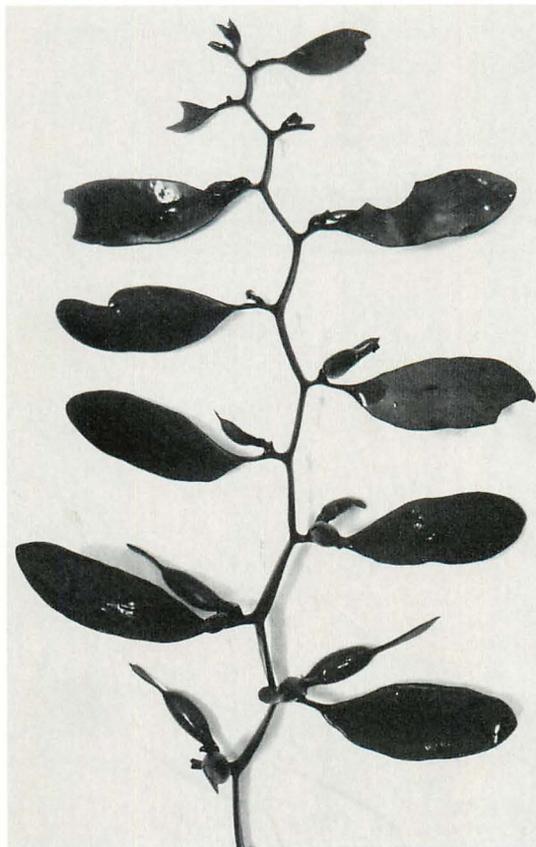


藻類

The Japanese Journal of Phycology (Sôru)

第52卷 第3号 2004年11月10日



日本藻類学会

日本藻類学会は1952年に設立され、藻学に関心をもち、本会の趣旨に賛同する個人及び団体の会員からなる。本会は定期刊行物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

(海外担当) 〒920-1192 金沢市角間町 金沢大学理学部生物学科

石田健一郎 Tel 076-264-5705 Fax 076-264-5976 e-mail ishida@kenroku.kanazawa-u.ac.jp

(広報担当) 〒060-0810 北海道札幌市北区北10条西8丁目 北海道大学先端科学技術共同研究センター

寫田 智 Tel 011-706-3581 Fax 011-726-3476 e-mail sshimada@sci.hokudai.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

横山亜紀子 Tel 023-628-4610 Fax 023-628-4625 e-mail akiko@sbiol.kj.yamagata-u.ac.jp

和文誌「藻類」への投稿: 〒514-8507 津市上浜町1515 三重大学生物資源学部

前川行幸 Tel & Fax 059-231-9530 e-mail maegawa@bio.mie-u.ac.jp

英文誌 Phycological Research への投稿: 〒780-8520 高知市曙町2-5-1 高知大学理学部自然環境学科

奥田一雄 Tel & Fax 088-844-8314 e-mail okuda@cc.kochi-u.ac.jp

日本藻類学会ホームページ <http://wwwsoc.nii.ac.jp/jsp/default.html>

2003-2004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)

庶務幹事: 石田健一郎 (金沢大学) (海外担当)

庶務幹事: 寫田 智 (北海道大学) (広報担当)

会計幹事: 横山亜紀子 (山形大学)

評議員: 天野秀臣 (三重大学)

井上 勲 (筑波大学)

今井一郎 (京都大学)

奥田一雄 (高知大学)

片岡博尚 (東北大学)

川口栄男 (九州大学)

嵯峨直恆 (北海道大学)

田中次郎 (東京海洋大学)

寺脇利信 (瀬戸内海区水産研究所)

中原紘之 (京都大学)

藤田雄二 (長崎大学)

御園生拓 (山梨大学)

本村泰三 (北海道大学)

前川行幸 (三重大学)

真山茂樹 (東京学芸大学)

横浜康継 (志津川町自然環境活用センター)

吉崎 誠 (東邦大学)

渡辺 信 (国立環境研究所)

和文誌編集委員会

委員長: 前川行幸 (三重大学)

副委員長: 倉島 彰 (三重大学)

実行委員: 飯間雅文 (長崎大学)

石田健一郎 (金沢大学)

出井雅彦 (文教大学短期大学部)

大野正夫 (高知大学)

長田敬五 (日本歯科大学)

神谷充伸 (神戸大学)

北山太樹 (国立科学博物館)

洲崎敏伸 (神戸大学)

田中次郎 (東京海洋大学)

南雲 保 (日本歯科大学)

村上明男 (神戸大学)

委員: 井上 勲 (筑波大学)

今井一郎 (京都大学)

岡崎恵視 (東京学芸大学)

片岡博尚 (東北大学)

藤田雄二 (長崎大学)

堀 輝三

堀口健雄 (北海道大学)

横浜康継 (志津川町自然環境活用センター)

渡辺 信 (国立環境研究所)

日本藻類学会第29回大会のお知らせ

— 京都・2005 —

1. 日程

2005年3月27日(日): 編集委員会・評議員会
3月28日(月): 口頭発表・ポスター発表・総会・
懇親会
3月29日(火): 口頭発表・ポスター発表・
公開シンポジウム
3月30日(水): エクスカーション
(琵琶湖博物館等の見学)

2. 会場(図1)

大会: 京都大学吉田南総合館北棟
懇親会: 京都大学生協吉田食堂

3. 参加費用

大会参加費: 5,000円(学生4,000円)
懇親会費: 6,000円(学生5,000円)

4. 参加および発表申し込み

(1) 大会参加者は発表の有無または共同発表者の有無に関わらず、必要事項を記入し、原則としてe-mailにてお申し込み下さい(宛先 imailro@kais.kyoto-u.ac.jp)。参加申込みの書式は藻類学会のホームページ (<http://www.soc.nii.ac.jp/jsp/default.html>) からダウンロードし、所定の事項を記入後に添付書類としてご送信下さい。郵送またはFAXにてお申し込みの方は、各自本誌綴じ込みの参加申込票に必要事項を記入し、大会実行委員会宛にお送り下さい。

(2) 研究発表される方(演者のみ)は、下記の要領で発表要旨の原稿を大会実行委員会宛にお送り下さい。口頭発表される方でe-mailのアドレスをお持ちでない方は、返信用の宛名を書いた官製ハガキを同封してください。発表日時をお知らせします(メールアドレスをお持ちの方はe-mailでお知らせします)。

(3) 大会参加費、懇親会費は本誌綴じ込みの郵便振替用紙を使って送金してください。

振込先: 日本藻類学会第29回大会実行委員会
00980-7-167200

(4) 参加申込票の送付および送金の締切は2005年1月11日(火)(必着)、発表要旨原稿送付の締切は1月20日(木)(必着)です。

5. 参加申込票の送付先(郵送の場合)

〒606-8502 京都市左京区北白川追分町
京都大学大学院 農学研究科 応用生物科学専攻内
日本藻類学会第29回大会実行委員会
Tel: 075-753-6356, Fax: 075-753-6375

6. 編集委員会および評議員会

編集委員会: 2005年3月27日(日) 15:00 - 16:30
評議員会: 同 16:30 - 18:00
会場: 京都大学大学院農学研究科
応用生物科学専攻演習室N-158
連絡先 TEL: 075-753-6356 (今井一郎)
075-753-6371 (鯉坂哲朗)

7. 公開シンポジウム

公開シンポジウムを以下の予定で企画中です。環境問題あるいは環境教育と藻類の関連についてのシンポジウムにしたいと考えております。ぜひご来聴ください。

日時: 2005年3月29日(火) 15:00 - 17:00
テーマ: 藻類を通じて環境を考える(仮題)

8. エクスカーション

本大会のエクスカーションとして琵琶湖博物館等の見学を3月30日(水)に企画しています。参加希望者は今井(imailro@kais.kyoto-u.ac.jp)までご連絡ください。

9. 問い合わせ先

〒606-8502 京都市左京区北白川追分町
京都大学大学院 農学研究科 応用生物科学専攻内
日本藻類学会第29回大会実行委員会
Tel: 075-753-6356, Fax: 075-753-6375
e-mail: imailro@kais.kyoto-u.ac.jp (今井一郎)
ajisaka@kais.kyoto-u.ac.jp (鯉坂哲朗)
miyashita@hml.mbox.media.kyoto-u.ac.jp (宮下英明)
kyokohat@bioh.mbox.media.kyoto-u.ac.jp (幡野恭子)

10. 会場までの交通、並びに宿泊案内

京都大学は、京都市の北東部に位置しております。京都駅中央口を出たところのバス乗り場から乗車、市バス206番で約40分です(220円)。また、京都駅から地下鉄今出川駅まで行くと(230円)、市バス201番に乗り約10分です(220円)。市バスは共に「京大正門前」で下車。市バスに関する情報は<http://www.city.kyoto.jp/kotsu/>をご参照下さい。

大会会場は、地図(図1)を参照して下さい。

京都大学への交通と会場案内は、京都大学のホームページ(<http://www.kyoto-u.ac.jp/>)にも掲載されていますので、ご利用下さい。

京都市内には数多くの宿泊施設がありますので、各自で手配をお願い致します。また、下記のホームページ等でも京都市内の宿泊施設が掲載されていますので、参考にして下さい(楽天: <http://www.mytrip.net/>)。

11. 発表要旨原稿の作成要領(図2)と原稿送付方法

原稿は後の講演要旨集作成の際の簡便さを考え、e-mailに

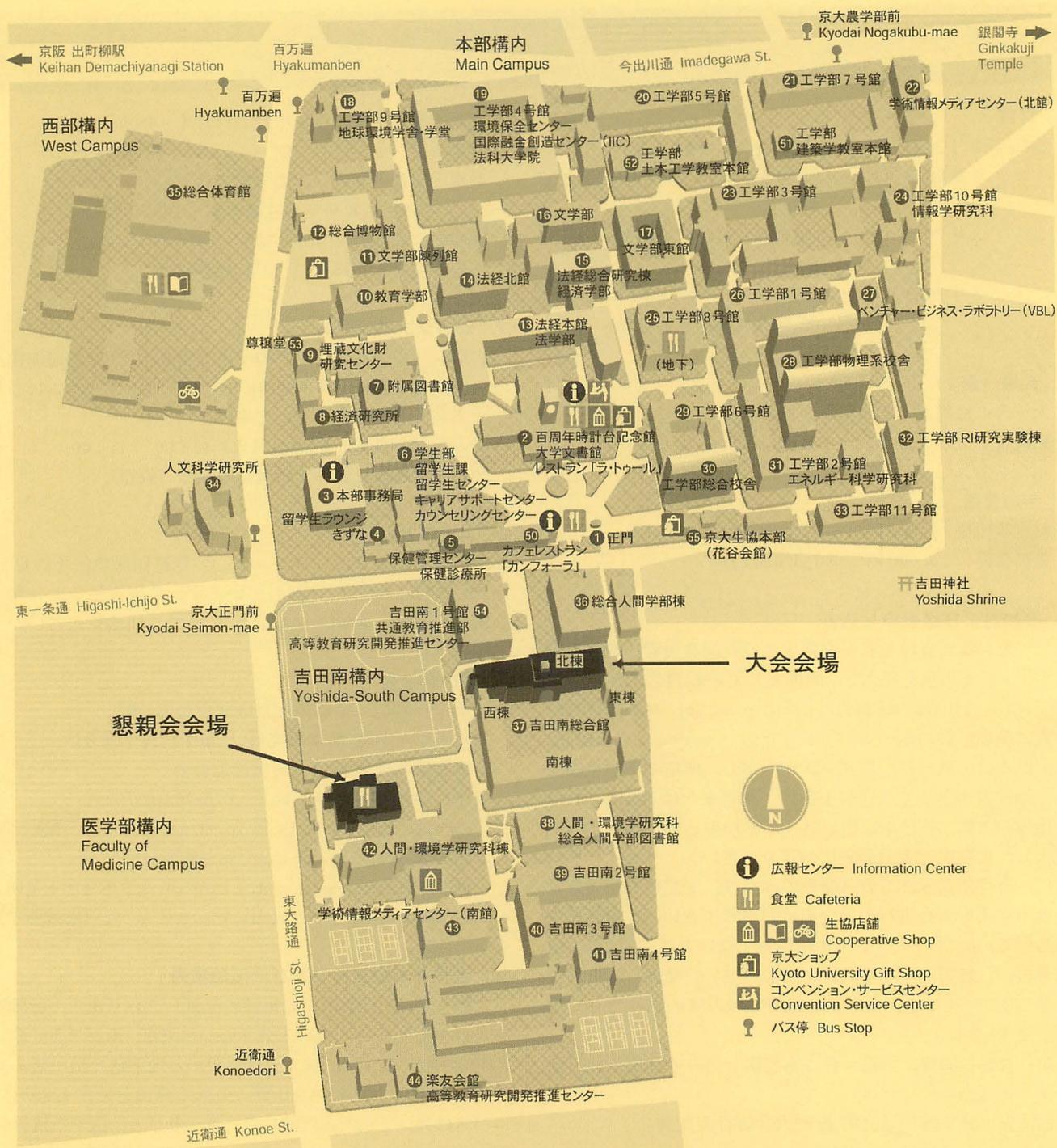


図1 大会会場地図

よる添付書類 (WORD) でのみ受け付けることと致します (宛先 imailro@kais.kyoto-u.ac.jp)。その際、従来通り以下の点に注意され作成して下さい。また、作成した打ち出し原稿を実行委員会宛に郵送またはFAXで必ず送付して下さい。イタリックその他の特殊な文字等の照合を行うためです。本文のフォントは明朝体 (原則としてMS明朝) を使用します。英文の場合はTimes またはTimes New Roman を用います。これらのフォントは厳守して下さい。e-mailがお使いになれな

い環境の方は、実行委員会 (今井Tel 075-753-6356・宮下Tel 075-753-7928・幡野Tel 075-753-6854) にご連絡下さい。

- ・原稿の最大文字数は全てを含めて700文字とします。
- ・演者名、演題、本文、所属の順に書いて下さい。
- ・共著の場合は演者の前に○をつけて下さい。また、所属が異なるときは各著者名の後に*印を付し、所属の項目でそれらを区別して下さい。
- ・和文原稿の場合、「,」(コンマ) と「。」を使用して下さ

- い。
- ・学名はイタリックで表示するか下線を付して下さい。
- ・所属は()でくくり、最下段に位置するように書いて下さい。
- ・著者校正はありません。

打ち出し原稿送付先：

〒606-8502 京都市左京区北白川追分町
 京都大学大学院 農学研究科 応用生物科学専攻内
 日本藻類学会第29回大会実行委員会
 Fax：075-753-6375

12. 発表形式

(1) 口頭発表

- ・一つの発表につき発表12分，質疑応答3分です（1鈴10分，2鈴12分，終鈴15分）。
- ・発表はOHPまたはデジタルプロジェクターとします。デジタルプロジェクター利用希望の方にはあらためて実行

委員会からご連絡致します。

(2) ポスター発表（図3）

- ・ポスター用パネルの大きさは、縦169cm，横110cmです。
- ・ポスターの上部には図3のように発表番号，表題，氏名（所属）を明記して下さい。
- ・研究目的，実験結果，結論などについてそれぞれ簡潔にまとめた文章をつけて下さい。また，写真や図表には簡単な説明文を添付して下さい。
- ・文字や図表の大きさは，少し離れた場所からでも判読できるように調整して下さい。
- ・3月28日12時頃までに所定の場所に掲示して下さい。また3月29日13-17時の間に撤収して下さい。

13. その他

日本藻類学会第29回大会関連の情報は，随時，藻類学会ホームページに掲載する予定です。
 (<http://wwwsoc.nii.ac.jp/jsp/default.html>)

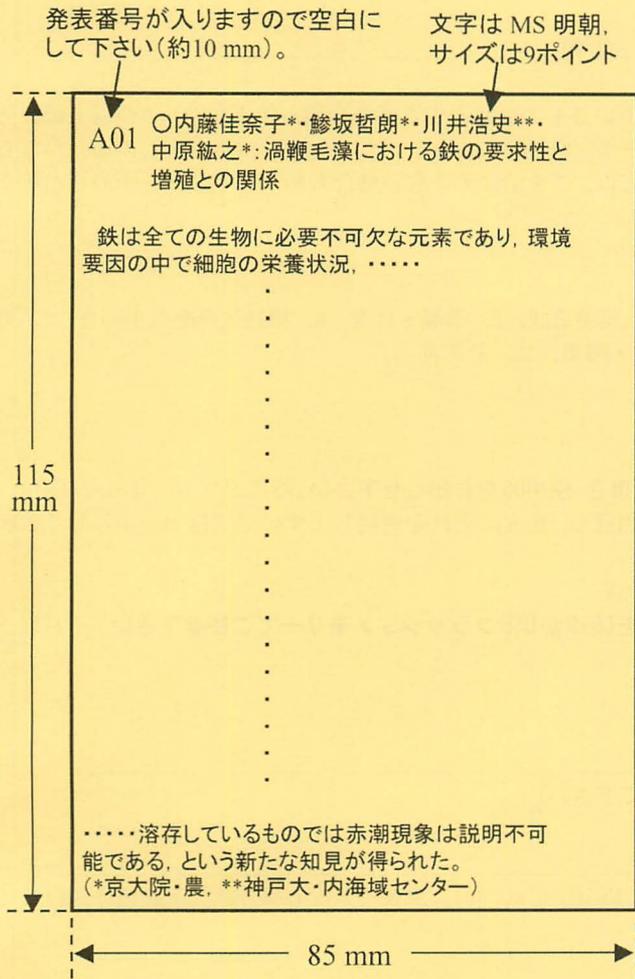


図2 要旨原稿の見本

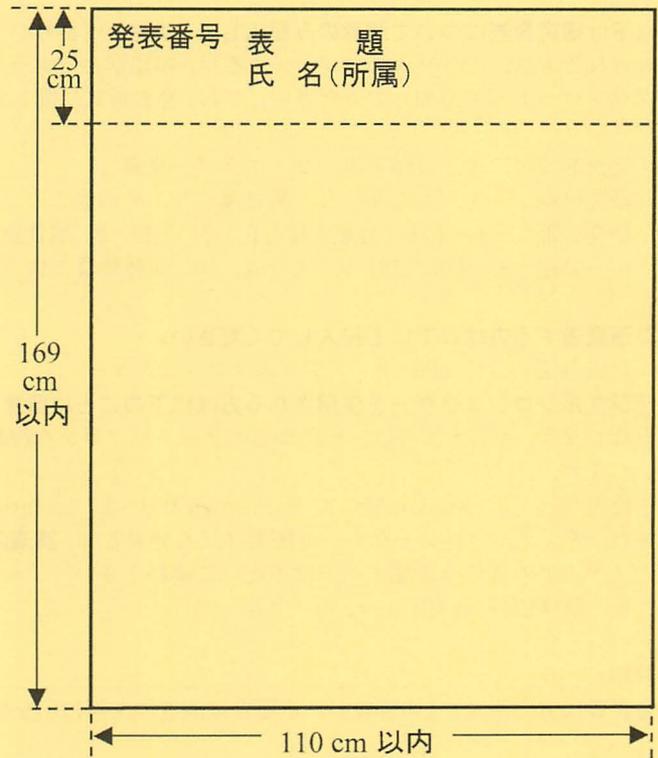


図3 ポスター説明図

日本藻類学会第29回大会参加申込票

整理番号*
()発表番号*
()

(フリガナ)

氏名：_____ 所属：_____

連絡先住所：_____

電話：_____ FAX：_____

電子メールのアドレス：_____

参加形態 (番号を○で囲んで下さい)

研究発表：1. 演者として発表する 2. 共著者として発表する 3. 発表しない

懇親会：1. 参加する 2. 参加しない

エクスカージョン：1. 参加する 2. 参加しない

送金内訳 (該当の番号を○で囲み、送金合計を算出して下さい)

1. 大会参加費 5,000円 (学生4,000円)

2. 懇親会費 6,000円 (学生5,000円)

送金合計額 _____円

以下は研究発表について演者のみ記入してください (番号がついているものは該当する番号を選んで下さい)。2つ以上研究発表される方は、この申込票をコピーするか、藻類学会のホームページ (<http://wwwsoc.nii.ac.jp/jsp/default.html>) からダウンロードして追加してください。なお、発表形式に関しましては、ご希望に添えない場合もありますことを予めご了承ください。

発表形式：1. 口頭発表 2. ポスター発表

研究材料：1. 大型藻 2. 微細藻 3. その他

研究分野：1. 系統・分類・種分化, 2. 生態, 3. 増養殖, 4. 藻場造成, 5. 赤潮・貝毒, 6. 細胞・細胞内小器官, 7. 発生・分化, 8. 生長生理, 9. 光合成, 10. 生体物質, 11. 代謝・酵素, 12. その他

口頭発表する方は以下にも記入してください。

発表方法：1. OHP 2. デジタルプロジェクター

デジタルプロジェクターを使用される方は以下のことに留意して頂き、使用OSをお知らせ下さい。使用ソフトは「Power Point」と致します。大会本部では、下記のOSのノートパソコンを複数台用意し、発表にそれを使用しますのでご協力をよろしく願います。

使用OS：1. WindowsXP 2. Macintosh OS9 3. Macintosh OSX

また、デジタルプロジェクターを使用される発表者は、講演内容をCD-RかUSBフラッシュメモリーでご持参下さい。それ以外のメディアの利用を希望する方は下記にご連絡下さい。

imailro@kais.kyoto-u.ac.jp (今井一郎)

演題：_____

発表者氏名 (所属) (共著者がいる場合は演者の左肩に○を付けて下さい)：_____

申込票は原則としてe-mailでお送り下さい (宛先 imailro@kais.kyoto-u.ac.jp)。郵便やFaxの場合は、下記宛に送付してください。締め切りは2005年1月11日(火)(必着)です。

(* 整理番号、発表番号は大会実行委員会で記入します。)

〒606-8502 京都市左京区北白川追分町
 京都大学大学院 農学研究科 応用生物科学専攻内
 日本藻類学会第29回大会実行委員会
 Tel:075-753-6356, Fax:075-753-6375

北海道根室半島沿岸の水中光量子量 —コンブ目藻類の生育限界水深との関係—

坂西芳彦¹・飯泉 仁^{1, 2}

¹ 独立行政法人水産総合研究センター・北海道区水産研究所
(085-0802 北海道釧路市桂恋 116)

² 現所属：独立行政法人水産総合研究センター・日本海区水産研究所
(951-8121 新潟県新潟市水道町 1-5939-22)

Yoshihiko Sakanishi¹ and Hitoshi Iizumi^{1,2} : Underwater quantum irradiance at the Pacific coast of Nemuro Peninsula, Hokkaido : relationship between underwater light level and lower depth limit of laminariales plants. Jpn. J. Phycol. (Sôru) 52: 141-148, Nov. 10, 2004

By using data logger for underwater quantum irradiance, incident PAR was measured at intervals of 10 min. throughout a year in the subtidal zone at the Pacific coast of Nemuro Peninsula, Hokkaido. The monthly average of daily PAR at the depth of 6.0m (below mean sea level) showed the minimal value of 0.3 mol m⁻² d⁻¹ in March, and increased to reach the maximal value of 4.5 mol m⁻² d⁻¹ in July. Incident PAR showed a similar seasonal change in PAR on land, except for the period from March to April. Extremely lower value of incident PAR in March may be partly attributed to shading by sea ice cover at the measuring site. On the basis of the data for underwater radiation, productivity of *Laminaria coriacea* Miyabe under *in situ* light condition were discussed. The growing depth limits of individuals of a kelp (*Agarum cribrosum* Bory) near the study site was 16 m. At this depth annual incident PAR was 0.2% of surface irradiance, which is lower than the annual PAR (0.4-1.4% of surface irradiance) received at growing depth limits of laminariales plants in several different geographical coastal waters. The data obtained in the present study will contribute important ecological information on productivity and depth limits of marine macroalgae including the Laminariales.

Key index words : *Agarum cribrosum*, *attenuation coefficient*, *Lambert-Beer's law*, *Laminaria coriacea*, *depth limits*, *PAR*, *photosynthesis*

¹Hokkaido National Fisheries Research Institute, Fisheries Research Agency, 116 Katsurakoi, Kushiro, Hokkaido 085-0802, Japan

²Present address : Japan Sea National Fisheries Research Institute, Fisheries Research Agency, 1-5939-22 Suido-cho, Niigata, Niigata 951-8121, Japan

光は漸深帯に生育する海藻の分布を制限する物理化学的要因の中で最も重要な制限要因の一つである。Lüning & Dring (1979) は、北海のヘルゴランド島沿岸の水中光量子量の測定結果をもとに、同島沿岸のコンブ目の生育限界や無節石灰藻(紅藻)で代表される多細胞藻類の生育限界まで到達する光量(水面上の値に対する相対値)が地理的に異なる海域のそれとほぼ同じレベルであることを明らかにし、水中光量子量による多細胞藻類の生育限界推定の可能性を論じている。一方、本邦産のコンブ目及びヒバマタ目藻類では、水中の光環境と光合成—光特性との関係を解析することにより、天然で観察される垂直分布に理論的根拠が示されるとともに、光環境からの群落成立の限界水深推定の可能性が示されている(Maegawa *et al.* 1987, 1988, 倉島 1996, 村瀬 2001, Murase *et al.* 2000, 坂西ら 2001a)。また、種々の光条件での光合成—温度特性の解析結果から、温度に関する生理生態特性を理解する上でも現場の光環境を考慮する必要があることがコンブ目藻類で明らかになってきた(倉島ら 1996, 坂西ら 2001b)。このように、大型藻類の生態現象を理解する上での重要性が認識されているにもかかわらず、海藻群落が形成されるような沿岸浅海域において長期にわたり高い頻度でまたは連続的に測定された水中光量子量に関するデータは極めて少ないのが現状である(Lüning & Dring 1979, 坂西ら 2001b)。

そこで、本研究ではメモリー式水中光量子計を使った連続測定により、ナガコンブ *Laminaria longissima* Miyabe およびガツガラコンブ *L. coriacea* Miyabe の漁場である北海道根室半島太平洋岸の浅海域における水中光量子量の周年変動を明らかにするとともに、得られたデータを用いて現場の光環境下でのガツガラコンブの生産力及びコンブ目藻類の生育限界水深についての考察を行なった。

材料と方法

水中の光量子束密度は、1999年10月1日から2000年9月30日までの間、北海道根室市歯舞地先の海域(北緯43°19′, 東経145°43′)(Fig. 1)の水深6.0m(平均水面からの水深)の海底に設置したメモリー式光量子計(MPQ-I, 三洋測器, 60 φ × 270 mm)とメモリー式照度計(MDS-L, アレック電子, 18 φ × 127 mm)を用いて測定した。MDS-LはMPQ-Iに搭載されているコサイン型の光量子センサー(QCP-200, Biospherical Instruments)で更正を行い使用した。光量子計は1ヶ月ごとに交換した。海水の吸収係数を計算するために、潮汐の影響を受けて変動する光量子計の設置水深と地上の光量子束密度も同時に測定した。水深は、光量子計のセンサー部分の水深が測定できるように、メモリー水温・水深計(MDS-TD, アレック電子)を光量子計と同じ場所に設置して測定した。水中光

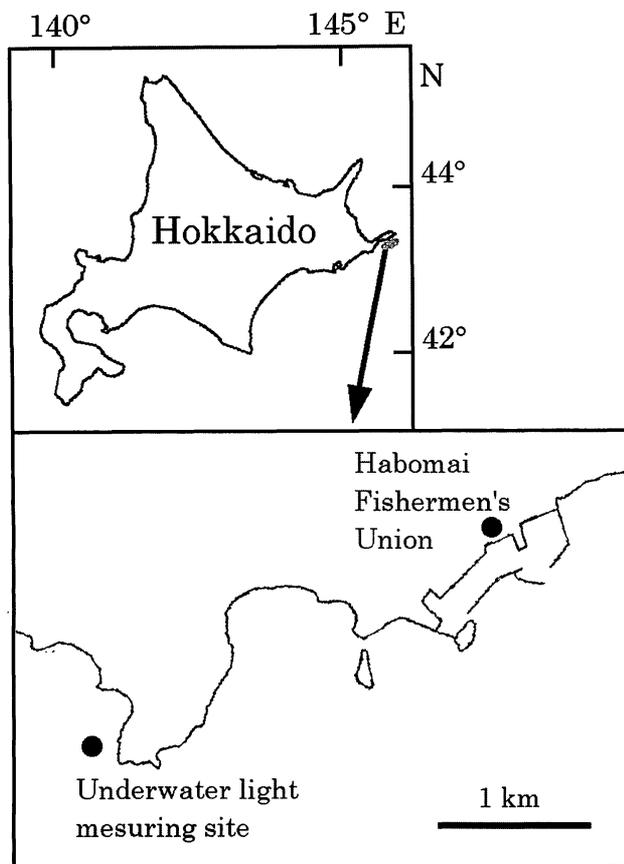


Fig. 1. Maps showing the study sites at the Pacific coast of Nemuro Peninsula, Hokkaido.

量子計の正確な設置水深（平均水面からの水深）は、測定海域に近い花咲港の改正数と非調和定数で更正した満潮・干潮時の潮高（海上保安庁水路部 1999, 2000）と同時刻の水深計の測定値から求めた（Fig. 2）。地上の光量子束密度は北海道根室市歯舞の歯舞漁業協同組合（北緯43°20′，東経145°45′）（Fig. 1）の屋上に設置したコサイン型のセンサー（LI-190SA, LI-COR）を接続したデータロガー（LI-1000, LI-COR）を用いて測定した。地上及び水中の光量子束密度と水深は10分間隔で連続測定した。

日本海洋学会（1979）、Kirk（1994）に従って、海水の吸光係数は以下の式を用いて求めた。

$$k_w = \{ \ln E_d(0) - \ln E_d(z) \} / z$$

k_w は海水の吸光係数、 $E_d(0)$ は水面直下の光強度、 $E_d(z)$ は水深 z (m) における光強度を示す。1日あたりの海表面のアルベド（albedo, 反射率）は40°N付近の中緯度海域では4-11%と報告されているので（Campbell & Aarup 1989）、平均値をとって7.5%とし、1日あたりの地上の光量子束密度の積算値に0.93を乗じた値を $E_d(0)$ に、1日あたりの水中の光量子束密度の積算値を $E_d(z)$ に、実測した水深の昼間の平均値を z に代入して、 k_w を求めた。但し、3月は流氷が接岸している期間があり、海表面の氷による光の反射・吸収が不明であることから吸光係数を算出できなかった。

2000年5月に測定した種々の天候下での地上の光強度、海水の吸光係数（月平均値）、群落の葉面積指数をもとに群落内の藻体表面に到達する光強度を計算し（大山 1998, 倉島 2003, Sakanishi *et al.* 2004）、これらの日周変動データと光合成-光曲線（5月）のモデル式から種々の天候条件下でのガッガラコブの群落の純生産量（5月）を推定した。光合成-光曲線のモデル式は、2000年5月に水中光を測定した海域周辺の水深3mの岩礁地帯から採集したガッガラコブを材料に用い、坂西・飯泉（2001）、Sakanishi *et al.*（2004）の方法により種々の光条件下での現場水温（5℃）における光合成速度を測定し、その結果をGallegos & Platt（1981）の式に曲線近似させて求めた。

水中光量子量を測定した海域の周辺では、底質が安定した6m以浅の水深帯でコブ目の生育が確認されている（阿部 1998a, 1998b, 釧路水試・歯舞漁協 1999）が、10m以上の水深帯については植生に関する情報がない。そこで、水中光量子量とコブ目の生育限界との関係を明らかにするために、2003年8月27日と9月27日に、水中光量子量を測定した海域の沖側（北緯43°19′，東経145°43′）、水深11m, 16m（平均水面からの水深）の海底において、SCUBA潜水による植生の目視観察、ビデオ撮影、50cm×50cmの方形枠を用いた計測及び採集を行った。

結果

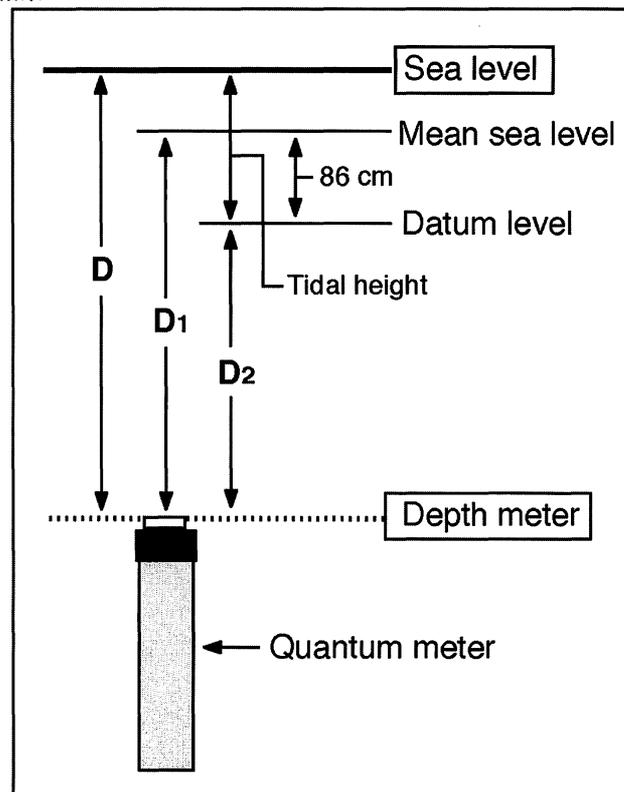


Fig. 2. Schematic illustration of measurements of underwater quantum irradiance and water depth. D , actual depth (measured by depth meter); D_1 , depth from mean sea level; D_2 , depth from datum level; Tidal height, value in Tidal Tables (Japan coast guard). D_1 (m) = D - tidal height + 0.86

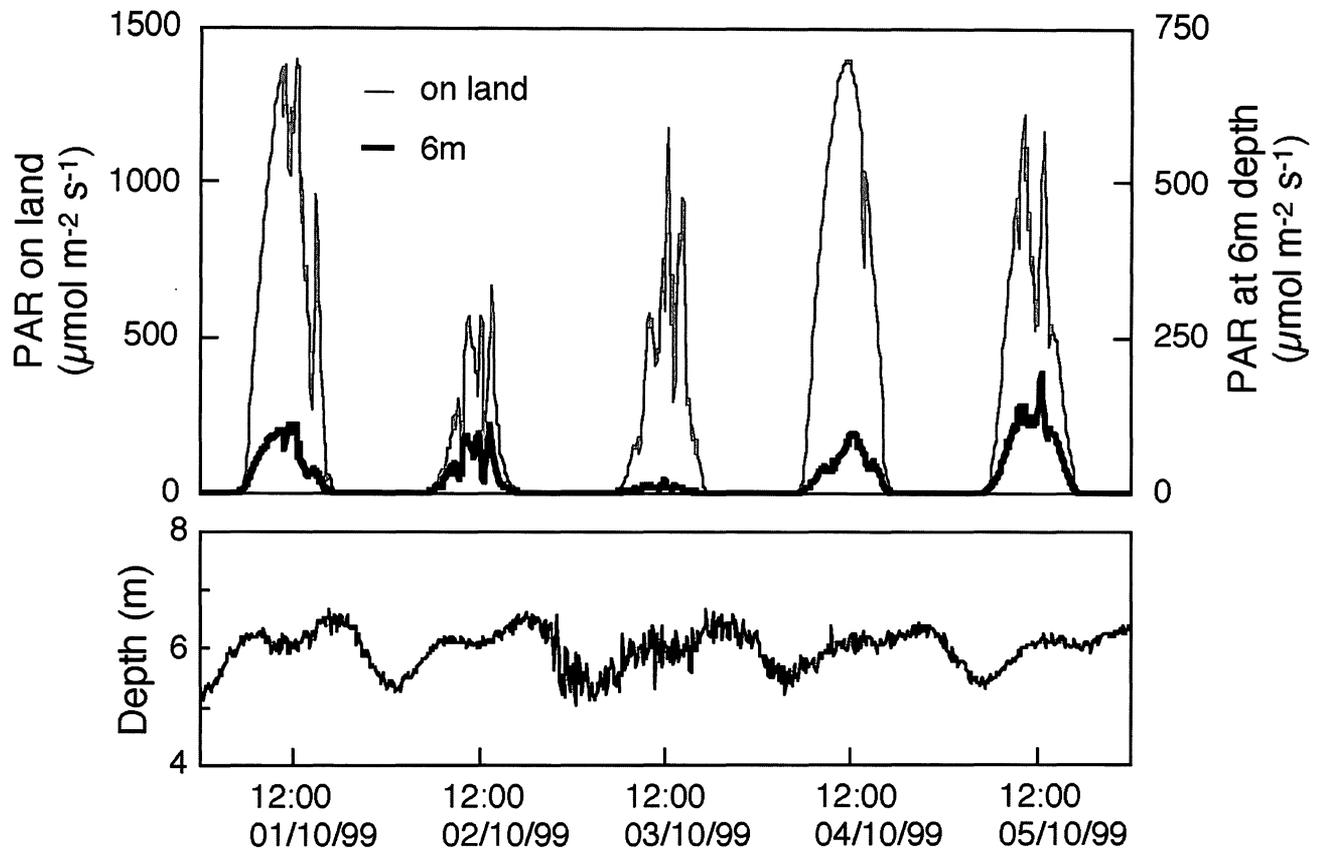


Fig. 3. Diurnal changes in PAR (photosynthetically active radiation) on land and at 6m depth (from mean sea level) and water depth, which were simultaneously measured at intervals of 10 minutes by using datalogger.

周年にわたり10分間隔で連続測定された根室市歯舞の地上および水深6m (平均水面からの水深) の海底における光量子束密度と潮汐により変動する海表面から水中光量子センサーまでの水深データの一部 (1999年10月1-5日) をFig. 3に示す。10月3日の水深データの振幅が大きいの、いわゆる時化による波浪の影響を受けて海表面の上下動が大きくなっている状態を表している。また、同日は前日 (10月2日) に比べて地上の光量子束密度が大きいかかわらず、水中の光量子束密度は著しく低い値を示している。これも波浪の影響を受けた堆積物の再懸濁による濁りの増大によるものである。

根室市歯舞の地上および歯舞地先の海域の水深6mにおいて連続測定した光量子束密度 ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) を1日ごとに積算して求めた日積算光量子量 ($\text{mol m}^{-2} \text{d}^{-1}$) の周年変化をFig. 4Aに示す。地上の光量子量 (日別値) は日毎の変動が大きいものの、概ね冬至付近で低く、夏至付近で高い値を示した。測定期間における最大値 ($57.8 \text{ mol m}^{-2} \text{d}^{-1}$) は7月10日に、最小値 ($1.7 \text{ mol m}^{-2} \text{d}^{-1}$) は1月7日に記録された。また、水深6mにおける光量子量 (日別値) は5月18日に最大値 ($11.0 \text{ mol m}^{-2} \text{d}^{-1}$) を示した。月平均値で見ると、地上の光量子量は9-12月 ($11.4 \text{ mol m}^{-2} \text{d}^{-1}$) にかけて減少した後、1-3月にかけて増大し、その後8月まで高い値を保ち (最大値: $33.0 \text{ mol m}^{-2} \text{d}^{-1}$, 6月), 9月に低下した。また、水深6mにおける光量子量は観測を始めた10-11月にかけて減少し、そ

の後2月まで増大, 3月 (最小: $0.3 \text{ mol m}^{-2} \text{d}^{-1}$) に再び低下した。その後5月にかけて著しく増大し, 7月に最大値 ($4.5 \text{ mol m}^{-2} \text{d}^{-1}$) を示し, 9月にかけて低下した (Fig. 4 B)。地上及び水中の1日あたりの積算光量子量と昼間の平均水深から計算した日別の海水の吸光係数の月平均値は4月に最大値 (0.64), 2月に最小値 (0.37) を示したが, 明瞭な季節変化の傾向を示さなかった (Fig. 4C)。

室内実験の結果をもとに作成した5月の現場水温におけるガッガラコンブ *L. coriacea* の光合成-光曲線, 同じく5月の水深3m (平均水面からの水深) における群落 (LAI=4.6) 内の藻体が捕集できる光強度の日周変動データをモデル式に代入して計算したガッガラコンブ群落の純生産 (推定値) をそれぞれFig. 5A, Bに示す。5月の晴れの日の純生産の推定値は $8.6 \text{ gC m}^{-2} \text{d}^{-1}$ であり, 曇りおよび雨の日の純生産は晴れの日のその44% ($3.8 \text{ gC m}^{-2} \text{d}^{-1}$) および12% ($1.0 \text{ gC m}^{-2} \text{d}^{-1}$) であった。また, 5月のガッガラコンブ群落の純生産の平均値は $4.6 \text{ gC m}^{-2} \text{d}^{-1}$ であった。

水中光量子量を測定した海域周辺で行ったSCUBA潜水による観察結果をもとに海藻の生育状況をTable 1に示す。水深11mでは, 底質は主に転石 (直径が25cm以上1m未満), 大転石 (直径が1m以上) であった。アナメ *Agarum cribrosum* Bory (生育密度: 20 indiv. m^{-2}) が優占種であり, その他にガッガラコンブ *L. coriacea* Miyabe, ゴヘイコンブ *L. yezoensis* Miyabe, ネプトモク *Cystoseira crassipes* (Mertens ex

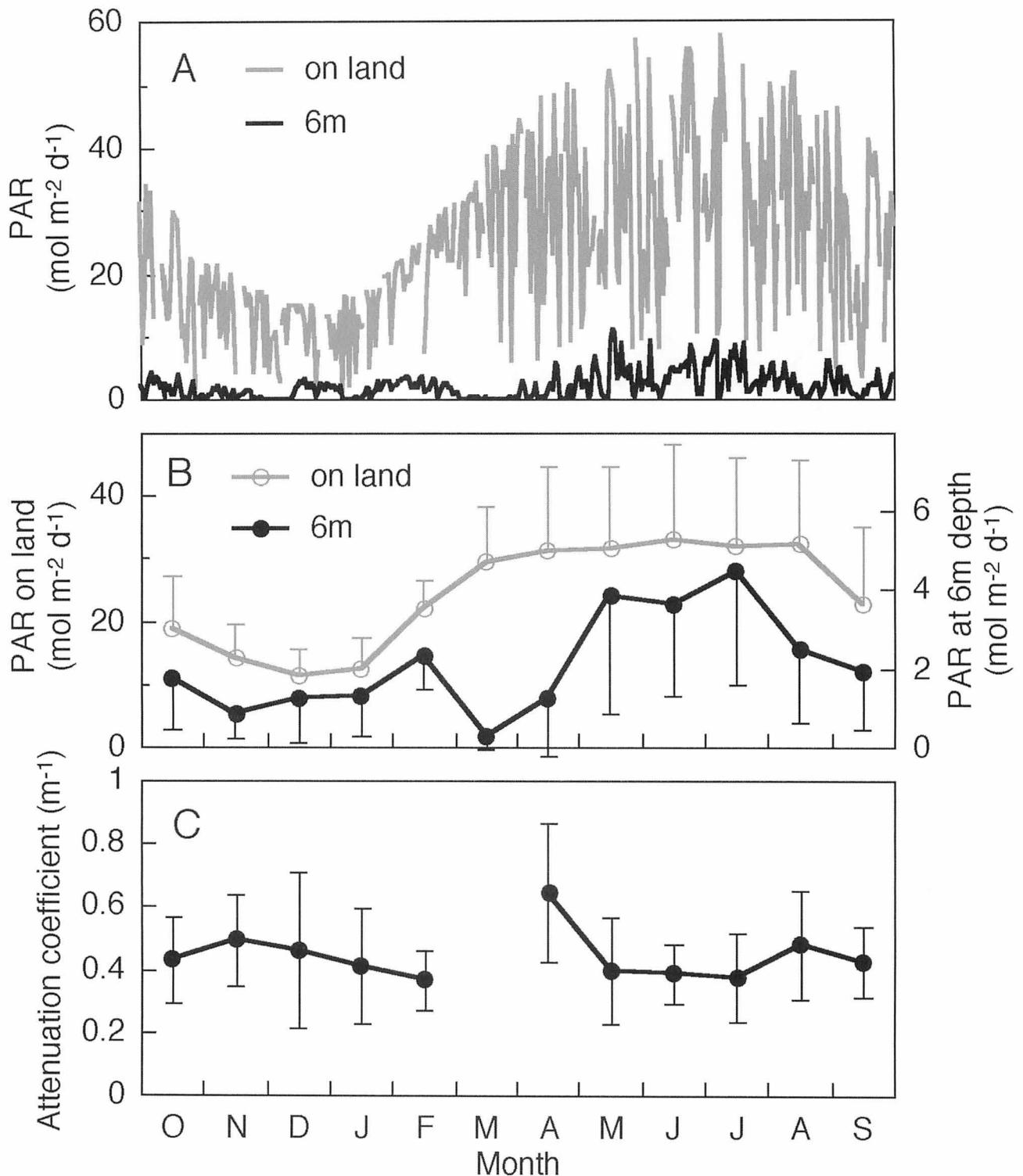


Fig. 4. Seasonal changes in PAR on land and at 6m depth and attenuation coefficient of seawater at Habomai, the Pacific coast of Nemuro Peninsula, Hokkaido from October 1999 to September 2000. A, daily PAR on land and at 6m depth; B, monthly averages of daily PAR on land and at 6m depth; C, monthly average of attenuation coefficient of seawater, which were calculated from the data for daily PAR on land and at 6m depth and daily average of water depth for daytime at Habomai, the Pacific coast of Nemuro Peninsula, Hokkaido from October 1999 to September 2000. Vertical bars denote SD of means in B and C.

Turner) C. Agardh, イソキリ *Bossia cretacea* (Postels et Ruprecht) Johansen, ヒメトサカモドキ *Callophyllis rhynchocarpa* Ruprecht, コノハノリ *Congregatocarpus pacificus* (Yamada) Mikami, オオバオキツバラ *Constantinea*

subulifera Setchell, ピリヒバ *Corallina pilulifera* Postels et Ruprecht, エゾイシゴロモ *Lithophyllum yessoense* Foslie, イワノカワ *Peyssonnelia dubyi* Crouan frat., クシベニヒバ *Ptilota filicina* J. Agardh, エゾナメシ

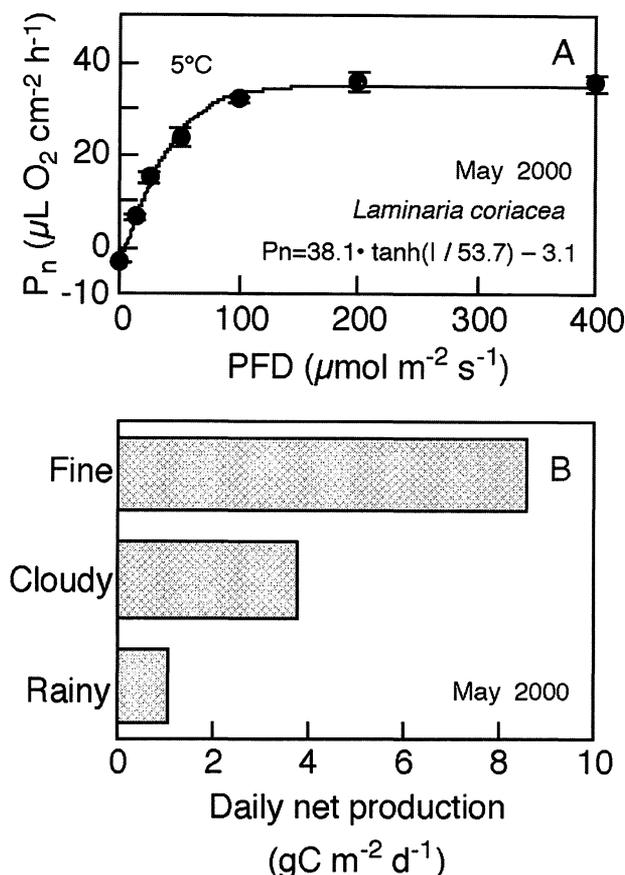


Fig. 5. A, photosynthesis-light response curve at 5°C for sporophytes of *Laminaria coriacea* growing at 3m depth (below mean sea level) in May; B, daily net production of *L. coriacea* community (LAI=4.6) at 3m depth under different weather conditions in May, whose values were calculated from by using P-I curve equation. Vertical bars denote SD of means in A.

Turnerella mertensiana (Postels et Ruprecht) Schmitzの生育を確認することができた。

水深16mでは、底質は主に転石(直径が25cm以上1m未満)、大転石(直径が1m以上)であり、コンブ目としてはアナメのみが極めて低い密度($< 1 \text{ indiv. m}^{-2}$)で生育していた。この水深帯では、アナメのほかに、イソキリ、ヒメトサカモドキ、ピリヒバ、エゾイシゴロモ、イワノカワ、エゾナメシの生育が確認された。さらに深い水深帯では、底質は同様であったが、アナメの生育は確認できなかった。また、植生観察を行った水深帯では、grazingにより植生に影響を与える可能性があるエゾバフンウニ *Strongylocentrotus inetermedius* (A. Agassiz) はほとんど観察されなかった。

また、Fig. 4Bの値(月平均値)から求めた地上および水中の1年間の積算光量子量と昼間の水深の年間平均値を用いて、年間積算光量子量と水深との関係をLambert-Beerの式に近似して、アナメの生育限界付近である水深16mに到達する年間積算光量子量(相対値)を計算したところ、地上のその0.18%であった(Fig. 6)。

考察

海水の吸光係数は、低緯度海域の外洋水では0.1以下、時として純水のそれに近い値を示す場合があるが、沿岸水では概ね0.1-0.3の範囲にある(有賀 1973, 有賀・横浜 1979)ことが知られている。これらの値に比べると、本研究で得られた年平均値(Fig. 4Cの月平均値をさらに平均した値=0.44)は高かった。坂西ら(2001b)は、同じ北海道東部太平洋岸の釧路沿岸において、地上と水中の光量子束密度を同時に測定し、0-3mまでの0.5mおきの水深と相対光強度との関係をLambert-Beerの式に曲線近似して海水の吸光係数を求め、歯舞沿岸で得られた値よりもさらに高い値(年間の平均値=0.67, 坂西ら 2001b)を得ている。これらの値は、主に植物プランクトンの豊富さに起因する吸光係数の高さで特徴づけられる親潮沿岸水(Taguchi *et al.* 1992, Kasai *et al.* 1998)の性質を反映しているものと考えられる。

本研究では、現場での連続測定が困難なことから、海面直下の光強度を実測した海面上(地上)の光強度と理論的に求めた反射率(Campbell & Aarup 1989)から計算したが、基本的には日本海洋学会(1979), Kirk(1994)の方法にしたがって、海水の吸光係数を計算した。1日あたりの反射率を計算に用いるため、地上および水中の光強度は1日あたりの積算値、水深は昼間の平均値を用いて吸光係数を計算したが、10分ごとに実測した瞬間値(Fig. 3)を用いて計算した吸光係数との差は2%未満であった。また、海洋観測指針(気象庁 1985)に掲載されている常用対数を用いた計算式で計算した吸光係数との差は0.1%未満であった。したがって、本研究で得られたデータは、今までに報告されてきたデータと十分に比較し得るものといえる。

現場設置型の水中光量子計の場合、付着生物などによるセンサーの汚れに伴う測定値の誤差を検討する必要がある。本調査海域の近隣海域において、本研究で使用したのと同じ水中光量子計(MPQ-I)に間歇式ワイパーを取り付けたもの(1時間おきにシリコンゴム製のワイパーがセンサー上を2往復する)とワイパーをつけないものを用いて、1ヶ月に1回の

Table 1. Species found at the depths of 11 and 16m at Habomai, the Pacific coast of Nemuro Peninsula, Hokkaido.

species	Depth		
	11m	16m	
Phaeophyta	<i>Agarum cribrosum</i>	○	○
	<i>Laminaria coriacea</i>	○	
	<i>Laminaria yezoensis</i>	○	
	<i>Cystoseira crassipes</i>	○	
Rhodophyta	<i>Bossiella cretacea</i>	○	○
	<i>Callophyllis rhynchocarpa</i>	○	○
	<i>Congregatocarpus pacificus</i>	○	
	<i>Constantinea subulifera</i>	○	
	<i>Corallina pilulifera</i>	○	○
	<i>Lithophyllum yessoense</i>	○	○
	<i>Peyssonnelia dubyi</i>	○	○
	<i>Ptilota filicina</i>	○	
<i>Turnerella mertensiana</i>	○	○	

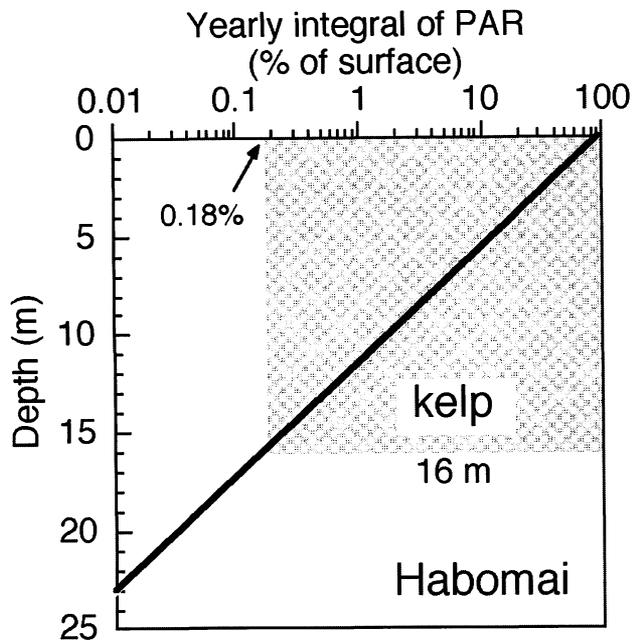


Fig. 6. Attenuation of light as yearly integral of PAR (solid line) which were calculated from the data on PAR on land and at 6m depth (Fig. 4B), and vertical distribution of kelps (shaded area) in the subtidal zone at Habomai, the Pacific coast of Nemuro Peninsula, Hokkaido.

交換頻度で周年にわたり水中光量子量を測定し、両者の測定値を比較検討した。その結果、測定開始から終了までの1ヶ月間の測定値の減少は1–11% (年間平均5%) (坂西ら 未発表) であることから、本調査における測定値の誤差も同程度のもものと推察される。

リシリコンブ *L. ochotensis* Miyabe では、実入り期の全天日射量と製品中の等級の高いコンブ (藻体長、藻体重量などを基準に判断される) の割合との間に相関がみとめられている (瀧谷 1998)、今回のガツガラコンブの純生産の推定結果 (Fig. 5B) も、ナガコンブの場合 (Sakanishi *et al.* 2004) と同様、そのような現象を物質生産に関わる生理生態学的観点から裏付けられるものと言える。今後、さらに群落構造を含む水中の光環境に関する知見を集積することにより、有用コンブ目藻類の物質生産に及ぼす光条件の影響を明らかにすることが可能になると考える。また、様々な条件が異なるので厳密な比較はできないが、本研究で得られた5月のガツガラコンブ群落の純生産の推定値 (雨、曇、晴れの日の値、1.0

–8.6 $\text{gC m}^{-2} \text{d}^{-1}$; 月平均値、4.6 $\text{gC m}^{-2} \text{d}^{-1}$) は、コンブ属 (*Laminaria* sp., *L. longissima*) で報告されている純生産の値、3.0–8.0 $\text{gC m}^{-2} \text{d}^{-1}$ (有賀 1986, Sakanishi *et al.* 2004) とほぼ同じレベルとみなすことができる。

Lüning & Dring (1979) は、北海のヘルゴランド島沿岸 (大西洋) で1年にわたり連続測定した水中光量子量をもとに年間の積算光量子量と水深との関係を求め、同島沿岸域のコンブ目を含む大型 (多細胞) 藻類の生育限界水深と積算光量子量との関係について論じている。かれらは、*L. hyperborea* (Gunn.) Fosl. の濃密な群落の成立限界水深は地上の4%の光量が到達する4m、個体としての生育限界は地上の0.7%の光量が到達する8mであることを明らかにし、透明度が異なる他の海域での報告も含めて、この種の個体としての生育限界は地上の0.7–1.4%前後の光量が到達する水深 (8–26m) であると結論づけている。また、北米大陸東部のメイン湾 (大西洋) では、最も深い水深帯に生育するコンブ目 (*Agarum cribrosum* (Mertens) Bory) の個体レベルでの生育限界が40m、そこに達する光量は水面上の0.44% (Vadas & Steneck 1988)、同西部の中部カリフォルニア沿岸 (太平洋) では、最も深い水深帯に生育するコンブ目 (*Pleurophycus gardneri* Setchell & Gardner) の個体レベルでの生育限界が45mであり、その深さに到達する光量は水面直下のその約0.9%であることが明らかになっている (Spalding *et al.* 2003)。

SCUBA潜水による植生観察の結果、本調査海域のコンブ目 (*Agarum cribrosum* Bory) の個体レベルでの生育限界水深は16m付近と判断された。調査した水深帯では、底質は主に転石または大転石であり、コンブ目の生育に影響を与えるエゾバフンウニがほとんど観察されなかったことから、コンブ目の生育は光量によって制限されている可能性が高いと考えられる。この海域のコンブ目の生育限界水深における相対光強度は0.18%であり、3月の水中光量子量が部分的に海表面の氷の影響を受けているので、若干過小評価の可能性があるので、従来、報告されてきた地球上の様々な海域のコンブ目の生育限界水深における相対光強度 (0.44–1.4%) (Fredj 1972, Lüning 1990, Lüning & Dring 1979, Spalding *et al.* 2003, Vadas & Steneck 1988) に比べると低い値であった (Table 2)。メイン湾 (大西洋) では、アナメは、他のコンブ目 (*L. longicruris* de la Pylaie) に比べて、深い水深帯まで生育している (Vadas & Steneck 1988) ことが確認され

Table 2. Light levels as percent of surface irradiance at the depth limits of kelps in different geographical coastal waters.

Species	Locality	Lower limit (m)	Light level (% of surface)	Origin
<i>Agarum cribrosum</i>	Maine	40	0.4	Vadas & Steneck (1988)
<i>Laminaria hyperborea</i>	Helgoland	8	0.7	Lüning & Dring (1979)
<i>L. hyperborea</i>	Roscoff	25	1.2	Lüning & Dring (1979)
<i>L. hyperborea</i>	Aran Island	32	1.2	Lüning (1990)
<i>Laminaria rodriguezii</i>	Corsica	95	0.6	Fredj (1972)
<i>Pleurophycus gardneri</i>	California	45	0.8	Spalding <i>et al.</i> (2003)
<i>A. cribrosum</i>	Habomai	16	0.2	Present study

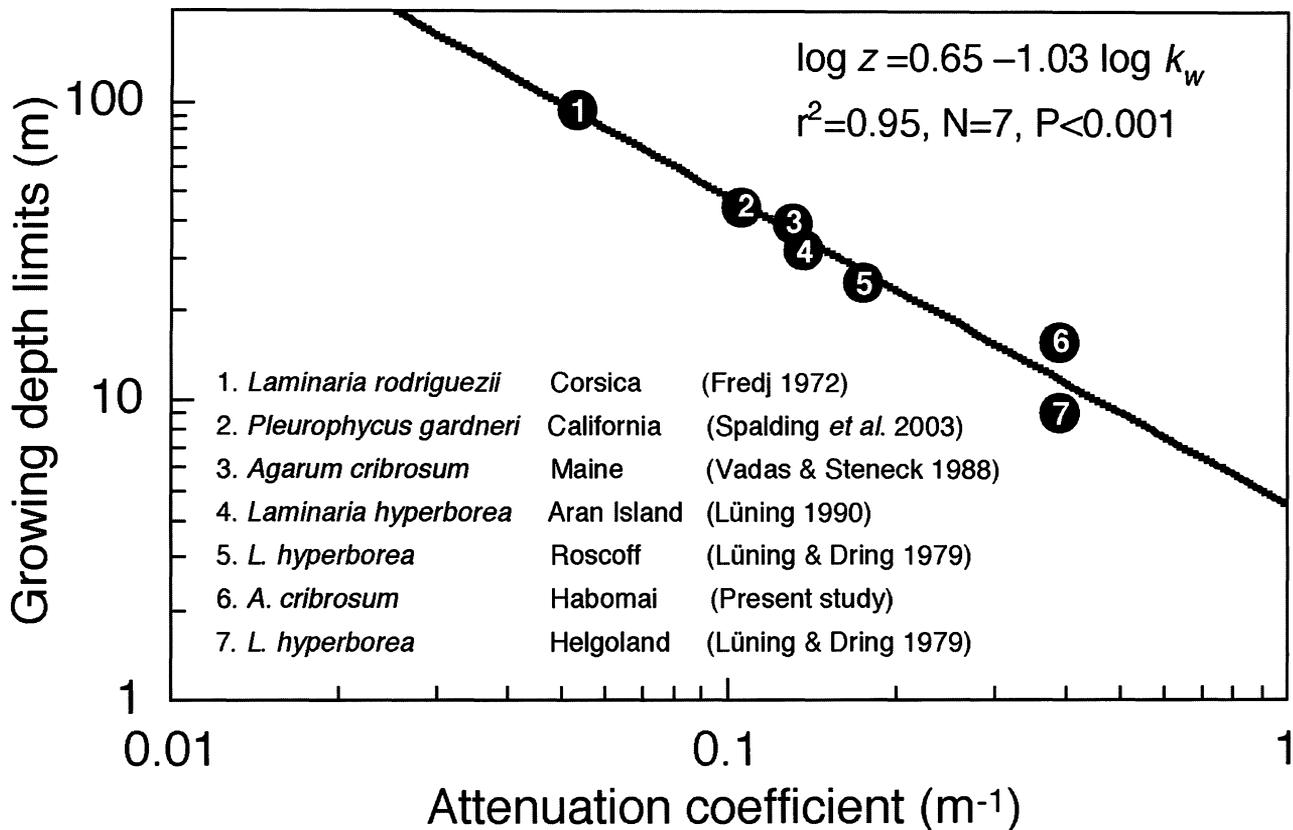


Fig. 7. The relationship between the growing depth limits of kelps (z) and the light attenuation coefficients (k_w) of the overlying seawater in different geographical coastal waters.

ているが、本調査（太平洋）の結果も同様であった。アナメは、北海道東部太平洋岸に生育するコンブ目の中でも、より弱光に適応した光合成特性を持っており (Sakanishi *et al.* 2004), このことがより深い水深帯の生育を可能にする要因の一つと考えられる。

本研究の結果も含めて様々な海域におけるコンブ目の生育限界水深での相対光強度を比べてみると、ある程度の幅がみられるが、その原因について詳細な議論をするためには、今後、さらに様々な海域の限界深度付近に生育する種の生理生態的特性や水中光に関するデータを集積する必要がある。

Table 2の各海域のコンブ目の生育限界における水深と相対光強度の値と水面直下の相対光強度（93%とした）をもとに、材料と方法で示した式から海水の吸光係数を求め、様々な海域のコンブ目の生育限界水深と海水の吸光係数との関係をプロットすると、Fig. 7のような関係式が求められる。この関係式は、生育に対する grazing や底質の影響がないか又は極めて小さいと判断される海域では、8–95m (Fredj 1972, Lüning 1990, Lüning & Dring 1979, Spalding *et al.* 2003, Vadas & Steneck 1988) と幅広いコンブ目の生育限界水深の違いが、生育海域の海水の吸光係数を介した水中の光環境の違いによって、概ね説明できることを示している。また、言い換えれば、Fig. 7の直線から下側に大きくはずれたプロットを示す海域は、光から判断されるコンブ目藻類の潜在的な生育限界水深まで分布を広げられない何らかの制限要因（例

えば北海道南西部沿岸の磯焼け海域の grazing など）を抱える海域であると解釈できる (Duarte 1991 参照)。

コンブ目藻類で報告されているように、一般に海藻の補償光量は水温上昇に伴って増大する (倉島1996, 坂西1998) ことから、光環境が変化しなければ、今後、温暖化に伴う水温上昇によって、漸深帯に生育する海藻の生育限界水深は上昇し、海底の傾斜が緩やかな浅海域では、その生育範囲は水平方向にも大きく減少することが予想される。このような漸深帯に生育する海藻の生育限界水深の上昇を予測するためには、海藻の生理生態的特性とともに、対象海域における水中光と水深との関係すなわち海水の吸光係数に関する情報は必要不可欠なものである。今後、様々な海域で海藻の生理生態研究の一環として行われるべき水中の光環境に関する調査研究は、基礎研究への貢献はもちろん、解決が急がれるいくつかの応用的課題に対しても一定の貢献が期待できる。

謝辞

本研究は、農林水産省のプロジェクト研究「森林、海洋等におけるCO₂収支の評価の高度化」、「地球温暖化が農林水産業に及ぼす影響の評価」および北海道区水産研究所の経常研究課題「亜寒帯藻場の環境と生物生産構造との関係把握」の一環として行われた。地上および水中光量子量の測定を含む現地調査、時系列データの処理、採集した藻類の同定、有益な議論を通じて本研究に協力して下さった東京海洋大学の田

中次郎教授、歯舞漁業協同組合の職員の皆様、根室市友知の漁業者の皆様（歯舞漁業協同組合友知地区昆布部会所属）、（株）橋本潜水サービスの橋本 優氏、（独）水産総合研究センター水産工学研究所水産土木工学部の川俣 茂主任研究官、同北海道区水産研究所亜寒帯海洋環境部の葛西広海主任研究官に感謝する。

文献

- 阿部英治 1998a. 歯舞地域コンブ漁場の類型化に関する研究. 平成8年度事業報告書: 173-180. 北海道立釧路水産試験場.
- 阿部英治 1998b. 歯舞地域コンブ漁場の類型化に関する研究. 平成9年度事業報告書: 231-236. 北海道立釧路水産試験場.
- 有賀祐勝 1973. 水界植物群落の物質生産 II 植物プランクトン. 共立出版, 東京.
- 有賀祐勝 1986. 水界生態系における藻類の役割. p. 1-13. 秋山 優他 (編) 藻類の生態. 内田老鶴園, 東京.
- 有賀祐勝・横浜康継 1979. 環境要因の測定. 光. p. 436-446. 西澤一俊・千原光雄 (編) 藻類研究法. 共立出版, 東京.
- Campbell, J. W. & Aarup, T. 1989. Photosynthetically available radiation at high latitudes. *Limnol. Oceanogr.* 34: 1490-1499.
- Duarte, C. M. 1991. Seagrass depth limits. *Aquatic Botany* 40: 363-377.
- Fredj, G. 1972. Compte rendu de plongée en S.P. 300 sur les fonds à *Laminaria rodriguezii* Bornet de la pointe de Revellata (Corse). *Bull. Inst. Océanogr., Monaco* 71: 1-42.
- Gallegos, C. L. & Platt, T. 1981. Photosynthesis measurements on natural populations of phytoplankton: Numerical analysis. *Can. Bull. Fish. Aquatic Sci.* 210: 103-112.
- 北海道立釧路水産試験場・歯舞漁業協同組合 1999. 歯舞地域コンブ漁場の類型化に関する研究.
- 海上保安庁水路部 1999. 平成11年度 潮汐表 第一巻.
- 海上保安庁水路部 2000. 平成12年度 潮汐表 第一巻.
- Kasai, H., Saito, H. & Tsuda, A. 1998. Estimation of standing stock of chlorophyll *a* and primary production from remote-sensed ocean color in the Oyashio region, the western subarctic Pacific, during the spring bloom in 1997. *J. Oceanogr.* 54: 527-537.
- Kirk, J. T. O. 1994. Characterizing the underwater light field. p. 112-128. *Light & photosynthesis in aquatic ecosystems*. 2nd. ed. Cambridge Univ. Press., Cambridge.
- 気象庁 1985. 第4章 海水の透明度・水色および消衰係数の測定. p. 85-89. 海洋観測指針. 日本海洋学会, 東京.
- 倉島 彰 1996. 褐藻アラメ及びカジメの光合成と生育に関する生理生態学的研究. 132pp., 東京水産大学博士学位論文.
- 倉島 彰 2003. 現場における光強度の測定. p. 955-957. 竹内均 (編) 地球環境調査辞典 第3巻 沿岸域編. フジテクノシステム, 東京.
- 倉島 彰・横浜康継・有賀祐勝 1996. 褐藻アラメ・カジメの生理特性. *藻類* 44: 87-94.
- Lüning, K. 1990. Light. p. 277-320. *Seaweeds. Their environment, biogeography, and ecophysiology*. John Wiley & Sons, Inc., New York.
- Lüning, K. & Dring, M. J. 1979. Continuous underwater light measurement near Helgoland (North Sea) and its significance for characteristics light limits in the sublittoral region. *Helgoländer wiss. Meeresunters.* 32: 403-424.
- Maegawa, M., Yokohama, Y. & Aruga, Y. 1987. Critical light conditions for young *Ecklonia cava* and *Eisenia bicyclis* with reference to photosynthesis. *Hydrobiologia* 151/152: 447-455.
- Maegawa, M., Yokohama, Y. & Aruga, Y. 1988. Comparative studies on critical light condition for young *Ecklonia cava* and *Eisenia bicyclis* with reference to photosynthesis. *Jpn. J. Phycol.* 36: 166-174.
- 村瀬 昇 2001. 褐藻ノコギリモク *Sargassum macrocarpum* C. Agardh の生態学的研究. 水産大学校研究報告 49: 131-212.
- Murase, N., Kito, H., Mizukami, Y. & Maegawa, M. 2000. Relationships between critical photon irradiance for growth and daily compensation point of juvenile *Sargassum macrocarpum*. *Fish. Sci.* 66: 1032-1038.
- 日本海洋学会 1979. 水中光の測定. p. 114-127. 海洋環境調査法. 恒星社厚生閣, 東京.
- 大山温美 1998. 三重県錦湾におけるカジメ群落の構造と生産力. 40pp., 三重大学生物資源学部修士学位論文.
- 坂西芳彦 1998. 寒海および暖海産コンブ目の光合成特性. 170pp., 東京水産大学博士学位論文.
- 坂西芳彦・飯泉 仁 2001. 北海道東部沿岸に生育する寒海産コンブ目数種の夏季の光合成-光特性. *藻類* 49: 1-6.
- 坂西芳彦・鈴木健吾・宇田川 徹・飯泉 仁・山本正昭 2001a. 釧路市沿岸における夏季のナガコンブの日補償深度. 北海道区水産研究所研究報告 65: 45-54.
- 坂西芳彦・鈴木健吾・宇田川 徹・飯泉 仁・山本正昭 2001b. ナガコンブの光合成及び生産力と関連した水中の光環境について. *藻類* 49: 117-123.
- Sakanishi, Y., Ito, H. & Iizumi, H. 2004. Photosynthetic light-response curves in cold water species of Laminariales at the eastern Pacific coast of Hokkaido. *Jpn. J. Phycol.* 52 (Suppl.): 33-39.
- Spalding, H., Foster, M. S. & Heine, J. N. 2003. Composition, distribution, and abundance of deep-water (>30m) macroalgae in central California. *J. Phycol.* 39: 273-284.
- Taguchi, S., Saito, H., Kasai, H., Kono, T. & Kawasaki, Y. 1992. Hydrography and spatial variability in the size distribution of phytoplankton along the Kurile Islands in the western subarctic Pacific Ocean. *Fish. Oceanogr.* 1: 227-237.
- 瀧谷明朗 1998. リシリコンブの品質に関する要因. 北水試だより 41: 5-8.
- Vadas, R. L. & Steneck, R. S. 1988. Zonation of deep water benthic algae in the Gulf of Maine. *J. Phycol.* 24: 338-346.

(Received 20 May. 2004; Accepted 14 Oct. 2004)

富山湾西部蛇が島のガラモ場における海藻の垂直分布と帯状構造

藤田大介¹・新井章吾²・村瀬昇³・長谷川和清¹・田中次郎¹

¹ 東京海洋大学(108-8477, 東京都港区港南4-5-7)

² (株)海藻研究所(811-0114 福岡県粕屋郡新宮湊坂3-9-4)

³ 水産大学校(山口県下関市長門本町759-6595)

Daisuke Fujita¹, Shogo Arai², Noboru Murase³, Kiyoshi Hasegawa¹, Jiro Tanaka¹: Vertical distribution and zonation of marine algae in *Sargassum* forests at Abugashima Island in western Toyama Bay. Jpn. J. Phycol. (Sôruï)52: 149-155, Nov. 10, 2004

Abstract

Vertical distribution and zonation of marine algae were studied at *Sargassum* forests on the southeastern rocky coasts of Abugashima Island (N36° 56' E137° 2') in western Toyama Bay, Sea of Japan, in June 2001. Along a belt transect (300m long x 1m wide, 0 to 16.7m in depth), nine zones were recognized by diver's scene division and a total of 61 species and 2 encrusting taxa were identified. Species diversity indexes (Shannon-Wiener's function) were larger in deeper zones. Cluster analysis using coefficient of community redivided the nine zones into five structural zones; *Sargassum pilulifera* zone (0-0.5m in depth, lined with articulated corallines), *Sargassum horneri* zone (0.5-1.9m in depth), *Sargassum confusum* zone (1.9-3.6m in depth, subdominated by *Myagropsis myagroides* and *Sargassum patens*), *Sargassum macrocarpum* zone (3.6-11.3m in depth, covered with epiphytic *Acinetospora crinita*) and *Sargassum yendoii* zone (11.3-16.7m in depth, subdominated by *Ecklonia stolonifera* and bottom-drifting *A. crinita*). The deeper three structural zones were perennial zones; maximum standing crop (ca. 4.5kg d.w. m⁻²) was obtained in *S. macrocarpum* zone locating in the middle of the three zones. The usefulness of the scene division method in the survey of marine algal vegetation was discussed.

Key words: diversity, *Sargassum* forest, scene division, Sea of Japan, similarity, Toyama Bay, vertical distribution, zonation

¹ Tokyo University of Marine Science & Technology, 4-5-7, Konan, Minato-ku, Tokyo, 108-8477, Japan

² Marine Algae Research Co.Ltd., 3-9-4, Minatozaka, Shingu, Kasuya, Fukuoka, 811-01, Japan

³ National Fisheries University, 2-7-1, Nagatohomachi, Shimonoeki, Yamaguchi, 759-6595, Japan.

本州中部の日本海側に位置する能登半島の沿岸には10,000haを超えるガラモ場が分布している(環境庁 1994)。この沿岸のガラモ場には約30種のホンダワラ類(新井ら 1996)を含む約300種の花藻が生育しており(藤田 2001a, 藤田ら 1998, 2003), 半島先端(内浦側)の飯田湾(石川県珠洲市)で調べられたノコギリモク *Sargassum macrocarpum* C. Agardhの生産力(谷口・山田 1978)は世界の陸上植物・海藻群落の中でも最大級とされている(谷口 1998)。しかし、この沿岸のガラモ場における海藻の垂直分布に関しては知見が少なく、ライン(またはベルト)トランセクトに基づく観察例は、内浦側の飯田湾(山田・谷口 1977)のほか、外浦側の富来町周辺(石川県水産試験場 1971, 置栖ら 1997)や七ツ島の一つ大島(佐野 1986)に限られ、林床や周辺の下草も含めた調査は飯田湾(山田・谷口 1977)で行われているにすぎない。近年、著者らは能登半島(内浦側)の基部に近い富山湾西部、蛇が島沿岸に発達するガラモ場でホンダワラ類の繁茂期に潜水調査を実施し、相観区分(新井 1997)に基づいて垂直分布を明らかにするとともに、帯状構造についても考察を行ったので報告する。

材料と方法

蛇が島(富山県氷見市, N36°56' E137°2')は、能登半島

東(内浦)側の基部に位置する富山湾最大の島(標高5m, 長径180m, 面積1315m²)で、対岸から約900m離れており、周辺の岩礁域は本土沿岸とは独立したガラモ場となっている(藤田 2001a)。島の位置と周辺の地形をFig. 1に示した。なお、島の航空写真は藤田(2002)に掲載されている。海藻の垂直分布調査は2001年6月6日に島の南東側のガラモ場で行った。

まず、島の船着場の基部(左岸側)から海岸線と直角に全長100mのプラスチック製巻尺を3本継ぎ足し、全長300mの調査線を設けた。次に、著者の一人がこの調査線に沿って潜水して一往復し、目視で相観の区分を行ったうえで詳細な調査を行った。相観の区分は、林冠が発達している場合は林冠構成種の種類や海底基質の割合によって分け、海底基質の割合が同程度でも水深や海水流動などの要因によって多少とも優占種が変化していると判断された場合には区分を設けた。これに対して、砂地の割合が大きく、林冠が疎らな深所側では、海底基質の割合と下草の種類を重視して区分した。

相観により分けた各ゾーンでは、区間の往復遊泳または林床までの反復潜水により幅1mの範囲で大型海藻の出現種を記録したほか、海藻各種と海底基質の被度を目視により5~100%(5%刻み)で判断して記録した。なお、海藻のうち、無節サンゴモとイワノカワ類(エツキイワノカワ *Peyssonnelia caulifera* Okamuraを除く)については水中で種レベルの即

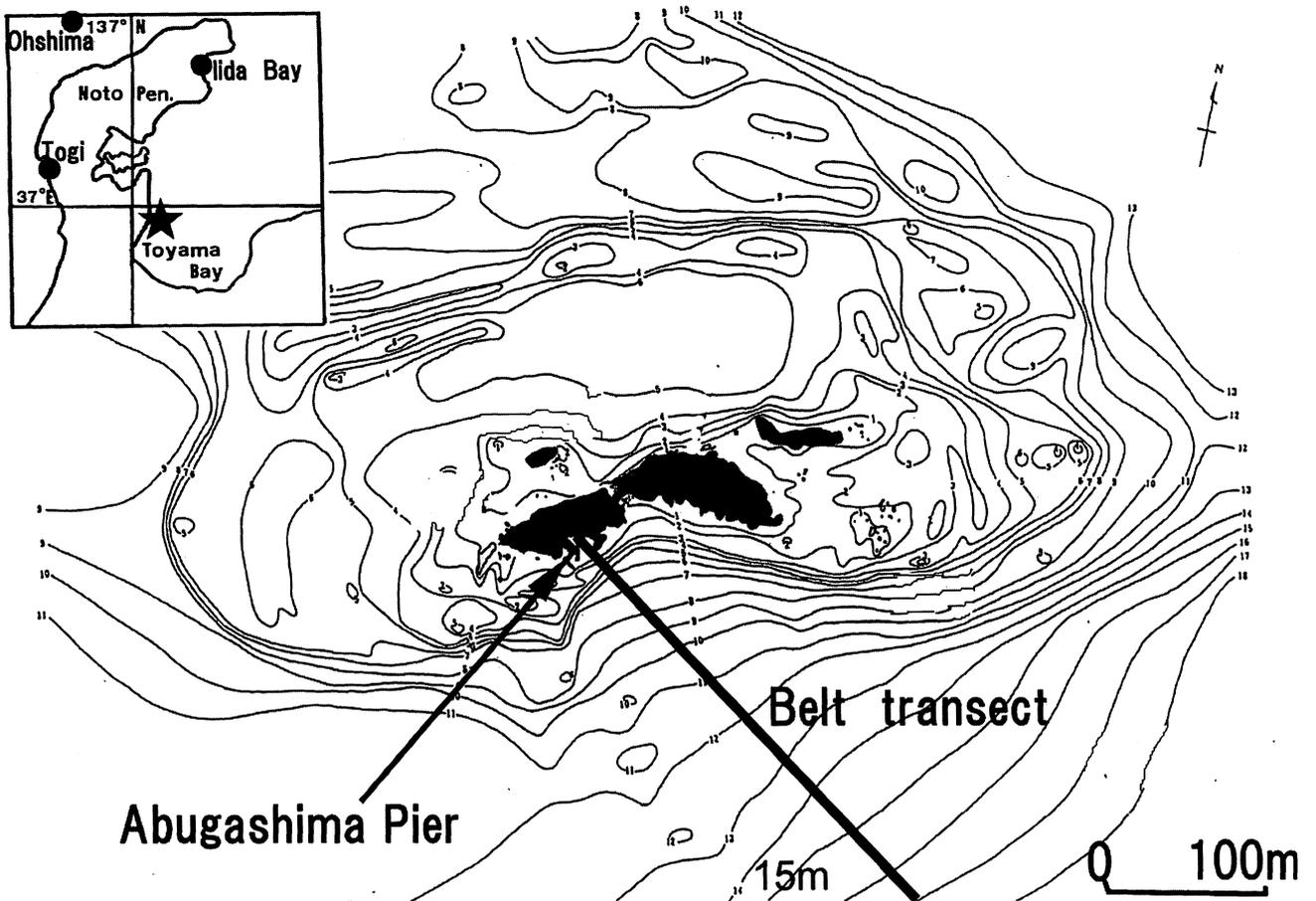


Fig.1 Map of Abugashima Island (★ in the inlet) and its vicinity. (Contours are drawn at intervals of 1 m).

断が困難なため、区別せずにまとめて扱い、以下の解析においても1種とみなした。また、海底基質については、藤田ら(2003)に従い、泥(mud)、砂(sand)、小礫(pebble)、大礫(cobble)、巨礫(boulder)、岩塊(isolate rock)、岩(rock)の7区分とした。

大型海藻の垂直分布はゾーン毎に各種海藻の被度を表にまとめ、各ゾーンの出現種数、各種海藻の出現ゾーン数を求めたほか、ゾーン間の類似度指数(Jaccardの共通係数: $CC = \text{Coefficient of community}$)および各ゾーンのShannon-Wiener関数による多様度指数(H')の算出を試みた。類似度指数および多様度指数については木元・武田(1989)を参照した。なお、Jaccardの共通係数は、値を正規化した後にクラスター解析を行い、Ward法を用いてデンドログラムを作成した。また、Shannon-Wiener関数による多様度指数の算出は被度に基づいて行い、最低被度区分(+ : 5%未満)の階級値を2.5%として扱った。

なお、本調査では海藻相、生産構造および葉上動物相に関する知見も得たが、これについては別途報告済みである(藤田 2002, 藤田ら 2003)。

結果

相観の区分

本調査では、海中の目視により調査線の基点から終点まで

の間(全長300m)を離岸距離0.5m, 3.5m, 9m, 20m, 73m, 105m, 199mおよび240mの8地点で区分し、9つのゾーンを認めた。各ゾーンの海藻出現種の被度をTable 1, 9ゾーンの模式図をFig. 2a, 海底基質の割合をFig. 3に示し、以下に各区分の状況を述べる。

第1ゾーン(離岸距離0~0.5m, 水深0~0.5m)は岩盤帯で、イソモク *Sargassum hemiphyllum* C. Agardhと有節サンゴモ類(下草)が優占していた。第2ゾーン(離岸距離0.5~3.5m, 水深0.5~1.9m)と第3ゾーン(離岸距離3.5~9m, 水深1.9~3.2m)は巨礫帯で、前者ではアカモク *Sargassum horneri* (Turner) C. Agardh, 後者ではフシシモク *Sargassum confusum* C. Agardhおよびジョロモク *Myagropsis miagroides* (Turner) Fensholtが優占していた。以上の3ゾーンは区間距離0.5~5.5mの狭いゾーンとして認められた。

第4ゾーン(離岸距離9~20m, 水深3.2~3.6m)も巨礫帯であるが、大小の礫や岩塊が混じり、ヤツマタモク *Sargassum patens* C. Agardhが優占していた。第5ゾーン(離岸距離20~73m, 水深3.6~9.4m)と第6ゾーン(離岸距離73~105m, 水深9.4~11.3m)は岩塊が発達しており、いずれもノコギリモクやアキネトスポラ *Acinetospora crinita* (Carmichael) Kornmanが目立ったが、第5ゾーンではヤツマタモク、第6ゾーンではエンドウモク *Sargassum yendoi* Okamura et Yamadaの混生が特徴的であった。以上の3ゾーンは区間距離20~53m

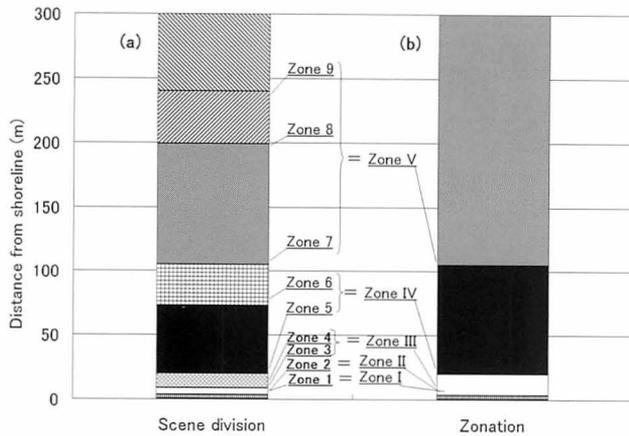


Fig.2 Scene division (a) judged by a diver swimming along a belt transect (300m long, 1m wide) extended southeastward from Abugashima Island and zonation (b) of the same transect proposed from cluster analysis.

の比較的幅広いゾーンとして認められた。

第7ゾーン（離岸距離105～199m，水深11.3～13.1m）以沖は海底基質に占める砂の割合が高かった。このうち，第7ゾーンでは寄り藻となったアキネトスポラが目立ち，第8ゾーン（離岸距離199～240m，水深13.1～14.7m）はエンドウモク，ツルアラメ *Ecklonia stolonifera* Okamura およびフタエオオギ *Distromium decumbens* (Okamura) Levring (下草)，第9ゾーン（離岸距離240～300m，水深14.7～16.6m）はエンドウモクが疎生するゾーンとして特徴付けられた。以上の3ゾーンはそれぞれ区間距離41～94mの幅広いゾーンとして認められた。

調査線上の海藻の被度

調査線上で識別ができたのは，緑藻10種，褐藻30種，紅藻21種2分類群，合計61種2分類群であった (Table 1)。表では岸側の地点（水深）に出現する種・分類群より順に挙げてある。被度が5%以上に及ぶものが21種2分類群あり，その内訳は，林冠形成種13種（ホンダワラ類12種およびツルアラメ），下草構成種7種（いずれもサンゴモ類またはイワノカワ類），林冠着生種1種（アキネトスポラ，ただし，上記の通り，寄り藻としても多産する）であった。このうち，被度50%以上の高い値を示したのは，アキネトスポラ（90%），ヤツマタモク（80%），アカモク（80%），イソモク（60%），ノコギリモク（60%），イワノカワ類（60%），無節サンゴモ類（50%）の5種2分類群であった。

林冠を形成するホンダワラ類の被度（各種の合計）をみると，海岸線から離岸距離105m（水深11.3m）までは100%以上，同199m（水深13.1m）以内でも70%の値を示し，岸（浅所）から順に，イソモク，アカモク，ジョロモク，フシスジモク，ノコギリモク，ヤツマタモク，マメタワラ，エンドウモクが優占種となっていた。それ以外のホンダワラ類では，水深5m以浅でヤナギモク，ヨレモクおよびトゲモク，水深10m以深にウスバノコギリモクが局在し，ホンダワラがほぼすべての調査水深帯に少量ずつ出現した。暖海性コンブ類については，クロメが水深3m付近に僅かに出現しただけであったが，ツルアラメはそれよりも深い水深帯に広く分布し，10m以

深で被度10%に達した。

ゾーン別の海藻の種数

ゾーン別の海藻の種数は14種2分類群～37種2分類群で，第3，第8および第9の各ゾーンで30種を越えたのに対して，第1および第2ゾーンは各々14種，19種と少なかった (Table 1)。また，各ゾーンの多様性指数 (Table 1の最下段) は1.9～3.4の値を示し，第2，第3ゾーンがやや趣を異にするものの，概して沖（深側）に向かって高くなる傾向が認められた。

海藻の種・分類群ごとに出現ゾーン数を調べたところ，9つのゾーンすべてで確認されたのはアカモク，ヒメカニノテ *Amphiroa misakiensis* Yendo，マガリカニノテ *Marginisporum declinata* (Yendo) Ganesan，無節サンゴモ類及びイワノカワ類の3種2分類群で，逆に，1つのゾーンだけで確認された海藻は19種を数えた。この19種のうち，11種は第1または第2ゾーン（すなわち，水深2m以浅）のみで，また，7種が第8または第9ゾーン（水深10m以深）のみで確認された。被度50%以上の高い被度を示した海藻（先述の5種2分類群）に限ってみると，イソモクが浅所に特異的に出現したが，深所のみ分布が限られた種類はなかった。

ゾーン間の類似度解析

各ゾーン間の類似度指数をTable 2に示した。最も高い値を示したのは第7～第8ゾーン間の0.82で，第4～第5ゾーン間の0.79がこれに次いだ。逆に，第1～第6～第9ゾーン間および第2～第9ゾーン間の5区間がいずれも0.2以下と低かった。また，隣接ゾーン間に注目すると，第1～第2ゾーンと第2～第3ゾーン間が0.5以下の低い値を示した以外は0.58～0.82の比較的高い値を示し，例外は認められるものの，沖側に向かって類似度が高くなる傾向が認められた。これらの類似度指数に基づいてデンドログラム (Fig. 4) を作成した結果，第3～第4ゾーン，第5～第6ゾーンおよび第7～第9ゾーンがそれぞれグループを成し，第1および第2ゾーンがややかけ離れていた。そこで，これらを踏まえて本調査線の群落を離岸距離0.5m，3.5m，20mおよび105mの4地点で5つのゾー

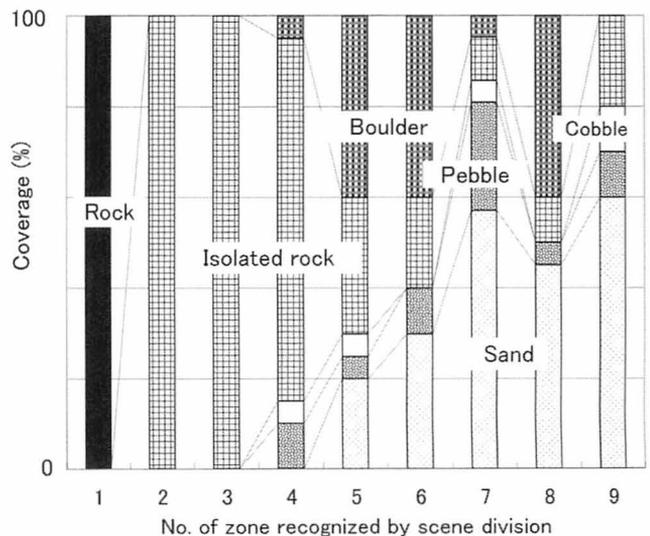


Fig.3 Coverage (%) of bottom substrata in 9 scene divisions judged by a diver.

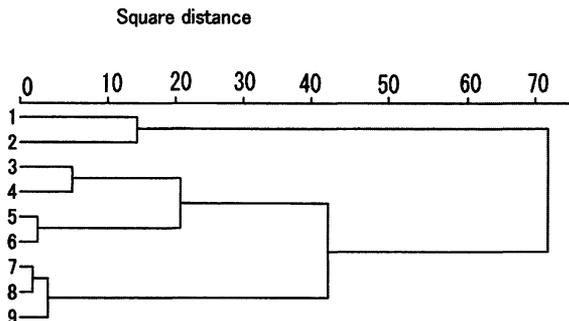
Table 1 Vertical distribution of marine algae on a belt transect extended southeastward from Abugashima Pier.

Zone number	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Distance (m)	0.0	0.5	3.5	9.0	20.0	73.0	105.0	199.0	240.0	300.0
Depth (m)	0.0	0.5	1.9	3.2	3.6	9.4	11.3	13.1	14.7	16.6
<i>Enteromorpha intestinales</i>	+									
<i>Cladophora</i> sp.	+									
<i>Leathesia difformis</i>	+									
<i>Sargassum hemiphyllum</i>	60									
<i>Acrosorium venulosum</i>	+									
<i>Gelidium elegans</i>	+	+	+							
<i>Corallina pilulifera</i>	25	+	10	+						
<i>Amphiroa zonata</i>	20	10	+	5	+	+				
<i>Cladophora japonica</i>	+	+	+	+	+			+	+	
◎ <i>Sargassum horneri</i>	40	80	20	+	+	+	+	+	+	
◎ Encrusting corallines	50	30	30	40	50	40	10	20	5	
◎ <i>Amphiroa misakiensis</i>	+	+	+	+	+	+	+	+	+	
◎ <i>Marginisporum declinata</i>	30	+	+	+	+	+	+	+	+	
◎ Peysonneliaceae	5	60	50	40	5	5	+	+	+	
<i>Ulva pertusa</i>		+								
<i>Sargassum ringgoldianum</i>		+	+							
<i>Plocamium cartilagineum</i>		+	+	+						
<i>Galaxaura farcata</i>		+	+	+	+					
<i>Myagropsis myagroides</i>		+	30	+	+					
<i>Sargassum macrocarpum</i>		+	5	5	60	20	+	+		
<i>Palmophyllum orbiculare</i>		+	+	+	+	+	+	+	+	
<i>Cutleria multifida</i>		+	+	+		+	+	+	+	
<i>Sargassum patens</i>		+	20	80	40	10	+	5	+	
<i>Cladophora vagabunda</i>			+							
<i>Padina arborescens</i>			+							
<i>Ecklonia kurome</i>			+							
<i>Sargassum confusum</i>			40							
<i>Sargassum micracanthum</i>			5							
<i>Codium arabicum</i>			+	+						
<i>Sargassum siliquastrum</i>			+	10						
<i>Jania nipponicum</i>			+	+	+	+				
<i>Acinetospora crinita</i>			+	5	90	50	50	+	+	10
<i>Hydroclathrus clathratus</i>			+				+	+	+	
<i>Sargassum fulvellum</i>			+	5	+	+	+	+	+	
<i>Sargassum yendoi</i>			+		10	40	5	30	20	
<i>Marginisporum crassissima</i>			+	+	+	5	+	+	+	
<i>Jania adhaerens</i>			+	+	+	+	+	+	+	
<i>Peysonnelia caulifera</i>			+	+	20	+	+	+	+	
<i>Portieria hornemannii</i>			+	+	+	+		+	+	
<i>Amphiroa anceps</i>				+	+	+	+	+	+	
<i>Ecklonia stolonifera</i>				+	+	+	5	10	5	
<i>Sargassum piluliferum</i>				20	5	30	10	10	+	
<i>Chaetomorpha</i> sp.					+					
<i>Lomentaria catenata</i>					+	+				
<i>Distromium decumbens</i>					+	+	10	20	5	
<i>Halopteris filicina</i>					+	+	+	+	5	
<i>Predaea japonica</i>					+		+	+	+	
<i>Lobophora</i> spp.							+	+	+	
<i>Dictyopteris undulata</i>							+	+	+	
<i>Chorda firum</i>							+	+	+	
<i>Corallina officinalis</i>							+	+	+	
<i>Gracilaria textorii</i>							+	+	+	
<i>Gigartina intermedius</i>							+	+	+	
Chordariaceae								+		
<i>Punctaria kinoshitae</i>								+	+	
<i>Acrothrix</i> sp.								+	+	
<i>Sargassum serratifolium</i>								+	+	
<i>Codium hubbsi</i>									+	
<i>Caulerpa okamurai</i>									+	
<i>Sporochnus radiformis</i>									+	
<i>Asperococcus bullosus</i>									+	
<i>Halarachnion latissimum</i>									+	
<i>Champia bifida</i>									+	
Total number of species	14	19	33	27	28	25	28	34	38	
H'(Shannon-wiener function)	2.1	1.9	2.8	2.4	2.4	2.5	2.7	3.0	3.4	

+ : less than 5 % in coverage. ◎ : Species or group occurred in all of 9 scene zones.

Table 2 Coefficients of community in 9 zones recognized by scene division (See Fig. 2a and Table 1).

Zone 1	1								
Zone 2	0.39	1							
Zone 3	0.25	0.47	1						
Zone 4	0.25	0.44	0.68	1					
Zone 5	0.2	0.35	0.49	0.58	1				
Zone 6	0.19	0.31	0.46	0.67	0.79	1			
Zone 7	0.14	0.24	0.35	0.45	0.56	0.63	1		
Zone 8	0.15	0.24	0.45	0.39	0.56	0.58	0.82	1	
Zone 9	0.14	0.19	0.33	0.37	0.47	0.49	0.69	0.8	1
	Zone 1	Zone 2	Zone 3	Zone 4	Zone 5	Zone 6	Zone 7	Zone 8	Zone 9



No. of zones recognized by scene division

Fig.4 Dendrogram constructed from cluster analysis (Ward method) of 'coefficients of community' of 9 zones recognized by scene division.

に再区分し (Fig. 2 b), 各ゾーンの概要を Table 3 にまとめて示した。

第Iゾーン (離岸距離0~0.5m, 水深0~0.5m) はイソモクが優占する岩盤帯 (有節サンゴモ類が下草として繁茂), 第IIゾーン (離岸距離0.5~3.5m, 水深0.5~1.9m) はアカモクが優占する巨礫帯上部, 第IIIゾーン (離岸距離3.5~20m, 水深1.9~3.6m) はフシスジモクが優占し, ジョロモクおよびヤツマタモクが混生する巨礫帯下部, 第IVゾーン (離岸距離20~105m, 水深3.6~11.3m) はノコギリモクが優占し, アキネトスポラの着生が顕著な岩塊帯, 第Vゾーン (離岸距離105~300m, 水深11.3~16.6m) はエンドウモクが優占し

寄り藻状のアキネトスポラも多産する砂礫混合帯ということが出来る。各ゾーンの種数は14~40種で, 種数, ゾーン固有種数ともに第Vゾーンが最も高く, 第IIIゾーンがこれに次いだ (Table 3)。

考察

相関区分ごとの植生調査

本研究では新井 (1997) に従い, 底質などによる相関区分に基づいた調査を行い, ガラモ場における海藻の垂直分布や帯状分布を明らかにした。一般に, 漸深帯の海藻群落における潜水調査は, 予算規模や調査時期, 海況に左右されやすく, 人員や日程・作業時間の制限も受けることが多い。特に, 群落高や現存量が大きく, 複雑な立体構造が発達するガラモ場で定量的調査を行うためには, 調査線の設定・回収, 観察 (相関区分・被度判定を含む), 測深, 写真・ビデオ撮影, 坪刈, あるいは個体・海底基質へのマーキングなどの多くの作業をこなす必要がある。しかし, 現存量, 生産構造, 葉上・底生動物などに注目している場合には, 調査環境として植生が概観できればよい場合も多く, 簡便な調査手法が望まれる。

今回行った相関区分による植生観察法は, 離岸距離別または水深別の被度・坪刈調査と比べて主観に左右されやすく, 海中における海藻の識別・同定にある程度の熟練も要するが, 設定した距離 (または水深) 間隔よりも狭い範囲の植生変化

Table 3 Zone of marine algae on a belt transect off Abugashima Pier, produced by cluster analysis shown in Fig. 4.

Zone	I	II	III	IV	V
Zone of scene division*	1	2	3-4	5-6	7-9
Distance from shoreline (m)	0-0.5	0.5-3.5	3.5-20	20-105	105-300
Depth (m)	0.0-0.5	0.5-1.9	1.9-3.6	3.6-11.3	11.3-16.9
Dominant bottom type(s)	Rock	Isolated rock	Isolated rock	Boulder, isolated rock, sand	Sand, boulder, pebble
Total number of algal species	14	19	36	29	40
Number of species endemic to each zone	5	0	7	2	16
Dominant canopy-forming algae**	<i>S. hemiphyllum</i> <i>S. horneri</i>	<i>S. horneri</i>	<i>S. patens</i> <i>S. confusum</i> <i>M. myagroides</i> <i>S. piluliferum</i>	<i>S. macrocarpum</i> <i>S. patens</i> <i>S. yendoii</i> <i>S. piluliferum</i>	<i>S. yendoii</i> <i>S. piluliferum</i> <i>E. stolonifera</i>
Major non-canopy algae**	Nongeniculate coralline algae	Squamariaceae	<i>A. crinita</i> Squamariaceae	<i>A. crinita</i> Squamariaceae	<i>A. crinita</i>

*: See Table 1, **: > 20% in maximum coverage.

を検知することが可能となり、長い距離を遊泳移動して調べなければならない大規模な藻場や複雑な凹凸を繰り返す起伏海岸の調査では大幅に労力を削減することができる。また、結果の客観性については数値解析を加えることにより改善が可能で、下草も含めた海藻群落の帯状構造を把握するためにも有益と考えられる。

虻が島の垂直分布

虻が島の海藻相については藤田ら (2003) が考察を行っているので、ここでは垂直分布に限って議論を加える。この島の沿岸では、水深とともに岩や礫が減少して砂地の占める割合が増えるため、海藻全体の被度もこれに伴って低下するが、種の多様性はこれと反対に高くなる傾向が認められた。特に、水深16mまで海藻の植生が豊かで、浅所よりも深所で種の多様性が高くなるパターンは、同じ日本海沿岸でも、植生の乏しい無節サンゴモ群落が藻場の沖側を占める北海道南西岸のコンブ場 (例えば、藤田 1989 齋藤ら 2002) や本州中部のガラモ場 (例えば、山田・谷口 1977) などとは全く様相を異にする。虻が島を含む富山湾西部は、富山湾の他の海域と比べて静穏で貧栄養ではあるが、透明度が高く (藤田・小善 2002)、ウニなどの植食動物が極めて少ない (藤田ら 2003) ために豊かな植生が保たれていると考えられる。

本研究では、出現海藻の類似度指数に基づき、イソモク優占帯、アカモク優占帯、フシスジモク優占帯、ノコギリモク優占帯、エンドウモク優占帯の5ゾーンを認めることができた。この5つのゾーンのうち、上位2ゾーンは1年生林冠、下位3ゾーンは多年生林冠のゾーンとなっていることから、おおまかには波浪・海水流動の影響で2区分され、それよりも細かい帯状構造は、林冠形成種の光要求量、成長速度および到達する成体サイズの違い、砂面変動あるいは種間の競合などによって決定されていると推察される。

特に、調査線の近傍 (水深4.6m) で調べたノコギリモクの現存量 (約4.5kg d. w. m⁻²) は、坪刈を実施した6地点の中で最高の値を示した (藤田ら 2003)。この値は石川県飯田湾 (水深4-6m) の7.1kg d. w. m⁻² (谷口・山田 1978) に次ぐもので、山口県深川湾 (水深8m, 岩盤上) の1.2kg d. w. m⁻² (Murase and Kito 1998) を大きく上回っている。ノコギリモクは、多年生林冠 (第III~V) ゾーンの中位 (第IVゾーン) で優占し、最大の現存量を示したことから、本種が比較的安定した生育環境 (この地区の場合は波浪や砂面変動の影響が小さい環境) において競合上優位な存在となっていることが示唆される。

なお、第Vゾーンのような区域は、水深10m以浅に限られた調査 (例えば平成7年に行われた環境庁の海域生物環境調査、データは未公表) では対象外となり、また、砂地の占める割合が高いため、藻場として認められていない可能性もある。しかし、能登半島沿岸ではこれまでに内浦町 (藤田ら 1998) でしか見つかっていないウスバノコギリモク *Sargassum serratifolium* (Mertens ex Turner) C. Agardhをはじめ、北陸沿岸では希少種とみなされる種が多い (藤田ら 2003)。このような深所の海藻生育地は、近年富山湾でも問題となって

いる海水の停滞や濁り・浮泥堆積 (藤田・小善 2002) の影響を受けやすく、周辺も含めた環境の保全に留意する必要がある。

能登半島の他地点との比較

緒言でも示した能登半島周辺における既往の調査地点 (Fig. 1の挿入図を参照) では下草の調査が十分に行われていないので、ここでは浅所を中心としたホンダワラ類の出現状況を中心に二三の相違点を列挙する。まず、最も外海的な環境にある大島では群落の最上位をナラサモ *Sargassum nigrifolium* Yendo が占め、イソモクが水深5mまで分布し、ノコギリモクが水深10m以深で優占する (佐野 1986) のに対して、虻が島の場合はナラサモ帯を欠き、イソモクやノコギリモクも比較的浅所を占める。また、富来漁港ではアキヨレモク *Sargassum autumnale* Yoshida が群落の最上位を占める (置栖ら 1997) が、虻が島では本種の生育は知られていない。能登半島沿岸では、ナラサモは半島先端部 (富来町~内浦町) の外海域 (藤田ら 1998)、アキヨレモクは港湾や離岸堤内側などの静穏域 (新井ら 1996, 藤田 2001) に局所的に知られていることから、優占種や分布水深の違いには波浪の強弱が影響を及ぼしていると考えられる。なお、各調査区域とも、オオバモクの出現状況は一定していない。例えば、飯田湾では赤崎の水深2m付近で優占するのに対して能登鵜飼ではこれが認められず (山田・谷口 1977)、虻が島の調査線でも顕著な優占帯を成していなかったが、少し離れた場所 (岩盤が隆起した区域、水深2m付近) ではパッチが認められる (藤田 未発表)。このように、ガラモ場の浅所における帯状構造は決して単純なものではなく、各種海藻のパッチによって構成されると考えられるので、必要に応じて微地形に応じた補完調査を行うべきである。

謝辞

本調査は環境省の重要藻場調査手法検討調査の一環として行われた。調査の機会を与えられた環境省、国際湿地保全連合日本委員会および氷見漁業協同組合の関係各位、島との往復のために船舶を出していただいた川辺春雄、水谷実路の各氏、潜水作業の労を惜しまれなかった塚田行人、大田希生の各氏に対し、この場を借りて厚くお礼を申し上げる。

引用文献

- 新井章吾 1997. 海藻群落の相観に基づく層 (stratum) の認識と標本抽出. 月刊海洋 29: 475-478.
- 新井章吾・筒井 功・寺脇利信 1996. 能登半島に生育するホンダワラ類の概要と生態的視点を背景とした検索表. のと海洋ふれあいセンター研究報告 2: 7-16.
- 藤田大介 1989. 北海道大成町の磯焼け地帯の海藻の分布. 南紀生物 31: 109-114.
- 藤田大介 2001a. 氷見市・高岡市沿岸の海藻と藻場. 氷見漁業協同組合. 氷見.
- 藤田大介 2001b. 富山県沿岸産海藻目録 (2001年改訂版) 富山県水試研報 13: 1-18.
- 藤田大介 2002. 氷見市虻が島のガラモ場調査. 藻類 50: 45-46.

- 藤田大介・小善圭一 2002. 富山湾の漁場環境 2001. 富山県水産試験場. 滑川.
- 藤田大介・筒井 功・佐野 修 1998. 石川県能登半島沿岸産海藻目録. のと海洋ふれあいセンター研報告 4:27-44.
- 藤田大介・新井章吾・村瀬 昇・田中次郎・渡辺孝夫・小善圭一・松村 航・長谷川和清・千村貴子・佐々木美貴・松井香里 2003. 氷見市蛇が島周辺のガラモ場の垂直分布, 生産構造および葉上動物相. 富山県水試研報 14:43-60.
- 石川県水産試験場 1971. 志賀・富来町沿岸海域の環境要因と温排水の影響予察調査報告書. 石川水試試料 No. 65. 宇出津.
- 環境庁自然保護局 1994. 第4回自然環境保全基礎調査海域生物環境調査報告書 第2巻 藻場. 財団法人海中公園センター, 東京.
- 木元新作・武田博清 1989. 群集生態学入門. 共立出版社. 東京.
- Murase, N. & Kito, H. 1998. Growth and maturation of *Sargassum macrocarpum* C. Agardh in Fukawa Bay, the Sea of Japan. Fisheries Sci. 64:393-396.
- 置栖孟・尾崎利治・前田英昭・梨村要一 1997. 造成藻場の植生予測法の現地設計適用. 海岸工学論文集 44:1211-1215.
- 斎藤暢宏・金子友美・川嶋昭二・角田博義・新井章吾・四ツ倉典滋・川井唯史 2002. 北海道日本海南西部岩内のホソメコンブ群落に出現した海藻種とその葉上動物. 日本ベントス学会誌 57:43-53.
- 佐野 修 1986. セツ島の海藻群落—南岸と湾内部—. pp. 105-121. 石川県環境部 (編) 舩倉島・セツ島の自然. 石川県.
- 谷口和也 1998. 磯焼けを海中林へ—岩礁生態系の世界—. 裳華房. 東京.
- 谷口和也・山田悦正 1978. 能登飯田湾の漸深帯における褐藻ヤツマタモクとノコギリモクの生態. 日水研報 29:239-253.
- 山田悦正・谷口和也 1977. 能登半島飯田湾の漸深帯における海藻の垂直分布. 石川水試研報 2:3-40.

(Received 5 June 2004, Accepted 10 Oct. 2004)



寺脇利信¹・新井章吾²: 17. 神奈川県横須賀市芦名地先の離岸堤

はじめに

本シリーズでは、三浦半島に関して、相模湾に面する西岸の横須賀市秋谷・尾ヶ島地先の岩礁底(寺脇・新井2000a)および小田和湾地先の砂泥底(寺脇・新井2003)の、藻場の景観模式図を掲載した。これらは、自然の海底に形成されている藻場である。今回は、前報と同じ海域と言える小田和湾の湾口部に位置する横須賀市芦名地先に設置された離岸堤について、岩礁性藻場をつくる海藻類の着生基質と見なして、観察する機会を得たので報告する。

本シリーズも、足掛け6年目となり、ここまで連載を継続できたことについて、様々な側面から支えて下さった方々に感謝したい。藻場の景観模式図を描く方法も、ある程度の類型化に基づく考え方で、ぼんやりとはあるが、整理されてきている。すなわち、海藻群落の相観に関する理解を深め、相観に基づく層(Stratum)を認識し、標本を抽出した後に、取得したデータ(新井1997)を採用して、図化するという方法である。

なお、本シリーズで用いているデータ類は、取得した年代を見ても分かる通り、筆者ら自身の、海底の実態把握および藻場の景観模式図の作成に向けての、見解を形づくる過程のものも含まれている。観察に基づく相観の理解は、初めて

訪れた現地において、データを取得する際の作業仮説にも相当する。現地海底の実態把握に迫るにあたり、藻場の景観模式図などによる整理の次のステップとして、繰り返し数の満たされた取得データに関して行なわれる統計的な処理は、一層、有意義であると考えている。

今後は、本連載を通じて個々の地先についての情報発信を続けるとともに、別の機会等を模索して複数の景観模式図を比較しての考察など深め、公表したいと考えている。

17. 神奈川県横須賀市芦名地先の離岸堤

現地の概要と方法

本州太平洋岸の中部・神奈川県三浦半島の西岸に位置する小田和湾湾口部・笠島における北面の岩礁底では、潮間帯から低潮線付近にヒジキ *Sargassum fusiforme* (Harvey) Setchell, イソモク *S. hemiphyllum* (Turner) C. Agardh, アカモク *S. horneri* (Turner) C. Agardhなどのホンダワラ類が、低潮線付近から水深1~2mに暖海性コンブ類のアラメ *Eisenia bicyclis* (Kjellman) Setchellが、水深3~4mにアラメとカジメ *Ecklonia cava* Kjellman in Kjellman et Petersenが混生し、そして、5m以深にカジメが優占する垂直分布を示して生育する(電中研1988)。小田和湾の砂泥底で

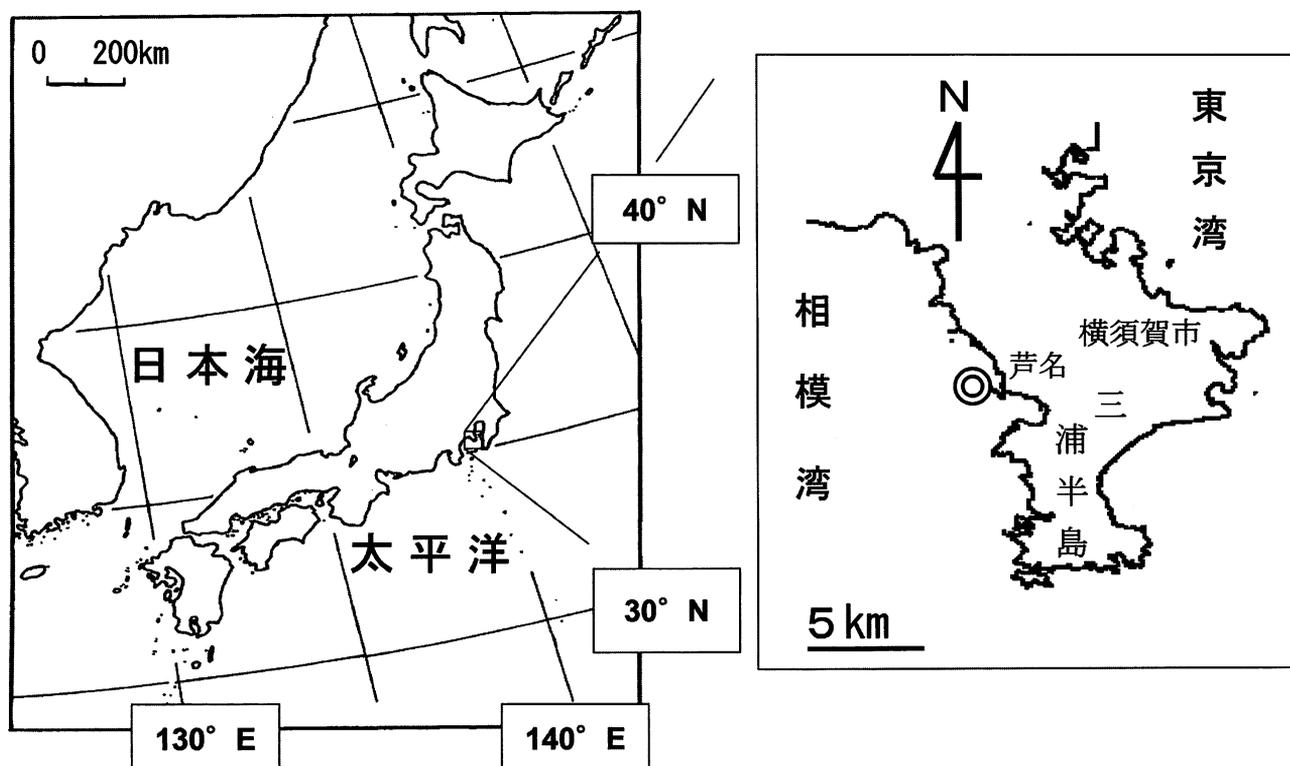


図1 神奈川県三浦半島・芦名地先の離岸堤の概略位置

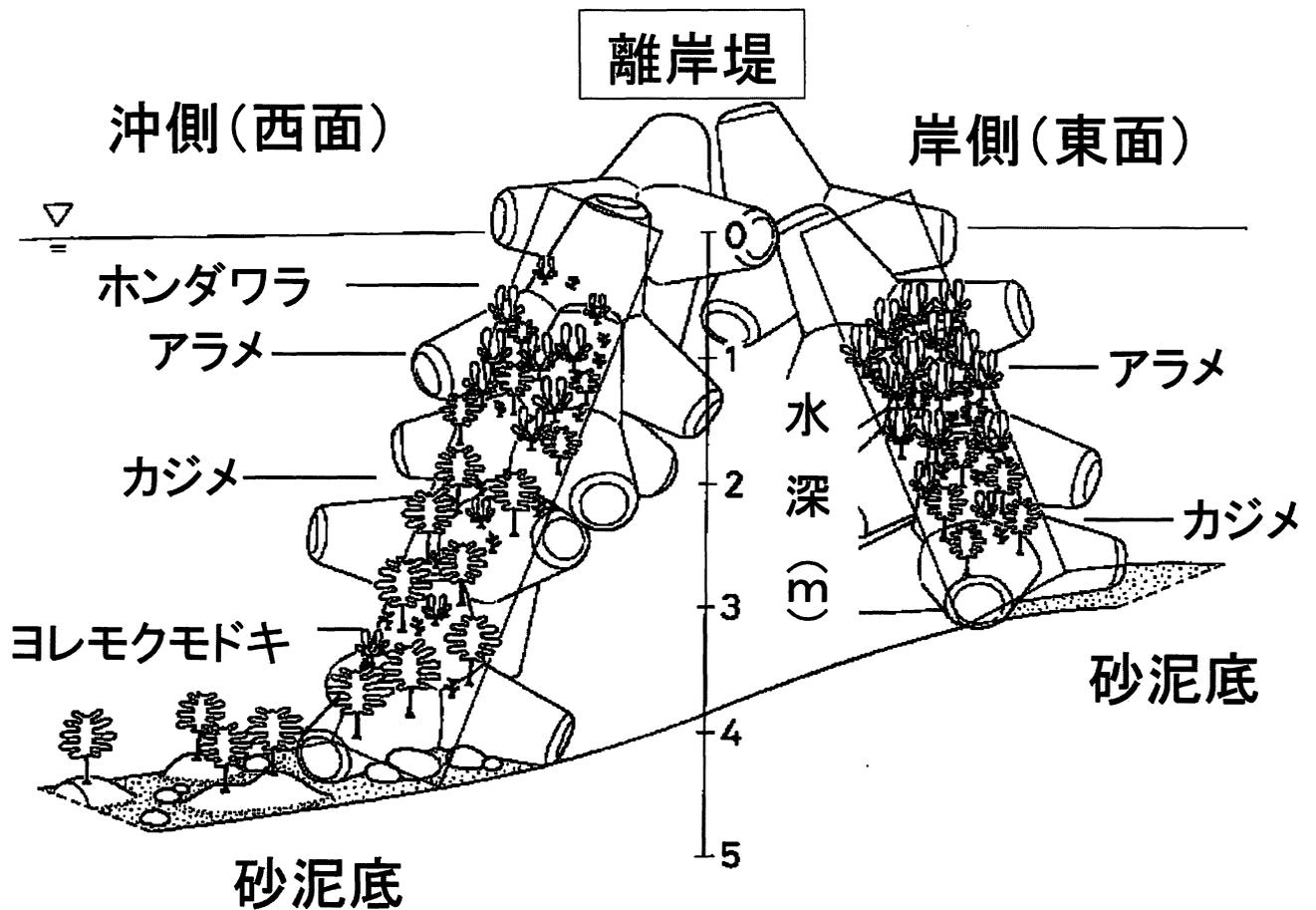


図2 神奈川県三浦半島・芦名地先の離岸堤における藻場の景観模式図(1993年11月)

は、湾奥部で潮間帯から水深2mにかけてコアマモ *Zostera japonica* Aschers et Graebnおよびアマモ *Z. marina* Linnaeus が、一方、湾口部で水深1mから6mにアマモおよびタチアマモ *Z. caulescens* Miki が生育する、垂直分布を示している(寺脇・新井2003)。

1993年11月26日に、SCUBA潜水により、芦名地先の水深3~4mに設置されている離岸堤全体を、広く観察した(図1)。次に、波浪の低減による静穏化に係わる条件を重視し、離岸堤の沖側(西面)と岸側(東面)の両面を調査した。沖側(西面)ではホンダワラ *S. fulvellum* (Turner) C. Agardhがみられる水深0.5mから、岸側(東面)ではホンダワラがみられずアラメがみられる水深0.9mから、離岸堤を構成する消波ブロックが砂泥底に接する水深まで、海藻類の被度を計測した。

結果

沖側(西面)(図2の左側)

水深0.5~1.0m:ホンダワラが被度10%で優占し、アラメがわずかに混生した。

水深1.0~1.3m:アラメが被度60%で優占し、カジメが被度5%で混生した。

水深1.3~2.1m:カジメが被度40%で優占し、アラメが被度30%で混生した。

水深2.1~3.2m:カジメが被度50%で優占し、ヨレモクモドキ *S. yamamotoi* Yoshidaが被度5%で混生した。

水深3.2~4.4m:消波ブロックおよび砂泥底上の石で、カジメが被度50%で優占し、ヨレモクモドキがわずかに混生した。

岸側(東面)(図2の右側)

水深0.9~1.5m:アラメが被度90%で優占し、ヨレモクモドキがわずかに混生した。

水深1.5~2.1m:アラメが被度60%で優占し、カジメおよびヨレモクモドキがそれぞれ被度5%で混生した。

水深2.1~3.0m:カジメが被度40%で優占し、アラメが被度5%で混生した。

まとめ

1993年11月26日、神奈川県三浦半島西岸の小田和湾湾口部の横須賀市芦名地先・水深3~4mに設置されている離岸堤において、沖側(西面)では水深0.5mからホンダワラ、アラメそしてカジメが優占し、岸側(東面)では水深0.9mからアラメおよびカジメが優占した。

注目点

三浦半島西岸の小田和湾湾口部の芦名地先の離岸堤では、沖側(西面)でホンダワラ、アラメそして、カジメが優占し、岸

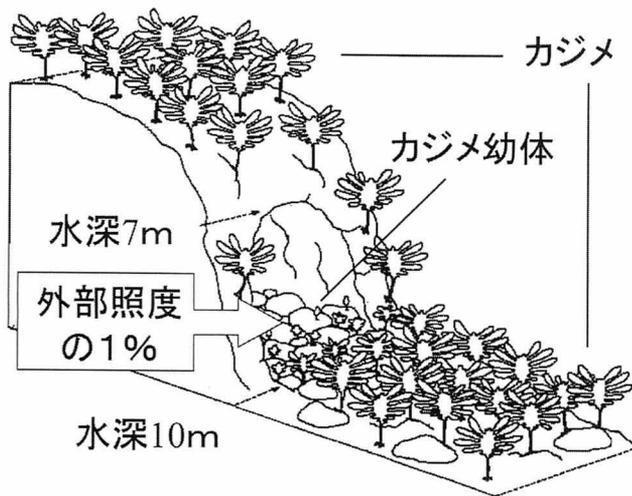


図3 水深10mの水中洞穴周辺でのカジメの生育に及ぼす光量の影響についての検討(寺脇1990)

側(東面)ではアラメおよびカジメが優占した。これらは、小田和湾湾口部・笠島の岩礁底での、潮間帯から低潮線付近にかけてヒジキ、イソモク、アカモクなどホンダワラ類が、続いて低潮線付近でアラメ、さらにカジメ優占となる垂直分布(電中研1988)と基本的に一致していた。ただし、アラメおよびカジメが比較的浅い水深から優占していることから、笠島の調査位置よりも波浪の影響が小さいとみられる。

離岸堤の沖側(西面)では、冬季の北西等からの季節風による海水流動の影響が大きいことにより、アラメの浅所における分布がやや制限され、ホンダワラ類の優占がもたらされていると考えられる。冬季の北西等からの季節風による海水流動の影響としては、新潟県能生町の瀬の西面でクロメの生育が冬季の季節風浪により制限を受けていた状況(寺脇・新井2000b)と同質の現象である。しかし、これら冬季の季節風浪の影響によるアラメ・カジメ類の生育の制限状況としては、太平洋に面する相模湾では、日本海沿岸よりもごく浅所に限られている。一方、岸側(東面)の浅所においては、沖側(西面)に比べて、周年にわたり海水流動の影響が小さく、干潮時には沖側(西面)よりも乾燥にもさらされやすいことなどが加わって、より浅所におけるアラメ等の大型海藻の生育が制限されていると考えられる。

三浦半島西岸の水深10mの岩礁底の海中洞穴内部では、カジメは、照度が減少するほど全長および生育密度とも減少し、照度が洞穴外部の約1%以下では認められなかった(図3)。また、水深6mから20mまで、1年間、アラメ・カジメ藻体を選択的に除去すると、ホンダワラ類のヨレモクモドキが、水深7~8mで優占し、水深12mまでみられるものの、除去の中止2年後に、再び、全水深でカジメが繁茂し自然の状態に戻った(図4)。この離岸堤では、比較的浅い水深から優占し

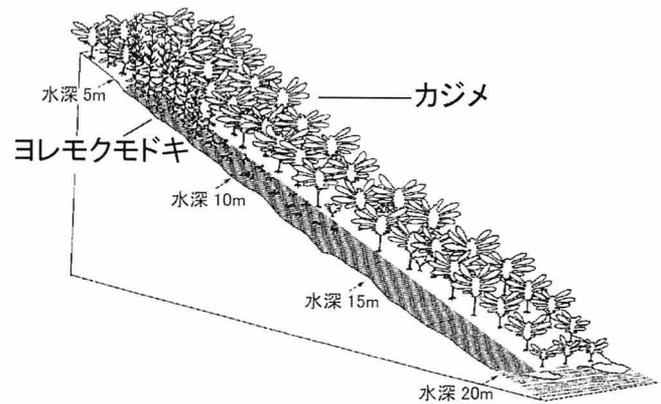


図4 カジメを人為的に刈り取り続けた海底面でのホンダワラ類の入植に関する現地実験(寺脇・新井2000aを改変)

ているアラメ・カジメ類に対し、砂面との境界域にあたる深所側(水深3~4m)では、波で動かされた砂泥の作用による基質表面の刷新面(今野1984)に、人為的にカジメが除去された尾ヶ島地先(寺脇・新井2000a)と同様に、ヨレモクモドキが混生する機会が生じやすくなると考えられる。

謝辞

潜水観察にご協力いただいた横須賀市自然人文博物館長の林公義博士(当時)、および、観察地点の確保にご協力いただいた横須賀市大楠漁業協同組合、特に芦名支所の皆様へ感謝する。本模式図の公表に際し便宜を図って下さった(財)電力中央研究所にお礼を申し上げる。

文献

- 新井章吾 1997. 海藻群落の相観に基づく層(Stratum)の認識と標本抽出. 月刊海洋 326:475-478.
- 電力中央研究所 1988. 海中林造成技術の基礎的検討 第2報 カジメ幼体の入植と人工基盤の表面形状. 電力中央研究所研究報告U88037, pp.1-26.
- 今野敏徳 1984. 漸深帯海藻群落の構造と群落形成に関する実験的研究. 北海道大学学位論文(理学), 390pp.
- 寺脇利信 1990. 大型海藻アラメ・カジメ類の生育制限要因に関する現地調査. 海洋開発論文集 6:37-42.
- 寺脇利信・新井章吾 2000a. 藻場の景観模式図3. 神奈川県横須賀市秋谷沖・尾ヶ島地先. 藻類 48:33-36.
- 寺脇利信・新井章吾 2000b. 藻場の景観模式図5. 新潟県能生町百川地先. 藻類 48:237-239.
- 寺脇利信・新井章吾 2003. 藻場の景観模式図12. 神奈川県三浦半島・小田和湾の海草藻場. 藻類 51:7-10.

(¹〒739-0452 広島県佐伯郡大野町丸石2-17-5 瀬戸内海区水産研究所, ²〒811-0114 福岡県粕屋郡新宮町湊坂3-9-4 (株)海藻研究所)

藻類学最前線



瀧下清貴：渦鞭毛藻類の葉緑体の起源および進化をめぐる論争

光合成を行う渦鞭毛藻類の大部分は、ペリディニンと呼ばれる色素を主要カロテノイドとする3重包膜の葉緑体（ペリディンタイプ葉緑体）を有している。しかし、ごく一部の種はペリディンタイプ葉緑体と色素組成、構造が異なる葉緑体を持つことが知られている。例えば、有毒・有害種として有名な *Karenia*, *Karlodinium* および *Takayama* 属の葉緑体は、ペリディニン色素を全く持たず、その代わりにフコキサンチンやその誘導体を主要カロテノイドとして持っている。興味深いことに、これらフコキサンチン誘導体タイプ葉緑体の色素組成はハプト藻類のものと同様である。渦鞭毛藻類の核rDNAの分子系統解析の結果を見ると、ペリディンタイプ葉緑体を有する種は、その系統内で幅広く分布しており、一方、フコキサンチン誘導体タイプ葉緑体を有する種は比較的最近になって派生してきたものであることが示唆されている⁽¹⁾⁽²⁾。このことから、*Karenia*, *Karlodinium* および *Takayama* 属の渦鞭毛藻種は、元々はペリディンタイプの葉緑体を有していたが、進化の過程で「葉緑体置換」によりフコキサンチン誘導体タイプ葉緑体を獲得したと考えられる（図1A）。さらに最近、核にコードされ、細胞質で翻訳された後、葉緑体へ輸送されて光化学系IIで機能する遺伝子 *psbO* の分子系統解析から、ペリディンタイプ葉緑体の起源は2次共生により獲得された紅藻類であり、フコキサンチン誘導体タイプ葉緑体の起源は3次共生により獲得されたハプト藻類である可能性が指摘された⁽³⁾。

ところが、2002年のアメリカ科学アカデミー紀要（PNAS）において、渦鞭毛藻類の葉緑体の起源および進化に関する上

記の仮説を根底からくつがえす論文が発表された⁽⁴⁾。その論文では、2種類の葉緑体ゲノムにコードされる遺伝子、*psaA* と *psbA*（共に光化学系の膜タンパク質）の塩基配列情報に基づいた分子系統解析により、渦鞭毛藻類のペリディンタイプ葉緑体とフコキサンチン誘導体タイプ葉緑体の単系統性が示され、さらに渦鞭毛藻類クレードの姉妹群がハプト藻類であることが示された。上記の系統関係は、共に高いブートストラップ値により支持されていた。この結果から、渦鞭毛藻類のペリディンタイプ葉緑体とフコキサンチン誘導体タイプ葉緑体の起源は同一であり、その起源はハプト藻類であることが示唆されたわけである（図1B）。この論文はPNAS同号のCommentaryにおいて「Continued evolutionary surprises among dinoflagellates」というタイトルで紹介された。タイトル中の「Continued」とは、「渦鞭毛藻類の特殊なForm II型RuBisCOの発見⁽⁵⁾やミニサークル葉緑体ゲノムの発見⁽⁶⁾に続いて」ということを意味している。たしかに、論文で示された *psaA* と *psbA* の分子系統樹は、渦鞭毛藻類の葉緑体の進化に関する、この新しい仮説を強くサポートするように思われたが、それでもなお、この結果に思わず首をかしげてしまった研究者は多かったのではなかろうか？

そして今年になり、この論文の問題点を明確に指摘した論文が発表された⁽⁷⁾。Inagaki *et al.* はまず、*psbA* のDNAレベル（コドンの1番目と2番目の塩基配列情報を採用）での分子系統樹ではペリディンタイプ葉緑体およびフコキサンチン誘導体タイプ葉緑体とハプト藻類の葉緑体の近縁性が強く示唆されるものの（図2A）、アミノ酸レベルでの分子系統樹

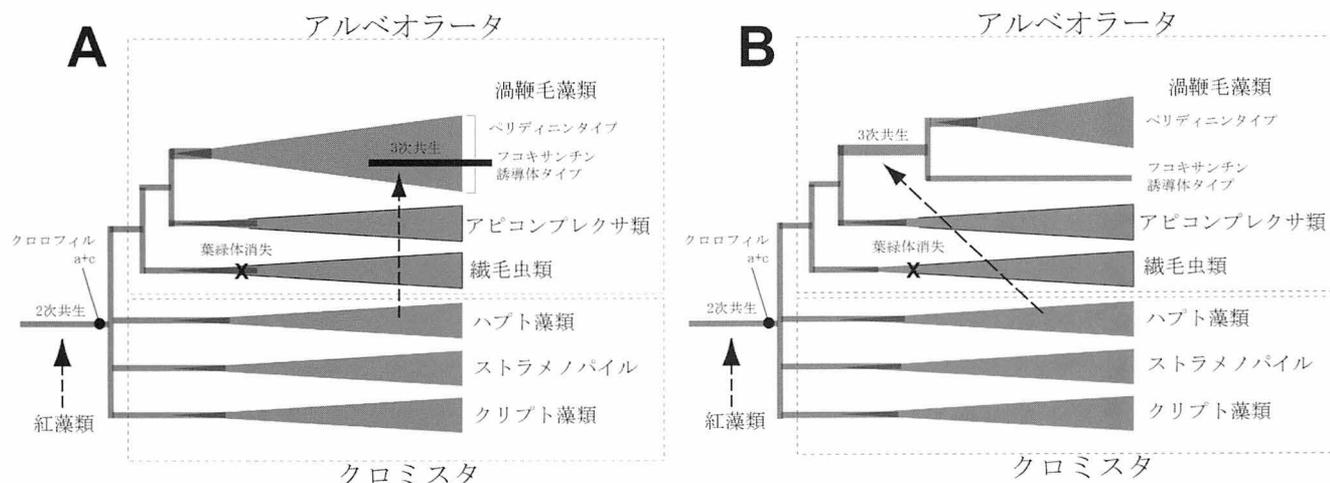
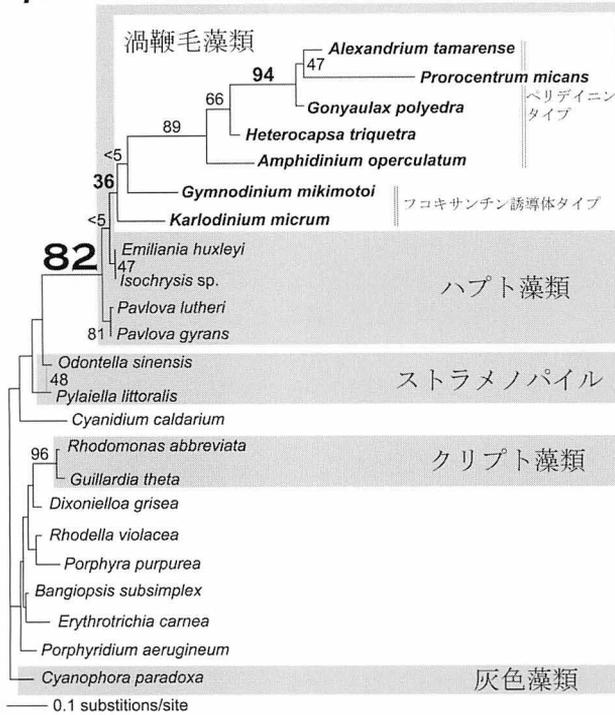


図1. (A) 渦鞭毛藻類の葉緑体の進化に関する従来の仮説：ペリディンタイプ葉緑体の起源は紅藻類であり、渦鞭毛藻類の一部の系統でハプト藻類の取込み（葉緑体置換）が起こり、フコキサンチン誘導体タイプ葉緑体が誕生した。(B) Yoon *et al.*⁽⁴⁾の仮説：渦鞭毛藻類の進化の初期段階でハプト藻類の取込みが起こり、まずフコキサンチン誘導体タイプ葉緑体が誕生し、その後、このタイプの葉緑体がペリディンタイプ葉緑体へと進化した。文献(7)を改編。

A *psbA* — DNA



B *PsbA* — Protein

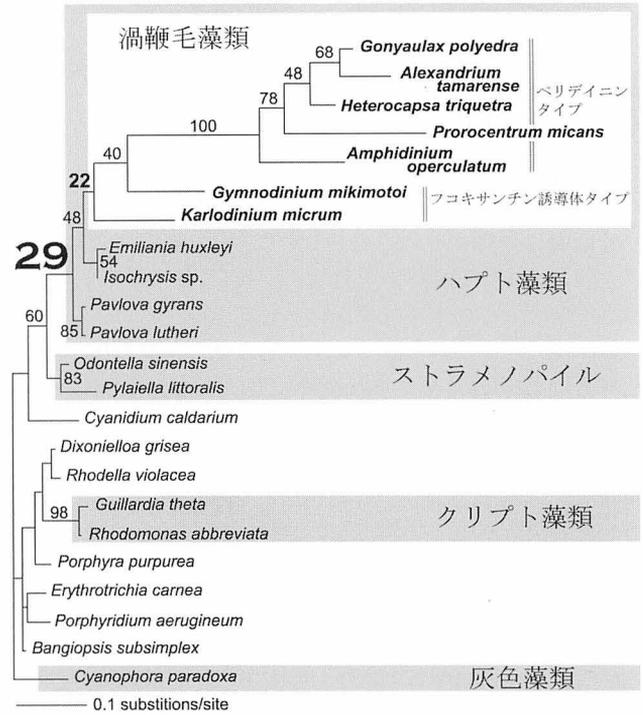


図2. (A) *psbA* のコドン1番目と2番目の塩基配列情報に基づいて得られた最尤系統樹。(B) *psbA* の塩基配列から推測されるアミノ酸配列情報に基づいて得られた最尤系統樹。分岐点にある数字はブートストラップ値。DNA レベルとアミノ酸レベルの解析で、渦鞭毛藻類とハプト藻類の単系統性の信頼度を示すブートストラップ値が大きく異なっている。文献 (7) を改編。

では、その近縁性がほとんどサポートされない (図2B) ことに注目した。Inagaki *et al.* がコドン3番目の塩基を解析から除いた理由は、コドン3番目の塩基置換の多くはアミノ酸置換を引き起こさない同義置換であり、塩基置換の飽和が起こっている可能性が高く、コドン使用頻度の偏りの影響も受けやすいからである。一方、コドンの1番目と2番目の塩基置換はアミノ酸置換を引き起こす非同義置換が多く、塩基置換の飽和が起こりにくい。したがって、コドンの1番目と2番目の塩基配列情報を用いて得られる系統樹とアミノ酸情報から得られる系統樹は一致する場合が多い。Inagaki *et al.* は *psbA* の DNA レベルでの解析でコドンの1番目と2番目の塩基配列情報だけを採用しているにも関わらず、渦鞭毛藻類とハプト藻類の単系統性の信頼度において、アミノ酸レベルでの解析結果と食い違いが起こる理由として、コドンの1番目と2番目でも同義置換が起こりうるロイシン (TTR or CTN)、セリン (AGY or TCN)、アルギニン (AGR or CGN) におけるコドンの使用頻度のばらつき (偏り) による影響を考えた。実際、様々な光合成生物由来 *psbA* のロイシン、セリン、アルギニンのコドン使用頻度を調べた結果、ハプト藻類とペリディニオンタイプの渦鞭毛藻類の一部 (*Heterocapsa* spp. と *Amphidinium* spp.) の *psbA* におけるこれら3つのアミノ酸のコドン使用パターンが酷似しており、かつ他の光合成生物のもの、その傾向が大きく異なることが明らかにされた (図3)。このことから、*psbA* の DNA レベルでの分子系統解析でハプト藻類の葉緑体と渦鞭毛藻類のペリディニオンタイプの葉緑体の近縁性がサポートされるのは、ロイシン、セリン、アルギ

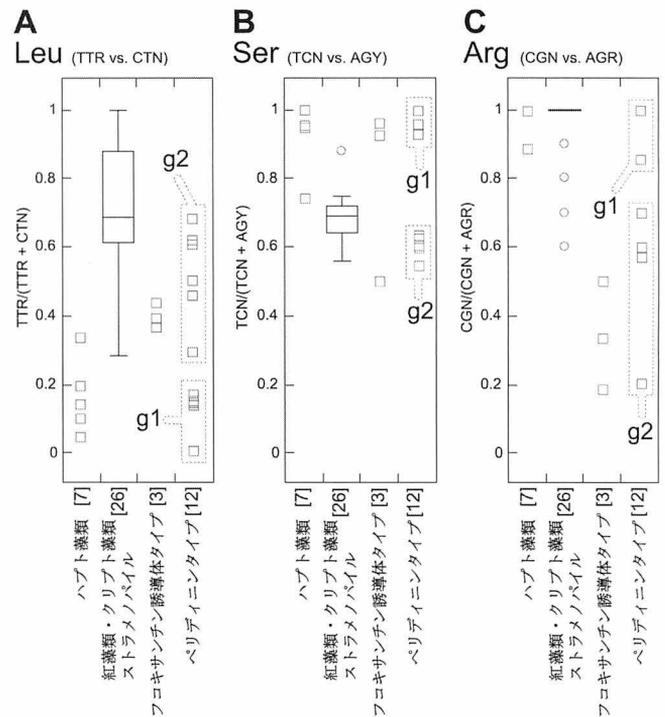


図3. *psbA* におけるロイシン (Leu) (A)、セリン (Ser) (B)、アルギニン (Arg) (C) のコドン使用頻度パターン：ペリディニオンタイプ渦鞭毛藻類の一部 (g1) とハプト藻類のパターンが類似している。文献 (7) を改編。

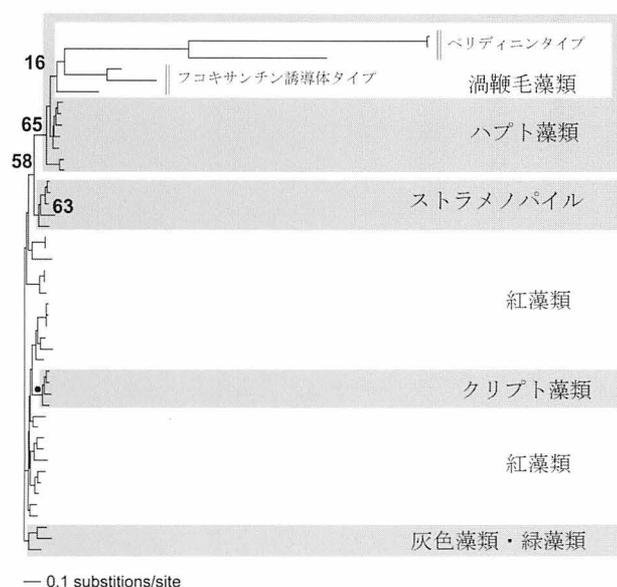
ニンのコドン使用頻度の類似性から導かれるartifactのためであり、本当の進化のストーリーを反映していない可能性に気付いた Inagaki *et al.* は、ロイシン、セリン、アルギニンに相当する座位をアラインメントから省いた場合、あるいはロイシン、セリン、アルギニンに相当する座位をある一つのコドンに設定した場合等々、DNA レベルでの系統樹がどの様に変化するかを調べた。いずれの解析においても予想どおり、ハプト藻類の葉緑体とフコキサンチン誘導体タイプ葉緑体の近縁性は維持されるものの、ハプト藻類の葉緑体とペリディンタイプ葉緑体の近縁性はもはや支持されなくなった。つまり、ロイシン、セリン、アルギニンのコドン使用頻度の偏りに由来する artifact のため、葉緑体遺伝子 *psbA* の DNA レベルでの分子系統解析では、ハプト藻類の葉緑体とペリディンタイプ葉緑体の近縁性が強く支持されることが明確になった。同様の artifact は他のタンパク質をコードする遺伝子の分子系統解析でも起こりうると Inagaki *et al.* は述べている（論文中では詳しく述べられていないが、*psaA* にもロイシン、セリン、アルギニンのコドン使用頻度に偏りがあるらしい）。

上記の解析結果から、オリジナルの *psaA* と *psbA* の連結データの解析結果もロイシン、セリン、アルギニンのコドン使用頻度の偏りの影響を受けている可能性が高いと考えた Inagaki *et al.* は、その連結データを再解析した。新たな DNA レベルでの分子系統解析では、渦鞭毛藻類の葉緑体遺伝子が非常に速い進化速度を持つことを考慮し、複雑な（より現実の配列進化に近い）モデルを取り入れた最尤法を採用した（ちなみにオリジナルの解析では、LogDet distance 法が採用されたが、Inagaki *et al.* はこの方法が、*psaA* と *psbA* の連結データセットに対して不適切であることを指摘している）。

結果として得られた系統樹では、渦鞭毛藻類のペリディンタイプ葉緑体とフコキサンチン誘導体タイプ葉緑体が単系統になり、そのクレードがハプト藻類の葉緑体と姉妹群にはなるものの、2002年のPNASで発表された結果とは異なり、そのブートストラップ値によるサポートはほとんどなかった（図4A）。さらに、アミノ酸レベルでの最尤法による分子系統解析では、系統樹全体のトポロジーは大きく変わり、ブートストラップ値によるサポートは低いものの、ペリディンタイプ葉緑体とストラメノパイル生物群（褐藻類や珪藻類等が含まれる）の葉緑体が、フコキサンチン誘導体タイプ葉緑体とハプト藻類の葉緑体がそれぞれクレードを形成した（図4B）。近年、様々なタンパク質の分子系統解析の結果から、渦鞭毛藻類を含めたアルベオラータ生物群とストラメノパイル生物群が近縁であること、さらにはこれらの生物群の一部が有する葉緑体の起源が共通の紅藻類であること（いわゆる chromalveolata 仮説）が指摘され始めている⁽⁸⁾⁽⁹⁾。したがって、今回の *psaA* と *psbA* のアミノ酸レベルでの解析で、ペリディンタイプ葉緑体とストラメノパイル生物群の葉緑体が形成するクレードは、この chromalveolata 仮説を反映している可能性もある。いずれにしても、Inagaki *et al.* の葉緑体遺伝子の再解析により、渦鞭毛藻類のペリディンタイプ葉緑体とフコキサンチン誘導体タイプ葉緑体の起源は同一であり、その起源はハプト藻類であるとする仮説は、2年前に発表された当初ほどの説得力はなくなったと言えるだろう。

今回の渦鞭毛藻類の葉緑体の起源および進化に関する一連の論争は、我々に一つの教訓を与えているように思う。分子系統解析によって得られた一つの結果が、他の分子系統解析の結果、あるいは分子系統解析以外の結果と異なった場合、そこに何らかの深刻な artifact が潜んでいないか注意深く見

A *psaA*+*psbA* — DNA



B *PsaA*+*PsbA* — Protein

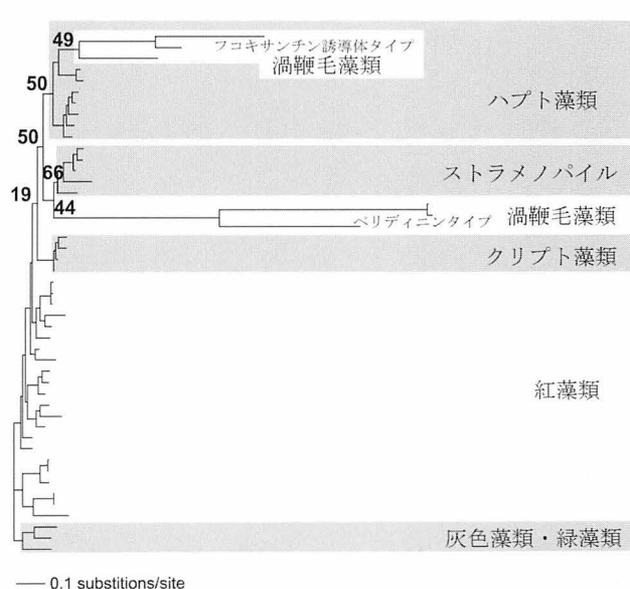


図4. (A) *psaA* と *psbA* の塩基配列の連結データに基づいた最尤系統樹。(B) *psaA* と *psbA* の塩基配列から推測されるアミノ酸配列の連結データに基づいた最尤系統樹。分岐点にある数字はブートストラップ値。文献(7)を改編。

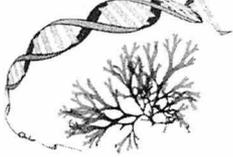
つめ直す必要がある。実際の遺伝子の分子進化プロセスを完全にモデル化することは（少なくとも現段階では）不可能である以上、得られるすべての分子系統解析結果には多かれ少なかれ artifact が含まれているのだということを、常に留意しなければならない。

参考文献

- (1) Tengs, T., Dahlberg, O.J., Shalchian-Tabrizi, K., Klaveness, D., Rudi, K., Delwiche, C.F. & Jakobsen, K.S. 2000. *Mol. Biol. Evol.* 17: 718-729.
- (2) Saldarriaga, J.F., Taylor, F.J., Keeling, P.J. & Cavalier-Smith, T. 2001. *J. Mol. Evol.* 53: 204-213.
- (3) Ishida, K. & Green, B.R. 2002. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 99: 9294-9299.
- (4) Yoon, H.S., Hackett, J.D. & Bhattacharya, D. 2002. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 99: 11724-11729.
- (5) Morse, D., Salois, P., Markovic, P. & Hastings, J.W. 1995. *Science* 268: 1622-1624.
- (6) Zhang, Z., Green, B.R. & Cavalier-Smith, T. 1999. *Nature* 400: 155-159.
- (7) Inagaki, Y., Simpson, A.G.B., Dacks, J.B. & Roger, A.J. 2004. *Syst. Biol.* 53: 582-593.
- (8) Baldauf, S.L., Roger, A.J., Wenk-Siefert, I. & Doolittle, W.F. 2000. *Science* 290: 972-977.
- (9) Dacks, J.B., Marinets, A., Doolittle, W.F., Cavalier-Smith, T. & Logsdon, Jr. J.M. 2002. *Mol. Biol. Evol.* 19: 830-840.

(海洋研究開発機構)

藻類学最前線



稲垣祐司：アピコンプレクサ類の退化葉緑体は緑藻起源か？

マラリア病原虫 *Plasmodium falciparum* やトキソプラズマ原虫 *Toxoplasma gondii* は、アピコンプレクサ類に分類される寄生性単細胞真核生物であるが、細胞内に退化葉緑体（通称アピコプラスト）をもっている⁽¹⁾。アピコプラストは環状DNAゲノムを含み、光合成関連遺伝子はすべて失っているものの、典型的な葉緑体ゲノム構造を持つ⁽²⁾。またアピコプラストは4重包膜を持つため、アピコンプレクサ類の祖先細胞は2次共生した真核藻類から葉緑体を獲得したと考えられる⁽¹⁾。残念ながら、どのような真核藻がアピコプラストの起源となったのか最終的な結論はでていないが、本稿ではFunesらがScience誌に発表したアピコプラストの緑藻起源仮説を支持する論文⁽³⁾と、それに反論したWallerらのコメント⁽⁴⁾を主に紹介したい。

通常、チトクロームオキシターゼ・サブユニットII遺伝子 (*cox2*) はミトコンドリアゲノムにコードされているが、アピコンプレクサ類では2つのオープン・リーディング・フレームに分割され、核ゲノムに転位している。興味深いことに、緑藻類のクラミドモナス *Chlamydomonas reinhardtii*、ポリトメラ *Polytomella* sp. の核ゲノムにも分割 *cox2* 遺伝子 (*cox2a*

& *cox2b*) が発見されている。また同じ緑藻類のセネデスムス *Scenedesmus obliquus* では *cox2a* 遺伝子はミトコンドリアゲノム上に、*cox2b* 遺伝子は核ゲノム上にそれぞれ存在している。驚くべきことに、*cox2* DNA配列データの系統解析では、アピコンプレクサ配列と緑藻配列とが互いに最も近縁となり、比較的高いブートストラップ値70%（図1A）で支持された。またFunesらは、前述の解析結果は、トキソプラズマ、クラミドモナス、ポリトメラの *cox2a* 遺伝子中の共通する位置に挿入されたイントロンからも支持されると主張した。つまり、トキソプラズマと2種の緑藻類の *cox2a* 遺伝子中のイントロンはそれぞれの系統で独立に偶然同じ位置に挿入されたのではなく、イントロンごと遺伝子が水平移動したと考えたのである⁽³⁾。以上の結果を総合し、Funesらは(1)緑藻類の核ゲノム中の分割 *cox2* 遺伝子がアピコンプレクサ類の核ゲノムに水平移動した、(2)分割 *cox2* 遺伝子の供給源である緑藻はアピコプラストの起源となった細胞内共生藻である、と結論した⁽³⁾。

絨毛虫類とアピコンプレクサ類とは互いに近縁であり、渦鞭毛藻類と合わせてアルベオラータ生物群を形成する。アピコンプレクサ *cox2* 遺伝子は核コード分割遺伝子なのに対し、

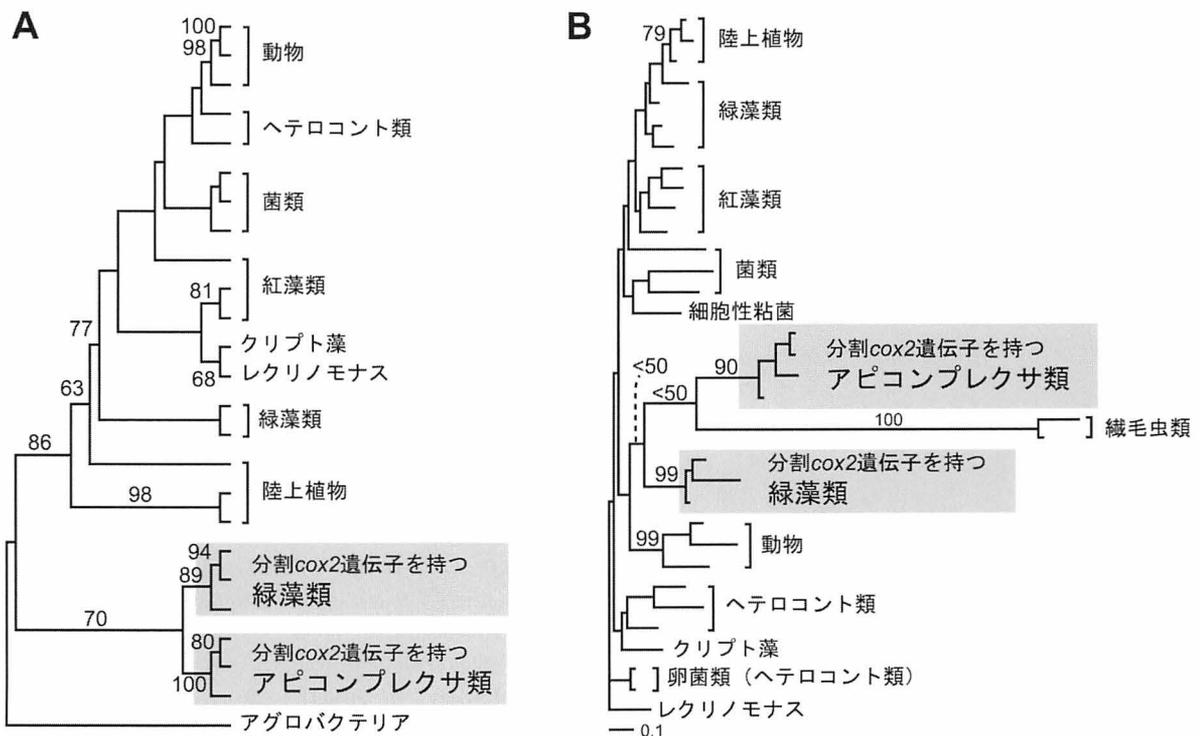


図1. (A) ミトコンドリア遺伝子 *cox2* DNA配列データに基づく最尤系統樹のトポロジー：トポロジーのみが文献3に記載されているため、実際に最尤法により推定された枝長は不明である。分岐枝上の数値は最尤法によるブートストラップ値である（50%以下は省略）。文献3を改変。(B) ミトコンドリアCOXIIアミノ酸配列データに基づく最尤系統樹：分岐枝上の数値は最尤法によるブートストラップ値である（50%以下は省略）。文献4を改変。

織毛虫遺伝子はミトコンドリアゲノムにコードされ、単一のオープン・リーディング・フレームから構成される⁽⁵⁾。Funesらの *cox2* DNA 解析に対して、Wallerらは織毛虫配列を含む COXII アミノ酸配列データを系統解析に用いた⁽⁴⁾。興味深いことに、Wallerらの解析では織毛虫配列がアピコンプレクサ配列と最も近縁であると推定された (図 1B)。この仮説は高いブートストラップ値では支持されなかったものの、織毛虫類とアピコンプレクサ類の分岐後、後者で *cox2* 遺伝子の分割と核ゲノムへの転位が起ったと解釈できる⁽⁴⁾。また、アピコンプレクサ類と緑藻類 COXIIA のアミノ酸配列はアライメントが困難であり、問題のイントロンがアピコンプレクサ遺伝子と緑藻遺伝子で共通位置に挿入されているのかは明確ではないことを指摘した⁽⁴⁾。

さらに Wallerらは、Funesらが考える程 *cox2* 遺伝子の核への転位・分割化は困難ではなく、真核生物の複数の系統で独立に起こりうると主張した⁽⁴⁾。*cox2* 遺伝子の核ゲノムへの転位は少なくとも緑藻類とマメ科植物において独立に起っているため、アピコンプレクサ類でも独立な *cox2* 遺伝子転位も可能である。また、*cox2* 遺伝子が核ゲノムに転位した場合、細胞質で合成された COXII タンパク質がミトコンドリア膜を通過しなければならない。*cox2* 遺伝子の分割化 (つまり COXII タンパク質の分割化) は、タンパク質のミトコンドリア膜通過を容易にすると考えられる。従って、核ゲノムに転位したミトコンドリアタンパクをコードする遺伝子の分割化は比較的容易に起こりうると考えたのである。

この反論に対し Funesらは、Wallerらの COXII アミノ酸配列に基づく系統解析はロング・ブランチ・アトラクションにより過った推定結果 (アーティファクト) に誘導されている可能性を指摘した⁽⁶⁾。この反論の根拠は、アピコンプレクサおよび織毛虫 COXII 配列の進化速度が他の配列にくらべて速くなっていることである (特に織毛虫配列の進化速度は著しく加速している: 図 1B 参照)。さらに、Funesらが行った織毛虫類配列をふくむ DNA 配列データの再解析では、アピコンプレクサ配列と織毛虫配列は単系統とはならず、アピコンプレクサ配列と緑藻配列とが単系統となった⁽⁶⁾。このことから、Funesらは自らが第一報で提唱した仮説は Wallerらにより覆されてはいないと主張し、互いの議論は平行線を辿って現在に至っている。では、本当にアピコンプレクサ類の核コード分割 *cox2* 遺伝子の起源は水平移動した緑藻遺伝子なのだろうか? そしてアピコプラストは緑藻起源なのだろうか?

まず我々は、Funesらの *cox2* 配列データの解釈には重大な論理的欠陥があること認識すべきである。第一に、ミトコンドリア遺伝子である *cox2* の進化と、アピコプラスト (退化葉緑体) の起源とは独立に考察すべき問題である。最近の真核生物の核ゲノム研究^{(7) (8)} では、原核生物・真核生物を問わず各種生物からの遺伝子の水平移動の証拠が多数発見されており、アピコンプレクサ類の核コード分割 *cox2* 遺伝子が緑藻由来だとしても特に不思議ではない。しかし、水平移動した分割 *cox2* 遺伝子の起源である緑藻類とアピコプラストの起源となる細胞内 2 次共生藻とを関連付ける根拠は全くない。つま

り、*cox2* 遺伝子データはアピコプラストの起源を探索する上で参考にはなりえないのである。

さらに、Funesらが行った系統解析にはテクニカルな問題点がある。Funesらは *cox2* 遺伝子のコドン第 1, 2, 3 文字目を、単一塩基置換モデル (アライメント座位間の置換速度差を取り入れた HKY85 モデル) をもちいて解析したが、各コドン・ポジションの塩基置換パターンが互いに大きく異なる事実を無視している。このような解析はロング・ブランチ・アトラクションによる影響を強く受け、アーティファクトを誘導する可能性がある⁽⁹⁾。また、アピコンプレクサ類と緑藻類との分岐などの古い分岐を解析する場合、コドン第 3 文字目の置換は飽和し、進化情報は消失していると考えるのが妥当である。逆に、コドン第 3 文字目はコドン使用頻度の偏りに大きく影響され、アーティファクトを引き起こす原因となる可能性が高い。現実には、*cox2* 配列データはアピコンプレクサ配列と緑藻配列との単系統性も、アピコンプレクサ配列と織毛虫配列との単系統性も、どちらも有意に支持する「強度」を持たないと考えるのが妥当であろう。

アピコプラストの緑藻起源説を支持しているデータは、葉緑体ゲノムにコードされる翻訳伸長因子 EF-Tu 配列と RNA ポリメラーゼ配列をもちいた系統解析であった^{(10) (11)}。しかし、最近発表されたより厳密な葉緑体 EF-Tu 配列の系統解析では、アピコプラスト配列は緑藻配列とはグルーピングしていない⁽⁸⁾。今後、RNA ポリメラーゼ配列の解析結果の再検討が急がれる。一方、アピコプラストゲノムの遺伝子構造^{(2) (12)} や核コードの葉緑体 GAPDH 遺伝子⁽¹³⁾ は紅藻起源説を示唆している。こちらの仮説はアピコプラストとペリディンタイプ渦鞭毛藻類葉緑体との関係やクロモアルベオラータ仮説⁽¹⁴⁾ に関連して極めて興味深い。個人的見解ではあるが、紅藻起源説こそが追究すべきラインであると考えている。

参考文献

- (1) McFadden, G. I. & Waller, R. F. 1997. *Bioessay* 19: 1033-1040.
- (2) Wilson R. J., Denny P. W., Preiser P. R., Rangachari K., Roberts K., Roy A., Whyte A., Strath M., Moore D. J., Moore P. W. & Williamson D. H. 1996. *J. Mol. Biol.* 261: 155-172.
- (3) Funes S., Davidson E., Reyes-Prieto A., Magallón S., Herion P., King M. P. & González-Halphen D. 2002. *Science* 298: 2155.
- (4) Waller R. F., Keeling P. J., van Dooren G. G. & McFadden G. I. 2003. *Science* 301: 49a.
- (5) Burger G., Zhu Y., Littlejohn T. G., Greenwood S. J., Schnare M. N., Lang B. F. & Gray M. W. 2000. *J. Mol. Biol.* 297: 365-380.
- (6) Funes S., Davidson E., Reyes-Prieto A., Magallón S., Herion P., King M. P. & González-Halphen D. 2003. *Science* 301: 49b.
- (7) Archibald J. M., Rogers M. B., Toop M., Ishida K. & Keeling P. J. 2003. *Proc Natl Acad Sci USA* 100: 7678-7683.
- (8) Hackett J. D., Yoon H. S., Soares M. B., Bonaldo M. F., Casavant T. L., Scheetz T. E., Nosenko T. & Bhattacharya D. 2004. *Curr. Biol.* 14: 213-218.
- (9) Cao Y. & Hasegawa M. 2002. *Proc. Inst. Stat. Meath.* 50: 69-85.
- (10) Köhler S., Delwiche C. F., Denny P. W., Tilney L. G., Webster P., Wilson R. J., Palmer J. D. & Roos D. S. 1997. *Science* 275: 1485-

1489.

- (11) Cai X., Fuller A. L., McDougald L. R. & Zhu G. 2003. *Gene* 321: 39-46.
- (12) Williamson D. H., Gardner M. J., Preiser P., Moore D. J., Rangachari

K. & Wilson R. J. 1994. *Mol. Gen. Genet.* 243: 249-252.

- (13) Fast N. M., Kissinger J. C., Roos D. S. & Keeling P. J. 2001. *Mol. Biol. Evol.* 18: 418-426.
- (14) Cavalier-Smith, T. 1999. *J. Eukaryot. Microbiol.* 46: 347-366.

(長浜バイオ大学)

シリーズ 最終講義

1968年に、筆者は高知市に近いが、渡し船で渡る辺境の地であった宇佐町井尻へ赴任して、35年間、その地を離れることがなかった。いま、国立大学は民間になり、厳しい評価を受ける時代となった。研究を自由にさせてもらった時代の軌跡を書き残しておくことも必要であろう。筆者は、日本経済の高度成長と連動して、研究予算も高度成長した時代に過ぎたので、多くの新規プロジェクトに関わった。ここに、戦後が終わった頃からの日本藻類学界史の一端がみえるようにまとめてみた。文中の名前と所属は当時のものを表示した。

珪藻を学ぶ

1959年(昭和35年)4月に、横浜市立大学文理学部生物学科に入学した。何かクラブに入りたいと物色していた時に、南極地域観測隊4次隊に参加して帰国した生物学科の福島博先生らと山岳部との合同で組織した夏季知床半島の学術調査隊が、学生を募集していた。面白そうだな!と思いついて調査隊に加わったことが、藻類学研究的発端になってしまった。夏季未踏歩の知床半島縦走という探検的要素を含み、朝日新聞社後援であった。のちに、ニューギニアやエスキモーの地を踏査して有名になった本多勝一氏が北海道支社におり同行記事を書いた。知床半島夏季縦走は文庫版にも収められている。この頃は戦後が終わり、南極観測隊、ヒマラヤ遠征、カラコルム学術調査など探検学術調査などが行われていた。

筆者の担当は淡水藻類の採集であった。川、池、沼にある石をこすり、水草や泥を採取した。知床調査から帰ると、福島先生から「採集品をみないか?」と言われ、珪藻をみ始めた。珪藻は殻の模様が査定できるので入り易い。珪藻は生育場所によって種組成が異なり殻の模様が異なる。知床半島は淡水藻類調査がされていないところであったので、大学2年の秋の日本陸水学会で、知床半島の珪藻フロラについて口頭発表した。知床調査の母体は、生物学科のスタッフや卒業生によって組織された探査会であったが、学生有志を募り、クラブ活動の探査会学生部を設立し、探検調査のようなことを行った。4年生の時に、探検部と名称を変えると、急に女子学生が増えたことを思い出す。探検部はいまでも続いており、京都大学に次ぐ古い歴史を持つクラブとなった。探検部と山岳部による1993年の海外遠征で遭難死事故を起こし、探検部にOB会が必要であると大学側から言われて、探検部OB会ができた。事故などの時に対応できる立場という理由で、OB会設立以来会長となっている。卒業時に、福島博先生より大学院を東京大学水産学科の新崎盛敏教授の研究室を勧められた。

海藻学を学ぶ

1963年4月、東京大学大学院生物系大学院修士課程水産学

大野正夫：藻類を研究して45年

専攻に入学した。その後も珪藻の査定や淡水藻の調査を行ってきたが、海藻学へと大きく研究分野を替えた。この頃、飲み物を冷たい状態で販売できる冷蔵ショーケースが普及して、それに温度や照明の調整装置を取り付けた培養装置が、研究室で使えるようになり、人工培養液を用い培養条件を設定した藻類培養の研究の幕開けとなった。北海道大学の館脇正和博士、広島大学の岩崎英雄博士、水産研究所の月館潤一氏らが、米国のProvasoli博士の研究室で培養技術を習得して、生活史や海苔糸状体の培養生理、ノリの病気などの新しい研究分野を開拓した。水産大学校の尾形英二博士は、培養により海藻の生理生態に関して多くの報告をされた。修士課程では、このような先達の方々の刺激を受けて、人為的に培養条件を設定した状態で、「アオサの成長と成熟に関する生理生態の研究」がテーマとなり、博士課程では、さらに種を増やして、主要な有用海藻について、胞子放出から初期成長期の藻体について、環境要因と成長の関係を培養実験によって解明した。

その頃、海苔養殖技術に関する研究が活発な時代で、大学、水産研究所、水産試験場を順番にまわる「海苔養殖技術懇話会」が頻繁に行われていた。東京水産大学には、片田実、岩本康三、三浦昭雄先生がおられ、東海区水産研究所には、東北大学に移られた須藤俊造先生が増殖部長で、研究員として梅林脩博士がおられた。神奈川県水産試験場には、のちに、東海大学に移られた工藤盛徳先生、山本のり研究所が開所され、大房剛博士が所長として着任した頃であった。大学院生ではあったが、このような会合に同席させてもらって、海苔養殖事情を知る機会を得た。当時、東京湾の埋め立てが、急速に行われ始めた。埋め立ての代替えに沖合に海苔養殖場を認めてもらい、浮き流し養殖試験が開始された。1965年より浮き流し養殖が瀬戸内海を中心として急激に各地で広まると大房氏の書に書かれている。東京湾もその頃であった。浮き流し網養殖はノリ養殖業者からの発想で、海藻学者達はどう育つかどうか、懇談会で多くの議論がなされた。

冷蔵網は、1963年に愛知研水産試験場の倉掛武雄氏らのグループが開発した。凍結保存が農業分野でも、菌糸や精子などで多くの研究報告がなされていた時代であった。また、漁協に冷蔵庫と冷凍庫が導入された時代であった。このような周辺の状況が、この大きな技術を生んだ。冷蔵網の技術を愛知県が防衛特許として申請したが、やはり、懇談会で大きな話題になった。浮き流し養殖法と冷蔵網保存には改良が加えられてきたが、ノリの生物学的特性を利用したすばらしい技術だと思う。このように、ノリの研究者、技術者、養殖業者が、最も元気な時代だった。一方、藻類学グループも元気な時代であり、千原光雄先生が幹事役で、東京周辺の藻類研究者による「藻類懇談会」が開かれて、吉崎誠氏、今野敏徳氏らと末席に座っていた。周囲から学ぶことが多かった5



図1. 海洋生物教育研究センターが先端にある横浪半島

年間の大学院生活を終え、1968年3月に学位を取得して、4月に高知大学文理学部付属臨海実験所に助手として採用された。当時は、大学の常勤ポストは極めて少なく、27歳で学位をとり国家公務員として職を得たのは幸いであった。

宇佐臨海実験所着任とカンボジア調査

臨海実験所は、横浪半島の先端で、渡し船で渡ったところの雑草が生い茂るなかになった(図1)。ブロック建てと木造の二つの研究・実習棟があり、八塚剛先生(助教授・所長)がブロック建て研究棟、私が木造の建物に入った。朝倉キャンパスに、4月より助教授として移った前任の中内光昭先生(後に高知大学学長)が、多くの実験器具や上等な顕微鏡や写真装置を置いていって下さったので、赴任と同時に研究活動に入ることができた。助手として赴任したが、全く日常的な業務はなかった。八塚剛先生から、二つほどアドバイスがあった。「宇佐の海を知るために、定期的な浦の内湾の海洋観測をしたらどうか? 学位論文を宇佐臨海実験所研究報告として出版しないか?」と言われた。浦の内湾は、横浪三里と言われるように奥行きが12kmもある。海洋観測は、湾口から湾奥部まで8定点を設けて、水質からプランクトンまでの作業を毎週1回行った。この海洋観測により、私は海産プランクトンや海況の基本的な知識を得た。学位論文の方は、主要な部分を英文に書き直し、46頁にまとめて1969年度の宇佐臨海実験所研究報告として出版したが、これがドイツ留学のきっかけとなった。当時、水産大学校教授の尾形英二先生が、西ドイツ、キール大学海洋研究所のF. Gessner教授のところに、外来研究員として滞在していた。たまたま、尾形先生が、私の英文にした研究報告を持参していて、Gessner教授にみせたら、Gessner教授が高く評価し、私をここに呼びたいと言われたそうである。そこで、Gessner教授の推薦で、神戸領事館で試験を受けてアレキサンダー・フォン・フンボルト奨学生(西ドイツの学振留学生)となり、1年3ヶ月のドイツ留学となった。

ドイツ留学前の1年間、学部時代の探検的な調査の面白みが忘れられずに、高知大学の教官達と相談して、高知大学メコン水系学術調査研究会を発足させた。1969年12月~70年1月に予備調査として地学教室の満塩博美助教授と二人で、カ

ンボジアの陸水生物調査、トンレサップ湖の調査を行った。渡航費は、高知新聞や地元の会社から寄付を募った。トンレサップ湖は、琵琶湖の3倍あり、水産庁の船で一週間の調査であった。珪藻は福島博先生と筆者が研究したが、この時に採取したサンプルは、京都大学の平野実先生、日本大学の山岸高旺先生にも送り、カンボジアの淡水藻に関する多くの論文が刊行された。このような寄付による大学の海外調査は1970年代後半まで盛んで、多くの大学で企画実施された。1980年代に入って、文部省が海外学術調査に予算を組む官費学術調査の時代になった。しかし、官費海外調査には、甘えがありボスの支配が横行するので、苦勞して寄付を募ってゆく探検的調査には、別な意義があるのではないかと思っている。

国際海藻シンポジウムとドイツ留学

1971年8月に、第7回国際海藻シンポジウムが札幌で開催された。このシンポジウムは、日本藻類学会史で最大の事業であった。その準備には、大会会長は、海藻化学が専門の東北大学の土屋靖彦教授であったが、日本藻類学会の中村義輝、西澤一俊、新崎盛敏、千原光雄の諸先生が主力になり、日本藻類学会が総力を挙げて行われたと聞かされている。このシンポジウムは学術会議が後援し、参加者には旅費まで支給されたシンポジウムであった。このシンポジウムでは、筆者は「ヒトエグサの養殖生理」について口頭発表した。最年少の講演者は、大学院生の中原紘之氏であったと思う。いまは、国際シンポジウムでは、学生発表が普通であるが、当時の国際シンポジウムでは、極めてまれであった。

シンポジウムが終わった直後に渡独し、翌年の11月まで、西ドイツ・キール大学海洋研究所に留学した。30歳の年であった。フンボルト留学制度は、学位を取得している30~40歳の若手研究者を招聘するもので、かなり権威のあるものであることを渡独して知った。

Gessner教授研究室では、種々の海藻を用いて、塩分を低下させた状態において、光合成活性低下の状況を調べる研究テーマが与えられた。キール大学海洋研究所は、バルチック

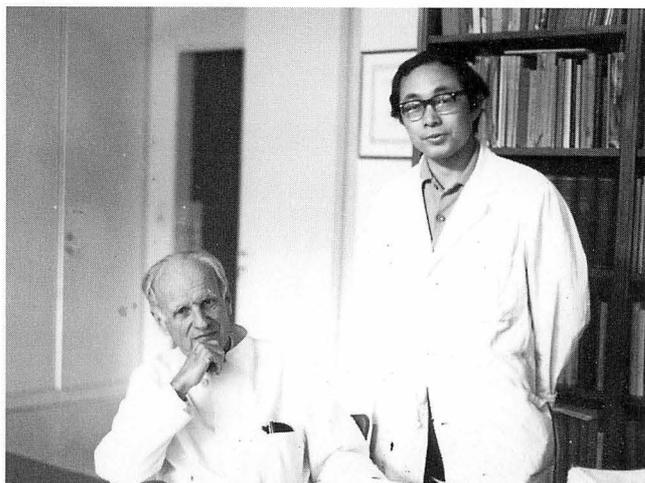


図2. キール大学海洋研究所で、Fitz Gessner 教授とともに

海に面しており、どの研究部門も汽水域の生物学の研究が盛んであった。光合成活性の測定は、酸素瓶を用いたウインクラ法で行った。条件を一定にするために回転板に酸素瓶を固定するなど、細かい配慮があったが古典的な手法である。少し気落ちしたが、休日出勤をして何とか一つの仕事にまとめた(図2)。研究室には、筆者より数年年輩のW. Schramm博士がいた。彼は電極法による光合成活性測定法を開発中で、研究室の技師に装置を手製で作らせていた。彼の装置で、私に与えられてテーマを試みたかったが、Gessner教授と彼との関係が、しっくりしていなかったため、彼の仕事を横でみていた。帰国際に、Gessner教授には内緒で、彼の電極法光合成活性測定装置を使わせてもらい、海藻の干出と光合成活性の実験を行って、帰国後に、日本藻類学会誌「藻類」に共著で投稿した。研究室には、パキスタンの留学生で大学院から在室しているフンボルト奨学生M. Schmeel博士がいて、親しくなった。彼は高圧にした海水中での海藻の生理的な研究をしていたが、Schramm博士は、「彼の研究は、あり得ない条件であり、遊びである！」と批判的であった。彼は、帰国後、カラチ大学の植物学科の教授になり、学会会長、学部長などを歴任した。いまでも文通はしているが、帰国後、一度も再会することがなかった。

大西洋に浮かぶヘルゴランド島にある海洋生物研究所に2回訪問した。研究所には、海藻の分類学や生活史で著名なP. Kornmann博士が在籍していた。彼は60歳を超える年令であったが、絶海の孤島で、研究人生のほとんどをすごした。彼と海岸で海藻を採集しながら、「この島を出たいと思わなかったか？」と素朴な質問をしたら、「Wifeは思っただろう」と微笑んだ。宇佐から出る話があった時に、ふと、Kornmann博士を思い出した。研究所には若手スタッフとして、K. Lüning博士が在籍していた。彼はコンブの成熟と波長に関する研究を行っていたが、アイデアが豊かで議論好きであった。筆者よりかなり先輩だと思ったが、尋ねると同い年であった。のちにハンブルグの研究室に移り、ハンブルグ大学の教授を兼任している。彼は、海藻の生物リズム機構を研究し著名になった。帰国後も国際シンポジウムでよく会い、現在でも親しくしている。

南極地域の研究

1974年11月～75年4月の期間、日本南極地域観測隊16次夏隊隊員として、砕氷艦「ふじ」に乗船し定常観測、海洋生物担当を担当した。毎日、3回、甲板から採水布バケツで採水して、クロロフィルaの測定を行った。熱帯海域では、クロロフィル量が極端に減少し、暴風圏、南極沿岸ではクロロフィル量が非常に多くなった。昭和基地到着後は、大陸の露岸地帯の調査を行った。地衣類を専門とする神戸大学の中西哲助教授、のちに高知大学の赴任した山中三男氏と、地学のスタッフ2名の5人で、ほぼ、1ヶ月間、帰艦せずに、ヘリコプターで南極大陸の露岸地帯を移動してテント生活をしながら、淡水藻の調査を行った。このときの採集品は、珪藻は福島博先生とともに研究し、残りの試料は京都大学の平野実教

授に送った。平野先生は、珪藻以外の淡水藻全般について精査して、2部に分けた論文として刊行し、昭和基地周辺露岸地帯の淡水藻の主要な文献になった。この時に、海水の下の岩礁に2種の海藻が繁茂していることを確認した。籠に魚の肉をいれるとウニがよく入るが、ウニは背に2種の紅藻をつけていた。帰国後、札幌大学の三上日出夫教授に標本を送り、2種は*Phyllophora antarctica*, *Phycodrys antarctica*と同定された。のちの観測隊で海水下潜水調査が行われ、わずかに開く海氷の下は、紅藻、ウニ、ヒトデやきれいなイソギンチャクが群生して、豊かな底生物相が形成されていた。これは生物が腐敗しにくい特異な食物連鎖のためであった。南極からの帰路の艦内で、1975年4月に、助教授昇任の知らせを受けた。34歳であった。

1984年11月～85年4月の期間、44歳で、再度、日本南極地域観測隊、26次夏隊員、極域生物担当として、砕氷艦「しらせ」の2次航海で、南極海の海洋生物調査が業務となった。昭和基地に接岸している「しらせ」艦内では、パソコンが設置された実験室で、海藻の培養実験や光合成活性を測定し、露岸地帯の池にボートを浮かべてクロロフィル量の垂直分布などを測定した。定常観測担当者は、機器によるクロロフィル量測定をしており、南極域の生物学研究手法も10年間で大きく変わった。2度の南極での研究で、南極産海藻は環境への適応力の幅が広いことなどを知り、熱帯産海藻の研究をした時に役立っている。

藻場の研究

1975年頃より、200海里経済水域・漁業水域設定が世界各国で宣言するようになり、我が国の沿岸域で水産物資源の増大が必要になり、その基礎資料を得るために、国土庁は国土計画基礎調査の一環として、全国藻場調査を1977～78年に水産庁水産研究所に統括を委託して、全国の水産試験場がこの事業を行った。筆者は、高知県水産試験場の調査に協力することになり、土佐湾全域にわたる藻場調査に参加して、土佐湾の海藻植生を知り藻場研究が開始された。宇佐臨海実験所に面した浦の内湾には典型的なマメタワラ藻場があり、外海域には、大規模なカジメ群落が3所みられ、ホンダワラ群落も豊かであった。藻場の研究は、卒論、修論の研究テーマとなり、寺脇利信君から、渡辺美樹さん、笠原均君、本多正樹君、岡田充弘君、安藤正行君、木村匡君、筒井功君、芹澤如比古、田井野清也、富永春江さんらにより10数年間以上継続的に行われて、筆者の主要な研究業績となった。藻場を研究テーマとした卒論生のなかから、日本の海藻学や環境学の中核となっている研究者が輩出した。筆者自身は、試作したアクアトロンで、ホンダワラ類の温度や光条件と成長を測定し、藻場の生理生態的研究を行ってきた。

1979～1980年度には、京都大学農学部の梅崎勇助教授が代表となって、「藻場(ガラモ場)の生態の総合研究」が、文部省科学研究費(総合研究費A)に採択され、筆者はこのプロジェクトに参加した。研究グループは、坂本亘(京大)、中原紘之(京大)、林勇夫(京大)、横浜康継(筑波大)、林田文郎

(東海大), 小河久朗 (東北大), 今野敏徳 (東京水大), 香村真徳 (琉球大) らによって組織された。当時, 文部省科学研究の大型プロジェクトが始まった頃であったが, 海藻学の生態分野では, 最初の文部省科学研究費による大学間をまたぐ大きな研究組織であった。

水産庁は, 国土庁の全国藻場調査から発展させて, 大型枠研究「近海漁業資源の家魚化システムの開発に関する総合研究」, 通称, マリンランディング計画が, 1980年から9年間の期間で実施された。このプロジェクトの海藻分野は, 水産研究所の月館潤一博士, 谷口和也博士らが核となって進められたが, I期(1980~1984)の5年間は大学や水産試験場も協力して, 藻場の生態, 流れ藻と藻場造成の研究が精力的に行われた。現在でもよく引用されている藻場に関する資料は, このプロジェクトから生まれたものが多い。筆者は, 土佐湾の流れ藻の実体調査を担当した。土佐湾に流れ込む流れ藻は, 遠い海域からでなく, ほとんど豊後水道と紀伊水道から出てくる瀬戸内海産のホンダワラ類であった。そのなかでもアカモクが主体で, 流れ藻になるホンダワラ類は, 限られた種であることがわかった。

藻場造成試験と海藻魚礁研究会

マリンランディング計画のなかに藻場造成試験があったことから, その後も藻場を造成する事業が多くの水産試験場で継続して行われていた。さらに, 水産庁(50%)と民間会社(50%)の共同出資のプロジェクトを組織する(財)「マリノフォーラム21」が発足し, 最初のプロジェクトの一つとして1986~1990年に, 「人工肥沃を加えた海藻根根資源礁開発」が採択された。このプロジェクトの幹事会社が高知県下の大旺建設(株)となり, 筆者はスタッフとして参画した。東洋建設, 五洋建設, チッソ株式会社, 日立造船など大手の会社が組織メンバーで, 実施場所が土佐清水地先となった。このプロジェクトは, 総額5,000万円の予算であり, みえる成果が要求されたので責任が重く, 精力を注いだ研究活動の一つであった。4年後に, 磯焼け地帯に設置した試験ブロックにフタエモクが密生し周囲の岩礁域まで拡大し, イセエビが蟄集し, シマアジの稚魚の群れが出現した時は感動した。この現場調査は, 海藻研究所の新井章吾氏と四Cコンサルタント(株)の渡辺美樹さんが潜水調査を担当して下さり, 人工構造物にみられた海藻遷移については, 3人の共著で国際学術雑誌に投稿した。

このプロジェクトを進めてゆくなかで, 企業の方から, 我々は海藻を知らないので, 勉強会をしようという話が持ち上がり, 「海藻魚礁研究会」を発足させた。会長には, 新崎盛敏先生をお願いして, 川嶋昭二, 徳田広, 小河久朗, 下茂繁の諸氏がアドバイザーとなり, 藻場に関わるコンサルタント会社, 企業が加わり, 1986~1992年の間続いた。学士会館の小部屋を会場として, 毎回, 話題提供者の講演があり, 「海藻魚礁ニュース」を14号まで発行した。また, どうも, 海藻標本の図鑑では, 海藻の繁茂の状態がわからないので, 海藻生態図鑑がほしいということになり, 研究会メンバーが持って

いる写真を集めて, 緑書房より, カラー印刷の図鑑「海藻の生態と藻礁」が1991年に刊行された。刊行すると予想以上に売れ行きがよく, 初版を完売して英訳の図鑑まで刊行した。海藻魚礁研究会は, 会長の新崎先生が死去したことで, 藻場造成プロジェクトも終了したので, 1992年に解散した。

藻場造成の研究は, 海外学術調査に追われて数年間途絶えたが, 1998~2003年の期間, 現役, 最後の仕事として四国総合研究所との共同研究「魚礁沈設等に基づく海洋牧場導入実証試験」が始まった。魚介類を含む海洋牧場造成という視点からの再開であった。海洋牧場化実証場所は, 愛媛県の伊方町内の宇和海海域と伊予灘海域の3カ所であり, 海中に沈める試験魚礁は, 一カ所に500万円の予算であったが, この成果で商品化できるので, 各社とも赤字が出るほど試験魚礁を数多く製作した。2,000万円を超える魚礁群を設置して, 筆者の研究では, 最も大規模な研究プロジェクトとなった。このプロジェクトには, 韓国の釜山水産大学博士課程の院生, C.G. Choiさんがプロジェクトメンバーとして加わった。彼は, 2年間, 1~2ヶ月に1回, 釜山からやってきて, 1~2週間滞在し, 海藻の遷移を担当した。Choiさんは精力的に仕事をこなし, 韓国での学位を取得した。この海洋牧場化実証研究は, 多く成果を出して終了したが, 地元漁協は, この成果から事業化プランを作ってほしいと要望され, 1カ所, 約1億円規模の海洋牧場プランを提出した。近い将来, 完成した海洋牧場をみたい。

アオサ場の研究

藻場の研究と並行して, 興味を持ったのは, 浦ノ内湾の天皇洲にみられるアオサ場であった。1968年, 赴任した当時は, 広い砂州一面にコアモクが繁茂していたが, 湾内でハマチ養殖が始まった1975年頃より, 浦ノ内湾はコアモクが, だんだんと消えてアオサに覆われることに気がついた。瀬戸内海でも, アオサ場が消えてアオサ場になることが大きな問題になっていた。その頃, 新崎盛敏教授は, 各地の繁茂するアオサを調べていた。彼が最後に行った研究であり, お会いするとよくアオサの話がされた。そこで, 卒論研究として二人の学生, 田尻純二, 笹山茂行君に周年にわたる浦の内湾アオサ場の調査をしてもらった。その結果, 多くの海藻が消える夏季にアオサ場は最盛期になり, 春には, ほとんどなくなるといふ周期は, 岩礁域の海藻と反対であることがわかった。また, 大発生するアオサは藻体が薄くて, 漂って成長する特徴があり, また, 最盛期の夏季には成熟がみられず畳一枚くらいの大きさになるものが多く, 明らかに日本産アオサの代表種とされているアナアオサと異なっていた。最近になって, 平岡雅規博士と畠田智博士らが, 国内外のアオサ類の形態, 発生, DNA解析を行い検討した結果, 浦の内湾のアオサ, 浮遊し薄いタイプのアオサは, 新種であることがわかった。このアオサは, 熱帯域のアオサと類似しているので, 和名, ミナミアオサ, *Ulva ohnoi* Hiraoka&Shimadaと命名された。筆者の名を学名に付けて下さりありがたく思っている。浦ノ内湾のアオサ場は, 現在でもみられるが, 以前ほど大発生しな



図3. 四万十川の支流竹島川のヒトエグサ養殖場で、沖階吉組合長とともに

くなった。これは、浦ノ内湾の魚類養殖の形態が変わり、栄養分が減少しているためと推察している。

海藻養殖の研究

ヒトエグサとアオノリ

高知県の四万十川と徳島県の吉野川は、アオノリとヒトエグサの産地である。ヒトエグサの人工採苗技術は、1970年頃に三重大学におられた喜田和四郎先生が確立されたが、私も1968年、赴任した頃より、高知県下のヒトエグサ養殖場で、人工種苗技術開発に漁業者と取り組んだ。その後、ヒトエグサ漁場への濁水の影響のモニタリング調査を10数年間委託された。そのために、四万十川下流漁協の組合長とともに、ヒトエグサ養殖の生態調査に長く関わることになった(図3)。現在、高知県のヒトエグサ養殖は、天然採苗と人工採苗を併用して行っているが、ヒトエグサはノリのような病害による被害はほとんどない。しかし、年により生産量の変動がかなりある。春に低水温が続く時は、収穫期間が長く豊作であり、春の水温上昇が早いと養殖期間が短く収穫が少ない。養殖ヒトエグサの生態は、興味深い研究テーマであった。

アオノリ養殖の始まりは、吉野川河口域である。吉野川の河口域は、四万十川に次ぐ、天然アオノリの産地であったが、1960年後半から、芽生えるが伸びない現状が続いた。その頃、吉野川の河口では、ヒトエグサの養殖が行われており、アオノリの芽生えが出るところ(種場)に網を張ると、海苔網にアオノリ芽が付き、その網を下流のヒトエグサ養殖場に張るアオノリが伸び始めた。その後、徳島県水産試験場のスタッフや筆者も少し関わって、浮流し方式技術と人工採苗技術が確立した。筆者は、それより少し前に、インドの海岸でアオノリの養殖試験を行っていて、アオノリ葉体を暗処理後、光条件下に置くと胞子が多量に出るということを論文にしていた。「なぜ暗処理すると成熟するか?」と、徳島県水産試験場の団昭紀さん、松岡正義さんと話し会った時に、刺激が必要であるということになり、「それでは痛めつけるか!」ということで、団さんがミキサで葉体を裁断すると、不思議に、数日後に一斉に胞子が出るのがわかり、アオノリの人工採苗

法として確立した。団さんは、人工採苗法の技術的なことと、成熟・胞子放出機構を詳細に研究して学位を取得した。

キリンサイとオゴノリ

筆者は、カラギナンの原料になる熱帯性海藻、キリンサイをフィリピン調査の時に持ち帰り、1988年より浦ノ内湾で海面養殖を続けている(図4)。1993年のベトナム海藻資源調査の一貫として、そのキリンサイ藻体をベトナムのナチャンの海に約500gを移植し養殖試験を行ったが、成長が良好で、数年でキリンサイがベトナムの各地で広く養殖されるようになった。現在、カラギナン原料として年間、約300トン(乾)の輸出が行われているようだ。ベトナムでは、キリンサイを乾燥保存し、それを熱湯で戻して食用や飲み物にする食習慣があり、養殖キリンサイのドリンクは、現在ベトナム全土で一般的な飲み物になった。キリンサイは、高知からタイ、インド、ブラジルに移植して、彼の地で、今でも育っている。寒天原藻のオゴノリの研究は、クリスチン、アノン、ジャクリンの女性留学生の学位論文として行ってもらった。種と生育状態の違いによる寒天組成の変化の研究は、世界的に少なく、今でも多くの論文に引用されている。

海洋深層水培養

1990年代に入り、沖縄県、高知県、富山県で、海洋深層水の取水が行われている。海洋深層水は、清浄で低温であるとともに、富栄養(窒素分は10倍、リン酸分が4倍)であるので、藻類の培養には適している。高知県海洋深層水研究所では、アオサ、スジアオノリ、コンブ、カジメ、カヤモノリ、ノリ類、トサカノリ、トゲキリンサイ、ミリン等の各種海藻のタンク養殖を試みているが、どの種も正常に生育して、海面での生長速度とあまりかわらないことがわかった。平岡雅規博士の研究で、培養条件を整えることにより、スジアオノリでは、2日で倍になるほどの速い生長速度を示し、タンクによる大量培養が事業化されている。現在、筆者らは衝立方式で陸上でのノリ養殖試験を行っている。冷蔵網をつるし、上部から海洋深層水を流すことにより、2週間で、葉長20cm



図4. 研修員にキリンサイ養殖指導

以上のノリになり、採取できる長さになった。このノリは、柔らかく旨み成分が多くてヒトエグサと混ぜると美味なノリの佃煮ができる。海洋深層水の価格が少し高いので、生産された海藻の価格が高くなるが、海洋深層水培養技術の進歩で、海面養殖よりも安価で、良質な海藻が生産されることが期待される。

国際協力と海外学術調査

1979年1月にインドで開催された「インド洋海域の海藻類の国際シンポジウム」で、日本の海藻養殖を報告したが、その時に、インドの研究者から、「アオノリに機能性成分があることがわかったので、不純物が入らないようにアオノリの養殖をしたい。協力してほしい！」と言われて、国際協力事業団（JICA）の支援方法を紹介したら、先方は有力者であったのか、JICAから1980年11月～82年2月の3ヶ月間、インドで海藻養殖指導の要請が届いた。40歳の時であった。アオノリ養殖は日本でも始まっていなかったが、ヒトエグサ養殖は試みていたので、人為的手法で孢子さえ出れば養殖はできるだろうと引き受けた。インドのOkraという平坦で広い砂礫地で、人為的に多量の孢子液を得て日本の養殖網に付着させて張ると、3週間ほどでアオノリ葉体は数10cm以上に成長した。この結果を論文にまとめた。これはアオノリ養殖に関する最初の論文となった。

JICAの専門家としては、1986年にアフリカのモーリシャス政府から、キリンサイ養殖の可能性について調査要請であった。1ヶ月の試験調査であったが、モーリシャス本島はリゾート海域で養殖場所がないが、離島のロドリゲス島は、大きなサンゴ礁湖があり、キリンサイ養殖の適地であるとモーリシャス水産局とJICAに報告した。しかし、この国の最重要課題は、観光と沿岸環境保護に目が向いており、水産サイドのキリンサイ養殖要請は無視されて、現在もキリンサイ養殖開発の機運はない。モーリシャス調査の後に、タンザニアが大規模なキリンサイ養殖を進めて、大きな外資を稼ぐ産業になっている。

長期にわたる海外学術調査は、1987～1992年の6年間、京都大学の梅崎勇教授を代表とする文部省海外学術調査、フィリピン諸島の海藻資源調査研究であった。当時は、文部省海外調査派遣事業が始まったばかりで、年間の採択件数が、20件にも達していず、採択してもらうために、審査の情報を集め、梅崎先生が審査員に説明に歩いた。京都大学に大学院熱帯農学研究科が開設され梅崎先生がその教授になられたことが、このプロジェクトの採択の大きな理由であったと思う。調査団メンバーには、梅崎、大野のほか、吉田陽一（京大）、中原紘之（京大）、鰐坂哲朗（京大）、山本弘敏（北大）、増田道夫（北大）、小河久朗（東北大）、奥田武男（九大）、野呂忠彦（鹿児島大）の諸氏、1992年度に高知大、大学院生として筒井功君が参加し、多くの大学からの海藻研究者が参加した初めての海外調査であった。このプロジェクトは海藻フロラ調査と生態調査がテーマであった。初年度の調査は、予算が少なく食料を買い、部屋で輪になって夕食と取ることが多

かったが、夜長、楽しく語りあった。梅崎先生は定年退職の関係で前半3年間の代表となり、後半の3年間は筆者が代表を務めた。

フィリピンの調査後、引き続き1993～1994の2年間、北海道大学の増田道夫教授が代表で、ベトナム沿岸の海藻資源調査研究が採択された。増田氏が海外留学のため参加できなくなり、筆者が1994度の代表を再度引き受けた。この調査団には、増田、大野のほか、鰐坂哲朗、川口栄男（九大）の諸氏、大学院生は1994年度に阿部剛史氏が参加した。さらに、マレーシア沿岸の海藻資源調査が2年間続いた。筆者は参加しなかったが、増田氏を代表として北海道大学のメンバーが核となり、鰐坂哲朗、川口栄男両氏が参加した。10年にわたる東南アジア海域の海藻資源調査は、隣国の調査も行うなどして、多くの業績を残して完結した。この東南アジア調査は、相手国と共同研究体制が取られたために、学術的成果とともに、東南アジアの海藻学研究者との太いパイプができた功績は大きい。

海洋植物研究室と留学生

渡し船でわたった井尻部落に、1974年、宇佐大橋がかかり、1978年には水産実験所と統合して海洋生物教育研究センターとなった。1988年には4階建ての研究棟ができて研究所らしい景観になった。教官も4人になり筆者の研究室は、海洋植物研究室と呼ぶようになった。1987～97年の10年間、毎年、約6ヶ月間、JICA海外集団研修コース「海洋牧場システムコース」を当センターが受け入れた。その研修コースのコースリーダーとなり、東南アジアを中心として延べ80人以上の研修員の世話をした。研修期間中は、海外出張も控えるなどの多くの時間的制約があり、研究にも影響があったが、研修員から得るものも多かった。海洋植物研究室の特色は、海外から若手の海藻研究者がやってきたことであろう。JICAに関係する者も多かった。3ヶ月以上の長期滞在、あるいは大学院生として、当研究室で研究活動をした者は、インドからパンデー（P. S. Pandey）、マイヤー（O. P. Mairh）、サフー（D. M. Sahoo）、ミャンマーのスートン（Soe Hton）、タイのアノン（A. Chirapart）とステワアート（S. Suthewat）、マレーシアのクリスチン（C. A. Orosco）、インドネシアのグレボー（S. C. Grevo）とイステニー（S. M. Istini）、ベトナムのチュエット（V. D. Triet）、フィリピンのダニー（D. B. Largo）とロドラ（R. Azanza）、中国のバング（S. X. Pang）とシュウ（朱文栄）、韓国のチョイ（C. G. Choi）、ブラジルのエヂソン（J. P. Edison）とジャクリン（J. Rebello）、チリのカミロ（C. Werlinnger）である。在室中の呼び名で挙げたが、総勢18名で、在室中は、皆、30代前半の血気盛んな若者達であった。現在は、教授、助教授、上級研究員として、それぞれの国で海藻学の中核的スタッフとなっている。なかには恋も実り、ブラジルからの留学生ジャクリンさんとJICAからの派遣で、研究室に滞在した藤木暢さんが結婚された。悲しいこともあった。ブラジルのエヂソン助教授は、サンパウロ大学の教授となることを囑望されていたが、2003年に交通事故で死去



図5. 2004年、2月退官記念号の刊行の打ち合わせに来所（センター前で、左より、山田、大野、田井野、寺脇）

した。彼は、JICA研修員として6ヶ月在室しキリンサイに興味を持ち、持ち帰った材料を培養し形態変異の研究を続けていた。彼は、その成果をフィリピンで開催された国際海藻シンポジウムで、私も共著者となり講演し、全発表者から選ばれるMarinalg賞の最優秀賞を授与した。さらに付け加えたいのは、イギリス人のA.T. Critchley博士である。私との共編者として”Seaweed cultivation and marine ranching”と”Seaweed resources of the World”のタイトルの本をJICAの予算で出版するために、3回の来室があり、親しく学生、院生と接した。当時は、南アフリカの大学の教授であったが、研究室でできた英文論文の多くを校閲した。海洋植物研究室からたくさんの英文論文が出たのは、彼に負うところが大きい。

国際海藻シンポジウムと日本海藻協会

国際海藻シンポジウムの諮問機関である国際海藻協会 (ISA) の委員、10名のなかで、日本枠が1名ある。土屋靖彦先生、西澤一俊先生、有賀祐勝先生の後に、筆者が1998年より委員となった。日本は、1983年の中国開催のシンポジウムに、国内から寄付金を集めて基金を送った。それ以後に、国際海藻シンポジウムへの援助金をスムーズに集めるために、ISA委員と海藻業界の大房剛氏、角谷清氏が幹事となって国際海藻協会日本支部が作られた。この日本支部を母体に、1999年2月に、前ISA委員の有賀祐勝先生が会長、ISA委員の筆者が事務局長となって日本海藻協会が発足した。日本海藻協会 (JSA) は、国際海藻シンポジウムへの支援、会報の発行、

シンポジウムの開催、交流会、ホームページの開設などの活動としている。JSAは発足して5年の歳月が過ぎたが、海藻産業の主要な会社、43社が会員となり、18名のアドバイザー会員が組織されている。日本海藻協会の姉妹組織として日本応用藻類学研究会が発足した。能登谷正浩会長ほか、応用藻類研究者会員が82名となり発展している。この二つの組織は、日本の応用藻類学、日本海藻業界の発展の牽引的組織として期待したい。2007年に、神戸で開催される19回国際シンポジウムは、JSAの総力を挙げて、参加者に喜ばれるものにした

有用海藻誌の刊行

45年間、海藻、藻類と名のつく仕事には、気軽に、なんでも引き受け、誘われるままに仲間に入り、組織作りに加わってきた。執筆も頼まれると引き受けてきた。それぞれの執筆には想い出はあるが、徳田広・大野正夫・小河久朗共著「海藻資源養殖学」緑書房(1990)の執筆では、砕氷艦「しらせ」に、多くの資料を持ち込んだ。Ohno & Critcheley 編著「Seaweed cultivation and marine ranching」JICA (1993) とCritcheley & Ohno 編著「Seaweed resources of the world」JICA (1997) は、市販される本ではないが、世界の著名な海藻学者達に執筆を依頼し、しっかりとした原稿が届き感激した。この2冊は、多くの雑誌で紹介されて実費配本がなされ、世界中に知られる本になった。

日本は海藻養殖、海藻の利用も多く行われているが、有用海藻について、生物学とその応用に関して詳しく書かれた本は見当たらない。有用海藻に関する全てが、1冊にまとめられた本の刊行が必要であると思い続けていた。現役の最後の仕事として、多くの執筆者の協力で、575頁の「有用海藻誌」(内田老鶴圃)を刊行した。企画してから5年の歳月が掛かった。予定したものよりも頁数が大幅に増えてしまい、高価な本になってしまったが、これだけの大書は、今後、半世紀は出版されないであろう。海藻学の基本図書として、多くのひとに読まれることを期待している。多岐にわたる仕事をした45年間であった(図5)。海洋植物研究室の後任は平岡雅規助教授となり、私は、幸い、定年後も外来研究員として、しばらく、同じセンターで仕事が続けられることとなった。3年後の2007年、国際海藻シンポジウム神戸大会の成功のために、体力と知力を維持せねばと思っている。私の研究活動には、多くの方々にお世話になった。ここに深く感謝の意を表します。

(781-1164 土佐市宇佐町井尻 226-2)

難波信由：第18回国際海藻シンポジウム（ノルウェー・ベルゲン）参加記

第18回国際海藻シンポジウムが2004年6月20日～6月25日にかけてノルウェー第2の都市ベルゲンで開催された。今回のシンポジウム参加は私にとって初めての北欧訪問であり、開催地であるベルゲンの港街ブリッゲン地区の三角屋根の家々や、街を取り囲む丘陵に立ち並ぶ中世風の家々は、日本にはない美しいものであった。そして、この家々を眺めながらの散歩は、私にとって心と和む一時であった。一方、今回のシンポジウム開催国ノルウェーの物価が高いことは訪問前から聞いていたが、滞在期間中の飲食費を含む生活費全般の高さに、あらためて実感させられた。

ベルゲンの中心街に位置するシンポジウム会場グリークホールは、ベルゲンが生んだ世界的作曲家グリーク エドヴァルドを記念して建てられたもので、丘陵に立ち並ぶ家々とは違いグランドピアノを模した近代的な建造物であった。会場で渡された参加者名簿には、45カ国からの約320人の名が載っていたが、参加費やホテル代などの高いことから、実際の参加者は300人を下回っていたとのことである。一方、参加者名簿では日本からの参加者は26名で、南アフリカで開催された前回の22名を上回っていた。韓国からの参加者も27名と多く、開催国のノルウェーと並んでいた。また、アジアや太平洋諸国からの参加者も多く、この地域の実験研究に対する関心の高さが感じられた。

今回のシンポジウムは、基調講演、ミニシンポジウム、一般講演とポスター発表からなっていた。また、ミル属の生理・生態的研究を行っている私にとって、ニュージーランドCRCセンターのSchaffelke先生が発表された、*Codium fragile* ssp. *tomentosoides*を含むいくつかの種の地球規模での拡大に関する基調講演は興味深いものであった。そして、シンポジウム会場でカリフォルニア大学のSilva先生にお会い出来たことも、私にとって大きな感動であった。

ミニシンポジウムは、分類・系統発生、ケルプの生態、海藻養殖など6つのテーマについて行われた。私自身は一般講演で、マコンブ葉状部の生長様式と水温との関係につ

いて発表した。マコンブの研究を数年前から始めた私にとって、会場で受けた質問やアドバイスは、コンブ目植物に関する研究の現状や方向性をより良く理解する貴重な機会であった。今回のシンポジウムの一般講演は112件であったが、前回の南アフリカでのシンポジウムと同様に、ポスター発表は



写真2. 街を囲む丘陵に立ち並ぶ家々



写真3. ベルゲンの中心街



写真1. 港街ブリッゲン地区



写真4. シンポジウム会場のグリークホール



写真5. 基調講演の会場

それを越える119件であった。

また、一般講演では生理・生態に関する発表が約3分の1を占めていたが、ポスター発表では、海藻多糖類、機能性成分や海藻養殖に関する発表が多くみられた。

シンポジウムの中日にはエクスカーションが行われ、フィヨルド、海藻採集、Marine Station、山歩きのツアーが企画されており、その中でも、多くの参加者がフィヨルドバス旅行に参加していた。この日の夕方には、大型帆船による夏至航海も催された。そして、翌日にはSymposium Dinnerがあり、ケーブルカーで登ったフロイエン山頂のフロイエンレストランで行われた。今回のシンポジウムが開催された6月下旬は、最も日が長い季節であり、山頂からは、Symposium

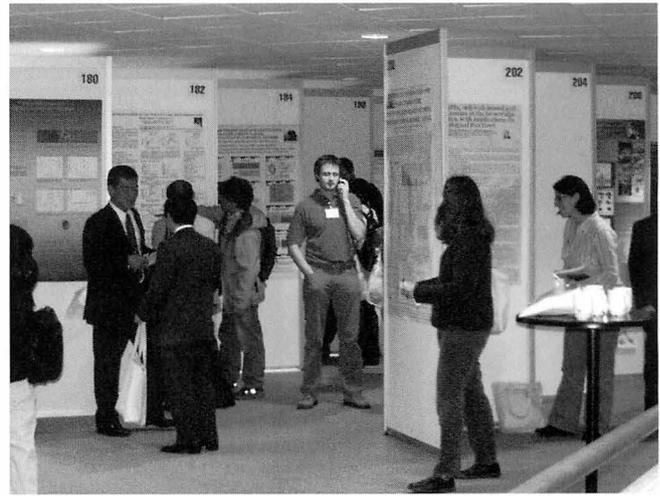


写真6. ポスター発表の会場

Dinner後に美しいベルゲンの町と壮大なフィヨルドを眺めることができた。

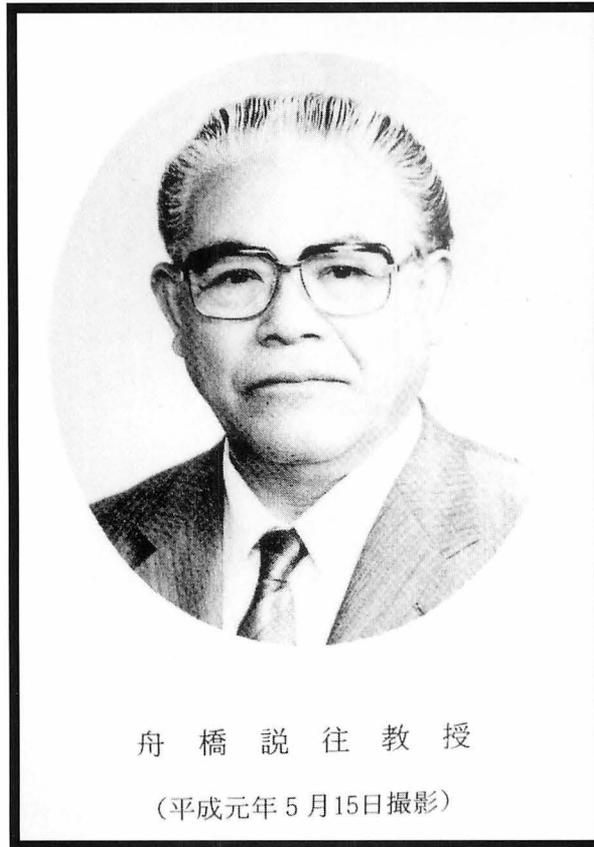
シンポジウム最終日の閉会式では、高知大学の野先生が、次回の開催地である神戸の紹介をされた。3年後のシンポジウムは、神戸の国際会議場で3月下旬に開催され、隣接するポートピアホテルがシンポジウム参加者には格安価格であることを紹介された際には、今回の開催地ベルゲンの物価の高さに驚いていた参加者から、歓声と大きな拍手が贈られた。日本で開催される次回のシンポジウムが、このような参加者から歓声と拍手が贈られるものになることを願っている。

最後に、今回のシンポジウムへの参加期間中お世話になった皆様に、この場を借りてお礼申し上げる。

(北里大学水産学部)

吉田忠生：舟橋説往氏の逝去を悼む

Tadao YOSHIDA: Dr. Setsuo FUNAHASHI (1924-2004) in Memoriam



舟橋説往氏は1924(大正13)年4月12日北海道の生まれで、教職を希望して1944年に北海道帝国大学内札幌臨時教員養成所に入学された。旧制中学校教諭を1年経験の後、1948年北海道大学理学部植物学科に進学し、在学中は秋山茂雄助教授に石狩空沼岳の植物相研究の指導を受け、卒業後、東北区水産研究所に転出した黒木宗尚助手のあとをうけて植物分類学講座の助手に1951年に採用された。それからは山田幸男教授の下で海藻学の研究を開始された。

まず、手掛けたのがカリフォルニア大学のPapenfuss教授から依頼されたウラジオストックの海藻相の研究で、ソ連邦の探検隊員A. Kuznetsovがウラジオストック周辺で1926年から1929年にわたって採集した1560点の海藻標本を精査して、それまで報告がほとんど無かった沿海州の海藻相を明らかにした。

金沢大学の依頼によって始まった能登半島の海藻相の研究では、半島の周辺を精力的に回って採集に努力された。その結果、この地域から34種の海藻を新たに記録された。

この2つの研究を基礎として日本海全体の海藻の地理的分布を議論した論文によって1969年に北海道大学から理学博士の学位を受けることになった。

1953年に発足した日本藻類学会設立準備のために事務をひきうけ、初代の山田会長の下で初期の学会運営を1965年までの間、庶務・会計幹事、「藻類」編集幹事として持ち前の几帳面さを発揮して活躍し、学会の円滑な運営になくはならな

い役割を果たし、今日の活況の基礎を固めた功績は大きい。

1972年に北海道大学助教授を経て高崎経済大学助教授に転出され、1973年からは教授として念願の教育に専念されることになり、一般教育の生物学・生態学・自然科学史の講義を担当された。赴任した時にはまだ大学紛争の盛んな時で、困難な時期を学生委員長、学生部長、一般教育長などとして、大学の運営にも重要な役割をはたされた。

1990年に高崎経済大学を定年退職され、名誉教授の称号を受けた後も非常勤講師として教育に当たるとともに、群馬県において各方面で活躍され、その功績によって2002年には勲三等瑞宝章を授与された。札幌に戻ったあとはあまり健康に恵まれず、2004年5月13日に逝去された。

舟橋氏は温厚実直な性格で、1968年に赴任した新参の筆者を暖かく迎え入れてくださった。話し好きで、誰に対しても話し始めると終わりがないように続くのが常だった。筆者とも夜中まで話し込んで時間を忘れるようなこともしばしばあった。

学生教育を志して学業を終えたのちも、北海道大学在職中は教養部での講義をする機会もなく、不満もあったようであるが、高崎経済大学に移られてからは念願の教養教育に存分に全力を傾注することができたと推察しています。心から御冥福をお祈りします。

(太宰府市朱雀6-13-13)

Bellorin, A. M.¹・Oliveira, M. A.²・Oliveira, E. C.²:
オゴノリ *Gracilaria vermiculophylla*: 西太平洋産オゴノリ
科 (紅色植物門) 藻類が太平洋東岸から初記録

Alexis M. Bellorin, Mariana C. Oliveira and Eurico C. Oliveira:
Gracilaria vermiculophylla: A western Pacific species of
Gracilariaceae (Rhodophyta) first recorded from the eastern Pacific
核ゲノムにコードされている小サブユニットリボソームRNA
(SSU rDNA) と内部介在配列 (ITS) の解析, および形態・組織学
的観察に基づき, オゴノリ *Gracilaria vermiculophylla* を
メキシコのカリフォルニア半島から報告する。過去に “*G.*
verrucosa” の名前が充てられていた本種の主な分布域は北太
平洋西岸 (日本・中国・韓国) だが, 本報告はそれ以外の地
域からの初記録になる。また本種は, 過去の報告 (Goff *et*
al. 1994) で本属未同定種とされた材料のITS領域が本研究の
材料と一致することから, 米国カリフォルニア州中央部にも
生育する。北太平洋東岸の本種は, 体は質実で円柱状を呈し,
やや蠕虫状によく分岐すること, 皮層から随層にかけて細胞
径がゆるやかに変化すること, 精子嚢は深い巢状を呈するこ
と, 果胞子嚢とその始原細胞は規則的に配列すること, 嚢果
内の横断糸は下方方向に (まれに上方方向に) 存在すること, で
特徴づけられる。本種は, 嚢果の組織構造のいくつかの特徴
において *Gracilariopsis* 属, *Hydropuntia* 属に関連しており,
オゴノリ科内の属を議論する上で適切な種といえる。
(¹Departamento de Biología, Escala de Ciencias,
Universidad de Oriente, Cumaná, Venezuela; ²Departamento
de Botânica, Instituto de Biociências, Universidade de
São Paulo, Brazil)

Hurd, C. L.¹・Nelson, W. A.²・Falshaw, R.³・Neill, K.
F.²: ニュージーランドにおける海産大型藻類研究の歴史、現
状および未来について: 分類学, 生態学, 生理学および利用
Catriona L. Hurd, Wendy A. Nelson, Ruth Falshaw and Kate F.
Neill: History, current status and future of marine macroalgal research
in New Zealand: Taxonomy, ecology, physiology and human uses

1769年にジェームス・クックが初めてニュージーランドを
訪れて以来研究が行われてきたニュージーランド大型藻類相
は豊富で多様である。ニュージーランド地区は南部の冷温帯
から北部の亜熱帯が含まれる。本論文では, 1900 以来の
ニュージーランドにおける藻類研究の歴史、分類学、生態学、
生理学的研究および養殖や海藻抽出物を含む有効利用につ
いての現状をレビューする。約 700 種の海藻類がニュージー
ランドで知られており, そのうち 22 種は移入種である。モノ
グラフ的な仕事が行われた分類群はほとんどなく, 多くが記
載されずに残っている。80 以上のニュージーランド産海藻類
から多糖類が同定され, それら化合物の多くは商業的な可能
性を秘めている。早急なる分類学的研究に加え, 将来的な研究に

は, 大型藻類群落のモニタリング, 生長率や一次生産、海藻
類が元となる産物の沿岸域食物網への寄与等の長期的 (5 年
以上) な国家計画が含まれるべきである。(Univ. Otago,
²National Institute of Water and Atmospheric Research,
³Industrial research limited, New Zealand)

高野義人・堀口健雄: *Gyrodinium* 属 (渦鞭毛藻綱) のタイ
プ種を含む, 無殻の従属栄養性渦鞭毛藻 4 種についての細胞
表面微細構造と分子系統学的研究

Yoshihito Takano and Takeo Horiguchi: Surface ultrastructures
and molecular phylogenetics of four unarmoured heterotrophic
dinoflagellates, including the type species of the genus *Gyrodinium*
(Dinophyceae)

4 種の無殻の従属栄養性渦鞭毛藻, *Gyrodinium spirale*
(*Gyrodinium* のタイプ種), *G. fusiforme*, *Gymnodinium*
rubrum, 淡水産種 *G. helveticum* について, 単細胞 PCR 法を
用いて SSU rRNA 遺伝子の配列を決定した。用いた種の同定と
個体の記録のために, それぞれの細胞を単細胞 PCR に用いる
前に光学顕微鏡を用いて詳細に観察し, 顕微鏡写真撮影をお
こなった。*Gymnodinium rubrum* と *G. helveticum* は,
Gyrodinium spirale や *G. fusiforme* と同様の楕円形の apical
groove と縦方向に走る条線を持っており, さらに分子系統解
析の結果からこれら 4 種は単系統群となることが明らかと
なった。よって, 以下の新組み換え: *Gyrodinium rubrum*
(Kofoid et Swezy) Takano et Horiguchi comb. nov. と
Gyrodinium helveticum (Penard) Takano et Horiguchi comb.
nov. を提唱した。(北大院・理)

Millar, A. J. K.: 東オーストラリア, ニューサウスウェ
ルズ新産の海産付着藻類

Alan J. K. Millar: New records of marine benthic algae from New
South Wales, eastern Australia

24 種の海産大型藻類をオーストラリア大陸のニューサウス
ウェルズ沿岸域新産として報告する。その 1 つ, *Laurencia*
platyclada はオーストラリア及び太平洋新産である。これら
の新産種のなかには, 移入種であり低温耐性を持った緑藻
Caulerpa taxifolia が含まれ, これは Lord Howe 島に自生個
体群のみ報告があったものだ。これまでの報告に基づく
と, ニューサウスウェルズ産の海産付着藻類は緑藻 131 種、褐藻
140 種および紅藻 449 種になる。この基準情報はニューサウス
ウェルズ州の総合的な海洋生物多様性に関する我々の知識ば
かりでなく, 南西太平洋に関する藻類地理学への重要な追加
情報である。(Royal Botanical Garden Sydney, Australia)

真山茂樹・真山なぎさ・石川依久子: *Nitzschia sigmoidea*
(珪藻綱) の両側に葉緑体 DNA を伴う短冊形ピレノイド

Shigeki Mayama, Nagisa Mayama and Ikuko Shihira-Ishikawa: Characterization of linear-oblong pyrenoids with cp-DNA along their sides in *Nitzschia sigmoidea* (Bacillariophyceae)

近年、本邦に頻出するようになった羽状珪藻 *Nitzschia sigmoidea* (Nitzsch) W. Sm. の葉緑体に多数散在する特異な短冊形構造体の特性を明らかにした。本構造は生細胞の光学顕微鏡観察では認識しづらいものであるが、プロピオンカーミンを用いた染色法では明瞭に観察できた。また透過型電子顕微鏡により、短冊形構造体の断面は狭皮針形から紡錘形で、一枚のチラコイドが貫通していることが観察された。DAPI染色した細胞では、この構造体の両側に線状に配置している葉緑体DNAが検出され、その繊維は透過型電子顕微鏡で確認された。間接蛍光抗体法および免疫電顕法による観察から、葉緑体DNA領域に挟まれてRubiscoが局在すること、また線状に配置する葉緑体DNAは、葉緑体分裂と同調的に分裂を行うことが明らかとなった。本研究の結果は、*N. sigmoidea*の葉緑体に見られる短冊形構造体がピレノイドであることを確認した。珪藻における葉緑体DNAの分布様式の様多様性を論じる。(東学大・生物)

Necchi Jr., O.: 熱帯流水域に生育する大型藻類の温度に対する光合成反応

Orlando Necchi Jr: Photosynthetic responses to temperature in tropical lotic macroalgae

短期実験室条件化におけるクロロフィル蛍光と酸素放出量を測定することによって、温度(10-30°C)による光合成反応の比較解析を行った。南西ブラジルの流水に生育する大型藻10種類、珪藻、緑藻、藍藻、紅藻および黄緑藻を調査した。珪藻 *Terpsinoe musica*、緑藻 *Chladophora glomerata* および紅藻 *Compsopogon coerulesu* の3種類に関しては、25-30°Cで最も高い電子伝達レート(ETR)を示し、温度がETRに有意な影響をおよぼした。他の種類は有意な差はなかった。非光化学消光に関しても同様な影響がみられた。異なる純光合成/暗呼吸率が異なる温度でみられ、高温時に呼吸が増加するようだ。このことは、純一次生産量と温度間のバランスを減少させ、多くの種類で高温へ向かってより危機的状況になることを意味している。一方で、緑藻類3種では高い純光合成と光合成/暗呼吸率が高温および広い範囲の温度でみられ、このことはこれら藻類が熱帯域で重要な一次生産者であることを示している。5種類(紅藻2種、緑藻2種および珪藻1種)では、両方法で最適光合成率が生育環境に似た温度で見られ、このことは周辺環境への順応がおこっていることが示唆された。*Compsopogon coerulesu*は、ETRと酸素発生量のピークが生育環境温度で見られた唯一の種類である。全ての種類で最適温度でみられたETRと純光合成に近い値が広い範囲の温度で維持されていた。高温に向かっの非光化学消光の増加、すなわち過剰エネルギーの熱消光がいくつかの種類でみられ、同様に非光化学消光とETRの正の相関がみられ、これらは温度変化における光合成装置の適応に関する2つのメカニズムとして解釈された。1つの種類で異なる最適温度が2つの方法

で見られ、たいてい酸素発生量による測定で低い温度になってしまったのだが、これは異なる要因に依存することを示している: 温度が上昇すれば一般的に酵素活性の増加により高ETRが誘引され、酵素活性の増加は、呼吸と光呼吸の増加によって導かれる純光合成の減少によって補償される。(São Paulo State Univ.)

Selina M.¹・Hoppenrath M.²: 日本海産の新種 *Sinophysis minima* と *Sinophysis* 属3種(渦鞭毛藻綱, ディノフィシス目)の形態学的研究

Marina Selina and Mona Hoppenrath: Morphology of *Sinophysis minima* sp. nov. and three species *Sinophysis* species (Dinophyceae, Dinophysiales) from the Sea of Japan

日本海の潮間帯および漸深帯に生育する砂地性海産渦鞭毛藻の *Sinophysis* 属の4種(1つは新種)を調査した。これらの形態学的特徴は光学顕微鏡および走査型電子顕微鏡で観察した。新種 *Sinophysis minima* は横方向に扁平で、長さ17.5-35.0µm、厚さ15.0-27-5µm、長さ/厚さの比が1.1-1.4、上殻の厚さ5.0-7.5µm、縦溝の長さは下殻の長さの3/4である。*Sinophysis ebriola* (Herdman) balech, *Sinophysis grandis* Hoppenrath および *Sinophysis stenosoma* Hoppenrath はロシア海域新産である。*Sinophysis stenosoma* は日本海で最も普通にみられる種類である。全ての種類は調査域でたいてい一緒に出現した。既知種に関する追加情報も提供する。(1)Russian Academy of Science, (2)Biologische Anstalt Helgoland)

金網善恭: ブラジル・アルゼンチン産の新種や興味ある鼓藻類(緑藻綱, ホシミドロ目)

Yoshiyasu Kanetsuna: New and interesting desmids (Zygnematales, Chlorophyceae) collected from Brazil and Argentina
ブラジル、アルゼンチンの淡水域から9種類のデスマッドがみられた。これらは形態学・分類学からみて、*Closterium*, *Euastrum*, *Cosmarium* の3属に属していた。このうち新変種5(*Closterium cynthia* De Notaris var. *minutum* Kanetsuna var. nov., *Euastrum attenuatum* Wolle var. *saitoi* Kanetsuna var. nov., *Cosmarium laticollum* Delponte var. *minutum* Kanetsuna var. nov., *Cosmarium pseudovariolatum* Grönblad var. *major* Kanetsuna var. nov., *Cosmarium taxichondrum* Lundell var. *yamagishii* Kanetsuna var. nov.) 新品種2(*Euastrum hypochondrum* Nordstedt var. *hypochondrum* f. *divergens* Kanetsuna f. nov., *Euastrum insulare* (Wittrock) Roy var. *silesiacum* (Grönblad) Krieger f. *brasiliense* Kanetsuna f. nov.) として(学名の)新ランク1(*Cosmarium pseudovariolatum* Grönblad var. *incrassatum* (Scott et Grönblad) Kanetsuna f. *elongatum* (Scott et Grönblad) Kanetsuna stat. nov.) と最後に新組み合わせ1(*Cosmarium pseudovariolatum* Grönblad var. *incrassatum* (Scott et Grönblad) Kanetsuna comb. nov.) を提起する。

Ruiz L. B.・Rocchetta I.・Santos Ferreira V.・Conforti V. : 新系統株 *Euglena gracilis* の単離, 培養および特徴

Laura B. Ruiz, Iara Rocchetta, Verónica dos Santos Ferreira and Visitación Conforti: Isolation, culture and characterization of a new strain of *Euglena gracilis*

Euglena gracilis の新しい系統株を酷く汚染された川から単離した; MAT と名付けた。異なる培地における株の増殖率を従属栄養・独立栄養条件で測定した。脂質, 糖質, タンパク質およびクロロフィル *a* の総量を調査した。MAT から得られた結果と UTEX の系統保存株から得られたデータを比較した。さらに, 両株をスプレプトマイシンで漂白し, 緑藻で用いる同じ培地で生育させた。MAT と UTEX は明らかに異なる生化学的組成と成長率を示した。また両者は異なる生長様式を示した。両株の従属栄養・独立栄養条件にとって *E. gracilis* medium (EGM) が最も有効であった。脂質, 糖質, タンパク質およびクロロフィル *a* の基礎量は株によって異なり, したがってある株から得られた値は他に応用することは出来ない。その上, それぞれの場所で発達した適応や防御のメカニズムが株の出所に影響するようだ。(Ciudad Univ.)

芹澤如比古¹・横浜康継²・有賀祐勝³・田中次郎⁴: カジメ (褐藻, コンプ目) の茎部における暗呼吸-温度との関係

Yukihiko Serisawa, Yasutsugu Yokohama, Yusho Aruga and Jiro Tanaka: Dark respiration of the stipe of *Ecklonia cava* (Laminariales, Phaeophyta) in relation to temperature

スキューバ潜水によって1998年2月(冬季)と8月(夏季)に静岡県下田市鍋田湾の水深6-9mから, 茎長22-102 cmのカジメ胞子体(褐藻, コンプ目)を採集した。様々な温度条件, 冬季は15-27.5°C, 夏季は15-30°Cまでの範囲において, カジメの無傷の茎部における暗呼吸を, 閉鎖系で溶存酸素計を用いて測定した。茎部の呼吸量は, 茎全体, 長さ, 表面積, 体積, 生重量, 乾重量あたりで比較した。調べられた温度範囲内ではいずれの単位あたりでも, 茎部の呼吸量は常に温度の上昇に伴って増加した。また, 各温度で, 長さ, 表面積, 体積, 生重量, 乾重量あたりの呼吸速度は, それぞれ, 長さに関係なく同様の値を示した。冬季(15-27.5°C)の平均呼吸速度は, 長さあたり16.7-32.5 $\mu\text{L O}_2 \text{ cm}^{-1} \text{ h}^{-1}$, 表面積あたり3.2-6.2 $\mu\text{L O}_2 \text{ cm}^{-2} \text{ h}^{-1}$, 体積あたり7.6-15.0 $\mu\text{L O}_2 \text{ cm}^{-3} \text{ h}^{-1}$,

生重量あたり6.2-12.2 $\text{g (生重)}^{-1} \text{ h}^{-1}$, 乾重量あたり43.8-88.0 $\mu\text{L O}_2 \text{ g (乾重)}^{-1} \text{ h}^{-1}$ であった。また, 夏季(15-30°C)は, 長さあたり17.1-32.0 $\mu\text{L O}_2 \text{ cm}^{-1} \text{ h}^{-1}$, 表面積あたり3.6-6.8 $\mu\text{L O}_2 \text{ cm}^{-2} \text{ h}^{-1}$, 体積あたり9.7-18.7 $\mu\text{L O}_2 \text{ cm}^{-3} \text{ h}^{-1}$, 生重量あたり7.6-14.6 $\mu\text{L O}_2 \text{ g (生重)}^{-1} \text{ h}^{-1}$, 乾重量あたり49.4-95.8 $\mu\text{L O}_2 \text{ g (乾重)}^{-1} \text{ h}^{-1}$ であった。これは様々な温度でカジメの無傷の茎部における呼吸を測定した最初の報告である。(1千葉大・海洋セ(学振研究員), 2志津川町自然セ, 3東農大・国際食料情報, 4海洋大・藻類)

二羽恭介¹・菊地則雄²・岩淵光伸³・有賀祐勝⁴: ナラワスサビノリの形態とAFLPの変異

Kyosuke Niwa, Norio Kikuchi, Mistunobu Iwabuchi and Yusho Aruga: Morphological and AFLP variation of *Porphyra yezoensis* Ueda form. *narawaensis* Miura (Bangiales, Rhodophyta)

養殖ノリの2系統HG-1(Dai-1から純系化した系統)およびNoriken-4(HG-4を純系化する前の系統)を用いて室内培養し詳細な形態観察を行ったところ, 葉形は線形から倒披針形で, 最大葉長は50cm以上に達し, 精子嚢と接合胞子嚢の分裂表式, 受精毛と造果器の形状, 接合胞子嚢の第2横分裂面の入り方等から, いずれもナラワスサビノリであると同定された。また純系化した2系統HG-1およびHG-4の葉状体を同一条件下で室内培養し葉形を比較したところ, 殻胞子由来および単胞子由来のいずれの葉状体においても同じ葉齢では, HG-4はHG-1に比べて常に細長い葉形を示したことから, ナラワスサビノリの系統間でも葉形に遺伝的な違いがあることが示唆された。また, この純系化した2系統の遺伝的差異を把握するため, 種類のプライマーペアを用いてAFLP分析を行ったところ, 230本の増幅断片のうち2本のみで多型バンドを示したことから, 純系化された2系統は遺伝的に極めて近いことが推測された。また, 養殖ノリの品種改良における純系分離法の意義と現在養殖されているノリの由来について議論した。本研究は日本で現在利用されている養殖ノリの系統について詳細な形態観察とDNA分析を組み合わせて同定した最初の報告である。(1兵庫県立農林水産技術総合センター水産技術センター, 2千葉県立中央博物館分館海の博物館, 3福岡県水産海洋技術センター有明海研究所, 4東京農業大学国際食料情報学部)

学 会 録 事

1. 日本藻類学会第2回持ち回り評議員会

平成16年6月16日～7月2日に第2回持ち回り評議員会を開催し、日本藻類学会2005-2006年度会長及び評議員選挙の日程の審議、および会長候補者の推薦投票を行った。その結果、次期会長・評議員選挙投票を8月2日(月)～8月31日(火)に行うことが了承され、また同点者を含めて6名の次期会長候補者が選出された。

この結果に基づき、評議員会の会長候補者推薦に関する申し合わせ事項(藻類49巻2号168参照)に則り、7月7日から7月16日(金)までの期間、各会長候補者への推薦承諾の確認を実施した。しかし、候補者6名中4名の方から候補者を辞退する旨の回答が寄せられたため、8月に実施する日本藻類学会会長選挙においては「評議員会としては会長候補者の推薦を見送る」ことを決定した。

2. 日本藻類学会2005-2006年度会長及び評議員選挙の結果について

2005年1月1日から2006年12月31日を任期とする会長・評議員選挙を平成16年8月2日から8月31日の期間、実施した。平成16年9月3日午後3時より、山形大学理学部生物学科において本会会員の日野修次氏と谷藤吾朗氏の立ち会いのもとで開票を行った。その結果に基づいて、各当選者の承諾を得たうえで、以下の次期会長および評議員が選出された。

[会長選挙]

川井浩史(当選); 増田道夫(次点)

[評議員選挙]

北海道地区 (定員2名) 嵯峨直恆(当選), 堀口健雄(当選); 水田浩之(次点)

東北地区 (定員1名) 原 慶明(当選); 谷口和也(次点)

関東地区 (定員3名) 井上 勲(当選), 吉崎 誠(当選), 出井雅彦(当選); 笠井文絵(次点)

東京地区 (定員2名) 南雲 保(当選), 藤田大介(当選); 真山茂樹(次点)

中部地区 (定員3名) 前川行幸(当選), 石田健一郎(当選), 倉島 彰(当選); 大城 香(次点)

近畿地区 (定員2名) 鯉坂哲朗(当選), 今井一郎(当選); 中原紘之(次点)

中国四国地区 (定員2名) 奥田一雄(当選), 梶原忠彦(当選); 村瀬 昇(次点)

九州地区 (定員2名) 川口栄男(当選), 野呂忠秀(当選); 新井章吾(次点)

(敬称は省略)

3. Phycological ResearchのISI社データベースへの登録について

奥田英文誌編集委員長はBlackwell Publishing Asiaの協力を受け、Phycological ResearchのThomson ISI社(Institute for Scientific Information)データベースへの登録申請を行っていたが(「藻類」52巻2号131頁), 8月中旬に同社から奥田編集長へ、Phycological Researchを同社が発行するCurrent Contentsの収録対象誌とする旨の連絡があった。ISI社によるデータ収録は今年度掲載分からはじまり、引用文献データベースであるWeb of Scienceでの検索も可能となるうえ、3年後にはインパクトファクターが付くことになる。ここに奥田編集委員長のご尽力に感謝する。

4. 日本藻類学会研究奨励賞の募集について

今年度より新たに日本藻類学会研究奨励賞を設けたが(「藻類」52巻2号132頁), 10月1日現在、本賞への応募は皆無である。応募は会員による推薦以外に自薦でも受け付けており、積極的な応募を期待する。なお応募締め切り日は12月25日(土)であり、募集要項及び必要書類の書式等については日本藻類学会ホームページを閲覧するか日本藻類学会事務局にお問い合わせ願いたい。

「地球環境研究総合推進費」17年度新規研究課題の公募について

地球環境研究総合推進費は、地球環境政策を科学的に支えることを目的とした環境省の競争的研究資金です。研究機関に所属する研究者であれば、産学官等を問わず研究に参画できます。

10月下旬から12月10日前後まで、平成17年度新規研究課題を公募します。

公募の対象研究や募集方針、応募方法、募集期間などの詳

細は、推進費ホームページの「平成17年度新規課題公募要項」をご参照下さい。なお、現在進行中の研究課題については、推進費ホームページでご覧頂けます。

※推進費ホームページ

<http://www.env.go.jp/earth/suishinhi/index.htm>

<問合せ先>環境省地球環境局研究調査室

E-mail:suishinhi@env.go.jp

会員異動

これまでに学会事務局に通知のあった会員名簿登録情報の変更については、会員名簿（2004年11月発行）をご覧ください。なお、新入会員の氏名、団体名は以下の通りです（敬称略；50音順）。

訃報

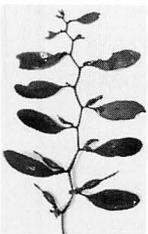
本会会員 安部 守氏は2003年12月12日逝去されました。
舟橋説往氏は2004年5月13日逝去されました。
謹んで哀悼の意を表します。

日本藻類学会

正誤表

第52巻2号 千原光雄：植物命名における“-phykos (-phycos または-phycus)”の性について				
ページ	カラム	行	誤	正
88	左	38	Lee, I. K. & S. A.	Lee, I. K. & Yoo, S. A.
		38	get.	gen.
	右	28	Pasciific	Pacific
		29	Melanophyce	Melanophyceae
		29	Puble.	Publ.
		29	Puble.	Publ.
		34	regerence	reference

表紙の写真



種名：ナガシマモク *Sargassum segii* Yoshida

撮影日：2004年6月12日

採集地：三重県志摩市御座

撮影者：阿部真比古（三重大学 生物資源学研究所）

コメント：本種は三重県沿岸にのみ生育している。植生調査を行うたびに、必ず誰かが採集し、編集長と副編集長は「三重県特産だから」と話をする。そんな話を聞いたときに、自分は良い所にいるのだと感じる。

編集後記

今年は台風が多い。海の中に道がついているかのように同じようなコースで次々やってくる。おかげで、現場調査の日程が大きく狂ってしまった。また、今年は水温が高く、なかなか冷えてこない。ノリ養殖などにも影響が出ている。藻類和文誌の編集を引き受けて早1年半になる。そろそろ次の編集委員長をどなたに引き受けていただくかの検討に入っています。

賛助会員

北海道栽培漁業振興公社 (060-0003 北海道札幌市中央区北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)
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 (173-0014 東京都板橋区大山東町 32 - 17)
(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 (〒060-0808 札幌市北区北8条西3丁目28 札幌エルプラザ11階)

海産微細藻類用培地

<特徴>

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

海産微細藻類用 ダイ IMK培地

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

海産微細藻類用 IMK培地添加人工海水 ダイ IMK-SP培地

・ 1L用×10 コード：399-01341

海産微細藻類培養 ダイ人工海水SP

・ 1L用×10 コード：395-01343

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

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

※人工海水 SP は千寿製薬株式会社の技術提携商品です。

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

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

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

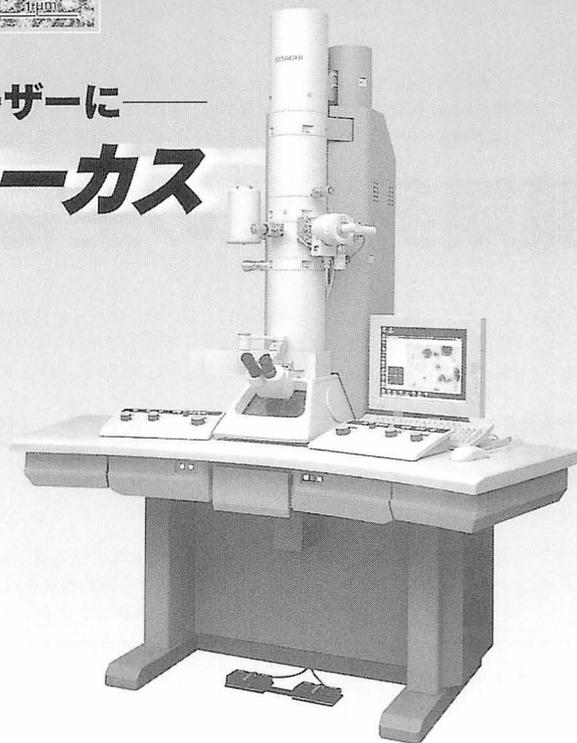
分解能：0.204nm(格子像)、0.36nm(粒子像)
試料ステージ：高精度ハイバーステージ
加速電圧：40~120kV
倍率：Low Magモード×50~×1,000
Zoomモード×700~600,000

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)583-5951 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

新刊

有用海藻誌

海藻の資源開発と利用に向けて

大野 正夫 編著 B5判上製・総頁592頁・本体価格20000円

本書は海藻の生物学の解説にはじまり、応用の具体的事例を数多く紹介するとともに、今後期待される新分野、機能性成分についても現在得られている知見を盛り込む。生物学編、利用編、機能性成分編の3編31章から構成され、それぞれの分野で、長く研究にかかわってきた執筆者が、専門の分野を詳述する。

【内容主目】有用海藻の生物学 ヒトエグサ／アオサ類／アオノリ類／イワズタと暖海産緑藻／ワカメ／コンブ／モズク類とマツモ／ヒバマタ目類／アラメ・カジメ類／アマノリ類／テングサ類／オゴノリ類／ツノマタ類／サンゴモ類／地方特産の食用海藻／世界の海藻資源の概観 海藻の利用 海苔産業の歴史とその推移／昆布産業の歴史・現況と展望／ワカメ産業の現状と展望／ひじきと海藻サラダ産業の現状の展望／沖縄のモズク類養殖の発展史—生態解明と養殖技術／青海苔産業の歴史と現状／伝統的な寒天産業／カラギナン—その産業と利用—／アルギン酸—その特性と産業への展開—／藻の文化 海藻の機能性成分 海藻の抗がん作用／海藻と健康—老化防止効果—／海藻の化学成分と医薬品応用への可能性／海藻と肥料／海藻と化粧品 学名索引 和名索引 事項索引

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。

藻類多様性の生物学

千原 光雄 編著

B5判・400頁・本体価格9000円

第1章 総論 第2章 藍色植物門 第3章 原核緑色植物門 第4章 灰色植物門 第5章 紅色植物門 第6章 クリプト植物門 第7章 渦鞭毛植物門 第8章 不等毛植物門 第9章 ハプト植物門 第10章 ユーグレナ植物門 第11章 クロララクニオン植物門 第12章 緑色植物門 第13章 緑色植物の新しい分類

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

「日本淡水藻類図鑑」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。

小林珪藻図鑑 近刊

小林 弘 著
南雲 保・出井雅彦・真山茂樹・長田敬五

日本の赤潮生物

—写真と解説—

福代・高野 共編
千原・松岡
B5・430p・13000円

原生生物の世界

細菌、藻類、菌類と原生動物の分類

丸山 晃 著
丸山雪江 絵
B5・440p・28000円

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

日本淡水藻類図鑑

廣瀬弘幸・山岸高旺 編集
B5・960p・38000円

陸上植物の起源

—緑藻から緑色植物へ—

渡邊 信
堀 輝三 共訳
A5・376p・4800円

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.Abbot・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の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。

2004年11月5日

2004年11月10日

©2004 Japanese Society of Phycology

日 本 藻 類 学 会

編集兼発行者

前川行幸

〒514-8507 三重県津市上浜町1515

三重大学生物資源学部

Tel & Fax 059-231-9530

禁 転 載
不 許 複 製

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

Printed by TOPRI

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 (Sôru)

第52巻 第3号 2004年11月10日

目次

日本藻類学会代29回大会のお知らせ—京都・2005—

坂西芳彦・飯泉 仁：北海道根室半島沿岸の水中光量子量—コンブ目藻類の生育限界水深との関係— 141

藤田大介・新井章吾・村瀬 昇・長谷川和清・田中次郎：富山湾西部虹が島のガラモ場における
海藻の垂直分布と帯状構造 149

藻場の景観模式図

寺脇利信・新井章吾：17. 神奈川県横須賀市芦名地先の離岸堤 157

藻類学最前線

瀧下清貴：渦鞭毛藻類の葉緑体の起源および進化をめぐる論争 161

稲垣祐司：アピコンプレクサ類の退化葉緑体は緑藻起源か？ 165

最終講義

大野正夫：藻類を研究して45年 169

難波信由：第18回国際海藻シンポジウム（ノルウェー・ベルゲン）参加記 176

吉田忠生：舟橋説往氏の逝去を悼む 178

英文誌 Phycological Research 52(2) 掲載論文和文要旨 179

学会録事・「地球環境研究総合推進費」17年度新規研究課題の公募について 183

会員異動 184