

The Japanese Journal of PHYCOLOGY

CONTENTS

Kazuo Okuda and Masakazu Tatewaki: A circadian rhythm of gametangium formation in <i>Pseudobryopsis</i> sp. (Chlorophyta, Codiales)	171
Shigeru Kumano: Two taxa of the section <i>Contorta</i> of the genus <i>Batrachospermum</i> (Rhodophyta, Nemalionales) from Iriomote Jima and Ishigaki Jima, subtropical Japan	181
Hiromu Kobayasi and Shigeki Mayama: Most pollution-tolerant diatoms of severely polluted rivers in the vicinity of Tokyo	188
Tomitaro Masaki, Hidetsugu Akioka and H. William Johansen: Phytogeographic characterization of articulated coralline algae (Rhodophyta) in Japan	197
P. M. Sivalingam: Biofuel-gas production from marine algae	207
Shigeru Kumano and Izumi Fujimoto: Diatom assemblages during the Holocene transgression at the Minato Bridge in Osaka Port along Osaka Bay	213
Masaharu Ohgai, Toraya Fujiyama and Hiroshi Kobe: On the life history of <i>Ulothrix</i> sp. (Chlorophyceae)	(in Japanese) 219
Minoru Saitow and Mitsuo Chihara: Laboratory culture and morphology of a marine centric diatom <i>Ditylum brightwellii</i> (1). General morphology and vegetative cell division	(in Japanese) 225
Review	
Ikuko Shihira-Ishikawa: Gigantic primary nucleus in <i>Acetabularia</i>	(in Japanese) 241
◆ ◆ ◆	
Notes	
Isamu Akatsuka: Nature of the idioblast in <i>Gelidiella</i> (Rhodophyta, Gelidiales)	(in Japanese) 235
Hiroe Okuda: Electron microscopic observations on brown alga <i>Undaria Pinnatifida</i> —on fine structure of its hair conceptacle and hair— ..	(in Japanese) 237
Isao Inouye and Takeo Horiguchi: Notes on microalgae in Japan (7)	234
Hiromu Kobayasi: A guide to the citation of plant names in a paper or report	256
Kazutosi Nisizawa: A short visit to China (2)	257
Obituary	259
Book Reviews	212, 218
Announcement	260

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 305 茨城県新治郡桜村天王台 1-1-1 筑波大学生物科学系内日本藻類学会宛にされたい。

The Japanese Society of Phycology

The Japanese Society of Phycology, founded in 1952, is open to all who are interested in any aspect of phycology. Either individuals or organizations may become members of the Society. The Japanese Journal of Phycology (SÔRUI) is published quarterly and distributed to members free of charge. The annual dues (1981) for overseas members are 6,000 Yen (send the remittance to the Business Center for Academic Societies Japan, 4-16, Yayoi 2-chome, Bunkyo-ku, Tokyo, 113 Japan).

Manuscript for the Journal should be addressed to the Japanese Society of Phycology, c/o Institute of Biological Sciences, The University of Tsukuba, Sakura-mura, Ibaraki-ken, 305 Japan.

昭和56, 57年度役員

会長：千原 光雄（筑波大学）
庶務幹事：原 慶明（筑波大学）
横浜 康継（筑波大学）
会計幹事：田中 次郎（筑波大学）
評議員：
秋山 優（島根大学）
広瀬 弘幸（神戸大学）
加崎 英男（東邦大学）
喜田和四郎（三重大学）
小林 弘（東京学芸大学）
右田 清治（長崎大学）
三浦 昭雄（東京水産大学）
中沢 信午（山形大学）
西澤 一俊（日本大学）
大森 長朗（山陽学園短期大学）
奥田 武男（九州大学）
阪井與志雄（北海道大学）
谷口 森俊（三重大学）
館脇 正和（北海道大学）
梅崎 勇（京都大学）
山岸 高旺（日本大学）

編集委員会：

委員長 堀 輝三（筑波大学）
幹事 渡辺 真之（国立科学博物館）
委員 秋山 優（島根大学）
" 有賀 祐勝（東京水産大学）
" 巖佐 耕三（大阪大学）
" 岩崎 英雄（三重大学）
" 黒木 宗尚（北海道大学）
" 小林 弘（東京学芸大学）
" 正置富太郎（北海道大学）
" 右田 清治（長崎大学）
" 西澤 一俊（日本大学）
" 吉田 忠生（北海道大学）

Officers for 1981-1982

President: Mitsuo CHIHARA (Univ. of Tsukuba)
Secretary: Yoshiaki HARA (Univ. of Tsukuba)
Yasutsugu YOKOHAMA (Univ. of Tsukuba)
Treasurer: Jiro TANAKA (Univ. of Tsukuba)

Members of Executive Council:

Masaru AKIYAMA (Shimane University)
Hiroyuki HIROSE (Kobe University)
Hideo KASAKI (Toho University)
Washiro KIDA (Mie University)
Hiromu KOBAYASI (Tokyo Gakugei University)
Seiji MIGITA (Nagasaki University)
Akio MIURA (Tokyo University of Fisheries)
Shingo NAKAZAWA (Yamagata University)
Kazutosi NISIZAWA (Nihon University)
Takeo OHMORI (Sanyo Gakuen Junior College)
Takeo OKUDA (Kyusyu University)
Yoshio SAKAI (Hokkaido University)
Moritoshi TANIGUCHI (Mie University)
Masakazu TATEWAKI (Hokkaido University)
Isamu UMEZAKI (Kyoto University)
Takaaki YAMAGISHI (Nihon University)

Editorial Board:

Terumitsu HORI (Univ. of Tsukuba), Editor-in-Chief
Masayuki WATANABE (National Science Museum), Secretary
Masaru AKIYAMA (Shimane University)
Yusho ARUGA (Tokyo University of Fisheries)
Kozo IWASA (Osaka University)
Hideo IWASAKI (Mie University)
Munenao KUROGI (Hokkaido University)
Hiromu KOBAYASI (Tokyo Gakugei University)
Tomitaro MASAKI (Hokkaido University)
Seiji MIGITA (Nagasaki University)
Kazutosi NISIZAWA (Nihon University)
Tadao YOSHIDA (Hokkaido University)

A circadian rhythm of gametangium formation in *Pseudobryopsis* sp. (Chlorophyta, Codiales)*

Kazuo OKUDA** and Masakazu TATEWAKI

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

OKUDA, K. and TATEWAKI, M. 1982. A circadian rhythm of gametangium formation in *Pseudobryopsis* sp. (Chlorophyta, Codiales). Jap. J. Phycol. 30: 171-180.

Coenocytic gametophytes of a macroscopic green alga, *Pseudobryopsis* sp., were grown under various environmental conditions to determine the factors controlling synchronous gametangium formation. The process of gametogenesis is controlled by a circadian rhythm which is maintained even under constant conditions, with continuous light or darkness. In the formation of gametangia by plants controlled by the rhythm of an L/D cycle, formation is periodic and synchronous, not only in individual plants, but also in a population of plants, even if individual plants had been given induction treatments at different times. Both light-dark cycle and temperature change act as entraining stimuli (Zeitgebers) for the endogenous rhythm. However, the former is more effective. The effects of the circadian rhythm of synchronous gametangium formation gradually decline in plants exposed to continuous light for a long period (more than 60 h) and to continuous darkness of more than 36 h, but in the former case, one dark break of more than 4 h recovers the rhythm. The process of gametogenesis itself may help entrainment of the circadian rhythm. A 4 h dark break affects a free running circadian rhythm and shifts specific phases of the rhythm. DCMU inhibits the process of gametogenesis but has no effect on the circadian rhythm. These results demonstrate that an endogenous circadian rhythm controls the timing of gametangium formation in the organism studied.

Key Index Words: circadian rhythm; gametangium formation; entraining stimulus (Zeitgeber); Pseudobryopsis.

Periodicity or the rhythm of reproductive activity has been studied in many algal species. Among these studies, BÜHNEMANN (1955) demonstrated that in the fresh water alga, *Oedogonium cardiacum*, sporulation shows a regular diel periodicity under a constant condition of light and temperature, and it is controlled by an endogenous circadian rhythm. Furthermore, RUDDAT (1960) investigated the circadian rhythm of sporula-

tion of the same species with various entraining stimuli and demonstrated that a transition of dark-to-light and a sudden temperature change may also act as an entraining stimulus for endogenous rhythms. These studies of *Oedogonium* have contributed much to our understanding of endogenous circadian rhythms in algae.

Among marine macroscopic algae, several species have displayed periodicity of reproductive activity controlled by endogenous rhythms. For example, the lunar rhythm of egg-release in *Dictyota* has been fully investigated (BÜNNING and MÜLLER 1961, MÜLLER 1962, VIELHABEN 1963) and also gamete formation and release in *Derbesia* has been reported to be controlled by an

* This study was supported by Grant-in-Aid No. 00554217 and No. 534028 from the Scientific Research Fund of the Ministry of Education, Science and Culture, Japan.

** Present address: Department of Biology, Faculty of Science, Kochi University, Kochi, 780 Japan.

endogenous rhythm at 4-5 day intervals (PAGE and SWEENEY 1968). However, with a few exceptions, including those mentioned above, most data are not clear regarding the demonstration of endogenous rhythms because of the incomplete presentation of laboratory conditions or difficulty in defining the natural conditions. These problems prevent unequivocal information as to the factors controlling reproductive activity. It seems, therefore, that there is no conclusive evidence regarding a circadian rhythm of reproductive activity in marine macroscopic algae.

The aim of the present study is to obtain positive evidence of gametogenesis controlled by an endogenous circadian rhythm in the marine coenocytic alga, *Pseudobryopsis* sp. and also to test responses to factors of light, dark, temperature, etc. as entraining stimuli for an endogenous rhythm in this alga.

Materials and Methods

Gametophytic plants of *Pseudobryopsis* sp. were collected at Ushuku (28°28'N; 129°43'E), Amami-Oshima, Japan in 1977 by Dr. S. ENOMOTO. and were maintained as axenic unialgal stock cultures grown in an artificial medium ASP₁₂ (PROVASOLI 1963) under 22°C and 14:10 h L:D cycle.

Monosiphonous sterile plants about 2 months old were selected and isolated from the stock cultures and single upright axes (ca. 10-30 mm in length) without any lateral ramelli were cut into pieces of 4-5 mm in length. Fifteen fragments were grown unialgally (but not axenically) as a pre-culture in a petri-dish (65×80 mm) containing 150 ml ASP₁₂ medium. They developed normally into mature gametophytes (15-20 mm in length) within 3 or 4 weeks.

For pre-cultures, the following growth conditions were employed for temperature-photoperiod regimes: 22°C, 14:10 h L:D cycle (14L/10D); 22°C, 10:14 h L:D (10L/14D); 22°C, 17.5:12.5 h L:D (17.5L/12.5D); 22°C, continuous light (L/L); 26°C for 14 h and 22°C for 10 h in continuous light (14TH/

10TL-L/L). Illumination was provided by Toshiba "cool white" fluorescent lamps (ca. 3000-4000 lux).

For periodicity experiments, the basal parts of two sterile (reproductively immature) plants grown under each pre-cultural condition for 3 or 4 weeks, were cut off and transferred into screw-cap test tubes (18×135 mm) containing 10 ml of a modification of ASP₁₂ medium (a modification containing nine-tenths dilution of NaCl, MgSO₄, MgCl₂, KCl, CaCl₂, Na₂SiO₃, and Tris, and one-thirtieth concentration of Na₂glyceroPO₄ and K₃PO₄). The test tubes were placed in a water bath (50×28×26 cm) made of transparent plastic (acrylic resin) boards containing about 25 l tap water. The water in the bath was stirred and kept at 26±0.1°C using a portable thermo-regulator (T-80, Tokyo Rikakikai Co. Ltd.). Culture test tubes were incubated in the water bath with lateral lights mounted behind a plastic board outside the bath wall. Continuous illumination was provided by Toshiba "cool white" fluorescent lamps (20 W×2) and a constant light intensity of about 6000 lux was maintained at the surface of the test tubes in the water.

In general, gametogenesis of this plant could be induced by cutting the sterile plant, changing the medium, and transferring plants to a higher temperature. Consequently, these treatments will be called an "induction treatment" or "inducing" gametangium formation in this paper.

For observation of the process of gametangium formation, a plant grown in the test tube was transferred to a glass slide, mounted in several drops of the medium and quickly observed under a microscope (×100). After observation the plant was put back in the test tube. Observations were done at intervals and four stages in the process of gametangium formation were recorded in alphabetical order (Fig. 1). At the initiation of gametangium formation (stage A) there was no difference in color between contents of the gametangium and its mother plant (Fig. 1A). Then the gametangium (stage B) increased in size and showed an increased

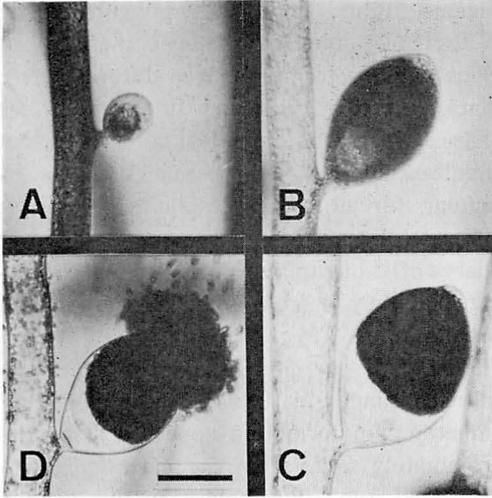


Fig. 1. The process of gametangium formation, which progresses synchronously in a plant, is divided into four stages. A. initial stage; B. further development of gametangium; C. mature gametangium; D. liberation of gametes. Scale: 50 μm .

intensity of color (Fig. 1B). It developed into a reproductively mature gametangium (stage C) which formed a distinct papilla at its distal end, with the contents massed toward its upper part (Fig. 1C). Finally, gamete liberation (stage D) occurred (Fig. 1D).

To determine the rhythm of gametangium formation, the number of stage B and C gametangia were counted as an index. Plants which attained reproductive maturity under 14L/10D were observed to produce different stages of gametangia at the time of transition from the dark to the light period. This gametangium formation was synchronous and periodic and continued for more than two weeks. One ramulus on the mature plant bore a few gametangia and produced gametangia repeatedly and periodically. Those gametangia produced on each ramulus at the same time developed into the same stage. Two plants pre-cultured in 14L/10D were given an induction treatment and placed in an L/L condition, and the number of gametangia at each stage (stage A, B, C and D of Fig. 1) was counted and plotted at 3 h intervals (Fig. 2). Among the four

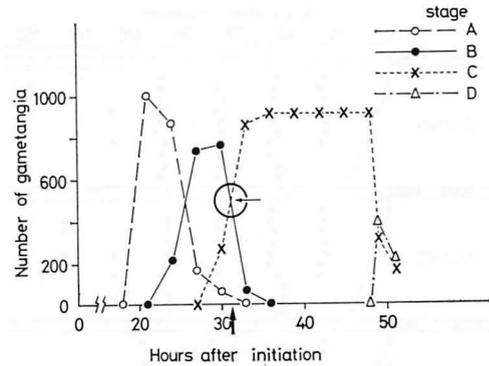


Fig. 2. Time course of gametangium formation. Point of intersection of decreasing line B and increasing line C (large open circle), i.e., the horizontal co-ordinate of the intersection (arrow), is regarded as the time of the formation of a series of gametangia. The time of initiation is the beginning of a continuous light period.

stages, stage C was most easily distinguished from the others because of a protoplasmic accumulation at the apex of the gametangium which separated it completely from its stalk as mentioned above. Consequently, the phase change from stage B to C could be exactly determined. As shown in Figure 2, the two lines plotting the numbers of gametangia of both stages B and C intersected nearly at 31 h (between 30 and 33 h). At this time there were as many stage C gametangia as stage B. Therefore, the phase of the rhythm for gametangium formation was given by counting the numbers of stages B and C at 3 h intervals in the present experiment.

To observe the effects of an inhibitor of rhythmical gametangium formation, DCMU was added to a modified medium at various concentrations and finally a concentration of 10^{-6} M was employed in this experiment. Plants were given induction treatments and cultured in the medium with 10^{-6} M DCMU for certain periods. Then DCMU was removed by washing them 3 times in fresh medium.

Results

Free-running rhythm of gametangium

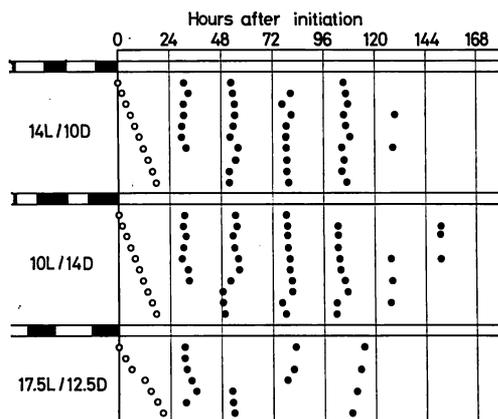


Fig. 3. Endogenous rhythm of gametangium formation of plants grown under 3 different light and dark cycles in pre-culture. Open and dark bar, \blacksquare = light and dark period in pre-cultures; open bar, \square = continuous light period in experimental cultures or pre-culture: \circ = a group, at the time of induction treatments; \bullet = phase (time) of the formation of series of gametangia. These symbols are used in the following figures unless otherwise mentioned. The time of initiation is the beginning of a continuous light period.

formation in plants pre-cultured under 3 different light-dark cycles: Plants pre-cultured under conditions of 14L/10D, 10L/14D and 17.5L/12.5D, respectively were given induction treatments at 2 h intervals and transferred into test tubes incubated in a water bath with an L/L regime.

Figure 3 shows the relationship between the time of induction and the time of gametangium formation in populations of plants grown in 3 different pre-culture conditions. In the population of plants pre-cultured under 14L/10D or 10L/14D, the plants induced before 12 h after initiation exhibited the first phase at about the same time (30–33 h). The second phase occurred at 52–56 h in these populations. The third and subsequent phases also occurred approximately at 76–81 h and 100–104 h, respectively. As mentioned above, the phases of synchronous gametangium formation in the populations of plants induced at different times appeared rhythmically at about 24 h intervals under a constant condition of con-

tinuous light. In plants pre-cultured in 17.5L/12.5D, the rhythmical manner of gametangium formation was different from that of the former group. In this case, the phases of gametangium formation were not simultaneous and their periodicity was irregular for all groups of plants induced at different times. In some groups the different phases of gametangium formation were lacking, but they were partly rhythmic as a population.

Timing by one dark break: In plants pre-cultured under L/L, the first phase of gametangium formation appeared after approximately 26 h from the induction treatment (Fig. 4A). The phases in this population were not synchronous, but in some groups of plants induced at different times, the successive phases of gametangium formation occurred periodically at about 24 h intervals. This suggests that the induction treatment itself is an entraining stimulus

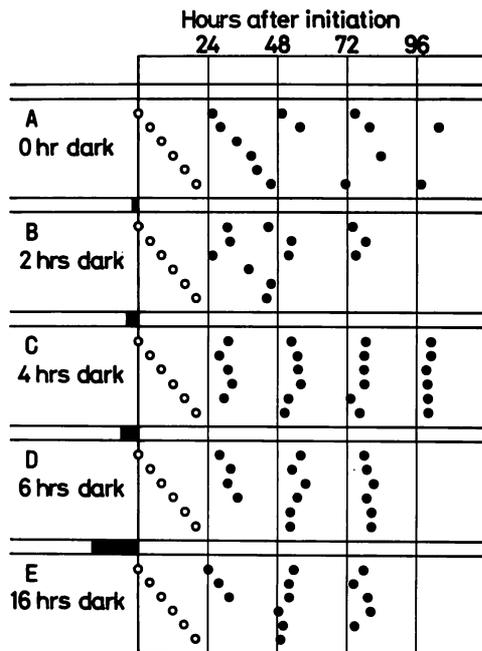


Fig. 4. Synchronous circadian rhythm in populations with one dark break during continuous light. The population of A, B, C, D and E were given one dark break (part of dark bar) for 0, 2, 4, 6 and 16 h respectively. The time of initiation is the end of a dark period.

for the circadian rhythm. In plants grown in L/L, however, the phases were changed by giving one dark break. Figure 4B shows the results for plants given a 2 h dark period. In this population, each phase of the groups induced at 0, 4 and 8 h after initiation appeared at about the same time, but were not simultaneous. In the population of plants given a 4 h dark period, however, each phase of the group induced at the times from 0 to 20 h appeared simultaneously (Fig. 4C). Also the populations of plants given 6 and 16 h dark periods showed the same results as plants given 4 h darkness (Fig. 4D-E). These results were quite similar to those obtained for plants pre-cultured in 14L/10D and 10L/14D. The phases of gametangium formation appeared at about the same time regardless of the different length of the dark break. This suggests that one continuous dark period of at least 4 h may recover the synchronous rhythm and periodic gametangium formation in a population of plants which has lost synchronization and periodicity under constant light. Thus the dark break is an entraining stimulus for the circadian rhythm of gametogenesis in this alga.

Synchronous gametangium formation by temperature cycle: Plants grown under conditions of 14TH/10TL-L/L (pre-cultural condition) for 14 days were transferred into L/L with a constant high temperature (26 °C, experimental condition) with induction treatments at 3 h intervals. The first phase of gametangium formation in the groups of plants given induction treatments from 0 till 12 h appeared at about the same time (36-40 h), but was delayed in other groups after 15 h, and appeared 31-33 h later (Fig. 5A). In some groups (those induced at 9 and 18 h), a diel periodicity could be observed.

In the population of plants exposed to the TH/TL cycle, the phases of gametangium formation appeared synchronously, whereas the control plants did not show any synchronous phase (cf. Fig. 4A). From this, it can be concluded that a temperature cycle given as a pre-cultural condition induces

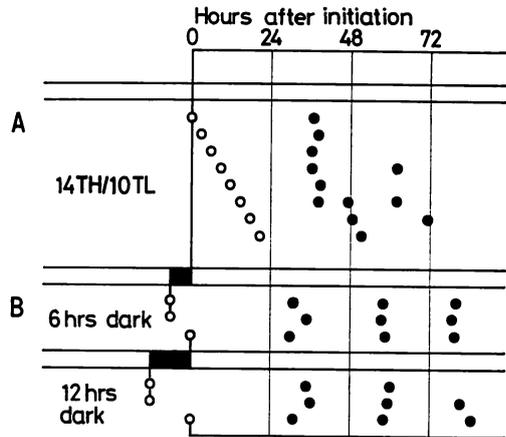


Fig. 5. Effect of temperature and one dark period on synchronous gametangium formation. 5A. Synchronization by temperature change, during the first phase in population grown in 14 TH/10 TL with continuous light in pre-culture. 26°C constant condition in experimental culture after hour 0. 5B. Synchronization by induction treatments with one dark break (part of dark bar). The time of initiation is the end of a dark period.

synchronous gametangium formation to some degree, regardless of the time of induction.

Although it only confirmed the results shown in Figures 4C-E, the following experiment was attempted to demonstrate the relationship between one dark break and induction treatments as entraining stimuli.

Plants pre-cultured under an L/L condition were given a single dark break for 6 h or 12 h and also given the induction treatment before or after the dark period followed by the continuous light period. In the populations of plants given induction treatments before the dark break of 6 h or 12 h, the phases of gametangium formation coincided approximately at both dark periods and appeared rhythmically at about 24 h intervals (Fig. 5B). There was no significant difference in either the length of the dark period or the time of induction. In the populations of plants induced after the dark break (6 h or 12 h), the occurrence of phases also nearly corresponded with that of the former (before the dark break). So, induction treatments produced no significant difference when given before or after the dark period. This sug-

gests that a single dark break is more effective than induction treatment as an entraining stimulus (Zeitgeber) for synchronous and periodic gametangium formation in this alga.

Disappearance of synchronous rhythms in gametangium formation: Plants grown under 14L/10D were transferred into a constant condition of continuous light (L/L) or darkness (D/D) to remove any exogenous rhythmic signal. After incubation under both conditions, two plants from each culture were taken out at 3 h intervals and given induction treatments.

In the population of plants exposed to continuous light for 57 h, the phases of gametangium formation were the same as those of plants exposed to the light for shorter periods (Fig. 6A). However, when plants were exposed to continuous light for more than 57 h, the phases appeared less simultaneously and gradually disappeared. On the other hand, in the population of plants exposed to continuous darkness for 33 h or less, the plants maintained their synchronous phases of gametangium formation. In plants exposed to the dark for more than 36 h, the phases did not appear simultaneously (Fig.

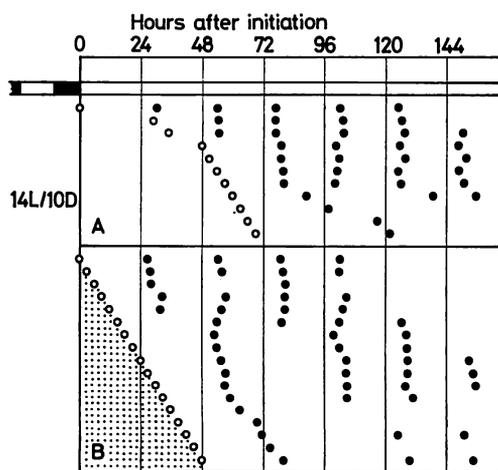


Fig. 6. Duration of endogenous rhythm under continuous light or dark conditions in plants. Dots in Fig. 6B show darkness after the last dark period in pre-culture. The time of initiation is the end of the last dark period in pre-culture.

6B).

The endogenous rhythms of a plant acquired during the L/D cycle were lost after 60 h when the plant was transferred to L/L or after 36 h in D/D. However, the circadian rhythm remained until at least the fifth phase even in L/L when plants attained reproductive maturity (cf. Fig. 3). It thus appears possible that this rhythm is entrained whenever the plant initiates gametogenesis by a circadian rhythm.

Phase-shift of a circadian rhythm by a single dark break: One dark period of more than 4 h is an entraining stimulus of the circadian rhythm controlling the phases of gametangium formation in this alga.

It was observed how the rhythmical phases of gametangium formation were influenced by a free-running circadian rhythm when exposed to a 4 h dark period at different times during an L/L condition. Plants grown in 14L/10D were given the induction treatment in the light period and were transferred into the L/L condition. Then they were exposed to a 4 h dark period at 2 h intervals from 0 h till 48 h (Fig. 7). In this population, the phases of gametangium formation were disturbed in the groups of

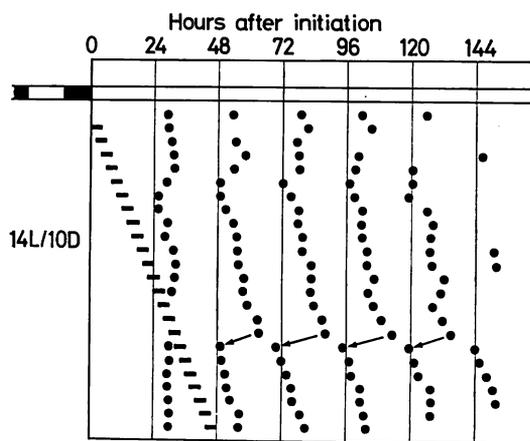


Fig. 7. Effect of a 4 h dark break at different times on the free running circadian rhythm. Short horizontal bar = 4 h dark break given to each group at 2 h intervals; Arrows = reverse of the phases from delay to advance after the second phases. The time of initiation is the end of the last dark period in pre-culture.

plants given a dark break at different times, particularly between the second phases and successive ones. In plants given the dark break between 8 h and 12 h, the phases were accelerated and in plants exposed to the dark between 14 h and 24 h the occurrence of phases was not greatly disturbed. However, in plants exposed to the dark between 26 h and 30 h the phases were gradually delayed, but were suddenly regained by almost one phase (about 24 h) in plants exposed to the darkness after 32 h.

As shown in Figure 7, an inverse sigmoid pattern of phase-shift is observed in the groups of plants given a dark period between 8 h and 30 h, and this continues periodically at about 24 h intervals for 144 h.

Effects of DCMU on gametangium formation: Although DCMU is a potent inhibitor blocking O_2 evolution during photosynthesis, it also suppressed gametangium formation at a concentration of 10^{-6} M in an experiment. Figure 8 shows the relationship between DCMU treatments and phases of gametangium formation in a population of plants grown in 14L/10D. DCMU at 10^{-6} M was added to the medium in each group of cultures for a specific period and then was removed. After removal of DCMU, in plants given the induction treatment gametangium formation appeared again. Each phase in the groups treated by DCMU appeared almost simultaneously. Although DCMU treatments of short and long duration completely inhibited gametangium formation, neither the phase nor the period of the rhythm was injured by its application.

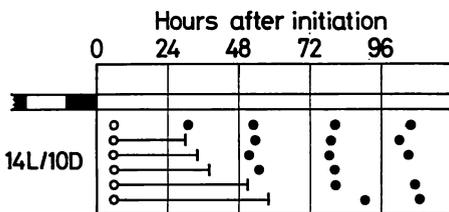


Fig. 8. Effect of DCMU on the phases of gametangium formation. — = period of plants exposed to DCMU at 10^{-6} M after induction treatment. The time of initiation is the beginning of a continuous light period.

These results suggest that only the "hand" (meaning the phenomenon controlled by a circadian rhythm) of a basic oscillator is affected by DCMU treatment, but not the oscillator itself.

Discussion

Processes of reproductive activity occur in many organisms depending on periodic changes of environmental conditions. However, if reproductive activity in those organisms is maintained by periodical rhythms under constant conditions, it should be determined whether the process is controlled by a certain endogenous rhythm. In macroscopic algae, endogenous rhythms controlling their reproductive activities have been reported in *Dictyota*, as a lunar rhythm of egg-production, in *Derbesia*, as a 4-5 day rhythm of gametogenesis, and in *Oedogonium*, as a circadian rhythm of asexual reproduction. As mentioned above, each species has a periodic and endogenous rhythm which may be species specific.

In the present study, it is confirmed that gametangium formation of *Pseudobryopsis* sp. is controlled by an endogenous circadian rhythm and the rhythm is maintained even under constant conditions. For example, a population of plants pre-cultured under a long day or short day condition, and given induction treatments at different times, shows control of gametangium formation by a diel rhythm even under continuous light. However, another population of plants grown in 17.5L/12.5D cycle (30 h photoperiod) shows a 24 h period of gametangium formation under the L/L condition, but not 30 h periodicity. These findings suggest that gametangium formation of *Pseudobryopsis* sp. is controlled by an endogenous circadian rhythm under constant conditions and that it also occurs independently of a shift of the light-dark cycle.

PAGE and KINGSBURY (1968) have demonstrated that sudden temperature change and medium renewal act as entraining stimuli for endogenous rhythms in gametogenesis

of *Derbesia*. In this study, we also employed induction treatments, such as cutting the plant, changing the medium and transferring thalli to higher temperatures for gametangium formation. Such induction treatments are to act as entraining stimuli. These induction treatments were given to plants in the same population at different times at specified intervals and it was observed whether periodic and synchronous gametangium formation occurred in the population or not. Further, we attempted to equalize the effects of environmental factors by including induction treatments for an endogenous rhythm. From these experiments, it is demonstrated that an endogenous rhythm is affected by light and dark conditions or temperatures. The induction treatment seems to act as an entraining stimulus and also as a coupling of a basic oscillator to the "hand" (gametangium formation) in plants grown under L/L conditions (cf. Fig. 4A), whereas it may act only as the coupling in plants grown under L/D conditions (cf. Fig. 3) or given one dark break in an L/L (cf. Fig. 4 C-E). In some case, however, it seems that the basic oscillator is entrained again by induction treatments because phases at 24 h intervals appear in groups of plants (at 18 h in Fig. 5A, 60 h in Fig. 6A, and 42 h and 48 h in Fig. 6B) given the treatments. Therefore, the effect of induction treatments may be variable according to the amplitude of the basic oscillator, with an increase and a decrease at respective time, especially as it induces an entrainment of the basic oscillator when the amplitude decreases.

In a leaf of *Vicia fava* grown under a 11L/13D cycle, the movement and change in nuclear size of the epidermal cells are controlled by a circadian rhythm even when it is transferred into an L/L condition, but no rhythm appears when the plant is cultured under the L/L condition from the beginning (WASSERMANN 1959). In *Pseudobryopsis* sp. the population of plants pre-cultured in an L/D cycle shows synchrony of gametangium formation when transferred to an L/L condition and the phases of formation

correspond to the endogenous rhythm. However, there is no synchrony of formation in the populations of plants pre-cultured under the L/L condition. So our results agree with the data on *Vicia fava* described by WASSERMANN.

It appears that one factor which controls the phases of endogenous rhythm in a population of plants is the length of the dark period inserted during L/L conditions. According to WASSERMANN (1959), in *Phaseolus multiflorus* grown under L/L conditions, the occurrence of leaf movement controlled by a circadian rhythm requires at least a 9 h dark period. In a population of *Pseudobryopsis* sp. plants grown under L/L conditions, synchrony of gametangium formation reappears after a single dark break of more than 4 h. These results indicate that one dark break acts as an entraining stimulus for an endogenous circadian rhythm.

WASSERMANN (1959) has considered that in *Vicia fava* grown under L/L conditions, the rhythmical phenomena of epidermal cells become free from the control of endogenous rhythms. In *Pseudobryopsis* sp. pre-cultured under L/L conditions, gametangium formation is not controlled by endogenous rhythms. Endogenous rhythms in populations of plants exposed to L/L conditions are lost on and after the fourth phase of gametangium formation and, in populations transferred to D/D conditions, endogenous rhythms are lost on and after the third phase. However, gametangium formation in plants controlled by endogenous rhythms appears synchronously and periodically until at least the sixth phase (for about 150 h) through the mechanism of circadian rhythm.

According to OKADA *et al.* (1978), in *Bryopsis maxima* a diel rhythm of photosynthesis was disturbed at the period when gametes are discharged from gametangia, but the rhythm reappeared with a larger amplitude after this period. Similarly, it is expected that an endogenous rhythm for gametangium formation in *Pseudobryopsis* sp. is amplified at every period of gamete liberation and is maintained synchronously for

many phases of gametangium formation in the same population of plants.

In zoospore production of *Oedogonium cardiacum*, a sudden temperature change acts as an entraining stimulus for an endogenous circadian rhythm (RUDDAT 1960). According to RUDDAT, in this circadian rhythm of zoospore production a strong fluctuation of phase occurs when thalli are given a low temperature during the primary light period rather than during the primary dark period. He has considered that there are two phases in the circadian rhythm; one, a high-tension period, reacts to a low temperature, and another, a low-tension period, does not easily respond to such a stimulus. These phases may alternate with each other. In *Pseudobryopsis* sp. the high-tension period for the circadian rhythm is the primary light period. There is a strong fluctuation of phases caused by one dark break of more than 4 h. The low-tension period is the primary dark period, which does not significantly change the phase of gametangium formation. The present alga appears to have a similar sensitivity to temperature changes as *Oedogonium*.

In general, the gametes of most marine algae do not survive for a long period after liberation from the mother plant, if they can not develop parthenogenetically. Therefore, the population of a species growing in the same habitat must be able to discharge gametes of both sexes synchronously by endogenous rhythms which are entrained by the same environmental factors. However, there are many difficulties in understanding the endogenous rhythms of reproductive activities in these algae, because of our lack of precise data, especially concerning the relationship between the rhythmic phenomena of morphology and the physiological or biochemical changes which occur during reproductive processes, including gametogenesis. The present investigation attempts to contribute to our understanding of endo-

genous rhythms and the controls of gametogenesis for algal species.

Acknowledgement

We are much indebted to Dr. S. ENOMOTO, Kobe University, for collecting the culture material from the field. We also wish to express our gratitude to Prof. Y. SAKAI, Hokkaido University, for his critical reading of the manuscript.

References

- BÜHNEMANN, F. 1955. Die rhythmische Sporenbildung von *Oedogonium cardiacum* Wittr. Biol. Zbl. 74: 1-54.
- BÜNNING, E. und MÜLLER, D. 1961. Wie messen Organismen lunare Zyklen? Z. Naturforschg. 16b: 391-395.
- MÜLLER, D. 1962. Über jahres- und lunarperiodische Erscheinungen bei einigen Braunalgen. Bot. Mar. 4: 140-155.
- OKADA, M., INOUE, M. and IKEDA, T. 1978. Circadian rhythm in photosynthesis of the green alga *Bryopsis maxima*. Plant and Cell Physiol. 19: 197-202.
- PAGE, J.Z. and KINGSBURY, J.M. 1968. Culture studies on the marine green alga *Halicystis parvula-Derbesia tenuissima*. II. Synchrony and periodicity in gamete formation and release. Amer. J. Bot. 55(1): 1-11.
- PAGE, J.Z. and SWEENEY, B.M. 1968. Culture studies on the marine green alga *Halicystis parvula-Derbesia tenuissima*. III. Control of gamete formation by an endogenous rhythm. J. Phycol. 4: 235-260.
- PROVASOLI, L. 1963. Growing marine seaweeds. In Proc. IV Int. Seaweed Symp. Pergamon Press. pp. 9-17.
- RUDDAT, M. 1960. Versuche zur Beeinflussung und Auslösung der endogenen Tagesrhythmik bei *Oedogonium cardiacum* WITTR. Z. Bot. 49: 23-46.
- VIELHABEN, V. 1963. Zur Deutung des semilunaren Fortpflanzungszyklus von *Dictyota dichotoma*. Z. Bot. 51: 156-173.
- WASSERMANN, L. 1959. Die Auslösung endogen-tagesperiodischer Vorgänge bei Pflanzen durch einmalige Reize. Planta 53: 647-669.

奥田一雄・館脇正和: *Pseudobryopsis* sp. (緑藻類ミル目) の配偶子嚢形成の概日リズム

海産多核緑藻 *Pseudobryopsis* sp. を種々の環境条件下で培養し、配偶子形成が概日リズムの制御によって同調的になし、周期的に起こることを明らかにした。配偶子形成を誘導する条件、明暗交代および温度変化は、この内在リズムの同調因子として作用する。配偶子形成の概日リズムは60時間以上の連続明期下、または36時間以上の連続暗期下で同調性を失ってくるが、前者の場合4時間以上の暗中断によって回復する。自由継続する概日リズムは、4時間の暗中断によって位相変移（前進または後退）を起こす時間帯を有する。DCMU は配偶子形成の過程を阻害するが、内在リズム自体には影響を与えない。(051 室蘭市母恋南町 1-13, 北海道大学理学部附属海藻研究施設)

Two taxa of the section *Contorta* of the genus *Batrachospermum* (Rhodophyta, Nemalionales*) from Iriomote Jima and Ishigaki Jima, subtropical Japan

Shigeru KUMANO

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

KUMANO, S. 1982. Two taxa of the section *Contorta* of the genus *Batrachospermum* (Rhodophyta, Nemalionales) from Iriomote Jima and Ishigaki Jima, subtropical Japan. Jap. J. Phycol. 30: 181-187.

This paper deals with the taxonomy of two taxa of the section *Contorta* of the genus *Batrachospermum*. One species and one variety are described here as new taxa: *Batrachospermum iriomotense* differs from *B. procarpum* in the size of the gonimoblast and from *B. intortum* in the absence of the monosporangia; *Batrachospermum tortuosum* var. *majus* differs from *B. tortuosum* in the size of the gonimoblast, carpospores and carpogonia. The biogeography of the genus *Batrachospermum* is also discussed here.

Key Index Words: *Batrachospermum*; *Batrachospermum iriomotense*; *Batrachospermum tortuosum* var. *majus*; *Nemalionales*; *Rhodophyta*; section *Contorta*; taxonomy.

The section *Contorta* was established by SKUJA (1931) as a tropical section for *Batrachospermum procarpum* SKUJA. The carpogonium bearing branch of this section is twisted spirally or bent like a hook. STARMACH (1977) included here *B. intortum* JAO 1941. The present author wishes to assign to this section *B. capensis* STARMACH 1975, *B. tortuosum* KUMANO 1978, *B. tiomanense* KUMANO et RATNASABAPATHY 1982 and *B. hirosei* RATNASABAPATHY et KUMANO 1982. In addition to the above mentioned species this paper deals with two taxa belonging to this section, viz., *B. iriomotense* KUMANO, sp. nov. and *B. tortuosum* KUMANO var. *majus* KUMANO, var. nov. from subtropical Japan. A key to the above mentioned taxa of the section *Contorta* is shown as follow:

KEY TO THE TAXA OF THE SECTION *Contorta*

1. Carpogonium bearing branch curved, consisting of 2-4 cells.
 2. Gonimoblast 220-300 μ m in diameter.
 - *B. tortuosum* KUMANO var. *majus* KUMANO, var. nov.
 2. Gonimoblast 50-60 μ m in diameter.
 - *B. tortuosum* KUMANO
1. Carpogonium bearing branch twisted, consisting of 3-8 cells. Gonimoblast 600-850 μ m in diameter. *B. capensis* STARMACH
1. Carpogonium bearing branch coiled, consisting of 6-13 cells.
 3. Gonimoblast up to 300 μ m in width.
 - *B. procarpum* SKUJA
 3. Gonimoblast smaller than 220 μ m in width.
 4. Monosporangia present.
 - *B. intortum* JAO
 5. Carposporangia 16-19 μ m long.
 - .. *B. iriomotense* KUMANO, sp. nov.
 5. Carposporangia 8-15 μ m long.
 6. Primary branchlet well-branched, its

* Many authors such as CHRISTENSEN (1962) and DIXON (1973) consider 'Nemaliales' to be the correct form. However, the author has followed FELDMANN (1976) in adopting this ordinal name, because J.G. AGARDH (1852) adopted *Nemalionis* in the genitive of *Nemalion*.

cells fusiform or ovoid.

.... *B. Hirosei* RATNA. et KUMANO

6. Primary branchlet sparsely branched, its cells cylindrical.

.. *B. tiomanense* KUMANO et RATNA.

Iriomote Jima and Ishigaki Jima

Iriomote Jima and Ishigaki Jima are islands situated at latitude 24°N and belong to the Yaeyama Shoto, a subtropical territory of Japan. Iriomote Jima is about 322 km² and has several rivers such as Urauchi-gawa and Hinai-gawa and small streams arising from peaks about 470 m above the sea level. Ishigaki Jima is about 258 km² and has several freshwater streams such as Miyaragawa and Ara-kawa arising from Omoto Dake about 526 m above the sea level.

Descriptions and Observations

1. *Batrachospermum iriomotense* KUMANO, sp. nov. (Figs. 1, 3)

Frons monoica, 4-5 cm alta, 150-240 μm crassa, plus minusve abundanter irregulariterque ramosa, parum mucosa, badia. Cellulae axiales cylindricae, 20-90 μm crassae, 80-310 μm longae. Verticilli in parte mediana frondis rotundato-pyriformes, plerumque contigui. Ramuli primarii abundanter ramificantes, ex 8-10 cellulis constantes; cellulae fasciculorum lanceolato-ellipticae vel fusiformes; pili rari. Ramuli secundarii numerosi, totum internodium obtegentes. Antheridia globosa, 3-7 μm diametro, in ramulis primariis et secundariis terminalia. Ramuli carpogoniferi e cellulis basi ramulorum primariorum orientes, longi, ex cellulis 8-12 disci- vel doliiformibus constantes, valde tortuosi;

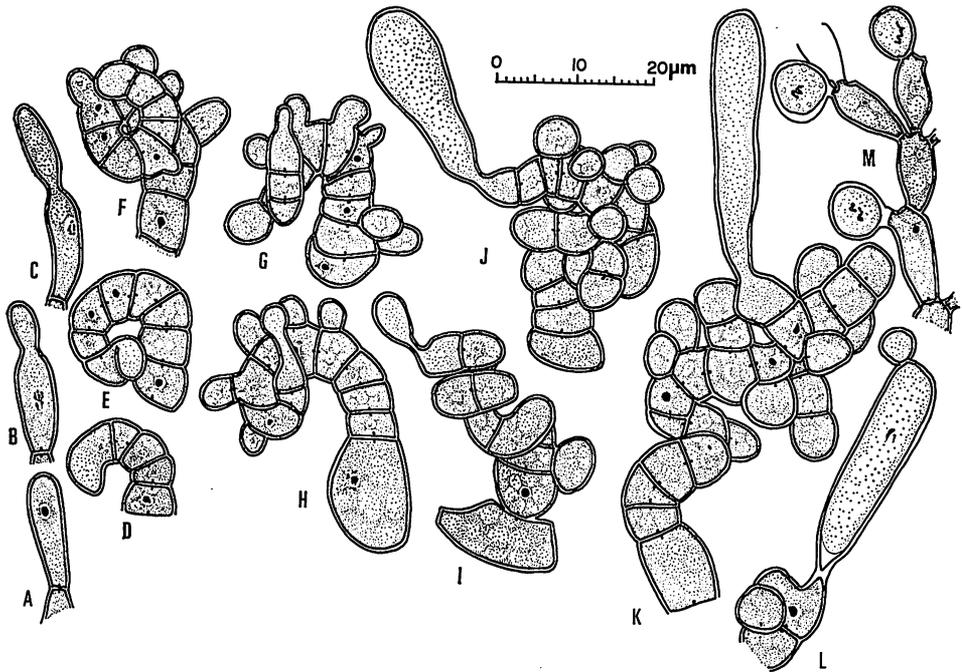


Fig. 1. *Batrachospermum iriomotense* KUMANO, sp. nov. A-C. The successive stages in nuclear divisions in a vegetative cells of a branchlet; D. A carpogonium initial at a very young stage and a carpogonium bearing branch; E-F. A carpogonium bearing branch coiled and twisted; G-H. The terminal portion of the carpogonium swelling out; I. The rounded initial of a trichogyne; J-K. A club-shaped trichogyne formed terminally on a carpogonium bearing branch, twisting twice or thrice; L. A fertilized carpogonium; M. The antheridia lateral or terminal on a primary branchlet.

carpogonium basi ca. $5\ \mu\text{m}$ crassum, apice $6\text{--}8\ \mu\text{m}$ crassum, $26\text{--}40\ \mu\text{m}$ longum; trichogyne claviformis, indistincte pedicellata, ad basim saepe flexa. Bracteae numerosae, breves. Gonimoblasti singli, semiglobosi, magni, $100\text{--}220\ \mu\text{m}$ crassi, $70\text{--}130\ \mu\text{m}$ alti, in centro verticilli inserti. Carposporangia ellipsoidea vel ovoidea, $12\text{--}14\ \mu\text{m}$ crassa, $16\text{--}19\ \mu\text{m}$ longa.

Fronde monoecious, 4–5 cm high, $150\text{--}240\ \mu\text{m}$ wide, more or less abundantly and irregularly branched, not very mucilaginous, reddish brown. Axial cells cylindrical, $20\text{--}90\ \mu\text{m}$ wide, $80\text{--}310\ \mu\text{m}$ long. Whorls in middle portion of frond rounded pyriform, very frequently touching each other. Primary branchlet abundantly branched, consisting of 8–10 cell-stories; cells of fascicles lanceolate-ellipsoidal or fusiform; hairs rare. Secondary branchlets numerous, covering all internode. Antheridia globose, $3\text{--}7\ \mu\text{m}$ in diameter, terminal on primary and secondary branchlets. Carpogonium bearing branch arising from

the basal cell of primary branchlet, long, consisting of 8–12 disc- or barrel-shaped cells, very twisted; carpogonium about $5\ \mu\text{m}$ wide at the base, $6\text{--}8\ \mu\text{m}$ wide at the apex, $26\text{--}40\ \mu\text{m}$ long; trichogyne club-shaped, indistinctly stalked, often bent at the base. Bracts numerous, short. Gonimoblast single, semiglobular, big, $100\text{--}220\ \mu\text{m}$ wide, $70\text{--}130\ \mu\text{m}$ high, inserted centrally. Carposporangia ellipsoidal or ovoid, $12\text{--}14\ \mu\text{m}$ wide, $16\text{--}19\ \mu\text{m}$ long.

Holotypus: Sira-gawa, Iriomote Jima, Okinawa, Japan (MATSUMOTO, 23/III 1974, Herbarium of Faculty of Science, Kobe University). Isotypus: Herbarium of Faculty of Science, Hokkaido University, SAP.

Habitat: This species grows on rock and stones in small mountain streams.

Distribution: Known from the type locality and Kedah Peak, Kedah, Malaysia (RATNASABATHY No. 108, 15/V 1979).

This species resembles *B. capensis* STAR-

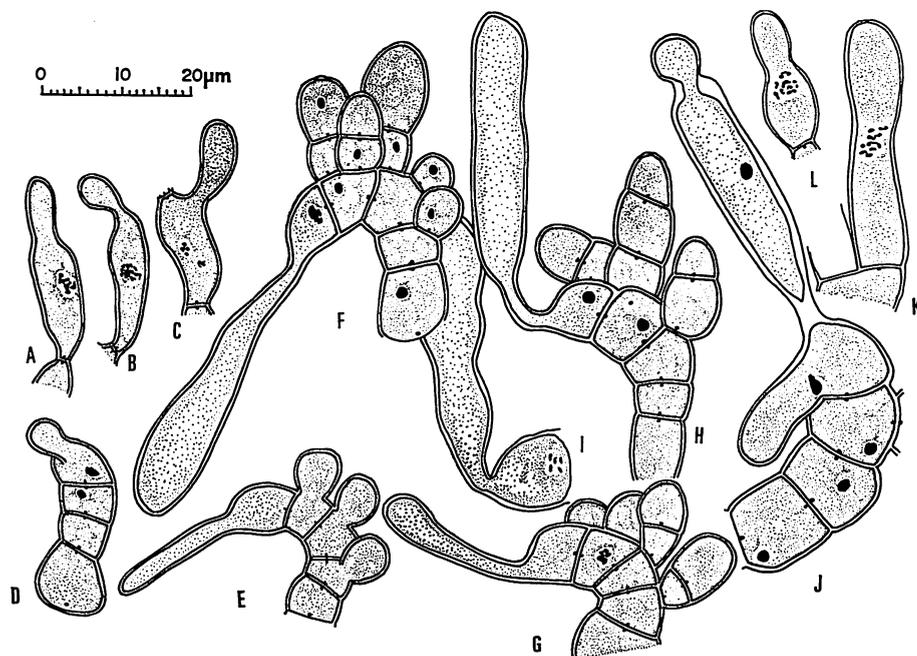


Fig. 2. *Batrachospermum tortuosum* KUMANO var. *majus* KUMANO, var. nov. A-C. The successive stages of nuclear divisions in a vegetative cell of a branchlet; D. A very young carpogonium bearing branch with a carpogonium initial; E-G. The curvature of a carpogonium bearing branch and the formation of a slightly asymmetrical trichogyne initial; H. A well-developed trichogyne bending at the base; I. A fertilized carpogonium; J. An initial of a gonimoblast filament; K-L. Terminal cells of the gonimoblast filaments.

MACH 1975 in general appearance, but differs in the size. In *B. capensis*, whorls are 400–580 μm wide, carpogonia 40–63 μm long, gonimoblasts 600–850 μm in diameter and carpospores 12–15 μm long, while in *B. iriomotense*, whorls are 150–240 μm wide, carpogonia 26–40 μm long, gonimoblast 100–220 μm wide and carposporangia 16–19 μm long. This species resembles more closely *B. intortum* JAO 1941 in the shape of the trichogyne, but differs in the absence of monosporangia.

Observations: Nuclear divisions of the vegetative branchlets occur after cell elongation as shown in Fig. 1 A–C. With the respect to the carpogonium the terminal cell of the carpogonium bearing branch swells out (Fig. 1 D–G), becomes the rounded initial of a trichogyne (Fig. 1 H–I) and turns into a club-shaped trichogyne with an indistinct

stalk (Fig. 1 J–L). The trichogyne is somewhat asymmetrical and sometimes bends at the basal portion consequently facing the outside of the whorl (Fig. 1 I–K). During the development, as the number of cells composed of a carpogonium bearing branch increases, it gradually grows to become coiled and twisted (Fig. 1 D–K). The number of twists may be two or three. After fertilization, the gonimoblast grows out into radially branched and somewhat loosely aggregated filaments, which form a hemispherical structure inserted centrally. The gonimoblast is very conspicuous although smaller than the whorl.

2. *Batrachospermum tortuosum* KUMANO var. **majus** KUMANO, var. nov.

(Figs. 2, 4)

Frons monoica, 4–7 cm alta, 330–600 μm

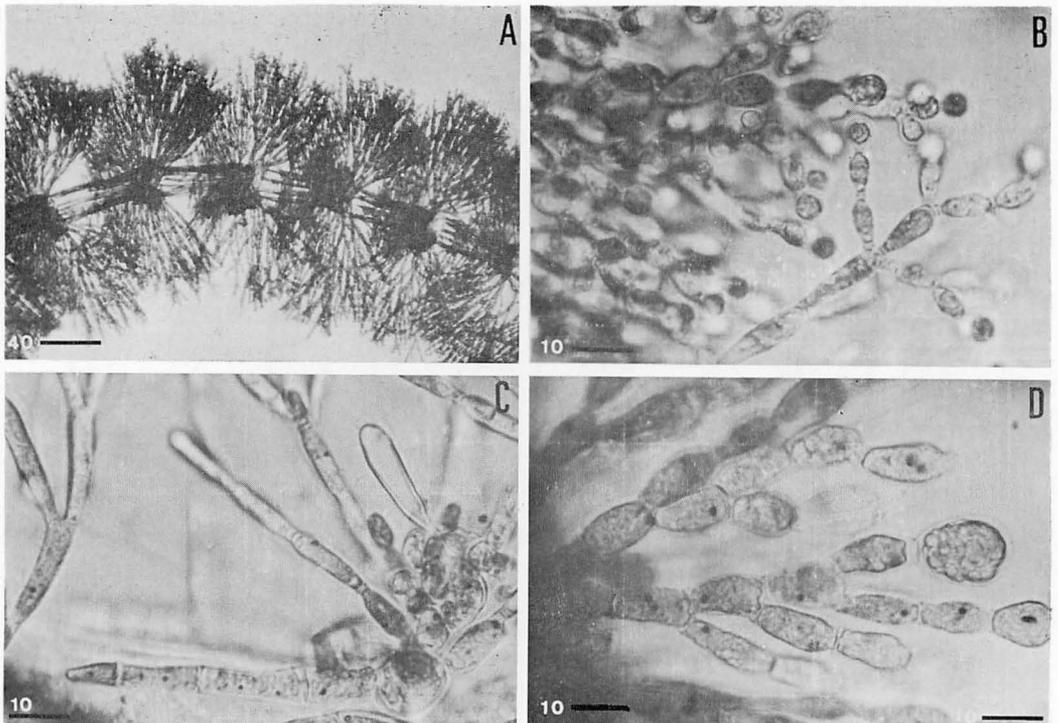


Fig. 3. *Batrachospermum iriomotense* KUMANO, sp. nov. A. A part of young thallus showing axial cells, primary branchlets, cortical filaments, secondary branchlets and young gonimoblasts inserted centrally; B. The antheridia lateral or terminal on primary branchlets; C. A club-shaped trichogyne formed on a twisted carpogonium bearing branch; D. The radially branched gonimoblast filaments, rather loosely aggregated and bearing carposporangia terminally. (Scale: 40 μm for A, 10 μm for B, C and D).

crassa, abundanter irregulariterque ramosa, parum mucosa, olivaceo-viridis. Cellulae axiales cylindricae, 30–60 μm crassae, 200–480 μm longae. Verticilli aut distantes et ellipsoidei aut contigui et plus minusve compressi. Ramuli primarii abundanter ramificantes, ex 10–12 cellulis constantes; cellulae fasciculorum pyriformes vel obovoideae; pili nulli. Ramuli secundarii longi, numerosi, mox totum internodium obtegentes. Antheridia globosa, 5–7 μm diametro, in ramulis primariis terminalia. Ramuli carpogoniferi e cellulis basi ramulorum primariorum orientes, 10–40 μm longi, ex cellulis 2–4 disci- vel dolii-formibus constantes, plus minusve curvi; carpogonium basi 8–9 μm crassum, apice 6–9 μm crassum, 33–60 μm longum; trichogyne claviformis, indistincte pedicellata, ad basim saepe flexa. Bracteae numerosi, breves. Gonimoblasti singli, semiglobosi, magni, 220–

300 μm crassi, 170–280 μm alti, in centro verticilli inserti. Carposporangia globosa vel ovoidea, 10–16 μm crassa, 14–19 μm longa.

Frond monoecious, 4–7 cm high, 330–600 μm wide, abundantly and irregularly branched, not very mucilaginous, olive-green. Axial cells cylindrical, 30–60 μm wide, 200–480 μm long. Whorls ellipsoidal and distant or touching each other and more or less compressed. Primary branchlet abundantly branched, consisting of 10–12 cell-stories; cells of fascicles pyriform or obovoid; hairs none. Secondary branchlets long, numerous, soon covering all internodes. Antheridia globose, 5–7 μm in diameter, terminal on primary branchlets. Carpogonium bearing branch arising from the basal cell of primary branchlet, long, consisting of 2–4 disc- or barrel-shaped cells, more or less curved; carpogonium 8–9 μm wide at the base, 6–9 μm wide at the apex,

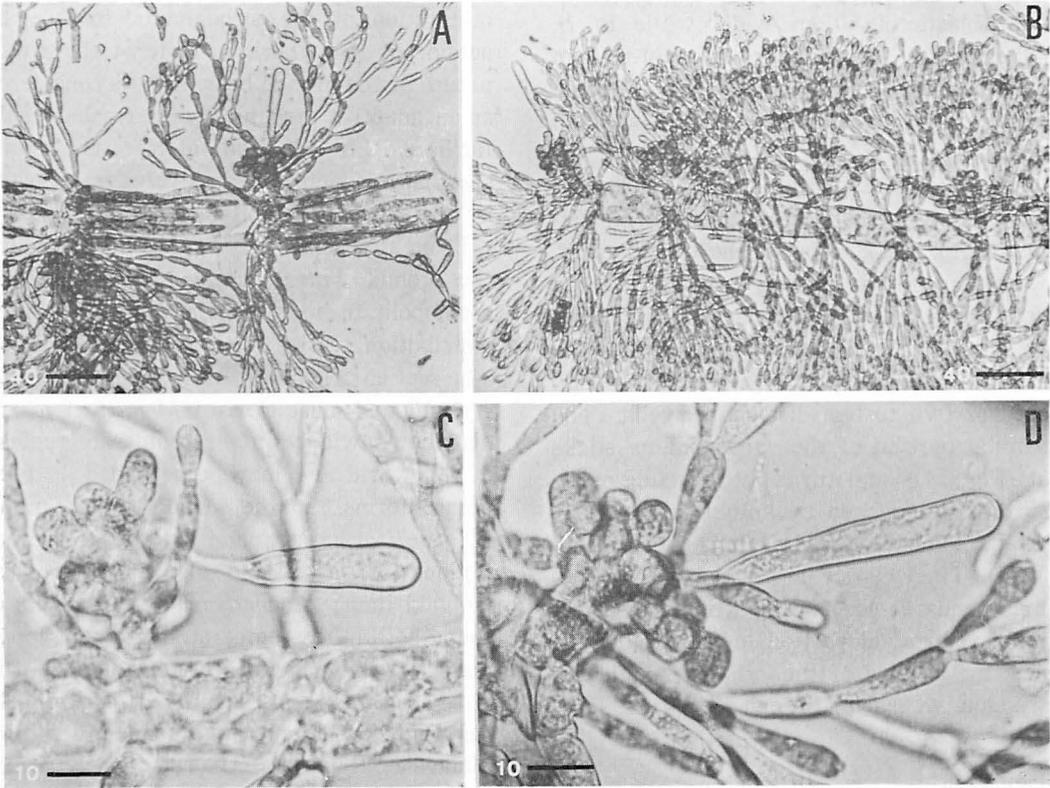


Fig. 4. *Batrachospermum tortuosum* KUMANO var. *majus* KUMANO, var. nov. A-B. A part of thallus showing axial cells, primary branchlets, cortical filaments and carpogonia with well-developed trichogynes; C-D. The curved carpogonium bearing branch with the long club-shaped trichogyne indistinctly stalked. (Scale: 40 μm for A and B, 10 μm for C and D).

33–60 μm long; trichogyne club-shaped indistinctly stalked, often bent at the base. Bracts numerous, short. Gonimoblast single, semiglobular, big, 220–300 μm wide, 170–280 μm high, inserted centrally. Carposporangia globose or ovoid, 10–16 μm wide, 14–19 μm long.

Holotypus: Miyara-gawa, Ishigaki Jima, Okinawa, Japan (KUMANO, 5/IV 1977, Herbarium of Faculty of Science, Kobe University). Isotypus: Herbarium of Faculty of Science, Hokkaido University, SAP.

Habitat: This variety grows on gravel in mountain streams.

Distribution: Known from the type locality and Urauchi-gawa, Iriomote Jima, Okinawa, Japan (MATSUMOTO, 23/III 1974).

This variety differs from *B. tortuosum* KUMANO 1978 in the size; in *B. tortuosum*, whorls are 200–300 μm wide, axial cells 40–170 μm long, carpogonia 30–35 μm long and gonimoblasts 50–60 μm wide, while in *B. tortuosum* var. *majus*, whorls are 330–600 μm wide, axial cells 200–600 μm long, carpogonia 33–60 μm long and gonimoblasts 220–300 μm wide.

Observations: The nuclear division of vegetative branchlets occurs after cell elongation (Fig. 2 A–C). During the development, the carpogonium bearing branch becomes curved (Fig. 2 E–H). The carpogonium bearing branch of this variety arises from the basal cell of primary branchlets and is composed of two to five disc-shaped cells. The terminal portion of the carpogonium sticks out (Fig. 2 D), and turns into a young cylindrical or club-shaped trichogyne initial (Fig. 3 E) built more or less asymmetrically (Fig. 2 E–H). The well-developed trichogyne sometimes bends at the basal portion (Fig. 2 H), thus the terminal portion of the trichogyne faces the outside of the whorl though the carpogonium bearing branch curves adaxially.

Discussion

The section *Contorta* had a characteristic in having a twisted or curved carpogonium bearing branch, but its length varies from

species to species. The cell number of the carpogonium bearing branch is reduced, being five to three in *B. tortuosum*, and four to two in *B. tortuosum* var. *majus*. In the latter the carpogonium bearing branch becomes curved and a big gonimoblast is inserted centrally within a whorl. The carpogonium bearing branch of *B. capensis* is composed of three to eight cells, and that of *B. iriomotense* is eight to twelve disc-shaped cells. However, in both these taxa the much coiled and twisted carpogonium bearing branch with the resultant central insertion of the large gonimoblast obscures the true length of the branch. The coiled carpogonium bearing branch is also found in the genus *Tuomeya*. Hence, it can be considered that there is a close phylogenetic relationship between the section *Contorta* of the genus *Batrachospermum* and the genus *Tuomeya*.

In both the new taxa described here, the orientation of the carpogonium to face the outside of the whorl, in spite of the coiled nature of the branch bearing it, is considered as an adaptive structural feature that could facilitate the adhesion of the non-motile spermatia which are passively transported by water to its vicinity.

From the biogeographical point of view, the genus *Batrachospermum* is generally cosmopolitan, however, the pattern of the distribution varies from species to species. The sections *Helminthoidea*, *Setacea*, *Viridia*, *Hybrida* and most taxa of *Moniliformia* are distributed widely in the temperate regions of the world and may be regarded as temperate forms. In the section *Moniliformia*, *B. moniliforme* is found in the temperate regions of Japan and also in subtropical Ishigaki Jima; *B. moniliforme* var. *scopula* is found both in the temperate regions of Japan and in Yaku Shima of subtropical Japan. *B. godronianum* is distributed more widely ranging from temperate Japan to tropical Malaysia (RATNASABAPATHY and KUMANO 1982a). Most taxa of the section *Contorta* have been reported from tropical regions; *Batrachospermum procarpum* reported from Brazil by SKUJA (1931), *B. capensis* from the

Seychelles by STARMACH (1975), *B. tortuosum* by KUMANO (1978), *B. tiomanense* and *B. hirosei* by RATNASABAPATHY and KUMANO (1982a, b) from tropical Malaysia. While *B. intortum* was reported from temperate China by JAO (1941), *B. iriomotense* and *B. tortuosum* var. *majus* are reported here from Iriomote Jima and Ishigaki Jima of subtropical Japan. On the other hand, *B. cylindrocellulare* (KUMANO 1978) and *B. lochmodes* (SKUJA 1938) of *Moniliformia* are limited to the tropical regions of Malaysia and Indonesia respectively. The section *Aristatae* has been regarded as a tropical one (SKUJA 1933), and in this connection the recent report by KUMANO (1978) on *B. beraense* of this section from Malaysia is of interest.

Acknowledgements

The author wishes to express his sincere thanks to Dr. H. HIROSE, Professor Emeritus of Kobe University and Dr. M. KUROGI of Hokkaido University for their critical reading of the manuscript. Grateful acknowledgement is expressed to Associate Professor M. RATNASABAPATHY of University of Malaya for his constructive criticism of the manuscript. Heartfelt thanks are also expressed to Ms. M. MATSUMOTO, a student of Tokyo Metropolitan University for collecting some of the specimens.

References

- AGARDH, J. G. 1852. Species genera et ordines algarum. II. Species genera et ordines Floridearum. Lund. p. 418.
- CHRISTENSEN, T. 1967. Two new families and some new names and combinations in the algae. *Blumea* 15: 91-93.
- DIXON, P. S. 1973. Biology of the Rhodophyta. Oliver & Boyd, Edinburgh.
- FELDMANN, J. 1976. Review; DIXON, P. S., Biology of the Rhodophyta. *Brit. Phycol. J.* 11: 202.
- JAO, Ch. 1941. Studies on the freshwater algae of China. VIII. A preliminary account of the Chinese freshwater Rhodophyceae. *Sinensia* 12: 245-290.
- KUMANO, S. 1978. Notes on freshwater red algae from West Malaysia. *Bot. Mag. Tokyo* 91: 97-107.
- RATNASABAPATHY, M. and KUMANO, S. 1982a. Studies on freshwater red algae of Malaysia. I. Some taxa of the genera *Batrachospermum*, *Ballia* and *Caloglossa* from Pulau Tioman, West Malaysia. *Jap. J. Phycol.* 30: 1-9.
- RATNASABAPATHY, M. and KUMANO, S. 1982b. Studies on freshwater red algae of Malaysia. II. Four taxa of Batrachospermaceae from Sungai Gombak and Sungai Pusu, Selangor, West Malaysia. *Jap. J. Phycol.* 30: 119-124.
- SKUJA, H. 1931. Einiges zur Kenntnis der brasilianischen Batrachospermen. *Hedwigia* 71: 78-87.
- SKUJA, H. 1933. Untersuchungen über die Rhodophyceen des Süßwassers. III. *Arch. Protistenk.* 80: 357-366.
- SKUJA, H. 1938. Die Süßwasserrhodophyceen der Deutschen Limnologischen Sunda-Expedition. *Arch. Hydrobiol. suppl. Bd.* 15: 603-636.
- STARMACH, K. 1975. Algae from montane streams on the Island of Mahe, in the Seychelles. *Acta Hydrobiol.* 17: 201-209.
- STARMACH, K. 1977. Phaeophyta and Rhodophyta. *In* Flora Slodkowodna Polski 14. Polska Akademia Nauk, Warszawa.

熊野 茂：亜熱帯日本の西表島と石垣島産カワモヅク属コントルタ節（紅藻ウミゾウメン目）の新種および新変種

西表島と石垣島からカワモヅク属コントルタ節の新種と新変種とが記載された。*Batrachospermum iriomotense* KUMANO は *B. procarpum* SKUJA とは嚢果の大きさが異り、*B. intortum* JAO とは単胞子を持たない点で区別できる。*B. tortuosum* KUMANO var. *majus* KUMANO は *B. tortuosum* KUMANO とは嚢果、果胞子および造果器の何れもが大型である点が異なる。カワモヅク属とツオメア属との類似点、カワモヅク属の分布なども考察された。(657 神戸市灘区六甲台町 神戸大学理学部生物学教室)

Most pollution-tolerant diatoms of severely polluted rivers in the vicinity of Tokyo*

Hiromu KOBAYASI and Shigeki MAYAMA

Department of Biology, Tokyo Gakugei University, Koganei-shi, Tokyo, 184 Japan

KOBAYASI, H. and MAYAMA, S. 1981. Most pollution-tolerant diatoms of severely polluted rivers in the vicinity of Tokyo. Jap. J. Phycol. 30: 188-196.

Samples of benthic diatoms were collected from five severely polluted, shallow and small tributary rivers in the vicinity of Tokyo and analysed according to LANGE-BERTALOT's method using differentiating diatom groups. Although dominant species or species composition of an association varied among samples collected in different seasons from the same station, the dominance of group 1 diatoms in all samples collected showed the high reliability of this method at least for the excessively polluted waters in Japan. Ten of eighteen taxa listed in LANGE-BERTALOT's group 1 are recorded and two taxa, *Achnanthes minutissima* var. *saprophila* var. nov. and *Pinnularia braunii* var. *amphicephala*, are proposed to be added to the group for the use of this method in Japan.

Key Index Words: *Achnanthes minutissima* var. *saprophila*; diatoms; indicator species; new variety; water quality.

Since a saprobic system was proposed by KOLKWITZ and MARSSON (1908), many methods using aquatic communities have been devised with respect to the determination of the degree of organic pollution. However, these methods have been repeatedly criticized by other authors as summarized by SLÁDEČEK (1973). LANGE-BERTALOT (1978, 1979a, b) has recently proposed a new method of determining the quality of running water using differentiating diatom species. This method appeared to be highly reliable in an examination of South African waters by SCHOEMAN (1979). Our recent studies (KOBAYASI and MAYAMA 1981) also indicate that his method correlated well with the chemical parameters measured.

Owing to the shallow and steep features of Japanese rivers, it seems to be necessary to reassess individual species of the groups

proposed by LANGE-BERTALOT (1979b). With regard to the most pollution-tolerant diatom group, he stated that the occurrence of this group alone cannot indicate a distinct level of saprobity. However, in order to evaluate Japanese species to be included in the LANGE-BERTALOT's group 1 to 3, it is necessary to carry out some research on the most pollution-tolerant diatoms found in the severely polluted waters in Japan.

Materials and Methods

Samples of benthic diatoms and water were collected from five severely polluted rivers in the vicinity of Tokyo (Fig. 1). Due to an increase in housing, a large amount of primary or secondary treated sewage loads are flowing into these rivers. The mean BOD₅ of these rivers measured by the Bureau of Environmental Protection of the Tokyo Metropolitan Government (TOKYOTO KANKYO HOZENKYOKU 1981) showed the polysaprobic level, being 10 to 30 mgO₂·l⁻¹

* This work was partly supported by Grant in Aid No. 503035 from the Scientific Research Fund of the Ministry of Education, Science and Culture, Japan.

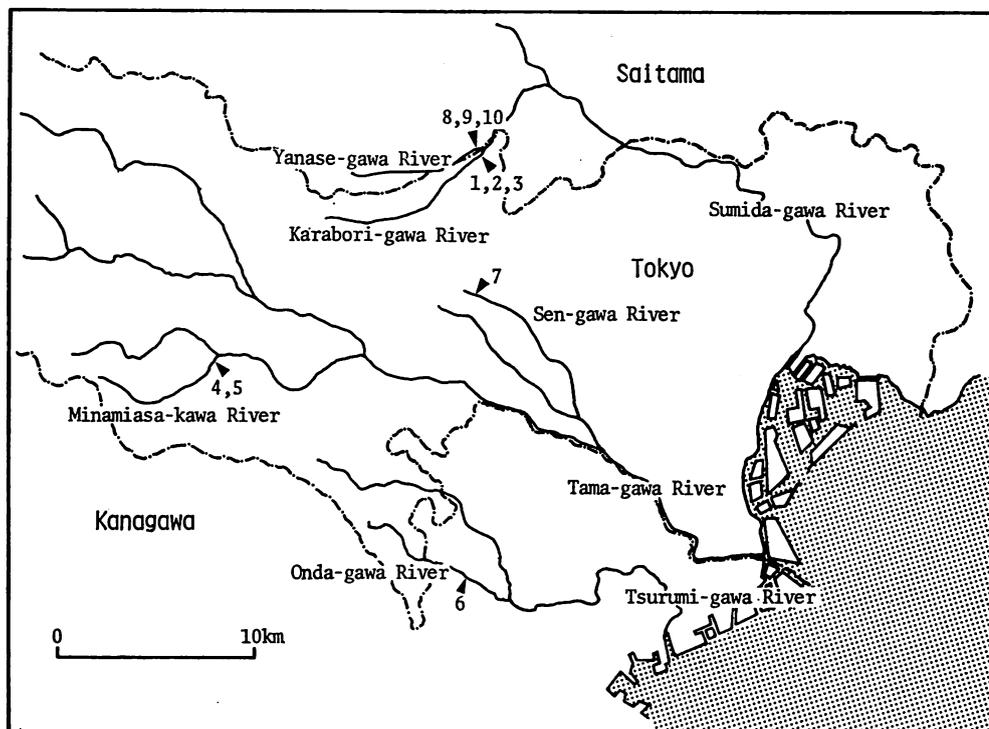


Fig. 1. A map showing sampling stations with sample numbers of the rivers investigated.

or over $30 \text{ mgO}_2 \cdot \text{l}^{-1}$ through the year. Sample 1, 2 and 3 were collected from the Karabori-gawa River, immediately above its confluence with the Yanase-gawa River. Sample 4 and 5 were collected from the Minamiasa-kawa River in front of the Waterworks Branch of Hachioji City. Sample 6 was collected from the Onda-gawa River above the Yaso-hashii Bridge. Sample 7 was collected from the Sen-gawa River in front of the Koganei Post Office. Sample 8, 9 and 10 were collected from the Yanase-gawa River, before its confluence with the Karabori-gawa River. The results of physical and chemical analysis are shown in Table 1.

Samples of attached diatoms were scraped off from stones more than 10 cm in diameter and fixed with formalin. The diatoms in these samples were cleaned with sulfuric acid and hydrochloric acid and mounted in Pleurax. When identification of living or nonliving cells was necessary, the fixed diatoms were dyed with acetocarmine

(GOTOH 1978), and mounted in Pleurax.

All species encountered in a number of transects across the prepared slide were identified and counted until a minimum of 500 valves had been scored (SCHOEMAN 1979). This number was enough to count the diatoms in this study, because the difference of the relative density of each taxon in a sample of the Minamiasa-kawa River was less than 1.5% between the counts of about 8,000 valves and about 600 valves (unpublished data).

In contrast to the continental rivers such as Rhein and Main etc., the Japanese ones are shorter and steeper, and therefore, O_2 can easily dissolve into the water. Sampling at the stations were generally performed within a depth less than 20 cm in this study. Therefore, O_2 -saturation rates could not be used for an indicator of the water quality combined with BOD_5 . We employed only BOD_5 values for the water quality evaluation.

Physical and chemical determination (Table 1) were carried out on water samples taken

Table 1. Physical and chemical data obtained for water samples from the rivers investigated in the vicinity of Tokyo. K: Karabori-gawa River, M: Minamiasa-kawa River, O: Ondagawa River, S: Sen-gawa River, Y: Yanase-gawa River.

Sample No.	River	Date	Water temp. (°C)	pH	O ₂ -saturation (% at 20°C)	Conductivity ($\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ at 25°C)	BOD ₅ ($\text{mgO}_2\cdot\text{l}^{-1}$)
1	K	1980/03/16	12.2	7.2	85.2	591	38
2	K	1980/05/14	21.0	7.0	81.1	533	79
3	K	1980/11/16	14.0	7.6	76.6	609	39
4	M	1980/03/1	7.5	7.4	91.3	338	24
5	M	1980/11/14	17.0	7.6	114.4	386	23
6	O	1980/05/7	19.0	7.3	86.0	444	29
7	S	1980/04/9	15.8	8.0	75.8	439	46
8	Y	1980/03/7	9.0	7.6	53.4	624	26
9	Y	1980/05/14	21.0	7.2	73.3	449	22
10	Y	1980/11/30	12.5	7.0	64.0	321	36

at the same time as the diatom samples. All samples for chemical analysis, except pH measured *in situ*, were brought to the laboratory and analyzed using standardized methods (NIPPON KIKAKU KYOKAI 1980).

Result and Discussion

As shown in Table 1, all BOD₅ measured were more than 22 mgO₂·l⁻¹ and these values showed the polysaprobic condition of LANGE-BERTALOT's system of classifying water quality (1979b) (Table 2). The high values of conductivity as ranged from 321 to 624 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ showed also the clear effect of the heavy organic loads. The amounts of dissolved NH₄-N, NO₃-N and PO₄-P measured by the Bureau of Environmental Protection of the Tokyo Metropolitan Government (TOKYO KANKYO HOZENKYOKU 1981) were also quite high.

On the other hand, the minimum O₂-saturation rate of 53.4% was measured in the case of Sample 8 and the maximum rate of 114.4% was in Sample 5. Therefore, these values corresponded to the level of β/α -mesosaprobic or better as indicated in the LANGE-BERTALOT's system (Table 2).

Table 3 is an alphabetical list of all the species encountered in this study with a percentage of their relative abundances at each sample. A total of 39 species and varieties from 8 genera were observed.

As seen in table 3 and Figs 2-13 a dozen taxa including ten LANGE-BERTALOT's group 1 species were recognized to be characteristic to the excessively polluted waters (underlined). This group of species occurred in high percentages in all samples, as shown at the bottom of the table.

Although the Japanese rivers were highly saturated by oxygen even at excessively polluted areas (Table 1), it appeared that the most pollution-tolerant taxa in Europe could also exist with high reproduction rates. Among the taxa composing the group, *Nitzschia palea* (Fig. 12), *Navicula seminulum* (Fig. 7) and *Navicula atomus* (Fig. 3) were most dominant at any one or more samples. *Nitzschia palea* occurred as a dominant species in five samples, *Navicula seminulum* occurred in four samples and *Navicula atomus* occurred in only one station. Any correlation between the occurrence of these three species and the environmental parameters measured as pH, O₂-saturation, conductivity

Table 2. Estimation of water quality from the groups of differentiating diatom species (Group 1-3) as summarized from LANGE-BERTALOT (1978, 1979b).

Percentages of three groups within the community		Water quality class indicated
Group 3	≥50 %	I (β-mesosaprobic), BOD ₅ <4mgO ₂ ·l ⁻¹ , (moderately polluted), O ₂ -saturation deficit <30 %
(Group 2 + 1)	<50 %	
Group 3	10 - 50 %	II/III (β/α-mesosaprobic), BOD ₅ <7mgO ₂ ·l ⁻¹ , (critically polluted), O ₂ -saturation deficit <50 %
(Group 2 + 1)	50 - 90 %	
Group 3	<10 %	III (α-mesosaprobic), BOD ₅ <13mgO ₂ ·l ⁻¹ , (heavily polluted), O ₂ -saturation deficit <75 %
Group 2	≥50 %	
(Group 1)	<50 %	
Group 3	<10 %	III/IV (α-meso/polysaprobic), BOD ₅ <22mgO ₂ ·l ⁻¹ , (very heavily polluted), O ₂ -saturation deficit <90 %
Group 2	10 - 50 %	
(Group 1)	40 - 90 %	
Group 3	<10 %	IV (polysaprobic), BOD ₅ ≥22mgO ₂ ·l ⁻¹ , (excessively polluted), O ₂ -saturation deficit ≥90 %
Group 2	<10 %	
(Group 1)	≥80 %	

and BOD₅ was not found except that with water temperature. *Nitzschia palea* was dominant in the samples collected from warm waters ranging from 15.8°C of Sample 7 to 21°C of Sample 2 and 9. *Navicula seminulum* was in the waters ranging from 9°C in Sample 8 to 14°C in Sample 3 and *Navicula atomus* was only in Sample 4 collected from 7°C water. Therefore, water temperature appears to be one of the important factors even in excessively polluted biotopes.

After careful examination, a number of species not listed in LANGE-BERTALOT's diatom groups were added. Each of these species has been empirically evaluated on the basis of its presence or absence in our considerable number of field studies according to the procedure suggested by LANGE-BERTALOT (1979a, b) and allocated to a relevant group, as follows:

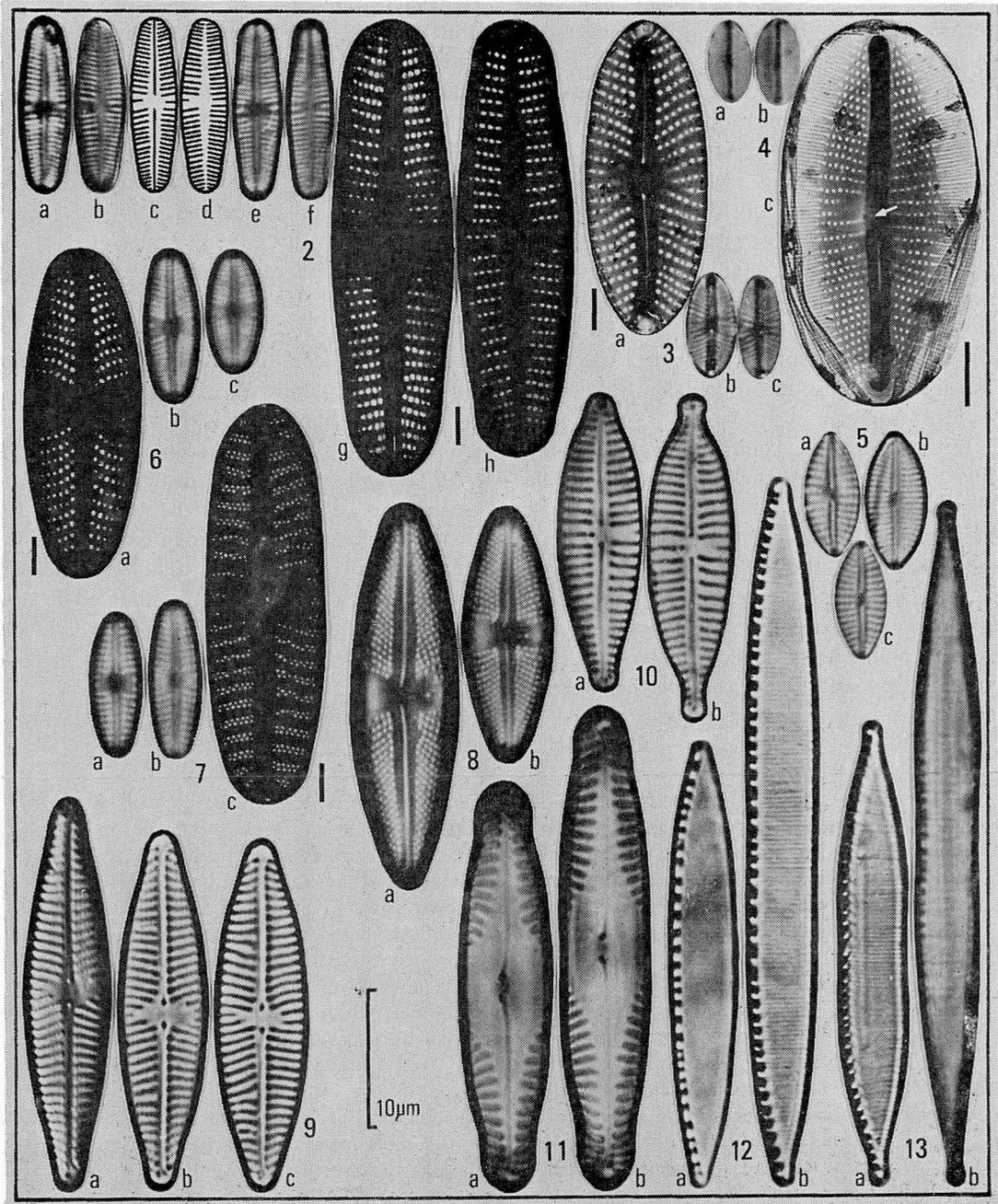
Achnanthes minutissima KUETZ. var. *saprophila* var. nov. (Fig. 2) and *Pinnularia braunii* (GRUN.) CL. var. *amphicephala* (MAYER) HUST. (Fig. 11) were placed in group 1, *Amphora fontinalis* HUST., *Fragilaria intermedia* (GRUN.) GRUN., *Gomphonema angustatum* (KUETZ.) RABH. var. *productum* GRUN., *Gomphonema angustatum* var. *undulatum* GRUN., *Gomphonema quadripunctatum* (OESTR.)

WISL., *Navicula acceptata* HUST., *Navicula excelsa* KRASSKE, *Navicula ventralis* KRASSKE and *Nitzschia intermedia* CL. and GRUN. in group 2, and *Fragilaria crotonensis* KITTON, *Navicula contenta* GRUN. var. *biceps* (ARNOTT) CL., *Nitzschia minuta* BLEISCH and *Nitzschia pusilla* (KUETZ.) GRUN. emend. LANGE-B. in group 3.

Achnanthes minutissima var. *saprophila* was observed in all samples (Table 3). However, its relative density in each sample was not very high. Maximum rates of 6.1 and 6.0 were only recorded at the Yanase-gawa River and the Minamiasa-kawa River. However, it was commonly found not only within the present samples but also in the samples collected from the other excessively polluted rivers. Recent LANGE-BERTALOT & RUPPEL's examinations (1980) dealing with a wide range of type materials of the infra taxa of *Achnanthes minutissima* var. *minutissima* have clearly realized the circumscription of this species. However, in addition to the above mentioned ecological difference, valves of var. *saprophila* have broadly rounded ends and less radiate terminal striae composed of densely arranged square shaped, often apically elongated puncta. It seems to be a new taxon as far as examined by transmission and scanning electron microscopy. We could

Table 4. Saprobic index estimated for the samples studied and corresponding water quality class; according to saprobic value of diatoms as far as proposed by SLÁDEČEK (1973, tab. 64).

	Sample No.									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Saprobic index	2.0	2.6	2.6	2.3	2.2	2.6	2.3	2.2	2.5	2.4
Water quality class	II	II/III	II/III	II/III	II	II/III	II/III	II	II/III	II/III



find specimens to be identified as var. *saprophila* which were collected from "Kläranlage Frankfurt-Bad Vilbel" by LANGE-BERTALOT and RUPPEL (1980, figs. 312, 313).

Pinnularia braunii (GRUN.) CL. var. *amphicephala* (MAYER) HUST., occurring characteristically in the acidic waters in Japan (NEGORO 1942, 1962), was found in six of ten samples, in relatively higher rates than *Achnanthes minutissima* var. *saprophila* being 9.5% and 8.1% in sample 2 and 3, which were collected from the severely polluted Karabori-gawa River. After careful examination with scanning electron microscopy, we could not find any difference between the valves of the present samples and those collected from other highly acidic biotopes such as Kusatsu Hotspring, Bokke-numa Hotspring on the shore of Akan-ko Lake, Ohwaku-dani Hotspring, Shiobara Hotspring, Naruko Hotspring and Jigokudani Hotspring in Mt. Osore-san.

With regards to *Navicula frugalis*, though this taxon occurred in four samples (Table 3), its relative densities were all less than 1% in the present samples. However, our observation on the other samples showed relatively higher percentages, more than 10%, in α -meso/polysaprobic waters (very heavily polluted) of which water qualities were little better than that of the present ones.

As stated by SCHOEMAN (1979), although the species composition may change seasonally, the taxa forming the association remain indicative of a particular environmental condition. The present results, using LANGE-BERTALOT's method, as mentioned above, consistently showed the same pollution level as that obtained by chemical analysis. Though the dominant species or the species composition of the association varied from sample to sample, even at the same sampling station, the abundance of the group 1 species remained constant and that of group 2 and 3 also remained at the level of less than 10%, as summarized in Table 2.

On the other hand, the saprobic index (PANTLE and BUCK 1955) calculated from the present data remained quite low, being 2.0 in Sample 1 to 2.6 in Sample 6 (Table 4). These values can only indicate β or β/α -mesosaprobic conditions. Since the saprobic index was originally devised using all aquatic organisms, saprobic values were not given to all diatom taxa as seen in SLÁDEČEK (1973), and therefore unsuitable results seemed to be obtained in the present study using only diatoms. In addition, the second reason may be the fact that the saprobic values have been generally estimated on the basis of pollution affinities of the individual species rather than their tolerances to pollution.

In conclusion, it may be said that LANGE-

Figs 2-13. Most pollution-tolerant taxa. 2. *Achnanthes minutissima* var. *saprophila* var. nov. a-d. Photomicrographs and figures of the holotype specimen. e, f. Specimens from the type slide. g, h. Raphe valve and rapheless valve showing poroids of the striae (TEM), from Minamiasa-kawa River; 3. *Navicula atomus*. a. Valve view showing striation (TEM), from Minamiasa-kawa River. b, c. Specimens from Minamiasa-kawa River; 4. *N. saprophila*. a, b. Specimens from Minamiasa-kawa River. c. Valve view showing densely striated marginal zone and a stigma (arrow) (TEM), from Minamiasa-kawa River; 5. *N. frugalis*. a-c. Variation in valve shape and density of striae, from Minamiasa-kawa River; 6. *N. minima*. a. Valve view showing striation (TEM), from Yanase-gawa River. b, c. Specimens from Minamiasa-kawa River; 7. *N. seminulum*. a, b. Specimens from Karabori-gawa River. c. Valve view showing double row of poroids of the striae (TEM), from Karabori-gawa River; 8. *N. goepertiana*. a, b. Specimens from Karabori-gawa River; 9. *N. veneta*. a-c. Specimens from Minamiasa-kawa River; 10. *Gomphonema parvulum*. a, b. Specimens from Minamiasa-kawa River; 11. *Pinnularia braunii* var. *amphicephala*. a, b. Specimens from Karabori-gawa River; 12. *Nitzschia palea*. a, b. Specimens from Minamiasa-kawa River; 13. *N. gandersheimiensis*. a, b. Specimens from Minamiasa-kawa River. Bars for each TEM phot. = 1 μ m.

BERTALOT's method is highly reliable and is practical for routine use in applied hydrobiology. However, a slight revision is needed in the species composition within the groups for useful application in the Japanese waters.

Description of a New Taxon

Achnanthes minutissima KUETZ. var. *saprophila* var. nov. (Fig. 2)

Valvae lineares marginibus subconvexis et apicibus latissime rotundatis et interdum leviter rostratis vel capitatis, 8-14.5 μm longae, 3-3.5 μm latae. Areovalva area axiali lanceolata et dilatata, striis transapicalibus leniter radiantibus, circiter 28 in 10 μm , paulo distantiores in media parte valvae et leniter densioribus ad apices versus, circiter 32 in 10 μm , tenuissime punctatis. Raphovalva raphae recta, area axiali lanceolata et dilatata, area centrali parva et transapicaliter dilatata, striis transapicalibus leniter radiantibus, circiter 28 in 10 μm , clare abbreviatis et distantibus in media parte valvae et leniter, densioribus ad apices versus, circiter 32 in 10 μm , tenuissime punctatis.

Valves linear with slightly convex margins and very broadly rounded and sometimes slightly rostrate or capitate ends, 8-14.5 μm long and 3-3.5 μm broad. Rapheless valve with lanceolately broadened axial area and slightly radiate transapical striae, about 28 in 10 μm , somewhat more distant in the center, and more dense about 32 in 10 μm near the ends, and delicately punctate. Raphe valve with straight raphe, lanceolately broadened axial area and transapically dilated small central area. Transapical striae slightly radiate, clearly distant and shortened in the middle, about 28 in 10 μm , more dense near the ends, about 32 in 10 μm , and delicately punctate.

This variety is very small. Therefore, it can only be clearly distinguished structurally by electron microscopy. However, its autecological feature is conspicuous. It was found restricted to severely polluted river stretches. It differs from the nominate variety by its rectangular puncta elongated

in the apical direction, less radiate striation at the valve ends and conspicuously widened axial area of the rapheless valve.

Holotype: H. K. T.-78 in coll. H. KOBAYASI
Iconotype: Fig. 2. a-d, photomicrographs and figures of the holotype specimen.

Type locality: Minamiasa-kawa River, tributary of the Tama-gawa River.

References

- GOTOH, T. 1978. On a judging method of living cells or nonliving cells in the study of the diatom vegetation. Jap. J. Pycol. 2: 68. (in Japanese).
- KOBAYASI, H. and MAYAMA, S. 1981. Comparative studies on the methods for water quality assessment using diatoms in severely polluted rivers. Water and Waste 23: 1190-1198. (in Japanese).
- KOLKOWITZ, R. and MARSSON, M. 1908. Ökologie der pflanzlichen Saprobien. Ber. dt. Bot. Ges. 26A: 505-519.
- LANGE-BERTALOT, H. 1978. Diatomeen-Differentialarten anstelle von Leitformen: ein geeigneteres Kriterium der Gewässerbelastung. Arch. Hydrobiol. Suppl. 51: 393-427.
- LANGE-BERTALOT, H. 1979a. Toleranzgrenzen und Populationsdynamik benthischer Diatomeen bei unterschiedlich starker Abwasserbelastung. Arch. Hydrobiol. Suppl. 56: 184-219.
- LANGE-BERTALOT, H. 1979b. Pollution tolerance of diatoms as a criterion for water quality estimation. Nova Hedw. Beih. 64: 285-304.
- LANGE-BERTALOT, H. and RUPPEL, M. 1980. Zur Revision taxonomisch problematischer, ökologisch jedoch wichtiger Sippen der Gattung *Achnanthes* BORY. Arch. Hydrobiol. Suppl. 60: 1-31.
- NEGORO, K. 1942. Die Diatomeenvegetation der Isobe-Mineralquellen. Bot. Mag. Tokyo 56: 392-404. (in Japanese).
- NEGORO, K. 1962. Algae and mosses in the mineralogenous acidotrophic inland-waters of Japan. Acta. Phytotax. Geobot. 20: 314-321. (in Japanese).
- NIPPON KIKAKU KYOKAI 1980. JIS Handbook Vol. 10, Kogai Kankei-1980 (In the public nuisance). Nippon Kikaku Kyokai (Japanese Standards Association), Tokyo.
- PANTLE, R. and BUCK, H. 1955. Die biologisch Überwachung der Gewässer und die Darstellung der Ergebnisse. Gas- u. Wasserfach. 96: 604.

- SCHOEMAN, F.R. 1979. Diatoms as indicators of water quality in the upper Hennops River. *J. Limnol. Soc. sth. Afr.* 5: 73-78.
- SLÁDEČEK, V. 1973. System of water quality from the biological point of view. *Arch. Hydrobiol. Beih.* 7: 1-218.
- TOKYO KANKYO HOZENKYOKU 1981. Showa

55-nendo Tonai Kasen Naiwan no Suishitsu Sokutei Kekka (Data obtained by the survey of water quality of rivers and estuaries in Tokyo, 1980). Tokyo Kankyo Hozenkyoku Suishitsu Hozenbu (Water Quality Protection Division of Tokyo Metropolitan Government), Tokyo.

小林 弘・真山茂樹：東京近郊の強腐水河川に見られるケイソウの耐性種群について

東京近郊にある著しく汚濁された5河川から得た10試料を選び、LANGE-BERTALOT法による水質判定法の検討を行った。同じ地点からの試料でも、採取時期が異ると、その優占種も群落の種構成も異った。しかし識別ケイソウ群という観点からまとめると、いずれの地点においても極めて共通する値が得られた。このことはLANGE-BERTALOT法の高い信頼性を示したものと見える。今回の試料からはLANGE-BERTALOTの識別ケイソウ群-1にあげられている18分類群のうち10分類群が得られた。また本邦の河川でこの群に加えるべき特徴的な分類群として、*Achnanthes minutissima* var. *saprophila* var. nov. と *Pinnularia braunii* var. *amphicephala* を提案した。(184 小金井市貫井北町4-1-1 東京学芸大学生物学教室)

Phytogeographic characterization of articulated coralline algae (Rhodophyta) in Japan

Tomitaro MASAKI*, Hidetsugu AKIOKA** and H. William JOHANSEN***

* *Laboratory of Marine Botany, Faculty of Fisheries, Hokkaido University, Hakodate, 041 Japan.* ** *Laboratory of Biology, Hokkaido Kyoiku University, Hakodate Branch, Hakodate, 040 Japan.* *** *Department of Biology, Clark University, Worcester, Massachusetts 01610, U. S. A.*

MASAKI, T., AKIOKA, H. and JOHANSEN, H.W. 1982. Phytogeographic characterization of articulated coralline algae (Rhodophyta) in Japan. Jap. J. Phycol. 30: 197-206.

From published floras, collections in herbaria, and our own field studies, the distributions of 35 species in ten genera of articulated Corallinaceae in Japan were plotted. Japan was divided into 14 coastal segments for purposes of understanding distributions of the genera and a few prominent species, such as *Corallina officinalis*. *Bossiella* is restricted to the north. Only *Corallina pilulifera* occurs in all the coastal segments. Present in mid and northern Honshu, but not in the extreme north and south of Japan, are *Calliarthron*, *Serraticardia*, *Yamadaea* and two species of *Corallina*, *C. sessilis* and *C. squamata*. From Kyûshû and Shikoku to northern Honshu occur *Marginisporum*, *Corallina officinalis* and, especially in the north, *Alatocladia*. *Amphiroa* and *Jania* have some species that reach into southern and western Hokkaido, and others that extend into the Ryûkyû Islands. *Cheilosporum* has been reported only from the Ryûkyû Islands and southern Japan. Research on the distributional and seasonal aspects of reproduction as well as nomenclature and taxonomy should be carried out. It would be interesting to study the patterns of articulated coralline phytogeography throughout the North Pacific Ocean.

Key Index Words: Articulated Corallinaceae; geographic distribution; nomenclature; Rhodophyta; taxonomy.

Japan, southern Australia, western North America, and eastern South Africa are major geographic areas endowed with a great diversity of articulated coralline algae (Corallinaceae, Rhodophyta). About 40 species have been recorded from Japan and, although our ongoing studies of these algae suggest that this is an inflated number, the flora is rich. OKAMURA (1936), based on the pioneering studies by YENDO (1902a, b 1905), included 38 species, and *Yamadaea melobesoides* SEGAWA (1955) and *Jania capillacea* HARVEY (TANAKA 1965) were later added to the Japanese flora. Of the 15 genera of articulated coralline algae currently recognized (JOHANSEN 1981) 10 occur in Japan. *Haliptilon* is notable for its absence, but it may be

revealed in subsequent exploration in the southern islands.

The importance of the sea to the livelihood of the Japanese people has fostered many studies of regional marine floras, and these published papers include articulated coralline algae. These publications form one source of data for the present work. Second, numerous collections, both by us and others, are available in herbaria in Japan as well as in other countries. These specimens constitute our second source of data. By combining all the distributional information available to us we have been able to characterize the phytogeography of articulated coralline algae in Japan, and this is presented below.

A second goal of this work was to determine possible relationships that the distribution of articulated coralline algae may have with seawater temperature. Casual observations suggest that some genera are primarily present in colder waters, for example, *Bossiella* and *Corallina*, whereas others are more tropical, for example, *Amphiroa* and *Jania*. The presence of a wide range of temperatures from the south to north of Japan makes it important to do this in order to understand the phytogeography of these plants. The importance of coastal currents and seawater temperatures on the distribution of crustose coralline algae off Hokkaido was shown by ADEY *et al.* (1976). Although taxonomic studies have resolved most problems of systematics and nomenclature at the generic level, there are still many unresolved questions regarding the species reported from Japan. For example, the entity called *Corallina squamata* needs to be examined; the name is based on a European species recently transferred to *Haliptilon* (JOHANSEN *et al.* 1973). Therefore, the main goal of this paper is to characterize distribution of the genera, with data on the species ancillary. Studies currently under way are aimed at correcting the taxonomic and nomenclatural problems that still exist.

The ten genera of articulated Corallinaceae present in Japan are assigned to subfamilies and tribes (see JOHANSEN and SILVA 1978) according to the scheme below (JOHANSEN 1981).

Subfamily Amphiroideae JOHANSEN

Tribe Amphiroeae

Genus *Amphiroa* LAMOUROUX

Subfamily Corallinoideae

Tribe Corallineae

Genera *Alatocladia* (YENDO) JOHANSEN

Bossiella SILVA

Calliarthron MANZA

Corallina LINNAEUS

Marginisporum (YENDO)

GANESAN

Serraticardia (YENDO) SILVA

Yamadaea SEGAWA

Tribe Janieae JOHANSEN et SILVA

Genera *Cheilosporum* (DECAISNE)

ZANARDINI

Jania LAMOUROUX

Materials and Methods

Tabulations of the articulated coralline algae were made from more than 100 floras from many parts of Japan most published in the last 30 years. The papers are not listed.

Hundred of collections were determined and recorded. Specimens from the following herbaria were incorporated into determining the ranges: British Museum (Natural History), London (BM); Laboratoire de Botanique, Faculté des Sciences, Caen (CN); Clark University, Worcester, Massachusetts (CUW); Laboratory of Marine Botany, Faculty of Fisheries, Hokkaido University, Hakodate (HAK); Herbarium, Royal Botanic Gardens, Kew (K); Rijksherbarium, Leiden (L); Botanical Institute, Faculty of Science, University of Tokyo (TI); University of British Columbia, Vancouver (UBC); University of California, Berkeley (UC); U. S. National Museum, Smithsonian Institution, Washington, D. C. (US).

Our collections, mostly from Hokkaido, but also from places like Shikoku, Ryûkû and Izu Islands have helped fill out gaps in the ranges of several genera. These specimens are in CUW and HAK.

Temperature data are from a Marine Environmental Atlas compiled by Japan Oceanographic Data Center in 1978.

Results

This survey of the articulated coralline algae in Japan and the associated smaller islands will proceed in a counterclockwise direction and should be done with reference to Figure 1 and Table 1. At Soya Misaki, the northernmost point of Japan, there occur only two species of articulated coralline algae, one in *Bossiella* and the other in *Corallina*. *Corallina pilulifera* is the only species present in all the coastal segments used in this paper. Southward from Soya

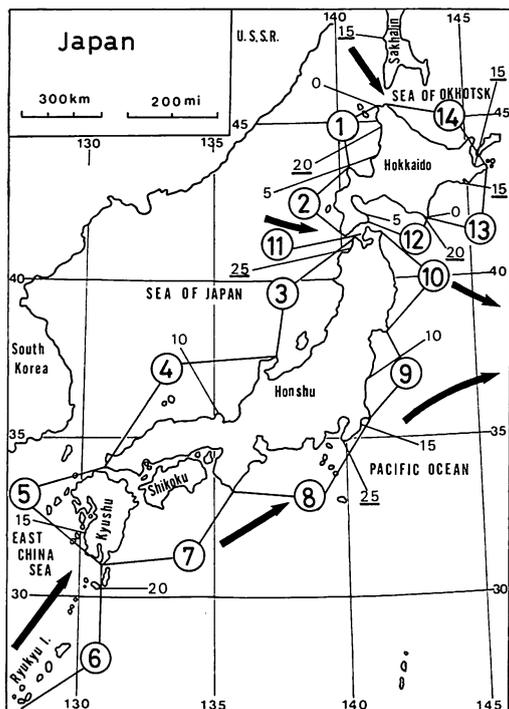


Fig. 1. Map showing coastal segments 1 to 14 (encircled) into which Japan has been divided for purposes of describing the distribution of articulated coralline algae. Segment 11 is Tsugaru Kaikyo between Hokkaido and Honshu. Also shown are maximum summer seawater temperatures (degrees Celsius underlined) and minimum winter seawater temperatures (degrees Celsius not underlined). The arrows indicate directions of surface current flow.

Misaki in segment one, there are two species of *Corallina* (Table 3) and one each of *Amphiroa* (Table 2), *Jania* (Table 4) and *Bossiella* (Table 5). In southwestern Hokkaido (segment 2) *Alatocladia* joins these genera, for a total of five. In northwestern Honshu (segment 3) eight genera have been recorded, leaving only *Cheilosporum* and *Yamadarea* not represented in this area (Table 5). In southwestern Honshu below Suzu Misaki (segment 4), there is a loss of three genera, *Bossiella*, *Calliarthron* and *Serraticardia* (Table 5). The same five genera are also present in segment 5, encompassing western Kyûshû. The Ryûkû Islands (segment 6), extending south to 26 N. latitude, boasts four genera: *Amphiroa*, *Jania*, *Corallina* and *Cheilosporum*. *Alatocladia* and *Margini-*

Table 1. List of coastal segments into which Japan was divided for purposes of plotting distribution. They are arranged counterclockwise with northernmost areas numbers 1 and 14. See Figure 1.

1. Northwestern Hokkaido: Soya Misaki to Kamui Misaki
2. Southwestern Hokkaido: Kamui Misaki to Matsumae
3. Northwestern Honshu: Tappi Zaki to Suzu Misaki (plus Sado Island)
4. Southwestern Honshu: Suzu Misaki to Shimonoseki
5. Western Kyûshû: Shimonoseki to Sata Misaki (plus Tsushima Island)
6. Ryûkyû Islands
7. Eastern Kyûshû, Shikoku and Southern Honshu: Sata Misaki to Shiono Misaki
8. Southern Honshu: Shiono Misaki to Choshi
9. Eastern Honshu: Choshi to Kinkazan
10. Northeastern Honshu: Kinkazan to Shiriza Zaki
11. Tsugaru Kaikyo
12. Southern Hokkaido: Esan Misaki to Erimo Misaki
13. Eastern Hokkaido: Erimo Misaki to Nosappu Misaki
14. Northern Hokkaido: Nosappu Misaki to Soya Misaki

sporum disappear this far south, and *Cheilosporum* is recorded for the first time (Table 5). The last genus has only been recorded from segments 7 and 8 in Japan.

Returning to the main islands of Japan, six genera are present in the southeast (segment 7). Along with *Cheilosporum*, *Corallina*, *Jania* and *Amphiroa* in segment 7 are, again, *Marginisporum* and *Serraticardia*. North of Shiono Misaki in eastern Honshu there is a jump from six genera in segment 7 to nine genera in segment 8 (Table 5). In addition to the genera previously mentioned in segment 7 are *Alatocladia*, *Calliarthron* and, for the first time, *Yamadarea*. Segment 9 also marks the temporary disappearance of *Jania* in eastern Japan; it is absent in segment 9 and appears again in segments 10 and 11 (Table 4). North of Kinkwazan in segment 10 are eight genera, with the single species of *Jania* responsible for the increase

Table 2. The species of *Amphiroa* reported from Japan and the coastal segments (shown in Fig. 1) from which they have been recorded or from which specimens have been examined.

Species	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
<i>Amphiroa dilatata</i> LAMOUROUX			3	4	5	6	7	8		10	11			
<i>A. echigoensis</i> YENDO			3	4				8	9	10	11			
<i>A. ephedraea</i> (LAMARCK) DECAISENE			3	4	5	6	7	8		10	11			
<i>A. fragilissima</i> (LINNAEUS) LAMOUROUX						6								
<i>A. misakiensis</i> YENDO ¹⁾			3	4	5		7	8		10				
<i>A. pusilla</i> YENDO				4		6		8		10				
<i>A. rigida</i> LAMOUROUX			3	4	5		7							
<i>A. valonioides</i> YENDO ¹⁾				3			7	8						
<i>A. zonata</i> YENDO ^{2,3)}	1	2	3	4	5		7	8				11		

Notes:

- 1) *Amphiroa misakiensis* and *A. valonioides* have recently been identified from western North America and hence are removed from the status of species endemic to Japan (NORRIS and JOHANSEN 1981).
- 2) *Amphiroa yendoi* DE TONI is excluded because of insufficient taxonomic data.
- 3) Specimens from western North America identified as *A. zonata* have been reinterpreted as *A. beauvoisii* LAMOUROUX (NORRIS and JOHANSEN 1981). It remains to be seen if *A. zonata* in Japan is a valid species.

from seven to eight genera. Here *Bossiella* appears again, and *Yamadaea* is not recorded. Tsugaru Kaikyo (segment 11), including the shores of both Honshu and Hokkaido, contains eight genera. North of Esan Misaki (segment 12) on the Hokkaido coast there is a marked reduction to only three genera, these being *Alatocladia*, *Bossiella*, and *Corallina*. Thus, in a relatively short distance *Amphiroa* *Jania*, *Serraticardia*, *Calliarthron* and *Marginisporum* disappear from the flora

(Fig. 5). On the coast of eastern Hokkaido north Erimo Misaki (segment 13) occur the same genera and along northern Hokkaido between Nosappu Misaki and Soya Misaki (segment 14) *Alatocladia* is lost leaving only *Bossiella cretacea* and *Corallina pilulifera* in the northern region (Table 5). A recent collection of *Alatocladia* between Kushiro and Nemuro at a depth of 5 m is the only record of this genus from segment 13.

Table 3. The species of *Corallina* reported from Japan and the coastal segments (shown in Figure 1) from which they have been recorded or from which specimens have been examined.

Species	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
<i>Corallina confusa</i> YENDO								8	9	10	11			
<i>C. kaifuensis</i> YENDO			3	4						10	11			
<i>C. officinalis</i> LINNAEUS	1	2	3	4	5		7	8	9	10	11	12		
<i>C. pilulifera</i> POSTELS et RUPRECHT	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
<i>C. sessilis</i> YENDO			3					8	9	10	11			
<i>C. squamata</i> Linnaeus ¹⁾		2	3	4				8	9	10	11			

Notes:

- 1) Based on European plants *Corallina squamata* was transferred to *Haliptilon* (*H. squamatum* JOHANSEN, IRVINE et WEBSTER) in 1973. However, the Japanese plants considered under this name belong to *Corallina*; they have been called *Corallina* "X" until their true specific status can be determined (MASAKI *et al.* 1981).

Table 4. The species of *Jania* reported from Japan and the coastal segments (shown in Figure 1) from which they have been recorded or from which specimens have been examined.

Species	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
<i>Jania adherens</i> LAMOUROUX			3	4	5	6	7	8						
<i>J. arborescens</i> (YENDO) YENDO			3	4	5		7	8						
<i>J. capillacea</i> HARVEY						6	7							
<i>J. decussato-dichotoma</i> (YENDO) YENDO			3	4	5	6	7	8						
<i>J. nipponica</i> (YENDO) YENDO	1	2	3	4						10	11			
<i>J. pumila</i> LAMOUROUX						6								
<i>J. radiata</i> (YENDO) YENDO			3	4	5		7	8						
<i>J. rubens</i> (LINNAEUS) LAMOUROUX				4		6								
<i>J. ungulata</i> (YENDO) YENDO			3	4	5		7	8						
<i>J. yenoshimensis</i> (YENDO) YENDO								8			11			

Discussion

From the foregoing results it is possible to group the genera, and in some cases species, based on their distributions in Japan.

(1) *Restricted to the north.* The only genus in this category is *Bossiella* which occurs only in northern Honshu and in Hokkaido (Fig. 2). The single species in Japan, *B. cretacea*, is widespread in the north Pacific, having been recorded from the Kurile Islands (NAGAI 1941), Sakhalin (TOKIDA 1954), St. Lawrence Island (KJELLMAN 1889), Alaska (LINDSTROM 1977) and British Columbia and northern Washington (HAWKES *et al.* 1978). It is tempting to speculate that maximum summer temperatures above 25°C limit the spread of *B. cretacea* southward (see Figure 1). However, information on its reproductive behavior is needed before definitive statements on the relationships between seawater temperatures and distribution may be made. It may be that low temperatures, for example 10°C or below, are required for reproduction to succeed. Possibly *B. cretacea* responds to ambient seawater temperatures in a manner analogous to that of the crustose coralline *Clathromorphum circumscriptum* (STRÖM-FELT) FOSLIE in the North Atlantic, which was found by ADEY (1973) to require temperatures below 2 to 3°C for part of the year. Photoperiod and light intensity may

also play a role in conceptacle production.

(2) *Throughout Japan.* Only *Corallina pilulifera* is present in all coastal segments covered in the present work. It is unrealistic, however, to suggest that all the published reports refer to only one species, as circumscriptions of the small compact species of *Corallina* are unclear. It is unusual for populations in a species of red algae to live under conditions where temperature may range from as low as 0°C to more than 25°C (Fig. 1). Difficulties in identifying *C. pilulifera* are also suggested by reports of this species from such distant regions as Argentina (PUJALS 1963) and Ivory Coast in the eastern Atlantic Ocean (JOHN 1976).

(3) *Mid and northern Honshu.* Two genera, *Calliarthron* and *Serraticardia*, are common algae in Japan, but they are mostly restricted to north of Sado Island in the Sea of Japan and Kurushima Kaikyo in the Inland Sea (Fig. 2). Although present in Tsugaru Kaikyo, *Serraticardia* has not been reported from Hokkaido and *Calliarthron* only from the Hakodate area. *Serraticardia* is represented by a single species in Japan (Table 5), but there is one other species, *S. macmillanii* (YENDO) SILVA, in western North America from Alaska to Southern California (JOHANSEN 1976). The two species of *Calliarthron* in Japan are lumped together here; *C. yessoense* is often reported and *C.*

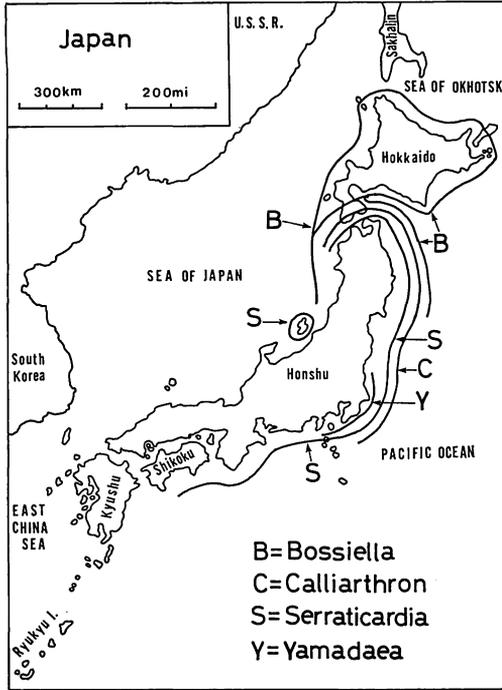


Fig. 2. Map of Japan showing distribution of *Bossiella*, *Calliarthron*, *Serraticardia* and *Yamadaea*.

latissimum only rarely. *Calliarthron* is also present in the form of a pair of species in California (JOHANSEN 1969). *Yamadaea melobesioides* has been recorded only from segments 8 and 9, but it may have been overlooked elsewhere because of its inconspicuous habit. Like *Serraticardia*, another species of *Yamadaea* (*Y. americana* DAWSON et STEELE) occurs in western North America (GARBARY *et al.* 1981).

Two morphologically compact species of *Corallina* that have habitually been called *C. sessilis* and *C. squamata* also fall into this group (Fig. 3). It is possible, however, that some of the records are actually of *C. pilulifera*, but until monographic work reveals the distinguishing features of these species definitive statements cannot be made. *Yamadaea* is even more restricted, being reported only from eastern Honshu (Fig. 2).

(4) *From Kyûshû and Shikoku to northern Honshu.* There are many records of *Marginisporum*, a genus endemic to Japan, through the main islands into Tsugaru Kaikyo, but, surprisingly, not into Hokkaido

Table 5. The genera in Japan containing 1 to 3 species and *Amphiroa*, *Corallina* and *Jania* as recorded in the coastal segments shown in Figure 1.

Taxa	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
<i>Alatocladia modesta</i> (YENDO) JOHANSEN		2	3	4	5			8	9	10	11	12	13	
<i>Amphiroa</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11			
<i>Bossiella cretacea</i> (POSTELS et RUPRECHT) JOHANSEN	1	2	3							10	11	12	13	14
<i>Calliarthron</i> ¹⁾			3					8	9	10	11			
<i>Cheilosporum jungermannioides</i> ²⁾ RUPRECHT in ARESCHOUG						6	7	8						
<i>Corallina</i>	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
<i>Jania</i>	1	2	3	4	5	6	7	8		10	11			
<i>Marginisporum</i> ³⁾			3	4	5		7	8	9	10	11			
<i>Serraticardia maxima</i> (YENDO) SILVA			3				7	8	9	10	11			
<i>Yamadaea melobesioides</i> SEGAWA								8	9					
Total	4	5	8	5	5	4	6	9	7	8	8	3	3	2

Notes:

- 1) *Calliarthron* in Japan includes *C. latissimum* (YENDO) MANZA and *C. yessoense* (YENDO) MANZA.
- 2) *Cheilosporum californicum* (DECAISNE) YENDO and *Cheilosporum frondescens* (POSTELS et RUPRECHT) YENDO are omitted for lack of taxonomic information. As reported from Japan neither species belongs to *Cheilosporum*.
- 3) *Marginisporum* includes *M. aberrans* (Yendo) JOHANSEN et CHIHARA in JOHANSEN, *M. crassissimum* (YENDO) GANESAN and *M. declinata* (YENDO) GANESAN.

(Fig. 2). Probably closely related to *Calliarthron* and *Serraticardia*, it extends considerably farther south and west. It would be interesting to discover why none of the three species of *Marginisporum* (Table 5), herein considered together, have crossed Tsugaru Kaikyo to Hokkaido.

Alatocladia should perhaps be included in group three rather than four, except that it has been reported from Tsushima (segment 4). Unlike *Marginisporum*, *Alatocladia* occurs in southern Hokkaido. Furthermore, its recent discovery at a depth of 5 m off eastern Hokkaido suggests that this genus is surprisingly widespread (Fig. 3) and does not fit clearly into any of our groups. The single species, *A. modesta*, is endemic to Japan.

Corallina officinalis, the species of this genus that is most easily recognized and thus most likely to be identified correctly, has a distribution that somewhat parallels

that of *Alatocladia* (Fig. 3). Reported at Hirado off Kyūshū and extending into Hako-date and western Hokkaido, it occurs widely in the Sea of Japan. This species is worldwide in temperate area of the world (JOHANSEN 1981).

Three genera remain to be considered: *Amphiroa*, *Jania* and *Cheilosporum* (Fig. 4). The nine species of *Amphiroa* fall into two factions (Table 2). The species in the first faction extend into Tsugaru Kaikyo, with *A. zonata* even present in western Hokkaido (segments 1-2). In the second faction the species remain below the waterway separating Hokkaido and Honshu and therefore are treated in group five below. *Jania* with 10 species listed in Table 4, is similar, but the faction extending into Tsugaru Kaikyo includes only two species (Table 6).

(5) *Central Honshu and below*. Some of the species of *Amphiroa* and *Jania*, as well as the single species of *Cheilosporum*, *C. jungermannioides*, do not extend into northern Honshu, but are represented in the

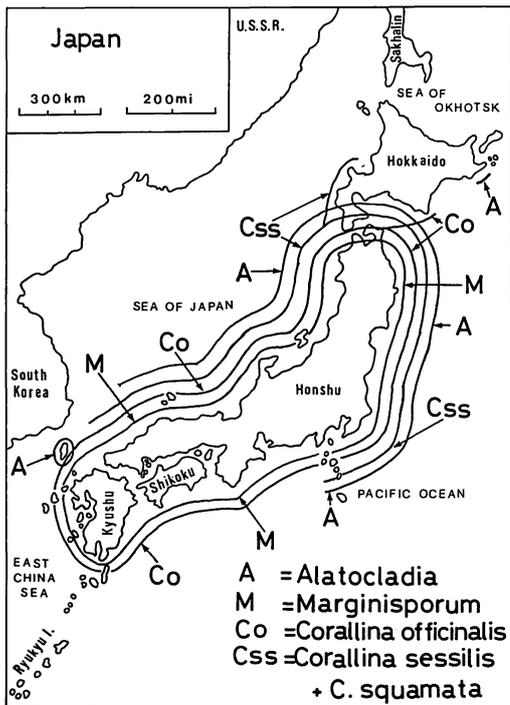


Fig. 3. Map of Japan showing distribution of *Alatocladia*, *Marginisporum*, *Corallina officinalis* and the species of *Corallina* placed in *C. sessilis* and *C. squamata*.

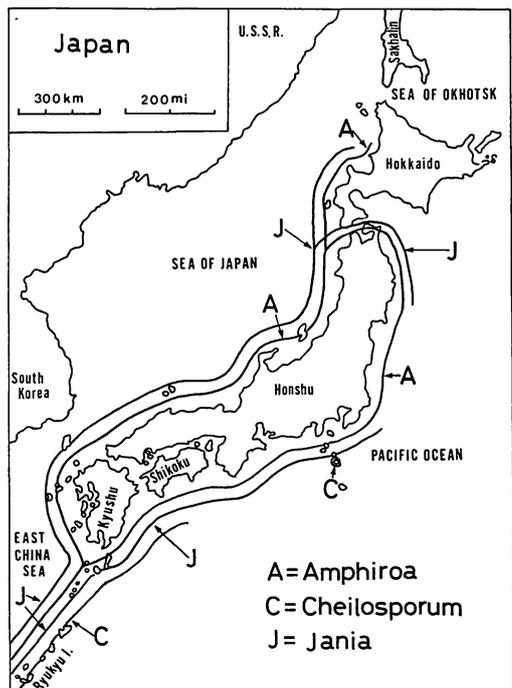


Fig. 4. Map of Japan showing distribution of *Amphiroa*, *Jania* and *Cheilosporum*.

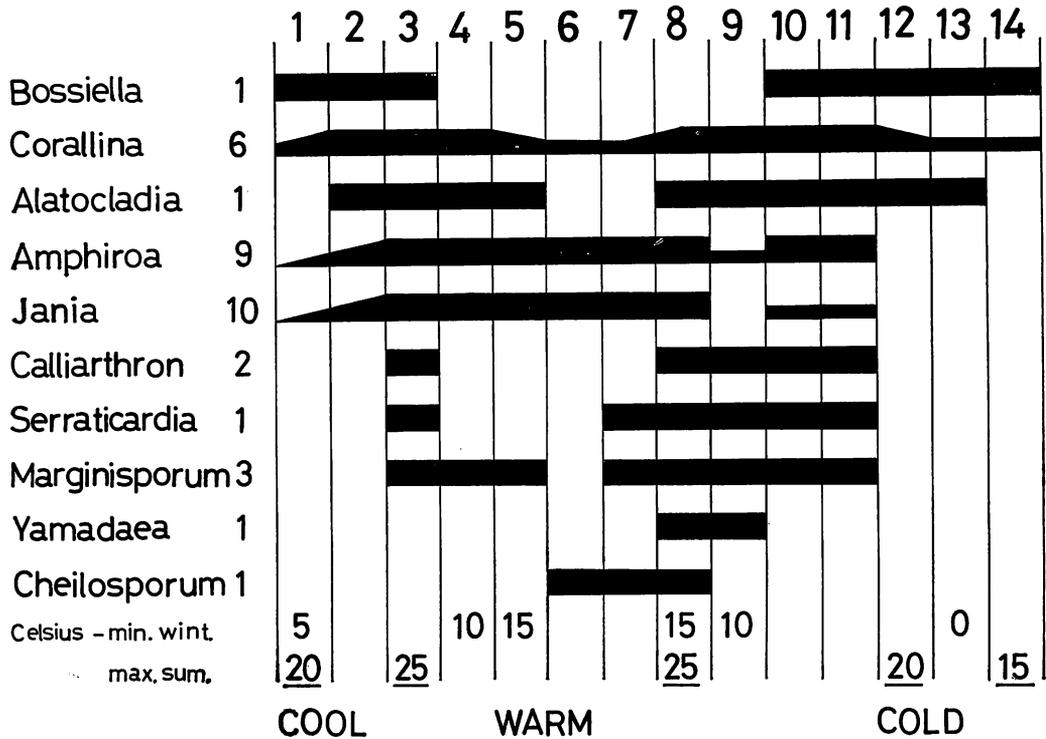


Fig. 5. Ranges of genera in the 14 coastal segments. Narrowing bars suggest that the number of species and specimens diminish appreciably. Following the genera are the numbers of species. At the bottom are some indications of seawater temperatures; minimum winter temperatures and maximum summer temperatures in degrees Celsius.

Table 6. Species of *Amphiroa* and *Jania* (1) extending into Tsugaru Kaikyo (segment 11) and (2) those not recorded this far north.

Reported in Tsugaru Kaikyo	Reported below Tsugaru Kaikyo
<i>Amphiroa dilatata</i>	<i>Amphiroa fragilissima</i>
<i>A. echigoensis</i>	<i>A. pusilla</i>
<i>A. ephedraea</i>	<i>A. rigida</i>
<i>A. misakiensis</i>	<i>A. valonioides</i>
<i>A. zonata</i>	
	<i>Jania adherens</i> *
<i>Jania nipponica</i>	<i>J. arborescens</i>
<i>J. yenoshimensis</i>	<i>J. capillacea</i>
	<i>J. pumila</i>
	<i>J. radiata</i>
	<i>J. rubens</i>
	<i>J. unguolata</i>

* Includes *J. decussato-dichotoma*

south and, some of them, in the Ryûkyû Islands. It is noteworthy that this element contains no genera other than *Amphiroa*, *Jania* and *Cheilosporum*.

The current patterns around Japan (Fig. 1) lead to conditions that are tropical in the southern islands and boreal in Hokkaido. Surface temperatures for coastal Japan shown in Figure 1 serve to illustrate the wide ranges that sessile marine organisms must tolerate. Also winter sea ice may play a role in algal distribution in northern Hokkaido. The relative ranges of the genera are summarized in Figure 5.

The results presented in this paper lead to five conclusions: (1) Some of the genera and a few of the species of articulated coralline algae in Japan exhibit distributional patterns that could have been generally

predicted on the basis of their distributions in other parts of the world: *Amphiroa*, *Jania*, *Bossiella cretacea*, *Cheilosporum*, *Serraticardia*, *Calliarthron*, and *Yamadaea*. (2) Two genera are endemic to Japan, and no prior data on distribution were available: *Alatocladia* and *Marginisporum*. (3) The presence of several genera in Japan and also in California (JOHANSEN 1976) suggest that interesting comparisons may be made between the articulated coralline floras on the two sides of the Pacific Ocean (see HOMMERSAND 1972): *Calliarthron*, *Serraticardia*, *Bossiella*, *Amphiroa*, *Corallina*, *Jania*, and *Yamadaea*. (4) Studies of the seasonality and distribution of reproduction would certainly reveal more about the biology of articulated coralline algae in Japan. The pioneering work of CHIHARA (1972a, b, 1973a, b) on reproductive cycles and spore germination could profitably be extended to bear on the phytogeography of these algae as could also research on reproductive organs (see MURATA and MASAKI 1978). (5) An inescapable conclusion is that taxonomic and nomenclatural studies are sorely needed. In order to successfully undertake regional studies on a species level the entities reported from Japan must be understood with reference to species in other parts of the world.

Acknowledgements

We appreciate the help of curators in the herbaria listed in Materials and Methods. Other specimens were kindly provided by Dr. W. KIDA of the University of Mie, Dr. M. ÔNO of Kôchi University, Mr. T. NORO of Kagoshima University, Mr. H. ÔBA of Tokyo University of Fisheries and Mr. I. AKATSUKA of the Education Institute for Private School in Japan. Helpful suggestions were given by Mr. M. YOSHIZAKI of Toho University and Mr. R.E. LEVENBAUM of Clark University. Travel grants for T. MASAKI and H. W. JOHANSEN were provided by the National Science Foundation and the Japan Society for the Promotion of Science in the United States - Japan Cooperative

Sciences Program.

References

- ADEY, W. H. 1973. Temperature control of reproduction and productivity in a subarctic coralline alga. *Phycologia* 12: 111-118.
- ADEY, W. H., MASAKI, T. and AKIOKA, H. 1976. The distribution of crustose corallines in eastern Hokkaido and the biogeographic relationships of the flora. *Bull. Fac. Fish. Hokkaido Univ.* 26: 303-313.
- CHIHARA, M. 1972a. Reproductive cycles and spore germination of the Corallinaceae and their possible relevance in the systematics (1). *Amphiroa*, *Marginisporum* and *Lithothrix*. *Journ. Jap. Bot.* 47: 239-249. (In Japanese).
- CHIHARA, M. 1972b. Reproductive cycles and spore germination of the Corallinaceae and their possible relevance in the systematics (2). *Serraticardia* and the related genera. *Journ. Jap. Bot.* 47: 306-312. (In Japanese).
- CHIHARA, M. 1973a. Reproductive cycles and spore germination of the Corallinaceae and their possible relevance in the systematics (3). *Corallina*, *Jania* and their related genera. *Journ. Jap. Bot.* 48: 13-19. (In Japanese).
- CHIHARA, M. 1973b. The significance of reproductive and spore germination characteristics in the systematics of the Corallinaceae: articulated coralline algae. *Jap. J. Bot.* 20: 369-379.
- GARBARY, D., JOHANSEN, H. W. and SCAGEL, R. F. 1981. Aspects of the morphology, ultrastructure and distribution of the two species of *Yamadaea* SEGAWA (Corallinaceae, Rhodophyta). *Jap. J. Phycol.* 29: 7-13.
- HAWKES, M. W., TANNER, C. E. and LEBEDNIK, P. A. 1978. The benthic marine algae of northern British Columbia. *Syesis* 11: 81-115.
- HOMMERSAND, M. H. 1972. Taxonomic and phytogeographic relationships of warm temperate marine algae occurring in Pacific North America and Japan. *Proc. Seventh Internat. Seaweed Symp., Sapporo, Aug. 8-12, 1971*: 66-71.
- JOHANSEN, H. W. 1969. Morphology and systematics of coralline algae with special reference to *Calliarthron*. *Univ. Calif. Publ. Bot.* 49: 1-78.
- JOHANSEN, H. W. 1976. Family Corallinaceae, p. 379-419. *In* I. A. ABBOTT and G. J. HOLLENBERG (ed.), *Marine algae of California*. Stanford Univ. Press.

- JOHANSEN, H. W. 1981. Coralline algae, a first synthesis. CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida.
- JOHANSEN, H. W., IRVINE, L. M. and WEBSTER, A. M. 1973. *Haliptylon squamatum* (L.) comb. nov., a poorly known British coralline alga. Br. Phycol. J. 8: 212.
- JOHANSEN, H. W. and SILVA, P. C. 1978. Janieae and Lithotricheae: two new tribes of articulated Corallinaceae (Rhodophyta). Phycologia 17: 413-417.
- JOHN, D. M. 1976. The marine algae of Ivory Coast and Cape Palmas in Liberia (Gulf of Guinea). Rev. Alg. N. S. 11: 303-324.
- KJELLMAN, F. R. 1889. Om Beringshafvets alfflora. K. Svensk. Vet. Akad. Handl., ser. 4, 23. 58 p.
- LINDSTROM, S. C. 1977. An annotated bibliography of the benthic marine algae of Alaska. Alaska Dept. of Fish and Game Tech. Data Rep. No. 31. 172 p.
- MASAKI, T., MIYATA, M., AKIOKA, H. and JOHANSEN, H. W. 1981. Growth rates of *Corallina* (Rhodophyta, Corallinaceae) in Japan. Proc. Tenth Int. Seaweed Symp., Göteborg, Sweden, Aug. 1980: 607-612.
- MURATA, K. and MASAKI, T. 1978. Studies of reproductive organs in articulated coralline algae of Japan. Phycologia 17: 403-412.
- NAGAI, M. 1941. Marine algae of the Kurile Islands II. J. Fac. Agr., Hokkaido Imp. Univ. 46: 139-310.
- NORRIS, J. N. and JOHANSEN, H. W. 1981. Articulated coralline algae in the Gulf of California I. *Amphiroa* Lamouroux. Smithsonian Contributions Mar. Sc. 1-29.
- OKAMURA, K. 1936. Nihon kaiso shi (Marine algal flora of Japan). Uchida Rôkaku Ho, Tokyo 964 p. (In Japanese).
- PUJALS, C. 1963. Catálogo de Rhodophyta citadas para la Argentina. Rev. Mus. Argent. Cienc. Nat., Cienc. Bot. 3: 3-139.
- SEGAWA, S. 1955. Systematic anatomy of the articulated corallines (supplementary report). The structure and reproduction of *Yamadaia melobesioides* SEGAWA. Bot. Mag. Tokyo 68: 241-247. (In Japanese).
- TANAKA, T. 1965. Studies on some marine algae from southern Japan-VI. Mem. Fac. Fish., Kagoshima Univ. 14: 52-71.
- TOKIDA, J. 1954. The marine algae of southern Saghalien. Mem. Fac. Fish. Hokkaido Univ. 2: 1-264.
- YENDO, K. 1902a. Corallinae verae Japonicae. J. Coll. Sci. Imp. Univ. Tokyo 16: 1-36.
- YENDO, K. 1902b. Enumeration of corallinaceous algae hitherto known from Japan. Bot. Mag. Tokyo 16: 185-196.
- YENDO, K. 1905. A revised list of Corallinae. J. Coll. Sci. Imp. Univ. Tokyo 20: 1-46.

正置富太郎*・秋岡英承**・H. W. ジョハンセン***: 日本産有節サンゴモの植物地理学的特性

日本産有節サンゴモ10属35種の地理的分布を日本全沿岸を14に区分して考察し次の結果を得た。(1) イソキリは北方種である(2) ピリヒバは全国各地に生育する(3) エゾシコロ, オオシコロ及びサビモドキの3属とサンゴモ属2種のミヤヒバ, ミヤヒバモドキは南北の両端を除いて分布する(4) 九州から本州北部にかけてヘリトリカニノテ属とサンゴモが生育し, このうち北の地方にはヤハズシコロが出現する(5) カニノテ属とモサズキ属の分布は北海道南岸と西岸に達するものと沖縄諸島に及ぶものがある(6) ヒメシコロ属は南方種で沖縄諸島と日本南岸にのみ報告がある。(*041 函館市港町 3-1-1 北海道大学水産学部 **040 函館市八幡町 1-2 北海道教育大学函館分校 *** Department of Biology, Clark University, Worcester, Massachusetts 01610 USA.

Biofuel-gas production from marine algae

P. M. SIVALINGAM

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

SIVALINGAM, P. M. 1982. Biofuel-gas production from marine algal. Jap. J. Phycol. 30: 207-212.

The viability in production of biofuel-gas from the marine alga, *Ulva reticulata* FORSSKÅL, is presented. It is found that the rate of biogenic methane gas production by marine strain methanogenic bacteria at 50% wet algal thalli amendment is greater by 33.4% on comparison with results of freshwater cattle manure strain methanogenic bacteria under similar experimental conditions. The proportion of methane gas content in this biofuel-gas is ca. 58%, while the remaining gases are CO₂ (major portion), H₂S, NH₃, N₂ and O₂.

In this study, a simple family unit, in the form of a semi-continuous integrated algal digester and gas collector system, is proposed for possible usage in isolated fishing communities.

Key Index Words: Biofuel-gas; *Ulva reticulata*; marine algae.

The utilization of marine algae as a substrate for biofuel-gas production is not well practised probably due to the availability of other important economic avenues. However, in countries where algae are not utilized to the fullest extent as in Japan, it is better that this aspect be exploited instead of letting this potential energy resource rot away. This is true in India and there is already a report by RAO *et al.* (1978) supporting such possibilities. Lately, an identical approach has been reported by RANTENBACH (1981).

In Malaysia, this aspect of utilizing marine algae is not normally practised. Hence, one can frequently notice large amounts of marine algae going to waste on the shores after rough weather (Fig. 1). As an initial step, the author has studied the possible utilization of the Malaysian sea lettuce, *Ulva reticulata* FORSSKÅL, (SIVALINGAM 1978a, b, 1980). In this connection, the contamination levels of environmental pollutants, such as

trace metals (SIVALINGAM 1978a, b, 1978a, b, SIVALINGAM and ZAKARIAH 1979) PCBs and persistent pesticides (SIVALINGAM 1981), have also been clarified.

Here, as another perspective and in view of the energy crisis, the author has further attempted to convert the presently wasted

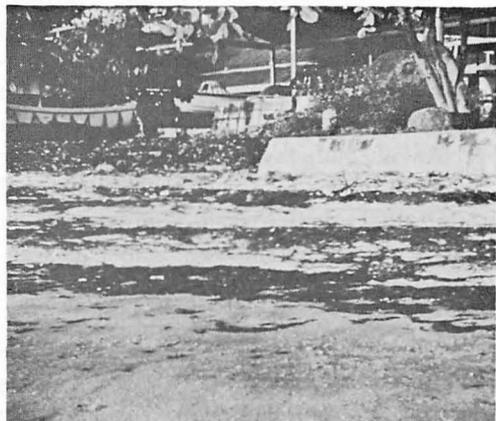


Fig. 1. The washed ashore sea lettuce during rough weather conditions.

Malaysian sea lettuce natural resource into biofuel-gas via biogenic processes. Also from the stance of technological feasibility, a simple semi-continuous household unit algal digester and gas collector for rural fishing communities has been designed. The results of this investigation are presented in this report.

Materials and Methods

Thalli of the Malaysian sea lettuce, *Ulva reticulata* FORSSKÅL, were harvested from the mud-flats of the Marine Depot, Penang, Malaysia, prior to experimentation. The harvested thalli were immediately brought to the laboratory and cleaned off epiphytes and other external contaminants by washing thoroughly either with seawater (a) or freshwater (b) depending on the mode of biofuel-gas (=methane) production; a) biofuel-gas production relying on marine methanogenic strain bacteria and b) biofuel-gas production relying on cattle manure methanogenic strain bacteria. The washed thalli were rid-off surface moisture by pressurizing them against Whatman No. 1 filter paper for five times until negligible weight fluctuation was observed.

For experimental biofuel-gas production from marine methanogenic bacterial strains the algal thalli washed with seawater were macerated at 1, 5, 15, 25, 30, 40 and 50% (w/v) amendment levels in muddy seawater obtained from the algal bed site because it is a well established fact that such methanogenic bacterial forms prevail in these areas (MECHALAS 1974, WHELAN 1974). In the case of biofuel-gas production relying on cattle manure methanogenic bacterial strain, algal thalli washed previously in freshwater were amended at similar concentration levels in freshwater media together with a teaspoon of fresh cattle manure. All amended seawater and freshwater series were then placed in 250 cm³ vacuum flasks painted black on the outer surface with their mouths sealed airtight, after addition of samples to be digested, with a rubber

stopper. The auxillary arm of the flasks were joined individually with polyvinyl tubing which ended directly at the mouth of inverted graduated measuring cylinders filled completely with water and sitting over a trough of water. Under such anaerobic conditions the fermentation process of producing biofuel-gas (=methane) was followed daily over a period of 40 days at a room temperature of 28°C. In order to obtain precise results, three replicates of each experimental lot were carried out. As blanks for both series, one fermentation flask containing 100 cm³ muddy seawater was used in the marine methanogenic bacterial strain lot while the other containing 100 cm³ freshwater and a teaspoon of cattle manure was used for the freshwater methanogenic bacterial series. The results were averaged and plotted as methane gas production with time for each experimental lot. Further, suitable methanogenic bacterial activity conditions were maintained by constant daily monitoring of the pH of the digest and adjusting it to lie between 7.0-7.5, where activity is highest.

The evaluation of methane composition of the evolved gas was performed by routing a known amount of the gas through a 15 cm activated charcoal U-tube column trap at -70° C, achieved by mixing acetone with dry ice, which specifically absorbs CH₄ (SWINNERTON and LINNENBAUM 1967), and then through a liquid nitrogen trap at -190° C to condense CO₂. The U-tube trap of activated charcoal was then heated to 90° C with a hot-water bath to release the absorbed methane gas which was calibrated in inverted measuring cylinders filled with water, as mentioned previously. The purity of this methane gas was verified by gas chromatography against authentic methane samples at an isothermal temperature of 35° C on 6 ft×1/8 inch stainless steel column packed with Chromosorb 102 attached to a thermal conductivity detector. In the case of the condensed CO₂ gas, it was determined manometrically in a Warburg-respiratory apparatus with special attachments after

bringing the nitrogen trap to normal room temperature.

With the above data and on viewing the prospective usage of biofuel-gas production as energy source from marine algae in rural fishing communities, a simple semi-continuous integrated household unit digester and gas collector system model was designed.

Results

Figs. 2 and 3 demonstrate the rates of biofuel-gas production by both marine and freshwater methanogenic bacterial strains, respectively, over a period of 40 days. The

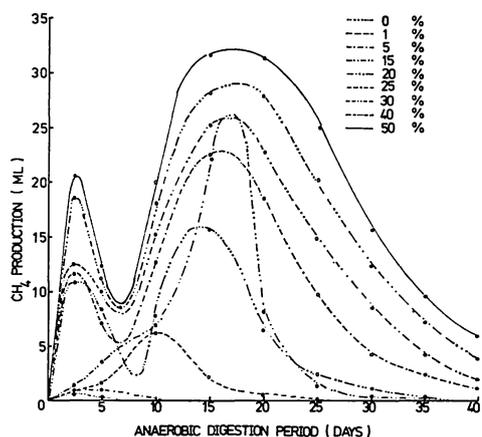


Fig. 2. Rates of methane gas production by marine strain methanogenic bacteria at various amendment levels of *Ulva reticulata* as substrate material.

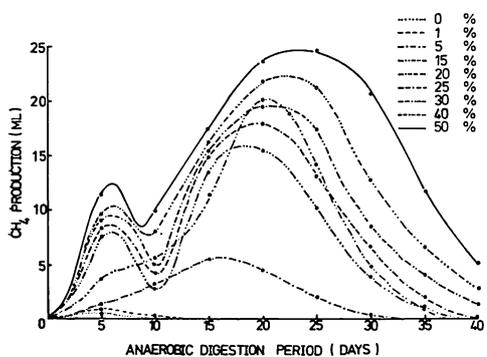


Fig. 3. Rates of methane gas production by cow dung strain methanogenic bacteria at various amendment levels of *Ulva reticulata* as substrate material.

patterns of maximal biofuel-gas production by both strains of bacteria are quite identical except that the maximal production of gas by the freshwater strain was delayed by ca. 4-5 days. It is also noticeable that both strains had a small peak at ca. 3 and 6 days, respectively, after initiation of fermentation, which could be attributed to volatile gases (mainly acetic acid) produced by the symbiotic bacteria involved in the degradation of organic matter during the nonmethanogenic phase (liquefaction). Obviously, the shorter period required for decomposition of the organic matter by marine methanogenic bacteria, facilitates rapid methane production processes indicating the high activity of these bacterial forms in relation to the suitability of both substrates and optimal conditions prevalent in the medium. Further, the ratio of maximal biofuel-gas production at 50% *Ulva reticulata* amendment indicates the marine methanogenic bacterial strain's capacity to be greater by 33.4% than the other strains under the present experimental conditions. For both strains, it is obvious that 50% amendment of substrate generally provides a longer period in high production of the gas as compared to the other percentages. Higher amendment levels were found to cause too much frothing and inconvenience in substrate feeding and experimentation, which culminates in inefficiency of the process. Hence, it is concluded that the optimal concentration of algal thalli amendment seems to be in the region of 50% (w/v).

pH calibrations of the marine methanogenic bacterial strain system indicated that for the first ten days there was a drop in pH from 8.2 to 6.5 for most of the percentages except for the control which remained at 8.2. Thereafter until the 40th day the pH fluctuated only between 7.3-7.8, requiring no further buffering with alkaline solution to maintain optimal pH conditions for biofuel-gas production. This self-buffering mechanism of regulating the pH in the marine methanogenic bacterial strain system

can be attributed primarily to the inherent properties of seawater arising from the silicate and calcium-carbonate buffering systems and the Iron Paradox. In the case of the freshwater cattle manure methanogenic bacterial strains system, the pH kept dropping from ca. 8.0 to between 5.6-6.3, most of the time, and all these systems required daily adjustments in pH to 7.5-7.8 with 0.1N NaOH solution.

Gas chromatographic analysis of the evolved gas indicated the methane gas content to be 58%, while CO₂ was ca. 35% and the remaining fractions were assumed to be H₂S, NH₃, N₂ and O₂, as illustrated by MECHALAS (1974) and WHELAN (1974).

Fig. 4 is a practical simple semi-continuous integrated household unit biofuel-gas digester and gas collector model derived from a working system examined in the laboratory. The 50% (w/v) marine algal substrate is fed down the inlet pipe to the bottom of the first compartment of the double compartment digester. The level of the liquid substrate in the digester is controlled by the overflow level of the outlet pipe. In the process of digestion, the liquid travels through the compartments and out of the outlet pipe. Here, when assuming a digester 60 cm in diameter and 60 cm in height (=fluid level), the system would theoretically

produce 60 l of gas daily from 88.7 kg wet algal thalli. Since the normal optimal detention time of the substrate in the digester is ca. 40 days, one can have a working semi-continuous integrated system by feeding ca. 23 kg wet algal thalli every ten days at 50% (w/v). At this feeding rate the detention time of each batch would be 40 days, i.e. before final discharge in the outlet pipe, which is the time required by the substrate to travel from one compartment to the other over the weir and out.

The produced biofuel-gas is trapped by a floating drum, which acts as a gas storage chamber. This accumulated biofuel-gas can then be drawn off as needed for purposes of lighting and cooking.

Discussion

It is obvious that the feasibility of biofuel-gas production from marine algae is quite promising and could be utilized efficiently in countries where this natural marine resource majorly goes into waste. The proposed digester could be an economical asset to rural fishing communities during this period of the energy crisis. Further, besides employing marine algae as a substrate source, the auxiliary feeding of organic household vegetable waste, poultry and human excreta could also be incorporated into this system. In such instances, due to the higher content of nitrogen in excreta, the yield of biofuel-gas could be increased (MCGARRY 1980).

Comparison of the methane constitution of the biofuel-gas produced from marine algae (58%) to that of human and poultry excreta (60-65%) indicates not a very drastic difference. In countries where the concept of excreta digesters are not readily accepted, this proposal for the utilization of wasted marine algae could possibly play the function of a forerunner for its acceptance.

The question of having either a marine or freshwater methanogenic bacterial strain digester system depends on the requirements in the further utilization of the effluent slurry as nutrient recycling. Normally,

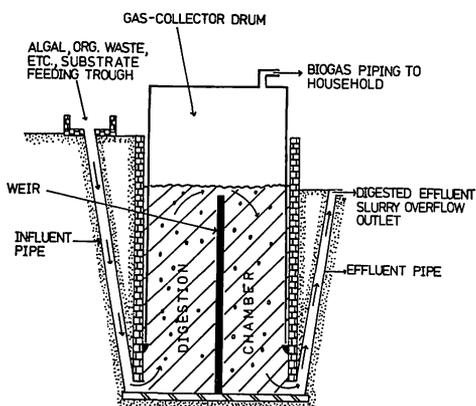


Fig. 4. A practical simple semi-continuous integrated household unit biofuel-gas digester and gas-collector for algal and other household organic waste substrates.

owing to the conversion of the digested slurry into nutrients in available forms for plant life, it is employed as soil conditioners, or as enrichments in fishculture ponds. However, the marine methanogenic bacterial strains system slurry is not viable for the former use because of the high content of salts, which are detrimental to plant life. Nevertheless, the usage of marine algal substrates in digester systems should be encouraged, due to the fact of the simplicity in operational technology and the higher biofuel-gas yield. The situation should be otherwise when poultry and human excreta are introduced into the digester as auxillary feedings, which seems worthwhile to investigate in the future.

As a concluding remark, it can be suggested that until the acceptance of marine algae in the dietary habits of the Malaysian community or its exploitation from the standpoint of pharmaceutical drugs is permissible, algae of both economical and noneconomical significance should be tapped by the rural fishing communities as a substrate in the production of biofuel-gas for cooking and lighting purposes.

Acknowledgements

The author wishes to express his gratitude to the School of Biological Sciences, University of Sciences Malaysia, Penang, Malaysia, for all the aid rendered during the course of this investigation.

References

- MCGARRY, M.G. 1980. Domestic wastes as an economic resource. Biogas and fish-culture. p. 347-364. In M. MCGARRY and D. MARA (ed.), Water, wastes and health in hot climates. John Wiley and Sons Ltd., N.Y.
- MECHALAS, J.B. 1974. Pathways and environmental requirements for biogenic gas production in the ocean. In I. R. Raplan. (ed). Marine Science 3. Natural gases in marine sediments. pp. 11-25.
- RANTENBACH, O. 1981. Methanproduction aus Rindergülle und Salzwässeralgeln. In Proc. 2nd Symposium über "Hochkonzentrierte Abwässer aus Industrie und Landwirtschafte-Behandlung und verwertung-Bauingeniersammelgebäude der RWTH Aachen", 9-10 März, 1981. (to appear in Zeitschrift der Wissenschaftlichen Gesellschaft für Umweltschutz).
- RAO, S., TARWADE, P., SARMA, S. J., ANJANEYULU, K.S.R. and MODY, H.M. 1978. Seaweed as a source of energy: Production of fuel gas from seaweed, *Sargassum*. In Proc. Intern. Symp. Marine Algae of the Indian Ocean Region: Energy, Fertilizer and Industrial Application, 9-12 Jan., 1979, Bahvnagar, India. (in press).
- SIVALINGAM, P.M. 1978a. Biodeposited trace metals and mineral content studies of some common tropical marine algae. Bot. Mar. 21: 327-330.
- SIVALINGAM, P.M. 1978b. Effects of high concentration stress of trace metals on their biodeposition in *Ulva reticulata* FORSSKÄL. Jap. J. Phycol., 26: 157-160.
- SIVALINGAM, P.M. 1979a. Biochemical evaluation of the Malaysian sea lettuce, *Ulva reticulata* FORSSKÄL, as a potential food source. p. 118-125. In Proc. MIFT Sym. "Protein Rich Foods in Asean", 12-13th July, 1979, Kuala Lumpur.
- SIVALINGAM, P.M. 1979b. Mercury contamination in tropical algal species of the Island of Penang, Malaysia. Bull. Mar. Poll., 11: 106-108.
- SIVALINGAM, P.M. 1980. The Malaysian sea lettuce, *Ulva reticulata* FORSSKÄL, as a soil conditioner and poultry feed. Jour. Sing. Nat. Acad. Sci. (in press).
- SIVALINGAM, P.M. 1981. Pollutant levels in the Malaysian sea lettuce, *Ulva reticulata* FORSSKÄL. Jap. J. Phycol., 29: 81-84.
- SIVALINGAM, P.M. and ZAKARIAN, K. 1979. Biodeposition and depuration of trace metals in the sea lettuce, *Ulva reticulata* FORSSKÄL. Jour. Sing. Nat. Acad. Sci., 8: 20-24.
- SWINNERTON, J.W. and LINNENBAUM, V.J. 1967. Determination of the C₁ and C₄ hydrocarbons in seawater by gas chromatography. J. Gas Chromatography, 5: 570.
- WHELAN, T. 1974. Methane and carbon dioxide in coastal marsh sediments. p. 47-61. In R. KAPLAN (ed.), Marine Science 3. Natural gases in marine sediments.

P. M. シバリンガム：海藻基質からの生起原ガスの生産

海藻類, *Ulva reticulata* FORSSKÅL を基質とした生燃料ガス生産の生産能力についてここに説明されている。上述の湿った海藻の50%添加した場合の海産株メタン細菌による生起原メタンガスの生産率を、同条件下で淡水きゅう肥メタン細菌の生産率と比較してみたところ、海産株メタンの細菌による生産率は33.4%も高いことがわかった。この生起原ガスのメタンガス(量)の割り合いを調べたところだいたい58%で、残りのガスはおもに炭酸ガス、 H_2S 、 NH_3 、 N_2 と O_2 からなっていた。したがって、この研究では簡単な単位家族的な完全半連続藻類発酵器とガス収集器からなる系統が離れたところにある漁師農村で利用されることを提案している。

新刊紹介

Lee, R. E.: **Phycology**. xii+478 PP. Cambridge University Press. London, New York, New Rochelle, Melbourne, Sydney, Hardcover 邦価 16,500円. Paper back 邦価 5,900円.

従来、藻類の教科書といえば、G. M. SMITH (1955) の *Cryptogamic Botany* とか *Manual of Phycology* とか数えるほどしかなかった。ところが、最近あいついで新しい藻類学の教科書が出版された。それらは TRAINER, F. R. (1978) の "Introductory phycology" (John Wiley & Sons, New York), BOLD, H. C. and M. J. WYNNE (1978) の "Introduction to the algae" (Prentice Hall, New Jersey), VAN den HOEK (1978) の "Algen" (Einführung in the Phykologie, Georg Thieme Verlag, Stuttgart) である。そして、昨年、今回の新刊紹介として取り上げる上記の本が出版された。なぜ、ここ数年で4冊もの教科書が出版されたのであろうか、その原因を考えてみると著者も書いているが、1950年代から電子顕微鏡を使った、藻類の鞭毛構造、細胞構造の観察結果が報告されるようになり、特にここ20年来、固定・包埋・切片作成技術等の急速な進歩から、藻類細胞の微細構造の新しい知見がふえてきた。それにもとずいて、従来の分類体系が見なおされ、新しい門や綱が設立され、また新しい系統樹が提唱されるようになった。また、特に最近では緑藻類を中心にした細胞分裂機構や鞭毛装置構造の研究は目をみはるほどの進歩をとげた。その他に、生化学・生理学的分野の進歩を見のがせないし、培養技術の発達とともに従来から進んでいた生活史の研究もさらに進歩した。このようなことから、新しい知見にもとずいた藻類の教科書を出版する必要があるからであろう。まず *Phycology* の内容を紹介しますと16章からなっており、1. Basic characteristics of the algae (藻類の基本的特徴)。2. Cyanophyceae (藍藻綱)。3. Glaucophyta (グラウコキスチス門)。4. Euglenophyceae (ミドリムシ綱)。5. Dinophyceae (渦鞭毛藻綱)。6. Cryptophyceae (クリプト藻綱)。7. Chrysophyceae (黄金色藻綱)。8. Prymnesiophyceae (プリムネシオ藻綱)。9. Bacillariophyceae (珪藻綱)。10. Rhabdophyceae (ラフィド藻綱)。11. Xanthophyceae (黄緑藻綱)。12. Eustigmatophyceae (真正眼点藻綱)。13. Phaeophyceae (褐藻綱)。14. Rhodophyceae (紅藻綱)。15. Chlorophyceae (緑藻綱)。16. Charophyta (車軸植物門)、それに付録として glossary (用語説明) がふくまれている。どの章もほぼ同じような形式でかかれ、まず始めに細胞の構造の特徴が記述されている。これには細胞壁の構成物質、鞭毛構造、眼点、葉緑体や色素体、その他細胞内小器官についてその形態、構成物質などの特徴が書かれている。また、ほとんどの章で、電顕で見たそれぞれの分類群の細胞の微細構造の図がのっている。その他に渦鞭毛藻、珪藻、緑藻などでは細胞分裂の過程について、その電顕での観察結果が記述されている。その後にはその門や綱の特徴となる現象や生活史の記述がある。最後にそれぞれの門や綱に所属する目や科についてその特徴、形態、生活史などが代表的な種を取り上げて説明されている。また、この本では海藻として知られる褐藻、紅藻、緑藻が最後の方の章にまとまっているので、かつかなりの頁数をさいて記述されている。全体を一読したところ、非常に簡潔明瞭な文章で書かれており、藻類全体を知るうえで重要な項目はほとんど網羅されている。上記に書いたように、特にそれぞれの門や綱の特徴となる細胞構造や鞭毛構造などの新しい知見をもとにした門や綱の特徴が良くわかるようになっている。また、現在まで分っている細胞分裂過程やその他電顕観察から得た新しい知見もかなり掲載されているし、形態や生活史の図もかなり最近に報告されたものから転載されているので、これから藻類学を学ぶ学生には非常に便利である。しかし、それぞれの章で取り上げている属や種はかなり限定されており、それぞれの門や綱に所属する多種多様な種については若干不便である。

この本で取り扱われた門や綱はほぼ CHRISTENSEN (1966) の提唱した分類体系に基づいているが、若干の相違点がある。まず Glaucophyta を加え、Euglenophyceae を Chlorophyta から Chromophyta に移している。また、Craspedophyceae を藻類起原ではないとの意見から (PARK and DIXON, 1976) この本では削除されている。Prasirophyceae は綱として存続すべきでないとの STEWART *et al.* (1974) の主張に従って、従来所属していた Chlorophyta の Volvocales に入れられている。また Chlorophyta は PICKETT-HEAPS (1971) の提唱した系統樹に従って書かれている。このように最近の知見を入れた形で編集されているが、まだ充分にその取り扱いについて論議がつくされていないことから、特にこの本のような教科書では、門や綱の分類にはもう少し慎重にあつた方が必要があるのではないかと思われる。最後にこの本ではほとんど写真がないことと、電顕写真から転写した図が少々雑であるのは残念である。(東邦大・理・生 宮地和幸)

Diatom assemblages during the Holocene transgression at the Minato Bridge in Osaka Port along Osaka Bay

Shigeru KUMANO and Izumi FUJIMOTO

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

KUMANO, S. and FUJIMOTO, I. 1982. Diatom assemblages during the Holocene transgression at the Minato Bridge in Osaka Port along Osaka Bay. Jap. J. Phycol. 30: 213-218.

The sediments collected from a caisson at the Minato Bridge in Osaka Port along Osaka Bay were studied to clarify the sedimentary environments during the Holocene transgression by diatom analysis. Based on the character of diatoms, the sediments are divided into five zones. (1) F-D Zone (freshwater diatom zone) is dominated by *Stephanodiscus carconensis*, and freshwater species are about 70% of the total. (2) M-D Zone (marine diatom zone) is dominated by *Cyclotella striata* and *Melosira sulcata* and the proportion of marine species is about 57%. (3) F-D Zone (freshwater diatom zone) is subdivided into two subzones. Lower subzone is dominated by *Stephanodiscus carconensis* and the proportion of freshwater species is 36%. Upper subzone is dominated by *Diploneis elliptica* and the proportion of freshwater species is about 60%. (4) Transitional Zone has a few frustules of unidentified diatoms. (5) M-D Zone (marine zone) is dominated by *Cyclotella striata* and *Melosira sulcata* and the proportion of marine species increases to 97%.

Key Index Words: Diatom zone; freshwater species; Holocene transgression; marine species; mollusks; Osaka Bay; sedimentary environments.

MATSUSHIMA and OHSHIMA (1974) and MATSUSHIMA (1978) first studied the littoral molluscan assemblages of the Holocene transgression around Tokyo Bay and Sagami Bay in Japan. As to Osaka Bay, KAJIYAMA and ITIHARA (1972) and YASUDA (1978) reconstructed the developmental history of the Osaka Plain based on an abundant record of molluscan fossils, sedimentary facies, and pre-historical remains. MAEDA (1976, 1977, 1978, 1980) determined the sea level and shore line changes during the Holocene transgression by means of radiocarbon dates of mollusks, molluscan assemblages and direct observations of sediments in caissons around Osaka Bay. By means of diatom analysis, KUMANO and MIYAHARA (1981) ascertained the sedimentary environments at the Samondo Gawa site, which were consistent with molluscan assemblage analyses by Maeda. The present study follows the

above mentioned work and reconstructs an environmental history at the Minato Bridge in Osaka Port along the shore line of Osaka Bay.

Materials and Methods

The materials were collected by Dr. Y. MAEDA from a caisson of the foundation of the Minato Bridge situated at 34°38'N lat. and 135°26'E long. in Osaka Port. Samples of about 1 g were boiled with 15% hydrogen peroxide and treated with conc. hydrochloric acid. The cleaned and washed materials were dried and mounted with pleurax. The identification of diatoms was made by means of photomicrographs. About three hundred frustules of diatoms were counted in each sample along a transect chosen at random and the relative abundance of each taxon and each ecological group is presented as a

percentage of the total. The radiocarbon ages of nine samples by Dr. T. HAMADA are shown in the 5th column of Fig. 1.

Molluskan Species (MAEDA 1976, 1977)

The stratigraphy of the sediments at the Minato Bridge site is shown in the 1st and the 2nd columns, molluskan species in the 4th column, which were reported by MAEDA (1976, 1977), and radiocarbon dates in the 5th column of Fig. 1.

The Nanko Bed is divided into five units; lowermost sand, lower silty clay, middle clay, upper sand and uppermost silty clay.

1) Lower silty clay (−33.5 m to −31.0 m) contains *Phragmites* sp. and *Corbicula leana* indicating freshwater sediments.

2) Middle clay (−31.0 m to −30.0 m) contains *Corbicula japonica* (brackish species), *Barnea malilensis* (littoral species) and many trace fossils indicating the beginning of the Holocene transgression at this site.

3) Upper sand (−30.0 m to −28.5 m) contains *Corbicula leana* and *Ciphangopaludina* sp. (freshwater species) and this sediment is considered to be fluvial.

4) Uppermost silty clay (−28.5 m to −26.0 m) contains many trace fossils, freshwater-brackish and littoral mollusks such as *Ciphangopaludina* sp. (freshwater species), *Corbicula japonica* (brackish species), *Corbicula leana*, *Tapes philippinarum*, *Meretrix lusolina*, *Crassostrea gigas* and *Trapezium liratum* (littoral species). These facts indicate that this silty clay was a brackish or littoral sediment.

The Umeda Bed (−26.0 m to −16.5 m) contains many marine molluskan fossils indicating an inner bay environment.

Diatom Assemblages

Based on the character against salinity (HUSTEDT 1930, 1959, 1961-1966; PATRICK and REIMER 1966, 1975), the diatom assemblages found in the sediments at the Minato Bridge can be grouped into marine species including marine-brackish species, brackish

species and freshwater species including freshwater-brackish species. The sediments can be divided into five zone by means of the diatom assemblages as follows:

1) F-D Zone (freshwater diatom zone; −32.5 m to −31.5 m). Freshwater species of diatoms are dominated by *Stephanodiscus carconensis*, *Navicula mutica*, *Cymbella tumida* and *Pinnularia* spp., and the proportion of freshwater species is about 70% at a depth of −32.0 m.

2) M-D Zone (marine diatom zone; −31.5 m to −29.5 m). Marine species of diatoms are dominated by *Cyclotella striata* and *Melosira sulcata*. The proportion of marine species increases up to 57%. On the other hand, the percentage of freshwater species decreases to about 16% at a depth of −30.0 m.

3) F-D Zone (freshwater diatom zone; −29.5 m to −26.0 m) is divided into two subzones. In the lower subzone, freshwater species are dominated by *Stephanodiscus carconensis* and the proportion of freshwater species increases up to 36%. At the same time, marine species are still found in the ratio of 35% and dominated by *Cyclotella striata* and *Nitzschia granulata*. In the upper subzone, freshwater species increase up to 60% and the dominant species changes to *Diploneis* sp. and *Stephanodiscus carconensis*, but benthic species such as *Cymbella tumida*, *Navicula* spp. and *Pinnularia* spp. decrease in this upper subzone.

4) Transitional Zone (−26.0 m to −24.0 m). A few frustules of diatoms are detected and unidentified species are found in the ratio of 30-80%.

5) M-D Zone (marine diatom zone; −24.0 m to −16.5 m). Marine species are dominated by *Cyclotella striata* and *Melosira sulcata* and the proportion of marine species increases up to 96.7% at a depth of −21.3 m. In contrast, the proportion of freshwater species is less than 2% at this horizon.

Discussion

According to MAEDA (1978) the beginning of the Holocene transgression confirmed by

intertidal assemblages of mollusks starts at a depth of -23.4 m at Samondo Gawa site. However, KUMANO and MIYAHARA (1981) reported that many marine species of diatoms appeared at a depth of -23.8 m at the same site. At Minato Bridge site, the same phenomenon is observed. MAEDA (1976) reported that the middle clay (-31.0 m to -30.0 m) of the Nanko Bed at Minato Bridge site contained brackish and littoral mollusks and many trace fossils. From that, he indicated that the Holocene transgression at Minato Bridge began at a depth of -31.0 m. However, in the present study, it is observed that marine species of diatoms began to increase and freshwater species of diatoms began to decrease at a depth of -31.5 m deeper than the horizon where brackish and littoral mollusks were found by Maeda. These facts indicate that intertidal assemblage of diatoms appeared prior to those of mollusks in the progress of the Holocene transgression. From the above mentioned informations, the beginning of the Holocene transgression at Minato Bridge site in Osaka Port is assumed to start at a depth of -31.5 m. The environment of the sea shore at the beginning of the Holocene transgression was so changeable that adaptable organisms such as diatoms could immigrate into it. After the environment became stable, the advanced organisms like mollusks could immigrate and settle there.

At Samondo Gawa site, MAEDA (1978) pointed out that sea level rose slowly in the period between 8,800 years BP and 8,000 years BP. KUMANO and MIYAHARA (1981) considered that the sea was very shallow at the horizon between -24.0 m and -21.8 m, where *Nitzschia granulata* was a dominant species. At Minato Bridge site *Nitzschia granulata* is found at the horizons between -31.5 m and -24.0 m. It is considered that the sea was very shallow throughout these horizons because *Nitzschia granulata* is frequent on sandy shores in England (HENDY 1964). As if a small regression had taken place, freshwater species dominated by *Stephanodiscus carconensis* occur at a depth

of -28.5 m. These facts agrees with the occurrences of freshwater mollusks such as *Corbicula leana* and *Ciphangopaludina* sp. at these horizons reported by MAEDA (1976).

As already pointed out (KUMANO and MIYAHARA 1981), *Stephanodiscus carconensis* has been one of the most noticeable phytoplankters in Lake Biwa Ko for the last 250,000 years (MORI and HORIE 1975) and is regarded as a drifted phytoplankter from Lake Biwa Ko. Probably the Minato Bridge site was located near the fringe of a lobated delta of Paleo Yodo Gawa at the horizons between -32.5 m and -24.0 m. In accordance with the appearance of *Corbicula japonica*, a brackish mollusk, and many other intertidal mollusks, the dominant species of diatoms change from freshwater species to brackish ones at a depth of -26.0 m.

Benthic genera of freshwater diatoms such as *Cymbella*, *Navicula*, *Gomphonema*, *Fragilaria* and *Pinnularia* disappear at a depth of -24.0 m. Moreover, the freshwater plankter, *Stephanodiscus carconensis*, also disappears at a depth of -23.3 m. This fact

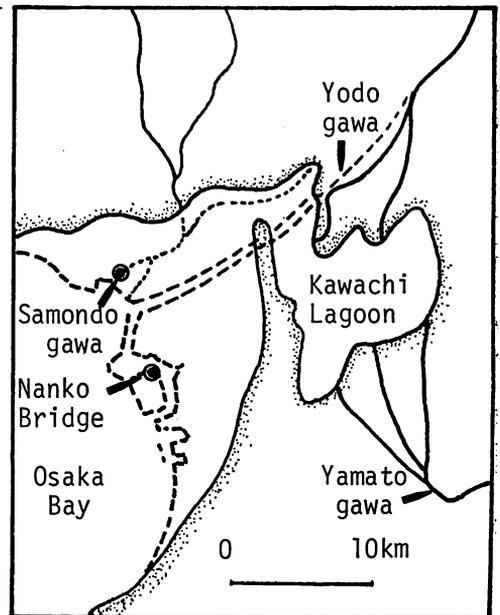


Fig. 2. Map showing study sites (Samondo gawa site and Minato Bridge site), shore line of Osaka Bay and Kawachi Lagoon at 3,000-2,000 years BP. (after KAJIYAMA and ITHARA 1972).

indicates that most of plankters drifted from Lake Biwa Ko were deposited in the bottom of Paleo Kawachi Bay and Paleo Kawachi Lagoon, which were formed at the period from 7,000 years BP to 2,000 years BP due to the Holocene transgression as shown in Fig. 2 (KAJIYAMA and ITIHARA 1972). In fact, KAJIYAMA and ITIHARA (1972) found *Corbicula sandai*, one of the endemic mollusks in Lake Biwa Ko, in the inner region of Paleo Kawachi Lagoon at 3,000-2,000 years BP.

In the marine diatom zone (M-D Zone), the dominant species of diatoms changes from *Cyclotella striata*, a marine plankter, to *Melosira sulcata*, showing a neritic habitat. The proportion of *Cyclotella striata* is at its maximum at a depth of -21.3 m, which horizon shows a radiocarbon age of 5,960 \pm 120 years BP. This fact seems to indicate that the sea was deepest at the time of that horizon, in other words, the peak of the Holocene transgression was at about 6,000 years BP.

Acknowledgements

The authors wish to express their sincere thanks to Dr. H. HIROSE, Professor Emeritus of Kobe University, Dr. A. SUGIMURA of Kobe University and Dr. A. L. BLOOM of Cornell University for their critical readings of the manuscript. Grateful thanks are also expressed to Dr. Y. MAEDA of Kobe City Institute for Educational Research for collecting the materials from the caisson and his invaluable suggestions. Heartfelt thanks are also expressed to Dr. I. KOIZUMI of Osaka University and Professor T. ZORIKI of Osaka Seikei Women's Junior College for identifying some of the diatoms.

References

- HUSTEDT, F. 1930. Die Kieselalgen. In L. Rabenhorst (ed.), Kryptogamen-Flora von Deutschland, Österreich und der Schweiz. 7(1): 1-920.
- HUSTEDT, F. 1959. Die Kieselalgen. In L. Rabenhorst (ed.), Kryptogamen-Flora von Deutschland, Österreich und der Schweiz. 7(2): 1-845.
- HUSTEDT, F. 1961-1966. Die Kieselalgen. In L. Rabenhorst (ed.), Kryptogamen-Flora von Deutschland, Österreich und der Schweiz. 7(3): 1-816.
- KAJIYAMA, H. and ITIHARA, M. 1972. The developmental history of the Osaka Plain with reference to the radiocarbon dates. In T. Utashiro (ed.), Coastal plains of Japan. Mem. Geol. Soc. Japan. 7: 101-112. (in Japanese).
- KUMANO, S. and MIYAHARA, S. 1981. Holocene history of the diatom assemblages of the sediments from the mouth of the Samondogawa River along the northern coast of the Osaka Bay. Jap. J. Phycol. 29: 109-115.
- MAEDA, Y. 1976. The sea level changes of Osaka Bay from 12,000 y BP to 6,000 y BP. J. Geoscience, Osaka City Univ. 20: 43-58.
- MAEDA, Y. 1977. Natural history of Okasa Bay. Kagaku (Science) 47: 514-523. (in Japanese).
- MAEDA, Y. 1978. Holocene transgression in Osaka Bay. J. Geoscience, Osaka City Univ. 21: 53-63.
- MAEDA, Y. 1980. Jōmon no Umi to Mori. Aoki Shobō, Tokyo. 238 p. (in Japanese).
- MATSUSHIMA, Y. and OHSHIMA, K. 1974. Littoral molluscan fauna of the Holocene climatic optimum (5,000-6,000 y BP) in Japan. The Quaternary Research, Tokyo. 13: 135-159. (in Japanese).
- MATSUSHIMA, Y. 1978. Littoral molluscan assemblages during the Jōmon transgression along the Sagami Bay, central Japan. Kaiyo Kagaku 10: 32-39. (in Japanese).
- MORI, S. and HORIE, S. 1975. Diatom in a 197.2 meter core sample from Lake Biwa-ko. Proc. Japan Acad. 51: 675-679.
- PATRICK, R. and REIMER, C. W. 1966. The diatoms of the United States. Vol. 1. Acad. Nat. Sci. Philadelphia, Philadelphia. 688 p.
- PATRICK, R. and REIMER, C. W. 1975. The diatoms of the United States. Vol. 2. Part. 1. Acad. Nat. Sci. Philadelphia, 213 p.
- YASUDA, Y. 1978. Prehistoric environment in Japan. Palynologicigical approach. Sci. Rep. Tohoku Univ. 7th ser. (Geography) 28: 117-281.

熊野 茂・藤本いずみ：大阪湾大阪南港大橋における完新世海進時の珪藻遺骸群集

大阪南港大橋の潜函より前田 (1976) の採取した堆積物の珪藻分析を行った。大阪湾累層は南港層と梅田層に、南港層は更に5層に細分される。堆積物の珪藻遺骸群集は下部より上部へ、淡水生珪藻帯、海水生珪藻帯、淡水生珪藻帯、遷移帯および海水生珪藻帯と変化がみられる。

-31.5 m の層準から、海水生貝類に先行して、海水生珪藻が増加し完新世海進がこの層準から開始したことを示している。-31.5 m から -24.0 m までの層準には *Nitzschia granulata* が優占することから、浅い海が続いたことが推察できる。

-23.3 m の層準からは海水生珪藻が97%に達し、海が深くなったことを示している。-21.3 m の層準に *Cyclotella striata* のピークがみられるが、この層準の年代 (5,960±120 y. BP) は完新世海進のピークと一致する。(657 兵庫県神戸市灘区六甲台 1-1 神戸大学理学部生物学教室)

 新 刊 紹 介

横浜康継著「海藻の謎」緑への道、環境と人間の科学 5, 235 pp. 三省堂 (1,900円)

とにかく面白い価値ある一冊の本がでたと思う。著者はご存知のように、海藻類の光合成と色素分析についてのが国における第一人者である。そして光合成のしくみを目でみることができプロダクトメーターの製作者でもある。だから20年近く一步一步積み重ねてきた研究成果が、そのまま素晴らしい読み物となり、海藻という一般に馴染みの薄い植物群を中心に、その光合成のしくみと体色との関係を、全く知らない人々にも楽しく読ませ、興味をもたせ、海藻の謎について丁寧に教えてくれる。これは本当に自分で研究し、理解し、納得のいく資料を示し、豊富な知識を駆使して書かれているからであろう。

一応5章に分けられているが、前半は一研究者の自伝を含め、研究は自分で工夫創造していくものであることを、身をもって実証してくれる。適切な図表等と簡潔な文章によって読者の理解を助け、ある時は童話の世界に誘い、自然観察への手引きをし、さらに、なぜ磯に生育する海藻の色と深所のものとは異っているのか、なぜ海藻の色は多彩なのかといった疑問から、紅藻、褐藻、緑藻へと生態環境と色素との関係を手際よく説明してくれる。特に緑藻の謎の色素を解明していく過程は、まるで名探偵と一緒に謎解きに夢中にさせられ、推理小説を読むような興奮を覚え、一気に読ませてくれる。また、本書は一貫して著者の海藻に対する尽きない好奇心と、愛情が満ち溢れていることが読者に伝ってくる。だから海洋環境の汚染に対する警言も、しっかりした研究の裏付けを伴って、迫力があり説得力がある。

終章は環境と人間の科学シリーズに相応しく、クリーンエネルギーや地球の定員問題など重要視されながら、今一步一般に理解されていないテーマを分かり易く説明してくれる。光合成の測定実験を通じて“地球を致命的な環境破壊から救う青年たちを育てる”といったらおおげさだろうか、と著者は自問しているが、決しておおげさではなく、みな真剣に考えていくべき問題である。そして現在、研究者のなかで、どれほどの人々が、自分の研究と人間社会や地球全体との関連性を考えて仕事をしているだろうか、深く反省させられるし、著者の研究室において、異った分野の研究者たちの討論や雑談を通じて生れてくる研究への活力、その新しい発展を知るとき、豊富な研究費がなくても素晴らしい研究を産み出す研究室とは、どうあるべきかといった点も考えさせてくれる。本書は、海藻を研究している人々は勿論、これからの若い世代の研究者たち、そして一般の人々に是非読んで欲しいと思う価値ある一冊である。

(北大・海藻研 館脇正和)

緑藻ヒビミドロ属一種の生活史について

大貝政治^{*}・藤山虎也^{**}・河辺博^{***}

^{*}水産大学校 (759-65下関市吉見永田本町1944)

^{**}琉球大学理学部 (901-24沖縄県中頭部中城村南上原)

^{***}熊本県のり研究所 (869-32熊本県宇土郡三角町大字三角浦1227)

OHGAI, M., FUJIYAMA, T. and KOBE, H. 1982. On the life history of *Ulothrix* sp. (Chlorophyceae). Jap. J. Phycol. 30: 219-224.

The life history of *Ulothrix* sp. collected at the mouth of the Isuzu River, Atsumi, Aichi-ken, was studied using laboratory culture. The species had only one generation, a filamentous thallus that produced asexual swimmers. These swimmers, which were observed under both short- and long-day conditions, were pear-shaped, with two flagella, one eyespot and one pyrenoid. Settled swimmers developed on germination into filamentous thalli. No sexual swimmers were observed in the culture conditions.

Chromosome number ranged from $n=12$ to $n=14$ in vegetative cells and reproductive cells. The results suggest that this species lacks an alternation of generations or of nuclear phases.

Key Index Words: Chlorophyceae; culture; life history; mitosis; *Ulothrix* sp. Masaharu Ohgai, Shimonoseki University of Fisheries, Yoshimi, Shimonoseki, 759-65 Japan; Toraya Fujiyama, Faculty of Science, University of Ryukyus, Nakashimomura, Okinawa, 901-24 Japan; Hiroshi Kobe, Kumamoto Prefectural Laver Research Laboratory, Misumi, Udo, Kumamoto, 869-32 Japan.

緑藻ヒビミドロ属の生活史については、これまで淡水産種で DODEL (1876), LIND (1932), 海産種で WILLE (1901), KORNMAN (1964), PERROT (1972) 大貝等 (1975, 1976, 1978) らによって研究され、その機構が次第に明らかになってきた。それらによれば淡水産種、海産種ともほとんどの種で有性と無性の遊走細胞を生じる糸状体と配偶子の接合によって形成される cyst 体の異型二世交代が行なわれている。今回筆者等が培養実験で調べた種は世代交代のない一相循環のものであった。種名はいまだ明らかでないが、その生活史と核相について報告する。

材料および方法

本研究に用いた母藻は、1975年3月24日および4月10日に愛知県渥美郡五鈴川河口の海岸に接する地点で採集した。採集後ろ紙で拭った状態で水産大学校実験室に持ち帰り、滅菌海水で十分洗浄し、さらにキャピラリーピペットを用いて数回洗ったのち、藻体を5～

6個体ずつ腰高シャーレ(径6.8cm, 高さ7cm)に入れて培養を開始した。培養は5, 10, 15, 20°Cの4恒温区で、各温度とも明期を1日9時間と14時間の2区を設けた。光源には白色蛍光灯を用い、照度を3500～4000luxに調整した。このほか越夏状態を調べるため、室内の北側の窓際(水温5～34°C, 照度1000～2000lux)での培養も行なった。培養液には PROVASOLI (1968)のESP強化海水を用い、5日ごとに換水した。染色体の観察は、15°Cで培養した藻体を Zenker 液で固定して脱昇汞を行ない、1Nの塩酸で16分間の加水分解を行なったのち、Schiff 試薬で染色する Feulgen 押しつぶし法によりプレパラートを作成して行なった。

観 察 結 果

1. 藻体の形態: 本種は単列の細胞からなる長さ1～5cmの淡緑色の糸状藻体で、普通1個の基部細胞によって基物に付着している。栄養細胞は円筒状で径

7.0~15.2 μm , 長さが径の3/4~2倍である (Fig. 1A)。細胞壁はうすく, 色素体は不完全な環状でピレノイドを通常1~3個もっている。頂端細胞は, 生長するにしたがって次第に膨潤して径および長さが他の栄養細胞の数倍に達する場合がある (Figs. 2A~D)。

本種の詳細な季節的消長は明らかでないが, 五鈴川

河口では1月から4月までよく繁茂している。

2. 遊走細胞の形成, 放出および発芽体の生長: 遊走細胞の形成は, 多くの場合藻体の上方から順次中央部へ, さらに下部に及び, 基部細胞を除くほとんどの細胞にみられた (Fig. 1B)。また数細胞の若い藻体でも先端部の細胞に遊走細胞の形成がしばしばみられた。

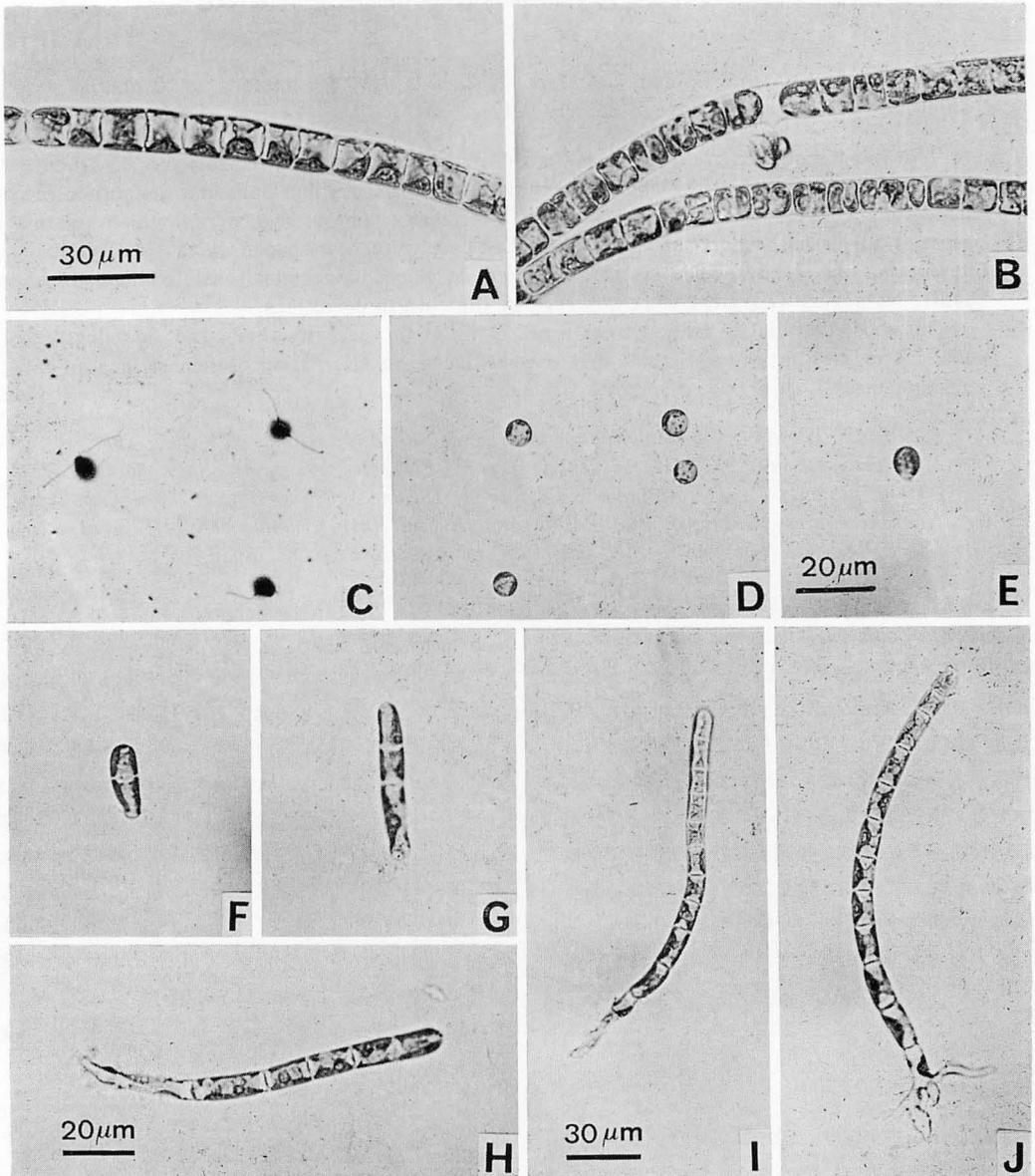


Fig. 1. *Ulothrix* sp. A. Vegetative cells of part of filament; B. Sporangia; C. Liberated swimmers stained by Noland's sol.; D. Settled swimmers; E. Germling after 1 day cultivation; F, G. After 2 to 3 days; H-J. After 4 to 5 days. A scale is true of B-D. E scale is true of F-G. I scale is true of J.

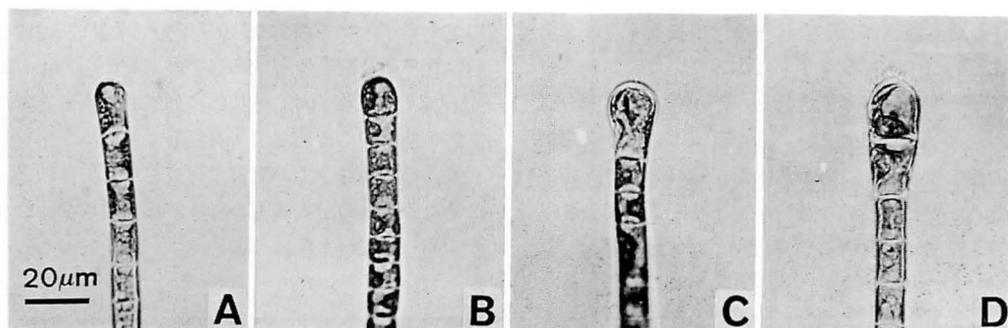


Fig. 2. *Ulothrix* sp. A. Apical cells after 5 days cultivation; B. After 7-8 days; C, D. After 10-15 days. A scale is true of B-D.

1細胞中に形成される遊走細胞の数は、2、4および8個で、とくに4個の場合が多かった。なお頂端細胞は、細胞が大きいため16個形成される場合もあった。遊走細胞の放出は、9時間および14時間照明の両培養条件下とも明期になって1~3時間後に多くみられた。遊走細胞は、弱い正の走光性を示し、幅が $3.8\sim 7.6\ \mu\text{m}$ 、長さが $6.8\sim 10.7\ \mu\text{m}$ の西洋梨型あるいは長卵型で長さが $11.5\sim 15.6\ \mu\text{m}$ の等長の2鞭毛と1個の眼点と1個のピレノイドをもつ葉緑体を有する (Fig. 1C)。放出後しばらく遊泳したのち頭部より基物に着生した。着生時の直径は $4.8\sim 8.2\ \mu\text{m}$ であった (Fig. 1D)。遊走細胞は着生すると発芽をはじめ (Fig. 1E)、 15°C の9時間明期では2~3日後に2~3細胞となった (Figs. 1F, G)。そして4~5日後に6~12細胞 (Figs. 1H~J)、10~15日後には数百細胞となり $0.5\sim 1\ \text{cm}$ に生長した。この大きさになると生殖細胞が多く形成されるようになった。明期14時間の条件下での生長は、上述の結果とほぼ同じであったが、生殖細胞の形成がやや早くなるようであった。 5°C と 10°C においては、両明期とも 15°C とくらべて生長が遅く、葉長が $0.5\sim$

$1\ \text{cm}$ になるのは 5°C では約20日後、 10°C では13~17日後であった。またそれぞれの栄養細胞は液胞が大きく、葉緑体が中央部に集まり、あまり好適状態とは思われなかった。 20°C では生長がはやく約10日間で $1\ \text{cm}$ 程度になった。しかし細胞内には多数の顆粒がみられたので、 20°C は 5°C と 10°C の場合と同じように本藻の生育に好適な温度とは思われなかった。長日と短日条件下での生長状態は、ほぼ同じであった。

3. 室内自然条件下での培養: 1976年3月から約3年間実験室の北側窓辺で培養を行ない、以下の結果を得た。

3月と4月 (水温 $5\sim 20^\circ\text{C}$) は、 15°C の恒温区における場合とほぼ同様に遊走細胞がさかんに形成、放出された。5月 (水温 $17\sim 26^\circ\text{C}$) になって水温が時々 25°C を超え、日長も14時間前後になると栄養細胞に顆粒が多くみられるようになった。さらに6月 (水温 $22\sim 29^\circ\text{C}$) に入り水温が高くなると細胞中の顆粒はますます増加し、また細胞壁もやや厚くなってきた。この時点でも藻体は死滅することなく、遊走細胞を形成するものもみられた。しかしこのような高温下で放

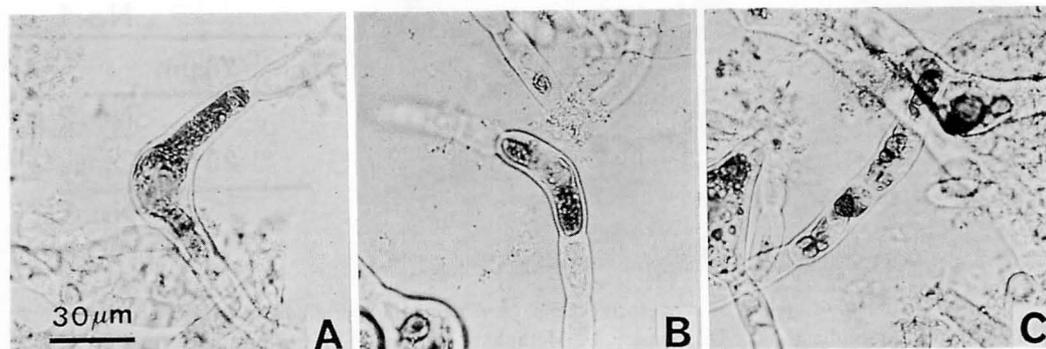


Fig. 3. *Ulothrix* sp. A. Akinete-like cells; B, C. Formation of swimmers in akinete-like cells. A scale is true of B, C.

出された遊走細胞は長い糸状体には生長せず、ほとんどが数細胞の体になるにすぎなかった。なおこれらの藻体にも遊走細胞が形成された。7~9月(水温26~34°C)でも水温が約30°C以下であればこのような数細胞の状態を経過した。しかし水温が連日30°Cを超えるようになると、僅かの細胞がアキネート状で生き残るほかは大部分が死滅してしまった(Fig. 3A)。こ

のアキネート状の細胞は、10月下旬(水温17~21°C)頃になると2鞭毛の遊走細胞を形成した(Figs. 3B, C)。この遊走細胞は、糸状体に形成される遊走細胞と形態が基本的には同じで、着生して糸状体に生長した。

室内自然条件下での培養で形成された生殖細胞は、2鞭毛の無性の遊走細胞のみで、接合現象を行なうものはみられなかった。

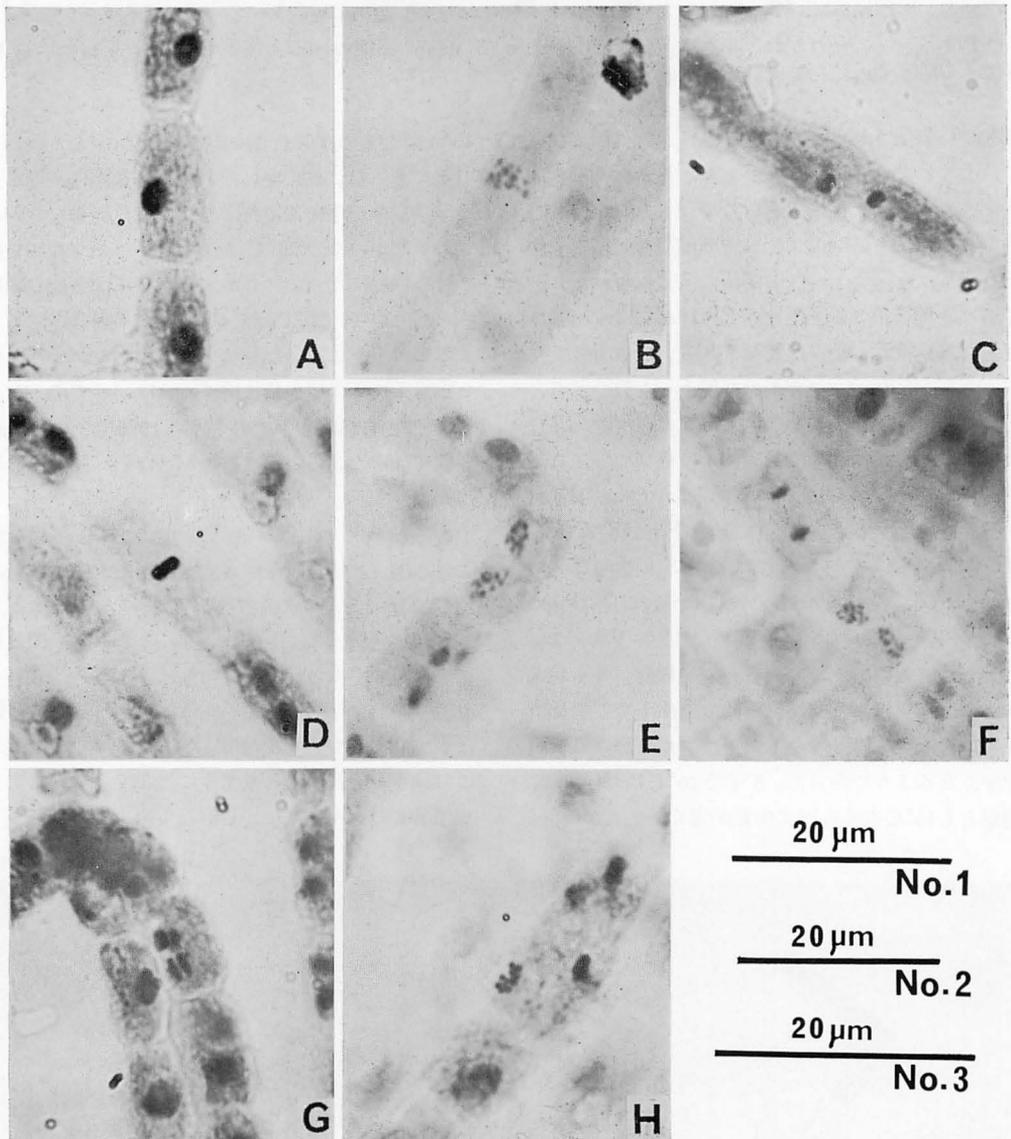


Fig. 4. Nuclear divisions in vegetative cells (A-C) and in reproductive cells (D-H). A. Early prophase; B. Metaphase; C. Telophase; D. Metaphase in the first; E. Metaphase in the second; F. Anaphase in the first (upper part) and metaphase in the second; G. Anaphase in the second; H. Telophase in the second. No. 1 scale is true of A, C, D. No. 2 scale is true of B, E-G. No. 3 scale is true of H.

4. 核相：栄養細胞および生殖細胞の分裂は明期に入る4～5時間前が多いようで、この時刻に固定したものに分裂中期の像が多く観察された。分裂期に入ると栄養細胞の核には、まず多くの染色顆粒がみられはじめ (Fig. 4A), やがてこの顆粒は次第に大きくなり、分裂前期の後半になると染色体として認められるようになった。分裂中期は染色体がさらに明瞭になるので、その数の決定が最も容易となる時期であった。この時期に10～15個、とくに12～14個の染色体が多く観察された (Fig. 4B)。分裂後期には赤道面にならんだ1本の帯状の染色体群が2本に分かれて互に細胞の相反する方向に移動した。分裂終期になると細胞は中央部に隔壁が形成されやがて2分された (Fig. 4C)。

生殖細胞形成時の核は、体細胞分裂の場合と同じように分裂の前期に染色顆粒があらわれ、中期には染色体が赤道面に1列にならび (Fig. 4D), 後期になると1本の染色体群は2本に分かれ、細胞の両端に移動して2個の娘細胞ができた (Figs. 4E, F)。この1回の分裂で生殖細胞の形成が終了するものもみられたが、多くは第2回目の分裂で4個の娘細胞を形成した (Figs. 4G, H)。また第3回目の分裂を行なって8個の生殖細胞を形成するものもあった。これらの分裂は、いずれも体細胞分裂と同じであり、減数分裂ではなかった。そしてこれらの生殖細胞形成時にも栄養細胞のそれと同じように9～14個の染色体が観察されたが、とくに12～14個のものが多くみられた。

考 察

今回の培養実験の観察結果から、本種は Fig. 5 に

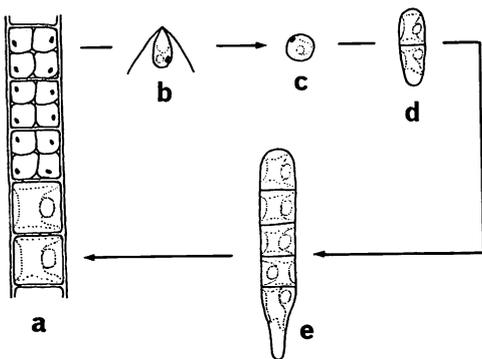


Fig. 5. Diagrammatic figures showing life history of *Ulothrix* sp. a. Filamentous thallus; b. Two-flagellate swarmer; c. Settled swarmer; d, e. Germlings.

示すように、単列細胞の糸状体に形成される2鞭毛の遊走細胞が無性的に発芽して再び同様な糸状体に生長することが明らかになった。また核相は単相で $n=12\sim 14$ であった。すなわち本種は、世代交代のない一相植物であると考えられる。これまで報告されたヒビミドロ属の生活史をみると、海産種の *Ulothrix speciosa* (KORNMANN 1964), *U. flexuosa* (KORNMANN 1964), *U. acrorhiza* (OHGAI and FUJIYAMA 1978), *U. implexa* (大貝等 1975, 1976), *U. pseudoflacca* (WILLE 1901, PERROT 1972), 淡水産種の *Ulothrix rorida* (LIND 1921), *U. zonata* (DODEL 1876) などでは、糸状体と配偶子の接合によって生じる cyst 体との間に異型世代の交代がみられている。また *U. flacca* では、上述の異型世代交代型のほかに同型の配偶体と造胞体の糸状体との世代交代型の二つの型があることが報告されている (PERROT 1972)。このように本属のほとんどの種では異型あるいは同型の二世交代の生活史が知られており、本種のように一相世代のものは特異な型であると思われる。

本属の染色体数については、これまで LIMD (1932) が *U. rorida* で $n=5$, CHOLNOKY (1932) が *U. variabilis* で $n=7\sim 8$, SARMA (1958) が *U. zonata* で $n=10$, *U. subtilissima* で $n=14$, 大貝・藤山 (1981) が *Ulothrix* sp. で $n=ca. 8$, $2n=ca. 16$ という報告があり、今回の本種の $n=12\sim 14$ とを含めて考察すると、種によって違いのあることがわかる。ヒビミドロ属の種の分類は、これまでもおもに形態に基づいていたが、1964年に KORNMANN は培養実験から生活史を調べ、生活史のちがいにより種を同定する新しい試みを行なった。しかし *U. flacca* のように同一種でありながら二つの生活史をもつものがあるので (PERROT, 1972), 生活史が種によって固定したものと考える方がよいと思われる。今後の種の分類には、形態的な形質に加えるに、生活史の様式と染色体数を基準にするのがよいと思われる。

つぎに本種の越冬状態については、今回の培養結果から以下の二つが推察される。一つは遊走細胞から発芽した藻体が数細胞の状態越冬する方法、もう一つは栄養細胞がアキネート状の休眠細胞となる方法である。本種は水温が約 30°C 近くになっても死滅しなかったため、天然では数細胞のまま越冬するものが多いのではないと思われる。

以上の結果を、これまで報告されたヒビミドロ属数種のそれと比較してみると次のような点で違いがあることがわかる。第一に本種には世代交代がないこと、

第二に無性生殖を行なう胞子が他の種類では4鞭毛であるのに対して本種は2鞭毛であること、第三に頂端細胞が大きく膨潤することなどである。これらの三つの形質から、本種は新種と考えられる。今後微細構造などをさらに研究したいと考えている。

謝辞 本研究を行なうにあたり始終御指導いただいた水産大学校松井敏夫博士、また英文を見ていただいた琉球大学理学部 比嘉辰雄博士、ワシントン大学 KOHN 教授に心よりお礼申し上げます。

引用文献

- CHOLNOKY, B. 1932. Planogonidien- und Gametenbildung bei *Ulothrix variabilis* KÜTZING. Beih. Bot. Centralbl. 49: 221-238.
- DODEL, A. 1876. *Ulothrix zonata*. Ihre geschlechtliche und ungeschlechtliche Fortpflanzung. Jahrb. Wiss. Bot. 10: 417-550.
- KORNMAN, P. 1964. Die *Ulothrix*-Arten von Helgoland I. Helgol. Wiss. Meeresunters. 11: 27-38.
- LIND, E.M. 1932. A contribution to the life-history and cytology of two species of *Ulothrix*. Ann. Bot. 46: 711-725.
- 大貝政治・藤山虎也・松井敏夫 1975. 海産ヒビミドロ属の生活史に関する研究-I. *Ulothrix implexa* KÜTZING prox. の無性生殖について。水大校研報 23: 137-144.
- 大貝政治・藤山虎也 1976. ヒビミドロ属の生活史に関する研究-II. *Ulothrix implexa* KÜTZING prox. の有性生殖と生活史について。水大校研報 24: 337-342.
- OHGAI, M. and FUJIYAMA, T. 1978. Studies on the life history of *Ulothrix*-III. On the life history of *Ulothrix acrorhiza* KORNMAN. J. Shimonoseki Univ. Fish. 26: 325-332.
- 大貝政治・藤山虎也 1981. 日本藻類学会第5回春季大会講演要旨。No. 37.
- PERROT, Y. 1972. Les *Ulothrix* marins de Roscoff et le problème de leur cycle de reproduction. Soc. bot. Fr. Mémoires. 67-74.
- PROVASOLI, L. 1968. Cultures and collections of algae, Proc. U.S.-Japan Conf. Hakone, Sept. 1966, Japan Soc. Plant Physiol. 63-75.
- SARMA, Y.S.R.K. 1963. Contributions to the karyology of the Ulotrichales-I. *Ulothrix*, Phycologia 2: 171-183.
- WILLE, N. 1901. Studien über Chlorophyceen, I-VII. Vidensk. selsk. skr. I, Math. Natur. Klasse, No. 6, 1-46.

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 毎日杉峰会館内
阿寒観光汽船株式会社 085-04 北海道阿寒阿寒群町字阿寒湖畔
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 静岡県田方郡菰山町四日町 227-1
全漁連海苔海藻類養殖研究センター 440 豊橋市吉田町 69-6
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 千葉県春日 1-12-9-103

海産中心珪藻 *Ditylum brightwellii* の培養による形態学的研究 (1) 栄養細胞の形態と細胞分裂

斉藤 実*・千原光雄**

* 桐蔭学園高等学校 (227 横浜市緑区鉄町 1614)

** 筑波大学生物科学系 (305 茨城県新治郡桜村天王台 1丁目 1-1)

SAITOW, M. and CHIHARA, M. 1982. Laboratory culture and morphology of a marine centric diatom *Ditylum brightwellii* (1). General morphology and vegetative cell division. Jap. J. Phycol. 30: 225-233.

Morphology and vegetative cell division of *Ditylum brightwellii* (WEST) GRUNOW ex VAN HUERCK, a marine centric diatom, were studied by means of laboratory culture and the use of light and electron microscopes. Specimens used were collected in Tokyo Bay in 1978 and in Mikawa Bay in 1979, respectively, and their unialgal cultures were established by the capillary pipette method. The culture was maintained in the room at about 16°C with a photoperiod of 14 hours light and 10 hours dark.

Cells are prism-shaped, with long centrally located spines, on each valve face. Many delicate spines are also distributed in a row on the edges of valve faces and their numbers are four to five in the distance of 10 μm. Most parts of the cell are occupied by a large vacuole and, due to it, certain cell organelles, such as chloroplasts and mitochondria, are localized in the peripheral regions, except nucleus which is located almost in the centre, being connected to the peripheral regions with radially developed strands of cytoplasm. The nucleus contains one nucleolus and is surrounded by many Golgi bodies. Cell divisions usually occurred at the beginning of the dark period, taking 15 to 30 minutes to complete the bipartition of cytoplasm.

Key Index Words: Cell division; centric diatom; culture; *Ditylum brightwellii*; electron microscope; morphology.

Minoru Saitow, Toin-gakuen Senior High School, Midori-ku, Yokohama, 227 Japan; Mitsuo Chihara, Institute of Biological Sciences, The University of Tsukuba, Sakura-mura, Ibaraki-ken, 305 Japan.

珪藻の細胞形態や生殖に関する知見は、電子顕微鏡技術や培養技術の発達に伴って、近年、顕著に増加しつつある。しかし、それらの多くは細胞被殻についてのものであり、細胞内構造に関するものは少ない。また、珪藻の生殖現象については GEITLER (1957, 1969) が羽状珪藻の30種類以上, STOSCH V. (1951), STOSCH V. *et al.* (1964, 1973), 右田 (1967a, b, c), DREBES (1972, 1977) および MIZUNO (1977) らが中心珪藻10余種についてその詳細を報告しているに過ぎない。

本研究で扱った中心珪藻 *Ditylum brightwellii* (WEST) GRUNOW ex VAN HEURCK については、電子顕微鏡による OKUNO (1952), HASLE (1975), 高野 (1980) の被殻に関する部分的な観察と、光学顕微鏡による GROSS (1937), EPPLEY *et al.* (1967) の

栄養細胞分裂の過程に関する観察の報告を見るに過ぎない。

筆者らは室内で単種培養した材料を用い、この種の栄養細胞の外部および内部形態について光学顕微鏡および電子顕微鏡により詳しく観察し、また栄養細胞分裂の過程を経時的に連続観察することに努力を払った。以下に得られた知見を報告する。筆者らはさらに休眠胞子の形状や形成および発芽の過程などについても観察したが、それらについては別に報告する。なお、用語は ANONYMOUS (1975) と ROSS and SIMS (1972) に主として準拠した。

材料と方法

本研究に用いた材料は、1978年6月12日に東京湾で

筆者らが採集したもの、および1979年10月13日に三河湾で東海区水産研究所の高野秀昭博士が採集したものである。いずれも実験室内で単種培養された。

用いた培地は、PES 培地 (PROVASOLI 1966) に珪酸ナトリウム ($\text{Na}_2\text{SiO}_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$) を 10 mg/l の割合で添加し、pH を 7.8 に調整したものである。培養条件は温度約16°C、光源白色蛍光灯、照度約 3,000 lux で、日長条件は14時間明期・10時間暗期である。

被殻構造の観察は、HASLE and FRYXELL (1970) の方法に従い、ほとんど全ての試料を酸処理した後に行った。光学顕微鏡観察は試料をブレウラックス樹脂に包埋した標本とスライドガラス上で自然乾燥させた標本の二種類を用いた。走査型電子顕微鏡観察には、試料を自然乾燥させるか、または培養中に死んだ細胞の被殻を取り出し水洗いして臨界点乾燥を施した後、金蒸着した試料を用いた。また透過型電子顕微鏡観察は、試料を直接コロジオン膜を貼ったグリッドにのせ、風乾した後行った。

細胞内構造の観察のための電子顕微鏡用試料の調整には、次の二通りの方法を採用した。(1) 藻体を含む培地 3 ml に 4% オスミウム酸液 1 ml を、約30分かけて、徐々に滴下し、室温で約2時間放置した後、試料液 1 に対し30% アルコールを 2 の割合で加え、約30分間静置する。(2) 遠沈して集めた藻体を、最終濃度 4% グルタルアルデヒド液と 2% オスミウム酸液の混合液 (0.01 M リン酸緩衝液、pH 7.2, 含 0.001 M ショ糖) に入れ、約1時間、室温で放置する。(1) または (2) のいずれかの方法で調整した試料は常法に従ってアルコールおよびプロピレンオキサイドで脱水し、エポキシ樹脂に包埋した。切片は Porter-Blum MT-1 ウルトラミクロトームで作製した。光学顕微鏡観察用の切片は 4% トルイジン青による単染色を、電子顕微鏡用切片は硝酸鉛と酢酸ウランによる二重染色を施した。

観察には、生物顕微鏡 (Nikon, OPTIPHOT)、培養倒立顕微鏡 (Nikon, MTD)、走査型電子顕微鏡 (JSM-25) および透過型電子顕微鏡 (JEM-100C) を用いた。

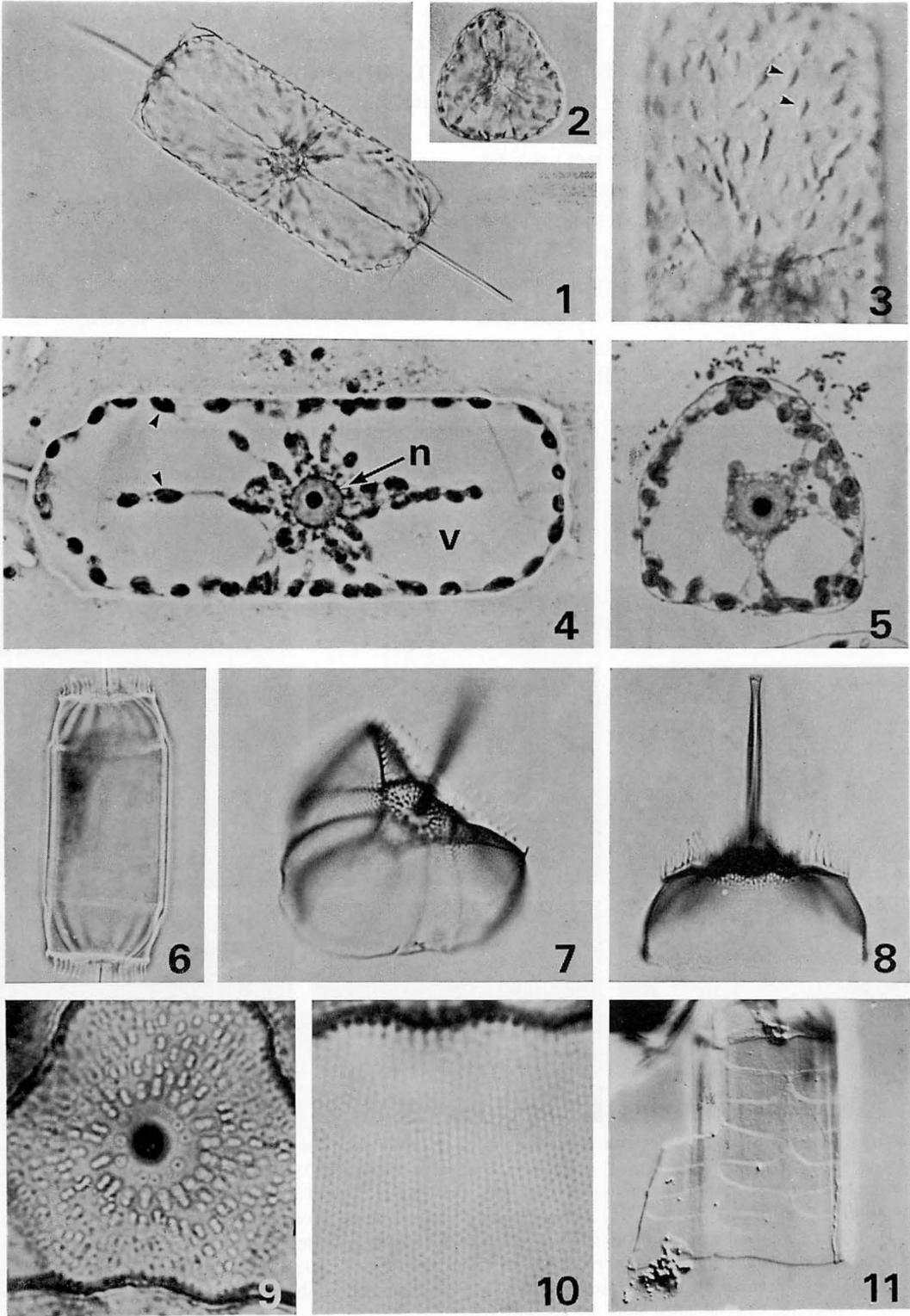
結 果

1. 栄養細胞の形態

光学顕微鏡による観察：細胞は三角柱状で (Figs. 1, 2)、殻高 71-146 μm 、三角面の一辺の長さは 20-146 μm で、蓋殻面の中央に1個の長い大きな棘状突起 (Figs. 1, 8)、さらに蓋殻面周縁に多数の小さな突起を有する (Figs. 6-8)。細胞内はよく発達した1個の大きな液胞によって占められ、細胞質は核の周囲と細胞の周辺部に偏在する (Figs. 4, 5)。核はほぼ球形で1個の仁を含み細胞のほぼ中央に位置し、その周囲から細胞の表層に向けて糸状の細胞質が放射状に伸び、周辺細胞質と連絡する (Figs. 4, 5)。葉緑体は紡錘形で明褐色を呈し、多数存在する。その大部分は周辺細胞質に存在するが、核の周辺や放射状に伸びた細胞質糸の中にも存在する (Figs. 3-5)。生細胞中では葉緑体にピレノイドを認めることができないが、電子顕微鏡用切片においては、ピレノイドと思われる、葉緑体基質と染色度の異なる部分が認められる (Figs. 4, 5)。

被殻は2個の蓋殻と1個の環帯から成る (Fig. 6)。蓋殻は殻套を有し、その中央には長さ 36-57 μm の棘状突起が1個あり、蓋殻面の周縁には長さ約 4 μm の棘状突起が 10 μm の距離に4-5個の割合で並ぶ (Figs. 7, 8)。平らな蓋殻面の大部分は、中央部から放射状に配列した楕円形の点紋で占められる (Fig. 9)。また蓋殻面から環帯にかけての斜面、すなわち殻套はその表面を貫軸に平行に配列した円形の点紋で占められる。この点紋列は 10 μm の距離に 13-17 列存在し、各列には 10 μm の距離に 10-11 個の点紋がある (Fig. 10)。環帯は数枚の輪片が連なってできている

Figs. 1-11. Light micrographs of *Ditylum brightwellii*. 1. Girdle view of living whole cell, showing a centrally located nucleus and radially developed strands of cytoplasm. $\times 550$; 2. Valve view of living cell, being triangular in outline. $\times 590$; 3. Girdle view of part of living cell, showing the distribution of many spindle-shaped chloroplasts (arrowheads). $\times 1000$; 4. Longitudinal section stained with toluidine blue of fixed cell, showing a large vacuole (v) and a centrally located nucleus (n) with radially developed strands of cytoplasm. Many chloroplasts (arrowheads) are distributed along the peripheral regions and also within the cytoplasm strands radially developed. $\times 1100$; 5. Transverse section of fixed cell as in Fig. 4, showing a centrally situated nucleus and many chloroplasts. $\times 1300$; 6. Girdle view of frustule of empty cell, showing many delicate short spines on the marginal ridges. $\times 570$; 7. Oblique view of valve. $\times 1000$; 8. Lateral view of valve, showing a centrally located long spine on the valve face. $\times 1000$; 9. Valve face, showing radially arranged pores. $\times 2000$; 10. Part of valve mantle, showing many rows consisting of small pores. $\times 2500$; 11. Part of girdle, showing several segmented bands. $\times 670$.



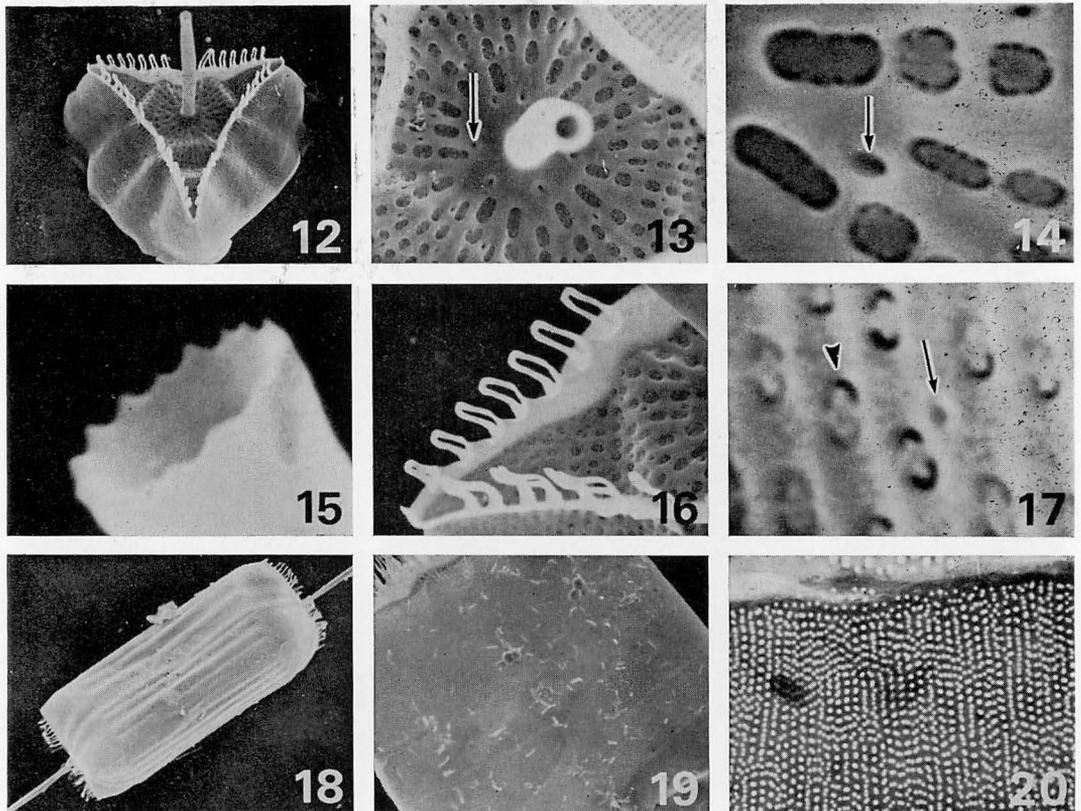
が、輪片の表面には何ら模様は認められない (Fig. 11)。

走査型電子顕微鏡による観察：蓋殻面の中央部は平坦で、3個の各隅には二等辺三角形をした凹部が存在する (Fig. 12)。蓋殻面に見られる楕円形の点紋は、その中に2-8個の突起をだして周囲の殻壁と結合する楕円形の篩板を有する (Figs. 13, 14)。点紋の大きさは面の中央部で大きい (約 $1.8 \times 0.7 \mu\text{m}$)、周辺に向かって次第に小さくなる (約 $0.8 \times 0.4 \mu\text{m}$)。なお蓋殻面の点紋群の間には構造の単純な単孔が散在する (Figs. 13, 14)。蓋殻面中央から伸びる長い棘状突起は中空で開口しており、その末端周縁は鋸歯状を呈する (Fig. 15)。これに対し、蓋殻面周縁の各突起は互

いに近接する2本の突起の先端部分が結合したかのような構造をもつ。この突起は7-8個で一群を形成し、蓋殻面の各辺にそれぞれ2組ずつ存在する (Fig. 16)。

殻套面には、蓋殻面の点紋に似た楕円形の小さな点紋が貫殻軸にほぼ平行に配列する (Fig. 17)。それらの大きさはほぼ一定で、約 $0.5 \times 0.3 \mu\text{m}$ である。また、単孔はこれらの点紋列間に散在する (Fig. 17)。

環帯には、殻套面から続く貫殻軸に平行に走るゆるやかな起伏がある (Fig. 18)。環帯を構成するベルト状の各輪片は無処理の被殻にその輪郭が認められるが (Fig. 19)、酸処理を施すと消失して見ることができない。



Figs. 12-19. Scanning electron micrographs of *Ditylum brightwellii*. 12. Oblique view of valve, showing arrangement of marginal spines on the valve face. $\times 500$; 13. Valve face, showing radially arranged pores and scattered open-pores (arrow). $\times 2000$; 14. Detail of pores with or without (arrow) rotae on the valve face. $\times 10000$; 15. Apex of a long central spine produced on the valve face. $\times 11000$; 16. Detail of marginal spines on the edge of valve face. $\times 2000$; 17. Detail of elliptical pores (arrowhead) with rotae and a small open-pore (arrow) on the valve mantle. $\times 17500$; 18. Girdle view of cell, showing many shallow furrows on the surface. $\times 300$; 19. Detail of girdle, showing arrangement of segmented bands. Specimen was cleaned only by water. $\times 700$.

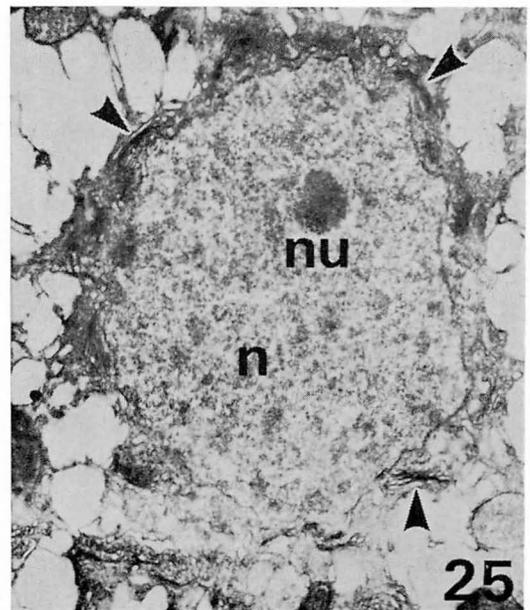
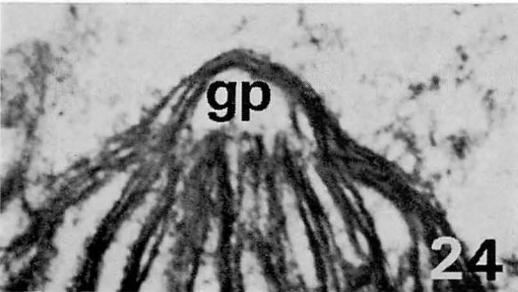
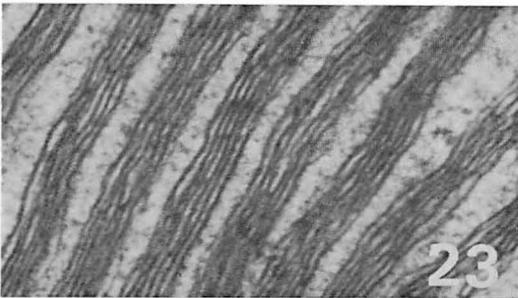
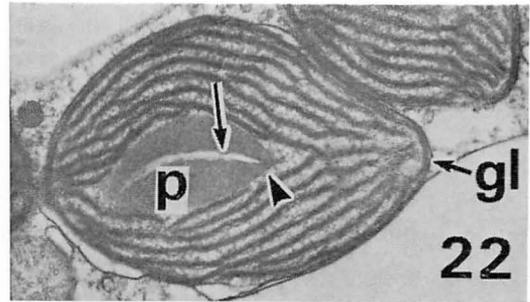
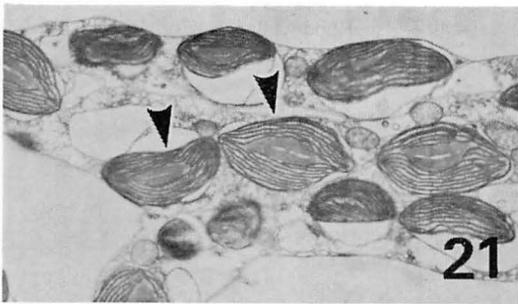
Fig. 20. Transmission electron micrograph of *Ditylum brightwellii*, showing many rows consisting of fine open-pores on the segmented band. $\times 3000$.

透過型電子顕微鏡による観察：環帯の各輪片の表面には円形に近い単孔が貫殻軸にほぼ平行に配列する (Fig. 20)。単孔数は $10\ \mu\text{m}$ の距離に対し約26個、単孔列の数は約30列存在する (Fig. 20)。輪片が互いに結合する部分には単孔、あるいはその他の特別な構造は認められない。

葉緑体は細胞内に多数存在し、紡錘形または多少変形した紡錘形である (Fig. 21)。葉緑体内部は長軸方向に走行する3重チラコイドラメラで占められている (Figs. 22, 23)。また、葉緑体包膜のすぐ内側には3重チラコイドラメラから成る1枚の周縁ラメラ (girdle

lamella) が認められる (Fig. 22)。紡錘形葉緑体の両端には、葉緑体 DNA が存在しているといわれる、ジェノフォア (genophore) と呼ばれる部位が見られる (Fig. 24)。葉緑体は、凸レンズ形で、その中央部を1層のチラコイドが縦貫する1個の埋没型のピレノイドを有する。ピレノイド基質は1枚の膜によって囲まれ、葉緑体基質から仕切られている (Fig. 22)。

核はほぼ球形で、2枚の核膜で包まれている。仁は通常1個存在し、染色質より電子密度の高い部分として区別される。核の周囲には多数のゴルジ体を取り囲むように存在する (Fig. 25)。



Figs. 21-25. Transmission electron micrographs of *Ditylum brightwellii*. 21. Longitudinal section of part of cell, showing several chloroplasts (arrowheads) in the peripheral region. $\times 3400$; 22. Section of chloroplast, showing arrangement of chloroplast lamellae, a girdle lamella (gl) and a pyrenoid (p). The pyrenoid is traversed by a single thylakoid (arrow) and is surrounded by a pyrenoid membrane (arrowhead). $\times 13000$; 23. Chloroplast lamellae, each composed of three thylakoids. $\times 64000$; 24. Part of chloroplast, showing the presence of genophore (gp) at the terminal. $\times 36000$; 25. Nucleus (n) with a nucleolus (nu), surrounded by many Golgi bodies (arrowheads). $\times 8000$.

2. 栄養細胞分裂

培養株の観察によって得られた栄養細胞分裂の過程は以下のものであった。暗期の初めに多くの細胞はその貫殻軸方向へ伸長する。すると、細胞のほぼ中央に位置していた核は貫殻軸と垂直な面で移動し、細胞壁の内面に接するように位置する (Figs. 26a, b)。次に、伸長した細胞の貫殻軸と垂直な中央面で細胞質のくびれが生じ、それに伴って核は貫殻軸方向へ伸長して楕円形となる (Fig. 26d)。さらに細胞質のくびれの進行とともに楕円形の核はその中央で分断され、2個の球形の核となる (Fig. 26f)。この段階では細胞質のくびれの部分は連結しているが、やがて次第に細くなり、遂には完全に分離する (Figs. 26g, j, l)。本研究の培養条件下では、核の移動開始後 15-30 分で細胞質分裂が完了する。形成された娘核は Fig. 26l に示すように、細胞質分裂によって現れた分離面の中央に接するようにそれぞれ位置し、娘細胞の新しい被殻が完成するまでそこに留まる。すなわち、この時期の娘核は互いに対面した状態で存在する。

その後、娘細胞内のいくつかの葉緑体は移動して、核の周囲に集まる。これに続いて蓋殻面中央の棘状突起の形成が始まり (Fig. 26m)、また同時に娘細胞の新しい蓋殻の形成も進行する (Figs. 26o, p)。蓋殻面周縁の小棘状突起群は蓋殻が完成する頃形成される (Fig. 26r)。この段階までの栄養母細胞の殻高は、分裂過程に入る時期の細胞のそれと変わらない。やがて、新しい被殻に接するように位置していた娘核は娘細胞のほぼ中央へ移動し、その後、両娘細胞は貫殻軸方向へ伸長し始める (Fig. 26s)。この伸長に伴い、娘核の周辺に集合していた葉緑体は細胞全域に散在する (Fig. 26u)。娘細胞はさらに伸長を続け (Fig. 26x)、2個の新しい栄養細胞が完成する。

なお、Fig. 26 に示した細胞分裂過程は明期の後半から連続して観察したものである。

考 察

被殻構造: 本研究で得られた *Ditylum brightwellii* に関する光学顕微鏡による観察結果は、従来の記述 (HUSTEDT 1930, LEBOUR 1930, GRAN and ANGST 1931, CUPP 1943) と基本的には同じであった。しかし、殻面構造にわずかであるが違いが見られた。すなわち本藻の殻套部の点紋は HUSTEDT (1930) や CUPP (1943) の記述よりも配列が粗で、1列を構成する点紋の数は彼らの藻がもつ点紋数の約半分である。しか

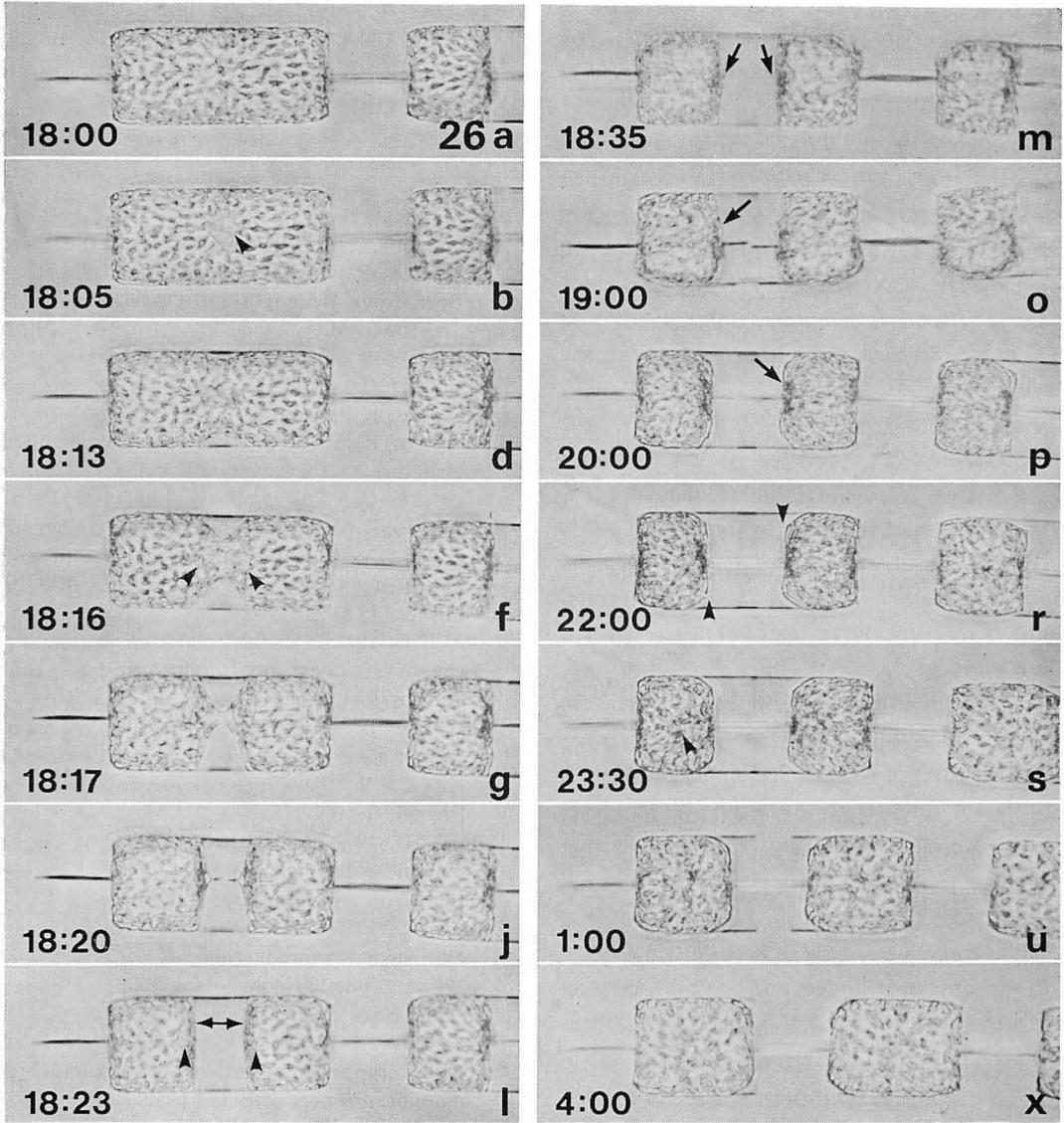
し、環帯を構成する輪片の形状や配列の様式は、STOSCH v. (1975) の記述とよく一致する。

本種の被殻の微細構造については OKUNO (1952)、HASLE (1975) および高野 (1980) の報告がある。本研究で観察した蓋殻面の点紋の構造や配列の様式は、OKUNO (1952) や高野 (1980) の記述とほぼ一致する。しかし、本藻では蓋殻面の点紋がやや大きいなど、わずかであるが一致しない点もあった。また、輪片に見られる単孔について、OKUNO (1952) は、それが殻套部の点紋と同じ大きさで、1列をつくる孔数は $10\mu\text{m}$ 中に15個であると述べているが、本藻の場合は、篩板をもたないほぼ円形の単孔で、1列の単孔数は $10\mu\text{m}$ 中に約26個という密な配列であった。HASLE (1975) は、北大西洋 Rhode Island 産の *D. brightwellii* の培養株で輪片の配列と構造を透過型電子顕微鏡写真で示しているが、図で見る限り本藻のそれらの特徴とほぼ一致するように思われる。なお、蓋殻全体に散在する篩板のない単孔の存在は、今までに記録されていない特徴である。

細胞内構造: 本種の細胞内構造に関する従来の報告は全くない。そこで今回の観察によって得た本種の特徴と今までに電子顕微鏡レベルで研究された他の珪藻のそれとの比較を行った。本藻の細胞内部の大部分が液胞で占められる点は *Melosira nummuloides* (CRAWFORD 1973b) や *Stephanopyxis turris* (JEFFREY and VESK 1977) の細胞内構造とかなり異なり、*Lithodesmium undulatum* (MANTON et al. 1969), *Melosira varians* (CRAWFORD 1973a), *Bellerochea yucatanensis* (STOSCH v. 1977)、あるいは *Lauderia annulata* (HOLMES 1977) などのそれと似る。しかし、核が細胞の中心に位置し、核の周囲の細胞質や放射状に伸びる糸状の細胞質の中にも葉緑体などの細胞器官が存在する点は、今まで知られていない特徴である。

葉緑体のラメラが3重のチラコイドから成ることおよび周縁ラメラの存在は、他の珪藻と基本的に同じである。なお、これらの形質は珪藻が所属する黄色植物門 (=褐色植物門) Chromophyta の基本的な特徴でもある。

ピレノイド基質を貫通するラメラは、珪藻で従来知られたところでは、2-3枚のチラコイドから成る種類が多い (*Achnanthes minutissima*, *Cymbella affinis*, *Surirella ovalis*, DRUM and PANKRATZ 1964; *Amphipleura pellucida*, STOERMER et al. 1965; *Cocconeis diminuta*, TAYLOR 1972; *Gomphonema*



Figs. 26, a-x. Successive stages of vegetative cell division of *Ditylum brightwellii*. $\times 360$; a. Elongated mother cell; b-f. Nuclear division in progress (arrowhead in Fig. b shows a nucleus; two arrowheads in Fig. f show each of daughter nuclei.); g-l. Cytokinesis (arrowheads show nuclei and a pair of arrows show newly appeared surfaces of cytoplasm in Fig. l.); m-r. Valve formation (arrows in Fig. m show formation of central spines; arrows in Fig. o and p show formation of valve faces; arrowheads in Fig. r show formation of marginal spines.); s-x. Elongation of two daughter cells (arrowhead in Fig. s shows a nucleus.). Time is indicated on the left of each figure.

parvulum, DAWSON 1973; *Melosira varians*, CRAWFORD 1973a; *Stephanopyxis turris*, JEFFREY and VESK 1977; *Phaeodactylum tricorntum*, BOROWITZKA and VOLCANI 1978)。しかし、本藻のそれは1層のチラコイドである。これは数少ない例で、わずかに *Cyclotella meneghiniana*, *Nitzschia*

palea (DRUM and PANKRATZ 1964) および *Lithodesmium undulatum* (MANTON and STOSCH v. 1966) などで知られるに過ぎない。葉緑体基質とピレノイド基質の境界をつくるピレノイド膜の有無については、本藻ではこのピレノイド膜は部分的に認められた。この膜は同一種類でも、例えば *Gomphonema*

parvulum のように、それが無いという報告 (DRUM and PANKRATZ 1964) と有るという報告 (DAWSON 1973) があるので、ピレノイド膜の有無とその存在状態についてはさらに詳しく調べる必要がある。

本種の核は球状で、*Lithodesmium undulatum* (MANTON *et al.* 1969) や *Bellerocha yucatanensis* (STOSCH *v.* 1977) のそれと似る。なお、中心珪藻類には、円錐状の核 (*Melosira varians* および *M. nummuloides*, CRAWFORD 1973a, b), 長い2片葉をもつ核 (*Lauderia annulata*, HOLMES 1977), 楕円形の核 (*Stephanopyxis turris*, JEFFREY and VESK 1977) など知られている。

ゴルジ体が核に近接して多数存在する状態は、多くの珪藻類で知られている。本種においても、多数のゴルジ体が核を取り巻くように存在しており、例えばある超薄切片において核の周囲に9個のゴルジ体が観察された。それらの配列の状態は *Lithodesmium undulatum* (MANTON *et al.* 1969) や *Bellerocha yucatanensis* (STOSCH *v.* 1977) で知られたそれと類似する。

栄養細胞分裂：本種の栄養細胞の分裂過程は既に GROSS (1937) や EPPLEY *et al.* (1967) によって光学顕微鏡レベルで観察されている。分裂過程についての筆者らの観察結果は、彼らの報告と基本的に同じである。ただ、分裂に際しての形態変化に要する時間については多少異なる結果が得られた。すなわち、細胞質分裂が完了するまでに要する時間について、GROSS (1937) は30分、EPPLEY *et al.* (1967) は4-6分と報告しているが、筆者らの場合は約15-30分であった。先に EPPLEY *et al.* (1967) はこのような時間的差異の要因としてクローン間の生理的差異をあげている。しかし、細胞の大きさを比較してみると、前者の細胞は比較的大型で、後者ののは小型であるので、あるいは細胞の大きさの違いも要因の一つであると思われる。筆者らの観察では、本藻の細胞分裂は暗期の初めに始まるが多かった。EPPLEY *et al.* (1967) や PAASCHE (1968) によると、本種の細胞分裂は明期に起るといふ。しかし、RICHMAN and ROGERS (1969) の報告では暗期となっている。このような細胞分裂の起る時刻の差異について、NELSON and BRAND (1979) は単離された系統株が生育していた天然の環境や遺伝的な違いを要因としてあげている。この点についてはさらに詳細な解析を行う必要があると思われる。

終りに、本研究に使用した三河湾産の培養株を提供

下さった東海区水産研究所の高野秀昭博士、電子顕微鏡による観察を進めるに際し、種々助言を下された筑波大学生物科学系の堀輝三助教授および原慶明講師に感謝申し上げる。

引用文献

- ANONYMOUS. 1975. Proposals for a standardization of diatom terminology and diagnoses. *Beih. Nova Hedwigia* 53: 323-354.
- BOROWITZKA, M.A. and VOLCANI, B.E. 1978. The polymorphic diatom *Phaeodactylum tricorutum*: ultrastructure of its morphotypes. *J. Phycol.* 14: 10-21.
- CRAWFORD, R.M. 1973a. The protoplasmic ultrastructure of the vegetative cell of *Melosira varians* C.A. AGARDH. *J. Phycol.* 9: 50-61.
- CRAWFORD, R.M. 1973b. The organic component of the cell wall of the marine diatom *Melosira nummuloides* (DILLW.) C. AG. *Br. phycol. J.* 8: 257-266.
- CUPP, E.E. 1943. Marine plankton diatoms of the West Coast of North America. *Bull. Scripps Inst. Oceanogr.* 5: 1-238.
- DAWSON, P.A. 1973. Observations on the structure of some forms of *Gomphonema parvulum* KÜTZ. II. The internal organization. *J. Phycol.* 9: 165-175.
- DREBES, G. 1972. The life history of the centric diatom *Bacteriastrum hyalinum* LAUDER. *Beih. Nova Hedwigia* 39: 95-110.
- DREBES, G. 1977. Cell structure, cell division, and sexual reproduction of *Attheya decora* WEST (Bacillariophyceae, Biddulphiineae). *Beih. Nova Hedwigia* 54: 167-178.
- DRUM, R.W. and PANKRATZ, H.S. 1964. Pyrenoids, raphes, and other fine structure in diatoms. *Amer. J. Bot.* 51: 405-418.
- EPPLEY, R.W., HOLMES, R.W. and PAASCHE, E. 1967. Periodicity in cell division and physiological behavior of *Ditylum brightwellii*, a marine planktonic diatom, during growth in light-dark cycles. *Arch. Mikrobiol.* 56: 305-323.
- GEITLER, L. 1957. Die sexuelle Fortpflanzung der Diatomeen. *Biol. Rev.* 32: 261-295.
- GEITLER, L. 1969. Comparative studies on the behaviour of allogamous pennate diatoms in auxospore formation. *Amer. J. Bot.* 56: 718-722.
- GRAN, H.H. and ANGST, E.C. 1931. Plankton diatoms of the Puget Sound. *Publ. Puget Sound Biol. Sta., Univ. Wash.* 7: 417-516.
- GROSS, F. 1937. The life history of some marine

- plankton diatoms. Phil. Trans. Roy. Soc. London 228: 1-47.
- HASLE, G. R. 1975. Some living marine species of the diatom family Rhizosoleniaceae. Beih. Nova Hedwigia 53: 99-140.
- HASLE, G. R. and FRYXELL, G. A. 1970. Diatoms: cleaning and mounting for light and electron microscopy. Trans. Amer. Microsc. Soc. 89: 469-474.
- HOLMES, R. W. 1977. *Lauderia annulata*—a marine centric diatom with an elongate bilobed nucleus. J. Phycol. 13: 180-183.
- HUSTEDT, F. 1930. Die Kieselalgen Deutschlands, Österreichs und der Schweiz usw. Rabenhorst, Kryptogamen-Flora, Bd. 7, Teil I. Leipzig.
- JEFFREY, S. W. and VESK, M. 1977. Effect of blue-green light on photosynthetic pigments and chloroplast structure in the marine diatom *Stephanopyxis turris*. J. Phycol. 13: 271-279.
- LEBOUR, M. V. 1930. The planktonic diatoms of northern seas. Ray Soc. Publ. 116: 1-244.
- MANTON, I. and STOSCH VON, H. A. 1966. Observations on the fine structure of the male gamete of the marine centric diatom *Lithodesmium undulatum*. J. Roy. Microsc. Soc. 85: 119-134.
- MANTON, I., KOWALLIK, K. and STOSCH VON, H. A. 1969. Observations on the fine structure and development of the spindle at mitosis and meiosis in a marine centric diatom (*Lithodesmium undulatum*) I. Preliminary survey of mitosis in spermatogonia. J. Microscopy 89: 295-320.
- 右田清治 1967a. *Skeletonema costatum* の有性生殖について。日水誌 33: 392-398.
- 右田清治 1967b. *Melosira moniliformis* の有性生殖。長崎大学水産学部研究報告 23: 123-133.
- 右田清治 1967c. 中心珪藻目2種の有性生殖とその生態。日本プランクトン研連会報 14: 13-22.
- MIZUNO, M. 1977. Sexual reproduction of *Melosira* sp. from Oshoro Bay, Hokkaido. Bull. Jap. Soc. Phycol., 25, Suppl. (Mem. Iss. YAMADA): 149-157.
- NELSON, D. M. and BRAND, L. E. 1979. Cell division periodicity in 13 species of marine phytoplankton on a light: dark cycle. J. phycol. 15: 67-75.
- OKUNO, H. 1952. Electron-microscopical study on fine structures of diatom frustules IX. Bot. Mag. Tokyo 65: 158-163.
- PAASCHE, E. 1968. Marine plankton algae grown with light-dark cycles. II. *Ditylum brightwellii* and *Nitzschia turgidula*. Physiol. Plant. 21: 66-77.
- PROVASOLI, L. 1966. Media and prospects for the cultivation of marine algae, p. 63-75. In A. WATANABE and A. HATTORI (ed.), Culture and Collection of Algae. Proc. U.S.-Japan Conf., Hakone.
- RICHMAN, S. and ROGERS, J. N. 1969. The feeding of *Calanus helgolandicus* on synchronously growing populations of the marine diatom *Ditylum brightwellii*. Limnol. Oceanogr. 14: 701-709.
- ROSS, R. and SIMS, P. A. 1972. The fine structure of the frustule in centric diatoms: a suggested terminology. Br. phycol. J. 7: 139-163.
- STOERMER, E. F., PANKRATZ, H. S. and BOWEN, C. C. 1965. Fine structure of the diatom *Amphipleura pellucida*. II. Cytoplasmic fine structure and frustule formation. Amer. J. Bot. 52: 1067-1078.
- STOSCH VON, H. A. 1951. Entwicklungsgeschichtliche Untersuchungen an zentrischen Diatomeen. I. Die Auxosporenbildung von *Melosira varians*. Arch. Mikrobiol. 16: 101-135.
- STOSCH VON, H. A. 1975. An amended terminology of the diatom girdle. Beih. Nova Hedwigia 53: 1-28.
- STOSCH VON, H. A. 1977. Observations on *Bellerochea* and *Streptotheca*, including descriptions of three new planktonic diatom species. Beih. Nova Hedwigia 54: 113-166.
- STOSCH VON, H. A. and DREBES, G. 1964. Entwicklungsgeschichtliche Untersuchungen an zentrischen Diatomeen. IV. Die Planktondiatomee *Stephanopyxis turris*—ihre Behandlung und Entwicklungsgeschichte. Helgol. wiss. Meeresunters. 11: 209-257.
- STOSCH VON, H. A., THEIL, G. and KOWALLIK, K. V. 1973. Entwicklungsgeschichtliche Untersuchungen an zentrischen Diatomeen. V. Bau und Lebenszyklus von *Chaetoceros didymum*, mit Beobachtungen über einige andere Arten der Gattung. Helgol. wiss. Meeresunters. 25: 384-445.
- 高野秀昭 1980. 赤潮研究会分類班編. 赤潮生物シート, No. 44. 水産庁
- TAYLOR, D. L. 1972. Ultrastructure of *Cocconeis diminuta* PANTOCSEK. Arch. Mikrobiol. 81: 136-145.

井上 勲・堀口健雄：微細藻類ノート (7) *Pyramimonas parkeae* NORRIS et PEARSON (プランノ藻綱). Isao INOUE and Takeo HORIGUCHI: Notes on microalgae in Japan (7) *Pyramimonas parkeae* NORRIS et PEARSON (Prasinophyceae).

Pyramimonas (ピラミモナス) は主として河口、港湾、沿岸域に生息しているが、例外的にタイドプールでしばしば赤潮をつくる種類として本種がある。1975年 NORRIS et PEARSON により、電子顕微鏡レベルの形質を加えて新種記載された。

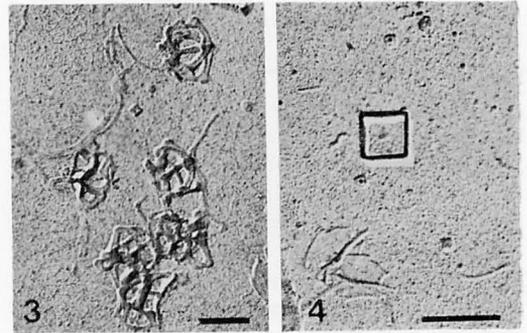
Pyramimonas のなかでは大型の部類に属し 9~20 μm である。前端から後端に向かって稜線状に4列の隆起があり、前端では四つの裂片となっている。正面観は丸みをおびた四辺形を呈し (図2)、中央に鞭毛溝がみられる。鞭毛は4本、互いに90°の角度で放射状に伸びる。鞭毛溝のまわりには光沢のある粒が並んでおり、注意深く観察すると円形あるいは長方形であることがわかる (図1)。これはトリコシストである。葉緑体は1枚でカップ状、4枚の片葉に分れて細胞前端に向かって伸びている。後端にピレノイドがありその前端に接するように1個の眼点がある。ピレノイド周辺にもトリコシストが認められる。しばしばピレノイド上部にわずかなくびれがみられるが、これはピレノイド基質を肥大した2枚のデンプン鞘が上下から包んでいるためである (図1)。同じタイプのピレノイドデンプンを持つ *Pyramimonas grosii* でもこのようなくびれを認めることができる。ピレノイドデンプンの形態

とトリコシストの存在は、細胞が破裂していく過程で容易に確認できる。

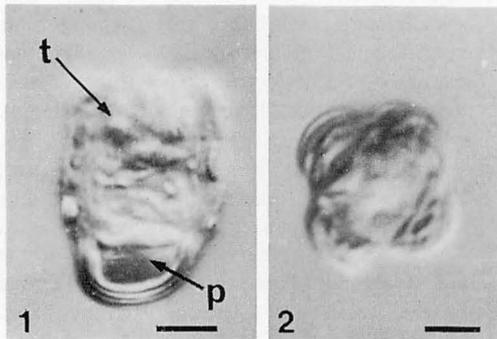
体表中層鱗片および外層鱗片の電顕写真と模式図を図3~6に示す。本邦産の鱗片構造は原記載と完全に一致する。

本種はわが国では八丈島および三浦半島荒崎より発見された。後者は本城凡夫氏 (東海区水産研究所) の培養タンク中に発生したものである。

培養は *Pyramimonas* のなかでも最も容易で、藻株は数カ月の放置でも死滅することは稀である。これはこの藻が環境変動の大きいタイドプールに生育することにより、広い適応能力を獲得したためであると考えられる。



Figs. 3-4. Shadow cast fields of body scales. 3. Outer layer scales; 4. Intermediate layer scale. Scale bar=1 μm .



Figs. 1-2. Cells under Nomarski interference contrast microscopy. 1. Side view, showing trichocysts (t) and pyrenoid (p). 2. Apical view. Scale bar=5 μm .

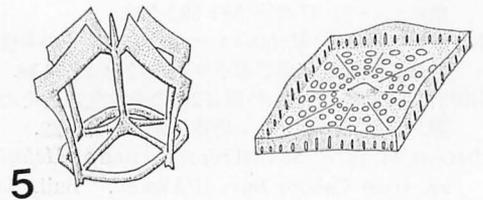


Fig. 5. Schematic diagrams of outer layer scale (left) and intermediate layer scale (right).

引用文献

NORRIS, R.E. and B.P. PEARSON, 1975. Arch. Protistenk. 117: 192-213.

赤塚伊三武*: シマテングサ属の異形細胞は毛の母細胞である Isamu AKATSUKA :
Nature of the idioblast in *Gelidiella* (Rhodophyta, Gelidiellaceae)

The occurrence of highly protoplasmic idioblasts which are larger than the surrounding vegetative cells has been observed in the outermost cortical layer of *Gelidiella acerosa* (FORSSKÅL) FELDMANN et HAMEL and *G. tenuissima* (THURET) FELDMANN et HAMEL. They form a bulbous protuberance, resulting in a slight projection on the frond surface through the cuticle. The idioblasts are regarded here as mother cells of hairs in that (1) they have the same diameter in both the basal part of hair and the pit formed on the frond surface by the elongation of the cells in question and (2) their density of distribution corresponds to that of the hairs and pits on the frond surface.

Key Index Words: *Gelidiella*; *Gelidiales*; *hair*; *idioblast*; *mother cell of hair*; *Rhodophyta*.

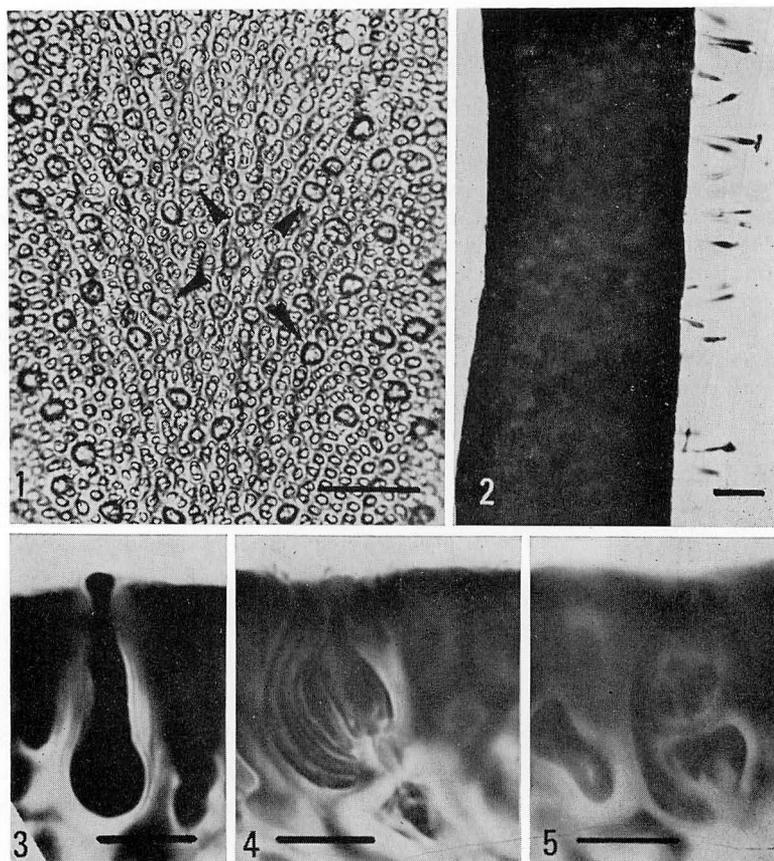
Isamu AKATSUKA, *The Education Institute for Private Schools, Narahara 1262, Hachioji, Tokyo, 193 Japan.*

シマテングサ属 *Gelidiella* の数種の表層には、明らかに周囲の体細胞と区別できる、原形質に富んだ、大形細胞の存在することが知られている (BOUDOURESQUE 1969, AKATSUKA 1970, 1978, RAO 1971)。この異形細胞の機能についてはこれまで腺細胞、小枝の原基および毛の母細胞と3通りの見解があるが、いずれも根拠を明瞭に示してはいない。そこで本報告では異形細胞の性質を明らかにするために、詳しい観察を行なうと共に細胞内容物の性質についても調べた。観察に用いたシマテングサ *Gelidiella acerosa* (FORSSKÅL) FELDMANN et HAMEL は1965年7月28日および1976年12月30日に沖縄県石垣島で採集されたもので、それを5%ホルマリン海水で固定して持ち帰った。検鏡に際しては体主軸の頂部、中部、基部および匍匐枝中部をそれぞれ安全カミソリの刃で体表面を剝離すると共に、凍結マイクロームを用いて厚さ 10-20 μm の切片を作って、これを Toluidine blue で染色してから観察に供した。

まずシマテングサの藻体を低倍率で見ると体表面の到る所に多数の毛があることがわかった (Fig. 2)。これまでシマテングサ属の毛についてはシマテングサ (AKATSUKA 1970, 1978) の他に *Gelidiella lubrica* (KÜTZING) FELDMANN et HAMEL (1936) ならびに *G. tenuissima* (THURET) FELDM. et HAM. (BOUDOURESQUE 1969) についても報告があるが、毛の母細胞についての記載や図は見られない。しかし、シマテングサには毛の基部に母細胞が明らかに観察され、表面観では母細胞は 5-8 μm の径を示している (Fig. 1) この大きさは、異形細胞が体の断面においてク

クラを貫いて、その先端を体表面から突出させる際に生じる孔の径と一致する (Fig. 3, 4)。また、体の断面での異形細胞の密度と体表面から見た毛の分布密度がほぼ同じであり、これらの事実は異形細胞を毛の母細胞と考えた AKATSUKA (1978) の見解を支持するものである。本種の毛は AKATSUKA (1978) も述べているように脱落し易く、実際に凍結マイクロームで切片を作る場合には、刃による衝撃で失われるため、断面では一般に見ることができない。シマテングサの体細胞は toluidine blue o で青染するが、毛の母細胞はメタクロマジーを示して赤紫色になり、硫酸エステルの存在を明らかにした。また、毛自体の内容物も同様に硫酸の反応を呈する。BOUDOURESQUE (1969) は *G. tenuissima* の異形細胞を *cellule sécrétrice* としたが、細胞内容物に富むことから考えたとすれば、この細胞もやはり毛の母細胞と考え得るし、恐らくシマテングサと同じ成分を含有していると推察する。少くとも両種の毛の母細胞は物質貯蔵器官の役割を持つものと思う。

シマテングサの毛の母細胞は老成するに従って形態が変化し、体の断面で観察すると細胞壁は厚くなり、タマネギの鱗葉状またはヤシ殻の様な層状構造を示す (Fig. 4)。時には細胞内容物が上下に分割されて、両者間に隔壁を生じる例が見られる (Fig. 5)。RAO (1971) はインド産のシマテングサの異形細胞は *branch initial* であると述べ、主軸の頂端細胞と同じ機能をもっていると考えたが、異形細胞が分裂して枝を形成してゆく過程の図を示していない。邦産のシマテングサの体表面での異形細胞の数からも、それらが



Figs. 1-5. *Gelidiella acerosa* stained with toluidine blue o. 1. Surface view of mother cells of hairs in ultimate pinnule. Arrows show hair mother cells. Scale=50 μ m; 2. Hairs in surface view of tetrasporangial pinnule. Contents of hairs are stained reddish-purple. Scale=50 μ m; 3. Transverse section of apical region of main axis, showing mother cell of hair stained reddish-purple. Protuberance of hair mother cell projects on frond surface through a pore of cuticle. Scale=10 μ m; 4. Longitudinal section of middle region of main axis, showing hair mother cell with coconut-shell structure. Scale=10 μ m; 5. Hair mother cell in longisection of middle region of main axis, showing cell contents divided in two parts. Scale=10 μ m.

枝の原基であるとは考えられない。インド産シマテングサの場合も毛の母細胞にはかならない。

以上の邦産シマテングサの観察ならびに他種の文献から、これまでシマテングサ属の数種で異形細胞として知られたものは毛の母細胞と断定される。さらに邦産試料の毛の母細胞には硫酸エステルが含有されていることを明らかにし得た。

北大水産学部の正置富太郎教授の校閲をいただいたので御礼申し上げます。

引用文献

AKATSUKA, I. 1970. Morphology of the cortical

layer of some species of Gelidiales. Bull. Jap. Soc. Phycol. 18: 72-76.

AKATSUKA, I. 1978. Hair and cuticle as special structure of frond surface of Gelidiaceae algae. Rev. Algol., N.S. 13: 349-358.

BOUDOURESQUE, C.-F. 1969. *Gelidiella tenuissima* (THURET) FELDMANN et HAMEL en Méditerranée occidentale. Tethys 1: 783-792.

FELDMANN, J. and HAMEL, G. 1936. Floridées de France. VII. Gelidiales. Rev. Algol. 9: 85-140, pls. 2-6.

RAO, P.S. 1971. Studies on *Gelidiella acerosa* (FORSSKÅL) FELDMANN et HAMEL. 6. Anatomy and developmental morphology. Phycos 10: 70-78. (*日本私学教育研究所)

奥田弘枝*: ワカメ成熟葉体の電子顕微鏡的観察 特に毛巢, 毛の微細構造について
Hiroe OKUDA: Electron microscopic observations on brown alga *Undaria pinnatifida* —on fine structure of its hair conceptacle and hair—

褐藻類のなかには、表層細胞より生じる単発の毛を有する *Padina*, *Eudesme* (岡村 1936), 毛が叢生する *Sporochnus* (岡村 1936), *Endarachne* (MELCHIOR 1954) がある。また表層表面の浅い窪みの毛巢から毛が叢生する *Chnoospora* (岡村 1936), *Ishige* (MELCHIOR 1954), さらにやや深い窪みの毛巢から毛が叢生する *Hizikia*, *Costaria*, *Undaria* (岡村 1936) なども知られている。*Costaria*, *Undaria* については、光顕観察による毛の発生過程が報告されている (YENDO 1911) が、毛巢および毛の微細構造は明らかにされていない。

筆者はワカメの基本構造を調べる基礎的研究の一環として、藻体各部位の電顕的観察を行ってきた。前報では成熟したワカメ葉体部の表層細胞、皮層細胞および粘液腺の電顕的観察結果を報告した (奥田 1980)。ここではワカメの毛巢および毛の微細構造を走査型および透過型電顕によって観察した結果を報告する。

観察に用いた試料は、1978年4月中旬、広島県尾道市の海岸で採取したワカメの健全な葉体である。葉体長は約 80 cm で、成実葉をつけた十分に成熟した藻体である。葉体の中央部 (葉体長の 1/2 くらいの部位で、羽状裂片と中肋の中間部分) から 1 片約 5 mm の小四角片を切り出し試料とした。透過型電顕観察用試料の調整方法の詳細は前報と同様である (奥田 1980)。観察は HS-7 型, JEM-100B 型電子顕微鏡を用い、加速電圧はいずれも 80 kV で行なった。光顕観察は、電顕観察用に包埋作製した試料から、厚さ 5 μm の切片を作製し、トルイジン青染色をした後、行なった。走査型電顕観察用試料は、0.1 M カコシル酸緩衝液 (pH 7.4) で稀釈した 2% グルタルアルデヒドで 5°C, 2 時間前固定し、前述の緩衝液で洗浄した後、同様の緩衝液で稀釈した 2% OsO_4 で 5°C, 2 時間、後固定を行なった。固定後、試料は 50~100% のエタノール系列で脱水し、臨界点乾燥装置 (JCPD-3) を用いて乾燥した。ついで試料表面に全蒸着を施し、観察は TSM-T20 を用い、加速電圧は 19 kV で行なった。

毛巢の一般形態: ワカメの藻体表面には肉眼的に小黒点として認められる、毛巢といわれる窪みがある。実体顕微鏡下では毛巢の基部から外へ向かって白い細い毛が密生して伸びているのが見られる。毛巢は成熟した藻体葉面 1 cm^2 当り、多いもので 50 個前後見られる。体の縦断面から見ると、表層細胞が葉体の厚さの約 1/3 くらい落ち込むように配列することによって、毛巢の窪みとなり、毛巢壁を形成している。毛は毛巢壁の基部から体外に向かって伸びる (Fig. 1)。体表面から見た毛巢はほぼ円形に近い形で、直径約 155~175 μm である (Fig. 2)。

毛巢壁の構成: 毛巢壁は 2~3 層の細胞から形成され、最外層の細胞は毛巢の中心部に向けて突出している (Fig. 2, 矢印)。毛巢の周囲にある皮層細胞は毛巢に対して放射状に配列する (Fig. 2)。

毛巢壁最外層の細胞に含まれる葉緑体数は表層細胞のその約半数 (2~3 個) で、形は小さい楕円 (長径 1.5 μm , 短径 1.0 μm) である。チラコイド・バンドの数は少なく、2~3 条認められるだけであった。

毛の形態: 毛は単列多細胞からなり、分枝しない。基部から先端までは最も長いもので約 1000 μm ある。細胞は基部に近いほど小型で、先端になるほど大型になる (Figs. 1, 3)。毛巢を通る横断面像では、その内部に通常 20~35 本の毛が見える (Fig. 2)。毛の表面は粗く、多くのくびれが見られる。これらは毛の細胞と細胞との間の隔壁に相当し、細胞の大きさは長径が約 10~30 μm , 短径が約 6~8 μm である (Fig. 4)。これらの観察結果から、毛の細胞数は相当な量となり、葉体表面積の増大につながるものと考えられる。

毛の基部の間をうめている物質は微小繊維性である (Fig. 5)。

毛細胞の内部構造: 透過型電顕による観察によると、毛細胞の横断面は円形 (直径 7~8 μm 前後) または楕円形 (長径 7 μm , 短径 5 μm) をしている。毛細胞壁の厚さはほぼ均一で約 2 μm あり、微小繊維からなる (Fig. 5)。細胞のほぼ中央に、中等度な電子密度を有する直径約 3 μm の 1 個の核が存在し、二重膜によって包まれている。核質は微小な顆粒物からなる。核の中心部には電子密度の高い長径 0.9 μm ,

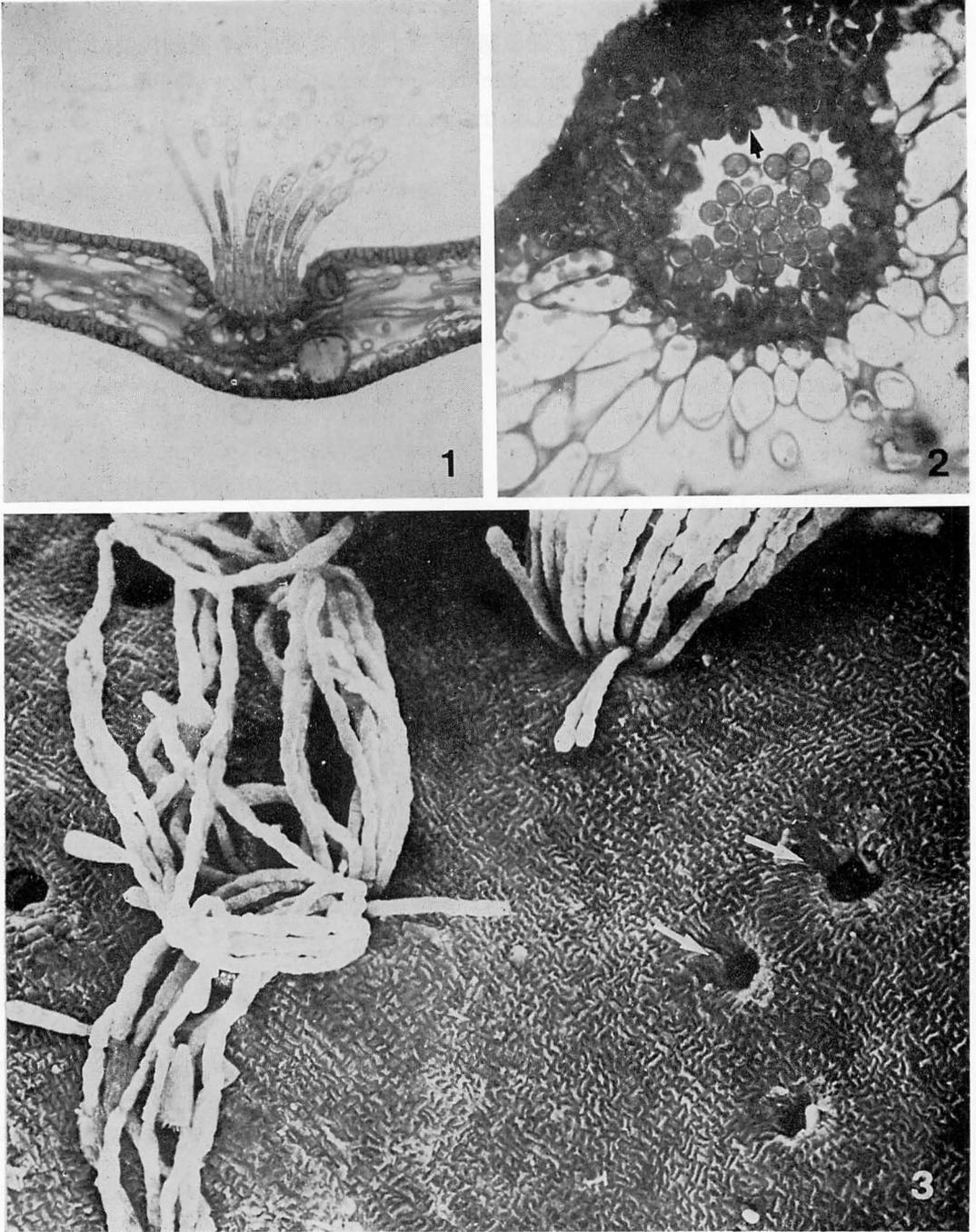


Fig. 1. Light micrograph of saggital section of hair and hair conceptacle. The hair cells originate from epidermal layer.

Fig. 2. Transverse section of hair conceptacle show round cut surfaces of hair cells and protruded epidermal cells into hair conceptacle are observed (\uparrow).

Fig. 3. Scanning electron micrograph of hair and surface of *Undaria pinnatifida*. The opennings of the mucilage glands (\uparrow) are also seen. $\times 960$.

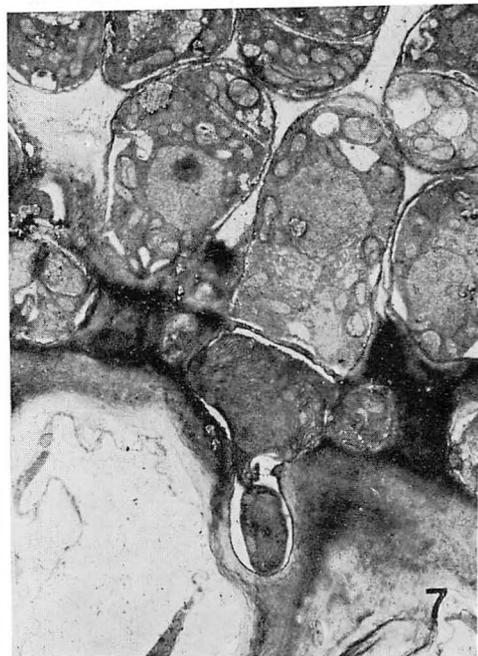
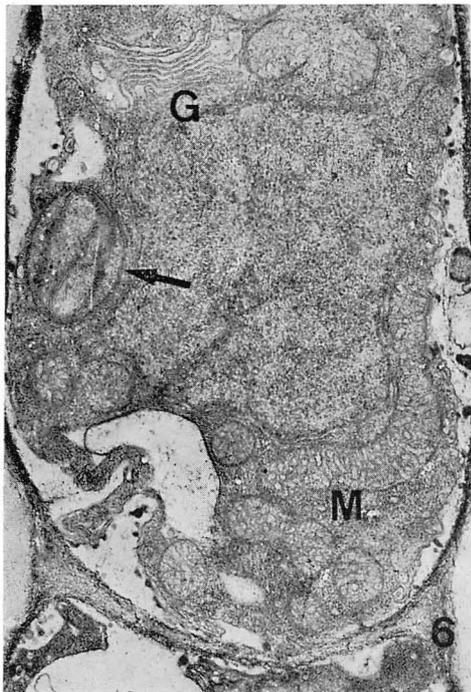
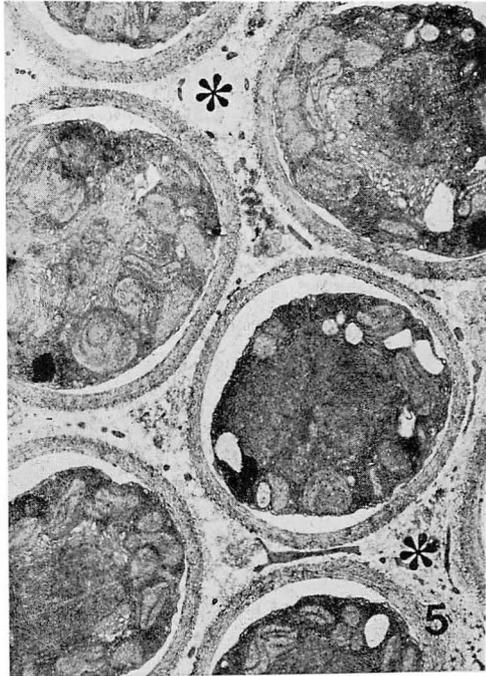
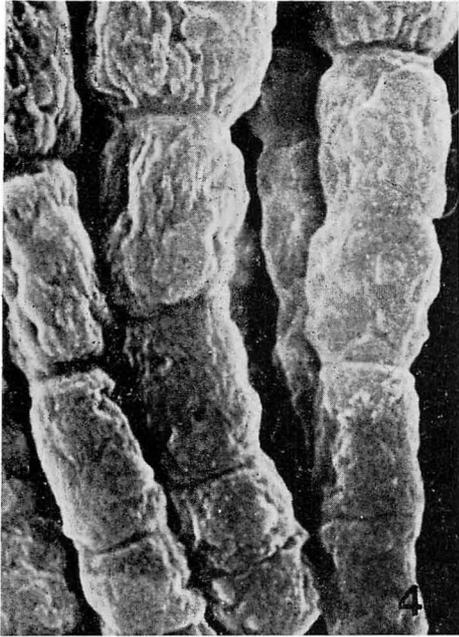


Fig. 4. Scanning electron micrograph of the hair. The cells show columnar form and connecting each other. $\times 3800$.

Fig. 5. Electron micrograph of the transversally sectioned hair cells. Fine fibrous substances are observed between the cells (*). $\times 6000$.

Fig. 6. Longitudinal figures of the hair cells. Although well developed Golgi body (G) and mitochondria (M) are observed, the lamellar bands in chloroplast are poorly developed (\uparrow). $\times 17000$.

Fig. 7. Longitudinally sectioned hair cells at the basal part. The hair cells are developed from epidermal layer cells of the hair conceptacle. $\times 3300$.

短径 $0.47\text{ }\mu\text{m}$ 前後の核小体が1個見られる場合が多い (Fig. 6)。

葉緑体は1個の細胞断面に3~4個から、多いもので5~6個見られ、細胞壁に近い位置や核の周辺部に位置する。その大きさは長径 $1.7\text{ }\mu\text{m}$ 、短径 $0.7\sim 0.8\text{ }\mu\text{m}$ 前後で楕円形をしており、内部に1~3条のチラコイド・バンドが観察される (Fig. 6, 矢印)。葉緑体は表層、皮層細胞内の数とはほぼ同数であるが、大きさは小型で、表層、皮層細胞のその約 $1/2$ である。また、表層、皮層細胞の葉緑体は10~15条のチラコイド・バンドを含むのに対して、その発達が悪い。

ミトコンドリアは核の周囲に認められ、細胞1個当たり、多いもので10数個観察された。ミトコンドリアの形態は楕円、棍棒状、くの字等をしており、小さいもので直径 $0.4\text{ }\mu\text{m}$ 、大きいもので長径 $2.5\text{ }\mu\text{m}$ 、短径 $0.35\text{ }\mu\text{m}$ あり、内膜突起は小管状構造をしている (Fig. 6)。表層、皮層細胞のミトコンドリアは平均して数個存在し、その大きさは長径 $0.5\text{ }\mu\text{m}$ 、短径 $0.3\text{ }\mu\text{m}$ 程で、形もほぼ一定した楕円形であるのに対して、毛細胞のミトコンドリアはその形も多形で容積のかなり大きいものが見られる。

核に近接してゴルジ体が認められ、液胞も観察された (Fig. 6)。

毛の発生: 葉体長が 9 cm になった葉体では、毛の発生初期の段階が見られた。毛は表層細胞の1つが母細胞となり、横に細胞分裂して単列多細胞の毛を形成するらしいことを示している (Fig. 7)。これは表層細胞が毛の細胞へ転換していく状態を光顕で観察した YENDO (1911) の結果とほぼ一致する。

毛の機能: 褐藻類には毛を有するものが数多く知られているが、毛巢や毛の機能的意義は不明な点が多い、成熟した毛細胞の葉緑体は、その発生初期の葉緑体とほとんど変わらず、小型のままで、内部のチラコイド

・バンドも1~3条しか認められず未発達である。また、毛巢壁をつくる細胞の葉緑体も発達していない。従って、毛および毛巢壁細胞においては光合成作用はあまり活発には行なわれていないと推測される。一方、ミトコンドリアは発生初期の毛細胞で10個、成熟したもので10数個観察される。また、毛細胞のミトコンドリアは表層、皮層細胞のそれに比較して多形で、しかも大型のものがあ、その数も多いことから、エネルギー代謝は活発に行なわれていると考えられる。

以上のことから、毛の機能は光合成作用よりもむしろ物質の代謝に関わっている器官であろうと想像される。

本研究に対し、御指導を頂いた筑紫女学園短大、川上いつゑ教授、本稿の御校閲を賜った九州大学、塚原博教授、奥田武男助教授、研究に対して多大の便宜をはかって頂いた広大原医研、岡本直正教授、佐藤幸男助教授に深く感謝申し上げます。試料採取に御援助を頂いた兵庫水産試験場の山内幸児氏に心から厚く御礼申し上げます。

引用文献

- MELCHIOR, H. 1954. Phaeophyta. Braunalgen (Melanophyceae). In MELCHIOR, H. and WERDERMANN, E. (ed.) A. Engler's syllabus der pflanzenfamilien. gebrüder Borntraeger, Berlin-Nikolassee.
- 岡村金太郎 1936. 日本海藻誌。内田老鶴園 東京。
- 奥田弘枝 1980. ワカメ成熟葉体の電子顕微鏡的観察、特に表層、皮層細胞および粘液腺の微細構造について。藻類 28: 255-263.
- YENDO, K. 1911. The development of *Costaria*, *Undaria* and *Laminaria*. Ann. Bot. 25: 706. (*730 広島市東区牛田東4丁目13-1 広島女学院大学)

総 説

カサノリの巨大核*

石川 依久子

大阪大学教養部生物学教室 (560 豊中市待兼山 1-1)

SHIHIRA-ISHIKAWA, I. 1982. Gigantic primary nucleus in *Acetabularia*. Jap. J. Phycol. 30: 241-255.

The research on gigantic primary nucleus in *Acetabularia* has advanced since last 50 years both physiologically and cytologically. The physiological studies originated from Hämmerling's concept of 'morphogenetic substance(s)' stated that this substance(s) is released from primary nucleus and is capable to express genetic information. The aim of physiological studies is to prove biochemically what morphogenetic substance is and to know the mechanism of gene expression in *Acetabularia*. The cytological works started due to the interest in ploidy and division of primary nucleus.

Recently, owing to the advancement of electron microscopy, these two branches of studies were joined. The production of rRNA in nucleolus was shown visually. Moreover, the release of rRNA from nucleus was mostly elucidated as a result of full observation of perinuclear zone.

However, the gigantic primary nucleus still poses various unsolved problems. The location of messenger RNA in the primary nucleus is still not fully known, though lampbrush chromosomes were found there. Meiosis has neither been confirmed under microscope, although its occurrence in primary nucleus has been proved by determining DNA content.

The young gigantic primary nucleus in a young stalk, measuring 8-10 mm in length, might release all information necessary for cap morphogenesis, as well as rRNA. After some pause, probably the division of primary nucleus would take place following the completion of cap. Besides that there is another possibility that the primary nucleus might release some small nuclei soon after the release of information. The above hypothesis will be presented through the author's observations.

Ikuko Shihira-Ishikawa, Department of Biology, College of General Education, Osaka University, Toyonaka-shi, Osaka, 560 Japan.

I. 巨大核研究の足跡

1877年に初めて de BARY and STRASBURGER によって, *Acetabularia mediterranea* が記載され, 1895年には SOLMS-LAUBACH によるカサノリのモノグラフがリンネ学会から出された (Figs. 1)。SOLMS-LAUBACH は核を観察したが, それは cyst 形成に際して現われる white spot としてであり, 子嚢 (傘のひだ) 内に散在する多核ステージの核であった。

その後30年を経てドイツの植物学者 HÄMMERLING

が *A. mediterranea* を培養し, 詳細にその形態学的・生理学的挙動を観察した。そして1931年カサノリが巨大な卵形の核 (Fig. 2) を1つ, その単細胞藻体の基部に持つことを発表し, 同時に藻体と核との特異な係わり合について多くの観察結果を報告した (HÄMMERLING 1931, 1953, 1963a, b)。この様にカサノリの巨大核の研究は HÄMMERLING によってその第一歩が踏み出された。

* 文部省科学研究費補助金 No. 564226 による。

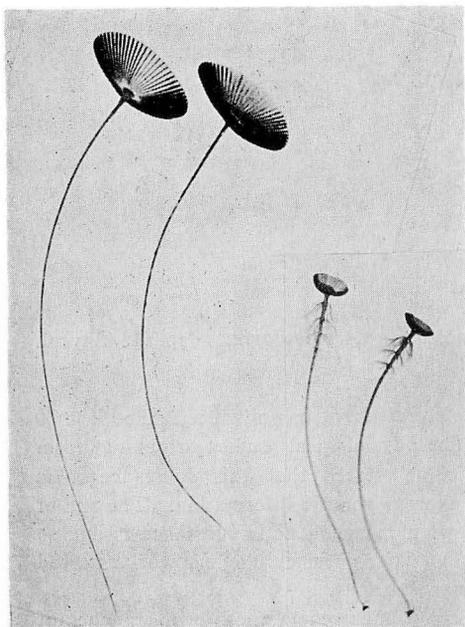


Fig. 1. *Acetabularia rynkyuensis* (left) and *A. calyculus* (right). $\times 1$.

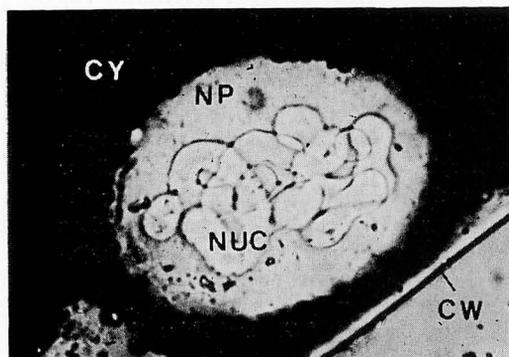


Fig. 2. Gigantic primary nucleus of *A. calyculus*. NP: nucleoplasm, NUC: nucleolus, CY: cytoplasm, CW: cell wall. $\times 450$.

A. カサノリの形態形成物質 (Morphogenetic substance, M.S.)

1. その発見

HÄMMERLING はまず傘形成以前の茎部を切断し、核を含む仮根部を取除いた。無核藻体片は直ちに切断面に細胞膜を再生しその後週間も生き続けたが、やがてその先端に正常な傘を形成した (Fig. 3a)。しかもその傘は種特異性を維持しているので傘の形成及びその形は、遺伝子の存在しないはずの場合において遺伝的支配を受けているとしか考えられなかった。

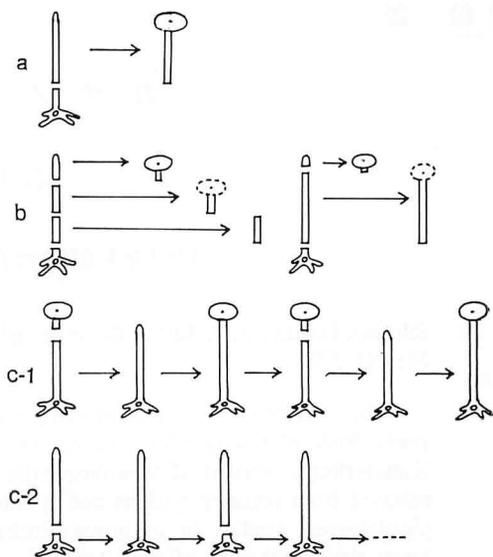


Fig. 3. Illustration of HÄMMERLING'S early works.

HÄMMERLING はこの核なしの再生現象を説明するために“morphogenetic substance (形態形成物質, 以後 M.S. と略す)”を想定した。M.S. は核で合成され、細胞質に放出され、長時間細胞質中に維持される。HÄMMERLING は更に、カサノリ藻体の茎部を切断し、異った部分や異った長さの切片を培養して傘形成能を比較した結果、M.S. は生長点のある頂端に最も多く、仮根に向って漸次少くなることを見出した (apico-basal gradient) (Fig. 3b)。一方、傘を切除除去すると茎部は傘を再生するが、再生した傘をもう一度切断しても再び傘を形成すること (Fig. 3c-1)、また、核を含む仮根部は茎部を除去しても繰り返し茎部を再生すること (Fig. 3c-2) から、M.S. は必要に応じて核から随時放出されることを明らかにした (HÄMMERLING 1934, 1943)。

この物質の存在は有名な接ぎ木実験によって一層明らかとなった (Fig. 4) (HÄMMERLING 1940)。*A. mediterranea* と *A. crenulata* による有名な種間接ぎ木は1940年におこなわれた。カサノリの茎部を切断し、2本の茎部を海水中で速やかに繋ぎ合わせると細胞質が融合して一藻体として生き続ける様になる。従って異った2種以上のカサノリの仮根部を接続させると異種由来の2つ以上の核をもった細胞を人工的に作ることが出来る。*A. mediterranea* と *A. crenulata* は其々形態の異った傘を形成する。*A. mediterranea* は先端の丸い子嚢群が平板状に配列した皿型の傘であ

るが、*A. crenulata* は隣りあった子嚢が離ればなれになりやすく子嚢の先端は尖っている。1) この両者の仮根部を繋ぎ合わせると接続点から基部を再生し、その頂端に *A. mediterranea* と *A. crenulata* の中間型の傘を生じた。2) *A. crenulata* の仮根部2個と *A. mediterranea* の仮根部1個を繋ぎ合わせると *A. crenulata* に近い中間型の傘を生じた。3) *A. mediterranea* の仮根部と *A. crenulata* の基部(無核片)を繋ぎ合わせると中間型かやや *A. mediterranea* に近い傘を生じた。しかし、この傘を切断してもう一度傘をつくらせると明らかに *A. mediterranea* の傘であった。また、稀に何段も傘を作ることがあるが、終りに近づく程純粋な *A. mediterranea* の傘になることが見られた。接ぎ木実験から、傘の形態は核と核由来の M.S. の存在関係によることが明らかとなり、次のような考察がなされた (HÄMMERLING 1953)。a) 種特異性をもつ M.S. が核でつくられる; b) 2種由来の核同志の接ぎ木で中間型の傘をつくることは、両核由来の2種の M.S. が一定の割合を保っていることを意味する; c) 2種のカサノリを用いた三核接ぎ木で二核が存在する種に近い中間型傘を作ることは M.S. の割合が核の数に依存することを意味する; d) 単核接ぎ木では無核片に存在していた M.S. と新たに核から放出された異種の M.S. の量の競り合いとなって中間型を生じるが、やがて既存の M.S. の減少に伴って新たな核からの M.S. が優勢となり、無核片基部の先端に異種の傘を生じるようになる。

これらの結果から次のような仮説が引出された。

遺伝子の支配を受けてある化学物質が核で合成され細胞質に送り出される。細胞質中でこの化学物質は一定の形態を作り出す代謝系を導いていく。しかもその化学物質は同一種カサノリの異株はもとより他種カサノリの細胞質に送っても効果的にこれを利用することが出来る。今日、バクテリアで導かれたセントラルドグマが近代遺伝学説の基礎として理解されているが、HÄMMERLING はその1/4世紀も前に既にカサノリの接ぎ木実験を通じて核の遺伝情報が細胞質へ移行することを証明していた。

その後 HÄMMERLING は弟子らと共にオートラジオグラフによって M.S. を追求した (STICH *et al.* 1953)。培地から取込ませた ^{32}P は直ちにその著しい量が巨大核に入り、やがて活発に細胞質に放出されていくのを観察した。彼の弟子である SCHWEIGER らはシュミット・タンホイザー法により藻体片の RNA 量を測定した。RNA は基部先端に多かった。核がある

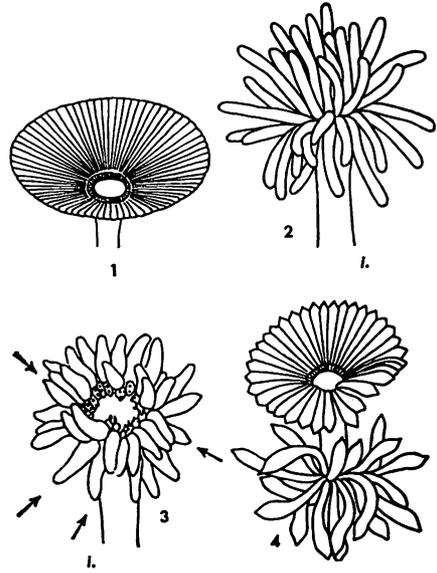


Fig. 4. Shape of caps as an indicator of nuclear information in HAMMERLING's interspecific graft experiments. 1. Normal cap of *A. mediterranea*; 2. Intermediate cap of *A. mediterranea* and *A. crenulata*. Thallus possesses two nuclei belonging to each species; 3. Intermediate cap form close to *A. crenulata*. Thallus contains two cren-nuclei and only one med-nuclei; 4. Two normal caps of *A. crenulata*. (HÄMMERLING 1953)

場合にはこの RNA は常に少しづつ増加していたが核を含む仮根部を切断除去するとその増加は直ちに停止した (Fig. 5)。一方、有核片を10日間暗所に置くと RNA 量は著しく低下したが、10日目にこの有核片を更に切断して核部を除去し、この無核片を光照射すると無核片先端に RNA が増加した (SCHWEIGER *et al.* 1961)。暗期には核から RNA 前駆体(?)が放出されて基部先端に集積するが、これが光照射をうけて cytoplasmic RNA になると HÄMMERLING は考えた (1963a)。この RNA の挙動は作業仮説として設けられた M.S. の挙動と一致するので M.S.=RNA という結論に到達した (Fig. 6)。

2. M.S. は mRNA か

HÄMMERLING の実験が蛋白質合成に結びつくに至ったのは、もう一人のバイオニア、ベルギーの発生学者 BRACHET の存在なくしてはあり得なかった。BRACHET は1940年頃動物細胞内における核酸と蛋白質合成の関連を示唆していた。彼は HÄMMERLING の接

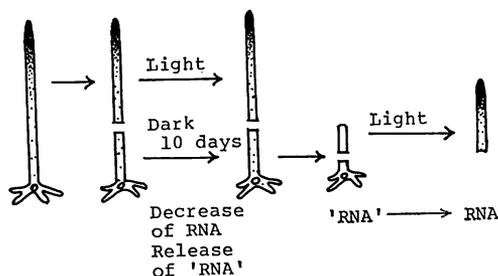


Fig. 5. Schweiger's early work shown in a diagram.

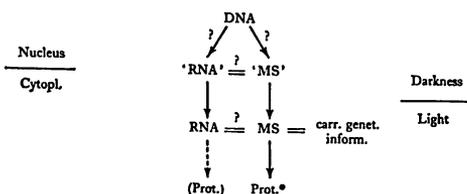


Fig. 6. Tentative sheme by HÄMMERLING of the possible relations between morphogenetic substances and RNA and their precursors. 'RNA': substances released from the nucleus and inducing cytoplasmic RNA synthesis. RNA: RNA synthesized in the cytoplasm, which is assumed to obtain genetic information via 'RNA'. 'MS': precursors of morphogenetic substances released from the nucleus. MS: active morphogenetic substances. The parallels between the left and the right side of the scheme depend on the results of independent studies.

ぎ木実験に強い関心を抱き、1955年に CHANTRENNE と共に M.S. の生化学的解析に全力を投じることになった。彼等は初め、無核片を培養して蛋白質合成能を測ったが、無核片内において合成される蛋白質は1ヶ月後には2倍にもなることを知って驚いた。しかも合成された蛋白質の中には、いくつかの酵素も含まれていた。一酵素一遺伝子由来であるという BEADLE の説に従えば明らかに奇妙なことである。一体、遺伝子の存在しない無核片の細胞質中で起るそのような蛋白質合成が何を意味するのか全くわからなかった (BRACHET 1970)。

「M.S. は安定な RNA かもしれない」と BRACHET が考え始したのは1957年頃からであった。赤血球の無核細胞との類似性に気づいたためである。この RNA は核で作られ、細胞質中に移行し、極めて安定な形で貯えられている。そして長い間、核の遺伝情報を維持し

た後、特異的な蛋白質合成を誘導する。この推測は、大腸菌によるメッセンジャー RNA 説が脚光を浴びた2~3年も前のことであった。BRACHET は mRNA という名前を付けてはいなかったが考え方は全く同じであった。ただ一つ異なる点はカサノリの "mRNA" は著しく長寿命であった。今日真核細胞の mRNA は原核細胞の mRNA に比べて安定したものであることは分っているが、カサノリの遺伝情報は最も長い場合には3ヶ月も細胞質内に維持されているのである (SCHWEIGER *et al.* 1977)。BRACHET はその後、阻害剤を用いて M.S. が mRNA であることを間接的に証明することに努めたが、バクテリアや赤血球の mRNA とは比べようもないほど複雑であった。何故ならカサノリは多くの自律性の高い葉緑体をもっている。無核片内であっても葉緑体 DNA は複製され、RNA 及び葉緑体蛋白が合成されるからである (BRACHET 1967)。彼自身が述べている様に、その後十数年、M.S.=mRNA 説は単に傍証に支えられた仮説として生き続けた。

3. M.S. の生化学的証明

この様にしてカサノリの遺伝物質の生理学的研究は西ドイツの HÄMMERLING 系とベルギーの BRACHET 系の研究者が支流を荷って今日に至った。HÄMMERLING の直系の弟子である SCHWEIGER がその後 M.S. の研究を受け次ぎ1973~75年に、KLOPPSTECH とともにカサノリの藻体からリボソーム RNA とメッセンジャー RNA を取り出すことに成功した。確かにその mRNA は M.S. と一致した挙動を示した。然し、彼らの行なった証明も依然として間接的なものであり、mRNA と M.S. が同一物質であるという最終的結論が得られた訳ではない。

a. メッセンジャー RNA

KLOPPSTECH and SCHWEIGER は1975年に *A. mediterranea* から poly (A) RNA フラクシオンを単離することに成功した(1975a)。(多くの真核細胞の mRNA は 3' 末端に50~200個の poly (A) 構造が存在する)。巨大核存在下で RNA 前駆物質は poly (A) RNA にとり込まれるが核を除去すると取込まれなくなることから poly (A) RNA は核中で合成されることが証明された (Fig. 7)。分子量は $0.5\sim 3 \times 10^6$ ダルトンと推定され、平均70のヌクレオチド鎖である。核内で合成された poly (A) RNA はただちに細胞質に移動した。最終的には poly (A) RNA は細胞全体に広がり HÄMMERLING が M.S. で推定した様な頂端

から下部へ向けての濃度勾配が見られた (SCHWEIGER 1977)。

その後この poly (A) RNA による蛋白合成の誘導が cell free 系で実証され、mRNA であることはほぼ確かであるとされた。KLOPPSTECH (1976) らは発芽小麦から得られた cell free 系を用い、これにカサノリからとった poly (A) RNA を加えて90分インキュベートし、 ^{35}S -メチオニンのポリペプチドへの取込みを測定した (Table 1)。対照としてタバコモザイクウイルス RNA またはウサギからとったグロビン mRNA を加えて、其々の場合におけるポリペプチドへの ^{35}S の取込みを比較した。カサノリの poly (A) RNA は明らかに取込みを促進させたが、効率はグロブリン mRNA の1/2 程であった。発芽小麦の系では既にいろいろな mRNA の蛋白合成の実験が行なわれているが、大きい mRNA は蛋白合成の効率がわるい。カサノリにおける効率のわるさも分子量を反映しているものと考えられた。

その後、細胞数を殖やして poly (A) RNA 量を増していくと ^{35}S -メチオニンのポリペプチドへの取込みは細胞数に対応してふえ蛋白合成の誘導を裏付けた (Fig. 8)。しかし、これらの実験はメンブランフィルター上での poly (A) RNA の能力で測られたもので

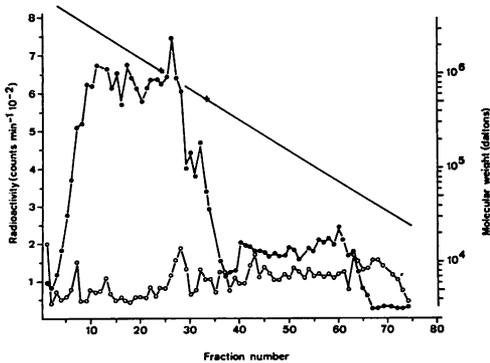


Fig. 7. Synthesis of polyadenylated RNA in nucleate and anucleate cells. Two hundred cells were ligated and enucleated 78h prior to incubation with ^3H -uridine. Two hundred nucleate cells of the same culture were used as control. The RNA was extracted and purified by adsorption to oligo (dT) cellulose. After polyacrylamide gel electrophoresis, 1.16 mm slice of gel have been estimated for radioactivity. Cross-bar indicates the positions of *E. coli* 23S and 16S RNA. —○— nucleate cells, —●— anucleate cells. (KLOPPSTECH and SCHWEIGER 1975)

Table 1. Incorporation of ^{35}S -methionine into polypeptides. The indicated amounts of RNA were added to the cell-free system. The reaction was stopped after 90 min of incubation. The counts represent the TCA insoluble fraction of 40 μl reaction mixture. In the experiments 2 through 4 the incorporation values have been corrected for incorporation which takes place in the absence of added RNA. (KLOPPSTECH *et al.* 1976)

species	RNA added μg per 40 μl	incorporation of ^{35}S -methionine (counts \times min $^{-1}$ \times 10 $^{-4}$)
1 no	—	3.2
TMV RNA	3.6	329
2 TMV RNA	3.6	189
globin mRNA	1.0	117
3 TMV RNA	3.6	277
poly (A) RNA from <i>Acetabularia</i>	*	62
4 TMV RNA	3.6	190
mengo virus RNA	2.0	0.8
mengo virus RNA	10.0	0.1

*equivalent to 400 cells

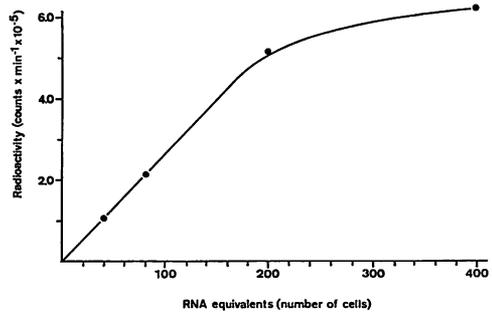


Fig. 8. Poly (A) RNA depending incorporation of ^{35}S -methionine into polypeptides. Poly (A) RNA from *Acetabularia* equivalent to the number of cells was added to the assay. After an incubation of 90 min the radioactivity was determined in the TCA insoluble fraction. (KLOPPSTECH and SCHWEIGER 1976)

あり *in vivo* で同様のことが起っているという実証はない。

b. リボソーム RNA

カサノリの細胞質中に存在する 80S リボソームは mRNA と同様、KLOPPSTECH と SCHWEIGER (1973) によって示された。明らかに巨大核存在下でのみ ^3H -

uridine は 80S リボソームの RNA に取込まれることから、巨大核の中で合成され、細胞質に移動したものであることが推定された。細胞質中での 80S リボソームの存在は一様な分布を示し、とりわけ頂端部に多いということはなかった (KLOPPSTECH *et al.* 1975b)。 ^3H -uridine で 22 時間ラベルしたのち藻体を培養し、3 日後と 24 日後に藻体を上部と下部に分け其々の 80S リボソーム中の放射能活性を測定すると Fig. 9 のような分布を示し、リボソームが 1 日に 2~4 mm づつ核から頂端に向かって移動することが観測された。又、rRNA は約 80 日間の極端に遅い半減期で代謝回転することが分った。更に KLOPPSTECH らの計算によると巨大核当り毎秒 4×10^7 ヌクレオチドが rRNA に重合されていることになる。情報解説に当るポリメラーゼの数は電顕観察によりシストロン当り約 100 個と観察されている (HAMKOLO and MILLER 1973) ので、これに基づいて計算すると 1 個のポリメラーゼは毎秒 10^5 ヌクレオチドを重合することになる。この値はバクテリアに比べると 10^{4-5} 倍も高い。巨大核は後に述べる様に電顕観察によると大量に増幅されたリボソーム DNA をもっているため rRNA シストロンの数は非常に多い。上記の計算から、少なくとも 10^4 以上の rDNA (=rRNA シストロン) を保持しており、1 個の核内で同時に解読が行なわれていると解釈される (SHWEIGER 1977)。

80S リボソーム生産の速度は藻体の状態によって変わる。例えば、基部を切断除去して有核の仮根に基部の再形成を起させる場合、rRNA の合成速度は一時的に増加する。Fig. 10 に示される様に、切断後 3 日目に ^3H -uridine のリボソームへの取込みは最高になる。この時の合成速度は切断前の 20 倍にも達する。一方、葉緑体 rRNA の合成速度もまた変化するが細胞質 rRNA より遅れて、6 日目にピークに達する。このような合成速度の促進はシストロン当りのポリメラーゼの数の増加によるものだろうか、又はポリメラーゼの合成速度が増加した結果であろうか。電顕観察によると 1 シストロン上のポリメラーゼ分子は互いに極めて接近しており、それ以上数が増加することは考え難い。一方、合成速度の増加を否定することはできないが、それまで合成速度を制限していた物質の急激な増加あるいは律速していたステップの活性化が見出されない限り全く根拠はない。可能性のある一つの考え方は余剰の rRNA シストロンを初めから持っていたということであり、眠っていた rRNA シストロンが解読され始めたということである。電顕観察によると明ら

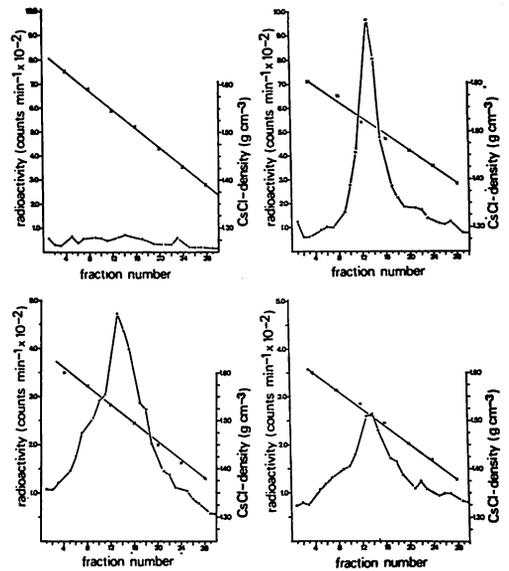


Fig. 9. Intracellular transportation of 80S ribosomes in *A. major*. Cells were labelled for 22 hours with ^3H -uridine and incubated for 3 days (left side) and 24 days (right side) respectively in "cold" medium. Cells were homogenized and subjected to sucrose density gradient centrifugation, the 80S peak was isolated and after fixation recentrifuged in CsCl gradient. Upper curves: Apical fragment, lower curves: basal fragments. (KLOPPSTECH and SCHWEIGER 1975)

かに解読されていないシストロン (spacer) が多数みられる (後述) (BERGER *et al.* 1975a, b)。然し実際には、20倍にも達する rRNA を生産するだけの眠った rRNA シストロンが存在するかというと、計算上絶対に不足であると言わざるを得ない (SCEWIGER 1977)。もう一つの可能性として、rDNA の増幅がある。SCHWEIGER は計算上からこの可能性が最も強いと述べている。即ち藻体の再生にあたって急速に rDNA を増幅し、rRNA シストロンを殖やしてリボソーム生産を促進させるという説である。

カサノリの rRNA と mRNA の存在は証明されたが、rRNA 上で poly (A) RNA が蛋白合成を誘導するという *in vivo* の証明はない。蛋白合成の活性が藻体の頂端で高く下端で低いという報告はいくつかある (D'EMILIO *et al.* 1977)。最近、D'EMILIO らは藻体上部での蛋白合成の一部は細胞質中で *de novo* 合成される mRNA によることを見出し、単離葉緑体

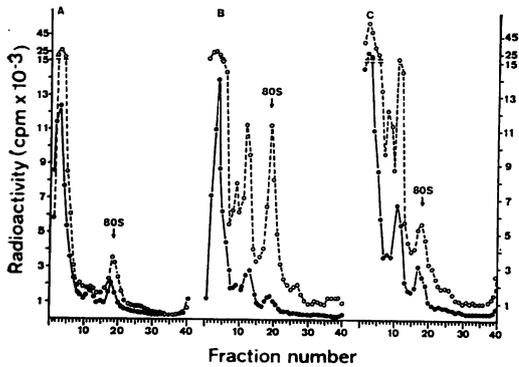


Fig. 10. Incorporation of ^3H -uridine into ribosomes during regeneration of *A. mediterranea* cells. Cells were labelled for 24 hours with ^3H -uridine 0 (left), 3 (middle) and 6 (right) days after cell surgery in "cold" medium. The position of the 80S ribosomes is marked. The two subunits of the 70S organelle ribosomes show maximum activity on day 6. (KLOPPSTECH and SCHWEIGER 1973)

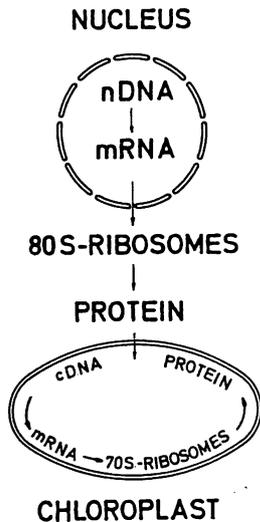


Fig. 11. Schema illustrating the intergenomic co-operation in the synthesis of chloroplast proteins. (D'EMILIO *et al.* 1979)

の蛋白合成能が頂端で高く下部で低いことを報告している。(Fig. 11 参照)

B. 巨大核の核相と倍数性

HÄMMERLING や BRACHET と並ぶもう一人の古典的カサノリ研究者は SCHULZE である。SCHULZE は1939年 *A. mediterranea* と *A. wettsteinii* の細

胞学的研究を行い、その生活環と核相の詳細な観察を発表した。HÄMMERLING をはじめとして初期のカサノリ研究者達は長い間この SCHULZE による細胞学的観察の上に立って研究を進めて来た。

1. 生活環

接合子に1個存在していた一次核は藻体の成長に伴って増大し、仮根内で巨大核となる。傘が完成して数週間たつと巨大核は崩壊して二次核を形成する。小さな二次核は有糸分裂しながら原形質流動によって茎部を上昇して傘(子嚢)に入る。

子嚢の細胞質中に、二次核は分散して配置され white spot として認められる様になるが、やがて細胞質が各々の核を包み込んで cyst を形成する。cyst の中では配偶子形成までに10回余りの核分裂が繰り返されるが *A. mediterranea* では数回の分裂を経たのち20~30核となって休眠期に入る (PUISEUX-DAO 1966)。cyst から放出された無数の同型配偶子は接合して $2n$ 体となり直ちに発芽を開始する。

2. 減数分裂はいつ起るか

SCHULZE (1939) は *A. mediterranea* の cyst 中で減数分裂が起っているらしい図を示しており、減数分裂は配偶子形成の最後の核分裂で起るとし、核分裂後期には10個の対をなした染色体が存在し、 $2n=20$ であると報告した (Fig. 13)。cyst 内の染色体像は核サイクルの全過程を通じて最もはっきりしているの

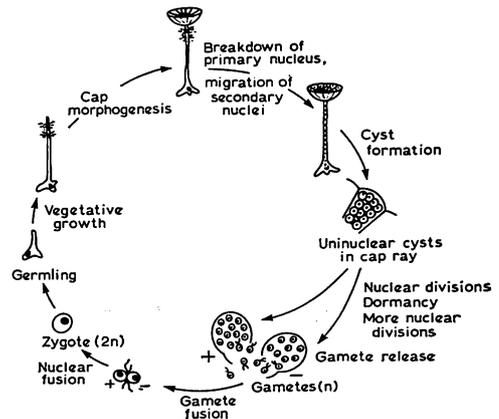


Fig. 12. Life-cycle of *A. mediterranea*. Not drawn to scale. Gametes are about $10\ \mu\text{m}$ diameter; mature cell is $25\text{--}30\ \text{mm}$ long with cap of diameter $6\text{--}10\ \text{mm}$; cysts are $100\text{--}200\ \mu\text{m}$ diameter. (GREEN 1976)

SCHULZE の後も多くの研究者がこの時期の染色体数に挑戦している。PUISEUX-DAO (1966) は $2n=8\sim 10$ と結論し、WOODCOCK (1973) らは最も少ない場合で 10, 多い場合で 20 と述べている。藪らは前中期で 20 と教えている (YABU *et al.* 1981)。

いづれにしてもカサノリの生活環は配偶子である短期間を除いて複相であると SCHULZE は結論した。従って巨大核は $2n$ であり mitosis によって $2n$ の二次核を放出することになる。その後, cyst 内で起る減数分裂を肯定する報告も 2, 3 出されているが (PUISEUX-DAO, 1970, WOODCOCK *et al.* 1973), 1973 年の GREEN の反論以来 SCHULZE の説は修正されて現在に至っている。

GREEN (1973) は同一 cyst 内に生じる配偶子の mating type に着目し, 各々の cyst を単離してそれから生じる配偶子の接合能力を調べた。もし, それまでの説の様に減数分裂が cyst の中で起るとすれば, 同一 cyst 内で配偶子は 2 つの mating type をもちうるので cyst 内の配偶子同志の接合によって複相の藻体をつくるのが出来る筈である。然し実験の結果, 一個の cyst からは発芽体は得られなかった。即ち cyst 内の配偶子は同一 mating type であることが証明され, cyst 内での減数分裂は否定された。cyst 形成開始に当って, 二次核が細胞壁に包まれる前に既に単相になっていなければならない (GREEN 1973)。Koop (1975) は Feulgen 染色した核の DNA 量を微分光測定法で測り, cyst 内の一核は配偶子の核と

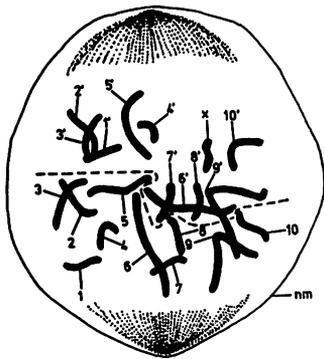


Fig. 13. The first nuclear division in cyst of *A. mediterranea*. Chromosomes in the two putative anaphase groups are numbered 1 to 10, and 1' to 10', respectively. The border between the two possible anaphase groups is indicated by the broken line. nm: nuclear membrane. (after SCHULZE 1939) (Koop 1979).

同じ DNA 量を持ち, 接合子は配偶子の 2 倍量の DNA をもつことを報告した。また Koop は巨大核から分離して間もない, 仮根内の二次核は 80% が単相であると述べた。(筆者も基生研黒岩, 西林両氏の協力を得て UV 測光により基部内の二次核と配偶子の核がほぼ同量の DNA をもつことを確認した)。

減数分裂が起りうる可能性は cyst から巨大核に移ることになった。然しながら, *A. mediterranea* の巨大核での核分裂像は電頭はもとより光頭ですらその長い研究史の中で殆ど明らかにされていない。

SCHULZE は 1939 年の論文の中で巨大核から二次核が放出される図を示しているが, これは人工像としか考えられない。巨大核は観察途上で屢々つぶされ, 破れ目から核質と球形になった核小体が押出されることがある。SCHULZE の図は恐らくその様なものである。それ以来, 巨大核からの二次核放出は全くとらえられていなかった。最近 Koop はカサノリの発達過程を映画で追い 1978 年に巨大核の分裂像を発表した。Koop (1979) によると巨大核全面に及ぶ紡錘糸をもった巨大な核分裂像が示された (Fig. 15)。然しこれは *A. cliftoni* におけるものであって, 同時に行なわれた *A. mediterranea* の観察ではこれ程明瞭な像は示されていない。一体, この分裂像がどの位の頻度で現れたかは一切述べられていない。この様な巨大な分裂像がカサノリ属共通の現象として正常に見られるとすれば, 今まで数多い研究者達が見逃していたのだろうか。接合子の発芽後まもない一次核は明らかにホイルゲン染色される網目状のクロマチンをもっているが, 藻体の成長と共に一次核は 2500 倍にも巨大化する



Fig. 14. Division of the primary nucleus in *A. mediterranea*. (after SCHULZE 1939) (PUISEUX-DAO 1969).

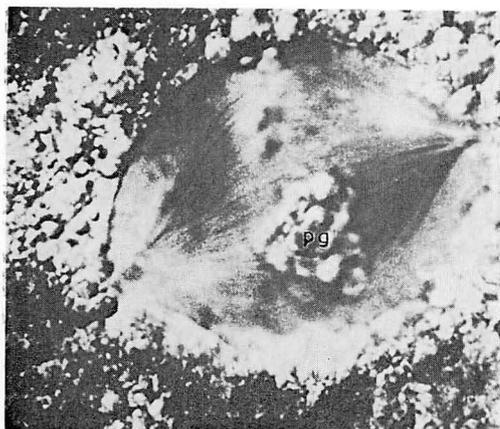


Fig. 15. Intranuclear spindle in a dividing nucleus of *A. cliftonii*. $\times 1200$. pg: polyphosphate granules. (Koop *et al.* 1979)

のでやがて染色体が見えなくなり、ホイルゲン染色はネガティブになる。巨大核内の染色体観察が困難な理由である。いずれにしても、この Koop によって示された像を全面的にカサノリ属の一般性として捉えない方がよいかも知れない。

3. 巨大核は倍数性か

PUISEUX-DAO (1970) は *cymopolia* や *Batophora* の観察からカサノリもその巨大核は endomitosis によって polyploidy になっているだろうと推測した。polyploid 説を推し進めたものは核サイズの増大、核小体の増大及び巨大核 DNA へのチミジンの取込みであった。巨大化した一次核の中に存在する巨大な核小体は endomitosis によって数を増す染色体に対応して増加したものと考えられた。VIRTY (1965) は巨大核内での DNA の複製を調べるため ^3H -thymidine の取込みをみた。彼女は大部分が RNase-sensitive フラクションに入るが、同時にいくらかの DNase-sensitive な取込みも一次核増大過程で起ることを確認した。巨大核が倍数性であるという証明はそれ以外にはなかったが、1978年に SPRING らはかなり正確な技術でこれを否定し、SCHULZE が40年前に述べたように一次核はやはり $2n$ であることを証明した。彼はまず propidium iodine で蛍光染色した gamete と zygote の DNA を cytofluorometry で測定し、其々1核当り 0.92 pg と 1.85 pg とであることを示した。次に数百個の巨大核を単離して固定し、ガスクロマトグラフィで DNA 量を測定した。DNA 量は巨大核当り 2.6 pg であった。この数は $2n$ よりいくら

か多かったがこれに近いものであり polyploidy の可能性は否定された。巨大核は $2n$ と断定された。然し二次核形成以前のどこかで起っていなければならない meiosis は依然として明らかでない。

II. 現在の巨大核研究

巨大核研究の足跡には2つの流れがあった。一つは生理学的・生化学的側面からの遺伝物質の挙動の追求であり、もう一つは、形態学的・細胞学的側面からの遺伝物質の所在に関する研究であった。過去の研究はその両者が異った専門分野の研究者によって別々の歩みを経て来たが電顕による微細構造の観察によって、生理学的側面と形態学的側面との合流がなされ、新しい細胞遺伝学の対象となった。

A. 巨大核の構造と機能

1. 核小体 (仁) : rRNA 生成の場

発芽後2~3週間たった藻体の一次核を蛍光顕微鏡で観察すると網目状に広がった染色糸の他に DNA の塊 (DNA-body) が観察される (石川未発表)。染色体上での特定部位、NOR (nucleolar organizer) が活性化されて増幅を行ないその結果生じた核小体シストロンの塊である。一次核の増大と共にこの DNA-body から rDNA (リボゾーム DNA) の一本鎖が解け出して核質に広がり、この rDNA の上に rRNA 前駆体がつくられる (transcription)。核小体は rDNA を軸とした大量の rRNA 前駆体の集りであり、これが絡み合っ出来たのが、ソーセージ様の巨大な核小体 (仁) である (Fig. 2)。核小体はある場合には核質の50%以上を占める場合もあるが老化すると何個かのサブユニットに分れて球状になってしまう。

核小体は電顕でその断面を見ると三層から成っている (Fig. 16)。①電子線を透過する中心部の空洞部分、ここには疎らな繊維質が見られる、②中間の層で繊維質がもつれ合い同時に無数の顆粒が詰まって見える、③外側の cortex と呼ばれる部分で直径 $50\mu\text{m}$ 程の顆粒で満されている (SPRING 1974)。

実体顕微鏡下で核小体を取り出し、低張液、0.1 mM sodium borate buffer に移して10~15分インキュベートしたのち酢酸ウラニウムで染色し、メッシュの上に広げて電顕でみると Fig. 17 に示される様な羽状の核小体構造が観察される (MILLAR *et al.* 1969)。軸をなす rDNA と活発に解読しつつある pre-rRNA

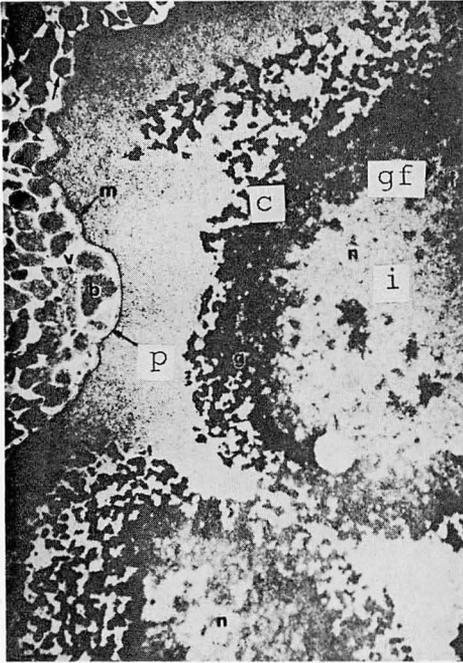


Fig. 16. Aspect of the nucleus of *A. mediterranea*. nuc: nucleolus, C: cortex zone, gf: granulofibrillar zone, i: internal zone, m: nuclear membrane, p: perinuclear cytoplasmic layer, b: perinuclear body, v: vacuole. $\times 40000$ (Photo. from PUISEUX-DAO 1970)

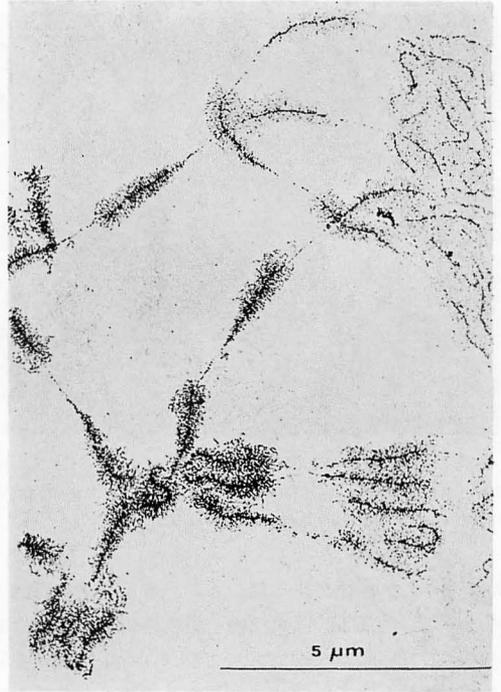


Fig. 17. Extended part of the nucleolar sub-unit. The regular arrangement of fibril-covered ("matrix") and fibril-free ("spacer") regions on the axes. (SPRING *et al.* 1974)

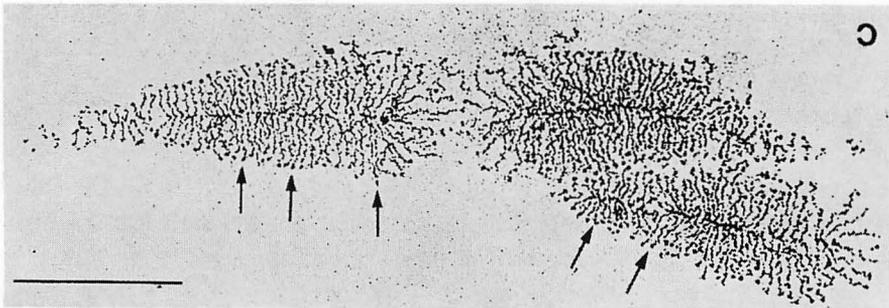


Fig. 18. The normal, extremely dense packing of insertion points of the lateral fibrils, which show terminal dense knobs (indicated by the arrowheads). The bar indicates $1 \mu\text{m}$ (SPRING *et al.* 1974)

の羽状形態 (matrix unit) と、spacer と呼ばれる解読されない rDNA 部分から成っている。1つの羽状部は100~115の繊維状構造が軸から出ており1シストロン上に100~115の活性化された RNA ポリメラーゼが rDNA の暗号解読を行なっていることが分る。羽状構造を拡大すると、各々の pre-RNA 鎖の先端に顆粒が付着している様に見える (Fig. 18)。これは pre-rRNA の先端が巻き込みを始めていることを意味し、

1シストロンが解読されると一個の rRNA 粒子が形成される。核小体は単離操作の途中で直径 5~10 μm の球形のサブユニットに分かれる傾向がある。その数は核によって異なり一定ではない。130~160という報告もあるが30と数えている報告もある。1サブユニット当りの羽状形態 (matrix unit) は120~150存在し、横に並んでかたまっているか又は渦巻き状に配列されているらしい。この様な核小体の形態は両性類の卵母

細胞の核に見られるものと同じであり、又大きな matrix unit の塊はコオロギやゲンゴローなどの昆虫のものに類似している。

形成された rRNA は電子密度の高い顆粒となって核小体の cortex 部分を構成する。これらが真核細胞一般の rRNA 形成の図式にならって 26S と 18S リボソーム RNA となって細胞質内で 80S リボソームを形成するであろうことは前述のように生化学的証明がある。いずれにしても巨大核で生成された rRNA は細胞質に移動しなければならない。この過程を追う電顕観察はいくつかある。SPRING ら (1974) は cortex を構成する顆粒より少し大きい顆粒 (50 nm) が核小体の cortex zone の近くに散在し、それらが核孔で見られるものと同じであることを指摘している。BOLOUKHÈRE (1970) は核小体の崩壊にあたって繊維質部分が消失することを示し、その一部は凝縮して cortex zone になるが、一部は球体をつくって離れて行くことを示唆した。又同時に顆粒状の電子密度の高い球体も現われた。それらの球体は核質の中を移動し、核膜に近づくと互に合体して目の粗い繊維質からなる新しいタイプの球体となって核膜の内側に隣接するという。この2種の球体 (spheroid globule) は FRANKE らも見ており、形態の存在としては信憑性があるが、これが rRNA の transmission であるという確証はない (Fig. 19)。

2. ランプブラシ染色体

SPRING らは1975年に位相差顕微鏡により巨大核中にランプブラシ染色体らしい構造を見出し、1978年に

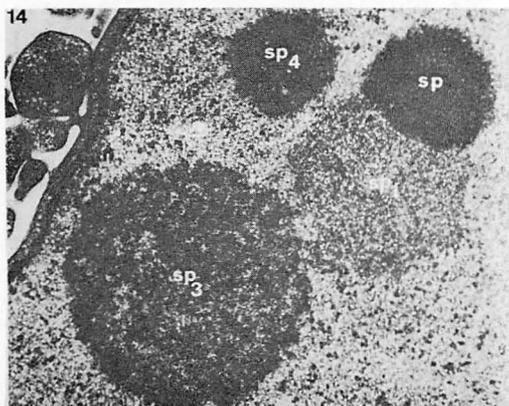


Fig. 19. When the spherules (sp_1 and sp_2) are located near the nuclear membrane (mn) they are in contact with two new types of spherules characterized by a coarser fibred texture (sp_3 and sp_4). $\times 18000$ (BOLOUKHÈRE 1970)

は明らかにランプブラシ染色体として典型的なループ構造をもつ染色体像を発表した。SPRING らの用いた手法は MÜLLER (1974) にならってスライドガラス上に単離した巨大核のをせ、核内容をスライドガラス面に広げて顕微鏡観察を行なったものである (Fig. 20)。

藻体の成長に伴なって経時的に核を破壊し、無核藻体を培養し、その後の形態形成を観察すると、成長、輪生枝形成及び傘形成の情報は全て巨大核が完成してから1週間以内に細胞質中に完全に揃わなければならないことになる (石川未発表)。従って巨大核は卵母細胞の核と同様、短期間に大量の mRNA を生産し、細胞質に送り出さなければならない筈である。巨大核内にランプブラシ染色体が形成されることは充分期待されることであった。

両生類や脊椎動物の卵母細胞で見られて来たランプブラシ染色体はキアズマで連結した2本の染色分体で構成されている。然し、巨大核のランプブラシ染色体は一本の染色体から成っている様に観察される (Fig. 20参照)。もし、交叉した2本の染色分体から成るとすれば、巨大核もまた卵母細胞と同じ様に減数分裂の場であることが裏書きされる。然し、一方では藻体と卵母細胞が必ずしも同一挙動をとらなければならない必然性はない。ランプブラシ染色体は減数分裂前期に出現するという既存の観念を越えた現象であってもかまわない。

SPRING ら (1978) は更に、平均20本のランプブラシ染色体のうちのいくつかは末端域で核小体ユニットと絡っていることを示し、核小体と染色体との関連性、

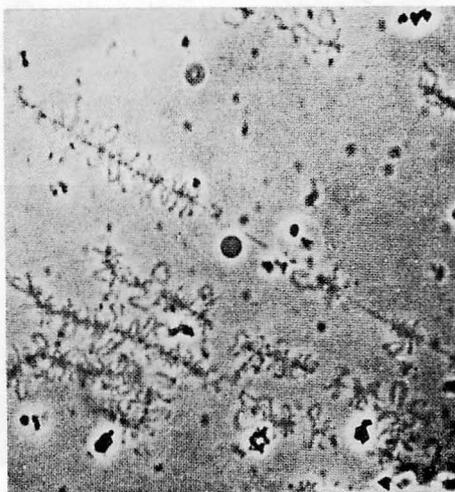


Fig. 20. Lampbrush-type chromosomes in primary nucleus. $\times 630$ (SPRING *et al.* 1978)

即ち染色体上の NOR 部位の存在を明らかにした。又 SPRING ら (1974) は展開した核小体サンプル (前述) 中に、長い matrix unit が多くみられることを指摘している。これらは MILLER ら (1972) が両性類の卵母細胞のランブブラン染色体で記載したループ上の transcription 像と似ていることから、単に大きさの見地から、mRNA 前駆体の混在と考えられることを仄めかしている。然し、核小体 matrix unit の付き合ったものである可能性も否定していない。

3. 接合糸複合体 (Synaptonemal complex)

一次核の増大と共に核小体もまた増大しつつある頃、TICKHOMIROVA らは細長い構造体が巨大核内に現われるのを電顕で捉え、接合子複合体であるかもしれないと報告した (Fig. 21)。接合子複合体は減数分裂にあたって 2 本の相同染色体の対合に見られる高度に組織化された構造である。接合子複合体は哺乳類をはじめ、両生類、昆虫および植物の減数分裂で観察されている。彼らの発表した電顕像は典型的な接合糸複合体の形態とはいえない。又、SPRING らはこれを探したが見つからなかったと報告しており、末だその存在は確定的なものではない。然しこれが事実であるとするならば巨大核内での減数分裂は早晩明らかになると思われる。

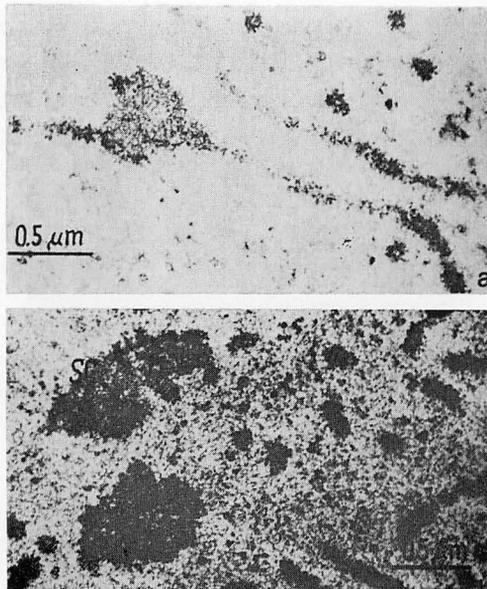


Fig. 21. Chromosomes (a) and synaptonemal complex (b) in the nucleoplasm. SC: synaptonemal complex. (TICKHOMIROVA *et al.* 1979)

4. 巨大核と細胞質の境界領域

巨大核は藻体全体に広がる巨大液胞の基部末端に隣接して存在する。核膜の外側は薄い細胞質の層が囲み、更にその外側に perinuclear zone と呼ばれる網目状または島状に入り組んだ細胞質の層がある (Fig. 22)。島状の細胞質は細い連絡路 (junction) で互に通じあっている。核膜には $1 \mu\text{m}^2$ 当り 70~80 の核孔があり外域と通じている。核孔には輪形に配列した 8 個の顆粒とその中心にやや大きい 1 個の中心粒が見られる。これらを pore complex と呼ぶ。核の内外への物質の移動にこの pore complex が関与しているものと思われる。核内部には核膜に接近してこの中心粒と類似した顆粒が見られ、pore complex を経て細胞質にこの顆粒が移動することが考えられる。然し、perinuclear zone ではあまり多くの顆粒を見掛ないことから、移動顆粒はこの zone を速い速度で通過していくのではないかと考えられている。前述の spheroid globule もまた核孔を通過する物質かもしれない。spheroid globule から繊維状の糸が pore complex に伸びている電顕像が報告されている。核膜の外側の細胞質層に出ると移動物質は perinuclear zone の連絡路を通過しなければならない。連絡路の内部に網目状の繊維

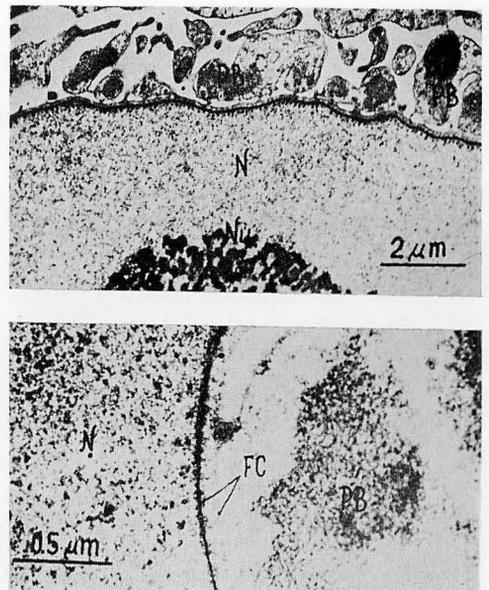


Fig. 22. Perinuclear area of the nucleus in an *Acetabularia* measuring 8 mm in length. PB: perinuclear dense body, n: nucleus, Nu: nucleolus, FC: frontier complex (perinuclear cytoplasm) (TICKHOMIROVA *et al.* 1979)

が観察されたり、ときには顆粒が観察されたりするので巨大核からの物質の移動がこの連結路を介していることはほぼ間違いない。この狭い連結路が核と細胞質の物質移動を制御する場である可能性もある。

近年、perinuclear zone にみられる perinuclear dense body (PB) と略す) に注目が集った (Fig. 22)。PB は、*A. mediterranea* の藻体が 8 mm に達した頃 (発芽後約 2 ヶ月)、perinuclear zone の出現と同時に現われる (FRANKE *et al.* 1974, TICKHOMIROVA 1979)。PB の数は藻体が分化するとき、即ち輪生枝や傘を形成するとき多くなる傾向がある。³H-uridine を用いたオートラジオグラフでは核質の中にあったと同じような分布で PB 中に銀粒子が現われ、核質から放出された物質であることが裏付けられた (TICKHOMIROVA 1979)。PB は、ウラニルアセテートやアクリジンオレンジでクロマチンと同じように染色される。従って PB の中には多分 DNA が存在するであろうことが推測された。確かに切片の DNase 処理で PB が消えたという報告がある。perinuclear zone の外れの辺りに見られる PB では屢々、繊維状の層と顆粒状の層とに分かれているように観察され同時にその周辺にリボソーム様の顆粒が見られた。この無数の(約 2000 個という報告もある。FRANKE 1974) PB は核外に放出された核小体で、核外で独自にリボソーム形成を行っているのではないだろうかという、既成概念からはみだした推測もなされている (BERGER *et al.* 1975)。

perinuclear zone は細胞の age や状態によって様相を異にする。藻体の分化が著しい時期には核膜に隣接する細胞質層は薄くなり、物質移動を促しているかにみえる。然し、傘形成が完了すると、この層は厚くなって、それ以上の物質移動を阻止するかに見える。*A. mediterranea* ではこの細胞質層の肥厚を巨大核分裂の前触れとする説もある。

perinuclear zone を通過した核物質は、いうまでもなく細胞質流動によって全細胞域に運搬されていく。

B. 巨大核と細胞質の相互関係

過去の巨大核の研究は、専ら核の細胞質支配という見地から進められた。然し、細胞質もまた、核に影響を与えることは十分推測されることであり、一細胞内における細胞質と細胞核の相互関係が現在の問題点の 1 つとなっている。核膜を境として transcription の場と translation の場との間にどのような制御システ

ムが働き、どのようなシグナルが受け渡されるか、巨大核の今後の課題である。

十分成長した藻体から、巨大核を取出し、単離核と無核藻体について、其々の自律性をまず考えてみる。SCHWEIGER ら (1975) によれば単離核は核緩衝液中でも 24 時間はその機能を失わずに生存する能力をもっており、異環境下でもかなりの自律性があることが証明された。然し一方、無核藻体(細胞質)は海水中で充分生き続け、既に述べた様に、極めて自律的な次のような要素を含んでいる。①成長と形態形成に必要なすべての component を貯えている、②細胞分化のための情報は既に核から全部受取っている。(従って連続的に起る形態形成は核から順次放出される mRNA によるものではない)、③必要量のタンパク質を、必要に応じて合成する。(多くの酵素が無核細胞質中で合成されることが証明されている：アルカリフォスファターゼは核除去後 10 日たってから増加し始めた。細胞壁の合成に関与する UDPG ピロフォスフォリラーゼは無核細胞質内で傘形成の開始に先がけて増加するがその増加は puromycin で阻害された。)

1. 核の細胞質支配：

この様に十分成長した藻体の細胞質は既に、核の支配を離れて独自の形態形成を進めていく能力をもつ。種間接ぎ木や核移植により、後から挿入された異種の核は mRNA を介して細胞質に働きかけこれを自らの支配の場に変えてしまう。SCHWEIGER らは異種核の細胞質支配を分子レベルで捉えようとゲル電気泳動法で核移植前後のアイソザイムを比較した。藻体ホモジネートの泳動パターンは明らかに種によって違いが見られたが核交換後 2~3 週間たつと移植された核依存のパターンに変化した。実験対照となったラクトース脱水素酵素とリンゴ酸脱水素酵素は明らかに、核に依存して、アイソザイムの泳動パターンが変化した (SCHWEIGER 1975)。種々の葉緑体膜タンパクや、葉緑体リボソーム蛋白が細胞核ゲノムにコードされていることが証明されている。カサノリの葉緑体も本来、自身のゲノムをもち、transcription や translation に必要な酵素系をもっているにも拘らず、多くの部分は巨大核の支配を受けていることは明らかである。従って移植された異種核は、自身の情報で既存の葉緑体を支配することができる。

2. 細胞質の核支配：

HÄMMERLING は初期の実験で傘をもった藻体から

傘を除去すると巨大核が小さくなることを報告した。この藻体は再び傘を形成し、のちに cyst 形成をすることから傘除去により核が若返ったことを示唆している。また age の異なる同一種藻体の接ぎ木では、若い藻体の仮根部と傘を形成した藻体の茎部をつなぐと仮根内の若い核は急速に老化して二次核を形成し、逆に傘を形成した藻体の仮根部を若い藻体の茎部につなぐと老化していた核は若返り、若い藻体茎部が傘をつくるまで二次核形成を遅らせることが観察された。近年、BERGER ら (1975c) は電顕を用いてこの巨大核の老化と若返りにおける形態的变化を詳細に調べた。Fig. 23に示すように若い核は核周辺細胞質の層が極めて薄く、核小体はソーセージ形につながっているが、老化した核ではその層が著しく厚くなり、核小体は1個の球体に凝縮し空隙をもつようになる。これらの形態を指標として、核移殖後、経時的に形態変化を追うと、明らかに若い細胞質は老化核を若返らせ、老化細胞質は、若い核を老化させた。このような細胞質の核支配がどのような細胞質要素によって引起されるのか、物質的解明はなされていない。

巨大核という語は外見上の通称にすぎない。正確には成長した一次核と呼ぶべきであろう。藻体が8~10 mm に達したころ、(*A. mediterranea* では発芽後2ヶ月、筆者の培養する *A. calyculus* では5週間) 一次核は大略直径 40~50 μm となり、内部に典型的な核小体が形成される。その後一次核は更に大きさを増し傘形成が近くなると (*A. mediterranea* では発芽後8~10ヶ月、*A. calyculus* では7~8週間)、100~120 μm となり巨大核と呼ぶにふさわしい特異な存在となる。*A. mediterranea* では藻体が8~10 mm の

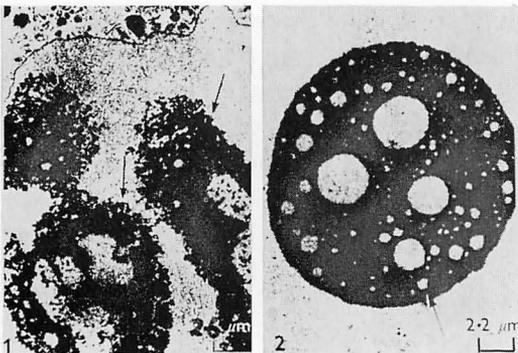


Fig. 23. Nucleoli of young (1) and old (2) cells in *A. mediterranea*.

頃、核周辺に perinuclear zone が発達し、この頃の核内部にランブラン染色体ができるらしい。*A. calyculus* ではこの頃から、核を破壊しても無核藻体が傘形成能をもつようになる。成長した一次核は、典型的な巨大核の半分の直径になったころ、すでに、傘形成に至るまでの形態形成能 (rRNA と mRNA) をすべて細胞質に受渡してしまうのかも知れない。然し、それならば、その後の一次核、いわゆる巨大核は何をしているのだろうか。一次核は藻体が破損したとき再生をもたらす能力は持っているし、又それ自身若返る力も持っていることを述べた。然し細胞質に異常が起きない限り余剰の rRNA をつくり続ける必要はなさそうだ。核質内に染色体 (DNA) を保持して数週間のあいだ二次核形成の指令を待っているのかもしれない。

今迄の研究を総括すると、このような仮説が出来ない訳ではない。しかし筆者は最近その様な仮説の筋書きに合わない事実につづかってしまった。*A. calyculus* では意外なことに、巨大核と共存して小さな核様の粒子が観察された。また巨大核は筆者の手法による限り、傘形成以前に消えさるものも多かった。それらの事実が *A. calyculus* の一定培養条件下での特異現象か、あるいは仮説の筋書きを書き換えなければならないものか、現在では、着実な観察をつづける以外に解答は得られないと思っている。

草稿に当って御意見を頂いた敵佐耕三先生並びにカサノリ研究の恩師である新崎盛敏先生に感謝申し上げます。

引用文献

- BARY, A. de and STRASBURGER, E. 1877. Bot. Ztg. 35: 713-755.
 BERGER, S. and SCHWEIGER, H.G. 1975a. Mol. Gen. Genet. 139: 269-275.
 BERGER, S. and SCHWEIGER, H.G. 1975b. In RUISEUX-DAO (ed.), Molecular biology of nucleocytoplasmic relationships. p. 243-250. Elsevier Scie. Publ. Comp., Amsterdam.
 BERGER, S. and SCHWEIGER, H.G. 1975c. J. Cell Sci. 17: 517-529.
 BOLOUKHÈRE, M. 1970. In J. BRACHET and S. BONOTTO (eds.), Biology of *Acetabularia*. p. 145-175. Acad. Press N. Y., London.
 BRACHET, J. 1957. Biochemical Cytology. Acad. Press N. Y., London.
 BRACHET, J. 1967. Nature 18: 650-655.
 BRACHET, J. 1970. Preface In RUISEUX-DAO, S. (ed.), *Acetabularia* and Cell Biology.

- Logos Press Limited.
- D'EMILIO, M. A. and BONOTTO, S. 1977. *J. Phycol.* 13 Suppl.: 17.
- D'EMILIO, M. A., *et al.*, 1970. In BONOTTO, S., KEFELI, V. and RUISEUX-DAO, S. (eds.), *Developmental Biology of Acetabularia* p. 269-282. Elsevier/North Holland Biom. Press, Amsterdam, N. Y., Oxford.
- FRANKE, W. W., *et al.*, 1974. *Protoplasma* 82: 249-282.
- GREEN, B. R. 1973. *Phycologia* 12: 233-235.
- HAMKALO, B. A. and MILLER Jr. O. J. 1973. *Ann. Rev. Biochem.* 42: 379-396.
- HÄMMERLING, J. 1931. *Biol. Zbl.* 51: 633-647.
- HÄMMERLING, J. 1934. *Naturwissenschaften* 22: 829-836.
- HÄMMERLING, J. 1940. *Note Ist. Biol. mar. Rovigno* 2: 1.
- HÄMMERLING, J. 1943. *Zeit. Indukt. Abstamm. u. Vererbungslehre* 81: 84-113.
- HÄMMERLING, J. 1953. *Intern. Rev. Cytol.* 2: 475-498.
- HÄMMERLING, J. 1963a. *Symposia Soc. Exptl. Biol.* 17: 127-137.
- HÄMMERLING, J. 1963b. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 14: 65-92.
- KLOPPSTECH, K. and SCHWEIGER, H. G. 1973. *Differentiation* 1: 331-337.
- KLOPPSTECH, K. and SCHWEIGER, H. G. 1975b. *Protoplasma* 83: 27-40.
- KLOPPSTECH, K. and SCHWEIGER, H. G. 1976. *Cytobiologie* 13: 394-400.
- KOOP, H. U., 1975. *Protoplasma* 85: 109-114.
- KOOP, H. U., 1979 *Protoplasma* 100: 353-366.
- KOOP, H. U., *et al.*, 1979. *Differentiation* 14: 135-146.
- MILLER, O. L. and BEATTY, B. R. 1969. *Science* 164: 955-957.
- MILLER, O. L. *et al.*, 1972. In BIGGERS, J. D. and A. W. SCHUETZ (eds.), *Oogenesis*. p. 119-128. Park Press Baltimore and Butterworths, London.
- MULLER, W. P. 1974. *Chromosoma* 47: 283-296.
- PUISEUX-DAO, S. 1966. In M. B. E. GODWARD (ed.) *The chromosomes of the algae*. p. 52-77. Edward Arnold publishers Ltd.
- PUISEUX-DAO, S. 1970. *Acetabularia* and cell biology. Logos Press Limited.
- SCHULZE, K. L. 1939. *Arch. Protistenk.* 92: 179-225.
- SCHWEIGER, H. G. und BREMER, H. J. 1961. *Bioch. Bioph. Acta.* 51: 50-59.
- SCHWEIGER, H. G. *et al.*, 1975. In PUISEUX-DAO, S. (ed.) *Molecular biology of nucleocytoplasmic relationships*. p. 203-215. Elsevier, Amsterdam, N. Y.
- SCHWEIGER, H. G. 1977. In L. BOGORAD and J. H. WEIL (eds.) *Nucleic acids and protein synthesis in plants*. p. 65-83. Plenum Publ. Corp. N. Y.
- SCHWEIGER, H. G. and SCHWEIGER, M. 1977. *Int. Rev. Cytology* 51: 315-342.
- SOLMS-LAUBACH, H. 1895. *Trans. Linn. Soc. London Bot.*, II 5-39.
- SPRING, H., *et al.*, 1974. *Cytobiologie* 10: 1-65.
- SPRING, H., *et al.*, 1978. *Expl. Cell. Res.* 114: 203-215.
- STICH, H. and HÄMMERLING, J. 1953. *Z. Naturforsch.* 8b: 329-333.
- TICKOMIROVA, L. A., *et al.*, 1979. In S. BONOTTO, V. KEFELI and S. PUISEUX-DAO (eds.) *Developmental biology of Acetabularia*. p. 103-113. Elsevier/North Holland Biom. Press.
- VIRTY, F. de 1965. *Bull. Soc. Chem. Biol.* 47: 1325-1351.
- WOODCOCK, C. C. L. and MILLER, G. L. 1973. *Protoplasma* 77: 313-329.
- YABU, H. AND SHIHIRA-ISHIKAWA I. 1981. *Jap. J. Phycol.* 29: 259-261.

小林 弘: 論文や報告書に書く学名 Hiromu KOBAYASI: A guide to the citation of plant names in a paper or report

出現した種類のリスト一つを作るにしても命名規約を熟知していないと解決しない場合もあり、私自身つくづくむずかしいものだと思っている。しかしながら、今以て種小名を繰り返した命名者名を付けない var. *cryptocephala* のような書き方をなぜするのか? とか、命名者名を et でつなぐのはわかるが ex でつなぐのは何の意味か?、また命名者名を括弧でくくったのは省略してもよいか? などということ聞かれるので、これらのごく初歩的な事項について若干の解説をしたいと思う。

1. 命名者名のない変種名 国際植物命名規約第26条1項に“種の正名のタイプを含む種以下の分類群の名称は、その最終小名として種小名と同じ小名を命名者名をつけないで持つ。そのような種以下の分類群の正名のタイプは種の正名のタイプと同じである”というのがある。また、その例として、“*Lobelia spicata* LAM. のタイプを含む *Lobelia spicata* var. *originalis* McVAUGH という組み合わせは *Lobelia spicata* LAM. var. *spicata* と書かねばならない”というのが付け加わっている。

最近では、この条項を忠実に守る著者がふえ、私の専門とする珪藻の分野でも、PATRICK and REIMER (1966): *Diatoms of the United States* などでは、ほとんどすべての種名のあとに、この方式の変種名が付加されている。例えば *Navicula radiosa* のところをみると以下のような3変種名が現れる。

- ① *Navicula radiosa* KÜTZ. var. *radiosa*
- ② *Navicula radiosa* var. *parva* WALLACE
- ③ *Navicula radiosa* var. *tenella* (BRÉB. ex KÜTZ.) GRUN.

①がいわゆる承名変種(種小名を承けているの意: *nominate variety*) または、総称的に自動名(自動的に作られる名称の意: *autonym*) とよばれるもので、いま問題にしている表記法にかかわるものである。

なぜこのような表記法が行われるようになったかは、“種の正名のタイプを含まない種以下の分類群の名称の最初の正当な出版は、種の正名のタイプを含み、かつ種の正名と同じ小名をもつ同じ階級の第2の分類群の名称を自動的に樹立する”という第26条2項に起因している。

上の例の場合は、1885年に var. *tenella* という変種が Grunow によって正当に出版された時点で var. *radiosa* という自動変種名(または承名変種名)が樹立されたことになる。そのため、*Navicula radiosa* KÜTZ. のタイプを含む分類群を表記する場合は、*N. radiosa* KÜTZ. var. *radiosa* と書かなければならないのである。

ここで、var. *radiosa* を省いたらどうかも問題である。この答は、第25条“命名法の目的のためには、種または他のどのような種以下の階級の分類群も、もしも下位の分類群をもつなら、それらの総和とみなす”に見出すことができる。すなわち、*Navicula radiosa* KÜTZ. とだけ書くと、その下位に ① var. *radiosa*, ② var. *parva*, ③ var. *tenella* があるので、この3つのものの総和を表現したことになる。

ここで初めに挙げた第26条1項にもどってほしい。注意しなければならないのは、この条項は「種の正名のタイプを含む、種以下の分類群」についてのもので、それ以外、すなわち、亜種や変種には適用されないという点についてである。第26条2項の例を紹介しよう。いま、*Lesquerella lasiocarpa* (Hook ex A. GRAY) Wats という種があり、これに subsp. *berlandieri* (A. GRAY) ROLLINS and SHAW という亜種が出版されたとしよう。この時点で、第26条1項により subsp. *lasiocarpa* という自動名が樹立する。しかし、subsp. *berlandieri* (A. GRAY) ROLLINS and SHAW の下に新しい変種が出版されたときに、subsp. *berlandieri* と同じタイプをもつ変種名はどうなるのだろうか。これに自動名の条項を適用して、var. *berlandieri* (命名者名なし) とするわけにはいかない。この場合は、変種の階級での最古参名である var. *hispida* WATS が正しいのである。

2. ex について 上で挙げてきた学名にも BRÉB. ex KÜTZ. とか、Hook ex A. GRAY のような ex (~に由来するの意) でつないだ命名者名が出てくるので興味を持った方も多いと思う。この表記は、第46条勧告C “最初にある名称を正当に出版した著者が、それを他人の功績とするときは、その引用すべき正しい著者名は、実際にその名称を出版した著者名である。しかし望むなら正しい出版著者名の前に、他の人名に

ex をつけて挿入してもよい” から来ている。またその例に、*Gossypium tomentosum* SEEM でも *Gossypium tomentosum* NWTT. ex SEEM でもよい。*Lithocarpus polystochya* (A. DC) REHDER でも *Lithocarpus polystochya* (WALL. ex A. DC) REHDER でもよい、というのが出ている。

これから、ex の使い方も、また、省略したいときは ex の前の人名は省いてもよいことがわかる。特にリスト作りのときなど行数を増やさなため、どちらか一方を省きたいときも多い。間違っても ex のあとの著者名を省略してはならない。

3. 括弧の中の命名者名 *Navicula radiosa* Kütz. var. *tenella* (BRÉB. ex Kütz.) GRUN. という変種名はずい分と長い。どうせリストだから括弧の中を省いてしまおうかと考えるのも人情というものである。しかし、長くなるからという理由で切り捨てるわけにはいかない。第59条に“属またはそれ以下の階級の分類群で、小名の変更をしないでその分類上の階級を変更したとき、原名の著者名は括弧でくくって残さな

ければならない”と明記されている。すなわち *tenella* という小名の原名は *Navicula tenella* BRÉB. ex Kütz. である。従って、これが *N. radiosa* の変種に GRUNOW によって階級替えをさせられてもその著者名である BRÉB. ex Kütz. または Kütz. は括弧の中に入れて残さなければならぬのである。また「小名の変更をしないで、」という断り書きも気になる。上の例で、*Navicula tenella* のタイプを調べ、これが *Navicula radiosa* の種の範囲に入るから、その var. に落とそうという場合、すでに *Navicula radiosa* に var. *tenello* の名称が出版されてしまっていたということもあり得ることである。そのようなときは、*tenella* の小名は使えないので新しい小名 (nom. nov.) を付けなければならない。この一文はこのような場合を考えての断り書きと解してよい。

以上で当初の予定の私なりの解釈を終ったのであるが、何分にも私にとって命名規約はほとんど独学に近いので、誤解その他お気付きの点については何んなりとご教示いただきたい。(東学大・生物教室)

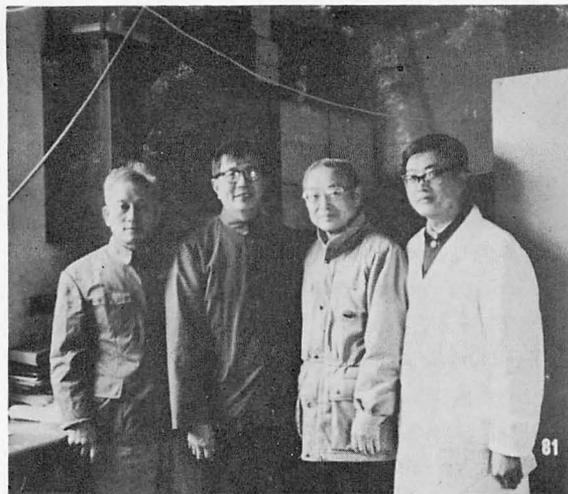
西澤一俊：中国を訪ねて (2) Kazutosi NISIZAWA: A short visit to China (2)

黄海水産研究所は、海洋研究所から車で3-4分の処にあり、1937年創立され、350人の職員のうち186人が研究員。主任3人(大学では教授に当る)、副主任15人(大学では助教授に当る)、普通の研究員(大学では講師および助手に当る)93人。基礎研究、漁労、環境保護、遺伝育種、増養殖(水産動物や海苔、昆布、*Macrocystis* などの試養殖を含む)、漁業経済、資料情報、加工、などの8部門の研究部門があり、378トンの船2隻をもつかなり大きい試験場である。日本に一昨年招待され各水産試験場を視察して歩いた過紹武氏(アルギン酸の研究などもしている)や加工主任の張廷序氏らが、研究所内を一通り案内してくれた。エビの養殖の研究には特に力を入れているようで、したがってその餌料の研究など熱心にやっていた。色々と研究員の侯文捷氏と話しているうちに、餌の結合剤の問題になった。私もこれには関心があるので種々話合ったが、ここではアルギン酸のほかにポリビニルアルコール(PVA)なども試みており、後者のみでは死亡率が高いという。恐らくPVAに混入していると思われる単量体の害ではなからうか。この研究所の化学

研究室では、マンニトール、アルギン、沃素などの製造研究をしており、アルギン酸標品の規格検定法には困っていた。

青島での最後に、第二海水養殖場の中にあるアルギン酸製造工場を見学した。朱念燧工場長と呉副工場長が案内してくれたが、あとで何か製造工程につき意見があったら言って欲しいとのことで、一生懸命みた。最初富士化学の技術陣が指導して作った工場だとのことで、日本の二三の工場とよく似たやり方であった。しかし原藻からの抽出後の滷過工程が余り良くなかった。とにかく青島で養殖するコンブの全部をアルギン酸製造に使っているというだけに、残渣を棄てているのが惜しい。工員は300人ぐらいで、一見全力を挙げて働いているようにみえた。この養殖場では、このほかイカ、アワビ、ホタテガイ、エビなどの養殖をやっており、全体では1000人からの従業員がいる。この工場では製造されているアルギン酸はすべて日本に輸出しており、月産20トンもあり、キロ当りの原価は1700円位とか。

青島から約25時間軟座車に揺られて上海に着いたの



科学院植物生理学研究所の光合成グループ。
左端：邱国雄研究員，その右隣：施教耐主任，右
端：魏家綿研究員。

は、11月4日昼近くであった。3日間の滞在のうち、1日がかかりで科学院の植物生理研究所を訪ねた。最初 *Rhodospseudomonas capsulata* (光合成細菌) を用いて目下ニトロゲナーゼやフェレドキシンの研究をしている宋鴻遇部長の出迎えを受け所内の概要を説明して貰った。私は主として光合成グループの仕事を詳しく聞き、あとは一通り見学することにした。*Anabaena cylindrica* の N_2 固定条件を研究している陳氏が、この藍藻を利用して米の増産をしようという夢物語りを話してくれたのは印象的であった。光合成グループの主任施教耐氏はスライドや図版を用意して、*Sorghum* (キビ、 C_4 植物) とコムギ (C_3 植物) の炭酸固定酵素ホスホエノールピルビン酸 (PEP) カルボキラーゼの比較研究を説明してくれた。私共もかつて褐藻のこの酵素の研究をただけに興味深く聞いた。*Sorghum* ではこの酵素活性は高く、また2個のアイソザイムが存在し、活性中心はグルコース-6-リン酸 (G6P) やグリシン (Gly) と結合賦活される側と基質 (PEP) を結合する側の2ヶ所あり、またこの酵素は低温失活性 ($1-4^{\circ}C$ の方が $30^{\circ}C$ より不安定) を示し、G6P や Gly 添加で安定化する。活性中心にはリジン基が関与しているらしい。同グループの魏家綿氏から



黄海水産研究所の横門の前にて
中央：紀明侯海洋研究所化学部長，左端：過紹武
研究所員，紀氏の右隣：張廷序加工室主任。

は、葉緑体破片を用いた光リン酸化の研究を聞き、また邱国雄氏 (この人は日本語が上手) からは活葉樹の真の光合成量の改良測定法の説明を聞いた。

最初宋氏との話で感じたことだが、この研究所は日本の1級クラスの大学と同等の設備もあるし、かなり高い研究レベルのようであるが、ここから出される文献などは日本へは余り送られていないことは残念である。中国でも日本同様に (ただしソ連の文献などは日本より多いようだ)、欧米の研究には十分注目し、逸速くその成果を採り入れているようであるが、日中間のこの種の交流が少ないことは事実である。日本もやはり漢字の国であるから、もっと中国語の勉強を普及して、中国語を読めるようにすべきかもしれない。

上海では、植物生理学研究所見学のほかに、博物館や友宜館、予園、古寺そして夜の雑技見物などに連れて行って貰った。通訳兼案内係は、昨年春上海師範大学日本語科を卒業したての開建偉さんという若い人で、中国では学卒の初任給が50元 (日本の6500円相当) であることもこの人から聞いた。日本語の勉強が熱心のように、見送ってくれた空港での待ち合わせしている時間にも、日本語問題集中の解答のことなど私に執拗に質問した。
(東京教育大学名誉教授)

西澤一俊：故 Tore LEVRING 教授を偲ぶ Kazutosi NISIZAWA: To the memory of the late Professor Tore LEVRING



Göteborg 大学海洋植物研究所の Tore LEVRING 教授のご逝去を知ったのは、去る2月の中旬であったが、実際は1月30日に亡くなられている。昨年遅くブラジルからの招待に応じて出かけられたが、その滞在中のある日目眩のために卒倒して以来病氣（血液病）が悪化したそうである。

LEVRING 教授 (1913.2.21~1982.1.30) のご専門は広く、1933年の“スウェーデン西海岸の海藻フロラ”の論文から始まり、1981年 Göteborg で彼が主催した第10回国際海藻シンポジウム (ISS) の proceedings の編集を終えるまで、実に長い間藻学の発展のために貢献された。主な仕事は、世界各地(例えば Seweden, Norway の各地海岸, Chili の Juan Fernandez 島, Italy の Adria 海や Sicily 島, Singapore や Celebes 海, インド洋の Crozet や Kerguelen 島, Australia, Tasmania や New Zealand の各沿岸, Portugal の Madeira 群島など)の海藻のフロラの研究を含めた分類学領域であったが、一方生理生態学的な研究もある。例えば、褐藻や紅藻の多くは海水中に潜入した赤色(光合成においてクロロフィルの最もよく利用する光)が利用できないので、その代りフィコビリリンやフコキサンチンなどの補助色素が吸収する光を利用して見出した。また *Fucus* や *Ulva* などの配偶子や接合子の細胞膜の構造を光学顕微鏡で

調べた結果、受精膜は受精直後に形成され発達を始めることなどを発見した(1947)。その頃から間もなく電子顕微鏡が自由に駆使できるようになり、この研究もさらに進展したが、LEVRING 教授がそれを魁けたという点に注目したい。

LEVRING 教授は専門分野で卓越した研究を行ったほかに、彼は学会活動にも貢献した。例えば、今日の ISS の前身ともいえるべき、“Studiengesellschaft zur Erforschung von Meeresalgen”の創設者でもありまたその責任者の一人でもあった。この研究会の発議で今日の“Botanica Marina”が発刊された(1959)。LEVRING 教授はそれ以来亡くなるまでその編集委員長として活躍した。またこの国際誌の付録として海藻に関する種々の専門書が出されているが、彼の編集に係わるものが多い。彼はまた、海藻の利用面にも関心をもち、1952年には発起1人の人として、Edinburghで行われた第1回 ISS の開催に関与した。以来この海藻会議は3年に一度然るべき国で開かれており、日本でも1971年夏札幌で行われたが、1980年秋には第10回目のISSがLEVRING 教授を中心に開かれたことは前記の通りである。この意味では、この会議は彼の死を飾った一つの行事でもあった。ISS の第9回は1977年に Santa Barbara で開かれたが、その際に LEVRING 教授主催の“Marine algae in pharmaceutical science”の特別部会がもたれ、現在その proceedings も出されている。

私が LEVRING 教授と知り合ったのは、札幌 ISS 大会の時であったが、その後私自身 Göteborg の彼の家を訪ね色々とお世話になったり、また彼が日本を2度目に訪れた折、時田郁先生と共に鎌倉江島付近を案内して一日遊んだこともあり、またISSの都度会って Botanica Marina の編集上の打合わせなどをした。これらの機会を通じて常に感じたことであるが、LEVRING 教授は実に温厚かつ気さくな人柄であった。この点が多くくの彼の知人に好感を持たれた原因のような気がする。夫人との間には Peter 君と娘の Authamayou さんがいるが、学会などの度びに彼と会った時は何処でも、夫人や主に Peter 君などと一緒で、非常に家庭的な学者でもあった。

次回(第11回)のISSは1983年6月中国の青島で行われることになっているので、その時はまたLEVRING 教授のかの温顔に接することができるものとばかり思っていた筆者にとって、彼の突然の死は悼んでも余りあるものがある。ことに謹んで御霊の安かならんことをお祈り申し上げる。(東京教育大学名誉教授)

—学会録事—

新 入 会

住 所 変 更

募金委員会からのお知らせ

昭和57年5月1日より8月末日までに御寄付下さった方の御芳名は下記の通りです。

なお募金の締切りは10月末日です。

日本藻類学会30周年記念事業寄付者名簿

8月28日現在

C. ACLETO 秋月友治 秋山和夫 鯉坂哲朗 荒木	谷口森俊 辻 寧昭 坪 由宏 津村孝平 友利徹男
勉 新崎盛敏 家永善文 井口久和 生駒義篤 石川	鳥海三郎 長崎県漁連 中島啓治 中庭正人 中野武
依久子 糸野 洋 稲垣貫一 猪又 博 今尾和正	登 中原紘之 中村義輝 中山大樹 奈島弘明 七尾
入来義彦 岩井寿夫 岩橋義人 岩本康三 植田利喜	善磨 二宮早由子 根来健一郎 野呂忠秀 橋都重人
造 内田 悟 榎本幸人 沿海調査開発(株) 大貝政	浜田 彬 浜田真実 原口和夫 原田 彰 林田文郎
治 大城 肇 太田雅隆 小河久朗 奥田武男 奥野	半田信司 平井正和 平野 実 福岡県有明海漁業協
勝久 垣内政宏 加崎英男 加藤幸雄 加藤美佐子	同組合連合会 福田育二郎 富士川竜郎 藤田 剛
金沢昭夫 金沢 竜 金子 孝 鐘淵化学工業(株)	藤田雄二 藤山和恵 船野 隆 古屋克子 古谷庫造
鎌田正隆 川口四郎 神田房行 喜田和四郎 鬼頭	J. McLachlan 前安井明 右田清治 ミツワ理化学
鈞 木村英二 金城英子 熊井英水 黒川真弓 黒木	工業(株) 御船政明 宮田益忠 安井一朗 安原健允
宗尚 黒荻 尚 小浅商事(株)・白羽 昭 今野 郁	山田家正 山本弘敏 横地洋之 横山武彦 吉田明子
桜井武磨 佐々木孝夫 佐藤哲寿 佐野 修 志垣修	吉武佐紀子 四井敏雄 与那嶺博 輪島 運 和田俊
介 篠原尚文 柴田照彦 須賀瑛文 須藤俊造 大洋	司 渡部俊明 渡辺 篤 渡辺研太郎
物産(株)・高野秀昭 竹本常松 建 武 谷口和也	

投稿案内

- I. 編集の方針 本誌には薬学と応用薬学に関する会員の未発表の論文・速報・総説、その他雑報（分布資料・ニュース・新刊紹介・抄録など）を掲載します。論文・速報はデータや考察の独創性の有無に重点を置いた編集委員会の審査を経た後に受理されます。原稿の取捨、掲載順序、体裁などは編集委員会および編集幹事で決めます。論文と速報は和文または英文とし、その他は和文を原則とします。論文と総説は刷上り6頁、速報は2頁、雑報は原則として2頁以内を無料とします。頁の超過は制限しませんが、頁の超過分（1頁10,000円）、折込み、色刷りなどの費用は著者負担となります。和文原稿では5枚が、英文原稿では2枚が刷上り1頁となる見当です。
- II. 報文の書き方 和文原稿は400字詰原稿用紙（横書きB5またはA4）に、当用漢字、新仮名使い（生物名は片仮名）を用い楷書体で書いて下さい。英文原稿は厚手タイプ用紙を用い、ダブルスペースで28行にタイプで打ち、十分な英文添削または校閲を経たのち提出して下さい。新種の発表や学名の記載に当っては国際植物命名規約に従って下さい。なお、アラビア数字・メートル法・摂氏温度を用い、学名などのイタリック体には下線1本、人名などのスモールキャピタルには下線2本、ゴシック体には波状線1本を記入して下さい。
- 例: *Batrachospermum ectocarpum* Sirod., Discussion, sec, min, hr, nm, μ m, mm, cm, m, μ l, ml, l, μ g, mg, g, N, M, ppm, lux, g (gravity), 25°C など
- 論文・総説の原稿は、標題・英文要約（和文・英文原稿共）・本文・引用文献・和文摘要（英文原稿のみ）・表と図とその説明（英文）の順にまとめて1組とし、コピー共2組（写真は現物2組）にしてお送り下さい。
- (1) 標題と要約 英文原稿では欄外見出し・標題・著者名・宛先・要約（200語まで）の順に、和文原稿では欄外見出し（英）・標題・著者名・宛先・要約（英、200語、必要に応じて400語まで）の順に記入して下さい。要約は著者名・標題・雑誌名・まとめ・キーインデックスワード（5～10語、英語）の順に記入し、研究費に対する謝辞は脚注に入れて下さい。
- (2) 本文 標題紙に記した以外の謝辞は、なるべく本文の末尾に入れて下さい。表と図は必ず本文中に引用（Fig. 1, Table 1 のように）し、文献の引用は次の例にならって、著者名と出版年および必要に応じて頁（単行本の場合）を明示して下さい。
- 例: …aquatic ecosystems (WELCH 1972, 1974), LIEBIG's (1840 p. 23) "low of the minimum" is……, ……が知られている (YAMADA 1949), 岡村 (1907 p. 56) は、
- (3) 引用文献 本文中で引用した文献のみを、別紙にアルファベット順に列挙して下さい。引用は、①原著の引用と、②図書目録を見て目的の書物を捜し当てるための引用の2本立てとし、それぞれがイ) 著者名 ロ) 出版年 ハ) 標題（巻次を含む）ニ) 対照事項（頁・図など）ホ) 出版事項（出版者・出版地）のうちの必要部分からなるよう順を追って下例にならって記入して下さい。
- (単行本) ①, ②共通 広瀬弘幸¹⁾ 1959.²⁾ 藻類学総説.³⁾ 内田老鶴圃, 東京⁴⁾。
(単行本中の1章) ① DREBES, G.¹⁾ 1977.²⁾ Sexuality,³⁾ p. 250-283.⁴⁾ ② In D. WERNER (ed.),¹⁾ The biology of diatoms.²⁾ Blackwell Sci. Pub., London.³⁾
(叢書中の分冊) ① HUSTEDT, F.¹⁾ 1930.²⁾ Bacillariophyta.³⁾ ② In A. PASCHER (ed.),¹⁾ Süßwasser-Flora Mitteleuropas. ed. 2. vol. 10.²⁾ Gustav Fischer, Jena.³⁾
(雑誌の中の1論文) ① 森 通保¹⁾ 1970.²⁾ *Batrachospermum ectocarpum* SIROD. の分類学的研究.³⁾ ② 藻類 8²⁾: 1-8.³⁾
③ KOBAYASI, H. and ANDO, K.¹⁾ 1978.²⁾ New species and new combinations in the genus *Stauroneis*.³⁾ ② Jap. J. Phycol. 26²⁾: 13-18.³⁾
- (4) 和文摘要 英文原稿の場合のみ、和文で著者名・標題・宛先も入れて400字以内にまとめて下さい。
- (5) 図とその説明および表 英文で書き、図は印刷頁の寸法（14×20.5 cm）、特に横幅（全幅14、片段6.6 cm）を考慮し、原寸大または縮小したとき印刷頁におさまる大きさに仕上げ倍率を示すスケールを入れ、線画は黒インキを用い、記号・文字・数字はレタリング用具などを用い鮮明に記入し、そのまま印刷に廻せるようにして下さい。図の裏には著者名・番号・希望縮尺を記入して下さい。表と図を入れる場所を本文原稿右欄外に明示し、図の説明は別紙にして下さい。
- III. 校正と別刷 著者校正は初校のみとし、編集幹事から送りますので、3日以内に校正して同封の別刷申込書に所定の事項を記入して返送して下さい。別刷は、論文・総説・速報に限って50部を学会で負担します。

Information for Authors

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

電子顕微鏡諸材料販売

●試料作成用器材

5m/m ガラス板, 6m/m 板他

ガラスナイフ用ガラス棒

ガラスナイフプライヤー

ダイヤモンドペンシル

ダイヤモンドカッター,

片刃カミソリ(200入) ETC

電子顕微鏡用みがき剤

デイスゴ固定ビン 5ml

500入 ￥10,000

専用固定ビン 10ml, 15ml

100入 ￥8,000

オスミウム溶解ビン 100cc, 50cc

試薬ビン

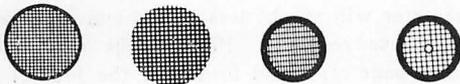
●メッシュ

VECO, ペルコ, MAXTAFORM

グリッド各社

国産品各種

グリッドBOX多種



●特殊メッシュ各種

(ナイロン, タングステン, テフロン,
金メッシュ, 銀メッシュ, ニッケル,
ステンレス)



●電子顕微鏡フィルム

コダック4463, 富士, 他

EMプラスチックマウント(輸入品)

100枚入 ￥2,000

EMペーパーマウント

100枚入 ￥1,200

引伸用ピントルーペ

￥16,000

ビークスケールルーペ

10x, 20x, 他

ライトビューアー

フィルムファイリングビューアー

ライトペン

●スライド作成機

(学会用) 短時間でマウントされた
状態のポジ像の白黒スラ
イドができます

●包埋用樹脂材料

(TAAB,

POLISCIENCE,

LADD, MERCK)各社

●固定剤試薬

オスミウム水溶液, 2%, 4%

グルタルアルデヒド, 8%, 25%,

(アンブル入り) 50%, 70%

●輸入ピンセット各種

VIGOR, INOX,

DUMOXEL, 社



〒274

EM 資材直販センター

千葉県船橋市三山町5-6-1

☎0474(75) 5783番

地方発送も行なって居りますので御用命下さい。

学 会 出 版 物

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

1. 「藻類」バックナンバー 価格、会員は各号1,250円、非会員には各号2,000円、欠号：1巻1-2号、5巻1号、6巻1-3号、7巻1-3号、8巻1-3号、9巻1-3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。
3. 山田幸男先生追悼号 藻類25巻増補, 1977. A 5版, xxviii+418頁。山田先生の遺影・経歴・業績一覧・追悼文及び内外の藻類学者より寄稿された論文50編(英文26, 和文24)を掲載。価格5,500円。
4. 日米科学セミナー記録 Contributions to the systematics of the benthic marine algae of the North Pacific. I. A. ABBOTT・黒木宗尚共編, 1972. B 5版, xiv+280頁, 6図版。昭和46年8月に札幌で開催された北太平洋産海藻に関する日米科学セミナーの記録で、20編の研究報告(英文)を掲載。価格3,000円。
5. 北海道周辺のコンブ類と最近の増養殖学的研究 1977. B 5版, 65頁。昭和49年9月、札幌で行なわれた日本藻類学会主催「コンブに関する講演会」の記録。4論文と討論の要旨。価格700円。

Publications of the Society

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

1. Back numbers of the Japanese Journal of Phycology (Vols. 1-28, Bulletin of Japanese Society of Phycology). Price, 1,250 Yen per issue for members, or 1,800 Yen per issue for non member. Lack: Vol. 1, Nos. 1-2; Vol. 5, No. 1-2; Vol. 6, Nos. 1-3; Vol. 7, Nos. 1-3; Vol. 8, Nos. 1-3; 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. (incl. postage, surface mail)
3. A Memorial Issue Honouring the late Professor Yukio YAMADA (Supplement to Volume 25, the Bulletin of Japanese Society of Phycology). 1977, xxviii+418 pages. This issue includes 50 articles (26 in English, 24 in Japanese with English summary) on phycology, with photographs and list of publications of the late Professor Yukio YAMADA. Price, 6,000 Yen. (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. Price 4,000 Yen. (incl. postage, surface mail)
5. Recent Studies on the Cultivation of *Laminaria* in Hokkaido (in Japanese). 1977, 65 pages. Four papers followed by discussions are included, which were presented in a symposium on *Laminaria*, sponsored by the Society, held in Sapporo, September 1974. Price 700 Yen. (incl. postage, surface mail)

昭和57年9月15日 印刷
昭和57年9月20日 発行

©1982 Japanese Society of Phycology

禁 転 載
不 許 複 製

編集兼発行者

堀 輝 三

〒305 茨城県新治郡桜村天王台1-1-1
筑波大学生物科学系内

印刷所

学術図書印刷株式会社

〒176 東京都練馬区豊玉北2丁目13番地

発行所

日本藻類学会

〒305 茨城県新治郡桜村天王台1-1-1
筑波大学生物科学系内
振替 宇都宮 8-4 8 8 7

Printed by GAKUJUTSU TOSHO Printing Co.

本誌の出版費の一部は文部省科学研究費補助金(研究成果刊行費)による。

藻 類

目 次

奥田一雄・館脇正和： <i>Pseudobryopsis</i> sp. (緑藻類ミル目) の配偶子嚢形成の概日リズム (英文)	171
熊野 茂：亜熱帯日本の西表島と石垣島産カワモズク属コントルタ節 (紅藻ウミゾウメン 目) の新種および新変種..... (英文)	181
小林 弘・真山茂樹：東京近郊の強腐水河川に見られるケイソウの耐性種群について..... (英文)	188
正置富太郎・秋岡英承・H. W. ジョハンセン：日本産有節サンゴモの植物地理学的特性 .. (英文)	197
P. M. シバリンガム：海藻基質からの生起原ガスの生産..... (英文)	207
熊野 茂・藤本いずみ：大阪湾大阪南港大橋における完新世海進時の珪藻遺骸群集..... (英文)	213
大貝政治・藤山虎也・河辺 博：緑藻ヒビミドロ属一種の生活史について.....	219
斎藤 実・千原光雄：海産中心珪藻 <i>Ditylum brightwellii</i> の培養による形態学的研究 (I) 栄養細胞の形態と細胞分裂.....	225
総 説	
石川依久子：カサノリの巨大核.....	241



ノート

赤塚伊三武：シマテングサ属の異形細胞は毛の細胞である.....	235
奥田弘枝：ワカメ成熟葉体の電子顕微鏡的観察 特に毛巢, 毛の微細構造について.....	237
井上 勲・堀口健雄：微細藻類ノート (7).....	234
小林 弘：論文や報告書に書く学名.....	256
西澤一俊：中国を訪ねて (2).....	257
訃 報.....	259
新刊紹介.....	212, 218
学会録事.....	260