

The Japanese Journal of PHYCOLOGY

Continues Bull. Jap. Soc. Phycol. 25

CONTENTS

Takamichi Yamada, Tomoyoshi Ikawa and Kazutosi Nishizawa: Partial purification and some properties of RuDP carboxylase from a green alga, <i>Bryopsis maxima</i>	49
Tetsuro Ajisaka and Isamu Umezaki: The life history of <i>Sphaerotrichia divaricata</i> (AG.) KYLIN (Phaeophyta, Chordariales) in culture.....	53
Shin Watanabe: <i>Planophila communis</i> sp. nov. (Chlorosarchinales, Chlorophyta) from Japanese soils	61
Hideo Mikami: On <i>Lcingia hookeri</i> (Rhodophyceae, Delesseriaceae) from New Zealand.. .. (in Japanese)	65
Tadahide Noro: Effect of Mn on the growth of a marine green alga, <i>Dunaliella tertiolecta</i> .. (in Japanese)	69
Review	
Kazutosi Nishizawa: Marine algae from a viewpoint of pharmaceutical studies .. (in Japanese)	73
Notes	
Kohei Tsumura: The marking on diatom-slides.....	59
Toshikazu Gotoh: On a judging method of living cells or non-living cells in the study of the diatom vegetation	68
Tadao Yoshida: Circumnavigation of Captain KRUSENSTERN and the study of <i>Sargassum</i> in Japan	89
Announcements.....	93

投 稿 案 内

I. 編集の方針 本誌には藻学と応用藻学に関する会員の未発表の、論文・総説・短報（速報・短い調査報告など）雑録（抄録・採集地案内・分布資料・ニュース・所見・新刊紹介など）を掲載します。論文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のち受理されます。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。原稿は和文または英文とし、論文と総説は刷上り6頁、短報は2頁、雑録は1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、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B4）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., Summary, 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。

原稿は、標題・英文要約（和文・英文原稿共）・本文・和文摘要（英文原稿のみ）・引用文献・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) 標題紙 和文と英文で、標題・著者名・宛先（所属機関名・郵便番号・所在地）の順で記入し、研究費などに対する謝辞があれば、脚注として付け加えて下さい。

(2) 要約 英文で200語または必要に応じて400語以内にまとめ、末尾に著者名・宛先を付して下さい。

(3) 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) "law of the minimum" is..., ...が知られている (YAMADA 1949), 岡村 (1907 p. 56) は、

(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400字以内にまとめて下さい。

(5) 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⁾ 内田老鶴園, 東京⁴⁾。

(単行本中の1章) ①DREBES, G.¹⁾ 1977.²⁾ Sexuality.³⁾ p. 250-283.⁴⁾ ②In D. WERNER [ed.]¹⁾ The biology of diatoms.²⁾ Blackwell Sci. Pub., London.⁴⁾

(叢書中の分冊) ①HUSTEDT, F.¹⁾ 1930.²⁾ Bacillariophyta.³⁾ ②In A. PASCHER [ed.]¹⁾ Sübwasser-Flora Mitteleuropas. ed. 2. Vol. 10.²⁾ Gustav Fischer, Jena.⁴⁾

(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 8⁴⁾: 1-8⁵⁾

①MORI, M.¹⁾ 1975.²⁾ Studies on the genus *Batrachospermum* in Japan.³⁾

②Jap. Journ. Bot. 20⁴⁾: 461-485.⁵⁾

(6) 表と図およびその説明 英文で書き、表と図は印刷頁の寸法 (14×20.5 cm)、特に横幅（全幅 14、片段 6.6 cm）を考慮し、原寸または縮小したとき印刷頁におさまる大きさに仕上げ、図には倍率を示すスケールを入れ、線や記号、文字、数字はタイプライター、レタリング用具などを用い黒インキで鮮明に記入し、そのまま印刷に廻せるようにして下さい。なお、特に表の組版を希望の場合はその旨明記して下さい。表と図の裏には著者名・番号・希望縮尺を記入して下さい。表と図の説明は別紙とし、それを入れる場所を本文原稿左欄外に明示して下さい。

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・短報に限って50部を学会で負担します。

Partial purification and some properties of RuDP carboxylase from a green alga, *Bryopsis maxima*

Takamichi YAMADA, Tomoyoshi IKAWA and Kazutosi NISIZAWA

YAMADA, T., T. IKAWA and K. NISIZAWA 1978. Partial purification and some properties of RuDP carboxylase from a green alga, *Bryopsis maxima*. Jap. J. Phycol. 26: 49-52.

RuDP carboxylase was extracted from the fresh fronds of *Bryopsis maxima* and purified partially to an extent being practically available for the investigations of some enzymatic properties. The enzyme was activated more remarkably by Mg^{2+} than Mn^{2+} , and showed a maximum activity at 10 mM Mg^{2+} , but its optimum pH was shifted depending on its concentration. The apparent K_m values for RuDP and HCO_3^- were estimated to be 6.5×10^{-4} M and 6.0×10^{-3} M, respectively.

Takamichi Yamada, Tomoyoshi Ikawa, Department of Biological Sciences, The University of Tsukuba, Ibaraki-ken, 300-31 Japan; Kazutosi Nisizawa, Department of Fisheries, College of Agriculture and Veterinary Medicine, Nihon University, Shimouma, Setagaya-ku, Tokyo, 154 Japan.

In contrast to higher plants, RuDP carboxylases of algae have not been studied in detail except a few in green¹⁻⁵⁾ and blue-green^{1,5)} algae. In view of this fact, we investigated precisely the RuDP carboxylase from a marine brown alga, *Spatoglossum pacificum*, and found that some of its properties are characteristic of the brown alga⁶⁾. This work was carried out as a part of the studies on enzymes involved in CO_2 photoassimilation of brown algae^{7,8)}.

In this connection, therefore, we extended similar study to the RuDP carboxylase of a marine green alga, *Bryopsis maxima* to compare the properties with those already reported. Thus, we obtained some interesting results, although the enzyme used was

a partially purified preparation, and they are reported in this paper.

Materials and Methods

Algal material. The fronds of *Bryopsis maxima* were harvested in spring at Inubosaki, Choshi, Chiba-ken.

Chemicals. RuDP is the commercial product of Sigma Chemical Company, and all other chemicals were purchased according to need.

Enzyme assay. Following the methods of MENDIOLLA and AKAZAWA⁹⁾ and KIERAS and HASELKORN¹⁾, reaction mixture was prepared. It contained 50 μ moles of Tris-HCl buffer (pH 8.3), 2.5 μ moles of $MnSO_4$ (or 5 μ moles of $MgSO_4$), 0.25 μ mole of RuDP, 5 μ moles of $KH^{14}CO_3$ (1.25 μ Ci), and 0.1 ml of enzyme solution in a total volume of 0.5 ml. The mixture was incubated first without RuDP at 20°C for 20 min, and the reaction was then started at 30°C after addition of RuDP. After incubation for 20 min, 0.05 ml of 6 N acetic acid was added to the mixture and excess radioactive carbonate was removed by suction for 15 min. A 0.2 ml aliquot of the mixture was then placed

1) Contributions from the Shimoda Marine Research Center, the University of Tsukuba, No. 325.

2) This work was supported by Research Grant B-148014 from the Ministry of Education of Japan.

Abbreviations: EDTA; ethylenediaminetetraacetat (disodium), RuDP; ribulose-1,5-diphosphate, RuDP carboxylase (or RuDP Case); 3-phospho-D-glycerate carboxylase (EC 4, 1, 1, 39).

on a planchet and the radioactivity was measured with a Aloka model FC-1E gassflow counter. All enzyme assays were duplicated and an average value was obtained.

Results and Discussion

Extraction and purification of RuDP carboxylase. Three hundred grams of fresh algal fronds were minced with scissors, and squeezed out by hands through two layers of nylon cheesecloth into 600 ml of 0.1 M Tris-HCl buffer, pH 7.8, containing 0.4 M sucrose and 1 mM $MgCl_2$. The mixture was stirred thoroughly and centrifuged at $16,000 \times g$ at $0^\circ C$ for 7 min. The precipitate was suspended in the same buffer and again centrifuged in the same way. The precipitate thus obtained was stored at $-20^\circ C$.

A 5 g aliquot of the above enzyme preparation was then sonicated in 25 ml of 0.05 M Tris-HCl buffer, pH 8.3, containing 5 mM $MgCl_2$, 50 mM KCl, 1 mM EDTA, and 30 mM 2-mercaptoethanol, at $0^\circ C$ for 10 min. The mixture was centrifuged at $16,000 \times g$ at $0^\circ C$ for 40 min. To the supernatant, was added solid ammonium sulfate to a 25% saturation, and the resulting precipitate was removed by centrifugation. By further addition of solid ammonium sulfate to the supernatant, a 60% saturation was obtained. The resulting precipitate was collected

by centrifugation at $16,000 \times g$ at $0^\circ C$ for 30 min, and dissolved in 5 ml of 0.01 M Tris-HCl buffer, pH 7.5, containing 10 mM 2-mercaptoethanol and 0.1 mM EDTA.

The solution was applied to a Sephadex G-200 column (2.5×50 cm) equilibrated with 0.05 M Tris-HCl buffer, pH 8.3, containing 5 mM $MgCl_2$, 1 mM EDTA, and 10 mM 2-mercaptoethanol (Buffer C), and eluted with the Buffer C at a flow rate of 0.8 ml/min. The eluates were collected every 10 ml in a tube. RuDP carboxylase was eluted into fractions (No's 24-27) following the void volume. These fractions were combined, concentrated in a collodion bag at $0^\circ C$ for 12 hr, and then applied to a DEAE cellulose column (2.0×30 cm) equilibrated with Buffer C. A gradient elution was made with Buffer C containing linearly increasing NaCl concentrations from 0 to 1.0 M, as shown Fig. 1.

RuDP carboxylase was eluted at 0.5 M NaCl. The fractions (No's 23-27) were combined, concentrated in a collodion bag at $0^\circ C$ for 12 hr, and the concentrated solution was used as RuDP carboxylase solution in this work.

Properties of partially purified enzyme. First, the effect of Mg^{2+} at various concentrations on the enzyme activity was investigated at different pH values, as shown in Fig. 2.

The addition of Mg^{2+} caused remarkable shifts of the optimum pH of RuDP car-

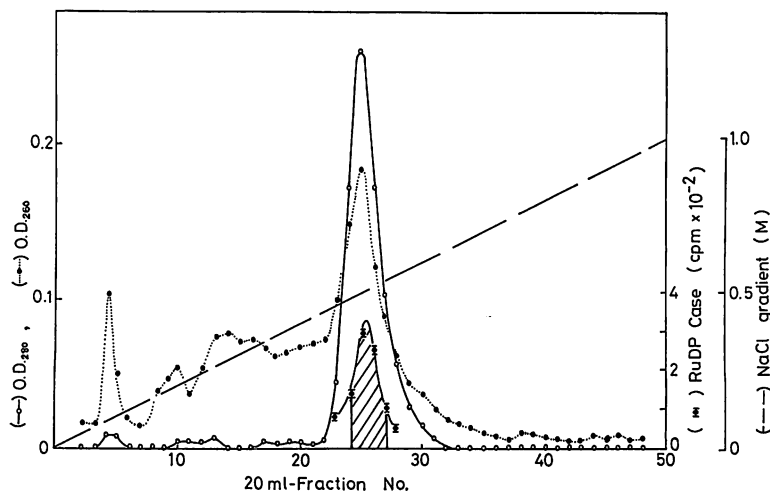


Fig. DEAE-cellulose column chromatography of RuDP carboxylase.

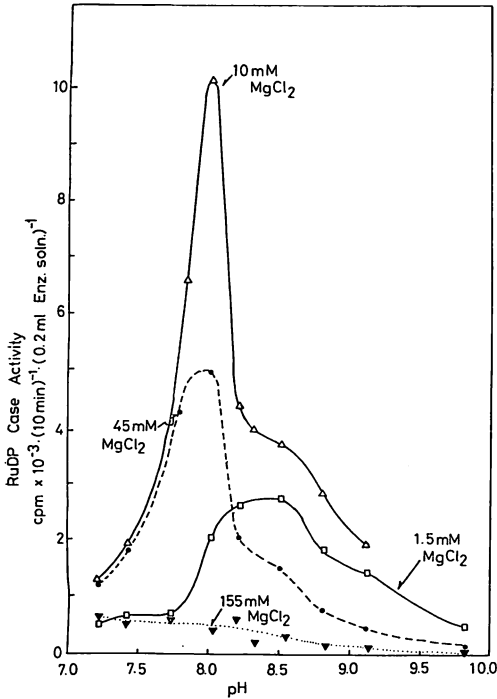


Fig. 2. Effect of concentration of Mg^{2+} on RuDP carboxylase activity.

boxylase toward neutral region. The optimum pH at 8.5 at 1.5 mM Mg^{2+} was shifted to pH 8.0 at 10 mM Mg^{2+} , and a maximal activity was observed at this concentration of Mg^{2+} among several tests.

Since Mn^{2+} activated the activity of RuDP carboxylase from *S. pacificum*⁶⁾ more effectively than Mg^{2+} , the effect on Mn^{2+} on the activity of this algal enzyme was investigated, as shown in Fig. 3. The optimum pH at 8.5 at 2 mM Mn^{2+} was shifted to pH 7.6 at 6 mM and 11 mM Mn^{2+} concentrations, respectively, but the activation by Mn^{2+} was far lower than Mg^{2+} in contrast to the enzyme of the brown alga⁶⁾. Effect of substrate concentration on RuDP carboxylase activity was examined to obtain K_m values. As shown in Figs. 4 and 5, the Lineweaver-Burk plots for RuDP and HCO_3^- each showed sigmoid curve, as with the RuDP carboxylase of *S. pacificum*⁶⁾, and the K_m values could not exactly obtained. However, apparent K_m values calculated at lower concentrations of substrates were 6.5×10^{-4} M and 6.0×10^{-3} M for RuDP and

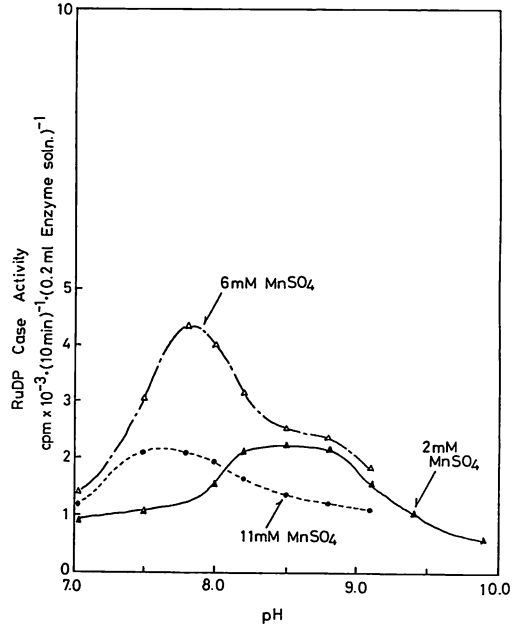


Fig. 3. Effect of concentration of Mn^{2+} on RuDP carboxylase activity.

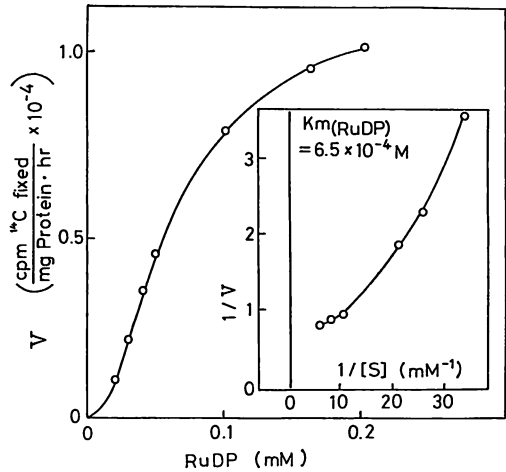


Fig. 4. Effect of concentration of RuDP on RuDP carboxylase activity.

HCO_3^- , respectively. These values were of almost the same order as those for brown algal enzyme⁶⁾. Thus, the RuDP carboxylase of *B. maxima* was elucidated to be activated remarkably by Mg^{2+} and its optimum pH was shifted depending on its concentration as with the enzyme of spinach^{10,11)} while K_m values for RuDP and HCO_3^- are rather simi-

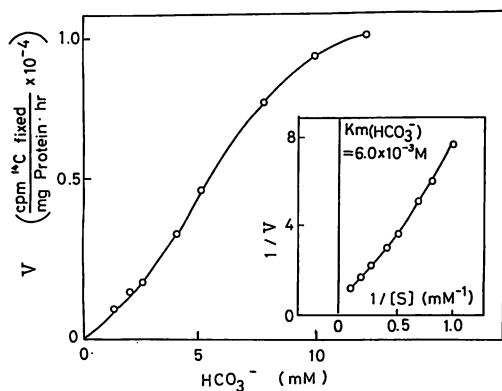


Fig. 5. Effect of concentration of HCO_3^- on RuDP carboxylase activity.

lar to those for the enzyme of *S. pacificum*⁶³, the values for spinach enzyme being $1.0\text{--}2.5 \times 10^{-4}$ M and 5.6×10^{-3} M, respectively¹². Therefore, the properties of subunits A and B of RuDP carboxylase of *B. maxima* would be more similar to those of the higher plants than to those of the brown algal enzyme. This is particularly interesting upon taking into account the phylogenetic position of green algae.

References

- 1) KIERAS, F. J. and HASELKORN, R. 1968. Properties of ribulose-1, 5-diphosphate carboxylase (Carboxydismutase) from Chinese cabbage and photosynthetic microorganisms. *Plant Physiol.* 43: 1264-1270.
- 2) SUGIYAMA, T., MATSUMOTO, C., AKAZAWA, T. and MIYACHI, S. 1969. Structure and function of chloroplast proteins. VII. Ribulose-1, 5-diphosphate carboxylase of *Chlorella ellipsoidea*. *Arch. Biochem. Biophys.* 129: 597-602.
- 3) AKAZAWA, T., SATO, K. and SUGIYAMA, T. 1969. Structure and function of chloroplast proteins. VIII. Some properties of ribulose-1, 5-diphosphate carboxylase of *Athiorhodaceae* in comparison with those of plant enzyme. *Arch. Biochem. Biophys.* 132: 255-261.
- 4) WILSON, J. H. and MCCALLA, D. R. 1968. A simple method for the isolation of fraction I protein of chloroplasts. *Can. J. Biochem.* 46: 441-445.
- 5) ANDERSON, L., PRICE, G. B. and FULLER, R. C. 1968. Molecular diversity of the ribulose-1, 5-diphosphate carboxylase from photosynthetic microorganisms. *Science* 161: 482-484.
- 6) YAMADA, T., IKAWA, T. and NISIZAWA, K. 1978. Purification and properties of RuDP carboxylase from a brown alga, *Spatoglossum pacificum*. *Botanica Marina*, in press.
- 7) YAMAGUCHI, T., IKAWA, T. and NISIZAWA, K. 1969. Pathway of mannitol formation during photosynthesis in brown algae. *Plant & Cell Physiol.* 10: 425-440.
- 8) IKAWA, T., WATANABE, T. and NISIZAWA, K. 1972. Enzymes involved in the last step of the biosynthesis of mannitol in brown algae. *Plant & Cell Physiol.* 13: 1017-1029.
- 9) MENDIOLA, L. and AKAZAWA, T. 1964. Partial purification and the enzymatic nature of fraction I protein of rice leaves. *Biochemistry* 3: 174-179.
- 10) WEISSBACH, A., HORECKER, B. L. and HURWITZ, J. 1956. The enzymatic formation of phosphoglyceric acid from ribulose diphosphate and carbon dioxide. *J. Biol. Chem.* 218: 759-810.
- 11) SUGIYAMA, T., NAKAMURA, N. and AKAZAWA, T. 1968. Activation of spinach leaf ribulose-1, 5-diphosphate carboxylase activities by magnesium ions. *Biochem. Biophys. Res. Comm.* 30: 118-123.
- 12) KAWASHIMA, N. and WILDMAN, S. G. 1970. Fraction I protein. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 21: 325-358.

山田剛通*・猪川倫好*・西澤一俊**：オオハネモ (*Bryopsis maxima*) の RuDP カルボキシラーゼの部分精製とその二・三の性質

褐藻における CO_2 光同化酵素系のうち、その最初の固定酵素 RuDP カルボキシラーゼの研究はつい最近筆者らにより行われたが、海産の緑藻や紅藻のものについてはまだ残っていたので、まず緑藻の酵素について研究した。オオハネモを材料に選び、抽出精製を試みたが、今回は試料の関係上褐藻や既報の高等植物やクロレラの酵素ほど純度の高いものは得られなかった。しかし、二・三の性質を調べるには十分の標品が得られた。その結果、褐藻のものとは違い Mn^{2+} より Mg^{2+} によってよく活性化されたり、 Mg^{2+} の濃度により至適酸度の変動がみられた点はむしろ高等植物のものに似ていたが、RuDP や HCO_3^- に対する K_m 値 (6.5×10^{-4} M と 6.0×10^{-3} M) はむしろ褐藻のものに近かった。(*300-31 茨城県新治郡桜村、筑波大学生物系、**145 東京都世田谷区下馬 3、日本大学農獣医学部水産学科)

The life history of *Sphaerotrichia divaricata* (AG.) KYLIN (Phaeophyta, Chordariales) in culture

Tetsuro AJISAKA and Isamu UMEZAKI

AJISAKA, T. and I. UMEZAKI 1978. The life history of *Sphaerotrichia divaricata* (Ag.) Kylin (Phaeophyta, Chordariales) in culture. Jap. J. Phycol. 26: 53-59.

The heteromorphic and haplo-diplontic life history of *Sphaerotrichia divaricata* from Wakasa Bay, Japan Sea, has been completed in culture. Zoospores from unilocular sporangium of macroscopic sporophyte developed into microscopic haploid gametophytes ($n=9-12$). Two different types of tufts occurred in the gametophytic stage according to conditions given in culture. The gametophytes grew more rapidly at higher temperatures and in longer photoperiods. Conjugation between gametes from uniseriate plurilocular sporangium (gametangium) of the gametophyte was either isogamous or anisogamous and the zygotes developed into macroscopic diploid sporophytes ($2n=18-24$). The sporophytes grew larger under cooler conditions and they matured earlier to bear unilocular sporangia under warmer conditions. Unfused gametes germinated asexually and developed into gametophytes, repeating the same gametophytic generation.

Tetsuro Ajisaka and Isamu Umezaki, Department of Fisheries, Faculty of Agriculture, Kyoto University, Kyoto, 606 Japan.

Introduction

Sphaerotrichia divaricata (AG.) KYLIN taxonomically belongs to the Chordariaceae of Chordariales, Phaeophyta (INAGAKI, 1958). It is commonly distributed in Japan along both the coasts of Pacific and Japan Sea. However, the south region of the Pacific coast is an exception. This species is commercially important as it is used as tasteful food in Japan.

HYGEN (1934) reported that the Swedish species of *Sphaerotrichia divaricata* showed an alternation of heteromorphic generations: an alternation of a microscopic gametophyte with plurilocular sporangia and a macroscopic sporophyte with unilocular sporangia.

ARASAKI (1943), studying the life history of the species from Mikawa Bay, Pacific coast, found that the sparsely branched gametophytes had the dormant stage in hot

summer months and matured in autumn when sea-water temperature dropped.

In this paper, the life history of *Sphaerotrichia divaricata* from Wakasa Bay, Japan Sea, its karyological observations, and the growth and maturity of both sporophytes and gametophytes under culture conditions are reported.

Materials and Methods

The sporophytes of *Sphaerotrichia divaricata* were collected at Takahama in Wakasa Bay facing the Japan Sea during the summer of 1974. The plants were found growing on *Sargassum confusum* C. AG. and *S. piluliferum* C. AG. or on rocks which were one or two meters below the low tide mark.

We used the same culture techniques and medium prescriptions as given by NAKAMURA and TATEWAKI (1975).

Cultures were incubated in 1500–3000 lux light under the following temperature-photo-period regimes. 20°C: 16–8 hr (Set 1); 20°C: 10–14 hr (Set 2); 15°C: 14–10 hr (Set 3); 15°C: 10–14 hr (Set 4); 10°C: 14–10 (Set 5).

For the karyological observations, aceto-iron-haematoxylin-chloral hydrate method (WITTMANN, 1965) was used.

Results

Cultures from zoospores of the frond in nature were started on June 21, 1974. The fertile fronds in nature bear only unilocular sporangia from June to July. Mature unilocular sporangia are usually elongated obovoid, measuring $61\text{--}75 \times 26\text{--}41\ \mu\text{m}$. Zoospores ($4.7\text{--}6.6 \times 2.8\text{--}3.8\ \mu\text{m}$ in size) from the unilocular sporangium are pear-shaped with a single chromatophore and an eyespot, and are laterally biflagellated (Fig. 1-A, B). Settled zoospores become spherical and measure $2.8\text{--}4.7$ (4.0 at an average) μm in diameter (Fig. 1-C).

Within 1–2 days, they germinated by pushing out a protuberance and then divided into two cells transversely (Fig. 1-G, H). By successive transverse divisions, the germlings developed into creeping uniseriate filaments consisting of 3–7 cells, and branched laterally (Fig. 1-D, E, I, J).

In Sets 1 and 2, as the result of an extensive formation of prostrate and upright branches (Fig. 1-F), most of the filamentous germlings developed into dense tufts composed of large basal layer and profusely branched erect portion (Fig. 3-A).

In Set 1, the upper part of some erect filaments transformed into uniseriate plurilocular sporangia (gametangia) within 13 days (Fig. 3-C). However, in Set 2, further growth made tufts larger (over 1 cm in diam.) and they never bore plurilocular sporangia even after 2 months.

In Set 5, 8-day-old filamentous germlings were usually provided with hairs (Fig. 1-K). By successive branchings and cell divisions, they developed into simple tufts composed

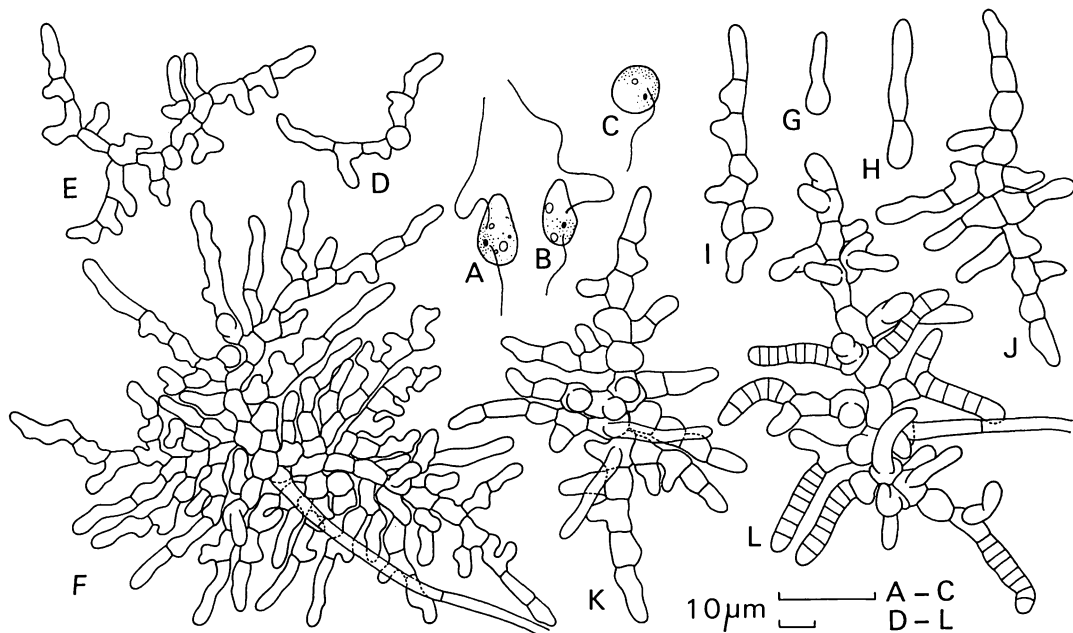


Fig. 1. *Sphaerotrichia divaricata*. Zoospores released from unilocular sporangia and development of their germlings. A, B: Zoospore. C: Settled zoospore with a flagellum. D–F: 5 (D)–, 7 (E)–, and 10 (F)–day-old gametophytes in Set 1. G–L: 3 (G, H)–, 4 (I)–, 5 (J)–, 8 (K)–, and 13 (L)–day-old gametophytes in Set 5.

of small basal layer and sparsely branched erect portion (**Fig. 1-L; 3-B**). They reached maturity within 20 days and most of the erect filaments transformed into uniseriate gametangia (**Fig. 3-B, C**).

In Sets 3 and 4, two types of germings, dense tufts found in Sets 1 and 2, and simple ones in Set 5, appeared at a nearly same rate, and the gametangia released gametes in 18 days.

The morphology of gametes ($4.7-6.2 \times 3.3-5.2 \mu\text{m}$ in size) was quite similar to that of zoospores (**Fig. 2-A, B**).

Sexual conjugation was observed between the gametes. The gametes were promptly released from gametangia when transferring from dark to light photoperiod regime (**Fig. 3-D**). Two swimming gametes accidentally fused on their heads. It seems that sometimes one flagellum of both the fusing gametes or of only one of them was lost during the process of conjugation (**Fig. 2-D, E**). The conjugation was either isogamous or anisogamous.

In Set 5, conjugation between the gametes occurred at 70-80%, and formed the zygotes (**Fig. 3-E**). However, in Sets 1 and 2, the conjugation scarcely occurred and most of the gametes germinated without fusion and each developed into a gametophyte, repeating the same gametophytic generation. In the Japanese species, gametophytes are sometimes monoecious. In such cases, the conjugation occurred between the gametes from one and the same thallus or even between the gametes from one gametangium.

Within 1-2 days, settled zygotes measured $5.7-12.4$ (8.0 at an average) μm in diam. and soon germinated (**Fig. 2-F**). By successive branchings and transverse cell divisions (**Fig. 2-G, H, I**), the zygote developed into pseudoparenchymatous discs and at the center of which a hair was produced (**Fig. 2-J, K**). The disc was irregularly rounded in outline, consisting of a single layer of cells (**Fig. 2-L**). Within 15 days, the primary assimilating filaments arose from the central part of the disc (ca. $100 \mu\text{m}$ in diam.)

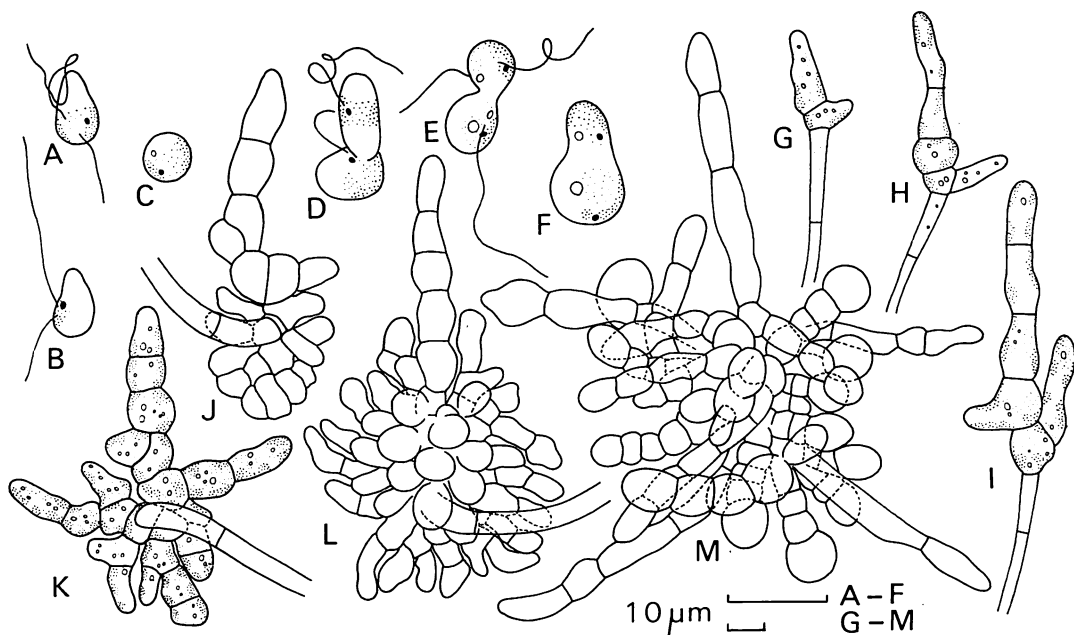


Fig. 2. *Sphaerotrichia divaricata*. Gametes released from gametangia, their zygotes, and their developmental stages. A, B: Gamete. C: Settled gamete. D, E: Conjugation of gametes. One flagellum of each gamete is lost during the process of conjugation. F: Settled zygote. G-L: 3(G)-, 4(H)-, 7(I)-, 10(J)-, 11(K)-, and 14(L)-day-old sporophytes in Set 5. M: 14-day-old sporophyte in Set 2.

and rhizoidal filaments were produced from the marginal portion (**Fig. 2-M**). The rhizoidal filaments and cylindrical cells arose from the lower cells of each primary assimilating filament and cohered together to build up a medullary layer. The growing point was terminated by some enlarged cells (**Fig. 3-F**). The secondary assimilating filaments arose profusely from the medullary cells to construct a cortical layer (**Fig. 3-G**), developing into a cylindrical plant (**Fig. 3-H**). In Set 5, within 3 months, the cylindrical plant (filiform, somewhat cartilaginous) laterally branched in all directions and grew about 4 cm in height (**Fig. 3-I**). Within one month in Sets 1 and 2, after 2 months in Sets 3 and 4, and after 3 months in Set 5, the cylindrical plants bore many unilocular sporangia ($50 \times 30 \mu\text{m}$ in size) and released many zoospores (**Fig. 3-J**).

Unfused gametes germinated and developed asexually into gametophytes. The settled gametes became spherical, measuring 2.9–6.7 (5.1 at an average) μm in diameter (**Fig. 2-C**). Under culture conditions, as seen in zoospore's germlings, two types of gametophytes were observed. Under warmer and longer-day conditions (e.g. Set 1), the growth and fertility of gametophytes were faster than those under cooler and shorter-day conditions (e.g. Set 5). Under cooler conditions, phaeophytic hairs were numerous produced on gametophytes. The loculus number of gametangia was more numerous in culture under cooler conditions than those under warmer conditions. The gametangia in Set 3 had loculi from 4–16, those in Set 4 from 6–20, and those in Set 5 from 10–28 (**Fig. 4**).

The number of chromosome was 23–30 in the original sporophytes obtained from nature (**Fig. 5-A**), 7–17 (of which 80% was

9–12) in the gametophytes derived from zoospores or unfused gametes (**Fig. 5-B**), and 15–27 (of which 90% was 18–24) in the sporophytes in culture (**Fig. 5-C**).

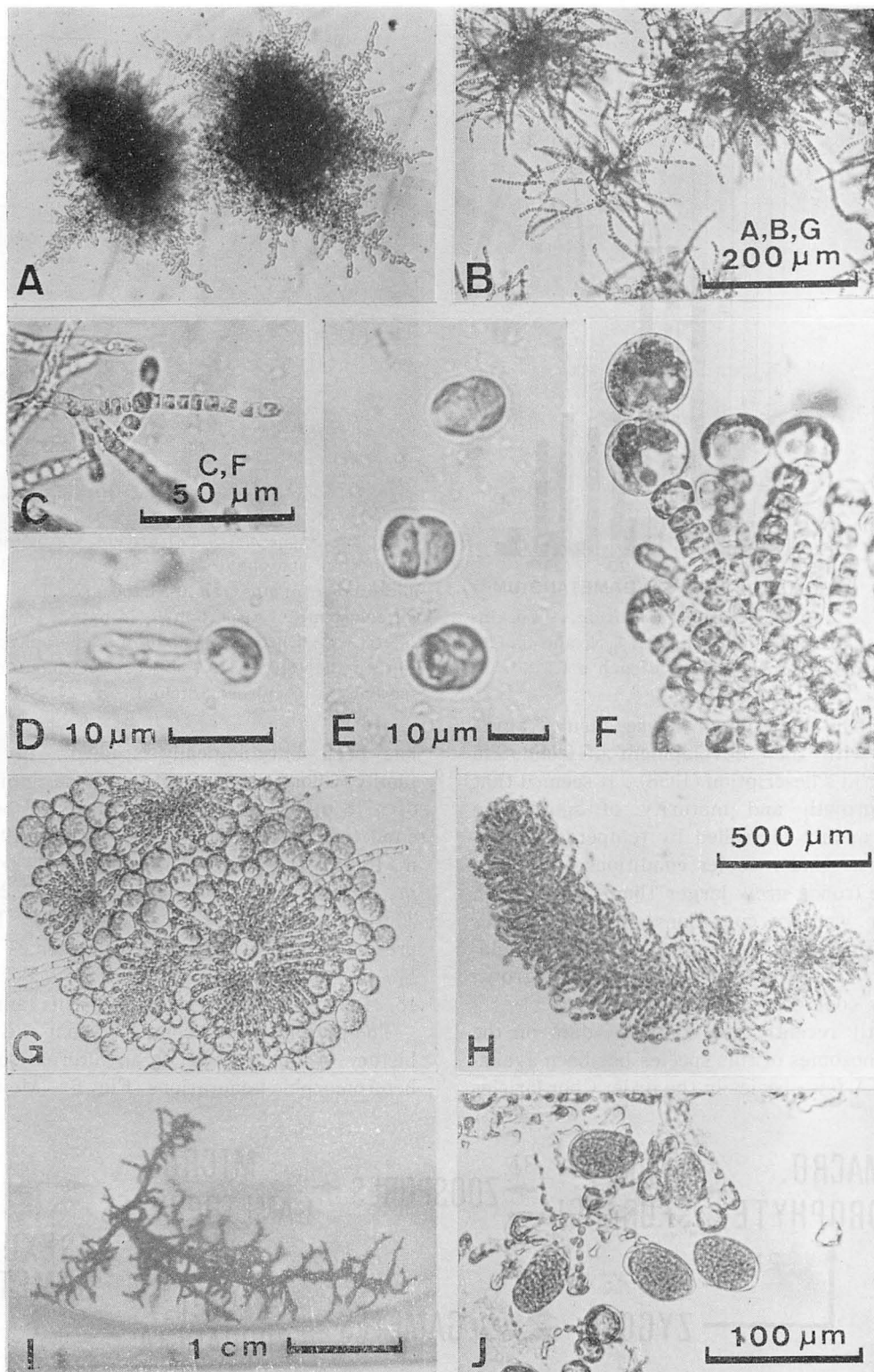
Discussion

HYGEN (1934), who studied the life history of the Swedish *Sphaerotrichia divaricata*, reported that zoospores from the unilocular sporangium developed into the 'pseudo-parenchymatisch Basalscheibe' and that many zygotes occurred among the gametes from gametangia of the microscopic thallus. In his culture, anisogamous conjugation was observed. However, he said that only female gametes grew asexually to repeat more gametophytic generations. Most of the zygotes, this worker has observed, developed through 'Diplonema' stage into sporophytes. These sporophytes became fertile without construction of cylindrical fronds.

In our study, zoospores from the unilocular sporangium and unfused gametes from the gametangium developed into the filamentous gametophytes. In this stage, dense tufts having profusely branched filaments were formed under warmer conditions. On the other hand, simple tufts having sparsely branched filaments were produced under cooler conditions. These simple tufts resemble the gametophytes of *Chordaria flagelliformis* which were cultured under cooler condition (culture temperature 6–10°C) by CARAM (1955) and (15°C) by KORNMAN (1962). The dormant stage, as seen in ARASAKI's culture (1943), was never observed under our culture conditions.

Zygotes grew to form the pseudoparenchymatous discs on which cylindrical sporophyte fronds arose. The 'Diplonema' stage thalli in HYGEN's culture have not been ob-

Fig. 3. *Sphaerotrichia divaricata*. Stages in development from gametophyte, through zygotic stage, to fertile sporophytes. A: Two dense tufts. 16-day-old gametophyte in Set 1. B: Simple tufts. 19-day-old gametophytes in Set 5. C: Uniseriate plurilocular sporangium (gametangium) in Set 5. D: Releasing gamete from gametangium in Set 3. E: Three settled zygotes in Set 3. F: Growing point of young sporophyte in Set 5. G: 27-day-old sporophyte in Set 3. H: Young cylindrical frond (sporophyte) in Set 5. I: 3-month-old sporophyte in Set 5. J: Unilocular sporangia of 2-month-old sporophyte in Set 4.



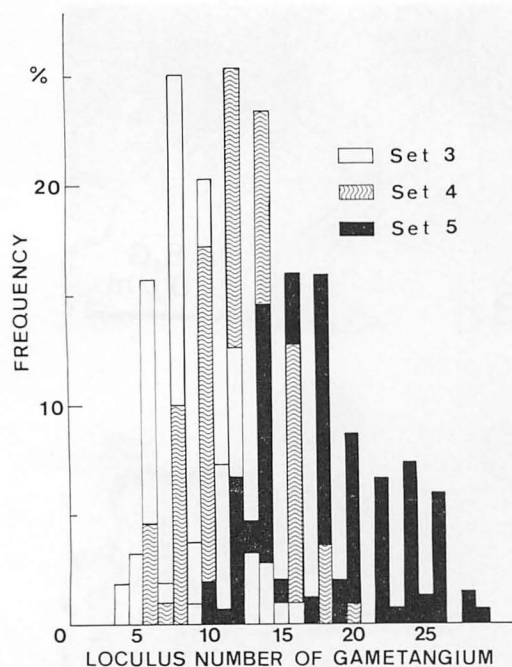


Fig. 4. *Sphaerotrichia divaricata*. Locus number in gametangium in Set 3, 4, and 5. (200 gametangia were observed in each set.)

served in this study. These results agree well with the 'development of fronds' in INAGAKI's description (1958). It seemed that the growth and maturity of sporophyte were mainly controlled by temperature conditions. Under cooler conditions, the sporophyte fronds grew larger than those grown under warmer conditions. Under warmer conditions, the sporophytes produced unilocular sporangia earlier than those grown under cooler conditions.

Until recently no complete data on the chromosomes of this species has been available. A few species in the order Chordariales

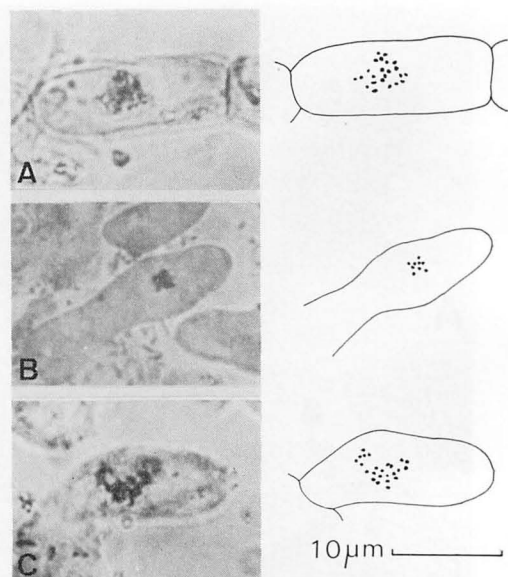


Fig. 5. *Sphaerotrichia divaricata*. Chromosome number in sporophyte and gametophyte. (left: microscopic photos; right: hand sketches.) A: Chromosomes of a sporophyte in nature (diploid) $2n=23$. B: Chromosomes of a gametophyte in culture (haploid) $n=9$. C: Chromosomes of a sporophyte in culture (diploid) $2n=24$.

has been karyologically studied. In the family Chordariaceae, chromosome number of $n=8$ or 9 and $2n=16$ or 18 have been cited for *Myriogloea sciurus* (PARKE, 1933), $n=10$ and $2n=20$ for *Sauvageaugloea griffithsiana* (CARAM, 1965), and $n=10$ and $2n=20$ for *Eudesme virescens* (COLE, 1967). The present counts of the chromosomes of *Sphaerotrichia divaricata* ($n=9-12$ and $2n=18-24$) show to fit the pattern for this family.

The present results confirmed that the life history of this species is an alternation of heteromorphic generations (Fig. 6). Meiosis



Fig. 6. A diagram of the life history of *Sphaerotrichia divaricata*.

may occur during the formation of zoospores in the unilocular sporangium on diploid thallus which was derived from the zygote.

The present result partially explains the appearance and disappearance of fronds in nature. In summer, the gametophytes grow well and mature faster, but most of the gametes develop asexually to repeat the same gametophytic generation. The rate of sexual conjugation increases from autumn to winter when sea-water temperature drops, and sporophytes derived from zygotes develop well into the branched cylindrical fronds during the seasons of winter and spring. The branched cylindrical fronds bear unilocular sporangia in early summer when sea-water temperature rises.

Literature Cited

- 1) ARASAKI, S. 1943. On the life-history of *Chordaria firma* E. S. GEPP and *Sphaerotrichia japonica* KYLIN. Bot. Mag., Tokyo 57: 292-301.
- 2) CARAM, B. 1955. Sur l'alternance de générations chez *Chordaria flagelliformis*. Bot. Tiddsskr. 52: 18-36.
- 3) ——— 1965. Recherche sur la reproduction et le cycle sexué de quelques Phaeophycées. Vie et Milieu 16(1A): 21-221.
- 4) COLE, K. 1967. The cytology of *Eudesme virescens* (CARM.) A. AG. I. Meiosis and chromosome number. Can. J. Bot. 45: 665-673.
- 5) HYGEN, G. 1934. Über den Lebenszyklus und die Entwicklungsgeschichte der Phaeosporeen. Versuche an *Nemacystus divaricatus* (AG.) KUCKUCK. Nyt. Mag. Naturv. 74: 187-279.
- 6) KORNMAN, P. 1962. Die Entwicklung von *Chordaria flagelliformis*. Helgoländ. wiss. Meeresunters. 8: 276-279.
- 7) INAGAKI, K. 1958. A systematic study of the order Chordariales from Japan and its vicinity. Sci. Pap. Inst. Algol. Res., Fac. Sci., Hokkaido Univ. 4: 87-197.
- 8) PARKE, M. 1933. A contribution to knowledge of the Mesogloioaceae and associated families. Pub. Hartley Bot. Lab., Liverpool 9: 1-43.
- 9) NAKAMURA, Y. and TATEWAKI, M. 1975. The life history of some species of the Scytosiphonales. Sci. Pap. Inst. Algol. Res., Fac. Sci., Hokkaido Univ. 6: 57-93.
- 10) WITTMANN, W. 1965. Aceto-iron-haematoxylin-chloral hydrate for chromosome staining. Stain Technology 40: 161-164.

鯨坂哲朗・梅崎 勇：培養によるイシモツク（褐藻類ナガマツモ目）の生活史の研究

日本海若狭湾産の褐藻イシモツクの生活史を室内培養によって完結した。自然に生育するいわゆるイシモツクは、胞子体である。この藻体上の単子嚢から放出された遊走子は、そのまま発芽して顕微鏡的な単相 ($n=9-12$) の配偶体になる。この配偶体は、高温では密に分枝した叢状発芽体になり、低温では粗に分枝したものになる。そして高温長日ほど成長が速く、高温ほど早く成熟する。配偶体の複子嚢（配偶子嚢）から放出された配偶子の間で接合が行なわれる。接合子は、発芽して肉眼的な複相 ($2n=12-24$) の胞子体になる。この胞子体は低温で良く成長するし、高温ほど早く単子嚢をつけて成熟する。接合しなかった配偶子は、無性的に発芽して、再び配偶体世代を繰り返す。（606 京都市左京区北白川追分町 京都大学農学部水産学教室）

津村孝平：珪藻混種プレパラートの指示標識

Kôhei TSUMURA: The marking on diatom-slides.

珪藻の既製の混種プレパラート中の特定個体の封入位置を示す標識をそのプレパラートへ直接につけようとすると従来は刻印式の標本指示器を用いて、カバーガラスの表面に小円を刻印するよりほかに良い方法がなかったので、私は次善の策として下記の方法を案出して試用してみたところ、多少の不便はあるが、十分

に実用になることがわかったので、ここに紹介する。

既製の混種プレパラートを鏡検して指示標識をつけたい個体が見付かったら、鏡検しながら、その個体の真上にカバーガラスヘインキの点などを一時仮りに打って、そのプレパラートを裏返えて、裏面から鏡検して、その個体を確認し、プレパラートを載物台上へ

固定する。つぎにクッキング・ホイール用のアルミ箔から打抜き器を使って直径 3 mm の円形のアルミ箔を作り、その中央を直径 1 mm の打抜き器で打抜いて、外径 3 mm、内径 1 mm のアルミ箔の輪を作り、これに極く少量の糊をつけて、前記のプレパラートを 5 倍または 10 倍の対物鏡を使用した顕微鏡で見ながら、前記のインキの点や個体をアルミ箔の輪の中央にあるようにしてアルミ箔の輪を確実に貼付する。このとき糊はいくら少量であってもアルミ箔を強くプレパラートへ押しつけば多少は糊がはみ出してプレパラートを汚すであろうが、その場合は有柄針かピンセットなどへ脱脂綿を固く巻きつけたものを水で僅かにぬらして、ていねいに糊をぬぐい去ればよい。それでもう指示標識は取りつけられたことになるが、プレパラートを長期間保存すると糊が枯れてしまって輪が脱落する心配もあるから、このアルミ箔の輪の上にもプレパラート用のミヂウムを滴下してカバーガラスを貼ってしまうとよい。これに用いるミヂウムは珪藻用の高屈折率のもの（例えば *Pleurax* や *Styrax* など）よりも、むしろ屈折率がガラスなどに近いものの方が無難であろうと思うが、ただ室温へ放置しても、なるべく短時間で乾固するものであることが望ましい。私は手許に有あわせの *Euparal* か *Caedax* を用いた（大体一昼夜ぐらいで乾固する）。その後でプレパラートの表面へ仮につけたインキの点を拭い去ればよい。

このプレパラートは表・裏両面にカバーガラスがあることと、裏面の方にアルミ箔の輪が封じてあるから、表・裏面を間違えて作動距離の短かい対物鏡を使うとプレパラートを破損したりするから、表面の方にすぐにラベルを貼って、間違いを防止することが大切である。鏡検するにはアルミ箔の輪を見つけたら、対物鏡をスライドガラスの厚さだけプレパラートから遠ざけるように鏡筒を上げれば目的の珪藻にピントが合うことになるわけである。

なお一言注意しておくことは、私は本誌 Vol. 22, No. 3 に標識入りの混種プレパラートとしてアルミ箔の矢をプレパラートを作るときにその中へ封じ込む方法を書いておいた。矢を用いるとその先端は一点を指すの

で、輪よりも良いのであるが、プレパラートの中へ封じ込んだ矢は珪藻の存在する面と同一の面にあるから正確を期する上にも、また矢はその太い方の部分だけに糊をつけておいて、鏡検しながら矢の位置を修正したりできるから矢の方がよい。その時に輪を用いると全面へ糊をつけるので輪の一部が珪藻の上を通り越さなければ輪が貼れないから、その時に糊が珪藻に付着などして失敗になるので輪を用いなかったが、今回ののはプレパラートの裏面のただのガラス面へ貼るのであるから、余分な糊は貼った後で拭い去ることができることと、珪藻のある面とアルミ箔がある面はスライドガラスの厚さだけ差があるので、顕微鏡と眼との光軸が頭の動かし具合で僅かでも狂うと、拡大像に視差が生じて像が動くこともあるから、余り正確に一点を指す矢よりも輪で珪藻のあるところを囲んでしまった方がよい。

プレパラートの下面にもカバーガラスが貼ってあるプレパラートは鏡検の拡大像そのものの鮮明度に多少の影響を及ぼしはしないかということについては、その理由づけなどについてまだ多少の検討の余地は確かにあるらしくて、私の経験によると、ある属の珪藻（これは被殻の彫刻の細密・粗大とは別である）には拡大像の鮮明度に僅かながら関係することがあるようであるけれども、一般には大した影響はないと言ってよい。ただし下面のカバーガラスだけスライドガラスが厚くなるわけであるから、それが気になる人は薄手のスライドガラスを使えばよい。私が上に鮮明度に僅かの関係があるらしいと書いたのはスライドガラスの薄手・厚手などの差を超えた特殊な場合を言っているもので、それまでを問題にするのであれば、珪藻のプレパラートの製法はかなり特別な方法を必要とするということになるかも知れないので、それは別の機会に書くことにしたい。

神奈川県立外語短大 (235 横浜市磯子区岡村町 4-15-1)
Coll. of Foreign Studies Yokohama, Okamura-cho 800,
Isogo-ku, Yokohama, 235, Japan.

Jap. J. Phycol. 26(2) : 59~60. 1978.

***Planophila communis* sp. nov. (Chlorosarcinales, Chlorophyta)
from Japanese soils**

Shin WATANABE

WATANABE, S. 1978. *Planophila communis* sp. nov. (Chlorosarcinales, Chlorophyta) from Japanese soils. Jap. J. Phycol. 26: 61-64.

A new Chlorosarcinalean alga, *Planophila communis*, is described from Japanese soils. It differs from the species hitherto described in the characters that the vegetative cells are evenly surrounded with gelatinous matrix and the plant mass does not change in color in old cultures.

Shin Watanabe, Laboratory of Applied Botany, Faculty of Agriculture, Kyoto University, Kyoto, 606 Japan.

Introduction

The organism to be described here was isolated from soils of several localities in Japan by the method reported previously (WATANABE 1977). It divides vegetatively to form four-celled packets, produces quadriflagellate zoospores of *Protosiphon*-type, and possesses a parietal chloroplast with a pyrenoid. After examination, it became clear that this isolate is a hitherto non-described species of the genus *Planophila*.

The alga newly described has been deposited in the Culture Collection of Algae, Institute of Applied Microbiology, University of Tokyo.

***Planophila communis* S. WATANABE sp. nov. (Figs. 1-13).**

Cellulae vegetativae sphaericae, 5-18 μ m diametro; vel ellipsoideae, ad 14 $\times$ 18 μ m attingentes. Fasciculi duo-octo-cellularium per divisiones cellularum vegetativarum successivas effecti. Fasciculique cellulae solitariae tectae aequaliter matricibus gelatinosis. Chloroplastus parietalis cum una vel raro duabus pyrenoidibus; vacuolae contractiles in cellulis vegetativis interdum

observatae; cellulae per crescentiam uninnucleatae.

Reproductio per dissociationem fasciculorum aut per zoosporas quadriflagellatas aut per aplanosporas. Zoosporae elongatae, 3.5-8 $\times$ 7-18 μ m, sine membrana, stigma antium aut prope aequatorium, duas vacuolas contractiles anticas, pyrenoidem posticam, et chloroplastum parietalem que perforatum habentes.

Massa plantarum viridis per periodum culturae; ad paginam laevis sed glomerans in cultura vetere.

Origo: Plantae e solo arborum in loco Saitama-ken dicto; m. Apr., 1975 lectae; numerus culturae SAI-1.

Typus: Figs. 1-13.

The soil samples were collected from arable land in Saitama Prefecture, characterized by the Kanto Loam; at the side of a road in Mt. Eboshidake, Nagasaki Prefecture; and from a farm of bananas and papayas in Chichijima, one of the Ogasawara Islands in the Pacific Ocean about 1000 km away from Tokyo.

Young vegetative cells derived from zoospores or aplanosporae are solitary and

assume spherical forms with diameters of 5–18 μm . The thin gelatinous matrix evenly surrounds the individuals. The chloroplast of these cells is cup-shaped or mantle-shaped, containing one or rarely two prominent pyrenoids. The latter is densely covered with two to several starch grains which are closely arranged and may be loose when the cells are old. In actively growing cultures, the young spherical cells sometimes possess two contractile vacuoles in the surface of the cytoplasm and a stigma in the chloroplast. The cells are uninucleate, and vacuoles are sometimes present.

As the cells grow, they assume ellipsoidal form and undergo vegetative cell division (=desmoschisis, GROOVER & BOLD 1969). The division occurs across the center of the parent cell into two daughter cells, which remain in close association with the parent cell wall. The daughter cells may undergo desmoschisis in the direction which is usually perpendicular to the preceding division giving two-dimensional, four-celled packets (Fig. 1). Three-dimensional, cuboidal packets are sometimes produced (Fig. 5). The packets are covered with a gelatinous matrix which is evenly thickened and does not form the branching *Hormotilopsis*-like colony. The packets may dissociate either partially or entirely to form diads or solitary cells. The cells comprising packets attain to sizes of 14 $\times$ 18 μm . The chloroplast becomes larger

with the cell growth, and occupies the entire cell periphery without opening. Two contractile vacuoles are sometimes present in packet cells.

Reproduction occurs by zoosporogenesis which takes place in both solitary and packet cells. The zoospores were obtained by transferring the actively growing cells into tap water or liquid medium and maintaining in dark overnight. They (Figs. 8–13) are elongate, and 3.5–8 $\times$ 7–18 μm in size; rounded at both ends or somewhat acute at the anterior. The cell wall is lacking (*Protosiphon*-type, STARR 1955), as evidenced by their rapid assumption of a spherical form upon quiescence. The chloroplast is parietal, irregularly incised and occupies the posterior pole, containing an inconspicuous pyrenoid at the basal part. The stigma is located at the equatorial or anterior portion of the plastid. Zoospores which fail to obtain motility function as aplanospores.

Sexual reproduction has not been observed.

Plant mass is green and smooth; in old cultures the color does not change but the surface becomes glomerulate, forming mounds on the agar medium.

Discussion

The genus *Planophila* GERNECK (1907) is characterized by the two-dimensional vegetative division to form two- to eight-celled packets and the production of quadriflagellate zoospores of *Protosiphon*-type. Cells of *P. laetevirens* GERNECK (1907), *P. asymmetrica* (GERNECK) WILLE (1911) and *P. bipyrrenoidosa* REISIGL (1964) are in a flat or biserial packet, but *P. terrestris* GROOVER & HOFSTETTER (1969) frequently forms cuboidal packets. On the basis of characters in the formation of daughter cells by desmoschisis, GROOVER & BOLD (1969) classified *Planophila* in the Chlorosarcinales.

The present isolate clearly differs from *P. asymmetrica* and *P. bipyrrenoidosa* in the characters of zoospores, such as the length of body and the existence of stigma. According to the descriptions by GERNECK (1907) and REISIGL (1964), in *P. laetevirens*

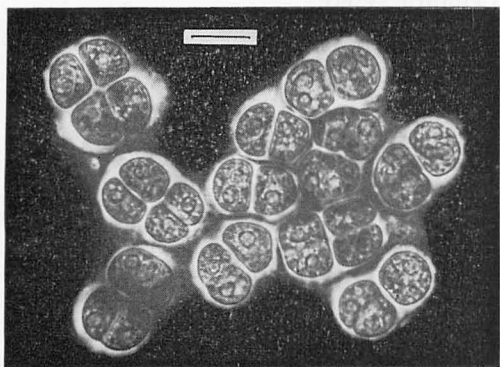
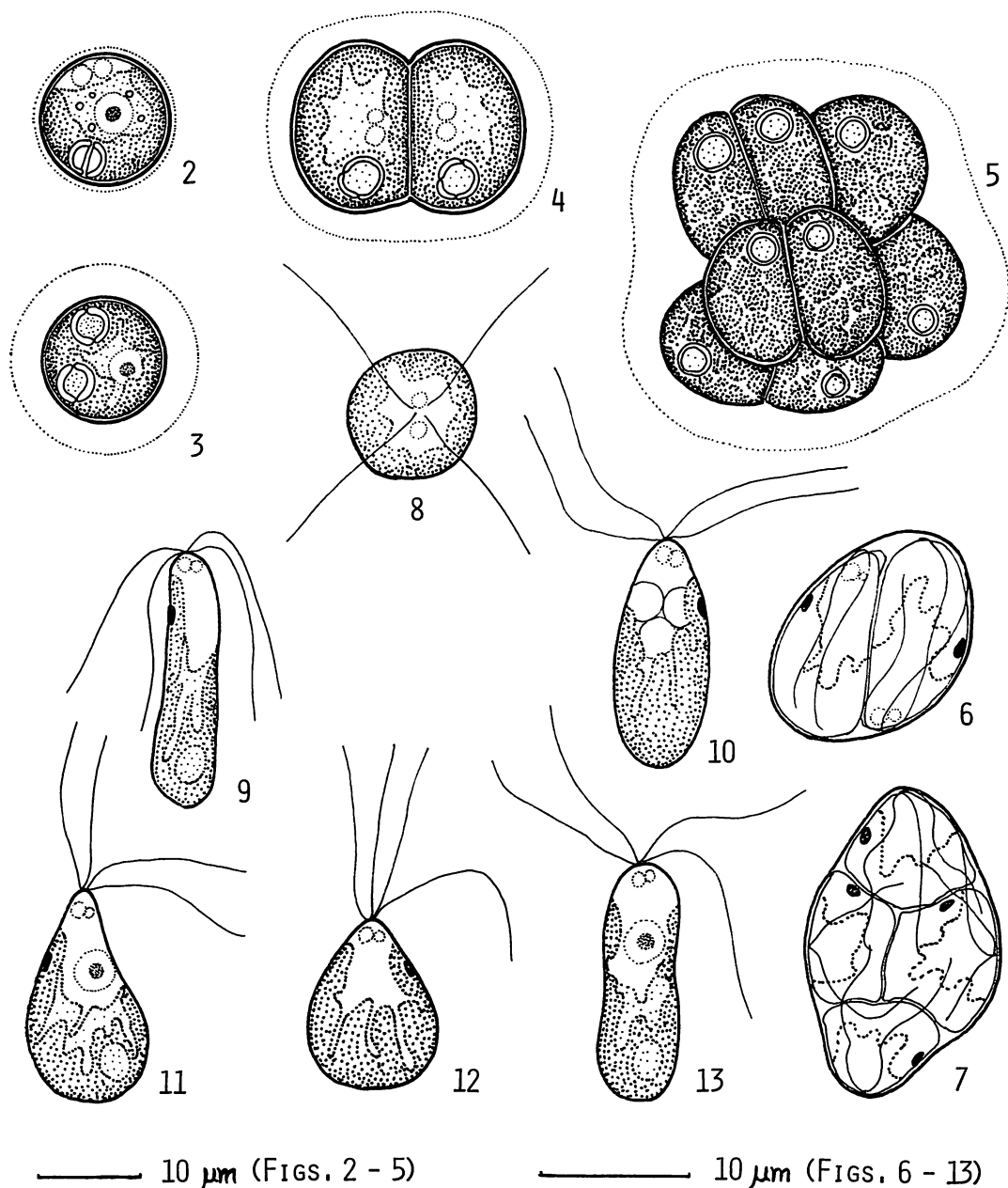


Fig. 1. *Planophila communis* sp. nov. India ink preparation to show two- or four-celled packets surrounded with evenly thickened matrix. (Scale, 20 μm).



Figs. 2-13. *Planophila communis* sp. nov. Fig. 2, a solitary cell with two contractile vacuoles. Fig. 3, a solitary cell with two pyrenoids. Fig. 4, a two-celled packet, with two contractile vacuoles. Fig. 5, a three-dimensional packet. Figs. 6-7, mother cells containing two or four zoospores. Fig. 8, a zoospore of front view. Figs. 9-13, zoospores in the motile period, showing various shapes.

the plant mass remains green in old cultures and the cells attain to 5-15 (-22) μm in diameter. Although these characteristics coincide with those of the present isolate, the

deposition of gelatinous matrix has not been observed in *P. laetevirens*. The present isolate resembles *P. terrestris* in the formation of cuboidal packets, the deposition of

gelatinous matrix and the sizes of zoospores attaining to a length of 18 μm . However, the two are distinguished from one another by the following attributes; in *P. terrestris* the plant mass changes to brownish orange in old cultures and the unilateral deposition of gelatinous matter results in the formation of branching *Hormotilopsis*-like colonies, but in the present isolate the plant mass does not change in color throughout the culture period and the gelatinous matter is evenly deposited around the cells. These different characteristics were ascertained by comparative study with a living specimen of *P. terrestris* (Culture Collection of Algae, The University of Texas, No. 1709).

References

- BOURRELLY, P. 1966. Les algues d'eau douce. Algues vertes. 511 p. Paris.
- GERNECK, R. 1907. Zur Kenntnis der niederen Chlorophyceen. Beih. Bot. Centralbl. 21 (II-3): 221-285.
- GROOVER, R. D. and H. C. BOLD 1969. Phycol. Studies VIII. The taxonomy and comparative physiology of the Chlorosarcinales and certain other edaphic algae. The Univ. Texas Publ. No. 6907. 165 p. Austin.
- and Sr. A. M. HOFSTETTER. 1969. *Planophila terrestris*, a new green alga from Tennessee soil. Tulan Studies in Zool. and Bot. 15: 75-80.
- HERNDON, W. R. 1958. Studies on chlorosphaeran algae from soil. Amer. J. Bot. 45: 298-308.
- REISIGL, H. 1964. Zur Systematik und Ökologie alpiner Bodenalgae. Österr. Bot. Z. 111: 402-499.
- STARR, R. C. 1955. A comparative study of *Chlorococcum* Meneghini and other spherical, zoospore-producing genera of the Chlorococcales. Indiana Univ. Publ. Sci. Ser. No. 20. 107 p. Bloomington.
- 1971. The culture collection of algae at Indiana University-Additions to the collection July 1966-July 1971. J. Phycol. 7: 350-362.
- TRAINOR, F. and H. C. BOLD. 1953. These unicellular Chlorophyceae from soil. Amer. J. Bot. 40: 758-767.
- WATANABE, S. 1977. The genus *Chlorella* (Chlorococcales) from Japanese soils. Journ. Jap. Bot. 52: 97-106, 129-136, 169-178.

渡辺 信: クロロサルシナ目の1新種 *Planophila communis*

日本の3地点の土壌から分離された緑藻の1種は, desmoschisis (GROOVER et BOLD 1969) により2~8コの娘細胞からなる平面的或は立体的な packet を形成し, 細胞のまわりはゼラチン質につつまれる。葉緑体は側壁でピレノイドを有し, 遊走子は *Protosiphon* 型 (STARR 1955) で4本の鞭毛を持っている。この分離種は *Planophila* 属の既知の4種のうち, *P. terrestris* GROOVER and HOFSTETTER (1969) に最も近い形質を備えている。しかし, *P. terrestris* ではゼラチン質が *Hormotilopsis* 様になり, 藻塊は古くなればオレンジ色に変色するが, 分離種ではゼラチン質の厚さはほぼ一定で, 藻塊は古くなっても変色しないという特徴でこの2種はお互いに異っている。そこで分離種に *Planophila communis* S. WATANABE の名称を与え新種記載した。(606 京都市左京区北白川追分町 京都大学農学部応用植物学研究室)

ニュージーランドの *Laingia hookeri* (紅藻, コノハノリ科) について

三 上 日 出 夫

On *Laingia hookeri* (Rhodophyceae, Delesseriaceae) from New Zealand.

Hideo MIKAMI

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

The apical segmentation and the reproductive organs in *Laingia hookeri* (LYALL) KYLIN were observed on the basis of specimens collected in January and March 1945, by L. B. MOORE at Wellington, New Zealand. 1) The thallus is polystromatic throughout except at the apices. 2) The apex is typical of other *Delesseria* group: intercalary divisions are present in the cell rows of the second order. 3) The procarpes are formed acropetally on the central row of cells of the special proliferations. 4) The procarpes consist of a four-celled carpogonial branch and two groups of sterile cells. 5) The tetrasporangial primordia are cut off from the surface cell as in *Delesseria* type.

Hideo Mikami, Sapporo University, Sapporo-Nishioka, 062 Japan.

Laingia 属 (KYLIN 1929) のタイプ種である *Laingia hookeri* (LYALL) KYLIN のタイプ標本はニュージーランドであり、その外形は確かに日本産のコノハノリ (*Congregatocarpus pacificus*) に幾分類似している。そこで YAMADA (1932) は *Laingia* 属を新設した KYLIN の意見を斟酌した上で、日本産コノハノリに対し *Laingia pacifica* (YAMADA) YAMADA (Syn: *Pseudophycodrys pacifica* YAMADA) の学名を与え、その後は久しくこの名が用いられていた。さて最近、オーストラリアのソゾ属 (*Laurencia*) 研究のため Adelaide 大学に留学された北大水産学部、斎藤譲博士の御尽力により、ニュージーランド産 *Laingia hookeri* の貴重な標本の提供を受け観察を行った結果、真正の *Laingia* について確認できた性質の若干につき簡単に報告したい。

材料: このたび用いられた標本は、すべて L. B. MOORE により採集かつ同定されたものである。腊葉二葉のうちの一葉は、Wellington, Lyall 湾での打上げ品3個体より成り、1945年1月19日に採られ何れも

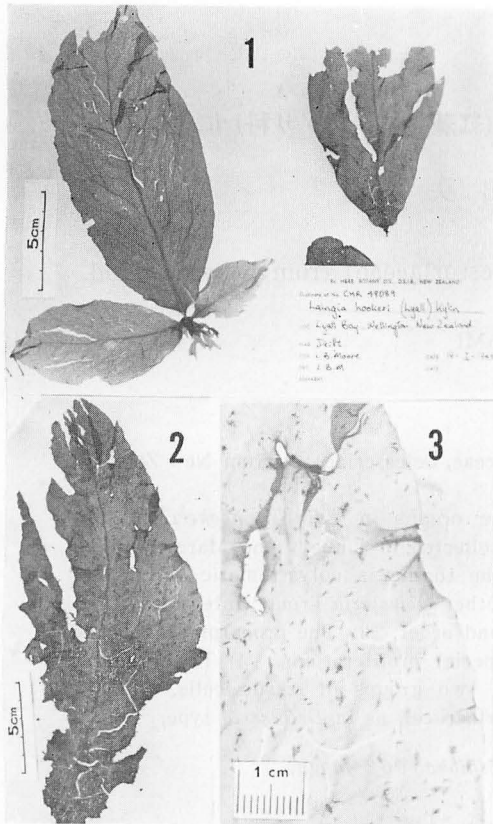
未熟体のみであった (Fig. 1)。しかし他の一葉は1945年3月3日、Wellington, Eastbourne における打上げ品で若い雌性体 (Figs. 2-3) 及び若い四分胞子体それぞれ1個を含む4個体である。

外形: 体は単独、木の葉状で短い柄 (0.5-2.0 cm) をもつ。葉状部の長さは 15-25 cm、巾は 8-12 cm ほどある。中肋は存在するが、日本産のコノハノリに見られるような中肋からの分岐は全く認められない。側脈は個体によって屢々不明瞭となる。

生長点: Fig. 4. は本種の生長点を示したものである。即ち、横に関節する頂細胞 (a) をもち、第2位列には介生分裂 (i) が認められる。第3位列の頂細胞はそのすべてが縁辺に達するとは限っていない。

プロカルブ: 本種のプロカルブは雌性体上に生じた小さな特別裂片上の中肋線に沿って求頂的に形成される (Fig. 5)。Fig. 6 はプロカルブの発生経過を示す。即ち、本種のプロカルブは1組のカルボゴン枝と2組の中性細胞とから成り立つ。

四分胞子嚢: 四分胞子嚢斑は直接体表上に不規則な群をなして生ずる。四分胞子嚢原基 (primordia) は Fig. 7 に示したように surface cell より発生する。



Figs. 1-3. *Laingia hookeri* (LYALL) KYLIN
1. Sterile specimens from Lyall Bay, Wellington, New Zealand (Col. et Det. L. B. MOORE). 2. Female specimen with special proliferations from Eastbourne, Wellington, New Zealand (Col. et Det. L. B. MOORE). 3. The same, more highly magnified.

考察

Laingia (KYLIN 1929) は、ニュージーランドに既に知られていたところの *Delesseria hookeri* LYALL (HARVEY 1855) を根拠として KYLIN (1929, 1956) により新設された属である。当初 KYLIN (1924) は *Delesseria hookeri* の所属に関し、恐らくそれは *Delesseria* グループに近縁の新属であろうとの見通しをもっていたが、後に彼が本種を新属 *Laingia* として記載した際、本種の生長点構造は *Botryocarpa* 属に類似しているとして *Hypoglossum* グループの下に配置した。

一方、WAGNER (1954) はニュージーランドの Stewart 島からの材料に基づいて本種の再検討を行った結果、上記 KYLIN の見解を退けると共にその生長点

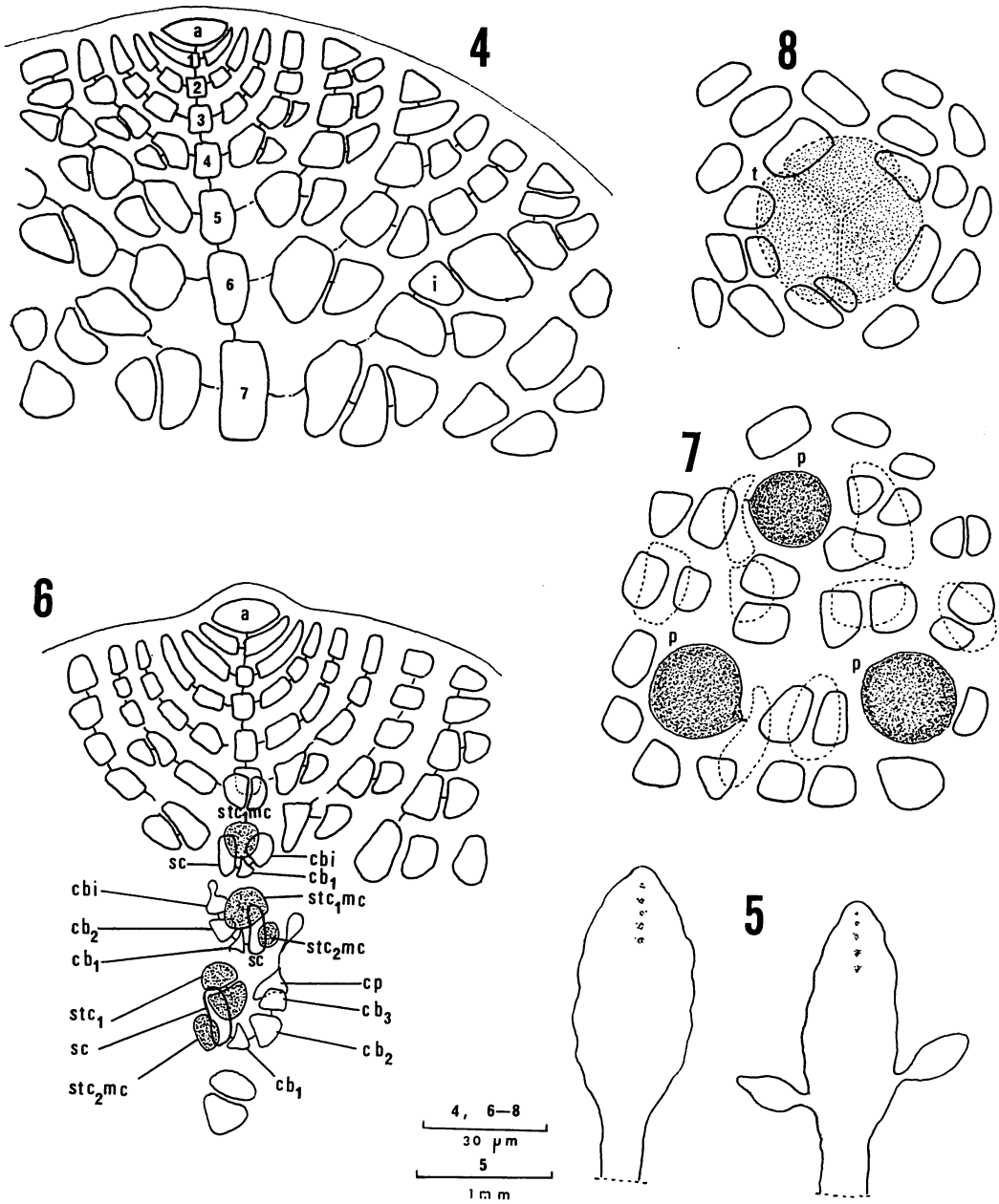
構造から判断して、本種を *Hypoglossum* グループより移し *Delesseria* グループに配置すべきであるとの結論を示した。

さてこのたび筆者の手元に入ったニュージーランド Wellington からの材料について、その生長点を観察した結果は WAGNER (1954) の下した結論と完全に一致した。即ち、その介生分裂は第1位列には全く見られず、第2位列に至って始めて認められ、正に *Delesseria* 型生長点であることが確認できた。従ってこの事は日本産コノハノリ (三上 1970, MIKAMI 1971) の場合、第1位列に明かな介生分裂を持っていることと対照的相違を示しているといえる。次に本種のプロカルブは1組のカルボゴン枝と2組の中性細胞とから成り立っており、カルボゴン枝がほぼ完成したと見られる時点で第1次中性細胞は2々に分裂しており、第2次中性細胞は母細胞のままである像がしきりに観察された (Fig. 6)。甚だ残念乍ら助細胞の分割を示す時期の像は観察されなかった。成熟度が低かったためにゴニモプラスト及び嚢果の形成もまた全く見られなかった。なお四分孢子嚢原基 (primordia) の発生に関して筆者による観察の結果は、Fig. 7 に示したようにそれは surface cell からの形成であることがほぼ確かめられた。ところがこの点に関する WAGNER (1954) の記述を見ると、本種の場合は恐らく surface cell からの形成ではなくて、*Marionella* 属の場合のように primary cell 及び cortical cell から生ずる可能性が強いとしている。しかし乍ら WAGNER によって画かれた四分孢子嚢の表面観察像 (WAGNER 1954, p. 310, fig. 125) を見るとそれはむしろ surface cell からの発生を暗示しているように見える。即ち、若い四分孢子嚢原基 (primordia) の直上を覆う筈の表皮細胞が目立って存在していないことがそのことを裏付けている証拠と考えられる。

終りに、ニュージーランド産の貴重な標本を提供下された北大水産学部、斎藤謙博士に深謝申し上げる。

引用文献

- HARVEY, W. H. 1855. Algae. In J. D. HOOKER, ed., *Flora Novae-Zelandiae* 2: 211-266.
KYLIN, H. 1924. Studien über die Delesseriaceen. Lunds Univ. Årsskrift, ser. 2. 20: 1-111.
—, 1929. Die Delesseriaceen Neu-Seelands. Lunds Univ. Årsskrift, ser. 2. 25: 1-15.
—, 1956. Die Gattungen der Rhodophyceen. CWK Gleerups Förlag, Lund.
三上日出夫 1970. コノハノリの生長点及びプロカル



Figs. 4-8. *Laingia hookeri* (LYALL) KYLIN 4. Apices of thallus-segments. 5. Female proliferations with locations of procarps indicated by stippling. 6. Apical part of proliferation showing stages in development of procarp. 7. Surface view of blade showing superficial position of tetrasporangial primordia. 8. Surface view of blade with mature tetrasporangium. 1-7: segments; a: apical cell; cb₁, cb₂, cb₃: first, second, and third cells of cardogonial branch, respectively; cbi: initial cell of carpogonial branch; cp: carpogonium; i: intercalary cell; sc: supporting cell; stc₁: first group of sterile cells; stc₁ mc, stc₂ mc: mother cells of first and second groups of sterile cells, respectively; p: tetrasporangial primordia; t: tetrasporangium.

ブについて, Bull. Jap. Soc. Phycol. 18: 67-71.
 MIKAMI, H. 1971. *Congregatocarpus*, a new genus
 of the Delesseriaceae (Rhodophyta). Bot.
 Mag. Tokyo 84: 243-246.
 WAGNER, F. S. 1954. Contribution to the mor-

phology of Delesseriaceae. Univ. Calif. Publ.
 Bot. 27: 279-345.
 YAMADA, Y. 1932. Noets on some Japanese algae
 III. Jour. Fac. Sci. Hokkaido Imp. Univ. V.
 1: 122-123.

後藤敏一：珪藻植生の研究に際しての生細胞と死細胞を判定する方法

Toshikazu GOTOH: On a judging method of living cells or non-living cells
 in the study of the diatom vegetation.

ある水域における珪藻植生を明らかにしようとする
 場合、採集試料中に含まれるそれぞれの個体が、その
 水域で生育していたかどうかを判断することは重要な
 ことである。

水中の石の表面、あるいは底泥表面から得られる試
 料を検鏡すると死細胞がかなりの割合で混入している
 ことがあり、それらがはたして採集地点で繁殖してい
 たのか、あるいは他に由来するのかどうか判断に困る
 ところである。たとえば筆者が調査した淀川の汽水域
 の場合では、水中の石の表面より得た試料中に含まれる
 種類数の約半数が死細胞として出現し、それらの種
 の塩分に対する適応性などから調査水域における生育
 の可能性が少ないことを指摘し、さらにそれらが上流
 より流下し付着したのであろうと推定した(後藤 1978
 印刷中)。このように死細胞として出現する個体の由
 来を考える時、まず最初に採集試料中に含まれる個体
 の生死(採集時に生きていたのかどうか)を判定し、
 同時にそれらの種名を明らかにしなければならない。
 その後それぞれの種について出現相対頻度、死細胞
 の含有率、環境に対する適応性、他に由来する可能性
 など種々の要因について検討し推定され得る。

さて、珪藻植生を知る上で個体の生死の判定が重要
 な要素となっていることは上記で明らかであるが、そ
 の方法として一般には酸処理をした試料を Pleurax
 などの封入剤で封入し、高倍率で検鏡して種の同定を
 行ない、次に酸処理前の試料を水で封入したプレバ
 ラートを検鏡して原形質の有無で判断されているよう
 である。しかし、この場合水で封入してある為に種の
 同定に必要とされる高倍率の検鏡ができず、小型の種
 を同定することが困難である。また、原形質の有無の判
 定についても同様である。そこで筆者はこれらの点を
 考慮して、水で封入する代わりに Pleurax などの封
 入剤よりは性能の点でやや劣るが Canada balsam を
 使用することにより高倍率の検鏡が可能であり、さら
 に原形質を染色することによりその存在が判定しやす
 い簡単な方法を考案したので報告する。その方法の概
 要を次に示す。

1. 採集した試料の一部を試験管にとる。(試料は
 生でもホルマリン固定したものでよい。)

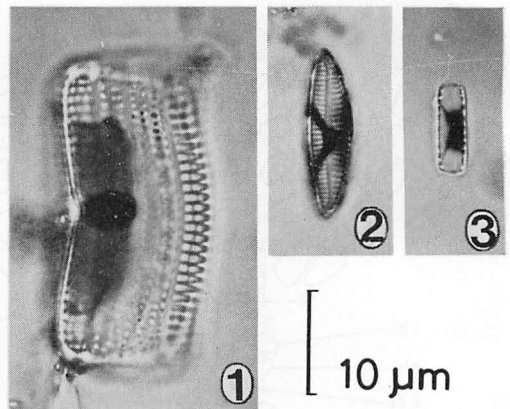
2. 1に酢酸カーミンを適量加え数分間放置する。

3. 試料を沈殿させ、上澄液を捨て、水を加えよく
 攪拌する。

4. 3を2~3回くりかえす。

5. 余分な酢酸カーミンが水洗されたなら、資料を
 スライドガラス上にとり、電熱器を用いて弱温で加熱
 し、完全に乾燥する前に加熱を中断し後は余熱で乾燥
 する。

6. Canada balsam (Xylene でかなり薄めたもの
 を使用する)で封入し少し加熱する。



Figs. 1-3. Light micrographs of living diatoms.

Fig. 1. *Achnanthes brevipes* AGARDH var. *intermedia* (KÜTZ.) CLEVE (girdle-view).

Fig. 2. *Cymbella pusilla* GRUN. (valve-view).

Fig. 3. *Nitzschia inconspicua* GRUN. (girdle-view).

上記の方法でプレバラーを作製し1,000倍の倍率
 で撮影したのが Figs. 1-3 である。このように高倍率
 での観察が可能であるために種の同定に重要な要素で
 ある殻面の条線などが明瞭であり、また、原形質が染
 色されていることによりその確認が簡単にでき、採集
 時における細胞の生死の判定が容易である。さらに、
 この方法を用いることにより出現相対頻度も容易に算
 定できることも利点の1つといえよう。

近畿大学教養部 (577 大阪府東大阪市小若江 3-4-1)
 The Faculty of General Education, Kinki University,
 Osaka, 577, Japan.

Jap. J. Phycol. 26(2): 68. 1978.

海産緑藻 *Dunaliella tertiolecta* の生育に及ぼす Mn の影響

野 呂 忠 秀

Effect of Mn on the growth of a marine green alga, *Dunaliella tertiolecta*

Tadahide NORO

NORO, T. 1978. Effect of Mn on the growth of a marine green alga, *Dunaliella tertiolecta*. Jap. J. Phycol. 26: 69-72.

The effects of Mn at various concentrations on the growth, protein, carbohydrate and chlorophyll of *Dunaliella tertiolecta* BUTCHER have been studied. The cells were grown in batch culture in a medium used by JOHNSON et al. (1968). The cultures were kept at 20°C, 12:12 LD and 5,000 lux. The cells were analysed during the stationary phase of growth. Significant differences in growth and cell contents appeared at various levels of Mn. The growth was optimal between 0.1 and 0.5 ppm. The toxic effect on the growth became apparent above 10 ppm and the addition of Mn at the concentration of 16 ppm resulted in the rapid death of the cells. The cells grown at Mn less than 0.1 ppm decreased in growth rate and cell length. Carbohydrate and protein also decreased in contents, while chlorophyll contents remained unaffected under this experimental condition. Chlorosis arose as a result of the reduction of chlorophyll contents when grown in medium lacking both Fe, which is known as hydrogenase activator, and Mn. It is interesting to know that the occurrence of this phenomenon was manifested exclusively under the depletion of these two elements. As a result, it is suggested that *D. tertiolecta* is a hydrogenase-containing alga and its chlorophyll is stable in contents under the depletion of Mn alone.

Tadahide Noro, Laboratory of Marine Botany, Faculty of Fisheries, Kagoshima University, Kagoshima, 890 Japan.

藻類にとってマンガン (Mn) は微量必須元素であり (REISNER and THOMPSON 1956), 低 Mn 海域では藻類の生育が抑制される可能性があると言われている (HARVEY 1947)。藻類の生理及び代謝に及ぼす Mn の影響については多くの報告があり (武田 1970; O'KELLEY 1974), その役割としては、種々のリン酸転移酵素や脱炭酸酵素を賦活することと、光合成の酸素発生系に必要であることが知られている (BOWEN 1966; 岩崎 1967)。

海産の単細胞緑藻 *Dunaliella tertiolecta* BUTCHER については、種々の微量元素の栄養生理学的研究が行われているが、HARVEY (1974) は、本種 (*Chlamydomonas* sp. として) の生育に低濃度の Mn が必要

であることを調べ、一方 RILEY and ROTH (1971) は、本種に含まれている Mn 量を分析している。しかし本種における Mn の栄養生理学的側面については不明の点が多い。

筆者は本種の Mn 吸収機構を解明するため研究を行なっているが、今回、培地中の Mn が本種の生育及び代謝に与える影響について若干の知見を得たので報告する。

材料と方法

実験には北海道立栽培漁業センターより保存種の分与をうけ、藻体をマイクロベット洗浄法によって無菌化して培養を行った。培養液は JOHNSON et al. (1968) の培地を一部改変し (Table 1), 無菌テスト

Table 1. Composition of culture medium*.

NaCl	2.4	g
MgCl ₂ ·6H ₂ O	1.5	g
MgSO ₄ ·7H ₂ O	0.5	g
KCl	0.2	g
CaCl ₂	0.2	g
KNO ₃	1.0	g
NaHCO ₃	0.043	g
TRIS	2.45	g **
K ₂ HPO ₄	0.045	g
Fe-EDTA	3.64	mg
EDTA·2Na	1.89	mg
ZnSO ₄ ·7H ₂ O	0.087	mg
H ₃ BO ₃	0.61	mg
CoCl ₂ ·6H ₂ O	0.015	mg
CuSO ₄ ·5H ₂ O	0.06	mg
MnCl ₂	0.23	mg ***
(NH ₄) ₆ Mo ₇ O ₂₄ ·4H ₂ O	0.38	mg
H ₂ O	1,000.00	ml

* Modified from medium used by JOHNSON et al. (1968).

** Adjusted to pH 8.0 with HCl.

*** Stock manganese solution: Dissolve 1.000 g of manganese metal (99.99%) in the minimum volume of HNO₃ (40%). After evaporating to dryness on a water bath, again dissolve in 10 ml of conc HCl and dilute to 1,000 ml with H₂O.

には 2216E 及び STP 培地を用いた。培養は 15 ml 容のねじ口試験管に 5 ml の培地を入れ、20°C, 5,000 lux, 明暗周期 12:12 時間で静置培養した。添加した Mn は、片状金属 Mn (純度 99.99%) 1.000 g を少量の硝酸 (40%) に溶かし蒸発乾固したのち 10 ml 濃塩酸で溶出し、塩酸濃度が 0.1 N になるよう再蒸留水で希釈し、1,000 ml の保存液とした。細胞数はトーマ血球計数盤により測定し、クロロフィル量の測定には JEFFREY and HUMPHREY (1975) の方法を用いた。又、粗蛋白量は 1 N 水酸化ナトリウムで 3 時間室温で抽出し、LOWRY 変法 (HARTREE 1972) によってアルブミン量に換算した。粗炭水化物は細胞懸濁液をそのまま DUBOIS et al. (1956) の方法によって分析シグルコース量に換算して求めた。尚、細胞の生長及び成分含有量は培養開始10日後に測定した。

結 果

細胞分裂速度及び細胞の長さ。培地中の Mn 濃度

を変化させて培養し、10日後 (定常期) の細胞数を求めたのが Fig. 1 である。また、Table 2 は培養開始 3-5 日後 (対数増殖期) の細胞分裂速度と添加 Mn 量の関係を示している。それによれば本種は 0.1-0.5 ppm Mn 付近で最大分裂速度を示し、16 ppm Mn では完全に生長が阻害された。更に細胞の長さも 0.1-0.5 ppm Mn 添加域で最大となった (Fig. 2)。

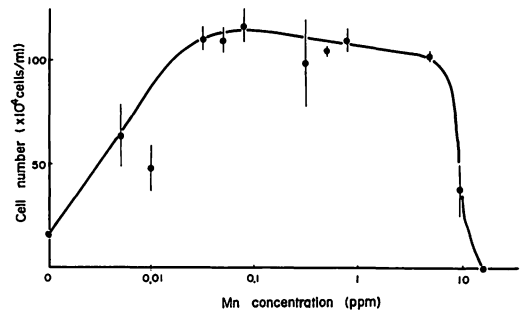


Fig. 1. Effect of Mn on the growth of *Dunaliella tertiolecta* kept at various levels of Mn in batch culture for ten days. Cells were incubated at 20°C, 12:12 LD, 5,000 lux.

Table 2. Mn effects on the growth rate constant (K) of *Dunaliella tertiolecta* incubated at 7 concentrations from 0-16 ppm Mn at 20°C, 12:12 LD, 5,000 lux. K is calculated from $K = \frac{1}{T_2 - T_1} \log \frac{N_2}{N_1}$, where N is the cell number at the early period during the exponential phase, and N₁ and N₂ are the numerical values at 3-day (T₁) and 5-day (T₂) growth, respectively.

Concentration of Mn in medium (ppm)	K
0.00	0.08
0.01	0.22
0.10	0.38
0.50	0.38
1.00	0.30
10.00	0.26
16.00	0.00

粗蛋白及び粗炭水化物量。培地への Mn 添加量と細胞中の粗蛋白・粗炭水化物量との関係を Figs. 3, 4 に示した。それによれば細胞中の各成分含有量は Mn 欠乏の影響を受け、0.01-0.1 ppm Mn 添加域で比較

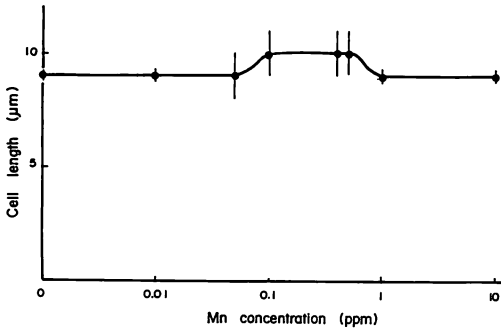


Fig. 2. Effect of Mn on the cell enlargement of *Dunaliella tertiolecta* kept at various levels of Mn in batch culture for ten days. Cells were incubated at 20°C, 12:12 LD, 5,000 lux.

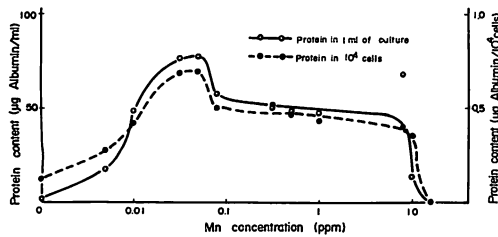


Fig. 3. Protein content of *Dunaliella tertiolecta* grown at various levels of Mn in batch culture for ten days. Cells were incubated at 20°C, 12:12 LD, 5,000 lux. Protein was analysed using the method of HARTREE (1972).

的高い値を示した。

クロロフィル量。細胞中のクロロフィル量と添加 Mn との関係は、上記の粗蛋白や粗炭水化物量とは様相を異にする。即ち細胞中のクロロフィル量は Mn 欠乏培地においても殆んど低下しない (Fig. 5)。一方、Table 3 は培地中の Fe 及び Mn の有無がクロロフ

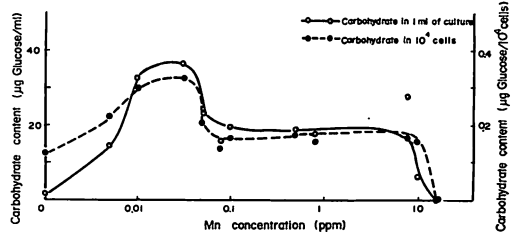


Fig. 4. Carbohydrate content of *Dunaliella tertiolecta* grown at various levels of Mn in batch culture for ten days. Cells were incubated at 20°C, 12:12 LD, 5,000 lux. Carbohydrate was analysed using the method of DUBOIS et al. (1956).

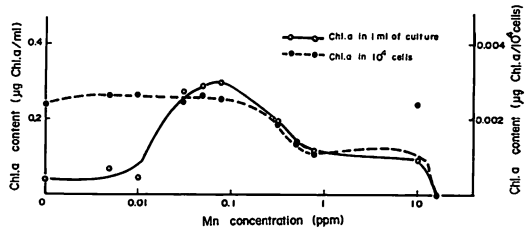


Fig. 5. Chlorophyll a content of *Dunaliella tertiolecta* grown at various levels of Mn in batch culture for ten days. Cells were incubated at 20°C, 12:12 LD, 5,000 lux. Chlorophyll a was analysed using the method of JEFFREY et al. (1975).

イル量に与える影響を見たものである。その結果、細胞中のクロロフィル量は Mn 欠乏の影響を受けないが、Mn とともに Fe をも欠いた場合、細胞中のクロロフィル量は減少し、その量は Fe のみを欠いた場合よりも低く、白化(クロロシス)状態を呈した (Table 3)。

Table 3. Chlorophyll a and b of *Dunaliella tertiolecta* grown in batch culture in 1 ml of media with and without Mn and Fe for ten days. Cells were incubated at 20°C, 12:12 LD, 5,000 lux. JM culture medium shown in Table 1, JM-Mn=Mn-deficient JM medium, JM-Fe=Fe deficient JM medium, JM-Mn,Fe=Mn- and Fe-deficient JM medium.

Medium	(1) Cell No./ml ($\times 10^4$ cells/ml)	(2) Chl. a/ml ($\mu\text{g/ml}$)	(3) Chl. a/cell ($\times 10^{-3} \mu\text{g}/10^4$ cells)	(4) Chl. b/ml ($\mu\text{g/ml}$)	(5) Chl. b/cell ($\times 10^{-3} \mu\text{g}/10^4$ cells)	(6) Chl. a/Chl. b
JM	452 $\pm$ 63	0.63 $\pm$ 0.08	1.39	0.15 $\pm$ 0.02	0.33	4.21
JM-Mn	337 $\pm$ 26	0.49 $\pm$ 0.03	1.45	0.13 $\pm$ 0.01	0.39	3.71
JM-Fe	349 $\pm$ 35	0.37 $\pm$ 0.03	1.06	0.09 $\pm$ 0.01	0.26	4.08
JM-Mn, Fe	353 $\pm$ 27	0.30 $\pm$ 0.02	0.85	0.07 $\pm$ 0.01	0.20	4.25

(3) = (2)/(1), (5) = (4)/(1), (6) = (3)/(5), $\pm$ S.D.

考 察

藻類が生育する際に微量の Mn を必要とすることは既に述べたが, HARVEY (1947) は本種 (*Chlamydomonas* sp. として) の増殖が 0.5-2.0 mg Mn/m³ (0.5-2.0 ppb Mn) で促進するとした。しかし今回の結果から本種を静置培養する際には, 0.1 ppm 程度の Mn 添加が好ましいことが, その細胞分速度と細胞内成分含有量から推察された。尚, この 0.1 ppm Mn とは, これまで藻類の培養に使用されてきた人工培地中の Mn 量にほぼ一致するものである。

種々の海産植物プランクトンや微細藻類の蛋白質や炭水化物量が調べられた例は多い (PARSONS et al. 1961)。しかし培地中の Mn が細胞中の蛋白や炭水化物量に与える影響についての報告はない。今回の実験により本種細胞中の粗蛋白と粗炭水化物量が Mn 欠乏の影響を受けていることが明確になったが, これは各種酵素類の賦活剤としての機能を Mn が有することを考えれば当然のことと思われる。

本種のクロロフィル含量については, JEFFREY (1961) の報告がある。しかし, これについても培地中の Mn 添加量との関係を調べた例は少ない。CONSTANTOPOULOS (1970) によれば Mn は *Euglena gracilis* の生長を促進するが, クロロフィル量には影響を与えないことが知られている。本種においても, Mn 欠乏によるクロロフィルの減少は見られなかった (Fig. 5)。KESSLER (1968) は, Mn が欠乏しても白化が起きない藻類には hydrogenase が存在すると述べている。そこで本実験において hydrogenase を賦活すると言われている Fe (WARING and WERKMAN 1944) を Mn と共に培地中から除去して培養したところクロロフィル量が減少し明らかに白化が見られた (Table 3)。従って, これらの結果から本種には hydrogenase が存在する可能性も示唆された。

終りに本稿の御校閲を賜った北海道大学, 正置富太郎教授, ならびに貴重な材料を提供して下さった北海道立栽培漁業総合センター, 西浜雄二博士に厚く御礼申し上げる。

引用文献

- BOWEN, H. J. M. 1966. Trace element in biochemistry. Acad. Press, London.
- CONSTANTOPOULOS, G. 1970. Lipid metabolism of manganese-deficient algae. I. Effect of manganese deficiency on the greening and the lipid composition of *Euglena gracilis* Z. Pl. Physiol. [Lancaster] 45: 76-80.
- DUBOIS, M., K. A. GILLES, J. K. HAMILTON, P. A. PEBERS, and F. SMITH. 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. Anal. Chem. 28: 350-356.
- HARTREE, E. F. 1972. Determination of protein: a modification of the Lowry method that gives a linear photometric response. Anal. Biochem. 48: 422-427.
- HARVEY, H. W. 1974. Manganese and the growth of phytoplankton. J. mar. biol. Ass. U. K. 26: 562-579.
- 岩崎英雄. 1967. 微細藻類の栄養要求, 日水誌 33: 1072-1083.
- JEFFREY, S. W. 1961. Paper-chromatographic separation of chlorophylls and carotenoids from marine algae. Biochem. J. 80: 336-342.
- , and G. F. Humphrey. 1975. New spectrophotometric equations for determining chlorophylls a, b, c₁ and c₂ in higher plants, algae and natural phytoplankton. Biochem. Physiol. Pflanzen 167: 191-194.
- JOHNSON, M. K., E. J. JOHNSON, R. D. MacElroy, H. L. Speer, and B. S. BRUFF. 1968. Effects of salts on the halophilic alga *Dunallelia viridis*. J. Bacteriol. 95: 1461-1468.
- KESSLER, E. 1968. Effect of manganese deficiency of growth and chlorophyll content of algae with and without hydrogenase. Arch. Mikrobiol. 63: 7-10.
- O'KELLEY, J. C. 1974. Inorganic nutrients. 610-635. In W. D. P. STEWART [ed.], Algal physiology and biochemistry. Blackwell Sci. Pub., London.
- PARSONS, T. R., K. STEPHENS, and J. D. H. STRICKLAND. 1961. On the chemical composition of eleven species of marine phytoplankters. J. Fish. Res. Bd. Canada 81: 1001-1016.
- RILEY, J. P., and I. ROTH. 1971. The distribution of trace elements in some species of phytoplankton grown in culture. J. mar. biol. Ass. U. K. 51: 63-72.
- 武田恵二. 1970. 海産珪藻 *Chaetoceros calcitrans* f. *pumilus* (Paulsen) Takano の増殖と Mn 量との関係, 日本プランクトン学会報 17: 77-83.
- WARING, W. S., and C. H. WERKMAN. 1944. Iron deficiency in bacterial metabolism. Arch. Biochem. 4: 75-87.
- WIESSNER, W. 1962. Inorganic micronutrients. In R. A. LEWIN [ed.], Physiology and biochemistry of algae. 267-286. Acad. Press, London.

〔総 説〕

薬 剤 と し て み た 海 藻

西 澤 一 俊*

Marine algae from a viewpoint of pharmaceutical studies

KAZUTOSI NISIZAWA

NISIZAWA, K. 1978. Marine algae from a viewpoint of pharmaceutical studies. Jap. J. Phycol. 26: 73-88.

Various marine algae have been used as human food, particularly in Japan, and there are many important algae among them from a pharmaceutical standpoint. Some of recent results from the studies of this field are described in the present review.

The marine algae contain various free amino acids which do not occur in higher plants. Of these amino acids, some are useful for pharmaceutical purpose. For example, domoic acid from *Chondria armata* as well as α -L-kainic and -allo-kainic acids from *Digena simplex* are known to be excellent anthelmintics, and laminine which is widely distributed in the Laminariaceae is an antihypertensive compound. Intravenous injection of its 10 to 30 mg per Kg (rabbit) caused a positive effect.

From such algae as *Monostroma nitidum* and *Porphyra tenera*, several kinds of betaines were isolated, and β -homobetaine was particularly effective to depress the plasma cholesterol levels of rats fed with a basal diet containing exogenous cholesterol. Similar hypocholesterolemic activity was found with alginates of a certain region of $\overline{DP}$, and with some iodine organic compounds such as mono- and diiodotyrosines which occur widely in brown algae. Fucosterol which is a typical sterol of marine brown algae also showed this hypocholesterolemic activity in the same grade as that of β -sitosterol. On the other hand, sulfated polysaccharides, particularly from brown algae were effective as the anti-bloodcoagulant and antihyperlipemia agent. It is further noticeable that the mucilaginous polysaccharides extracted from some marine algae, especially from *Sargassum horneri* showed a remarkable antitumor activity against Sarcoma-180 solid tumor cells as well as Ehrlich-ascites and -solid tumor cells transplanted to mice.

From some red algae belonging to the Rhodomelaceae, a variety of brominated phenolic compounds have been isolated and most of them were found to have an antibiotic activity against various kinds of bacteria and fungi. Furthermore, the seaweeds contain most of vitamins found in other foods of vegetable and animal origins, but some of the algae concentrate particular vitamins more than the latters.

There have been published a series of works to attempt to protect the body from the contamination of poisonous metals such as strontium and cadmium using marine algal acidic polysaccharides.

Kazutosi Nisizawa, Department of Fisheries, College of Agriculture and Veterinary Medicine, Nihon University, Shimouma-3, Setagaya, Tokyo, 154 Japan.

* 日大農獣医・水産(東京, 世田谷区下馬3, 〒154)
Dept. Fish. Coll. Agr. & Vet. Med. Nihon Univ., Shimouma-3, Setagaya, Tokyo, 154.

緒 言

わが国の住民と海藻との間には、四面海に囲まれている国だけに密接な関係がある。歴史的事実からも原住民がその食生活へ利用していたことは事実である。例えば日本列島で1万年もの昔の人間の住居と思われる遺跡にも、現在食用にしているアラメ (*Eisenia bicyclis*), ホンダワラ (*Sargassum fulvellum*), ヒジキ (*Hizikia fusiformis*), ワカメ (*Undaria pinnatifida*) などの残骸がみられる¹⁾。また、大和朝廷の祭礼の際にも既に海藻が必ず神前に供養された記録もあるし、また万葉集に他の生物と共に出て来る海藻のこと考えても、日本史上の古から、大和民族と海藻とは既に深い繋りがあったように思われる。

日本人の食生活において、海藻のもつ有効成分が科学的に考えられるようになったのは、比較的最近のことではあるが、海藻をよく食べる特定の海藻地方の人々の寿命が長いことが、統計的に明かにされたのもその発端となっている²⁾。これらには必ず何らかの根拠があるはずであるが、それは従来民間の俗説の域を脱し得なかった。しかし、ここ30年ぐらいの間に実験動物などが使われ、栄養効果または薬理効果試験も行われ、海藻の有効性も次第にその科学的基盤を確保するに至った。しかしまだ未詳の点も多く、学問的には将来に期待されている領域といえよう。

1. 海藻の多糖^{3,4)}

一般に食用とされている海藻は、主として緑藻・褐藻・紅藻植物の3藻門のいずれかに属している。例えばアオサの仲間 (*Ulva* 属) や振掛海苔などに利用されているアオノリの仲間 (*Enteromorpha* 属) は緑藻であり、最も普通に食用されるコンブの仲間 (*Laminaria* 属), ワカメやヒジキは褐藻、いわゆる海苔 (*Porphyra* 属) とか寒天原藻のマクサの仲間 (*Gelidium* 属), 乳製品のゼリー化などに使われるカラゲナン原藻としてのツノマタの仲間 (*Chondrus* 属) やスギノリの仲間 (*Gigartina* 属) は紅藻に属する海藻である。

(a) 緑藻 緑藻には貯蔵性多糖として、一般陸上高等植物のデンプンとはほぼ同質 (平均残基数, $\overline{DP}$, は低い) のデンプンがあり、多くの緑藻には共にアミロースとアミロペクチンが存在する。緑藻の細胞壁多糖 (細胞壁を構成し、水やアルカリでは簡単に抽出されない部分) は種類により異なるものもあり、例えば各細胞の隔壁がとれて多核性の大きな管状細胞となっている管状藻には、セルロースはなく、高等植物のものとは異なる結合様式のキシラン (キシロース縮合体) もしくはマンナン (マンノース縮合体) をもっている。もちろんアオサやアオノリではセルロースが主要部を構成している。この他に陸上植物のヘミセルロースとは糖残基の違うヘミセルロース (水では抽出されないがアルカリでは抽出される) もある。なかには、ラムノースを主構成糖とするエステル硫酸 (糖残基の一部に結合しているもの) 多糖 (ラムナン硫酸) をヘミセルロースとしているヒトエグサ (*Monostroma nitidum*) やヒラアオノリ (*Ent. compressa*) のような緑藻もある。

この他に、緑藻には水溶性 (水または温熱水で抽出される) 粘質多糖もある。例えば、アオサやアオノリには、ガラクトース (Gal), メチルガラクトース (Me-Gal), ラムノース (Rha), キシロース (Xyl), グルコース (Glc), グルクロン酸 (Glc UA), エステル硫酸などから成る含ウロン酸 (UA) 硫酸多糖があり、その多くはタンパク質と結合し、複合多糖を形成している。また上記と中性糖は同種であるが UA をもたない中性多糖硫酸をもつ緑藻もある。ミル (*Codium* 属), イワヅタ (*Caulerpa* 属) シオグサ (*Cladophora* 属) などその例である。

(b) 褐藻 褐藻の貯蔵性多糖はデンプンではなく、ラッナランと呼ばれる水溶性グルカン (グルコースのみから成る多糖) である。これと同じ仲間の多糖はキノのコ細胞壁にもあり、またコムギやオオムギの水溶性またはアルカリ可溶のヘミセルロース画分にもある。褐藻には一般に $\overline{DP}$ の低いセルロースがあり、また Xyl を多く含むヘミセルロースなどもあるらしいが、その性質は明らかにされていない。

褐藻に特有な多糖はアルギン酸で、これは糖残基の C₆ の位置が中性多糖 (セルロースなど) の CH₂OH の代りに COOH となっている酸性多糖である。その構成糖としてアルギン酸分子にはマンヌロン酸 (ManUA) とグルロン酸 (GulUA) の2種があり、ManUA ブロックと GulUA ブロックと、両者が種々の順列で列ぶ混合ブロックとがある。これらブロックの長さや分子を占める割合などが、分子鎖長と共にこの酸性多糖の物性を支配する。ほとんど例外なく、このアルギン酸が褐藻に属する各種藻類の粘質多糖の主要成分となっている。しかしアルギン酸はアルカリ可溶で酸には不溶であるが、褐藻にはこのほかに、水や酸に可溶の褐藻特有の硫酸多糖がある。それは、フコイダンやサルガッサンといわれる硫酸多糖である。これによく似た構成成分ではあるが、むしろアルカリ

によく溶け出してくるアスコフィランもある。いずれもウロン酸をもつ含ウロン酸硫酸多糖である。

アスコフィランは、*Ascophyllum nodosum* (北欧海岸に多く日本近海には全くみられない) から初めて抽出されたのでこの名称がつけられた。フコース (Fuc) 25%, Xyl 26%, Na-UA (ただしこの場合は GlcUA が主成分) 19%, エステル硫酸 (NaSO_3^- 基として) 13% から成り、それにタンパク質が結合している⁴⁾。すなわち、グルクロノキシロフカン硫酸-タンパク質複合体である。フコイダンは、市販の“根コンブ”などの切片をコップの水の中に入れておくと、抽出されて来る粘質多糖で、糖残基 40~50% (うち UA 2.6~20%), 硫酸基 (エステル硫酸) 2.5~30% で、その糖組成をモル比でみれば、Fuc:Xyl:GlcUA=2.5~14:1:1.8~3.0 で、それに少量の Gal がある幅広い構成糖比スペクトルをもつ酸性多糖である。

フコイダン (広義の“フカン”) の化学的研究は、外国では、*Fucus vesiculosus*, *F. spiralis* (ヒバマタ属), *Laminaria hyperborea* (コンブ属), *Himanthalia lorea* (ヒバマタ科) などの褐藻を材料とし、わが国ではワカメなどが最もよく利用されている材料である。因に、*H. lorea* のフコイダンは、硫酸基 38%, Fuc 56.7%, Gal 4%, Xyl 1.5%, UA 3% であり⁴⁾、ワカメの代表的試料では、Fuc 14-24%, UA 8-16%, 硫酸基 6-68% (モル比では約 1:0.3-0.9:1.3-0.7) であるが、試料によっては、この外に Gal も Xyl も Ara も含むものである^{4a,4b)}。

サルガッサンは最初 *Sargassum linifolium* (ホンダワラ属) から得られたフコイダン系硫酸多糖で、タンパク質 (約 4%) と複合体を作り、その糖質部は、Fuc:Xyl:Man:Gal:GlcUA=2.5:2.5:1:8.4:4.6 (モル比) から成り、約 18% 硫酸基を含む³⁰⁾。従ってヒバマタの属フコイダンと顕著な相違は、マンノース (Man) をも構成糖とする点にある。

褐藻にはこのように、一連の含ウロン酸硫酸多糖が存在することが特質である。

(c) 紅藻 アサクサノリなどの仲間を除いては、紅藻一般にはセルロースは存在することになっている。紅藻には、陸上植物はもちろんのこと、緑藻や褐藻にもない珍しい多糖が多い。貯蔵性多糖としては、アミロペクチンとグリコーゲンの中間位の紅藻デンプンがあり、また細胞と細胞の間を埋めているアガールやカラゲナン系多糖がある。これらの粘質多糖は熱水でよく抽出され、よく似た物性を示すが、ゲル形成能には

大きな差があり、またその糖組成も違う。アガールは D-ガラクトース (D-Gal) 約 50% を含み、その残部は、3,6-アンヒドロ-L-ラクトース (3,6-A-L-Gal), L-ガラクトース (L-Gal), メチルガラクトース (Me-Gal) が種々の割合から成っており、不均一分子系である。またカラゲナンは、スギノリ科紅藻 (ツノマタ, スギノリ, *Gigartina* 属, *Iridophycus* 属など), イバラノリ科紅藻 (イバラノリ, サイダイバラなど), スズカケベニ科紅藻 (*Furcellaria* 属など) やオオムカデ科紅藻 (*Eucheuma* 属など), いずれもスギノリ目に属する紅藻から採れる粘質多糖の総称で、やはり不均一分子系をなす。例えば κ カラゲナンは D-Gal 60%, 3,6-A-D-Gal 50%, 硫酸基 7% から成るし、 λ カラゲナンには硫酸基は 35% もある。従ってカラゲナンとアガールとの構成残基の違いは、前者の 3,6-A-Gal は D-系であり、後者では L-系であることと、アガールには上記の外に硫酸基が 4-10% ほかに、少量のエステル結合をするビルビン酸が含まれていることにある。またカラゲナンには Me-Gal がほとんど見出せない点も大きな違いである。

わが国では古来から糊にするフノリの主成分多糖フノランはフクロフノリ (*Gloiopeltis furcata*) などフノリ科紅藻の粘質多糖で、Gal: 3,6-A-Gal 比はほぼ 1に近い分子もあるが (ゲル化力最大)、後者が Gal 1 5-18% 程度しかない分子群もある。また Me-Gal を含む分子もあるが、その硫酸基は一樣に Gal の 1.2~1.7 倍も含む硫酸多糖である^{4c)}。

アサクサノリは同じ紅藻でも、植物系統学的には下等な原始紅藻に属し、既に述べたようにセルロースはなく、その代り厚いアンナン層をもつ。またポルフィランと呼ばれるカラゲナン類似多糖がある。不均一分子系で、D-Gal 24-45%, Me-Gal 3-38%, 3,6-A-L-Gal 5-19% のほかに L-Gal 硫酸 6-11% (アガールやカラゲナンには少量の L-Gal が含まれてはいる) から成り、D-Gal と Me-Gal の和は 3,6-A-L-Gal と L-Gal 6S の和にはほぼ等しい点や糖組成の点ではアガールによく似ているが、エステル硫酸含量やその C6-結合 (6S) の点ではカラゲナンに似ている。このように、紅藻には、D- と L- の両型の Gal と、3,6-A-L-Gal か 3,6-A-D-Gal かを含み、またそれらの Me 誘導体をもち、水溶液では糊状から硬いゲルを作る様々の粘質多糖が存在している。

以上緑・褐・紅の海藻における各藻門に特徴的な種々の多糖を、その構成糖組成の違いの面から述べたが、これらはまたそれぞれ特有の糖残基間の結合様式をも

Table 1. Sugar composition of various marine algae in 3 algal phyla.

Glc; glucose, Gal: galactose, Man; mannose, Fuc; fucose, Rha; rhamnose, Xyl; xylose, uro; uronic acid, GlcUA; glucuronic acid, ManUA; mannuronic acid, GulUA; guluronic acid, SO₄; ester sulfate, examples of amount; Glc>glc>(glc).

Algal species		Mucilaginous polysaccharides (Soluble in water and dilute alkali)	Hemicellulosic polysaccharides (Soluble in conc. alkali)	Cellulosic fraction (Insoluble in conc. alkali)
Chlorophyta				
<i>Enteromorpha</i> sp.	(アオノリ属)	Gal, 4-O-Me-gal,	Xyl, L-Rha, glc,	Glc, ara or (ara),
<i>Ulva lactuca</i>	(アオウモ属)	L-Rha, Xyl, Glc,	Gal, Ara, or (ara),	(xyl), rha
<i>Chlorella</i> sp.	(クロレラ属)	GlcUA, SO ₄	(man), or (xyl) or (rha)	
Phaeophyta				
<i>Fucus</i> sp.	(ヒバマタ属)	Fuc, Xyl, GlcUA,	Fuc, Xyl, GlcUA,	Glc, fuc, xyl or
<i>Undaria pinnatifida</i>	(ワカメ)	Gal, ManUA, SO ₄ ,	Gal or gal	(fuc), (xyl), uro
<i>Laminaria</i> sp.	(コンブ属)	GulUA, man or		
<i>Sargassum</i> sp.	(ホンダワラ属)	(man), Ara or ara		
Rhodophyta				
<i>Porphyra</i> sp.	(アマノリ属)	D,L-Gal, Xyl, SO ₄ ,	Xyl, gal, Man	Glc, xyl, (gal) or
<i>Gelidium</i> sp.	(テングサ属)	6-O-Me-gal,		(xyl), Man
<i>Chondrus</i> sp.	(ツノマタ属)	3,6-A-D,L-Gal		
<i>Rhodomenia palmata</i>	(ダルス)			

っており、多糖分子としてはいずれも著しく複雑な構造である。しかし、これらの中には人体に何らかの薬理効果を示すものが多い。いまこれらの多糖の糖残基成分を藻門別にまとめてみる (Table 1)。

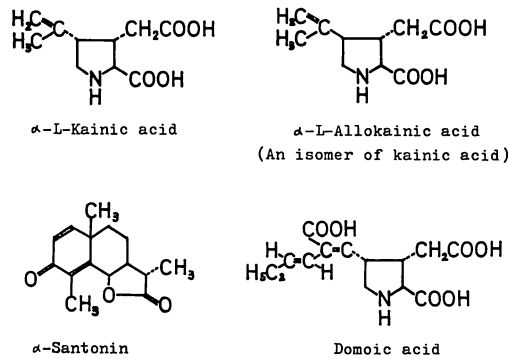
2. アミノ酸および類似化合物

(a) タンパク質とアミノ酸: 海藻には陸上植物にはあまり見られない珍しい遊離アミノ酸が幾種類も含まれているが、海藻のタンパク質それ自体には、陸上植物のものとはほとんど同種のアミノ酸を含み、従って消化率もほぼ同程度である。遊離アミノ酸含量は、海藻の成長期、四季、葉状体の部分などによって異なるが、一般には葉柄から2/3位の所が最も高いとされ、夏より冬の方が、また秋より春の方が高い。種類によっては4~5% (乾量) しかないものもあるが、アサクサノリ (*Porphyra tenera*) やスサビノリ (*P. yezoensis*) などいわゆる海苔では20~40 (乾量) に達し、ほぼオート麦とか、トウモロコシにも匹敵する⁵⁾。

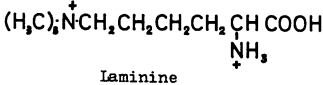
(b) カイニン酸およびドウモイ酸: 紅藻マクリ (*Digenaea simplex*) から、駆虫効果のあるプロリン誘導体2種が単離され、これはカイニン酸およびアロカイニン酸 (アクリの別名海人草に因む) と呼ばれ、それは次のような構造であることが分った。従来よく用いられた駆虫剤のサントニンとは全く別種の化合物であり、その効力もカイニン酸より劣る⁶⁾。

次で、マクリと同科のハナヤナギ (*Chondria ar-*

mata) からカニン酸などと同じように駆虫効果のある物質が単離されたが、これも母藻の俗称に因んでドウモイ酸 (ドウモイはハナヤナギの方言) と名付けられ、次のような構造式が与えられた⁷⁾。



(c) ラミニシ: 最初ミツイシコンブ (*Laminaria angustata*) からマウスの血圧を降下させる効果のあるアミノ酸が単離され、母藻の属名に因んでラミニンと名付けられ、次の構造が決定された⁸⁾。

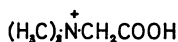


ラミニンの LD₅₀ 値はマウスで 394 mg/kg (静注), 2.98-3.57 g/kg (腹腔注) であり、その 10-30 mg/kg 静注でウサギの血圧が一過性的に降下し、また血圧降

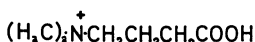
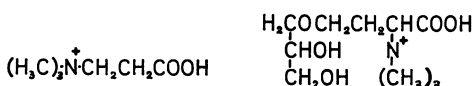
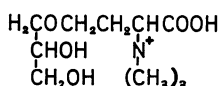
下の際心拍数は変わらない。小腸、血管などの平滑筋を弛緩する作用もある。従って、平滑筋の収縮を起すアセチルコリンやヒスタミンの働きを压える。

その後ラミニンは、ミツイシコンブ以外のコンブ属、マコンブ (*L. japonica*)、ホソメコンブ (*L. religiosa*)、ゴヘイコンブ (*L. yezoensis*)、トロロコンブ (*Kjellmaniella gyrata*) などやスジメ (*Costaria costata*)、ネコアシコンブ (*Arthrothamnus bifidus*)、アラメ、カジメ (*Ecklonia cava*)、アントクメ (*Eckloniopsis radicata*)、ワカメ (*U. pinnatifida*)、ヒロメ (*U. undarioides*)、チガイソ (*Alaria crassifolia*) などのコンブ科 (Laminariaceae) 藻類からも検出された (0.01 ~ 0.1 $\mu\text{M/g}$) 乾燥藻体⁹⁾。

(d) ベタイン類：緑藻のヒトエグサ (*Monostroma nitidum*) や紅藻のアサカサノリ (*Porphyra tenera*) から次にその構造式で示すようなベタイン類が単離され、その薬効が試験された。これらのうち、ラットに与える飼料中に 1% コレステロールを混ぜ、それに 0.12% のベタインを混ぜたものと混ぜないものを与えた後の血漿中のコレステロール水準を比較すると、ベタイン入りの飼料では対照区の 70% 程度で留った。但しこの際肝臓中のコレステロール水準には影響がみられなかった。この作用は β -ホモベタインが最も強い、^{10,11,12,13)}。



Glycine betain

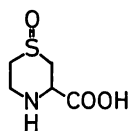
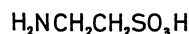
 γ -Butyrobetain β -Homobetain

O-1-Glyceryl homoserine betain (Ulvaline)

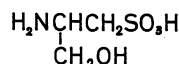
(e) 一般遊離アミノ酸⁹⁾：海藻中の遊離アミノ酸は季節により著しく変動し、例えばスジアオノリ (*E. prolifera*) とアオサの 1 種 (*U. lactuca*) の 1 ~ 3 月における含量を示す (Table 2)。この両海藻共に一般的に、1 月と 2 月におけるある種のアミノ酸の含量はかなり特徴的に変動しており、また 3 月には全般に高い。次に、緑・褐・紅藻の 5, 6 月の試料におけるその含量を比較してみると、Table 3 に示すように、藻門の違いによると思われるような明かに特徴的な含量の差異が観察された。ワカメなどの旨味の一つであるグルタミン酸含量は、ワカメが最高である。S-アミノ酸またはその誘導体では、緑藻アオサには D-システイノリン酸が圧倒的に多いのに反し、タウリンが低いこ

とやコンドリノが紅藻ユナに多く、S-ヒドロキシメチル-L-ホモシステインは同じ紅藻でもツノマタには多く (表示していない)、アカバやユナには少ない。

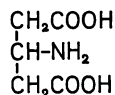
この外に海藻特殊アミノ酸としては、ハナヤナギから 3-アミノグルタル酸、オキツノリ (*Gymnogongrus flabelliformis*) からゴングリン、ギガルチニンなどが単離されている。これらの特殊アミノ酸の薬理効果はまだよく知られていない。アカバに多いタウリンの薬理効果については、胆汁の分泌を促し、脂肪の吸収をよくすることや制汗作用のあることが知られている。

Chondrine
(Yunaine)

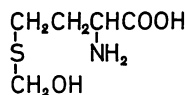
Taurine



D-Cysteinolic acid



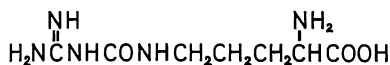
3-Aminoglutaric acid



S-Hydroxymethyl-L-homocysteine



Gongrine



Gigartinine

3. 脂 質

藻藻のエーテル可溶画分には、中性脂肪類や油分のほかに、ステロール類があるが、褐藻ではまだコレステロール検出されていない。褐藻エゾイシゲ (*Pelvetia wrightii*) からペルベステロールと名付けられたステロールが単離されている。これらのエーテル可溶の不飽和化合物画分には、臍臓リパーゼの賦活効果がある。またコンブからの脂肪不飽和物中のビタミン A 含量は眼鏡印肝油とほぼ同じ位であるという (C.L.O. で表かすと、それぞれ 107.4×118.2 である)¹⁴⁾。

また、褐藻のマツモ [*Analiplus japonica* (新) = *Heterochordaria abientina* (旧)]、食用に供されるのエーテルに可溶画分を餌に 27 mg/ラット/日 の割

Table 2. Changes in the contents of free amino acids of *Enteromorpha prolifera* and *Ulva lactuca* during January to March ($\mu\text{g/g}$ dry weight).

Amino acids		<u>Enteromorpha prolifera</u>			<u>Ulva lactuca</u>		
		Late Jan.	Middle of Feb.	Late Mar.	Late Jan.	Late Feb.	Late Mar.
α -Alanine	(α -Ala)	1201	345	2356	495	543	1106
β -Alanine	(β -Ala)	484	129	1254	365	319	518
γ -Aminobutyric acid	(γ -Aba)				50	-	-
Arginine	(Arg)	+	++	-	485	-	-
Asparagine	(Asn)	2512	210	++	562	775	++
Aspartic acid	(Asp)	499	125	623	102	181	186
Cysteic acid	(Cya)	++	+	++	-	-	-
Cystine	(Cys)	+	++	+++	182	+	+
Glutamic acid	(Glu)	3000	861	3576	257	560	1339
Glycine	(Gly)	361	113	1629	117	134	285
Histidine	(His)	++	++	1294	75	+	+
Hydroxyproline	(Hpr)	++	+	++	+	+	+
Leucine	(Leu)*	333	236	2543	218	189	835
Lysine	(Lys)	-	-	198	118**	113**	146**
Methionine	(Met)	111	-	729	169	-	199
Phenylalanine	(Phe)	617	274	1585	675	607	1049
Phenylserine	(Pse)	-	-	+++			
Proline	(Pro)	++	++	+++	568	+++	++
Serine	(Ser)	171	114	465	450	65	237
Threonine	(Thr)	336	148	1029	78	151	520
Tryptophane	(Trp)	-	-	-	+	+	+
Tyrosine	(Tyr)	340	108	1612	560	346	997
Valine	(Val)	205	133	1688	95	84	525
Amount estimated		10169	2797	20579	5619	4065	7942

*Contains isoleucine(Ile)

**Ornithine(Orn)

合に混じて与えると、この海藻粉末 5% 混入餌を与えた時と同じ程度に血液中のコレステロール水準を低下させた (約 12%)^{15,16)}。これは褐藻一般に存在するフコステロールの効果と思われる。この効果はラットでの生体実験より難で行った方がさらに有効に現われた。なお、この褐藻から得たフェオフィチンやフェオフィルビドなどのクロロフィル系色素画分も同様の効果を示した。フコステロールの効果は同時に用いた β -シトステロールの効果とほぼ同じ程度である¹⁷⁾。このようなエーテル可溶画分は量的には一般的に多くはなく、例えばコンブ属では 1% (乾重) に過ぎないが、エゾイシゲ属の *Pelvetia canaliculata* のように 8% (乾重) もある藻もある。一般に海藻が干潮に晒されると

高脂質の傾向になるという。恐らく乾燥から身を守るためと思われる。

またヒジキからのエーテル可溶画分から、クロロフィル分子の一部を形成しているフィトールが単離されているが、これはやはり脾臓リパーゼの賦活効果を示した¹⁸⁾。

4. 沃素および臭素有機化合物

(a) 沃素有機化合物：褐藻たとえばマツモ、コンブ、ワカメ、オオバモク属や紅藻のイトグサ属には、沃素原子が 1~3 個結合したチロシン誘導体がある。乾燥マツモの例でみると、モノ沃素チロシン 1.49 mg %, ジ沃素チロシン 2.06 mg %, トリ沃素チロシン 2.41 mg %, チロキシン (甲状腺ホルモン) 2.84 mg

Table 3. Amino acid composition in ethanolic extract from various marine algae harvested in May and June ($\mu\text{g/g}$ dry weight). t; trace amount.

Amino acids	<i>Ulva pertusa</i> (アヲアヲ)	<i>Undaria pinnatifida</i> (ウカメ)	<i>Chondria crassicaulis</i> (ユナ)	<i>Neodilsea endoana</i> (アカバ)
Alanine	17.7	617	71.4	25.6
Alloisoleucine	0	2.7	0	0
Arginine	2.5	36.5	t	1.3
Aspartic acid	4.4	5.4	67.1	6.1
Chondrine	26.7	41.0	193	29.0
Citrulline	0	0	0	40.7
Cysteic acid	35.5	4.8	13.3	9.6
D-Cysteinolic acid	152	1.9	57.4	0
Glutamic acid	31.6	69.6	49.5	0.7
Glycine	9.1	455	29.1	5.6
Histidine	0	2.1	3.3	0.6
Isoleucine	3.7	11.2	6.4	0.4
Leucine	6.6	19.6	5.3	1.7
Lysine	0.9	34.6	3.6	0.5
Methionine	0	1.7	t	0
Ornithine	0	0	0	1.6
Phenylalanine	4.1	9.2	0	0
Proline	40.0	156	50.8	8.8
Serine	11.9	64.4	12.9	2.6
S-Hydroxymethyl-L-homocysteine	0	0	0	4.6
Taurine	1.8	11.8	14.5	216
Threonine	5.7	90.3	12.0	2.5
Tryptophane	2.4	5.8	12.6	0
Tyrosine	2.1	10.1	0	0
Valine	3.5	11.1	7.6	1.7
NH ₃	3.7	16.6	10.5	4.2
Total amount	368.1	1696.6	640.3	366.2

%, 沃素結合タンパク質 2.14 mg % であり, また *Polysiphonia urceolata* (イトグサ属紅藻) それぞれ 0.77, 2.31, 0.79, 0.52, 0.79 mg % である。そこで, 例えばチロキシンやジ沃素チロキシンを 0.01~2 mg を, 含 1% コレステロール餌中に混合してラットに与えて飼育すると, 2~3 週間後には血中コレステロール水準が対照の 200 mg/dl が 125 mg/dl に低下した¹⁵⁾。

(b) 臭素有機化合物: 種々の海藻には臭素有機化合物の存在が知られており, その多くは抗菌性を示すことが明かにされている^{19,20,21)}。まず, MAUTNER ×²¹⁾。エーテル抽出 (フジマツモから) の代りに, 紅藻 *Symphocladia gracilis* または *S. latiuscula* の藻体の 80% エタノール抽出シラップを, さらに水可溶画分(I)と不溶画分(II)とに分け, それぞれを種々のグラム陰性・陽性の菌の培養に適量加えると抗菌性を示した。次で, アオサ, ヒトエグサ(緑), マクリ(紅), ミツイシコンブ(褐), フジマツモ (*Rhodomela larix*) (紅) などから作った I および II 画分の抗菌性を調べると, 緑藻からのものより褐・紅藻

特に紅藻からのものが強かった。その後その主成分は臭素化フェノール化合物であることが分った (Table 4)²³⁾。

紅藻の臭素化フェノール化合物としては, いろいろなものが知られているが, 代表的なものを次に示す。いずれも各藻体からのアルコール抽出をさらにエーテル抽出して得られている²⁴⁾。

これら I~X の臭素化フェノール化合物の抗菌性はおよそ次のようである。 *Staphylococcus aureus* 20, *Pseudomonas aeruginosae*, *Proteus vulgaris* HX-19, *Salmonella pullorum*, *Escherichia coli* 8057, *Klebsiella pneumoniae* ST 101, *Saccharomyces uvarum* 7016, *Pichia membranaefaciens* K-17, *Schizosaccharomyces pombe* diner O-77, *Aspergillus niger*, *Fusarium moniriforme* IAM 5062, *Trichoderma* T-1 ATCC 9645 IAM 5061, *Pennicillium citrinum* 2125 の細菌および菌に対して, 成育阻害の極少量 ($\mu\text{g/ml}$ 培地) は, それぞれおよそ, I は 20, II は 29, III は 41, IV は 42, V は 79, VI は 106, VII は 32, VIII は 22, IX は 66, X は 15 前後であった。

5. 海藻酸性多糖の薬理効果

(a) 抗血液凝固作用と抗高脂血症作用: 動物起源の硫酸多糖のうち, ヘパリン (GlcUA とグルコサミン, GlcA と硫酸基から成る多糖) が抗血液凝固作用があり, 血液粘性を下げたり血液リパーゼを賦活して中性脂肪含量を低下させる効果があることは既に知られているが, 海藻の硫酸多糖のうちにはこれと同じ働きを示すものが多い。

この分野で最も多く研究されているのは, 褐藻のフコダン系多糖である。20年程前になるが, アメリカでは, 例えば *Himanthalea lorea*, *Macrocystis pyrifera*, *Fucus vesiculosus*, *F. serratus*, *F. spiralis*, *Laminaria cloustoni* などの褐藻の乾燥粉末から熱水抽出物を採り, 酢酸鉛による沈澱物を除去後, バリウム中和で沈澱する画分から硫酸でバリウムを除いた上澄液のアルコール分画において, 47.5~63% で沈澱する II-V までのフコイダン画分 (平均分子量 2~3.5 万) が強い抗凝血効果を示すことから, この製法は特許となった²⁵⁾。この種の研究は日本でもあり, マコンブの抽出液の場合, 6, 7, 8 月の試料のうち, 6, 7 月のよく成育のた葉状体の抽出液が最も高い効果を示した。また, コンブ属のうちでは, 7 月採集のホソメコンブ (*L. religiosa*) が最も効果があった。しかし, このように抽出液そのもので試験した場合には, どの成分が真に有効であるか決められないことは勿論である²⁶⁾。

Table 4. Tests for the antibiotic activity of fractions I and II from various marine algae.
+; positive, -; negative, ±; not clear result.

	Dilution rate of fraction	Bacteria tested				Dilution rate of fraction	Bacteria tested			
		<u>B. subtilis</u>		<u>E. coli</u>			<u>B. subtilis</u>		<u>B. mesentericus</u>	<u>P. vulgaris</u>
		24	48	24	48		48	48	48	
	I	(hr)				II	(hr)			
(Green)										
<u>Ulva pertusa</u>	200	-	+	-	-	200	+	+	+	±
(アヲアサ)	400	+	+	+	+	2000	++	+	+	+
<u>Enteromorpha</u> sp.	200	+	+	+	+	200	+	+	+	±
(アヲノリ)	400	+	+	+	+	2000	++	++	+	+
(Brown)										
<u>Laminaria angustata</u>	200	-	-	-	-	200	-	-	-	-
(ミツシシコンブ)	400	-	+	-	±	2000	-	+	-	-
	2000	+	+	-	+					
<u>Undaria pinnatifida</u>	200	±	+	-	+	200	-	-	±	±
(ワカメ)	400	+	+	+	+	2000	-	+	+	+
(Red)										
<u>Rhodomela larix</u>	200	-	-	-	-	200	-	-	-	-
(フジマツモ)	400	-	+	-	±	2000	-	+	±	±
	1000	+	+	-	+					
<u>Digenea simplex</u>	200	+	+	+	+	200	+	+	+	±
(マツリ)	400	+	+	+	+	2000	+	+	+	+
<u>Symphyocladia</u>						200	-	-	-	-
<u>latiuscula</u>						2000	-	-	-	±
(イソムラサキ)										

本稿の始めの方で既に述べたように、褐藻の光合成の結果生じる貯蔵性多糖デンプンではなくラミナランである。この多糖に適度 (1.7 SO₃H/Glc 残基) に硫酸基を入れるか、またはスルフェミン酸基 (0.5 NSO₃H/Glc 残基+1.1 SO₃H/Glc 残基) を入れた標品は、ヘパリンの約 1/4 ほどの効力を示した^{27,28)}。カギイバライリ (*Hypnea japonica*) からのカラゲナン系硫酸多糖 (アルカリ処理品 60 mg/100 g 体量/日) をラットの腹腔に注射すると血清の ⁴⁵Ca 量が増し、また骨の有機物質へのその取込量が上る。この作用は対照として用いたアガロース (*Pseudomas atlantica* の酵素で分解したもの) とかアルギン酸-Na にはみられなかった²⁹⁾。従って、血栓などの治療にヘパリンを与え続けると、骨の Ca が再溶解してその中に空洞が生じる病気になる。従ってこの際ヘパリンの代りにカラゲナンを用いればこの副作用が妨げることになる。

海藻特に褐藻の硫酸多糖のヘパリン様作用に関する実験はいろいろあるが、最近オオバモク属の *S. linifolium* からサルガッサンは、標準のヘパリン溶液では血液凝固時間は 1 時間であるのに比べ、72 時間も長かったという報告がある³⁰⁾。

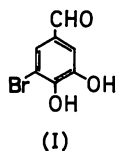
(b) 酸性多糖のコレステロール水準低下効果: アオノリ, アサクサノリ, マコンブの 3 種の粉末を 1% コ

レステロールを含む餌に 5% 混ぜ、ラットに経口的に与えて 10 週間ほど飼育して、その血漿と肝臓のコレステロール含量および肝臓全脂質と副腎全コレステロール含量を測定したところ、血漿中のコレステロールは、海藻粉末を与えぬものではコレステロール無添加対照区の約 2.1 倍に増大したが、アオノリやアサクサノリ粉末添加区では僅か 1.33~1.36 倍にしか増大しなかった。これに反してコンブ粉末添加は、コレステロール含量低下にほとんど効果を示さなかった。但し、肝臓コレステロール水準を低下させる効果は、いずれの海藻粉末添加によってもみられなかった。副腎コレステロール含量低下には、コンブ粉末が僅に役立ったのみであった¹⁶⁾。

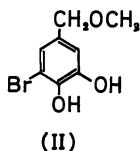
このようにアオノリやアサクサノリ粉末が少なくとも血漿中に取込まれるコレステロール含量を妨げることが事実であるとしても、それがこれらの海藻中にある硫酸多糖に心ずしも起因しているとは限らない。

その後のアサクキノリにおける研究では、酸性多糖と思われる画分(C)とアルカイドと思われる画分(D)が最も有効である結果が得られた (Table 5)³¹⁾。

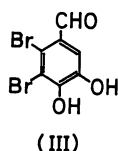
このほか、硫酸基はないが多くのカルボキシル基をもつアルギン酸で、ある範囲の $\overline{DP}$ のものがやはり血中コレステロール水準を低くするという実験もある



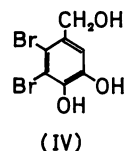
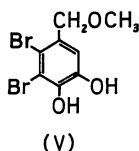
3-Bromo-4,5-dihydroxybenzaldehyde



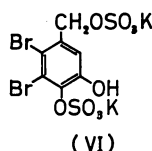
3-Bromo-4,5-dihydroxybenzyl methyl ether



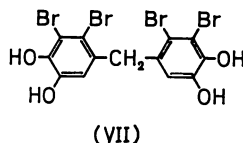
2,3-Dibromo-4,5-dihydroxybenzaldehyde

2,3-Dibromo-4,5-dihydroxybenzyl alcohol
(Ianosol)

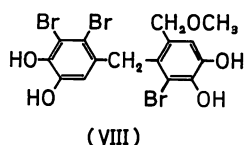
2,3-Dibromo-4,5-dihydroxybenzyl methyl ether (Ianosol methyl ether)



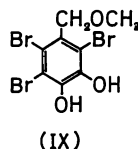
2,3-Dibromo-4,5-dihydroxybenzyl disulfate diotassium



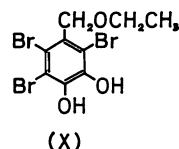
2,2',3,3'-Tetrabromo-4,4',5,5'-tetrahydroxydiphenyl methane



2,2',3-Tribromo-3',4,4',5-tetrahydroxy-6-methoxymethyl diphenyl methane



2,3,6-Tribromo-4,5-dihydroxybenzyl methyl ether



2,3,6-Tribromo-4,5-dihydroxybenzyl ethyl ether

I, II はショウジュケノリ (*Polysiphonia urceolata*), また I はモロイトグサ (*P. morrowii*) から、III, IV, V, VI, VII, VIII はフジマツモ (*Rhodomela larix*) や *R. subfusa* から、また V, VI, VII はハケサキノコギリヒバ (*Odonthalia corymbifera*) から、そして IX, X はイソムラサキ (*S. latiscula*) から単離されている。

(Table 6)³²⁾。この結果 DP 226~417 のものが有効であった。

(c) 硫酸多糖の抗腫瘍性: 最近、菌の細胞壁多糖の一種が、移殖癌を萎縮させる働きを示すことから、多くの癌の治療にも用いられている。これと同じような働きが、褐藻から得られる硫酸多糖画分にもあることが明かにされて、興味を引いている^{33,34,35)}。これらの結果を Table 7 に要約してみる。これはマウスに単なる熱水抽出物を腹腔注射し、また部分精製品を皮下または腹腔注射でその効果を検討したものである。いずれの試料においても、Sarcoma および Ehrlich-carcinoma の固型または腹水の違いによらず、その成育が阻止されるばかりではなく、それぞれ特有の延命効果がみられた。

これらの試料中の糖成分に関する詳細は不明である

が、硫酸を含む酸性多糖が主成分をなすものと思われる、また緑藻(ミル)からのものは GlcUA 硫酸基を含むことから、含ウロン酸硫酸多糖 (Table 1 参照) と思われる。いずれにせよ、海藻のこの種の硫酸多糖が人工癌の抑制に有効であることは、今後さらに精製を重ね最も高い有効成分を確め、実際の癌の治療への可能性に望を掛けたい。多分硫酸多糖に起因すると思われるが、ニコチン障害を人為的に起こさせた白鼠にワカメ粉末を与えて、元の健康状態に戻させた実験もある^{38,39)}。

6. 海藻のビタミン

わが国でも、多くの研究者によって海藻に存在するビタミンの種類やその含有量などが広く研究されている。Table 8 にその例を示す⁴⁰⁾。この表でも明かにように、海藻のビタミン含量は動植物性食品中の含量に比べ、少いものもあるが多いものもある。例えば B₂

Table 5. Effect of various fractions from *Porphyra tenera* on the plasma cholesterol levels of rat. A; unsaponified fraction from an ether extract of original fronds, B; residue of an aqueous extract from the ether-extracted residue, C; precipitate from the above aqueous extract on addition of ethanol up to 80%, D; extractable fraction with absolute ethanol from a concentrate of 80% ethanol-soluble material, E; residual fraction insoluble in absolute ethanol.

Rat group raised with	Plasma cholesterol levels		
	Total (mg%)	Free (mg%)	% Free
I. Cholesterol-free basal diet (cont.1)	176 $\pm$ 2.0	48.8 $\pm$ 1.5	27.7
II. 1% cholesterol diet (cont.2)	228 $\pm$ 1.5	49.0 $\pm$ 0.9	21.5
III. I + 5% purple laver powder	180 $\pm$ 2.1	51.5 $\pm$ 1.0	28.6
IV. I + 5% A	208 $\pm$ 1.8	57.5 $\pm$ 0.9	27.6
V. I + 5% B	204 $\pm$ 1.9	58.4 $\pm$ 1.0	28.6
VI. I + 5% C	188 $\pm$ 1.8	55.3 $\pm$ 1.0	29.4
VII. I + 5% D	188 $\pm$ 1.4	53.5 $\pm$ 0.8	28.5
VIII. I + 5% E	196 $\pm$ 1.5	57.5 $\pm$ 0.8	29.3

Table 6. Effect of Na-alginate and its fragments on plasma and fecal cholesterol levels and on fecal alginate contents of cholesterol-fed rats (5 individuals per group).

Diet composition	Weight-gain	Plasma cholesterol	Fecal cholesterol	Fecal alginate
	(g/rat)	(mg/100ml)	(g/100g dry matter)	(g/100g dry matter)
I. With 1% cholesterol	147	203.3 $\pm$ 6.3	7.6 $\pm$ 0.35	3.7 $\pm$ 1.0
II. I + 3% commercial alginate	138	177.2 $\pm$ 6.9	11.5 $\pm$ 0.28	98.4 $\pm$ 1.8
III. I + 3% refined commercial alginate of DP, 417	137	158.1 $\pm$ 15.2	12.1 $\pm$ 0.28	110.3 $\pm$ 5.8
IV. I + 3% refined commercial alginate of DP, 226	148	154.7 $\pm$ 13.3	12.0 $\pm$ 0.46	107.3 $\pm$ 5.5
V. I + 3% alginate fragment of DP, 13	152	210.1 $\pm$ 14.0	10.3 $\pm$ 0.54	67.2 $\pm$ 6.1

などは特に紅藻に多く、また B₁₂ は、一般植物性食品には見出せないのに反し、海藻では動物性食品を越す量のものが多く、あるものでは動物の内臓の含量に匹敵している。個々の海藻についてみると、それぞれ特質はあるがアサカサノリなどには一般的にビタミンが多い。その意味ではビタミンのよい補給源である。海藻ではないが、クロレラのビタミン含量が特に高いこ

とは注目に値する。しかし、この種のデータは植物の採取場所、時期、老若、部位などにより異なることは考慮に入れておく必要はある。参考のために、他の文献のデータも挙げておく (Table 9)⁴¹⁾。

7. 重金属の選択的除去効果

古くから海藻は一種の健康食品であるという経験的事実から、日本人の間には長い間親まれていた食品で

Table 7. Antitumor activity of various fractions from several marine brown algae.

Agal origin and fraction	Doses and sugar constituents of polysaccharides	Solid tumor cells of Sarcoma-180	Ehrlich-carcinoma cells	
			Ascites	Solid
1. <u>Gloiopeltis furcata</u> * (フクロフノリ)	Aqueous extract. (Galactan sulfate)	+		
2. <u>Sargassum fulvellum</u> * (ホンダワラ)		+	+	+
3. <u>Dictiopteris undulata</u> * (シラヤハズ)	4.4mg/mouse. Intra-peritoneal injection. (LD ₅₀ = 35mg)	96% life span elongation		
1. <u>Sargassum hornerii</u> (アカモク)				
2. <u>S. hemiphyllum</u> (イソモク)				
DIP. Precipitate from salting-out dialyzed solution of hot-water extract, containing 50% carbohydrate.	A polysaccharide containing 20-30% sulfate, and Fuc. 125-750μg/mouse/day, subcutaneous or intra-peritoneal injection.	(2x10 ⁶ cells per mouse)	(3x10 ⁶ cells per mouse)	(2x10 ⁶ cells per mouse)
DIS. Ethanol precipitate from supernatant of the salting-out precipitation, containing 70% carbohydrate.	Ditto	+	+	+
DOI-VI. Sephadex G-25-gel filtration product of methanol-precipitate from dialyzate of salting-out precipitate of hot-water extract.	75μg/mouse/day x 6	75% life span elongation	+	+
1. <u>S. thunbergii</u> (サミトラフノリ) Fl. Ethanol-precipitate from hot-water extract **	A polysaccharide containing Gal, Xyl, Fuc, Glc, Man, GlcUA and sulfate. 10-20mg/mouse/day x 10	40-100% life span elongation	(2x10 ⁵ cells per mouse)	
2. <u>Codium pugniformis</u> (コブシミル) Ethanol-precipitate from hot-water extract	A polysaccharide containing Gal, Ara, Man, amino acids, 0.25mg/mouse/day x 6	50% life span elongation	+	+

* Yamamoto & Nagumo, 1973. ** Ito & Sugiura, 1976.

あることは既に述べたが、分析結果によると砒素含量などは法外に高い⁴²⁾。例えば、Table 10 に示すように、100 ppm を超えた含量の海藻もある。しかし一般にはこのような高含量の砒素も有機化合物の形で存在しているため毒性はないというのが定説となっている。事実海藻を食べて砒素の害と思われるような症状が生じたという報告は聞いたことがない。それは恐らくこの元素が酸性多糖（人体などでは不消化）などと堅く結合しているためではないかと思われる。もしそうであるとすれば、既に述べたように、緑、褐、紅の別なく、海藻にはなんらかの酸性多糖（硫酸基やカルボキシル基をもつもの）が多く含まれているので、害にならないのみならず、藻体としてはさらに多くの砒素を始めとする重金属を吸収結合する能力をもつものと推定される。海産生物が海水中の希土類元素を取込

む能力については、動物ではハマグリなど高いが、それとはほぼ同程度に海藻も一般的に高いことも上記の推定を支持している (Table 11)⁴³⁾。

これに関連して、放射性ストロンチウム (⁸⁹Sr) に汚染された生物体から、海藻酸性多糖アルギン酸投与でそれを除けるという極めて注目に値する一連の研究がある⁴⁴⁾。ラットに ⁸⁹Sr を多量に与え、同時にアルギン酸またはその部分水解物を与えると、対照区に比べて ⁸⁹Sr の骨への取込み率は低下した (Table 12)。

その後この吸収阻害はアルギンの起源により違うことが分った (Table 13)⁴⁵⁾。この表から分るように、ManUA/GulUA が高いほど阻害率が低い傾向がみられる。これは酸部分水解物の poly-ManUA や poly-GulUA を用いて同様な試験をした結果でも明瞭であった。poly-ManUA による阻害は 70~75% であっ

Table 8. Summarized vitamin contents of various algae on a dry weight basis (KANAZAWA)⁴⁰⁾.

Species of algae	IU/100g (Pro- vitamin A)	D (Ergo- sterol)	E	B ₁	B ₂	B ₆	NiA	PaA	FA	Bio- tin	Lipo- ic acid	B ₁₂	Cho- line	Inosi- tol	C
Chlorophyceae															
<i>Ulva pertusa</i> (アヲアサ)				0.90	2.63	7.50	2.35	118	224	420	62.8	61	330	27-41	
<i>Monostroma nitidum</i> (ヒトエグサ)				1.19	8.46	10.28	4.11	429	115	515	12.6	79	219	75-80	
<i>Enteromorpha linza</i> (ウスバオソリ)	2900	3		1.50	1.21	28.05		270	198	175	97.5	417	95	10-257	
<i>Caulerpa racemosa</i> (モンテリサ)				0.78	1.97	21.18	5.53	612	131	295	149.4	358	584		
<i>Chlorella ellipsoidea</i> (クロレラ)	500000		111- 183*	10- 23	37	0.3- 2.5	112- 125	3.5- 8.5	22000- 99000	190- 230	42- 89	2500	1600- 2190	100- 320	
Phaeophyceae															
<i>Dictyota dichotoma</i> (アミシグサ)				0.75	6.14	15.20	0.73	521	187	500	10.1	77	125		
<i>Spathoglossum pacificum</i> (コモングサ)				0.36	0.64	25.21	0.25	566	150	655	7.0	87	114		
<i>Dictyopteris prolifera</i> (ヘラマハズ)				0.50	4.10	16.02	3.70	170	163	485	17.1	242	151	1005**	
<i>Padina arborescens</i> (ウキウチ)				0.29	0.99	8.86	1.74	542	160	230	4.2	27	690		
<i>Myelophycus caespitosus</i> (イウヒゲ)				0.27	3.06	14.17	3.15	88	162	360	7.6	618	1131		
<i>Colpomenia sinuosa</i> (フクロノリ)				0.31	5.44	5.13	2.92	46	136	540	76.5	406	116		
<i>Hydroclathrus clathratus</i> (カゴメノリ)				0.34	2.82	3.51	3.07	657	161	330	65.8	49	408		
<i>Laminaria</i> sp. (コンブ)	440			0.86	0.20	0.27	30.00				3.0			3-91	
<i>Ecklonia cava</i> (カジメ)				1.10	2.52	18.64	0.49		209	90	3.3	262	379		
<i>Hizikia fusiformis</i> (ヒジキ)	450	16		0.28	2.67	6.80	1.49	218	237	230	5.7	33	326	0-92	
<i>Sargassum fulvellum</i> (ホンダワラ)				0.30	5.03	8.65	2.30	634	126	300	25.4	95	60		
<i>S. thunbergii</i> (ウミトウモロコシ)				0.38	5.34	4.46	8.76	308	282	270	46.5	28	566		
<i>S. nigrifolium</i> (アラサメ)				0.40	6.21	17.19	0.49	249	159	410	20.7	24	197		
Rhodophyceae															
<i>Porphyra tenera</i> (アヲサツノリ)	44500			1.65	23.08	10.4	66.33	88	294	790	290.8	2920	62	10-831	
<i>Gelidium amansii</i> (マクサ)				1.60	17.95	20.10	1.22	782	61	570	35.9	4885	443		
<i>Chondrococcus japonicus</i> (アキノハナ)				1.41	10.51	8.15	1.30	97	40	250	219.7	1337	449		
<i>Grateloupia ramosissima</i> (スズメカサ)				1.38	6.27	24.46	2.32	719	82	530	29.4	1119	55		
<i>Geloeptis tenax</i> (マツノリ)				2.45	14.60	23.79	5.65	676	37	330	15.2	319	163		
<i>Hymnea charoides</i> (イバラノリ)				1.42	2.90	21.50	6.82	540	94	355	26.5	636	257		
<i>Gracilaria gigas</i> (オゴノリ)	800			1.80	1.09	7.81	1.82	304	16	495	212.3	1492	324		
<i>G. textorii</i> (カバノリ)				4.60	6.92	33.90	9.73	668	153	965	75.7	230	668		
<i>Chondrus ocellatus</i> (ツノマタ)				2.19	14.73	29.65	7.04	69	700	89.2	856	111		16	
<i>Lomentaria catenata</i> (フシツナギ)				0.97	3.16	24.24	12.21	220	90	625	25.2	240	263		
<i>Laurencia okamurai</i> (ミツシジメ)				0.53	10.24	39.02	8.97	763	95	300	100.2	1346	89	4	

* *Scenedesmus*** *Dictyopteria divaricata*Table 9. Vitamin contents in various algae per 100 g of dry weight (WADA)⁴¹⁾.

Species	Vitamin content							
	Efficient A	I.U.	A I.U.	Carotenoid I.U.	D I.U.	B ₁ mg	B ₂ mg	NiA mg
<i>Ulva</i> sp. (アサ)	500	0		1500	0	0.04	0.52	10.0
<i>Enteromorpha</i> sp. (アサノリ)	960	0		2900	0	0.06	0.30	6.0
<i>Prasiola japonica</i> * (カワノリ)	80	0		240	0	0.44	0.32	1.5
<i>Laminaria japonica</i> (マコンブ)	430	0		1300	0	0.08	0.32	1.8
Long tangle (ナガコンブ)	250	0		750	0	0.08	0.40	1.8
Rishiri tangle (利尻コンブ)	320	0		960	0	0.06	0.09	2.0
<i>Laminaria angustata</i> (ミツイシコンブ)	360	0		1100	0	0.02	0.20	2.0
<i>L. religiosa</i> (ホソメコンブ)	130	0		390	0	0.07	0.19	3.5
<i>Kiellmaniella gyrate</i> (トロロコンブ)	10	0		30	0	0.04	0.14	2.3
<i>Eisenia bicyclis</i> (アラメ)	50	0		150	0	0.02	0.20	2.6
<i>Anelopus japonica</i> (マツモ)	0	180		-	0	3.3	-	3.3
<i>Hizikia fusiformis</i> (ヒジキ)	0	450		1	0.1	4.0	0.2	4.0
<i>Nemacystus decipiens</i> (モヅク)	30	0		100	0	0.04	0.04	2.0
<i>Undaria pinnatifida</i> (ワカメ)	140	0		400	0	0.11	0.14	10.0
<i>Porphyra tenera</i> (アサクサノリ)								
Higher quality	11000	-		33000	0	0.25	1.24	10.0
Medium quality	10000	0		30000	0	0.21	1.00	3.0
Lower quality	5600	0		17000	0	0.12	0.89	3.0
<i>Gracilaria verrucosa</i> (オゴノリ)	260	0		800	0	0	0.03	0.5
<i>Phyllocladus sacrum</i> * (スイゼンノリ)	160	0		490	0	0.22	0.37	1.7

* Fresh water alga

Table 10. Arsenic contents in various commercial marine algal products, determined by the diethyldithiocarbamic acid-silver method.

Samples analyzed and the number	As As ₂ O ₃ mg per kg sample	Samples analyzed and the number	As As ₂ O ₃ mg per kg sample
1. <u>Enteromorpha</u> sp. (アオノリ)	0.4	26. <u>Hijikia fusiformis</u> (ヒジキ)	121
2. Ditto	0.6	27. Ditto	131
3. Ditto	0.9	28. Ditto	161
4. Long tangle (長コンブ)	31	29. Ditto	144
5. Ditto	47	30. Ditto	178
6. Ditto	70	31. Ditto	180
7. Ditto	45	32. Ditto	149
8. Ditto	29	33. <u>Undaria pinnatifida</u> (ワカメ)	45
9. Square tangle (角ワカメ)	37	34. Ditto	39
10. Ditto	32	35. Ditto	72
11. Ditto	45	36. Ditto	30
12. Ditto	29	37. Ditto	30
13. Ditto	38	38. Ditto	33
14. Ditto	29	39. Ditto	24
15. Ditto	32	40. Ditto	66
16. Ditto	45	41. Ditto	38
17. Stock tangle (短コンブ)	58	42. Ditto	41
18. Ditto	91	43. Ditto	43
19. Tangle flakes (トロココンブ)	61	44. <u>Porphyra tenera</u> (アサクラノリ)	33
20. Ditto	43	45. Ditto	17
21. Sliced tangle (オボロコンブ)	89	46. Ditto	13
22. Ditto	36	47. Ditto	26
23. Ditto	74	48. Ditto	32
24. Shred tangle (細コンブ)	51	49. Ditto	13
25. Ditto	58	50. Ditto	22
		51. Ditto	30

たが, poly GulUA では 71~84% の値が得られた。また酵素による部分水解アルギンでも同様で, 元のアルギン (比粘度が 7.10 で ManUA/GulUA=1) の阻害率 55% に比べ, 比粘度 2.16 で両 UA 比が 7.73 のものは 81% の阻害率率を示した⁴⁶⁾。

このような事実は, Sr のみならずわが国に多い Cd (カドミウム)汚染者をその骨代謝異常や腎臓障害から救える可能性をも暗示し, ひいては腎障害から高血圧症, 心臓や血管障害に関係する Zn, Cu 代謝にも調節能を示すものとして注目に値する。事実, ManUA/GulUA=0.74 のアルギン部分水解物は, 塩化カドミウムの過剰投与によるラットを死から救うことができた⁴⁷⁾。また, *Ascophyllum nodosum* のフコイダンの金属結合力は, Pb>Ba>Cd>Sr>Cu>Fe>Co>Zn>Mg>Mn>Cr>Ni>Hg>Ca で, Ca の存在下では Ba>Pb>Cd>Fe>Sr>Co>Cu>Ni>Cr>Mg>Zn>Hg>Mn であった⁴⁸⁾。

8. 肥料, 飼料, 健康食品としての海藻

海藻を肥料として用いた例は古いが, 現在でも有機農業の一環として広く用いられている。*Ascophyllum nodosum* の粉末製品アルギット (Algit) はその例で, 健康食および飼料, 肥料などとして市販され, その施肥は土壌細菌数を増すという⁴⁹⁾。乳牛に 200 g/頭/日の割合でこの粉末を与え 7年間の生産高を, 対照区 (100 g 市販塩類合成成分/頭/日) のものと比較すると, 4% 脂肪基準で, 78,172 kg/73,175 kg の結果が得ら

Table 11. Contents of rare earth elements in various marine organisms ($\mu\text{g/kg}$ wet weight).

Organism	Organ	Ce (Cerium)	Eu (Europium)	Tb (Terbium)	Yb (Ytterbium)	Lu (Lutetium)
1. <u>Paralichthys olivaceus</u> (ヒラメ)	Muscle	1.38	0.04	0.03	0.28	0.01
2. <u>Seriola quinqueradiata</u> (アフリ)	Muscle	2.38	0.14	0.07	0.39	0.01
3. <u>Engraulis japonica</u> (若セグロイワシ)	Whole body	7.34	0.22	0.63	1.50	0.06
4. <u>Meretrix lusoria</u> (ハマグリ)	Soft part	39.3	2.06	2.54	5.43	0.23
5. <u>Ulva pertusa</u> (アサアサ)	Whole frond	39.1	0.77	0.97	1.67	0.24
6. <u>Sargassum fulvellum</u> (ホンダワラ)	Ditto	22.3	0.54	1.78	0.97	0.26
7. <u>Undaria pinnatifida</u> (ワカメ)	Ditto	3.70	0.09	0.30	0.61	0.09
8. <u>Hijikia fusiformis</u> (ヒジキ)	Ditto	19.2	0.24	0.62	0.68	0.22

Table 12. Variation of bone uptake with dosage of ^{89}Sr : Effect of feeding different amounts of sodium alginate.

Bone uptake	Expt. x 100		
	Control		
% Alginate	1.4 (Drinking water)	10 (Food)	20
Dose ^{89}Sr /diet (μCi)			
50	58	37	28
20	48	37	16
5	57	33	23
0.2	74	36	20

Table 13. Inhibitory effect of alginate on the intestinal absorption of radioactive strontium.

Alginate from	ManUA/GulUA	% Inhibition (^{89}Sr)
Highly effective:		
<u>Macrocystis pyrifera</u>	2.37	80
<u>Egregia menziensi</u>	2.13	74
<u>Nereocystis luetkeana</u>	1.78	69
<u>Alaria marginata</u>	2.06	60
<u>Laminaria digitata</u>	1.99	60
Moderately effective:		
<u>Ascophyllum nodosum</u>	2.77	58
<u>Laminaria</u> sp.	2.86	57
<u>Pelvetia</u> sp.	3.45	50
<u>Nereocystis luetkeana</u>	2.88	54
Ditto	2.30	44
Least effective:		
<u>Hedophyllum sessile</u>	6.28	26
<u>Laminaria</u> sp.	5.12	34
<u>Alaria marginata</u>	6.48	3

れた⁵⁰⁾。

わが国では、最近 Mosanon (モザノン) と称し、アルギン (Na) を主剤とする農薬 (アルギン酸-Na 50%, 鉱物質微粉, カゼイン-Na, 分散剤, 展着剤等 50%) が市販されている。その 200~300 倍希釈液を

タバコの葉に散布することにより、人為的に TMV (タバコモザイクウイルス) 2 γ 含液を接種しても、その発病率を 90~96% 阻止するという結果が得られた⁵¹⁾。

アメリカなどでは、香辛料と混ぜた海藻粉末 (*Macrocystis* など) が振掛け用として販売されているが、日本では、アオノリ粉末などを振掛け用に行っている。また、アサクサノリやコンブ、ワカメ、ヒジキの加工品が多く市販されている一方、健康食品としてクロレラ、ヒジキ (Alkalon), ワカメ (Viva Natural)⁵²⁾ などの粉末も市販品として出されている。いずれも既に述べたような藻類の特質を強調して作った製品であるが、Viva Natural には藻体粉末ではなく、温水抽出物の乾燥粉末製品もある。

結 言

海藻には直接人体の栄養になる栄養素のほか、人体のもつ消化酵素 (腸内細菌のものは別として) では、少なくとも *in vitro* では作用を受けないような特殊多糖があり、それらは一般的にみて各藻門により構造の著しく異なるものが多い。しかし、これらは動物実験では、それぞれ特有な薬理効果をもっている。例えばフコイダン系硫酸多糖の抗高コレステロール水準効果を始め抗腫瘍効果、または抗血液凝固効果などである。

一方、水溶性の比較的低分子の化合物として、血圧降下能を示すアミノ酸、抗高コレステロール水準効果をもつペプチン類などがあり、アルカリやアルコール可溶性成分として沃素有機化合物や、広い作用スペクトルをもつ抗菌性臭素化フェノール化合物などが知られている。

このような諸事実を総合的に観れば、海藻は、適度にこれを用いれば人体にとって一つの健康増進能をもつ食品と看做さざるを得ない。また、陸上植物には発見できない特殊多糖やアミノ酸が既に発見されているのであるから、将来の研究により、多くの海藻成分の中からは、さらに人体や家畜家禽にとって有効な化合物が発見されるかも知れない。この意味で、海藻は工業分野のみならず医薬分野においても重要な対象物としてさらに根本的に見直す必要があるのではないかと思う。

引用文献

- 1) 宮下 章. 1974. 海藻. 法政大学出版局, 東京.
- 2) 近藤正二. 1964. 長寿と食習慣について. 石橋財

- 団, 東京.
- 3) 西澤一俊. 1976. 多糖類. 林 孝三編. 植物遺伝学: 核酸と生合成産物. 裳華房, 東京.
- 4) PERCIVAL, E. and McDOWELL, R.H. 1967. Chemistry and enzymology of marine algal polysaccharides. p. 219. Acad. Press, New York.
- 4a) 富士川龍郎, 中島克子. 1975. 褐藻におけるフコイダン様多糖の分布. 農化. 49: 455-461.
- 4b) MORI, H., SASAKI, S.F. and NISIZAWA, K. 1977. Analysis of sugar constituents of brown algal polysaccharides in view of comparative biochemistry. Bull. Jap. Soc. Phycol. 25 (Suppl.): 169-187.
- 4c) HIRASE, S. and WATANABE, K. 1972. Fractionation and structural investigation of funoran. p. 451-454. In K. NISIZAWA *et al.* [ed.], Proc. VII Intern. Seaweed Symp. Univ. of Tokyo Press, Tokyo.
- 5) 伊藤啓二. 1969. 海藻の遊離アミノ酸とペプチド. 日本産. 35: 119-129.
- 6) 村上信二, 竹本常松, 鄭 然昌, 醍醐皓二, 高木信也. 1955. 海人草有効成分の研究 (第10報). α -アロカイニン酸について. 薬学雑誌 75: 1252-1257.
- 7) 竹本常松. 1959. ドウモイ酸. 化学 14: 326-330.
- 8) 竹本常松, 醍醐皓二, 高木信也. 1964. 海藻の降圧性成分に関する研究 (第1報). ミツイシコンブの新成分 Laminine およびその他の塩基性成分. 薬学雑誌 84: 1176-1179.
- 9) 竹本常松, 醍醐皓二, 高木信也. 1965. 海藻の降圧性成分に関する研究 (第3報). コンブ科海藻中の Laminine の分布調査. 薬学雑誌 85: 37-40.
- 10) 阿部重信, 金田尚志. 1967. 水産物のシロネズミコレステロール代謝におよぼす影響に関する研究 VII. コレステロールの体分布とその排泄量におよぼすアサクサノリの影響. 1967. 日本産. 33: 1050-1056.
- 11) ABE, S. and KANEDA, T. 1973. Studies on the effect of marine products on cholesterol metabolism in rats IX. Effect of betains on plasma and liver cholesterol levels. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 39: 391-393.
- 12) ABE, S. and KANEDA, T. 1973. Studies on the effect of marine products on cholesterol metabolism in rats VIII. Isolation of hypocholesterolemic substance from green laver. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 39: 383-389.
- 13) ABE, S. and KANEDA, T. 1975. Studies on the effect of marine products on cholesterol metabolism in rats XI. Isolation of a new betaine, Ulvaline, from a green laver *Monostroma nitidum* and its depressing effect on plasma cholesterol levels. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 41: 567-571.
- 14) 稲垣長典. 1947. 海藻の化学的利用に関する研究. 食料の科学 1: 194-195.
- 15) TSUCHIYA, Y. 1969. Comparative hypocholesterolemic activities of marine algae. p. 747-757. In R. MARGALEF [ed.], Proc. VI Intern. Seaweed Symp. Subsecretaria de la Marina Mercante, Madrid, Spain.
- 16) 金田尚志, 徳田節子, 荒井君枝. 1963. 水産物のコレステロール代謝におよぼす影響に関する研究 I. 食用海藻の効果. 日本産. 29: 1020-1023.
- 17) 金田尚志, 荒井君枝. 1964. 水産物のシロネズミコレステロール代謝におよぼす影響 III. オオバモク脂質の効果. 日本産. 30: 589-593.
- 18) 小林 毅, 長山英男, 和田せつ. 1975. ヒジキ中の新 activator フィトールによる腓エステラーゼ活性の促進. 農化. 49: 149-155.
- 19) 入江 遠. 1969. 海藻の含臭素有機化合物. 日化. 90: 1179-1195.
- 20) BHAKUNI, D.S. and SILVA, M. 1974. Biodynamic substances from marine flora. Botanica Marina 17: 40-51.
- 21) MAUTNER, H. G., GARDNER, G. M. and PRATT, R. 1953. Antibiotic activity of seaweed extracts II. *Rhodolema larix*. J. Am. Pharm. Assoc. 42: 294-296.
- 22) GLOMBITZA, K.-W., STOFFELEN, H., MURAWSKI, U., BIELACZEK, J. and EGGE, H. 1974. Antibiotica aus Algen. 9. Mitt. Bromophenole aus Rhodomelaceen. Planta Medica 25: 105-114.
- 23) 斉藤 要, 鮫島宗雄. 1955. 海藻成分の抗菌性について (第3報). 農化. 29: 427-429.
- 24) 蔵田一哉. 1976. 紅藻から単離した臭素化フェノール化合物の抗菌性について. 日本水産学会大会講演要旨, 下関, p. 106.
- 25) 中島宜彦 (代理人), Chiba Ltd. (出願人). 1960. 新規な多糖類物質の製法. 特許公報, 昭 35-3098. p. 1-5.
- 26) 木村 潤. 1941. 海藻中ニ含マレル血液凝固阻止物質ニツイテ. Acta Medica Hokkaidonensia 19: 427-436.
- 27) HAWKINS, W. W. and LEONARD, V. G. 1958. The physiological activity of laminarin sulphate. Can. J. Biochem. Physiol. 36: 161-170.
- 28) HAWKINS, W. W. and O'NEILL, A. N. 1955. The anticoagulant action in blood of sulphated derivatives of laminarin. Can. J. Biochem. Physiol. 33: 545-552.
- 29) HONG, K. C., CRUESS, R. L. and SKORYNA, S. C. 1972. The effect of *Hypnea japonica* extract on bone metabolism in the rat. p. 566-568. In K. NISIZAWA *et al.* [ed.], Proc. VII Intern. Seaweed Symp. Univ. of Tokyo Press, Tokyo.

- 30) ABDEL-FATTAH, A. F., HUSSEIN, M. M. -D. and SALEM, H. M. 1974. Studies on the purification and some properties of sargassan, a sulphated heteropolysaccharide from *Sargassum linifolium*. Carbohydr. Res. 33: 9-17.
- 31) 阿部重信, 金田尚志. 1967. 水産物のシロネズミコレステロール代謝におよぼす影響に関する研究 VI. アサクサノリ中の有効成分の分別(2). 日水産. 33: 361-366.
- 32) ITO, K. and TSUCHIYA, Y. 1972. The effect of algal polysaccharides on the depressing of plasma cholesterol levels in rats. p. 558-561. In K. NISIZAWA *et al.* [ed.], Proc. VII Intern. Seaweed Symp. Univ. of Tokyo Press, Tokyo.
- 33) 中沢昭三, 黒田浩之, 安部史紀, 西野武志, 大槻雅子, 梅崎 勇. 1974. 海藻成分の抗腫瘍作用に関する研究(第1報). Chemotherapy 22: 1435-1442.
- 34) 中沢昭三, 安部史紀, 黒田浩之, 河野啓三, 東忠英, 梅崎 勇. 1976. 海藻成分の抗腫瘍作用に関する研究(第2報). *Sargassum horneri* について. Chemotherapy 24: 443-447.
- 35) 中沢昭三, 安部史紀, 黒田浩之, 河野啓三, 東忠英, 梅崎 勇. 1976. 海藻成分の抗腫瘍作用に関する研究(第3報). *Codium pugniformis* について. Chemotherapy 24: 448-450.
- 36) YAMAMOTO, I. and NAGUMO, S. 1973. Sarcoma-180 固型腫瘍に対するコンブおよび *Sargassum* の腫瘍阻止作用について. 日本癌学会総会講演要旨. p. 1225.
- 37) ITO, H. and SUGIURA, M. 1976. Antitumor polysaccharide fraction from *Sargassum thunbergii*. Chem. Pharm. Bull. 24: 1114-1115.
- 38) WATANABE, Y. 1968. Harmful effects of nicotine can be prevented by intake of Undaria. Oral presentation at the general meeting of Nippon Dietetical and Foodtechnology Society (cited from the reference, 39).
- 39) TAKAGI, K. 1975. Seaweeds as Medicine. p. 321-325. In J. TOKIDA and H. HIROSE [ed.], Advances of Phycology in Japan. Gustav Fisher, Jena.
- 40) 金沢昭夫. 1963. 藻類のビタミン. 日水産. 29: 713-731.
- 41) 和田常子. 1975. 海藻の研究法. p. 50-51. PO 出版社.
- 42) 下川洪平, 堀部信好, 寺町雅子, 森 仁. 1971. 食衛誌. 12: 330-332.
- 43) 鈴木浜治, 小柳 卓, 佐伯誠道. 1976. 海水中の希土類元素と海産生物による取り込みの研究. 放射線医学総合研究所特別研究, NIRS-R-5. 25-27.
- 44) SKORYNA, S. C., WALDRON-EDWARD and PAUL, T. M. 1965. Suppression of intestinal absorption of radiostrontium by substances occurring in Phaeophyceae. p. 395-404. In G. YOUNG and J. L. MCLACHLAN [ed.], Proc. V Intern. Seaweed Symp. Pergamon, London.
- 45) SKORYNA, S. C. and TANAKA, Y. 1968. Biological activity of fractionation products of brown marine algae. p. 737-746. In R. MARGALEF [ed.], Proc. VI Intern. Seaweed Symp. Subsecretaria de la Marina Mercante, Madrid, Spain.
- 46) SKORYNA, S. C., HONG, K. C. and TANAKA, Y. 1972. Effects of enzymic degradation products of alginates on intestinal absorption of radiostrontium. p. 605-607. In K. NISIZAWA *et al.* [ed.], Proc. VII Intern. Seaweed Symp. Univ. of Tokyo Press, Tokyo.
- 47) TANAKA, Y., HURLBERT, A. J., ANAGELOFF, L. and SKORYNA, S. C. 1972. Application of algal polysaccharides as in vivo binders of metal pollutants. p. 602-604. In K. NISIZAWA *et al.* [ed.], Proc. VII Intern. Seaweed Symp. Univ. of Tokyo Press, Tokyo.
- 48) PASKINS-HURLBURT, A. J., TANAKA, Y. and SKORYNA, S. C. 1976. Isolation and metal binding properties of fucoidan. Botanica Marina 19: 327-328.
- 49) 新鞍 宏編. 1976. アルギット農業実績発表全国大会発表要旨記録集. 全国アルギット農業推進協議会主催, 山口市.
- 50) JENSEN, A. 1972. The nutritive value of seaweed meal for domestic animals. p. 7-14. In K. NISIZAWA *et al.* [ed.], Proc. VII Intern. Seaweed Symp. Univ. of Tokyo Press, Tokyo.
- 51) 山科裕郎. 1976. MOSANON 解説. 三菱化成工業, 東京.
- 52) 柳沢文正, 原 敏之. 1971. ササロンとアルカロン. 大衆医学社, 東京.
- 53) 遠山文雄. 1976. 健康管理のしおり. 海藻資源開発(株), 東京.

吉田忠生*: クルゼンシュテルン提督の航海とホンダワラ類研究の発達

Tadao YOSHIDA*: Circumnavigation of Captain KRUSENSTERN
and the study of *Sargassum* in Japan

日本沿岸産の海藻の標本がヨーロッパに持ち帰られてリンネの体系に基く分類学的研究の対象となったのは Carl Peter THUNBERG の採集品が最初のものと言ってよいであろう。彼が1775年から1776年にかけて日本に滞在した間に3種のホンダワラ類を採集した。このことに関しては山田 (1955) が述べている。海藻分類学の歴史上、THUNBERG の旅行よりも更に重要なのは Adam Johann von KRUSENSTERN (И.Ф. Крузенштерн, 1770-1846, Fig. 1) の航海であろう。岡村 (1916) はクルゼンシュテルン号という船の名前として記述している。ロシア皇帝 ALEXANDER の命を受けた使節 N. P. RESANOFF を伴った彼の1803年から1806年にわたる世界一周航海がそれである。その航海記は1810年から1813年にかけてロシア語とドイツ語で出版され、いくつかの国語に訳されている (KRUSENSTERN, 1813)。日本語の部分訳は羽仁五郎によって行なわれ、「日本紀行」と題し、異国叢書の一部として発行されている。1815年に発行された海図に日本海 *Japanisches Meer* の名前がはじめて使用されていることでも彼の名前は知られている。彼の指揮の下、ナデシュダ、ネヴァの2艘は1803年8月レニングラードに近いバルト海に面したクロンシュタットを出港した。大西洋を南下し、アメリカ大陸南端のホーン岬を廻って太平洋に出て、カムチャッカのペトロハプロフスクに向い、ナデシュダ号はここから南下して本州東岸から九州南部を経て1804年10月8日 (文化元年9月6日) 長崎港に着いた (Fig. 2)。RESANOFF 使節は1792年根室に來たロシア使節 A. K. LAXMANN の後を受けて幕府と通商交渉を行ったのである。6カ月の滞在にもかかわらず交渉は不調に終って、1805年4月18日 (文化2年3月19日) 長崎を出港した。この事柄は歴史書には必ず記述されているよく知られた事件である。長崎を出てから彼等は朝鮮海峡から日本海に入り、北海道西岸、樺太を調査して、カムチャッカに帰った。その後インド洋、喜望岬を経て1806年8月母国へ戻った。ナデシュダ号には天文学者としてスイス生れの HORNER、博物学者としてゲッチンゲンで医術を学んだ G. H. von LANGSDORFF (Fig. 3)、ラ



Fig. 1. Captain A. J. KRUSENSTERN

イブチツヒ宮廷顧問の W. G. TILESIIUS など85名が乗組んでいた。この3人がそれぞれ海藻の採集を行ったのである。このうち LANGSDORFF は日本を離れてからカムチャッカで下船し、別の船でアメリカ沿岸を旅行した。

彼等3人が採集した標本を基にして多数の種が記載された。まず HORNER と LANGSDORFF の採集品はブレーメンの F. K. MERTENS を通じて Dawson TURNER に渡され、彼の *Historia Fucorum* Vol. 1 (1808), Vol. 2 (1809), Vol. 3 (1811) の中で図を伴って発表された。SETCHELL (1939) によると、この標本の一部はキューの Hooker Herbarium にあり、残りは MERTENS に戻され、その後紛失してしまった。ここで記載された種は下記のようなものである。*Fucus horneri* TURNER, *Hist. Fuc.* 1: 34, *pl.* 17.

In the Straights of Corea. HORNER (アカモク) *F. pilulifer* TURNER, *l.c.* 1: 145, *pl.* 65. In the

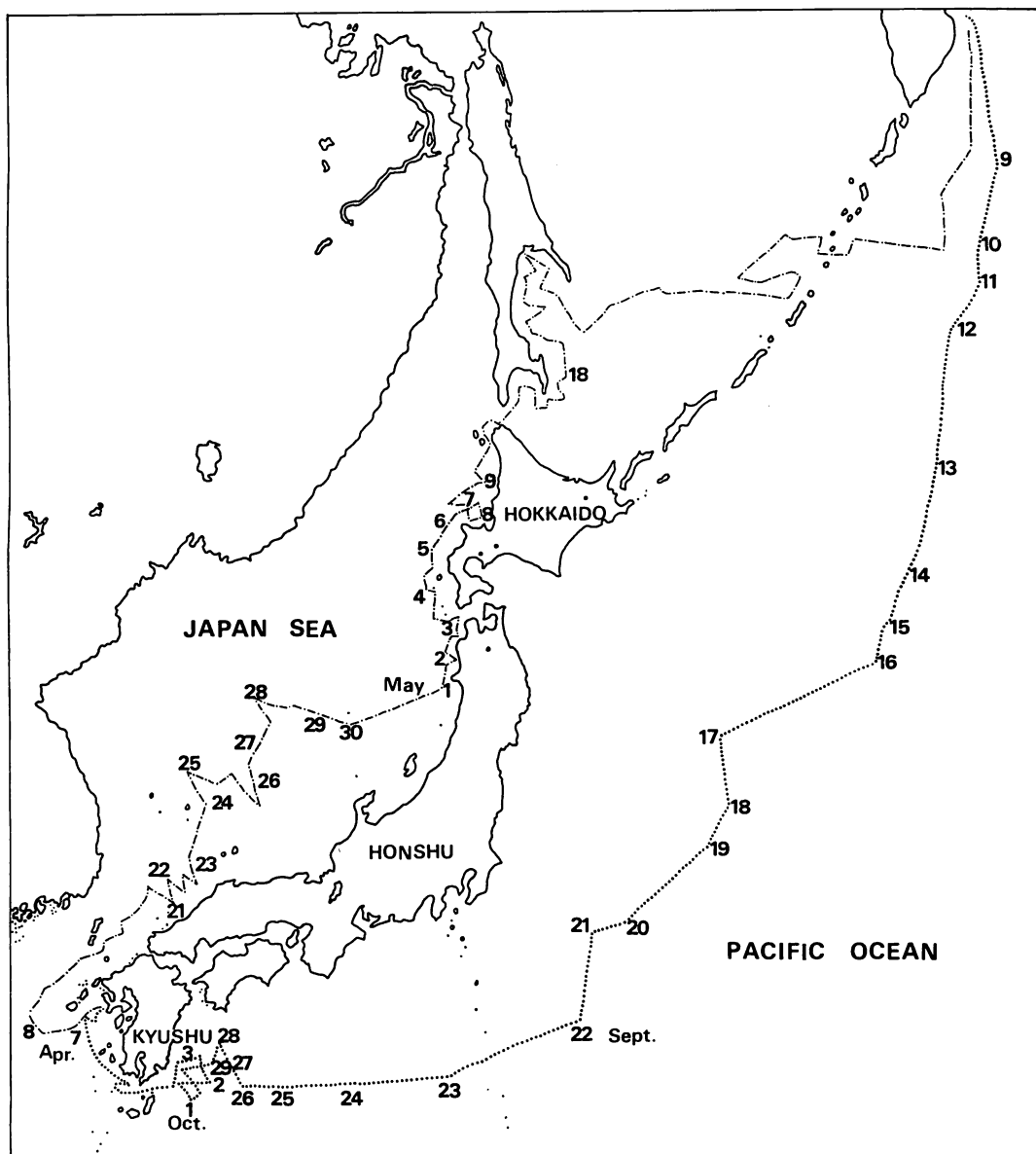


Fig. 2. Course of the russian ship Nadeshda, before and after the visit to Nagasaki, 1804-1805.

Harbour of Nangasaki. HORNER (マメタワラ)
F. pilulifer var. *major* TURNER, l.c. 1: 145. In
the Harbour of Nangasaki. HORNER
F. fulvellus TURNER, l.c. 1: 147, pl. 66. In the
Streights of Corea. HORNER (ホンダワラ)
F. pallidus TURNER, l.c. 1: 149, pl. 67. In the
Streights of Corea. HORNER
F. siliquastrum TURNER, l.c. 2: 26, pl. 82. In the
Harbour of Nangasaki. HORNER

F. myagroides TURNER, l.c. 2: 28, pl. 83. In the
Harbour of Nangasaki. HORNER (ジヨロモク)
F. longifolius β *tenuifolius* TURNER, l.c. 2: 88.
In the Harbour of Nangasaki. HORNER
F. longifolius γ *angustifolium* TURNER, l.c. 2: 88,
pl. 104, f. b-d. In the Harbour of Nangasaki.
HORNER.
F. sisymbrioides TURNER, l.c. 2: 150, pl. 129. In
the Straights of Corea. HORNER



Fig. 3. G.H. von LANGSDORFF.

- F. microceratius* TURNER, l.c. 2: 152, pl. 130. In the Straights of Corea. HORNER
F. crassipes TURNER, l.c. 2: 154, pl. 131. In the sea near Japan. HORNER (ネプトモク)
F. scoparius TURNER, l.c. 2: 156, pl. 132. In the Straights of Corea. HORNER
F. langsdorfii TURNER, l.c. 3: 76, pl. 165. On the coast of Japan. LANGSDORFF (スギモク)
F. hemiphyllus TURNER, l.c. 3: 85, pl. 169. At Nagasaki. HORNER (イソモク)

TILESIIUS の採集品の一部は C. A. AGARDH の元に届けられ、それに基づいて彼のいくつかの著作中で発表された。Species algarum (1821), Systema algarum (1824) の記述に従ってそれらを列挙すると次のようである。

- Fucus tilesii* C. AGARDH, Alg. Decas N. 1. In mari Japonico. TILESIIUS
F. tortilis C. AGARDH, l.c. N. 2. In mari Brasil-
 iensi¹⁾. TILESIIUS (ヨレモク)
F. pinnatifolius C. AGARDH, l.c. N. 3. In archi-

¹⁾ 航海の途中でブラジルのサンタカタリナに寄港しているの、そこで採集された可能性は残るけれども、後の研究者は日本に採集されたものであるとしている。

pelago Japonico. TILESIIUS

- F. filifolius* C. AGARDH, l.c. N. 4. In mari Japonico. TILESIIUS
F. serratifolius C. AGARDH, l.c. N. 31. In mari Japonico prope Satsuma. TILESIIUS (ノコギリモク)
F. heterophyllus C. AGARDH, l.c. N. 32. In mari Japonico. TILESIIUS
F. cystophyllus C. AGARDH, Syn. Introd. 41. In mari Japonico. TILESIIUS
F. swartzii C. AGARDH, Act. Holm. 1815: 105. In archipelago Japonico. TILESIIUS
F. patens C. AGARDH, Act. Holm. 1815: 244. In mari Japonico. TILESIIUS (ヤツマタモク)
Sargassum enerve C. AGARDH, Spec. Alg. 17. In oceano. TILESIIUS
S. acinaria β *pyncocystum* C. AGARDH, l.c. 23. In mari Coreano. TILESIIUS
S. macrocarpum C. AGARDH, l.c. 36. In mari Japonico. TILESIIUS
S. confusum C. AGARDH, Syst. Alg. 301. In mari Japonico. TILESIIUS (フシスジモク)

更に F. T. KÜTZING は TILESIIUS の採集品の一部をプレスラウの HENSCHEL を通じて受けとり、それに基づいて

- Spongocarpus enervis* KÜTZING, Bot. Zeit. 1843: 55. China. TILESIIUS.
Halochroa pachycarpa KÜTZING, l.c. 1843: 55. Japanisches Meer. TILESIIUS
H. macracantha KÜTZING, l.c. 1843: 55. Japanisches Meer. TILESIIUS
H. polyacantha KÜTZING, l.c. 1843: 56. Japanisches Meer. TILESIIUS
H. micracantha KÜTZING, l.c. 1843: 56. Japanisches Meer. TILESIIUS (トゲモク)
H. tenuis KÜTZING, l.c. 1843: 56. Japan. TILESIIUS
H. schizophylla KÜTZING, l.c. 1843: 56. Japan. TILESIIUS
Myagropsis camelina KUTZING, l.c. 1843: 57. Japanisches Meer. TILESIIUS.
Carpacanthus trichophyllus KÜTZING, l.c. 1843: 57. Japanisches Meer. TILESIIUS

を記載した。

KRUSENSTERN (1813) の記録によると、カムチャッカから長崎までは日本の太平洋岸を通り、長崎到着ま

で四国や九州南部の海岸の見える距離まで近づいたことはあるけれども、港に寄ってはいない。また長崎港滞在中も病気の RESANOFF とその従者数人、LANGSDORFF が長崎市内の梅が崎に宿泊したこと、木鉢の海岸のごくわずかの範囲で散歩できたことを除いて上陸を許可されていない。長崎出港後も日本沿岸に立寄らない様に指示されていて、男鹿半島からは海岸沿いに北上し、最初に上陸したのは宗谷岬附近である。ここで LANGSDORFF (1813) が *Fucus saccharinus*, *F. perforatus*, *F. graminoides*, *F. siliculosus* などの海藻を見たということ以外に海藻などの記録はない。

このような状況の航海中に採集されたホンダワラ類であるから、TURNER などの記述によっても基部のない標本ばかりであり、図を見ても体の先端部のみであることがわかる。これらの標本はその殆んどすべてが流れ藻となったホンダワラ類を航海中、碇泊中に拾ったものと想像される。

ホンダワラ類の研究が困難な理由の1つは、この KRUSENSTERN の航海における採集品のように、タイプ標本が極めて不完全な断片であり、原産地を確定することも難しいことにある。このような状況は HORNER 等だけでなく、MONTAGNE 等19世紀前半の間に採集、記載された他の種類についても全く同様である。

□Erik Flügel (ed.), Fossil Algae pp. 375., Springer-Verlag, Berlin 1977.

従来は、古生代以前、すなわち先カンブリア代からは化石は出現しないものと考えられていた。しかし、最近では20億年前、または30億年前という先カンブリア代の古い地層からも細菌類、菌類または藻類と思われる化石も見つかり、それと似た現生の植物についての研究から、化石のでき方や古代生態系についての研究もさかに行なわれるようになっていく。編者も述べているように、この20年間でのこの方面の研究の進み具合はまことにめざましいものがある。

この書物は、このような背景のもとに1975年10月西独（於 Institute of Paleontology, University Erlangen-Nürnberg）に於て行われた第1回国際化石藻類シンポジウムの折の講演集である。約130名が参加し、55題の講演が行われたということであるが、これにはその中の37点が集録されている。またこれら

引用文献

- AGARDH, C. 1821. Species algarum ... Gryphuswaldiae.
- AGARDH, C. 1824. Systema algarum. Lund.
- KRUSENSTERN, A. J. von 1813. Voyage round the world, in the years 1803, 1804, 1805, & 1806, ..., on board the ships Nadeshda and Neva, ... 2 vols. Translated from the original German by R. B. Hoppner. London.
- KÜTZING, F. T. 1843. Über die Eigenthümlichkeit der Vegetation in den chinesischen und japanischen Meeren. Bot. Zeit. 1: 53-57.
- LANGSDORFF, G. H. von 1813. Voyage and travels in various parts of the world, during the years 1803, 1804, 1805, 1806, and 1807. Vol. 1. London.
- 岡村金太郎 1916. 本邦海藻学発達の歴史. 植維. 30: 1-24.
- SETCHELL, W. A. 1933. Some early algal confusions II. Univ. Calif. Publ. Bot. 17: 187-254.
- TURNER, Dawson 1808-1811. Historia Fucorum ... Vol. 1-3. London.
- 山田幸男 1955. C. P. THUNBERG の邦産海藻標本に就いて, 藻類 3: 81-83.

* 北海道大学理学部植物学教室 (060 札幌市北区北10条西8丁目)

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

は、1. Blue-Green Algae and Stromatolites (1-14), 2. Green Algae (15-16), 3. Red Algae (17-20), 4. Problems of Affinities (21-23), 5. Biometry (24), 6. Ultrastructure (25), 7. Algae and Sedimentary Environments (26-37) の7つの Section に分けられ上述の順序で編集されているが、この中の Monty (2) によるストロマトライトについての報文, Herak (15) によるカサノリ類 (Dasyclad Algae) についての報文, Wray (17) と Poignant (18) による古生代と中生代の紅藻類についての報文は基礎的な化石藻類の分類についての総説とも云うべきものであり、Section 7 では現生や古代の環境での示相としてのまたは堆積物の形成過程を知る上での藻類の役割といった問題が取り扱われている。これらの報文は地質学者の手になるものであり藻学者には難解な個所も多いが、一読の価値は十分である。



学 会 録 事

1. 日本藻類学会第2回春期大会

第1回大会に引き続いて第2回大会も東京学芸大学AVホールを主会場として、学会会長西沢一俊、大会会長小林弘の下に行なわれた。第1回大会の折はちょうど満開であった桜は今年は寒冷な気候のため約1週間遅れ、春の華いだ気分を満喫するには程遠い状況であったが、これにひきかえ、大会の方は昨年度の参加97名を大きく越える110名の参加を得て、25題の研究発表が活発に行われ、非常に盛大であった。大会終了後、学内で懇親会が開かれたが、北は北海道から南は沖縄まで、参加者66名を数え、ビールを酌みかわし、なごやかな、誠に楽しい一時を過した。ここに、大会ならびに懇親会について会場の設営と運営に尽力下さった東京学芸大学当局ならびに、関係者各位に対し心からのお礼を申し上げる次第である。

2. 評議員会・編集委員会合同会議報告

53年4月1日、本学会第2回春季大会当日(12:00～13:30)に評議員会・編集委員会合同会議を開き、次のような件について報告、審議した。

(1) 会員状況(53.3.31現在) 普通会員443名、学生会員39名、団体会員37名、賛助会員13名、外国会員45名。

(2) 山田先生追悼号寄贈の件 52年10月の総会で報告されたように、追悼号刊行事業が会員諸氏の協力に

よって無事に終了し、事務処理、会計監査も完了した。

刊行事業委員会(代表黒木宗尚氏)から記念号265部と事業会計残金496,026円が本学会に寄贈された。記念号は学会事務局で販売し、売上金は事業会計残金と併せ、将来は学会賞(山田賞)などの基金に当てる予定である。

(3) 日米科学セミナー記録寄贈の件 昭和46年8月札幌で開催された日米科学セミナー記録刊行事業が終了し、記録刊行事業委員会(代表黒木宗尚氏)から、記録493部が本学会に寄贈された。これは学会事務局で販売し、売上金は学会会計に繰入れる。

(4) コンプに関する講演会の記録寄贈の件 昭和49年9月札幌で開催されたコンプに関する講演会の記録刊行事業が終了し、記録刊行事業委員会(代表中村義輝氏)から、記録350部と事業会計残金25,353円が本学会に寄贈された。記録は学会事務局で販売し、売上金は学会会計に繰入れる。

(5) 52年度学会会計決算報告ならびに会計監査報告の件(この件については秋の総会に提出、承認を受ける)。

(6) 54・55年度役員選出の件 現会長ならびに評議員は53年12月31日で任期が終るので8月中旬に選挙人名簿、投票用紙を発送し、9月中旬投票締切、開票の予定である。

(7) 53年度本学会総会ならびに懇親会の件 9月28日～30日に千葉大学で、開かれる日本植物学会を機に、

本学会の53年度総会ならびに懇親会を9月28日夕方に、評議員会と編集委員会の合同会議を前日の9月27日夕方に開催の予定である。

(8) 学会誌「藻類」編集に関する件 会誌の大きさをB5 2段組みに変えること、1号40頁を48頁に増頁することについては、すでに51年度総会(cf. 24: 168)において決定済みであったが、その53年度からの実施に当たり、投稿規定、雑誌の表紙等の体裁・雑誌の英文名の決定などを早急に詰める必要があり、52年度大会および総会での合同会議(cf. 25: 222)および53年1月21日(在京役員会)、同2月14日(持廻り評議員会、

編集委員会合同会議)、同2月25日(在京役員会)などを経て、最終的には、すでに26巻1号に見られるような形に決定を見たことが報告された。

①表紙のデザインは応募6点中から小林編集長のもものが選ばれ、②表紙の色としては、26巻にはToyoインキ CF48(濃赤色)が、27巻にはCF116(濃褐色)が、また28巻にはCF195(濃緑色)が使用されること、③26巻2号から雑誌の表紙上に簡潔にBull. Jap. Soc. Phycol. に続くものであることを表示することが決議された。

新 入 会

住 所 変 更

退 会

津山 尚，曾根規元，大内康敬，土屋靖彦，小沢 肇，片山勝介，斉藤宗勝，岸本千江子，篠崎正人，富士川謬，川又書店，千葉大附属図書館

賛 助 会 員

社団法人北海道水産資源技術開発協会 060 札幌市中央区北3条西7-1 水産会館内
 海藻資源開発株式会社 160 東京都新宿区新宿1-29-8 財団法人公衆衛生ビル内
 協和醸酵工業株式会社農水産開発室 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・白寿保健科学研究所・原昭邦 173 東京都板橋区大山東町32-17
 浜野顕微鏡商店 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1796
 山本海苔研究所 143 東京都大田区大森東5-2-12
 弘学出版株式会社 森田悦郎 214 川崎市多摩区生田8580-61
 永田克己 410-21 田方都窪山町四日町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 熊毛郡田布施町波野962-1

◎書籍頒布について 会員および、その他ご希望の方に頒布致しますので 代金を添えて学会事務局までお申し込み下さい。

- (1) 山田幸男先生追悼号 本学会では昨年 8 月に故山田幸男先生の 追悼号を刊行致しました。この事業は、追悼号刊行実行委員会の手で進められ、その経費はすべて各界各位の寄附金によって充当されました。A5 版 i~xxviii, 1~418 頁, 山田先生の遺影・経歴・業績一覧・追悼文および 内外の藻類学者より寄稿された論文 50 編 (英文 26, 和文 24) が掲載されています。価格, 国内 5500 円, 国外 6000 円 (含送料)。
- (2) 北海道周辺のコンブ類と 最近の増・養殖学的研究 昭和 49 年 9 月 3 日札幌で行われた日本植物学会の折, 日本藻類学会主催で「コンブに関する講演会」が開かれましたが, そのときの記録が刊行されたものです。B5 版, 65 頁, 発表論文 4 件の研究報告と討論の要旨が掲載されています。価格, 700 円 (含送料)
- (3) Contributions to the systematics of the benthic marine algae of the North Pacific (I.A. Abbott & M. Kurogi ed.) 昭和 46 年 8 月に札幌で開かれた北大平洋産海藻に関する 日米科学セミナーの記録です。B5 版, i~xiv, 1~280 頁, 16 図版, 20 編の研究報告を掲載。価格, 国内 3000 円, 国外 4000 円 (含送料)。

昭和 53 年度役員

会 長 西澤一俊
総務幹事 山岸高旺
庶務幹事 古谷康造
会計幹事 岡崎恵視

編 集 委 員 会

委 員 長 小林 弘

委 員 秋山 優・新崎盛敏・今堀宏三・
黒木宗尚・館脇正和・千原光雄・
広瀬弘幸
幹 事 市村輝宜・大島海一

Officers for 1978

President : Kazutosi NISIZAWA
Secretary general : Takaaki YAMAGISHI
Secretary : Kurazo FURUYA
Treasurer : Megumi OKAZAKI

Editorial Board

Hiromu KOBAYASI (Tokyo) Editor in Chief
Masaru AKIYAMA (Shimane) Seibin ARASAKI (Tokyo)
Mitsuo CHIHARA (Tsukuba) Hiroyuki HIROSE (Kobe)
Kozo IMAHORI (Osaka) Munenao KUROGI (Sapporo)
Masakazu TATEWAKI (Muran) Secretaries : Terunobu ICHIMURA, Kaiichi OOSHIMA

学会に関する通信は、(〒184) 東京都小金井市貫井北町 4-1-1 東京学芸大学生物学教室内 日本藻類学会幹事宛とし、幹事の個人名は使用しないで下さい。

Manuscripts and other correspondences should be addressed to the Japanese Society of Phycology, c/o Department of Botany, Tokyo Gakugei University, Koganei, Tokyo, 184 Japan

昭和 53 年 6 月 20 日 印刷
昭和 53 年 6 月 25 日 発行

編集兼発行者 小 林 弘
〒184 東京都小金井市貫井北町 4-1-1
東京学芸大学生物学教室内

印 刷 所 学術図書印刷株式会社
東京都練馬区豊玉北 2-13

発 行 所 日 本 藻 類 学 会
〒184 東京都小金井市貫井北町 4-1-1
東京学芸大学生物学教室内
東京 振替 6-41999



藻 類

目 次

山田剛通・猪川倫好・西沢一俊：オオハネモ (<i>Bryopsis maxima</i>) の RuDP カルボキシラーゼの部分精製とその二・三の性質 …………… (英文)	49
鯉坂哲朗・梅崎 勇：培養によるイシモズク (褐藻類ナガマツモ目) の生活史の研究 …… (英文)	53
渡辺 信：クロロサルシナ目の 1 新種 <i>Planophila communis</i> …………… (英文)	61
三上日出夫：ニュージーランドの <i>Laingia hookeri</i> (紅藻, コノハノリ科) について ……………	65
野呂忠秀：海産緑藻 <i>Dunaliella tertiolecta</i> の生育に及ぼす Mn の影響 ……………	69
総 説	
西澤一俊：薬剤としてみた海藻 ……………	73
ノ ー ト	
津村孝平：珪藻混種プレパラートの指示標識 ……………	59
後藤敏一：珪藻植生の研究に際しての生細胞と死細胞を判定する方法 ……………	68
吉田忠生：クルゼンシュテルン提督の航海とホンダワラ類研究の発達 ……………	89
学会録事 ……………	93

評議員会並に編集委員会の議をへて、26巻1号から雑誌の体裁とその英文名を“The Japanese Journal of Phycology”に変更しました。しかし、巻次は継続します。
