: floating old plant in lake (Akan Lake, August 1980), D: long plant with intercalary cell division (Sorachi River, June 1981), E: long plant with scarce branches (Chitose River, July 1979). Scale: 1 mm.

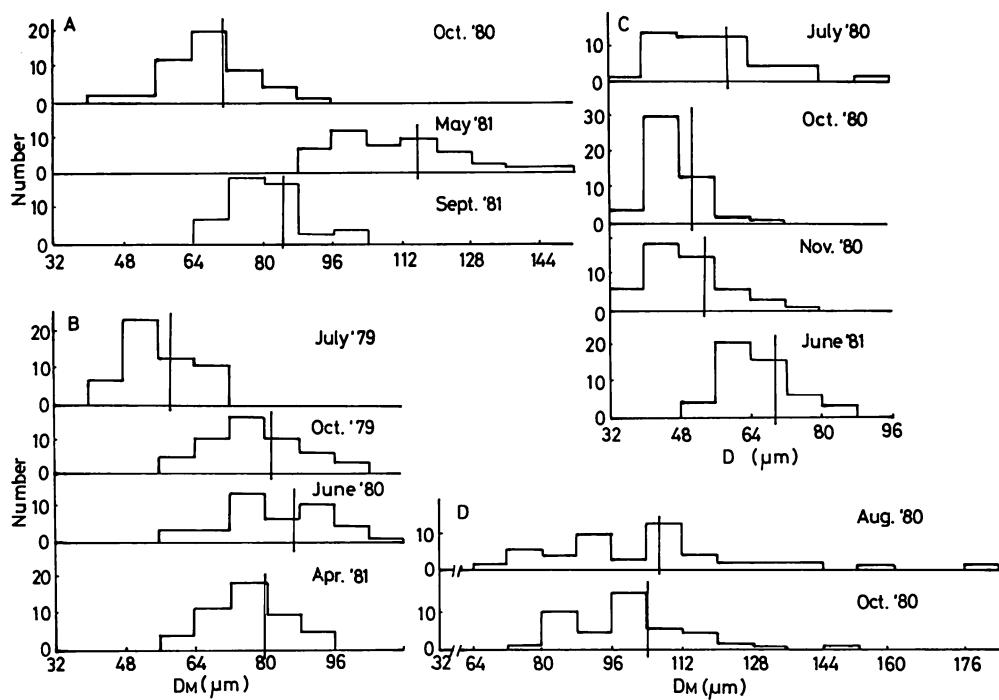


Fig. 4. Distribution of cell diameter of the main axes ( $D_m$ ), measured with 50 filaments to every seasonal sample. A: Akan River, B: Chitose River, C: Sorachi River, D: Akan Lake. Vertical line: mean value of  $D_m$  of each sample.

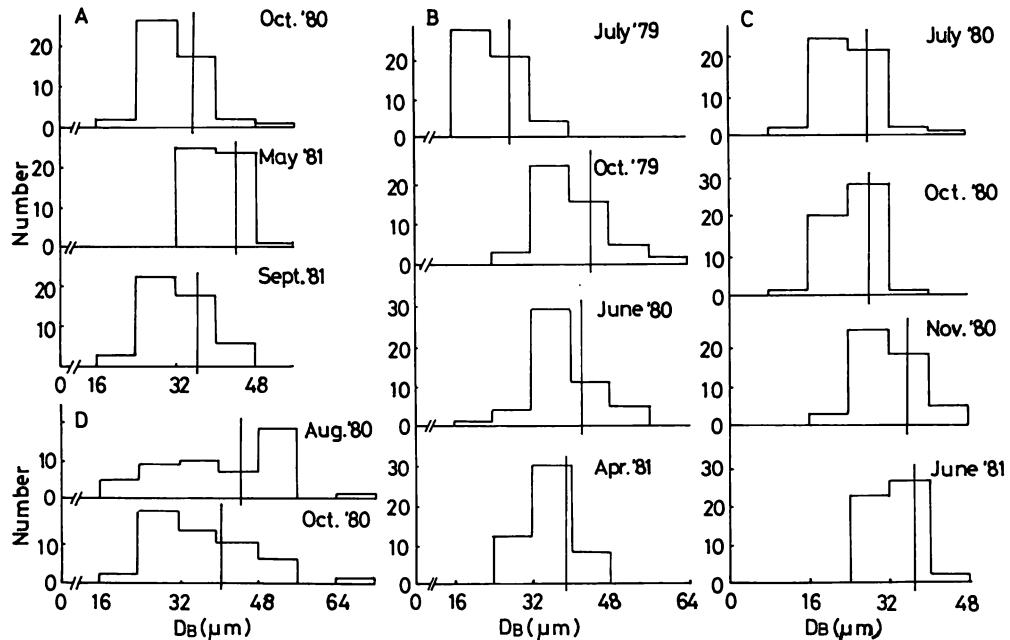


Fig. 5. Distribution of cell diameter of the ultimate branches ( $D_b$ ), measured with 50 filaments to every seasonal sample. A: Akan River, B: Chitose River, C: Sorachi River, D: Akan Lake. Vertical line: mean value of  $D_b$  of each sample.

### 藻体の形態学的特徴

全体を通じて藻体は春に生長を始め、頂端生長を盛んに行い、求頂的に次々と分枝を生じた (Fig. 2)。分枝は二叉、三叉状を呈し、特に藻体上部での分枝が著しかった。細胞は円柱状だが、分枝の際に棍棒状となることもあった (Fig. 2-B)。細胞の径は、高次の分枝ほど小さくなかった。

着生する藻体は通常、数 cm から 30 cm 程度の房状、叢状、またはほうき状で (Fig. 3-A, B)，分枝が密だった。一方、河川のよどみに生育する藻体は大型で長く、主軸が介生生長をし、その所々に小枝や小枝群が派生する形態だった (Fig. 3-D)。また、湖の浮遊する藻体はもろく、分枝は疎で、細胞は細長かった (Fig. 3-C)。色は河川のものより湖のものの方が明るく、河川の中では、日陰に生育するものの方がやや濃い傾向が見られた。

遊走子は藻体上部の小枝細胞に多数形成された。小枝の全細胞に遊走子が形成される場合もあった。遊走子の放出後、小枝はもろくなって遊離し、分枝は疎になった。遊走子は洋梨型、2鞭毛で、眼点が1つあっ

た。大きさは、千歳川:  $10-15 \mu\text{m} \times 15-20 \mu\text{m}$ 、空知川:  $10-12 \mu\text{m} \times 15-20 \mu\text{m}$ 、阿寒湖:  $8-15 \mu\text{m} \times 12-20 \mu\text{m}$ 。同一個体の遊走子でも、大きさに若干の差異が見られた。採集個体の遊走子で、接合は観察できなかった。

### 細胞の大きさと形

主軸細胞の径 (Fig. 4) は、調査期間を通じて阿寒川  $40-152 \mu\text{m}$  (Fig. 4-A), 千歳川  $40-112 \mu\text{m}$  (Fig. 4-B), 空知川  $32-96 \mu\text{m}$  (Fig. 4-C), 阿寒湖  $64-184 \mu\text{m}$  (Fig. 4-D) の範囲内にあった。平均値は最低  $50.6 \mu\text{m}$  (空知川1980年10月), 最高  $106.9 \mu\text{m}$  (阿寒湖1980年8月) だった。阿寒湖のものが最も太く、阿寒川と空知川で採集したものは、生育前期（春）のものが後期（秋）のものより太いことが多かった。また、千歳川で1979年7月に採集した長い藻体は、同所の他のものより径が小さかった。

最末小枝細胞の径 (Fig. 5) は、阿寒川  $16-56 \mu\text{m}$  (Fig. 5-A), 千歳川  $16-64 \mu\text{m}$  (Fig. 5-B), 空知川  $8-48 \mu\text{m}$  (Fig. 5-C), 阿寒湖  $16-72 \mu\text{m}$  (Fig. 5-D)

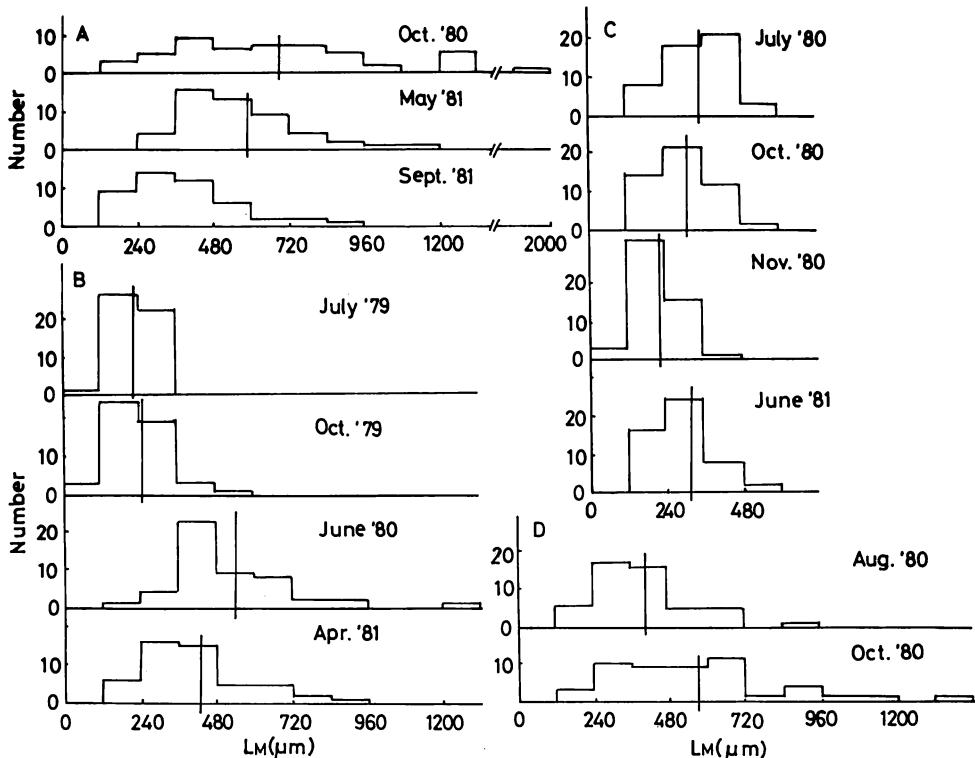


Fig. 6. Distribution of cell length of the main axes (LM), measured with 50 filaments to every seasonal sample. A: Akan River, B: Chitose River, C: Sorachi River, D: Akan Lake. Vertical line: mean value of LM of each sample.

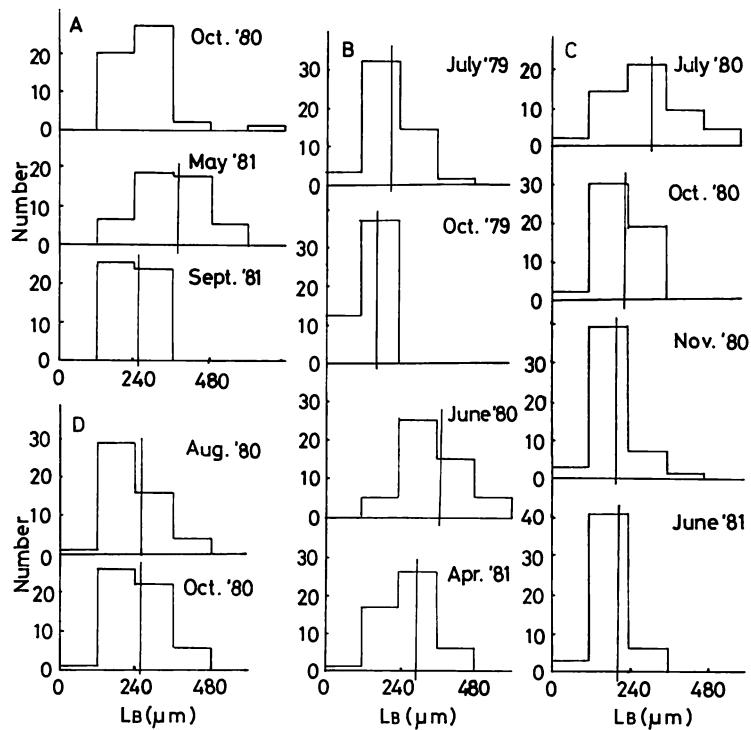


Fig. 7. Distribution of cell length of the ultimate branches (LB), measured with 50 filaments to every seasonal sample. A: Akan River, B: Chitose River, C: Sorachi River, D: Akan Lake. Vertical line: mean value of LB of each sample.

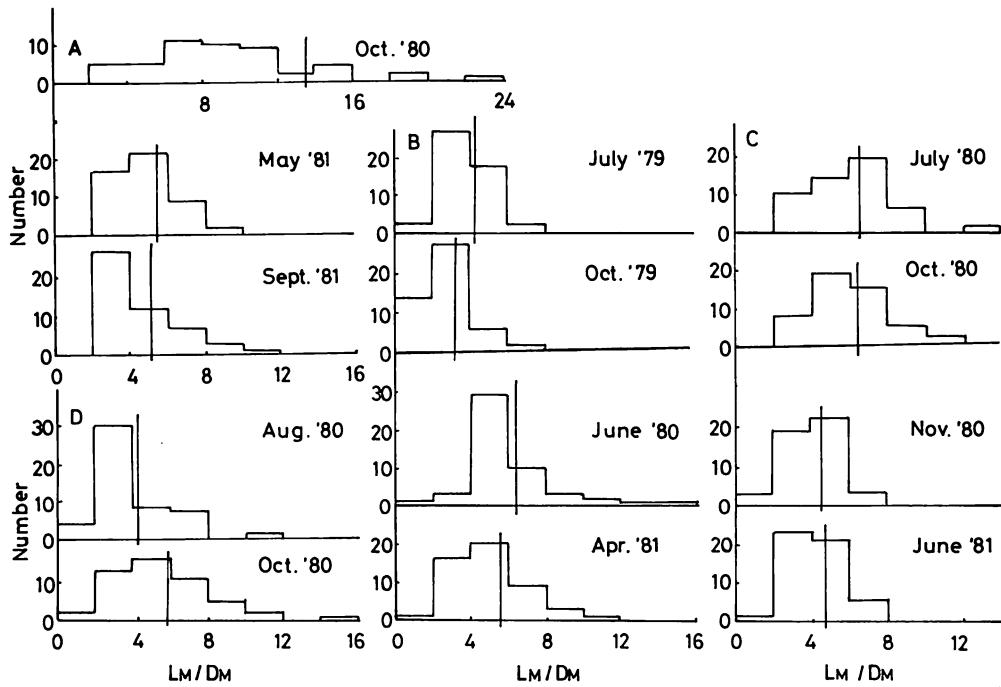


Fig. 8. Distribution of the cell length to diameter ratio of the main axes (LM/DM), measured with 50 filaments to every seasonal sample. A: Akan River, B: Chitose River, C: Sorachi River, D: Akan Lake. Vertical line: mean value of LM/DM of each sample.

の範囲だった。平均値は最低  $28.2 \mu\text{m}$  (千歳川1979年7月, 空知川1980年7月), 最高  $44.5 \mu\text{m}$  (阿寒湖1980年8月, 千歳川1979年10月) であった。阿寒湖のものが最も太かった。採集地間の差異は比較的小さかったが, 各場所においては主軸の径が大きいもの程, 最末小枝も太い傾向がみられた。

主軸細胞の長さ (Fig. 6) は, 阿寒川  $120\text{-}2,000 \mu\text{m}$  (Fig. 6-A), 千歳川  $120\text{-}1,320 \mu\text{m}$  (Fig. 6-B), 空知川  $120\text{-}600 \mu\text{m}$  (Fig. 6-C), 阿寒湖  $120\text{-}1,440 \mu\text{m}$  (Fig. 6-D) であった。平均値は最低  $229.9 \mu\text{m}$  (空知川1980年11月), 最高  $690.4 \mu\text{m}$  (阿寒川1980年10月) だった。阿寒川と阿寒湖で変異幅が大きく, 空知川では小さかった。千歳川では1979年7月に採集したものは変異幅が特に小さかった。

最末小枝細胞の長さ (Fig. 7) は, 阿寒川  $120\text{-}720 \mu\text{m}$  (Fig. 7-A), 千歳川  $90\text{-}600 \mu\text{m}$  (Fig. 7-B), 空知川  $90\text{-}600 \mu\text{m}$  (Fig. 7-C), 阿寒湖  $90\text{-}480 \mu\text{m}$  (Fig. 7-D) であった。平均値は最低  $176.5 \mu\text{m}$  (千歳川1979年10月), 最高  $372.5 \mu\text{m}$  (阿寒川1981年5月) であっ

た。どの採集地のものも主軸細胞の長さに比べて最末小枝細胞の長さは変異幅が小さく, また採集地間の差異も小さかった。

主軸細胞の長さと径の比 (Fig. 8) は, 阿寒川 2-24 (Fig. 8-A), 千歳川 1-16 (Fig. 8-B), 空知川 1-14 (Fig. 8-C), 阿寒川 1-16 (Fig. 8-D) であった。平均値は最低  $3.3$  (千歳川1979年10月), 最高  $13.5$  (阿寒川1980年10月) であった。阿寒川のものではこの比は10月に非常に変異幅が大きく2-24であった。しかし, 大半のサンプルはピークが2-6の範囲内にあった。

最末小枝細胞の長さと径の比 (Fig. 9) は, 阿寒川 2-20 (Fig. 9-A), 千歳川 1-20 (Fig. 9-B), 空知川 2-26 (Fig. 9-C), 阿寒湖 1-16 (Fig. 9-D) であった。平均値は最低  $3.9$  (千歳川1979年10月), 最高  $12.7$  (空知川1980年7月) であった。一般に最末小枝細胞の長さと径の比は, 主軸細胞の長さと径の比より変異幅がやや大きかった。千歳川と空知川では, 採集日によって変異幅や平均値がかなり変化したが, その変動は主軸の場合の変動と似ていた。

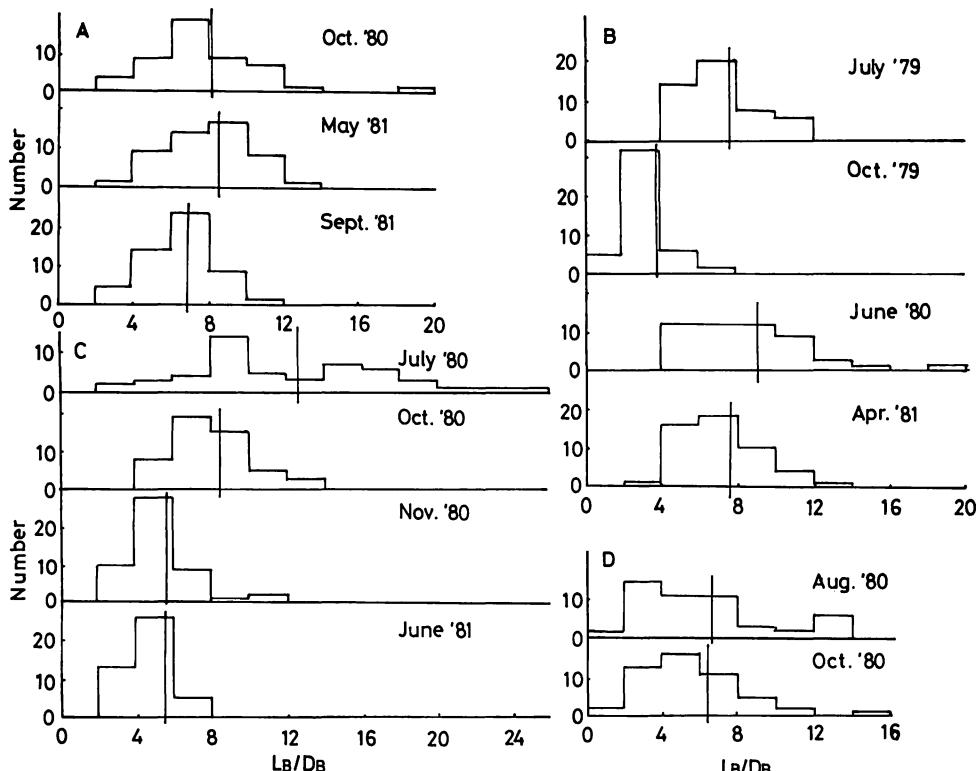


Fig. 9. Distribution of the cell length to diameter ratio of the ultimate branches ( $L_b/D_b$ ), measured with 50 filaments to every seasonal sample. A: Akan River, B: Chitose River, C: Sorachi River, D: Akan Lake. Vertical line: mean value of  $L_b/D_b$  of each sample.

## 考 察

観察した *Cladophora* の初期生長様式や分枝法などはどの生育地でも同じで、形態的には全て同一種で、*C. glomerata* として扱うべきであると考える。*C. glomerata* が非常に形態的变化に富む種であることは BRAND (1899) や VAN DEN HOEK (1963) らに指摘されている。その变化は、藻体の生長段階と生育場所の環境に密接に関係すると考えられる。著者の観察に基づく *C. glomerata* の生長過程を以下に述べ、併せてその模式図を Fig. 10 に示す。

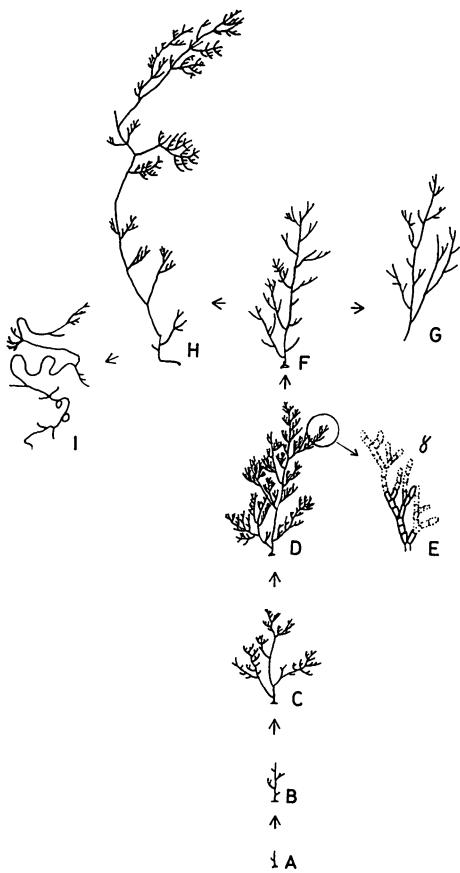


Fig. 10. Diagrammatic figure of growth process of *Cladophora glomerata*. A and B: young plantlets, C: pseudodichotomously branching young plant, D: plant with acropetally organized branches, E: disintegration of terminal branches after sporulation, F: reduced plant after disintegration of branches, G: free floating old plant with scattered branching in lake, H: long plant in river composed of pseudodichotomously branching main axes by intercalary cell divisions, I: string-like plant in river.

*C. glomerata* は春に生長を始め、次々と分枝を生ずる (Fig. 10-A-C)。分枝は特に上部での発達が著しい (Fig. 10-D)。夏、あるいは秋にも遊走子が形成され (Fig. 10-E)，藻体の増殖が見られる。遊走子放出後の小枝や、老化した藻体の小枝は分離し、藻体は分枝が疎となる (Fig. 10-F)。生長後期の形態は生育場所によってかなり違ってくる。河川では流れがかなりあるので、何かに付着しなければ藻体は生育できない。千歳川や空知川で採集した大型の藻体は、流下して再び他物にからみつき生長したものであろう (Fig. 10-H, I)。一方、水の動きが少い湖では、浮遊状態でも生育できる。しかし基部を残して遊離、浮遊する藻体は老化したもので、退色し、もろくなっている (Fig. 10-G)。

細胞の大きさや形も季節によって少しづつ変化することがわかった (Fig. 4-9)。阿寒川のサンプルは主軸細胞の径と長さが季節によって大きく変わったが、最末小枝細胞の変化は小さかった。千歳川のサンプルでは、4月と6月には主軸細胞も小枝細胞もやや太く、7月には細かった。空知川のサンプルは他の採集地に比べ藻の全長が大きく (Fig. 3-D)，主軸細胞は細く短い傾向があった。阿寒湖のサンプルは主軸細胞が他より太く、変異幅も大きいのが目立った。どの採集地でも最末小枝細胞の長さの季節的变化は少く、変異幅も小さかった。従って、頂端生長は常に行われていると考えられる。一方、主軸細胞の径と長さは季節的変化が大きかった。

藻体の全形と細胞形態の関係を見ると、頂端生長が盛んで分枝が良く発達した房状の形態を示すもの（例えば千歳川1980年6月, Fig. 2-A）は、主軸細胞が太くて (Fig. 4-B), 小枝細胞が細く (Fig. 5-B), これに對して、介生生長が盛んで長い網状の形態を示すもの（例えば千歳川1979年7月, Fig. 3-E, 空知川1980年10月）は、主軸と最末小枝細胞の径が大差なく (Figs. 4-B, C, 5-B, C), 細胞は短かった (Figs. 6-B, C, 7-B, C)。

SAKAI (1964) は *C. crispata* と *C. glomerata* をともに阿寒湖から採集した。両種の違いの第1に、*C. crispata* は生長するにつれ着生から浮遊に転じ、*C. glomerata* は着生したままであること、第2に前者の細胞がより細長いことを挙げている。日本淡水藻図鑑（広瀬・山岸1977）の両種に関する記述もほぼ同じである。ところで、著者は網走湖で1979年7月に、着生あるいは浮遊する *Cladophora* を採集した。それは黄緑色でもろく、細胞が細長く、分枝は少く、*C.*

*crispata* として報告した (NAKAMURA-NIIYAMA 1982)。今回、著者が阿寒湖で観察・採集した藻体のうち、古いものは *C. crispata* とされてきたものに類似し、また網走湖の *Cladophora* によく似ている。しかし、阿寒湖の若い藻体は河川に生育する *Cladophora* と区別できなかった。また、阿寒湖と 3 河川の *Cladophora* の細胞の径を比べると、小枝細胞は差異が小さく、主軸細胞は阿寒湖の方がむしろ太かった。

河川と湖の藻体を比較すると、次の 3 点で僅かに異なる。1. 河川の藻体より湖の藻体の方が色がやや明るい。2. 湖の藻体は生育後期に浮遊する。3. 河川の藻体では介生長が見られる。従って現段階では、以上の差異を考慮して、河川に生育するものを *C. glomerata* (L.) KÜTZING f. *glomerata*, 湖に生育するものを *C. glomerata* (L.) KÜTZING f. *crispata* (ROTH) NIIYAMA comb. nov. とすることを提唱する。

ところで、*C. fracta* は分枝が疎で枝は短く、浮遊するといわれている (広瀬・山岸 1977)。著者はこのような形態のものを空知川のよどみで採集した (cf. Fig. 10-I)。その細胞径は主軸: 40–60  $\mu\text{m}$ , 最末小枝: 24–32  $\mu\text{m}$  である。また、日本で從来 *C. fracta* とされていたものは、主軸: 90–100  $\mu\text{m}$ , 小枝: 40–65  $\mu\text{m}$  で (SAKAI 1964, 広瀬・山岸 1977), BRAND (1906; 最末小枝 11  $\mu\text{m}$ ) や VAN DEN HOEK (1963; 主軸: 50–80  $\mu\text{m}$ , 最末小枝: 17.5–38  $\mu\text{m}$ ) の *C. fracta* の記載に比べると太い。著者の得た値は VAN DEN HOEK (1963) の値に近いが、日本の *C. fracta* についてはこれから研究が必要である。

終りに、日頃御指導頂き、また論文を校閲して頂いた元北海道大学教授黒木宗尚博士に感謝致します。また、採集に協力頂いた大崎万治氏 (現愛知県立知多高等学校教諭) と新山 駿氏 (現林業試験場) に感謝致します。

### 引用文献

- BRAND, F. 1899. *Cladophora-Studien*. Bot. Centralbl. 79: 145–152, 177–186, 209–221, 287–311.
- BRAND, F. 1902. Die *Cladophora-Aegagropilen* des Süsswassers. Hedwigia 41: 34–71.
- BRAND, F. 1906. Über *Cladophora crispata* und die Section *Aegagropila*. Hedwigia 45: 241–259.
- BRAND, F. 1909. Zur Morphologie und Biologie des Grenzgebietes zwischen den Algen-gattungen *Rhizoclonium* und *Cladophora*. Hedwigia 48: 45–73.
- BRAND, F. 1913. Über *Cladophora humida* n. sp., *Rhizoclonium lapponicum* n. sp. und deren bostrychoide Verzweigung. Hedwigia 53: 179–183.
- 広瀬弘幸・山岸高旺編 1977. 日本淡水藻図鑑。内田老鶴圃新社、東東。
- HOEK, C. VAN DEN. 1963. Revision of the European species of *Cladophora*. B.J. Brill., Leiden.
- NAKAMURA-NIIYAMA, Y. 1982. Phytoplankton in Lake Abashiri. Environ. Sci. Hokkaido 5: 221–282.
- SAKAI, Y. 1964. The species of *Cladophora* from Japan and its vicinity. Sci. Pap. Inst. Algol. Res. Hokkaido Univ. 5: 1–104.

## スジギヌ（紅藻、コノハノリ科）について

三上日出夫

札幌大学女子短大部（062 札幌市豊平区西岡 3-7-3-1）

MIKAMI, H. 1986. Some observations on *Myriogramme polyneura* OKAMURA (Delesseriaceae, Rhodophyta). Jap. J. Phycol. 34: 225-229.

The apical segmentation and development of reproductive organs of *Myriogramme polyneura* OKAMURA were investigated on the basis of the original specimens from Tateyama, Chiba Prefecture. The species is characterized by: 1) at an early stage, both a transversely dividing apical cell and an intercalary division (in the cell rows of the first order) are present, 2) in advanced stages, the apical divisions became oblique, 3) the procarps consist of a four-celled carpogonial branch, two sterile-cell groups, and the supporting cell, 4) before fertilization, the mother cells of two groups of sterile cells usually remain undivided, 5) a large fusion cell is formed at the base of the gonimoblast, 6) the carposporangia are borne in chains, 7) the tetrasporangial sori are borne in minute round or oval, 8) the tetrasporangia are 45-55  $\mu\text{m}$  in diameter, and tetrahedrally divided, and 9) the tetrasporangial primordia are cut off from the inner cortical cells and also from the primary cells.

For solving the problem of taxonomic position of the present species, it is absolutely necessary to make more critical observations on type species of the genus *Myriogramme*, *M. livida*, from its type locality (Falkland Isls.).

*Key Index Words:* Apical segmentation; Delesseriaceae; *Myriogramme polyneura*; procarp; Rhodophyta; taxonomy.

Hideo Mikami, Women's Junior College, Sapporo University, Nishioka 3-7-3-1, Sapporo, 062 Japan.

表日本の漸深帶深部に稀産するといわれるスジギヌは1930年3月千葉県館山湾内から岡村により初めて採集され、*Myriogramme polyneura* OKAMURA (1932)として発表された。以来本種は岡村 (1936), SEGAWA (1936), 濑川 (1956) 及び新崎 (1964) によってそれぞれ記録されたにすぎない。

スジギヌの Holotype は既に日本海藻誌 (岡村1936) の Fig. 376 に示された雌性体で、現在北大理学部暗葉庫に保存されている (SAP, herb. OKAMURA)。ところがごく最近になって、タイプ標本以外に更に9個体に及ぶ duplicate 標本の存在が明らかとなった。その内訳は雌性体5, 四分胞子体3及び未成熟体1である (SAP 046879, 046880, 046881)。以上の各標本に基づいてスジギヌの再精査を試みた結果、これまでに全く究明できていなかった幾つかの知見が得られたので次に報告する。

## 結 果

外形: Fig. 1 は本種の四分胞子体を示す。雌性体と同じように体は薄い膜質で波状またはひだ状に広がる。体表には肉眼で認められる細脈を持つ。細脈は基部において一層明らかであるが、わずかに分岐しながら体の上方に及んで次第に不鮮明となる。脈部を除き一層構造で、脈間部の隨所にやや大型で長目の細胞が連続して認められる (Fig. 7)。

生長点: Figs. 2-6 は本種の若い体の生長過程を示す。即ち、最初は明らかに横に関節する頂細胞を (a) 持ち、第1位の細胞列内に介生分裂 (i) の存在が認められる (Fig. 3)。しかし、やがて間もなく頂細胞 (a) は斜に関節する分裂に切り替えられる (Figs. 4-6)。加えて、第1位及び第2位細胞列の各細胞にはしきりに縦及び横分裂が起こり、その結果次第に体の高さと幅を増大させる。

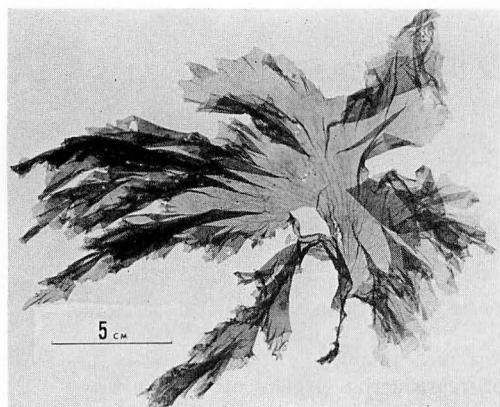


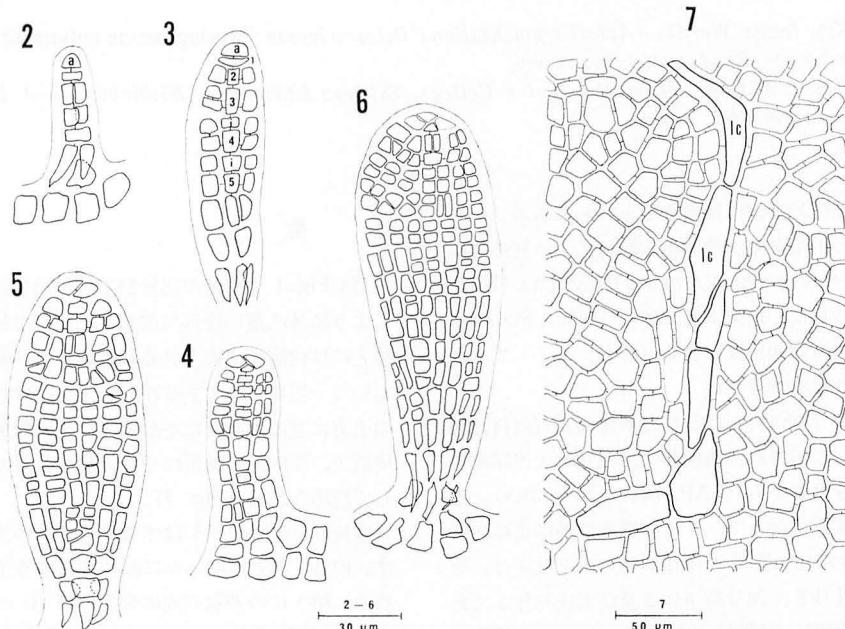
Fig. 1. *Myriogramme polyneura* OKAMURA. Tetrapterial plant (isotype, SAP) from Tateyama, Chiba Pref. (collected by OKAMURA on March 29, 1930).

プロカルプ：本種のプロカルプは細脈部及び先端部を除く体の裂片上に散在して生ずる。Figs. 8-11 はその発生過程を示す。先ず Fig. 8 においては支持細胞 (sc) が体の表面側に向かって第1次の中性母細胞 ( $st_1mc$ ) を分離する一方でカルボゴン枝母細胞 (cbmc) を横側に切り出したことを示している。続く Fig. 9 で

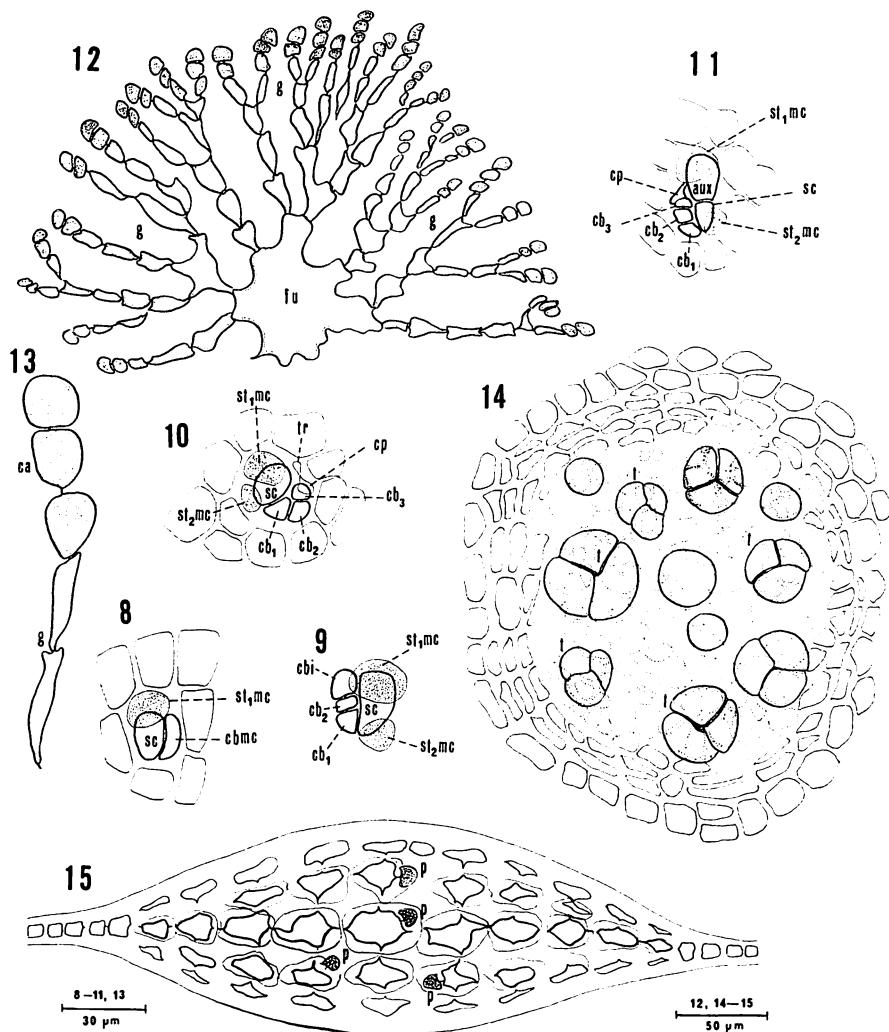
はカルボゴン枝母細胞に分割が起り、カルボゴン第1細胞 ( $cb_1$ )、同第2細胞 ( $cb_2$ ) 及びカルボゴンの initial 細胞 ( $cbi$ ) とに分割する一方で、カルボゴン枝第1細胞 ( $cb_1$ ) のすぐかたわらに第2次の中性母細胞 ( $st_2mc$ ) が支持細胞 (sc) より生まれたことを示している。

Fig. 10 は殆んど完成期に近づいたと認められるプロカルプを示す。即ち、それは支持細胞より生じた4個細胞よりなるカルボゴン枝1個と、2組の中性細胞とから成り立っている。しかも本種の第1次及び第2次中性細胞には一般に受精以前における分割のきざしが認められない。Fig. 11 は受精を終り、助細胞 (aux) が支持細胞から切り離された時期を示しているが、依然として第1及び第2次中性細胞には分裂のきざしうかがえない。

ゴニモラスト及び囊果：囊果は細脈部及び先端部を除く体表上に散在して生じ、低い半球状を呈し、乾燥標本で直径 0.5-0.8 mm と小さい。Fig. 12 は若いゴニモラスト (g) の発生状態を示す。ゴニモラストの基部にはかなり大型の癒合細胞 (fu) が存在する。果胞子囊 (ca) はゴニモラストの末端部に鎖状に形成され、径 28-36×40-50  $\mu m$  である。



Figs. 2-7. *Myriogramme polyneura* OKAMURA. 2-3. Early stages in development of proliferation showing transversely dividing apical cell. 4-6. Further stages showing obliquely dividing apical cell. 7. Surface view of frond showing longer and larger elongated cells. a: apical cell; 1-5: primary segments produced by apical growth; i: secondary cell produced by intercalary division of primary segment; lc: larger cells.



Figs. 8-15. *Myriogramme polyneura* OKAMURA. 8-11. Stages in development of procarps. 12. Fusion cell and gonimoblast branches bearing carposporangia. 13. Magnified gonimoblast bearing carposporangia. 14. Surface view of a tetrasporangial sorus. 15. Transverse section showing tetrasporangial primordia cut off from inner cortical and primary cells. aux: auxiliary cell; ca: carposporangium; cb<sub>1</sub>, cb<sub>2</sub>, cb<sub>3</sub>: first, second, and third cells of carpogonial branch, respectively; cbi: initial cell of carpogonial branch; cbmc: mother cell of carpogonial branch; cp: carpogonium; fu: fusion cell; g: gonimoblast; p: tetrasporangial primordia; sc: supporting cell; st<sub>1</sub>mc, st<sub>2</sub>mc: mother cells of first and second groups of sterile cells, respectively; t: tetrasporangium; tr: trichogyne.

四分胞子嚢：本種の四分胞子嚢は10個前後ずつの小さな点状の子嚢班（乾燥状態で径0.3-0.5 mm）をなして散在して生ずる（Fig. 14）。Fig. 15は体の横断面における四分胞子嚢原基（p）の発生を示す。即ち、本種の四分胞子嚢原基は皮層内部及びprimary細胞からも切り出される。四分胞子嚢は三角錐状に分割され径45-55 μmである。

## 考 察

OKAMURA (1932)によれば、本種スジギヌの生長点には横に関節する生長点細胞は存在しないとされている。しかし、今回の観察によりスジギヌのごく初期の若い体にはすべて明らかに横に分裂する頂端細胞（a）が認められる。その上第1位細胞列上に介生分裂によ

り生じた細胞 (i) の存在も明瞭に確認された (Fig. 3)。ところが頂端細胞に斜方向の分裂が起こり始めて、生長様式の切り替えが行なわれる。それと並行して第1位及び第2位細胞列の各細胞に縦及び横方向の分裂が続くことによって幼体の肥大生長が進む (Figs. 4-6)。

次に本種のプロカルプは体の細脈部及び先端部分を除く体表上に散在して生ずるが、その絶対数は比較的に少なく、しかもそれらが未熟のままに終るもののは更に少なく見受けられる。確かめられた本種のプロカルプは1個の支持細胞 (sc) より生じた4個細胞から成るカルボゴン枝1個と2組の中性細胞とより成り立っている。しかも2組の中性細胞には受精以前及び受精後においても一般に細胞分割が認められないという特性を示している。この特徴に関していえば KYLIN (1924 fig. 43) が地中海 Napoli 付近産の *Myriogramme minuta* KYLIN に基づいて確かめた構造と極めて類似しているといえる。このように中性細胞の数が少ない傾向は *Myriogramme* 属の特色であり、第1次中性細胞はただ1個（稀に2個）、そして第2次中性細胞もただ1個の細胞より成り立ち、更にこのようなタイプには *Myriogramme* グループ以外に *Cryptopleura* グループの仲間が所属するとした (KYLIN 1924, 1956)。これに関連して WAGNER (1954) は *Neuroglossum binderianum* KÜTZING (*Myriogramme* グループ) 及び *Botryoglossum farlowianum* (J. AG.) De TONI (*Cryptopleura* グループ) について既にその特性を確かめ、また最近になって *Cryptopleura* グループに所属する *Cryptopleura lobulifera* (J. AG.) KYLIN と *Cryptopleura violacea* (J. AG.) KYLIN (三上 1983a)，更に同グループの *Hymenena flabelligera* (J. AG.) KYLIN 及び *Hymenena multiloba* (J. AG.) KYLIN (三上 1983b) のそれについても中性細胞における分裂が殆んど起らないことが確認された。

次にスジギヌの四分胞子囊群は肉眼では小さい子囊斑（乾燥状態で径 0.3-0.5 mm）を示して体表上に散在して生ずる。更に四分胞子囊原基 (p) の発生については、内皮層及び primary 細胞の双方から切り出されることが確かめられた。一方 KYLIN (1924) によると上述の *Myriogramme minuta* における四分胞子囊原基は一般に primary 細胞より生ずるが *Polyneura hilliae* (GREV.) KYLIN の場合にも似ているとして、それが内皮層からも生じ得ることを示唆している。以上のことから日本のスジギヌと地中海の *Myriogramme minuta* との間には属レベルでの類似性が可成明らか

となった。

しかしながら、最近 WYNNE (1983, p. 445) によっても厳しく指摘が行なわれたように、そもそも KYLIN (1924, p. 55) が新属 *Myriogramme* を設けた際、その基準タイプ種としては南半球フォークランド産の *Myriogramme livida* (HOOKER et HARVEY) KYLIN を指定した。ところが、この新属の性質、特に生殖器官の解明図示のために用いられた材料はタイプ種 *Myriogramme livida* のものではなくて専ら地中海 Napoli 付近産の *Myriogramme minuta* に基づくものであった。そのことが今日、*Myriogramme* 属の性質範囲を理解する上での混乱を生む原因となって現在に及んでいる。従って、この混迷状態からのがれるためには当然、タイプ種と指定された *Myriogramme livida* についての性質究明が不可欠である。そのことが果されない限り、日本産の本種スジギヌを始め近縁種を *Myriogramme* 属の下に配することの当否を論ずることはできないものと考えられる。

終りに貴重な原標本の閲覧と共に終始御意見をいただいた北大理学部植物分類学講座の吉田忠生教授に深謝申し上げる。

## 引用文献

- 新崎盛敏 1964. 原色海藻検索図鑑。北隆館、東京。  
 KYLIN, H. 1924. Studien über die Delesseriaceen.  
 Lund. Univ. Årsskrift, N. F. Avd. 2. 20(6) : 1-111.  
 KYLIN, H. 1956. Die Gattungen der Rhodophyceen.  
 CWK Gleerups, Lund.  
 三上日出夫 1982. カリフォルニア産コノハノリ科(紅藻)所見 (1) *Cryptopleura lobulifera* (J. AG.) KYLIN について。札幌大学教養部・札幌大学女子短期大学部紀要 22 : 1-5.  
 三上日出夫 1983a. カリフォルニア産コノハノリ科(紅藻)所見 (2) *Cryptopleura violacea* (J. AG.) KYLIN および *Polyneura latissima* (HARV.) KYLIN について。札幌大学女子短期大学部紀要 21 : 1-4.  
 三上日出夫 1983b. カリフォルニア産コノハノリ科(紅藻)所見 (3) *Hymenena flabelligera* (J. AG.) KYLIN 及び *Hymenena multiloba* (J. AG.) KYLIN について。札幌大学女子短期大学部紀要 22 : 1-6.  
 OKAMURA, K. 1932. Icones of Japanese algae 6(10) : 94-95.  
 岡村金太郎 1936. 日本海藻誌。内田老鶴園、東京.  
 SEGAWA, S. 1936. On the marine algae of Susaki,

- Prov. Izu, and its vicinity II. Sci. Pap., Inst.  
Algol. Res., Hokkaido Imp. Univ. 1: 175-197.
- 瀬川宗吉 1956. 原色日本海藻図鑑。保育社, 大阪。
- WAGNER, F. S. 1954. Contribution to the morphology of Delesseriaceae. Univ. Calif. Publ.
- Bot. 27: 279-345.
- WYNNE, M. J. 1983. The current status of genera in the Delesseriaceae (Rhodophyta). Bot. Mar. 26: 437-450.

## ニュース

### (2) 国際珪藻研究学会 (International Society for Diatom Research) の発足

今回新しく国際珪藻研究学会が設立され、すでに本年5月に雑誌“Diatom Research” Vol. 1, No. 1, 152 pp. が出版されています。

入会ご希望の方は、下記の形式の申込用紙を「Miss Patricia A. Sims, Botany Department, British Museum (Natural History), Cromwell Road, London SW7 5BD」宛に送り、別に会費 £20 (ポンド) を送金（外国郵便為替で直接送金が便利）のこと。

---

Please include me as a member of the International Society for Diatom Research. I enclose my initial subscription of £20 (or dollar equivalent).

Signed .....

Address .....

### (3) 第3回国際デスマッドシンポジウムの開催について

第3回国際藻類学会議が1988年8月オーストラリアのメルボルンで開催の予定ですが、その直前または直後に「糸状接合藻とデスマッドにいてのシンポジウム」がタスマニアで開かれることが予定されています。参加ご希望の方は下記のいずれかに申し込まれること。

Dr Peter A. Tyler  
Department of Botany  
University of Tasmania  
Box 252C, G.P.O.  
Hobart, Tasmania, 7001 Australia

Dr Dieter Mollenhauer  
Forschungsinstitut Senckenberg  
Aussenstelle Lochmuehle  
D-6465 Biebergemund-Bieber  
Federal Republic of Germany ("West Germany")

### (4) 第3回国際藻類学会議の開催について

第3回国際藻類学会議 Third International Phycological Congress が下記のようにオーストラリアで開催されます。

期 日：1988年8月14日～20日  
場 所：Monash University, Melbourne  
Australia

1st サーキュラーは本年12月に出る予定ですので希望者は下記に申込んで下さい。

The Secretariat  
3rd International Phycological Congress  
c/o Botany Department, Monash University  
Clayton, Victoria 3168  
Australia.

川嶋昭二：外国産コンブ目植物の漂着記録 (1). ブルウキモについて Shoji KAWASHIMA:  
Drifting records of alien species of the Laminariales (1). *Nereocystis luetkeana* (MERTENS) POSTELS et RUPRECHT.

(1) *Nereocystis luetkeana* (MERTENS) POSTELS et RUPRECHT ブルウキモ

ブルウキモは北米大陸カリフォルニア州の San Luis Obispo からアラスカ半島先端の Unalaska 島までの広い地域に生育する代表的コンブ類の1種である (DRUEHL 1969)。この海藻の日本への漂着はすでに岡村 (1929, 1931) と時田 (1939, 1962) がそれぞれ2例ずつ、計4例を報告し、また久内 (1961)、川嶋 (1972) のこれらについての紹介文があるが、その後は長い間発見の記録がなかった。ところが1980年代になって急に北海道の太平洋沿岸各地から漂着の情報が多くなり、新しく8例が加わった。1929年以来、現在までに集まったこれら12例を簡単にとりまとめて Fig. 1 に示した。

これらの漂着物はいずれも pneumatocyst をもった茎だけで、附着器と葉がなく (Fig. 2)，破損していた第7例と第11例を除き、長さは 3.4 m から 18 m、平均 10 m あり、頭部の pneumatocyst の直径は 7 cm から 12.7 cm、平均 9 cm があるので、これらの藻体は

多少、小さめか普通の大きさのものであろう。

漂着の年と個体数を見ると、1929年の第1例から1981年の第5例まで52年間は、ほぼ10年に1個体しか見つかなかった割合になる。しかし、その後1983年に3個体、1984年に4個体と集中的に発見されたのは偶然かも知れないが、最近は人の目が良く行きとどくようになったのも一因だろう。一般に藻体漂流の主な原動力は海流であるから、ブルウキモの漂着には北太平洋の亜寒帯循環流の消長も関係すると考えられる。事実、漂着物発見の1981年、1983年、1984年は北海道太平洋沿岸は低水温の月が多く、根室では年平均がいずれも 7.5°C 前後で、全く発見されなかった1982年の 8.4°C と比較して親潮の勢力が強いことをうかがわせた。

漂着物発見の季節は5月の1例に始まり、6月が4例で最も多く、7月の3例、8月の2例と続き、ほかに11月と不明月が1例ずつあるけれども、明らかに春から夏に集中している。また漂着地は第2例目の岩手県越喜来 (おきらい) 村 (現三陸町) を除き、すべて

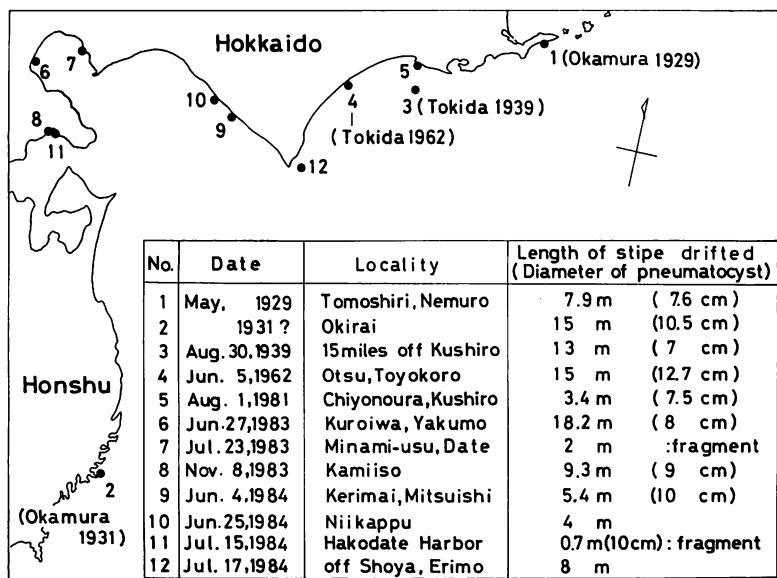


Fig. 1. A map of the Pacific coast of northern Japan showing twelve localities where drifting stipes of *Nereocystis luetkeana* were found from 1929 to 1984. In attached table are summarized the records of the driftages.

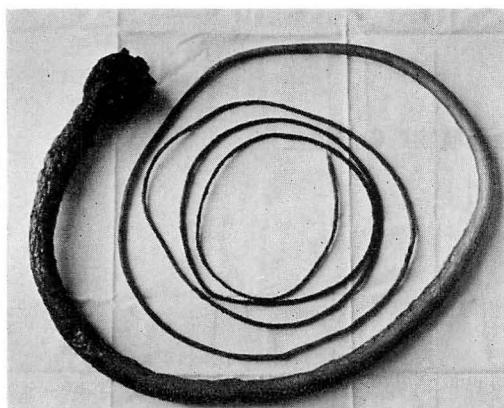


Fig. 2. Stipe of *Nereocystis luetkeana* drifted ashore at Kerimai, Mitsuishi (三石町鳴舞), Hokkaido on June 4, 1984. (5.4 m in length)

北海道太平洋沿岸の根室から函館までの各地方に広がり (Fig. 1), 噴火湾や函館湾にまで入りこんでいることは, これら沿岸における沿岸流の挙動と良く符号している。ちなみに根室海峡やオホーツク海からの報告はない。

漂着物が北美大陸のどこから流れてくるのか, もちろん知るよしもないが, たとえば北海道に最も近い生育地 Unalaska 島からとすれば, たどり着くまで何か月くらいかかるだろうか。この間の距離をほぼ 3,000 km としても親潮の源流である亜寒帯循環流は, 途中でベーリング海やオホーツク海にも入り遠廻りすると言われるし, 北洋漁業の漁船がベーリング海で大量の海藻塊の漂流をよく見かけるというから, 実際の漂流距離はおそらく 5~6,000 km にもなろう。今, この海流の速さを毎時 0.7 ノットと仮定して計算すると,

漂着までに 5か月半から 6か月半ほどかかることになる。したがって漂着物の多い季節から逆算すると, ブルウキモは前年の暮から真冬の候に荒天などで茎の根元から切れ, 遠い日本への旅路に出発すると考えてもあまり不都合ではない。漂着物があまり烈しく傷んでいないのは, その質が固いことや低水温で腐れ難いためだろう。漂着記録はこれからも増えるだろう。

記録をまとめるにあたり, 貴重な文献をお世話いただいた故久内清孝博士, また情報を教えて下さった岩本康三博士, 垣内政宏氏, 新原義昭氏および岩岸清志氏に心からお礼申し上げる。情報の一部は北海道新聞からも得たことを附記する。

### 引用文献

- DRUEHL, L. D. 1969. The northeast Pacific rim distribution of the Laminariales. Proc. Intern. Seaweed Symp. 6: 161-170.
- 久内清孝 1961. 岡村金太郎先生の小品文。藻類 9: 36-37.
- 川嶋昭二 1972. 漂着するコンブ。p. 281-285. 鉄路のさかなと漁業. 鉄路叢書 13.
- 岡村金太郎 1929. *Nereocystis Luetkeana* (MERT.) POST. et RUPR. を根室に得たり。アミーバ 1(2): 12-14.
- 岡村金太郎 1931. 再び *Nereocystis* の漂着について。アミーバ 3(1-2): 27.
- 時田 郁 1939. 北海道鉄路沖に *Nereocystis* 漂流す。植物及動物 7(11): 1920-1921.
- 時田 郁 1962. ブルウキモの漂着。藻類 10: 92-95.
- (042 函館市湯川町1丁目 2-66 北海道立函館水産試験場)

総 説

群体性オオヒゲマワリ目 (緑藻植物) の有性生殖

野 崎 久 義

慶應義塾高等学校 (223 横浜市港北区日吉 4-1-2)

Nozaki, H. 1986. Sexual reproduction in the colonial Volvocales (Chlorophyta). Jap. J. Phycol. 34: 232-247.

Morphological details of sexual reproduction at light microscope level in the three families of the colonial Volvocales are reviewed. Five types of sexual reproduction are recognized in the Volvocaceae. In *Gonium pectorale*, each of the two conjugating isogametes bears a tubular mating structure (bilateral mating papilla) and a germinating zygote gives rise to four biflagellate gone cells joined in a colony (germ colony). Only one of the two conjugating gametes of *G. sociale* bears a tubular mating structure (unilateral mating papilla) and four biflagellate gone cells are released separately from a germinating zygote of this alga. *Pandorina* and *Volvulina* have isogametes with bilateral mating papillae and germinating zygotes which produce a single biflagellate gone cell. *Eudorina*, *Pleodorina* and *Platydorina* have anisogamous sexual reproduction with bundles of male gametes (sperm packets) and their germinating zygotes produce one or two biflagellate gone cells. *Volvox* is oogamous with sperm packets and its germinating zygote produces a single gone cell. *Astrephomene* (Astrephomenaceae) has essentially the same mode of sexual reproduction as *Pandorina* and *Volvulina*. *Pyrobotrys* (Spondylomoraceae) shows unique sexual reproduction in these colonial Volvocales, having small isogametes which are produced by the successive divisions of the colonial cells. These gametes have no tubular mating structures (mating papillae) observed in the isogamous volvocacean and astrephomenacean algae. Phylogenetic relationships among these colonial green flagellates are discussed mainly on the basis of the difference of sexual reproduction.

*Key Index Words:* Anisogamy; Astrephomenaceae; Chlorophyta; colonial Volvocales; isogamy; mating papilla; oogamy; phylogeny; sexual reproduction; Spondylomoraceae; Volvocaceae; Volvocales.

Hisayoshi Nozaki, Keio Senior High School, Hiyoshi, Kohoku-ku, Yokohama-shi, Kanagawa, 223 Japan.

群体性オオヒゲマワリ目 (colonial Volvocales) の代表的なものには3つの科, Volvocaceae, Astrephomenaceae, Spondylomoraceae がある。これら3科はいずれも *Chlamydomonas* 型の等長2鞭毛型 (*Spondylomorum* 属だけは等長4鞭毛型) の細胞からなる定数定型群体をもち (Fig. 1), 無性生殖は娘群体形成をする淡水藻である。これら3科は群体形成の様式と群体を包む寒天状基質の有無で区別される (BOLD and WYNNE 1978, STARR 1980)。また、有性生殖には色々な段階・種類のものがあるが、いずれも接合子が発芽する時に減数分裂を行なう単相生活環

の生物と考えられている (STEIN 1958b, COLEMAN 1959, STARR 1975, BOLD and WYNNE 1978)。

ここでは、近年発達した单藻培養法によるクローンを用いて明らかになった、これら3科の有性生殖の光顕レベルの形態的過程について概説する。最後に、これらの藻の系統関係にも言及したい。なお、群体性オオヒゲマワリ目の一般的概説並びに性と遺伝・発生分化(特にオオヒゲマワリ *Volvox* の性ホルモン)に関しては他の著書 (STARR 1968 1970a 1980 1984, WIESE 1969, KOCKERT 1975 1981 1982, BOLD and WYNNE 1978, COLEMAN 1979) を参照されたい。

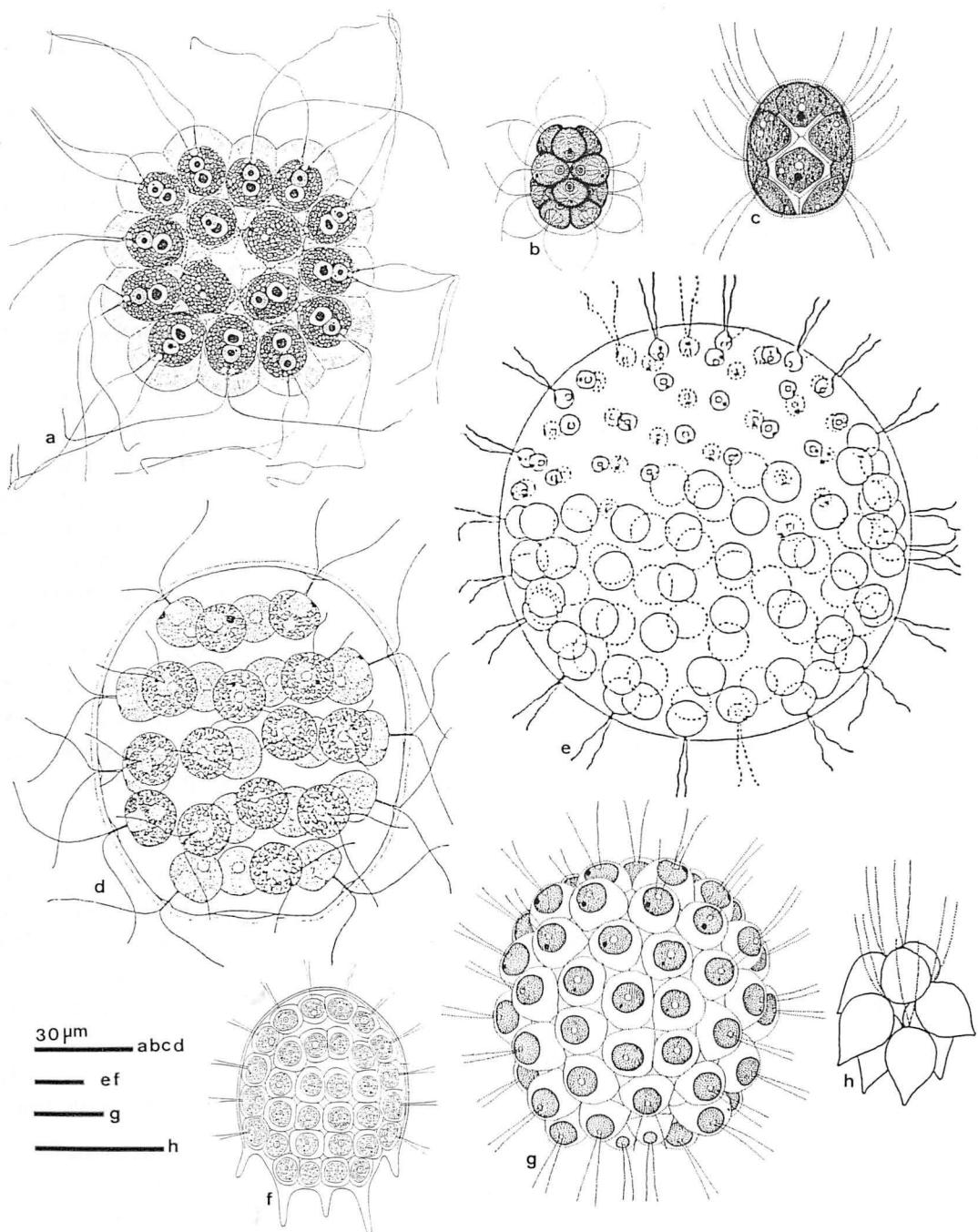


Fig. 1. Vegetative colonies of the colonial Volvocales. a-f. Volvocaceae; g. Astrephomenaceae; h. Spondylomoraceae; a. *Gonium pectorale* MÜLLER (HARTMANN 1924); b. *Pandorina morum* BORY (NOZAKI and KASAKI 1979); c. *Volvulina steinii* PLAYFAIR (NOZAKI 1982a); d. *Eudorina unicocca* SMITH (1930); e. *Pleodorina californica* SHAW (1894); f. *Platydorina caudata* KOFOID (1899); g. *Astrephomene perforata* NOZAKI (1983b); h. *Pyrobotrys stellata* (KORSHIKOV) KORSHIKOV (NOZAKI 1986c).

## 1. Volvocaceae (オオヒゲマワリ科)

3科の中で最も多くの属を含む科で、*Gonium* と *Platydorina* の2属は平板状の群体であるが、それ以外のものは放射球状で、いずれも構成細胞が寒天状基質に包まれる (Fig. 1a-f)。球状の群体をもつものは群体形成時に反転 (inversion) することを特徴としている (SMITH 1950, BOLD and WYNNE 1978)。本科の中の各属は群体と細胞の形態並びに有性生殖の様式で識別されている。

有性生殖には同型配偶子接合 (isogamy), 異型配偶子接合 (anisogamy), 卵受精 (oogamy) があるが、一般に、どの様式をとるかは、群体の細胞数および非生殖細胞の分化と密接な関係にある (Table 1)。本科における有性生殖は多様であり、以下の5つの型が認められる。

- (1) *Gonium pectorale* 型
- (2) *Gonium sociale* 型
- (3) *Pandorina* 型
- (4) *Eudorina* 型
- (5) *Volvox* 型

### (1) *Gonium pectorale* 型

*Gonium pectorale* MÜLLER は板状の16または8細胞性の群体をもつ (Figs. 1a, 2a)。本藻の有性生殖は SCHREIBER (1925), STEIN (1958b), 楠元ら (1978) が、同型配偶子接合と接合子の発芽を報告している。

近年、NOZAKI (1984a) は本藻の接合過程を光顕観察し、若干の知見を得ている。

*G. pectorale* のヘテロタリック (heterothallic) の相補的交配型のクローンを混合すると、群体の構成細胞はばらばらになり、各細胞は寒天状の細胞被鞘をぬぎすぎて (Fig. 2b), そのまま球形の等長2鞭毛型の

配偶子となる。配偶子は鞭毛基部に細長い細胞質状の突起 (arrow, Fig. 2c) をもち、直径 5–12 μm である。配偶子は数個以上、鞭毛先端部を1点で付着させ集合する gamete clumping という状態をとり (Fig. 2d), その中で2個が接合する。接合は鞭毛基部にある突起の先端同士の結合から開始する (Fig. 2e-f)。突起の結合の結果、両配偶子間に細胞質の橋ができる (Fig. 2f), 橋はだいぶ短くなり、両配偶子の前端同士が付着し、そこから細胞質融合が開始し、後方に進行し、4鞭毛の動接合子となる (Fig. 2g)。接合子は次に鞭毛を失い、細胞壁を分泌し、休眠状態となる。接合を開始させる配偶子の突起は長さ 5 μm に達する。

接合子が発芽する時には、接合子の壁が膨潤し、その中で原形質が均等に2回分裂し、同大の4個のゴーン細胞 (gone cell) ができる (Fig. 2h)。各細胞からは2本づつ鞭毛が生じ、4個の細胞は1つの群体 (germ colony) (Fig. 2i) となって、接合子の壁より遊出する。この4個のゴーン細胞は2個づつ異なる相補的交配型の性になるという結果が得られている (SCHREIBER 1925, STEIN 1958b, 楠元ら 1978)。また STEIN (1958b) は発芽時の減数分裂を観察している。従って、本藻の性は1つの遺伝子によって決定され、接合子発芽時の減数分裂で各ゴーン細胞に性決定遺伝子が分配されるものと推測される。同様の発芽過程と性の遺伝様式が *Gonium multicoccum* POCOCK (SAITO 1984) で報告されている。

### (2) *Gonium sociale* 型

*Gonium sociale* (DUJARDIN) WARMING は4細胞性の群体を持つ (Fig. 3a)。本種の有性生殖が同型配偶子接合であることは STARR (1955), STEIN (1959) によって明らかになっていたが、その接合子の発芽は観察されていなかった。しかし、最近 NOZAKI (1986a)

Table 1. Characteristics of genera of Volvocaceae

Genus	Colony cell number	Cells in colony	Sexual reproduction
<i>Gonium</i>	16, 8 or 4	all reproductive	isogamous
<i>Pandorina</i>	16 or 8	all reproductive	isogamous
<i>Volvulina</i>	16 or 8	all reproductive	isogamous
<i>Eudorina</i>	32 or 16	all reproductive or *rarely facultatively somatic in only anterior four	anisogamous
<i>Platydorina</i>	32 or 16	all reproductive	anisogamous
<i>Pleodorina</i>	128, 64 or 32	anteriorly somatic and posteriorly reproductive	anisogamous
<i>Volvox</i>	500–50,000	almost somatic	oogamous

\* *E. illinoiensis*

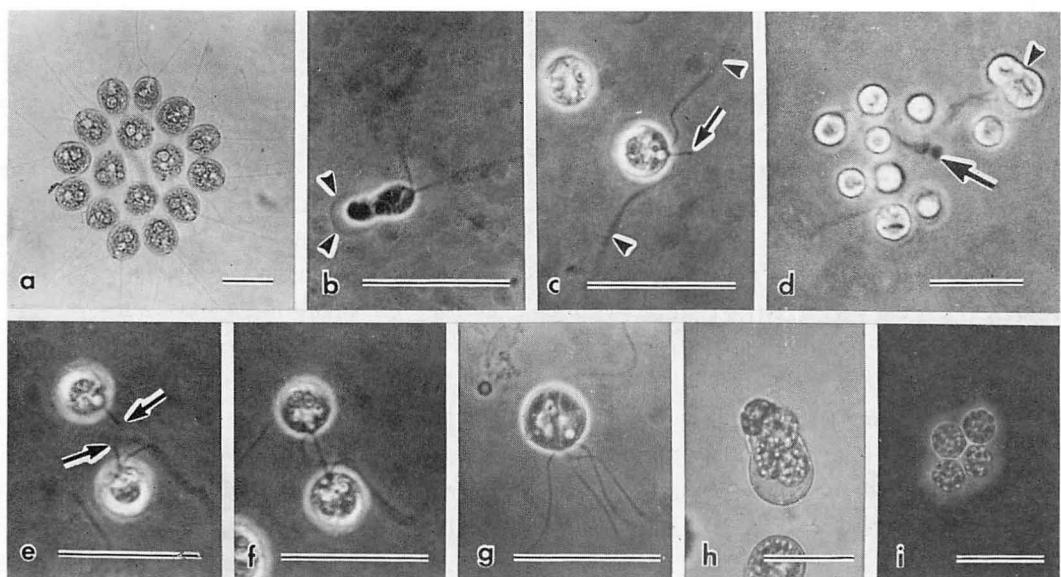


Fig. 2. *Gonium pectorale* MÜLLER. Each scale bar: 20  $\mu\text{m}$ . b-g. Phase contrast. a. 16-celled vegetative colony; b. Gamete escaping from the cellular sheath (arrow heads); c. Gamete bearing a slender mating papilla (arrow) at the base of the flagella (arrow heads); d. Gamete clumping and fusing gametes (arrow head). Arrow indicates the flagellar tips of the gametes; e. Pair of gametes just before plasmogamy. Both gametes bear a mating papilla (arrow); f. Two gametes forming cytoplasmic bridge between them; g. Quadriflagellate zygote; h. Germinating zygote producing four gone cells; i. Four gone cells joined in a colony (germ colony). Ink preparation.

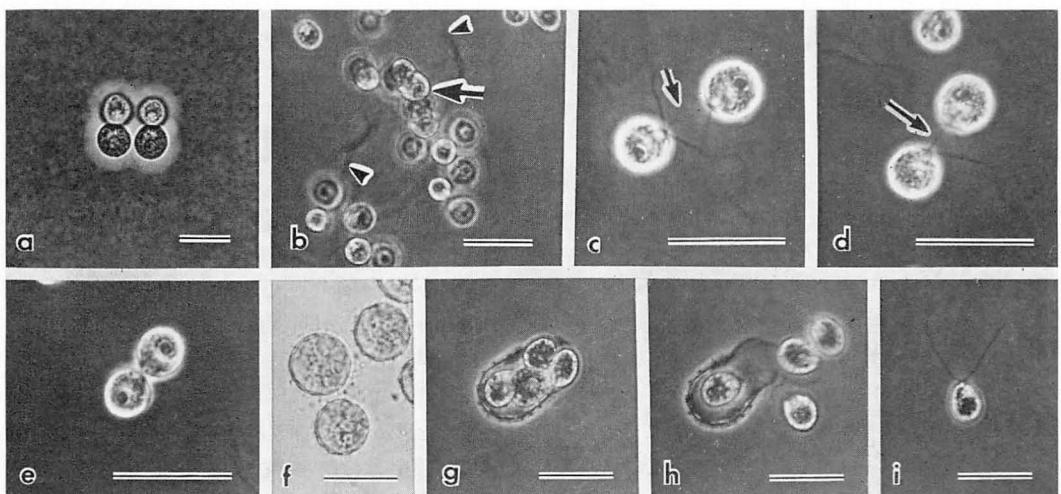


Fig. 3. *Gonium sociale* (DUJARDIN) WARMING. Each scale bar: 20  $\mu\text{m}$ . b-e, g-i. Phase contrast. a. Vegetative colony. Ink preparation; b. Gametes aggregating in a clump with their flagellar tips sticking together at the two opposite ends (arrow heads). Arrow indicates fusing gametes; c. Pair of conjugating gametes. Note one of the two bearing a mating papilla (arrow); d. Two gametes forming a cytoplasmic bridge (arrow) between them; e. Two gametes with their anterior regions touched together; f. Mature aplanozygotes; g. Germinating zygote just prior to the liberation of gone cells; h. Four gone cells escaping separately from the zygote wall; i. Biflagellate gone cell.

は本藻の接合子の発芽に成功し、加えて配偶子の接合過程を観察し、その詳細を報告した。

*G. sociale* var. *sociale* はホモタリック (homothallic) であり、接合培地に変換すると、群体はばらばらになり、各細胞は寒天状の被鞘をぬぎすてて、そのまま等長 2 鞭毛型で球形の配偶子となる。配偶子には鞭毛基部に細胞質状の突起をもつものともないものとがある。配偶子は数個以上で集合するが、その様式は *G. pectorale* (Fig. 2d) とは異なり、配偶子の本体の左右 2 点で鞭毛先端部が付着しあい、その中で 2 個の配偶子が接合する (Fig. 3b)。接合する 2 個の配偶子は基本的には同大であるが、片方だけが細胞質状の突起をもつ (Fig. 3c)。片方の突起の先端が他方の突起のない鞭毛基部に付着し、両者の間に細胞質の橋ができる (Fig. 3d)。この橋はしだいに短くなり両配偶子の前端部を付着させ (Fig. 3e)，細胞質融合が前方から後方に進行し、4 鞭毛の動接合子ができる。動接合子は次に鞭毛を失い細胞壁を分泌し、休眠状態となる (Fig. 3f)。

接合子は低温処理と暗処理を併用し、通常の培養条件にもどすと発芽を開始する。まず、細胞壁の外側がやぶれ、内側が突出し、中味の原形質が均等に 2 回分裂し 4 個の同大の細胞ができる (Fig. 3g)。次に突出した細胞壁はやぶれ、等長 2 鞭毛型のゴーン細胞がばらばらに遊出する (Fig. 3h-i)。各ゴーン細胞は活発に遊泳した後、鞭毛を失い、無性生殖の様に 2 回分裂して、4 細胞性の新しいゴーン群体 (gone colony) となる。

### (3) *Pandorina* 型

この有性生殖の様式をとるものは *Pandorina* 属の他に *Volvulina* 属がある。両属とも 16 または 8 細胞性の球状の群体をもつが、*Pandorina* は球状からくさび型の (Fig. 1b), *Volvulina* はレンズ状から半球形の (Fig. 1c) 細胞をもつことを特徴としている。*Pandorina* の有性生殖は 19 世紀から知られており (PRINGSHEIM 1870), SMITH (1950, 1955) の教科書でその有性生殖が異型配偶子接合と書かれている。しかし培養を用いた COLEMAN (1959) の研究により、接合する配偶子の大きさが異なる場合と同一の場合があり、配偶子の大きさは、それを放出した群体の細胞齢によるものであり、本質的には異型配偶子接合でないとしている。これは先の *Gonium* の 2 型、*Volvulina*, *Astrephomene* にもあてはまることがある。*Pandorina* が同型配偶子接合をするということは本属の分類学的基準にもなっている (RAYBURN and

STARR 1974)。*Volvulina* の有性生殖は STEIN (1958a) が同型配偶子接合であることを明らかにした。STARR (1962) は *V. pringsheimii* STARR の配偶子に接合を開始させる細胞質状の管状の構造 (mating papilla: 接合突起) があることを Volvocaceae において初めて観察した。その後、同様な構造は *Volvulina steinii* PLAYFAIR (CAREFOOT 1966, NOZAKI 1982a), *Pandorina morum* BORY, *P. unicocca* RAYBURN & STARR (NOZAKI 1982b), で報告されている。*Pandorina* と *Volvulina* の接合子の発芽も基本的には同一であり、その詳細な観察が近年なされている (NOZAKI and KASAKI 1979, NOZAKI 1981, NOZAKI 1982a)。

両属は通常ヘテロタリックであり、相補的交配型の株を混合すると、群体が鞭毛で集合する colony clumping という状態となる。これが有性生殖の最初の反応である。次にその状態の中で、群体の構成細胞が寒天状基質よりそのままぬけ出て、配偶子として機能する (Fig. 4a)。配偶子は等長 2 鞭毛型の球形であり、大きさは配偶子を放出した群体の細胞齢により色々である。配偶子の細胞構造は基本的には栄養細胞と同一であるが、鞭毛基部付近に乳頭状の接合突起 (pa, Fig. 4b) がある。配偶子が接合して接合子になる過程は前述の *Gonium pectorale* と同一である。多数の配偶子が集合し鞭毛の先端部を 1 点で付着させる gamete clumping を形成し、その中の 2 個の配偶子の両接合突起同士の結合から細胞質融合が開始し (Fig. 4b), 4 鞭毛の動接合子となる (Fig. 4c)。次に接合子は鞭毛を失い (Fig. 4d) 細胞壁を分泌し休眠状態となる (Fig. 4e-f)。

接合子は発芽になると、その一部の細胞壁が突出し (Fig. 4g), 突出した先端がやぶれ、1 個の等長 2 鞭毛型のゴーン細胞が遊出する (Fig. 4h-j)。この時に減数分裂の副産物と思われる小さな透明な細胞質 (hyaline body) (hb, Fig. 4h-i) が観察される。これは高等動物の卵形成時の減数分裂の極体と同じ意味 (減数分裂の 1 つの娘細胞だけに栄養分を残す) をもつものと思われる。泳ぎ出たゴーン細胞はその周囲に透明な膜を分泌し (またはすでに膜をもっている) (Fig. 4k), その膜の中で新しいゴーン群体の形成が行なわれる (Fig. 4l-p)。その間、ゴーン細胞の 2 鞭毛は膜から突出し、発達中の群体が入っている膜全体を泳がせる (Fig. 4l-o)。この 2 本の鞭毛は中味の群体が反転する時期あたりで、膜からはずれる。膜の中にできた新しいゴーン群体の各細胞からは鞭毛が生じ、群体は膜より遊出する。

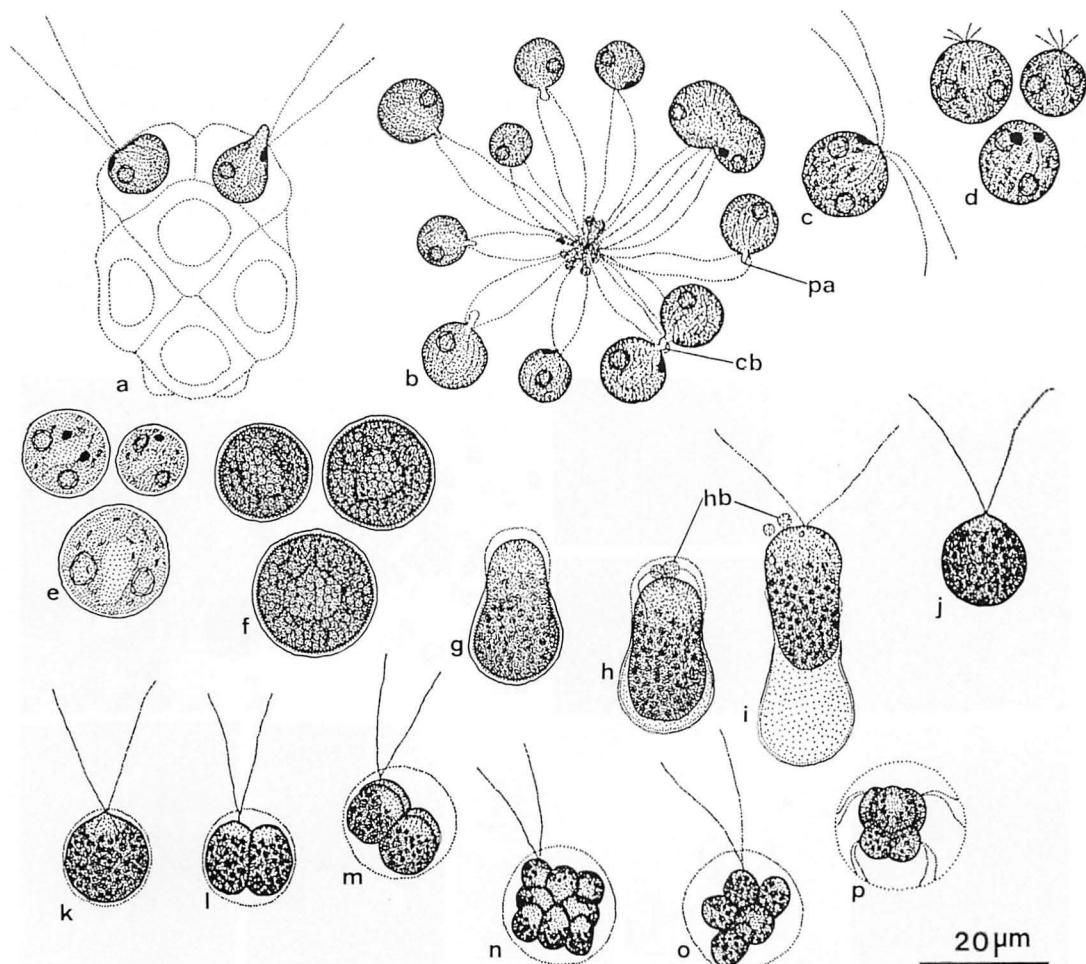


Fig. 4. Sexual reproduction of *Volvulina steinii* PLAYFAIR (NOZAKI 1982a). a. Gamete release; b. Gamete clumping and conjugation of gametes. Note mating papilla (pa) and cytoplasmic bridge (cb); c. Quadriflagellate zygote; d. Zygotes just after settling down; e. Young aplanozygotes; f. Mature aplanozygotes; g-i. Germinating zygotes. Note hyaline body (hb); j. Biflagellate gone cell; k. Gone cell with gelatinous envelope; l-p. Gone colony formation; l. 2-celled stage; m. 4-celled stage; n. 8-celled stage; o. Inversion stage; p. 8-celled gone colony in gelatinous envelope.

#### (4) *Eudorina* 型

この型には *Eudorina* 属の他, *Pleodorina* と *Platydorina* の 2 属がある。*Eudorina* と *Pleodorina* は共に球状の群体をもつが (Fig. 1d-e), *Platydorina* は馬蹄型の平板状の群体をもつ (Fig. 1f)。*Pleodorina* は群体の前方に小さな非生殖細胞を分化させている (Fig. 1e)。GOLDSTEIN (1964) は 4 個の非生殖細胞をもつ *Pleodorina illinoiensis* KOFOID と *Eudorina* の 3 種を交配した結果、接合子を作ることと、実験的に *Pleodorina californica* SHAW の非生殖細胞が生殖細胞化することを理由として *Pleodorina*

属を *Eudorina* 属に移行させた。しかし、広義の *Pleodorina* の種の中で *P. illinoiensis* だけはその非生殖細胞が完全に分化しておらず、無性生殖にも有性生殖にも関与する場合がある (WATERS 1960, 野崎 1986)。この点が完全に非生殖細胞に分化したもののもつ他の *Pleodorina* の種と異なっている。従って筆者は *E. illinoiensis* (KOFOID) PASCHER の組換えは支持するが、他の *Pleodorina* の種は *Eudorina* に移行させない方が妥当と思われる。*Platydorina* では 1 種 *P. caudata* KOFOID (1899) が記載されているのみである。群体は *Gonium* の様に平板状ではある

が、群体形成時に反転を行ない、いったん、球状になった後、つぶれて (intercalation) 平板状になる (HARRIS and STARR 1969, TAYLOR *et al.* 1985) 点で *Gonium* とは基本的には異なる。これら 3 属は基本的には同一の異形配偶子接合の有性生殖をする。NOZAKI (1983a) は *Eudorina elegans* EHR. var. *elegans* を用いて、異型配偶子の接合の過程を本科の中で初めて確実なものとし、その接合子発芽過程を詳細に観察した。

*E. elegans* var. *elegans* のヘテロタリックの雌雄

の株を接合培地に変換すると有性生殖の反応が起こる。雄性群体のすべての細胞はこまかく、無性生殖の様に分裂し、反転して精子束 (sperm packet) となる (Fig. 5a)。精子束は 16 または 32 個の鉗錘形の雄性配偶子が菊の花の花弁の様に集合した半球形の群体である (Fig. 5b)。一方、雌性群体は動きが鈍くなり、寒天状基質は膨潤し、各構成細胞は寒天状基質の中で透明な膜を後方にぬぎすてて、そのまま雌性配偶子となる (Fig. 5c)。雌性配偶子の 2 鞭毛は寒天状基質につきささったままで存続する。この様に性的に成熟した

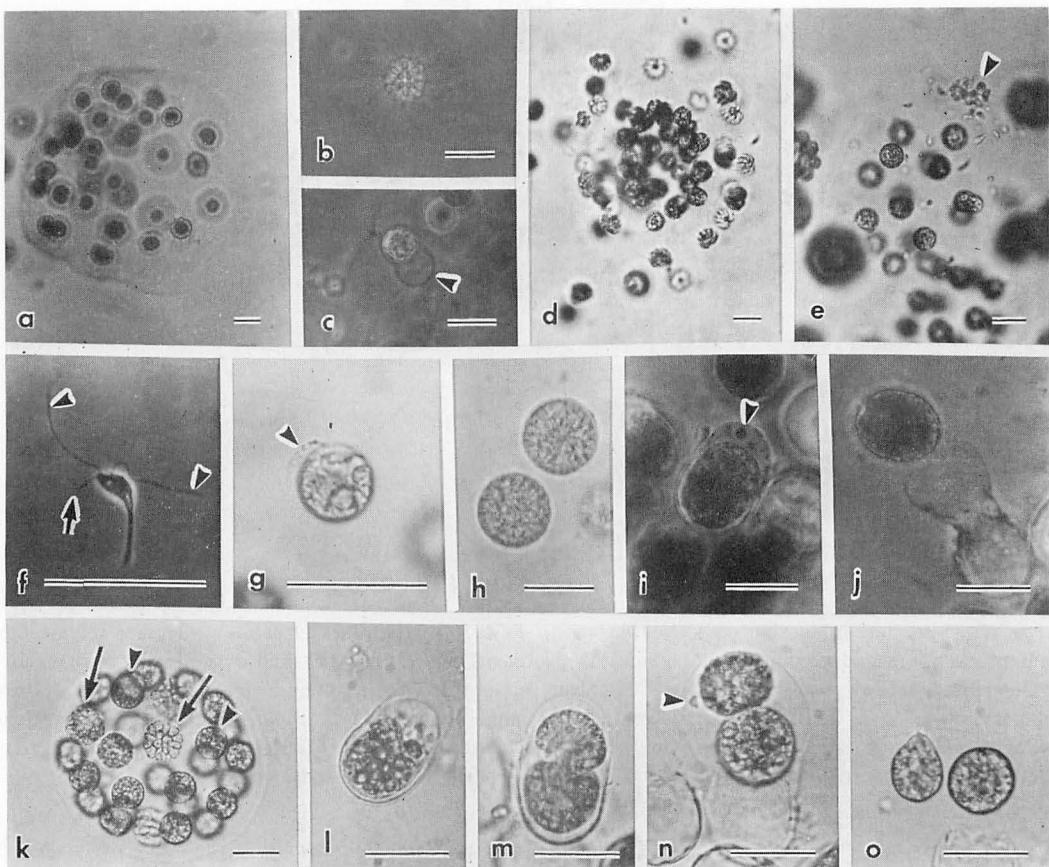


Fig. 5. Sexual reproduction of two varieties of *Eudorina elegans* EHR. Each scale bar: 20  $\mu\text{m}$ . a-c, f-i-j. Phase contrast. a-j. *E. elegans* var. *elegans*; a. Male colony producing sperm packets; b. Sperm packet; c. Mature female gamete. Note vesicle (arrow head) cast by the gamete; d. Sperm packets surrounding female colony; e. Sperm packet (arrow head) dissociating nearby the female colony; f. Male gamete bearing a slender cytoplasmic protrusion (arrow) at the base of the flagella (arrow heads); g. Male gamete (arrow head) landing on the lateral anterior portion of the female gamete; h. Mature aplanozygote; i. Initial stage of germinating zygote. Arrow head indicates hyaline body; j. Gon cell escaping from the zygote wall; k-o. *E. elegans* var. *synoica* GOLDSTEIN; k. Sexual colony with sperm packets (arrows) and female gametes (arrow heads); l-o. Zygote germination; l. Initial stage; m. Just after the transverse division; n. Two gon cells in the expanding zygote wall. Arrow head indicates hyaline body; o. Two gon cells escaping from the zygote wall.

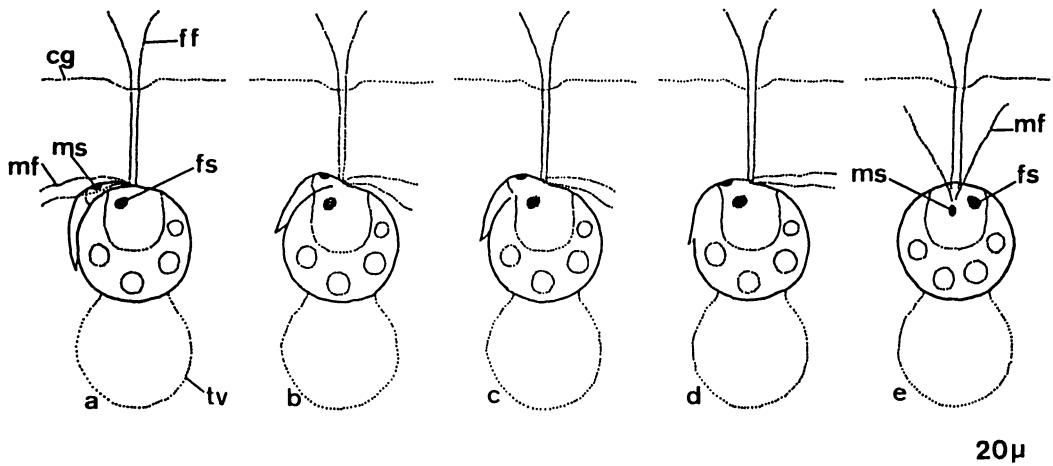


Fig. 6. Diagrams of stages in conjugation of *Eudorina elegans* EHR. var. *elegans* (NOZAKI 1983a). a. Just before plasmogamy; b. Initial stage of plasmogamy; c. Middle stage of plasmogamy; d. Late stage of the plasmogamy; e. Just after plasmogamy; (cg) confluent gelatinous envelope of female colony; (ff) flagellum of female gamete; (fs) stigma of female gamete; (mf) flagellum of male gamete; (ms) stigma of male gamete; (tv) transparent vesicle cast by female gamete.

雌性群体に、精子束は泳ぎ群らがり (Fig. 5d)，ばらばらとなり、個々の雄性配偶子が雌性群体に侵入する (Fig. 5e)。雄性配偶子は等長 2 鞭毛型、長さ 10–15  $\mu\text{m}$  で、鞭毛基部に細長い、最長 7  $\mu\text{m}$  にも達する細胞質状の突起をもつ (Fig. 5f)。雌性群体内に侵入した雄性配偶子は前端 (鞭毛基部側) を雌性配偶子の鞭毛基部に向けて付着する (Figs. 5g, 6a)。雌雄配偶子の細胞質融合は雄性配偶子の前端が雌性配偶子の鞭毛基部付近に侵入することによって開始し (Fig. 6b)，両配偶子の側面を前方から後方に進行し (Fig. 6c-d)，接合子となる (Fig. 6e)。この接合子は雄由来の短い鞭毛 2 本と雌由来の長い鞭毛を 2 本もつ。接合子は次に鞭毛を失い、細胞壁を分泌し、休眠状態となる (Fig. 5h)。

接合子の発芽とゴーン群体の形成は基本的には *Pandorina* 型と同一である。接合子の壁より 1 個の等長 2 鞭毛型のゴーン細胞が遊出する (Fig. 5i-j)。ゴーン細胞はその周囲に透明な膜を分泌し、膜から突出了ゴーン細胞の 2 鞭毛で遊泳しながら、膜の中の細胞は無性生殖と同様に分裂をくり返して新しいゴーン群体となる。

*Eudorina elegans* var. *elegans* と *Platydorina caudata* では接合子発芽時に 1 個のゴーン細胞が遊出するが (SCHREIBER 1925, GOLDSTEIN 1964, HARRIS and STARR 1969), *E. illinoiensis* と *E. elegans* var. *synoica* GOLDSTEIN では 1 個または同等な 2 個

のゴーン細胞が 1 つの接合子より発芽することが報告されている (WATERS 1960, NOZAKI 1986b) (Fig. 5k-o)。なお、細胞数の多い狭義の *Pleodorina* の種の接合子の発芽に関する報告はいまだない。

#### (5) *Volvox* 型

この型に所属するのはオオヒゲマワリ *Volvox* 1 属だけである。本属は古くから知られている淡水藻であり、多くの種が記載されている。SMITH (1944) のモノグラフによれば、その群体の構成細胞の原形質連絡の太さ・有無と寒天状基質の形態で 18 種が 4 つの節に分類されている。その形態の多様性にもかかわらず、有性生殖は鞭毛のない卵と平板状または球状の精子束の卵受精であり、受精卵からは 1 個のゴーン細胞が作られる点で共通している (DARDEN 1966, KOCKERT 1968, STARR 1969 1970b, VANDE BERG and STARR 1971)。しかし有性生殖の群体の形態と性決定の様式で以下の 3 つにまとめられる。

- ホモタリック雌雄同体: 1 つの有性群体に精子束と卵がつくられる。*Copelandsphaera* 節の *V. disipatrix* (SHAW) PRINTZ と *Euvolvox* 節の多くのものにみられる (SMITH 1944, STARR 1968) (Table 2)。筆者が神奈川県より採取した *Euvolvox* 節の 1 種 (未発表) は培養をしていると自然に無性群体 (Fig. 7a-b) とは別に雌雄同体の有性群体をつくり (Fig. 7c-e), 自家受精をし、棘のある細胞壁をもつ赤褐色の成熟した受精卵をもつものに発達する (Fig. 7f-g)。

Table 2. Sexual characteristics of species of *Volvox*

Species	Sexuality	Sexual colonies	References
<i>V. africanus</i>	homothallic	monoecious or dioecious with special females	STARR (1971)
	heterothallic	dioecious with special females	
<i>V. aureus</i>	homothallic	dioecious with facultative females	DARDEN (1966)
<i>V. barberi</i>	homothallic	monoecious	STARR (1968)
<i>V. carteri</i>	heterothallic	dioecious with special females and dwarf males	KOCHERT (1968) STARR (1969)
<i>V. dissipatrix</i>	homothallic	monoecious	STARR (1968)
<i>V. gigas</i>	heterothallic	dioecious with special females	VANDE BERG and STARR (1971)
<i>V. globator</i>	homothallic	monoecious	STARR (1968)
<i>V. obversus</i>	heterothallic	dioecious with special females	KARN <i>et al.</i> (1974)
<i>V. pocockiae</i>	homothallic	dioecious with facultative females and dwarf males	STARR (1970b)
<i>V. powersii</i>	homothallic	dioecious with special females	VANDE BERG and STARR (1971)
<i>V. rousseletii</i>	heterothallic	dioecious with special females	McCRACKEN and STARR (1970)
<i>V. spermatocephala</i>	homothallic	dioecious with facultative females and dwarf males	STARR (1968) STARR (1970b)

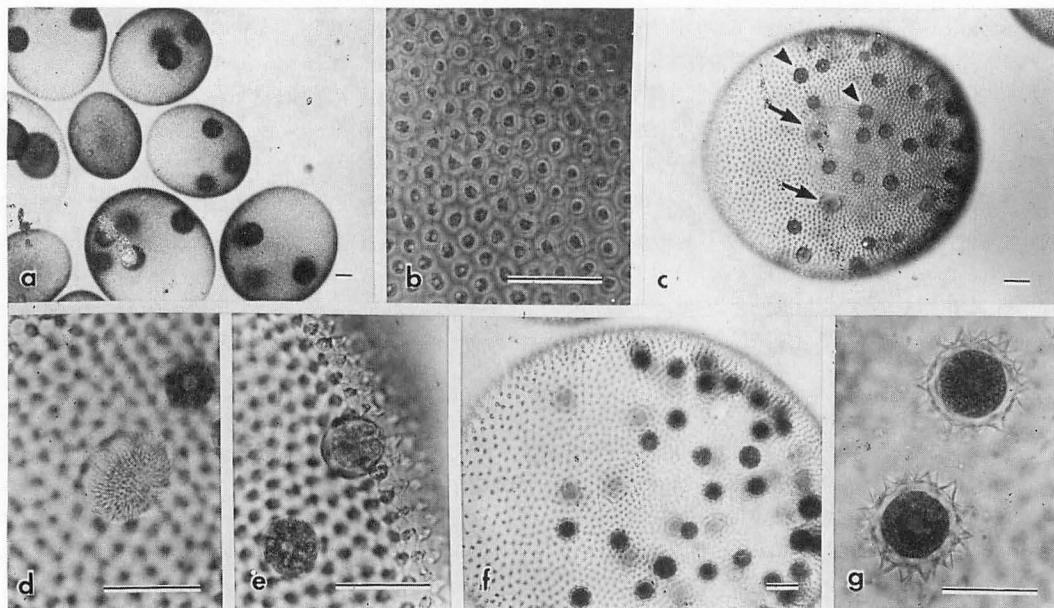


Fig. 7. *Volvox* (sect. *Euvolvox*) sp. Each scale bar: 40  $\mu$ m. a. Asexual colonies; b. Surface view of asexual colony showing somatic cells connected to one another by cytoplasmic strands. Phase contrast; c. Monoecious sexual colony with sperm packets (arrows) and eggs (arrow heads); d. Sperm packet; e. Eggs; f. Mature sexual colony with mature zygotes; g. Mature zygotes.

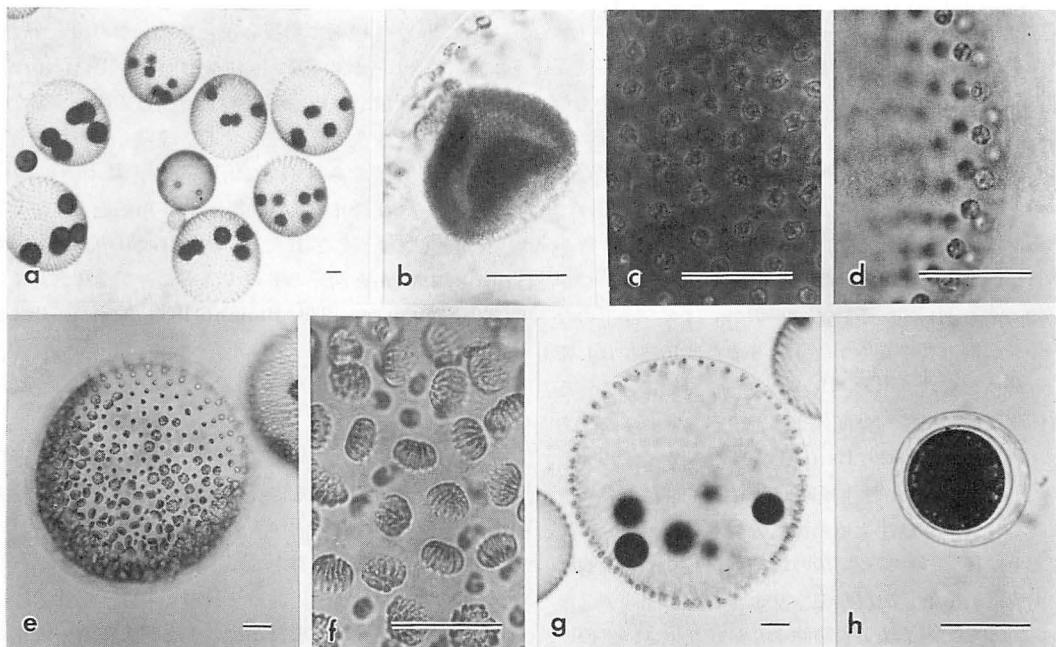


Fig. 8. *Volvox aureus* EHR. Each scale bar: 40  $\mu\text{m}$ . a. asexual colonies; b. Inversion stage in asexual colony; c. Surface view of asexual colony showing somatic cells connected to one another by cytoplasmic strands. Phase contrast; d. Optical section of asexual colony showing somatic cells; e. Male colony; f. Sperm packets in male colony; g. Female colony with young zygotes; h. Mature zygote.

b. ホモタリック雌雄異体: 1つのクローンの中に雌雄別々の有性群体が作られる。雄性群体は多くの精子束をもち、群体の細胞数が無性群体と同じ位の場合と、極端に少ない場合 (dwarf males) とがある。雌性群体は無性群体の生殖細胞 (ゴニジア) 以上の数の卵をもつ特別な雌性群体をつくる場合 (special females) と形態的には無性群体とは区別がつかず、ゴニジアが卵として機能する場合 (facultative females) とがある。これらは種によって異なり Table 2 を参照されたい。最も一般的に採取される *Volvox* である *V. aureus* EHR. は、dwarf でない males と facultative females をもつホモタリックな種である (DARDEN 1966, NOZAKI 1984b) (Fig. 8a-h)。

c. ヘテロタリック雌雄異体: 雌または雄の有性群体をつくることが遺伝的に決定されており、1つのクローンからは雌雄どちらかの性の有性群体しかつくれない。雌雄の群体は前述の“ホモタリック雌雄異体”と同じで種によって異なり Table 2 を参照されたい。

## 2. *Astrephomenaceae* (アストレフォメネ科)

本科は POCOCK (1953) が 1 属 1 種 *Astrephomene gubernaculifera* を記載するときに設立したものである。本藻は寒天状基質で包まれた球状の群体をもつところが (Fig. 1g) *Volvox* 科と似ているが、群体形成時に反転をしないところが異なる。*A. gubernaculifera* POCOCK の有性生殖は STEIN (1958a), BROOKS (1966) が单藻培養を用いて詳細に観察している。最近 2 番目の種 *A. perforata* NOZAKI (1983b) が日本より採取され記載されている。両種は同様の有性生殖を行ない、基本的には *Pandorina* 型と同一である。

ヘテロタリックな相補的交配型の株を混合すると colony clumping がおこり、群体の構成細胞がそのまま寒天状基質よりぬけ出で、球状の裸の等長 2 鞭毛型の配偶子となる。配偶子は gamete clumping をしながら、その中の 2 個が接合突起同士を結合させて接合を開始する。接合子発芽時には、1 個の等長 2 鞭毛型のゴーン細胞が接合子の壁より遊出する。ゴーン細胞は透明な膜を分泌し、その中でゴーン群体がつくられる。

### 3. Spondylomoraceae (スponディロモルム科)

本科は前述の2科とは異なり、鞭毛型の細胞が寒天状基質に包まれることなく定数個集合した群体をもつことを特徴としている。3つの属 *Pascherina*, *Pyrobotrys*, *Spondylomorum* があるが、单藻培養がなされ、その有性生殖が明らかかのは *Pyrobotrys* だけである。本属は異名として *Uva*, *Chlamydobotrys* 等があるが、SILVA (1972) は命名規約上 *Pyrobotrys* が有効であるとしている。*Pyrobotrys* はビレイドのない等長2鞭毛型の細胞が、4, 8または16個集合している群体をもつ (Figs. 1h, 9a)。今まで知られている有性生殖はすべて同型配偶子接合、ホモタリックである (STREHLLOW 1929, BEHLAU 1935, NOZAKI 1986c)。

*Pyrobotrys* は有性生殖時になると、群体の各構成細胞がこまかく無性生殖の様に分裂し (Fig. 9b), 4, 8または16 (まれに32) 個の娘細胞となり、各細胞は2本の鞭毛を生じ、親の細胞壁より遊出し配偶子となる。従って配偶子は栄養細胞よりもかなり小さい。前述の2科の同型配偶子にみられた様な管状の接合構造 (mating structure) は観察されない (NOZAKI 1986c) (Fig. 9c-d)。泳ぎ出た2個の配偶子は互いに鞭毛先

端部を接着させながら、前端より細胞質融合が開始し (Fig. 9e), 4鞭毛の動接合子となる。この接合子はすぐに、それぞれの種に特有の形態を示し (NOZAKI 1986c) (Fig. 9f-i), しばらく遊泳して成長するか、または鞭毛を失った後成長する。成熟した不動接合子は球形、厚膜である (Fig. 9j)。なお、*P. casinensis* (PLAYFAIR) SILVA の動接合子が単細胞の4鞭毛型綠藻として記載された *Chlorobrachis gracillima* KORSHIKOV と同一のものであることが確認されている (STREHLLOW 1929, BEHLAU 1935, NOZAKI 1986c)。

### 結 論

異形配偶子接合と卵受精は同型配偶子接合より進化したものと考えられる。従って、これら3科の原始的な同型配偶子接合にまず着目してみる。

3科の中で最も異質なのが Spondylomoraceae の *Pyrobotrys* である。他の2科のものは、形態的には栄養細胞と同一の原形質がそのまま寒天状基質よりぬけ出て配偶子となる (Fig. 2b, 4a)。一方、*Pyrobotrys* の配偶子は栄養細胞がこまかく分裂してできる小さいものである (Fig. 9b-d)。配偶子が小さいか

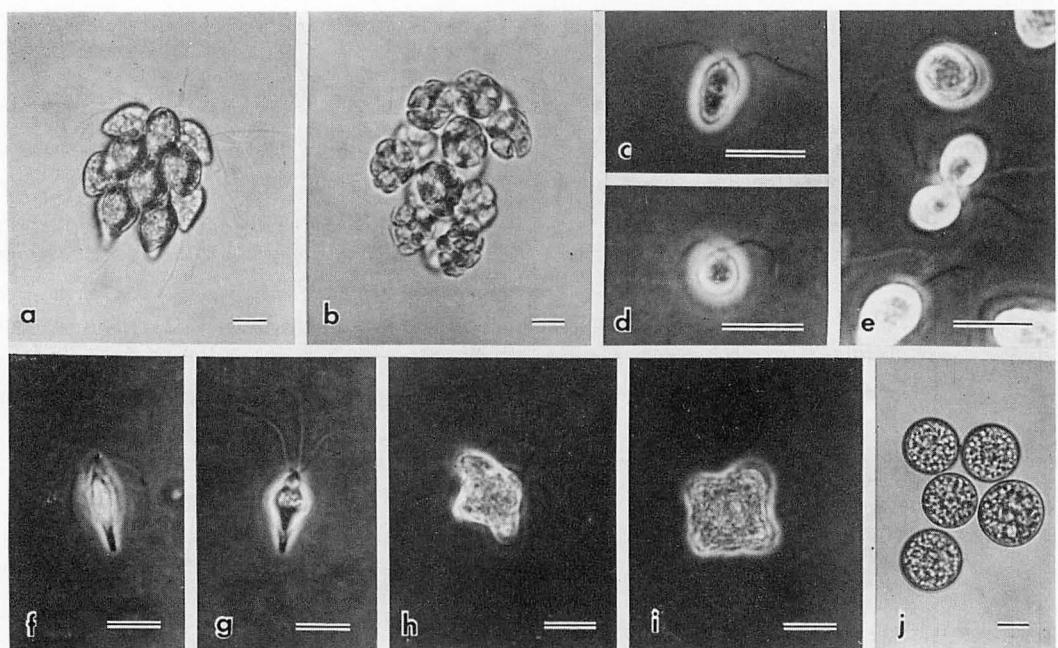


Fig. 9. *Pyrobotrys casinensis* (PLAYFAIR) SILVA. Each scale bar: 10  $\mu\text{m}$ . c-i. Phase contrast. a. 16-celled vegetative colony; b. Gametogenesis; c-d. Biflagellate gametes; e. Initial stage of gametic union; f. Young planozygote; g. [Relatively] mature planozygote; h. Lateral view of mature planozygote; i. Bottom view of mature planozygote; j. Mature aplanozygotes.

ら、次の世代の栄養をたくわえるべく、接合子の成長が著しいのも本藻の特徴である。また、*Pyrobotrys* の配偶子が他の 2 科の様な管状の接合構造である接合突起をもたない点も異質である。従って、寒天状基質をもたない群体をもつということで識別されている。Spondylomoraceae は他の 2 科とは系統的にかなり独立している群と思われる。しかし、*Pyrobotrys* の栄養細胞の鞭毛基部の微細構造は *Chlamydomonas* 型のものが多少変形して非回転対称になっていること (HOOPS and FLOYD 1982b) を考えると、祖先型は他の 2 科と同様 *Chlamydomonas* 様のものであろう。

*Astrephomenaceae* の有性生殖は配偶子形成、gamete clumping と接合突起に関しては *Gonium pectorale*, *Pandorina*, *Volvulina* と同一である。また、*Astrephomene* の発芽過程を含めると *Pandorina*, *Volvulina* と同一の有性生殖となる。しかし *Astrephomene* は Volvocaceae の *Pandorina*, *Volvulina* と群体形成様式が基本的に異なる (POCOCK 1953, NOZAKI 1983b)。また、群体を構成する寒天状基質の構造において *Astrephomene* (POCOCK 1953, HOOPS and FLOYD 1982a, NOZAKI 1983b) は *Pandorina* (FULTON 1978, NOZAKI 1980 1981) と *Volvulina* (NOZAKI 1982a, 野崎・原・加崎 未発表) とで光顯・電顕的にも異なる。*Astrephomene* の群体形成時の 8 細胞期に 2 細胞が 4 列に並ぶ点 (POCOCK 1953, NOZAKI 1983b) と寒天状基質が個々の細胞を包む点

(POCOCK 1953, HOOPS and FLOYD 1982a, NOZAKI 1983b) は *Gonium pectorale* (楠元ら 1978, GREUEL and FLOYD 1985) と同一である。従って発芽様式は異なるものの、*Astrephomene* は *Gonium pectorale* と近縁なものと思われる。

Volvocaceae の同型配偶子接合をする中で、*Gonium sociale* は異質である。接合子発芽時に、4 個のゴーン細胞がばらばらで泳ぎ出る点 (Fig. 3h) も本科の他の藻にはみられない。また、接合様式が他の同型配偶子接合をするものと基本的に異なる。*G. sociale* は接合する配偶子の片方だけに管状の接合構造をもつ (Figs. 3c, 10a)。一方、*G. pectorale*, *Pandorina*, *Volvulina*, 並びに *Astrephomenaceae* の *Astrephomene* は両方に接合突起をもち (Figs. 2e, 4b, 10b), 両突起の結合から接合は開始する。このことから、NOZAKI (1986a) は *G. sociale* の突起を “unilateral mating papilla”, 他の藻のものを “bilateral mating papilla” と名付けた。単細胞性の 2 鞭毛型緑藻である *Chlamydomonas* の中には種によってこの両者の接合構造に相当する様なものが電顕的に観察されている。*C. reinhardtii* DANG. の場合、接合する 2 個の配偶子の片方だけが管状の構造をもち (FRIEDMANN et al. 1968, TRIEMER and BROWN 1975b, CAVALIER-SMITH 1975, GOODENOUGH and WEISS 1975), unilateral mating papilla 的である。一方、*C. moewusii* GERLOFF には両者に管状の接合構造があり (BROWN

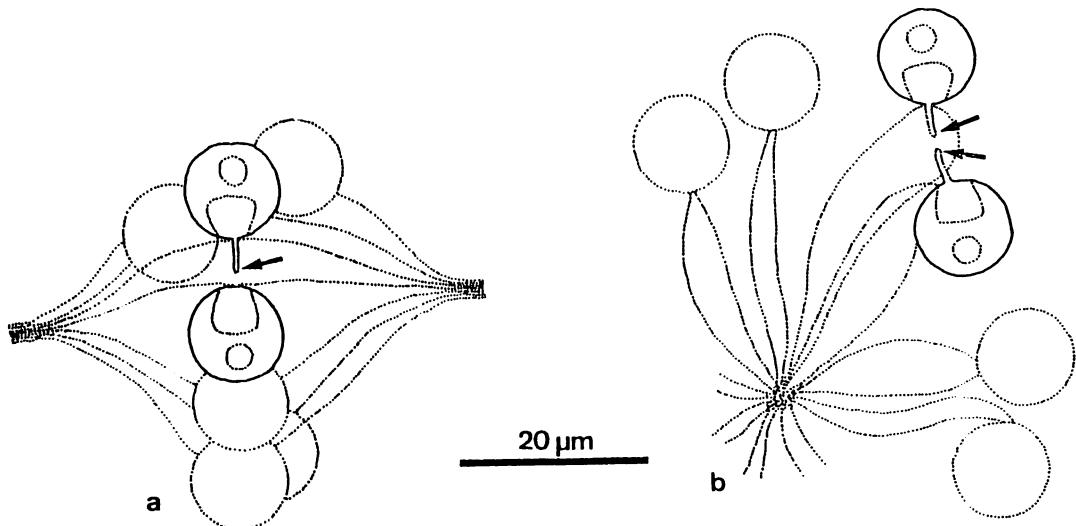
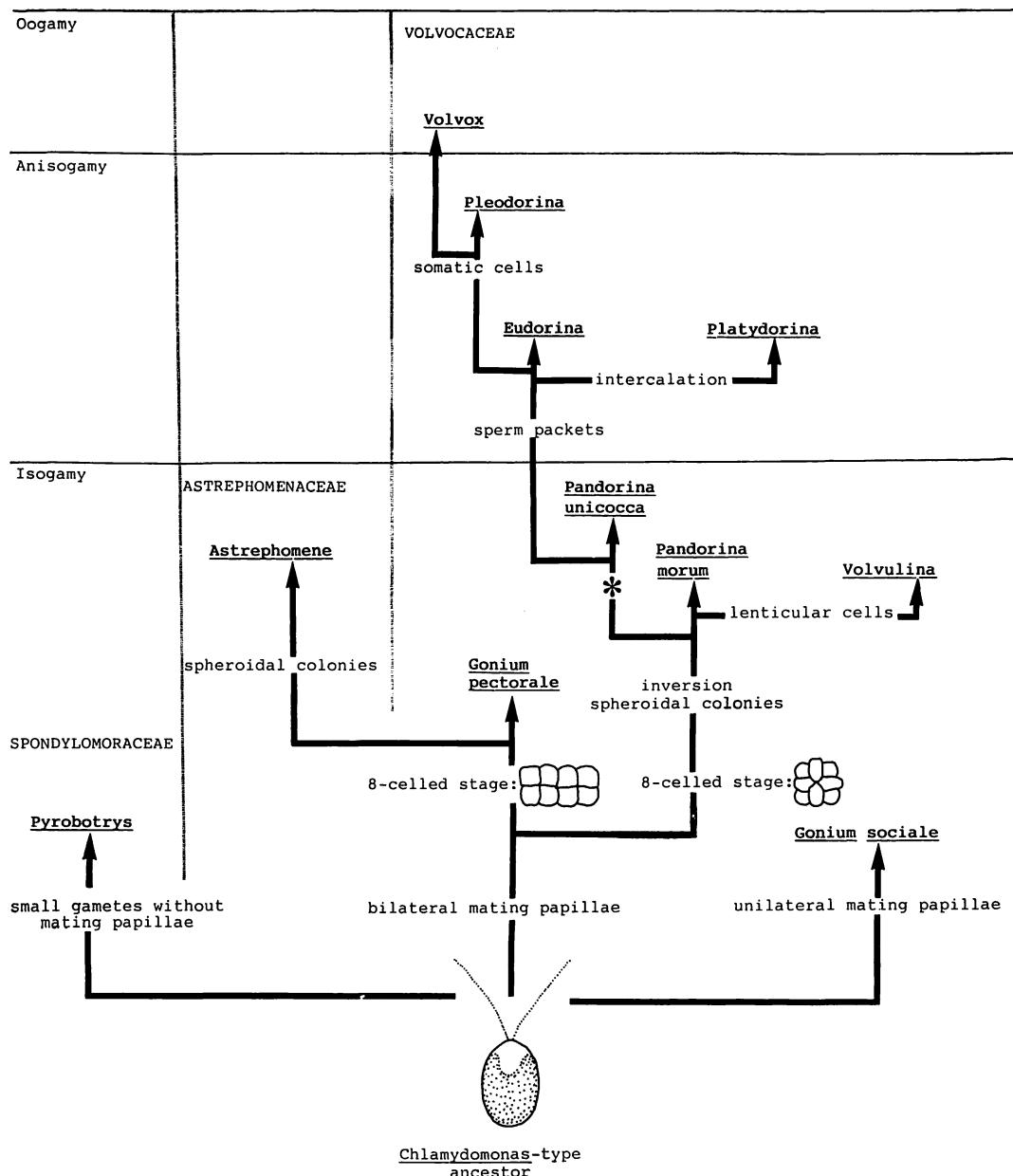


Fig. 10. Diagrams of conjugating gametes in two species of *Gonium* (NOZAKI 1986a). a. *G. sociale* (DUJARDIN) WARMING. Arrow indicates unilateral mating papilla; b. *G. pectorale* MÜLLER. Arrow indicates bilateral mating papilla.

*et al.* 1968, TRIEMER and BROWN 1975a), bilateral mating papilla 的である。従って, *Gonium sociale* は *Chlamydomonas reinhardtii* 様のものが群体化し、一方、他の bilateral mating papilla をもつ多くの Volvocaceae の藻と *Astrephomene* は *Chlamydom-*

*onas moewusii* 様のものが群体化したことが推測されよう。この辺の系統関係を裏付ける他の形質・材料による研究が望まれる。なお、*Pandorina morum* と *Volvulina* は有性・無性生殖の全過程、並びに群体の寒天状基質の光顯・電顯的構造が同一であり (FULTON



\*confluent gelatinous envelope (see Nozaki 1981).

Fig. 11. Schematic representation of putative phylogenetic relationships among the three families of the colonial Volvocales.

1978, NOZAKI 1980 1982a, 野崎・原・加崎 未発表), かなり近縁なものと思われる。

*Eudorina* は bilateral mating papilla をもつ *Pandorina unicocca* と無性生殖と群体の寒天状基質の基本構造が同じであり (NOZAKI 1981), 系統的には *Pandorina* 様のものから進化したことが推測される。従って, *Eudorina elegans* の雄性配偶子の鞭毛基部 (前端) の細胞質状の突起 (Fig. 5f) は *Pandorina* の bilateral mating papilla と相同な関係にあり, 异型配偶子の細胞質融合が突起のある雄性配偶子の前端から開始すること (Fig. 6) からもそれが裏付けられる。なお, 同様の雄性配偶子の接合構造が *Eudorina illinoiensis* で近年報告されている (野崎 1986)。

*Volvox* 属の中の *Euvolvox* 節の *V. rousseletii* WEST と *Merrilosphaera* 節の *V. carteri* STEIN の 2 種の電顕による研究が近年なされ, 両種の成熟した体細胞の鞭毛基部構造はかなり異なり, 両者は系統的にかけ離れた位置にあり, 異なる単細胞の祖先型から別々に進化した可能性が示されている (HOOPS 1984)。しかし *Volvox* は群体形成時の 8 細胞期の細胞が十字型に配列し, 細胞分裂の後反転するということと, 有性生殖時に精子束という精子が集合した群体がつくられるという共通した性質をもつ (SMITH 1950, BOLD and WYNNE 1978)。従って, HOOPS (1984) の見解は支持されにくいものと思われる。*Volvox* のこの群体形成様式と有性生殖の形質は異型配偶子接合をする *Eudorina*, *Pleodorina*, *Platydorina* と共通しており, 筆者は *Volvox* は *Pleodorina* 様のものが巨大化し, 同時に卵受精へと進化し, 多様化したものと考える。近年, 群体遊泳型緑藻の *Pyrobotrys* (HOOPS and FLOYD 1982b), *Astrephomene* (HOOPS and FLOYD 1983), *Volvox* (HOOPS 1984), *Gonium pectorale* (GREUEL and FLOYD 1985), *Platydorina* (TAYLOR et al. 1985) の鞭毛基部の微細構造の研究が盛んに行なわれている。これらの研究では, 群体の中で細胞がその構成要員としての制約された鞭毛運動となる様に, 鞭毛基部の微細構造が *Chlamydomonas* 型のものから色々と変化しているということを明らかにしている。さらに, 鞭毛基部の微細構造から系統関係を議論している。しかし, 群体化にともなって変化して多様になった構造だけから系統を推測するのは前述の *Volvox* の 2 種の研究 (HOOPS 1984) の様に無理があるのでないかと思われる。これらの研究から推測されうることは, 群体遊泳型緑藻は *Chlamydomonas*

型の祖先をもち, 鞭毛基部の微細構造は群体化という進化の過程では変化しやすい形質である, ということであろうと思われる。

有性生殖とその他の知見を踏まえて, 群体遊泳型緑藻 3 科について筆者が現時点で推測している系統関係を Fig. 11 にまとめてみた。

## 謝 辞

私の大学時代から御指導を戴いている東邦大学の加崎英男教授と国学院大学の加藤季夫博士に御礼を申し上げる。また, 色々な議論をして下さった日本大学の山岸高旺教授と東京大学の市村輝宜博士にも感謝したい。色々と援助をして下さった慶應義塾高等学校生物教室の方々にも感謝の意を表したい。

## 引用 文 献

- BEHLAU, J. 1935. Die Spondylomoraceen-Gattung *Chlamydomobryts*. Beitr. Biol. Pfl. 23: 125-166.
- BOLD, H. C. and WYNNE, M. J. 1978. Introduction to the Algae. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey.
- BROOKS, A. E. 1966. The sexual cycle and intercrossing in the genus *Astrephomene*. J. Protozool. 13: 367-375.
- BROWN, R. M., JR., SISTER C. JOHNSON, O. P. and BOLD, H. C. 1968. Electron and phase-contrast microscopy of sexual reproduction in *Chlamydomonas moewusii*. J. Phycol. 4: 100-120.
- CAREFOOT, J. R. 1966. Sexual reproduction and intercrossing in *Volvulina steinii*. J. Phycol. 2: 150-156.
- CAVALIER-SMITH, T. 1975. Electron and light microscopy of gametogenesis and gamete fusion in *Chlamydomonas reinhardii*. Protoplasma 86: 1-18.
- COLEMAN, A. W. 1959. Sexual isolation in *Pandorina morum*. J. Protozool. 6: 249-264.
- COLEMAN, A. W. 1979. Sexuality in colonial green flagellates. pp. 307-340. In S. H. HUNTER and M. LEVANDOWSKY [eds.] Physiology and Biochemistry of the Protozoa. vol. 1, 2nd ed. Academic Press, New York.
- DARDEN, W. H., JR. 1966. Sexual differentiation in *Volvox aureus*. J. Protozool. 13: 239-255.
- FRIEDMANN, I., COLWIN, A. L. and COLWIN, L. H. 1968. Fine-structural aspects of fertilization in *Chlamydomonas reinhardii*. J. Cell Biol. 67: 623-637.
- FULTON, A. B. 1978. Colonial development in

- Pandorina morum*. Develop. Biol. 64: 224-251.
- GOLDSTEIN, M. 1964. Speciation and mating behavior in *Eudorina*. J. Protozool. 11: 317-344.
- GOODENOUGH, U. W. and WEISS, R. L. 1975. Gametic differentiation in *Chlamydomonas reinhardtii*. III. Cell wall lysis and microfilament-associated mating structure activation in wild-type and mutant strains. J. Cell Biol. 67: 623-637.
- GREUEL, B. T. and FLOYD, G. L. 1985. Development of the flagellar apparatus and flagellar orientation in the colonial green alga *Gonium pectorale* (Volvocales). J. Phycol. 21: 358-371.
- HARRIS, D. O. and STARR, R. C. 1969. Life history and physiology of reproduction of *Platydorina caudata* Kofoid. Arch. Protistenk. 111: 138-155.
- HARTMANN, M. 1924. Über die Veränderung der Koloniebildung von *Eudorina elegans* und *Gonium pectorale* unter dem Einfluß äußerer Bedingungen. IV. Arch. Protistenk. 49: 375-395.
- HOOPS, H. J. 1984. Somatic cell flagellar apparatuses in two species of *Volvox* (Chlorophyceae). J. Phycol. 20: 20-27.
- HOOPS, H. J. and FLOYD, G. L. 1982a. Mitosis, cytokinesis and colony formation in the colonial green alga *Astrephomene gubernaculifera*. Br. phycol. J. 17: 297-310.
- HOOPS, H. J. and FLOYD, G. L. 1982b. Ultrastructure of the flagellar apparatus of *Pyrobotrys* (Chlorophyceae). J. Phycol. 18: 455-462.
- HOOPS, H. J. and FLOYD, G. L. 1983. Ultrastructure and development of the flagellar apparatus and flagellar motion in the colonial green alga *Astrephomene gubernaculifera*. J. Cell Sci. 63: 21-41.
- KARN, R. C., STARR, R. C. and HUDOCK, G. A. 1974. Sexual and asexual differentiation in *Volvox obversus* (SHAW) PRINTZ, Strains WD3 and WD7. Arch. Protistenk. 116: 142-148.
- KOCHERT, G. 1968. Differentiation of reproductive cells in *Volvox carteri*. J. Protozool. 15: 438-452.
- KOCHERT, G. 1975. Developmental mechanisms in *Volvox* reproduction. pp. 55-90. In C. L. MARKERT and J. PAPACONSTANTINOU [eds.] The Developmental Biology of Reproduction. Symp. Soc. Dev. Biol. vol. 33. Academic Press, New York.
- KOCHERT, G. 1981. Sexual pheromones in *Volvox* development. pp. 73-93. In D. H. O'KAY and P. A. HORGAN [eds.] Sexual Interactions in Eucaryotic Microbes. Academic Press, New York.
- KOCHERT, G. 1982. Sexual process in the Volvocales. pp. 235-256. In F. E. ROUND and D. J. CHAPMAN [eds.] Progress in Phycological Research. vol. 1. Elsevier Biomedical Press, Amsterdam.
- KOFOID, C. A. 1899. Plankton studies. III. On *Platydorina*, a new genus of the family Volvocidae, from the plankton of the Illinois River. Bull. Ill. State Lab. Nat. Hist. 5: 419-440.
- 楠元 守, 園田幸朗, 梶野 稔, 浜松伸典 1978. 日本各地の水田土壤より分離培養した *Gonium pectorale* MÜLLER について。藻類 26: 19-26.
- MCCRACKEN, M. D. and STARR, R. C. 1970. Induction and development of reproductive cells in the K-32 strains of *Volvox rousseletii*. Arch. Protistenk. 112: 262-282.
- NOZAKI, H. 1980. The asexual reproduction of Japanese *Pandorina morum* BORY (Chlorophyta, Volvocales). Jap. J. Phycol. 28: 157-158.
- 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, Vovocales) with particular reference to the mating papilla. Jap. J. Phycol. 30: 303-304.
- NOZAKI, H. 1983a. Sexual reproduction in *Eudorina elegans* (Chlorophyta, Volvocales). Bot. Mag. Tokyo 96: 103-110.
- NOZAKI, H. 1983b. Morphology and taxonomy of two species of *Astrephomene* (Chlorophyta, Volvocales) in Japan. J. Jap. Bot. 58: 345-352.
- NOZAKI, H. 1984a. Newly found facets in the asexual and sexual reproduction of *Gonium pectorale* (Chlorophyta, Volvocales). Jap. J. Phycol. 32: 130-133.
- NOZAKI, H. 1984b. *Volvox aureus* EHRENBURG var. *aureus*. p. 97. In T. YAMAGISHI and M. AKIYAMA [eds.] Photomicrographs of the Fresh-water Algae. vol. 1. Uchida Rokakuho, Tokyo.
- NOZAKI, H. 1986a. Sexual reproduction in *Gonium sociale* (Chlorophyta, Volvocales). Phycologia 25: 29-35.
- NOZAKI, H. 1986b. Zygote germination in *Eudorina elegans* var. *synoica* (Chlorophyta, Volvocales).

- J. Jap. Bot. 61(10) : in press.
- NOZAKI, H. 1986c. A taxonomic study of *Pyrobothrys* (Chlorophyta, Volvocales) in anaerobic pure culture. Phycologia 25(4) in press.
- 野崎久義 1986. 微細藻類ノート (10) *Eudorina ilinoiensis* (緑藻・オオヒゲマワリ目)。藻類 34: 144.
- NOZAKI, H. and KASAKI, H. 1979. The sexual process of Japanese *Pandorina morum* BORY (Chlorophyta). J. Jap. Bot. 54: 363-370.
- POCOCK, M. A. 1953. Two multicellular motile green algae, *Volvulina* PLAYFAIR and *Astrephomene*, a new genus. Trans. Roy. Soc. S. Afr. 34: 103-127.
- PRINGSHEIM, N. 1870. Über Paarung von Schwärmsporen. Monatsbar. Akad. Wiss. Berlin 1869: 721-738.
- RAYBURN, W. R. and STARR, R. C. 1974. Morphology and nutrition of *Pandorina unicocca* sp. nov. J. Phycol. 10: 42-49.
- SAITO, S. 1984. Growth and differentiation of *Gonium*. Sci. Pap. Inst. Algol. Res. Fac. Sci. Hokkaido Univ. 7: 195-261.
- SCHREIBER, E. 1925. Zur Kenntnis der Physiologie und Sexualität höherer Volvocales. Z. Bot. 17: 337-376.
- SHAW, W. R. 1894. *Pleodorina*, a new genus of the Volvocineae. Bot. Gaz. 19: 297-283.
- SILA, P. C. 1972. Remarks on algal nomenclature V. Taxon 21: 199-212.
- SMITH, G. M. 1930. Notes on the Volvocales-I-IV. Bull. Torrey Bot. Club 57: 359-370.
- SMITH, G. M. 1944. A comparative study of the species of *Volvox*. Trans. Amer. Microsc. Soc. 63: 265-310.
- SMITH, G. M. 1950. The Fresh-water Algae of the United States. 2nd ed. McGraw-Hill Book Company, New York.
- SMITH, G. M. 1955. Cryptogamic Botany. 2nd ed. McGraw-Hill Book Company, New York.
- STARR, R. C. 1955. Sexuality in *Gonium sociale* (DUJARDIN) WARMING. J. Tennessee Acad. Sci. 30: 90-93.
- STARR, R. C. 1962. A new species of *Volvulina* PLAYFAIR. Arch. Mikrobiol. 42: 130-137.
- STARR, R. C. 1968. Cellular differentiation in *Volvox*. Proc. Nat. Acad. Sci. USA 59: 1082-1088.
- STARR, R. C. 1969. Structure, reproduction and differentiation in *Volvox carteri* f. *nagariensis* IYENGAR, Strains HK 9 & 10. Arch. Protistenk. 111: 204-222.
- STARR, R. C. 1970a. Control of differentiation in *Volvox*. Deveop. Biol. 4: 59-100 (suppl.).
- STARR, R. C. 1970b. *Volvox pocockiae*, a new species with dwarf males. J. Phycol. 6: 234-239.
- STARR, R. C. 1971. Sexual reproduction in *Volvox africanus*. pp. 59-66. In B. C. PARKER and R. M. BROWN [eds.] Contribution to Phycology. Allen Press, Lawrence, Kansas.
- STARR, R. C. 1975. Meiosis in *Volvox carteri* f. *nagariensis*. Arch. Protistenk. 117: 187-191.
- STARR, R. C. 1980. Colonial chlorophytes. pp. 147-163. In R. E. COX. [ed.] Phytoflagellates. Developments in Marine Biology. vol. 2. Elsevier North Holland, Inc., New York.
- STARR, R. C. 1984. Colony formation in algae. pp. 261-290. In H.-F. LINSKENS and J. HESLOP-HARRISON [eds.] Cellular Interactions. Encyclopedia of Plant Physiology. New Series, vol. 17. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.
- STREHLOW, K. 1929. Über die Sexualität einiger Volvocales. Z. Bot. 21: 625-692.
- STEIN, J. R. 1958a. A morphological study of *Astrephomene gubernaculifera* and *Volvulina steinii*. Am. J. Bot. 45: 388-397.
- STEIN, J. R. 1958b. A morphologic and genetic study of *Gonium pectorale*. Am. J. Bot. 45: 664-672.
- STEIN, J. R. 1959. The four-celled species of *Gonium*. Am. J. Bot. 46: 366-371.
- TAYLOR, M. G., FLOYD, G. L. and HOOPS, H. J. 1985. Development of the flagellar apparatus and flagellar position in the colonial green alga *Platydorina caudata* (Chlorophyceae). J. Phycol. 21: 533-546.
- TRIEMER, R. E. and BROWN, R. M., JR. 1975a. The ultrastructure of fertilization in *Chlamydomonas Moewusii*. Protoplasma 84: 315-325.
- TRIEMER, R. E. and BROWN, R. M., JR. 1975b. Fertilization in *Chlamydomonas reinhardtii*, with special reference to the structure, development, and fate of the choanoid body. Protoplasma 85: 99-107.
- VANDE BERG, W. J. and STARR, R. C. 1971. Structure, reproduction and differentiation in *Volvox gigas* and *Volvox powersii*. Arch. Protistenk. 113: 195-219.
- WATERS, A. J. 1960. Studies on *Eudorina*. 25 pp. Thesis, University of California, Berkeley.
- WIESE, L. 1969. Algae. pp. 135-188. In C. B. METZ and A. MONRY [eds.] Fertilization. Comparative Morphology, Biochemistry and Immunology. vol 2. Academic Press, New York.

## —学 会 錄 事—

## 日本藻類学会ワークショップ参加記

淡水藻類の採集・分類に関するワークショップが1986年3月31日から4月2日にかけて筑波大学を会場として行なわれた。これは日本藻類学会の大会が10回になったことを記念して企画されたもので、この様なワークショップは今後も継続して行なわれる。筆者は参加者の一人としてその内容の報告と個人的感想を述べさせて頂く。

ワークショップは3月31日の学会の一般講演の終了の直後始まり、この日はスケジュール説明の後、山岸高旺講師の淡水藻類の採集・分類・同定についての概説的な講義があった。翌4月1日は風は少し冷たいものの、ますますの採集日和。用意して頂いた自家用車に分乗し、宍塙大池に向う。ここは田園の中の小高い丘の上にぽっかりとある人工の溜池で、筑波大の実習や研究の手近なフィールドだとのこと。なるほど池のまわりには水路あり田んぼありでなかなか変化に富んでおり、いろいろな感じがする。池の辺りに到着してプランクトンネットや簡易採泥器、塩分計、メンブレンフィルター、杓子等の採集器具の紹介と実演をして頂く。その多くは教科通りのものでなく一工夫がしてあり、皆なるほどと感心する。「ネットを投げる時は紐の端を体に結んでおかないととばしてしまうことがあります」との講師のお話の後、世話を人K氏が過日とばしてしまわれた(?)ネットがつりあげられ一同大いに盛りあがった。続いて各自思い思いの場所で採集を行なった後、筑波大へ戻る。午後はまず山岸講師による糸状藻の講義の後、採集品の観察。*Oscillatoria*, *Vaucheria*, *Oedogonium*, *Zygnema*, *Spirogyra*, *Ulothrix* 等が観察できた。続いて南雲保講師による珪藻の分類・同定についての講義と、講師自身が現在使っておられるという紫外線被殻洗浄法の実演があった。またこの方法で採集品から作製したプレパラートの観察を行なった。次いで高橋永治講師による黄金色藻類、その他の鞭毛藻類の分類と同定についての講義に統いて採集品の観察を行ない、*Synura*, *Dinobryon*, *Gymnodium*, *Phacus* 等多くの種が観察された。この日は夕食を会食し、差し入れして頂いた酒を酌み交わし、楽しく賑やかにすごした。講師の先生はじめ参加者、世話を人全員の自己紹介があり、筆

者には高橋講師の洒脱なスピーチが特に印象的であった。翌4月2日は午前中に渡辺真之講師による藍藻類の分類と同定についての講義の後、*Microcystis*, *Aphanizomenon*, *Stigonema*, *Anabaena* 等の典型的な種の観察を主に培養株について行なった。またその後、淡水藻類の分離・培養法についての講義と実演があり、正午頃終了した。筆者はここで失礼したが希望者には筑波大・国立科学博物館(筑波)の研究施設を案内して頂けたと聞いている。

当初、このワークショップを企画された学会事務局の方々は若手の育成ということで、学部・大学院学生を主な対象と考えておられた様である。しかし実際に参加した顔ぶれは学生から若手、かつて若手だった方、と年齢・経験ともに様々であり、中には淡水藻の専門家もかなりの数おられた。そのため講師の先生方は講義のレベルを決めるのに苦労されたことと思う。また学生実習なら半年か1年分にもなろう内容を1日半という短い期間でかけ足でやろうというのだから講義、実習の進行とともに大変である。事実、ずいぶんあわただしかったという印象は否めないものの、筆者などはなかなか楽しく勉強させて頂き、また印象深い点も多々



あった。これは講師の先生方が初学者にもわかり易く話して下さったこと、会場のすぐれた設備に加え世話を人々の方々の行きとどいたセッティング、筑波大の学生の方々の参加者にまじってのおてつだい等のおかげだと思っている。一方、参加者の中のすでに淡水藻に詳しい人からも、今回のワークショップで藻類の多様さを再認識して、新鮮な感動があり楽しめたとの感想を耳にしている。ワークショップと言うと当然のことな

がらテクニカルな面に重きをおかれことが多い。しかし藻類学会はテクニックではなく、藻類という生物群を共通の研究対象とする者の集まりであるという観点からも、テクニカルな面だけでなく、この様な藻類の多様さ、おもしろさを啓発しあえる様なワークショップを今後とも企画、実行していく頂きたいと思う。写真はいざれも採集会風景（鰐坂哲朗氏撮影）である。

(川井浩史・北大・理・植)

---

#### 贊助会員

- 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 北海道阿寒群阿寒町字阿寒湖畔  
 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  
 協和醸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  
 弘学出版株式会社 森田悦郎 214 川崎市多摩区生田8580-61  
 田崎真珠株式会社養殖研究開発室 650 神戸市中央区港島中町6-3-2  
 神協産業株式会社 742-15 山口県熊毛郡田布施町波野962-1
-

この度、日本学術会議広報委員会より日本藻類学会宛に下記の「日本学術会議だより No. 1, No. 2」を本誌に掲載するよう要請がありました。これは学術会議の活動状況を広く科学者の方々にお知らせすると同時に、学術会議と学・協会との連携を強化することを目的とするものです。本学会もその意を汲み紙面をさき掲載致しましたので御一読いただければ幸です。

## 日本学術会議だより

No. 1

# 100回を迎えた日本学術会議総会

日本学術会議は、去る4月23, 24日の両日、記念すべき第100回総会（第13期の3回目の総会）を開催いたしました。

今回の「日本学術会議だより」では、この第100回総会の議事の一環として行われた「脳死をめぐる諸問題」に関する会員間の討論を中心として、同総会の議事内容をお知らせいたします。

当会議は、今後は、今回のような総会の報告のほかに、「第13期活動計画」に盛られた課題について具体的に検討を進めていく各常置・特別委員会の活動状況をも逐次お知らせしていきたいと考えております。

### 総会報告

日本学術会議第100回総会は4月23, 24日の両日に開かれ、「日本学術会議傍聴規則」及び「日本学術会議の運営の細則に関する内規」を決定し、また、「脳死をめぐる諸問題」について意見交換を行った。

第1日、午前。会長より第4部会員田中春夫氏が逝去され、新たに早川幸男氏（名古屋大学）が会員として発令されたとの報告があり、田丸第4部長が故田中会員への追悼の言葉を述べ、全員起立して黙禱をささげた。

会長より前回総会以後の経過報告を受けた後、諸委員会、部、研究連絡委員会の報告があった。広報委員会中川委員長より、「日本学術会議だより」を多数の学・協会（387団体、約90万部）の機関紙などに掲載される運びになったことにに対して感謝の意が述べられた。高齢化社会特別委員会青井委員長より「高齢社会総合研究センター」（仮称）の設立についての中間報告があった。平和問題研連川田委員長より、SDI研究への参加をめぐる最近の動きに対して憂慮の念が述べられた。

諸報告の後、会長より「日本学術会議傍聴規則案」が提案され、従来の傍聴についての内規を規則にして公にすることが適切であると説明された。次いで「日本学術会議の運営の細則に関する内規案」が提案された。この大部分は、今までの諸内規、慣行を整理したものであるが、いくつかの点で新しいものを含んでいる。主な点は①学術会議が勧告などをを行う際の取り扱い及び講演会、シンポジウムなどを開催する手続を明確化したこと、②研連委員の在任期間を原則として通常3任期（1任期は3年）までとしたことなどである。

第1日、午後。各部の部会が開かれ、午前中に提案された事項について審議された。これらの提案は第1常置委員会が努力を重ねて作成したものであり、また連合部会及び部会において、各会員の意見を聞き調整したものであるが、この日の部会でさらに慎重な審議が行われた。

第2日、午前。前日提案された案件の審議、決定が行われた。傍聴規則は異議なく決定された（注1）。運営の細則に関する内規も、また無修正で決定された（注2）。新しい内規によれば、日本学術会議の名において行われる公開講演会は、運営審議会において決定し、広報委員会が実施する。この点に関して、その審議中、從来長年にわたって行われてきた學問・思想の自由に関する公開講演会は今後も尊重されるべきであるとの発言があり、その趣旨が了承された。

第2日、午後。近藤会長司会の下に「脳死をめぐる諸問題」に関する会員間の意見交換が行われた。これは会員のための勉強会で、第13期から始められた新しいスタイルの総会の持ち方の2回目に当たる。問題の一般的関心の深さを反映して傍聴席は満席となった。勉強会は4会員による講演と、各講演に関連した4名の指定発言者によるコメントよりなり、予定より約30分超過し、3時間半にわたって、異なる分野からの意見交換が行われ、人文・自然両系りなる学術会議にふさわしい内容であった（詳細については別掲の「脳死をめぐる諸問題について—総会の討論より—」を参照）。

第100回総会は「脳死」に関する様々な印象を会員に残しつつ、4時半事終了した。

なお、6時から、第100回総会を記念した会員懇親会が、ロビーでなごやかに開催された。

注1. 今回制定された「日本学術会議傍聴規則」の詳細については、「日本学術会議月報」5月号を参照

注2. 今回制定された「日本学術会議の運営の細則に関する内規」は、総会、部、常置（特別）委員会及び研究連絡委員会のそれぞれの運営に関する諸事項等について規定するとともに、外部から学術会議へ提出された要望等の処理に関する手続、外部に対する学術会議の意思の表出（勧告・声明等）に関する手続及び講演会、シンポジウム等の開催に関する手続等について規定している。

### 脳死をめぐる諸問題について

#### —総会の討論より—

日本学術会議第100回総会第2日（4月24日）の午後、総会議事の一環として、「脳死をめぐる諸問題」に関する会員間の討論が行われた。

行われた4件の講演と各講演に関連した指定発言のそれぞれの概要は、以下のとおりであった。

##### 1. 基調報告——医学的見地からみた死の概念

瞳孔が散大し、呼吸と心臓の拍動が永久的に停止したと医師が判断したとき死亡したという。これに対して、最近、脳機能が永久的にまた不可逆的に消失したとき脳死といい、たとえ心臓が拍動していても、これをもって個体死としての治療行為を止めることがある。欧米の多くの国では様々な条件がつきなが

らもこれが認められているが、わが国では法的に認められていない。このような状況下では、医療の現場に好ましからざる問題が生じてきている。一方国際的にも医学・医療の立ち遅れと共にその進歩を停滞させているのではないか、対応が消極的でないかと指摘されている。死の概念についての不一致は国々の宗教、哲学、倫理等の相違に基づくものと考えられ、その善悪、優劣を輕々に論ずる訳には行かない。ただこの概念を多角的に分析する意味から、本総会では多方面の方々の意見を拝聴いたしたい。ただ上述のようにわが国の対応が消極的であるとすると、わが国の医学教育の倫理面における教育理念が欧米諸国とは異っていることが推定されるのであって、このことによって、わが国の医学・医療の進歩に将来どのような影響が生じてくるか、これは強い関心を持たざるを得ない問題だと考えられる。

人間の機能、これは身体的機能と精神的機能に分けられるが、脳はこの両機能を合せ持っている。脳は身体の中での特殊な位置づけにおかれていると考えられる。心臓や肺などの器官で行う身体的機能は、それらが生きて機能するためには、脳との結びつきとその協調に依存せねばならないとされている。身体を構成する細胞はひたすらに生きる。その上に、脳のたくみに、わきまえかつよく生きる精神的機能が加わって、私たちは生きている。人が死に至る場合に、その死について上述による医学的根拠をもって死を定義するならば、脳死をもってその基準とすることにそれなりの理由があると考えられる。(本間三郎・第7部会員)

**指定発言：**脳死の問題がわが国において最近医師界はもとより関係各方面において活発に論議されているが、この背景についてまず医学・生物学的な解説、具体的には次の4つの問題にしぼって私見を申し上げたい。①脳死と個体死の関係、②脳死判定基準、③脳死と判定されたあとでの医療行為、④脳死と臓器移植。以上のことと関連して脳死のメカニズムの研究とその予防、臓器移植に代るべき新医療技術の開発の重要性などについて強調したい。脳死の問題①②に関しては医師界で充分に審議し合意に到達することが必要であり、それにつづいて③④については更に国民的合意と医師、家族間の理解が必要である。

(寺山 宏・第4部会員)

## 2. 脳死に関する医療上の問題点

医学は医療に直結する。医学に科学的論理性が求められていることは当然であるが、医療の対象は人間の生命であるから、倫理的な重みが極めて強い。一般的にいって、倫理観はすべての人と共にではなく、個々の人で、また同じ人でも時を変えれば変動する。医療の行為の意思決定の方法は、医師個人の裁量権にゆだねられているが、新しい課題を抱えて医師が単独では行わない仕組みがつくられている。脳死に関する国民的合意が得られることを医療の現場より望みたいが、そのためには、東洋的な宗教・哲学上の問題の整理と、複数の医師と家族の合意があれば脳死をもって死と判断する法的な擁護が具体化されることを切望したい。(水越 治・第7部会員)

**指定発言：**最近臨床医学の進歩はまことに顕著なものがあり、人類の健康、福祉の増進に大きく貢献していることは周知のことであるが、現実の問題としてわが国民総医療費の急上昇も決して看過できないものがある。脳死判定後の医療的行為についての医療経済面を取り上げて、脳死を社会的に考える資料として提供する。

また、脳死後、心臓停止に至るまでの期間をある手段により人为的に延長させる方法が発見された。こうなると、生命力を

もった個体として蘇えることのない脳死状態を半永久的に、医療の対象とする危険性が生じてきることになる。ここにもまた、脳死に関する根本的な議論の必要性がある。(曲直部壽夫・第7部会員)

## 3. 法律上の視点からみた問題の整理

「脳死の判定指針および判定基準」(厚生省脳死研究班・60年12月)には素朴な疑問がある。①角膜反射に関し閉眼不能の者について同検査の除外例とし、検査対象から外すべきでないか。②前庭反射に関し投薬の影響によって反射がみられない者については、これすべて同検査の除外例とするのでなければ、反射がないのは薬物の影響によるものではないとする客観的資料・基準を示す必要があるのではないか。③脳幹反射がみられなくとも脳幹機能がすべて消失しているとは限らず、それを確認するために誘発反応をみるという提案が出されているのに、これを採用しないのは何故か。(中 義勝・第2部会員)

**指定発言：**①脳死判定基準の要素に一定の時間的経過が加えられていることは、判定基準の不確かさを示すものとして、社会的合意を得ることを困難にしている。この現状で、脳死説による臓器移植・レスピレーター取りはずしは、法律上正当化しえない。②法律上の死の概念は医師の合意に従うのではなく、社会的合意によるべきである。しかし、現在の判定基準では国民の常識となりえない。③脳死の客観的基準が確立して、国民の常識として受け入れられるようになるまで待つか、臓器移植・レスピレーター取りはずしについての医療現場の現実的処理に秩序をもたらすための社会的合意に基づく法律的条件の設定に努力するか、今後いずれの方向を選ぶかが、今の私たちに課された問題である。(澤登俊雄・第2部会員)

## 4. 倫理・宗教等からみた問題の整理

脳死の問題については、日本の宗教界や宗教学界にどのような意見があるか、宗教学会で取り上げたことがないので不明である。この問題については早急に取組みたいと思うが、ここでは私見を述べる。日本人の宗教心では、肉体をホトケとして拝むことや、遺骨をそのまま神仏と見る見方がある。また、先祖供養を重んじて、これを怠るとたたりがあるとの考えも強い。このように死体を宗教的に重視するために、これが臓器移植の障害になっていると考えられる。むしろ、人道主義や博愛慈悲の精神の方向から模索することによって、臓器移植と日本人の宗教心との接点を見出しうると考える。(平川 彰・第1部会員)

**指定発言：**旧・新約聖書においては、人間も宇宙万象も神によって創造されたとされる。人間が死ねば、もとのちりに帰る。生命のいきの去ったからだはちりであり、そこには特に靈的・精神的な価値はない。宇宙の万象は神の被造物であって、占星術におけるような靈的存在ではない。このような人間観、世界観は一種の非魔術化のはたらきをなし、その結果人間の体も星々も科学的な観察・操作の対象となる。

この傾向はギリシャにはじまる科学的思考、特に“もの”と“心”的二元論によって強められた。近代科学がキリスト教の影響のもとに生れたとされる所以である。しかし、科学が教会の権力から独立し、自己完結的な歩みを始めるとき、その行きつく先はジャック・モナーの“客観的知識の倫理”に見られるような二ヒリズムではなかろうか。

他面、欧米における脳死や臓器移植を考えるとき、他人のために奉仕するというキリスト教倫理の影響があることを忘れてはならない。(中川秀恭・第1部会員)

### 「日本高齢社会総合研究センター(仮称)の設立についての提言」を公表

昭和61年8月 日本学術会議広報委員会

本会議高齢化社会特別委員会は、このたび、「日本高齢社会総合研究センター(仮称)の設立についての提言」をとりまとめ、本会議運営審議会の承認を得て、公表いたしました。

今回の「日本学術会議だより」では、この「提言」の概要に加えて、本会議と学・協会とを結び付ける上で重要な役割を果たしている研究連絡委員会の概要等を紹介し、また、本年9月に開催を予定している本会議主催の公開講演会についてお知らせいたします。

#### 「日本高齢社会総合研究センター(仮称)の設立についての提言」(概要)

昭和61年5月26日

日本学術会議高齢化社会特別委員会

今日、高齢社会への移行の問題が大きく取り上げられているにもかかわらず、我が国の研究体制は国際的にみても遅れており、とくに人文・社会科学の分野においてそれがいちじるしい。そこで、この遅れを取り戻して時代の要請にも応えるために、我々は「日本高齢社会総合研究センター」(仮称)の設立を提言したい。

#### 1. 総合研究センターの目的

すでに日本学術会議は、昭和55年、「国立老化・老年病センター」設置についての勧告を内閣総理大臣あてに行っている。この医学・生物学を中心とする研究・診療型センターと緊密な連携を保ちつつ、本「日本高齢社会総合研究センター」は、人文・社会科学を中心として、(1)高齢社会の構造問題、(2)高齢層をめぐる総合政策、(3)高齢者の生活課題を総合的に研究するものである。また、本センターにおける研究は3つの原則、すなわち(1)高齢者主体の原則、(2)地域特性の原則、(3)国際交流の原則を重視する。

#### 2. 当面の研究課題と活動

(1)地域福祉・在宅福祉との関連におけるソーシャルケアのあり方、(2)高齢社会における全年齢層の生涯学習体制の確立、(3)70歳まで働く雇用体制づくり、(4)健康で自立的な高齢者の社会的役割の重視。またこれら以外に、(5)高齢社会に関する研究者・実務専門家・政策担当者などキーパーソンの養成、(6)高齢者、わけても75歳以上の後期高齢者の生活実態と生活意識の全国的及び国際的調査、ならびにモデル調査地域における高齢社会化過程の追跡調査の実施も心要不可欠なものである。

#### 3. 総合研究センターの性格

(1)法律にもとづく独立性の高い法人とする。  
(2)国の出資による基金を基礎として設立されるが、そのほかにも一般寄付、研究受託費などを加えて弾力的に運営する。  
(3)人文・社会科学を中心とする全国的なネットワーク型の中核的研究センターであって、官庁や大学の付置型ではない。

#### 4. 研究の運用

(1)研究・調査は総合研究センターの自主研究のほか、受託研

究・委託研究を行い、できうれば研究助成も行いたい。

(2)いづれの研究・調査も、心要な研究者で隨時編成するプロジェクト・チーム方式によって組織する。

(3)大学、省庁、自治体、企業体、その他の研究機関から、外国人研究者も含めて、短期・長期の流動研究員を受け入れ、研究者と実務家の交流をはかると共に、研究者・政策担当者を養成する。

(4)また必須の活動として、情報セクター「調査室」において高齢者調査と高齢社会化過程の追跡調査を行う。

#### 5. 研究の機構

次の諸セクターから構成される。

(1)研究セクター、(2)情報セクター(調査室・資料室)、(3)研修セクター、(4)公開活動セクター、(5)国際交流セクター

このような構想の下に、本「日本高齢社会総合研究センター」は、高齢社会に関する研究を、人生80年段階の文明史的意味の究明を含めて行っていく。

#### 「中性子回折・散乱研究の推進に関する意見

—物理学、結晶学両研連の意見』を発表

本会議物理学、結晶学両研究連絡委員会は、このたび、「中性子回折・散乱研究の推進に関する意見」をとりまとめ、本会議運営審議会の承認を得て、両委員会委員長の連名で、関係機関へ送付した。

#### <「意見」の概要>

現在、日本原子力研究所において、改JRR-3研究用原子炉の建設が進められているが、この原子炉の利用は、物理学、結晶学はもとより、関連諸分野における中性子回折研究に重要な寄与を果たすものと思われる。

一方、この原子炉には、原研の外に、東京大学物性研究所、東北大学理学部等が多数の各種測定装置を設置する計画がなされている。

物理学および結晶学両研究連絡委員会は、これらの研究機関等によって改JRR-3を利用する中性子ビーム実験装置が設置されることが、我が国の基礎科学の進展に極めて大きな意義をもつことにかんがみ、この計画が遅滞なく達成されるよう、関係各方面の御配慮をお願いする次第である。

## 研究連絡委員会（略称「研連」）とは？

日本学術会議法により、科学に関する研究の連絡を図り、その能率を向上させることができ、本会議の職務の一つとして定められている。そして、そのために必要な事項を調査、審議する目的で、180の研究連絡委員会（以下、「研連」という。）が設置されている。

去る4月の第100回総会では「日本学術会議の運営の細則に関する内規」（以下「内規」という。）が制定されたが、この中で研連については、とくに一章を設け総括的な規定をした。研連については、多くの学・協会の方々にとって関心が深いと考えられるので、上述の規定を中心に関連する規定の大略を以下に紹介する。

### 1. 研連の職務など

日本学術会議法第15条により、「……科学に関する『研究の領域』及び『重要な課題』ごとに……」研連を設置することが規定されているため、今回の内規においては、研連を「領域別研連」と「課題別研連」の2つに分類し、それぞれの職務を区分している。

(1) 「領域別研連」の職務は、次のとおりである。

関係する学術研究領域についての、①学術の現状及び長期的動向の把握 ②将来計画の立案及び研究条件の整備の検討 ③国内における研究機関又は学術研究団体（学・協会）との連絡調整 ④国際学術団体の国内委員会又はこれに準ずるものとしての業務 ⑤その他

(2) 「課題別研連」の職務は、次のとおりである。

①重要課題についての将来計画の立案及び研究条件の整備の検討 ②複合又は学際分野の研究の促進のための研究の連絡の調整 ③国際的協力事業等に関する国内委員会又はこれに準ずるものとしての業務 ④その他

## ☆日本学術会議主催公開講演会—「21世紀の学術」—の開催のお知らせ☆

本会議は、このたび学術の成果を国民に還元するという日本学術会議法の趣旨に沿うための活動の一環として、本会議主催の公開講演会を開催することにした。

今回の公開講演会は、本会議の第13期活動計画の中でたてられている3つの重点課題に沿いつつ、21世紀を目指した学術の今後の展望を考えるという構想に基づき、次のように企画されている。

多数の方々の御来場をお願いしたい。

日 時：昭和61年9月27日（土）

13時30分～17時

会 場：日本学術会議講堂

（東京都港区六本木7-22-34）

（地下鉄千代田線、乃木坂駅下車1分）

演題と講演者

1. これからの科学の望ましい在り方

近藤 次郎（日本学術会議会長）

講演要旨：20世紀の科学の発展を回顧し、この趨勢で、これからの科学・技術がどのようになるかを予測する。1984年のオウエンスのようなSFを描く。そして人間の幸福とは何かをもう一度考え、環境・資源などから見た科学・技術の在り方を考える。

2. 創造的人間とその条件

本明 寛（日本学術会議会員・早稲田大学教授）

講演要旨：学術会議は、「創造的な基礎的研究の推進」に積極的に取り組むことを宣言している。そのため

### 2. 研連の構成と研連委員の任期

今回の内規では、研連は、関係する日本学術会議会員（以下「会員」という。）のほか、原則としてその研連と関係ある学・協会（正しくは、登録学術研究団体）や他の研連等の推薦により委嘱された者によって構成されることとしている。ちなみに、現在の委員会員数は2,370人である。

また、研連委員の任期については、日本学術会議法により3年の定めがあるが、任期の通算制限については会員と異なり、法には規定がない。そこで今回の内規では、研連の活性化をはかるという観点から会員と同様の運用を行うことになり、「通算3任期まで」という規定をしている。ただし、会員在任期間や国際学術団体の役員等特別な事由がある場合の期間は除かれりし、第12期以前の在任期間は算入しないこととしている。

### 3. 研連の審議成果の発表

研連での審議の結果、得られた成果については、委員会報告書としてとりまとめられて配布されたり、また、研連主催（関係学・協会との共催が多い）のシンポジウム・講演会などで報告されたりするが、それらの中で重要な事項については、春秋2回の総会の決定を経て、勧告、要望あるいは声明等として、日本学術会議名で外部へ出されることもある。

さらに、今回の内規により、前ページの物理学・結晶学両研連の「意見」のように、緊急を要する時には、おおよそ毎月開催されている運営審議会の承認を経て、研連名で外部へ発表することができるようになった。

なお、今回の内規では、会員の推薦には直接に関係のない研連本来の職務や構成等について定めたものである。第14期の会員の推薦に関係するいわゆる「関連研連」については、見直しを行っていて、来る10月の総会で必要な措置をとることとしている。

## ☆日本学術会議主催公開講演会—「21世紀の学術」—の開催のお知らせ☆

には個々の人間の創造活動を重視し、創造性の發揮のための条件を明確にする必要がある。そこで人間的立場からこの課題にアプローチしたい。

### 3. 学術研究における国際性

西川 哲治（日本学術会議会員・高エネルギー物理学研究所長）

講演要旨：加速器などにおける国際協力に関して講演者自身の体験に基づき、その在り方、問題点、今後の展望などについて考える。

◆申込方法：往復はがき（住所、氏名、郵便番号を明記）

◆定 員：300人（先着順）

◆申込締切日：昭和61年9月20日（土）

◆申込先：〒106 東京都港区六本木7-22-34

日本学術会議事務局庶務講演会係

多数の学協会の御協力により、「日本学術会議だより」を掲載していただくことができ、ありがとうございます。

なお、御意見・お問い合わせ等がありましたら下記までお寄せください。

〒106 港区六本木7-22-34

日本学術会議広報委員会

（日本学術会議事務局庶務課）

電話 03(403)6291

# 歐文学術文献専門

全国各大学紀要  
各研究所報告  
並に各学会報告

英・独・仏語・凡て迅速正確に印刷します  
御用命を御願い致します



## 学術図書印刷株式会社

取締役社長 富田潔

東京都練馬区豊玉北2の13 電話(991)3754 (992)2050

## 新刊

市村輝宜先生推薦(東大応用微生物研究所)

### 顕微鏡写真集

## 駒ヶ根の鼓藻類とケイソウの増大胞子

橋爪真著

(1)種類編 ミカヅキモ64種ツヅミモ100種を含む鼓藻類358種とその接合胞子75種

(2)生態編 分裂、接合、発芽等興味あるその生態と性の分化など

(3)ケイソウの増大胞子 羽状ケイソウ類8種とその接合、増大、発芽の生態

B5版、160頁、両アート紙、写真枚数700余枚、口絵のみカラー  
印刷 精興社(神田錦町)

定価 7000円 〒300円

(郵便振替にて註文して下さい。)

〒399-41 長野県駒ヶ根市上穂北12-21 橋爪真

TEL 02658-(3)-4575 振替口座 長野 6-15659

新刊

シートでみる種の同定・分類

## 淡水藻類写真集

*Photomicrographs of the Fresh-water Algae*

■藻類の全体像の顕微鏡写真を中心に、拡大写真、線図を加え1種1頁を原則に収録、解説は和英両文で種名・文献、藻類の性状、寸法、分布、類似種との比較等を記載している。各巻100シートにまとめコード番号を付している。

山岸高旺・秋山優編集

B5判・各100シート・ルーズリーフ式

第1巻・第2巻 発売中 定価4000円

第3巻・第4巻 定価5000円 ￥350

第5巻(10月刊) 以下継続

## 日本淡水藻図鑑

廣瀬弘幸・山岸高旺編

B5判 定価36,000円

■日本ではじめて創られた本格的な図鑑。淡水藻類の研究者や水に関係する方々にとって貴重な文献である。

61年10月刊行

近刊

## 藻類の生態

A5判 640頁  
定価12800円

秋山優・有賀祐勝・坂本充・横浜康継編

## 河川の珪藻

B5判

小林 弘著

## 生物学史展望

井上清恒著 五千年にわたる生物学の流れを追い、各時代の特質を浮彫にする。分子の世界にまで進んだ生物学の立場を考えるために好適。定価4800円

## 回想のモーリッシュ

—ある自然学者の人間像—

渋谷 章著 日本の植物学界に大きな足跡を残した自然学者の生涯をたどる労作。定価1800円

## 南の動物誌

—熱帯森林に生きる—

渡辺弘之著 热帯森林を専攻する著者が、熱帯地域の動植物の生活を写真を中心に語る。定価1300円

## 世界の珍草奇木

—植物に見る生命の神秘—

川崎 勉著 自然界の重要な仲間植物群、強い生命力と環境への適応力を感激の筆で語る。定価1300円

## 世界の珍草奇木余話

—植物と花と人生と—

川崎 勉著 仏教にちなむ名木の他、遺稿「帰化植物と帰化雑草」を加えた草木の話。定価1300円

## 内田老鶴園

東京・文京区大塚3-34-3 / Tel 03-945-6781

## 日本海藻誌

岡村金太郎著 海藻学の全般を精密克明な解説と実地調査で裏付けた不朽の名著。定価20000円

## 藻類学総説

廣瀬弘幸著 藻類の分類と形態を重点に置いて、克明な図により丁寧に解説する。定価10000円

## 植物組織学

猪野俊平著 植物組織学の定義・内容・発達史から研究方法を幅広く詳述した唯一の書。定価15000円

## 高地植物学

柴田 治著 植物の環境適応について長年研究した著者の成果をまとめた。定価5800円

## 山歩きアラカルト

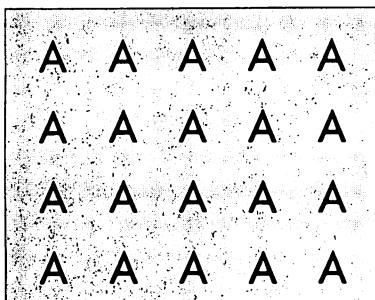
—自然の探索ノート—

柴田 治著 山野をたのしく歩くための心得帳。とくに山の医学は知っていて便利。定価1300円

# 新製品ご案内!!

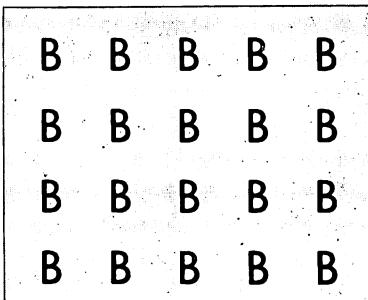
## レタリングシート (ブラック アンド ホワイト)

No.85183



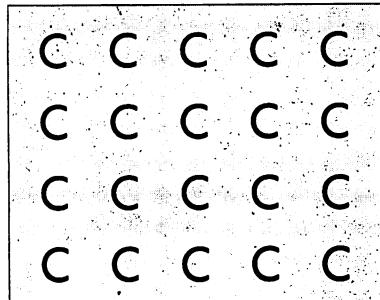
アルファベットシートA 18pt

No.85184



アルファベットシートB 18pt

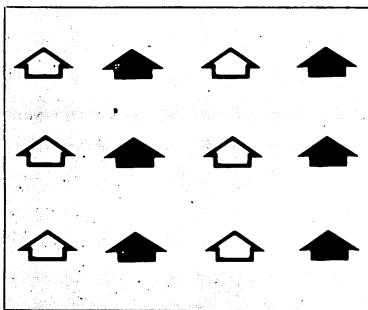
No.85185



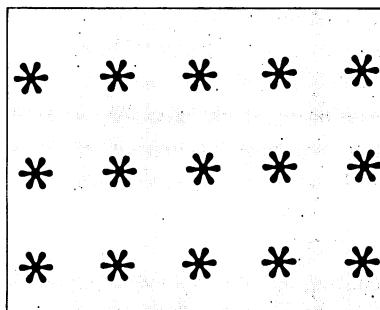
アルファベットシートC 18pt

その他に8、10、12、14、16、20、24ptもあります。

No.82004

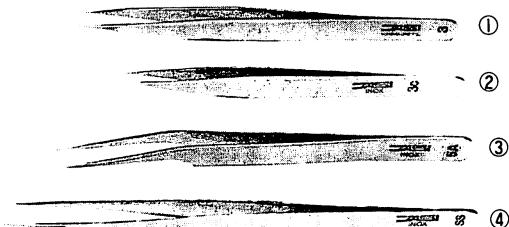


No.82005



※ その他各種取揃えておりますので、下記の住所へカタログをご請求下さい。

### 西独製精密ピンセット



①時計ピンセット

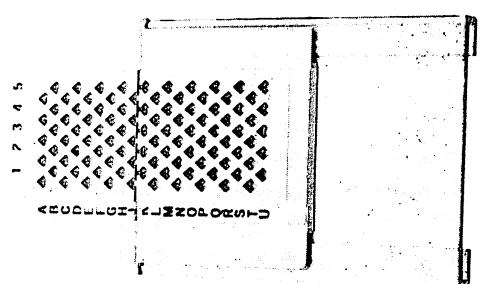
②3Cピンセット

③5型変形ピンセット

④SS型ピンセット

各1本：¥2,200

### EMグリッドボックス



1個：¥1,800

10個：¥15,000



EM資材直販センター

〒274 千葉県船橋市三山5-6-1 TEL.0474(75)5783  
東京営業所：TEL.03(988)9906 FAX.0474(76)1298

## 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1,750円、非会員各号3,000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5,000円、非会員7,000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1,500円、非会員2,000円。11-20巻、会員2,000円、非会員3,000円。創立30周年記念「藻類」索引、1-30巻、会員3,000円、非会員4,000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7,000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4,000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1,000円。

### Publications of the Society

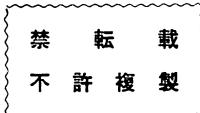
Inquiries concerning copies of the following publications should be sent to the Japanese Society of Phycology, c/o Institute of Biological Sciences, University of Tsukuba, Sakura-mura, Ibaraki-ken, 305 Japan.

1. Back numbers of the Japanese Journal of Phycology (Vols. 1-28, Bulletin of Japanese Society of Phycology). Price, 2,000 Yen per issue for member, or 3,500 Yen per issue for non member, price of Vol. 30, No. 4 (30th Anniversary Issue), with cumulative index (Vol. 1-30), 6,000 Yen for member, or 7,500 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 2,000 Yen for member, 2,500 Yen for non member, Vol. 11 (1963)-Vol. 20 (1972), Price 3,000 Yen for member, 4,000 Yen for non member. Vol. 1 (1953)-Vol. 30 (1982). Price 4,000 Yen for member, 5,000 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 photographies and list of publications of the late Professor Yukio YAMADA. ¥8,500 (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. ¥5,000 (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. ¥1,200 (incl. postage, surface mail).

昭和61年9月10日印刷  
昭和61年9月20日発行

編集兼発行者 小林弘  
〒184 東京都小金井市貫井北町4-1-1  
東京学芸大学生物学教室内  
Tel. 0423-25-2111 ext. 2665

©1985 Japanese Society of Phycology



印 刷 所 学術図書印刷株式会社  
〒176 東京都練馬区豊玉北2-13  
發 行 所 日本藻類学会  
〒305 茨城県新治郡桜村天王台1-1-1  
筑波大学生物科学系内  
Tel. 0298-53-4533

Printed by GAKUUTSU 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

インデリカート, S. R. • レーブリッヒ III, A. R.: 分類学的ガイドラインとして下 殻の横溝板関係を用いた海産ペリジニウム類 (橙藻植物門) の属の改訂 ······ (英文)	153
御園生 拓・パフラヴニ, I. K.: 光合成独立栄養, 混合栄養および化学從属栄養条 件下で培養した <i>Chlorella</i> sp. K の光合成色素 ······ (英文)	163
李 龍弼・吉田忠生・黒木宗尚: <i>Liagorophila endophytica</i> に関する観察 ······ (英文)	171
吉田忠生・三上日出夫: 紅藻コノハノリ科ヒメベニハノリとベニハノリについて ······ (英文)	177
閑川 勲・久保田千春・平沖敏文・汁野 勇: 紅藻ダルス ( <i>Palmaria palmata</i> (L.) O. KUNTZE) の 357 mm 紫外線吸収物質ウスジレンの単離と構造 ······ (英文)	185
墨田道彰・渡辺仁治: 石川県牛取川におけるダム建設とともに着生珪藻群集の変化 ······	194
川井浩史: 褐藻ニセフトモズク (ナガマツモ目) の培養下での生活史について ······	203
王 晓陽・阪井與志雄: ツヤナシシオグサとカイゴロモの生活史について ······	209
新山優子: 北海道産カモジシオグサ <i>Cladophora glomerata</i> (L.) KÜTZING の形 態と季節的变化 ······	216
三上日出夫: スジギヌ (紅藻, コノハノリ科) について ······	225
◆ ◆	
ノート	
シルバ, P. C.: 日本における藻学一過去・現在・未来 ······ (英文)	189
川嶋昭二: 外国産コンブ目植物の漂着記録 (1). ブルウキモについて ······	230
◆ ◆	
総 説	
野崎久義: 群体性オオヒゲマワリ目 (緑藻植物) の有性生殖 ······	232
◆ ◆	
ニュース ······	208, 229
学会録事 ······	248