Vol. 31 No. 4 20 December 1983.

The Japanese Journal of **PHYCOLOGY**

CONTENTS

Beverly J. Hymes and Kathleen M. Cole: Aplanospore production in Por- phyra maculosa (Rhodophyta)	225
Tetsu Shimizu: Taxonomic studies on <i>Porphyra variegata</i> (KJELLMAN) HUS and <i>P. tenuitasa</i> FUKUHARA (Bangiales, Rhodophyta)	229
Isao Inouye, Terumitsu Hori and Mitsuo Chihra: Ultrastructure and tax- onomy of <i>Pyramimonas lunata</i> , a new marine species of the Class Pra-	
sinophyceae	238
Masataka Ohta: Phenological and morphological studies on <i>Punctaria flaccida</i> NAGAI (Dictyiosiphonales, Phaeophyceae)	250
P. M. Sivalingam: Trace metal contaminants in algae of Bermuda waters	259
Satoshi Hatano, Yoshiaki Hara and Masayuki Takahashi: Preliminary study on the effects of photoperiod and nutrients on the vertical migratory behavior of a red tide flagellate, <i>Heterosigma akashiwo</i> (in Japanese)	263
Masahiro Notoya: The life history of <i>Gloiosiphonia capillaris</i> (HUDSON) CARMICHAEL from Shinori, Hakodate, Hokkaido in culture	270
Kozo Iwamoto, Mikio Takahashi and Teru Ioriya: Distribution of <i>Prasiola</i> <i>japonica</i> YATABE in the Tamagawa River System, Tokyo(in Japanese)	274
Makoto Yoshizaki, Kazuyuki Miyaji and Hideo Kasaki: Bostrychia (Rhodo- phyta, Ceramiales) from Chiba Prefecture	280
Announcement	284

THE JAPANESE SOCIETY OF PHYCOLOGY

日本藻類学会

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

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

The Japanese Society of Phycology

The Japanese Society of Phycology, founded in 1952, is open to all who are interested in any aspect of phycology. Either individuals or organizations may become members of the Society. The Japanese Journal of Phycology (SÔRUI) is published quarterly and distributed to members free of charge. The annual dues (1983) for overseas members are 6,000 Yen (send the remittance to the **Buisiness Center for Academic Societies Japan, 4-16, Yayoi 2-chome, Bunkyo-ku, Tokyo, 113 Japan.**

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

昭和58,59年度役員

Officers for 1983-1984

숲	長:	岩本	康三	(東京水産大学) P	President: Kozo IWAMOTO (Tokyo Univ. of Fisheries)
庶務韓	♀事:	今野	敏徳	(東京水産大学)	Secretary: Toshinori Konno (Tokyo Univ. of Fisheries)
会計朝	♀事:	高原	隆明	(専修大学)	Treasurer: Takaaki Kobara (Senshu University)
評議	員:			N	Iembers of Executive Council:
		秋山	和夫	(東北区水産研究所)	Kazuo Akiyama (Tohoku Reg. Fish. Res. Laboratory)
		秋山	優	(島根大学)	Masaru Akiyama (Shimane University)
		有賀	祐勝	(東京水産大学)	Yusho Aruga (Tokyo Univ. of Fisheries)
		千原	光雄	(筑波大学)	Mitsuo Chihara (Universty of Tsukuba)
		堀	輝三	(筑波大学)	Terumitsu Hori (University of Tsukuba)
		市村	輝宜	(東京大学)	Terunobu ICHIMURA (University of Tokyo)
		岩井	寿夫	(三重大学)	Toshio Iwai (Mie University)
		巖佐	耕三	(大阪大学)	Kozo Iwasa (Osaka University)
		西澤	一俊	(日本大学)	Kazutosi Nisizawa (Nihon University)
		野沢	治治	(鹿児島大学)	Koji Nozawa (Kagoshima University)
		奥田	武男	(九州大学)	Takeo Окида (Kyushu University)
		阪井與	l志雄	(北海道大学)	Yoshio Sakai (Hokkaido University)
		谷口	森俊	(三重大学)	Moritoshi Taniguchi (Mie University)
		月舘	潤一	(南西海区水産研究所)	Junichi TSUKIDATE (Nansei Reg. Fish. Res. Laboratory)
		梅崎	勇	(京都大学)	Isamu Uмеzакı (Kyoto University)
		山本	弘敏	(北海道大学)	Hirotoshi Yамамото (Hokkaido University)
編集委	会員考	:		E	ditorial Board:
委員	長	三浦	昭雄	(東京水産大学)	Akio MIURA (Tokyo Univ. of Fisheries), Editor-in-chief
幹	事	庵谷	晃	(東京水産大学)	Teru Ioriya (Tokyo Univ. of Fisheries), Secretary
委	員	秋山	優	(島根大学)	Masaru Акнуама (Shimane Uuiversity)
"	,	有賀	祐勝	(東京水産大学)	Yusho Aruga (Tokyo Univ. of Fishereies)
"		千原	光雄	(筑波大学)	Mitsuo Chihara (University of Tsukuba)
"		堀	輝三	(筑波大学)	Terumitsu Hori (University of Tsukuba)
"		巌佐	耕三	(大阪大学)	Kozo Iwasa (Osaka Universiy)
"		岩崎	英雄	(三重大学)	Hideo Iwasaki (Mie University)
"		黒木	宗尚	(北海道大学)	Munenao Kurogi (Hokkaido University)
"		小林	弘	(東京学芸大学)	Hiromu Kobayası (Tokyo Gakugei University)
"		正置富	太郎	(北海道大学)	Tomitaro MASAKI (Hokkaido University)
"		右田	清治	(長崎大学)	Seiji Migita (Nagasaki University)
"		西澤	一俊	(日本大学)	Kazutosi Nisizawa (Nihon University)
"		吉田	忠生	(北海道大学)	Tadao Yoshida (Hokkaido University)



C

学 費 送金は 郵便 振 替で! ●学校がての入学金、授業料、そ の他の納付金の御送金は、簡便 ご種金の安い郵便振替を御利用 ください。 ●お子さまの生活費の御送金にも

便利です。

●郵便振替口座はどなたでもお持 ちになれます。

●お互いに口座をお持ちになると

現金を動かさず格安な料金で御
 送金ができます。

詳しくはお近くの郵便局で お尋ねください。



日本藻類学会第8回春季大会のお知らせ

日本藻類学会昭和59年度(第8回)春季大会を下記 の要領で開催します。藻類に関係のある全分野からの 発表を歓迎します。特に今回の大会は,若い研究者各 位の発表を歓迎する大会に致し度いと思いますので, 奮ってご参加下さい。

- (1) 期 日 昭和59年3月31日(土)~4月1日(日)
- (2) 会場東京学芸大学(東京都小金井市貫井北町 4-1-1)。国電中央線「武蔵小金井駅」下車, 北改札口を出て左側の乗場で京王バス「小平団地行」に乗り「学芸大正門前」下車(約10分120円), また,同じ乗場で「中央大循環」に乗り「学芸大 東門」下車のルートも可能ですが2日目は日曜のため東門は閉鎖になり利用できません。
- (3) 研究発表 発表形式は口頭(1 演題につき討論を 含めて15分)と展示(幅 180 cm, 高さ 90 cm の 展示板を大会本部で用意)とします。
- (4) 参加申込み 講演の有無にかかわらず大会に参加 を希望される方は,同封の振替用紙にて,参加費 2,000円を添えてお申込み下さい。また,懇親会 (3月31日夜開催)に出席ご希望の方は,懇親会 費2,000円を加えてお送り下さい。なお,所属機 関長への出張要請等の文書などご入用の方はご遠 慮なく大会準備委員会まで宛先を明記してお申出 下さい。
- (5) 講演申込み ロ頭・展示とも、氏名(共同のとき は演者に ◎ 印),所属,標題,要旨(A4 または A5 400字詰横書き原稿用紙使用,標題共600字以 内)を添えて大会準備委員会までお申込み下さい。 (ロ頭か展示かを1枚目の原稿用紙の右欄に朱書)。



- (6) 口頭発表の方法 図・表はすべて 35 mm スライ ドとし下図にならって作成して下さい。また、同 じスライドを繰返したいときはそれに見合う枚数 をご用意下さい。
- (7) 展示発表の方法 展示用具(セロハンテーブか画 鋲を使用,マグネットは使用できない)は各自ご 用意下さい。なお,標題は高さ5cm以上の文字 を,説明文は高さ1.5cm以上の文字を使用し, 文章は必要最小限に止め,演者の氏名,所属も明 記し,演者の顔写真(キャビネ判大)も貼付する ようにして下さい。

ポスター展示は前日(30日)の午后1時から行 えます。なお、時間的余裕があれば展示発表の方 に展示説明とは別に約5分程度の要約発表の時間 を取ることを考えています。

(8) 宿泊案内 学芸大付近には以下のようなビジネス ホテルがあります。各自直接ご予約下さい。 〇ビジネス・千成ホテル 〒185 国分寺市本町 2-

 4-5 Tel. 0423-25-5588 シングル¥4,600 (学 芸大まで徒歩15分)

○ビジネスホテル・ダイワ 〒185 国分寺市南町 3-16-17 Tel. 0423-24-5221 シングル¥5,000 (学芸大まで徒歩25分)

○ビジネスホテル・ウテナ 〒185 国分寺市東元 町3-30-7 Tel. 0423-21-2339 シングル¥4,500 (学芸大まで徒歩30分)

以上は学芸大には近いのですがバス等がないの で、徒歩になります。むしろ、中央線沿線の吉祥 寺、三鷹,荻窪,立川,八王寺には多くの宿があり, 盛り場もあるので、そちらをご利用になり、国電 武蔵小金井一バスの利用が便利かも知れません。

- (9) 締 切 参加・講演・展示とも, 59年1月20日
- (10) 参加申込み, 講演・展示の要旨送り先

〒184 東京都小金井市貫井北町 4-1-1 東京学芸 大学生物学教室 日本藻類学会大会準備委員会

- 振替 東京 7-166524
- 電話 0423-25-2111 (内線 2667 岡崎恵視また は内線 2672 出井雅彦まで)



Aplanospore production in Porphyra maculosa (Rhodophyta)

Beverly J. HYMES and Kathleen M. COLE

Department of Botany, University of British Columbia, Vancouver, B.C., Canada V6T 2B1.

HYMES, B. J. and COLE. K. M. 1983. Aplanospore production in *Porphyra maculosa* (Rhodo-phyta). Jap. J. Phycol. **31**: 225-228.

Margins of immature *Porphyra maculose* CONWAY blades collected from semi-sheltered coastal regions of British Columbia, Canada at the beginhing of the growing season (April-May) consisted of packets of 2 or 4 aplanospores which developed into bipolar sporelings in culture. Mature blades did not develop aplanospores but produced spermatia and carpospores, which subsequently germinated into the conchocelis phase. This is the first report of aplanospore production in a *Porphyra* species which reproduces sexually.

Key Index Words: Asexual reproduction; aplanospore; Bangiophyceae; Porphyra maculosa; Rhodophyta.

Asexual modes of reproduction provide means for rapid increase of Porphyra populations (COLE and CONWAY 1980) and are of considerable commercial value (HAWKES 1980). However, reports of asexual reproduction of the macroscopic thallus are uncommon for the 17 species of Porphyra which have been identified from the northwest coast of North America (CONWAY et al. 1975, GARBARY et al. 1980). Differentiation of whole vegetative cells and subsequent release of monospores from margins of young plants, usually prior to sexual development, have been observed in only three of these species, P. gardneri (SMITH & HOLLENBERG) HAWKES, P. torta KRISHNAMURTHY, and P. sp. (HAW-KES 1977, COLE and CONWAY 1980). One species, P. sanjuanensis KRISHNAMURTHY, is strictly asexual; vegetative cells along the margins divide into packets of 8 or 16 aplanospores (KRISHNAMURTHY 1969).

P. maculosa CONWAY (1975) is a delicate, small, orbicular species which occurs at midintertidal levels in semi-sheltered coastal regions of British Columbia. It appears in the spring and is relatively short-lived. *P. maculosa* is monostromatic and has a haploid chromosome number of 3 (CONWAY *et al.*) 1975). According to previous reports (CON-WAY 1975, CONWAY *et al.* 1975), it reproduces only sexually. However, in the current study, the margins of sexually immature thalli collected at the beginning of the growing season consisted of packets of 2 or 4 cells similar to the aplanospores of *P. sanjuanensis*. These aplanospores were released in culture and germinated quickly into bipolar sporelings. The following is a report of this discovery.

Materials and Methods

Porphyra maculosa CONWAY grows during the spring months (April-June) attached to mussels at mid-intertidal regions of the beach at Point No Point, Vancouver Island, British Columbia (48°123°SW). Plants ranging in size from 1 to 4 cm in length were collected in May 1981 and 1983. Most of the larger thalli were sexually mature with characteristic pale patches of spermatangia amongst dark red carposporic areas along the margins (Fig. 1). The margins of smaller blades consisted of vegetative cells undergoing several divisions, forming packets of 2 or 4 cells [Figs. 1 (arrows), 2]. Small pieces from the margins of sexually mature and



Figs. 1-7. Porphyra maculosa. 1. Immature (arrows) and mature blades of *P. maculosa* CONWAY. Scale in cm; 2. Portion of an immature blade showing packets of 2-4 aplanospores. Bar =14 μ m; 3-7. Bipolar development of aplanespores in culture. Figs. 3-5, Bar=12 μ m. Figs. 6 and 7, Bar=15 μ m.

immature blades were placed in separate petri dishes with ES culture mediun (Mc LSCHLAN 1973) at 10°C and 12:12 L:D photoperiod. Cultures were observed periodically for several months using an Olympus inverted microscope, and micrographs were taken using Kodak Pan-X film in a Nikon microflex photomicrographic unit.

Observations and Discussion

Cultured immature (non-sexual) material of *P. maculosa* shed aplanospores measuring approximately 12 μ m in diameter which germinated into bipolar sporelings over a two-week period (Figs. 3-7). These developed into small blades ranging in size from 0.5 cm to 3 cm (Fig. 1) which also released aplanos-

pores when transferred into fresh culture medium. Subsequent growth of the spores resulted in a large number of developing thalli in each culture dish within several months of the original setting up of cultures from the field material. Mature sexual material in culture released carpospores approximately 10 μ m in diameter which germinated into the conchocelis phase of the biphasic life history. No bipolar development of spores indicative of asexual reproduction was observed in any of these dishes.

This is the first observation of aplanospore production in young blades of a *Porphyra* species which reproduces sexually. In fact, there are few accounts of aplanospores in the bangiacean genera *Porphyra* and *Bangia* and, to our knowledge, these have been reported in species (or populations of species) which reproduce exclusively asexually: asexual populations of B. atropurpurea (ROTH) C. AG. (=B. fuscopurpurea) (northwest North America, marine; Great Lakes, freshwater) (COLE 1972, SHEATH and COLE 1980, COLE et al. 1983), P. sanjuanensis (northwest North America (KRISHNAMURTHY, 1969, COLE and CONWAY 1980), P. subtumens J. AG. (South Africa) (CONWAY and WYLIE 1972), and P. argentinensis PIRIZ (South America) (PIRIZ 1981). According to previous reports of some biphasic species, young plants at the beginning of the growing season reproduce asexually by a monosporic cycle, e.g. the three northwest North American species mentioned in the Introduction, P. gardneri, P. torta and P. sp., and many Japanese species (e.g. P. crispata KJELLMAN, P. tenera KJELLMAN, P. yezoensis UEDA, P. akasaki MIURA, KU-ROGI 1972, MIURA 1975). In P. gardneri, P. kuniedai KUROGI, P. suborbiculata KJEL-LMAN, P. yezoensis and P. tanegashimensis SHINMURA, monospore production also continues along distal margins during sexual differentiation, spermatangia and carpospores developing along lateral margins (KUROGI 1961, 1972, SHINMURA 1974, HAWKES 1977). Aplanospores were not produced by sexually mature thalli of P. maculosa observed in the current study. Considering the above data, they may be the products of a type of parthenogenetic development of vegetative cells which are potential carpogonia.

Obviously, species which form aplanospores rather than monospores are capable of producing many more asexual reproductive units per plant. This leads to rapid and massive population increase, as observed in cultures of *P. maculosa*, which ensures preservation of the species on the shore and is also of industrial importance. The advantages to small species such as *P. maculosa* and to species which reproduce only asexually such as *P. sanjuanensis* would be particularly significant.

It is difficult to explain why asexual reproduction appears to be rare in *Porphyra* species from the northeast Pacific Ocean, while it is relatively common in those from the northwest Pacific. Possibly species in the northwest are better adapted and the asexual system would tend to stabilize the desirable genotype. All *Porphyra* species reported to date which have some form of asexual reproduction are monostromatic and all have a haploid chromosome number of 3, except *P. gardneri* with n=4 (HAWKES 1980).

Acknowledgements

The authors are grateful for the financial support provided by N.S.E.R.C.C. (Operating Grant No. 0645).

References

- COLE, K. 1972. Observations on the life history of Bangia fuscopurpurea. Mem. Soc. Bot. Fr.: 231-236.
- COLE, K. and CONWAY, E. 1980. Studies in the Bangiaceae: reproductive modes. Bot. Mar. 23: 545-553.
- COLE, K., HYMES, B. J. and SHEATH, R. G. 1983. Karyotypes and reproductive seasonality of the genus *Bangia* (Rhodopnyta) in British Columbia, Canada. J. Phycol. 19: 136-145.
- CONWAY, E. 1975. Porphyra maculosa sp. nov. in British Columbia. Syesis 8: 317-320.
- CONWAY, E. and WYLIE, A. P. 1972. Spore organisation and reproductive modes in two species of *Porphyra* from New Zealand. Proc. VII Int. Seaweed Symp. 7: 105-107.
- CONWAY, E., MUMFORD, T. F., JR. and SCAGEL, R.F. 1975. The genus *Porphyra* in British Columbia and Washington. Syesis 8: 185-244.
- GARBARY, D. J., HANSEN, G. I. and SCAGEL, R. F. 1980. The marine algae of British Columbia and Northern Washington: Division Rhodophyta (Red Algae), Class Bangiophyceae. Syesis 13: 137-195.
- HAWKES, M. W. 1977. A field, culture and cytological study of *Porphyra gardneri* (SMITH & HOLLENBERG) comb. nov., (=*Porphyrella gardneri* SMITH & HOLLENBERG) (Bangiales, Rhodophyta). Phycologia 16: 457-469.
- HAWKES, M. W. 1980. Ultrastructure characteristics of monospore formation in *Porphyra* gardneri (Rhodophyta). J. Phycol. 16: 192-196.
- KRISHNAMURTHY, V. 1969. On two species of Porphyra from San Juan Island, Washington.

Proc. VI Int. Seaweed Symp. 6: 225-234.

- KUROGI, M. 1961. Species of cultivated Porphyras and the life histories. (Study of the lifehistory of Porphyra II). Bull. Tohoku Reg. Fish. Res. Lab. 18: 1-115.
- KUROGI, M. 1972. Systematics of *Porphyra* in Japan. In ABBOTT, I. A. and KUROGI, M. (ed.) Contributions to the Systematics of Benthic Marine Algae of the North Pacific. Jap. Soc. Phycol. 167-191.
- McLachlan, J. 1973. Growth media-marine. IN STEIN, J. R. (ed.) Handbook of Phycological Methods. Culture Methods and Growth Measurements. Cambridge University Press: 25-51.

MIURA, A. 1975. Porphyrs cultivation in Japan.

In TOKIDA, I. and HIROSE, H. (ed.) Advance of Phycology in Japan. Junk, The Hague: 273-304.

- PIRIZ, M. L. 1981. A new species and a new record of *Porphyra* (Bangiales, Rhodophyta) from Argentina. Bot. Mar. 24: 599-602.
- SHEATH, R. G. and COLE, K. M. 1980. Distribution and salinity adaptations of *Bangia atropurpurea* (Rhodophyta), a putative migrant into the Laurentian Great Lakes. J. Phycol. 16: 412-420.
- SHINMURA, I. 1974. Porphyra tanegashimensis, a new species of Rhodophyceae from Tanegashima Island in southern Japan. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 40: 735-749.

B.J. ハイメス・K.M. コール: Porphyra maculosa (紅藻植物) の不動胞子形成

カナダのブリテイッシュ・コロンビア海岸地方の半閉鎖的な海岸から4-5月の生育期に 採集した Porphyra maculosa Conway の葉状体の縁辺部には2又は4コの packet からなる不動胞子嚢が形成されていた。この不 動胞子は培養すると2極性の発芽体を生じた。 成長した葉状体は不動胞子を形成することなく 精子と果胞子とを 生じ、続いてコンコセリス期の体を生じた。この報告は有性生殖を行なう アマノリ の種で不動胞子を生ずること を報告した最初の報告である。(Department of Botany, University of British Columbia, Vancouver, B.C., Canada V6T 2B1)

Taxonomic studies on Porphyra variegata (KJELLMAN) HUS and P. tenuitasa FUKUHARA (Bangiales, Rhodophyta)¹⁾

Tetsu Shimizu

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

SHIMIZU, T. 1983. Taxonomic studies on *Porphyra variegata* (KJELLMAN) HUS and *P. tenuitasa* FUKUHARA (Bangiales, Rhodophyta). Jap. J. Phycol. 31: 229-237.

One local population of *Porphyra variegata* (Kjellman) Hus and two populations of *P. tenuitasa* FUKUHARA in Hokkaido were investigated phenologically and morphologically. The following differences were found among the populations: the growing period, thallus length and thallus thickness. The Muroran *P. variegata*, which grew in the uppermost subtidal zone exposed to the waves, appeared in early April, persisted until early July, and had thalli 14-21 cm long and 70-130 μ m thick. The Muroran *P. tenuitasa* which grew near the low water line sheltered from the waves, appeared in mid-March, lasted until late June and had thalli 6-17 cm long and 40-100 μ m thick. The Otaru *P. tenuitasa* which grew in the uppermost subtidal zone weakly exposed to the waves, appeared before April, was present until early June, and had thalli 6-23 cm long and 30-80 μ m thick. However, the plants of the three populations were similar in shape, structure of the rhizoidiferous basal part and division formulae of the reproductive structures. The phenological and morphological differences of the three populations are probably caused chiefly by water temperature. It is concluded that *P. tenuitasa* is conspecific with *P. variegata*.

Key Index Words: Bangiales; Diploderma; morphology; phenology; Porphyra; Porphyra tenuitasa; Porphyra uedae; Porphyra variegata; Rhodophyta; taxonomy.

NAKAMURA (1947) suggested the existence of two ecological forms of *Porphyra variegata* (KJELLMAN) HUS in Muroran, Hokkaido, one of which had a thin thallus and the other had a thick thallus. FUKUHARA (1968) distinguished the two forms at species level and described two new species; the thin form as *P. tenuitasa* FUKUHARA and the thick form as *P. uedae* FUKUHARA. He described another diagnostic character as follows: "the holdfast [=rhizoidiferous basal part, in the present paper] of *P. tenuitasa* and *P. variegata* is monostromatic below and becomes distromatic upward, gradually in the former but abruptly in the latter". Later, *P. uedae* was reduced to synonymy with *P. variegata* by KUROGI (1977).

However, plants which were equally similar to both *P. tenuitasa* and *P. variegata* were frequently collected in Hokkaido. This suggests that comparative studies on the two species are needed to clarify their taxonomic relationship.

In the present study, three populations of the species inhabiting different environments, one population of *Porphyra variegata* and two populations of *P. tenuitasa*, were investigated to analyze the range of variation of their morphological characters.

Materials and Methods

Phenological observations and collections

¹⁾ Dedicated to Professor Munenao KUROGI on the occasion of his academic retirement.

were made fortnightly at Denshin-hama, Muroran in 1978-1979 and at Syukutsu, Otaru in 1980-1981. In the present paper, the data are combined and shown in 1979 at Muroran and in 1981 at Otaru.

At Denshin-hama in Muroran where P. variegata and P. tenuitasa were present; the former growing in the uppermost subtidal zone as an epiphyte, mainly on Phyllospadix iwatensis MAKINO, and exposed to the force of waves; the latter growing near the low water line and epiphytic mainly on Palmaria *palmata* (L.) O. KUNTZE sheltered from the The two study sites were proviwaves. sionally named as "Muroran Exposed" and "Muroran Sheltered". The distance between the two study sites was about 20 m, but there was a breakwater made of concrete tetrapods between the two sites and thus the effect of waves was greatly lessened in the latter site.

At Syukutsu in Otaru, *P. tenuitasa* grew in the uppermost subtidal zone and was epiphytic mainly on *Neorhodomela aculeata* (PERESTENKO) MASUDA or on *Laurensia nipponica* YAMADA, in an area of low wave exposure. This study site was called "Otaru".

Morphological observations were made with fresh material which was carried to the laboratory in an ice chest.

Water temperatures in Muroran and in Otaru are shown in Fig. 1. Yearly range of monthly mean water temperature in Otaru was from 3.2°C to 21.0°C and in Muroran it was from 2.8°C to 18.1°C. The water temperature at "Muroran Sheltered" was 2.7-4.0°C higher than that of "Muroran Exposed" in late spring and summer in low water at the times of collections. Specimens on which observations were made have been pressed and are deposited in the herbarium of the Department of Botany, Faculty of Science, Hokkaido University (SAP 043000-043078). S. Cit. at 9! 31 D: 3

Results

Phenology

Plants of *P. variegata* and *P. tenuitasa* are monoecious (FUKUHARA 1968, KUROGI 1977).

a: 57



Fig. 1. Monthly mean seawater temperature measured at Charatsunai-hama, Muroran and at Oshoro Bay, Otaru, in 1976-1980.

The following six stages were established to describe the maturation of plant (Fig. 2).

(0) The thallus has no reproductive structures. (1) Half of the thallus becomes slightly faded due to the initiation of antheridia. (2) The antheridial part of the thallus becomes colorless and clearly distinguised from the other half. (3) Spermatia are released from the antheridial part. (4) The antheridial part is eroded leaving the cystocarpic part and the thallus becomes falcate. (5) Carpospores are released from the cystocarpic part.

All the plants examined went through these stages of maturation in this order and did not skip over any stage. No plants released spermatia and carpospores at the same time.

Figs. 3A, 3B show the seasonal changes in the mean length of 20 of the largest plants collected in each population and the seasonal variation in the maturation stages of all the plants to give an outline of growth and maturation.

"Muroran Exposed": Young sterile plants up to 1.2 cm in length appeared on *Phyllospadix iwatensis* in March. Growth was rapid during late April to late May and plants reached a maximum of 16.2 cm in ³mean length (range 14 ± 21 cm, SD 2.3) in June. Some plants were in the maturation stages 1-2 in late April and released spermatia in mid-May. Plants in various maturation stages (stages 1-5) were found in late May and some plants began to release carpospores. During June the mean length of the plants



Fig. 2. Diagramatic representation of different stages of maturation in *Porphyra variegata* and *P. tenuitasa*. The left half of thallus is the cystocarpic part and the right half is the antheridial part. (0) The thallus has no reproductive structures. (1) Half of the thallus becomes slightly faded due to the initiation of antheridia. (2) The antheridial part of the thallus becomes colorless and clearly distinguished from the other half. (3) Spermatia are released from the antheridial part. (4) The antheridial part is eroded leaving the cystocarpic part and the thallus becomes falcate. (5) Carpospores are released from the cystocarpic part.



Fig. 3. Seasonal changes in mean length (A) and seasonal variation in the stage of maturation (B) of plants for the three populations, "Muroran Exposed", "Muroran Sheltered" and "Otaru" (cf. Fig. 2).

in stages 4-5 changed little. In early July all the plants released carpospores and soon decayed.

"Muroran Sheltered": Microscopic germlings (maximum length is $30 \ \mu$ m) appeared on *Palmaria palmata* in mid-February. Plants grew rapidly and reached a maximum of 10.0 cm in mean length (range 6-17 cm, SD 2.8) in late May. Maturation progressed at nearly the same rate as that of "Muroran Exposed" until late April when the maturation stages were 0-2. Spermatia and carpospores were released from the end of May. The plants disappeared in late June one month earlier than those of "Muroran Exposed" population.

"Otaru": It was not possible to detect when the plants appeared. In early April the plants already reached 5.5 cm in mean length (range 1-10 cm, SD 2.6) and a few of them started to form antheridia. They grew rapidly and reached a maximum of 11.3 cm in mean length (range 6-23 cm, SD 3.8) in early May. The length was nearly the same as that of "Muroran Sheltered" plants but smaller than "Muroran Exposed" ones. Spermatia were released from the end of April. All the plants disappeared at the beginning of June one month earlier than "Muroran Sheltered".

Morphology

Thallus shape: Generally, P. variegata

and *P. tenuitasa* have ovate to elliptical thalli. To compare the thallus shapes of the three populations, the length and width of immature plants (maturation stages 0, 1, 2) were measured. The measured plants of "Muroran Exposed" and "Muroan Sheltered" were collected on April 28, 1979 and the plants of "Otaru" on April 17, 1981. The distributions of length and width of each population are shown in Fig. 4 with logarithmic graduation. The mean ratio of length/width is 1.98 in "Muroran Exposed", 1.82 in "Muroran Sheltered" and 1.92 in "Otaru". The thallus of the three populations were similar in shape to each other.

Thallus color : The thallus color was compared in living and in dry conditions. Generally, thalli in "Muroran Exposed" were dark purplish red and those in "Otaru" were pink. Thalli in "Muroran Sheltered" population were intermediate in color. However, the color is different according to individual plants of each population.

Thallus thickness: The thickness was measured in imperfectly or perfectly matured plants in the maturation stages 2-5 (Fig. 2) of "Muroran Exposed" population collected on June 24, 1979, of "Muroran Sheltered" on May 28, 1979 and of "Otaru" on May 2, 1981, when each population reached a maximum in mean length. Measurements were made in the center of the thalli.

The distribution of thickness of measured



Fig. 4. Relationship between length and width of plants for the three populations. Samples were collected on 28 April 1979 from "Muroran Exposed" population and "Muroran Sheltered" population, and on 17 April 1981 from "Otaru" population.

232

plants is shown in Fig. 5. Among the three populations, "Muroran Exposed" plants were thicker (ca. 70-130 μ m) than the other two and "Otaru" plants thinner (ca. 30-80 μ m) than the other two. "Muroran Sheltered" plants were intermediate in thickness (ca. 40-100 μ m). Overlaps in the thickness between "Muroran Exposed" and "Muroran Sheltered" and between "Muroran Sheltered" and "Otaru" are apparent.

Structure of rhizoidiferous basal part: FU-KUHARA (1968) described the rhizoidiferous basal part of *P. variega'a* and *P. tenuitasa* as being monostromatic below and distromatic upward, and that in the former species the basal part became abruptly distromatic



Fig. 5. Frequency distribution of thallus thickness for the three populations, "Muroran Exposed", "Muroran Sheltered" and "Otaru", class interval 10 μ m.



Fig. 6. Longitudinal sections of rhizoidiferous basal parts for the three populations. a, "Muroran Exposed" population; b, "Muroran Sheltered" population; c, "Otaru" population. Scale in a is 50 μ m and also applies to b-c.

upward, but in the latter species gradually distromatic upward. The rhizoidiferous basal part of the three populations was examined. Such a distinct difference between *P. variegata* ("Muroran Exposed") and *P. tenuitasa* ("Muroran Sheltered" and "Otaru") was not found (Fig. 6). However, the distance between two cell layeres with thicker basal part was greater than that with the thinner basal part.



Fig. 7. Variation of height/width ratio of vegetative cells in cross section of plants for the three populations. Horizontal line indicates total variation; thick line, SD; cross bar, mean.



Fig. 8. Antheridia of plants for the three populations. a-b, "Muroran Exposed" population; c-d, "Muroran Sheltered" population; e-f, "Otaru" population; a, c, e, surface view; b, d, f, cross section. Scale in f is $25 \,\mu$ m and also applies to a-e.



Fig. 9. Cystocarps of plants for the three populations. a-b, "Muroran Exposed" population; c-d, "Muroran Sheltered" population; d-f, "Otaru" population; a, c, e, surface view; b, d, f, cross section. a-b from the glutaraldehyde fixed specimens, others from the living plants. Scale in e is $50 \ \mu m$ and also applies to a-d and f.

Shape of vegetative cell: No difference in shape and diameter of vegetative cells among plants of the three populations was found in surface view. However, some difference in height between the populations was found in cross section. Fig. 7 shows the mean ratio of height/width of vegetative cells in cross section (100 cells were measured; 5 cells $\times 20$ plants). The ratio was 1.18 in "Muroran Exposed", 1.11 in "Muroran Sheltered" and 1.04 in "Otaru". Thus, the populations with thicker thalli have higher cells.

Division formulae of reproductive structures: No difference was observed among the plants of the three populations in division formula, it was 64 (a/4, b/4, c/4) in antheridia and 16 (a/2, b/2, c/4) in cystocarps (Figs. 8-9).

Discussion

The present investigation showed that the plants of three local populations of *Porphyra variegata* and *P. tenuitasa* inhabiting different environments were similar in the thallus shape, structure of the rhizoidiferous basal part and division formulae of the reproductive structures, all of which are of considerable taxonomic significance among the species of *Porphyra* subgenus *Diploderma*. However, "the following differences were found among the populations: the growing period, thallus length and thallus thickness.

The Muroran *P. variegata*, which grew in the uppermost subtidal zone exposed to the waves, appeared in early April and persisted until early July. The Muroran *P. tenuitasa* inhabiting near the low water line sheltered from the waves appeared in mid-March and lasted until late June. The Otaru *P. tenuitasa*, which grew in the uppermost subtidal zone weakly exposed to the waves, appeared before April and was present until early June. This difference may depend on different water temperatures. Water temperature in Otaru is higher than that in Muroran (Fig. 1). Additionally, water temperature of the sheltered site rises rather higher than that of the exposed one in spring and summer. In Otaru the release of spermatia begins in mid-April when the temperature reaches 6°C and the release of carpospores begins in early May when the temparature reaches 8°C. In Muroran the release of spermatia is delayed until mid-May when the temperature reaches 6°C and the release of carpospores occurrs in late May when the temperature is 8°C (Figs. 1, 3B). Thus, a minimum temperature of 6°C is required for the release of spermatia and a minimum of 8°C is required for the release of carpospores. Mature plants increase in abundance as the water temperature rises and they decay rapidly. This reproductive process proceeds more quickly in Otaru due to the higher temperature than in Muroran.

Fertile thalli of the Muroran P. variegata were 16.2 cm in mean length and 70-130 μ m thick. The Muroran P. tenuitasa possessed thalli being 10.0 cm in mean length and 40-100 μ m thick. The Otaru P. tenuitasa had thalli 11.3 cm in mean length and 30-80 μ m thick. These differences also depend on different water temperature. The plants grow vegetatively until the water temperature rises to a sufficient level to form reproductive structures. The duration of the period of low water temperature in early spring results in the production of large and thick thalli. Thus, the Otaru plants have smaller and thinner thalli than those of Muroran. Consequently, differences in water temperatures among the three locations could account for the differences in morphological and phenological characters of the populations.

One herbarium specimen of *P. tenuitasa* determined by FUKUHARA was examined. It was collected by him at Usu, the type locality, near Muroran on 6 May 1963. The thallus is 11.6 cm long and 8.4 cm broad. It is 51-70 μ m thick in the center of the thallus and similar in appearance to the plants of the "Muroran Sheltered" population. Thickness was measured with sections embedded in 20% glycerin. The measured thickness in this way is about 70-90% of the original thickness of the living specimen. Furthermore, two herbarium specimens of *P. tenui*tasa collected at Oshoro near Otaru on 25 April 1972 and determined by FUKUHARA were examined: (A) 17.6 cm long \times 8.4 cm broad; (B) 8.6 cm long \times 7.5 cm broad. They are 40-48 μ m (A) and 27-33 μ m (B) thick in the center of thalli and similar in appearance to the plants of the "Otaru" population. Thickness was measured as in the Usu specimen. Thus, the plants of "Muroran Sheltered" population and of "Otaru" population can be identified with *P. tenuitasa* described by FUKUHARA (1968).

According to FUKUHARA (1968), Porthvra variegata and P. tenuitasa are distinguished by the thallus thickness and structure of the rhizoidiferous basal part. P. variegata has thick thalli (80-200 μ m thick) and rhizoidiferous bases which become distromatic abruptly, whereas P. tenuitasa has thin thalli $(45-50 \ \mu m \text{ thick})$ and rhizoidiferous bases which become distromatic gradually (FUKU-HARA 1968). However, the thallus thickness varies with individual plants and with habitat as mentioned above. No difference in the structure of the rhizoidiferous base between the two species has been found in the present study. It is concluded that P. tenuitasa circumscribed by FUKUHARA (1968) is included in the variation range of *P. variegata* whose morphological characters vary with habitat.

Acknowledgements

I am deeply indebted to: Prof. Munenao

ing of the manuscript; to Dr. Yositeru NAKAMURA for helpful informations on P. variegata at Muroran; to Dr. Eiji FUKUHARA of The Hokkaido Regional Fisheries Research Laboratory for loan of herbarium specimens; to Prof. Isabella A. ABBOTT of University of Hawaii for her reading of the manuscript; to Prof. Yoshio SAKAI of The Institute of Algological Research, Faculty of Science, Hokkaido University and Mr. Kazuo NOBUTA of Oshoro Marine Laboratory, Hokkaido University for helping with field investigation and providing me with water temperature data used in the present study. I thank the anonymous reviewers for their critical comments on the manuscript.

KUROGI for his suggestion and critical read-

References

- FUKUHARA, E. 1968. Studies on the taxonomy and ecology of *Porphyra* of Hokkaido and its adjacent water. Bull. Hokkaido Reg. Fish. Res. Lab. 34: 40-99. (in Japanese with an English summary)
- KUROGI, M. 1977. Observations on the type specimen of *Porphyra variegata* (KJELLMAN) HUS and its comparison with Japanese "P. variegata". Bull. Jap. Soc. Phycol. 25 Suppl.: 101-112.
- NAKAMURA, Y. 1947. Observations of *Porphyra* variegata (KJELLMAN) HUS, especially on its male frond. Bot. Mag. Tokyo 60: 39-43. (in Japanese with an English summary)

清水 哲: 紅藻フイリタサとウスバタサの分類学的研究

フイリタサとウスバタサは、葉状体の厚さと 付着器の縦断面の細胞配列様式の差異によって 区別されている。 北海道の室蘭に両種が、小樽にウスバタサが生育する。 そこで地域個体群を形態学的、 生物季節学的に調査研究 した結果、両種を区別する差は従来報告されていたように明瞭ではなく、 体厚の頻度分布に差が 見られるだけで あった。体厚は環境によって変化し易い形質と考えられるので、 ウスバタサは フイリタサと同種と考えるのが妥 当であるとの結論に達した。(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) and the second second

get in status

participation and the second second second Ultrastructure and taxonomy of Pyramimonas lunata, a new

All the second second

1.5

•••

marine species of the Class Prasinophyceae*

Isao INOUYE, Terumitsu HORI and Mitsuo CHIHARA

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

INOUYE, I., HORI T. and CHIHARA, M. 1983. Ultrastructure and taxonomy of Pyramimonas lunata, a new marine species of the Class Prasinophyceae. Jap. J. Phycol. 31: 238-249.

A new species of Pyramimonas P. lunata is described based on the specimens collected in Kesen-numa, Miyagi Prefecture, one of the places in Japan, where phytoplankton blooms have often been observed. Unialgal cultures were examined with the transmission electron microscope with particular emphasis on scale morphology and the ultrastructure of cell organelles.

This species is characterized by the presence of trichocysts, the morphology of the pyrenoid and newly-described body scales. The body scales of the intermediate layer are box-like and consist of a square base perforated in a characteristic pattern and four sides made up of slender rods. Scales of the outermost layer are, as in many other species of the genus, coronate and composed of slender rods. However, these scales are particularly large (520 nm high and 680 nm wide). Scale morphology and cellular ultrastructure are compared with those of other species previously studied and their validity as diagnostic characters is discussed. 1.1

Key Index Words: Flagellar apparatus; Prasinophyceae; Pyramimonas lunata sp. nov.; Scale morphology; Taxonomy and ultrastructure of Pyramimonas.

For the last 20 years red tides have frequently occurred in various places in Japan and caused significant damage to the local fisheries. To date many taxonomic studies of red tide organisms have established the basic data useful for further studies to resolve this serious economic and social problem. However, most investigations have been restricted to the Bacillariophyceae, Dinophyceae and Raphidophyceae. Other groups of phytoflagellates such as the Prasinophyceae, Prymnesiophyceae, Cryptophyceae and Chrysophyceae have not been included as sujects of red tide research. Among the Prasinophyceae, only two species were reported as organisms which cause phytoplankton bloom in the coastal basins around Japan, viz. Pyramimonas aff. amylifera (as Asteromonas propulsum) and P. disomata (ADACHI 1972), despite the further species of this class are apparently a common component of the microalgal flora of coastal waters and have undoubtedly caused blooms more often than has been recorded.

Recently we have directed our research towards the genus Pyramimonas, the taxonomy of which at species rank is still confused. We have isolated more than twenty strains of the genus from seawater samples collected from various places around the coast of Japan and examined them using both light and electron microscopy in an attempt to clarify the diagnostic characters.

^{*} This work was supported in part by a Grantin-Aid for Scientific Research (No. 57440003, No. 58124034) from the Ministry of Education, Science and Culture, and the Toyota Foundation (Grant No. 78-1-097, 79-1-198, 80-1-070).

This paper is the first of the series and deals with the bloom causing species *Pyramimonas lunata* species *Pyramimonas lunata* species *Pyramimonas lunata* species.

Materials and Methods

Pyramimonas lunata was first collected by Mr. Noritaka Fujita of Kesen-numa Prefectural Fisheries Experimental Station from the Bay of Kesen-numa, Miyagi Prefecture in August 1978. According to him, this species occurred as one of major components of a phytoplankton bloom in the bay during August and October, 1978 and June to September, 1979.

Seawater samples were collected on a monthly basis from April, 1978, to February, 1980. The specimen used in this work was originally isolated from a sample collected on March 11, 1979. Cells were inoculated in Erd-Schreiber medium (FØYN 1934) and were maintained in the same medium and GPM medium (LOEBLICH III 1975) at 15C with exposure to 2000-6000 lux light in alternating 16/8 LD cycle.

Shadowcd materials were prepared by placing single drops of medium containing actively swimming cells on colloidin coated grids and fixing them in osmium tetroxide vapour for 30 seconds. After drying in a desiccator, grids were washed carefully with distilled water to remove salt and dried again. Grids were then shadowed with platinum-palladium at a low angle of 20-40 degree.

For sectioned materials, 50% aqueous glutaraldehyde was added to the medium containing actively growing cells, at a final concentration of 3%. After 1 hr fixation at room temperature, cells were rinsed several times in the same medium and postfixed in 2% aqueous osmium tetroxide in 0.2 M phosphate buffer (pH 7.0) for 2 hr. Then cells were dehydrated in graded ethanol series and embedded in Epon. Thin sections were cut with diamond knives, double stained with uranyl acetate followed by lead citrate (REY-NOLDS 1963) and viewed with⁴ Hitachi H-12A and JEOL JEM 100C transmission electron microscope.

Observations

a) Light microscopy

Pyramimonas lunata is broadly obovoid in actively growing cultures. The length and width of the cell are usually almost equal (Figs. 1, 19A), ranging from 12 to $15 \,\mu\text{m}$ and 10.5 to $14 \,\mu\text{m}$, respectively ξ_1 Four anterior lobes extend backwards as four distinct ridges up to approximately two thirds the way along the length of the cell (Fig. 19A). These are most conspicuous at the extreme anterior end so that the polar view appear as a square with rounded corners (Fig. 19B). The anterior lobes surround a flagellar pit, a conical groove, from the bottom of which four flagella arise. Around the flagellar pit, many refractive granules, trichocysts, are seen (Fig. 19B). The posterior end of the cell is usually rounded but sometimes slightly acute in old culture. The single chloroplast is cup-shaped and has eight anterior lobes (Fig. 19B). A conspicuous stigma is located in a median-lateral portion of the chloroplast A pyrenoid, located at the (Fig. 19A). posterior end of the chloroplast, is surrounded by two laterally arranged, collar-shaped starch sheaths which are often obscure under the light microscope.

Cells swim rapidly for several seconds rotating around their longitudinal axis, then suddenly stop swimming and attach to the cover slip or glass slide with four vibrating flagella which radiate out in four directions at right angle to one another. When the mounting medium gradually evaporated or was drawn off with filter paper, the cells discharged many thread-like trichocysts. Using phase contrast microscopy many detached body scales appear as small grains floating around the cell body.



Figures 1-6. Pyramimonas lunata. 1. Light micrograph of the cell. The length and width of the cell are nearly same size. $\times 1,200$; 2-5. Electron micrographs of shadowed materials. 2. Whole mount of the cell coated by scales. Thread-like discharged trichocysts (T) are seen. (Holotype). $\times 3000$; 3. Inner (IFS) and outer (OFS) layer flagellar scales. $\times 33,000$; 4. Outermost layer body scales. (Reversed print). $\times 40,000$; 5. Intermediate layer body scales. (Reversed print). $\times 60,000$; 6. Electron micrograph of a base of the intermediate body scale showing characteristic perforations (sectioned material). $\times 70,000$.



Figures 7-9. Pyramimonas lunata. Electron micrographs. 7. Median longitudinal section of the cell, showing lunate profile. Major cell components are seen; chloroplast (C), cylindrical vesicles (CV), microbody (MB), mitochondria (M), nucleus (N), pyrenoid (P), trichocysts (T) and pit microtubules (arrow heads). \times 9,200; 8. Transverse section of the flagellar pit region. Pit microtubules arranged along the flagellar pit and four microtubular flagellar roots consisting of 4(bottom), 3 (right), 2 (top) and 2 (left) microtubules with electron dense material are seen (in the circles). \times 23,000; 9. Longitudinal section of the trichocyst made up of rolled thin membranous material. Numerous granules are contained in the central core. \times 40,000.



Figures 10-14. Pyramimonas lunata. Electron micrographs. 10. Transverse section of the anterior region of the cell showing typical arrangements of cell organelles. G: Golgi body. Other abbreviations same as Fig. 7. $\times 6,000$; 11. Longitudinal section through the flagellar apparatus. Flagellar roots (arrow heads) extending from the flagellar base towards the cell anterior along the pit microtubules (arrows) are seen. Rhizoplasts (RH) and associated microbody (MB) are also seen. $\times 15,000$; 12. Two basal bodies connected by the synistosome (SY). Laterally situated fibrous band (LB) is seen. $\times 45,000$; 13. Transverse section of the flagellar apparatus. Three basal bodies linked by a lateral fibrous band (LB) are arranged along the convex margin and the other is attached to the concave side of the synistosome (SY). Four flagellar roots (arrow heads) radiating in a cruciate pattern are also seen. $\times 40,000$; 14. A scale reservoir (SR) containing only small-size scales is continuous with cylindrical vesicles (CV) and the flagellar pit (arrow head). $\times 10,000$.

Pyramimonas lunata sp. nov.



C.

Figures 15-18. Pyramimonas lunata. Electron micrographs. 15. Golgi body in cisternae of which the outermost layer body scale and various other scale types (arrow heads) are being produced. ×26,000; 16. Stigma made up of two layers of plastglobules. ×28,000; 17. Pyrenoid (P) and associated chloroplast ditch (CD), a boader between two chloroplast lobes. 14,000; 18. Pyrenoid and sections of the chloroplast ditch which are occupied by the rhizoplasts (arrow heads). FX 12,000.

b) Electron microscopy

Scale morphology: Shadowed and thin sectioned materials show six kinds of scales coating the cell body and flagellar surfaces (Figs. 2, 3). Of these, three are body scales and the remaining three are flagellar scales. Small body scales, the undermost layer body scales, form a layer immediately outside the plasmalemma of the cell body (Fig. 19C). They are square, 45-50 nm on each side, and possess raised marginal rim and a small boss or projection at the centre. The intermediate layer body scale is box-like, composed of a square shaped base $(290 \times 290 \text{ nm})$ and four sides made up of slender rods (Figs. 5, 6, 20A). The square base has rectangular perforations arranged in a characteristic regular pattern (Figs. 6, 20A). From each corner and the middle of each side margin of the base, eight upright rods (200 nm long) arise to make up four sides of the scale. These upright rods are linked at the top by slightly arched peripheral rods (Fig. 20A). The outermost layer body scale is coronate made of a framework (Figs. 4, 20B). The base is square, ca. 680 nm on each side. It consists of four slender side rods and four rods arising from the middle of each side of the equare base and meeting together, appearing as a "cross in the square" on the base plane (Fig. 20B). Each rod of the base has numerous small projections pointing downward (Figs. 4, 20B). From the centre of the cross of the base, an upright rod (370-460 nm) arises and on top of it a short rod (100-120 nm) is arranged horizontally with a pair of spines at both ends. A pair of rods arise from each end of the horizontally arranged short rod, four rods all together, bend downward and terminate at the corners of the square base. These rods have tiny spines on the way at two fifth portion from the upper end. The total height of the outermost scale including spines is 400-520 nm.

The inner layer flagellar scale which lies external to the flagellar surface is square to pentagonal in shape, ca. 45 nm on each side, and has a raised rim and a central boss or projection (Fig. 3). The second type of scale, the outer layer flagellar scale, lies on top of the inner layer flagellar scales. This scale is shaped like the horseshoe crab, *Limulus*, and its ornamentation on the surface is similar to a spider's web (Fig. 3). The total length of the Limulus scale, including the spine projecting toward the distal end of the flagella, is ca. 300 nm. Hair scales similar to those described in other species are also present. They are often washed away from flagellar surface but can be observed in the scale reservoir (Figs. 7, 14).

Cell ultrastructure: Median longitudinal sections of cells show a variety of profiles of shapes, viz. boomerang to rounded triangle. The most typical is lunate (Fig. 7) to which the specific epithet refers. Approximately 250-300 microtubules emerge from vicinity of the flagellar bases and ascend along the plasmalemma of the flagellar pit (Figs. 7, 8, 11). In transverse sections of the flagellar pit region, they are found just beneath the plasmalemma in a regular interval (Fig. 8). They disperse along the cell contour (Fig. 11), bend along the lateral cell surface toward the cell posterior. It is not clear how far the microtubules, called pit microtubules, extend posteriorly. They were detected up to the horizontal level of the base of the flagellar pit. Four other groups of microtubules, flagellar roots, each surrounded by electron dense material arise from near the flagellar base and ascend along the proximal side of the pit microtubules (Fig. 11) in four directions creating a cruciate pattern (Figs. 8, 13). The number of microtubules making up the flagellar roots are 4, 3, 2 and 2 (Fig. 8). From the proximal end of the basal bodies striated fibrous roots, rhizoplasts, extend posteriorly passing along the nuclear surface to reach the chloroplast surface beneath which the pyrenoid is situated (Fig. 11). They extend dichotomously along the chloroplast ditch (Fig. 18). A well developed microbody is associated with this root (Fig. 11). Below the flagellar pit four basal bodies are characteristically arranged in the 3-1



Figure 19. Diagrammatic illustrations of *Pyramimonas lunata*. A. Side view of the cell; B. Vertical view of the cell, showing relative positions of flagella, stigma, nucleus, Golgi bodies, trichocysts and a scale reservoir; C. Longitudinal section of the cell, showing ultrastructural features. Flagellar scales are not illustrated. C:chloroplast, CV: cylindrical vesicles, F, flagella, FP: flagellar pit, FR: microtubular flagellar roots, G: Golgi bodies, IBS: intermediate layer body scales, LB: lateral fibrous band, M: mitochondria, MB: microbody, N: nucleus, OBS: outermost layer body scales, P: pyrenoid, PMT: pit microtubules, PS: pyrenoid starch sheaths, RH: rhizoplasts, S: stigma, SR: scale reservoir, SY: synistosome, UBS: undermost layer body scales. Not to scale.



Figure 20. Diagrammed illustrations of the intermediate (A) and the outermost (B) layer body scales. Not to scale.

pattern (Fig. 13). Three lie more or less linearly along the convex margin and the other one is attached to the concave side of the synistosome (Fig. 13). Non-striated fibrous band links the former three basal bodies along their lateral margins (Fig. 13). Several slender connecting bands were also observed between the basal bodies and synistosome (Fig. 13) although their configulations are not described in this context.

The chloroplast is single and cup-shaped. It is deeply lobed into four sections in the cell anterior. Each lobe extends anteriorly along the ridge of the cell body and lobes once again into two sections anteriorly (Fig. 10) so that eight small lobes are formed. The pyrenoid is spheroid to oval in shape. On the chloroplast surface, there is a dimple-like cavity (Fig. 7) from which the chloroplast ditch extends posteriorly in opposite directions (Fig. 17). Many thylakoid bands enter into the matrix (Fig. 7). Although they penetrate deeply, they never traverse the matrix. Some bands terminate near the posterior portion of the matrix, while others bend and switch back toward the anterior end or anastomose with other thylakoids. Two laterally arranged collar-like starch sheaths surround either the posterior half or the more or less posterior two thirds of the pyrenoid matrix (Fig. 7). No intervening membranous elements between the matrix and starch sheath have been observed. The dimple-like cavity above the pyrenoid surface is occupied by the rhizoplast and a microbody which is surrounded by a single unit membrane (Fig. 7). The stigma lies in a median position in one of the lobes of the chloroplast to which the nucleus is closely appressed (Fig. 16). It consists of one to two layers of linearly arranged lipid droplets. Many peculiar globules which are not bounded by membranes lie between the thylakoid bands (Figs. 17, 18). Their contents may have dissolved or washed away during the preparation of electron microscopy, but occasionally electron dense material remains.

Trichocysts are present mainly around the flagellar pit region (Fig. 10). They are threads-like when viewed in shadowed material (Fig. 2). They consist of rolled membranous material and contain numerous small globules in the centre (Figs. 9, 10).

Usually two Golgi bodies (rarely three) are present in the anterior half of the cell body. Both flagellar and body scales are produced in the Golgi cisternae (Figs. 10, 15). A large scale reservoir and many cylindrical vecicles, which are continuous to each other (Fig. 14), were observed opposite to the nucleus (Figs. 7, 14). The reservoir is well developed and contains three kinds of scales including the Limulus, hair and small squareshaped scales (Figs. 7, 14). Large scales, intermediate and outermost layer body scales, may usually be released singly to the cell surface.

The ultrastructure of the cell is diagrammed in Fig. 19C.

Discussion

The intermediate body scales of *P. lunata* are characteristic so that they could be used as diagnostic characters of this species. The perforation pattern of the base of the scale is stable feature and does not change regardless of the age and condition of culture. The outermost layer body scale could also be considered distinctive for this species be-

cause of its large size. It is much larger than that in any other species previously examined. The largest scale previously described in *Pyramimonas* (325 nm wide in *P. occidentalis*, PENNICK 1982) is half the size of the outermost scale of *P. lunata*.

PENNICK et al. (1978) studied scale morphology in 12 strains allied to P. orientalis and concluded that scale morphology is constant in each strain but there are consistent differences between strains. This raises a serious problem as to whether scale morphology is a reliable taxonomic character for the species level. However, in the extensively examined species P. amylifera no distinct differences have ever been observed in scale morphology among the various strains (e.g. compare figures given by MANTON et al. 1963 and NORRIS and PIENAAR 1978). In three strains of P. grossii isolated from various localities in Japan, no differences have been observed in scale morphology (unpublished observation). Therefore, we opine that the morphology of the scale is a useful taxonomic character in spite of the fact that strain difference on scale morphology exist in certain species of the genus. It could be more useful when combined with other features such as the ultrastructure of the flagellar apparatus, stigma, pyrenoid and presence or absence of trichocysts.

The number of pit microtubules has been estimated as 250-300 in P. lunata, approximately 150 in P. parkeae (NORRIS and PEARSON 1975), probably more than 250 in P. tetrarhynchus (MANTON 1968, estimated from figs. 7, 11), approximately 150 in P. aff. amylifera (unpublished observation), 25-30 in P. orientalis (MOESTRUP and THOMSEN 1974) and approximately 100 in P. grossii (unpublished observation). Among these species, the first four are large representatives (more than 10 μ m) and the latter two small representatives (less than $10 \ \mu m$). The number of pit microtubules is reliably different from species to species but it is not correlated with cell size. For instances, P. orientalis and P. grossii are similar in size but have a very different number of pit microtubles. The taxonomic significance of such differences is still uncertain but should receive attention in future investigations.

It is likely that there are at least two different types of flagellar apparatus in four flagellated species of the genus Pyramimonas. The first has four basal bodies arranged in a 3-1 pattern and the linearly arranged three are connected to each other by a lateral nonstriated fibrous band. P. lunata, P. parkeae (NORRIS and PEARSON 1975), P. grossii and Pyramimonas spp. (Strain Samekawa, Strain Udo, unpublished) belong to this group. Whereas the second has basal bodies arranged in a distinct diamond-shaped pattern and the lateral fibrous band is absent. P. orientalis (MOESTRUP and THOMSEN 1974), P. obovata (MELKONIAN 1981) and P. longicauda (unpublished observation) can be classified to this group. MELKONIAN (1981) described detailed three dimensional structure of the second type of flagellar apparatus. Because ultrastructure of the flagellar apparatus is considered as a useful taxonomic character in various groups of algae, further details of the ultrastructure of the first type should be Previously examined species investigated. possessing the 3-1 pattern of basal bodies have more than 100 pit microtubules while those possessing diamond pattern basal bodies have few. The arrangement of basal bodies and the number of pit microtubules appear to be distinctive to each species.

The trichocyst is not a common organelle in the Prasinophyceae and seems to be restricted to very few species of *Pyramimonas*, to date only five, including *P. lunata*. Since this organelle is infrequent, it can be adopted as one of the most important characters to delineate species.

We believe that the number of chloroplast lobes is constant within species. Eight lobes at the anterior end are known at present in *P.* aff. *amylifera* (unpublished observation) and in *P. lunata*, while four lobes are commonly observed in many other species.

P. lunata is the only species with a pyrenoid invaded by thylakoids from only the anterior side and surrounded by collar-like starch sheaths. *P. orientalis* (MOESTRUP and THOMSEN 1974, Fig. 14), *P.* aff. disomata (NORRIS and PIENAAR 1978) and *P. obovata* (PENNICK et al. 1976, Fig. 1; BELCHER et al. 1974, Fig. 11) have a similar pyrenoid invaded by thylakoids from the anterior end. But the starch sheath is cup-shaped and the thylakoids in the matrix are many fewer than in *P. lunata*.

At the light microscope level the following four species are similar to P. lunata, viz. P. extravagans, P. cruciata, P. inflata (CONRAD and KUFFERATH 1954) and P. adriaticus (SCHILLER 1925), that is, in all of these species length and width of the cell are nearly the same size. However, these species are distinguished from P. lunata in the following characteristics: P. extravagans has three large anterior lobes; P. cruciata is acute posteriorly and has four pyrenoids; P. inflata has two elongated bodies in the chloroplast; P. adriaticus has no pyrenoid. None of these species has been studied by electron microscopy so it is not possible at present to compare their detailed cellular features with those of P. lunata.

Diagnosis

Pyramimonas lunata sp. nov.

Cells wide obovoid, $12-15 \,\mu\text{m}$ long, $10.5-14 \,\mu\text{m}$ wide, lunate in longitudinal section, motile with 4 flagella, possessing 4 conspicuous anterior lobes and a conical flagellar pit; chloroplast single, green, 4 lobed subanteriorly and finally 8 lobed; stigma single, laterally situated; pyrenoid single, located posteriorly, surrounded by two collar-shaped starch sheaths; trichocysts present.

Cells covered by 6 types of scales: 3 body and 3 flagellar scales; intermediate body scales box-shape; base plate, 290×290 nm, perforated with rectangular holes; outermost body scales, coronate, large, 680 nm wide and 400-520 nm high.

Holotype: Figure 2.

Type locality: Kesen-numa, Miyagi Prefecture, Japan.

Distributions: Kesen-numa, Miyagi Pre-

fecture; Shioya-zaki, Fukushima Prefecture, Japan (collector: T. Horiguchi).

Habitat : estuary.

Pyramimonas lunata sp. nov.

Cellulae obovoideae, 12–15 μ m longae, 10.5– 14 μ m latae, lunatae in sectione longitudinale, mobiles cum 4 flagellis, 4 lobos conspicuos anticos et foveam conicam flagelli habentes; chloroplastus unus, viridis, subantice tetralobus et extremum octolobus; stigma unum in parte postico cellulae sita, 2 vaginis amili collumiformis circumcincta; trichocystae adsunt.

Cellulae squamis 6 typorum obtectae: 3 squamae corporum et 3 squamae flagellorum; squamae corporum intermediae buxiformae; laminae basi, 290×290 nm, perforatae cum cavis; squamae corporum extimae coroniformes, magnae, 680 nm latae et 400-520 nm altae.

Holotypus: Figura 2.

Acknowledgements

We wish to express our thanks to Mr. Noritaka Fujita of Kesen-numa Prefectural Fisheries Experimental Station and Dr. Yoshiaki Hara and Mr. Takeo Horiguchi of our laboratory for their generosity in collecting samples.

Refereces

- ADACHI, R. 1972. A taxonomic study of the red tide organisms. J. Fac. Fish. Pref. Univ. Mie-Tsu. 9: 9-145.
- BELCHER, J. H., PENNICK, N. C. and CLARKE, K. J. 1974. On the identity of Asteromonas propulsum Butcher. Br. phycol. J. 9: 101-106.
- CONRAD, W. and KUFFERATH, H. 1954. Recherches sur les eaux saumâtres environs de Lillo 2. Partie descriptive. Mem. Inst. r. Sci. nat. Belg. 127: 1-346.
- FØYN, B. 1934. Lebenzyklus, Cytologie und Sexualität der Chlorophyceae Cladophora suhriana Kützing. Arch. Protistenk. 83: 1-56.

- LOEBLICH, A.R. III. 1975. A seawater medium for dinoflagellates and the nutrition of *Cachonina niei*. J. Phycol. 11: 80-86.
- MANTON, I. 1968. Observations on the microanatomy of the type species of *Pyramimonas* (*P. tetrarhynchus* Schmarda). Proc. Linn. Soc. Lond. 179: 147-152.
- MANTON, I., OATES, K. and PARKE, M. 1963. Observations on the fine structure of the *Pyramimonas* stage of *Halosphaera* and preliminary observations on three species of *Pyramimonas*. J. mar. biol. Ass. U.K. 43 · 225-238.
- MELKONIAN, M. 1981. The flagellar apparatus of the scaly green flagellate *Pyramimonas obo*vata: Absolute configulation. Protoplasma 108: 341-355.
- MOESTRUP, Ø. and THOMSEN, H.A. 1974. An ultrastructural study of the flagellate *Pyrami*monas orientalis with particular emphasis on Golgi apparatus activity and the flagellar apparatus. Protoplasma 81: 247-269.
- NORRIS, R.E. and PEARSON, B.R. 1975. Fine structure of *Pyramimonas parkeae*, sp. nov. (Chlorophyta, Prasinophyceae). Arch. Protistenk. 117: 192-213.
- NORRIS, R.E. and PIENAAR, R.N. 1978. Comparative fine-structural studies on five marine species of *Pyramimonas* (Chlorophyta, Prasinophyceae). Phycologia 17: 41-51.
- PENNICK, N.C. 1982. Studies of the external morphology of Pyramimonas : 7. Pyramimonas occidentalis. Arch. Protistenk. 125 : 223-232.
- PENNICK, N. C., CLARKE, K. J. and CANN, J. P. 1976. Studies of the external morphology of *Pyramimonas*. 2. *Pyramimonas obovata* N. Carter. Arch. Protistenk. 118: 221-226.
- PENNICK, N.C., CLARKE, K. J. and BELCHER, J. H. 1978. Studies of the external morphology of *Pyramimonas*. 1. *P. orientalis* and its allies in culture. Arch. Protistenk. 120: 304-311.
- REYNOLDS, E.S. 1963. The use of lead citrate at high pH as an electron-opaque stain in electron microscopy. J. Cell Biol. 17: 208.
- SCHILLER, J. 1925. Die planktonischen Vegetationen des adriatischen Meeres. B. Chrysomonadina, Heterokontae, Cryptomonadina, Eugleninae, Volvocales. 1. Systematischer Teil. Arch. Protistenk. 53: 59-123.

井上 勲・堀 輝三・千原光雄: 海産プラシノ藻の一新種 Pyramimonas lunata の微細構造と分類

宮城県気仙沼湾でブルームを形成するプラシノ藻 Pyramimonas の一種を培養し, 形態学的, 分類学的検討を 加えた。本種は幅広い倒卵形の側面観, 丸みをおびた四辺形の頂面観を有し, 細胞前部には4本鞭毛を生じる円 錐形の鞭毛溝を持つ。鞭毛溝のまわりには多数のトリコシストがある。 葉緑体は1枚で緑色, 杯状, 細胞最前端 では8片葉にわかれる。体長および鞭毛表面は形態の異なる6種類の鱗片に被われる。これらのうち, 体表中層 鱗片は箱形で底盤に長方形の孔をもつ点で, また体表外層鱗片は冠形で, 680 nm に達する 大型 のものである点 で既, 知種の鱗片から明白に区別される。ピレノイドは前端部からチラコイドの侵入をうける。鞭毛基部は3-1パ ターンで配列し, シニストゾーム・繊維状ベルト・多数の有紋繊維によって結合する。リゾプラストと, 4, 3, 2, 2 の微小管からなる交叉型微小管根系を有する。以上のような光顕・電顕レベルの形質を 既知種と比較し, また それらの識別形質としての有効性について考察した結果, 本薬を新種と判断し, Pyramimonas lunata の名前を 与えた。(305 茨城県新治郡桜村天王台, 筑波大学・生物科学系)

Phenological and morphological studies on Punctaria flaccida NAGAI (Dictyosiphonales, Phaeophyceae)*

Masataka Ohta

Central Laboratory, Marine Ecology Research Institute, 300 Iwawada, Onjuku-machi, Chiba, 299-51 Japan

OHTA, M. 1983. Phenological and morphological studies on *Punctaria flaccida* NAGAI (Dictyosiphonales, Phaeophyceae). Jap. J. Phycol. 31: 250-258.

Punctaria flaccida NAGAI was investigated phenologically and morphologically using specimens collected at Muroran in Hokkaido, northern Japan. Small, barely visible plants appear in October. They grow slowly during the winter, and become gradually larger in spring, reaching a maximum of 5-7 cm long, 140-170 μ m thick and 4-7 cells thick in April to May. From April some of them begin to be eroded in the upper portion of thallus. Plants are absent from July to September. From November to March only plurilocular sporangia are formed and from April unilocular sporangia are formed in the thalli with or without plurilocular sporangia. The similarities of the young fertile plants with only plurilocular and unilocular sporangia to *Punctaria hiemalis* and of the old fertile plants with both plurilocular and unilocular sporangia to *Punctaria hesperia* are discussed.

Key Index Words: Dictyosiphonales; morphology; Phaeophyceae; Phenology; Punctaria; P. flaccida; P. hesperia; P. hiemalis; taxonomy.

Eight species of the genus *Punctaria* have been reported from Hokkaido. These are 1) *Punctaria chartacea* SETCHELL et GARDNER (UMEZAKI 1961), 2) P. conglomerata YAMA-DA et IWAMOTO (IWAMOTO 1960), 3) P. flaccida NAGAI (YAMADA and TANAKA 1944, UMEZAKI 1961, CHIHARA 1972), 4) P. kinoshitae YAMADA et IWAMOTO (IWAMOTO 1960), 5) P. latifolia GREVILLE (HASEGAWA 1949, KAWABATA 1959, TOKIDA and MASAKI 1959, CHIHARA 1972), 6) P. plantaginea (ROTH) GREVILLE (YAMADA and TANAKA 1944), 7) P. rubescens J. AGARDH (YENDO 1909) and 8) P. tenuis YAMADA et IWAMOTO (IWAMOTO 1960).

These species grow on rocks, other algae, *Phyllospadix* or *Zostera* in the lower intertidal to upper subtidal zones and are distinguished by the following taxonomic features: the thallus size, thallus form, the type of thallus margin, the number of cell layers, the shape and size of cells and the shape of the reproductive organs. In order to analyze the variability of these features I have been studying the species of *Punctaria* found in Hokkaido. The results of phenological and morphological observations of *Punctaria flaccida* are reported in this paper.

Materials and Methods

Phenological and morphological observations on *Punctaria flaccida* were conducted monthly at Muroran (42°21'N, 140°59'E), on the south coast of Hokkaido from January to November 1978. The plants were sampled when the macroscopic thalli were present. The plants collected were fixed and preserved with 10% formalin in seawater for morphological observations.

Results

a) Phenological observations

^{*} Dedicated to Professor Munenao KUROGI on the occasion of his academic retirement.

Plants of Punctaria flaccida (Figs. 1, 2) attach to leaves of Phyllospadix iwatensis and thalli of Palmaria palmata, both of which grow in the lower intertidal zone exposed relatively to wave action. The plants are usually gregarious but rarely solitary when they are young. From data collected from January to November 1978 (Table 1, Fig. 3), small thalli (0.1-0.4 cm long) appeared in mid-October and increased in number from February. After that, thalli gradually grew larger and reached up to 7.0 cm long, 2.4 cm wide and 170 µm thick in May. The uppermost and marginal portion of thalli began to be eroded from April. All of the thalli collected in June were devoid of the upper portion. No thalli were found from July to September.



Fig. 1. Herbarium specimens collected≝on February 13, 1978 at Muroran.



Fig. 2. Herbarium specimens collected on April 26, 1978 at Muroran.

In each month 100, 50, 20 or 4 individuals were examined to study the formation of reproductive organs (Table 1). Thalli collected in October were sterile. Reproductive organs occurred from November. Thalli bearing only plurilocular sporangia collected up to May. They began to decrease in number in April, whereas thalli bearing both plurilocular sporangia or only unilocular sporangia began to appear. Thalli with only unilocular sporangia increased in number in May, and those with only plurilocular sporangia were reduced in number.

b) Morphological observations

External appearance: Thalli were comparatively small, oblanceolate and soft in texture. The habit in February and April is shown in Figs. 1 and 2. The maximum length was 7 cm and the maximum width 2.4 cm, the ratio of length to width was 1.5-10.0 (3.7 in average) except for October, when the thalli were very small and the ratio was 3.0-18.0 (7.0 in average) (Table



Fig. 3. Variation polygraphs in length, width, thickness and number of cell layer of plants collected on February 13, March 15, April 26 and May 26, 1978. 30 individuals were lined in each figure. Thickness and number of cell layer were examined in the center of thallus.

1, Fig. 3). They were pale greenish-brown in color from October to March and became darker as they grew older. They generally had entire margins throughout the growing season. They possessed a short complanate stipe which was 0.5-2.0 mm long and a discoid holdfast.

Vegetative structure: In surface view thalli were covered over with comparatively large 4-5 sided surface cells (Figs. 5A, 6A). Hairs were scattered all over the thallus. They were numerous when the thallus was young, and decreased as the thallus grew older. In cross section, thalli thicknesses varied according to the age (or growth season) and with the portion of the thallus examined.

The seasonal changes in thickness and cell layer of thallus are shown in Table 1 and Fig. 3. They were measured in the center of thallus. In October to November and February to March the thickness ranged from 20 to 70 μ m and the number of cell layer from 1 to 4 (Fig. 5B-G). In this period one cell layered individuals in addition to multi-cell layered ones were found. In April to May the thickness reached 140 or 170 μ m and the number of cell layers 4 or 7 (Fig. 6B-E). In this period one cell- or two celllayered individuals were rarely encountered.

On the other hand, the cell layer in the lower portion of thallus was thicker than that in the central portion. For example, the fertile thalli in November and February to March were 1-4 cell-layered and 20-70 μ m thick in the upper to middle portions, 4-7 cell-layered and 30-100 μ m in the lower portion, and 8-13 cell-layered at the stipe. The fertile thalli in May were 4-7 cell-layered and 70-170 μ m thick in the upper to middle portions, 8-9 cell-layered and 80-180 μ m thick in the lower portion, and 10-18 cell-layered at the stipe.

In a cross section of a multi-cell layered thallus surface cells with many parietal and discoid chloroplasts were seen but the inner



Fig. 4. Scattered diagrams in cell size in cross section of plants collected on February 13, March 15, April 26 and May 26, 1978, measured in the center of thallus. \bigcirc : surface cell, \bigcirc : inner cell.



Fig. 5. Structure of thallus collected on February 13 (B-D, G) and March 15 (A, E, F), 1978. A, surface view; B-G, cross section. A, D-G, center of thallus bearing plurilocular sporangia; B, C, margin of the middle portion of thallus.

cells had very few. The cells were quadrate to rectangular, and 7.5-30.0 μ m (height)× 7.5-37.5 μ m (width) in surface cells and 7.5-35.0 μ m (height) × 12.5-50.0 μ m (width) in inner cells (Table 2, Figs. 5, 6). The size of cells did not show a remarkable difference between surface cells and inner cells in the early growing season of the year, but inner cells became generally larger and wider than surface cells as the thalli grew older (Fig. 4).

Rhizoidal filaments issued from the lower and basal portions of the stipe. They were $5.0-11.3 \mu m$ in diameter and entangled with each other to form a single discoid holdfast.

Reproductive organs: As mentioned before, this alga forms both plurilocular and unilocular sporangia. Up to March only thalli with plurilocular sporangia alone were collected (Fig. 5A, D-G), and after April thalli with both plurilocular and unilocular sporangia (Fig. 6A) and ones with only unilocular sporangia (Fig. 6E) as well as ones with only plurilocular sporangia (Fig. 6D) were found. Plurilocular sporangia were formed in one to two cell-layered small thalli (Fig. 5D, E) as well as in four or more celllayered thalli (Fig. 6D). On the other hand, unilocular sporangia were formed only in four or more cell-layered thalli (Fig. 6E).

Plurilocular sporangia were formed by the repeated divisions of surface cells on both sides of thalli. They were first produced at the upper portion of -thalli and formed a small patch. The subsequent formation of the plurilocular sporangia was basipetal.

In two-layered thalli collected from November to March, the two cells situated back to back were frequently almost simultaneously



Fig. 6. Structure of thallus collected on May 26, 1978. A, surface view; B-E, cross section. A, center of thallus bearing both unilocular and plurilocular sporangia; B, central sterile portion with hair; C, margin of the middle portion; D, center of thallus with only plurilocular sporangia; E, center of thallus with only unilocular sporangia.

divided and formed two plurilocular sporangia (Fig. 5E, G). In four- to seven-layered thalli collected from April to May, the surface cells of each side were divided independently to form the sporangia. Mature plurilocular sporangia were cylindrical to conical with blunt apex. They were $17.5-25.0 \,\mu\text{m}$ high and $10.0-17.5 \,\mu\text{m}$ wide in cross section in February, then becoming slightly larger and $22.5-32.5 \,\mu\text{m}$ high and $12.5-20.5 \,\mu\text{m}$ wide in May (Table 2).

Unilocular sporangia were formed from

		Jan. 10	Feb. 13	Mar. 15	Apr. 26	May 26	June 25	Oct. 18	Nov. 15
	length (cm)	not measured	0.8-2.0 (1.4)	0. 9–3. 0 (2. 0)	1. 0-5. 4 (3. 4)	1.5–7.0 (3.9)	not measured	0.1-0.4 (0.2)	0. 3–1. 2 (0. 6)
S	width (cm)	"	0.1-0.7 (0.4)	0.3–1.0 (0.5)	0. 3–2. 0 (1. 0)	0. 6-2. 4 (1. 2)	"	0.01-0.10 (0.04)	0. 1-0. 4 (0. 2)
Thallu	length/width	"	1.6–10.0 (4.2)	1.8-6.8 (3.8)	1.7-9.0 (3.6)	1.6-6.8 (3.4)	"	3. 0–18. 0 (7. 0)	1.5-7.0 (3.2)
	thickness (μ m)	"	20-60 (38)	30-70 (42)	40–140 (74)	70–170 (114)	"	20-70 (22)	20-63 (42)
	cell layer	"	1-4	1-4	2–4	4-7	"	1-2	1-4
s (%)	with only pluril. sporang.	25	88	73	51	22	0	0	60
ice of organ	with only unil. sporang.	0	0	0	10	48	61	0	0
urren rod. c	with both pluril. and unil. sporang.	0	0	0	19	12	3	0	0
Occ	sterile	75	12	27	20	18	36	100	40
<u></u>	examined	4	100	100	100	100	50	20	20

Table 1. Seasonal observations on the size and structure of plants and on the occurrence of plurilocular sporangia and unilocular sporangia

Thickness and cell layer: measured in the center of thalli, (): showing the average.

Table 2. Seasonal observations on the size of vegetative cells, plurilocular sporangia and unilocular sporangia in cross section, showing height \times width in μ m

	Feb. 13	Mar. 15	Apr. 26	May 26
Surface cells	7.5–22.5 × 7.5–27.5	12. 5-22. 5 ×10. 0-25. 0	10. 0-30. 0 × 10. 0-27. 5	10. 0-30. 0 × 12. 5-37. 5
Inner cells	10. 0-20. 0 × 12. 5-35. 0	7. 5–22. 5 ×12. 5–37. 5	$12.5-35.0\\ \times 17.5-42.5$	12. 5–35. 0 ×22. 5–50. 0
Pluril. sporang.	17. 5–25. 0 × 10. 0–17. 5	not measured	not measured	22. 5–32. 5 × 12. 5–20. 0
Unil. sporang.	absent	absent	not measured	17. 5–55. 0 × 22. 5–45. 0

surface cells without cell division. They were scattered on both sides of thalli. They were variable in shape, being ovoid or ellipsoidal in cross section (Fig. 6E), measuring 17.5-55.0 μ m high and 22.5-45.0 μ m wide (Table 2).

Discussion

From the present investigation it is clear that macroscopic thalli of this alga appear in October and continue vegetative growth in length, width, thickness and cell layer of thallus and in inner cell size to reach the maximum in May. Meanwhile, the formation of reproductve organs begins in the early developmental stage of thallus consisting of one to two cell layers in November and continues until reaching the maximum thallus size in May. That is, there occur young small fertile thalli and old large fertile ones. Plurilocular sporangia are formed throughout the growing season, and unilocular sporangia from April in the later season in the same thallus as plurilocular sporangia are borne or in the separate thallus without plurilocular sporangia.

The plants, which can be collected from April to June and have 4-7 layers of cells at the middle portion, are identical to P.

flaccida as reported from Kunashiri Island, southern Kuriles by NAGAI (1940) and from Akkeshi, eastern coast of Hokkaido by UME-ZAKI (1961) in size, form, color of thallus and in cell size. The plurilocular sporangia of the Kunashiri plants project two-thirds or more of their length beyond the thallus surface (NAGAI 1940, pl. II, fig. 12), whereas those of the Muroran plants do not project conspicuously beyond the thallus surface as shown in Fig. 5. However, plurilocular sporangia similar to those of the Kunashiri plants were obtained in cultured plants in laboratory from Muroran (OHTA, unpublished observation), although I am unable to assess the influence of environmental factors on the development of protuberant plurilocular sporangia of P. flaccida.

The plants found from November to March resemble Punctaria hiemalis KYLIN (1907) with respect to bearing only plurilocular sporangia in 1-2 layered thalli (Fig. 5B-E). This species was described by KYLIN (1907) on the basis of material from Kristineberg, west coast of Sweden. It occurs in winter on leaves of Zostera and it is characterized by having small (2.5-6.0 cm long and 0.2-0.8 cm wide) and thin (1-2 layered) thalli and bearing only plurilocular sporangia (KYLIN 1907, 1947, KORNMANN and SAHLING 1977). Punctaria hiemalis, however, differs from P. flaccida in having 1-2 layered thalli reaching up to 6.0 cm long. Although P. flaccida has 1-2 layered thalli less than 3 cm long during winter and early spring, the thalli become thicker (4-7 layered) as they become older and reach up to 7.0 cm long in May. It is unknown whether P. hiemalis becomes thicker and produces unilocular sporangia as P. flaccida does.

The other species that resembles *P. flaccida* is *Punctaria hesperia* SETCHELL et GARDNER (1924) described on the basis of specimens collected at Pacific Grove, California. It is characterized by having small $(1.5-2.5 \text{ cm} \log \text{ and } 0.5-1.0 \text{ cm} \text{ wide})$ and 4-6 layered thalli, and by having both plurilocular and unilocular sporangia on the same thallus. It grows on leaves of *Phyllospadix* and is dis-

tributed from Vancouver, British Columbia to San Pedro, California (SETCHELL and GARDNER, 1925, ABBOTT and HOLLENBERG 1979). It is similar to *P. flaccida* in the thallus form and the number of cell layers, but it has a smaller and thinner (35-50 up to $80 \,\mu$ m) thallus than the latter species. The morphology and reproduction of the early stages of *P. hesperia* are unknown.

In spite of the similarities of P. flaccida to P. hiemalis and P. hesperia, it is difficult at present to clarify the taxonomic relationship between the first and the latter two, because of a lack of information on P. hiemalis and P. hesperia, especially of their phenology of growth and reproduction.

Acknowledgements

I wish to express my gratitude to Professor Munenao KUROGI, Hokkaido University, for his criticism of the manuscript and helpful suggestion. I wish to acknowledge Dr. Michael D. GUIRY, University College, Galway, for his reading of the manuscript. I am also grateful to Dr. Michio MASUDA, Hokkaido University, for his help in preparing the manuscript.

References

- ABBOT, I. A. and HOLLENBERG, G. J. 1976. Marine algae of California. Stanford Univ. Press.
- CHIHARA, M. 1972. Marine flora communities along the coast of Hidaka, Hokkaido. Mem. Nat. Sci. Mus. Tokyo 5: 151-162 (in Japanese).
- HASEGAWA, Y. 1949. A list of the marine algae from Okushiri Island. Sci. Pap. Hokkaido Fish. Sci. Inst. 3: 38-72.
- IWAMOTO, K. 1960. Marine algae from Lake Saroma, Hokkaido. J. Tokyo Univ. Fish. 46: 21-49, pls. 1-15.
- KAWABATA, S. 1959. A list of marine algae in the vicinity of the Shirikishinai Marine Station. J. Hokkaido Gakugei Univ. 10: 285-296 (in Japanese).
- KORNMANN, P. and SAHLING, P.-H. 1977. Meeresalgen von Helgoland. Helgoländer wiss. Meeresunters. 29: 1-289.
- KYLIN, H. 1907. Studien über die Algenflora der schwedischen Westküste. Akad. Abhndl., Upsala.

- KYLIN, H. 1947. Die Phaeophyceen der schwedischen Westküste. Lunds Univ. Årsskr. N. F. Avd. 2, 43: 1-99, Taf. 1-18.
- NAGAI, M. 1940. Marine algae of the Kurile Islands. I. J. Fac. Agr., Hokkaido Imp. Univ. 46: 1-137, pls. 1-3.
- SETCHELL, W. A. and GARDNER, N. L. 1924. Phycological contributions. VII. Univ. Calif. Publ. Bot. 13: 1-13.
- SETCHELL, W. A. and GARDNER, N. L. 1925. The marine algae of the Pacific coast of North America. III, Melanophyceae. Univ. Calif. Publ. Bot. 8: 387-898.

TOKIDA, J. and MASAKI, T. 1959. A list of

marine algae collected in the vicinity of Oshoro Marine Station, at Oshoro, Hokkaido, Japan. Bull. Fac. Fish., Hokkaido Univ. 10: 173-195.

- UMEZAKI, I. 1961. Some new and noteworthy species of genus *Punctaria* (brown algae) from Japan. J. Jap. Bot. 36: 362-367.
- YAMADA, Y. and TANAKA, T. 1944. Marine algae in the vicinity of Akkeshi Marine Biological Station. Sci. Pap. Inst. Alg. Res., Fac. Sci., Hokkaido Imp. Univ. 3: 47-77. pl. 8.
- YENDO, K. 1909. Note on algae new to Japan. Bot. Mag. Tokyo 23: 117-133.

太田雅隆: 褐藻チシマハバモドキの生物季節学的および形態学的研究

北海道の室蘭に生育するチシマハバモドキ (Punctaria flaccida NAGAI)の生物季節学的および形態学的研究 を行った。本種は10月中旬に肉眼的大きさとして現われ、冬期間の生長は遅いが、3月頃から次第に大きくなり、 4~5月には 7 cm となる。それ以後、藻体は衰微して7~9月の間には見られなくなる。この生育期間のう ち、11~3月の藻体には複子嚢だけが形成され、4月以降は複子嚢を形成する藻体のほかに、複子嚢と単子嚢の 双方を持つ藻体、単子嚢だけを持つ藻体が現われる。3月以前の複子嚢だけを持つ藻体は P. hiemalis KYLIN に、4月以降の複子嚢と単子藻を持つ藻体は P. hesperia SETCHELL et GARDNER に類似するが、この2種 との関係については両種の生物季節学的調査の資料が少なく、結論は出せない。(229-51 千葉県夷隅郡御宿町岩 和田300番地 海洋生物環境研究所 中央研究所)

Trace metal contaminants in algae of Bermuda waters

P.M. SIVALINGAM

School of Biological Sciences University of Sciences Malaysia Minden, Pulau Pinang, Malaysia

SIVALINGAM, P. M. 1983. Trace metal contaminants in algae of Bermuda waters. Jap. J. Phycol. 31: 259-262.

Fourteen species of Chlorophyceae, five species of Phaeophyceae, five species of Rhodophyceae and two species of Monocotyledoneae from Bermuda waters were examined for ten prominent bioaccumulated trace metal contaminants. It was found that the level of these trace metals, viz., Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Pb, Zn and Hg, ranged between BDL- 1.12, BDL- 10.52, BDL- 9.47, 0.65-9.69, 1.90-249.76, BDL- 4.79, BDL- 4.79, BDL- 5.01, 0.49-18.84, 2.85-20.87 ppms and BDL respectively. Obviously, this reflects the cleanliness of Bermuda waters from the viewpoint of trace metal contaminants as a tourist resort.

Key Index Words: Algae; Bermuda waters; trace metal.

Bermuda's economy is primarily dependent on its tourist industry and heavy industry is practically nonexistent. Hence, no local source for hydrocarbons, heavy metals, or organic pollution exists. Only one major sewage outfall exists on the island, and its effect on the chemistry of seawater is localized and easily defined.

The islands of Bermuda are located in the Sargasso Sea where they act as a passive "net" collecting any floating matter from a twenty-mile wide area of ocean. Many of the heavily travelled tanker routes cross or coincide with the currents which eventually feed into the Sargasso Sea. Furthermore, the Sargasso Sea located in the midst of the North Atlantic gyre system, tends to accumulate floating material rather than to disperse it (BUTLER *et al.* 1973).

Studies have indicated that long-lived petroleum residues "pelagic tar" released on the surface of the sea by crude oil tankers in the process of tank cleansing and deballasting are highest in concentration in the Sargasso and Mediterranean Seas (MORRIS and BUTLER 1973; MORRIS *et al.* 1975). Since Bermuda is the only land mass in the Sargasso Sea the fate and weathering of considerable quantities of the tar eventually stranded on Bermuda's beaches has been studied by BLUMER *et al.* (1973), ZSOLNAY (1978) and ILIFFE and KNAP (1979). Also there is a study by WADE and QUINN (1975) on the hydrocarbon levels on the surface microlayer in the Sargasso Sea.

From the view point of effective litigation in the light of an oil-spill on the tourist industry of Bermuda a case-study has been reported in 1978 (SLEETER and BUTLER). MORRIS et al. (1976) exemplified the transfer mechanisms of petroleum to biogenic hydrocarbons in Sargassum communities of the Sargasso Sea. Detailed studies by ZSOLNAY et al. (1977) on biogenic hydrocarbons in 84 intertidal algal communities of Bermuda indicated an overall mean level of $33.5 \,\mu g/g$ of wet weight. Similar studies by MAYNARD et al. (1977) indicated the possibility of some algal samples containing high levels of petrogenic hydrocarbons from area of heavy tar accumulation.

It is obvious from the foregoing that much of the studies on environmental contamination in Bermuda waters are focussed on oil pollution. Hence, to widen the spectrum the author has endeavoured to investigate the



Fig. 1.

trace metal contaminant status of macroalgae found in Bermuda waters in cmparison to those of other regions.

Materials and Methods

Algal samples were collected between 11-26th January 1980 during the "Workshop on the Intercalibration of Sampling Procedures of the IOC/WMO/UNEP Pilot Project on Monitoring Background levels of Selected Pollutants in Open-Waters" at Ferry Reach, where the Bermuda Biological Station is located and Flatts Bridge of Harrington Sound for the *Sargassum* species (Fig. 1). All algal species after careful culling were washed three times with triple glass distilled water and dried completely in an air-oven at 60°C.

For the determination of trace metals other than Hg, 0.5 gm of each dried alga was predigested overnight in 10 ml of 25%hypochlorous acid and nitric acid (1:2)mixture before being digested in a Kjeldahl flask on an electric heater. The digested solution was filtered, diluted and analyzed using an Atomic Absorption Spectrophotometer. All values were calculated as $\mu g/g$ dry weight sample.

Total mercury content in the dried thalli was calibrated using a Coleman Mercury Analyzer MAS-50 according to the method by STANLEY *et al.* (1971).

Results and Discussions

Table 1 shows the levels of trace metals detected in the algal species of Bermuda. In general, the levels are low with the overall tendency of higher levels within them found in the Chlorophyceae excepting a few in species of other families. Comparison of these values with those reported (LYONS *et al.* 1983) for Fe, Pb, Cd, Cr, Cu and Zn in sediments from Mills Creek, Hamilton Harbour, Lover's Lake and Hungary Bay, those of only Fe and Cd are higher in some algal species. In relation to available data on algal species from Malaysian waters (SIVALINGAM, 1978 and 1980) the bioaccumulated values of

Algel species	Trace metal content (ppm)										
Algai species	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Pb	Zn	Hg	
CHLOROPHYCEAE											
Acetabularia crenulata	1.12	1.66	8.96	2.05	129.62	1.00	2.50	18.84	8.86	*BDL	
Avrainvillea longicaulis	1.12	BDL	8. 98	1.03	46. 34	2.01	3. 76	10.26	6.37	BDL	
Caulerpa brachypus	BDL	5.00	5. 97	4.10	249.76	3.00	2.50	7.07	6.00	BDL	
Caulerpa racemosa	BDL	3. 34	2.29	3. 08	240. 22	2.00	1.25	11. 15	7.43	BDL	
Codium spp.	0.55	1.65	2.96	2.03	31.35	0.99	BDL	4.67	4.08	BDL	
Cymopolia barbata	0.56	1.67	BDL	2.05	47.52	BDL	1.25	7.08	4.28	BDL	
Enteromorpha plumosa	BDL	1.67	2.99	6.14	148.67	3.00	1.25	4.71	6. 33	BDL	
Halimeda incrassata	0.56	5.01	2.99	2.05	4.75	BDL	2.51	9.44	4.75	BDL	
Halimeda monile	1.12	3. 34	4.48	2.05	37.94	BDL	5.00	9.42	2.85	BDL	
Halimeda tuna	1.12	5.00	4.48	2.05	34. 78	BDL	2.50	7.07	2.85	BDL	
Lobophora variegata	BDL	BDL	BDL	4.78	53.16	4.67	BDL	13.17	11.08	BDL	
Monostroma oxyspermum	0.56	3. 34	5. 99	4.10	37.89	4.00	1.25	16.49	6.95	BDL	
Penicillus capitalus	0.56	3. 34	BDL	2.05	11.40	2.01	5.01	8.26	5.07	BDL	
Valonia spp.	BDL	5.0	BDL	1.02	158	BDL	2.50	4.71	12.64	BDL	
PHAEOPHYCEAE											
Colpomeina sinuosa	BDL	8. 39	3.75	5.15	23.84	BDL	3.14	5.92	7.95	BDL	
Dictyota spp.	0.56	1.67	2.99	4.10	196.02	BDL	1.25	7.07	8.22	BDL	
Padina sanctaecrucis	0.89	5.29	9.47	0.65	29.08	1.59	3.97	2.24	17.55	BDL	
Sargassum fluitans	0.56	2.51	BDL	1.03	2.53	1.00	2.51	4.70	3.80	BDL	
Sargassum natans	0.56	1.67	BDL	2.05	1.90	BDL	1.26	7.08	4.13	BDL	
RHODOPHYCFAE											
Acanthophora spicifera	BDL	BDL	BDL	4.91	75.75	4.79	BDL	11.29	18.18	BDL	
Amphiroa fragilissima	1.12	3. 34	5.97	4.11	41.14	3.00	2.50	11.79	6.65	BDL	
Bostrychia spp.	BDL	10.52	4.71	9.69	99.79	BDL	3.95	11. 15	15.47	BDL	
Laurencia obtusa	0.56	1.66	5.97	4.09	36.36	3.00	1.75	7.06	20.87	BDL	
Spyridia spp.	BDL	BDL	BDL	5.42	83. 69	BDL	BDL	2.49	16.74	BDL	
MONOCOTYLEDONEAE											
Thalassia testudinum	BDL	BDL	7.23	4.96	53.01	BDL	BDL	5.71	11.49	BDL	
Zostera spp.	0.56	3. 02	BDL	4.09	12.01	BDL	1.25	0.47	17.07	BDL	

* BDL; Below detectable level.

the algal species at Bermuda waters are relatively low and fall within the category of water-type 1 for unpolluted waters as designated by HAGEHALL (1973).

Evidently, it can be concluded from the available information that at least currently the waters of Bermuda are not contaminated with trace elements to cause much concern for the tourist industry.

Acknowledgements

The author wishes to express his gratitude to the School of Biological Sciences, University of Sciences Malaysia, Minden, Penang, Malaysia for all the aid rendered during the course of this investigation and to Ms. Fatimatol Zahrah ISMAIL for kindly typing the manuscript.

References

- BLUMER, M., EHRHARDT, M. and JONES, J.H. 1973. The environmental fate of stranded crude oil. Deep-Sea Res. 20: 239-259.
- BUTLER, J. N., MORRIS, B. F. and SASS, J. 1973. Pelagic tar from Bermuda and the Sargasso Sea. Special Publication No. 10. Bermuda Biological Station.
- HAGEHALL, B. 1973. Marine botanical-hydrographical trace elements studies in the Oresund area. Bot. Mar. 16: 53-64.
- ILIFFE, T. M. and KNAP, A. H. 1979. The fate of stranded pelagic tar on a Bermuda beach. Mar. Poll. Bull. 10: 203-205.
- LYONS, Wm. B., ARMSTRONG, P.B. and GAU-DETTE, H.E. 1983. Trace metal concentrations and fluxes in Bermuda sediments. Mar. Poll. Bull. 14: 65-68.
- MAYNARD, N. G., GEBELEIN, C. D. and ZSOLNAY, A. 1977. The effects of pelagic hydrocarbons on the rocky intertidal flora and fauna of Bermuda. In, Proceedings of the 1977 Oil Spill Conference. American Petroleum Institute, Washington, D. C. 499-503.
- MORRIS, B. F. and BUTLER, J. N. 1973. Petroleum residues in the Sargasso Sea and on Bermuda beaches. In, Proceedings Joint Conf. on Prevention and Control of Oil Spills, American Petroleum Institute, Washington, D. C. : 521-530.
- MORRIS, B.F., BUTLER, J.N. and ZSOLNAY, A. 1975. Pelagic tar in the Mediterranean Sea.

21

Environmental Conservation 2: 275-281.

- MORRIS, B. F., CADWALLADER, J., GEISCHMAN, J. and BUTLER, J. N. 1976. Transfer of petroleum and biogenic hydrocarbons in the Sargassum community. In, WINDOM, H. C. and DUCE, R. A. Ed. Marine Pollutants Transfer. Lexington Books, Massachusetts. : 235-259.
 - SIVALINGAM, P. M. 1978. Biodeposited trace metals and mineral content studies of some tropical marine algae. Botanica Marina 21: 327-330.
 - SIVALINGAM, P. M. 1980. Mercury contamination in Tropical algal species of the island of Penang, Malasia. Mar. Poll. Bull. Bull. 11: 106-107.
 - SLEETER, J. D. S. M. and BUTLER, J. N. 1978. Oilspill in Bermuda. A case-study of effective litigation. Environmental Conservation 5: 21-24.
 - STANLEY, J. M., WILLIS, S. A. and MOREY, S. W. 1971. Determination of mercury by flameless atomic absorption. Marine Research Laboratory, Div. of Mar. Resources, Florida. Dept. of Natural Resources, St. Petersburg, Florida Leaflet Series 6. Chemistry, Part 2 (Organic), No. 5.
 - WADE, T. L. and QUINN, J. G. 1975. Hydrocarbons in the Sargasso Sea surface microlayer. Mar. Poll. Bull. 6: 54-57.
 - ZSOLNAY, A. 1978. The weathering of tar on Bermuda beaches. Deep-Sea Res. 25: 1245-1252.
 - ZSOLNAY, A., MAYNARD, N.G. and GEBELEIN, C.D. 1977. Biogenic hydrocarbons in intertidal communities. *In*, Proceedings of the 1977 Oil Spill Conference. American Petroleum Institute, Washington, D.C. 173-177.

P.M. シバリンガム: バーミューダ島で採集した海藻の微量金属量

サルガッソー海のバーミューダ島で採集した 緑藻14種, 褐藻 5 種, 紅藻 5 種それに 単子葉植物 2 種について, 次の10種類の徴量金属の含量を調べた。すなわち, Cd, Co, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Pb, Zn および Hg の含量は それぞれ, BDL-1.12, BDL-10.52, BDL-9.47, 0.65-9.69, 1.90-249.76, BDL-4.79, BDL-4.79, BDL-5.01, 0.49-18.84, 2.85-20.87 ppm および BDL であった。この徴量金属の含量から見るとバーミューダ島近海は清澄である ことがわかる (BDL: Below detectable level). (School of Biological Sciences, University of Sciences Malaysia, Minden, Pulau Pinang, Malaysia)

赤潮鞭毛藻 Heterosigma akashiwo の鉛直移動習性に対する 光照射と栄養物質の影響に関する予報¹⁾

畑野智司*·原 慶明**·高橋正征**

* 筑波大学環境科学研究科 (305 茨城県新治郡桜村天王台 1-1-1) ** 筑波大学生物科学系 (305 茨城県新治郡桜村天王台 1-1-1)

HATANO, S., HARA, Y. and TAKAHASHI, M. 1983. Preliminary study on the effects of photoperiod and nutrients on the vertical migratory behavior of a red tide flagellate, *Heterosigma akasiwo*. Jap. J. Phycol. **31**: 263-000.

The vertical migration of *Heterosigma akashiwo* was studied under a particular emphasis of the effects of photoperiod and nutrients in the laboratory using an axenic culture. Clear diel vertical migration was observed both in a test tube and graduated cylinders at a 14L: 10D photoperiod under the fluorescent tube illumination of 40 μ E.m⁻².sec⁻¹, in which the downward movement commenced at a half an hour before the dark at a swimming speed of 50 cm·hr⁻¹, and the upward movement started about 2 hours before the light at a speed of $3.5 \text{ cm} \cdot \text{hr}^{-1}$. No vertical migration but homogeneous distribution was obvious under continuous illumination or darkness. The vertical migration was changed to a new rhythm at a 6L: 6D photoperiod. It took 3 to 5 days in order to acclimate in a new migration regime. Simple phototaxis was denied by the downward movement of the cells in the dark period under the light. The vertical migration was stopped under nutrient deficiency.

Key Index Words: Heterosigma akashiwo; nutrients; photoperiod; vertical migration. Satoshi Hatano, Graduate School of Environmental Science, University of Tsukuba, Sakura-mura, Niihari-gun, Ibaraki, 305 Japan; Yoshiaki Hara and Masayuki Takahashi, Institute of Biological Sciences, University of Tsukuba, Sakura-mura, Niihari-gun, Ibaraki, 305 Japan.

Heterosigma akashiwo^{*)} はラフィド藻綱(緑色鞭 毛藻綱)に所属する鞭毛藻で、本邦沿岸に発生する赤 潮の主要優占種の1つである。本藻による赤潮は同じ ラフィド藻の Chattonella や 渦鞭毛藻の Protogonyaulax の赤潮のように、 藻自体のもつ毒性物質によ って直接養殖魚貝類に被害をおよぼすことは少ないが、 発生水域の水質悪化をまねいていることは事実である。

これまでの赤潮研究では、赤潮発生状況、発生現場 の環境解析、あるいは主要優占種の栄養要求性等につ いてある程度の知見を蓄積して来たが(柳田, 1976), さらに赤潮発生機構の解明に近づくには、優占種の生 活史,生理的特性,行動習性等の基礎生物学的な知見 とそれらが発生現場の環境とどのように関係している かといった体系的アプローチが必要と思われる。

筆者らは先に大阪,谷川港において Heterosigma akashiwoの出現が同葉の光合成活性の増大に起因し, その結果生ずる急速な生長,すなわち細胞数の増加に よって赤潮形成にまで進展することを報告した(FU-KAZAWA et al, 1980)。また H. akashiwo が選択的 に増殖できるのは発生水域中の微量栄養物質が関係し ており,しかもそれは還元性の強い底泥あるいは底泥 近くに豊富に存在する物質であることをつきとめた (TAKAHASHI and FUKAZAWA 1982)。一方, H. akashiwo が同水域で明瞭な日周鉛直移動することは 既に確認されており(矢持ら 1982),この鉛直移動が 底層の微量栄養物質の効果的な取り込みをもたらす可 能性を示唆した(TAKAHASHI and FUKAZAWA 1982)。

本研究は 文部省科学研究費(一般 B, 58480007)の援助により実施したものである。

^{*)} 従来わが国の赤潮研究者の間では Olisthodiscus luteus あるいは Heterosigma inlandica とも呼 ばれていた。

このように、現状では H. akashiwo による赤潮は単 に特異な栄養物質の要求性だけではなく、日周鉛直移 動習性がともなって、選択的な細胞増殖が促進され、 赤潮を形成すると理解できる。

本研究では H. akashiwo の赤潮発生機構の解明に 重要な手掛りを与えると思われる日周鉛直移動習性に 光照射リズムおよび主要栄養物質がどのように関与す るかを室内実験により解析した。

材料と方法

材料の Heterosigma akashiwo は大阪府泉南郡岬 町谷川の大阪府水産試験場前の港の海水中から分離し, 無菌化 した。 基本培養液 として 栄養補強海水培養液 "f/2" (GUILLARD, 1963) を用い, 温度 20°C, 光度 40 μEm⁻²·sec⁻¹ の白色螢光灯下, 14L: 10D の明暗 周期で培養した。植え継ぎ時には, 細菌検査用 "STP" 培養液 (PROVASOLI et al., 1957) で無菌状態を確認 した。

培養実験には実験開始1週間前から培養実験と同じ 条件で前培養した株4ml を培養液 1lの入った2lカ ブ型フラスコに最終細胞密度が 500~1000 cells・m l^{-1} になるように接種し、上記条件下で静置培養したもの を供した。鉛直移動の観察は 250 ml 滅菌メスシリン ダー(高さ 30 cm、内径4 cm)に静置培養で増殖した 試料を移して実施した。細胞数の計数試料は1~3時 間間隔でメスシリンダーの表・中・底の3層あるいは 6層から内径1mmのガラス管を用い,藻体の分布状 態を乱さないように呼気吸引で採取した。細胞計数に は血球計数板を用いた。藻体の鉛直移動をすみやかに とらえるため肉眼観察も行ない,特に明暗移行前後の 1時間は頻繁に観察した。

栄養塩制限実験ではチッ素とリンを対象とし、培養 液から NaNO₃ と NaH₂PO₄·12H₂O を除いたものを、 それぞれ「N制限」、「P制限」とした。

観察と結果

1. Heterosigma akashiwo の鉛直移動と光条件

H. akashiwo は 40 μ E·m⁻²·sec⁻¹, 14L:10D明暗 周期下で,培養液表面から液底までが約5cmのねじ 口試験管内で,明期には表層に暗期には底層に明瞭に 集積するのが観察された。次いで鉛直距離22cmの メスシリンダー中でこの日周鉛直移動の詳細な観察を 試みた。藻体は暗期には容器の底から約1cmの範囲 に濃密に集積し,明期に移行する約2時間前より表層 に向って集積層の上昇が始まった (Fig. 1)。明期に 入ったときには既に表層5cm以内に集積しており, その後,緩慢ではあるが藻体のほとんどが表層に集ま った。この状態になるまでに約8~10時間を要した。 暗期に入る30分前から集団は下降を開始し,消灯5分 前での分布を見ると,集団の中心は表面下 5~10 cm



Fig. 1. Temporal changes in the vertical distribution of *Heterosigma akashiwo* in a graduated cylinder. Shaded and open areas of the top horizontal bar indicate the dark and the light periods, respectively. Numerals in the figure represent cell numbers $(\times 10^4 \text{ cells} \cdot \text{m}^{l-1})$, and the contours were drawn based on cell numbers as well as the visual density observations.

に達していた。暗期に入った時には細胞集団は底層に 集積していた。暗期中にも細胞の移動は続行し, Fig. 1 で明らかなように,底層の細胞密度が次第に高くな り,その傾向は明期に入る直後まで継続し,最大密度 は暗期直後の2~5倍に達した。

最も集積が著しい時の細胞密度は明期・表層で2~ 5×10⁴ cells・ml⁻¹, 暗期・底層 で 10~50×10⁴ cells・ ml⁻¹ あった。なお実験時の平均の細胞密度は 1×10⁴ cells・ml⁻¹ であるから, 集積度は 2~50倍になってい る。明期・表層における細胞の集積はパッチ状を呈す るため分布は一様ではないが, 肉眼観察からも暗期・ 底層の集積度と較べて低いことが確認された。

これらの鉛直移動の速度は上昇時が約 3.5 cm・hr⁻¹, 下降時が約 50 cm・hr⁻¹ となり,下降速度が10倍以上 速いことも判明した。

鉛直移動と日周期との関係を解明するため1)14L: 10D,2)24L,3)24D,4)6L:6Dの4種の明暗周 期下で8日間にわたり実験した。(Fig.2)。鉛直移動 はメスシリンダーの細胞の分布状態を肉眼観察し,そ の濃度位置から判定した。14L:10Dでは実験期間中, 以上のように明暗周期に同調した鉛直移動をくり返し た (Fig. 2)。 これに対し、 24Lおよび24Dのように 明暗周期を停止した場合,24Lでは2日後までは14L: 10Dと同様の周期で鉛直移動を示したが、3日目には 周期は不明瞭になり、 4日後には 完全に 移動が停止 し、細胞は全層にわたって均一に分布するようになっ た (Fig. 2)。24D の場合も同様に4日後までは鉛直 移動を示し、5日目に周期が不明瞭となり、6日後に は完全に日周移動性を 失った (Fig. 2)。このように 24Lと24Dのように明暗周期がないと鉛直移動習性は 消滅してしまうことが判明した。その際、移動習性の 消滅は明暗周期の停止後直ちにおこるのではなく,あ る程度の時間経過が必要であり、暗条件下の方が、明 条件下の約2倍の時間を必要とした。6L:6Dの明 暗周期では、2日後まで14L:10Dの周期で鉛直移動 をくり返すが、3日後は若干変則的となり4日目には 完全に6L:6Dの移動周期習性を示し、新しい習性 を獲得するまでに要した時間は24Lと同様であった $(Fig. 2)_{o}$

次に明期, 暗期にある 細胞 をそれぞれよく 撹拌し



Fig. 2. The pattern of vertical migration of H. akashiwo at different lighting regimes. Solid line indicates the dense position between the top (t) and the bottom (b) of the graduated cylinder, and dotted line represents an indistinct or homogeneous vertical distribution. Shaded and open areas repersent the dark and the light periods, respectively.

.

				1	ſime	•	(min .)			
Treat,	Q	10	20	30	40	50	60	70	80	90
	+	7**-	-++-7		7/1992	77,555 7	atta	189211	ntta	72.555
151	+(**	¥			++				
L-L	. •	•	1	/	-	-	-	-	-	-
	+-	<u> </u>								
	• •-	-++-	++-	++	atta	718:37		77 A31 77	77 ## 27	77 8
L 🚽 D	. + [•]	-	+	+	+	+	+		t	-+
L - D	+	+	+	*	1	±	±	±	±	Í.
	•		+	<u>_1</u> _				<u>-</u> ±		-2
	• •	~				<u> </u>				
n-n	•	•	±	Ŧ	~	-	-	-	-	
0-0	•	. +	Ŀ	±	t	1	- <u>t</u> -	-	-	
	•		244							
	•7		0		+	+		• <u>`</u>		_+
	÷.	4	±	±	±	'±(_	-	-	· _
0-6	+	è	*	±	±,	; <u>+</u> ∖	-	-	-	· _
. ,	+	C** 8	2744						-	

Fig. 3. Time changes of the vertical distribution of *H. akashiwo* when the cells at the light (L) or at the dark (D) period were transferred to the light (L-L, D-L) and the dark (L-D, D-D) conditions. The cells were forced to distribute homogeneously at the start, and the cell densities were shown as $-, \pm, -, \#, \#$ in accordance with the density.

て、細胞を均一に分布するようにした後、それぞれを 明・暗両条件下において、藻体の移動行動を10分毎に 肉眼で観察した(Fig. 3)。その結果、明期表層に集 積した細胞集団は明暗の両条件下に置いても、再び表 層に集積し、暗期底層に集積した細胞集団は両条件と も底層に集積することが判明した。表層への移動は攪 拌後10分頃から始まり、30分後には表層への集中がほ ぼ完了した。底層への移動は10分以内に開始し10~20 分後には完了した。ただし、明期細胞を暗所におく と、一部の細胞が中層以下に残留するのが観察され た。また暗期細胞を照明下におくと、表層付近に若干 の細胞残留がみられた。しかし、いずれの場合もその 量は多くない。

2. Heterosigma akashiwo の鉛直移動と栄養条件

制限栄養因子としてチッ素とリンに着目し、鉛直移 動と栄養条件との関係を調査する実験を行なった。実 験開始後数日間は細胞増殖は対照、P制限、N制限と もに大差なく (Fig. 4),鉛直移動も3条件の間では全 く差異はみられなかった (Fig. 5)。対照区とP制限で は、10日目まで細胞増殖がみとめられ、接種時 0.4~ 0.6×10^{3} cells•m l^{-1} であったものが 5×10⁴ cells•m l^{-1}



Fig. 4. Growth curves of *H. akashiwo* under nutrient limitations of phosphorus and nitrogen.



Fig. 5. Vertical migration pattern of H. *akashiwo* under nutrient limitations of phosphorus and nitrogen. Solid line indicates the dense position, and dotted line represents an indistinct distribution.

*	L:D cycle Days	0	1	2	3	4	5	6	7
	Added nutrients				///X V				
10	KNO ₃ 880 (µм)	······+	+	+	+	+	÷	÷	+
	KNO3 880	• +	+	+	+	+	+	+	+
28	KNO ₃ 880		+	+	+	+	÷	÷	+
	KNO ₃ 8.8	····· —	+	+	+	_	_	—	
	NH ₄ Cl 10.0	···· –	+	+	+	+	+	+-	_
	NaH ₂ PO ₄ H ₂ O 32.0		_	-		—	_	-	_
42	KNO3 880	·	_	_		+	+	+	+

★ : N-suppression period (days)

Fig. 6. Recovery of the vertical migratory behavior of *H. akashiwo* suppressed by nitrogen deficiency after the addition of nitrogen at the point shown by a wedge ($\mathbf{\nabla}$). Symbols, +, ± and -, represent the obvious, indistinct and no vertical migratory behaviors, respectively.

まで増殖した。鉛直移動習性は、対照区では実験期間 中正常であったが、 P制限下では9日目に一部が移動 しなくなり10日目には完全に移動が停止した。一方, N制限下では, 6日目に 1×10⁴ cells•ml⁻¹ に達した ところで細胞数の増加が停止し、一部細胞が底層に集 積したままとなり、7日目からは、明・暗期を通じて 移動停止状態となった。実験では前培養を対照区のも のと同一の培養液 (f/2) で行なっているので, N制 限, P制限のいずれの場合にも 接種時に11 の制限培 養液に対し 5ml の前培養液の混入があり、チッ素で 4.4 μg-at·l⁻¹, リンで 0.16 μg-at·l⁻¹ 程度の補給がみ こまれ、さらに移殖した生物自身によるもちこみを合 せたチッ素、リンが受けつがれる。栄養不足で細胞分 裂ができなくなるのと対応して鉛直移動習性も消滅し て底に集積したままの状態となる。鉛直移動しない状 熊の細胞も、顕微鏡下で観察すると活発にべん毛を動 かして運動は行なっていた。

次に、チッ素とリン欠如の培養液で前培養を行ない、日周鉛直移動を停止している試料に制限栄養塩を添加して、鉛直移動の回復の有無とその状況を調べた(Fig. 6)。先ず f/2 のN制限培養液で10,28,42 日間前培養した試料中に所定濃度(Fig. 6 参照)の KNOsを添加して、その後の行動を観察した。その際、細胞密度を約'104 cells・ml⁻¹ にそろえた。10日目のものは添加後1時間以内に細胞は上昇を開始し、28日目のも

のは添加した当日は鉛直移動は再開せず,翌日の明期 に入った頃から上昇を開始した(Fig. 6)。42日目の 試料では3~4日後に鉛直移動を再開した。これらの



Fig. 7. Relations between the recovery time requirement (Tr, hours) and the time duration of nitrogen suppression (Tt, days).

再開した鉛直移動はいずれも実験期間中(8日間)持続した。 細胞を N制限下に 移植してからの 経過日数 (*Tt*) と日周鉛直移動回復に必要な時間数(*Tr*) との 関係には次のような明瞭な指数関係の存在することが 判明した(Fig. 7)。

 $\log Tr = 0.065 Tt - 0.785 (r = 0.976)$

28日目の試料に KNO₈ を所定量の 1/100 添加した ところ日周鉛直移動の再開に要する時間に差はなかっ たが、いったん回復した日周鉛直移動は3日後には不 明瞭になり、4日後には完全に停止し、底層に集積し た (Fig. 6)。同じく28日目の試料に NO₈⁻ のかわり に 10 μ g-at·l⁻¹ の NH₄⁺ を添加したところ、前実験 同様,翌日には日周鉛直移動の回復がみられ、その後 4日間持続し、5、6日後には不明瞭となり、7日後 には移動を停止した。これらの2実験から、添加チッ 素量はほぼ同程度であるにもかかわらず NH₄⁺ の方が NO₈⁻ に比較して2倍以上の期間日周鉛直移動を持続 させる効果のあることが判明した。またチッ素源のか わりに PO₄ を添加してみたが 鉛直移動の回復には効 果がなかった (Fig. 6)。

28日目の試料を用いて、栄養塩の添加時刻をかえて 鉛直移動再開の様子を観察した。暗期に入って5時間 後に 添加した 場合は6時間後(明期に入って1時間 後)に鉛直移動が再開し、明期に入って2時間後に添 加した場合にはその当日は再開せず、22時間後の明期 に入った時から鉛直移動がみとめられた。

考察

Heterosigma akashiwo の日周鉛直移動については, この藻を 優占種とする 赤潮発生現場で 観察された 例 (深沢 1980, 矢持ら,1982) があり, 実験としては 田 畑・本城 (1981) が野外の水槽で,本藻の赤潮を人工 的に再現させて日周鉛直移動を観察し,さらに赤潮形 成過程,増殖特性と栄養塩類の関係を解析している。

本研究では実験室内で温度 20°C, 光強度 40 μ Em⁻² •sec⁻¹ の一定条件の静置培養で, 14L:10Dをはじめ としていくつかの日周リズム下で赤潮発生現場に近似 した 鉛直移動を 再現 することができた。 このことは H. akashiwo の日周鉛直移動が 天然条件下の特定の 要因によるものではなく,本種のもつ特性であること を示している。

一方 H. akashiwo と同様の鞭毛運動による日周鉛 直移動は Gonyaulax polyedra, Ceratium furca, Cachonina niei (EPPLEY et al., 1968), Prorocentrum micans (WANDSCHNEIDER, 1979) などでも知られているがこれまでに記録された種類は渦鞭毛藻が大部分で、他の分類群での報告はさほど多くない。

このような鞭毛藻の日周鉛直移動の原因については 岡市 (1980) が Eutreptiella sp. で, Seliger et al. (1970) が Peridinium bahamense で, 強い走光性に よることを報告している。たしかに走光性が日周鉛直 移動の原因の1つとなることも考えられるが、本研究 で用いた H. akashiwo の場合は日周鉛直移動は単純 な 走光性 だけによるものではないことが 明 らかであ る。また PFEFFER (1888) や PRINGSHEIM (1921) Bit Euglena, Cryptomonas, Glenodinium, Chlamydomonas 等の集合,離散の行動が何らかの化学物 質の影響で誘導される、すなわち走化性によるもので あることを指摘した。しかし、 H. akashiwo の場合 は、前述のように、集積した試料を充分に撹拌混合さ せ、内容物を均一にした後でも、短時間内にもとの分 布状態に帰してしまうことから単純な走化性によるも のでもないことも明らかである。

渦鞭毛藻など既知の日周鉛直移動の観察では、

いず れも明暗周期に深く関係しており、しかも興味あるこ とに明暗が切り換る以前に鉛直移動が開始されている 点である。(EppLey et al., 1969, 深沢, 1980)。この 点は本研究の培養 H. akashiwo でも明瞭に確認され た。この現象は生物を取り巻く単純な環境要因による ものではなく、細胞に内在する何らかの自律活動周期 との関連を示唆している。Gonyaulax polyedra では 細胞分裂、生物発光、光合成など一連の代謝活動が概 日リズムにより支配されている (Sweeney and HAS-TINGS, 1952, SWEENEY, 1963)。H. akashiwo の日周 鉛直移動も自然環境下では一見明瞭な概日リズムを示 すが、それは一周期が必ずしも24時間単位になってい る必要はなく, Fig. 2 の 6L:6Dのように明暗周期 を与えれば 短時間の 周期にも 容易に 変わるものであ る。加えて、概日リズム性が定着するのに4日間程度 の時間を必要とし、その間に細胞は4回程度細胞分裂 をくり返している。本研究で得られた知見を総合する と, H. akashiwo の日周鉛直移動は 単純な走光性, 走化性によるものでなく、一定の明暗光周期下に数日 間置かれることにより、初めて新しい周期に対応した 概日リズムをもつようになる。獲得した概日リズムは 一時的に光周期を変えても数日間は残存する。また, H. akashiwo の日周鉛直移動は 栄養物質を 制限する ことにより停止し、栄養欠乏細胞は明暗周期に関係な く底層に集積する。しかし、不足栄養物質が与えられ

ると再び鉛直移動習性を回復する。チッ素源不足で鉛 直移動を停止した細胞は移動していた時と形態的には 区別がつかず、運動性も活発で、少なくとも6週間ま で同じ状態を維持していることが確認された。また、 欠乏チッ素源を与えると鉛直移動習性の回復が見られ た。同様の鉛直移動の回復は HEANEY and EPPLEY (1981) により Gonyaulax polyedra でも知られてい る。彼等はチッ素源を制限して鉛直移動を停止させ, ついで夜間に底層に NO3 を供給して 翌日の明期に鉛 直移動の再開することを確認した。本研究では、さら に、栄養欠乏状態に長時間おかれると、鉛直移動の回 復にも長い時間がかかり,両者の間に指数関数的な関 係のあることを見いだした。Таканаsнi and Fukazawa (1982) は、 赤潮形成時に H. akashiwo が夜 間底層に下降した際底層より溶出してくる栄養物質等 を吸収し翌日再び表層に浮上して光合成を活発に行な うことの可能性を推察しているが、本研究の結果は彼 等の推察を間接的に支持するものである。 7

深沢(1980)は現場において本薬の遊泳速度を推定 し、上昇時が80 cm・hr⁻¹、下降時が50 cm・hr⁻¹を報 告している。上昇時が下降時より1.6 倍の速さになっ ている。THRONDSEN(1973)は顕微鏡下で本薬の遊 泳速度を測定して83 cm・hr⁻¹と天然状態下での値に 近い速度を得た。本実験では、上昇時が著しく遅く 3.5 cm・hr⁻¹、下降時が50 cm・hr⁻¹で両者に1桁以上 の違いが見られた。この上昇速度の遅い原因として、 実験に用いた容器の深さがH.akashiwoの鉛直移動 を調整するには不充分なため細胞が表層に集積する以 前に充分な光を受けてしまうこと、あるいは光の方向 性などが天然の条件と異なること等が考えられる。

謝 辞

本稿の御校閲と貴重な御助言を戴いた千原光雄教授 (筑波大学・生物科学系) に深く感謝いたします。

引用文献

- EPPLEY, R. W., HOLM-HANSEN, O. and STRIC-KLAND. J. D. H. 1968. Some observations on the vertical migration of dinoflagellates. J. Phycol. 4: 333-340.
- 深沢典彦, 1960. 赤潮発生機構に関する 生長生理学的 研究:特に 大阪谷川港における Olisthodiscus luteus の赤潮について。 筑波大学環境科学研究 科修士論文, 91頁,
- FUKAZAWA, N., ISHIMARU, T., TAKAHASHI, M. and FUJITA, Y. 1980. A mechanism of 'red

tide' formation. I. Growth rate estimate by DCUM-induced fluorescence increase. Mar. Ecol. Prog. Ser. 3: 217-222.

- GUILLARD, R. R. L. 1963. Organic sources of nitrogen for marine centric diatoms. In OPPEN-HEIMER, C. H. ed. Symposium on marine microbiology, pp. 93-104. Charles C. Thomas, Springfield, Illinois.
- HEANEY, S. I. and EPPLEY, R. W. 1981. Light, temperature and nitrogen as interacting factors affecting diel virtical migrations of dinoflagellates in culture. J. Plankt. Res. 3: 331-344.
- 岡市友利,1980. 赤潮生物の生物的集積.「赤潮に関す る近年の知見と研究の問題点」. 花岡資ほか編, pp. 81-88, 日本水産資源保護協会.
- PFEFFER, W. 1888. Über chemotaktische Bewegungen von Bakterien, Flagellaten und Volvocineen. Unters. Bot. Inst. Tübingen. 2: 582-661.
- PRINGSHEIM, E.G. 1921. Zur Physiologie saprophytischer Flagellaten. Beitr. allgem. Bot. 2: 88-137.
- PROVASOLI, L., MCLAUGHLIN, J. J. A. and DROOP, M. R. 1957. The development of artificial media for marine algae. Arch. Mikrobiol. 25: 392-428.
- SELIGER, H. H., CARPENTER, J. J., LOFTUS, M. and MCELROY, W. 1970. Mechanisms for the accumulation of high concentrations of dinoflagellates in Bioluminescent Bay. Limnol. Oceanogr. 15: 234-245.
- SWEENEY, B. M. 1963. Biological clocks in plants. Ann. Rev. Plant Physiol. 14: 411-440.
- SWEENEY, B. M. and HASTINGS, J. W. 1957. Characteristics of the diurnal rhythm of luminescence in *Gonyaulax polyedra*. J. Cell Comp. Physiol. 49: 115-128.
- 田端健二・本城凡夫, 1983. 屋外連続流装置による鞭 毛薬の培養。東海区水研研究報告 104:9-25.
- TAKAHASHI, M. and FUKAZAWA, N. 1983. A mechanism of 'red tide' formation. II. Effect of selective nutrient stimulation on the growth of different phytoplankton species in natural water. Mar. Biol. 70: 267-273.
- THRONDSEN, J. 1973. Motility in some marine nanoplankton flagellates. Norw. J. Zool. 21: 193-200.
- WANDSCHNEIDER, K. 1979. Vertical distribution of phytoplankton during investigations of a natural surface film. Mar. Biol. 52: 105-111.
- 柳田友道,1976. 赤潮。198 pp. 講談社.
- 矢持 進, 安部恒之, 城 久. 1982. 大阪湾谷川港 に於ける Olisthodiscus luteus の赤潮発生機構 に関する研究一出現特性と日周鉛直移動について。 国立公害研研究報告, 30号, 191-214.

凾館、志海苔産イトフノリの生活史

能登谷正浩

青森県水産増殖センター(039-34 青森県東津軽郡平内町大字茂浦字月泊10)

NOTOYA, M. 1983. The life history of *Gloiosiphonia capillaris* (HUDSON) CARMICHAEL from Shinori, Hakodate, Hokkaido in culture. Jap. J. Phycol.

The life history of *Gloiosiphonia capillaris* (HUDSON) CARMICHAEL from Shinori, Hokkaido was completed in about three months in modified GRUND medium at 20°C. And a 14:10 hr photoperiod with a light intensity of 2000-4000 lux. The carpospores from field collected erect gametophytes gave rise to crustose tetrasporophytes. The tetraspores germinated and grew into crustose thalli that produced upright monoecious gametophytes. Thus the life history of this alga involves an alternation of heteromorphic phases.

Key Index Words: laboratory culture; Cryptonemiales; Gloiosiphonia; Gloiosiphonia capillaris; life history; Rhodophyta. Masahiro Notoya, Aquaculture Center, Aomori Prefecture, Moura, Hiranai, Aomori Prefecture, 039-34 Japan.

EDELSTEIN (1970) および EDELSTEIN and Mc-LACHLAN (1971) はカナダ, Nova Scotia 産のイト フノリ Gloiosiphonia capillaris (HUDSON) CARMI-CHAEL を培養した結果, 雌雄同株の直立体と 殻状の 四分胞子体が交代することを明らかにした。これに対 し, MOROHOSHI and MASUDA (1980) は日本の忍 路湾産のイトフノリでは四分胞子体世代を欠き,直立 する雌雄同株の配偶体世代のみを繰り返すことを報告 した。しかし, 筆者は凾館市志海苔から得たイトフノ リを培養したところ, カナダ産の種と同様の生活史を 示し, 忍路湾産のイトフノリとは異なる種である可能 性がうかがわれたのでここに報告する。

材料と方法

材料のイトフノリ Gloiosiphonia capillaris (Hup-SON) CARMICAEL の成熟体は凾館市志海苔で1982年 11月3日に採集した。この藻体から果胞子を得て培養 を開始した。果胞子は滅菌海水中で数回洗浄した後, スライトグラスを敷いたシャーレに滅菌海水を満した 中に入れ、20°C、2000 lux の下に1晩放置した。胞 子がスライドグラスに付着するのを確めてから、100 ml 容の腰高 シャーレに入れ 温度 20°C, 照度 2000-4000 lux, 14 時間明期10時間暗期の条件下で培養した。 培養液は GRUND 改変培地 (MCLACHLAN 1973) を



Fig. 1. *Gloiosiphonia capillaris*. Gameophyte collected at Shinori, Hakodate, Hokkaido on November 3, 1982.

用いて3日目ごとに全量を換水した。

結 果

凾館市志海苔に生育するイトフノリは潮間帯上部の



Figs. 2-21. Gloiosiphonia capillaris. 2. Liberated carpospores from field collected material; 3. Oneday-old carpospore germlings; 4. Three-day old discoid and filamentous carpospore germlings; 5 & 6. Five-day-old discoid and filamentous carpospore gemlings; 7. Eight-day-old carpospore germlings; 8. Surface view of the tetrasporangia formed in 20-day-old crustose sporophyte; 9. Tangential-section of the mature crustose tetrasporophyte. Cruciately divided tetrasporangium is shown by an arrow; 10. Liberated tetraspores; 11. Seven-day-old tetraspore germlings; 12. Tangential-section of basal disc, showing primordial upright thalli; 13. Corticated primordial upright thallus; 14. Surface view of young upright thalli arising from the basal disc; 15. Twentyseven-day-old cultured gametophyte on a slide; 16. Spermatia liberated from the surface of 27-day-old gametophyte; 17. Trichogyne (arrow) projecting from the surface of 27-day-old gametophyte; 18. Cross-section of mature gametophyte, showing the female fertile branch system; 19. Surface view of the gametophyte, showing two cystocarps; 20. Cross-section of the gametophyte, showing cystocarp; 21. Mature upright gametophyte with cystocarps. (scale in Fig. 2 is also for Figs. 3, 4, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 16, 17, 18 and Fig. 20; scale in Fig. 5 is also for Fig. 6 and Fig. 14; scale in Fig. 8 is also for Fig. 19)

浅いタイドプールに生育し, 10月から11月に成熟体が 得られ, 薬体の大きさは約 10 cm に達する (Fig. 1)。

果胞子は淡黄色または淡紅色を呈し,直径約12 μm の球形であった(Fig. 2)。果胞子は培養2日目には 発芽管を伸長させ,糸状の発生を示した(Fig. 3)が, 培養5-6日目には発芽管の先端から盤状の薬体を形 成し始めた(Fig. 4)。その後,盤状発芽体は中央部 が多層細胞となり,周辺は一層細胞の扁平な半球状に 生長した(Figs. 5 & 7)。発芽体の中には糸状体のま ま数週間生長しつづける個体も見られた。しかし、こ れらの発芽体も後に基質に付着した部分から盤状体を 形成した(Fig. 6)。糸状 および盤状の薬体ともに毛 状細胞の発出が認められた(Figs. 5-7)。

培養21日目には盤状体に多数の四分胞子嚢の形成が 認められた(Figs.8 & 9)。四分胞子嚢は Fig.9 に 見られるように、縦に並ぶ細胞列の先端に形成され、 十字状分割によって胞子が形成された。成熟した四分 胞子嚢から放出された 胞子は 淡紅色で 直径約 10 µm であった(Fig.10)。

四分胞子の発生過程は果胞子の場合と基本的に同じ く (Fig. 11),発芽後3週目までは盤状体として生長 した。盤状体の直径が約500 µm に達した頃から発芽 体の中央部分から数本の直立体の発出が認められた (Figs. 12-14)。発芽初期の直立体は盤状体の細胞列 から伸長した1列細胞として認められ (Fig. 12),後 に、これが中軸となり、これより放射状の皮層細胞を 形成した (Fig. 13)。

直立体は培養27日目には高さ1.5-2.3 cm に達し (Fig. 15),精子の放出と受精毛の発出が認められた (Figs. 16 & 17)。直立体の横断切片では明らかに雌 性器官の形成が認められた (Fig. 18)。四分胞子培養 後70日目,直立体の高さは5 cm,直径約1 mm に達 し,体表面の所々に窪みが形成され,その内部に球状 の嚢果が認められた (Figs. 19-21)。

考 察

イトフノリ科にはイトフノリ属 Gloiosiphonia, ナ ガオパネ属 Shimmelmannia オトヒメモズク属 Gloeophycus の他に大西洋に産する Thuretella の4 属が 知られる。これらの属に含まれる種の生活史について は、これまで数種について室内培養による観察結果の 報告がある。それによると、生活史の中に四分胞子体 世代を欠くと思われる種と盤状の四分胞子体世代を有 する種の2型に大別することができる。即ち、前者に は忍路湾産のイトフノリ (MOROHOSHI and MASUDA 1980), Baja California 産の G. californica (DECEW, et al. 1981) および 吉佐美産の Shimmelmannia plumosa (CHIHARA 1972) が入り、後者には Nova Scotia 産のイトフノリ (EDELSTEIN 1970, EDELS-TEIN and McLachlan 1971), California 産の G. californica, G. verticillaris (DECEW, et al. 1981), 田野沢産の Gloeophycus koreanum (能登谷 1983) が 知られる。このことからイトフノリと G. californica においては両方の型を有することになる。しかし、瀬 川・太田(1951)は日本産のイトフノリは数種の混同 されたもので、大西洋産の種とは異なるのではないか との疑問を述べている。更に、今回の志海苔産の藻の 生活史は 忍路湾産 のそれとは 異なり、 カナダ Nova Scotia 産の生活史と一致した。また、この他忍路湾産 および志海苔産の藻体をそれぞれ比較すると、大きさ は前者では高さが 30 cm 以上にも 達するが、後者で は 10 cm 前後, 枝ぶりについても 前者では 主枝から 多数の側枝が発出し、この枝は更に細かく分枝するが, 後者はあまり細かく分枝することなく単純な形態を示 している。 更に, 果胞子の大きさは 前者では平均 20 μm, 後者では約 12 μm の直径である等から, 両地か らのイトフノリはそれぞれ異なる種である可能性もう かがえる。今後、本邦におけるイトフノリについては 多くの地方から材料を得て生活史と形態の両面から種 の判定を行う必要がある。

本稿の校閲をいただいた北海道大学水産学部の斎藤 譲博士,ならびに材料の同定および御助言をいただい た北海道大学理学部の増田道夫博士に感謝の意を表す る。

引用文献

- CHIHARA, M. 1972. Germination of carpospores of *Pikea californica* and *Schimmelmannia plumosa* as found in Japan, with special referance to their life history. Soc. bot. Fr., Memories 1972: 312-322.
- DECEW, T. C., WEST, J. A. and GANESAN, E. K. 1981. The life histories and developmental morphology of two species of *Gloiosiphonia* (Rhodophyta: Cryptonemiales, Gloiosiphoniaceae) from the Pacific Coast of North America. Phycologia 20: 415-423.
- EDELSTEIN, T. 1970. The life history of *Gloiosiphonia capillaris* (HUDSON) CARMICHAEL. Phycologia 9: 55-59.

273

- EDERSTIEN, T. and MCLACHLAN, J. 1971. Further observations on *Gloiosiphonia capillaris* (HUD-SON) CARMICHACL in culture. Phycologia 10: 215-219.
- MCLACHLAN, J. 1973. Growth media-marine. p. 25-51. In J. R. Stein (ed.) Handbook of Phycological methods. Cambridge Univ. Press. London.

MOROHOSHI, H. and MASUDA M. 1980. The life

.

history of *Gloiosiphonia capillaris* (HUDSON) CARMICHAEL (Rhodophyceae, Cryptonemiales). Jap. J. Phycol. 28: 81-91.

- 能登谷正浩 1983. オトヒメモズクの 四分胞子体。藻 類 31: 51-53.
- 瀬川宗吉・太田国光 1951. 博多湾の海藻についての 二三知見。九州大学農学部水産学研究室,学芸雑 誌 13:282-285.

多摩川水系におけるカワノリの分布

岩本康三*・高橋幹男**・庵谷 晃*

* 東京水産大学水産植物学教室(108 東京都港区港南4-5-7) ** 大島南高等学校(100-02 東京都大島町差木地下原)

IWAMOTO, K., TAKAHASHI, M. and IORIYA, T. 1983. Distribution of *Prasiola japonica* YATA-BE in the Tamagawa River System, Tokyo. Jap. J. Phycol. 31: 274-279.

Prasiola japonica YATABE is a green alga which grows on the rocks in restricted mountain streams in the Kanto and western districts of Japan. Investigation into its distribution and growth conditions are still needed. Many field surveys to solve these problems were carried out in the Tamagawa River System for several years after 1973.

Nineteen localities including five which had been previously reported were found through the surveys. It has been certified that all localities are located in the areas of the Chichibusystem of the Paleozoic, and the Triassic-system or the Torinosu-group of the Mesozoic. These strata, which contain scattered limestone and chert, cover the area north of the median line dividing the branches of the Kita-akikawa River and the Minami-akikawa River.

In the Tamagawa River System the *Prasiola* germs occur at all localities by the end of June, and they are numerous and prosperous from summer to autumn. The grown thalli are mosaicked by groups of male and female gametangia produced on the same thallus from autumn to winter, and become ragged and decrease in size with the liberation of gametes, and then disappear by February.

Key Index Words: Prasiola japonica; green alga; distribution; Tamagawa River; limestone; chert.

* Kozo Iwamoto and Teru Ioriya, Laboratory of Phycology, Tokyo University of Fisheries, Konan 4-5-7, Minato-ku, Tokyo, 108 Japan; **Mikio Takahashi, Ohshimaminami High School, Shimohara, Sashikiji, Ohshima-cho, Tokyo, 100-02 Japan.

緑藻のカワノリ属植物は、世界中で気生性3種、海 産5種、淡水産6種がこれまでに記載されている。こ れらは外形や大きさが様々であるととともに、その生 育環境にもかなりの差違がある。しかし、各種とも体 を構成する細胞の構造や生殖細胞形成のための細胞分 割の様式が紅藻植物のアマノリ属のものと類似するた め、そこに注目した記載や、系統上の位置を論じた報 告はかなりの数に達している。

19世紀ヨーロッパにおける記載については LAGER-HEIM (1892) に詳しく, 米国 では SETCHELL & GARDNER (1920) が,本邦 では 石川 (1924),岡村 (1930) らが ウシケノリ目との類縁を述べた。しかし 一方,その色素組成と同化生産物が紅藻とは全く異る こと (KYLIN 1930),雄性配偶子に鞭毛があること(右 田 1948,藤山 1949),細胞壁組成がアマノリ属と全 く異ること (TAKEDA *et al.*, 1967) などから,類縁 を否定する見解が発表されるにともない,最近はカワ ノリ層とアマノリ属とは特に類縁関係にないとの考え 方が定着している。

ところが、岩本・有賀(1973)は、辻野・斎藤(1961) が紅藻で見出だした紫外部吸光物質とほぼ同じと思わ れるものが、藍藻に広く見出だされるとともに、一般 緑藻では見出だされるとしても痕跡程度であるのに、 カワノリに限って顕著に含まれていることを明らかに した。

カワノリは栃木県日光,群馬県桐生,静岡県芝川, 岐阜県下産の諸標本に基づいて YATABE (1891) が 新種として記載した本邦特産の渓流性の食用緑藻であ る。体は普通5~10 cm になる濃緑色の葉状体で,星 形葉緑体を1個ずつ持つ細胞の1層構造である。本種 の生育地 については YATABE (1891) 以後,遠藤 (1911),東 (1913,1935),岡田(1938),藤山(1949), 小清水 (1952),千原 (1954),その他の報告があり, 現在1個所(長野県千曲川支流抜井川)を除いて,栃 木県の那河川支流の箒川以西の,太平洋や有明海に注 ぐ特定河川の流域に限定されるという興味深い分布を 示している。

このように、系統や分布の面から興味があり、今後 の調査・研究のまたれるカワノリは、その生育場所が 極限されていて、その生育量も多くはない。その上、 近年の国土開発は、時にカワノリの生育する渓流を汚 染し、川床をも変容させることが多いため、その分布 は益々狭められ、一部では絶滅する状況である。

筆者はこのような現状から、日本全土のカワノリの 生育実態を明らかにする目的で、まず、これまでに数 個所の生育地が報告されている多摩川水系を調査し た。その結果、生育個所として、従来から知られてい た5個所を含む19個所が明らかとなり、その生育地は 流域の地質と関係が深い結果が認められたので、ここ に報告する次第である。

調査・研究方法

多摩川は東京都を東西に縦貫する河川で、山梨県と の境界にある唐松尾山からの丹波川と、山梨県の大菩 薩嶺からの小菅川との水を集める奥多摩湖からの流れ を本流として東京湾に注ぐが、その間、本流に合する 主な支流は、上流から、日原川、秋川、浅川である。 このうち、浅川水系には従来からカワノリ生育の情報 は一切なく、その上、流域も地勢からみても生育の可 能性はまず無いと思われたので、今回の調査域から除 外した。その他の水系について、昭和48年以後数年間 随時実地路査を行った。

踏査は、従来の生育記録のある所での生育の有無と、 地元での情報蒐集の結果に基づいて、正確な生育場所 の把握につとめるとともに、葉体の着生基盤や生育状 況の観察を行った。これらより得られた生育場所を地 図上に記録するとともに;分布と流域地質との関係を 調べた。

結 果

Fig. 1 に示したA~Sの19個所が現在までにカワ ノリの生育地として確認され、または生育がほぼ確実 と判断された所である.以下に、多摩川本流、日原川、 秋川の3水系に分けて、各生育個所について説明する。

1. 多摩川本流水系

A. 大丹波川上流域 従来この川に カワノリが生育

しているとの記録はない。しかし今回の調査で、この 川の上流の百軒茶屋では、カワノリが採れる季節にな るとカワノリを混ぜた刺身コンニャクを販売する。こ のカワノリの具体的な生育場所について同茶屋では、 この川の上流というだけで明らかにしてもらえなかっ た。この地域は、川苔岳をはさんでカワノリが生育す る川苔谷 (D) と対していることなどから、直接生育 は確認できなかったが、百軒茶屋上流に生育すること は間違いあるまい。

B. 入川谷 この細流は潜流となって東京都水産試験場奥多摩分場構内に入る。藤山(1949)はこの谷に入る三つ沢と分場構内の池とで生育しているのを見ているが、現在はいずれにも生育しない。この谷は、後背地が大規模な石灰岩の採石場となったため、岩屑や濁りの影響をうけているが、布滝沢合流点のやや上流部で生育が確認された(昭和50年都水試加藤憲司氏)。

M. 栃寄沢 奥多摩湖からの本流が日原川と合する 手前を南から本流に入る沢で,両側は深い杉林であ る。川床は殆んど石灰岩の岩石からなっているため, 沢全体が白く明るい。奥多摩では一般に,カワノリは アク石 (石灰石)には着かぬと言われているが,この 沢では、多くはないが、明らかに石灰岩の所々に着生 していた。

N. 奥沢 奥多摩湖に北から注ぐ沢で, この沢の堰 堤で大量のカワノリが採取された(日原在住の山崎憲 一郎氏)。

2. 日原川水系

この水系の生育場所については、日原の各所とする 東(1913)の報告のほか、本流との合流点あたりを指 していると思われる氷川の地を遠藤(1911),東(1913, 1935)があげている。さらに、各種藻類の窒素化合物 を研究した OGINO (1955) は材料 とした カワノリを 氷川と日原で得たとしている。

このように従来の報告では生育地が極めて漠然としている。今回の調査では、日原川本流にも若干の生育 は認められたが、生育場所の主体はむしろ日原川へ流 れ込む沢や谷であることがわかった。

C. 大沢 平石橋下の日原川本流と, その上手の家 入谷が生育場所である。平石橋直下の数個の大石には 夏季にカワノリが着生しているのを橋上から毎年見る ことができる。家入谷は生育量は多くはないが周年葉 体が消えることのない所であった。しかし, 近年, 木 材搬出用の索導の足場が作られるなどの工事後は, 生 育状態が極めて悪化した。



Fig. 1. Map showing the localities of *Prasiola japonica* YATABE in the Tamagawa River System, Tokyo. The letters A-S and KZ denote the localities. A. Ohtabagawa River (大丹波川); B. Irikawadani (入川谷); C. Ohsawa (大沢); D. Kawanori-dani (川苔谷); E. Jimba-zawa (神庭沢); F. Kurasawadani (倉沢谷); G. Taru-sawa (樽沢); H. Takanosu-dani (鷹ノ巣谷); I. Karoh-dani (カロー谷); J. Ogawadani (小川谷); K. Gani-zawa (ガニ沢); L. Magosoh-dani (孫惣谷); M. Tochiyori-zawa (栃寄沢); N. Oku-sawa (奥沢); O. Yohsawagawa River (養沢川); P. Akai-zawa (赤井沢); Q. Mizunoto-zawa (木ノ 戸沢); R. Sohdake-zawa (惣角沢); S. Tsukiyomi-zawa (月夜見沢); KZ. Kiwazasu (極指).

D. 川苔谷 川苔岳からのこの流れは,途中で逆川 と合流して日原川へ落ちる。カワノリは,川苔谷,逆 川のいずれにも生育する。なお,川苔谷が合する日原 川では,その合流点から下流の前記平石橋にかけて随 所にカワノリが生育する。

E. 神庭沢 極めて小さい 沢であるが 生育する(前記山崎氏による)。

F. 倉沢谷 倉沢鐘乳洞の入口あたりから上流の魚 止滝にかけて比較的多く生育する。鐘乳洞入口前あた りには夏季に特に多く,地元の人により採取される。

- G. 樽沢
- H. 鷹ノ巣谷
- I. カロー谷
- **J.** 小川谷
- K. ガニ沢

以上G~Kの5個所はいずれも前記山崎氏により生 育が,または生育したことが確認された所である。

L. 孫惣谷 本水系最奥部に 位置し, 西隣りの長沢 谷との間の天祖山では石灰石の採取が大規模に行われ, その山容は全く変貌し,川すじには岩屑や土砂が大量 に流れ落ちているが,昭和51年10月の調査では,まだ 相当量のカワノリの生育が確認された。

3. 秋川水系

この水系のカワノリについては、養沢に生育するこ とを東(1913, 1935)が報告しているほか、今回の筆 者らの調査とは全く別個に、ほぼ時期を同じくして百 瀬忠征氏も調査され、同氏からはその結果や腊葉の提 供を受け、併せて公表についても了承を得ているので、 その知見も参考として以下に述べる。 0. 養沢川 東はこの川の上流に生育するとの漠然 とした記載をしているが、大岳沢や御岳沢の合流する この川では、養沢鐘乳洞のやや下流から上流の各所に 生育する。この生育地の一部では、毎年必ず特定の角 岩 (チャート) にカワノリが着生する。この岩の葉体 は秋季になると順次に配偶子を放出し、水面から露出 し、じめじめした岩の表面に、2月末頃までボロボロ となった葉体を見ることができた。

P. 赤井沢 石灰岩の巨岩として 天然記念物指定の 神戸岩のあるあたりから上流の各所に生育する。また, 神戸岩の上流の左岸にある小さい滝の落ち口にも生育 する。

Q. 水ノ戸沢 この沢は森林が深く, 足場も悪いた め人は入りにくい。そのためか, カワノリの生育は現 在の多摩川水系中で最も多いようである。この沢では 径 3 cm 大の小石から, 川幅全体にまたがる大岩など, 大小様々の角岩, 硬質砂岩, 石灰岩, 木の枝などに着 生しているのが観察された。そして, これら生育場所 は, いずれも明るくひらけた所であった。

R. 惣角沢 この沢には石灰岩の小石が多い。山崎 氏と百瀬氏が生育を確認している。

S. 月夜見沢 北秋川の最上流域で, 多くはないが 生育する。地元の話しによれば, かつては相当量のカ ワノリが採取されたが, 近くの高速道路の工事の影響 で激減したとのことである。この沢の隣りの白岩沢に は生育しないが, ヒイラギ沢には少し生育するとのこ とであった。

以上が今日までに知り得た多摩川水系におけるカワ ノリの生育地と生育状況の概要である。なお, Fig. 1 に KZ で示した個所は, 多摩川水系ではないが, 東京 都内の荒川支流の産地で, 成木川上流の青梅市極指地 区である。今回の調査でこの地に極めて豊富に生育を 見たので, 多摩川水系ではないが東京都内ということ で併せて公表するものである。

考 察

生育状況 多摩川水系のカワノリの生育状況につい ては藤山(1949)の詳細な観察があるが、今回の観察 結果に基づいて、それを補足し、相違点についても述 べる。

カワノリは急流の洗う,または,飛沫のあたる岩石 上に生育するのが普通であるが,時には,ややゆるや かな流れに全く水没して少数が生育する等については 藤山の観察と同様であるが,水没の場合,その葉体は 一般のものより大きい傾向が新たに認められた。

さらに、カワノリ葉体は、三つ沢においては周年認 められたとのことであるが、多摩川水系全体 を み る と、ごく一部の生育地を除いて、2月~5月の候には まず 葉体は 見出だせない。 このことは 国枝・大橋* (1933、未発表)の日原川での観察と一致する。

配偶子嚢形成について藤山は、三つ沢では8月末に 始まるとしているが、今回の一連の観察では、8月に 配偶子嚢を形成している葉体は発見されず、10月下旬 頃から形成されるのが普通であった。以後、配偶子放 出にともない葉体は形をくずし徐々に小さくなり翌年 2月までには消滅する。新葉体の出現時期は、年によ り大幅な差違があり、早い年には5月末にも見られる が、普通は6月末にならないと出そろわない。

カワノリの生育要因として,日照が大切であること は、東(1926)が岐阜県農会の川崎氏の調査結果とし て記述している。日照は確かに重要な要因らしく,今 回の調査の地元での聴きとりでは、カワノリの生育す る川すじで,その川縁りの樹木が伐採されると,翌年, そのあたりにカワノリが大量に発生することが屢々で あるとのことである。

また,昭和51年は東北地方が冷害で大被害をうけ, 東京地方も冷夏多雨であった。この年には,従来のカ ワノリ生育地より遙か下流の多摩川本流の御岳附近に もカワノリが発生したとの情報が都水試奥多摩分場に もたらされている。このことは,東(1935)の古気象 をカワノリ分布域決定の要因として考察していること と対比すれば興味深い。

以上のことから,カワノリの分布,生育要因として, 日照と気象は極めて重要な要因であることがうかがえ る。

地質との関係 Fig. 1 の分布図を藤本 (1962) の地 質図と重ね合せたものが Fig. 2 である。一見して, 北秋川と南秋川との中間部を境として, 地質が南北に 分れていることがわかる。北側は秩父系 (古生代二畳 紀 ~ 石炭紀), 三畳系 (中生代三畳紀) および鳥ノ巣 統 (中生代ジュラ紀) と呼ばれる古い地層が断層を伴 って配置され,各所に石灰岩が露出している。これに 対して南側は,小仏層 (中生代白亜紀) という中生代 では最後の地層で,この地層は神奈川県下にかけて広 くひろがっている。

カワノリの生育地は北秋川水系以北の川すじでは随 所にあるのに、小仏層の域内のみを流れる南秋川水系

* 藤山 (1949) による。



Fig. 2. Map showing the geological positioning of localities of *Prasiola japonica* in the Tamagawa River System, Tokyo.

には全く カワノリ の生育がないことは 極めて 興味深 い。このような事実は,五日市町あたりの有識者間で は早くから知られていたとのことである。

カワノリの生育する北秋川,養沢川,多摩川・日原 川の本支流や,それに注ぐ谷や沢には,砂岩,頁岩, 角岩,石灰岩などの岩盤が露呈したり,これらの岩石 が川床に散在または積み重なっている所が多い。カワ ノリは多くの場合,渓流中の角岩を着生基盤としてい るが,その他の岩石,コンクリート構築物,時に枯れ 枝などにも着生する。東(1936)は,高知県物部川上 流のカワノリについて,同地の営林局が水源の基岩に 石灰岩があり,それがカワノリの生育と関係があるの ではないかと報告していることを紹介している。

一方,カワノリの生育しない小仏層を流れる南秋川 の流域は,硬質砂岩,礫岩,粘板岩が基盤となってい る。これらの岩石は,破砕,剝離し易いせいか,南秋 川では最上流域の数馬地区以外の川床は大体において 細かい礫,砕石からなっている。

カワノリの生育要因 と して は、 青木 (1913)、 東 (1922, 1926, 1936)、右田 (1956)、大地 (1957) など の報告により、従来から、水温、水質、日照、岩質な どが注目されてきているが、未だすべてあいまいなま ま今日に至っている。今回の多摩川水系のカワノリの 分布状況と地質との対比結果からは、カワノリの生育 条件はいろいろあろうが、日照条件のほかに、水質や 着生基盤の基礎となる地質とも密接な関係があると判 断して差支えないと思われる。なお、多摩川水系での カワノリの着生基盤は様々であるが、角岩である場合 が最も多い。

本報告を終るにあたり,終始調査にご協力をいただ いた東京都水産試験場奥多摩分場長故鈴木敏男氏はじ め職員の方々,檜原村役場,日原在住の山崎憲一郎氏, 都立小平高校の百瀬忠征氏および五日市町の高取知男 氏に感謝の意を表します。

引用文献

- 青木三雄 1913. しばかはのり 見聞。 水産研究誌 8: 442-443.
- 千原光雄 1954. カワノリ伊豆半島に産す。植研誌 27: 72.
- 藤本治義 1962. 関東地方,日本地方地質誌。16. 朝倉 書店,東京.

- 藤山虎也 1949. カワノリの有性生殖と発生について。 植雑 62:25-31.
- 東道太郎 1913. かはのり調査。水産講習所報告。 9: 143-145.
- 東道太郎 1922. 菊池川苔に就て。水産研究誌 17:13-15.
- 東道太郎 1926. 岐阜県北山村産「かはのり」に就て。 水産研究誌 21:22-24.
- 東道太郎 1935. カハノリに就いて。陸水学雑誌 5: 60-63.
- 東道太郎 1936. 高知県に 於けるかはのりの 新産地。 楽水 31:569-570.
- 石川光春 1924. 紅藻類ノ系統ニ就キテ。 植雑。 38: 159-167.
- 岩本康三・有賀祐勝 1973. 藻類における 紫外部吸光 物質の分布とカワノリの特異性。J. Tokyo Univ. Fish. 60: 43-54.
- 小清水卓二 1952. カワノリ 大台ヶ原本沢川に 産す。 植研誌 27:72.
- KYLIN, H. 1930. Some physiological remarks on the relationships of the Bangiales. Bot. Notiser 83: 417-420.
- LAGERHEIM, G. 1892. Ueber das Fortpflanzung von *Prasiola* (AG.) MENEGH. Ber. d. deutsch. bot. Ges. 10: 366-374.
- 右田清治 1948. カワノリの生活史に関する研究(予

報) I。植研誌 22:33-37.

- 右田清治 1956. 菊池川に於ける カワノリの環境につ いて。Bull. Fac. Fish., Nagasaki Univ. 4: 11-14.
- OGINO, C. 1955. Biochemical studies on the nitrogen compounds of algae. J. Tokyo Univ. Fish. 41: 107-152.
- 岡田喜一 1938. 日本産かはのり科の藻類. 植研誌 12: 451-459.
- 岡村金太郎 1930. 藻類系統学。133, 内田老鶴圃, 東 京.
- SETCHELL, W. A. & GARDNER, N. L. 1920. Phycological contributions I. Univ. Calif. Publ. Bot. 7: 289.
- 大地昻太郎 1957. かはのり,長良川の生物.318-330. 岐阜県,岐阜.
- TAKEDA, H., NISIZAWA, K. and MIWA, T. 1967. Histochemical and chemical studies on the cell wall of *Prasiola japonica*. Bot. Mag. 80: 109-117.
- 辻野 勇・斎藤恒行 1961. 海藻の特殊成分の研究 I. 紅藻に 特有な 紫外線吸収物質の 存在 について. Bull. Fac.Fish., Hokkaido Univ. 12: 49-58.
- 遠藤吉三郎 1911. 海産植物学。236-241, 博文館, 東 京.

千葉県産 タ ニ コ ケ モ ド キ

吉崎 誠・宮地和幸・加崎英男

東邦大学理学部生物学科(274 千葉県船橋市三山 2-2-1)

YOSHIZAKI, M., MIYAJI, K. and KASAKI, H. 1983. Bostrychia (Rhodophyta, Ceramiales) from Chiba Prefecture. Jap. J. Phycol. 31: 280-283.

Bostrychia tenuis Post f. simpliciuscula (HARVEY) POST was found from the mouths of Kuriyamagawa river, Kidogawa river and Sakutagawa river in Chiba Prefecture, as a new record of north limited distribution in Japan. On these river mouths, Caloglossa leprieurii J. AGARDH and C. ogasawaraensis OKAMURA are the common association of B. tenuis f. simpliciuscula. The holdfast of B. tenuis f. simpliciuscula is originated from the pericentral cells, and forming a strand composed of rhizoids. Geographic distribution and morphology of B. tenuis f. simpliciuscula are discussed.

Key Index Words: Bostrychia; geographic distribution; morphology; Rhodophyta. Makoto Yoshizaki, Kazuyuki Miyaji and Hideo Kasaki, Department of Biology, Toho University, 2-2-1 Miyama, Funabashi, Chiba Pref. 274 Japan.

九十九里浜は千葉県飯岡町刑部岬より,岬町太東岬 までの延長約 66 km の砂浜である。この九十九里浜 のほぼ中央部から太平洋に注ぐ川に栗山川,木戸川, 作田川がある。これらの小河川の河口には葦原が発達 し,ここにアヤギスとホソアヤギスが豊富に生育して いる。アヤギス属植物は熱帯・亜熱帯海域に広く分布 し,特にマングローブ域ではコケモドキ属植物,イソ モッカと共に出現し,いわゆる Bostrychietum (Posr 1962) 群落を形成する。このたび,上記の小河川でも アヤギス・ホソアヤギスの生育帯位の上位にタニコケ モドキ Bostrychia tenuis Post f. simpliciuscula (HARAEY) Post (1936)の生育帯位を確認したので ここに報告する。

観 察

タニコケモドキは上記の栗山川,木戸川,作田川の いずれでも観察されたが,木戸川での生育が最も良好 であった。木戸川の河口より上流約3km にかけての 両岸には葦原が形成されている。アヤギヌとホソアヤ ギヌそしてタニコケモドキは河口の岩壁,テトラポッ ト,葦の稈や根本に生育し,深いところから浅いとこ ろにかけてホソアヤギス・アヤギス・タニコケモドキ の順で出現する。木戸川の河口より約 200 m 上流に 緑海橋(山武郡成東町木戸浜)がある。この橋を境に してここより下流にはアヤギス・ホソアヤギスが多く, ここより上流にはタニコケモドキが多く観察された。 ことにタニコケモドキは緑海橋より 1.5 km 上流まで 生育が確認された。

緑海橋付近で、よく生育したタニコケモドキは厚さ 約2 cm, 直径 10~15 cm の団塊あるいは マット状と なり, 生鮮時は紫褐色, 乾燥すると黒紫色となる。 腊 葉紙にはよく付着しない。団塊をほどいてみると、体 は長さ3~10 cm, 叉状, 偽叉状に 不規則に 分枝した 糸状体 (Figs. 1,2) からなり、互いに密に絡まり合っ ている。生長枝の先端には直径 18~21 µm, 高さ 18~ 20 µm のドーム形の生長点細胞があり、下方に細胞を 切り出す (Fig. 3)。生長点細胞より3~9節は単細胞 列であるが、それより下方の節細胞はやがて体の生長 方向に平行な分裂面をもって分割し, 5個の周心細胞 を切り出す(Fig. 5)。次いで各周心細胞は体の生長方 向に垂直な分裂面で2個の娘細胞に分割される (Fig. 3)。中軸細胞と周心細胞間の原形質連絡糸は2個の娘 細胞に分割した周心細胞の体基部寄りの1個に見出さ れる。皮層は形成されない。茎状部の太さは通状直径 70~90 µm, 最も太いところで直径 100 µm ある。体 の古い部分には明確な限定枝が見られる (Fig. 6)。限 定枝の長さは 400-1300 µm, 単状あるいは1~2回分 枝し、 その上部は 8~25 個からなる 単列細胞糸であ る。付着器は茎状部の腹面部、特に叉状分枝部の腹面



Figs. 1-11. Bostrichia tenuis POST f. simpliciuscula (HARVEY) POST. 1, 2. Habit of the thallus; 3. Apex of an indeterminate branch, showing the pericentral cell formation; 4, 5. Cross sections of the thallus; 6. A determinete branch; 7-9, 11. Development of holdfast; 10. A cross section of rhizoid. (a, apical growth cell; ax, axial cell; rh. i, rhizoidal initial; p, pericentral cell)

より 生じることが多い (Fig. 7)。 腹面部の周心細胞 8~12個の細胞から各 \sim 1本の単列細胞糸を発出し, それらの糸は初期にはまとまって太さ 50-70 μ m の1 本の付着器を形成して生長する (Figs. 8-9)。付着器 が基物に達すると, 1本1本の細胞糸が基物の表面に そって四方八方に展開する。また基物体内にもぐり込 んで分岐伸長し、⁵基物に固着する (Fig. 11)。

考 察

Post (1962) によるとコケモドキ属植物は, その 生育場所に関して類い稀な幅広い適応性をもつとい う。即ち,潮間帯の岩礁上はもちろん,海岸の半乾燥 性泥土上,マングローブ林床内,塩川,温度 50°Cの 塩基性温泉中,真水の流れる川の中,海から 400 km も内陸で海抜 700 m の所等々に出現し,雨にも霜に も強く,また2ヶ月間もの乾燥に対しても再生する驚 くべき能力をもつ。またコケモドキ属植物はよくアヤ ギス属植物,イソモッカと共に出現し,熱帯・亜熱帯 海域に独特な群落 Bostrichietum を形成することか ら熱帯・亜熱帯性海藻と思われているが,その分布域 は非常に広く,北緯59度,南緯55度の範囲にもおよぶ という。

我国には主として南方海域に7種のコケモドキ属植 物が生育する。 それらの中で コケモドキ B. tenella (VAHL.) J. AGARDH が最も広い分布域をもち, その 北限は伊豆大島 (SEGAWA 1935) である。他6種は いずれも鹿児島県以南の海域に限られている。タニコ ケモドキは沖繩県国頭郡の海岸より約4km 上流の山 中の渓流の岩上に生育しているものが最初に発見され、 岡村 (1907) によって B. Andoi OKAMURA として 記載された。時田(1939)は枕崎産のコケモドキ属の 1種をタニコケモドキとして全形と仮根部の詳細な観 察を行った。しかし時田のタニコケモドキの付着器は 岡村の図と異なり、単列細胞より成る非常に長いもの であった。後に時田のタニコケモドキは Post により 新種 B. Hamana-Tokidai Post ニセタニコケモド キとされた (Post 1941, 時田 1941)。タニコケモド キの付着器はすでに KUMANO (1979) が観察したよ うに周心細胞起源である。8~12個の周心細胞より生 じた細胞糸がその初期では1本の太い付着器となり生 長するもので、その発達過程は岡村の第22図 Figs. 16 -18 に一致し、時田のタニコケモドキ (ニセタニコケ モドキ)の付着器とは明らかに異る。その後タニコケ モドキは鹿児島県桜島園山池(田中 1953), 与邦国島

祖納 (TANAKA and ITONO 1972), 西表島浦内川マ リウドの滝, 石垣島荒川 (KUMANO 1979) 等で採集 された記録がある。今回千葉県でタニコケモドキが採 集されたことは,本邦における本藻のこれまでの分布 のみを見ると極めて奇妙な分布のように思われるが, 従来我国でアヤギス・ホソアヤギスの生育が報じられ たところで仔細に観察するならば,タニコケモドキの 生育も確認されるのではないかと思われる。

YARISH and EDWARDS (1982) は北米 New Jersey 州 Mullica 川で Bostrychia radicans MONTAGNE, アヤギヌと Polysiphonia subtilissima MONTAGNE の3種の分布と季節的消長そして培養実験を行った。 Mullica川は緯度的には我国の岩手県沿岸に相当する。 そして岩手県は我国におけるアヤギヌとホソアヤギヌ の北限地でもある(黒木他1980,山本1981)。Mullica 川での B. radicans とアヤギヌは5月から12月の間 に出現し、B. radicans の四分胞子嚢は5月より9月 の間に、雌性配偶体の成熟は7月から9月の間に観察 され、アヤギヌの配偶体の成熟は6月から9月の間に 見られたという。木戸川緑海橋での冬期の水温は 2°C, 夏期の水温は 28°C であったことから 緑海橋付近 は YARISH and EDWARDS が観察した地点と似た環境で あると思われる。しかし、栗山川、木戸川、作田川で のタニコケモドキ・アヤギヌ・ホソアヤギヌは共に年 間を通じて出現したが生殖器官は観察されなかった。 これら3河川では3種共に vegetatively にのみ生育 しているものと思われる。

生態調査や採集に協力をいただいた習志野市役所井 浦宏司主任技師,船橋市立船橋高等学校鳩貝太郎教諭, 日本大学習志野高等学校藤田隆夫教諭にお礼申し上げ る。

引用文献

- KUMANO. S. 1979. Morphological study of nine taxa of *Bostrychia* (Rhodophyta) from southwestern Japan, Hong Kong and Guam. Micronesica 15(1-2): 13-33.
- 黒木宗尚・山口栄男・吉田忠生・増田道夫 1980. 大 槌湾の海藻相(中間報告).東京大学海洋研究所大 槌臨海研究センター報告 5:25-35.
- 岡村金太郎 1907. 日本藻類図譜. 1(5):93-119.風間 書房,東京.
- POST. E. 1936. Systematishe und Pflanzengeographische Notizen zur *Bostrychia-Caloglossa*-Assotiation. Revue Algologique 9: 1-48.

- Post, E. 1941. Bostrychia Hamana-Tokidai sp. nov., eine neue südjapanische Bostrychia. Beihefte Bot. Centralbl. 61: 208-210.
- Post, E. 1962. Bostrychia-nicht tot zu kriegen. Botanica Marina 5(1): 9-18.
- SEGAWA, S. 1935. On the marine algae of Susaki, Prov. Idzu, and its vicinity. Scientific Papers of the Institute of Algological Reserch, Fac. of Sci. Hokkaido Imp. Univ. 1(1): 59-91, pls. 19-20.
- 田中 剛 1950. 桜島・佐多・開聞地域に 於ける 水産 生物相. 鹿児島国立公園候補地学術調査報告前編 108-122.
- 田中 剛 1953. 鹿児島湾の海藻雑報. 藻類 1(1):33 -34.

- TANAKA, T. and H. ITONO 1972. The marine algae from the island of Yonakuni-II. Memoirs of the faculty of Fisheries, Kagoshima University 21(1): 1-14.
- 時田 郇 1939. 二三海藻に 関する知見, 殊に邦産コ ケモドキ属に就て. 植物及動物 7(3): 522-530.
- 時田 郇 1941. 二三海藻に関する知見(2). 植物及動 物 9(1):49-56.
- 山本虎夫 1981. ホソアヤギヌ新分布地, 陸前高田.南 紀生物 23(1):49.
- YARISH, C. and P. EDWARDS 1982. A field and cultural investigation of the horizontal and seasonal distribution of estuarine red algae of New Jersey. Phycologia 21 (2): 112-124.

賛助会員	北海道栽培漁業振興公社 060 札幌市中央区北4西6 毎日札幌会館内
	阿寒観光汽船株式会社 085-04 北海道阿寒群阿寒町字阿寒湖畔
	海藻資源開発株式会社 160 東京都新宿区新宿 1-29-8 財団法人公衆衛生ビル内
-	協和醗酵工業株式会社バイオ事業本部バイオ開発部 100 東京都千代田区大手町 1-6-1 大手町ビル
	全国海苔貝類漁業協同組合連合会 108 東京都港区高輪 2-16-5
	K.K.白壽保健科学研究所·原 昭 邦 173 東京都板橋区大山東町 32-17
	有限会社 浜野顕微鏡 113 東京都文京区本郷 5-25-18
	株式会社ヤクルト本社研究所 189 東京都国立市谷保 1769
	山本海苔研究所 143 東京都大田区大森東 5-2-12
	秋山 茂商店 150 東京都渋谷区神宮前 1-21-9
	弘学出版株式会社 森田悦郎 214 川崎市多摩区生田 8580-61
	永田克己 410-21 静岡県田方郡韮山町四日町 227-1
	神協産業株式会社 742-15 山口県熊毛郡田布施町波野 962-1
	有限会社 シロク商会 260 千葉市春日 1-12-9-103

---- 学 会 録 事----

1. 日本藻類学会講演会及び懇親会

昭和58年10月3日,京都工芸繊維大学にて、日本植 物学会第48回大会の関連集会として、講演会と懇親会 が梅崎 勇氏(京都大)のお世話により開催された。 演題は,山本俊夫氏(京都教育大)による「生物地球 化学に関連した中国の各研究所の訪問して」と、熊野 茂氏(神戸大)による「中国科学院海洋研究所(青島) および水生生物研究所(武漢)を訪ねて」の二題であ った。

タドポンセ,坂東忠司,千原光雄,榎本幸人,原 慶 明,市村輝宜,出井雅彦,飯間雅文,巌佐耕三,亀井 博一, 笠原 均, 川井浩史, 黒木宗尚, 金綱善恭, 熊 野 茂, 增田道夫, 松江和則, 真山茂樹, 本村泰三, 武藤信子, 宮里禧美子, 中原紘之, 野崎久義, 岡本恒 美, 岡崎恵視, 小原一基, 奥田武男, 奥田一雄, 大葉 英雄、大谷修司、ロメオ・モデロ・Jr、阪井与志雄、 瀬戸良三, 白戸 爾, 館脇正和, 寺尾公子, 田中次郎, 梅崎 勇,渡辺 信(富山大),山本鎔子,山本俊夫, 出席者:鯵坂啓郎,秋山 優,アニシアキュ・フラ 吉崎 誠,山岸高旺,山根一哲,造力武彦。

新入会

住所変更

. ′

退

会 松原 淳 (茨城県) Swets Subscription Service (Holland) •

第1条 本会は日本藻類学会と称する。

第2条 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。

第3条 本会は前条の目的を達するために次の事業を行なう。

- 1. 総会の開催(年1回)
- 2. 藻類に関する研究会,講習会,採集会等の開催
- 3. 定期刊行物の発刊
- 4. その他前条の目的を達するために必要な事業
- 第4条 本会の事務所は会長が適当と認める場所におく。
- 第5条 本会の事業年度は1月1日に始まり、同年12月31日に終る。
- 第6条 会員は次の4種とする。
 - 1. 普通会員(藻類に関心をもち、本会の趣旨に賛同する個人で、役員会の承認するもの)。
 - 2. 団体会員(本会の趣旨に賛同する団体で,役員会の承認するもの)。
 - 3. 名誉会員(藻学の発達に貢献があり、本会の趣旨に賛同する個人で、役員会の推薦するもの)。
 - 4. 賛助会員(本会の趣旨に賛同し, 賛助会員会費を納入する個人又は団体で, 役員会の推薦するもの)。
- 第7条 本会に入会するには、住所、氏名(団体名)、職業を記入した入会申込書を会長に差出すものとする。
- 第8条 普通会員は毎年会費5,000円(学生は3,500円)を前納するものとする。但し,名誉会員(次条に定める名誉会長を含む)は会費を要しない。外国会員の会費は6,000円とする。団体会員の会費は8,000円とする。
- 第9条 本会には次の役員を置く。 会長 1名 幹事 若干名 評議員 若干名 会計監事 2名 役員の任期は2ヵ年とし重任することが出来る。但し、会長と評議員は引続き3期選出されることは出 来ない。役員選出の規定は別に定める(付則第1条~第4条)。本会に名誉会長を置くことが出来る。
- 第10条 会長は会を代表し、会務の全体を統べる。幹事は会長の意を受けて日常の会務を行う。会計監事は前年 度の決算財産の状況などを監査する。
- 第11条 評議員は評議員会を構成し、会の要務に関し会長の諮問にあずかる。評議員会は会長が招集し、また文書をもって、これに代えることが出来る。
- 第12条 1. 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。
 - 2. 「藻類」の編集・刊行のために編集委員会を置く。
 - 3. 編集委員会の構成・運営などについては別に定める内規による。

(付 則)

- 第1条 会長は国内在住の全会員の投票により、会員の互選で定める(その際評議員会は参考のため若干名の候 補者を推薦することが出来る)。幹事は会長が会員中よりこれを指名委嘱する。会計監事は評議員会の 協議により会員中から選び総会において承認を受ける。
- 第2条 評議員選出は次の二方法による。
 - 各地区別に会員中より選出される。その定員は各地区1名とし、会員数が50名を越える地区では50名 までごとに1名を加える。
 - 2. 総会において会長が会員中より若干名を推薦する。但し、その数は全評議員の½を越えることは出来 ない。

地区割は次の7地区とする。北海道地区。東北地区。関東地区(新潟,長野,山梨を含む)。中部地区 (三重を含む)。近畿地区。中国・四国地区。九州地区(沖縄を含む)。

- 第3条 会長,幹事及び会計監事は評議員を兼任することは出来ない。
- 第4条 会長および地区選出の評議員に欠員を生じた場合は,前任者の残余期間次点者をもって充当する。
- 第5条 会員がバックナンバーを求めるときは各号1.250円とし、非会員の予約購読料は各号2,000円とする。
- 第6条 本会則は昭和57年1月1日より改正施行する。

学会出版物

F記の出版物をご希望の方に頒布致しますので、学会事務局までお申し込み下さい。(価格は送料を含む)
1.「藻類」バックナンバー 価格、会員各号1,250円、非会員各号2,000円、30巻4号(1-30巻索引付)のみ会員3,750円、非会員5,000円、欠号:1巻1-2号、5巻1号、6-9巻全号.

 2. 「藻類」索引 1-10巻,価格,会員1,000円,非会員1,500円.11-20巻,会員1,500円,非会員2,000円.1-30巻,会員2,500円,非会員3,000円.

3. 山田幸男先生追悼号 藻類25巻増補. 1977. A 5 版, xxviii+418頁. 山田先生の遺影・経歴・業績一覧・ 追悼文及び内外の藻類学者より寄稿された論文50編(英文26, 和文24)を掲載. 価格5,500円.

4. 日米科学セミナー記録 Contributions to the systematics of the benthic marine algae of the North Pacific. I.A. ABBOTT・黒木宗尚共編. 1972. B 5 版, xiv+280頁, 6 図版. 昭和46年 8 月に札幌で開催 された北太平洋産海藻に関する日米科学セミナーの記録で, 20編の研究報告(英文)を掲載. 価格3,000円.

5. 北海道周辺のコンプ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「コンプに関する講演会」の記録. 4 論文と討論の要旨. 価格700円.

Publications of the Society

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

1. Back numbers of the Japanese Journal of Phycology (Vols. 1-28, Bulletin of Japanese Society of Phycology). Price, 1,500 Yen per issue for member, or 2,500 Yen per issue for non member, price of Vol. 30, No. 4, with cumulative index (Vol. 1-30), 4,500 Yen for member, or 6,000 Yen for non member. Lack: Vol. 1, Nos. 1-2; Vol. 5, No. 1; Vol. 6-Vol. 9, Nos. 1-3 (incl. postage, surface mail).

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

3. A Memorial Issue Honouring the late Professor Yukio YAMADA (Supplement to Volume 25, the Bulletin of Japanese Society of Phycology). 1977. xxviii+418 pages. This issue includes 50 articles (26 in English, 24 in Japanese with English summary) on phycology, with photographies and list of publications of the late Professor Yukio YAMADA. Y 6,000 (incl. postage, surface mail).

4. Contributions to the Systematics of the Benthic Marine Algae of the North Pacific. Edited by I.A. ABBOTT and M. KUROGI. 1972. xiv+280 pages, 6 plates. Twenty papers followed by discussions are included, which were presented in the U.S.-Japan Seminar on the North Pacific benthic marine algae, held in Sapporo, Japan, August 13-16, 1971. Y 4,000 (incl. postage, surface mail).

5. Recent Studies on the Cultivation of *Laminaria* in Hokkaido (in Japanese). 1977. 65 pages. Four papers followed by discussions are included, which were presented in a symposium on *Laminaria*, sponsored by the Society, held in Sapporo, September 1974. ¥ 700 (incl. postage, surface mail).

昭和 58 年 12 月 10 日 印刷 昭和 58 年 12 月 20 日 発行	編集	兼発	行者	_	三 浦	昭	雄
©1983 Japanese Society of Phycology				〒 108	東 京 郡 港 D 東京水産大学	[港南4- 植物学者	-5—7 女室内
茶転載	印	刷	所	〒 176	学術図書印 ^{東京都練馬区豊}	刷株式名 E#12丁目1	会社 3番地
不許複製	発	行	所	〒 108	日本藻	↓ 類 学 ≤ 港 南 4-	会 -5-7
Printed by GAKUJUTSU TOSHO Printing Co.					東京水産大学 振替 東京	植物学者 4 139	女室内 176

本誌の出版費の一部は文部省科学研究費補助金(研究成果刊行費)による。

第31巻 第4号 昭和58年12月20日



目 次

B.J. ハイメス・K.M. コール: Porphyra maculosa (紅藻植物) の不動胞子形成(英文)	225
清水 哲: 紅藻フイリタサとウスバタサの分類学的研究・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・(英文)	229
井上 勲・堀 輝三・千原光雄 : 海産プラシノ藻類の一新種 Pyramimonas lunata	
の微細構造と分類 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	238
太田雅隆: 褐藻チシマハバモドキの生物季節学的および形態学的研究・・・・・・・・・・・(英文)	250
P.M. シバリンガム: パーミューダ島で採集した海藻の徴量金属量 ・・・・・・・・・・・・(英文)	259
畑野智司・原 慶明・高橋正征: 赤潮鞭毛藻 Heterosigma akashiwo の鉛直移動	
習性に対する光照射と栄養物質の影響に関する予報 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	263
能登谷正浩: 函館,志海苔産イトフノリの併活・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	270
岩本康三・高橋幹男・庵谷 晃: 多摩川水系におけるヵワノリの分布・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	274
吉崎 誠・宮地和幸・加崎英男: 千葉県産タニコケモドキ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	280
→ · ◆ · ◆	

学会録事		284
------	--	-----

日本藻類学会