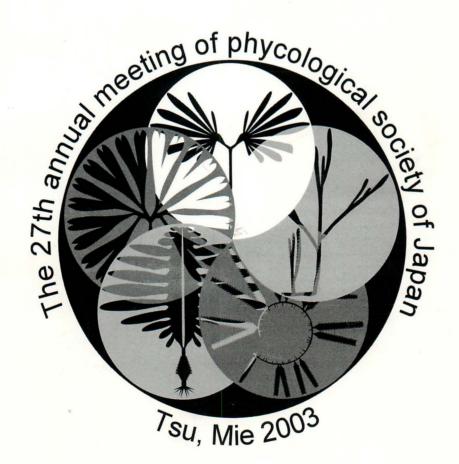
# 藻類

The Japanese Journal of Phycology (Sôrui)

第51巻 第1号 2003年3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

(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 050-231-9529 Fax 059-231-9523 e-mail maegawa@bio.mie-u.ac.jp

### Phycological Researchの投稿先が変更になります

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://www.kurcis.kobe-u.ac.jp/sorui/

### 2002-2003年役員-

会 長:原 慶明(山形大学) 庶務幹事:菱沼 佑(山形大学)

庶務幹事: 峯 一朗(高知大学)(会員事務担当)

会計幹事: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 (東京水産大学)

寺脇利信 (瀬戸内海区水産研究所)

中原紘之(京都大学)

藤田大介(富山県庁)

藤田雄二 (長崎大学)

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 (東京水産大学)

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)

### 温帯性サンゴの光合成ー温度特性とその測定法

### 中村恵理子

### 東京水産大学(108-8477東京都港区港南4-5-7)

Eriko Nakamura: Photosynthetic responses to temperature in a temperate coral with symbiotic algae and its measurement method. Jpn. J. Phycol. (Sôrui) 51: 1-5, Mar. 10, 2003.

The original measurement method for photosynthetic responses to temperature changes in a temperate coral is described. Net photosynthesis rates were measured at the combination of different temperatures (12 to 30°C at 2°C intervals) and different light intensities (0, 25, 50, 100, 200 and 400µmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>), and net and gross photosynthesis-temperature relationships were determined with a differential gas-volumeter (Productmeter). Stable and reliable data were obtained with this method, thus this can be one of the standard methods to elucidate the physiological specificity of corals with symbiotic algae.

Key Index Words: measurement method, photosynthesis, temperate coral, temperature

Tokyo University of Fisheries, Konan 4-5-7, Minatoku, Tokyo, 108-8477 Japan

刺胞動物のイシサンゴ類は、体内に褐虫藻と呼ばれる渦鞭 毛藻類の一種 Symbiodinium microadriaticum を共生させてお り、その光合成は、サンゴの生育やサンゴ礁形成に大きく貢 献している。なぜなら、栄養源として生成した有機物をサン ゴに供給するだけでなく, 石灰化による骨格形成の促進に働 くからである。サンゴの生理学的な研究は、これまで熱帯・ 亜熱帯域を中心に行われ、熱帯域のサンゴの光合成速度は温 度上昇に伴い直線的に増加する傾向があることが明らかに なっている (Coles & Jokiel 1977, Muthiga & Szmant 1987, 梶原 ら 1995)。一方、分布北限の温帯域に生息するサンゴに関し ては、その生理学的な知見は重要であるにもかかわらず、研 究例は少ない。Jacques et al. (1983) や Schiller (1993) は,温 帯域のサンゴの光合成速度も温度上昇に伴い直線的に増加す るとし、Howe & Marshall (2001) は、高温側では増加がみら れなくなるとした。しかし、これらの研究では、温度条件の 設定数が少ないために, 真の傾向を読みとるには不十分な点 があった。そこで、著者は温帯性サンゴの光合成および呼吸 速度と温度との関係をより詳細に調べることを目的に測定法 の検討も試みながら研究を行った。

本研究では、光合成測定に差働式検容計の一種であるプロダクトメーター (Yokohama & Ichimura 1969、横浜ら 1986) を用いた。この装置は主として大型藻類の光合成測定に多用されている (Yokohama 1973、Maegawa eet al. 1988、Sakanishi et al. 1988、倉島ら 1996、芹沢ら 2001)。サンゴではシタザラクサビライシ、アザミサンゴ、チヂミコモンサンゴの3種に用いられている (Yokohama et al. 1989)。ただし、これら3種は骨格が平板状であるのに対し、本測定で用いたサンゴは細い樹枝状である。このため、試料の準備についても工夫を行っ

た。

### 材料と方法

サンゴ試料の準備および光合成 - 温度特性の測定法の手順を Fig. 1 にまとめた。

1. サンゴ試料の準備

### 1) 生息地と種名

実験には, 静岡県南伊豆町中木地先の水深約3-4mの岩礁域に生息するミドリイシ科ミドリイシ属のヒメエダミドリイシ Acropora pruinosa Brook を用いた。

### 2) 採集と移送

サンゴは、樹枝状骨格の先端部を含めて長さ10cm 程度に 万能バサミで折り採る。クーラーバッグに海水を入れ、携帯 用ポンプで曝気した中にサンゴを入れて移送する。このとき、 サンゴの軟体部が傷つかないように、目の細かいネット袋 (家庭用三角コーナーの水切り袋など)で包む。

### 3) サンゴ試料の固定

移送後,ただちにサンゴの樹枝状骨格の先端約3cm部分を 万能バサミで切断し試料とする。ナイロンテグス10号で作成 した直径3cmの透明な輪に,試料を釣り糸で結びつけて固定 する。これは,光合成測定の振とう時に転がらないようにし て,試料の一定面へ光を照射させるためである。透明な輪の 真ん中には,サンゴを結びつけるための釣り糸が十字形に 張ってある。

### 4) サンゴ試料の前処理

測定開始までの2日間,サンゴ試料は濾過海水中で曝気しながら飼育する。この間に,切断によるサンゴの傷口を回復させる。試料の入った容積1Lの飼育用水槽を恒温槽に入れて

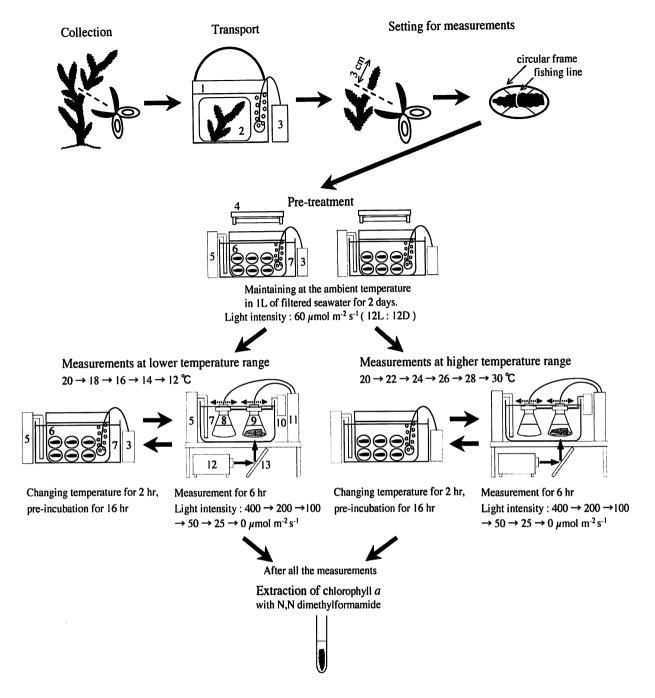


Fig. 1 Measurement methods for photosynthesis responses to temperature in a temperate coral Acropora pruinosa.

1. cooler box, 2. mesh bag, 3. air pump, 4. fluorescent light, 5. thermostat, 6. water tank for pre-treatment and pre-incubation, 7. water bath, 8. compensation vessel containing filtered seawater, 9. reaction vessel containing a coral fixed on a circular frame and filtered seawater, 10. motor drive for shaking the vessels, 11. Productmeter, 12. light source with an incandescent lamp, 13. mirror. Small arrows of solid line from light source to reaction vessel show the direction of irradiation to a coral sample. Small arrows of broken line show the shaking direction of vessels.

水温を温度調節機(タイテック COOLNIT CL-150F)で調節する。最初は,採集時の現場水温と同温に設定し,測定開始の16時間前までに1時間に1 $\mathbb C$ の割合で温度を変化させて,最終的に  $20\mathbb C$ に設定する。光条件は 12L:12Dで,明期の光強度を  $60 \mu mol m^2 s^1$ とする。これは,試料としたサンゴの生息水深における夏季の平均的な光量である。光源には,15w

蛍光灯1本を用いる。

### 2. 光合成 - 温度特性の測定法

本研究では同一のサンゴ群体片について 12-30℃の範囲の 10段階の温度で各光強度下での純光合成速度を求めることに したが、試料としたヒメエダミドリイシの生息地における水

中村 3

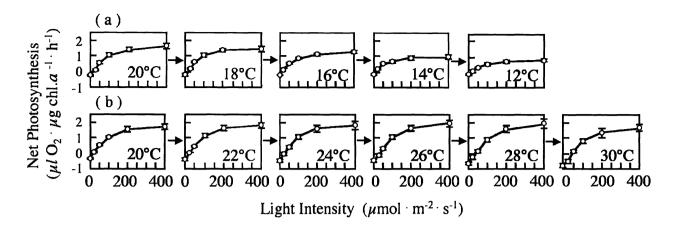


Fig. 2 Photosynthesis-light curves at  $12-20^{\circ}\text{C}$  (a) and  $20-30^{\circ}\text{C}$  (b) of a temperate coral *Acropora pruinosa* determined from August 21 to 26,1996. Each different sample was used at the lower range of temperature ( $12-20^{\circ}\text{C}$ ) and the higher range of temperature ( $20-30^{\circ}\text{C}$ ). Vertical bars indicate means +SD (n=6).

温の年間変動範囲は 14-26℃であるため,測定を 12℃と 30℃ のどちらから開始しても群体片がストレスを受ける可能性がある。実際に,予備実験によって,水温が 14℃に低下した場合と28℃に上昇した場合に共生する褐虫藻がごくわずかに放出されることが判明した。そこで,群体片を 2 グループに分け,共に 20℃から測定を開始し,一方は低温側へ向け,他方は高温側へ向けて,それぞれ2℃刻みに温度を変えながら,順次各温度での測定を以下のような手順で行うことにした。

### 1) 第一グループの低温域での測定

20, 18, 16, 14, 12℃の順で24時間ごとに温度を下げて光強度400, 200, 100, 50, 25 および0 µmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> での純光合成速度の測定を行う。

### 2) 第二グループの高温域での測定

20, 22, 24, 26, 28, 30℃の順で24時間ごとに温度を上げて光強度400, 200, 100, 50, 25および0 µmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup> での純光合成速度の測定を行う。

### 3) 測定温度への移行

20℃での測定の終了後, 試料は飼育用水槽に移し, 曝気しながら水温を次回の測定温度 (2℃低いあるいは高い) へ約2時間かけて変え, そのまま暗黒下で16時間の前培養を行う。以下各温度での測定終了後も同様に処理する。

### 4) 測定手順

純光合成速度の測定はまず  $400~\mu$ mol  $m^2~s^1$  で行い,順次  $200,~100,~50,~25,~0~\mu$ mol  $m^2~s^1$  と光強度を下げて行うが,すべてを終了するまでに約 6 時間をかける。それに水温移行のための 2 時間と前培養の 16 時間を合わせると 24 時間になる。そのため低温側の 12  $\mathbb C$  の測定終了までには 5 日間,高温側の 30  $\mathbb C$  の測定終了までには 6 日間をそれぞれ必要とする。

### 5) プロダクトメーターによる光合成測定

サンゴ試料は、容積約30mLの三角フラスコ型の反応容器に濾過海水10mLと共に入れ、また、対照容器には濾過海水10mLを入れて恒温水槽に浸して、プロダクトメーター本体

と接続する。測定前には、温度平衡および光馴化のために約15分間予備振とうを行う。ただし、光強度400  $\mu$ mol  $m^{-2}$   $s^{-1}$  の 測定時には、光馴化に1時間近くを要するため、400  $\mu$ mol  $m^{-2}$   $s^{-1}$  の光を照射しながら1時間振とうして、反応容器内の海水を更新した後、約15分間の予備振とうを行う。測定では、測定容器を振幅3cm周期、毎分約140回で左右に振とうしながら、20-30分間に発生する酸素の累積量を3分刻みで測定し、光合成速度を求める。光源は、測定容器の下方から照射する。この測定を各温度につき、6段階の光強度について、400、200、100、50、25、0  $\mu$ mol  $m^{-2}$   $s^{-1}$  の順で行う。なお、呼吸速度は、0  $\mu$ mol  $m^{-2}$   $s^{-1}$  における酸素発生速度の絶対値として得られる。光源には、スライドプロジェクター(Elmo S-300)を用い、ニュートラルフィルター(Toshiba TND-50、-25、-13)で光強度を調節した。

### 6) サンゴのクロロフィル抽出

全測定終了後,一試料につき 10mL の N,N ジメチルホルム アミドに浸し,-20  $\mathbb C$  の暗所に 24 時間静置してクロロフィル を抽出し,Porra et al. (1989) に従って測定した上清の吸光度 からクロロフィル a 含量を算出して,光合成速度の生物量単位に用いる。

### 結果

Fig. 2 は 1996 年 8 月に得られたヒメエダミドリイシの温度ごとの純光合成 - 光曲線だが、同図中の値を用い、温度を横軸にして再構成すると光強度ごとの純光合成 - 温度曲線 (Fig. 3 a) が得られる。さらに縦軸を純光合成速度に呼吸速度を加えた総光合成速度として表すと、光強度ごとの総光合成-温度曲線 (Fig. 3 b) が得られる。

Fig. 2 から、実験したどの温度においても、光合成速度は  $100~\mu mol~m^2~s^{-1}$ あたりまで直線的に増加し $200~\mu mol~m^{-2}~s^{-1}$ でほぼ飽和に達すると判断される。Fig. 3 a は  $0~\mu mol~m^{-2}~s^{-1}$ つまり暗黒を除く各光強度下において、純光合成速度が温度の

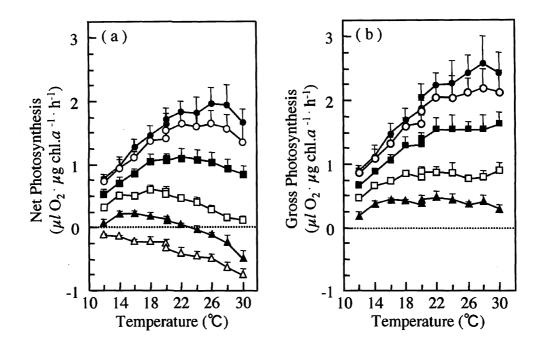


Fig. 3 Net photosynthesis-temperature and dark respiration-temperature relationships (a) and gross photosynthesis-temperature relationships (b) of a temperate coral *Acropora pruinosa* under different light intensities determined from August 21 to 26, 1996.

Light intensity:  $\triangle = 0$  (dark):  $\triangle = 25$ :  $\square = 50$ :  $\square = 100$ :  $\bigcirc = 200$ :  $\square = 400$  under  $\square = 200$ :  $\square = 200$ :

Light intensity:  $\triangle = 0$  (dark);  $\triangle = 25$ ;  $\square = 50$ ;  $\blacksquare = 100$ ;  $\bigcirc = 200$ ;  $\bullet = 400 \mu mol m^{-2} s^{-1}$ , respectively. Each different sample was used at lower range of temperature (12-20°C) and higher range of temperature (20-30°C). Vertical bars indicate means +SD (n=6).

上昇につれて増加し、それぞれある温度で極大に達した後に減少するが、その増加から減少に転ずる温度すなわち至適温度は強光下ほど高くなるという傾向を示している。また同図中の $0 \mu mol \ m^{-2} \ s^{-1}$  における曲線は、呼吸速度が温度の上昇につれて一方的に増加することを示しているが、 $26 \mathbb{C}$  から増加率の増大する傾向がみられる。Fig.  $3 \ b$  は、総光合成速度が光強度ごとの至適温度を超えるとほぼ一定になるが、 $200 \ t$  よび  $400 \ \mu mol \ m^{-2} \ s^{-1}$  では  $28 \mathbb{C}$  で極大となり  $30 \mathbb{C}$  でやや低い値になるという傾向を示している。

### 考察

熱帯性サンゴについては、測定した範囲内(31℃まで)において、総光合成速度は温度上昇につれて直線的に増加すると報告されている(Coles & Jokiel 1977, Muthiga & Szmant 1987, 梶原ら 1995)。本研究では、Fig. 3 bに示されているように、光強度によって異なるそれぞれの温度を超えると総光合成速度は増加しなくなるか、減少し始めるという結果が得られたが、これは Howe & Marshall(2001)によって温帯性種コマルキクメイシについて得られた結果と類似しており、温帯性サンゴの特性を示すものと考えられる。

本研究において、0 (暗黒) - 400 µmol m-2 s-1 までの6段階の光強度下で実験を行ったのは、その結果とヒメエダミドリイシの生育現場の光および温度条件とから群落の生産量を推定することを考慮したためである。夏季の日中には群落に達する光の強度は光合成を飽和させる値に達することもある

が、水平面に対してさまざまな角度の方向へ成長するヒメエダミドリイシの樹枝状群体の表面にあたる光の強さは、群落に達する光よりかなり弱く、光合成一光曲線の直線部分に相当する範囲内にあるとみなせる。そのため Fig. 2 の各曲線の初期勾配から求まる光強度に対する総光合成速度の一次式は、群落がある1日に受ける光量および水温と群落構造が明らかになれば、群落のその日の一次生産量の算定に有効な数値を与えることになる(中村 2003)。

Fig. 3 b 中の光強度ごとの総光合成ー温度曲線は共生する褐虫藻の光合成ー温度特性を表しているといえる。光合成速度は温度の上昇につれて増加し、弱光下ほど低温で飽和するという、光合成植物に共通の傾向がみられるが、100 µmol m-2 s-1 以下では 30℃まで一定値が保たれる一方、200 および 400 µmol m-2 s-1 では 28℃から 30℃へかけて値が減少するという傾向がみられる。Iglesias-Prieto et al. (1992) により、熱帯性サンゴから単離された褐虫藻の光合成活性は30℃以上で低下すると報告されていることから、温帯性のヒメエダミドリイシに共生する褐虫藻は熱帯性サンゴに共生する褐虫藻より低温域に適した生理特性を有している可能性も示唆される。

本研究における強光下の高温部での総光合成速度の減少は 褐虫藻の放出の結果である可能性もある。予備実験から,ヒ メエダミドリイシの群体片に含まれるクロロフィルaの量が 28℃で約0.5%,30℃で約1%減少することが判明した。熱帯 性サンゴの場合,32℃以上で褐虫藻の放出のみられることが Hoegh-Guldberg & Smith(1989)によって報告されているた め、ヒメエダミドリイシの水温上昇による褐虫藻の放出も熱帯性サンゴに比べてやや低い温度で生ずるといえる。またColes & Jokiel(1977)によって、熱帯性サンゴでは水温低下による褐虫藻の放出が21℃で生ずると報告されているが、ヒメエダミドリイシでは水温を14℃以下に下げた時わずかに褐虫藻の放出がみられるだけである。温帯性のヒメエダミドリイシは熱帯性サンゴに比べ、褐虫藻の放出が生ずる温度に関しても低温域に適した性質を有しているといえる。

本研究によって温帯性のヒメエダミドリイシは, 共生する 褐虫藻の光合成特性においても, 白化と呼ばれる褐虫藻放出 が生ずる温度に関しても, 低温域に適しているということが 明らかとなったが, 温帯性サンゴと熱帯性サンゴの生理特性 上の相違を一層明確化するには, 双方のサンゴについて同一 条件下で実験を行う必要がある。

### 铅懶

本測定法開発のために多くのご助力をいただき、また潜水作業にも終始協力していただいた筑波大学下田臨海実験センター技官の植田一二三氏、土屋泰孝氏、佐藤壽彦氏、品川秀夫氏に心より感謝申し上げる。また、研究のための環境や設備を提供していただいた下田臨海実験センター職員の方々、ならびに原稿の準備にあたりご助言をいただいた下田臨海実験センターの青木優和講師に厚く御礼申し上げる。なお、本研究は下田臨海実験センター業績683号である。

### 参考文献

- Coles, S. L. and Jokiel, P. L. 1977. Effects of temperature on photosynthesis and respiration in hermatypic corals. Mar. Biol. 43: 209-216.
- Hoegh-Guldberg, O. and Smith, G. J. 1989. The effect of sudden changes in temperature, light and salinity on the population density and export of zooxanthellae from the reef corals Stylophora pistillata Esper and Seriatopora hystrix Dana. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 129: 279-303.
- Howe, S. A. and Marshall, A. T. 2001. Thermal compensation of metabolism in the temperate coral, *Plesiastrea versipora* (Lamarck, 1816). J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 259: 231-248.
- Iglesias-Prieto, R., Matta, J. L., Robins, W. A. and Trench, R. K. 1992. Photosynthetic response to elevated temperature in the symbiotic dinoflagellate *Symbiodinium microadriaticum* in culture. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 89: 10302-10305.
- Jacques, T. G., Marshall, N. and Pilson, M. E. Q. 1983. Experimental ecology of the temperate scleractinian coral Astrangia danae. II. Effect of

- temperature, light intensity and symbiosis with zooxanthellae on metabolic rate and calcification. Mar. Biol. 76: 135-148.
- 梶原健次・永井彰・上野信平・横地洋之 1995. イシサンゴ, オトメミドリイシ Acropora pulchra の光合成と石灰化に及ぼす水温と光量ならびに褐虫藻密度の影響. 東海大学紀要海洋学部 40: 95-103.
- 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.
- Maegawa, M., Kida, W., Yokohama, Y. and Aruga, Y. 1988. Comparative studies on critical light conditions for young *Eisenia bicyclis* and *Ecklonia cava*. Jpn. J. Phycol. 36: 166-174.
- Muthiga, N. A. and Szmant, A. M. 1987. The effects of salinity stress on the rates of aerobic respiration and photosynthesis in the hermatypic coral *Siderastrea siderea*. Biol. Bull. 173: 539-551.
- 中村恵理子 2003. 温帯性及び亜熱帯性サンゴの生理学的特性に関する研究. 東京水産大学博士学位論文.
- Porra, R. J., Thompson, W. A. and Kriedemann, P. E. 1989. Determination of accurate extinction coefficients and simultaneous equations for assaying chlorophylls a and b extracted with four different solvents: Verification of the concentration of chlorophyll standards by atomic absorption spectroscopy. Biochem. Biophys. Acta. 975: 384-394.
- Sakanishi, Y., Yokohama, Y. and Aruga, Y. 1988. Photosynthesis measurement of blade segments of brown algae *Ecklonia cava* Kjellman and *Eisenia bicyclis* Setchell. Jpn. J. Phycol. 36: 24-28.
- Schiller, C. 1993. Ecology of the symbiotic coral *Cladocera caespitosa* (L.) (Faviidae, Scleractinia) in the Bay of Piran (Adriatic Sea):II.Energy budget. Mar. Ecol. 14: 221-238.
- 芹澤如比古・高木裕行・倉島彰・横浜康継 2001. 伊豆半島南部,下田市鍋田湾における海水の硝酸態窒素濃度と褐藻カジメの光合成活性の季節変化. 日本水産学会誌 67: 1065-1071.
- Yokohama, Y. 1973. A comparative study on photosynthesis-temperature relationships and their seasonal changes in marine benthic algae. Int. Revue ges. Hydrobiol. 58: 463-472.
- Yokohama, Y. and Ichimura, S. 1969. A new device of differential gasvolumeter for ecological studies on small aquatic organisms. J. Oceanogr. Soc. Japan 25: 75-80.
- Yokohama, Y., Inoue, I., Kamura, S., Misonou, T., Naqasima, M. R. and Kusen, J. D. 1989. Photosynthesis-light relationships in three species of corals, Fungia fungites, Galaxea fascicularis and Montipora aequituberculata, determined with a differential gas-volumeter ('Productmeter'). Galaxea 8: 109-119.
- 横浜康継・片山舒康・古谷庫造1986. 改良型プロダクトメーター(差 働式検容計)とその海藻の光合成測定への応用. 藻類 34: 37-42.

(Received 30 Nov. 2002; Accepted 15 Jan. 2003)



# 寺脇 利信<sup>1</sup>・新井 章吾<sup>2</sup>:12. 神奈川県三浦半島・小田和湾の 海草藻場

### はじめに

神奈川県三浦半島の西岸に位置する小田和湾では、砂泥底に Zostera(アマモ)属の3種、すなわち、コアマモ Zostera japonica Achers. & Graebn., アマモ Z. marina Linnaeus, および、タチアマモ Z. caulescens Miki が生育し(川崎ら 1988)、海草藻場に関する研究が数多く行われている(Aioi 1980、大森 2000、ほか)。筆者らは、海草藻場をつくるこれら3種の分布域の動態に関心を持ち、小田和湾において、繰り返して潜水観察を続けてきた。

小田和湾では、水中光量および透明度が湾奥部より湾口部で相対的に高く、反対に、海底での流速および砂面変動が湾口部で大きいことが明らかにされた(川崎ら 1988)。これに続き、アマモ1種を対象とし、アマモ場造成適地の選定に関し、水中の光条件に基づく生育下限深度の推定手法(石川ら1988)、および、砂地盤安定度の推定手法(丸山ら 1988)の開発が進められた。しかし、混生域を有するこれら3種について、水平・垂直分布域の限界条件などを考慮した、生態的特性の理解には至っていない。

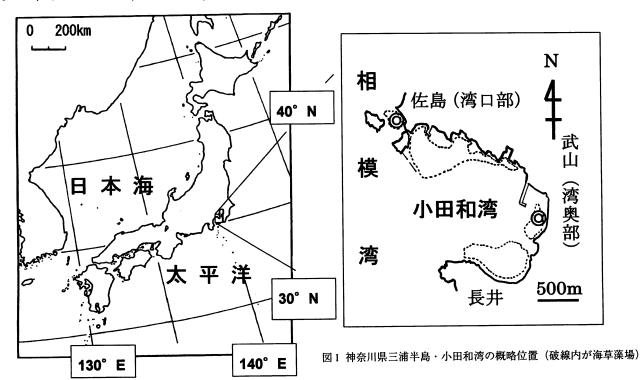
今回は、1980年代中盤の、これら3種の繁茂期における観察から、湾奥部および湾口部の海草藻場の特徴について報告する。なお、本シリーズでは、海草に関し、佐渡島の真野湾

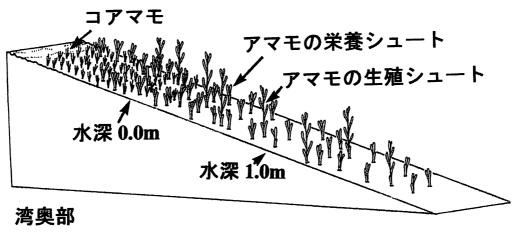
二見地先(寺脇・新井 2002a),および,北海道厚岸郡藻散布(もちりっぷ)地先の景観(寺脇・新井 2002b)を紹介しており,今後もさまざまな海草藻場の景観を紹介していきたい。

# 12. 神奈川県三浦半島・小田和湾の海草藻場現地の概要と方法

小田和湾(図1)は、本州の太平洋沿岸の中部域・神奈川県三浦半島の西岸に位置し、相模湾に面する湾口部が西に開けている。小田和湾において、湾口部の佐島地先では笠島などで主に南~南西の波浪が遮蔽されることで静穏化した範囲にアマモ類が生育する(丸山ら 1988)。

1986年5月21~22日に、SCUBA潜水により、小田和湾の 北岸全域の海草藻場を観察した。特に、湾口部の佐島地先お よび湾奥部の武山地先の砂泥底において、海草の生育しない 潮間帯から、海草分布域を経て、再び海草の生育しない深所 まで、北西方向へ沖出しする幅1mの範囲を観察の対象域と した。対象域の中で特徴的な植生を示す位置に測点を設け、 一辺50cmの方形枠を用い、種別のシュート数および最大草 丈を計測した。加えて、それぞれの測点において、海草生育 域内外の砂泥底の表面形状を観察し、砂連(海底の砂紋に相 当する)が認められた場合には、その幅と深さを計測した。





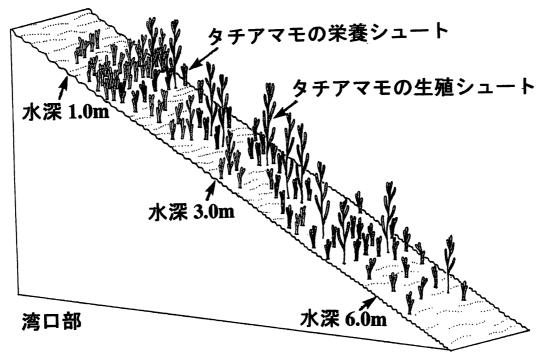


図2 神奈川県三浦半島・小田和湾における藻場の景観模式図(1986年5月)

### 結果

神奈川県三浦半島・小田和湾の海草藻場における藻場の景観模式図を図2に示す。ここでの記述において、シュート密度は栄養シュートおよび生殖シュートの和とし、その後に、栄養シュートおよび生殖シュートの数値についての記述を加えた。

### 湾奥部

水深十1.0 m:海草は生育せず,砂漣は,幅9cm,深さ1cmであった。

水深十0.8 m: コアマモが $1400 \text{ A}/\text{m}^2$  (草丈26cm;以後は略記する)で優占しており、アマモが $28 \text{ A}/\text{m}^2$  (30cm) で混生し、砂連は、幅9cm、深さ1cmであった。

水深十0.1 m: コアマモが $2400 \text{ 本/m}^2$  (41 cm) で優占した。アマモは $100 \text{ 本/m}^2$  でコアマモと混生しており,そのうち栄養シュート $72 \text{ 本/m}^2$  (73 cm),生殖シュート $28 \text{ 本/m}^2$  (114 cm) であった。砂連は,幅10 cm,深さ0.8 cm であった。

水深 $0.4 \,\mathrm{m}$ : アマモが $124 \,\mathrm{m}$ 2 で純群落を形成しており、そのうち栄養シュート $116 \,\mathrm{m}$ 2 ( $133 \,\mathrm{cm}$ )、生殖シュート $8 \,\mathrm{m}$ 4 ( $164 \,\mathrm{cm}$ ) であった。砂連は、不明瞭で、計測できなかった。

水深 2.0 m: アマモが 36 m  $2^{\circ}$  で,疎生の純群落を形成し,そのうち栄養シュート 28 m  $2^{\circ}$  (114cm),生殖シュート 28 m  $2^{\circ}$  (151cm) であった。アマモ草体には堆泥が観察された。砂 漣は認められなかった。

水深 2.2 m:海草は生育せず、砂漣は認められなかった。 湾口部

水深 0.3 m: 海草は生育せず,砂漣は幅 40m,深さ 6cm であった。

水深 1.1 m: アマモ (図 3 左) が 444 本/m<sup>2</sup> (104cm) で純 群落を形成し、砂連は、幅 30cm、深さ 5cm であった。

水深1.5 m: アマモが332本/m<sup>2</sup>で優占しており,そのうち 栄養シュート304本/m2(121cm)で,生殖シュート28本/m<sup>2</sup> (129cm) であった。タチアマモ(図3右)が248本/m<sup>2</sup>でア

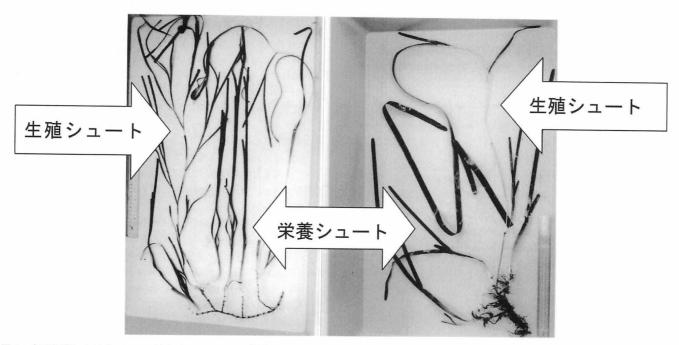


図3 小田和湾におけるアマモ(左)とタチアマモ(右)の草体(1986年5月) アマモ:生殖シュートだけでなく栄養シュートの葉条も1mを越えるほど長い。タチアマモ:生殖シュートが2-3mに達し飛び抜けて長く, また、主茎であることがわかりにくい。栄養シュートの葉条は0.5m程と短い。

マモと混生し、そのうち栄養シュート 188 本/ $m^2$  (55cm)、生殖シュート 60 本/ $m^2$  (256cm) であった。砂連は、幅 10cm、深さ 2cm であった。

水深 5.1 m: タチアマモが  $248 \text{ m}^2$  で純群落を形成しており、そのうち栄養シュート  $192 \text{ m}^2$  (56cm)、生殖シュート  $56 \text{ m}^2$  (172cm) であった。砂連は、幅 15 cm、深さ 2 cm であった。

水深 6.2 m: タチアマモが  $112 \text{ m}^2$  で純群落を形成しており、そのうち栄養シュート  $96 \text{ m}^2$  (55cm)、生殖シュート  $16 \text{ m}^2$  (156cm) であった。砂連は、幅 12 cm、深さ 2 cmであった。

水深 6.4 m:海草は生育せず,砂連は,幅 19cm,深さ 4cm であった。

### まとめ

1986年5月21~22日に、神奈川県三浦半島・小田和湾の砂泥底では、湾奥部で潮間帯から水深2mに、浅所から深所へかけてコアマモーアマモ群落が、湾口部で水深1m(砂連の幅30cm、深さ5cm)から6mにアマモータチアマモ群落が形成されていた。湾奥部および湾口部とも、深所側に生育する、それぞれアマモまたはタチアマモが、浅所側の種より広い垂直分布域を占めていた。湾奥部では海草の分布下限以深に砂漣が認められなかったが、湾口部では水深6m以深の分布下限域にも深さ4cmの砂漣がみられた。

### 注目点

小田和湾の砂泥底では、湾奥部で潮間帯から水深2mにコアマモーアマモ群落が、湾口部で水深1mから6mにアマモ

- タチアマモ群落による海草藻場がみられた。コアマモは、 アマモに比べ、根茎が細く、根も短く、砂面から浅い深さに 分布し, 葉条が小型である。また, コアマモは, 地盤の高い 潮間帯の中でも、割りに排水が悪く、有機泥の生成堆積の進 む底質条件の範囲に発達する(野澤1964)。小田和湾におい ても, コアマモは, 静穏な湾奥部における有機泥を含む底質 では, 干出時の草体の保湿状態が良好であることにより, 潮 間帯への群落の拡大が可能であったと考えられる。コアマモ の分布下限は、より大型の海草・アマモとの光を巡る競合に よって制限されると考えられるものの、このことを数値デー タにより証明した研究については調べた範囲では見あたらな い。湾奥部の深所では、数値データを取得していないが、湾 口部に比べ、アマモ葉上への堆泥がより多く観察された。近 年,広島湾では、堆泥がアマモの水平的な分布域を制限して いることが明らかにされた (Tamaki et al. 2002)。 小田湾の湾 奥部についても,今後,草体上の堆泥の影響について考慮し た実態把握が必要である。

一方,湾口部においては、水深1m以表から潮間帯の砂泥底には、海草類の生育が確認されなかった。小田和湾の湾口部では、波浪による物理的な外力条件によって、砂泥が移動し、草体が洗掘されて、海草類の分布上限が制御されている(丸山ら1988)。砂漣は、大きさおよび形状が、海中の波長、周期および海底の水深などの組み合わせなどによって影響を受けて決定される(榊山ら1986)。ただし、現地海底において、砂漣は、いったん形成されても、時々刻々に変化する波浪・流動条件に伴って変化し続ける性質がある。今回は、幅40cm、深さ6cmの砂漣がみられて海草の生育しない砂泥底から、海草が繁茂し明瞭な砂漣の観察されない砂泥底までを、

ほぼ同時に観察できた。今後は、海草の局地的な分布調査等の際に、より多くの地点での、砂漣の観察が有効となろう。特に、タチアマモがアマモより深所で優占する理由に関して、 光および物理的な外力条件への両種の応答特性という、両面の比較が興味深い。

海草類に関して、環境傾度に対応させたアマモ1種内での形態・生育状況の比較(Short 1983)、または、地理的に離れた地先での垂直分布調査の結果を用いた海草各種の分布域に関する考察(田中ら 1962)がみられる。近年、海草についても、局所的な分布に関する環境因子として、波浪や砂泥の移動など物理的な外力条件に影響された環境攪乱の重要性が、強く認識される過程にある(寺脇ら 1997)。今後、砂泥底の海草に関して、岩礁底の海藻を対象に今野(1985)が明らかにした、局所的な水平・垂直分布様式の把握から、時・空間を考え合わせた遷移系列への理解を深める方向性も模索してゆきたい。

### 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,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,特に佐島支所の皆様に感謝する。本模式図の公表に際し便宜を図って下さった(財)電力中央研究所にお礼を申し上げる。本稿の作成にあたり,有益なご教示をいただいた,横須賀市自然人文博物館学芸員の大森雄治博士,および,広島大学大学院特別研究員の玉置仁博士に,深く謝意を表する。

### 文献

Aioi, K.1980. Seasonal change in the standing crop of eelgrass ( Zostera marina L.) in Odawa bay, central Japan. Aquat. Bot. 8: 343-345.

- 石川雄介・川崎保夫・本多正樹・丸山康樹・五十嵐由雄 1988. 電源 立地点の藻場造成技術の開発 第9報 水中の光条件に基づくアマモ場造成限界深度の推定手法. 電力中央研究所報告 U88010:1-20.
- 川崎保夫・飯塚貞二・後藤 弘・寺脇利信・渡辺康憲・菊池弘太郎 1988.アマモ場造成法に関する研究.電力中央研究所報告U14:1-231
- 今野敏憲 1985. ガラモ場・カジメ場の植生構造. 海洋科学17:57-65
- 丸山康樹・五十嵐由雄・石川雄介・川崎保夫 1988. 電源立地点の藻場 造成技術の開発 第8報 アマモ場造成適地の砂地盤安定度の推定 方法、電力中央研究所報告 U87069:1-24.
- 野澤洽治 1964. 内湾の浅海漁場に関する地形学的考察 -I. 鹿大水紀 要 13:5-25
- 大森雄治 2000. 日本の海草 分布と形態 . 海洋と生物 131:524-532. 榊山 勉・清水隆夫・斉藤昭三・鹿島遼一・丸山康樹 1986. 砂連の形 状特性と消滅限界. 電力中央研究所報告 385050:1-36.
- Short, F. T. 1983. The Seagrass, *Zostera marina* L.: Plant morphology and bed structure in relation to sediment ammonium in Izembek Lagoon, Alaska. Aquatic Botany, 16:149-161.
- Tamaki, H., Tokuoka, M., Nishijima, W., Terawaki, T. and Okada, M.2002.
  Deterioration of eelgrass, *Zostera marina* L., meadows by water pollution in Seto Inland Sea, Japan. Mar.Poll.Bull. 44: 1253-1258.
- 田中 剛·野澤治治·野澤ユリ子 1962.本邦産海産顕花植物の分布について、Acta Phytotaxa. Geobot. 20:180-183.
- 寺脇利信・重田利拓・新井章吾 1997. 燧灘における砂泥攪乱と植生. 南西水研研報、30:163-171.
- 寺脇利信・新井章吾 2002a. 藻場の景観模式図 10. 新潟県佐渡島・真野湾二見地先、藻類 50:89-91.
- 寺脇利信・新井章吾 2002b. 藻場の景観模式図 11. 北海道厚岸郡浜中町藻散布地先の投石事業地. 藻類 50:117-119.

(<sup>1</sup>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, <sup>2</sup>811-0114 福岡県粕屋郡新宮町湊坂 3-9-4 (株)海藻研究所)



# 大野正夫:台湾のトコブシの養殖とオゴノリ養殖

紅藻,オゴノリ(オゴノリ属に属する仲間を呼ぶ)の池中養殖は台湾が発祥地であり、いくつかの報告がなされている(Chiang & Wang,1991, 鰺坂,1992 など)。これらの報告では、養殖されたオゴノリの用途は、寒天の原料から出発し、アワビの餌料に変わっていったという。最近、フィリピン、タイでも、オゴノリを餌料にしたアワビの養殖が事業化されつつあるので、台湾のオゴノリの池養殖をみたいと思っていた。幸い、台湾の藻類学会に参加する機会があり、興味深いアワビ養殖とオゴノリ養殖を視察することができたので報告する。

### アワビ養殖

台湾大学で開催された中華藻類学会の大会に出席した翌日、平成14年12月2日の早朝に、台北の国内線・松山機場(空港)から、台湾南部の中心都市の高雄(ガオション)に飛んだ。所用時間は50分あまりであるが、気候は一変した。台北の12月はコートはいらないが肌寒く、高知とあまり変わらない気温であった。高雄では、街を歩く人は半袖姿であり、沖縄のように一年中半袖で過ごせるという。台北は大陸からの北風が周年吹き温帯気候であり、高雄にはその風は中央の山で妨げられて亜熱帯気候に近いという。

台湾のアワビ養殖は、暖海産の和名フトトコブシであり、水温が高い方が生長が速いこととエビ養殖からの転業が多いので、台湾の南西部に多いと聞かされた。今回の視察は、高雄より車で30分ほどの隣町、東港市の国立水産試験場、東港分所の蘇恵美(Huei-Meei Su)博士(女史)に、案内していただいた。蘇女史は、台湾大学の海洋研究所のChiang Young-Meng 名誉教授の指導を受けたが、海藻の分類を学んだ後



図1 台湾のトコブシ養殖場の内部



図 2 クレーンで引き上げられた網篭この状態で,清掃が行われて, 篭の側面の口から,ドライペレットを入れる

に、赤潮の研究で学位を取った。水産試験場に赴任して海藻養殖も行ってきたという。藻類に関するものは何でもやらせれたという。今は、アワビの病気の研究も行っている。今回は、非常によい案内人に出会った。

アワビ養殖場に着き、アワビをみて驚いた。この養殖場で は、日本のトコブシを養殖していた。トコブシの方が、味が 良く値も高いので、ここではトコブシを養殖しているという。 アワビ養殖は, 稚貝を生産する業者, 稚貝から成貝を育てる 業者、餌料であるオゴノリを生産する業者に分かれている。 訪れたアワビ養殖場は,成貝養殖場であった。養殖場と言う よりも、アワビ生産工場と呼ぶ方がふさわしい。屋根の高い 工場のような建物が3棟あり、その建物のなかに、コンクリー ト水槽がある (図1, 2)。 篭に入れられたトコブシがいくつ かに仕切られて水槽に飼育されていた。成貝養殖場では、設 長2 cm あまりの稚貝を購入して、約9ヶ月で6~8 cm 成貝の 大きさにする。トコブシの餌は、飼育全期間の90%はドライ ペレットである。出荷の前1ヶ月あまりは、新鮮なオゴノリ を食べさせる(図3)。オゴノリの値段は生重量で1kg60円 であり、ドライペレットの方が、安くて管理しやすいが、し かし、新鮮なオゴノリを食べさせると肉質がよくなるという。 トコブシは網篭に入れて飼うが、1週間に1回程度、篭の洗浄 と共に、サイズと餌の食べ具合をチェックしている。台湾で のアワビ養殖は、10数年の歴史があるが、生産方法はほぼ完 成されており、極めて能率良く運営されてり、充分な収入を 得ているという。台湾でのアワビ養殖業者は、現在、約300 業者がおり、年間の生産量は4,000トンで、日本円にして10

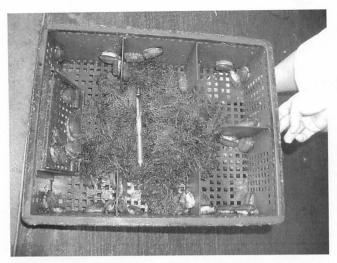


図3 篭の中は、仕切られており中央にオゴノリを入れる

~15億円と言われている。トコブシの塩焼きを御馳走になりながら、「儲かっていますか?」とたずねたら、にっこりと微笑んだ。養殖トコブシは日本にも輸出しているという。

### オゴノリ養殖場

アワビ養殖場から30分ほどのところにオゴノリ養殖場があった。アワビ養殖場からの注文があると、池からオゴノリを採取して、新鮮な状態で30kgほど入る大きな袋に詰めてトラックで出荷する。そのために、台湾では、アワビ養殖場があるところには、新鮮な状態でオゴノリを出荷できる距離内に、オゴノリ養殖場がある。視察したオゴノリ養殖場は、2haの池を2面持っていた。水深は1mより浅くて澄んでおりオゴノリの繁茂がよく確認できた(図4)。以前はエビ養殖場であり、長方形に掘り起こした池であり、海水は潮汐の干満で自然に流入していた。

台湾で養殖されていたオゴノリの種類は、Chiang等の報告では、G.tenuistipitata var. liui が多いと書かれていた。この種は、日本産のオゴノリに形態が似ているが、葉体が細いのが特徴的である。中国やベトナムのオゴノリ養殖にも使われていた種であった。しかし、今回、この養殖場で養殖されてい



図4 オゴノリの養殖池。黒くなっている部分かオゴノリの繁茂域



図5 養殖されている G.edulis の藻体

る種は、弾力性のあり少し太く、分枝が二股に分かれゆく薬体で、10~20 cm ほどの塊になる。帰国後、鹿児島大学の寺田竜太博士に、同定を御願いしたら、養殖しているので、成熟組織がないが、形態から G.edulis という種が妥当だろうと言われた。G.edulis は東南アジアに繁茂しており、寒天質含量も多くて養殖種に使われている(図5)。興味深いことに、この養殖場では、このオゴノリを海藻サラダや肉炒めの素材として、食用としての需要が最近増えているという。食用に販売するものは、藻体が長く伸びたものを集めて、流水タンクに保存しておき、注文があると出荷していた。ハワイ諸島では、この種に似た形態のオゴノリが、海藻サラダとして食用にされている。ハワイとの交流から海藻食の習慣が、台湾に伝播したのかもしれない。食用に売るためには、形を整えたりきれいにしないといけないが、価格はアワビ餌料の10倍くらい高い価格で出荷していた。

この池は砂泥地あり、藻体が固着する基質がない。オゴノリ養殖法は、種苗散布法であった。オゴノリ藻体は、生長とともに藻体がからみ合い、池が一面、絨毯(じゅうたん)のように厚くなっていた。10~20 cm くらい厚さになったところを、マンガのような器具を使ってかき集める。薄くなった部分には、ちぎった藻体を播くと、再び増えてゆく。オゴノリのなかで、蟹が良く育ち、採取して市場に出していた。散布肥料が興味深かった。魚を1トン程度のプラスチックタンクに入れて腐らせており、タンクの底からホースが出ており、魚体エキス液をポリタンクに移して、時々、池に播いている。オゴノリは、水温が高い方が良く伸びるが周年出荷していた。二つの池を一人で管理しており、月に5トンのオゴノリを生産しており、日本円で30万円ほどになる。

台湾でアワビとオゴノリの養殖を視察して感じたことは、 日本式養殖法と比べると、海水の管理、光や水温条件を測る こともなく、あまり神経を使わず、手抜きをしているところ があるが、合理的な管理をしており、参考になるところが多 かった。

(高知大学海洋生物教育研究センター 大野正夫)



# 太田 理香:「海藻の海」水槽 -アクアワールド茨城県大洗水族館-

アクアワールド茨城県大洗水族館は、旧大洗水族館と隣接する敷地に昨年3月オープンした(図1)。「茨城の海と自然・世界の海と地球環境」を基本テーマにており、施設規模や展示物も大幅に充実させている。当館で人気を集めているのは、太平洋をバックに繰り広げる壮大なスケールのイルカショー、日本一の種数を誇るサメ水槽、かわいいマンボウたちが泳ぐマンボウ水槽などなど。そして密かに人気を集めいているのが、今回紹介する「海藻の海」水槽である。

エントランスを抜けて少し進むと、右手に屋外の水槽が見えてくる。それが「海藻の海」水槽である(図 2)。館内の通路から水中を観覧できるようになったこの水槽には、太陽の光を浴びながら波に揺られる海藻、その合間を悠々と泳ぐ魚たち、そしてヒトデ、ウニなどの無脊椎動物が生活している。「この水槽は海とつながっているのだろうか」そんな錯覚を抱かせる。しかし、実際には水槽が海とつながっている訳ではない。水槽には造波装置と干満装置が備え付けられており、自然の海さながらの演出をしているのだ。茨城の海は、暖流と寒流がぶつかる潮目の海であり、様々な生物を見ることができる。海藻に関しても同様で、特に大洗の磯は海藻が豊富に生育している。この自然豊かな茨城の海を再現したのが「海藻の海」水槽である。

水槽底面には傾斜があり、満潮時の最浅部の水深は約1m、最深部で約2mある。1時間に1回のサイクルで設定されている干満の水位差は約30cmである。波造装置は24時間作動させていて、常時海藻が揺らぐ状態を保っている。展示している海藻は、ワカメ、アラメ(図3)、オオバモクなど身近なものが中心であり、我々飼育員が地元の海で採集してきたものがほとんどである。

日本人にとって海藻は、馴染みの深い資源である。「知って

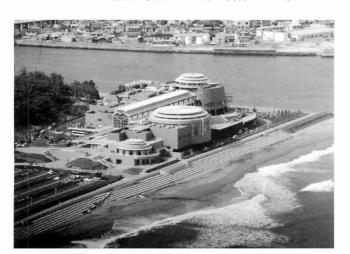


図1 新しくオープンしたアクアワールド大洗



図2 海藻水槽

いる海藻は?」と聞くと、ワカメやコンブ、ヒジキなど食材として使われる海藻の名が挙がることが多い。しかし、多くの人が認識しているそれらの海藻は、スーパーや市場に並ぶものであり、それらが海の中でどのような様相を示しているか、まして、資源となる海藻以外にも多くの種類が存在するということを知る人は少ない。海藻に対する関心が、希薄だというのが事実である。

私は学生時代,海藻のフロラ調査をシュノーケリングで行ってきた。個人的にも海に潜る機会が多い。それらの経験の中で,海藻が織り成す景観の美しさ,そして海藻と他の生物との関わり合いを知った。海藻は資源としての一面だけでなく,実に興味深い魅力を持っていると思う。少しでも多くの人に海藻に対する関心を持ってほしい。紅,緑,褐色などの美しい色の違いに気付いてほしい。そして,海藻も含めた

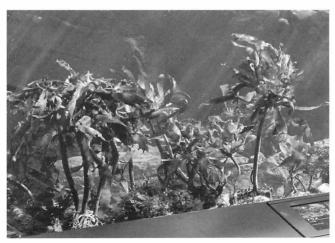


図3 「海藻の海」水槽のアラメ



図4 「海の生き物科学館」内の海藻コーナー

「海の中の世界」を知ることが、海の保全に対する人々の意識を高めるのではないだろうか。

当館には、水槽で展示している生物を中心に生体、及び生態について詳しく学ぶことのできる「海の生き物科学館」というスペースがある。そこにはサメやペンギンのコーナーと共に、海藻のコーナーが常設されている(図4)。ここでは、水深と海藻の種類の関係、海藻の色、季節的な消長など様々なテーマについてパネルや模型等を用いた学習ができる。水槽で生きた海藻を観察し、その知識をこの科学館で習得する。

そのような工夫をしている。

しかし実際には、水槽に展示しているスガモとアラメの違いにさえ気付かない人々も多い。やはり興味の対象は「魚」にあるようだ。それでも人々は「海の中は、こんな風になっているんだね。なんだか海に潜ったような気分だよ」と喜んでいる様子。自然光を浴びながら、波に揺られる海藻の合間を泳ぐ魚たちの姿は、人々の心を和ませる。海に潜った経験を持つ人になら、想像できるであろう。あの光景である。この水槽は、潜らずにしてその感動を体感できるのだ。

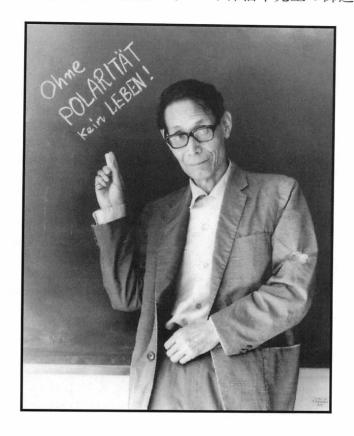
海の中を覗いたことのない人は、その素晴らしさを知ることができる。そこから「海の中の世界」に興味を持つ人もいるのではないだろうか。「海藻の海」水槽はそのきっかけ作りに一役買っている。海中の素晴らしさを忠実に伝えるためにも、海の一部を切り取ったような水槽を人々に提供できたらと思う。

(アクアワールド・大洗)

アクアワールド大洗 魚類展示課 太田理香 〒7311-1031 茨城県東茨城郡大洗町磯浜町 8252-3

TEL: 029-267-5151 FAX: 029-267-5920

嵯峨直恆<sup>1</sup>・山﨑 裕<sup>2</sup>・安部 守<sup>3</sup>:中澤信午先生の御逝去を悼む



山形大学名誉教授中澤信午先生は平成14年(2002年)5月4日に多臓器不全のため、京都市において逝去された。享年83歳であった。

中澤先生は大正7年(1918年)5月17日新潟県南魚沼郡塩沢町に生まれ、昭和16年(1941年)3月に宇都宮高等農林学校を卒業、同年4月東北帝国大学理学部生物学科に入学、昭和18年(1943年)に同大学を卒業した。その後、当時の第2次世界大戦の兵役に招集され、中国浙江省に従軍、昭和19年(1944年)両足に砲弾の破片を受け負傷し現地の陸軍病院に入院、昭和20年(1945年)内地送還、終戦を4ヵ月後にひかえた4月に兵役免除となった。同年5月母校の副手として勤務され、昭和24年(1949年)4月から昭和26年(1951年)7月まで大学院生として研究に従事された。昭和26年(1951年)8月山形大学文理学部に助教授として赴任、同校理学部教授を経て、昭和59年(1984年)同校を定年退官し、同校名誉教授となられた。退官後は、御家族の方々と共に京都市に移住され、残された御研究の整理をなされながら文筆活動の毎日であったという。

中澤先生は東北帝国大学田原正人教授のもとで,海産褐藻 ヒバマタ目植物の発生,特にフシスジモク未受精卵の単為発 生に関する研究や同種の受精卵の仮根極の決定に関する研究 を行った。

山形大学に赴任されてからは、ヒバマタ、ホンダワラ、スギモク等ヒバマタ目植物の受精卵やスギナ等シダ植物の胞子を材料として用いた細胞分化と形態形成における極性の役割をテーマとした一連の研究を開始された。本研究は山形大学

を退官されるまでの三十余年に渡り精力的に行われ, 先生の ライフワークとなるものであった。

上記の研究を行うかたわら、1970年頃からは、淡水産緑藻のマリモに興味をもたれ、国内各地および、ツェラー湖をはじめとした海外マリモの分布や生態、そして、マリモ球状体の形成に関する研究を行った。また、遺伝学の開祖メンデルに興味をもたれ、メンデル自身、そしてメンデルに縁のある地域や人々に関する調査研究を始められ、遺伝学の揺籃期の科学史に関する多くの著作も残された。

先生は生物学研究の他、幅広い特技や趣味をお持ちになり、とくに、作詞・作曲や超常現象にはことのほか興味を示された。前者に関しては、楽曲十数編を有し、なかんずく「メンデル広場」と題する楽曲は、メンデルの生地ブルノにある旧ブルノ修道院(現メンデル記念館)に捧げられた。また、本曲はラジオを通じてチェコスロバキア全土に放送され、好評を博したという。後者に関しては、超常現象学者福来友吉博士のよき理解者・支援者として第2次世界大戦中受難にあわれた福来博士のお世話をなさり、仙台にあった福来記念館の設立にも御尽力をなされたという。

先生はまた海外旅行にもよくお出かけになり、とくにヨーロッパを好まれた。以下、先生のヨーロッパ旅行へ本文著者の一人である山 が随行した際の先生の印象を述べる。

1989年10月5日、列車がツェル・アム・ゼーの駅に静かに 停車すると、先生は扉を開き、「さあ!」と言って勇んでプ ラットホームに降り立った。先生にとって五度目のツェラー 湖訪問である。旅行鞄を手荷物一時預かり所に依頼し、二人は湖にむかった。駅舎を出て、眼前に展開するアルプスの美しい景色と今尚チロリアンスタイルをまとっている人々の姿に山はしばし見とれていたが、先生はいつもの前傾姿勢で足早に湖畔を目指した。湖畔をめぐる小径は、夏休みを楽しむ人々や遊覧船を待つ観光客で賑わっていたが、先生はそれらを横切り、すべるようにして土手を下り水際に立った。掌をかざすようにして対岸を見つめ、背広のポケットから取り出した小さな手帳に何かを書き込んだ。先生は日常から記載を重んじていたようだ。何かを発見すると、また思いつくと、すぐさま記録した。遺品として残されたそれら手帳の冊数は膨大な量にのぼる。生物学関連のものに限っても三百編を超える著作は、この記載に裏付けられていたのであろう。

先生はズボンの裾を折り上げ靴とソックスを脱ぎ、自ら湖水に踏み込んだ。そして水を掬い取り、匂いを調べたり、小石を拾い出して小さなルーペで観察した。「水がきれいになったなあ…、これはクラドフォーラかも知れませんね。」と呟さながら手帳に記載した。つぎに先生は内ポケットから小さなペンタイプの温度計を取り出して、眼鏡を持ち上げ目を細めながら水温を読み取った。さらに先生のポケットからはpH試験紙が出てきた。「水がきれいになりましたねえ…」、ふたたび嬉しそうに呟き、先生はそれも記載した。美しいチロルの湖を背景にして、この東洋人二人の生物学調査は奇行に他ならなかったであろう。山形大学時代に先生は「怪人」あるいは「奇人」と呼ばれていた。しかし先生は、生活時間のフルタイムを、科学者として過ごされただけであったと思う。

調査を終えた二人は駅舎に引き返し、昼食を摂った。先生は手帳を取り出し、この場所で以前レンズ・ズッペを注文したことを話された。しかしそれはラインアップされておらず、ヌーデル・ズッペとなった。それは日本人にとっては十分以上の質量であったが、先生は思いつかれたように「これも食べよう!」といって、追加注文をされた。しばらくして巨大な肉団子が二つ浸ったスープが二皿登場した。先生は、「これはクネーデル・ズッペです。そしてマリモはゼー・クネーデルはかなりの負担であった。しかし淡白で絶妙な味覚はそれをも凌駕してくれた。

このツェラー湖訪問にはもう一つの目的があった。中公新書から出版された著書「マリモはなぜ丸い・その生態と形態」を、調査協力者である観光案内所職員ヨハン・ハース氏に進呈することである。先生は邦文である著書を進呈するにあたって、要約を数枚の英文(あるいは独文であったかも知れない)でタイプライトし準備していた。しかし残念なことにハース氏は夏休暇をとっていて不在であった。先生は著書を受付嬢に託すと同時に、小さな京都小物のお土産と五円玉を取り出した。穴あきコインの五円玉は欧州では珍しいものらしく、突然のオリエンタルなプレゼントに彼女は大喜びであった。先生は科学者であると同時に、常におもいやりを忘れることがなかった。人を楽しませること、それは最高の敬意である。先生はジェントルマンであった。

最後に中澤先生の主要な業績を紹介し,心から御冥福をお 祈りする。

### 主要業績目録

- 中澤信午 1955. 差次圧迫によるスギモク卵の極性決定. 藻類 3:11-16.
- Nakazawa, S. 1953. Abnormal eggs from *Coccophora* with special interests in the origin of half embryos. Bot. Mag. Tokyo 68: 232-234.
- 中澤信午1956. ウミトラノヲの薬効. 藻類4:95-97.
- 中澤信午1956. スギモクの幼胚におけるリポイドの分布. 藻類4:42-45.
- 中澤信午1956. ヒトデの毒素によるスギモク卵の差次崩壊. 藻類4: 52-55.
- 中澤信午1957. 極性の本質について. 生物科学9:67-70.
- Nakazawa, S. 1957. Developmental mechanics of fucaceous algae II. Vital staining of centrifuged *Coccophora* eggs. Bot. Mag. Tokyo 70:
- Nakazawa, S. 1957. Developmental mechanics of fucaceous algae III.

  Differential permeability in *Fucus* eggs. Bot. Mag. Tokyo 70:58-61.
- Nakazawa, S. 1957. Developmental mechanics of fucaceous algae IV. Morphogenetic movement of *Coccophora* eggs. Bot. Mag. Tokyo 70: 81-85.
- Nakazawa, S. 1957. Vital staining and mechanical inversion of *Volvox*. Protoplasma 48: 425-428.
- Nakazawa, S. 1958. Developmental mechanics of fucaceous eggs VIII. Blister formation in some fucoid eggs. Bot. Mag. Tokyo 71:23-25.
- Nakazawa, S. 1958. Developmental mechanics of fucaceous eggs IX. Fates of the abnormally cloven *Coccophora* egg. Bot. Mag. Tokyo 71:53-56.
- Nakazawa, S. 1958. The predetermined polarity in *Porphyra* monospores shed from Conchocelis-thalli. Bot. Mag. Tokyo 71: 144-150.
- Nakazawa, S. 1958. Developmental mechanics of fucaceous algae X. Structure of the mucilage surrounding *Coccophora* eggs. Bot. Mag. Tokyo 71: 242-245.
- Nakazawa, S. 1958. Developmental mechanics of fucaceous algae XI. Liberation of small bodies in *Coccophora* eggs. Bot. Mag. Tokyo 71:343-346.
- Nakazawa, S. 1958. Protoplasmic polarity as a groundwork for genic actions. Protoplasma 50: 208-211.
- Nakazawa, S. 1958. TTC reduction and neutral red demixing in *Polysiphonia* cells. Protoplasma 50:212-216.
- Nakazawa, S. 1959. Mitochondria diminution in hypertrophied *Equisetum* spores. Bot. Mag. Tokyo 72:23-26.
- Nakazawa, S. 1959. General mechanism of the polarity determination in some fucoid eggs. Naturwissenschaften 46: 333-334.
- Nakazawa, S. 1959. Developmental mechanics of fucaceous algae XII. Further studies on the blister formation in fucoid eggs. Protoplasma 51:123-126.
- Nakazawa, S. & Tsusaka, A. 1959. Appearance of "metallophilic cytoplasm" as a prepattern to the differentiation of rhizoid in fern protonema. Cytologia 24: 378-388.
- Nakazawa, S. 1959. Developmental mechanics of fucaceous algae XIV. Plasmolysis pattern in *Coccophora* eggs. Bot. Mag. Tokyo 73:51-54.

- Nakazawa, S. & Tsusaka, A. 1959. Special cytoplasm detectable in fern rhizoids. Naturwissenschaften 46: 609-610.
- Nakazawa, S. 1960. Morphogenesis of the fern protonema II. Modification of the apical differentiation in *Dryopteris* affected by IAA. Protoplasma 52:1-4.
- Nakazawa, S. 1960. Nature of the protoplasmic polarity. Protoplasma 52:274-294.
- Nakazawa, S. 1960. Dissociation of animal tissues by a toxic substance obtained from starfish. Naturwissenschaaften 47: 327-328.
- Nakazawa, S. 1960. Developmental mechanics of fucaceous algae XV. Effects of ultracentrifuging at later stages upon the development of *Coccophora* eggs. Bot. Mag. Tokyo 73: 447-452.
- Nakazawa, S. 1960. Cytodifferentiation patterns of *Dryopteris* protonema modified by some chemical agents. Cytologia 25: 352-361.
- 中澤信午 1960. スギモクの卵割における皮部細胞質分化の役割. 藻類 8:108-111.
- Nakazawa, S. 1961. Dynamics of morphogenetic fields. Protoplasma 53:76-80.
- Nakazawa, S. 1961. Developmental mechanics of fucaceous algae XVII.

  Differential destruction of the cortical layer of cytoplasm in ultracentrifuged *Coccophora* eggs. Bot. Mag. Tokyo 74:1-5.
- Nakazawa, S. 1961. Developmental mechanics of fucaceous algae XVIII.

  Localization of protoplasmic elements in the developing rhizoid. Bot.

  Mag. Tokyo 74: 161-164.
- Nakazawa, S. 1961. After the origin of life. Acta Biotheoretica 14:29-
- Nakazawa, S. & Ootaki, T. 1961. Polarity reversal in *Dryopteris* protonema. Naturwissenschaften 48:557-558.
- Nakazawa, S. 1961. Developmental mechanics of fucaceous algae XIX.
  Negation to the presence of polar cyto-skeletal systems in the endoplasm of *Coccophora* eggs. Bot. Mag. Tokyo 74: 431-435.
- 佐藤孝子・中澤信午 1961. 海藻細胞膜の複屈折. 藻類 9:62-65.
- Nakazawa, S. 1962. Developmental mechanics of fucaceous algae XX. Gradients in susceptibility for excessive calcium ions in *Coccophora* and *Fucus* eggs. Bot. Mag. Tokyo 75: 465-472.
- Nakazawa, S. 1963. Polar blister formation in fucoid eggs. Naturwissenschaften 50:311.
- Nakazawa, S. & Kimura, S. 1964. Reduction of TTC and Janus green B in fern gametophytes in relation to polarity. Bot. Mag. Tokyo 77: 222-227.
- 中澤信午 1964. フークス卵における RNA の分布. 藻類 12:47-50.
- 中澤信午 1964. 植物形態学の一般問題. 生物科学 16:105-109.
- 中澤信午 1965. Fucales ノート(1). 藻類 13:8-12.
- Nakazawa, S. & Tanno, N. 1965. Concentration gradients of RNA in fern protonema in relation to m-RNA. Naturwissenschaften 52:457.
- Nakazawa, S. 1966. Regional concentration of cytoplasmic RNA in Fucus eggs in relation to polarity. Naturwissenschaften 53:138.
- Nakazawa, S. & Takamura, K. 1967. An analysis of rhizoid differentiation in *Fucus* eggs. Cytologia 32: 408-415.
- Nakazawa, S. & Tanno, N. 1967. Estimation of messenger RNA in fern gametophytes. Cytologia 32:216-223.
- 中澤信午 1968. Fucales ノート(3). Fucus 卵の仮根突起における細胞 壁の新生. 藻類 16:68-70.
- Nakazawa, S. & Kimura, S. 1968. Growth patterns of ferm gametophytes with colchicines and sulfhydril groups. Bot. Mag. Tokyo 81:575-581.

- 中澤信午 1968. Jacob-Monod モデルから導かれる一つの系. 発生生物 学誌 22:35-36.
- Nakazawa, S., Takamura, K. & Abe, M. 1969. Rhizoid differentiation in *Fucus* eggs labeled with calcofluor white and birefringence of cell wall. Bot. Mag. Tokyo 82:41-44.
- 中澤信午 1968. Fucales ノート(4). 藻類 17:42-47.
- 中澤信午 1969. Fucales ノート(5). 藻類 17:122-125.
- Nakazawa, S. 1969. Rhizoid formation of *Fucus* eggs under irregular rotation. Naturwissenschaften 56:642.
- Nakazawa, S., Abe, M. & Caldwell, M. J. 1970. Polarity determination in *Fucus* eggs by localized exposure to RNase. Bot. Mag. Tokyo 83: 325-329.
- 中澤信午 1972. Fucales ノート(6). ヒバマタ卵の発生形態変異. 藻類 20:59-63.
- 中澤信午1973. ツェラー湖のマリモについて. 藻類21:76-77.
- 中澤信午・安部 守1973. 藻類の人工球化. 藻類21:53-56.
- Nakazawa, S. 1973. Artificial induction of lake balls. Naturwissenschaften 60: 481.
- 中澤信午 1974. ツェラー湖におけるマリモ絶滅の時とその原因. 藻類 22:101-103.
- 中澤信午・嵯峨直恆 1974. Fucales ノート(7). 一方照射によるエゾイシゲ卵の極性決定. 藻類 22:1-5.
- 中澤信午1975. ハネモの再生極性. 藻類 23:139-143.
- Nakazawa, S. 1977. Development of *Fucus* eggs as affected by iodine, lithium and nitroprusside. Bull. Jpn. Soc. Phycol. 25(suppl.): 215-220.
- 中澤信午1977. Fucales ノート(9). ヒバマタ卵の第1分裂面と仮根形成との前後関係の識別. 藻類25:24-26.
- Nakazawa, S. 1978. Notes on Fucales 10. Inhibition of rhizoid formation and cell division by gossypitrin in *Fucus* eggs. Jpn. J. Phycol. 26: 5-7.
- Nakazawa, S. & Yamazaki, Y. 1982. Cellular polarity in root epidermis of *Gibasis geniculata*. Naturwissenschaften 69:369.
- 中澤信午1983. マリモの各種言語名. 藻類 31:104.
- Nakazawa, S. 1983. Cellular polarity: Proposal of the new term "intracellular polarity vector" as the component of cellular polarity. Cytologia 48: 869-872.
- Nakazawa, S. & Hanaya, K. 1984. Differential localization of gossypitrin and herbacitrin in *Equisetum* sporelings. Cytologia 49: 883-887.
  - (<sup>1</sup>北海道大院・水産科学,041-8611 函館市港町3-1-1,<sup>2</sup>東北芸術工科大・教養,990-9530 山形市上桜田200,<sup>3</sup>山形大・理・生物,990-8560 山形市小白川町1-4-12)

# 大野正夫:中華藻類学会 Chinese Phycological Society の紹介

筆者は、今年度の中華藻類学会の年会に、東京水産大学の 能登谷正浩教授とともに招かれて講演を行ったが(図1)、会 長のHong-Nong Chou教授から、中華藻類学会に関する資料を いただいたので、ここに紹介したい。

台湾の中華藻類学会は、海藻の研究者である台湾大学海洋研究所のChiang Young-Meng 教授が中心となり、10名ほどの発起人によって1997年2月16日に設立された。ほぼ6年間が過ぎたが、この期間、News letterによって会員相互の交流や広報活動を続けている。1999年にChiang Young-Men 教授が海洋研究所を退官した時より、台湾大学漁業科学研究所が学会事務局となり、学会運営を組織するようになった。

Chiang Young-Meng 教授が初代学会長であり評議会委員長であったが、2年後に、漁業科学研究所のHong-Nong Chou教授が2代会長になった。その2年後に3代会長になった。Chiang Young-Meng 教授は、終年名誉会長となり、現在でも学会運営に助言をしている。2002年には会員は200名に達した。多くの学生会員を含むが、活発に学会の活動に参加しているメンバーは120名ほどである。会社会員(団体会員)は6社である。

学会活動一環としては、学生のための藻類に関するワークショップ、高校の先生のための藻類学研修を行っている。また、特別な技術を収得するワークショップを研究者や漁民にため、時折開催している。1999年には、毒性赤潮の同定に関するものワークショップ、2000には赤潮のモリタリングに関するワークショップを行った。2000年には、東京農工大学の松永教授に、国際会議の途中、台湾に立ち寄ってもらい、21世紀のマリンバイオテクノロジーという講演をしていただいいた。毎年、12月に大会とポスターセッション、また藻類会社訪問を行っている。今年度の大会には、シンガポール、香港、日本から藻類研究者を招聘して講演をした。さらに、毎年1回か2回の研究発表会を持っている。現在、ニュースレターを年4回発行しており、ホームページも持っている(



図1 中華藻類学会の会場にて 左端: Chiang Young-Meng 会長, 中央: Chiang Young-Meng 名誉会長

http://www.phyco.org.tw/)。評議会の下に、;ホームページ担当(Wei Lung Wang 博士)、ワークショップ:(Su-Ran Hwang 博士)、ニュースレター担当:(Pei -Chung Chen 教授)などを組織している。

台湾では、Chiang Young-Meng 教授が、海藻分類学の研究を行ったが、彼の研究室の卒業生は、海藻の分類関係の研究者は育たず、微細藻類の研究や化学の分野に移っており、現在、海藻学を活発に研究している者はいないそうである。Chou教授は、米国に留学後、赤潮の毒成分の研究を行い、最近のトピック的研究は、ノリの糸状体からフィコシアニンを抽出し、その色素が、非常に評判が良いという。台湾では、クロレラ、スピリルナ、ドナリエラの培養事業がかなりの生産をあげており、この分野に関係する藻類研究者が多い。

(高知大学海洋生物教育研究センター 大野正夫)

# 秋季藻類シンポジウム (2002.12.06) 「新しい海藻由来の製品の科学的検討」要旨

酒井武・佐川裕章・加藤郁之進:機能性食品としてのフコイダン:その構造と生物活性

### はじめに

フコイダンは褐藻類と呼ばれる一群の藻類にのみ含まれて いる。褐藻類に属する海藻には、コンブ、ワカメ、モズク、ヒ ジキ等があり,長年日本人が好んで摂取してきたものが多い。 フコイダンは、硫酸化フコースを大量に含む多糖であると考 えられていたが、1960年頃から、硫酸化フコースに加えて 様々な種類の糖を含む何種類ものフコイダン様多糖(以後、総 じてフコイダンと呼ぶ)が報告されだした。すなわち、フコイ ダンには多くの分子種があり、それぞれの分子により、L-フ コースの結合様式,構成糖,硫酸基の含量等が異なる。しか も、1種の海藻に数種のフコイダンが含まれているので、分 子種ごとに分離するのは非常に困難であった。一方、フコイ ダンには、抗ガン作用や抗血液凝固作用をはじめとするいろ いろな生物活性があり、それらの活性を担う構造の解明が試 みられたが、部分構造や平均構造が提唱された程度で、構造 と活性の関係を解明するには程遠い状況であった。筆者らは 最初に、コンブの一種、ガゴメ (Kjellmaniella crassifolia) 由 来フコイダンが、ガン細胞にアポトーシスを誘発させること

# 乾燥海藻粉末

► 80%エタノール洗浄、ろ過 エタノール洗浄粉末

- 熱水抽出、ろ過

熱水抽出物

アルギン酸リアーゼ処理 活性炭処理、遠心分離

上清

- 限外ろ過 (cut-off 100K)

保持液(高分子画分)

酸処理(5℃)、遠心分離

上清

-中和、限外ろ過 (cut-off 100K)

保持液(高分子画分)

- 凍結乾燥

フコイダン

図1 フコイダンの製造方法

を世界で初めて発見し、その作用を担う最小構造単位の解明 を試みた。この過程で、いろいろなフコイダンのオリゴ糖の 構造を決定し、ガゴメ由来フコイダンの全体構造をも決定す ることができた。

## フコイダンの調製とフコイダン資化性細菌の単離

筆者らは、図1に記載した方法により、種々の褐藻綱に属する海藻からフコイダンを調製した1.20。本法を用いて調製したフコイダンは分子量10万以下のフコイダン、すなわち「構造破壊を受けた中小分子」が除去されているため、構造が均一なオリゴ糖の調製に適している。また、各海藻から得られたフコイダンの量を表1に示すが、フコイダン含量は、海藻の種だけではなく同種の海藻であっても、その部位、収穫期、固体の成長度等によってかなり変動する。

フコイダンの構造決定に利用できる酵素、すなわちフコイダンをオリゴ糖単位で切断できる酵素を得るため、海洋微生物をスクリーニングして、数種のフコイダン資化性細菌を得た<sup>1,3,4</sup>)。これらの細菌の性質および 16S rDNA 配列をもとに、これまでに発見されている細菌の諸データと比較しても、同じ属と認められるものは見つからず、新規に命名を行った(表2)。F. marina および F. lyticus は、相異なったフコイダン基質特異性を示したが、F. fucoidanolyticus は、調べた限り、すべての海藻由来フコイダンをある程度資化したので、多種類のフコイダン分解酵素の生産菌として利用できる可能性がある。

表1 各種海藻のフコイダン含有量

|                     | フコイダン含有量    |
|---------------------|-------------|
| 海藻                  | (g/kg 乾燥重量) |
| コンブ目海藻              |             |
| ガゴメ                 | 40          |
| マコンブ                | 15          |
| ワカメ (葉状部)           | 15          |
| ワカメ (胞子葉部)          | 80          |
| アラメ                 | 70          |
| Ecklonia maxima     | 40          |
| Lessonia nigrescens | 46          |
| ヒバマタ目海藻             |             |
| Fucus vesiculosus   | 70          |
| Ascophyllum nodosum | 110         |
| ナガマツモ目海藻            |             |
| オキナワモズク             | 250         |
| モズク                 | 250         |

表2 単離したフコイダン資化性海洋性細菌、それらが生産するフコイダン分解酵素、およびそれらの基質

|                      | 生産が確認された<br>フコイダン分解酵素 | 基質             |                |  |
|----------------------|-----------------------|----------------|----------------|--|
| 細菌名                  |                       | 由来となる海藻        |                |  |
| Fucobacter marina    |                       |                |                |  |
| 硫酸化                  | フコグルクロノマンナン分解酵素 I*    | ガゴメ            | 硫酸化フコグルクロノマンナン |  |
| 硫酸化                  | フコグルクロノマンナン分解酵素 II*   | ガゴメ            | 硫酸化フコグルクロノマンナン |  |
| 硫酸化                  | フコガラクタン分解酵素 I*        | ガゴメ            | 硫酸化フコガラクタン     |  |
| 硫酸化                  | フコガラクタン分解酵素 II*       | ガゴメ            | 硫酸化フコガラクタン     |  |
| Fuconobacter lyticus |                       |                |                |  |
| 硫酸化                  | フカン分解酵素 I*            | ガゴメ            | 硫酸化フカン         |  |
| 硫酸化                  | フカン分解酵素 II*           | ガゴメ            | 硫酸化フカン         |  |
| Fucophilus fucoidan  | olyticus              |                |                |  |
| 硫酸化                  | グルクロノフカンデアセチラーゼ       | オキナワモズク        | 硫酸化グルクロノフカン    |  |
| α-D- グ               | ルクロニダーゼ               | オキナワモズク        | 硫酸化グルクロノフカン    |  |
| エンド                  | -α-L- フコシダーゼ          | オキナワモズク        | 硫酸化グルクロノフカン    |  |
| 硫酸化                  | フコグルクロノマンナン分解酵素       | F. vesiculosus | 硫酸化フコグルクロノマンナン |  |
| 硫酸化                  | フカン分解酵素               | F. vesiculosus | 硫酸化フカン         |  |

<sup>\*</sup>大腸菌を用いた生産系確立済み

### フコイダンオリゴ糖の構造

フコイダン資化性細菌をフコイダン含有培地で大量培養して、種々のフコイダン分解酵素を調製した $5^{-11}$ 。これらの酵素のうち、6種に関しては、すでに大腸菌を用いた組み換え酵素としての生産系を確立した(表 2、特許出願済み)2.7)。

得られたオリゴ糖を精製,単離後,NMR分析等により化学構造を決定したところ,各オリゴ糖は,由来となるフコイダン毎に共通の骨格構造を持っており,どのフコイダンにも繰返し構造が存在することを示唆するものであった。いくつかのフコイダンに関しては,オリゴ糖間の結合様式も解明し,フコイダンの全体構造を決定することができた(図 2)<sup>2,5,11,12</sup>)。

筆者らが、フコイダンが整然とした繰返し構造を持つことを明らかにできたのは、特定の分子種にしか作用しないエンド型のフコイダン分解酵素を利用することによって、(1)標的となる分子のみを低分子化して、混在するほかのフコイダン分子種から容易に分離できる、(2)標的となる分子をその繰返し構造単位に切断するので多糖の構造の推定が容易となる、(3)酵素反応を中性付近、常温で行うためフコイダンの不安定な結合を破壊することがない、(4)酵素反応により得られる産物は低分子であるため NMR 分析が容易である、などの多くの利点があったためである。

### フコイダンの分子種とオリゴ糖の調製

筆者らは、これまで6種のフコイダンの存在を明らかにした $2.5.9 \sim 12$ )。

ガゴメとF. vesiculosus にはともに硫酸化フコグルクロノマンナン(SFGM)が含まれている $^{5,9}$ 。両者の主鎖構造は同じだが側鎖構造が異なるため(図 2), F. marina の酵素ではF. vesiculosus のSFGMをほとんど分解できない。また, F. marina は 2種の SFGM 分解酵素を持つが $^{77}$ , 両者の SFGM-6 糖に対

する反応速度差が大きいので, 両酵素を用いて3糖および6糖 を意図的に調製できる<sup>13)</sup>。

ガゴメには、全フコイダンの数%程度しか硫酸化フコガラクタン(SFG)が含まれていないが、酵素の利用により、このようなマイナー成分の構造も決めることができた(図2)<sup>8,12)</sup>。また、ワカメメカブに含まれるフコイダンをSFG分解酵素により分解して、そのオリゴ糖を調製することもできた。

硫酸化フカン(SF)はガゴメおよびF. vesiculosus の主要フコイダンであるが、両者は主鎖構造が異なり(図2)、どちらのSF分解酵素も他方のSFを分解できない。また、ガゴメのSFは特に硫酸化度が高く、分子内フコース残基の水酸基の約90%が硫酸基で置換されている(図2)。なお、F. vesiculosus 由来SFの全体構造はまだ決定できていないが、図2に示す構造は、加水分解で得られたオリゴ糖の構造と矛盾がない<sup>10, 14)</sup>。しかしながら、それ以前に報告されていた平均的構造とはあまり共通点が認められない<sup>15,16)</sup>。

硫酸化グルクロノフカン(SGUF)は、オキナワモズクの主要フコイダンであるが、ガゴメSFと比較すると、硫酸含量は約1/5である<sup>2,11)</sup>。そのため、両者の生物活性を比べると、後述するように、大きな違いが見られる。前述した6種のフコイダンは、ここに述べた海藻だけに含まれるものではない。例えば、F. marina 由来 SFGM 分解酵素および SFG 分解酵素は、多くのコンブ目海藻由来フコイダンに作用してオリゴ糖を生成させる。すなわち、分類学的に近い海藻のフコイダンは構造上の共通点があるといえる。しかもそれらのオリゴ糖は主鎖構造が同じで、結合している硫酸基の位置や数のみが異なるというように、構造と活性の関係を調べる上で非常に有用なオリゴ糖となる可能性が高い。

例えば図2に示した、Fucus vesiculosus、オキナワモズク、ガゴメの主要フコイダンの構造を比較するために、フコース

### 硫酸化フコグルクロノマンナン(ガゴメ由来)

主要オリゴ糖

 $\triangle$  GA1-2(F(3S)  $\alpha$  1-3)Man  $\alpha$  1-(4GA  $\beta$  1-2(F(3S)  $\alpha$  1-3)Man)<sub>m</sub> m=0,1

多糖の主要構造 (-4GA β 1-2(F(3S) α 1-3)Man α 1-)。

### 硫酸化フコグルクロノマンナン(Fucus vesiculosus 由来)

主要オリゴ糖

 $\triangle$  GA1-2(Ff(5S)  $\alpha$  1-4F(2,3diS)  $\alpha$  1-3)Man(6S)

多糖の中での存在形態 -4GA β 1-2(Ff(5S) α 1-4F(2.3diS) α 1-3)Man(6S) α 1-

### 硫酸化フコガラクタン(ガゴメ由来)

主要オリゴ糖

Gal(3S)  $\beta$  1-6Gal(3S)  $\beta$  1-6(F(3S)  $\alpha$  1-4F(3S)  $\alpha$  1-3Gal  $\beta$  1-4)Gal(3S)

多糖の中での存在形態

-6Gal(3S)  $\beta$  1-6Gal(3S)  $\beta$  1-6(F(3S)  $\alpha$  1-4F(3S)  $\alpha$  1-3Gal  $\beta$  1-4)Gal(3S)  $\beta$  1-

### 硫酸化フカン(ガゴメ由来)

### 主要オリゴ糖

 $F(2,4diS) \alpha 1-3F(2,4diS) \alpha 1-3(F(3S) \alpha 1-2)F(4S) \alpha 1-3F(2,4diS) \alpha 1-3F(2,4diS)$ 

### 硫酸化フカン(Fucus vesiculosus 由来)

主要オリゴ糖 F α 1-(3F(2S) α 1-4F(2,3diS) α 1-)<sub>m</sub>3F(2S)

m=1,2,3,4

### 硫酸化グルクロノフカン(オキナワモズク由来)

### 主要オリゴ糖

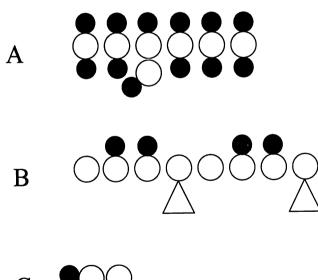
 $(-3F\alpha 1-3F(4S)\alpha 1-3F(4S)\alpha 1-3(GA\alpha 1-2)F(4-O-acetyl)\alpha 1-)_m3F\alpha 1-3F(4S)\alpha 1-3F(4S)\alpha 1-3F$  m=0,1,2 多糖の主要構造

 $(-3F \alpha 1-3F(4S) \alpha 1-3F(4S) \alpha 1-3(GA \alpha 1-2)F(4-O-acetyl) \alpha 1-)_n$ 

図中略号 F, L-fucose: Ff, L-fucofuranose: GA, D-glucuronic acid: △ GA,4,5-unsaturated

D-glucuronic acid: Gal, D-galactose: Man, D-mannose: S, O-sulfate

図2 酵素消化により得られたフコイダンオリゴ糖およびフコイダンの全体構造



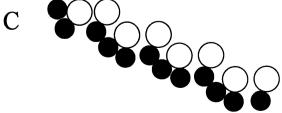


図3 3種の海藻由来主要フコイダンの構造。 A, ガゴメ; B, オキナワモズク; C, Fucus vesiculosus (主鎖構造のみ)。

○ フコース,● 硫酸基,△ グルクロン酸。

を白丸で硫酸基を黒丸で、グルクロン酸を三角で示すと糖鎖 構造や硫酸密度の違いがより明瞭となり、それぞれのフコイ ダンに同じ生物活性がないことも頷ける(図3)。

# フコイダンの生物活性

ガゴメ由来フコイダンの生物活性の特徴は, 肝細胞増殖因 子 (HGF), インターフェロンガンマー (IFN- $\gamma$ ), インターロ イキン12 (IL-12), トランスフォーミンググロースファク ターベータ(TGF-β)などのサイトカイン類を生体内で産生促進 させることによって,機能性を発揮している点である<sup>17~20)</sup>。 なかでもIL-12とIFN-γの産生増強は, 抗ガンという観点で は非常に大切な機能である。IL-12は抗原提示細胞から産生さ れ, タイプ1ヘルパーT細胞 (Th1) に働き IFN-γの産生を誘 導して,細胞障害性T細胞(CTL),ナチュラルキラー細胞 (NK) らの細胞障害活性を亢進させる。例えば、Meth-A腫瘍 細胞で免疫したマウスの脾臓リンパ球にガゴメ由来フコイダ ンを添加すると, 1~100 μg/mlの用量において用量依存的に IFN-γ, IL-12の産生誘導が認められた(図4)。一方,正常な マウスの脾臓リンパ球に於いては,IFN-γの産生誘導は全く認 められなかった。また、ガン細胞で感作された脾臓リンパ球 に、他の海藻由来のフコイダンを作用させた場合、オキナワ モズクやワカメメカブではガゴメやヒバマタより弱く,日本 海産モズクではIFN-γの産生誘導は全く認められなかった。 このようなマウスでの実験結果は,フコイダンによる IFN-γ

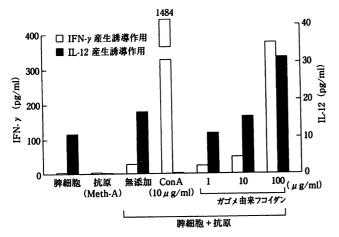


図4 ガゴメ由来フコイダンによる INF-γおよび IL-12 の産生誘導

の産生誘導によって、細胞性免疫が活性化され、抗ウイルス、 抗ガン、および抗菌活性などの生体防御機能が亢進すること を示唆している。また、フコイダンはアレルギー反応に関与 する Th2 を抑制するため、アレルギー疾患にも有効であると 考えられる。

ガゴメ由来のSFGM画分は既に述べたようにガン細胞特異的にアポトーシスさせる $^{21}$ 。しかし主成分の硫酸化フカン画分にはそのような作用は見られず,抗ガン作用には関与していないのかと一時おもわれたが,肝細胞増殖因子(HGF:Hepatocyte Growth Factor)の産生を  $in\ vivo$ ,  $in\ vitro$ (MRC-5 細胞)を問わず,強く誘導することによって間接的に抗ガン作用を発揮することが明らかとなった $^{17}$ )。

HGFは、肝臓の強力な再生能力を司る再生因子を追求する過程で、1984年に中村敏一らによって発見されたサイトカインである。今では、HGFは急性並びに慢性疾患において、顕著な傷害防止、機能改善、治癒促進効果を持つ、本来の生体修復因子であると考えられている。蛇足ながら、HGFによる発毛促進作用も報告されており、結果的に民間で伝承されている海藻摂食による養毛作用をも裏付けている。これらの他にもHGFの生理作用が種々解明されており、抗ガン作用、アルコール性肝炎及び肝硬変の治療作用なども報告されている。硫酸化フカンのHGF誘導能力は、既に知られていたヘパリ

ンのそれとほぼ同程度であったが、他の褐藻類のフコイダン 画分でも調べてみると,ワカメ,日本海産のモズク,南米産 のレッソニア等にはHGF誘導活性が認められたが, 分類学上 はモズクと異なるオキナワモズクには, その活性が殆ど認め られなかった (図5)。また、ガゴメ由来硫酸化フカンを、表 2に示した硫酸化フカン分解酵素で分解したときに生成する 主要オリゴ糖(7糖12硫酸)の構造を図6に示すが、この7 糖 12 硫酸の HGF 産生増強作用は非常に強く、ヘパリンのそ れにほぼ匹敵する(図5)。これらの結果は、この活性を誘導 するためには, なんらかの特殊な化学構造が必要であること を示唆している。また、肝切除処理をしたマウスに7糖12硫 酸を経口投与すると、HGFの血中濃度が上昇することが明ら かとなった。ここで用いた7糖12硫酸は構造も解明され、再 現性よく生産できるため, 将来ガンの治療や肝臓病の治療に 用いられる経口投与薬剤として利用できる可能性も充分にあ る。さらにフコイダンは、AIDSの病原体であるHIVを初め、 その他のウイルスに対しても抗ウイルス作用を持つことが知 られている。フコイダンはある濃度以上で血中に投与すると その抗凝血作用のため出血することがあるが、その濃度の数 十分の1~数百分の1の濃度でウイルス感染抑制作用や逆転 写酵素阻害作用を示すことが報告されており,将来の抗AIDS 薬の候補の一つとして検討されている22)。

### ガゴメ由来フコイダンを含有する商品の開発

宝酒造(株)のバイオ事業部門(現タカラバイオ(株))は、1996年にフコイダンを含有する飲料「アポイダンー U®」を発売したのを初めとし、表3に示す種々の健康食品を発売した。フコイダンの原料として選んだ海藻は、コンブ科の海藻の中でもとりわけ「ヌメリ」の強い、すなわちフコイダン含量が多い、ガゴメという、北海道の南西岸で採取される種である。ガゴメはトロロコンブ属に分類されるコンブの一種であり、乾燥重量の4から5%ものフコイダンが含まれている。ダシ用に使用されているマコンブと比較すると約2倍量のフコイダンを含んでいるり。

フコイダンの工業的生産に成功し,「フコイダン」と表記した食品を商品化したのは,知る限りでは宝酒造(株)が世界

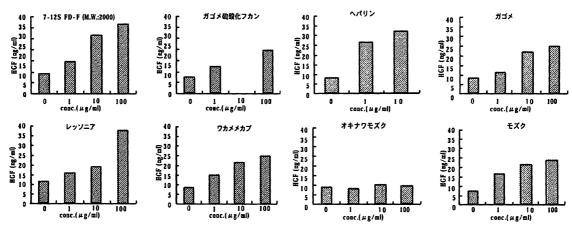


図5 ヘパリンおよび種々のフコイダンによる HGF 産生誘導

で初めてである<sup>23)</sup>。

### (1)「アポイダンー U®」(飲料, 顆粒)

ガゴメ由来フコイダンの抗ガン作用を確認したことから、ガンの予防や治療効果を期待して1996年に「アポイダンーU®(飲料)」を商品化した(図7)。1本50mlに約200mgのガゴメ由来フコイダンを含んでいる。非常に好評であったため、1999年には携帯に便利な「アポイダンーU®(顆粒)」も商品化した(図7)。顆粒タイプも一包あたりのフコイダン含有量は同じである。

「アポイダンー U®」は発売後6年になるが、順調に販売数を伸ばしており、現在、年間約4万ケースの売り上げがある。もともとガンの予防や治療を狙いとして商品化したのであるが、一部の継続的飲用者からアレルギー性鼻炎が軽くなった、便秘が解消した、かぜをひかなくなった、体調が改善された等の話を聞くことができた。

一方、発売後もガゴメ由来フコイダンの生物活性の研究を続けており、上記の HGF 産生増強作用、IFN- $\gamma$ 及び IL-12 の 産生増強作用の他、抗原で刺激したラットに経口でフコイダンを与えることにより免疫グロブリンEの産生を抑制する作用等を確認している $^{24}$ 。すなわち、ガゴメ由来フコイダンはアレルギー疾患の治療にも有用であることが実験的に証明された。これらの結果は、生体が危機にさらされた時にこそ、フコイダンが必要な免疫作用を誘起することができることを示唆している。

### (2) [TaKaRa コンブフコイダン® | (食品素材)

精製したガゴメ由来フコイダンを凍結乾燥して得られた繊

維状の乾燥物を、溶解性を高めるために粉砕し、食品素材 「TaKaRaコンブフコイダン®」として1997年に商品化した<sup>25)</sup>。 本製品には増量剤は一切添加しておらず, 重量的にはほぼ純 品のガゴメ由来フコイダンからなる食物繊維である。この食 物繊維「フコイダン」には分子内に大量の硫酸基があるが、当 社のフコイダンはそのカウンターイオンとしてカルシウムを 保持している。しかも、可溶性のカルシウム基であり、少な くとも5%以上の濃度で水に溶解するし、溶解時に高い粘性 を示すこともない。ただ、フコイダンは様々なタンパク質と 相互作用をするので、タンパク質含有液に添加すると粘性を 上げたり、凝集物を形成することがあるので注意を要するが、 逆にその性質を利用してもよい。とりわけ食品添加物として 広く使用されているゼラチンはフコイダンとの相互作用が強 く透明なゾルを形成する。また、過剰摂取が体に良くないと 言われているヨードや塩化ナトリウムは「TaKaRaコンブフコ イダン®」の製造工程において限外ろ過によりほぼ完全に除 去されている。

食品素材用「TaKaRaコンブフコイダン®」は、約100℃の熱水で抽出されたものであり、中性水溶液中100℃程度の処理ではほとんど変化しない。しかし、室温以上で酸やアルカリ条件で保持すると低分子化が進行する。「TaKaRaコンブフコイダン®」中に大量に存在する硫酸基の結合もフコースの結合も一般の多糖の結合より弱いため、高分子のフコイダンを保持したい時は穏やかな条件で処理する必要がある。

もちろん,この「TaKaRaコンブフコイダン®」には,前述の硫酸化フカン及びガン細胞に対してアボトーシス誘発作用を持つSFGM等が含まれている。また,食品素材としてコン

表3 ガゴメ由来フコイダンを含有する健康食品とその発売時期

| 発売時期  | 月 貞       | 自社製造健康食品                   | 他社製造健康食品<br>(TaKaRa コンブフコイダン®<br>を原料としたもの) |
|-------|-----------|----------------------------|--|
| 1996年 | 12月       | アポイダン -U® (飲料)             |  |
| 1997年 | 5月<br>6月  | TaKaRa コンブフコイダン®<br>(食品素材) | サクラゴールド(ゼリー)<br>(洋菓子ノエル)                   |
| 1998年 | 10月       | ドッグ -U®(ペットフード)            | バイアッケル(飲料)<br>(太成食品)                       |
| 1999年 | 1月<br>8月  | アポイダン -U®(顆粒)              | フコイダンプラス (カプセル)<br>(グランヒル大阪)               |
| 2000年 | 8月<br>10月 | 肝杯一番®(飲料)                  | 天鶴活気(飲料)<br>(アルソア)                         |







図7 ガゴメ由来フコイダンを利用した健康食品。(上:肝杯一番®, 左;アポイダン-U®, 右:アポイダン-U® (顆粒))

ブらしさを出すため、コンブの生臭さは極力除去し、コンブ の良い香りだけを残してある。

上記のような性質を持つ「TaKaRaコンブフコイダン®」は、容易に様々な食品に利用することができる。現在アメリカFDAにも認可され、バルク食品素材として世界中に販売されている。

### (3)「肝杯一番®」(飲料)

「アポイダンー U®」を商品化したあと,一部の継続的飲用者から,酒量が増えたという話を聞くことができた。また,漢方ではコンブが肝に良いと言われていることから<sup>26</sup>),ガゴメ

由来フコイダンの強肝作用について研究を始めた。その結果, 前述の様にフコイダンが種々の培養細胞に対して肝細胞増殖 因子(HGF)産生誘導作用を持つことを確認した。そして,フ コイダンの肝細胞増殖因子産生誘導による肝機能の維持,改 善及び再生を期待して2000年に「肝杯一番®(飲料)」を商品 化した(図7)。1本100m1に約100mgのガゴメ由来フコイダン を含んでいる。飲酒の前後や翌日に飲んでもらうことを想定 した商品である。

### (4) 化粧品

また,「アポイダンーU®」とほぼ同時期に, ガゴメ由来フ





図8 ガゴメ由来フコイダンを利用した化粧品。(左:海藻ローションF-fucoidan, 右:エモリエントローション とわだ (普通肌および乾燥肌用))

コイダンを含む化粧品 (ローション) も製品化した(図8)。現在では、当社が化粧品原料として供給している、ガゴメ由来フコイダンを利用した他社製品も多く販売されている。最近、ガゴメ由来フコイダンを実験動物の皮膚に塗布すると、紫外線が原因となる老化現象(しわ形成、弾性低下、コラーゲン生産量低下)を抑制できることも証明した 19,27)。

以上の商品は,一部の薬局等で販売しているが,楽天市場 (<a href="http://www.rakuten.co.jp/takara/">http://www.rakuten.co.jp/takara/</a>) 経由でも入手することが可能である。

### ガゴメ由来フコイダンの今後の展望

コンブの効能として以前から言われてきたことには,(1) 抗ガン作用がある,(2)肝炎に効く,(3) 毛髪が増える,(4)高血圧を降下させる,(5) 動脈硬化, 脳卒中, 心筋梗塞を予防する, 等がある。これらの効能はコンブに含まれるいくつかの物質が相互作用した結果なのであろうが, われわれの研究結果からは, フコイダンもこれらの効能を担う成分の一つであると考えられる。

市販の健康食品の原料として使用されているものの中に、フコイダンとほとんど同じ効能が謳われている素材がある。フノラン(紅藻類由来硫酸化多糖),サメ由来コンドロイチン硫酸,キノコ由来グルカン画分等である。これらはいずれもヒトとは全く異種の生物から調製した,構造的にあまり均一性のない高分子の集団である。これらの物質の生体への作用が非常に似ていることから,おそらくこれら「異種生物由来高分子集団」が生体に作用する共通のメカニズムがあると考えられる。フコイダンの様な非消化性の高分子を経口摂取した場合は腸内で単なる食物繊維としてしか働かないと考えられがちであったが,最近腸管免疫の研究が進み,食品の生体調節機能の発現に,パイエル板を始めとする腸管免疫系が関与する場合もあると考えられる様になった。パイエル板は生体の内と外との免疫情報やりとりの窓口であり,腸管からの高分子の取り込みも頻繁に起こっていると考えられている。

今後さらにフコイダンの生物活性の検索や, それらのメカニズムの解明を行ない, 新健康食品の開発と同時に, 最新の科学的情報を提供していきたい。

### おわりに

筆者らは、現在も新規フコイダン分解酵素の研究開発を進めており<sup>28)</sup>、今後さらに多種類のオリゴ糖を得ることが可能になる。図2に示すように、酵素的に生産したフコイダンオリゴ糖には、構成糖、分岐パターン、硫酸化度、分子サイズなどにおいて広い多様性がある。そのため、ほかの多糖由来オリゴ糖では考えられないような生物活性が見いだせる可能性もある。

### 参考文献

- 1) T. Sakai, H. Kimura and I. Kato, Marine Biotechnol., 2002, 4, 399-405
- 2) T. Sakai and I. Kato, Biosci Ind., 2002, 60, 377-380.
- 3) S. Nakayama, K. Kojima, H. Kimura, T. Sakai, K. Katayama, K. Shimanaka, K. Ikai, Y. Nakanishi and I. Kato, 生化学, 1996, 68, 599.
- 4) T. Sakai, K. Ishizuka, K. Kojima, K. Shimanaka, K. Ikai and I. Kato., 第 21 回日本糖質学会年会要旨集, 2000, p64.
- 5) T. Sakai, H. Kimura, K. Kojima, K. Shimanaka, K. Ikai and I. Kato, Marine Biotechnol., 2003, 5, 70-78.
- 6) T. Sakai, H. Kimura and I. Kato, Marine Biotechnol., 2003, in press
- 7) M. Mita, T. Sakai, H. Kimura, Y. Nomura, K. Katayama and I. Kato, 第20 回糖質シンポジウム要旨集, 1998, p117.
- 8) H. Kimura, K. Kojima, T. Sakai, K. Shimanaka, K. Ikai and I. Kato, 日本 農芸化学会大会講演要旨集, 2000, p229.
- 9) H. Kimura, K. Kojima, T. Sakai, K. Ikai and I. Kato, 第5回マリンバイオテクノロジー学会大会講演要旨集, 2001, p71.
- 10) H. Kimura, T. Sakai, K. Ikai and I. Kato, 第6回マリンバイオテクノロジー学会大会講演要旨集, 2002, p105.
- 11) T. Sakai, K. Ishizuka, K. Kojima, K. Shimanaka, K. Ikai, and I. Kato, 第 22 回日本糖質学会年会要旨集, 2001, p42.
- 12) K. Shimanaka, H. Kimura, K. Kojima, T. Sakai, K. Ikai and I. Kato, 日本農芸化学会大会講演要旨集, 2000, p229.
- 13) N. Miyatake, H. Kimura, K. Kojima, M. Takayama, T. Sakai and I. Kato, 日本農芸化学会大会講演要旨集, 2000, p229.
- 14) L. Chevolot, A. Foucault, K. Chaubet, N. Kervarec, C. Sinquin, A. M. Fisher and C. B. Vidal, Carbohydr. Res., 2001, 330, 529-535.
- M. S. Patankar, S. Oehninger, T. Barnett, R. L. Williams and G. F. Clark,
   J. Biol. Chem., 1993, 268, 21770-21776.
- 16) J. Conchie and E.G.V. Percival, J. Chem. Soc., 1950, p827-832.
- 17) H. Sagawa, K. Akiyama, H. Ounugi, T. Sakai and I. Kato., 生化学, 1999, 71,203.
- 18) T. Tominaga, S. Mizutani, T. Sakai, H. Sagawa and I. Kato, 日本農芸化学会大会講演要旨集, 2000, p77.
- 19) H. K. Wu, H. Matsushita, T. Sakai, H. Sagawa and I. Kato, Fragrance J., 2002, No. 6, p106-111.
- 20) I. Kato, T. Sakai and H. Sagawa, ジャパンフードサイエンス, 2000, 39, 43-47.
- 21) F. G. Yu, H. Kitano, T. Sakai, N. Koyama, Y. Tatsumi, A. Kondo, K. Ikai and I. Kato, 第 56 回日本癌学会総会記事, 1997, p203.
- 22) D.J. Schaeffer and V.S. Krylov, Ecotoxicol Environmental Safety, 2000, 45, 208-227.
- 23) T. Sakai and I. Kato, New Food Ind., 2001, 43, No. 2, 8-12.
- 24) T. Tominaga, E. Nishiyama, T. Sakai, H. Sagawa and I. Kato, 第 59 回日本癌学会総会記事, 2000, p548.
- 25) T. Sakai and I. Kato, 食品と科学, 1998, 40, No. 6, 89-93.
- 26) 鈴木洋, 漢方のくすりの事典, 医歯薬出版, 1994, p148-149.
- 27) H. K. Wu, H. Matsushita, T. Sakai and I. Kato, Fragrance J., 2001, No. 3, p.56-61.
- 28) T. Sakai, K. Ishizuka and I. Kato, 第 23 回日本糖質学会年会要旨集, 2002, p136.

(タカラバイオ株式会社)

# 秋季藻類シンポジウム (2002.12.06) 「新しい海藻由来の製品の科学的検討」要旨

### 榎竜嗣・西山英治・佐川裕章・加藤郁之進:アガロオリゴ糖による炎症反応の制御

### はじめに

代表的な、紅藻由来多糖類である寒天の主成分は、アガロースで、3-O-結合  $\beta$ -D-ガラクトピラノース(Galと略)と4-O-結合 3,6-アンヒドロ- $\alpha$ -L-ガラクトピラノース(Ah-Galと略)が交互に直鎖状に繋がった糖鎖である。アガロース分子内の $\alpha$ 1-3 結合は不安定であり、穏やかな酸性条件下で分解を受けてGalとAh-Galからなるアガロビオース、アガロビオースが2個繋がったアガロテトラオース、3個繋がったアガロヘキサオース、などのアガロオリゴ糖が産生される。つまり、アガロースは胃液によっても容易にアガロオリゴ糖にまで分解されると考えられる。その後、小腸に到達するとpHの変化により新規な活性分子 DGE(3,4-dideoxy-glucosone-3-ene)に変換される(図 1) $^{11}$ 。

なんでもないように思われていたアガロオリゴ糖が、驚いたことに現代医学の主要な研究テーマになった観のある炎症

図1 アガロビオースから DGE が生成する反応機構

反応の促進に関わっている一酸化窒素(NO)の過剰産生を抑えたり、炎症反応を抑制する一酸化炭素(CO)の産生を促進したり、リウマチの悪化に深く関わっているTNF-α産生を抑えたりする種々の生理活性を持つことが、我々の研究によって次々と明らかになってきた。

### 一酸化窒素(NO)の産生抑制作用

(1)一酸化窒素(NO)の生体内での産生及びその生理作用大気汚染物質の一つである一酸化窒素(Nitric Oxide:NO)は生体内でもL-アルギニンを出発物質として、NO合成酵素(NOS:NO Synthase)によって合成され、種々の重要な役割を担っている。NOSにはNOS-1、NOS-2、NOS-3の3種類のアイソザイムが存在することが、クローニングによって確認されている。NOS-1は脳中枢神経系に分布する神経型(nNOS)、NOS-2はマクロファージに存在するマクロファージ型(iNOS)、NOS-3は血管内皮細胞等に分布する内皮型(eNOS)である。特に、eNOSとnNOSはカルシウム依存性の構造型 NOSと呼ばれ、常に血管系や中枢神経系の細胞でシグナル伝達のために、NOのフリーラディカルを産生して、生体系全体を調節している。

一方、マクロファージで産生されるiNOS はサイトカインやリポポリサッカライド(LPS)によって発現が誘導され、産生されたNOが異物を酸化的に破壊したり、血液系や免疫系の細胞増殖を調節したりすることによって、生体を守っている。いずれにしても、iNOSは、定常状態では殆ど発現が認められず、サイトカインやLPSの刺激によってはじめて誘導される。

# (2) 一酸化窒素合成酵素(iNOS)の発現抑制

マウスの腹腔マクロファージをリポポリサッカライド(LPS)とインターフェロンガンマー(IFN-y)で処理すると,iNOSの発現が促進されNO産生が増大する。しかし,同時にアガロビオースを添加すると,その添加量に反比例して産生NO量が低下することが,我々のグループによって世界で初めて示された<sup>2)</sup>。これは,iNOS発現量がアガロビオースによって抑制された結果であることが,抗 iNOS モノクローナル抗体を用いたウエスタンブロットによって確かめられた。次に,アガロビオースを添加した後で iNOS を誘導し,mRNA の量を調べると,アガロビオースの添加時間が早ければ早いほどiNOSのmRNA量が少なく,アガロビオースは iNOS の遺伝子の発現を抑制していることが証明された。もちろんGa1とAh-Ga1がアガロビオースと逆順に結合したネオアガロビオースは,上に述べたような作用を示さない。

プロスタグランディン E2 の産生抑制及び TPA で誘発され

### る浮腫の抑制

関節に炎症が生じたときに見られる, 発赤, 腫脹, 熱感, 疹痛はプロスタグランディンE2 (PGE2)によって起こることが確かめられている。

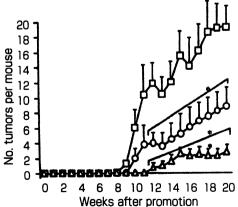
マウスのマクロファージ株細胞RAW264.7をアガロヘキサオース存在下で5時間培養後、LPSでPGE2を誘導し、18時間後にその量を測定すると、PGE2量がコントロールの約20%にまで低下していた。アガロオリゴ糖はシクロオキシゲナーゼを阻害せず、何らかのまだ知られていない新しい経路を通じてPGE2産生を抑えているものと考えられる3。

ホルボールエステルの一種であるTPAは細胞リン脂質代謝を亢進させ、発ガンプロモーションにつながる重要な作用を持っている。この発ガン促進剤であるTPAをマウスの耳に塗布すると浮腫が誘発されるが、TPA塗布の14日前から10%アガロオリゴ糖を経口で摂取させるか耳に塗布することによって浮腫の形成が抑制されることが明らかとなった。また、マウスに100μgの発癌剤DMBAを与えた後、1週間後から背部皮膚に1μgのTPAを20週間にわたって、1週間に2回の割合で塗布し続け乳頭腫を発生させるという動物モデルにおいてアガロオリゴ糖の効果を調べた。アガロオリゴ糖の濃度は0、1、及び3%とし、DMBA投与1週間前から飲料水として自由摂取させた。その結果3%群の場合、コントロールの水群に対して、乳頭腫の発生数は約10%にまで減少していた(図2)。

### 一酸化炭素(CO)の産生増強作用

### (1) 抗酸化物質としての CO 産生

生体内ではヘムオキシゲナーゼ(HO)によってヘムが異化作用を受け、等モルの一酸化炭素(CO)、ビリルビンおよび鉄が産生される。HOにはNOSと同様に3種類のアイソフォームがあり、HO-2とHO-3は構造型であるが、HO-1は誘導型で強力な抗炎症作用を示すだけでなく、過酸化水素、紫外線、高酸素血などの酸化的なストレスによって強く誘導され、生体を保護するように働く。また、重金属、様々なサイトカイン、



☐ Control ☐ 1% Agaro-oligosaccharides ☐ 3% Agaro-oligosaccharides

Data show mean±SEM of 10animais. \*:p<0.05,\*\*:p<0.01 vs control

図2 アガロオリゴ糖による発ガン予防作用

ホルモン、エンドトキシン、熱ショックなどによって誘導される。つまり、オキシダントによる細胞や組織の障害から細胞を守り、恒常性を維持するために働いているものと考えられている。HO-1の遺伝子をアデノウイルスベクターでラットの肺に導入してやると、 $>99\%O_2$ の条件下においても肺の傷害を防ぐことができた。結局、酸化的ストレスから細胞を守る仕組みは、ヘムの異化作用によって出現する主産物のCOをはじめ、ビリルビンやフェリチンなどの抗酸化分子の働きによるものと考えられる。

### (2) 誘導型一酸化炭素産生酵素(HO-1)の発現増強作用

一酸化炭素産生酵素と書いたが、ヘムオキシゲナーゼのことである。マクロファージ株細胞RAW264.7は培養液のみの条件下では12時間、HO-1を全く発現しなかった。一方、LPS単独かLPSとIFN-γで処理すると微かなHO-1の発現が見られるだけであるが、アガロビオースを添加すると濃度依存的にHO-1の発現が認められた<sup>4</sup>)。この発現は、LPSにより誘導されたNOによる酸化的ストレスとアガロビオースとの共同作用によるものと考えられる。一方、HO-1と同様のストレス応答タンパク質であるHSP-70やGRP-78などは何の影響も受けておらず、HO-1の発現のみに対する特異的な作用であると考えられる。

### (3) 神経細胞の遺伝子転写を CO は制御する

炎症反応の制御と言う観点から NO と CO 産生の制御について述べてきたが、最近、NO と CO は神経伝達物質として大きな役割を果たしていることが、明らかとなってきた。NO と CO は可溶性のグアニリルシクラーゼのへム部分に結合し、この酵素を活性化させる。この活性化された酵素は、第二の情報伝達分子である cGMP(グアノシン3',5'-モノリン酸)を増加させて、神経細胞間の伝達を行っている。

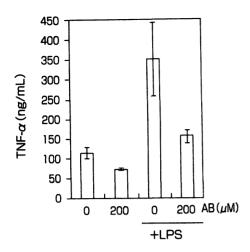
一方,神経細胞においてはグアニリルシクラーゼと同様に へムをもった神経細胞の転写因子NPAS2タンパク質と結合し て,転写活性を制御していることが明らかとなってきた<sup>5)</sup>。つ まり、CO は神経細胞の長期的変化つまり記憶や学習能力さ らにはサーカディアンリズムにも関与している可能性がある と考えられはじめた。

### TNF-α産生抑制作用

病院の入院患者にとって,敗血症は死因の最大のものである事はあまり知られていない。感染菌そのものに因って死ぬのではなく,誘導された NO によって引き起こされる血管拡張による急激な血圧降下やTNF- $\alpha$ ,  $1L-1\beta$ , マクロファージ炎症タンパク質 MIP- $1\beta$  などの炎症惹起性サイトカインやケモカインがコントロール不能な量産生され,白血球の増大,末梢血管の漏えい,組織の破壊などが起こり,死に至るのである。

敗血症の主な引き金になるLPSはグラム陰性菌の細胞壁構成成分のひとつで、これをマウスやマクロファージに投与すると、敗血症と同様の激しい症状が表れる。しかし、しばらく時間が経過すると、IL-10やIL-4のような抗炎症サイトカインが現れはじめて、炎症を引き起こすサイトカインやケモ

された。



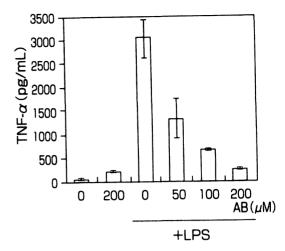
Data show mean ± SE of 3 wells.

図3 アガロビオースがマウス腹腔マクロファージの TNF- $\alpha$ 産生 に及ぼす影響

カインの合成を阻害して炎症を収めるように働き始める。マクロファージ株細胞(RAW264.7)をLPSで処理すると、当然TNF- $\alpha$ が産生され始める。Choiらはマクロファージ株細胞が、HO-1を遺伝子組換えで大量発現するようにしておいた後にLPSを与える実験をおこなったところ、TNF- $\alpha$ の産生量はHO-1を発現していないマクロファージ株細胞の約1/5であることを示したり。つまり、HO-1はTNF- $\alpha$ の産生を大きく抑制することが明らかとなった。さらに気体のCO存在下でマクロファージ株細胞に微量のLPSを作用させると、TNF- $\alpha$ の産生量は添加したCOの濃度に依存して低下することが示された。これらの結果は、マウスを使った in vivoの実験でも確認

次に、Choi らは NOS の特異的な阻害剤 L-NAME を与えて NO の産生を止めた状態にしておいて、CO の有無で LPS に よって誘導される TNF- $\alpha$ の量を調べたところ、L-NAME がな い場合とほぼ同様の結果が得られた。また、LPS によって誘導される NO の産生量も CO の存在の影響は受けず、TNF- $\alpha$ 産生抑制は CO が NO の関連経路に影響を与えた結果ではないことが明らかとなった。

筆者らは、寒天加水分解物水溶液(1%及び10%)をマウスに飲水として19日間自由摂取させた後、高用量(300  $\mu g/$ マウス)のLPSを腹腔内投与し、エンドトキシンショックを引き起こさせた。その結果、寒天液 1%の群は 8/8 と 100% の死亡率であったが、10% 寒天液の群は 2/8 と 25% の死亡率であり、寒天が明らかにエンドトキシンショックを防いでいることが明らかとなった。同様に19日間寒天溶液を投与されたマウスに低用量のLPS ( $20\mu g/$ マウス)を腹腔内投与し、1時間後に血清内のTNF- $\alpha$ の量を調べてみると、10% 寒天投与群で約30%低下していることが認められた。一方、マウス 腹腔マクロファージをアガロビオースと共に6時間培養した後に、 $1\mu g/$ ml になるように LPS を添加し 24 時間後に TNF- $\alpha$ の産生量を調べたところ、 $200\mu$  のアガロビオース存在下では、TNF- $\alpha$ の産生量が約 60% 降下していた(図 3)70。ヒト末梢血単核球



Data show mean ± SE of 3 wells.

図4 アガロビオースがヒト末梢血単核球由来単球のTNF-α産生に及 ほす影響

由来単球で同様の実験を行うと、マウスの場合よりも、もっと低濃度でTNF-αの産生量を下げていた(図 4)。

### 骨関節炎予防サプリメントへの利用

健康食品のなかでも、いろいろな病気に対応したいわゆるサプリメントが売られている。骨関節炎に対するサプリメントとして、米国でコンドロイチン硫酸とグルコサミンが売られており、2000年の市場は1,200億ドルという調査報告がある。これらの化合物が骨関節炎に効くとして売られている唯一の根拠は、これらの2化合物がヒト関節の軟骨の構成成分であるというだけである。しかし、1980年代に、これらの化合物が骨関節炎の傷みを和らげるという報告があり、米国の国立健康衛生研究所(NIH)が約700万ドルを使って4年間の研究をスタートさせた。田辺製薬では抗TNF-α抗体をリウマチの治療薬(商品名:レミケード)として開発している(フェーズII/

寒天由来アガロオリゴ糖の経口摂取が,既に述べたようにリウマチの増悪原因の一つと考えられているTNF-αをはじめとする炎症惹起性のサイトカイン群の発現を抑制し,更にHO-1の発現を促進し,一酸化炭素をはじめとする抗酸化作用を持った種々の分子を作り出す。実際に南米のペルー辺りでは,寒天を固めたものがリウマチに効く民間薬として愛用されているそうである。

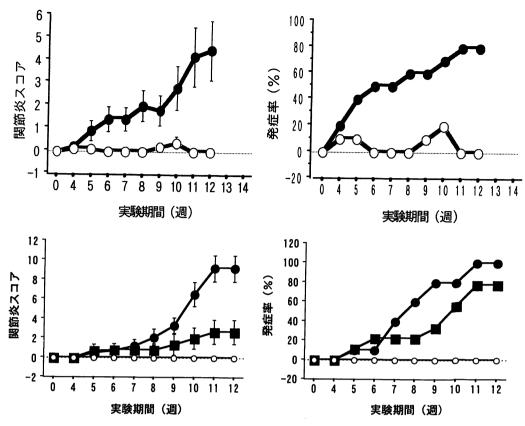


図 5a(上)マウス関節炎モデルにおけるアガロースの治療効果図 5b(下)マウス関節炎モデルにおけるアガロオリゴ糖の治療効果

た。3週間後に再び同様にコラーゲンを追加免疫してII型コラーゲン関節炎を誘発させた。この後、分子量約6~7万の寒天(AX-30T、伊那食品工業(株))0.3%水溶液と、アガロペンタオース、アガロオクタオース等が主成分であるアガロオリゴ糖3.0%溶液を飲水として自由に摂取させ、その治療効果を比較した。関節炎発症の評価は、0点:無変化、1点:一肢腫脹、2点:全体に見られる発赤腫脹、3点:全体に見られる強度の腫脹、4点:関節の強直性変化、で一肢あたりのスコアを採点し、4肢の合計点を1匹当たりの関節炎スコア(最高16点)とした(図5a、b)。

アガロオリゴ糖(平均約6糖)を摂取した場合よりも、10分の1量の分子量約6~7万のアガロース分子(平均約400糖)を摂取させた場合(0.6 g/kg/day)の方が明らかに高い治療効果が認められた。この結果は一見矛盾しているように見えるが、アガロオリゴ糖は胃などでアガロビオースに分解されても、腸内で直ちにDGE に変換される。しかし、このDGE は非常に反応性に富んだ  $\alpha\beta$  位が不飽和のカルボニール基を持っているため、食物中のアミノ酸やタンパク質と瞬時に反応し、本来の機能を失ってしまうものと考えられる。例えば、DGEが本来持っていた一酸化窒素産生抑制作用は、アミノ酸誘導体のグルタチオンと反応するとかなり抑えられてしまう(図6)。一方、高分子型のアガロースはいったんアガロオリゴ糖になってからDGEになっていくので共存する食物中のアミノ酸やタンパク質との反応が抑えられた結果、有効なDGE濃度が高められたため、アガロオリゴ糖よりも高い治療効果が

得られたと考えることができる。

### 寒天をベースにした健康食品の開発

上記のような、寒天やアガロオリゴ糖の極めて有用な生理作用を人々の健康に役立てるため、タカラバイオ(株)では、寒天をベースにした種々の健康食品を販売している。以下に、それらの商品を紹介する。

### (1)「飲む寒天®」

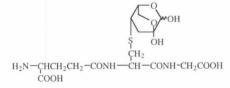
アガロオリゴ糖が、一酸化窒素合成酵素の発現を抑制することを確認できたので、アガロオリゴ糖を「抗酸化オリゴ糖」と命名し、「体の酸化を抑え、さびをとる。」というコンセプトで、アガロオリゴ糖を含む健康飲料「飲む寒天®」を発売した。1本に200mlのアガロオリゴ糖を含む寒天溶液が入っている。寒天由来のアガロオリゴ糖の抗酸化力に加え、寒天を食べるものから飲むものへと変えた革新的な商品である(図7)。

### (2) 「アガレット®」

飲む寒天と同様に、「活性酸素(NO)を元から絶つ。」というコンセプトで、携帯に便利なアガロオリゴ糖入りの健康食品、「アガレット®」も発売した。錠剤で、ココア味とライム味があるがどちらも非常に好評である(図7)。

### (3) 「黒酢寒天®」

アガロオリゴ糖が、リウマチの増悪因子の一つとして考えられているTNF-αを初めとする炎症惹起性のサイトカイン群の発現を抑制すること及び関節炎モデル動物において関節



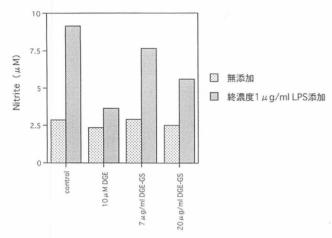


図6 DGE とグルタチオンとの複合体 (上) およびその NO 産生抑制 作用 (下)

炎の治療効果があることも確認できたので、リウマチや関節炎の予防、治療を目的として健康飲料、「黒酢寒天®」発売した。相乗効果を期待して、関節に良いといわれている生姜を加え、体調を総合的に良くするといわれている黒酢で味を調えた飲料で、1本50ml入りである(図7)。愛飲者から、長年の関節痛が改善された、という話も聴くことができた

### (4) 「ナチュラルアガーTM |

分子量が数万程度の寒天を, 関節炎モデル動物に投与すると, 関節炎の予防効果及び治療効果が確認できたことから, その寒天を1錠あたり 200 mg 含有させた錠剤を商品化した(図7)。まもなく, 発売するが, 関節炎の治療効果に関しては大きな期待を寄せている。

### (5) 「TaKaRa アガオリゴ® |

アガロオリゴ糖(2糖~8糖を主成分とする混合物)を食品素材、「TaKaRaアガオリゴ®」として発売した。白色粉末で、増量剤は含まない。寒天の様な溶解時の加熱は不要であり20%水溶液でも粘度は水とほとんど変わらない。アガロオリゴ糖はアルカリ条件下では不安定なので、酸性の食品への利用を勧めている。上記のような性質を持つ「TaKaRaアガオリゴ®」は、容易に種々の食品に利用することができるため、すでに「TaKaRaアガオリゴ®」を利用した商品がいくつかの企業から発売されているが、さらなる拡販を目指して宣伝中である。

以上の商品は、一部の薬局等で販売しているが、楽天市場 (<a href="http://www.rakuten.co.jp/takara/">http://www.rakuten.co.jp/takara/</a>) 経由でも入手することが可能である。







飲む寒天®

黑酢寒天®

ナチュラルアガーTM



アガレット®(ココア味) アガレット®(ライム味)

図7 寒天及びアガロオリゴ糖を利用した健康食品

### おわりに

筆者らのグループでは、アガロース分子内の $\alpha$ 1-3結合を切断する $\alpha$ -アガラーゼを海洋性細菌からクローニングし、大腸菌での発現に成功している。将来的には、 $\alpha$ -アガラーゼを利用して海藻から直接アガロオリゴ糖を調製するということも可能となるであろう。そうして得られたアガロオリゴ糖の中には、酸処理で得られたアガロオリゴ糖にはない、天然の構造を保持しているものがある可能性が高い。その結果は、紅藻多糖の天然の構造解明に繋がり、また、それらの新規アガロオリゴ糖の新しい生物活性の解明に繋がる可能性もある。今回の報告で述べたように、寒天及びアガロオリゴ糖は食物性繊維として捉えるだけでは想像もつかないような働きを持つ。また、アガロオリゴ糖の非還元末端は常にGalであり、肝臓細胞に非常に取り込まれ易いため、この性質を利用して、例えばドラッグデリバリーへの利用などの用途開発も可能である。

タカラバイオ(株)では、今後もアガロオリゴ糖及び寒天の 機能性探索の努力を続けていくつもりである。

### 参考文献

- 1) I. Kato, 月刊バイオインダストリー, 2000, 17, No.8, 13-19.
- 2) I. Kato, T. Enoki and H. Sagawa, 食品と開発, 2001, 36, No.9, 65-67.
- 3) T. Tominaga, E. Nishiyama, T. Enoki, H. Sagawa, S. Mizutani and I. Kato, 第58回日本癌学会総会記事, 1999, p151.
- 4) T. Enoki, H. Sagawa and I. Kato, 日本農芸化学会大会講演要旨集, 2000, p61.
- E. M. Dioum, J. Rutter, J. R. Tuckerman, G. Gonzalez, Marie-Alda Gilles Gonzalez and S. L. Mcknightet. Science, 2002, 298, 2385-2387.
- 6) L.E. Otterbein, F. H. Bach, J. Alam, M. Soares, H. T. Lu, M. Wysk, R. J. Davis, R. A. Flavell and A. M. K. Choi, Nature Medicine, 2000, 6, 422-428.
- 7) T. Enoki, H. Sagawa and I. Kato 第 59 回日本癌学会総会記事, 2000, p215.

(タカラバイオ株式会社)

# 秋季藻類シンポジウム (2002.12.06) 「新しい海藻由来の製品の科学的検討」要旨

# 志多伯 良博:低分子化アルギン酸ナトリウムの機能性と食品への利用

### 1. はじめに

食物繊維の一種であるアルギン酸は海藻に多く含まれており、日本人は古くから、昆布、ワカメ、ひじき等の海藻をよく食べ、食経験は長い。昆布から抽出した天然のアルギン酸は分子量が大きく、粘性が極めて高く、水に溶けにくいため、これを食品素材として、飲料その他の加工食品に直接用いることは困難である。

そこで、アルギン酸を食物繊維機能のある食品素材として広く加工食品に用いるためには、天然のアルギン酸を低分子化して粘性を低下させ、溶解性を高くする必要がある。ところが、増粘多糖類において、分子量を小さくし、粘性を低下させるほど、食物繊維の生理機能活性は低下するという報告がある<sup>1)2)</sup>。このため、高分子の食物繊維を機能性食品素材に加工する場合、分子量をどの程度に抑えるかが重要なポイントになる。

また、(株)カイゲンは、1985年より潰瘍治療剤として販売しているアルロイドG (MW25万のアルギン酸ナトリウムの製剤)の使用医師より、本製品がコレステロール改善効果及び便通改善効果があることが指摘された(写真1)。

これらの問題点を考慮して、(株)カイゲンは、アルギン酸分解物である低分子化アルギン酸ナトリウム(ソルギン)を開発し、1996年2月より販売を開始した。低分子化アルギン酸ナトリウム(ソルギン)は、アルギン酸を加熱加水分解し



写真1 アルロイドG

て, 平均分子量 $50,000\pm10,000$ に小さくして, 溶解性を高めたものである $^{3}$ 。

### 食物繊維の重要性

### 1) 第6の栄養素として高まる関心

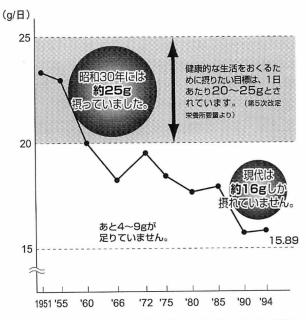
食物繊維は、5大栄養素(糖質、蛋白質、脂質、ビタミン、ミネラル)とは異なる生理機能を持っており、健康を保つ上で重要な第6の栄養素として注目されている。現在、飽食時代により、ガン、心臓病、脳卒中といった生活習慣病が急増しているのみならず、アレルギー性疾患、リウマチ及び心身症が増加し続けている。これらは、過去日本人が食物繊維の多い海藻類、穀物及び野菜類中心の食事から、肉類中心の欧米型の食生活に変化したことによると指摘されている。

### 2) 食物繊維不足の日本人

厚生省発表の「第5次改訂日本人の栄養所要量」によると、日本人の成人1人1日当たりの食物繊維の目標摂取量は20-25gである。しかし、食生活の欧米化に伴って、食物繊維の摂取量は年々減少傾向にある。昭和30年には約25g摂っていたが、現在は約16gしか摂れていない。したがって、食物繊維は、私たちの毎日の食生活には意識して摂る必要がある(図1)。

### 食物繊維の種類

食物繊維は、不溶性食物繊維と水溶性食物繊維に分けら



※出典 池上幸江:日本食物繊維研究会誌 Vol.1 No.1 3-12 1997

図1 日本人の食物繊維摂取量の推移

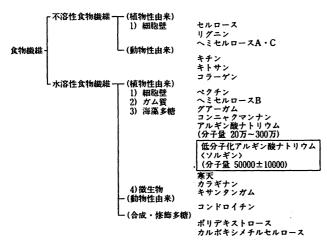


図2 食物繊維の種類

れ, さまざまな基原のものがある(図2)。

### 食物繊維の効果

食物繊維には便通改善作用があることが知られている。しかし、不溶性食物繊維と水溶性食物繊維とでは、その生理作用が異なる。不溶性食物繊維は、食品の吸収残渣のかさを増加させ、便通改善をさせる。一方、水溶性食物繊維では、便の軟らかさを保ち、水分が必要以上に吸収されることを防ぎ、排便させる作用がある。また、水溶性食物繊維には、不溶性食物繊維にない血中コレステロールの上昇抑制作用と食後の血糖値の上昇抑制作用もあることがわかっている。このように、食物繊維は、不溶性と水溶性及び基原並びに分子量でも、効果においても、大きな差があると考えられ、ただ単に、食物繊維の種類も考慮する必要があると考えられる。

2.コンブ中の機能性成分の低分子化アルギン酸ナトリウム低分子化アルギン酸ナトリウムは、コンプ (Laminaria 属の海藻)等に由来し、図3に示すようにDーマンヌロン酸 (M)と L ーグルロン酸 (G) からなる多糖類で平均分子量50,000±10,000の食用に供される食品素材を言う。

### 低分子化アルギン酸ナトリウムの化学構造及び特性

共成製薬株式会社製の低分子化アルギン酸ナトリウム (平均分子量50,000±10,000) をソルギンと呼ぶ。特性はつぎの通りである。

1) 粘度:ソルギンの粘度は濃度 (3wt%) で5cp (25℃) であるが, 市販のアルギン酸ナトリウム (平均分子量約130万) の

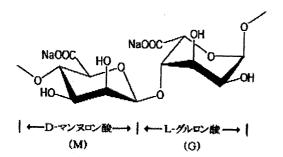


図3 低分子化アルギン酸ナトリウムの化学構造

表1 粘度比較

| 濃度 (wt%)   | 1   | 2   | 3     | 5      |
|------------|-----|-----|-------|--------|
| ソルギン       | 1.5 | 3   | 5     | 10     |
| 市販アルギン酸 Na | 110 | 560 | 2,300 | 26,500 |

粘度:cp (25℃)

粘度は, 同条件で2,300cpであった(表1)。

- 2)溶解性:20w/v% 50w/v%の各種濃度のソルギン水溶液に対して、50w/v%まで均一な水溶液が調製できた。また、その流動性は、20w/v%では液はさらさらしており、連続的に流れ出る。しかし、30w/v%では連続して流れ出るが、液は塊状を呈する。
- 3) 耐熱性:4%ソルギン溶液を種々の温度で30分間加熱し,加熱後のソルギンの含量を測定したところ,図4の通り熱にたいして安定性が高かった。
- 4) 耐酸性: 4% ソルギン溶液に0.01-0.1N HCl を適量加えてpH2-12とし、37 $^{\circ}$ で3日間放置し、ろ過した後ろ液についてソルギンを定量すると図5の通りとなりpH3.5以下では、ゲルを生ずる。
- 5) 耐塩性:4%ソルギン溶液に食塩の2-10%溶液とし,室温で3日間放置した後,ソルギンの含量を測定したところ図6の通り,食塩の影響は認められなかった。

### 低分子化アルギン酸ナトリウムの製造工程

低分子化アルギン酸ナトリウムの製造の工程は,図7に示すように,細断されたコンブを抽出分解して精製されたたものを濃縮して乾燥させる。

### 低分子化アルギン酸ナトリウムの製品規格

低分子化アルギン酸ナトリウムの製品規格は, つぎの通りである。

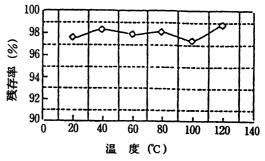


図4 ソルギン (4%) の熱安定性

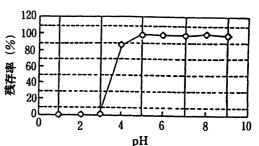


図5 ソルギン (4%) の耐酸性

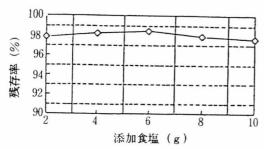


図6 ソルギン (4%) の耐塩性

1) 外観・性状: 白ー帯黄白色の粉末で, ほとんど無味無臭である。

### 2) 確認試験:

a) 塩化カルシウム溶液を加えると, 直ちにゼリー状の沈殿を生じる。

b) 硫酸 1ml を加えると, 直ちにゼリー状の沈殿を生じる。

c) 硫酸アンモニウム飽和溶液 Imlを加えると, 沈殿を生じない。

3) 低分子化アルギン酸ナトリウム含量 90.0%以上

4) 乾燥減量:15%以下(105℃, 4時間)

5) 強熱残分:33.0-37.0% (乾燥物換算)

6) pH: (1%) 6.0 - 8.0

7) ヒ素: 2ppM 以下

8) 重金属: 20ppM 以下

9) 一般生菌数:3X103個/g以下

10) 大腸菌群:陰性

### 3. 低分子化アルギン酸ナトリウムの食品への利用

「コレカット」という商品名で、特定保健用食品のドリンク、コーンポタージュ等をはじめとする種々の食品に、低分子化アルギン酸ナトリウム4gを添加し、店頭販売(健康食品専門店、スーパー、コンビニ、薬局)及び通信販売ルートで好評を得ている。また、食物繊維素材として、「ソルギンファイバー」という商品名で、老人ホーム及び病院を中心に販売し、好評を得ている(写真2)。

### 安全性試験

### 1) 急性毒性試験

4週齢SD雌雄ラットを用いて,新薬開発研究所にて実施した。雌雄とも,最小致死量5g/kg以上。

### 2) 亜急性毒性試験

亜急性毒性試験 (4週齢SD雌雄ラットを用いて,28日間連 続強制経口投与する)を新薬開発研究所にて行った結果, 0.25 - 1.0g/kgの28日間連続投与しても,毒性は発現しない 事が確認された。



図7 低分子化アルギン酸ナトリウムの製造工程



写真2 コレカットとソルギンファイバー

### 3) 食経験

岩田ら4)は、昆布巻等を醤油及び食用酢で煮て調理し、その際にはソルギンの分子量に相当するアルギン酸ナトリウムが生成することから、食経験のある成分と確認した。

# 4. 低分子化アルギン酸ナトリウムに含まれているナトリウムの影響

アルギン酸ナトリウムは、胃内では塩酸の存在下、pHは2以下となり、アルギン酸とナトリウムに解離される。小腸内では多量のナトリウムの存在下にあるので、アルギン酸はナトリウムと再結合して、アルギン酸ナトリウムになり、体外に排出され、血液上昇はないと考察している5)。

### 有効性

### 1) 便通改善作用

### (a) 健常女性における臨床試験

小林ら<sup>6)</sup> は、北海道内の女子学生18名対象に、3週間毎朝 食後および昼食後に、平均分子量5万の低分子化アルギン酸 ナトリウム2g入り飲料を1日、2回飲用した。その結果、便

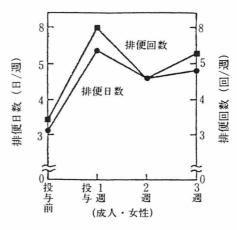


図8 整腸・排便促進作用

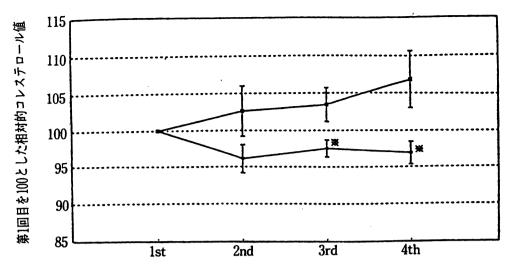


図9 第1回測定平均値±標準偏差に対する血清総コレステロール値180-250 mg/dLの対象者の推移。

●:試験群(8名), ■:対照群(8名), ※:p<0.05で試験群に有意差がある。

秘者の排便日数及び排便回数が,飲用前の平均 1.5 倍以上の 便通改善効果があった(図 8)。

### (b) ヒト糞便フローラ及び腸内環境試験

久田ら<sup>7)</sup> は健康な成人男子6名対象に、平均分子量5万の低分子化アルギン酸ナトリウムを1日4g, 14日間連続投与したときの糞便フローラ, pH, 糞便中の揮発性塩基窒素及び短鎖脂肪酸に及ぼす影響を調べた。その結果、Bifidobacterium、Lactobacillus は増加したが、Bacteroides 及び Clostridium Perfiringensは減少した。また、Eubacteriumは変化がなかった。pHは低下傾向が見られ、糞便揮発性塩基窒素は減少し、短鎖脂肪酸は変化がなかった。

### 2) 血中コレステロール改善作用

(a) 健常女性に対する臨床試験(コレステロール負荷試験による)

小林ら<sup>8)</sup> は、北海道内の女子学生31名対象に、3週間、コレステロール負荷食を行い、毎朝食および昼食後に、平均分

子量5万の低分子化アルギン酸ナトリウム2g入り試験飲料と低分子化アルギン酸ナトリウムを含有しない飲料を対照飲料として1日,2回飲用させた。その結果,血清コレステロールが比較的高い被験者において,試験飲料を飲用したグループが対照飲料を飲用したグループと比較し,血清総コレステロール値の上昇抑制効果が認められた。

(b) 健常男性に対する臨床試験 (コレステロール負荷試験 による)

浅岡ら<sup>9)</sup> は、男性会社員 16名を対象に3週間、コレステロール負荷食を摂取させ、毎朝食後、平均分子量5万の低分子化アルギン酸ナトリウムを1日4g入り試験飲料と低分化アルギン酸ナトリウムを含有しない飲料を3週間飲用させた。その結果、試験群の血清総コレステロール値の平均は1週間で低下したが、2週間目、3週間目で、ほぼ同レベルであった。一方、対照群では、1週間目、2週間目、3週間目と徐々に増加した。両群において、3週間目での試験群の血清総コレス

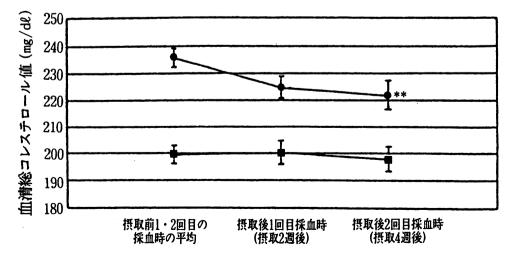


図 10 コレカット摂取による 2 群の血清総コレステロール値 (mg/dL) の推移。 220 mg/dL 以上, 220 mg/dL 未満。t 検定 \* p<0.05, \*\* p<0.01。

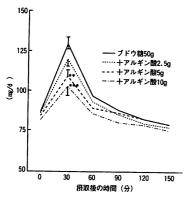


図11 ブドウ糖摂取による血糖上昇に及ぼす低分子化アルギン酸の影響の影響。\*\*,\*\*\*;ブドウ糖50g群に対してp<0.01,p<0.001でそれぞれ有意差のある事を示す。

テロール値は,対照群と比較して血清総コレステロール値の 上昇抑制効果があった(図9)。

(c) 健常男性に対する臨床試験(血清総コレステロール値の高いグループに対する比較 試験)

浅岡ら<sup>10)</sup> は、男性会社員42名(25-56歳)を対象に、血清総コレステロール値の比較的高い人(220-250mg/dl以下)の群と、正常に近い人(180-220mg/dl未満)の群に分けて、6週間、当社開発商品である平均分子量5万の低分子化アルギン酸ナトリウム4g配合した飲料「コレカット」(150gスチール缶入り清涼飲料水)を毎日摂取する事により、臨床試験を行った。その結果、血清総コレステロール値は、正常に近い人の群において、「コレカット」摂取前後で有意な差はなかった。しかし、比較的高い人の群において、「コレカット」摂取後の2週間および4週間で血清総コレステロール値は有意に低下した(図10)。

#### 3) 血糖值上昇抑制作用

(a) 健常女性に対する血糖上昇並びにインスリン分泌抑制 効果

奥ら $^{11)}$  は,女子学生8名を対象に,低分子化アルギン酸2.5g,5g または10g をブドウ糖50g と一緒に摂取させ,血糖

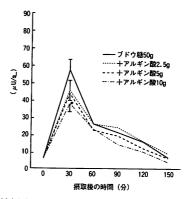


図12 ブドウ糖摂取による血清インスリン変化に及ぼす低分子化アルギン酸の影響。\*;ブドウ糖50g摂取群に対してp<0.05で有意差がある事を示す。

上昇抑制並びにインスリン分泌抑制に対する影響を観察した。その結果,ブドウ糖50gと低分子化アルギン酸5gを摂取した場合,血糖値は30分後にピークに達し,対照群よりも有意に低かった。90分後には対照群と同様に空腹時レベルまで低下した。また,ブドウ糖50gと低分子化アルギン酸10gを同時に摂取した場合,30分後の最大血糖値は103mg/dlを示し,低分子化アルギン酸の血糖上昇抑制効果は,低分子化アルギン酸5g摂取よりも強かった(図11)。摂取30分後のインスリン濃度の最大値は,低分子化アルギン酸摂取量が5g,10gと多くなるに伴って低くなる傾向を示したが,対象群に比べて有意に低かったのは低分子化アルギン酸10g摂取であった(図12)。

#### 4) 医療機関でのソルギンの有効性に対する発表

ソルギンを食品に利用した場合の効果について,表2に示す医療機関の研究者によって,便通改善の効果とコレストロール改善効果が,発表されている(表2)。

#### 5. 特定保健用食品

1)特定保健用食品[トクホ]は、厚生労働省から生活習慣病の「一次予防」に役立つと認められた食品です。

表2 医療機関でのソルギン有効性に体する発表

| 効 果            | 研究者(敬称略)      | 商品        | 対 象 者             | 発表 誌                |
|----------------|---------------|-----------|-------------------|---------------------|
| 1. 便通改善効果      | 慶応義塾大学 (医)    | コレカットドリンク | 便秘の程度が強い医療従事者     | 臨床栄養 95, 857 (1999) |
|                | 中澤 敦          |           | 17名(女性 15名・男性2名)  |                     |
|                | 北里大学健康管理センター  | コレカットドリンク | 胃部 X 線検査受診者       | 総合検診第30回記念大会        |
|                | 松田唯史          |           |                   | (2002) 発表           |
|                | (財) 明治生命厚生事業団 | コレカットドリンク | 胃部 X 線検査受診者 117 名 | 総合検診第30回記念大会        |
|                | 新宿検診センター      |           |                   | (2002) 発表           |
|                | 国立佐倉病院外科      | コレカットドリンク | 慢性腎不全患者 10 名      | 新薬と臨床 47, 73 (1998) |
|                | 蜂巣 忠          |           |                   |                     |
|                | 東海大学病院        | コレカットドリンク | 便秘妊婦 12 名         | 第 39 回日本母性衛生学会      |
|                | 高橋ゆかり         | ソルギン顆粒    |                   | (1998)発表            |
| 2. コレステロール改善効果 | 聖マリアンナ医大      | ソルギン顆粒    | 外来通院患者 20 名       | 第22回日本臨床栄養学会        |
|                | 宮下 実          |           | (男性7名・女性13名)      | (2000)発表            |

#### 2) 3つのプラスポイント

- (a) 厚生労働省で審査済み:食品として安全性はもちろん, 効果についても厚生労働省の厳しい審査をクリアしています。
- (b) おいしくて,手軽!:普通の食品だから,みぢかなコンビニやスーパー,ドラッグストアで購入でき,気軽に毎日続けられます。
- (c) 効果や成分をしっかり表示:厚生労働大臣から許可されている効果が表示されていますので,自分や家族に必要なものをかしこく取り入れられます。

#### 6. 特 許

(株)カイゲンは、低分子化アルギン酸含有食品において、下記の内容で、アメリカ、ヨーロッパおよび日本で特許取得または特許申請中である。

- (a) アメリカ PAT. No. 5283076 & 5324526
- (b) ヨーロッパ PAT. No. 0493265B1
- (c) 日本 PAT. No. 2643669

特開平 6-90703

特開平 6-253780

#### 内容

- (a) 糖尿病予防
- (b) 肥満防止
- (c) 健康飲料

#### 引用文献

- 1) Kiriyama, S., Morisaki, H. and Yoshida, A.: Agric. Biol. Chem., 34, 641-643 (1972)
- 2) Kiriyama, S. Enishi, A., and Yoshida, A.: Nutr. Rep. int., 6, 231-236 (1972)
- 3) 志多伯良博: フードケミカル, 1月号, 1-6, 68 (1997)
- 4) 岩田一幸, 西澤 信, 山岸喬, 辻 啓介:日本家政学会誌 48, (9) 803-807 (1997)
- 5) 辻啓介, 辻 悦子, 中川靖枝, 鈴木慎次郎:日本家政学会誌39, (3) 187-195 (1988)
- 6) 小林則子, 金澤康子, 山部秀子, 西風 脩: 天使女子短期大学(内部資料)
- 7) 久田孝, 小山田晃, 藤井建夫: 日本水産学会誌60(1), 85-90(1994)
- 8) Kobayashi, N., Kanazawa, Y. Yamabe, S., Iwata, K. et al.: J. Home Econ. Jpn. 48 (3), 225-230 (1997)
- 9) 浅岡力,岩塚英文,箕輪久子:栄養-評価と治療13 (4),454-459 (1996)
- 10) 浅岡力,岩塚英文,箕輪久子:栄養-評価と治療13(4),460-464(1996)
- 11) 奥恒行,中村禎子,岡崎光子:日本食物繊維研究会誌1(1),13-18(1997)

(株式会社 カイゲン)

# 秋季藻類シンポジウム (2002.12.06) 「新しい海藻由来の製品の科学的検討」要旨

# 川合正允:海苔由来ペプチド類の血圧調節作用

#### はじめに

アマノリとミルは古くから神事に用いられた藻類である。特にアマノリはいずこの神せんにも必ず用いられ、大宝律令には租として記載されている重要な海藻であり、江戸時代には既に栽培が始まっていた<sup>1)</sup>。現在でも我が国水産物の養殖種目中で最大の生産量を誇っている<sup>2)</sup>。ウルグワイランド終結後も輸入制限品目として残り、国内で流通している海苔製品の99%以上は国産品である。

健康によい食素材として海藻を紹介した文献は多い $^{3-6}$ 。海藻の健康への貢献としては、海藻が含んでいる生理活性物質の影響もさることながら、なによりもそれらに多い食物繊維、ミネラル類、ビタミン類によるところが大きいと考えられている。海苔の健康への貢献もこの範疇で捉えられるわけであるが、海苔は海藻の中ではやや特別であって、イコサペンタエン酸やビタミン $\mathbf{B}_{12}$ を含んでいるし、 $\beta$ -カロテンやタウリン含量も高い。ミネラルではカリウム、カルシウムが多く、マグネシウム、亜鉛、鉄、マンガンの供給源としても無視できない存在である。特に海苔は海の大豆と呼ばれるくらいタンパク質の多いのが特徴であろう $^{7-9}$ 。

我々は海苔の機能性成分の開発を目的に、海苔の主要成分である粘質多糖類ポルフィランとタンパク質に焦点を当てた。しかし、海苔のタンパク質は大豆のものなどとは違い、水溶性、塩可溶性のものの割合は少なくタンパク含量の1/4以下である。酸・アルカリ可溶性のものとアルコール可溶性のものを合わせると80%に近い。従って抽出が難しく、物性も小麦のグルテンに似ていると言われ、今までタンパク質としての利用はされてこなかった10-13)。

我々は海苔のタンパク質を酵素分解し、ペプチドとして開発することとした。その結果誕生したのが「毎日海菜 海苔ペプチド」である。製品の剤型は顆粒状でスティック包装とした。初めは摂取量を1日2包の目安とし、一ヶ月分60包1箱を6000円で上市したが、最近は1日1包、一ケ月分30包で4500円の製品も開発された。自社の通信販売、1部の調剤薬局で市販している。これは海藻のタンパク由来製品としては最初のものである14-15)。JHFAマークを取得し、現在は特定保健用食品の認可を申請中である。

#### 1. 海苔ペプチドの調製

ペプチドの調製にあたり、海苔のタンパク質を抽出してから分解するのでは効率が悪すぎるので、海苔を細断し、熱水でポルフィランを抽出除去したものを直接酵素分解に供することにした。酵素分解物の生理活性を in vitroで幾つか測定し

たところ,活性が十分に高く,再現性のよかったのはアンギオテンシン(I)転換酵素阻害活性(ACE阻害活性)であった。供試酵素として初めは6種類の,後に更に11種類のプロテアーゼ類を検討したが,収率およびACE阻害活性ともに良いのはペプシンだけであったので,以後はペプシン分解法でペプチド画分を調製した。特に留意したのは,水産物に多いヒ素の除去である。

海苔は日本の伝統的食品であり、永い食習慣を持つものなので安全性には問題のない素材であるが、海苔ペプチドは新しいタイプの素材となるので別途安全性を調べた。ラットを用いた急性毒性試験では5000mg/Kgでも何の異常も認められず、Amus 試験、Umu 試験いずれにおいても変異原性は認められなかった。

#### 2. 海苔ペプチドの生理活性 【血圧降下活性】

血圧は様々な因子が複雑に絡み合ったネットワーク反応の表現であるので、単純には分かり難いところがあるが、腎臓のレニン・アンジオテンシン系では、ACEの作用で昇圧ホルモンであるアンジオテンシン(II)が作られ、これが血管を収縮させて血圧をあげることが知られている。今まで原因がよく分からないとされていた本態性高血圧の多くは、ホルモン系が関与していると言われる。

本態性高血圧であるSHRラットに,海苔ペプチドを強制的 に単回経口投与(300mg/Kg)した場合,投与1時間後には収 縮期,拡張期いずれの血圧も30%近く下がった後,徐々に回

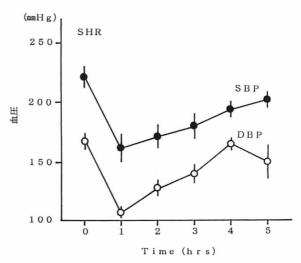


図1 海苔ペプチドのSHRラットへの単回経口投与

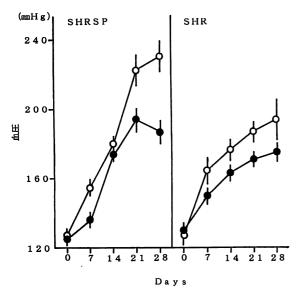


図2 海苔ペプチドのSHRSPラットおよびSHRラットへの連 続混餌投与

○:対照群, ●:海苔ペプチド1%投与群

復している(図1)。次に、どんどん血圧が上がり続け、遂に は脳溢血で死に至る特性を持つSHRSPラットを、海苔ペプチ ド1%を含む餌で4週間飼育したときの血圧の変化をみると、 ペプチド供試区では20%近い血圧上昇の抑制がみられる(図 2)。SHR ラットでの飼育試験でも同様の結果が得られてい る。いずれの場合も体重には対照区との差は認められていない。

試験終了時,ラットより肺,大動脈,血清を分取し,そのACE活性を測定したところ,大動脈においてACE活性が有意に低下していた。血圧上昇抑制に,血管でのACE活性阻害が大きく関わっていることを推測させる(図3)。

ペプチド画分をHPLCで分画し、ACE 阻害活性を持つ4画分を得た。そのアミノ酸配列はそれぞれIY、MKY、LRY、AKYSYであり、いずれもC末端アミノ酸はチロシンである。デペプチドとペンタペプチドの活性が高い。ここで得られたペンタペプチドを化学合成し、合成ペプチドをSHRラットに単回投与すると、ペンタペプチド単独でも収縮期血圧の降下が認められ、効果の持続性が高かった(図4)。しかし、分画前の海苔ペプチドを分よりは活性が弱く、海苔ペプチドの効果は各画分の複合的効果として現れている可能性が高い。しかし、海苔ペプチドをペプチド、糖類、および灰分(ミネラル)に富む3画分に分け、それぞれを個別に餌に混合してSHRラットを飼育した実験では、ペプチド画分のみに活性がみられたので、血圧降下活性の主体はペプチドであろうと思われる。

#### 【コレステロール低下活性】

海苔ペプチドの脂質代謝に及ぼす影響はICRマウスを用いて検討した。餌にコレステロールとコール酸を加え、食餌的にコレステロールを負荷した条件下では、血清中の総コレステロール、LDLが有意に低下しHDLは増加したが、肝臓での

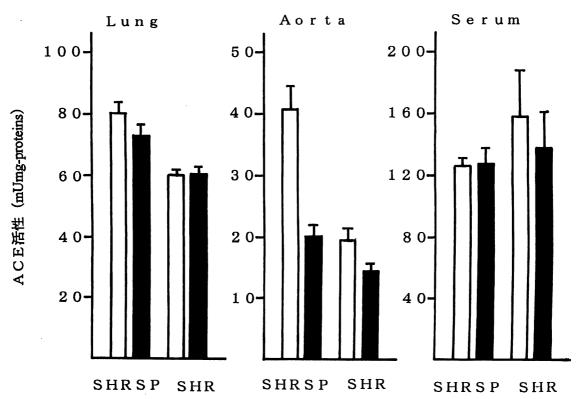


図3 海苔ペプチド混餌投与によるSHRSPラットおよびSHRラットの飼育28日目の組織別ACE活性

□:対照群, ■:海苔ペプチド1%投与群

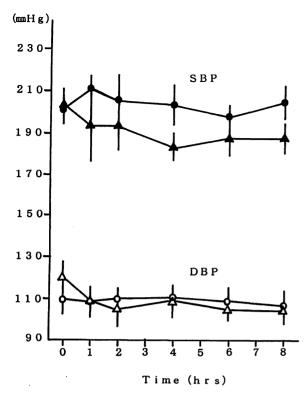


図4 合成AKYSYのSHRラットへの単回経口投与 ○●:対照群, △▲: AKYSY投与群 (300 mg/kg)

コレステロールの低下は小さかった (表1)。

66%という大量のフラクトースを含む食餌で飼育し,体内でのコレステロール生成を高める条件とした場合は,血清中のコレステロールには対照区と大差は見られなかったが,肝臓のコレステロールと中性脂肪は有意に減少していた(表1)。海苔ペプチドは動物実験レベルではあるが,脂質代謝改善にも有効である。

コレステロールとコール酸負荷条件下のICRマウスで、コレステロールおよび胆汁酸の糞便中排泄量を測定するとペプチド投与群で増加している。ペプチドの作用はコレステロールの胆汁酸への異化の亢進とコレステロール、胆汁酸排泄量

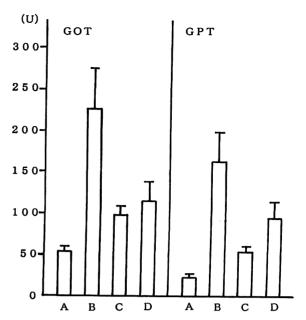


図5 海苔ペプチドのWistarラットにおけるエタノール誘発肝傷害抑制活性(連続混餌投与4週間目の成績)

A:対照群, B:30%エタノール投与群, C:30%エタノール+海苔ペプチド1%投与群, D:30%エタノール+海苔ペプチド3%投与群

の増加による可能性が示唆された。

#### 【その他】

SHR ラットに通常餌料に海苔ペプチドを混合して与え,1%食塩水を飲料として飼育した実験では,脂質代謝に顕著な影響は現れないが,肝機能を示すGOT,GPT値は低下していた。また海苔ペプチドにはエタノール誘発性肝傷害の改善活性もある。Wistarラットに30%エタノールを飲料水替わりに与え,海苔ペプチドを1%或いは3%混ぜた餌で飼育すると,自発運動量の改善とGOT,GPTの数値改善がみられた(図5)。組織検査では肝細胞の脂肪変性が抑制されているのが観察されている。海苔ペプチドは肝機能の改善にも有効であると考

表1 海苔ペプチドのマウスの脂質代謝に及ぼす影響

|                   | s-TC                          | s-HDL             | s-LDL                | s-TG      | 1-TC      | 1-TG     |
|-------------------|-------------------------------|-------------------|----------------------|-----------|-----------|----------|
| フレフテロール           | レ負荷条件(コ                       | レフテロール            | 0.50/ 1. フール画        | 龙 1 504 \ |           |          |
| Normal            | レ兵何来庁(コ<br>139±12             | ククリロール(<br>90±7   | 0.570+ 2* Na<br>42±7 | 68±6      | 4.5±0.2   | 5.6±0.4  |
| C. Contorol       | 215±2                         | 75±4              | 139±3                | 71±5      | 6.8±0.2   | 5.4±0.6  |
| NOP1%             | 153±3**                       | 92±6**            | 61±5**               | 49±0      | 7.7±0.1   | 3.6±0.1  |
| フラクトース負<br>Normal | 負荷条件(フラ<br>112 <del>±</del> 9 | クトース 66%)<br>95±8 | )<br>17±3            | 67±6      | 4.1±0.4   | 12.4±1.5 |
| F. Control        | 135±6                         | 80±8              | 55±6                 | 52±3      | 5.3±0.6   | 8.4±1.3  |
| NOP1%             | 117±9                         | 87±6              | 30±5                 | 61±5      | 2.6±0.2** | 2.9±0.3  |

平均值±標準偏差 \*\* P<0.01 vs Control

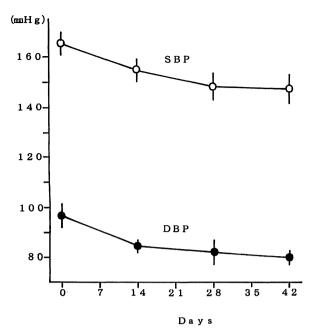


図6 海苔ペプチドのヒトの血圧に及ぼす影響(1)。海苔ペプチド摂取による高血圧被験者 (n = 16) の血圧値の変動(社外臨床試験の一例)。

えられる。

#### 3. 海苔ペプチドのヒトへの効果

健康食品類はヒトに対して効果があるかどうかで評価される。我々は臨床試験を実施し効果を判定した。ヒトによる試験には海苔ペプチドを含む顆粒を調製して行った。1包中に海苔ペプチドが0.9g含まれており、それを一日2包を目安に摂取してもらった。

#### 【社内ボランティアによる試験】

正常血圧者6名,高血圧者6名の計12名の参加を得,医師の指導下での血圧測定,医師による診察,37項目にわたる血液検査を実施した。期間は35日間である。高血圧者群では比較的早い時期から効果が現れ,35日目で収縮期および拡張期血圧がいずれも約18mmHg下がっている。正常者の血圧変化には有意差が認められなかった。

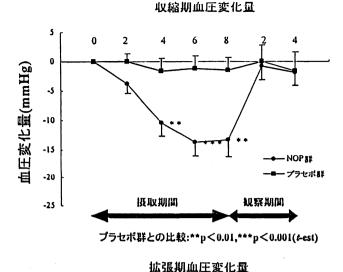
#### 【社外臨床試験】

数カ所のクリニックで継続して臨床試験を実施しているが、ここでは一例として、高血圧者 16名に海苔ペプチドを 42 日間供試した結果を示す (図6)。この場合も、42 日目で有意性をもって収縮期血圧が約 17mmHg, 拡張期血圧で約 15mmHg下がっている。両試験を通じ、海苔ペプチドが被験者全てに有効であったわけではなく、個人差が大きいが、有効率としては約 70%であった。

#### 【二重盲検試験】

ヒトに対する効果を確認する目的で二重盲検試験を実施した。結果を図7に示すが、海苔ペプチド投与群の血圧は、プラセボ投与群に比べ収縮期、拡張期ともに有意性を持って下がっている。

この試験は医師による3ヶ月以上の観察に基づき38名の軽



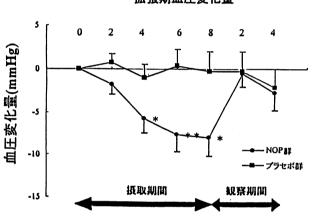


図7 海苔ペプチドのヒトの血圧に及ぼす影響(2)。海苔ペプチド摂取による軽症および中等症高血圧者(n=38)の血圧値の変動(二重盲検法)。

プラセボ群との比較:\*p<0.05,\*\*p<0.01(&lest)

症あるいは中等症高血圧者を選抜して行われた。その際,二次性高血圧症,アルコール中毒,重度の貧血や疾病のある人は除いている。内服薬の定期的服用者,血圧に影響する可能性のあるサプリメントなどの常用者も除外した。

年令,性別,体重,BMI,血圧,脈拍に有意差がないように配慮して試験群とプラセボ群を分けた。試験は血圧測定以外に28項目の血液検査,4項目の尿検査を行い,医師による診察では,有害事象の有無,特に空咳,頭痛,目眩,消化管症状,皮膚掻痒感などを詳細に調べた。この結果より,海苔ペプチドはヒトの血圧を調節する活性を持ち,かつヒトに安全な食品である事が実証されたと言えよう<sup>16)</sup>。

#### 【ヒトでの肝機能値の改善】

血圧の臨床試験に際して行った血液検査で13名の方の肝機能値が異常を示していた。そこで、この方達の試験開始時と試験終了時の肝機能値を比較した。明らかに、GOT、GPT、ケGTP値に改善傾向がみえる。海苔ペプチドは動物試験においても、ヒトでの試験においても血圧降下活性および肝機能改善活性が示されており、高血圧症や肝機能傷害の抑制に効果

があるものと考えられる。

#### 4. 海苔ペプチドの特徴

血圧を下げる効果のある物質は多い。ペプチド類に限ってみても経口摂取でも有効なものとして植物由来,乳タンパク由来,魚介類由来など多くの報告があり,特定保健用食品としての認定を受けたものもある「1<sup>-21</sup>」。最近,海藻由来ペプチドの報告も出た<sup>22,23</sup>)。そこで,海藻のタンパク質由来ペプチドとしては最初に製品化された海苔ペプチドの,現在までに明らかになった特徴を以下にまとめておきたい。

- a. 永い食経験のある食品に由来する安全な素材である。 ACE 阻害剤に見られる咳などの副作用もない。
- b. 効果が穏やかで、過降下などの心配がない。
- c. 臨症例が多く, ヒトでの効果が実証された。
- d. 効果が早い人では1~2週間で出る。3~6ヶ月で効いてくる例も多い。
- e. 単独でも降圧剤との併用でも有効である。
- f. 血圧調整食品である。収縮期高血圧の人では収縮期の, 拡張期高血圧の人では拡張期の血圧を下げる傾向がある。 大きな日間,日内変動を縮小する働きもある。
- g. 全体的な well being をもたらす。
- h. 肝機能保護効果も期待できる。
- i. 降圧剤と異なり wash out 時の反動が極めて小さい。

上記の一連の研究は、斉藤雅信、長屋恵子、萩野浩志を中心とする、(株)白子、研究開発センターおよび健食事業部の諸氏によりなされたものである。ここに諸氏の労を多とし感謝の念を表明いたします。

#### 引用文献

- 1) 宮下章 1974. 海藻. 法政大学出版局. 東京.
- 2) 農林水産省. 平成13年度水産の動向に関する年次報告.
- 3) 野田宏行 1984. 保健食品としての海藻. p.114-128. 鴻巣章二(編) 水産食品と栄養. 恒星社厚生閣. 東京.
- 4) 川合正允 1995. 健康を支える海藻. p.41-76. 鎌田博・堀秀隆 (編) 21 世紀の動植物資源. 日本経済評論社. 東京.
- 5) 辻啓介 1996. 海藻と健康・栄養. p.100-111. 大野正夫(編) 21世 紀の海藻資源. 緑書房. 東京.

- Nishizawa, K.2002. SEAWEEDS KAISO. Japan Seaweed Association. Kochi.
- 7) 大房剛 1985. シー・ベジタブル (ブルーバックス). 講談社. 東京.
- 8) 西沢一俊・村杉幸子 1988. 海藻の本. 研成社. 東京.
- 9) 西沢一俊 1989. 海藻学入門 (講談社学術文庫). 講談社. 東京.
- 10) 藤原輝子・長谷泰女・浜崎映子・三好芙美子 1958. アサクサ ノリの色素蛋白質,フコシアニンおよびフィコエリスリンの抽出 条件について(I).神戸山手女子短期大学紀要(III):79-84.
- 11) 藤原輝子・岡田恵子・小田恭子・古川敬子 1959. アサクサノリ の色素蛋白質,フィコシアンおよびフィコエリスリンの抽出条件 について(II). 神戸山手女子短期大学紀要 IV.: 121-126.
- 12) 新崎輝子・美野典子 1973. 海藻中のアルカリ可溶たん白質について. 栄養と食糧 26:129-133.
- 13) 山内文男1993. 日本藻類学会秋季シンポジュウム講演要旨集. p. 10-11.
- 14) 斉藤雅信・長屋恵子・荻野浩志・川合正允 2000. ラットを用いた海苔オリゴペプチドの降圧作用. 医学と薬学 43:529-538.
- 15) 斉藤雅信·荻野浩志・川合正允 2000. 海苔オリゴペプチドの正常および高血圧者に対する影響. 医学と薬学44:297-306.
- 16) 齊藤雅信·高橋丈生·荻野浩志 2002 海苔オリゴペプチドの軽 症および中等症高血圧者に対する血圧降下作用.日本臨床栄養学 会雑誌24:30-37.
- 17) 丸山進1989. 食品タンパク質からの血圧降下ペプチドの生成. バイオサイエンスとインダストリー47:1182-1186.
- 18) 島崎秀雄 1991. 機能性ペプチド開発の現況と今後の展望. ジャパンフードサイエンス 12 月号: 20-27
- 19) 今泉勝己 1997. 特定保健用食品素材としてのペプチド類および タンパク質. ジャパンフードサイエンス 12 月号:35-39
- 20) 川崎晃一・関英治・筬島克裕・吉田真弓・浅田耕造・松井利郎・ 筬島豊 1998. イワシ蛋白質由来ペプチドの軽症高血圧者に対す る降圧効果. 健康・栄養食品研究1:62-71
- 21) 山本直之1999. 血圧降下ペプチド産生に関与する乳酸菌タンパク質分解酵素系. バイオサイエンスとインダストリー 57:667-672
- 22) Suetsuna, K. 1998. Purification and identifi-cation of angiotensin I-converting enzyme inhibitors from red alga *Porphyra yezoensis. J.Mar. Biotechnol.* 6: 163-167
- 23) Suetsuna, K. & Nakano, T. 2002. Identification of an antihypertensive peptides from peptic digest of Wakame. J. Nutr. Biochem. 11:450-454

(元株式会社白子 開発研究センター)

# 秋季藻類シンポジウム (2002.12.06) 「新しい海藻由来の製品の科学的検討」要旨

## 笠原文善・宮島千尋:アルギンの医薬・工業用途への利用

#### はじめに

アルギン酸は、コンブ、ワカメに代表される褐藻類から抽出される高分子多糖類である。含有量は乾燥藻体の30~60%を占め、褐藻類の主成分とも言える機能性物質である。19世紀に英国で発見され、20世紀初頭に工業的生産方法が確立して以来、製造技術や応用技術に関する研究が各国で続けられてきた。

アルギン酸の持つユニークな特性と高い機能性は,世界中で多くのアイディアを産み出し,様々な分野で応用されている。今日,アルギン酸は食品用途のみならず,医薬品,化粧品,繊維染色,水産,畜産,農業,鉄鋼,建築,製紙,排水処理など,およそ人の生活に関係するあらゆる場面で欠かせない物質となっている。ただ残念なことに,その存在はあまり知られておらず,特に日本国内での利用は低調である。

本報告ではアルギン酸の特徴や安全性について解説し、その特性を利用した実際の応用例をいくつか紹介する(図 1)。なお、以下単に「アルギン」と記述するものは、アルギン酸、アルギン酸塩、アルギン酸エステルを含めたアルギン酸関連製品一般の総称とご理解いただきたい。

#### アルギン酸の構造と特徴

アルギン酸は、マンヌロン酸 (M) とグルロン酸 (G) という2種類のウロン酸が直鎖状に重合したポリマーである。ウロン酸は各々の構造中にイオン交換能の高いカルボキシル基を持ち、このカルボキシル基が種々のイオンと結びつくことによって、アルギン酸の基本的な性質が大きく変化する。また、ウロン酸の重合度の大小や、MとGの量比 (M/G比)およびその配列も、アルギン酸の物性に大きな影響を及ぼす。

アルギン酸は水に不溶であるが、Naなどの一価金属とイオン交換することで、水溶性の塩をつくる。アルギン酸塩の水溶液は、他の天然ガム質に比べ極めてなめらかな流動性を示す。

アルギン酸塩の水溶液に Ca などの多価金属イオンを加えると, 瞬時に不溶性の塩をつくり, ゲルとなる。寒天やカラギーナンなど, 加熱・冷却によってゲル化する多糖類と異なり, アルギン酸のゲル化は冷水中でも進行し, また得られたゲルは加熱・冷却しても溶解しないという特徴を持つ。

例えば食品分野では,寒天,カラギーナンなど加熱溶解型のゲル化剤を用いると,いったんゲル化させた食品が殺菌や調理の際の熱によって崩れてしまうことがあるが、アルギン



図1 アルギンの利用分野

の耐熱性ゲルを導入することで, 熱によるゲル化物の溶解を 抑えることができる。

また、アルギン酸にプロピレングリコール基を付加する事により、アルギン酸エステルを得ることができる。アルギン酸エステルはカルボキシル基がプロピレングリコールでマスクされたかたちになっているため、Caイオンとの反応性が低く、また酸性でも不溶化しない。したがって、通常のアルギン酸塩が利用できないような条件(酸性あるいは高Ca濃度溶液など)でも増粘、安定効果を発揮することができることから、食品を中心に独自の応用分野が確立している。

#### アルギン酸の安全性

天然海藻から抽出されたアルギン酸とその塩類, および誘導体は, 世界の食品市場で安全な添加物として認められており, 使用実績も数多く, 歴史も古い。アメリカFDAでは, GRAS物質(一般に安全であると認められている物質)にリストアップされ, またFAO/WHOによる安全性評価も終了している。 ADI(一日許容摂取量)はアルギン酸とその塩類が0~25mg/kg(体重)となっていて, この数字は添加物の中でも安全性が高い部類に属することを意味している。

食品としての安全性もさることながら、環境に対する影響がすくないことも、アルギンの重要な特性である。天然物であるアルギンは微生物による分解が早いため、他の合成高分子に較べて排水処理が容易である。また土壌中での生分解性にも優れていることから、アルギンを凝集剤として回収した汚泥は安心して農地還元することができる。

すでに繊維加工のような大量の糊料を利用する工業分野では、環境への配慮から従来の合成糊料を見直して、アルギン酸へ移行する動きも始まっている。

#### アルギン酸の利用

アルギン酸は,他の天然高分子多糖類に比べて工業用途への応用範囲が広いという特徴がある。実際に,世界のアルギン酸市場のおよそ半分は繊維加工用の糊剤として利用されるものであり,その他の用途も含めると,市場全体の約8割が食品以外の用途と見積もられる。

本稿では, 食品以外のアルギンの応用について, 実例を挙 げながら解説してみたい。

#### (1) 医薬品

医薬・医療用途へのアルギンの利用は比較的歴史が古く, 広く一般に普及している用途も多い。その代表格は歯科印象 剤であろう。

歯科治療の際に歯形をとった経験のある方は多いと思われるが、その時に使われる型取り剤を歯科印象剤という。印象剤にはシリコンのようなエラストマー系のものと、寒天やアルギンのようなハイドロコロイド系のものがあり、現在一般に最も広く利用されているのはアルギンを基材としたアルジネート印象剤である。

印象剤に配合されるのはアルギン酸ナトリウム, アルギン

酸カリウムなどの水溶性アルギン酸塩で, アルギンをゲル化 させるためのカルシウム塩と, カルシウムとの反応速度をコントロールする重合リン酸塩などが添加されている。

歯科臨床において、用時この印象剤に水を加えて混練すると、まずアルギン酸塩が水に溶け、次いでカルシウム塩とアルギンが反応してゲル化が始まる。ゲル化が終了する前、印象剤がペースト状の時に任意の歯へ被せ、ゲル化が終了するまで静置しておくと、印象剤が歯のかたちを正確に写し取って硬化し、これを取り外すと凹型となる。そしてこの中へ石膏を流し込めば、歯の模型が出来上がるというものである。

本来,アルギン酸塩の水溶液とカルシウムの反応は瞬時に行われるが,重合リン酸塩を配合することでカルシウムイオンを一時的にキレートし,ゲル化するまでの時間を任意にコントロールすることができる。硬化までの時間は商品によって異なるが,水を加えてから数分で反応が終了するように設計されているのが一般的である。

歯科印象剤は歯の形を正確に再現することが目的であり、硬化後にも寸法が変化することなく、また歯形になる石膏に肌荒れをおこさせないものが理想的である。その意味ではシリコンなど、いわゆるエラストマー系の印象剤が優れているが、実際には親水性のアルジネート印象剤の方が組織に馴染みやすく、歯肉溝内のような細部の印象を取る場合に失敗がないこと、また硬化時間が短くて使いやすいこと、価格が安価なことなど利点が多く、したがってアルジネート印象剤の利用される頻度は非常に高い。

アルギン酸は,錠剤の崩壊剤としても古くから利用されている。錠剤は,服用後適切な場所で溶け,薬効成分が吸収されなくてはならないが,硬く打錠された丸薬はそのままではなかなか溶け出さず,体内で有効に利用されないおそれがある。そこで,目的の場所で錠剤を崩壊させ,薬効成分の溶出を容易にするために、崩壊剤という成分が配合される。

デンプンなどを崩壊剤に用いると,胃中で吸水して錠剤を崩壊させることができるが,腸溶性の錠剤を設計する際には適さない。アルギン酸の場合,酸性で溶解せずアルカリ性で膨潤する性質を持つために,これを崩壊剤として用いると,酸性の胃では膨潤せずに,アルカリ性の腸管で錠剤を崩壊させる効果がある。

さらに、国内では消化性潰瘍や逆流性食道炎の治療剤として、アルギン酸ナトリウム水溶液を主成分とする液剤が広く用いられている。アルギン酸ナトリウム水溶液を服用すると、胃酸で不溶化して柔らかいゲル状になり、また血液の鉄分でもゲル化する。つまり服用したアルギン酸ナトリウム水溶液によって潰瘍粘膜面が被覆保護されることとなり、その結果胃液による攻撃が和らげられ、疼痛が緩和されることになる。また消化管手術後の創面に対しては、これを被覆して止血・保護し、治癒を促進する働きがある。ほかにも、逆流性食道炎の自覚症状を改善するなど、効果の高い医薬品である。

このような優れた効果に加え、アルギンを医薬品として用いる上で最も特筆すべき特長は、その安全性である。天然の

海藻から抽出した成分であるアルギン酸ナトリウムには副作用がほとんどなく,この製剤には長期投与が認められている。

このように、アルギンの安全性、生体親和性についてはかなり以前から注目され、医薬・医療用途への応用の道が探られてきたが、近年このアルギンを繊維状に加工し、ガーゼの代わりに傷口を保護する、いわゆる創傷被覆材としての利用が盛んである。

熱傷,裂傷,潰瘍などで損傷した皮膚表面の治療には,適度な湿潤状態を維持しながら治癒させることが効果的で,治療時間を短縮し,傷跡もきれいに治すことができるとされている。創面を保護し,湿潤状態を維持するために様々な被覆剤が開発されているが,一般のガーゼのような生体親和性のない素材で被覆した場合,単純に創面へ貼りつくため,これを交換するときにはせっかく再生を始めた肉芽や皮膚などの新生組織がガーゼとともに引き剥がされことになる。その結果強い痛みを伴うだけでなく,治癒に時間がかかり,治療後の傷跡もきれいにならない。

そこでこうしたガーゼの代わりに、アルギン酸カルシウムを繊維状に加工し、不織布に成型して用いる創傷被覆材が開発され、商品化されている。アルギン酸カルシウムの繊維を創傷面に貼付すると、滲出液中のナトリウムとイオン交換しながら吸水し、創傷面でゲル状に膨潤する。滲出液をゲルとして保持することで、創傷の治癒に必要な湿潤環境を維持し、新生組織の成長を促進することができる。また、このゲルは組織表面で膨潤しているだけなので、交換の際に痛みはなく、またゲルになったものも生理食塩水などで簡単に洗い流すことができるため、再生した組織を損傷することもない。

#### (2) 化粧品

アルギンを化粧品に応用した例で、最も有名なのは「落ちない口紅」であろう。カップやグラス、タバコなどに口紅が移らないという画期的な機能を付与することにより、「落ちない口紅」は大ヒット商品となった。多くの化粧品メーカーが色々な方法で商品開発を行い、現在ではラスティングと呼ばれる口紅の一般的な品質として定着しているが、その先駆けとなったのはアルギン酸を用いる技術であった。

アルギン酸ナトリウムとカルシウム塩を配合した口紅を唇に塗ると、呼気や唾液などの水分によって、塗布された口紅中のアルギン酸ナトリウムが溶ける。溶けたアルギン酸ナトリウムは、同じく配合されているカルシウム塩と反応してゲル化し、口紅の表面にネットワーク構造を作って、色素の移動をブロックする。つまり、口紅を塗った唇の表面が、アルギン酸カルシウムのゲルネットワークでコーティングされた形になるのである。その結果、カップやグラスに口をつけても口紅の色素が移らず、化粧が長持ちするという効果が発揮される。

アルギンでマイクロカプセルをつくり,これを化粧品素材に応用した例もある。アルギン酸ナトリウムの水溶液をカルシウム塩の水溶液中に滴下すると,水滴状のアルギン酸ナトリウム表面が瞬時にゲル化するため,球状のゲルが出来上がる。これを応用したものが有名な人工イクラであるが,アル

ギン酸ナトリウムを霧状に噴霧し、ミクロンサイズの水滴に してから同様にゲル化すれば、非常に細かい球状ゲルを作る ことができる。

この球状ゲルを乾燥すると、多孔質のマイクロカプセルとなる。アルギン酸カルシウムは水に溶けないため、このマイクロカプセルは吸水しても膨潤しないという特長を持っており、その性質を生かして、汗や皮脂を吸収しても化粧崩れしない、あるいはベタつかないファンデーションや制汗パウダーの基材に利用されている。

#### (3) 捺染用糊料

繊維加工の分野では生地に柄を染める際, 捺染(プリント) という技法が使われる。これは生地の上に型を置き, その上 から染料を含んだカラーペーストを刷り込んで型染めするも のであるが, このカラーペーストの基材となるデンプンやガ ム質などを捺染糊と言う。

捺染糊に使用されるガム質には、天然、合成おりまぜ多々あるが、アルギン酸塩の糊はその流動性のなめらかさに加えて、染料との相性や染着後の糊落ちの良さなどから、綿、ウール、シルクなど天然繊維の捺染には欠かせない糊料として、世界中で広く利用されている。

アルギンは、高濃度に溶解してペースト状にしたものを捺 染糊として利用するわけであるが、他の糊料に比べて溶液の 流動性が極めてなめらかなため、染色の際に染料が生地へ浸 透しやすく、色ムラやカスレのない、良好な染色結果を得る ことができる。特に、高級スカーフのように繊細で鮮明なデ ザインの染色が要求される場面では、流動性の低い糊を使う と細い線が途切れたり、染着に濃淡が生じたりする不良が発 生しやすい。このとき流動性の良いアルギンの糊を用いると、 細線を鮮明に印捺することができ、また面積の広い部分も色 ムラなく染めることができるため、不良品の発生が抑えられ る。

また、綿や麻などの天然繊維を染める時には反応性染料という特殊な染料が使われている。反応性染料は、繊維の主成分であるセルロースと化学反応して染着するという染料であるが、染色の際CMC(カルボキシメチルセルロース)のようなセルロース系の糊料、あるいはデンプンなどを用いると、生地よりも先に糊と染料が反応してしまうため、良好な染色ができなくなってしまうという問題がある。アルギンは染料と反応することがなく、したがって天然繊維における反応性染料染色には、アルギンが不可欠なのである。

さらに, 染色後に残った糊は生地をごわごわさせてしまうため, 洗浄によって除かなくてはならないが, 冷水可溶のアルギンはデンプンなどの糊料に比べて抜群に溶けやすく, 洗浄が容易である (糊落ちしやすい, という)。このような多くの利点から, アルギンは世界中の染色工場で好まれ, 広く利用されている。

#### (4) 溶接棒

金属の加工で広く使われる溶接棒の加工にも、アルギンが 使われている。溶接棒とは、被覆アーク溶接に使われる金属 の棒のことである。溶接棒自体を電極として、母材との間に 高圧電流を流してアークを飛ばし、その熱によって棒と母材を溶解しながら接着していく技法をアーク溶接という。このとき、溶接中に空気の作用で溶接部が脆弱になるのを防ぐために、溶接棒の周囲に被覆材(フラックス)を塗布した被覆溶接棒を用いる。この溶接棒を使うと、フラックスがアーク周囲でガス状となり、溶接部を空気から遮断するため、溶接金属中に酸素や窒素が進入するのを防ぎ、溶接部を保護するように働く。

フラックスは細かい金属粉などでできており、芯線に塗布する際には水ガラス (珪酸ソーダ)を加えてペースト状に混練したものを用いる。芯線上にフラックスを塗布した後、加熱乾燥あるいは焼結して被覆溶接棒の製品となるが、このときフラックスにひび割れや剥離などの品質不良を起こしやすい。この対策として、水ガラス中にアルギンを添加して増粘させる方法がとられている。アルギンを添加することによって、フラックスのスベリが良くなり、塗布が容易になるという。

焼結の際400度を超える高温に曝されることから、添加されたアルギンは焼失し、後には残らない。

#### (5) 養魚飼料

水産養殖では、養魚用飼料をペレット化する際のバインダーとして利用される。モイストペレットと呼ばれる、生魚と各種飼料原料を配合したタイプの魚餌を調製する際、バインダーとしてアルギンを添加しておくと、魚に含まれるカルシウムや鉄分などと反応して、ペレット中にゲル構造をつくることができる。

モイストペレットは練り餌であるから、水中でバラけて散 逸しやすく、養殖魚が捕食しにくくなって摂餌効率が低下し たり、あるいは残餌が漁場海底に堆積して感染症の汚染源と なるなど、いくつかの問題がある。しかし、アルギンを加え たモイストペレットは水中での保形性が格段に向上するため、 養殖魚に捕食される確率が高くなって歩留まりが向上するほ か、残餌による汚染も軽減される。特に海水面の養殖では、投 餌時に海水中のカルシウムによって表面のアルギンもゲル化 するため、より高い結着効果を得ることができる。

#### (6) 製紙

アルギンやキチン・キトサンをパルプの代わりに用い、紙を作るという研究も行われている。一般の紙の原料となるパルプに比べ、アルギンやキチン・キトサンは原料コストが高いため、単にパルプの代用ということではなく、パルプには

ない機能性を持った紙としての効果を見いだす必要がある。 先に解説した創傷被覆材なども, 広義にはこうした機能性紙 の一部に加えて良いであろう。

アルギン繊維紙の実用例としては、音響スピーカーの振動板に利用されたという実績がある。アルギン繊維紙でできた振動板は、木材パルプで作られたものに比べて、特長ある周波数特性を示すということで、大手音響メーカーで研究され、スピーカーコーンとして実用化された。

現在,製紙分野で利用されるアルギンの多くは,紙に耐油性を付与するためのコーティング剤,またはサイジング剤として使われている。アルギンは油に溶けないため,これを紙表面にコートすることで油性インク,顔料の浸透をブロックし,裏移りの防止や印刷時の滲み防止などの効果が得られる。

#### おわりに

以上,アルギン利用の一部について述べてみたが,これ以外にもアルギンは極めて幅広い分野にわたって応用されている。殊に近年,あらゆる分野で素材の安全性を求められる機会が増えたことから,既存処方に使われている合成ポリマーを天然系の高分子へ代える検討や,新規開発にあたって天然系に限定して素材を選択するような考え方が主流になりつつあり,その中でアルギン酸の機能に着目し,利用を検討する動きが活発化してきたことを実感している。

アルギンは天然の海藻からイオン交換反応のみによって抽出された極めて安全な物質である。加工食品,機能性食品,環境問題対策など,新しい開発の場で改めてその実力が試され,利用の輪が広がっていくことを願っている。

#### 参考文献

1)西澤一俊:富士経済付属阿部研究所編研究報告 No.55 (1992)

2)笠原文善:別冊フードケミカル 8, p.82-91 (1996)

3)新村壽夫:食品添加物の生化学と安全性 p.371-379 (1979)

4)中野愛子:寒天・アルジネート連合印象法

5)醍醐皓二・山地学・山田千秋・松谷和夫・八木宗裕・中島祐美子: 薬理と治療 10(8) p.281-289 (1982)

6)醍醐皓二・山地学・山田千秋・松井清美・松谷和夫・中村幸広・中 島祐美子・岡田昌之・宮内昂・小宮久尚・堀内善高:薬理と治療 11(2) p.81-87 (1983)

7)佐藤昇正:ファインケミカル 24(1) p.43-51 (1995)

8)佐藤貴哉·寺松泰英·中根俊彦:繊維と工業 52(1) p.20-26 (1996)

9)小林良生:蛋白質核酸酵素 31(11) p.58-69 (1986)

(株式会社キミカ)

# 秋季藻類シンポジウム(2002.12.06) 「新しい海藻由来の製品の科学的検討」要旨

# 石橋清英・箕浦一彰:海藻配合化粧品 〜海藻の化粧品利用への可能性〜

#### 【はじめに】

海藻は、生活の中で広く利用されているが、身近に手にする機会の多い化粧品にも用いられている。しかし、基材としての利用が主であり微量に含まれている有用成分などの化粧品への利用は徐々に解明されたとは言え陸生の植物などに比べて、まだまだ少ない印象がある。海藻配合化粧品の現状と今後の可能性について報告する。化粧品の具体例の前に、化粧品の定義、化粧品の意義について説明する。

#### 【化粧品とは】

化粧品というのは、一般的に市場にあり、ごく普通に使われているので、いまさら、化粧品が何であるかなどとは、説明する必要が無いようにも思われるが、化粧品がどのような目的で存在し、どのような役割を担っているのかを、再認識し、より化粧品を身近に感じられるように説明いたします。

化粧品の法的な位置付けは,疾病を治療する医薬品などと同じく,薬事法という法律により規制されているが,化粧品の定義とは何なのかを,説明する場合,薬事法及び関連の通知で、簡潔に定義づけている。

#### 薬事法とは

薬事法は、医薬品、医薬部外品、化粧品及び医療用具の品質、有効性及び安全性の確保のために必要な規制を行う(薬事法、第1条 抜粋)という目的により制定されている。要は、これらの製品を使うことによる効果が保たれており、消費者に健康被害が発生しないために、制定している法律である。

薬事法で定めている医薬品,医薬部外品,化粧品及び医療 用具という項目のなかで,化粧品と医薬部外品に含まれる薬 用化粧品が,一般に市場で化粧品と言われているものに該当 する。

#### 化粧品の薬事法で定める定義

「化粧品とは、人の身体を清潔にし、美化し、魅力を増し、容貌を変え、又は、皮膚若しくは毛髪をすこやかに保つために、身体に塗擦、散布その他これらの類似する方法で使用されることが目的とされている物で、人体に対する作用が緩和なものをいう。」(薬事法第2条第3項)という薬事法上の化粧品の定義と、

医薬部外品の項目の定義,「化粧品の目的のほかに,にきび,肌荒れ,かぶれ,しもやけ等の防止又は皮膚若しくは口腔の殺菌消毒に使用されることもあわせて目的とされている物」(医薬部外品を指定する告示の一部改定:昭和36年11月18日薬発第470号)にあてはまる薬用化粧品と薬用歯みがき

類を含めたこれら全てが市場で一般にいう化粧品である。

要するに、肌を清潔にする事と、美しくする事、容貌を変える事、健康な肌を維持することが目的の物の中で、穏やかな効果のある物が化粧品である。その中で、穏やかな効果とされている、いわゆる美肌効果、シワやシミ、肌荒れなどのスキントラブルを防ぐ効果、メイクアップ以外の肌本来の美しさを保つための効果を、穏やかに、且つ、いかに発揮させるかが、主に、基礎化粧品など肌を健やかに保つ為の化粧品としては、重要な事柄となる。

#### 【弊社にて研究開発した海藻配合化粧品】

先ず、弊社が、化粧品をどのようにとらえ、化粧品を通じて何を求めているのかを理解してもらうため社名について説明する。弊社の社名ナボカルコスメティックスのNABOCULは、

NAtural 自然 Beauty 美 Orientation 指向 CULture 文化

自然美を指向する文化を意味し、肌本来の自然な美しさ、自然物による美しさの向上を追求することによって、人々が、外面的、内面的を含めて美しくなり、より良い生活が過ごせるように、という願いを込めている。その中の、NATURALは、肌本来のそのものが持つナチュラルな美しさを求めるのに、ナチュラルな物を活用するという意味合いもあり、自然界にある素材を、美容の為に用いる。特に、海藻は、設立当初から注目しており、多くの海藻を配合した製品や、化粧品に配合する海藻より得られる成分の開発を行っている。

#### I. 海藻の多糖類を利用した製品

<シャンプー>(図1)

このシャンプーは、古くから洗髪に用いられている、フノリ(紅藻のマフノリGloiopeltis tenax、フクロフノリGloiopeltis furcata)を洗浄の骨格として配合し、補助的に必要最少量の洗浄剤を配合したシャンプーである。フノリで頭髪を洗浄することは、現代の必要量以上に過剰な洗浄剤を配合したシャンプーに比べて、ダメージを与えることが少なく、髪や頭皮に良い。しかし、フノリを煮出さなくてはならないなど、利便性に欠ける事がある為、フノリが洗髪に良い事が判っていても、面倒であると、髪や頭皮にダメージを与えても、使い易く便利な方を人々は使用する。

そこで、フノリに含まれる多糖類を主として含む汚れを除

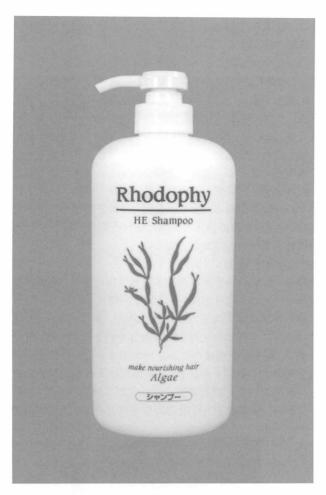


図1 ロドフィー HE シャンプー

去する成分を抽出し、抽出しただけの状態では、長期保存性に問題があるので、安定化させ、フノリで洗髪を行っていた時代とは違う整髪料や、食生活の違いによる皮脂などの分泌物の違いをカバーできるように、それらを落とすのに必要最少量な洗浄成分を配合し、利便性が高く、誰でも、容易に使うことができるシャンプーとした。洗浄成分は3分の1以下(当社比)とし、頭皮や頭髪に必要な成分を除去しないで洗髪が行える。そのために、髪や頭皮へのダメージが殆ど無く低刺激である。

フノリのシャンプーに少量の洗浄成分を配合した事には、 もう一つの意味がある。洗浄成分は、汚れが除去されるとこ ろと、起泡性が発揮されるところは、非常に近いところにあ る。即ち、泡立ちで、髪や頭皮に必要な成分は除去しないで 汚れだけを洗浄する目安となり、泡立ちを確認することで必 要以上に使用することを控える事となる。このシャンプーを 使うことで、洗浄することの意味、環境への負荷なども、考 えてもらえればという思いも込めている。また、フノリは、汚 れを吸着除去する洗浄効果以外に、毛髪にイオン的にそして 物理的に吸着し、皮膜を形成し、乾燥や空気中の汚れから髪 を保護する効果がある。

この製品の販売名については、ロドフィー HE シャンプーとなっている。これは、紅藻類 (RHODOPHYTA) を使

用したシャンプーの意味でロドフィーシャンプーとし、そのロドフィーとシャンプーの間にHEという2つのアルファベットを入れた。この2つの文字にはそれぞれの意味があり、Human Healthy Hair & Earth Environment のそれぞれの頭文字であり、人々の健康な髪と地球環境の為にと言う思いで挿入した。

<ゲル化パック>(図2,3)

海藻の多糖類がゲル化し、ゼリー状に固まる性質を応用したパックである。海藻の多糖類の中には、非常に高い粘性・流動性を持った多糖類がある。その中で、温度変化や金属イオンとの反応などでゲル化し、ゼリー状に固まるものがある。それらの多糖類を利用すると、塗布時は、高い粘性とゆるやかな流動性により、顔面などの凹凸がある面にも密着し、パックの効果を全体に均等に活かす事ができる。更に、除去の時は、ゼリー状に固まり、容易に除去することが可能で肌に残らず、はがした後に、洗い流しや拭き取りなど肌に刺激を与え美容効果にマイナスとなるような事はない。弊社ではこの機能を応用し2つのタイプを商品化している。ひとつは、温湯を混合するタイプで、温感により肌の代謝を促進させ、シミやシワなどに有効な美容成分などを、積極的に浸透させる。厚みがあり、熱を保持し易く、長時間冷める事無くパックが行える。もうひとつは、冷水を混合するタイプで基材が



図2 ゲル化パック温水用



図3 ゲル化パック冷水用

溶解時に吸熱する作用を利用し、混合時の水温より低くなるようにし、冷感とパックに配合している抗炎症成分により、 日焼けやオーバートリートメントで火照った肌を鎮静させる。

気化熱を利用することで冷感を維持することができる。 <マッサージ用化粧水>

マッサージを行うことは、血液やリンパ液の停留を改善し、肌への酸素や栄養素などの供給、老廃物の排泄が、円滑となり、健康な肌にし、シミやシワなどのスキントラブルを解決する手段となる。海藻の多糖類を配合したマッサージ用の化粧品は、潤滑性に優れ、肌に負担をかけない、適度なマッサージが可能である。また、海藻の多糖類は、水分保持能力に優れており、水分の蒸発による粘性の変化が少なく、長時間、同じ感触でマッサージをする事ができる。他に、海藻の多糖類は、金属イオンを吸着する性質があるので、ファンデーションなどに含まれている顔料や埃などを吸着除去する性能もある。

#### <浴用料>

海藻を用いた浴用料は、それに含まれる多糖類とミネラルによりとろみのある良い感触と、成分が密着することで保温性が向上し、代謝を促進させる。また、肌の保護効果もあり肌に必要な成分は残し海藻成分が保湿効果を与えるのでしっとりとした肌に整える。

以上,海藻の多糖類の機能を利用した化粧品の一部を紹介した。海藻は,骨格の殆どが可溶性の多糖類であり,陸生の植物に比べて,格段に抽出が容易であることから,海藻の多糖類を利用することは,海藻を活かす上では,一番に大切なことであると考えている。また,海藻から微量に含まれる有用成分を利用した場合,有用成分を抽出した後も有効に利用することも重要である。

微量の有用成分を抽出した後,水への溶解性が高く再利用 の容易な海藻は無駄なく利用できるので、積極的に利用すべ きであり、弊社においても、利用しうる限り海藻を無駄無く 利用している。また、多糖類を使う上で、高度に精製された 多糖類も使用するが、海藻そのものの良さや、海藻を無駄無 く有効に使おうと言う考えから、より自然に近い海藻そのも ののような物も頻繁に利用する。但し、海藻を利用する上で、 季節や産地、生育状態により、品質が大きく変動するので、そ れを如何に上手く均質化するかが、海藻そのものの良さを活 かしながら利用する上で重要である。

#### II. 海藻の機能性成分の利用

次に,海藻の多糖類以外の有用な成分を利用した製品の一部を紹介する。

#### <洗浄パック> (図4,5)

洗浄機能のあるパックに、海藻、主に褐藻を配合すると、還元作用により、酸化されたメラニンを還元して肌を白くする事ができる。この還元作用は、主に、フロログルシンやフロログルシンが重合した物等のフェノール系成分による。例えば、金属の錆に、褐藻の粉を塗布すると、きれいに除去される、これは褐藻のフェノール系成分による還元作用である。」)

褐藻は、金属の錆を除去できることからも判る通り、非常に 高い還元作用がある。

肌は酸化されて黒くなったメラニンが多いとくすんで見えるが、この酸化されたメラニンを褐藻の還元力で無色のメラニンに還元すると、くすみの無い透明感のある肌にする事ができる。また、極度に酸化重合されているような皮脂などの汚れも還元により分解されて除去し易くなるので、毛穴などの汚れもきれいに除去され、メラニンの還元も合わせて更に肌に透明感を与えることができる。しかし、褐藻の還元物質は、強力な還元作用がある反面、自分自身が非常に酸化され易いという問題がある。強力な還元力はあるが酸化安定性が良くない物を、使用直前まで如何に酸化を防ぎ、使用時に、最高の機能を発揮させるかが重要となる。

#### <紫外線防御化粧品>(図6)

海藻は、骨格の殆どが可溶性多糖類で構成され、比較的厚みが無く、光の透過性が高い。太陽光、特に紫外線は、染色体に悪影響を及ぼすので、その、自己防衛と考えられるが、海藻には非常に多種類の紫外線吸収物質が含まれている。洗浄パックで、説明した褐藻のフェノール系成分も波長の短い紫外線を効率よく吸収する。また、紅藻の中には長波長の紫外線を吸収する物を比較的多量に含んでいる種類がある。1)2)3)4)これら、海藻の紫外線吸収物質を組合せることで、広範

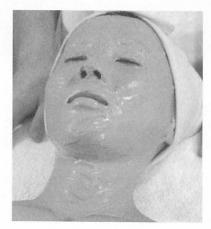


図4 海藻配合洗浄パック顔用



図5 海藻配合洗浄パックボディー用



図6 海藻配合 UV ケア化粧品

囲の波長の紫外線を防御することができる。

一般のUVケア化粧品は紫外線防御の為に化学合成の紫外線吸収剤を配合している、しかし、合成の紫外線吸収剤は、刺激性や安全性などで懸念されている。海藻の紫外線吸収物質を利用すると、化学合成の紫外線吸収剤の配合が不必要となり、安全性の高いUVケア製品を作ることができる。弊社の製品は、紫外線を防御する機能に優れている上に、刺激性が無いことが認められ、アトピー性皮膚炎や手術の後などでより刺激に対して敏感な人のUVケア製品として皮膚科を始めとした医療の業界でも使用されている。

以上,弊社の海藻を配合した化粧品の一部を紹介したが,海藻の配合が特徴的な物を説明しただけであり化粧品への海藻の利用は多種多様で,他にも多くの製品に使用している。

#### 【海藻配合化粧品の可能性】

海藻の有用成分の研究に関しては,今後の活発な研究により成分の発見や利用に関して,これからも次々と見出されると考える。化粧品に関しても,シワに有効なコラーゲンやム

コ多糖の合成を円滑にする成分、シミに有効なメラニンを合成する酵素の活性を抑制する成分、抗炎症効果のある成分などが、現在も陸生の植物などで発見され利用はされているが、それらの有効成分、例えばメラニンを合成する酵素の活性を抑制する有効成分があったとしても、その効果はメラニンができるまでの複雑な流れの、ある1箇所を抑制しただけにすぎないものが殆どである。人体の代謝は複雑であり、その1箇所、唯ひとつに対しての効果があるものを利用するのではなく、幅広く対応するのが、有効であり、その為には、有用な成分をいろいろ組合せ、バランスの良い代謝に整えるのが、有効な手段であると考える。顕著な効果をもった成分を利用した医薬品と、化粧品との違いになるように思われる。

化粧品の定義に含まれている,穏やかな有効性,それを活かすには,海藻などいろいろな物から穏やかに効く物を見出し,それらを組合せ,穏やかな効果を継続する事であり,それにより,健康で美しい素肌を保つことができると考える。今後も,さまざまな有効な物が,海藻から次々と発見,そして利用され,それにより海藻利用がより促進され,海藻産業が発展し,化粧品に限らずあらゆる分野で,海藻が貢献することを期待します。

#### 引用文献

- 1) 西澤一俊氏私信
- 2) 矢部和夫・関川 勲・辻野 勇1980. 紅藻カレキグサより 333 ~ 334nm 吸収物質 (Y 物質) の単離とその化学構造. 北海道教育大学紀要(第2部A). 30(2).
- 3) 辻野 勇・矢部和夫 1980. 紅藻工ゾツノマタより 320nm 吸収物質の単離・結晶化. Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries 46(9): 1113-1115.
- Takano, S., Nakanishi, A., Uemura, D., and Hirata, Y. 1979. Isoraltion and structure of a 334 nm UV-absorbing substance, Porphyra-334 from the red alga Porphyra tenera Kjellman. Chemistry Letters. pp.419-420.

(株式会社ナボカルコスメティックス)

# 秋季藻類シンポジウム (2002.12.06) 「新しい海藻由来の製品の科学的検討」要旨

# 大野 正夫<sup>1)</sup>・貫見 大輔<sup>2)</sup>:海藻肥料による土壌改善と農産物の増産と品質向上

#### 1. はじめに

海藻を作物の肥料に使うことは、昔から世界各地の沿岸で行われてきた。古くはローマ時代の文書にも海藻が作物の肥料に使われていると記録されている。江戸時代、伊豆半島ではテングサを田畑の肥料に使っていたが、1822年に代官から肥料としてのテングサの刈り取りが禁止されて、寒天の原料に使われるようになったという記録がある(山田、2000)。古来、日本では窒素源として簡単に手に入る人糞尿、家畜糞尿、草木類の堆肥が多く使われていたが、農民が海藻肥料が多く使っていたという記録は少ない。これは大型海藻群落(藻場)が魚介類の産卵場として、漁民が重視していたためであろうと推察されている(植田他、1963)。

ヨーロッパでは、19世紀半ばから海藻灰をカリウム肥料として農業に使われて、海藻工業幕開けをもたらしたが、1910年代に塩湖からカリウム塩を生産できるようになって、化学肥料が使われるようになり海藻灰肥料は衰退していった。

海藻にはカリウムやミネラル分に富み,海藻抽出液の肥料効果は,長くミネラルによるとされていた。近年になって,海藻成分の研究が進むにつれて,植物の成長や成熟に欠かせないオーキシン,サントカイニン,ジベレリンなどの植物ホルモンが,海藻中に比較的多く含まれており,特にヒバマタ類,コンブ類の仲間の植物ホルモン含有量が注目され,これらの海藻が"海藻肥料"として世界各地で利用されるようになった。

#### 2. 肥料に使われる海藻

海岸に打ち上げられた海藻を田畑に埋め込むという方法は、現在でも地中海沿岸からヨーロッパ諸国で多く行われている。最近の報告によるとアフリカ諸国でも行われている(Zemke-White & Ohno, 1999)。これらは、ヨーロッパからの入植者からの伝授と打ち上げ海藻が多いためと推測される。それに対して、アジア諸国では、打ち上げ海藻の田畑に埋め込む農法はそれほど盛んでない。ヨーロッパ地方では海藻を田畑に埋め込むのは、酸性土壌の改善が主目的であったので、肥沃な土壌には海藻の肥料効果は、あまり認識されて来なかったと思われる。

海藻を肥料生産のために採取されている種類と採取国を表1に示す。海藻肥料として、コマーシャル・レベルで採取されている種は21種に達するが、主要な海藻は、土壌改良の素材の塊状になる石灰藻*Phymatolithon calcareum* (Pallas) Adey & McKibbin や*Lithothamnion corallioides* (Croun) Crouan (イシモ

表1 肥料に使われている世界の海藻資源

| 種名                           | 利用国名                     |  |  |
|------------------------------|--------------------------|--|--|
| 緑藻                           |                          |  |  |
| Dictyosphaeria cavernosa     | Kenya                    |  |  |
| Enteromorpha spp.            | Portugal                 |  |  |
| Ulva spp.<br>紅藻              | Portugal                 |  |  |
| Ahnfeltia plicata            | Chile                    |  |  |
| Gracilaria spp.              | Portugal                 |  |  |
| Gracilaria chilensis         | Chile, New zealand       |  |  |
| Halymenia venusta            | Kenya                    |  |  |
| Laurencia papillosa          | Kenya, Philippines       |  |  |
| Lithothamnion corallioides   | France, Ireland, UK      |  |  |
| Phymtolithon calcareum<br>褐藻 | France, Ireland, UK      |  |  |
| Alaria fitulosa              | Alaska                   |  |  |
| Ascophyllum nodosum          | France, Canada, Iceland, |  |  |
|                              | Norway, UK               |  |  |
| Ecklonia maxima              | South Africa             |  |  |
| Fucus gardneri               | Canada                   |  |  |
| Hydroclathrus clathratus     | Philippines              |  |  |
| Laminaria schinzii           | South Africa             |  |  |
| Macrocystis pyrifera         | Australia                |  |  |
| Nereocystis luetkaena        | Alaska, Canada           |  |  |
| Durvillea potatorum          | Australia                |  |  |
| Sargassum spp.               | Brazil, Vietnam          |  |  |
| Turbinaria spp.              | Vietnam                  |  |  |

W. Lindsey Zemke-White & Ohno, M. 1999 より改変

属)(図1)と生育増長の素材の大型褐藻類 Ascophyllum, Macrocystis, Laminaria, Ecklonia, Durvillea, Capophyllum, Himanthalia や Sargassum の仲間である (Zemke-White & Ohno,1999)。

#### 3. 土壌改良材 Maerl (ミール)

ヨーロッパ諸国では、酸性土壌の改善に石灰藻が、18世紀頃より使われるようになり、アイスランド、デンマーク、イングランド、スコットランド、ウエールズ、アイルランド、フランス、ポルトガル、モロッコ、アルジリェアなどの地域で広く用いられている(Blunden, et al. 1975)。

現在は、コマーシャル規模で採取されているのは、主にP. calcareumやL. corallioides (イシモ属)であり、フランス、イギリスとアイスランドでは機械を用いて採取されており、1994年の年間採取量は3か国で、約8万トンにも達している(Zemke-White & Ohno, 1999)。ミールには、カルシュウム30%、マグネシュウム3%が含まれており、ミネラルの含有量が多いので、土壌改良材とともに家畜の配合飼料の素材とし

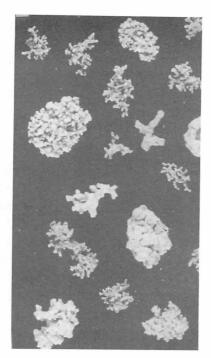


図1 ヨーロッパで土壌改善に使われているミール, 塊状の石灰藻 *Phymatolithon calcareum と Lithothamnion coralliides* (Blunder, 1991による)

ても利用されている。

#### 4. 海藻粉末肥料

近代的農法が普及する1990年代初頭より無機塩のリン酸肥料,カリ肥料を田畑に用いると,作物の生育が良くなり,同時に収量も増大することが研究者によって見つけだされた。それ以後,無機質肥料の工場生産が始まった(白石,1996)。しかし,これらの化学肥料は作物の増産に大いに貢献したが,農地からの栄養分の吸収が効率よく行われるために,かえって土壌は荒廃してゆき,土壌改良のために有機農法が行われるようになり,再び,有機肥料として海藻肥料が注目されるようになった。

褐藻の Ascophyllum nodosum (L.) Le Jol はヒバマタ類の仲間であり、イギリスから北欧に多く繁茂している(図2, Jensen, A. 1998)。ノルウェーでは海藻粉末肥料の原料として多く採取されて、アルギン肥料、ケルプ肥料と呼ばれている。ケルプ肥料の製法は、アイスランド、ノルウェー、イギリス、フランスでは、A. nodosumを主原料に、Fucus属、Laminaria属を加えて作られている。これら海藻肥料の成分は、海藻特有のアルギン酸のほかにマンニット、ラミナリン、各種のミネラル、ビタミン、アミノ酸などの60種以上の微量要素を始め、オーキシン、サイトカイニン、ジベレリンなどの植物生長ホルモンを豊富に含んでおり、植物生理活性物質も多く含んでいる。アルギン・ケルプ肥料はトマト、ポテト、ホウレンソウ、イチゴ、メロン、リンゴ、ミカン等の野菜や果実に使われている。

この海藻粉末を散布することにより 発根・発芽・養分吸収・生育を促進し、樹勢が旺盛となり、病虫害やその他の障

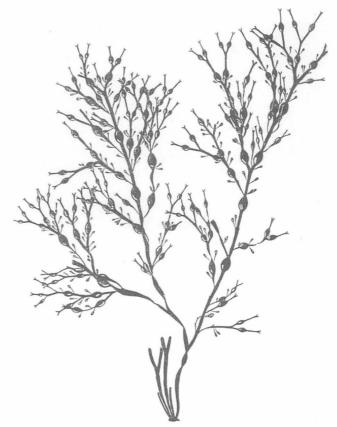


図 2 ノルウェーに多く産する Ascophyllum nodosum (L.) Le Jol (Jensen, A. 1998 による)

害に対する抵抗力が増大し、品質向上(増糖・着色増進・果実肥大)と増収が期待されている。また、化学肥料常用による土壌中の微量要素不足を改善し連作障害を軽減する。また収穫作物の貯蔵期間を伸ばす効果も認められている。

オーストラリアではケルプ肥料の原料として、Durvillaea potatorum (Labill.) Aresch、南アフリカでは Ecklonia maxima (Osbeck) Papenfuss が使われている。ナミビアでは Ecklonia maxima と Laminaria pallida Grevillein J. Agardh を乾燥させて、1 cm程度のチップにした粉末肥料 "Afrikelp" として販売されている。この粉末ケルプは、多くの有用な有機物、ミネラルを含んでいると同時に、保水効果が著しく、土壌改良材として大量に利用されている。砂地質の土地に、"Afrikelp"を混ぜ込み、有用な草の種を播くと発芽率が高く、草の根が良く伸び、広大な牧草地やゴルフ場を造成できたという報告がある(Critchley et al. 2001)。

ケルプ粉末は、家畜の配合飼料にも使われており、代謝組織や臓器の健全化、栄養バランスの改善、体力の増強による発育促進、抗病力・飼料効率の向上、産卵率・ふ化率・受胎率・育成率の向上等により生産性を増す。さらに泌乳促進、乳脂率の向上、乳質・肉質の改善等が期待されている。水産養殖の飼料にも使われており、魚全体の色及び身の色が良くなり肉質が向上する。品質向上、免疫増強、抗ウイルスなどの効果も認められている。



図3 海藻液肥の製造: Ecklonia maxima の茎の部分を洗い搾る作業

#### 5. 海藻液肥

果実類, 野菜類に液肥を葉上部から与えるという葉面散布は, 1940年代から始まったとされているが, 一般に葉面から植物体に吸収される物質は無機質と考えられていた。海藻成分の液肥を用いた実験は1960年代からみられるが, Blunden等がポテト,トマト,オレンジ等について海藻施肥の実験をして肥料効果を確かめた(白石,1996)。1983年には,トマトへの海藻液肥の葉面散布実験から,海藻濃縮液が葉面から植物体に吸収されていることがわかり,その効果により根,茎葉が極めて大きくなり収量が増したことを確認された(Blunden,1991)。海藻液肥の効果が多く報告され始めたのは,1990年代からであり,新しい海藻資源の利用分野として注目されている。

カンキツ類への海藻液肥の効果について, 幼木の生育促 進,養分欠乏症の回復,新枝の発育促進,果実肥大と収量の 増大などについて、白石(1996)より詳しい報告があるので 紹介しよう。白石等は、市販の海藻液肥(ケルパック66)を 用いて,500倍溶液をかなり衰弱したミカンの樹体に葉面散 布すると, 葉の裏面からの吸収が著しいことがわかった。散 布後発生した新しい梢(こずえ)は、対象区の約1.6倍に長く なった。さらに、発生した葉は多くなった。葉面積において も液肥の効果が大きく現れて、葉がかなり大きくなり葉の厚 さが増し, 葉表面の光沢が良好になった。液肥の効果は, 葉 内の柵状組織や海綿状組織内に現れて, それらの細胞内に多 量の同化デンプン粒が顕微鏡で認められた。その大きさは、 液肥を散布しない葉より大型化していた。葉内に同化デンプ ン粒がたくさん集積することは、その葉では光合成が盛んに 行われていると結論づけられている。これらの炭水化物を 使って、樹勢回復、生育の促進、品質の向上そして収量の増 加に役立つものと考えられた。

最近の研究から、海藻液肥を葉面散布することにより、トマト、ホウレンソウ、ハーブ類などの軟弱野菜の早期出荷、トマト、イチゴ、キュウリ、ナス、メロン、ミカン、リンゴなどの長期出荷、バラや花木類の花色や花持ちの増進、その他

いろいろの作物の品質や果実の品質の向上に効果があること がわかった。

海藻液肥には、ミネラル類、アミノ酸、ビタミン類が豊富 であることと、オーキシン、サイトカイニン、ジベレリンの 植物ホルモンが多いことが特徴である。これらの相乗効果に よって、生育促進と品質向上に効果があるとされている。

海藻液肥の製法は種々あるが、イギリスやノノルウエイで の海藻液肥は、藻体を凍結した後に 6-10 μm の微粉末に粉砕 してクリーム状にした製品と乾燥粉末製品である。これらの 製品は、500倍から1000倍に希釈し融かして葉面散布される (Blunden, 1991)。海藻液肥として知られている "KELPAK"の 製法は、南アフリカのケープタウン周辺の岩礁帯に繁茂する 2~5 m の茎を持つ Ecklonia maxima を, 潜水作業で採取して 葉を落とし、茎をよく洗い、痛んだり付着動物が付いた部分 を削除して、ローラーで押しつぶす方法で絞る。絞った液は、 添加物を全く入れずに瓶詰めする(図3)。このようにして生 産された液は、室温で保存しても長期間腐るようなことはな いと言う。この液肥の栄養的効果は, 販売パンフレットには, 特にオーキシンとサイトカイニンの植物ホルモンの効果があ ると説明されている。オーキシンは、搾り液1L当たり11 mg, サイトカイニンは1L当たり0.03 mg含まれている。植物の根 の発達への効果が特徴的であり、対照のサンプルより根の量

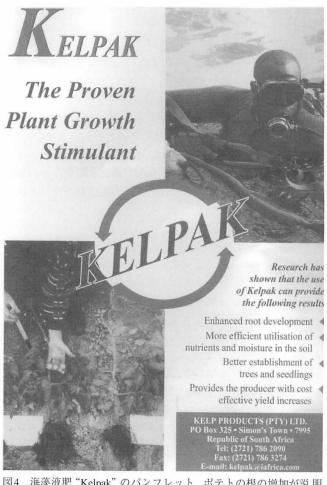


図4 海藻液肥 "Kelpak" のパンフレット, ポテトの根の増加が説明 されている

表2 アルギンゴールド(北欧産、原藻:アスコフィルム)の成分

| 成分(単位 %)<br>チッソ 0.8 ~ 1.3<br>タンパク質 5 ~ 10<br>繊維 8   | リン酸 0.1 ~ 0.2<br>炭水化物 45 ~ 60<br>脂肪 2 ~ 4  | カリウム 2~3<br>灰分 17~20<br>水分 10~12  |
|---|--|---|
| 炭水化物 (単位 %)<br>アルギン酸 22 ~ 30<br>フイコダン 10  | ラミナリン 2~5<br>マンニット 5~8   | その他糖分 45~60   |
| ミネラル $(mg/kg)$<br>ヨウ素 $700 \sim 1,200$<br>鉄 $150 \sim 1,000$<br>マンガン $50 \sim 200$<br>亜鉛 $50 \sim 200$<br>モリブデン $0.3 \sim 1$<br>銅 $1 \sim 10$ | コバルト $1 \sim 10$ 硼素 $40 \sim 100$ バリウム $1.5 \sim 3$ ゲルマニウム $0.4 \sim 1.5$ ニッケル $2 \sim 5$ ナトリウム $15,000$ | マグネシュウム 5,000<br>カルシウム 200,000<br>硫黄 30,000<br>カリウム 20,000<br>カリウム 200,000<br>塩素 15,000 |
| ビタミン (mg/kg)<br>プロビタミン A 30 ~ 60<br>ビタミン B <sub>1</sub> 1 ~ 5<br>ビタミン B <sub>2</sub> 5 ~ 10   | ビタミン B <sub>12</sub> 0.004 ~ 0.06<br>ビタミン C 500 ~ 2,000<br>ビタミン D 3 ~ 5                                  | ビタミンE 150 ~ 300<br>ビタミンK 10<br>ナイアシン 10 ~ 30  |
| アミノ酸 (g/kg)<br>アルギン 11.8  | リジン 4.1  | メチオニン 0.4   |
| 植物ホルモン<br>サントカイニン・オーキシン   | /・ジベリン   |   |

(輸入販売元,アンデス貿易株式会社)

は平均60%以上増大する。ジャガイモとピーナツでは,生産量の増大は50~70%である。(図4,大野,2001。)

#### 6. 海藻肥料の事例

海藻粉末肥料や海藻抽出液を取り扱っている会社は、かなりの数にのぼるが、日本海藻協会の会員である弊社(アンデス貿易株式会社)の製品をもとに、海藻肥料の農産を紹介したい。

#### ホンダワラ類粉末

フィリピン・中国産のホンダワラ類を主体に褐藻類を精製した高級海藻粉末である。アルギン酸、フコイダン、ラミナリン、各種ミネラル、ビタミン、アミノ酸などふくまれている。

#### アスコフィルム粉末

葉長が1m以上になる褐藻のヒバマタ類の Ascophyllum nodosum (L.) Le Jol は、北欧の海岸に広く繁茂しているが、ノルウエイ海岸に繁茂しておりものを材料にしている。藻体粉末とアスコフィルム藻体から抽出した濃縮エキスを粉末した肥料があり、その成分は、表2に示す。

#### 海藻粉末の使用量

海藻粉末は、そ菜、花木、果樹、芝生には、表3の要領で 使用されている(表3)。

これらの海藻粉末は、100%完全に水に溶けて、有効微生物の増殖により、団粒構造化、発根促進、養分吸収促進、樹勢 旺盛となり、病害やその他の抵抗力が増大し、品質向上(糖 分向上、特に食味をプラス、着色増進、果実肥大)・増収が期 待される。また、微量要素のバランスを安定にさせて、化学 肥料常用などによる微量要素バランスの乱れを改善する。連 作による土壌養分欠乏に対する補給をする。収穫された作物 の貯蔵期間が伸びるなどの効果がある。農薬公害のない健全 な作物、品質の良い農作物を作るために、海藻肥料の果たす 役割は大きい。

#### 海藻エキス(Ascophyllum nodosum) 肥料の効果

米国、カリフォルニア州での海藻エキスを用いた農作物の 効果の報告があるので、紹介しよう。

フレーム種なしテーブルブドウ

使用方法:葉面散布5回散布、1回の散布量0.51bs/A(560g/ha)

効果:ブドウの房の重量が7%増大、個々のブドウのサイズが6%増大、個々のブドウの重量が15%増加、最も収益のある"ミデイア"色、収穫高が31%増大、劣等品は、66%減少、栽培者の利益が26%増加。

#### ネーブルオレンジ

使用方法:葉に5回散布、11b/A(1.1 kg/ha)

効果:収穫重量が7%増加、収穫数が、45%増加、色の均一性が、12%向上、最も収益のある「特大」級の収穫高が2倍以上。

#### ローマリンゴ

使用量:葉に5回散布、0.51 bs/A,560g/ha

効果:総収入が10.6%増加、大きな果実の数が、2倍に増 えて標準以下のサイズの果実数が半分以下、赤ダニや他の害 虫による損傷の減少。

表3 海藻粉末の使用量

| 作物   |        | 施用量             |                | 方 法         |                 |  |
|------|--------|-----------------|----------------|-------------|-----------------|--|
| そ 育苗 |        | 床土・鉢土           | 10 k g/m³      | 播種または移植の    |                 |  |
| 菜    |        |                 | 平床 50~100 g/m² |             | 7~10 日前までに施す。   |  |
| •    | 本      | 露地              | 75 k g/10 a    |             | 元肥と混合使用。        |  |
| 花    |        | <br>施設          | 100 %          | g /10 a     | 定植の 10 日以上前に施用。 |  |
| 木    | 圃      | 心政              | 100 K          | g110 a      | 追肥としても効果あり。     |  |
|      | 新植園    |                 | 300~500 g /本   |             | 植穴または定植後、       |  |
| 果    |        |                 |                | 周囲に施す。      |                 |  |
| 樹成木園 |        | 75~125 k g/10 a |                | 元肥、追肥時に混合し、 |                 |  |
|      |        |                 |                | 全面施用。       |                 |  |
|      |        | ゴルフ場            | 50~10          | 00 g/m³     | 目砂に混合施用。        |  |
| 芝    |        |                 |                | または全面に散布。   |                 |  |
| 生    | 生 グリーン |                 | 25 kg/1        | グリーン        | 目砂投下後に散布。       |  |
|      |        |                 | (1 グリーン        | ⁄ 500 ㎡の場   |                 |  |
|      |        |                 | 合)             |             |                 |  |

#### レッドデリシャスリンゴ

使用量:葉面散布、0.51bs / A, (560g / ha)

効果: 褐色斑のある果実が8.3%減少、腐敗病が3.2%減少、 最高級の果実の収穫量が2.8%増加、BRI(果糖)含量量が3.8% 増大。

スイカ (ノバ種、カル・スウイート種)

使用量: 灌水: 1回(600 g/ha), 葉面散布3回(500 g/ha)効果: 総収穫量は、ノバ種は64%、カル・スウイート種は37%増大、果実重量は、ノバ種は16%、カル・スウイート種10%、BRI(果糖)は、ノバ種は1%、カル・スウイート種は10%増加。

海藻肥料に関する利用は、ヨーロッパ、米国で多く行われており、日本では輸入海藻肥料の利用が広まりつつある。海藻肥料の利用の長い歴史があるヨーロッパ諸国からの報告が多く、日本の海藻利用分野からの報告は比較的少ない。ハウス園芸など農業技術の高い日本から、この分野の研究成果を多く出て、海藻肥料が使われることを期待したい。

#### 引用文献

Blunden, G., Binns, W. and Perks, F. 1975. Commercial collection and utilization of maerl. Ecol. Bot. 29: 104-145.

Blunden, G. 1991. Agricultural uses of seaweeds and seaweed extracts. p. 65-81.Ed. Guiry, M. D. & G. Blunder, Seaweed Resources in Europe, John Wiley&Sons Ltd., England.

Critchley, A. T., Ruscoe W., Rotmann, H. and Rotmann K. W. G. 2001.
Afrikelp: Use of a brown seaweed products for the establishment and restoration of soccer field in Namibia. Abstract of 17<sup>th</sup> Int. seaweed Symp.:
55.

Jensen, A. 1998. The seaweed resouces of Norway. p. 200-209. Eds. Critchley A. T. and M. Ohno, Seaweed resources of the world. JICA, Yokoshuka. 大野正夫2001. ケルプからの液肥と粉末肥料生産. 海藻資源, 5: 19 ~ 20.

白石雅也 1996. カンキツ類の生産と海藻資源. p.140-153. 大野正夫 (編) 21 世紀の海藻資源. 緑書房,東京.

徳田廣 1987. 肥料用. р. 46-47. 徳田廣他(編). 海藻資源養殖学. 緑書房,東京.

殖田三郎・岩本康三・三浦昭雄1963. 肥料及び飼料. 水産植物学. p. 351-355. 恒星社厚生閣, 東京.

山田信夫 2000. 海藻の肥料・飼料への利用. p. 223-226. 海藻利用の 科学. 成山堂書店,東京.

Zemke-White, L. W. and Ohno, M. 1999. World seaweed utilization: An of-century summary. J. Appl. Phycology, 11: 369-376.

(<sup>1</sup>高知大学海洋生物教育研究センター, <sup>2</sup>アンデス貿易株式会社)

# 田中厚子:2002年度「藻類談話会」に参加して

2002年度「藻類談話会」が11月9日(土)午後,京都大学 農学部にて開催されました。今年で復活後8回目にあたる「藻 類談話会」は,藻類を研究材料としている各界の研究者が,そ れぞれの分野を超えて交流することを目的として,毎年関西 地区を中心に行われています。今回も様々な分野の方のご講 演に対して,活発な意見交換が行われました。講演会には39 名,懇親会には23名の方が参加されました。

発表者(敬称略)と講演題目は以下の通りでした。

坂東忠司(京都教育大·教育学部):ホウネンエビと共に生 きる藻類

大城 香 (福井県立大・生物資源学部): ラン藻の窒素固定 左子芳彦 (京都大院・農学部): 有毒鞭毛藻の遺伝子診断法 の開発

伊藤裕之(神戸市水道局・水質試験所): 浄水処理障害の原 因となる藻類について

吉田吾郎(水産総合研究センター):広島湾におけるホンダ ワラ類の生態研究と藻場造成

最初の坂東先生のご講演は、ホウネンエビという田んぽに 生息する甲殻類の遊泳脚に付着する淡水産緑藻 Characium に ついてのお話でした。ホウネンエビの体表に付着している Characiumは、ホウネンエビが頻繁に脱皮をくり返す度に、遊 走細胞を作り、脱皮後の新しい体表にも付着しているのでは ないかということでした。またホウネンエビが走光性を持ち いつでも背泳ぎをしているのは、遊泳脚に Characium を付着 させるためなのではないか、などホウネンエビと Characium の関係についてお話してくださいました。現在の時点では共 生関係があるという確証は得られていないようですが、エビ にとっては酸素供給、Characiumにとっては分布拡大、とい うような利点をもつ共生関係の存在が十分に考えられるらし いので今後の研究がとても楽しみに思えました。

大城先生のご講演は、ラン藻の窒素固定と光合成の関係についてのお話でした。窒素固定は酸素によって阻害されるため、窒素固定を行うラン藻では明期に光合成、暗期に窒素固定という使い分けが行われていて、そのようなラン藻では光合成や窒素固定にサーカディアンリズムがみられるということでした。しかし私にとって何より不思議だったのは、光合成と窒素固定を同時に行うラン藻がいるということです。詳しいことはまだ分かっていないようでしたが、私達がまだ気付いていない効率の良い方法があるのだろうと思い、とても興味深く感じました。

左子先生のご講演は、遺伝子を用いて有毒渦鞭毛藻の種類 を判別しようというお話でした。形態的な形質の判別が困難 な渦鞭毛藻を、遺伝子解析を用いてより簡単に種類を同定し ようという試みで、分類学を学ぶ私には少し抵抗もありましたが、有毒な渦鞭毛藻をより素早く判別するという点では、遺伝子による迅速な種の同定は有効なのだろうと感じました。同じような手法でも視点が違うとその使い方や読みとる情報が全く違うのだということを実感したお話で、とても良い勉強になりました。

伊藤先生のご講演は、浄水処理を行う上で障害となる藻類と、その対応策についてのお話でした。例えば、貯水池の入水口を水位別にいくつか作り、藻類が発生した時は底の方から水を採る、などのいくつかの対応策について具体的に分かりやすく説明して頂きました。また全国の水道局にアンケートを実施したところ、藻類に対する認識はほとんどなかったため、各種の藻類と浄水処理障害の関係をより詳しく把握するために障害となる主な藻類の検索システムを作成し、全国的な対策を促す活動に取り組んでいるというお話もありました。藻類が水道水に混ざると生臭いにおいがするそうですが、伊藤先生は藻類が臭みとして感知される最低濃度なども把握されていて、神戸市の水を飲んでいる私としてはとても頼もしく感じました。

最後の吉田先生のご講演は、広島湾内のホンダワラ類の生態学的研究とその結果をどのように藻場造成に応用するかという、今回のご講演の中では唯一の大形藻に関するお話でした。同じアカモクでも広島湾の入り口付近と湾奥部分の個体群では成熟時期が大きくずれるというお話や、一年生のホンダワラ類が生えてくるのか、多年生のホンダワラ類が生えてくるのかは底質によって決まるというお話など、大型藻と環境との関わりについて様々な研究結果をお話してくださいました。私は大型藻を研究対象としているので、非常に興味深く色々なことを考えさせられるお話でした。

今回の講演会で私が一番強く感じたことは、異なる分野のお話でも、自分の研究のヒントになるということでした。日頃はやはり自分の研究に関係することばかりに目が行きがちですが、専門外だと思っていたお話もふと気がつくと自分の研究にも生かせる事があると思います。そのような機会を与えてくれるという意味でも、このような講演会に参加するのは有意義であると感じました。

今年の談話会は例年に比べて参加者がやや少なかったことがとても残念でした。藻類を対象とした様々な分野の研究に触れられるという数少ない機会であり,多くの参加者の方によってより活発な交流が行われていくことで,藻類という分野全体の活性化にもつながるのではないかと思いました。来年は私の通う神戸大学での開催が決定しておりますので,より多くの方が参加してくださるのを楽しみにお待ちしております。

(神戸大学・自然科学研究科・生命科学)

# 第7回現生及び化石渦鞭毛藻国際会議(Dino7)開催

2003年9月21日から25日に長崎市において第7回現生及び化石渦鞭毛藻国際会議(7<sup>th</sup> International Conference on Modern and Fossil Dinoflagellates; Dino 7)が開催予定である.

この国際研究会議は1978年に第1回がアメリカ合衆国(コロラドスプリングス)で開催された後,ほぼ4年に一度,世界各地で開催され,長崎での開催は第7回になる。今回の会議で取り上げる主要なテーマは,進化(分子生物学的系統分類や生活史),現在や過去の生産,現在や過去の海洋循環や環境,化学産生物の化石(化学化石)記録,有害・有毒種の生理・生態,などである。長崎での会議では最近の社会的課題として重要性が指摘されている沿岸海域の海洋環境保全と修復という観点から,また開催地域が海洋資源の活用と保全を特に重要視しているという観点から,渦鞭毛藻によるブルームが主要なテーマになる。

原生生物界の主要な一群である渦鞭毛藻は真核生物の中でも、1) おそらく先カンブリア代に起源を持ち、その進化過程において原核生物や真核生物との共生が行われてきたこと、2) その結果として種多様性が極めて高く、海域・淡水域に広く分布していること、3) 従って化石記録が豊富で、中生代以降の標準化石として重要であり、それが石油資源探査に活用されていること、4) 現在の海域でも基礎生産者として珪藻に次ぐ重要な位置を占めていること、5) 最近の特に沿岸域で広域化と多発化している有害・有毒赤潮の主要原因生物群であること、などの特徴をもつ。このような渦鞭毛藻について系

統分類学的,生態学的,生物化学的,古生物学的,古海洋学的観点ムすなわち生物学研究者と古生物学研究者とが一堂に会し,種々の異なった研究手法を通して渦鞭毛藻研究への理解を深めることを目的としている.

国内組織委員会と事務局は以下の通りである。また、2nd circularが下記のホームページで公表されており、参加手続きもインターネットで行える。

#### 国内組織委員会

松岡數充 長崎大学水産学部沿岸環境学研究室

福代康夫 東京大学アジア生物資源環境研究センター

堀口健雄 北海道大学大学院生物科学専攻

栗田裕司 新潟大学理学部地質科学教室

吉田 誠 長崎大学水産学部沿岸環境学研究室

#### DINO 7 事務局:

松岡數充·吉田 誠

長崎大学水産学部沿岸環境学研究室

852-8521 長崎市文教町 1-14

Tel. +81-95 847 1111 ext. 3184 (松岡數充) /3116(吉田 誠)

Fax. +81-95 844 3516

E-mail: f0590@ cc.nagasaki-u.ac.jp or dino7@csc.jp

Homepage address: http://www.fish.nagasaki-u.ac.jp/DINO7/

#### 〈藻類学会のホームページアドレス変更のお知らせ〉

このたび、学会のホームページが国立情報学研究所のホームページサイトに移設されました。これに伴いアドレスが変更になりましたので、お知らせいたします。新しいアドレスは、http://www.soc.nii.ac.jp/jsp/default.htmlです。

#### 編集後記

平成14年12月より、和文誌「藻類」の編集委員長を仰せつかりました。編集委員長といっても何をしたらよいかわからず、前編集委員長、副委員長の田中さん、南雲さんに教えていただきながら、編集を進めたいと思っています。これまでの編集はMacで行われていましたので、Windows派の私にとってはよくわからず、編集の実務はほとんど倉島さんにお願いしている次第です。次号からは編集作業をWindows上で行えるようにするつもりです。藻類学会第27回大会は私どもの三重大学で開催されます。学会関係の記事、要旨を含みますので、年度の1号はいつもに比べ少し厚くなっております。論文はもちろん、シンポジウムの要旨、学会や講演会等の案内、その他いろいろな案内や記事など、和文誌は会員の皆様方で作る会誌です。今後ともご協力をお願いします (M.M.)

皆様の御協力のおかげで、多くの原稿が集まりました。初めての編集で、まだ分からない部分も多々ありますが、なんとか作業を終わらせる事ができ、一安心しております。これらからもよろしくお願いいたします。(A.K.)

# Phycological Research

# 英文誌 50巻3号掲載論文和文要旨

Dine Naw, M. W.<sup>1</sup>・原 慶明<sup>2</sup>:ミャンマー産 *Prasiola* sp. (緑藻カワノリ目) の形態と分子系統

Moat War Dine Naw and Y. Hara: Morphology and molecular phylogeny of *Prasiola* sp. (Prasiolales, Chlorophyta) from Myanmar. Phycol. Res. 50:175-182.

外部形態がアオノリによく似たミャンマー産淡水緑藻の1種(現地では"Ju"と呼び、食用として販売されている)について、形態学的および分子系統学的研究をおこなった。この藻の葉状体は1細胞性の層でできており、葉緑体は星状で細胞中央に位置する。加えて、18S rDNA遺伝子による系統解析では日本産のカワノリ(Prasiola japonica)と単系統を形成し、アオノリを含む他の緑藻類とは近縁性を示さなかった。この結果、本藻はカワノリ属に所属し、P. japonica に最も近縁であることが判明した。(「山形大・院・理工学研究科、2山形大・理)

Wilson, S.<sup>1</sup>·West, J.<sup>1</sup>·Pickett-Heaps, J.<sup>1</sup>·横山亜紀子<sup>2</sup>· 原慶明<sup>2</sup>:単細胞性藻

類 Rhodosorus 属の葉緑体回転運動と形態学的可塑性

Sarah Wilson, John West, Jeremy Pickett-Heaps, Akiko Yokoyama and Yoshiaki Hara: Chloroplast rotation and morphological plasticity of the unicellular alga *Rhodosorus* (Rhodophyta, Stylonematales)

Rhodosorus marinus Geitler 13 株と R. magnei Fresnel & Billard 1株について、低速度ビデオ顕微鏡(Time-lapse videomicroscopy)を用いて葉緑体回転運動を撮影した。すべ ての株で細胞直径, 葉緑体の回転速度, および葉緑体突出部 の数を計測した。葉緑体回転運動はRhodosorus属に限定され る形質であることが判明し, 分類学的記載に含めることを提 案した。タイプ種のR. marinusでは、弱光下(2-4 tmol photon m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) で直径 4 - 7 mm, 強光下(15 - 20 ᡮmol photon m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) で直径 4.5 - 11.5 mm であり、2 -7 個の葉緑体突出部をもつ。 R. magnei は強光下では直径9 mmで7-9個の葉緑体突出部を もつ。しかし、弱光下で維持した場合は、細胞はさらに小さ く (平均 4 mm), 葉緑体突出部は 2-3 個となる。R. magnei は R. marinus に比べて細胞サイズが大きいこと、および葉緑 体の突出部の数が多いことに基づいて記載された種であるが, これらの形質は変化に富み、培養条件に依存するため、両種 の識別には適さないことが判明した。

(<sup>1</sup>Univ. Melbourne, Australia, <sup>2</sup> 山形大·理)

芹澤如比古<sup>1</sup>, 秋野秀樹<sup>2</sup>, 松山和世<sup>3</sup>, 大野正夫<sup>4</sup>, 田中次郎<sup>5</sup>, 横浜康継<sup>6</sup>:水温環境の異なる2つの生育地のカジメ (褐藻, コンブ目) 胞子体における形態計測学的研究

Yukihiko Serisawa, Hideki Akino, Kazuyo Matsuyama, Masao

Ohno, Jiro Tanaka and Yasutsugu Yokohama: Morphometric study of *Ecklonia cava* (Laminariales, Phaeophyta) sporophytes in two localities with different temperature conditions

土佐湾手結地先(南日本;水温15~29℃)では1995年 から1996年に、伊豆下田鍋田湾(中央日本;水温13~25℃) では1996年から1997年に、水深6~9mの密な群落内に任意 に置かれた1m2のコドラート,3~4枠におけるカジメ(褐 藻, コンブ目) 胞子体の刈り取りを季節的に実施した。全て の個体において生長輪数を査定し、それぞれの測定項目にお いて1歳以上の胞子体の平均値を比較した。藻長(茎長+中 央葉長) は常に手結カジメ (24~52 cm) が鍋田カジメ (70 ~100 cm) より小さかったが、その違いは主に手結カジメの 茎長 (7~14 cm) が鍋田カジメ (54~83 cm) より短いこ とに起因していた。しかし、中央葉長は時に手結カジメ(12 ~38 cm) の方が鍋田カジメ (14~21 cm) より長かった。 茎 径,中央葉幅,最長側葉長は、ほとんど手結カジメの方(8.6) ~ 12.4 mm, 5.5 ~ 7.0 cm, 23.4 ~ 38.0 cm) が, 鍋田カジメ (16.4~20.2 mm, 9.2~12.0 cm, 43.0~52.6 cm) よりも低 い値を示した。それでも、側葉数は手結カジメでは15~28 枚、鍋田カジメでは18~29枚と同様の範囲内にあった。手 結では32~43%のカジメが夏季と秋季には皺(しわ)のある 葉部を持っていたが、鍋田のカジメには調査期間を通して中 央葉または側葉に皺は観察されなかった。2つの地域のカジ メにおけるこれらの形態的差異は環境要因, 特に水温に起因 していると考えられた。(「千葉大・海洋セ,2北海道函館水試, 3海洋科学技術センター, 4高知大・海生セ, 5東水大・藻類, 6志津川町自然セ)

芹澤如比古<sup>1</sup>, 横浜康継<sup>2</sup>, 有賀祐勝<sup>3</sup>, 田中次郎<sup>4</sup>:水温環境の異なる生育地から移植されたカジメ(褐藻, コンブ目) 胞子体の生長

Yukihiko Serisawa, Yasutsugu Yokohama, Yusho Aruga and Jiro Tanaka: Growth of *Ecklonia cava* (Laminariales, Phaeophyta) sporophytes transplanted to a locality with different temperature conditions

暖温海域に生育する短茎-小型タイプのカジメ (褐藻, コンブ目) と、より低い水温海域の長茎 - 大型タイプとの関係を調べるため、移植実験を実施した。茎長 5cm 以下のカジメ幼胞子体を土佐湾手結地先(南日本、水温  $15 \sim 29 ^{\circ}$ )から採集し、長茎 (約 1 m) によって特徴づけられるより大型のカジメが生育する鍋田湾 (中央日本、水温  $13 \sim 25 ^{\circ}$ ) に移植した。それらは生長をモニターするため、鍋田湾の水深 9 m の海底に設置された人工礁上に接着した。比較のため、鍋田湾に生育するほほ同じの大きさのカジメ幼胞子体を、同一の実験場所に同様の方法で移植した。1995年 11 月から 1997年 10 月ま

での毎月、手結と鍋田のカジメ胞子体の生長を測定した。移植された手結と鍋田のカジメ胞子体の茎長と茎径は、冬季から春季にかけて伸長、肥大したが、夏季から秋季にはほとんど生長しなかった。調査期間の最後には鍋田カジメの茎長は25.6 cm、茎径は17.0 mmに達したが、手結カジメの茎長は11.1 cm、茎径は11.2 mmであった。また、鍋田カジメの中央葉長は16.0 cmとなったが、手結カジメのそれは5.5 cmであった。このように手結カジメが鍋田カジメよりも小型であるという性質は、同一の環境下に移植した場合でも維持されていた。(「千葉大・海洋セ、2志津川町自然セ、3東農大、4東水大・藻類)

井口律子<sup>1</sup>・本島清人<sup>2</sup>・岡田光正<sup>1</sup>: 大型海産藻オオハネモ *Bryopsis maxima* (Bryopsidales, Ulvophyceae) のコスミドライブラリーの作製

Ritsuko Inokuchi, Kiyoto Motojima and Mitsumasa Okada: Cosmid library of the marine macroalga *Bryopsis maxima* (Bryopsidales, Ulvophyceae)

大型海産藻オオハネモ Bryopsis maxima ex Segawa (Bryopsidales, Ulvophyceae) を用い、短時間で簡単かつ安価な コスミドライブラリーの作製方法の確立を研究の目的とした。 遊離のホウ酸残基を有する樹脂粒子と共有結合を形成させて 多糖類を除去し, DNA を精製した。収率は, 20 μ g g<sup>-1</sup> fresh weightであった。精製 DNA は, 100-200 kb のサイズで, A<sub>260</sub>/  $A_{280}$  は 1.8,  $A_{230}/A_{260}$  は 0.4 であり、分子生物学的研究に十分 な品質を有していた。以下の手順でクローニングを行った。 マイクロシリンジを通過させるシェアリングにより得たラン ダムなサイズのDNAから、バイアス正弦電場ゲル電気泳動を 行なうことにより最適なサイズのDNAを分画し、ゲル内でベ クターヘライゲーションし, in vitroで λファージにパッケー ジングした。作製したライブラリーは, 平均40 kbのインサー トDNAを有する2.0 7 103 個の異なるクローンを含んでいた。 選択性の高い条件で行ったサザンブロット分析で, ライブラ リーからポリメラーゼ連鎖反応により増幅された DNA 断片 は、B. maximaグルタミン酸脱水素酵素をコードする DNA 断 片 (328bp) とハイブリダイズし, ライブラリーはB. maxima染 色体DNAを含むことが確認された。大型海産藻類では、今回 作製した B. maxima コスミドライブラリーが最初の報告であ る。(1東邦大学・理学部,2東邦大学・薬学部,現:明治薬科・ 生化学)

上井進也・小亀一弘・増田道夫:Elachista nigraと E. orbicularis (褐藻網,ナミマクラ科) の同種性について

Conspecificty of *Elachista nigra* and *Elachista orbicularis* (Elachistaceae, Phaeophyceae).

褐藻 Elachista nigra Takamatsu と E. orbicularis (Ohta) Skinner (ナミマクラ科) の2種の独立性について,タイプ産地を含む日本各地から採集した天然藻体および培養藻体の形態観察と分子系統学的解析をもとに検討を行った。これら2種は複子嚢と側糸の形成パターンの違いにより区別されてきた。E.

nigraでは複子嚢と側糸は直立糸から分枝して形成されるが、E. orbicularisでは基部の匍匐糸から直接形成される。しかし本研究において調べられた標本では、これらの2つのパターンの中間型のものが多くみられた。E. nigraと E. orbicularis および他のナミマクラ科5種を材料とし、核リボソーマルRNA遺伝子のスペーサー領域である ITS 2 領域に基づいて分子系統解析を行ったところ、E. nigraと E. orbicularis は一つのクレードにまとまるが、そのクレード内では複子嚢と側糸の形成パターンの違いは系統を反映していないことが明らかになった。これらの形態観察と分子系統学的解析の結果に基づき、E. orbicularisを E. nigraのシノニムとした。E. nigraのITS 2 領域の塩基配列は、日本海側と太平洋側のサンプルの間で幾つかの挿入/欠失と塩基置換に違いがみられた。(北大・院・理学研究科)

Maier, I.¹・Müller, D. G.¹・Katsaros, C.²:DNA ウィルス *Ectocarpus fasciculatus* virus type 1(Phycodnaviridae)の宿主細胞の細胞質および核への侵入

Ingo Maier, Dieter G. Müller and Christos Katsaros: Entry of the DNA virus, *Ectocarpus fasciculatus* virus type 1 (Phycodnaviridae), into host cell cytosol and nucleus.

Ectocarpus fasciculatus virus type 1 (EfasV-1) が褐藻の遊走子に感染する過程を電子顕微鏡で観察した。ウィルスが目標の細胞に接触する際,キャプシドの内存性膜要素が宿主の細胞膜と融合し,直径 140nmの DNA タンパクコアが細胞質に侵入した。感染後 5 分以内にウィルス性コアに似た粒子が核内に出現した。EfasV-1が宿主核に侵入するメカニズムは未だ謎である。(¹Universität Konstanz, Germany, ²University of Athens, Greece)

Lourenço S. O.<sup>1</sup> · Barbarino, E.<sup>1</sup> · De-Paua, J. C.<sup>2</sup> · da Pereira, L. O. S.<sup>4</sup> · Marquez, U.M. L.<sup>3</sup>:19種の熱帯性海藻における、アミノ酸組成、タンパク量および窒素からタンパクへの変換因子の推定

Sergio O. Lourenço, Elisabete Barbarino, Joel C. De-Paua, Luis Otávio da S. Pereira and Ursula M. Lanfer Marquez: Amino acid composition, protein content and calculation of nitrogen-to-protein conversion factors for 19 tropical seaweeds

タンパク量を決定するには、窒素からタンパクへの変換因子(N-Prot 因子)を利用する方法が最も実質的である。この方法の精度は、いかに各々の生物種に固有のN-Prot 因子を確立するかにかかっている。この手法を海藻に用いるためには、実験に基づくデータが必要である。本研究では、緑藻6種、褐藻4種、紅藻9種のアミノ酸組成を調べ、それぞれのN-Prot 因子の確立を目的とした。各々のアミノ酸の平均量は緑藻、褐藻、紅藻で似ていたが、いくつかの違いがみられた。緑藻では、アスパラギン酸とグルタミン酸の割合が褐藻や紅藻よりも低い傾向がみられた。リシンとアルギニンの割合は紅藻でより高く、褐藻はメチオニンの割合が他の海藻よりも高い傾向がみられた。アミノ酸残基の合計をもとに実際のタ

ンパク量を算出したところ、乾燥重量にして10.8%(褐藻 Chnoospora minima)から23.1%(紅藻 Aglaothamnion uruguayense)まで違いがみられた。さらに、全窒素量に対するアミノ酸残基の割合に基づいてN-Prot因子を算出したところ、3.75(紅藻 Cryptonemia seminervis)から5.72(褐藻 Padina gymnospora)までの範囲で変異がみられた。非タンパク性窒素の相対的重要性は紅藻でより高く、結果的に紅藻種でN-Prot因子が最も低かった(平均4.59)。逆に言えば、緑藻およ

び褐藻ではタンパク性の窒素量が高い傾向があり、N-Prot 因子の平均はそれぞれ5.13 および5.38 であった。本研究で得られたN-Prot 因子の全体の平均値は4.92 ±0.59 (n = 57) であった。従来用いられていた6.25 という N-Prot 因子は海藻には不適であり、本研究で得られた新たな N-Prot 因子を用いるべきである。(「Universidade Federal Fluminense, Brazil, <sup>2</sup>Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Brazil, <sup>3</sup>Universidade de São Paulo, Brazil, <sup>4</sup>University of Turku, Finland)

#### ごあいさつ

#### 日本藻類学会会長 原 慶明

昨期2年には会則の整備や学会創立50周年の記念事業および第3回アジア太平洋藻類学フォーラムと日本藻類学会第26回大会をAlgae2002国際合同会議(2002年7月:つくば)として開催するなど、手に余る行事を大過なく遂行できましたことは会員各位のご協力なくしては考えられないことでした。引き続き平成15・16年度の会長に選挙されましたこと、光栄に存じますが、更なる難局が待ち受けていること必定です。公私とも会長をお引き受けできる状態ではありませんが、会員各位のこれまで以上のご協力をいただけると確信いたしまして、任期を全うする所存です。

会長選挙後に会員有志の方々から「学会活性化ワーキング・グループ」設立の提案をいただきました。本会は日本学術振 興会の刊行助成金なくしては学会誌の円滑な発刊はできません。しかし、最近本会と同規模の学会で刊行助成金が打ち切られ、 会の運営に大きな障害をきたしています。そのような状況を踏まえ持ち回り評議員会で、学会活性化ワーキング・グループの 設立をお認めいただき、現在すでに活動を開始しております。「明日はわが身」にならぬように、かつ弱体学会事務局へのワー キング・グループの方々のお心遣いに対し、幹事ともども感謝いたしております。

Algae2002直後、2009年に開催予定の第9回国際藻類学会議 (IPC9)を日本に誘致してはどうか、とのお誘いを受けました。立候補の受付期限が迫っておりましたので、IPC8の申請にご尽力いただいた渡辺信 (国立環境研究所)、川井浩史 (神戸大学)両氏および数名の会員の方々のご意見を伺い、持ち回り評議員会の議を経て立候補の決断をいたしました。現在先方は審議中で、まもなく裁決結果が送られてくることになっております。採否に関わらず、これから日本藻類学会および会員が国際的なアクティビティーにさらに積極的に参画することが我々の重要課題の一つです。もし採択された場合には開催資金の工面の他に 2009年を一つの区切りとして、本会の組織・運営の長期展望を描かなければなりません。これらも本会としては大仕事と覚悟をしております。

2期目の学会事務局を立ち上げるの際し、わざわざ入会していただき会計幹事をお引き受けくださった半沢直人氏にはこれ以上のご無理を強いることができませんでした。これまでのご労苦に対し学会を代表して感謝申し上げたいと存じます。なお、今期の会計幹事は横山亜紀子(山形大学)氏にお願いいたしました。会員各位の強力なご支持をいただき、本会の発展に些少でも寄与できることを期して、ご挨拶といたします。

平成15年1月 (山形大・理・生)

## 学会録事

- 1. 第4回持ち回り評議員会報告(平成14年11月15日開催) 堀口健雄氏(北海道大)から提案者を代表して,より一層の藻類学会活動活性化のためのワーキンググループを組織することが提案され,これに基づき,(1)ワーキンググループ和人選・組織化の賛否,及び(2)その際にワーキンググループの人選・組織編成を提案者と学会事務局に一任することの2件の議案について審議した。その結果,反対意見はなく2件とも承認された。今後,オブザーバーとして事務局から1名を加えたワーキンググループを早期に組織し,藻類学会活性化のためのアクションプランの策定・検討等を進め,実施にあたっては,評議員会,総会に諮ることになる。
  - 2. 秋期シンポジウムの開催

2002年度日本藻類学会秋期シンポジウム「新しい海藻由来

の製品の科学的検討」が、日本海藻協会と応用藻類学研究会 との共催で、2002年12月6日午後1時より、東京・日本橋の ロイヤル・パークホテルにおいて開催された。

講演者名と題目は次の通りである。

1. 機能性食品としてのフコイダンとオリゴ糖ーその構造と生物活性:加藤郁之進, 2. 低分子化アルギン酸ナトリウムの機能性と食品への利用, 志多伯良博, 3. 海 苔由来ペプχ ド類の血圧調節作用:川合正允, 4. アルギン酸の工業への利用, 宮島千尋, 5. 海藻配合化粧品~海藻の化粧品利用への可能性~:箕浦一彰, 6. 海藻肥料による土壌改善と農産物の増産と品質向上:大野正夫。

企業関係者を中心に200名ほどの出席があり、活発な討議がなされた。またシンポジウム後に開かれた懇親会には80名が出席し、和やかな中で積極的な意見交換が行われた。

### 「21世紀初頭の藻学の現況」のホームページ公開と冊子体販売のお知らせ

日本藻類学会創立50周年記念出版

「21世紀初頭の藻学の現況」のホームページ公開と冊子体 販売のお知らせ

日本藻類学会では50周年記念行事の一環として,今世紀初頭の藻学の現況を広く知ってもらうことを目的に,基礎から応用にわたる様々な藻類に関する最近の話題をわかりやすく解説した解説集を編纂いたしました。今回の企画の目玉は,学会の社会貢献のひとつとして,すべての内容を無料にて学会ホームページからpdfファイルとしてダウンロードできるようにしたことです。会員の皆さんもどうぞご活用くださるとともに,周りの方への宣伝もお願いいたします。学会ホームページは

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

です。ダウンロードは面倒である、全部の内容を一括して入手したいという方のために、冊子体も作製しました。こちらは有料にてお分けいたします。購入ご希望の方は下記までご連絡ください。ただし、ホームページからのpdf版はカラー写真を含みますが、冊子体はすべて白黒印刷となります。

#### \*\*\*\*

「21世紀初頭の藻学の現況」日本藻類学会発行 堀輝三・大野正夫・堀口健雄編 2002年12月発行 49項目(各項目2~4頁) B5版 153pp.

冊子体販売価格 1冊 3,000円(送料込み)

購入申し込み・問い合わせ先:

〒 060-0810 札幌市北区北 10 条西 8 丁目 北海道大学大学院理学研究科

FAX: 011-706-4851

E-mail: horig@sci.hokudai.ac.jp

日本藻類学会創立50周年記念行事実行委員会



# Algae2002 会計決算報告

昨年7月,産業技術総合研究所共用講堂(茨城県つくば市)において開催したAlgae2002(日本藻類学会創立50周年記念事 業・第26回日本藻類学会大会・アジア太平洋藻類学フォーラム(APPF)合同会議)の会計収支決算について報告します。通常, 年会の会計報告は学会誌に掲載されていないが、今回は学会創立50周年記念事業の一環として開催したものであること、記 念行事の会計と会議運営自体の会計を切り離さず一本化して処理したこと,会員各位より多額の寄付金をお寄せいただいたこ と、等々の経緯から掲載することが望ましいと考えました。本事業に賛同しご寄付をいただいた会員の皆様、協賛企業の方々 にこの場を借りて厚く御礼申し上げます。

(Algae2002 実行委員·会計担当 恵良田 眞由美)

| 収力 | 0 | ); | 部 |   |
|----|---|----|---|---|
| _  | _ |    |   | - |

| 収入の部 |                           |           |            |
|------|---------------------------|-----------|------------|
| 項目   | 科目                        | (単        | 位・円)       |
| 自己資金 |                           |           | 7,577,380  |
|      | 参加登録料(個人)                 | 6,327,500 |            |
|      | 参加登録料 (団体)                | 99,880    |            |
|      | エクスカーション参加費               | 150,000   |            |
|      | 日本藻類学会 大会補助費              | 300,000   |            |
|      | 日本藻類学会 和文誌超過頁代(要旨集印刷補助費)  | 700,000   |            |
| 補助金  |                           |           | 1,490,000  |
|      | 井上科学振興財団                  | 700,000   |            |
|      | 植物科学基金                    | 300,000   |            |
|      | つくば市補助金                   | 490,000   |            |
| 寄付金  |                           |           | 1,738,570  |
|      | 個人                        | 1,298,770 |            |
|      | シンポジウム (S15) 参加者 (補助費を寄付) | 100,000   |            |
|      | 企業                        | 204,520   |            |
|      | 藻類グッズ売り上げからの寄付金           | 135,280   |            |
| 広告・展 | 示料                        |           | 269,070    |
|      | 広告料                       | 89,550    |            |
|      | 企業展示料                     | 179,520   |            |
| 雑収入( | 預金利息)                     |           | 11         |
| 合計   |                           | ·         | 11,075,031 |

支出の部

| 項目       | 科目                           | (単        | 位・円)      |
|----------|------------------------------|-----------|-----------|
| 会議運営費    |                              |           | 8,311,939 |
|          | シンポジウム補助費                    | 1,600,000 |           |
|          | 外国人参加費補助                     | 202,500   |           |
|          | 記念品・会場看板代                    | 119,900   |           |
|          | パーティー費 (初日・ウェルカム・バンケットの計3回分) | 3,346,047 |           |
|          | 休憩室茶菓・スタッフ昼食代                | 224,394   |           |
|          | 名札・文具等消耗品費                   | 252,236   |           |
|          | エクスカーション費用 (バス代・昼食代を含む)      | 248,702   |           |
|          | シャトルバス費用                     | 1,077,300 |           |
|          | 通信運搬費                        | 112,910   |           |
|          | アルバイト賃金                      | 1,127,950 |           |
| 資料作成費    | (要旨集印刷費, 公開シンポジウムポスターを含む)    |           | 1,351,32  |
| 50 周年記念  | 事業費                          |           | 850,97    |
|          | 講演謝礼・記念盾制作費その他雑費             | 614,726   |           |
|          | 用語集印刷費                       | 236,250   |           |
| APPA 運営分 | 予担金(参加費の 5%)                 |           | 321,36    |
| その他雑費    |                              |           | 239,41    |
| 合計       |                              |           | 11,075,03 |

# 日本藻類学会会則

- 第1条 本会は日本藻類学会と称する。
- 第2条 本会は藻学の進歩普及を図り、併せて会員相互の連絡並に親睦を図ることを目的とする。
- 第3条 本会は前条の目的を達するために次の事業を行う。
  - 1. 総会の開催(年1回)
  - 2. 藻類に関する研究会、講習会、採集会等の開催
  - 3. 定期刊行物の発刊
  - 4. その他前条の目的を達するために必要な事業
- 第4条 本会の事務所は会長が適当と認める場所に置く。
- 第5条 本会の事業年度は1月1日に始まり、同年12月31日に終わる。
- 第6条 会員は次の5種とする。
  - 1. 普通会員(国内会員)(藻類に関心をもち,本会の趣旨に賛同する日本に在住する個人で,役員会の承認するもの)
  - 2. 普通会員(外国会員)(藻類に関心をもち,本会の趣旨に賛同する海外に在住する個人で,役員会の承認するもの)
  - 3. 団体会員(本会の趣旨に賛同する団体で、役員会の承認するもの)
  - 4. 名誉会員 (藻学の発達に貢献があり、本会の趣旨に賛同する個人で、役員会の推薦するもの)
  - 5. 賛助会員(本会の趣旨に賛同し, 賛助会員会費を納入する個人又は団体で, 役員会の推薦するもの。
- 第7条 本会に入会するには,住所,氏名(団体名),職業を記入した入会申込書を会長に差し出すものとする。
- 第8条 1. 国内会員は毎年会費 8,000円(学生は 5,000円)を前納するものとする。但し、名誉会員(次条に定める名誉会長を含む)は会費を要しない。外国会員の会費は 8,000円(年間)とする。会長の承認を得た外国人留学生は帰国前に学生会費の 10年分を前納することが出来る。団体会員の会費は 15,000円とする。替助会員の会費は 1口 30,000円とする。
  - 2. 本会の趣旨に賛同する個人又は団体は,本会に寄付金又は物品を寄付する事が出来る。寄付された金品の使途は,第 11条に定める評議員会で決定する。
- 第9条 本会には次の役員を置く。

会長 1名 幹事 若干名 評議員 若干名 会計監事 2名

役員の任期は2年とし重任することが出来る。但し、会長と評議員はひき続き3期選出されることは出来ない。役員選出の規定は別に定める(付則第1条~第4条)。本会に名誉会長を置くことが出来る。

- 第10条 会長は会を代表し、会務の全体を統べる。幹事は会長の意を受けて日常の会務を行う。会計監事は前年度の決算財産の状況などを監査する。なお、会務に議決を要する場合は総会がそれを行う。
- 第11条 評議員は評議員会を構成し、会の要務に関し会長の諮問にあずかる。評議員会は会長が召集し、また文書をもって、 これに代えることが出来る。
- 第 12 条 1. 本会は定期刊行物「Phycological Research」及び「藻類」をそれぞれ年 4 回及び 3 回刊行し,会員に無料で頒布する。
  - 2. 「Phycological Research」及び「藻類」の編集・刊行のために編集委員会を置く。
  - 3. 編集委員会の構成・運営などについては別に定める内規による。

(付則)

- 第1条 会長は国内在住の全会員の投票により、会員の互選で定める(その際評議員会は参考のため若干名の候補者を推薦する事が出来る)。幹事は会長が会員中よりこれを指名委嘱する。会計監事は評議員会の協議により会員中から選び総会において承認を受ける。
- 第2条 評議員選出は次の二方法による。
  - 1. 各地区別に会員中より選出される。その定員は各地区1名とし、会員数が50名を越える地区では50名までごとに1名を加える。
  - 2. 総会において会長が会員中より若干名を推薦する。但し、その数は全評員の1/3を越えることは出来ない。 地区割りは次の8地区とする。北海道地区、東北地区、関東地区、東京地区、中部地区(三重県を含む)、近畿地区、 中国・四国地区、九州地区(沖縄を含む)。
- 第3条 会長、幹事及び会計監事は評議員を兼任することは出来ない。
- 第4条 会長及び地区選出の評議員に欠員が生じた場合は,前任者の残余期間次点者をもって充当する。
- 第5条 会員が「藻類」のバックナンバーを求めるときは各号1,750円とし、非会員の「藻類」の予約購読料は各号3,000円とする。
- 第6条 本会則は2003年1月1日より改正施行する。

# 和文誌「藻類」投稿案内

#### 1. 編集方針と投稿資格

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

#### 2. 原稿執筆・投稿要領

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

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

#### 1) 標題等

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

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

#### 2) 本文

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

「・・・が知られる(Yamada 2002)。」「山田ら(2002, p. 25)は・・・した。」「・・・がみられる(図 2, 表 3)。」

#### 3) 引用文献

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

(雑誌中の論文) 著者 出版年. 論文標題. 雑誌名 巻: 掲載頁.

山田幸男・田中太郎 2002. 日本産海産付着珪藻の分類.藻類 50: 100-110.

Yamada, Y. and Tanaka, T. 2002. Taxonomy of diatoms. J. Phycol. 50: 100-110.

単 行 本)著者出版年.標題.出版社.所在地.

山田幸男 2002. 日本の海藻. いろは出版. 東京.

Yamada, Y. 2002. Seaweeds. A Taxonomic Survey. ABC Print. London.

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

山田幸男 2002. 海藻の観察.p. 10-20. 田中太郎他(編)海藻研究.いろは出版.東京.

Yamada, Y. 2002. Dictyotales. p. 10-20. In: Tanaka, T. (ed.) Seaweeds. ABC Print. London.

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

Yamada, Y. 2002. Dictyotales. In: Tanaka, T. (ed.) Seaweeds. 2(3). ABC Print. London.

#### 4) 図(写真は図とします)と表、およびその説明

図には倍率を示すスケールを入れ、必要に応じて矢印や文字などを貼り付け。写真は光沢印画紙に鮮明に焼き付け、不要なスペースをカット。表の罫線は横線のみ。図、表ともに脱落防止のために台紙とカバーをつけ、下端に著者名、図、表の番号を記入。図、表は原則的には編集においてスキャナーで取り込み、縮小します。なおpictファイル等のデジタルデータがあれば添付してください。実際の印刷では、幅は1段8.5cm、2段17.5cm、縦は最大で24cmとなります。図、表の説明は原稿の末尾に英文、和文または和英併記で記入。

#### 3. ワープロ入力の注意

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

原稿作成にあたっては次の点に注意してください。

- 1) A4 用紙に1行40字, 25 行で印刷する。
- 2) 当用漢字, 新かなづかいを使用する。
- 3) 句読点は「,」と「。」を用い,「、」や「.」を使用しない。
- 4) スペースキーは学名や英単語の区切り以外には使用しない。
- 5) <u>リターンキー</u>(改行) の使用は段落の終わりだけに限定し、1行ごとに改行しない。
- 6) 段落行頭や引用文献の字下げにはタブ、インデント機能を使用する。
- 7) 数字とアルファベットは半角,カタカナは全角を使用する。
- 8) ギリシャ,独,仏,北欧文字や数学記号などの<u>特殊文字</u>は,出力原稿中に<u>赤字</u>で明記する。 (例:uをü,uをμ,eをé,OをØと赤字で記入)
- 9) 新種記載や学名の使用は最新の国際植物命名規約に従い、和名は全角カタカナを使用する。
- 10) 本文中ではじめて使用する学名にのみ著者名をつける。属と種小名には下線を引く。
- 11) 単位系は SI 単位を基本とする。原稿中で使用できる主な単位と省略形は次のとおり。 (時間 hr, min 長さ m, μm, nm 重量 g, mg 容積 l, mL 温度℃ 波長 nm 光強度 Wm, μmol m²s¹)

#### 4. 校正

校正は初校のみとします。DTPで割り付けたファイルをPDFファイルに変換してe-mailで送りますので、無料のPDFファイル閲覧ソフトAcrobat Readerなどで画面上もしくは印刷して校正していただきます。校正の結果はe-mailでご返送ください。図表等は解像度が低い場合がありますので図表の最終チェックは編集委員会におまかせください。なお、PDFファイルを扱えない場合は従来どおり校正刷りをファックスもしくは郵送します。校正はレイアウトおよび提出ファイルからデータ変換が正しく行われているかを確認するにとどめ、校正は受領後3日以内に編集委員会宛ご返送ください。

#### 5. 制限頁と超過頁料金

原著論文は刷上がり10頁,短報4頁,総説16頁以内を無料とします。頁の超過は制限しませんが,超過分については超過頁料金(1頁あたり12,000円)が必要です。速報は2頁以内とし有料です。その他の報文,記事については,原則として2頁を無料とします。2,700字で刷上がり1頁となる見当です。そのほか、折り込み頁,色刷りなどの費用は著者負担となります。

#### 6. 別刷

別刷は原著論文,総説に限り50部を学会で負担しますが、それ以外は有料です。別刷価格は2頁50部で800円が基本となります。また送料および発送手数料1,500円が加算されます。原則として別刷は表紙無しとなります。編集委員会より校正時前後に別刷申込みのご案内申し上げます。

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

和文誌「藻類」は会員の皆様で作る会誌です。 ご投稿お待ちいたします。

和文誌編集委員会より

# 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)

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

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

(株) ハクジュ・ライフサイエンス (173-0014 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(060-0061北海道札幌市中央区南1条西1丁目8有楽ビル)

# 海産微細藻類用培地

#### <特徴>

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

# 海産微細藻類用 ダイブ 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 がつ、IMK-SP培地

・1L用×10 コード:399-01341

# 海産微細藻類培養 ダイブ人工海水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 海洋バイがりの"-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は干寿製柴株式会社の技術環境品です。

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

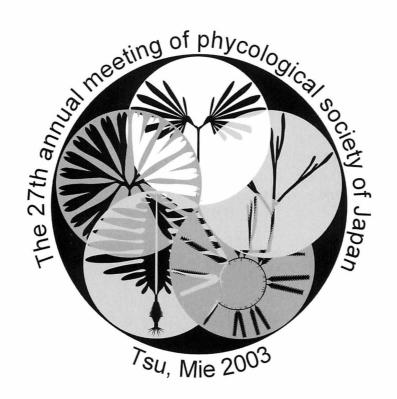
#### 販売 ○ 和光純薬工業株式会社

大阪市中央区道修町三丁目 1 番 2 号 〒541-0045 TEL 06-6203-3741 東京都中央区日本橋四丁目 5 番 13 号 〒103-0023 TEL 03-3270-8571

# 会 告

# 日本藻類学会第 27 会大会 (三重 2003) プログラム

学会会長 原 慶明 大会会長 前川行幸



会 期 2003年3月27日(木)~3月30日(日) 会 場 三重大学 生物資源学部(三重)

#### 1. 会場までの交通(図1)

- (1) JR/近鉄津駅前のバスセンター「4番のりば」から三重交通バス 「白塚駅前行」「椋本行」「豊里ネオポリス行」「三重病院行」「太陽の街行」「三行(みゆき)行」のいずれかに乗車し 「大学前」で下車(約10分。「大学病院前」とお間違えないように)。
- (2) 近鉄江戸橋駅から徒歩で約15分。東海道新幹線名古屋駅で近鉄線へ乗り換えるには,新幹線の10号車付近の階段を降りてください。
- (3) 伊勢自動車道芸濃ICから車で約20分。平日(27,28日)は正門の警備員室で必要事項を記入の上,臨時駐車証を受け取ってください。

#### 2. 会 場(図2.3)

大会:三重大学生物資源学部棟2階 三重県津市上浜町1515 TEL:059-231-9626

生物資源学部棟の中庭を通り奥の階段を2階に上がって下さい。

懇親会:三重大学講堂

大会会場から徒歩5分ほどです。総会終了後ご案内いたします。

総会・公開シンポジウム:生物資源学部棟2階大講義室 編集委員会・評議委員会:生物資源学部棟7階会議室

#### 3. 日程

3月27日(木) 15:00-16:30 編集委員会

16:30 - 18:00 評議委員会

3月28日(金) 9:00-12:00 口頭発表

13:00 - 16:00 口頭発表

16:30 - 17:30 総会

18:00 - 20:00 懇親会

3月29日(土) 9:00-11:00 口頭発表

11:00 - 12:00 展示発表

13:00 - 16:30 口頭発表

13:00 - 17:00 公開シンポジウム「アマモ場の生態と回復|

3月30日(日) 8:45- エクスカーション(伊勢神宮,鳥羽水族館,海の博物館)

#### 4. 受付

生物資源学部棟 2Fホールにて受付を行います。当日参加も受け付けます。

#### クローク

3月28日(金) 8:30-17:30, 3月29日(土) 8:30-17:00 大会会場2階のクロークにて荷物をお預かりいたします。

#### 6. 公開シンポジウム

3月29日午後1時より,生物資源学部棟2階大講義室で公開シンポジウムを開催いたします。日本藻類学会会員以外の方の来聴も歓迎いたします。講演要旨は本プログラムに掲載されております。

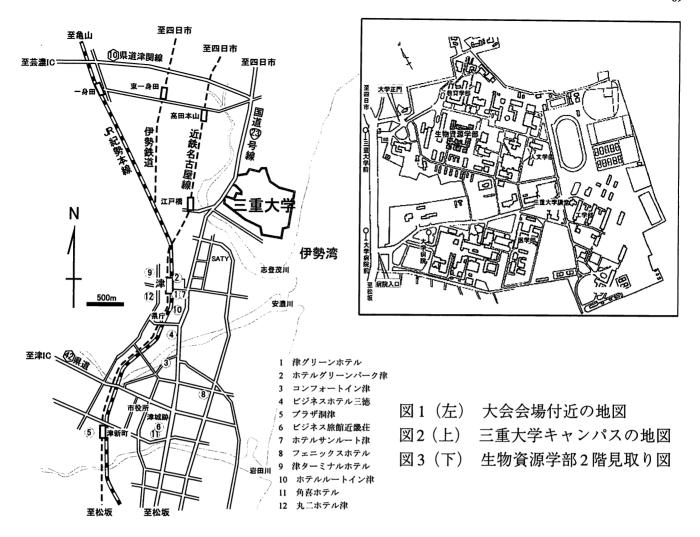
日時:3月29日(土) 13:00-17:00

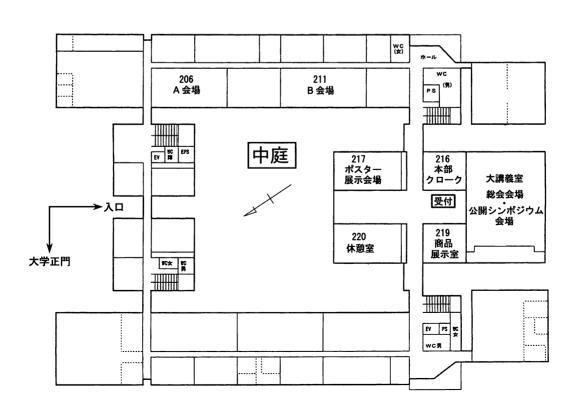
テーマ:アマモ場の生態と回復

オーガナイザー:前川行幸, 寺脇利信

#### 講演者および演題

- (1) アマモ場の生態系の概要 向井 宏(北大)
- (2) アマモ場の生物群集とその多様性 仲岡雅裕 (千葉大)
- (3) アマモの遺伝子多様性研究の現状 田中法生 (国立科学博物館)
- (4) アマモの温度, 光特性 阿部真比古 (三重大)
- (5) アマモ場の生産力推定技術 本多正樹 (電中研)
- (6) サンゴ礁海草藻場と魚類の係わり 中村洋平 (東京大学)





- (7) アメリカにおける藻場造成の現状 玉置 仁(広島大)
- (8) アマモ場造成試験地の5年間のモニタリング 和泉安洋 (徳島県農林水産部)
- (9) アマモ場回復を組み込んだ沿岸域利用計画 尾田 正 (岡山水試)
- (10) 藻場を中心とした浅海生態系の管理方式の検討 敷田麻美 (金沢工大)
- (11) 総合討論

#### 7. 発表形式

#### (1) 口頭発表

- ・一つの発表につき発表 12分、質疑応答 3分です(1 鈴 10分, 2 鈴 12分, 3 鈴 15分)。
- ・発表は原則として 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の際のソフトウェアは Microsoft PowerPoint をご使用下さい。
- ●デジタルプロジェクターをご使用の方へ

本大会で使用する PowerPoint のバージョンは

Windows の方: Office 2000 または Office XP

Macintoshの方: Office 2001 for Mac または Office X for MacOSX

となっており、どなたがどのバージョンになるかは現時点では未定です。互換性に関しましては、ほぼ問題がないと思いますが、できましたら両バージョンでの動作確認を取ることをお勧めします。特に、各バージョン固有の機能についてはご使用にならないようにお願いいたします(例えばOffice X for MacOSX の半透明機能など)。また、フォントも標準的なものをご使用ください。以下に使用可能なフォントの例を挙げます。

Windows の方: MS 明朝, MS ゴシック, Times New Roman, Arial, Courier, Symbol 等

Macintosh の方: Osaka, MS 明朝, MS ゴシック, Times, Arial, Courier, Symbol 等

特殊なフォントをご使用になる方は、文字を画像に変換して使用してください。表示解像度は 1024x768 を基準としてください。

発表30分前までに、受付にメディアをお渡し下さい。受付コンピューターを通して会場コンピューターのハードディスクへファイルをコピーいたします。発表にはこのハードディスク内のコピーファイルを使用していただく予定です。発表後にファイルは消去いたしますが、コピーすることに問題がある方は、あらかじめ準備委員会までご連絡下さい。

操作は演者ご自身でやっていただく予定です。

ファイルの大きさは特に制限いたしませんが, なるべくコンパクトにするようにお願いいたします。100MB以上のファイルになる方は, あらかじめ準備委員会までご連絡下さい。

● O H P をご使用の方へ

OHPシートの取り替え等は発表者ご自身でやっていただきます。スライド係りはつきませんのでご了承下さい。

#### (2) 展示発表 (図4)

- ・展示パネルの大きさは、基本的に縦180cm、横90cmを原則とします。
- ・展示パネルの上部には図2のように発表番号,表題,氏名(所属)を明記してください。
- ・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 時までに所定の場所に掲示して下さい。また,3 月 29 日 12 時 -17 時の間に撤収して下さい。

#### 8. エクスカーション日程

概ね以下のように予定しておりますが、春休み中の日曜日のため、ある程度の混雑が予想されます。帰路の電車等の時間は 余裕を持ってご計画下さい。

解散駅は鳥羽駅もしくは津駅のどちらかご都合の良い方を利用下さい。どちらの駅も JR と近鉄が入っております。

#### 8:45 津駅前集合

↓伊勢神宮へ(自動車)

#### 10:15 伊勢神宮着

↓伊勢神宮参拝、昼食

11:30 伊勢神宮発

↓鳥羽水族館へ

12:00 鳥羽水族館着

↓鳥羽水族館見学

14:00 鳥羽水族館発

↓海の博物館へ

14:30 海の博物館着

↓海の博物館見学

16:30 海の博物館発

↓鳥羽駅へ

17:00 鳥羽駅解散

↓津駅へ

18:30 津駅解散

#### 9. その他

日本藻類学会第27回大会関連の情報は, 随時, 三重大学生物資源学部藻類学研究室のホームページ(http://soruipc2.bio.mie-u.ac.jp/sourui.html) に掲載する予定ですので, そちらもご参考下さい。

#### 10. 連絡先

〒 514-8507 三重県津市上浜町 1515

三重大学生物資源学部 藻類学研究室

前川行幸:TEL 059-231-9530, FAX 059-231-9523,

E-mail maegawa@bio.mie-u.ac.jp

倉島 彰: TEL 059-231-9529, FAX 059-231-9523,

E-mail kurasima@bio.mie-u.ac.jp

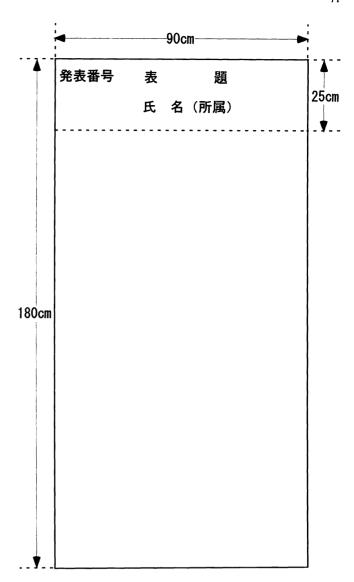


図4 展示パネル説明図

# -公開シンポジウムプログラム----

## 3月29日(土) 大講義室

テーマ:アマモ場の生態と回復

オーガナイザー:前川行幸 (三重大・生物資源), 寺脇利信 (瀬戸内水研)

| 開会の挨拶  |
|--|
| 寺脇利信   |
| アマモ場の生態系の概要  |
| 向井宏(北大・北方圏フィールド科学センター)   |
| アマモ場の生物群集とその多様性  |
| 仲岡雅裕(千葉大・自然科学)   |
| アマモの遺伝子多様性研究の現状  |
| 田中法生(国立科学博物館)  |
| アマモの温度,光特性   |
| 阿部真比古(三重大・生物資源)  |
| アマモ場の生産力推定技術   |
| ○本多正樹・今村正裕・松梨史郎・川崎保夫(電中研)  |
| サンゴ礁海草藻場と魚類の係わり  |
| 中村洋平(東京大・院・農)  |
|  |
| アメリカにおける藻場造成の現状  |
| 玉置仁*·寺脇利信**·岡田光正*·F. T. Short***(*広島大, **瀬戸内水研, ***New Hampshire 大学) |
| アマモ場造成試験地の5年間のモニタリング   |
| ○和泉安洋*・團昭紀**・寺脇利信***・森口朗彦****(* 徳島県水産課,** 徳島県水研,*** 瀬戸内水             |
| 研,**** 水工研)  |
| アマモ場回復を組み込んだ沿岸域利用計画  |
| 尾田正(岡山水試)  |
| 藻場を中心とした浅海生態系の管理方式の検討  |
| 敷田麻実(金沢工大・環境システム)  |
| 総合討論   |
|  |
| 閉会の挨拶  |
| 前川行幸   |
|  |

# 日本藻類学会第27回大会講演プログラム

#### 3月28日(金)午前の部

#### A 会場 206 教室

- 9:00 A01 ラビリンチュラ類 *Schizochytryum* sp. に感染する一本鎖 RNA ウイルス (ThV)のゲノム解析 高尾祥丈\*・○本多大輔\*\*・長崎慶三\*\*\*・三瀬和之\*\*\*\*・奥野哲郎\*\*\*\* (\* 甲南大・院・生物, \*\* 甲南大・ 理工・生物, \*\*\* 瀬戸内水研・赤潮環境部, \*\*\*\* 京大・院・農)
- 9:15 A02 Porphyra spp. (紅藻植物門) に寄生する壺状菌の再同定及びその系統学的位置 ○関本訓士\*・横尾一成\*\*・川村嘉応\*\*・本多大輔\*(\*甲南大・理工・生物,\*\*佐賀有明水振セ)
- 9:30 A03 二次共生生物クリプト藻における共生体由来アクチン遺伝子の解析と多様性 ○谷藤吾郎\*・恵良田眞由美\*\*・石田健一郎\*\*\*, 原慶明\*\*\*\*(\* 山形大・院・理工, \*\*(財) 地球・人間環境フォーラム, \*\*\* 金沢大・理・生物, \*\*\*\* 山形大・理・生物)

- 10:15 A06 18S rDNA に基づく羽状珪藻 *Eunotia* の系統 栗山あすか・〇真山茂樹(東学大・生物)
- 10:30 A07 海産窒素固定シアノバクテリアの水素生産能と分子系統関係 ○宮下英明\*・富士原智子\*\*・竹山春子\*\*・松永是\*\*(京大院・地球環境,\*\*東京農工大・工)
- 10:45 A08 陸棲ラン藻 Nostoc commune (イシクラゲ) の分子系統地理学的解析 ○堀口法臣・石田健一郎・坂本敏夫・和田敬四郎(金沢大・理・生物)
- 11:00 A09 樹木葉上で採集した *Cephaleuros* 属気生藻のモルフォタイプ ○周藤靖雄\*·大谷修司\*\*(\*元島根林技セ, \*\*島根大・教育)
- 11:30 A11 単細胞紅藻 Rhodella 属の定義と Rhodella cyanea の分類学上の位置について 梶川牧子\*・○横山亜紀子\*\*・原慶明\*\*\*(\*山形大・院・理工,\*\*マイクロアルジェコーポレーション, \*\*\* 山形大・理・生物)
- 11:45 A12 イデユコゴメ藻群 Galdieria 属の系統と分類
  ○近藤貴靖\*・横山亜紀子\*\*・原慶明\*\*(\* 山形大・院・理工, \*\* 山形大・理・生物)

### B会場 211 教室

- 9:00 B01 沖縄本島産紅藻オゴノリ属4種の生長と成熟 寺田竜太 (鹿大・水産)
- 9:30 B03 絶滅危惧種チスジノリの生活環に関する研究 ○比嘉敦\*・河地正伸\*\*・宮下衛\*\*・熊野茂\*\*\*・笠井文絵\*\*(\* 山形大・院・理工, \*\* 国立環境研, \*\*\* 神 戸親和女子大)
- 9:45 B04 周年生育するタネガシマアマノリの季節消長と形態 ○高口由紀子\*・寺田竜太\*・能登谷正浩\*\*(\*鹿大・水産,\*\*東水大・藻類)
- 10:00 B05 アイスランド・ミーヴァトン湖におけるマリモ集合の形態的多様性と生育環境 ○若菜勇\*·Árni Einarsson\*\*・新井章吾\*\*\*・朴木英治\*\*\*\* (\*阿寒町教委, \*\*Mývatn Research station, Iceland, \*\*\* (株) 海藻研, \*\*\*\* 富山市科文センター)
- 10:15 B06 三重県鈴鹿川の藻類植生について ○永野真理子\*・田中正明\*・加藤進\*\*(\*四日市大・環境情報・\*\* 三重県保健環境研)
- 10:30 B07 富山湾における藻場の分布と注目すべき植生変化 ○藤田大介\*, 奥井伸一\*\*, 山本史郎\*\*(\* 富山県水産漁港課, \*\*(株)アジア航測)

- 10:45 B08 大分県南部で見られるカジメ群落の衰退とカジメの不健全な状態 ○桑野和可\*・吉越一馬\*\*(\*長崎大・院・生産,\*\*長崎大・水産)
- 11:00 B09 千葉県安房郡小湊地先のカジメ群落の現状 ○芹澤如比古\*・羽賀秀樹\*・松山和世\*\*(\*千葉大・海洋セ,\*\*海洋科学技術セ)
- 11:30 B11 水槽培養におけるマコンブ胞子体成熟促進のための水温及び光周期の条件 ○桐原慎二\*・藤川義一\*\*・能登谷正浩\*\*\*(\*青森県水産増殖センター,\*\*むつ水産事務所,\*\*\*東水大・ 応用藻類学)
- 11:45 B12 春と秋に成熟するアカモクの幼胚および葉状部の生長に及ぼす温度の影響 ○原口展子\*・村瀬昇\*・水上譲\*・野田幹雄\*・吉田吾郎\*\*・寺脇利信\*\*(\*水産大学校,\*\*瀬戸内水研)

#### 3月28日(金)午後の部ー

#### A 会場 206 教室

- 13:00 A13 紅藻スサビノリ配偶体の生殖細胞形成に関与する遺伝子の探索 ○金子伊澄・柿沼誠・天野秀臣 (三重大・生物資源)
- 13:30 A15 サプレッション PCR 法と磁気ビーズ法を用いた果胞子体特異的遺伝子の同定 ○神谷充伸\*・川井浩史\*・Debra Moon\*\*・Lynda Goff\*\*(\* 神戸大・内海域センター, \*\*University of California, Santa Cruz)
- 14:00 A17 分子系統学的解析に基づくネバリモ属(褐藻ナガマツモ目)の系統分類 ○田中厚子\*・上井進也\*\*・Wendy NELSON\*\*\*・川井浩史\*\*(\* 神戸大・自然科学, \*\* 神戸大・内海域センター, \*\*\* 国立大気水質研究所・NZ)
- 14:15 A18 褐藻 *Phaeostrophion irregulare* の系統分類と新科 Phaestrophionaceae の提唱 ○川井浩史・前場俊輔・佐々木秀明(神戸大・内海域センター)

#### 14:30-14:45 休 憩

- 14:45 A19 パラオ海水湖の海藻フロラ調査と優占種に見られる遺伝的分化 ○工藤創\*・越智昭彦\*・保科亮\*・原慶明\*\*(\*山形大・院・理工、\*\*山形大・理・生物)
- 15:00 A20 ヤハズグサ属とコモングサ属(褐藻綱・アミジグサ目)の系統関係 ○保科亮\*・長谷川和清\*\*・田中次郎\*\*・原慶明\*\*\*(\*山形大・院・理工,\*\*東水大・資源育成,\*\*\*山形 大・理)
- 15:15 A21 原始紅藻類に見られるマイコスポリン様アミノ酸類 (MAAs) の組成~予報~ ○横山亜紀子\*・山口裕司\*・竹中裕行\*・原慶明\*\* (\*マイクロアルジェコーポレーション, \*\*山形大・理・ 生物)
- 15:30 A22 褐藻遊泳細胞の鞭毛に局在する緑色蛍光物質の精製

  ○藤田悟史\*,伊関峰生\*\*,渡辺正勝\*\*,吉川伸哉\*\*\*,本村泰三\*\*\*,川井浩史\*\*\*\*,村上明男\*\*\*\*(\*神戸大・院・自然科学,\*\*基生研・培養育成,\*\*\*北大・北方生物圏フィールド科学センター,\*\*\*\*神戸大・内海域センター)
- 15:45 A23 海洋性細菌由来大型緑藻の形態形成物質の単離と構造について 松尾嘉英 (海洋バイオ研)

#### B 会場 211 教室

- 13:00 B13 和歌山県雑賀崎カジメ場における光環境の測定
  - ○杉野伸義\*・牛原康博\*\*・村上明男\*\*・川井浩史\*\*(\*(株)KANSO, \*\* 神戸大・内海域センター)
- 13:15 B14 PAM によるコンブ目藻類の光合成活性の測定 ○坂西芳彦\*・松本里子\*\*・伊藤博\*・田中次郎\*\*(\* 北水研,\*\* 東水大)

13:30 B15 温帯性サンゴの光合成特性の季節変化

○中村恵理子\*・横濱康継\*\*・田中次郎\*(\*東水大・藻類,\*\* 志津川町自然環境活用センター)

13:45 B16 海洋深層水で培養した剪定コンブの生長について

○松村航\*·藤田大介\*\*(\*科技特,\*\*富山県水産漁港課)

14:00 B17 海洋深層水によるコンブ陸上タンク養殖-新しい食材としての利用-

○岡直宏\*・平岡雅規\*\*・四ツ倉典滋\*\*\*・西島敏隆\*\*\*\*・川井唯史\*\*\*\*\*(\* 愛媛大・院・連合農学, \*\* 高知県海洋深層水研・NEDO, \*\*\* 北大・北方生物圏フィールドセンター, \*\*\*\* 高知大・農, \*\*\*\*\* 北海 道原子力環境センター)

14:15 B18 ガス交換効率の藻類間競争に及ぼす影響評価

○山本芳正・中原紘之(京大・院・農)

#### 14:30-14:45 休 憩

14:45 B19 中海における赤潮生物 Prorocentrum minimum と細菌群集の季節的消長

○江原亮・大谷修司(島根大・教育)

15:00 B20 広島湾における有毒渦鞭毛藻 Alexandrium tamarense シストの動態

○板倉茂・山口峰生 (瀬戸内水研)

15:15 B21 培養困難な海産赤潮ラフィド藻の培養を可能にする人工合成培地の開発

○今井一郎\*・幡野真隆\*\*(\*京大・院・農, \*\*滋賀水試)

15:30 B22 赤潮藻類における難溶性鉄利用の検討

○内藤佳奈子・今井一郎 (京大・院・農)

15:45 B23 ミカヅキモに依る洗濯用洗剤の毒性評価

○濱田仁\*・長谷川悦代\*・武井怜子\*・田近裕子\*・山出祥子\*・鎌田朋子\*・蔵島牧子\*・瀧川章子\*・中村真紀\*・廣田菜穂子\*・松井洋子\*・竹中裕行\*\*(\*富山医薬大・医,\*\*MAC総合研究所)

### 3月29日(土)午前の部 -

#### A 会場 206 教室

8:45 A24 鹿児島県沖合いに漂流する流れ薬アカモク薬体上に形成される枝部生殖器床

○島袋寛盛・野呂忠秀 (鹿児島大・海洋センター)

9:00 A25 ホンダワラ亜属の同定への一提案

鰺坂哲朗 (京大・地球環境)

9:15 A26 ホンダワラ類がもつ気胞内髄糸(vesicle's medullary strand)の存在とヒジキとカラクサモクに見られる髄糸 の特異性

○高橋昭善\*・井上勲\*\*・田中次郎\*(\*東水大,\*\*筑波大)

9:30 A27 新潟県産コモングサ属の一種の形態

○長谷川和清・田中次郎(東水大・藻類)

9:45 A28 日本産紅藻ヒラガラガラ属の分類について

○栗原暁\*・新井章吾\*\*・増田道夫\*(\*北大・理・生物科学,\*\*(株)海藻研)

10:00 A29 パラオ海水湖内の緑藻ハウチワおよびサボテングサ藻類の分類と湖外種との比較

○越智昭彦\*・工藤創\*・渋谷薫\*\*・原慶明\*\*(\*山形大・院・理工,\*\*山形大・理・生物)

10:15 A30 沖縄本島で発見されたイワヅタ属の1新種について

新井章吾\*·○内村真之\*\*·羽生田岳昭\*\*\*(\*(株)海藻研,\*\*NEDO,\*\*\*筑波大)

10:30 A31 緑藻シオグサ属 Basicladia 節のピレノイドと系統について

○宮地和幸\*·羽生田岳昭\*\*·植田邦彦\*\*\*(\*東邦大·理·生物,\*\*筑波大·生物科学,\*\*\*金沢大·理·生物)

#### B会場 211 教室

8:45 B24 ヒラアオノリにおける細胞分裂の日周性

○桜井亮介・桑野和可(長崎大・院・生産)

9:00 B25 ヒラアオノリの成長と形態形成に及ぼすバクテリアの影響

○波多野由実・桑野和可(長崎大・院・生産)

9:15 B26 ヒラアオノリの配偶子が有する遊泳能力と接合能力

○橋岡孝志\*・桑野和可\*\*(\*長崎大・水産、\*\*長崎大・院・生産)

- 9:30 B27 アナアオサにおける有機態窒素の利用
  - ○樽谷賢治\*·新村陽子\*\*·内田卓志\*\*\*(\*瀬戸内水研,\*\*瀬戸内水研·JST,\*\*\*北水研)
- 9:45 B28 高知県鏡川汽水域に生育するコアマモの季節的消長
  - ○田井野清也\*・檀野修一\*\*・木下泉\*\*(\*高知水試,\*\*高知大・海洋センター)
- 10:00 B29 アマモ場造成基盤「ゾステラマット」の開発及び実証試験
  - ○高津翼\*·前川行幸\*\*(\*芙蓉海洋開発(株),\*\*三重大·生物資源)
- 10:15 B30 アマモ類の葉上堆積物における付着珪藻類の役割
  - ○新村陽子\*·玉置仁\*\*·吉田吾郎\*\*\*·寺脇利信\*\*\*(\*瀬戸内水研·JST, \*\*広島大, \*\*\*瀬戸内水研)
- 10:30 B31 カイアシ類付着珪藻 Pseudohimantidium pacificum の初生付着とカイアシ類個体間の移動
  - ○花岡偉夫\*・大谷修司\*・大塚攻\*\*(\*島根大・教育,広島大・生物生産)
- 10:45 B32 珪藻を用いて河川環境を理解するコンピュータ教材の開発とその実践
  - ○真山茂樹\*・押方和広\*・加藤和弘\*\*・大森宏\*\*\*・清野聡子\*\*\*\*(\*東学大・生物,\*\*東大・緑植実,\*\*\*東大・農学生命,\*\*\*\*東大・総合文化)

#### 11:00-12:00 展示発表 217 教室

- P01 三重県・松名瀬沿岸の多年生アマモにおける貯蔵炭水化物の季節変動
  - ○橋本奈央子・阿部真比古・倉島彰・前川行幸(三重大・生物資源)
- P02 容積2トンの屋外水槽内でのアマモおよびアカモクの生長・成熟,ならびに壁面での優占種の変化
  - ○寺脇利信\*・吉田吾郎\*・玉置仁\*\*・新井章吾\*\*\*・村瀬昇\*\*\*\*(\*瀬戸内水研,\*\*広島大,\*\*\*(株)海藻研,\*\*\*\*水大校)
- P03 隠岐島蛸木におけるアマモとスゲアマモの垂直分布およびアイゴによる被食状況
  - ○新井章吾\*·玉置仁\*\*·齋賀守勝\*\*\*·野田幹雄\*\*\*\*·村瀬昇\*\*\*\*(\*(株)海藻研,\*\*瀬戸内海水研,
  - \*\*\*(株)海中景観研究所, \*\*\*\* 水産大学校)
- P04 青森県沿岸のアマモ類の分布
  - ○桐原慎二\*・能登谷正浩\*\*(\*青森県水産増殖センター,\*\*東水大・応用藻類学)
- P05 淡路島岩屋港における護岸と浮桟橋の海藻植生の比較
  - ○牛原康博・神谷充伸・村上明男・川井浩史(神戸大・内海域センター)
- P06 三重県尾鷲市の浅海域における海藻植生
  - ○倉島彰\*·森田晃央\*·阿部真比古\*·橋本奈央子\*·山口喬\*·栗藤和治\*\*·前川行幸\*(\*三重大·生物資源, \*\*尾鷲市水産課)
- P07 広島湾の海底におけるアオサ等海藻類の堆積状況
  - ○吉田吾郎\*·内村真之\*\*·玉置仁\*\*\*·新井章吾\*\*\*\*·寺脇利信\*(\*瀬戸内海水研,\*\*NEDO,\*\*\*広島大,\*\*\*\*(株)海藻研)
- P08 徳島県牟岐町大島におけるヘライワヅタの異常繁殖
  - 〇内村真之\*·吉見圭一郎\*\*·團昭紀\*\*·新井章吾\*\*\*(\*NEDO, \*\* 徳島水試, \*\*\*(株)海藻研)
- P09 島根県隠岐の砂地に設置された柱状藻礁に成立したクロメの極相群落
  - ○齋賀守勝\*·新井章吾\*\*·寺脇利信\*\*\*(\*(株)海中景観研究所,\*\*(株)海藻研,\*\*\*瀬戸内海水研)
- P10 褐藻ツルアラメ幼体の生育環境と日補償点の推定
  - ○村瀬昇\*·佐々木啓介\*·水上譲\*·鬼頭鈞\*·新井章吾\*\*·渡邊和重\*\*\*(\*水産大学校,\*\*(株)海藻研,\*\*\*国交省九地整)
- P11 褐藻アラメの側葉における光合成と呼吸
  - 村岡大祐 (東北水研)
- P12 生育地の異なる褐藻アラメ Eisenia bicyclis の光合成 光特性
  - ○松本里子\*・田中次郎\*・横濱康継\*\*(\*東水大・藻類, \*\* 志津川町自然環境活用センター)
- P13 三重県錦湾における生息水深の異なるカジメの光合成産物蓄積量の季節変化
  - 〇山口喬\*·岩尾豊紀\*·川嶋之雄\*\*·中西嘉人\*\*\*·倉島彰\*·前川行幸\*(\*三重大·生物資源,\*\*日本 NUS,\*\*\*中部電力)
- P14 ワカメ属 3 種幼体の生長に及ぼす紫外線の影響
  - ○森田晃央・倉島彰・前川行幸(三重大・生物資源)
- P15 ヒラアオノリの成熟制御機構
  - 原口悦子\*・石本美和\*\*・○桑野和可\*\*(\*長崎大・水産,\*\*長崎大・院・生産)

- P16 紅藻の紫外線吸収物質 porphyra-334の DNA 保護機構
  - ○御園生拓\*·弦間美穂子\*·齋藤順子\*\*・時友裕紀子\*\*\*・井上行夫\*·堀裕和\*·桜井彪\*(\*山梨大·工,\*\*山梨県環境研,\*\*\*山梨大·教育人間科学)
- P17 微細藻類のビタミンC量とH,O,感受性について
  - ○佐藤征弥・越智美幸・小山保夫(徳島大・総科)
- P18 海岸産地衣類 photobiont の塩分耐性に関する研究
  - ○西田大起・中野武登(広島工大・環境・環境情報)
- P19 海産単細胞ラン藻 (シアノバクテリア) の好気的窒素固定活性の生育条件による変動
  - ○谷内由貴子・大城香(福井県立大・生物資源)
- P20 分子系統解析に基づく褐藻イソガワラ目の高次分類 坂口元宏\*・小亀一弘\*\*・佐々木秀明\*\*\*・○川井浩史\*\*\*(\* 神戸大・自然科学,\*\* 北大・理・生物, \*\*\* 神戸大・内海域)
- P21 日本海産新種タジマモズク *Cladosiphon tajimaensis* の系統的位置と形態について 金聖浩\*・○上井進也\*\*・川井浩史\*\* (\*Kongju National Univ., \*\* 神戸大・内海域)
- P22 ミトコンドリア cox3 遺伝子を用いた日本産ヤツマタモクとマメタワラの種内の遺伝的多様性の解析 〇上井進也\*・小亀一弘\*\*・新井章吾\*\*\*・石槌由香\*\*\*\*・鰺坂哲朗\*\*\*\*\*(\*神戸大・内海域,\*\*北大・院・理・生物,\*\*\*(株)海藻研,\*\*\*\*養殖研,\*\*\*\*\*京大・地球環境)
- P23 日本産紅藻ユカリ属 3 種の遺伝的多様性と生理学的特性 矢野友美\*・○神谷充伸\*\*・村上明男\*\*・佐々木秀明\*\*\*・川井浩史\*\*(\* 神戸大・自然科学研究所, \*\* 神戸大・ 内海域センター, \*\*\* 神戸大・遺伝子実験センター)
- P24 パラオ産殻状渦鞭毛藻の一種の分類学的研究 〇堀口健雄・鋤柄ちさ(北大・理・生物科学)
- P25 淡水産有殼渦鞭毛藻類 Peridinium / Peridinopsis の系統分類学的研究
  - ○高野義人・堀口健雄(北大・院・理・生物科学)
- P26 タイ沿岸域におけるハプト藻の多様性
  - ○河地正伸\*·W. Yongmanitchai\*\*·M-H. Noel\*\*\*·笠井文絵\*·渡辺信\*(\*国立環境研究所, \*\*Kasetsart 大, \*\*\* 筑波大)
- P27 A new haptophyte from Hachijo-jima
  - O Mary-Helene Noel\*, Masanobu Kawachi\*\* (\*University of Tsukuba, \*\*NIES)
- P28 スミレモ科 2 種 Trentepohlia aurea, Printzina lagenifera の種内変異
  - 〇半田信司 \* · 坪田博美 \* \* · 中野武登 \* \* \* · Friedl, T. \* \* \* (\* (財) 広島県環境保健協会, \* \* 広島大 · 院 · 理 · 生物科学, \* \* \* 広島工大 · 環境 · 環境情報, Univ. Goettingen)
- P29 共生藻を持つ放散虫の分子系統
  - ○湯浅智子\*・真山茂樹\*・高橋修\*\*・本多大輔\*\*\*(\* 東学大・生物, \*\* 東学大・地学, \*\*\* 甲南大・生物)
- P30 日本産 Paralia 属珪藻の微細構造と分類学的検討
  - ○澤井祐紀\*・南雲保\*\*(\* 国際日本文化研究センター、\*\* 日本歯科大・生物)
- P31 羽状珪藻 *Diploneis smithii* の殻形成

出井雅彦(文教大・短大)

- P32 中心珪藻における卵形成の進化 水野真(東京農大・生物生産)
- P33 ミドリゾウリムシ Paramecium bursaria のクロレラの再共生にともなうトリコシストの変化
  - ○大村現・洲崎敏伸(神戸大・理・生物)

#### 3月29日(土)午後の部・

#### A 会場 206 教室

- 13:00 A32 無色黄金色藻 Spumella の生活環の解明と系統分類
  - ○雪吹直史\*·中山剛\*\*·井上勲\*\*(\*筑波大·院·生命環境, \*\*筑波大·生物科学)
- 13:15 A33 沿岸性黄色ピコ鞭毛藻の微細構造と分子系統解析
  - ○岡本典子\*・井上勲\*\*(\* 筑波大・生命環境, \*\* 筑波大・生物科学)

- 13:30 A34 珪酸鱗片を持つ新奇ハプト藻の微細構造観察と分子系統解析 ○吉田昌樹\*・中山剛\*\*, 井上勲\*\*(\* 筑波大・院・生命環境, \*\* 筑波大・生物科学)
- 13:45 A35 葉緑体複数遺伝子情報からの推測した4鞭毛性ボルボックス目の系統的位置 野崎久義(東大・理・生物科学)
- 14:00 A36 パラオ産プラシノ藻 *Pyramimonas* 属の 1 未記載種について ○須田彰一郎\*・熱海美香\*\*(\* 琉球大・理, \*\* 海洋バイオ)
- 14:15 A37 特異な増殖様式を持つクロララクニオン藻 CCMP240株の生活環と分類学的位置 ○大田修平\*・植田邦彦\*・石田健一郎\*\*(\*金沢大・院・自然科学,\*\*金沢大・理・生物)

#### 14:30-14:45 休 憩

- 14:45 A38 オパリナ類はアルベオラータか?: α- 及びβ- チューブリン遺伝子による系統解析

  ○西あかね・石田健一郎・遠藤浩(金沢大・理・生物)
- 15:00 A39 条線様構造をもつ光合成性無殻渦鞭毛藻1種の形態と分類 ○岩滝光儀\*・高山晴義\*\*・吉田誠\*・松岡數充\*(\*長崎大・水産,\*\*広島水試)
- 15:15 A40 共生渦鞭毛藻類 Symbiodinium 属の葉緑体遺伝子 psbA を用いた分子系統解析 ○瀧下清貴\*・石倉正治\*・小池一彦\*\*・丸山正\*(\*海洋バイオテクノロジー研究所,\*\*北里大・水産)
- 15:30 A41 糸状渦鞭毛藻 Dinothrix paradoxa の系統と葉緑体の起源 ○坂井広人・堀口健雄(北大・院・理・生物)
- 15:45 A42 パラオ産底生性渦鞭毛藻の一種の分類と葉緑体の起源 ○田村舞子\*・嶌田智\*\*・堀口健雄\*(\*北大・院・理・生物,\*\*北大・先端研)
- 16:00 A43 従属栄養性渦鞭毛藻プロトペリディニウム属の分子系統学的研究 ○山口愛果・堀口健雄(北大・院・理・生物)
- 16:15 A44 Amphidinium様遊走細胞を放出する底棲渦鞭毛藻類の系統と微細構造 ○比嘉敦\*・工藤創\*・岩滝光儀\*\*・堀口健雄\*\*\*・原慶明\*\*\*\*(\* 山形大・院・理工, \*\*(財) 長崎県産業 振興財団, \*\*\* 北大・院・理, \*\*\*\* 山形大・理・生物)

#### B 会場 211 教室

- 13:15 B34 Heterosigma akashiwo(ラフィド藻網)からみつかった紅藻型 LHC-I-like FCP の cDNA 配列と LHC タンパク 質群の進化
  - ○石田健一郎 \* · Beverley R. Green \*\* (\* 金沢大 · 理 · 生物, \*\*UBC · Botany)
- 13:30 B35 珪藻葉緑体を動かすメカニズム 石川依久子(東京学芸大)
- 13:45 B36 褐藻カヤモノリのピレノイド形成様式,および細胞周期,葉緑体分裂との関係 ○長里千香子\*・吉川伸哉\*・川井浩史\*\*・本村泰三\*(\*北大・フィールド科学センター,\*\*神戸大・内海 域センター)
- 14:00 B37 黄金色藻オクロモナスの鞭毛複製,並びに核分裂に関する形態学的観察 ○上森千尋・長里千香子・本村泰三(北大・フィールド科学センター)
- 14:15 B38 ファエオタムニオン藻のセルロース合成酵素複合体 ○関田諭子\*・末友靖隆\*\*・奥田一雄\*(\*高知大・理・生物,\*\*神戸大・自然科学)

#### 14:30-14:45 休 憩

- 14:45 B39 黄緑藻 Botrydiopsis intercedens におけるセルロース合成酵素複合体の構築 ○吉永臣吾・関田諭子・奥田一雄(高知大・理・生物)
- 15:00 B40 多核緑藻キッコウグサ (Dictyosphaeria cavernosa) の核分裂と染色体分布 ○天野美娜・峯一朗・奥田一雄 (高知大・理・生物)
- 15:15 B41 繊毛虫ミドリゾウリムシにおけるクロレラやイーストの細胞内共生の初期過程 ○洲崎敏伸・大村現(神戸大・理・生物)
- 15:30 B42 単列糸状紅藻における細胞のバンド成長の研究 ○峯一朗・湯浅健・上杉真紀・奥田一雄(高知大・理・自然環境)

#### 公開シンポジウム要旨

### S01 向井 宏:アマモ場の生態系の概要

アマモなどの海草類は、沿岸の堆積物底に生育する海産顕花植物で、河口域や浅海の比較的平坦な海底にまとまった広がりを持つ藻場(海草藻場)を形成することが多い。日本には温帯域に、アマモ・コアマモを主体とする藻場があり、沖縄県では、熱帯性の海草のリュウキュウスガモ・ベニアマモ・ボウバアマモなど多様性の高い藻場が形成されている。海草藻場は植物種が少ないにもかかわらず(温帯では多くの場合純群落となる)、埋在性のベントス・葉上性の小動物・回遊性の大型動物など、特徴的に海草群落に棲み、もしくは利田」でいる非常に多様性の真い動物群集を挟っている。

四川田田大学町物はて、特徴的に海早群落に棲み、もしくは利用している非常に多様性の高い動物群集を持っている。 海草藻場の特徴の第一は、その高い生産性である。1m²あたりの生産量は熱帯藻場では熱帯降降所林、温帯藻場では落葉樹林の生産量を上回ることも多い。その秘密は一年中生産が行われていることにある。海藻の多くが一年生であるのに比し、海草藻場の高い生産性を支えるのは、付着藻類である。高いときには海草の生産量の1/3近くを付着藻類の生産が貢献している。第二の特徴は、海南型の生産が貢献している。第二の特徴は、海東でいることである。ジュゴン、ウミガメ、ハクチョウなど直接海草を食べるものがほとんど脊椎動物であることは、海東草の進化の歴史を特徴的に示している。第三の特徴は、多くの幼稚魚などの生息場所としてといる。第三の特徴は、多くの幼稚魚などの生息場所としてといる。第三の特徴は、多くの幼稚魚などの生息場所としてといる。第三の特徴は、多りの新選をである。生態系を形成していることである。生態系ととしての海草藻場は、生物の移動にともなう物質輸送や、生物多様ととは持する機能をもち、沿岸域の主要な生態系構成要素である。漁業で養殖が行われ、その生産性に高い貢献をしているとがわかって、生産発殖が行われ、その生産性に高い貢献をしていた。また、海草は地下茎と根を持ち、堆積物を安定化し、堆積物を安定化し、堆積物の浄化にも貢献している。

しかしながら、海草藻場は、その特性から沿岸域の浅い湾奥や河口域に形成されるため、埋め立てなどによってその多くが失われてきた。瀬戸内海では、1960年代にほぼその半分が失われた。また、沿岸生態系の特性として、陸域からの有機物や栄養塩の流入には依存している。一方、陸域からの過剰な有機物や栄養塩の流入によって、有機汚染にも鋭敏に反応する。埋め立てと有機汚染が海草藻場の大幅な減少を招いている二大原因である。そのほかにも、森林の伐採による土砂の流出なども、海草藻場の消失の原因を作っていて

(北海道大学北方生物圏フィールド科学センター厚岸臨海実験所)

### S03 田中法生:アマモの遺伝子多様性研究の現状

種子植物では花粉及び種子の散布によって集団内、集団間の遺伝子交流が起こるが、送粉や種子散布が海水を介して行われるアマモなどの海草では、海水の流れや水深などの海環境が遺伝子交流の程度やパターンに大きな影響を与えていると考えられる。これまでにも、複数の地域の海草種について、分子マーカーを用いた集団遺伝学的解析が行われているが、その結果は、種、地域、環境によって異なり、コンセンサスのある特性は認識されていない。また分子系統解析は、種レベル以上の多くの分類群で解析が進んでいるが、アマモ Zostera marina のような広域種や分類が混乱しているグループにおける種内の問題はほとんど解決していない。

ここでは、演者らが進めている三陸のスゲアマモに関する集団解析およびアマモ科の分子系統解析の結果を加えて、アマモ類を含めた海草に関する遺伝子多様性研究の現状についてレビューし、さらに、アマモ場の回復を考える際の遺伝子多様性からみた問題点についても考察する。(国立科博・植物園)

#### S02 仲岡雅裕\*:アマモ場の生物群集とその多様性

海産種子植物である海草(うみくさ)類を主体として形成される 海草藻場(アマモ場)は、高い一次生産量と生物多様性を持ち、 沿岸生態系において重要な機能を担っていると考えられている。 しかし、その群集構成や動態、およびそれに影響する要因やそ の作用機構については、まだ不明な点が多い。講演者らは、ア マモ場に生息する生物群集について、(1)複数の海草種が共 存する混合海草藻場における海草各種の分布、現存量、生産 量に影響する要因、(2)アマモ場に生息するさまざまな動植物 の多様性およびホストである海草との相互作用、の2点に着目し た研究を進めている。本講演では、特に(1)を中心に、これまで に得られた知見を紹介し、今後の研究動向を展望する。

海草藻場はさまざまな人間活動の影響により、世界的に減少の一途をたどっている。このような状況のもとで海草藻場の保全を進めるためには、各地の海草藻場の特性について、その共通点や相違点を明らかにすると共に、保全上の問題点について効率的に情報交換を行うネットワーク作りが効果的であろう。このような趣旨のもとに現在行われている地域規模および地球規模の調査・保全活動について紹介し、日本のアマモ場も含めた今後のネットワーク作りの発展性について議論する。

(\*千葉大·自然科学)

### S04 阿部 真比古:アマモの温度,光特性

アマモを含めた海草の研究は、環境条件と関連させたフィールドでの調査・研究が多く、生理学的観点と関連づけた生産生態学的研究は極めて少ない。そこでアマモの生育に関わる温度と光条件に着目し、アマモ発芽体の光合成・呼吸活性から、アマモの生育と温度および光環境との関係を明らかにしようとした。

種子から培養した全長約 10cm のアマモ発芽体を用い、光強度  $50\mu\text{E}$   $\text{m}^{-2}$   $\text{s}^{-1}$ 、光周期 12L:12D、水温  $5\cdot30^{\circ}$  の  $5^{\circ}$  間隔の条件下で 1 週間培養し、プロダクトメーターで光合成・光曲線を作成した。アマモの生長は培養期間中 1 日おきに面積測定を行うことで評価した。

アマモ発芽体の生長は 20℃が最も良く、次いで 25, 15, 10℃の順になった。5℃ではほとんど生長せず、30℃では枯死もしくは部分的に枯死した。光合成・光曲線から各培養条件における日純生産量を算出したところ,20℃で最も高く,30℃では負の値を示した。また,アマモ発芽体の光合成活性と水中の光環境を基礎として,季節毎にアマモの生育に必要な限界日補償光強度を算出する数学モデルを作成し,生育下限水深の推定を試みた。その結果,アマモ発芽体に必要な日補償光強度は海水面の7.5-7.9%と算出され,季節による差はほとんどなかった。さらに,海中の吸光係数をもとに推定した生育下限水深はこれまでに報告された最も深い生育水深とほぼ一致した。

(三重大・生物資源)

#### 公開シンポジウム要旨

S05 ○本多正樹・今村正裕・松梨史郎・川崎保夫 アマモ場の生産力推定技術

アマモ場生態系をより理解するためには、数値シミュレーション モデルを用いた物質循環の解析が有効である。アマモ場での有機物 合成の主役はもちろんアマモであり、モデルではその生産力が正し く再現されなければならない。再現性確認のためには、実際にアマ モ場で生産力の測定がなされる必要があり、できれば同じ場所での 長期に渡る連続したデータ取得が好ましい。マーキング法はアマモ の生産力を推定するために有効な方法であるが、マークしたアマモ を刈り取ってしまうために、同じ場所で連続したデータの取得がで きない特徴がある。

演者らはアマモの葉条重量と葉が付いた部分の地下茎重量が葉条長と葉数から推定できることを明らかにした。地下茎の新たな節間が新葉の数と関係することを利用し、刈り取らなくても海中で葉条長と葉数そして新しく形成された節間数を計れば葉と地下茎の増重分を推定できる。神奈川県油壺湾のアマモ場に設置した永久方形枠について、この方法を用いて調査した結果、花枝を除いた生産力は2.0~55.1 g wet wt m² d¹であり、地下茎への配分は1~2月に大きく、夏に小さかった。 (電中研)

**S07** 〇玉置 仁\*, 寺脇 利信\*\*, 岡田 光正\*, F. T. Short\*\*\*: アメリカにおける藻場造成の現状

1960年~現在にかけて、藻場を回復させる事業の多くが、フロリダ州南部、アメリカ西部と北東部、そして大西洋沿岸部で実施されてきた。Fonseca らは、海草が移植された 53 事業のうち、事業終了後、全ての移植海草が生存した事例は、全体の 5%であったと報告している。同時に、これらの事業終了時における移植海草の生存率は、多くの場合、30~40%であったと報告している以上のことから、移植海草の生存率の増加を図るため、海草の移植地に関する適地選定手法の開発が重要となってきた。本稿では、Short らが開発したアマモの適地選定モデルを紹介する。

Short らの適地選定モデルは、(1) PTSI (Preliminary Transplant Suitability Index)の算出, (2)移植予定地の環境調査と移植試 験, (3)TSI(Transplant Suitability Index)の算出, (4)移植地の 決定からなっている。PTSI は,(1)過去のアマモ場の有無,(2) 現在のアマモ場の有無、(3)天然アマモ場との距離、(4)底質組 成,(5)波高,(6)水深,(7)水質といった項目で移植予定地の 環境を点数化することで求められる。次に PTSI で高い点数が得 られた地点で、環境調査と移植試験を実施する。環境調査項目 には、(1)移植水深の光量、(2)生物攪乱の影響がある。移植試 験では、移植アマモの(1)生存率、(2)生長速度、(3)窒素含有 率を検討する。そして各項目において移植予定地の点数化を行 う。最後に移植予定地の PTSI、および点数化された環境調査と 移植試験結果から、TSI 値を求める。Short らは、TSI 値が 16 点 以上の地点を移植適地とした。本モデルで選定された 8 地点の 移植地のうち,移植2年後,5地点で移植アマモの生存が確認さ れた。(\* 広島大学、\*\* 瀬戸内海水研、\*\*\* New Hampshire 大学)

海草は海中に生息する被子植物で、砂泥地に独特のアマモ場と呼ばれる群落を形成している。温帯域のアマモ場では周囲の砂地と比べ、多くの魚類が棲み、また稚魚の重要な生育場になっていると言われている。しかし、熱帯・亜熱帯域に広く発達するサンゴ礁域のアマモ場が魚類の生息場として、どの様な機能を果たしているかということについてはあまり明らかにされていないのが現状である。

サンゴ礁海草藻場では、サンゴ域よりも捕食圧が低い、餌生物が豊富である、多くの稚魚を受け入れるだけの面積がある、という仮説から、サンゴ域に生息する魚類(以下、サンゴ礁魚類とよぶ)の稚魚の重要な生育場と考えられている。実際に、カリブ海のアマモ場には多くのサンゴ礁魚類の稚魚が生息しており、ある程度成長するとサンゴ域に移動することが知られている。また、イサキ類やフエダイ類が夜間にアマモ場を餌場として利用していることも、カリブ海で明らかになっている。しかし、カリブ海での報告とは異なり、著者らが行った西表島と石垣島での調査では、サンゴ礁魚類のうちアマモ場を利用している魚類は非常に少ないことが明らかになった。このように、魚類の生息場としてのアマモ場の機能は、地域によって異なる可能性が示唆された。

温帯域と比べて、熱帯・亜熱帯域のアマモ場には海草を採餌する 魚類(代表的なものとしてブダイ類)が多いといわれている。しか し、アマモ場魚類全体に占める草食魚類の割合は少なく、海草の 生産量に対する採餌の消費量は多くの場合 10%未満と低いことが わかっている。

**S08**○和泉安洋<sup>1)</sup>・団昭紀<sup>2)</sup>・寺脇利信<sup>3)</sup>・森口朗彦<sup>4)</sup>: アマモ 場造成試験地の5年間のモニタリング

瀬戸内海・播磨攤南岸の鳴門地先において、波浪による砂の移動 が激しい海底での、アマモ場造成の技術開発に取り組んだ。

まず、播種袋を海底に押さえ込むとともにアマモ株の生残を促進するために、網状のポリプロピレン製マットを敷設した。その結果、1年目の夏季に株密度65本/m²のアマモの繁茂が確認された。冬季には季節風に伴う波浪によりアマモ株の多くが流失し、2年目の冬季に1~3本/m²となった。生残した株の分枝により、2年目の春季には株密度2~6本/m²に増大した。その後、冬季に衰退し、春季に繁茂するという季節消長を、台風の通過した年を含めて4年間にわたり確認した。2年目以降に、アマモは、マット上に一様に分布せず、幾つかのパッチ状となった。ポリプロピレン製マットでは、アマモの種子発芽および発芽体の生長が確実になったが、生長後に地下茎が砂泥を被りにくい点が、今後の改良点である。

次に、アマモが生長した1年目の春季には砂泥中で自然に消滅するガーゼを用い、また、冬季の砂泥移動を緩和するためアマモ株の周囲に小石を敷設した。その結果、2年目冬季に株密度6本/m²、2年目春季に11本/m²であり、生残したアマモは造成地全体に一様に分布した。しかし、これらは、台風の通過の際に消失した。

(1) 德島県水産課 2) 徳島県水産研究所 3) 瀬戸内海区水産研究所 4) 水産工学研究所)

#### 公開シンポジウム要旨

#### S09 尾田 正:アマモ場回復を組み込んだ沿岸域利 用計画

岡山県では平成 10 年からマリノフォーラム 21, 浅海域緑化技術の開発グループの 1 員としてアマモ場造成技術に関する調査研究を行ってきた。そしてこれらの調査研究を通じて明らかになったアマモ場生育環境条件や開発された造成技術を基にして,漁業生産の起点となるアマモ場の造成を図るとともに,重要魚類の生態及び成長段階に応じた成育場を整備する「東部海域整備開発」計画を策定した。

当海域のアマモの垂直分布の中心域は、海面直下の光量を 100 %とした場合、その 35 %の水深 D.L.-1.0m 付近にあり、相対光量 30 %以下の水深 D.L.-1.4m 以深ではアマモがほとんど見られない。また、当海域で現存しているアマモの波浪限界は、概ね 0.6m 以下である。しかし、0.2m 以下の海域では浮泥の堆積による光合成阻害を生じている。これらのことからアマモ場造成のために、水質の浄化(濁りの除去による透明度の増加)は技術的、予算的に困難であることから、①対象海域の海底地盤を嵩上げし、アマモの生育に適した光量の水深帯(D.L.-1.4m 以浅)の面積を拡大する、②波浪については消波施設の設置により、アマモの生育に適した波浪環境(波高 0.2 ~ 0.6m)にする、ことにより約 16ha のアマモ場を造成する。

(岡山水試)

# S10 敷田麻実 藻場を中心とした浅海生態系の管理方式の検討

薬場を含めた浅海は、重要な沿岸域生態系で、水産業ばかりではなく、身近な環境としても価値が再認識されはじめている。しかしその一方で薬場の破壊や喪失は続いており、薬場を今後どう保全するのかが課題となっている。その際には、手を触れない保護ではなく、薬場の持続可能な利用が望ましいが、薬場の保全が主張される一方で、現在その具体的な方法論は十分議論されているとは言えない。

そこで、 藻場を含む浅海生態系の管理に、 最近注目されているエコシステムアプローチを導入すること、 つまり沿岸域における「エコシステムマネジメント」の実現を提唱したい。 エコシステムアプローチは、 人間活動も含めた生態系は絶えず変化し、 そのすべてを人間は理解できないが、 科学的な知見に基づき、 モニタリングしながら順応的に利用や管理することが必要であると言う前提に基づいている。

その際には、生態系が常に変化し、また利用や管理する側の薬場に関する「知識」も変化することを前提に、管理システムも変化させるアダプティブマネジメント(順応的管理)が必要である。それは、固定した管理方式ではなく、変化に対応できる「柔軟な管理」である。

そして、それを可能とするには、管理の仕組みを常に更 新する必要性から、新たな管理システムの創造、つまり知 識を創造することも視野に入れる必要がある。その結果、 管理システムは、単に生物としての藻場の管理から、管理 のシステム自体を創造するナレッジマネジメントへ発展す るだろう。その際には、科学的な知識以外の行政的知識や 地域の生活知(市民知)も含めて、多様な知識の融合によ る沿岸域管理システムを創造することが課題であろう。

それが藻場を含めた浅海生態系の管理の管理を実現する。 (金沢工業大学 環境システム工学科) A01 高尾祥丈\*・○本多大輔\*\*・長崎慶三\*\*\*・三瀬和之

\*\*\*\*: 奥野哲郎\*\*\*\*・ラビリンチュラ類

Schizochytrium sp. に感染する一本鎖 RNA ウイ
ルス (ThV) のゲノム解析

近年、ヤブレツボカビ類は沿岸環境中における分解者と しての役割や、DHA を大量に蓄積する性質から注目されてき ている。一方、海水中には数多くのウイルスまたはウイルス 様粒子の存在が知られており、バクテリアや藻類との生態学 的、遺伝学的関係が調査されている。しかし、原生生物との 関係については殆ど知見が得られていない。本研究では、2000 年7月に兵庫県神戸港より分離した、Schizochytrium sp. に 感染するウイルス ThV のゲノム解析を行い、その特徴を明ら かにした。ゲノムタイプの判定により ThV は single strand RNA(ssRNA)ウイルスであることが判明し、さらに形態的特徴 から Picornaviridae に近いと考えられた。そこで、cDNA ク ローンを作成し全塩基配列の決定、解析を行った。その結果、 ThV ゲノムは ORF を 2 つ持ち、5'側 ORF に nonstructural protein を、3' 側 ORF に coat protein をコードしており、 それぞれのアミノ酸配列は、近年新たに科として成立した、 昆虫に感染する ssRNA ウイルス、Dicistroviridae のウイル スタンパク質と高い相同性を示した。(\*甲南大院・生物, \*\* 甲南大・理工・生物、\*\*\*瀬戸内水研・赤潮環境部、\*\*\*\*京 大院・農)

A03 ○谷藤吾朗<sup>1</sup>,恵良田眞由美<sup>2</sup>,石田健一郎<sup>3</sup>,原慶明<sup>4</sup> 二次共生生物クリプト薬における 共生体由来アクチン遺伝子の解析と多様性

細胞内共生が成立する過程で,共生体由来遺伝子の欠失,宿主核への移動などの遺伝子の再配置,すなわち symbiotic replacement があったと考えられている。一般には一つの細胞として統合するためと考えられているが,この分野の研究は端緒について間もないため明らかでない部分が多い。Bhattacharyaら(2000)はクリプト薬 Pyrenomonas helgolandiiに紅藻型のアクチン遺伝子,すなわち共生体由来アクチン遺伝子が存在していることを明らかにした。また,その遺伝子は本来共生体の核の痕跡であるヌクレオモルフにあるはずが,宿主の核に移動していることを示唆した。しかし,それは遺伝子の構造からの推測であり,直接の証拠を示したわけではない。

本研究ではクリプト薬が共通して共生体由来の紅薬型アクチン遺伝子を保有しているのかを調査するため、P.helgolandii から共生体由来アクチン遺伝子と宿主側のクリプト型アクチン遺伝子を単離し、両方のアクチン遺伝子に特異的な領域、また相同性の高い領域の3タイプのプローブを用いてサザンハイブリダイゼーションを行った。さらに紅薬型アクチン遺伝子が宿主の核に存在しているのかどうかを調査するため、共生体由来アクチン遺伝子の存在が確認された P.helgolandii と Rhodomonas 属薬類培養株を用いてパルスフィールド電気泳動法により核染色体とヌクレオモルフ染色体を分離しサザンハイブリダイゼーションを行った。その結果を報告する。

(1山形大・院・理工,2(財) 地球・人間環境フォーラム,3金沢大・理・生物,4山形大・理・生物)

A02 ○関本訓士\*・横尾一成\*\*・川村嘉応\*\*・本多 大輔\*: Porphyra spp. (紅色植物門) に寄生 する壺状菌の再同定及びその系統学的位置

壺状菌は紅藻 Porphyra spp. に細胞内寄生する全実 性、単細胞の絶対寄生菌であり、養殖ノリの重大な病 原菌として知られている。本菌はこれまで藻菌類、ク サリフクロカビ目の Olpidiopsis 属の生物として分類 されてきたが、分離培養が難しいことなどから未だそ の分類学的位置、高次分類群も含め不明な点が多い。 本研究において私達は壺状菌感染ノリ葉体の詳細な光 学顕微鏡観察による壺状菌の再同定および18S rRNA 遺伝子を用いた分子系統解析を行った。形態観察の結 果、壺状菌は Olpidiopsis 属の基準種である 0. saprolegniae とは有性生殖、卵胞子形成を行わない という点で大きく異なったが、それ以外の形質では多 くの点が共通しており、その他の属に位置させること が難しいことから壺状菌を従来通り Olpidiopsis sp. と同定するのが妥当であると判断した。また、二員培 養した壺状菌感染葉体から抽出したゲノム DNA を PCR クローニングし、得られたクローンのうち Porphyra 特異的プライマーで PCR 増幅されないクローンを選 択、シークエンシングし、壺状菌 18S rRNA 遺伝子 の部分長、565 塩基を決定した。分子系統解析の結果、 壺状菌は卵菌綱の中でも特に初期に分岐したことが示 唆された。

(\*甲南大・理工・生物, \*\*佐有水振セ)

A04 ○鈴木秀和\*·南雲保\*\*·田中次郎\*\*\*: 淡水産 Cocconeis pediculus Ehrenberg の増大胞子構造

演者等は現在本邦産のCocconeis属について、従来の光学顕 微鏡や電子顕微鏡(SEMとTEM)による殻構造の観察に加え、 殻形成過程や増大胞子構造の観察など, 包括的な分類学的見 地から研究を進めている。今回は昨年8月にカナダのオンタ リオ湖キングストン沿岸で採集した試料中に Cocconeis pediculus Ehrenbergが、増大胞子を形成しているのを見いだ し,その過程を詳細に観察する機会を得たので,その結果を 報告する。本種の十分に生長した増大胞子は、卵形で、全体 が約200枚のペリゾニウムバンドによって包まれている。そ の各々のバンドは細長い皮針形で、模様や中肋、縁辺部に浅 裂はない。帯は下殻側で一点に収れんし、上殻側に殻が増大 している。初生細胞は上下殻ともに無縦溝殻で、栄養細胞と は構造が異なる。上殻はドーム状にふくらみ、明瞭なS字状 あるいは放射状に枝別れする偽縦溝、楕円形の胞紋列からな る条線,幅の広い無紋の殼縁部を持つ。下殼は台形状にふく らみ、軸域に平行な2~3本の狭い偽縦溝、長胞構造の胞紋 からなる条線を持つ。これらの結果と演者等がすでに観察発 表している淡水産Cocconeis placentula およびその変種である C. placentula var. euglypta, さらには海産Cocconeisとを比較検 討した結果もあわせて報告する。

(\*青山学院高, \*\*日歯大·生物, \*\*\* 東水大·資源育成)

A05 ○佐藤晋也\*・南雲保\*\*・田中次郎\*:海産付着 珪藻 Gephyria media Arnott の増大胞子形成

Gephyria media Arnott 1860 は羽状目無縦溝亜目に属し、この仲間は系統的に中心目と羽状目縦溝亜目の中間に位置すると考えられている。本種の被殻は殻面観で狭皮針形、帯面観では弓形である。そのため上下の殻の形態が異なり、上殻は凸状、下殻は凹状となっている。これまで本種の有性生殖に関する報告はない。

今回は本種の増大胞子形成過程と、その微細構造について報告する。接合子の伸張に伴い横走ペリゾニアルバンドが次々に形成され、殻端部にはペリゾニウムキャップが観察された。ペリゾニウム完成後、その中に初生殻が形成された。このとき、本種と近縁と考えられている Rhabdonema arcuatum や多くの縦溝亜目珪藻ではこの横走バンドの内側に長軸方向に伸張した縦走ペリゾニアルバンドが形成されるが、本種ではこれは観察されなかった。またペリゾニウムキャップの表面は部分的に円状のスケールに覆われていた。スケールは中心目の増大胞子では一般的に見られる構造であるが、羽状目での観察例は少ない。

これらの増大胞子形成様式, 形態学的特徴を他の分類群と比較しその関係について考察を行なう。

(\*東水大・藻類、\*\*日歯大・生物)

A07 〇宮下英明\*, 冨士原智子\*\*, 竹山春子\*\*, 松永是\*\*: 海産窒素固定シアノバクテリアの水素生産能と分 子系統関係

シアノバクテリアを用いた光水素生産には様々な系統の株が用いられている。本研究では、東京農工大学に維持されている海産窒素固定シアノバクテリア株を用いて、水素生産能と分子系統関係の関連について検討した。

細胞を窒素欠乏培地 (A-N 培地) 中で約1週間培養し, 洗浄・懸濁後, ガラス容器にいれた。密閉後, 気相をアルゴン置換して, 光照射し, 24 時間後の気相中の水素濃度 を測定した。シアノバクテリアの 16SrDNA 約1.2kbp を特 異的に増幅できるプライマーを用いて部分断片を増幅し, 配列決定したのち分子系統解析した。

heterocyst をもつ 88 株のうち 76 株が Nodularia に帰属された。 残りの株は, Anabaena, Calothrix, Chlorogloeopsis に近縁であった。これら全ての株において水素生産が確認された。生産能は  $10-80~\mu\mathrm{mol\cdot mg^{-1}}$  DW・day<sup>-1</sup> であった。クレード間の水素生産能や窒素固定能に 差異は見られなかった。単細胞の 15 株はすべて Cyanothece ATCC51142 を含むクレードに帰属された。水素生産能は  $0-350~\mu\mathrm{mol\cdot mg^{-1}}$  dry wt・day<sup>-1</sup> と大きくばらついた。高い活性をもつ株は全てこのクレードに帰属された。これらの結果から,heterocyst に依存した水素生産能はシアノバクテリアの系統によらずほぼ同等であること,ATCC51142 株を含むクレードクレードに帰属される株は遺伝的に高い水素生産能をもつ可能性が高いことが示唆された。

(\*京大院・地球環境、\*\*東京農工大・工)

A06 18S rDNA に基づく羽状珪藻 Eunotia の系統: 栗山あすか・〇真山茂樹

羽状珪藻 Eunotia Ehrenb. は他の縦溝珪藻と比べ縦溝が著しく短いことから、縦溝珪藻の中で最も原始的であると古くから考えられてきた。しかし、化石的証拠は必ずしもこれを支持するものでなく、本属の系統学的位置に関しては未だ解明されていない点が残っている。また、Eunotia に近縁とされる Desmogonium の帰属についても、定説となるような確固たる形質は知られていない。

本研究では Desmogonium rabenhorstianum (=Eunotia rabenhorstiana) を含む Eunotia 10 種(E. tropica, E. serra, E. arcus, E. bidens, E. rabenhorstiana, E. monodon var. asiatica, E. flexuosa, E. curvata var. linearis, E. pectinalis, E. formica var. smatrana)について 18S rDNA の塩基配列に基づく系統樹を 構築して系統解析を試みた。その結果、これら 10 種は単系 統を構成し、その中に"Desmogonium"も含まれることが判明 した。系統樹の Eunotia 属内トポロジーに対するブートスト ラップ信頼値は低いものが多いが、高いものとしては次の 姉妹種があった (括弧内は姉妹群を特徴付ける形質)。E. tropica と E. serra (殻背側の波打ち)、E. bidens と E. rabenhorstiana (多数の円盤型葉緑体)、E. pectinalis と E. formica var. smatrana (特徴付ける共有形質は特に見あたら ない)。Eunotia 属全体の単系統性を示すブーツストラップ 値はあまり高くなく、OTU の数により数値はかなり左右さ れる。これは本属に近い他属の塩基配列情報が欠落してい ることも一員と考えられる。今後、他属の珪藻についても 分子的解析を行い、データを蓄積することが必要である。 (東学大・生物)

A08 ○堀口法臣、石田健一郎、坂本敏夫、和田敬四郎: 陸棲ラン藻 Nostoc commune(イシクラゲ)の分子 系統地理学的解析

陸棲ラン薬 Nostoc commune(イシクラゲ)は乾燥に強く、 地球上のどこにでも生息しているコスモポリタンに分布 する種であることが知られている。日本に生息している Nostoc commune における遺伝的多様性を知るために 16SrRNA の部分塩基配列 (335bp) の解析と RAPD (random amplified polymorphic DNA) 解析を 行なった。その結果、日本に生息している Nostoc commune には遺伝子型として 2 つの遺伝子型(金沢型 と大阪型) があることがわかった。金沢型は広く日本国 内に分布し、大阪型は主に近畿地方に分布していた。ま た、フランスのグルノーブルのサンプルから得られた 16SrRNAの部分塩基配列は大阪型と一致した。これ らの結果は、Nostoc communeには形態的な違いは見ら れないにもかかわらず遺伝的多様性があることを示して いる。金沢型は日本固有に分布している可能性があるが、 今後の解析が必要である。

(金沢大・理・生物)

#### A09 ○周藤靖雄\*・大谷修司\*\*: 樹木葉上で採集 した Cephaleuros 属気圧藻のモルフォタイプ

島根県下で採集した樹木葉上に生じるCephaleuros 属藻はその形態からつぎの4つのモルフォタイプに分 けられた。(1) 16樹種に発生してツバキとクロキで多 発。藻体は葉表・裏の角皮下に放射状の盤状体を形成 して, 径10-15 皿。細胞は短円筒形~多角形, 中心で は相互に密着するが縁辺ではしばしば単細胞列になる。 遊走子のうは直立する柄の先端に、配偶子のうは盤状 体の組織内に形成される。C. lagerheimii に近似す る。(2) 17樹種に発生してタブノキとタイサンボクで 多発。藻体は葉表の角皮下に拡大して円盤状、径5-8 ㎜。細胞は長円筒形,相互に密着する。繁殖器官の 形成方法は(1)と同様。C virescens に近似する。 (3) クロキとタブノキに発生。藻体は葉表の角皮下に 拡大して円盤状,径3-4 ㎜。細胞は短円筒形,相互に 密着する。繁殖器官の形成方法は(1)と同様であるが、 遊走子のうの形成はまれ。本藻の形態に近似する既知 種はない。(4) 5樹種に発生してスダジイで多発。藻 体は葉表・裏の角皮下に拡大して円盤状, 径1-3 ㎜。 葉表の表皮細胞下に侵入して斑紋を形成し、さらに葉 肉組織を貫通して葉裏の表皮細胞下で拡大する。遊走 子のうは葉表の角皮下の盤状体または葉裏の斑紋から 直立する柄の先端と中途に、配偶子のうは葉表の藻体 の組織中に形成される。C. parasiticus に近似する。 (\* 元島根林技セ、\*\* 島根大・教育)

### A11 梶川牧子\*・横山亜紀子\*\*・〇原 慶明\*\*\* 単細胞紅藻 Rhodella 属の定義と Rhodella cyanea の分類 学上の位置について

Rhodella 属は Evans(1970)により、R. maculata を基準種としてその微細構造上の特徴に基づいて設立されたが、属と種の特徴を明瞭に識別しなかったため、以降に記載された R. violacea, R. grisea および R. cyanea の帰属と属の特徴に問題が残った。その後、Scottら(1992)はピレノイドにチラコイドが侵入する R. grisea を Dixoniella 属に移行したが、同様の特徴をもつ R. cyanea および Rhodella 属の定義には言及しなかった。

本研究では既報の Rhodella 属 3種, D. grisea および、ピレノイドにチラコイドの侵入しない未記載株 10 株を用いて、微細構造解析と 18S rDNA に基づく系統解析を行い、以下の結果を得た。 R. cyanea は D. grisea のクレードに出現し、ピレノイドにチラコイド等の侵入の全くない全ての種・株は単系統となった。一方、R. cyanea と酷似する(ピレノイドに侵入するチラコイドが少ない) T2 株は後者のクレードの根元の部分で分岐した。これらの結果から 1) Rhodella 属をチラコイドなどの構造物が全く侵入しないピレノイドをもつと定義する。 2) R. cyanea を Rhodella 属から外す。 3) R. cyanea と T2 の所属に関してはそれぞれ新属設立が妥当であると結論する。一方、Rhodella 属を構成する既報の 2 種と未記載種については ITS 領域の系統解析の結果と微細構造上の特徴から 4種が識別できることが判明した。 (\*山形大・院・理工, \*\*マイクロアルジェコーポレーション, \*\*\*\*山形大・理・生物)

A10 〇笠井文絵\*・河地正伸\*・湯本康盛\*\*・守屋真由美\*\*・ Wichien Yongmanitchai\*\*\*・渡辺信\*:タイ産灰色藻 類の分類

2002年10月,タイ南部プーケット島,トラング県および ソンクラ湖周辺において微細藻類の採集を行った。淡水、海 水を含む58地点で100サンプル余りを採集し,フロラの解 析や分離培養株に基づく分類学的研究を行っている。これら のうち,トラング県の水田と池,およびソンクラ南部の池の 4サンプル中に Gloeochaete属と Glaucosystis 属と思われる 藻体が観察された。両者とも分離培養を行ったが、前者につ いては、現在までに培養株が確立されていない。後者の培養 株をもちい、既存の培養株(G. nostochinearum)と形態を 比較した。タイ株は娘細胞の細胞サイズが小さく、シアネレ の数も少ない傾向にあった。また、放射状にならぶシアネレ の中心部に球状の構造が観察される点で他の Glaucocystis 培養株と異なった。詳細な形態観察と分子系統解析の結果を 議論する。

(\*国立環境研究所, \*\*地球・人間環境フォーラム, \*\*\*Kasetsart 大学)

### A12 〇近藤貴靖¹·横山亜紀子²·原慶明²

イデユコゴメ藻群 Galdieria 属の系統と分類 高温・強酸性の環境に生育するイデユコゴメ藻群は、現在 3属6種が報告されている。しかし、それらの分類基準は明 確でなく、形態変異の著しい天然試料からの同定は極めて 困難であった。本研究では培養試料を用いて,形態的に安定 した分類形質(細胞直径,内生胞子形成数及び1細胞あたり の葉緑体数)を選定し、独自の分類体系を構築した。この分 類体系に従い、国内及び海外の株を分類した結果 Cyanidium caldarium,Galdieria maxima及び G. sulphurariaの2属3 種に識別できた。同様に海外の培養株 G. partita(ロシア産) 及び G. daedala (ロシア産) はそれぞれ G. maxima, G. sulphuraria であり、また、アメリカ産の G. partita は G. sulphuraria と同定した。次いで、本研究で用いた分類基準 の検証とイデユコゴメ藻群の系統関係を明らかにするため、 18S rRNA 遺伝子を用いて分子系統解析を行なった。 Cyanidium 及び Galdieria 属はそれぞれ単系統を形成し Galdieria 属は遺伝的に多様であり2種、3グループに分か れた。すなわち,Galdieria maxima(G. partita(ロシア産) を含む)と G. sulphuraria で、後者の種は形態的に全く識 別できない2系統の存在を確認した。1系統にはG. partita (アメリカ産), もう一方の系統には G. daedala が含まれ ていた。以上の結果から1) Galdieria partita (ロシア産) は G. maxima に帰属させるべきであり、それを包含するように G. maxima の種の定義を修正する、2) G. daedala e G. partita(アメリカ産) は同一条件の培養下で G. sulphuraria と形態的に区別できず、しかも同一系統群に属することか G. sulphuraria と同定する, 3) 但し, G. sulphuraria には分子系統解析において2グループが存在するが、識別 できる形態形質が見つかるまでは G. sulphuraria1種との 見解を取るのが妥当といえる、との見解に達した。 (1山形大·院·理工, 2山形大·理·生物)

A13 〇金子伊澄・柿沼 誠・天野秀臣:紅藻スサビノリ 配偶体の生殖細胞形成に関与する遺伝子の探索

紅藻スサビノリ配偶体の養殖は、低温、短日となる 10 月下旬から 3 月にかけて行われる。水温が上昇し長日となる春先には、栄養細胞の雌雄生殖細胞への分化が誘導・促進され、精子や果胞子の放出を伴いつつ配偶体は崩壊する。本研究では、水温および光周期の変化がスサビノリ配偶体の生殖細胞形成を誘導する要因であることに着目し、これらの変化に伴って細胞内で発現が誘導あるいは抑制される遺伝子の単離・同定を試みた。

スサビノリ配偶体の培養は、1/5 PES 培地を用いて、水温 10℃、光強度 2000 lux、明期 10 h、暗期 14 h の光周期で行った。また培養条件を、水温 15℃、明期 16 h、暗期 8 h の光周期に変更することにより、配偶体の成熟を誘導した。培養により得られた未成熟および成熟薬体の mRNA からcDNA を合成し、CLONTECH 社製キットを用いて cDNA サブトラクションを行った。得られた cDNA 群のマクロアレイ解析により、未成熟および成熟薬体間で少なくとも 55種類の mRNA の発現量に差のある可能性が示唆された。これらに相当する cDNA 断片の塩基配列および演繹アミノ酸配列を決定し、blastn および blastx による相同性検索を行ったところ、うち 40 種類は既報の遺伝子(ATP・dependent Clp protease, GTP・binding protein, HSP70, ribosomal protein, 20S proteasome, ubiquitin など)やスサビノリEST クローンと高い相同性を示した。

(三重大・生物資源)

これまで磁気ビーズを用いたサブトラクティブ・ハイブ リダイゼーション法により、真正紅藻 Gracilariopsis lemaneiformis の果胞子体に特異的に発現する遺伝子の単離 を試みてきたが、得られた cDNA の多くは配偶体でも発現 が確認され、サプトラクション効率は必ずしも良くはなか った。近年開発されたサプレッション PCR 法は、PCR のみ で簡単にサプトラクションを行える上に、異なる転写量の mRNA を平衡化するため、転写量の少ない mRNA を効率よ く増幅できるという利点がある。そこでサプレッション PCR 法を用いて, 配偶体と果胞子で特異的に発現する遺伝子の cDNA 断片をそれぞれ増幅し、この cDNA 断片をプローブ として、磁気ビーズ法で得られた果胞子体特異的遺伝子の cDNA ライブラリーをスクリーニングした。795 クローンの うち 117 クローンが果胞子体プローブとのみハイブリした。 さらにリバースノーザンブロット解析によりスクリーニン グしたところ、少なくとも 36 クローンの cDNA は果胞子体 でのみ発現していることが確認された。これらの cDNA の 塩基配列を調べたところ, 既知の遺伝子と高い類似性を示 す cDNA はほとんどみられなかった。(\*神戸大・内海域セ ンター, "University of California, Santa Cruz)

A14 〇滝尾 進\*・酒井美香\*\*・坂口和明\*\*\*・小 野莞爾\*\*・高野博嘉\*\*\*: スサビノリのレト ロトランスポゾン遺伝子

レトロトランスポゾン (RE) は多くの生物のゲノム中に存在する遺伝因子であり、環境変化に応答してゲノム上の他の部位に転移することによりコピー数が増加することが知られている。REはおもにコピア型およびジプシー型の二つのグループに分けられ、どちらも陸上植物では全ての植物群でその存在が確認されている。薬類にもREは存在すると考えられるが、数種の緑薬類を除きまったく研究されていなかった。本研究では、スサビノリよりRE遺伝子の部分断片を分離し、その種類とコピー数を推定した。

スサピノリ葉状体(TU-1株, 北海道大学 嵯峨直 恒教授より供与)より抽出した全DNAを用いて, ゲノミックPCRによりレトロトランスポゾン逆転写酵素領域の遺伝子断片を分離した。

コピア型およびジプシー型RE断片が分離でき, それらはそれぞれ二つのサブグループに分かれた。ゲノミックサザン解析の結果, コピア型REはコピー数が少なく,ジプシー型REは多いことが明らかになった。(\*熊本大・沿岸域センター, \*\*熊本大・理,

\*\*\*熊本大・院・自然科学)

A16 ○松山和世\*・芹澤如比古\*\*・藤下まり子\*\*\*・河野 重行\*\*\*: コンプ科藻類のゲノムサイズについて

日本産コンプ科藻類のゲノムサイズを明らかにするため、日本各地から成熟したコンプ科藻類の胞子体を採集し、胞子体から分離した遊走子を用いてゲノムサイズの測定を行った。分離した遊走子はカルノアで固定した後、70%エタノール中で冷蔵(4℃)保存した。測定の際は遊走子を RNase 処理し、プロピディウムアイオダイドで染色した後、レーザースキャニングサイトメーターを用いて核の蛍光量を測定した。コントロールには同様に染色したシロイヌナズナ(n=115.4 Mbp)を用い、その蛍光量を基準に、コンプ科藻類のゲノムサイズを換算した。

測定の結果,寒海産コンプ科薬類(北海道・臼尻産マコンプ,北海道・臼尻産ミツイシコンプ,北海道・忍路産ホソメコンプ)のゲノムサイズの推定値は150~300 Mbp であり,暖海産コンプ科薬類(高知・田ノ浦産カジメ,千葉・小湊産カジメ,愛媛・伊方産クロメ,宮城・志津川産アラメ,千葉・小湊産アラメ,三重・麦崎産サガラメ)の推定値250~500 Mbp より小さい傾向が見られた。

(\*海洋科技セ, \*\*千葉大・海洋セ, \*\*\*東京大・新領域)

▲ 17 ○田中厚子\*¹・上井進也\*²・Wendy NELSON\*³・川井 浩史\*²:分子系統学的解析に基づくネバリモ属(褐 藻ナガマツモ目)の系統分類

褐藻ネバリモ属 Leathesia には日本から約10種が報

告されているが、ネバリモのように藻体が中空で比較的大型になる種と、ヒメネバリモのように中実で、他の海藻に着生する数ミリ程度の小型の種に大きく分けられる。 Inagaki(1958)は両者を属より下位の節のレベルで区別し、それぞれ Leathesia 節、Primariae 節とした。しかし研究者によっては後者を独立した属 Corynophlaea として扱っており、その分類には異論もある。そこで、ネバリモ属及び近縁の Corynophlaea やイソグルミ属を対象として、ルビスコ遺伝子と rDNA の ITS 領域を用いた分子系統学的解析を行った。

その結果、ルビスコ遺伝子による解析では、Primariae 節の種は Leathesia 節の種よりむしろイソブドウ属と近 縁であり、ネバリモ属は単系統とならなかった。一方 ITS 領域による解析では、節内の種間では塩基配列のアライメ ントができたが、節間では困難であった。また Corynophlaea とイソグルミ属のいずれもネバリモ属とは 系統的に遠いことが示唆された。このため、ネバリモ科は これまで考えられてきたより多様な系統群であり、 Primariae 節の種はネバリモ属とは独立した属として扱

(\*<sup>1</sup> 神大院・自然科学, \*<sup>2</sup> 神大・内海域, \*<sup>3</sup> NZ 大気水研)

うべきであることが明らかになった。

A19 ○工藤 創\*・越智 昭彦\*・保科 亮\*・原 慶明\*\* パラオ海水湖の海藻フロラ調査と優占種に見られる遺伝的分化

バラオ諸島に点在する海水湖には外海から隔離された海藻が生育する。それらを対象として、大洋島における陸上植物がたどったと同じようなプロセスで固有進化が進むとの作業仮説を立て研究調査を実施している。

今回はこれまでにアクセスできた19ヶ所の海水湖と、海水湖近傍・グアム・サイバンおよび宮古島など25ヶ所の沿岸で海藻採集した試料に基づいて海水湖の海藻フロラの特性および優占種の遺伝的多様性の有無について調査結果を報告する。

海水湖は大きさ、深き、外海との隔離状況など地形的に変異に富むが、水質環境は外海とよく似たタイプと亜硫酸ガス臭気を漂わし、無酸素状態(あるいはそれに近い)の低層部をもつタイプに分けられる。海藻フロラ(種組成・優占種)もこの海水湖のタイプに対応して、3つのグループに分類できることが判明した。無酸素低層部をもつ海水湖の優占種であるウチワッタCaulerpa verticillataとケイワッタC. fastigiata(Ulvophyceae)を対象として、それらの形態比較と共にITS領域にみられる遺伝的多様性を各海水湖間および湖内外で分析した。それぞれ海水湖のサンプルは固有な形態を示すものの、湖内外での顕著な遺伝的差異はなく、1、2の海水湖にのみわずかな塩基の欠失と挿入が確認できた。

(\*山形大·院·理工, 山形大·理·生物)

A18 ○ 川井浩史・前場俊輔・佐々木秀明: 褐藻 *Phaeostrophion irregulare* の系統分類と新科 Phaestrophionaceae の提唱

北米太平洋沿岸の固有種である Phaeostrophion irregulare Setchell et Gardner (1924) は、その解剖学的特徴からウイキョウモ目ハバモドキ科(ウイキョウモ科)に含められてきた。しかし、本種は多年生の付着器を持ち、別々の大型藻体に単子嚢が複子嚢のいずれかを生じるほか、発芽体を除き葉緑体がピレノイドを欠くなど、一般のウイキョウモ目(または広義のシオミドロ目)の種とは明らかに異なる。そこで、TEM による葉緑体微細構造の観察、培養による生活史の再検討、rbcL遺伝子と18S rRNA 遺伝子の DNA 塩基配列を用いた分子系統学的解析を行った結果、以下の点が明らかになった。

1)有性生殖は確認されていないが、同型の世代交代を行うと考えられる; 2) TEM による観察でも葉緑体はピレノイドを欠く; 3) 分子系統学的には、rbcLとrDNAのいずれの解析でも褐藻全体の中でも非常に早く分岐し、広義のシオミドロ目には含まれず、むしろクロガシラ目やウスバオウギ目に近縁である。これらのことから、Phaeostrophion 属は、新科 Phaeostrophionaceae として扱うことを提唱する。また目の帰属に関してはウイキョウモ目に含めることはできず、さらに検討を要する。

(神戸大・内海域センター)

A20 ○保科 亮\* 長谷川 和清\*\* 田中 次郎\*\* 原 慶明\*\*\* ヤハズグサ属とコモングサ属(褐藻綱・アミジグサ目) の系統関係

演者らはアミジグサ目の系統関係を18S rDNAおよびrbcLの 塩基配列に基づいて解析を進めている。これまでの調査か ら同目藻類のほとんどの属は単系統であったが、ヤハズグサ 属Dictyopterisとコモングサ属Spatoglossumはcongeneric な関係であった。すなわち、エゾヤハズD. divaricata、シワ ヤハズD. undulata, コモングサS. pacificumが緊密なクレ ードを形成し,アツバコモングサS. crassumがそれらと姉 妹種の関係に、さらに、ヘラヤハズD. proliferaとウラボシヤ ハズD. polypodioides (ウスバヤハズD. punctata含む)で形 成されるクレードがそれら全体の姉妹群の関係にあった。 外形的類似性の高いアミジグサ目藻類の同定には,成長点細 胞の配列様式や体構造など、内部構造的な情報が必要である なかで、 ヤハズグサ属だけは外形的に識別の容易な中肋 (midrib)を持つことで他の属と混同されることはなかった。 今回の結果はこの顕著な特徴は属の形質として有効ではなく、 コモングサ属との識別が困難なことを示している。あらた めて両属藻類の形態的な特徴を洗い直してみると,成長点細 胞は複数が集まって頂端に配列し、体構造をなす皮層と髄層 の境界が不明瞭で、それらの細胞は不定形であるという共通 性が認められる。しかしこの両属の関与する小クレードに 対応する形態的特徴については手がかりすら見つかってい ない。両属のautonomyに関する問題を含め、分類上の多く の問題が明らかとなった。

(\*山形大・院・理工, \*\*東水大・資源育成, \*\*\*山形大・理)

A21 ○横山亜紀子\*・山口裕司\*・竹中裕行\*・原慶明\*\*: 原始紅藻類に見られるマイコスポリン様アミノ酸類 (MAAs)の組成~予報~

MAAs は藻類・菌類・魚類など生物界に広く分布する生 体内物質で、紫外線防御機能をもつことから、有用天然有 機化合物として注目されている。本研究は MAAs を多量に 産生する藻類を探索する一環で、単細胞および偽糸状体か らなる紅藻類(広義のチノリモ目)を対象として体系的(8 属 18 種 58 株) に調査した。その結果 Chroodactylon ornatum (偽糸状体, 汽水~海水域) と淡水産の Chroothece richteriana(偽糸状体, 淡水域) および Rhodospora sordida (単細胞,淡水域)から 334nm 付近に吸収極大をもつ物 質の存在が明かとなった。HPLC による解析で、この物質 はシノリン、ポルフィラ 334、およびアステリナ 330 が関 与し、その組成は株間で異なることが判明した。一方、海 産の Stylonema alsidii、(偽糸状体) Rhodosorus marinus (単細胞), R. magnei (単細胞) でも, 極めて微量では あるが 330nm 付近に吸収極大が見られたが、MAAs の同 定には至らなかった。その他のチノリモ目藻類からは、 MAAs に特有の吸収を検出することはできなかった。今回 MAAs を含有することが判明した種は 18SrDNA および psbA 遺伝子による系統解析で認識される4つの系統群のう ち、Stylonematales から構成される1群に限られているこ とが判った。

(\*マイクロアルジェコーポレーション、\*\*山形大・理・生物)

# A23 ○松尾嘉英:海洋性細菌由来大型緑藻の形態形成 物質の単離と構造について

昨年度の Algae2002 において大型緑藻の形態形成物質を世界で初めて単離できたことを報告した。本活性物質は、沖縄で採集したヒトエグサの表面から分離した海洋性細菌 YM2-23 [Cytophaga] sp.の培養液から極微量得ることができる。活性物質のスクリーニングおよび分離はマキヒトエ無菌株(Monostroma oxyspermum)の系を用いて分離したものであるが、他のアオサ類(Ulva pertusa、U. conglobata およびEnteromorpha intestinalis)から調製した無菌化遊走子の正常な形態形成をも誘導した。本活性物質の分子式は  $C_{24}H_{31}N_3O_4S$ と低分子ながらヘテロ原子が集中する部分があり構造決定が難航している。本大会では、その後の進捗状況について報告したい。

(海洋バイオ研)

**A22** ○藤田悟史<sup>1</sup>・伊関峰生<sup>2</sup>・渡辺正勝<sup>2</sup>・吉川伸哉<sup>3</sup>・ 本村泰三<sup>3</sup>・川井浩史<sup>4</sup>・村上明男<sup>4</sup>:

褐藻遊泳細胞の鞭毛に局在する緑色蛍光物質の精製

褐藻などの黄色植物の中には、鞭毛が紫外励起により緑色蛍光を発するものが知られている。遊泳細胞の走光性作用スペクトルや顕微蛍光スペクトルなどの解析から、フラビンが走光性の光受容体色素として機能することが示唆されており、鞭毛緑色蛍光物質との関係が注目されている。昨年、鞭毛基部が緑色蛍光を発するミドリムシにおいて、FAD 結合型アデニル酸シクラーゼが光驚動反応の光受容体として同定され、陸上植物のフラビン結合型光受容体(クリプトクロム・フォトトロピン)には見られない複雑な分子構造が明らかになった。今回は、褐藻カヤモノリScytosiphon lomentaria を用い、緑色蛍光物質を生化学的に単離精製した結果を報告する。

採集した成熟藻体を数日間冷暗所で成熟処理した後,冷海水に浸し光照射下で遊泳細胞を同調的かつ大量に放出させた。遊泳細胞をソルビトールを含む緩衝液に懸濁し,撹拌処理により細胞から鞭毛を離脱させ,分画遠心により鞭毛を回収した。凍結保存した鞭毛を緩衝液に再懸濁し,可溶性分画を硫安沈殿や HPLC (イオン交換・ゲル濾過)を用いて精製した。ゲル濾過分画のフラビン蛍光とタンパク質の溶出パターンの相互比較から,鞭毛局在のフラビンタンパク質候補が2つに絞られた。(<sup>1</sup>神戸大院・自然科学、<sup>2</sup>基生研・培養育成,<sup>3</sup>北大・北方生物圏フィールド科学センター、<sup>4</sup>神戸大・内海域機能教育研究センター)

A24 ○島袋寛盛・野呂忠秀: 鹿児島県沖合いに漂流する 流れ藻アカモク藻体上に形成される枝部生殖器床

鹿児島県枕崎沖で採集されたアカモクの流れ藻に、2つ のタイプの生殖器床が形成されているのが観察された。1 つは従来知られている葉腋から発生する生殖器床と、もう 1つは側枝内部に生殖器巣が形成され、表面がネマテシウ ム状に変異したものであった。この特異な生殖器床は側枝 の中部か、もしくは先端部に形成された。このような枝上 部に形成される生殖器床はホンダワラ属の中で初めて観察 された。本研究で採集されたアカモク流れ藻は、長さが 70cmから300cmあり、すべてが雄性で、雌性の藻体は観 察されなかった。またネマテシウム状の特異な生殖器床も すべて雄性であった。褐藻ヒバマタ目に属するホンダワラ 科とウガノモク科は、枝の分枝様式と生殖器床の付き方に よって区別されているが、本研究で観察されたアカモクに は、流れ藻という特異な環境にあったものの、両科の形質 が1個体上に見られた。このような生殖器床の形態が遺伝 的に固定された形質か否かについてや、沿岸に自生する群 落にも見られる現象かについて更なる研究を必要とする が、科の分類形質として生殖器床の付き方を用いること に、1つの疑問を呈する結果となった。

(鹿児島大学水産学部附属海洋資源環境教育研究センター)

## A25 鯵坂哲朗:ホンダワラ亜属の同定への一提案

ホンダワラ属のなかでも、ホンダワラ亜属というグループの種の同定は困難とされている。その原因としてタイプ標本が未成熟であったり、薬体の一部分であったりすることもあるが、一番の困難点は種内の形態変異が非常に幅広くて研究者により種の範囲の認識が異なることである。今回は、この種内の形態変異による同定の困難さを克服し、種の同定あるいは記載にあたり有効な方法を提案する。

- 1)標本採集では、1個体群につきできれば1年に数回採集し、いろいろな成長段階の標本を集める。種の認識には1個体群につき基部から採集した10個体程度が必要である。できれば成熟した(生殖器をもつ)個体がよい。
- 2) 固定あるいは乾燥標本にする前に、一部をシリカゲルで急速乾燥して、遺伝子分析用のサンプルとしておくとよい。
- 3) 提案するフォーマットによる形態分析表に、付着器、茎、主枝、第2枝、葉、気胞、生殖器について観察した形態形質とその変異について記述する。葉や気胞などは統計処理のためできれば100個以上について測定しておくとよい。
- 4)上記の記述や測定項目から、1個体群について詳細な記載をおこなう。
- 5) そうしてできた記載といままで発表されている種の記載とを照合して、同定する。 (いままで発表されている種類の記載や図などからデータベースをあらかじめつくっておく必要がある。) 遺伝子分析結果や統計解析結果についてもそれらを同定の参考資料とする。

(京大・地球環境)

### A27 〇長谷川和清・田中次郎: 新潟県産コモングサ属の一種の 形態

新潟県柏崎市において、葉状体が薄く、多数の不定枝を生ずる、 国内の既知種のいずれにも該当しないコモングサ属の種が採集された。

葉状体は扁平,全形は掌状であり,高さ 28cm に達する。膜質 にして脆く、黄褐色を呈し、下部はやや暗色となる。主に二叉分 枝を行い、体の下部から中部の枝は上方に向けて広がる。上部の 枝は線状で、老成個体ではしばしば脱落している。枝は全縁で、 幅0.2~6.3cmになる。枝の先端部は単条、あるいは二叉分枝する。 不定枝は体の各部の縁辺に形成される。付着器の仮根糸はほとん ど発達せず、付着器周辺の枝が匍匐することで基質への付着を支 持する。毛叢は全体に多数散在する。葉状体は、頂端付近では 2 ~3 細胞層で厚さ 80~140µm, 体中部は 2~5 層で厚さ 140~250 μm, 基部は 10 層前後となり、最も厚い部分は 400μm に達する。 皮層細胞は表面観において四角形から多角形で、頂端付近では長 さ 17~56µm, 幅 14~39µm, 厚さ 30~68µm, 体中部では長さ 34 ~91µm,幅 25~69µm,厚さ 30~118µm,基部付近では長さ 44 ~97µm, 幅 29~71µm, 厚さ 25~83µm になる。生殖器官は胞子 嚢と造精器が観察され、いずれも頂端および基部付近を除く全体 に形成され、皮層中に埋在している。胞子嚢は単独で形成され、 基部に柄細胞を1~2個形成するか、あるいは持たない。造精器は 数十個密集して造精器群をなし、柄細胞を形成しないことが多い。 本種は同属の他種との比較により、枝の細胞層数、付着器、生

(東水大・薬類)

殖器官の形態から新種であると考えられる。

A26 O高橋昭善\*・井上 勲\*\*\*・田中次郎\*: ホンダワ ラ類がもつ気胞内髄糸(vesicle's medullary strand)の存 在とヒジキとカラクサモクに見られる髄糸の特異性

ホンダワラ類の気胞に内在する髄糸については、本学会等でいくつか報告した。その後の新知見及びヒジキ(Sargassum fusiforme)とカラクサモク(S. pinnatifidum)の髄糸の特異性について報告する。これまで調査したホンダワラ類49種のうち、髄糸が存在するもの8種、一部に見られるの7種、髄糸の痕跡をもつもの2種が判別した。これを亜属でまとめてみると Schizophycus 亜属と Bactrophycus 亜属に髄糸をもつ種が多い。また2・3の東南アジア産 Sargassum 亜属の未同定種にも触糸が存在することが分かった。

このうちヒジキとカラクサモクには、次のような髄糸の特 異性が見られた。

ヒジキ: 髄糸は中空部をもつ初期肉質幼体薬, 紡錘形の気 胞そして棍棒形葉の先端部などに見られるが、特に初期肉質 幼体葉に多い。また紡錘形の気胞や初期の鋸歯葉の内壁面に は陸上植物で見られるような葉脈状の組織が見られた。これ までホンダワラ類では気胞を「小枝, あるいは葉の変形」と いう捉え方がされてきたが、ヒジキに限っても枝にはこのよ うな脈状の組織が存在しないことから、「気胞は葉の変形」 という定義に改めたい。。

カラクサモク: 萌芽期の気胞(長径1.5mm)に髄糸は存在したが, 気胞の生長に伴い髄糸は途中で途切れる。やがて成熟期の気胞内には両基部に髄糸の痕跡は見られるが, 直線状の髄糸は存在しない。

(\*東京水産大、\*\*筑波大)

#### 

ヒラガラガラ属 (Galaxaura) は世界中の熱帯から温帯海域に生育し、これまでに約120種が報告されているが、その多くは配偶体世代もしくは(四分)胞子体世代のどちらかしか知られていない。しかし、これが世代の違いによる体構造の二型に基づくものであろうことが指摘されると (Howe 1917, 1918)、以後様々な種の組み合わせが提唱されてきている。ただし、これらの種の組み合わせが実際に証明されているわけではなく、この属の分類を混乱させている原因となっている。以上の背景を踏まえ、演者らは分子系統学的手法を用いてこの問題を解決することを試みた。日本各地より標本を採集し、葉緑体にコードされている rbcL 遺伝子の部分塩基配列を比較した。

その結果、同じ塩基配列を有していたことから、以下の(四分)胞子体と配偶体の組み合わせが示された:G. divaricata(ビロウドガラガラ)/G. elongata(ナガガラガラ),G. subfruticulosa /G. cuculigera(ツクシガラガラ),G. arborea(ホソバガラガラ)/G. veprecula(ウスバガラガラ)/ G. hystrix(ヘラガラガラ)(下線を引いた種名を採用する)。また、上に示した種の対すべてにおいて見られた皮層構造の違いは、体構造の二型説を裏付けるものであった。なお、G. articulata(クダガラガラ),G. kjellmanii(サメハダガラガラ)の2種では初めて胞子体と配偶体がそれぞれ明らかとなり、この2種においても体構造の二型が確認された。

(\*北海道大·理, \*\* (株)海藻研究所)

# A29 ○越智昭彦\*・工藤創\*・渋谷薫\*\*・原慶明\*\*: パラオ海水湖内の緑藻ハウチワおよびサボテングサ薬類の分類と湖外種との比較

パラオ諸島に約80あるといわれている海水湖は造礁サン ゴによって形成された島の陸部のくぼみに、約1万年前の最 後の氷河期後の海水面上昇により、海水が進入してできた湖 で、現在でもほぼ海水に近い塩分濃度を保っている。海水湖 と湖外との連絡状態もさまざまで、トンネル状の水路で直接 湖外と連絡しているものや、そのような連絡はみられないが 潮の干満による海水の出入りが見られるものなどがある。湖 内には限られた種数ではあるが海産動植物が生育している。 このような地理的隔離によって海水湖に生育する海産生物 は湖外から生殖的にも隔離され、固有の進化を遂げているこ とが想定される。その中でも海水湖内外での生育を確認した ハウチワ(Avrainvillea) およびサボテングサ属(Halimeda) 藻類は比較的高い頻度で生育が認められ、好適な研究対象で ある。しかし、これらは外部形態の変異が著しいことや、特 にサボテングサ属では藻体が石灰化するため内部構造の観 察や培養が容易でなく、分類・同定が非常に難しい面もある。 本研究では、ハウチワ属の1種と同属近縁の湖外種との形態 的・遺伝的差異の調査、サボテングサ属藻類の種組成の紹介、 H. gigas.と H. simulans の 2 種に着目し、海水湖内と湖外の サンプルとの形態的・遺伝的な比較調査の結果を報告する。

(\*山形大・院・理工、\*\*山形大・理・生物)

# A31〇宮地和幸\*・羽生田岳昭\*・植田邦彦\*3: 緑藻シオグサ属 Basicladia 節のピレノイドと系統について

緑藻シオグサ属 Basicladia 節は Van den Hoek によって、 設立された節である。この節は分枝した匍匐する仮根枝から 直立糸が発出し、樽型の胞子嚢がジュズ状に形成されるとい う特徴を持つ。Basicladia 節は亀の甲羅に生育するシオグサ 科植物として創設された属 Basicladia を基本としている。 Van den Hoek はこの節の所属として2種、Cladophora kosterae と Cl. okamurae(ミゾジュズモ)を記載した。演者 らはUTEXから Basicladia sp 2株と Cl. kosteraeを入手し、 日本に生育するミゾジュズモとその微細構造と 18SrDNA 塩基配列を比較検討し、その系統的位置について考察を行っ た。Basicladia 節のピレノイドは複雑多裂型であり、一般的 なシオグサ科植物のピレノイドである二裂型と異なった。分 子系統学的研究によれば、調べた全種とも一般的なシオグサ 属のクレードに属さず、マリモのクレードに属した。UTEX の Basicladia sp と Cl. kosterae とは同じクレードに属し、 ミゾジュズモは前者のクレードと平行なクレードで属する ことが分かった。以上、Basicladia 節は進化的に近縁なグル ープであり、普通のシオグサ属とは異なることから、 Basicladia 属を復活させるべきであるとの結論に達した。 (\*1 東邦大・理: \*2 筑波大・生物科学系: \*3 金沢大・理)

## A30 新井章吾\*・○内村真之\*\*・羽生田岳昭\*\*\*: 沖縄 本島で発見されたイワヅタ属の1新種について

われわれは、これまでに奄美大島、喜界島、徳之島、伊平 屋島、沖縄本島、宮古島、石垣島、西表島においてイワズタ 属の採集を行ってきた。沖縄県中南部の数カ所から、新種と 考えられるリュウキュウズタ(新称)を採集したので、形態 と生育環境について報告する。

藻体は匍匐枝と直立部からなり、匍匐枝は円柱状で表面は 平滑で、直径約0.7mm あり、仮根糸を生ずる枝の長さは12 ~15mm 直径 0.4mm で、仮根糸は砂泥底表面の砂と小礫 に付着する。直立部は薄く、無分岐であり、高さ20~27mm 幅 5mm あり、長さ約 10mm の扁平な茎部を有している。 羽枝は7~9 対あり、長さ約 4mm 幅 1.3mm で、平面的に 互生またはやや対生している。

本種は、糸満港沖側の水路、中城湾北中部、金武湾中部および大浦湾の水深8~20mの砂泥地に生育している。いずれの生育地も海水が清澄でありながら、地形的に静穏であり、砂面変動が生じにくい場所である。

また,系統的位置関係を明らかにするために。分子系統解析を行っている。

(\*陎海藻研, \*\*NEDO, \*\*\*筑波大)

### A32 ○雪吹直史\*・中山剛\*\*・井上勲\*\*:無色黄金 色藻 Spumella の生活環の解明と系統分類

2002 年 9 月茨城県つくば市から採取、分離した無色 鞭 毛 虫 を 培 養 し た と こ ろ 急 速 な 増 殖 と シ ス ト (statospore) 形成が観察された。シストを新しい培養 液に接種すると、約 20 時間で発芽し、2 本鞭毛を有する 細胞 1 個を生じる。細胞は球状の寒天質内で遊泳しながら増殖し、接種後 50 時間で約 400 細胞を含む集塊を形成する。その後、寒天質は崩壊し、細胞は培養液中を自由に遊泳する。やがて数個から数十個の細胞が集合し、その一部が巨大細胞となり、接種後約 60 時間で巨大細胞がシストを形成する。

光学顕微鏡と電子顕微鏡による形態観察の結果から、この無色鞭毛虫は黄金色藻綱、Spumella 属に所属すると思われる。同属内や近縁種間で上記の様な生活環は報告されておらず、この生物は黄金色藻のシスト形成や、細胞分裂を調査する材料として非常に適していると思われる。

現在、分子系統解析を進めており、発表ではこの鞭毛 虫の系統学的位置や黄金色薬における無色化に至った進 化についても考察する。

(\*筑波大・院・生命環境、\*\*筑波大・生物科学系)

### 

演者らは2002年7月和歌山県磯ノ浦海岸にて、黄色のピコ 鞭毛薬を単離し、培養に成功した。

細胞は倒卵形で長さ34μm,幅1-2μmと非常に小さく2-3個の黄色の葉緑体を持つ。細胞の側方から長い前鞭毛と短い後鞭毛を生じる。後鞭毛には付属構造はないが,前鞭毛には2列に並んだ2部分マスチゴネマがあり,先端毛は一本であった。先端毛一本の2部分マスチゴネマは,ペラゴ藻綱ペラゴモナス目において報告があり,本藻との近縁性が示唆された。またその他にマスチゴネマより太短い棍棒状の付属構造が、やはり2列に並んであるのが観察された。

さらに、超薄切片による微細構造観察を行った結果、管状ミトコンドリアを有すること、また細胞内および細胞膜表面に、ペラゴ藻綱サルシノクリシス目で報告されている細胞外皮構造に酷似した構造が観察されたため、前述のマスチゴネマ構造とあわせて、本藻はペラゴ藻綱に帰属することが示唆された。 しかしながら、鞭毛にマスチゴネマ以外の第二の付属構造を有するストラメノパイル生物は未だ報告されておらず、本藻は未記載の藻類であると考えられる。 そこで詳細な系統的位置を推定するために、現在分子系統解析を行っている。

発表では微細構造レベルでの形態的特徴の比較に加え, 分子系統解析の結果もあわせて示し,本藥の系統的位置お よび分類学的処置について論じる。

(\*筑波大・院・生命環境、\*\*\*筑波大・生物科学系)

#### A35 ○野崎久義\*:葉緑体複数遺伝子情報から推 測した4鞭毛性ポルポックス目の系統的位置

1970-1980 年代の電子顕微鏡レベルの観察で示唆された緑色植物(緑藻と高等植物)における遊泳細胞の鞭毛基部装置構造の進化はその後の18S rRNA 遺伝子を用いた研究からほぼ支持されている。その結果、CW (時計回り)型の鞭毛根系をもった緑藻綱 (Chlorophyceae)と CCW (反時計回り)型のトレボウキシア藻綱 (Trebouxiophyceae)等が一般的に認知された (e.g. Friedl 1995, J. Phycol.)。最近では緑藻綱の中に DO (直交)型の鞭毛根系のものが認識され、CW group (主にボルボックス目からなる)とDO groupに2分されている (Nakayama et al. 1996, Phycol. Res.)。一方、CW groupに分類されたボルボックス目の4鞭毛性藻類には CW型以外の鞭毛根系をもつものが含まれるが、Carteria以外の系統的位置は明らかではない (Buchheim et al. 2002, J. Phycol.)。

今回、ボルボックス目の4 鞭毛性の Carteria group I (CW型)、Carteria group II (特殊型鞭毛根系)、Pseudocarteria (CW型)、Hafniomonas (CCW型)を含めた計56 OTU の系統解析を複数葉緑体遺伝子 (atpB, rbcL, psaB)の結合情報 (3648bp)を用いて実施した。その結果、高い信頼度でこれらの4 鞭毛性藻類が "CW group"の基部を占め、最基部には Carteria group II と Hafniomonas が位置した。従って、4 鞭毛性は本系統群では原始的であり、4 鞭毛性の状態で鞭毛根系の CW型への進化が起きたことが推測される。(\*東京大・理・生物)

### A34 ○吉田昌樹\*・中山剛\*\*・井上 勲\*\*: 珪酸鱗片を持つ 新奇ハプト藻の微細構造観察と分子系統解析

演者らは2001年7月,北海道積丹半島西方沖の後志海山 近海にて,表層水より珪酸鱗片を持つ新奇ハプト薬を発見 した。

細胞は球形で遊泳せず原形質の直径は10-15μm,表面 の鱗片の層を含めると20-30 μmであり, 細胞径の1.5倍程の 長さであるハプトネマが確認された。鱗片は帽子形でやや 崩れた楕円形をしており、直径は4-7μm, 厚さ約100nmであ った。鱗片の中央部は隆起,辺縁部は上方に反り返ってお り、辺縁部以外には直径100-200nmの小孔が多数空いてい た。この鱗片のX線元素分析を行った結果, 鱗片は珪酸質 であることが確認された。TEM観察を行った結果、管状クリス テのミトコンドリアや,核膜と連続した四重膜の葉緑体,及び 非常に短い二本の鞭毛などが見られた。細胞後部には空隙 があり、そこに面した膜系の中には形成中の珪酸鱗片が確 認された。また細胞外の珪酸鱗片層の下には有機鱗片が存 在し,これは鞭毛装置直下のゴルジ体で形成される事が分 かった。18S rDNA及びrbcLの配列を用いて分子系統解析 を行った所、本種はハプト植物門プリムネシウム目のクレー ドに含まれた。

ハプト植物門において珪酸質の鱗片を持つ種の報告は今回が初めてである。本種は、炭酸カルシウムの円石を持つ 円石藻類とは対照的であり、系統とバイオミネラリゼーション との関係を探る上で非常に興味深い生物である。

(\*筑波大•院•生命環境, \*\*筑波大•生物科学系)

# A36 ○須田彰一郎\*・熱海 美香\*\*: パラオ産プラシノ藻 *Pyramimonas* 属の1未記載種について

海洋バイオテクノロジー研究所カルチャーコレクションには 未公開株を含めると約 1000 株の海産微細藻類が保存されてい る。多くの株が太平洋産であり、日本沿岸および公海上の株を 除くとパラオ沿岸産の株が多いことが特徴的である。これらの パラオ沿岸産の株は熱帯および亜熱帯域産の微細藻類株が世界 中のカルチャーコレクションに多く存在しないことから、当該 地域の海産微細藻類研究の基準として重要と考えられる。

このパラオ沿岸産株の中で、プラシノ藻類の Pyramimonas 属 に属すると思われる株 (MBIC 10862) があった。MBIC 10862 は、培養器の底部近くで増殖し、底棲性であると考えられた。 細胞は、前端部が切れた楕円体ないし倒卵形で、4 本の等長鞭 毛は細胞前端部の窪みから生じ、細胞長の約 1.5 倍の長さであ った。カップ型葉緑体は一枚で、4枚の裂片状となり、裂片の 間隙と細胞前端部にはプンクタと呼ばれる小胞が、また細胞内 部には粘液胞状の小胞が多数存在した。これらの特徴から MBIC 10862 は既知の Pyramimonas 属種の中で、Punctata 亜属に属し、 P. mucifera Sym & Pienaar (1991) に最も近いことが判明した。 しかしながら、細胞の大きさ、2層目、3層目の細胞表面の鱗片 の形態、鞭毛の毛状鱗片の違いなどにより未記載種であること が明らかとなった。また、18S rDNA ならびに rbcL 遺伝子塩基 配列系統解析を行った結果、形態的特徴から Punctata 亜属を Pyramimonas 亜属に含めるという Sym & Pienaar 1999 の提案を 支持した。

(\*琉球大学・理、\*\*海洋バイオ)

A37 ○大田修平\*・植田邦彦\*・石田健一郎\*\*: 特異な増 殖様式を持つクロララクニオン藻 CCMP240 株の生活 環と分類学的位置

クロララクニオン藻(クロララクニオン植物門)はクロロフィル a と b を持つ海産の緑色単細胞藻で、現在5属6種が知られている。

本研究では、Provasoli-Guillard National Center for Culture of Marine Phytoplankton より分与された未同定の CCMP240 株について、細胞外形、生活環を光学顕微鏡とビデオ撮影により観察し分類学的位置を考察した。本藻はピレノイド微細構造の予備的な観察より、Lotharella 属であることがすでに報告されているが、属内の分類学的位置は定まっていない。

観察の結果、本薬は増殖の際、細胞壁内で細胞が2つに分裂した後、その一方だけがアメーバ細胞として細胞壁にある穴から外に出て、その後アメーバ細胞は再び球状細胞に戻るという特異な増殖様式を持つことが分かった。また本薬の生活環はこのような栄養分裂による増殖が主であるが、遊走細胞の存在も観察された。この遊走細胞は着生後、球状細胞に戻ると思われるが、これについてはさらなる観察が必要である。同属の L. globosa はアメーバ細胞を欠く生活環を構成し、L. amoeboformis はアメーバ細胞主体で生活環を構成することから、CCMP240 株はこれら2種とは明らかに異なる生活環を持っている。したがって、CCMP240をLotharella 属の1新種とするのが妥当である。(\*金沢大・院・自然科学、\*\*金沢大・理・生物)

A39 <sup>○</sup>岩滝光儀\*・髙山晴義\*\*・吉田誠\*・松岡敷充\*: 条線様構造をもつ光合成性無殻渦鞭毛藻1種の形態と分類

無殻渦鞭毛藻における主要な属である Gymnodinium 属と Gyrodinium 属は、Kofoid & Swezy (1921) の体系に従い横溝 の段差の程度により識別されてきた。しかし Daugbierg et al. (2000) は形態形質と分子系統解析の結果を基に、馬蹄形の 上錐溝をもつ光合成種を Gymnodinium 属、そして楕円形の上 錐溝と条線をもつ従属栄養種を Gyrodinium 属として無殻渦 鞭毛藻属の改変を行っており、現在ではこの分類体系が広く 認識されてきている。本研究では、2002年8月に大村湾よ り採集された、葉緑体と条線様構造、すなわち Gymnodinium 属と Gyrodinium 属の形態形質を併せもつ無殻渦鞭毛藻の形 態形質の観察を行い、その分類について検討した。本種は、 細胞中心部付近から放射状に伸びる葉緑体はペリディニン 種に、上錐が下錐より大きな点では Gyrodinium glaucum (= Katodinium glaucum) に、また細胞表面にみられる条線様の 溝構造は Balechina coerulea (= Gyrodinium coeruleum) に似て おり、さらに最大4連鎖群体まで形成する渦鞭毛藻である。 (\*長崎大・水産、\*\*広島水試)

A38 〇西 あかね・石田 健一郎・遠藤 浩:オパリナ類 はアルベオラータか?: α-及びβ-チューブリン遺 伝子による系統解析

オパリナ類は、主に無尾両生類の直腸に共生する多核性の 原生生物である。現在では、鞭毛基部に共通した構造をもつ ことからクロミスタ界の Heterokont にオパリナ綱として分 類されているが、オパリナ類の系統的位置についてはその発 見以来様々な議論がなされてきた。オパリナ類は Heterokont 以外の生物、とりわけ鞭毛虫類や繊毛虫類などの特徴を多数 あわせもっており、鞭毛基部の構造からのみでは、はっきり とその分類を決定することができないのが現状である。現 在までに形態やライフサイクルなどにおける研究は報告さ れているが、分子系統的研究はまったく報告されてこなかっ た。形態的特徴からのみではその分類を決定することは難 しいと考え、18S rRNA とβ-tubulin、α-tubulin の遺伝子につ いてオパリナ類の DNA の解析を行った。解析の結果、18S rRNA ではオパリナ類に特有な insertion と、オパリナ類と原 生動物の繊毛虫類に特有な deletion がみられた。また $\beta$ tubulin とα-tubulin の解析では、オパリナ類は現在分類され ている Heterokont ではなく, 原生動物の繊毛虫・渦鞭毛虫・ アピコンプレクサからなるアルベオラータとよばれる分類 群と単系統群を形成することが示された。形態的特徴にお いても、オパリナ類が Heterokont と共有している特徴が鞭毛 基部の構造のみであるのに対し、アルベオラータとはいくつ もの特徴を共有していると考えられる。従って、我々はオパ リナ類をアルペオラータの中で一門を形成する生物として 分類することを提案する。

(金沢大・理・生物)

A40 ○瀧下清貴\*・石倉正治\*・小池一彦\*\*・丸山正\*: 共生渦鞭毛藻類 Symbiodinium 属の葉緑体遺伝子 psbA を用いた分子系統解析

Symbiodinium 属は海産の原生生物や無脊椎動物に共生する 渦鞭毛藻類であり、遺伝的に極めて多様であることが知られている。本研究では、まず電子顕微鏡レベルの in situ ハイブリダイゼーションによって、光化学系 II の構成成分 D1 protein をコードする psbA の mRNA が Symbiodinium 細胞の 葉緑体内に極在することを示し、psbA が葉緑体遺伝子であることを確認した。続いて、既に核 SSU rDNA の系統解析によって様々なクレードに属することが示されている Marine Biotechnology Institute Culture Collection (MBIC) 保有 Symbiodinium 株の psbA 塩基配列を決定し、その情報に基づいて分子系統解析を行った。その結果、核 SSU rDNA と psbA の系統樹のトポロジーは酷似していた。このことから、psbA が本属内の系統関係を推測するのに有効な分子マーカーであることが示唆された。psbA の進化速度は核 SSU rDNA のものよりも 1.2 - 18.2 倍速かった。

(\*海洋バイオテクノロジー研究所、\*\*北里大学水産学部)

# A41 ○坂井広人・堀口健雄:糸状渦鞭毛藻 Dinothrix paradoxa の系統と葉緑体の起源

糸状渦鞭毛藻目に属する Dinothrix paradoxa の葉緑体は珪 藻起源であるとされる。このような共生珪藻由来の葉緑体を もつ種は本種の他に5種、Peridinium 4種(ペリディニウム 目), Gymnodinium 1 種 (ギムノディニウム目) が知られてい る。 興味深いことにこれら 6 種は TypeB 眼点と呼ぶ,3 重膜 に脂質顆粒が囲まれる特殊なタイプの眼点を共通してもつ。 現在の分類系が示すように、特に別目に属するもの同士では 形態的にも生活史からも必ずしも近縁性は見いだせないが、 果たして類似の共生藻起源の葉緑体と TypeB 眼点という組み合わせをそれぞれの系統で独立して獲得したのであろう か。我々はそうではなく、「共生薬と眼点の獲得は一度だけ起こり、それ以後、形態・生活史様式が分化したのだろう」 との仮説を立てた。本研究では D. paradoxa の系統的位置を 明らかにし、珪藻由来の葉緑体をもつ渦鞭毛藻の葉緑体や眼 点の起源を推定することを目的として本種ならびに同様に 珪藻由来の葉緑体をもつ Peridinium balticum と P. foliaceum の 分子系統学的解析をおこなった。用いた遺伝子は、核コード の 18S rRNA 遺伝子と葉緑体コードの rbcL 遺伝子である。そ の結果, rbcL 遺伝子では3種はまとまり, そのクレードは珪 藻類のクレード中に含まれた。18S rRNA 遺伝子解析でもこ の3種はまとまり、2種の Peridinium と Dinothrix の近縁性 が示された。この結果は我々の仮説を支持するもので共生藻 の獲得と TypeB 眼点の獲得は一度だけであった可能性が高

また、これら6種が共通してもつTypeB眼点と渦鞭毛藻に広く見られるTypeC眼点(葉緑体の一部に眼点顆粒が並ぶ)との関係を調べるために、両者の眼点の分裂様式の比較をおこなったのでその結果についても報告する。

(北大・院理・生物科学)

# A43 ○ 山口愛果・堀口健雄:従属栄養性渦鞭毛藻プロトペリディニウム属の分子系統学的研究

Protoperidinium は渦鞭毛藻類の中でも大きな属であり、250 種以上が所属している。鎧板をもつ有殻種で、その形や大きさは極めて多様であり、種の同定には頂角や後角および棘の有無などの細胞外形、鎧板の配列や形、横溝の段差の大きさなどが分類形質として用いられている。属内分類群(Section、節)もこれらの分類形質を用いており、特に鎧板の枚数や頂板 1'と前挿間板 2a の形、細胞外形を重要な分類基準として扱っている。培養が困難なため分子系統学的な解析は行われておらず、本属の系統関係は明らかではない。

本研究では、主に北海道小樽築港で採集したProtoperidinium7種の核ゲノムにコードされている SSU rDNA の部分配列および LSU rDNA の部分配列を決定し、分子系統学的解析を行った。その結果、今回用いたProtoperidinium は SSU rDNA, LSU rDNA の両方で単系統にまとまった。さらに属内分類群の Section Divergentiaに属する P. divergens と P. crassipes が、また Section Protoperidinium に属する P. pellucidum と P. pallidum が各々一つのクレードにまとまった。また、P. abei、P. conicum、P. subinerme が一つのクレードにまとまった。P. conicum、P. subinerme はともに Section Conica に属するが、P. abei は前挿間板が 2 枚ということから違うグループに分けられている。しかし、これら 3 種は頂板 1'が ortho (四角形)、前挿間板 2a が hexa (六角形) であるという共通した特徴を持っている。

(北大・院理・生物科学)

#### A42 〇田村舞子\*・嶌田 智\*\*・堀口健雄\*:パラオ 産底生性渦鞭毛薬の一種の分類と葉緑体の起源

海産底生性渦鞭毛藻の中には、ドーム状の被殻をもつ特 異的な形態の付着性の種がいくつか知られている。今回は このような砂地性底生性渦鞭毛藻の一種を紹介する。研究 には、パラオの海岸の砂から単離した培養株を用いた。光 学顕微鏡・電子顕微鏡による形態観察および生活環の観察 をおこない、さらに核ゲノムコードの 18S rRNA 遺伝子と 葉緑体遺伝子である rbcL 遺伝子の塩基配列を決定し、系統 解析を行った。また、渦鞭毛藻 Amphidinium. sp.、円心 目珪藻 Skeletonema. sp. と共に HPLC 色素分析も行った。 その結果、以下のことが明らかになった。 1 )付着・不動 性細胞と遊走細胞の二つのステージを持ち、いずれのステ ージにおいても眼点が見られた。2) 遊走細胞は無殻で、 基質に固着した後、徐々にドーム型の被殻を発達させて不 動細胞に移行した。3) 系統解析では、18S rRNA 遺伝子, rbcL 遺伝子共に、珪藻由来の葉緑体をもつ渦鞭毛藻である Peridinium balticum · P. foliaceum · Dinothrix paradoxa と高いプートストラップ値で一つのクレードにまとまった。 4) 色素分析では、Skeletonema. sp と同様のフコキサン チンにピークが見られた。以上のことからこの種は珪藻由 来の葉緑体をもつことが明らかとなり、この種の渦鞭毛藻 としては 7 種類目の発見例となった。これまでにこのよう な形態と生活環をもつ種は見つかっておらず、従ってこれ は未記載の新種(新属)であると考えられる。

(\*北大・院理・生物科学、\*\*北大・先端研)

#### A44 ○比嘉敦¹・工藤創¹・岩滝光儀²・堀口健雄³・ 原慶明⁴: Amphidinium 様遊走細胞を放出する 底棲渦鞭毛藻類の系統と微細構造

沖縄県ケラマ諸島および、宮古島とパラオ共和国のペリリュー島から採集した海の底の砂より単離した渦鞭毛藻(ケラマ株、ミヤコ株、ペリリュー株)3 株は生活環の大部分を厚い殻又は、寒天質状の外皮に被われ基物に固着し、Amphidinium 属の特徴を持つ遊走細胞を放出する。これら3株は既存の分類体系では、Phytodinialesに分類されるが、Amphidinium 属との類縁性も調査する必要がある。本研究ではこれら3株の形態・生活環・微細構造の観察と18S rDNAの分子系統解析を行い、以下のような結果を得た。

ケラマ株の固着細胞の表面には特徴的な六角形の骨組み 構造がみられるが、他の2株の固着細胞では表面は滑らかで あった。ペリリュー株の遊走細胞は上錐が小さく細胞の中央 部には明瞭なピレノイドを持つが、他の2株は上錐が大きく、 光学顕微鏡ではピレノイドは確認できなかった。系統解析で は 1) 3 株と Phytodiniales との類縁性が全く見られないこ と、2) ケラマ株とミヤコ株は単系統で、Amphidinium 属の 他の種との類縁性は見られなかったこと、3) ペリリュー株 は真の Amphidinium 属クレード(タイプ種を含む)に含まれ ることが判明した。微細構造においては、ペリリュー株の葉 緑体は一つで、複数の腕状部を持ち、中央にピレノイドが位 置し、ピレノイドの基質内には複数のチラコイドが陥入して いた。この特徴は真の Amphidinium 属に属する種と共通す ることが明らかとなった。一方、他の2株の葉緑体は多数存在し、放射状に配列していた。また、ピレノイドはそれぞれの葉緑体の中央に向いた末端部分に局在していることが明 らかになった。(1山形大・院・理工, 2(財)長崎県産業振興 財団, 3 北大・院・理, 4 山形大・理・生物)

# B01 \*寺田竜太:沖縄本島産紅藻オゴノリ属 4 種の生長と成熟

南西諸島に生育する紅藻オゴノリ属(オゴノリ目)は、一部がスーナやシルナの地方名で採取される地域の有用な水産資源だが、季節消長が十分に把握されていない種や成熟体が確認されない種がある。そこで本研究では、沖縄本島に生育するオゴノリ属4種、クビレオゴノリ Gracilaria blodgettii Harvey、ユミガタオゴノリ G. arcuata Zanardini、フシクレノリ G. salicornia (C. Agardh) Dawson、オゴノリ G. vermiculophylla (Ohmi) Papenfuss の季節消長と成熟時期、成熟体の割合を明らかにすることを目的とした。

調査地は本島東岸の金武町並里(クビレオゴノリ,ユミガタオゴノリ,フシクレノリ)と西岸の恩納村山田(オゴノリ)とし,2002年2月から2003年1月の間に計7回実施した。無作為に各種40個体程度(オゴノリは80個体程度)採取し,別に50cm四方の方形枠を用いて枠内の種を採取し,密度を求めた。また成熟の有無については、実体および生物顕微鏡を用いて確認した。

その結果,クビレオゴノリは 2 月に 1 個体あたりの湿重量が最大を示した後に 6 月にかけて減少し,9 月には消失した。また 12 月には新たに加入した個体が見られ,1 月にかけて増加した。ユミガタオゴノリは 4 月に最大となり,9 月には消失した。また本種の成熟時期は主に 4-6 月の時期に限られた。フシクレノリは 6 月に最大となり,9 月には新たに加入した個体が見られた。本種の成熟時期も一般に 4-6 月であり,日本産としてこれまで確認されていない雄性配偶体を確認した。しかし,雄性配偶体の割合は 4 月で 15%,6 月で 1.2%だった。また 6 月には,アデルフォ寄生薬であるフシクレタケ Congracilaria babae Yamamoto が多く確認され,本種の生育にも季節性があることが示唆された。一方オゴノリは,2 月に成熟し最大となった後に 6 月には消失し,温帯域の季節変化と比べると生育時期が極めて限定的であることが示唆された。

#### 

チスジノリ(Thorea okadae)は体長 1m 位に伸張する大型の配偶体 と体長1cm以下の小型の胞子体との間で世代交代を行う淡水産紅藻で、 清浄な河川の中流域で、光量が少なく、尚且つ比較的流速の早い場所に おいて川底の石などに着生して生活する。環境省の定めた絶滅のおそれ のある野生生物種リスト、レッドリストにおいて、絶滅危惧Ⅱ類に分類 されている。近年の河岸開発や河川水量・流速の減少,他の藻類の繁茂 等の原因により、日本各地で個体数が減少し、存続が脅かされている。 こうした絶滅危惧種の保全には、現場環境の保存・修復に加え、個体数 変動や遺伝的多様性の把握、生息域外保存などが必要とされる。本報告 では、これら保全研究の基礎となるチスジノリの生活環について得られ た知見について紹介する。これまでチスジノリの生活環としては、1) 晩秋から晩春の間、配偶体は成長し、受精して果胞子を形成する、2) 夏の間は配偶体が消失し、匍匐糸状体(シャントランシア期)で過ごす、 3) シャントランシア期には単胞子が形成される、ことが知られている。 しかし果胞子以降の生活環の流れや単胞子の形成条件について、培養株 を用いて詳細に調査された報告はない。2002年3月と4月に熊本県の 菊池川の中流域 (水温約17℃) から採集した雌株より果胞子を単離し、 成長過程を観察した。4ヶ月で約1cmの匍匐糸状体にまで成長し、更に このステージで単胞子が形成され、再び匍匐糸状体に戻る生活環を確認 することが出来た。10℃~25℃のそれぞれの温度条件下で培養したとこ ろ,20℃以上では単胞子の形成が盛んに認められるのに対して、15℃以 下では単胞子は形成されず、枝の分枝が盛んにった。また単胞子を形成 している藻体を 15℃以下の条件下に移した場合でも同様の変化が見ら れた。このことから,単胞子の形成,薬体の形態形成には温度が大きく 関与していることが明らかとなった。

(\*山大・院・理工, \*\*国立環境研究所, \*\*\*神戸親和女子大学)

 Gregory N. Nishihara, Yuko Mori, Ryuta Terada and Tadahide Noro: The in situ and in vivo growth of Laurencia brongniartii (Ceramiales, Rhodophyta) in Kagoshima Prefecture, Japan.

The *in situ* growth of *Laurencia brongniartii* was monitored at Ei Town, on the southern coast of the Satsuma Peninsula and the Kasari Town, Amami Oshima. Plants in both locations showed average monthly increases in length from March to November. Plants from Kasari Town were  $111 \pm 5.2 \text{ mm}$  (95% CI) and those of Ei Town were  $100 \pm 5.6 \text{ mm}$  (95% CI).

B02

A transect survey at the former site was conducted to ascertain the localized distribution of L. brongniartii. Depth, substratum slope, density and coverage were recorded for each patch of algae and analyzed (Mixed Model ANOVA). Population characteristics ranged from 1 plant·m<sup>-2</sup>, 1% coverage and 8 g·m<sup>-2</sup> to 30 plants·m<sup>-2</sup>, 42% coverage and 1602 g·m<sup>-2</sup>. Average densities were significant with respect to slope (P < 0.001) and not significant due to depth. Coverage showed a significant result for slope (P < 0.001) and depth (P < 0.05).

The *in vivo* growth parameters; light, salinity and temperature were varied and analyzed for optimal growth. Growth rates at three levels of light, 14, 20 and 60  $\mu$ E·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup> were not significant (P=0.268), however lower light showed relatively faster growth. Salinities were set at 17.2, 25.3, 33.4, 41.0 and 48.6 psu. Bleaching occurred at both ends of the range, optimal growth rates were at 25.3 and 33.4 psu and differences were significant (P<0.001). Temperatures were set at 5 levels: 16, 20, 24, 28 and 32°C and resulted in significant differences (P<0.001). Optimal growth rates were at 24°C and 28°C.

(Faculty of Fisheries, Kagoshima University)

#### B04 \*高口由紀子\*・寺田竜太\*・能登谷正浩\*\*: 周年 生育するタネガシマアマノリの季節消長と形態

タネガシマアマノリ Porphyra tanegashimensis Shinmura は、Shinmura (1974) によって記載されたが、それ以降種子島からの報告はなく、生態の詳細については十分に把握されていない。またアマノリ属は、一般に夏期には配偶体の生育が見られないが、本種では周年にわたって生育しており、亜熱帯域に生育する本種の種特異性から興味深い。そこで本研究では、本種の基準産地において生育状況を確認し、2002 年 3 月から 2003 年 1 月にかけて形態と個体群動態について明らかにすることを目的として観察を行った。

本種は種子島北部の伊関の基準産地で群落を再確認した。 また、本種の群落は、マルバアマノリの生育群落より上部 の飛沫帯に形成されていた。生育地の水温は 19.0°C から 29.6°C の間で変化したが、群落は通年認められた。本種の 特徴的な裂葉は 10 月から 11 月にかけて顕著に見られ、3 月から 9 月にかけては円形の藻体が多いことから、外形は 季節的に大きく変化することが明らかになった。更に、婚 長、葉幅、個体重量もそれぞれ季節的に変化した。鋸成形によって縁辺が崩壊することから顕著でなくなもった。 足によって縁辺が崩壊することから顕著でなくなった。 の放出量は春から夏にかけて増加し 6 月に顕著に見られ た。また、春から夏にかけて増加し 6 月に顕著に見られ た。また、春から夏にかけて、群落に常に新規加入幼体が 存在したことから、この時期は原胞子発芽体の繁殖で群落 が維持されていると考えられた。(\*鹿大・水産、\*\*東水大)

### B05 O若菜勇\*・Árni Einarsson\*\*・新井章吾\*\*\*・朴木 英治\*\*\*\*: アイスランド・ミーヴァトン湖における マリモ集合の形態的多様性と生育環境

ミーヴァトン湖は、アイスランド北部に位置する湖面積 37km<sup>2</sup>、平均水深2mの富栄養湖で、火山噴火にともなう溶 岩流の堰き止めによって約2300年前に生成した。同湖では、 緑藻マリモ (Aegagropila linnaei) の浮遊糸状体が広範囲に わたって分布していることが古くから知られ、北極圏に近い 高緯度地方にありながらヨーロッパ最大の水鳥の繁殖地と なっている背景のひとつとして、生態系における一次生産者 としてのマリモの役割が重要視されてきた。一方、近年に なって直径10cmほどの球状マリモが発見されたことを契機 として、マリモの生態について全容を明らかにすべく、同じ 火山湖である阿寒湖のマリモとの比較研究など様々なプロ ジェクトが進められている。本研究では、1999年から2002 年にかけてミーヴァトン湖の11カ所で潜水観察と採取を行 い、マリモ集合の構造や大きさ、乾重等を記録した。得られ たマリモ集合は、糸状体が中心から外に向けて放射状に配列 した「放射型」、この部分的な構造をもつ「放射様断片」、糸 状体が無秩序に絡み合った「纏綿型」で、基質上で放射状に 発達した集合が剥離して陥没を有した球体となる例が今回新 たに見つかった。こうした形態的多様性の由来を説明するも のとして、底質および水深を主要素とする生育環境構造モデ ルを示す。(\*阿寒町教委, \*\* Mývatn Research Station, Iceland、\*\*\*株・海藻研、\*\*\*\*富山市科文センター)

#### B07 〇藤田大介\*・奥井伸一\*\*・山本史郎\*\*: 富山湾に おける藻場の分布と注目すべき植生変化

富山湾における藻場の分布状況は,1978年,1990年および1995年の3回調べられているが,全貌は明らかになっていなかったので,2001年,県沿岸の航空写真(1/5000,高度750m)を撮影して藻場(水深20m以浅)を判読し,主要藻場の潜水調査と合せて分布状況をまとめた。その結果,湾全体で合計1101.59haを藻場として認めた。過去3回の調査で得られた藻場面積は937ha,753ha,824haで,今回が最大の値を示した。この面積の違いは、測定精度、算出基準,新たな藻場の確認によるもので、実際の変動は反映していない。

沿岸市町別では氷見市 624.46ha が最大で、以下、大きい順に、入善町 150.29ha, 魚津市 114.9ha, 朝日町 79.09ha, 高岡市 74.52ha, 滑川市 27.95ha, 新湊市 16.19ha, 富山市 9.34ha, 黒部市 4.85ha となった。岩盤域は氷見市と高岡市、朝日町に限られ、他は礫地帯である。大半の藻場は従来確認されていたが、今回、氷見市中南部~高岡市北部のアマモ場、新湊市東部や富山市西部のガラモ場、滑川市東部(河口)のテングサ場等を初めて認めた。

藻場をタイプ別にみると、アマモ場が 420.01ha (氷見市 385.09ha, ほかに高岡市と魚津市に分布)と最も広く、ガラモ場が 310.41ha、その他が 371.17ha であった。なお、富山湾の場合、混生群落が多いこと、藻場の沖側が貧植生域に漸次移行していることなどの理由により、一部の藻場におけるタイプ別の正確な面積区分は困難であった。

この10年間に埋め立てが行われた2地区について1990年撮影の航空写真と藻場の面積を比較した結果、それぞれ1.97ha,2.08haの消失が認められた。現在、両港の西側(近隣の漁港との間)ではテングサなど小型海藻が著しく減少している。(\*富山県水産漁港課、\*\*(株)アジア航測)

## B06 ○永野真理子\*・田中正明\*・加藤 進\*\*:三重県 鈴康川の薬類植生について

鈴鹿川は、鈴鹿山脈に源を発する幹線流路延長 40.7 km の三重県を代表する一級河川である。支流としては、加太川、安楽川、内部川等があり、何れも灌漑用水、工業用水、上 水道用水として取水され、三重県の重要な水源河川となっている。

鈴鹿川においては、行政機関による定期的な水質監視が行われているが、生物相についての知見は多くはない。薬類植生については、1970年代と1980年代の調査結果が知られている。我々は、2002年11月2日に主な支流を含めて28地点において、水質及び付着藻類の採集を行った。

採集試料の観察結果は、下流に近い鈴鹿橋では Nitzschia frustulum 及び変種の var. perpusilla と Melosira varians を主体とした群集構造であったが、 それよりも上流の大部分の地点では Cymbella tumida と Cymbella turgidula が優占する群集構造であった。今回の結果は、1970 年代及び 1980 年代の結果とは大きく異なり、 水質的に改善傾向が認められた。

(\*四日市大・環境情報、\*\*三重県保健環境研)

# B08 ○桑野和可\*・吉越一馬\*\*:大分県南部で見られるカジメ群落の衰退とカジメの不健全な状態

大分県南部は沿岸漁業の盛んな地域で、カジメやホンダワラ類が繁茂する豊かな漁場であった。ところが、ここ数年の間にカジメ群落が急速に衰退していることが地元漁業者の間でも問題視されている。本研究は、大分県南部で広がる磯焼けの実態を把握し、その原因を解明するため、潜水によりカジメの生育状態を調査するとともに薬体をサンプリングして、その詳細な観察を行った。

蒲江港周辺を潜水調査すると、潮通しの良い鼻先周辺にカジメはなく、湾内に小さな群落が認められた。比較的大きな群落の残っている蒲江港入口を定点として観察を続けた結果、7月下旬までは長い側葉を持つ個体が多く観察されたが、9月上旬になると、側葉が著しく短くなった個体が多数出現した。側葉の残っている個体についても側葉先端部が腐敗していたり、穴があいていたりするなど不健全な状態であった。側葉を顕微鏡で観察すると、皮層細胞が脱落し、微少なくぼみが多数形成されていた。定点から約6km離れた波当津沿岸には9月上旬でも長い側葉を持つ比較的健全な個体が多数観察できたことから、定点の個体で見られる側葉先端部の腐敗や穴あきは夏期の一般的な末枯れとは異なり、漁場汚染の影響であることが示唆された。11月下旬になると、生残した個体からは若い側葉が発出しはじめる一方、枯死した個体が多数観察された。(\*長崎大・院・生産、\*\*長崎大・水産)

#### 

小湊産のカジメ個体群における生産量、現存量、生育密度、藻体の形態的特徴を明らかにするため、小湊内浦湾で水深9m付近のよく発達したカジメ群落に2001年1,4,7,10月に方形枠(1m²)2枠を設定し、その中の側葉を持つカジメについて、10cm以上の側葉の下部から3枚目の中央部にコルクボーラーで印をつけ、翌月に枠内の全てのカジメを刈取り、各個体における新生した側葉の段数を確認するとともに、藻体各部位の大きさ、生長輪数、重量等を測定した。

日間生産量は  $0.2\sim12.6$ g 乾重/ $m^2$ で、春季に極大,夏季に極小値を示し、冬季から春季に高く,夏季から秋季に低かった。また年間生産量は 1.6 kg 乾重/ $m^2$ と推定された。現存量は  $4.3\sim16.2$ kg 生重/ $m^2$ ( $0.6\sim2.5$ kg 乾重/ $m^2$ )で,春季に極大,冬季に極小値を示し,春季から夏季に高く,秋季から冬季に低かった。生長輪は 6 輪まで確認され,1 歳以上の個体の密度は  $10\sim21$  個体/ $m^2$ であった。 1 歳以上の個体の各部位の平均値は藻長  $89\sim98.4$ cm,茎長  $69.2\sim82.6$ cm,茎径  $18.4\sim22$ nm,中央葉長  $12\sim20.2$ cm,最大中央葉幅  $7.2\sim8.3$ cm,側葉数  $18\sim32$  枚,最長側葉長  $49.3\sim60.2$ cm,最大側葉幅  $4.2\sim5.4$ cm,個体重  $435.1\sim742.7$ g 生重( $61\sim117.4$ g 乾重),葉重  $183.2\sim533.1$ g 生重( $23.7\sim83.6$ g 乾重),茎重  $205.3\sim251.9$ g 生重( $33.9\sim40.8$ g 乾重)であった。小湊地先では生産力の高い大型で長命なカジメが生育していることがわかった。

(\*千葉大・海洋セ、\*\*海洋科学技術セ)

#### B11 ○桐原慎二\*1,藤川義一\*2,能登谷正浩\*3: 水槽培養におけるマコンブ胞子体成熟促進の ための水温及び光周期の条件

青森県沿岸では、天然マコンブの成熟は10月以降と なるため、8-9月の早期に種苗生産することは難し い。そこで、採苗用に藻体を成熟させるための水温と 光周期の制御条件を調べた。1996年8月6日に天然から 採取し、葉長約65cmの1年目藻体を用いた。培養条件 は光量150 μ E/m²/s, 光周期15L:9D,12L:12D,9L:15D,水温5,10,15,20,25℃を組合せた条件と, 対照として人為的な制御を加えない条件の計16区を設 定した。各条件の流水水槽(150ℓ)には、各々5個 体の藻体を入れて、223日間培養し、生長や子嚢斑の 形成状況を観察した。生長は葉状体基部上方10cmに穴 を開け、その移動距離から求めた。その結果、成熟は 15℃の中日下で最も早く培養2週目,次いで10℃と15 ℃の短日下で3週間目,5℃と20℃の短日下で約5週間 目に認められた。これらは、対照より3週間以上早く 成熟した。子嚢斑は5℃の短日下では、培養5-7週間 目に生長帯から離れて上方に形成され、その後12週間 目からは生長帯にも認められた。しかし、10℃-20℃ 下では対照と同様に生長帯から形成され始めた。25℃ 下では光周期に関わらず培養開始後101日目までに全 個体が枯死した。生長は25℃下では殆どみられなかっ たが、他の条件下では対照区と同等かそれ以上に生長 した。以上から、短日で、20℃以下の条件では、1ヶ 月以内に藻体を成熟させることができ、早期採苗用の 母藻が確保できた。(\*1青森県水産増殖センター、\*2 むつ水産事務所、\*3東水大・応用藻類学)

# B10 〇鈴木 怜\*・古谷和重\*\*・竹内一郎\*: 愛媛県宇和海における養殖マコンブ Laminaria japonica (Laminariales, Phaeophyceae)の生産量

マコンブは北海道の南部から東北の太平洋側に分布し、岩礁域生態系の重要な大型海藻の一種である。現在では、暖海域の四国や九州、中国の遼寧省から福建省にかけても養殖がされているが、詳細な研究は少ない。そこで、宇和海において、マコンブの生産量等を調査・研究したのでその概要を報告する。

調査は愛媛県南西に位置する宇和島市遊子沖の真珠養殖筏にて、 2001年12月から2002年8月にかけて実施した。養殖ロープに3つの実験区を設定し、藻長・密度測定区では50cm内の藻体長および藻体数を、生長測定区では穿孔法による生長速度を、採集区の個体を基に、藻長、葉幅、湿重量、乾重量を測定した。

調査期間中,海水温は 13.8℃から 26.8℃を記録した。マコンブ の薬体長は1月上旬から5月上旬にかけて増加し, $187.5\pm82.7$ cm,最長の個体は 360cm に達した。その後,末枯れによって減少し 8月上旬には  $41.3\pm16.7$ cm となった。生産量も 3 月下旬に 1 個体あたり  $4.2\pm0.9$ g wet wt.  $d^1$ となったが,その後減少し,7 月中旬は  $0.002\pm0.1$ g wet wt.  $d^1$ であった。末枯れ量は 2 月下旬から 6 月下旬にかけて増加し  $5.7\pm3.0$ g wet wt.  $d^1$ になった。以上より,年間生産量はロープ 1m あたり 33.3kg wet wt. (1.6 kg C) になると推定された。 (\*愛媛大・農,\*\*丸和真珠)

# B12 ○原口展子\*・村瀬 昇\*・水上 譲\*・野田幹雄\*・吉田吾郎 \*\*・寺脇利信\*\*:春と秋に成熟するアカモクの幼胚および葉状部の生長に及ぼす温度の影響

アカモク Sargassum homeri は、一般に春に成熟するが、山口県東部の瀬戸内海の一部海域では、秋に成熟する藻体が生育している。本研究では、これら両藻体の生態学的特性を明らかにするため、幼胚および葉状部の生長に及ぼす温度の影響を培養により確かめた。培養は、光量  $100 \mu mol m^2 s^{-1}$ 、明暗周期 12L:12Dの下、温度  $10 \sim 35 ^{\circ}$ Cの  $5 ^{\circ}$ C間隔と  $25 \sim 35 ^{\circ}$ Cの  $1 ^{\circ}$ C間隔の条件下で  $12 \sim 15$  日間行なった。幼胚の生長については、形成された葉の長さを 2,3 日ごとに測定した。葉状部の生長については、藻体の先端から約 2 cm の長さで切り出したものを用い、先端からの長さを 3 日ごとに測定した。それぞれの長さを、培養開始時を 1 とした生長倍率で比較した。

春に成熟するアカモクの幼胚は、20°Cおよび 25°C(生長倍率約16.5倍)で良好に生長し、31°C以上で枯死した。また、春に成熟するアカモクの葉状部は、15°Cおよび 20°C(約1.7倍)で良好に生長し、28°C以上で枯死した。一方、秋に成熟するアカモクの幼胚は、春に成熟するアカモクの幼胚と同様、20°Cおよび 25°C(約14倍)で良好に生長し、31°C以上で枯死した。また、秋に成熟するアカモクの葉状部は、25°C(約3.2倍)で良好に生長し、29°C以上で枯死した。このように、幼胚については、成熟時期の異なる両藻体とも、生長の良好な温度および枯死する温度が一致した。しかし、葉状部については、秋に成熟する藻体の方が、春に成熟する藻体よりも、生長の良好な温度および枯死する温度が、高い値を示した。

(\*水産大学校, \*\*瀬戸内水研)

B13 ○杉野伸義\*・牛原康博\*\*・村上明男\*\*・川井浩史\*\*: 和歌山県雑賀崎カジメ場における光環境の測定

漸深帯における海藻群落の成立において光は最も重要な制限要因の一つであるが、藻体が実際に受けている光量の測定は困難である。一方、陸上の植物群落では、アゾ色素を含浸させたセルロースアセテートフィルム(オプトリーフ)を用いた光環境(積算日射量)の測定が行われている。今回、海藻群落内の光環境を明らかにする目的で、オプトリーフの海水中での実用化試験を兼ねて個々の藻体が受けている積算日射量の推定を行った。

オプトリーフは大成イーアンド エル製の R-2D (短期用:  $\lambda$  max=521mm) と、0-1D (超短期用:  $\lambda$  max=492nm) の2種を用いた。海水成分による変質を防ぐため、透明ビニールでシールしたオプトリーフを藻体や海底に設置し、一定期間の吸光度変化から退色率を算出した。同時に測定した積算光量子量 (メモリー式光量子計) とオプトリーフ退色率を比較した結果、高い相関がみられた。次に、カジメ藻体の各部位にオプトリーフを貼付し1週間~2ヶ月間の積算光量子量を推定した。その結果、カジメ藻体の各部位が受ける光量子量は、遮蔽物の無い場合に到達する光量子量の約15~40%の値であった。この結果は、個々の藻体が受ける光量は海藻の生育密度や藻体上の堆積浮泥などにより大きく変動することを示している。(\*KANSO,\*\*\*神戸大・内海域セ)

B15 〇中村恵理子\*・横濱康継\*\*・田中次郎\*: 温帯性サンゴの光合成特性の季節変化

熱帯・亜熱帯域を中心に分布する刺胞動物のイシサンゴ類は、体内に渦鞭毛藻類の zooxanthellae を高密度に共生させ、その光合成産物に栄養源を依存しているが、イシサンゴ類の分布北限にあたる温帯はでは、冬季の低水温期に骨格成長がほとんど認められないことから、その原因が zooxanthellae の光合成活性の低下にあることも予想される。本研究では、静岡県の伊豆半島南端海域に棲息している温帯性サンゴの一種ヒメエダミドリイシを材料として、光合成特性の季節的な変化を調べた。

1997年 11 月から 1998年 10 月にかけて,毎月採集したサンゴ試料の光合成および呼吸速度をプロダクトメーターを用いて測定した。その結果,低水温期には,光合成-光曲線の初期勾配値および総光合成/呼吸比が小さくなることと,光補償点が高くなることから,純光合成速度が夏季に比べて 45%近く低下して,冬季における生産力が低下することが示唆された。

(\*東京水産大学・藻類,\*\*志津川町自然環境活用 センター) B14 ○坂西芳彦・松本里子・伊藤 博・田中次郎: PAMによるコンプ目薬類の光合成活性の測定

光合成色素により捕集した光エネルギーのうちで光化学 反応に使われなかった過剰な光エネルギーは熱やクロロフィル蛍光として放出される。光エネルギーが光化学反応、 熱、クロロフィル蛍光に使われる割合は、植物の生理状態 によって変化する。一般に、光化学反応が効率よく行われ ているときにクロロフィル蛍光が弱くなり、光化学反応の 効率が悪くなるとクロロフィル蛍光が強くなることが知ら れており、蛍光の強弱は光合成の反応効率の逆の指標とな る。このようなクロロフィル蛍光を非破壊的かつ簡便に測 定する方法としてPAM(Pulse Amplitude Modulation) 法がある。

本研究では、北海道東部太平洋沿岸の漸深帯に生育する 褐藻コンプ目のアナメ(Agarum cribrosum)の生体内クロロフィルの量子収率をPAMを用いて測定し、この値から 電子伝達速度を計算して電子伝達速度-光曲線を得た。また、同じ個体を用いて種々の光強度における酸素発生速度 を測定し、同一光条件において伝達される電子に対する発生酸素分子のモル比を計算したところ、理論値(0.25)に 近い値となった。この結果は、一部の大型藻類で報告されているように(Beer et al. 2000)、PAMによる光合成活性の測定が褐藻コンプ目にも適用できる可能性を示唆するものである。

(1北海道区水産研究所, 2東京水産大学)

B16 〇松村航\*・藤田大介\*\*:海洋深層水で培養した剪定 コンブの生長について

演者らは、海洋深層水(低温安定、富栄養)を用い、マコンブを月1回剪定しながら培養すると少なくとも1年間介在生長し続けること、剪定時に切り離した葉片では成熟が誘導されること、この方法で得た種苗を幼胞子体のまま保存培養できること、以上の成果によって浅い水槽を用いたコンブの通年培養が可能となり、これをベースとした自給型多段式アワビ養殖システムを考案したことなどを先の大会で報告した。マコンブの剪定培養と成熟誘導はその後も継続し、新たに剪定時の葉長別の再生長についても調べた。

継続の剪定培養では,2001 年 3 月から月 1 回,葉長 15cm に剪定し、加温深層水(11℃)をかけ流した屋外水槽で 17 ヶ 月後(8月)まで観察を続けた。12カ月後(3月)までは平 均 1.4-7.8cm/週の範囲で介在生長が確認されたが、13 ヶ月 後(4月)以降、子嚢斑が形成され、生長率は著しく減少し た。 葉幅は、8.5cm (2001 年 5 月) から最大で 12.1cm に増加 した。剪定時の長さ別の再生長試験では、2002年4月以降 毎月1回, 葉長15, 20, 30, 50, 100cm に剪定したマコンブ を深層水原水と加温深層水の屋外流水水槽 (2.9-8.9℃と 9.8-13.5℃)で培養した。総介在生長はいずれも深層水原水 で培養した藻体が優れ,特に 100cm に剪定した藻体が最も高 い値(4-12月:192.4cm)を示した。ただし,深層水原水で は、非剪定藻体も含め、全コンブで再生長が減少傾向を示し た。また、加温深層水では、水温 13℃以上になると介在生長 率が減少し、12月には成熟個体が多数観察され、それらの個 体では生長しなくなった。成熟誘導試験では、マコンブ葉状 部片を随時、屋外水槽内に吊るして子嚢斑形成を観察した。 いずれの場合も、加温深層水では2週間後から子嚢斑を形成 し始めたが、深層水原水ではより長い形成期間を要した。

(\*科学技術特別研究員, \*\*富山県水産漁港課)

B17 ○岡直宏\*1・平岡雅規\*2・四ツ倉典滋\*3・西島敏隆\*4・川井唯 史\*5:海洋深層水によるコンブ陸上タンク養殖・新しい食材と しての利用-

北海道の一部地域では軟らかいホソメコンブ幼体をサラダや佃煮に して食しており、稀少価値が高い食品となっている。海洋深層水は、 低温安定性、清浄性、富栄養塩性を有し、海藻養殖に適している。そ こで海洋深層水を使用し、ホソメコンブ幼体を効率よく養殖する為、陸 上タンク養殖の実証試験を行い、事業化の可能性について検討した。 陸上タンク養殖用の新技術として、10個体程度の附着器同士が終ま った集塊状の幼芽を作成し、タンク内で浮遊させる様式で養殖を行っ た。養殖は、2002年1月から12月にかけて約一年間行った。陸上タ ンクは 100L、1t タンクを用い、生長に応じて移植した。各タンクが 3~6 回転/日する深層水を連続注水した。結果、日間生長率は夏季を 除き 15~20%となり、養殖開始 20g(葉長 2mm)から 20~30 日後には 1kg(葉長 200~300mm)となった。また、藻体量がタンク容量の 1000 分の1を超えると生長率が低下することが分かった。北海道では200g が 300 円で売られている。本研究を参考に、毎週 600kg の収量を上 げられるシステムを構築すると、ランニングコスト(電気、深層水、人件 費)を収入から差し引くと、年間 2000 万円の利益があり、事業化が期 待できる結果となった。

(\*1愛媛大・農, \*2高知海深研・NEDO, \*3北大・北方生物圏フィールドセンター, \*4高知大・農, \*5北海道原子力環境センター)

# B19 〇江原亮・大谷修司:中海における赤潮生物 Prorocentrum minimum と細菌群集の季節的消長

中海における赤朝の優占種は、渦鞭毛藻 Prorocentrum minimum であり、5月に赤朝の細胞数がピークをむかえ、突然6月に消失するという現象が報告されている。その原因の一つとして、窒素源の枯渇が指摘されている。しかし、近年、赤朝藻類を殺薬する細菌が、その消失に深く関係していることが報告されている。中海においても殺薬細菌が赤朝の消失に関係している可能性を検討するため、中海における P. minimum と細菌群集の季節的消長を明らかにすることを目的とし研究を行った。採水は、2002年5月~2003年1月まで毎月一回、中海の7定点で船上より表層水を採取した。

中海における総細菌数は、DAPI 染色により蛍光顕微鏡を用いて計測を行った。総細菌数の変動は、1~6×10<sup>6</sup> 細胞/ml の範囲内であった。総細菌数は5月~7月にかけて徐々に減少したが、8月に増加し、9月には再び減少した。一方、P. minimum は2002年5月も赤潮を形成し、6月には消失したが、総細菌数との間に関連性は認められなかった。

中海より分離された P. minimum の培養株を、泳がせ法と抗生物質 AM9 を併用して無菌化を行なった。無菌培養株に6月~10月の間、毎月一回中海の湖水を加えて、殺薬細菌の検出を試みたが、現在のところ殺薬細菌は検出されていない。

(島根大学・教育学部)

## B18 ○山本芳正・中原紘之 : ガス交換効率の藻類間 競争に及ぼす影響評価

富栄養化が進んだ湖沼では、夏期を中心に藍藻の大量発生に由来するアオコがしばしば観察される。アオコの発生要因の一つとして藍藻の炭素源の取り込み効率が着目されており、これに関する研究は古くから存在する(e.g. Paerl and Ustach 1982)。本研究では、CO2の取り込みに関わる様々なpH条件で、藍藻 Microcystis aeruginosa との混合バッチ培養を、緑藻 Staurastrum dorsidentiferum、珪藻 Synedra ulna を用いておこなった。その結果、M. aeruginosa は常に優位性を示した。また、水面におけるガス交換効率の指標として水体の表面積と容積の比率に着目して M. aeruginosa の増殖を測定したところ、本種の細胞密度の変化量は、この比率の増加率に比例することが示された。この関係式の競争種への適用可能性を検討し、M. aeruginosa の優位性の考察をおこなった。

(京都大・農学研究科)

#### 

【目的】 広島湾では 1992 年以降、ほぼ毎年春先に Alexandrium tamarense のブルームが起こり、貝類の毒化が確認されている。本研究では、A tamarense のブルーム形成におけるシストの役割を明らかにするため、現場で連続調査を行うと共に、室内培養条件下でシストの休眠・発芽に及ぼす環境要因の影響を調べた。

【方法】 1994年6月以降、呉湾の1 測点で毎月採水と採泥を行い、海水中の A tamarense 栄養細胞の出現密度を把握すると同時に海底泥からシストを分離・培養した。また、現場に出現した栄養細胞をもとに大量のシストを形成させ、そのシストを用いてシストの休眠・発芽に及ぼす水温と光の影響を把握した。

【結果】 現場から分離したシストの発芽率は 12 月から 4 月にかけて比較的高く(約 50%以上),発芽の数日前からクロロフィル a の赤色自家蛍光が観察された。培養水温と発芽率の関係から,シスト発芽には "temperature window" と呼ばれる適温域があることが確認された。また,培養実験の結果から,内因性休眠の解除に要する期間は外囲の水温によって変動すること,発芽は暗黒条件でも起こるが、ごく弱い光(約 0.4 μ mol photon/m²/s)を照射することで促進されること,シスト発芽には内因性の周年リズムがあること,等が明らかになった。今回の調査結果から,広島湾では春先に形成されたシストは 12 月前後に成熟し、12 月中旬~5 月の期間に底泥表層に存在するシストが発芽しているものと判断された。このようなシスト発芽の季節性は,広島湾で観察される栄養細胞出現の季節性に大きく寄与していると推察される。

(瀬戸内水研)

# B21 ○今井一郎\*・幡野真隆\*\*: 培養困難な海産赤潮ラフィド藻の培養を可能にする人工合成培地の開発

海産微細藻類の培養には、 通常、 天然海水または合成海 水を基本とした栄養強化培地が用いられる。微細藻類の増 殖における栄養要求性を明らかにする実験のためには、培 地に添加する栄養物質の種類や濃度を厳密にコントロール する必要がある。このような実験のためには合成培地の使 用が必須となるが、これまで改良・提案されてきた合成培 地は組成が相当に簡略化され、天然海水からかけ離れた組 成になっており、培養可能な微細藻類種はかなり狭められ ていた。特に, 金属や有機物のような微量増殖因子の増殖 への影響を調べるためには、良好に増殖可能な合成培地の 開発が基本的に重要である。有害赤潮の原因となるラフィ ド藻においても合成培地中での増殖は困難であり、ここで は有効な合成培地の開発を目的とした。基本培地としては ASP7 を用い、培地に含まれていない10種の重要な元素に ついて添加効果をまず検討した。添加濃度は海水と同じと した。対象種は、Chattonella antiqua、C. marina、C. ovata. C. verruculosa. および Fibrocapsa iaponica で ある。その結果、Iと Mo に増殖促進効果が認められた。 その後、Iと Mo について、単独あるいは両方の添加、さ らに無添加の実験区を設定し、継代培養実験によって要求 性を検討した。実験の結果, C. antiqua, C. marina, C. ovata の3種はIと Mo の両方を, C. verruculosa は Mo を, F. japonica では I を増殖に要求することが明らかと なり、これらの元素を添加することにより、合成培地での 増殖が可能となった。

(\*京大・院・農, \*\*滋賀水試)

B23 ○濱田仁\*長谷川悦代\*武井怜子\*田近裕子\*山出祥子\* 鎌田朋子\*蔵島牧子\*瀧川章子\*中村真紀\*廣田菜穂子\*松井洋 子\*竹中裕行\*\*:ミカヅキモに依る洗濯用洗剤の毒性評価

ミカヅキモでは、突然変異誘起剤 (Hamada et al 1996)、 市販の洗濯用洗剤・シャンプー (濱田他 1996, 2000) 等の毒 性が調べられてきた。本研究では、各種の濃度の洗濯用洗剤 の、栄養細胞の増殖率に対する 50%効果濃度 (ECv)、正常 接合子形成率に対する 50%効果濃度 (ECn)、異常接合子形 成率が対照区に比べ 20%以上高くなる最低濃度 (ECab) (以 上、単位は mgl-1) を調べ、更にこれらの逆数に 1000 を乗 じた値の和(総合毒性値、TUt)を算出し、96年 (6種) と02年(7種)の洗剤について毒性を評価した。この結果、 洗剤毒性の最強と最低の間には 70 倍以上の差が見られた。 また、石鹸以外の洗剤では無性生殖より有性生殖に対する毒 性が強く、ECv と ECn の比 (REC) が 60 を越える洗剤も見 られた。形態的変化は、無性生殖では短い細胞(正常の約 70%)、連結細胞、S字形細胞などが観察され、有性ではい びつ、膨潤、崩壊した接合子、配偶子で反応を止めた細胞な どが観察された。この様にミカヅキモでは、無性生殖と有性 生殖に対する毒性効果が比較出来、形態観察も行え、従来の 検定生物 (Chlorella, Scenedesmus, Selenastrum など) とは異なった情報が得られた。

(\*富山医薬大・医、\*\*MAC総合研究所)

#### B22 ○ 内藤佳奈子・今井一郎:赤潮藻類における 難溶性鉄利用の検討

藻類の増殖において必須元素である鉄は、自然海水中で難溶性の水酸化物を生成し、さらに溶存鉄の大部分(99%以上)は有機錯体として存在すると考えられており、生物が利用可能な三価および二価の無機鉄イオンの存在は極微量である。沿岸域での溶存鉄濃度は、10 - 100 nM であるとされ、赤潮藻の大量増殖を支えることは困難であろう。しかし、沿岸域では、全鉄濃度または懸濁態鉄濃度が高いことから、赤潮藻による難溶性鉄の直接利用、あるいは鉄不足状態における生物由来の鉄キレート物質であるシデロホアの関与による鉄の取り込みが考えられる。

本研究では、人工合成培地である改良 ASP-7 培地を開発 し, 赤潮藻 19 種 (ラフィド藻, 渦鞭毛藻, 緑藻, クリプト藻, 珪藻, ユーグレナ藻, ハプト藻, 黄金色藻) の培養を行い, 自 然海水中に存在する 5 種の難溶性鉄の利用の可否,及びシ デロホア生産の有無を検討した。その結果, Chattonella 属 以外の種は、塩化第二鉄を増殖に利用できることが分かっ た。また, 渦鞭毛藻の Heterocapsa circularisquama, クリ プト藻のRhodomonas ovalis, 珪藻のDitylum brightwellii の増殖に,リン酸第二鉄が利用可能であった。さらに, Chrome azurol S (CAS) assay を用いたシデロホア検出法 では、鉄不足改良ASP-7培地での D. brightwellii の静止期 において、今回検討した赤潮藻の中で最大である 6.7 ± 0.5 μΜ のシデロホア放出が確認できた。また、他種において もシデロホア生産が検出された。以上から,鉄シデロホア錯 体を通じての難溶性鉄の利用による赤潮藻の大量発生機構 (京大院・農) を提案する。

# B24 〇桜井亮介, 桑野和可: ヒラアオノリにおける細胞分裂の日周性

ヒラアオノリの細胞分裂には日周性があり、細胞が分裂する時間帯は主に暗期に限定されている。DNA 合成阻害剤を用いた研究により、細胞周期の進行は G1 期で日周的制御を受け、日中、全ての細胞は G1 期に留まっていることが示唆されている。しかし、連続明期下では、細胞分裂の日周性は直ちに消失するため、細胞周期の日周的制御と概日リズムとの関連は明らかでない。本研究では、G1 期における日周的制御機構を明らかにするため、光周期の変化に対して細胞分裂のリズムがどのように変化するか検討した。

材料としてヒラアオノリ (MGEC-1 株) を用いた。母藻から放出された配偶子をスライドグラス上に接種し、14L:10Dの明暗周期下で培養し、その後さまざまな明暗周期下に移した。そして、2 時間毎に同一個体を写真撮影し、細胞分裂をモニターした。明暗期の長さを変えずに昼夜逆転させると、主に新しい周期の暗期で細胞分裂し、分裂リズムは新しい周期に直ちに同調した。明暗期の長さを変えずに周期を2時間ずつずらすと、細胞分裂する時間帯も同様にずれた。暗期長を短くすると、暗期が6時間以上ある場合には、細胞分裂の日周性が維持されたが、暗期が4時間以下になると、細胞分裂の起きない時間帯が消失し、明確な日周性が認められなくなった。よって、細胞分裂リズムは6時間以上の暗期があれば光周期の変化に反応し、直ちに新しい周期に同調できることが明らかになった。 (長崎大・院・生産)

# B25 ○波多野由実・桑野和可:ヒラアオノリの成長 と形態形成に及ぼすバクテリアの影響

ヒラアオノリを無菌培養すると葉緑体が萎縮し、細胞が細長くなるなど異常な形態をとるようになり、成長も発生途中で停止してしまう。このような無菌薬体にバクテリアを添加すると、薬体は成長を再開し、無菌に特徴的な形態も消失することから、薬体の成長と形態形成にバクテリアが重要な役割を果たしていることが示唆されている。本研究では、薬体とバクテリアに種特異的な関係があるかどうか、さらに、薬体が成長を再開するために何が必要であるか検討した。

材料としてヒラアオノリ(MGEC-1 株)を用いた。 母藻から放出された配偶子を滅菌海水中で走光性を利用 して洗浄することで無菌化し、24 穴プレートに接種し た。無菌に特徴的な形態になるまで培養した後、試料を 添加し、経時的に個体あたりの細胞数を測定するととも に形態を観察した。バクテリアは藻体を培養している培 養液やフィールドで採集した海藻表面から単離した。単 離したバクテリアを無菌藻体に添加すると、全てのバク テリアに藻体の増殖を再開させる活性が認められ、細胞 増殖刺激活性については種特異的関係は認められなかっ た。一方,バクテリア添加後の藻体の形態は多様で,複 数のバクテリアが共存する通常の培養藻体とは異なる形 態になることが多かった。藻体を培養している培養液を そのまま添加すると通常の培養藻体と同様の形態になっ たことから、この培養液を無菌濾過して無菌藻体に添加 した。しかし、細胞増殖は認められず、藻体は無菌に特 徴的な形態のままだった。 (長崎大・院・生産)

# B27 〇樽谷賢治\*・新村陽子\*\*・内田卓志\*\*\*: アナアオサにおける有機態窒素の利用

海水中にはアンモニアや硝酸などの無機態窒素に加え, 形態の異なる様々な有機態窒素が高濃度で溶存している。 本報は、これまで知見の少ない大型薬類における有機態窒 素源の利用能力を定量的に評価することを目的とした。

実験には、広島湾から採集したアナアオサ葉体 (♀) を 用いた。この葉体が放出した配偶子を走行性を利用して繰 り返し洗浄することにより無菌株を得た。裁断した巣体を 窒素無添加の海水強化培地で 10 日間前培養後, 薬体培養液 に安定同位体 (¹⁵N) で標識した尿素, アラニンおよびグル タミン酸を初期濃度 0.5~40 μM の範囲で添加し, 1 時間培 養後, 薬体内に取り込まれた ¹⁵N 量を質量分析計を用いて 測定した。取り込み速度は, 添加した各窒素源濃度の関数 として Michaelis-Menten 式で表すことで, その濃度依存性 について定量的に評価した。

尿素の取り込み速度は、添加濃度とともに増加し、その最大取り込み速度は 0.5 μg-N mg-C<sup>1</sup> h<sup>1</sup> と見積もられた。アラニンについても取り込みが見られたが、その最大取り込み速度は 0.08 μg-N mg-C<sup>1</sup> h<sup>1</sup> であり、尿素の場合と比べ有意に小さかった。一方、グルタミン酸を添加した場合には、設定した濃度範囲において、薬体内への取り込みは認められなかった。以上の結果から、アナアオサはパクテリアによる分解等の過程を経ることなく直接、有機態窒素を取り込むことが可能であること、また、有機態窒素源によって、その取り込み能力が大きく異なることが明らかとなった。

(\*瀬戸内水研, \*\*瀬戸内水研・JST, \*\*\*北水研)

#### B26 ○橋岡孝志\*・桑野和可\*\*:ヒラアオノリの 配偶子が有する遊泳能力と接合能力

生物の性質を遺伝的に解析しようとすれば,交配実験が必要であり,正確な解析を行うには高い接合率で交配させることが必要である。特にアオノリ属藻類では,配偶子は両性とも単為発生するため,より高い接合率で交配させることが望まれる。本研究では,安定した交配実験を行うため,ヒラアオノリの配偶子がどれくらい遊泳能力と接合能力を維持できるか検討した。

材料としてヒラアオノリの雌雄培養株 (MGEC-1, 2) を用いた。放出された配偶子を採取し、密度の等しい雌 雄配偶子懸濁液を調整した。これら配偶子懸濁液を試験 管に等量加えて混合した後、グルタールアルデヒドで固 定した。光学顕微鏡観察によって接合子と接合しなかっ た配偶子の比率を測定し,接合率を算出した。接合に要 する時間を調べるため、10-360 秒間混合させてから固 定し、接合率を比較した。その結果、接合は30秒でほ ば完了し, さらに混合時間を長くしても接合率はほとん ど上昇しなかった。配偶子の遊泳能力と接合能力の持続 時間を検討した結果、遊泳能力は 10 時間以上持続した が、接合能力は放出5時間後には放出直後の半分以下に なった。遅れて放出された配偶子と早期に放出された配 偶子の接合率がほぼ等しかったことから接合能力の低下 は、母藻外に放出されてから生じることが示唆された。 成熟した藻体を半乾燥状態で保存し、配偶子放出を遅ら せると接合能力は9時間維持できた。

(\*長崎大・水産、\*\*長崎大・院・生産)

### B28 〇田井野清也\*・檀野修一\*\*・木下泉\*\*: 高知県鏡川 汽水域に生育するコアマモの季節的消長

【目的】これまでほとんど知見のない汽水域に生育するコアマモの季節的消長を調査し、その生態的特徴を明らかにする。 【方法】2002年1-12月にかけて毎月1回、鏡川汽水域の2地点において方形枠(25×25cm)内のコアマモを採取し、株数の計数、草丈の計測、地上部と地下部の乾燥重量の測定を行った。環境条件としてコアマモ群落の上流端から下流端の間に設けた7地点で、最深部の水温、塩分を表層から底層まで1m間隔で測定した。さらに、2002年1、4、6、9、11月に鏡川汽水域全域を踏査し、コアマモの分布範囲と生育状態(被度)を調査した。

【結果】コアマモ分布範囲の水温は8.0(2月)・28.5(9月)℃, 塩分は0・33.8psuの範囲にあった。コアマモの生育面積は6月に最大となった。株数と乾燥重量は8月に最大,12月に最小となった。花枝は4月を除いて周年見られ、盛期は9月であった。本汽水域に生育するコアマモは既存の内湾等に生育するものと比べ、草丈が高く、かつ濃密な群落を形成することが明らかになった。(\*高知水試、\*\*高知大・海洋セ) B29 〇高津翼\*,前川行幸\*\*:アマモ場造成基盤「ゾステラマット」の開発及び実証試験

大規模アマモ場造成を目的として、効果が高くコストが低い造成基盤を開発し、実証試験を行った。今回開発した「ゾステラマット」はアマモ種子を散布した腐食性繊維マットを腐食性金属網に挟み込んだものであり、以下の特徴を備えている。

- 1. 環境に配慮し、海中で腐食分解しない材料は使用しない。
- 2.50×50cm程度と小型であるため、海中で潜水士一人の人力で移動・運搬が可能である。
- 3. 種子を基盤内に散布できる構造であるため、作業が簡便かつ 迅速に行える。
- 4. 水槽内でアマモの苗を育苗した後、運搬および海中への設置 作業が可能な構造である。
- 5. 基盤が小型かつ単純な構造であり、大規模なアマモ場造成を する前に小規模な適地選定試験を行うことが可能である。
- 6. 基盤をロープで連結することにより、効率良く大規模なアマ モ場造成を行うことが可能である。

本基盤にアマモ種子を500粒播種し、平成13年11月に三重県二 見町池の浦に設置した。その結果、2ヶ月後には96個体・平均葉 長8cm、6ヶ月後には71個体・平均葉長65cmに生長し、造成基 盤の有効性を確かめることができた。

(\*芙蓉海洋開発(株)、\*\*三重大・生物資源)

B31 ○花岡偉夫\*・大谷修司\*・大塚吹\*\*:カイアシ類付着珪 藻 Pseudohimantidium pacificum の初生付着とカイアシ類 個体間の移動

海産浮遊性カイアシ類の体上で生活する羽状珪藻 Pseudohimantidium pacificum は、カイアシ類体上に付着するため、殻の 頂端にある小さなスリット域を通して付着柄を放出するが、同様 に殻の頂端付近に存在する唇状突起溝は、付着柄放出に関与しな いと考えられている。また本種は宿主の交尾行動中に、宿主個体 から別の個体へ移動すると示唆されている。本研究では、初生付 着のメカニズムとカイアシ類交尾時における P. pacificum の宿主 個体間移動を明らかにするため、本種の培養細胞と交尾中の宿主 を用いて詳細に観察した。その結果、 P. pacificum の初生付着物 質は唇状突起溝を通して分泌されることが確認された。頂端スリ ット域から放出される付着柄は、二次付着物質であることが示唆 された。交尾カイアシ類体上で P. pacificum は、付着柄によって 宿主個体とは別の個体に,未付着細胞端を接触させ,付着物質を 出し、移動することが観察された。唇状突起溝から粘液繊維が分 泌されたことは,その機能から唇状突起溝が羽状珪藻の縦溝構造 の前駆構造であるという考えを支持する。

(\*島根大・教育学部、\*\*広島大・生物生産学部附属水産実験所)

海草アマモ類の葉上には堆積物が頻繁に認められる。葉上堆積物は、珪藻類を主要構成群とする付着藻類と共に構成される。付着珪藻は植物プランクトンと同様に、周囲の懸濁物を集積する効果を有すると考えられる。基質となる海草においては懸濁物が葉上に集積されることによって、その成長が制限される可能性がある。そこで、本研究は、アマモ、コアマモを基質として選択し、1) 異なる基質間における付着珪藻による懸濁物の集積効果の差、2) 付着珪藻の増加に伴う懸濁物量の変化、の2 点を明らかにすることを目的として行った。

広島湾北部の阿品地先の同一水深から採取したアマモ、コアマモの葉上堆積物における C/CHLa 比は、共に 300 前後と珪藻類の対数増殖期における既知の値と比べて明らかに高かった。この結果から葉上に珪藻類以外に由来する炭素が多量に存在することが示された。しかし、基質間に明らかな差は認められなかった。更に、アマモの葉身ごとに付着珪藻の付着量が異なることに着目し、付着珪藻の増加に伴う懸濁物量の変化について検討し、報告する。

(\*: JST, \*\*: 広大, \*\*\*: 瀬戸内水研)

B32 珪藻を用いて河川環境を理解するコンピューター教 材の開発とその実践:○真山茂樹\*・押方和広\*・加 藤和弘\*\*・大森宏\*\*\*・清野聡子\*\*\*

識別珪藻群法は演者の一人真山と小林が開発した河川の水質汚濁判定法で、20年に渡り実用されている。今回、Visual Basic を使用し、水質予測プログラムと珪藻写真表示プログラムとを合体させ、識別珪藻群法により河川の水質判定を仮想体験するコンピュータ教材ソフトを作成した。

本ソフトでは、学習者が画面上で5つに分割された流域 の土地利用条件、人口、下水処理場の有無、季節を選択し 珪藻の採集地点を決定すると、その地点の COD 値が予測さ れ、その値に出現する珪藻群集のプレパラート観察像がモ ニターに表示される。次ぎにプレパラート像の横に表示さ れる図鑑を利用して、珪藻の同定と計数を行い、識別珪藻 群法により水質判定を行う。条件設定は繰り返し行うこと ができ、表示される珪藻群集は、乱数表によりその都度異 なったものが作成される。また、レベル設定により難易度 を変化させることができるため、中学生から大学生・社会 人まで、さまざまな習熟度の学習者に適用することができ る。本ソフトには93種の珪藻写真を図鑑として用意したが、 初心者でも同定が容易に行え、その答え合わせができるよ う工夫を施した。また、中高生には楽しく学習ができるよ う、流域地図や土地利用条件および人口を示すイラストに おいては質の高いものを目指した。教材を使用し中高生計 105 人を対象に計 4 回の授業を行った。最も易しいレベル 1は、使用法の説明を含め 20 分以内に実習が行われ、引き 続き行ったレベル3でも30分に何に実習を行えた。事後調 査の結果、教材に対する興味、実習への意欲、授業内容へ の関心のいずれもが良好と判断された。(\*東学大・生物、\* \*東大・緑植実、\*\*\*東大・農学生命、\*\*\*\*東大・総合文化)

酸素発生型の光合成生物は Chl aを主要色素とし、PSI および PS2 の反応中心にはそれぞれ Chl a'とフェオフィチン a (Phe a) が鍵クロロフィルとして微量存在している。前者は PS1 の電子供与体 P700 として、後者は PS2 の一次電子受容体として機能している。近年、ホヤから見つかったシアノバクテリア Acaryochloris marina は、酸素発生型の光合成を行うにも関わらず主要色素は Chl d であった。 Chl d は Chl a のリング I のビニル基がホルミル基に代わったもので、Chl a よりも少し長波長の赤色光を吸収する。 A marina には微少量ではあるが Chl a が存在することから、鍵クロロフィルとして Chl a'と Phe a が存在すると予想したが、Chl a'は存在せず Chl a'が代わりに機能していることを明らかにしてきた。

本研究では、A. marina の光化学系に存在する鍵クロロフィルの役割に関する知見を得ることを目的として、光質を変化させて A. marina を培養し、色素の精密分析を行った。その結果、白熱灯および蛍光灯のどちらで培養しても A. marina には常に Chl d'と Phe a が検出され、Chl a'と Phe d は検出されなかった。このことは、PSI の P740 が Chl a'ではなく Chl d'からなり、PS2 の一次電子受容体が通常の酸素発生型と同じく Phe a であることを強く示唆する。また、微少量存在する Chl a の Chl d'および Phe a に対する比率は桁違いに小さいことから、PS2 の反応中心は通常の酸素発生型とは似ているもののアンテナ系は大きく異なると推測される。

(\*筑波大・物質工、\*\*京大・院・地球環境学堂)

B35 石川依久子:珪藻葉緑体を動かすメカニズム

鎖状群体を形成する中心目珪藻 Pleurosira laevis の葉緑体 200 個は細胞中心への凝集と細胞膜直下への発散運動をおこなう。葉緑体凝集運動は、光、接触、温度、化学物質等、それぞれ別個の環境刺激によって誘導されるが、いずれの環境刺激も刺激受容系は異なるものの、結果として細胞膜の Ca²+チャンネルを開いて Ca²+の細胞内流入を促すものであるとみられた。いずれの系を介しても、流入した Ca²+は葉緑体を固定している微小管と Actin-filament の脱重合をもたらし、その結果として葉緑体が転位する。

青色光照射は、もっとも有効に、葉緑体転位をもたらすが、青色光受容体がどのように  $Ca^{2+}$ チャンネルに関わるか未解決である。一方、接触刺激は SAチャンネル(stretch activated channel)を介して細胞膜の興奮を促し、それによって  $Ca^{2+}$ チャンネルを開いて  $Ca^{2+}$ を流入させることをほぼ確認した。

単細胞藻類における SA チャンネルの存在をはじめて確認した。 (東京学芸大学非常勤)

B34 ○石田健一郎\*・Beverley R. Green\*\*: Heterosigma akashiwo(ラフィド藻綱) からみつかった紅藻型 LHC-I-like FCP の cDNA 配列と LHC タンパク質群の進化

Light-harvesting complex (LHC) タンパク質は、真核光合成生物の光化学系においてペリフェラルアンテナとして働くチラコイド膜内在性タンパク質である。陸上植物では、10タイプのLHC配列が知られ、LHC-Iと LHC-IIという2つのサブファミリーに分化しており、それぞれチラコイドのストロマラメラ領域とグラナ領域に局在する。 紅藻では光化学系 Iで働く数種の LHC-I のみが存在し、光化学系 II ではフィコビリソームがペリフェラルアンテナとして機能している。一方、不等毛藻などではクロロフィル a/c 結合性の LHCタンパク質(FCP)が存在するが、これまでの系統解析では全体で一つの大きなファミリーを形成し、陸上植物の LHC-IとLHC-II のようなサブグループは存在しないとされていた。ところが近年、珪藻から紅藻型 LHC-I 様配列が1つだけ報告され、議論を呼んでいた。

我々は不等毛藻の一種 Heterosigma akashiwo 及びハプト藻の一種 Isochrysis galbana より RT-PCR 法を用いて新規 FCP配列の探索を行なった。その結果、H. akashiwo より3つ、I. galbana より1つの新規 FCP配列を取得した。既知の FCP配列との比較および分子系統解析により、H. akashiwo の配列のうち2配列は紅藻型LHC-I 配列の一群に属することが判明した。このことは、不等毛藻において紅藻型 LHC-I 配列が普遍的に存在するすることを示唆すると共に、不等毛藻においても LHC-I と LHC-II の様な機能的分化が存在する可能性を示している。この場合、光化学系 I とII それぞれに特異的な LHC への分化が緑色系列と紅色二次共生系列の藻類において独立に2回起こったことになる。

(\*金沢大·理·生物、\*\*UBC·Botany)

B36 ○長里千香子\*、吉川伸哉\*、川井浩史\*\*、 本村泰三\*: 褐藻カヤモノリのピレノイド形成様式、 および細胞周期、葉緑体分裂との関係

ピレノイドはルビスコを多量に含む葉緑体内の構造であり、環境要因や細胞の栄養状況、あるいは葉緑体分裂や細胞分裂に際して、その形態が変化すると報告されている。 葉緑体分裂や細胞分裂におけるピレノイドの形態変化にさいては、①葉緑体分裂にともなってピレノのが観察されている、②細胞分裂の前に一旦消失し、分裂後の娘細胞のるのは見ずる、という2つのパターンが観察されている。と出現する、という2つのパターンが観察されている。から2つのパターンが観察されている。が過しているという直接的な結果はこれまで示されていないといるという直接的な結果はこれまで示されていない。本研究では褐藻カヤモノリの細胞は1個の突出したピレイドを有する1個の葉緑体を含むという特徴に着を用していては横式を電子顕微鏡や抗ルビスコ抗体を用でしていているとで調べた。関係を数種の阻害剤を用いることで調べた。

その結果、カヤモノリで見られたピレノイド形成様式はこれまでに報告のある他の藻類とは異なるものであり、①既存のピレノイドの他に、新たにルビスコがストロマ内に集積し、それが細胞質側へ突出することによりピレノイドが新生される、②DNA合成期途中から核分裂期にかけて新しいピレノイドを形成するためのルビスコの集積が見られる、③DNA合成期の進行を阻害するとピレノイド形成も阻害される、という新たな知見が得られた。

(\*北大・フィールド科学センター、\*\*神戸大・内海域センター)

# B37 ○上森千尋・長里千香子・本村泰三: 黄金色藻オクロモナスの鞭毛複製,並びに核分裂に関する形態学的観察

黄金色藻オクロモナス (Ochromonas danica UTEX L1298) における鞭毛複製及び核分裂について、10mM ヒドロキシウレアで S 期進行を阻害することにより細胞周期をある程度同調化させた後、透過型電子顕微鏡、蛍光抗体法、ビデオ観察による形態学的観察を行った。

分裂直後の間期細胞の鞭毛基部には、長短2本の鞭毛の基底小体(basal body)及びそれらに附随する微小管性鞭毛根、リゾプラストが観察されるが、細胞周期の進行に伴い新しい世代の鞭毛基底小体となるセントリオールが複製される。核分裂期直前に鞭毛複製が起こる。2本の新しい世代の鞭毛が伸長し長鞭毛となり、前の世代の長鞭毛は収縮して短鞭毛に置き換わる。この時、鞭毛先端部から軸糸が分解される。長短鞭毛は2対となり、それぞれの鞭毛対は染色体の凝縮と同時期に、長鞭毛基部のリゾプラストから紡錘体微小管を発達させながら、互いに離れはじめる。

微小管の配向変化については、間期では細胞前端(鞭毛基部付近)から表層微小管が後方に伸びるが、核分裂に際してそれらは消失し、紡錘体が形成される。紡錘体の両極にはリゾプラストが存在し、そこから紡錘体微小管が伸長する。紡錘体の極付近には ィーチューブリン並びにセントリンの局在が確認できた。その他、鞭毛複製におけるいくつかの問題点について触れる。

(北海道大学・北方生物圏フィールド科学センター)

# B39 ○吉永臣吾・関田諭子・奥田一雄:黄緑藻 Botrydiopsis intercedens におけるセルロース合成 酵素複合体の構築

セルロースミクロフィブリル(CMF)は原形質膜上のセルロース合成酵素複合体(terminal complex = TC)によって合成される。今までに構造の異なる複数のタイプの TC が見つけられ、同じ系統群に属する植物種は同じタイプの TC を持つことが明らかになってきた。 黄緑藻における CMF および TC に関する研究は、同じフシナシミドロ目に属するフシナシミドロ属の一種とフウセンモ属の一種の 2種についてのみ報告がある。 本研究では、ミスココックス目に属するフウセンモモドキ属の一種(Botrydiopsis intercedens)において、TC の構造・構築を明らかにし、本種と他の 2種との間で TC の構造を比較した。

B. intercedens の TC は以下の特徴を持っていた。①TC は原形質膜 PF 面にのみ存在する。②顆粒列が CMF の軌跡に対して複数列斜め階段状に配列する。③列間距離が広い(平均 6.9nm)。④CMF は斜めに傾いたサブユニット列の後方先端から発する。⑤TC の幅はほぼ一定(平均 56nm)で長さが 137-333nm の範囲で変化する。また、CMF の軌跡を伴わないが TC 同様に斜め階段状に配列する顆粒集団や、顆粒の配列方向が異なるいくつかの顆粒集団の集合体が存在した。以上の結果から、B. intercedens の TC 構造が斜め階段状構造であることは他の2種と一致した。さらに TC の前駆体であると思われる大きな顆粒の集合体が存在したことから、TC の構築過程について考察した。

(高知大・理・生物)

### B38 ○関田論子\*・末友靖隆\*\*・奥田一雄\*:ファエオタ ムニオン藻のセルロース合成酵素複合体

黄色植物ファエオタムニオン藻は黄金色藻綱に含まれていたが、最近の分子系統学的研究によって、新たに設立されたファエオタムニオン藻綱に分類されている。セルロースミクロフィブリル(CMF)を合成するセルロース合成酵素複合体(TC)の構造は、植物の系統を反映することが報告されている。本研究では、ファエオタムニオン藻綱のPhaethamnion confervicola、Stichogloea doederleinii の2種を用いて、CMFの形態および TC の構造を明らかにすることを目的とした。

P. confervicola および S. doederleinii の細胞壁から単離した CMF は扁平なリボン状を呈していた。P. confervicola の CMF は、幅が 6.2-20.0 nm(平均値 10.2 nm),厚さが 2.5-8.8 nm(平均値 4.3 nm)であった。S. doederleinii の CMF は、幅が 2.0-20.0 nm(平均値 7.3 nm),厚さが 2-3.8 nm(平均値 2.7 nm)であった。

フリーズフラクチャー法によって 2 種の原形質膜割断面 を観察した。PF 面の CMF の軌跡の先端部に TC であると 考えられる顆粒の集団が存在した。TC は 2 列または 3 列で直線状に配列し、今までに知られていない新しい構造であった。

(\*高知大・理・生物、\*\*神戸大・自然科学研究科)

# B40 ○天野美娜・峯一朗・奥田一雄:多核緑藻キッコウグサ (Dictyosphaeria cavernosa) の核分裂と染色体分布

キッコウグサ (Dictyosphaeria cavernosa) はアオサ藻 綱ミドリゲ目に属する多核緑藻である。ミドリゲ目緑藻の核分裂は分裂期を通じて核膜が保存される閉鎖型であり、核内に紡錘糸が形成されることが知られている。閉鎖型核分裂における紡錘糸の形成と染色体の移動については不明な点が多い。本研究では、キッコウグサの核分裂において、紡錘糸と染色体との結合、及び、染色体と核膜との位置関係を明らかにした。

配偶子形成期における細胞を固定し、間接蛍光抗体法と DAPI染色体によって蛍光顕微鏡で紡錘糸と染色体を観察した。 また、連続切片を電子顕微鏡で観察し、分裂核構造の立体構築 を行った。

間期核では、中心子から伸びる微小管が核膜の外側に沿って存在していたが、その微小管は核分裂中に核内に進入する事実は見つからなかった。前中期と中期において、染色体微小管と、染色体に結合しない極間微小管が区別できた。染色体微小管は動原体と結合し、極間微小管は核膜の内側付近の電子密度の高い領域に収束した。また、間期核のクロマチンのそれぞれは核膜内膜の内側に接していた。紡錘体の形成後、核膜内膜と接する染色体の部分が減少したが、それぞれの染色体は核膜と完全に分離することはなかった。

当研究テーマは堀輝三先生のデータとご示唆によって設定された。

(高知大・理・生物)

# **B41** ○洲崎敏伸・大村 現: 繊毛虫ミドリゾウリムシにおけるクロレラやイーストの細胞内共生の初期過程

ミドリゾウリムシParamecium bursariaには多数のクロレ ラが細胞内に共生している。また、細胞内のクロレラは暗 条件での長期培養やシクロヘキシミド処理などで簡単に除 去できるので、細胞内二次共生のよいモデル系と考えられ ている。共生クロレラを除去した P. bursaria には、イース トやバクテリアなど、様々な微生物が共生することが知ら れている。また、イーストを共生させた P. bursaria が更に クロレラを取りこむと、それまで共生していたイーストは P. bursaria の細胞から消失する。すなわち、P. bursaria は複 数種の共生体を同時には受け付けないらしく、共生する度 合いの強弱が存在する。このような共生体の相互関係や共 生の度合いを制御する仕組みを調べることにより、細胞内 共生の基本的な機構を理解することができるかもしれない と考えた。そこで今回は3種のイースト(Saccharomyces cerevisiae, Rhodutorula rubra, Yarrowia lipolytica) を、共生体 を除去した P. bursaria に与え、それらが細胞内に定着する プロセスを解析した。また、共生生物が P. bursaria の細胞 内から排出される過程についても調べた。その結果、イー ストやクロレラの細胞内共生の初期過程において、P. bursaria の細胞表層に存在する放出小胞であるトリコシス トが消失し、そこに共生生物が定着していくことがわかっ た。また、これらの共生生物は、共生が確立された後も、 頻繁に細胞肛門より生きたままで細胞外に排出されている ことも確認された。

(神戸大・理学部・生物学科)

### B42 <sup>○</sup>峯 一朗・湯浅 健・上杉 真紀・奥田 一雄: 単列糸状紅藻における細胞のバンド成長の研究

フタツガサネ(Antithamnion nipponicum)などのイギス 科に属する単列糸状紅薬では,頂端細胞が継続して細胞分裂し,基部側に娘細胞を形成して細胞数を増加させる。娘 細胞は横方向への肥大成長とともに著しく縦方向へ伸長する。細胞が縦方向に伸張する際に,細胞を横断する帯状の 限られた一部分のみが伸張するバンド成長と呼ばれる局所 的な成長様式を示す。本研究では,バンド成長において細 胞壁の伸長が細胞の限られた部分に局在する機構を明らか にするために,バンド成長部分の形成過程を蛍光顕微鏡と 電子顕微鏡を用いて詳しく観察した。

細胞壁蛍光色素を用いた観察により、バンド成長における成長点がバンドの最下端にあることが明らかになった。また、ゴルジ体由来の小胞の開口分泌と思われる構造が頂端細胞の先端部分やバンド成長部位下端といった細胞成長部位に局在することが観察された。また、アクチンや微小管の阻害剤存在下では、細胞が縦方向へ伸長するにもかかわらず成長や開口分泌様構造のバンド部位への局在がみられなかった。

(高知大・理・自然環境)

P01 ○橋本奈央子・阿部真比古・倉島彰・前川行幸: 三重県・松名瀬沿岸の多年生アマモにおける貯蔵 炭水化物の季節変動

海産種子植物アマモ Zostera marina は、体内にスクロースなどの多量の貯蔵炭水化物を含む。 貯蔵炭水化物類は浸透圧調節作用、生長・成熟のためのエネルギー源としての働きなど、本種の生理・生態に大きく影響を与える要因であると考えられている。また、貯蔵炭水化物の分配から、栄養繁殖・有性繁殖それぞれにどの程度の資源を投資しているかを探る事ができる。

本研究では 2001 年 6 月 - 2002 年 8 月の間、三重県・松名瀬沿岸の多年生アマモについて、葉・葉鞘・地下茎などの部位毎に、貯蔵炭水化物の含有率の季節変動を調べた。貯蔵炭水化物のほとんどは可溶性のスクロースであった。デンプンは種子にのみ多量に蓄積されていた。スクロース含有率は 6 月~7 月にかけて最大となり、乾重量あたり葉部で約 20%、地下茎で約 35%を示した。その後、夏期の植物体の衰退期にスクロース含有率は緩やかに減少し、冬期の分枝及び伸長生長期にはほぼ 0%になった。また、有性繁殖が終了する 6 月以降も貯蔵炭水化物は比較的高い含有率のまま維持され、秋以降の分枝・伸長生長に利用されていると推測された。これらのことから、三重県・松名瀬沿岸の多年生アマモ群落の維持には栄養繁殖が占める比率が大きいことが示唆された。(三重大・生物資源)

隠岐都万村蛸木地先に置いて、1999 年以降の初夏から秋にアマモがアイゴに採食され、草長が極端に短くなる現象が観察された。そこで、2002 年 8~9 月に蛸木地先と糠谷湾において、海草藻類の垂直分布を調査し、アマモ、スゲアマモおよびアマモ場内に点在する礫に生育するホンダワラ類 6 種について、被食状況を観察した。

外洋に面した蛸木地先において、アマモは岸からの距離 107~350m、水深 7.6~13.1m に生育していた。糠谷湾湾口部においては、アマモは距離 13~94m、水深 2.4~8.5m に生育し、スゲアマモは距離 13~72m、水深 2.4~6.3m に生育していた。蛸木のアマモの平均草長は 21.3cm であり、被食率は若い葉で100%、古い葉で62%であった。糠谷湾のアマモの平均草長は25.1cm であり、被食率は新しい葉で93%、古い葉で60%であった。それに対して、スゲアマモの平均草長は87.3cm であり、新しい葉の被食率は90%、古い葉の被食率は10%であった。ホンダワラ類の被食率は0%であり、アイゴがアマモに対して強い採食選択性を持つことが明らかになった。 (\*株海藻研、\*\* 瀬戸内海水研、\*\*\*株路中暑観研究所、\*\*\*\*水産大学校)

日常的に海草・藻類の生残や生長の観察を続けることが重要と考え、屋外水槽での栽培方法を改良している。1997年6月、容積2トンのFRP水槽に浜砂を敷き、注水ホースの出口を砂中に置き、海水を排水管上部からオーバーフローさせ、浮泥の沈積を防いだ。藻食性の小型巻貝等を投入し、対象以外の藻類などの繁殖を抑制した。人為的な環境の攪乱を避けるため、水槽の壁面を掃除せず、海草・藻類の栽培を続けた。

1998年6月に播種したアマモは、翌年には、1月に10株の発芽体から、分枝により夏に32株に達したが、花枝を形成しなかった。アマモは、季節消長を経て、2年後から花枝を形成し、4年後には272株に達した。2002年1月にレンガに採苗したアカモクは、5月に藻長2cmに達した。アカモクは、採食で減耗し、夏に生長が停滞したが、秋以降に急伸し、翌年1月に158cmに達し成熟した。水槽の壁面の無節サンゴモ上では、マクサが優占していたが、フクリンアミジの繁茂が顕在化した。(\*瀬戸内水研、\*\*広島大、\*\*\*(株)海藻研、\*\*\*水大校)

#### 

青森県沿岸における海草藻場の造成適地を選定するた め,海岸線に沿って約500m間隔に調査線を設け,水深2.5 m-15mの計3,806地点についてアマモ類の現存量を調査し た。同時に、砂泥層の厚さ、底質の強熱減量、粒度組成を 求めた。その結果、アマモ属3種を含む海産種子植物5種が 採取された。津軽海峡沿岸では,オオアマモがアマモ属中 では最も多い39地点にみられ,平均48.2g/mの現存量が得 られた。この種は、水深10m以深で、底質が細砂から粗砂 が厚さ6-80cm堆積する場に生育した。陸奥湾内の沿岸で は、182地点にアマモ、146地点にスゲアマモがみられ、 各々平均70.4g/m, 134.0g/mの現存量が得られた。アマ モは水深5m, 2.5m, 10mの順に多く出現(各々24.7%, 13.8%, 3.0%) し、北西季節風の影響を受けにくい西湾 に多く、厚さ30cmを超える泥または細砂質によく生育し た。スゲアマモは水深10m, 5m, 2.5mの順に多く出現 (各々16.9%, 11.7%, 8.0%) し, 東湾の底質が細砂か ら粗砂が厚さ30cmより少ない場によくみられた。日本海沿 岸では、アマモが1地点にみられたが、スゲアマモ、オオ アマモは認められなかった。太平洋沿岸では、アマモ属は みられなかった。以上から、アマモは陸奥湾西湾の海水流 動が小さく比較的浅所,スゲアマモは陸奥湾東湾,オオア マモは津軽海峡沿岸の比較的深所での藻場造成に適すると 考えられた。

(\*1青森県水産増殖センター, \*2東水大・応用藻類学)

P05 <sup>○</sup>牛原康博・神谷充伸・村上明男・川井浩史: 淡路島岩屋港における護岸と浮桟橋の海藻植生 の比較

潮汐による規則的な干出がおこる潮間帯では、高さにより物理・化学環境が大きく変化するため、海藻類は顕著な帯状分布を示すほか、高い種の多様性が見られる場合が多い。一方、浮桟橋などの浮体構造は潮汐に伴って上下するため、干出は起こらず、より安定した環境になるほか、非遊泳性の底生動物による影響を受けにくい。このため、単純な基質の上でも比較的豊かな海藻植生が見られることがあるが、両環境での植生を詳細に比較した例はほとんどない。そこで、浮桟橋に形成される海藻群落の特性を明らかにするため、淡路島岩屋港の浮桟橋(幅約40x15m、水面下1.5mまで調査)と、これとほぼ同規模で隣接する石積み護岸の潮間帯と漸深帯上部(幅約80m、低潮線下1mまで)の海藻植生の比較を行った。

その結果、石積み護岸において計 41 種の海藻類(緑藻 4、褐藻 10、紅藻 27)が確認されたのに対し、浮き桟橋ではこれを上回る計 47 種(緑藻 10、褐藻 9、紅藻 28)が確認された。このうち護岸だけで確認された種は13 種で、一方、浮桟橋だけで確認された種は19 種であった。浮桟橋だけで確認された種にはボタンアオサ、リボンアオサ等の潮間帯上部に生育する緑藻類が多く、またススカケベニ、キヌイトカザシグサ等の通常潜水によらないと採取されない深所性の種が、水深 1.5m 程度に生育していた。 (神戸大・内海域センター)

P07 〇吉田吾郎\*·内村真之\*\*·玉置仁\*\*\*· 新井章吾\*\*\*\*·寺脇利信\*

:広島湾の海底におけるアオサ等海藻類の堆積状況

広島湾奥部の沿岸では増殖した浮遊性アオサ類の干潟・砂浜域への漂着が問題になっている。アオサ類はその大きな現存量から、沿岸域の物質循環において大きな役割を担っていると考えられている。しかし、大型海藻類の一次生産力については比較的詳細に調べられているものの、生産物の行方については知見が少ない。今回広島湾におけるアオサ類の物質循環機能を解明する目的で、湾奥部の大野瀬戸において、底引き網を用いて海底に堆積しているアオサ等海藻類の現存量を調査した。

2002年1月,4月,8月に水深5·10m,10·15m,15·20mの範囲のいくつかの調査地点において、底引網で100·200m 曳網し海底に溜った海藻類を採集した。採集された海藻類は1月33種類、4月44種類、8月15種類であった。1回の曳網につき、最大の採集量は1月27.0kg、4月80.9kg、8月1.5kgであり、4月に最も多く採取され、8月にはほとんど採集されなかった。採集量は水深5·10m帯が最も多く、15·20m帯ではほとんど採集されなかった。採集された海藻類の中ではアオサ類が最も多く、採集された総重量において占める割合は1月60·100%、4月30·90%、8月で40·90%であった。 (\*:瀬戸内海水研、\*\*: NEDO、\*\*\*: 広島大、\*\*\*\*: (株)海藻研)

P06 ○倉島彰\*・森田晃央\*・阿部真比古\*・橋本奈央子\*・ 山口番\*・栗藤和治\*\*・前川行幸\*:三重県尾鷲市の 浅海域における海藻植生

三重県尾鷲市には多くの湾が存在し、主要な湾だけでも、 北から元須賀利浦、須賀利浦、尾鷲湾、九鬼浦、早田浦、賀 田湾の6つがある。しかし、海藻植生調査は、1957-76年に 尾鷲湾でなされたのみである(喜田未発表)。そこで、本研究 では、上記の湾において浅海域の海藻植生調査を行った。

調査は、尾鷲(1994年)、賀田(1997年)、早田(1999年)、 元須賀利および須賀利(2000年)、九鬼(2001年)において 5-6月に行った。調査地点数は69で、素潜りにより水深5m 以浅に生育する海藻を採集し同定を行った。また、目視により被度と地形を記録した。

各湾における出現種数は元須賀利浦 66 種, 須賀利浦 68 種, 尾鷲湾 74 種, 九鬼浦 87 種, 早田浦 72 種, 賀田湾 77 種で, 出現種総数は緑藻 26 種, 褐藻 39 種, 紅藻 74 種の計 139 種であった。

各湾の外海域にはガラモ場が発達しており、アラメは尾 鷲湾の外海域にのみ生育していた。また、養殖場がある 内湾域には磯焼けが多く見られた。

(\*三重大・生物資源, \*\*尾鷲市水産課)

P08 ○内村真之\*・吉見圭一郎\*\*・團昭紀・\*\*新井章吾\*\*\*: 徳島県牟岐町大島におけるヘライワヅタの異常繁殖

イワヅタ属は、通常、漸深帯における岩盤や安定した砂礫上に小さな群落をつくって生育しているが、平成 13 年 6 月に徳島県海部郡牟岐町大島において確認されたヘライワヅタの繁殖状況は非常に珍しく、干潮時に干上がる潮間帯中部にも生育していた。潮間帯から水深 5 ~ 6 m付近までほぼヘライワズタが最優占し、最大水深 16 m付近まで繁茂していた。その異常なまでの分布は、従来そこに生育していた動・植物に少なからず影響を与えていたと考えられる。大島における藻場の中心種であるトゲモクや、無節サンゴモが枯れていた。また、観光資源としてこの地域では重要なエンタクミドリイシやキクメイシ等のサンゴ礁までがヘライワヅタに覆われ白化しているのが確認された。水深4 ~ 5 mでは、仮根による固着形態をとらない寄り藻状態のヘライワヅタも多数生育していた。

漁業者からの話では、平成 6 年ごろからこのヘライワヅタ の群落が拡大し始めているという。

(\*: NEDO, \*\*徳島水試, \*\*\* (株) 海藻研)

コンブ科植物は、アワビなど有用機根生物の餌料として価値が高い。そのため、餌料供給源として、クロメなどを対象にした薬場造成が各地で行われている。ホンダワラ属が優占する隠岐島蛸木地先において、マネジメントフリーでクロメ群落を造成することを目的に、水深14mの砂地毎底に、長さ3.5m直径25cmの円柱状の柱4本が垂直に固定された薬礁を設置した。設置から5年8ヶ月後の調査において、柱状部にクロメの極相群落が成立したと判断されたので報告する。

柱状薬礁の周辺に同時に設置した自然石(長径 0.3~0.5m) の投石地においては、ウスバノコギリモクが 40%, ヤツマタモクが 40%, ノコギリモクとマメタワラがそれぞれ10%の被度であった。それに対して、柱状薬礁では、クロメが被度 75%で優占していた。ノコギリモク, ホンダワラ, ヤツマタモクも入植したが, 被度 5%以下であった。自然海底には存在しにくい環境条件をつくり出す基質を付与することにより、ホンダワラ属の優占する海域に、クロメの安定な群落も成立させ得ることが明らかになった。

(\*株海中景観研究所,\*\*株海藻研,\*\*\*瀬戸内海水研)

**P11** 村岡大祐 : 褐藻アラメの側葉における光合成と 呼吸

宮城県牡鹿半島沿岸に生育するアラメ(褐藻,コンブ目) 胞子体の側葉における光合成および呼吸の特性と季節変化 を調査した。光合成および呼吸の測定には差働式検容計の プロダクトメーターを用いた。光強度 400 μE/m²/s における 光合成一温度特性を調べた結果,純光合成速度は,7月を 除くいずれの月でも 25℃付近で最大となった。また,全て の月で高温域(30℃)における純光合成速度の低下が見ら れたが,その低下率は冬季(1月)で最も顕著であった。 低温域での純光合成速度は,平均水温が共に 10℃を下回る 冬季(1月)および春季(4月)で高い値を示した。

採集時の現場水温下における光合成一光特性を調べた結果,いずれの季節でも光強度が高いほど純光合成速度は高くなる傾向が見られた。光強度 400 μ E/m²/s における純光合成速度は,海水温が最高となる 10 月 (20℃)で最大となり,純光合成の最適温度が 25℃付近となった光合成一温度特性の結果と一致した。

本研究は、農林水産省の環境研究「森林、海洋等における CO<sub>2</sub>収支の評価の高度化」の一環として行われた。

(独立行政法人水産総合研究センター・東北水研)

P10 <sup>○</sup>村瀬 昇\*・佐々木啓介\*・水上 譲\*・鬼頭 鈞\*・新井章 吾\*・渡邊和重\*\*\*: 褐藻ツルアラメ幼体の生育環境と日補償点 の推定

褐藻コンブ科のツルアラメには、遊走子から配偶体を経て発芽する幼体(胞子繁殖幼体と称す)と、匍匐枝の先端から新芽として生ずる幼体(栄養繁殖幼体)が存在する。本研究では、群落の次世代を担うツルアラメ幼体の生理生態学的特性を明らかにするために、山口県下関市垢田沖に造成中の人工島作業基地西側護岸の水深10m付近に形成されたツルアラメ群落を対象に、幼体の生育場所の光量と堆積泥量を測定した。また、採集した幼体の光合成一光関係と日射の日変化を測定し、1日の純生産量を求めるモデル式から日補償点を推定した。

胞子繁殖幼体の分布は 2002 年 5 月に水深約 14m まで認められていたが、7 月以降には水深約 12m までと浅くなり、生育場所に堆積する泥の影響が考えられた。胞子繁殖幼体の日補償点は海面に対する相対光量で約 0.7% (5 月、水温 18℃)であった。また、栄養繁殖幼体の日補償点は 7 月 (水温 25℃)に約 0.7%、10 月 (水温 22℃)に約 0.8%であり、胞子繁殖幼体とほぼ同じ値を示した。一方、胞子繁殖幼体の生育場所での実測値から、最も低い相対光量は約 1.1%であり、推定した日補償点の値とほぼ一致した。

(\*水產大学校,\*\*條)海藻研究所,\*\*\*国交省九地整)

P12 ○ 松本 里子\*・田中次郎\*・横濱康継\*\*: 生育地の異なる褐藻アラメ *Eisenia bicyclis* の光合成·光特性

褐藻アラメは、岩手県以南の本州中南部太平洋沿岸、本州南部日本海沿岸において、低潮線付近から 水深 10m付近にかけて生育し、海中林の主要構成種 となっている。

宮城県志津川町坂本地先,千葉県館山市坂田地先の2生育地の水深 1~2m で本種を採集し,プロダクトメーターを用いて光合成活性を測定した。飽和光下での最大光合成速度 (Pmax) は,面積あたりでは2生育地間でおよそ同様であった。しかし,クロロフィルaあたりでは,志津川産の方が高い値を示した。これは,志津川産は坂田産に比べ面積あたりのクロロフィルa濃度が低いことによる。

このようなクロロフィル濃度と光合成特性の違いは,各葉体に降り注いだ積算の光量子量に関連する と思われる。

(\*東水大・藻類,\*\*志津川町自然環境活用センター)

三重県錦湾には、カジメ Ecklonia cava の天然群落(水深8m)付近に、同種の浅所藻礁(水深7m)および深所藻礁(水深13m)が設置されている。生育水深が成熟および、光合成産物の蓄積に及ぼす影響を明らかにする目的で、2001年4月-2002年1月の間、上記2ヶ所の藻礁および天然群落より採集された藻体について、成熟状況の観察、光合成産物マンニトール、ラミナラン蓄積量の季節変化の測定を行った。

成熟状況は、深所産の藻体では、浅所産の藻体に比べ、子嚢斑が少なく、子嚢斑が最も多くなる時期が2ヶ月遅れた。マンニトール、ラミナランの蓄積量は共に、深所産の藻体では、浅所産の藻体に比べ少ない傾向が示され、ラミナランの蓄積時期が、子嚢斑形成時期と同様に、2ヶ月遅れた。生育水深が浅所藻礁に近い天然群落の藻体は、浅所産の藻体と同様の傾向を示した。これらの結果より、ラミナランの蓄積は成熟と密接な関係を持つと推定された。水深、すなわち群落の光環境、深度の増加にともなう生産力の低下が、成熟の制限要因となっていると考えられた。

(\*三重大・生物資源, \*\*日本NUS, \*\*\*中部電力)

# P15 原口悦子\*・石本美和\*\*・○桑野和可\*\*: ヒラアオノ リの成熟抑制機構

ヒラアオノリの配偶子形成は、藻体を新鮮な培養液に移すこと によって人工的に誘導することができる。本研究は、成熟への切り替え過程がどのように制御されているのか、特に、いつ切り替えが起きるのか明らかにすることを目的とした。

実験には室内培養したヒラアオノリ (MGEC-1 株) を用いた。 成熟誘導処理は、藻体を滅菌海水で繰り返し洗い、新鮮な PES 培地に移すことで行った。誘導処理を行った翌日から配偶子放出 の有無を観察し、配偶子が放出されていた場合には、配偶子数を 1時間ごとにセルカウンターで計数した。 9−24 時まで 3 時間ず つずらして誘導処理を行った結果, 18 時までに誘導処理した場 合には、処理2日後に大量の配偶子が放出された。放出のピーク は処理時刻に関わらず 15 時付近であった。一方、21 時以降に誘 導処理した場合には、配偶子の最大放出日は1日遅れた。誘導処 理した藻体を 15-27℃で培養すると、18-24℃では、処理 2 日 後に大量の配偶子が放出され、放出のピークは温度と無関係だっ た。15℃では処理 2 日後の配偶子放出量は少なく、 27℃では配 偶子は放出されなかった。誘導処理後、連続暗期下においた藻体 を 9 時または 15 時に明暗周期下に戻すと、大量の配偶子が放出 されたのは光が当たってから2日後だった。以上の結果から、誘 導処理に対する藻体の反応性は日周的に変化すること、また成熟 への切り替えには光が関与することが示唆された。

(\*長崎大・水産、\*\*長崎大・院・生産)

### P14 ○森田晃央・倉島彰・前川行幸: ワカメ属 3 種幼 体の生長に及ぼす紫外線の影響

ワカメ属 3 種, ワカメ, ヒロメ, アオワカメの水平分布は水温が重要な要因であることを 2002 藻類学会で発表した。これら 3 種の垂直分布については, ワカメは浅所に, ヒロメはやや深所に, アオワカメは深所に生育することが知られている。しかし, 垂直分布を制限する要因については明らかにされていない。そこで, 紫外線に注目し, ワカメ属 3 種幼体の紫外線に対する影響を試験した。

培養は光強度200μEm<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>, 水温 20℃の条件下で 6 日間行った。光源はキセノンランプ (人工太陽) を用い,紫外線の制御にはアクリル板を用いた。実験室内で培養した 2-3cm の幼体を材料として用いた。生長倍率は,培養開始時の幼体の面積を1として,1日おきに面積を測定し生長を評価した。

幼体の生長倍率は光源から紫外線をカットした場合, ワカメ,ヒロメとアオワカメでそれぞれ 4.3±0.5, 4.3± 0.5, 3.2±0.1%となった。一方,紫外線をカットしない場合,ワカメの生長倍率は 2.1±0.2%に低下し,ヒロメとアオワカメは幼体の大部分が白化した。アオワカメとヒロメは紫外線に対する耐性をほとんど持たないことから,ワカメと比較して深所で生育すると考えられた。これらのことから紫外線に対する耐性がワカメ属 3 種の垂直分布を限定する主要な要因であると考えた。

(三重大・生物資源)

P16 ○御園生拓\*, 弦間美穂子\*, 齋藤順子\*\*, 時友裕紀子\*\*\*, 井上行夫\*, 堀裕和\*, 桜井彪\*: 紅藻の紫外線吸収物質 porphyra-334 の DNA 保護機構

紅藻に含まれる mycosporine 様アミノ酸誘導体(MAA)は、いずれも UV-B 領域に吸収極大を持つ紫外線吸収物質である。 我々は、スサビノリに含まれる MAA 画分に DNA 塩基の紫外線 による損傷を防ぐ効果があることを発見したが、今回はスサ ビノリに含まれる主な MAA である porphyra-334 について、 T-T 二量体 DNA 分子に対する紫外線防御効果を調べた.

光源に  $D_2$  ランプを用い, UV-C 領域の紫外線を T-TDNA に照射した際のフォトダイマー形成に対して porphyra-porphyra

その結果、porphyra-334 は先に報告したスサビノリ MAA の一つである palythine とは異なり、分子間相互作用による DNA 保護機能の方が高いことがわかった. スサビノリは、これらの性質の異なる MAA を複数持つことにより、強紫外線環境によりよく適応しているものと考えられる.

(\*山梨大・工,\*\*山梨県環境研,\*\*\*山梨大・教育人間科学)

### ○佐藤征弥・越智美幸・小山保夫:微細藻類のビ P17 タミンC量とH2O2 感受性について

ビタミン C (アスコルビン酸)は、多くの生物に豊富に 存在し、酸化ストレス下ではデヒドロアスコルビン酸に酸 化されることにより、細胞内を還元状態に保ち、酸化スト レスの緩和に関与している。植物では、光合成で発生する 酸化ストレスを処理するため、ビタミン C は細胞中にミリ モラーレベルの濃度で存在する。しかし、藻類のビタミン C の含量や生理学的な側面についてはあまり知られていな い。そこで、本研究では微細藻類を用いて、ビタミン C の **含量及び細胞内濃度を調べた。また、ビタミン C は細胞中** で活性酸素種の1つである H2O2 の消去に関わっており. 微細藻類の H2O2 感受性についても検討した。

その結果、ビタミン C 及びデヒドロアスコルビン酸の細 胞内濃度は、プラシノ藻類 Tetraselmis tetrathele では 2.7 mM 及び 0.7 mM, 紅藻類 Porphyridium purpureum では 5.9 mM 及び 1.6 mM, 渦鞭毛藻類 Heterocapsa circularisquama では 0.7 mM 及び 0.8 mM. ハ プト藻類 Pleurochrysis carterae では 2.7 mM 及び 0.7 mM, Pavlova sp. では5.9 mM 及び2.5 mM であっ た。また、H2O2 に対する感受性を FDA 染色法により測定 した結果、3時間の H2O2 処理による半数致死濃度は上記 の種では38~64 μM であり、種による差は少なかった。 (徳島大・総科)

### ○谷内由貴子・大城香:海産単細胞ラン藻(シアノ P19 バクテリア)の好気的窒素固定活性の生育条件に よる変動

窒素固定酵素(ニトロゲナーゼ)は酸素に感受性があるた め窒素固定ラン藻には光合成と窒素固定を時間的に分離し て酸素の影響を回避しているものが存在する。この時間的 分離が概日リズムにより制御されているという報告がある が詳細は明らかではない。熱帯沿岸で分離した単細胞ラン 藻 (68DGA 株) は 12 時間明/12 時間暗(12L/D)条件では、 培地(人工海水)の塩濃度 31‰,光強度 50 μ mol·m²·s¹で 生育速度が最大であった。この条件下で窒素固定活性は暗 期開始から3-4時間後にあらわれ、6時間後に最大となっ た後減少し、明期開始までには全く見られなくなった。 12L/D から連続明に移すと活性は全く見られなくなった。 しかし, 連続明の光強度を約 20 μ mol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup> 以下に下げ るか, 光合成阻害剤である DCMU(3-(3,4-dichlorophenyl)-1',1'dimethlurea)を加えると、活性は連続明開始から 15-16 時間後にあらわれ、約18時間後に最大となった後減 少し、24時間後には全く見られなくなった。

(福井県立大・生物資源)

## P18 ○西田大起\*・中野武登\*:海岸産地衣類 photobiont の 塩分耐性に関する研究

地衣類は、菌類と藻類の共生によって構成されている生命 体で、世界各地のさまざまな環境下に生育している。本研究 では、地衣類に共生している photobiont に関して、環境に対 する適応の観点から, 塩分耐性について比較検討することを 目的とした。

photobiont は、広島県内の海岸飛沫帯および山間部の岩石 や樹皮上に生育していた地衣体から分離し、単藻培養を行っ た。これらの藻株はいずれも Trebouxia 属の種であった。培養 は保存, 実験共に, 20℃, 26 µ mol·m<sup>-2</sup>·s<sup>-1</sup>, 明暗周期は 16h/8h の条件下のもとで行った。試験溶液は、NaCl を 5%ごとに、 0 から 50‰添加した BBM 液体培地とした。この試験溶液と 対照液(0.025‰)の計 12 段階濃度とし、これらの溶液に、各 photobiont の対数増殖期の細胞を添加し、増殖および枯死に ついて検討した結果を報告する。

(\* 広島工大・ 環境・ 環境情報)

### P20 \*坂口元宏, \*\*小亀一弘, \*\*\*佐々木秀明, ○・・・川井浩史:分子系統解析に基づく褐藻イソガ ワラ目の高次分類

イソガワラ目 (Nakamura 1972) は、1) 柔組織で殻 状の栄養薬体を持つ;2) 同型世代交代を示す;3) 細胞 につき1個の側壁性でピレノイドを欠く板状葉緑体を含 む、等の特徴により他の褐藻類と区別され、現在イソガ ワラ科、ニセイシノカワ科、ネモデルマ科、メソスポラ 科の4科が含められている。しかし、この目の有効性に ついては、命名規約上の問題のほか、複数の葉緑体を含 む種や異形世代交代の種も見られることから、その妥当 性を疑問視する見解も出されている。

そこで、ネモデルマ科を除く3科に含まれると考えら れる殻状褐藻について rbcL 遺伝子と 18S rDNA を用い た分子系統解析を行った結果、今回調査した種はイソガ ワラ科とメソスポラ科からなるグループとニセイシノカ ワ科の大きく2つのクレードに分かれた。形態学的には 前者に含まれる種が細胞あたり1個の葉緑体を含み、側 糸や不捻細胞を形成するのに対し、後者に含まれる種は 多数の葉緑体を含み、生殖器官を頂生するという特徴を 持つ。従って、後者を独立した系統群として扱うことに より、イソガワラ目は有効な分類群となると考える。

(\*神戸大・自然科学、\*\*北大・理・生物、\*\*\*神戸大・内海域)

## P21 金聖浩\*1・○上井進也\*2・川井浩史\*2: 日本海産新種タジマモズク Cladosiphon tajimaensis の系統的位置と形態について

褐藻オキナワモズク属 Cladosiphon (ナガマツモ目) に は日本周辺ではオキナワモズク C. okamuranus のみが記 載されているが、鰺坂は第 43 回植物学会 (1978) におい てオキナワモズク (5-30 細胞) より顕著に長い同化糸 (40 -90 細胞) を持つ新種 Cladosiphon sp. の存在を予報して いる。今回,著者らは兵庫県日本海沿岸から Cladosiphon sp.よりもさらに長い同化糸(70-130 細胞)を持つ新種 Cladosiphon tajimaensis (タジマモズク:新称)を採集し、 本種とオキナワモズク, Cladosiphon sp. との関係を分子 系統学的手法により解析した。核 r DNA の ITS 領域 (ITS1-5.8 s - ITS2) および葉緑体ルビスコ遺伝子のスペ ーサー領域にもとづく解析の結果, いずれの解析でも3種 の独立性が示された。一方、後者の解析では Cladosiphon **sp.** とタジマモズクは互いに近縁であったものの,オキナ ワモズクと単系統となることはなく、日本産オキナワモズ ク属の多系統性が示唆された。このため日本産オキナワモ ズク類の所属についてはヨーロッパ産のタイプ種を含め た解析を行う必要がある。

(\*1Kongju National Univ.,\*2 神戸大・内海域)

# P23 矢野友美・○神谷充伸・・村上明男・・佐々木秀明・・・川井浩史・:日本産紅藻ユカリ属 3 種の遺伝的多様性と生理学的特性

ユカリ (Plocamium telfairiae), マキユカリ (P. recurvatum), およびホソユカリ (P. cartilagineum) を日本各地から採集し、 その類縁関係について調査した。Rubisco スペーサー領域の DNA 塩基配列に基づく分子系統学的解析の結果, 13 ハプロ タイプが検出され, グループ A (ユカリ:4 タイプ, マキ ユカリ:1 タイプ) とグループ B (ユカリ:4 タイプ, マキ ユカリ:1 タイプ, ホソユカリ:3 タイプ) の2系統に分か れた。藻体浸出液の pH を調べたところ, グループ A では 強酸性, グループ B では弱酸性もしくは中性を示す個体が 多数みられた。また、イオンクロマトを用いて藻体浸出液 の無機イオンを測定した結果、臭素イオン濃度にも違いが みられ, グループ A では平均値が 40mM 以上だったのに対 し、グループ B では 10mM 未満であった。次に顕微分光法 により光合成色素の吸収スペクトルを測定したところ、生 の藻体では明確な差は無かったものの、乾燥標本ではフィ コビリン領域(450-650nm)の吸収スペクトルが両グループ 間で異なっていた。以上の結果は、従来の形態形質よりも 細胞内の化学成分や生理特性の方がユカリ類の系統関係を 反映することを示し、分類の再検討にこれらの特徴が有効 であることが明らかになった。(\*神戸大・自然科学研究科, "神戸大・内海域センター、""神戸大・遺伝子実験センター)

# P22 <sup>○</sup>上井 進也\*1・小亀 一弘\*2・新井 章吾\*8・石樋 由 香\*4・鰺坂 哲朗\*5: ミトコンドリア cax3 遺伝子 を用いた日本産ヤツマタモクとマメタワラの種内 の遺伝的多様性の解析

ホンダワラ亜属の仲間には種内に大きな形態変異が存在 するものが多く、分類学的な問題も多く残されている。今回 演者らは日本に広く分布するヤツマタモクとマメタワラを 材料として、ミトコンドリアの cox3 遺伝子がホンダワラ亜 属の仲間の種内の遺伝的変異をみるマーカーとして有用か 否かを調べた。日本各地のサンプルの cox3 の塩基配列を較 べたところ、ヤツマタモクでもマメタワラでもそれぞれ 0-4 塩基の違いがみられた。また種内変異の地理的な分布をみる と、ヤツマタモク、マメタワラいずれにおいても日本海側と 太平洋側それぞれに特徴的な塩基置換は 1 塩基あるのみで 明確な地理的構造はみられなかった。カヤモノリやワカメで は cox3 に種内変異が存在することが報告されているが、こ れらと比較するとヤツマタモクやマメタワラでは種内個体 群間の遺伝的分化が進んでいないことを示唆する結果であ る。ホンダワラ亜属の種内における個体群間の遺伝的変異を 調べるためにはさらに解像度の高い分子マーカーを開発す る必要があると考えられる。(\*1神戸大・内海域、\*2北大院・ 理・生物, \*3株・海藻研, \*4養殖研, \*5京大・地球環境)

### P24 ○ 堀口健雄・鋤柄ちさ:パラオ産殻状渦鞭毛藻の 一種の分類学的研究

底生性の渦鞭毛藻類の中には細胞がドーム状(殻状)の被殻で覆われる種がごく少数ながら知られている。本郷で対象とした渦鞭毛藻は、パラオの砂サンプルから分離したもので、生活環の大部分を不動の付着細胞として過ごす。栄養細胞は厚い殻(細胞壁)に覆われており、増殖はギム胞を放出することによる。遊を壁を放出することによる。遅い壁を放出する。栄養細胞はピラミッド形で、表面観はひし形、の直観は三角形で、表面には十字型に稜線が走る。被殻の全体は小突起に覆われる。葉緑体は黄褐色で細胞周辺部に砂切が、大変に関いて、他の渦鞭毛藻体は大りディニンを含む、細胞壁は厚く、他の渦鞭毛藻に見られる内側が肥厚とた、側クル層と相同である。色素組成はペリディニンを含む、典型的な渦鞭毛藻タイプである。

18S rRNA 遺伝子による本種の系統的な位置を解析したところ, いわゆる GPP 複合体(Gymnodiniales-Peridiniales-Prorocentrales-complex) に含まれることは明らかであるが, より詳細に本種の系統的な位置を確定することは不可能であった。

ドーム型の被殻をもつ不動性の渦鞭毛藻は今までに、 Spiniferodinium galeiforme といくつかの未記載種が知られるが、本種はその特徴的な被殻の形態、表面の模様、被殻の形成過程、遊走子の形態において既知のいずれの種とも異なっている。従って特徴的な栄養細胞形態に基づき、本種を新属新種として記載するのが妥当であるとの結論を

(北大・理・生物科学)

# P25 ○高野義人・堀口健雄 : 淡水産有恐禍鞭毛藻類 Peridinium/Peridiniopsis の系統分類学的研究

淡水産有殻隔離毛藻類の大多数は、Peridinium もしくはPeridiniopsis に属する。この2つの属は、上殻にある前伸間板の数に基づいて分けられており、Peridinium は2~3枚の、Peridiniopsis は0~1枚の前挿間板を持つ。また、Peridinium は頂孔の有無によって亜属が区別されている。果たしてこれらの分類基準は系統を反映しているのであろうか?近年の分子系統学的研究では、Peridinium の多系統性と頂孔の有無が系統を反映していないことが示唆されている。しかし、解析された種数は非常に少なく、どの形質が系統を反映したものなのか、はっきりと確かめるまでには至っていない。また、Peridiniopsis についての分子データはないため、両属間の系統関係も解っていない。

そこで、Peridinium 1 8種、Peridiniopsis 5種、未同定種1種を含む合計24種の18S rRNA 遺伝子配列を決定し、それらを用いて分子系統解析を行った。Peridinium とPeridiniopsis は多系統群となり、鎧板配列と頂孔の有無は系統を反映しなかった。大きな2つのグループと海産種と近縁ないくつかのグループが確認された。1)Peridinium のタイプ種を含むグループ、2)両属のものが混ざるグループ、3)従属栄養性のグループ、4)珪藻由来の薬緑体を持つグループ、5)鎧板の表面が滑らかなグループ、である。鎧板配列よりも、薬緑体、鎧板の表面の模様、もしくは生活様式が系統を反映していることが明らかとなった。(北大・院理・生物科学)

## P27 OMary-Helene Noel\* • Masanobu Kawachi\*\*: A new haptophyte from Hachijo-jima

Seawater was collected at the coast of Hachijo-jima on January 22<sup>nd</sup> 2002 and filtrated with 20µm plankton net. Culture was obtained by micropipette direct isolation and successfully maintained in MNK medium (22°C; 20µE/m<sup>2</sup>·s; 10/14 hr light/dark). Light microscopically, the cells (6 to 10µm diameter) appeared with 2 yellow-brown chloroplasts and were surrounded by a layer of spine scales (a long spine centered from a cup shape capsule; 7 to 8µm length) distant from the cell body. Cells possessed a distinct haptonema (18 to 20µm) but no flagella were present. Usually, haptonema was straight but during stress (e.g. light excitement, prior death) the haptonema was able to coil. Phagotrophy test with fluorescent beads (0.3, 0.7, 1.5 and 2.8µm) revealed that any beads did not attach to the haptonema and cells did not uptake any particles. Staining with Cresyl Blue (for polysaccharide and organic matter staining) gave coloration only to the base of the cup-spine scales. From TEM observations, three different organic scales were observed; small subspherical plate scales (0.4-0.6µm) and large ones (0.9-1.1µm) at the cell membrane, and the long spine scales. Base of the cup shape capsule has a four quadrant radial pattern, while the wall of the cup has very fine latitudinal lines. Inner armature giving the cup shape of the capsule was composed of 4 branches forming the long spine. Morphology of the cup-spine scales was new and cells having haptonema without flagella constituted a first record. Genus and species name are considered in this work.

(\*University of Tsukuba, \*\*National Institute for Environmental Studies)

P26 ○河地正伸\*・W. Yongmanitchai\*\*・M-H. Noel\*\*\*・ 笠井文絵\*・渡辺 信\*: タイ沿岸域における ハプト藻の多様性

タイでは緑藻、紅藻、珪藻など一部の分類群の種リストが出版さ れているに過ぎず,これを補完する種リストを作成するために, タイの Kasetsart 大学と協同で 2002 年 10 月 15~26 日にかけて, タイ南部マレー半島の東西沿岸域とその間の陸水環境において調 杳を行った。珊瑚礁, マングローブ, 干潟, 砂浜, 養殖池, 汽水 湖, 港湾など多様な沿岸環境及び陸水環境から合計 58 地点約 130 サンプルを採取し、現場環境要因の計測、固定試料作成、予備培 養処理を併せて行った。濃縮試料の観察では、多くの調査地で珪 藻類が第一優占グループとして認められ, その他の優占種として, タイ湾に面した東沿岸域では、赤潮形成藻 Chattonella や有毒性 渦鞭毛藻の Heterocapsa, Alexandrium などが認められ, アンダマ ン海に面した西沿岸では、糸状藍藻の Tricodesmium, 外洋性渦鞭 毛藻, ハプト藻 Gephyrocapsa oceanica が認められた。ハプト藻 の場合,予備培養試料でのみ存在が明らかになることが多く,2003 年 1 月の時点で Prymnesium, Platychrysis 2 種, Phaeocystis, Chrysochromulina 3 種, Ochrosphaera, Pleurochrysis, Pavlova 3 種 が確認されている。Chrysochromulina と Phaeocystis はプランクト ン性、その他の種は砂泥等のサンプルから見出された付着性種で ある。中でも Prymnesium と Platychrysis は、真水に近い汽水環 境を含む多数の沿岸地点から高頻度に存在が確認された。日本沿 岸域と比較して確認された種数は少なく、特定種が多様な環境に 広範囲に生息する傾向があり、構成種の多くは沖縄諸島で確認さ れたハプト藻に共通していた。

(\*国立環境研究所, \*\*Kasetsart 大学, \*\*\*筑波大学)

### 

スミレモ科は、樹皮・岩上・葉上などに生育する気生藻類、また地衣類の共生藻類(Photobiont)として、Trentepohliaをはじめ5属が知られている。本研究では、日本でもっとも普通に見られる Trentepohlia aurea とPrintzina lagenifera (= Trentepohlia lagenifera)の野生・培養標本の形態観察の結果と、18S rRNA 遺伝子による系統関係による種内変異について報告する。

T. aurea は、スギなどの樹皮上ではやや緑色の藻体に、岩上などではオレンジ色の藻体になる。色素の多少は培養条件によっても変化するため、生育環境の違いを反映したものであると考えられた。しかし、スミレモ科の 18S rRNA遺伝子を用いた系統解析では、生育環境の異なる株同士は単系統とならず、T. aurea 種内に系統的に異なるものが含まれていることが示唆された。

P. lagenifera は、Nakano & Handa (1984)により、細胞の短い Form A と、培養によって伸長する Form B が報告されている。系統解析の結果、Form A の株は単系統となった。一方、Form B の株は T. aurea や T. monilia (=Physolinum monilia)などが含まれるクレードに位置し、両者は系統的に大きく異なっていた。

(\*(財)広島県環境保健協会、\*\*広島大・院・理・生物科学、\*\*\*広島工大・環境・環境情報、\*\*\*\*Univ. Goettingen)

### P29 ○ 湯浅智子\*・真山茂樹\*・高橋修\*\*・本多大輔\*\*\* : 共生藻を持つ放散虫の分子系統

放散虫は海洋に生息する浮遊性の原生生物で、Acantharea・Polycystinea・Phaeodareaの3綱に分類される。Polycystineaの一部を除き、SiO2ないしSrSO4の骨格、あるいは殻をもち、古くはHaeckel (1908)から、骨格、殻の形態、あるいは生体内部構造などの形態的特徴に基づく系統学的研究が行われてきた。

これら放散虫のうちPolycystineaは,一般に,細胞内に 共生体として藻類を宿しており,これまで,電子顕微鏡観 察により,渦鞭毛藻・プラシノ藻・黄金色藻が (Anderson 1983),また,分子解析により渦鞭毛藻・プラシノ藻が

(Gast and Caron 1996) 報告されている。しかし、 Polycystineaによる共生藻類の選択が、種特異的なものなのか、それとも、柔軟性があるものなのかは、いまだ明らかにされていない。本研究では、まず、18S rDNAの塩基配列を用い、宿主放散虫と共生藻相方の分子系統における位置を探ることを目的とした。

解析には、沖縄県瀬底島沖合で採集されたPolycystineaに属するDictyocoryne truncatum, Spongaster tetrasの2種を用いた。生細胞では共生薬の有無の確認が困難であるが、演者らによる落射蛍光顕微鏡を用いた観察で、UV励起により藻類の共生が確認されている。これらを単離後、物理的に宿主と共生藻を分け、それぞれについてPCR法およびクローニングを経て18S rDNAの塩基配列解析を試みた。

決定したPolycystineaの2種の塩基配列とGenBankから 得た既知の放散虫の塩基配列に基づき、分子系統樹を構築 したところ、この2種は、Polycystineaの内群ではなく、 Acanthareaの姉妹群として位置づけられた。今後、それら の共生藻の18S rDNAを解析することにより、放散虫と藻 類の共生関係の解明の糸口になるものと考える。

(\*東学大・生物, \*\*東学大・地学, \*\*\*甲南大・生物)

### P31 出井雅彦:羽状珪藻 Diploneis smithii の殻形成

Diploneis 属は縦溝の両側に縦走管をもち、外側が胞紋壁、内側が薄皮によって閉塞された長胞条線をもつ。同じ双縦溝 珪藻であり、既に殻形成が知られている Navicula 属に比べ、かなり複雑な殻構造をしている。 Navicula 属にはなく、Diploneis 属に特徴的な縦走管や長胞条線がどのように形成されるかということは興味深い問題であるが、これまで全く知見がなかった。そこで、培養によって得られた試料を基に、SEM による詳細な観察を行った結果、 Diploneis smithii の 殻形成過程が明らかになったので報告する。

殻形成の始まりは、Navicula属とはぼ同じで、中心節から一次縦溝肋が形成され、遅れて二次縦溝肋が伸長し、ふたつの縦溝肋は二次肋側の殻端近くで出会い、融合し、縦溝を形成する。このふたつの縦溝肋は、その伸長段階ですでに将来の横走肋がそれぞれの肋から垂直に伸び始めている。この細性走肋がある程度伸長すると、その基部に小さな縦枝が生じ、さらに基部近くの一点がこぶ状に膨らみ始め、その細枝が特に伸長する。これが縦走管形成の始まりとなる。横走肋がさらに伸長し、完成殻の幅に達する頃には、横走肋も肥厚し、殻の内外の区別が明瞭になり、横走肋の外面から伸びた縦枝によって、二重胞紋列の形成が始まる。既にこの段階では縦走管の形成はさらに進み、外面の胞紋の開口が明瞭になり、内面壁は他の部分に先駆け閉塞されていく。現後に胞紋の外側を閉塞する師板ができ、条線の内側を閉塞する薄皮が作られ、殻形成は終了する。(文教大・短大)

P30 ○澤井祐紀\*・南雲保\*\*:日本産 Paralia 属珪藻の 微細構造と分類学的検討

中心珪藻 Paralia 属は現世あるいは化石として各地から 出現する糸状群体性の分類群であるが、その同定に至って は分類形質が不明瞭であった. 演者らは現世種を本邦各地 の沿岸域から採集し、日本産 Paralia の分類学的再検討を行 った。観察に用いた試料は、北海道東部太平洋沿岸域の汽水 湖沼群(厚岸湖,藻散布,温根沼),鹿児島県上甑島なまこ 池,石垣島沿岸域のものである。栄養細胞の光学顕微鏡観察 では、いずれの地域のものも葉緑体は円盤状で顕著な差異 は認められなかった。これに対して、 殻の微細構造に関して は、北海道産、甑島産、石垣島産の個体群間で明瞭な違い を確認することができた。一般に Paralia の殻構造は個体変 異が激しいことが指摘されているが、1: 連結被殻における 連結針の形状, 2: 連結被殻における帯面構造, 3: 分離殻の 殻面・帯面の構造, の3点の違いは顕著であり, 分類学的 に重要な形質と考えられた. これらの観察結果から、日本 産の Paralia は少なくとも3つの分類群に分けられることが 示唆された.

(\*国際日本文化研究センター, \*\*日本歯科大・生物)

P32 水野 真:中心珪藻における卵形成の進化

中心珪藻の有性生殖は卵生殖によって行われる。大別して精子形成の様式は2パターンが、卵形成は3パターンが知られている。生卵器当たり2個の卵がつくられるものはtype 1、1個の卵と1個の極体がつくられるものはtype 2、1個の卵がつくられるものはtype 3と名付けられている。von Stosch (1956)は現生の中心珪藻の精子形成でみられるように、先祖型の雌細胞は減数分裂により4個の配偶子を形成したに違いないと仮定し、より多くの卵をつくる生卵器が原始状態であると推定した。そして、von Stosch & Drebes (1964)やDrebes (1977)はtype 1が原始的で、type 2、さらにtype 3へ進化したと推定した。一方、Edlund & Stoermer (1997)は放射相称の殻を持つ中心珪藻を原始的とみなし、それらがtype 3を持つことから、type 3の方が原始的であると推定した。これらは互いに相容れない。

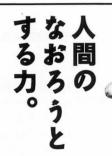
今回、卵および精子形成の減数分裂に着目し、減数分裂のパターンの進化から卵形成の進化の推定を試みた。まず中心珪藻の先祖型の減数分裂を推定した。さらに、卵と精子形成の減数分裂のパターンの組み合せのうち現生の中心珪藻でみられる4通りの組み合せと先祖型との間の類縁関係を明らかにし、卵形成の進化を推定した。得られた推定結果はtype 1が最も原始的であり、type 2とtype 3はtype 1から分岐した可能性が高いこと示唆した。

(東京農大・生物生産)

P33 ○大村現・洲崎敏伸: ミドリゾウリムシ Paramecium bursaria のクロレラの再共生にともなうトリコシストの変化

繊毛虫ミドリゾウリムシ Paramecium bursaria は体内に 数百個のクロレラを共生させている。人工的にクロレラを 取り除いた白色 P. bursaria と通常の P. bursaria の細胞表層 を比較すると、白色 P. bursaria では Paramecium 属などの 繊毛虫に特徴的な放出器官であるトリコシストが密に存在 するのに対し、通常の P. bursaria ではそこにクロレラが入 り込んで定着しているため、密度が低くなっていた。この ことはクロレラの再共生にともないトリコシストが排除さ れていることを意味している。そこで、クロレラの再共生 に伴うトリコシストの変化を、光学・電子顕微鏡で観察し た。クロレラを6時間与えた白色 P. bursaria では光学顕微 鏡下で観察すると、細胞内に直径 1 µm 以下の透明な顆粒 が大量に出現していた。それらは電子顕微鏡下では電子密 度の高い顆粒として観察された。また、顆粒が部分的にト リコシストと融合している像も観察された。さらに、15時 間培養した細胞ではトリコシストは消失し、顆粒だけが残 っていた。今回の結果から、クロレラの再共生に伴い、ト リコシストは小さな顆粒へと形態変化し、細胞表層から離 脱していくことがわかった。このことは、細胞内共生の確 立には、クロレラが単に P. bursaria の細胞内消化のプロセ スから離脱しているだけではなく、ホスト細胞のダイナミ ックな細胞構造の変化を引き起こし、細胞内での定着場所 の形成を誘導していることを示唆している。

(神戸大・理学部・生物学科)



人間にはもともと、からだの状態を一定に保とうとする能力があります。 それがホメオスタシス(生体恒常性)。

生体に存在する生理活性物質から精製してつくられる医薬品は、 人間のホメオスタシスの力を補いながら、

からだに無理なく働きかけます。

持田製薬は「先見的独創と研究」という企業理念に基づき

新しい医薬品の発想を実現しています。

生理活性物質を活かした医薬品もそのひとつです。

## 新規事業企画・推進者の募集

### **少募集対象**

- ○新規事業で提携を望まれる企業・研究機関
- 具体的な新規事業企画を持ち、推進できる方

### **夕募集領域**

- 美容と健康に役立つ素材開発に関する事業
  - ex. 食品(保健機能食品)、化粧品、香料 など
- 医療に必要とされる基盤技術あるいは新素材に関する事業 ex. 培地、試薬、デバイス、素材 など

### **②**事業予算

○2年間(2003年度~2004年度)で最大10億円

### ○応募方法

- エントリーは当社ホームページで受け付けています。
  - http://www.mochida.co.jp/
- ○応募締め切り: 平成15年4月20日(日)
- ※秘密厳守を徹底されたい場合は、別途郵送等の方法をご利用ください。



### 持田製薬株式会社

東京都新宿区四谷1丁目7番地電話(03)3358-7211(代) 〒160-8515

## 日本藻類学会(入会申込・住所等変更届)(○で囲んで下さい)

|   | 以下の会員登録事項について,下線部に記入,□には該当す                              | るものをチェックして下さい。(コピーしてお使い下さい) |  |  |
|---|--|-----------------------------|--|--|
|   | 氏 名  | 性別 □男 □女                    |  |  |
|   | 英語表記(姓)<br>(入会申し込みの方のみ) 入会年度: 200年度より                    | (名)                         |  |  |
|   | (入会申し込みの方のみ) 入会年度: 200年度より                               | 入会                          |  |  |
|   | 所 属 機 関 名  |                             |  |  |
|   | 住所 〒   |                             |  |  |
|   | 電話 Fax   | 電子メール                       |  |  |
|   |  |                             |  |  |
|   | 自宅住所 〒   |                             |  |  |
|   | 電話 Fax   | 電子メール                       |  |  |
|   | 専門分野・興味の対象など   | ·                           |  |  |
|   |  |                             |  |  |
|   | 会員の種類と年会費: □普通会員 8,000円 □学生                              | 生会員 5,000円(指導教員の署名が必要です)    |  |  |
|   | 指導   | 教員の署名:                      |  |  |
| 会費納入方法: □ 同封 □ 郵便振替(できるだけ郵便振替をご利用下さい)   |  |                             |  |  |
| 会誌の送付先: □ 所属機関 □ 自宅   |  |                             |  |  |
| (送付先住所の英語表記)  |  |                             |  |  |
|   | (应1) 心比例 (2) 大阳 久阳 (2)                                   |                             |  |  |
|   |  |                             |  |  |
| 名簿への記載を希望 <u>しない</u> 項目をチェックして下さい(「性別」は記載しません)。<br>所属機関: □機関名  □住所  □電話番号  □ FAX 番号  □電子メール |  |                             |  |  |
|   | 自宅: □住所 □電話番号 □FAX番号 □電子                                 |                             |  |  |
|   | 以上の事項を記入の上,郵送または FAX にて下記宛先まで                            | お送り下さい。                     |  |  |
|   | 同様の事項を電子メールにてお送り頂いても結構です。<br>入会手続き,会費の支払い,会誌の発送などに関してご不明 | 月の点がありましたら下記宛にお問い合わせ下さい。    |  |  |
|   | 入会申込・住所等変更届の送付先:〒 780-8520 高知市曙町                         |                             |  |  |
|   | 人会中心・注所寺を史曲い述刊元・〒 /80-8320 尚却印啫町                         | 2-J-I 间别八十生于即日然來免于竹 辛   Ŋ   |  |  |

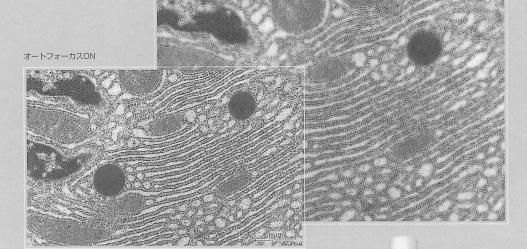
Tel 088-844-8309 Fax 088-844-8356 mine@cc.kochi-u.ac.jp &  $\cup$  <  $\$  is jsphycol@anet.ne.jp

会費払込先:郵便振替口座番号 01640-8-2747 加入者名 日本藻類学会

| 学会事務局使用欄 | 受付 | 名簿 | 発送リスト | 入金確認 | 学会録事 |
|----------|----|----|-------|------|------|
|          |    |    |       |      |      |
|          |    |    |       |      |      |

# HITACHI

オートフォーカスOFF



# 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

- 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(ォプション)

### 仕様

分解能: 0.204nm(格子像)、0.36nm(粒子像)

試料ステージ: 高精度ハイパーステージ

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) (0378)62-3391 | 横 浜(横 浜) (045)451-5151 | 中 国(広 島) (082)221-4514 | 中 部(名古屋) (052)583-5851 | 九 州(福 岡) (092)721-3501 | 北 陸 金 沢) (0762)63-3480

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



## 日立電子顕微鏡

H=7600

# 世界の淡水産紅藻

能野 茂著

B5 判・上製 416 頁・本体価格 28000 円

清澄な水域に生息している淡水産紅藻は、環境汚染に極めて敏感であるため、地球的規模での水の汚染の危険を人 類に知らせる有効な指標としての役割を担っている.しかし水質の汚染に伴い残念ながら淡水産紅藻種のいくつか の種は既に絶滅し、また多くの種の絶滅が危惧されている. 本書は淡水産紅藻という分類群の現時点での研究成果 をまとめたものであり、世界で認められている淡水産紅藻の大部分の分類群を、種、変種のランクまで収録する。

淡水藻類の形質・

種類・観察と研究 山岸 高旺 編著

B5 判・700 頁 (口絵カラー含む)・本体価格 25000 円

「日本淡水藻図鑑」の編者である著者がまとめる、初心者・入門者のための書、多種多様な藻類群を、平易な言葉で誰にも分 かるよう、丁寧に解説する、Ⅰ編、Ⅱ編で形質と分類の概説を行い、Ⅲ編では各分野の専門家による具体的事例20編をあげ、 実際にどのように観察・研究を進めたらよいかを理解できるように構成する.

山岸 高旺・秋山 優 編集 各巻 B5 判・216 頁・100 シート

1 · 2 巻 4000 円、3~10 巻 5000 円、11~20 巻 7000 円

淡水藻類写真集ガイドブック

山岸高旺 著

B5 判·144 頁·本体価格 3800 円

# 新日本海藻誌-日本產海藻類総覧

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.

小林珪藻図鑑

小林 弘 保・出井雅彦・真山茂樹・長田敬五

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

単細胞性・鞭毛藻類 B5・400p (146 種) 7000円

渡邊 信 堀 輝三

-緑藻から緑色植物へ-

A5·376p·4800 円

最初に海で生まれた現生植物の祖先は, どのような進化をたどって 陸上に進出したのか――、分子生物学、生化学、発生学、形態学な どの成果にもとづく探求の書.

廣瀬弘幸・山岸高旺 編集 B5 · 960p · 38000 円

図鑑としての特性を最高度に発揮さす為に図版は必ず左頁に、図版 の説明は必ず右頁に組まれ、常に図と説明とが同時にみられるよう に工夫, また随所に総括的な解説や検索表を配し読者の便宜を図る.

千原光雄 編著 B5 · 400p · 9000円

**藻類の今を見渡し、理解するための最適の書、斯界の第一人者により、** 藻学および周辺領域の膨大な知識の蓄積が整理され, 新しい研究成果 も取り入れられている。藻学を学ぶ方、またこの分野に興味のある方 の新たなスタンダード.

福代・高野 共編 千原・松岡

―写真と解説―

B5 · 430p · 13000 円

日本近海および日本の淡水域に出現する200種の赤潮生物を収録.赤 潮生物の分類・同定に有効な一冊.

丸山 晃著 丸山雪江 絵

細菌,藻類,菌類と原生動物の分類

B5 · 440p · 28000 円

原生生物, すなわち細菌, 藻類, 菌類と原生動物の分類という壮大な 世界を緻密な点描画とともに一巻に収めた類例のない書.

表示の価格は本体価格ですので、別途消費税が加算されます。

TEL 03-3945-6781 FAX 03-3945-6782 内田老鶴圃

## 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下さい。
- 2. 「藻類」索引 1-10 巻, 価格, 会員 1,500 円, 非会員 2,000 円; 「藻類」索引 11-20 巻, 価格, 会員 2,000 円, 非会員 3,000 円, 創立 30 周年記念「藻類」索引 1-30 巻, 価格, 会員, 3,000 円, 非会員 4,000 円。
- 3. 山田幸男先生追悼号 藻類 25 巻増補, 1977, A5 版, xxviii + 418 頁。山田先生の遺影, 経歴・業績一覧・追悼文及び内外の藻類学者より寄稿された論文 50 編(英文 26, 和文 24)を掲載。価格 7,000 円。
- 4. 日米科学セミナー記録 Contributions to the systematics of the benthic marine algae of the North Pacific. I. A. Abbott・黒木宗尚共編, 1972, B5 版, xiv + 280 頁, 6 図版。昭和 46 年 8 月に札幌で行われた北太平洋産海藻に関する日米科学セミナーの記録で、20 編の研究報告(英文)を掲載。価格 4,000 円。
- 5. 北海道周辺のコンブ類と最近の増養殖学的研究 1977, B5版, 65頁。昭和49年9月に札幌で行われた日本藻類学会主催「コンプに関する講演会」の記録。4 論文と討論の要旨。価格 1,000 円。

2003 年 3 月 5 日印刷 2003 年 3 月 10 日発行 © 2003 Japanese Society of Phycology

日本藻類学会

禁 転 載不許複製

Printed by TOPRI

編集兼発行者 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 059-231-9529 Fax 059-231-9523

印刷所 株式会社東プリ

〒144-0052 大田区蒲田 4 - 41 - 11

Tel 03-3732-4155 Fax 03-3730-8286

発 行 所 日本藻類学会

〒990-8560 山形市小白川町1-4-12

山形大学理学部生物学科

Tel 023-628-4610 Fax 023-628-4510

# 藻類

## The Japanese Journal of Phycology (Sôrui)

第51巻 第1号 2003年3月10日

## 目 次

| 中村恵理子:温帯性サンゴの光合成-温度特性とその測定法・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・                 | 1  |
|---|----|
|   |    |
| 寺脇 利信・新井 章吾:12. 神奈川県三浦半島・小田和湾の海草藻場・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・          | 7  |
| 海外藻類事情  |    |
| 大野正夫:台湾のトコブシの養殖とオゴノリ養殖・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・                      | 11 |
| 博物館と藻類  |    |
| 太田理香:「海藻の海」水槽-アクアワールド大洗水族館- ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・                | 13 |
| 嵯峨直恆・山崎 裕・安部 守:中澤信午先生の御逝去を悼む ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・               | 15 |
| 大野正夫:中華藻類学会Chinese Phycological Societyの紹介 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・ | 18 |
| 秋季藻類シンポジウム(2002.12.6)「新しい海藻由来の製品の科学的検討」要旨                                       |    |
| 酒井 武・佐川裕章・加藤郁之進:機能性食品としてのフコイダン:その構造と生物活性・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・    | 19 |
| 榎 竜嗣・西山英治・佐川裕章・加藤郁之進:アゴロオリゴ糖による炎症反応の制御 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・     | 26 |
| 志多伯良博:低分子化アルギン酸ナトリウムの機能性と食品への利用 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・            | 31 |
| 川合正允:海苔由来ペプチド類の血圧調節作用・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・                       | 37 |
| 笠原文善・宮島千尋:アルギンの医薬・工業用途への利用 ····································                 | 42 |
| 石橋清英・箕浦一彰:海藻配合化粧品~海藻の化粧品利用への可能性~ ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・           | 46 |
| 大野正夫・貫見大輔:海藻肥料による土壌改善と農産物の増産と品質向上 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・          | 50 |
| 田中厚子: 2002年度「藻類談話会」に参加して・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・                    | 55 |
| 学会シンポジウム情報  |    |
| 第7回現生及び化石渦鞭毛藻国際会議開催のお知らせ ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・                   | 56 |
| 英文誌Phycological Research 50 (3) 掲載論文和文要旨 ······                                 | 57 |
| 原 慶明:学会会長よりのごあいさつ ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・                          | 60 |
| 学会録事・「21世紀初頭の藻学の現況」ホームページ公開と冊子体販売のお知らせ  | 61 |
| ALGAE2002会計決算報告 · · · · · · · · · · · · · · · · · · ·                           | 62 |
| <u>投稿案内・会則</u>  | 63 |
|   | 67 |