

藻類

The Japanese Journal of Phycology (Sôruï)

第49卷 第1号 2001年3月10日



日本藻類学会

THE JAPANESE SOCIETY OF PHYCOLOGY

日本藻類学会

日本藻類学会は1952年に設立され、藻学に関心を持ち、本会の趣旨に賛同する個人及び団体の会員からなる。本会は定期刊行物 *Phycological Research* (英文誌) を年4回、「藻類」(和文誌) を年3回刊行し、会員に無料で頒布する。普通会員は本年度の年会費8,000円(学生は5,000円)を前納するものとする。団体会員の会費は15,000円、賛助会員の会費は1口30,000円とする。

2001年1月1日より問い合わせ、連絡先が変わりました

問い合わせ、連絡先

(庶務) 〒990-8560 山形市小白川町1-4-12 山形大学理学部生物学科

菱沼 佑 Tel 023-628-4615 Fax 023-628-4625 e-mail hishinum@sci.kj.yamagata-u.ac.jp

(会員事務担当：入退会、住所変更、会費) 〒780-8520 高知市曙町2-5-1 高知大学理学部自然環境学科

峯 一朗 Tel 088-844-8309 Fax 088-844-8356 e-mail mine@cc.kochi-u.ac.jp; jsphycol@anet.ne.jp

(会計) 〒990-8560 山形市小白川町1-4-12 山形大学理学部生物学科

半澤直人 Tel 023-628-4613 Fax 023-628-4625 e-mail hanzawa@sci.kj.yamagata-u.ac.jp

和文誌「藻類」への投稿：〒108-8477 港区港南4-5-7 東京水産大学資源育成学科

田中次郎 Tel & Fax 03-5463-0526 e-mail jtanaka@tokyo-u-fish.ac.jp

英文誌 *Phycological Research* への投稿：〒051-0003 室蘭市母恋南町1-13 北海道大学理学部附属海藻研究施設

本村泰三 Tel 0143-22-2846 Fax 0143-22-4135 e-mail motomura@bio.sci.hokudai.ac.jp

日本藻類学会ホームページ <http://www.kurcis.kobe-u.ac.jp/sorui/>

2001-2002年役員

会長：原 慶明 (山形大学)

庶務幹事：菱沼 佑 (山形大学)

庶務幹事：峯 一朗 (高知大学) (会員事務担当)

会計幹事：半澤直人 (山形大学)

評議員：鯉坂哲朗 (京都大学)

天野秀臣 (三重大学)

飯間雅文 (長崎大学)

出井雅彦 (文教大学短期大学部)

大野正夫 (高知大学)

川井浩史 (神戸大学)

齋藤宗勝 (盛岡大学短期大学部)

田中次郎 (東京水産大学)

寺脇利信 (瀬戸内海区水産研究所)

南雲 保 (日本歯科大学)

野呂忠秀 (鹿児島大学)

藤田大介 (富山県水産試験場)

堀 輝三 (筑波大学)

堀口健雄 (北海道大学)

御園生拓 (山梨大学)

横浜康継 (志津川町自然環境活用センター)

渡辺 信 (国立環境研究所)

和文誌編集委員会

委員長：田中次郎 (東京水産大学)

副委員長：南雲 保 (日本歯科大学)

実行委員：飯間雅文 (長崎大学)

石田健一郎 (British Columbia 大学)

出井雅彦 (文教大学短期大学部)

大野正夫 (高知大学)

長田敬五 (日本歯科大学)

神谷充伸 (神戸大学)

北山太樹 (国立科学博物館)

洲崎敏伸 (神戸大学)

藤田大介 (富山県水産試験場)

堀口健雄 (北海道大学)

村上明男 (神戸大学)

委員：井上 勲 (筑波大学)

今井一郎 (京都大学)

大野正夫 (高知大学)

岡崎恵視 (東京学芸大学)

片岡博尚 (東北大学)

藤田雄二 (長崎大学)

堀 輝三 (筑波大学)

横浜康継 (志津川町自然環境活用センター)

渡辺 信 (国立環境研究所)

北海道東部沿岸に生育する寒海産コンブ目数種の 夏季の光合成—光特性

坂西 芳彦・飯泉 仁

水産庁北海道区水産研究所 (085-0802 北海道釧路市桂恋 116)

Yoshihiko Sakanishi and Hitoshi Iizumi: Photosynthetic responses to light in summer sporophytes of cold water species of Laminariales from the eastern coast of Hokkaido. Jpn. J. Phycol. (Sorui) 49:1 - 6.

Photosynthetic response to light was examined on summer sporophytes of cold water species of Laminariales, i.e. *Laminaria diabolica*, *L. angustata*, *L. longissima*, *L. coriacea*, *Costaria costata*, *Arthrothamnus bifidus* and *Alaria praelonga* from the eastern coasts of Hokkaido. Photosynthesis and dark respiration were measured at 10°C, which was close to the *in situ* temperature by a Clark-type oxygen electrode system with discs cut out of the middle part of a blade. Photoinhibition did not occur within the investigated range up to 400 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ in all species. In spite of lower temperature, the cold water species of Laminariales showed higher light-saturated net photosynthetic rates (19.7 - 38.0 $\mu\text{L O}_2 \text{ cm}^{-2} \text{ h}^{-1}$), which were equal to those at 20°C of warm water species of Laminariales. Dark respiratory rates of cold water species were between 2.3 and 5.0 $\mu\text{L O}_2 \text{ cm}^{-2} \text{ h}^{-1}$. I_k values and compensation points ranged from 35.5 to 66.7 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ and from 3.5 to 7.3 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, respectively. Initial slope were between 0.575 and 0.751 $\mu\text{L O}_2 \text{ cm}^{-2} \text{ h}^{-1}(\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1})^{-1}$. Daily net production of the cold water species of Laminariales were estimated from the model equations of photosynthesis-light curve and the data on light intensity in a dense kelp bed. Dark respiratory rate appears to affect severely on the estimation of the daily net production.

Key Index Words : compensation point, I_k , initial slope, Laminariales, light, photosynthesis, respiration.

Hokkaido National Fisheries Research Institute, 116 Katsurakoi, Kushiro-shi, Hokkaido, 085-0802 Japan

はじめに

日本沿岸には40種近いコンブ目藻類が分布しており、その数は全世界のコンブ目藻類の約3分の1にあたる。これらのコンブ目藻類は食用とされる多くの漁獲対象種を含む他、その群落は有用動物に餌料や生育場を提供しており、沿岸浅海域の漁業資源の維持に重要な役割を演じているものも多い。このように、コンブ目藻類は古くから産業との関わりが深いこともあり、生長、成熟、個体群動態、群落構造、生産力に関する基礎的なものから養殖技術や藻場造成に関する応用的なものまで膨大な研究蓄積がある。

植物の基本的生理機能である光合成に関する生理学的研究については、近年、アラメ・カジメを代表とする暖海産コンブ目では、光合成および呼吸の測定法が確立されたことから、現場環境も含めた光・温度条件に関する光合成特性が徐々に明らかになってきている(Maegawa *et al.* 1987, 1988, Sakanishi *et al.* 1988, 1989, Aruga *et al.* 1990a, b, Haroun *et al.* 1992, 神林 1996, 倉島 1996, 倉島ら 1996)。しかしながら、北海道沿岸に生育する寒海産コンブ目についてみると、多くの知見が集積されている生態学的研究に比べて、光合成に関する

生理学的研究は少なく(新原 1975, 松山 1985, Sakanishi *et al.* 1990, 1991, 坂西・飯泉 1998)、特に北海道東部沿岸に生育するコンブ目藻類については、出現種数が多いにもかかわらず、知見が限られている。

そこで、本研究では、北海道沿岸の中でも特に水温が低く、最も多くのコンブ目藻類が分布する釧路・根室地方の沿岸に生育する7種のコンブ目(オニコンプ *Laminaria diabolica* Miyabe, ミツイシコンブ *L. angustata* Kjellman, ナガコンブ *L. longissima* Miyabe, ガツガラコンブ *L. coriacea* Miyabe, スジメ *Costaria coatata* (C. Ag.) Saunders, ネコアシコンブ *Arthrothamnus bifidus* (Gmelin) Ruprecht, アイヌワカメ *Alaria praelonga* Kjellman)の夏季の孢子体を材料として、光合成—光特性を明らかにした。コンブ目藻類の純光合成速度と光強度との関係は、数式に曲線近似し、光合成特性としてのパラメーターを求めた。また、得られた寒海産コンブ目の光合成—光特性が、現場の物質生産には、どのように反映されるのかを明らかにするために、数式化した光合成—光曲線と群落内光環境のデータ(坂西ら 2001)を用いて、純生産量を試算した。

材料と方法

光合成および呼吸速度の測定は、天然に生育する胞子体を材料に用い、1999年6月末から8月上旬にかけて行われた。オニコンプは北海道根室市の根室港内(北緯43° 20' 東経145° 35')で、ミツイシコンブ、ガツガラコンブは北海道白糠郡白糠町の白糠漁港内(北緯42° 57' 東経144° 5')で、ナガコンブ、スジメ、アイヌワカメは北海道釧路市の北海道区水産研究所前の岩礁域(北緯42° 57' 東経144° 27')で、ネコアシコンブは北海道厚岸郡厚岸町沖の大黒島(北緯42° 57' 東経144° 53')でそれぞれ採集した。いずれの胞子体も低潮線直下に生育する藻体を採集した。

採集したコンブ目藻類の胞子体は、クーラーボックスに入れて水産研究所に持ち帰り、ネコアシコンブを除き、測定に供するまで現場海水を流した水槽中に保持した。ネコアシコンブについては、採集後約1年間、現場海水を流した自然光培養水槽(三本菅ら1988)で培養した藻体を光合成測定に用いた。

光合成・呼吸の測定には、胞子体の体軸に沿った中央部の縁辺付近よりコルクボーラーで打ち抜いた直径1.4cmの藻体片を試料として用いた。試料の前処理は前報(坂西・飯泉1998)に拠った。光合成-光曲線は、0~400 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ の間の0, 13, 25, 50, 100, 200, 400 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ の7段階の光強度での純光合成速度を求めて作成した。温度は、この時期の現場水温に近い10°Cに設定した。光合成及び呼吸速度は、クラーク型酸素電極(Rank Brothers AE-1)を用い(金井1983)、反応槽に4 mLの濾過海水とともに藻体片を入れ、反応槽内の酸素濃度の変化を測定して求めた。反応槽内の海水はマグネチックスターラーで常時攪拌した。反応槽のまわりのウオータージャケットには恒温水循環装置(TAITEC COOLNIT CL-150F)を用いて一定温度の水を流して、反応槽内の水温を調節した。溶存酸素の増減は記録計(東亜電波 EPR-111A)のチャートに記録し、測定終了後、チャートから単位時間当たりの溶存酸素量の変化を読みとり、純光合成速度と呼吸速度の計算に用いた。計算に必要な海水の飽和酸素濃度は、使用した海水を種々の測定温度に保った状態で、十分通気させた後にウィンクラー法で定量した。

光合成速度と光強度との関係は、コンピューターソフトウエア(Delta Graph Pro3)の反復計算アルゴリズムを用いて、以下の式(Gallegos & Platt 1981)に曲線近似し、光飽和総光合成速度、 I_k 値を求め、それらの値をもとに初期勾配(P_{\max}/I_k)、 I_c (光補償点: $P=0$ となる I) を計算した。暗呼吸速度は実測値(3回の測定

平均値)とした。

$$P = P_{\max} \times \tanh(I/I_k) - R$$

P は純光合成速度、 P_{\max} は光飽和総光合成速度、 I は光強度、 I_k は光合成-光曲線の初期勾配を与える直線と光飽和した直線の交点から求められるパラメーター、 R は暗呼吸速度を示す。

寒海産コンブ目の純光合成速度を光強度の関数としてあらわした数式に、濃密な群落内の光量子束密度の日周変動データ(坂西ら2001)を代入して、純光合成速度の日周変動を求めた。さらに1日分の純光合成速度の日周変動データを積分し、1日あたりの純生産量を算出した。

結果と考察

10°Cにおける7種のコンブ目藻類の光合成-光曲線および曲線近似より得られたパラメーターを Fig.1 および Table 1 にそれぞれ示した。400 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ までの範囲では、7種とも強光阻害は認められなかった。

ネコアシコンブを除く寒海産コンブ目6種の光飽和純光合成速度は、29.9~38.0 $\mu\text{L O}_2 \text{ cm}^{-2} \text{ h}^{-1}$ を示した。これらの値は、ホソメコンブ *Laminaria religiosa* Miyabe とナガコンブ(酸素びん法)の夏季の現場水温における光飽和純光合成速度(松山1985, Sakanishi *et al.* 1991) とほぼ同様な値であった。培養で得られたリシリコンブ *Laminaria ochotensis* Miyabe の幼胞子体(葉長約3cm)の10°Cにおける光飽和純光合成速度(15 $\mu\text{L O}_2 \text{ mg (d.w.)}^{-1} \text{ h}^{-1}$) (新原1975)と比較すると、本研究で得られた値を乾燥葉重量あたりに再計算した値(2~7 $\mu\text{L O}_2 \text{ mg (d.w.)}^{-1} \text{ h}^{-1}$) は明らかに低いが、この差は、種の特性の違いではなく、藻体の葉齢の違いに起因するものと考えられる(Satomi *et al.* 1968, 前川・有賀1974, Kato & Aruga 1984)。

本研究において10°Cで得られた寒海産コンブ目藻類の光飽和純光合成速度(Table 1)は、暖海産コンブ目のアラメ *Eisenia bicyclis* Setchell とカジメ *Ecklonia cava* Kjellman の夏季の現場水温(20~25°C)で得られた光飽和純光合成速度(30~38 $\mu\text{L O}_2 \text{ cm}^{-2} \text{ h}^{-1}$) (Sakanishi *et al.* 1989, 倉島1996) とほぼ同様であった。このような寒海産コンブ目藻類の高い光合成活性は、暖海産種との脂肪酸組成の違いや酵素の質的・量的な違いなどの生化学的基盤に支えられていると考えられるが(Davison 1987, Lüning 1990)、低水温海域に生育し、高い生産力を示す寒海産コンブ目(名畑・酒井1996)にとって重要な特性と言えるだろう。

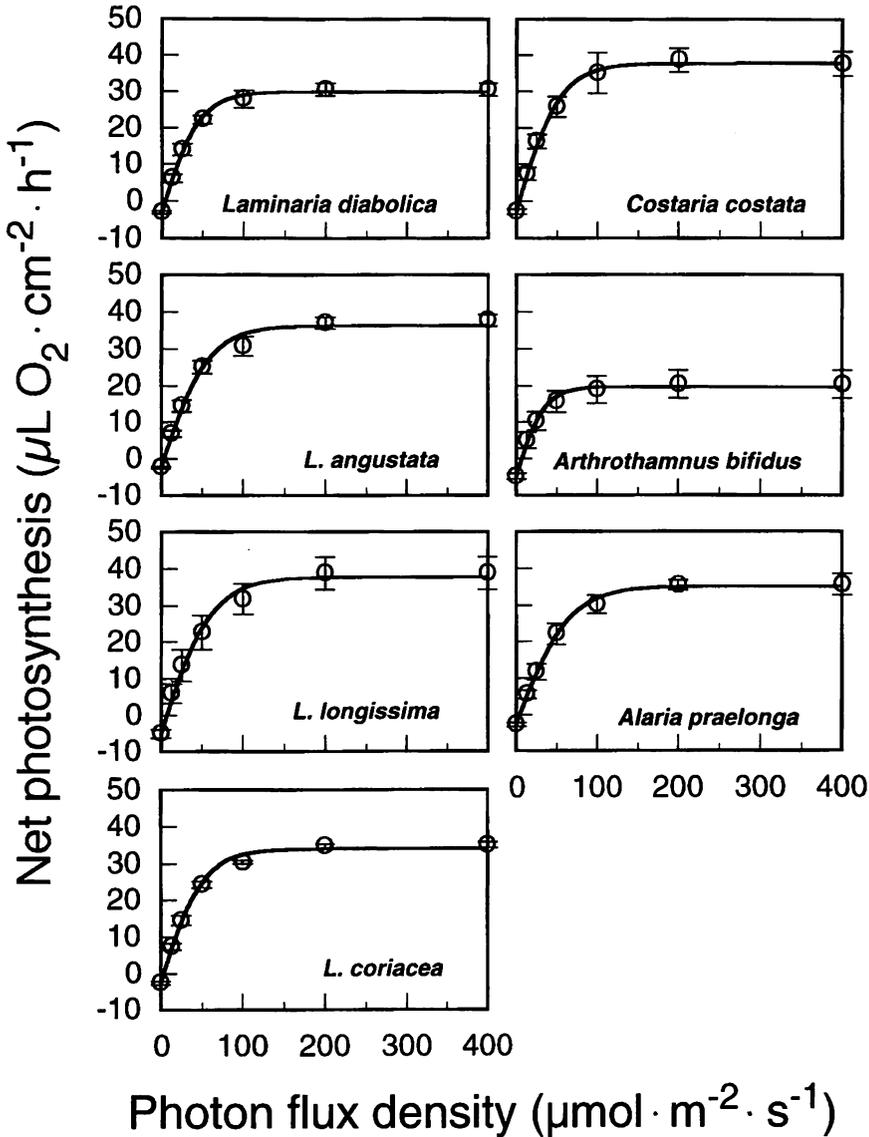


Fig. 1. Photosynthesis-light curves at 10°C in sporophytes of cold water species of Laminariales. Determined from June 30 to August 10 1999. Vertical bars denote SD of means (n=3).

暗呼吸速度は、ナガコンブとネコアシコンブで高く ($4.9 \sim 5.0 \mu\text{L O}_2 \text{ cm}^{-2} \text{ h}^{-1}$)、他の5種で低かった ($2.3 \sim 3.0 \mu\text{L O}_2 \text{ cm}^{-2} \text{ h}^{-1}$) が、これらの値は、暖海産コンブ目カジメの夏季の現場水温における暗呼吸速度 (坂西 1998) とほぼ同様であった。

ネコアシコンブを除く6種の寒海性コンブ目藻類の I_k ($47.2 \sim 66.7 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) は、暖海産コンブ目カジメの夏季の現場水温における I_k ($55 \sim 63 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) (坂西 1998) とほぼ同様であったが、夏季のホソメコ

ンブについて報告されている I_k ($107 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) (松山 1985) よりも明らかに低かった。光合成-光曲線における I_k は、光飽和光合成速度と初期勾配によって決まるが、ネコアシコンブの初期勾配は他の6種のそれとほぼ同様であることから (Table 1)、ネコアシコンブの低い I_k ($35.5 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) は、低く抑えられた光飽和光合成速度に起因するものである。

初期勾配はアイヌワカメが若干低かったが (0.575)、他の6種のそれは0.675~0.751であった (Table

Table 1 Parameters of the photosynthesis-light curves at 10°C in sporophytes of cold water species of Laminariales on June 30 to August 11, 1999. P_n and R in: $\mu\text{L O}_2 \text{ cm}^{-2} \text{ h}^{-1}$, I_k and I_c in: $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, Initial slope in: $\mu\text{LO}_2 \text{ cm}^{-2} \text{ h}^{-1} (\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1})^{-1}$, means \pm SD (n=3).

Species	P_n	R	I_k	Initial slope	I_c
<i>Laminaria diabolica</i>	29.9 \pm 1.8	3.0 \pm 0.4	47.2 \pm 2.8	0.698 \pm 0.055	4.3 \pm 0.8
<i>L. angustata</i>	36.3 \pm 2.1	2.4 \pm 0.3	57.9 \pm 8.1	0.675 \pm 0.077	3.5 \pm 0.7
<i>L. longissima</i>	37.9 \pm 3.8	5.0 \pm 1.1	63.0 \pm 14.8	0.715 \pm 0.220	7.2 \pm 0.8
<i>L. coreacea</i>	33.9 \pm 0.5	2.6 \pm 0.5	51.9 \pm 3.9	0.707 \pm 0.043	3.7 \pm 0.8
<i>Costaria costata</i>	38.0 \pm 3.2	2.8 \pm 0.7	55.0 \pm 8.4	0.751 \pm 0.105	3.8 \pm 1.2
<i>Arthrothamnus bifidus</i>	19.7 \pm 3.9	4.9 \pm 0.8	35.5 \pm 8.6	0.712 \pm 0.141	7.3 \pm 2.1
<i>Alaria praelonga</i>	35.3 \pm 2.0	2.3 \pm 0.2	66.7 \pm 12.2	0.575 \pm 0.096	4.2 \pm 1.0

1)。これらの値は、ホソメコンブの夏季の現場水温における光合成—光曲線の初期勾配 (0.347) (松山 1985) に比べると、明らかに大きかった。

ナガコンブとネコアシコンブの光補償点は、それぞれ 7.2, 7.3 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ であり、他の 5 種 (3.5~4.3 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) に比べて高かった (Table 1)。光補償点は暗呼吸速度と初期勾配によって決まるが、ナガコンブとネコアシコンブの初期勾配は他の 5 種とほぼ同様であることから (Table 1)、両種の高い光補償点は高い呼吸速度によるものである。ナガコンブとガッガラコンブとの間における光補償点の違いは、暖海産コンブ目のアラメとカジメの場合と同様に、両種の生育水深の違いに対応しており、より浅所側に分布するナガコンブの光補償点は、深所側に分布するガッガラコンブよりも高かった。今後、両種の群落内光環境や光合成特性の季節変化に関する知見を集積し、さらに検討を加える必要があるが、興味深い結果といえる。本研究で得られた寒海産コンブ目の光補償点は、暖海産コンブ目カジメで報告されている値 (7.9~8.5 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) (坂西 1998) とほぼ同様であり、夏季のホソメコンブの値 (21.1 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) (松山 1985) の 3 分の 1 以下であった。

一般に、初期勾配、初期勾配と光飽和光合成速度によって決まる I_k 、初期勾配と呼吸速度によって決まる光補償点 (I_c) は、植物の生育場所の光環境を反映すると考えられるが、寒海産コンブ目の群落内光環境についての知見は極めて限られているため (坂西ら 2001)、本研究で得られた寒海産コンブ目の光合成—光曲線における I_k 、初期勾配、光補償点について、十分な検討を加える事は困難である。今後、寒海産コン

ブ目群落の光環境に関する知見が集積されることにより、これらの光合成—光特性についての詳細な検討が可能になるであろう。

ナガコンブとナガコンブ群落内に混在する可能性の高い 3 種を含む、4 種のコンブ目藻類の光合成—光特性のモデル式 (Gallegos & Platt 1981) に、7 月の晴れの日の水深 2m (平均水面からの水深) における群落内の単位面積当たりの藻体が受ける平均的な光強度のデータ (坂西ら 2001) を代入して求めた純光合成速度の日周変動とそれらの 1 日分のデータを積分して求めた 1 日あたりの純生産量を、それぞれ Fig. 2 と 3 に示す。

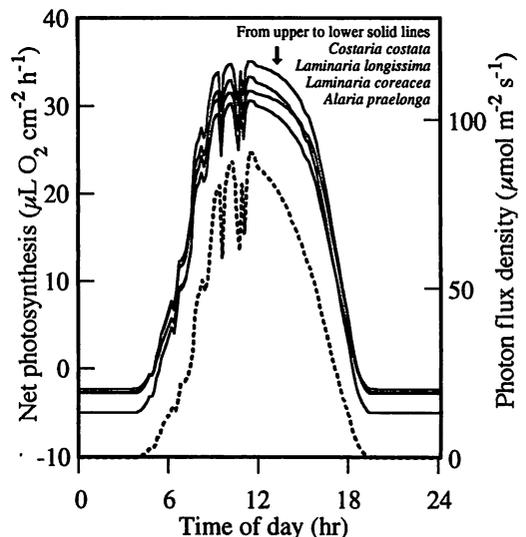


Fig. 2 Diurnal changes in estimated net photosynthetic rates of sporophytes of Laminarian plants (solid lines) and light intensity on a thallus surface (dotted line) in a kelp bed at 2m depth.

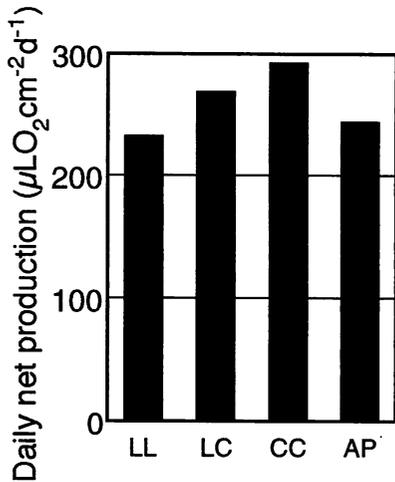


Fig. 3. Estimated daily net production of sporophytes of Laminarian plants in a kelp bed at 2m depth. LL:*Laminaria longissima*, LC:*Laminaria coreacea*, CC:*Costaria costata*, AP:*Alaria praelonga*.

ナガコンブは、南中時付近の時間帯では、スジメに次いで高い純光合成速度を示したにもかかわらず (Fig. 2), 純光合成速度の日周変動データを積分して求めた単位葉面積あたりの1日の純生産量は、4種中最も低い値を示した (Fig. 3)。ナガコンブの低い純生産量についての推定結果は、植物群落の物質生産に及ぼす呼吸量の影響の大きさ (戸塚 1973) をよく表している。Fig. 2 と 3 で示した解析から、それぞれのコンブ目藻類の光合成-光特性が、生育現場での物質生産過程において、どのように機能するのかが明らかになる。この手法を用いることにより、物質生産・物質消費の視点から寒海産コンブ目藻類の生態現象を解明することが可能になるであろう。

今後、季節により変動するコンブ目藻類の光合成-光特性、水中の光強度、群落の構造 (倉島 1996, 大山 1998, 前川 1999, 2000) など、寒海産コンブ目藻類の生産量推定に影響を与える要因についての知見を集積しつつ、推定される生産量の妥当性について検討を加える必要がある。

謝辞

本研究は、農林水産省の環境研究「森林、海洋等におけるCO₂収支の評価の高度化」の一環として行われた。大黒島でのネコアシコンブの採集にあたって便宜を計っていただいた北海道大学理学部附属厚岸臨海実験所の向井宏教授並びに職員の皆様、同じく採集にご協力いただいた東京水産大学資源育成学科の田中次郎教授並びに学生諸氏に感謝する。

参考文献

- Aruga, Y., Toyoshima, M. and Yokohama, Y. 1990a. Comparative photosynthetic studies of *Ecklonia cava* bladelets with and without zoosporangial sori. *Jpn. J. Phycol.* 38: 223-228.
- Aruga, Y., Toyoshima, M. and Yokohama, Y. 1990b. Comparative photosynthetic studies of *Ecklonia cava* (Laminariales, Phaeophyta) bladelets with and without zoosporangial sori. *Hydrobiologia* 204/205: 473-477.
- Davison, I.R. 1987. Adaptation of photosynthesis in *Laminaria saccharina* (Phaeophyta) to changes in growth temperature. *J. Phycol.* 23: 273-283.
- Gallegos, C. and Platt, T. 1981. Photosynthesis measurements on natural populations of phytoplankton: Numerical analysis. *Fish. Res. Board Canada Bull.* 210: 103-112.
- Haroun, R., Aruga, Y. and Yokohama, Y. 1992. Seasonal variation of photosynthetic properties of *Ecklonia cava* (Laminariales, Phaeophyta) in Nabeta Bay, central Japan. *La mer* 30: 339-348.
- 金井龍二 1983. 酸素電極を用いたO₂ガス交換の測定. p.151-154. 加藤 栄・吉田精一 (編) 実験生物学講座 17, 植物生理学(III). 丸善, 東京.
- 神林友広 1996. 褐藻アントクメ及びカジメにおける光合成の環境適応. 平成7年度筑波大修士学位論文.
- Kato, M. and Aruga, Y. 1984. Comparative studies on the growth and photosynthesis of the pigmentation mutants of *Porphyra yezoensis* in laboratory culture. *Jpn. J. Phycol.* 32: 333-347.
- 倉島 彰 1996. 褐藻アラメ及びカジメの光合成と生育に関する生理生態学的研究. 東京水産大学博士学位論文.
- 倉島 彰・横浜康継・有賀祐勝 1996. 褐藻アラメ・カジメの生理特性. *藻類* 44: 87-94.
- Lüning, K. 1990. *Seaweeds. Their Environment, Biogeography and Ecophysiology.* John Wiley & Sons, New York.
- 前川行幸 1999. 海中林の維持機構. p. 38-49. 谷口和也 (編) 磯焼けの機構と藻場修復. 恒星社厚生閣, 東京.
- 前川行幸 2000. ガラモ場の群落構造と生産力. *日本水産学会誌* 66: 756-757.
- 前川行幸・有賀祐勝 1974. 養殖ヒロハノヒトエグサの生長と光合成活性の季節変化. *うみ* 12: 197-213.
- Maegawa, M., Yokohama, Y. and Aruga, Y. 1987. Critical light conditions for young *Ecklonia cava* and *Eisenia bicyclis* with reference to photosynthesis. *Hydrobiologia* 151/152: 447-455.

- Maegawa, M., Kida, W., Yokohama, Y. and Aruga, Y. 1988. Comparative studies on critical light condition for young *Eisenia bicyclis* and *Ecklonia cava*. Jpn. J. Phycol. 36: 166-174.
- 松山恵二 1985. ホソメコンブの生産量推定における光合成速度の季節変化. 北海道水産試験場報告 27: 91-99.
- 名畑進一・酒井勇一 1996. 2年目オニコンブの年間純生産量. 北海道水産試験場研究報告 49: 1-5.
- 新原義昭 1975. リシリコンブの生理学的研究. 幼体の光合成と呼吸におよぼす温度, 光および塩分の影響について. 北海道水産試験場報告 17: 11-17.
- 大山温美 1998. 三重県錦湾におけるカジメ群落の構造と生産力. 三重大学生物資源学部修士学位論文.
- 坂西芳彦 1998. 寒海産および暖海産コンブ目の光合成特性. 東京水産大学博士學位論文.
- 坂西芳彦・飯泉 仁 1998. 褐藻ナガコンブの光合成-温度特性について. 藻類 46: 105-110.
- 坂西芳彦・鈴木健吾・飯泉 仁・宇田川 徹・山本正昭 2001. 釧路市沿岸における夏季のナガコンブの日補償深度. 北海道水産研究所研究報告 65: 45-53.
- Sakanishi, Y., Yokohama, Y. and Aruga, Y. 1988. Photosynthesis measurement of blade segments of brown algae *Ecklonia cava* Kjellman and *Eisenia bicyclis* Setchell. Jpn. J. Phycol. 36: 24-48.
- Sakanishi, Y., Yokohama, Y. and Aruga, Y. 1989. Seasonal changes of photosynthetic activity of a brown alga *Ecklonia cava* Kjellman. Bot. Mag. Tokyo 102: 37-51.
- Sakanishi, Y., Yokohama, Y. and Aruga, Y. 1990. Seasonal changes in photosynthetic capacity of *Laminaria longissima* Miyabe (Phaeophyta). Jpn. J. Phycol. 38: 147-153.
- Sakanishi, Y., Yokohama, Y. and Aruga, Y. 1991. Photosynthetic capacity of various parts of the blade of *Laminaria longissima* Miyabe (Phaeophyta). Jpn. J. Phycol. 39: 239-243.
- Satomi, M., Aruga, Y. and Iwamoto, K. 1968. Effect of aging on the seasonal changes in photosynthetic activity of *Porphyra yezoensis* in the culture ground. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish. 34: 17-22.
- 三本菅義昭・町口裕二・坂西芳彦・嵯峨直恆 1988. ジャイアントケルプの生理・生態解明. p.112-113. 生物資源の効率的利用技術の開発に関する総合研究昭和62年度報告書. 農林水産技術会議事務局, 東京.
- 戸塚 績 1973. 物質生産に関与する光合成・呼吸機能. p. 1-61. 木村 允・戸塚 績 (著) 植物の生産過程. 共立出版, 東京.

(Received 20 Dec. 2000; Accepted 30 Jan. 2001)



研究技術紹介

集束イオンビーム (FIB) 加工装置による微細藻類断面の観察

鈴木 秀和¹, 大石 喜久², 檀 紫², 南雲 保³

¹ 青山学院高等部 150-8366 東京都渋谷区渋谷 4-4-25

² (株) 日立製作所テクノリサーチセンタ 312-8504 茨城県ひたちなか市市毛 882

³ 日本歯科大学生物学教室 102-8159 東京都千代田区富士見 1-9-20

Hidekazu Suzuki¹, Yoshihisa Ooishi², Yukari Dan² and Tamotsu Nagumo³ 2001. Observations of microalgal cross sections with a Focused-Ion-Beam (FIB) system. Jpn. J. Phycol. (Sôrui) 49: 7 - 10.

Focused-Ion-Beam (FIB) system is applied to prepare the cross sections of microalgal cell for scanning electron microscope (SEM). This is very useful for the observation on the internal structures and cross sections of various microalgae without being damaged.

Key Index Words: cross-sectioning, FIB, focused ion beam, sample preparation.

¹ Aoyama Gakuin Senior High School, 4-4-25 Shibuya, Shibuya-ku, Tokyo 150-8366, Japan

² Techno Reserch Lab., Hitachi Instruments Engineering Division, Hitachi, Ltd., 882 Ichige, Hitachinaka-shi, Ibaraki 312-8504, Japan

³ Department of Biology, The Nippon Dental University, 1-9-20 Fujimi, Chiyoda-ku, Tokyo 102-8159, Japan

集束イオンビーム (Focused Ion Beam; FIB) 加工観察装置は、微細加工機能と走査イオン顕微鏡 (Scanning Ion Microscope; SIM) による観察機能を持つ最新の機械といえる。近年半導体、金属、セラミックなど、これまで薄切や微細なエッチングなどに膨大な時間が必要とされた分野において、特定箇所の透過電子顕微鏡 (TEM) 観察試料作製や微細断面観察用試料作製のツールとして広く活用されつつある (Ishitani & Yaguchi 1996)。また生物試料においても、柔らかい組織をその構造を壊すことなく断面試料作製が可能であり、さらに部分的に表面物質を除去し内部構造を観察した例も報告されている (Ishitani *et al.* 1995)。

筆者らは主に工業的利用を目的として開発されたこの FIB 装置を用い、普通の方法では得られない、微細藻 (珪藻類, パルマ藻, 円石藻) の断面加工を行い、走査電子顕微鏡 (SEM) による観察を行った。筆者らは既にこの方法によって得られた観察結果を報告しているが (Suzuki *et al.* 2001), 本報では FIB の基本的な原理と観察例を紹介する。

FIB 加工装置の原理

FIB 加工装置の外観は、SEM とほぼ同じである (図 1)。しかし FIB 加工装置は電子ではなく、ガリウム (Ga) イオンを照射する。図 2 に FIB 加工観察装置 (日立: F-3000FB) の概略構成を示す。加速電圧 30 kV のイオン源から引き出したガリウムイオンを集束レンズと対物

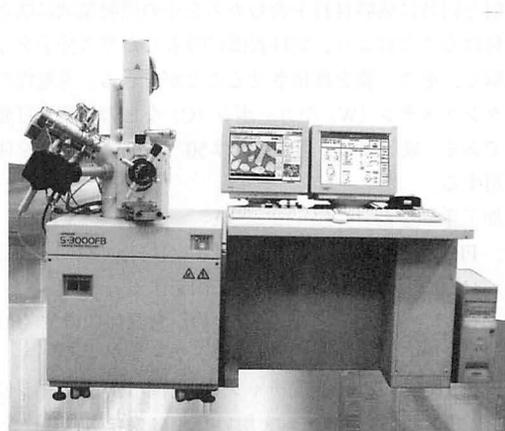


図 1 FIB 加工装置の外観 (F-3000FB)

レンズでFIBを形成し、試料に照射する。この時、試料表面からスパッタリング現象により多くの試料構成原子（中性）と共に二次荷電粒子である電子やイオンも放出される。偏向器でFIBを試料上で走査し、この走査信号と同期させて放出二次荷電粒子（通常は二次電子）の検出器強度を輝度信号として走査画像を形成すると、SIMによる試料表面が観察できる。さらに、ビーム照射の領域を特定することにより観察したい個所の加工ができる。

絞り（可変）は大きさの違うビーム電流/径を作るためのものであり、加工体積に応じて切り換える。適切な加工ビームを選択することにより、効率的な加工ができる。ビームを電界で強制的に曲げる部分をプランカと呼び、絞りの切り換えやすステージを使った移動の際、試料表面の不用意なスパッタリングを避けるため使用する。アライナ・ステイグマはFIBの光軸および断面形状を調整するために設けてある。加工面の仕上がりが良否および観察時の像分解能は、これらの調整に大きく依存する。加工ビームは、通常、ビーム電流(Ip)は20pA～15nA、ビーム径(dp)は20nm～1mmである。一方、微細な観察用ビームは、レンズ条件と小径絞りとを組み合わせてよりIpは数pA、dpは約10nmに設定する。

FIB加工は、物理スパッタリング現象を利用した加工であり、加工材料の制限は少ない。加工効率は材料にも依存し、 $0.2\sim 0.8\text{mm}^3\text{nA}^{-1}\text{s}^{-1}$ 程度である。また、機械加工に付随しているマクロ的応力（せん断、圧縮、引張）を伴わないため、応力レスの加工である（図3）。

FIBには、加工（削る）、観察（観る）の他に、成膜（着ける）の機能がある。この成膜（デポジション）は、加工部の表面保護が必要な場合に利用する。FIBの照射と同時に成膜材料を含むガスをその照射領域に吹き付けることにより、試料表面に吸着したガス分子を分解し、そこに膜を堆積させることができる。導電性のタングステン(W)やカーボン(C)などの成膜が可能である。成膜には、通常、Ipは50～200pAのFIBを使用する。

加工手順

FIB断面加工手順を「珪藻」に適用して説明する。

- (1) 試料（珪藻）を試料台に固定する。
- (2) チャージアップを防ぐため試料表面に白金(Pt)を厚さ数10nmプラズマコーティングする。
- (3) 試料台をFIB装置チャンバー内の試料ステージに載せ、観察ビームを用いたSIM像により珪藻を観察する。

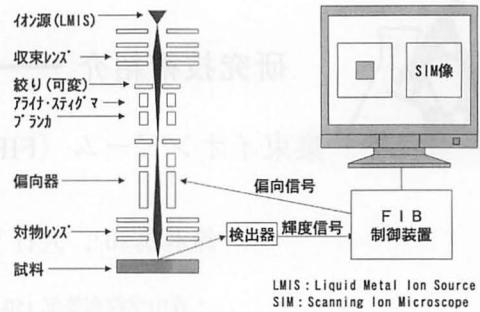


図2 FIB装置の動作原理

(1) 観る (SIM像)	(2) 削る (Sputtering)	(3) つける (Deposition)
<p>FIB</p> <p>走査 →</p> <p>イオン</p> <p>電子</p> <p>試料</p>	<p>FIB</p> <p>走査 →</p> <p>原子</p> <p>試料</p>	<p>FIB</p> <p>走査 →</p> <p>CO</p> <p>W(CO)₆</p> <p>W</p> <p>試料</p>
<ul style="list-style-type: none"> ・ 表面/断面観察 ・ 加工位置決め 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 断面/薄膜作製 ・ 切断/穴あけ 	<ul style="list-style-type: none"> ・ 保護膜形成 ・ 配線

図3 FIB装置の機能

(4) FIB加工領域を特定し、加工ビームの選択と加工時間の設定を行う。

(5) 第1の加工（粗加工）では、所望断面の手前部分を除去し、断面を斜め方向からSIM観察ができるようにする。加工途中の形状は、加工ビームによるSIM像でリアルタイムに視覚的にモニターできる。

(6) 第2の加工（仕上げ加工）では、粗加工した断面をさらに平坦に削る。

(7) 試料ステージを傾斜し、仕上げ断面の状態をSIM像で観察する。追加加工が必要な場合は、再度、仕上げ加工を行う。

この加工例における総FIB加工時間は30～60分である。また、FIB成膜は用いていない。本加工例では、FIB加工の特徴である(1)所望位置での断面加工、(2)視覚的な加工プロセス、(3)材料制限の少ない加工、および(4)応力レスの加工、のいずれもが活用されている。

観察例

1) 珪藻類

珪藻の分類・同定において殻あるいは被殻の断面を観察することは、種の特徴や近縁属との類縁を検討す

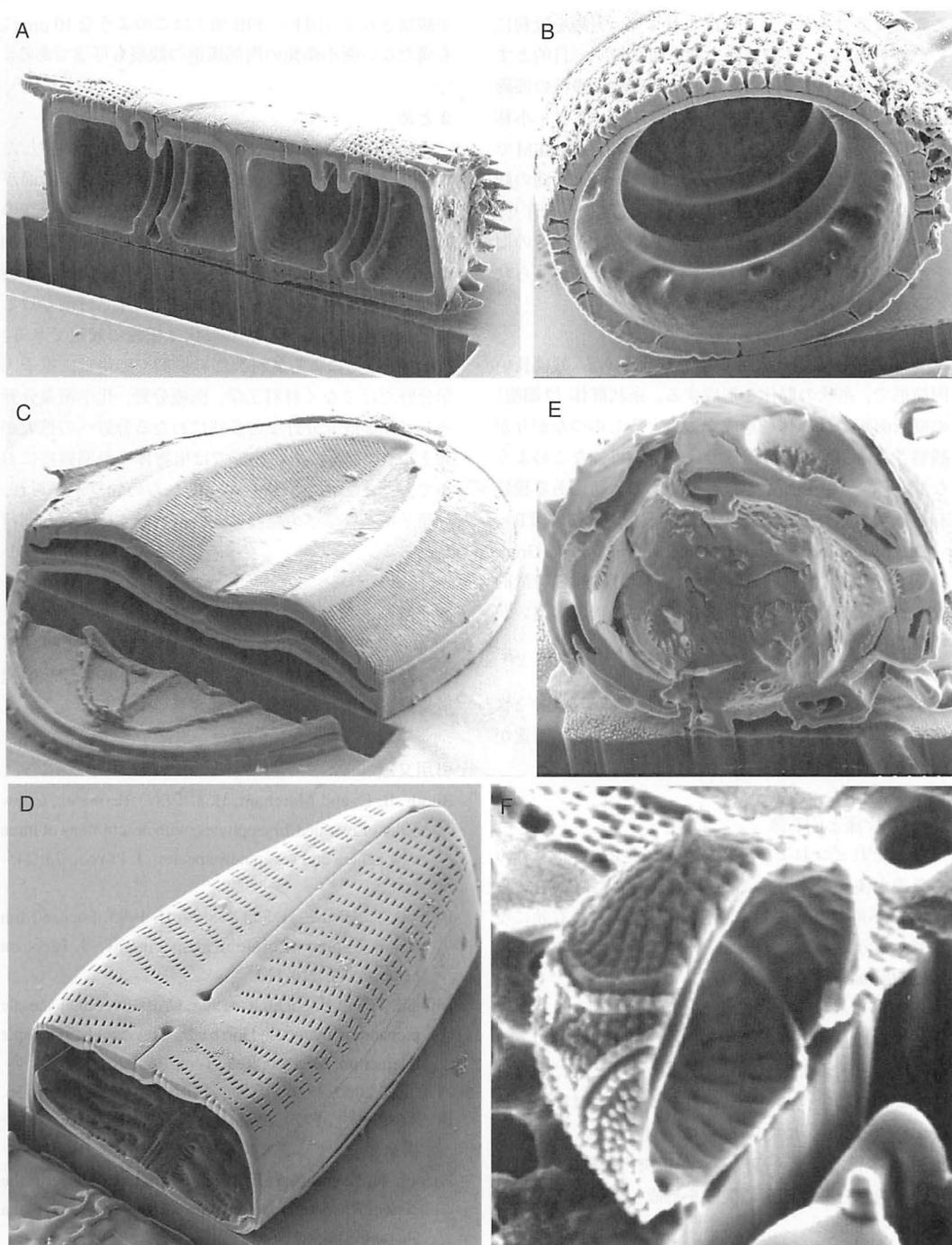


図4 A. *Aulacoseira* sp. (珪藻) の被殻縦断面 (2細胞)
 B. *Aulacoseira* sp. (珪藻) の殻横断面
 C. *Cocconeis pseudomarginata* var. *intermedia* (珪藻) の被殻横断面
 D. *Navicula reinhardii* (珪藻) の被殻横断面
 E. *Emiliana* sp. (円石藻) の細胞断面
 F. *Tetraparma* sp. (バルマ藻) の断面

る際に重要である。筆者らはこれまで、先端を鋭利にした針を用いて、珪藻被殻や殻を顕微鏡下で目的とする部分を目がけて割る、あるいは超音波洗浄機の波動によって割るという方法を用いてきた(南雲・小林 1979)。しかしこの方法では完全な殻の断面をSEMで観察することは不可能であった。そこで従来断面の観察には、TEM試料作成法を用い、樹脂包埋試料を作り、薄切片を作成した後、樹脂を溶かし(脱樹脂)、その面をSEMで観察するという時間の掛かる方法がとられていた(Pocock & Cox 1982)。

Aulacoseira sp.

本属は淡水産の代表的な中心珪藻である。殻は長い円筒形で、糸状の群体を形成する。糸状群体(2細胞)の縦断面観では群体を形成する殻どうしのつながりが観察される(図A)。手作業では絶対不可能なこのような試料作製がFIB加工では容易である。肋にある種特有の唇状突起の形態とその位置が観察される(図B)。

Cocconeis pseudomarginata Greg. var. *intermedia* Grun.

着生珪藻の代表的な属の一種である。本属に特徴的な、上殻と下殻の厚さの違いや、湾曲の程度の違いが観察される(図C)。

Navicula reinhardtii Grun.

典型的な羽状珪藻の形態をもつ種である。上下2枚の殻の組み合わせ部、および縦溝や胞紋の断面構造が観察される(図D)。

2) パルマ藻と円石藻

それぞれピコおよびナノプランクトンと呼ばれ極めて微細な藻類であり、これらの種の同定にはSEMやTEMは不可欠なものであり、FIB加工も今後有効になるであろう。

Emiliania sp.

円石藻はハプト藻綱に属し、炭酸カルシウムを主成分とする細胞外被である円石(coccolith)を持つ。円石には同心円および放射状の模様があり、種に固有の様々な形態に分化している。この微細形態は種の記載において重視されている特徴の1つである(河地 2000)。本種では上下2枚の盤が中央の円柱で連結し、互いに噛み合って球形の被殻を形成しているのが観察される(図E)。

Tetraparma sp.

パルマ藻は現時点で黄金色藻綱に属しているが(Booth & Marchant 1987)、分類・系統上の位置についての手がかりが全く得られていない。珪酸質でできた複数の鱗片が互いに隙間なく連結し合うプレート構造

が観察される(図F)。FIB加工はこのような10 μmにも満たない微小藻類の内部構造の観察も可能である。

まとめ

今回用いたFIB加工は複雑な処理工程や熟練した"技"を必要とせず、ごく短時間に観察したい切断面が得られる。また本報で紹介した珪藻類のような中空の試料においても、その構造を損傷することなく断面加工を施すことができる。さらにFIBは、断面試料作製でなく材料表面を指定した領域および深さで削り取ることも可能である。しかも形状は任意に設定できる。FIB加工技術による試料製作の展開や応用は、電子工学分野だけでなく材料工学、医療分野、化学産業分野そして基礎研究分野など多岐にわたる分野への拡大が考えられる。特に生物分野では生物体の形態観察において、今までにない新しい角度からの知見が得られ、分類学や系統学への発展に大いに貢献するものと期待される。

謝辞

本報をまとめるにあたり、貴重な試料をご提供下さった筑波大学生物科学系井上勲教授、国立環境研究所河地正伸主任研究員に感謝する。

引用文献

- Booth, B. C. and Marchant, H. J. 1987. Parmales, a new order of marine Chrysophytes, with descriptions of three new genera and seven new species. *J. Phycol.* 23: 245-260.
- Ishitani, T., Hirose, H. and Tsuboi, H. 1995. Focused-Ion Beam digging of biological specimens. *J. Electron Microsc.* 44: 110-114.
- Ishitani, T. and Yaguchi, T. 1996. Cross-Sectional sample preparation by focused ion beam: a review of ion-sample interaction. *Microsc. Res. Tech.* 35: 320-333.
- 河地正伸 2000. ハプト藻類. 月刊海洋 号外(21): 51-56.
- 南雲保・小林弘 1979. *Pinnularia sundaensis* Hust. の縦裂構造について. 日本歯科大学紀要 1979: 149-161.
- Pocock, K. L. and Cox, E. 1982. Frustule structure in the diatom *Rhabdonema arcuatum* (Lyngb.) Kütz. *Nova Hedwigia* 36: 621-641.
- Suzuki, H., Tanaka, J. and Nagumo, T. 2001. Morphology of the marine diatom *Cocconeis pseudomarginata* Gregory var. *intermedia* Grunow. *Diatom Res.* 16: in press.

シリーズ

藻場の景観模式図


 寺脇 利信¹・新井 章吾²：6. 北海道厚岸町・
北海道大学厚岸臨海実験所地先

はじめに

北海道東岸の厚岸郡地先では、10年に1度くらい大規模な流水（水の厚さ1~7m）が接岸し、岩面削除という自然な磯掃除によってコンブの着生面積が広がり翌年に大豊作となる（佐々木 1969）。ここでは、流水による岩面削除が生じなければ、物理的に安定な環境が継続し、海底面での海藻植生の遷移が進行し、直立し寿命が長い大型褐藻の多年生ホンダワラ類が優占しやすくなる。そこで、厚岸郡浜中町地先では、刷新面での遷移の初期相において優占し、横たわって生育し、寿命が短いコンブを作物として、機械化などされた、いわば、海底での耕耘によって「コンブの畑」づくりを目指す取り組みが盛んである（寺脇・新井 1999）。

今回は、浜中町に近い厚岸町において、船着き場の防波堤（人工構造物）および消波ブロック上という、むしろ、コンブ漁場としての利用による人為的な操作が、あまり及んでいないとみられる生育基質での藻場の景観を中心に紹介する。

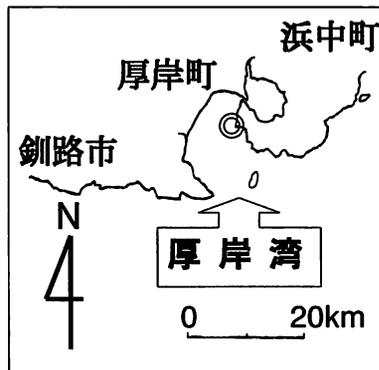
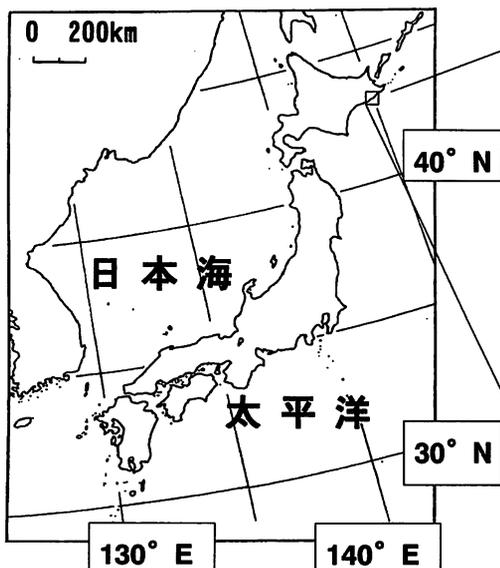
 6. 北海道厚岸町・北海道大学厚岸臨海実験所地先
現地概要と方法


図1 北海道厚岸町・北海道大学厚岸臨海実験所地先の概略位置

厚岸町に位置し、厚岸湾に面した北海道大学厚岸臨海実験所(図1)では、海岸がコンクリート護岸となっており、船着場の防波堤沖側には消波ブロックが配置されている(図2)。厚岸湾では、冬に、波の静かな入江などで海水が結氷して形成された海水の接岸によって、流水ほどの広さや厚さではないにしても、潮間帯から漸深帯上部に物理的攪乱が生じることが知られている。

筆者らは、厚岸臨海実験所の地先の海底、船着場の防波堤および消波ブロックなどを観察する機会を得た。厚岸臨海実験所地先の水深2~3mの海底は、比較的、平坦な砂泥底に自然の岩が露出している。1992年6月18日に、SCUBA潜水で底質および植生を観察した後、優占種で表わされる景観によって、調査区を水深0.3~0.6m, 0.6~1.3m, 1.3~2.2mに区分した。各調査区において、面積が3m²で等しくなるように、浅い方から0.3×10m, 0.5×6m, 1×3mの枠を設定し、出現種の被度を測定した。それぞれの調査区において、コンブ科植物の着生が均一でなかったため、所々にまとまって着生していた根の集まりを、一辺25cmの方形枠を用い、枠内の藻体採取した。方形枠を置いた場所の水深は、水深0.5, 1.1, 1.5mである。採取し



図2 厚岸臨海実験所地先の船着場の防波堤と消波ブロック

た藻体について、種類別の個体数、藻長、湿重量を測定した。

結果

水深0.3～0.6m：防波堤の岸側は、海水の接岸によってコンクリートがえぐられていた。防波堤沖側の消波ブロックに、コンブ科海藻の4種、ガッガラコンブ *Laminaria coriacea* Miyabe (被度30%)、ナガコンブ *L. longissima* Miyabe (同5%)、スジメ *Costaria costata* (C.Ag.) Saunders (同60%)、オニコンブ *L. diabolica* Miyabe (同80%) の、1年未満の藻体(0齢、幼体)が混生していた(図3,4)。採取した藻体の最大長、25×25cmあたりの個体密度と湿重量は、ガッガラコンブが

30cm, 53本, 45g, ナガコンブが63cm, 2本, 2g, スジメが46cm, 2本, 5g, オニコンブが119cm, 105本, 237gであった。被度, 最大長, 個体密度, 湿重量のすべてで、オニコンブが最も大きく、ナガコンブが最も小さかった。

水深0.6～1.3m：消波ブロックに、スジメ(被度60%)の1年未満の藻体(0齢)とオニコンブ(被度70%)の2年目の藻体(1齢)が混生していた。採取した藻体の最大長、25×25cmあたりの個体密度と湿重量は、スジメが179cm, 27本, 1,040gで、オニコンブが182cm, 40本, 1,220gであった。スジメがオニコンブの量に迫っていた。

水深1.3～2.2m：消波ブロックに、オニコンブ(被度100%)の3年目の藻体(2齢)のみが生育していた(図5)。採取した藻体の最大長、25×25cmあたりの個体密度と湿重量は、314cm, 19本, 2,717gであった。砂泥底から露出する岩が底質の海底ではオニコンブ(主に2齢)が生育して優占し、稀に多年生ホンダワラ類のウガノモク *Cystoseira hakodatensis* (Yendo) Fensholt が混生していた。

まとめ

北海道大学厚岸臨海実験所地先では、1992年6月、水深0.3～0.6mでは、消波ブロックに、ガッガラコンブ、ナガコンブ、スジメ、オニコンブの1年未満の藻体(0齢、幼体)が混生し、オニコンブが藻長1mで、

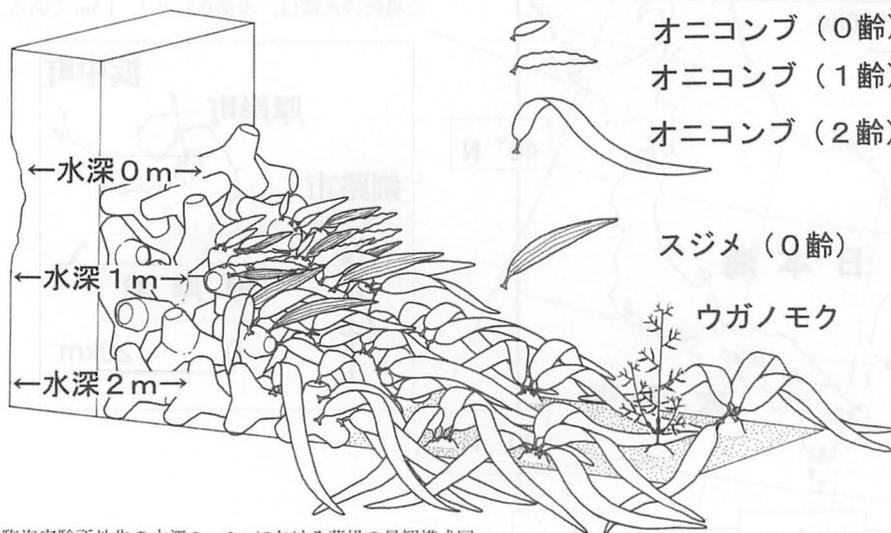


図3 厚岸臨海実験所地先の水深2～3mにおける藻場の景観模式図



図4 消波ブロックの水深0.5mに生育するコンブの幼体群

最も大きかった。水深0.6～1.3mでは、消波ブロックに、スジメとオニコンブの2年目の藻体(1齢)が混生し、いずれも藻長2m程度に達していた。水深1.3～2.2mでは、消波ブロックに、オニコンブの3年目の藻体(2齢)のみが生育し、藻長3m以上であった。砂泥底から露出する岩が底質の海底では、オニコンブ(主に2齢)が生育して優占し、稀にウガノモクが混生した。

注目点

北海道大学厚岸臨海実験所地先の船着場の防波堤コンクリートは、海水の影響によりえぐられていた。水深0.3～0.6mで観察された0齢のコンブ科植物は、この年の冬の海水による物理的攪乱で生じたコンクリートブロック表面の刷新以後に入植したとみなされる。

近接する厚岸郡浜中町地先では、凹部の所々に砂が



図5 消波ブロックの水深1.5mのオニコンブ群落

入る泥岩質の岩盤の物理的攪乱後に、ガツガラコンブ-ナガコンブ-ウガノモクの遷移系列が想定されている(寺脇・新井1999)。しかし、厚岸臨海実験所地先において、水深0.6～1.3mで1齢のコンブ科植物が、水深1.3m以深で2齢のオニコンブが密生しており、ウガノモク群落まで遷移が進行していない理由については、今回の観察からは推察できなかった。

オニコンブなどコンブ科植物は、数本の個体が同一箇所に着生・生残し、根をお互いに広げてからみあい、いわば「コンブの根のパッチ」を形成し、それらの根のパッチが数十cmの間隔で点在していた。根のパッチ間には、コンブを含め、直立する海藻の着生がほとんどみられなかった。このため、今回は、一辺25cmの小さめの方形枠を用い、根のパッチ部を中心に選んで採集を行った。また、採取した藻体の測定結果についても、あえて、1m²当りの換算をしないで示した。

今後、特に、長大なコンブのように横たわって生育する海藻類の単位面積当たり重量の調査方法について、より一層の工夫を重ねる必要があると感じている。例えば、1×1m以上の方形枠に沿い、ハサミでコンブの葉を切り取り、まず、根が枠外にあり葉が枠内にあるコンブ科植物の藻体のみを採集し、次に枠内に根があるコンブ科植物の藻体を採集するなどの方法を検討することによって、枠間の採集誤差等が小さくなるのではないかと考えている。

謝辞

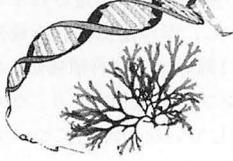
潜水観察にご協力いただいた向井宏教授をはじめ北海道大学厚岸臨海実験所の皆様、および現地へご同行の上、日本産コンブ図鑑の記載以上の細部にわたりコンブ科植物同定のご指導をいただいた川嶋昭二博士に感謝する。本模式図の公表に際し便宜を図って下さった(財)電力中央研究所にお礼を申し上げる。

参考文献

- 佐々木茂 1969. 釧路地方におけるナガコンブ *Laminaria angustata* var. *longissima* (Miyabe) Miyabe の生態学的研究. 1 冬季発芽群の生活様式. 北水試報告 10: 1-42.
寺脇利信・新井章吾 1999. 藻場の景観模式図 2. 北海道厚岸郡浜中町散布地先. 藻類 47: 233-236.

(¹739-0452 広島県佐伯郡大野町丸石 2-17-5 瀬戸内海区水産研究所, ²811-0114 福岡県粕屋郡新宮町湊坂 3-9-4 (株)海藻研究所)

藻類学最前線



石田 健一郎：一生使える使い捨て葉緑体 ーウミウシのクレプトクロロプラストー

光合成を自身の細胞内で行ない独立栄養で生育する能力は、何も植物や藻類に限られたものではない。実は、様々な真核生物が様々な様式でその能力を獲得している。植物や真核藻類が葉緑体という「光合成工場」を永続的に細胞内に統合しているのに対して、珊瑚や一部の軟体動物、絨毛虫などは捕食した藻類細胞をそのまま共生体として自身の体内で栽培する「光合成農場」とも言うべきシステムを獲得している。また、ある種の軟体動物や有孔虫、絨毛虫、渦鞭毛藻などは、藻類を捕食したあと葉緑体だけを一時的に体内に蓄積することで光合成の恩恵に預かる、言ってみれば「使い捨て葉緑体」を獲得している。この使い捨て葉緑体(クレプトクロロプラストと呼ばれる)は、真核生物の複数の系列で独立に獲得されており、他の2つの方法と並ぶ真核生物の主要な光合成能獲得方法の一つとも言える。また、これは共生段階から真の葉緑体獲得に至る中間段階と言われることもあり、進化上非常に興味深い現象の一つでもある⁽¹⁾。

この学問上の面白さとは裏腹に、クレプトクロロプラストに関する研究は、材料の供給や技術的な問題によりなかなか分子レベルまで踏み込むことが困難であった。しかし最近になって、アメリカの Rumpho らのグループが、軟体動物のウミウシの一種 (*Elysia chlorotica*) のクレプトクロロプラストについて、初めての分子レベルの研究を発表し、クレプトクロロプラスト獲得と保持機構の理解に向けた大きな一歩が踏み出された^(2,3)。*E. chlorotica* は、軟体動物の中のゴクラクミドリガイ目 (Saccoglossa) に属し、全身緑色で葉を広げたような形態を持ち光合成によって生育可能であることから「這い回る葉」とも言われる (図1)。ゴクラクミドリガイ目のウミウシの多くは緑色の葉緑体を体内に蓄積することで知られ、一般にミルやイワツタなどの多核囊状緑藻から葉緑体を獲得するが⁽⁴⁾、*E. chlorotica* の場合は不等毛植物門に属する多核囊状の黄緑藻 *Vaucheria litorea* から葉緑体を獲得する。葉緑体の

獲得は、ヴェリジャー幼生と呼ばれる時期を過ぎた後の幼体の時に始まり (従って葉緑体は次世代に受け継がれない)、生息地に豊富に存在する *V. litorea* を捕食することで行われる⁽²⁾。捕食された *Vaucheria* はほとんど消化されてしまうが、葉緑体だけは消化管を取り囲む上皮細胞層の特別な細胞に取り込まれ蓄積される^(2,3,5)。このウミウシの驚異的なところは、一度葉緑体を取り込むと、その後全くエサを食べなくても光を与えるだけで9ヶ月間 (寿命で死ぬまで) 生き延びることができることである^(2,3)。他の生物のクレプトクロロプラストは通常数日から数週間に入れ替えられるのが普通なので、この9ヶ月という記録はギネスブックものと言ってよい。この葉緑体、持ち主が変わった後数カ月間も本当に機能しているのだろうか？

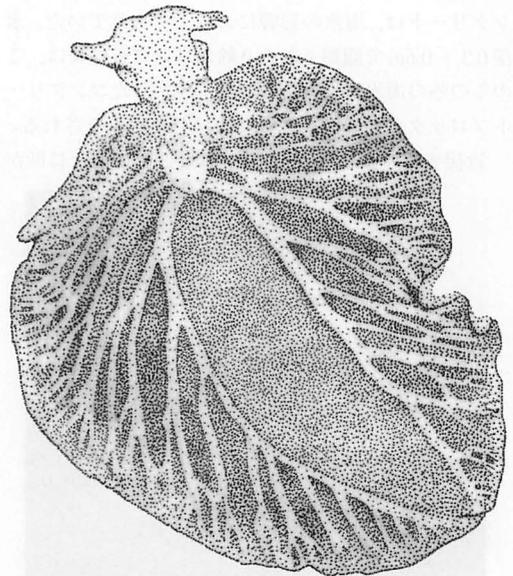


図1 *Elysia chlorotica* 「這い回る葉」とも呼ばれる全身緑色のウミウシ。アメリカ大陸の東海岸に分布する。

これまでの電子顕微鏡観察によると、上皮細胞に取り込まれた葉緑体は2枚の包膜に囲まれており、不等毛藻の葉緑体に普通存在する葉緑体ER膜などは残っていない⁽⁵⁾。しかし内部構造などは *Vaucheria* 細胞の中の葉緑体とほぼ同じであり、形態的なダメージはほとんど無いことが分かる⁽⁵⁾。また生理学的にも、光合成活性の指標の一つであるみかけの酸素発生は、葉緑体獲得後5ヶ月目から活性が衰えるものの7ヶ月までは酸素発生が呼吸量を上回り、光化学系の電子伝達の活性も、光化学系IとIIで若干の差があるものの、6-7ヶ月までは高い活性を保っている⁽³⁾。葉緑体ゲノムの遺伝子発現も、葉緑体獲得後8ヶ月目まで少なくとも2つの遺伝子で発現が確認されている⁽⁵⁾。つまり、この葉緑体は *Vaucheria* 細胞から取り出された後もウミウシの細胞内で藻類細胞の中とほとんど変わらず数カ月間機能することができるのである。

そうすると、次はこのウミウシがどうやって9ヶ月もの長期間葉緑体を保持しているのかを知りたくなる。葉緑体で機能するタンパク質の90%以上は遺伝子が核ゲノムにコードされていると言われ、それらのタンパク質無くして葉緑体は正常に機能できない。ウミウシ細胞の核にも *Vaucheria* の核由来の葉緑体タンパク質の遺伝子が存在するのだろうか？ Green ら⁽⁶⁾ はサザンブロット法により、*Vaucheria* 核由来の光合成系タンパク質の一つであるアンテナ色素複合体タンパク質 (FCP)^(7参照) の遺伝子の有無を調べ、ウミウシの体内のどこにもこの遺伝子が存在しないことを報告している。しかしながら、FCP タンパクの有無をウエスタンブロット法で調べてみると9ヶ月目までちゃんとチラコイド膜に存在するのである⁽³⁾。どうやらこのウミウシは、葉緑体を取り込んだ時に既に存在していたFCPをそのまま9ヶ月間保持することができるらしい。このウミウシには葉緑体のタンパク質を保護する（あるいは修復する）何か特別な機構が存在するのだろうか？それとも *Vaucheria* のタンパク質はもともと丈夫で部品交換の必

要が無いのだろうか？謎はますます深まるばかりだが、今後の研究の進展が楽しみである。

ところで、先に述べたように、これまでクレプトクロプラストは真の葉緑体に至る進化の初期段階として認識されてきた。しかしながら、もし他の核コード葉緑体タンパクの遺伝子もFCPの場合と同じようにウミウシの体内に全く存在しないとしたら、クレプトクロプラストは通常の葉緑体への中間段階と言うよりは、むしろ全く別のメカニズムで獲得された葉緑体であると言えるのではないだろうか。他のクレプトクロプラストを持つ生物群でもこのウミウシと同じように核コードの葉緑体タンパク遺伝子は存在しないのだろうか？もともと真の葉緑体を持っていたと思われる渦鞭毛藻の場合などは特に興味深いところである。

参考文献

- (1) 堀口 健雄 1999. 藻類の多様性と系統(千原光雄 編) pp. 147-157.
- (2) Rumpho M.E., Summer E.J. and Manhart J.R. 2000. *Plant Physiol.* 123: 29-38.
- (3) Green B.J., Li W-Y, Manhart J.R., Fox T.C., Summer E.J., Kennedy R.A., Pierce S.K. and Rumpho M.E. 2000. *Plant Physiol.* 124: 331-342.
- (4) Rudman B.W. (1998-) "Solar-powered Sea Slugs" World Wide Web Site: <http://www.seaslugforum.net/solarpow.htm>.
- (5) Mujer C.V., Andrews D.L., Manhart J.R., Pierce S.K. and Rumpho M.E. 1996. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 93: 12333-8.
- (6) Green B.J., Summer E.J., Li W-Y and Rumpho M.E. 2000. Abstracts for Plant Biology Meeting 2000, San Diego, CA: 909 (p. 180)
- (7) 三室 守 1999. 藻類の多様性と系統 (千原光雄編) pp. 68-94.

(ブリティッシュコロンビア大学)



海外藻類事情

大野 正夫¹・平岡 雅規²：ヨーロッパのアオサについて

日本各地の砂州は、夏になるとアオサの大量繁殖がみられる。最近まで、アオサの大量繁殖は沿岸域の富栄養化が原因とされ、構成種はアナアオサとされてきたが、最近、岩礁に着生して繁茂するアナアオサと砂州に大量繁殖するものとは、種が異なるのではないかと問われるようになった(平岡ら 1998)。砂州に繁茂するアオサの葉体は、長方形になり、大きなものは畳の大きさにもなる。高知や九州に発生するアオサ場の構成種は、形態的にアナアオサではなく *Ulva lactuca* (吉田 1998, 新日本海藻誌ではオオバアオサと和名が付けられている) に近いように思われた。アオサ類の大量繁殖は 'green tide' と呼ばれるようになり、ヨーロッパ各地からも報告されている。平岡は人為的に生殖細胞を放出させて、この接合から種間関係の研究を進めているので、*U. lactuca* の生の材料を必要としていた。オランダにはアオサの分類体系をまとめた Dr. Reinoud Koeman がおり (Koeman 1985)、フランスでは Dr. Patrick Dion が 1998 年にブルターニュに大規模なアオサの大量繁殖を報告し、その繁殖する種を *U. armoricana* と新種にしていた (Dion et al. 1998)。そこで Dr. Koeman と Dr. Dion に連絡を取り、1998 年 10 月にオランダとフランスにアオサを求める旅にでた。

Ulva lactuca は本当にあるのか?

アムステルダムから北に 200 km ほど行った Groningen の近くの小さな町、A.A Haren に、Dr. Koeman の研究室があった。彼は Haren 大学の一角に、海洋生物調査研究所を経営し所長であった (図 1)。彼は、我々のために北オランダで北海に面した Lauwesooog の海岸からアオサ類を採取しておいてくれた。オランダ沿岸のアオサ属の仲間には、*U. pseudocurvata*, *U. curvata*, *U. lactuca*, *U. rigida*, *U. scandinavica* の 5 種が報告されており (Koeman 1985)、*U. lactuca* と *U. rigida* を採取していた。Dr. Koeman は、いろいろと私たちにアオサ属の分類形質の説明をされたが、*U. lactuca* の種の同定に自信がなさそうであった。*U. lactuca* は、1753 年にリンネが命名し、海藻の仲間でもっと早く付けられた種名で

ある。その後、*U. lactuca* はヨーロッパからインドまで、世界中から報告されている広汎種であるが、今まで、各地でアオサであれば *U. lactuca* の種名をあてた傾向が感じられて、形質がどうも定かでなくなったようである。彼が *U. lactuca* としたものは、図 2 A に示すように、日本のアナアオサに類似していた。しかし、彼が *U. rigida* (図 2 B) としたのものにもきわめて似ていた。オランダにきて、*U. lactuca* が不可解な種になってしまった。このことは、Dr. Koeman 自身も悩んでいるようであった。今まで世界各地で報告されている *U. lactuca* は、いくつかの種に分かれるかもしれない。

オランダの大量発生型アオサ

Dr. Koeman は、私たちをアムステルダムから南方の大きなラグーン地帯の、国立オランダ汽水域生態研究所 (Centre for Estuarine and Coastal Ecology) がある Yerseke に案内してくれた。研究所でアオサ場の物質循環の研

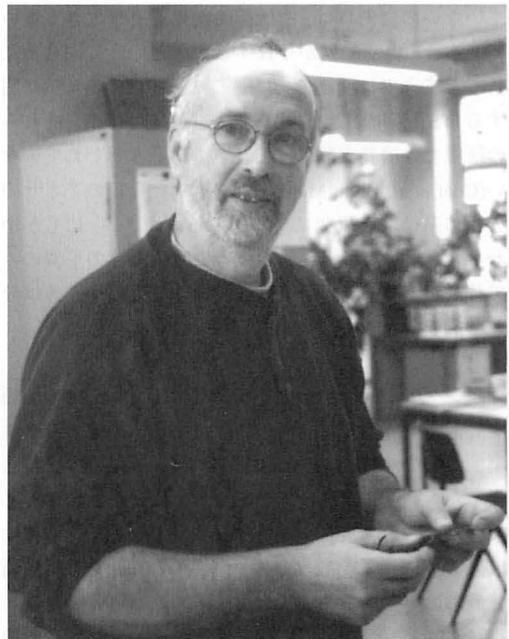
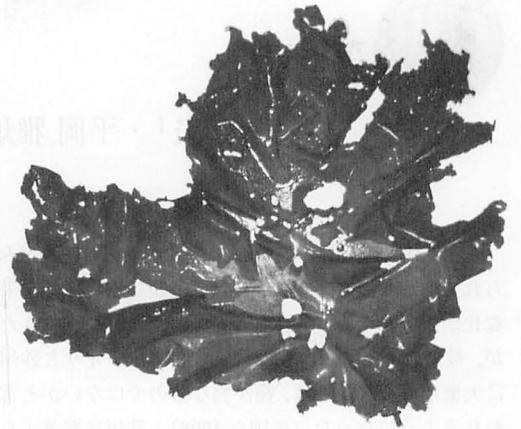


図 1 研究所での Dr. R. Koeman

究している博士課程院生の Mr. Erik-jan Malta が、早朝から夕方まで研究所の車でアオサ場を案内してくれた。ここでは、*U. lactuca* はみられず、潮間帯の中部にはアナアオサと形態も生態の特徴も似ている *U. rigida* が多く繁茂していた。ラグーンを堰き止めた人工湖では、夏にここはアオサが大量繁殖して埋まると説明された。この季節にはほとんど消えていたが、岸辺にはまだ大きなアオサ葉体があった。日本の大量繁殖型アオサは、夏に発生すること、葉体が大型になり、薄いなどの形質があり、オランダの大量繁殖型アオサとよく似ていた。私たちの帰国後、Mr. Malta はオランダの汽水湖 Veer Meer の浮遊アオサについて、形態的に *U. lactuca*, *U. scandinavica* に分類できるが、それらの rDNA の ITS 配列を比較するとほとんど同じになるので、これらは同じ種であると結論する論文を発表した (Malta et al. 1999)。しかし、*U. scandinavica* はもともと無性生殖種として Bliding (1968) によって記載されている。一方、*U. lactuca* は有性生殖種である。私たちがオランダから持ち帰ったアオササンプルを調べてみると、有性生殖を行う種類と無性生殖を行う種類が認められた。そして、この2つの種類のサンプルを北海道大学の寫田智博士に ITS 配列を分析してもらったと同じ配列であることがわかった。無性生殖種は有性生殖種から生じてきたことが予想されるが (van den Hoek et al. 1995)、無性生殖種が生じてからそんなに時間が経過していないのであれば、遺伝子の変異もそう大きくないであろう。塩基配列が一致するからといって同じ種にしてしまうのは問題である。ここ数年、アオサ類に関する ITS 配列の比較研究が発表されているが、それらの研究では培養実験による種名の確認が行われていない (Coat et al. 1998, Malta et al. 1999)。今日のアオサの分類体系は培養研究によるところが大きい。にもかかわらず、非常に環境変異の大きい野生藻体の形質のみで種名をあてて、分子系統樹を描く最近のやり方は分類学的な混乱を招くだけではないだろうか。

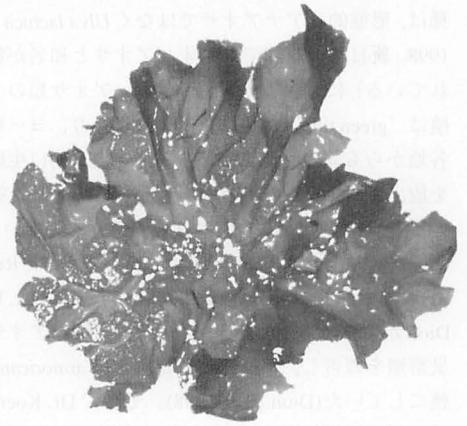
オランダの *Ulva rigida* とアナアオサ *U. pertusa* の関係

潮間帯の岩礁に付着していた *U. rigida* の中で最も典型的なものを Dr. Koeman に選んでもらい、日本に持ち帰った。早速、日本のアナアオサと接合実験をすると接合が起り、接合子が胞子体に成長した。胞子体は成熟して遊走子を放出した。野生藻体の形態、培養藻体の形態はいずれもよく一致した。これらの結果は日本藻類学会第23回大会で発表した。オランダの *U. rigida* とアナアオサは同じ種類と考えていいだろう。



A

13 lactuca



B

3. rigida



C

図2 A: *Ulva lactuca* B: *U. rigida* C: *U. armoricana*

そうすると、アナアオサの種名 *U. pertusa* は 1897 年に Kjellman により命名されたが、種名 *U. rigida* はそれより古く、1822 年に C. Agardh によって命名されているから、アナアオサの種名は *U. rigida* とされるべきであろう。

ブルターニュの大量繁殖型アオサ

Dr. Dion とは、学会誌のメールアドレスからコンタクトを取り、彼の所属が“CEVA”という産官学連携の応用海藻研究所であることを知った。海藻分野では、めずらしい会社組織の研究所であり、海藻生態調査部門と海藻から有用成分を抽出する研究部門を持っていた。政府や会社からの委託を受けて研究を行っており、順調な経営をしているようであった。収集文献も多く充実した研究所で、特に建物がモダンであった(図3)。

彼の案内でアオサ場をみたが、ここでもアオサの大量繁殖は、水温の高い夏季に発生する。訪れた10月でも、まだ、大量発生中であった(図4)。ブルターニュでは、アオサの大量発生は河口域に発生していた。現地を訪れた時は‘green tide’の衰退期だと言われたが、砂浜全体がアオサで埋まり、その厚みも数cmあり、日本でみてきたどのアオサ場の大量繁殖の規模よりも大きかった。*U. armoricana* は、葉長数10cmになるが、ア



図3 ブルターニュの海藻研究所CEVAの玄関前で Dr. P. Dion とともに



図4 ブルターニュの海浜のアオサの大量発生



図5 ロスコフ臨海実験所前の海藻群落(中央背景の大きいビルが実験所)

ナアオサより薄く、ヒトエグサを少し厚くした程度であり、破れやすく完全な個体を採取できなかった(図2C)。海岸景観にうるさいフランスでは、アオサの大量発生は大問題で、種々の対策を検討しているが、全く良い対策がないと説明された。しかし、水温が下がる冬には消えるそうで、大量繁殖は水温の上昇が主原因のようであった。

フランスの *Ulva rigida* とアナアオサ *U. pertusa* の関係

ブルターニュ地方には、有名な Roscoff 臨海実験所がある。ここに3日間滞在して、アオサの採取と海藻群落を見て歩いた。ちょうど大潮の時期にあたり、実験所前の数100mにも及ぶと思われる平坦な岩礁域一面に、褐藻の *Fucus* を主にしたすばらしい海藻群落をみる事ができた(図5)。ここには藻類分子生物学者の Dr. Coat がいる(図6)。彼女はアオサの分子系統学に興味をもっており、Dr. Dion とともに *U. armoricana* の報告を行った (Coat et al. 1998)。彼女は分子生物学者であるが、多くのアオサの分類に関する文献を集めており、形態に関する知見も豊富であった。彼女に *U. lactuca* に関する質問をしたが、彼女も「*U. lactuca* はよくわからない、北フランスにあるようだ」との返答



図6 研究室での Dr. G. Coat

であった。フランスでは *U. lactuca* の報告はほとんどなく、北方系の種類であるとされている。リンネによって採集された *U. lactuca* もスウェーデン西海岸産のものらしいから (Bliding 1968), 北方系の種であるのは間違いなさそうである。そうすると、温暖海域の高知や九州で大量発生しているアオサは *U. lactuca* とは異なる種類である可能性がでてきた。さて、Roscoff の岩礁には、*U. rigida* が主要なアオサであった。*U. rigida* は、ところどころ裂開した葉体で、岩礁に固着しており、日本のアナアオサと非常に似ており、生態的な特徴も類似していた。しかし、Roscoff の *U. rigida* は以前から指摘されているように (Hoeksema & van den Hoek 1983), 藻体縁辺部分に肉眼でも確認できる鋸歯があり、その点ではアナアオサと異なっていた。オーストラリアの Phillips (1988) は、フランスのその鋸歯をもつアオサに、Bliding (1968) がまちがった種名 *U. rigida* をあてたため、以後、その Bliding の *U. rigida* のコンセプトがヨーロッパ、特にフランスで受け入れられてきたと考えている。そして、フランスで *U. rigida* とされている種類は *U. laetevirens* をあてるのが正しいとしている。Roscoff で採集した *U. rigida* の中から、Dr. Dion が典型的とした生材料を日本に持ち帰り、アナアオサの生殖細胞と接合実験を行うと、接合しなかった。また、オランダの *U. rigida* とも接合しなかった。この実験結果は Phillips の考えを支持するものと思われた。

オランダとフランスに、*U. lactuca* を求めての調査旅行であったが、種の確定した試料は得られなかったが、多くの報告にみられる *U. lactuca* は、それぞれが異

なる種類かもしれないことがわかった。そして、温暖海域である高知と九州で大量繁殖しているアオサは、北方種とされる *U. lactuca* とは異なる種類である可能性も出てきた。また、予想していなかった「*U. pertusa* と *U. rigida* が同じものであろうか？」というテーマが急に沸き上がってきた採集旅行であった。現在、世界中から集めたアオサ株を培養し、交雑実験と塩基配列分析を併用しながら分類研究を進めている。

引用文献

- Bliding, C. 1968. A critical survey of European taxa in Ulvales. II. *Ulva*, *Ulvaria*, *Monostroma*, *Kornmannia*. Bot. Not. 121: 535-629.
- Coat, G., Dion, P., Noailles, M.-C., de Reviers, B., Fontaine, J.-M., Berger-Perrot, Y. & Loiseaux-De Goër, S. 1998. *Ulva armoricana* (Ulvales, Chlorophyta) from the coasts of Brittany (France). II. Nuclear rDNA ITS sequence analysis. Eur. J. Phycol. 33: 81-86.
- Dion, P., de Reviers, B. & Coat, G. 1998. *Ulva armoricana* sp. nov. (Ulvales, Chlorophyta) from the coasts of Brittany (France). I. Morphological identification. Eur. J. Phycol. 33: 73-80.
- 平岡雅規・大野正夫・川口栄男 1998. 博多湾に生育するアオサ 2 型について. 藻類 46: 161-165.
- Hoeksema, B. W. & van den Hoek, C. 1983. The taxonomy of *Ulva* (Chlorophyceae) from the coastal region of Roscoff (Brittany, France). Bot. Mar. 26: 65-86.
- Koeman, R. P. T. 1985. The taxonomy of *Ulva Linnaeus* 1753 and *Enteromorpha Link* 1820 (Chlorophyceae) in the Netherlands. Wisk. Nat. Rijksuniv. Groningen, Netherlands.
- Malta, E.-J., Draisma, S. G. A. & Kamermans, P. 1999. Free-floating *Ulva* in the southwest Netherlands: species or morphotypes? A morphological, molecular and ecological comparison. Eur. J. Phycol. 34: 443-454.
- Phillips, J. A. 1988. Field, anatomical and developmental studies on southern Australian species of *Ulva* (Ulvaceae, Chlorophyta). Aust. Syst. Bot. 1: 411-456.
- van den Hoek, C., Mann, D. G. & Jahns, H. M. 1995. Algae: An introduction to phycology. Cambridge Univ. Press, New York.
- 吉田忠生 1998. 新日本海藻誌. 内田老鶴圃, 東京.

(¹高知大学海洋生物教育研究センター, ²(株) 海藻研究所)



前田 昌徹：連鎖について —海藻多糖の化学構造研究—

プロローグ

ミレニアムを迎えた年の春、34年間勤めた埼玉大学理学部生化学教室(現分子生物学教室)を退官した。この間、海藻多糖の化学構造を解明することに興味をおぼえ、この縁から藻類の世界に入り込み、多くの先生、友人、学生達に支えられながら研究生活を続けることができたことに、私はいま大きな喜びを感じている。これは、糖残基の連鎖による糖鎖構造や多糖の世界が成り立つように、時代を通じて人々と拘り合う連鎖の世界と同義であり、両者に相通じる想いはさまざまな感慨を呼び起こす。

今世紀の生命科学の革命の時代に、多糖についての研究法にも幾多の変革があり、そこから海藻多糖についての研究成果や認識も大きく変化し、進展してきている。そのような流れの中にあって、ある研究室がどのようにしてささやかな研究を続けてきたのかを中心に、海藻多糖の研究の一例を述べてみたい。

私がサイエンスの道に至るまでの前史を思い起こすとき、それなりの紆余曲折の末に辿り着いた世界のように思える。高校(都立九段高等学校)に入学した1950年(昭和25年)は、まだ戦後の影が強く漂っていた時代でもあった。ちょうどこの年に封切られた今井正監督の「また逢う日まで」の映画に感動し、「ピエールとリュース」と題する原作を通じて、その原作者であるフランスの思想家に傾倒したままに高校の3年間は過ぎた。そこには何となく理系よりも文系により大きな魅力を感じる多感な時期の意識もあり、卒業の年には自分の進路を勝手に文系に決め、ある私大の仏文科を受験し、一次試験に合格するという既成事実を作ってしまった。このことに父親が激怒した。今の時代ならば、子供の意志を持った行動を成長の証しとして喜ぶことであろうが、明治の生まれの人には、子が親の言いなりにならなかったことの方がショッキングな出来事であつたらしい。医者であった父親は当時、都心に自分の病院を開業したところであつて、ゆくゆくはこの経営の手助けを、将来はこれを盛り立てよとする期待からの強い圧力があつた。結局この圧力に負けた結

果、文系への志望はあえなく断念し浪人となって医者になるべく受験勉強に励む道を進むことになった。当時、医学部の専門課程へ進むには、教養課程を修了した資格さえあれば、どの大学からでも専門課程への受験が可能であつたため、取りあえず(との言い方には大いに語弊があるが)1954年に東京教育大学農学部に入學した。しかし、その後の2年間を受験だけを目的として気に染まない勉強を義務的に続けるだけの生活からは本当の勉強が身につく筈もなく、あえなくこの計画は挫折しその後の将来はともかく農学部を卒業してから考えることにした。

大学時代—赤外線吸収スペクトル分析との出会い

そこから改めて勉強を始めた農学部での専門の講義は非常に興味深く毎日が面白く新鮮な日々をすごすことができた。生まれて初めて地下足袋を履いて参加した農場実習での畑作、田植え、花卉栽培などの農作業は、まさに額に汗して自ら種を播くことであつた。牛の分娩へ徹夜で立ち会い、無事に出産した子牛の体を拭いながら朝の空を仰いだこと、あるいは生きた鶏の首に刃を当て、子豚を去勢し、はては種豚の屠殺からハム、ソーセージの製造に至る畜産加工実習などは、己の生を支えている食なるもとは生き物であり、自分が生きるということは他者の生命を奪うとする厳粛な事例を実地に学ぶ場であつた。都会に育ち、ただ詰め込み勉強によってのみ観念的な知識を身につけていただけにすぎなかった自分には、生きる基本とか生命の尊厳などが体に刻み込まれることであり、仮にこの体験がなかったならば、昨今の若い人のようにマグロの切り身が海を泳ぐような思い込みや、果ては思い入りまでも到る場合も存在したかも知れない。

学生実験では、ガラスのキャピラリーの先端からタンパク質の加水分解物の一滴を灼紙にスポットして、展開、発色した後に組成アミノ酸の同定を可能にしたペーパークロマトグラフィーには瞠目し、この再現性の高い簡便な微量分析法は、やがては体系化されて来るべき時代を切り拓く方法となるであろうとの予感を

覚えた。卒業研究では、栽培法の異なるコメデンプン組成についての比較、検討を行った。当時の食料難の時代には、あらゆる米栽培法が試行された中で、開田米と称して苗が成育するまでの期間だけを十分な灌水を行い、その後は畑地で稲作を行う方法があった。ここで収穫されたコメは陸稲程ではなかったが、水田で耕作されたもののように美味でなかった。現在この原因は平均して約6%ほど含まれるタンパク質にあることが知られていて、この量が低くなるほど美味となることから施肥にも問題の一因が求められているが、当時は成育環境の違いによってデンプン組成に、アミロースとアミロペクチンの量比の変化が起これると考えられた。優れた実験指導者などは皆無の中で、文献のみを頼りに脱タンパク処理を行ったコメデンプンから、Schoh (1944)の方法でブタノール錯体としてアミロースを分別した後の上清におけるアミロペクチン量を比色定量で比較を行う内容の実験であった。当然ながら、両者の間では有為な差を認めるには至らなかったが、このような最初の経験であった多糖の扱いが、将来、自分の専門の分野に進む糸口になろうとは当時は夢想にもしなかった。このような環境に身を置けたお蔭で、遠回りをしたあげくに生命科学に対する憧憬を覚え、化学との接点において生命への理解を深めたいとする気持ちが高まり、研究の道を進むことを考えるようになった。しかし進学を前に化学に対する知識の不足を痛感していたことから、この分野についての基礎的な勉強をさらに深めたいとして農学部の卒業(1959年)後は、同じ大学の理学部化学科の三年次に学士入学をした。

いま、戦後から現在までの有機化学、天然物化学、あるいは生化学の顕著な進展を振り返るとき、そこには、微量でかつ複雑な状態で存在している目的物質の分離技術(クロマトグラフィー)の進展と、単離された微量試料の非破壊的な分析を可能としたスペクトル分析の進展が大きく寄与していることが知られる。それまでは、ともすれば経験とか暗記的な要素が多かった有機化学が、電子論を中心として新しい体系を求めながら反応論とか、構造論などへの系統的な再編が始められようとした頃であり、学生の身でありながらもこのような戦後の荒野に押し寄せる新しい時代の学問の興りがまさに山が動かんとするような音をたてつつあるように聞こえ、時代が動いているとの実感を目前に感じさせられていた。このようなエキサイティングな息吹を象徴するような事例の一つに、フルブライトの留学生としてハーバート大のフィーザー教授のもと

での研鑽から帰国された中西香爾先生が赴任されてきたことだった。当時、先生によって邦訳され「フィーザーの有機化学」(丸善)は、それまでのテキストで踏襲されていた内容が大きく改訂された斬新なもので、その後の有機化学の教育や学習のあり方に大きな影響を与えたことは今でもよく語られている。先生は、新たに開設された「有機化学研究法」などの講義や演習を通じて学生達にスペクトル分析、特に赤外線(IR)スペクトルの徹底した訓練を行われた。この講義は「化学の領域」に連載された原稿がベースになっていたが、出版後はベストセラーとなったと聞き及んでいる⁽¹⁾。

それと同時に先生は、この大学に付属する光学研究所のグループによる「光研DS-301型赤外分光光度計」と命名された国産分光器の試作にも参加され、この第1号機を化学教室に置かれた。当時この種の大型機器が設置された大学などは皆無であっただけに、我々学生にとっては、IRスペクトルが学生実験の簡単な合成物の同定にさえも利用されるきわめて恵まれた環境にあった。その後、他大学などからこの分光器を利用しているIRスペクトルの測定依頼が増える中で、それぞれの分子の特性吸収帯の振動数を整理し、図表化を行い、未知化合物の構造解析に役立てる目的で、研究室内にIRDC(赤外吸収スペクトルデータ委員会)をつくられ、パンチカードに必要事項を記載したデータカードが南江堂より発行された。たまたまこのお手伝いに参加する機会に恵まれ、また偶然にも炭水化物のセクションを受け持つことになって、標準試料の収集と共にそれらについての各種データの測定、文献値との照合、特性吸収帯のチェックなどを行なった。「門前の小僧」の例ではないが、このようにして毎日スペクトルを眺めている日常が続くと、糖質分子の特徴が少しずつ識別できるようになり、スペクトル解析もそれほど苦にならなくなってきた。

またこの頃、同じ理学部の建物(W館)の二階の植物学教室では、三輪知雄教授、西沢一俊助教授(当時)の研究グループによる、糖転移酵素の反応生成物やいろいろな植物多糖の標品が得られていることを聞き、両先生を無遠慮にもお訪ねして珍しい試料を系統적으로ご提供いただいたりした。またこのようなご縁から、植物学科での両先生による植物生化学や生理学などの講義も興味深く聴講させていただいたりもした。

大学院時代—クロマトグラフィーへの興味

このような興味の赴くまま、大学院への進学を真剣に考えるようになった。この時期に、不運にも中西先

生が東北大学に転出されることになった。当時の世相では、未知の地で一人暮らしをする自信もなかったことから、さきの植物学教室の先生方にご相談した結果、大学院の試験を受けることを勧められた。この時の一夜漬での分類学とか形態学の結果は惨たるものであったが、何とか院生となれたのは1961年の春であった。

修士課程では三輪先生のご指導のもとで、クダモ目(管状緑藻 Siphonales)の細胞壁マイクロフィブリルを構成する多糖の化学的な性質から、分類的な考察を課題とした仕事に取り組んだ。「クダモ目とは、細胞間の隔壁が存在しないため管状多核とする形態の特徴によってまとめられた一群の藻類なのですよ」と三輪先生が自ら実験台の隅の古い顕微鏡を取り出されて、針でほぐした藻体を覗きながら示して下さった時の鮮やかな緑色を帯びた管状の藻体の美しさは、今でも瞼の裏に焼き付けられている。この藻類の細胞壁にはセルロースの存在が認められないことから非セルロース性植物と呼ばれることもあるが、その壁の主要構成多糖は *Caulerpa* (イワズタ属), *Udotea* (マユハキモ属), *Bryopsis* (ハネモ属) などでは、いずれも β -1,3-キシランであり、同じ目でも *Codium* (ミル属) の場合は β -1,4-マンナンとしていた。このように壁多糖が明らかに性質の異なる二群の多糖から形成されていることは、この目を化学分類的にキシラン群とマンナン群に区別しうることを示唆していた。事実、Feldmannによって明らかにされたこれらの藻類での色素体の存在様式の相異、すなわち、siphonaein とか、siphonaxanthin などのように、homoplasty と称するクロロプラストのみの色素体の状態として存在する場合と、これに多糖起源の白色体 (amyloplast, leucoplast, plast amylogen などと言われる) が共存して heteroplasty と呼ばれて存在する場合とをそれぞれ基準形質として2群に分類して



図1 三輪知雄先生 (1976年)

みると、前者では *Codium*, *Derbesia*, *Bryopsis* などが、後者には *Caulerpa*, *Udotea* などが属し *Bryopsis* を唯一の例外として壁多糖による分類の結果と一致している。このような背景のもとに、まだ調べられていなかった *Avrainvillea* (ハウチワ属), *Vaucheria* (フシナシミドロ属) の2種、および *Dichotomosiphon tuberosa* (チョウチンミドロ) からそれぞれ細胞壁の骨格と見なされるマイクロフィブリルを得て、それらの構成多糖の化学分析を行った。この結果は⁽²⁾、フシナシミドロ属ではマイクロフィブリルの構成はセルロースであることが明らかとなったのに対して、チョウチンミドロモではキシランであり、しかも陸上植物に見られる場合のような β -1,4-結合のキシランではなく、イワズタ属、ハネモ属などのマイクロフィブリルを構成するのと同様な β -1,3-キシランであった。これらの結果は、これまでフシナシミドロ科に所属するとされていたチョウチンミドロを、この科から外すべきとの見解を支持するものであった。また、フシナシミドロの壁多糖はセルロースであったことは、非セルロース性植物であるクダモ目からこれを外す考え方をさらに追加することになった。

三輪先生が退官され学長になられた後の大学院後期(博士課程)では、西沢先生を指導教官として海藻多糖の微細化学構造が、物性などの多糖固有の性質にどのように関連するかとの課題に新たに取り組んだ。主としてコンブ目(Laminariales)を中心にした褐藻類の貯蔵多糖は、ラミナランと呼ばれる β -グルカンであるが、これには熱水に対してはいずれも可溶でありながら、冷水に対する溶解性の相異によって不溶性と可溶性ラミナランとの区別がなされた。不溶性ラミナランは、*Laminaria hyperborea* の藻体を 0.09N 程度の希塩酸



図2 西沢一俊先生(左)と Dr. I. A. Abbott (1971年札幌での国際海藻会議において)

中に浸漬して室温で3日間ほど静置するとき、白色沈殿となって生成する多糖であって、この沈殿を遠心分離後に熱水に溶解してからろ液を冷却することによって分離された。これに対して可溶性ラミナランは、*L. digitata*などの藻体を希酸抽出を行なうときには抽出液中には可溶であり、これに80%以上の濃度までにアルコールを加えたときに始めて沈殿として得られた。糖鎖の主要結合は、メチル化物や部分加水分解物などの同定から、 β -1,3-グルカンであることは以前から知られていたが、微細構造は還元末端にマンニトールが結合することとか、糖鎖内に β -1,6-結合をするグルコース残基が存在することなどの報告もなされていた。

このような知見を背景にしなが、アラメ (*Eisenia bicyclis*) や、イシゲ (*Ishige okamurae*) から精製したラミナランは、いずれも冷水に易溶であり、還元末端にマンニトールを含むものではなかったが、1,6-結合のグルコース残基量は前者では直鎖構造のブロック (inter residue linkage) であり⁽³⁾、後者では分枝構造を形成する分枝点 (inter chain linkage) であった⁽⁴⁾。ラミナランが、仮に β -1,3-結合のみのような同一種の結合だけで形成される直鎖の糖鎖構造であるならば、これはちょうどセルロースのマイクロフィブリルの場合のように、隣りあった直鎖の糖鎖間で多数の分子間水素結合が容易に形成され、超分子構造を構成する状態となりより難溶性な性質となる。しかし、糖鎖の中に β -1,6-結合のような異種の結合をする糖鎖が存在するとき、ちょうど脂質二分子膜において飽和脂肪酸が並んでいる中に *cis*-配置の不飽和脂肪酸が入り込んでねじれ (kink) 構造になったような状態となって、糖鎖間の相互接近が制限され分子間水素結合の形成が阻止されると同時に、ここで新たに形成された三次元的な空間がより開放的に外界との相互作用を可能とし、水和が起りやすくなって溶解性が増す原因となると考えられた。このような化学構造の差異が溶解性などの物性の相違の原因となるとの考え方は、現在の超分子化学の分野では普遍的な考えとなっているが、当時はここまで踏み込むことには勇気を要した。またこの考えは、後に β -1,3-キシランの硫酸化を行なう際に大いに有益であった。

糖鎖の結合位置を決定するこのような研究は、今でこそ箱守法による完全メチル化から Lindberg 法によって部分メチル化アルジトールアセテート誘導体を得て、ガスクロマトグラフィー (GC)、およびガスクロマトグラフィー・電子衝撃質量スペクトル (GC-EIMS) によるフラグメント解析の結果を求めることで、

卒業研究でのルーチンな課題にさえもされている。しかし箱守法が発表されたのは1964年であり、当時はメチル化糖の同定でもペーパーや薄層クロマトグラフィーの手段しかなく、完全メチル化に到るまでも Haworth 法で二年間も反応を続ける苦難の道のりであった。後年にある学会で荒木長次先生 (京都工織大名名誉教授) に、この苦勞を愚痴っぽくこぼした時、「私なんか五年間も続けましたよ」と、先生はことなげに言葉を返されたが、その中に秘められた先人の偉業には改めて畏怖の念を覚えた。

新設の埼玉大学理工学部生化学教室へ

大学院を修了した時 (1966年) に、ちょうど埼玉大学に新設された生化学教室の生体物質研究室の助手として採用された。埼玉大学は1949年に旧制の浦和高等学校と埼玉師範学校などが合体して文理学部と教育学部の2学部から成る小規模な新制大学として発足したが、1963年から始まった浦和市郊外への統合移転の時期に工学部が新設され、さらに折からのベビーブームを契機に拡充が続けられるなどして、現在のような首都圏の総合大学としての姿に大きく変貌していった。当初の拡充は、文理学部の改組から行われた。ここで文理学部の理学科は工学部と統合し理工学部となり、この中で、理学科生物学専攻の教官がそれぞれ形態形成学、生体物質学、生理学、代謝学の四講座に分属し、ここに新規採用の教官が加わり生化学教室が新設された。

赴任後の数年間は、ちょうど時期的に重なった移転地に新築された建物への引っ越しとその後の実験室の立ちあげに忙殺された。同時が、ちょうどこの時に講座の村上進教授が定年退官され、1968年の4月から後任に東大理学部生物化学教室の江上不二夫教授を併任として迎えることになり、ここから始まった新しい研究にかかわる時間が多くなっていった。

当時の江上先生の関心は「化学に強い生化学を目指しましょう」との考えのもとに、コンドロイチン類、ケラト硫酸などのムコ多糖硫酸の構造と活性相関について向けられていて、自然界からのこの種の新規な硫酸化多糖の検索やその構造解析などが課題となっていた。その関係で、実験材料をこれまでのように植物起源に求める場合には、海藻の細胞壁を構成する硫酸化多糖などを選ぶなどは好都合であった。また同時に、動物関係の多糖を扱う機会などがあったことから、新しい興味と共に違った技法などを学ぶ機会を待つことができた。



図3 江上不二夫先生(1968年)

江上先生については江上語録と称されるいくつかの言葉があるが、これらが先生の口から直接に何うときに不思議な説得力があるようだった。その中で「仕事(研究)は面白くやろう」と強調される言葉があった。これは決して「面白くない研究はしなくてもよい」との意味ではなく、今の世の中で重要で面白そうに見える研究は、誰かがその重要性を発見し、人々にアピールを続け、興味を魅きつけたのであって、そのような側面だけに幻惑されてはいけない、とする考えであった。そして今、研究が面白く思えないことは、その研究が決して重要ではないのではなく、自分が面白く発展させる方法とか考え方が不足していることを反省すべきである、との自己責任を強調する内容でもあった。併任であられたため、埼玉大学に来られるのは週一回にすぎなかったが、学生達の些細な発見でも興味深くディスカッションを重ね、次の実験に対してエンカレッジされたり、あるいはスランプに陥っている学生には発想転換の途を一緒に求められたりする時にこのような言葉が聞かされたのだが、そんな時には若い人々に研究の魅力を発見させてゆく教育者の姿を垣間見る思いがあった。研究室の運営についても、大方針は定められた後では、研究は科学者が自主的にかつ自由に行うことが基本である、とのお考えから日常の運営の全てをまかせておられたが、「自分が発見した事

象や物質を大切に育て、重要なテーマにしてゆくこと」を基本とするスジはしっかりと貫かれていた。

新しい教室がそれなりに形が整えられてきたものの、生化学科の創生期にかかわった教官達には、私にとって反面教師とする人々が多かった。例えば、「オレが君を(助手として)採用してやったのだから」と言ったり、「講義とは常に最先端の知見を紹介することにある」とする人では、届いたばかりの雑誌の紹介だけに終わる講義の内容であったりした。バックグラウンドを持たない学部学生達には、当然ながら理解には程遠い内容となり、学期末試験の結果はクラスの三分の二以上が不合格となった。そしてその後の追試験たるや、まさに拷問に等しい苛酷なものであった。また別な教官は、気に入らない学生に対して自分の恣意によって一方的にその非を責めるばかりか、激昂した末に土下座させて謝罪を強いる、などの日常もあった。このような教官達の影響は、結果として学生達に直接ふりかかる被害となり、学内で保健センターでのカウンセリングに訪れる学生の内訳では、生化学科の学生が際だって多いとの事例も示された。教室の大多数の教官は、内心ではこれらの教官に反感があっても触らぬ神とばかりに無関心を装う人々であって、結果的に無力であるばかりか、やがてはこれらを黙認、追従してゆく雰囲気となっていった。その中で自分ひとりが「おかしい、おかしい」と言い続けたことから、人のやり方にいらぬ抗弁をする異端者として扱われ、やがて少数派の立場に転じ、それ以降は乾燥状態が永らく続くことになった。

埼玉大学に限らず、当時のこのレベルの地方の国立大学の研究環境は決して良好なものではなかった。乏しい研究費を巡る日常的な争いなどはともかくとして、最も痛切な悩みは良き研究協力者が得られないことであった。学部の学生達は4年生になると卒業研究を通じて各教官の研究室に所属したが、まだ大学院の設置がなかった当時では、卒業後さらに研究を志向する学生は他大学の大学院に進む道しかなかった。したがって一年間の卒業研究の実態は、ほとんど初歩的な実験に終り、1978年4月に修士課程が設置されるまでは、研究よりもむしろ教育を主体とする内容が毎年繰り返されて、苦勞の割りには成果の積み重ねが乏しく、日々が虚しく思える時代が続いた。江上先生の併任も、1971年3月の東大の定年退官と同時にご自身が創設に関与された三菱生命科学研究所に移れることによって終わり、またこの頃、私自身の身分が変わったこともあって、自分一人で新しい世界を求め道を切

り拓いてゆく立場となった。

激動の'70年代

1960年の後半から'70年の前半にかけて大学紛争が全国を席卷した。埼玉大学でも、浦和市郊外への統合移転による学生の生活の不便度が多くなったことなどから、学寮を中心として紛争の火の手があがり、全共闘系によって北浦和校舎がロックアウトされた。この時の学生達からは、「学問とは何か」、「大学とは何か」、「何のための研究か」として既存の価値感の問い直しをラジカルに迫る場面があった。このような問いかけは、突き詰めてゆくとき「人間とは何か」とする根源的な疑問におつからざるを得ないので、時には答えに詰まってしまうような場面もありながら、その中でこれ迄の自分に培ってきた人生観とか価値感に大きな変化が起こってゆくのを感じた。そして今、もしあの時代の経験がなければ、きっと自分はごく普通の教師の一生を過ごしたのではないかと思ってしまう。

紛争の最中における実験の進展たるやは誠に微々たりもので、取り立てて成果もないに等しかったが、糖質の赤外線吸収スペクトルの解析法についてこれ迄の知見を総説にまとめることができた⁽⁵⁾のがせめてもの救いであった。しかし、このような困難な状況の中でも、藻類については郷愁のような捨てがたい思い入れがあって、その魅力が絶えず自分の周辺につきまとっていたことは嬉しかった。そして、あたかもその魅力に引きずられる形で、春には新入りの学生達を連れて伊豆とか、千葉の海に採集に出かけるのが研究室の恒例であった。この頃の関心には、クダモ目についての化学分類的な考察をさらに確立してみたいとの考えに取り憑かれていた。それに際しては、Feldmannによる色素体の観点からと、細胞壁マイクロフィブリルの構成多糖が一致を見なかったハネモ属について、今までに取り上げられることのなかった新しい形質について比較検討を行い、その去就について明らかにすることをまず考えた。ちょうどこの頃、培養植物細胞においてヒドロキシプロリンを含む細胞壁タンパク質の存在が認められたことから、藻類においてもこの種の壁タンパク質を精製し、そのアミノ酸組成を比較の対象とすべき形質に選び、検討する試みを始めた。

これまで、細胞壁多糖としては、藻体を希酸および希アルカリでの熱処理を行った後の残渣とも言えるマイクロフィブリルを対象としてきたが、細胞壁タンパク質の場合には、このようなドラステックな処理によっては得られず、ホモジェネートした藻体を、タンパク

質の変性が起こらない条件のもとで、極性を変えた種々の溶媒や界面活性剤による徹底的な洗浄と高速遠心分離を、キエルダール法による窒素量が一定になる迄繰り返し返さなければならなかった。イオン交換樹脂のクロマトグラフィーによるヒドロキシプロリンの分解能を高めたアミノ酸分析の条件検討なども、苦勞は多かったが、結果は興味深かった。すなわち、細胞壁多糖がキシランである *Caulerpa*, *Halimeda* からの壁タンパク質には、プロリンを含むが、ヒドロキシプロリンは含まれなかった。これに対して、マンナンである *Codium* では、ヒドロキシプロリンを含むが、プロリンは含まれていなかった。このような結果に対して、*Bryopsis* からの壁タンパク質には、この両方のアミノ酸が含まれていて、あたかもプロリンが水酸化されてヒドロキシプロリンの生成に至る中間の過程にあるような存在であった。ハネモ属がこのような二つのグループの中間的な位置に見られる他の場合は、成熟した藻体から生殖時に配偶子嚢の形成する場合がある。*Caulerpa* のグループでは、藻体全体がそのまま配偶子嚢となる全実性 (holocarp) のケースであり、*Codium* では藻体の一部が配偶子嚢になる分実性 (eucarp) の場合である。これらに対して *Bryopsis* では、ちょうど藻体のハネの部分に配偶子嚢の形成が起こり、茎の部分はそのまま残る形態となるが、これは両者の中間的な場合に相当すると見られている。壁タンパク質のアミノ酸組成の比較においても、*Bryopsis* の位置付けがこの場合と良く一致した結果となった。

この仕事は、黒木宗尚先生 (北大名誉教授) や千原光雄先生 (筑波大名誉教授) らのお勧めをいただいて、1971年に札幌で開かれた第7回国際海藻会議の後の日米セミナーにおいて発表させていただいた⁽⁶⁾。このセミナーでは、館脇昭和先生 (北大名誉教授) によるライフサイクルから見た *Monostroma* (ヒトエグサ属) の分類についての発表もあった。その後先生から何種類かの藻体を分けていただき、各画分の糖組成を比較してみると、水溶性の多糖においてはお互いに際立った変化があることが明らかになった。この体験は、その後クダモ目の比較生化学的な理解をさらに深めるにあたって、取り上げられたある評価形質が、他の藻類に対してはどこまで適用されてゆくものかを考える際に参考になると共に、その後の硫酸化多糖についての検索や研究の端緒ともなった。

札幌での国際海藻会議は、藻類の関係では初めて日本で開催された国際会議であって、それ迄に文献でしか知る機会のなかった多くの人々との面識を得ること

ができたことは、当時の駆け出しの若造にとっては大きな刺激であった。なかでも Dr. W. Yaphe (MacGill Univ.) の agar に関する講演は、荒木長次先生らの寒天はアガロースとアガロペクチンを主体とする多糖であるとの化学的な解明を中心とした見解に対して、クロマトグラフィーを中心に丁寧な分別を繰り返した結果、寒天はアガロース、硫酸化ガラクトタンなど各種の多糖の複雑な集合体として構成される、とする内容であった。この思考、および解明の方法は、それ迄に、生体内での多糖類の存在様式は個々の多糖にあってはそれ程複雑ではないとしても、それらが集合して多様な構造体を形成することからその複雑性が示されることになるのではないかと、漠然としていた考えが明確に証明する内容に思え、その後の自分の仕事を進めるにあたっての大きな拠りどころとなった。Dr. Yaphe とは、それから別刷の交換などを通じての付き合いが続き、その後の彼の研究の関心は、私とほとんど機を同じにして NMR スペクトル解析に移った。化学シフトを比較することによって寒天を中心とする紅藻由来の硫酸化多糖の構造研究の方向に進んだのだが、このような関心のあり方は、同じように海藻多糖についてクロマトグラフィー、スペクトル解析とする関心を持ちながら進んだ自分の姿とまるで重なり合うような不思議な感がしている。

またこの頃、東大を定年になられて東邦大理学部に移られた高宮篤先生が、海洋に囲まれた千葉県での研究を志向された。その結果、先生を代表者として「Bryopsis (ハネモ属) の生物学—総合的研究」と題

する研究班を 1974 年に組織され、ここに「壁構成物質についての比較生化学」とされた課題を担当するようにお誘いをいただいたことから、ハネモを中心としたこれらの藻類における壁を構成する多糖の微細化学構造についての解明を行なう研究を始めた。前述のようにハネモなどの藻類の壁多糖は、 β -1,3-キシランを主要構成としたが、これに常に挙動を共にする約 10% 量のグルコースが、グルカンとしてキシランとは別個の多糖として存在するものか、あるいはグルコキシランのような複合多糖であるのか、について検証を行ったがこの仕事が完了したのはしばらく後になった。

このようにして数々の課題が推移してゆく中で、自分の周辺の流れが自然に海藻多糖の構造研究に向かって作られてゆくような感じさえもあった。その流れにただ身を任せ、心地よさに浸ることは楽しかったが、当時の世相は決してこのような呑気な流れのままにあってはなかった。それまで、昭和元禄と浮かれていた太平の世は「石油ショック」からのパニックによって破綻し、その後の狂乱物価と呼ばれた諸物価の高騰は、大学に大きな影響を及ぼした。中でも大学紛争の時からずっと手つかずにあった学寮経費が、大学財政を逼迫する大きな要因となった。当時の寮生は、毎日の入浴などによって光熱費、水道料などを使い放題でありながら、僅かに月額 300 円しか支払わず、その不足分は全て大学の負担となり、ある部局の経費よりも多くなってしまった。この事態を正常化するための窓口になる学寮主事には、誰もなりてが居ない中で



図 4 日米科学セミナー (1971 年 8 月) の参加者 (第 2 列 右から 4 人目が筆者)

そのお鉢が回ってきてしまった。「学寮予算の不足は文部行政の責任である」とする、ある革新政の主張を教条的に繰り返すだけの学寮委員会や寮生と対して、時には彼らの座り込みによって何度か会議室に軟禁されることも含め、孤軍奮闘のかたちで連日の話し合いを一年以上に亘って続けた。その末に、ついにこれを論破し改訂（値上げ）に到った時には、心身共にもう疲労困憊に至り、充電のためにしばし日本を離れようよとの気持ちになった。

ミシガン州立大学へ

学寮主事となった禍は、皮肉にも実験の時間がなくなり研究費に少し余力が生じるとの福となり、それでも爪に火を点すような形で年賦払いにしてもらった末にGCを購入することができた。定量性、迅速性に優れたこの分析機器の導入によって、どんなに研究効率が向上したことか、遅蒔きながらこの頃をもって我がラボもモダンクロマトグラフィーの時代になったと言える。当然ながら、GCのピークの同定にはGC-MSの手段が必須であり、この方面の研修を志して1976年にミシガン州立大学生化学教室のDr. Sweeleyの研究室にお世話になった。Dr. Charles C. Sweeley（ファーストネームで呼び合う親しい仲でChuckと言った）は、トリメチルシリル化試薬（TMS試薬）によって糖質のGC分析を始めて可能にしたクロマトグラフィーの権威であり、その後は関連する各種の機器分析を駆使して最先端の業績を挙げている人であって、文通を続けていた関係があった。しかし、そのころは主たる関心は既に高速液体クロマトグラフィー（HPLC）にあったため、私の担当した分野も主に蛍光試薬を利用する糖の微量検出法を完成させることであった。この内容およびDr. Sweeleyの人柄についての詳しい紹介などは別に譲るが⁽⁷⁾、ともかく、クロマトグラフィーへの関心は並太抵ではなく、雑談の合間でも「オリゴ糖類の分離には、ペーパークロマトグラフィーのような分配系を利用するのが最も効果的であるから、セルロースパウダーをスラリーにしてガラス管に充填したカラムを造って、高速液体クロマトグラフィーをやってみろ」などの思いがけないアイデアが気軽に飛び出してきた。この方法は、液もれのないしっかりしたカラム管があれば確かに効果的な方法であって、帰国後、ある程度のお金の余裕ができたときに大いに活用したことがあった。

GCの問題については、その頃GC-MSの分析において日常的に起こるトラブルの解決が任された。当時は

まだ、キセピラリーカラムの種類やテクニックに乏しく、またデータのコンピューター処理技術の進展がほとんどなかったため、充填カラムを直接ジェット型セパレーターに連結し、そこでキャリアーガスのみを排気して試料ガスをMSのイオン源に導入する方法が一般的であった。しかしこの際、充填剤にコーティングされている液相の一部がカラムから溶出し、この成分の値がバックグラウンドとして、時には試料のピーク強度に匹敵する程にも高く現れるためにMSの誤読の原因になることが多かった。これを解消するために新しいカラム系の試作が求められたが、この内容は通常、5%位の液相量を0.5%以下と少なくすることと、カラムの長さを可能な限り短くして液相の溶出量を最小限にしながらも、かつ理論段数によって示される分解能をできるだけ高く求めるとする、極めて矛盾に充ちた条件をクリアすることが要求された。試行錯誤の結果、クロモゾーブのような多孔質のものではなく、コーニング社から発売されていた粒子の細かいガラスビーズを担体とし、この表層にOV-17系の液相を0.3%量迄コーティングした30cm（one foot）カラムを作り、これによって1,000段以上の理論段数を出す条件を可能としたことで問題は解決された。それからは、キャピラリーカラムの全盛に至までのしばらくの間、このカラムがMSグループによって使われるようになった。

このように異国にあっても、雑事を離れてひたすら研究に没頭できた環境はまさに天国であり、ここで日本で中断していた仕事のいくつかを完成させることもできた。それ以上に勉強になったことは、世界の先端をゆく一流の研究室（ラボ）の日常がいかなるものかをつぶさに観察できたことであった。ラボは研究者の修練の場でもあるから、それなりの厳しさと秩序が要



図 5 Dr. Sweeley と令嬢 Susan (1977年)

求されるのは当然であったが、このラボのポリシーはボスの人柄を反映してか、(まだ慣れない頃に、昨日までハナを垂らしていたような新入りの学生たちが、このボスに対して「Hi, チャック!」と呼びかけるのを聞いて腰を抜かした)、類型的な思考を生産するしかない管理の体制は極力排して、自由な雰囲気と発想を最大限に確保することに努めていた。そしてラボの日常は、「研究は厳しいもの」を信条にしながらも、研究が好きとか、楽しいとか、嬉しいといった主観を大切に、研究に積極的に参加する要素を備えたシステムの中に、夢とロマンを求めて賑やかに毎日が過ぎてゆくとしたものであった。

また、ここでの夏休みには、サンタババーバラ(カリフォルニア)で開かれた第9回国際海藻シンポジウムにも出席して、札幌で知り合った大勢の人々との再会を喜びあったりもした。

新しいラボ体制を目指して

帰国後の1978年に、大学院博士前期(修士)課程が設立され、それ以降の学生との付き合いも卒業研究の1年間だけではなく、3年間を腰を据えてテーマを追求できるようになったのは嬉しかった。しかしここで研究費が飛躍的に増加するような訳でもなく、相変わらず約70万円位の予算で年間を過ごさねばならない悲哀は続いた。70年代はペリキュラー型の耐圧充填剤の開発などによって、HPLCの時代となっていてSweeleyのラボにおいてもこれが重要な課題の一つとされていた。しかし帰国後に、乏しい予算の中から部品を集めて装置を組み立てることに限界もあり、またこのランニングコストの点からもLCを中心にするラボ運営には余り熱が入らなかった。生体試料に関してのGCでは不完全な誘導化を心配する向きもあるが、これは反応に際してのキネティクスを忠実にフォローさえしているならば無用な心配である。それ以上にGCの高い分解能、迅速で再現性に優れた手段は、大きな魅力であった。そして、まだLC-MSなど望むべくもなかった頃であったため、単にピークの溶出位置(あるいは時間)だけを既知試料、あるいは文献値と比較するだけで試料の同定を行う頼りなさ、とか不確定さよりも、MSで認められるような物理定数によっての物質の同定こそが化学の王道であるとの考えが頭を離れず、分取の場合以外はLCよりもGCを繁用する傾向が強かった。

分取クロマトの実際は、適当な長さで切ったガラス管の上下に対して注射針を差し込んだゴム栓を用意

し、この栓の内側にメッシュの細かい布を敷き、管に固定してから管内にゲルを充填するとして手造りのカラムによって溶出を繰り返すものであった。ハネモ属のオオハネモ(*Bryopsis maxima*)からのマイクロフィブリル構成多糖が、キシラン、グルカンの混成であるか、またはグルコキシランであるかについては、この多糖の唯一の溶媒である希アルカリによるゲルろ過クロマトグラフィーで分取を行なうこと以外に方法がなかった。しかしこの手製のカラムでの操作の過程では、どこかで必ず液モレが生じ、この補修のためアルカリにまみれながらの悪戦苦闘をしなければならなかった。この研究課題を担当した院生(福土由紀子さん、現国立ガンセンター研究所)から、「わたし指紋がなくなってしまいました」と掌を見せられたこともあった。オオハネモの壁構成多糖はキシランとグルカンの混在したものであって、キシランは直鎖の β -1,3-結合であり、またグルカンはセルロースであったこと、したがって、これらの藻類をして「非セルロース性植物」と呼ぶのは適当ではないこと、などの一連の論文⁽⁸⁻¹⁰⁾は、見返すたびにこの女子学生一人のみならず、全ての学生達にも通じることだがーの青春の汗と涙が溢ればかりにこもった苦勞の結晶との思いを強くする。

他方、ミル属の壁多糖であるマンナンの微細化学構造は、この多糖があらゆる溶媒に対する難溶性を示すことによって進展が得られなかった。海藻多糖に限らず、一般に多糖は精製が進むほど溶解性が低くなる傾向が多いが、ミル属のマンナンの場合も例外ではなく、これ逆に多糖に試みられたあらゆる溶剤について可溶化の効果はなかった。例えば三輪先生の時代に用いられた飽和塩化亜鉛水溶液でも、マイクロフィブリルの約30%量を溶解しているにすぎないことが追試によって明らかとなった。したがってこれまでの構造に関する限られた報告でも、一部の可溶性多糖や、あるいは部分加水分解物の同定などのように、マイクロフィブリルの糖鎖構造を部分的に類推したに過ぎなかったとも言える。

そんな折に一連のセルロース工業において、ある段階での誘導体を得るにあたって、パラフォルムアルデヒド(PF)とジメチルスルフォキシド(DMSO)の混液中でセルロースを加熱して、ヒドロキシセルロースとして可溶化する過程があることを知り、この方法をミルの壁多糖の溶解に際して応用してみた。反応条件を定めるにあたって、加える試薬の量的な関係と温度および反応時間などの検討を行い、マイクロフィブリルの98%以上を可溶化することができた。得られたヒド

ロキシマンナンは、ヒドロキシセルロースの場合と同様に、水、またはメタノールを加えると、ヒドロキシル基は容易に脱離してマンナンが不溶物として析出したことは、セルロースの場合と同様に、糖鎖間に多くの水素結合の形成を可能にしている多糖であろうと推測された。この推測は、完全メチル化、過ヨウ素酸酸化などでの結合位置の決定を行った結果は、糖鎖は β -1,4-結合のみの直鎖多糖であったこと、またDMSOを移動相としたゲル浸透クロマトグラフィーを行なったとき、非共有結合の状態になった分子種の集合体として高分子量のピークの生成が認められた、などの結果から証明をした。この論文⁽¹¹⁾は、別刷の請求数の多さから反響の大きなものだったとの手応えを感じた。

このようにしてクダモ目のマイクロフィブリルは、ハネモ属や後に触れるイワズタ属の場合のように、直鎖の β -1,3-キシランが β -1,4-グルカン（セルロース）との混在であったこと、また、ミル属のマンナンの事例も含めて、これまで明らかにされている全てのマイクロフィブリル多糖は、陸上植物でのセルロースとか、昆虫、菌糸のキチンの場合と同様に、 β -結合をする直鎖のホモ多糖であることを特徴とすることを認めるものであった。この結果、細胞壁のような生体の基本構造を構成する物質は、当初より複合多糖のような複雑な系によって構成されるものではなく、よりシンプルな化学構造を糖鎖の基本構造としていて、このような類似の糖鎖が多く共存しあうことによってより複雑な糖鎖構造が超分子的に構成されてゆく、とする考えに取り憑かれるようになってしまった。事実、例えばラムナン硫酸とか、ガラクトン硫酸などの細胞壁由来の水溶性の硫酸化多糖は、一見して複雑な構成をなす複合多糖の一群のようであっても、多くの場合に分取クロマトグラフィーの繰り返しによって夾雑的な構成と見られた単糖量の減少が加水分解物中に認められた。この考えについては、その後の学生達にひたすら証明を求め続けたため、彼等からは随分、恨まれることとなった。いくつかの多糖の精製を目的としたときでも、それはまずホモ多糖として存在するのであろうと考え、これ以外に認められる単糖は精製が不十分なために夾雑する成分であるとしたため、これらを再クロマトグラフィーによってさらなる除去を要求するようになった。このような時、例えばDEAE-セルロースによるイオン交換クロマトグラフィーによって、イオン強度を変化させるなどの条件で溶出を繰り返した場合、夾雑と考えられる単糖の存在量は加水分解中に回を追うごとに減少するのに対して、硫酸化多糖の存在量は際

だって増加してゆく傾向が認められた。このような事実は、シンプルな系の集合によって複雑な系が構成されるとの考えを、自分の中でいよいよ強くする結果となっていた。

究極のスペクトロスコーピー—NMR スペクトル

生物物質の研究は、決して珍奇な物質のみを対象とし、そのコレクターとなることではなく、多糖について言えばこの種の生体高分子の高次構造や超分子構造の解析を通じて、やがては生体内での機能相関の解明が目的になる筈である。近年、「構造生物学」とする分野の進展がこのような目的に沿った潮流であろうが、この研究手法の中で最も重要とされるのはNMR スペクトルの解析であり、海藻多糖の高次構造もこの方法を通じて決定を目指すことが時代の趨勢であることを感じていた。同時にまた、コンピューター技術でアシストされた近年のスペクトロスコーピーの著しい発展は、糖鎖の構造決定などにおいても、この方法がやがては試験管やピーカーなどで象徴される化学の方法と替わるアプローチとなるのではないかとする予見もあった。これまで言わば行きがかり的に学んできたIRとか、MS スペクトルの解析法をふりかえると、化合物の同定、構造解析から水素結合や回転異性体の研究など多岐な応用にも及んではいたが、コンフォメーション解析をも含めた分子の立体的な全体像を把握するには限界があった。そして現在のところ、原子のレベルで分子の形を知る方法は、NMR スペクトルとX線結晶解析以外にはなく、これらの方法は新しい時代の生化学や分子生物学の分野で必須の方法であるとの確信を待つに到った。NMR スペクトルは、個々の原子核に対する共鳴を分光してスペクトルを得る方法であるから、個々の原子をあたかも一つづつ手に取って見るように明確に区別することができる。また仮に同じ水素原子であっても、それを取りまく化学的環境が少しでも異なれば、エタノール分子のメチル、メチレン、ヒドロキシル基とするように、それぞれ異なる基を形成する水素原子として識別される。さらにまた、これらの異なる原子を結ぶ化学結合に関する情報もスペクトルに敏感に反映されるなど、総体的な利用によって多元的に情報が得られる方法でもある。

このような思いを背景として研究対象を求めていたとき、イワズタ属のキシランについて明らかにしなければならぬ問題が残されていた。これ逆に検討をしたハネモ属や、ミル属のマイクロフィブリル多糖は、いずれもホモ多糖が直鎖で結合をする、 β -グリカンであ

ることを認め、前述のようにセルロースやキチンの場合と同様に、この特徴がマイクロフィブリル構造の基本であろうとの考察を行った。しかし、ここで唯一の例外として、イワズタ属のある種からのキシラシでは、メチル化分析の結果からモノ-メチル-キシロースが得られたことを根拠に分枝構造であるとの報告に接していたので、この藻類の壁多糖についての再検討をNMRスペクトル解析を主体として試みた。

鎌倉の海岸で採集した、フサイワズタの壁多糖のキシランは、ハネモ属の場合と同様に熱水処理によって純キシランとして得られた。この重水酸化ナトリウム重水溶液について、 ^1H 、および ^{13}C の核種のそれぞれ一次元(1D)のスペクトルは、明確に化学シフトの異なるシグナルが6本、および5本が認められた事は、この純化されたキシランが、同種の糖残基が同種の結合のみで重合する直鎖の多糖であって、分枝構造の痕跡すらも認められないとすることの証明であった。また、ここで最も低磁場領域に出現するシグナルの化学シフト値から、このそれぞれは β -結合をするアノメック-プロトン、および-炭素として認められた。近年の技術革新によるNMR測定法の進展のひとつに、超伝導磁石の導入によって得られる高分解能スペクトルに対して、パルスフーリエ変換(FT)とその拡張技術である二次元NMRの測定が可能となったことがある。ここで ^1H と ^{13}C についての二次元(2D)スペクトル(C-H COSY; correlated spectroscopy)を求めると、二個のプロトンが結合する C_3 の同定と、 H_5 の2個のプロトンの各コンフォーメーションを決定することができた。引き続き、DQF(double quantum filter) COSYの測定によって、全プロトンおよび炭素のシグナルの全ての帰属を行なうことができた。NMRの特徴には、NOE(nuclear Overhauser effect, 核オーバーハウザー効果)として分子内での原子間の距離情報を明らかにする方法がある。これは一組のプロトンが双極子相互作用で結ばれているとき、相互作用の大きさは原子半径($1/r^6$)に比例するため、空間的に近接したプロトン間ではその一方をラジオ波で照射すると他方のプロトンのシグナルの強度が変化する効果が観測される。この原理を応用したNOESY(nuclear Overhauser enhancement and exchange spectroscopy)測定法を試みることによって糖鎖の結合位置の決定ができた。すなわち、 β -1,3-結合をするキシランのアノメリックプロトン(axial)に対してその周波数のラジオ波を照射するとき、同じ糖残基内でこれと最も近接する位置にある $\text{H}_3(\text{ax})$ と $\text{H}_5(\text{ax})$ のプロトン、および、結合する糖残基における $\text{H}_3(\text{ax})$

との間にNOEが認められたことによって、 β -1,3-結合であることが明かになった。この結果は、化学構造の確立によっての確認、および部分加水分解物の飛行時間型質量分析(TOF-MS; matrix assisted laser desorption/time of flight/mass spectrometry)において25糖残基まで規則的に開裂をする一連のオリゴ糖類のピークを同定したことによって、ホモキシランの β -1,3-結合以外の結合は有り得ないとする構造決定を行った。またこれらの結果をもとにして、糖残基に硫酸基をエステルとしての導入を試みた際に、硫酸化が行われ易い水酸基と、行われにくい基についての区別を立体化学的に認めることが可能となった。これらの成果の発表に際しては、上記のように、直鎖で同一の結合をするホモ多糖での糖鎖構造の決定をNMRスペクトル解析のみによって可能としたこと、次いでこの解析の結果は、化学構造およびTOF-MSによって確認をしたこと、とする構成で投稿したところ、レフリーより「今の時代では、まだNMRのみで糖鎖構造の決定を行なったとすることは時期早尚である」との意見が付され、論文構成ではこの順を逆にしようとのコメントがあり、止むなくこれに従った⁽¹²⁻¹⁴⁾。

この課題を担当した山垣亮君は、卒業研究から博士後期過程の修了までの7年間を通じてNMRの専門家として育ち、この間に約30編以上の論文を発表したことによって、井上科学振興財団から優れた博士論文に贈られる井上研究奨励賞の受賞者の一人になった。さらに、東京大学大学院理学研究科化学教室におけるの助手公募に応じたところ、全国よりの多くの応募者の中から採用していただくことができた。常々、埼玉大学のような地方大学は旧帝大と異なり多くの点でハンディがあることから、このような大学よりも数段立派な業績を挙げなくてはいけないと言いつけてきたこと、及び地方大学にあっても、優れた学生は正当に評価されるべきと信じてきたことが実現した喜びはひとしおであった。

緑藻の硫酸化多糖一構造と活性相関

生体内で中性多糖の水酸基がPAPS(3-phosphoadenosin 5-sulfanophosphate)がドナーとなって硫酸エステル結合が形成された硫酸化多糖については、動物起源の場合ではムコ多糖類などのグループにおいて臨床的にもいろいろな知見が蓄積されているが、植物起源の場合には系統的な知見の集積は今だに乏しい現状にある。植物界における硫酸化多糖の存在は、高塩濃度の水圏の環境に成育する植物の壁多糖においてのみに

限定されるので、海藻類においてこの存在様式が比較生化学の対象にならないか、とする問題がこれ迄も頭を離れなかった。例えば、さきに館脇先生によって示されたヒトエグサ属における多様性の比較を多糖の画分において行ったとき、水溶性の壁多糖の画分での構成単糖に著しい差異が見出されたことがあり。この実態は構造的に多様な硫酸化多糖が壁に存在することを示唆するものであった。臨床的な事例が示すように、硫酸化多糖には広範な活性発現が認められる中に顕著なヘパリノイド活性が存在することから、フィブリノーゲンとトロンビンが共存する系に、この多糖を加えたときの血液凝固阻止活性 (anti-thrombin activity; ATA) を指標とした比較を行ったところ、6 図に示すような変化に富んだ結果を得たこのことから⁽¹⁵⁾、この構造と活性相関について明らかにする研究計画が生まれた。

A) ラムナン硫酸の多様性

まず最初に調べたのは、横浜康継先生 (筑波大名誉教授) にご案内していただき伊豆半島の須崎の磯で採集したヒトエグサ (*Monostroma nitidum*) であって、この水溶性の粗多糖においては標準ヘパリンの約3倍との高いATAが認められた。この藻からの水溶性多糖については、当初はグルクロノキシロラムナン硫酸とするヘテロ多糖として存在するとの報告もあったが、我々が何回かのイオン交換セルロースによるクロマトグラフィーの繰り返した結果は、限りなくホモ多糖に近い状態でのラムナン硫酸が得られ、ATAも約6倍との高い値を示した。ここで約25%量に存在する硫酸基は、脱硫酸化によって定量的に減少されたが、これに伴って活性が減少したことから活性発現には硫酸基が必須であることが理解できた。ここで両者の定量的な相関を求めたとき、完全に活性が失われたときでも約8%量ほどの脱硫酸化されていない硫酸基が存在することは、活性に関与する硫酸基は糖残基の特定な位置にあること、および活性に関与しない基が糖残基の別な位置に存在することを意味し、さきの硫酸化のメカニズムでの考察のように、あたかも外部と接触しやすい多糖鎖の表面に硫酸基が存在する場合と、接触しにくい内部に存在している場合であると考えられた。ラムナン硫酸と脱硫酸化物について過ヨウ素酸化、完全メチル化などの結果を比較して糖鎖結合の位置と硫酸基のエステル結合の位置決定を行うことができた。この際、この課題を担当した原田直樹君 (中外製薬研究所) は、過ヨウ素酸化後のスミス分解物の同定に際して、温和な加水分解の条件を求めて2-

glyceraldehyde-L-rhamnoseのピークをGCによって検出し、GC-MSによって確認したことから、1,2-結合の存在を明らかにしその構造を決定した⁽¹⁶⁾。

他方、これと近縁で食用として栽培もされているヒロハノヒトエ (*Monostroma latissimum*) の場合も、ホモ多糖に近いラムナン硫酸であったが、硫酸基の存在量はヒトエグサの場合よりも少なく、またATAもヘパリンとほぼ同じであった。糖鎖結合は、1,2-と1,3-結合をするラムノース残基が約2:3に存在し、1,2-結合をしたラムノース残基の3,または4位に硫酸基がエステル結合をするものであった⁽¹⁷⁾。いずれの場合も、ヒトエグサ属のラムナン硫酸は、さきにアオサ目の緑藻より得られた *ulvan* と命名された、多量にウロン酸残基を含むものとは性質の異なる多糖種であることは明らかであった。

B) アラビナン硫酸の発見

水溶性の硫酸化多糖の多様性を、クダモ目の化学分類の形質としても比較してみたいと考え、このグループの一連の藻類について比較を行ったところ、ミルの水溶性多糖の単糖構成には、他の緑藻の場合とは大き

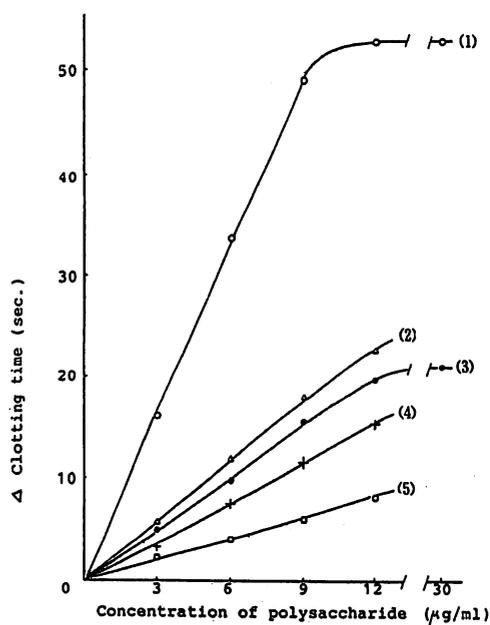


図 6 Anti-thrombin activity of various green algal polysaccharides and heparin. (1); *Monostroma nitidum*, (2); *Ulva pertusa*, (3); Heparin, (4); *Monostroma grevillei*, (5); *Enteromorpha prolifera*.
Anti-thrombin activity of various green algal polysaccharides and heparin. (1); *Monostroma nitidum*, (2); *Ulva pertusa*, (3); Heparin, (4); *Monostroma grevillei*, (5); *Enteromorpha prolifera*.

く異なり、主要構成単糖はアラビノースとガラクトースであった。陸上植物の細胞壁には、複雑な構造のアラビノガラクトタンが存在することから、この海藻の場合は硫酸基は多分ガラクトタン硫酸の形をとりながら、アラビノガラクタンの構造になるものと考えた。それ迄海藻中にこの種の多糖の存在さえも知られていなかったことから、新規多糖ではないかと考えその発見に意欲を燃やした。ところが、この課題を担当した竹下尚男君（花王研究所）は、私の考えよりもさらに別な内容を考えていたらしく、「カラゲenanのように塩化カリウムによって相互に分別ができないか」とする実験計画を持ってきた。確かにカラゲenanの水溶液に、0.3M濃度の塩化カリウムを添加すると、 κ -カラゲenanの沈澱が生じ、上清の λ -カラゲenanとの分別が行われることは良く知られている。しかし私は、カラゲenanの場合は、単糖構成が類似するなどして相互に性質の近接した分子種であることから生じる微細化学構造とか、質量数、荷電状態の違いなどが原因となって溶解性の差異が生じ、これによって分別の効果が認められる極めて珍しい多糖の事例であること、それ故、今回のように構成単糖の異なるような明らかに相互の性質が違う多糖種の間での分別が行われる根拠とはならないこと、また、これ迄にアラビナンが海藻に単独に存在したとの報告は全くないこと、など極めて常識的な考えを並べ立てて一笑に付してしまった。しかし彼はこの考えに固執し、私が帰宅後の深夜にこっそりとこの実験を試みたところ、溶液から沈澱の生成が認められ、遠心分離後の加水分解物には、沈澱ではアラビナン硫酸が、上清ではガラクトタンがそれぞれ明確に分離されたとする結果を得た。この事実は、自分の日常がいつの間にか平凡な常識にどっぷりと浸かったままで、その結果、柔軟、かつ弾力的であるべき思考を失い、反対に硬直化してしまった現実を痛感した。そのような日常から、若い人々の発想を「やってみたらどうだ」としてエンカレッジするのではなく、反対に頭ごなしに否定してしまっていたことでもあり、科学者としての成熟よりも老化の先行を証明したことは、「歳はとりたくないものよ」との思いと共に自分に深く反省を強いた事件であった。

はからずもこのようにして得られたヘパリノイド活性を示すアラビナン硫酸の化学構造は、その後、上原孜君（日清紡研究センター）の修士論文となり、 α -1,3-結合をするアラビノフラノースの直鎖構造をとり、この糖残基の2位に硫酸基がエステル結合をする構造であることが証明された⁽¹⁸⁾。

C)ガラクトタン硫酸

マイクロフィブリル多糖による分類と全く同じカテゴリーで、クダモ目の水溶性多糖は明確にグループ分けがなされた。すなわち、マンナンのグループであったミル属は上述のようにアラビナン硫酸であったが、キシランのグループに属したイワズタ属などでは、このよな痕跡は認められず、ガラクトタンを主体とする硫酸化多糖であった。また硫酸基の含有量を比較するとき、ハネモ属においてはほとんど硫酸基を含まず、したがってATAも示されることはなかった。しかしハネモ属の水溶性多糖のクロマトグラフィーにおける溶出プロフィールの比較によって主要ピークの構成を調べてみると、これもガラクトタンであった。

ガラクトタン硫酸は、紅藻類に広く分布する多糖であることは周知であるが、緑藻にもこのような多糖種の存在が認められるのは興味深い。しかし詳細な比較では、両者は明らかに異なる多糖種であって、なかでも構成単糖のガラクトースの立体配置はいずれの場合もD-型であって、紅藻の場合のようなL-型ではなかった。またレゾルシノール反応による無水糖の存在は検出されなかったなどのことから、あらゆる点で紅藻のガラクトタン硫酸とは異なる多糖であった。このガラクトタン硫酸のDEAE-イオン交換セルロースによる精製においては、常に少量のキシランが共に溶出された。このキシランは、陸上植物に見られるものと同種の β -1,4-結合をする直鎖多糖であり、マイクロフィブリルの β -1,3-キシランから由来するものではなかった。このキシランは、何回ものクロマトグラフィーの操作の度に必ず中性多糖の領域に溶出され、完全除去には到らなかったことは、硫酸化多糖と中性の β -1,4-キシランが非共有結合的な関係で存在していることを示唆した。この種の多糖間の超分子構造についての議論が今後、必要とされよう。

D)中性多糖の硫酸化および硫酸化多糖の修飾

中性糖に化学的に硫酸エステルを結合させて、新規の硫酸化多糖を合成する方法には、以前から幾多の試みがなされているが、いずれもクロロスルホン酸や三酸化イオウなどの試薬を用いてドラスチックな反応条件で行う場合であって、グリコシド結合の分解が起こらない本来の多糖が硫酸化されたものか否かが懸念された。近年、ジメチルフォルムアミドに懸濁させた試料にジシクロカルボジイミド試薬を加え、冷却しながら濃硫酸を滴下するとの温和な条件によって硫酸化が容易に行えるようになった、この反応系を用いて、元の多糖の解重合を起こすことなく、硫酸化 β -1,3-キ

シランなどのように、天然には見出されない新規の硫酸化多糖を調整することが可能となった。

SDS-ゲル電気泳動法は、タンパク質などの荷電分子の見かけの分子量を、微量かつ再現性に優れた結果として求められる良い方法であるが、中性多糖についてはこの方法の適用は原理的に不能である。しかし、我々はこの反応を応用して、硫酸化をした中性多糖についてゲル電気泳動を行なうことが可能とした。分子量マーカとして市販されているプルランをこの方法によって硫酸化し、得られた硫酸化プルランの相対泳動距離を比較することによって、優れた分解能のもとで中性多糖の見かけの分子量を容易に求めることができた。また、この硫酸化の反応によってさらに多硫酸化多糖とするような修飾多糖の合成にも及んだりしたが、別にこの方法は反応時間の制御によって種々のS含有を示す試料を得ることができることから、位置選択的なエステル化の機構を考察することもできた。

反対に、希メタノール塩酸での加水分解によっていたこれ迄の脱硫酸化の方法は、やはり部分的なグリコシド結合の分解も起こることから適当とは言えなかったが、無水メタノール/ジメチルスルフォキシド混液に溶解した硫酸化多糖を加熱しながら還流することによって効果的に脱硫酸を行う方法が最近繁用されるようになった。この反応系では、反応時間によって脱硫酸化の程度を制御することが可能であったので、加熱時間を選択することによって部分的に脱硫酸化が起こった試料を得ることができた。このようにして得られた種々の修飾多糖を利用して、硫酸基の量、結合位置などの活性に対する相関を比較することが可能となった。ATAとか、抗ウイルス活性などに代表されるこの種の多糖の生物活性の発現には、いずれも、脱硫酸化反応の進行にともなってその活性は定量的に減少することから硫酸基の存在が活性発現には不可欠であり、多糖を構成する糖残基の種類、硫酸基の量および糖残基にエステル結合をする位置などが問題となる。この反対に、化学的に硫酸基を付加させる加硫酸化反応によって、例えばラムナン硫酸にさらに硫酸基を付加させた場合、既存の硫酸基による立体障害によって新規のポリ硫酸化多糖を得るまでには到らなかったが、本来のラムナン硫酸の場合よりも高い活性を示した。これまで化学的に合成された硫酸化多糖の抗ウイルス活性発現には、硫酸基の置換度 (D.S.: degree of substitution) が比較的に高いこと (例えば、1.8以上) が要求されていたが、ヒトエグサ科からのラムナン硫酸では0.4から0.7程度で高い抗ウイルス活性が示される

ことから、この活性発現は単に硫酸基の量ばかりではなく、糖残基におきみエステル結合の位置などと共に、糖鎖構造におけるコンフォメーションのとりかたなども要因と考えられる。

E) 硫酸化多糖の構造と抗ウイルス活性との相関

東京学芸大の石川依久子教授の研究室で扱う巨大細胞性緑藻のオオバロニアの藻体は、傷を受けると傷口から遠心的に原形質凝集が拡がり全原形質は無数のプロトプラストに分裂される。ここでは外液のCaイオンの介入が必要であり、このイオンによって凝集を引き起こす原形質物質を生化学的に分析する計画のために1993年に卒論生を一人お預かりすることになった。存在量の極めて少ない物質を得て、一連の分析の結果はアラビノースを多量に含む硫酸化多糖であることが明らかになった。バロニア藻体から硫酸化多糖が特定されたのは初めてのケースであったため、これを翌年、富山で開かれた第18回日本藻類学会で発表した。このとき、ちょうど同じ会場で富山医薬大の林京子先生(医・ウイルス学教室)と林利光先生(薬・生薬学教室)らのグループによる「藻類の抗単純ヘルペスウイルス及び抗エイズウイルス」に関連するご発表があった。ここで材料として用いられたラン藻スピルリナ (*Spirulina platensis*) からの活性物質は、ラムノースを主要構成単糖とする硫酸化多糖であったことは、起源が異なりながらもラムナン硫酸の抗ウイルス活性発現がどのように構造の特徴を反映するものかについて興味をひいた。その後、両先生方に連絡をとり、相互のラムナン硫酸についての情報交換などから始まり、やがて構造解析は主として埼玉大で、活性については富山でとする協同研究が始まり、ここにさきのヒロハノヒトエグサのラムナン硫酸の構造決定で修士課程を修了した李貞範君(富山医薬大)がさらに同大の博士課程に進み、有為な成果を得ることができた^(19,20)。

ラン藻の硫酸化多糖の構成単糖は、クロマトグラフィーにおいて海藻多糖の場合とは異なる挙動が見られたので、アルジトールトリフロロアセテートとか、アルジトールアセテートなどの誘導体としてGCとかGC-MSなどで同定した結果、ラムノースと3-O-メチルラムノースが約2:1で存在するものであった。糖残基に対する硫酸基の置換度 (D.S.) は、約0.15と低く、equatorial配向にエステル結合をするものであった。糖鎖結合については、ラムノース残基のほとんどが1,3-結合のほか、部分的に分枝構造をとった。このような単糖を含む多糖種は、緑膿菌やカンピロバクターのリポ多糖や、ラン藻アナベナ (*Anabaena variabilis*) のリ

ポ多糖などで報告されているにすぎず、海藻多糖では認められていなかった。このように相互に高次構造が異なる多糖種の活性発現と構造との活性相関の比較については今後も大きな興味を持たれる課題であろう。

これ迄にラン藻のラムナン硫酸では、HIVの場合を含むエンベロープ型ウイルスの増殖に対する顕著な抑制効果が認められたが、アオサ目の四種の緑藻（ヒトエグサ、ヒロハノヒトエグサ、ナガアオサ、ヒラアオノリ）の冷水、あるいは熱水抽出で得られた粗多糖におけるウイルス活性の比較では、ATAを示すヒトエグサ科の緑藻より得られたラムナン硫酸の場合において活性が認められ、スピルリナからのラムナン硫酸の場合と同様にウイルスの侵入阻止効果が強く、優れた抗ウイルス剤であることが明らかにされた。また、ATAを指標として精製したとき、精製の進行に伴って活性も増加し、ある種の糖鎖構造とそれに対する硫酸基の量と結合位置が重要であることを示唆している。

多糖の構造生物学 - 構造の重要性について

多糖の糖鎖結合の種類は、タンパク質におけるポリペプチドの比ではなく、同じ糖残基から成るオリゴマーであっても無限に近い異性体数が存在して、このことが多糖を今だに扱にくいものとして敬遠される遠因となっている。それで多糖の構造解析では、理論的には無限に近い数の多糖の一つひとつについて行なわなければならないことも知れない。しかし（これは私の経験による推論にもなるが）、自然界にこれまで認められる多糖で、糖鎖構成にあずかる単糖残基の種類や糖鎖結合の出現頻度などをつぶさに調べるならば、どうも多糖の構造は、数千の数に限定される糖鎖の基本構造の中にまとめられ、このような基本構造が一覧表によって明かになれば、これらの中での組み合わせによる存在とか、またこれらから少し外れた亜種があったとしても、全部で数万種くらいを対象とすることによって、自然界の多糖の構造は明らかにされるのではないかと考えている。やがて、いくつかの基本構造が組合わさった多糖の全体像が明かになり、これらのコンフォメーションや働きについての予測などが可能になる時代になるであろう。構造生物学の分野では、近々に横浜市内に完成する予定である世界最大のNMRセンターや、兵庫県播磨科学公園都市「スプリング8」（大型放射光施設）での世界一の性能を待つX線回折、などの大型機器による貢献から大きな発展が期待されている。

ヒトは10万から14万の遺伝子を持つと言われるが、

これらからつくられるタンパク質の種類は、遺伝子と同じ数かそれ以上となる。遺伝子にはタンパク質がいつ、どこで、どのようにつくられるかが書かれてあるが、そのタンパク質が何をしているのかという最も重要で本質的な知見はない。例えば、遺伝子の変異と病気の関係が明らかになっても、治療薬はほとんどタンパク質に作用するのであるから、タンパク質の形（構造）が不明のまま薬をやみくもに設計するよりも、形が明かにされたタンパク質に働く薬がより効果的であろう。それ故、遺伝子の配列が全て調べられたポストゲノムの時代は、タンパク質の形まで調べないとせっかく調べた遺伝子の知識が活かされないのではない。多糖類についてもこれと全く同じ次元の議論が成り立つ。多糖は、生命の営みを理解するうえに不可欠な生体物質である。ポストゲノムの時代とはこのような生体高分子物質の形を思い浮かべながら、分子レベルで生命現象を解析する時代であると考えられる。そして、繰り返しになるが、分子の形を見極める方法としてのNMRスペクトルの重要性は、X線解析と共により強調されてゆくことであろう。

化学分類と称した問題提起は、あたかも切手のコレクターが基準の設定の違いに従って恣意による分類を行うような内容でもないし、また現象記載の枚挙に終わる作業をしてきたつもりでもない。海藻多糖の多様な形質の比較についての指摘は、高塩濃度の水圏である海洋に成育する海藻における「生きる意味」を求めての生命の原理を追求する研究の過程であって、決して単なる形質の比較のみを目的とするものではない。これまでの分類学とか、系統学においては、生物の諸形質を比べる研究方法が主体であったことは、今後も生物の発見とか、記載において基礎データを得ることとして重要な位置を占めるてゆくことには変わらないし、特にこれからの時代は、分子の「形態」が研究対象となるとしても、この方法の重要性には変わりがないと言えよう。いま生化学、分子生物学で用いられてきた斬新な手法によって生命像についての理解は飛躍的に増加しているが、これ迄に伝統的な方法によって蓄積された情報があつてこそであることを忘れてはならない。このようにして、多糖のように研究の対象が大きな期待が持たれる場合にあるほど、その研究の将来にさらに大きな情熱と関心が持たれてゆくことは当然であろう。

我々のささやかな仕事は、クダモ目がいかに多様な形質を含む一群の藻類であるかの主張であり、もはやこの群が、単にサイホンのような体制であるからとす

る形態的な特徴によってまとめられるものではないことは明白である。現に吉田忠生先生の近著「新日本海藻誌」では、クダモ目はイワズタ目 (Caulerpales), ミル目 (Codiales), ハネモ目 (Bryopsidales) に分けられている。我々の主張が「生きているとはどんなことか」を命題とする生化学や分子生物学の延長線上での問題提起であるから、この立場でクダモ目の多様性をさらに今後の課題としたとき、その対象は種からDNAのレベルに移る内容となることも明らかであろう。葉緑体とかミトコンドリアなどのように、塩基数の少ない部分を比較し、塩基配列の違いを進化の過程での置換と見做して解析する方法などが有益ではないかと考えている。このような塩基配列による分子データの評価も、直線的な塩基配列から、アミノ酸配列を経てタンパク質の立体的な高次構造に変わろうとしているので、多糖の高次構造の解析についても、やがては重要な指針となることに疑問の余地はない。

いま「多様性の生物学」が話題となり多くの成書も出版されているが、これには生命系の生を解明する基礎的なデータ記載から、個々の事実を解析する分子生物学の最先端の課題まで、極めて幅広い問題が含まれている。このうちのどれが欠けても統一されるべき研究の全体像には及ばないことになろう。我々の仕事は、ニュートンの謙虚な言葉の通りに、真実の大海原を前にしてその岸辺で貝殻ならぬ海藻を拾う子供に過ぎなかった。やがては有為な若者が、この魅力に溢れた海原に果敢に身を潜らせてゆく時代を期待したい。

エピローグ

大学が学問、研究の場であり続けながら発展するためには、絶えず内部エネルギーの高揚を求めること、そのためには、教官の研究内容に対する相互の点検が恒常的に続けられることが必須であろう。分野の異なる教官同志が、互いに研究領域を紹介し、アドバイスを求め合うことは相互に刺激であり、ひいては教室、研究室の活性化につらなる。しかしこの場合、他者の研究に対する批判、討論を行う場合には、参加者全員がその研究者の創意、業績に対しては徹底的に敬意を払い、これを尊重する厳しいルールが基本として守られなければならない。このことによってのみ相互点検の有益な結果が得られることを心に銘記し、仮にもこのルールに反することは厳しく戒められなければならない。このルールを無視し、批判の基準を恣意的に変え、あまつさえ思想、信条が異なるとして特定の人物に対する人身攻撃を行うなどは論外であろう。そこで

は揚げ足取りの議論に墮すだけであって、研究の場である大学の行なう行為ではない。例えば人の多様性を認めない排他的な行為である「いじめ」は、単一の価値感しか持ち得ない人間がその価値感のみを押し付けようとしているような事例であろうが、多様な思考の中から真実を求める研究の場にあつては、研究者以前よりも人間としての資質さえも欠如しているとしか言えない。人は、自己の主体性を尊重する意識のもとで、はじめて他者の主体性を尊重することができるが、今の社会が抱える環境破壊、差別、暴力などの問題は、他者たる自然とか、人間の主体性を軽視、あるいは否定することから起こる現象であるとしか考えられない。埼玉大学生化学科にあつては、このようなルールが一部によって無視された結果、そのアクティビティを失い、名称を変更してその歴史が終わったことを、世は他山の石として永く教訓とすべきであろう。

これからの時代にあつて大学を取り巻く情勢は、独立法人化、教官の任期制の導入、などその厳しさをさらに増すことであろう。しかし(いささか感傷めくが)「学びたい」とする志のある学生と、真摯に彼等を迎えようとする教師との連帯関係が成り立つ限り、いかなる逆境に置かれようとも大学は永遠であり、滅びとは無縁と私は確信している。元名大学長であられた飯島宗一先生は、大学における研究、教育と学生との関係を「学問、すなわち人間が過去において文明、文化として造りあげてきたものを継承し、人間の未来を切り拓いてゆくための知的、精神的な営みを共に担う同志的な関係」とされた。

ここに全ての方の名を記すことはできなかったが、34年のその時々において献身的なご協力を下さることによって、私を励まし、支え、そしてエネルギーを提供して下さいました多くの学生、院生の皆様(=同志)に、この稿をお借りして心よりの謝意を捧げたい。私はこれらの人々のお蔭で、数知れない多くの挫折に打ちひしがれる時でも、これを克服し、助けられて研究を続けることができた。これらの人々と、毎年繰り返された試料の採集から始まり、実験室での討論、実験、結果の発表、論文書き、などに過ぎた日々の生活が、私の34年間の存在の証であり、人生の全てであった。そして私は、この人々のそれぞれの成長と発展が繰り返されてゆくことを目の前に認識するたびに、この人々を誇りに思え、共にすごせた自分の人生の幸せをいま噛みしめている。



図 7 学生たちとの飲み会における最近の筆者

引用文献

- 1) 中西香爾 1960. 赤外線吸収スペクトル—定性と演習. 南江堂.
- 2) Maeda, M., Kuroda, K., Iriki, Y., Chihara, M., Nisizawa, K. and Miwa, T. 1966. Chemical nature of major cell wall constituents of *Vaucheria* and *Dichotomosiphon* with special references to their phylogenetic positions. *Bot. Mag. Tokyo* 79: 634-643.
- 3) Maeda, M. and Nisizawa, K. 1968. Fine structure of laminaran of *Eisenia bicyclis*. *J. Biochem.* 63: 634-643.
- 4) Maeda, M. and Nisizawa, K. 1968. Laminaran of *Ishige okamurai*. *Carbohydr. Res.* 7: 97-99.
- 5) 前田昌徹 1968. 糖質の赤外線吸収スペクトル解析法, p.108-120, 蛋白質核酸酵素, 別冊 糖質実験法. 共立出版.
- 6) Maeda, M. and Nisizawa, K. 1972. Cell wall constituents of siphonous green algae with reference to their phylogenetic positions. p.33-44. In: I.A. Abbott & M. Kurogi (ed.) *Contribution to the systematics of benthic marine algae of the north Pacific*. *Jap. Phycol. Soc. Tokyo*.
- 7) 前田昌徹 1978. *Dr. Sweeley の研究室. 化学と生物* 16: 742-746.
- 8) Fukushi, Y. and Maeda, M. 1986. Purification of xylan from the cell wall of *Bryopsis maxima*. *Bot. Mar.* 24: 387-390.
- 9) Fukushi, Y., Otsuru, O. and Maeda, M. 1988. The chemical structure of the D-xylan from the main cell wall of *Bryopsis maxima*. *Carbohydr. Res.* 182: 313-320.
- 10) Maeda, M., Fukushi-Fujikura, Y. and Otsuru, O. 1990. Cellulose in the cell wall of the siphonous green alga, *Bryopsis maxima*. *Carbohydr. Res.* 240: 207-218.
- 11) Kaihou, S., Hayashi, T., Otsuru, O. and Maeda, M. 1993. Studies on the cell wall mannan of the siphonous green alga, *Codium latum*. *Carbohydr. Res.* 240: 207-218.
- 12) Yamagaki, T., Maeda, M., Kanazawa, K., Ishizuka, Y. and Nakanishi, H. 1996. Structure of *Caulerpa* cell wall microfibril xylan with detection of β -1,3-xylooligosaccharides as revealed by matrix-assisted laser desorption ionization/time of flight/mass spectrometry. *Biosci. Biotech. Biochem.* 60: 1222-1228.
- 13) Yamagaki, T., Maeda, M., Kanazawa, K., Ishizuka, Y. and Nakanishi, H. 1997. Structural clarification of *Caulerpa* cell wall β -1,3-xylan by NMR spectroscopy. *Biosci. Biotech. Biochem.* 61: 1077-1080.
- 14) Yamagaki, T., Thuji, Y., Maeda, M. and Nakanishi, H. 1997. NMR spectroscopic analysis of sulfated β -1,3-xylan and sulfation stereochemistry. *Biosci. Biotech. Biochem.* 61: 1281-1285.
- 15) Hiraoka, A., Harada, N., Uehara, T., Sekiguchi, M. and Maeda, M. 1992. Capillary- isotachopheric analyses of algal acidic polysaccharides and their application to a survey of heparinoid active sulfated polysaccharides in Chlorophyta. *Chem. Pharm. Bull.* 40: 783-785.
- 16) Harada, N. and Maeda, M. 1998. Chemical structure of antithrombin-active rhamnan sulfate from *Monostroma nitidum*. *Biosci. Biotech. Biochem.* 62: 1647-1652
- 17) Lee, J.M., Yamagaki, T., Maeda, M. and Nakanishi, H. 1998. Rhamnan sulfate from cell wall of *Monostroma latissimum*. *Phytochemistry* 48: 921-925.
- 18) Uehara, T., Takeshita, M. and Maeda, M. 1992. Studies on anticoagulant-active arabinan sulfate from the green alga, *Codium latum*. *Carbohydr. Res.* 235: 309-311.
- 19) Hayashi, T., Hayashi, K., Maeda, M. and Kojima, I. Calcium spirulan, an inhibitor of enveloped virus replication, from a blue-green alga *Spirulina platensis*. *J. Nat. Prod.* 59: 83-87.
- 20) Lee, J.M., Hayashi, T., Hayashi, K., Sankawa, U., Maeda, M., Nemoto, T. and Nakanishi, T. 1998. Further purification and structural analysis of Calcium spirulan from *Spirulina platensis*. *J. Nat. Prod.* 61: 1101-1104.

(963-7796 福島県田村郡三春町字大町 178 三春町教育委員会)

編集追記

現在, 著者は福島県三春町の教育長として, 地方からの教育変革に尽力されています。

吉田 忠生：ヒジキの学名について

日本で古くから食品として親しまれてきているヒジキは北海道南部から本州・四国・九州・南西諸島・朝鮮半島・香港まで広く分布している。ラテン語の学名を最初に与えたのはHarvey(1859)で、CharlesWrightが伊豆下田で採集した標本(Fig. 1)に基づいて*Cystophyllum fusiforme*と名づけた。Yendo(1907)は生殖器床が葉の腋から生ずるので*Cystophyllum*属に含める

ことはできないとし、棍棒状の“葉”が膨らんで中空になっているのはラッパモク属*Turbinaria*の特徴に近いと考えた。そして疑問符をつけながら*Turbinaria*(?)*fusiformis*としている。このような暫定的な取り扱いが現行の命名規約では認められない。

Yendoの扱いもほかの研究者を納得させるものではなかった。1926年に東京で開催された第3回太平洋学



Fig. 1 Harvey が描いた図。Dawson (1959) が発表したもの



Fig. 2 沖縄佐敷で採集された標本
SAP 050077 April 28, 1985. 山本虎夫採集

術会議の際に、この問題が岡村と Setchell の間で議論されたという。Tahara(1929)はヒジキとウミトラノオで、放出卵の核の数が8個であることや胚の一次仮根が8個形成される点などが似ていることを示した。Setchell(1931)は香港のホンダワラ類を研究した際、この種類をホンダワラ属の *Bactrophyucus* 亜属に含め、*Sargassum fusiforme* (Harvey) Setchell の組み合わせを提案した。それに対し岡村(1932)は葉と気胞との分化が明確でないことなどを根拠にしてヒジキ属 *Hizikia* を記載した。なお、学名のつづりにはいくつかの混乱 (*Hijikia*, *Higikia*) があった。赤塚(1979)の指摘により、最初に発表されたつづりが正しいものとして使用されてきている。

このような経過で、日本ではヒジキの学名として *Hizikia fusiformis* (Harvey) Okamura を使用してきている。一方中国では曾呈奎が Setchell の意見にしたがってホンダワラ属として扱ってきている (Tseng 1983)。

1984年以来回数を重ねてきた Workshop on Taxonomy of Economic Seaweeds において曾呈奎と筆者の間でもこの問題を議論してきた。曾呈奎はつねに彼の意見を主張しつづけたし、筆者も岡村の見解を繰り返してきた。これは香港産の南方系の形態を見てきた曾呈奎と、本州産の円柱状から棍棒状の葉をもつ個体群 (Fig. 1) に見慣れた日本側の研究者との違いかもしれない。沖縄の個体群も香港産のものに似た形態を持つ (Fig. 2)。Yoshida *et al.* (1983) はヒバマタ目のいくつかの属について生長点の構造を調べ、ヒジキもホンダワラ属の種と同様な横断面で三角形の生長点細胞を持つことを示した。Lee & Kamura (1997) も各地の個体群について形態の比較を行い、*Hizikia* の独立性に疑問を持っている。分子系統学的手法を取り入れてこの問題を取り扱う試みがなされた (Stiger *et al.* 2000)。ヒバマタ目について nrDNA の ITS-2 (internal transcribed spacer) の塩基配列を比較することが属や属内分類群の系統を考察するのに有効であることがわかり、多数の種から資料を得て検討を行った。その結果、ヒジキはホンダワラ属の *Bactrophyucus* 亜属に含まれ、そのなかでも生殖器床が円柱形の *Teretia* 節にもっとも近縁であるといえる。このような証拠から、ヒジキ属の独立性を維持することはできないと結論することになった。しかし、ウミトラノオやフシジモクと同じ *Teretia* 節に含めず、*Hizikia* 節を作るのが適当と考えている。

これまで永く親しんできたヒジキ属 *Hizikia* を属レ

ベルで認めないのは残念な気もするし、多くの人に混乱を与えることになる。しかし、形態的な類似性とともにも分子系統の解析結果を考慮すれば、このような取り扱いをせざるを得ない。そこで吉田ら(2000)の「日本産海藻目録」でもヒジキの学名として *Sargassum fusiforme* を採用することにした。

引用文献

- 赤塚伊三武 1979. ヒジキの学名の正しい綴り. 藻類 27: 142.
- Dawson, E.Y. 1959. William H. Harvey's report on the marine algae of the United States North Pacific Exploring Expedition of 1853-1856. *Pacific Naturalist* 1(5): 1-40.
- Harvey, W.H. 1859. Characters of new algae, chiefly from Japan and adjacent regions collected by Charles Wright in the North Pacific Exploring Expedition under Capt. John Rodgers. *Proc. Amer. Acad. Arts Sci.* 4: 327-334.
- Lee, Y.P. & Kamura, S. 1997. Morphological variations of *Hizikia fusiformis* (Harvey) Okamura (Sargassaceae, Phaeophyta) from the western coast of the North Pacific. *Korean J. Phycol.* 12: 57-72.
- 岡村金太郎 1932. 日本藻類図譜. 6(10): 91-101, 87-96. Pls. 296-300.
- Setchell, W.A. 1931. Hong Kong seaweeds II. *Hong Kong Naturalist* 2: 237-253.
- Stiger, V., Horiguchi, T., Yoshida, T. & Masuda, M. 2000. Revision of the systematic position of some species of Sargassaceae (Fucales, Phaeophyceae) based on ITS-2 sequences comparisons. *Jpn. J. Phycol.* 48: 84.
- Tahara, M. 1929. Rhizoid formation in the embryo of *Turbinaria* (?) *fusiforme* Yendo and *Sargassum thunbergii* O'Kuntze. *Sci. Rep. Tohoku Imp. Univ. Biol.* 4: 1-6.
- Tseng, C.K. 1983. Common seaweeds of China. Science Press, Beijing.
- Yendo, K. 1907. The Fucaeae of Japan. *J. Coll. Sci. Imp. Univ. Tokyo* 21(12): 1-174.
- Yoshida, T., Majima, T. & Marui, M. 1983. Apical organization of some genera of *Fucales* (Phaeophyta) from Japan. *J. Fac. Sci. Hokkaido Univ. ser. 5 (Bot.)* 13: 49-56.
- 吉田忠生・吉永一男・中島 泰 2000. 日本産海藻目録 (2000年改訂版). 藻類 48: 113-166.

香村 眞徳：藤山虎也先生のご逝去を悼む

Shintoku KAMURA: Toraya FUJIYAMA (1917-2000) in memorium



広島大学・琉球大学名誉教授藤山虎也先生は、平成12年6月20日に肺炎のため、沖縄県那覇市においてご逝去された。享年84歳であった。ゴールデンウークの頃に気分が悪いとの事で、入院し検査中であったとのことである。入院中は至極お元気で、ビールも嗜まれていたとのこと。ただあ然とするばかりである。

先生は大正6年3月19日に東京都に生まれ、波乱万丈の道を歩まれた。昭和16年12月東京帝国大学水産学科を卒業後、副手を委託されるや、直ちに現兵役として歩兵連隊補充隊に入営、昭和20年8月に陸軍中尉に任官除隊、昭和21年5月に復員後、同年6月母校の農学部副手に嘱託された。昭和23年11月に文部教官(東京大学)に任命され、農学部附属水産実験所に勤務された。昭和26年4月に広島大学水畜産学部助教授に昇任した。昭和36年3月東京大学から農学博士の学位を授与され、昭和38年4月広島大学水畜産学部教授に昇任された。同大学では評議員(6期)、水畜産学部附属実験長(2期)を務め、その間同大学大学院農学研究科の創設に尽力された。昭和47年から57年までの4年間(2期)、水畜産学部長の要職に就くなど指導的

役割を果たされた。それらの顕著な功績によって昭和52年4月に広島大学名誉教授の称号が授与された。

沖縄県が日本に復帰した年の昭和52年、琉球大学理工学部創設されたばかりの海洋学科の基礎づくりのために、先生の広島大学での研究・教育における豊富な経験が高く評価され、同年4月に停年を待たずに琉球大学教授に迎えられた。先生は常に率先実行というエネルギーな行動の持ち主で、学科主任、評議員、大学改革委員などを務めるなど、幅広い分野で、また海洋学科の基礎づくりに貢献された。昭和57年3月に停年退職、琉球大学における顕著な功績により同年5月に、琉球大学名誉教授の称号を授与された。退官後も琉球大学の非常勤講師として、平成4年までの10年間学生の教育に携わってこられた。

先生は、昭和61年4月に開学した沖縄県立芸術大学の教授に迎えられ、同大学付属図書・芸術資料館長を務めるなど同大学の教育・運営に貢献された。先生は教育の一つとして毎年夏(1泊2日)には、同大学の教官・学生を伴い琉球大学熱帯生物圏研究所瀬底実験場(旧学部附属実験所・熱帯海洋学センター)を訪れ、

海生動物をスケッチさせておられたのが深く印象に残っている。「生物のもつ造形美を知ってもらいたい」と。美術専攻の学生らにも生物のもつ素晴らしさを共有させたい気持ちが強かったようである。

平成3年3月に沖縄県芸術大学を退官された後、沖縄県の「自然環境の保全に関する指針策定委員会」で先生とは度々同席し拝顔する機会があった。余りにも改変される沖縄の自然に深く胸を痛めておられた先生であった。「自然環境の保全に関する指針」(沖縄島編)、指針(八重山編)と続き、沖縄県自然環境保全審議会で最終的な審議を経て、沖縄県議会でまだ承認されるまでに至っていない最後の指針(宮古・沖縄島編)、それを見ぬまま永遠の眠りにつかれたことは、至極残念でならない。それが先生との最後の仕事になろうとは夢にも思わなかった。

先生の研究は、緑藻で淡水に生育し、分類学上特異なカワノリの生殖様式と生活史の探究に始まった。その一連の研究論文は、学位論文として集大成された。その後、アサクサノリについて養殖技術向上のための研究に、さらにノリの癌腫瘍の細胞化学的研究に歩を進め、DNA核酸との関連にまで及び、その原因として海水汚染があることを突き止めた。藻類と海洋汚染との関わりを探求する先駆的な研究として、社会的な問題となっている赤潮生物の研究にも手を休めることはなかった。それは先生が環境汚染問題を真剣に考えておられた結果である。さらに研究は、塩田における海水取水管、海水の淡水化に使われるイオン交換膜、及び火力発電所の採水・排水管に付着する各種微小藻類にまで及んでいる。また、研究分野を広げ、ギボシムシからのハロゲン化合物の抽出と構造決定、イルカ類の体内各部位に検出された有機塩素化合物や重金属などの生体濃縮過程などに成果を挙げられた。

このように海藻類の基本的研究から出発し、海洋環境の諸条件の関連性を究明するという展開に至る豊富な実績と経験が高く評価され、日本水産学会理事(昭和32年)、日本塩学会評議員(昭和32年)、同副会長(昭和47年)の要職に選出された。また文部省科学研究費6件の研究代表者として、主として海洋環境問題の学術的研究の推進に当たられた。

社会的な活動においても、広島・琉球大学における研究・教育そして要職と驚異的な多忙の中、日本水産資源保護協会からの委託による瀬戸内海を中心に、九州・四国などの水産資源と火力発電所・原子力発電所・各種臨海工事等との関連問題に関する各種調査委員会の委員長・委員として活躍した(昭和45年～56年ま

での7件)。同様の委託は、南西海区水産研究所(昭和43年)、宿毛市(昭和50年)、ほか2件と引き続き、最近では日本道路公団による「東京湾横断道路漁業検討会委員」(昭和63年)を委嘱されている。沖縄においても、沖縄開発庁からの委託により、海洋環境に関する調査委員会の委員長・委員を務めた(昭和59年から昭和62年まで9件)。沖縄県委託の「赤土流出による漁業の汚染状況調査委員会」における委員長としての役割も特記される。全国的立場に立脚した通商産業省の「工業立地及び工業水質審議委員会専門委員会委員」(昭和59年)としても活躍された。

最後に先生の研究業績を紹介し、沖縄をこよなく愛しておられた先生を偲び、心からご冥福をお祈りする。

主要業績目録

(論文)

カワノリの有性生殖と発生について. 植物学雑誌 82: (1949)

カワノリの無性生殖及びその生活史. 植物学雑誌 82: (1949)

アサクサノリの生活史について, 特に秋に立て込んだヒビに最初につく胞子の性質. 日本水産学会誌 17: (1954)

On the life-history of *Prasiola japonica* Yatabe. J. Fac. Anim. Husb. Hiroshima Univ. 1: (1955)

塩田に棲息する藻類の研究-III. 日本塩学会誌 9: (1956)

アサクサノリ胞子の付着と海況について-II. 日本水産学会誌 22: (1956)

流下式塩田に生育する藻類の生態と駆除に関する研究. 日本塩学会誌 10: (1956)

塩田に棲息する藻類の研究-II. 日本塩学会誌 10: (1956)

ノリの癌腫病. 水産増殖 4: (1957)

アサクサノリの癌腫病の細胞化学的研究. 水産学集成 (東京大学出版会, 千川・雨宮博士記念論文集). (1957)

塩田に棲息する有害植物に関する研究. 日本塩学会誌 11: (1957)

海藻類の核酸に関する研究、特にアサクサノリの癌腫病におけるDNA含量の特異性について. 日本水産学会 23: (1957)

アサクサノリの培養. 水産増殖 9: (1961)

海棲付着生物. 日本海水学会誌 19: (1965)

交雑種の確認法-藻類. 水産増殖 13: (1966)

種の保存法-藻類. 水産増殖 13: (1966)

赤潮鞭毛藻に関する研究-I. 広島水畜産学部紀要 7: (1968)

- 貝類幼生の餌料としての *Phaemonas ovalis* Nygarröd に
ついて. 日本水産学会誌 37: (1971)
- 海産ヒビミドロ属の生活史に関する研究-I. *Ulothrix
implexa* Kuetzing Prox の無性生殖について. 水産大
学校研究報告 23: (1975)
- 瀬戸内海産ホンダワラ科藻類の分布について. 広島大
学水畜産学部紀要 14: (1975)
- 福山地先に見出された渦鞭毛藻類の休眠胞子につい
て. 広島大学水畜産学部紀要 14: (1975)
- ヒビミドロ属の生活史に関する研究-II. *Ulothrix
implexa* Kuetzing Prox の有性生殖と生活史につい
て. 水産大学研究報告 24: (1976)
- 三種の *Ceratium* の生態に関する研究. 広島大学水畜産
学部紀要 15: (1976)
- Content and uptake in benthic algae, *Enteromorpha* and
Porphyra. Measurement and variation of trace metal
content in *Porphyra* grown in natural environment. J.
Fac. Fish. Husb. Hiroshima Univ. 16: (1977)
- Content and uptake in benthic algae, *Enteromorpha* and
Porphyra. II. Studies on the algae cultured in sea water
supplemented with various metals. J. Fac. Fish. Husb.
Hiroshima Univ. : (1977)
- 渦鞭毛藻 *Gymnodinium neisonii* Martin (SF type) の栄養
要求. 日本プランクトン学会報 24: (1977)
- 渦鞭毛藻の形態観察における倒立顕微鏡の利用につい
て扁平な形態をした2種の渦鞭毛藻類の観察. 広島
大学水畜産学部紀要 16: (1977)
- Studies on the life history of *Ulothrix*-III On the life history
of *Ulothrix acrovhiza* Kormmann. J. Shimonoseki Univ.
Fish. 26: (1978)
- A new method for separation and spectrophotometric
determination phosphate ion by the liquid-liquid
extracion with benzophenone at an elevated temperature.
Fresenius Zeitschrift Analytische Chemie. 293: (1978)
- 製塩における赤潮対策に関する研究-I. 赤穂市海域お
環境と製塩用海水中のプランクトンについて. 日本
海水学会誌 33: (1979)
- 製塩における赤潮対策に関する研究-II. 海水濾過工
程における細菌の挙動と, イオン交換膜付着物の
化学的性状. 日本海水学会誌 33: (1979)
- せんごう塩中の微生物に関する衛生学的研究. 日本海
水学会誌 33: (1979)
- Halogenated phenol and indole constituents of the acorn
worms. Comp. Biochem. Physiol. (1980)
- Ulothrix acrorhiza* Kormmann のアキネート形成につい
て. 水産大学研究報告 28: (1981)
- 海水科学における海洋生物の挙動. 日本海水学会 34:
(1981)
- Distribution and total burdens of chrrianted hydrocarons in
bodies of striped dolphins (*Stenella coeruleoalba*).
Agric. Biol. Chem. 45: (1981)
- (著書)
- 藻類実験法. 南江堂出版. (1965) (共著)
- 広島 naturally. 六月社出版. (1966) (共著)
- 瀬戸内海の油汚染. 大日本図書出版. (1976) (共著)

秋季シンポジウム要旨 (2000.10.27) 21世紀における海藻の研究と利用

佐藤 純一：ワカメ業界の課題

1 はじめに

ワカメはわが国で古来より、食用とされてきた海藻であり、現在ではのり、昆布と並んで3大海藻としての地位を築き上げている。ワカメ業界はここ数年500億円/年内外の安定した市場であるが逆の見方をすれば伸張が無い市場でもある。一方で中国産をはじめとする原料の輸入が年々増加し、現在のワカメ市場は国産約2割、韓国産約3割、中国産約5割と実に輸入物が約8割を占めるに至り、供給量が需要を上回っていることから原料供給過剰型の市場と言われている。この様な状況でワカメ業界は生産(養殖)、加工、流通と各々の段階で種々の課題を抱えている。21世紀を迎えるに当たり、ワカメ業界の課題についてまとめる。

2 ワカメの生活史と養殖技術

ワカメの生産は国内産の97%が養殖産であり、輸入物はほぼ100%が養殖である。ワカメの生産にとって養殖技術は最も重要である。ワカメの養殖技術の基礎となるワカメの生活史と養殖技術をまとめる。

2-1 ワカメの生活史

ワカメ *Undaria pinnatifida* Harvey (Suringar) は、褐藻植物、異型世代綱コンブ目コンブ科ワカメ属に属し、大きな葉体世代(孢子体期)と微小な雌雄に分かれる世代(配偶体期)という形態が異なる異型の1年周期の世代交代を行う。その生活史は図1のように、天然では秋に幼芽が出現し、翌年の春から初夏にかけて大型の藻体に生長する。生長したワカメからは遊走子が放出され、その後、枯死する。放出された遊走子は短時間海中を遊泳した後、岩礁等の適当な基質に付着して、後に雌雄の配偶体に生長する。精子を作る雄性配偶体は卵を作る雌性配偶体にくらべて細胞が小さくてその数も多い。成熟した配偶体にはそれぞれ精子、卵が形成され、受精が行われる。受精卵は細胞分裂を行って孢子体に発育し、孢子体は生長が著しく芽胞体と呼ばれる微小幼芽期を経て、約1ヶ月で肉眼視できるサイズの幼芽に生長し、藻体に生長していく。

2-2 ワカメ葉体の性状

生長したワカメは葉体の中央に偏円上の茎があり、その左右に羽状裂片の葉を持つ。葉の部分の茎部を特に中肋と呼ぶ。中肋は産業的には「中芯」「中茎」とも

呼ばれる。また、成熟した葉体には茎の下部にひだ状の孢子葉(めかぶ)ができ、孢子葉には遊走子嚢が形成される。茎の最下部から繊維状の仮根を多数だして基物に固着する。ワカメの生長帯は茎と葉の移行部で俗に「元葉」または「のこ葉」と呼ばれ、色調が葉部よりも黄色味を帯びるため別物として扱われる。先端部は最も老化した部位であり、「末枯れ」が起こる。「末枯れ」は俗に「先枯れ」と呼ばれている。我々が通常食べているのは中肋を除去し、先端の末枯れ部と元葉を選別除去した葉の部分であり、中肋の残存状況、末枯れと元葉の選別状況にもその品質が左右される。

2-3 ワカメの品種

ワカメは葉の切れ込みの深淺、茎状部の長さ、孢子葉の形等から下記の品種に分けられる。普通、ナルトワカメはワカメに含められると考えられ、大きくはワカメ(南方系ワカメ)とナンブワカメ(北方系ワカメ)の2型に分けられる(図2)。

ワカメ(南方系ワカメ):本州太平洋沿岸中南部、日本海沿岸に多く、特に浅い所に生育するものに多い。一般に小型で、茎が短く、葉の切れ込みが浅い。体長に比して葉片数が多く、孢子葉のヒダの数はあまり多くない。葉部と孢子葉とは連なることが多い。

ナンブワカメ(北方型ワカメ):三陸沿岸及び北海道沿岸に多いが、その他の地域でも、深所、特に潮流の激しい所には生育している。大型で茎が長く、葉の切れ込みが深い。葉片数が体長に比して少なく、孢子葉のヒダの数は著しく多い。

ナルトワカメ:徳島県鳴門に産する。茎が短くて、

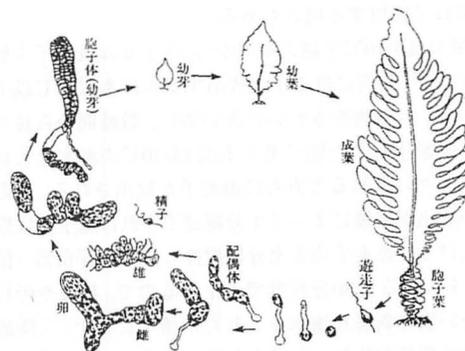


図1 ワカメの生活史

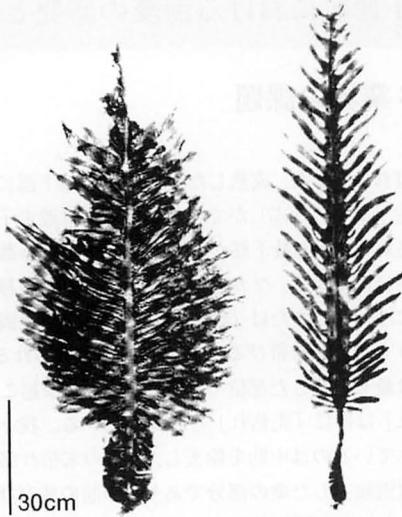


図2 ワカメの品種-南方系ワカメ(左)と北方系ワカメ(右)

胞子葉は栄養葉と連続し、その縁辺から葉片が出る。

しかし、同一海域においても外洋部と内湾部、深所、浅所等環境の違いによっても形態が異なってくる。

2-4 ワカメの養殖技術

ワカメ養殖はワカメの生活史に従って行われ、人工採苗と養成による養殖技術から成り立っている。日本の養殖ワカメの主産地である三陸地方と鳴門地方の養殖技術についてまとめる。

2-4-1 採苗

人工的に種糸にワカメの遊走子を着生させる技術である。遊走子付けの基質(種糸)としては、天然繊維のシュロ糸(径約3mm)やクレモナ糸などの化学繊維も使用されている。宮城県、岩手県の三陸地方では天然繊維、鳴門地方では化学繊維の使用頻度が高い。通常は採苗器としてプラスチック、木や竹・鉄線等の方形枠(50-100cm位)に種糸を巻き付けるが、ただ種糸を束ねて使用する場合もある。

海水温が10℃を越える頃から、胞子葉は遊走子を放出するが、確実に遊走子を放出するのは水温14℃以上である。付着物をきれいに洗い落とし、数時間から長くて1晩影干した胞子葉を水温14-20℃の海水を入れたタンクに入れると直ちに遊走子が放出される。遊走子の放出が検鏡によって十分確認できれば胞子葉は取り上げる。遊走子液を十分に攪拌し直ちに採苗器(種糸)を入れると30分程度で着生するので、粘液や汚れない別の新鮮な海水を入れた水槽に移す。三陸地方では採苗が終わった種糸を海中に垂下して育苗管理

する。鳴門地方では陸上タンクで育苗管理を行う。

2-4-2 育苗管理

海中育苗

採苗が終了した種糸を仮殖筏に垂下する。育苗水深は漁場によって異なり、外洋漁場では深め、内湾漁場ではやや浅めとする。育苗水深は光条件等を考慮して各漁業者が決めているが、一般に、外洋漁場では水深5m程度、内湾漁場では3m程度に採苗器を吊して種糸を育成している場合が多い。海中育苗では育苗条件は垂下水深の調節で管理する。夏場の高水温期に幼芽が肉眼でも見えた場合は、芽落ちを防ぐため水深をやや深めにして浅吊りは避け、水温の下降が明瞭となったところから種糸の生長を促進させるため、何回かに分けて浅吊りを行い、本養殖間近には水深2m前後とする。

タンク育苗

同じく採苗が終了した種糸を陸上のタンクで育苗・管理する。タンクは直射日光を避けて光量を調節できるようにし、種糸に光が均一に当たるように、また、簡単に種糸の上下変更反転が可能な様にする必要がある。タンク育苗では水温、採光の条件を変えて、配偶体の生長、休眠、成熟を調整する。まず、遊走子付けから2-3週間は培養水温20℃前後、1,000-3,000ルクス程度の光を与える必要がある。暗くし過ぎると遊走子が球状のまま配偶体に生長しない場合があり、さらに生長が進み成熟して幼芽を形成すると越冬できないので、水温の上昇にしたがって徐々に暗くし、生長を抑制して休眠させる必要がある。着生した配偶体の発芽、生長は20℃前後で最も良く、23℃まで生長するが、それ以上の水温では生長が停止し、休眠状態となる。夏場の水温の上昇に伴い、照度を低くして成熟を抑制する。次いで、水温が下降し始め23℃以下になると配偶体は成熟して受精し、芽胞体(幼芽)を生じる。水温が23℃以下になったら、照度を次第に増して1,000ルクス以上とする。このような条件になると、休眠していた配偶体は再生長を始め、20℃位で成熟し、芽胞体を生じる。照度は急激に暗幕などを取り除くことは避け、徐々に明るくするようにする。

2-4-3 無基質配偶体による種苗生産

ワカメの配偶体は種糸等の物(基質)に付着しなくても生育は可能である。基質を用いずに培養した配偶体を無基質配偶体またはフリー配偶体と呼ぶ。ワカメの配偶体の成熟、胞子体の発芽は20℃以下であるが、弱光下では成熟しない。よって、低温、低照度、低栄養条件で抑制培養させると、いつまでも成熟しない配偶体のまま生存し、何年でも生存させることが可能

である。また、生長した配偶体は数個の細胞に裁断しても生存し、それぞれが新個体として生長するので、配偶体の状態で栄養繁殖的に増やすことは簡単であり、この性質を利用した無基質配偶体を使った種苗生産が行われてきている。この技術は一個体起源のクローン種苗の作製が可能であり、種苗の長期保存培養、選抜、交配等の育種にも有効である。

2-4-4 仮殖（仮沖だし）

海中育苗の場合は不要であるが、タンク育苗では海に出して、潮流による刺激や栄養塩の補給などを行いながら健全な幼芽を形成させ、生長させる。この際、付着物、付着生物の付着に注意する。

2-4-5 本養殖

種糸上の幼芽が2 - 3 cm以上の大きさになったら、本養殖に入る。海中育苗では水温の順調な降下を確認しながら、種糸を徐々に引き上げ、本養殖間近には水深2 m前後の深さに垂下し、種苗の生長促進を図るとともに選別を行う。この場合、種糸を一斉に浅吊りするのは避け、段階的にこれを行い、芽落ちしないことを確認しながら徐々に引き上げる。

本養殖の方法には、巻き込み法と挟み込み法がある。巻き込み法は親縄に種糸を巻き付け、所々細糸で縛るだけなので巻き付け作業は楽であるが、本養殖密度の調整が難しいという欠点がある。挟み込み法は2 - 5 cmの長さに切った種糸を一定間隔で親縄に挟み込む方法で、多少手間が掛かるが、種糸を無駄なく使え、しかも本養殖密度の調整ができるという利点がある。挟み込み間隔が狭いと生長が悪く、広いと親縄が有効に使えないが、実際には30cm間隔位に挟み込んで行われている。

本養殖場の漁場環境、主として波浪環境によって本養殖施設の様式は異なり、波浪が荒い外洋漁場の養殖施設は水平延縄式であるが、一方波浪が静穏な内湾漁場では水平いかだ方式が主流で、延縄方式もみられる。

水平延縄式施設は主に三陸地方で行われ、親縄が1本の1条式（シングル）と2本の2条式（ダブル）があり、その長さは100mから150m位が標準である。この方式では施設の間隔が広く取られるので潮通しは良い。

水平いかだ式施設は主として鳴門地方で行われる。鳴門地区では大体90×60m位の枠に90mの親縄が10m間隔で設置される。

ワカメの本養殖において重要なポイントは養殖ロープ（親縄）上の着生密度調整である。着生密度の調整は一般に「間引き」といわれる。間引きの目的はワカメの生長を促すことと、長さや品質が均一なワカメを

整えることであり、1月頃に後続小型群を除いてトビ群を残しこれらを大型個体として養成する方法、12月に大型個体を摘採して小型個体に揃えた上で1月頃さらに小型個体を摘採し大型個体に揃える方法など、漁場又は個人によって使い分けられている。間引きを実施して収穫されたワカメでは、1) 全長が均一に揃うので収穫後の加工処理が容易である、2) 密殖による生長停滞が防止される、3) 葉体への付着物を防げる、4) ワカメ1本当たりの品質が高まるという利点がある。

2-4-6 収穫

原藻の生長を見ながら収穫作業を行うが、近年、病虫害の被害が各地で見られ、病虫害を恐れて早期に収穫すると収量が出ず、収穫を遅らせると病虫害のために品質が落ちるといった問題があり、収穫のタイミングを上手に見極めることが肝要である。

3 海外でのワカメ養殖の現状

わが国で消費されるワカメの約8割が韓国と中国からの輸入であり、すべて養殖で生産されたものである（図3）。これらの地域での養殖生産（量、品質）が日本のワカメ市場に及ぼす影響は甚だ大きい。以下は韓国、中国でのワカメ養殖の現状である。

3-1 韓国

韓国産のワカメは1970年から日本への輸入が開始された。最初は天然産の原藻が素干し加工されたが、養殖技術の導入と発展、湯通し塩蔵ワカメの加工技術の日本からの指導等で急速に輸入量は伸び、77年には湯通し塩蔵ワカメで24,361トンに達した。韓国ワカメの日本への輸入による日本市場の混乱、日本産ワカメの圧迫が問題となり、日本側・全漁連、韓国側・社団法人・韓国海藻塩辛品輸出協会が両国の窓口となり、78年から輸入自主協定数量19,000トン（湯通し塩蔵ワカメ）でスタートした。また、翌79年からはチェックプライス制度が導入された。その後89年には同じく史上最高の24,978トンが輸入された。この年には乾燥ワカメが1,800トンも輸入されており、合わせて湯通し塩蔵品換算で30,000トンを超える勢いであった。

しかし、その後、湯通し塩蔵ワカメから乾燥ワカメでの輸入への切り替え、中国産の輸入開始などの影響で徐々に数量は減少し、95年には自主協定数量が撤廃され、チェックプライスも98年に撤廃された。

韓国でのワカメの養殖は南西部の全羅南道（Chollra-Namdo）の莞島（Wando）郡、珍島（Jindo）郡、長興（Changhung）郡、高興（Kohung）郡及び南東部の慶尚南道（Kyongsang-Namdo）の機張（Kijyang）

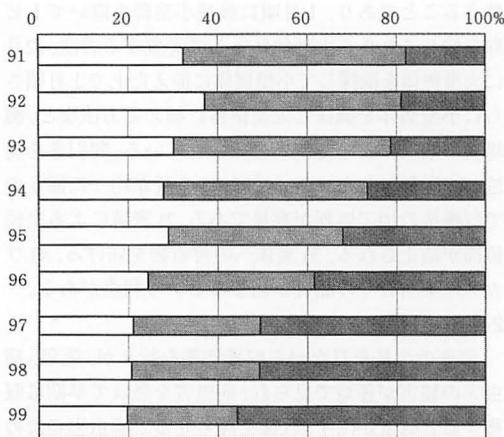


図3 日本市場へのワカメ供給量と国別の割合(食料タイムス社より)

郡で行われてきたが、全羅南道では病虫害の発生のために外洋系の漁場から内湾の漁場に移ってきており、元々の主産地であった莞島郡の島々から産地は長興、高興へ移動している。また、機張郡での養殖は年々衰退し、また、珍島郡でも輸出用の養殖・加工はほとんど行われていない。

養殖方法はまず、5月末から6月初旬に採苗を行う。母藻は養殖産がそのまま使用されることが多い様である。採苗にはクレモナ糸を使用し、採苗後はタンク育苗を行う。採苗は生産者が直接行う場合もあるがたいていは種苗業者が別にて、種苗のみを生産・販売している。10月に仮沖出し(タンク育苗から海中育苗への移行)を行った後、本養殖を行う。親縄への種糸の定着は以前は「巻き込み法」で行われていたが、5-6年

前から「挟み込み法」に代わってきた。養殖の施設は1ha(100×100m)を基準とされており、この面積に親縄100mを20本入れることを各地方の水産技術管理所(日本でいうと水産試験場)から指導しているが、実際には50本つまり2m間隔で非常に潮通が悪い状態で養殖されてきた。また、挟み込みの間隔も当初は20-30cmであった。つまり、施設面(養殖ロープの間隔)と養殖密度(親縄1m当たりの本数)の両面で密殖となっていた。また、ワカメの養殖施設の下にヒジキの増殖ロープを張る漁場もあった。このような状況では良質のワカメが育つことはまずなく、生育不良でひ弱で中肋が曲がり、色調も薄い低品質のワカメしか生産できないことは明白であり、このような密殖漁場では病虫害も発生しやすい。また、沖出しの時期も以前は一斉に行ったため、採取適期に採取できるのはごく一部だけであった。特に韓国の生産者(漁民)はワカメの質よりも量を大事にするので我々から見た採取適期よりも遅くまで養殖ロープに残しておいて結局は老化させて商品価値を落としてしまっている。しかし、2年ほど前から、中国ワカメとの競争で韓国ワカメの生き残りのためには品質向上しかないとの声が大きくなり、親縄を1haに30本程度つまり約3m間隔とし、挟み込みも40-50cm間隔とする漁場も出てきた。沖出しも採取時期を考慮して、10日毎に3回程度に分けて行うようになってきていることは好ましい傾向である。それでも先に述べた三陸地区の養殖施設と比較するとまだまだ、施設面での密殖は改善されていない。

いわゆる「新芽ワカメ」として茎付きで大都市向けに生出荷されるものは12月の中旬頃から収穫されるが対日輸出向けの湯通し塩蔵加工向けの収穫は2-3月



図4 韓国での原藻の機械採取風景. 右の船のウインチで養殖ロープを巻きながら左の船上で刈り取る

に行われる。韓国では元々、養殖ロープ上の大きな藻体をまず手で刈って収穫し、その後、養殖ロープに残ったものをさらに生長させて収穫するという2度刈りあるいは3度刈りが行われていた。最初に収穫される原藻が「一番草」その後が「二番草」「三番草」と呼ばれた。しかし、年々深刻となる人手不足で「機械採取」による一斉刈りが5年ほど前から行われるようになり、現在ではごく一部を除いて「機械採取」となっている。これは2-3隻の小船を準備し、先頭の船にウインチを設備し、養殖ロープをウインチで巻き上げながら、2番目あるいは3番目の船の上でロープが移動する際にカマでワカメを刈って行く方法で養殖ロープ上のワカメを大小かまわず、根こそぎ刈っていく(図4)。つまり、従来の方法ではある程度大きさのそろった葉体を収穫し、加工できたが「機械採取」では大小まじりの原藻となるため、湯通し加工を行う際に大きめの原藻に湯通し条件を合わせれば小さい原藻はボイル過多となり、小さい原藻に合わせれば大き目の原藻はボイル不足となってしまう。また、韓国の漁民は原藻の選別(末枯れと元茎の除去)を行わないため、後工程での選別が大変になり、反って原価を圧迫することになっている。

韓国で機械採取による一斉刈りは人手不足の解消という点では画期的な刈り取りの工夫である。ただし、この方法を有効にするためには大きさの均一な原藻を養殖することがまず第一の課題であろう。そのためには養殖設備の改良、具体的には筏式養殖施設の親繩の間隔を従来の2-3mから5m以上に広く取り、尚且つ適性密度で養殖することが第一である。また、韓国のワカメの生産システムは生産者(加工業者)-加工業者が別個であり、生産者、加工業者はそれぞれが自分の立場のみを考えてきた。また、特に品質面についてはこ

こ数年何の努力もせずに来た。しかし、中国産の日本への輸入増大による韓国産への圧迫が年々激しくなるなかで「韓国ワカメの生き残る道は品質向上しかない」という気運がでてきており、徐々にではあるが昨年あたりから加工業者が生産者に種苗を提供し、養殖方法の指導を行うケースも出てきている。また、莞島、珍島の水産技術管理所(旧名称漁村指導所)では優良種苗開発の研究も行われている。しかし、予算の削減、担当者の移動その他で継続されていないのが実状である。韓国も海藻関連の基礎研究者は減る一方であり、特に公的研究機関では組織の合理化縮小の影響が甚だしい。また、近年では現在、韓国での産業規模の養殖種であるノリ、ワカメ、ヒジキ、コンブ等の次の養殖海藻としてスジメ、ホンダワラ、ハバノリなどの養殖研究に重点が移ってきている。

3-2 中国

中国では1980年代初めから産業的規模のワカメ養殖・加工が始まった。81年には遼寧省の大連で天然産の原藻を使用して湯通し塩蔵ワカメの製造テストが行われた。同年に養殖がテスト的に始まり、翌82年に採取された原藻は全て湯通し塩蔵ワカメに加工され513トンが日本へ輸出された。その後、日本への輸入数量も増加し、87年には湯通し塩蔵ワカメで5,537トンと5,000トンを超え、91年には11,669トンと10,000トンの大台に乗った。その後も輸入数量は増えつづけ、99年には20,000トンに達し、カットワカメの4,648トンと合わせて日本の総ワカメ供給量の約半分を占めるほどになった。当初、中国産ワカメは「ドブ臭い、とろける」等の評価で好んで使われなかったが、品質も徐々に改善されたことと日本市場が安価品志向に動いたため今日の様な状況となったと言える。

現在、中国での主産地は大連市を中心とした地域で



図5 大連での採苗前の胞子葉(めかぶ)の陰干し風景



図6 大連での採苗作業 親繩に直接採苗をおこなう

あるが、ここは観光地でもあるので市の外側（特に東側）へ養殖場は広がっている。また、山東省でも行われているがここは海域によって黄河の流入で海の濁りがあり、なかなか品質向上と増産が図られていない。

中国での養殖も基本的には日本、韓国と同じ方法であるが種苗の作り方と養殖施設の作り方が異なっている。まず、種苗生産は「半人工育苗」「全人工育苗」との二通りの方法があり、現地では其々「半人工」「全人工」と呼ばれている。前者は親繩に直接採苗し、これを海中で育苗していくという非常に大胆なやり方である。後者は日本や韓国と同じく、めかぶから種糸（クレモナ糸）に採苗し、室内で育苗していく方法であり、大連水産学院を中心に技術開発が進んだ。いずれも母藻は養殖ロープ上の藻体が使用されるが最近では日本からの種の移入が頻繁に行われている様である。「半人工」は親繩のみを準備すれば良いこと、陸上での育苗施設が要らないという長所があるが、種苗の密度調整が難しいこと、原藻の採取可能時期は早く始まり、早く終わる等の欠点がある。また、太くて重い親繩を取り扱うことは大変煩わしく、採苗用のめかぶが大量に必要である（図5）。「全人工」は毎年の種糸の準備、陸上育苗施設が必要となるが、原藻採取可能時期が延びるために3月まで原藻採取が可能である。また、「半人工」に用いられる親繩は数シーズン再利用され、初夏のワカメ養殖場近くの岸壁や広場は海から引き上げられた親繩でいっぱいになる。現在、大連地区では設備、コストの面から「半人工」が8割、「全人工」が2割程度でまだ、圧倒的に「半人工育苗」の割合が高い。また、同じ、養殖場で「半人工」を主とし、予備として「全人工」を用いているところもある。「半人工」は各養殖場毎に採苗、海中育苗が行われているが、「全人工」は設備の面でできるところに限られるので、「全人工」の種糸を販売する目的で種苗生産を行っているところもある。水温の上昇の遅い大連では6月下旬から7月初めに採苗が行われる。その後、「半人工」では海中に垂下され育苗に入る。「全人工」では室内育苗に移る。「半人工」は9月中旬に仮沖出し、10月中旬から下旬に沖出し（本養成）を行う。「全人工」の場合は少し遅く、9月下旬に仮沖出し、10月下旬から11月上旬の沖出しとなる。通常、「半人工」の沖出しの終りと「全人工」の沖出しの初めが大体同じ時期となる。

「半人工」「全人工」いずれの場合も「横繩式」と呼ばれる中国独特の養殖施設で本養成が行われる。これは鳴門や韓国で行われている水平いかだ式に近いが60-100mの幹ロープを8m間隔で海に設置し、これに

0.8-2.0m間隔で親繩を張っていく。「全人工」の場合はこの親繩に種糸を約30cm間隔で挟み込むが、「半人工」では親繩に直接採苗したものがそのまま用いられる（図6）。この施設方式では横繩（親繩）がたるみやすく、親繩の真中が水中に没するために養殖水深が一定で無く、生長にばらつきがでる。また、施設が隙間なく海に並ぶため、異常な密殖状態となり、非常に潮通が悪い状態となる。幸いに中国ではコストが安く、豊富な労働力があるため、人手による「間引き採取（密殖状態で生育するワカメを大きいものから順に刈っていく）」が行われていることが救いである。原藻の採取は養殖場によるがまず、「半人工」種苗を用いた所で旧正月前（1月）に1回目の刈り取りが行われる。これは基本的には1月から2月初めであるが12月末から刈り取りをはじめめる所もある。その後、2月に2回目、3月に3回目回の採取・加工が行われる。「全人工」種苗の場合は遅れて第一回目の刈り取りは旧正月明けとなる。その後、2回目、3回目の採取加工が行われ、場合によっては4月に入ってからも刈り取りが行われる。このような採取方法を行えば量の面ではメリットがあるが品質の劣る原藻しか生産されないこととなる。特に大連では冬季の最低水温が1℃代まで下降するため（図7）、ワカメに対しては過酷な環境で生育することになり、一般に「中国ワカメはコシが無い。」と言われていることの一因であると思われる。また、色調の劣化（くすみ）、異常葉（毛そう、病虫害、付着生物、汚れ）等のワカメの重要な品質ポイントに関して、採取時期が遅れるほど酷くなるため、密殖の防止、早期の採取・加工が望まれ、特に横繩式を通常の水平いかだ式に移行するように指導しているが、中国でも韓国と同様に「質より量」という発想が主であり、なかなか難しいのが現状である。

4 ワカメ業界の課題

4-1 国内生産の問題

我国のワカメの生産量は1991年には104,000トンであったが、ここ数年は96年82,000トン、97年75,000トン、98年73,000トン、99年77,000トン、2000年66,800トン（食料タイムス社集計）と70,000トン内外を推移している。全体の供給数量に占める割合も93年までは30%台を保っていたが、その後、輸入数量が年々増える中でますます総供給量に占める割合は減少し、現在は約2割となっている（図3）。国内のワカメ生産量が増えない理由は生産者数の減少、生産者の高齢化、後継者不足等がある。さらに生産システムそのものが日

本、韓国、中国で根本的に違うことも考えなければならない。「漁業・養殖業生産統計年報」の平成10年(1998年)のデータによれば全国の経営体数は7,657であり、一経営体当りの生産量は10トン弱と各生産者が家内工業的規模での生産が行われていることがわかる。特に三陸地区でこの傾向が大きい。これに対して韓国では同じく生産者(漁民)が個人として養殖をしているが、規模はもっと大きく、正確な統計的な資料が無いが、一漁家当りの養殖規模は小規模なところで原藻で40-50トン、大規模なところでは300トンを超えると推定される。中国では生産システムが全く異なり、生産者は存在せず加工工場が直接養殖を行っているので一経営体当りの生産規模はさらに大きい。

これ以上、経営体数が増えることが望めないのであれば一漁家当りの生産量を増やす努力を行う工夫が必要であろう。淡路、鳴門地区では協業化により大規模な養殖を行っているところもあるがこれもひとつの方向であろう。せめてワカメ総供給量の1/3の10万トン程度は生産すべきであるとの声もある。三陸等の産地でも増産について種々論議されている。いずれにせよ、安定生産による数量と価格の安定が望まれる。

4-2 輸入品の品質向上

輸入品と一口に言っても韓国と中国からの輸入には大きな違いがある。韓国での現状を見ると韓国ではワカメをたくさん食べるので中でも品質の良い部類のものは日本へ輸出し、その下のグレードは韓国国内で消費するという構造がすでに出来上がっている。また、日本側も韓国ワカメに対してコスト面からもある程度の品質を要求しているのであまり品質の悪いものは日本へは入ってこない様になった。

ところが中国ではワカメをほとんど食べないため、ほとんどすべてが日本に輸出される。特に湯通し塩蔵ワカメで比較的良質のものが輸出された後にカットワカメとして品質の劣るものが輸出され、ややもすれば湯通し塩蔵ワカメの選別で除去した選別雑までカットワカメに化けて輸出されている。逆に言えばその様な

ものでも単に価格が安いからということで買う側もあるということである。実際に市場に出回っている商品を見ると非常に粗悪なものが見受けられる。このような粗悪なワカメを消費者が食べてワカメに対する印象を悪くしてしまうことは業界全体としても大きなマイナスとなることは明白である。よって粗悪品は絶対に市場から排除する必要がある。そのためには中国の国内消費を喚起することも重要である。

いずれ、韓国でも中国でも品質向上のためには最も基礎となる原藻の品質向上をまず考えなければならない。そのためには養殖の基礎をもう一度振り返り、早急に改善すべきである。

4-3 優良品種の開発と無基質種苗での養殖技術の開発

ワカメと同じくノリは産業的に養殖生産されている海藻であるが、現在、ノリの品種、系統は1,000株にも達しているという。また、中国ではアルギン酸原藻としてのコンブの「品種」がすでに開発されている。ところがワカメは生産者が経験的に種苗を選んでいるもののまだまだ、「品種」の開発は行われていない。40年近い産業的な養殖の歴史を持ちながら、残念な現状である。特に今後の国内生産の安定、存続を考えると高品質、高収穫性、対病性等の形質を持った優良品種の開発は不可欠であると思われる(図7)。

現在、母藻として天然または養殖ロープ上の原藻を用い、その孢子葉(めかぶ)から採苗しているが、いくら経験的に種苗(母藻)の選択を行っても毎年、一定の原藻を安定して生産することはできない。また、「めかぶから採苗→養殖(F1)→F1のめかぶから採苗→養殖(F2)→F2のめかぶから採苗→養殖(F3)→F3のめかぶから採苗→・・・」と継代養殖を行っている場合は当然代を重ねる毎に原藻品質の低下が起こる。よって、良質のワカメを安定して作ろうとするのであればまずは一定の種苗を使って養殖を行う必要があり、種苗の保存、維持にも有効な無基質配偶体の培養技術は必須となる。無基質種苗を使った養殖はまだ一部の地域でしか行われておらず、今後、産業的な無基質配偶体の大量培養設備の充実が望まれる。

4-4 消費の拡大

ワカメの市場規模は1995年頃まではほぼ順調に伸び、500億円を越す勢いであった。この市場伸長の背景にはカットワカメの出現が大きく貢献した。カットワカメの出現により今まで「生ワカメ(塩ワカメ)」ではできなかったインスタント食品への使用という新しい用途が生まれ、ワカメスープ、ワカメラーメン等カットワカメを使った二次加工品が生まれた。また、

表1 日本市場へのワカメの供給量

	日本国内産		韓国輸入量		中国輸入量		合計
91	104,000	32.4%	159,964	49.8%	57,434	17.9%	321,398
92	115,986	37.2	136,689	43.9	58,872	18.9	311,547
93	92,617	30.2	148,689	48.5	65,000	21.2	306,306
94	91,548	28.0	148,618	45.5	86,655	26.5	326,821
95	102,571	29.0	138,000	39.0	113,500	32.1	354,071
96	82,000	24.4	125,000	37.2	129,000	38.4	336,000
97	75,000	21.1	100,678	28.4	179,080	50.5	354,758
98	73,000	20.7	100,586	28.6	178,230	50.7	351,816
99	77,000	19.8	95,560	24.5	216,710	55.7	389,270

カットワカメの簡便性、保存性の良さが消費者に受け入れられ、カットワカメの市場への供給量は着実に増えて、市場も伸びた(図8)。しかし、その後、市場はやや縮小がみで低迷状態が続いている。これはカットワカメ以降の新製品開発、用途開発が十分に行われなかったことで新たな消費活動が生まれず、消費量が増えていないことと安価な中国産カットワカメの大量輸入で市場単価が下がってきたことの影響が大きい。

現状ではワカメ市場の今後の発展は厳しい状況である。「家計統計年報」によると1世帯当りのワカメの年間平均購入量は昭和61年(1986年)が1,977gであったのに対して、平成9年(1997年)では1,311gと実に66%まで落ちている。ただし、このデータは生も乾燥も含めての数字であるので生ワカメ(塩ワカメ)からカットワカメへの移行が起こっていることも考慮しなければならないがそれにしても家庭での消費量は確実に減っていることは事実である。よって、もっと家庭での消費の拡大を図る必要がある。そのためには現在、味噌汁や酢のものといった和食中心であるワカメのメニューをもっと拡大していく必要がある。

また、現在のワカメの一次生産品はほとんどが湯通し塩蔵ワカメであり、カットワカメもこれを原料としている。湯通し塩蔵ワカメが誕生した後、新しい加工品に関するトライアルは行われているが残念ながら、未だ世の中が認めてくれるものは出ていない。ワカメの市場拡大は新たな切り口の新製品の開発無くしてはありえないと思われる。これらのことは我々メーカーに与えられた大きな課題であろう。

4-5 もっと世界へ

ワカメは我が国と韓国でしか本格的に消費されていないのが実情である。しかし、フランス、ニュージーランド、オーストラリア、アルゼンチンではすでにワカメの生育が確認されており、また、最近ではイタリアにもワカメが生育しているとの情報もある。フランスでは小規模ながら養殖も行われている。例えば、何

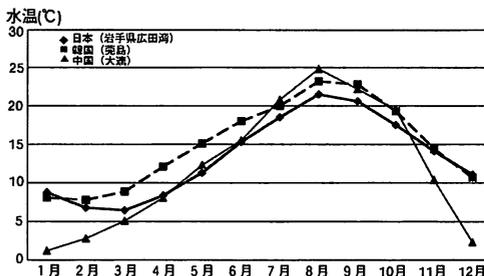


図7 ワカメ主要漁場の月別平均水温

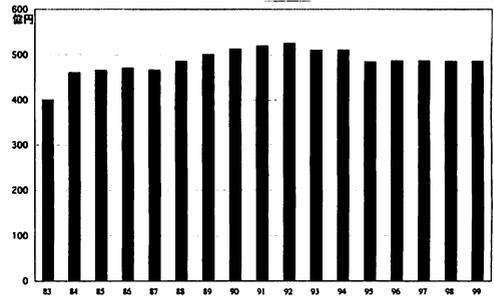


図8 ワカメの市場規模の推移(食料タイムス社より)

年か前にニュージーランドの海藻研究者が日本と韓国に来て、日本へのワカメ輸出の可能性を熱心に調べていったことがあるが、はるか赤道を越えて運ぶコストやニュージーランドの件費では難しいとの結論であった。ニュージーランドの研究機関に最近の状況を問い合わせたところ、「ワカメの養殖の研究も行い、成功した。しかし、現在、天然のワカメがあまりに繁茂し、在来種の生態系に影響を与えるとして、ワカメは害藻として扱われてはじめた。水産省が「害藻としてのワカメ対策」を展開中であり、ワカメの養殖、収穫は禁止されている。」とのことであり、なんとも残念なことである。

我々はワカメの消費拡大として「ワカメをもっと世界へ」ということを常に考えて、海外へも日本のワカメ製品を紹介してきたが中々良い結果は得られていない。これからは日本の製品或いは食べ方をそのまま紹介するのではなく、ワカメの機能性を強調しながら、現地にあった形での製品、メニューを開発すべきではないか?

5 終りに

ここ10年ほどを振り返ってみるとワカメ業界の課題、問題等を扱ったシンポジウム、フォーラム、記事が数多く見られる。今回、ここで述べたことは重複することもあると思われるがそれだけワカメ業界は多くの課題を抱えながら歩んできていると言える。ただ、10年を振り返ってみて、論議されていることはずっと同じであると思われる。ここで新たな21世紀を迎えるに当たり、ワカメ業界がさらなる発展を成し得るためには各研究機関、団体、企業それぞれが自分の立場と役割を認識して、「今何をなすべきか? 何からやるべきか?」を明確にして取り組んでいくことが重要であろう。今回のシンポジウムがその契機となれば幸いである。

(理研食品株式会社)

秋季シンポジウム要旨 (2000.10.27) 21世紀における海藻の研究と利用

西出 英一：褐藻多糖研究の課題

はじめに

褐藻多糖研究の時代考証をしてみると、1883年(明治16年)スコットランドのE.C.C. Stanfordがアルギン酸を、次に1885年(明治18年)ドイツのJ.E.O. Schmiedebergがラミナランを、更に1913年(大正2年)スウェーデンのH.Kylinがフコイダンを発見している。欧米においては前述の三つの物質は発見された翌年から研究報告がある。日本においては、1926年(大正15年)東京大学の厚木勝基・友田宣孝がアルギン酸の研究を(Stanfordの発見から46年後)、次に1937年(昭和12年)東京文理科大学の三輪知雄がフコイダンの研究を(Kylinの発見から24年後)、さらに1939年(昭和14年)東京文理科大学の西澤一俊がラミナランの研究を(Schmiedebergの発見から54年後)始めたのが最初である。しかし日本では褐藻多糖の研究者は非常に少ない。例えば、国際海藻シンポジウム(International Seaweed Symposium)は世界の海藻関係の研究者の研究発表の場として3年に一回世界各地で開催されているが、日本の海藻多糖研究者の出席は少なく残念である。私はこのシンポジウムに第9回から出席し、その研究発表は毎回Proceedingに報告されている。後輩の出席の少ないのは海藻多糖研究に魅力がなく、これは私達の責任でもある。私は1960年(昭和35年)頃から褐藻多糖の研究に携わり今日に至っている。今回、シンポジウム企画責任者の高知大学大野正夫教授より講演依頼があり、私の研究の経過を顧みて、いま考えている「褐藻多糖研究の課題」を述べてみたい。

フコイダン

フコイダンの研究は共存する水溶性アルギンやラミナラン等の分別、純化の研究と言っても過言ではない。褐藻中のフコイダンは藻体内で、図1のようになっているとされている(Kloareg *et al.* 1986)。褐藻を30℃の蒸留水中に浸出すると粘質物が溶出してくる。これはフコイダンと水溶性アルギンの複合体で、卵白様粘性を有し、極めて取り扱いにくい液体であるが、この粘性はpHを酸性にするか、加熱すると喪失する。褐藻から粗フコイダンを抽出するには一般に熱水あるいは希塩酸抽出の後、CPC(cetylpyridinium chlorid)、

CTAB(cetyltrimethylammonium bromide)等の第4級アンモニウム塩を加えて分画(阿武1972)を行い、溶存しているラミナランや水溶性アルギンを除去する。得られたCP-硫酸多糖複合体を中性塩で複分解して硫酸多糖を得る方法である。

富士川・中島(1975)は、CPCによる硫酸多糖調製法を用いて、21種の褐藻中のフコイダン分布を調べ、その実験経過を詳述している。CP-硫酸多糖複合体より塩化カリウムを用いて硫酸多糖を回収する操作は21種類の褐藻全てに適用できるものではなく、適用できない褐藻は他の分画方法を検討する必要があることを示唆している。このことは、CP-硫酸多糖複合体の塩化カリウムを用いて硫酸多糖が回収できる褐藻のみが研究材料として用いられることを意味する。

そこで著者は第4級アンモニウム塩による分画方法の煩雑性、普遍性の欠如を解消するべく検討した。多くの文献のなかで、Medcalf and Larsen(1977)はフコース含有多糖にマグネシウムの存在下で、各種濃度のエタノールを添加すると分画が可能となり、エタノール濃度が低い画分で得られたフコース含有多糖はウロン酸含有量が多いことを報告した。このことにヒントを得て、予備実験を行った。0.1%熱水抽出物水溶液に同量の0.1M塩化マグネシウムを加え、この溶液にエタノール濃度が20%になる様にエタノールを添加すると溶存しているアルギンがアルギン酸マグネシウムとなって析出、沈殿することを発見し、CP-硫酸多糖複合体より、極めて簡単なアルギンの分別沈澱法(西出・塚山1982)を創案した(図2)。この方法を用いて日本産褐藻類21種のフコース含有多糖量を求めたのが表1である(西出ら1987)。

次に、分別純化したフコース含有多糖の構成糖の研究に移ったのであるが、世界の研究レベルは高く、NMRを用いて行っていた。我々はGCしかない。なんとかGCを用いて糖組成の研究はできないものか検討した。フコース含有多糖にはMori and Nisizawa(1982)は6種類の中性糖の存在を、Larsen *et al.* (1970)は3種類のウロン酸の存在を報告している。GCを用いて糖を分析する場合、糖が多くなると揮発性誘導体の調製いかんによってはクロマトグラムが複雑となり、重なり

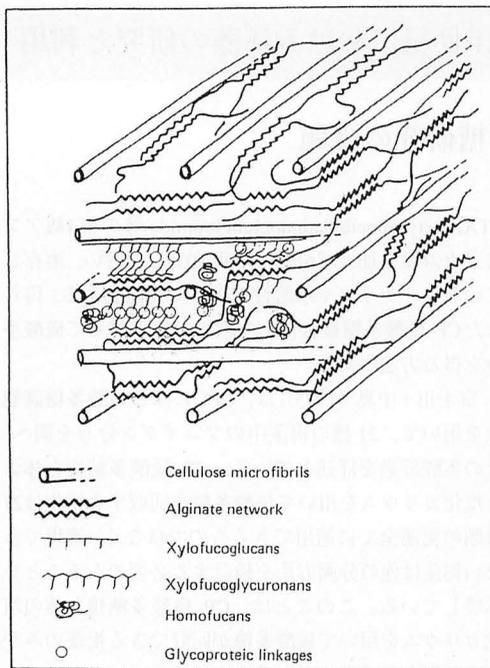


図1 褐藻細胞壁構造の模式図

り会うピークも多くなるので中性糖とウロン酸を分離することが良いと考えられた。そこで、多くの文献のうち、Khyam and Doherty(1952)は陰イオン交換樹脂(Dowex 1x8)を用いて中性糖とウロン酸を分離定量しているの、この方法を修飾してフコース含有多糖中の中性糖とウロン酸を分離し、GCを用いて定量する方法を検討した。さらに、GCによる分析操作も、同一カラムで中性糖とウロン酸の誘導体が分離できないか検討し、カラム液相に1.5%QF-1が最適であることを発見した。この結果、研究は飛躍的に進行し、その成果を第13回ISSで発表したのが表2である(Nishide *et al.* 1990)。

フコイダンの精製、構成糖の研究結果を述べてきたが、塩化マグネシウム・エタノール沈澱法は水溶性アルギンの分離方法として完璧ではなく、ひとつ欠点がある。それは熱水抽出法で抽出した粗フコイダンにしか適用できないことである。

ラミナラン

褐藻中のラミナランは同化産物として知られ、古くから構造研究や生合成機作などの研究も行われている。高純度のラミナランの抽出は、共存するフコイダンおよび水溶性アルギンの除去法であり、フコイダンの場合のラミナランおよび水溶性アルギンの除去と同

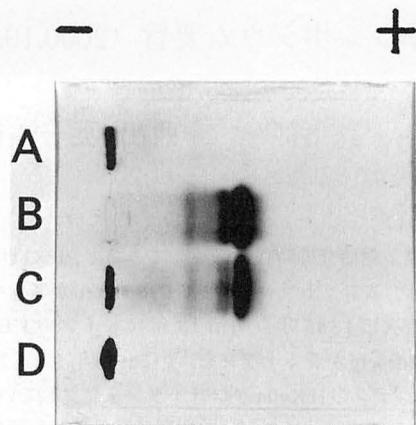


図2 熱水抽出物塩化マグネシウム・エタノール処理の電気泳動図 A:塩化マグネシウム・エタノール処理沈澱物 B:塩化マグネシウム・エタノール処理上清 C:熱水抽出物 D:標準アルギン酸ナトリウム(ケルコアルギン)

じで、塩基性酢酸鉛法(西澤 1939)、イオン交換樹脂法(Black *et al.* 1951),CPC法(Maeda and Nisizawa 1968)などがある。

前述の塩化マグネシウム・エタノール沈澱法で精製したフコイダンでは水溶性アルギンは除去されているが、ラミナランの混在が考えられる。検討の結果 Schmidt(1962)が、DEAE Sephadex A-25を用いて中性多糖と酸性多糖を分離しているの、この方法を用いてラミナランとフコイダンの分別を検討した。

まず、Sigma社のフコイダンをDEAE-Sephadex A-25を用いて分別し、回収率を求めたところ77%であり、フコイダンの一部が樹脂に吸着していることを知った。回収率が100%でないとは分別が成功したとは言えないので、樹脂に吸着したフコイダンの回収方法を検討した。

Ji Minghou *et al.* (1985)が、寒天のDEAE-Sephadex A-25による分別を試み、寒天の一部が樹脂に吸着することを知り、尿素を用いて、樹脂に吸着した寒天を回収している。このことからDEAE-Sephadex A-25に吸着したフコイダンは適当な方法を用いれば回収されることがわかり、その方法を検討した結果、樹脂を3M塩化ナトリウム溶液を用いて、100℃、3分間の加熱処理をすると吸着していたフコイダンのすべてが回収された(表3)。

次に、Sigma社のフコイダンとラミナランの混合物をDEAE-Sephadex A-25を用いて分別したところ、0.01M塩酸画分にラミナランが、3M塩化ナトリウム含有0.01M塩酸画分にフコイダンが溶出することを認め

表1 褐藻中の熱水抽出物である精製フコース含有多糖および水溶性アルギンの含有百分率

Species		Hot-water extract			Fractionation of hot-water extract						
Japanese name	Scientific name	Weight of dry algae (g)	Weight of HWE (g)	Yield* ¹ (%)	Weight of HWE (g)	PFCP			WSA		
						Weight of PFCP (g)	Recovery* ² (%)	Yield* ¹ (%)	Weight of WSA (g)	Recovery* ² (%)	Yield* ¹ (%)
Umluchiwa	<i>Padina arborescens</i>	10	0.284	2.84	10	2.86	28.6	0.81	0.25	2.5	0.07
Okinawamozuku	<i>Cladosiphon okamuranus</i>		1.071	10.71		6.55	65.5	7.01	—	—	—
Ishige	<i>Ishige okamuræ</i>		1.454	14.54		4.50	45.0	6.75	2.85	28.5	4.14
Iroto	<i>Ishige sinicola</i>		1.653	16.53		4.69	46.9	7.75	4.01	40.1	6.62
Iwahige	<i>Myelophycus simplex</i>		0.399	3.99		8.24	82.4	3.29	0.17	1.7	0.07
Makonbu	<i>Laminaria japonica</i>		1.465	14.65		2.27	22.7	3.32	3.00	30.0	4.39
Rijirikonbu	<i>Laminaria ochotensis</i>		1.611	16.11		3.56	35.6	5.74	4.85	48.5	7.81
Hosomekonbu	<i>Laminaria religiosa</i>		1.944	19.44		2.08	20.8	4.04	4.75	47.5	9.23
Hidakakonbu	<i>Laminaria angustata</i>		1.833	18.33		3.15	31.5	5.77	3.57	35.7	6.54
Gagomekonbu	<i>Kjellmaniella crassifolia</i>		1.333	13.33		2.81	28.1	3.75	4.13	41.3	5.51
Arame	<i>Eisenia bicyclis</i>		1.667	16.67		6.57	65.7	10.95	1.67	16.7	2.78
Sagaramé	<i>Eisenia arborea</i>		1.575	15.75		3.37	33.7	5.30	3.61	36.1	5.68
Kajime	<i>Ecklonia cava</i>		1.250	12.50		3.11	31.1	3.88	4.87	48.7	6.08
Hijiki	<i>Hizikia fusiformis</i>		0.569	5.69		5.19	51.9	2.95	2.65	26.5	1.51
Yatsumatomoku	<i>Sargassum patens</i>		0.920	9.20		5.45	54.5	5.03	0.98	9.8	0.90
Akamoku	<i>Sargassum horneri</i>		0.414	4.14		9.27	92.7	3.83	0.33	3.3	0.14
Obamoku	<i>Sargassum ringgoldianum</i>		0.750	7.50		3.43	34.3	2.57	3.31	33.1	2.49
Nejimoku	<i>Sargassum sagamianum</i>		0.638	6.38		4.51	45.1	2.88	2.44	24.4	1.56
Umitoranoo	<i>Sargassum thunbergii</i>		0.244	2.44		2.30	23.0	0.56	0.03	0.3	0.01
Hahakimoku	<i>Sargassum kjellmanianum</i>		0.402	4.02		7.49	74.9	3.01	0.19	1.9	0.08
Isomoku	<i>Sargassum hemiphyllyum</i>		0.406	4.06		5.41	54.1	2.20	1.43	14.3	0.58

* 1 Based on a dry algae

* 2 Based on a hot-water extract

表2 各種精製フコース含有多糖中の中性糖とウロン酸の相対含有量

Species	Distribution of neutral sugars (%) ^a							Distribution of uronic acids (%) ^a			
	Rha	Fuc	Ara	Xyl	Man	Glc	Gal	GalUA	GulUA	GlcUA	ManUA
<i>Cladosiphon okamuranus</i> Tokida	1	92	—	2	2	2	1	—	—	100	—
<i>Ecklonia cava</i> Kjellman	2	53	—	5	21	10	9	—	8	36	56
<i>Eisenia arborea</i> Areschoug	1	75	—	3	9	2	10	—	2	45	53
<i>E. bicyclis</i> (Kjellman) Setchell	2	35	—	4	27	24	8	—	12	19	69
<i>Hizikia fusiformis</i> (Harvey) Okamura	16	33	—	2	11	15	23	28	—	61	11
<i>Ishige okamuræ</i> Yendo	8	59	1	10	9	2	11	2	20	38	40
<i>I. sinicola</i> (Setchell et Gardner) Chihara	2	83	—	5	7	—	3	—	13	33	54
<i>Kjellmaniella crassifolia</i> Miyabe	—	79	—	1	13	—	7	—	—	69	31
<i>Laminaria angustata</i> Kjellman	2	48	—	3	12	8	27	—	4	52	44
<i>L. japonica</i> Areschoug	2	65	—	1	8	1	23	—	5	37	58
<i>L. ochotensis</i> Miyabe	2	80	1	1	7	1	8	—	5	42	53
<i>L. religiosa</i> Miyabe	2	58	—	3	20	5	12	—	10	30	60
<i>Myelophycus simplex</i> (Harvey) Papenfuss	5	39	2	13	11	10	20	—	20	32	48
<i>Padina arborescens</i> Holmes	11	42	1	10	14	8	14	2	4	66	28
<i>Sargassum hemiphyllyum</i> (Turner) C. Agardh	8	55	—	5	10	4	18	4	15	46	35
<i>S. horneri</i> (Turner) C. Agardh	2	86	—	2	3	1	6	—	28	31	41
<i>S. miyabei</i> Yendo	2	64	—	4	6	2	22	—	11	40	49
<i>S. patens</i> C. Agardh	13	31	—	4	17	11	24	14	14	43	29
<i>S. ringgoldianum</i> Harvey	1	60	—	2	16	2	18	—	15	15	70
<i>S. sagamianum</i> Yendo	5	44	—	4	13	4	30	1	15	33	51
<i>S. thunbergii</i> (Mertens et Roth) Kuntze	14	33	2	8	10	12	20	13	—	87	—

^a Calculated from gas-liquid chromatograms, taking the total area of the peaks as 100%.

た(表4, 図3)。塩化マグネシウム・エタノール沈澱法で水溶性アルギンを除いた5種の褐藻の粗フコイタンを、この方法を用いて分別したところ、5種中、3種にラミナランが存在し、残る2種には存在しないことがわかった(表5)。この結果DEAE-Sephadex A-25の

分別法はラミナランの存在の有無を判定する方法として用いることのできる方法であることもわかった。このとき得られたラミナラン画分の硫酸加水分解物をグルコースを標品としてTLCを行ったところ粗フコイタンより分別された画分はラミナランであることが確認

表3 DEAE-Sephadex A-25によるフコイダンの分離

Sample	Sample weight (mg)	Fraction B		Fraction C		Total	
		(mg)	(%)	(mg)	(%)	(mg)	(%)
Fucoidan	200.0	155.0	77.5	155.0	77.5	200.0	100.0
Fucoidan	200.0	158.6	79.3	49.4	24.7	207.9	104.0

フコイダン：市販品（シグマ化学）
 画分B：3M 塩化ナトリウム含有0.01M 塩酸
 画分C：樹脂を3.0M 塩化ナトリウム中で3分間加熱

表4 DEAE-Sephadex A-25によるフコイダンとラミナランの分離 ラミナラン、フコイダン：市販品（シグマ化学）

Sample	Sample weight (mg)	Fraction A		Fraction B		Fraction C		Total	
		(mg)	(%)	(mg)	(%)	(mg)	(%)	(mg)	(%)
Laminaran	30.0	26.7	89.0					26.7	89.0
Fucoidan	200.0			158.6	79.3	41.8	20.7	198.0	99.0
Laminaran+Fucoidan	200.0								
Laminaran	40.0	35.4	88.5					35.4	88.5
Fucoidan				160.0	130.2	81.4	29.1		

画分A：0.01M 塩酸
 画分B：3.0M 塩化ナトリウム含有0.01M 塩酸
 画分C：樹脂を3.0M 塩化ナトリウム中で3分間加熱

された(図4)(西出ら1994)。このようにして粗フコイダン中のラミナランの分別純化の方法を創出したのである。

アルギン

アルギン酸は水に不溶性であると信じられてきた(Percival and McDowell 1967)。しかし、フコイダンの抽出操作の課程でフコイダンの不純物の一つに水溶性アルギンの存在を知った(西出・塚山1982)。このことは古くから知られていたようであるが(Percival and Ross 1950),それを回収して定量するという事は行われていなかった。そこで、フコイダンの精製法の一つとして創設した塩化マグネシウム・エタノール法を用いて褐藻熱水抽出物中の水溶性アルギンの分画を行い、得られた水溶性アルギンの電気泳動を行った結

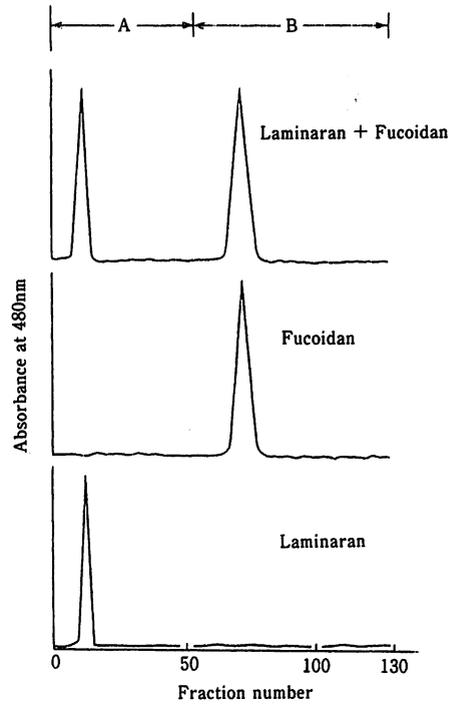


図3 DEAE-Sephadex A-25 (30 × 350mm)による多糖の分離
 画分A：0.01M 塩酸 画分B：3.0M 塩化ナトリウム含有0.01M 塩酸

果、これがアルギン酸であることを確認した。カゴメコンブ類の水溶性アルギンは分子量約50万で、マヌロン酸画分の多いアルギンであることが判明した(Nishide et al. 1984)。

この方法を用いて日本産褐藻16種の水溶性アルギンとアルカリ可溶性アルギンの含有量およびM/G比を求めたのが表6である。この結果、褐藻中に含有されるアルギンは、イシゲ科2種では含有アルギンの35%が、ホンダワラ科8種では9%が、コンブ科6種では28%が水溶性アルギンであることがわかった(Nishide et

表5 DEAE-Sephadex A-25による粗フコイダンの分離

Sample	Sample weight (mg)	Fraction(A) (Laminaran) (mg)	Fraction(B+C) (Fucoidan) (mg)
<i>Ecklonia cava</i> Fucoidan	200.0	33.0	111.3
<i>Eisenia bicyclis</i> Fucoidan	200.0	81.4	90.6
<i>Laminaria angustata</i> Fucoidan	200.0	70.5	103.0
Cultivated <i>L. japonica</i> Fucoidan	200.0		178.3
Natural <i>L. japonica</i> Fucoidan	200.0		195.3
<i>L. religiosa</i> Fucoidan	200.0		189.2

分離条件は表4を参照



図4 ラミナラン硫酸加水分解物の薄層クロマトグラフィー
A: グルコース, B: 標準ラミナラン, C: アラメ粗フコイダンより得られたラミナラン

al. 1987)。次に、熱水法で硫酸多糖を抽出した残留海藻中のアルギンの性質を調べてみた。その結果、硫酸多糖の抽出時間が長くなると、(1)残留海藻中のアルギンの収量が減少する、(2)含有アルギンの粘度が低下する、(3)含有アルギンのM/G比が低下する、すなわちグルロン酸量が増加する、ことなどがわかった(西出ら1992)。硫酸多糖を熱水法で抽出する場合、硫酸多糖抽出後の海藻の利用が問題となる。含有アルギンの利用ができなくなると海藻の価格がぜんぶ硫酸多糖に上乗せとなり硫酸多糖の価格が高くなる。そこで、硫酸多糖抽出後の海藻から市場性のあるアルギンの抽出ができる様な硫酸多糖抽出方法の案出が課題となる。

さらに、褐藻を長時間加熱すると含有アルギンの含有量が低下し、M/G比も低下することが判明したので、この理由について検討した。表7～9に認められるように、100℃で長時間加熱すると熱水可溶性アルギンが増加し海藻中に残留するアルギンが減少することがわかった。次に、熱水可溶性アルギンのM/G比をみると加熱時間が長くなるとM画分が増加しM/G比が高くなる。一方、海藻中に残留するアルギンのM/G比はM画分が減少しM/G比が低くなる。この結果、褐藻を長時間加熱すると、褐藻中のアルギン酸のM画分が熱により切れて溶出することがわかった(Nishide et al. 1996)。

最後に、日本のアルギン工業のおかれている現状について述べる。四面環海の日本では工業用に用いられる海藻資源は無尽蔵と考えられているがこれは誤りである。アルギン工業に用いられる海藻資源は皆無と

表6 各種日本産褐藻の水溶性アルギンとアルカリ可溶性アルギンの収量とM/G比

Species	WSA		ASA	
	Yield(%) [*] (as Mg salt)	M/G	Yield(%) [*] (as Na salt)	M/G
Ishigeaceae				
<i>Ishige okamurae</i>	4.14	0.80	8.20	0.34
<i>Ishige sinicola</i>	6.62	0.81	11.20	0.71
Laminariaceae				
<i>Laminaria japonica</i>	4.39	1.86	17.20	1.58
<i>Laminaria ochotensis</i>	7.81	3.15	15.80	1.68
<i>Laminaria religiosa</i>	9.23	2.42	17.30	1.78
<i>Kjellmaniella crassifolia</i>	5.51	1.75	13.50	1.41
<i>Eisenia bicyclis</i>	2.78	1.74	14.20	1.22
<i>Ecklonia cava</i>	6.08	1.85	13.60	1.50
Sargassaceae				
<i>Hizikia fusiformis</i>	1.51	1.90	2.20	0.83
<i>Sargassum patens</i>	0.90	5.28	10.50	0.44
<i>Sargassum horneri</i>	0.14	0.93	21.20	0.36
<i>Sargassum ringoldianum</i>	2.49	0.63	16.20	0.26
<i>Sargassum sagamianum</i>	1.56	0.76	22.50	0.44
<i>Sargassum thunbergii</i>	0.01	2.10	8.00	0.42
<i>Sargassum kjellmanianum</i>	0.08	0.66	31.80	0.39
<i>Sargassum hemiphylum</i>	0.58	1.17	17.30	0.65

* Based on sun-dried materials.

表7 海藻葉状部中の熱水可溶性アルギンと残留アルギンの収量

Heating time (h)	Boiling water-soluble alginate (%) [*]	Remaining alginate in algal frond (%) [*]	Total (%) [*]
0			27.07
1	0.60	26.00	26.60
2	2.44	24.40	26.84
3	4.73	21.70	26.43
4	6.74	19.83	26.57
5	6.77	19.50	26.27
6	7.04	19.90	26.94

* : Based on dry weight.

表8 熱水可溶性アルギンのブロック構造とそのM/G比

Heating time (h)	Block structure ratio (%)			M : G ratio
	MM :	MG :	GG	
0	51.2	32.0	16.8	2.17
1	53.0	33.0	14.0	2.23
2	57.0	30.5	12.5	2.67
3	61.5	28.5	10.0	3.12
4	63.0	27.7	9.3	3.34
5	65.1	28.9	6.0	3.90
6	66.2	29.8	4.0	4.50

表9 海藻葉状部中に残留しているアルカリ可溶性アルギンのブロック構造とそのM/G比

Heating time (h)	Block structure ratio(%)			M : G ratio
	MM :	MG :	GG	
0	51.2	32.0	16.8	2.17
1	49.2	31.8	19.0	1.70
2	46.0	30.0	24.0	1.56
3	42.5	32.5	25.0	1.42
4	39.2	32.8	28.0	1.25
5	35.3	35.7	29.0	1.10
6	34.7	35.8	29.5	1.16



図5 南アフリカ産褐藻 *Ecklonia maxima* の茎部粉碎物

言ってもよいであろう。その理由は沿岸海域の褐藻の生育している場所、即ち、藻場には、沿岸海域の多種多様な有用魚介類が、生活史のある期間、とくに幼生期、幼魚期、稚魚期、若令魚期に棲息しており、海藻群落で生産される底生物、葉上生物を摂食して成長する。このため水産業では、いわゆる保育場として藻場を考えており、その保護、造成を積極的に行っている。(日本水産学会 1981)。このような藻場を構成している褐藻を採集することは水産業関係者の理解が得られないのが実情である。そこで、海外の褐藻資源に目が向けられるのであるが、海外でも、資源保護の立場から海藻の採集は制約が多い。国によっては海岸に漂着した海藻のみ採集が認められているのが実情である。日本が南アフリカから輸入している海藻は図5にみられるように非常に硬いチップ状である。この形態は海藻の葉状部ではなく、茎部を乾燥、粉碎したもので、我々の見慣れているアラメ、カジメ、コンブ等の葉状部とは大いに異なっている。海藻の葉状部からのアルギンの抽出は容易であるが、茎部からの抽出は非常に困難を伴うことを我々は経験的に認識している。この困難を伴う茎部が100%を占める抽出原料ともなると、その抽出方法はどのように行えばよいか検討が必要である。以下に、チップ状海藻を用いてアルギンの抽出を試みた結果を紹介する(西出・古川 1980)。

チップ状海藻を扱う場合二つの考え方があり。一つは粉碎して細粒化する方法である。海藻茎は弾性があり粉碎しにくい。また、海藻の含水率によっては粉碎効率が低下するので、このような形態の海藻を粉碎するという操作は大変な作業で簡単ではない。粉碎機の保守管理も大変である。他の方法は膨潤軟化法である。この方法は葉状部からのアルギンの抽出工程で常時用いられている方法である。乾燥状態の葉状部を

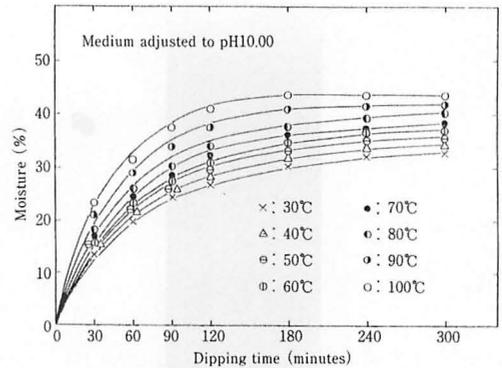


図6 *Ecklonia maxima* の膨潤曲線

水に浸すと短時間で乾燥前の状態に戻る。この状態で炭酸ナトリウムを加えるとアルギンが浸出してくるのである。この二つの方法のうち、膨潤軟化法はアルギンの抽出工程で常用化しているので設備等を考慮してチップ状海藻からのアルギンの抽出は膨潤軟化法で行うこととした。チップ状海藻を水に浸けても葉状部とは異なり膨潤軟化は非常に困難である。そこで、思案の結果、木材のパルプ化にアルカリ蒸解法という古典的な方法(荒木 1952)があるので、この方法を修飾することとした。pHを10.00に設定し、浸出時間と温度を変化して実験を行ったのが図6である。この結果、100°C、3時間以上の処理で膨潤が平衡に達することがわかった。このような処理を行ったチップ状海藻からアルギンを抽出した結果が図7である。この結果をみると、アルギン収量と抽出温度との関係は不規則である。この原因は試料の不均一性と考えられたので、試料の均一化をはかるために膨潤処理海藻をミキサーで摩砕後、アルギンを抽出した結果が図8である。図に認められるようにチップ状海藻よりアルギンを抽出する場合海藻の膨潤を充分に行い、なおかつ、試料の均一化を行うと抽出率は向上し、抽出温度とアルギン収量との間には極めて良好な相関関係が認められ、チップ状海藻からのアルギンの抽出実験は一応の目的を果たした。

この方法は南アフリカ産の海藻を用いてのアルギン抽出方法であって、他国の海藻の場合に適用できるかは不明である。新しいアイデアのもとに新抽出法を検討する必要があるものと考えられる。

おわりに

海藻多糖研究の経過を述べた。これといった独創的な研究もなく、落ち穂拾いに終始した感じがする。フ

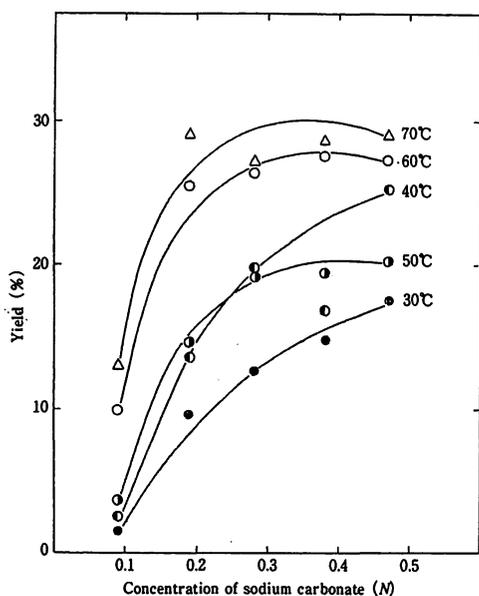


図7 アルギン酸の収量に及ぼす炭酸ナトリウム濃度の影響
膨潤処理：100℃，3時間，pH10.00 抽出時間：4時間

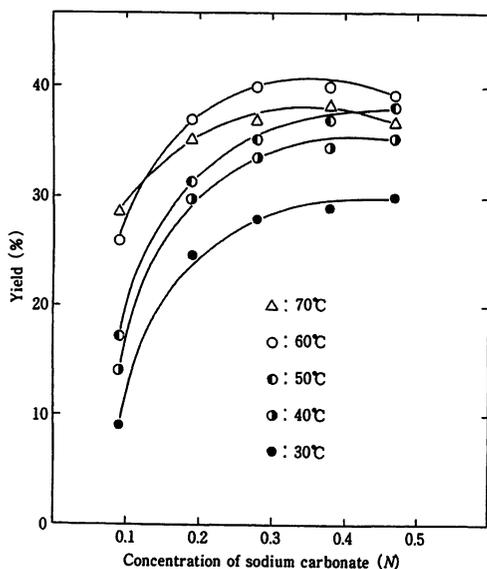


図8 膨潤、磨砕処理海藻中のアルギン酸収量に及ぼす炭酸ナトリウム濃度の影響 膨潤処理：100℃，3時間，pH10.00
抽出時間：4時間

コイダシ，ラミナラン，アルギンの各項目で述べた問題点は，今後解決されなければならない。新しいアイデア，実験方法，実験機器を用いて再検討することで，

新しい研究課題および成果が生まれると思う。

最後に，絶えずご指導，ご鞭撻を頂いた東京教育大学名誉教授，元日本大学教授西澤一俊先生に感謝申し上げます。また日本大学生物資源科学部水産生物化学研究室内田直行教授，安齋寛助教授，塚山貴以子副手をはじめとする共同研究者，実験を共にした卒業生および在校生の方々に感謝申し上げます。

参考文献

- 阿武喜美子 1972. 第4級アンモニウム塩による分画. P.37-41. 阿武喜美子・長谷川栄一(編) ムコ多糖実験法 I, 南江堂, 東京.
- 荒木綱男 1952. 木材繊維. p.4-8. 繊維素化学, 産業図書, 東京.
- Black, W.A.P., Cornhill, W.J., Dewar, E.T. and Woodward, F.N. 1951. Manufacture of algal chemicals. III. laboratory-scale isolation of laminarin from brown marine algae. J. appl. Chem. 1: 505-517.
- 富士川龍郎・中島克子 1975. 褐藻におけるフコイダシ様多糖の分布. 農化 49: 455-461.
- Ji Minghou, Lahaye, M. and Yaphe, W. 1985. Structure of agar from *Gracilaria* spp. (Rhodophyta) collected in the People's Republic of China. Bot. Mar. 28: 521-528.
- Khym, J.X. and Doherty, D.G. 1952. The analysis and separation of glucuronic and galacturonic acids by ion exchange. J. Am. Chem. Soc. 74: 3199-3200.
- Kloareg, B., Demarty, M. and Mabeau, S. 1986. Polyanionic characteristics of purified sulphated homofucans from brown algae. Inst. J. Biol. Macromol. 8: 380-386.
- Larsen, B., Haug, A. and Painter, T. 1970. Sulphated polysaccharides in brown algae III The native state of fucoidan in *Ascophyllum nodosum* and *Fucus vesiculosus*. Acta Chem. Scand. 24: 3339-3352.
- Maeda, M. and Nisizawa, K. 1968. Fine structure of laminaran of *Eisenia bicyclis*. J. Biochem.(Tokyo) 63: 199-206.
- Medcalf, D.G. and Larsen, B. 1977. Fucose-containing polysaccharides in the brown algae *Ascophyllum nodosum* and *Fucus vesiculosus*. Carbohydr. Res. 59: 531-537.
- Mori, H. and Nisizawa, K. 1982. Sugar constituents of sulfated polysaccharides from the fronds of *Sargassum ringgoldianum*. Nippon Suisan Gakkaishi 48: 981-986.
- 日本水産学会 1981. 藻場・海中林, 水産学シリーズ 38, 恒星社厚生閣, 東京.
- 西出英一・古川正 1980. 南アフリカ産褐藻 *Ecklonia maxima* からのアルギン酸の抽出について-III, アル

- ギン酸収量におよぼす前処理の影響. 日本大学農獣医学部学術研究報告 37: 289-294.
- 西出英一・塚山貴以子 1982. カゴメコンブのフコース含有多糖からの水溶性アルギンの除去. 日水誌 48: 1771-1773.
- Nishide, E., Tsukayama, K., Uchida, N. and Nisizawa, K. 1984. Isolation of water-soluble alginate from brown algae. *Hydrobiologia* 116/117: 557-562.
- 西出英一・安斎寛・内田直行 1987. 日本産褐藻類中のフコース含有多糖量について. 日水誌 53: 1063-1088.
- Nishide, E., Anzai, H. and Uchida, N. 1987. A comparative investigation on the water-soluble and the alkali-soluble alginates from various Japanese brown algae. *Nippon Suisan Gakkaishi*. 53: 1215-1219.
- Nishide, E., Anzai, H., Uchida, N. and Nisizawa, K. 1990. Sugar constituents of fucose-containing polysaccharides from various Japanese brown algae. *Hydrobiologia* 204/205: 573-576.
- 西出英一・三島明子・安斎寛・内田直行 1992. 熱水法で硫酸多糖を抽出した残留海藻中のアルギン酸の性質. 日本大学農獣医学部学術研究報告 49: 140-142.
- 西出英一・吉原正美・加藤正・箱根保・鎌田裕・安斎寛・内田直行 1994. DEAE-セファデックスカラムクロマトグラフィーによるラミナランとフコイダンの分別. 日本大学農獣医学部学術研究報告 51: 103-107.
- Nishide, E., Anzai, H., Uchida, N. and Nisizawa, K. 1996. Changes in M/G ratios of extracted and residual alginate fractions on boiling with water the dried brown alga *Kjellmaniella crassifolia* (Laminariales, Phaeophyta). *Hydrobiologia* 326/327: 515-518.
- 西澤一俊 1939. Laminarin の研究 (第一報) アラメ (*Eisenia bicyclis*) よりの単離並に其の化学的性質に就いて. 日化誌 60: 1020-1024.
- Percival, E. and Ross, A.G. 1950. Fucoidin. part I. The isolation and purification of fucoidin from brown seaweed. *J. Chem. Soc.* 717-720.
- Percival, E. and McDowell, R.H. 1967. Algin. pp.99-126. In *Chemistry and enzymology of marine algal polysaccharides*. Academic Press, London.
- Schmidt, M. 1962. Fractionation of acid mucopolysaccharides on DEAE-Sephadex anion exchanger. *Biochem. Biophys. Acta.* 63: 346-348.

(日本大学生物資源科学部)

大野 正夫：第 17 回国際海藻シンポジウム（南アフリカ）参加記

3年に1回の間隔で開かれる国際海藻シンポジウムの第17回大会 XVII International Seaweed Symposium が、2001年1月28～2月2日、南アフリカのケープタウンのケープタウン大学で開催された。南アフリカの沿岸は、ケープ半島を境にして、大西洋岸は寒流が流れており、また冷たい湧昇流もあり、Giant Kelp やカジメ属 *Ecklonia maxima* が豊富に繁茂している。反対側はインド洋で温海域で、テングサ類が豊富であり、世界でも有数な海藻資源の宝庫である。海藻資源の採取も盛んであり、いくつかの海藻加工会社があり、海藻学の研究室も多い。このような条件で、アフリカで初めての国際海藻シンポジウムが、ケープタウンで開催されることになった。アフリカ南端という地の利が悪いところで、参加者がどのくらいあるかが心配されたが、48ヶ国から約350名の参加者であった。1980年代の国際海藻シンポジウム参加者は500名以上であったが、チリ大会、フィリピン大会と参加者が減る傾向がある。これは国際藻類学会の大会が開催されるようになり、二つの海藻分野の国際会議ができたことによる。だんだんとそれぞれの大会の特色が出てきたことが感じられる。日本からの参加者は、88歳の鈴木宗一郎氏、80歳の角谷清氏という海藻業界の最長老とともに大学院生まで、多彩なメンバーの22名で、開催国の南アフリカに次ぐ数であった。筆者は国際組織委員会の一員であるので、シンポジウムの内情にもふれて報告する。

開催に向けて

国際海藻シンポジウム開催地は、6年前に決定して準備が始まる。どこの国でも国際海藻シンポジウムは、レベルの高い国際会議として位置づけられるが、今大会は隣国ナミビアの研究者も大会組織委員会に参加し、大会委員長は、ケープタウン大学の John J. Bolton 教授と水産局の Robert J. Anderson 博士の二人で、今までにない大会組織体制を組んだ。プログラム作成や海外の研究者との折衝は Bolton 教授、シンポジウムの大会運営を Anderson 博士が担当した。

Secretary / Treasure は、Elizabeth Danckwets 女史であったが、若くて美人ある。彼女はこの大会に雇われたプロの Secretary であった。いろいろの問い合わせに、機敏に対応するので大変助かった。夏休みである

ので、ケープタウン大学の学生もかなりの数を動員しており、盤石の体制で、このシンポジウムに取り組んだことが推察された。

ミニシンポジウムと講演

国際シンポジウムでは、年々一般講演が少なくなり、ミニシンポジウムが主力になっているが、この大会でも基調講演、ミニシンポジウム、一般講演が同じ程度の時間配分になっていた。1990年代後半より、フィリピン、インドネシアのキリンサイ養殖は、Ice-ice という、葉体が透明に抜けて脱落する細菌が関与する病気が発生して、大きな打撃を受けており、キリンサイ養殖は、最近アフリカ諸国へと拡大している。そのために、基調講演は、海藻と細菌などの Interaction、病気、キリンサイ養殖技術や海藻工業分野の内容であった。ミニシンポジウムは、海藻の応用分野、動物との混合養殖、バイオテクノロジーなどであった。基礎研究より応用研究の報告が多く、ヨーロッパ諸国の海藻研究者が、海藻の応用分野に持ち始めてきたようだ。そのなかで Genetic Engineering のワークショップは盛会であったが、分子生物学分野の講演が予想外に少なかった。この分野は国際藻類学会のメンバーに多く、海藻研究分野の発表の場が、二つに分割してきたことが伺えた。

ポスターセッション

ポスター発表は、作成技術の進歩から、ますます見事なものが多くなってきた。その発表数は103件であり、講演の数を超えていた。海藻資源量の測定法、機能性海藻成分の報告など興味深い報告が多かった。講演数が少なかった分子系統学分野の報告はポスターにかなりみられた。今回、ポスターは初日から会場に貼ることになっており、この会場には、いつも幾人かの姿があった。

展示

前回のセブのシンポジウムでは、日本の海藻製品の展示が好評であったが、今回は、会場に見本市スタイルのコーナー方式がとられた。海藻協会、海藻工業、出版社、南アフリカの海藻会社、海藻おしぼ店などの



上左：テーブルマウンテンを背に年輪が感じられるケープタウン大学キャンパス 上右：シンポジウム開会式
下左：広いフロアは、展示場、ポスター会場になった。 下右：海岸での楽団付きのバーベキューパーティー

コーナーがあり、多種類のパンフレットが置かれていた。国際海藻シンポジウムは、研究者ばかりでなく、海藻業界からも多く参加しているので、このようなコーナーを設けることは良い試みであったと思う。日本海藻協会は、海藻食品、微細藻類の機能性食品、機能性ドリンクを2コーナーに展示し一部即売した。外国人に海藻を試食してもらい良い機会であり好評であった。

パーティーとエクスカージョン

テーブルマウンテンを背にした海岸、大学の広場でのバーベキューパーティーは、魚と肉の主食、それにサラダ、アルコールは飲み放題であり楽団付きで、楽しい夜であった。ワインランドで宴会が催され、ダンスを楽しむ者をいたが、どうも日本人グループには合わなかった。エクスカージョンは、喜望峰への経路が組まれた海藻採集、植物園、海藻工場見学であり、湿度の低い快適な気候とケープタウン周辺の豊かな自然を満喫した。

日本海藻協会とJSA ポスター賞

国際海藻シンポジウムは、世界の大手海藻工業会社の連合であるMarinalg Internationalが大きなスポンサーになっている。このシンポジウムの発端も、この連合会の呼びかけで海藻学の振興をめざして開催された。日本の海藻業界は、1983年の中国のシンポジウム以来、毎回、基金を拠出してきたが、1998年にこれらの海藻業界の寄付団体から、日本海藻協会を発足させた。現在34社の海藻関連の会社会員とアドバイザー会員として海藻研究者が参画している。会長は有賀祐勝教授、事務局は筆者が担当している。今まで、日本からの拠出基金の用途ははっきりしなかったが、今回より日本海藻協会は、招待講演者と若手講演者への基金として大会組織委員会に拠出し、JSA ポスター賞を新設した。ポスター賞の選考委員会は、日本人3名、外国人3名で構成した。今回の受賞者は、日本大学の西出栄一教授の「アオサに含まれるコレステロール低下成分について」とブラジルのNodessa教授の「ホンダワラ類に含まれるヘテロフカンの血圧降下効果について」であった。このようにして見える日本からの支援

を、このシンポジウムで具体化した。なお、Marinalg International は前回のシンポジウムの発表のなかから、開会式に、海藻業界に貢献する Best Prize, 副賞を出しており、今回は、セブ大会の発表からブラジルサンパウロ大学の E. J. de Paula 助教授と筆者らの共同研究「養殖キリンサイ類の四分子胞子による選抜に関する研究」が受賞となった。この報告は国際的な共同研究であったことも評価されたかもしれない。

次回開催地はノルウェー

3年後の国際海藻シンポジウムは、2004年6月下旬

にノルウェーのベルゲンで開催される。2007年はイスラエルでの開催も決まった。今回のシンポジウムは、基礎的分野の研究や分子系統進化学分野の報告が少ないのが特徴的であったが、海藻養殖や海藻資源の報告が多く、アフリカ諸国の若い研究者が多く参加しているのが頼もしかった。海藻養殖、海藻資源採取がアフリカ諸国で興り、海藻が利用されることにより、その国に海藻学が興ることが実証されたシンポジウムであった。

(高知大学海洋生物教育研究センター)

村岡 大祐：第17回国際海藻シンポジウム（南アフリカ）参加記

水雨の降る成田空港を発って飛行機に揺られること約19時間、やっとの事でケープタウンに到着した。日本からの一行を迎えたのは、まぶしいばかりの南アフリカの真夏の太陽と、多種多様な人々のあふれんばかりのエネルギーであった。到着が午前中であったため、昼食後、この都市の象徴であるテーブルマウンテンにロープウェーで登ることができた。目のくらむような急峻な崖を、ゴンドラが昇るのは、まさに圧巻である。山頂からは広大な港町ケープタウンを一望できた。これから一週間この都市で行われるシンポジウムに期待を膨らませたツアーであった。

学会会場であるケープタウン大学は、テーブルマウンテンの麓に広大なキャンパスを持つ美しい大学である。参加登録を済ませた後、歓迎パーティが開かれた。学会本部が招待したミュージシャンが、この近海に繁茂するカジメの一種 *Ecklonia maxima* の体を乾燥させた筒状の茎状部から即席の管楽器を作って、実に見事な演奏を披露してくれた。私も試みに吹いてみたが、かすれた音を出すのが精一杯であった。このようなリラックスしたムードのなか、世界中から集まった海藻研究者の交流が夜遅くまで続けられた。

翌日、オープニングセレモニーに引き続き、いよいよ大会が始まった。昨晚のリラックスしたムードから一変、真剣な議論が講演会場で、ポスター会場で活発に行われていた。かといって近寄りたがたい雰囲気では決してなく、私のたどたどしい英語での質問にも多く

の研究者が丁寧に答えてくれ、国際学会初参加で多少なりとも不安を感じていた私を大いに勇気づけてくれた。発表内容は生態学から分子生物学、あるいは海藻工業分野などきわめて多岐にわたり、分野ごとに複数の会場に分かれてのセッションが連日続けられた。日本人研究者の発表も行われ、生理学、生態学分野等に加えて食品化学分野から多くの話題提供があり、近年の海藻抽出物に対する関心の高さを反映しているように感じられた。私自身は「紅藻オゴノリ属植物ツルシラモ *Gracilariopsis chorda* の傷害組織形成過程」と題してポスター発表を行った。寒天原藻であるオゴノリ属植物は一般に再生力が強く、この性質を利用した増養殖が広く行われているが、本研究は再生に伴う形態形成を組織細胞レベルで観察したものである。幸い本属植物を研究している研究者は多く、私の展示ポスターにも何人かの海外研究者が興味を持って下さり、お互いの研究についてのディスカッションを通じて、彼らと知り合いになれたのが何よりの収穫であった。と、このように書くといかにもスムーズにコミュニケーションが行われたような感じであるが、やはり言葉の壁は高く、“Pardon?”を繰り返してようやく理解にたどり着くというありさまで、意志疎通のための英語力の必要性を改めて痛感した。海藻増養殖に関連したものは、そのほかに動物との混合養殖や、海藻の栄養塩取り込みによる水質浄化などの話題提供があり、海藻が持つ環境修復能力の可能性に、ますます強い関心

が寄せられていることを実感した。

今回のシンポジウムでは前回に引き続き、海藻を利用した商品の展示、販売が日本海藻協会(JSA)によって行われた。私も少しばかり販売のお手伝いをしたが、日本の海藻食文化に対する関心は高く、なかなかの盛況であった。あるアメリカ人研究者はコンブの佃煮を「ビーフジャーキーのようだ」と評し、お国が違うと感じ方もそれぞれ違うのだなと妙に感心した。ここでの収益は全て大会組織委員会に寄付された。

大会の中日にはエクスカッションが行われ、私はロベン島ツアーに参加した。この島には、かのアパートヘイト時代、主に政治犯収容のため最高警備体制の刑務所が作られ、前南アフリカ大統領であるネルソン・マンデラ氏も長きにわたって投獄された。現在、この刑務所は閉鎖され、この国の圧制と人種差別の歴史を今に伝える博物館となっており、1999年には世界遺産にも登録されている。元受刑者の案内で島内を見学し、南アフリカの美しい自然とは対照的な暗黒の時代を垣間見た思いがした。

シンポジウムが行われたケープタウンはヨハネスブルグにつぐ大都市であり、中心街には近代的な高層ビルが建ち並び、米英系のスーパーやファーストフード店が軒を連ねる。街を歩く人たちはやはり黒人系が多いが、それを除けば、“アフリカ”という雰囲気は余り感じられない。ただ、ヨハネスブルグほどではないにしろ、ここもそう治安がよいとは言えないようで、住宅街の家々にはセキュリティー会社と契約していることを示す看板が掲げられている。観光都市として一層発展していくためにはこういった現状の改善が課題のようである。

大会期間はあっという間に過ぎ去り、最終日の閉会式ではポスター賞の表彰が行われた。日本大学の西出英一教授が見事この賞を受賞なさり、「次は是非若い



上：日本の海藻食品の展示コーナー

下：バーベキューパーティーで日韓の若手海藻研究者達。会期中いつも首から名札を付けていた。

人ががんばってもらいたい」とのエールに私達若手(?)研究者は大いに励まされた。大会の最後には次回開催地であるベルゲン(ノルウェー)の紹介がなされ、3年後の再会を共に願いつつ、一週間にわたるシンポジウムは幕を閉じた。最後にシンポジウム参加にあたってお世話になった皆様に、この場を借りてお礼申し上げます。

(985-0001 塩釜市新浜町 3-27-5 東北区水産研究所)

松山 和世: 2000 年度「藻類談話会」参加報告

今年度の「藻類談話会」は大阪の関西総合環境センタービル会議室をご厚意により会場としてお貸しいただき、11月11日(土)の13時から開催されました。これまで私は気になりながら参加できないでいましたが、中部地区に移ったのをきっかけに今年は思い切って参加することができました。今回の参加者は52名で、四国や新潟など遠方からの参加者もあったとのこと。講演後に若手研究者に発表の場を与えて下さるとのこと、このような恵まれた機会に私も発表をしたいと思ったのですが、対象は院生ぐらまでのようにも思えたので、今回は控えることにしました。

講演と研究発表の演者(敬称略)と題目は次のとおりでした。

講演

寺田竜太(高知海深研): 海洋深層水を用いた大型藻類の培養について—現状と課題

今井一郎(京大院・農): 微細藻類と海洋細菌の関係

本多大輔(甲南大・理): 高度不飽和脂肪酸を蓄積する海生“菌”ラビリントウ類の系統分類

三村徹朗(奈良女大・理): 車軸藻のリン酸代謝—生体膜輸送と生理作用

研究発表

久保雄昭・松田吉弘(神大院・自然科学): 緑藻クラミドモナスにおける配偶子細胞壁溶解酵素, ガミートライシンファミリーの解析—C末端共通ドメインをもつ二つのメタロプロテアーゼ遺伝子の転写制御

Altamirano, Maria(神大・内海域): Effects of ultraviolet radiation on the physiology of marine macroalgae

春の学会で発表が二会場で行われるようになって以来、興味を持ちながらも聴けない発表が増えていますが、本会は私にとっては聴くチャンスが少なくなっていた話題のお話を伺うことができ、大変有意義でし



研究発表風景



懇親会でのひとこま

た。また学会発表よりも長い講演時間のおかげで、ある程度まとまってお話を伺うことができたこともよかったですと思います。

寺田さんのお話では直前にあった海洋深層水利用研究会全国集会でも聴くことができなかった大型藻類を用いての様々な深層水の研究について伺うことができました。今井先生のお話は中心目珪藻 *Coscinodiscus milesii* の長年に渡る貴重な野外のデータから得られた興味深い結果やこれまで独自の営みと考えられていた生活環にまで海生細菌が大きく関与しているという驚くべきお話など盛りだくさんの内容でした。本多先生のお話では丁寧なイントロのおかげで、私にとっては遠い存在だったラビリントウ類を大分身近に感じることができました。三村先生のお話では「藻類を使ってそんな実験ができるのか!」と驚き、藻類の違った一面を知ることができました。研究発表は、最新の研究の成果が発表され、とても刺激的なものでした。その後に行われた懇親会でも、あちこちで活発な意見交換がなされ、これまでお話したことのなかった方々とお話することができ、新たな世界が広がったように思います。お忙しい中、この会のお世話を下さった方々に心から感謝いたします。来年の会場は甲南大で希望者は宿泊付きと伺いました。忙しい日々を過ごしながらも、思い切って参加できれば大きな収穫が得られるのではないかと思います。

今回念願の藻類談話会に参加して、初めてお会いする方も半分ぐらいはいらっしやうに感じられ、藻類を研究材料として扱われている方の中には、藻類学会に入られていない方もまだまだいらっしやることを知りました。そういった方々とも今後は藻類学会でもお目にかかれるようになることを願っています。

(東海大学海洋研究所先端技術センター)

学会・シンポジウム情報

「マリンバイオ静岡2001」のご案内

21世紀の初頭を飾る第5回マリンバイオテクノロジー学会大会（マリンバイオ静岡2001）を下記の要領で開催いたしますので、皆様ふるってご参加くださいますようお願い申し上げます。

主催 マリンバイオテクノロジー学会

大会会長 嵯峨直恆（東海大学海洋研究所教授）

実行委員長 志津里芳一（海洋バイオ・清水研究所長）

日時 2001年5月25日（金）、26日（土）

会場 グランシップ（静岡県コンベンションアーツセンター）

〒422-8005 静岡市池田79-4 tel 054-203-5710

新幹線「静岡」乗換え、東海道本線「東静岡」下車1分

発表申込締切 2001年3月16日（金）必着

発表要旨締切 2001年4月13日（金）必着

発表・参加申込要領の請求方法

住所（〒）、氏名、所属、電話番号、FAX番号、電子メールアドレスを明記の上、下記の連絡先までお申し込み下さい（電子メールをご利用下さい）。

参加費（講演要旨集代を含む）

	3月16日まで		3月17日以降	
	一般	学生	一般	学生
会員	5,000円	3,000円	7,000円	4,000円
非会員	9,000円	4,000円	10,000円	5,000円

懇親会

5月25日（金）18:15-20:15、グランシップ6階交流ホール、一般5,000円、学生3,000円

大会内容

1. 特別講演
2. セッション（リーダー講演と一般講演）
3. ポスター発表
4. 公開シンポジウム
5. 懇親会

セッション

(1) 遺伝子と機能 (2) 天然物化学 (3) 環境・応答 (4) 増養殖 (5) 生物資源の多様性及び解析 (6) 細胞・形態・発生 (7) その他

発表

一般講演とポスター発表で行います。一般講演はOHP使用で質疑含めて1件15分の予定です。また、今回も優秀ポスターの表彰を予定しております。申込多数の場合、一般講演の各セッションへの割振りならびにポスターへの振替えなどは事務局にご一任願います。

大会事務局・連絡先

〒424-0037 清水市袖師町1900

(株) 海洋バイオテクノロジー研究所

「マリンバイオ静岡2001」事務局長 新原 英雄

tel 0543-66-9211 fax 0543-66-9255

e-mail hideo.sinbara@shimizu.mbio.co.jp

学会ホームページ

<http://wwsoc.nacsis.ac.jp/jsmb/index.html>

大会ホームページ

<http://wwsoc.nacsis.ac.jp/jsmb/shizuoka.html>

吉田忠生・Stiger, V.・堀口健雄：北海道産ホンダワラ属の新種ホッカイモク（ヒバマタ目、褐藻綱）

Tadao Yoshida, Valère Stiger and Takeo Horiguchi: *Sargassum boreale* sp. nov. (Fucales, Phaeophyceae) from Hokkaido, Japan.

新種ホッカイモク *Sargassum boreale* Yoshida et Horiguchi を記載した。本種は *Bactrophyucus* 亜属に所属し、円柱状の生殖器床をもつことから *Teretia* 節に分類するのが適当である。近縁のフシスジモク *Sargassum confusum* C. Agardh, ウスイロモク *S. pallidum* (Turner) C. Agardh, フシイトモク *S. microceratium* (Turner) C. Agardh からは表面の滑らかな長い茎をもつこと、主枝の生じる間隔が大きいことなどから区別される。また、本種がこれらの種と別種であることは ITS-2(internal transcribed spacer 2)の塩基配列の違いによっても明らかである。さらに、塩基置換の違いに加え、ホッカイモク配列中には特徴的な大きなギャップが存在することも他種との区別点となる。ホッカイモクは北海道沿岸からサハリンの北緯50度付近まで分布している。*Teretia* 節の種の検索表を示した。(北海道大・大学院理学研究科)

Yokoya, N. S. : *Gracilariopsis tenuifrons* (紅色植物門, オゴノリ目) の無菌培養株を用いた植物生長調節物質による頂端カルス形成と藻体再生の制御

Nair S. Yokoya: Apical callus formation and plant regeneration controlled by plant growth regulators on axenic culture of the red alga *Gracilariopsis tenuifrons* (Gracilariiales, Rhodophyta)

植物生長調節物質を添加した ASP12-NTA 固形培地 (0.4% 寒天と 1.0% ショ糖) で *Gracilariopsis tenuifrons* (Bird et Oliveira) Fredericq et Hommersand (紅色植物門, オゴノリ目) の無菌培養株を確立し、頂端カルス形成と藻体再生の効果を評価した。インドール酢酸 (IAA), 2,4-ジクロロフェノキシ酢酸 (2,4-D) および 6-ベンジルアミノプリン (BA) を個別に、もしくは組み合わせて (IAA:BA), 0.5 ~ 5 mg/L の範囲で添加した。高濃度の 2,4-D (5 mg/L) により頂端生長が、また高い IAA/BA 比 (IAA:BA = 5:1 mg/L) により節間部位の生長が促進された。藻体節部や側枝の頂端部位にある頂端細胞および皮層細胞が分裂することにより頂端カルスが生じた。低濃度の IAA (0.5 mg/L) もしくは高い IAA/BA 比 (IAA:BA = 5:1 mg/L) で処理すると、頂端部位における頂端カルス形成が最も盛んに誘導された。一方、節間部位におけるカルス誘導率は高濃度の IAA (5 mg/L) で最も高かった。反対に、等しい IAA/BA 比 (IAA:BA = 1:1 mg/L) では頂端部位における頂端カルスが、低濃度の 2,4-D (0.5 mg/L) では節間部位における頂端カルスが誘導された。直接再生 (直立軸が節間部位の基部側の細胞から生じる) と間接再生 (不定芽が頂端カルス細胞から生じる) という 2通りの再生が観察された。直接再生は低い IAA/BA 比 (IAA:BA = 1:5 mg/L) で処理することにより有意に促進され、直立軸の伸長は IAA (0.5 mg/L) もしくは 2,4-D (0.5 または 5 mg/L) で処理することにより有意に促進された。植物生長調節物質は間接再生を誘導するためには必須であり、頂端および節間部における頂端カルスからの不定芽再生は、それぞれ高濃度の IAA (5mg/L) および BA (5 mg/L) によって処理することにより最も盛んに誘導された。再生された不定芽は、胞子から生じた場合と同じような形態の藻体に育ち、6週間後成熟した。このような結果は、オーキシンやサイトカイニンが *G. tenuifrons* の発生調節作用に関係していることを示唆している。オゴノリ目の種におけるカルスからの再生過程は本研究で初めて観察された。*G. tenuifrons* で示された培養系は寒天を産する海藻の微細繁殖や生物学への応用に有効であろう。(Institute de Botanica, Secretaria de Estado do Meio Ambiente)

幡野恭子*・山本美香子*・山田雪*・西方敬人** : アミミドロ (クロロコックム目, 緑藻綱) の網状群体形成機構を解析する分子マーカーとしての遊走子特異的抗原

Kyoko Hatano, Mikako Yamamoto, Yuki Yamada and Takahito Nishikata: Zoospore-specific antigen as a useful marker for molecular analysis of net formation in *Hydrodictyon reticulatum* (Chlorococcales, Chlorophyceae)

緑藻アミミドロの無性生殖過程では、遊走子は規則的に配列し、六角形の網目状の群体を形成する。遊走子の破砕液を抗原としてモノクローナル抗体を作製したところ、ひとつの抗体が遊走子に含まれる31 kDaのポリペプチドのみを特異的に認識した。この抗原ポリペプチドはAmy1と名付けられ、遊走子の細胞質領域に分布した。Amy1は多核栄養細胞から単核の遊走子への分化に伴って増加し、その後の遊走子から栄養細胞への分化に伴って減少した。Amy1は単核の遊走子の時期には常に発現していた。これらのことから、Amy1は遊走子特異的なポリペプチドであると結論された。抗Amy1モノクローナル抗体を用いると、単核の遊走子か多核の栄養細胞かを簡単に区別できた。この抗体は遊走子による六角形の網目状群体形成に関与する分子メカニズムを解析するための重要な道具のひとつとなる。(*京都大・総合人間学部, **甲南大・理学部)

Sym, S. D.*・河地正伸**・井上勲***:ピラミモナス(ブラシノ藻)の遊泳様式の多様性

Stuart D. Sym, Masanobu Kawachi and Isao Inouye: Diversity of swimming behavior in *Pyramimonas* (Prasinophyceae).

ピラミモナス属12種(*Pyramimonas chlorina* Sym et Pienaar, *P. disomata* McFadden Hill et Wetherbee, *P. gelidicola* McFadden Wetherbee et Moestrup, *P. mantoniae* Moestrup et Hill, *P. melkonianii* Sym et Pienaar, *P. mitra* Moestrup et Hill, *P. moestrupii* McFadden, *P. mucifera* Sym et Pienaar, *P. nephroidea* McFadden, *P. orientalis* McFadden Hill et Wetherbee, *P. parkeae* Norris et Pearson, *P. propulsa* Moestrup et Hill)の培養株について的高速ビデオ装置を用いた光学顕微鏡観察から、本属の遊泳様式が以前報告されていたよりも多様性に富むことが明らかになった。この多様性は、細胞後方への鞭毛打から非二相的な絨毛打までの段階的な変化として示された。より原始的なピラミモナス目の仲間と考えられている *Cymbomonas tetramitiformis* Schiller や *Pterosperma cristatum* Schiller との運動様式の比較から、結論として、鞭毛打の方が原始的であること、そして運動様式の段階的な変化が、細胞微細構造や分子データから導かれる系統関係と矛盾しないことから、ピラミモナス属内の系統関係を再構成する上で役立つことが示唆された。(*Univ. Witwatersrand, **国環研・生物圏環境部, ***筑波大・生物科学系)

幡野恭子・上田順子:アミミドロ(クロロコックム目,緑藻綱)遊走子の網状群体形成に及ぼすコンカナバリンAの影響

Kyoko Hatano and Junko Ueda: Effects of concanavalin A on the net formation of zoospores in *Hydrodictyon reticulatum* (Chlorococcales, Chlorophyceae)

緑藻アミミドロの無性生殖過程では、遊走子は規則的に配列し、六角形の網目状の群体を形成する。遊走子中のコンカナバリンA(Con A)結合性ポリペプチドの量は網状群体形成時に増加し、遊走子間の接着完了後には減少した。動きが止まった直後の遊走子では、FITC-Con Aの結合部位は遊走子の接着部位と一致した。母細胞から取り出された動く直前の遊走子を25 $\mu\text{g}/\text{mL}^{-1}$ Con Aで処理すると、遊走子間の接着が阻害され、六角形の網目状群体は形成されなかった。さらに、母細胞から取り出された動く直前の遊走子をCon A処理する実験では、Con A濃度が高くなるにつれ遊走子の動きが停止するまでの時間が長くなった。これらの結果は六角形の網目状群体形成過程における遊走子の接着にCon A結合部位が関与していることを示唆する。(京都大・総合人間学部)

Rines, J. E. B.*, Boonruang, P.**, Theriot, E. C.***:アンダマン海からの新種 *Chaetoceros phuketensis* sp. nov. (珪藻綱)

J. E. B. Rines, P. Boonruang and E. C. Theriot: *Chaetoceros phuketensis* sp. nov. (Bacillariophyceae): a new species from the Andaman Sea.

*Chaetoceros*属が1844年に新設されて以来、400種以上が記載されており、海産プランクトン性珪藻の中でも最も種の多い属の一つである。*Chaetoceros*は世界中に広く分布しているが、温暖な北大西洋に分布する仲間が最もよく知られている。熱帯域の試料を調査したところ、これらの生物地理的地域に固有の、正式にはまだ記載されていない *Chaetoceros* が数多く生育していることが示唆された。インド洋の熱帯域アンダマン海から *Chaetoceros phuketensis* sp. nov. を記載する。本種は、背殻の末端に多数の中心突起をもつこと、葉緑体が蠕虫状であること、サイズが大きいことなど、温暖域の種には見られない珍しい形態的特徴を有している。本種は、やはり熱帯域に生育する *C. buceros* Karsten や *C. bermejensis* Hernandez-Becerril に最も類似している。これらの種を、20世紀初頭

の北大西洋種の知見をもとにした伝統的な分類体系に適用するのは容易ではない。このような稀少種の分類に取り組むためには、現在の分類体系の変更や系統関係に基づいた新しい分類体系の構築が必要である。(*Graduate School of Oceanography, Univ. Rhode Island, **Phuket Marine Biological Center, ***Texas Memorial Museum)

松村航・安井肇・山本弘敏：プロトプラスト再生を利用したマコンブ（コンブ目、褐藻綱）の海中培養
Wataru Matsumura, Hajime Yasui and Hirotohi Yamamoto: Mariculture of *Laminaria japonica* (Laminariales, Phaeophyceae) using protoplast regeneration.

マコンブプロトプラストの培養条件を調査し、その発生過程を詳細に観察した。5, 10, 15, 18 °Cの4水温で培養した結果、低水温がプロトプラスト由来細胞の生存、分裂、仮根形成に適していることを見出した。表層由来のプロトプラストのみが直接発生過程を経て正常な胞子体に発達した。プロトプラスト由来の細胞は培養5日後に分裂し、2-10細胞の発芽体は15日後に一次仮根を形成した。この一次仮根を形成した初期胞子体のみが多層の葉状部、莖状部、附着器をもつ正常な胞子体に生長した。これらの若い再生胞子体を海中に移植すると正常な成熟胞子体に発達した。(北海道大・大学院水産科学研究科)

巖興洪*・有賀祐勝**：スサビノリ（紅藻、ウシケノリ目）の人為色素突然変異体の遺伝解析
Xing-Hong Yan and Yusho Aruga: Genetic analysis of artificial pigmentation mutants in *Porphyra yezoensis* Ueda (Bangiales, Rhodophyta).

スサビノリの突然変異誘発剤NメチルN-ニトロN-ニトロソグアニジン処理によって作り出した人為色素突然変異体yel（緑色）、fre（赤橙色）、bop（紅色）の遺伝解析を行なった。これら人為突然変異体をそれぞれ野生型（wt）と交雑した際に得られた異型接合糸状体はすべて野生型と同様の色彩を呈したので、色彩表現型に関する突然変異は劣性であると判断される。yel × wtの正逆交雑では、異型接合糸状体からは両親型2色彩と8タイプのF1葉状体が得られた。区分状斑入りF1葉状体における両親型2色彩の分離比は1:1であり、このことはyelの色彩表現型が核遺伝子の単一突然変異に基づくものであることを示している。これに対してfre × wtの正逆交雑では、異型接合糸状体からは両親型を含む4色彩と40タイプを越すF1葉状体が得られ、freの色彩表現型は異なる遺伝子の2つの突然変異によるものであることが示された。bop × wtの正逆交雑では、異型接合糸状体からは両親型を含む3色彩と12タイプのF1葉状体が生じ、両親型色彩は新しい第3の色彩よりはるかに高い頻度で現れた。これらの結果は、bopの色彩表現型が異なる遺伝子の2つの密接に関連した突然変異によるものであり、F1葉状体でエピスタシスが生じていることを示している。人為色素突然変異体yel, fre, bopは、これまでに報告されている自然色素突然変異体C-0（緑色）、H-25（赤色）、V-0（紫色）とはそれぞれ異なることが明らかにされた。(*長崎大・水産学部, **東京農大・国際食料情報学部)

寺田竜太*・山本弘敏**：日本産オゴノリ属二種、シモダオゴノリ（新種）とクビレオゴノリに関する分類学的研究
Ryuta Terada and Hirotohi Yamamoto: A taxonomic study on two Japanese Gracilaria: *Gracilaria shimodensis* sp. nov. and *G. blodgettii* (Gracilariales, Rhodophyta).

クビレオゴノリ（紅藻オゴノリ目）は、Ohmi (1958)が静岡県より報告し、Yamamoto (1978)は沖縄県より報告しているが、生殖器官の特徴で一部異なっている。本研究では、静岡県、千葉県、沖縄県で採集した天然藻体の形態や、Ohmi (1958)が用いた標本の観察、培養株に形成された生殖器官の観察等から分類の再検討を行った。本属の分類では雄性生殖器官の形質が主要な分類形質とされているが、静岡県および千葉県産の藻体は、壺状の雄性生殖器官(Verrucosa-type)を有することが明らかになり、浅い皿状(Textorii-type)を有する沖縄県産の藻体や基準産地であるカリブ海産の記載と異なった。またこれらの特徴は培養株でも確認され、安定した形質であることが示唆された。静岡・千葉県産種は、クビレオゴノリとは異なることが明らかになり、i) 壺状の雄性生殖器官、ii) 分枝の基部が著しく括れる、iii) 囊果内の造胞糸は大型の細胞で構成され横断糸 traversing filament が多く存在する、iv) 8-10層の厚い果皮を有する点の組み合わせが既知のオゴノリ属に見られないことから、新種シモダオゴノリ *G. shimodensis* sp. nov. として記載した。(*高知県海洋深層水研究所, **北海道大・大学院水産科学研究科)

Daugbjerg, N.*, Marchant, H. J.**, Thomsen, H. A.*** : 南極ロス海の高産鞭毛藻 *Pyramimonas tychotreta* (緑色植物門, プラシノ藻綱) の生活史

Niels, Daugbjerg, Harvey J. Marchant and Helge A. Thomsen: Life history stages of *Pyramimonas tychotreta* (Prasinophyceae, Chlorophyta), a marine flagellate from the Ross Sea, Antarctica.

ロス海(南極)への夏期巡洋の間, 雪で覆われた海水地帯では, 近年記載された *Pyramimonas tychotreta* Daugbjerg が高密度に繁殖し, 赤く色づいていた。光学顕微鏡で生体試料を観察したところ, その集団は4本鞭毛の遊走細胞と厚い細胞壁に覆われたシストで構成されていることがわかった。赤い色は遊走細胞とシストの細胞表層に配置している, カロチノイドを含んだ多数の二次顆粒によるものであった。さらに成熟したシストは多くのデンプン粒と油滴を含んでいた。天然から採取した赤色の細胞を低照度条件に置くと, 二次的カロチノイドが消失し, 一晩で緑色に変化した。その試料は, 調査地帯の試料水で観察された遊走細胞と同様に, 典型的な草色を呈していた。減光下では遊走細胞は強い正の走光性を示した。シスト形成過程では4本鞭毛細胞からシストへの無性的な形質転換を必要とする。単一タイプの四角いシストの鱗片は, 底部と側面に穴が空いており, 遊走細胞の細胞鱗片に取って代わったものである。シストの鱗片は角の部分が著しく伸長しており, その末端がしばしば鉤状に曲がっていた。シストからは4つの遊走細胞が生じた。電子顕微鏡観察によると, シストの細胞壁は, 薄く電子密度の高い内層, 厚い中層, 薄い外層の3層から成っていた。遊走細胞とシストが高濃度に含まれていた海水試料には, 細長い1本鞭毛の細胞も見られた。これらの細胞を覆っている箱型鱗片, 足紋鱗片, 基層の五角形鱗片, カプトガニ型鱗片, および鞭毛の毛状鱗片は4本鞭毛ステージに見られる鱗片と一致していた。我々は仮説として, 1本鞭毛ステージは配偶子であり, それがあることはつまり有性生殖の存在を意味していると考えている。遊走子の融合は観察していないが, 体積の大きな2本鞭毛細胞が一つ見つかっており, これが接合子だったかもしれない。このステージが生活史にどの様に適合するかは明らかではない。

(*Dept. Phycology, Univ. Copenhagen, **Australian Antarctic Division, ***Dept. Marine and Coastal Ecology, Danish Institute of Fisheries Research)

Wynne, M. J. : 北アラビア海と日本の海藻相の関係

Michael J. Wynne: Further connections between the benthic marine algal floras of the northern Arabian Sea and Japan.

北アラビア海オマーン-サルタン国で近年採集された海藻を同定したところ, 今までこの地域から報告されていない種がいくつか見つかった。紅藻5種, 褐藻2種, 緑藻1種の計8種がオマーン新産である。特に興味深いのは, これらの種がインド洋新産であり, そのうちの何種かは以前日本およびその周辺地域で採集されていることである。(Dept. Biology and Herbarium, Univ. Michigan)

ご あ い さ つ

日本藻類学会会長 原 慶明

この度、平成13、14年の2年間、日本藻類学会の会長に選挙され、因らずもこの重責を担うことになりました。新たな世紀の始まりと学会創立50周年の節目の任期であり、学会の更なる発展を期す重要な時期ですので、学会のためには十分な体制が組める確固たる実力派の会長のもとで行われるのが妥当と思われまふ。この任に当たるに際し、歴代の会長および会員の方々が築かれてきた基盤を頼りに、大過なく無事任期を全うしたいというのが本音ですが、現在の本学会が置かれた状況と自身の微力さを考慮に入れると2年間の悪戦苦闘を覚悟しなければなりません。

前会長の堀輝三先生及びアジア太平洋藻類学連合(APPA)の李仁圭先生から大きな宿題をいただいたの出発です。一つはすでに評議会の審議を受けておりますが、会長選挙の方法と手続きの見直しです。加えて、学会の議決に関する申し合わせの確認です。どちらも会則改正を伴った重要案件ですので慎重に審議を重ね、任期中に決着をつけねばならないと考えております。もう一つ、李会長は香港のアジア太平洋藻類学フォーラム(APPF)のClosing Ceremonyで、APPAとアジア太平洋地区の各国・地域の藻類関係組織との連携の強化案を提示し、その案のとおり、APPAの運営組織に日本藻類学会の会長及び会員の代表が委員として参画することになりました。その関連で、平成13年6月にはAPPAのExecutive Committeeの第1回会合(平成12年までは原が、平成13年度から神戸大学の川井浩史氏が議長)とそれに付随したシンポジウム「21世紀に向けた藻類学」が山形で開催されること、および本学会総会ですでに承認されましたように第3回アジア太平洋藻類学フォーラムが平成14年7月に日本(つくば地区)で、日本藻類学会50周年記念行事と第26回日本藻類学会大会と合同で開催されることが決まっております。シンポジウムと合同会議の準備委員会は昨年すでに発足し、計画・実行の端緒につきました。会員の皆様にはまもなくそれらの期日・内容をお知らせできると思ひます。いずれにいたしましても、これらの特別な行事と通常の学会活動を円滑に実施するために会員各位からの多大なご協力とご援助が必要であります。会長就任のご挨拶に代えて、学会発展のため、従前にましてご高配くださるようお願い申し上げる次第です。

なお、山形大学に事務局を立ち上げるのに際し、堀前会長の仲介で高知大学理学部の峯 一朗氏に会員事務担当庶務幹事を、山形大学理学部の菱沼 佑氏に庶務幹事、半沢直人氏には会計幹事を願ひいたしました。特に半沢氏には新たに学会に入会していただいた上で幹事をお引き受け願った経緯がございます。ここに記して御礼申し上げます。

平成13年1月
(山形大・理・生物)

学会録事

1. 会費払込先変更のお知らせ

事務局の移動にともない、会費の払込先が変更になりました。今後は下記へ払込み下さい。会費払込に関しては、会員事務担当（庶務幹事）の峯 一朗（高知大学）までお問い合わせ下さい。

会費払込先：郵便振替口座番号 01640 - 8 - 2747

加入者名：日本藻類学会

2. 秋季シンポジウムの開催

2000年度日本藻類学会秋季シンポジウム「21世紀における海藻の研究と利用」が日本海藻協会、マリンバイオテクノロジー学会との共催で、2000年10月27日（金）午後1時より、学士会館において開催された。能登谷正浩「海苔研究の現状と課題」、西出英一「褐藻多糖類研究の課題」、鬼頭鈞「海苔業界の課題」、佐藤純一「ワカメ業界の課題」、喜多條清光「昆布業界の課題」（敬称略）の講演が行われ、企業関係者を中心に160名ほどの出席があり、活発な討議がなされた。またシンポジウム終了後に開かれた懇談会には53名が出席し、和やかな中で積極的な意見交換が行われた。

3. アジア太平洋藻類学連合(APPA)第1回Executive Committeeと「21世紀に向けた藻類学」シンポジウムの開催のお知らせ

平成13年6月22日(金)～25日(月)の期間、山形大学理学部において下記の日程で表記の委員会とシンポジウムを開催いたします。シンポジウムのプログラム、参加申込等の詳細は別途お知らせいたします。なお、本シンポジウムは日本学術振興会国際研究集会の補助金を受けております。

【日程】

6月22日（金） Business Meeting of Executive Committee(EC), APPA

6月23日（土） Opening Address from APPA and JSP Officials; 各国若手研究者（招待）による研究成果のシンポジウム（12演題交渉中）; Banquet

6月24日（日） 特別招待講演（交渉中）; EC委員および中堅研究者（招待）による総説ないしは21世紀の藻類学に対する展望のシンポジウム（8演題交渉中）

6月25日（月） サクランボ狩り（予定）

【準備委員】

APPA, EC委員：川井浩史（神戸大, EC議長）河地正伸（国立環境研）

日本藻類学会委員：原 慶明（山形大）本村泰三（北大）菱沼 佑（山形大）半澤直人（山形大）

【連絡先】

990-8560 山形市小白川町1-4-12 山形大学理学部生物学科内日本藻類学会事務局 APPA シンポジウム係
Tel 023-628-4610 (原), 4615 (菱沼), Fax 023-628-4625
hara@sci.kj.yamagata-u.ac.jp (原)
hishinum@sci.kj.yamagata-u.ac.jp (菱沼)

なお、参加申し込み方法およびプログラム等の最新情報は日本藻類学会ホームページ(<http://www.kurcis.kobe-u.ac.jp/sorui/>)に適宜掲載しますのでご覧下さい。

4. 日本藻類学会創立50周年記念事業・第26回日本藻類学会大会・アジア太平洋藻類学フォーラム(APPF)合同会議の準備状況

1) 合同会議準備委員会の発足：平成12年12月12日に国立環境研究所生物圏環境部会議室において、日本藻類学会役員および準備委員候補者14名で第1回の合同会議準備委員会を開催し、これを第1回の正式な合同会議準備委員会とした。

2) 準備委員会の構成：渡辺真之氏（国立科博）を大会委員長、井上勲氏（筑波大生物）を準備委員長に選出した。準備委員と主な役割については本報告の最後に一覧表にまとめて掲載した。なお、評議員会では渡辺信氏（国立環境研）が準備委員長として任命されていたが、渡辺氏の都合により井上氏に交代した。

3) 合同会議の名称：日本藻類学会創立50周年記念、第26回大会および第3回アジア太平洋藻類学フォーラム合同会議（Joint Conference-50th anniversary, 26th annual congresses of the Japanese Society of Phycology and 3rd Asian Pacific Phycological Forum-）では長いので簡略名をを考えることとした。（Algae 2002を簡略名とし、準備委員会のメールアドレスをalgae2002@sp2000ao.nies.go.jpとして開設した）

4) 合同会議の開催期日・場所：平成14年7月15日～20日を諸処の状況により若干の変更があることを前提に開催期日として定めた。開催場所は候補会場の情報を持ち寄り検討したが、第1候補を筑波大学、第2候補をエポカルつくば（つくば国際会議場）とするに留め、他の候補探索を含めて継続審議することとした。

その後の検討の結果、工業技術院共用講堂を開催場所とし、平成14年7月19日～24日を開催期日とした。

5) 会期の日程概略：第1日目を日本藻類学会創立50周年記念行事と日本藻類学会主催の歓迎会に、第2, 3日目を主として第26回日本藻類学会大会に、第4, 5, 6日目をアジア太平洋藻類学フォーラム(APPF)に割り当てることとした。

6) 50周年記念事業について：同事業委員長の堀口健雄氏(北大)より事業概略が書面で提案され、それに基づき審議し、準備委員会としての見解を付して回答した。内容は総会で承認されてから公表される。

7) 講演の発表形式：会議の公用語は英語を基本とすることとし、シンポジウムはすべて口頭発表とし、一般講演はすべて展示発表とする。シンポジウムは日本藻類学会大会と APPF とは区別せず、会期を通して一貫して行う。展示発表は日本藻類学会の場合(第2, 3日目)は表題、要旨、図表説明に英文をつけることを勧め、APPFの場合(第4, 5日目)はすべて英文とすることとした。

8) コンペティション：若手研究者による口頭発表(募集する)と APPF の展示発表を審査し、最優秀発表を表彰することとした。日本藻類学会の展示発表を審査するかどうかは検討中である。

9) サーキュラー他：第1回サーキュラーを1月中、第2回を5月頃を目途に発送することとし、第1回にはシンポジウム募集の要項を添付することとした。

10) 参加、要旨申込締め切り：平成14年1月頃に講演要旨を締め切り、同4月頃にプログラムを完成し、最終サーキュラーとともにメールまたはホームページで公開する。

11) 参加費等：予約参加申込の割引は行わない。参加費は以下のように設定した。ただし()内は学生参加費である。

- 1日参加費：6,000円(3,000円)
- 2日参加費：12,000円(6,000円)
- 3日参加費：18,000円(9,000円)
- 全日参加費：30,000円(15,000円)
- 同伴参加費：5,000円

12) 募金委員会：50周年記念事業と APPF の一体化した募金委員会を設立することとした。堀輝三氏(筑波大・生物科学系)を委員長に選出し、募金方法及び委員の人選を委員長に委託した。

13) その他：Half Day Tour は計画するが Postcongress Tour は実施しないこととした。Student Night, Night in Tsukuba 等のイベントの企画も検討することとした。

【合同会議準備委員一覧】

◎井上 勲(筑波大：準備委員長) ○小松泰彦(産業技術総研筑波セ：副準備委員長) 石田孝行(産業技術総研筑波セ) 石田達也(産業技術総研筑波セ) 岩本浩二(筑波大) 恵良田真由美(国立環境研：会計幹事) 笠井文絵(国立環境研) 彼谷邦光(国立環境研) 川井浩史(神戸大：プログラム委員長) 河地正伸(国立環境研：庶務幹事) 北山太樹(国立科博) 佐藤真則(産業技術総研筑波セ) 志村純子(国立環境研) 白岩善博(筑波大) 田中次郎(東京水産大：和文誌編集委員長) 南雲 保(日本歯科大) 中山 剛(筑波大) 原慶明(山形大：藻類学会会長) 半澤直人(山形大：藻類学会会計幹事) 菱沼 佑(山形大：藻類学会庶務幹事) 堀輝三(筑波大：募金委員長) 堀口健雄(北海道大：50周年記念実行委員長) 松本羊子(産業技術総研筑波セ) 峯 一朗(高知大：藻類学会庶務幹事) 宮村新一(筑波大) 本村泰三(北海道大：英文誌編集委員長) 渡辺 信(国立環境研) 渡辺真之(国立科博：大会会長)

*なお、合同会議準備委員会は今後合同会議実行委員会と改称し、それに伴い準備委員長、副準備委員長をそれぞれ実行委員長、副実行委員長に名称を変更する。

14) APPA News Letter について：APPA 事務局の庶務幹事 Jeong Ha Kim 氏より、e-mail で APPA Newsletter 第3号が送られてきました。日本藻類学会会員の方々には何かの方法で配布してほしい旨付言されておりましたので、学会録事ではありませんが、以下に全文を掲載いたします。

APPA Newsletter no.3

Presidential Address

Dear Asian Pacific Phycologists,

As president of Asian Pacific Phycological Association(APPA), I cordially wish the best of luck to you and your family as well as your academic activities in the new century.

Although one and half year has passed already since I took this position, may I first express my sincere thanks to my honorable colleagues for giving me precious opportunity to serve as president of APPA. I did not mean to accept this position at the 2nd Asian Pacific Psychological Forum (APPF) held in Hong Kong, June 1999 since it had been thought without doubt that the Vice President, Prof. Robert King, at that time would be the successor to Professor Yusho Aruga. However, he refused to take office since he was not able to continue his role as the member of International Advisory Council (IAC) due to his new administration position. I was then set up to take this duty by IAC and could not help accepting it when considering that I had also been one of the organizing committee members of the Association in Seoul, September 1993.

On this occasion I sincerely ask you to join and help to fulfill my mission to develop the Association successfully, as seen from the case of the European and American Psychological Societies, so that our Association also could play one part of the roles in developing the world-wide psychological knowledge. To accomplish this mission I proposed at the closing ceremony of the 2nd APPF Meeting that the system of Association should be revised to some extent.

Firstly, I proposed to broaden the range of the members of IAC, inviting the presidents of each national psychological society in the Asian Pacific countries so as to make the Association more friendly to the members.

Secondly, I asked for organization of the "Executive Committee" (EC) with about 15 members of active young psychologists, giving them the actual power to organize the APPF Meeting including program formulation, information exchange and publications of the proceedings, which was all aimed to put impetus to the academic activities of the Association.

Finally, I believe that young psychologists as well as graduate students should be granted wider range of opportunity to demonstrate their creative ideas in various research fields, and that can be achieved through the Forum as realized in the 2nd APPF Meeting. We should therefore provide suitable venues for them to actively participate in mini-symposia, oral and poster presentations let alone getting together at meetings. This would be really good experience for them before joining international meetings on a larger scale.

In addition to these missions, however, the most important task that I would like to accomplish during my term would be the establishment of a sound financial background for the Association. This must be one of the toughest tasks to me, but I am sure we can do it if individual national societies would pay more attention than ever to our Association and be willing to make any sort of contribution.

In the mean time, we revised our Regulations including my proposals with unanimous consent from IAC members, and invited the presidents of national psychological societies. The EC has been successfully organized inviting Prof. Kawai as chairperson. The Psychological Society of Japan (the former president, Prof. Terumitsu Hori of Tsukuba University) kindly accepted our proposal that the 3rd APPF Meeting should take place at Tsukuba University, July 2002, in connection with the 50th Anniversary of the Psychological Society of Japan. Recently, The JSP elected Prof. Yoshiaki Hara at Yamagata University as the new president, who was the former chairperson of APPA-EC and is providing continuous supports on behalf of JSP for the organization of our 3rd APPF.

I trust that we should express our heartfelt thanks to the first President of APPA, Prof. Yusho Aruga, and committee members for their sacrificing efforts to establish and develop the Association so successfully. Shall we give them a big applause in token of our appreciation.

Sincerely yours,

In Kyu Lee / The President of APPA
Professor, Seoul Nat. Univ. Seoul 151-742, Korea,
Fax +82-2-872-6481 Tel +82-2-880-6675

The APPA Regulations (Revised, April 2000)

NAME

Article 1

The name of the Association shall be "The Asian Pacific Psychological Association"

OBJECTIVES

Article 2

The objectives of the Association shall be to develop psychology in the Asian Pacific region; to serve as the venue for the exchange of information related to psychology; and to promote international cooperation among psychologists and psychological societies in the Asian Pacific region.

MEANS**Article 3**

In order to attain the objectives outlined in Article 2 the Association shall hold "The Asian Pacific Psychological Forum"; publish a newsletter every year; and cooperate with other national and international psychological organizations.

MEMBERSHIP**Article 4**

Membership of the Association shall be of the following three categories.

(a) Individual Members, which are individual persons that attend the Asian Pacific Psychological Forum.

(b) Corporate Members, which are companies or groups of persons that financially support the Asian Pacific Psychological Forum.

(c) Honorary Members, which may be nominated by the International Advisory Council of the Association for those who have given outstanding service to the Association.

Article 5

Membership of categories (a) and (b) shall be automatically continued for the succeeding six years after registration, and (c) lifelong.

MEMBERSHIP DUES**Article 6**

Part of the registration fee for the Asian Pacific Psychological Forum shall be allocated for the membership dues of the Association. Its quota shall be determined by the International Advisory Council of the Association.

ADMINISTRATION**Article 7**

The Association shall be administered by the International Advisory Council consisting of about fifteen elected members properly representing the Asian Pacific countries and regions, which include officers of the Association and elected presidents of national psychological societies in member countries.

Article 8

The International Advisory Council shall elect its member(s) when vacancies are created by resignation, incapacity or death.

Article 9

The International Advisory Council members shall elect from among them President and Vice President. The Secretary and the Treasurer shall be appointed by the President. The President, Vice President, Secretary and Treasurer shall serve

the Association for consecutive six years after election or appointment at the time of the Asian Pacific Psychological Forum.

Article 10

The President shall represent the Association and preside at meetings of the International Advisory Council of the Association.

The Vice President shall assist the President and fill the vacancy created by resignation, incapacity or death of the President.

The Secretary shall conduct the business and maintain appropriate files and the register of members of the Association.

The Treasurer shall be responsible for collecting, keeping and disbursing all funds and for keeping the books of accounts of the Association.

MEETINGS**Article 11**

The Association shall hold the Asian Pacific Psychological Forum once every three years. The Forum is formulated by the Executive Committee composed of approximately fifteen members nominated by the International Advisory Council. The President shall appoint a representative of the venue country as chairperson for the committee.

The time and venue shall be decided by the International Advisory Council.

Article 12

The International Advisory Council shall be held at least once every three years at the time and place of the Asian Pacific Psychological Forum. Business of the International Advisory Council shall be transacted, when necessary, by correspondence including mail, fax or e-mail as appropriate.

AMENDMENTS OF THE REGULATIONS**Article 13**

Amendments of the regulations may be proposed by any member of the Association and must be submitted to the International Advisory Council in writing for consideration by the Council. The proposed amendment(s) must be approved by a majority of members in order to become effective.

SUPPLEMENTARY PROVISIONS

1. Notwithstanding the above regulations, the Association at its initiation shall be represented by Yusho Aruga (Japan) as President, and Julie Phillips (Australia), Cheng Kui Tseng (China), Rachmaniar Satari (Indonesia), In Kyu Lee (Korea),

Siew-Moi Phang (Malaysia), Gavino C. Trono (Philippines). Young-Meng Chiang (Taiwan), Khanjanapaj Lewmanomont (Thailand), and Wendy Nelson (New Zealand) as members of the International Advisory Council.

2. The author(s) shall be encouraged to submit their paper(s) presented at The Asian Pacific Phycological Forum to the Journal "Phycological Research" for publication.

The International Advisory Council

(Japan) Yoshiaki Hara (Korea) Hae Bok Lee (China) Xiugeng Fei (Philippines) Gavino Trono (Taiwan) Hong-Nong Chou (Malaysia) Siew-Moi Phang (Indonesia) Rachmaniar Satari (New Zealand) Wendy Nelson (Australia) Julie Phillips (Thailand) Khanjanapaj Lewmanomont

The Executive Committee

Following is the Executive Committee members selected to date. According to the new APPA regulation, these members will be in charge of organizing the 3rd APPF which will be held in 2002 in Japan.

(Japan) Hiroshi Kawai - Chairperson <kawai@kobe-u.ac.jp> Masanobu Kawachi <kawachi@nies.go.jp> (Korea) Sung Min Boo <smboo@hanbat.chungnam.ac.kr> Jin Ae Lee <envjal@ijnc.inje.ac.kr> (Hong Kong) Put O. Ang Jr. <putang@cuhk.edu.hk> (Philippines) Lawrence M. Liao <uscplib@pinya.usc.edu.ph> (Malaysia) Wan-Loy Chu <loy008@imu.edu.my> (Guam) Christopher S. Lobban <clobban@uog.edu> (Taiwan) Liang Ping Lin (Fax: +886 2 23626455)(Australia) Antonietta Quigg <antonietta.quigg@sci.monash.edu.au> Louise Phillips

<l.phillips@pgrad.unimelb.edu.au>

(APPA Officials) Jeong Ha Kim - Secretary <jhkimbio@yurim.skku.ac.kr> Taejun Han - Treasurer <hanalgae@lion.inchon.ac.kr>

* For the rest of members (1 China, 1 Thailand, 1 Indonesia), selection and recommendation is in process.

Executive Committee Meeting

The EC meeting is scheduled on June 22 – 24, 2001 in Yamagata, Japan, hosted by Prof. Yoshiaki Hara. At the meeting, there will be a discussion for the preparation of the 3rd APPF, such as time schedules for abstract submission, program, invited speakers, etc., and will also be a mini-symposium mostly presented by EC members. The financial aid by JSPS (Japanese Society for Promoting Sciences) will be available to support in part the participants of the meeting.

The 3rd APPF in Japan

The 3rd APPF will be held at Tsukuba University in July, 2002 as a joint meeting with the 50th Anniversary Meeting of the Japanese Society of Phycology. Further information will be announced after the EC meeting in June, 2001.

Dr. Jeong Ha Kim / Secretary of APPA

Assistant Professor of Biology

Department of Biological Science, Sungkyunkwan University, Suwon, 440-746 Korea

Tel 82-31-290-7009 Fax 82-31-290-7015

e-mail jhkimbio@yurim.skku.ac.kr

「Phycological Research」 オンライン閲覧方法の掲載延期についてのお知らせ

会員の皆様、英文誌「Phycological Research」をオンラインでご覧になれるように準備を進めております。前号「藻類」でお知らせいたしましたように、今回閲覧方法についてお知らせする予定でしたが、ブラックウエル社のオンライン閲覧システムにトラブルが発生したため、掲載を延期いたします。会員の皆様にはご迷惑おかけいたしますが、トラブルが解決されしだい、藻類学会ホームページおよび「藻類」などでお知らせいたします。

編集後記

21世紀最初の藻類をお届けします。今年から事務局がかわり、今年の大会が東京で開かれ、来年は筑波で大会が開かれ、・・・と何か大忙しになりそうな予感(悪寒!)があります。(JT:これは「日本たばこ産業」の略ではな～い)

藻類の編集に携わらせて頂いてから4号目、少し慣れて来ましたがいつも気が抜けません。25回大会の準備とちよつとあたふたしました。(TN)

日本藻類学会会則

- 第1条 本会は日本藻類学会と称する。
- 第2条 本会は藻学の進歩普及を図り、併せて会員相互の連絡並に親睦を図ることを目的とする。
- 第3条 本会は前条の目的を達するために次の事業を行う。
1. 総会の開催（年1回）
 2. 藻類に関する研究会、講習会、採集会等の開催
 3. 定期刊行物の発刊
 4. その他前条の目的を達するために必要な事業
- 第4条 本会の事務所は会長が適当と認める場所に置く。
- 第5条 本会の事業年度は1月1日に始まり、同年12月31日に終わる。
- 第6条 会員は次の5種とする。
1. 普通会員（国内会員）（藻類に関心を持ち、本会の趣旨に賛同する日本に在住する個人で、役員会の承認するもの）
 2. 普通会員（外国会員）（藻類に関心を持ち、本会の趣旨に賛同する海外に在住する個人で、役員会の承認するもの）
 3. 団体会員（本会の趣旨に賛同する団体で、役員会の承認するもの）
 4. 名誉会員（藻学の発達に貢献があり、本会の趣旨に賛同する個人で、役員会の推薦するもの）
 5. 賛助会員（本会の趣旨に賛同し、賛助会員会費を納入する個人又は団体で、役員会の推薦するもの）
- 第7条 本会に入会するには、住所、氏名（団体名）、職業を記入した入会申込書を会長に差し出すものとする。
- 第8条
1. 国内会員は年会費8,000円（学生は5,000円）を前納するものとする。但し、名誉会員（次条に定める名誉会長を含む）は会費を要しない。外国会員の会費は8,000円（年間）とする。会長の承認を得た外国人留学生は帰国前に学生会費の10年分を前納することが出来る。団体会員の会費は15,000円とする。賛助会員の会費は1口30,000円とする。
 2. 本会の趣旨に賛同する個人又は団体は、本会に寄付金又は物品を寄付する事が出来る。寄付された金品の用途は、第11条に定める評議員会で決定する。
- 第9条 本会には次の役員を置く。
- 会長 1名 幹事 若干名 評議員 若干名 会計監事 2名
- 役員の任期は2年とし重任することが出来る。但し、会長と評議員はひき続き3期選出されることは出来ない。役員選出の規定は別に定める（付則第1条～第4条）。本会に名誉会長を置くことが出来る。
- 第10条 会長は会を代表し、会務の全体を統べる。幹事は会長の意を受けて日常の会務を行う。会計監事は前年度の決算財産の状況などを監査する。
- 第11条 評議員は評議員会を構成し、会の要務に関し会長の諮問にあずかる。評議員会は会長が召集し、また文書をもって、これに代えることが出来る。
- 第12条
1. 本会は定期刊行物「Phycological Research」及び「藻類」をそれぞれ年4回及び3回刊行し、会員に無料で頒布する。
 2. 「Phycological Research」及び「藻類」の編集・刊行のために編集委員会を置く。
 3. 編集委員会の構成・運営などについては別に定める内規による。
- (付則)
- 第1条 会長は国内在住の全会員の投票により、会員の互選で定める（その際評議員会は参考のため若干名の候補者を推薦する事が出来る）。幹事は会長が会員中よりこれを指名委嘱する。会計監事は評議員会の協議により会員中から選び総会において承認を受ける。
- 第2条 評議員選出は次の二方法による。
1. 各地区別に会員中より選出される。その定員は各地区1名とし、会員数が50名を越える地区では50名までごとに1名を加える。
 2. 総会において会長が会員中より若干名を推薦する。但し、その数は全評員の1/3を越えることは出来ない。地区割りは次の8地区とする。北海道地区、東北地区、関東地区、東京地区、中部地区（三重県を含む）、近畿地区、中国・四国地区、九州地区（沖縄を含む）。
- 第3条 会長、幹事及び会計監事は評議員を兼任することは出来ない。
- 第4条 会長及び地区選出の評議員に欠員が生じた場合は、前任者の残余期間次点者をもって充当する。
- 第5条 会員が「藻類」のバックナンバーを求めるときは各号1,750円とし、非会員の「藻類」の予約購読料は各号3,000円とする。
- 第6条 本会則は1999年1月1日より改正施行する。

和文誌「藻類」投稿案内

1. 編集方針と投稿資格

本誌には藻学に関する未発表の原著論文（和文論文と短報）および速報のほか、総説、大会講演要旨、藻類に関する企画および投稿記事（藻類採集地案内、書評・新刊紹介、学会シンポジウム紹介、学会事業案内など）を掲載します。原著論文は和文誌編集委員会（以下編集委員会）が依頼する審査員による審査を経たのちに編集委員長によって掲載の可否が決定されます。速報およびその他の投稿原稿の掲載の可否は編集委員長と編集委員会で判断します。なお、編集委員会が依頼した場合を除いて、投稿は会員に限ります。共著の場合、著者の少なくとも一人は会員であることが必要です。

2. 原稿執筆・投稿要領

原著論文の構成を1)~4)に示します。オリジナルの原稿と図表1組とそれらのコピー2組（写真を含む図版はこれを写真複写したもの。電子複写は不可）を編集委員会に提出してください。

その他の報文の様式は、最新号を参照して作成し、オリジナルとコピー1部を提出してください。

1) 標題等

和文：標題，著者名，所属，住所，欄外見出し，連絡著者の連絡先（住所，tel, fax, email）

英文：標題，著者名，所属，住所，要約（200語以内），キーワード（abc順）

2) 本文

緒言，材料と方法，結果，考察（または結果と考察），謝辞からなります。なお短報ではこれらの項目を区別せず，一連の文章にすべてが含まれます。なお，本文中での文献，図および表の引用例を以下に示します。

[・・が知られる（Yamada 2001）。山田ら（2001，p. 34）は・・した。・・がみられる（図2，表3）。]

3) 引用文献

本文中で引用したすべての文献を下記の例にならい，和文論文も含めて著者名のabc順に並べる。

（雑誌中の論文）著者 出版年．論文標題．雑誌名 巻：掲載頁．

山田幸男・田中太郎 2001. 日本産海産付着珪藻の分類. 藻類 45: 100-110.

Yamada, Y. and Tanaka, T. 2001. Taxonomy of diatoms. Jpn. J. Phycol. 45: 120-125.

（単行本）著者 出版年．標題．出版社，所在地．

山田幸男 2001. 日本の海藻. いろは出版, 東京.

Yamada, Y. 2001. Seaweeds. A Taxonomic Survey. ABC Print, London.

（単行本中の章）著者 出版年．引用した章の標題．同掲載頁．編者 単行本標題．出版社，所在地．

山田幸男 2001. 海藻の観察. p. 25-30. 田中太郎他（編）海藻研究. いろは出版, 東京.

Yamada, Y. 2001. Dictyotales. p. 25-30. In: T. Tanaka(ed.) Seaweeds. ABC Print, London.

（叢書中の分冊）著者 出版年．引用した章の標題．編者 叢書標題．版と分冊番号．出版社，所在地．

Yamada, Y. 2001. Dictyotales. In: Yamada, Y. and Tanaka, T.(eds.) Seaweeds. 2(1). ABC Print, London.

4) 図（写真は図とします）と表，およびその説明

図には倍率を示すスケールを入れ，必要に応じて矢印や文字などを貼り付ける。写真は光沢印画紙に鮮明に焼き付け，不要なスペースをカット。表の罫線は横線のみ。図，表ともに脱落防止のために台紙とカバーをつけ，下端に著者名，図，表の番号を記入。図，表は編集においてスキャナーで取り込み，縮小します。幅は1段6.5cm，2段14cm，縦は最大で21cmとなります。図，表の説明は原稿の末尾に英文，和文または和英併記で記入。

3. ワープロ入力 の注意

本誌はDTPによって作成されます。掲載決定後、最終原稿のファイルが保存されたフロッピーディスク等を提出していただき、印刷版下を作成します。したがって、テキストファイル形式で保存できるコンピューターで原稿を作成するようにしてください。ファイルの互換性が不明な場合は編集委員会までお問い合わせください。なお図、表は pict ファイルがあれば添付してください。

原稿作成にあたっては次の点に注意してください。

- 1) A4用紙に1行40字、25行で印刷する。
- 2) 当用漢字、新かなづかいを使用する。
- 3) 句読点は「、」と「。 」を用い、「,」や「.」を使用しない。
- 4) スペースキーは学名や英単語の区切り以外には使用しない。
- 5) リターンキー（改行）の使用は段落の終わりだけに限定し、1行ごとに改行しない。
- 6) 段落行頭や引用文献の字下げにはタブ、インデント機能を使用する。
- 7) 数字とアルファベットは半角、カタカナは全角を使用する。
- 8) ギリシャ、独、仏、北欧文字や数学記号などの特殊文字は、出力原稿中に赤字で明記する。
(例：uをü, uをμ, eをé, Oをøと赤字で記入)
- 9) 新種記載や学名の使用は最新の国際植物命名規約に従い、和名は全角カタカナを使用する。
- 10) 本文中ではじめて使用する学名にのみ著者名をつける。属と種小名には下線を引く。
- 11) 単位系はSI単位を基本とする。原稿中で使用できる主な単位と省略形は次のとおり。
(時間 hr, min 長さ m, μm, nm 重量 g, mg 容積 l, mL 温度℃ 波長 nm 光強度 Wm, μmol m⁻²s⁻¹)

4. 校正

校正は初校のみとします。DTPの最終割り付けが済み次第、著者に送ります。ためし刷りですので図表等添付されない場合があります。図表の最終チェックは編集委員会におまかせください。校正はレイアウトと提出したファイルからデータ変換が正しく行われているかを確認するにとどめ、校正は受領後3日以内に編集委員会あて返送してください。

5. 制限頁と超過頁料金

和文論文は刷り上がり10頁、短報4頁、総説16頁以内を無料とします。頁の超過は制限しませんが、超過分については超過頁料金（1頁あたり12,000円）が必要です。速報は2頁以内とし有料です。その他の報文、記事については、原則として2頁を無料とします。2,000字で刷り上がり1頁となる見当です。そのほか、折り込み頁、色刷りなどの費用は著者負担となります。

6. 別刷

別刷は原著論文、総説に限り50部を学会で負担しますが、それ以外は有料です。校正時に送付される別刷申込書に所定の事項を記入して返送してください。別刷価格は2頁50部で800円が基本となります。また送料および発送手数料1,500円が加算されます。原則として別刷は表紙無となります。

別刷料金の算出例：4頁250部の場合は8,000円＋1,500円＝9,500円。頁数は、奇数ページで始まり奇数ページで終わる場合は1頁加算し、偶数頁で始まり奇数頁で終わる場合は2頁加算されます。

賛助会員

北海道栽培漁業振興公社(060-0003 札幌市中央区北3条西7丁目 北海道第二水産ビル4階)

阿寒観光汽船 株式会社 (085-0463 北海道阿寒郡阿寒町字阿寒湖畔)

株式会社 シロク (260-0033 千葉県千葉市春日1-12-9-103)

全国海苔貝類漁業協同組合連合会 (108-0074 東京都港区高輪2-16-5)

有限会社 浜野顕微鏡 (113-0033 東京都文京区本郷5-25-18)

株式会社 ヤクルト本社研究所(186-8650 東京都国立市谷保1769)

神協産業 株式会社 (742-1502 山口県熊毛郡田布施町波野962-1)

理研食品 株式会社 (985-8540 宮城県多賀城市宮内2-5-60)

(株) ハクジュ・ライフサイエンス (173-0014 東京都板橋区大山東町32-17)

三洋テクノマリン 株式会社 (103-0012 東京都中央区日本橋堀留町1-3-17)

マイクロアルジェコーポレーション (MAC) (104-0061 東京都中央区銀座2-6-5)

(有) 祐千堂葛西 (038-3662 青森県北津軽郡板柳町大字板柳字土井38-10)

株式会社 ナボカルコスメティックス (151-0051 東京都渋谷区千駄ヶ谷5-29-7)

日本製薬 株式会社 ライフテック部 (598-8558 大阪府泉佐野市住吉町26)

海産微細藻類用培地

<特徴>

- ◎ 多様な、微細藻類に使用できる。
- ◎ 手軽に使用できるので、時間と、労力の節約。
- ◎ 安定した性能。
- ◎ 高い増殖性能。

海産微細藻類用 ダイ IMK培地

- ・ 100L用×10 コード：398-01333
- ・ 1000L用×1 コード：392-01331

海産微細藻類用 IMK培地添加人工海水 ダイ IMK-SP培地

- ・ 1L用×10 コード：399-01341

海産微細藻類培養 ダイ人工海水SP

- ・ 1L用×10 コード：395-01343

「多くの微細藻類に共通して使える培地が市販されていない。」
という声にお答えして、“株式会社 海洋バイオテクノロジー研究所”
により、研究開発された培地です。

又、人工海水は海水 SP の成分が自然に近い形で混合されており、
精製水に溶かすだけで海水として手軽に使用できます。

※人工海水 SP は千寿製薬株式会社の技術提携商品です。

製造 ㊦ 日本製薬株式会社 ライフテック部
大阪府泉佐野市住吉町 26 番
〒598-0061 TEL 0724-69-4622
東京都千代田区東神田一丁目 9 番 8 号
〒101-0031 TEL 03-3869-9236

販売 ㊦ 和光純薬工業株式会社
大阪市中央区道修町三丁目 1 番 2 号
〒541-0045 TEL 06-6203-3741
東京都中央区日本橋四丁目 5 番 13 号
〒103-0023 TEL 03-3270-8571

会 告

日本藻類学会第25回大会（東京 2001）

プ ロ グ ラ ム

学会会長 原 慶 明

大会会長 小宮定志



The 25th Annual Meeting
of the Japanese Society of Phycology
Tokyo 27-29, March 2001

会 期 2001年3月27日（火）～3月29日（木）

会 場 日本歯科大学 歯学部（東京）

1. 会場までの交通 (図1)

JR 総武線 (黄色) 飯田橋駅西口徒歩 5 分 (東京, 上野, 新宿駅より約 20 分, 中央線特別快速・快速は止まりません)

地下鉄 (東西線, 南北線, 有楽町線, 都営大江戸線) 飯田橋駅徒歩 6 分.

地下鉄 (東西線, 都営新宿線, 半蔵門線) 九段下駅徒歩 6 分.

なお, 会場の日本歯科大学キャンパスは非常に狭く, 外来者用の駐車場はありませんので, 会場へ車でいらっしゃることはご遠慮下さいませよう願いたします。

2. 会場 (図2)

大会 会：日本歯科大学歯学部本館 3 階 千代田区富士見 1-9-20 Tel 03-3261-8311 (代)
大学本館正門 (1 階) から入り, 奥のエレベーターで 3 階にお上がり下さい。

懇親 会：大神宮マツヤサロン 4 階「大和の間」千代田区富士見 2-4-1 Tel 03-3234-6611
大会会場から徒歩で 5 分程度です。総会終了後ご案内いたします。

公開シンポジウム : (27 日) 日本歯科大学 3 号館 1 階九段ホール

総 会 : (28 日) 日本歯科大学本館 3 階 A 会場

編集委員会, 評議員会 : (27 日) 日本歯科大学本館 4 階第 3 会議室

3. 日 程

3 月 27 日 (火) 11:00 - 12:00 編集委員会
13:00 - 17:00 公開シンポジウム
17:10 - 19:00 評議員会

3 月 28 日 (水) 9:30 - 12:15 口頭発表 A 1 - 1 0 (A 会場), B 1 - 1 0 (B 会場)
13:30 - 15:45 展示発表 (本館 8 階展示ホール)
16:00 - 17:00 総会
18:00 - 20:00 懇親会

3 月 29 日 (木) 9:30 - 12:15 口頭発表 A 1 1 - 2 0 (A 会場), B 1 1 - 2 0 (B 会場)
13:30 - 16:00 口頭発表 A 2 1 - 2 9 (A 会場)

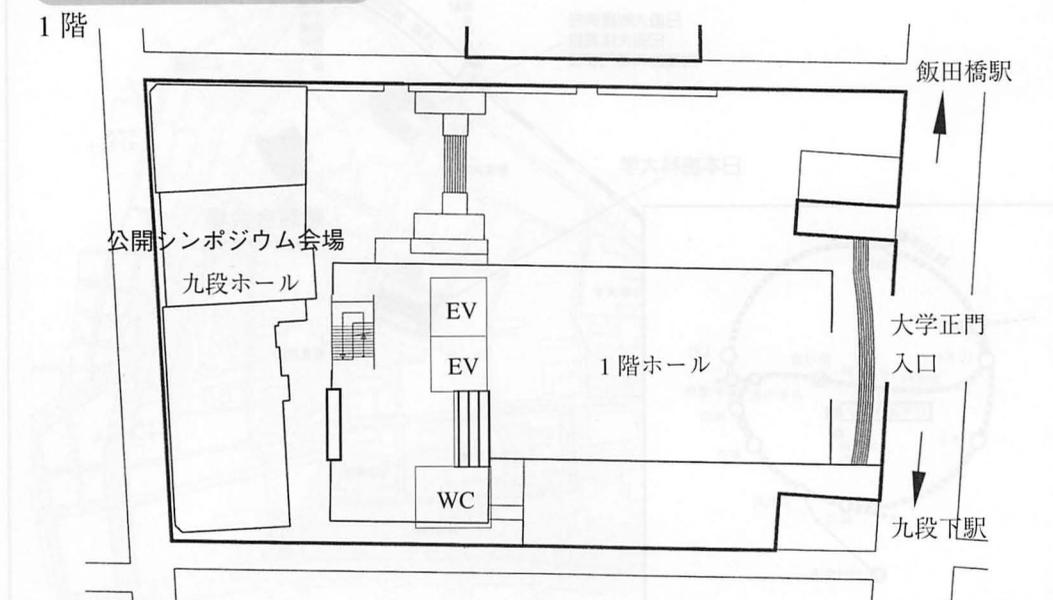
4. 受 付

3 階エレベーターホールにて受付を行います。当日参加の申し込みも受け付けますが, 懇親会に参加希望の方は, 必ず大会前に参加申込票を大会事務局宛お送りいただき, 懇親会費を郵便振替で送金いただきますようお願い致します。

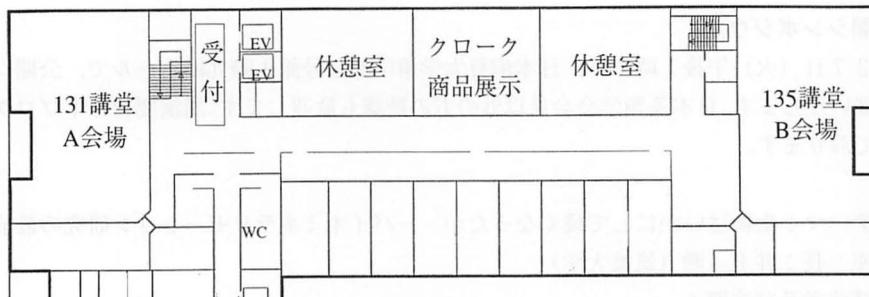
5. クローク

3 月 2 8 日 (水) 8 : 3 0 ~ 1 7 : 3 0, 3 月 2 9 日 (木) 8 : 3 0 ~ 1 7 : 0 0
大会会場 3 階のクロークにて荷物をお預かりいたします。

図2 会場見取り図

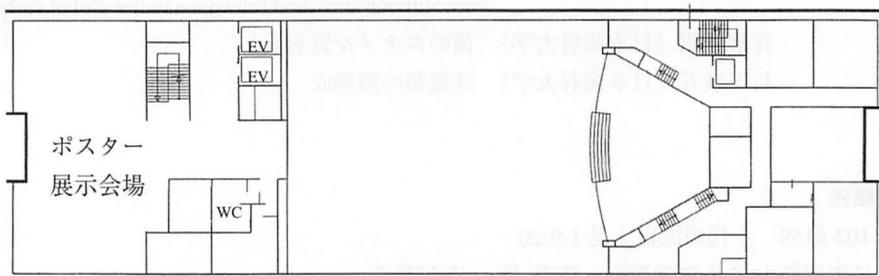


3階



* 大会本部は本館4階生物学実験室 (A会場131講堂の真上)

8階



8. 発表形式

(1) 口頭発表

- ・一つの発表につき発表 12分, 質疑応答 3分です (1 鈴 10分, 2 鈴 12分, 3 鈴 15分)。
- ・映写スライドは 35 mm 版を使用し, スライドの枠には図 3 のように演者氏名, 発表番号 (プログラム参照), スライド総枚数, 映写順序, 手前上を示す赤マークを記入して下さい。
- ・繰り返し映写するスライドは必要回数分用意して下さい。
- ・デジタルプロジェクター, OHP の使用も可能です。
デジタルプロジェクターは Microsoft Power Point, Aldus Persuasion, MO(230M), CD (ハイブリッド版) に対応しますが, ご不明な点は準備委員会にご相談願います。

(2) 展示発表

- ・展示パネルの大きさは, 基本的に縦 (最大) 150 cm, 横 90 cm とします。
- ・展示パネルの上部には図 4 のように発表番号, 表題, 氏名 (所属) を明記して下さい。
- ・研究目的, 実験結果, 結論などについてそれぞれ簡潔にまとめた文章をつけて下さい。また, 写真や図表には簡単な説明文を添付して下さい。
- ・文字や図表の大きさは, 少し離れた場所からでも判読できるように調整して下さい。
- ・3月28日12時頃までに所定の場所に掲示し, 3月29日16時までに撤収して下さい。
- ・発表者による説明の時間帯は28日の13:30から15:45までです。
展示発表される方はこの時間に必ず会場の展示前に待機し, 講演質疑応答を行って下さい。

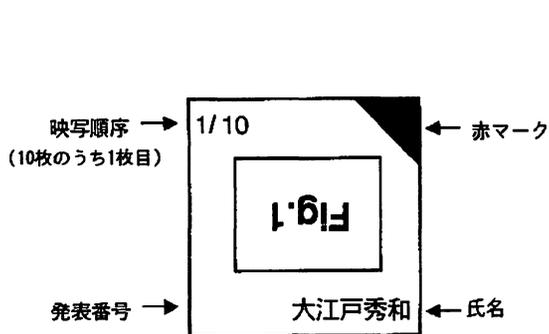


図3 映写スライド記入例

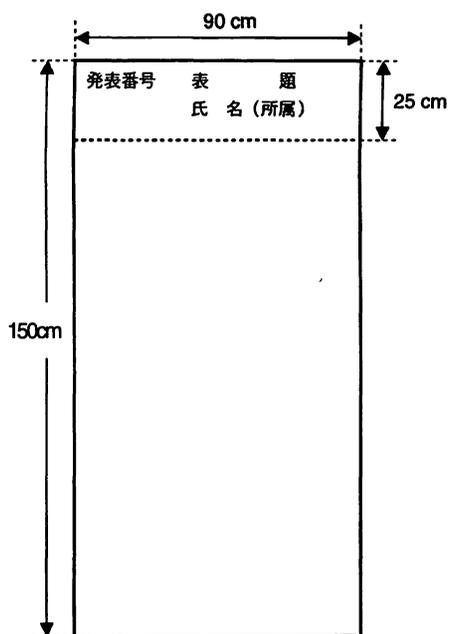


図4 展示パネル

日本藻類学会第25回大会講演プログラム

3月28日(水) 午前の部

A会場 3F 131教室

- 9:30 (A1) 淡水産 *Cocconeis placentula* Ehr. var. *euglypta* (Ehr.) Grun. の増大胞子微細構造
○鈴木秀和*, 南雲保**, 田中次郎*** (* 青山学院高, ** 日歯大・生物, *** 東水大・藻類)
- 9:45 (A2) 羽状縦溝珪藻 *Luticola goeppertiana* の被殻形成様式
○真山茂樹, 坂井加奈子 (東学大・生物)
- 10:00 (A3) 日本産海産付着珪藻 *Licmophora* 属3種の形態
○寺阪隆*, 南雲保**, 田中次郎* (* 東水大・藻類, ** 日歯大・生物)
- 10:15 (A4) Morphological and Phylogenetic studies of Parthenosporic strains of *Closterium moniliferum* and *C. ehrenbergii*
○Dian Hendrayanti, 傳法隆, 市村輝宜 (北大・理・海藻研)
- 10:30 (A5) 汽水産ペディネラ目藻類 (黄色植物) 一種の微細構造と系統
○関口弘志*, 河地正伸**, 守屋真由美*, 中山剛*, 井上勲* (* 筑波大・生物, ** 国環研)
- 10:45-11:00 休憩
- 11:00 (A6) 日本産褐藻 *Elachista nigra* と *E. orbicularis* の分類について
○上井進也, 小亀一弘, 増田道夫 (北大・理・生物)
- 11:15 (A7) 紅藻 *Orculifilum denticulatum* (カクレイト目) に内生するアナメ属 (褐藻コンブ目) の配偶体
○佐々木秀明¹, Sandra Lindstrom², J. R. Waaland³, 川井浩史⁴ (¹ 神戸大・自然科学, ² British Columbia 大・植物, ³ Washington 大・植物, ⁴ 神戸大・内海域セ)
- 11:30 (A8) イシモズクとクサモズク (褐藻, ナガマツモ目) の分類上の関係の再検討
○金聖浩*, 川井浩史** (* 神戸大・自然科学, ** 神戸大・内海域セ)
- 11:45 (A9) ウスバヤハズ (褐藻, アミジグサ目) の分類学的再評価
○長谷川和清, 田中次郎 (東水大・藻類)
- 12:00 (A10) *Halochlorococcum* 属 (アオサ藻綱) の微細構造と系統的位置
○中山剛, 井上勲 (筑波大・生物)

B会場 3F 135教室

- 9:30 (B1) ワカメ及びヒロメ幼胞子体の生長におよぼす水温の影響
○森田晃央, 倉島彰, 前川行幸 (三重大・生物資源)
- 9:45 (B2) 山口県深川湾におけるノコギリモク群落の更新過程
○村瀬昇*, 鬼頭鈞*, 水上譲*, 前川行幸** (* 水大校, ** 三重大・生物資源)
- 10:00 (B3) 土佐湾におけるカジメ群落の衰退と海水温の上昇
○芹澤如此古*, 井本善次**, 石川徹***, 大野正夫** (* 東水大・藻類, ** 高知大・海生セ, *** 高知水試)
- 10:15 (B4) 広島湾奥部における浮遊性アオサ類の生態
○吉田吾郎*, 内村真之*, 寺脇利信*, 平岡雅規**, 新井章吾** (* 瀬戸内水研, ** (株) 海藻研)

- 10:30 (B5) 褐藻アミジグサ類に寄生するソコミジンコ類-餌としての嗜好性の検討-
 ○下埜敬紀*, 岩崎望**, 村上明男***, 川井浩史*** (*神戸大・自然科学, **高知大・海洋生物セ, ***神戸大・内海域セ)

10:45-11:00 休憩

- 11:00 (B6) アユの摂食が付着藻類群落の生産力に及ぼす影響
 ○阿部信一郎*, 内田和男*, 南雲保**, 田中次郎*** (*中央水研, **日歯大・生物, ***東水大・藻類)
- 11:15 (B7) 温帯域サンゴ群落における生産力の推定
 ○中村恵理子*, 田中次郎*, 横濱康継** (*東水大・藻類, **志津川町自然環境活用センター)
- 11:30 (B8) 海洋深層水を用いた流水培養による磯焼け地帯転石の植生観察
 藤田大介 (富山県水試)
- 11:45 (B9) 山口県馬島沿岸における緑藻ホソエガサ *Acetabularia caliculus* の生育環境
 ○宮地由紀, 村瀬昇, 水上讓 (水大校)
- 12:00 (B10) 奄美大島産ソゾノハナの生態
 ○玉井貴夫*, 内明子, 松元龍作, 野呂忠秀 (鹿児島大・水産)

3月28日(水) 午後の部 13:30-15:45 展示発表 会場:8階展示ホール

- (P1) 臨海実習の試み (1) 黒潮流域のタイドプール内の海藻類分布調査
 鯉坂哲朗 (京大・農・応用生物学)
- (P2) 臨海実習の試み (2) 方形枠を使ったライン法による海藻類分布調査
 鯉坂哲朗 (京大・農・応用生物学)
- (P3) 三重県錦湾におけるカジメの光合成産物の季節変化
 ○岩尾豊紀, 倉島彰, 川嶋之雄, 中西嘉人, 前川行幸 (三重大・生物資源・藻類)
- (P4) 愛媛県伊方産クロキヅタの微細構造
 ○内村真之*, 吉田吾郎**, 寺脇利信**, 吉川浩二**, 長崎慶三** (*科学技術振興事業団, **瀬戸内水研)
- (P5) 富士山山頂における土壌藻類の分布
 ○大谷修司*, 長岡亜矢子*, 巢山広介**, 山本弘基**, 増沢武弘*** (*島根大・教育, **島根大・生物資源, ***島根大・理)
- (P6) Morphological variations of *Sargassum hemiphyllum* at brackish waters
 ○玉政 玟, 糸賀孝之, 川井浩史 (神戸大・内海域セ)
- (P7) ポリニア域における植物プランクトンの効率的な光合成のためのシステム
 ○菓子野康浩*, 工藤栄**, 林義則*, 鈴木祥弘***, 小達恒夫**, 平譯亨**, 佐藤和彦*, 福地光男** (*姫工大・理, **国立極地研, ***神奈川大)
- (P8) 殻状紅藻イワノカワ属の日本新産種 *Peyssonnelia meridionalis* について
 ○加藤亜記, 増田道夫 (北大・理・生物)
- (P9) 黄色植物の新綱 Pinguiphyceae の設立
 ○河地正伸¹, 井上勲², 本多大輔³, Charles J. O'Kelly⁴, Robert R. Bidigare⁵, J. C. Bailey⁴, Robert A. Andersen⁴ (¹国環研, ²筑波大, ³甲南大, ⁴Bigelow Lab. Ocean Sci., ⁵Univ. Hawaii)
- (P10) 紅藻アマノリ属絶滅危惧種数種の生育状況
 ○菊地則雄*, 吉田忠生**, 吉永一男*** (*千葉中央博, **北大, ***三洋テクノマリソ)

- (P11) Comparative study of *Sphacelaria nipponica*, *S. dichotoma* and *S. recurva* (Phaeophyceae) based on morphology and molecular data
○琴然心*, 王政玗*, 川井浩史*, 季仁圭** (*神戸大・内海域セ, **Seoul Nat. Univ.)
- (P12) 沖縄県塩川産珪藻 *Pleurosira laevis* f. *polymorpha* の形態
○小林敦*, 南雲保**, 田中次郎* (*東水大・藻類, **日歯大・生物)
- (P13) ベトナム産ササバアヤギヌ *Caloglossa leprieurii* の生殖体の形態
○小堀陽子, 田中次郎 (東水大・藻類)
- (P14) イデユコゴメ藻群 (紅色植物) の生育分布と系統について
○近藤貴靖*, 横山亜紀子**, 原慶明** (*山形大院・理工, **山形大・理・生物)
- (P15) 海洋バイオテクノロジー研究所が保有する *Nannochloropsis* 属4種の特徴付けについて (真正眼点藻)
○須田彰一郎*, 熱海美香*, 宮下英明** (*海洋バイオ, **東京農工大)
- (P16) 黄緑藻 *Ophiocytium* sp. の無性生殖
○須谷昌之*, 大谷修司** (*島根県立大田高校, **島根大・教育・生物)
- (P17) 多核細胞を用いた青色光依存的核運動における細胞骨格阻害剤の効果
○高橋文雄*, 菱沼佑**, 片岡博尚*** (*理研・PCD・光生物2, **山形大・理・生, ***東北大・遺生研)
- (P18) 本邦産中心目珪藻 *Cyclotella* 属の分類学的検討
○田中宏之*, 南雲保** (*群馬県中央高, **日歯大・生物)
- (P19) 屋外水槽での海藻栽培法とホンダワラ類, イワズタ類, アマモの生長
○寺脇利信*, 吉田吾郎*, 内村真之*, 新井章吾**, 村瀬昇*** (*瀬戸内水研, ** (株)海藻研, ***水大校)
- (P20) 羽状付着珪藻 *Achnanthes angustata* Greville の分類学的検討
○豊田健介*, 南雲保**, 田中次郎* (*東水大・藻類, **日歯大・生物)
- (P21) チスジノリ科の分子系統解析
○羽生田岳昭¹, 熊野茂², 新井章吾³, 洲澤讓⁴, 飯間雅文⁵, 植田邦彦⁶ (¹金沢大院・自然, ²神戸親和女大・文, ³(株)海藻研, ⁴(有)河川生物研, ⁵長崎大・環境, ⁶金沢大・理)
- (P22) 藻場現存量に及ぼす摂食影響の数学的解析
本多正樹 (財)電力中央研)
- (P23) 西日本沿岸域に出現する有毒渦鞭毛藻 *Gymnodinium catenatum* の分布と来歴
松岡數充, 藤井理香, 林正男 (長崎大・水産)
- (P24) 紅藻の紫外線吸収物質 palythine の生理的役割
○御園生拓*, 斉藤順子**, 時友裕紀子**, 井上行夫*, 堀裕和*, 桜井彪* (*山梨大・工, **山梨大・教育人間科学)
- (P25) オオハネモ配偶子形成パターンの季節変動
○宮村新一, 松永茂, 堀輝三 (筑波大・生物)
- (P26) マリモ類の光合成色素組成と分類学的考察
○吉井幸恵¹, 羽生田岳昭², 若菜勇³, 井上勲⁴ (¹筑波大院・生命環境, ²金沢大院・自然, ³阿寒町教育委員会, ⁴筑波大・生物)

16:00 - 17:00 総会 (A会場)

18:00 - 20:00 懇親会 (大神宮マツヤサロン「大和の間」)

3月29日(木) 午前の部

A会場 3F 131教室

- 9:30 (A11) 一ダム湖の植物プランクトンの現存量と優占種の経年変化
○福島博, 小林艶子 (藻類研)
- 9:45 (A12) 秋田県泥湯温泉の藻類植生
○吉武佐紀子*, 福島博** (*湘南短大, **藻類研)
- 10:00 (A13) 呉湾海底泥中に存在する *Alexandrium tamarense* シストの発芽特性
○板倉茂, 山口峰生 (瀬戸内水研)
- 10:15 (A14) 播磨灘における赤潮ラフィド藻シャットネラ, 植物プランクトンおよび殺藻細菌の変動
○今井一郎*, 砂原隆志*, 藤丸大輔*, 西垣友和*, 西川哲也**, 堀豊** (*京大院・農, **兵庫水試)
- 10:30 (A15) 有殻渦鞭毛藻 *Heterocapsa* 属の2未記載種について
○岩滝光儀¹, 高山晴義², 松岡敷充³, 福代康夫⁴ (¹東大・農・水圏生物, ²広島水試, ³長崎大・水産, ⁴東大・アジアセンター)
- 10:45-11:00 休憩
- 11:00 (A16) 潮間帯の海藻の乾燥による光合成と呼吸の変化
○季琰, 田中次郎 (東水大・藻類)
- 11:15 (A17) 珪藻の光合成光捕獲色素の光質適応現象
○杉原靖之, 藤田善彦 (福井県立大・生物資源)
- 11:30 (A18) 紅藻の光化学系の構築とその調節1. 低温蛍光特性
○村上明男*, 川井浩史*, 三室守** (*神戸大・内海域セ, **山口大・理・自然情報)
- 11:45 (A19) 紫外線吸収物質の組織染色について
矢部和夫 (北海道東海大・工・海洋環境)
- 12:00 (A20) 温泉藻の生育に対する金属イオンの影響
長島秀行 (東京理科大・理)

B会場 3F 135教室

- 9:30 (B11) 褐藻エゾノネジモク群落における炭素固定量
村岡大祐 (東北区水研)
- 9:45 (B12) 広島湾におけるアマモの水平・垂直分布様式および草体の観察
○寺脇利信*, 吉川浩二*, 玉置仁**, 西村真樹**, 新井章吾*** (*瀬戸内水研, **広島大・工, *** (株)海藻研)
- 10:00 (B13) 北海道根室市沿岸海域における水中光量子量の測定について
○坂西芳彦, 飯泉仁 (水産庁・北水研)
- 10:15 (B14) 急速凍結置換法による褐藻カヤモノリ接合子の発生の観察
○長里千香子, 本村泰三, 市村輝宣 (北大・理・海藻研)
- 10:30 (B15) 日本産シャジクモ目藻類の生育分布と分類の再検討
○坂山英俊¹, 野崎久義², 加崎英男³, 原慶明⁴ (¹山形大院・理工・生物, ²東大院・理・生物, ³都立大・理・生物, ⁴山形大・理・生物)

10:45-11:00 休憩

- 11:00 (B16) ヒラオノリ (アオサ藻綱) のゲノムサイズに関する細胞分子生物学的研究
○松山和世¹, 山本真紀², 桑野和可³, 河野重行⁴, 嗟峨直恆¹ (¹東海大・海洋研,
²東大院・理, ³長崎大・水産, ⁴東大院・新領域)
- 11:15 (B17) 底生性渦鞭毛藻類アンフィディニウム属の分子系統学的研究
○勝又和人, 堀口健雄 (北大・理・生物科学)
- 11:30 (B18) 緑藻アオサ・アオノリ類の分子系統学的解析
○寫田智*, 平岡雅規**, 大野正夫*** (*北大・実験生物セ, ** (株) 海藻研,
*** 高知大・海洋生物教育セ)
- 11:45 (B19) 生殖成長期のカサノリにおける poly(A)+RNA の分布
阿野田由紀*, ○峯一朗*, D. Menzel**, 奥田一雄* (*高知大・理・自然環境)
- 12:00 (B20) 分子系統からみた褐藻コンブ目, ウルシグサ目, チロプテリス目の類縁と高次分類について
○川井浩史*, 佐々木秀明** (*神戸大・内海域セ, ** 神戸大・自然科学)

3月29日(木) 午後の部

A会場 3F 131教室

- 13:30 (A21) ヒラアオノリの初期発生における細胞分裂時刻と頻度
○桑野和可, 元津義貴 (長崎大・水産)
- 13:45 (A22) 五カ所湾産ホンダワラ類藻体内の炭素安定同位体分布
○石樋由香*, 横山寿*, 山田佳裕*, 鱒坂哲朗** (*養殖研, ** 京大・農・応用生物)
- 14:00 (A23) 浮遊性ラン藻 *Phormidium tenue* の糸状体密度増加とケイ藻現存量の減少との関連付け
○高野敬志*, 五十嵐聖貴**, 三上英敏**, 日野修次*** (*北海道衛生研,
** 北海道環境研, *** 山形大・理)
- 14:15 (A24) 微細藻類におけるチオール量と水銀耐性との相関
○佐藤征弥, 平地義伸, 吉岡愛, 小林真紀, 小山保夫 (徳島大・総合科学)
- 14:30 (A25) 灰色植物 *Cyanophora paradoxa* のラン藻型シグマ因子
○上野雄介, 吉永郁生, 内田有恆 (京大・農)
- 14:45-15:00 休憩
- 15:00 (A26) 緑藻綱クロロモナス系統群の複数葉緑体遺伝子の比較分子系統に基づくピレノイド構造の分子進化的基盤
○野崎久義*, 大西啓介*, 森田詠子**(*東大・理・生物, ** 国立感染症研)
- 15:15 (A27) *Chattonella verruculosa* の微細構造解析と分子系統解析による分類学的再検討
○深谷幸子*, 大嶽勇**, 本多大輔*, 左子芳彦*** (*甲南大・理・生物, **
アサヒビール, *** 京大院・農)
- 15:30 (A28) 海産多核緑藻ツユノイトケバ(*Derbesia tenuissima*) の配偶子形成過程での葉緑体DNA及びミトコンドリアDNAの母性遺伝
○Sang-Hee Lee, 本村泰三, 市村輝宣 (北大・理・海藻研)
- 15:45 (A29) 戦中国策映画「戦争と海藻」
石川 依久子

公開シンポジウム
要旨

藻類の炭酸カルシウム形成（石灰化）
—その仕組み・意義・進化・地球環境—

東京学芸大学理科教育学科 岡崎 恵視

藻類の中には、多量の炭酸カルシウム (CaCO_3) を形成する（石灰化する）ものがあり、「石灰藻」とよばれている。石灰藻は、紅藻、緑藻、車軸藻、褐藻、ハプト藻など、藻類の中に広く分布しており、藻の CaCO_3 形成は一種の「適応収斂」的現象と捉えることができる。しかし、藻の種によって、 CaCO_3 を沈着する部位、結晶形態、結晶形に特徴がある。例えば、紅藻サンゴモ類は、肥厚した細胞壁が石灰化し（図1）、微小な方解石結晶（ただし、高度にマグネシウムを含む）を形成する。緑藻のサボテングサ類などは、よく発達した細胞間隙に針状のアラレ石結晶を形成する（図2）。褐藻のウミウチワ類は、細胞表面に針状ノアラレ石の結晶を形成する。また、ハプト藻に属する円石藻類は単細胞の石灰藻で、細胞内の特殊な小嚢内で方解石から成る精巧な鱗（コッコリスとよばれる）を形成して細胞表面に放出して、細胞を覆う。これまでの研究で、海産の大型石灰藻の石灰化開始部位は、外部海水から部分的に隔離された空間であ

ること、海水中のマグネシウムイオンによって、アラレ石が形成されること（ただし、紅藻サンゴモ類では、細胞壁のアルギン酸によってマグネシウムを多量に含む方解石が形成される）、石灰化が光照射時に促進されること、などが明かにされている。そこで今回は、藻の石灰化と光合成の関係を中心に議論する。図3は淡水産石灰藻である車軸藻シャジクモの CaCO_3 形成機構を示している。この藻は長さ数cmの節間細胞表面に方解石をバンド状に形成する。この藻をpH指示薬（クレゾールレッド）を溶かした寒天ゲルの中に包埋して光を照射すると、節間細胞上にアルカリ化して赤色に変る部位と酸性化して黄色に変る部位が交互に現れる。酸性化は細胞膜に局在するプロトンポンプ（ATPアーゼ）によって起こる。酸性バンド内では、メデイウム中の重炭酸イオン (HCO_3^-) から光合成の基質である二酸化炭素 (CO_2) がつくられる。一方、細胞内に残された水酸化イオン (OH^-) は細胞外へ放出されてアルカリバンドを形成する。このバ

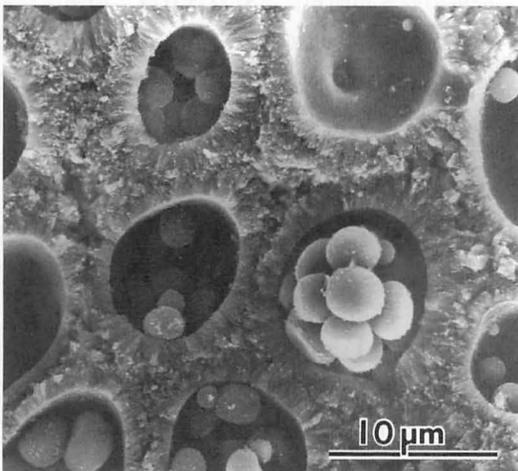


図1 紅藻サンゴモ類ヒライボの細胞壁の石灰化

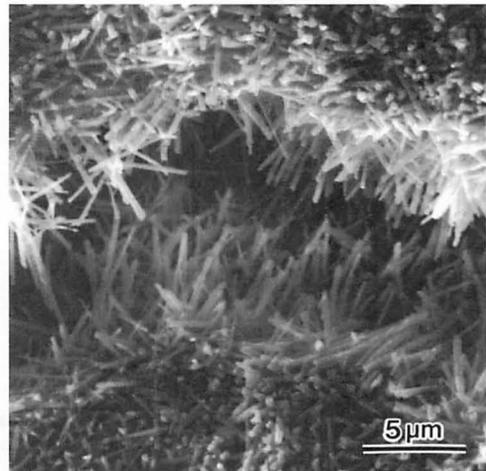


図2 緑藻ウスガサネの細胞間隙の石灰化（石川依久子博士による）

ンド内では、 HCO_3^- は解離して炭酸イオン (CO_3^{2-}) を形成する。 CO_3^{2-} とカルシウムイオン (Ca^{2+}) の濃度が CaCO_3 の溶解度積を超えて結晶が沈着する。この様に、まず pH に関して極性化が起こり、その結果として石灰化が起こる。すなわち、 HCO_3^- から CO_2 を形成して光合成に供給する戦略の結果として石灰化が起こるといえる。この様な石灰化機構は、他の大型石灰藻にも当てはめることができる。

例えば、紅藻のサンゴモ類の石灰化は、藻体先端で起こるが、この部位には光照射による酸性化する部位とアルカリ化する部位があること、細胞膜にプロトンポンプが在ることを演者らは明かにした。単細胞石灰藻の円石藻でもこの様な仕組みが細胞内にあると考えられる。pH の極性化による光合成戦略は、沈水被子植物のエビモヤカナダモなどにも見られる。これらの葉では、葉の裏側が酸性化し、表側がアルカリ化する。そして、光合成のための CO_2 は葉の裏側から吸収される。しかし、葉の表側には CaCO_3 は形成されず、葉が老化して初めて CaCO_3 の形成が見られる。これは、若い葉では葉の表面に石灰化を阻害する物質が分泌されているためである。

演者らはこの物質はリグニンの前駆体であるフェノール物質と考えた。そして、フェノール物質であるカフェ酸 (caffeic acid) が分泌されていることを明かにした。この物質は試験管内での CaCO_3 形成を強く阻害する。リグニンを合成しないシャジクモでは、この様な物質は分泌されない。組織や器官の分化があまり進んでいない藻類では、光合成戦略の結果として起こる石灰化は組織の支持に有効であるが、高等植物では細胞壁にリグニンを合成することで強固で弾力性に富む細胞壁を獲得したと推定される。

サンゴ礁は沿岸における CaCO_3 生産の場である。また、円石藻は外洋での主な CaCO_3 生産者である。円石藻の爆発的増殖 (ブルーム) が毎年人工衛星で観察されている。海洋のこれらの生物の CaCO_3 形成が大気中の CO_2 を増やすのではないかと危惧されている。石灰化の収支反応が $2\text{HCO}_3^- + \text{Ca}^{2+} \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$ で表されるためである。しかし、この考え方に異論を唱える研究者も多い。既に述べたように、石灰藻の石灰化は光合成戦略の結果と考えることができ、石灰化に伴って発生する CO_2 は光合成に使われる。光合成速度は石灰化速度を常に上回っているため、海水中には放出されない。 CO_2 は藻の有機物が分解された際に初めて放出されることになるが、サンゴ礁や外洋における有機物の合成分解の収支が明かにされなければこの議論に終止符を打つことはできない。また、現海洋における CaCO_3 の年間の生産量は炭素量に換算して約 0.38 ギガトン (3億8千万トン) であり、海洋の大気中との年間 CO_2 交換量 (炭素量) の 90 ギガトン (900億トン) に比べてあまりにも小さく、 CO_2 放出を測定することが困難である。また、海洋におけるカルシウム量は一定であり (約 10mM)、前述の反応式とは逆の反応で陸上の石灰岩が溶解しているので、仮に石灰化により CO_2 が放出されても大気中の CO_2 濃度には全く影響を及ぼさないとする意見もある。演者もその様に考えている。

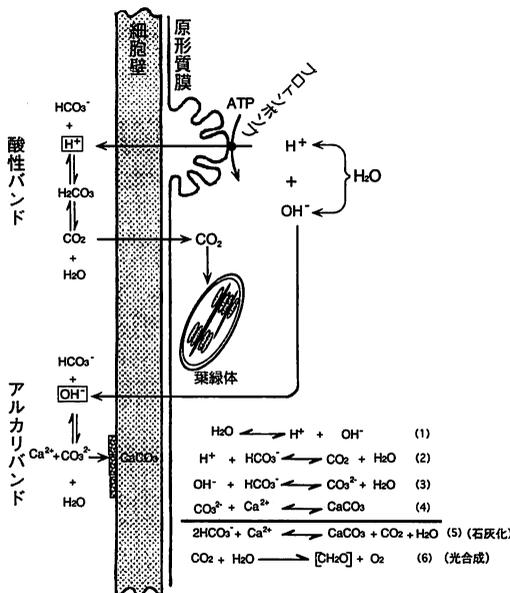


図3 シャジクモの石灰化機構

公開シンポジウム
要旨

Review on the CaCO_3 in the marine nano-phytoplankton "coccolithophorids" and relevance to the global carbon cycle

Mary-Hélène NOËL; Tsukuba University

What are the coccolithophorids?

The coccolithophorids are minute calcareous phytoplankton, first appeared in the Late Triassic. Living cells are oval to elongate with a size from 2 to 100 μm and are found abundantly in the surface waters of the oceans with a wide geographic distribution. Taxonomically, coccolithophorids belong to the Haptophyceae. During one stage of their life cycle, the coccolithophorids have the particularity to secrete circular or elliptical platelets of calcite called coccoliths (Fig 1). The coccoliths are interlocked at the surface of the cell to form a coccosphere, which is a kind of spherical external skeleton (Fig 1).

Morphology and production of coccolith

Based on their calcite crystal construction, the coccoliths can be divided into two groups. The heterococcoliths group which corresponds to the case of coccoliths constructed with rhombohedral crystals of different shape and size or more rarely hexagonal prisms (see Fig. 1 as example of an heterococcolith with the species of *Emiliania huxleyi* and also Fig. 3 with *Oolithotus fragilis*). The holococcoliths group corresponds to coccoliths made up of small size (less than 0.1 μm in diameter) with almost identical hexagonal prisms and/or rhombohedral crystals (see

the Fig. 2 as example of an holococcolith species with *Syracolithus* sp.). Holococcolith and heterococcolith are very distinctive, but it has been found for several species that a same species can produce either holococcolith or heterococcolith during the different life stage. More studies on the life cycle of coccolithophorids are needed to clarify the correspondence between holococcolith and heterococcolith species. Calcite crystals of hetero- and holococcoliths have often differently arranged optic axes. Therefore species are routinely identified from their particular pattern of optic extinction with polarizing microscope.

The shape and size of coccoliths and coccosphere are specific to each species though they have shown a rapid evolutionary change in geological time. Since coccolithophorids composed emerged chalk cliffs and are extremely abundant in marine sedimentary rocks, the shape and size of the coccoliths can be used as paleoenvironmental indicators. They are very useful in stratigraphy since they allow a narrow zonal subdivision. Moreover, their stable isotopes composition is used to determine the fluctuations, over the geological time, of the surface seawater temperature.

The coccolith formation is complex and varies with

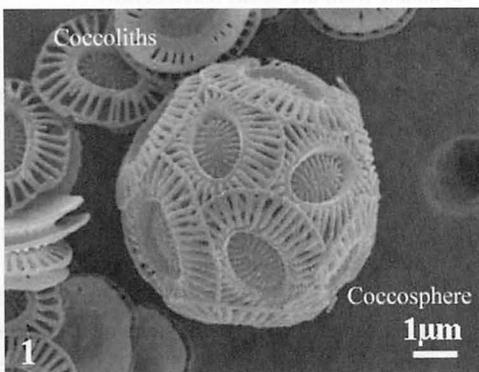


Fig. 1. *Emiliania huxleyi*.

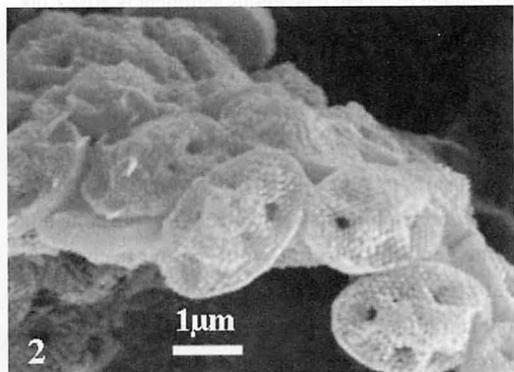


Fig 2. *Syracolithus* sp.

species. For most species, the Golgi body is the site of coccolith production. Final appearance of the coccoliths will depend on different parameters necessary for the coccolith formation and calcification. From my experimental results using culture of *O. fragilis* (Fig. 3), variations of the coccolith shape can occur within a short time, i.e. less than one month. The coccoliths of *O. fragilis* in various medium composition exhibited different pattern according to the medium tested (Fig. 3). The calcification of *O. fragilis* shows sensitivity for the composition of the medium, while *E. huxleyi* (Fig. 1) in same conditions do not show any remarkable changes. We can expect from my results (Fig. 3) that, for some species, that coccolith shape variations/anomalies observed in field samples can be related to special parameter like the seawater temperature, the metal or vitamins content. The shape of coccoliths may help to characterise the water mass in which the coccolithophorids are living, and for fossil records, the environment at the time they were living. Moreover, it might be helpful to understand which parameters are important in the biomineralization process.

Environmental importance of the coccolithophorids

70% of the calcium carbonate introduced in the present ocean is accumulating in the deep sea from calcification by pelagic organisms living in the euphotic zone, mainly from the coccolithophorids followed by foraminifera and small molluscs. In both coastal and open oceans, coccoliths constitute up to 60% of the fossil CaCO_3 accumulated, while the percentage in recent calcareous sediment is 30%. Link with the earth's climate evolution and regulation is suspected, though not yet established.

Among the coccolithophorids species living nowadays, the most abundant is *E. huxleyi* (Fig. 1). This species can form large blooms that can be seen on satellite pictures as white areas. The phenomenon of the seawater turning white is due to the light scattering properties from the coccoliths in large concentration. This optical effect makes that, at the bloom location, the estimation of the oceanic primary production based on remote-sensing measurement is

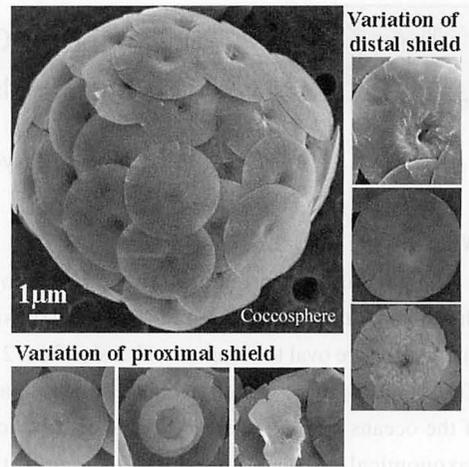


Fig. 3. *Oolithotus fragilis*. Coccolith variations in different medium.

almost impossible. The carbon fluxes of *E. huxleyi* blooms are studied from different ways, experiment work in laboratory, fieldwork and conception of models; but a global and annual calculation remains difficult to estimate. In addition, large blooms of *E. huxleyi* have been shown to locally affect the biogeochemistry, such as the sulfur cycle with DMS production, and the ecology. Even if the other species of coccolithophorids do not produce blooms like *E. huxleyi* does, they may contribute to the annual exchanges/fluxes of carbon and sulfur. Studies on coccolithophorids species, not only on *E. huxleyi*, are therefore relevant for the biomineralization aspect and the earth's climate.

Basic information on coccolithophorids are available from the books listed below:

- Fossil Prokaryotes and Protists (Jere H. Lipps, Ed), Blackwell Scientific Publications, p. 342 .
- Introductory Phycology (F. R. Trainor, Ed), John Wiley and Sons, p 589.
- Calcareous Nannofossil biostratigraphy (Paul R. Bown, Ed), Kluwer Academic Publishers, p. 314.
- Coccolithophores (Amos Winter and William G Siesser, Eds), Cambridge University Press, p. 242.
- The haptophyte algae (J.C. Green and B.S.C. Leadbeater, Eds), The Systematics Association Special Volume No. 51, Oxford Science Publications, p. 446.

公開シンポジウム
要旨歯のエナメル質形成：軟らかい組織から最も硬い
組織への転換はどのようにして起こるか

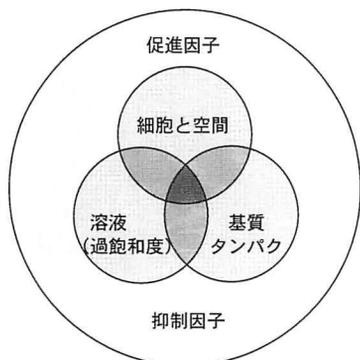
日本歯科大学病理学教室 青葉 孝昭

私たちの体内で結晶粒子が規則的に配列して歯や骨のような硬い組織を造りあげていることは、不思議に思われる現象であるが、生体機能にとって必須の役割を果たしており、歯や骨における結晶沈殿（石灰化）は極めて合理的で精妙な仕組みによって制御されている。同時に、石灰化反応を限局した場所・時期に誘導すること、それ以外の望まない場所では結晶沈殿を起こさせないことが、全身の機能を維持するうえで極めて大切である。例えば、大動脈壁に病的な石灰化が生じると、血管壁の弾性を失わせ、血圧に抗しきれなくなる。その結果、大動脈出血により死に至らしめることもある。そのため、生体現象は常に促進と抑制の両方向の調節機構を発達させて全体の均衡を維持しているが、硬組織形成と石灰化反応においても、促進機能と抑制機能とのバランスをとるための様々な工夫が凝らされている。

歯や骨の石灰化はいずれも、分化した細胞によって囲まれた微小空間内に組織固有の有機基質と溶液イオン種を集積させることによって進

行する（図参照）。最初の結晶核が生成する際には大きな活性化エネルギーを必要とする。このエネルギー障壁を越えるために、大別して、局所の溶液相で自発的沈殿（核生成）が起こりうるほどにイオン濃度を高める方式と、結晶核の生成を誘導しうる基盤となる固体表面（分泌された基質成分、既存の結晶表面あるいは細胞膜面など）を準備する方式がある。歯や骨などの石灰化組織では、機能分化した細胞が組織固有の有機成分を分泌し、その土台の上にリン酸カルシウム（炭酸含有アパタイト）の微細な結晶が沈着している。このような石灰化反応は細胞の制御下に基質産生を伴う硬組織形成（cell-controlled or organic matrix-mediated mineralization）と呼ばれており、無機結晶と有機性線維とが巧みに織り成されて機能的な形態を実現している。この基質産生には多量のエネルギーを消費しており、この意味でも硬組織形成は生命活動に不可欠の過程であることがわかる。なお、基質蛋白の合成は遺伝情報に基づく生体反応のひとつであり、基質蛋白をコードする遺伝子の異常によって様々な病態（遺伝性エナメル質形成不全症、象牙質形成不全症、骨（軟骨）形成不全症など）が引き起こされる。生体での石灰化部位にみられる共通した特徴として、形成に関与する細胞と結晶沈殿が起こっている部位との間に有機基質と水分で満たされた空間が存在する。重要なことは、石灰化の場に存在する溶液相は血液循環系（あるいは外環境）から隔離されており、各硬組織に特有のイオン組成をもっている。

歯のエナメル質は体内で最も硬い（無機結晶が重量比で約95%を占めている）組織であり、歯冠表面を覆い、象牙質によって内部から支えられている。骨や象牙質と異なり、エナメル質は



生体内での石灰化に必要な要素
3つの環が重なる領域で硬組織形成が可能となる。

外胚葉由来であり、ヒト萌出歯のエナメル質アパタイトの幅(厚さ)は50~60nm, その長さは数10 μ m以上に達する。骨や象牙質のアパタイトの大きさ(幅5nm, 長さ40~50nm)と比較してみると、エナメル質を構成する結晶が例外的に大きいことがわかる。このように大きく成長したアパタイト結晶を実験室において生理的な温度条件下で合成することは容易でなく、生体反応の巧妙さに驚かされる。このエナメル質の形成過程では、歯胚細胞に囲まれた水と基質蛋白に富む軟らかい組織として出発し、基質蛋白の分解・脱却と結晶成長とが空間的・時間的に調和を保ちながら進行していく。この動的なエナメル質形成機構を理解するために、私たちの研究グループでは表に掲げたような課題について情報を集めてきた。これまでのエナメル質形成と石灰化についての理解の到達点をまとめるなかで、生物における結晶化の仕組みと意義について考えていきたい。

エナメル質の石灰化機構の解明に向けた
これまでのアプローチ

溶液環境:

構成成分の同定,
格子イオン濃度(活量)の測定,
イオン活動積と過飽和度の評価

結晶相:

化学組成の決定, 結晶性の評価,
生体環境を擬した条件下での溶解度積の測定

基質蛋白:

合成・分泌・脱却過程と結晶成長過程との対応,
分子構造と機能との連関

結晶成長機構:

成長形の観察,
成長速度と成長モデルとの対応

促進・抑制因子:

溶液相に含まれるイオン・分子種の同定,
結晶表面への吸着能の評価,
結晶成長実験系での制御効果の測定

組織構築:

基質産生と結晶配列, 生物進化による変遷

公開シンポジウム
要旨

珪藻類の殻形成—ミクロの造形は
いかに作られるか—

日本歯科大学新潟歯学部生物学教室 長田 敬五

珪藻は、黄色植物門 (CHROMOPHYTA) の珪藻綱 (Bacillariophyceae) に帰属する単細胞性の藻類で、珪酸質の独特な細胞壁を持つことによって特徴づけられている。この硬い細胞壁は被殻 (frustule) と呼ばれ、それぞれに殻 (valve) を伴った上下の半被殻 (epitheca and hypotheca) が向かい合わせに重なり合っていてできている。殻の形は円形、線形、楔形、五角形などさまざまであり、殻には精巧・緻密でしかも極めて多様な模様や構造が形づくられている (Fig. 1)。珪藻が殻の形や模様などに基づいて分類され、これまで約2万種が記載されてきたように、珪藻類ほど多様で精巧な珪酸質の造形を形成する生物群は他に類を見ない。

珪藻類の生活史において、殻の形成は被殻を伴う栄養細胞が無性的に増殖するときと有性生殖の結果生じた増大胞子の中に初生細胞の被殻ができるときに行われる。栄養細胞は二分裂によって増殖するが、細胞分裂とそれに伴う新しい殻の形成は親細胞の被殻に囲まれた状態で完了し、しかも親細胞の半被殻は娘細胞の上半被殻として受け継がれるため、珪藻では片方の娘

細胞が親細胞より必ず小さくなるという特徴を持つ。この細胞分裂と殻形成はFig. 2に示したように行われる。細胞は下半殻帯を形成しながら成長してその体積を貫殻軸方向へ十分に増加させた後に細胞分裂を始めるが、いくつかの種類では分裂に先立って、葉緑体の分裂と移動および核の移動が行われる。葉緑体や核の移動が完了すると、微小管重合中心 (MTOC; microtubule organizing center) の隣に生じた極板前駆体の縦裂によって紡錘体の極板が形成されて核分裂が始まる。核分裂の進行と共に細胞質分裂も開始され、収縮環を伴う分裂溝によって細胞質は細胞の縁から中心に向かってリング状に絞り込まれるようにして2つの娘細胞に分割される。多くの珪藻では、細胞質分裂が完了すると娘核に隣接する極板から再生されたMTOCが分裂面の細胞膜の直下にある殻形成開始部位の近くに移動する。開始部位にはシリカレンマ (silicalemma) と呼ばれる膜で囲まれた珪酸沈着小胞 (SDV; silica deposition vesicle) が生じるが (Fig. 3), そ

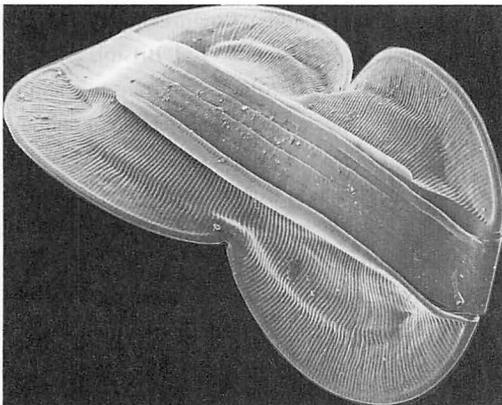


Fig. 1. *Entomoneis alata* (Ehrenberg) Ehrenberg の珪酸質被殻

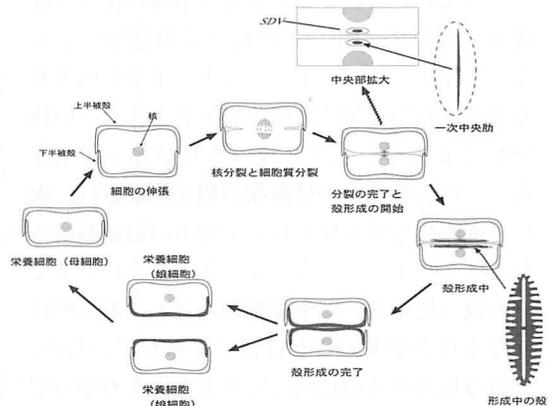


Fig. 2. 細胞分裂 (二分裂) と殻形成の模式図

の位置は珪藻の種類によって異なり, *Navicula* 属, *Pinnularia* 属, および *Entomoneis* 属などでは分裂面の中央, *Auricula* 属では一方の側縁部, また *Surirella* 属では細胞の極部に開始部位を持つ。このSDVは内部に珪酸を鉍物化してシリカ微粒子を蓄積しながらすぐに伸張し, 殻形成の軸となるパターンセンター; 中心類珪藻の中心環 (anulua), 羽状類珪藻の中肋 (sternum) および縦溝をもつ種類の縦溝中肋 (raphe sternum), を最初に形成する。これに対し, *Hantzschia amphioxys*, *Nitzschia sigma*, *N. sigmoidea* の殻および *Achnanthes coarctata* の無縦溝殻では, SDV は分裂面の中央にできるが, その後殻帯側に移動してから縦溝中肋や中肋を形成する (Pickett-Heaps *et al.* 1990)。縦溝中肋は縦溝の両側壁を構成する肋であるが, これは一般に殻形成開始部 (中心節が形成される部分) から両極に向かって伸張する一次中央肋とこれより遅れて伸張してくる二次肋が途中で融合することによって形成される。このようなパターンセンターがある程度形成されると, SDV がそこから放射状または左右両側に伸張して, 放射肋や横走肋およびそれらの間を塞ぐ構造などが遠位方向に漸次構築され, 珪藻種に特有の条線や胞紋を伴った精巧な殻が完成する。したがって, 羽状類では軸域や縦溝に関わる構造から殻が形成されることになるが, *Achnanthes* 属や *Cocconeis* 属など単縦溝類の縦溝を持たない方の殻では, 中肋の形成に伴って縦溝が一度形成され, その後の殻の肥厚にともなって埋められ消失する。増大胞子に形成される初生細胞の被殻は, 細胞質分裂を伴わない核分裂によって生じた2核のうちひとつが生き残って増大胞子の中に最初の殻が形成され, 次に再度同様な核分裂を行って他方の殻が形成されることによって完成する。このようにしてできた殻 (初生殻) が栄養細胞の殻とは形態的に異なる場合が多いことは良く知られているが, その殻形成の詳細に関しては未だよくわかっていない。

最近, 珪酸化の機構が生化学的に明らかにさ

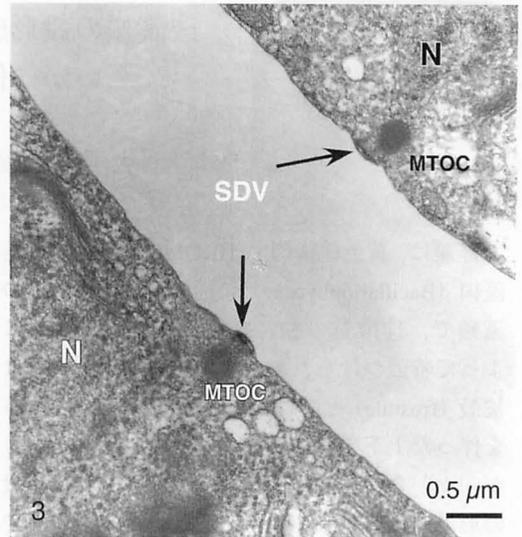


Fig. 3. *Entomoneis alata* (Ehrenberg) Ehrenberg の殻形成開始部 (MTOCとSDV)

れつつある。珪酸の輸送タンパク質や輸送のメカニズムが Hildebrand (2000) などによって, また, 被殻に局在するタンパク質のフルスツリン, HEPs およびシラフィンの特性が Kröger *et al.* (1999) などによって解明されてきた。これらのタンパク質のうち, 特にシラフィンはSDVに沈着するシリカ微粒子と同様な粒子を珪酸から形成することが証明され, 珪酸化に直接関与するタンパク質として注目されている。

- Pickett-Heaps J. D., Schmidt, A-M. M. and Edgar, L. A. 1990. The cell biology of diatom valve formation. p. 1-168. *In* Round, F. E. and Chapman D. J. (eds). Progress in phycological research, Vol. 7. Biopress Ltd. Bristol.
- Hildebrand, M. 2000. Silicic acid transport and its control during cell wall silicification in diatoms. p. 171-188. *In* Baeuerlei, E. (ed.). Biom mineralization from biology to biotechnology and medical application. WILEY-VCH. Weinheim.
- Kröger N., Deutzmann, R. and Sumper, M. 1999. Polycationic peptides from diatom biosilica that direct silica nanosphere formation, *Science*, 286: 1129-1132.

A01 ○鈴木秀和*・南雲保**・田中次郎***: 淡水産 *Cocconeis placentula* Ehr. var. *euglypta* (Ehr.) Grun. の増大胞子微細構造

演者らは現在本邦産の *Cocconeis* 属について、従来の光学顕微鏡(LM)に加え、電子顕微鏡(TEM, SEM)を使用して、分類学的見地から研究を進めている。昨年 12 月に神奈川県小田原市内の小学校の校庭にある自然観察池から採取した試料中に *Cocconeis placentula* Ehr. var. *euglypta* (Ehr.) Grun. が増大胞子を形成しているのを見だし、その過程を詳細に観察する機会を得た。

その結果、十分に成長した増大胞子は卵形で、全体が約 200 枚の帯から成るペリゾニウムによって包まれていること、各々の帯は細長い皮針形で、模様や中肋、縁辺部に浅裂はないこと、初生細胞は上下殻共に凸状にふくんだ無縦溝殻であること、上殻は不規則に放射状に走る擬縦溝、ほぼ円形の胞紋列から成る条線、幅の広い無紋の殻縁部を持つこと、下殻はやや湾曲した擬縦溝、長胞から成る条線を持つこと、増大胞子内で最初の無性的細胞分裂によってできる娘細胞は、上殻に対しては無縦溝殻、下殻に対しては縦溝殻であること、などが明らかとなった。

さらに演者らが 1998 年に皇居吹き上げ御所内の壕から採取した *Cocconeis placentula* Ehr. var. *placentula* の増大胞子の微細構造の観察結果(1999 年第 23 回大会で発表)と比較検討した結果も報告する。

(*青山学院高等部, **日歯大・生物, ***東水大・資源育成)

A03 ○寺阪隆*・南雲保**・田中次郎*: 日本産海産付着珪藻 *Licmophora* 属 3 種の形態

海産付着珪藻 *Licmophora* 属は世界各地の沿岸域で一般的にみられ、日本でも十種ほどが知られている。本属は珪藻研究史上早くから記載されていたが、殻の構造が繊細なため光学顕微鏡による観察だけでは正確な種の識別は困難である。そこで本研究では光学顕微鏡および電子顕微鏡(SEM, TEM)によって日本産 *L. flabellata* (Carm.) Ag., *L. paradoxa* (Lyngbye) Ag., *Licmophora* sp. の被殻の微細構造を観察した。

3 種とも基本的に殻面観は棍棒状、帯面観はくさび形をしており、複数の細胞が殻の一端で付着部位を共有して扇形の群体を形成するが、基質への付着様式が種によって異なる。*L. flabellata* および *L. paradoxa* は非常に発達した粘液柄を分泌して基質に付着するのに対し、*Licmophora* sp. は粘液パッドにより付着する。その他葉緑体の形状、条線数、条線を構成する胞紋の形状、隔壁の発達度、棘の有無、殻端の粘液孔の数などの形質も種間で大きく異なり、これらは本属の種の重要な分類形質と考えられる。さらに 3 種とも片方の殻にのみ唇状突起を持つこと、またその数や配置は種によって大まかな傾向はみられるが一定していないなどの形質を確認することができた。

(*東水大・資源育成, **日歯大・生物)

A02 ○真山茂樹・坂井加奈子: 羽状縦溝珪藻 *Luticola goeppertiana* の被殻形成様式

Luticola 属の種は、従来 *Navicula* 属の一部として分類されていたが、中肋や胞紋、帯片、葉緑体などの構造に相違が見られることなどから、近年、独立の属に分類されるようになった。本研究では *Luticola goeppertiana* (Bleisch) D. G. Mann の培養細胞を用い、その被殻形成過程の解明を行った。

形成中の被殻を効率よく採取するため、初めに葉緑体分裂の様式を明らかにした。本種の葉緑体は 1 枚で、上下両殻面の下にそれぞれ伸展する H 型の部分が、細胞中央で橋梁部により連続している。分裂時に橋梁部が分裂軸方向に伸長し、中央部で切れ、そこに姉妹細胞の新殻が形成される。このため、橋梁部が切断された後の細胞を多く含む個体群を採取し、酸処理後、観察に呈した。

殻形成においては、初めに一次側と二次側の縦溝中肋が形成されたが、両側で顕著な厚みの違いは見られなかった。次ぎに縦溝中肋から先広の横走枝(virga)が伸長し、殻縁まで発達した。続いて、その先端の手前で各横走枝の両側から 1 列の縦走枝(vimen)が発達し融合により殻面周縁を取り囲み、将来の殻面殻接合域を形成した。この段階で条線域は長胞状の構造を示した。胞紋は最初、将来の横帯部分に形成された後、横帯の両側から殻端方向へ、また同時に殻面殻接合部から縦溝中肋方向へと形成されていった。この間、最初に胞紋が形成された領域では、胞紋が珪酸質によって埋まり横帯が形成された。

観察された殻の形成過程は、*Navicula* における形成過程と様式がまったく異なっており、*Luticola* の *Navicula* からの独立を支持するものである。(東水大・生物)

A04 Dian Hendrayanti, Takashi Denboh, Taizo Motomura and Terunobu Ichimura: **Morphological and Phylogenetic Studies of Parthenosporic Strains of *Closterium moniliferum* and *C. ehrenbergii***

Culture collection of *C. moniliferum* and *C. ehrenbergii* encompasses many isolates from all over the world, which could be classified by three types of dormant spore formation; zygosporic by homothallic or heterothallic conjugation and parthenospore without conjugation. In order to get better understanding of the evolution of parthenospore type, morphological observations on the process of parthenospore formation and germination were conducted, comparing with the sexual conjugation, using light and fluorescence microscopies. Parthenospore strains of the two species shared the same way of parthenospore formation and germination, producing one germling per parthenospore without any meiotic event throughout their life cycle. Phylogenetic relationship between parthenospore strains of the two species and among homothallic, heterothallic, and parthenospore strains were analysed based on the 1506 group I intron and ITS-2 regions of nuclear small subunit rDNA. Although the two species were diversified into different clades, inferred secondary structure models of ITS-2 appeared to share common features with each other and also with those found in Volvocales algae and flowering plants. Parthenospore strains formed a same clade with heterothallic strains within each species and heterothallic strains of both species were greatly diverged from homothallic strains of *C. moniliferum*. Particularly, parthenospore strains of *C. ehrenbergii* showed little divergence from heterothallic strains of mating group K of *C. ehrenbergii*. Duplication found in helix I of ITS2 might provide a clue for geographic distribution pattern within parthenospore strains of *C. ehrenbergii*.

Institute of Algological Research, Hokkaido University

A05 ○関口 弘志*・河地 正伸**・中山 剛*・守屋
真由美*・井上 勲*

汽水産ベディネラ目藻類(黄色植物)一種の微細構造と系統

黄色植物アイクチオカ藻綱最大の目であるベディネラ目は、細胞が放射相称で細胞後部に柄を持つことで特徴づけられる。ベディネラ目はこれまでに葉緑体や TENTAKUL の有無などに基づいて 7 属に分けられているが、形態などの情報に乏しく、属や種レベルでの分類が混乱している。

茨城県酒沼から汽水産のベディネラ目藻類を単離した。本種の特徴は、細胞前端的 TENTAKUL、コイルする柄、3 個の葉緑体を持つことで *Pedinella tricostata* (Rouchijajnen 1966) の原記載によく一致する。しかし 18S rDNA・*rbcL* の分子系統解析は、本種と *Pedinella* を含む他のベディネラ目藻類との間の類縁性を支持しなかった。分子系統解析の結果と、基物付着能を欠きコイルする柄という特徴を持つことから、本種はベディネラ目の新属と判断される。Thomsen (1988) は *Ped. tricostata* を *Pseudopedinella* 属に移すことを提唱した。しかし彼が研究に用いた株は、TENTAKUL を欠くことと柄がコイルしない点で *Ped. tricostata* と異なっており、未記載種であると思われる。

(*:筑波大・生物、**:国環研)

A07 ○佐々木秀明*¹・S. Lindstrom*²・J. R. Waaland*³・
川井浩史*⁴: 紅藻 *Orculifilum denticulatum* (カクレイ
ト目) に内生するアナメ属(褐藻コンブ目)の配偶体

コンブ目の種は、巨視的な孢子体と微視的な配偶体との間で異型の世代交代を行うが、配偶体の自然下での生態についての知見はきわめて限られている。最近、Garbary ら (1999) は太平洋北東岸において、コンブ目の種の配偶体がさまざまな紅藻類の藻体に内生していることを報告したが、その種を同定するには至っていない。一方、著者の一人はこれと近接する海域において、紅藻カクレイト目リュウモンソウ科の一種 *Orculifilum denticulatum* に内生する糸状褐藻を採集した。この内生藻は分散生長する単列糸状で、細胞内にはピレノイドを欠く多数の葉緑体を含んでいたが、形態学的な観察、培養による生活史の研究からはその分類学上の帰属は明らかにならなかった。しかし、今回 *rbcL* 遺伝子とリボソーム DNA の ITS1 領域による分子系統学的な解析を行った結果、本種はコンブ目コンブ科アナメ属の一種 *Agarum fimbriatum* の配偶体であるとの結論に達したので、その結果につき報告する。また、この解析の過程で、コンブ目の種のうち孢子体の葉上に規則的な穴を生じるアナメ属、スジメ属、キクイシコンブ属の 3 属が単系統であることが示され、この形質は三者の共通の祖先で一度だけ進化した可能性が高い。

(*¹ 神戸大・自然科学, *² プリティシユコロソピア大・植物, *³ ワシントン大学・植物, *⁴ 神戸大・内海域セ)

A06 ○上井進也・小亀一弘・増田道夫: 日本産褐藻
Elachista nigra と *E. orbicularis* の分類について

ナミマクラ属の一種 *Elachista nigra* と本種に形態的に類似している *E. orbicularis* との関係について形態学的観察および分子系統学的手法を用いて検討を行った。*Elachista nigra* と *E. orbicularis* は体長 1 cm 以下の小型の褐藻で、直立系は基部付近で癒合して半球体を形成し、そこから単列・無分枝の同化糸を多数伸ばす。*Elachista nigra* が基部半球体内部の直立系の細胞からも複子嚢を頻繁に形成するのに対し、*E. orbicularis* は匍匐糸からのみ複子嚢を形成する点で区別されてきたが、これまでこれら 2 種が詳細に比較されたことはなかった。

今回日本各地から採集した標本の中には、典型的な *E. nigra* あるいは *E. orbicularis* の特徴を持つ藻体に加え、これら 2 種の中間型といえる非常に稀に同化糸下部から複子嚢を形成する個体も採集された。これら *E. nigra*, *E. orbicularis* および中間型の藻体の同化糸の細胞のサイズには違いが見られず、側糸や藻体基部の形態にも違いがなかった。これらの藻体の分子系統樹を nrRNA 遺伝子の ITS2 領域にもとづき構築すると、*E. nigra*, *E. orbicularis* および中間型はそれぞれクレードを組むことはなく、複子嚢の形成パターンは種を区別する形質としては認められなかった。よって *E. orbicularis* を *E. nigra* のシノニムとする。挿入/欠失および塩基置換の比較から、日本沿岸に分布する *E. nigra* 個体群の ITS2 領域は日本海側と太平洋側で異なっていることがわかった。(北海道大学・理学研究科・生物科学)

A08 ○金聖浩*¹・川井浩史*²: イシモズクとクサモ
ズク(褐藻, ナガマツモ目)の分類上の関係
の再検討

イシモズク属 *Sphaerotrichia* は北半球の温帯域に広く分布するが、その種レベルの分類に関しては議論があった。本属にはこれまで 6 種が記載され、Zinova (1958) は主に形態的特徴からこのうち 3 種 (*S. divaricata*, *S. disessa*, *S. firma*) を認めているが、Peters ら (1993) は *S. divaricata* 1 種だけを認め、種内に 2 つの生殖的に隔離された群の存在を報告している。一方、本邦でははじめ岩上生のイシモズクと他の藻類に着生するクサモズクが区別されていたが(岡村 1936 など)、稲垣 (1953, 1958) は両者を同一種とした。

今回、本邦産のイシモズク(広義)につき、ルビスコ遺伝子の介在配列, rDNA の介在配列 (ITS-1, -2, IGS) の塩基配列による分子系統学的な解析を行った結果、岩上生のもの(狭義のイシモズク)とホンダワラ類に着生するもの(クサモズクと呼ぶ)の 2 つのグループに明らかに分かれることが示された。ここではその解析結果と形態学的な比較の結果につき報告する。またこれは前回の大会で報告したナガマツモに続く 2 例目の rDNA IGS 領域を用いた分子系統解析であり、本領域と ITS 領域との進化速度の違いにつき議論する。

(*¹ 神戸大・自然科学, *² 神戸大・内海域)

A09 ○長谷川和清, 田中次郎: ウ斯巴ヤハズ (褐藻, アミジゲサ目) の分類学的再評価

ウ斯巴ヤハズ *Dictyopteris punctata* Noda の胞子体及び雌雄配偶体を, 新潟県柏崎市薬師堂海岸で2000年8月に採集した。本種はNoda (1973) がウラボシヤハズ *D. polypodioides* との胞子囊の分布の違いから柏崎市番神産の標本に基づいて記載したが, ウラボシヤハズのシノニムとする見解もある (吉田 1998, 吉田ら 2000)。

今回採集した藻体を観察したところ, 胞子囊の分布はNoda (1973) の記載と一致したが, 一部の形質について異なる結果を得た。藻体は高さ16 cmに達し, 主に二叉分枝をして不定分枝は少ない。枝は下部では線状で幅10~18 mmになり, 上方に向かうにつれてわずかに広がる。中肋部の内層は中心部分を上下に細長い細胞が占め, その周囲にはより大型の細胞が配列する。中肋は体中部の幅14 mmの枝では, 厚さ500 μ mに達する。翼部は内層を欠き, 中肋付近から2細胞層になるが, 縁辺は幅1.3~2.6 mmにわたり1層となる。毛叢は翼部全体に散在するが, 毛は長くならない。胞子囊は直径150~200 μ mになる。胞子囊及び生卵器はともに, 翼部に散在して生殖器官群を形成しない。造精器は密集して中肋周辺に小斑状の造精器群をなす。

今回の観察結果から, ウ斯巴ヤハズは胞子囊の分布に加え, 翼部の縁辺が1細胞層からなる特徴によりウラボシヤハズとは区別できることが明らかになった。したがって, ウ斯巴ヤハズは独立した種として扱われることが妥当と考えられる。 (東水大・藻類)

A11 ○福島博, 小林艶子: ダム湖の植物プランクトンの現存量と優占種の経年変化

あるダム湖の湛水前の河川状態、試験湛水開始3年目、同6年目より22年目までの17年間ダム湖の2地点で0m, 0.5m, 2.5m, 5m, 10m, 25m層の植物プランクトンの調査を年4回行った。

試験湛水開始17年目までの、試験湛水開始からの年度、その年度の植物プランクトン現存量最大値 (細胞/ m^3)、その月、優占種を比較した。現存量最大値は異常発生時を除き試験湛水開始5年までは数十程度、5~10年は数百程度、10年以上は数千程度に段階的に増加している。植物プランクトンの現存量だけから推定するとそれぞれ貧栄養湖、中栄養湖、富栄養湖と判定できる。

ダム湖では普通湛水開始数年で初期富栄養化が見られるが、本湖でも8年目の8月に *Dysmorphococcus variabilis* と *Peridinium sp.* による淡水赤潮現象が発生した。

現存量の最大値を示す時の優占種は試験湛水開始8年目までは珪藻であるが、9年目より緑藻、黄色ペン毛藻、渦ペン毛藻、珪藻が交代で出現するようになり、14年目以降は主として緑藻が優占種になっている。この遷移はHutchinson (1967) が示した湖沼の植物プランクトン優占種の遷移にほぼ似ている。

(藻類研究所)

A10 ○中山 剛, 井上 勲: *Halochlorococcum* 属 (アオサ藻綱) の微細構造と系統的位置

Halochlorococcum 属は単細胞不動性の緑色藻類で, 沿岸域に生育している。本属を含め単細胞球形の緑色藻類は、伝統的な分類体系ではクロロコックム目にまとめられる。しかし生活史の特徴や生育環境から, アオサ藻綱ヒビミドロ目に分類すべきとする意見もある。そこで本研究では, *Halochlorococcum* 属の微細構造と18S rDNA塩基配列を調査し, その系統的位置について考察を行った。

沖縄県西表島で採集した *Halochlorococcum* 属の一種について, 鞭毛装置を含む遊走子の微細構造を観察したところ, 基底小体の配置, 鞭毛根の特徴, 鱗片の存在などアオサ藻綱ヒビミドロ目と一致する特徴が多く見られた。しかし基底小体に付随する構造など, アオサ目に類似する点も存在した。近年の分子系統学的研究は, ヒビミドロ目とアオサ目が近縁であり, 緑色植物の中で独立したクレードを形成していることを示しているが, *Halochlorococcum* 属もこのクレードに含まれた。さらにクレード内で本属は原始的な位置にあり, ヒビミドロ目よりもむしろアオサ目に近縁であることが示唆された。本種は明らかにアオサ藻綱の一員であり, その系統的位置はヒビミドロ目とアオサ目の中間的な位置にあると考えられる。

(筑波大・生物)

A12 ○吉武佐紀子*, 福島博**: 秋田県泥湯温泉の藻類植生

2000年11月に秋田県泥湯温泉の藻類植生を調査し, 15本の試料を採集した。本講演では優占種と環境要因の関係を論じる。

pH: 1.2より6.5に分布していた。pH3.4より強酸性の水域は *Pinnularia brauniana* (含, *P. b. var. amphicephala* 以下同じ) が優占種であった。ただしpH2.1の地点は *Cyanidium cardarium* が優占していた。それよりpHの高い水域の優占種は以下のものであった。pH4.3: *Ochlonomas sp.* (palmella stage), pH5.8: *Gomphonema parvulum*, pH6.5: *G. parvulum*, pH6.5: *Phormidium sp.*

水温: 11.2~59.3°Cに分布していた。その中で藻類の発育の見られなかったのは59.3°Cと53.1°Cの2地点で、今回藻類の発育していた最高水温は47~52°Cでその優占種は *P. brauniana* であった。 (*湘南短大, **藻類研)

A13 ○板倉 茂・山口峰生 呉湾海底泥中に存在する
Alexandrium tamarense シストの発芽特性

【目的】 有毒渦鞭毛藻類 *Alexandrium tamarense* 栄養細胞出現の季節性に及ぼすシストの役割を明らかにすることを目的として、呉湾の1測点で連続調査を行い、海底泥中に存在する *A. tamarense* シストの発芽率、発芽に要する日数および自家蛍光特性の季節変化を把握した。

【方法】 1994年6月～1997年6月にかけて、呉湾に設定した1測点(水深約25m)で、毎月採水と採泥を行い、海水中の *A. tamarense* 栄養細胞の出現密度を把握すると同時に、採取した海底泥からシストを分離・培養した。シストの分離はいずれも調査当日に行い、調査時の現場底層水温と同じ温度条件下で培養を開始した。培養開始後は毎日、発芽の有無とクロロフィル a に由来する自家蛍光の観察を行った。

【結果】 *A. tamarense* の栄養細胞は、毎年3月～5月のみ観察された。シストの発芽率は12月から4月にかけて比較的高く(約50%以上、底層水温=10.0～16.5℃)、発芽に要する日数は平均10.2日(n=455)であった。一方、6月から11月にかけての期間はシストの発芽率が低く(0～40%、底層水温=14.6～25.1℃)、特に9月には全くシストの発芽が観察されなかった(底層水温=23.6～25.1℃)。シストは発芽の数日前からクロロフィル a の赤色自家蛍光を発し始めた。また、培養水温と発芽率の関係から、シスト発芽には Temperature window と呼ばれる適温域があることが確認された。(瀬戸内水研)

A15 ○岩滝光儀*1・高山晴義*2・松岡数充*3・福代康夫*4: 有殻渦鞭毛藻 *Heterocapsa* 属の2未記載種について

Heterocapsa 属は海産有殻渦鞭毛藻類の一群で、沿岸域における普通種として知られてきた。しかしここ十年来、西日本沿岸において *H. circularisquama* 赤潮が二枚貝大量斃死を引き起こすようになり、有害プランクトンの一群として注目されるようになっていた。被害対策として赤潮モニタリング等が行われているものの、*H. circularisquama* 類似種も観察されることが同定を困難にしている。

本研究では、日本沿岸に出現する *Heterocapsa* の外形形態・鍍板配列・細胞鱗片の比較を行った。その結果、鍍板配列とヒレノイドを持つことから *Heterocapsa* と同定された種の中には、既報種である *H. circularisquama*, *H. niei*, *H. rotundata*, *H. triquetra* の他に、上殻が下殻より大きく細胞後端が尖る種 (*Heterocapsa* sp.1), 上殻と下殻の大きさは等しく、比較的小型である種 (*Heterocapsa* sp.2) が確認された。細胞鱗片の観察では、*Heterocapsa* sp.1 は六角形の基部からなる鱗片、*Heterocapsa* sp.2 は円形の基部からなるために *H. circularisquama* に似るが、肋線が縁まで届かない鱗片を持っていた。細胞鱗片の形態から、これらの2種は未記載種であることを確認した。(*1 東大・農・水圏生物、*2 広島水試、*3 長崎大・水産、*4 東大・アジアセンター)

A14 ○今井一郎*・砂原隆志*・藤丸大輔*・西垣友和*・西川哲也**・堀 豊** : 播磨灘における赤潮ラフィド藻シャットネラ、植物プランクトンおよび殺藻細菌の変動

近年、赤潮の消滅過程における殺藻細菌の重要性が認識されつつある。しかし、現場海域での赤潮生物と殺藻細菌の動態についてはまだ研究が少ない。本報では1997～1999年の3カ年の夏季に、播磨灘の北部、姫路沖に設けた調査地点(NH3:水深約20m)において殺藻細菌とシャットネラの動態を調べ、他の植物プランクトンの動態との関連も併せて検討した。採水は原則的に毎週1回、水深0.5m, 10m, および海底上1mより行った。シャットネラ (*C. antiqua* と *C. marina*) は採水当日中に計数した。またクロロフィル a とフェオフィチンも測定した。総細菌数は DAPI 染色と射影蛍光顕微鏡による直接検鏡法に拠った。殺藻細菌 J18 株の検出と計数は、間接蛍光抗体法を基本とした。シャットネラの出現状況を見ると、1997年は7月5日の表層で最高70細胞/ml、1998年は7月13日の中層で最高21細胞/ml、1999年には7月5日の表層に最高213細胞/ml 検出されたが、何れの年もその後速やかに消滅した。総細菌数は、どの年も概ね $1 \times 10^6 \sim 5 \times 10^6$ 細胞/ml の間で変動した。細菌 J18 株の細胞数はシャットネラの消滅直後に増大し、1997年は7月14日の中層で1300細胞/ml、1998年は7月13日の底層で890細胞/ml、1999年は7月19日の中層で977細胞/ml の最高値を各々記録した。また本菌は植物プランクトン量の推移に連動して変動した。以上から殺藻細菌 J18 株は、シャットネラ赤潮の崩壊に関与するのみでなく、植物プランクトン群集を一定範囲内の生物量に抑える、恒常性維持にも関わっている可能性が示唆された。(京都大・農、**兵庫水試)

A16 ○季 瑛・田中次郎: 潮間帯の海藻の乾燥による光合成と呼吸の変化

潮間帯に生育する海藻は潮汐により毎日周期的に干出、水没を繰り返す。乾燥が海藻におよぼす生理的变化を明らかにするために、潮間帯および潮下帯に生育する12種を材料とし、失水速度と干出時の光合成及び呼吸速度の変化を赤外線分析装置を用いて測定した。

その結果、失水速度はほとんどの種ではほぼ直線的に低下した。しかし外形、内部形態により種ごとに大きく異なり、スサビノリやアナオサのような膜状の藻体では急速に、ヒジキなどの円柱状の藻体では緩やかに低下した。また潮間帯下部の種が必ずしも保水力が低いとはいえず、生育する潮間帯の高さと失水速度は無関係であることが明らかとなった。

干出に伴う光合成速度の変化は3つのパターンに分けられる。(1) 初め上昇し、後に緩やかに低下する種、(2) あまり低下しない種、(3) 急激に低下する種、である。暗呼吸速度の変化は光合成速度と同様、初め上昇し、その後低下する種が多いが、低下の程度は光合成ほど急激でない。干出にともなう光合成および暗呼吸の変化のパターンは種により異なるが、潮間帯の高さに関係なく、低下の速い種と遅い種がある。保水力と干出に伴う光合成および呼吸の低下速度には負の相関がみられた。保水力の低い種ほど一定時間乾燥後の活性が低い傾向がある。

干出に適応する能力が潮間帯の生育位置と関係があるとされるが、本研究の結果、各種の生育位置と干出時の光合成の維持能力との関係は認められなかった。

(東京水産大学・藻類)

A 17 ○杉原靖之, 藤田善彦: 珪藻の光合成
光捕獲色素系の光質適応現象

珪藻の光合成光捕獲色素系のサイズが照射光と補色関係で制御される事を示唆する報告が過去に散見する。我々は青色光を含む弱い生育光の下で光捕獲色素系のサイズが大きくなり、赤色光の下で小さくなる事を数種の珪藻株で確認した。その中で最も変化の大きかった *Phaeodactylum tricornutum* について光生理学的方法により青色光効果の仕組みを解析し以下の結果を得た。

(1) 青色光を含む蛍光灯光下で光捕獲系は最大となるが約 480nm より短波長光を除くとその効果は著しく減少する。

(2) 600nm の赤色光から 660nm より短波長成分を除くとサイズは最小となる。従って、光効果は青色光領域に強い作用極大と赤色域に弱い作用極大を持つ事が推定された。*Chaetoceros sp.* での予備的な作用極大の検索は青色光領域の極大は 400nm と 480nm の間にあることを示した。

(3) また Chl の合成を 2,2'-dipyridyl により Mg が配位する反応段階で不完全阻害すると青色光の効果は消失した。

以上の結果は Pchllide 光還元が関与している事を示唆しており、いわゆる yellow line の藻類の Chl 合成系にも Pchllide 光還元酵素が機能している事をも示唆する。
(福井県立大学・生物資源)

A 19 矢部和夫: 紫外線吸収物質の組織染色について

目的 紅藻類中に存在する 320-360 nm 付近に吸収極大を有する紫外線吸収物質 mycosporine-like amino acids が藻体のどの部位に存在するのかについて、これまでに何も確認されていない。本化合物の生理・生態学的研究を進めるにあたり、その存在している部位の確認が必要である。

方法 mycosporine-like amino acids の一つ palythine は、その化学構造を決定するときに、アルカリで分解すると、フェノール性の OH 基の生成することが明らかになっているので、このフェノール性化合物の性質を利用して、塩化第 2 鉄での染色を行った。その後、塩化第 2 鉄および赤血塩での染色を行った。

結果 palythine ▶ P-297 ▶ P-208 の結晶を水に溶解し、塩化第 2 鉄水溶液を添加すると p-297 と p-208 では赤褐色に、フェノールは blue に呈色した。この反応を利用して海藻類の組織を染色したところ、コンブ、フジマツモ等の表面は赤褐色に、NaOH で処理したアカバでは若干赤褐色に染色されることが解った。しかし、この方法では、紫外線吸収物質の存在する部位を明確に確認するにはいたらなかった。

次に、塩化第 2 鉄および赤血塩での呈色反応で、紫外線吸収物質の結晶の水溶液は blue に呈色することが確認された。その呈色反応は水溶液でも、ろ紙上でも利用できることが解った。この反応を応用して紅藻アカバの組織を染色した結果、表面近くの細胞が強く染色された。

(北海道東海大学・工学部 矢部 和夫)

A 18 ○村上明男*・川井浩史*・三室守** : 紅藻の
光化学系の構築とその調節 1. 低温蛍光特性

紅藻は主要な光合成アンテナ色素としてラン藻と同様にフィコビリナンパク質を持つ。紅藻の体色は紅、赤、紫、緑などと表現されているように、種間での色の差が顕著で、また同種内でも色の変異や変化が大きい場合がある。これは、色素組成が種間で厳密に区分されていること、またアンテナサイズや光化学系の量が光などの環境要因に応答して調節可能であることを意味している。

演者らは紅藻類の光化学系の構築とその調節の解析を始めた。まず淡路島周辺で採集した数種の真正紅藻類(オキツノリなど)の低温蛍光スペクトルについて調べたところ、特異な変異があるものが見つかった。光化学系 2 クロロフィル *a* 由来の蛍光成分 (F685, F695) は全ての個体で観測され、個体間での差がほとんど無かった。これに対し、光化学系 1 クロロフィル *a* に由来する蛍光波長領域 (700~750 nm) において、ラン藻から陸上植物の間で共通な蛍光成分 (F720) 以外に新規の蛍光成分 (F740) が検出され、その強度は個体間で顕著な差がみられた。この新規の蛍光成分について、各光化学系の分子構築や色素組成などとの関連を議論する。

(*神戸大・内海域セ, **山口大・理・自然情報)

A 20 長島秀行: 温泉藻の生育に対する
金属イオンの影響

温泉にはバクテリアやカビなどの微生物のほか、微細藻類が生育しているが、それらの分布は、光条件や泉温、pH、温泉成分により影響を受けている。演者らは、これまで、酸性温泉より紅藻イデユコゴメ *Cyanidium caldarium* やガルディエリア *Galdieria sulphuraria* 等の単細胞藻類を分離し、温度や pH の影響について調べてきたが、今回はこれらの藻類に対する温泉成分、とくに金属イオンの影響について報告する。培養は硫酸アンモニウム $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ などを含む無機培地を硫酸で pH2.5 に調整したものを基本培地として用い、3,000Lux の光を照射し、40℃ で振とう培養して細胞の増殖量を求めた。その結果、イデユコゴメでは塩化アルミニウム AlCl_3 の他、硫酸銅 CuSO_4 、塩化カドミウム CdCl_2 を各種濃度で添加して培養したところ、10mM の Al イオン、5mM の Cu イオンの濃度まで耐性があったが、0.1mM の Cd イオンでは大きく阻害された。ガルディエリアでは 0.1~10mM Al イオン、0.1~1mM Cu イオンでむしろ促進され、Cd イオンでは 10mM まで耐性があった。(東京理科大・理)

A 21 ○桑野和可・元津義貴：ヒラアオノリの初期発生における細胞分裂時刻と頻度

ヒラアオノリの初期発生における細胞分裂の頻度と日周期性について検討した。ヒラアオノリ(MGEC-1株)の培養藻体から配偶子を放出させ、スライドグラス上に着生させた。これを20°C, 14時間明期(5:00~19:00):10時間暗期(19:00~5:00)の日周条件下で培養した。同一20個体を1週間にわたって観察した結果、大部分の細胞は3日後に、残りは4日後に最初の細胞分裂を行った。分裂率は個体によって異なり、個体あたりの細胞数は7日後には最大で81, 最小で25となった。3日間または6日間培養した藻体を1日を通して1~2時間ごとに観察した結果、24時付近で分裂頻度が極大となった。分裂する時刻は21時から翌日10時の間に限られており、特に大きな細胞はこの間に2回分裂した。分裂時の細胞の大きさは一定ではなく、分裂時刻と強い負の相関があった。連続明期下で培養しても分裂率は低下しなかった。以上の結果から、ヒラアオノリの初期発生における細胞分裂には日リズムがあり、分裂が禁止されている時間には、たとえ細胞が分裂するのに必要な大きさに達していても分裂しないよう制御されていることが示唆された。(長崎大・水産)

A 23 ○高野敏志*・五十嵐聖貴**・三上英敏***・日野修次***:浮游性ラン藻 *Phormidium tenue* の糸状体密度増加とケイ藻現存量の減少との関連付け

北海道茨戸湖では、1997年から、夏季、初秋季の *Phormidium tenue* の糸状体密度が高くなり始め、最高で9000 fil.・ml⁻¹を超えるようになった。一方では、同時期のケイ藻の現存量が1997年から減少し続けている。1995年から2000年の *Pho. tenue* の糸状体密度(対数変換)とケイ藻現存量の間には強い負の相関が認められ($\gamma^2=0.976$)、両者の間には拮抗作用がある可能性が示唆された。このことを裏付けるため、5, 8, 10月の湖水をゲルマニウム(Ge)添加によりケイ藻の成長を阻害して培養し、藻類種の細胞(糸状体)密度の変化を観察した。その結果、5, 8月の湖水について、*Pho. tenue* の糸状体密度がGe添加の方が添加しないものよりも培養3~6日後の段階で高く、有意差が認められた。よって、ケイ藻が *Pho. tenue* の成長を阻害する作用を持つことが示唆され、今後、阻害作用を立証し、その機構を解明する必要がある。

(*北海道衛生研, **北海道環境研, ***山形大学・理)

A 22 ○石樋由香*・横山寿*・山田佳裕*・鯉坂哲朗**：五ヶ所湾産ホンダワラ類藻体内の炭素安定同位体分布

物理化学的な過程において生じる軽い同位体分子と重い同位体分子の反応速度の差によって、安定同位体は規則的な分布を示す。この性質を利用して天然のトレーサーとしてさまざまな生態システムの解析に利用されている。植物プランクトンの炭素安定同位体比($\delta^{13}C$)は、光合成に用いられる基質の同位体組成と光合成活性の違いによって、地域的に特徴のある値を持つことが知られている。我々は、内湾では植物プランクトンとともに主要な一次生産者である海藻類について、藻体内の炭素安定同位体の分布とその季節変化を明らかにすることを目的として調査を行った。

五ヶ所湾内の養殖研究所占水面においてガラモ場を構成する主要な海藻(褐藻21種, 紅藻10種, 緑藻3種)を1998年と2000年の4月に採取した。調査地点において優占したホンダワラ類(アカモク, マメタワラ, ヨレモクモドキ)については、詳細に藻体内の分布を調べるため、1998年9月から1999年6月まで、毎月1回基部から50cm毎に主枝と側枝(気胞, 葉状部)をそれぞれ採取し、 $\delta^{13}C$ を測定した。

測定した海藻類34種の $\delta^{13}C$ 全測定値は-32.9~-4.2‰の範囲にあった。ホンダワラ類の $\delta^{13}C$ 値は、葉や気胞の値が主枝より高く、また藻体上部ほど高い傾向がみられた。また成熟期よりも成長期の $\delta^{13}C$ 値の方が高かった。ホンダワラ類についても、光合成活性が炭素安定同位体比を変化させる大きな要因となっていることが考えられた。藻体の炭素安定同位体比が光合成の時間的な累積を示すパラメーターとなる可能性が示された。

(*養殖研, **京大・農・応用生物)

A 24 ○佐藤征弥, 平地義伸, 吉岡愛, 小林真紀, 小山保夫: 微細藻類におけるチオール量と水銀耐性ととの相関

多くの生物種において細胞中にはグルタチオンやシステインなどフリーのSH基を持つ低分子(nonprotein thiol)が豊富に存在し、それらが解毒や酸化ストレスの解消に関与している。しかし、微細藻類におけるnonprotein thiolの含量に関する報告は *Euglena* で概算されているのみである。そこで今回5種類の微細藻類(ブラシノ藻類 *Tetraselmis tetraathele*, 紅藻類 *Porphyridium purpureum*, ハプト藻類 *Pleurochrysis carterae*, *Isochrysis* sp, *Pavlova* sp)におけるグルタチオン及びシステインの含量を測定した。その結果、これら5種のnonprotein thiol濃度は還元型グルタチオンが0.13-1.25 mMに、システインが0.66-12.0 mMに分布し、種によって大きく濃度が異なっていた。そしてnonprotein thiol濃度の低い種ほど酸化型分子の占める割合が高くなっており、細胞内で生じる酸化ストレスの影響を受けやすいと推察された。次にnonprotein thiol量と重金属に対する耐性ととの関係について調べることを目的として、FDA染色とフローサイトメトリーを組合わせた方法を用いて、塩化水銀に対する感受性を測定した。その結果、3hの塩化水銀処理における5種のEC50は0.16-1.9 μ Mに分布し、nonprotein thiol濃度との相関関係も確認された。また、塩化水銀処理後24hにおいて *Tetraselmis* と *Porphyridium* ではEC50が3hより顕著に低下していたが、ハプト藻類3種では変化しないかあるいは増加していた。

(徳島大学・総合科学)

A 25 ○上野雄介, 吉永郁生, 内田有恒; 灰色植物
Cyanophora paradoxa のラン藻型シグマ因子

灰色植物の葉緑体は、ペプチドグリカン層を含む二重の包膜を有するなどの特異な形態的特徴を持ち、ラン藻が共生して葉緑体に進化した初期の特徴を残しているのではないかと考えられている。灰色植物の葉緑体ゲノムや核ゲノム上の遺伝子の系統解析からも灰色植物が葉緑体進化の最初の枝分かれであることが示唆されている。それゆえ、灰色植物の葉緑体遺伝子の発現調節機構を解明することは、葉緑体の起源を考察するうえで有意義であると考える。

本研究では、葉緑体遺伝子の転写に機能している原核生物型 RNA ポリメラーゼのサブユニットの一つであるシグマ因子に着目し、灰色植物 *Cyanophora paradoxa* のシグマ因子遺伝子の検索、クローニングおよび塩基配列の決定を試みた。このラン藻型シグマ因子は、これまでに緑色植物および紅色植物でのみ報告されており、いずれも核ゲノムにコードされている。

まず、*C. paradoxa* 藻体より全 RNA を抽出し、ラン藻のシグマ因子遺伝子の塩基配列を基に設計したプライマーを用いた RT-PCR によって、遺伝子の増幅を試みた。その結果、ラン藻のシグマ因子と相同性の高い 2 種類の増幅断片が得られた。この部分配列を基にして、3' RACE 法および 5' RACE 法を用いて 2 種類のシグマ因子様遺伝子の全塩基配列を決定し、それぞれを *sigA* (1293 bp) および *sigB* (1281 bp) とした。データベース中の類似の遺伝子情報をまじえて系統解析をした結果、得られた *sigA* は、紅色植物 *Cyanidium caldarium* の *sigA* と比較的近縁であり、一方 *sigB* は、*C. caldarium* の *sigB* および *sigC* とクラスタリングした。現在、その発現機構を解析中である。(京都大学・農学研究所)

A 27 ○深谷 幸子*, 大嶽 勇**, 本多大輔*,
左子 芳彦***;

Chattonella verruculosa の微細構造解析と
分子系統解析による分類学的再検討

ラフィド藻綱 *Chattonella verruculosa* は国内では瀬戸内海沿岸部で見られ、赤潮原因藻として知られている。

今回、*C. verruculosa* (NIES-670株) の微細構造を電子顕微鏡により詳細に解析した結果、その鞭毛基部にラフィド藻綱では観察されない proximal helix を有することが明らかになった。本構造はディクティオカ藻綱、ペラゴ藻綱と *Sulcochrysis biplastida* (Honda et al. 1995, Phycol. Res. 43:1-16) でのみ報告されている。また 18S rRNA 遺伝子による分子系統解析の結果、*C. verruculosa* はラフィド藻綱ではなく *S. biplastida* と姉妹群を形成し、さらにそれらはディクティオカ藻と単系統群を形成した。以上より、*S. biplastida* と *C. verruculosa* は 1 本鞭毛で特徴づけられるディクティオカ藻の中で、2 本鞭毛を有する新たなグループとして認識することが出来た。形態と系統の両面より、*C. verruculosa* は他の *Chattonella* 属藻類とは明らかに異なることから、新属を設立する必要がある。

(* 甲南大・理・生物, ** アサヒビール, *** 京大院農)

A 26 ○野崎久義*・大西啓介*・森田詠子**; 緑藻綱
クロロモナス系統群の複数葉緑体遺伝子の比較分
子系統に基づくピレノイド構造の分子進化的基盤

ピレノイドは CO₂ 固定酵素 Rubisco を主成分とする藻類が一般的にもつ葉緑体内構造で、その有無や数等が緑藻類では属や種の形態分類学的識別基準となっている。しかしながら、ピレノイド構造の多様性をもたしている分子レベルの基盤は現在のところ全く不明な状態である。最近我々はピレノイドを欠く単細胞性緑藻 *Chloromonas* とそれに近縁な *Chlamydomonas* 計 11 株 (クロロモナス系統群) の中でピレノイド消失等の形態的進化が CO₂ 濃縮機構の生理的進化と相関して起きている事を推測した (Morita et al. 1999, Planta 208: 365)。前回の本大会では本系統群における Rubisco 大サブユニット *rbcl* のアミノ酸の高い置換率を報告した (大西他 2000)。

今回、クロロモナス系統群 10 株を含む計 53 株の緑藻綱の "CW group" (主にボルボックス目から構成される) および外群となる "DO group" 2 株 (*Scenedesmus*, *Pediastrum*) の *rbcl* 遺伝子 (1128bp)、*atpB* 遺伝子 (1128bp) および *psaB* 遺伝子 (1392bp) を分子系統学的に解析し、これらの結果を相互に比較した。その結果、外群からのクロロモナス系統群の *rbcl* のアミノ酸置換率 (33.4±5.2) は他の "CW group" (16.8±4.3) の約 2 倍であった。また、クロロモナス系統群内部の *rbcl* 遺伝子に基づく 50% 以上の信頼度で支持される系統関係は *atpB* および *psaB* 遺伝子に基づくものと基本的に矛盾する点が認められ、矛盾点は本系統群内部のピレノイドの有無に関連した *rbcl* のアミノ酸置換と相関する事が示唆された。これらのアミノ酸置換は Rubisco 分子の活性部位とは異なる位置に分布する事が予想された。

(* 東京大学・理学系・生物, ** 国立感染症研究所)

A 28 ○Sang-Hee Lee, Taizo Motomura, and
Terunobu Ichimura: 海産多核緑藻ツクノイト
ケバ (*Derbesia tenuissima*) の配偶子形成
過程での葉緑体 DNA 及びミトコンドリア DNA の
母性遺伝

海産多核緑藻ツクノイト属 (*Derbesia*) は雌雄異株であり、雌雄両配偶体は共に中央部に巨大な液胞を有する球状体である。また、栄養生長期においては核や葉緑体などの細胞小器官の大きさや形に雌雄の差異は認められない。しかし、成熟と共に形成される雌雄配偶子は顕著な異型性を示す。本研究ではツクノイトケバ (*Derbesia tenuissima*) 配偶体の雌雄配偶子形成過程における核や細胞小器官の形態変化及び DNA の挙動を蛍光顕微鏡と電子顕微鏡を用いて調べた。雌雄両配偶子形成は共に、配偶子放出の約 32 時間前、配偶子嚢が形成される予定領域に核や葉緑体及びミトコンドリアなどの細胞質が集まることによって始まる。雄性配偶子嚢では放出の約 24 時間前に核の凝縮と葉緑体の小型化 (ピレノイドとチラコイドラメラの退化及び葉緑体 DNA の消失) が観察される。しかしながら、放出約 24 時間前の雌性配偶子嚢の核は凝縮せず、葉緑体も分裂により小型化するもののピレノイドとチラコイドラメラの退化及び葉緑体 DNA の消失は観察されない。配偶子放出約 16 時間前の雌雄両配偶子嚢では細胞質分裂が起こり個々の配偶子が形成され始まる。この時、雄性配偶子嚢では葉緑体 DNA 並びにミトコンドリア DNA は観察されない。配偶子放出約 8 時間前には配偶子形成はほぼ完了する：雄性配偶子は凝縮した 1 個の核、1 個から 3 個の葉緑体、1 個のミトコンドリアを持つ。雌性配偶子は 1 個の核、約 7 個の葉緑体、多数のミトコンドリアを持つ。雌性配偶子では葉緑体とミトコンドリアの DNA は消失しているため、ツクノイトケバの接合子では雌性配偶子由来の葉緑体とミトコンドリアのみが機能する。

(北大・理・海藻研)

A29 石川依久子： 戦中国策映画 「戦争と海藻」

第二次大戦の終結を間近にした昭和19年、国民の戦意高揚のために内務省による国策映画が作られた。その一つが「海藻と戦争」という映画であった。

当時、国民学校学童であった演者は、昭和20年6月に全校生引率のもとにこの映画を観た。

近年、この幻の映画を探し続けたが、平成12年秋に、思いがけずこの映画と再開することができた。

輸入による軍需物資がすべて底をついた日本が、残されたわずかな国内資源から何とか戦争機材を生産しようとした窮余の策として、海藻からカリを生産することに着目し、国民挙げてカジメをとることを当時の内務省が奨励した。このことが、この映画、およびその背景から明らかにされた。

この映画をもとにして、当時のカリ生産の状況や海藻に対する国民意識などを調べたので報告する。

B01 ○森田晃央・倉島彰・前川行幸：ワカメ及びヒロメ幼孢子体の生長におよぼす水温の影響

ワカメとヒロメの異なる分布を限定する要因はこれまで水温であると考えられてきた。そこで、演者らは配偶体の生長と成熟に関する温度特性を明らかにし、配偶体の成熟適温の差が分布域を限定する一要因であることを2000年度藻類学会で発表した。今回は両種の幼孢子体についても生長に関する温度特性を明らかにすることができたので報告する。

培養は光強度 $100\mu\text{E m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 、水温 $5\text{-}30^\circ\text{C}$ の 5°C 間隔及び $10\text{-}15^\circ\text{C}$ 、 $25\text{-}30^\circ\text{C}$ の 1°C 間隔の条件下で8日間行った。幼孢子体は保存培養していた配偶体を成熟させ、 $2\text{-}3\text{cm}$ に生長したものをを用いた。生長倍率は、培養開始時の幼孢子体の面積を1として、1日おきに面積を測定し生長を評価した。

幼孢子体の生長適温は、両種共に 20°C であった。一方、生育限界温度は、高温側ではワカメが 27°C であるのに対しヒロメは 26°C であり、低温側ではワカメが 5°C 以下まで生育できるのに対しヒロメは 15°C までであった。これはヒロメがワカメに比較して高温側の狭い温度範囲のみ生育できることを示している。これらのことから冬の低温時には孢子体の低温側の生育限界温度が、また夏の高温時には配偶体の成熟適温が両種の分布を限定する主要な要因であると考えた。

(三重大・生物資源)

B02 ○村瀬昇*・鬼頭鈞*・水上譲*・前川行幸**：山口県深川湾におけるノコギリモク群落の更新過程

多年生ホンダワラ科植物の群落は、沿岸生態系の一次生産を担い、生物生産を支える重要な役割を果たしている。今回は、山口県深川湾の水深8m付近の岩盤上に広がるノコギリモク群落内に永久方形枠を設置し、1993年から2000年までの約8年間にわたる個体群動態を把握し、その解析結果から群落の更新過程を明らかにすることができたので報告する。

方形枠内では、1995年に数～十数個体の大型藻体が枯死流失し、形成された比較的大きなギャップ内に幼体が加入し、群落更新が開始された（ギャップ相）。それ以外の年では毎年1～数個体の大型藻体が枯死流失し、小ギャップが認められた。ギャップ内での幼体は枯死流失が激しく、個体密度が急激に減少した。一方、残存した藻体は約2年で大型藻体へと生長した（建設相）。約3年以上経過すると個体密度の減少も緩やかになり、大型藻体が優占する群落が形成された（成熟相）。このように、ノコギリモクの群落更新としてはギャップ更新が認められ、年齢構造と分散構造の解析からこの更新周期が4-5年であることが示された。

(*水産大学校、**三重大・生物資源)

B03 ○芹澤如比古*, 井本善次**, 石川徹***, 大野正夫** : 土佐湾におけるカジメ群落の衰退と海水温の上昇

土佐湾ではカジメ(クロメ)群落は東より室戸, 羽根, 安芸, 手結, 田ノ浦地先などに分布し, 土佐湾中央部の手結地先では1980年代に同湾最大規模の面積約180ヘクタールであった。手結地先において1991~2000年に年1~12回のカジメ群落の観察を行うとともに, 同湾の1965~2000年の水温変化について既存の定置水温値をもとに解析した。葉状部が魚類の被食により貧弱となり時には茎部のみとなったカジメは1992年より確認され, カジメ群落は次第に衰退した。2000年7月の調査では住吉港に残存する8個体を除きカジメの生育を確認できず, 手結地先のカジメ群落が消滅したことが明らかとなった。また, それに対応してアワビの漁獲量も減少し, 2000年には皆無となった。土佐湾東端の室戸では過去10年(1991~2000年)の表層水温の平均が過去26年(1965~1990年)の平均に比べ年平均0.7℃(秋季~冬季で0.8℃, 春季~夏季で0.4℃)上昇していた。現在土佐湾で唯一残存するカジメ群落のある土佐湾西部の田ノ浦地先でも, 過去10年の平均水温は過去26年のそれに比べ0.4℃(秋季~冬季で0.5℃, 春季~夏季で0.3℃)上昇していた。土佐湾におけるカジメ群落の衰退は湾東部より発生しており, 室戸岬にぶつかる黒潮暖流の分流が同湾を東から西へと流れることから, 水温の上昇が土佐湾におけるカジメ群落衰退の一因となっていると思われる。

(*東水大・藻類, **高知大・海生セ, ***高知水試)

B05 ○下埜敬紀*1・岩崎望*2・村上明男*3, 川井浩史*3 : 褐藻アミジグサ類に寄生するソコムジンコ類 - 餌としての嗜好性の検討 -

褐藻アミジグサ目の多くの種はテルペン類等の摂食忌避物質を含み, さらに一部の種では細胞内の強酸により動物による被食を免れていると考えられている。しかし小型の甲殻類であるソコムジンコ類の中には, アミジグサ類を餌とし, その藻体内部に営巣することで, 生活史のほとんどをその海藻に依存する種が見られる。このような種は欧州で1種報告されているが, 演者らの研究から日本周辺だけでも少なくとも欧州の種とは異なる3種が見られることが明らかになった。

これら3種を継続飼育し, ささまざまな種のアミジグサ類(培養または自然藻体)を餌として与える実験を行った結果, 1) 自然下で強酸性種のヘラヤハズに寄生していた種は本来の宿主の他, アツバコモングサなど他の強酸性種も摂食・営巣し, 生活史を完結するが, アミジグサでは長期間生存しない; 2) アミジグサに寄生していた種はアミジグサ, サナダグサで飼育可能だが, フクリンアミジやヘラヤハズ等では長期間生存できない; 3) 同じくアミジグサに寄生していた別の種は, これらのいずれの海藻でも飼育することができ, 顕著な嗜好性を示さないことが明らかになった。このようにソコムジンコ類が種によって餌に対して異なる嗜好性を示すことは, 種分化の過程で, アミジグサ類の摂食忌避物質や強酸イオン蓄積に対する適応を進化させてきた可能性を示唆している。(*1神戸大・自然科学, *2高知大・海洋生物セ, *3神戸大・内海域)

B04 ○吉田吾郎*, 内村真之**, 寺脇利信*, 平岡雅規***, 新井章吾*** : 広島湾奥部における浮遊性アオサ類の生態

近年日本各地の干潟・砂浜に打ち寄せられる大量のアオサ類 *Ulva* spp. が問題になっている。アオサ類は内湾域の生態系において重要な役割りを担っており, 本研究では広島湾の物質循環・生物生産におけるアオサ類の寄与を明らかにすることを目的としている。調査地として厳島対岸にあるハーバー内の砂浜域を選定し, 1999年から2000年にかけて同地の浮遊性アオサ類の分布と現存量, 及び藻体の成長量の季節変化と環境要因との関係について調査を行った。2000年にはハーバー内の現存量は春季5月が最大で局所的に2-3kg/m²の堆積が見られた。現存量は9月に最低となり, 冬季に向けて再び増加した。アオサ藻体の日間成長率は水温23-26度の高水温下で大きく, 低水温下では低くなった。現存量と成長量の季節変化には逆の関係が観察された。

(*瀬戸内海水研, **科学技術振興事業団, ***株・海藻研)

B06 ○阿部信一郎*・内田和男*・南雲保**・田中次郎*** : アユの摂食が附着藻類群落の生産力に及ぼす影響

アユの摂食は, 附着藻類群落を珪藻が優占する初期状態から, 摂食に対して強い抵抗性を持つ糸状ラン藻 *Homoeothrix janthina* が優占する状態へと変化させる。本研究では, アユの摂食が附着藻類群落の生産力に及ぼす影響を解明するため, 珪藻および *H. janthina* 優占群落の増加速度を実験的に比較した。実験に用いた藻類群落は, 河川を模擬するため水中ポンプにより水流(71.3 ± 10.6cm/s)を起こした4つのコンクリート池(2 x 2 m)内から採集した。すなわち, 2つの人工河川には, それぞれアユ2尾および8尾を25日間収容して摂餌させ, 底に置いた10個の塩基板(10 x 20 cm)に *H. janthina* 優占群落を形成させた。残り2つの人工河川にはアユを収容せず, 実験開始前7, 6, 5, 4および3日目に基質を2個ずつ投入して基質上に珪藻優占群落を形成させた。実験は, これら全ての基質を流速71.6 ± 7.5cm/sに調節した水路に移して行った。実験開始後0および2日目に基質半分から採集した藻類試料よりクロロフィル *a* 量を測定し, それらの値から単位現存量当たりの増加速度を算出した。その結果, 珪藻および *H. janthina* 優占群落とも単位現存量当たりの増加速度は初期現存量が大きいほど低下した。単位現存量当たりの増加速度を *y* 軸に, 現存量を *x* 軸にとって負の一次回帰直線で近似した結果, 直線の傾きには有意な差はなかったが, *y* 切片には有意な差が認められた。このことは, *H. janthina* 優占群落の単位現存量当たりの生産力が, 珪藻優占群落に比べて常に低いことを示している。アユの摂食による群落構造変化は, 附着藻類群落の生産力を低下させるものと考えられる。(中央水研**・日歯大***・東水大)

B07 ○中村恵理子*・田中次郎*・横濱康継**
：温帯域サンゴ群落における生産力の推定

刺胞動物のイシサンゴには、渦鞭毛藻類の zooxanthellae が高密度に共生することから、熱帯・亜熱帯海域に広がるサンゴ礁は高い生産力を持つことが知られている。一方、イシサンゴの分布北限である温帯域においては、その生産力に関する知見はほとんどない。本研究では、イシサンゴの分布北限に近い静岡県伊豆半島南端海域に生息するヒメエダミドリイシの群落について、生産力の推定を試みた。

1998年11月、1999年2、5、8月の各季節ごと計4回、静岡県伊豆半島南端海域である南伊豆町中木地先の水深約5mに群生するヒメエダミドリイシのサンゴ群体の一部を採集し、プロダクトメーターを用いて、サンゴ片の光合成-光曲線を求めた。この値をもとに、現場でのサンゴの密度や、光の照射面積と光量の関係、さらに各季節の日積算光量値などを照合することによって、各季節の純光合成量を算出し、さらに年間の生産力を求めた。この結果、本サンゴ群落における生産量は、 $3.3 \times 10^3 \text{ L O}_2 \text{ m}^{-2} \text{ year}^{-1}$ と算出されたが、この値は熱帯のサンゴ礁よりも約30%低い。これは、温帯における冬季の低水温や低光量が影響するためと考えられる。

(*東水大・藻類, **志津川町自然環境活用センター)

B09 ○宮地由紀・村瀬昇・水上謙：山口県馬島沿岸におけるホソエガサの生育環境

ホソエガサは、かつて本州中部以南に広く分布し、アマモ場周辺の貝殻上に生育していた。しかし、本種は沿岸開発や陸域からの環境負荷などにより著しく減少し、1998年には絶滅危惧種に指定された。本種の生育環境や生態学的特性を把握する調査研究は、沿岸生態系の保全や多様性の解明などの観点から早急を実施する必要がある。今回は山口県田布施町馬島沿岸で生育が確認されたホソエガサの分布域、着生基質などの環境特性と季節的消長について報告する。

調査はトランセクト法により本種の分布域とその被度を目視観察した。また、本種が生育する水深2.5mに定点を設け、着生基盤ごとに生長段階を観察した。

ホソエガサの分布域は、アマモ場周辺の水深0~0.8mの砂地上に小礫が点在する浅所側と、水深1.6~6.4mの砂泥域の深所側で認められた。着生基質としては、二枚貝類の殻で形状が不明瞭な古い基質ほど繁茂していた。本種の出現時期は5~9月で、生長初期の中軸のみの藻体は5~8月、成熟した藻体は6~9月に観察された。以上の結果から、ホソエガサはアマモ場周辺の貝殻が堆積する特異的な環境で生育することが確認できた。

(水大校)

B08 藤田大介：海洋深層水を用いた流水培養による磯焼け地帯転石の植生観察

無節サンゴモが覆った磯焼け地帯転石を動物と共に水槽に入れ、現地表面層水で流水培養した結果、無動物区では珪藻や海藻が繁茂したが、ウニ区や巻貝区では生えなかった(第19回大会)。今回、加温深層水(11℃、高栄養塩)で同様の培養を行い転石植生の変化を調べた。材料は6月に採集し、無動物区と巻貝(10個体)区を設け、各々に転石3個と無節サンゴモ(マクサが着生)1個を沈めた。無動物区では1週間から珪藻に覆われ、3週以降は水槽内に著しく繁茂した。無節サンゴモは8週間も死ななかったが、マクサは珪藻に被われ伸びなかった。一方、巻貝区では2週間まで変化がなかったが、3週間から貝殻や壁面に珪藻が現われ、貝殻上にダルス等が伸び始めた。5週後にダルスが全長15cmを越えて成熟し、以降、転石裏や無節サンゴモ突起間にホソメコブなど多数の海藻が現れた。5カ月後までに10種以上生え、コブは全長1.6mになり成熟し、マクサも5cmに達した。無節サンゴモは珪藻には汚損されず、イソワタケが覆い始めた。磯焼け地帯は海藻が肉眼的サイズに伸びていない状態で、転石裏、無節サンゴモ突起間、貝殻等がrefugeになっていると考えられた。(富山水試)

B10 ○玉井貴夫*、内 明子*、松元龍作**、野呂忠秀*：
奄美大島産ソノノハナの生態

各種有用活性物質を有する奄美大島産「ソノノハナ」の大量培養技術確立のための基礎的知見を得るためにこの研究を行なった。

2000年3月から12月にかけて、奄美大島笠利阿土浜のソノノハナを潜水により採集し、藻体長と生殖器官(孢子)の有無ならびに果孢子と四分孢子の初期発生を調べた。また11月に採集した藻体を、水温15~35℃、照度0~20Kluxで培養し、YSI-D.O.メーターにより酸素放出量(D.O.)を測定した。生育海域の水質は、HACH・DR/2000多目的水質分析計で分析した。

その結果、ソノノハナは、波の影響を直接受けるサンゴ礁縁辺部の、水深1~3mの石灰岩上に生育していた。生育域の水温は周年を通じて20℃以上あり、塩分濃度は34~35ppt、D.O.は100%以上を保っていた。本種は11月に最も大きくなり、生殖器官は8月頃から12月にかけてみられたが、精子の放出時期は8月、果孢子と四分孢子の放出時期は10~11月であった。室内培養の結果、光合成活性は水温20℃、20Klux付近で最大となり、これらは本種の至適生育条件と考えられた。

(*鹿児島大・水産・海洋センター, **名瀬市役所地域活性課)

B 11 村岡大祐: 褐藻エソノネジモク群落における炭素固定量

【目的】 藻場をCO₂固定源としてとらえた場合、その量的効果を検証するためには年間純生産量からの炭素固定量の算出が不可欠である。しかしながらこの定量的評価に必要な知見の蓄積は多くない。ホンダワラ科の多年生褐藻エソノネジモクは、日本海沿岸北海道から長崎県まで、および太平洋沿岸宮城県までの広範な岩礁上に群落を形成する。また、本種をはじめとするホンダワラ科褐藻の群落はガラモ場と呼ばれ、沿岸生態系における主要の一次生産者として重要な役割を果たしている。本研究では、本種の生活年周期の解明と年間純生産量の推定、およびこれらを元にした本種群落による炭素固定量の算出を目的として研究を行った。

【方法】 宮城県牡鹿半島沿浜沿岸の水深2-3mに生育するエソノネジモク群落を対象に、1999年10月、12月、および2000年4月、6月、7月、8月、10月に潜水調査を行った。50cm×50cmの方形枠を任意に3カ所設置し、枠内に生育する全ての海藻(無節サンゴモを除く)を基部から採集した。各方形枠毎に種の同定を行った後、エソノネジモクについては主枝長、主枝長、温重量を測定し、成熟の有無を確認した。また基部から10cm間隔に切断して乾重量を測定し(層別刈り取り法)、生産構造を求めた。さらに元素分析によって季節別・層別別の炭素含有率を測定した。併せて周年にわたり現場水温の測定を行った。

【結果】 エソノネジモクの主枝長、主枝長、現存量などの季節変化より、本種の生活年周期は、10月から12月にかけての発芽期、12月から年間水温最低期の3月を経て7月にかけての成長期、7月の成熟期、水温が年間最高となる8月から10月にかけての枯死流失期の4期に分けられた。年間純生産量は、層別刈り取り法によって算出した枯死流失量の合計より、1.959g/m²(乾重量)と推定された。この値は7月に記録した最大現存量の約1.1倍であった。さらにこれらの結果と元素分析による炭素含有率の値より、本種による炭素固定量を737g C/m²/年と算出した。

本研究は、農林水産省の環境研究「森林、海洋等におけるCO₂収支の評価の高度化」の一環として行われた。

(水産庁・東北水研)

B 13 ○坂西芳彦・飯泉 仁: 北海道根室市沿岸海域における水中光量子量の測定について

低潮線下に生育する海藻の垂直分布や生産力に最も大きな影響を及ぼす要因として光量が考えられるが、大規模な海藻群落が形成されるような沿岸浅海域の水中の光強度に関するデータは断片的なものも多く、長期にわたり高い頻度で計測された例は極めて少ない。そこで、本研究では、メモリー式測器を用いて、ナガコンブ *Laminaria longissima*、ガツガラコンブ *Laminaria coreacea* の群落が形成される根室半島太平洋側の沿岸海域で周年にわたり水中光量子量を測定した。

根室半島沿岸の水深5mにおける1日あたりの積算光量子量(月平均値)は6月に最高値(3.2 mol/m²/day)、3月に最低値(0.2 mol/m²/day)を示した。同時に測定している地上の光量子量のデータとともに、水中光量子量のデータを検討したところ、この海域の2~3月の水中光量子量は、地上の光量子量、海水の吸光係数に加え、接岸する流氷の影響を強く受けるものと判断された。

得られた水中光量子量に関するデータと数式化したナガコンブの光合成-光曲線をもとに、水深2~3mに形成されるナガコンブ群落の夏季の1日あたりの純生産量を推定したところ、晴れの日の1日あたりの純生産量は、曇りの日のそれの2~3倍になると推定された。この結果は、有用コンブ属で報告されている漁獲量の実入りと日射量との相関関係を裏付けるものと考えられる。

本研究は、農林水産省の環境研究「森林、海洋等におけるCO₂収支の評価の高度化」の一環として行われた。

(水産庁・北海道区水産研究所)

B 12 ○寺脇利信*・吉川浩二*・玉置 仁**・西村真樹**・新井章吾***: 広島湾におけるアマモの水平・垂直分布様式および草体の観察

広島湾は、瀬戸内海の中でも閉鎖的な湾で、湾奥部から湾口部にかけて、多種多様な環境条件の勾配が存在するが、大型海藻・アマモの水平・垂直分布様式が明らかにされていない。広島湾の奥部から湾口部にかけて、本土の廿日市市および島嶼部の南東面、一方、島嶼部の北西面に3地点ずつの、合計6地点のアマモ場を選定した。2000年6~8月に、各調査地点において、D.L.基準水深+1mから深所へアマモ場内の海藻および砂泥域を観察した。各調査地点において、アマモの分布上限と下限の水深を記録し、垂直分布の中心部で一辺50cmの方形枠を用い、3枠分のアマモを採取した。採取したアマモについては、株数、最大葉長、地上部重量および地下部重量などを測定した。縦軸に水深、横軸に廿日市市の調査地点を起点(0km)とした他の調査地点までの直線距離をとり、アマモの分布上限と下限の値を結んだ。

アマモの水平・垂直分布域の特徴は、南東および北西面とも、ほぼ同様であったので、合わせて整理した。アマモの分布上限水深は、湾奥部から湾口部へかけて、+0.4mから-0.8mへと深くなった。一方、分布下限水深は、湾奥部の-0.5mから湾央部の-4.5mへと深くなったが、湾口部では-3.0mと再び浅くなった。アマモの葉長および現存量等は、湾奥部から湾口部へかけて、小さくなった。湾奥部では草体上に付着生物が多く、湾央部ではウミヒルモの混生域が広く、湾口部では草体に魚類によるはみ後が多く観察された。(*瀬戸内水研、**広島大・工、***株) 海藻研)

B 14 ○長里千香子、本村泰三、市村輝宜: 急速凍結置換法による褐藻カヤモノリ接合子の発生の観察

褐藻カヤモノリ(同形配偶子接合)の接合子を材料に、急速凍結置換法を用いて、受精直後から最初の細胞質分裂における微細構造を観察した。カヤモノリの接合子は雌雄両配偶子由来の2個の葉緑体(1個の顕著な突出型のピレノイドを持つ)を含み、受精直後はそれぞれの葉緑体内の眼点の近傍に中心子が存在している。核融合は受精後数時間で行われ、6時間程度で発芽管の伸長、32時間で核分裂、細胞質分裂が観察される。今回は、①雌性配偶子由来の中心子の消失過程、②新しくピレノイドが形成される過程、③紡錘体形成、④細胞質分裂について詳細に観察を行った。

その結果、(1)雌性配偶子由来の中心子の消失過程を観察したところ、消失する中心子の近傍にはライソゾーム等の特殊な構造は観察されず、徐々に崩壊していく像が観察された。(2)核分裂期にピレノイドと同様の電子密度をもつ構造が新しく葉緑体内に現れる。その部分の葉緑体表面は滑らかな状態ですでにピレノイドの細胞質側の最外層を覆うピレノイドキャップという袋状の構造が観察された。核分裂がすすむにつれて次第に新しいピレノイドは細胞質側へ突出していくことが明らかになった。(3)紡錘体形成に関しては、これまで報告されていた、化学固定による観察での結果を支持する結果となった。(4)細胞質分裂は核分裂が完全に終了し娘核ができてから、その間に分裂面に対して平行に小型あるいは平板の小胞が並び、くびれ込んできた原形質膜とそれらが融合することによって行われていた。急速凍結置換法を用いても、明確な動物体構造、並びに、マイクロフィラメントは観察されなかった。(北海道大、理、海藻研)

B15 坂山英俊*・野崎久義**・加崎英男***・原 慶明****：
日本産シャジクモ目藻類の生育分布と分類の再検討

シャジクモ目藻類（以下シャジクモ）は、近年、種類数・現存量が急激に減少しており、1997年に環境庁が公開した『植物版レッドリスト』には絶滅種・絶滅危惧種として30種以下分類群（以下種類）が掲載されている。それ故、日本のシャジクモの生育分布を明らかにすることは緊急の課題といえる。一方、最近のシャジクモの分類にSEMによる卵胞子壁の特徴が種の識別形質として導入され（John & Moore 1987; Leitch, John & Moore 1990）、また *rbcl*・18S rDNA を用いた系統解析も行われている（McCourt *et al.* 1999; Meiers *et al.* 1999）。しかし、日本産シャジクモの SEM による卵胞子壁の特徴を用いた分類学的研究は *Nitella gracilis* についてのみであり、分子系統学的研究は全く行われていない。

本研究では、生育分布調査とともに確保した28の保存株と分与を受けた2株を用いて、SEMによる卵胞子壁の観察と *rbcl* 遺伝子にもとづく分子系統解析を実施し、現行の分類体系（Wood 1965）の再検討を行い、以下の結果を得た。

①関東以北で2属16種類の生育を確認した。そのうち11種類は絶滅危惧種であり、これらの生育地の環境を考慮すれば早急な保全対策が必要といえる。② *N. gracilis* は Wood (1965) により *N. furcata* の品種とされたが、*N. furcata* とは別種と指摘できる。③ *N. axilliformis* は Wood (1965) により *N. translucens* の品種とされたが、別種とするのが妥当である。④ *N. spiciformis* は Wood (1965) により *N. gracilis* の品種とされ、Imahori (1957) により *N. morongii* の変種とされたが、*N. spiciformis* は卵胞子壁の特徴から両種とは別種の可能性が高いと思われる。

(*山形大・院・理工, **東京大・院・理, ***都立大・理・生物, ****山形大・理・生物)

B17 〇勝又和人、堀口健雄：底生性渦鞭毛藻アンフィディニウム属（ギムノディニウム目）の分子系統学的研究

渦鞭毛藻類には細胞外被に鎧板と呼ばれるセルロース質の板状構造を持つグループと持たないグループが存在し、後者は分類学的にギムノディニウム目としてまとめられている。この目に所属するアンフィディニウム属は、横溝が前端付近に位置し、上錐が下錐に比べて小さくなることで特徴づけられる。

今回、北海道知床半島、沖縄県真栄田岬の海岸の砂よりアンフィディニウム属に形態的に非常に類似する渦鞭毛藻2種、*Amphidinium* sp. ONN7 と *Amphidinium* sp. MAE18 をそれぞれ単離した。これら2種にアンフィディニウム属のタイプ種である *A. operculatum* と *A. carterae*, *A. elegans*, *A. belauense*, *A. britannicum*, *A. testudo* を合わせ、計8種19株について核ゲノムにコードされている小サブユニットリボソーマルDNA (18S rDNA) の塩基配列を決定し、分子系統解析を行った。その結果、三角形の小さな上錐を持つことで類似する *A. operculatum*, *A. carterae*, *A. elegans*, *A. belauense* が高いブートストラップ値で一つのクレードにまとめられ、他のギムノディニウム目の渦鞭毛藻からは離れた位置に出現した。また、*Amphidinium* sp. MAE18 は *A. testudo* と単系統になったが、このクレードおよび *A. britannicum*, *Amphidinium* sp. ONN7 はそれぞれ別々の系統であることが示された。

アンフィディニウム属には多系統の渦鞭毛藻が含まれている可能性が高く、砂地という同一環境下に置かれたことにより、類似の外部形態を獲得したと考えられる。今後近縁属との系統関係を明らかにした上で、アンフィディニウム属の分類学的な再検討を進めていきたい。

(北大・理・生物科学)

B16 〇松山和世*、山本真紀**、桑野和可***、河野重行****、嵯峨直恒*：ヒラアオノリ（アオサ藻綱）のゲノムサイズに関する細胞分子生物学的研究

ヒラアオノリ *Enteromorpha compressa* はアオノリ属の中で一般によく見られる種であり、アジアオノリと混ぜられ食用として利用されている。本種は、アオサ属と同様に成熟誘導法が確立されており、生活環の制御が可能で短く、また、ゲノムサイズが小さいことが予想され、近年、海洋植物の分子生物学的研究の実験系としても注目されつつある。ゲノムサイズの測定はこれまで単細胞性の生物を中心に行われて来たが、大型藻類についても推定が試みられるようになった。本研究では蛍光顕微鏡法によりヒラアオノリの配偶子を用いたゲノムサイズの推定を行った。これまでヒラアオノリについてはヨーロッパの材料についてフローサイトメトリーを用いて推定が行われ120Mbpであることが報告されている。本研究で得られた値は93±21 Mbpであった。本方法は試料を確認しながら測光を行うため、余分な蛍光を測定しないので、本研究で得られた値はより実際に近いと考えられる。(*東海大・海洋研, **東大院・理, ***長崎大・水産, ****東大院・新領域)

B18 〇馬田 智*1・平岡雅規*2・大野正夫*3：
緑藻アオサ・アオノリ類の分子系統学的解析

世界各地に生育する緑藻アオサ・アオノリ類は、体制が簡単で分類形質が少なく、しかもその分類形質が生育環境により大きく変化するため分類学的混乱が生じている。日本でも18種が報告されているものの、ヤブレグサの所属すべき属や、グリーン・タイドを引き起こす種類の学名が確定していない。

本研究では、日本産アオサ・アオノリ類の類縁関係を明らかにするために、日本各地から採集した76株を用いて核コードのSSU 遺伝子、ITS1 領域及び葉緑体コードの *rbcl* 遺伝子の塩基配列を決定し、分子系統学的解析を行った。

その結果、シホナキサンチンを持つヤブレグサとウシクアアオサは、これら2種同様に濃緑色を呈する *U. olivascens* とクレードを組み、最初に分岐した。また、グリーン・タイドを引き起こす浮遊アオサには3種が含まれ、そのうち1つはアナアオサ、1つは日本新産、もう1つは未記載種であることが明らかになった。また、葉縁部での微視的鋸歯の有無はこれまで重要な分類形質と考えられてきたが、分子系統学的解析の結果はこれを支持しなかった。さらに、四万十川や吉野川などの河川で採集したアジアアオノリの塩基配列は、ウスバアオノリと同じか極僅かの変異しか蓄積していないことが明らかになった。

(*1 北大・実験生物センター・*2 (株) 海藻研究所・*3 高知大・海洋生物教育研究センター)

B19 阿野田 由紀*・峯一朗*・D. Menzel**・奥田一雄* :
 生殖成長期のカサノリにおける poly(A)⁺ RNA の分布
 緑藻カサノリ類 (*Acetabularia*, *Polyphysa* など) の胞子体は直立する主軸、輪生枝と仮根からなり、1 個の一次核が仮根部に存在する単核巨大細胞である。主軸の継続的な先端成長と断続的な輪生枝形成が行なわれる栄養成長期には、poly(A)⁺ RNA は一次核の周辺と主軸の先端部に局在するほか、主軸側面では主軸の長軸方向に伸びるアクチン繊維束に沿ってすじ状の分布を示す (第 24 回大会)。本研究では栄養成長後に続く生殖成長期における poly(A)⁺ RNA の存在様式を蛍光 in situ hybridization 法を用いて調べた。

生殖成長期に入ると主軸先端から cap ray と呼ばれる細胞突起が放射状に形成される。一次核の減数分裂と核分裂により生じた多数の二次核は、アクチン繊維束に沿って主軸の細胞質中を移動し cap ray 内に進入する。二次核が cap ray 表層の細胞質中で等間隔に配置されたあと、新たに形成されたアクチン繊維環の収縮により核を中心とする細胞質が分割され単核のシストが形成される。二次核が cap ray 内に進入した段階では、栄養成長期と同様な細胞質アクチン繊維束に沿ったすじのほか、二次核の周りから放射状に配列する微小管と同所に分布する poly(A)⁺ RNA の新たな存在様式が観察された。

(* 高知大・理・自然環境, ** ボン大学 植物学研究所)

B20 〇川井浩史*1・佐々木秀明*2 : 分子系統から見た褐藻コンブ目、ウルシグサ目、チロプテリス目の類縁と高次分類について

コンブ目では、従来ツルモ科に含まれていた *Halosiphon tomentosus* (*Chorda tomentosa*) がその性フェロモン、分子系統などの解析から、系統上他の科と大きく異なる可能性が指摘される一方、従来コンブ目とは系統上遠いとされてきたウルシグサ目、ケヤリモ目により近縁であるとの指摘がなされるなど、その高次分類の再検討が必要となっている。

今回、コンブ目の主な科と、近縁の目を代表する種について、ルビスコ遺伝子と rDNA の塩基配列をもちいた分子系統解析を行った結果、*Halosiphon* はファイリア科 (コンブ目) と最も近縁で、またチロプテリス目とも一つの系統群をなすが、他のコンブ目とは単系統とならないことが明らかになった。この系統群はウルシグサ目とケヤリモ目、および狭義のコンブ目 (コンブモドキ、ニセツルモ科、ツルモ科、コンブ科、チガイソ科、レソニア科) と姉妹群をなす。チロプテリス目は形態的にはコンブ類と大きく異なるが、北極域の低温への適応として有性生殖を失ったとされており、このため短期間に大きな形態上の進化をとげた可能性がある。

(*1 神戸大・内海域, *2 神戸大・自然科学)

P01 鉢坂哲朗：臨海実習の試み (1)

黒潮流域のタイドプール内の海藻類分布調査

黒潮流域の岩礁海岸 (太平洋岸) では春の大潮時に昼間に広く海岸が干出して、多くのタイドプールが簡単に調査できる。ミニコスモス構成しているタイドプール内の海藻相に注目して、実習生自身が実際にそれを調査することで、海藻の分布要因の理解が容易に得られる。この10年間にわたる大学の臨海実習での試行錯誤を紹介し、その応用の可能性や問題点などについて考察した。
 実習の目的と概要：黒潮が直接当たる白浜・番所崎南岸の海藻類の帯状分布について現場調査を体験しながらその結果をまとめる。グループごとに条件の異なる2つのタイドプールを任意に選択し、現場で地図を描いたり、その内に生育する海藻の水平分布や垂直分布を調査して、その帯状分布を実際に自分の目で把握・確認する。その調査結果から海藻の分布様式を決める要因や2つのタイドプールの植生の相違に係わる要因などを考察し、グループ単位でまとめて、口頭発表できるようにする。

対象：京都大学理学部3回生

調査地点：京都大学瀬戸臨海実験所 (和歌山県西牟婁郡白浜町)

実施期間：3月の大潮時 (原則)

使用機材：巻尺、ものさし、方位磁石、野帳、筆記具、チャック式ポリ袋、バケツ、手袋など

本調査方法の応用と問題点：

- 1) 内容を加減することで、小学生から実施可能である。
- 2) 太平洋沿岸など潮の干満差の大きな、岩礁のある海岸でないといけない (特に日本海沿岸などは難しい)。
- 3) 調査時期は海藻類の多く生育している春季の大潮時がベスト。(他の時期にも実施可能だが、生育海藻の種類数が減ることが予想される。しかしながら、季節変化の調査も興味深い。)
- 4) 準備する機材が少なく簡単に実施できる。いろいろな分析器具を使えば、さらに深く調査できる。
- 5) 人工のタイドプールで調査したり、防波堤の壁面でも可能。
- 6) あまり多人数での実施は難しいが、数日かけることも可能。
- 7) タイドプール内の動物相も一緒に調査すると、藻食生物の影響なども考察できる。(京大・農・応用生物科学)

P02 鉢坂哲朗：臨海実習の試み (2)

方形枠を使ったライン法による海藻類分布調査

方形枠を使った簡単な調査実習について10年間の事例と試行錯誤を示し、その問題点や改善点をあげる。また今後は「海域の長期的モニタリング」の手法へと発展させた調査内容を考慮している。
 実習の目的と概要：田辺湾の湾内にある無人島 (島島) での海藻類の帯状分布について現場調査を体験しながら結果をまとめる。内湾と外磯という2つの条件の異なる岩盤に各グループがそれぞれ1本の調査ラインをとり (ライン・トランジェクト法)、そのラインに沿って一定間隔で設置した方形枠により海藻の分布状況を把握する。その調査結果から内磯と外磯の植生の違いとそれに反映する環境条件について考察し、自分たちでまとめて、口頭発表できるようにする。

対象：京都大学理学部3回生

調査地点：京都大学瀬戸臨海実験所付属島島実験地

実施期間：3月の大潮時 (原則)

使用機材：巻尺、方形枠 (50cmx50cm)、ものさし、方位磁石、野帳、筆記具、チャック式ビニール袋、バケツ、手袋など

本調査方法の問題点と今後の改善点：

- 1) ラインの長さや方形枠を置く間隔は長さ20m、2m間隔にしている (干潮時という調査時間の関係もある)。本来はもう少しラインの長さを短くして、1m間隔あるいは連続的に枠を置いて調査したほうが、はっきりと帯状分布が確認できるように思われる。
- 2) 特に外磯側では波が荒く、潮下帯の調査が難しい。春季は水温が低いために水中で長時間調査できない。長靴を利用しているが、潮下帯の調査区間が短くなる。
- 3) 経年的な調査により島島の海藻植生の変化をつかむことも期待していたが、実際の結果からは、この点についての明確な結論は得られていない。平坦な岩盤のようにみえても、けっこう小さくばみが多数あり、そこに新規入植してきた海藻が毎年いれかわり、種類も結構多いことがわかった。人家がなく、人間の影響が少ないと思われるためこの無人島の島島を調査地に選んでいる。しかし、現在の方法で海藻植生の変化を知るには10年程度ではなくて、もっと大きな時間スケールで比較しないと明確な変化はでてきそうにない。短期間で有益な結果を出すには、もっと明確に環境条件や汚染程度の異なる場所との比較をすべきかもしれない。(京大・農・応用生物科学)

P03 ○岩尾豊紀*, 川嶋之雄**, 中西嘉人***, 倉島彰*, 前川行幸*: 三重県錦湾におけるカジメの光合成産物の季節変化

カジメは日本中南部沿岸域で海中林と呼ばれる密な群落を形成し、沿岸の生態系の中で重要な役割を果たしている。一般的に、カジメは夏から秋にかけて成熟し側葉の表面に子嚢斑を形成する。本研究は、このカジメの成熟時期と光合成産物の蓄積量との関係を明らかにすることを目的として行ったものである。

実験には2000年1, 4, 7, 8, 9, 10, 12月に三重県錦湾の水深7~8mから採取したカジメの成体を材料として用いた。側葉の子嚢斑形成部位と未成熟部位の両方で、主要光合成産物であるアルギン酸、マンニトールおよびラミナランの乾重量当たりの含有率を化学分析により各側葉別に求めた。アルギン酸は明瞭な季節変化を示さなかったが、上部の側葉で含有率が高かった。マンニトールについても季節変化は示さなかったが、子嚢斑を形成していた側葉のうち若い側葉と、その直下の未成熟の側葉で含有率が高い傾向を示した。これに対し、ラミナランは明瞭な季節変化を示し、子嚢斑の形成が見られない1, 4, 12月にはほとんど含まれておらず、7月から含有率は高くなり、子嚢斑の形成が活発な9, 10月にそのピークを示した。また、ラミナランは子嚢斑を形成していた側葉のうち最下部の側葉で含有率が高く、その直下の未成熟の側葉にも多く含まれていたが、他の未成熟側葉や上部の成熟した側葉にはほとんど含まれていなかった。

これらの結果より、本研究で分析した光合成産物のうちでラミナランが成熟に関与していることが強く示唆された。

(*三重大・生物資源, **日本エヌ・ユー・エス, ***中部電力)

P05 ○大谷修司*, 長岡亜矢子*, 巢山弘介**, 山本広基**, 増沢武弘***: 富士山山頂における土壌藻類の分布

富士山山頂において、土壌藻類の分布調査を土壌環境要因と関連させ実施したので、その結果を報告する。

1998年8月、山頂を周回する登山道沿いの13定点から、表層土壌を無菌的に採集した。剣が峰周辺の定点1-6ではコケ群落が豊富であり、定点1-3は南西斜面、定点4-6は北東崖であった。剣が峰周辺以外の残りの定点7-13には肉眼的な植生はなかった。藻類の培養は、寒天及び液体BBM培地を用い、15°C, 1500 lux, 12時間:12時間明暗周期の条件で行った。

20種類を超える土壌藻類が出現しており、緑藻が優占し、藍藻と珪藻は少なかった。藍藻 *Lyptolyngbya*, *Nostoc*, 珪藻 *hantzschia*, 黄緑藻 *Botrydiopsis*, *Tribonema*, *Xanthonema* と緑藻 *Chlorella*, *Coccomyxa*, *Stichococcus*, *Klebsormidium* などが分離された。剣が峰北東崖の定点4-6では出現種が6-12種類であったが、残りの10定点は3種類以下であった。

定点1-6の土壌からは、比較的高い総炭素量TC(0.3-2.0%)、総窒素量TN(0.03-0.11%)が測定されたが、その他の定点ではTC, TNはそれぞれ0.01-0.09%, 0.01-0.02%であり、前者に比べ少ない傾向があった。ATP量に関しても同様であった。

以上のように今回の調査では、剣が峰北東崖の3定点は窒素量や炭素量が他の地点より高く、土壌藻類の出現種も多い傾向が認められた。

(*島根大・教育, **島根大・生物資源科学部, ***静岡大・理)

P04 ○内村真之*, 吉田吾郎**, 寺脇利信**, 吉川浩二**, 長崎慶三**: 愛媛県伊方産クロキツタの微細構造

島根県隠岐郡西ノ島町で1910年に発見されたクロキツタ (*Caulerpa scalpelliformis* var. *scalpelliformis*) は、1922年には国の天然記念物に指定された。現在、指定されている919種の天然記念物の中で淡水藻は8種類あるが、海産藻類は唯一このクロキツタだけである。その後、愛媛県西宇和郡伊方町では1954年に生育が確認され、1975年に町の指定文化財(記念物)に指定され保護されているが、本種の生理生態的知見はほとんどない。クロキツタが、他のイワツタ類と大きく違う特徴の一つとして、雌雄異株で同形配偶子を形成することが上げられる。

今回、愛媛県伊方産のクロキツタを温度処理(25°C, 24時間)により人工的に成熟させ、その各成熟段階別にサンプルを固定した。そして、成熟に伴う藻体内の微細構造の変化を透過型電子顕微鏡(TEM)で観察した。その結果、澱粉粒の存在が確認された。

イワツタ属は、形態的特徴によって12の section に分類されている(Weber-van Bosse 1898)。そして Calvert et al. (1976) は、イワツタ属28種の葉緑体の微細構造を観察し、その特徴から section 間の系統的關係を類推した。それによると、オーストラリア産のクロキツタの葉緑体は、その内部に澱粉粒は確認されていない。

(*科学技術振興事業団, **瀬戸内水研)

P06 ○J. H. Oak, T. Itoga and H. Kawai: Morphological Variations of *Sargassum hemiphyllum* at Brackish Waters

Sargassum hemiphyllum have two varieties (*S. hemiphyllum* var. *hemiphyllum* and *S. hemiphyllum* var. *chinense*) based on the difference of leaf morphology. The latter has more larger hemiphyllous leaf than former, and usually distributed in China and east-southern Asia. We collected some plants of *S. hemiphyllum* from rivermouth of Miyama (Mie, Japan) were similar to *S. hemiphyllum* var. *chinense* in leaf morphology but more longer rhizoidal growth in holdpast. To delimitate the species territory of *S. hemiphyllum*, we investigate morphological characters and ITS (rDNA) sequences. Morphological characters have some differences in leaf morphology, but ITS sequences comparison showed that these populations were not so different from other populations of Japan and Korea in species level.

(KURCIS, Kobe University)

P07 ○菓子野康浩*, 工藤栄**, 林義則*, 鈴木祥弘***, 小達恒雄**, 平諤亨**, 佐藤和彦*, 福地光男**

ポリニア域における植物プランクトンの効率的な光合成のためのシステム

光合成機構は、低温で強光が当たると傷害を起こしやすい。しかし、北部Baffin湾ポリニア域は、氷点に近い低温にもかかわらず、北極圏の中でも生産性の高い海域として知られている。そのような低温環境下で、植物プランクトンは光による傷害を効果的に避け、効率的に光合成を行なっている。本研究では、植物プランクトンがどのようにして光による傷害を回避しながら光合成を行っているのか、その機構を調べた。

North Water Polynya Project 1999 (NOW99)の研究航海において、Baffin湾ポリニア域の植物プランクトンを表層と有光層下部から採集した。Pulse Amplitude Modulation (PAM) 蛍光法により蛍光の非光化学的消光を指標にして解析した。より光強度の大きい環境下にあった表層の植物プランクトンは、より高いキサントフィルサイクルの活性を示した。強光環境下では、過剰な光エネルギーを熱として有効に排除することにより光化学系を保護していると考えられる。また、蛍光の光化学的消光の大きさから光化学系IIの量子収率、そして光合成速度を計算し、光-光合成曲線を得ることができた。表層の植物プランクトンよりも、有光層下部のものの方が最大光合活性および飽和光強度が大きくなっていた。これらの結果を基に、キサントフィルサイクルと光合成速度調整機構について考察する予定である。

(*姫路工業大学理学部、**国立極地研究所、***神奈川大学理学部)

P09 ○河地正伸¹⁾, 井上勲²⁾, 本多大輔³⁾, C.J. O'Kelly⁴⁾, J.C. Bailey⁴⁾, R.R. Bidigare⁵⁾, R.A. Andersen⁴⁾:

黄色植物の新綱 Pinguiphyceae の設立

MBI, CCMP 等でストックされていた保存株の調査から、黄色植物(不等毛植物)の既存の分類群から系統的に独立する分類群が見出された。その微細形態を含む形態観察、脂肪酸組成と色素組成の解析、18S rRNA と *rbcL* 遺伝子の系統解析結果に基づき、新綱 Pinguiphyceae を提唱する。本綱は 4 新属を含む 5 属 5 種からなる (*Glossomastix chrysoplastos*, *Phaeomonas parva*, *Pinguiochrysis pyriformis*, *Pinguicoccus pyrenoidifera*, *Polypodochrysis teisseri* Magné 1975)。いずれも黄褐色の葉緑体をもつ単細胞性の海産種である。本綱構成種の最大の特徴は、高含有の高度不飽和脂肪酸 (PUFA) である。その PUFA は全脂肪酸の 41-67% に達し、既知餌料藻の値、10-30% を遙かに上回る。綱の名称 "pingue" (= fat, grease) はこの特徴に由来する。カロチノイド色素として fucoxanthin, violaxanthin, antheraxanthin (trace), zeaxanthin, β -carotene が認められた。以下、構成種の形態特徴についてまとめる。① 栄養細胞は球形を基本とし、細胞サイズは 2 μ m 前後のピコサイズから 40 μ m。また裸細胞の種、細胞外被構造として多糖質や組成不明の殻をもつ種など光顕レベルの形態は多様。② ビレノイドの形状は埋没型から突出型まで多様だが、葉緑体内膜の伸張構造が基質内に認められる点で共通。③ 3 種で遊泳細胞を確認。その微細構造の観察から、1 種は他の黄色植物と多くの特徴を共有するが、2 種は 1 本鞭毛でマスコゴネマを欠くことを確認。これは黄色植物で初めての例。本綱の構成種は他の黄色植物と共有形質をもつ一方で、脂肪酸組成、マスコゴネマを欠いた鞭毛など固有の特徴が見出された。18S rRNA と *rbcL* 各々の系統解析の結果は、基本的に一致し、本綱構成種は、既存の黄色植物の系統群(綱レベル)から独立して、単系統群としてまとまった。黄色植物における本綱の独自性が示されている。(¹⁾国環研, ²⁾筑波大, ³⁾甲南大, ⁴⁾Bigelow Laboratory for Ocean Sciences, ⁵⁾University of Hawaii)

P08 ○加藤垂記・増田道夫: 殻状紅藻イワノカワ属の日本新産種 *Peyssonnelia meridionalis* について

北海道東部で採集したイワノカワ属の種を日本新産種

Peyssonnelia meridionalis (新称 イソコモン)として報告する。この種は 1968 年に北太平洋東岸で記載されて以来、他の地域からの報告はなかった。今回、精子嚢や四分孢子嚢の発達様式を初めて詳細に記載する。

この種は潮間帯下部から漸深帯上部の小石上に生育する。藻体はほぼ円形で、直径 1.5~3cm, 肉質で厚さ 210~300 μ m である。縁辺は全縁で、基質に固着している。藻体は基質に付着する基層と基層細胞から出る直立細胞系が互いに密着した層の 2 層からなる。基層はあまり分枝しない細胞系がほぼ並列して構成され、直立細胞系は基層細胞の上側のほぼ中央から出る。仮根は単細胞である。石灰質は基層と基質の間だけでなく、直立細胞系の間にも軽く沈着することがある。配偶体は雌雄同株で、生殖器官は藻体上のそれぞれ別のネマテシウムに形成される。精子嚢は最初に単列の母細胞がそれぞれ 1~4 方向に垂直に分裂し、その分裂した細胞がさらに 1 回水平に分裂して、1~4 対の精子嚢がもとの細胞から輪生した形に発達する。造果枝と助細胞枝はネマテシウムを構成する、それぞれ別の細胞系から形成され、連絡系は助細胞と融合しながら水平に伸びる。造胞系は連絡系から形成され、果胞子嚢は 2 または 3 個鎖状に連なる。四分孢子嚢は直立細胞系の末端に形成され、十字状に分裂する。果胞子体と四分孢子子のネマテシウムでは単条の側系を伴うが、精子嚢のネマテシウムではそのような側系を欠く。(北大・理・生物科学)

P10 ○菊地則雄*・吉田忠生**・吉永一男***: 紅藻アマノリ属絶滅危惧種数種の生育状況

紅藻アマノリ属植物のうち 5 種が水産庁、環境庁により絶滅危惧種と判断されている。これらの近年の天然における生育状況はほとんど報告されていない。私たちは、水産庁が行っている希少水生生物保存対策推進事業の一環として、その一種アサクサノリの生育調査を行い、宮城県、福島県、熊本県などの産地を報告した(吉田ら 1999)。その後、ソメワケアマノリ、イチマツノリ、カイガラアマノリも含めた新たな生育情報が得られたので報告する。アサクサノリは、新たに 2000 年 2 月に三重県伊勢市大湊の宮川河口干潟で採集された。ここではアサクサノリは岩や杭の上に少量着生していた。ここは硬く締まった砂質の干潟で、他の海藻も多数生育しており、比較的良好な環境の場所と考えられた。この地を基準産地とするソメワケアマノリは、同日の調査で、ウツロムカデやオゴノリ上に多数の着生が見られ、良好な生育状況であった。また、静岡県浜名湖南部の弁天島渚園付近と愛知県豊橋市豊川河口干潟での同時期における調査で、ともにオゴノリ上に着生するソメワケアマノリが採集されたものの、ごく少量であった。イチマツノリは、2000 年 1 月に熊本県天草地方の数力所で生育が確認された。カイガラアマノリは、近年では香川県高松市女木島や千葉港で生育が確認されている。2000 年 3 月に広島県廿日市市市地御前の干潟で、潮間帯から漸深帯にかけてアサリの貝殻から発出するカイガラアマノリが多数認められた。また、広島市佐伯区でもカイガラアマノリの打上藻体が得られ、広島湾には本種が広く生育している可能性が示唆された。

(*千葉県立中央博物館海の博物館、**北大・理・生物科学、***三洋テクノマリン)

P 11 Y.-S. Keum¹ · J.H. Oak¹ · H. Kawai¹ · I.K. Lee²: Comparative study of *Sphacelaria nipponica*, *S. didichotoma* and *S. recurva* (Phaeophyceae) based on morphology and molecular data

Three *Sphacelaria* species, *S. nipponica*, *S. didichotoma* and *S. recurva* are reported in the North Pacific. *S. didichotoma* is occurred in warm temperate parts of the Pacific, although in Japan and Korea this species has been recorded as *S. divaricata* and is characterized by slender propagules with two symmetrically branched arms. *S. recurva*, recently recorded species from Korea, has propagules with two short recurved primary arms. The Japanese endemic species, *S. nipponica* is known to be included in the tribuliform group because of tribuliform-like propagules with two tapering arms, thick waists and constrictions at waist. However, in culture propagules showed two distinct types: 1) two slender primary arms and 2) two primary arms branched to form the secondary arms. Thus *S. nipponica* is similar to *S. didichotoma* and *S. recurva* in terms of propagule morphology. Comparison of Rubisco spacer sequence from *Sphacelaria* species producing propagules indicate that these three species are phylogenetically closely related. Morphometric characteristics of propagule will be discussed to provide the useful character for defining the species.

(¹KURCIS · Kobe Univ., ²Seoul National Univ.)

P 13 〇小堀陽子・田中次郎: ベトナム産ササバアヤギヌ *Caloglossa lepreurii* の生殖体の形態

紅藻アヤギヌ属 (コノハノリ科, イギス目) は温帯から熱帯の汽水域に生育し、マングローブ域における主要な藻類とされている。2000年7月にベトナムのホーチミン市から南方50km Can Gio でマングローブ林内汽水域の気根上で採集された標本は、内生枝をもち、側枝の向軸部に同心細胞がないことからササバアヤギヌと同定された。標本は大変に小型であるが、成熟した雌雄の配偶体、四分胞子体が含まれていた。体長1.0-3.2mm, 節間部の長さは0.7-2.5mm, 節間部の最大幅の平均は128 μ m。分枝は少なく、短い二又分枝の枝を持つことがある。これらの生殖器官構造とその発達過程を観察した。

四分胞子嚢: 異細胞が枝の上下方向に2分裂し、上部の細胞が母細胞となる。四分胞子嚢はいくつかの皮層細胞に囲まれる。四分胞子嚢は三角錐状に分裂して4個の胞子となる。

精子嚢: 異細胞が枝の表裏方向に4つの精子嚢母細胞を形成し、それぞれが4-8個の不動精子嚢となる。おのおのから1個の精子ができる。

造果枝から嚢果: 枝の先端から2-22番目の同心細胞から形成された支持細胞上に4個の造果枝細胞ができる。先端は造果器で平均長114 μ mの受精毛が伸張する。不稔の細胞群が2-4個、造果枝の周辺に形成される。受精後、支持細胞が助細胞となってゴニモプラストが発出し、その先端に果胞子が形成される。成熟した嚢果の平均直径は297 μ mである。

(東京水産大・資源育成)

P 12 〇小林敦* 南雲保** 田中次郎*: 沖縄県塩川産珪藻 *Pleurosira laevis* f. *polymorpha* の形態

2000年12月に汽水の沖縄県本部町塩川において、ヒルムシロ科の草本カワツルモ *Ruppia maritima* L. および紅藻シオカワモッカ *Catenella impudica* (Mont.) J. Ag. に大量に着生していた珪藻を採集し、光学顕微鏡および電子顕微鏡を用いて観察を行った。

この種は基質上で粘液によって互いに連結し、鎖状群体を形成していた。殻形は殻面観では楕円形、帯面観ではほぼ四角形であるが、一方の殻が膨れ上がり、上下半被殻が異なった形態となる個体も観察された。殻(valve)の両端には二個の眼域(ocellus)があり、外表面には多数の顆粒状突起がある。殻内表面の中心域付近には2または3個の唇状突起があり、それ以外に有基突起などの突起は認められなかった。また帯片は半被殻あたり3枚認められた。

以上の観察結果から、この種は汽水域や電気伝導率の高い水域に普通に出現する *Pleurosira laevis* (Ehr.) Compère f. *laevis* とは異なる種類と考えられた。さらに唇状突起の数と配列から *P. laevis* f. *polymorpha* (Grunow) Compère であると同定された。また増大胞子は *f. laevis* と同様、半中間増大胞子(semi-intercalary auxospore)であったが、本品種では上下半被殻と一直線上に形成されることが観察された。

(*東水大・藻類, **日歯大・生物)

P 14 〇近藤貴靖* 横山亜紀子** 原 慶明**:

イデユコゴメ藻群(紅色植物)の生育分布と系統について

イデユコゴメ藻群は高温・強酸性の温泉に生育する真核光合成生物で、現在までに *Cyanidioscyzon* 属1種, *Cyanidium* 属3種, *Galdieria* 属4種が報告されている。しかし、それらの分類は属はともかくとして、種では困難を極めている。本研究では本藻類群の系統関係、および種内の遺伝的分化の程度を明らかにし分類体系を確立することを目的として、日本産を中心に細胞サイズと内生胞子形成数を主な形質として認識した *Cyanidium* 属1種, *Galdieria* 属3種を用い18SrRNA遺伝子の塩基配列を決定し、種間・種内の分化の程度を検討した。

系統解析の結果、それぞれの種はみな基本的に単系統群を形成した。さらに、*Galdieria* 属の2種; *G. sulphuraria* および *G. partita* も単系統群を形成した。*C. caldarium* では株間の塩基配列にほとんど変異が見られなかったが、*C. caldarium* と他の2種との遺伝的距離は、他の単細胞性紅藻の属間に相当するほど大きいことが示された。それに対して *G. sulphuraria* では株間での遺伝的変異は著しく、種内での遺伝的分化が進んでいることが示唆された。

(*山形大・院・理工, **山形大・理・生物)

P15 ○須田彰一郎*, 熱海美香*, 宮下英明**: 海洋バイオテクノロジー研究所が保有する *Nannochloropsis* 属4種の特微付けについて (真性眼点藻)

Nannochloropsis 属は、細胞の大きさが非常に小さく形態的特徴が少ないことから分類が困難である。海洋バイオテクノロジー研究所海産微生物カルチャーコレクション (MBIC) には、本属に含まれると思われる特徴を示す多くの株が存在した。これらの株の色素組成を調べ、クロロフィル *a* だけをもつ10株にまで絞り込んだ。形態、微細構造の特徴、18S rDNA ならびに *rbcL* 遺伝子塩基配列の比較によりこれら10株は *N. gaditana*, *N. granulata*, *N. salina* と一新種、*N. oceanica* sp. nov. に分類された。対数増殖期の光学顕微鏡観察により上記の種類を区別することができたが、定常期の細胞と微細構造の観察では種の特微付けは困難であった。一方18S rDNA 塩基配列により全ての種類が区別できることが報告されており (Andersen et al. 1998)、上記10株も区別することができた。しかしながら約1750塩基の内、1塩基の違いで種を区別する場合もあった。そこで *rbcL* 遺伝子の塩基配列を比較したところ、18S rDNA で1塩基の違いであった *N. salina* と *N. gaditana* の違いが *rbcL* では16塩基の違いに増幅され種の識別がより正確になった。

(*海洋バイオ研・釜石、**東京農工大・工・生命工学)

P17 ○高橋文雄*, 菱沼佑**, 片岡博尚***: 多核細胞を用いた青色光依存的核運動における細胞骨格阻害剤の効果
—アクチンに依存した微小管束—

先端成長をする管状の多核細胞フシナシミドロ (*Vaucheria*) を青色光 (BL) で部分照射すると照射域中央から成長点が誘導される。成長点形成に先だててまず表層の葉緑体が、次いで核と内層の葉緑体を含む原形質が照射域に移動・集積するが、とくに核の集積は必須である (高橋ら 1997 植物学会)。本研究では、核の集合運動に注目し、中心体から前方に長く伸びた微小管束の動態を観察し、阻害剤の効果からその運動機構を調べた。

微小管重合阻害剤 APM 処理により、核は移動を停止し、均等に分布していた核は不規則に凝集した。驚くべきことに、アクチンの重合阻害剤である Cytochalasin A (CA) も微小管の重合を阻害し、APM と同様に核の移動を阻害した。20 μ M APM や 5 μ M CA は成長点の誘導形成を完全に阻害した。CA は原形質内層の葉緑体の縦方向の移動も阻害したが、細胞表層にある葉緑体の照射初期に起こる弱光定位運動は阻害しなかった。これらの結果はフシナシミドロの核と原形質の集合運動に微小管だけでなく、アクチンも関与していることを強く示唆する。

(*理研・PDC・光

生物2, **山形大・理・生物, ***東北大・遺生研)

P16 ○須谷昌之*, 大谷修司**: 黄緑藻 *Ophiocytium* sp. の無性生殖

淡水産黄緑藻 *Ophiocytium* sp. のクローン培養株を、島根県の山間部の池より分離培養し、その無性生殖を観察したので報告する。

三瓶山浮布池の表面水を2000年7月に採取した。栄養細胞をピペット洗浄法で分離し、水田土壌を用いた2層培地で20°C、12時間、12時間の明暗周期で培養を行った。

本種の栄養細胞の形は紡錘形から円柱状であり、伸張すると管状となり、湾曲する場合があった。細胞の大きさは、幅3.5~6 μ m、長さ7~275 μ m。細胞の両端に一本の針状突起を有し、ほぼ等長で、長さは11~25 μ mであった。葉緑体は側壁性で、円盤状、ピレノイドを欠く。

無性生殖は、自生胞子の形成により、自生胞子を形成する細胞の長さは様々であった。自生胞子数は、2~約20個であり、細胞が長くなるにしたがって自生胞子の数は増加した。自生胞子の大きさは、幅4~4.5 μ m、長さ6~8 μ mであり、針状突起は母細胞の中で形成された。自生胞子は、母細胞の一端の細胞壁が離れ、そこから放出された。

本種の栄養細胞の形態は、*Ophiocytium capitatum* Wolle var. *longispinum* (Moebius) Lemm. に類似しているが、種の同定は今後の課題としたい。

(*島根県立大田高校, **島根大・教育)

P18 田中宏之*・南雲保**: 本邦産中心類珪藻 *Cyclotella* 属の分類学的検討

化石・現生を含む21分類群の本邦産 *Cyclotella* 属珪藻について、光学顕微鏡、電子顕微鏡観察により、殻面・殻套部の唇状突起・有基突起の分布状態と構造等の微細構造の違い、および殻形、殻表面の凹凸、条線の分布と構造等の26形質からグループ分けをおこなった。

その結果、唇状突起・有基突起が殻面にあり殻縁有機突起が一次肋にある *C. radiosa* グループ、唇状突起・有基突起が殻面にあり殻縁有機突起が二次肋にある *C. ocellata* グループ、唇状突起は殻面にあるが有基突起が殻面にない *C. shanxiensis* グループ、唇状突起が一次肋にあり有基突起が殻面にある *C. meneghiniana* グループ、唇状突起が一次肋にあり有基突起も殻面にない *C. meduanae* グループ、唇状突起は二次肋にあり有基突起が殻面にある *C. stylorum* グループ、唇状突起は二次肋にあり有基突起も殻面にない *C. kohsakaensis* グループ、唇状突起・有基突起とも条線域にある *C. stelligera* グループの計8グループに大別した。

しかし各グループ間の関連づけを考察するには、未だ不明な点もあり、今後さらに殻帯の構造、変異の範囲などの観察が必要であることが示唆された。

(*群馬県中央高校, **日本歯科大・生物)

P19 ○寺脇利信*・吉田吾郎*・内村真之*・新井章吾**・村瀬 昇***: 屋外水槽での海藻栽培法とホンダワラ類、イワズタ類、アマモの生長

海藻類の生態を解明する上で、日常的に生残や生長の観察を続けることが重要と考え、屋外水槽での栽培方法の改良に取り組んでいる。1995年8月、容積300 lのアルテミア飼育用水槽に浜砂を敷いた。注水ホースの出口を浜砂中に置き、水槽底から湧き出した海水を排水管上部からオーバーフローさせ、浮泥の沈積を防いだ。藻食性の小型巻貝等を水槽に投入し、付着珪藻類の繁殖を抑制し、寒冷紗と黒色ビニルシートで、水槽底への到達光量を調整した。1997年6月には、容積2トンのFRP水槽を上述と同様に設定した。運転開始後には、人為的な環境の攪乱を避けるため、一度も水槽の壁面を掃除せず、海藻類の栽培を続けた。主に昨年の本大会以降の様子を、ホンダワラ類、イワズタ類、アマモの生長で示す。

1996年10月に採苗した能登半島志賀産フシスジモクは、2年後および4年後の秋に成熟し、受精卵からの発芽体および付着器縁辺部からの栄養繁殖体も生長した。1997年6月に採苗した日本海沿岸の山口県黄波戸産ノコギリモクは3年後に主枝が伸長を始めたものの未だ成熟していないのに対し、1998年6月に採苗した広島湾大野産ノコギリモクは1年以内に主枝が伸長を始め2年後の2000年春には成熟した。1998年12月に移植した広島湾阿多島産フサイワズタおよび1999年5月に移植した愛媛県伊方産クロキズタは、両種とも夏に大部分が枯死したが、生残した藻体が秋以降に再生長した。1998年6月に播種したアマモは、2年後の春に花枝を形成し、その後も生長を続けた。(*瀬戸内水研, **嵯海藻研, ***水大校)

P21 ○羽生田岳昭¹・熊野茂²・新井章吾³・洲澤謙⁴・飯間雅文⁵・植田邦彦⁶: チスジノリ科の分子系統解析

チスジノリ科(真紅藻亜綱)は全てが淡水産の2属約十数種から成り、その分布は熱帯・亜熱帯を中心に全世界に及んでいる。日本にはチスジノリ(*Thorea okadae*)、シマチスジノリ(*T. gaudichaudii*)、オキチモズク(*Nemaliopsis tortuosa*)の3種が生息している。近年、分子データを用いた淡水産紅藻の研究がいくつか報告され、系統分類や生物地理の解析において成果をあげてきている。そこで我々は詳細な分子系統解析が行われていないチスジノリ科に注目し、次のような目的の下に解析を行った。1)チスジノリ科の系統的位置の解明、2)チスジノリ属内の系統関係の解明、3)日本産チスジノリ科3種の種内の遺伝的変異の解明

その結果これまでに、核(18SrDNA)および葉緑体(*rbcl*)どちらの解析の場合もチスジノリ科は単系統群を成すものの、その他のカワモズク目は単系統群を成さないことが明らかとなった。従ってVis et al. (1998)が示唆しているように、チスジノリ科をカワモズク目から独立させ、チスジノリ目として扱うのが適当であると考えられた。また、チスジノリ、シマチスジノリ、*T. violacea* (USA)の間には、他属の淡水紅藻の種間に見られるのと同程度かそれ以上の遺伝的変異が見られた。このことからチスジノリとシマチスジノリは、*T. violacea*のシノニムとして扱う (Sheath et al. 1993)のではなく、別種として扱うのが適当であると考えられた。加えて、チスジノリとシマチスジノリのどちらにも種内変異が存在することが明らかとなっており、今後発表までにサンプルを増やして考察を行う予定である。

(¹金沢大・院・自然科学, ²神戸親和女子大・文, ³(株)海藻研究所, ⁴(有)河川生物研究所, ⁵長崎大・環境科学, ⁶金沢大・理)

P20 ○豊田 健介*・南雲 保**・田中 次郎*: 羽状付着珪藻 *Achnanthes angustata* Greville の分類学的検討

付着性珪藻である *Achnanthes angustata* は、Greville (1859) により新種記載され、その後 Cleve (1895) は *Achnantheidium* (*Achnanthes*) *brevipes* var. *angustata* とした。それ以来本種は *Achnanthes brevipes* var. *angustata* (Greville) Cleve として扱われていることが多い。しかし、本種の実体は不明な点が多く、同定が困難であった。そこで、本研究では光学顕微鏡 (LM)、走査電子顕微鏡 (SEM)、透過電子顕微鏡 (TEM) を用いて本種の形態的特徴を明らかにした。

サンプルは、千葉県ポートパークの岩上に付着していた藍藻に付着していた群体を採集し、被殻を洗浄し観察を行った。同定は Greville (1859) の protologue 及び、BM 所蔵の holotype をもとに行なった。

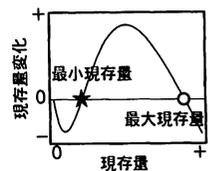
その結果、LM を用いた観察では、殻面観では殻両端が丸みを帯びた棒状であり、肋と肋の間の条線は1列に並び、無縦溝殻において頂軸域は殻縁に伸び、無紋域がないことが明らかになった。殻長 40-130µm、殻幅 9-12µm、10µm あたりの条線の本数は中心域付近で縦溝殻において 9-10 本、無縦溝殻において 9-11 本であった。SEM を用いた観察では、無縦溝殻は縦方向にややくぼんでおり、点紋は比較的大きい。また、肋は被殻の内面まで張り出ていなかった。帯片は、開放型であった。

本種の分類学的位置は、*A. brevipes* var. *brevipes* の実体が不明瞭であるため、現段階では、*A. angustata* Greville とするべきであると結論した。また、今後、*A. brevipes* var. *intermedia*, *A. kuwaitensis* との明確な形態的特徴の相違を検討する必要がある。
(*東水大 藻類 **日歯大 生物)

P22 本多正樹: 藻場現存量に及ぼす摂食影響の数学的解析

近年、磯焼け原因として藻食動物による摂食が注目されており、摂食が藻場現存量動態に及ぼす影響を解析することにより磯焼け対策にとって有用な知見が得られると考えられる。そこで藻場生産力モデルに Ivlev の摂食速度式を組み込み現存量変化に及ぼす摂食影響を解析した。

現存量と現存量変化の関係を計算すると、光合成を呼吸と摂食が相殺し現存量変化が0となる現存量が存在することが分かる。摂食を Ivlev 式で与える場合、現存量変化が0となる現存量は2つ以下となる(現存量=0を除く)。一つは存在可能な最大現存量であり、これは現存量の増大に伴い光合成が収束するのに対し、呼吸が線形に増大するために生じる。もう一つは藻場が維持されるために必要な最小現存量である。摂食速度が十分小さい場合には最大現存量以下では現存量変化が正であり藻場は存続する。逆に過大な摂食は全ての現存量範囲で現存量変化を負にし海藻の生育を許さない。その間の摂食速度では最小現存量と最大現存量が共に存在し、最小現存量を上回る場合に藻場は維持されるが、最小現存量を下回ると磯焼けに向かう。そして摂食速度が大きいかほどまた光量が小さいほど最小現存量は大きな値を、逆に最大現存量は小さな値を取ると解析できた。(電中研)



P23 松岡敏充, 藤井理香, 林 正男: 西日本沿岸海域に出現する有毒渦鞭毛藻 *Gymnodinium catenatum* の分布と来歴

Gymnodinium catenatum は無殻渦鞭毛藻で、麻痺性貝毒 (Paralytic shellfish poisoning: PSP) 原因種として知られ、オーストラリア・タスマニアではバラスト水などにより他海域から人為的に侵入し、定着したと言われている。日本では 1986 年に山口県仙崎湾で最初に本種が PSP 原因種である事が確認された。*G. catenatum* の分布は現時点では西日本海域に限られているが、それは拡大しつつある。本種の分布域拡大の様相を解明することは、PSP 発生を抑制するための基礎的情報として極めて重要であるとともに、他の浮遊生物の分布拡大についても手がかりを与える。

堆積物中に保存されたシストの出現記録をもとに *G. catenatum* の分布と来歴を明らかにするための調査を大村湾・長崎湾・伊万里湾で行った。

大村湾では海底下 90-91cm (約 282 年前) の堆積物からシストの存在が確認された。長崎湾では未だ本種の栄養細胞が未確認ではあるが、海底下 55-56cm (約 130 年前) の堆積物からシストが確認された。さらに、伊万里湾では海底下 55-56cm (約 175 年前) の堆積物以降からほぼ連続してシストが検出されたことから、*G. catenatum* が約 175 年前以降生息し続けていたことが分かる。以上の資料は *G. catenatum* は西九州沿岸域に少なくとも約 280 年前以降分布していた事を示しており、オーストラリア・タスマニアのような人為的侵入種ではないといえる。

(長崎大学・水産)

P25 ○宮村新一、松永 茂、堀 輝三: オオハネモ配偶子形成パターンの季節変動

潮間帯に生育する囊状緑藻オオハネモ (*Bryopsis maxima*) の配偶子形成は主に冬から春にかけての大潮時に起こると考えられていた。しかし、2000 年 2 月から 6 月にかけて茨城県大洗海岸において、天然での配偶子形成を調べたところ、1) 2, 3 月の水温が低い (8~11°C) 時期には配偶子形成が起こらず、水温が上昇 (水温 11°C から 18°C に上昇) する 4 月から 6 月の大潮時に、同調的な配偶子形成が起こること、2) 配偶子形成を誘導する水温も季節の進行に伴って上昇 (11°C から 19°C へ上昇) することが明らかとなった。今回は、天然での配偶子形成の時期をさらに詳しく調べるために、2000 年 8 月、12 月に調査を行ったので、その結果を報告する。

I) 配偶子形成が不定期におこなわれる時期: 7 月 28 日~8 月 21 日までの 25 日間、大洗海岸のオオハネモは大潮に関係なく不定期に配偶子形成をくり返した。海水温は冬場に比べ高いレベルで推移した (18°C~24°C) が、配偶子形成時期に対応した海水温の変化は見出されなかった。II) 月に 4 回程度のペースで配偶子形成が同調的に起こる時期: 12 月 3 日~28 日までの 26 日間、オオハネモは、大潮の附近に同調的な配偶子形成を行ったが、大潮と大潮の間にも配偶子形成を行った。この時期、海水温は 14°C から 11°C に低下したが、同調的な配偶子形成に対応した水温の変化は認められなかった。但し、配偶子形成を誘導する水温の閾値 (12°C) は春に比べて低下した。

(筑波大・生物科学系)

P24 ○御園生拓*, 齋藤順子**, 時友裕紀子**, 井上行夫*, 堀裕和*, 桜井彪*: 紅藻の紫外線吸収物質 palythine の生理的役割

紅藻に含まれるマイコスポリン様アミノ酸誘導体 (MAA) は、いずれも UV-B 領域に吸収極大を持つ紫外線吸収物質である。我々は、スサビノリに含まれる MAA 画分に DNA 塩基の紫外線による損傷を防ぐ効果があることを発見したが、今回は MAA の一種である palythine を用いて同様の効果について調べた。人工合成した一本鎖のチミジリルチミジン (T₁T₂) に太陽光と近い光組成の Xe ランプを照射し、生成される二種の T-T 光二量体を HPLC によって定量した。

Palythine を DNA 溶液と混合した系と、DNA 溶液の前に置いて照射光をあらかじめ吸収させた系のどちらにおいても、T-T 光二量体の生成は抑えられた。しかし、両実験系において T-T 光二量体である cis-syn cyclobutane dimer と (6-4) photo product の生成抑制パターンが異なることから、palythine の DNA 保護メカニズムも、スサビノリ粗 MAA 画分と同じく単なる紫外線フィルタのみではないことが示唆された。しかし、スサビノリ粗 MAA 画分とは異なり DNA 分子と MAA 間の分子間エネルギー転移反応の存在は確認されず、また両光二量体の生成抑制パターンにも違いが見られることから、MAA の DNA 保護機構は単一ではないことが考えられる。

(*山梨大・工, **山梨大・教育人間科学)

P26 ○吉井幸恵*・羽生田岳昭**・若菜 勇***・井上 勲****: マリモ類の光合成色素組成と分類学的考察

マリモ (*Chladophora aegagropila*) は従来の分類体系では緑色植物門アオサ藻綱シオグサ目シオグサ科シオグサ属に分類されてきた。これに対し、羽生田・植田 (1999) は 18S rRNA 遺伝子系統樹を構築し、マリモがアオミソウ、ミゾジュズモ、*Wittrockiella*, カイゴロモ等とクレードを形成し、このクレードが他のシオグサ目全体の姉妹群であることを明らかにした (以後マリモ類と呼ぶ)。

本研究では、マリモ類と他のシオグサ目藻類の分類を考えるために光合成色素組成に着目し、マリモ類 6 種、シオグサ目十数種を対象として、HPLC を用いてこれを解析した。その結果、シオグサ目藻類のカロテノイド組成には 3 タイプある事が明らかになった。主要カロテノイドがルテインである Lut type, ロロキサナンチンを持つ Lo type, シホナキサナンチンを持つ Sx type である。今回調べたマリモ類 6 種はすべて、Lo type であった。一方、他のシオグサ目藻類には 3 タイプ全てがみられた。カロテノイドタイプと系統樹との比較から、Lo type はシオグサ目藻類の中では原始的であり、Lut type と Sx type は派生的である可能性が示唆された。また、カロテノイドタイプの分布が系統樹とほぼ一致していることから、マリモ類を含むシオグサ目の分類形質としてカロテノイド組成が有用である可能性が示唆された。

(*筑波大・院・生命環境科学, **金沢大・院・自然科学, ***阿寒町教育委員会, ****筑波大・生物)

HITACHI

“専任のオペレーターに任せず、もっと自分でSEMを使いこなしたい!” “もっと多くの部署でSEMを利用したい!”—こんなニーズにおこたえるのが、日立走査電子顕微鏡S-2600N/S-2600H。含水試料や絶縁体を無処理で観察・分析できるS-2600N、そして高真空専用機S-2600Hは、はじめての方でも使える分かりやすいメニューウィンドウ、設置場所を選ばないコンパクトボディを実現し、SEMをさらに身近により使いやすくしました。

ユーザーの
もっと!
もっと!
に、おこたえしました。

COMPACT BODY

設置場所を選ばないコンパクトな一体型ボディで、SEMをもっと身近に。

EASY OPERATION

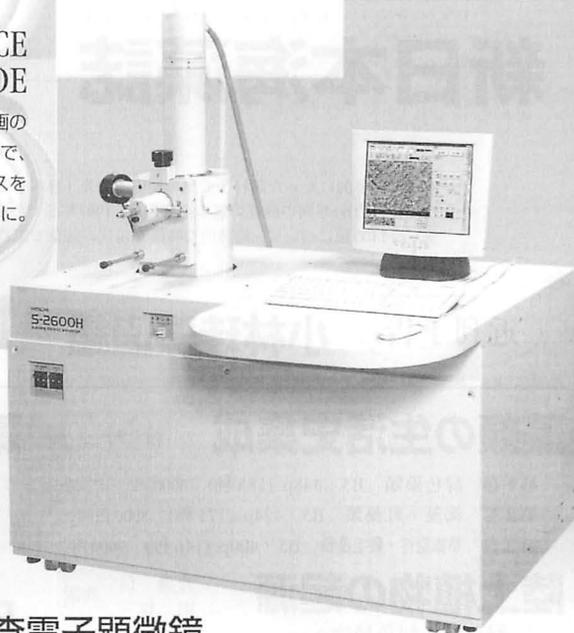
ラクラク操作のタブ方式メニューウィンドウと機能の自動化で、SEMをもっと簡単に。

WITHOUT PREPARATION

生サンプルを無処理で観察できるNモードで、SEMをもっと活用(S-2600N)。

MAINTENANCE GUIDE

3D CG 動画のわかりやすいガイドで、メンテナンスをもっと安心・確実に。



主な仕様

形式	S-2600H	S-2600N
二次電子分解能	4.0nm	
N-モード分解能	—	5.0nm
倍率	×15~×300,000	
加速電圧	0.5~30kV	
最大試料寸法	60mm径	
PC、OS	PC/AT互換機、WindowsNT®	

日立走査電子顕微鏡

S-2600N/S-2600H

* WindowsNTは、米国およびその他の国における米国Microsoft Corp.の登録商標です。

日製産業株式会社

科学システム営業本部 〒105-8717 東京都港区西新橋一丁目24番14号(日製産業ビル) 電話 ダイヤルイン(03)3504-7211 FAX (03)3504-7745

URL <http://www.nisseisg.co.jp/kagaku/>

株式会社 日立サイエンスシステムズ

本社工場 〒312-0033 茨城県ひたちなか市市毛1040番地

電話 (029)272-5471(代表) FAX (029)274-4497

URL <http://www.hitachi-science.co.jp>

株式会社 日立製作所

計測器グループ 〒100-8220 東京都千代田区丸の内一丁目5番1号(新丸ビル)

電話 (03)3212-1111(大代) FAX (03)3212-1493

URL <http://www.hitachi.co.jp/Div/keisokuki>

世界の淡水産紅藻

熊野 茂 著

B5判・上製416頁・本体価格28000円

清澄な水域に生息している淡水産紅藻は、環境汚染に極めて敏感であるため、地球的規模での水の汚染の危険を人類に知らせる有効な指標としての役割を担っている。しかし水質の汚染に伴い残念ながら淡水産紅藻種のいくつかの種は既に絶滅し、また多くの種の絶滅が危惧されている。本書は淡水産紅藻という分類群の現時点での研究成果をまとめたものであり、世界で認められている淡水産紅藻の大部分の分類群を、種、変種のランクまで収録する。

淡水藻類入門

淡水藻類の形質・

種類・観察と研究

山岸 高旺 編著

B5判・700頁(口絵カラー含む)・本体価格25000円

「日本淡水藻図鑑」の編者である著者がまとめる、初心者・入門者のための書。多種多様な藻類群を、平易な言葉で誰にも分かるよう、丁寧に解説する。I編、II編で形質と分類の概説を行い、III編では各分野の専門家による具体的事例20編をあげ、実際にどのように観察・研究を進めたらよいかを理解できるように構成する。

淡水藻類写真集

1巻

山岸 高旺・秋山 優 編集

～20巻

各巻 B5判・216頁・100シート

1・2巻4000円、3～10巻5000円、11～20巻7000円

淡水藻類写真集ガイドブック

山岸高旺 著

B5判・144頁・本体価格3800円

新日本海藻誌

— 日本産海藻類総覧 —

吉田 忠生 著

B5判・総頁1248頁・本体価格46000円

本書は古典的になった岡村金太郎の歴史的大著「日本海藻誌」(1936)を全面的に書き直したものである。「日本海藻誌」刊行以後の約60年間の研究の進歩を要約し、1997年までの知見を盛り込んで、日本産として報告のある海藻(緑藻、褐藻、紅藻)約1400種について、形態的な特徴を現代の言葉で記載する。植物学・水産学の専門家のみならず、広く関係各方面に必携の書。

近刊予告

小林珪藻図鑑

小林 弘

南雲 保・出井雅彦・真山茂樹・長田敬五 著

藻類の生活史集成

堀 輝三 編

第1巻 緑色藻類 B5・448p(185種) 8000円

第2巻 褐藻・紅藻類 B5・424p(171種) 8000円

第3巻 単細胞性・鞭毛藻類 B5・400p(146種) 7000円

陸上植物の起源

渡邊 信 共訳
堀 輝三

— 緑藻から緑色植物へ —

A5・376p・4800円

最初に海で生まれた現生植物の祖先は、どのような進化をたどって陸上に進出したのか——。分子生物学、生化学、発生学、形態学などの成果にもとづく探求の書。

日本淡水藻図鑑

廣瀬弘幸・山岸高旺 編集

B5・960p・38000円

図鑑としての特性を最高度に発揮す為には図版は必ず左頁に、図版の説明は必ず右頁に組まれ、常に図と説明とが同時にみられるように工夫。また随所に総括的な解説や検索表を配し読者の便宜を図る。

藻類多様性の生物学

千原光雄 編著

B5・400p・9000円

藻類の今を見渡し、理解するための最適の書。斯界の第一人者により、藻学および周辺領域の膨大な知識の蓄積が整理され、新しい研究成果も取り入れられている。藻学を学ぶ方、またこの分野に興味のある方の新たなスタンダード。

日本の赤潮生物

福代・高野 共編

千原・松岡

— 写真と解説 —

B5・430p・13000円

日本近海および日本の淡水域に出現する200種の赤潮生物を収録。赤潮生物の分類・同定に有効な一冊。

原生生物の世界

九山 晃 著

九山雪江 絵

細菌、藻類、菌類と原生動物の分類

B5・440p・28000円

原生生物、すなわち細菌、藻類、菌類と原生動物の分類という壮大な世界を緻密な点描画とともに一巻に収めた類例のない書。

表示の価格は本体価格ですので、別途消費税が加算されます。

〒112-0012 東京都文京区大塚3-34-3

TEL 03-3945-6781 FAX 03-3945-6782

内田老鶴園

学 会 出 版 物

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

1. 「藻類」バックナンバー 価格、各号、会員 1,750 円、非会員 3,000 円；30 巻 4 号（創立 30 周年記念増大号、1-30 巻索引付き）のみ会員 5,000 円、非会員 7,000 円；欠号 1-2 巻、4 巻 1, 3 号、5 巻 1, 2 号、6-9 巻全号。「藻類」バックナンバーの特別セット販売に関しては本誌記事をご覧ください。
2. 「藻類」索引 1-10 巻、価格、会員 1,500 円、非会員 2,000 円；「藻類」索引 11-20 巻、価格、会員 2,000 円、非会員 3,000 円、創立 30 周年記念「藻類」索引 1-30 巻、価格、会員、3,000 円、非会員 4,000 円。
3. 山田幸男先生追悼号 藻類 25 巻増補、1977、A5 版、xxviii + 418 頁。山田先生の遺影、経歴・業績一覧・追悼文及び内外の藻類学者より寄稿された論文 50 編（英文 26、和文 24）を掲載。価格 7,000 円。
4. 日米科学セミナー記録 Contributions to the systematics of the benthic marine algae of the North Pacific. I. A. Abbott・黒木宗尚共編、1972、B5 版、xiv + 280 頁、6 図版。昭和 46 年 8 月に札幌で行われた北太平洋産海藻に関する日米科学セミナーの記録で、20 編の研究報告（英文）を掲載。価格 4,000 円。
5. 北海道周辺のコンブ類と最近の増養殖学的研究 1977、B5 版、65 頁。昭和 49 年 9 月に札幌で行われた日本藻類学会主催「コンブに関する講演会」の記録。4 論文と討論の要旨。価格 1,000 円。

2001 年 3 月 5 日印刷

2001 年 3 月 10 日発行

© 2001 Japanese Society of Phycology

日 本 藻 類 学 会

禁 転 載
不 許 複 製

Printed by TOPRI

編集兼発行者 田 中 次 郎

〒108-8477 港区港南 4 - 5 - 7

東京水産大学

Tel & Fax 03-5463-0526

email jtanaka@tokyo-u-fish.ac.jp

印刷所

株式会社 東プリー

〒144-0052 大田区蒲田 4 - 41 - 11

Tel 03-3732-4155

Fax 03-3730-8286

発行所

日 本 藻 類 学 会

〒990-8560 山形市小白川町 1-4-12

山形大学理学部生物学科

Tel 023-628-4610

Fax 023-628-4510

藻類

The Japanese Journal of Phycology (Sôru)

第49巻 第1号 2001年3月10日

目次

坂西 芳彦・飯泉 仁 北海道東部沿岸に生育する寒海産コンブ目数種の夏季の 光合成－光特性	1
研究技術紹介	
鈴木 秀和, 大石 喜久, 檀 紫, 南雲 保: 集束イオンビーム (FIB) 加工装置による 微細藻類断面の観察	7
藻場の景観模式図	
寺脇 利信・新井 章吾: 6. 北海道厚岸町・北海道大学厚岸臨海実験所地先	11
藻類学最前線	
石田 健一郎: 一生使える使い捨て葉緑体—ウミウシのクレプトクロロプラスト—	14
海外藻類事情	
大野 正夫・平岡 雅規: ヨーロッパのアオサについて	17
最終講義	
前田 昌徹: 連鎖について—海藻多糖の化学構造研究—	21
吉田 忠生: ヒジキの学名について	38
香村 眞徳: 藤山虎也先生のご逝去を悼む	40
秋季シンポジウム要旨 (2000.10.27) 「21世紀における海藻の研究と利用」	
佐藤 純一: ワカメ業界の課題	43
西出 英一: 褐藻多糖研究の課題	51
大野 正夫・村岡 大祐: 第17回国際海藻シンポジウム (南アフリカ) 参加記	59
松山 和世: 2000年度「藻類談話会」参加報告	63
学会シンポジウム情報	
マリンバイオ2001	64
英文誌 Phycological Research 48 (3) 掲載論文和文要旨	65
原 慶明: ごあいさつ	69
学会録事	70
学会会則	75
和文誌「藻類」投稿案内	76
日本藻類学会第25回大会 (東京, 2001) プログラム	79