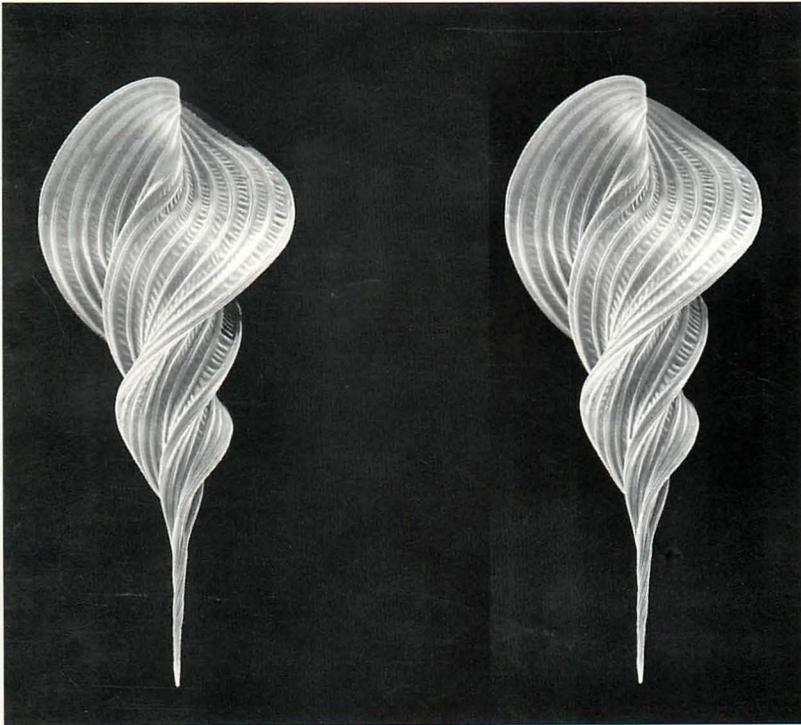


藻類

The Japanese Journal of Phycology (Sôru)

第49卷 第3号 2001年11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。

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

(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

和文誌「藻類」への投稿: 〒108-8477 東京都港区港南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

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)

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)

出井雅彦 (文教大学短期大学部)

飯間雅文 (長崎大学)

川井浩史 (神戸大学)

御園生拓 (山梨大学)

日本藻類学会ホームページ

<http://www.kurcis.kobe-u.ac.jp/sorui/>

本村泰三 (北海道大学)

南雲 保 (日本歯科大学)

野呂忠秀 (鹿児島大学)

大野正夫 (高知大学)

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)

渡辺 信 (国立環境研究所)

横浜康継 (志津川町自然環境活用センター)

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: 藤田大介 (富山県水産試験場)

堀口健雄 (北海道大学)

出井雅彦 (文教大学)

飯間雅文 (長崎大学)

石田健一郎 (British Columbia 大学)

神谷充伸 (神戸大学)

北山太樹 (国立科学博物館)

村上明男 (神戸大学)

大野正夫 (高知大学)

長田敬五 (日本歯科大学)

洲崎敏伸 (神戸大学)

委員: 藤田雄二 (長崎大学)

堀 輝三 (筑波大学)

今井一郎 (京都大学)

井上 勲 (筑波大学)

片岡博尚 (東北大学)

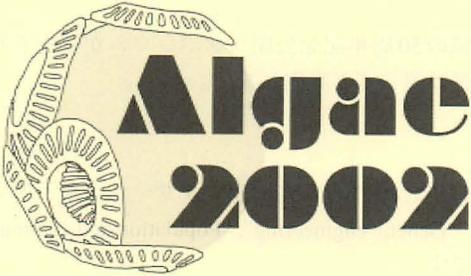
大野正夫 (高知大学)

岡崎恵視 (東京学芸大学)

渡辺 信 (国立環境研究所)

横浜康継 (筑波大学)

Algae 2002 開催のお知らせ (その2)



本誌前号(2001年2号)でご案内しましたように、下記の要領で Algae 2002〔第26回日本藻類学会(JSP)大会・JSP50周年記念行事・第3回アジア太平洋藻類学フォーラム合同会議(APPF)]を開催いたします。どうぞ奮ってご参加くださいますようお願いいたします。また本大会の詳細および更新については、以下のURLに随時掲載しております。併せてご利用ください。

URL: <http://www-sp2000ao.nies.go.jp/algae2002/index.htm>

1. 日程

- 2002年7月19日(金): JSP50周年記念公開シンポジウム
 7月20日(土): JSP50周年記念行事, ポスター発表, JSP総会, JSP50周年記念パーティー
 7月21日(日): 基調講演, シンポジウム, ポスター発表
 7月22日(月): 基調講演, シンポジウム, ポスター発表, 若手コンペティション
 7月23日(火): シンポジウム, ポスター発表, エクスカーション, 懇親会
 7月24日(水): 基調講演, シンポジウム, ポスター発表, APPA総会, 閉会

2. 会場

独立行政法人産業技術総合研究所 共用講堂 (3頁の地図参照)

3. 参加費

会期前半(7/19~21)のみ参加(50周年記念パーティー代を含む): 15,000円(学生10,000円)
 全期間参加(50周年記念パーティー代と懇親会費を含む): 30,000円(学生15,000円)

4. 発表申込, 発表要旨原稿送付, 参加申込, 参加費送金について

発表申込, 発表要旨原稿, 参加申込は, 下記URLで公開されている申込票に直接必要事項を記入するか, e-mailに必要事項を書き込んで送付するか, 本誌綴じ込みの発表申込票/参加申込票にご記入の上, 郵送もしくはファックスにて事務局にご送付ください。

URL: http://www-sp2000ao.nies.go.jp/algae2002/register_j.html

〒305-8506 つくば市小野川16-2 国立環境研究所 Algae 2002 事務局

Fax: 0298-50-2577, e-mail: algae02@nies.go.jp

- ・発表申込 : 2002年1月10日締切(発表タイトルと発表氏名が暫定的なものであっても受け付けておりますので, 期日までに送付くださいますようお願いいたします)
- ・発表要旨原稿 : 2002年4月1日締切(3月28日から変更されましたのでご注意ください)
- ・参加申込 : 2002年4月1日締切(5月31日から変更されましたのでご注意ください)
- ・参加費送金 : 2002年4月1日締切, 送金先「加入者名: Algae2002 口座番号: 00120-9-79608」
本誌綴じ込みの郵便振替用紙をご利用ください。

5. 編集委員会および評議委員会について

日時、場所等の詳細は追って関係者の方々にご連絡します。

6. 公開シンポジウムの案内

2002年7月19日(金)13:00から、日本藻類学会主催の50周年記念公開シンポジウムが予定されています。これは50周年記念委員会による企画で、詳細は追ってご案内します。

7. Algae 2002 主催シンポジウムの案内

Algae 2002が主催するシンポジウムとして以下の11件と、それらのオーガナイザーが決まっています(2001-10-31現在)。その他にも"Introduced species", "Genetic engineering", "Population and community of macroalgae" などについてのシンポジウムを準備中です。

- 1) Culture Collection : Fumie KASAI (National Institute for Environmental Studies, Japan), 他1名選考中
- 2) Toxic cyanobacteria : Kunimitsu KAYA (National Institute for Environmental Studies, Japan), Aparat MAHAKHANT (Thailand Institute of Scientific and Technological Research, Thailand)
- 3) Harmful algae : Ichiro IMAI (Kyoto University, Japan), 他1名選考中
- 4) Mari-culture : Masao OHNO (Kochi University, Japan), 他1名選考中
- 5) "Isoyake" : Jeong Ha KIM (Sungkyunkwan University, Korea), Daisuke FUJITA (Toyama Prefectural Fisheries Research Institute, Japan)
- 6) Mangrove ecosystem : Jiro TANAKA (Tokyo University of Fisheries, Japan), John WEST (University of Melbourne, Australia)
- 7) Phytogeography : Wendy NELSON (Museum of New Zealand, Te Papa Tongarewa, New Zealand), Hiroshi KAWAI (Kobe University Research Center for Inland Seas, Japan)
- 8) Systematics of macroalgae : Sung Min BOO (Chungnam National University, Korea), 他1名選考中
- 9) Systematics of microalgae : Daisuke HONDA (Kohnan University, Japan), 他1名選考中
- 10) Algal reproduction and development : Gwang Hoon KIM (Konju University, Korea), Taizo MOTOMURA (Hokkaido University, Japan)
- 11) Physiology : Antonietta QUIGG (Rutgers University, U.S.A.), Hiroyuki, SEKIMOTO (University of Tokyo, Japan)

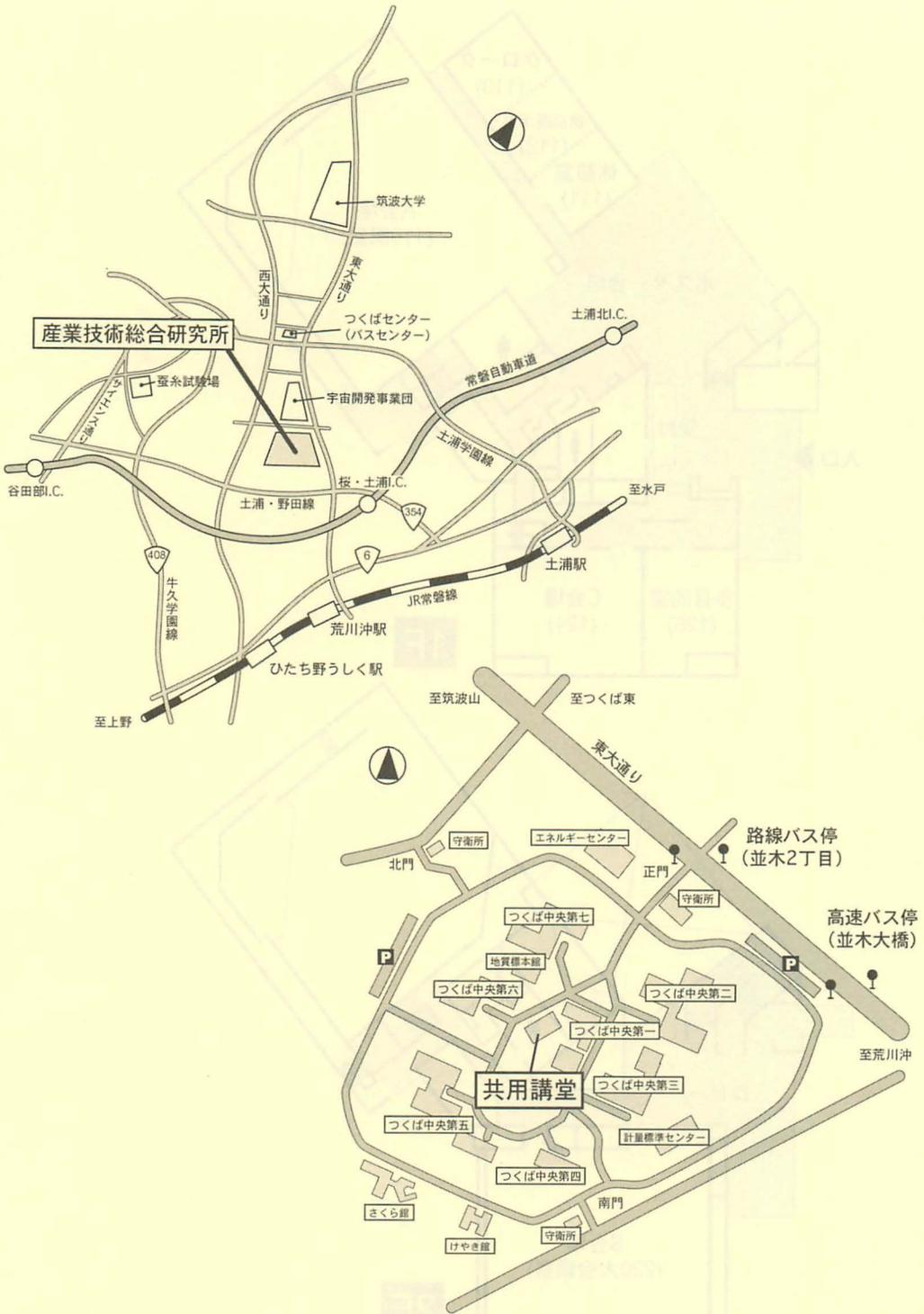
8. Algae 2002 に関するお問い合わせは下記の連絡先まで

Algae 2002 事務局 河地 正伸 〒305-8506 つくば市小野川16-2 国立環境研究所

Tel: 0298-50-2345, Fax: 0298-50-2577, e-mail: algae02@nies.go.jp

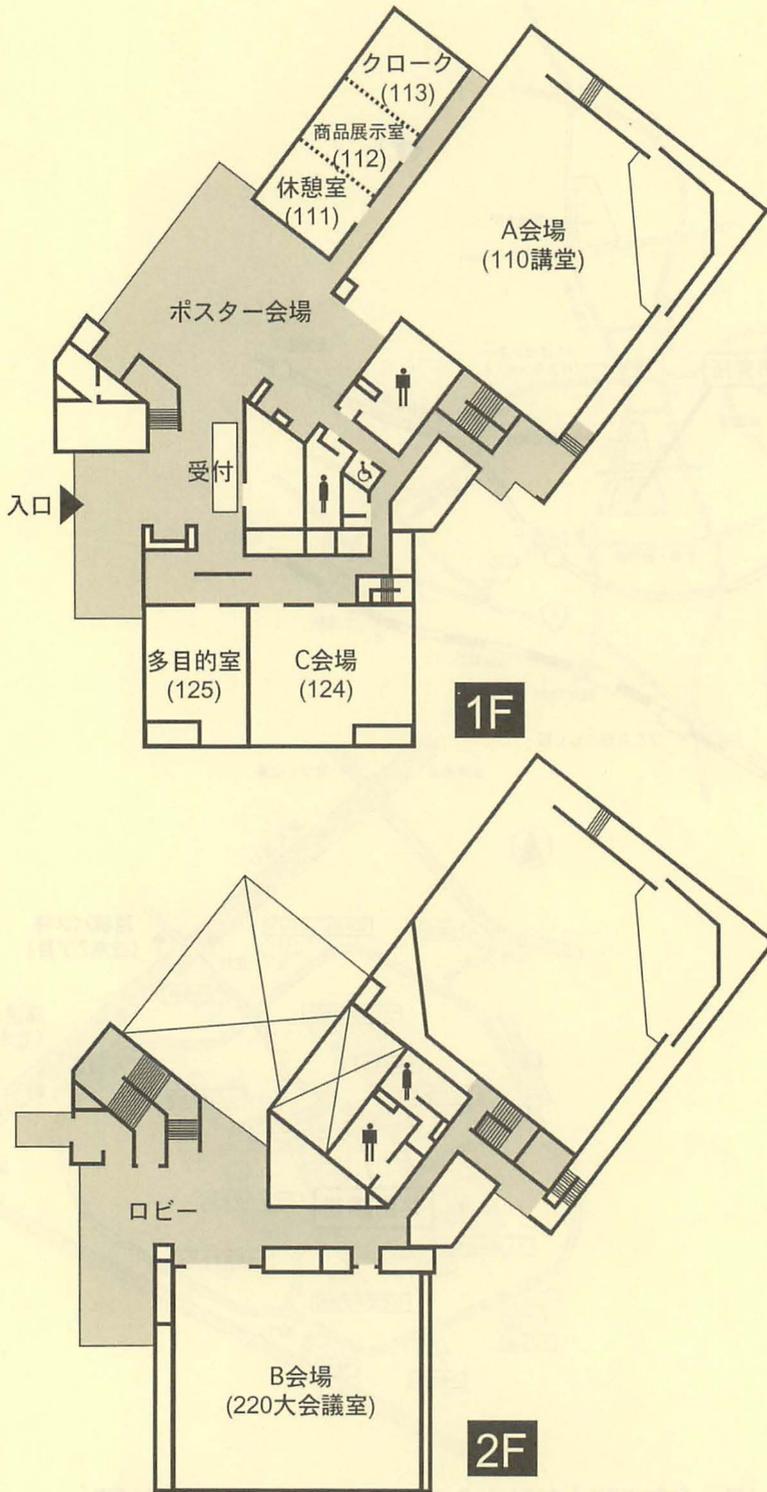
9. 会場までの交通 (会場への案内図と会場見取り図を参照)

- ・JR常磐線荒川沖駅(上野駅より約65分)で下車。東口より関東鉄道バス(筑波大中央行、つくばセンター行など)に乗り、並木2丁目(荒川沖駅より約15分)で下車、徒歩約10分。荒川沖駅西口からタクシーで約15分。
- ・JR常磐線土浦駅、ひたち野うしく駅からつくばセンター行バスがご利用できます。
- ・JR東京駅八重洲南口より常磐高速バスつくば号(つくばセンター行)に乗り、並木大橋(東京駅より約60分)で下車、徒歩約15分。
- ・つくばセンター2番乗り場より関東鉄道バス(荒川沖駅東口行など)に乗り、並木2丁目下車、徒歩約10分。つくばセンターからタクシーで約10分。
- ・なお外来者用の駐車スペースは用意されておりません。車での参加はご遠慮くださいますようお願いいたします。



会場（産業技術総合研究所）への案内図

(堂館汎共) 園り煩見計会



会場見取り図 (共用講堂)

10. 宿泊・交通のご案内

事務局では直接宿泊のお世話はいたしません、会員皆様の便宜を図るため、(株)日本旅行に取扱いを委託しております。宿泊が必要な会員の方は下記まで直接お願い致します。

(株)日本旅行MCSメジャー・コンGRESS・サポートセンター 担当：境田精二，中川淳一
〒105-0004 東京都港区新橋2-16-1 ニュー新橋ビル9階
Tel: 03-3581-2751, Fax: 03-3581-2875, e-mail: mcs_center@nta.co.jp
営業時間：9:30～18:00（土日祝祭日は休業）
下記ホームページからもお申込みができます。
URL: <http://www3.nta.co.jp/convention/index.html>

11. 要旨の作成要領

要旨は、見本を参照の上、作成してください。全て英文半角文字で記述し、タイトルは20単語以内、本文は300単語以内、またタイトルは全て大文字でご記入ください。複数の共著者がいる場合は、発表者の名前右にアスタリスク(*)を付けること、そして所属の異なる共著者がいる場合は、数字を付けて区別するようお願いいたします。また所属の後に国名を記入ください。タイトル、発表者、所属の末尾にピリオドはいりません。

要旨見本

DIVERSITY OF COCCOLITHOPHORIDS AT THE COAST AREA OF MIYAKE-JIMA, JAPAN
Noel, M-H *(1); Kawachi, M (2); Yoshida, M (1); Inouye, I (1)
(1) University of Tsukuba, JAPAN; (2) National Institute for Environmental Studies, JAPAN

The coccolithophorids diversity was investigated from water samples taken at the different ports of the island. -----/
/----- Remote islands under the influence of marine currents are excellent sampling sites to investigate open sea species without any special equipment and without any shipping. Finally the coccolithophorids assemblage of the Kuroshio current and the marine sediment record assemblage can be key for climate studies.

12. 発表形式

Algae 2002では、一般参加によるポスター発表、若手コンペティション、そのほか基調講演やシンポジウムが企画されています。

Algae 2002開催期間を通して、発表に用いる言語は英語を基本としますが、ポスター発表に関しては、日本語も可とします（ただし、英文タイトル、図、グラフの英文説明をつける）。シンポジウム、若手コンペティションは全て英語による口頭発表と質疑応答になります。

1) ポスター発表

- ・ポスターは、最大で縦160cm×横90cmに収まるように作成してください。なおパネルの上部20cmは発表番号のスペースとして予め確保してあります。
- ・少なくともタイトル、発表者名、所属、図表は英文で表記してください。またできる限り、研究目的、結果、考察、結論等について簡潔にまとめた文章を付けてください。
- ・文字、図表の大きさは、少し離れた場所からでも読めるようにしてください。
- ・会期中にベストポスター賞の審査を行います。Algae2002で発表されるすべてのポスターが、この賞の選考対象となり、最も優秀と判定されたものに授与されます（当初APPFポスターのみを賞の対象としましたが、APPFとJSPの区別をなくしました）。

2) 若手コンペティション

- ・口頭発表。発表時間は、発表12分、質疑応答3分（1鈴10分、2鈴12分、3鈴15分）です。
- ・液晶プロジェクター（パソコン）、スライド、OHPによる発表が可能です。
- ・参加資格は、学生または2002年7月20日の時点で学位取得から1年以内であることとします。
- ・参加は本人の申請によるものとし、会期中に設けられたセッションにおいて、口頭発表してもらいます。

3) シンポジウム

- ・オーガナイザーは決められた時間内で、シンポジウムを終わらせてください。
- ・発表時間、講演数、質疑応答の時間配分等は、オーガナイザーに一任しています。
- ・液晶プロジェクター（パソコン）、スライド、OHPによる発表が可能です。

Algae2002 募金委員会よりご寄付のお願い

Algae2002実行委員会では、開催資金調達のために各種助成金を申請しているところですが、競争が激しく、予定通りの助成金獲得が危ぶまれます。そこで、日本藻類学会50周年を記念して実施される各種事業（記念シンポジウム、藻類用語集、藻類グッズ作成など）および日本ではじめて開催されるAPPFとの国際合同会議を成功させるために、合わせて「Algae 2002 募金委員会」を設立し、寄付金を募ることにいたしました。関連企業に広く募金をお願いすることにしておりますが、会員のみならず是非ご協力を賜りたくお願い申し上げます。

2001年10月
Algae 2002募金委員会

募 金 方 法

- (1) 期間：2001年12月～2002年7月
- (2) 金額：一口5,000円、何口でも可、また分割納入も可
 - ・分割払込の場合は、振替用紙をAlgae 2002募金委員会にご請求ください。
 - Algae 2002募金委員会連絡先：筑波大学生物科学系 宮村新一
Tel: 0298-53-6656, Fax: 0298-53-6614, e-mail: miyamura@sakura.cc.tsukuba.ac.jp
 - ・一口5,000円に設定させていただきましたが、必ずしもこの額にこだわるものではありません。5,000円以下のご寄付も歓迎いたします。
- (3) 払込方法：送金先は「加入者名：Algae 2002募金委員会、口座番号：00110-9-81783」になります。来年度分の学会費請求の封書に、募金の案内と募金用の郵便振替用紙（振込料加入者負担）を同封しましたので、ご利用ください。

Algae 2002 発表申込票／参加申込票

〒 305-8506 つくば市小野川 16-2 国立環境研究所 Algae 2002 事務局

Fax: 0298-50-2577, e-mail: algae02@nies.go.jp

- ・日本語と英語の両欄にご記入の上、ファックスまたは郵便にて送付ください。
- ・必要事項を銘記してあれば、電子メールによる参加申込も受け付けています。その場合、subjectに発表申込票または参加申込票とご記入ください。
- ・発表申込票は2002年1月10日まで、参加申込票は2002年4月1日までに事務局に送付ください。
- ・発表申込票送付の時点で、発表タイトルと発表氏名が暫定的なものであっても受け付けておりますので、期日までに送付くださいますようお願いいたします。

整理番号()

発表番号()

Date: _____

Title (番号に○) : 1. Prof 2. Dr 3. Mr 4. Ms 5. Student 6. other ()

姓: _____ Family name: _____

名: _____ Given name: _____

所属名: _____

Institute/Organization: _____

連絡先住所: _____

Street address: _____ City: _____ State: _____

Country: _____ Postcode: _____

Telephone: _____ Fax: _____ e-mail: _____

参加形態 (番号に○) :

1. ポスター発表をする
2. 若手コンペティションで発表する
3. シンポジウムで発表する
4. 発表しない

発表タイトル :

発表氏名 (所属) (共著者がいる場合は、演者の名前右に*を付ける) :

発表材料 (番号に○) :

1. 海産大型藻
2. 淡水産大型藻
3. 海産微細藻
4. 淡水産微細藻
5. その他 ()

発表分野 (番号に○, 複数選択可) :

1. 分類,
2. 種分化,
3. 生態,
4. 系統,
5. 進化,
6. 形態,
7. 細胞構造,
8. 細胞内小器官,
9. 遺伝,
10. 分子生物,
11. 発生,
12. 分化,
13. 光合成,
14. 生理,
15. 生体物質,
16. 代謝・酵素,
17. 応用,
18. 教育,
19. その他 ()

一年生ホンダワラ類アカモク冷蔵種苗の成長と成熟

吉田 吾郎¹・吉川 浩二¹・内村 真之²・寺脇 利信¹¹ 独立行政法人水産総合研究センター 瀬戸内海区水産研究所 (739-0452 広島県佐伯郡大野町丸石 2-17-5)² 科学技術特別研究員 (739-0452 広島県佐伯郡大野町丸石 2-17-5)

Goro Yoshida, Koji Yoshikawa, Masayuki Uchimura and Toshinobu Terawaki: Growth and maturation of *Sargassum horneri* seedlings after long-term storage under a low temperature condition. Jpn. J. Phycol. (Sôru). 49: 177-184.

Sargassum horneri embryos, which had been stored under a low temperature (5°C) and dark conditions for various periods, were cultured as seedlings in an outdoor tank. Embryos were isolated from mother plants sampled from two *S. horneri* populations with different maturation seasons in Hiroshima Bay, that is, winter seedlings (isolated in December 1997) and spring seedlings (isolated in April 1998). After attachment to artificial substrata, embryos were stored in a refrigerator. For the winter seedlings, 4 month- and 8 month-stored embryos germinated, but the 13 month-stored embryos did not. Also for the spring seedlings, 4month-stored embryos germinated, but the 9 month-stored did not. Both control and stored seedlings passed through the early growth phase, and after that, exhibited a rapid increase in plant length which started in autumn or winter. The transition from the early phase to the rapid growth phase was delayed seasonally in the stored seedlings. However, the maturation season of both control and stored seedlings were almost the same despite the storage period, which was in late autumn to winter for the winter seedlings and in spring for the spring seedlings. It is assumed that some environmental triggers affect the onset of maturation of both seedlings, and the difference in maturation season between both seedlings was based on the genetical difference between their original populations.

Key Index Words : growth, long-term storage, low temperature, maturation, *Sargassum horneri*, seedlings

National Research Institute of Fisheries and Environment of Inland Sea, Ohno, Saeki, Hiroshima 739-0452, Japan

褐藻ホンダワラ類によって形成されるガラモ場は沿岸域の生態系において重要な役割を担っている。我が国では特にその水産資源学的効用が注目され、各地でその人工的な造成が試みられている(徳田ら 1987)。またホンダワラ類の中には、日本海沿岸域のアカモクやホンダワラ等のように、食材として利用されているものもある(池原 1987)。ガラモ場造成、あるいは有用ホンダワラ類の増殖においては、主には、天然・人工基盤を海中に投入し着生基質を増やす方法がとられている。しかし、種苗の基盤への移植や、ロープや網を用いての養殖等も試みられており、種苗の安定供給技術の開発も重要である(徳田ら 1987)。

ホンダワラ類の種苗の確保は、有性生殖の結果母藻から落下する幼胚を様々な手法により採取し、育成することによって行われている。一般的にホンダワラ類の成熟期は1年のある時期に限られ、また配偶子の放出も間歇的であるため、種苗の確保に

は季節的な制約が大きい。また、コンブ類やノリ等の他の有用海藻類のように、保存・増殖が容易な微小世代が存在せず、生活環の制御が困難であることも採苗において利便性が低い理由として考えられる。

吉田ら(2000)は、一年生ホンダワラ類のアカモク *Sargassum horneri* (Turner) C. Ag. の幼胚が冷蔵下で比較的長期間生存することを明らかにした。また、冷蔵幼胚は適当な馴致の後培養すると速やかに発芽し、その成長能は母藻から分離した後直ちに培養を開始した場合と差異が無いことも確認された。従って、冷蔵したホンダワラ類の幼胚を藻場造成や増養殖用に利用することにより、種苗確保において利便性を高めることが期待できる。本研究においては、様々な期間冷蔵したアカモクの幼胚を種苗として屋外水槽において培養し、成長・成熟させることを初めて試みた。

また、多くのホンダワラ類において、成長(あ

るいは主枝の伸長)と成熟には明瞭な季節性が存在し、それらの開始と日長・水温等の季節的に変化する環境要因との間には密接な関係があると考えられている(梅崎 1985, Lüning & tom Dieck 1989)。従って、冷蔵幼胚の培養開始時期を変えることによって、その成長・成熟の様子から、これらの生活史におけるイベントとそれを制御している環境要因との関係について有益な知見を得られる可能性がある。本研究においては、アカモク冷蔵幼胚の成長・成熟の結果より、その生活史と環境要因の関係についても若干の考察を加えた。

材料と方法

本実験に用いたアカモク種苗の母藻は、瀬戸内海・広島湾内の2ヶ所で採集した。採集場所は湾奥部の大野瀬戸、及び湾口部に位置する屋代島の東和町松ヶ鼻である。両生育場所のアカモクは互いに異なる時期に成熟する。大野瀬戸のアカモクは11月から生殖器床の形成を開始し、11月下旬から1月にかけて盛んに放卵する。一方、東和町松ヶ鼻のアカモクは、冬季の間に生殖器床の形成を開始するが成熟の進行は遅く、生殖器床が成熟し放卵が盛んに起こるのは4月になってからである(Yoshida *et al.* 1998, Yoshida *et al.* 印刷中)。

大野瀬戸においては1997年12月中旬、東和町松ヶ鼻においては1998年4月初旬に、十分に成熟した生殖器床を有したアカモクの雌雄数個体ずつを採集し、瀬戸内海区水産研究所に持ち帰った。採集したアカモク母藻は、直ちに同研究所内の屋外水槽(2 t)中に収容し、海水をかけ流して培養した。両所のアカモクとも、持ち帰って数週間以内に数回にわたり放卵した。受精後の卵割の開始を確認した後、多数の雌性生殖器床を採取して、大野瀬戸の母藻からは1997年12月24日、また東和町松ヶ鼻の母藻からは1998年4月27日に大量の幼胚を分離した。幼胚の分離は、吉田ら(2000)の手法によった。分離時のサイズは大野瀬戸のアカモク幼胚で長径 $239 \pm 25 \mu\text{m}$ 、短径 $187 \pm 19 \mu\text{m}$ 、東和町のアカモク幼胚で長径 $343 \pm 22 \mu\text{m}$ 、短径 $262 \pm 21 \mu\text{m}$ であった。なお、今後本報においては、大野瀬戸の母藻から採取した幼胚を冬季種苗、東和町松ヶ鼻の母藻から採取した幼胚を春季種苗と呼称する。

分離した幼胚は、直ちにろ過海水を張ったバットの中に設置した16基のレンガ($20 \times 10 \times$

3cm)上にピバットでなるべく均等に散布した。幼胚の散布密度はレンガにより多少の粗密があるものの、ほぼ $30\text{-}100/\text{cm}^2$ の範囲であった。散布後レンガをそのまま室内条件(室温 20°C 前後、自然光)下で2-3日静置し、仮根による着生を待った(Fig.1)。幼胚の着生後、レンガ4基を直ちに屋外水槽へ移し、対照実験用として培養を開始した。他のレンガはろ過海水を入れたコンテナに収容し、蓋をテープで密封した後、冷蔵庫(5°C)内に保管した。

1997年12月に冷蔵した冬季種苗は1998年4月26日(冷蔵期間4ヶ月)、8月22日(同8ヶ月)、1999年1月22日(同13ヶ月)に、また1998年4月に冷蔵した春季種苗は1998年8月22日(冷蔵期間4ヶ月)、1999年1月22日(同9ヶ月)に、それぞれレンガ4基分を屋外に出し、培養を開始した。冷蔵庫から屋外水槽へと出すに先立ち、急激な環境条件の変化による種苗への影響が考えられたので、培養庫内における馴致を行った。冷蔵庫から出したレンガを半透明の塩化ビニール製のタッパーにろ過海水とともに収容し、4月及び1月に屋外に出した際には 10°C 下で5日間、また8月に屋外に出した際には 12°C 、 17°C 下でそれぞれ5日間馴致してから屋外における培養を開始した。いずれも培養庫内の光量は $50 \mu\text{Em}^{-2}\text{s}^{-1}$ 、光周期は12hL-12hDの静置条件とした。

アカモク種苗の屋外での培養は対照・冷蔵種苗とも、まず流水かけ流し式のコンテナの中で行われた。コンテナを50%遮光の寒冷しゃを2重にかけて、幼胚に直接日光が当たるのを防いだ。発芽を確認してから、レンガをFRP製の円形水槽(深さ1.2m, 10m^3)に移した。同水槽においては

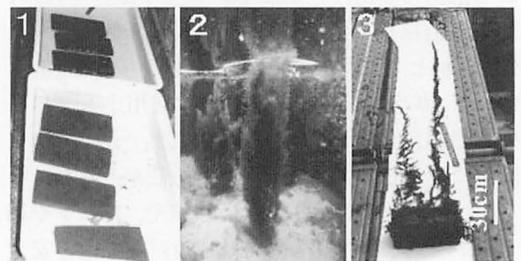


Fig. 1 *Sargassum horneri* seedlings (embryos) attached to artificial substrata in the laboratory.

Fig. 2 *S. horneri* plants, developed from low temperature stored seedlings, cultured in the outdoor tank.

Fig. 3 Mature plants developed from 8 month-stored winter seedlings. December 1998.

砂ろ過した海水を毎分40Lで送り込みオーバーフローさせ、2基のエアポンプで毎分100Lの通気を行った。円形水槽においても、直射日光の遮へいと付着珪藻の増殖防止のため、2重の寒冷シャを上部に張ったが、後述するように1998年10月にアカモク藻体から葉や枝の脱落がみられたため、光量不足を鑑みて1重にした。実験期間を通じて、1週間に1回、壁面やアカモク藻体上の付着藻類の除去を行った。その際、レンガの配列を順次入れ替え、実験期間を通じてレンガ上の藻体の培養条件が均一になるように心がけるとともに、2-3週間に一度、大型の10-15個体の全長を測定した。成熟期にはより高頻度に観察し、生殖器床の形成の有無を確認した。レンガ上の種苗の実験開始後の減耗の様子は詳細に追跡していないが、1つのレンガ上において藻体が1m以上になり、成熟に達した個体は、ほぼ10個体程度であった。

結果

対照及び冷蔵した冬季種苗の成長の様子をFig.4に示す。データは各日に測定した個体のうちから、藻体長の大きい10個体の値を平均したものである。なお1999年1月22日に屋外へ出した冷蔵期間13ヶ月の冬季種苗は発芽せず、流失した(Table 1)。

対照の冬季種苗の成長は培養を開始した冬季から春季の間は非常にゆっくりで1998年3月初旬でようやく平均全長0.8cm程度の発芽体となり、4月下旬で全長2cm程度であった。6月下旬には全長6cm程度で1-2cmの明瞭な茎を形成していた。8月中旬には全長10cm程度と、夏季の間成長は比較的緩やかであったが、9月以降は気胞を形成し、茎の急速な伸長が開始され、全長が大きく増加し始めた。10月中には葉や枝の脱落が

目立ち、伸長も若干低下したが、11月中旬以降再び全長が大きく増加した。この時期の藻体は平均で3.4-6.9cm/日の伸長を記録し、12月中旬に平均全長266cmと、年間の最大に達した(Fig.4, Table 2)。生殖器床の形成は11月の終わり頃から見られ、12月19日の観察時には盛んな放卵が観察された。12月下旬以降藻体は急速に枯死した。

1998年4月26日に屋外での培養を開始した4ヶ月間冷蔵の冬季種苗は、屋外に出した時点では0.1cm未満であったが、7月中旬に全長2cm程度になっており、以降は先行する対照用の種苗を追いかけるように成長した。9月下旬には全長10cm以上の個体に気胞が形成されており、この時期以降茎の伸長による全長の急速な増加が始まった。対照の種苗と同様に、やはり10月下旬から11月初旬に若干の成長の停滞を見せた後、11月下旬以降再び3.1-5.6cm/日の急速な伸長を見せ、12月下旬には年間の最大値である平均全長212cmに達した(Fig.4, Table 2)。生殖器床の形成は12月中旬に観察され、対照種苗と同様12月19日には盛んに放卵しているのが観察された。

1998年8月22日に屋外培養を開始した8ヶ月間冷蔵の冬季種苗は全長0.1cm程度であったが、1週間後には全長0.5cm程度になっており、およそ1ヶ月後の9月下旬には2cm程度になっていた。その後藻体の伸長は比較的ゆっくりであったが、11月中旬に全長17-20cmの個体に気胞が形成されているのが観察され、11月下旬から12月にかけて4.0cm/日の急速な全長の増加が見られた(Fig.4, Table 2)。12月下旬には、年間の最大値である平均全長94.3cmに達したが、成長の個体間のばらつきが非常に大きく、12月下旬で全長が100cmを越えていた個体はわずか4個体であり、10cm以上100cm未満のものも8個体に過ぎず、他の個体は10cm以下の「下草」として多数残存し

Table 1 Results of germination of *S. homeri* embryos stored for various periods under a low temperature condition (5°C) in a refrigerator.

	Sampling site	Date of Isolating embryos	Start date of outdoor culture	Months of storage	Germination
Winter seedling	Ohno-Seto Strait	1997/12/24	1997/12/28	0	○
			1998/ 4/26	4	○
			1998/ 8/22	8	○
			1999/ 1/22	13	×
Spring seedling	Matsugahana (Towa-town, Yashiro Isl.)	1998/ 4/27	1998/ 5/1	0	○
			1998/ 8/22	4	○
			1999/ 1/22	9	×

Table 2 Daily increase (cm/day) in plant length of control and low temperature stored seedlings of *S. horneri*.

Term	Winter seedling			Spring seedling		Mean water temperature(°C)	Mean day length (hrs)
	Control	4 months -stored	8 months -stored	Control	4 months -stored		
1998 3/9 - 4/26	0.03	-	-	-	-	13.2	12.57
4/26 - 5/13	0.00	-	-	-	-	16.6	13.67
5/13 - 6/2	0.10	0.04	-	0.05	-	17.4	14.13
6/2 - 6/24	0.07	0.02	-	0.03	-	19.4	14.40
6/24 - 7/12	0.04	0.02	-	0.02	-	22.3	14.38
7/12 - 8/11	0.12	0.04	-	0.03	-	24.0	13.97
8/11 - 9/11	0.32	0.12	0.05	0.16	0.07	25.7	13.07
9/11 - 9/25	1.24	0.47	0.08	0.34	0.18	25.1	12.30
9/25 - 10/9	3.03	1.80	0.18	0.73	0.28	24.7	11.80
10/9 - 10/30	0.76	1.21	0.12	1.02	0.15	22.9	11.20
10/30 - 11/13	1.35	0.18	0.18	1.28	0.16	20.6	10.63
11/13 - 11/27	3.39	3.10	1.02	1.42	0.49	17.0	10.27
11/27 - 12/12	6.93	5.58	4.16	4.55	1.61	15.7	9.98
12/12 - 12/25	-1.50	1.45	0.64	2.21	1.58	13.4	9.88
12/25 - 1/22	-	-	-0.35	0.80	1.58	10.8	10.02
1999 1/22 - 2/23	-	-	-	0.26	1.09	10.3	10.72
2/23 - 4/7	-	-	-	-0.64	-0.04	11.6	12.00

ていた(Fig. 3)。生殖器床の形成は12月12日に藻体長100cm以上のもので確認された。その後生殖器床の形成は全長の小さい個体でも開始され、1999年1月22日の観察時には、全長10cm以上の個体全てが生殖器床を有しており、最小の成熟個体の全長は9.5cmであった。その後成熟を終えた個体を切り捨てて、全長10cm未満の成熟しなかった個体の培養を続行したが、4月初旬までに10cm以上に育った2個体(それぞれ全長16.0, 13.5cm)に生殖器床の形成が確認されたのみで、他の個体はほとんどが全長10cm未満の未成熟個体にとどまっていた。

対照及び冷蔵した春季種苗の成長の様子をFig. 5に示す。冬季種苗と同様に、1999年1月22日に屋外に出した冷蔵期間9ヶ月の種苗においては発芽は観察されなかった(Table 1)。1998年4月に培養を開始した対照の春季種苗は、7月中旬に全長2cm程度の幼体であり、8月中旬には全長3cm程度で0.2-0.5cmの茎を形成していた。10月初旬には、大きな個体は全長20cm前後になっており、これらの個体は気胞を有していた。10月以降急速な茎の伸長が開始され、特に11月下旬から12月にかけては2.2-4.6cm/日の伸長が見られ、12月下旬には平均全長は179cmに達した。その後藻体の伸長は若干衰えるが、成長は冬季の間も続き、1999年2月下旬には年間の最大値である平均全長210cmに達した(Fig.5, Table 2)。1月下旬の観

察時に全長150cm以上の数個体で生殖器床の形成が開始されていたが、同様の全長でも形成開始が見られない個体もあった。放卵は3月25日に初めて観察され、4月以降成熟を終了した個体の急速な枯死が観察された。

1998年8月22日に屋外に出した4ヶ月間冷蔵の春季種苗の初期成長は早く、1ヶ月後の9月下旬には全長4cm弱にまで成長し、1cm程度の茎も形成されていた。その後の成長は比較的ゆっくりであったが、12月に入ってから急速な茎の伸長が開始され、冬季の間も続いた。その間の日間成長はおよそ1.6cm/日程度であった。年間の最大全長は2月下旬に記録され、144cmであった(Fig.5, Table 2)。生殖器床の形成は1月下旬に最も大きい個体(全長146cm)で開始されているのが確認されたが、その後の成熟の進行はゆっくりであり、2月下旬で2個体(全長171, 139cm)が未成熟の生殖器床を有しているのみであった。4月初旬には全長90cm以上の全ての個体で生殖器床が確認され、盛んな放卵も観察された。

考察

広島湾の屋代島東和町産のアカモクの幼胚を材料として用いた吉田ら(2000)の報告においては、冷蔵期間1年の幼胚でおよそ80%、冷蔵期間2年の冬季幼胚で10%の発芽率を維持した。今回の実験においては、冷蔵期間8ヶ月の大野産の幼

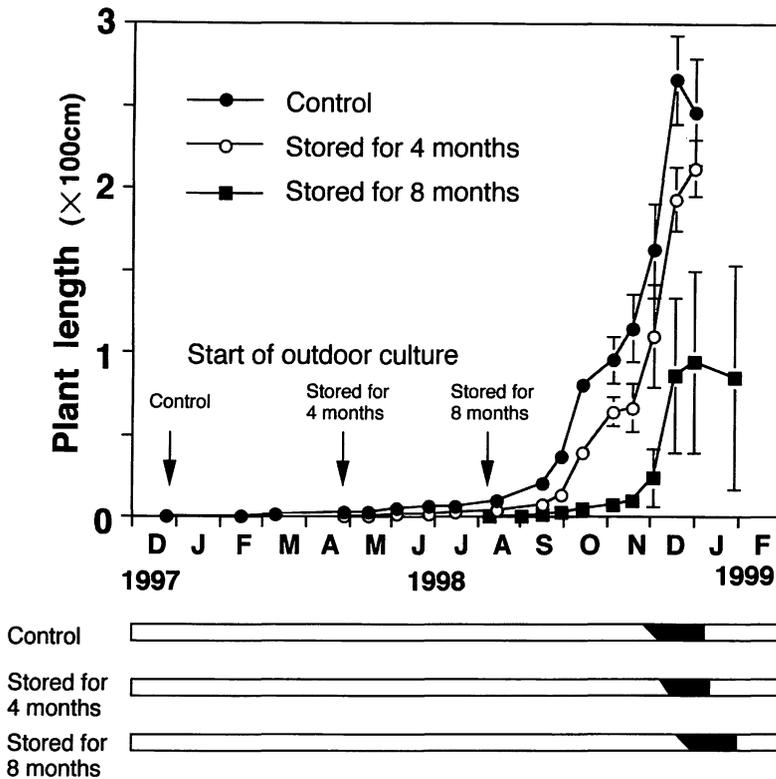


Fig. 4 Growth and maturation period of control and long-term stored winter seedlings. Vertical bars indicate SD of means (n=10). Dark portion in horizontal column indicates maturation season of seedlings.

胚は、馴致期間を経て屋外水槽に出された後発芽したが、冷蔵期間13ヶ月の幼胚は発芽しなかった。また、東和町産の春季幼胚は、冷蔵期間4ヶ月のものは発芽したが、冷蔵期間9ヶ月の幼胚は発芽しなかった。従って前報(吉田ら2000)のような長期にわたる冷蔵幼胚の発芽能の維持は達成されなかった。しかし、8ヶ月間冷蔵した冬季の幼胚が発芽し、さらに成長・成熟したことによって、幼胚は冷蔵下においても長期間活性を維持し、種苗として有効であることが明らかとなった。今回の実験では冷蔵幼胚の発芽率は調べていないが、発芽体は幼胚を散布したレンガの表面を埋め尽くすように発芽しており、かなりの高率を維持できたものと思われる。一方、発芽の見られなかった場合においては、室内での馴致が終了し屋外へ出した時点で、レンガ上に多数の幼胚が着生していたにも関わらず発芽は全く見られず、やがて付着珪藻に覆われた後流失した。吉田ら(2000)の報告においては、幼胚の冷蔵は単藻培養状態で行われ、発芽実験も培養庫内で行われたのに対し、本報においては大量の幼胚を一括して

採取・冷蔵し、環境条件の大きく異なる屋外において培養実験を行った。従って、このような保存・培養条件の違いが、冷蔵種苗の発芽能に影響を及ぼした可能性がある。今後保存温度を含めた冷蔵庫内での保存法や、培養前の環境馴致の手法を改良することにより、より長期の有効な種苗の冷蔵が可能になるものと思われる。

アカモクの幼胚が冷蔵下で比較的長期間生存し、発芽・成長能を失わないことについては、低温・暗条件下に置かれることで、幼胚がある種の休眠状態になるためと推測されている(吉田ら2000)。このとき、保存温度が同様の温度(5℃)であっても明条件下では発芽が起こるので、暗条件は必須であると考えられる。海藻類においては、比較的多くの種類で生活史の中に休眠期を有する種類があり、多くの場合光・温度条件等が成長に不利な場合に観察されている(中原1983)。ホンダワラ類ではその生育現場において休眠期を有する例は知られていないが、特に多年生の種類においては、大型個体が流失するまで、発芽体は群落内部の光条件の不良な場所で長期間生存しなけれ

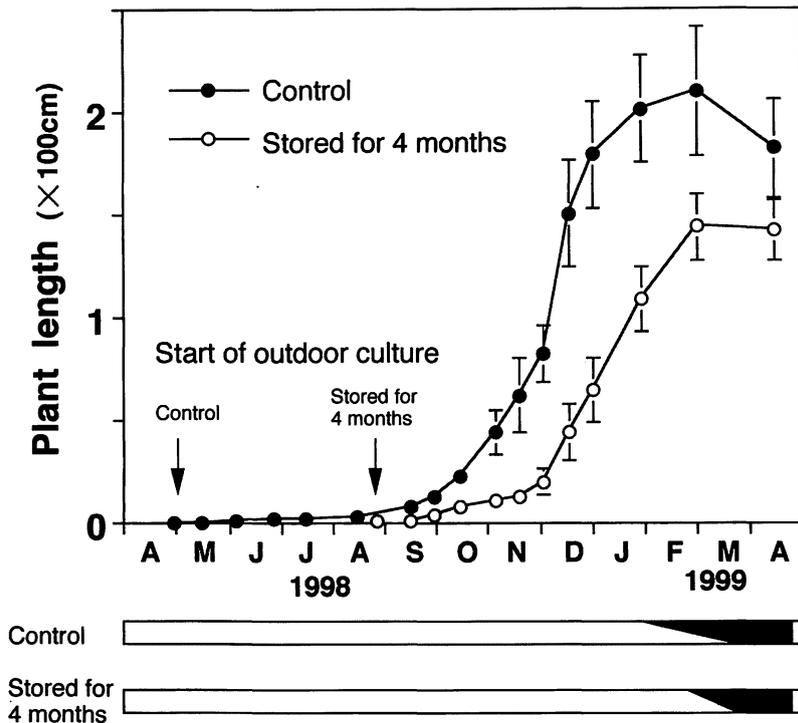


Fig. 5 Growth and maturation period of control and long-term stored spring seedlings. Vertical bars indicate SD of means (n=10). Dark portion in horizontal column indicates maturation season of seedlings.

ばならない (中原 1983, 村瀬 2000)。また、ジョロモク *Myagropsis myagroides* (Mertens ex Turner) Fensholt とアカモクの幼胚が暗・低照度条件下でも枯死せず、適切な照度条件下に移されることによって直ちに急速な成長を示すこと (難波・奥田 1993) や、ノコギリモク *S. macrocarpum* C. Ag. の幼胚が暗条件下においても仮根を伸長すること等が観察されており (村瀬 2000)、多くのホンダワラ類の幼胚が比較的長期間、暗条件に耐えられる性質を有していると推測される。今後の課題として、アカモク以外の多年生の種類においても、発芽活性を維持した幼胚の長期冷蔵が可能かどうか、また幼胚だけでなくある程度発生が進んだ個体においても、成長能を維持した長期冷蔵が可能かどうか等に興味が持たれる。

本実験で用いた母藻を採集した大野瀬戸及び東和町地先のアカモク個体群は互いに成熟期が異なり、それぞれから採取した種苗は同一の水槽中で培養しても、それぞれの生育地とほぼ同時期に成熟した。また、それぞれの冷蔵種苗の成長は対照用の種苗の成長より遅れ、到達している藻体のサイズが小さいのにも関わらず、対照種苗とほぼ

同時期に生殖器床の形成を開始した。一般的にアカモクの生活史には、発芽後初期の葉を次々と形成し、藻体の伸長は 0.1cm/日 前後の初期成長期と、茎が 1.0cm/日 以上の急速な伸長を示し、藻体長が大きく増加する伸長期がある (Yoshida *et al.* 1998, Yoshida *et al.* 印刷中)。伸長期の終盤に生殖器床の形成が始まり成熟期を迎えるが、一般的に成熟が開始されると、藻体の伸長は鈍り、停止する。成熟終了後は、藻体は枯死がすすみ、比較的短期間で流失する (Umezaki 1984, 寺脇 1986, 谷口・山田 1988, Yoshida *et al.* 1998, Yoshida *et al.* 印刷中)。このようなアカモクの生活史のステージは、天然の生育地においても、あるいは培養下においても、きわめて明瞭である。今回の結果から、冷蔵種苗においても対照種苗と同様にこれらの生活史のステージがはっきりと観察された。しかし、冷蔵期間が長引き、培養開始時期が遅れるほど、初期成長期が短縮される傾向が見られた。幼胚の室内培養実験においては、光条件が良好であれば、水温が高いほど速やかな初期成長を示すことが観察されており (Yoshida *et al.* 1999)、冷蔵種苗の培養開始時の水温が初期成長期の長さ

影響を与えているものと考えられる。しかし、それでも伸長期以前にある程度の期間の初期成長期を経ることが、冷蔵種苗の成長の結果から明らかである。従って、冷蔵期間が長期になり、培養開始の時期が季節的に遅れるほど、初期成長期から伸長期への移行も季節的に遅れる。一方、生殖器床の形成を開始する時期は対照、冷蔵種苗ともほぼ変わらないので、冷蔵種苗の伸長期は対照種苗よりも短期間となり、より小さい藻体サイズで成熟することになる。

到達した藻体サイズの違いに関わらず、対照・冷蔵種苗とも生殖器床を形成する時期がほぼ等しいということから、アカモクの成熟の開始には何らかの外部環境要因が「引き金」的に作用していることが示唆される。一般的にホンダワラ類の成長・成熟には明瞭な季節性が有り、それらと日長・水温等季節的に変化する環境要因との間には密接な関係があるとされている。梅崎 (1985) はホンダワラ類の主枝の伸長期と水温の関係を考察し、一般的に温帯のホンダワラ類の主枝の伸長が最も盛んなのは水温が10-15℃の頃であるとしている。また、Uchida(1993)は光周期を制御することによりアカモクの生活環を培養下で完結させることに成功しているが、茎の形成・伸長は短日条件 (9hL-15hD) 下で起こることを報告している。水温の降下も日長時間の短縮も季節的には同時期 (秋以降) に起こるが、アカモクにおいては日長時間の変化が茎の伸長開始の引き金となり、一方水温の低下は、多数の生殖器床を形成できるように藻体が伸長・肥大する上で生理的に必要な要因と考えられている(吉田 2000)。

成熟の開始に関わる要因については、日長や水温、到達した藻体サイズ等が単独、あるいは複合的に作用しているとされている (Hales & Fletcher 1990, Uchida 1993)。このうち、水温については、ある水温レベルが成熟の開始の引き金になっている(De Wreede 1976)という考え方に加え、積算温度の考え方も導入されている。事故的に欧米諸国沿岸に分布が広がり、繁殖したタマハキモク *Sargassum muticum* (Yendo) Fensholt については、水温環境の大きく異なる生育地間で、成長の開始から成熟にいたるまでの積算温度が計算され、比較されている(Deyscher 1984)。しかし、今回の結果においては、対照種苗と冷蔵種苗の成熟にいたるまでの水温の日積算値には大きな差異が

あると考えられ、アカモクの成熟について積算温度の考え方は単純に適用できないものと思われる。また藻体の到達サイズも成熟の開始時期を決定する重要な要因と考えられている(McCourt 1984)が、今回の結果では、大きく藻体サイズの異なる対照・冷蔵種苗ともほぼ成熟時期は等しく、特に8ヶ月間冷蔵した冬季種苗の最小成熟サイズは10cm程度であった。従って、成熟の開始サイズには極めて大きなばらつきがあり、あるサイズに達して成熟が開始されるというより、やはり何らかの外部環境要因が働いて引き起こされているものと考えられる。このような環境要因の中で、日長は最も重要な要因であるとされている(Lüning & tom Dieck 1989)。Uchida(1993)のアカモクの室内培養においては、2つの光周期条件しか試されていないが、9hL-15hDでは生殖器床の形成は見られず、15hL-9hDの長日条件下で見られている。しかし、今回の種苗の培養実験及び天然個体群の生態学的観察の結果においては、大野瀬戸及び東和町のアカモクとも年間で最も日長時間の短い季節を含む秋季から冬季の間に生殖器床の形成を開始している。ヒバマタの1種 *Fucus distichus* L. subsp. *distichus* では、室内では12時間より短い明期のときに生殖器床の形成が見られ、その地理的分布域の南部ではこれと符合して晩秋から冬季に成熟する(Bird & McLachlan 1976)。しかし、分布域の北部の北極海域では夏季に成熟が見られており、同海域では生殖器床の形成は日長時間の短い季節に開始されているが、この時期は水温・光条件が好適でなく、これらの諸条件が好転する夏季に成熟が完了するものと考察されている。従ってアカモクにおいても日長による引き金が作用してから、成熟が完了するまでには時間的なずれが存在する可能性がある。日長の成熟への作用機構を解明するために、今後、成熟の開始の閾となる日長時間を実験的に明らかにする必要がある。

本実験で用いた大野及び東和町のアカモク天然個体群の成熟時期の相違は、同一水槽で培養した対照・冷蔵種苗の成熟時期にも現れた。従って、それぞれの成熟時期は個体群の遺伝的特性としてある程度固定されていることが示唆される。アカモクは我が国沿岸部では最も普通に見られる種類であり、本州中部以西では冬から春に成熟し、北海道では夏季に成熟する(吉田 1985)。この

成熟期の違いには、海域間の水温環境の違いが影響していると考えられている (小河 1985)。今回母藻を採集した両生育地は、距離的には40km程度しか離れていないが、大野瀬戸は広島湾の最奥部にあり、また東和町は湾口部の屋代島に位置し、水温以外にも様々な環境要因が異なる (環境庁 1988)。従って、このような生育地の環境の相違により、成熟時期について遺伝的に異なる生態型が分化してきた可能性がある。同一海域における成熟時期の違いはアカモクでは広島湾 (奥田 1987, 高場・溝上 1982) だけでなく、松島湾でも報告されている (五十嵐・薮 1995)。コンブの仲間 *Laminaria longicuris* de la Pylaie では近傍海域内で栄養塩環境の相違により、成長・成熟の年間パターンが異なるいくつかの生態型に分化している例が知られている (Espinoza & Chapman 1983)。広島湾においてもどのような要因がアカモク個体群間の成熟時期の違いに影響を及ぼしているのか、その解明に興味を持たれる。

引用文献

- Bird, N.L. & McLachlan, J. 1976. Control of formation of receptacles in *Fucus distichus* L. subsp. *distichus* (Phaeophyceae, Fucales). *Phycologia* 15: 79-84.
- De Wreede, R.E. 1976. The phenology of three species of *Sargassum* (Sargassaceae, Phaeophyta) in Hawaii. *Phycologia* 15: 175-183.
- Deysheer, L.E. 1984. Reproductive phenology of newly introduced populations of brown alga, *Sargassum muticum* (Yendo) Fensholt. *Hydrobiologia* 116/117: 403-407.
- Espinoza, J. & Chapman A.R.O. 1983. Ecotypic differentiation of *Laminaria longicuris* in relation to seawater nitrate concentration. *Mar. Biol.* 74: 213-218.
- Hales, J.M. & Fletcher, R.L. 1990. Studies on the recently introduced brown alga *Sargassum muticum* (Yendo) Fensholt. V. Receptacle initiation and growth, and gamete release in laboratory culture. *Bot. Mar.* 33: 241-249.
- 五十嵐輝夫・薮太郎 1995. 松島湾でみられたアカモクの冬季成熟群. 宮城水セ研報 14: 11-15.
- 池原宏二 1987. 日本海沿岸における食用としてのホンダワラとアカモク. 藻類 35: 233-234.
- 環境庁 1988. 瀬戸内海の環境 - 瀬戸内海環境情報基本図 -
- Lüning, K. & tom Dieck, I. 1989. Environmental triggers in algal seasonality. *Bot. Mar.* 32: 389-397.
- McCourt, R.M. 1984. Seasonal patterns of abundance, distributions, and phenology in relation to growth strategies of three *Sargassum* species. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 74: 141-156.
- 村瀬昇 2000. 褐藻ノコギリモク *Sargassum macrocarpum* C. Agardh の生態学的研究. 三重大学博士学位論文.
- 中原紘之 1983. 褐藻類の生活史 X. 個体群レベルでの生活史 (1). 海洋と生物 27: 291-297.
- 難波信由・奥田武男 1993. 褐藻ジョロモクとアカモク幼胚の低照度下の生長. 日水誌 59: 1289-1295.
- 小河久朗 1985. ホンダワラ類の成熟・発生と環境. 月間海洋科学 175: 26-31.
- 奥田武男 1987. アカモクにおける雌雄同株個体と秋季の成熟. 藻類 35: 221-225.
- 高場稔・溝上昭男 1982. 安芸灘西部黒島におけるガラモ藻場の季節的消長と垂直分布. 広水試研報 12: 33-44.
- 谷口和也・山田秀秋 1988. 松島湾におけるアカモク群落の周年変化と生産力. 東北水研研報 50: 59-65.
- 寺脇利信 1986. 三浦半島小田和湾におけるアカモクの生長と成熟. 水産増殖 33: 177-181.
- 徳田廣・大野正夫・小河久朗 1987. 海藻資源養殖学. 緑書房, 東京.
- Uchida, T. 1993. The life cycle of *Sargassum horneri* (Phaeophyta) in laboratory culture. *J. Phycol.* 29: 231-235.
- Umezaki, I. 1984. Ecological studies of *Sargassum horneri* (Turner) C. Agardh in Obama Bay, Japan Sea. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.* 50: 1193-1200.
- 梅崎勇 1985. ホンダワラ群落の周年変化. 海洋科学 175: 32-37.
- 吉田吾郎 2000. シンポジウム ホンダワラ類の繁殖・生態と藻場造成技術. 生活史と環境要因. 日水誌 66: 746-747.
- Yoshida, G., Arima, S. & Terawaki, T. 1998. Growth and maturation of the autumn-fruiting type of *Sargassum horneri* (Fucales, Phaeophyta) and comparisons with the spring-fruiting type. *Phycol. Res.* 46: 183-189.
- Yoshida, G., Murase, N. & Terawaki, T. 1999. Comparisons of germling growth abilities under various culture conditions among two *Sargassum horneri* populations and *S. filicinum* in Hiroshima Bay. *Bull. Fish. Environ. Inland Sea* 1: 45-54.
- 吉田吾郎・吉川浩二・寺脇利信 2000. 低温保存したアカモク幼胚の発芽率と成長. 日水誌 66: 739-740.
- Yoshida, G., Yoshikawa, K. & Terawaki, T. Growth and maturation of two populations of *Sargassum horneri* (Fucales, Phaeophyta) in Hiroshima bay, the Seto Inland Sea. *Fish. Sci.* (印刷中)
- 吉田忠生 1985. ホンダワラ類の分類と分布 [3] *Bactrophyucus* 亜属の節. 海洋と生物 36: 24-27.

(Received 16 Aug. 2001, Accepted 5 Sept. 2001)

珪藻類を用いた海岸古環境の復元に関する研究

● 総説
● 解説

澤井 祐紀

国際日本文化研究センター (610-1192 京都市西京区御陵大枝山町 3-2)

Yuki Sawai: A review on tidal-wetland diatoms as a paleo-sea-level reconstruction at Japanese estuaries. Jpn. J. Phycol. (Sôru). 49: 185-191.

This paper reviews paleoenvironmental reconstruction using tidal-wetland diatoms. A great number of studies on paleoenvironmental reconstruction along coastal areas have been made on for over 60 years.

Assessing the relationship between the autochthonous and allochthonous components of fossil diatom assemblages is still a significant problem in their interpretation. That kind of study developed in 1980's. As the results, a few significant species, which should be treated as an allochthonous component in the fossil assemblage, are cleared. The tychoplankton *Paralia* is a typical example of a allochthonous component. Living specimens of *Paralia* form long interlocking chains. This long chains floats and are transported by a flow action of a tide, and then trapped by effects of vegetation. The process results in wide distributions of *Paralia* in entire tidal-wetlands. Therefore it is likely that concentration of *Paralia* should be understood as allochthonous origin.

Pseudopodosira kosugii Tanimura et Sato, a Japanese endemic diatom species, was formerly misidentified as one species of the genus *Melosira*. However, Tanimura & Sato (1997) placed the species not in the genus *Melosira* Agardh but in the genus *Pseudopodosira* Jousé based on culturing. Because this species lives on limited environments between mean tide level and mean high tide level, it can be a powerful indicator of paleo-sea-levels. Sawai & Mishio (1998), for example, reconstructed relative sea-level history using *Pseudopodosira kosugii* as a sea-level indicator at Akkeshi area, eastern Hokkaido, northern Japan. In Akkeshi estuary, fossil specimens of *Pseudopodosira kosugii* dominates in the uppermost of peaty mud and inorganic mud while numerous freshwater diatom fossil valves are in peat. Sawai & Mishio (1998) understood the distribution pattern as the change of sea-levels and reconstructed the detailed sea-level history during the past 3000 years at Akkeshi area. This discussion will be applied to other regions.

Key Index Words: Fossil diatoms, indicator of paleoenvironments, taphonomy

International Research Center for Japanese Studies, Oeyama-cho 3-2, Goryo, Nishikyo-ku, 610-1159 Kyoto, Japan

珪藻類は珪酸質の殻を持ち、海域や淡水湖沼だけでなくミズゴケ類の表面など(安藤1990)、水分の存在するあらゆる環境に適応放散した単細胞藻類である。この珪藻類は、環境の違いによって種構成を大きく変化させ、さらにその遺骸殻が堆積物中に保存されやすいことから、過去の環境(以下、古環境)変化を表す指標生物として広く用いられてきた。なかでも海岸地域では、堆積物中の珪藻化石群集の推移から、海跡湖の塩分復元、海岸線高度(海水準または相対的海水準; relative sea-level)復元、津波堆積物の認定など、様々な環境復元が行われている。本論では、海岸古環境復元と珪藻類に関する基礎的・応

用的研究例をレビューし、古環境復元を行う際の問題点などについて述べる。

過去の海岸環境復元と珪藻類に関する研究史

古環境と珪藻類に関する研究は世界各地で行われているが、最も古いものとして1920年代の北欧地域における沿岸研究の例を挙げることができる(Håkansson 1988)。それらは、主に第四紀地質学者であるHalden, Lundquist, Thomassonらによって行われ、バルト海の環境復元などに貢献した。彼らの業績以降、北欧地域だけでなくヨーロッパ諸国においても、珪藻類と過去の沿岸環境に関する研究が急激に増加した(Backman

& Cleve-Euler 1922, Alhonen 1971, Pennington 1943, Baldauf 1982, Gronlund 1990など)。北欧地域においてこの種の研究が発達した背景には、最終氷期最大海面低下期以降、アイソスタシー効果によって同地域の沿岸環境が変化したという地質学的な背景が大きいと考えられる。しかしながら、当時の研究初期段階では、バルト海的环境変遷史や海岸部の内湾が海から切り離される過程 (isolation) の復元の方に焦点が当てられており、過去の海水準を定量的に復元しようとする試みは見られなかった。以上のヨーロッパにおける研究例は、Kolbe(1927)の halobien diatom system や Hustedt(1937-39)の生態的区分を基に行われており、塩分変化から間接的に海水流入量を推定するものであった。この手法は、海生種の消長を見ることで、過去の海水の影響を捕らえることができることから、現在においても最も簡便な方法として使われている (Vos & de Wolf, 1993)。その後、北海・バルト海変遷に関連した研究がヨーロッパ各地で盛んに行われたが、南北アメリカ・東欧地域では湖沼に関連する研究が主に発達し、沿岸に関する研究はあまり報告されることがなかった。

1960年以降、沿岸古環境と珪藻類に関する研究は、日本の沖積低地において盛んに報告されるようになった (Hasegawa 1976 など)。これらの研究例も、ヨーロッパにおけるものと同様に、Hustedt(1937-39)やLowe(1974)などの生態的区分に基づくものが占めていた。その後1980年代中期以降に、小杉(1988)によって日本の潮間帯における環境指標種が導入され、具体的な地理環境を復元しようとする試みがなされるようになってきた (小杉 1988, 1989, 鹿島 1986)。小杉による研究は、環境復元の精度を飛躍的に向上させ、さらに潮間帯に生息する珪藻類の初期化石化過程を議論しようとした画期的な試みであった。その後、これらの研究例を基に多くの基礎的・応用的研究例が日本・ヨーロッパ地域を中心に報告されるようになった (安藤 1990, 1991, Denys 1999, 藤本 1990, 鹿島 1986, 加藤ほか 2000, 川瀬 1998, 小杉 1985, 1988, Kosugi 1987, 大平 1995, 大平・海津 1999, Sakaguchi *et al.* 1985, Sawai 2001a, 2001b in press, 安井ら 2001, Zong 1996, 1997など)。彼らの研究の多くは、海岸線の位置を推定するなど、縄文海進期以降の海岸環境の変遷を詳細

に復元しようとするものであった。

1990年代中期になると、アメリカ西海岸地域を中心に、海水準の微変動を復元する試みが急増した (Atwater & Hemphill-Haley 1997, Hemphill-Haley 1995a, 1995b, Sherrod 1999, Sherrod *et al.* 2000)。彼らの業績がそれまでの日本・ヨーロッパのものとは大きく違うのは、海岸環境の中でも特に潮位差に敏感な微地形環境 (塩性湿地環境) に注目し、珪藻類の生態情報、初期化石化情報を明らかにしていったことである (Nelson & Kashima 1993, Hemphill-Haley 1995a, Sherrod 1999)。また、それらの基礎情報をもとに transfer function法などの統計学的手法を用いて海水準微変動の復元を行い、そこから過去の地震活動の復元に成功している (Hemphill-Haley 1995b, Sherrod *et al.* 2000)。近年日本においても、北海道に点在する塩性湿地堆積物に注目し、そこから過去の海岸環境 (特に海水準) を復元しようとする試みが見られるようになった (Sawai 2001a)。

海岸地域における珪藻類の初期化石化過程に関する研究

堆積物中に見られる生物群集と現在生きている群集は等価ではない。当然珪藻類にもこれは当てはまり、現在の群集と堆積物中の群集の間には、遺骸群集が存在する。これまでの第四紀古環境変遷に関する研究では、堆積物中の珪藻群集について「珪藻化石群集」「珪藻遺骸群集」などの用語が特に区別されず用いられてきたが、化石化過程を考慮に入れて定義すべきである。本研究では、生きている栄養細胞・休眠細胞・休眠孢子から構成されるものを珪藻生体群集 (または集団) (生体珪藻群集 (集団), 珪藻現生群集 (集団) または現生珪藻群集 (集団)); living diatom population), sediment-water interface に含まれる死滅した被殻などを珪藻遺骸群集 (遺骸珪藻群集; dead diatom assemblage), sediment-water interfaceより下位に埋没した遺骸などを珪藻化石群集 (化石珪藻群集; fossil diatom assemblage) と呼ぶことにする。厳密には、そこに生育していた珪藻類が死滅した群集を遺骸珪藻群集 (珪藻遺骸群集), そこに集積しているが何かの作用で再移動し得るものを集積珪藻群集 (珪藻集積群集), 埋没し再移動し得ないものを埋没珪藻群集 (珪藻埋没群集; buried diatom assemblage) と定義

すべきであるが、これらの区別が難しいため一括して「珪藻遺骸群集（遺骸珪藻群集）」とした。ただし、内湾・湖沼など、沈降遺骸と集積遺骸が区別できる場合（加藤ら 2000）はこの限りではない。

潮間帯の珪藻類と海岸古環境を議論する場合、しばしば問題となるのが珪藻化石の現地性・異地性評価である。現地性（*autochthonous*）群集とは、そこに生育していたものがそのまま化石化したものを指し、異地性（*allochthonous*）群集とは他の場所で生活していたものが運搬され化石化したものである。潮間帯に生育する珪藻群集の場合、常に潮汐作用に曝されているため、基本的にそこで形成される珪藻遺骸群集は、運搬された異地性要素の高い種組成になると考えられる。そのため、珪藻化石群集から古環境復元を行う際には、現地性・異地性要素の評価を詳細に行う必要がある。

従来、珪藻化石群集中における現地性要素・異地性要素の評価を行うために、個々の種の生活形態に注目して議論が行われてきた（Vos & de Wolf 1993）。例えば、浮遊生活をする珪藻類は潮汐作用によって洗い流されるために、基本的に異地性要素として扱われ、付着生活をする珪藻種は現地性要素として扱われることが多かった（Simonsen 1969）。また、遺骸の破壊が進んでいるものが異地性要素として扱われることもあった（Voorrips & Jansma 1974, Heyworth *et al.* 1985）。しかしながら、これらの議論は系統的なデータの蓄積によるものではなく、推論の域を出ていなかった。そのため 1980 年代以降、化石群集中の現地性・異地性評価を詳細に行うため、世界各地で古環境学者による珪藻類の生態調査が行われるようになった（小杉 1985, 1988, 安藤 1990, Hemphill-Haley 1995a, Zong & Horton 1998, Sherrod 1999, Sawai 2001b *in press*）。

堆積物中に見られる珪藻化石群集は、生体群集よりも遺骸群集に近い。これは、潮間帯の生物群が潮汐作用によって死後運搬を受けるためである。微細藻類である珪藻類の場合、この死後運搬作用の影響が強いと考えられ、古環境学者による潮間帯の生態調査はこの点に注目され行われてきた。なかでも小杉（1985）は、細胞染色法を用いることによって表層堆積物中の珪藻生体群集と珪藻遺骸群集の分離を行い、生体群集か

ら遺骸群集への変形過程を議論した初めての論文であろう。小杉の研究によれば、潮間帯に生育する珪藻生体群集は塩濃度と付着器物に関係して分布しており、潮の影響をどの程度受けるかによって、その後の群集変形度に違いが出てくる（小杉 1986）。例えば、閉鎖性の高いタイドプールなどでは遺骸殻の流出が少なくなる。また、常に潮の影響を受ける干潟底では、珪藻殻は死後即座に流されてしまい、結果として残留群集の性格が強い遺骸群集が形成される。このような地理環境による異地性程度の違いに加えて、個々の生活形態の違いによって初期運搬の程度が違うようである。例えば、*interlocking spine* によって長い鎖状群体を形成する *Paralia* 属は、その群体形態から潮汐作用によって流されやすく、異地性要素の強い珪藻類であると広く認知されている（Hemphill-Haley 1995a, Denys 1999, Sawai 2001b）。

死後運搬による群集の初期変形に加えて、溶解作用による群集変形も重要である。ただし、ここでいう「溶解作用」は、生物擾乱による殻の破壊、潮汐作用による物理的な殻の破壊、化学的な溶解、の 3 つの作用が並列に扱われる。潮間帯では、これら 3 つの作用が同時に働き珪藻殻の溶解が起きていると考えられる。なかでも、

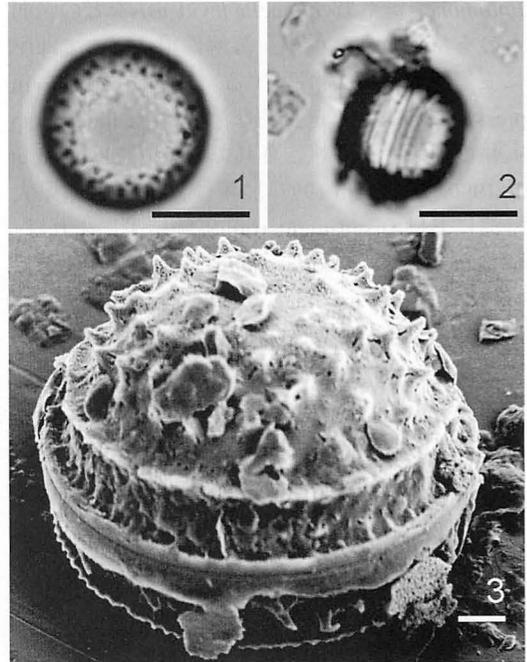


図 1 *Pseudopodosira kosugii* Tanimura *et al.* Sato. 1, 2. 光学顕微鏡写真. (Scale bars=10 μ m) 3. SEM. (Scale bar=1 μ m)

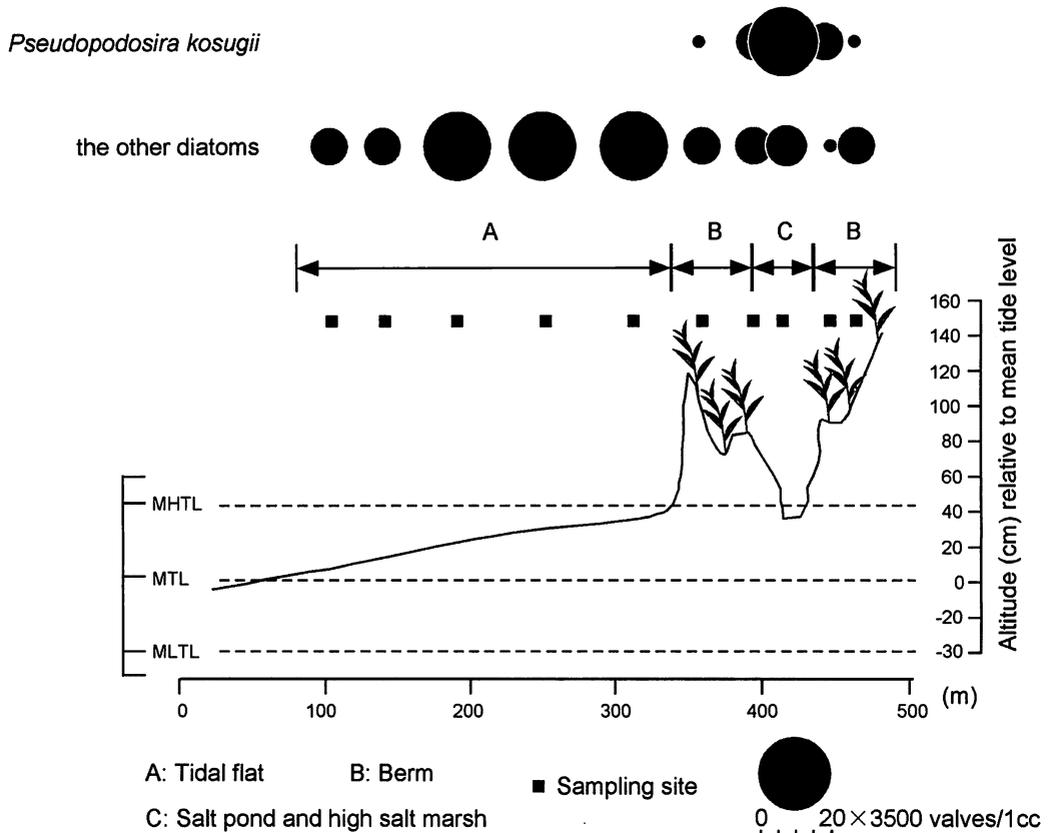


図2 小櫃川河口域における *Pseudopodosira kosugii* の分布状態。本種は限られた環境にのみ分布する。

*Entomoneis*属や *Tryblionella levidensis*などの脆弱な殻を持った珪藻種は、溶解作用によって即座に表層堆積物から消失する (Sawai 2001b in press)。このような選択的な溶解は、sediment-trap 実験の結果からも報告されている (Takahashi *et al.* 1990, Takahashi 1997, 加藤ら 2000)。長崎県大村湾における sediment-trap 実験結果によれば、*Chaetoceros* 属、*Skeletonema* 属などの珪藻種は sediment-water interface で選択的な溶解を受け、遺骸殻の大部分が消失してしまうことが明らかにされている (加藤ら 2000)。これらの観測結果に加えて、海洋における珪藻殻に関しては、海洋バクテリアの作用が大きく関係して珪藻殻の溶解が進行していることが、室内実験の結果から指摘されるようになった (Bidle & Azam 1999)。

以上のように、珪藻生体群集が珪藻化石群集に変化する過程において、溶解作用は重要な役割を果たしているが、その詳細は議論の余地が大きい。例えば、溶解作用の程度を客観的に評価する方法などは、今後の研究によって議論され

なければならない問題である。

古海水準を表す珪藻種 *Pseudopodosira kosugii* Tanimura *et* Sato を用いた古環境復元例

本章では、具体的な研究例の一つとして日本における古海水準復元を取り上げる。1980年代以降、日本では考古学的・自然地理学的な観点から、縄文海進期以降の海岸線移動が詳細に議論されてきた (太田ら 1990)。その中で珪藻類は、環境指標種の提唱がされるなど (小杉 1988)、沿岸域の環境指標として活躍してきた。なかでも、日本における沖積低地の海成層中では、*Pseudopodosira kosugii* が第一優占種として産出する 경우가多く (Sato *et al.* 1996)、本種は日本の完新世沿岸環境変化と珪藻相の関係を考える上で重要な位置を占めていると考えられる。

日本の沖積堆積物中に特徴的に産出する珪藻種 *P. kosugii* は、その形態が *Melosira* 科珪藻類の resting spore に似ていたため、従来 *Melosira* 属の 1 種として報告されてきた (鹿島 1985: *Melosira*

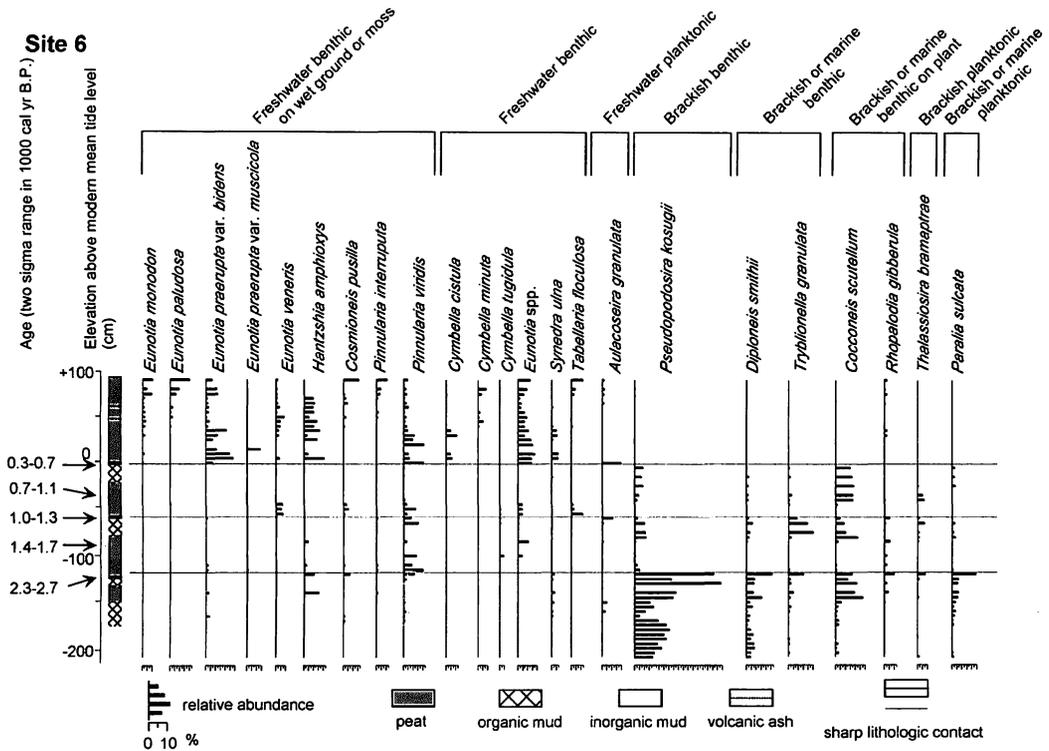


図3 北海道厚岸地方の湿原堆積物中における珪藻化石群集の推移 (Sawai 2001a を改変)。有機質泥層・無機質泥層では *Pseudopodosira kosugii* やその他の汽水-海水生珪藻が多産し、泥炭層では淡水性珪藻が特徴的に産出する。

sp.1, 小杉 1985, 1988 : *Melosira* sp.n, Sato *et al.* 1996 : *Melosira* sp.1 など)。しかしながら, Tanimura & Sato (1997)による培養実験で, それらが栄養細胞の被殻であることが明らかにされ, *Pseudopodosira* 属の *P. kosugii* (図1)と名付けられた。本種の分布は日本周辺のみに限られており, 生細胞は千葉県小櫃川河口域でしか報告されていない。

図2は, 千葉県小櫃川河口地域における *P. kosugii* の分布状態である。図2が示すように, *P. kosugii* の生育範囲は非常に限られた環境(平均高潮位から大潮時の高潮位)に限られており, 本種が過去の海岸線位置を推定するのに適していることを示している。本種は, *Paralia* 属, *Aulacoseira* 属に見られる linking spine に似た構造を持っており, 細胞分裂初期では短い鎖状群体を形成しているため (Tanimura & Sato 1997), *Paralia* 属のように潮汐作用によって流され易い種ととらえられ異地性要素として扱われることがある (Denys 1999)。しかしながら, 本種の連結は *Paralia* 属などのそれとは違って弱く, 干潟

底で観察される生細胞は単独のものがほとんどであった。さらに小櫃川河口における分布状態から推定すると, 本種は異地性要素というよりはむしろ現地性要素が高く過去の海水準(正確には平均潮位から平均高潮位)を表す指標種と定義することができる。

図3は, 北海道東部厚岸地方の湿原堆積物に見られた, 珪藻化石群集の推移である。本地域の湿原堆積物は, 下部無機質泥層と上部有機質層に分けられ, さらに上部有機質層は分解質泥炭層と有機質泥層の互層によって構成される。本堆積物中の, 下部無機質泥層上限付近では *P. kosugii* が特徴的に産出し, 加えて海生珪藻である *Diploneis smithii*, *Tryblionella granulata* なども随伴する。これらの珪藻種が多産する層準の直上では, 層相が泥炭に変化するとともに, 淡水環境に生育する珪藻種 *Eunotia praerupta* var. *bidens*, *Pinnularia viridis* などが特徴的に産出ようになる。これらは当時の海岸線が調査地点付近に存在し, 海岸線移動後に淡水環境に変化したことを反映したものと考えられる。このような特

微的な産出は、上部の有機質泥層にも見られ、過去数回にわたり調査地点付近の環境が変化したことが推定された (Sawai 2001a)。

P. kosugii が *Melosira* 属の1種と同定されてきた背景には、本種が沖積堆積物中に化石として普通に産出するにもかかわらず、現在では小櫃川河口域でしか生細胞が観察されていないことがある。沖積層中で *P. kosugii* が最も産出する時期は縄文海進期であるが (Tanimura & Sato, 1997)、当時形成されていた海水準上昇後の干潟と、それが埋積された現在の海岸では環境が大きく違っている可能性がある。またこのことは、当時の *P. kosugii* の生育範囲と現在のそれが違う可能性があることも含んでいる。このため、本種を指標種として使用する場合は、随伴種との比較や化学的手法を導入するなど (大平1995, 佐藤1995, 川瀬1998)、慎重に行う必要があることを強調したい。以上のような問題を解決するには、地史的・生態学的な視点からさらに研究を進める必要があり、本種を含めた海岸生態系の推移を考える上で重要な課題となるであろう。

まとめ

本論では、海岸古環境と珪藻類に関する研究のレビューを行い、用語の定義、具体的な研究例とその問題点を述べた。本論で指摘した幾つかの課題は、過去の環境と珪藻類の関係を明らかにさせていく上で、重要な位置を占めるものである。今後、それらの議論を発展させていくことによって、より詳細な古環境変遷・珪藻相変遷が明らかになっていくと思われる。

謝辞

本研究を行うにあたり、日本歯科大学南雲保助教授に *Pseudopodosira kosugii* の同定および電子顕微鏡写真の提供をいただいた。記して感謝の意を表する。

引用文献

Alhonen, P. 1971. The stages of the Baltic Sea as indicated by the diatom stratigraphy. *Acta Botanica Fennica* 92: 1-18.
 安藤一男 1990. 淡水産珪藻による環境指標種群の設定と古環境復元への応用. *東北地理* 42: 73-88.
 安藤一男 1991. 珪藻遺骸群集の推移からみた沖積低地における海退過程の類型化. *東北地理* 43: 98-110.

Atwater, B. F. & Hemphill-Haley, E. 1997. Recurrence intervals for great earthquakes of the past 3500 years at northeastern Willapa Bay, Washington. U.S. Geological Survey Professional Paper 1576, U.S. Gov. Print., Washington. pp.108.
 Backman, A. L. & Cleve-Euler, A. 1922. Die fossile Diatomeenflora in Osterbotten. *Acta Forestica Fennica* 60: 209-244.
 Baldauf, J. W. M. 1982. Identification of the Holocene-Pleistocene boundary in the Bering sea by diatoms. *Boreas* 11: 113-118.
 Bidle, K. D. & Azam, F. 1999. Accelerated dissolution of diatom silica by marine bacterial assemblages. *Nature* 397: 508-512.
 Denys, L. 1999. A diatom and radiocarbon perspective of the palaeoenvironmental history and stratigraphy of Holocene deposits between Oostende and Nieuwpoort (western coastal plain, Belgium). *Geologica Belgica* 2: 111-140.
 藤本潔 1990. 松島湾岸谷底平野における後期完新世海水準微変動の連続的復元. *地理学評論* 63: 629-652.
 Gronlund, T. 1990. Lagoonal diatom flora of the Holocene Baltic Litorina Sea in comparison with the Eemian Baltic Sea flora. p. 349-357. In: Kociolek, J. P. (eds.) *Proc. 11th Internat. Diatom Symp, Calif. Acad. Sciences, San Francisco*.
 Håkansson, H. 1988. History of Diatom Research in the Nordic Countries. p. 7-16. In: Simola, H. (eds.) *Proc. 10th Internat. Diatom Symp, Koeltz Scientific Books, Koenigstein*.
 Hasegawa, Y. 1976. Significance of diatom thanatocoenoses in the Neolithic sea-level change problem. *Pacific Geology* 11: 1-32.
 Hemphill-Haley, E. 1995a. Intertidal diatoms from Willapa Bay, Washington: Application to studies of small-scale sea-level changes. *Northwest Science* 69: 29-45.
 Hemphill-Haley, E. 1995b. Diatom evidence for earthquake-induced subsidence and tsunami 300 yr ago in southern coastal Washington. *Geological Soc. America Bull.* 107: 367-378.
 Heyworth, A., Kidson, C. & Wilks, P. 1985. Late-Glacial and Holocene sediments at Clarach Bay, near Aberystwyth. *J. Ecology* 73: 459-480.
 Hustedt, F. 1931-37. Die Kieselalgen Deutschlands, Oesterreichs und der Schweiz unter Berücksichtigung der übrigen Länder Europas sowie der angrenzenden Meeresgebiete, Oesterreichs und der Schweiz, Bd. VII, Teil 2, Lief. 6, 737-1179. *Akademische Verlagsgesellschaft Geest & Portig, K.-G., Leipzig*.
 鹿島薫 1986. 沖積層中の珪藻遺骸群集の推移と完新世の古環境変遷. *地理学評論* 59: 383-403.
 加藤めぐみ・谷村好洋・松岡数充・福澤仁之 2000. 沿岸

- 域における珪藻遺骸群集と化石群—大村湾におけるセディメント・トラップ実験結果—。汽水域研究 7: 53-60.
- 川瀬久美子 1998. 矢作川下流低地における完新世後半の地形環境の変遷。地理学評論 71: 411-435.
- Kolbe, R. W. 1927. Zur Okologie, Morphologie und Systematik der Brackwasser-Diatomeen. Pflanzenforschung 7: 1-146.
- 小杉正人 1985. 染色像による珪藻の生体・遺骸の識別法とその意義。第四紀研究 24: 139-147.
- 小杉正人 1986. 現世干潟における珪藻遺骸の運搬・堆積パターン—小櫃川下流域の場合—。地理学評論 59: 37-50.
- 小杉正人 1988. 珪藻の環境指標種群の設定と古環境復原への応用。第四紀研究 27: 1-20.
- 小杉正人 1989. 完新世における東京湾の海岸線の変遷。地理学評論 62: 359-374.
- Kosugi, M. 1987. Limiting factors on the distribution of benthic diatoms in coastal regions—salinity and substratum. Diatom 3: 21-31.
- Lowe, R. L. 1974. Environmental Requirements and Pollution Tolerance of Freshwater Diatoms. EPA-670/4-74-005. Cincinnati, Ohio. pp. 344.
- Nelson, A. R. & Kashima, K. 1993. Diatom zonation in southern Oregon tidal marshes relative to vascular plants, foraminifera, and sea level. J. Coastal Research 9: 673-698.
- 大平明夫 1995. 完新世におけるサロベツ原野の泥炭地の形成と古環境化。地理学評論 68: 695-712.
- 大平明夫・海津正倫 1999. 北海道北部, 大沼周辺低地における完新世の相対的海水準変動と地形発達。地理学評論 72: 536-555.
- 太田陽子・海津正倫・松島義章 1990. 日本における完新世相対的海面変化とそれに関する問題—1980～1988における研究の展望—。第四紀研究 29: 31-48.
- Pennington, W. 1943. Lake sediments: the bottom deposits of the N. Basin of Windermere with special reference to the diatom succession. New Phytology 43: 1-27.
- Sakaguchi, Y., Kashima, K. & Matsubara, A. 1985. Holocene marine deposits in Hokkaido and their sedimentary environments. Bull. Dept Geography, Univ. Tokyo 17: 1-17.
- 佐藤裕司 1995. イオウの分別化学抽出と珪藻分析による古環境解析—兵庫県気比低地のコア堆積物を例に—。第四紀研究 34: 101-106.
- Sato, H., Tanimura, Y. & Yokoyama, Y. 1996. A characteristic form of diatom *Melosira* as an indicator of marine limit during the Holocene in Japan. The Quaternary Research (Daiyonki-Kenkyuu) 35: 99-107.
- 沢井祐紀・三塩和歌子 1998. 北海道東部厚岸湿原における過去3000年間の海進・海退。第四紀研究 37: 1-12.
- Sawai, Y. 2001a. Episodic emergence in the past 3000 years at the Akkeshi estuary, Hokkaido, northern Japan. Quaternary Research 56: 231-241.
- Sawai, Y. 2001b. Distribution of living and dead diatoms in tidal wetlands of northern Japan: relations to taphonomy. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. (in press)
- Sherrod, B. L. 1999. Gradient analysis of diatom assemblages in a Puget Sound salt marsh: can such assemblages be used for quantitative paleoecological reconstructions? Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology 149: 213-226.
- Sherrod, B. L., Bucknam, R. C. & Leopold, E. B. 2000. Holocene relative sea level changes along the Seattle Fault at Restoration Point, Washington. Quaternary Research 54: 384-393.
- Simonsen, R. 1969. Diatoms as indicators in estuarine environments. Velöffentl. Inst. Meeresforsch. Bremerhaven 11: 287-291.
- Takahashi, K. 1997. Time-series fluxes of Radiolaria in the eastern subarctic Pacific Ocean. News of Osaka Micropaleontologists, Special Volume 10: 299-309.
- Takahashi, K., Billings, J. D. & Morgan, J. K. 1990. Oceanic province: assessment from the time-series diatom production in the northeastern Pacific. Limnol. Oceanogr. 35: 154-165.
- Tanimura, Y. & Sato, H. 1997. *Pseudopodosira kosugii*: a new Holocene diatom found to be a useful indicator to identify former sea-levels. Diatom Research 12 357-368.
- Voorrips, A. & Jansma, M. A. 1974. Pollen and diatom analysis of a shore section of the former Lake Wervershoof. Geologie en Mijnbouw 53: 429-435.
- Vos, P. C. & de Wolf, H. 1993. Diatoms as a tool for reconstructing sedimentary environments in coastal wetland; methodological aspects. Hydrobiologia 269/270: 285-296.
- 安井賢・小林巖雄・鴨井幸彦・渡辺其久男・石井久夫 2001. 越後平野中央部, 白根地域における完新世の環境変遷。第四紀研究 40: 121-136.
- Zong, Y. 1996. Holocene sea-level changes and crustal movements in Morecambe Bay, northwest England. J. Quaternary Science 11: 43-58.
- Zong, Y. 1997. Mid- & late-Holocene sea-level changes in Roudsea Marsh, northwest England: a diatom biostratigraphical investigation. The Holocene 7: 311-323.
- Zong, Y. & Horton, B. J. 1998. Diatom zones across intertidal flats and coastal saltmarshes in Britain. Diatom Research 13: 375-394.

(Received 1 Aug. 2001, Accepted 10 Sept. 2001)

吉田忠生¹・北山太樹²：エンドウモクのタイプ標本

エンドウモク *Sargassum yendoi* Okamura et Yamada は盤状付着器をもち、平たい主枝に互生的に葉を生じ、球形で円頂の気胞があり、生殖器床は密に分岐することなどを特徴として 1938 年の山田幸男の論文において岡村金太郎（1935 年に他界）との共同命名の形で新種として記載された (Yamada 1938)。現在は本州（太平洋岸では千葉県以南、日本海では粟島以南）から九州まで分布が知られている。原記載のときには Enosima and Hayama, Sagami Prov. (Herb. Biolog. Labor., Imp. Palace, Tokyo); Arasidomari near Simoda, Izu Prov. (S. Segawa) として相模江ノ島、相模葉山、伊豆嵐留の 3 箇所が産地として挙げられ、江ノ島産と葉山産については、皇居の生物学御研究所の標本に

基づいていることが明示されている。

「新日本海藻誌」の執筆を開始したさい、吉田はエンドウモクのタイプ標本について、当時皇居内の生物学御研究所に保管されていた昭和天皇コレクションを自分で調べることができないまま、以下のように記述した (吉田 1998 p. 413)。

タイプ産地：神奈川県江ノ島

タイプ標本：TNS (生物学御研究所 no. 296)

国立科学博物館

ところが、北海道大学と国立科学博物館の両ハーバリウムでエンドウモクの標本を精査したところ、この記述が誤りであることが明らかになったので報告する。

皇居の生物学御研究所にあった海藻コレク



図 1 *Sargassum yendoi* Okamura et Yamada (Holotype, SAP 21112)

ションは、昭和天皇が長年にわたって収集、研究された他の多くの生物標本および文献とともに国立科学博物館に移管され、現在はつくば市にある同館昭和記念筑波研究資料館に収蔵されて藻類標本室 (TNS-AL-R) に厳重保管されている。このコレクションにある TNS-AL-R 296 として登録されたエンドウモクの標本のラベルにはタイプライトされた文字で SP. NOV. と表記されているため、生物学御研究所の標本台帳にも同様に記帳され、これがタイプ標本であろうと考えられてきた。しかし、この標本が採集されたのは 1940 年 11 月のことであり、1938 年のエンドウモクの発表以前に山田がこの標本を参照したはずはない。従ってこれはタイプとは無関係である。また、この標本は江ノ島ではなく、葉山で採集されたものである。なお、生物学御研究所からは、葉山で採集された海藻類の同定のために、1935-42 年にかけて大量の標本が山田に送られ、同定の後に返却されており、そのなかには TNS-AL-R 296 以外のエンドウモク標本が数点含まれているが、いずれも葉山産で江ノ島産のものは含まれていない。北大に保管されている SAP 051106 も生物学御研究所に由来しており、これは返却後にお下げ渡しになったものであることが同定依頼の控えに記録されている。

北大理学研究科の標本室に所蔵されているエンドウモクの標本のうち、原著者によって調べられたと考えられるエンドウモクの標本を調査したところ、1938 年の発表で図版の写真の元になった 2 点があった。Plate 21 の標本は SAP 21111 を撮影したものであり、これは山田自身の採集品で日付は無く採集地は相模七里ヶ浜となっている。図版に使用されながら、産地として七里ヶ浜が挙げられていないので、この標本に関しては七里ヶ浜が江ノ島と混同されたものであろうと推理される。ただし、江ノ島産の標本がほかに実在しな

かったと断定することはできない。一方、Plate 22 に示されている SAP 21112 の標本 (図 1) は記載にも引用されているように伊豆下田嵐留で瀬川宗吉によって採集されたもので、これも日付は無いものの山田幸男の自筆で type! と記入されている。これらのことからエンドウモクの Holotype 標本は北大にある SAP 21112 であると結論せざるを得ない。従ってエンドウモクのタイプに関する記述を以下のように変更しなければならない。

タイプ産地：静岡県下田市嵐留

タイプ標本：SAP 21112 北海道大学理学研究科
この扱いによって、下記の標本が Isotype(?) あるいは Paratype となる。

Isotypes(?): 伊豆嵐留, 18 June 1937, coll. S.Segawa (SAP 048554, SAP 059607)。

Paratypes: 葉山小磯, 1928, Yamada det. no. 486 (TNS-AL-R 1660); 葉山鮫島, 16 Sept. 1935, coll. The Empress Kojun, Yamada det. no. 1 (TNS-AL-R 1663); 葉山一色, 6 Aug. 1936, coll. The Empress Kojun, Yamada det. no. 35 (TNS-AL-R); 葉山鮫島, 30 Aug. 1936, coll. The Empress Kojun, Yamada det. no. 34 (SAP 051106); 七里ヶ浜, May 1924, coll. Y.Yamada (SAP 21271, 21272); 七里ヶ浜, July 1924, coll. Y.Yamada (SAP 21273)。

貴重な標本の調査を許可していただいた、北海道大学理学研究科の増田道夫教授と昭和記念筑波研究資料館の並河洋主任研究官に感謝します。

引用文献

- Yamada, Y. 1938. Notes on some Japanese algae VIII. Sci. Pap. Inst. Algal. Res. Hokkaido Imp. Univ. 2: 119-130. 13 pls.
吉田忠生 1998. 新日本海藻誌. 内田老鶴圃, 東京.

(¹818-0103 太宰府市朱雀 6-13-13, ²305-0005 つくば市天久保 4-1-1 国立科学博物館植物研究部)

玉置 仁¹・寺脇 利信²・吉田 吾郎²・岡田 光正¹：アマモの天然群落 と移植群落における季節消長の比較

アマモ *Zostera marina* L.は北海道から九州までの内海・内湾域の浅所に生育し、アマモ場と呼ばれる濃密な群落を形成する。アマモ場は、近年の埋め立てや水質等の環境の劣化によって衰退が続いている(大野ら1996)。そのためアマモ場の回復に向けて、天然藻場の機能の正確な把握に基づく人工藻場の評価基準の検討(Short *et al.* 2000)および、アマモの生育に好適な環境条件を沿岸域に整備する技術の開発が急務となっている(Terawaki *et al.* 1999)。

アマモの生育が見られない裸地の砂泥底に移植されたアマモ草体は、近接する天然のアマモ群落内に比べて生長が劣り、ある時期に消失する場合があることが知られている(Moore *et al.* 1996, 團ら1998, 玉置ら1999)。また、これらの場所に移植されたアマモの生育は、近接する天然アマモの季節的な消長の影響を大きく受けていると考えられる。そこで本研究では、天然アマモ群落内での草体の季節的消長から生活環を把握し、これに近接した生育に不適な砂泥海底に移植されたアマモの消失時期との関係を明らかにしようとした。

調査地として、広島湾大野瀬戸北岸に位置する広島県大野町丸石地先のアマモ群落を選定した

(Fig. 1)。岬島によって沖から波浪が遮蔽された埋め立て護岸地先の静穏な浅所に、このアマモ群落は位置する。本調査地のアマモ群落は、D.L.基準水深で-0.5から-1.0mの水深帯の砂泥域に安定に形成されている(寺脇ら1998)。このアマモ群落の中心水深帯にあたる、沖合方向に設けた測線A, B, C上の水深D.L. -0.8mを調査地点とした(Fig. 1)。1996年3月から1997年3月まで、2カ月毎にスキューバ潜水により、アマモの栄養株密度と最大草丈を一辺が50cm方形枠(3枠)を用いて測定した。アマモの生殖株である花枝の出現期には、花枝密度と最大花枝長も測定した。測定時に見られた枠内における最長の栄養株の草丈を最大草丈、最長の花枝の花枝長を最大花枝長とした。調査地の海水温(表水温)は1996年3月から1997年3月にかけて、月に数回、正午前後の時間に測線A上の海面で測定した(Table 1)。

その結果、天然アマモの栄養株密度は、調査開始時の1996年3月から5月に増加し、7月に最大の103(±8)株m²に達した。9月に減少し始め、11月には最小の36(±8)株m²となった。しかし、翌1997年1月には、再び増加した(Fig.2)。栄養株の最大草丈は、調査開始時の1996年3月から5月に

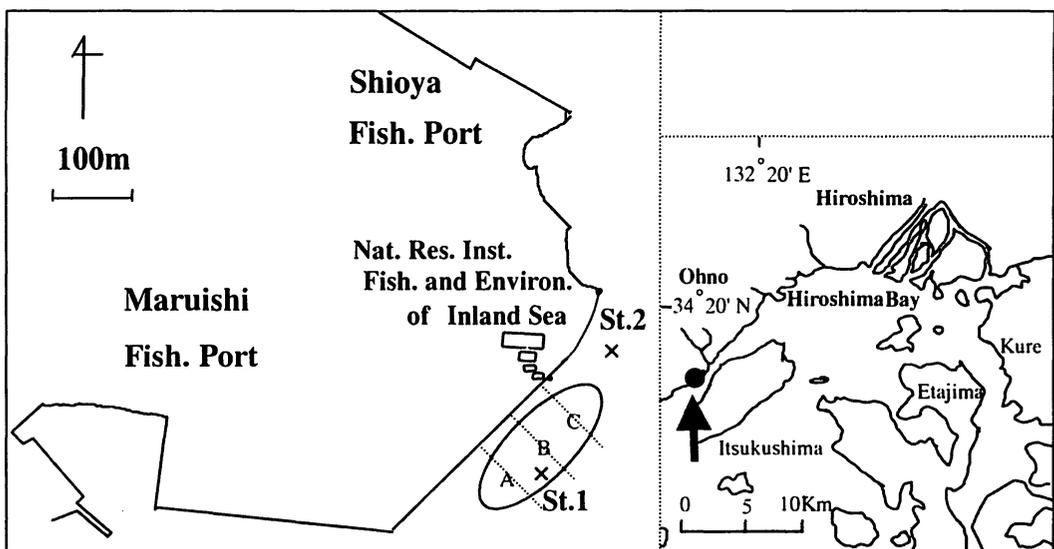


Fig. 1 Map of the survey station on the coast of Ohno in Hiroshima Bay. Eelgrass bed area was indicated as cross-hatched area.

かけて増大し、7月に最大の139(±17)cmとなった。9月に減少し始め、1月に最小の62(±18)cmとなり、翌1997年3月に再び増大した(Fig. 2)。花枝は調査開始時の1996年3月に観察され、7月に最大の16(±4)株・m⁻²となった。9月から翌1997年1月までは観察されず、3月に再び観察された(Fig. 2)。最大花枝長は、1996年5月に最大の157(±24)

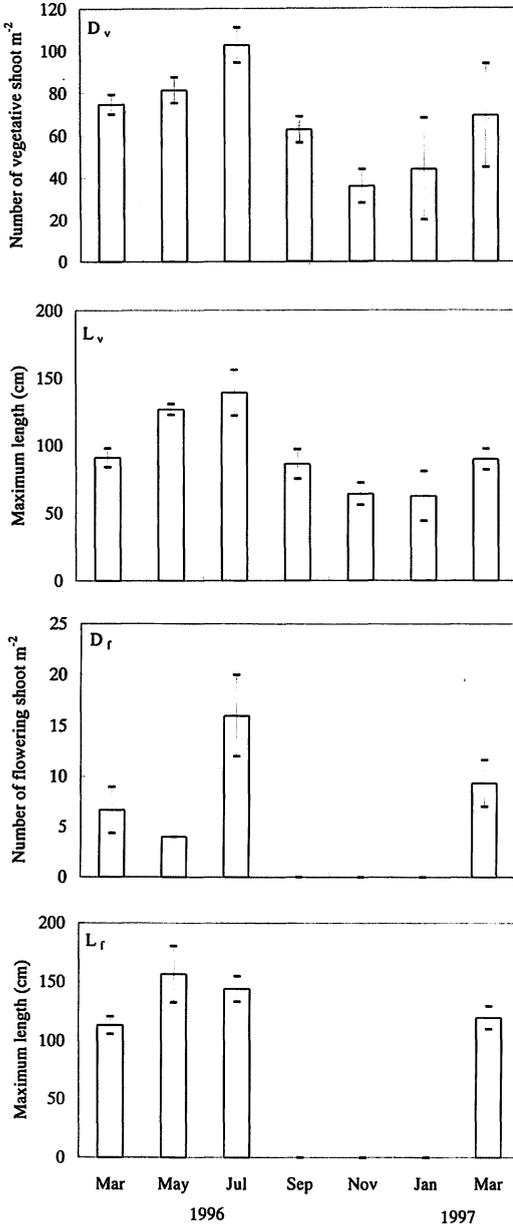


Fig. 2 Seasonal change of vegetative shoot density (D_v , shoots m^{-2}), maximum vegetative shoot length (L_v , cm), flowering shoot density (D_f , shoots m^{-2}) and maximum flowering shoot length (L_f , cm). Data are shown mean \pm S.E.

cmに達した(Fig. 2)。

丸石地先におけるアマモ群落では、通年でアマモの生育が観察されたことから、多年生アマモにより維持されていることが確認された。この季節的消長をTable 1のように要約できた。初冬(1月)から春(5月)は、栄養株密度の増大、草丈の伸長、花枝の形成が見られる生長期であった。春(5月)から初夏(7月)は、栄養株密度および草丈が最大に達し、花枝に種子の結実も観察される成熟期であった。晩夏(9月)から初秋(10月)には栄養株密度および草丈が減少する枯死・脱落期であった。秋(11月)は栄養株の密度が最小となり、草丈も減少しつづける衰退期であった。

新崎(1950)およびMiki(1993)は、アマモが初夏までは生長を進めるが、盛夏の高水温により生長を止めると報告している。丸石地先においても、8月(盛夏)の最高水温(27℃以上)を境に、アマモの栄養株の株密度および草丈が減少したTable 1)。以上のことから高水温(27℃以上)が、丸石地先の天然アマモの季節的消長に大きく関与する一因であることが確認された。

玉置ら(1999)は、同じ場所の群落内で、衰退期末期で生長期の初期にあたる12月に採取したアマモを、群落内(St.1)および群落外の裸地砂泥底(St.2)に移植した(Fig. 1)。St.1に移植されたアマモは、直ちに分枝により株数が増加し、成熟期には移植時の2倍以上の生残率となった。また枯死・脱落期においても、90%以上の生残率を維持した(Table 1)。しかし、St.2に移植されたアマモの生残率は、生長期であるにもかかわらず、移植初期に株の枯死が見られ100%以下に減少した。その後、成熟期にかけて160%まで回復したものの、枯死・脱落期に向けて急激に減少し0%に近くなった(Table 1)。St.2では、アマモの葉上に多量の浮泥が集積し、その遮光の影響により草体の光合成が阻害されたと考えた。

これらのことから、丸石地先において、砂泥底に移植されたアマモの著しい衰退と消失は、夏から秋の高水温による季節的な枯死・脱落と、葉上の堆積浮泥による光合成阻害の二つの生育阻害因子の相乗的な作用により引き起こされたと推察された。

團(1995)、團ら(1998)によれば、徳島県榑木地先の砂泥攪乱の顕著な裸地の砂泥底に移植したア

Table 1 Relationship between annual growth cycles of natural plants of eelgrass and survival ratio of the transplants.

Season		Winter	Spring	Summer	Autumn	Winter		
Month		Mar.	May.	Jul.	Sep.	Nov.	Jan.	Mar.
Water temperature (°C, Surface, 1996.3-1997.3)		10(Min.)	→	→	→	→	→	→
				27(Max.)				
Natural Plants	Vegetative shoot density							
(1996.3-1997.3)	Vegetative shoot length							
	Flowering shoot formation	○	○	○				○
	Annual growth cycle	Growth		Maturation	Loss	Decline	Growth	
Transplants	Survival ratio at St.1 (%)	100	210	100				
(1997.12-1998.8)	Survival ratio at St.2 (%)	100	160	20				

マモ草体の消失時期は、近接する天然アマモ群落内における草体の衰退期と重なっていた。この報告と本研究の結果とは一致する。これらことから生育に不適な裸地の砂泥底に移植されたアマモ草体は、近接する天然アマモの生長・成熟期まで生残するが、枯死・脱落の程度が著しく、衰退期に向けて消失する場合が多いことが明らかとなった。

従来、アマモ種苗の移植等により造成が試みられた事例では、移植草体の生育状況のモニタリングが主であり、近接する天然アマモ群落も同時にモニタリングされることが少なかった(川崎ら1988)。本研究の結果から、移植アマモなどのモニタリングに際しては、対照区として近接する天然アマモ群落のモニタリングが平行して行われることが、移植草体を評価する上で、きわめて重要であることが示唆された。

本稿の作成にあたり貴重なご教示をいただいた Frederick T. Short 博士(Univ. New Hampshire)に心から感謝する。ご助言をいただいた広島大学工学部助教授西嶋渉博士に厚くお礼申し上げる。本研究の遂行にあたりご協力をいただいた国土環境株式会社の内山慎氏、日本ミクニヤ株式会社の徳岡誠人氏、ならびに調査にご協力をいただいた広島県大野町漁業協同組合にお礼申し上げる。

引用文献

- 新崎盛敏 1950. アマモ, コアマモの生態 (II). 日水誌 16: 70-76.
 團昭紀 1995. アマモ場造成試験 - 徳島水試事報 p. 47-52.

團昭紀・森口朗彦・三橋公夫・寺脇利信 1998. 鳴門地先におけるアマモ場と底質および波浪との関係. 水産工学 34: 299-304.

川崎保夫・飯塚貞二・後藤弘・寺脇利信・渡辺康憲・菊池弘太郎 1988. アマモ場造成法に関する研究. 電力中央研究所総合報告 U14: 1-231.

Miki, S 1993. On the Sea-Grass in Japan (I). *Zostera* and *Phyllospadix*, with special reference to morphological and ecological characters. Bot. Mag. Tokyo. 47: 842-862

Moore, K. A., Neckles, H. A. and Orth, R. J. 1996. *Zostera marina* (eelgrass) growth and survival along a gradient of nutrients and turbidity in the lower Chesapeake Bay. Mar.Eco.Pro.Ser. 142: 247-259.

大野正夫 1996. 21世紀の海藻資源. p.3-30. 緑書房. 東京.

Short, F. T., Burdick, D. M., Short, C. A., Davis, R. C. and Morgan P. A. 2000. Developing success criteria for restored eelgrass, salt marsh and mud flat habitats. Ecol. Engine. 15: 239-252.

玉置仁・西嶋渉・新井章吾・寺脇利信・岡田光正 1999. アマモ生育に及ぼす葉上堆積浮泥の影響. 水環境学会誌 22: 663-667.

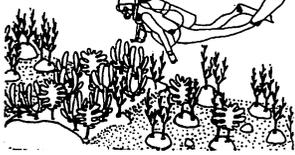
寺脇利信・吉田吾郎・玉置仁・薄浩則 1998. 広島湾の石積み護岸マウンド沿いに成立した海草・藻類植生. 南西水研研報 31: 13-18.

Terawaki, T., Dan, A., Moriguchi, A., Kawasaki, Y. and Okada, M. 1999. Technical review on *Zostera* bed restoration in Japan. Proceedings of the 2nd joint meeting of the coastal environmental science and technology panel of the United States - Japan cooperative program in natural resources, p.216-230.

(¹739-8527 東広島市鏡山 1-4-1 広島大・院・工学研究科物質化学システム専攻, ²739-0452 広島県佐伯郡大野町丸石 2-17-5 瀬戸内海区水研)

シリーズ

藻場の景観模式図



寺脇利信¹・新井章吾²：

8. 広島湾奥部の大野瀬戸・亀瀬

はじめに

本シリーズは、数mから数10mのスケールで、相観によって優占種で層別化した植生の範囲内で、それに適合した正方形か長方形の枠を用いて観察し、枠間の比較を強調することで把握した景観の模式図が多い。

前回は、特に植生の移行帯の内部を対象に観察と測定を試みた結果を記述した(寺脇・新井2001)。今回は、近年筆者らが繰り返し観察を行っている地点の中で、岩礁域というよりは、砂泥域に人頭大程度以上の巨礫が点在する海底において、水中での計測等を行った結果を記述する。ここでは、海藻類の着生基質が砂泥地に不連続に分布するため、景観によって区分された調査区において同一面積を有する共通の枠を用いて調査すると、小さな基質では相対的に動植物の被度が小さく評価される恐れがある。そこで、今回は景観によって調査区を区分せず、海藻類の着生基質そ

のものを個別に調査区として観察を行った。従って、今回の模式図は、筆者らにとっても新作の部類に入るので、前回までとは多少表現が変化した部分もある。

8. 広島湾奥部の大野瀬戸・亀瀬

現地概要と方法

亀瀬(かめのせ)は、瀬戸内海西部に位置する広島湾の湾奥部で、本土と厳島の間に横たわる大野瀬戸の中央部に位置する(図1)。亀瀬は、頂上部に巨礫が集積し、また、水深1mまでに砂礫、カキ殻、イガイ殻等が漂着しているものの、基本的に砂泥の浅海底で、所々に巨礫が点在し、クロメ等の海藻類の着生基質となっている(図2)。亀瀬では、通年にわたり、波浪が遮蔽されて静穏であるが、通常でも3m以上に及ぶ干満差により生じる潮汐流がかなり速い。亀瀬周辺の水深2mにおける上げ潮および下げ潮路の最大流速は、予測値

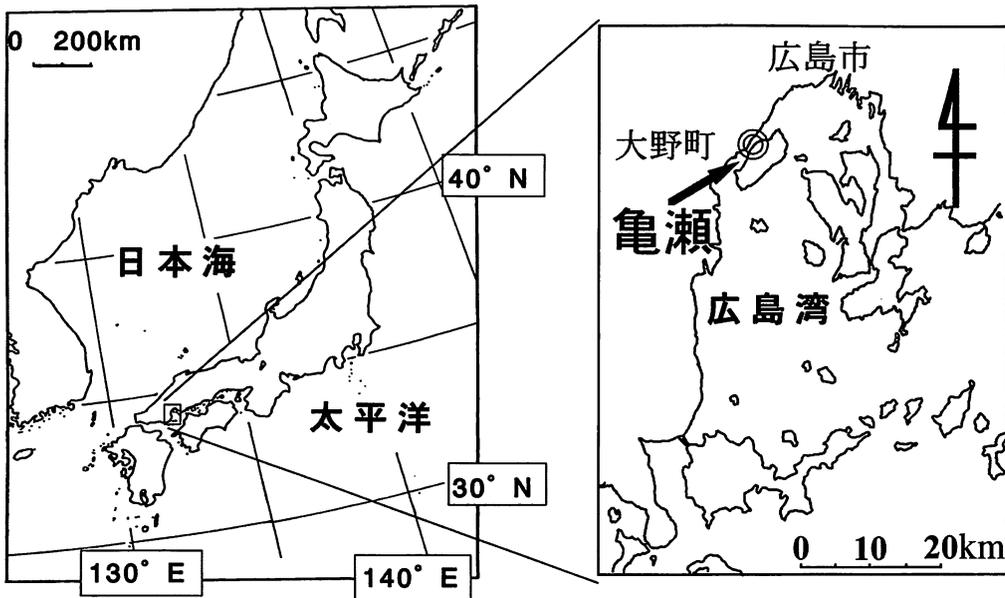


図1 広島湾奥部の大野瀬戸中央部・亀瀬の概略位置

によると、20cm/s (約4ノット) 以上である (李・星加 2000)。従って、亀瀬での潜水観察に当たっては、小潮の干潮時等の潮汐流が最も小さい日時を注意深く選定する必要がある。また、亀瀬周辺における海水は、大阪湾等と同様にCODが3~8mg/Lと高く、有機汚濁が進行している (清木ら 1998)。

1995年6月21日に、SCUBA潜水により、亀瀬において、頂上部 (D.L. 基準水位+1.5m) を起点とし、北方に伸びる調査測線を設定した。調査測線上において、起点からの距離2m毎に底質を記録し、水深4mまでの海底を観察した。調査測線から1m以内に巨礫が出現した場合には、水深、起点からの距離、巨礫の長径および短径、巨礫の表面積を100%としての固着動物および海藻類の被度、クロメの個体数および最大藻長を計測した。

結果

水深+1.5m (頂上部・起点) : 集積していた巨礫では、固着動物のイワフジツボ *Crassostrea gigas* が優占し、被度80%であった (図3)。

水深+0.9m (起点より2m) : 長径82cm, 短径48cmの巨礫では、タマハハキモク *Sargassum muticum* (Fensholt) Yendo が優占し、被度20%であった。

水深+0.7m (同上4m) : 長径52cm, 短径43cmの巨礫では、タマハハキモクが優占し、被度20%であった。

水深0.4m (同上8m) : 長径92cm, 短径76cmの巨礫では、クロメ *Ecklonia kurome* Okam. が優占し、被度100%, 6本/0.25m², 最大藻長92cmであつ

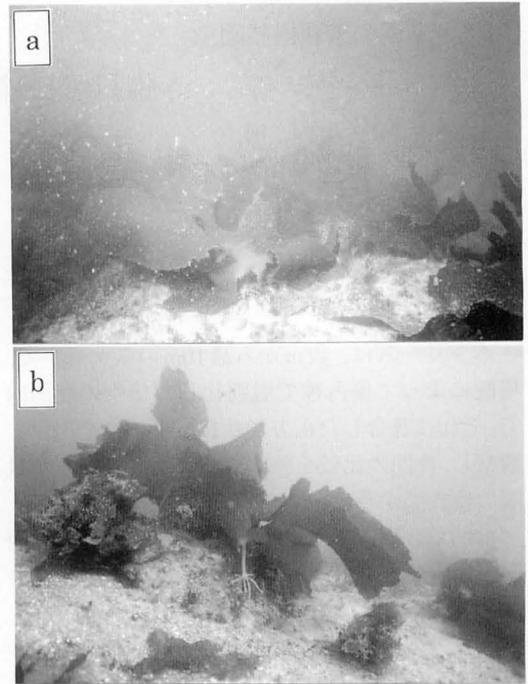


図2 亀瀬におけるクロメの生育状況

a. 茎が短く横たわって生育する b. 葉部が広く巨礫を被うように生育する

た。クロメは、茎が短く、葉状部が長い (図4)、まるでコンブ属植物の多くのもののように、海底に横たわって生育していた。

水深0.9m (同上12m) : 長径58cm, 短径44cmの巨礫では、クロメが優占し、被度100%, 3本/0.25m², 最大藻長107cmであった。

水深1.0m (同上14m) : 長径142cm, 短径33cmの巨礫では、クロメが優占し、被度90%, 7本/



図3 亀瀬における藻場の景観模式図



図4 亀瀬におけるクロメの形態

0.25m², 最大藻長 83cm であり, タマハハキモクが混生し, 被度 40% であった。

水深 1.1m (同上 16m): 長径 53cm, 短径 47cm の巨礫では, クロメが優占し, 被度 100%, 2 本 / 0.25m², 最大藻長 98cm であり, ワカメ *Undaria pinnatifida* (Harv.) Suringar が混生し, 被度 20% であった。

水深 1.7m (同上 20m): 長径 30cm, 短径 15cm の巨礫では, クロメが優占し, 被度 90%, 1 本 / 0.25m², 最大藻長 98cm であった。

水深 2.1m (同上 26m): 長径 76cm, 短径 66cm の巨礫では, クロメが優占し, 被度 100%, 1 本 / 0.25m², 最大藻長 112 cm であり, ヤハズグサ *Dictyopteris latiuscula* (Okam.) Okam. が混生し, 被度 30% であった。

水深 2.5m (同上 28m): 長径 62cm, 短径 41cm の巨礫では, クロメが優占し, 被度 100%, 3 本 / 0.25m², 最大藻長 120cm であった。

水深 2.9m (同上 32m): 長径 53cm, 短径 48cm の巨礫では, スギノリ *Chondracanthus tenellus* (Harv.) Hommersand が優占し, 被度 60% であった。

水深 3.1m (同上 34m): 長径 60cm, 短径 38cm の巨礫では, クロメが優占し, 被度 5%, 1 本 / 0.25m², 最大藻長 14 cm であった。

水深 3.8m (同上 44m) の石積み: クロメが, 数段に積み上げられた石積みの基部では小型で疎らに, 砂面からの比高の高い部分では大型で密生し, 頂上部の水深 1m まで優占した。

まとめ

1995年6月21日に瀬戸内海西部の広島湾奥部・大野瀬戸中央部の亀瀬において砂泥底に点在する巨礫を観察した。亀瀬に点在する巨礫では, 水深 +1m でタマハハキモクが, 水深 0m ~ 3m でクロメが優占した。水深 1m ではワカメが, 水深 2m ではヤハズグサが, 水深 3m ではスギノリが, 主に混生した。亀瀬のクロメは, 茎が短く葉状部が長く, コンブ属植物の多くのもののように海底に横たわって生育していた。

注目点

広島湾奥部・大野瀬戸の亀瀬では, 砂泥底に点在する巨礫での観察から, 春に, 水深 +1m でタマハハキモクが, 水深 0m ~ 3m でクロメが優占した。これに対して, 大野瀬戸では, 本土側の大野町沿岸の石積み護岸マウンドおよび巖島沿岸の自然岩礁は, 両岸ともホンダワラ類が優占するガラモ場である (寺脇 1997)。特に, 大野町沿岸の石積み護岸マウンドでは, 秋から冬に, タマハハキモクが +0.5 ~ 1 m に生育し, ノコギリモク *S. macrocarpum* C.Ag. が 0 ~ 2m に生育する (寺脇ら 1998)。さらに, 広島湾奥部の大野町から, 巖島, 阿多田島, 柱島および湾口部の屋代島にかけて, 南東岸の自然岩礁域における秋から冬の調査で, ノコギリモクが湾中部の水深 1 ~ 3m を中心に分布し, クロメは湾口部・屋代島の水深 3 ~ 9m を中心に分布する (寺脇ら 2001)。

広島湾奥部の大野瀬戸・亀瀬においては, 着生基質である巨礫が砂泥海底に点在し, 主に湾口部の水深 3m 以深を中心として分布するクロメが水深 0 ~ 3m で優占し, 加えて, ノコギリモク等の寿命の長い多年生ホンダワラ類が生育しない等, 既存の報告に比べて, きわめて特異的な植生である。広島湾の湾口部においては, 人工基質の設置水深と砂面からの比高の組み合わせによって変化する光量と砂泥の影響の違いが, 海藻植生の植生の決定にきわめて重要な条件であることが明らかにされている (Terawaki *et al.* 2000)。亀瀬は, 波浪があまり発達しないため静穏であるが, 大野瀬戸という狭い水路の中央部であるため, 潮流が速い (李・星加 2000)。亀瀬では, 頂上部にカキ殻が漂着していることから, 海底でも潮流による砂泥粒子の移動が頻繁に生じ, それらの影響によって特異的な植生構造となっている可能性が示唆され

た。このことは、数段に積み上げられた石積みの砂面からの比高の高い部分ではクロメが大型で優占し、広島湾全域と同様の安定な極相を示していることから伺える。この地点では、波浪・流動環境の質的な差異に伴う砂泥の影響の特性と海藻植生との関係について、多様性の大きいクロメの形態(Tsutsui *et al.*) との関係も含めて、さらなる検討を加える予定である。

謝辞

潜水観察にご協力いただいた大野町漁業共同組合、瀬戸内海区水産研究所・研究員の吉田吾郎氏、同じく調査船「せと」船長の後藤幹夫氏(当時)、水産大学の村瀬昇博士、のと海洋ふれあいセンターの筒井功氏(当時、現京都大学)に感謝する。

参考文献

李寅鐵・星加章 2000.リアルタイムシミュレーションによる広島湾の流況および水温・塩分の分布. 中工研報告 54:21-31.
清木徹・駒井幸雄・小山武信・永測 修・日野康良・村

- 上和仁 1998. 瀬戸内海における汚濁負荷量と水質の変遷. 水環境学会誌 21:780-788.
寺脇利信 1997. 藻類採集地案内 広島湾の大野瀬戸・宮島周辺. 藻類 45:185-188.
寺脇利信・新井章吾 2001. 藻場の景観模式図 7. 千葉県館山市坂田地先. 藻類 49: 131-135.
寺脇利信・吉田吾郎・玉置仁・薄浩則 1998. 広島湾の石積み護岸マウンド沿いに成立した海草・藻類植生. 南西水研研報 31:13-18.
Terawaki, T., G.Yoshida, K.Yoshikawa, S.Arai and N.Murase 2000. "Management-Free Techniques" for the restoration of *Sargassum* beds using subtidal, concrete structure on sandy substratum along the coast of the western Seto Inland Sea, Japan. Environmental sciences 7:165-175.
寺脇利信・吉川浩二・吉田吾郎・内村真之・新井章吾 2001. 広島湾における大型海藻類の水平・垂直分布様式. 瀬戸内水研研報 3: 73-81.
Tsutsui, I., S.Arai, T.Terawaki and M.Ohno 1996. A morphometric comparison of *Ecklonia kurome* (Laminariales, Phaeophyta) from Japan. Phycol. Res. 44: 215-222.

(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)

秋季シンポジウム (2001.11.16)

「藻類由来の機能性成分の研究と利用の展望」要旨

竹中裕行：微細藻類の生理機能とその応用

微細藻類は、生物起源において大変重要な二つの役割を演じてきた。私たち人間を含め、地球上の多くの生物は酸素なしでは生存することができない。酸素こそ、この地球を3000万種以上もの生物があふれる「生命の惑星」に育て上げた物質といっても過言ではない。そして、この酸素生産の立役者が、藍藻をはじめとする微細藻類であることは周知の通りである。微細藻類は35億年前から地球環境の変化と生命の進化に「酸素生産」という営みを介し、一つ目の役割を演じてきた。20世紀末から、温暖化をはじめとする地球環境悪化の修復に、微細藻類を応用しようとする研究が盛んに行われてきたのは、こういった事実によるものである。

微細藻類の二つ目の役割は、他の生物の餌になってきたということである。生物にとって太陽の光はもっとも大切なエネルギー源であるが、微細藻類はその太陽エネルギーを他の生物が利用できる形にして貯蔵する。太陽エネルギーと二酸化炭素から、タンパク質、糖、脂質、ビタミン、カロテノイドなど、生命を維持してゆく上で大切な栄養素を合成・蓄積するのである。微細藻類は、食物連鎖の先端に位置してきたことにより多くの生命を育ててきた。

ところで、現在、国の医療費は高騰し、約30兆円にも達しており、医療費削減が緊急要件となっている。この対応の一環として、国民の健康づくり対策が奨励されている。これまでの健康施策は、疾病の早期発見、早期治療（二次予防）に重点が置かれてきた。しかし、特に生活習慣病に対しては、生活習慣の改善および健康増進、危険因子の低軽減・除去に取り組むことが重要であるとされている。また、高齢化社会の到来にともない、生活習慣病を予防し、健康な毎日を過ごすことは、誰もが願うところである。

35億年に亘り、微細藻類が務めてきた二つ目の役割「微細藻類が餌となることによって他の生物たちを育ててきた」ことに注目し、私たちが健やかな日々を送るために、微細藻類を利用する（食する）ことは、理に適ったことであると考え

られる。そして、この考え方は「藻食論」として提唱されるに至っている。

日本人の食文化では、古来より海藻（大型藻類）を食してきた。近年の疫学調査や研究により、海藻の摂取と健康とに相関関係のあることが明らかとなってきた。これらをふまえ、館脇（1997）により「藻食論」が提唱された。藻食論は、従来の栄養学によるタンパク質、脂質、糖質といった化学的バランスでものを食べるのではなく、動物食、植物食、菌類食、海藻食の4つの生物学的バランスがとれた食生活を提言している。そして、この藻食論をさらに発展させ、海藻食ではなく、微細藻類を含めた藻類食として、新しい「藻食論」が三浦（私信）により提唱された。

しかし、現在のところ、微細藻類の生産量は少なく、そのために生産コストが高いことより、海藻のように毎日の食卓に出るような食材とまでは至っていないのが実状である。現在は、微細藻類の生理機能を解明し、それを利用した付加価値の高い食品が開発されている。

微細藻類の生理機能についての研究が本格的に始まったのは1980年代に入ってからである。Borowitzka (1994) がまとめた微細藻類由来の生理活性物質の可能性を一部改変して表1に示した。これらの多くは研究室レベルでの研究であり、微細藻類の大量培養を含めその実用化までには至っていない。今後の実用化が期待される場所である。

付加価値の高い食品の代表が健康補助食品（健康食品）である。アメリカにおける Dietary Supplement は栄養補助食品と直訳されている。しかし、日本では栄養と栄養素の概念が混乱していて、これらの用語は混同して使用されている。ビタミンやミネラルといった栄養素の食品であれば、栄養補助食品と呼称することは適当と思われる。しかし、栄養素の単なる補給だけではなく、健康の保持・増進、あるいはより優れた健康状態を求めるといった広義の意味を持つものとして考えた場合、積極的に健康を補助する意味で「健康補助食品」という名称が用いられるようになった。

表 1 Selected products from microalgae and their alternative, non-algal sources

	Product	Source	Alternative Sources
Carotenoids	β -carotene	<i>Dunaliella</i>	synthetic, palm oil
	astaxanthin	<i>Haematococcus</i> , <i>Euglena</i>	synthetic, phaffia
	canthaxanthin	some Chlorophytes	synthetic
Other Pigments	phycocyanin	<i>Spirulina</i> , <i>Synechococcus</i> , blue-green algae	none
	phycoerythrin	<i>Porphyra</i> , <i>Porphyridium</i>	none
Fatty Acids	eicosapentaenoic acid	Diatoms, <i>Porphyridium</i>	fish oil
	docosahexaenoic acid	Prymnesiophytes, <i>Isochrysis</i>	fish oil
Polysaccharides	many polysaccharides	mainly blue-green algae	vegetable gums
Sterols	many sterols	many species	plants
Vitamins	tocopherol	brown algae	soy beans, peanuts
	vitamin B12	various algae, <i>Pleurochrysis</i>	bacteria
Bioactive Compounds	anti-fungal, anti-bacterial, antiviral,		
	anti-neoplastic, pharmacologically active compounds	many species	potential synthetic
Biomass	aquaculture feed	many species	
	animal feed	many species	
	health food	<i>Chlorella</i> , <i>Spirulina</i> , <i>Dunaliella</i> , <i>Pleurochrysis</i> , <i>Nostoc</i>	

現在、商業ベースで培養・生産されている微細藻類について、これらの代表的な生理機能とその応用について言及する。

クロレラ (*Chlorella pyrenoidosa*, *C. vulgaris*)

クロレラが健康食品市場に登場したのは、今から30年以上も前のことである。現在では、健康食品の中でもっとも市場規模が大きく、一説によれば約600億円とも言われている。

1985年に厚生大臣の許可を得て設立された(財)日本健康・栄養食品協会(日健協)は、消費者が健康食品を安心して利用できるように、食品衛生法・栄養改善法等を遵守し、協会設定の規格基準等厳正な審査をパスした健康食品にJHFA (Japan Health Food Authorization) マークの表示を許可している。JHFA マーク表示クロレラ食品は110品目以上にもおよぶ。

クロレラ藻体および熱水抽出物について、多くの生理機能が明らかにされている(表2)。これらのいくつかを紹介する。

クロレラ藻体の生理機能

1. ダイオキシン吸収抑制(排泄促進効果)

ダイオキシン(Polychlorinated dibenzo-p-dioxins, PCDD)は、これに汚染された食品等から摂取され、脂溶性の化合物であるため吸収が良く、一般健常者の母乳、肝臓、脂肪組織に長期に

亘って残留する人体汚染物質である。森田ら(1997)はラットにおけるPCDDの糞中排泄(吸収抑制)作用に対するクロレラの影響について検討した。すでに排泄促進作用の認められている米ぬか繊維に比して、クロレラは高いPCDD糞中排泄効果が認められた。この作用は、クロレラに含まれるクロロフィルと食物繊維によるものと考察されている。

2. コレステロール低下作用

近年の食生活の西欧化にともなうコレステロール摂取の増大は、血液中コレステロール値を上昇させるとともに種々疾病の引き金となっている。クロレラの血清コレステロール低下作用は、ラットやウサギなどの動物実験により認められている。

藤原ら(1990)は、高脂血症と診断され、他に合併症がなく、しかも高脂血症の薬剤を投与されていない9名に対し、12ヶ月間クロレラを投与し、その効果を検討した。血清コレステロールおよびLDL-コレステロール値に、投与開始時に比べ有意な低下が認められた。

クロレラ熱水抽出物の生理機能

1. ニトロソ化合物(発がん物質)合成阻害

発がん物質の1つとして注目されているニトロソ化合物は、実験動物の種々の臓器に発がん性を示すが、われわれが日常摂取する食品、食品添加

表2 クロレラ藻体および熱水抽出物の生理機能

	生理機能	文献
クロレラ藻体	ダイオキシン吸収抑制 (排泄促進効果)	森田ら 1997
	コレステロール低下作用	藤原ら 1990
クロレラ熱水抽出物	生体防御調節	
	抗腫瘍活性	Konishi <i>et al.</i> 1985
	細菌感染抵抗性	Tanaka <i>et al.</i> 1986
	抗ウイルス活性	Ibusuki & Minamishima 1990
	ニトロソ化合物 (発がん物質) 合成阻害	堀ら 1993
	紫外線防御作用	篠原・竹中 1993

物, 医薬品などと亜硝酸との反応によって容易に生成するという特徴を有している。したがって, この様に生成したニトロソ化合物が, ヒトのがんの原因となっている可能性が非常に高い。

食品に含まれているスベルミジン (二級アミン) と唾液中に含まれる亜硝酸から, マウス胃内で変異活性のあるニトロソスベルミジンが生成されることが報告されている。著者らは, スベルミジンと亜硝酸との反応によるニトロソスベルミジン生成に対するクロレラ熱水抽出物の影響を検討した (堀ら 1993)。その結果, 抽出物の濃度に依存して, ニトロソスベルミジンの生成量は阻害された。クロレラ抽出物が亜硝酸を分解することにより, ニトロソスベルミジンの生成を阻害したことが明らかとなった。

2. 紫外線防御

紫外線の中で, 特にUV-B (280nm ~ 320nm) は, ひどい日焼けを起し, 皮膚の炎症や皮膚がんを引き起こす原因となることは知られている。著者らはUV-Bに不安定な β -カロテンの安定性を指標としてクロレラ熱水抽出物の紫外線防御作用について検討した (篠原・竹中 1993)。熱水抽出物の濃度に依存して β -カロテンの安定性が向上した。熱水抽出物の紫外線防御作用は, 単に紫外線をカットするだけではなく, 紫外線照射に伴って発生するラジカルを消去することによるものと考えられる。

表3 スピルリナの生理機能

生理機能	文献
がんの予防	Mathew <i>et al.</i> 1995
免疫賦活	Hayashi <i>et al.</i> 1994
アナフィラキシー反応抑制	Yang <i>et al.</i> 1997
ダイオキシン吸収抑制 (排泄促進効果)	森田ら 1997
抗ウイルス活性	Hayashi & Hayashi 1996
ヒアルロニダーゼ阻害活性	Fujitani <i>et al.</i> 2001

スピルリナ (*Spirulina platensis*, *S. maxima*)

周知の通り, スピルリナは食経験のもっとも古い微細藻である。JHFA マーク表示スピルリナ食品は約 40 品目ある。

スピルリナはアミノ酸バランスのよいタンパク質 (プロテインスコア:83) を 50% 以上含有することが大きな特徴である。スピルリナについても多くの生理機能が明らかになっている (表3)。

1. 抗ウイルス活性

Hayashiら (1996) は, スピルリナ熱水抽出物より含硫多糖のカルシウム・スピルラン (Ca-SP) を単離し, これが単純ヘルペスウイルス, インフルエンザウイルス, ヒトサイトメガロウイルス, 麻疹ウイルス, エイズウイルス等の増殖を抑制することを報告した。含硫多糖類には抗ウイルス活性が報告されており, イオウ (S) が外れると抗ウイルス活性が認められなくなる。Ca-SPもその例外ではないが, 興味深いことに, 含硫であってもカルシウムが外れると, 抗ウイルス活性を示さない。さらには, スピルリナの種によっては, Ca-SPが存在しないこともわかっている。

2. ダイオキシン吸収抑制 (排泄促進効果)

スピルリナにもクロレラ同様, ダイオキシン (PCDD) 糞中排泄効果が認められた (森田ら 1997)。スピルリナに含まれるクロロフィルと食物繊維によるものと考察されている。

3. ヒアルロニダーゼ阻害活性 (抗アレルギー作用)

ヒアルロニダーゼはI型アレルギーに深く関わっており, アレルギー反応と炎症作用を引き起こすと考えられている。著者らは, スピルリナ熱水抽出物のヒアルロニダーゼ阻害活性を検討した (Fujitani *et al.* 2001)。熱水抽出物の濃度に依存してヒアルロニダーゼ阻害活性を示した。さらに, 熱水抽出物のエタノール不溶性画分に強いヒアルロニダーゼ阻害活性を認め, 活性物質が多糖類で

あろうと推察した。なお、この活性は、抗アレルギー薬として使用されているクロモグリク酸ナトリウム (DSCG) に匹敵する活性であった。

デュナリエラ (*Dunaliella salina*, *D. bardawil*)

デュナリエラ関連商品が市場に出始めたのは1980年半ばで、クロレラやスピリリナに比べて歴史は浅い。日健協においても、デュナリエラ食品としての規格基準は設けられていない。日健協における藻類応用食品の規格基準は、クロレラとスピリリナの2つしかない。しかし、デュナリエラの特徴は、大量に β -カロテンを生産・蓄積することであり、 β -カロテン食品としての規格基準があり、JHFA マーク表示 β -カロテン食品の多くはデュナリエラ由来の β -カロテンを利用している。

デュナリエラ由来の β -カロテンは、合成 β -カロテン (オールトランス型) と異なり、幾何異性体の9-シス型 β -カロテンが約50%含まれる。この存在により、デュナリエラ由来 β -カロテンは合成 β -カロテンに比べて油に溶けやすく、生体内利用性が高いと考えられた。

デュナリエラの生理機能の研究は、デュナリエラ由来の β -カロテンについて検討したものがほとんどである (表4)。

1. 抗腫瘍活性

β -カロテンは、ビタミンA前駆体 (プロビタミンA) としての役割以外に、カロテンとして抗酸化能を示すことが明らかとなり、両者の相互作用による抗腫瘍活性が大きく期待された。デュナリエラ抽出 β -カロテンによる抗腫瘍活性が報告された (Shklar & Schwartz 1988)。その後、Nagasawa *et al.* (1991) は、デュナリエラ藻体を餌に混ぜて動物に与え、乳がんが抑制されることを報告した。著者らは、化学発がん物質によるラット腎腫瘍ならびに膀胱腫瘍に対し、デュナリエラ藻体投与による影響を検討した (竹中1993)。デュナリエラ藻体を1%餌に混ぜて自由摂取させたとき、腎腫瘍ならびに膀胱腫瘍の発生が抑制された。デュナリエラ由来のカロテンの働きによるものと考察される。

2. ヒアルロニダーゼ阻害活性

デュナリエラ熱水抽出物のエタノール不溶性画分に、スピリリナと同様、強いヒアルロニダーゼ阻害活性を認めた (Fujitani *et al.* 2001)。この

表4 デュナリエラの生理機能

生理機能	文献
抗腫瘍活性	Nagasawa <i>et al.</i> 1991
紫外線障害予防	Lee <i>et al.</i> 2000
血管拡張	Yamaguchi <i>et al.</i> 1988
ストレス性潰瘍予防	Takenaka <i>et al.</i> 1993
ヒアルロニダーゼ阻害活性	Fujitani <i>et al.</i> 2001

活性は、DSCG に匹敵する活性であった。

3. 紫外線障害予防作用

Lee *et al.* (2000) は、22名のボランティアに24週間デュナリエラカロテンを投与し、紫外線障害に対する影響を調べた。カロテンの量は8週間ごとに30, 60, 90mg/日と増加させ、6段階の強さの紫外線を同時に1分間臀部に照射し、24時間後、紅斑が認められる最小紫外線量 (MED) を求めた。デュナリエラカロテノイドを摂取することにより、MEDが有意に上昇した。この結果より、デュナリエラカロテンの摂取が、皮膚表面での紫外線障害を予防することが示唆された。

4. ストレス性潰瘍予防

疫学調査により、緑黄色野菜 (β -カロテン) の摂取とストレスとの間に負の相関関係が認められている。また、 β -カロテンには細胞粘膜保護作用のあることが知られている。そこで、著者らは、ストレス性の潰瘍にデュナリエラが有効ではないかと考え、ラット水浸拘束ストレス性胃潰瘍におよぼすデュナリエラ摂取の影響について検討した (Takenaka *et al.* 1993)。デュナリエラを予め2週間自由摂取させたとき、水浸拘束ストレスによる胃潰瘍は有意に抑制された。一方、合成 β -カロテンの投与では抑制されなかった。肝臓中にカロテンが蓄積されており、デュナリエラカロテンは、胃粘膜保護のみならず、ストレスにより生ずるラジカルを消去することにより、潰瘍の発生を防いだものと思われる。

ところで、 β -カロテンの抗腫瘍活性が続々と報告され、また多くの疫学調査により β -カロテンの摂取とがんリスクとの間に負の相関関係が認められたことより、 β -カロテンのがん予防に関する介入試験がフィンランドやアメリカで実施された。しかし、喫煙者やアスベスト従事者の肺がんリスクを逆に高めてしまうという結果が報告され、期待を大きく裏切ることとなった。その後、これら介入試験の試験デザインの不備などが指摘

されるとともに、 β -カロテンのみを大量に摂取することの危険性が強調されるようになった。Umegaki *et al.* (1994) は、ラットに β -カロテンを大量に投与すると、体内のビタミンEが減少することを報告している。 β -カロテンは自ら酸化することによって抗酸化作用を示す。酸化されたオキシカロテンをビタミンEが修復することもわかっている。したがって、 β -カロテンを摂取するときには併せてビタミンEを摂取することが大切である。蛇足であるが、ビタミンEも同様にビタミンCによって修復される。10年程前に医薬品メーカーがACE処方なる商品を競って発売した。これは、カロテン（プロビタミンA）、ビタミンC、ビタミンEの混合商品を意味した。

円石藻 (*Pleurochrysis carterae*)

円石藻（ハプト藻）は、ココリスと呼ばれる炭酸カルシウムの殻を細胞表面に纏うことから、この炭酸カルシウムを利用したカルシウム補助食品が開発されている。円石藻の人工消化率は約97%と極めて消化されやすく、カルシウム供給源として有効であると考えられる。JHFA マーク表示カルシウム食品の中に、円石藻を利用した健康食品が2品目ある。

円石藻は、これまで食経験がまったくなく、ヒトにとっては初めて口にするものである。そこで、変異原性、急性毒性試験、亜急性毒性試験が実施され、食品としての安全性が確認されている（竹中ら 1995, Takenaka *et al.* 1996, Takenaka *et al.* 1996）。

円石藻の生理機能については、残念ながらほとんど研究はなされていない。

1. カルシウム供給源

著者らはヒトにおいて円石藻がカルシウムの供給源となりうるかを検討した。円石藻を用いた食品を作製し、ボランティア10名に数ヶ月間自由に摂取させ、骨伝導音測定により骨の状態を調べた。個人差はあるもののいずれも骨伝導音値が上昇した。これは、円石藻のカルシウムが吸収され、骨形成に使われたものと考えられ、円石藻がカルシウムの供給源となることを確認した。

近年、カルシウムの吸収にはマグネシウムとのバランスが注目されている。しかし、これら以外のミネラルも含めて、ミネラルバランスを重視しなくてはならないと考える。体内ミネラルバラ

ンスを考えると、海のミネラルバランスをそのまま摂取することが望ましい。海水で培養・生産する円石藻は、ミネラルバランスの良いカルシウム供給源であると思われる。

2. ビタミンB₁₂供給源

円石藻を培養する際、培養液中にシアノコバラミン（ビタミンB₁₂）を添加する。ビタミンB₁₂は、ヒト体内では補酵素型ビタミンB₁₂（アデノシルコバラミンとメチルコバラミン）に変換されて機能する。円石藻に蓄積されるビタミンB₁₂は補酵素型ビタミンB₁₂が70%で、極めて有効なビタミンB₁₂供給源であると考えられる（竹中 1999）。

著者らは、ビタミンB₁₂欠乏ラットを用いて、円石藻に含まれるビタミンB₁₂の栄養学的有効性を検討した（Miyamoto *et al.* 2001）。円石藻添加飼料を投与することでビタミンB₁₂欠乏ラットのメチルマロン酸尿症は完全に回復し、肝臓中には補酵素型ビタミンB₁₂が顕著に蓄積された。以上の結果、円石藻に含まれるビタミンB₁₂が栄養学的に有効であることが示唆された。

蛇足ではあるが、スピリリナに含まれるビタミンB₁₂はシュード（pseudo）ビタミンB₁₂でヒトにおいてはほとんど利用できないものである（Watanabe *et al.* 1999）。

ノストック (*Nostoc*)

ノストックの中で、古くから食されてきたものは、イシクラゲ（*N. commune*）、髪菜（*N. flagelliforme*）、葛仙米（*N. sphaericum*）である。中国では、いずれのノストックも販売されているが、特に、髪菜は「発財」とかけて、縁起物として重用されている。

髪菜については、食経験があるが、急性毒性試験、亜急性毒性試験、さらにはマイクロシチンの分析を実施し、食用としての安全性を確認した後、健康食品として開発されている（Takenaka *et al.* 1998, 竹中ら 2000）。残念ながら日健協においては該当する食品項目がないため、JHFA マークの表示までには至っていない。

ノストックの生理機能については、抗菌作用と抗腫瘍活性が多く報告されている（de Cano *et al.* 1990, de Mule *et al.* 1991, Patterson *et al.* 1991, Trimurtulu *et al.* 1994, Falch *et al.* 1995, Jaki *et al.* 2000）。

1. コレステロール低下

イシクラゲを高コレステロール食摂取ラットに投与したところ、血清中コレステロールが有意に低下した (Hori *et al.* 1994)。ノストックは細胞外に多糖類をたくさん蓄積する。イシクラゲの多糖類が食物繊維として働いたと考察されている。また、髪菜投与によってもラットの血清コレステロールが低下することがわかっている。

2. 抗ウイルス活性

葛仙米から単純ヘルペスウイルスに対する抗ウイルス活性物質が、*N. elliposporum*からエイズウイルスに対する抗ウイルス活性物質が単離されている (Knubel *et al.* 1990, Boyd *et al.* 1997)。

また、イシクラゲと髪菜の熱水抽出物についても抗ウイルス活性が認められている。イシクラゲは生息場所によって、抗ウイルス活性が認められないこともあるという。髪菜については、作用機作等の検討が行われているが、これまで抗ウイルス活性が報告されている含硫多糖類ではないことが明らかになっている。

3. 免疫能増強

多糖類には免疫増強能が認められる。著者らは、担腫瘍マウスを用いて髪菜熱水抽出物のマクロファージ活性を検討した (竹中ら 1997)。抽出物の投与により、マクロファージ活性が有意に増強された。

化学発がん物質によるラット大腸腫瘍および腎腫瘍に対して、髪菜の投与がそれぞれの腫瘍の発生口数を減少させ、あるいは増殖を抑制することが明らかとなった (竹中・陳 1998)。これは、コレステロール低下作用とマクロファージ活性が関与しているものと考察される。

ヘマトコッカス (*Haematococcus*)

近年、カロテノイドの一種であるアスタキサンチンを生産・蓄積することで注目を集めている。アスタキサンチンの抗酸化能は、 β -カロテンのそれよりも高いことが分かっており、今後ヘマトコッカス由来アスタキサンチンの健康食品がかなり出てくるものと思われる。別稿で詳述されるので省略する。

アスタキサンチンがヒトにとって非常に有用な栄養素であることは間違いない。だからこそ、 β -カロテン大量投与のような「ばかげたブーム」の二の舞にならないようにと願っている。

アフアニゾメノン (*Aphanizomenon flos-aqua*)

アフアニゾメノンはアメリカオレゴン州クラマス湖に自生したものを採取し、ハードカプセルや錠剤として、アメリカで販売されていた。著者らは日本への輸入を検討したが、スピルリナとの生理機能での差別化ができずに断念した。ところが、1999年マイクロシスチンの問題が発表され、現在は販売されていない。その後の研究で、アフアニゾメノンがマイクロシスチンを蓄積しているのではなく、クラマス湖に生息するマイクロシスチンを持つマイクロシスチス (*Microcystis aeruginosa*) を同時に採取したためであることがわかった (Gilroy *et al.* 2000)。

基礎化粧品

アトピー性皮膚炎等、皮膚に何らかのトラブルを持つ人が多くなってきた。その多くは、身体自体の不健康が皮膚の障害という形で表れてきたものである。しかし、皮膚表面における炎症やバクテリア (黄色ブドウ球菌等) の繁殖には、直接的な対処を必要とする。すでに、微細藻類の抗炎症作用 (ヒアルロニダーゼ阻害活性) については上述したが、その生理機能を利用した基礎化粧品が開発されている。

基礎化粧品に利用されている微細藻類は、クロレラ、デュナリエラ、円石藻、ポルフィリディウム (*Porphyridium purpureum*) である。

クロレラは、保湿成分として以前から化粧品に利用されてきた。デュナリエラと円石藻、ポルフィリディウムは、抗炎症作用の他に黄色ブドウ球菌に対する抗菌活性が認められている。

化粧品については、全成分表示が義務付けられ、表示名称の世界統一化が実施されている。日本においては、まず米国化粧品工業会 (CTFA) が発行している ICID (International Cosmetic Ingredient Dictionary and Handbook) に INCI (International Nomenclature Cosmetic Ingredient) 名として登録され、その後、日本化粧品工業連合会にて審査され、成分名称が決定する。微細藻類の INCI 名を表5に示した。

「病は気から」と言う言葉がある。積極的あるいは楽観的な考え方が免疫能を高め、消極的・否定的な考え方が免疫能を低下させることはよく知られている。特に女性においては、精神的な安定のために毎日喜んで鏡を見られるようにするこ

とも、健康への大切なステップであると考え。健康な素肌が健康な身体を作ってゆく。微細藻類の生理機能を利用した基礎化粧品が健康作りの一役を担ってほしいと願っている。

まとめ

微細藻類の生理機能については多くの研究がなされており、本稿ではその一部を紹介した。そして、これらの生理機能を応用した健康補助食品と基礎化粧品について概説した。

2400年前のギリシャの医者・ヒポクラテスが食べ物と健康の関係について記している。中国では、「上薬・中薬・下薬」という区別があり、最も良い「上薬」は、普段の食べ物であるとしている。洋の東西に関らず、古くから、食べ物に注意することが病気の治療や予防に効果があるとしてきた。「医食同源」である。

微細藻類を毎日の食事の一品として各家庭で食されることが、藻食論の実行であり、医食同源の実施である。そのためにも、微細藻類を低コストで培養・生産してゆくための努力をしてゆかなければならない。これは、微細藻類に関する者としての使命であると考えている。

ところで、石油科学文明と称された20世紀は、環境破壊など負の遺産を残した。そして、その反省から21世紀は植物科学文明にならなければならない。すなわち、化石エネルギーの利用から太陽エネルギーの利用へと移行することである。その意味で、微細藻類は植物科学文明の基盤を築くためのキーワードであると考えている。微細藻類の多岐にわたる研究・開発が今後ますます活発になされ、これらの成果が地球全体に反映されることを切に願っている。

最後に、仏教詩人・坂村真民先生の詩「マイクロアルジェ（生命誕生）」を紹介する。

この大宇宙には いろいろの惑星がある

でも生命の存在する惑星は 今のところ
この地球だけである その地球に 初めて生命を持つものが誕生した それはマイクロアルジェという海藻であり 今もなお生きているのでその研究を続けている所が沖縄の宮古島にありそこに「大宇宙大和楽」の碑が建った
地球に命が生まれた何億年前のものと同じものを造りだそうという 発願を知り わたしは感動した ああ今や人間たちが この聖なる地球を 破壊しようとしている時 海に囲まれた日本よ マイクロアルジェという藻（も）にこもる 宇宙生命の誕生を知ろう

微細藻類について種々ご指導賜ったイリノイ大学・陳学潜先生、藻食論についてご教示賜った三浦昭雄先生に深謝いたします。また、微細藻類の生理機能の研究でご指導賜った山形大学・原慶明先生、高知工科大学・向畑恭男先生、富山医科薬科大学・林利光先生、高知女子大学・渡辺文雄先生、藤田保健衛生大学短期大学・日比野勤先生に感謝申し上げます。

参考文献

- Borowitzka, M.A. 1994. Products from alga. p.5-15. In: Phang, S.M. (ed.) Algal Biotechnology in the Asia-Pacific Region. University of Malaya.
- Boyd, M.R., Gustafson, K.R., McMahon, J.B., Shoemaker, R.H., Okeefe, B.R., Mori, T., Gulaknowski, R.J., Wu, L., Rivera, M.I., Laurencot, C.M., Currens, M.J., Cardellina, J.H., Buckheit, R.W., Nara, P.L., Pannell, L.K., Sowder, R.C. & Henderson, L.E. 1997. Discovery of cyanovirin-N, a novel human immunodeficiency virus-inactivating protein that binds viral surface envelope glycoprotein gp120: potential applications to microbicide development. *Antimicrobial Agents and Chemotherapy* 41: 1521-1530.
- de Cano, M.M.S., de Mule, M.C.Z., de Caire, G.Z. & de Halperin, D.R. 1990. Inhibition of *Candida albicans* and

表5 微細藻類のINCI名

Microalga	Trade name	Assigned INCI name
<i>Dunaliella salina</i>	Dunaliella and Pleurochrysis	Dunaliella Salina Extract
<i>Pleurochrysis carterae</i>	Extract Powder	Pleurochrysis Carterae Extract
<i>Porphyridium purpureum</i>	Porphyridium Extract Porphyridium Extract Powder	Porphyridium Purpureum Extract
<i>Chlorella vulgaris</i>	Chlorella Extract	Chlorella Vulgaris Extract
<i>Spirulina platensis</i>	Plankton Extract	Spirulina Platensis Extract
<i>Spirulina maxima</i>		Spirulina Maxima Extract

- Staphylococcus aureus by phenolic compounds from the terrestrial cyanobacterium *Nostoc muscorum*. J. Appl. Phycol. 2: 79-81.
- de Mule, M.C.Z., de Caire, G.Z., de Cano, M.M.S. & de Halperin, D.R. 1991. Bioactive compounds from *Nostoc muscorum* (Cyanobacteria). Cytobios 66: 169-172.
- Falch, B.S., Konig, G.M., Wright, A.D., Angerhofer, C.K., Pezzuto, J.M. & Bachmann, H. 1995. Biological activities of cyanobacteria: evaluation of extracts and pure compounds. Planta Med. 61: 321-328.
- Fujitani, N., Sakaki, S., Yamaguchi, Y. & Takenaka, H. 2001. Inhibitory effects of microalgae on the activation of hyaluronidase. J. Appl. Phycol. in press.
- 藤原洋子・平川敬二・新保國弘 1990. 高脂血症患者に及ぼすクロレラ長期投与の影響. 日本栄養・食糧学会誌 43: 167-173.
- Gilroy, D.J., Kauffman, K.W., Hall, R.A., Huang, X. & Chu, F.S. 2000. Assessing potential health risks from microcystin toxins in blue-green algae dietary supplements. Environ. Health Perspect. 108: 435-439.
- Hayashi, T. & Hayashi, K. 1996. Calcium spirulan, an inhibitor of enveloped virus replication, from a blue-green alga *Spirulina platensis*. J. Nat. Prod. 59: 83-87.
- Hayashi, O., Katoh, T. & Okuwaki, Y. 1994. Enhancement of antibody production in mice by dietary *Spirulina platensis*. J. Nutr. Sci. Vitaminol. 40: 431-441.
- Hori, K., Ishibashi, G. & Okita, T. 1994. Hypocholesterolemic effect of blue-green alga, ishikurage (*Nostoc commune*) in rats fed atherogenic diet. Plant Foods for Human Nutr. 45: 63-70.
- 堀昌子・篠原由芽子・竹中裕行 1993. クロレラ熱水抽出物のニトロソアミン生成の阻害. 医学と生物学 126: 179-182.
- Ibusuki, K. & Minamishima, Y. 1990. Effect of *Chlorella vulgaris* extract on murine cytomegalovirus infections. Natural Immunity and Cell Growth Regulation 9: 121-128.
- Jaki, B., Heilmann, J. & Sticher, O. 2000. New antibacterial metabolites from the cyanobacterium *Nostoc commune* (EAWAG 122b). J. Nat. Prod. 63: 1283-1285.
- Knubel, G., Larsen, L.K., Moore, R.E., Levine, I.A. & Patterson, M.L. 1990. Cytotoxic, antiviral indolocarbazoles from a blue-green alga belonging to the Nostocaceae. J. Antibiotics 1236-1239.
- Konishi, F., Tanaka, K., Himeno, K., Taniguti, K. & Nomoto, K. 1985. Antitumor effect induced by a hot water extract of *Chlorella vulgaris* (CE): Resistance to meth-A tumor growth mediated by CE-induced polymorphonuclear leukocytes. Cancer Immunol. Immunother. 19: 73-78.
- Lee, J., Jiang, S., Levine, N. & Watson, R.R. 2000. Carotenoid supplementation reduces erythema in human skin after simulated solar radiation exposure. Proc. Soc. Exp. Biol. Med. 223: 170-174.
- Mathew, B., Snkaranarayanan, R., Nair, P.P., Varghese, C., Somanathan, T., Amma, B.P., Amma, N.S. & Nair, M.K. 1995. Evaluation of chemoprevention of oral cancer with *Spirulina fusiformis*. Nutr. Cancer 24: 197-202.
- Miyamoto, E., Watanabe, F., Ebara, S., Takenaka, S., Takenaka, H., Yamaguchi, Y., Tanaka, N., Inui, H. & Nakano, Y. 2001. Characterization of a vitamin B12 compound from unicellular coccolithophorid alga (*Pleurochrysis carterae*). J. Agric. Food Chem. 49: 3486-3489.
- 森田邦正・松枝国正・飯田隆雄 1997. ラットにおける Polychlorinated Dibenzo-P-dioxins の糞中排泄量に対するクロレラ, スピルリナ及びクロロフィリンの効果. 衛生化学 43: 43-48.
- Nagasawa, H., Sawaki, K., Fujii, Y., Kobayashi, M., Segawa, T., Suzuki, R. & Inatomi, H. 1991. Suppression by beta-carotene-rich algae *Dunaliella bardawil* of the progression, but not the development, of spontaneous mammary tumours in SHN virgin mice. Anticancer Res. 11: 713-717.
- Patterson, G.M.L., Baldwin, C.L., Bolis, C.M., Caplan, F.R., Karuso, H., Larsen, L.K., Levine, I.A., Moore, R.E., Nelson, C.S., Tschappat, K.D., Tuang, G.D., Furusawa, E., Furusawa, S., Norton, T.R. & Raybourne, R.B. 1991. Antineoplastic activity of cultured blue-green algae (Cyanophyta). J. Phycol. 27: 530-536.
- 篠原由芽子・竹中裕行 1993. クロレラ熱水抽出物の紫外線防御作用. 医学と生物学 127: 213-215.
- Shklar, G. & Schwartz, J. 1988. Tumor necrosis factor in experimental cancer regression with alphatocopherol, beta-carotene, canthaxanthin and algae extract. Eur. J. Cancer Oncol. 24: 839-850.
- 竹中裕行 1993. 動物発がんに対するデュナリエラ天然カロテンの効果. カロテン効果研究会誌 10-11.
- 竹中裕行 1999. ビタミンB12およびカルシウム供給源としての円石藻. ビタミン 73: 615-616.
- 竹中裕行 2000. 髮菜(*Nostoc flagelliforme*)のマイクロシステン分析. 医学と生物学 141: 155-157.
- 竹中裕行・陳学潜 1998. 陸生藻髮菜 *Nostoc flagelliforme* (藍藻) の生育観察と食用としての機能性. 藻類 46: 37-40.
- 竹中裕行・樋渡武彦・山口裕司 1995. 円石藻 (*Pleurochrysis carterae*) の食用化に関する研究. 医学と生物学 130: 49-52.
- 竹中裕行・隅谷利光・伊藤均 1997. 髮菜(*Nostoc flagelliforme*)熱水抽出物の担腫瘍マウスのマクロファージ活性. 医学と生物学 135: 231-234.
- Takenaka, H., Takahashi, H., Hayashi, K. & Ben-Amotz, A. 1993. Protective effect of *Dunaliella bardawil* on water-

- immersion-induced stress in rats. *Planta Med.* 59: 421-424.
- Takenaka, H., Yamaguchi, Y., Sakaki, S., Watarai, K., Tanaka, N., Hori, M., Seki, Tsuchida, M., Yamada, A., H., Nishimori, T. & Morinaga, T. 1998. Safety evaluation of *Nostoc flagelliforme* (Nostocales, Cyanophyceae) as a potential food. *Food and Chemical Toxicol.* 36: 1073-1077.
- Takenaka, H., Yamaguchi, Y., Teramoto, S., Tanaka, N., Hori, M., Seki, H. & Hiwatari, T. 1996. Evaluation of the mutagenic properties of the coccolithophore *Pleurochrysis carterae* (Haptophyceae) as a potential human food supplement. *J. Appl. Phycol.* 8: 1-3.
- Takenaka, H., Yamaguchi, Y., Teramoto, S., Tanaka, N., Hori, M., Seki, H., Nishimori, T. & Morinaga, T. 1996. Safety evaluation of *Pleurochrysis carterae* as a potential food supplement. *J. Mar. Biotechnol.* 3: 274-277.
- 田村行弘・西垣進・真木俊夫・嶋村保洋・直井家寿太 1978. 光過敏症皮膚炎を起こしたクロレラ錠に対する生物. 化学試験について. *食品衛生研究* 28: 753-759.
- Tanaka, K., Koga, T., Konishi, F., Nakamura, M., Mitsuyama, M., Himeno, K. & Nomoto, K. 1986. Augmentation of host defense by unicellular green alga, *Chlorella vulgaris*, to *Escherichia coli* infection. *Infection and Immunity* 53: 267-271.
- 館脇正和 1997. 海からの健康“藻食論”. *海苔と海藻* 53: 1-11.
- Trimurtulu, G., Ohtani, I., Patterson, G.M.L., Moore, R.E., Corbett, T.H., Valeriote, F.A. & Demchik, L. 1994. Total structures of cryptophycins, potent antitumor depsipeptides from the blue-green alga *Nostoc* sp. strain GSV 224. *J. Am. Chem. Soc.* 116: 4729-4737.
- Umegaki, K., Takeuchi, N., Ikegami, S. & Ichikawa, T. 1994. Effect of beta-carotene on spontaneous and X-ray-induced chromosomal damage in bone marrow cells of mice. *Nutr. Cancer* 22: 277-284.
- Watanabe, F., Katsura, H., Takenaka, S., Fujita, T., Abe, K., Tamura, Y., Nakatsuka, T. & Nakano, Y. 1999. Pseudovitamin B₁₂ is the predominant cobamide of an algal health food, *Spirulina tablets*. *J. Agric. Food Chem.* 47: 4736-4741.
- Yamaguchi, K., Kawamata, M., Murakami, M., Konosu, S. & Ben-Amotz, A. 1988. Extractive nitrogenous components of the halotolerant alga *Dunaliella bardawil*. *Nippon Suisan Gakkaishi* 54: 239-234.
- Yang, H.N., Lee, E.H. & Kim, H.M. 1997. *Spirulina platensis* inhibits anaphylactic reaction. *Life Sci.* 61: 1237-1244.
(MAC 総合研究所)

藻類学最前線



石田健一郎：藻類はなぜカラフルになり得たか

真核光合成生物の葉緑体やシアノバクテリアのチラコイド膜には光化学系-Iと-IIという二つの光化学系が存在することはよく知られている。この酸素発生型の光合成系は、25～35億年前という太古の昔に祖先シアノバクテリアが獲得して以来、一次共生や二次共生を介して様々な真核生物の葉緑体にも受け継がれ、地球上で最も成功した光エネルギー獲得装置として今日に至っている。この間、酸素発生型の光合成生物は驚異的な進化と多様化を遂げてきたわけであるが、光合成系そのものについて見てみると「色(色素組成)」の多様化がその最も顕著なものの一つと言えるのではないだろうか。光合成生物の色彩は多種多様であり我々の目を楽しませてくれるが、それは太陽光のエネルギーを捕獲するために不可欠な基本要素であると同時に、主要な分類群を識別するための分類形質にもされている。従って、光合成生物における「色」の多様化機構の解明は生物学の重要なテーマの一つと言える。

酸素発生型光合成生物の光化学系はそれぞれ、反応中心を含むコア部分とそれに附随するペリフェラルアンテナから構成されている(図1)。実は、コア部分を構成する反応中心とコアアンテナは、シアノバクテリアから高等植物や褐藻類に至るまで全ての酸素発生型光合成生物の間で非常に保存されており、長い進化の歴史の間にほとんど変化していない。逆にペリフェラルアンテナ系にはそれを構成するタンパク質と結合色素の両方に大きな多様性が認められ、光合成系の多様化が主にペリフェラルアンテナ系に起こったことがわかる^(1,2)。真核光合成生物のペリフェラルアンテナタンパク質には主に、紅藻、灰色藻、クリプト藻に存在する水溶性のフィコビリルン、ペリディニン色素を含む渦鞭毛藻に特有の水溶性PCP(peridinin-chlorophyll-*a* binding protein)、そして疎水性でチラコイド膜内在性のLHC(light harvesting complex)タンパク質がある。この中でLHCタンパク質はほぼ全ての真核光合成生物に

存在し(灰色藻では見つかっていない)、構造が高度に保存されていることから、共通の祖先から進化した一つの大きなタンパク質ファミリーとして認識されている⁽³⁾。しかしながら、そこに結合する色素は実に様々であり、その組合せは分類群間で大きく異なっている(表1)。例えば、紅藻では光化学系-IにのみLHCタンパク質(LHC-I)が存在し、クロロフィル*a*とキサントフィル色素のゼアキサントニンが結合するのに対して、不等毛藻では、LHCタンパク質(FCPと呼ばれる)は光化学系-II(および光化学系-I?)に存在し、クロロフィル*a*と*c*そして多くの場合フコキサントニンが結合する。また、緑藻や陸上植物では光化学系-Iと-IIの双方にLHCタンパク質が存在し(LHC-IおよびLHC-II)、クロロフィル*a*と*b*そしてキサントフィルとして主にルテインが結合する。

さてここで疑問となるのが、どうしてLHCタンパク質に結合する色素はこんなに多彩なのかということである。LHCのような一つのタンパク質ファミリーにこれほどの結合色素の多様性がどのようにして存在するようになったのだろうか?

今年の2月27日号のPNASに論文を発表したGrabowskiら⁽⁴⁾は、試験管内での色素-LHCタンパク複合体の再構築実験系を用いてこの疑問に答えている。論文の著者らは、大腸菌内で人工的に

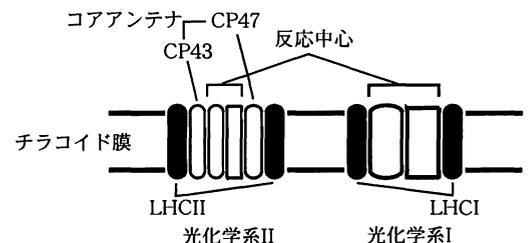


図1 光化学系-Iと-IIの模式図。これは高等植物の例(他の植物群の模式図は三室1996⁽¹⁾を参照)。白抜きはコア部分を構成するサブユニット、黒塗りはペリフェラルアンテナを構成するサブユニットを指す。

表1 ペリフェラルアンテナを構成するタンパク質と結合色素

光合成器官の進化段階	分類群	タンパク質	主な結合色素
酸素発生源型原核光合成生物	シアノバクテリア	PE, PC, APC	PEB, PCB
		IsiA* (鉄分欠乏時)	Chl a
一次共生由来の葉緑体	原核緑色藻	PCB*	Chl a, Chl b
		灰色藻	PE, PC, APC
	紅藻		PE, PC, APC
		緑色植物	LHC-I
	LHC-I		Chl a, Chl b, Lut
	LHC-II	Chl a, Chl b, Lut	
二次共生由来の葉緑体 (紅藻系列)	クリプト藻	PE, PC	PEB, PCB
		LHC (CAC)	Chl a, Chl c, Zea?
	ハプト藻	LHC (FCP)	Chl a, Chl c, Fuc?
	不等毛藻	LHC (FCP)	Chl a, Chl c, Fuc
	渦鞭毛藻 (ペリディニン種)	LHC (iPCP**)	Chl a, Chl c, Per
		PCP**	Chl a, Per
二次共生由来の葉緑体 (緑藻系列)	ユーグレナ藻	LHC	Chl a, Chl b, Lut?
	クロララクニオン藻	LHC	Chl a, Chl b, Lut?

*: IsiA と PCB は、CP43 というコアアンテナタンパク質から派生した互いに近縁なタンパク質である。

** : LHC (iPCP) と PCP は進化的に全く別のタンパク質とされる。

IsiA: iron-atress-induced protein, PCB: prochlorophyte chlorophyll *a/b* protein, LHC: light harvesting complex protein, PE:フィコエリスリン, PC:フィコシアニン, APC:アロフィコシアニン, PCB:フィコシアノビルン, PEB:フィコエリスロビルン, PUB:フィコウロビルン, Chl:クロロフィル, Fuc:フコキサンチン, Lut:ルテイン, Per:ペリディニン, Zea:ゼアキサンチン

発現させた紅藻の LHC タンパク質 (色素が結合していない) と 3 つの異なる分類群 (不等毛藻, 陸上植物, 渦鞭毛藻) からそれぞれ抽出した色素を使い, 各色素がタンパク質に結合するかどうかを調べた。その結果, 本来紅藻には存在しない緑色植物のクロロフィル *b* や不等毛藻, 渦鞭毛藻のクロロフィル *c*, さらにルテイン, フコキサンチン, ペリディニンなどのキサントフィルもちゃんと結合することが判明した。さらに, これら外来の色素で再構築した複合体は, 光合成に必要なエネルギー伝達も行なうことが蛍光スペクトルから示された。つまり, 紅藻の LHC タンパクは本来細胞内に存在しない他の生物由来の色素であっても, ちゃんと機能する形で結合することができるのである。このことは LHC タンパク質が色素結合において大きな柔軟性を持つことを示すと共に, 藻類の色素組成は LHC タンパクがどの色素を結合するかではなく, 細胞内でどの色素が合成されるかによって決まることを示唆している。

ところで, 結合色素の多様性は LHC タンパク質だけに限られたものではなく, 実は原核光合成

生物のシアノバクテリア/原核緑色藻群のペリフェラルアンテナタンパク質にも見られる。原核緑色 (プロクロロン) 藻類はよく知られているように, クロロフィル *a* と *b* をもちフィコビルンを欠くシアノバクテリアであるが, この藻群ではクロロフィル *a* と *b* が PCB (prochlorophyte chlorophyll *a/b* protein) と呼ばれるペリフェラルアンテナタンパク質に結合している。この PCB タンパク質は, 光化学系-II のコアアンテナの一つである CP43 というタンパク質から派生し, 進化的には LHC とは全く類縁性が無いとされている⁽⁵⁾。

一方で, シアノバクテリアにも IsiA (iron-stress-induced protein) という, やはり CP43 から派生した PCB に非常に近縁なタンパク質が存在する。このタンパク質は鉄分欠乏時に特異的に発現するタンパクとして知られ, 機能がよくわかっていなかったが, クロロフィル *a* を結合し, 光化学系-I の周りに集合してペリフェラルアンテナとして機能するらしいことが最近明らかになった^(6,7)。どうやらシアノバクテリアにおいて鉄分欠乏時にクロロフィル *a* だけを結合して一時的なアンテナ

の役割を果たしていたIsiAタンパク質が、原核緑色藻の誕生とともにクロロフィル*b*も結合するようになりPCBタンパク質という恒久的なペリフェラルアンテナとして働くようになったと考えることができそうである⁽⁵⁾。さらに、原核緑色藻類は複数の系列が異なるシアノバクテリアから並行的に進化した多系統群であると考えられることから、IsiAタンパク質からPCBタンパク質への変換が進化の過程で複数回起こったことになり、IsiAタンパク質にもLHCタンパク質の場合と同じように色素結合に対する柔軟性が存在する可能性が高い。シアノバクテリアのIsiAタンパク質が現在でもクロロフィル*b*を結合できるかどうか興味のあるところである。

藻類は水深数十メートルの海中から陸上に至るまで、分類群ごとに様々な光環境に対応して分布している。例えば多くの紅藻は海の比較的深いところに多く分布するのに対して緑藻の多く光のよく当たる比較的浅いところに多く分布することはよく知られている。これは、各分類群がそれぞれの色素組成に最も適した光環境を生育場所としているためであるとしばしば説明される(補色適応説⁽⁸⁾)。今回のGrabowskiらの報告などから考えると、ペリフェラルタンパク質の色素結合に対する柔軟性があつたからこそ、細胞内で合成される

色素の変化に光合成系が柔軟に対応でき、光合成生物が様々な光環境へ生育域を拡大することが可能になったと解釈することもできるのではないだろうか。現在我々の目を楽しませてくれる藻類のカラフルさには、ペリフェラルアンテナタンパク質のご都合主義が一役買っていたと言えるかも知れない。

参考文献

- (1) 三室 守 1996. 藻類 Jpn. J. Phycol. (Sôru) 44:75-86
- (2) 三室 守 1999. 藻類の多様性と系統 (千原光雄編) pp. 68-94
- (3) Durnford DG, Deane JA, Tan S, McFadden GI, Gantt E and Green BR 1999. J. Mol. Evol. 48:59-68
- (4) Grabowski B, Cunningham FX and Gantt E 2001. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 98:2911-2916
- (5) van der Staay GWM, Yurkova N and Green BR 1998. Plant Mol. Biol. 36:709-716
- (6) Bibby TS, Nield J and Barber J 2001. Nature 412:743-745
- (7) Boekema EJ, Hifney A, Yakushevskaya AE, Piotrowski M, Keegstra W, Berry S, Michel K-P, Pistorius EK and Kruijff J 2001. Nature 412:745-748
- (8) 千原 光雄 1999. 藻類の多様性と系統 (千原光雄編) pp. 2-14

(カナダ・ブリティッシュコロンビア大学)

藤田大介：水産試験場研究報告の藻類関係論文リスト3 (1998～2000年)

北海道立水産試験場研究報告

- 1998 52: 1-8 名畑進一・酒井勇一：北海道東部におけるウガノモクの初期菰態菰成と成長
- 1999 54: 33-40 名畑進一・干川裕・酒井勇一・船岡輝幸・大堀忠志・今村琢磨：キタムラサキウニに対する数種海藻の餌料価値
- 1999 56:125-135 赤池章一・吉田秀嗣・松田泰平・八木宏樹・富山優：北海道積丹半島における大型海藻と無節サンゴモ群落の分布面積の年変動
- 2000 57: 15-22 宮崎亜希子・辻浩司・大堀忠志・西紘平：未利用褐藻類の原料性状について
- 2000 58: 1-8 西浜雄二・宮園章・渡辺晶子・中島羊二：北海道北西沿岸における渦鞭毛藻 *Dinophysis*属プランクトンの出現状況とホタテガイ下痢性貝毒毒力の経年変化

茨城県内水面水産試験場調査研究報告

- 1998 34: 72-76 岩崎順・外岡健夫・浜田篤信：霞ヶ浦の藍藻類種組成変化に与える有機酸の影響
- 1999 35: 11-24 岩崎順・外岡健夫・石川弘毅：霞ヶ浦湖岸域における水生植物帯の生物環境

茨城県水産試験場研究報告

- 1999 37: 101-114 武士和良：茨城県海域における表面クロロフィル a 量の季節変化
- 1999 37: 121-126 藤富正毅：1997年に発生した *Ceratium furca* による赤潮

千葉県水産試験場研究報告

- 2000 56: 35-45 田中種雄・清水利厚・三田久徳：千葉県外房沿岸岩礁域の生物相の変化について

神奈川県水産総合研究所研究報告

- 1999 4: 51-60 工藤孝浩：三浦半島，小田和湾における海藻群落の分布

東京都水産試験場調査研究報告

- 1998 210: 9-14 東元俊光・村井衛：フクトコブシ稚貝に対する数種海藻の餌料効果

富山県水産試験場研究報告

- 1999 11: 67-70 藤田大介・高山茂樹：富山県魚

津市地先における海草ウミヒルモとコアマモの生育記録（短報）

- 2000 12: 33-42 鈴木秀和・南雲保・藤田大介：富山湾深層水中で自然繁茂する付着珪藻
- 2000 12: 43-46 藤田大介：富山湾深層水中に繁茂する付着珪藻を用いて育成した一口アワビ（英文）

石川県水産総合センター研究報告

- 1998 1: 43-46 田島迪生：アナアオサの栄養体と成熟部に含まれている色素の吸光分析（英文）

愛知県水産試験場研究報告

- 1999 6: 13-20 鈴木輝明・青山裕晃・甲斐正信：干潟の汀線付近における水質及びプランクトン群集の特徴的な分布

京都府立海洋センター研究報告

- 2000 22: 22-28 道家章生・井谷匡志・葭矢護：舞鶴湾におけるアマモ群落の特徴-I 密度，現存量，草丈組成の季節変化
- 2000 22: 29-35 道家章生・井谷匡志・葭矢護：舞鶴湾におけるアマモ群落の特徴-II 分布の制限要因

大阪府立水産試験場研究報告

- 2000 11: 1-16 山本圭吾：1994～1996年夏季の大阪湾における *Gymnodinium mikimotoi* 赤潮の発生状況について

兵庫県立水産試験場研究報告

- 1998 34: 41-48 永田誠一・中筋昭夫・中谷明泰・井川直人・堀豊：1995,1996年度漁期後半に播磨灘のノリ漁場において観測された珪藻プランクトンについて（ノート）
- 1998 34: 55-58 原田和弘・西川哲也・中西寛文・安岡健・堀豊・吉田敏男：1997年7月に播磨灘北西部沿岸（西播地方）で発生したシャットネラ赤潮の養殖マガキに対する影響（ノート）
- 1999 35: 1-8 長井敏：大型の珪藻類 *Coscinodiscus wailesii* の播磨灘から採取された海底泥土中における休眠細胞の形成と生存
- 1999 35: 33-42 永田誠一・井口久和・柴宏有・亀田賢一・中谷明泰・中筋昭夫・井川直人・西

田一豊・谷田圭亮：大阪湾における水質の経年変化

岡山県水産試験場報告

- 1998 13: 15-18 藤澤邦康・小橋啓介・野坂元道：餌料プランクトンの変動予測に関する研究 冬季の植物プランクトン群集の蛍光強度変化について
- 1999 14: 1-3 藤澤邦康：備讃瀬戸周辺海域の濁度の経年変化について - 1975-1996年
- 1999 14: 4-7 藤澤邦康・小橋啓介・野坂元道：牛窓ノリ養殖場におけるノリの色素量変化と水質環境について
- 1999 14: 8-10 尾田正：アマモの光合成活性測定に関する2,3の実験
- 2000 15: 1-3 藤澤邦康・小橋啓介・林浩志：ノリ養殖場における溶存態無機窒素とノリの色素量の関係について
- 2000 15: 30-33 小見山秀樹・草加耕司：アマモの生育に及ぼす光量の影響
- 2000 15: 34-38 尾田正：アマモの枯死期及び葉体の部位による光合成活性

広島県水産試験場研究報告

- 1999 20: 21-25 橋本俊将：広島県水産試験場地先における一次生産

福岡県水産海洋技術センター研究報告

- 1998 8: 61-64 岩淵光伸：ノリ養殖網の張り込み水位の変化とノリ生産との関係
- 1998 8: 65-66 藤井直幹：ノリのアイソザイムにみられる品種間差（短報）
- 1998 8: 91-96 江藤拓也・桑村勝士・佐藤博之：1997年秋季に豊前海で発生した *Heterocapsa circularisquama* 赤潮の発生状況と漁業被害の概要
- 1998 8: 97-106 池内仁・神菌真人・杉野浩二郎：玄界灘並びに対馬東水道における栄養塩及びプランクトンの分布
- 1998 8: 119-121 杉野浩二郎・池内仁・大村浩一・神菌真人：玄界灘及び対馬東水道における透明度の変動
- 1999 9: 11-17 福澄賢二・太刀山透・深川敦平：福岡湾における養殖ワカメの種苗による生長と形態の相違
- 1999 9: 25-31 杉野浩二郎：響灘海域の水質の変遷

1999 9: 33-38 篠原満壽美・杉野浩二郎・佐藤利幸・池内仁・吉田幹英・本田清一郎・神菌真人：福岡湾における植物プランクトン群集の季節変動

- 1999 9: 43-46 小谷正幸・岩淵光伸・藤井直幹・淵上哲：海水中のあかぐされ菌の遊走子数とノリ葉体への感染の関係
- 2000 10: 45-48 岩淵光伸・淵上哲：スサビノリフリー糸状体のDNA簡易単離法
- 2000 10: 49-50 小谷正幸：ノリ葉体の色落ちの数値化
- 2000 10: 51-55 尾田成幸：1998年度冷凍生産期初期に発生したノリの特異的な色落ちと環境条件
- 2000 10: 91-94 片山幸恵・神菌真人：豊前海における基礎生産力

佐賀県有明水産振興センター研究報告

- 1998 18: 1-5 川村嘉応・鷲尾真佐人：ノリに含まれる遊離アミノ酸の簡易抽出法
- 1998 18: 7-14 川村嘉応・鷲尾真佐人・山口忠則：養殖条件および運搬・蓄養方法によるノリ含有の遊離アミノ酸量の変動
- 1998 18: 37-52 川村嘉応：支柱式養殖のノリ生産基本マニュアル（資料）
- 1999 19: 1-7 横尾一成・川村嘉応・東條元昭：減菌泥中におけるアカグサレ病菌卵胞子の生存
- 1999 19: 9-16 首藤俊雄・吉本宗央：有明海湾奥部における底泥からの栄養塩類の溶出—I—溶存態窒素—

長崎県水産試験場研究報告

- 1999 25: 27-30 桐山隆哉・光永直樹・安元進・藤井明彦・四井敏雄：対馬豆酸浦でみられた食害が疑われるヒジキの生育不良現象

宮崎県水産試験場研究報告

- 1999 7: 29-41 清水博・渡辺耕平・新井章吾・寺脇利信：日向灘沿岸におけるクロメ場の立地環境条件について

* 文献の入力にあたり北里大学水産学部新鞍俊寛氏の協力を得ました。

* 水産試験場研究報告の藻類関係論文リストⅠ(1991-1995)は本誌45(2): 126-130(1997)に、同Ⅱ(1996-1997)は46(2): 123-124(1998)に掲載。

(富山県水産試験場)

書評・新刊紹介

横浜康継 著

「海の森の物語」(新潮選書)

新潮社 2001年7月20日発行

248頁+海藻おしばの作り方+文献7頁

1,300円(税別)

わが畏友、横浜康継先生がはなはだ時宜を得た科学選書「海の森の物語」を出版された。まず結章(12章)に詳しく経緯が書かれているが、横浜さんは筑波大学臨海実験センターを退官後に、地図を広げてもなかなか見つけにくい東北の志津川という町の自然環境活用センターをそっくり引き継いで、海の自然観察館を「チビッコ研究所」に建て直し、海藻類の光合成を中心に海洋生物の生理生態学の研究を進め、その学識と科学する楽しい経験を一般の人々に、さらにこれからの世界を担っていく子供たちに伝えていこうと、現役時代以上に生き生きとして活躍している幸せな男なのである。

さて、今なぜ選書を書かれたのか、出版社は書かせたのかに大きな意義があると思う。というのは、まず、選書とは多くの書物の中からある目的にそって選んで発行する書物のことである。忍び寄り地球温暖化の危機、これは先生が二十年前の最初の著書「海藻の謎」をまとめられた時から、いやそれ以前からこの重大性を指摘し警鐘を鳴らし続けてきたことである。しかし、経済優先主義の世の中で、二酸化炭素排出規制のための最低限の約束事を決める京都議定書の発効すら、各国のエゴと政治的不毛の中で反故にされている現実に対して、もう一刻の猶予もないことを再認識させ、陸上の森林対策ばかりでなく海の森の再生・保全を同時に進めて、二酸化炭素の封じ込み対策を提唱している。私たちが住める唯一の水の惑星、緑の地球を守るために今もっとも相応しく必要な選書であろう。

本書は12章に分けられて、海の森、海のさまざまな色彩の光合成植物の海藻類に焦点を当て、その面白さをだれでもが体験できる干潮時の海浜・磯の散歩から、水中メガネの覗き見を通し

ての海中林探索の説明など、いつの間にか読者を海の森の世界に引き込んでいく(1~3章)。そしてこの本の強みはやはり横浜さんが、自分自身で研究し解明して得た自分の精通したデータを駆使して説明されているので、全くの素人でも十分に理解できる内容になっていることである。

深所型緑藻が緑色光を利用できる色素であるシフォナキサンチンやシフォネインを持っていることを20数年前に証明されたが、これは緑色の藻類をすべて緑藻類として、いつの間にか一人歩きをしまっていた「エンゲルマンの補色適応説」を正しく理解させるように修正した大発見である。また、シフォネインだけを含むチヨウチンミドロの緑色光吸収の証明はさりと書き流しているが、当時は大変な苦労の末の結果であり、好きな研究だからできたと笑って話す先生の笑顔が浮かんでくる(4~5章)。

さて、自ら考案・製作し、改良を重ねて完成させたプロダクトメーターを駆使して海藻類の色素と光合成能を解明してきたわけだが、これは原理は簡単で使いやすく、容積僅か30mLの容器内に10mLの海水を入れて作られた極微小の海で海藻の薄片から作り出されるガスの変動をもとに、二酸化炭素吸収量と酸素排出量を計り、微細藻から巨大藻類の光合成速度を計り、成長量および純生産量まで解析する。海の森の生態は、最近横浜先生がとくに精力的に研究を進めているアラメ、カジメの生産量の測定から、海中林vs陸上の森林・草原の純生産量を比較し、海藻類の生産量がいかに高いかを説明しているが、海藻の生産部門(葉)と消費部門(根茎)との収支決算は、陸上植物の収支と比較して説得力がある。

また、磯焼けについて、その原因は発生区域や研究方法によって異なっており、直ぐに結論は出せないけれど、たった一つの原因説にこだわり続けることを戒め、綺麗な海とは食栄養を意味しないこと、植物はあくまでも光のごはんで生きること、これを根本にして考えていくべき問題であろう。次に、白化していく白いサンゴ礁は心が痛む問題である。造礁サンゴが褐虫藻との共生で炭酸カルシウムの生成と沈積を重ねて、数百メートルの高さにまでに巨大な海中土木工事を成し遂げて、太古の大気圏からいかに二酸化炭素の固定に貢献してきたか、また、百メートル以上になる植物プランクトンの目に見えざる巨木の海洋森林

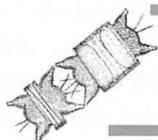
帯の光合成能とを合わせて、今われわれが極力化石燃料の浪費を抑えて、海洋環境の保全と海洋生物の活用を計ることがいかに重要であるかを、光合成専門家としての確かな目を通して豊富なネタで子供にでも解るように説明してくれる。(6～10章)。なお、これらの章の中で、従来誤解しやすかった光合成最適温度や日補償点といった用語が、それぞれ光合成極大温度および日補償積算光量といったように改められている。また、最後に愛するお嬢さんのイラストでまとめている海藻のおしば作りも楽しい。

以上、今もっともわれわれが知っておかなければならないもう一つの地球の物語は、だれにでも解るように書かれているために一気に読ませて頂いた。当初、書評などを書くつもりはなかったのだが、しかし、同じ公務員として、はは同じ年

数を同じような環境で恵まれた研究生活を送りながら「自分の得た生産物」をほとんど出荷することなしに、早々と店仕舞いをしてしまった私としてはせめてもの罪滅ぼしをしたいものと、隠居を一時保留して素晴らしい友の素晴らしい選書の読書感をまとめてみた次第である。

最後に、この志津川町の自然環境活用センターでは、今後さまざまな学習計画や研究、研修が行われる由、そこで私の独断だが、藻類学会の会員のみならず、科学者として自分が横浜先生の理想実現に協力できる商品(知識)をもっていると自負できるひとは、是非とも先生に自分の商品売り込んで、将来の科学を担うチビッコたちのために、向学に燃える一般の人たちのためにボランティア活動をしてはいかががかと思う。

館脇正和(江別市あさひが丘47-13)



会員のページ

真山茂樹：珪藻で水質環境を知るインターネット教材

今日、学校教育現場では、コンピュータや情報ネットワークを利用する教育活動が盛んになってきた。2002年度から実施される（高校では2003年度から）文部科学省学習指導要領でもITの積極的活用が謳われており、多様なコンテンツ開発が望まれている。今回、中学および高校の理科、生物あるいは総合的な学習の時間で利用できる、珪藻の顕微鏡写真を用いて水質評価を体験する教材をホームページ上に作成したので紹介する。

本教材のもととなったものは、上山・小林(1986)による珪藻を用いて水質を判定するドライラボである。生物と環境との関わり合いを授業時間内で知ることのできる教材は少なく、彼らの開発した教材の簡易版は、一部の高校生物の教科書に掲載された。彼らの教材では、顕微鏡で見た珪藻のプレパラートを紙面上に再現することにより、通常身近ではないミクロの世界をマクロ感覚で扱うことができる。しかし、紙面に印刷された珪藻写真は繰り返し使用により劣化する。また、当然のことであるがオリジナルの教材は印刷部数しか存在しないため、使用できる人の数が限定される、さらにそれをコピーしたものでは画質が落ちるという難点があった。今回作成した教材では、写真を含む全てをデジタル化することで、これらの問題の克服を図った。

本教材ではホームページの言語であるHTMLのフレーム機能を用いることにより、ディスプレイ上にモデルプレパラート、デジタル図鑑、珪藻の学名の3つのウィンドウを同時に提示した(図1)。モデルプレパラートは3枚あり、それぞれには強く汚濁した河川、中程度に汚濁した河川、ほとんど汚濁していない河川から採集した珪藻群集の殻の顕微鏡写真が表示されている。モデルプレパラート中に表示した珪藻の個体数は37~41とした。モニター右側には図鑑を配し36種類の珪藻殻の写真を載せた。この図鑑は縦長で、画面をスクロールすることにより、すべての種類が一覧できるようにになっている。図鑑のそれぞれの写真に

は、対応する学名を書いたファイルへリンクされており、写真をクリックすることで、モデルプレパラート下のウィンドウに学名がカタカナとラテン語で表示される仕組みになっている。また、この学名の後には、その珪藻の汚濁に対する性質を、汚濁階級指数1~4の数値で表示するとともに、珪藻の学名を覚えなくとも作業ができるよう、図鑑の写真と対応する学名に同じ番号が付けられている。実際、この教材を使用した学習者は、カタカナで書かれた珪藻の学名より、番号を用いて作業をする場合が圧倒的に多かった。

本教材では、識別珪藻群法(Kobayasi & Mayama 1989, Mayama 1999)により水質評価を試みる。このため、モデルプレパラート上の珪藻個体の同定と計数作業のための集計表を別ページに用意し、これにリンクした。学習者はこの集計表をプリントして使うことになる。識別珪藻群法の原理については別ページに解説し、そこへもリンクした。

この教材を用いて中学生15人、高校生25人、大学生15人および中高教員8人について水質評価の作業体験をしてもらったところ、1時間以内に全員がモデルプレパラート2枚分の作業を終了できた。また、開始1時間後では、多くの学習者は3枚目のプレパラートの作業中であったが、中には3枚すべてをやり終えた者もいた。また、学

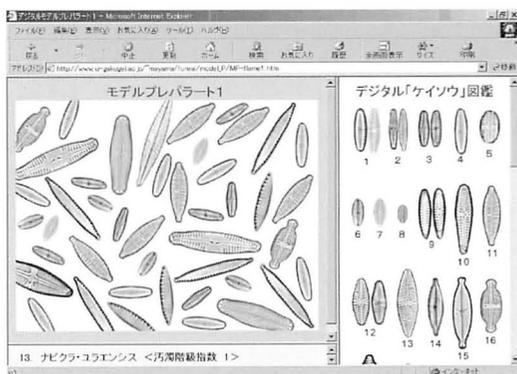


図1 強く汚濁した河川の珪藻を示すモデルプレパラートの画面

年と作業速度の間に目立った相関は見られなかったが、教員では明らかにコンピュータが不得手とみられる人もおり、そのような場合は生徒よりはるかに作業時間を必要としていた。

1人に1台のコンピュータにより作業させたが、私語も少なく、熱中して作業に取り組む姿が見られた。作業の結果、9割以上の被験者が正しい汚濁指数を導くことができた。誤答の主な原因は計算間違いであった。

今日、ホームページを用いた理科の学習教材は、かなりの数に増えてきているが、それらの中には単なる知識や情報の提供で終わっているものが少なくない。本教材はモデルプレバートと図鑑という情報をもとに、体験作業をおこなう点で特色があり、かなりの効果を上げられると考えられる。

従来、理科および生物の教育における藻類教材の導入は容易ではなかった。これは、藻類が水中に生育すること、さらに微小藻ではよくメンテナンスされた顕微鏡と、それを使いこなすある程度の能力が要求されることが主な要因であると考えられる。しかしコンピュータは、それが仮想的であるにせよ、水辺をそして水中を教室内に持ち込むことができる。また、ミクロの世界をマクロのサイズで提供できる。微小藻の形態の美しさや珪藻の殻の模様の精密さには誰もが驚嘆する。この事実を大切にしたい。なぜなら、この感動や驚きこそが学習者に確固たる学習の動機付けを引き起こす原動力になるからなのだ。ただ、残念なことに、学校教育において藻類は扱われる機会が少

なく、教科書に載っている藻類の数も教科書改訂の度に減少している(片山1992)。しかし、藻類は生物学的にも、水産学的にも重要なので、学校教育から外される生物ではなく、むしろ未知の可能性を秘めた教材生物と言えるのではないだろうか。先にも述べたが、現在学校現場はITの導入と活用が積極的に進められている。未来を創る子ども達に、インターネットを用いて藻類のすばらしさを伝えることは一考に値するであろう。

この教材はhttp://www.u-gakugei.ac.jp/~mayama/fureai/model_P/model.htmで公開している。

引用文献

- 片山舒康 1992. 小・中学校理科教科書における藻類の扱われ方(1)これまでの教科書にみられる変遷. 藻類: 40. 311-315.
- Kobayasi, H. & Mayama, S. 1989. Evaluation of river water quality by diatoms. *Korean J. Phycol.* 4: 121-133.
- Mayama, S. 1999. Taxonomic revisions to the differentiating diatom groups for water quality evaluation and some comments for taxa with new designations. *Diatom* 15: 1-9.
- Mayama, S., Ueyama, S., Mayama, N. & Kobayasi, H. 1996. A video program showing the procedure for collection and observation of diatoms used for evaluation of river water quality. p.184-189. In: Kitano, H. *et al.* (eds.) *Biology Education to Nonbiology Majors. Proceedings of the 15th Biennial Conference of the Asian Association for Biology Education.* AABE, Tokyo.
- 上山 敏・小林 弘 1986. 高校生物のためのケイソウによる水質判定についてのドライラボ. *東京学芸大学紀要 4 部門* 38: 55-77.

(東京学芸大学・生物)

原 慶明：アジア太平洋藻類学連合国際シンポジウム 「21世紀の藻類学に向けて」実施報告

6月22日～25日に、山形大学理学部先端科学実験棟他を会場としてアジア太平洋藻類学連合国際シンポジウム「21世紀の藻類学に向けて」(International Symposium of Asian Pacific Phycological Association 「Phycology Toward the 21st Century」)を実施した。予め日本を含めたアジア太平洋地区から21世紀前半に藻類学のそれぞれの分野で活躍が約束される研究業績と研究の発展性をもつ若手・中堅研究者にオリジナルな研究成果に基づく講演を、APPAの運営委員と役員には21世紀の藻類学を展望するための基盤として、それぞれの国の藻類学の実情の総括もしくは自分の研究分野の動向と将来について総説的にまとめた講演を依頼し、また基調講演として中国科学アカデミー青島海洋学院のシニア教授であるC.K.Tseng氏に依頼し快諾を得て開催に望んだ。

6月22日：受付とポスターの貼り付けを開始し、第1回APPA運営委員会を開催した。委員会終了後、山形市内の割烹にて運営委員会出席者および海外からの招待講演者を交えNight Session(歓迎会)で旧交を暖めた。

6月23日：Opening Ceremonyでは最初に山形大学理学部長(代理)斎藤和男氏と日本藻類学会会長原慶明からの歓迎挨拶で口火が切られ、APPA会長In Kyu Lee氏(ソウル国立大学)から開会宣言があり、それに引き続きシンポジウムを開始した。若手招待研究者による講演20題(セッション1-5)の発表があり、その後山形大学構内の厚生会館食堂にて懇親会がおこなわれた。

6月24日：Tseng教授による基調講演に引き続き中堅招待研究者による講演12題と一般研究者による展示発表14題、他にAlgal Art展示、中堅招待講演者・APPA役員による講演9題が行われた。Closing Ceremonyでは第1回APPA運営委員会会議報告が運営委員会委員長川井浩史氏(神戸大・理)より、また閉会の挨拶がAPPA会長(代理)Jeong Ha Kim (APPA庶務幹事, Sungkyunkwan大学)より、さらに3rdAPPF(Algae2002)の案内が準備委員長井上勲氏(筑波大・生物科学)よりあり、つくばでの再会を期して散会した。その後、若手有志によるStudent Nightが大学近傍で開催された。

6月25日：早朝エクスカージョン(河北町さくらんぼ農園, ひなの湯温泉)に出発, 荒天にもかかわらず欠席者はほとんど無く, 山形のサクランボと温泉を楽しんだ。

Tseng教授から93歳の高齢にもかかわらず「我々は(21世紀には)海洋農業を推進しなければならぬ—1研究者の提案—」の熱の入った講演をいただいた。また若手研究者の講演, 特に日本人の講演は英語による発表のハンデを乗り越え, 内容及び論旨の進め方, 研究程度の高さに驚かされたという感想が寄せられた。J.A. West氏からは過去5年間にいろいろな国際集會に参加した中で最も素晴らしい内容であった等, 同じような賛辞がAPPA会長およびドイツの招待講演者からもあったことを報告したい。

今では土産話となったが, 大会3日目の猛暑の日に約1時間にわたってエレベーター内に数名の参加者が閉じ込められるというアクシデントが発生した。その中に最高齢者のTseng先生とTrono先生がおられるとの由。当日は休日であることでもあり最悪の事態を想定し, 消防署と警察署の救助要請の許可を大学から得て待機した。幸いエレベーターに詳しい事務職員の機転により無事開放されたので大事には至らなかった。準備段階で, 山形大学理学部内には英語の表示がほとんど無いことに気づいていたので, 英語の案内表示に腐心したが, エレベーター内まで注意が行き届かなかったことを反省している。

これまで基礎藻類学と応用藻類学は日本はもちろんアジア諸国及び世界レベルの学術集會でも国際会議は分かれており, それぞれの分野の研究者が一堂に会する機会はほとんど無かった。このAPPAの組織そのものも例外ではなく, 基礎藻類学に携わる研究者が多いので, 今回招待講演者を選ぶ際に意識的に応用藻類学者を優先した。その効果は日本, 韓国, マレーシア, フィリピンなどの同国研究者間にも新たな研究交流の場ができた点を指摘しておく。

本シンポジウムの開催には来年つくば市で行われるAPPAの本会議第3回アジア太平洋藻類学連合フォーラムの運営連絡の場の提供という役目をになっていた。第1日目にそのための会議を開

催したが、その役割は果たせたと思われる。また、今回のAPPA及びその活動は、分極化し始めている斯界のトレンドの中で、アメリカ・カナダ、中・南米諸国を中心とした勢力と欧州連合を中心とした勢力に匹敵する第3の勢力として位置固めができたことも成果のひとつであろう。

会期中の延べ参加者数は日本以外12カ国23名、合計94名であった。このように盛会裏にシンポジウムを終了できたのも、日本学術振興会、山形県、山形市、日本藻類学会より補助金、後援



会場にて。左から Phang, Nelson, West, Karsten 博士。

を受けたこと、山形大学理学部、山形コンベンションビューロー、大風印刷、東急観光より物心両面で助力いただいたことに依る。ここに記して感謝申し上げる。

シンポジウムの準備などは準備委員会幹事として原慶明、川井浩史、河地正伸(日本代表APPA運営委員)、本村泰三(JSP英文誌編集委員長)、菱沼佑(JSP庶務幹事)、半沢直人(JSP会計幹事)、R. Jordan(山形大・理・地球環境)が、準備委員として横山亜紀子・近藤貴靖・Moat War Dai Naw・保科亮・土屋英夫・工藤創・梶川牧子・比嘉敦・谷藤吾朗・越智昭彦・宮丈仁・近野麻里・中場静江・植松隆行・佐々木政紀・佐藤潤・大泉春樹・佐藤崇史・山形大輔・木下佳子・佐藤恵(以上、山形大・理・生)、谷本舞子・大山緑(山形大・理・地球環境)、内田英伸(山形県企業振興公社)、長里千香子(北大・院)、山岸隆弘(東北大・院)、坂山俊英(東大・院)守屋真由美(筑波大・生物)が担当した。

(山形大・理)

寫田 智：アジア太平洋藻類学連合国際シンポジウム 「21世紀の藻類学に向けて」参加記

平成13年6月22-25日の4日間、上記シンポジウムは日本の最高気温40度8分の記録を持つ山形市の山形大学理学部において行われました。講演は23、24日で、内容は4部よりなり、1部は若手研究者によるオリジナルな研究成果に基づく講演、2部は中堅研究者による21世紀を展望する藻類学の総説的講演または先進的研究についての講演、3部はAPPA委員・役員の研究紹介講演、それに加えて4部は一般参加の研究者による展示発表でした。

Session 1: 大型藻類の分子系統について、3人の若手研究者が講演を行いました。私もこのセッションに入っており、拙い英語でアオサ・アオノリの分子系統学的解析についてお話しさせていただきました。質問は、かのJohn A. West氏からいただいたのですが、はじめ何を聞かれているのかさっぱりわかりませんでした。「もう一度お願いします」と言うと、ゆっくりと質問していただけてなんとか聞き取れ、無事に「Both!」と答えることができました。意志疎通のための英語力の必要

性を改めて痛感しました。

Session 2: 休憩を挟んで微細藻類の分子系統について4つの講演がありました。若手ナンバーワンで憧れの的である中山さん(筑波大)の講演はとてもきれいなPowerPointでのプレゼンテーションで、微細構造と分子系統学的解析とのデータを比較し、緑藻の系統進化についてお話してくださいました。このセッションでは最後に守屋さん(筑波大)がPowerPointでストラメノパイル生物の動画を2度披露してくださいました。私にとってなかなか縁がない生物群の動く姿を見ることができ、感動しました。

Session 3: 昼食後、藻類を扱った細胞生物学と細胞遺伝学についての講演が行われました。私と同じく山形大学理学部生物学科出身の長里さん(北大)の講演はとてもすばらしく、切れの良い英語と美しいスライドで聴衆を魅了していました。

Session 4: 休憩後、応用藻類学と題し4つの講演がありました。澤辺先生(北大)、水田先生(北大)、そしてChu氏(マレーシア国際医科大)の

講演はそれぞれ非常に興味深いお話しでしたが、なんといっても内村さん（科学技術振興事業団）の講演は面白いものでした。独特のフランス語訛りの英語で、現在最も注目されている海藻類である地中海産 *Caulerpa taxifolia* の駆除に関する研究でした。銅イオンが染み出すシート下で本種はものみごとに全滅していました。今後どのように広範囲な実用が行われるのか興味を持たれます。

Session 5: 1日目最後のセッションは生理学・生化学に関する講演でした。片岡先生（東北大）の「*Vaucheria*の分枝が青色光で誘引される」という講演は、最近緑藻ミル属の仕事を始めた私にとって非常に興味深いものでした。*Vaucheria*での驚くべき発見は、微小管が核を動かしている事実でした。核を集合させ、枝を発生するために必要な遺伝子の発現と十分量の酵素群が生産され分枝を引き起こすそうです。緑藻ミル属はどのように小囊が形成されその小囊達がどのように積み重なることで丸（タマミル・コブシミル）や葉状（ヒラミル）や枝状（ミル・クロミル）になるのかといった今後の研究に大いに参考になりました。

懇親会は山形大学構内の厚生会館で行われました。サクランボや蕎麦など山形名物がずらりと並びとても盛況でした。本村先生に West 氏を紹介してもらい質問していただいたお礼をし、研究についての有意義なお話しが聞けました。原研究室の学生さんによる「花笠音頭」もすばらしかったです。

2日目は今年で94歳になられた中国のTseng先生のPlenary Lectureから始まりました。先生とはベトナムで行われた「有用海藻類の分類に関する国際研究会」でお会いして以来でしたが、綺麗な英語で将来の藻類養殖の展望についてお話しくださいましたが、とてもお元気そうでした。

Session 6: 中堅研究者による21世紀を展望する藻類学の総説的講演または先進的研究の講演です。河地さん（国環研）の講演はストラメノパイル生物群の新綱 *Pinguiphyceae* についてでした。いまだに網レベルの未知生物が存在する藻類の多様性に驚愕しました。このセッションの後、ポスターセッションへと移動しました。14題のポスターがならび活気あふれる討論がなされました。私が最も興味を惹かれたポスターは、私と山形大学理学部で同期の、しかも現在も同じ北大にいる塩野君のものでした。彼とは山形大入学時から毎週のように開かれた飲み会仲間でした。そのポス

ターは「中心型珪藻 *Thalassiosira trifulta* group 及び *Azpeitia nodulifera* group にみられる北西太平洋における新第三紀の進化特性について」で、深海掘削船で海面下 6,000m の海底から堆積物を採取し、そこに含まれる珪藻の量で約 600 万年前からの進化を探るというものでした。分子系統学的解析と違い、直接的な進化データが得られるこの分野は非常に面白味があると感じました。

Session 7: ここでは和文誌「藻類」の「藻類学最前線」でおなじみの石田さん（British Columbia 大）が「核ゲノムにコードされているタンパク質が他のタンパク質と混同されることなく正しく葉緑体まで運ばれ、それがどのようにして葉緑体包膜を通り抜けて葉緑体内へと移送されるのか?」という問題についての講演をしてくださいました。クロララクニオン藻がご専門の石田さんらしく二次共生による葉緑体獲得機構の解明に繋がる非常に興味深いお話しでした。

Session 8: 本シンポジウム最後のセッションは APPA 委員・役員による研究講演で、Trono 先生（Philippines 大）、Ang Put 先生（Chinese 大、香峇）ならびに Phang 先生（Malaya 大）など世界を代表するアジアの重鎮が登場しました。学ぶべき事の多い講演ばかりでした。

中沢信午先生から始まる山形大学の藻類研究は、安部守先生、高橋永治先生へと引き継がれ現在では菱沼佑先生、原慶明先生がさらなる発展にお力を注いでいらっしゃいます。私を含めた山形大学出身の若手藻類研究者は、高橋さん（東北大）、長里さん、塩野君、吉川君（以上、北大）、岩滝君、坂山君（以上、東大）、山岸君（東北大）など多く、研究分野もバラエティーに富んでいます。それに加え現在山形大学在籍の学生さん達も近藤君、保科君、工藤君を筆頭に興味深いデータをどんどん出してきています。今後ますます「おもしろい藻類」を明らかにすべく共にごがんばりしましょう。

最後になりましたが、本シンポジウムの参加機会を与えてくださった原慶明先生を始めとする組織委員の皆様、本当にありがとうございます。さらに本シンポジウム期間中、受付、スライドならびに懇親会の準備をしてくださった多くの皆様にお礼申し上げます。

自然史学会連合ニュース

「自然史学会連合第7回シンポジウムー遺体が語る自然史ー」開催のお知らせ

日時：2001年11月10日（土）午後1時から5時

場所：国立科学博物館 新宿分館4階講堂（JR大久保駅北徒歩5分、新大久保駅北西徒歩8分）

「死」は一般社会においてはネガティブな概念であり、そこに生じる「遺体」はあくまでも日常の社会生活とは縁の遠い存在である。しかし、ナチュラルヒストリーは、まさしく「遺体」を研究対象とすることで発展してきた歴史を有する。「遺体」に取り組む最前線の研究者の研究成果を、一般社会人・学生を対象に平易に紹介する。分野としては、動物学・植物学・古生物学・医学・解剖学・考古学からの話題提供がなされ、これら各分野を有機的に結び付けてきたナチュラルヒストリーの全体像を紹介する機会となる。また分析型生命科学が隆盛をきわめるなかで、研究対象としての遺体を取り巻く環境は大きく変わりつつある。参加する社会人や学生らとともに、多彩な研究成果を自然科学にもたらしえてきた「遺体」の現在・過去・未来を議論する。

- | | |
|-----------------------------------|-----------------------|
| 13：10～ 遠藤秀紀（国立科学博物館 動物） | 遺体が創る科学 |
| 13：55～ 中島 功（昭和大学 歯 口腔解剖学）
（休憩） | 遺体が語る「本人も知らない自分」 |
| 14：50～ 塚越 哲（静岡大 理 生物地球環境科学） | 太古の遺体ー化石がもたらす生物進化の情報ー |
| 15：35～ 辻 誠一郎（国立歴史民俗博物館） | 遺跡出土の遺体が語る人の生活と環境 |
| 16：20～ フリーディスカッション | 遺体標本で博物館の高度化を図る |

参加申し込みは不要。途中からでも自由に参加できます。

問合先：〒169-0073 新宿区百人町3-23-1 国立科学博物館 遠藤秀紀（自然史学会連合事務局）

tel 03-3364-2311, 7127 fax 03-3364-7104 Email: endo@kahaku.go.jp

ブラックバス政策に関する要望書の提出

平成13年2月19日に自然史学会連合（加盟35学協会）から農林水産大臣あてに以下の要望書を提出しました。

「貴省所轄の水産庁では、これまでブラックバス類（オオクチバスやコクチバス）を自然水域から駆除する政策を進めてこられました。中禅寺湖や奥只見湖では実際に駆除の効果が明白に認められており、関係者のご努力に敬意を表する次第です。しかるに最近の報道等で、水産庁はこれまでの管理政策を見直し、オオクチバスに対する漁業権を緩和し、公的に容認する水域を一気に増加させる「すみわけ」政策に転換すべく準備中と聞き及び、たいへん驚いております。自然史学会連合は現状での政策転換に反対します。もし、この政策転換が現実になれば、生物多様性条約締結国としての責務を負う我が国において、水生生物の多様性の保全に重大な問題が生じるからです。オオクチバスによる日本の在来水生生物に対する食害の被害の深刻さは各地から報告されております。政策転換によって全国に公認釣り場が設置されれば、心ない一部の釣り人などが本種を持ち出し、許可水域以外の自然水域に移殖する危険性が増大します。実際にここ30年にわたってオオクチバスが、さらに最近10年弱の間にコクチバスが急速に生息水域を拡大した主な原因に、生息水域から非生息水域への意図的な放流が指摘されています。また、少数の公認釣り場に大勢の釣り人が押し掛ければ、資源維持のために大規模な種苗生産施設が必要になり、そこで生産された種苗の一部が不法な移殖に利用される危険性も生じます。外来魚の違法放流を防止することを目的として公認釣り場を設置することは、世界的に例を見ず、保全生物学上誤った政策だと思えます。違法放流を防止するために、これまでの駆除政策を強化しつつ、オオクチバスの移殖放流はもとより、飼育や譲渡についても適切な規制を加えることが不可欠です。政策転換は違法放流の実行者を是認することになり、それは生物多様性条約締結国と

してもつべき理念からも明らかにはずれる世界に恥ずべき退歩であると言わざるを得ません。

自然史学会連合は、今回の政策転換を心から憂慮するものです。大臣におかれましては、上記の諸事情をご勘案いただき、適切にご判断をたまわりますようお願いを具申する次第です。」

地域博物館アクションプラン

自然史学会連合連合の遠藤秀紀氏（国立科学博物館・動物研究部）は学術会議動物研連を中心に、大場達之氏（千葉県立中央博物館）、濱田隆士氏（福井県立恐竜博物館）と私的な懇話会を開き、地域博物館の研究環境を高度化するための課題を集めて発表し、勉強会を開きました。学術会議研連のこういった運動と呼応し、自然史学会連合の地域博物館アクションプランは、博物館の研究強化のための具体策を提唱して参ります。どうぞ参加各学協会の皆様から、アクションプランへの積極的なご発言・ご指導をお願い申し上げます。

地域教育アクションプラン

今年度試行段階としての活動を始めました。今回は、教育現場の先生方の窓口として、自治体レベルの教育研究会（教研）理科部会を選びました。実際は、連合運営委員のつてを頼りに、千葉市教研理科部会の夏期実技研修時に連合派遣講師による実技研修を組み込んでいただきました。講師は、連合運営委員でもある遠藤秀紀氏（日本哺乳類学会、国立科学博物館）をお願いいたしました。このプランは、現場の先生方から派遣内容について希望を出していただき、連合内で適任者に講師をお願いする方式をとっていますので、今回も市教研からの「動物解剖について」という希望に応じた講師派遣でした。派遣費用や材料費は連合の負担です。

当日は21名の先生方と生徒1名が実習にあたり、そのほか理科部会役員の先生方も交えて、てきばきと作業が行われました。自然史学会連合からは遠藤講師の他、このプラン担当の森田氏（千葉中央博物館・連合運営委員）と西田氏（中央大学・連合運営委員）が参加しました。中学における解剖実習の意義や基本理念などを説明しながら、各自1頭ずつのマウス頭部を約2時間かけて解剖しました。肉食動物の例としてタヌキとハクビシン1頭ずつの頭部も提供され、希望者が利用しました。

動物を解剖することが罪悪であるような論調や、解剖無用論も一部にあります。自らをヒトという生物として認識し、生命を構造と機能、多様性という観点から実体験を通じて理解する上でも、解剖実習の教育効果は大きいものがあります。動物でも植物でも、解剖実習に必要な知識を持った先生が減少している傾向は、大学教育にも問題がありますが、大学でそのような実習を行える教員が減少していることも事実です。そのような点を補うために、連合の地域教育プランは小さいながらも一定の役割を果たせるのではないのでしょうか。

今回の経験をふまえ、地域教育プランの実効性、連合としての活動にふさわしいものかどうか、継続するならばどのようなかたちが最善か、などを議論してゆきたいと思います。現場の先生方からのご意見を集約し、役に立つ活動とは何かを見きわめてゆくことが必要です。事務局構成員が定期的に入れ替わる連合の組織内で、学会の協力を効果的に引き出すことが可能かどうか、などを具体的に煮詰めなければなりません。加盟学協会内でも具体的に議論していただきたいと思います。今後も自然史教育という共通の目的に沿って、連合を活用いただけるようなご意見をいただけますよう、お願いいたします。

自然史学会連合ホームページ

<http://www.soc.nacsis.ac.jp/ujsnh/main.htm> には以下の情報が載せてありますのでご覧下さい。なお上記の記事内容もご覧いただけます。

- 1) トップページ目次、2) 自然史連合とは？、3) 運営委員・顧問、4) 運営の規則、
- 5) これまでの活動、6) 連合シンポジウム、7) 関係学協会のシンポジウム、8) 連合の課題、
- 9) 関連出版物、10) 所属学会へのリンク

第14回国際進化原生生物学会大会のお知らせ

国際進化原生生物学会 (International Society for Evolutionary Protistology : 通称 ISEP) は、藻類から寄生虫に至るまで原生生物の進化を、形態、構造、代謝生理、分子といった様々な観点から研究する人々の集まりで、2年ごとに大会を開催してそれぞれの研究成果を発表しています。その第14回目の大会が、2002年6月19日～24日の日程で、カナダのバンクーバーにあるブリティッシュコロンビア大学で開催されます。

近年、藻類と葉緑体を持たない無色の原生生物が切っても切れない間柄にあることが明らかになり、藻類の進化は無色の原生生物なしでは論じられないという時代になってきました。そういった意味から、この学会には世界各国の著名な藻類学者も多数参加しています。今回は、開催場所がバンクーバーということでアクセスが良いこともあり、学会として日本を始めアジアから多数の参加を期待しています。

会期：2002年6月19日～24日

会場：ブリティッシュコロンビア大学 University of British Columbia, Vancouver, B. C., Canada

日程：

- 6月19日：受付，エグゼクティブミーティング，歓迎レセプション
- 6月20日：開会宣言，会長挨拶，研究発表
- 6月21日：シンポジウム：寄生性原生生物の進化，研究発表
- 6月22日：研究発表，エクスカージョン，懇親会（於：UBC 人類学博物館）
- 6月23日：研究発表
- 6月24日：大会終了

参加申込み：下記の大会ホームページより申込用紙をダウンロードし、必要事項を記入の上「ISEP registration, Department of Zoology, University of British Columbia, Vancouver, BC V6T 1Z4, Canada」まで参加費（為替等）を添えて郵送して下さい。

発表申込：参加申込と一緒に発表題目を提出して下さい。なお、この学会の伝統として大会のための要旨集は作成しませんので、要旨を提出する必要はありません。発表の際の使用言語は「英語」です。

参加費：4月30日以前申込の場合、US\$225（会員）、US\$255（非会員）。

5月1日以降申込の場合、US\$275（一律）。

参加費には研究発表会場への入場、歓迎レセプション、懇親会、昼食、その他の軽食のための費用が含まれています。

大会についての問い合わせ先：

Dr. James D. Berger

Department of Zoology, The University of British Columbia
Vancouver, BC V6T 1Z4, Canada

Dr. Patrick Keeling

Department of Botany, The University of British Columbia
Vancouver, BC V6T 1Z4, Canada

ホームページ

大会について：<http://www.botany.ubc.ca/keeling/ISEPHome.html>

学会について：<http://megasun.bch.umontreal.ca/isep/isep.html>

芹澤如比古¹, 横浜康継², 有賀祐勝³, 田中次郎¹: 水温環境の異なる2つ地域に生育するカジメ (褐藻, コンブ目) の側葉における光合成と呼吸

Yukihiko Serisawa, Yasutsugu Yokohama, Yusho Aruga and Jiro Tanaka: Photosynthesis and respiration in bladelets of *Ecklonia cava* Kjellman (Laminariales, Phaeophyta) in two localities with different temperature conditions

暖温海域 (高知県手結地先) と温海域 (静岡県下田市鍋田湾) に生育するカジメ (褐藻, コンブ目) 胞子体の側葉における光合成および呼吸の特性を比較した。光合成および呼吸の測定には差働式検容計のプロダクトメーターを用いた。両地のカジメとも 20°C での光合成-光曲線においては, 純光合成速度は $25 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ より弱い光条件でほぼ等しく, 光飽和点は $200\text{-}400 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ であった。両地のカジメとも光飽和光合成速度は夏季と秋季よりも冬季と春季で高かった。光強度 $400 \mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ における純光合成の最適温度は手結産カジメでは通年 27°C であったが, 鍋田産カジメでは 25-27°C であった。両地のカジメとも 29°C までの最適温度を超えた温度における純光合成速度の低下は夏季と秋季より冬季と春季において著しかったが, 手結産カジメの純光合成速度の低下は鍋田産カジメよりいずれ季節でも小さかった。両地のカジメとも呼吸速度は常に温度の上昇にしたがって増加した。両地のカジメの呼吸速度においては, 乾燥重量当たりでやや手結産カジメの値が低かったことを除けば, 明瞭な差は認められなかった。(¹東水大・資源育成, ²志津川町自然環境活用センター, ³東農大・国際食料情報)

吉田天士¹・左子芳彦²・内田有恒²: 日本の各海域から分離された *Alexandrium tamarense* および *A. catenella* の PSP 毒成分組成比の地理的差異

Takashi Yoshida, Yoshihiko Sako and Aritsune Uchida: Geographic differences in paralytic shellfish poisoning toxin profiles among Japanese populations of *Alexandrium tamarense* and *A. catenella* (Dinophyceae)

日本各地から分離された *Alexandrium tamarense* (Lebour) Balech 27 株 (大船渡湾産 7 株, 広島湾産 11 株, 播磨灘産 7 株, 渥美湾産 2 株), *A. catenella* (Whedon et Kofoid) Balech 25 株 (大船渡湾産 4 株, 田辺湾産 7 株, 播磨灘産 5 株, 浦ノ内湾産 4 株, 山川湾産 5 株) について, HPLC 蛍光分析法を用いて PSP 毒成分を測定した。広島湾産の *A. tamarense* を除くと, 1 細胞当たりの毒量は, これまでの報告と同様に, 分離地が北であるほど高く, 南へ行くほど低い傾向が認められた。これは, 分離地が北であるほど比毒性の高いカルバマイト毒群 (neoSTX や GTX1-4) を多く含み, 分離地が南へ行くほど N-スルフォカルバモイル毒群 (C1-4, GTX5,6) の組成比が高いことによると考えられる。次に, 各株の PSP 毒組成比についてクラスター解析を行なったところ, 各地域ごとに固有の毒組成比が存在することが示された。また, 播磨灘産 *A. tamarense* では分離年が異なる株間でも PSP 毒組成比は保存されていた。一方, 大船渡湾産 *A. tamarense*, 1988 年に分離された播磨灘産 *A. tamarense* および浦ノ内湾産 *A. catenella* のように, 一つの海域からの分離株間で PSP 毒組成比に多様性が認められた。しかしながら, 異なる PSP 毒成分比を有するいくつかの個体群が混在していても, PSP 毒組成比が Biparental な遺伝形質であることを考慮すると, それらの毒組成比は海域ごとに固定され, 複数の分離株の PSP 毒組成比について解析することでその海域に固有の PSP 毒成分比を得ることが可能であると考えられる。今後, PSP 毒組成比が有毒種の人為的な伝播を追跡するためのマーカーとして利用されることが期待される。(¹福井県大・生物資源, ²京大院・農)

Dimitriadis, I. · Katsaros, C. · Galatis, B. : *Sphacelaria rigidula* の頂端細胞における中心体の機能と微小管の編成に対するタクソールの効果

Ilias Dimitriadis, Christos Katsaros and Basil Galatis: The effect of taxol on centrosome function and microtubule organization in apical cells of *Sphacelaria rigidula*

Sphacelaria rigidula Kütz. の間期の頂端細胞を $10 \mu\text{mol L}^{-1}$ のタクソールで4時間処理したところ、微小管の編成が劇的に変化した。通常の細胞では微小管は中心体に集まり、中心体の周辺部を核として伸長する。タクソール処理を施すと、原形質、核周囲および中心体に結合していた微小管がほとんど消失し、十分に編成された微小管束が表層／表層下に多数観察された。この微小管束は軸に沿って配向する傾向があり、通常は円筒状の細胞壁に沿っているが、それ以外の配向もみられた。細胞の頂端部の微小管は円頂部の皮層にまで達しているらしく、時折その湾曲部に沿って曲がっている。一方、細胞の基部における微小管は隔壁付近でとぎれている。タクソール処理は有糸分裂細胞にも大きな影響を及ぼした。典型的な中期細胞は非常にまれにしか観察されず、後期にみられる典型的な染色体配列は全く観察されなかった。通常、染色体は単独あるいは小さな塊となって散乱していることがわかった。タクソール処理を始めたときの細胞周期の段階によって、非典型的な有糸分裂配置が異なることがわかった。タクソール処理によって、非典型的な有糸分裂時の微小管束の位置と配向は攪乱され、核膜は完全に崩壊した。通常みられる中心体の核周囲からの離脱ばかりでなく、複製された中心体の分離も攪乱された。表層の微小管束は間期の細胞にみられるものと似ているが、タクソール処理した有糸分裂細胞には観察されなかった。対照的に、明確な中心を欠く多数の微小管が中心体付近にみられた。細胞分裂はタクソール処理によって阻害された。有糸分裂細胞にみられる核周囲および中心体に連結した微小管は、間期細胞でみられるような微小管系に徐々に置き換わっていった。タクソール処理開始時に細胞分裂の隔壁がすでに形成され始めていた場合は、細胞分裂面に微小管がみられたが、この現象は正常な細胞では観察されなかった。以上の結果より次の点が明らかになった；(1) 間期細胞における中心体の微小管形成能はタクソールによって著しく阻害される；(2) 中心体の微小管形成能は細胞周期の間に変化する；(3) タクソールは有糸分裂および細胞分裂に大きな影響を及ぼす。加えて、間期細胞の表層／表層下の細胞質は、多数の微小管束を形成する能力を有していると思われる。(Univ. Athens, Greece)

Henderson, D. C. · Kropf, D. L. : ヒバマタ類接合子における微小管配列の細胞質 pH 感受性

David C. Henderson and Darryl L. Kropf: Microtubule arrays in fucoid zygotes are sensitive to cytoplasmic pH

褐藻 *Pelvetia compressa* (J. Ag.) De Toni において、細胞質 pH による微小管配列や胚形成の調節について調べた。細胞質 pH は弱酸性のプロピオン酸と弱アルカリ性のメチルアミンを用いて調節した。pH が通常の 7.4-7.5 から約 7.0 に酸性化すると微小管の配列が攪乱した。凝集活性は中心体から非局在化して核包膜上に拡散し、微小管の数は減少し、微小管は細胞表面まで伸長しなかった。pH を約 8.0 にアルカリ化すると凝集活性の非局在化が起こったが、中心体ははっきりと残っていた。メチルアミン処理をすると微小管は様々な方向に伸長し、無秩序な配列を示した。微小管が関与する仮根の形態形成と細胞分裂は、細胞質 pH がわずかに変化することによって攪乱されることがわかった。(Univ. Utah, USA)

Goulard, F. · Le Corre, G. · Diouris, M. · Deslandes, E. · Floc'h, J-Y : 培養条件下の *Solieria chordalis* (紅藻綱) における UDP グルコースピロホスホリラーゼ活性と UDP グルコース-4-エピメラーゼ活性に関連する NDP 糖質、フロリドシドおよび紅藻デンプンのレベル

Fabienne Goulard, Géraldine Le Corre, Marcel Diouris, Eric Deslandes and Jean-Yves Floc'h: NDP-sugars, floridoside and floridean starch levels in relation to activities of UDP-glucose pyrophosphorylase and UDP-glucose-4-epimerase in *Solieria chordalis* (Rhodophyceae) under experimental conditions

Solieria chordalis J. Ag. は、限られた栄養塩 (例えば、非強化海水)、 $75 \text{ mol photon}\cdot\text{m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ の光強度

および明暗周期 12:12 の条件下において、藻体に紅藻デンプンとフロリドシドを蓄積した。藻体を強化培地 ($150 \mu\text{mol L}^{-1} \text{NO}_3^-$ および $7 \mu\text{mol L}^{-1} \text{PO}_4^{3-}$), $35 \text{ mol photons m}^{-2}\text{s}^{-1}$, 明暗周期 12:12 の条件に移すと、デンプンとフロリドシドのレベルは減少した。このような培養条件下で、主要なヌクレオチド二リン酸 (NDP) 糖質 (例えば UDP グルコース, UDP ガラクトース, ADP グルコース) や UDP グルコースピロホスホリラーゼ (酵素番号 2.7.7.9) や UDP グルコース-4-エピメラーゼ (酵素番号 5.1.3.2) の活性を測定した。藻体内における UDP グルコースおよび UDP ガラクトースは紅藻デンプンやフロリドシドを蓄積する条件で増加し、紅藻デンプンやフロリドシドの分解する条件で減少した。一方, ADP グルコースレベルはわずかに変動しただけであった。UDP グルコースピロホスホリラーゼ活性は紅藻デンプンが合成される条件下で増加したが, UDP グルコース-4-エピメラーゼはほとんど変動しなかった。これらの結果は, UDP グルコースピロホスホリラーゼが NDP 糖質や炭水化物ストックの調節を司っている可能性を示唆している。(Univ. Bretagne Occidentale, France)

Sussmann, A. V. · DeWreede, R. E. : ブリティッシュコロンビア (カナダ) 南部の丸石が散在する海岸における, かさぶた紅藻 [*Petrocelis franciscana*] (スギノリ目) の季節性

Andrea V. Sussmann and Robert E. DeWreede: Seasonality of the red algal crust '*Petrocelis franciscana*' (Gigartinales, Rhodophyta) on boulder-strewn shores of southern British Columbia, Canada

バンクーバーのブラルド入江 (ブリティッシュコロンビア本土) とバンクーバー島ソーケ (ブリティッシュコロンビア) の潮間帯にはいたるところに丸石が散在しており, その上には, *Mastocarpus papillatus* (Ag.) Kütz. の四分孢子子体世代である, かさぶた紅藻 [*Petrocelis franciscana*] Setchell et Gardner が不連続のパッチを形成している。本研究では, 12ヶ月あるいは18ヶ月にわたって, 2地点でみられる60個体を月毎に写真におさめ, 表面積の比較を行った。「*Petrocelis*」は季節によって発生量が著しく変動し, 調査した個体が比較的低い生存率を示したことから, 以前に提唱されたように静的で長期間 (25年以上) 生存する個体はまれであることが示唆された。秋期と冬期には, 草食動物, 老化した組織の離脱, および非生物的要因により, 「*Petrocelis*」の発生量は目立って減少し, 春期から秋期初めにかけて組織の再生と比較的迅速な成長が観察された。(Univ. British Columbia, Canada)

小林 聡¹・小島夏彦²・板倉 茂³・今井一郎⁴・松岡數充⁵: 連鎖型無殻渦鞭毛藻類, *Gyrodinium impudicum* Fraga et Bravo のシストの形態

Satoru Kobayashi, Natsuhiko Kojima, Shigeru Itakura, Ichirou Imai and Kazumi Matsuoka: Cyst morphology of a chain-forming unarmored dinoflagellate *Gyrodinium impudicum* Fraga et Bravo

連鎖型無殻渦鞭毛藻類の *Gyrodinium impudicum* Fraga et Bravo は過去に長崎県大村湾および熊本県八代海で赤潮の原因種となり, *Gymnodinium* A3 型種と仮称されていた種類である。本種のシストを西日本沿岸域 (播磨灘, 中海) より見出し, その形態学特徴を記載した。生シストは半球形で, 鈎物片などの基質に付着しており, 1~2個の大きな red pigmented accumulation body を備えていた。空シスト (発芽後のシスト) の発芽孔はスリット状とジグザグのアウトラインを持つタイプが観察された。生シストの外観は *Chattonella* のシストに類似していた。*Chattonella* の生シストとは red pigmented accumulation body を持つ点で, 空シストとは発芽孔の形態で明瞭に区別された。底泥中に生シストを発見する機会は非常に少なく, 本研究での分布密度は $1 \text{ cell}\cdot\text{cm}^{-3}$ 以下であった。(¹東京久栄・技術センター, ²大阪工大・一般教育, ³瀬戸内海区水研, ⁴京大院・農, ⁵長崎大・水産)

Coll, J.1 · Oliveira, E. C.2 : ブラジルで採集された新種 *Porphyra drewiana* (紅藻ウシケノリ目)

Javier Coll and Eurico C. Oliveira: *Porphyra drewiana*, a new species of red algae (Bangiales, Rhodophyta) from Brazil

ブラジル南東の海岸で採集した *Porphyra drewiana* Coll et Oliveira sp. nov. を記載した。本種は単層で雌雄同種, 葉緑体は細胞あたり1個で, 藻体の縁辺には顕微サイズの鋸歯はみられず, 単胞子は形

成しない。葉状体および糸状体世代のどちらも3本の染色体を有している。形態的には *Porphyra spiralis* Oliveira et Coll var. *amplifolia* Oliveira et Coll に最も類似しているが、(1) 藻体の形状、(2) 散在的・部分的に多層化した栄養藻体、(3) 果胞子母細胞の第一分裂において、核よりも葉緑体が先に分裂する点、(4) 母細胞あたりに形成される果胞子および不動精子の数、(5) 培養条件下における糸状体世代の形態と性質、が異なる。ブラジルでみられる *Porphyra* 種を同定するための比較表を示した。(¹Univ. la Rep. O. del Uruguay, Uruguay, ²Univ. São Paulo, Brazil)

藤井修平・上中美和・中山 伸・山本良一・萬谷司郎: *Boekelovia hooglandii* (オクロモナス目, 黄金色藻綱) の脂肪酸組成に対する塩化ナトリウムの影響

Shuhei Fujii, Miwa Uenaka, Shin Nakayama, Ryoichi Yamamoto and Shiro Mantani: Effects of sodium chloride on the fatty acids composition in *Boekelovia hooglandii* (Ochromonadales, Chrysophyceae)

Boekelovia hooglandii の脂肪酸組成に対する塩濃度環境の影響を調べた。GC分析により、この藻類は主な脂肪酸としてC14:0, C16:0, C16:1, C18:4, C20:0, C20:5, C22:5, C22:6を含むことが分かった。細胞を0.05Mから0.8Mに至る異なった塩濃度で培養すると、濃度の増加につれて脂肪酸組成に占めるC14:0, C16:0, C16:1の割合が減少し、逆にC18:4, C20:5, C22:5, C22:6などの高度不飽和脂肪酸の割合が増加することが分かった。細胞を0.2Mから0.6M塩化ナトリウム濃度に移すと、4時間以内に高度不飽和脂肪酸の割合が増加したが、細胞を低張処理しても高度不飽和脂肪酸の割合は4時間以内に变化しなかった。*B. hooglandii*は短時間でその高度不飽和脂肪酸を増加させることで高張な塩環境に適応する生理的特徴を持っていると考えられた。(帝塚山大・短大部)

英文誌 49 卷 2 号掲載論文和文要旨

Li, D.・Liu, Y.・Song, L.: *Nostoc sphaeroides* Kütz. (シアノバクテリア) の連鎖体塊への分化および連鎖体と栄養糸状体の構造特性の比較

Dun-hai Li, Yong-ding Liu and Li-rong Song: Hormogonia mass differentiation from *Nostoc sphaeroides* Kütz. (cyanobacterium) and the comparison of structural characteristics between hormogonia and vegetative filaments

指数増殖期の *Nostoc sphaeroides* Kütz. のコロニーを新しいBG-110培地に移すと、前培養で使用した培地に関わらず、連鎖体に分化することが明らかになった。これによって、連鎖体への分化が培地におけるリンやカリウムの状態や浸透圧効果とは直接関係ないことが示唆された。一方、定常期の培養細胞を新しい培地に移しても、連鎖体への分化は全く起こらなかった。しかし、前培養で不完全な培地を使用すると、コロニーから培地へ連鎖体を遊離しやすいことがわかった。この結果は、ネンジュモ類の生活史の主要なステージである栄養糸状体の形態や微細構造が環境に適応して変化するのに対して、本種の胎芽と同様に連鎖体の形態は変化しないことを示した。(Chinese Academy of Sciences, China)

Fernandes, L. F.¹・Zehnder-Alves, L.¹・Bassfeld, J. C.²: ブラジルから最近記載された珪藻 *Coscinodiscus wailesii* (コスキノディスクス目) の形態と分布

Luciano F. Fernandes, Leticia Zehnder-Alves and Jackson C. Bassfeld: The recently established diatom *Coscinodiscus wailesii* (Coscinodiscales, Bacillariophyta) in Brazilian waters. I: Remarks on morphology and distribution

Coscinodiscus wailesii Gran et Angst は海産の大型の中心目珪藻(直径280~500 μm)で、平らな殻面をもった円柱状の被殻、殻套上の縁辺部にある2列の唇状突起、そして2つの大型唇状突起によって特徴づけられる。ブラジル南部のParaná Paranaguá湾において採集した天然サンプルと培養細胞を、顕微鏡および走査型電子顕微鏡を用いて正確に同定し、形態観察を行った。調査したいずれの集団の珪

藻にも、殻の中心に典型的な中央ロゼットあるいは透明域がみられた。ブラジルにおける本種の分布域情報を修正し、考え得る輸送媒介について議論した。Paraná沿岸で散発的に発生する本種のブルームは局地的な栄養作用連鎖によるものと思われる。(Univ. Federal do Paraná, Brazil, ² Univ. Federal do Paraná, Brazil)

Phillips, N. · Smith, C. M. · Morden, C. W. : 効果的な褐藻 DNA の抽出法

Naomi Phillips, Celia M. Smith and Clifford W. Morden: An effective DNA extraction protocol for brown algae

褐藻は一般的に多糖やポリフェノールを多く含むため、これまでの方法では全DNAの抽出がうまくいかないことが多かった。分子をもとにした進化学的研究には現代の分子生物学的技術は必須であるが、分解されにくい多糖やポリフェノール化合物は、そのような分子生物学的技術を適用しようとする際に妨げになる可能性がある。我々はヒバマタ目、特にホンダワラ類について幅広く長期にわたって研究を続けており、DNA抽出法に問題を抱えていたため、信頼性のあるDNA抽出法を開発する必要性に迫られた。初めの研究では、後の経験的な開発をするために最も実用的な臭化セチルトリメチルアンモニウム (CTAB) をもとにしたDNA抽出法を確立した。いくつかの成分は二次的化合物をキレート化したり、還元的な抽出条件をつくり出すような効果があるため、濃度を上げるか、あるいは抽出バッファーに添加した。一見わずかな変更に思われるが、結果的に高度に還元的な抽出バッファーが得られ、効果的に全DNAを抽出できた。このような改良点について詳述し、様々な褐藻や組織の保存法を用いた改良プロトコルの信頼性について論証する。(Univ. Hawaii, USA)

Zucchi, M. R. · Necchi, O. Jr : 培養した淡水産紅藻数種の成長と色素量における温度、照度および光周期の影響

Marcelo Ribeiro Zucchi and Orlando Necchi Jr: Effects of temperature, irradiance and photoperiod on growth and pigment content in some freshwater red algae in culture

淡水産紅藻 7 種, *Audouinella hermannii* (Roth) Duby, *A. pygmaea* (Kütz.) Weber-van Bosse, *Batrachospermum ambiguum* Montagne, *B. delicatulum* (Skuja) Necchi et Entwisle, *B. delicatulum* のシャントランシア世代, *B. macrosporum* Montagne, *Compsopogon coeruleus* (C. Ag.) Montagne の培養株を用いて、温度、照度および光周期に対する相対成長率 (% day⁻¹) と色素量 (クロロフィル a, フィコシアニン, フィコエリトリン) の反応について解析した。10, 15, 20, 25°C の温度条件および 65, 300 μmol photons m⁻²s⁻¹ の照度条件で実験を行った。それぞれの照度で 2 種類の光周期条件 (明期: 暗期が 16:8 および 8:16) を設定した。温度と照度による成長率の変化は、3 つのパラメーター間であきらかに相互作用がみられた。ほとんどの種類が低照度で最も高い成長率を示したことから、淡水産紅藻が低照度条件を好むことが確認された。一般的に長日低照度条件で最も高い成長率がみられた。成長率における至適温度条件は種によって異なり、同じ種でも照度によって至適条件に違いがみられた。温度条件の違いによって色素量にもっとも有意な差がみられたが、照度や光周期の違い、あるいは 3 つのパラメーター間の相互作用による色素量の違いはみられなかった。その反応は種特異的であり、特定の温度、照度、光周期条件では同じ種でも色素によって違いがみられた。フィコシアニンは一般的にフィコエリトリンより含有量が多く、フィコビリナンパクはクロロフィル a よりも含有量が多かった。典型的な遮光条件下の *A. hermannii* と *C. coeruleus* において全色素量が最も多かった。予想された照度と色素量の反比例関係は *C. coeruleus* においてのみ観察された。全般的に、最も高い成長率を呈した培養条件と最も高い色素量を呈した培養条件は一致しなかった。(São Paulo State Univ., Brazil)

中村省吾¹ · 荻原春雄¹ · 神保絹絵¹ · 館石 緑¹ · 高橋哲郎² · 吉村建二郎³ · 久保田 守⁴ · 渡辺正勝⁴ · 中村宗一⁵ : クラミドモナスの多眼点変異株について

Shogo Nakamura, Haruo Ogihara, Kinue Jinbo, Midori Tateishi, Tetsuo Takahashi, Kenjiro Yoshimura, Mamoru

Kubota, Masakatsu Watanabe and Soichi Nakamura: A *Chlamydomonas reinhardtii* Dangeard (Chlamydomonadales, Chlorophyceae) mutant with multiple eyespots

細胞あたり1から4個以上の眼点を持つクラミドモナス (*Chlamydomonas reinhardtii* Dangeard) の変異株を単離し、それを mes-10 と名付けた。野生株は細胞あたり1個の眼点を、細胞体の赤道面あたりの細胞膜と近接した葉緑体包膜の下(内側)に持つ。一方、mes-10ではその眼点は葉緑体内の様々な場所に位置する。mes-10は480-500nmの光に対して負の走光性を示した。この行動はmes-10と同じく多眼点を持つために走光性を示せなくなったとされる ptx-4 (Pazour et al., J. Cell Biol. 1995; 131: 427-40)とは異なっていた。今回の研究から、mes-10は多眼点を持つが光受容体や光情報伝達機構の機能は失われていないと思われる。この変異株は光情報に対する応答の仕組みだけでなく、細胞内における眼点の形成機構を調べるのに有用であると考えられた。(¹富山大・理, ²北陸先端大・材料科学, ³東大院・理, ⁴基生研, ⁵琉球大・理)

小亀一弘: ムラチドリ (褐藻綱, ムラチドリ科) の培養下での生活史

Kazuhiro Kogame: Life history of *Chnoospora implexa* (Chnoosporaceae, Phaeophyceae) in culture

日本産褐藻ムラチドリ *Chnoospora implexa* J. Ag. (カヤモノリ目, ムラチドリ科) の生活史を室内培養で調べた。本種は、直立する配偶体と盤状の孢子体が交代する異形で二相の生活史を示した。配偶体は雌雄異株で、同形配偶子を形成した。接合子は20℃長日条件で孢子体に発達し、それは複子嚢を形成した。その複子嚢から放出された遊走細胞は再び孢子体に発達し、20℃と25℃の長日条件では常に複子嚢を形成し、25℃の短日条件ではおもに単子嚢を形成した。単子嚢から放出された遊走細胞は雌雄異株の配偶体に発達した。15℃で接合子由来の直立体が形成され、核DNA量の顕微分光蛍光測光によりその直立体は複相であることが示された。融合してない配偶子の発達と生殖は、接合子の場合と同様であった。いくつかの培養株は、孢子体期を経ずに配偶体的藻体が形成されるという直接型の生活史を示した。(北大院・理)

鈴木秀和¹・南雲保²・田中次郎³: 海産着生珪藻 *Cocconeis heteroidea* (珪藻綱) の殻微細構造

Hidekazu Suzuki, Tamotsu Nagumo and Jiro Tanaka: Morphology of the marine epiphytic diatom *Cocconeis heteroidea* (Bacillariophyceae)

本邦沿岸で採取したフサイワズタ (*Caulerpa okamurae*) とユカリ (*Plocamium telfairiae*) に着生していた *Cocconeis heteroidea* Hantzsch の光学顕微鏡および電子顕微鏡 (TEM, SEM) による殻微細構造の観察結果を報告する。殻は楕円形からほぼ円形。縦溝殻: 殻面は滑らかな凹状。縦溝は顕著にS字状をなし、殻の外側では中心域と殻端でともに広がって終わる。縦溝の内側の溝は狭く盛り上がった軸域にあり、中心域では殻縁部方向に曲がって終わり、殻端側では細長く狭い鉤状に曲がった蝸牛舌状をなす。条線は1列の小さな円形の胞紋からなる。胞紋には中心配列の穿孔を持つ薄皮が殻の内側に近い位置に張る。帯片は接殻帯片のみからなり、開放型で鋸歯状突起はない。無縦溝殻: 殻面は顕著な凸状。条線は2-5列の長胞からなり、殻の内面に円形に開口する。その小孔列は無紋域に沿った3-4列の曲線および殻縁部に沿った楕円形をなす。長胞には平行配列の穿孔を持つ薄皮が殻の外側に近い位置に張る。帯片は接殻帯片、中間帯片および連結帯片の3枚からなる。接殻帯片は開放型で鋸歯状突起はない。中間帯片と連結帯片は開放型で、共に小舌を有する。(¹青山学院高等部, ²日歯大・生物, ³東水大・資源育成)

鈴木秀和¹・南雲保²・田中次郎³: 本邦沿岸からの海産珪藻 *Cocconeis shikinensis* Hid. Suzuki sp. nov. (珪藻綱)

Hidekazu Suzuki, Tamotsu Nagumo and Jiro Tanaka: A new marine diatom, *Cocconeis shikinensis* sp. nov. (Bacillariophyceae) from Japan

伊豆諸島式根島地鉦で採取したスリコギズタ (*Caulerpa racemosa* var. *laete-virens*) に着生していた新

種 *Cocconeis shikinensis* Hid. Suzukiの光学顕微鏡および電子顕微鏡(TEM, SEM)による殻微細構造の観察結果を報告する。殻は楕円形。色素体はC字形で、縁は浅裂する。縦溝殻: 殻面は滑らかな凹状。縦溝は直線状をなし、殻の外側では中心域と殻端とともに広がって終わる。縦溝の内側の溝は狭く盛り上がった軸域にあり、中心域では殻縁部方向に曲がって終わり、殻端側では細く短い蝸牛舌状をなす。殻端域の無紋域はやじり形で肥厚する。条線は1列の小さな円形の胞紋からなる。胞紋には中心配列の穿孔を持つ薄皮が殻の内側に近い位置に張る。帯片は接殻帯片のみからなり、開放型で鋸歯状突起を有する。無縦溝殻: 殻面は滑らかな凸状。条線はいくつかの長胞からなり、殻の内面に円形に開口する。長胞には平行配列の穿孔を持つ薄皮が殻の外側に近い位置に張る。帯片は接殻帯片、中間帯片および連結帯片の3枚からなる。接殻帯片は開放型で鋸歯状突起がある。中間帯片と連結帯片も開放型で、共に小舌を有する。なお、富山県水産試験場深層水利用施設内で自然繁茂した付着珪藻にも同様の珪藻が見いだされ、観察の結果、式根島産のものと同一種であると判断された。(¹青山学院高等部, ²日歯大・生物, ³東水大・資源育成)

Hable, W. E.・EerNisse, P.・Hoggan, M.・Kropf, D. L.: ヒバマタ類の発生初期におけるカルシウムイオン透過担体の効果

Whitney E. Hable, Peter EerNisse, Michael Hoggan and Darryl L. Kropf: Effect of calcium ionophores on early development in fucoid algae

多くの研究例があるにも関わらず、ヒバマタ類の発生初期におけるCa²⁺の役割については未だによくわかっていない。イオン透過担体は細胞質のCa²⁺活性を劇的に高めるために用いられるが、Ca²⁺の機能を調べるためには十分に活用されていない。我々は、ヒバマタ類海藻の発生初期にCa²⁺イオン透過担体A23187とイオノマイシンを一定量添加し、その効果を解析したところ、どちらのイオン透過担体も実質的に同様な効果を示した。イオン透過担体処理によって、細胞接着分泌物、仮根成長、負光屈性は減少したが、完全に停止せず、発芽は遅延した。これらの結果から判断すると、処理した接合子では分泌が部分的に損なわれているのかもしれない。驚くべきことに、光極性や細胞分裂はこの処理の影響を受けず、これらの過程はCa²⁺の恒常性を必要としないことが示唆された。(Univ. Utah, USA)

日本藻類学会 50 周年記念グッズ—立体写真の撮り方

「藻類立体写真集」を作ってみませんか

来年 2002 年に開催される大会に向けて、50 周年記念グッズが企画されておりますが、その一つとして「藻類立体写真集」の作成が進んでおります。この写真集ははがき大の紙面に 2 枚の写真を印刷し、立体視メガネで見ることによって、立体像として観察するものです。現在のところ 3 シリーズ 1. SEM による微細藻類の世界、2. 珪藻の世界、3. 海藻の世界（いずれも仮称）が計画されております。写真には簡単な説明を付記し、多くの方々に藻類に興味を持って頂けるよう配慮する予定です。

撮影方法をご紹介しますので、皆様もぜひ 3D 写真の撮影にご参加ください。

立体写真の撮影方法

1. 磯などの生態写真

撮影装置：2 台の同型のカメラに同型レンズを装着したものを三脚雲台に固定し、ダブルレリーズをつけます（図 1）。

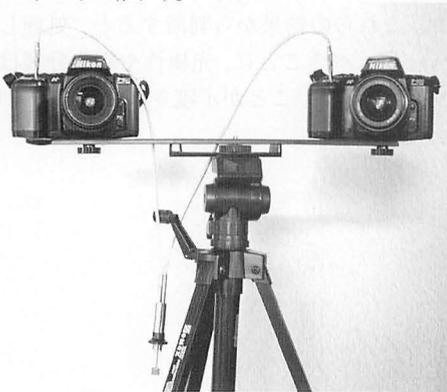


図 1 撮影装置



図 2 ヒバマタの生育写真（北海道厚岸海岸）

撮影方法：立体写真で一番大切な要素は被写体までの距離と 2 台のカメラの間隔です。神宮氏（日立インターメディックス）の情報によると、被写体までの距離が数 10cm～数 m まではカメラ間隔は一定で、24cm が一番良い結果が得られるとのことでした。私も実際に撮影して見ましたが、良い結果が得られました（図 2）。ただし、たとえばほぼ無限遠である富士山の立体写真を撮影するには、間隔を 20m 程度に広げないといけないようです。

まず、2 台のカメラを被写体の中央に向けます。オートフォーカスは使わず、マニュアルでピントを合わせます。露出はオートでかまいません。レリーズにより同時にシャッターを切ります。

2. 走査電顕（SEM）写真（本号表紙写真）

観察の倍率にも関係しますが、左右 2 枚の写真を 10° ほど傾斜をかけて撮影します。1 枚目は $+5^\circ$ 、2 枚目は -5° 傾斜して撮影すると、左右で 10° 違った像が得られます。

これぞと思われる作品ができましたら何卒下記までお送り下さい。会員の皆様のご協力をお願いいたします。またご不明な点がございましたらご連絡下さい。

連絡先：〒 102-8159 千代田区富士見 1-9-20

日本歯科大学 南雲 保 電話 03-3261-8601

南雲 保（日本藻類学会 50 周年記念事業実行委員会）

学会録事

平成14年度日本藻類学会の運営方法について

日本藻類学会の運営はその年度の大会時(3月末)に開催する総会で基本案件の審議・承認を受け行われてきたが、平成14年度の大会は「Algae2002」(7月:つくば市)に組み込まれるため、それまで総会開催の機会がない。従って、会計決算・予算、庶務報告・事業予定、編集報告・出版計画等、学会の基本的な運営にかかわる案件を半期以上審議・承認を受けないまま経過することになる。学会の行事が例外的な日程で進められるとはいえ、このままの学会運営は避けなければならない。そこで平成14年度は総会開催までの期間、会計、編集、庶務、会員管理関係で総会の承認を必要とする基本案件をとりあえず持ち回り評議員会(同年3月までに開催)で仮に承認していただき、7月(総会)にあらためて正式に審議・承認を受ける予定である。この変則的な運営方法を予めご承知おきいただきたい。

植物分類学関連学会連絡会第14回会議報告

標記の第14回会合が日本植物学会第65回大会会期中の2001年9月28日に東京大学駒場キャンパスで開催された。藻類学会からは菱沼佑庶務幹事が出席した。本学会以外では地衣類研究会、種生物学会、植物地理・分類学会、日本植物分類学会、日本シダ学会、日本蘚苔類学会の各代表者が出席し、以下の議題について話し合われた。

1)合同名簿について、作業の進捗状況が報告され、出版経費等の負担方法や印刷・発送について話し合われた。経費負担については前回と同様に名簿掲載者から実質会員数を算出し、それをもと

に各団体が経費を負担することが確認された。

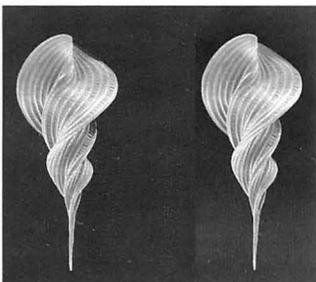
2)植物学会時における連絡会主催のシンポジウムは、来年度も実施することになった。具体的なテーマの決定にはいたらなかったが、日本蘚苔類学会の神田啓史氏と種生物学会の芝池博幸氏に生物多様性のデータベース構築に関連した内容のシンポジウムの企画をお願いすることとなった。

3)現在、動物分類学関連学会連合と植物分類学関連学会連絡会参加学会を統合した日本分類学会連合(仮称)設立の計画があり、この分類学会連合への植物分類学関連学会連絡会としての対応について話し合われた。日本分類学会連合と植物分類学関連学会連絡会との関係は独立したものであり、日本分類学会連合への参加等は、各連絡会参加学会の意志によるものであり、本連絡会としてはこれまでどおり活動していくことになった。日本分類学会連合への参加について、ほとんどの植物分類学関連学会連絡会参加学会では正式な設立の趣意書や参加要請は受け取っておらず、具体的な検討に入っていない学会がほとんどであった。

4)さきにIAPT(International Association of Taxonomy)から2004年に日本での開催要請のあったIAPTシンポジウムは、同年8月上旬開催を予定しており、日本植物学会や韓国植物学会の共催も受け、アジアの研究者が全世界的な植物分類学研究にどのように貢献できるかなどをテーマに準備が進行していることが報告された。

5)岩槻氏が関係しているGBIF(Global Biodiversity Information Facility)について、本連絡会は、今後とも協力していくことになった。

表紙の説明



Phacus sp. (ミドリムシ藻)のSEM立体写真
井上 勲氏(筑波大)提供

日本藻類学会50周年記念グッズ写真集掲載予定の写真です。

会 員 移 動

編集後記：

今、この時ぞと牛を喰らい、株を買い、飛行機に乗った。結局何一つ人間には無用の物であり、行為であることを実感。貧乏人は麦を食い、ほろ服を着てようやくやすらぐ。

またまた、ひとつ歌を。

「潮満ちて、ナノリソの実の、ささやきは、七つの海の、ざわめきか」(J.T)

世界中で不幸な出来事が勃発して、慌ただしい今日この頃です。こうして学会誌を編集してられる日本は平和なのでしょうか。本号を無事刊行すれば、編集を担当させて頂いて3分の2が終わります。次巻から50巻、もう一踏ん張り、気を引き締めて頑張りたいと思っています (T.N.)。

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)
 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)
 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)
 (株) ハクジュ・ライフサイエンス (173-0004 東京都板橋区板橋3-6-17 SKT板橋3階)
 (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)
 共和コンクリート工業株式会社 (060-0061 北海道札幌市中央区南1条西1丁目8有楽ビル)

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

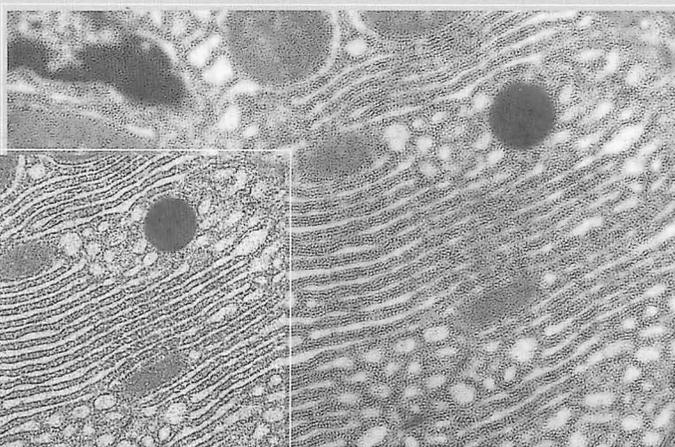
「多くの微細藻類に共通して使える培地が市販されていない。」
 という声にお答えして、“株式会社 海洋バイオテクノロジー研究所”
 により、研究開発された培地です。
 又、人工海水は海水SPの成分が自然に近い形で混合されてお
 り、精製水に溶かすだけで海水として手軽に使用できます。
 ※人工海水SPは千寿製薬株式会社の技術開発商品です。

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
 大阪府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

HITACHI

オートフォーカスOFF



オートフォーカスON



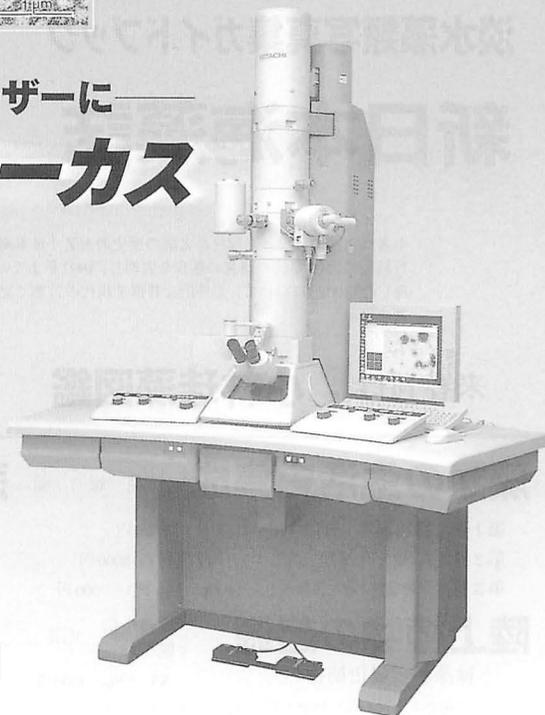
すっきり画像をすべてのユーザーに—— 高速オートフォーカス

特長

- 1 高速オートフォーカス機能を搭載し、0.9秒で焦点合わせが可能
- 2 TVカメラを標準装備し、明るい部屋で試料の視野探し撮影が可能
- 3 PC制御、GUI採用により、容易な操作
- 4 ネットワーク対応でリモート操作が可能 (オプション)

仕様

分解能：0.204nm(格子像)、0.36nm(粒子像)
 試料ステージ：高精度ハイバーステージ
 加速電圧：40～120kV
 倍率：Low Magモード×50～×1,000
 Zoomモード×700～600,000



株式会社 日立ハイテクノロジーズ

本社 〒105-8717 東京都港区西新橋一丁目24番14号
 電話ダイヤルイン (03) 3504-7211

事業所	北海道(札幌)	(011) 221-7241	関西(大阪)	(06) 4807-2551
	東北(仙台)	(022) 264-2211	京都(京都)	(075) 241-1591
	筑波(土浦)	(0298) 25-4811	四国(高松)	(0878) 62-3391
	横浜(横浜)	(045) 451-5151	中国(広島)	(082) 221-4514
	中部(名古屋)	(052) 583-5851	九州(福岡)	(092) 721-3501
	北陸(金沢)	(0762) 63-3480		

インターネットホームページ <http://www.hitachi-hitec.com/science/>

日立電子顕微鏡

H-7600

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。

来春刊行

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、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

— 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

丸山 晃 著

丸山雪江 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 11 月 5 日印刷

2001 年 11 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 東ブリ

〒 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 023-628-4625

藻類

The Japanese Journal of Phycology (Sôruï)

第49巻 第3号 2001年11月10日

目次

Algae 2002 開催のお知らせ (その2)

吉田 吾郎・吉川 浩二・内村 真之・寺脇 利信：一年生ホンダワラ類アカモク冷蔵種苗の
成長と成熟…………… 177

総説 澤井 祐紀：珪藻類を用いた海岸古環境の復元に関する研究…………… 185

吉田 忠生・北山 太樹：エンドウモクのタイプ標本…………… 193

玉置 仁・寺脇 利信・吉田 吾郎・岡田 光正：アマモの天然群落と移植群落における季節
消長の比較…………… 195

藻場の景観模式図

寺脇 利信・新井 章吾：8. 広島湾奥部の大野瀬戸・亀瀬…………… 199

秋季シンポジウム (2001.11. 16) 「藻類由来の機能性成分の研究と利用の展望」要旨

竹中 裕行：微細藻類の生理機能とその応用…………… 203

藻類学最前線

石田 健一郎：藻類はなぜカラフルになり得たか…………… 212

藤田 大介：水産試験場研究報告の藻類関係論文リスト3 (1998~2000年)…………… 215

書評・新刊紹介

館脇 正和：横浜康継著「海の森の物語」(新潮選書)…………… 217

会員のページ

真山 茂樹：珪藻で水質環境を知るインターネット教材…………… 219

原 慶明：アジア太平洋藻類学連合国際シンポジウム「21世紀の藻類学に向けて」実施報告… 221

嵐田 智：アジア太平洋藻類学連合国際シンポジウム「21世紀の藻類学に向けて」参加記… 222

学会シンポジウム情報

自然史学会連合ニュース…………… 224

第14回国際進化原生生物学会大会のお知らせ…………… 226

英文誌 Phycological Research 49 (1),(2)掲載論文和文要旨…………… 227

日本藻類学会50周年記念グッザー立体写真の撮り方…………… 234

学会録事…………… 235