

The Japanese Journal of PHYCOLOGY

CONTENTS

Vijayaraghavan M. R. and Kaur Inderdeep: Antheridium development and spermatozoid release in <i>Sargassum vulgare</i> C. Agardh and <i>S. johnstonii</i> Setchell & Gardner	325
Isao Inouye, Yoshiaki Hara and Mitsuo Chihara: Further observations on <i>Olisthodiscus luteus</i> (Raphidophyceae Chromophyta): the flagellar apparatus ultrastructure	333
Masahiro Notoya, Mikako Nagashima and Yusho Aruga: Tissue culture and the developmental condition of callus from young sporophytes of <i>Eisenia bicyclis</i> (Kjellman) Setchell (Laminariales Phaeophyta)	349
Takeo Horiguchi and Richard N. Pienaar: <i>Amphidinium latum</i> Lebour (Dinophyceae), a sand-dwelling dinoflagellate feeding on cryptomonads	353
Masaya Satoh, Shinichi Miyamura and Terumitsu Hori: Inter- and intraspecific variations of chloroplast DNA of the siphonous green algal genus <i>Caulerpa</i> (Caulerpaceae, Chlorophyta).....	365
Kunshan Gao, Yusho Aruga, Kozi Asada, Toshiaki Ishihara, Toru Akano and Masataka Kiyohara: Photorespiration and CO ₂ fixation in the red alga <i>Porphyra yezoensis</i> Ueda	373
Tadao Yoshida and Hideo Mikami: <i>Branchioglossum spiniferum</i> sp. nov. (Delesseriaceae, Rhodophyta) from north Kyushu, Japan	379
Hideo Mikami: <i>Yoshidaphycus</i> gen. nov., based on <i>Branchioglossum ciliatum</i> Okamura (Delesseriaceae, Rhodophyta)	385



Notes

Masahiro Notoya and Yusho Aruga: Tissue culture of <i>Undaria pinnatifida</i> (Harvey) Suringar (Laminariales Phaeophyta)	393
Kunshan Gao, Yusho Aruga, Kozi Asada, Toshiaki Ishihara, Toru Akano and Masataka Kiyohara: Enhancement of photosynthetic CO ₂ fixation of the red alga <i>Porphyra yezoensis</i> Ueda in flowing seawater	(in Japanese) 397



Miscellanea

Abstracts of the Symposium of the Japanese Society of Phycology	(in Japanese) 401
Book Reviews	(in Japanese) 403
Obituary	(in Japanese) 405
Announcement	(in Japanese) 407
News	412
Notes for Fortieth Anniversary of the Japanese Society of Phycology	(in Japanese) 413
Japan Science Council News	(in Japanese) 431
Contents of Volume 40	i-iv

日本藻類学会

日本藻類学会は1952年に設立され、藻学に関心をもち、本会の趣旨に賛同する個人及び団体の会員からなる。本会は定期刊行物「藻類」を年4回刊行し、会員に無料で頒布する。普通会員は本年度の年会費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。

庶務および会計に関する通信は、602 京都市上京区下立売通小川東入 日本藻類学会宛に、また「藻類」への原稿の送付は 184 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.

Inquiries and other information regarding the society should be addressed to **The Japanese Society of Phycology, Shimotachiuri Ogawa Higashi, Kamikyoku, Kyoto, 602 Japan.** The annual dues (1990) for overseas members are 7,000 Yen (Send the remittance to The Japanese Society of Phycology at the above address).

Manuscript for publication should be submitted directly to the Editor-in-Chief, **Prof. I. Shihira-Ishikawa, Department of Biology, Tokyo Gakugei University, Nukuikita-machi, Koganei-shi, Tokyo, 184 Japan.**

1991-1992年役員

会 長：有賀 祐勝（東京水産大学）
庶務幹事：庵谷 晃（東京水産大学）
会計幹事：能登谷正浩（東京水産大学）
評 議 員：

榎本 幸人（神戸大学）
福島 博（藻類研究所）
井上 勲（筑波大学）
石川依久子（東京学芸大学）
岩崎 英雄（三重大学）
香村 真徳（琉球大学）
喜田和四郎（三重大学）
増田 道夫（北海道大学）
石田 清治
中原 紘之（京都大学）
大野 正夫（高知大学）
小河 久朗（北里大学）
館脇 正和（北海道大学）
月館 潤一（南西海区水産研究所）
渡辺 信（国立環境研究所）
山岸 高旺（日本大学）

編集委員会：

委 員 長：石川依久子（東京学芸大学）
幹 事：真山 茂樹（東京学芸大学）
実行委員：原 慶明（筑波大学）
岡崎 恵視（東京学芸大学）
渡辺 信（国立環境研究所）
委 員：千原 光雄（日本赤十字看護大学）
堀 輝三（筑波大学）
加藤 哲也（京都大学）
小林 弘（東京珪藻研究所）
三浦 昭雄（青森大学）
大野 正夫（高知大学）
大森 正之（東京大学）
館脇 正和（北海道大学）
横浜 康継（筑波大学）
吉田 忠生（北海道大学）

Officers for 1991-1992

President: Yusho ARUGA (Tokyo University of Fisheries)
Secretary: Teru IORIYA (Tokyo University of Fisheries)
Treasurer: Masahiro NOTOYA (Tokyo University of Fisheries)

Members of Executive Council:

Sachito ENOMOTO (Kobe University)
Hiroshi FUKUSHIMA (Institute of Phycology)
Isao INOUE (University of Tsukuba)
Ikuko SHIHIRA-ISHIKAWA (Tokyo Gakugei University)
Hideo IWASAKI (Mie University)
Shintoku KAMURA (University of the Ryukyus)
Washiho KIDA (Mie University)
Michio MASUDA (Hokkaido University)
Seiji MIGITA
Hiroyuki NAKAHARA (Kyoto University)
Masao OHNO (Kochi University)
Hisao OGAWA (Kitazato University)
Masakazu TATEWAKI (Hokkaido University)
Jun-ichi TSUKIDATE (Nansei National Fisheries Research Institute)
Makoto M. WATANABE (National Institute for Environmental Studies)
Takaaki YAMAGISHI (Nippon University)

Editorial Board:

Ikuko SHIHIRA-ISHIKAWA (Tokyo Gakugei University), Editor-in-Chief
Shigeki MAYAMA (Tokyo Gakugei University), Secretary
Yoshiaki HARA (University of Tsukuba), Associate Editor
Megumi OKAZAKI (Tokyo Gakugei University), Associate Editor
Makoto M. WATANABE (National Institute for Environmental Studies), Associate Editor
Mitsuo CHIHARA (The Japanese Red Cross College of Nursing)
Terumitsu HORI (University of Tsukuba)
Tetzuya KATO (Kyoto University)
Hiromu KOBAYASHI (Tokyo Diatom Institute)
Akio MIURA (Aomori University)
Masao OHNO (Kochi University)
Masayuki OHMORI (University of Tokyo)
Masakazu TATEWAKI (Hokkaido University)
Yasutsugu YOKOHAMA (University of Tsukuba)
Tadao YOSHIDA (Hokkaido University)

日本藻類学会第17回大会のお知らせ

日本藻類学会第17回大会を下記の要領で開催します。奮ってご参加下さい。

会 場：東海大学海洋学部 〒424 静岡県清水市折戸3-20-1
電話 0543 (34) 0411 大学代表

会 期：1993年 3月29日（月） 編集委員会・評議員会
3月30日（火） 口頭発表・討論会・懇親会
3月31日（水） 口頭発表・展示発表・総会

申 込 先：

大会・懇親会・発表の申込票，発表要旨の送付，連絡は下記宛にお願いします。

〒424 静岡県清水市折戸3-20-1

東海大学海洋学部 水産学科 林田文郎気付

日本藻類学会第17回大会準備委員会

電話 0543 (34) 0411 内線 2234(林田)

FAX 0543 (34) 9764 (発表要旨の送付は受けません)

参加申込：

- 1) 大会参加者は，発表の有無にかかわらず，本紙に綴込みの大会申込票に必要事項を記入して，上記の第17回大会準備委員会宛にお送り下さい。
- 2) 大会参加費4,000円（学生3,000円）および懇親会費3,000円を同封の振替用紙でお送り下さい。
送金先：郵便振替口座 名古屋3-30220
日本藻類学会第17回大会準備委員会
- 3) 大会参加申込，送金，下記の発表要旨送付の締切は1993年 1月10日です。

発 表：発表を希望される方は，本紙に綴込みの発表申込票に必要事項を記入し，発表要旨の原稿を添えてお申込み下さい。（1993年 1月10日必着）。

- 1) 発表には，口頭発表と展示発表の2種類があります。希望する方を□で囲んで下さい。
- 2) 口頭発表：発表時間は，質疑応答の時間を含めて15分です。
使用スライドは 35 mm 版，スライド枠には，図1のように発表者氏名，発表番号（大会プログラムに記されているもの），スライド総枚数，映写順序，上辺マークをご記入下さい。同じスライドを繰返し映写する場合は，それに見合う枚数をご用意下さい。
- 3) 展示発表：パネルの大きさは，1題につき，縦 1.8 m×横 0.9 m の予定です。展示パネルの上部には，図2のように発表番号，演題，氏名，所属を明記して下さい。その他のスペースは自由に利用して下さい。表題には 5 cm 以上，説明文には 1 cm 以上の文字を使用し，文章は必要最小限にとどめて下さい。展示物の貼り出しは，30日午前中をお願いします。

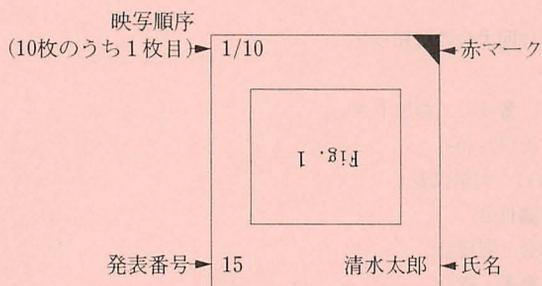


図 1. 使用スライド記入例.

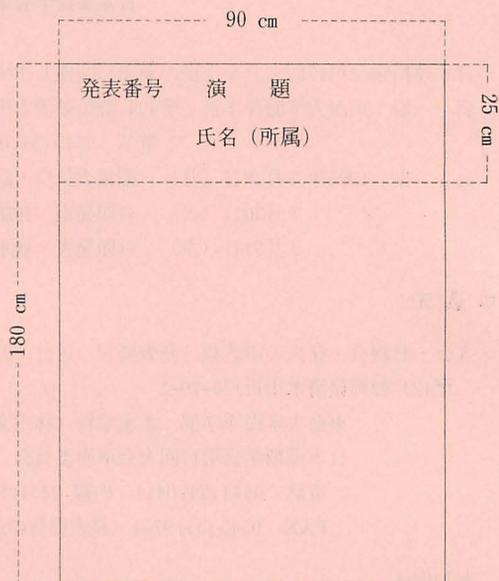


図 2. 展示パネル説明図.

4) 要旨原稿は、以下の要領・見本にしたがって、タイプライター、ワープロまたはパソコン（24ドット以上の印字）で作成して下さい。

- ①原稿は、B5 用紙（オニオンペーパーなどの薄手の用紙は避けて下さい）に明瞭な黒字（カーボンリボン等を使用）で印字して下さい。
- ②原稿は演題等も含めて、縦 150 mm×横 100 mm の範囲内に24字×22行の印字を標準とします（枠で囲まないで下さい）。
- ③著者名、演題、要旨本文、所属の順に書いて下さい。
- ④著者が複数の場合は、演者名の前に○をつけて下さい。また、所属が異なるときは著者名の後に*印を付し、区別して下さい。
- ⑤1行目は、はじめの3字分（約 12.6 mm）をあけて下さい（発表番号が入ります）。

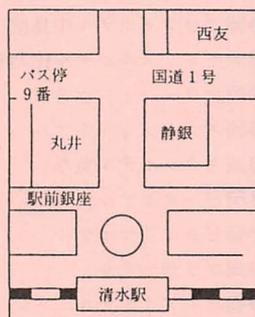
演題と要旨本文との間は1行分あけ、要旨本文は、はじめの1字分をあけて下さい。

- ⑥所属は（ ）内に入れて、最下段に表示して下さい。
- ⑦和文原稿の場合、句読点は「,」（コンマ）と「.」（マル）を使用して下さい。
- ⑧学名等、イタリックで表示する場合、イタリック文字を使用するか、その部分に下線をつけて下さい。
- ⑨原稿は約 2/3 に縮小し、そのままオフセット印刷されます。折り曲げずに郵送して下さい。なお、著者校正はありませんので、ご注意下さい。

発表会会場（東海大学海洋学部）案内図

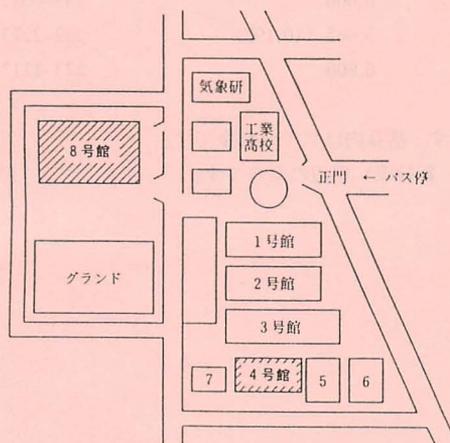


清水駅前バスのりば案内図



<交通案内>

JR 東海道線清水駅下車 バス：三保線（9番のりば），東海大学・国立海員学校前下車（20分，270円）。タクシー：清水駅前のりばから15分（約1300円）。



8号館……受付，大会本部，休憩室，
（4階） 研究発表会会場
4号館……食堂，懇親会会場

宿泊案内：清水・静岡市内の主な宿泊施設を紹介いたします。下記の表を参考にして直接予約して下さい。大会期間中は観光シーズンにあたりますので，予約はお早目にして下さい。

清水市内（市外局番：0543）

施設名	料金	TEL
シーグランド清水ステーションホテル	7,000 (16,000)	67-5300
清水シティーホテル	6,000 (11,000)	66-2266
ホテルサンルート清水	7,931 (14,729)	52-1221
ホテルサンポート	6,000	53-2255
羽衣ホテル	20,000より（1泊2食）	34-1234
松原荘ホテル	16,000より（1泊2食）	34-0134
三保園ホテル	24,000より（1泊2食）	34-0111

静岡市内（市外局番：054）

施設名	料金	TEL
静岡ターミナルホテル	10,763 (15,862)	254-4141
静岡グランドホテル中島屋	7,000 (13,000)	253-1151
静岡キャッスルホテル佐乃春	5,800 (10,000)	255-4421
静岡北ワシントンホテル	8,724 (14,502)	221-0111
静岡ステーションホテル	6,695 (12,875)	281-7300
静岡タウンホテル魚与	6,300 (10,400)	251-3755
静岡パークホテル	6,000 (11,000)	283-6855
静岡ビクトリヤホテル	5,300 (9,400)	281-8585
静岡プラザホテル	5,000 (9,000)	283-8261
静岡ユーアイホテル	6,100 (10,800)	251-2555
静岡ワシントンホテル	5,000 (9,000)	285-6151
クレセントホテル静岡	7,600 (16,000)	251-7911
オレンジホテル	5,400 (9,800)	283-5100
ホテルエックシズオカ	6,000 (11,000)	251-1741
アルカディアホテル	6,600	283-0031
サンバレスホテル	5,665 (10,197)	282-2277
アーバントホテル	6,800	273-1717

※宿泊料金はシングルルームチャージ料金です。括弧内はツイン料金です。

※静岡市内の宿泊施設は静岡駅（JR 東海道線・新幹線）周辺のもので、

※清水駅—静岡駅間の所要時間は約10分です。

要旨原稿の見本

○工藤利彦*・増田道夫**：紅藻シヨウジヨウケノリの形態学的研究

日本沿岸各地に生育する紅藻シヨウジヨウケノリには、Polysiphonia urceolata (Dillwyn) Greville の学名が与えられてきた。……

……したがって、本邦産シヨウジヨウケノリの学名は P. senticulosa に変更されるべきであると結論された。

(*札幌大・生物, **北大・理・植物)

○Boo, S. M.,* J. Ruess, ** I. K. Lee*** and T. Yoshida****: A New Combination in Aglaothamnion (Ceramiaceae: Rhodophyta)

Examination of the type specimens of Callithamnion callophyllidicola and living materials collected from Tyoshi and……

……between *A. callophyllidicola* and *C. minutissima* is discussed.

(*Chungnam Nat'l Univ., **Oslo Univ., ***

Seoul Nat'l Univ., ****Hokkaido Univ.)

(原稿には枠をつけないで下さい)

日本藻類学会第17回大会申込用紙

大会・懇親会申込票

(フリガナ)

氏名： _____ 所属： _____

連絡先(自宅・勤務先)： ☎ _____

発表： する(単独・連名), しない。

懇親会： 参加, 不参加。

送金額：(不必要な個所を消して下さい。同封の振替用紙で御送金下さい。)

大会参加費 4,000円(学生 3,000円)

懇親会費 3,000円 送金合計額 _____ 円

発表申込票

(連名の場合は演者が申込みをし、演者の左肩に○印をつけて下さい)

発表の種類(希望する方を○で囲んで下さい)：

口頭発表, 展示発表。

発表番号(当方で記入します)： _____

氏名(所属)： _____

演題： _____

連絡先：(連名の場合は演者) _____ ☎ _____



日本藻類学会誌改革ワーキンググループの中間答申に関するアンケート

藻類学会誌改革ワーキンググループの半年間にわたる検討の結果は中間答申として本誌408-410頁に掲載されておりますが、今後さらに検討をすすめるため会員の皆様のご意見をうかがいたいと存じます。中間答申を充分ご検討の上、以下のアンケートにご回答いただき、ワーキンググループまでご返送くださるようお願い申し上げます。

《以下の事柄につき、該当する項目の数字を○で囲んでください》

I. 英文誌、和文誌の分割について

1. 賛成 2. 反対 3. その他

(2および3に○をつけた方は、ご意見を裏面に記入してください。ご意見が多い場合は、別紙を添えてください。)

II. Iにおいて賛成の場合は、以下にお答えください。

a. 英文誌を国際的な出版社との契約のもとに出版することについて：

1. 賛成 2. 反対 3. その他

(2および3に○をつけた方は、ご意見を裏面に記入してください。ご意見が多い場合は、別紙を添えてください。)

b. 西太平洋地域(オセアニア, 東アジア)の国・地域の藻類関係学会の連合組織を設け、英文誌を共同で編集・出版することについて(この場合、日本藻類学会の組織自体は現在のままとし、国内の情報交換は、和文誌がその役目を果たす)：

1. 賛成 2. 反対 3. その他

(2および3に○をつけた方は、ご意見を裏面に記入してください。ご意見が多い場合は、別紙を添えてください。)

c. 分割後の両誌の刊行頻度について：

英文誌： 1. 年2回 2. 年4回 3. 年6回 4. その他 ()

和文誌： 1. 年2回 2. 年4回 3. 年6回 4. その他 ()

d. 分割後の両誌のサイズについて：

英文誌： 1. B5(現行のまま) 2. A4(普通国際誌) 3. その他 ()

和文誌： 1. B5(現行のまま) 2. A4 3. その他 ()

e. 分割後の和文誌は和文によるオリジナル論文を掲載することになりますが、さらに情報誌・啓蒙誌としての役割を強化することが必要であると思われます。論文・総説・短報・速報(以上英文要約あり)のほか必要と思われる掲載内容の番号に○をつけてください(いくつでも可)。

1. 英文誌掲載論文の和文要約 2. 大会プログラム・発表内容要旨 3. 新刊紹介 4. 解説記事(各分類群の検索表, 研究手法の紹介, 学術用語解説) 5. 他の学術雑誌に掲載された藻類学関連論文の題名・著者名リスト 6. 学会活動関連記事 7. 藻類学関連の研究集会の案内 8. 求人・研究費公募案内 9. 採集地案内, 採集記録 10. 研究機関案内 11. 会員・業界関連ニュース 12. その他 ()

※裏面に続く

Antheridium development and spermatozoid release in *Sargassum vulgare* C. Agardh and *S. johnstonii* Setchell & Gardner

M. R. Vijayaraghavan and Inderdeep Kaur

Department of Botany, University of Delhi, Delhi 110007, India

Vijayaraghavan, M. R. and Kaur, I. 1992. Antheridium development and spermatozoid release in *Sargassum vulgare* C. Agardh and *S. johnstonii* Setchell & Gardner. Jpn. J. Phycol. 40: 325–332.

In *Sargassum*, specialized fertile, lateral branches or receptacles bear flask-shaped, unisexual cavities or conceptacles. In the male conceptacle, the antheridia arise from any of the wall cells that line the conceptacle. Antheridium development is accompanied by changes in the wall composition. Spermatozoid release in *Sargassum vulgare* and *S. johnstonii* is effected by the combined efforts of the two wall layers and associated cytoplasmic polysaccharides. During the spermatozoid release, the outer layer of the antheridial wall ruptures at the apical region and the cytoplasmic polysaccharides generate pressure releasing spermatozooids. Differences and similarities that exist between the spermatozoid and the oogonial release are highlighted.

Key Index Words: antheridium—Fucales—polysaccharides—*Sargassum*—spermatozoid.

Sargassum vulgare C. Agardh bears androgynous receptacles where each receptacle possesses male and female conceptacles. In *S. johnstonii* Setchell & Gardner, however, three types of plants exist that bear either (a) androgynous (b) female or (c) male receptacles. In these two taxa both the antheridium development and spermatozoid release are highly synchronised and programmed phenomena. In *S. johnstonii*, occasionally the male conceptacles bear underdeveloped oogonia. The present paper deals, in these two taxa, with the histochemical changes that occur during progressive stages of antheridium development and spermatozoid release.

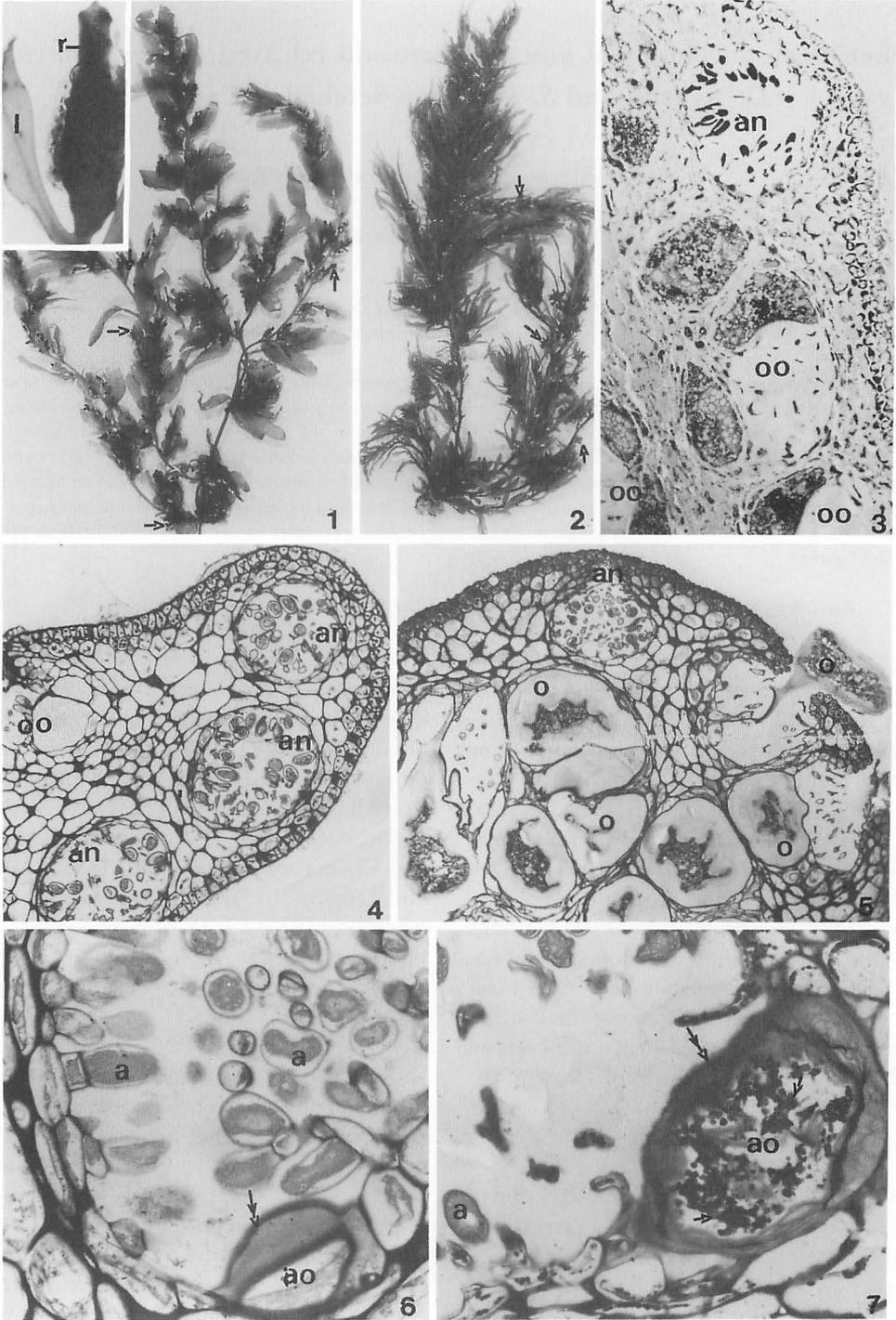
Materials and Methods

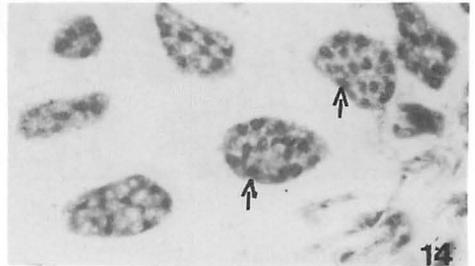
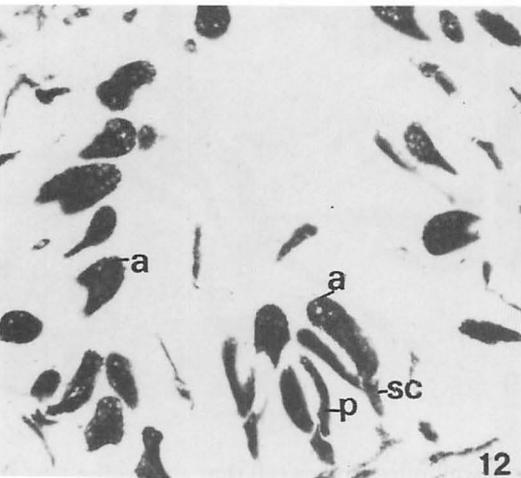
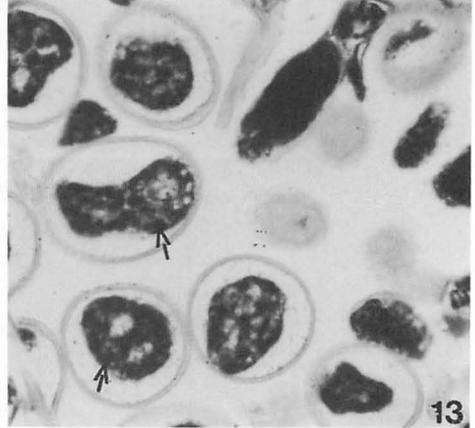
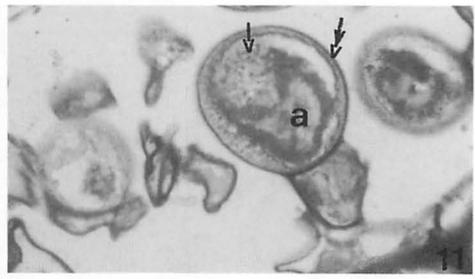
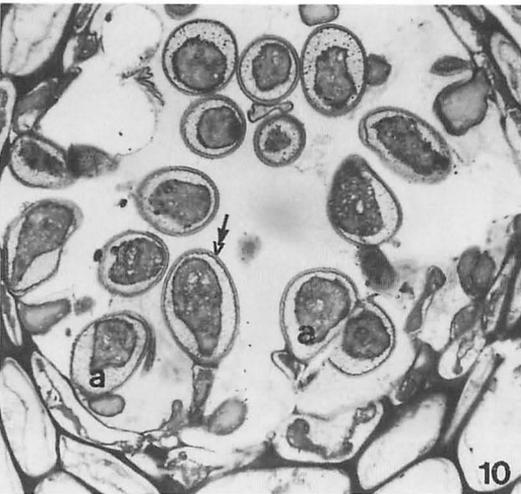
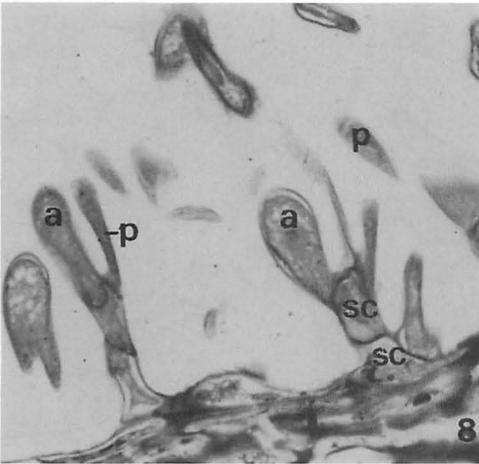
The plants of *Sargassum vulgare* and *S. johnstonii* were collected from Port Okha, Gujarat, during the low tide periods during the years 1988 and 1990. Selected portions of vegetative and reproductive thalli were fixed in 10% aqueous acrolein, post-fixed in 1% mercuric chloride and processed for light microscopic studies (Feder and O'Brien 1968). Two micron thick sections were cut

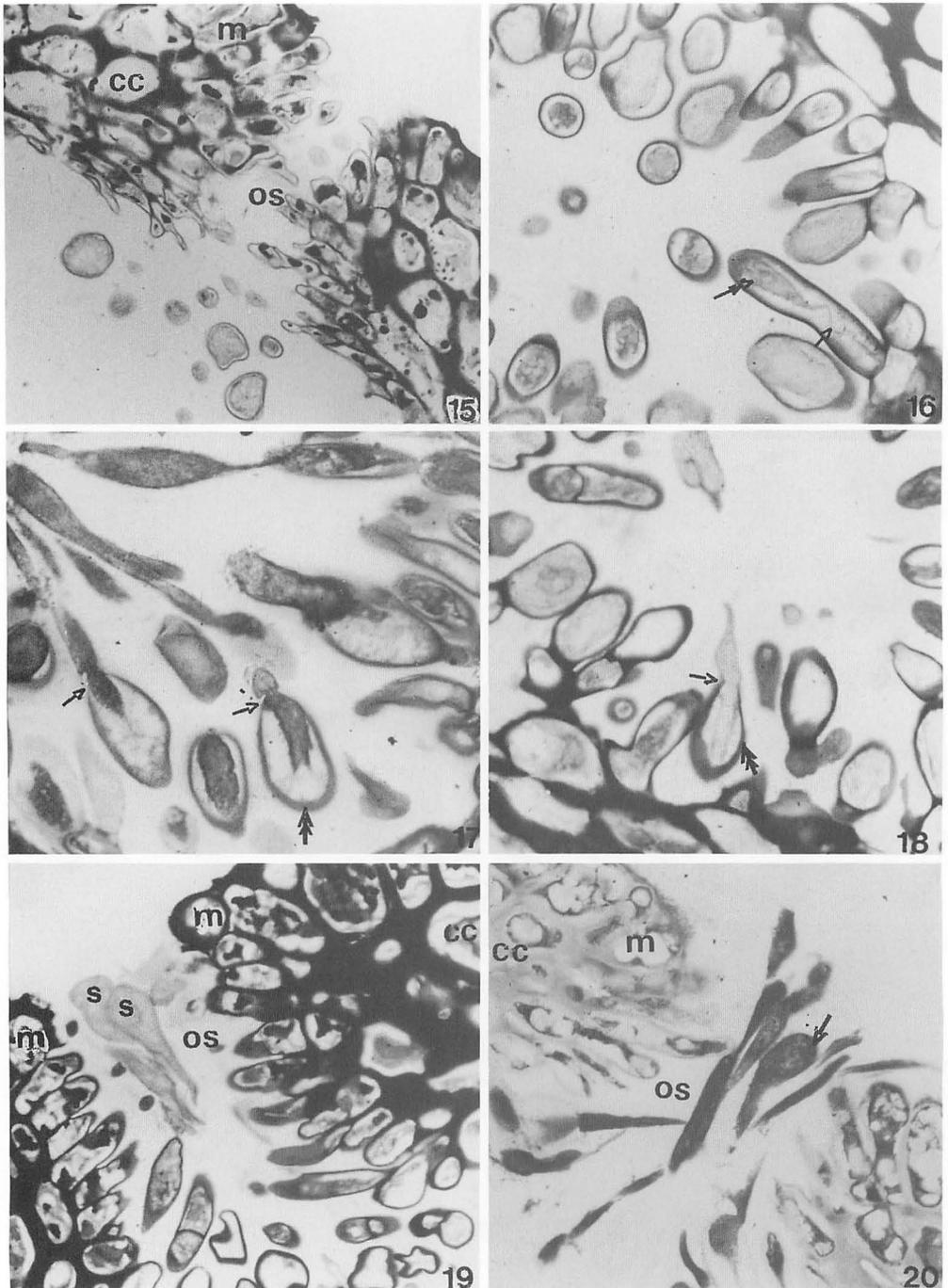
with glass knives, using a locally made adaptor that fits to the rotary microtome. The sections were stained with Periodic-Acid Schiff Reagent (PAS) and Feulgen reagent (Vijayaraghavan and Shukla 1990); 0.05% Toluidine Blue 0 (TBO) at pH 4.4 (McCully, 1966); Alcian Blue (Parker and Diboll 1966) and Coomassie Brilliant Blue (CBB) (Weber and Osborn 1975). Photomicrographs were taken on ORWO B/W film using Carl Zeiss photomicroscope.

Results

The thalli of *Sargassum vulgare* and *S. johnstonii* during the reproductive phase, bear many receptacles, that are borne in the axils of the leaves (Figs. 1, 2). The receptacles bear unisexual conceptacles which develop and mature between October and February. The distribution of the oogonial and antheridial conceptacles in a receptacle is examined. Amongst several female conceptacles only 2 or 3 male conceptacles are seen (Figs. 3, 5). Rarely, however, a greater number of male conceptacles is also encountered (Fig. 4).







Development of antheridium

Each antheridium develops from the conceptacle wall cell. The antheridial initial emerges as a papilla, divides by a transverse

wall into a lower cell that acts as the first stalk cell and the upper antheridial mother cell. The latter divides again forming the outer antheridium and the second stalk cell (Fig.

8). The number of stalk cells ranges between 1 or 2 (Fig. 8; SC). Occasionally, sessile antheridia are also encountered where the antheridial initial directly acts as the antheridial mother cell. The antheridium during early ontogeny is unilayered. It possesses dense cytoplasm (Fig. 9) and a centrally located nucleus. The mature antheridium has two conspicuous wall layers (Figs. 11, 13) that enclose cytoplasm containing 64 nuclei. During spermatozoid release, the outer layer lysis occurs and the spermatozooids enclosed within the inner layer are released *en masse* (Fig. 17). Many paraphyses coexist with antheridia.

Histochemistry of antheridium

Wall layers: The antheridium during early stages of development is covered by a single layered wall that stains moderate violet with TBO (Fig. 9); turquoise with Alcian Blue; light magenta with PAS reagent (Fig. 8). These histochemical staining procedures indicate abundant sulphated polysaccharides in the wall layer. The second wall layer becomes distinct at about the 16 nucleate stage, and has a mixture of sulphated and

carboxylated polysaccharides. At maturity, however, the inner layer shows abundant sulphated polysaccharides whereas the outer layer shows the dominance of alginic acid. The space between the two wall layers is filled with granular, sulphated materials that reveal metachromasia and stain pink with TBO and turquoise with Alcian Blue.

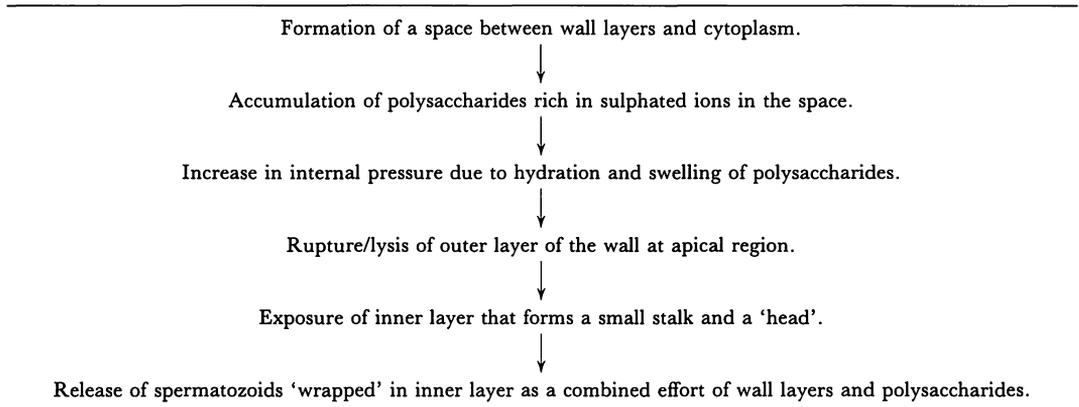
Cytoplasmic inclusions: The cytoplasm of a young antheridium has many vacuoles and a few sulphated polysaccharides that stain light magenta with PAS reagent (Fig. 8) and turquoise with TBO (Fig. 9). With progressive antheridial development, vacuoles are retained but the cytoplasm shows two distinct zones. The inner zone stains turquoise with Alcian Blue and pink with TBO indicating abundant sulphated polysaccharides. The outer zone stains purplish-pink with TBO; magenta with PAS reagent and feebly with Alcian Blue revealing dominance of alginic acid (Figs. 10, 11). As the antheridium develops further, the cytoplasm retracts from the wall and creates a space which is filled with grains that stain for sulphated groups (Figs. 11, 13).

During antheridial development (Fig. 12)

Figs. 1-7. 1, 2. *Sargassum vulgare* and *S. johnstonii*, mature plants showing branches, leaves, bladders and receptacles (arrows). $\times 0.45$. The inset in 1 shows a receptacle (r) in the axil of a leaf (l). $\times 0.9$. 3. *S. vulgare*, longitudinal section of an androgynous receptacle to show one antheridial (an) and three oogonial conceptacles (oo). $\times 360$ (CBB) stained. 4. *S. vulgare*, androgynous receptacle where the number of antheridial conceptacles (an), occasionally, exceeds the oogonial conceptacles (oo). $\times 225$ (TBO stained). 5. *S. vulgare*, 2 or 3 oogonia (oo) are produced per conceptacle. Number of antheridia in a conceptacle (an) is however large. $\times 225$ (TBO stained). 6, 7. *S. johnstonii*, longitudinal sections of antheridial conceptacles to show underdeveloped oogonia (ao) that coexist with the functional antheridia (a). In such oogonia the usual wall differentiation is lacking (double arrow) and the cytoplasm is gorged with physodes (arrows). $\times 1418$ (TBO stained).

Figs. 8-14. *Sargassum vulgare*. 8. Transverse section of an antheridial conceptacle to show paraphyses (p) and antheridium (a) bearing two stalk-cells (sc). $\times 1575$ (PAS stained). 9. Uninucleate antheridia (a) showing numerous small vacuoles. $\times 1575$. (TBO stained). 10, 11. Mature antheridia (a). The two wall layers (double arrows) are prominent. The cytoplasm retracts from the wall and the space, thus, created is filled with granular sulphated polysaccharides (arrows in 11). 10. $\times 1575$; 11. $\times 2000$ (TBO stained). 12. Transverse section of a male conceptacle to show protein-rich cytoplasm of paraphysis (p), antheridium (a) and stalk-cell (sc). $\times 1575$ (CBB stained). 13, 14. Antheridia at 16 nucleate stage, where all the nuclei (arrows) stain well with CBB and Feulgen reagent, respectively. 13. $\times 2000$; 14. $\times 1575$.

Figs. 15-20. *Sargassum vulgare*. 15. Transverse section of the antheridial conceptacle passing through the ostiolar region (os). The meristoderm (m) and the cortical cells (cc) become lax and make passage for the spermatozoid exit. $\times 1575$ (PAS stained). 16. Antheridium prior to spermatozoid release. The inner wall layer extends into a fragile tail (arrow) whereas the head portion bulges (double arrow) enclosing the cytoplasm with the spermatozoid nuclei. $\times 1575$ (TBO stained). 17, 18. Mature antheridia to show at the apical end ruptured outer wall layer (arrows). Subsequently, the spermatozoid mass is released leaving behind the outer wall layer as empty shell (double arrow). The material that surrounds the spermatozooids is rich in sulphated polysaccharides (arrow). The outer layer (double arrow) is, however, rich in carboxylated polysaccharide. $\times 2000$ (TBO stained). 19, 20. Spermatozooids (s) being released *en masse* through the ostiole (os). Meristoderm (m) and cortical cells (cc) cytoplasm reveal abundant phenolic materials. Spermatozoid nuclei are seen embedded in proteinaceous-matrix (arrows) in Figure 20. $\times 1575$ (19, TBO and 20, CBB stained).

Table 1. Steps involved in spermatozoid release in *Sargassum vulgare* and *S. johnstonii*

the cytoplasm is gorged with proteins but negligible phenolic materials. The nuclei stain well with Feulgen reagent (Fig. 14). The adjoining paraphyses are, however, rich both in proteins and phenolic compounds. The ostiole, in the young conceptacle, always remains closed due to the compact meristoderm (Fig. 5). The plug-material at this end is, however, absent (see Table 2). In the antheridial conceptacle of *S. johnstonii*, an underdeveloped oogonium is occasionally encountered. Such oogonia possess phenolic-rich cytoplasm and unilayered wall (Figs. 6, 7).

Spermatozoid Release

Prior to release, the meristoderm at the ostiole region loosens (Fig. 15). The outer layer of the antheridium ruptures/lyses at the apical region (Fig. 17) and due to the pressure generated by sulphated polysaccharides the spermatozoids enclosed in the inner layer are released *en masse* through the ostiole (Figs. 19, 20).

During the spermatozoid release, the inner layer of the antheridial wall assumes a 'tadpole' like shape; where the tail portion forms a small, fragile stalk (Fig. 16) and the distal head portion contains spermatozoids. The head portion is first to emerge out through the ruptured outer wall of the antheridium (Fig. 18; see also Table 1). The outer layer

Table 2. Antheridium/oogonium development and spermatozoid/oogonium release in *Sargassum vulgare* and *S. johnstonii*

	Antheridium	Oogonium
DIFFERENCES:		
Progenitor	Basal and neck region of conceptacle	Only basal region
Number per conceptacle	Many	4-6
Ostiolar plug	Absent	Present
Polarity	No change during spermatozoid release	Inversion occurs; proximal end is extruded first
After release	Spermatozoids are motile	Remains attached through mesochiton-stalk
SIMILARITIES:		
Outer wall layer	Ruptures prior to release	Same
Inner wall layer	Forms a stalk (rudimentary)	Forms a stalk (prominent)
Cytoplasmic polysaccharides	Aid in release	Same

remains behind like an empty shell (Fig. 18).

Discussion

The mature antheridium in *Sargassum vulgare* and *S. johnstonii*, has a double layered wall; the outer layer is rich in alginic acid and inner in sulphated polysaccharides as reported in *Turbinaria conoides* (Sokhi and Vijayaraghavan 1990). In *Fucus edentatus* (McCully, 1968), four distinct wall layers have been reported. In *Ascophyllum nodosum* and *Fucus serratus*, the walls of the antheridium stain metachromatically with TBO and are probably composed of fucoidin (Levring 1952).

In *Sargassum vulgare* and *S. johnstonii*, near 16 nucleate stage, the cytoplasm reveals two zones; the outer zone rich in carboxylated polysaccharides and the inner zone in sulphated. At maturity, the oogonial cytoplasm also reveals a polarised distribution of polysaccharides where carboxylated moieties abound the pericytoplasmic region and the sulphated ones the perinuclear zone (Kaur and Vijayaraghavan 1991).

Numerous vacuoles have also been observed in the cytoplasm of mature antheridium. In *Scytosiphon* sp. vesicles are thought to play a role in spermatozoid liberation (Clayton 1984). The vesicles are the source of enzymes responsible for cell wall lysis and the resultant breakdown products form the hydrated mucilaginous matrix that cause the dehiscence of gametangia. A similar role of vacuoles in *Sargassum* spp. is envisaged.

In *Sargassum vulgare* and *S. johnstonii*, physodes are negligible in the antheridial cytoplasm which may be due to the low number of chloroplasts. The stalk-cell, paraphyses, and conceptacle wall cells are, however, gorged with physodes suggesting a protective function (*see also* Kaur and Vijayaraghavan 1992). It is also possible that the tannins in physodes may serve as herbivore deterrents and thus help to prevent damage to the antheridia (Phillips and Clayton 1991).

Underdeveloped oogonia have been observed in the male conceptacles of *Sargassum*

johnstonii. It is tempting to speculate the significance of these freaks. This reveals that unisexual conceptacles have 'hidden' bisexuality, which, if expressed results in poor development of the oogonium. Taxa with unisexual conceptacles are usually considered more advanced with adaptation for cross-fertilization and reproductive-economy (Dawson 1940).

Reproduction in brown algae is environmentally controlled both for survival and to ensure simultaneous gametic maturity (Clayton 1986). In *Sargassum vulgare* and *S. johnstonii*, spermatozoid release is a highly synchronized phenomenon. Prior to gamete release, a space develops between cytoplasm and the wall layers which is filled with the sulphated polysaccharides. The outer layer lyses only at the apical end. This is followed by ejection of the spermatozooids enclosed within the inner layer through the antheridial orifice.

The inner layer is rich in sulphated polysaccharides of hygroscopic nature. These polysaccharides swell up, generate pressure and the outer layer ruptures. The inner layer undergoes changes in its contours and extends into an anterior end and a posterior portion which trails behind as if the spermatozoid mass enclosed in sulphated polysaccharides is being passively pushed. The spermatozooids remain immobile due to the presence of polysaccharide envelope. Once near the ostiole, polysaccharides contact water, dissolve away and render the spermatozooids free to swim actively towards the mates. Toth (1974) presented histochemical evidence to show that in *Chorda tomentosa* the space is filled with alginic acid and sulphated polysaccharides. The hydration and subsequent swelling of these mucilaginous carbohydrates creates an increase in the internal pressure that leads to the rupture of the sporangial walls.

This investigation supplements our knowledge on gamete release in *Sargassum* spp. (*see also* Kaur and Vijayaraghavan 1991). There is not only a slight difference in the size and number between male and female gametes but conspicuous differences exist in

their behaviour (see Table 2). Thus, it is not only the oogonia which are released by a highly coordinated mechanism but also the spermatozooids. The ultrastructural, biochemical and physiological aspects of this highly programmed process still remain unknown.

References

- Clayton, M. N. 1984. An electron microscope study of gamete release and settling in the complanate form of *Scytosiphon* (Scytosiphonaceae, Phaeophyta). *J. Phycol.* **20**: 276–285.
- Clayton, M. N. 1986. Culture studies on the life history of *Scytothamnus australis* and *Scytothamnus fasciculatus* (Phaeophyta) with electron microscope observations on sporogenesis and gametogenesis. *Br. Phycol. J.* **21**: 371–386.
- Dawson, A. E. E. 1940. Studies in the Fucales of New Zealand II. Observations on the female frond of *Carpophyllum flexosum* (Esp.) Grev. *Carpophyllum phyllanthus* (Turn.) Hook and Harv. *New Phytol.* **39**: 283–302.
- Feder, N. and O'Brien, T. P. 1968. Plant microtechnique: Some principles and new methods. *Amer. J. Bot.* **55**: 123–142.
- Kaur, I. and Vijayaraghavan, M. R. 1992. Oogonial development, maturation and release in *Sargassum vulgare* C. Agardh and *S. johnstonii* Setchell & Gardner. *Aquat. Bot.* **42**: 173–185.
- Kaur, I. and Vijayaraghavan, M. R. 1992. Physode distribution and genesis in *Sargassum vulgare* C. Agardh and *S. johnstonii* Setchell & Gardner. *Aquat. Bot.* **42**: 375–384.
- Levring, T. 1952. Remarks on the sub-microscopical structure of eggs and spermatozooids of *Fucus* and related genera. *Physiol. Pl.* **5**: 528–539.
- McCully, M. E. 1966. Histological studies on the genus *Fucus*. I. Light Microscopy of the mature vegetative plant. *Protoplasma* **62**: 287–305.
- McCully, M. E. 1968. Histological studies on the genus *Fucus*. II. Histology of the reproductive tissues. *Protoplasma* **66**: 205–230.
- Parker, B. C. and Diboll, A. G. 1966. Alcian stains for histochemical localization of acid and sulphated polysaccharides in algae. *Phycologia* **6**: 37–46.
- Phillips, J. A. and Clayton, M. N. 1991. Biflagellate spermatozooids in the Dictyotales: the structure of gametes and gametangia in *Zonaria angustata* (Dictyotales, Phaeophyta). *Phycologia* **30**: 205–214.
- Sokhi, G. and Vijayaraghavan, M. R. 1990. Development and histochemical studies on antheridium formation and spermatozoid release in *Turbinaria conoides* (Phaeophyta). *Jpn. J. Phycol.* **38**: 207–214.
- Toth, R. 1974. Sporangial structure and zoosporogenesis in *Chorda tomentosa* (Laminariales). *J. Phycol.* **10**: 170–185.
- Vijayaraghavan, M. R. and Shukla, A. K. 1990. Histochemistry: Theory and Practice. Dehradun. Bishen Singh Mahendra Pal Singh, pp. 189, 222–226.
- Weber, K. and Osborn, M. 1975. Proteins and sodium dodecyl sulphate: Molecular weight determination on polyacrylamide gel and related procedure: p. 179–223. In NEURATH, H. and HILL, R. L. (eds) *The Proteins*. Vol. 1. 3rd ed. U.S.A.

M. R. Vijayaraghavan and Inderdeep Kaur : *Sargassum vulgare* C. Agardh と *S. johnstonii* Setchell & Gardner の造精器の発達と精子の放出

造精器は生殖器床の内面の細胞から生ずる。発達初期には硫酸多糖に富む一層の細胞壁が認められ、後にはアルギン酸に富む第二の層が区別される。細胞質には液胞を生ずる。精子放出は二層の細胞壁と細胞質多糖の協調過程によって起こる。造精器壁の外層は頂部が破れ、細胞質多糖が精子放出の圧力を生ずる。精子放出と卵放出の間の差異と類似性を明示した。(Department of Botany, University of Delhi, Delhi 110007, India)

Further observations on *Olisthodiscus luteus* (Raphidophyceae, Chromophyta): the flagellar apparatus ultrastructure

Isao Inouye, Yoshiaki Hara and Mitsuo Chihara¹

Institute of Biological Sciences, University of Tsukuba, Tsukuba, Ibaraki, 305 Japan

Inouye, I., Hara, Y. and Chihara, M. 1992. Further observations on *Olisthodiscus luteus* (Raphidophyceae, Chromophyta): the flagellar apparatus ultrastructure. Jpn. J. Phycol. 40: 333–348.

The flagellar apparatus of the raphidophycean alga *Olisthodiscus luteus* Carter (Chromophyta) was examined. Basal bodies are overlapped in a counterclockwise orientation, and are connected by two striated fibers. A rhizoplast and a structure called the proximal plate link the basal bodies to the nucleus. There are four microtubular roots arranged in asymmetrical fashion. One of the anterior basal body-associated flagellar roots is a compound root, consisting of ca. 15 microtubules and carries an unusual layered structure. A microtubule organizing center is also associated with this root and cytoskeletal microtubules emanate laterally. Golgi-derived vesicles are located inside the loop-like path made by this root. The posterior basal body also carries a compound root consisting of five microtubules, a half-cylindrical band called a trough-shaped structure, and a proximally located lamellate structure. The homologies of the flagellar apparatus components of *O. luteus* and those of other chromophyte classes are discussed, and it is clear that the flagellar apparatus of *O. luteus* shares various features with that of other chromophytes, especially the Chrysophyceae. Similarities and differences of the flagellar apparatuses of *O. luteus* to those of other raphidophycean algae are also discussed and an isolated taxonomic position of *Olisthodiscus* in the Raphidophyceae is suggested. Despite the presence of considerable variations in flagellar apparatus structures, the Raphidophyceae should be accepted as a natural taxon.

Key Index Words: Chromophyta—Chrysophyceae—flagellar apparatus—layered structure—*Olisthodiscus luteus*—Raphidophyceae—rhizostyle.

The Raphidophyceae includes flagellates containing chlorophyll *a* and *c* and is generally placed in a supra-assemblage, the Chromophyta, together with some other algae such as chrysophytes, diatoms, xanthophytes, and brown algae (e.g. Christensen 1989).

Morphological features that delineate the raphidophytes from other chromophytan algae are multiple chloroplasts, a ring of Golgi bodies surrounding the anterior part of the nucleus and an absence of a photoreceptor apparatus (Hibberd 1986). The relationships between raphidophytes and other chromophytan algae are still not well understood. Some phycologists (Parke and Dixon 1976, Silva 1980) rank this algal group as a class, the Raphidophyceae. However Christensen

(1980) divided the raphidophytes into two, placing some in the Chrysophyceae and some in the Xanthophyceae. Hibberd (1986) suggested that the key to solving this taxonomic problem lies in the structure of the flagellar root system. Possible affinities of the Raphidophyceae with other chromophyte algae was recently reviewed by Heywood (1989).

Vesk and Moestrup (1987) studied the flagellar apparatus of a marine raphidophyte *Heterosigma akashiwo* (Hada) Hada in an initial attempt to settle the dispute about this algal group. They described a unique layered structure associated with a band of microtubules that had not been observed in other groups of algae, and they suggested that it might be a suitable feature for delineating the Raphidophyceae. However, no detailed studies of the flagellar apparatus have been carried out on any other raphidophytes.

¹Present address: The Japanese Red Cross College of Nursing, Hiro-o, Shibuya, Tokyo, 150 Japan.

In this paper, we describe the detailed structure of the flagellar apparatus of a raphidophyte alga *Olisthodiscus luteus* Carter (1937) and compare with other chromophytes in order to obtain evidences for determining the systematic position of the Raphidophyceae. Based on our observations, we propose that the Raphidophyceae should be recognized. Similarities and differences in the flagellar apparatus between *O. luteus* and other raphidophytes are also discussed.

Material and Methods

The culture strain of *Olisthodiscus luteus* used for this study is the same as that used for our previous investigation (Hara *et al.* 1985) which is now deposited in the Microbial Culture Collection of the National Institute for Environmental Studies (NIES), Tsukuba Japan, as strain no. NIES-15 (Watanabe *et al.* 1988).

The procedure for transmission electron microscopy is also the same as Hara *et al.* (1985) except for the osmium fixation. Cells were collected by centrifugation and were fixed for 1 hr in 2% osmium tetroxide in 0.1 M phosphate buffer. The cells were rinsed in buffer twice, dehydrated with ethanol and embedded in Epon 812. Serial sections were cut with a diamond knife and collected on slot grids. The order and orientation of the sections were monitored during the whole procedure from sectioning to printing of micrographs. Absolute orientations of flagellar apparatus components were also determined by triplets' orientations of basal bodies. All sections were stained with uranyl acetate and lead citrate. Observations were made with the JEOL 100C and 100CXII transmission electron microscopes.

Results

General cell structure

Figures 1 and 2 are longitudinal sections cut parallel and perpendicular to the dorso-ventral plane, and they demonstrate the major cell organelles. Since we have already

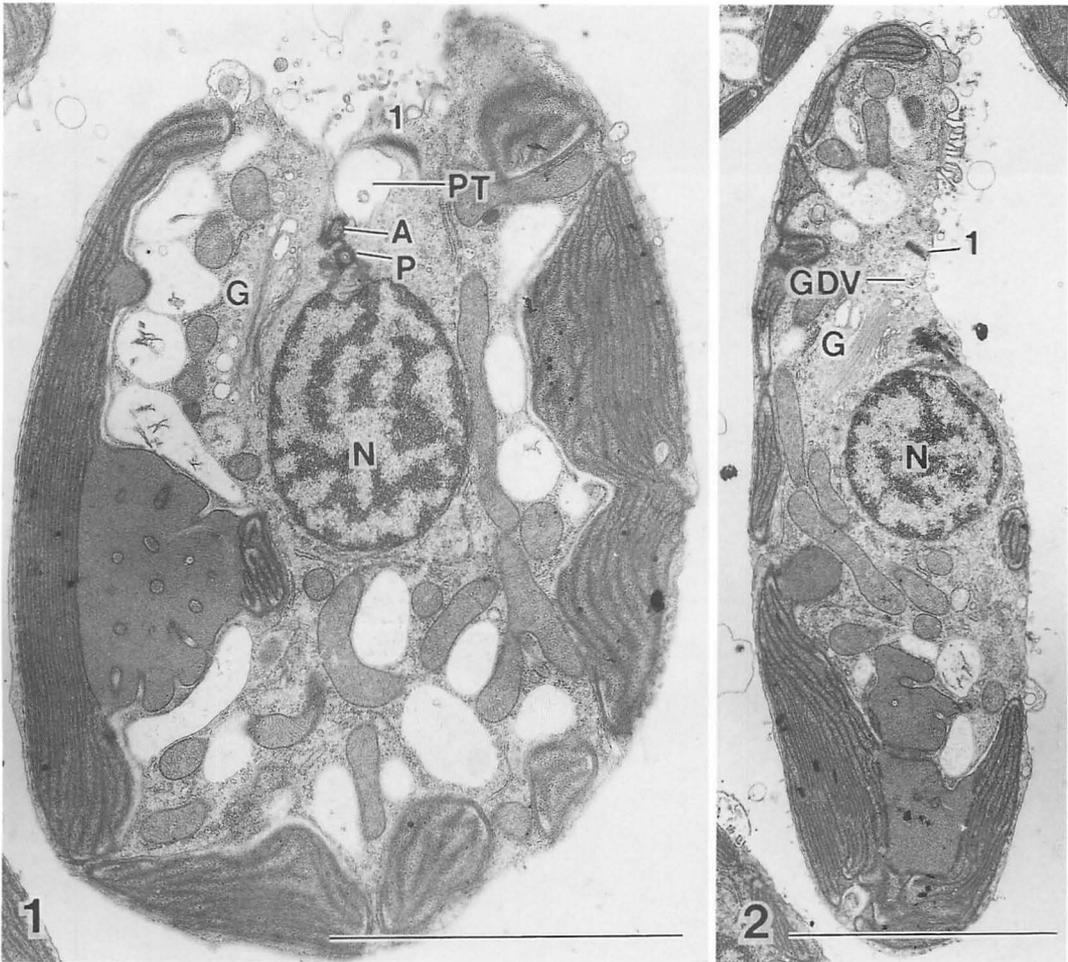
published the general features of *Olisthodiscus luteus* (Hara *et al.* 1985), we will describe only a few additional features here.

A small depression or pit is present just anterior to the flagellar insertion (Figs. 1, 34). At the bottom of the pit are vesicles, termed Golgi-derived vesicles (GDVs), containing small round electron dense granules and rod-like granules (Figs. 2, 13, 34). The rod-like granules are referred to as scales since these are also found covering the cell surface in samples of one to three months old cultures (Figs. 3, 4). Those scales on the cell surface are more or less regularly arranged and interconnected with each other by fibrous material (Figs. 3, 4). The scales are cross-banded and have ill-defined outlines (Figs. 3-6). The scales are produced singly in Golgi cisternae (Figs. 6, 25). It seems that scale-containing vesicles merge with one another, resulting in GDVs (Fig. 5), and then scales are released outside the cell.

The structure of the pyrenoid canal is also worth noting. This structure was previously referred to as cytoplasmic canal (Hara *et al.* 1985), but it is actually a penetration of the chloroplast membranes (Figs. 7-10). Inside the canal is electron dense material which is also observed in the space between the chloroplast endoplasmic reticulum and the chloroplast membranes, the periplastidal compartment. This material is usually slender near the mouth of the canal (Figs. 7, 9). It broadens proximally and fills the bottom of the canal (Figs. 7, 10). The proximal broad region is always seen more electron dense than the distal slender region because the material is more densely packed in the proximal half of the canal (Fig. 7). When the canal is broad and shallow, the material is not slender near the mouth, however it is more electron lucent than that filling the bottom (Fig. 8).

Flagellar apparatus

Swimming and trailing flagella are designated as the anterior and posterior flagella, respectively, and basal bodies of these are the anterior and posterior basal bodies. A transi-



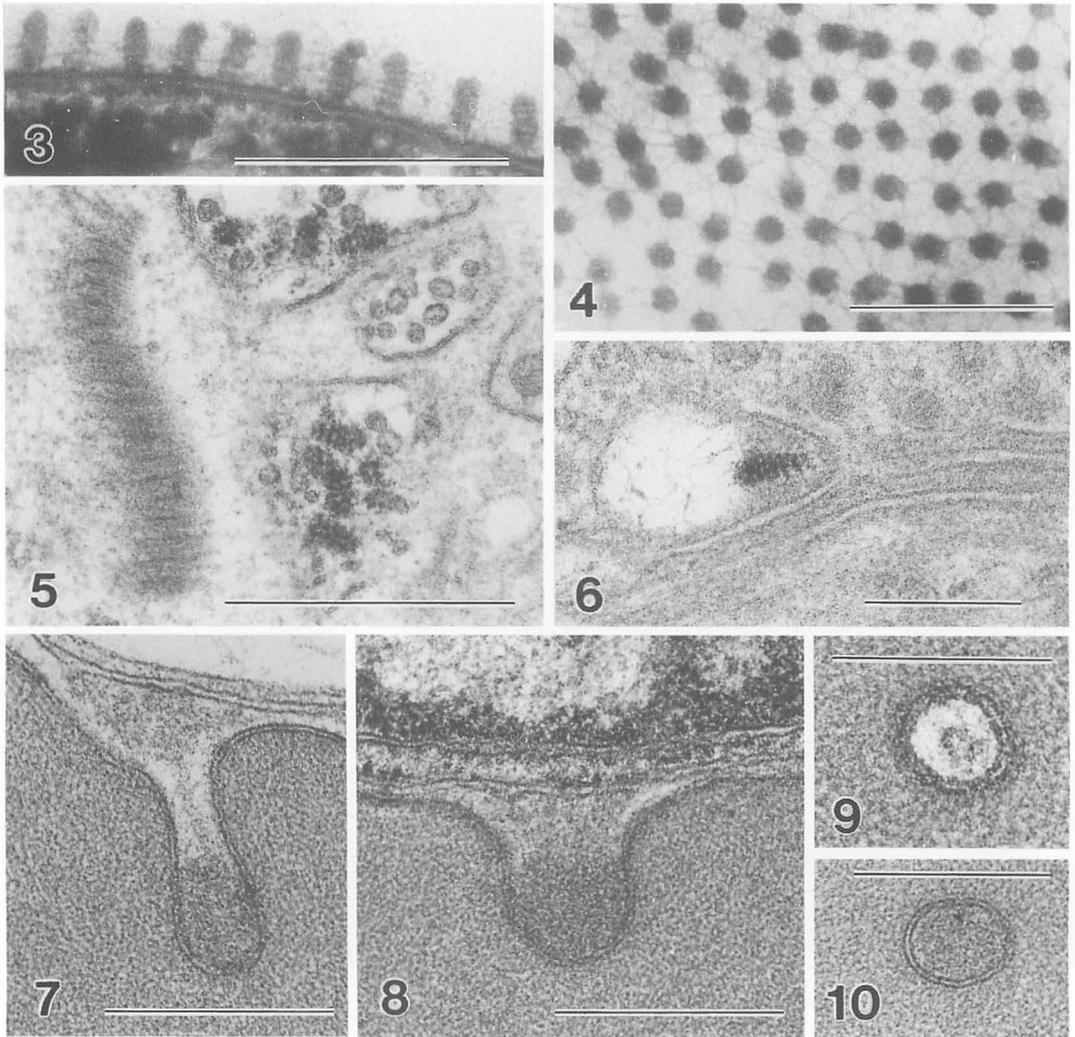
Abbreviations used in figures

1, 2, 3, 4: microtubular flagellar roots R1, R2, R3 and R4. A: anterior basal body or anterior flagellum, CMT: cytoskeletal microtubules, DF: distal fiber, G: Golgi apparatus, GDV(s): Golgi-derived vesicle(s), N: nucleus, P: posterior basal body or posterior flagellum, PF: proximal fiber, PP: proximal-plate, PT: pit, R1LS: R1-associated layered structure, R3LS: R3-associated lamellate structure, RH: rhizoplast, TS: trough-shaped structure.

Figs. 1-2. *Olisthodiscus luteus*. Figs. 1, 2. Longitudinal sections of cell cut perpendicular (Fig. 1) and parallel (Fig. 2) to the dorsi-ventral axis. Configuration of major organelles is demonstrated. Basal bodies are situated just anterior to the nucleus. The R1 is associated with the pit and a Golgi-derived vesicle. Scale bars = 5 μm .

tional helix is absent (Fig. 24) as in other raphidophytes so far investigated (Hibberd 1979, Moestrup 1982, Heywood 1989). The basal bodies make an angle of about 90 degree and overlap their proximal ends in a counter-clockwise orientation (as defined for green algae, see O'Kelly and Floyd 1983, 1984a). They are interconnected by two striated fibers. The distal fiber links the distal end of the basal bodies (Figs. 16-18, 24, 25). This

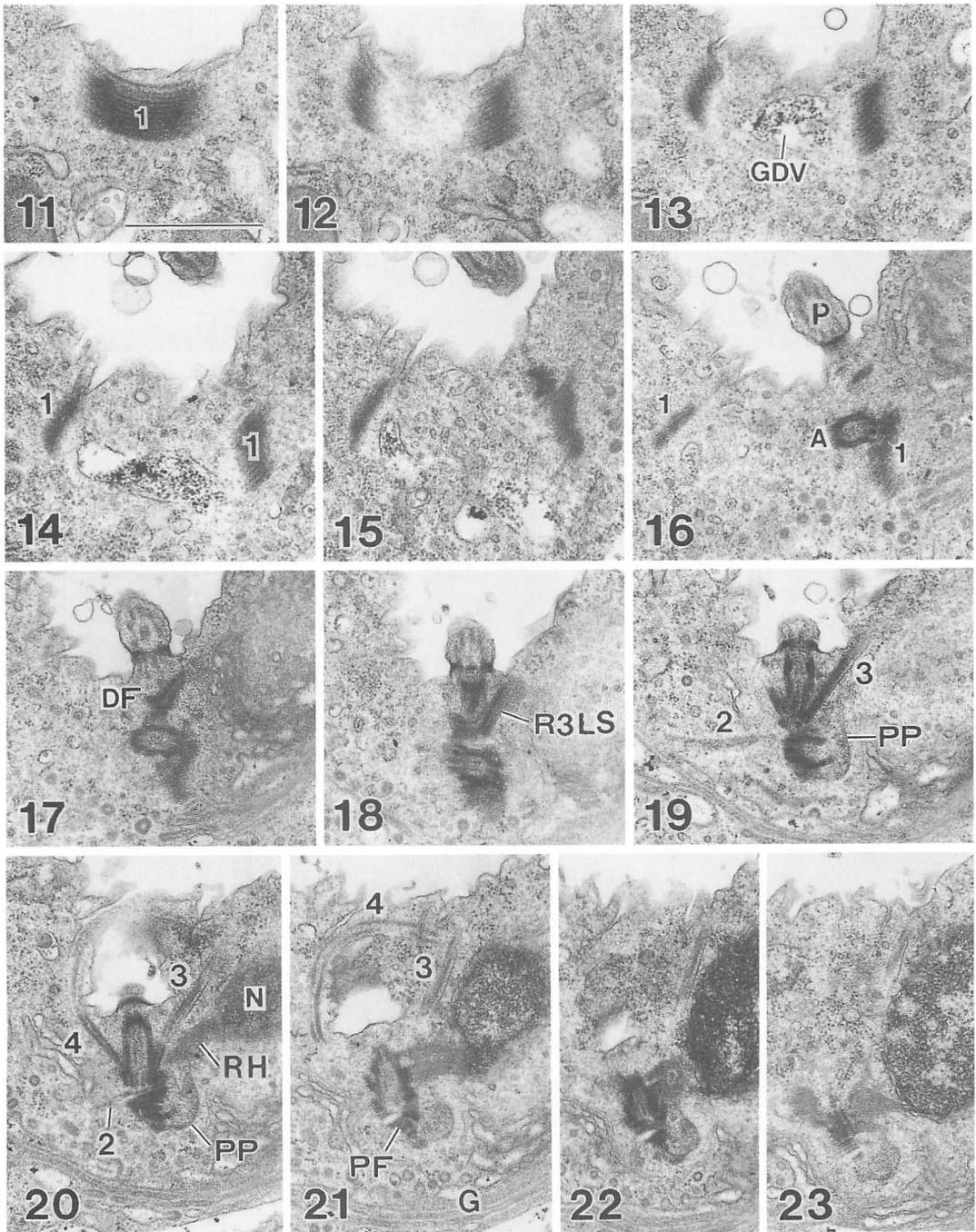
fiber is thicker and wider in the middle, and striations are conspicuous at this point (Fig. 25). The proximal fiber seems to be striated evenly, and attaches laterally to both the basal bodies at their overlapping region (Figs. 24, 31, 35). There is an electron transparent space in the middle of this fiber clearly separating it in half (Figs. 21, 22, 24, 31, 35). The half of the fiber associated with the anterior basal body juxtaposes with the most proximal



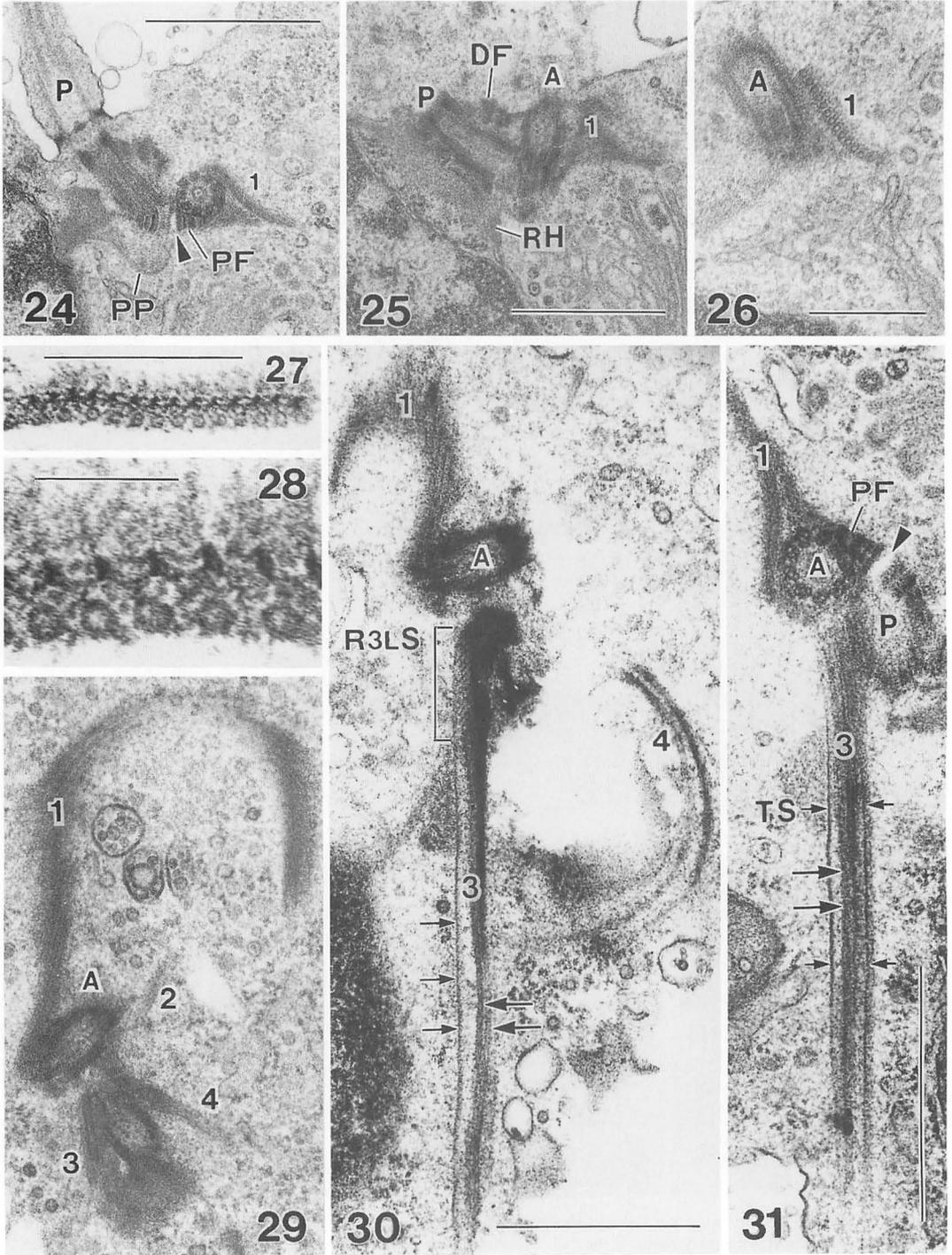
Figs. 3-10. *Olisthodiscus luteus*. Fig. 3. Osmium fixation. Scales with a cross-banded pattern are situated on the cell surface and are interconnected to one another by fibrous material. Fig. 4. Osmium fixation. A transverse section of scales arranged more or less regularly and interconnected by fibrous material. Fig. 5. Golgi-derived vesicles containing scales. Fig. 6. A part of Golgi cisternae containing scales. Fig. 7, 8. A pyrenoid canal containing electron dense material. Fig. 9. Transverse section of pyrenoid canal cut near the mouth. Fig. 10. The same as Fig. 9 cut near the bottom. Scale bars=0.5 μm (Figs. 3-5, 7, 8, 10), 0.25 μm (Figs. 6, 9).

region of a broad microtubular root, R1 (Figs. 24, 31). The basal body complex is linked to the nucleus by a broad fibrous root, the rhizoplast (Figs. 20-23, 25), which is short, very wide and often non-striated (Figs. 21, 25, 33), although its striated nature has been demonstrated previously (fig. 18, Hara *et al.* 1985). The rhizoplast is attached along the entire length of the posterior side of the posterior basal body (Fig. 25). It widens and

extends to the concave anterior surface of the nucleus (Figs. 25, 34, 35). A peculiar electron-dense plate, referred to as the proximal-plate, arises from the basal body complex (Figs. 19-23, 24, 35). The proximal plate has a well-defined sigmoid edge (Fig. 24), and is attached anteriorly either to the proximal end of the anterior basal body (Figs. 19-23) or to the proximal fiber (Figs. 24, 35). Posteriorly, it joins with the rhizoplast and they extend



Figs. 11-23. Consecutive serial sections of the flagellar apparatus of *Olisthodiscus luteus*. Micrographs show images viewed from the anterior side of the cell. Configuration of most components of the flagellar apparatus can be traced. The R3-associated lamellate structure is seen in Fig. 18. Two microtubules composing the R4 are seen in Figs. 20, 21. Scale bar=1.0 μ m. Scale bar in Fig. 11 is also applicable to Figs. 12-23.



together towards the nucleus (Figs. 22-24).

Four microtubular flagellar roots were observed, two per each basal body (called R1 and R2 for those associated with the anterior basal body, and R3 and R4 for those associated with the posterior basal body).

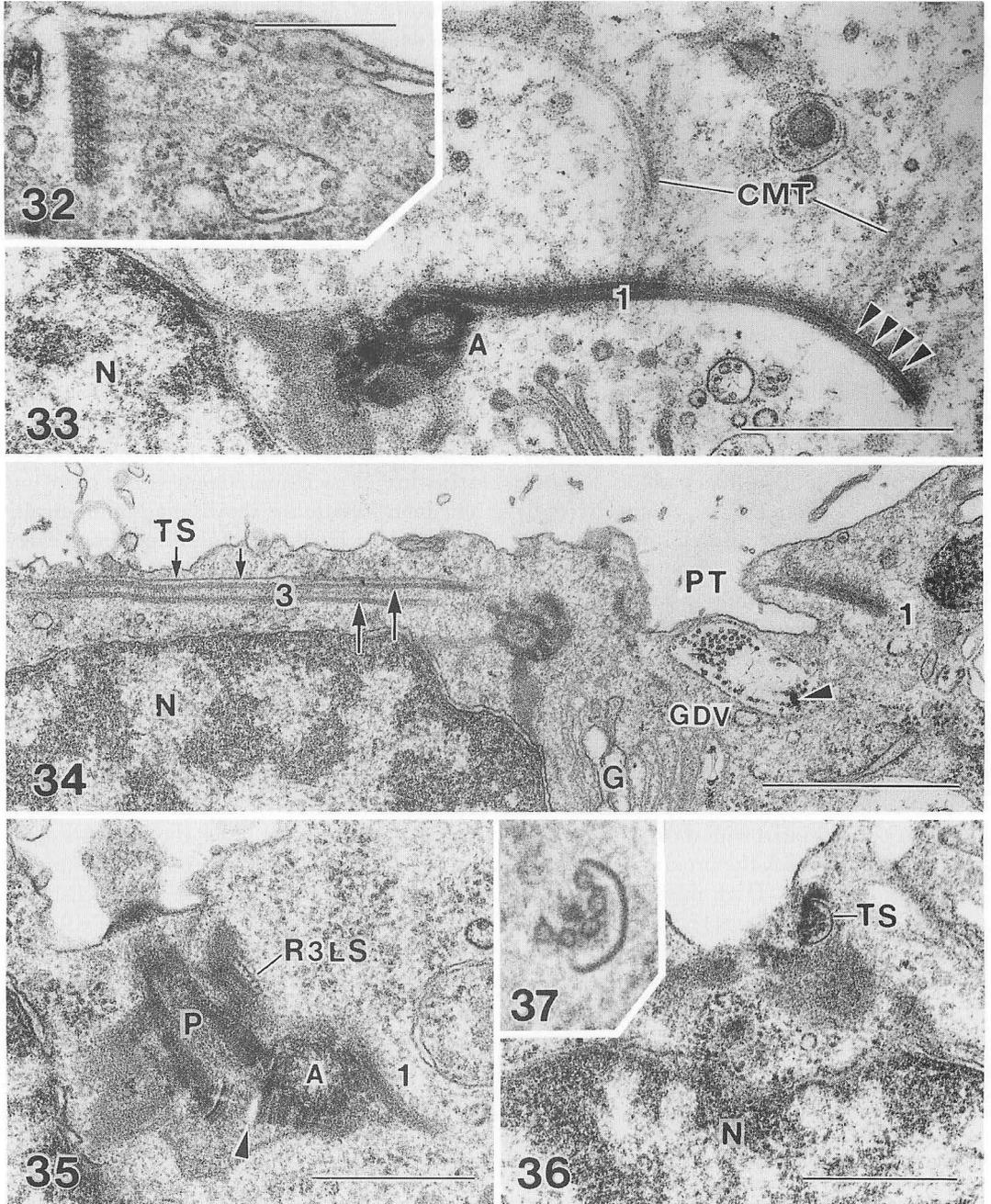
R1 is a broad and compound root comprising c.15 microtubules aligned in a row (Fig. 26) and an associated layered-structure (abbreviated as R1LS) (Fig. 27, 28, 32). The R1 microtubules arise along the anterior basal body on the side away from the posterior basal body (Figs. 16, 17). It extends anteriorly bending clockwise when viewed from above the flagellar insertion. The R1 returns to the vicinity of the basal bodies so that it has a loop-like path as a whole (Figs. 1, 29). The R1 is also characterized by the nucleation of cytoskeletal microtubules which emanate laterally (Figs. 32, 33), indicating that a microtubule organizing center (MTOC) is associated with this root. Cytoskeletal microtubules have been observed in many cells but not in all since these are not well preserved in fixed samples used in this study. The R1LS is situated at one side of R1 microtubules, the side where cytoskeletal microtubules arise (Figs. 32). It seems to be associated with most of the length of the R1 but not with the proximal part of the root (Figs. 24, 26). High magnification of a transverse section of the R1LS and associated root microtubules is given in Figs. 27 and 28, but it is difficult to show clearly its detailed structure. Figure 38 is a tentative reconstruction of the R1LS which may help to clarify the

structure of R1LS. In transverse section, two dense layers are visible above the R1 microtubules and less electron dense amorphous material overlies these layers (Figs. 27, 28). The R1LS seems to be composed of repeating units, electron dense triangular components and several other components of ill-defined outline (Figs. 28, 38). The latter are less electron dense than the triangular component. Adjacent triangular components are interconnected by these ill-defined components at both the distal and proximal regions so that the R1LS appears as two layers in transverse and tangential sections (Figs. 27, 33, 38). The R1LS seems to be linked to the R1 microtubules (Fig. 28). The structure of each component is not clear but our interpretation is shown diagrammatically in Fig. 38. Each microtubule seems to carry a short arm on the side away from the R1LS (Figs. 28, 38). Cytoskeletal microtubules probably arise from amorphous layer overlying the R1LS (Figs. 27, 28), suggesting that it may have a MTOC role (Fig. 32).

The R2, another microtubular root associated with the anterior basal body, arises from the opposite side of the R1 and extends anteriorly (Figs. 19, 20, 29). It is much less conspicuous than all other roots of this alga, and is probably composed of a single microtubule which terminates a short distance inside the path made by the R1 (Figs. 19, 20).

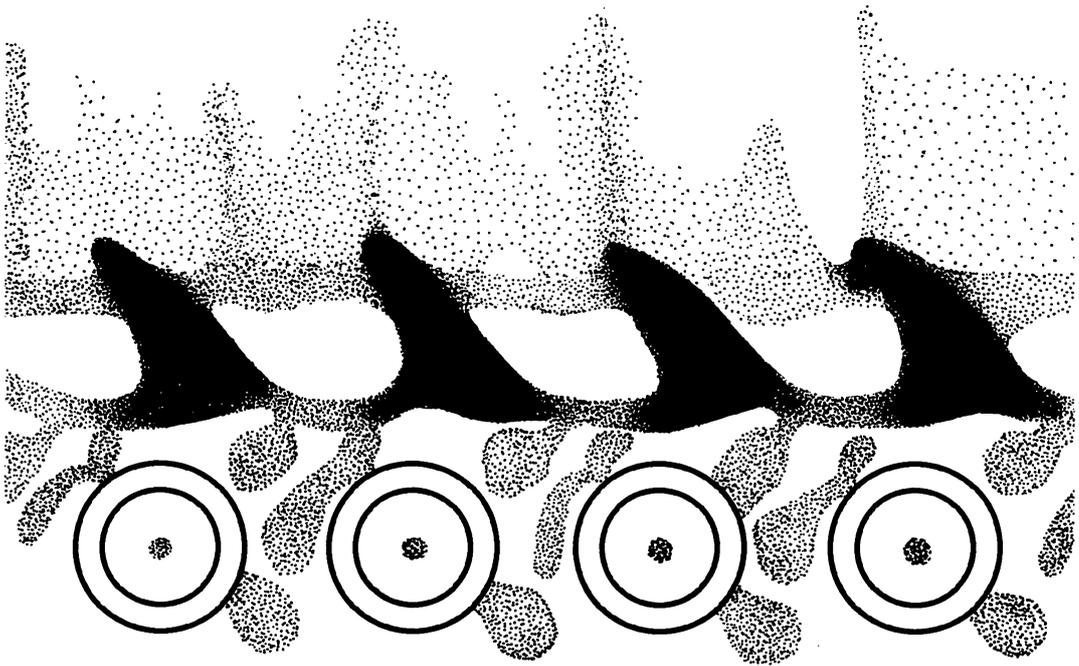
The R3 is a compound root that extends directly along the ventral side of the nuclear surface in a posterior direction and beneath the plasmalemma (Figs. 34, 36). It is com-

Figs. 24-31. Flagellar apparatus of *Olisthodiscus luteus*. Fig. 24. A section illustrating a counterclockwise orientation of the basal bodies. The striated proximal fiber with an electron-transparent gap at the middle (arrowhead), the proximal plate that interconnects the flagellar apparatus and the nucleus and R1 attaching to the anterior basal body are seen. Note that transitional helix is absent in the transition region of the posterior flagellum. Fig. 25. A rhizoplast connecting concave anterior end of the nucleus and entire posterior side of the posterior basal body. The distal fiber and the R1 are also visible. Fig. 26. Transverse section of R1 at its most proximal part. Note that no R1-associated layered structure is visible. Fig. 27. Transverse section of R1-associated layered structure. Note two electron dense layers and overlying amorphous material. Fig. 28. High magnification of the R1-associated layered structure. Fig. 29. The clockwise path of the R1. Orientations of other three roots can also be traced. Fig. 30. Paths and structure of the R3 and R4. The R3-associated lamellate structure situated at the proximal part of the R3 (indicated by a bracket), trough-shaped structure (small arrows) and R3 microtubules (large arrows) are seen. Clockwise path of the R4 is also seen. Fig. 31. Similar section to Fig. 30, but of slightly different angle. Both edges of the trough-shaped structure (small arrows) are seen sandwiching microtubular components (large arrows). Proximal fiber with a gap is also visible (arrowhead). Scale bars=1.0 μm (Figs. 24, 25, 29, 30, 31), 0.5 μm (Fig. 26, 27), 0.1 μm (Fig. 28).



posed of five microtubules, a thin half-cylindrical band called a trough-shaped structure and an associated lamellate structure called R3LS (Figs. 17-23, 30, 31, 34, 35). The microtubules are along the concave surface of the trough-shaped structure (Figs. 30, 31) and

appear as an arc in transverse section (Figs. 36, 37). The trough-shaped structure does not attach directly to the basal bodies, but arises from a region some distance distal to the posterior basal body, and extends posteriorly (Figs. 30, 31, 34). The R3LS is



Figs. 38. A tentative reconstruction of a possible structure of the R1-associated layered structure of *Olisthodiscus luteus*. See text for explanation. Not to scale.

seen only at the proximal region of the R3 (Figs. 18, 30). It is made up of an electron dense plate and several lamellae which are regularly arranged and projecting towards the basal body (Fig. 35). At the proximal region of the R3, dense material lies on the trough-shaped structure and R3LS (Figs. 30, 35, 36). It continues posteriorly as a dense bar situated in the concave surface of microtubules (Fig. 37). R4 is a simple root, probably made up of two microtubules (Figs. 20, 21, 30), and arises from the opposite side of the R3, extends posteriorly, bends clockwise when viewed from the flagellar insertion, and

its distal end is close to the R3 (Figs. 21, 30).

The flagellar apparatus as a whole has an extremely asymmetrical architecture, but all the components are arranged in a single absolute configuration. This is summarized diagrammatically in Fig. 39 which also incorporates some data from a previous paper (Hara *et al.* 1985).

Discussion

Observations obtained in this study make it possible to consider homologous relationships between the flagellar apparatus of *Olisthodiscus*

Figs. 32–37. Flagellar apparatus of *Olisthodiscus luteus*. Fig. 32. R1 and associated cytoskeletal microtubules. Note that cytoskeletal microtubules arise from electron-dense material. Fig. 33. R1 and cytoskeletal microtubules viewed from different angle. The R1-associated layered structure is seen as two dense lines (arrowheads). Fig. 34. A section cut in similar plane as Fig. 2 but viewed from opposite direction. Positional relationships between the pit, R1 and Golgi-derived vesicle is illustrated. A trough-shaped structure (small arrows) and microtubular components (large arrows) comprising R3 are extending posteriorly above the nucleus and beneath the plasmalemma. A scale is visible in the Golgi-derived vesicle (arrowhead). Fig. 35. A section from the same series of serial sections as Fig. 24. Transverse view of the R3-associated lamellate structure is seen as a thin plate and associated lamellae projecting inward. Electron-transparent gap of the proximal fiber (arrowhead) is also seen. Fig. 36. Transverse view of the trough-shaped structure and associated electron dense material. Fig. 37. High magnification of transverse section of trough-shaped structure and R3 microtubules. Scale bars = 0.5 μm (Figs. 32, 35, 36), 1.0 μm (Figs. 33, 34), 0.25 μm (Fig. 37).

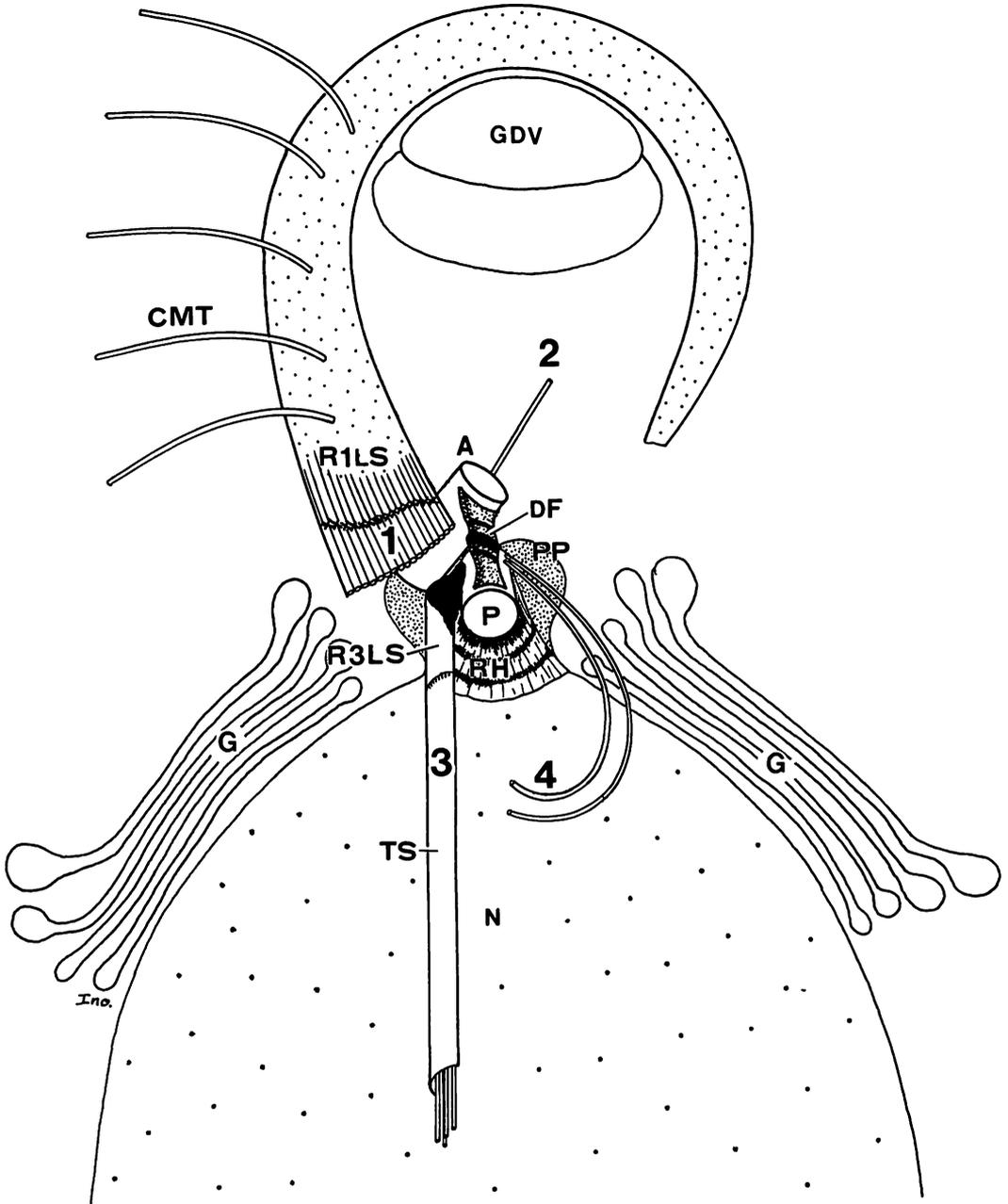


Fig. 39. Reconstruction of the flagellar apparatus of *Olisthodiscus luteus*. Not to scale.

luteus and that of other chromophyte classes. The anterior and posterior flagella of the raphidophytes are homologous to those of the other chromophyte classes based upon the occurrence of mastigonemes and the configuration of the basal bodies. In Fig. 40, diagrammatic reconstructions of the flagellar ap-

paratuses of chrysophytes, brown algae and *O. luteus* are shown based on the available data (Bouck and Brown 1973, Andersen 1987, 1990 and Owen *et al.* 1990a for chrysophytes, Henry and Cole 1982, O'Kelly and Floyd 1984b, O'Kelly 1989a for brown al-
gae). Each basal body has two microtubular

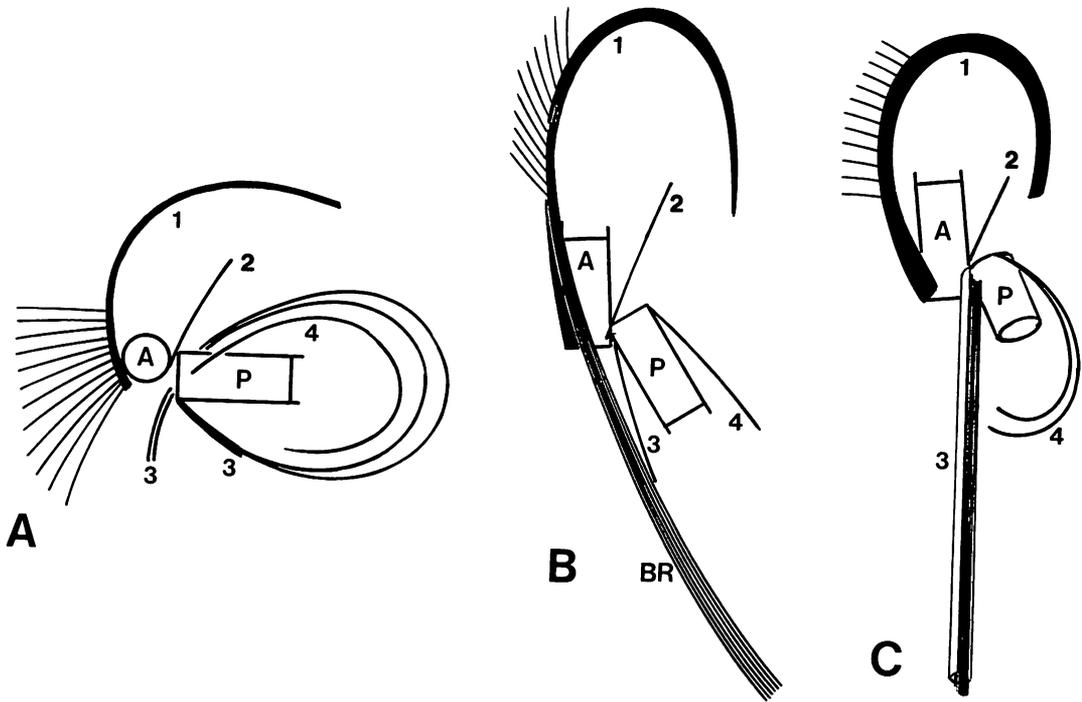


Fig. 40. Diagrammatic representation of flagellar apparatuses (viewed from above the flagellar insertion) of a typical chrysophyte (A) (based on Andersen 1990 and Owen *et al.* 1990a), brown alga (B) (based on O'Kelly and Floyd 1984, O'Kelly 1989a), and *Olisthodiscus luteus* (C). Structures labeled by the same characters or numbers are considered homologous. See text for explanation. Not to scale.

roots and these roots arise from the same sides of homologous basal bodies, so that the roots labeled by the same numbers in Fig. 40 are homologous to one another. This is supported by observations that one of the microtubular roots associated with the anterior flagellum, R1, is responsible for nucleating cytoskeletal microtubules (Bouck and Brown 1973, Schnepf *et al.* 1977, Henry and Cole 1982, O'Kelly and Floyd 1984b, Andersen 1987, 1991, Preisig 1989), and that, when viewed from above the flagellar insertion, it has a clockwise path. This is also the case for the R1 of *Heterococcus tectiformis* (O'Kelly 1989b), an only xanthophyte alga of which flagellar apparatus has been studied in enough detail. The R1 is thus not only positionally but also, at least partially, functionally homologous in all algal groups concerned here. The clockwise path is also found in a eustigmatophyte *Vischeria stellata* (Santos and Leedale 1991). Although R1-associated

cytoskeleton is absent in this alga, there is no question about their homology to R1 of other chromophytes. Homologous relationships of basal bodies and R1 in chromophyte algae lead us to further considerations of positional homologies of other roots.

The features of the R2 root are also held in common in many chromophyte algae: it is simple, most typically made up of a single microtubule, extends straight only a short distance, and terminates inside the R1 path. *Olisthodiscus* also resembles many chromophytes in this respect. A eustigmatophyte *Vischeria stellata* is once again exceptional, where R2 is made up of two microtubules and forms an antiparallel loops together with R1 (Santos and Leedale 1991).

The position where the R3 is situated in typical chromophyte flagellar apparatus is occupied by a structure called a rhizostyle. In *Heterosigma akashiwo*, the rhizostyle passes between two basal bodies and reaches anteriorly

to the flagellar groove and extends posteriorly between the plasmalemma and nuclear surface (Vesk and Moestrup 1987). The R3 of *Olisthodiscus* occupies the same position in relation to basal bodies, but it does not extend anteriorly beyond the basal bodies. The components of the rhizostyle has not been documented in enough detail. In *H. akashiwo*, the rhizostyle is rather fibrillar than microtubular, and in other raphidophytes it may contain microtubules in addition to fibrillar components (Vesk and Moestrup 1987). The R3 or rhizostyle of *O. luteus* consists of five microtubules, a trough-shaped structure and R3LS and obviously associated with the posterior basal body. The arrangement pattern of microtubules is particularly interesting when we consider homologous relationship of this root and that of other chromophytes. In *O. luteus*, five microtubules form a trough-like structure along the concave side of the trough-shaped structure. In some chrysophytes such as *Dinobryon cylindricum* Imhof. (Owen *et al.* 1990a), *Uroglena americana* Calkins (Owen *et al.* 1990b), *Chrysosphaerella brevispina* (Andersen 1990) and *Epiphyxis pulchra* (Andersen and Wetherbee 1992), the R3 consists of six microtubules and these are organized in a trough-like structure at the proximal region. Four of these microtubules are rather short and terminate in some distance, and the rest two microtubules extend further and form a loop. In *C. brevispina*, a thin band is associated with these loop-forming two microtubules (Andersen 1990). This band resembles the trough-shaped structure of *O. luteus* in its position and thickness (about one third of microtubule diameter) (Fig. 37, see also fig. 12, 16 in Andersen 1990), suggesting that these structure are homologous to each other. All these similarities support homologous relationship of the R3 of *O. luteus* and R3 of the chrysophytes.

All chrysophyte algae mentioned above are mixotrophic organisms and are able to feed prey particles such as bacteria, small blue green algae and organic detritus. It has recently been clearly demonstrated in *Epiphyxis pulchra* that R3 plays an important role in a

food-cup formation during phagotrophy (Andersen and Wetherbee 1992, Wetherbee and Andersen 1992). In contrast, *Olisthodiscus luteus* is not mixotrophic and, as far as we know, there has been no record of phagotrophy in raphidophytes which possess chloroplasts, and there is no evidence to include the chloroplast-less (therefore assumed to be phagotrophic) genera in the Raphidophyceae (Heywood 1980).

Another functional role of the R3 in many chrysophytes seems to be determining the position of the eyespot beneath the flagellar swelling of the short flagellum (=posterior flagellum). In brown algae, R3 (usually referred to as major posterior rootlet, MPR) occurs in many species which possess an eyespot (Motomura 1989), suggesting that R3 contributes to determine the position of the eyespot perhaps together with so-called bypassing root. The flagellar swelling and eyespot probably act together as a photoreceptor apparatus and play an important role in phototactic response as has been revealed in brown algal swimmers (Kawai *et al.* 1990, Kawai 1992). Flavin-like autofluorescence substance is present in the flagellar swelling and it probably acts as photoreceptor (Coleman 1988, Kawai 1988, Müller *et al.* 1988). The eyespot reflects and focuses light on the flagellar swelling (Kawai *et al.* 1990, Kreimer *et al.* 1991). Raphidophytes have neither the eyespot nor the flagellar swelling, and no autofluorescence is detected in the posterior flagellum (Coleman 1988, Kawai and Inouye 1988).

Despite of various morphological similarities, functional roles of the R3 of raphidophytes are obviously different from those of the chrysophytes. This seems to indicate that morphological features of R3 are rather conservative and would be useful for delineating higher taxa. The R3 or rhizostyle in raphidophytes seems to act as a backborn of the cell as it extends posteriorly along the longitudinal axis of the cell. Anchoring the flagellar apparatus in the proper position may be another function of R3.

The path of R4 is interesting in that it has

a clockwise path in both chrysophytes and *O. luteus*. A similar path is also found in R4 (= minor posterior root) of brown algae and in the chrysophyte *Giraudyopsis stelifer* which is thought to be closely related to the Phaeophyceae (O'Kelly and Floyd 1985), although it is more or less straight and the radius of curvature is much smaller than that of chrysophytes and *O. luteus*.

All these flagellar root homologies listed above adequately support a close affinity between *O. luteus* and other chromophyte classes, especially chrysophyte algae, and the flagellar apparatus of *Olisthodiscus* falls into the same category to which many chromophyte algae also belong.

Despite of similarities of general cell morphology mentioned in the introduction, *O. luteus* has many features in the flagellar apparatus distinct from other raphidophytes. The flagellar apparatus of *O. luteus* is different in various respects from that of *Heterosigma akashiwo*, the only other raphidophyte of which flagellar apparatus has been described in detail (Vesk and Moestrup 1987). Comparisons of the flagellar apparatus components of *O. luteus*, *H. akashiwo* and other raphidophytes suggest that the raphidophytes are highly diverse as far as flagellar apparatus structure is concerned. For example, the R2 and R4, distal connecting fiber and proximal-plate found in *Olisthodiscus* have not been found in other raphidophytes. The presence of a connecting fiber was suggested for *H. akashiwo*, but this is situated at the proximal side of the basal bodies (Fig. 8c in Vesk and Moestrup 1987) and it should be regarded as a proximal fiber. There are some other differences between the flagellar apparatuses of these two raphidophytes. The R1 of *O. luteus* and the homologous broad root of *H. akashiwo* have a layered-structure, but its position and structure is different between these two species. In *H. akashiwo*, the layered structure is on the side facing the basal bodies at the proximal end of the microtubules, whereas in *O. luteus* the R1LS is situated on the opposite side of the basal bodies at some distance away from basal body complex, and continues

some distance along the root microtubules. In the region of the layered structure, each microtubule of *H. akashiwo* has a stalk that extends towards the basal bodies, broadening to form the intermediate layer of the layered structure, then forking into two filaments that sit on the electron-dense base plate (Vesk and Moestrup 1987). In addition, the intermediate layer and the base plate are closely connected to some triplets of the anterior basal body, and the striated root is also in contact with the base plate. These features are distinctly different from the R1LS of *O. luteus* where the base plate is lacking, and there is no contact either with basal body triplets or the striated root. Similarities of the layered structure of *H. akashiwo* and that of other raphidophytes such as *Chattonella subsalsa* Biecheler (see Figs. 12, 13 in Mignot 1976), *Gonyostomum semen* (Ehrenberg) Diesing (pl. IV-6 in Mignot 1976) and *Vacuolaria virescens* (Heywood 1972) have been suggested (Moestrup 1982). In these species, the layered structure covers on one side of the sheet of microtubular root. A homologous relationship between the layered structure of these raphidophytes and *Olisthodiscus* is thus unlikely. The R1LS seems to be a structure unique to *Olisthodiscus*.

The path of the R1 is also considerably different, that is, it extends straight anteriorly in *H. akashiwo*, whereas it has a loop-like appearance in *O. luteus* and has GDVs inside the loop.

A flagellar root probably homologous to the R3 of *O. luteus* was observed in other raphidophytes. It is called as rhizostyle and has been thought to be a unique feature to raphidophytes (Preisig 1989). The rhizostyle of *H. akashiwo* may contain microtubules in addition to fibrillar components (Vesk and Moestrup 1987). A root called a rhizostyle is found in *Chattonella subsalsa* (Mignot 1976), *Gonyostomum semen* (Mignot 1967) and *Vacuolaria virescens* (Heywood 1980). This root seems to be composed of microtubules and fibrous or membranous elements (see fig. 16 in Mignot 1976, fig. 4 in Heywood 1980) and runs posteriorly along the nuclear surface. A structure similar to the trough-shaped struc-

ture is probably present in *G. semen* (pl. IV-7 in Mignot 1967). In *C. subsalsa*, this root also extends anteriorly over the basal body complex as it does in *H. akashiwo*. In all these raphidophytes the rhizostyle is present and may be consisting of similar components to the R3 of *O. luteus*, although these should be reinvestigated in detail.

The presence of such differences between raphidophytes suggests that the raphidophytes are relatively far from one another in terms of evolutionary relationships, and *Olisthodiscus* must have a discrete position. It does not mean that they have polyphyletic origins, however; the class Raphidophyceae may include organisms which are diverse in flagellar apparatus components, but we consider that they are derived from a common ancestor because the layered structure of *Heterosigma*-type and the rhizostyle are widely distributed in this class and has not been found in other algal classes. Features previously proposed in the circumscription of the Raphidophyceae (Hibberd 1986) probably support this. Taxonomic treatments separating the raphidophytes into two based on photosynthetic pigment composition such as that proposed by Christensen (1980) are, in our opinion, of dubious value. Detailed analysis of the flagellar apparatuses of other raphidophyte genera may provide further supporting evidence.

Acknowledgements

We are grateful to Dr. Robert W. Ridge, Australian National University who kindly made suggestion for improvement of the English. This study was financially supported in part by Grant-in-Aid for Scientific Research (No. 62304006) from the Ministry of Education, Science and Culture, Japan.

References

- Andersen, R. A. 1987. Synurophyceae classis nov., a new class of algae. *Amer. J. Bot.* **74**: 337-353.
- Andersen, R. A. 1990. The three-dimensional structure of the flagellar apparatus of *Chryso-sphaerella brevispina* (Chryso-phyceae) as viewed by high voltage electron microscopy stereo pairs. *Phycologia* **29**: 86-97.
- Andersen, R. A. 1991. The cytoskeleton of chromophyte algae. *Protoplasma* **164**: 143-159.
- Andersen, R. A. and Wetherbee, R. 1992. Microtubules of the flagellar apparatus are active during prey capture in the chrysophycean alga *Epipyxis pulchra*. *Protoplasma* **166**: 8-20.
- Bouck, G. B. and Brown, D. L. 1973. Microtubule biogenesis and cell shape in *Ochromonas*. I. The distribution of cytoplasmic and mitotic microtubules. *J. Cell Biol.* **56**: 340-359.
- Carter, N. 1937. New or interesting algae from brackish water. *Arch. Protistenk.* **90**: 1-68.
- Coleman, A. W. 1988. The autofluorescent flagellum: a new phylogenetic enigma. *J. Phycol.* **24**: 118-120.
- Christensen, T. 1980. Algae, a Taxonomic Survey. Fasc. 1. AiO Tryk, Odense.
- Christensen, T. 1989. The Chromophyta, past and present. pp. 1-12. In J. C. Green, B. S. C. Leadbeater and W. L. Diver [eds.] *The Chromophyte Algae. Problems and Perspectives*. Clarendon Press, Oxford.
- Hara, Y., Inouye, I. and Chihara, M. 1985. Morphology and ultrastructure of *Olisthodiscus luteus* (Raphidophyceae) with special reference to the taxonomy. *Bot. Mag. Tokyo* **98**: 251-262.
- Henry, E. C. and Cole, K. M. 1982. Ultrastructure of swimmers in the Laminariales (Phaeophyceae). I. Zoospore. *J. Phycol.* **18**: 550-569.
- Heywood, P. 1972. Structure and origin of flagellar hairs in *Vacuolaria virescens*. *J. Ultrastruc. Res.* **39**: 608-623.
- Heywood, P. 1980. Chloromonads. pp. 351-379. In E. R. Cox [ed.] *Phytoflagellates*. Elsevier North-Holland, New York.
- Heywood, P. 1989. Some affinities of the Raphidophyceae with other chromophyte algae. pp. 279-293. In J. C. Green, B. S. C. Leadbeater and W. L. Diver [eds.] *The Chromophyte Algae. Problems and Perspectives*. Clarendon Press, Oxford.
- Hibberd, D. J. 1979. The structure and phylogenetic significance of the flagellar transition region in chlorophyll c-containing algae. *BioSystems* **11**: 243-261.
- Hibberd, D. J. 1986. Ultrastructure of the Chryso-phyceae - phylogenetic implications and taxonomy. pp. 23-36. In J. Kristiansen and R. A. Andersen [eds.] *Chryso-phyceae: aspects and problems*. Cambridge University Press, New York.
- Kawai, H. 1988. A flavin-like autofluorescent substance in the posterior flagellum of golden and brown algae. *J. Phycol.* **24**: 114-117.
- Kawai, H. 1992. Green flagellar autofluorescence in brown algal swimmers and their phototactic responses. *Bot. Mag. Tokyo* **105**: 171-184.
- Kawai, H. and Inouye, I. 1989. Flagellar autofluorescence in forty-four chlorophyll c-containing algae. *Phycologia* **28**: 222-227.
- Kawai, H., Müller, D. G., Fölster, E. and Häder, D-P.

1990. Phototactic responses in the gametes of the brown alga, *Ectocarpus siliculosus*. *Planta* **182**: 292–297.
- Kreimer, G., Kawai, H., Müller, D. G. and Melkonian, M. 1991. Reflective properties of the stigma in male gametes of *Ectocarpus siliculosus* (Phaeophyceae) studied by confocal laser scanning microscopy. *J. Phycol.* **27**: 268–276.
- Mignot, J. P. 1967. Structure et ultrastructure de quelques Chloromonadines. *Protistologica* **3**: 5–24.
- Mignot, J. P. 1976. Compléments à l'étude des Chloromonadines: Ultrastructure de *Chattonella subsalsa* Biecheler flagelle d'eau saumâtre. *Protistologica* **12**: 279–293.
- Moestrup, Ø. 1982. Flagellar structure in algae: a review, with new observations particularly on the Chrysophyceae, Phaeophyceae (Fucophyceae), Euglenophyceae, and *Reckertia*. *Phycologia* **21**: 427–528.
- Motomura, T. 1989. Ultrastructural study of sperm in *Laminaria angustata* (Laminariales, Phaeophyta), especially on the flagellar apparatus. *Jpn. J. Phycol.* **37**: 105–116.
- Müller, D. G., Maier, I. and Müller, H. 1988. Flagellum autofluorescence and photoaccumulation in heterokont algae. *Photochem. Photobiol.* **46**: 1003–1008.
- O'Kelly, J. C. 1989a. The evolutionary origin of the brown algae: information from studies of motile cell ultrastructure. pp. 255–278. In J. C. Green, B. S. C. Leadbeater and W. L. Diver [eds.] *The Chromophyte Algae. Problems and Perspectives*. Clarendon Press, Oxford.
- O'Kelly, J. C. 1989b. Reconstruction from serial sections of *Heterococcus tectiformis* (Tribophyceae=Xanthophyceae) zoospores, with emphasis on the flagellar apparatus. *Crypt. Bot.* **1**: 58–69.
- O'Kelly, C. J. and Floyd, G. L. 1983. The flagellar apparatus of *Entocladia viridis* motile cells, and the taxonomic position of the resurrected family Ulvellaceae (Ulvales, Chlorophyta). *J. Phycol.* **19**: 153–164.
- O'Kelly, C. J. and Floyd, G. L. 1984a. Flagellar apparatus absolute orientations and the phylogeny of the green algae. *BioSystems* **16**: 227–251.
- O'Kelly, C. J. and Floyd, G. L. 1984b. The absolute configuration of the flagellar apparatus in zoospores from two species of Laminariales (Phaeophyceae). *Protoplasma* **123**: 18–25.
- O'Kelly, C. J. and Floyd, G. L. 1985. Absolute configuration analysis of the flagellar apparatus in *Giraudyopsis stelifera* (Chrysophyceae, Sarcinochrysidales) zoospores and its significance in the evolution of the Phaeophyceae. *Phycologia* **24**: 263–274.
- Owen, H. A., Mattox, K. R. and Stewart, K. D. 1990a. Fine structure of the flagellar apparatus of *Dinobryon cylindricum* (Chrysophyceae). *J. Phycol.* **26**: 131–141.
- Owen, H. A., Stewart, K. D. and Mattox, K. R. 1990b. Fine structure of the flagellar apparatus of *Uroglena amaericana* (Chrysophyceae). *J. Phycol.* **26**: 142–149.
- Parke, M. and Dixon, P. S. 1976. Check-list of British marine algae-third revision. *J. mar. biol. Ass. U. K.* **56**: 527–594.
- Preisig, H. R. 1989. The flagellar base ultrastructure and phylogeny of chromophytes. pp. 167–187. In J. C. Green, B. S. C. Leadbeater and W. L. Diver [eds.] *The Chromophyte Algae. Problems and Perspectives*. Clarendon Press, Oxford.
- Santos, L. M. and Leedale, G. F. 1991. *Vischeria stellata* (Eustigmatophyceae): ultrastructure of the zoospores, with special reference to the flagellar apparatus. *Protoplasma* **164**: 160–170.
- Schnepf, E., Deichgräber, G., Röderer, C. and Herth, W. 1977. The flagellar root apparatus, the microtubular system and associated organelles in the chrysophycean flagellate, *Poteriochromonas malhamensis* Peterfi (syn. *Poteriochromonas stipitata* Scheffel and *Ochromonas malhamensis* Pringsheim). *Protoplasma* **92**: 87–107.
- Silva, P. C. 1980. Names of classes and families of living algae. *Regnum Vegetabile*. **103**: 1–156.
- Vesk, M. and Moestrup, Ø. 1987. The flagellar root system in *Heterosigma akashiwo* (Raphidophyceae). *Protoplasma* **137**: 15–28.
- Watanabe, M. M., Kasai, F. and Sudo, R. (eds.) 1988. NIES-Collection. List of Strains. Second Edition. 1988 Microalgae and Protozoa. Microbial culture collection, The National Institute for Environmental Studies, Environment Agency, Japan.
- Wetherbee, R. and Andersen, R. A. 1992. Flagella of chrysophycean algae play an active role in prey capture and selection. Direct observations on *Epiphyxis pulchra* using image enhanced video microscopy. *Protoplasma* **166**: 1–7.

井上 勲・原 慶明・千原光雄：ラフィド藻 *Olisthodiscus luteus* の鞭毛装置の微細構造

ラフィド藻 *Olisthodiscus luteus* Carter の鞭毛装置を観察した。基底小体は反時計回りに配置され、互いに2個の結合繊維で結ばれる。基底小体は、さらにリゾプラストと proximal plate と名づけた構造で核に連結する。微小管性の鞭毛根は4個で、非対称に配列する。前鞭毛の基底小体から生じる鞭毛根の一つは約15本の微小管からなり、層状構造と骨格微小管が付随する。この鞭毛根は時計回りの配行を示し、ループを形成する。ループの内部にゴルジ体由来の小胞がみられる。後鞭毛から細胞後方に伸びる鞭毛根は5本の微小管と穂状構造からなり、基部には薄膜構造が付随する。鞭毛根の配行と部分要素の構造を他の黄色植物のそれと比較したところ、*O. luteus* のそれは黄金色藻に最も類似していることが明らかになった。ラフィド藻の他の種との比較から、*Olisthodiscus* はラフィド藻としての性質を示しながらも、網のなかで特異な位置を占めることが示唆された。(305 茨城県つくば市天王台1-1-1 筑波大学生物科学系)

Tissue culture and the developmental condition of callus from young sporophytes of *Eisenia bicyclis* (Kjellman) Setchell (Laminariales, Phaeophyta)

Masahiro Notoya, Mikako Nagashima and Yusho Aruga

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

Notoya, M., Nagashima, M. and Aruga, Y. 1992. Tissue culture and the developmental condition of callus from young sporophytes of *Eisenia bicyclis* (Kjellman) Setchell (Laminariales, Phaeophyta). Jpn. J. Phycol. 40: 349–352.

Rectangular pieces (1–4 mm²) excised from young sporophytes (3–5 mm long) of *Eisenia bicyclis* (Kjellman) Setchell were cultured at different temperatures (10–25°C) and light intensities (1000–8000 lux), and the development and differentiation of callus were observed. A line of one or two callus-like cells were produced on the cut edge of explants from the sporophyte after four days in liquid culture. These cells were hemispherical and pigmented only a very little. After three weeks the callus was cut off from the original sporophyte piece and cultured in liquid medium. In about two weeks, a part of the callus cells differentiated and grew up to blade-like plantlets. The growth of callus was optimal at 20°C and 1000 lux. Higher temperatures and light intensities were effective in the differentiation of callus cells to blades.

Key Index Words: callus—development—*Eisenia bicyclis*—Laminariales—Phaeophyta—tissue culture—*young sporophyte*.

We reported that dedifferentiated young sporophyte cells of *Laminaria japonica* developed into filamentous male and female gametophytes, which produced sporophytes after fertilization (Notoya and Aruga 1990a). We also reported in *Ecklonia cava* that the callus developed spontaneously on the young blade which was formed parthenogenetically from female gametophyte and small cut pieces of normal young sporophyte differentiated to blade-like thalli (Notoya and Aruga 1991a). In these experiments cultures were not axenic, however the culture technique is easy and within a very short period of time the callus was formed from the excised pieces of young sporophytes and the blade differentiated from the callus. In this paper we report the result of cultures of small pieces of tissue cut from young sporophytes in *Eisenia bicyclis*.

Material and Methods

A mature sporophyte of *Eisenia bicyclis*

(Kjellman) Setchell was collected at Ohsaki in Zushi, Kanagawa Prefecture, on April 10, 1990. A part of the blade surface with mature sori was cleaned up with a paper towel and excised. The excised pieces of about 4 cm² were further cleaned several times by sterilized seawater and a paper towel. They were put into Petri dishes filled with sterilized seawater for an hour. Liberated zoospores were collected by a glass pipet and transferred into a new Petri dish with sterilized seawater. They were washed three times repeatedly in the same manner. The zoospores attached on the slide glass were cultured at 15°C and 4000 lux (14 L : 10 D). Modified Grund medium (McLachlan 1973) was used and renewed every week. From the attached zoospores, gametophytes developed and matured within three weeks. In eight weeks young sporophytes developed to 3–5 mm long (Fig. 1A), from which rectangular blade pieces 1–4 mm² were cut out for tissue culture.

The artificial seawater "Jamarin S" (Jamarin Laboratory) enriched with PESI (Tatewaki 1966) was used for culture of the sporophyte pieces. The cultures were incubated at 15°C and 4000 lux (14 L : 10 D). Separated calluses were cultured in 40 ml flasks with liquid medium at 15°C and 12000 lux (14 L : 10 D). The culture medium was renewed once a week. The illumination was supplied by cool white fluorescent lamps.

Callus formation was examined at different temperatures (10, 15, 20, 25°C) and light intensities (1000, 2000, 4000, 8000 lux) with a photoperiod of 14 L : 10 D. Eight pieces of 4 mm² from the central part of young blades were used. The height of callus was mea-

sured with a micrometer under the microscope.

Results and Discussion

Callus-like cells were produced in 1-3 cell lines on the cut edge of a piece of single-layered blade after 4 days in culture (Fig. 1B). They were hemispherical and larger than the original blade cell. They had a few small pigments and were transparent and pale yellow (Fig. 1C). These callus-like cells were similar to the callus cells just before differentiation from explants of large natural plants in *Ecklonia cava* (Notoya and Aruga 1989, 1991a, Notoya 1990), *Eisenia bicyclis* (Notoya and

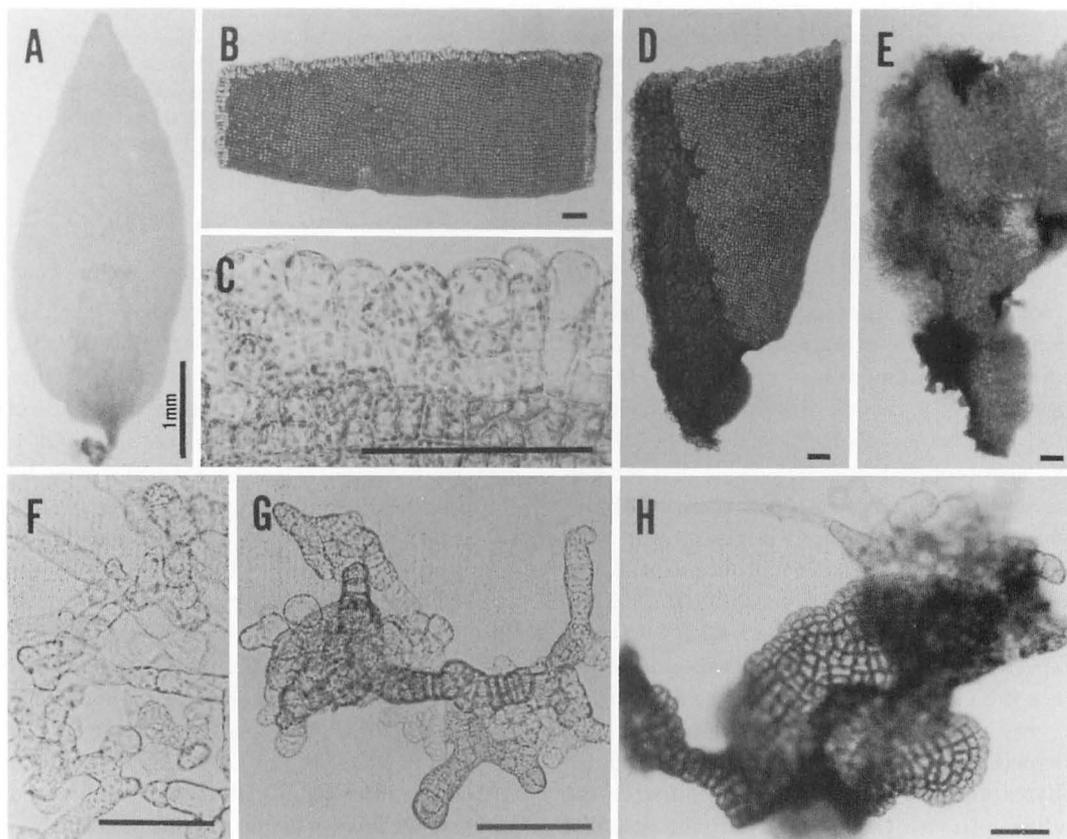


Fig. 1. Tissue culture from young sporophyte explants of *Eisenia bicyclis* (Kjellman) Setchell. (A) A young sporophyte of *Eisenia bicyclis* cultured for three weeks after fertilization at 15°C and 4000 lux (14 L : 10 D). (B) A piece of a single-layered part of young sporophyte after four days in culture. (C) Enlarged callus-like cells developed on the cut edge of the explant. (D) A piece of the lower part of a sporophyte cultured for a week. (E) A piece of the lower part of a sporophyte cultured for three weeks. (F) Mass of callus cells separated from the sporophyte piece and cultured for a week. (G) Primordia of blade-like sporophytes. (H) Developed young sporophytes three weeks after the separation of callus from the sporophyte piece. Bars, 100 μm in (B)-(H).

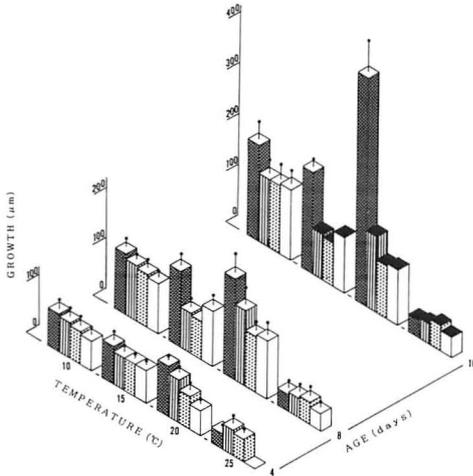


Fig. 2. Growth of callus at different temperatures and light intensities (from left to right 1000, 2000, 4000 and 8000 lux at each temperature). Columns shaded on the top indicate the formation of blade-like sporophytes from callus. Vertical lines for half the standard deviation.

Aruga 1990b), *Laminaria japonica* (Kiri-hara *et al.* 1991) and *Undaria pinnatifida* (Notoya and Aruga 1991b).

In the lower part of a blade of young sporophyte tissues were partly single- and partly multi-cell-layered. After eight days it was observed that the callus-like cells were arranged in single-cell-layer on the single-cell-layered part and in multi-cell-layer on the multi-cell-layered part of the blade piece (Fig. 1D). After two weeks, massive callus cells were observed to have propagated vigorously from the multi-cell-layered part of the blade, but not many callus cells were produced from the single-cell-layered part of the blade (Fig. 1E). After three weeks, these clumps of callus cells were separated from the original piece of blade explant and transferred to the culture under a high light intensity of 12000 lux (Fig. 1F). Two weeks after separation from the original explant, primordia of blade-like sporophyte differentiated from the callus (Fig. 1G). In addition, irregularly shaped blade-like plantlets with transparent rhizoidal cells were observed on the mass of callus (Fig. 1H).

The growth of callus at various temperatures and light intensities was compared in

Fig. 2. After 4 days the height of callus was not greatly different at each light intensity from 10 to 20°C, while at 25°C it was smaller than that at 10–20°C. After eight days, the size of callus increased at 15 and 20°C, especially at 1000 lux. The highest growth of callus was attained at 20°C and 1000 lux after sixteen days. The calluses grew well also at 10°C under all the light intensities and at 15°C and 1000 lux. The differentiation of callus cells to blade-like plantlets was observed at 15°C under 2000–8000 lux, at 20°C under 2000–8000 lux and at 25°C under all the light intensities. Thus, it is clear that the growth of callus was fast at lower temperatures and lower light intensities, and the callus differentiated to blade-like plantlets at higher temperatures and higher light intensities in this species. Similar results were obtained with explants from the natural material in *Eisenia bicyclis* (Notoya and Aruga 1990b).

Two types of differentiation have been reported in the tissue culture from young sporophytes of Laminariales; sporophytes were produced directly from the callus (Saga *et al.* 1978, Notoya and Aruga 1991a) and by fertilization of aposporously formed male and female gametophytes (Notoya and Aruga 1990a). In the present culture experiment of young sporophyte explants in *Eisenia bicyclis* the callus differentiated directly to young sporophytes.

The manner of differentiation of callus cells produced from the young sporophyte explant in the present experiment was similar to that of callus cells produced from the explant of natural materials of *Ecklonia cava* and *Eisenia bicyclis* (Notoya and Aruga 1989, 1990b). In such a way like this the callus can be produced easily and differentiate to sporophytes in a very short period of culture. Thus, it is suggested that the present procedure for tissue culture is useful for seed production of Lamiariales plants.

References

- Kiri-hara, S., Notoya, M. and Aruga, Y. 1991. Tissue

- culture from the explant of stipe of *Laminaria japonica* Areschoug (Laminariales, Phaeophyta). Abstracts of papers presented in the Japanese Society of Scientific Fisheries spring meeting: 168. (in Japanese)
- McLachlan, J. 1973. Growth media—marine. p. 25–51. In J. R. Stein (ed.), Handbook of phycological methods. Cambridge Univ. Press, New York.
- Notoya, M. 1990. Tissue culture of macro-seaweeds—Laminariales, Phaeophyta. Kaiyo Monthly 22: 728–736. (in Japanese)
- Notoya, M. and Aruga, Y. 1989. Tissue culture from the explant of *Ecklonia cava* Kjellman (Laminariales, Phaeophyta). Jpn. J. Phycol. 37: 302–304.
- Notoya, M. and Aruga, Y. 1990a. Formation of aposporous gametophyte from dedifferentiated young sporophyte cell of *Laminaria japonica* Areschoug (Laminariales, Phaeophyta). Abstracts of papers presented in the Japanese Society of Scientific Fisheries autumn meeting: 88. (in Japanese)
- Notoya, M. and Aruga, Y. 1990b. Tissue culture from the explant of stipe of *Eisenia bicyclis* (Kjellman) Setchell (Laminariales, Phaeophyta). Jpn. J. Phycol. 38: 387–390.
- Notoya, M. and Aruga, Y. 1991a. Tissue culture of parthenogenetic and normal young sporophytes of *Ecklonia cava* Kjellman (Laminariales, Phaeophyta). Jpn. J. Phycol. 39: 102. (in Japanese)
- Notoya, M. and Aruga, Y. 1991b. Tissue culture of *Undaria pinnatifida* (Harvey) Suringar (Laminariales, Phaeophyta). Abstracts of papers presented in the Japanese Society of Scientific Fisheries spring meeting: 168. (in Japanese)
- Saga, N., Uchida, T. and Sakai, Y. 1978. Clone *Laminaria* from single isolated cell. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 44: 87.
- Tatewaki, M. 1966. Formation of a crustaceous sporophyte with unilocular sporangia in *Scytosiphon lomentaria*. Phycologia 6: 62–66.

能登谷正浩・長嶋美香子・有賀祐勝：褐藻アラメ幼胞子体からの組織培養とカルス形成条件

アラメ *Eisenia bicyclis* (Kjellman) Setchell の遊走子を培養して得られた 3–5 mm の幼胞子体の葉片を用いて組織培養を試み、カルスの形成から葉状体への分化を観察するとともに、カルス形成におよぼす温度と照度の影響を調べた。幼胞子体を 1–2 mm 角の葉片に切断して 15°C, 1000 lux, 14 L : 10 D の条件で培養した結果、4 日目に切断面から 1 層の半球状で色素体の少ないカルス様細胞の成長が認められた。培養 3 週間後、直径約 1 mm に成長したカルスの塊を分離して培養を続けたところ、5 週目にはカルス塊の一部に色素体の多い細胞が生じ、それらの細胞は葉状体へ分化した。また、温度 10, 15, 20, 25°C と照度 1000, 2000, 4000, 8000 lux を組み合わせた条件下で幼胞子体葉片を培養してカルスの成長を観察した結果、成長は 20°C, 1000 lux で最も速く、高温、高照度ほど葉状体への分化が早いことが分かった。(108 東京都港区港南4–5–7 東京水産大学藻類学研究室)

Amphidinium latum Lebour (Dinophyceae), a sand-dwelling dinoflagellate feeding on cryptomonads

Takeo Horiguchi* and Richard N. Pienaar**

*Faculty of Education, Shinshu University, Nagano, 380 Japan

**Department of Botany, University of the Witwatersrand, Private Bag 3, P. O. Wits, 2050 Republic of South Africa

Horiguchi, T. and Pienaar, R.N. 1992. *Amphidinium latum* Lebour, a sand-dwelling dinoflagellate feeding on cryptomonads. Jpn. J. Phycol. 40: 353–363.

An unarmoured dinoflagellate, *Amphidinium latum* Lebour found in marine tidal pools off the South African coast has been studied at the light and transmission electron microscope level. These studies have revealed that the dinoflagellate often possesses what initially appear to be chloroplasts of varying colour but are actually different species of cryptomonad cells that have been ingested by the dinoflagellate. Three types of cryptomonads (Type 1, Type 2 and Type 3) have been found in the dinoflagellate cytoplasm: 1) Type 1 is yellowish-brown in colour and possesses a nucleomorph embedded in pyrenoid matrix which is not traversed by any thylakoid bands, 2) Type 2 is blue-green in colour and possesses a nucleomorph situated external to pyrenoid matrix which is traversed by many thylakoid bands, and 3) Type 3 is bright-green in colour and possesses a nucleomorph external to pyrenoid matrix which is traversed by a single pair of thylakoids. A possible division stage of the chloroplasts has been observed in the cryptomonads within the dinoflagellate, suggesting that they may remain photosynthetically active. It was confirmed that *A. latum* is phagotrophic and feeds on several species of cryptomonads.

Key Index Words: *Amphidinium latum*—*cryptomonad*—*dinoflagellate*—*endosymbiosis*—*phagotrophy*—*sand-dwelling*—*ultrastructure*.

In 1925, Lebour described a small species of *Amphidinium*, *A. latum* Lebour which was originally found in a sample from Cullercoats in Europe. In her description, she mentioned that this dinoflagellate was holozoic and that all the specimens possessed green-coloured “food cells”. Her drawing clearly shows two “food cells” located in the hypcone and a pyrenoid-like structure in each food cell. The fact that all the specimens possessed the same kind of food cells seems to suggest that the dinoflagellate specifically feeds on certain species of unicellular algae.

Herdman (1924) found the same species in a sand sample from Port Erin, Isle of Man and she, by referring to Lebour’s manuscript, identified it as *A. latum*. She mentioned that the cell possessed bright green globules and also noticed an orange-coloured body somewhere in the cell. It is possible that these bright green globules are same as the Lebour’s “food cells”.

Recently, Larsen (1985) described a small species of *Amphidinium*, *A. poecilochroum* Larsen from the Danish coast. This rather peculiar dinoflagellate is characterized by possessing 4 to 8 chloroplasts of varying colour, viz. blue-green or yellow-green. Later, Larsen (1988) demonstrated that this dinoflagellate is, in fact, phagotrophic and feeds on small species of cryptophytes. Different species of cryptomonads engulfed by the dinoflagellate were responsible for the variation in “chloroplast” colour. Although the cryptomonad cells were eventually digested, this dinoflagellate is worthy of some attention, because it may represent the earliest stage of chloroplast acquisition via an endosymbiotic process (Larsen 1988).

During the course of our studies on tidal pool and sand-dwelling dinoflagellates along the Natal coast, South Africa, we often encountered a small species of *Amphidinium* whose chloroplasts were variable both in num-

ber and in colour. This unique cytological feature prompted us to undertake an ultrastructural study of this dinoflagellate which we subsequently identified as *A. latum*. In this paper, we demonstrate that *Amphidinium latum* is, as Lebour (1925) stated, holozoic and feeds specifically on cryptomonads.

Materials and Methods

A few specimens of *Amphidinium latum* were found in a sand sample collected from the large artificial marine swimming pool at Palm Beach, Natal, South Africa (28 Sep. 1985; 24 May 1986; 14 May 1987) and considerable numbers have also been collected from sand collected from a tidal pool at Amanzimtoti, Natal (13 May 1987).

Since the sand sample from Amanzimtoti contained a large number of *A. latum*, we were able to undertake electron microscopical observations. For electron microscopy, *A. latum* cells together with other flagellates were collected by gentle centrifugation. Then they were fixed and embedded as mentioned by Pienaar and Aken (1985). Observations were made using a JEOL 100CX transmission electron microscope.

Individual cells were picked up and placed in sterilized seawater. After two weeks of starvation in seawater, cultured cryptophyte cells (*Chroomonas* sp.) were given to the dinoflagellates. The opportunities of observing phagotrophy in culture were few and we were able to observe ingestion of cryptomonad cell by dinoflagellate only once.

Observations

Light microscopy

The cell (Figs. 1-4) is broadly sac-shaped in ventral view and dorsiventrally compressed, measuring 16.0-22.0 μm in length and 16.0-22.0 μm in width. The epicone is small and has a moderately curved apex, while the hypocone is large and has a rounded antapex. The posterior part of the hypocone is notched by the distal end of the sulcus. The left side of the hypocone is slightly longer than the

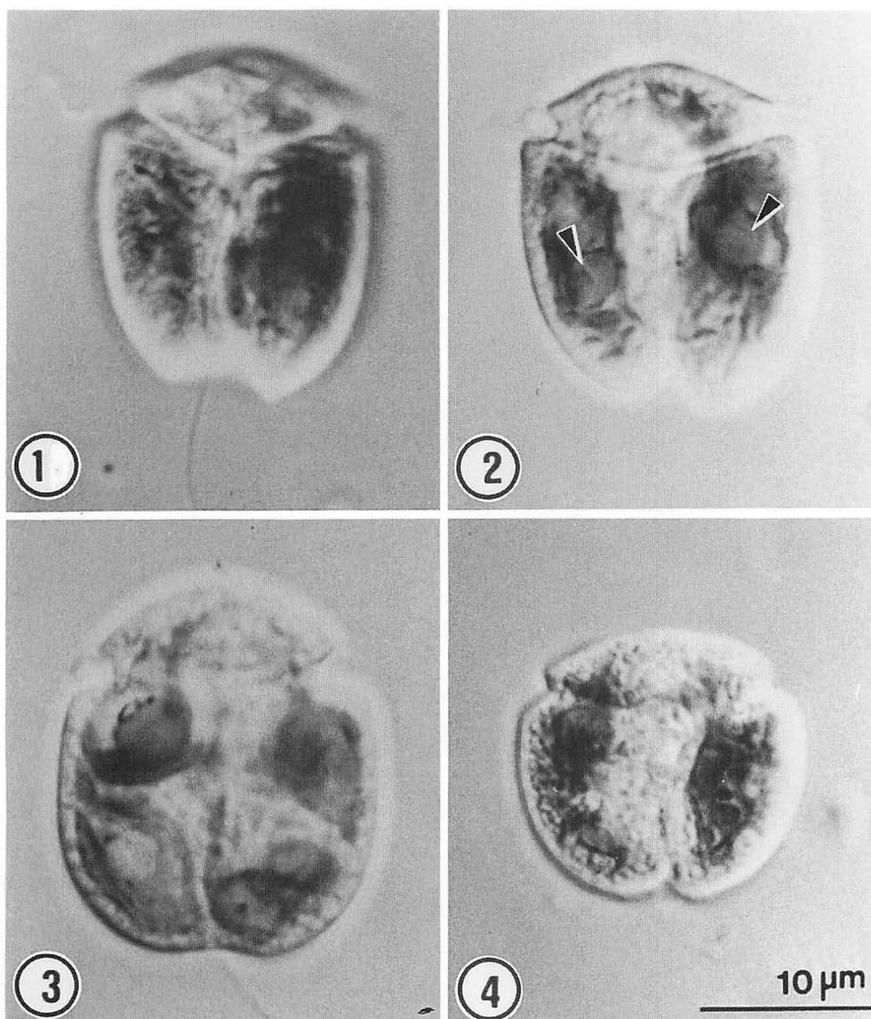
right side. The cingulum is well excavated and slightly left-handed. The sulcus is narrow and extends into the epicone nearly to the cell apex. The sulcus extends to the antapex. Although the cell shape is normally somewhat angular as shown in Figs. 1-3, the cell shape is quite variable and rounded cells (Fig. 4) have also been observed.

The nucleus is ovoid and is located in the centre of the upper portion of the cell. The dinoflagellate contains one to four coloured bodies which appear to be chloroplasts. Ultrastructural observations revealed that these "chloroplasts" are in fact cryptomonad cells which are taken up by the dinoflagellate (see below). Recently collected specimens possessed three differently pigmented cryptomonad cells, viz. yellowish-brown, blue-green and bright green. The different colours are due to the fact that a dinoflagellate can harbor three different types (species) of cryptomonads. Although the dinoflagellate may possess one to four cryptomonads, the majority of cells contain two, one on each side of the nucleus (Fig. 2). In most cases, the ingested cryptomonad cells are located in the hypocone, while in some cases, they are found in the epicone as well as in the hypocone (Fig. 3). Very rarely, a small cell was found to possess no cryptomonad cells.

Although the dinoflagellate survived for two weeks in seawater medium, it did not divide during this period. It started to divide, however, after *Chroomonas* cells were added to the culture medium. All the offsprings of the dinoflagellate possessed cryptomonad cells in their cytoplasm. Although we were able to observe only one case, the way the dinoflagellate captures and engulfs its prey seems to be similar to that reported for *Amphidinium poecilochroum* (Larsen 1988). The cryptomonad cell is captured and drawn into dinoflagellate cell through the sulcal region. The possible involvement of peduncle could not be confirmed.

Transmission electron microscopy

The dinoflagellate cytoplasm contains typical dinoflagellate organelles, including a



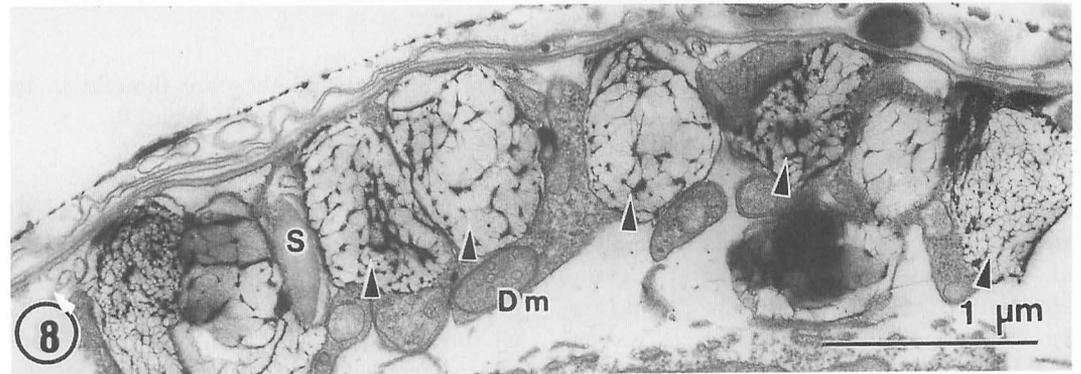
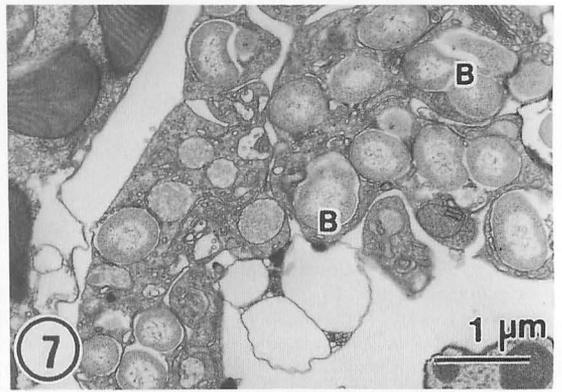
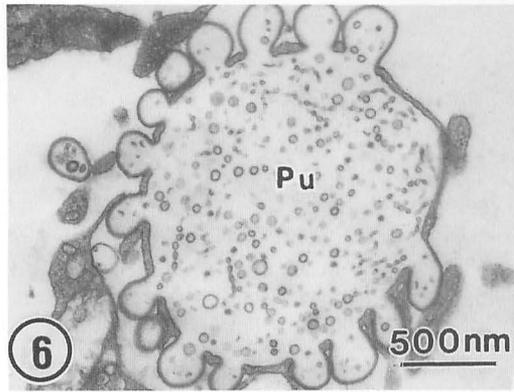
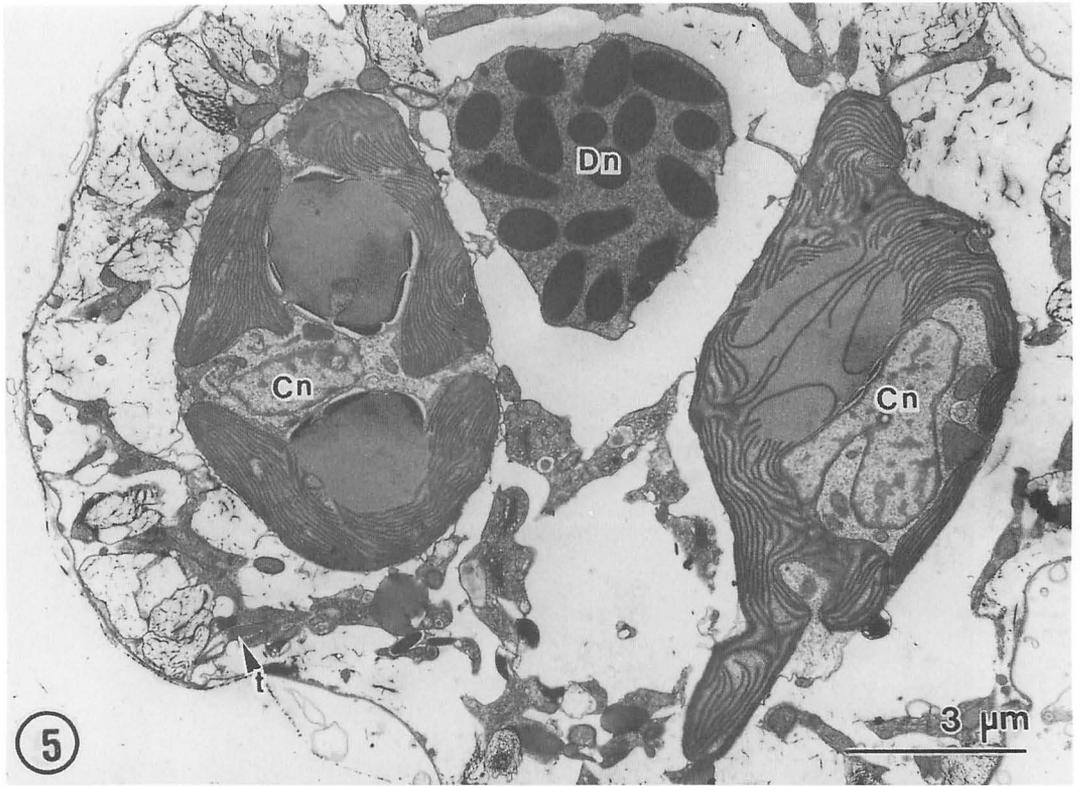
Figs. 1-4. Light micrographs of *Amphidinium latum* Lebour. Figs. 1-2. Through focus of a live cell with two cryptomonad cells. In this case, the left cryptomonad is yellowish-brown in colour, while the right one is blue-green in colour. Fig. 1 shows the slightly left-handed cingulum. Fig. 2. A distinctive pyrenoid can be seen in each cryptomonad cell (arrowheads). In the pyrenoid matrix of the left-hand side cryptomonad, a narrow slit can be seen (left arrowhead). Fig. 3. A slightly larger cell containing four cryptomonad cells—all of the cryptomonad cells are bright green in colour. Note that all these cryptomonads are relatively small compared to those of Fig. 2. Fig. 4. A rounded cell which resembles Lebour's original figure (1925, pl. II, Fig. 3).

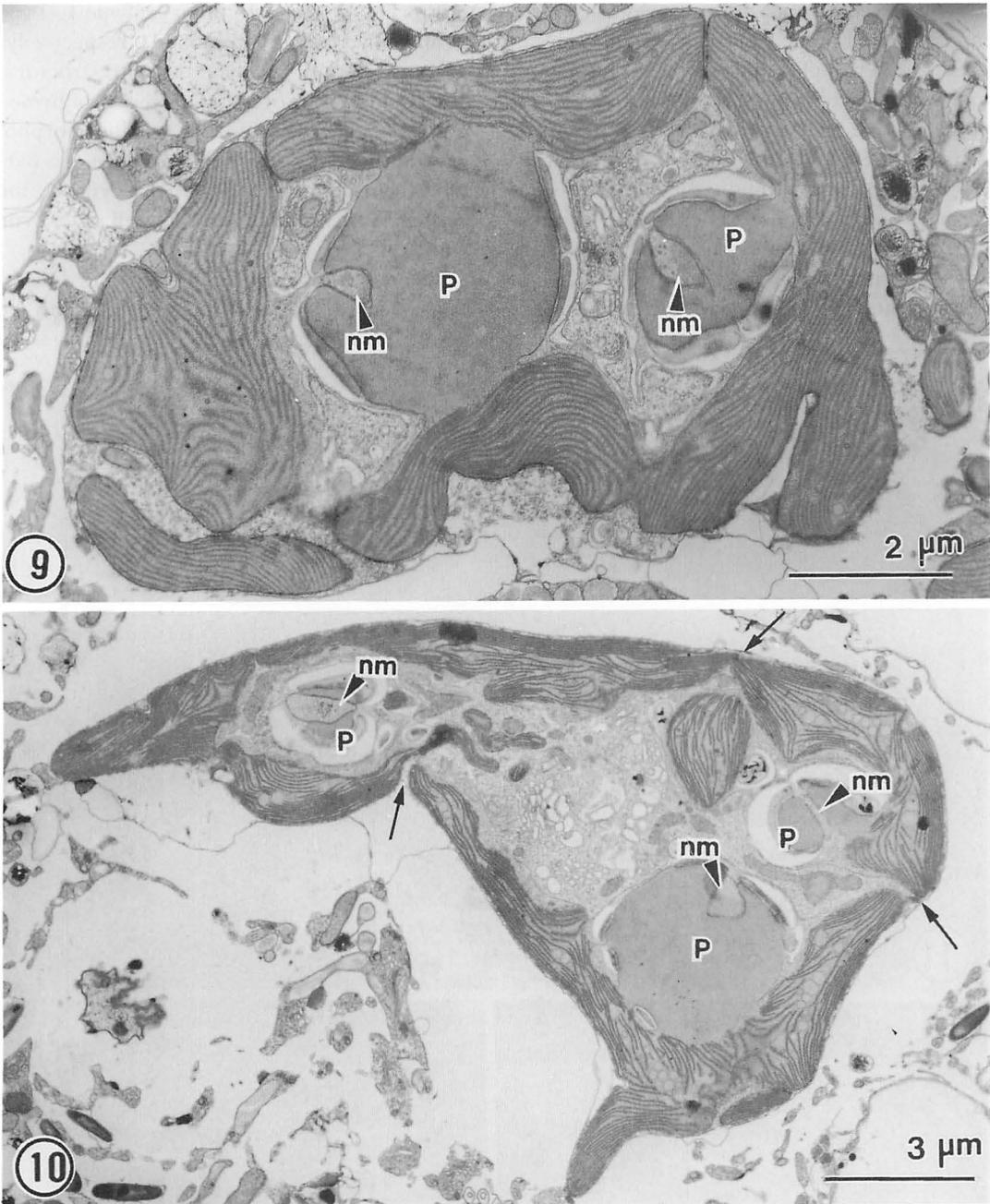
dinokaryotic nucleus (Fig. 5), mitochondria (Fig. 8), dictyosomes, trichocysts (Fig. 5) and a pusule (Fig. 6). The pusule consists of a collecting chamber and many spherical pusular vesicles (Fig. 6). Many bacterial cells which are surrounded by a single unit membrane have been observed (Fig. 7). Starch grains are scattered throughout the cytoplasm (Fig. 8). The peripheral region of the cell is occupied by many vesicles which contain an amor-

phous material and they are thought to be mucilage-producing vesicles (Fig. 8).

The cryptomonad cell

We were able to distinguish three species of cryptomonads based on their colour and ultrastructural features. Although some modifications in cell structure were evident, all three species ingested by the dinoflagellates share the features characteristic of the





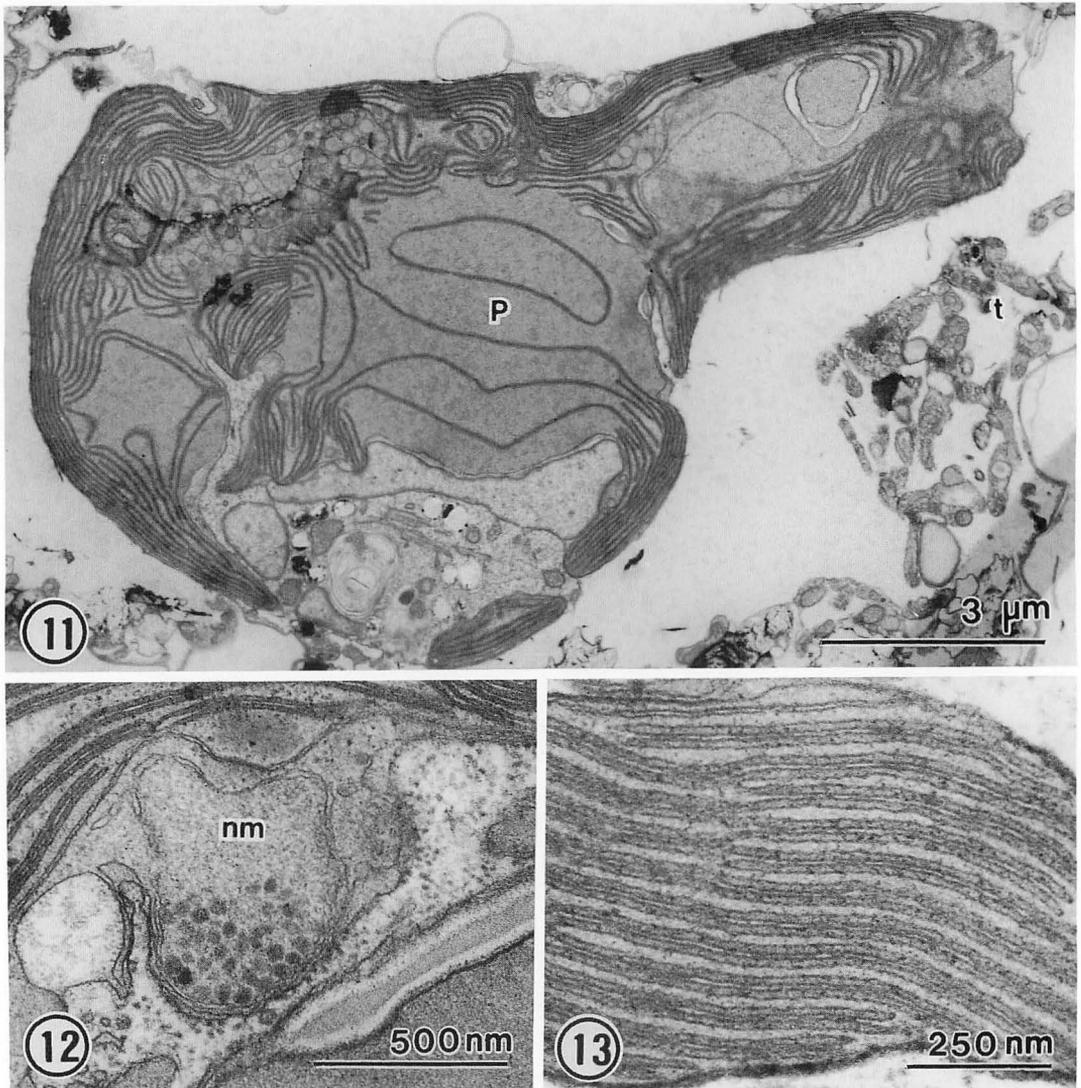
Figs. 9–10. Type 1 cryptomonad cell, showing multiple “pyrenoid (P)-nucleomorph (nm)-complex”. Note that cryptomonad cytoplasm is enclosed by a single membrane. Fig. 10. Multiplication of the chloroplast has taken place and three chloroplasts can be recognized. Each chloroplast possesses a single pyrenoid with an nucleomorph. Disjunctures of chloroplasts are indicated by arrows.

Figs. 5–8. General cell structure of *Amphidinium latum*. Fig. 5. A longitudinal section, showing a dinokaryotic nucleus (Dn) and two cryptomonad cells. (Cn = cryptomonad nucleus; t = trichocyst) Fig. 6. Pusule (Pu). Fig. 7. Bacterial cells (B) surrounded by a single unit membrane system. Fig. 8. Peripheral region of a cell, showing mucilage producing vesicles (arrowheads), starch grain (S) and dinoflagellate mitochondrial profile (Dm).

Cryptophyceae, such as the possession of a nucleomorph (Figs. 9, 11, 15), the presence of a plastidial complex enclosed by a double unit membrane (chloroplast endoplasmic reticulum), and the possession of paired thylakoids whose lumen is filled with amorphous material (Fig. 13). Cryptomonad cytoplasm is enclosed by a single membrane (Fig. 9). Ultrastructurally, the three types are readily distinguished from one another by the structure of the pyrenoid and the position of the nucleomorph.

We designate them as Type 1, Type 2 and Type 3 cryptomonad, respectively. The correlation between the ultrastructural type and the chloroplast colour was confirmed by means of light microscopy using morphological features, such as the presence of a narrow slit in the pyrenoid matrix (Type 1), the shape of starch sheaths and the cell size (Type 2 and 3).

The nucleomorph of Type 1 is embedded in the pyrenoid matrix. This feature can be



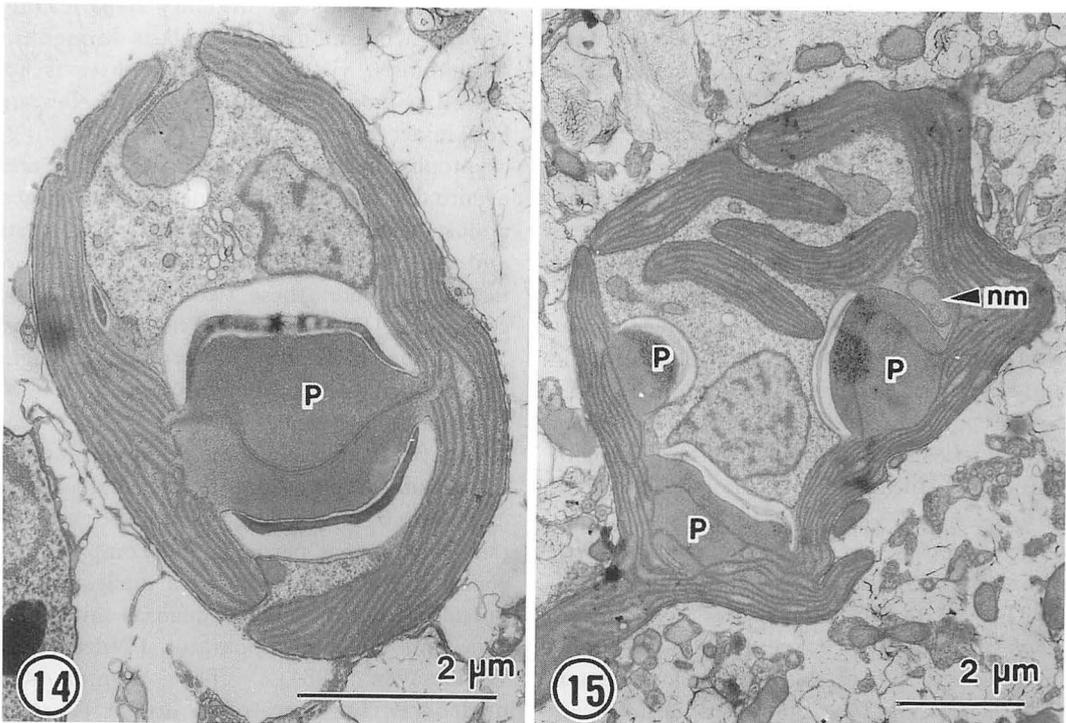
Figs. 11–13. Type 2 cryptomonad cell. Fig. 11. Longitudinal section, showing general structure of the cryptomonad cell. Fig. 12. Detail of nucleomorph. Fig. 13. Paired thylakoid bands each with a thickened lumen.

recognized as narrow slit in the pyrenoid matrix under the light microscope (Fig. 2) and thus, we were able to confirm that the yellowish-brown cell is the Type 1 cryptomonad. The pyrenoid matrix itself is not traversed by any thylakoid bands (Figs. 5 on the left, 9, 10). The number of pyrenoids per cell varies from one to three and each pyrenoid contains a nucleomorph (Figs. 9, 10). Some sections reveal that a single chloroplast possesses two pyrenoid-nucleomorph-complexes (Fig. 9). Other sections show that a single cell contains three chloroplasts. In the latter case, each chloroplast possesses a single pyrenoid with a nucleomorph (Fig. 10). In both cases, the number of chloroplasts was confirmed by serial sections. From these observations, one can infer that multiplication of the cryptomonad plastidial complex takes place in the dinoflagellate cell. Other ultrastructural modifications are the absence of the periplast, the flagellar basal bodies and the

ejectisomes.

Type 2 is characterized by possessing a pyrenoid whose matrix is traversed by many thylakoid bands (Fig. 5 on the right, Fig. 11). The nucleomorph is situated outside the pyrenoid matrix (Fig. 12). The absence of the periplast, basal bodies and ejectisomes has also been confirmed. Additionally the existence of more than one pyrenoid per chloroplast has been observed in this cryptomonad (Fig. 11). Multiplication of the nucleomorph, however, has not been confirmed.

The pyrenoid of Type 3 is single and is surrounded by conspicuous starch sheaths (Fig. 14). The shape of starch sheaths can be recognized under the light microscope. Based on the shape of the starch sheaths together with the fact that the cell size of Type 3 is relatively small compared to other two species, it is apparent that bright-green cells are the Type 3 cryptomonad. Because bright-green cell is Type 3 cryptomonad, it is, then, obvious that



Figs. 14–15. Type 3 cryptomonad cell. Fig. 14. Longitudinal section through a cryptomonad cell showing general structure of the cell. Fig. 15. Multiplied chloroplasts and pyrenoids (P). A nucleomorph (nm) can be seen near one of the pyrenoids.

the blue-green one is the Type 2 cryptomonad. The pyrenoid matrix of Type 3 is traversed by a single pair of thylakoids. The nucleomorph is situated external to the pyrenoid (Fig. 15) and the periplast, basal bodies and ejectisomes are also absent as found in the Type 1 and Type 2 species. A possible division stage of the chloroplast has been observed in this cryptophyte (Fig. 15).

Discussion

The dinoflagellate species described here has been identified as *Amphidinium latum* Lebour based on several similarities, such as cell size (our specimens are slightly bigger than the original description), cell form, position of the nucleus and the possession of greenish "food cells". The typical cell form of our species is, however, somewhat angular and is slightly different from that of Lebour's (1925) illustration. It should be pointed out, however, that the cell form is variable and rounded cells (Fig. 4) which are similar to that of the original description (Lebour 1925) were often been observed. Furthermore, it is worthwhile noting that Lebour (1925) drew a pyrenoid-like structure in the greenish "food cells". Therefore, it is highly possible that what she described as green food cells were actually blue-green cryptophytes (not necessarily the same cryptomonad as that in our species) which had been ingested by the dinoflagellate. In this study, we have demonstrated that *A. latum* is, in fact, phagotrophic and feeds specifically on cryptomonad cells.

The cryptomonads in *Amphidinium latum* are not true endosymbionts. Attempts to obtain clonal cultures of the dinoflagellate were unsuccessful. The cryptomonads are obviously ingested by the dinoflagellate as a source of food, as in the case of *A. poecilochroum* (Larsen 1988). The process whereby *A. latum* captures the prey seems to be essentially the same as that of *A. poecilochroum* (Larsen 1988). It should be pointed out, however, that the morphology of *A. poecilochroum* is different from that of *A. latum* and they obviously belong to different species. The pres-

ence of numerous bacteria surrounded by a single membrane system suggests that *A. latum* probably feeds also on bacteria as in the case of *G. acidotum* (Farmer and Roberts 1990).

Accurate identification of these cryptomonads even at generic level is not possible, because certain key features for identification of cryptomonads, such as cell shape, arrangement of ejectisomes and periplast structure, have been lost.

Recently, some blue-green gymnodinioid dinoflagellates have been shown to possess chloroplasts or coloured bodies that appear to be chloroplasts of cryptophyte origin. These include *Gymnodinium acidotum* Nygaard (Wilcox and Wedemayer 1984), *Gymnodinium aeruginosum* Stein (Schnepf *et al.* 1989), *Amphidinium wigrense* Woloszynska (Wilcox and Wedemayer 1985) and *Amphidinium poecilochroum* (Larsen 1988). The degree of reduction of the cryptomonad cytoplasm in these dinoflagellate cells has been thought to represent various evolutionary steps leading towards acquisition of chloroplasts through endosymbiosis, viz. 1) the cryptophyte is acquired as food and some of its organelles are kept intact for some time (*A. poecilochroum*), 2) cryptophyte is acquired by dinoflagellate and eventually become permanently established endosymbiont which includes chloroplasts and other organelles (*G. acidotum* and *G. aeruginosum*, Note: these two species may be conspecific (Popovsky and Pfister 1990) and 3) only the chloroplasts of cryptophyte origin are retained as permanently established chloroplasts (*A. wigrense*).

In *Gymnodinium acidotum*, the cryptomonad cytoplasm is separated from the dinoflagellate cytoplasm by a single unit membrane and contains not only a periplastidial compartment containing chloroplasts and a nucleomorph, but also other organelles, such as mitochondria and a Golgi apparatus (Wilcox and Wedemayer 1984). The cryptomonad nucleus is, however, often absent (Farmer and Roberts 1990; Fields and Rhodes 1991). Since the cryptomonad cytoplasm is considerably modified as is the chloroplast which is

highly convoluted, the cryptomonad within *G. acidotum* is believed to be a true endosymbiont (Wilcox and Wedemayer 1984; Farmer and Roberts 1990). This situation is comparable to those of thecate dinoflagellates with a chrysophyte endosymbiont, such as *Peridinium balticum* (Levander) Lemmermann (Thomas and Cox 1973), *P. foliaceum* (Stein) Biechler (Jeffrey and Vesik 1976) and *P. quinquecorne* Abé (Horiguchi and Pienaar 1991) where the true endosymbiont is separated from host cytoplasm by a single unit membrane. However, a recent study (Fields and Rhodes 1991) has demonstrated that *G. acidotum* has to ingest new cryptomonad cells from time to time since it could only be maintained in culture when *Chroomonas* cells were supplied. These cryptomonad cells are maintained within the dinoflagellate cytoplasm for some time (at least 12 days) but then degenerate and make it necessary for the dinoflagellate to ingest further cryptomonad cells. The relationship between *G. acidotum* and its cryptomonads is, then, essentially the same as that of *A. poecilochroum* (Larsen 1988). In these species, the organelles of the cryptomonad cytoplasm seem to remain intact for some time and the chloroplasts probably remain photosynthetically active. This is also the case in *A. latum*. In *A. latum*, the chloroplast and nucleomorph undergo multiplication and, as a result, a single cell or cytoplasmic region could contain up to three chloroplasts and three nucleomorphs. This modification of the cryptomonad cytoplasm strongly suggests that the cryptomonad organelles are intact, at least, for some time after being ingested by the dinoflagellate. A similar proliferation of chloroplasts has been reported for *G. acidotum* (Wilcox and Wedemayer 1984) and the marine ciliate *Mesodinium rubrum* (Hibberd 1977). Unlike *G. acidotum*, however, all the cryptomonads in *A. latum* retained their cryptophyte nucleus.

Amphidinium wiggense is different from the above mentioned species in that its chloroplasts are bounded by a triple unit membrane and other cellular organelles of cryptomonad origin are completely absent (Wil-

cox and Wedemayer 1985). The chloroplasts seem to be permanently established (true chloroplast) and this might be comparable to the situation of other unusually pigmented gymnodinoid dinoflagellates, such as *Gyrodinium aureolum* Hulburt and a green dinoflagellate, *Lepidodinium viride* Watanabe *et al.* *G. aureolum* contains 19'-hexanoyloxyfucoxanthin (Bjørnland and Tangen 1979; Tangen and Bjørnland 1981) instead of peridinin, while the chloroplasts of *L. viride* contain chlorophylls a and b. The former species possesses chloroplasts of unusual ultrastructure and has no other organelles of endosymbiotic origin (Kite and Dodge 1988), while in the latter species, although the boundary between the host cytoplasm and cytoplasmic region of endosymbiont still exists, no organelles other than chloroplasts are present in the cytoplasmic region of the endosymbiont (Watanabe *et al.* 1987; Watanabe *et al.* 1990).

As far as blue-green dinoflagellates are concerned, two types of cryptomonad-dinoflagellate relationship could be recognized; the one type is like *A. latum* in that the dinoflagellate is capable of retaining intact chloroplasts for some time, but needs to capture further cryptomonad cells from time to time in order to maintain this "system", while the other type is like *A. wiggense*, where the dinoflagellate possesses permanently established chloroplasts. The intermediate situation between these two types, which is comparable to those of *Peridinium balticum*, *P. foliaceum* and *P. quinquecorne*, have not been found in blue-green dinoflagellates. In this connection, it should be pointed out that a number of unusually pigmented dinoflagellates have been described (e.g. Conrad and Kufferath 1954) and most of them have yet to be studied in detail. It would be of great interest to survey them ultrastructurally and to study them using unialgal cultures in order to verify whether these dinoflagellates contain true endosymbionts or not.

Acknowledgement

The authors wish to thank members of the EM-Unit of the University of the Witwaters-

rand for their assistance. This work was completed while the senior author (T.H.) was holding a Post-graduate Research Fellowship at the Department of Botany, University of the Witwatersrand. We are also indebted to the Foundation for Research Development of the CSIR for financial assistance.

References

- Bjørnland, T. and Tangen, K. 1979. Pigmentation and morphology of a marine *Gyrodinium* (Dinophyceae) with a major carotenoid different from peridinin and fucoxanthin. *J. Phycol.* **15**: 457–463.
- Conrad, W. and Kufferath, H. 1954. Recherches sur les Eaux Sumatres des environs de Lilloo. II. Partie descriptive algues et protistes—considérations écologiques. Bruxelles, Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique, Memoire No. 127. pp. 1–344.
- Farmer, M. A. and Roberts, K. R. 1990. Organelle loss in the endosymbiont of *Gymnodinium acidotum* (Dinophyceae). *Protoplasma* **153**: 178–185.
- Fields, S. D. and Rhodes, R. G. 1991. Ingestion and retention of *Chroomonas* spp. (Cryptophyceae) by *Gymnodinium acidotum* (Dinophyceae). *J. Phycol.* **27**: 525–529.
- Herdman, E. C. 1924. Notes on dinoflagellates and other organisms causing discolouration of the sand at Port Erin IV. *Trans. Lpool Biol. Soc.* **38**: 75–84.
- Hibberd, D. J. 1977. Observations on the ultrastructure of the cryptomonad endosymbiont of the red-water ciliate *Mesodinium rubrum*. *J. mar. biol. Ass. U.K.* **57**: 45–61.
- Horiguchi, T. and Pienaar, R. N. 1991. Ultrastructure of a marine dinoflagellate, *Peridinium quinquecorne* Abé (Peridiniales) from South Africa with particular reference to its chrysophyte endosymbiont. *Bot. Mar.* **34**: 123–131.
- Jeffrey, S. W. and Veski, M. 1976. Further evidence for a membrane-bound endosymbiont within the dinoflagellate *Peridinium foliaceum*. *J. Phycol.* **12**: 450–455.
- Kite, G. C. and Dodge, J. D. 1988. Cell and chloroplast ultrastructure in *Gyrodinium aureolum* and *Gymnodinium galatheanum*. Two marine dinoflagellates containing an unusual carotenoid. *Sarsia* **73**: 131–138.
- Larsen, J. 1985. Algal studies of the Danish Wadden Sea. II. A taxonomic study of psammobious dinoflagellates. *Opera Botanica* **79**: 14–37.
- Larsen, J. 1988. An ultrastructural study of *Amphidinium poecilochroum* (Dinophyceae), a phagotrophic dinoflagellate feeding on small species of cryptophytes. *Phycologia* **27**: 366–377.
- Lebour, M. V. 1925. The Dinoflagellates of Northern Seas. Marine Biological Association of the United Kingdom, Plymouth.
- Pienaar, R. N. and Aken, M. E. 1985. The ultrastructure of *Pyramimonas pseudoparkeae* sp. nov. (Prasinophyceae) from South Africa. *J. Phycol.* **21**: 79–86.
- Popovsky, J. and Pfister, L. A. 1990. Süßwasserflora von Mitteleuropa: Dinophyceae (Dinoflagellida). Gustav Fischer Verlag, Jena, Stuttgart.
- Schnepf, E., Winter, S. and Mollenhauer, D. 1989. *Gymnodinium aeruginosum* (Dinophyta): a blue-green dinoflagellate with a vestigial, anucleate, cryptophycean endosymbiont. *Pl. Syst. Evol.* **164**: 75–91.
- Tangen, K. and Bjørnland, T. 1981. Observations on pigments and morphology of *Gyrodinium aureolum* Hulburt, a marine dinoflagellate containing 19'-hexanoyloxyfucoxanthin as the main carotenoid. *J. Plankton Res.* **3**: 389–401.
- Tomas, R. N. and Cox, E. R. 1973. Observations on the symbiosis of *Peridinium balticum* and its intracellular alga. I. Ultrastructure. *J. Phycol.* **9**: 304–323.
- Watanabe, M. M., Suda, S., Inouye, I., Sawaguchi, T. and Chihara, M. 1990. *Lepidodinium viride* gen. et sp. nov. (Gymnodiniales, Dinophyta), a green dinoflagellate with a chlorophyll a- and b- containing endosymbiont. *J. Phycol.* **26**: 741–751.
- Watanabe, M. M., Takeda, Y., Sasa, Y., Inouye, I., Suda, S., Sawaguchi, T. and Chihara, M. 1987. A green dinoflagellate with chlorophylls a and b: morphology, fine structure of the chloroplast and chlorophyll composition. *J. Phycol.* **23**: 382–389.
- Wilcox, L. W. and Wedemayer, G. J. 1984. *Gymnodinium acidotum* Nygaard (Pyrrophyta), a dinoflagellate with an endosymbiotic cryptomonad. *J. Phycol.* **20**: 236–242.
- Wilcox, L. W. and Wedemayer, G. J. 1985. Dinoflagellate with blue-green chloroplasts derived from an endosymbiotic eukaryote. *Science* **227**: 192–194.

堀口健雄*・R. N. Pienaar**：クリプト藻を補食する砂地性の渦鞭毛藻 *Amphidinium latum*
Lebour (渦鞭毛藻綱) について

南アフリカ沿岸のタイドプールより *Amphidinium latum* Lebour と同定される渦鞭毛藻を採集し、光学顕微鏡ならびに透過型電子顕微鏡により細胞構造の研究をおこなった。その結果、この渦鞭毛藻はしばしば色調の異なる葉緑体様の構造物を有するが、それらは実は渦鞭毛藻によって補食されたクリプト藻の細胞であることが明らかとなった。3種類(タイプ1, タイプ2, タイプ3)のクリプト藻が渦鞭毛藻の細胞質の中に存在することが示された。すなわち、1)タイプ1の細胞は黄褐色を呈し、そのヌクレオモルフはピレノイドのマトリックスに埋没するタイプであり、ピレノイド・マトリックスにはチラコイドが陥入しない、2)タイプ2の細胞は青緑色で、そのヌクレオモルフはピレノイドの外側に位置し、ピレノイド・マトリックスには多数のチラコイドが陥入する、3)タイプ3は明るい緑色を呈し、ヌクレオモルフはピレノイドの外側に位置し、ピレノイド・マトリックスは1組のチラコイドが陥入する、という特徴をそれぞれ有する。葉緑体の分裂と考えられるステージが、渦鞭毛藻内部のクリプト藻の葉緑体で観察され、このことから取り込まれた葉緑体はおそらく光合成能をしばらく保持しているのではないか、ということが示唆された。本研究により、*A. latum* は摂食栄養をおこない、しかも数種類のクリプト藻を補食する性質があることが確かめられた。(*380 長野市西長野6-ロ 信州大学教育学部, **Department of Botany, University of the Witwatersrand, Private Bag 3, P.O. Wits, 2050 Republic of South Africa)

Inter- and intraspecific variations of chloroplast DNA of the siphonous green algal genus *Caulerpa* (Caulerpales, Chlorophyta)

Masaya Satoh¹, Shinichi Miyamura and Terumitsu Hori

Institute of Biological Sciences, University of Tsukuba, Tsukuba, Ibaraki, 305 Japan

Satoh, M., Miyamura, S. and Hori, T. 1992. Inter- and intraspecific variations of chloroplast DNA of the siphonous green algal genus *Caulerpa* (Caulerpales, Chlorophyta). Jpn. J. Phycol. 40: 365–372.

Chloroplast DNA (cpDNA) from four species of the siphonous green algal genus *Caulerpa*, *C. lentillifera*, *C. okamurae*, *C. racemosa* var. *clavifera* f. *macrophysa*, and *C. brachypus* were isolated and analyzed by restriction endonucleases. The restriction patterns were extremely heterogeneous, but a distinct similarity was found between *C. lentillifera* and *C. okamurae*. The genome sizes of cpDNA of *C. lentillifera* and *C. okamurae* were calculated to be about 90 kb, and the genome sizes of cpDNA of *C. racemosa* and *C. brachypus* were more than 100 kb. These results were compared and discussed in relation to their morphological characters.

In addition, the cpDNAs of *C. racemosa* collected from two areas in Okinawa Island were compared. The restriction patterns were almost the same, but a few changes were detected.

Key Index Words: *Caulerpa*—chloroplast DNA—green algae—restriction analysis—RFLP.

The siphonous green algal genus *Caulerpa* is a large group including 73 species and 111 infraspecific taxa (Calvert *et al.* 1976). The classification of this genus at the species level is mainly according to morphological characteristics of the vegetative thallus and the manner of sexual reproduction. However, organisms of *Caulerpa* exhibit such a remarkably high degree of morphological variation that many intermediate or transitional growth forms have been recognized (Børgesen 1907, 1925; Tandy 1934; Gilbert 1942; Eubank 1946; Taylor 1960; Egerod 1975). The presence of such a great number of intermediate forms makes the boundaries delimiting species of *Caulerpa* uncertain (Gilbert 1942) and causes taxonomic confusion.

Recently, it has been recognized that restriction fragment length polymorphism (RFLP) of chloroplast DNA (cpDNA) is useful to clarify phylogenetic relationships of species of land plants (Palmer 1985a) and algae (Palmer 1985a; Olsen 1990). Since cpDNAs of land plants are so conserved in their se-

quences and gene orders, comparison of their RFLPs is accepted to be an efficient method to reveal their phylogenetic relationships at the level of genus and even family (Herrmann *et al.* 1980). In algae, on the other hand, cpDNAs are very divergent compared to land plants. For example, restriction patterns of cpDNAs of *Vaucheria* (Xanthophyceae) show very extensive fragment divergencies at the species level (Kowallik 1989); only one common restriction fragment was detected in five species by digestion with *EcoRI*. In a comparative study of 18 strains of *V. sessilis* Linne von Berg and Kowallik (1988) suggested the possible presence of more than two taxa among them because they thought that the restriction site variations among these strains corresponds to differences found between different genera in higher plants.

In this study we compared restriction patterns of cpDNAs from four species of *Caulerpa* in order to find some clues to resolve the taxonomic confusion of this genus at the inter-specific and/or intraspecific levels.

¹Present address: Department of Applied Physiology, National Institute of Agrobiological Resources, Kannondai 2-1-2, Tsukuba, Ibaraki, 305 Japan.

Materials and Methods

Materials

Caulerpa brachypus and *C. okamurae* were collected at Inamuragasaki in Kanagawa Prefecture (the Pacific Ocean), *C. lentillifera* at Ito-man in Okinawa Island, *C. racemosa* var. *clavifera* f. *macrophysa* at Zanpa Cape (the East China Sea) in Okinawa Island and at Ikeijima island (the Pacific Ocean) in the Ryukyu Islands (Fig. 1).

Isolation of chloroplast DNA (cpDNA)

Collected materials were extensively washed in seawater to remove sediment and microscopic epiphytes, and kept in a water tank with aeration until isolation of cpDNAs.

About 200–300 g of materials were used for each isolation. The following procedures were performed at 0°C or 4°C. Materials were cut into small pieces with a knife and transferred into five volumes of an extraction buffer (MS buffer) containing 50 mM Tris-HCl, pH 7.6, 10 mM ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA), 0.3 M sucrose, 0.3 M NaCl, 10 mM 2-mercaptoethanol, 1.4 mM phenylmethylsulfonylfluoride (PMSF), 1.2 mM spermidine. This buffer was based on TAN buffer (Nemoto *et al.* 1988), modified to strengthen buffer action and with added NaCl to lower the stickiness of cell lysate according to Grant and Wright (1980). The suspension was filtered through a nylon stocking and pieces of the materials were squeezed in it. The filtrate suspension was filtered through a layer of nylon membrane (100 μ m in pore size). The filtrate suspension was centrifuged at 4,500 \times g for 15 min. The pellet was resuspended with about 180 ml of MS buffer and 20 ml of 100% Percoll (Pharmacia) was added to the suspension. After stirring for 30 min, the suspension was centrifuged at 900 \times g for 15 min, and the pellet was suspended and centrifuged in the same way. Then the pellet was suspended with MS buffer without PMSF, and final centrifugation was done at 900 \times g for 15 min. The pellet was suspended with about 20 ml of HTE buffer containing 50 mM Tris-HCl, pH 8.0, 20 mM

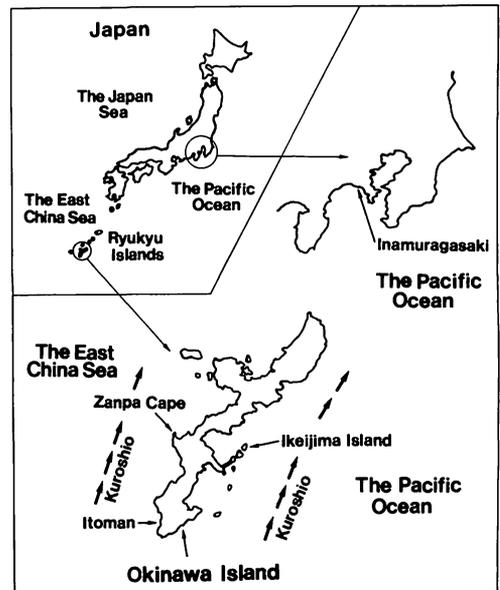


Fig. 1. *Caulerpa* collection sites and the sea water currents (see text).

EDTA, and lysed by addition of 20 mg of Proteinase K (Sigma) and 2% N-Lauroylsarcosine (Sigma), and kept overnight.

Nucleic acids were extracted from the lysate by sequential addition of an equal volume of phenol, phenol : chloroform : isoamyl alcohol (25 : 24 : 1) and then extracted with chloroform : isoamyl alcohol (24 : 1). All organic extractions were performed gently for 10 min at room temperature. The aqueous and organic phases were separated by centrifugation at 1,000 rpm for 5 min. The final aqueous phase was dialyzed against TE buffer (10 mM Tris-HCl, 1 mM EDTA, pH 8.0) at 4°C. Cesium chloride and Hoechst 33258 dye were added to the solution (1.08 g and 0.3 mg for 1 ml of the solution, respectively), and centrifuged at 38,000 rpm for 45 h in a SW41 rotor (Beckman) at 20°C. A band of cpDNA which was formed at a higher (less dense) position than other DNAs in the tube was collected by side-puncture using a 21-gauge needle, extracted five times with isopropanol (equilibrated with a saturated NaCl solution) to remove Hoechst dye and then dialyzed against TE buffer at 4°C. After addition of 2.5 volumes of ethanol it was

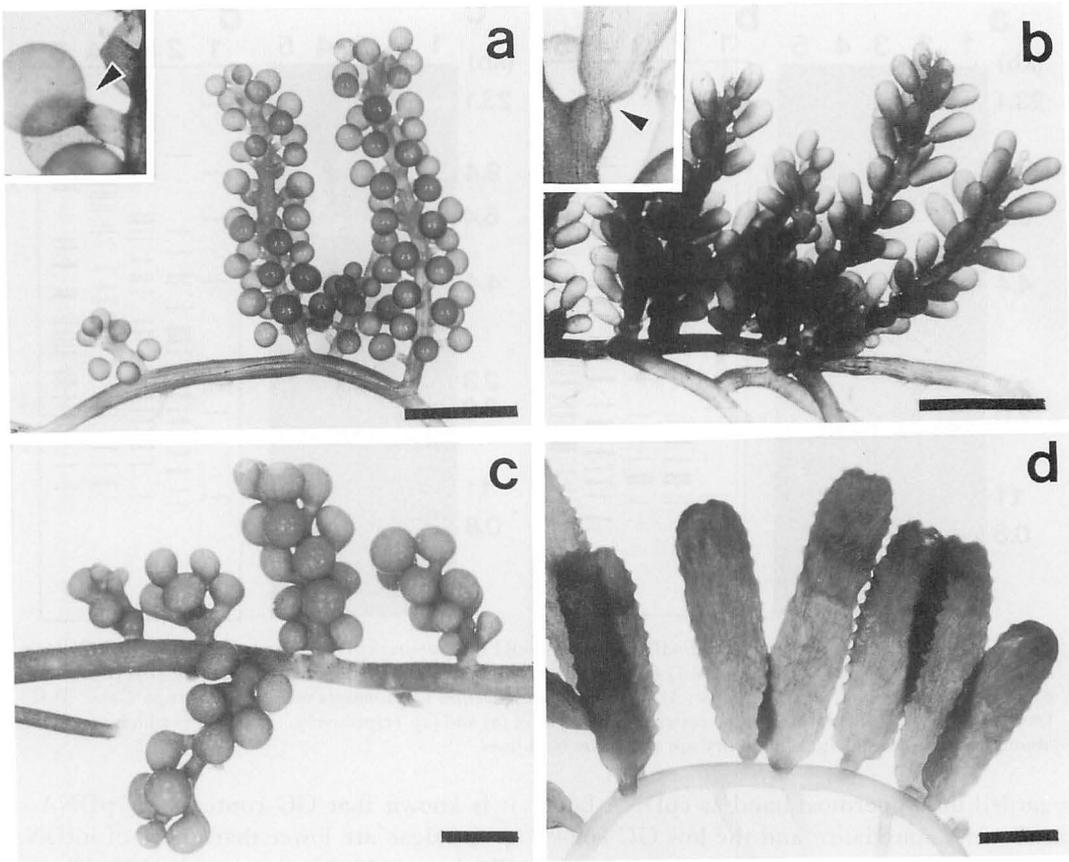


Fig. 2. Photographs of (a) *C. lentillifera*, (b) *C. okamurae*, (c) *C. racemosa* var. *clavifera* f. *macrophysa*, and (d) *C. brachypus*. Insets of a and b show constrictions at the base of ramulus (indicated by arrow heads) of both algae. Bars are 1 cm.

kept at -80°C for 30 min, the cpDNA was collected by centrifugation at $12,000\times g$ for 15 min. The cpDNA was washed with 70% ethanol and collected by the same centrifugation step, dried, and dissolved in TE buffer, and kept at 4°C .

Restriction endonuclease analysis

Restriction endonucleases were purchased from Takara Shuzo Co. Ltd. and Toyobo Co. Ltd., and used according to the manufacturer's specifications. DNA of λ phage (Takara Shuzo Co. Ltd.) and λ DNA/*Hind*III digest- ϕ X174/*Hinc*II digest (Toyobo Co. Ltd.) were used as molecular standards. DNA fragments were resolved at 20 V on 0.9% and/or 1.0% Agarose 1600 (Wako) horizontal gels (13×13 cm) in $0.8\times$ TEA

buffer (40 mM Tris-HCl, 32 mM sodium-acetate, 1.6 mM EDTA, pH 8.3) for 14 h. The gels were stained with ethidium bromide and photographs were taken with Minicopy films (Fuji) under UV illumination.

Results and Discussion

Comparison of the restriction patterns of cpDNAs among four Caulerpa species: We obtained chloroplast DNAs (cpDNAs) by centrifugation in the presence of cesium chloride and Hoechst 33258 after extraction of nucleic acids with phenol:chloroform from a crude chloroplast fraction. In the centrifuged tube bands appeared which may correspond to cpDNA, nuclear DNA, mitochondrial DNA (mtDNA) and bacterial DNA (data not shown). We

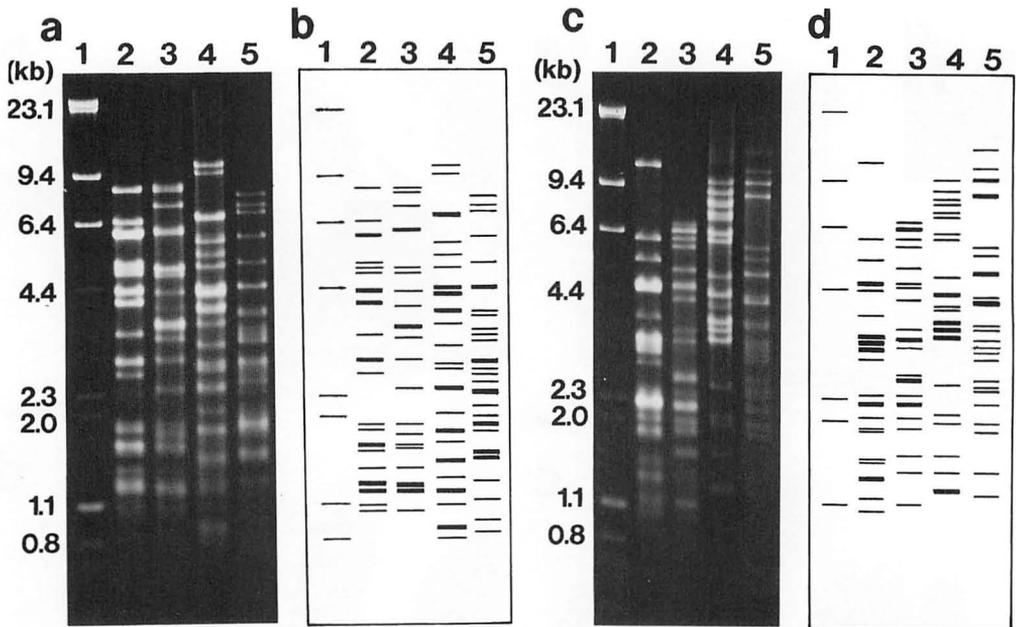


Fig. 3. Restriction patterns of *Hind*III (a)- and *Eco*RI (c)-digested cpDNAs from four species of *Caulerpa* separated on 0.9% agarose. Lanes are 1) DNA marker containing *Hind*III-digested λ DNA and *Hinc*II-digested ϕ X174; 2) *C. lentillifera*; 3) *C. okamurae*; 4) *C. racemosa* var. *clavifera* f. *macrophysa* collected at Zanpa Cape; 5) *C. brachypus*. (b), (d) Illustrations of the restriction patterns of (a) and (c), respectively. Fragments which are much abundant than normal stoichiometry are shown by bold lines.

regarded the uppermost band as cpDNA because of its abundance and the low GC content of cpDNA. Although the contamination of nuclei and mitochondria which were involved with chloroplasts by sticky material (mucilage material) remained in the crude (chloroplast) fraction, the number of nuclei and mitochondria, and the amount of their DNAs was estimated to be much less than those of chloroplasts by examination of the crude fraction with fluorescence microscopy after staining with 4'6-diamidino-2-phenylindole (DAPI) (data not shown). Second, as

it is known that GC contents of cpDNA of green algae are lower than those of mtDNA (Rochaix 1978; Hedberg *et al.* 1981; Tymms *et al.* 1985) like land plants (Kolodner and Tewari 1975), cpDNA forms a band in a tube at the higher position than mtDNA after centrifugation in the presence of cesium chloride and Hoechst 33258.

Figure 3 shows the restriction patterns of cpDNAs from four *Caulerpa* species digested with *Hind*III and *Eco*RI. The restriction patterns were very heterogeneous among the four species, and there were no bands com-

Table 1. Similarities of cpDNAs of four *Caulerpa*.

<i>Eco</i> RI \ <i>Hind</i> III	<i>C. lentillifera</i>	<i>C. okamurae</i>	<i>C. brachypus</i>	<i>C. racemosa</i> var. <i>clavifera</i> f. <i>macrophysa</i>
<i>C. lentillifera</i>		10	7	4
<i>C. okamurae</i>	6		3	3
<i>C. brachypus</i>	4	7		4
<i>C. racemosa</i> var. <i>clavifera</i> f. <i>macrophysa</i>	2	4	4	

Numbers of restriction fragments which are identical in sizes are listed when cpDNAs were digested with *Hind*III (upper right half of the table) and with *Eco*RI (lower left half of the table).

mon to all the four species. Table 1 shows a list of the number of common fragments among the four species in either digestion with *EcoRI* and *HindIII*. When common fragments in both digestions were summed up, *C. lentillifera* shared 16 common fragments with *C. okamurae*, 11 with *C. brachypus*, and 6 with *C. racemosa*. *C. okamurae* shared 16 common fragments with *C. lentillifera*, 10 with *C. brachypus*, and 7 with *C. racemosa*. Thus, *C. lentillifera* and *C. okamurae* shared much more fragments than other two species, and both species shared least common fragments with *C. racemosa*. *C. brachypus* shared 11, 10 and 8 common fragments with *C. lentillifera*, *C. okamurae* and *C. racemosa*, respectively, so that *C. brachypus* had moderate relationships equally with other three species. *C. racemosa* shared most common fragments with *C. brachypus* (8) than with *C. lentillifera* (6) and *C. okamurae* (7). However, *C. brachypus* had less common fragments with *C. racemosa* than with other species. Therefore, *C. racemosa* appears to share least relationships with any of the other three species.

Genome sizes of the cpDNAs which were calculated from restriction patterns also indicated closer relationships between *C. lentillifera* and *C. okamurae* than with the other two species because the genome sizes of the two species were about 90 kb and other two species were more than 100 kb (Table 2).

Besides the characteristics of cpDNA, *C. lentillifera* and *C. okamurae* also have many morphological characteristics in common; (1) they have a constriction at the base of each ramulus (Fig. 2a, b insets), while *C. racemosa* and *C. brachypus* have no such constrictions (Fig. 2c, d); (2) they have chloroplasts with pyrenoid (Hori and Ueda 1967; Calvert *et al.* 1976) in which the cpDNAs are specifically localized (Miyamura and Hori 1991), but the

chloroplasts of latter two species lack pyrenoids (Calvert *et al.* 1976); (3) the sizes of their chloroplasts are larger (9–11 μm) than those in the latter (3–5 μm) (Calvert *et al.* 1976). From these features of chloroplast fine structure, Calvert *et al.* (1976) proposed the evolutionary scheme from the microphysa-type chloroplasts bearing pyrenoids (*C. lentillifera* and *C. okamurae*) to the prolifera-type chloroplasts lacking pyrenoids (*C. racemosa* and *C. brachypus*). The evolutionary trend correlates with an increase of genome sizes from the smaller group (*C. lentillifera* and *C. okamurae*) to the larger group (*C. racemosa* and *C. brachypus*).

From these molecular and morphological aspects we concluded *C. lentillifera* and *C. okamurae* are phylogenetically closest among the four species, and *C. racemosa* is furthest from the other three species. Thus, *C. brachypus* appears to be situated in their intermediate position. However, more analyses are required to clarify the precise phylogenetic relationships of the four *Caulerpa*. Because of the extreme heterogeneity of restriction patterns, analyses of nucleotide sequencing may be more suitable to this aim.

An extreme diversity of restriction patterns of cpDNAs at the species level is also known in the xanthophyte genus *Vaucheria* (Kowallik 1989). The diversity of caulerpalean cpDNAs is much more extensive than that of another siphonous green algal genus *Bryopsis*, in which only a few restriction fragments differ among three species in the genus (Misou *et al.* 1989).

The genome sizes of these four caulerpalean cpDNAs were smaller than those of land plants (120–160 kb) (Palmer 1985b). The genome sizes of cpDNAs of *C. lentillifera* and *C. okamurae* were similar to that of *Codium fragile* (89 kb) (Hedberg *et al.* 1981; Manhart

Table 2. Sizes in kb of cpDNAs from four species of *Caulerpa*.

Enzymes	<i>C. lentillifera</i>	<i>C. okamurae</i>	<i>C. racemosa</i> var. <i>clavifera</i> f. <i>macrophysa</i> collected at Zanza Cape	<i>C. brachypus</i>
<i>HindIII</i>	91.9	84.1	105.0	92.3
<i>EcoRI</i>	90.5	93.3	120.4	128.9

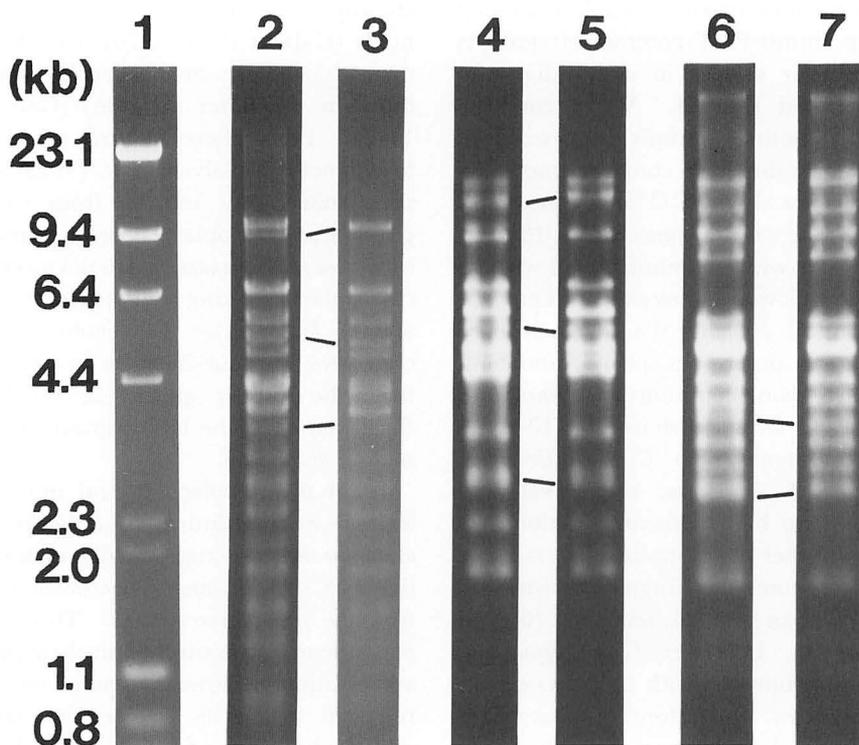


Fig. 4. Restriction patterns of two cpDNAs of *C. racemosa* var. *clavifera* f. *macrophysa* collected at different places. The cpDNAs were isolated from the algae collected at Zanpa Cape (lane 2, 4, 6) and at Ikeijima Island (lane 3, 5, 7), and separated on an 1.0% agarose gel after digestion with *Hind*III (lane 2, 3), *Eco*RI (lane 4, 5), and *Eco*RV (lane 6, 7). Lane 1 is the DNA markers containing *Hind*III-digested λ DNA and *Hinc*II-digested ϕ X174. Fragments which migrated at different positions in the two cpDNAs are indicated by lines.

et al. 1989) which lacks an inverted repeat region on the genome. There is a possibility that cpDNAs of *Caulerpa* also lack an inverted repeat region.

Comparison of restriction patterns of two strains of C. racemosa var. clavifera f. macrophysa: We compared restriction patterns of two strains of *C. racemosa* var. *clavifera* f. *macrophysa* from different habitats along Okinawa Island (Fig. 1) and examined whether intraspecific variations are found in the cpDNA. Figure 4 shows the restriction patterns of the cpDNAs of the two strains digested by *Hind*III, *Eco*RI and *Eco*RV. The two cpDNAs had almost the same fragments, but there are a few fragments which shift in the position of two (*Eco*RV) or three (*Hind*III, *Eco*RI) restriction sites (indicated by lines). Since changes of the lengths of these fragments appeared to be

canceled in each digestion, the changes may be caused by point mutations, rather than by insertions and/or deletions. The localities where the materials were collected are Zanpa Cape facing the East China Sea and Ikeijima Island facing the Pacific Ocean, respectively (Fig. 1). Judging from geographical separation of the collection sites and the parallel direction of the Kuroshio current along the islands (Watts 1969) genetical interchanges may be rare between both strains, so that the changes of the cpDNA sequence may have been fixed.

In this report, we described that the cpDNAs of four *Caulerpa* species vary remarkably, but the variations existing in a taxon (*C. racemosa* var. *clavifera* f. *macrophysa*) are limited. These results suggest that the analysis of cpDNA variation will be useful in clarifying the systematics and evolutionary relationships

within the genus *Caulerpa*.

The reason for the remarkable divergency of cpDNAs of *Caulerpa* remains to be resolved; whether it is due to differentiation of these species at very early times or rapid molecular evolution of the cpDNAs.

Acknowledgements

This work was supported in part by a Grant-in-Aid from the Ministry of Education, Science and Culture of Japan (No. 02454016). We would like to thank Dr. Darryl R. J. Macer, University of Tsukuba, for his effort to improve English syntax.

References

- Børgesen, F. 1907. An ecological and systematics account of the *Caulerpa*s of the Danish West Indies. Kgl. Danske Vidensk. Selsk. Skrifter, Ser. 7, 4: 337–392.
- Børgesen, F. 1925. Marine algae from the Canary Islands. I. Chlorophyceae. Det Kgl. Danske Vidensk. Selsk., Biol. Medd. 5: 1–123.
- Calvert, H. E., Dawes, C. J. and Borowitzka, M. A. 1976. Phylogenetic relationships of *Caulerpa* (Chlorophyta) based on comparative chloroplast ultrastructure. J. Phycol. 12: 149–162.
- Egerod, L. 1975. Marine algae of the Andaman Sea coast of Thailand: Chlorophyceae. Bot. Mar. 18: 41–66.
- Eubank, L. L. 1946. Hawaiian representatives of the genus *Caulerpa*. Univ. Calif. Publ. Bot. 18: 409–432.
- Gilbert, W. J. 1942. Notes on *Caulerpa* from Java and the Philippines. Pap. Mich. Acad. Sci., Arts & Letters 27: 7–26.
- Grant, B. R. and Wright, S. W. 1980. Purity of Chloroplasts prepared from the siphonous green alga, *Caulerpa simpliciuscula*, as determined by their ultrastructure and their enzymic content. Plant Physiol. 66: 130–138.
- Hedberg, M. F., Huang, Y.-S. and Hommersand, M. H. 1981. Size of the chloroplast genome in *Codium fragile*. Science 213: 445–447.
- Herrmann, R. G., Seyer, P., Schedel, R., Gordon, K., Bisanz, C., Winter, P., Hilderbrandt, J. W., Wlaschek, M., Alt, J., Driesel, A. J. and Sears, B. B. 1980. The plastid chromosomes of several Dicotyledons. p. 97–112. In T. Bucher, W. Sebald, and H. Weiss [eds.] Biological Chemistry of Organelle Formation. Springer-Verlag Berlin, Heidelberg.
- Hori, T. and Ueda, R. 1967. Electron microscope studies on the fine structure of plastids in siphonous green algae with special reference to their phylogenetic relationships. Sci. Rept. Tokyo Kyoiku Daigaku Sect. B. 12: 225–244.
- Kolodner, R. and Tewari, K. K. 1975. The molecular size and conformation of the chloroplast DNA from higher plants. Biochim. Biophys. Acta 402: 372–390.
- Kowallik, K. V. 1989. Molecular aspects and phylogenetic implications of plastid genomes of certain chromophytes. p. 101–124. In J. C. Green, B. S. C. Leadberter, and W. L. Diver [eds.] Systematics Association Special Volume No. 38. The Chromophyte Algae: Problems and Perspectives. Clarendon Press, Oxford.
- Linne von Berg, K. H. and Kowallik, K. V. 1988. Structural organization and evolution of the plastid genome of *Vaucheria sessilis* (Xanthophyceae). BioSystems 21: 239–247.
- Manhart, J. R., Kelly, K., Dudock, B. S. and Palmer, J. D. 1989. Unusual characteristics of *Codium fragile* chloroplast DNA revealed by physical and gene mapping. Mol. Gen. Genet. 216: 417–421.
- Misonou, T., Ishihara, J., Pak, J. Y. and Nitta, T. 1989. Restriction endonuclease analysis of chloroplast and mitochondrial DNAs from *Bryopsis* (Derbesiales, Chlorophyta). Phycologia 28: 422–428.
- Miyamura, S. and Hori, T. 1991. DNA is present in the pyrenoid core of the siphonous green alga of the genus *Caulerpa* and yellow-green alga of the genus *Pseudodichotomosiphon*. Protoplasma 116: 192–196.
- Nemoto, Y., Kawano, S., Nakamura, S., Mita, T., Nagata, T. and Kuroiwa, T. 1988. Studies on plastid-nuclei (nucleoids) in *Nicotiana tabacum* L. I. Isolation of proplastid-nuclei from cultured cells and identification of proplastid-nuclear proteins. Plant Cell Physiol. 29: 167–177.
- Olsen, J. L. 1990. Nucleic acids in algal systematics. J. Phycol. 26: 209–214.
- Palmer, J. D. 1985a. Evolution of chloroplast and mitochondrial DNA in plants and algae. p.131–240. In R. J. MacIntyre [eds.] Monographs in Evolutionary Biology: Molecular Evolutionary Genetics. Plenum Press, New York.
- Palmer, J. D. 1985b. Comparative organization of chloroplast genomes. Ann. Rev. Genet. 19: 325–354.
- Rochaix, J. D. 1978. Restriction endonuclease map of the chloroplast DNA of *Chlamydomonas reinhardtii*. J. Mol. Biol. 126: 597–617.
- Tandy, G. 1934. Experimental taxonomy in marine algae, with special reference to *Caulerpa*. Proc. Linn. Soc. London 146: 63–64.
- Taylor, W. R. 1960. Marine algae of the eastern tropical and subtropical coasts of the Americas. Univ. Michigan Press, Ann Arbor.
- Tymms, M. J. and Schweiger, H.-G. 1985. Tandemly repeated nonribosomal DNA sequences in the chloroplast genome of an *Acetabularia mediterranea* strain. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 82: 1706–1710.
- Watts, I. E. M. 1969. Climates of China and Korea. p. 1–117. In H. Arakawa [eds.] World Survey of Climatology Volume 8. Climates of Northern and Eastern Asia. Elsevier Pub. Co., Amsterdam.

佐藤征弥*・宮村新一・堀 輝三：囊状緑藻イワツタ属 (*Caulerpa*) 葉緑体
DNA の種間および種内変異

沖縄本島で採集したクビレツタ (*C. lentillifera*), センナリヅタ (*C. racemosa* var. *clavifera* f. *macrophysa*), 神奈川県稲村ヶ崎で採集したフサイワツタ (*C. okamurae*), ヘライワツタ (*C. brachypus*) について葉緑体 DNA を単離し, その制限酵素パターンを種間で比較した。これら 4 種の制限酵素パターンは互いに大きく変異していたが, 外部形態および葉緑体の構造で多くの共通特徴を持つクビレツタとフサイワツタは類似性が高かった。葉緑体 DNA ゲノムサイズは, センナリヅタとヘライワツタが 100 kb 以上であったのに対し, クビレツタとフサイワツタは約 90 kb であった。また, センナリヅタに関しては沖縄県の残波岬と伊計島で生育地を異にしたものについて制限酵素パターンを比較したところ, 僅かながら変異が見られ, 種内変異の生じていることが明らかになった。(305 茨城県つくば市天王台1-1-1 筑波大学生物科学系, *現住所: 305 茨城県つくば市観音台2-1-2 農業生物資源研究所機能開発部)

Photorespiration and CO₂ fixation in the red alga *Porphyra yezoensis* Ueda

Kunshan Gao*, Yusho Aruga**, Kozi Asada***, Toshiaki Ishihara****,
Toru Akano**** and Masataka Kiyohara****

*Kansai Environmental Engineering Center, Nakazaki-nishi 2-3-39, Kita-ku, Osaka, 530 Japan

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

***Research Institute for Food Science, Kyoto University, Uji, Kyoto, 611 Japan

****Technical Research Center, The Kansai Electric Power Co. Inc., Nakoji, Amagasaki, Hyogo-ken, 661 Japan

Gao, K., Aruga, Y., Asada, K., Ishihara, T., Akano, T. and Kiyohara, M. 1992. Photorespiration and CO₂ fixation in the red alga *Porphyra yezoensis* Ueda. Jpn. J. Phycol. 40: 373–377.

Gas exchange in photosynthesis of the red alga *Porphyra yezoensis* was investigated to understand its growth enhancement in high CO₂ concentration. It was found that oxygen (¹⁸O₂) uptake by the alga increased linearly with increased photosynthetically active radiation, being about 40% of photosynthetic oxygen evolution at 250 μmol photons m⁻¹ s⁻¹. A substantive evidence for active HCO₃⁻ transport by the alga was obtained in that CO₂ uptake rate was extremely slow compared to the photosynthetic oxygen evolution rate. In the culture of the alga using aeration, dissolved inorganic carbon (DIC) concentration decreased while pH increased from the beginning of light period and increased while pH decreased from the start of dark period. This is because photosynthetic CO₂ fixation proceeded faster than the dissolution of CO₂ and thus DIC was reduced due to photosynthetic HCO₃⁻ utilization in the light, and in the dark the cease of photosynthesis and continuation of aeration increased DIC and lowered pH. Addition of CO₂ (air + 1250 ppm CO₂) in the culture of the alga was confirmed to raise DIC concentration. It was suggested that addition of CO₂ could suppress the photorespiration of *P. yezoensis* by elevating CO₂/O₂ ratio in the culture medium and then at the active site of Rubisco, the oxygenation of which could be subsequently reduced.

Key Index Words: CO₂—Mehler reaction—mitochondrial respiration—O₂—photosynthesis—*Porphyra yezoensis*—red alga—Rubisco.

The authors reported in the previous paper (Gao *et al.* 1991) that the growth of *Porphyra yezoensis* Ueda was enhanced in the culture using aeration with high CO₂. It is of general concern to understand how high CO₂ affects the efficiency of photosynthetic carbon fixation of the alga. O₂ consumption during photosynthetic O₂ evolution reflects photorespiration, which is primarily determined by the competition between CO₂ and O₂ for the active site of ribulose-1,5-bisphosphate (RuBP) carboxylase/oxygenase (Rubisco). If photorespiration is considerably active in the alga, high CO₂ supply can be expected to suppress the photorespiration by raising the ratio of CO₂ to O₂ within the cell and increase the

photosynthetic efficiency.

In this paper, the authors present basic knowledge on the O₂ uptake and “CO₂” transport of *P. yezoensis* while illuminated and discuss its relevance to the biological response of the alga to high CO₂ in culture.

Material and Methods

Cultures of leafy thalli of *Porphyra yezoensis* (ZW-22, ZGRW) were initiated from conchospores released from free-living conchocelis as previously reported (Gao *et al.* 1991). Thalli of 2–3 cm long (about 40 days after conchospore attachment) cultured using aeration (350 ppm CO₂) were used for the O₂ uptake experiments. The culture medium was prepared and CO₂ was supplied as in the previous paper (Gao *et al.* 1991).

* Present address: Hawaii Natural Energy Institute, 2540 Dole Street, Holmes 246, Honolulu, HI 96822, U.S.A.

The evolution of $^{16}\text{O}_2$ and uptake of $^{18}\text{O}_2$ during photosynthesis were determined simultaneously at 10 second intervals by using a gas-permeable membrane-mass spectrometer system. A silicon membrane (125 μm thick) probe was inserted into a cylindrical reaction vessel (35 ml, 3 cm in diameter) to separate the medium, filtered (Whatman, GF/C) seawater, from the high-vacuum inlet to a quadrupole mass spectrometer (Ametek M200). The seawater was bubbled with N_2 for 30 minutes to expel $^{16}\text{O}_2$ before dissolving $^{18}\text{O}_2$ into it. Since the O_2 uptake reaction does not discriminate between the isotopes, correction was made for the amount of $^{16}\text{O}_2$ consumed according to Radmer and Ollinger (1980).

The reaction vessel was equipped with a water jacket and the temperature within it was controlled at 15°C.

The dissolved inorganic carbon (DIC) in the culture medium was measured by using a Shimadzu total organic analysis unit (TOC-5000).

Results

When the light was turned on, $^{16}\text{O}_2$ increased and CO_2 decreased due to photosynthesis, whereas $^{18}\text{O}_2$ decreased due to oxygen uptake reactions; when the light was turned off, oxygen ($^{16}\text{O}_2$ and $^{18}\text{O}_2$) decreased and CO_2 increased due to mitochondrial respiration (Fig. 1). It is easy to see from the slope of $^{18}\text{O}_2$ decrease that O_2 uptake by the alga was faster in the light than in the dark (Table 1), in the former being about twice as fast as in the latter. O_2 uptake was 41 and 46% of

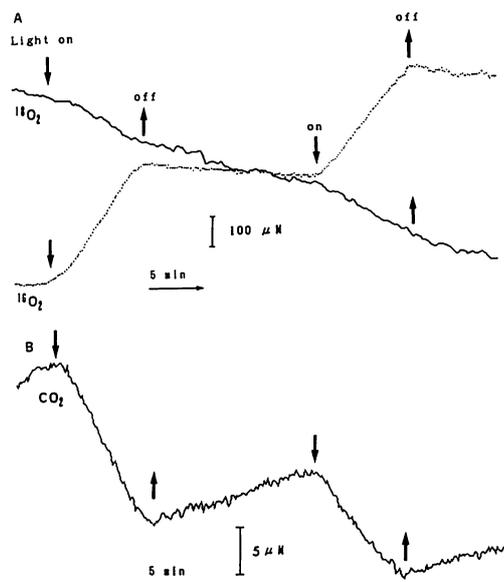


Fig. 1. Oxygen uptake and evolution (A), and CO_2 uptake (B) in photosynthesis of *Porphyra yezoensis* (ZW-22).

O_2 evolution at the first and second illumination, respectively (Table 1).

The apparent CO_2 uptake rate derived from CO_2 decrease (Fig. 1B) was extraordinarily slow compared with the rate of photosynthetic O_2 evolution (Table 1). To estimate the real CO_2 uptake rate, the CO_2 supply rate from the dehydration of HCO_3^- was integrated with the apparent CO_2 uptake rate. Nevertheless, the rate of photosynthetic O_2 evolution exceeded about 13-fold the estimated real CO_2 uptake rate (Table 1). This shows a substantive evidence for HCO_3^- uptake in *P. yezoensis*. The rate of O_2 uptake in the dark exceeded the apparent rate of CO_2

Table 1. Gas exchange rate ($\mu\text{mol min}^{-1} \text{dm}^{-2}$) during photosynthesis in *Porphyra yezoensis*, the ratio of O_2 evolution to CO_2 uptake (b/c) in the light and the ratio of CO_2 to O_2 (CO_2/O_2) in the reaction vessel when light (PAR, 250 $\mu\text{mol photons m}^{-2} \text{s}^{-1}$) was turned on.

Light	O_2 upt.* (a)	O_2 evol.* (b)	Ratio a/b	CO_2 'upt.* (c)	CO_2 upt. (c)	Ratio b/c	CO_2 rel.*	CO_2/O_2
on	2.15	5.25	0.41	0.22 (0.19)**	0.41	12.80		0.09
off	1.10						0.04	
on	1.95	4.23	0.46	0.13 (0.19)**	0.32	13.22		0.06
off	0.97						0.03	

* upt. is for uptake, 'upt.' for apparent uptake, evol. for evolution, rel. for release.

** Values in parentheses are CO_2 supply rate ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ min}^{-1}$) from dehydration of HCO_3^- at 15°C (Cook *et al.* 1986) within the reaction vessel.

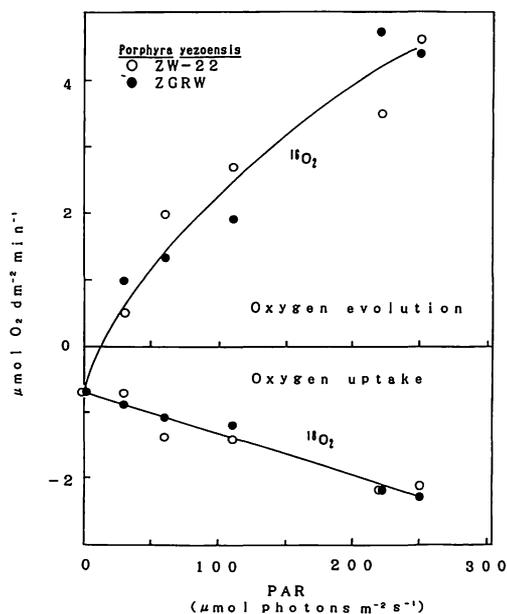


Fig. 2. Oxygen uptake and evolution in *Porphyra yezoensis* as a function of photosynthetically active radiation (PAR).

release 28- to 32-fold, which might be due to hydration of CO₂ to form HCO₃⁻ inside the algal cell (Table 1).

The oxygen uptake increased linearly and the oxygen evolution increased parabolically with the increase of PAR (photosynthetically active radiation, 400–700 nm) (Fig. 2). O₂ uptake of *P. yezoensis* while illuminated was similarly observed in the strains, ZW-22 and ZGRW.

Figure 3 shows daily variations of DIC and pH in the culture of *P. yezoensis* aerated with air (control) and air + 1250 ppm CO₂. DIC decreased in the light period and increased in the dark period to reach a constant level. The pH variation shows an opposite pattern to DIC. DIC was elevated and pH was lowered in +1250 ppm CO₂ culture compared with the control.

Discussion

In the present study, basic knowledge was obtained on the gas exchange during the photosynthesis of *P. yezoensis*. O₂ uptake was enhanced in the light and increased with

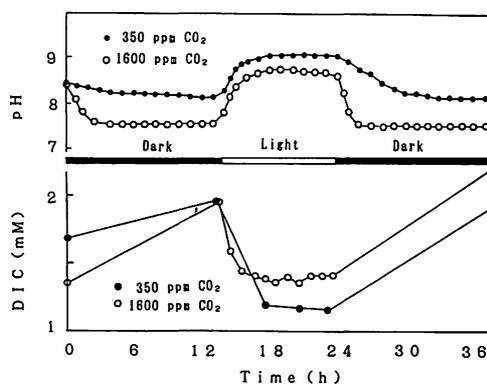


Fig. 3. Daily variation of pH and DIC (dissolved inorganic carbon) in culture of *Porphyra yezoensis* (ZGRW) using aeration (0.5 l min⁻¹) with air (350 ppm CO₂) and air + 1250 (1600) ppm CO₂. About 1.25 g (fresh weight) of thalli (38 days after conospore attachment, about 3 cm long) were maintained in 500 ml culture medium in a culture flask.

increase of PAR. Oxygen uptake in the light stems from the following three reactions: 1) mitochondrial respiration, 2) Mehler reaction and 3) RuBP (ribulose-1,5-bisphosphate) oxygenation. Mitochondrial respiration is independent of light, but Mehler reaction and RuBP oxygenation are light-dependant. The enhanced O₂ uptake of *P. yezoensis* in the light is due to reactions 2) and 3). The proportion of O₂ uptake to evolution was higher at low PAR than at high PAR (Fig. 2), which implies that increment in O₂ uptake with increasing PAR is slower than that in photosynthetic O₂ evolution. This must be due to much more active RuBP oxygenation at dim light when photosynthesis was much more light-limited. RuBP oxygenation is an inescapable consequence of CO₂ fixation during photosynthesis (Beardall 1989). Because Rubisco catalyses both carboxylation of CO₂ and RuBP oxygenation, O₂ concentration affects RuBP oxygenation. In the present investigation, O₂ increased and CO₂ decreased with proceeding of photosynthesis in the closed reaction vessel (Fig. 1, Table 1), therefore, the ratio of CO₂/O₂ at the active site of Rubisco might be lowered to get close to that outside the algal cell (Table 1), resulting in an enhanced oxygen uptake in the second illumination.

As previously reported (Gao *et al.* 1991), the pH rise in the culture of *P. yezoensis* (Fig. 3) is due to photosynthetic use of HCO_3^- . The high ratio of photosynthetic O_2 evolution to CO_2 uptake (Table 1) provides a substantive evidence for active HCO_3^- uptake. Comparing the rate of photosynthetic O_2 evolution with the rate of CO_2 supply arising from non-catalyzed dehydration of HCO_3^- , Cook *et al.* (1986) demonstrated the HCO_3^- uptake in 15 species of red algae and 2 species of brown algae which were proved not having extracellular carbonic anhydrase (CA). The rate of photosynthetic O_2 evolution in *Porphyra occidentalis* was reported to exceed 15.9-fold the CO_2 supply rate (Cook *et al.* 1986). In the present study, the rate of photosynthetic O_2 evolution exceeded about 13-fold the rate of CO_2 uptake in *P. yezoensis*, which probably does not possess extracellular CA. In the dark, on the other hand, the rate of O_2 uptake was about 30 times higher than the rate of CO_2 release (Table 1). This shows that CO_2 arising from mitochondrial respiration could be hydrated with the catalysis of intracellular CA to form HCO_3^- , supplementing the intracellular pool of inorganic carbon which had been depleted in the light, so that only a small amount of CO_2 was released into the medium (Table 1).

In the culture of *Porphyra yezoensis* aerated with air and air +1250 ppm CO_2 , constant levels of pH and DIC in the middle of light period (Fig. 3) indicate the balance between the photosynthetic carbon fixation and dissolution of CO_2 from air into the culture medium. DIC level was reduced at about 1.5 mM in the middle of the light period even in the CO_2 -enriched culture, where the photosynthesis of the alga must have been carbon-limited and photorespiration could be still active. However, since O_2 concentration in the culture medium should be constant because of the continuous aeration, the ratio of CO_2 to O_2 must be raised in the culture medium with addition of CO_2 and consequently at the active site of Rubisco, therefore the active photorespiration could be suppressed. The K_m (CO_2) of Rubisco from marine macroalgae is

reported to be in a 30–60 μM range (Kerby and Raven 1985), which is much higher than the concentration of free CO_2 in seawater (about 14 μM at 15°C, pH 8.2). When *P. yezoensis* is cultured using aeration with high CO_2 , increased partial pressure of CO_2 serves to saturate Rubisco-catalyzed carboxylation. Consequently, the enhanced growth of *P. yezoensis* in high CO_2 as reported previously (Gao *et al.* 1991) could be due to suppression of photorespiration and acceleration of carboxylation, which result in enhanced photosynthetic efficiency.

The proportion of algal biomass to water volume in the culture (Fig. 3) was 2.5 kg m^{-3} . Growth of the alga was shown to be enhanced in air +650 and +1250 CO_2 cultures with the proportion of biomass to water volume being less than 0.5 kg m^{-3} (Gao *et al.* 1991). It is suggested that growth of the alga in cultivation site might be CO_2 -limited when seawater exchange is slow between the inside and the outside of the algal population. Since increase in seawater current speed increases the photosynthesis of *P. yezoensis* (Gao *et al.* 1992), fast seawater flow through the algal population can be expected to lessen photorespiration and give rise to less CO_2 -limited growth by taking away photosynthesis-evolved O_2 and resupplying ' CO_2 '.

Acknowledgements

We thank Prof. A. Miura, Tokyo University of Fisheries, for his kindness in providing the free-living conchocelis of *P. yezoensis*.

References

- Beardall, J. 1989. Photosynthesis and photorespiration in marine phytoplankton. *Aquat. Bot.* **34**: 105–130.
- Cook, C. M., Lanaras, T. and Colman, B. 1986. Evidence for bicarbonate transport in species of red and brown macrophytic marine algae. *J. Exp. Bot.* **37**: 977–984.
- Gao, K., Aruga, Y., Asada, K., Ishihara, T., Akano, T. and Kiyohara, M. 1991. Enhanced growth of the red alga *Porphyra yezoensis* Ueda in high CO_2 concentrations. *J. Appl. Phycol.* **3**: 355–362.
- Gao, K., Aruga, Y., Asada, K., Ishihara, T., Akano, T. and Kiyohara, M. 1992. Enhancement of photosyn-

- thetic CO₂ fixation of the red alga *Porphyra yezoensis* Ueda in flowing seawater. Jpn. J. Phycol. **40**: 397-400.
- Kerby, N. W. and Raven, J. A. 1985. Transport and fixation of inorganic carbon by marine algae. Adv. Bot. Res. **11**: 71-123.
- Radmer, R. and Ollinger, O. 1980. Measurement of the oxygen cycle: the mass spectrometric analysis of gases dissolved in a liquid. Methods in Enzymology **69**: 547-560.

高 坤山*・有賀祐勝**・浅田浩二***・石原利章****・赤野 徹****・清原正高****：
紅藻スサビノリの光呼吸と CO₂ 固定

高 CO₂ によるスサビノリの生長促進を解明するためにその光合成時のガス交換を調べた。スサビノリの照射下での酸素 (¹⁸O₂) の取り込みは光強度の増加とともに直線的に増加し、250 μmol photons m⁻² s⁻¹ において酸素発生の約40%に達することを明らかにした。光合成時に CO₂ の取り込み速度が酸素発生速度より著しく下回ったことはスサビノリの HCO₃⁻ を取り込むことを裏付ける。一方、通気培養の場合、明期には pH の上昇に伴い溶存無機炭素(DIC)濃度が低下し、暗期には pH の低下に伴い DIC 濃度が増加することが分かった。これは明期には光合成による CO₂ 固定が空気から培養液への CO₂ の溶け込みを上回るため培養液中の HCO₃⁻ が利用され、暗期には通気による CO₂ のとけ込みだけが進んだ結果である。また、CO₂ の添加 (空気 +1250 ppm) によって培養液中の無機炭素濃度が高められたことが確認された。スサビノリの通気培養では、CO₂ の添加によって高まった培養液での CO₂/O₂ が細胞内の CO₂/O₂ を高めて Rubisco の oxygenase としての活性を抑えることによってその光呼吸が抑えられるものと推測された。(*530 大阪市北区中崎西2-3-39 関西総合環境センター (present address: Hawaii Natural Energy Institute, 2540 Dole Street, Holmes 246, Honolulu, HI 96822, U.S.A.), **108 東京都港区港南4-5-7 東京水産大学, ***611 京都府宇治市 京都大学食糧科学研究所, ****661 兵庫県尼崎市若王子3-11-20 関西電力総合技術研究所)

Branchioglossum spiniferum sp. nov. (Delesseriaceae, Rhodophyta)
from north Kyushu, Japan

Tadao Yoshida* and Hideo Mikami**

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

**Sapporo University, Nishioka 3-7-3-1, Sapporo, Hokkaido, 062 Japan

Yoshida, T. and Mikami, H. 1992. *Branchioglossum spiniferum* sp. nov. (Delesseriaceae, Rhodophyta) from north Kyushu, Japan. Jpn. J. Phycol. 40: 379–384.

Branchioglossum spiniferum sp. nov. (Delesseriaceae, Rhodophyta) was described based on the materials collected from Moji, Kita-Kyushu City, Fukuoka Pref., Japan. Its distinctive characteristics include a richly branched narrow thallus with short serrulation on the margin at the lower part, and not all cells of second-order cell rows bearing third-order rows.

Key Index Words: Branchioglossum spiniferum—Delesseriaceae—Morphology—Rhodophyta—Taxonomy.

The genus *Branchioglossum* was defined by Kylin (1924) with *B. woodii* (J. Agardh) Kylin as the type species. Among the genera of *Hypoglossum*-group, *Branchioglossum* is distinguished by its monostromatic blades that branch from the margin. Two species of *Branchioglossum* were reported from Japanese coasts: *B. ciliatum* Okamura and *B. nanum* Inagaki. The morphology of *B. nanum* was described by Mikami (1973). Characteristic features of *B. ciliatum* will be treated in a paper by Mikami (1992). Recently the materials from north Kyushu, which clearly belong to the genus *Branchioglossum*, was provided to us. Careful examination revealed that they represent a new species described below.

Materials and Methods

Mature individuals growing on rocks of 2–3 m deep were collected by H. Yoshida, Marine Biological Research Institute of Japan Ltd, at Moji, Kita-Kyushu City, Fukuoka Prefecture in March, 1989. Material was preserved in 10% formalin sea water. For microscopic observation, small pieces of the thallus were mounted in glycerine on a glass

slide after being stained with 1% aqueous aniline blue. Sections were made by hand with a razor blade. Additional material deposited in the herbarium of the Faculty of Science, Hokkaido University (SAP) was also examined. Voucher specimens are housed in SAP.

Observations

Branchioglossum spiniferum Yoshida et Mikami, sp. nov. (Fig. 1–17)

Japanese name: Toge-murasaki (nov.).

Description: Plantae anguste taeniatæ, usque ad 10 cm longæ atque 600 µm latæ, rami e margine laminae parentis typice exorientes, margine serrulatis in parte inferioribus; laminae monostromaticæ, linea media excepta; non omni cellula ordinum cellularum secundariorum ordines cellularum tertiarum efficiente; procarpi secundum costam procreati; cystocarpia solitaria; plantae masculinae ignotæ; sori tetrasporangiales lineares, symmetrica circum costam.

Plant narrow, ribbon-like, circa 600 µm wide, up to 10 cm high, richly alternately branched from the margin (Fig. 1); short serrulation on the margin in the lower part of the

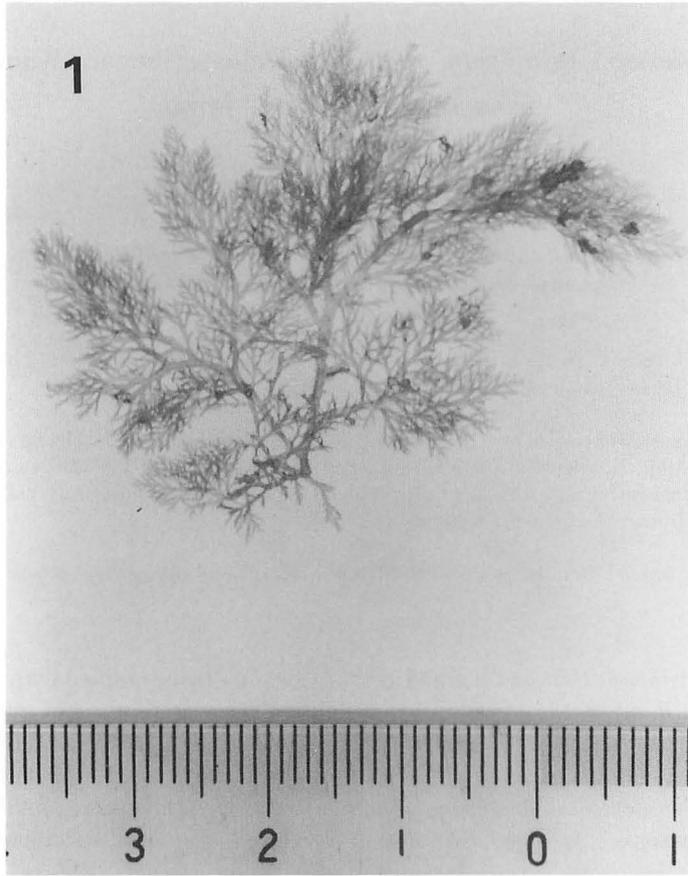


Fig. 1. *Branchioglossum spiniferum* Yoshida et Mikami, sp. nov. Holotype, SAP 053651, Moji, Kita-Kyushu City, Fukuoka Pref.

thallus; not all cells of second-order cell rows bear third-order rows; blades monostromatic except midrib region; procarp formed on the midrib; cystocarps few in number, usually near branching, the cystocarp diameter nearly the same as the width of the blade; male plant not known; tetrasporangial sori linear in shape, disposed symmetrically along the midrib.

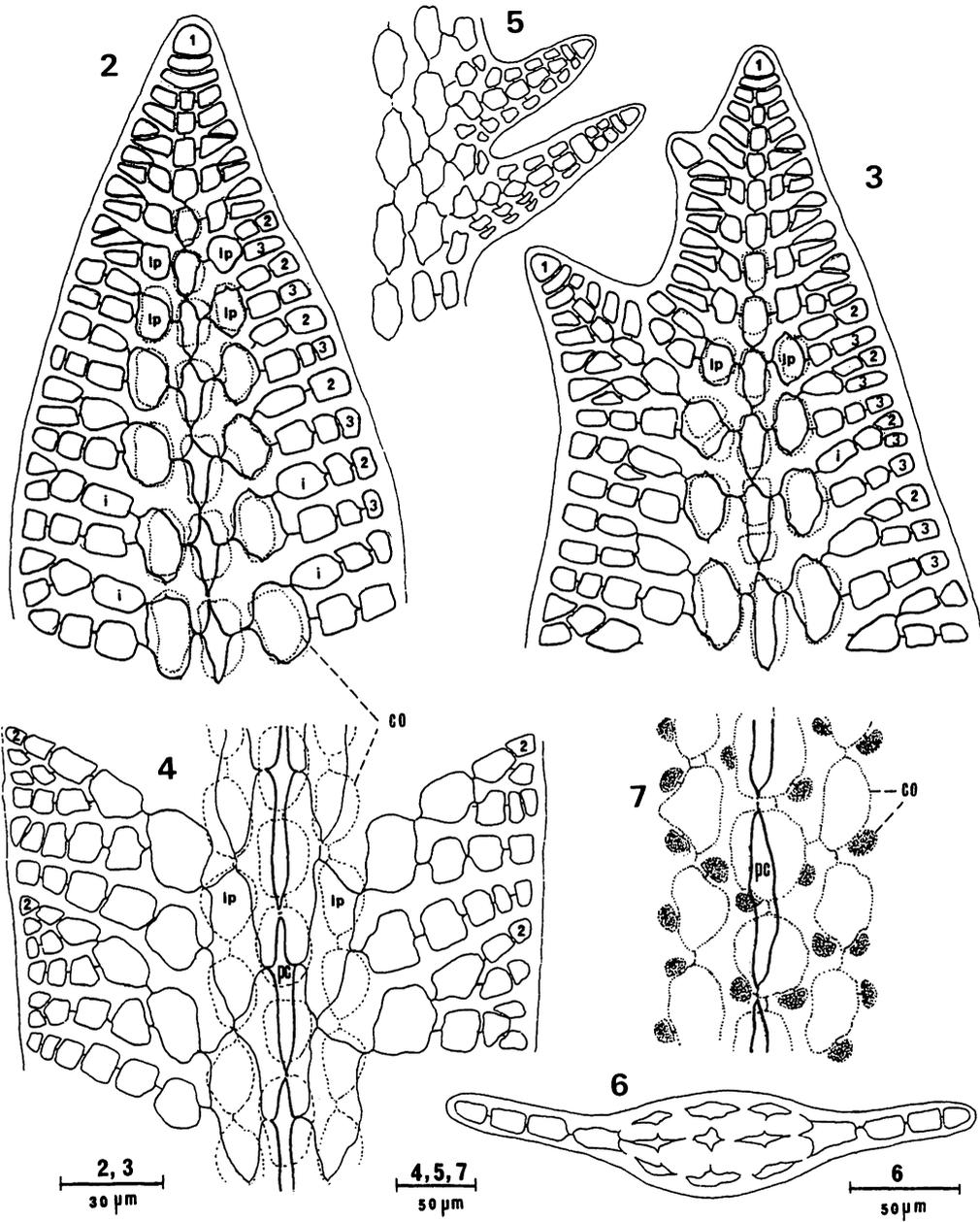
Holotypus: Tetrasporic. Moji, Kita-Kyushu City, North Kyushu, Japan. 33°56'N, 130°57'E. March 20, 1989. Leg. H. Yoshida. SAP 053651 (Fig. 1). Isotypi in TNS, UC, MICH. Additional specimen examined: Dairen, China. March 16, 1935. Leg. M. Noda. SAP 053652.

Plants from Moji (Fig. 1) are 3-4 cm high, possessing narrow fronds arising from a small

basal disc, compressed at the lower part, and flattened at the upper part, ribbon-like, frequently alternately branched from the margin in one plane. Branches 0.3-0.6 mm wide, with midrib, terminating into acute apices. The plants grew on rocks about 2-3 m deep. A specimen from Dairen, China attains 10 cm high.

Blades are monostromatic except the region of midrib which shows 3 layers of cells (Fig. 4, 6). In the lower part of the thallus, cortical cells cut off smaller cells (Fig. 7). Branches originate from the terminal cells of the second-order cell rows. No lateral veins are observed in the alae. Margins of the blades are provided with short serrulation in the middle and lower portion of the thallus.

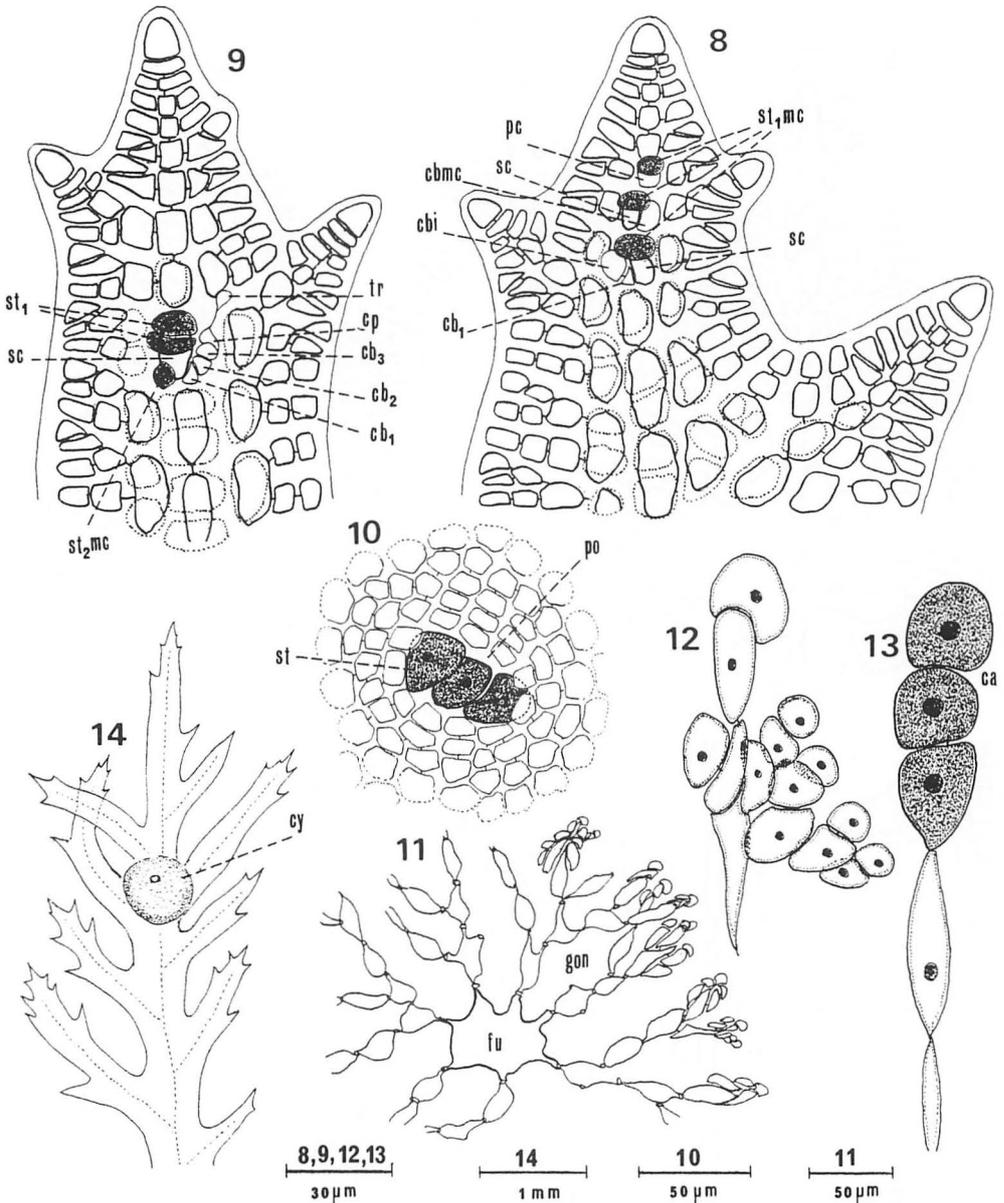
Growth of the thallus takes place by the



Figs. 2-7. *Branchioglossum spiniferum* Yoshida et Mikami. 2-4. Blade apex showing apical segmentation. 1, apical cell of first-order cell row; 2, initial of second-order cell row; 3, initial of tertiary row; 4, initial of fourth row; co, cortical cell; i, intercalary cell; lp, lateral pericentral cell; pc, primary cell. 5. Marginal serrulation (cortical cells not shown). 6. Cross section of frond. 7. Division of cortical cells.

activity of a transversely dividing apical cell, which gives rise to a first-order cell row (Fig. 2). No intercalary cell division is observed in the first-order cell row. Initials of second-order cell rows reach thallus margin; inter-

calary cell divisions occur rarely in the secondary cell rows (Fig. 2, 3). Accordingly, not all cells of the secondary cell rows give rise to third-order cell rows. Almost all initials of the third-order cell rows attain the margin,

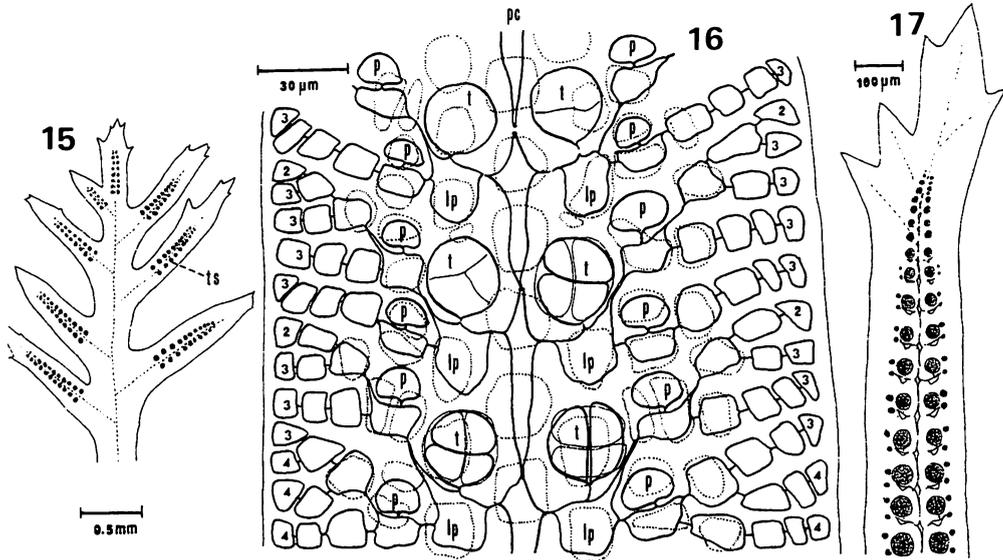


Figs. 8–14. *Branchioglossum spiniferum* Yoshida et Mikami. 8–9. Development of procarp. cbi, initial cell of carpogonial branch; cb_{1–3}, first, second and third cells of carpogonial branch; cbmc, mother cell of carpogonial branch; cp, carpogonium; pc, pericentral cell; sc, supporting cell; st₁, first group of sterile cell; st₁mc, st₂mc, mother cells of first and second groups of sterile cells; tr, trichogyne. 10. Surface view of young cystocarp. po, ostiole; st, sterile cell. 11. Fusion cell (fu) and gonimoblast (gon). 12. Young gonimoblast. 13. Mature carposporaniga (ca). 14. Blade with cystocarp (cy).

but just below the branching, some initials of the third-order cell rows do not reach the margin (Fig. 3). Branching is initiated by the activity of certain initials of second order cell rows. Spinal processes are formed from the

margin originating from marginal cells in the middle to lower parts of the thallus giving the serrulate appearance (Fig. 5).

A few procarps are formed acropetally in the midrib of distal part of branches (Fig. 8).



Figs. 15-17. *Branchioglossum spiniferum* Yoshida et Mikami. 15. Blade with tetrasporangial sorus (ts). 16. Tetrasporangial development. lp, lateral pericentral cell; p, tetrasporangial primordia; pc, primary cell; t, tetrasporangium. 17. Diagrammatic arrangement of tetrasporangia.

They are composed of a 4-celled carpogonial branch and two groups of sterile cells (Fig. 9). Cystocarps develop at the branching of the thallus, occupying nearly the width of the branch (Fig. 14). Filamentous tissue is formed from inner cells of the pericarp. A fusion cell develops and gives rise to gonimoblast filaments with 3-4 elongated segments (Fig. 11) that bear carposporangia in chains (Fig. 12, 13). Male plants were not collected.

Tetrasporangial sori occupy symmetrical positions along the midrib of the distal part of the branch (Fig. 15, 17). Tetrasporangia are arranged in one layer in the tissue. Primordia of tetrasporangia arise from the primary cells of second order cell rows including lateral pericentral cells and third order cells, and not from the cortical cells (Fig. 16). Mature tetrasporangia often divide cruciately, sometimes tetrahedrally, measuring 70-80 µm in diameter.

Discussion

This species can be clearly distinguished from all other species described in the genus

by its narrow ribbon like thallus monopodially branching up to fourth order, and its minute denticulation on the margins at the lower parts of a thallus.

In the genus *Branchioglossum*, *B. pseudoprostratum* Ballantine et Wynne (1987) and *B. crispatum* (Harvey) Kylin (1924) were reported to share a characteristic feature in that not all cells of a second-order cell row bear third-order cell rows, which was first recognized in the closely related genus *Hypoglossum* by Womersley and Shepley (1982). *B. spiniferum* is the third species with this feature.

Branchioglossum spiniferum superficially resembles *Tsengiella spinulosa* Zhang et Xia (1987) from the Chinese coast in size and habit, and in having spinous processes on the margin, but *Tsengiella* has a polystromatic blade.

Acknowledgment

We would like express our sincere thanks to Mr. Hiroyuki Yoshida, Marine Biological Research Institute of Japan, Co. Ltd. for providing us the materials used here. Heart-

ful thanks are also due to Professor I.A. Abbott, University of Hawaii, for her kindness to giving us suggestions on the manuscript.

References

- Ballantine, D. L. and Wynne, M. J. 1987. Notes on the marine algae of Puerto Rico. III. *Branchioglossum pseudoprostratum* new species and *B. prostratum* Schneider. Bull. Mar. Sci. 40: 240-245.
- Kylin, H. 1924. Studien über die Delesseriaceen. Lunds Univ. Arsskr. N.F. Avd. 2. 20(6): 1-111.
- Mikami, H. 1973. On the procarp and the male plant in *Branchioglossum nanum* Inagaki. Bull. Jap. Soc. Phycol. 21: 24-28.
- Mikami, H. 1992. *Yoshidaphycus* gen. nov., based on *Branchioglossum ciliatum* Okamura (Delesseriaceae, Rhodophyta). Jpn. J. Phycol. 40: 385-391
- Womersley, H. B. S. and Shepley, E. A. 1982. Southern Australian species of *Hypoglossum* (Delesseriaceae, Rhodophyta). Aust. J. Bot. 30: 321-346.
- Zhang Junfu and Xia Bangmei. 1987. *Tsengiella*, a new genus of Delesseriaceae (Rhodophyta) from China, Chin. J. Oceanol. Limnol. 5: 124-133.

吉田忠生*・三上日出夫**：紅藻コノハノリ科の1新種トゲムラサキ *Branchioglossum spiniferum* について

北九州市門司で採集された標本に基づき、トゲムラサキ（新称）*Branchioglossum spiniferum* を記載した。この種は細いリボン状の体で、単基的に数回分枝し、体下部の縁辺に小鋸歯を持っている。北海道大学理学部所蔵の標本からこの種は中国大連でも採集されていたことが分かった。（*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 札幌市西岡3-7-3-1 札幌大学）

Yoshidaphycus gen. nov., based on *Branchioglossum ciliatum* Okamura (Delesseriaceae, Rhodophyta)

Hideo Mikami

Sapporo University, Nishioka 3-7-3-1, Sapporo, Hokkaido, 062 Japan

Mikami, H. 1992. *Yoshidaphycus* gen. nov., based on *Branchioglossum ciliatum* Okamura (Delesseriaceae, Rhodophyta). Jpn. J. Phycol. 40: 385–391.

The new genus *Yoshidaphycus* is described based on observations of *Branchioglossum ciliatum* Okamura, using recently collected materials from the Seto Inland Sea. This new genus in the *Hypoglossum* group of the Delesseriaceae is characterized by several modes of branching. The most common mode of branching gives the false impression of arising from the blade margin, but in reality these branches have an endogenous origin, arising from an axial cell, growing outward within the parent blade, and finally exiting at the margin of the parent blade. Less frequent modes of branching are the more ordinary marginal branching, in which apical cells of second-order rows are transformed into primary apical cells, as well as the adventitious origin of a branch from any marginal cell. Other characteristics that distinguish this new genus are the reproductive structures restricted to the special proliferating branchlets arising from the blade margin, and the production of terminal carposporangia.

Key Index Words: *Branchioglossum ciliatum*—*Delesseriaceae*—*Hypoglossum* group—*Morphology*—*Taxonomy*—*Yoshidaphycus ciliatus*.

Branchioglossum ciliatum was described by Okamura (1931) based on a few tetrasporic specimens from the Seto Inland Sea ['Iyo', Ehime Pref.] and the west coast of Kyushu [Nagasaki Pref.], Japan. Since then, this alga was rarely encountered, and morphological details were unknown except for the original description given by Okamura (1931). Recent collections from several localities of the Seto Inland Sea near the type locality provided an opportunity to examine its morphology in detail. The results obtained led me to establish a new genus because of the unique combination of vegetative and reproductive characteristics.

Materials and Methods

Collections were made by SCUBA diving at several localities in the Seto Inland Sea, Japan, during the course of a marine flora survey undertaken by the members of Kobe University and Hokkaido University. Materials were preserved in 5% formalin sea-

water. Pieces of a thallus were mounted in glycerin on glass slides after being stained with 1% aniline blue. Sections were made by hand using a razor blade. Voucher specimens were deposited in the herbarium of the Faculty of Science, Hokkaido University (SAP).

Observations

Gross morphology: The thallus (Fig. 1, 2) is ribbon-like, thin and membranaceous, up to 22 cm high and 10–15 mm wide, 2–3 times alternately branched from the margin. Several shoots originate from a small discoid holdfast, with a very short stem abruptly expanded into the main blade. Additional attaching discs are produced from the blade margin in the lower part of the thallus (Fig. 8). Uniseriate rhizoidal filaments are issued from the blade (Fig. 5). The midrib is inconspicuous. Blades are monostromatic except the midrib, which become polystromatic after the production of cortical cells (Fig. 6, 7). At

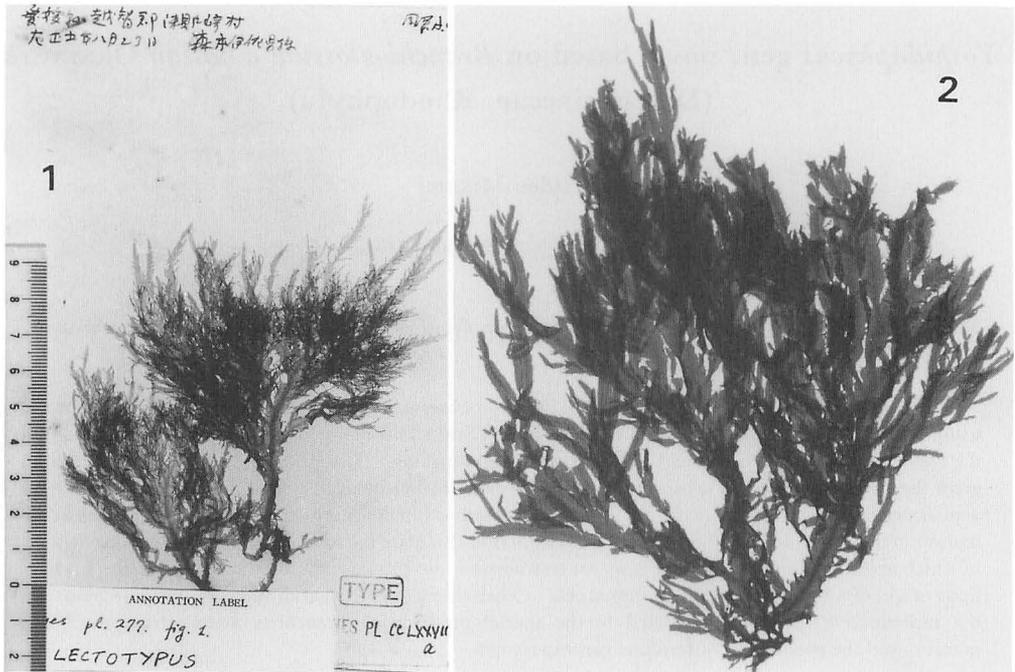


Fig. 1. Lectotype of *Branchioglossum ciliatum* Okamura. Setozaki-mura, Ehime Prefecture, Aug. 23, 1916. Leg. I. Morimoto. SAP herb. Okamura.

Fig. 2. A specimen from Obashima Isl., Ehime Pref., leg. S. Enomoto, Oct. 10, 1990, SAP 056669. Scale same as in Fig. 1.

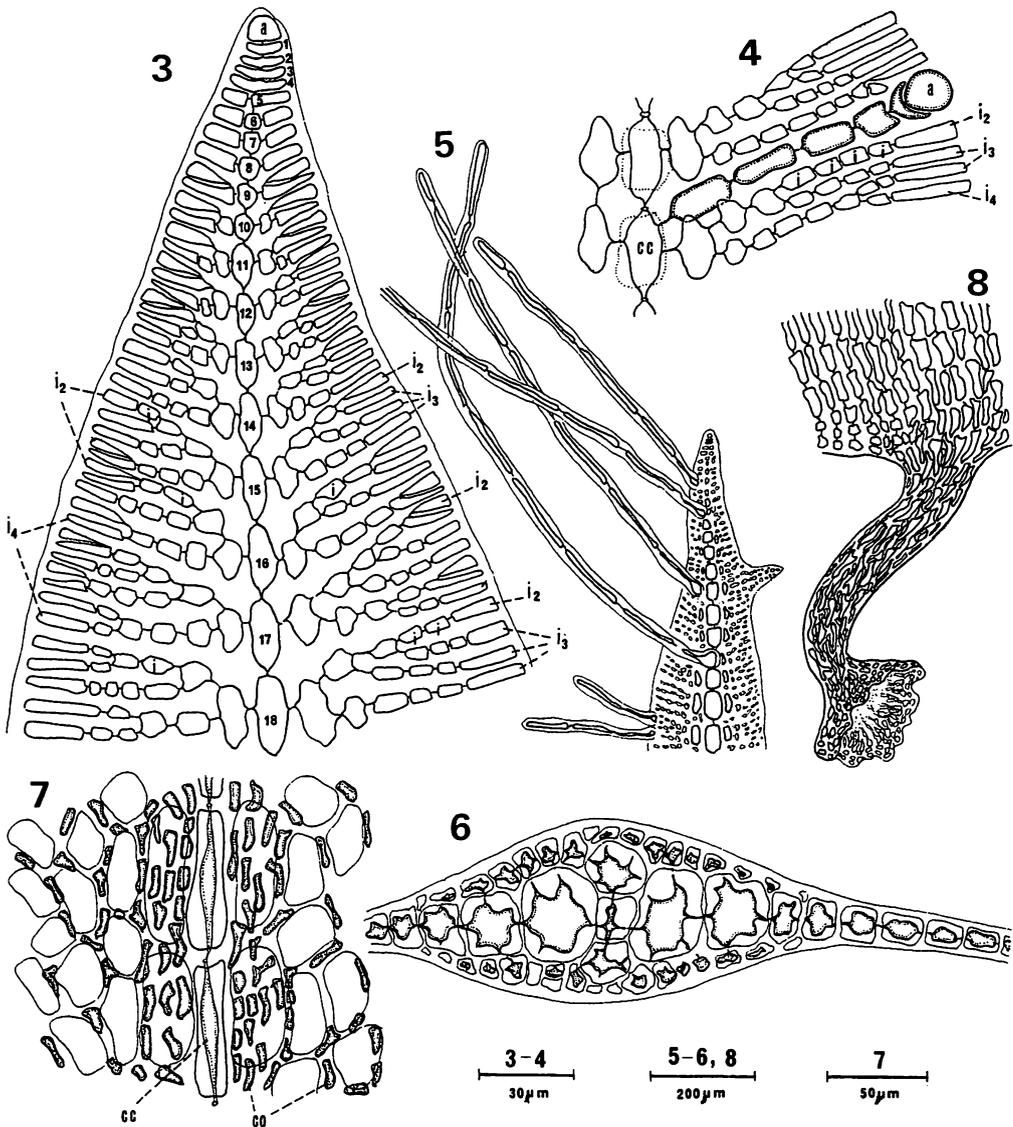
maturity, many small filamentous branchlets are issued from the margin. Reproductive structures are formed on these filamentous branches.

Apical organization: Growth of the blade is initiated by a transversely dividing apical cell, which produces cells of the first-order cell row (Fig. 3). No intercalary cell division occurs in the first-order cell row. Apical cells of second- and third-order cell rows reach the blade margin. Several cells of the second-order cell rows do not give rise to the third-order cell rows because an intercalary cell division sometimes occurs in the second-order cell rows (Fig. 3, 14). In fully grown parts, fourth-order cell rows are often produced (Fig. 14).

Branching mode: There are three modes of branching of the blade. The most common mode is endogenous branching from the cells of the first-order cell row. The initial of a branch is cut off from an axial cell distally from the lateral pericentral cells and extends

in the blade along the second-order cell row. The cells in this cell row produce pericentral cells while they are extending in the blade (Fig. 14). After reaching the margin the terminal cell emerges and becomes an apical cell of the branch of next order (Fig. 4, 14). These endogenous branches at times become free before they reach the blade margin. New branches can be formed from the transformation of apical cells of the second-order cell row, as in the species of the genus *Branchioglossum* (Fig. 15). Another mode is that any marginal cell can adventitiously be transformed into an apical cell of a new blade (Fig. 13).

Female reproductive organization: Procarps are produced acropetally on the first-order cell row of special small lanceolate blades on the margin. The origin of special bladelets is both endogenous and exogenous. A procarp consists of a supporting cell, a 4-celled carpogonial branch and 2 groups of sterile cells (Fig. 9). Only one procarp on a



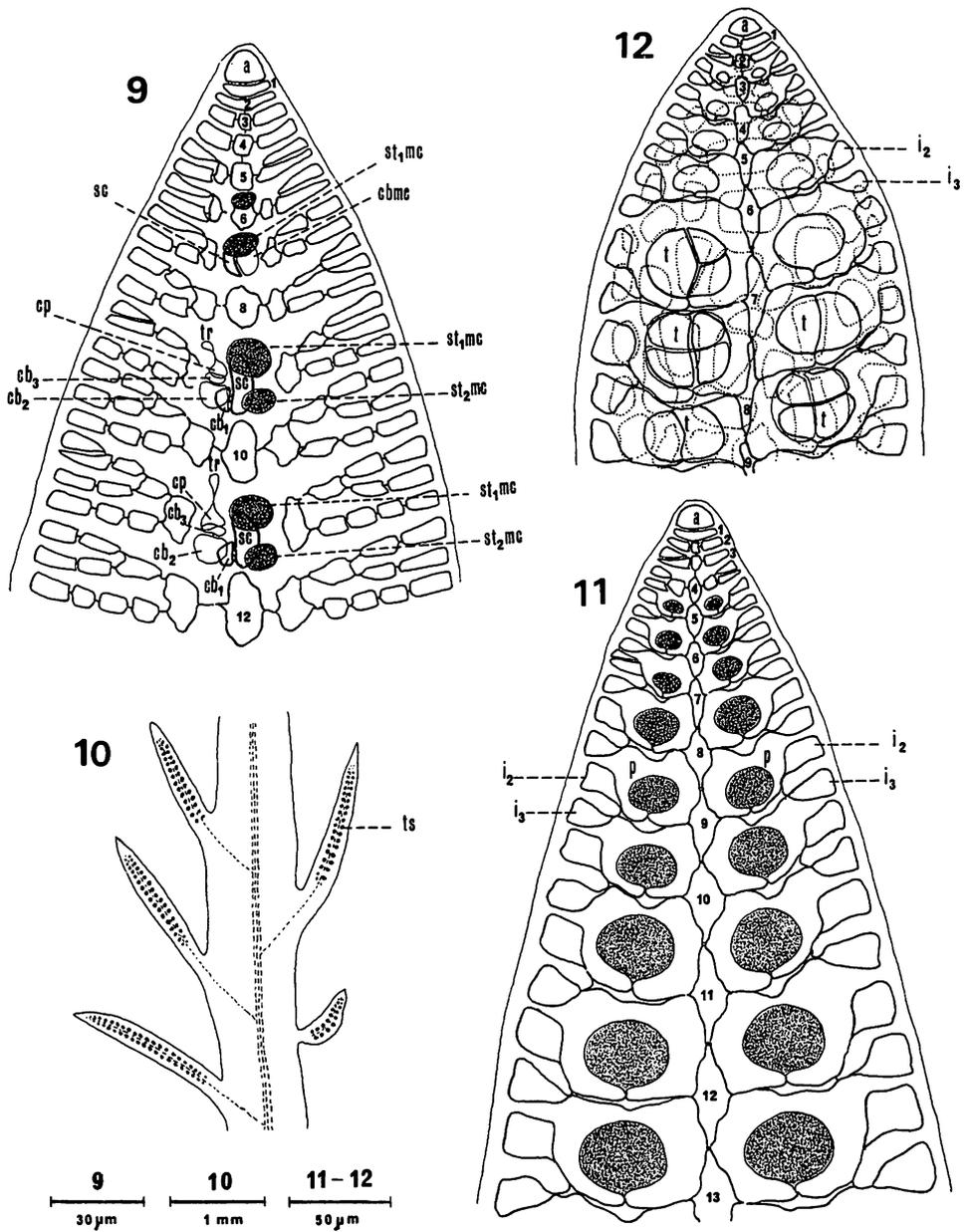
Figs. 3–8. *Yoshidaphycus ciliatus* (Okamura) Mikami. 3. Apical organization. 4. Endogenous origin of branch. 5. Rhizoidal filaments from the blade. 6. Cross section of the thallus showing monostromatic alae and midrib region with cortical cells. 7. Surface view of midrib area. 8. Secondary attaching disc from the margin of the blade. a: apical cell; cc: central cell; co: cortical cell; 1–18: cells in the first-order cell row; i_1 , i_2 , i_3 , i_4 : initials of second-, third- and fourth-order cell rows.

blade gives rise to a cystocarp, which is pot-shaped with an ostiole (Fig. 16, 17). A pericarp is lined with several rhizoidal cells (Fig. 17). Carposporangia are terminal on the gonimoblast, elliptical to long elliptical in shape, measuring $28\text{--}42 \times 110\text{--}145 \mu\text{m}$ (Fig. 18).

Spermatangia: Spermatangial sori cover

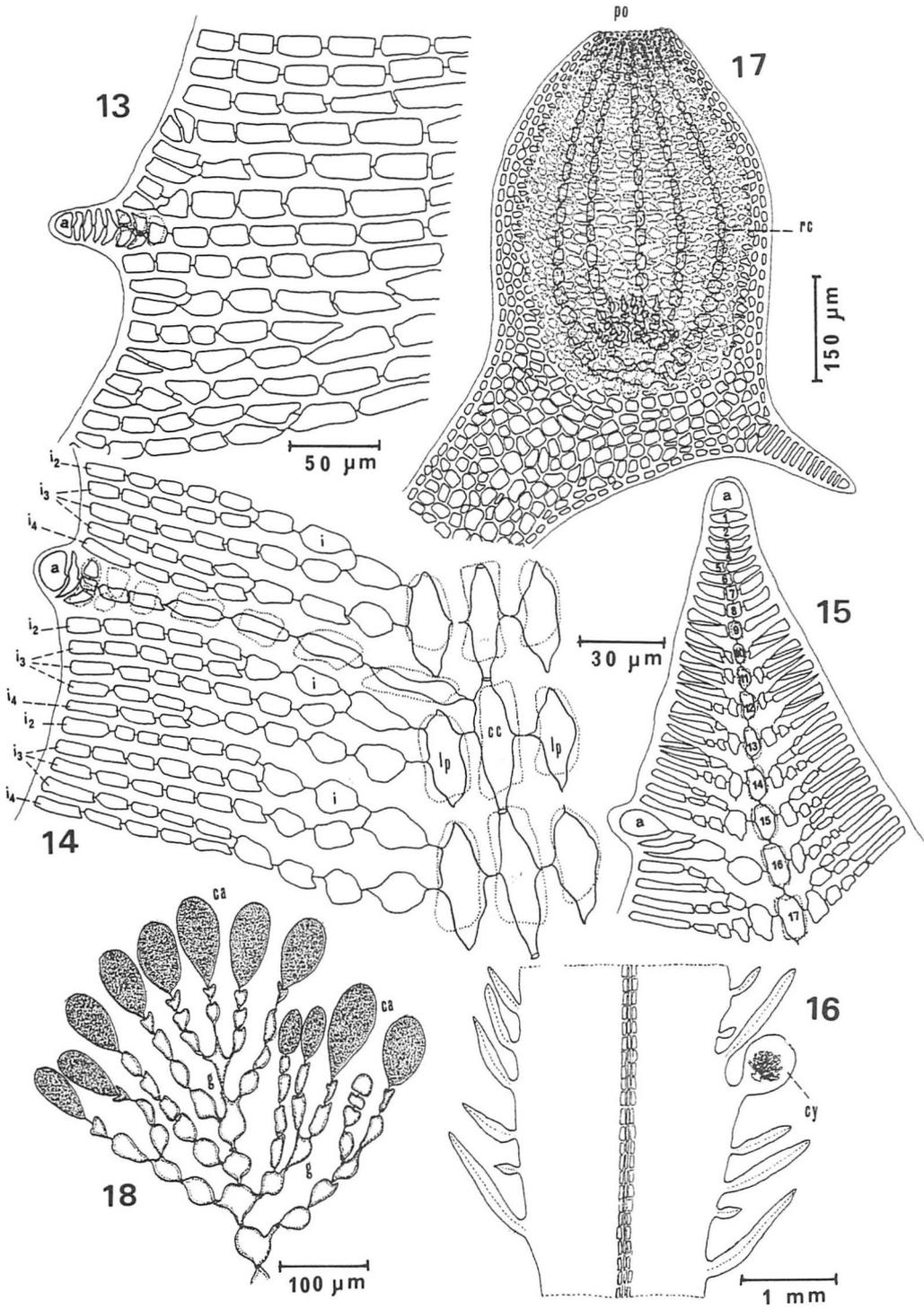
the surface of broad lanceolate marginal branchlets except the midrib and marginal area (Fig. 19).

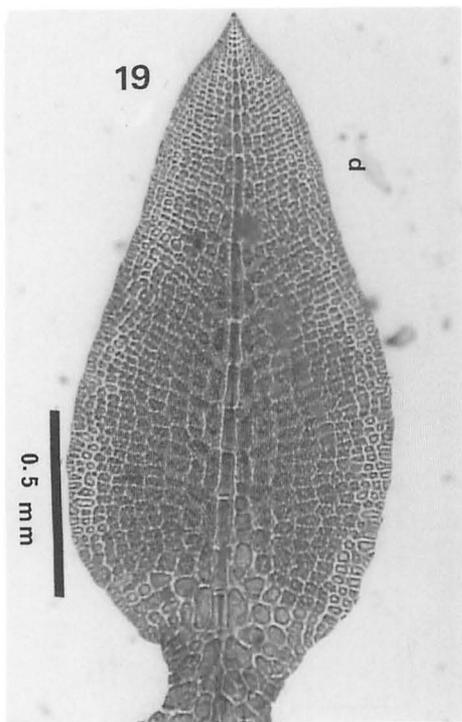
Tetrasporangia: Tetrasporangia are produced on small special linear branchlets, which may be endogenous or exogenous in origin, issued from the margin (Fig. 10–12). Tetrasporangial primordia are cut off from lateral



Figs. 9-12. *Yoshidaphycus ciliatus* (Okamura) Mikami. 9. Formation of procarps. 10. Tetrasporangia in fertile branchlets. 11. Arrangement of tetrasporangial primordia. 12. Tetrasporangia tetrahedrally or cruciately divided. a: apical cell; cb_{1-3} : cells in carposporangial branch; cbmc: carposporangial branch mother cell; cp: carposporangium; i_2, i_3 : initials of second and third-order cell rows; sc: supporting cell; st_1mc : mother cell of first group of sterile cells; st_2mc : mother cell of second group of sterile cells; ts: tetrasporangium.

Figs. 13-18. *Yoshidaphycus ciliatus* (Okamura) Mikami. 13. Adventitious origin of branch from blade margin. 14. Endogenous branching. 15. Branching from the transformation of second-order cell row. 16. Cystocarp on a fertile branchlet. 17. Young cystocarp with pericarp lined by rhizoidal cells. 18. Gonimoblast filaments with terminal carposporangia. a: apical cell; ca: carposporangium; cc: central cell; cy: cystocarp; i: cell produced by intercalary division; i_1, i_2, i_3, i_4 : initials of second-, third- and fourth-order cell rows; lp: lateral pericentral cell; po: ostiole; rc: rhizoidal cell.





Figs. 19. A branchlet with spermatangial sori.

pericentral cells and arranged symmetrically in two rows along the midrib (Fig. 11). Mature tetrasporangia are 40–52 μm in diameter and divide tetrahedrally or cruciately (Fig. 12).

Discussion

This species is attributable to the *Hypoglossum* group of the Delesseriaceae, by the position of procarps on the first-order cell row and its apical organization, in which intercalary divisions do not occur in the first-order cell rows and all initials of second- and third-order cell rows reach the blade margin (Kylin 1924, Mikami 1973, Wynne 1989). The observations described above show that this species has a special combination of characteristics. An endogenous branching usually emerges from the blade margin. This mode of endogenous branching is somewhat similar to that reported in *Hypoglossum anomalum* Wynne & Ballantine (1986), where a pair of endogenous branches emerges from the blade

surface at a certain distance from the midrib and rarely close to the margin. Reproductive structures are restricted to the special linear or lanceolate branchlets issued from the blade margins. The origin of these branchlets is either endogenous or exogenous or adventitious. Carposporangia are terminal on the gonimoblast filaments. This character contrasts to the condition in the genus *Branchioglossum*, in which carposporangia are produced in chains (Mikami 1979, Yoshida & Mikami 1992). This combination of characteristics warrants the proposal of a new genus in the *Hypoglossum* group of the Delesseriaceae:

Yoshidaphycus gen. nov.

Frons plana compressa monostromatica, crescentia apicalis ut in genera *Branchioglossum* et *Hypoglossum*, venis transversalis et laterali-bus destituta. Ramification alternate, endogene et exogene, e margine enascentia. Structurae reproductivae ad proliferationes lineares limitatis. Procarpia cystocarpa ut in genero *Hypoglosso* delesseriaceae aedifica. Carposporangia terminales. Tetrasporangia e cellulis pericentrales laterales enascentia.

Frond flat ribbon-like, monostromatic except midrib, apical organization similar to genera *Branchioglossum* and *Hypoglossum* in that all apical cells of second- and third-order cell rows reach the margin. Lateral veins absent. Branching alternate, with different modes of origin: endogenously from axial cells with branch lying in plane of parent blade and exiting at blade margin, or exogenously from the transformation of apical cell of the second-order cell rows, or adventitiously from the margin. Reproductive structures confined to special branchlets linear or lanceolate in shape, arising from the blade margins. Procarps as in *Branchioglossum* and *Hypoglossum*, with a 4-celled carpogonial branch, two groups of sterile cells on a supporting cell. Carposporangia terminal on the gonimoblast filaments. Tetrasporangia cut off from the lateral pericentral cells.

Species typicus: *Yoshidaphycus ciliatus* (Okamura) Mikami, comb. nov.

Basionym: *Branchioglossum ciliatum* Okamura, *Icones of Japanese Algae* 6: 50. pl. 277, f. 1-10. 1931. Lectotype: Tetrasporic, Setozaki-mura, Ehime Pref., Leg. Isao Morimoto, Aug. 23, 1916, SAP herb. Okamura (Fig. 1).

Other specimens examined: Off Imabari, Ehime Pref., Leg. S. Yagi, no date, SAP herb. Okamura; Obashima Isl., Ehime Pref., Leg. S. Enomoto, Oct. 10, 1990, SAP 056667-9 (Fig. 2); Namikata, Ehime Pref., Leg. S. Enomoto, May 9, 1990, SAP 056665; Bingo-nada, Hiroshima Pref., Leg. H. Taki, May 11, 1936, SAP 056663; Mukaishima Isl., Hiroshima Pref., Leg. H. Taki, Mar. 22, 1935, SAP 056662; Ikata, Ehime Pref., Leg. S. Ninomiya, Aug. 1982, SAP 052320; Tomioka, Kumamoto Pref., Leg. T. Yoshida, SAP 045054, 050614; Nagasaki, no date, SAP herb. Okamura; Takeno, Hyogo Pref., Leg. S. Enomoto, SAP 056664; Wagu, Mie Pref., anon. Apr. 14, 1934, SAP herb. Okamura.

Etymology: The genus is named in honor of Dr. Tadao Yoshida, Faculty of Science, Hokkaido University.

Acknowledgments

I wish to express my sincere thanks to Dr. T. Yoshida, Hokkaido University, for his continuous cooperation in the study of Japanese

Delesseriaceae and for his encouragements and assistance in preparing the manuscript. I am particularly grateful to Dr. M. J. Wynne, the University of Michigan, for his valuable suggestions on the manuscript. Thanks are also due to Prof. S. Enomoto, Kobe University, for providing the opportunity to obtain the materials and to Mr. K. Kogame, Hokkaido University, for his kindness in taking photographs.

References

- Kylin, H. 1924. Studien über die Delesseriaceen. *Lunds Univ. Arsskr.* (N. F. Avd. 2) **20**(6): 1-111.
- Mikami, H. 1973. On the procarp and the male plant in *Branchioglossum nanum* Inagaki. *Bull. Jap. Soc. Phycol.* **21**: 24-28.
- Mikami, H. 1979. On *Erythroglossum bipinnatifidum* (Rhodophyceae, Delesseriaceae) from Chile. *Jpn. J. Phycol.* **27**: 35-38.
- Okamura, K. 1931. *Icones of Japanese Algae*. **6**: 49-62. pl. 276-280.
- Wynne, M. J. 1989. A reassessment of the *Hypoglossum* group (Delesseriaceae, Rhodophyta), with a critique of its genera. *Helgoländer Meeresunters.* **42**: 511-534.
- Wynne, M. J. and Ballantine, D. L. 1986. The genus *Hypoglossum* (Delesseriaceae, Rhodophyta) in the tropical western Atlantic, including *H. anomalum* sp. nov. *J. Phycol.* **22**: 185-193.
- Yoshida, T. and Mikami, H. 1992. *Branchioglossum spiniferum* sp. nov. (Delesseriaceae, Rhodophyta) from north Kyushu, Japan. *Jpn. J. Phycol.* **40**: 379-384.

三上日出夫：ヒゲムラサキ属 *Yoshidaphycus* (紅藻コノハノリ科) について

ヒゲムラサキ *Branchioglossum ciliatum* Okamura の観察に基づき新属 *Yoshidaphycus* を記載した。この新属はコノハノリ科の *Hypoglossum* 群のなかで分枝様式などで独特である。すなわち、ふつう分枝は葉片の縁辺から生ずるが、これは中軸細胞から分岐したものが第二位細胞列に沿って葉片のなかを伸長して縁辺に達して分枝となる内生的なものである。その他にも第二位細胞列の頂端細胞が変成する場合と、不特定の縁辺細胞から発達することもある。生殖器官が縁辺に生ずる特別な細い小枝にのみ形成されること、果孢子嚢が造胞糸に一個ずつ頂生することも、近縁の属と区別される特徴である。(062 札幌市豊平区西岡3条7丁目3-1 札幌大学)

Masahiro Notoya and Yusho Aruga: Tissue culture of *Undaria pinnatifida* (Harvey) Suringar (Laminariales, Phaeophyta)

Key Index Words: blade midrib—Laminariales—Phaeophyta—stipe—tissue culture—*Undaria pinnatifida*.

Masahiro Notoya and Yusho Aruga, Laboratory of Phycology, Tokyo University of Fisheries, Konan-4, Minato-ku, Tokyo, 108 Japan

There have been two reports of tissue culture in *Undaria pinnatifida* (Fang *et al.* 1983, Yan 1984), in which parts of blade and stipe were cultured in the medium containing a synthetic plant growth regulator, sodium naphthenate, and sporophytes were formed directly from the cultured tissues. We reported results of tissue cultures in three species of Laminariales, *Ecklonia stolonifera* (Notoya 1988), *Ecklonia cava* (Notoya and Aruga 1989) and *Eisenia bicyclis* (Notoya and Aruga 1990). In *Ecklonia cava* and *Eisenia bicyclis* bladelets were formed directly from cultured tissues in the medium without any synthetic plant growth regulators. In this paper we report the result of tissue culture from the meristematic zone of stipe of *U. pinnatifida*, in which male and female gametophyte-like filamentous thalli and bladelets were directly formed from the cultured tissues in the medium without any synthetic plant growth regulators.

A young sporophyte about 20 cm in blade length of *U. pinnatifida* was collected at Banda, Chiba Prefecture, on January 11, 1990. The surface of midrib, blade and stipe was cleaned with paper towels. Tissues for culture were excised from various parts of the sporophyte (Fig. 1). The sterilizing procedures of the explants were the same as described in a previous report (Notoya 1988).

Solid (1.5% bacto-agar, Difco Laboratories) and liquid (artificial seawater "Jamarin S", Jamarin Laboratory) culture media enriched with PESI (Tatewaki 1966) were used. The cultures on solid media in 60 × 10 mm Petri dishes were incubated at 15°C and 1000 lux. The cultures in liquid media in 40 ml culture flasks were incubated at

15°C and 12000 lux. The illumination was supplied by cool white fluorescent lamps under a photoperiod of 14 L : 10 D. The solid medium was not renewed until tissues were transferred into liquid medium, which was renewed at two-week intervals.

Tissues from various parts of the sporophyte (Fig. 1) were cultured for regeneration of cells on the solid medium for a month. The tissues were greenish brown on the solid medium within a day after sterilized, and thereafter they gradually changed to brown. Color of the tissues from blade (E and F) did not change to brown within a month on the solid medium and their cultures were taken

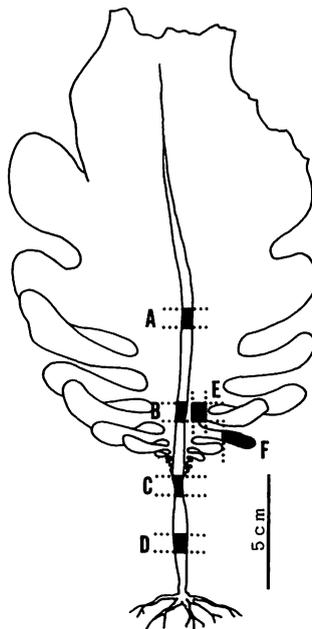


Fig. 1. A young sporophyte of *Undaria pinnatifida* (Harvey) Suringar showing the excised portions of thallus in this experiment. A and B, midrib; C and D, stipe; E and F, blade.

off. The tissues from midrib (A) and stipe (D) were contaminated with endophytic fungi and bacteria. Good outgrowth of regenerated cells was observed on the explants both from midrib (B) and stipe (C). In these explants regenerated cells grew out from cut portions (Fig. 2, A). These outgrown cells were round with callus-like structure and unlike the filamentous structure as observed in *Ecklonia stolonifera*, *Ecklonia cava* and *Eisenia*

bicyclis (Notoya 1988, Notoya and Aruga 1989, 1990).

After a month, the outgrown tissues were cut in small pieces and transferred into culture flasks with the liquid medium at 15°C and 12000 lux. After a month, the tissues produced narrow filamentous thalli, the cells of which had many chloroplasts and were brown (Fig. 2, B). When the tissues with filamentous thalli were maintained for

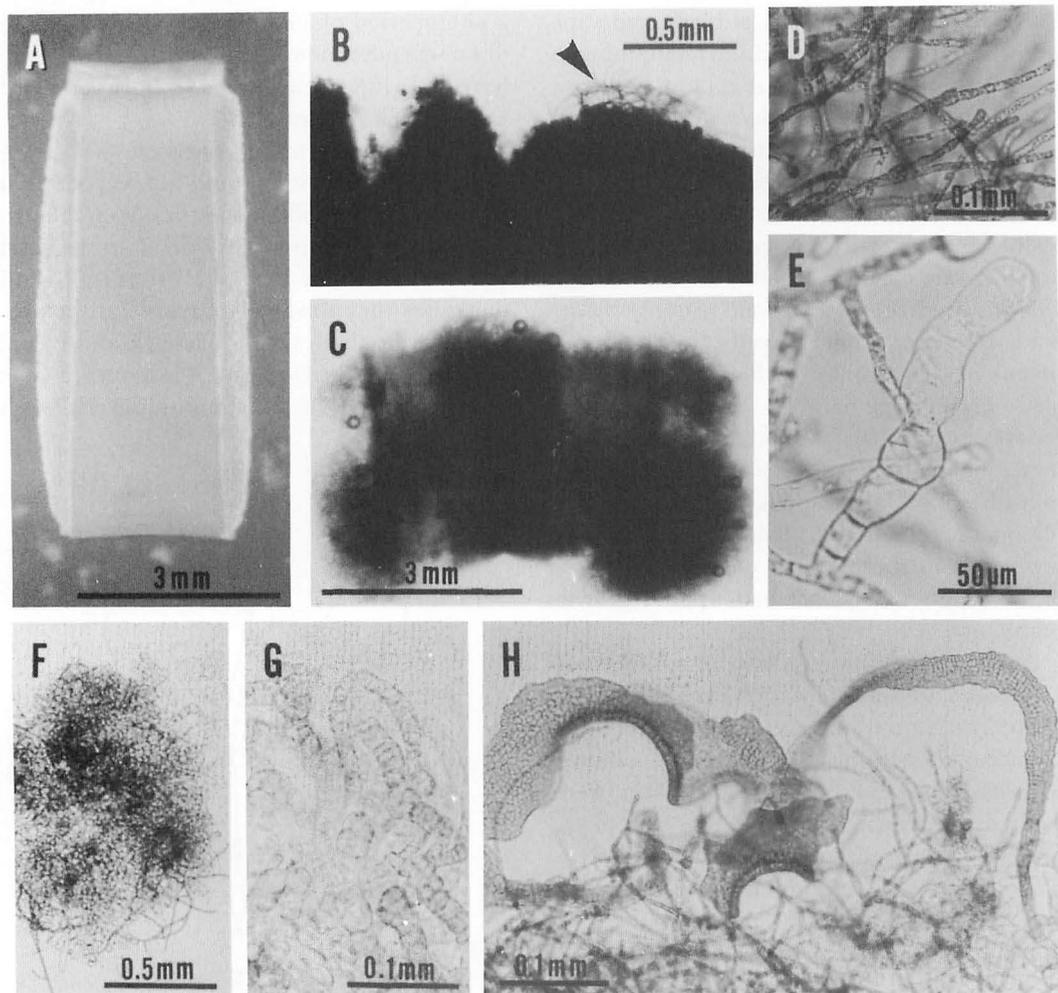


Fig. 2. Tissue culture from the stipe explant of *Undaria pinnatifida* (Harvey) Suringar. (A) Callus cells grown out at the cut end of the explant from stipe after a month on agar plate. (B) An enlarged part of initial filamentous thalli (arrowhead) developed from outgrown callus in the liquid medium after a month. (C) Further developed filamentous thalli clustered around the explant tissue two months after transferred in the liquid medium. (D) An enlarged part of male gametophyte-like filaments. (E) Female gametophyte-like filament developed from male gametophyte-like filament. (F) Mass of unpigmented callus developed from female gametophyte-like filaments one and half months after separated from the explant tissue. (G) Initial growth of bladelets. (H) Developed bladelets after four months in the liquid medium.

another month in the liquid medium under the same conditions, the filamentous thalli progressively grew and covered the whole tissue (Fig. 2, C). Color and shape of the filamentous thalli (Fig. 2, D) were very similar to those of the male gametophyte of *Undaria pinnatifida*. The clustered filamentous thalli were removed to the new liquid medium in a flask. After two weeks, a part of them attached to the bottom of flask. Subsequently, broad and unpigmented filaments were produced from the narrow filaments (Fig. 2, E). Although the shape of narrow pigmented or broad unpigmented filaments was similar respectively to the male or female gametophyte, they did not produce spermatangia or eggs. After a month, broad unpigmented filaments grew gradually into masses about 0.5–1 mm in diameter (Fig. 2, F). These masses were similar to the callus just before differentiation into bladelets of *Ecklonia cava* and *Eisenia bicyclis* (Notoya and Aruga 1989, 1990). After two weeks, blade-like tissues were observed outgrowing from the masses (Fig. 2, G). After longitudinal or transverse cell divisions occurred in two-week culture, the blade-like tissues became young plantlets like sporophytes (Fig. 2, H).

The two types of differentiation from callus have been reported in the tissue culture of Laminariales plants; the formation of sporophytes directly from callus (Fang *et al.* 1983, Yan 1984, Notoya and Aruga 1989, 1990) and the formation of aposporous male and

female gametophytes from which sporophytes were formed by fertilization (Fries 1980, Lee 1985). In the present tissue culture from stipe of *Undaria pinnatifida*, however, bladelets differentiated directly from the male and female gametophyte-like filamentous callus without fertilization. This is the third type of differentiation from callus.

References

- Fang, Z., Yan, Z. and Wang, Z. 1983. Some preliminary observations on tissue culture in *Laminaria japonica* and *Undaria pinnatifida*. *Kexue Tongbao* **28**: 247–249.
- Fries, L. 1980. Axenic tissue culture from the sporophytes of *Laminaria digitata* and *Laminaria hyperborea* (Phaeophyta). *J. Phycol.* **16**: 475–477.
- Lee, T. 1985. Aposporous gametophyte formation in stipe explants from *Laminaria saccharina* (Phaeophyta). *Bot. Mar.* **28**: 179–185.
- Notoya, M. 1988. Tissue culture from the explant of *Ecklonia stolonifera* Okamura (Phaeophyta, Laminariales). *Jpn. J. Phycol.* **36**: 175–177.
- Notoya, M. and Aruga, Y. 1989. Tissue culture from the explant of *Ecklonia cava* Kjellman (Laminariales, Phaeophyta). *Jpn. J. Phycol.* **37**: 302–304.
- Notoya, M. and Aruga, Y. 1990. Tissue culture from the explant of stipe of *Eisenia bicyclis* (Kjellman) Setchell (Laminariales, Phaeophyta). *Jpn. J. Phycol.* **38**: 387–390.
- Tatewaki, M. 1966. Formation of a crustaceous sporophyte with unilocular sporangia in *Scytosiphon lomentaria*. *Phycologia* **6**: 62–66.
- Yan, Z. 1984. Studies on tissue culture of *Laminaria japonica* and *Undaria pinnatifida*. *Proc. Int. Seaweed Symp.* **11**: 314–316.

能登谷正浩・有賀祐勝：褐藻ワカメの組織培養

ワカメ *Undaria pinnatifida* (Harvey) Suringar の茎状部、中肋、葉状部を用いて組織培養を行なった。寒天培地上で 15°C・1000 lux (14 L: 10 D) で約 1 か月間培養したところ、中肋および葉状部直下の茎状部からの組織でカルス様細胞の増殖がよく認められたが、糸状のカルス様細胞の増殖は認められなかった。葉状部直下の茎状部の組織から形成されたカルス様組織を切り離し、液体培地に移して 15°C・12000 lux (14 L: 10 D) で培養したところ、雄性配偶体様の糸状体の発出が認められ、更にこの糸状体から雌性配偶体様のカルスが形成された。この雌性配偶体様のカルス細胞は分化して葉状体（孢子体）となった。これまでコンブ目植物の組織培養ではカルスが直接葉状体へ分化する場合と、配偶体に分化した後、受精によって葉状体が形成される場合が知られているが、本研究のワカメの組織培養の結果は、上記 2 型とは異なる第 3 の型である。(108 東京都港区港南4-5-7 東京水産大学藻類学研究室)

高 坤山・有賀祐勝・浅田浩二・石原利章・赤野 徹・清原正高：流水条件下に
おける紅藻スサビノリの CO₂ 固定の促進効果

Kunshan Gao, Yusho Aruga, Kozi Asada, Toshiaki Ishihara, Toru Akano and
Masataka Kiyohara: Enhancement of photosynthetic CO₂ fixation of
the red alga *Porphyra yezoensis* Ueda in flowing seawater

The effect of seawater current speed on the light-saturated photosynthesis of *Porphyra yezoensis* Ueda was evaluated for the development of its biomass production technology with utilization of high CO₂. Photosynthetic rate was found to increase with increase of seawater current speed and to be saturated over 3 cm s⁻¹. The highest photosynthetic rate (1.8-2.0 μmol O₂ cm⁻²h⁻¹) in flowing sea water was about twice that in still seawater. Seawater flow seems to be an important factor in improving *Porphyra* production with addition of CO₂.

Key Index Words: CO₂-diffusion boundary layer—O₂—*Porphyra yezoensis*—*Rhodophyta*—*Rubisco*—seawater current.

Kunshan Gao, Kansai Environmental Engineering Center, Nakazaki-nishi 2-3-39, Kita-ku, Osaka, 530 Japan (present address: University of Hawaii, Hawaii Natural Energy Institute, 2540 Dole Street, Holmes 246, Honolulu, HI 96822, U.S.A.)

Yusho Aruga, Tokyo University of Fisheries, Konan-4, Minato-ku, Tokyo, 108 Japan

Kozi Asada, Research Institute for Food Science, Kyoto University, Uji, Kyoto, 611 Japan

Toshiaki Ishihara, Toru Akano and Masataka Kiyohara, Technical Research Center, The Kansai Electric Power Co. Inc., Nakoji, Amagasaki, Hyogo-ken, 661 Japan

著者らは、最近の地球温暖化に関連して有用海藻類を用いた CO₂ の有効利用を検討し、スサビノリ (*Porphyra yezoensis* Ueda) の光合成と生長が CO₂ の添加によって促進されることを明らかにしてきた (Gao *et al.* 1991)。高濃度の CO₂ を利用したスサビノリの生産システムでは、流水方式を用いて N と P の供給や個体群落内の CO₂ と O₂ の拡散による影響を減らした方が高い生産力が期待できるものと考えられる。それ故、海水の流速がスサビノリの光合成に及ぼす影響についての知見が必要とされる。海藻類の光合成に及ぼす流れの影響に関しては Wheeler (1980) が *Macrocystis pyrifera* について、高 (1991) が *Sargassum thunbergii* について光合成による酸素発生が流速の増加に伴い増加することを報告しているが、スサビノリについてはそのような基礎的データはない。そこで、著者らはスサビノリの光合成が海水の流れによる影響をどの程度受けるものかについて検討した。

材料のスサビノリ (ZGRW 株) は殻胞子から得られた葉状体を 15°C, 300 μmole photons m⁻²s⁻¹ の条件下で通気培養したものを用い、培養液 (PES 添加滅菌海水) は 1 日おきに交換した。光合成の測定は透過膜—マススペクトロメーターによる光合成流水測定シ

ステム (Fig. 1) を用いて、水温 15°C, 光強度 (陽光ランプ, Toshiba 400 W) 600 μmole photons m⁻²s⁻¹ (光合成飽和光強度) の下で行った。スサビノリの葉状体 (12~18 個体) を同化パイプ (長さ 40 cm, 内径 2 または 3 cm) 内に維持して海水を循環させ、透過膜 (シリコン, 125 μm) を隔ててマススペクトロメーターに直結した海水中のガス成分 (O₂, CO₂, N₂ など) がマススペクトロメーターの高真空によって透過膜を通過したものを、マススペクトロメーターによって連続的に測定し、3~10 秒おきにコンピューターに記録した (Fig. 2)。透過膜プローブを挿入した海水チャンパーには攪拌子が入れてあり、測定時にスターラによって攪拌し、透過膜を通過したガスの量が海水の流速による影響を受けないようにした。一測定は 5 分以内で行われた。光合成速度 (Pn, μmole O₂ cm⁻²h⁻¹) は以下の式に基づき算出した。

$$Pn = \Delta PR \times K \times V/S \times 60$$

ここに ΔPR は酸素分圧変化と時間との直線関係から求めた酸素分圧変化速度 (torr min⁻¹) であり、K は酸素分圧変化量 ΔPO₂ (torr) に対する酸素濃度変化量 ΔO₂ (μmole) の比 (ΔO₂/ΔPO₂)、V は閉鎖系の容積 (l)、S

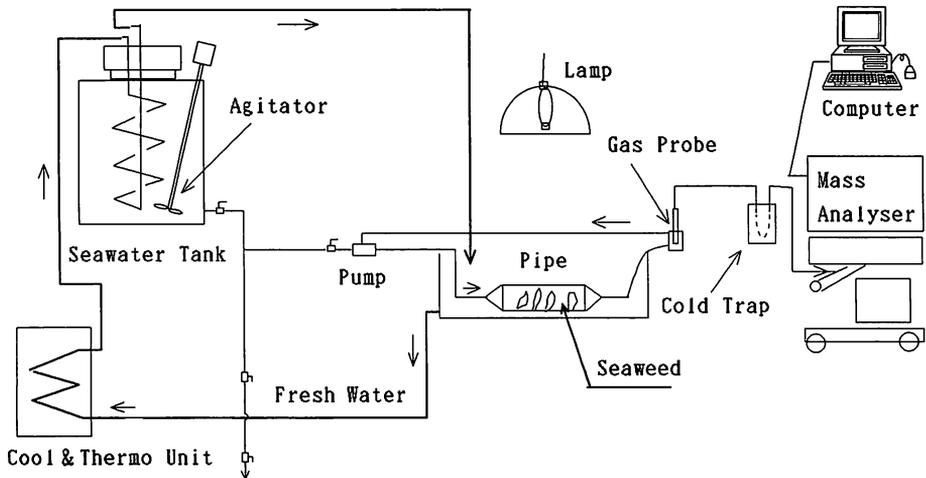


Fig. 1. The flow-water photosynthesis measurement system jointed with a permeable membrane mass spectrometer (Ametek M200).

はスサビノリの葉面積 (cm^2) である。また、流速 0 の場合には、同化パイプ内の海水を静止させた一定時間 (5 分) の間に光合成を行わせた後に光源を消して海水を循環させ、閉鎖系内の酸素増加量を測定した。

葉齢の異なるスサビノリの葉状体を用いて 3 回測定した結果、光合成による酸素発生速度は海水の流速の増加に伴って増加し、流速 3 cm s^{-1} 以上で飽和に達することが明らかになった (Fig. 3)。また、流水中のスサビノリの最大光合成酸素発生速度 ($1.8\text{--}2.0 \mu\text{mol O}_2 \text{ cm}^{-2} \text{ h}^{-1}$) は止水の場合より約 2 倍速かった。光合成を制限する流速条件下では、光合成の進行に伴い、

スサビノリの葉状体に近づくにつれて炭酸濃度が低くなり酸素濃度が高くなるような拡散境界層 (濃度勾配) が光合成速度を制限するものと考えられる。スサビノリの葉状体を囲む CO_2 境界層と O_2 境界層の存在で葉状体近辺における CO_2 に対する O_2 の比 (O_2/CO_2) が大きくなり、細胞内の O_2/CO_2 比も大きくなりうる。細胞内において O_2/CO_2 比が高まれば、Rubisco (リブローズ 1, 5-二リン酸カルボキシラーゼ・オキシゲナーゼ) のオキシゲナーゼとしての活性が高まり、カルボキシラーゼとしての活性が低下して光合成効率が悪くなる。それ故、流水の流速が遅い場合には光合成

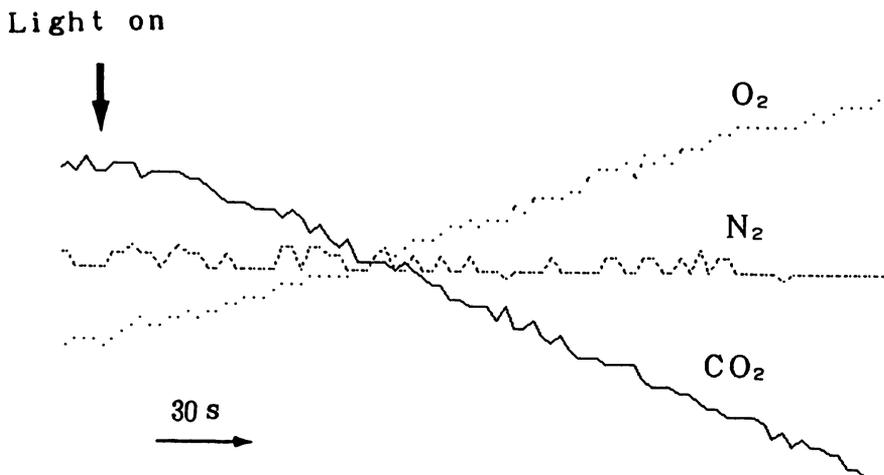


Fig. 2. Photosynthetic O_2 evolution and CO_2 removal by *Porphyra yezoensis* measured with the system (Fig. 1) and visualized on a NEC computer. " N_2 ", which is irrelevant to photosynthesis, was used as a control for the permeable-membrane stability.

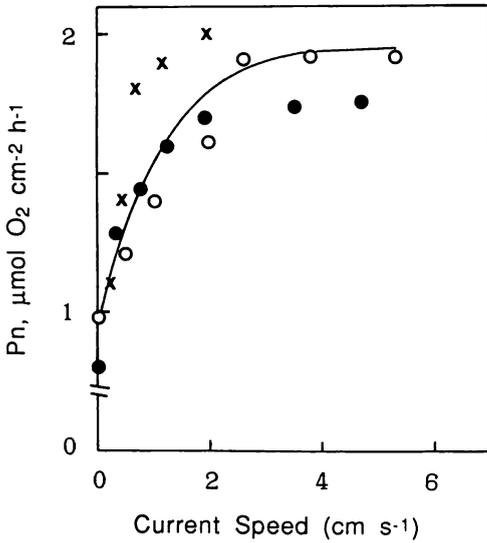


Fig. 3. Relationship of light-saturated net photosynthesis (Pn) of *Porphyra yezoensis* to seawater current speed. Measurements were conducted with the thalli (4–6 cm long) aged 52 (×), 54 (●) and 65 (○) days (after conspore attachment), 12–18 individuals (d.w. 0.21–0.23 g) of which were maintained in an assimilation pipe (40 cm long) of 2 (○) or 3 (×, ●) cm in inner diameter.

速度が低いものと考えられる。海水の流速が速くなるにつれてササビノリ葉状体を囲む CO₂ 境界層と O₂ 境界層が薄くなり、葉状体表面における O₂/CO₂ 比が海水のそれに近づき、流速 0 の場合に比べて小さくなり、細胞内の Rubisco のカルボキシラーゼとしての活性が高まる。光合成速度が飽和する流速の下では葉状体表面における O₂/CO₂ 比は海水のものと同様であり、拡散境界層による影響を受けなくなるものと考えられる。

Wheeler (1980) は、*Macrocystis pyrifera* の光合成速度が閉鎖系内の海水の流速の増加に伴って増加し、流水中の最大光合成速度は止水での 4 倍以上になることを報告している。紅藻 *Coelothrix irregularis* の光合成速度は流速の増加に伴って増加し、4 cm s⁻¹ で飽和に達したと報告されている (Carpenter *et al.* 1991)。これは本実験で得たササビノリの光合成飽和流速 3 cm s⁻¹ に近い。高 (1991) は開放系 (flow-through) でウミトラノオの光合成酸素発生速度と流速との関係を調べ、流速が 2 倍 (0.5–1.0 cm s⁻¹) になると酸素発生速度は 40% ほど増加すると報告している。ササビノリに関する今回の測定は閉鎖系で行われたが、開放系でも類似した結果が得られると考えられる。ウミトラノオとササビノリを比較してみれば、海水が藻体を通るときに、線形の葉を主枝また側枝にいっぱい付けている前

者では葉と葉の間に乱流が生じやすいが、薄い葉状体である後者では葉状体の上に層流が生じやすいものと考えられる。流速が海藻の光合成に及ぼす効果は乱流か層流によって異なるものとされている (Wheeler 1980)。また、海藻の群落の光合成生産に及ぼす海水の流れの影響は藻体の形態以外に群落の構造、その周囲の海底の地形及び波の強さによって異なるものと考えられる。

CO₂ と O₂ の拡散係数は空気中では約 10⁻¹ cm² s⁻¹、水中では 1.7 と 2.4 × 10⁻⁵ cm² s⁻¹ である (e.g. Wheeler 1980)。これは生物体の内部と外部とのガス交換に及ぼす CO₂ と O₂ の境界層の影響は、水生生物の方が陸生生物より遥かに大きいことを意味する。このような CO₂ と O₂ の境界層の厚さは水の流速の増加にしたがって薄くなるから、CO₂ と O₂ のガス交換を伴う水生生物の代謝は水流の影響を受け易い。Carpenter *et al.* (1991) は珊瑚礁内の藻類の一次生産力が流速の増加とともに (16 cm s⁻¹ まで) 増加したと報告している。流れは藻類の光合成に影響する以外に、その呼吸と栄養塩の吸収にも影響する。Schumacher and Witford (1965) は、淡水産の緑藻 (*Oedogonium kurzii*)、珪藻 (*Eunotia pectinalis*)、黄藻 (*Tribonema monochlorum*, *Vaucheria ornithocephala*) 及び紅藻 (*Batrachospermum macrosporum*) の暗呼吸及びリンの吸収は流水 (18 cm s⁻¹) の方が止水より著しく速いと報告している。Riber and Wetzler (1987) は付着珪藻群落の代謝が水の流速によって影響されることを報告している。また、藻類以外に珊瑚虫類の呼吸速度も流速によって影響されることが報告されている (Patterson and Sebens 1989)。

海藻類はほとんどの波や潮流による機械的なドラッグ (drag) に耐えられ、藻体に形態的なダメージを与える海水の流速は 80 cm s⁻¹ 以上だとされている (Sheath and Hambrook 1988)。*Porphyra tenera* Kjellm の成長は富栄養下では流速 5 cm s⁻¹ で貧栄養下では 30 cm s⁻¹ で最大に達したと報告されている (松本 1959)。*Sargassum muticum* の生産力は栄養塩無添加の海水では流れが十分速ければ栄養塩を添加した静止の海水の場合と同程度であった (Gellenbeck and Chapman 1986)。これは流速が十分速い場合に栄養塩濃度が低くても海藻が十分な栄養塩を獲得できることを示唆している。海藻が固着することによって得る利点として、海水の流速が十分速ければその成長が低栄養塩濃度によって制限されにくいことと、光合成に伴うガス交換が水の動きによって促進されることが挙げられる。また、Wheeler (1980) は、海水の流速が速い場合

には *Macrocystis pyrifera* の光合成速度を最大に達させるのに高い炭酸濃度が要求されることを明らかにした。高濃度の CO₂ を添加してスサビノリの生産力を高めるため、速い流速が要求されるものであろう。ノリの養殖場ではノリ養殖筏の下方で CO₂ を通気すれば、深所の海水の upwelling をもたらずので深所の栄養塩の利用と群落内の流れが促進されるから、生産量を増やすことは可能であるし、養殖場を外洋へ広げることも可能と考えられる。

地球温暖化に対する関心が高まっている中、光合成生物のバイオマスを生体燃料に変換する研究開発が行われている(例えば、米国のハワイ自然エネルギー研究所では深海の低温海水を汲み上げ温度差発電を行いながら、深海の海水の豊富な栄養塩を利用して大量生産した海藻のバイオマスを燃料に変換するプロジェクトが進められている)。光合成生物(例えば、ノリ)のバイオマスが食物または燃料として利用された時に生じた CO₂ はそのバイオマスに固定されていたものであるから、CO₂ の収支は 0 であるから、大気中の CO₂ 濃度に影響しない。化石燃料が有限であることと、その使用に伴い地域と地球環境問題が深刻化しつつあることから、環境的にも経済的にも適した新エネルギーを鑑定し開発しなければならない。

謝 辞

著者らはスサビノリのフリー糸状体(ZGRW)を提供して下さった東京水産大学名誉教授の三浦昭雄先生に感謝の意を表す。

文 献

Carpenter, R. C., Hackney, J. M. and Adey, W. H. 1991. Measurements of primary productivity and nitrogenase activity of coral reef algae in a chamber

incorporating oscillatory flow. *Limnol. Oceanogr.* 36: 40-49.

Gao, K., Aruga, Y., Asada, K., Ishihara, T., Akano, T. and Kiyohara, K. 1991. Enhanced growth of the red alga *Porphyra yezoensis* Ueda in high CO₂ concentrations. *J. Appl. Phycol.* 3: 355-362.

高 坤山 1991. 海水の流速が褐藻ホンダワラの光合成による酸素発生に及ぼす影響. *藻類* 39: 291-293.

Gellenbeck, K. and Chapman, D. 1986. Feasibility of mariculture of the brown seaweed, *Sargassum muticum* (Phaeophyta): growth and culture conditions, culture methods, alginic acid content and conversion to methane. p. 107-115. In W. R. Barclay, and R. P. McIntosh [eds] *Algal Biomass Technologies*. J. Cramer, Berlin.

松本文夫 1959. ノリ生育に対する環境、特に水流の影響に関する研究. *広島大学水畜学部紀要* 2: 249-333.

Patterson, M. R., Sebens, K. P. 1989. Forced convection modulates gas exchange in cnidarians. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 86: 8833-8836.

Riber, H. H. and Wetzel, R. G. 1987. Boundary-layer and internal diffusion effects on phosphorus fluxes in lake periphyton. *Limnol. Oceanogr.* 32: 1181-1194.

Schumacher, G. J. and Witford, L. A. 1965. Respiration and ³²P uptake in various species of freshwater algae as affected by a current. *J. Phycol.* 1: 78-80.

Sheath, R. G. and Hambrook, J. A. 1988. Mechanical adaptations to flow in freshwater red algae. *J. Phycol.* 24: 107-111.

Wheeler, W. N. 1980. Effect of boundary layer transport on the fixation of carbon by the giant kelp *Macrocystis pyrifera*. *Mar. Biol.* 56: 103-110.

[高 坤山, 530 大阪市北区中崎西2-3-39 関西総合環境センター (present address: University of Hawaii, Hawaii Natural Energy Institute, 2540 Dole Street, Holmes 246, Honolulu, HI 96822, U.S.A.); 有賀祐勝, 108 東京都港区港南4-5-7 東京水産大学; 浅田浩二, 611 京都府宇治市 京都大学食糧科学研究所; 石原利章・赤野 徹・清原正高, 661 尼崎市若王子3-11-20 関西電力総合技術研究所]

日本藻類学会秋季シンポジウム 講演要旨

藻類の遺伝学

(1992年9月16日, 帝塚山短期大学)

1) 微細藻類

クラミドモナスにおける母性遺伝

坪 由宏 (神戸大学名誉教授)

微細藻類の中で、遺伝研究の材料として最もよく用いられてきたのはクラミドモナスである。今回はその中でも1950年代の研究開始から今日まで、約30年間にわたる経過の中で、ようやく基本的な機構が明らかにされた葉緑体遺伝について、歴史的なトピックスを振り返りながら、話を進めたい。

Sager (1954) は *Chlamydomonas reinhardtii* のストレプトマイシン抵抗性 (*sr*) と感受性 (*ss*) についての細胞質遺伝 (非メンデル遺伝) を報告した。すなわち、[接合型+, *sr*×接合型-, *ss*] の F_1 は *sr:ss* が 4:0、また逆に、[接合型+, *ss*×接合型-, *sr*] の F_1 は、*sr:ss* が 0:4 となる。この現象は、オシロイバナを初めとする植物の斑入りの遺伝 (Correns 1909) を説明する母性遺伝の形式を採っているのだから、1960年代になって、接合型+を雌、接合型-を雄と見做すようになった。

クラミドモナスの母性遺伝体系には時として、数%の例外的な遺伝形式が伴うことがある。それは、雄親の細胞質形質も、雌親形質と共に F_1 に伝達される場合があることである。このことを両親性遺伝と呼び、更に、大部分の子孫が雄親の形質だけを表す場合を父性遺伝としている。

葉緑体に DNA が発見されたこと (Sager and Ishida 1963) を動機に、密度標識法によって、配偶子接合後の葉緑体 DNA の挙動が調べられたが、接合後6時間経った接合子には、雌親由来の葉緑体 DNA がみとめられることに反して、雄親由来の葉緑体 DNA は消失していることが報告された (Sager and Lane 1972)。更に、蛍光色素 DAPI による葉緑体の核様体染色観察によっても、配偶子接合後およそ2時間以内に雄親由来の核様体は消失するが、雌親由来の核様体は残っていること (Kuroiwa et al 1982)、を初めとするいくつかの研究から、クラミドモナスの母性遺伝は葉緑体 DNA の伝達様式を反映していることが認められるようになった。

クラミドモナスの二倍体系を用いた交雑実験の結果

は母性遺伝の決め手を知る上で、より深い洞察を与えた。通常の配偶子 (半数体) の接合によって生じる二倍体は、性に関する遺伝子型は (mt^+/mt^-) であるが、表現型が一、つまり雄である。一方、人為的細胞融合法によれば3種の遺伝子型 (mt^+/mt^+ , mt^+/mt^- , mt^-/mt^-) で区別される二倍体を作ることができる。ここにおいて、①雌 (mt^+/mt^+)×雄 (mt^-/mt^-) と、②雌 (mt^+/mt^+)×雄 (mt^+/mt^-) の二組の交雑について、薬剤抵抗性遺伝子の伝達を目安として、遺伝形式を比較することができる。その結果、①の場合は母性遺伝、②の場合は、両親性遺伝となることが明らかとなった。更に、雄葉緑体核様体の消去 (①の場合) と残存 (②の場合) を示す細胞像が遺伝解析と相関することが明らかになった (Tsubo and Matsuda 1984)。Sager and Ramanis (1973) が提供した仮説、「配偶子の接合によって活性化される細胞内物質の働きで雄葉緑体 DNA は制限酵素により消去される。他方、雌葉緑体 DNA は修飾 (メチル化) されるために、酵素による分解を受けない。」は、今日そのすべてが実証されているわけではないとしても、葉緑体 DNA の残存と消去は雌決定遺伝子 (mt^+) によって支配されていることは明白である。

一方、半数体の組み合わせ (雌、雄それぞれについて同性間、異性間での栄養細胞と栄養細胞、栄養細胞と配偶子、配偶子と配偶子) から接合或は人為的細胞融合法によって作られる二倍体には、すべての組み合わせにおいて、両親性遺伝の形式で葉緑体遺伝子が伝達されることがわかった。この時、殆どの組み合わせにおいては、両親の葉緑体遺伝子がほぼ均等割合で二倍体子孫に伝達されることに比較して、特に、雌と雄の配偶子間の組み合わせに限り、雌親の葉緑体遺伝子が雄親の葉緑体遺伝子よりも高頻度に伝達されることがわかっている (Matsuda et al 1983, 1988)。

最近になって、*C. reinhardtii* では、ミトコンドリア DNA の伝達は父性遺伝であることが報告されている (Boynton et al 1978)。機構についてはまだほとんど明らかにされてはいないが、葉緑体 DNA の伝達様式とはかなり異なっているようである。

(〒658 神戸市東灘区住吉44-16)

2) 大型藻類

スサビノリの色素変異体の色彩型の遺伝について

三浦 昭雄 (東京水産大学名誉教授 青森大学教授)

スサビノリ (*Porphyra yezoensis*) では、緑色型や赤色型などの色素変異体が分離されている。これらの色素変異体の遺伝子分析のために交雑実験を行った。その結果、緑色型と赤色型の自然突然変異型は、単一遺伝子支配を受け、それらの変異型は、野生型に対して劣性である。また、緑色型と赤色型の遺伝子は、同一連鎖群に属して、相同染色体上の異なる遺伝子座に位置していることがわかった。野生型と緑色型および赤色型との交雑による一遺伝子雑種の糸状体 (孢子体) からは、6型の、また、緑色型と赤色型との交雑による二遺伝子雑種の糸状体からは、36型の区分状斑入りキメラ葉状体 (配偶体) が生じた。これらのキメラ葉状体は、異型接合型の糸状体に形成された殻孢子から生じ、

キメラ葉状体の各区分は、4細胞期の発芽体の4細胞のそれぞれを起源としていることが明らかにされた。すなわち4細胞期の発芽体を構成する4細胞は、減数分裂の産物として生じる四分子に相当し、かつ一列に線状に連なっているため、アカパンカビの孢子嚢と同義の線状四分子に相当することがわかった。したがって、スサビノリでは、減数分裂は、殻孢子の発芽時に起こることが、区分状斑入りキメラ葉状体の形成機構に基づいて立証された。なおまた、区分状斑入りキメラ葉状体の各型の頻度を用いて四分子分析が可能であることがわかった。その四分子分析によれば、緑色型と赤色型の遺伝子は、3連鎖群のいずれであるかは、特定できないが、ある連鎖群で、その相同染色体の動原体をはさんで緑色型遺伝子は、動原体から15.8モルガン離れた遺伝子座に位置し、赤色型遺伝子は、その反対側の17.9モルガン離れた遺伝子座に位置すると推定された。 (〒251 藤沢市辻堂海岸3-4-8)

新刊紹介

大橋広好訳：国際植物命名規約 1988 i-xii+214頁.
1992.

津村研究所 2,500円

藻類を含めておよそどのような生物にも名前があり、それは万国共通の学名によって表示される。植物の学名は2名法によって作られ、ラテン記載を伴い、使用した基準標本は保存場所を明記して発表しなければならない。これらのことは国際植物命名規約の条項に基づいたものであり、これに適合しない発表は無効となる、などのことは藻類の研究に携わる人の誰もが知るところであるが、新種記載でラテン語を伴わないものでも藻類については1958年1月1日以前の発表であれば有効である（藻類以外は1935年）。しかし以降はラテン記載に加えて形態的特徴を示す図解または図を伴わない発表は無効であるとか、分類上の所属がわかり、異なる属との新組合せを作る場合は basionym（基礎異名）とその著者及びその発表の出典を明記しないと無効であるなどの条項となると心得ない人が結構多い。

本書は国際植物命名規約 (International Code of Botanical Nomenclature) の全訳である。植物命名規約は6年ごとに開催の国際植物(科)学会議の折に条項の手なおしや保存名の追加などが行われ、その後刊行されることになっている。本書は1987年にベルリンで開催された会議で採択され、1988年に刊行されたものである。以前のものは条文がそれぞれ英、独、仏の3か国語で記述されていたが、ベルリン会議版から英語のみとなった。本訳書は、前文、第I部原則、第II部規則と勧告、第III部規約改正の規定、付則雑種の学名、事項索引、英和用語集、学名索引、訳者あとがきより成り、主体の第II部は、第I章分類群のランク、およびその表示のための用語(第1-5条)。第II章分類群の学名(一般的な規定)(第6-15条)、第III章ランクに応じた分類群の命名法(第16-28条)、第IV章有効発表と正式発表(第29-50条)、第V章学名と形容語の維持、選択および廃棄(第51-72条)、第VI章学名と形容語の正字法および属名の性(第73-76条)となっている。なお原著の付則にある保存名と廃棄名のリストは本訳書では省略されている。

命名規約は一種の法律である。六法全書を見てもわ

かるように、用語や文章の構成・表現はわれわれに馴染みの少ないものが多く、理解は容易でない。まして原著は外国語で書かれている。私事に亘って恐縮であるが、筆者は前職にあるとき、新しく大学院生が入ってきたときは一緒にこの命名規約の逐語訳を行い、これを綴じて私家本とし、命名上の問題にぶつかった時はこれと原著とを取り出し、互いに首っ引きで問題の解決に努力することを常とした。今回、この分野の学問に造詣の深い大橋広好博士(東北大学理学部教授)による日本語訳の刊行を見たことは実に有難く嬉しい。訳者は読者の理解を助けるために必要と思われる箇所に訳注を加えている。たとえば、“本規約で type (*typus*) という言葉はすべて命名法上のタイプ、すなわち学名のタイプを意味する。ホロタイプ、レクトタイプ、パラタイプおよびネオタイプは標本または図解がタイプであり、アイソタイプとシンタイプは標本がタイプである”，と言った具合である。訳者はまた幾つかの新しい用語を作っている。たとえば、diagnosis→判別文、protologue→初発表文、avowed substitute→公認代置名などである。先にも述べたように、命名規約は一種の法律である。日本文と的小编も読み流してわかるというものではなく、時間をかけないと理解しにくいところがあちこちにある。出来れば原著を備え、理解しにくいときは原文と読み比べるとよいだろう。訳者への註文を言わせていただくならば、訳注をより多くし、わかり易い解説を随所に挿入下ざると、本書は初心者にとってさらに取り付き易いものになったと思われる。巻末の事項索引の他に、訳者は英和用語集の項を設け読者の便に供している。分類上よく使われる用語が一目瞭然で便利である。多くの労力と時間を必要とする命名規約の全訳に努力された大橋博士の労を多とするとともに、採算を度外視した廉価で本書を発行された津村研究所に敬意を表したい。分類学者だけでなく、広く藻類を研究する方々に座右の書として備えたい本である。なお本書は市販されていないので希望者は直接津村研究所(300-11 茨城県稲敷郡阿見町吉原3586, TEL 0298-89-3832, FAX 0298-89-2158, 振替 東京8-1680)に申込むこと。

(日本赤十字看護大学 千原光雄)

 新 刊 紹 介

三浦昭雄編：食用藻類の栽培 150頁．1992．
恒星社厚生閣 2,500円

日本ほど藻類を日常生活に利用する国は世界に例を見ない。900年代初期に編纂され、当時の日本の諸制度等を記した延喜式に、海藻を税として朝廷に納めるという記述があるので、日本の藻類利用の歴史は優に千年を越える。しかし、たねをまき、育て、そして収穫する栽培技術は開発されることなく、海藻産業はいわば掠奪農業として今世紀に至った。今回出版された「食用藻類の栽培」を見てまず感心することは、今世紀後半のおよそ40年間に、日本のわれわれの先輩および同僚の藻類研究者の努力により、食用の対象となる藻類のほとんどすべてについて、たねまき、育苗、それに続く栽培の技術が確立されたという点である。

本書は平成3年4月の日本水産学会大会の折に開催された同名のシンポジウムの講演集で、とりあげられた藻類と執筆者は下記のようなようである。ノリ(三浦昭雄)、ヒトエグサ(喜田和四郎)、ワカメ(秋山和夫)、コンブ(川嶋昭二)、オキナワモズク(新村 巖)、アオノリ(大野正夫・松岡正義)、クビレヅタ(当真 武)、マツモ(内田 務)、ヒジキ(四井敏雄)、スイゼンジノリ、オキチモズク、ハバノリ、ムカデノリ(右田清治)、インモズク、ウミゾウメン、ミル(四井敏雄)、トサカノリ(喜田和四郎)。上記の藻類の栽培の記述でⅠ～Ⅲ章が占められ、Ⅳ章では健康食品として見直される藻類の食物繊維についての最近の知見の紹介

(平野敏行・鈴木 健・白井隆明)があり、そして最後に総合討論がⅤ章に収録される。

藻類は陸上の種子植物とは対照的に、体制は単純であるが生活環は複雑なものが多く、しかも水温、照度、日長、栄養塩など環境要因の変化に応じて生活環の各相は著るしい変化を示す。さらに藻類の多くは分類群ごとに独特な生活環の様式をもっている。当然であるが、藻類の栽培技術の確立にはまず生活環と環境とのかわり、つまり生活史の知識の蓄積が必要である。本書はそれぞれの藻について生殖・生活史の概略を述べ、次いで採苗、育苗、養殖などの栽培技術を詳述する。それらの基礎データのほとんどは日本の藻類研究者により蓄積されそして確立されたものである。私事に亘るが、筆者が戦後間もなく藻類の研究を始めた頃は、本書で扱われる藻類のうち生活環がある程度わかっていたものはコンブとワカメそれにヒトエグサぐらいであった。本書は藻類の栽培技術のノウハウだけでなく、藻類の生活史や生態についての基礎知識も与えてくれる。この点、本書は藻類の栽培に興味をもつ人だけでなく、藻類の分類、形態、生理、生態等の研究者、さらには藻類の生物工学を目指す人々にも必見の価値があると考えられる。食用藻類の戦後の研究成果の集積ともいべき本書の編集責任の労をとられた三浦昭雄教授を始め本書の執筆に努力された諸氏に深く敬意を表したい。

(日本赤十字看護大学 千原光雄)

岩崎英雄*・館脇正和**：Provasoli 先生を偲ぶ

Hideo Iwasaki and Masakazu Tatewaki: Luigi Provasoli
(1908-1992) in memoriam



Luigi Provasoli 先生は去る10月30日、イタリア・ミラノ市郊外のコメリオのご自宅で84才の生涯を閉じられた。淡水・海水を問わず各種藻類の完全合成培地開発の先駆者であり、藻類の培養、栄養生理学の研究で数多くの業績を挙げられたが、先生はまた大の親日家としても知られ、研究室のスタッフとして6人の日本人研究者〔白石景秀（岩手医大）・岩崎・館脇・月館潤一（南西海区水研）・野沢恰治（鹿児島大）・弥益輝文（琉球大）〕が直接お世話になり、更に数多くの研究者が Haskins 研究所の先生の研究室を訪れ、又、先生ご自身も1963年と1966年に訪日されて各地を回られたので、直接・間接的に指導を受けられたことと思う。特に合成海水培地 ASP series, PES 等の培地を使用した培養によって、わが国の藻類学は飛躍的に発展したといえる。ここに謹んで哀悼の意を表します。

先生は1908年2月13日、イタリアの Busto Arsizio のお生まれである。ミラノ大学を卒業され、カイコの無菌培養や病害虫の研究に従事されたが、やがて土壌微生物、特に原生動物の農業における役割に興味を持

たれ、更に *Polytoma* (colorless alga) の培養から藻類学の研究に入られた。ここで先生は Pasteur 研究所に赴き、Lwoff 博士と共に *Polytoma* の栄養について研究を進めた。パリでは折りから絵の勉強で留学中の Rose 夫人と巡り合い結婚された。この間短期間であったが Pringsheim 先生の研究室を訪問されている。その後イタリアに戻り、鞭毛藻の栄養学的研究で Ph. D. を得られた。ミラノ大学教官 (1933-42)、その間イタリア農務省で昆虫学の普及活動もされ、カメリノ大学動物学教授 (1942-46) として教鞭をとられていたが、第二次世界大戦後、USA に渡り、S. H. Hutner 博士と巡り合い New York の Haskins 研究所に勤められると共に (1947)、Brooklyn の St. Francis 大学生物学教授として教鞭もとられたが (1948-51)、とにかく Haskins 研究所において先生の長いそして成果に満ち溢れた研究生活が始まった。

1950年代は海藻の培養に用いられている様々な方法を発展させ、また淡水藻の栄養生態におけるパターンに付いて明らかにされたが、生化学的意味をもつ基本的な研究、例えば、微量金属とビタミン要求、*Euglena* のストレプトマイシンによる白化、*Ulva* の植物ホルモンと形態形成についての研究などがある。更に、Pintner 女史と共に沢山の無菌種を作られたが、その collection は海産・淡水藻、phagotrophs, autotrophs, auxotrophs, photoheterotrophs と種々様々な系統種群であり、これらの栄養要求に関する研究を精力的になされたが、常に生態学的基本にたつて説明を試みられた。

1960年代には海藻の形態形成活性物質・甲殻類・偏虫類の共生藻についての研究を発展させた。1965年 *Journal of Phycology* の発刊に参画し、分類・生化学・生態学その他様々の研究分野の人々の参加を求め、10年に渡って Editor を務め (1965-74) 今日の発展の基礎を築かれた。またこの間、政府の研究顧問団の一員としても活躍されている。1976年、先生の研究室は New Haven の Yale 大学に移られ、退職されるまでここで教鞭をとられながら研究を続けられた。それらの研究業績は引退される1985年までに93編の学術論文に

纏められているが、常に新たな研究の基本を示し、かつアイデア・示唆に富み、これからも永遠に藻類学の研究者に引用され続けるであろう。これらの数々の功績 (Culture and nutrition of algae, and the influence of bacteria and organic substances on the morphology of the larger algae) によって、1982年 G. M. Smith 賞を授与された。また、Phycological Society of America では藻類学の生理・生化学の分野の優れた研究に対して L. Provasoli 賞を与えることを制度化した。

厳しい研究生活の中で、先生は心臓のバイパス手術を受けられたが、その後視力も弱くなられ、1987年に故郷イタリアに戻られて静養されることを決意された。ミラノ郊外のコモ湖に面した丘陵地帯の別荘地コメリオの街に家を求められ、Rose 夫人とお二人で静養生活を続けておられました。

岩崎は1959-1961年の2年間、Haskins 研究所の先生の研究室で直接ご指導を戴いた一人である。先生は大変博学で生物科学分野だけでなく芸術分野にもご造詣が深く、何かと教えられることが多かった。研究に対する態度は峻厳ではあったが、ユーモアにも富まれ、魅力的な立派な先生でした。先生の研究室での2年間は、私にとっては知識の吸収、研究の面で最も充実した時であり、日本での研究生活の数年間に相当するものであったと思う。アサクサノリの生活環の人工制御、無機質 (フリーリビング) 糸状体の無菌培養などは先生のご示唆、ご助言に負うところが多く、帰国後も、

赤潮鞭毛藻の生理・生態に関する研究についても多くのご助言を戴いた。このように先生は日本の水産業にも少なからぬ貢献をされておられます。この偉大な Provasoli 先生のご逝去の報に接し、言葉もなく、深い悲しみを覚えております。

館脇も1961-63年の2年間と1977年に3ヵ月、先生の研究室でご指導を受けた直弟子の一人であるが、最後まで不肖の弟子で先生にご迷惑ばかり掛けてしまった。亡くなるまでカセットテープで、或いは夫人の代筆のお手紙を通して研究に対してのご指摘・指導を戴いた。1990年9月に先生のお宅を訪れ歓談する機会を得て、大変なお持て成しを戴いたが、これが最後になってしまった。せめてお元気なうちに、先生が最後まで気に掛けておられた葉状緑藻の形態形成活性物質の研究を纏めてご報告したかったが、間に合わず残念無念である。また、先生が Yale 大学を去られるときに Provasoli 研究室は室蘭の海藻研究施設に移そうと言われて、先生が買い求められ読まれた多数の蔵書のうち600冊をご寄贈戴いたが、これは Provasoli 文庫として活用し、偉大だった先生の業績の万分の1でも近付けたらと思います。

ここに先生ご生前のご業績を偲び、心からご冥福をお祈りする次第です。

(*514-22 津市高野尾町3175-311, **051 室蘭市母恋南町1-13 北海道大学理学部附属海藻研究施設)

一 学 会 録 事 一

1. 1992・1993年度会長及び評議員選挙

8月10日に投票用紙と選挙人名簿を発送し、次期会長と評議員の選挙を実施した。9月1日に田中次郎・宮田昌彦両氏の立会いの下に開票が行われ、次の方々が選出された。

会 長 有賀祐勝

評議員 山本弘敏・川井浩史（北海道地区）

谷口和也（東北地区）

井上 勲・原 慶明・千原光雄（関東地区）

田中次郎・岡崎恵視（東京地区）

横浜康継・喜田和四郎（中部地区）

榎本幸人・鯉坂哲朗（近畿地区）

大野正夫・月舘潤一（中国・四国地区）

右田清治・奥田武男（九州地区）

2. 日本藻類学会秋季シンポジウムと懇親会

1992年9月16日、日本植物学会第57回大会前日に、日本藻類学会秋季シンポジウムが清水 晃（奈良女子大）・中原紘之（京都大）の両氏を世話人として、奈良市の帝塚山短期大学で開催された。テーマは藻類の遺伝学で、有賀祐勝会長の挨拶ならびに演者紹介のあと、榎本幸人氏（神戸大）を座長に、坪 由宏氏（神戸大名誉教授）による「微細藻類」と三浦昭雄氏（東京水産大名誉教授、青森大教授）による「大型藻類」の二つの講演が2時間にわたって行われた。坪氏はクラミドモナスのあの歴史的な Moewus の実験の話から、氏の研究室で行われているクロロプラストの遺伝に関する最近の話題などについて講演され、三浦氏は氏の研究室で解明されたアマノリ類の減数分裂の時期、それを解明するにいたった色素体変異株を用いた交雑実験、ならびに様々なキメラ体がどのようにして生じるかの詳細を講演された。非常に興味深い話であったが、植物形態学会と重なったためか、参加者が例年より少ないのが残念であった。

シンポジウム終了後、引き続いて同大学軽食堂ホールにおいて、鯉坂哲朗氏の司会で懇親会が開催された。会は会長の有賀祐勝氏の開会の辞に始まり、地元の瀬戸良三氏の乾杯の音頭で幕を開け、2時間近くにわたってなごやかに行われた。

シンポジウム参加者は次の通り（○印は懇親会出席者）。

○鯉坂哲朗、○有賀祐勝、○石川依久子、○出井雅彦、○榎本幸人、大森長朗、○小河久朗、○奥田一雄、○奥田武男、○加崎英男、○金網善恭、○神谷充伸、川口栄男、○河地正伸、○川端良子、○高原隆明、○清水 晃、○須田彰一朗、○瀬戸良三、○坪 由宏、○中川 功、○中原紘之、○永易あかね、○長島秀行、○長嶋美香子、○野崎久義、○林由佳、フィリピーナ・ボロイ・ソット、○福田育二郎、○堀口健雄、○本多大輔、本多正樹、松尾雅志、○松田吉弘、○真山茂樹、○三浦昭雄、○山岸高旺、山口忠則、○渡辺 信、○綿貫知彦（五十音順）

世話人の清水 晃・中原紘之両氏とシンポジウム運営にご配慮下さった方々にお礼申し上げます。

3. 臨時評議員会

1992年9月16日（水）13:30～15:20、帝塚山短期大学で評議員会が開催された。出席者は有賀会長、石川、榎本、小河、中原、渡辺各評議員。

(1) 学会誌の改革について、ワーキンググループ（世話人：石川）の中間報告が石川、渡辺両評議員から説明され、質疑と検討を行なった。中間報告を欠席の評議員に送付して意見を聞くこととし、同報告を学会誌に掲載して全会員に周知させること、明年3月の大会の時にこの件に関する討論会を開催することについて欠席の評議員に賛否を問うこととした。

(2) 第18回大会（1994年3月）を富山で開催することについて異議はなかったが、欠席の評議員にも賛否を問うこととした。

—日本藻類学会誌改革ワーキンググループとその答申—

1991年に井上 勲・渡辺 信両評議員から提案のあった学会誌の改革については、すでに「藻類」第40巻第2号の学会録事の欄に記載されているとおり、石川依久子編集委員長を世話人とするワーキンググループ(WG)にその可能性や問題点の検討をお願いしてありましたが、後記のようにWGから中間答申がありました。この中間答申は、去る9月16日に帝塚山短期大学で開かれた評議員会で石川委員長から説明があり、論議されましたが、出席評議員が少なかったこともあり、欠席の評議員にコピーを配布して意見を求めると共に「藻類」にも掲載して広く会員に周知し、アンケートにより会員の意向を調査することになりました。創立40周年を迎えた本学会が益々発展するために、一人でも多くの会員がアンケートにお答えくださるよう希望します。(会長 有賀祐勝)

日本藻類学会誌改革ワーキンググループ中間報告

本ワーキンググループは1992年3月の日本藻類学会大会の総会決議を受けて次のような委員構成で発足し、以来3つの班で検討を続けるほか3回の全体会議を行いさらなる検討を重ねてきた。その結果について中間答申としてここに報告する。

ワーキンググループ委員の構成

委員長：石川依久子

幹事：原 慶明、増田道夫、渡辺 信

出版社渉外班：野崎久義、井上 勲、川井浩史、
田中次郎、真山茂樹

外国渉外班：川井浩史、鯉坂哲朗、堀口健雄

和文誌検討班：藤田大介、岡崎恵視、前川行幸、
須田彰一朗

各班のこれまでの活動内容の概要

i) 出版社渉外班

国際的出版社との契約で発行した場合の条件、経費などを見積もるため、対象となる出版社をリストアップするとともに、そのうち可能性があると考えられる3社(エルセビア、シュプリンガー、ブラックウェル)につき、現在の藻類学会および「藻類」の出版状況を前提に具体的な条件や経費の見積を依頼し、その結果につき具体的に検討した。

ii) 和文誌検討班

和文部分への会員のニーズを明らかにするた

めに、学会の会員名簿をもとに会員の分野別構成、和文論文投稿調査(「藻類」および関係学会誌など)をおこない、和文誌のニーズを分析するとともに、分離出版した場合の経費、運営形態などを具体的に検討した。また、和文誌と英文誌の分離の是非に関して予備的なアンケート調査を行った。

iii) 外国渉外班

現在同様の課題を抱えているイギリス藻類学会誌の事例を調査するとともに、今後、外国の藻類研究者に編集や出版などにおける協力を要請した場合の実現の可能性などを探るために、オセアニア地区での藻類研究者の現状などについて個人レベルでの情報収集・交換をおこなった。

《中間答申》

本ワーキンググループはまず渡辺・井上両評議員の提案書の指摘にある「藻類」の現状に関する問題点を再検討し、つぎに改革の可能性について具体的な情報のもとに検討をおこない、以下の認識にいたった。

1) 「藻類」の現状における問題点

* 学術雑誌としての評価を考える上で、掲載された論文の引用、別刷の請求などが一つの評価の基準となると考えられるが、現状ではそれらの数は非常に少なくなっている。その理由の一つとして外国会員が少なく、特に図書館などでの購読が少ないため、「藻類」に掲載された論文が、そもそも外国の研究者の目にとまる機会が少ないことがあげられる。

* 外国会員の数は現在100名程度であり、真の国際誌と呼ぶには全体の会員数(約750名)から考えてあまりに少なく、特に外国を含む購読は50件程度と非常に少ないうえ、現在はさらに減少傾向にある。外国の会員が少ない理由としては、円高のためあって藻類学関係の他の学会の会費と比べて日本藻類学会の会費が高いこと、「藻類」では英文と和文が混在しているため雑誌としてのレベルも現状以下にみられ購読意欲をそそられないこと、大会参加などのメリットが無いことなどが考えられる。今日、J. Phycology や Phycologia などの雑誌は年6回の刊行となり、掲載される論文の

量も増えていることを踏まえると、今後「藻類」とこれらの国際誌との格差がますます開いていくものと予想される。

- * 現状では投稿論文数が少ないため、学会誌としてのレベルの維持が困難な状況にあり、また経済的理由などから英語のチェックを充分におこなって英語論文を完璧なものにすることも困難がある。
- * 現在は英語論文の審査はほとんど国内で行っているため、必ずしもその投稿論文の内容に関する適当な専門家のところへ審査を依頼できるわけではない。そのため審査の内容が充分でない場合もあり、この点に関する不満もある。
- * 「藻類」における和文論文の比率が減少してきた。その理由の一つとしては英文・和文が混在していることにより、和文論文は英文論文に劣るという印象を与えていることが考えられる。
- * 地球環境問題やマリンバイオテクノロジー等がクローズアップされている現在、生物群としての藻類は今後有望な生物資源として、また生物の多様性といった観点からも、以前より大きな注目を集めている。これにともない藻類学の領域や研究者の幅は国内でも拡大しているはずであるが、「藻類」はそのような国内需要に充分対応できていないと考えられる。

以上のことをまとめると、1)外国の会員および購読が少なく、海外への普及が悪いため論文の投稿数が少なく掲載論文の質が向上しない。そしてその結果として、外国会員・購読が伸びない、2)さらに和文論文数が急激に減少し、それにともない、会員間の情報交換や啓蒙誌としての機能が果たせなくなり、国内の会員や購読も伸びない、という2重の悪循環に陥っていると考えられる。このような問題を解決するためには、①雑誌の質を高められるより良い編集体制の確立、②外国会員および購読(特に大学図書館などの公的機関)の拡大、③投稿論文の量と分野の拡大および質の向上、④和文論文や国内会員間の情報交換および啓蒙活動の一層の充実、を目指した抜本的な改革が必要であると認識で一致した。

2) 「藻類」の改革案とその検討

近年の「藻類」では英語の論文数が圧倒的に和文の論文数を上回っている。論文を英語で投稿するということは、その研究を広く世界に知らせたいためである。したがって多くの会員は「藻類」が真の国際誌として発展することを望んでいるはずである。しかし、一方

では、藻類学会の会員の多くは和文の論文、総説、記事などの掲載を期待しており、このことは会員間の情報交換や藻類学における啓蒙活動という見地からも非常に重要である。しかしながら現在のような和英混在の現在のフォーマットでは国際誌としての高い評価を得ることが困難であると同時に和文の充実にもマイナスである。従って、「藻類」の改革のためには英文誌と和文誌に分離することが不可欠であるとの結論に達した。そこでこの前提の上に立ち、英文誌と和文誌とともに充実させるための具体的な方法につき検討し、以下の結論を得た。

i) 英文誌

英文誌は編集の国際化、外国会員・購読の拡大を目指し、特に太平洋西部地区の藻類学研究者との連携の強化をはかる。このためには、外国人会員の編集への参加、およびこれらの地域の藻類学会などの理解と協力が必要であると考えられる。さらに将来的には、太平洋西部地区での藻類学会連合の設置と、この学会連合による共同編集・出版も検討すべきである。

以下のような理由から英文誌は国際的な出版社との契約により出版することが望ましい。

- * 大学図書館などの購読の拡大を考えると、実績のある出版社からの出版は非常に効果的である。このことについては出版社のネームバリューに加えて、出版社自身のプロモーションも期待できる。
- * 英語の校閲や英文の初期校正など日本人のスタッフだけでは困難な作業、また国際感覚にもとづいた印刷スタイルの編集などは、国際的な出版社の編集スタッフが加わることで、より適切におこなうことができるようになる。このことは雑誌の対外的な評価を高める上で大きな効果がある。
- * 雑誌の体裁、契約内容にもよるが、出版社からの出版の方が学会からの出版より少ない経費ですむ可能性がある。この場合、雑誌の体裁を現状のB5版からA4版に拡大し、名称をより一般的なもの(地域名を含まないもの)に変更する。年4回各号60~70頁とし、用紙・印刷の質などは少なくとも現状を維持することを前提とする。

ii) 和文誌

和文誌は会員間の情報交換、啓蒙誌としての機能を充実させるため、和文論文(英文要約をつける)のほか、速報、総説、口絵写真、解説(検索表)、採集地案内、採集記録、研究機関案内、関係論文リスト、学会記事、訃報、会員短信などを掲載し、かつ時代のニーズに応えるための記事も多く盛り込む。

編集体制は英文編集との重複を避け、現状程度の規模で行うが、印刷の形態については経費削減のため、DTP(デスクトップパブリッシング)の導入も含め検討する。具体的には編集段階で、完全原稿とするか、またはその前の段階まで作成し、印刷における経費を縮小する。

雑誌の名称は「藻類」を継承し、体裁は現状のままB5版、年2回各号100頁、可能ならば年4回各号50頁発行とする。

iii) その他

出版助成金に関しては、文部省に打診の結果、一学会で一機関誌のみ対象となるが、名称の変更は可能であるとのことなので、英文誌を対象に継続して申請する。他の学会組織との共同出版となった場合には、再申請ということになるかも知れないので、発行形態についてはさらに検討を要するが、出版社からの発行自体には問題はない。

英文誌、和文誌の分離にともなう経費の増大に対処

するため、事務業務委託内容の見直し、賛助会員会費の見直し、オークション・講習会などの学会事業の展開を検討する。学会事業の展開は財政的なゆとりの有無だけでなく、学会活動の活性化にもつながるので積極的に進めるべきである。また、現在の事務業務委託費は、その内容から考えて経費が大きすぎる。パソコンによる会員管理が容易になった今日、経費節減のための見直しが必要であると考ええる。

英文誌と和文誌の分離にともない、外国人会員には英文誌のみ受け取る外国会員の制度を新たに設け、会費を一般会員より安くする。

出版経費に関する調査

英文誌年4回(A4, 260ページ)、和文誌年2回(従来のスタイル)あるいは年4回(完全版下受取)の刊行は、現在の会費のままで可能であり、そのためのいく通りかの方法について現在詳細に検討中である。

— 会 員 移 動 —

新 入 会

住所変更

退会

岡村 秀雄 (茨城県)

Acknowledgements to reviewers for Vol. 40

The Editorial Board is grateful to the following persons for their cooperation in reviewing the manuscripts submitted to the Japanese Journal of Psychology Volume 40. Special thanks are due to Dr. Annette W. Coleman, Brown University, USA for her help in reviewing and correcting English in the abstracts.

Yusho Aruga	Hisayoshi Nozaki
Mitsuo Chihara	Masayuki Ohmori
Annette W. Coleman	Masao Ohno
Yoshiaki Hara	Megumi Okazaki
Terumitsu Hori	Naotsune Saga
Takeo Horiguchi	Shinichiro Suda
Terunobu Ichimura	Jiro Tanaka
Isao Inouye	Noriko Takamura
Tetzuya Kato	Masakazu Tatewaki
Hiroshi Kawai	Masashi Tazawa
Miyuki Maegawa	Makoto M. Watanabe
Michio Masuda	Takaaki Yamagishi
Taku Misonou	Yasutsugu Yokohama
Taizo Motomura	Tadao Yoshida
Hiroyuki Nakahara	

 ニュース

つくば国際藻類フォーラム：～藻類研究の今日と展望～

上記のフォーラムを、1993年8月23日(月)～26日(木)に、筑波大学国際会議場(つくば市天王台1-1-1)で開催いたします。このフォーラムは第15回国際植物科学会議(横浜)の関連集会であり、世界各地で藻類を研究材料としているものが、最新の研究成果と今後の展望および国際的な研究協力体制についてより親密に議論をし、意見を交換できる場をつくることを目的としています。藻類に少しでも関わりのある研究者及び技術者の方々の参加を歓迎します。本フォーラムでは現在世界と日本で国際的に活躍している招待講演者による以下の6セッションのシンポジウムと一般参加者によるポスター発表を予定しています。

1. 生物多様性と藻類の系統進化
2. マングローブ環境下の藻類
3. 実験系としての藻類
4. 炭素循環、地球環境と藻類
5. バイオテクノロジーと藻類
6. 藻類の異常増殖

尚、このフォーラムに参加・発表される方は下記にご連絡ください。

[準備委員会庶務幹事]

305 つくば市小野川16-2 国立環境研究所 野崎久義
 TEL 0298-51-6111 内線 625, 627 FAX 0298-51-4732

INTERNATIONAL PHYCOLOGY FORUM (TSUKUBA)
PHYCOLOGICAL SCIENCES～TODAY AND TOMORROW～

An international phycology forum will be held 23-26 August, 1993 at University of Tsukuba, Tsukuba-shi, Ibaraki, Japan, as a satellite of the XV International Botanical Congress, Tokyo, Japan (August 28-September 3, 1993). The objective of the forum is to bring together an international group of scientists dealing with freshwater and marine algae to discuss current and future problems and exchange opinions in person. Contributions of any aspects of algal sciences will be welcome. Six special sessions will be devoted to various fields of algal sciences, and there will be poster sessions and opportunities for informal workshops and dinner parties. English will be the working language. It takes about one hour from Tokyo Station to Tsukuba Center by a high way express bus. Accommodations will be available in Tsukuba; arrangements can be made through the forum organizers.

For further details, please contact either:

Drs. Y. Hara and I. Inouye
 Institute of Biological Sciences
 University of Tsukuba
 Tsukuba-shi, Ibaraki 305 Japan

Phone: 81-298-53-4533
 Fax: 81-298-53-6614

Drs. M.M. Watanabe and H. Nozaki
 National Institute for
 Environmental Studies
 16-2 Onogawa, Tsukuba-shi, Ibaraki 305 Japan

Phone: 81-298-51-6111 (ext. 625, 626)
 Fax: 81-298-51-4732

日本藻類学会創立40周年記念

FORTIETH ANNIVERSARY OF THE JAPANESE SOCIETY OF PHYCOLOGY

1992

日本藻類学会創立40周年にあたって

会長 有賀祐勝

1952年11月11日に設立された日本藻類学会は、本年が40周年にあたります。設立に至るまでの経緯については「藻類」第1巻第1号（1953年3月）に記載されています。故岡村金太郎先生が基礎を築かれた我が国の藻学の進歩普及を期して、会誌「藻類」（A5判）の発行のほか事業として採集会や講習会の開催を柱とし、会費300円（年額）でスタートしてから40年を経たこととなります。当初、発起人35名で、会員300名を目標としたようですが、5年後には会員287名となりこの目標はほぼ達せられています。現在の会員数は700名（名誉会員、普通会員、学生会員、外国会員）ですが、この他に団体会員45、賛助会員11、購読52となっています。また、普通会会員費は現在年額7000円で、一般会計の規模は当初の5万円程度から40年後には約1435万円にまで成長しました。

初代会長は故山田幸男先生で、1965年まで務められました。その後、故時田 郁（1966-68）、故広瀬弘幸（1969-72）、中村義輝（1973-74）、西沢一俊（1975-78）、故黒木宗尚（1979-80）、千原光雄（1981-82）、岩本康三（1983-84）、千原光雄（1885-86）、梅崎 勇（1987-88）、小林 弘（1989-90）の各先生が務められました。この間、創立10周年の事業として「藻類」第1～10巻の索引が1963年に刊行され、20周年にあたる1972年には名古屋大学において創立20周年記念講演会が開催され、また同記念事業の一つとして「藻類」第11～20巻の索引が1974年に刊行されました。1982年には創立30周年記念事業委員会および募金委員会が設けられて、記念講演会（筑波大学）、シンポジウム（筑波大学）、「藻類」記念増大号（第30巻第4号、「藻類」第21～30巻索引を含む）の刊行が行われました。

創立40周年にあたる本年度は、学会本部として特別な企画（案）を考えませんでしたし、評議員会でも残念ながら提案が全くありませんでしたので、記念事業をするための会計的な手だてをしてありません。これまで創立40周年について全く検討しなかったことについて、会長としてお詫びいたします。10月に入ってから、編集関係の方々から記念事業に関するお話がありましたが、評議員会での審議もしてありませんし、また時間的にも大変切迫していますので、とりあえずこの10年間に会長を務められた方々を中心に、できれば各学問分野の若手会員の方々をも含めて、創立40周年にあたっての短文を書いていただき、「藻類」第40巻第4号にまとめて掲載していただくよう石川編集委員長にこの関連のお世話を全てお願いしました。

創立以来40年を経過して本学会誌「藻類」はA5判からB5判へと（1978年第26巻から）大きくなると共に英文論文が大半を占め各巻とも400頁を超えるまでになり、藻類学の分野における重要な定期刊行物の一つとなっています。しかし、近年を追って活発になりつつある学問的な国際交流の発展をみると、更にもう一步“国際誌”へと飛躍することが求められるのも当然の流れと言えましょう。本学会会則第2条には創立当初から「本会は藻学の進歩普及を図り、併せて会員相互の連絡並に親睦を図ることを目的とする。」と書かれています。会員は広い階層の人々を含んでおり、“研究者”または将来“研究者”となることを目指す者ばかりではありません。創立40周年にあたり、会則第2条の広い目的を忘れることなく、我が国における藻類研究者の学問的レベルを高め地歩を固めながら、更に飛躍することを切に願うものです。

思い出すままに

1983・84年度会長 岩本 康三



40周年になるので何か書けと言われても、会長には成り行きでなったままで、迷ってしまったが、思い出すままに、恩師・先輩・同輩について記してみよう。

私は水産講習所養殖科学生として殖田三郎先生から初めて藻類を学んだ。殖田先生はアマノリ属の分類や海苔養殖の権威。しかし当時は、そんな事は何も知らず、講義を漠然と聞いていただけだった。

当時、アサクサノリの生活史に諸説があり、先生が北海道水試の木下虎一郎技師の夏ノリ説を裏付ける研究を紹介されたが、キノシタイガイイチローと言いながら漢字でお名前を板書し笑わせた。こんなところが講義のコツなのかも知れない。

当時、水講には、東道太郎、岡田喜一の両先生もおられ、東先生は講義で、藻類の性質を、「そうかと思えばそうでもない」と説明されるので、何だかよく解らないと学生はボヤいていた。ぬるぬると捉え所の少ない藻類の性質について、この表現は、まことに的を射たものと、今では評価する人が多い。東先生には海苔養殖関係の業績が多く、後年、山田幸男先生を京都にお訪ねした時、東先生を大変に評価されていた。

私の水講卒業は半年繰り上げの昭和18年秋、曲折を経て、北大・理・植物に入学した。この時の入試担当は生理学の坂村徹先生で、ドイツ語の口答試問も同先生の居室で受けた。Wasser Kultur という本でしぼられ、「ドイツ語は勉強したことがあるようだね」と言われ、放免という汗顔の思い出がある。

北大時代は戦中・戦後の物資欠乏時代で思い出も多い。前記の木下技師の援助もあって、私は採集で何回もサロマ湖に通った。一度、山田先生も同行され、現地で揮ごうを頼まれ、大いにテレながらも「拓北海」と色紙に墨書された事。様似に同行した時は、米艦戦機の攻撃で室蘭の旧海藻研究所に機銃弾が教発打ち込まれた事。有珠で雲丹取りを見ている時、地元の開業医が、アルコールに苦味チンキを入れて shütteln すると、うまい酒が出来ると伝授してくれた。このドイツ

語を反芻して、山田先生はご機嫌だった事。

また、或る年の5月末、コンブ資源調査で山田先生と釧路から雪まじりの雨の中を昆布森まで歩いた。冷えきった体で漁師の家で1泊したが、夕食にネコアンコンブの「とろろこんぶ」を味わったり、翌日には、ヒモヒトエグサを波打際の上に見つけ、その学名に何かとてもロマンを覚えた事。

また、農学部水産におられた広瀬弘幸先生によるスガモ資源調査では、正置さん等と共にオホーツク海岸を歩いた。広瀬先生の愛唱歌は、ドイツ民謡の「故郷を離るる歌」であった事等々。

北大では、黒木さんは1年先輩。だが、徴兵延期手続ミスで入隊したため、卒業は21年秋の私と一緒に。黒木さんは助手、私は大学院特別研究生として研究室に残り交友を深めた。その頃、山田先生から藻類学会設立の話があり、同室の瀬木さん、梅崎さん等とも勝手気儘な話し合いがあり、まずは、同好会的なものから出発してはという事だったと思う。

また、春休みで宮崎に帰る黒木さんに誘われ、青島のお宅へ同行したが、鬼の洗濯板で有名な海岸では、キッコウグサやヤタバグサに初めてお目にかかった。また、設立間もない鹿大・水産学部に着任早々の田中剛先生を訪ね、共に、桜島、鹿屋、志布志へ足を伸ばしたりもした。

大学院2年間を終えて、私は大岡山の自宅に戻り、母校の水講に就職。ところが、すぐに、結核が発症、以後、自宅療養や入院・手術で休職、退職等転変を経て復帰。この間に、当学会が発足し、上記のいきさつから、私も発起人になったようだ。

結核といえば、終戦間もない頃、コンブ類の発生を精力的にされた函館高水の神田千代一先生から、刷り上がったばかりの論文を我々弱輩も頂いたが、間もなく発病された。その頃、九大の瀬川先生が列車を乗り継ぎして、元気に教室にお顔をお出しになった時、君は一寸、神田さんに風貌が似てるから、体に気をつけよと言われたが、本当になってしまったわけだ。

水大で私は、殖田先生から、これからは生理をしなければならぬ。教育大の三輪知雄先生の所で勉強するとよいと言われ、教育大に三輪先生をお訪ねし、優

しい先生という印象を持った。しかし、病気のため、これは実現しなかったが、後年、何かと三輪先生のご指導を頂いた。有賀さんの話では、三輪先生は厳しい怖い先生だったようだ。

思い出はあまりにも多いが、当り触りのないよう、散漫ながら書きあげた。私も70歳となったが、お蔭様で、水産関係や日中の学术交流に微力を捧げている。会員諸氏のご健勝を祈る。

日本藻類学会40周年を祝って

1981・82年度、1985・86年度会長 千原光雄



日本藻類学会が創立40周年を迎えました。さきに学会の運営にかかわった者として殊の外嬉しく、心からのお祝いを申し上げます。かって明治初期に東京大学の植物学専攻第一回生として卒業した斉田

功太郎博士（後に東京教育大の前身東京高等師範学校教授）が淡水藻カワモズクを観察し、それより4年後の明治22年（1889）に卒業した岡村金太郎博士（後に東京水産大の前身水産講習所長）が海藻アサクサノリの研究を始めてより、既に100年以上が過ぎました。この点から言えば、日本の藻学の歴史は優に100年余と言うことになりましょう。この100年の歴史の現在に至る40年間、日本藻類学会がわが国の藻学の発展を大きく増幅させたことは事実であり、その貢献の大きいことは誰しもが認めるところだと思います。

岡村博士は昭和の初めに“わが国の海藻の研究で自分がやったのは大通りを開いた位のもので、遠藤君（故遠藤吉三郎博士、北海道大学教授）がその処々に少しづつ村落を作ったようなもの……”と書いています。日本の藻学の道はその後、本学会初代会長の山田幸男教授（北海道大学理学部）と門下生、第2代会長の時田 郁教授（同 水産学部）と門下生等を中心に長く延長され、さらに東京大学や東京水産大学の水産学関係の研究者等を中心に藻類増養殖学分野の道が開拓され、部落も沢山作られるようになりました。また昭和の初期には三輪知雄博士（東京文理科大学教授、後に東京教育大、筑波大学長）がわが国で初めて本格的な藻類の生化学的研究を始められ、博士自身の主な研究は細胞壁の多糖に関するものでしたが、その後、西澤一俊博士（後に東京教育大学教授、本学会第5代

会長）を始めとする門下生等を中心に広く各種藻類の生理生化学の研究の道が拓かれるようになりました。戦後間もなくの頃、当時学生だった筆者は三輪先生から“生化学の面から見ると藻類は実に多様です。系統・進化の研究には秀れた材料でしょう”と幾度か聞かされたことを思い出します。この考えの正しいことはその後の生物学の成果が実証しています。博物学の祖リンネ（C. Linné）は1753年に *Species Plantarum* を著わし、植物界を24綱に分け、23綱を顕花植物、残りの1綱を陰花植物とし、さらにその1綱をシダ・コケ・菌・藻の4群に分類したことは良く知られています。当時の植物分類学における藻類の重みづけは $1/24 \times 4 = 1/96$ と言うことになりましょうか。ご存知のように、最近の生物学の成果は藻類が多系統の生物群であることを明らかにし、その結果、多くの分類系において、植物界のあらゆる門や亜界に藻類の名を見るようになってきました。当然予想されるところですが、含まれる物質等も多様です。近年バイオテクノロジーの進展に伴い、藻類の生理活性物質の探索や地球温暖化の元凶 CO_2 削減への藻類利用等、多方面から藻類の研究が積極的です。本年5月にマリンバイオテクノロジーの第1回研究発表会が全国規模で清水の東海大学で行われ、参加者は約500名、発表件数は139に及びましたが、特筆すべきことに、藻類を対象とした研究はその約1/2、68件もあったのです。発表者の所属は大学、国立研究所、企業等で、専門分野は生物学、水産学、農学、化学、薬学、医学、工学等多岐に亘りました。今や藻類は各方面から熱い視線を浴び、多くの分野で広く研究の対象となり、成果が続々と蓄積されていることは事実です。ところで基礎分野の研究はどうか。国際会議等での見聞では、日本の藻学研究の現状は必しも満足出来るものとは言えないよ

うです。今こそ藻類の基礎研究は大切で、大いに振興されるべきと思います。日本藻類学会が中心となり、

現状を踏まえ、日本の藻類研究のあり方などについてリードして下さることを願っています。

学会設立発起人会に出席して

1987・88年度会長 梅崎 勇



昭和26年（1951年）5月6日の夜、京都大学農学部水産学教室（舞鶴市）で開催の日本水産学会年次大会に出席の瀬川宗吉、新崎盛敏、中村義輝、須藤俊造、近江彦栄、瀬木紀男、長谷川由雄、片田実

の諸先生と、京大側から米田勇一先生と小生が勧誘を受け、東舞鶴の松栄館の二階に集まりました。そして、それ以前にある先生方の中で個人的な話し合いが進んでいた模様で、日本に藻類学会を設立したいが賛成してもらいたい旨と、その今後の対策を検討したいということでした。大学を卒業して、ようやく4年目の小生には、まだ学会のイメージが判明し難く、先生方の熱心な討論と、日本の藻類学の将来についてのお話を伺っているうちに、学会の概要が判り、その設立の必要を感じました。当時の藻類研究者は、日本植物学会（明治15年設立）または日本水産学会（昭和10年設立）に所属していて、藻類学者及び藻類愛好者の組織団体を持ちませんでした。翌年（昭和27年）7月28日には、東京の東海区水産研究所で、引き続き9月26日には北大水産学部（函館市）で学会設立準備会が数人の諸先生方でもたれました。10月初旬に北大の山田幸男先生より、米田勇一先生と小生宛に学会設立の発起人承諾の依頼書と、東大での発起人会議に出席せよとの案内状が届きました。そして、東大で開催の第17回日本植物学大会期間中の10月11日夜に理学部植物学教室地下室で、日本藻類学会設立発起人会議が開催されました。京大から米田勇一、平野 実の両先生と小生が参加しました。当日の議事録は藻類1巻1号に掲載されています。その時に話し合わされた、学会誌の名称について記憶の一部を紹介します。学会の雑誌名（和名）については“菌類”に対して“藻類”なる名称が広く使用されており、“菌学”があるが“菌類学”の言葉が

少ない。また、海藻学が今まで使われたが、“藻学”または“藻類学”が一般的ではない、などの意見がありました。しかし、結局、雑誌和名は“藻類”ということになりました。雑誌の英名については、昭和23年（1948年）に設立の米国藻類学会（Phycological Society of America）のニュース誌である“News Bulletin”があり、昭和26年（1952年）に設立の英国藻類学会（British Phycological Society）発行の英国藻類学会誌が“British Phycological Bulletin”があることから、当分は“Journal”よりは“Bulletin”がよく、学会誌英名は“The Bulletin of Japanese Society of Phycology”がよからうということになりました。なお、米国藻類学会は、その後（1965年）に米国藻類学会誌（Journal of Phycology）（vol. 1）を発行し、“News Bulletin”を廃刊しました。また、英国藻類学会誌は論文の内容の充実を図り、国際的な科学誌となるべく“British Phycological Journal”と第4巻（1969年）から変更しました。

以上の学会設立準備会の経過を踏まえて、北大の山田先生のもとで会則素案を作り、同年11月11日に日本藻類学会の発足となりました。そして、翌年（昭和28年）10月10日に金沢大学で開催の第18回日本植物学大会の際に、日本藻類学会第1回総会を開き、会長選出、会則その他の議題が承認され、正式に日本藻類学会が誕生しました。初代会長に選出された山田幸男先生はじめ、設立準備に直接に苦勞を重ねた諸先輩の喜びと感激は大きく、また新入会員一同が祝福いたしました。

なお、余談ですが、仏国藻類学会（Société Phycologique de France）は1955年に設立され、学会誌は“Société Phycologique de France, Bulletin”（no. 1, 1955～no. 12, 1968）から“Bulletin de la Société Phycologique de France”〔no. 13, 1966（1969）～no. 23, 1978〕と改名され、その後は廃刊となり、学会のニュース（Letters Phycologique）のみを出しています。そして、

仏国の藻類学論文は Cryptogamie: Algologie (vol. 1, 1980) が取って代わりました。印度藻類学会 [Phycological Society (India)] は1962年に創立し、学会誌 [Phykos (Journal of the Phycological Society (India))] を毎年2号出しています。日本藻類学会誌も27巻1号 (1979年3月) から国際的な学術雑誌として “Japanese Journal of Phycology” と改名し、A5版からB5版に誌面を拡大したことは時機を得た発展と言えます。韓国藻類学会 (The Korean Society of Phycology) は1986年8月に設立され、“藻類学会誌” (The Korean Journal of Phycology) を発行しています。

昭和27年10月から昭和40年10月までの6期の学会長であった山田先生は、毎年の総会に出席され、今日の藻類学会の隆盛を賞讃され、学会の一層の発展を希望されました。そして、岡村金太郎先生の“海藻を勉強しなさい”のお言葉を引用され、藻類研究者の少かった岡村先生当時を回顧され、今日の藻類学会の発展を岡村先生がどれ程お喜びになれるだろうと、述べ

ていました。一方、先生は、学会を維持発展させるには、ぜひ会員数300名を早く獲得したい旨を念願しておられました。そして、昭和34年3月 (藻類8巻1号) に会員数が324名 (国内会員314名、外国会員10名) となり、先生希望の300名を突破し、非常に喜ばれたということです。現在 (平成4年3月) の会員数753名 (普通会員544名、学生会員52名、団体会員45名、賛助会員11名、外国会員101名) の大所帯になったことは同慶の至りですし、最近の外国会員の増加は学会の国際的評価が高まったことと思を重ねて喜びに耐えません。当時の山田会長は、この学会は理学部関係者だけでなく、水産学関係、漁業関係者、海藻利用者、その他藻類愛好者の多くの入会及び雑誌の投稿、それらの記事の充実を希望されていました。このことは、当時の学会入会者及び雑誌の論文、雑録その他の記事に、先生の御配慮がうかがい知れます。将来とも、学会初期の精神を順守され、国内的にも国際的にも一層発展していくことを希望します。

雑誌「藻類」をふりかえって

1989・90年度会長 小林 弘



「藻類」の創刊は昭和28年 (1953年) 3月ですから、1992年で丁度40年になります。第1巻、第1号の日本藻類学会議事報告には、会誌「藻類」はA5判とし、年3回発行することと書かれています。

実際、記念すべき創刊号を手にしてみると、手のひらにはいる大きさで、全96頁ですから、B5判で出版されている現在の機関誌の1号にも及ばない規模のものでした。また、投稿規定が論文は和文であることを指定していましたので、表も図の説明も全てが和文でした。

当時は藻類だけでなく「陸水学雑誌」などもこの様式でしたから、これが普通で、もしも英文で書きたいのなら「植物学雑誌」にでも投稿しなさいということであったと思われます。

藻類に英文の論文が登場するのは、15巻からですが、

調べてみると投稿規定はそのままです。外国会員からの投稿があり、和文で書いて下さいというわけにもいかなかったためと思われる。16巻からは投稿規定も「和文とする、但し外国会員はこの限りではない」と改められています。

このように、外国会員も増え、また、投稿論文も増え、20巻の学会録事には、「投稿後1年半もたってやっと掲載される現状も打破し、1巻160頁程度の本誌を発行するためには値上げも避けられない」、「投稿の注意を改め投稿規定とし、必要に応じて編集幹事以外の適当な方に添削を依頼するという編集委員制度をとること」が総会の決定事項として記録されています。その翌年には、藻類の年4回の刊行が始まりました。頁数もきっちり161頁になっていますが、館脇編集幹事から「制限頁数を超過する場合には、著者の実費負担とすることが提案され決議された」というような記事もみられます。

このようにみえてくると、丁度、魔法瓶が栓をとって

注ぐ方式から、電池式、手押し式など次々と改良されてきたように、会誌も少しずつ改良されてきた様子がわかり興味のつきないものがあります。

昭和50年からは編集委員長制度が発足しましたが、23巻を見ると新しくノート欄の充実、刷り上がりの体裁の統一などの他、裏表紙に英文目次をつけるなど、千原委員長のご苦心の跡がしのべれます。

昭和52年から私が編集委員長をお引き受けする羽目になったのですが、既に、前委員長時代に、いろいろと改革すべき課題が持ち上がっていたので、内心えらいことになったと思ったものでした。というのも、一つには25巻から英文論文を掲載することになっていたことでした。これは、時代の流れを反映してのことではありましたが、文部省に出版助成金の申請をする度に、これでは国際誌とはいえないからダメだと言われ続けていたことが大きな原因でした。二つには、雑誌を26巻からB5判2段組に変える件でした。これにも論文に写真が多用されるようになり、より広いスペースと、刷り上がりの良い紙の使用が強く望まれるようになっていたという差し迫った事情がありました。三つ目は、会員名簿を作る件でした。加えて、それまで日本植物学会に便乗して、評議員会、講演会、総会、懇親会などを行ってきたのを改め、独立した研究発表会をもつことになり、その第1回大会を東京学芸大学でお引き受けしましたので、昭和52年という年は大変忙しい年でした。幸い、春期第1回大会の方も22件の発表があり、盛会でしたが、そのときの要旨を雑誌1号に収録し、名簿を2号に入れたので雑誌の頁数も、一挙に224頁に膨らみました。

新しく作るB5判の雑誌の体裁については、編集委員会に一任されていましたが、何度か評議員・編集委員合同委員会や持ち回り委員会を開き、新しい雑誌の英文名の件、和文論文のトップに英文要約とキーワードを付ける件、会員の皆様に対して表紙原稿の募集を行う件、など次々と相談を持ちかけましたが、委員の皆様も大変熱心に対応して下さいました。この間の詳しい経過については26巻2号にまとめてあります(p.94)。これを読み返してみると、表紙の色の印刷インクの指定までしてあります。そこまでしなくともと思われるかも知れませんが、印刷経費との関係もあり、赤なら赤1色で印刷したいのと、紙面節約のため表紙に目次を印刷したかったので、回覧のためにコピーをするような場合を考えたのでした。その場合、インクの色にもいろいろあって、同じ赤でもコピーをしたときよく出る色と出ない色があるので、幾つか見本刷り

を作ってもらい、手数をかけて選んだので記録に止めたわけです。

最も悩んだのは表紙を和文にするか、英文にするかでした。当初の委員会では伝統のある「藻類」という書体を残すためにも、和文にしようということになっていました。しかし、大英博物館の珪藻屋さんに尋ねてみると、パッと見たとき、表紙に漢字が書いてあったり、また、背文字が漢字であったりすると見る気がしないという返事がきました。また、買いたてのレタリングセットで表題の英文字を書き、実物大の表紙見本を作ってみると、国際化のためには、表紙を英文にするのが自然であるように思われました。そのため、急遽、裏と表の表紙を見開きにして、背文字も入れ、コピーをしたものを委員各位にお送りしてご審議頂き、最終的には、現在のようなスタイルになりました。

英文の雑誌名を“The Japanese Journal of Phycology”に変えることには何等のご異議もなかったように記憶していますが、何故変えたかは、外国会員も増えたことだし、雑誌の国際化には、Japanese Society of Phycology、つまり、日本藻類学会のBulletin(会報)ではまずかろうということであったように思われます。印刷屋との打ち合わせなどもあり、非常にあわただしい1年でしたが、昭和53年(1978年)度には予定通りB5判の雑誌ができました。中村義輝先生はおもしろおかしく、雑誌を大きくすると入るから、立つかなあ!とみんなを笑わせて下さいましたが、192頁確保でき、雑誌もやっと立ちました。

雑誌が新しくなったのが効いたのか、或いは、独自の大会を開催するようになったのが効いたのかはわかりませんが、投稿数も、会員も増え、英文での投稿も増えたのは事実です。このときに前後する、会員数の変動、藻類各巻の総頁数の変動については、「日本藻類学会30年のあゆみ」(30:354-357)にグラフで示されています。

27、28巻は北海道大学に移っていたので、今となつては何故私が文部省に出版助成金の申請に行ったのが定かではないのですが、多分、それまでの行きがかりからと思われる。前年度までの会計幹事の岡崎さんと二人で出向きました。そのときのことで、それまでとは、手のひらを返したような好意に満ち満ちた応対を受け、文字通りめんくらったのでした。例えば、「雑誌も良くなりましたし、英文も半分を越しましたね、ちょっと申請書を見せて下さい。ここの所は書き直していただいた方がとおりがよいですね。今私

が鉛筆で書き加えますからその通りに訂正して、今日中に出し直して下さい」というようなことだったと思います。それから二人で近くの喫茶店に行き、ホワイトを買ってきて、消しては直すという作業を繰り返しました。何しろ同じものを3枚作らなければなりません。時間は迫るして、てんやわんやでした。しかしこれで来年は大丈夫という確信を持ちました。雑誌の体裁を変えた甲斐があったというものです。55年度から

は70万円がもらえるようになりました。

その後、千原会長の時に、再度編集長をお引き受けし、33、34巻の編集に携わりましたが、月日の経つのは早いものです。B5判に変わったのは昨日のこのように思っていますが、既に15年が経過しました。雑誌「藻類」を新しくA4判にモデルチェンジしようという話が出ていますが、いいタイミングかも知れません。

若手会員からのメッセージ

今、藻類学会に期待すること

本多 大輔（筑波大学生物科学研究科3年）

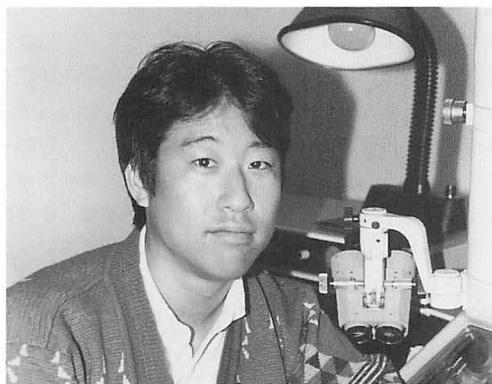
私が藻類学会に入会したのは平成2年、神戸で第14回大会が開催された年でした。この大会では初めて学会発表を行い、黄金色藻綱サルシノクリシス目藻類について報告いたしました。不十分な内容を緊張して発表したことが、恥ずかしく思い出されます。それでも討論時には、的確な意見や指摘をいただき、さらに懇親会などでも「あのサルシノ……なんやけど……」と、質問や意見をいただいたことは、非常にありがたく、勇気づけられました。今から思いますと、新人をあたたく迎え入れてやろうという配慮があったに違いなく、そういった雰囲気を作り上げてこられた先輩方に頭が下がる一方で、このようなアットホームな雰囲気を受け継いでいく立場になっていかなければと思っています。

ところで、同好の士、研究者の集まりである学会は、学会誌の出版、大会あるいはシンポジウムの開催を通

じて、研究分野に関する情報を会員に提供し、また啓蒙を行う組織であると思います。すなわち、学会誌への論文発表や大会における研究発表の場を設けることで、新しい知見、考察、研究手法の情報交換を可能にすること、さらに自らの研究分野を、科学の分野はもちろん、社会的にも理解、認識が深まるように努力することであると思います。

実際、私の場合も藻類学会から多大な恩恵を受けています。しかし、このところ国内のいろいろな学会の大会に参加して気がつくことがあります。藻類が急速に多くの分野から注目され、材料として用いられているために、藻類学会としての“場”がそれをカバーしきれず、藻類学会という枠組みの外で情報交換が行われていることが意外に多いように思えます。生物学自体が細分化しているご時勢なのだから「当たり前だ」とする意見もあるかもしれません。けれども、様々な分野において藻類を用いることによって得られた新たな知見が、藻類学会においてとりあげられることが少ないのは私には残念でなりません。「藻類とは？」といった我々の究極のテーマに対して、植物生理、細胞あるいは生態学などの分野における藻類研究の情報は貴重であるはずですが。私のような学生にさえこのようなことが身近に感じられるのですから、先輩方にはより一層のことと思います。

それでは、藻類を扱った様々な研究分野をカバーする学会を目指すということになった場合、どのような行動をとればよいのでしょうか。私なりに考えてみました。もちろん、藻類学会としては、その門戸を閉じているわけではないので、外部からのアプローチに対してはいつでも歓迎でありましょうが、その上で、学会からの能動的な行動が必要ではないかと思っています。一案として、外部からの講演者を積極的に招待してシンポジウムを開催する、というのはどうでしょうか。シンポジウム参加者は他分野の最先端の話題に触れ、



議論に加わるチャンスが得られます。一方、講演者は藻類学会が議論をする“場”として十分であるかを判断することができます。そして、もし十分であると判断するならば自然と学会にも参加されるようになるはずです。他にもいろいろなアイデアがあるかと思いますが、いずれにしても、早い時期になんらかの行動が必要ではないかと思うのは私だけでしょうか。

藻類学会の弱冠3年生として、思いつくままに書きました。このようなシンポジウムに参加したい、というのが正直なところです。お酒の席などでは結構賛同してくれる方もいます。口に出すと実行するのは大きな差があると思いますが、今がその時だと思います。経験、実力ともに未熟ですが、私も今後の藻類学会の活動の一翼を担えるように微力ながら努力したいと思っています。

環境問題の視点から今後の藻類学会に期待する

高村 典子 (国立環境研究所)

藻類学会が設立40周年ということである。私の勤務する国立環境研究所 (旧国立公害研究所) がまもなく20周年であることを考えると、ここ20年藻類学会にも環境科学に従事している会員が増えていると思う。これら、環境科学に従事している一若手研究者の立場で今後の日本藻類学会への期待と希望を述べたい。

我々が問題にしている環境研究の現場は海、湖、河川、河口域、沿岸域などであり、そこには必ず藻類が生息している。赤潮やアオコのようにそれ自体が公害をおこし除去や対策の対象となっている場合もあり、環境問題と藻類は深い関わりがある。そうでない場合でも、例えば汚染物質が混入することにより、どのような環境破壊が進行しているのかを把握するには、ま



ず、どのような汚染物質がどれくらい現存しているかなど、その場の物理・化学環境を調べ、次に生息している生物群集がどのような影響を受けているかを知るために、種類組成や生理活性などを調べることになる。そのような環境破壊の場にも藻類は必ず存在しているため、必然的に藻類の分類学的知識が必要となる。我々の悩みは、必ずしも、ある特定の、学問的におもしろい、または、分類の知識の充実した分類群や扱い安い材料だけを対象とできないところにある。現実の藻類の分類学は我々の要求に答えるほど完備してはいないし、見直す点が多いようである。しかし、待ってはもちが明かない。そこで、分類学を専門にしておられる先生方に、その時々で最良と思われるテキストや分類方法、問題点、新しい動向、文献などの情報をできるだけ迅速に「藻類」の読者に知らせていただくと我々は随分と助かるのにと常々思っている。

湖や海域での物質循環の研究では、最近10年間の微生物研究の技術の進展により、従来水界での物質循環を支配すると考えられてきた、植物プランクトン—動物プランクトンを機軸とする grazing food chain と細菌を分解者としてとらえた detritus food chain が再考をせまられている。つまり、植物プランクトンの光合成産物を食物連鎖の起点とした溶存有機物質—細菌—鞭毛虫・繊毛虫の microbial food web の水界での駆動率が先の classical food chain に比べて著しく高いことがわかってきたからである。さらに、今まで見過ごされてきたバクテリアサイズの超微細藻 (ピコプランクトン) が植物プランクトンの基礎生産量の大部分を占めることも明らかになってきた。これらの問題は地球の温暖化現象に関係する地球規模での炭素循環の解明や炭素量の見積りにも密接に関係している。さらに、琵琶湖では1989、1990年にピコプランクトンが大発生してアユが大量へい死を引き起こしたこともあり、湖沼保全の立場も加わって、環境科学に従事する研究者にも‘やっつけていいよ’のお墨付きがでるテーマになってきた。我々の研究室でも今年度から5年間で研究を行えることになったが、単なる調査研究に終わらず、学術的にも価値の高い研究成果を生み出したいと願っている。そうした事も踏まえて、先日、日本陸水学会にて「浮遊生物群集の新しい展開：超微細藻と小型鞭毛藻 (虫) の分類と生態をめぐって」と題するシンポジウムを行い藻類学会から山形大学の高橋永治先生 (高橋先生は陸水学会の会員でもあります) と筑波大学の井上勲先生に話題提供をしていただいた。水域の物質循環を研究している者はどうしても、生き物を炭

素、窒素、リンとしてとらえるため、生き物それ自体を見失いがちである。陸水に多く出現する黄金色藻の話や河地・井上両氏の撮られた餌をとるハプト藻のビデオ写真は若い研究者から大きな反響があり、参加した研究者一人一人がこのシンポジウムから、さらなる新しい研究の展開を考えたのではないかと感じた。こうした研究分野にも藻類の生物学からのアプローチが必要となるであろう。

赤潮やアオコの分類学や生理生態学の進歩の例に見るように、藻類の生物学は環境科学からの強い要望があって発展してきた部分もあるが、そのみならず、環境科学の研究者自らが発展させてきた部分も大きいと考える。内湾や湖沼保全の研究のみならず、農薬や重金属などの汚染物質の生態系影響の研究、紫外線の影響の研究、海域の炭素循環の研究など今後益々環境科学の立場からの藻類研究が増えるであろう。現在の「藻類」及び藻類学会では、まだまだ生態学や環境科学の発表が少ないようであるが、今後この方面にも力をいれていただけたらと考えている。

CO₂ 問題に対する研究支援の立場から

都筑 幹夫（東京大学応用微生物研究所）

微細藻類は、分類群が広く生育環境も多岐にわたっているため、分類学においても生態学においても重要な研究対象である。しかし一方、増殖が速く生育条件を制御できることや細胞懸濁液を溶液として扱えることなどを利用して、生理学や生化学の研究にも用いられてきた。セネデスムスやクロレラなどを用いて光合成 CO₂ 固定回路を明らかにした Calvin や Benson らの研究は有名である。ところが、生理学や生化学の研究では、一人の研究者が用いる種（または株）の数は



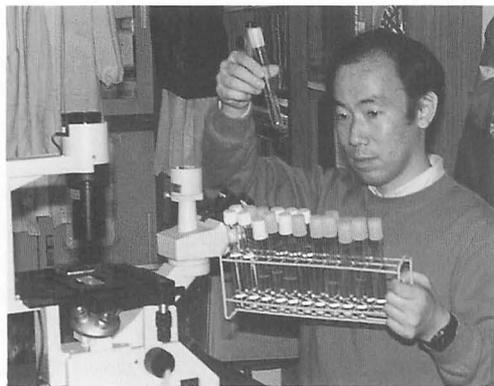
少なく、また、植物学研究の一材料として利用することが多いため、藻類全体に関心を持つ研究者は少ない。こうした点などが背景にあり、分類学、生態学領域の研究と生理学、生化学領域の研究との連携が、これまで十分ではなかったように思われる。

最近、地球レベルの環境問題のひとつとして、大気中 CO₂ 濃度の上昇がクローズアップされ、微細藻類の光合成を利用して、大気中から CO₂ を固定しようとする研究プロジェクトが進められている。民間企業や通産省などが勢力的に進めていることもあり、これまで（大学で）生物学の講義すら学ばなかった工学系の研究者が微細藻類を研究対象に取り上げるようになってきている。藻類を用いた研究、そして、その研究者数が増加していることは、藻類学全体にとってよいことであり、藻類学の飛躍的発展のチャンスである。筆者らの行っているカルチャーコレクションの統計資料から判断すると、こうした研究の始まりは国内では平成2年度がピークで、研究は現在も続いている。既に、藻類に関する専門的知識や実験技術を身につけている研究者も多くなってきた。その多くは、CO₂ 固定の研究のみならず、有用物質生産や排水処理など藻類の利用を目指しているようである。そのため、これまで生理学、生化学などの研究に用いられてきた株と、自然界からサンプリングした株とを共に扱っている研究グループも多い。また、藻類の分子生物学に関心を寄せる分子生物学研究者が大学などの研究機関で増えている。藻類を用いた応用研究が進み、社会の関心が高まれば、学校教育で“藻類”が登場する数も増えるであろう。初等中等教育で“藻類”に接することは藻類に関心の高い学生数の増加につながる。風が吹けば桶屋が儲るという訳ではないが、地球の環境問題は、藻類学研究発展の好機である。基礎分野も含めて藻類研究を発展させるためには、研究者間の交流と情報交換を集めることにより、多くの藻類研究者が協力して、こうした社会問題に対処していくことが重要なのではないだろうか。

指標生物としての藻類—珪藻研究に課されていること

真山 茂樹（東京学芸大学生物学教室）

指標生物として、藻類は今日までさまざまな面で使われてきた。中でも珪藻は、種類の豊富さと、その多様な生態的特性により水質環境の指標のエースとして



君臨している。その最もポピュラーな指標性は河川の水質汚濁に対するものである。ここ10年を振り返ると、1980年代前半は我国の河川の汚濁が最も深刻な時期で、珪藻の汚濁に対する研究も多く、関連する学会では幾題もの研究発表がなされていた。最近では汚濁水域の珪藻分類もおおかたの終わり、また応用分野である珪藻による水質判定も、その方法がいくつかに絞られてきているようである。珪藻による汚濁の水質判定は、他の生物を指標として用いた場合に比べ、はるかに精度の高い結果をだすことがわかってきたため、河川の水質管理の基礎データとして使われる機会がますます増えてきている。また学校教育においても、環境に関する生物実験の例として、珪藻による水質判定が取り上げられるようになってきた。現在この分野の研究では、珪藻群落のより数理学的な解析に視点が移されてきている。それと併せ、個々の種の生理的特性の実験が今後に求められている課題であろう。

現在、欧米で盛んに研究されているものに、酸性雨による湖沼の酸性化現象がある。その指標として珪藻は多くの注目を集めている。これは異なるpHには、異なる珪藻の種類が出現することを利用し、湖底に堆積している珪藻の殻を指標として用いることによって、過去からの水質変異の経過を知ろうとするものである。最近では日本でも酸性雨現象が報告されている。しかし酸性水域に出現する珪藻種についての広範囲の調査は数少なく、分類学的基礎データが不足している。湿地などの有機酸を含む水域の他、無機酸性水域についても調査により基礎データを蓄えることが必要である。

珪藻研究における大きな特色の一つに、地学分野における研究がある。古生物としてさまざまな藻類の化石が発見されているが、珪藻ほど莫大な量の化石が残されている藻類は他にない。世界の珪藻研究者の4割

近くは古生物、生層序、古生態、古気象、古地形といった分野で研究をおこなっているのである。地球の歴史を知るうえで珪藻は有用な指標生物の一つであり、その価値は非常に高いものである。また生物の進化を探るうえで、その証拠である化石を多く残している珪藻は他の藻類にはみられない研究上のメリットを持っている。

以上の他にも珪藻はさまざまな指標として用いられ、また用いられる可能性を持っている。世の中が広く珪藻を指標生物として利用することは、私のような立場の者にとって結構この上もないことである。しかし、指標生物の利用という応用面にばかりにのめり込むのは危険である。生物を指標として用いるためには、その生物の正確な分類が必要なのであるが、現実はこの基礎的研究がおざりにされがちで、応用面のみ先走りしていることがしばしば見られる。分類が正確でない指標生物によってなされた仕事は、その意味を失ってしまう。

珪藻の分類の歴史は今から二百数十年ほど前に始まった。しかし、その種類数の多さに加え、それらの形態変異の幅の広さ故に、いまだ珪藻の科学は殻の形態分類が世界的に主流である。言い替えば、珪藻の分類体系がいまだよくわかっていないということなのである。走査型電子顕微鏡の登場は確かに珪藻の分類学において画期的なことであり、我々は微細構造の情報を多く得た。しかし、それらは時として従来の光顕観察による分類の再検討を示すものであった。そのため走査型電顕を用いて、光顕時代の分類の確認しながら再分類しているのが珪藻研究界の現状である。珪藻の種数は2万あるいは3万存在するといわれているが、今日まで電顕観察された種類はその半分にも満たない。それゆえ今後も殻形態による分類は根気よく続けられなければならない。しかし、殻の形態観察ばかりをしているわけにもいかない。大切なのは珪藻という生物全体を知ることである。残念なことに、珪藻は殻以外の生物学の分野では他の藻類に比べ遅れを取っている感がある。たとえば、核や葉緑体などの細胞学はここ100年ほど総説が書かれたことがなく、生活環についても近年では亡くなったGeitlerがもっぱら報告していたに過ぎなかった。透過型電顕による細胞切片の観察も初期に von Stosch らが活躍したものの、最近では Pickett-Heaps の活躍が目立つのみである。現在、殻構造以外の分野において珪藻はまだ未知の生物であり、その意味において珪藻は研究対象の宝庫といっても過言ではない。今後、私を含め研究

者に課されていることは、殻だけに捕らわれずにもっと採集した生の細胞を観察すること、そして多くの種において培養を成功させ材料的環境を整えること、そのうえでさまざまな観察・実験を行うことであろう。そして、珪藻の本来の姿を多方面から正確に捕らえることができた時こそ、珪藻はより良い指標生物に成るのであろう。

藻類のカルチャーコレクションの生命科学に於ける貢献

野崎 久義 (国立環境研究所)

近年、藻類の培養法が発達し、微細藻類を中心としてかなりのものが実験室で継代培養出来るようになってきた。これと平行して、生命科学の諸分野に於いて、藻類の培養株を使用した研究が活発に行われてきている。特に *Chlamydomonas* の様な単細胞性のものは生物学の細胞・分子レベルのあらゆる研究に使用されている。また、種生物学 (species biology) や分子分類学 [molecular (DNA) systematics] においても生きた材料としての藻類培養株の使用は必要不可欠である。

以上の様な“藻類の培養株”を用いた生命科学の研究論文は世界の学術雑誌に載らない号がないくらい多くの割合で出されており、その多くのものが株の番号が明示されている由来の確かな“系統保存株”である。従って、これら研究成果の基盤となっているものが“培養株の保存と提供”と言う仕事であることは言うまでもない。この様な仕事をする藻類のカルチャーコレクションは世界で16ヶ国39箇所、日本では3箇所が存在する。保存されている株は世界中で3000種11000株にもぼる。この“系統株保存”という仕事は当面の使用予定がなくとも常に行われなくてはならない。それ



は生きた材料と言う無限の可能性を秘めた文化的財産をいつでも入手出来る状態にするための、生命科学に関わるものにとっての義務とも思える。その様な意味で“系統株保存”は重大な任務である。しかし、一般的な認識は低く、いまだ高等動植物の“博物館”の様な恒久的な予算の措置がとられておらず、それに関わる研究者の個人的才覚に依存している面がかなりの部分である。世界で最も古く歴史のあるイギリスのCCAP (Culture Collection of Algae and Protozoa) であってさえも英国政府の事情から1970年代に財政的危機に陥ったこともあったそうだが。しかしながら、近年の生命科学における系統保存株の著しい貢献がカルチャーコレクションに博物館なみの“市民権”を与えてくれるものと信じる。

私の個人的研究テーマである微細な緑藻類の形態分類学に関わりながら、ここ十余年いくつかの成果を発表してきた。その多くのものが“由緒正しい系統保存株”を“生きたタイプ標本”として利用させてもらったお蔭のものである。私は過去に研究・発表されたものと同じ材料を生きた状態で比較観察できる素晴らしいことに常に感動している。外から保存株が届いた時には期待で胸が膨らむ。この様な事が出来るのも微細藻類ならではのことである。

数少ない私と同じ *Volvox* 類の研究者の一人の Starr 博士はアメリカのテキサス大学の藻類のカルチャーコレクション“UTEX” (Culture Collection of Algae at the University of Texas at Austin) の創設者である。昨年の8月にアメリカで行われた国際藻類学会議の直前にテキサスに訪れ UTEX で Starr 博士の“beloved” *Volvox* の保存株を見せてもらった。なんと *Volvox* は“milk bottle”の中で保存されていた。地震のないテキサスならではの事と思う。この UTEX も Starr 博士の個人的才覚に依存している面が強く、来年の秋彼が大学を引退した後はどうなるのかが心配である。

海洋資源の立場から—海中林をめぐる諸問題

前川 行幸 (三重大学生物資源学部)

海洋資源としての海中林は沿岸生態系の中で重要な地位を占めている。海中林の有用性についてはここで改めて述べるまでもなく、沿岸域の主要な一次生産者であり、直接的にはアワビ、サザエ、ウニ等の有用動物の餌料として、また間接的には沿岸魚類の産卵場や幼稚仔魚の保育場として、重要な役割を果たしている。



しかし、近年、沿岸域における汚染の進行、磯焼け等により、海中林の減少が各地で報告されている。

最近、浅海漁場開発の必要性および磯焼け漁場の回復を目的として、海中林の造成や保護、育成が盛んに行なわれている。1980年に開始された水産庁マリンランディング（海洋牧場）計画や1991年に発足した同バイオコスモス計画においても藻場、海中林の保護、造成が重要な研究課題となっている。また、県レベルでの事業としても各地で取り組まれている。しかし、これほど広範囲に、多くの研究者が取り組んでいるにもかかわらず、海中林が造成され、それが現実に維持されているという報告はこれまで見当たらない。海中林造成というのはそれほど難しい技術なのであろうか。それとも、海中林造成に対する技術的アプローチが根本的に間違っているのではなかろうか。ここではこの2つの問題点について私なりの考え方を述べてみたい。

海中林の造成技術は、陸上の森林群落における植林と基本的には同じと考えられる。すなわち、種を蒔き稚樹（種苗）を育て、山に植えつけ、肥料をやり、下草を刈り、動物の食害を防ぎ、ある程度大きくなると間伐（間引き）し、枝打ちしながら成木まで育てるといったものである。山で働く人は腰に弁当を2食分ぶら下げ、山の中で一日中これらの作業を繰り返すという。非常に手間暇のかかる仕事である。これに対し、海中林の造成作業はどうであろうか。海中での作業は労働効率の面からも、作業時間の面からも著しい制約と危険が伴う。とても一日中作業できるものでもないし、第一、水中での作業ができる人が少ない。典型的な3K労働である。これは造成技術以前の問題であり、最大の問題点の一つでもある。

陸上の森林と海中林の大きな違いの一つは群落を構成する種の寿命である。陸上の樹木は100年もしくはそれ以上の寿命を持つのにに対し、海中林を構成する多

年性のアラメ、カジメではせいぜい5-6年、ホンダワラ類では1年性のものもある。したがって、海中林の造成では、単に幼体を大型個体にまで生長させるだけでなく、構成種の世代を交代させながら継続的に維持させる、すなわち、群落の更新が必要とされる。いくら成体を育てても、あるいはどれほど大型個体を移植してもそれは海中林とは呼ばない。群落としての構造と機能を持って始めて群落と言えるのである。これまでの海中林造成に関する研究はあまりにも技術論的な面のみ焦点が向けられ、海中林が成立するための立地条件、光環境、栄養塩、海水の流動、生産力、群落の更新課程、生活サイクル等、群落の構造と機能に関する生態学的な基礎研究が疎かにされていたように思われてならない。

最近、藻類の生態学を志す若い研究者が少なくなってきたように思われる。まして潜水して作業のできる研究者は非常に少ないのが現状である。海中林の研究には、陸上の森林と同じように、まずその中に分け入ることから始めなければならないのである。近ごろ若い人達の間でレジャーとしてのスキューバダイビングが流行していると聞く。ただ見るだけの潜水ではなく、水中からの視点で物を考えることができるような若い研究者が増えることが望まれる。

藻類の増養殖研究、特に磯焼けについて

藤田 大介（富山県水産試験場）

水産資源の増大には大きく分けて養殖と増殖の2つの方策がある。養殖というのは一定区画内で集約的に有用生物を飼育管理する個人的もしくは企業的な事業であり、増殖というのはもう少し広範囲の自然群集の中で有用生物の保護育成を図る公共的な事業である。以下に、独断と偏見に手前味噌を少々混ぜながら、日本における藻類の養殖と増殖について、過去10年間を顧み、今後の展望を述べることにする。

まず、養殖では、研究対象がノリやワカメ等の主要産業種からマツモやエゴノリ等の地域特産種へと裾野が広がられた。主要産業種については、生産過剰、輸入製品との競合、海域汚染、種苗の疾病などの諸問題を抱えながらも、一部コンブなどはアワビやウニなどの餌料海藻としてその重要性が高まり、深層水利用による栽培技術なども試みられた。今後はこのような傾向に加えて、バイオテク技術がどこまで貢献できるかが問われるところである。



一方、増殖の面においても藻場造成が脚光を浴び、電力、土木、造船、化学、環境アセスメントなど、様々な業界が参入するようになってきた。特に、コンブ科やホンダワラ科の海藻については生理、生態に関する知見が飛躍的に増大し、微小世代の生態、海底の環境条件、投入基質自体の性質等についても検討されるようになってきた。人工光による無光層の緑化技術に端緒を開かれたことも特筆に値しよう。今後は、手段を選ばずに海藻を生やすだけでなく、撤収可能かつ無公害の方法で、景観を損なわず、ある程度選択的に海藻群落を形成し、維持する技術の開発が望まれる。

ところで、今述べた藻類の増殖を推進してゆく上で避けて通れぬ問題の一つに、磯焼け（藻場の衰退）がある。日本藻類学会が40周年を迎えた今年には、日本の磯焼け研究が100年目を迎えた年でもある。

我が国で磯焼けと呼んでいる現象にはいくつかのタイプが含まれていると思うが、現在、最も研究が盛んに行われているのは、いわゆるウニのグレージング活動が関与するタイプの磯焼け群集、すなわち、ウニ・サンゴモ群集である。この群集は世界各地でよく知られており、我が国においても、藻場を構成する有用海藻やウニの生理・生態について相当量の知見が集積されてきた海域はあるが、一般的に見れば研究の歴史が浅いこともあって、文字どおり「木を見て森（群集）を見ない」状態にある。

また、実際には、藻場群集はウニのグレージング活動やそれと直接関わる生物間の相互作用だけで調節されているのではなく、水温、栄養塩、波浪などの海況変動によっても大きく影響を受けている。特に、栄養塩側からの群集調節は、食物連鎖を構成する栄養段階の下位側からの調節 (bottom-up control) にはかならず、上位側からの調節 (top-down control) と同様に重要な意味をもつ。日本の沿岸では、黒潮・対馬暖流・

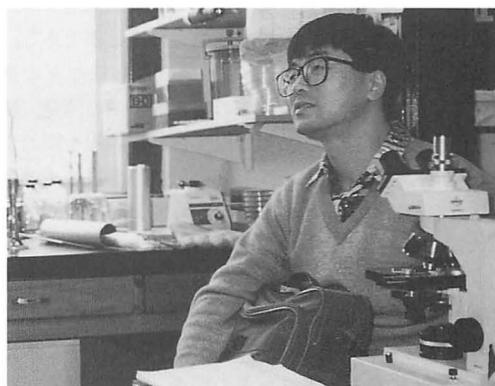
親潮の変動や局地的湧昇流の消長などが沿岸の藻場群集の盛衰に大きな影響を及ぼすと思われるが、現在のところ、これらの海況変動の影響については十分に研究が行われていない。

磯焼けが「点ではなく面」の現象であることを考えれば、当面の磯焼け地帯の振興対策としては、安直な回復技術を探し求めるよりも、海域（一般に貧栄養）の清浄性を利用した魚類養殖など、積極的な利用技術を開発する方が得かかもしれない。しかし、今後、研究レベルで何よりも重要なのは、各地の藻場や磯焼け地帯に対する長期・広域監視体制の確立であろう。現在の日本で主流を占めている調査規模は単年度ないしは5年程度であるが、これではどの場所の何をどの程度継続して調べてゆけばよいかを明らかにするだけで終わってしまう。今後、本学会の50周年に向けて、そして磯焼け研究の新たな100年間で、各地で継続データが蓄積されることを大いに期待したい。

藻類のバイオテクノロジー研究について

嵯峨 直恆（東海大学海洋学部）

海洋生物に関する研究は、これまで、水産学的分野を除いては、主に基礎研究が多かったが、近年、海洋生物の有する耐熱・耐圧・耐塩などの特殊機能の有効利用をめざした応用研究も行われるようになってきた。この海洋生物の有する特殊機能に関する研究開発の効率化そして工業化を図るため、マリンバイオテクノロジーという学際的研究領域が提唱されている。マリンバイオテクノロジーとはいったいどのような学問領域を指すのであろうか。新しい分野であることもあって様々な解釈がなされているが、狭義には、海洋生物を対象とした細胞組織培養・細胞操作・遺伝子組換



え・バイオプロセス工学などに関する研究ということになる。また、広義には、これらの研究に加えて、海洋システム建設・エレクトロニクス・ロボテックスなどの海洋研究を支える幅広い支援研究部門が含まれる。ここでは、マリンバイオテクノロジーの狭義な部門に限定し、藻類の研究開発の進捗状況について簡単に説明する。

藻類の細胞組織培養研究は、1970年代後半から本格的に開始されているが、以前からの培養技術の蓄積もあり、近年、初代培養系・継代培養系ともかなり整備されてきた。また、単細胞培養やプロトプラスト単離に関する報告も、ここ数年増えている。これらのカルスやプロトプラストは比較的全能性に富み、筆者らの研究室ではこの全能性を利用してマイクロプロパゲーションにより有用海藻の大量種苗生産を試みている。

藻類の細胞融合や染色体操作に関しては数編の報告があるが、核移植や細胞選抜に関しては皆無に等しい状況であり、この分野の研究基礎整備が急務である。

遺伝子組換え技術は1980年以降に急速に進展してきた新分野である。藻類では、RuBisCO やカーボニックアンヒドラーゼ(CA) など酵素タンパク質をはじめとしたいくつかの遺伝子クローニングやシークエンスに関する研究が、最近行われるようになった。しかし、ホストベクター系や形質転換に関しては開発がまだまだ不十分である。筆者らの研究室ではホストベクター系、遺伝子導入法、形質転換細胞の選別法などの研究開発を行っているところである。

バイオプロセス技術に関しては、藻類で、固定化酵素や固定化細胞が試みられており、水産加工分野におけるバイオリクターの利用も展望できるようになってきた。その他、藻類の凍結保存やファインケミカルズの生産なども最近トピックスになることが多くなっている。

藻類のバイオテクノロジー研究の効率的推進には、今後次のようないくつかの課題の克服が必要である。

①藻類の種の同定・系統分類・系統保存法などの進展。②藻類の細胞・組織培養の基本的手法の開発、特に分化や脱分化などの基本的な生長の素過程を調節する生理活性物質の探求。③藻類の大量培養技術や効率的な有用物質を生産するシステムの開発。④藻類プロトプラスト単離法および培養法の改良、とくに褐藻や紅藻の細胞壁を溶かす特殊な酵素を効率的に生産する細菌や菌類の探求。⑤藻類の遺伝子組換え技術の開発、特にこれらの技術を底辺で支える藻類遺伝学の確立と、藻類に有効なベクター系の探求。⑥細胞融合が起

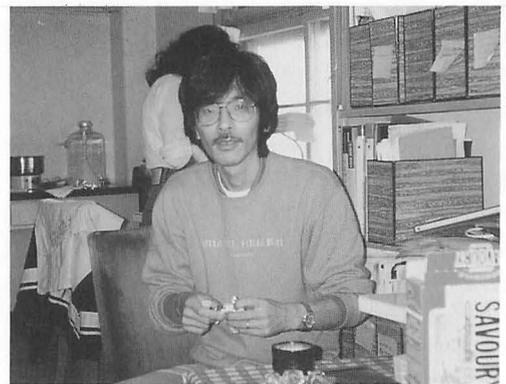
こったハイブリッド細胞や、外来遺伝子が組み込まれた形質転換細胞の特異的検出・選別法の開発。

上記の課題の克服には、どれをとっても、藻類学会の皆様、とくに基礎的諸分野の研究者の方々からのご協力が不可欠であり、今後のご支援を宜しく願いして、日本藻類学会創立40周年のお祝いの言葉に換えさせていただきます。

藻類学の今後の展望と抱負 形態学の立場から

本村 泰三(北海道大学附属海藻研究施設)

さて藻類関係の形態学的研究をざっと省みて、今後の藻類学の形態学の分野での進展を考えてみたいと思います。藻類における形態学的、特に電子顕微鏡による研究の多くは当初から、系統・分類学的な観点から進められてきました。この姿勢は現在も大きくは変化していません。なにせ藻類はとてつもなく大きな、そして多様性に富むグループですから無理からぬことです。形態学の分野でも沢山の成果が生まれてきたと思います。なかでもやはり特筆すべき例は緑藻類での核分裂、細胞質分裂、そして鞭毛基部装置の解析からの系統・分類の研究でしょう。また最近ではクロモフィタ類の鞭毛基部装置の解析も精力的に行われております。これらの分類・系統的な観点から進められた研究では、鞭毛基部装置を構成する付属物の形態構造、鞭毛根微小管の本数・配向、基底小体を連結している構造など異常なまでの、詳細な観察が行われてきました。しかしこれらの研究の多くは記載形態学の枠内にあり、それら構成要素の機能と意義については推察するばかりで何ら調べられておりませんでした(実際形態学的手法だけでは無理でしょうけれども)。そのような状況下で最近始められた鞭毛複製の



研究は注目すべき流れであるように思います。鞭毛を有する藻類細胞が分裂する際、鞭毛の長さ、それに伴う鞭毛装置、さらに鞭毛運動の相違、つまり構造的にも機能的にも異なる二本の鞭毛がどのように娘細胞に分配されるのか判明してきました。このような研究に今まで蓄積されてきた鞭毛装置構造の詳細な形態観察があることは忘れてはいけません。これらの研究は今後生化学的解析に加え、遺伝学的手法を加味できれば、セントリオール、鞭毛という真核細胞の不思議な細胞内小器官の問題に関してさらに大きく発展していくと考えております。

僕自身はこのような研究の流れに材料の特殊性を生かしながら一般生物に還元しうる方向性を示し、かつ静的な形態観察から動的な形態観察への移行を感じています。また面白いのはこの研究が系統・分類といった研究に携わっている藻類研究者が自らの手によって始められたことです。

藻類がすばらしい実験材料であると言われて久しいと思います。今後藻類において本当に面白い現象を見つけたら、たとえ他の分野の研究者と共同研究を行うとしても、それを見つけた藻類研究者がとことん突っ込んでいかなければならないと考えています。そのためにも自分達がフォローしている分野も専門分野に限らず（実際もう形態学的手法やら生化学的手法やらと難しく考えるのはナンセンスなのかも知れませんが）、いろいろな面での興味と知識が必要になることは避けられません。

しかし興味あるそして藻類独自の現象を詳細にかつ具体的に解析する上で、今後どうしても大きな問題が生ずることが予想されます。周知のように現代の生物学において生命現象の解明に遺伝学的なバックボーンのしっかりした材料、言い換えれば由来のはっきりしている突然変異体が数多く用意されている材料が有利であることは間違いありません。その点に関してはクラミドモナスを除いて、今後藻類学の分野で遺伝学的にも非常に優れた材料・実験系が開発されていく可能性は低いだらうと予想します。その反面、遺伝学的な解析は難しいとしても、最近では形態学の分野でも適当な抗体が手に入ればそれぞれの問題に関して他生物群と同じトラック上で走れるということもあり、その面では今後藻類細胞の有利な面がさらにクローズアップされてくると考えています。もちろん実験上のアイデアと熟慮した展望は必須でしょうけれども。

日本藻類学会は水産学、分類・系統学、生化学、形態学等と多種多様な目的と手段を持っている研究者が

藻類を材料にし、さらに藻類に多少の思い入れとこだわりを持った集団ですから、今後も排他的な状況をうむことなく活動していけばいいと考えています。それから僕自身の周りを見ても藻類を材料にしている若い人が自分がその立場にあった時と比較しても少なくなっていることが気懸りです。ここ数十年に渡って知的ゲームを本当に楽しもうとする人々を何とか白けさせないで、いろいろなイメージや会話を楽しめるわざとらしくない雰囲気を作り上げていくことが大事なことと考えています。

細胞内共生と葉緑体の進化—その研究材料としての藻類

堀口 健雄（信州大学教育学部）

真核細胞の葉緑体は、細胞内共生という過程を経て獲得されたものであるという仮説は、今日では広く受け入れられつつあると言ってよい。葉緑体の微細構造や色素組成が植物のグループによって異なることはよく知られている。このうち、葉緑体が2枚の膜で囲まれる緑色植物や紅色植物（紅藻類）の葉緑体は、光合成能をもつ原核生物を取り込むことによって確立されたものであろうと考えられている。一方、黄色植物（褐藻類、珪藻類など）やクリプト藻類においては葉緑体は4枚の膜で囲まれている。このような葉緑体をもつ生物の場合は真核生物が光合成能をもつ真核生物を取り込むというタイプの細胞内共生に起源するものであろうと考えられている。この仮説を支持する有力な証拠はクリプト藻類に関する研究から得られている。

クリプト藻類の細胞質は2重の膜（葉緑体ER）によって葉緑体を含む部分と鞭毛装置や毛胞を含む外側の部分とに分けられている。葉緑体と葉緑体ERの間



にはペリプラスチダル・スペースと呼ばれる空間が存在し、そこにはリボソームとヌクレオモルフと呼ばれるミニチュアの核のようなオルガネラが存在する。このヌクレオモルフには独自の RNA と DNA が存在することから、取り込まれた生物の痕跡的な核であろうと考えられている。さらに、クリプト藻類には2つの異なる rRNA 遺伝子が存在し、どちらも活性な遺伝子であることが確認された。これらの塩基配列を既知の生物のそれと比較したところ、一方の rRNA 遺伝子(核由来)はアメーバ性の原生生物のそれと類似を示しており、もう一方(ヌクレオモルフ由来)は紅藻類のそれと類似を示していた。これらの結果はクリプト藻という生物は葉緑体をもたない原生生物が単細胞性の紅藻を取り込むことにより成立したという進化の歴史を物語っているように思われる。まさしく、クリプト藻類は2種類の生物からなるキメラ生物なのである。

キメラ生物といえば、緑色の葉緑体を持ち、アメーバ相を有するクロララクニオ藻類もその一つである。この仲間はまだ数種類が発見されているに過ぎないが、クリプト藻類と同様のヌクレオモルフをもつ生物として最近注目を浴びている。これらについてもクリプト藻類の場合と同様の方向でここ数年の間に研究が進むであろうと考えられる。

このキメラの状態をより直接的な形で残しているのが、ある種の渦鞭毛藻である。ここでは取り込まれた側の核は痕跡的ではなく、少なくとも形態的には通常の本核のようである。この場合にも、この共生体の核がどのような遺伝子をコードしているのか、どの程度の遺伝子が渦鞭毛藻の核の方へ移行しているのかなどが今後の研究課題となろう。また、内部共生体は微細構造と光合成色素組成からおそらく珪藻類であろうと推測されているがこの点に関しても分子レベルでの検証が必要である。

このように、葉緑体の共生起源の仮説を支持する証拠が藻類を実験材料とした研究から多く得られていることは、葉緑体の存在様式の多様性ゆえに藻類が葉緑体の起源と進化を考える上での重要な実験系となりうるからである。今までに、確立された実験系を用いてさらに詳しく研究を続けることも重要であるが、藻類に見られる多様性を考えると、新たな、よりよい実験系の探索も今後必要であると思われる。その意味では渦鞭毛藻類はまさに宝の山である。教科書的には渦鞭毛藻の葉緑体は3重の膜に囲まれ、主要な補助色素としてペリディニンをもつとされているが、その外にも

フコキサンチンやそれに類似の色素をもつもの、フィコビルン系の色素をもつもの、さらにはクロロフィル b をもつ緑の渦鞭毛藻まで見つかっている。これらはいずれも共生起源によって獲得されたものであると考えられるが、共生藻のオルガネラの退化の状態も色々な段階のものがあり、共生というプロセスを介しての葉緑体の獲得過程の研究を行うには絶好の材料であると考えられる。渦鞭毛藻の葉緑体に関しても、微細構造の研究ならびに分子レベルの研究が今後さらに進展するであろうことが期待される。

古典的(?)分類学と分子系統学のはざままで

川井 浩史(北海道大学理学部)

分類学会にちかごろ幽霊がでる……分子系統学という名の幽霊が。

ちかごろ分子系統学の仕事が増えた。藻類関係でこそまだちらほらだが、動物や陸上植物では最近の分類の論文のかなりの部分が分子系統学に基づいている。その根拠となる分子進化の考え方は、これまでの進化のとらえ方とは明らかに一線を画する新しい思想である。そして進化という時の流れと切り離せないものを相手にしていながら、分岐年代については出るかどうかは運まかせの化石に頼るしかなかったこれまでの系統学にとって、分子系統学の成立は革命であろう。この新しい思想が伸びていく今の状況は、冒頭でなぞらえた、かの社会思想が約一世紀前に市民権を得ていた頃を思い起こさせる。この新しい思想は普遍的になるのだろうか。

もちろん分子系統学の成立に伴って古典的(?)と呼ばれるようになってしまった形態分類学、実験分類学にだって、まだまだやることはたくさんある。われ



われは依然多くの形質を見逃しており、しばしば故意に見ないで済ませようとしている。それらを解明することでこれからも飛躍的な進歩はあるだろう。しかし、藻類の系統分類学は化石にほとんど期待できないということから動物や陸上植物と比べて大きなハンディを背負っている。それを克服するには現在のところ分子系統学に頼る以外には手はない。この新しい思想に背を向けるわけにはいかないのだ。そんなわけで、私は数年前から少しは分子系統学の仕事に関わってきたし、この一、二年は自らまねごともし始めた。しかしその反面、私自身いまだに分子系統学というものに何となくうさんくささを感じずにいられない。このうさんくささは何なのだろう。

その理由の一つは、もともと分子生物学から入った分子系統学者の仕事に、見当違いの同定によってとんでもない結論に達した例がみられることにある。しかしこれは何も分子系統学者に限ったことではないし、われわれ古典的分類学者が材料を同定することで改善することができるはずである。問題はもっと根本的な、仕事や議論の進め方にあるように思う。もちろん、ある遺伝子を比較に用いて系統を考慮した場合、その比較が本当に系統を反映しているのかという最も本質的な疑問（すなわち分子系統学なるものが本当に成り立つのかどうかと言う問題）はある。しかしそのことについてはあえてここでは問わない。私が引っかかっているのはもう一つの素朴な疑問だ。

古典的(?)分類学者が高次の分類群の比較をして系統関係を論じるとき、その比較はより低次の分類群の類縁関係の積み重ねの上に成り立っている。たとえば緑藻と褐藻を比較するときは、緑藻というある共通項でくられる系統群全体と褐藻というある共通項でくられる系統群の全体を比較しているのであり、いわばある程度抽象的な比較をしていることになる。この緑藻というグルーピングが成り立つまでには、まずさまざまな形質に基づいて個体同士、個体群同士の比較がなされた結果、種というグルーピングができ、さらに属、科、目といったさまざまなレベルの比較と、その結果としてのグルーピングを経ている。それが本当に一つの系統群であるという保証は依然としてないが、アリストテレス以来二千年またはリンネ以来二世紀半の歴史から、みんながそこそこもっともらしいと思うものに仕上がっている。一方、分子系統学の場合は現在のところ比較の単位は個体である。より正確には個体というよりはある個体のある一部の遺伝子である。すなわち、たとえばそれぞれ一個体のアナアオサ、

スジアオノリ、マコンプ、ワカメ、アサクサノリをある遺伝子につき比較しているわけである。そしてたとえばマコンプとワカメの関係の方がアナアオサとマコンプ、アナアオサとアサクサノリとの関係より近いという関係が示され、また緑藻と褐藻の方が緑藻と紅藻より近いといったことが論じられる。しかし少し待って欲しい。アナアオサとスジアオノリを別々の種として区別すること、アオサ類、アオノリ類を緑藻というグループでとらえること自体古典的(?)分類学者が(分子系統学者があまり信用しない)表現型形質に基づいて考えだしたもので、分子系統学的には今のところほとんど根拠がないものはずである。アナアオサとスジアオノリの方がマコンプとアナアオサよりずっと遠いという結果だってでないと限らない。いやアナアオサと呼んでいるものの別々の個体同士の方が、あるアナアオサの個体とマコンプの個体より遠い関係にあるものを含んでいるという結果だってありうる。そうだとするとアナアオサというグルーピング自体成り立たないかもしれない。そして実際そんな結果が出たときにはどうするのだろうか。「この結果は常識から考えて明らかに妥当でないから用いた分子種が不適当だった」と捨ててしまうのだろうか。それとも、「だから表現型形質で分類するのはナンセンスだ」との結論になるのだろうか。どちらも余り建設的ではない。

かといって、これまでの仕事ですべてナンセンスだと言うつもりもない。先駆けとなる仕事は完全でなくとも十分価値がある。たとえ不十分であったとしてもこれからの研究の手がかりをあたえてくれる。しかし、もうそろそろもっと違った、われわれが本当に欲しい情報を与えてくれるようなやり方で仕事を進めてもよいように思う。たとえばアナアオサの個体群はある遺伝子について、どれだけの遺伝的な変異を持っているのか、そのことは別のアオサ類ではどうなのか、その変異の幅は別の属でも同じようなものなのか、その変異は形の上でどう現れるのか、種間交雑がおけるとどうなるのか、などなど。残念ながらこんな仕事は分子系統学から仕事をはじめた人の多くには退屈なものに映るだろう。彼らには新しい遺伝子、新しい手法を調べる方がおもしろいに違いない。それならば古典的分類学者自ら、自分の手で仕事を進めるしかない。それには膨大な時間と予算と労力があるだろう。しかし、分類学は何百年もかけて今の分類系を一から作りあげたのだ。5年や十年で目や綱レベルの系統がわからなくても仕方がない。この新しい思想と革命が失敗に終わらないことを祈りつつ、また一から、下の方から積

み上げていくしかない。古典的(?)系統分類学者よ
分子系統学にもっとヒマとカネと熱意を!

編集後記

歴代会長の諸先生方ならびに若手会員諸氏の御寄稿
を感謝致します。

今回御寄稿いただいた方々以外にも多分野で活躍さ
れ、将来、日本藻類学会を背負って立たれるであろう
多くの若手会員が居られます。今回は、時間および紙

面の都合上、少数の会員におねがいがいとどまりま
した。より多くの若手会員のメッセージを掲載するこ
とができなかったことを残念に思っております。

本特集の編集を通して実感しましたことは、多くの
会員の、日本藻類学会への深い思い入れと将来に対す
るいつわりのない期待感です。また、日本藻類学会が
その将来を期待し得る力強い要素を多分にもった学会
であることをあらためて認識いたしました。本学会が
世界の藻類研究の支柱ともなるよう、会員の皆様のま
すますのご活躍を雑誌の面から応援したいと思います。

編集委員長 石川依久子

日本学術会議だより №.26

— 共同主催国際会議閣議了解得る —

平成4年9月 日本学術会議広報委員会

平成5年度の日本学術会議の共同主催国際会議6件については、平成3年5月の第111回総会において決定されましたが、政府としても、本年6月30日の閣議において、これらの会議を日本で開催すること及び所要の措置を講ずることを了解しましたので、お知らせします。

平成5年度の共同主催国際会議の閣議了解

1. 日本学術会議では、昭和28年9月の国際理論物理学会議、昭和30年の国際数学会議の開催以来、平成3年度までに123件、本年度も6件の国際会議を関係の学会と共同して開催し、我が国のみならず世界の学術水準の向上に努めてきたところである。平成5年度にも、下記の6会議の共同開催を既に平成3年5月に決めているが、本年6月30日、政府全体としても、これらの会議の開催とこれについての所要の措置（会場・警備・入国手続き上の配慮・予算措置等）を講ずる旨の閣議了解を行った。

(平成5年度開催会議)

- ・アジア社会科学研究協議会連盟第10回総会
平成5年9月5日から11日（川崎市・かながわサイエンスパーク）
- ・第15回国際植物科学会議
平成5年8月23日から9月3日（横浜市・横浜国際平和会議場）
- ・第7回太平洋学術中間会議
平成5年6月27日から7月3日（沖縄県宜野湾市・沖縄コンベンションセンター）
- ・第24回国際電波科学連合総会
平成5年8月23日から9月3日（京都市・国立京都国際会館）
- ・第21回国際純粋・応用物理学連合総会
平成5年9月20日から25日（奈良県奈良市・奈良県新公会堂）
- ・第6回国際気象学大気物理学協会科学会議及び第4回国際水文科学協会科学会議合同国際会議
平成5年7月11日から23日（横浜市・横浜国際平和会議場）

(閣議了解の内容)

[各国際会議ごとに了解]

- 1 (各会議名)を(共同主催学会名)と共同して平成5年度に我が国において開催すること。
 - 2 関係行政機関は、上記会議の開催について所要の措置を講ずること。
2. なお、国際会議共同主催の申請から決定までのスケジュールはおおむね次のようになっている。
- ・会議開催3年前(年末まで)申請募集
 - ・会議開催2年前(2-3月頃)
関係部会、運営審議会附置国際会議主催等検討委員会でのヒアリング等

(3-4月頃)

運営審議会での決定、総会への報告

・会議開催1年前

(6-7月頃)

閣議了解(政府としての共同主催正式決定)

共同主催学会との合意書締結、組織委員会の発足

現在本年年末締切りの平成7年度共同開催会議の募集を広報しているところである。(詳細は、日本学術会議月報をご覧ください。)

日本学術会議主催公開講演会

本会議では、毎年公開講演会を開催しています。この講演会は会員が講師となり、一つのテーマを学際的に展開しています。この秋には二つの講演会の開催が決まりましたので、お知らせします。多数の方々のご来場をお願いします。入場は無料です。

I 公開講演会「20世紀の意味と21世紀への展望」

日時 平成4年10月5日(月)13:30~16:30

会場 日本学術会議講堂

演題・演者

- 「国際政治の観点から」 永井陽之助 第2部会員
(青山学院大学教授)
- 「文明論的観点から」 弓削 達 第1部会員
(フェリス学院大学学長)
- 「科学・技術の観点から」 伊達宗行 第4部会員
(大阪大学理学部長)

II 公開講演会「医学からみた日本の将来」

日時 平成4年11月28日(土)13:30~16:30

会場 金沢市文化ホール 大集會室
金沢市高岡町15-1 TEL 0762-23-1221

演題・演者

- 「子どもたち」 馬場一雄 第7部会員
(日本大学名誉教授)
- 「成人病」 五島雄一郎 第7部会員
(東海大学教授)
- 「医療技術の開発」 渥美和彦 第7部会員
(東京大学名誉教授)
- 「食物と栄養」 内藤 博 第6部会員
(共立女子大学教授)
- 「医療制度の将来」 下山 瑛二 第2部会員
(大東文化大学教授)

物理学研究連絡委員会報告 「物理学研究の動向と将来への課題」

7月24日の運営審議会において標記の報告の公表が承認された。1970年代から1980年代にわたって、日本の物理学の研究動向、研究環境を、かなり厳しい批判的スタンスで蒐集した客観的データに基づいて分析し、1990年代における日本の物理学の課題を展望しようとする野心的な報告である。日本の物理学研究・教育の将来を論ずるための不可欠の資料といえる。A4版112ページにまとめられており、日本物理学会の協力を得て、同学会誌別刷の形で関係者に公開される予定である。

本報告は、もともと第14期物理学研究連絡委員会が、久保亮五委員長提案に基づいて「物理学の研究・教育に関する調査小委員会」（委員長長岡洋介京大基研所長、幹事中井浩二高エネ研教授、委員小林俊一東大理、鈴木洋上智大理I、玉垣良三京大理、平田邦男山梨大教育、小沼通二慶大理の各教授）を設置してデータの蒐集・分析・要約を1990年7月から1991年5月にわたって精力的に行い、1990年6月20日の物理学研究連絡委員会全体会議に提出されたものである。第14期物研連任期終了に伴い、報告書及び今後の進め方についての取扱いを次期物研連への引継事項とした。これを受けて、第15期物理学研究連絡委員会は1992年5月22日の全体会議において本報告の取扱いについて協議し、公表を決定して中嶋貞雄委員長を通じて7月7日の第4部会の了承を求め、運営委員会に提案することとなった次第である。

本報告書が、日本の物理学の研究・教育に関心を寄せる多方面で活用されることを期待したい。

物理学研究連絡委員会報告 「理論物理学の研究体制の充実について」

7月24日運営審議会において標記の報告の公表が承認された。湯川秀樹博士のノーベル賞受賞にちなんで初の全国共同利用研究所として設置された京都大学基礎物理学研究所と一般相対論のユニークな研究で知られる広島大学理論物理学研究所は、1990年に統合され、内外の期待を集めつつ、理論物理学の総合的研究を目指す拡充・強化された基礎物理学研究所として再発足することとなった。しかし、現実には分野間の均衡が十分でなく、また北白川と宇治に建物が分離されている等、統合の実を十分に挙げ得ない現状である。

1992年5月22日の物研連全体会議は、このような状況の改善が速やかに改善され、理論物理学における日本の輝かしい伝統が復活されるよう、関係各方面に報告、支援を要請することとなった。

材料学研究連絡委員会報告 「繊維工学研究・教育に関する諸問題」 産・学協力による繊維工学研究と教育の振興

わが国の繊維産業はかつて、日本を支える大産業であった。石油危機、貿易摩擦などによって低迷を余儀なくされた時期もあったが、今日では先端産業の要素技術ともな

て、その裾野を拡大し、また新合繊に象徴されるような高度機能商品を開発し、日本は世界のトップレベルを行く繊維技術国となった。現在繊維産業の従業員数は280万人、総取引額は約64兆円に達し、日本産業の中でも上位を占める基幹産業となっている。

この繊維産業を支える繊維科学技術教育を見ると、かつて国立大学には3つの繊維学部と、染色化学・加工学を含めて19の繊維関連学科があったが、産業構造の変化と共に改組転換されて、今日では繊維系学生の定員50人と激減するに至っている。大学院教育では、繊維学研究科の名称は一時期全廃された。その後、産・学の強い要望によって、平成3年に信州大学工学研究科に、繊維生物機能科学、繊維機能工学、繊維極限材料工学の3大講座が唯一設置されるに至った。

ところが、繊維産業の将来は、世界人口の増加、発展途上国の1人当たりの繊維消費量の増加から、繊維需要は膨大な成長力を秘めている。さらに、消費者主導型経済社会となって、ファッションにも、色、柄、デザインに加えて高機能性と加工技術が重要となってきている。また、繊維素材から最終商品までをシステム化した生産・物流技術、産業資材用途の拡大、地球環境改善への用途開発への期待高性能スーパー繊維による航空・宇宙、海洋、原子力、土木・建築分野への貢献、光ファイバーによる情報通信分野、中空糸による人工腎臓、酸素濃縮などヘルスケア分野、海水脱塩造水など先端分野でも重要な産業として自立しつつある。

こうした繊維産業発展の基礎となる高度技術の開発を促進し、その力を次世代へと継承させるためには、高度に訓練・教育された人材の育成が不可欠である。我が国にとって、繊維科学技術の研究・教育機構の再構築は焦眉の急となっている。これに対して、欧州ではEC統合を控え、各国の特徴に応じ産学協力し、繊維系大学の単位互換制度を指向するなど、繊維技術教育の再活性化に成功している。米国では繊維関連大学が十数校もあり、その中でノースカロライナ州立大学を繊維科学技術教育のセンターとして、ニューヨーク州立ファッション工科大学をアパレル・ファッション教育のセンターとして位置付けて、全世界へ人材を送り出している。

我が国で、産学協力して設立する機構としては、全国繊維関連大学、研究所、及び地域産業を結ぶ役割を持ち、我が国の優れた繊維工学知識の世界への発信と、国際的人材育成への寄与のため、欧州、米国と並ぶ、東アジアの繊維科学・技術の中心機構として活動することが望まれる。

この活動は、我が国に全世界の人々から期待されている国際貢献の一つとなろう。

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 東京都港区六本木7-22-34

日本学術会議広報委員会 電話03(3403)6291

The Japanese Journal of PHYCOLOGY

Volume 40, 1992

Contents

No. 1 (10 March)

- Timothy J. Entwisle and Orlando Necchi Jr.:** Phylogenetic systematics of the freshwater red algal order Batrachospermales [Timothy J. Entwisle · Orlando Necchi Jr.: 淡水産紅藻カワモヅク目の系統解析] 1- 12
- Donald F. Kapraun and J. Craig Bailey:** Karyology and cytophotometric estimation of nuclear DNA variation in seven species of Ulvales (Chlorophyta) [Donald F. Kapraun · J. Craig Bailey: アオサ目(緑色植物門)の7種における核型分析と顕微測光による核DNAの変動]..... 13- 24
- Yasutsugu Yokohama, Tetsu Hirata, Taku Misonou, Jiro Tanaka and Hiroyuki Yokochi:** Distribution of green light-harvesting pigments, Siphonaxanthin and Siphonein, and their precursors in marine green algae [横浜康継 · 平田 徹 · 御園生拓 · 田中次郎 · 横地洋之: 海産緑藻における緑色光捕獲色素 siphonaxanthin および siphonein とそれらの前駆物質の分布] 25- 31
- Makoto Mizuno:** Influence of salinity on the growth of marine and estuarine benthic diatoms [水野 真: 海産および河口産底生珪藻の増殖におよぼす塩分濃度の影響]..... 33- 37
- 筒井 功 · 大野正夫:** 和歌山県白浜産クロメの成長・成熟と形態の季節的变化 [Isao Tsutsui and Masao Ohno: Growth, maturation and seasonal changes in morphological characteristics of *Ecklonia kurome* at Shirahama, Wakayama Prefecture] 39- 46
- Taiju Kitayama and Tadao Yoshida:** First report of *Phaeophila dendroides* (P. Crouan et H. Crouan) Batters (Ulvophyceae, Chlorophyta) from Japan [北山太樹 · 吉田忠生: 日本新産緑藻 *Phaeophila dendroides* (P. Crouan et H. Crouan) Batters] 47- 50
- Hiroshi Yabu, Norishige Yotsukura and Tsuyoshi Sasaki:** Chromosome number in *Chorda filum* (L.) Lamour. (Laminariales, Phaeophyta) [藪 熙 · 四ツ倉典滋 · 佐々木剛: 褐藻ツルモの染色体数]..... 51- 52
- Masahiro Notoya and Yusho Aruga:** Tissue culture of parthenogenetic and normal young sporophytes of *Ecklonia cava* Kjellman (Laminariales, Phaeophyta) [能登谷正浩 · 有賀祐勝: カジメの単為発生体および幼孢子体からの組織培養]..... 53- 55
- 濱田 仁:** 接合藻の和名の提唱と学名の由来について [Jin Hamada: Proposal of Japanese names for Conjugatophyceae and the origins of scientific names] 57- 60
- Makoto M. Watanabe, Kiyoshi N. Satake, Tomiji Hagiwara, Sachiko Ono and Kenichi Aizawa:** NIES-Collection The Microbial culture collection at the National Institute for Environmental Studies [渡辺 信 · 佐竹 潔 · 萩原富司 · 小野幸子 · 相沢賢一: NIES コレクション—国立環境研究所微生物系統保存施設] 61- 81
- 新刊紹介 [Book Review] 83- 84
- 学会録事 [Announcement] 85- 86
- 日本藻類学会第16回大会 (プログラム・講演要旨) [The XVth Annual Meeting of the Japanese Society of Phycology (program and abstracts)] 87-107
- 日本学術会議だより [Japan Science Council News] 109-110

No. 2 (20 June)

- Alan J. K. Millar and Michael J. Wynne:** An account of *Delesseria aemula* sp. nov. (Delesseriaceae, Rhodophyta) from New South Wales, Australia [Alan J. K. Millar · Michael J. Wynne: オーストラリア, ニューサウスウェルズ産の一新種 *Delesseria aemula* sp. nov. (紅藻, コノハノリ目) について] 111-119

Tadao Yoshida and Paul C. Silva: On the identity of <i>Fucus babingtonii</i> Harvey (Fucales, Phaeophyta) [吉田忠生・Paul C. Silva: エゾイシゲの学名について].....	121-124
Michio Masuda, Tsuyoshi Abe and Yuzuru Saito: The conspecificity of <i>Laurencia yendoi</i> Yamada and <i>L. nipponica</i> Yamada (Ceramiales, Rhodophyta) [増田道夫・阿部剛史・齋藤 譲: 紅藻キタソゾとウラソゾは同一種].....	125-133
Hiroo Satoh, Hideo Tanaka and Takashi Koike: Light condition and photosynthetic characteristic of the subsurface chlorophyll maximum at a station in Solomon Sea [佐藤博雄・田中英夫・小池 隆: ソロモン海における亜表層クロロフィル極大層の光環境と光合成特性].....	135-142
Daisuke Fujita, Hidetsugu Akioka and Tomitaro Masaki: Regeneration of <i>Lithophyllum yessoense</i> Foslie in culture [藤田大介・秋岡英承・正置富太郎: 培養によるエゾイシゴロモの再生].....	143-149
Ikuko Shihira-Ishikawa and Toshihisa Nawata: The structure and physiological properties of the intact <i>Valonia</i> cell [石川依久子・縄田利寿: バロニア細胞の構造と生理学的性質].....	151-159
中原紘之・市村輝宜: 接合藻類と羽状珪藻類にみられる配偶子のう接合の由来 [Hiroyuki Nakahara and Terunobu Ichimura: Convergent evolution of gametangiogamy both in the Zygnematalean green algae and in the pennate diatoms]	161-166
Kazuyuki Miyaji: The occurrence of <i>Rhizoclonium riparium</i> and <i>R. tortuosum</i> (Chlorophyceae) on the coast of Hokkaido, Japan [宮地和幸: 北海道でのホソネダシグサとナガモツレ; 両種の出現].....	167-172
Hajime Yasui: Karyological observation in the young sporophytes of <i>Costaria costata</i> (Turner) Saunders (Laminariales, Phaeophyta) [安井 肇: スジメの初期孢子体に於ける核学的観察].....	173-175
Hiroyuki Ito: Chrysophytes in the southern part of Hyogo Prefecture, Japan (III) A new variety, <i>Mallomonas acaroides</i> var. <i>obtusa</i> (Synurophyceae, Mallomonadaceae) [伊藤裕之: 兵庫県南部産黄金藻 (III) シヌラ藻綱マロモナス科の新変種: <i>Mallomonas acaroides</i> var. <i>obtusa</i>].....	177-180
Hiroyuki Ito and Eiji Takahashi: Chrysophytes in the southern part of Hyogo Prefecture, Japan (IV) Two new species, <i>Spiniferomonas hamata</i> and <i>S. nichollsii</i> (Chrysophyceae, Paraphysomonadaceae) [伊藤裕之・高橋永治: 兵庫県南部産黄金藻 (IV) 2新種 <i>Spiniferomonas hamata</i> と <i>S. nichollsii</i> (黄金藻綱, パラピソモナス科)].....	181-184
都筑幹夫・下山直美・渡辺美由紀: IAMカルチャーコレクション保存株の利用状況 (1987-1991) [Mikio Tsuzuki, Naomi Shimoyama and Miyuki Watanabe: Distribution of algal strains from IAM Culture Collection between 1987 and 1991]	185-188
日本藻類学会第16回大会ワークショップ参加記 [The Workshop of the XVth Annual Meeting of the Japanese Society of Phycology]	189-193
学会録事 [Announcement]	194-201
学会会則 [Regulation of the Society].....	202
投稿案内 [Information for authors]	203
Information for authors [投稿案内]	204
日本学術会議だより [Japan Science Council News]	205-206

No. 3 (20 September)

Taizo Motomura: Disappearance of centrioles derived from female gametes in zygotes of <i>Colpomenia bullosa</i> (Phaeophyceae) [本村泰三: 褐藻ワタモ受精過程での雌性配偶子由来セントリオールの消失].....	207-214
Keitaro Kiyosawa: Toxicities of pH buffer solutions to <i>Chara</i> internodal cells [清沢桂太郎: 車軸藻節間細胞に対する pH 緩衝液の毒性]	215-227
Adam T. Wilczok, Makoto M. Watanabe, Sanae Kawahara, Kazuo T. Suzuki and	

Kioshi Sugahara: Intracellular cadmium sequestration by the heavy metal-tolerant green algae <i>Chlorella vulgaris</i> and <i>Uronema confervicolum</i> [Adam T. Wilczok · 渡辺 信 · 川原早苗 · 鈴木和夫 · 菅原 淳: 重金属耐性緑藻 <i>Chlorella vulgaris</i> と <i>Uronema confervicolum</i> による細胞内カドミウムの不活性化]	229-238
Christine A. Orosco and Masao Ohno: Growth rates of <i>Gracilaria</i> species (Gracilariales, Rhodophyta) from Tosa Bay, southern Japan [C. A. Orosco · 大野正夫: 日本南岸土佐湾産オゴノリ属海藻の成長速度].....	239-244
Shigeru Kumano, Masao Nishiumi, Goh Okuizumi and Hiroshi Sato: Diatom assemblages at the estuary of Fukuda River in Kobe along the northwestern coast of Osaka Bay with special reference to the Holocene sedimentary history [熊野 茂 · 西海將雄 · 奥泉 剛 · 佐藤裕司: 大阪湾北西沿岸 · 福田川河口 (神戸市垂水) に於ける珪藻遺骸群集の遷移, 特に完新世堆積環境の変遷について].....	245-259
Takuji Uchida and Satoshi Arima: Regeneration of protoplasts isolated from the sporophyte of <i>Cladosiphon okamuranus</i> Tokida (Chordariaceae, Phaeophyta) [内田卓司 · 有馬郷司: オキナワモズク孢子体から作出したプロトプラストの再生].....	261-266
Hisayoshi Nozaki and Shuji Ohtani: <i>Gonium sociale</i> (Volvocales, Chlorophyta) from Antarctica [野崎久義 · 大谷修司: 南極産の <i>Gonium sociale</i> (緑藻 · オオヒゲマワリ目)].....	267-271
能登谷正浩 · 菊地則雄 · 有賀祐勝 · 三浦昭雄: 紅藻ウタスツノリの培養 [Masahiro Notoya, Norio Kikuchi, Yusho Aruga and Akio Miura: <i>Porphyra kinositae</i> (Yamada et Tanaka) Fukuhara (Bangiales, Rhodophyta) in culture]	273-278
Donald Kaczmarczyk and Robert G. Sheath: Pigment content and carbon to nitrogen ratios of freshwater red algae growing at different light levels [Donald Kaczmarczyk · Robert G. Sheath: 異なる光条件下で生育した淡水産紅藻の色素含量と C/N 比]	279-282
Mitsuo Kajimura: Lectotypification of <i>Scinaia moniliformis</i> J. Agardh (Galaxauraceae, Rhodophyta) [梶村光男: ジュズフサノリ (紅藻植物門, ガラガラ科) の選定基準標本の選定].....	283-285
加藤季夫: プロピオンカーミン染色によるピレノイド・センターの2つの型の識別 [Sueo Kato: Discrimination of two types of pyrenoid centres by staining with propionocarmine]	287-288
須藤俊造: 海藻・海草相とその環境条件との関連をより詰めて求める試み [Shunzo Suto: A trial to relate marine benthic floras more precisely to their environmental conditions]	289-305
有賀祐勝: 髮菜 <i>Nostoc flagelliforme</i> (藍藻) の生育地と分布 [Yusho Aruga: Habitat and distribution of "Facai", <i>Nostoc flagelliforme</i> (Cyanophyta)]	307-309
片山舒康: 小・中学校理科教科書における藻類の扱われ方 (1) これまでの教科書にみられる変遷 [Nobuyasu Katayama: "Algae" in science education at primary and lower secondary school level. (1) A survey of science textbooks for the last 40 years]	311-315
川嶋昭二: 海藻標本で描いた絵 [Shoji Kawashima: Picture painted by dried specimens of seaweed]	317-318
新刊紹介 [Book Reviews]	319-320
学会録事 [Announcement]	321-322
日本学術会議だより [Japan Science Council News]	323-324

No. 4 (10 December)

Vijayaraghavan M. R. and Kaur Inderdeep: Antheridium development and spermatozoid release in <i>Sargassum vulgare</i> C. Agardh and <i>S. johnstonii</i> Setchell & Gardner [Vijayaraghavan M. R. · Kaur Inderdeep: <i>Sargassum vulgare</i> C. Agardh と <i>S. johnstonii</i> Setchell & Gardner の造精器の発達と精子の放出]	325-332
Isao Inouye, Yoshiaki Hara and Mitsuo Chihara: Further observations on <i>Olisthodiscus luteus</i> (Raphidophyceae Chromophyta): the flagellar apparatus ultrastructure	

〔井上 勲・原 慶明・千原光雄：ラフィド藻 <i>Olisthodiscus luteus</i> の鞭毛装置の微細構造〕.....	333-348
Masahiro Notoya, Mikako Nagashima and Yusho Aruga: Tissue culture and the developmental condition of callus from young sporophytes of <i>Eisenia bicyclis</i> (Kjellman) Setchell (Laminariales Phaeophyta) 〔能登谷正浩・長嶋美香子・有賀祐勝：褐藻アラメ幼孢子体からの組織培養とカルス形成条件〕.....	349-352
Takeo Horiguchi and Richard N. Pienaar: <i>Amphidinium latum</i> Lebour (Dinophyceae), a sand-dwelling dinoflagellate feeding on cryptomonads 〔堀口健雄・Richard N. Pienaar：クリプト藻を補食する砂地性の渦鞭毛藻 <i>Amphidinium latum</i> Lebour (渦鞭毛藻) について〕.....	353-363
Masaya Satoh, Shinichi Miyamura and Terumitsu Hori: Inter- and intraspecific variations of chloroplast DNA of the siphonous green algal genus <i>Caulerpa</i> (Caulerpaceae, Chlorophyta) 〔佐藤征弥・宮村新一・堀 輝三：囊状緑藻イワヅタ属 (<i>Caulerpa</i>) 葉緑体 DNA の種間および種内変異〕.....	365-372
Kunshan Gao, Yusho Aruga, Kozi Asada, Toshiaki Ishihara, Toru Akano and Masataka Kiyohara: Photorespiration and CO ₂ fixation in the red alga <i>Porphyra yezoensis</i> Ueda 〔高 坤山・有賀祐勝・浅田浩二・石原利章・赤野 徹・清原正高：紅藻スサビノリの光呼吸と CO ₂ 固定〕.....	373-377
Tadao Yoshida and Hideo Mikami: <i>Branchioglossum spiniferum</i> sp. nov. (Delesseriaceae, Rhodophyta) from north Kyushu, Japan 〔吉田忠生・三上日出夫：紅藻コノハノリ科の1新種トゲムラサキ <i>Branchioglossum spiniferum</i> について〕.....	379-384
Hideo Mikami: <i>Yoshidaphycus</i> gen. nov., based on <i>Branchioglossum ciliatum</i> Okamura (Delesseriaceae, Rhodophyta) 〔三上日出夫：ヒゲムラサキ属 <i>Yoshidaphycus</i> (紅藻コノハノリ科) について〕.....	385-391
Masahiro Notoya and Yusho Aruga: Tissue culture of <i>Undaria pinnatifida</i> (Harvey) Surinagar (Laminariales Phaeophyta) 〔能登谷正浩・有賀祐勝：褐藻ワカメの組織培養〕.....	393-395
高 坤山・有賀祐勝・浅田浩二・石原利章・赤野 徹・清原正高：流水条件下における紅藻スサビノリの CO ₂ 固定の促進効果 〔 Kunshan Gao・Yusho Aruga・Kozi Asada・Toshiaki Ishihara・Toru Akano and Masataka Kiyohara: Enhancement of photosynthetic CO ₂ fixation of the red alga <i>Porphyra yezoensis</i> Ueda in flowing seawater〕.....	397-400
日本藻類学会秋季シンポジウム講演要旨 〔Abstracts of the Symposium of the Japanese Society of Phycology〕.....	401-402
新刊紹介 〔Book Reviews〕.....	403-404
訃報 〔Obituary〕.....	405-406
学会録事 〔Announcement〕.....	407-411
ニュース 〔News〕.....	412
日本藻類学会創立40周年記念特集 〔Notes for Fortieth Anniversary of the Japanese Society of Phycology〕.....	413-430
日本学術会議だより 〔Japan Science Council News〕.....	431-432
Contents of Volume 40 〔第40巻総目次〕.....	i-iv

AUTHOR INDEX

- Abe, T.125
 Aizawa, K.61
 Akano, T.373, 397
 Akioka, H.143
 Arima, S.261
 Aruga, Y.53, 273, 307, 349, 373, 393, 397
 Asada, K.373, 397
 Bailey, J.C.13
 Chihara, M.333
 Entwisle, T.J.1
 Fujita, D.143
 Gao, K.373, 397
 Hagiwara, T.61
 Hamada, J.57, 189
 Hara, Y.333
 Hirata, T.25
 Hori, T.365
 Horiguchi, T.353
 Ichimura, T.161
 Inderdeep, K.325
 Inouye, I.333
 Ishihara, T.373, 397
 Ito, H.177, 181
 Kaczmarczyk, D.279
 Kajimura, M.283
 Kapraun, D.F.13
 Katayama, N.311
 Kato, S.287
 Kawahara, S.229
 Kawashima, S.317
 Kikuchi, N.273
 Kitayama, T.47
 Kiyohara, M.373, 397
 Kiyosawa, K.215
 Koike, T.135
 Kumano, S.245
 Masaki, T.143
 Masuda, M.125
 Mikami, H.379, 385
 Millar, A.J.K.111
 Misonou, T.25
 Miura, A.273
 Miyaji, K.167
 Miyamura, S.365
 Mizuno, M.33
 Motomura, T.207
 Nakahara, H.161
 Nagashima, M.349
 Nawata, T.151
 Necchi Jr. O.1
 Nishiumi, M.245
 Notoya, M.53, 273, 349, 393
 Nozaki, H.267
 Ohno, M.39, 239
 Ohtani, S.267
 Okuizumi, G.245
 Ono, S.61
 Orosco, C.A.239
 Pienaar, R.N.353
 Saito, Y.125
 Sasaki, T.51
 Satake, K.N.61
 Sato, H.245
 Satoh, H.135
 Satoh, M.365
 Sheath, R.G.279
 Shihira-Ishikawa, I.151
 Shimoyama, N.185
 Silva, P.C.121
 Sugahara, K.229
 Suto, S.289
 Suzuki, K.T.229
 Takahashi, E.181
 Tanaka, H.135
 Tanaka, J.25, 319
 Tsutsui, I.39
 Tsuzuki, M.185
 Uchida, T.261
 Vijayaraghavan, M.R.325
 Watanabe, M.185
 Watanabe, M.M.61, 229
 Wilczok, A.T.229
 Wynne, M.J.111
 Yabu, H.51
 Yasui, H.173
 Yokochi, H.25
 Yokohama, Y.25
 Yoshida, T.47, 121, 379
 Yotsukura, N.51

=====

賛助会員 北海道栽培漁業振興公社 060 札幌市中央区北3条西7丁目
北海道第二水産ビル4階

阿寒観光汽船株式会社 085-04 北海道阿寒郡阿寒町字阿寒湖畔
株式会社 シロク商会 260 千葉県春日1-12-9-103

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
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

田崎真珠株式会社田崎海洋生物研究所 779-23 徳島県海部郡日和佐町外ノ牟井
神協産業株式会社 742-15 山口県熊毛郡田布施町波野962-1

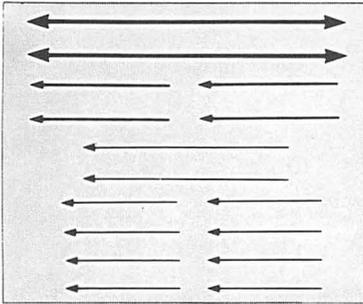
理研食品株式会社 985 宮城県多賀城市宮内2丁目5番60号
株式会社白寿保健科学研究所 原 昭邦 351 朝霞市栄町3-3-7

=====

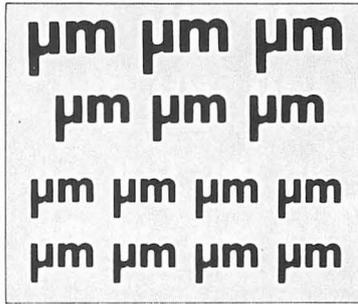
||||| 新製品ご案内!! |||||

レタリングシート (ブラック アンド ホワイト)

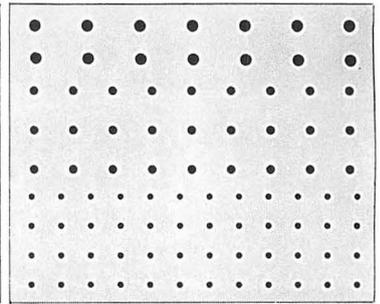
EMI NO. 82014



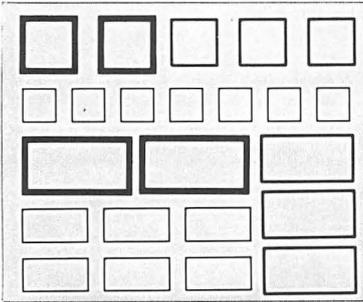
EMI NO. 82016



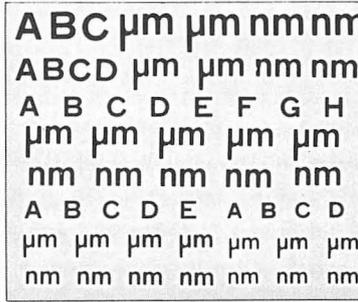
EMI NO. 86626



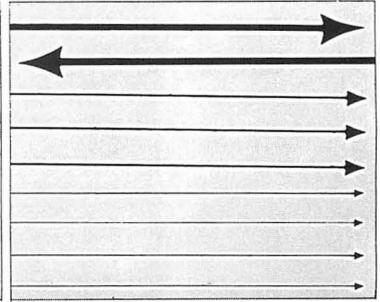
EMI NO. 86627



EMI NO. 86902

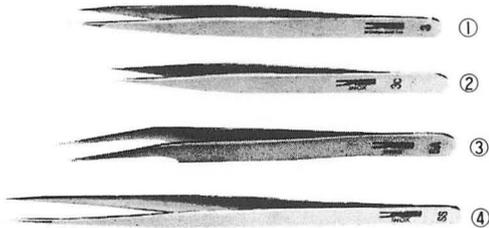


EMI NO. 86916



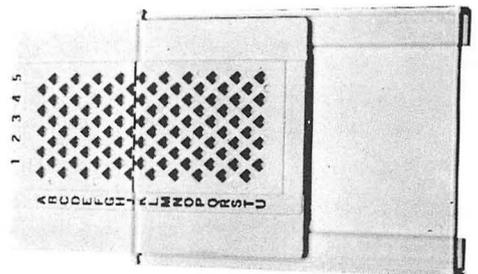
※レタリングシートの総合カタログが出来ました。下記の住所へカタログをご請求下さい。

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

日本の赤潮生物

— 写真と解説 —

福代康夫・高野秀昭 編 B5判(上製函入) 424頁
千原光雄・松岡数充 定価13,390円(〒360円)

赤潮の発生を防除するためには、赤潮の発生原因となる種をできるだけ正確に分類、同定することが必要である。本書は、主に日本近海および日本の海水域に出現する200種の赤潮生物を収録したものであり、その貴重な顕微鏡写真、録画、解説、文献等と共に、赤潮生物の分類・同定に必携の書である。本書のえとなつた「赤潮生物シート」(水産庁1979~1984)は6年間にわたって集めたものを、今回改めて分類群別に編集し、近年の新知見を加えて現状にあう書とした。

〔特色〕収録種は、藍藻8種、クリプト藻2種、渦鞭毛藻70種、珪藻80種、ラフィド藻9種、黄金色藻6種、ハプト藻4種、ユーグレナ藻8種、プラシノ藻5種、緑藻1種原生動物2種の計200種。★1種見開き2頁にまとめられており、まず写真・図があり、続いて写真説明、和文記載、英文記載、文献が記述されている。★写真は研究者秘蔵のもの、および本書のために新しく製作した。★写真・図はA,B,C……と記号が付けられ、和文説明が記されている。★和文記載は以下の特徴が記されている。①細胞の性状、外形と大きさ ②細胞構造 ③生殖法、生活史 ④生態と分布 ⑤類似種との比較、分類学的位置、学名の変遷 ⑥その他(呈内容見本)

藻類の生態

秋山 優・有賀祐勝 共編 A5判(上製函入) 640頁
坂本 充・横浜康継 定価13,184円(〒410円)

1 水界生態系における藻類の役割—有賀祐勝* 2 水界環境と藻類の生理—藤田善彦* 3 藻類の生活圏—秋山優* 4 海洋植物プランクトンの生産生態—有賀祐勝* 5 湖沼における植物プランクトンの生産と動態—坂本充* 6 自然界における藻類の窒素代謝—和田英太郎* 7 植物プランクトンの異常増殖—飯塚昭二* 8 海藻の分布と環境要因—横浜康継* 9 河川底生藻類の生態—小林弘* 10 汽水域の藻類の生態—大野正夫* 11 土壌藻類の生態—秋山優* 12 海中の藻類の生態—星合孝男* 13 藻類と水界動物の相互作用—成田哲也* 14 藻のバソジーン—山本谿子* 15 藻類の細胞外代謝生産物とその生態的役割—大和田紘一* 16 藻類の生活史と生態—中原紘之* 17 藻類群集の構造と多様性—宝月欣二

各章末に掲載の多数の文献は読者にとって貴重な資料となろう。

シートでみる種の同定・分類

淡水藻類写真集

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 各4,120円 送料360円
第3巻~第10巻 各5,150円

Photomicrographs of the Fresh-water Algae

日本淡水藻図鑑

廣瀬弘幸・山岸高旺編 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は貴重な文献である。定価37,080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15,450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10,300円

ナマコとウニ

— 民謡と酒のさかなの話 —

大島廣著 B6・定価1,009円

内田老鶴圃

東京・文京区大塚3-34-3 Tel 03-945-6781 FAX 03-945-6782 (価格は税込)

Seaweed Ecology & Algal Farming

図鑑 海藻の生態と藻礁

編者=徳田 廣・川嶋昭二・大野正夫・小河久朗

本書は、天然の海で海藻がどのような姿で生えているのかをつぶさに見てとることの出来る海藻生態図鑑であると同時に、人為的に投入した藻礁に如何にして海藻を生やすか、を紹介した世界に例のない図鑑でもある。

生態編では、緑藻42種、褐藻72種、紅藻80種、海草6種の総計200種をオールカラーで紹介。藻礁編では、藻礁、すなわち藻場造成用人工礁の構造や沈設位置を図示し、海中での藻礁上の海藻の生育状態、あるいは動物の集積状態を経時的に撮影した82点に及ぶカラー写真で示した。

藻場造成にかかわる方々はもちろんのこと、海洋環境の保全に意欲と関心をお持ちの一般の方々にも、本書は幅広く受け入れられるであろう。

■B5判 上製 綴ページ 198p
カラーページ 179p
定価 14800円(税込/送サービス)



緑書房

〒171 東京都豊島区池袋2-14-4
☎03-3590-4441

情報処理印刷

ワープロ・データベース フロッピー・磁気テープが印刷へ直結

中西印刷株式会社

取締役社長 中西 亮

京都本社 602 京都市上京区下立売通小川東入ル
tel.075-441-3155 fax.075-441-3159
東京連絡所 113 東京都文京区本郷一丁目21-5
tel.東京03-3815-7465

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—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, Shimotachiuri Ogawa Higashi, Kamikyoku, Kyoto, 602 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 nonmember; price of Vol. 30, No. 4 (30th Anniversary Issue), with cumulative index (Vols. 1–30), 6,000 Yen for member, or 7,500 Yen for nonmember (incl. postage, surface mail). Lack: Vol. 1, Nos. 1–2; Vol. 4, Nos. 1, 3; Vol. 5, Nos. 1–2; Vol. 6–Vol. 9, Nos. 1–3.

2. Index of the Bulletin of Japanese Society of Phycology. Vol. 1 (1953)–Vol. 10 (1962), Price 2,000 Yen for member, or 2,500 Yen for nonmember; Vol. 11 (1963)–Vol. 20 (1972), Price 3,000 Yen for member, or 4,000 Yen for nonmember. Vol. 1 (1953)–Vol. 30 (1982), Price 4,000 Yen for member, or 5,000 Yen for nonmember (incl. postage, surface mail).

3. A Memorial Issue Honouring the late Professor Yukio Yamada (Supplement to Volume 25, the Bulletin of Japanese Society of Phycology). 1977. xxviii + 418 pages. This issue includes 50 articles (26 in English, 24 in Japanese with English summary) on phycology, with photographs and list of publications of the late Professor Yukio YAMADA. 8,500 Yen (incl. postage, surface mail).

4. Contribution 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 Yen (incl. postage, surface mail).

5. Recent Studies on the Cultivation of *Laminaria* in Hokkaido (in Japanese). 1977. 65 pages. Four papers followed by discussion are included, which were presented in a symposium on *Laminaria*, sponsored by the Society, held in Sapporo, September 1977. 1,200 Yen (incl. postage, surface mail).

1992年12月5日 印刷

1992年12月10日 発行

©1992 Japanese Society of Phycology

禁 転 載
不 許 複 製

編集兼発行者

石川 依久子

〒184 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 内線 2665

印刷所

中西印刷株式会社

〒602 京都市上京区下立売通小川東入
Tel. 075-441-3155

発行所

日本藻類学会

〒602 京都市上京区下立売通小川東入
Tel. 075-441-3155
振替口座：京都 1-50488

Printed by Nakanishi Printing Co., Ltd.

本誌の出版費の一部は文部省科学研究費補助金「研究成果公開促進費」による。

Publication of The Japanese Journal of Phycology has been supported in part by a Grant-in-Aid for Publication of Scientific Research Result from the Ministry of Education, Science and Culture, Japan.

藻類

目次

Vijayaraghavan M. R.・Kaur Inderdeep: <i>Sargassum vulgare</i> C. Agardh と <i>S. johnstonii</i> Setchell & Gardner の造精器の発達と精子の放出	(英文) 325
井上 勲・原 慶明・千原光雄: ラフィド藻 <i>Olisthodiscus luteus</i> の鞭毛装置の微細構造	(英文) 333
能登谷正浩・長嶋美香子・有賀祐勝: 褐藻アラメ幼胞子体からの組織培養とカルス形成条件	(英文) 349
堀口健雄・Richard N. Pienaar: クリプト藻を補食する砂地性の渦鞭毛藻 <i>Amphidinium latum</i> Lebour (渦鞭毛藻) について	(英文) 353
佐藤征弥・宮村新一・堀 輝三: 囊状緑藻イワソタ属 (<i>Caulerpa</i>) 葉緑体 DNA の種間および種内変異	(英文) 365
高 坤山・有賀祐勝・浅田浩二・石原利章・赤野 徹・清原正高: 紅藻スサビノリの光呼吸と CO ₂ 固定	(英文) 373
吉田忠生・三上日出夫: 紅藻コノハノリ科の1新種トゲムラサキ <i>Branchioglossum spiniferum</i> について	(英文) 379
三上日出夫: ヒゲムラサキ属 <i>Yoshidaphycus</i> (紅藻コノハノリ科) について	(英文) 385



ノート

能登谷正浩・有賀祐勝: 褐藻ワカメの組織培養	(英文) 393
高 坤山・有賀祐勝・浅田浩二・石原利章・赤野 徹・清原正高: 流水条件下における紅藻スサビノリの CO ₂ 固定の促進効果	397



雑 録

日本藻類学会秋季シンポジウム講演要旨	401
新刊紹介	403
計 報	405
学会録事	407
ニュース	412
日本藻類学会創立40周年記念特集	413
学術会議だより	431
第40巻総目次	i-iv