

# 藻類

**The Japanese Journal of Phycology (Sôru)**

第47卷 第3号 1999年11月10日



日本藻類学会

THE JAPANESE SOCIETY OF PHYCOLOGY

## 日本藻類学会

日本藻類学会は1952年に設立され、藻学に関心をもち、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) 〒305-8572 つくば市天王台1-1-1 筑波大学生物科学系 宮村新一(TEL 0298-53-4532 FAX 0298-53-6614, e-mail miyamura@sakura.cc.tsukuba.ac.jp), (会計) 〒305-8572 つくば市天王台1-1-1 筑波大学生物科学系 中山 剛(TEL 0298-53-4533 FAX 0298-53-6614, e-mail phylogen@sakura.cc.tsukuba.ac.jp), (入退会、住所変更、会費) 〒305-8572 つくば市天王台1-1-1 筑波大学生物科学系 岩本浩二(TEL 0298-53-4908 FAX 0298-53-6614, e-mail ivanov@anet.ne.jp)

和文誌「藻類」への投稿：〒108-8477 東京都港区港南4-5-7 東京水産大学資源育成学科 田中次郎 (TEL & FAX 03-5463-0526, e-mail jtanaka@tokyo-u-fish.ac.jp)

英文誌 *Phycological Research* への投稿：〒051-0003 北海道室蘭市母恋南町1-13 北海道大学理学部附属海藻研究施設 (TEL:0143-22-2846, FAX:0143-22-4135, e-mail:motomura@bio.sci.hokudai.ac.jp)

1999-2000 年役員

「藻類」の投稿先が変更になりました

会 長：堀 輝三 (筑波大学)

庶務幹事：宮村新一 (筑波大学)

庶務幹事：岩本浩二 (筑波大学) (会員事務担当)

会計幹事：中山 剛 (筑波大学)

評 議 員：鯉坂哲朗 (京都大学)

有賀祐勝

原 慶明 (山形大学)

堀口健雄 (北海道大学)

市村輝宜 (北海道大学)

井上 勲 (筑波大学)

川口栄男 (九州大学)

前川行幸 (三重大学)

真山茂樹 (東京学芸大学)

中原紘之 (京都大学)

大野正夫 (高知大学)

大谷修司 (島根大学)

嵯峨直恆 (東海大学)

白岩善博 (筑波大学)

渡邊 信 (富山大学)

吉崎 誠 (東邦大学)

四井敏雄 (長崎県総合水産試験場)

和文誌編集委員会

委員長：堀口健雄 (北海道大学)

実行委員：鯉坂哲朗 (京都大学)

藤田大介 (富山県水産試験場)

飯間雅文 (長崎大学)

出井雅彦 (文教大学)

井上 勲 (筑波大学)

北山太樹 (国立科学博物館)

峯 一朗 (高知大学)

村上明男 (神戸大学)

南雲 保 (日本歯科大学)

佐藤輝夫 (札幌清田高校)

洲崎敏伸 (神戸大学)

委 員：藤田雄二 (長崎大学)

堀 輝三 (筑波大学)

今井一郎 (京都大学)

片岡博尚 (東北大学)

大野正夫 (高知大学)

岡崎恵視 (東京学芸大学)

高村典子 (国立環境研究所)

渡辺 信 (国立環境研究所)

横浜康継 (筑波大学)

# 日本藻類学会第24回大会のお知らせ

## ～ 長崎・2000 ～

日本藻類学会第24回大会を下記の通り開催いたします。ふるってご参加下さいますようご案内申し上げます。

### 1. 日程

- 2000年 3月28日(火): 編集委員会・評議員会  
3月29日(水): 口頭発表・記念講演会・展示発表・総会・懇親会  
3月30日(木): 口頭発表・公開ミニシンポジウム「藻食性魚類の食害による藻場の衰退」  
3月31日(金): エクスカーション(ハウステンボス環境施設見学会)

### 2. 会場

大会: 長崎大学文教キャンパス全学教育棟(懇親会は別会場を予定)  
〒852-8521 長崎市文教町1-14 TEL: 095-847-1111

### 3. 参加費用

大会参加費: 5,000円(学生4,000円)  
懇親会費: 6,000円(学生5,000円)  
エクスカーション参加費: 5,000円(片道バス代, ハウステンボス環境施設見学会およびハウステンボス割引入場料を含む)

### 4. 参加および発表申し込み

- (1) 大会参加者は発表の有無または共同発表者の有無に関わらず各自本誌綴じ込みの参加申込票に必要事項を記入し, 大会準備委員会宛にお送り下さい。
- (2) 研究発表される方(演者のみ)は発表要旨の原稿を大会準備委員会宛にお送り下さい。口頭発表される方で電子メールのアドレスをお持ちでない方は, 返信用の宛名を書いた官製ハガキを同封して下さい。発表日時をお知らせします(メールアドレスをお持ちの方には電子メールでお知らせします)。
- (3) 大会参加費, 懇親会費, エクスカーション参加費は本誌綴じ込みの郵便振替用紙を使って送金して下さい。送金先は「郵便振替口座: 日本藻類学会第24回大会準備委員会 口座番号01710-8-87342」です。
- (4) 参加申込票の送付および送金の締切は2000年1月10日(月)(必着), 発表要旨原稿送付の締切は1月20日(木)(必着)です。

### 5. 宛先

- (1) 参加申込票および発表要旨の送付先  
〒852-8521 長崎市文教町1-14 長崎大学環境科学部内  
日本藻類学会第24回大会準備委員会 宛
- (2) 大会参加者は発表の有無または共同発表者の有無に関わらず各自本誌綴じ込みの参加申込票に必要事項を記入し, 大会準備委員会宛にお送り下さい。

### 6. 評議員会および編集委員会の開催

評議員会および編集委員会は, 大会の前日に長崎大学文教キャンパス内全学教育棟別館で開催されます。大会の会場とは異なりますのでご注意ください。

編集委員会: 2000年3月28日(火) 15:00 - 16:30

評議員会: 2000年3月28日(火) 16:30 - 18:00

会場: 長崎大学全学教育棟別館3Fセミナー室

〒852-8521 長崎市文教町1-14

連絡先 TEL: 095-843-2126 (飯間研究室)

## 7. 記念講演会

九州・長崎にちなんだテーマで右田清治先生（長崎大学名誉教授）、吉田忠生先生（北海道大学名誉教授）にご講演をお願いしています。

## 8. 公開ミニシンポジウム

テーマ：藻食性魚類の食害による藻場の衰退

講演予定者：新井章吾（(株) 海藻研究所）

野田幹生（水産大学校）

清水 博（宮崎県水産試験場）

四井敏雄・桐山隆哉（長崎県総合水産試験場）

## 9. エクスカーション（ハウステンボス環境施設見学会）

観光地として有名なハウステンボスは環境との共生にも力を入れており、そのバックヤードにはさまざまな環境施設があります。本大会のエクスカーションとして、このハウステンボス環境施設見学会を計画しています。見学会終了後、そのまま園内に入り散策することもできます（エクスカーション参加費には、通常より大幅に値引きした入場料金が含まれています）。ハウステンボスからは海上バスを利用して直接長崎空港へアクセスできます。3月31日に長崎空港から帰途につかれる方をはじめ、多くのご参加を期待しております。あらかじめ事務局側に申し出ただけであれば、園内運河での海藻採集も可能です。ハウステンボス環境施設の詳細については下記のサイトをご覧ください。

<http://web.infoweb.ne.jp/htb/accommodation/ch0133.html>

日程：3月31日（金）8時30分 長崎大学文教キャンパス中部（なかべ）講堂前集合。

西海橋を經由してバスで10時半過ぎ現地到着。園内で昼食前に現地解散となります。

定員50名（学会員以外の同伴者の参加も可能です）

ハウステンボスから長崎空港へは園内から出る直行シャトルボート（所用45分）とシャトルバス（所用1時間15分）が利用できます。

## 10. その他の連絡先

日本藻類学会第24回大会準備委員会事務局

（庶務）飯間雅文（会計）桑野和可

〒852-8521 長崎県長崎市文教町1-14

長崎大学環境科学部（飯間）

TEL: 095-843-2126 FAX: 095-843-2126 または 095-843-1379

e-mail: iima@net.nagasaki-u.ac.jp

長崎大学水産学部（桑野）

TEL: 095-847-1111 内線 3150

e-mail: kkuwano@net.nagasaki-u.ac.jp

## 11. 会場までの交通

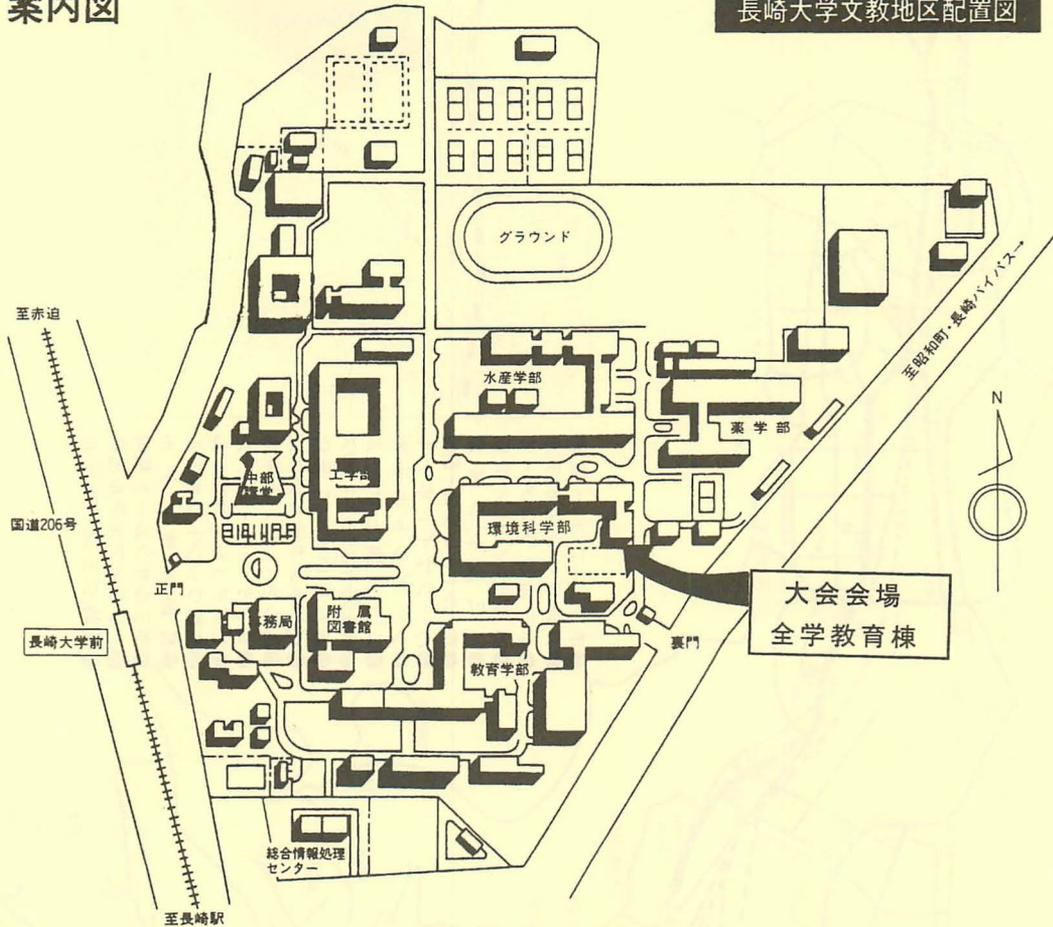
鉄道：JR長崎駅前より路面電車1番系統（青色）もしくは3番系統（赤色）で赤迫（あかさこ）行きに乗り、長崎大学前下車（約20分）。

飛行機：長崎空港より長崎駅前県営バスターミナル行きに乗り、長崎駅前下車（約1時間）。その後、上記と同様路面電車で長崎大学前まで。

車：長崎自動車道長崎多良見IC（終点）を出て、長崎バイパス（有料）に入り、川平料金所手前で左車線に入り平和町方向へ行く（間違っても右車線の県庁方向へ行くと市内中心部へ行ってしまいますのでご注意ください）。料金所のあとトンネルを出ると長崎大学に近い市内北部地域です。

# 案内図

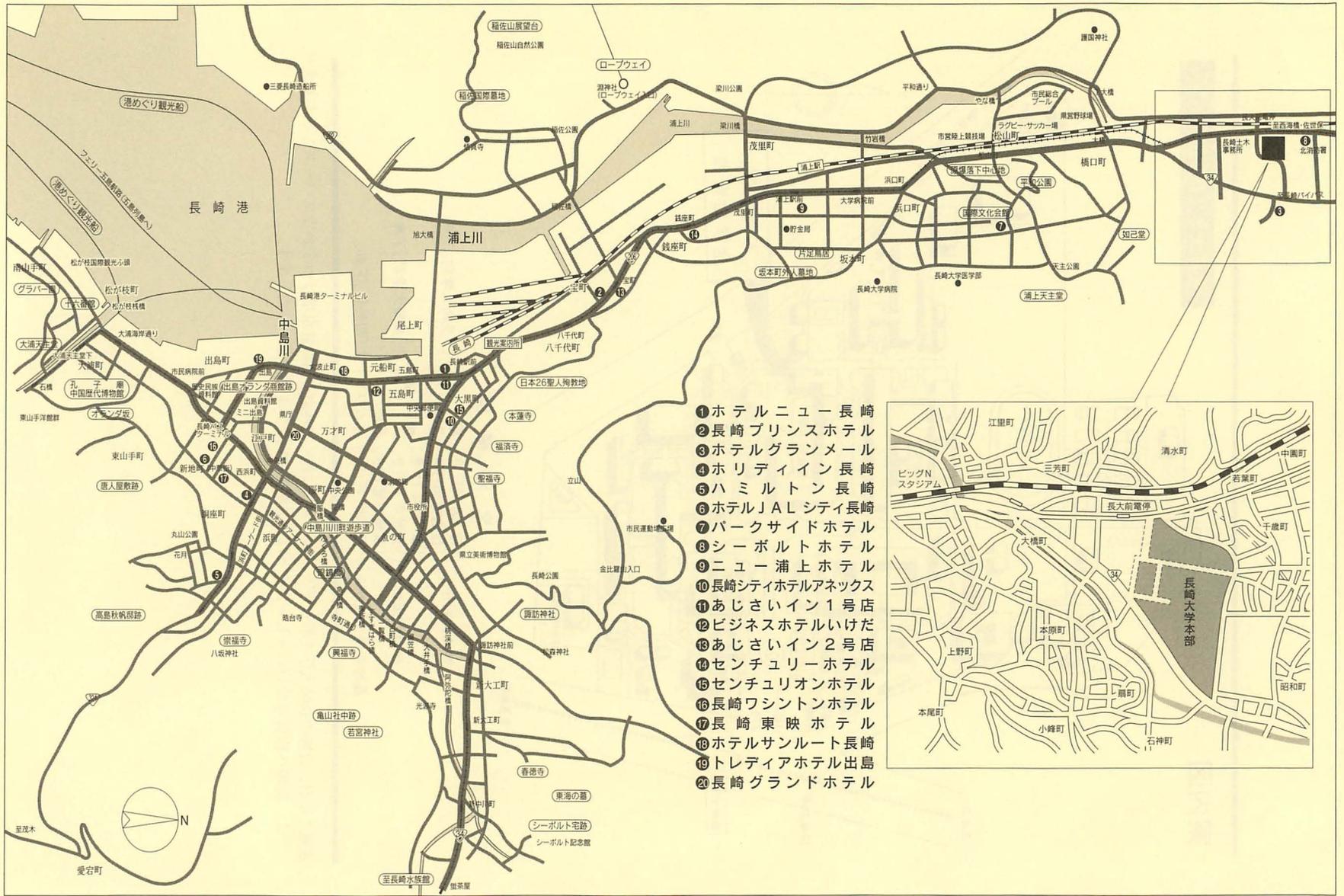
## 長崎大学文教地区配置図



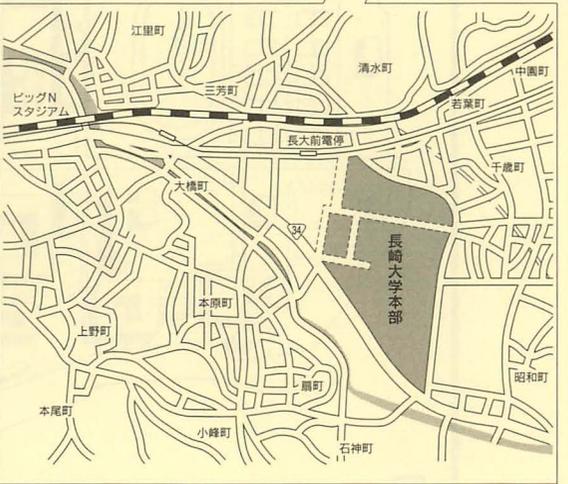
### 交通機関

- 長崎駅前から {「赤迫行き」電車} で「長崎大学前」下車  
 {「住吉方面行き」長崎バス}
- 赤迫方面から {「堂茶屋行き」電車} で「長崎大学前」下車  
 {「正覚寺下行き」長崎バス}
- 長崎空港方面から {「長崎行き」リムジン} で「昭和町」下車

注意：なお、会場の長崎大学文教キャンパスは非常に狭く、外来者用の駐車場はわずかなスペースしかありません。会場へ直接車でいらっしゃることはご遠慮下さいますようお願いいたします。



- ① ホテルニュー長崎
- ② 長崎プリンスホテル
- ③ ホテルグランメール
- ④ ホリディイン長崎
- ⑤ ハミルトン長崎
- ⑥ ホテルJALシティ長崎
- ⑦ パークサイドホテル
- ⑧ シーボルトホテル
- ⑨ ニュー浦上ホテル
- ⑩ 長崎シティホテルアネックス
- ⑪ あじさいイン1号店
- ⑫ ビジネスホテルいけだ
- ⑬ あじさいイン2号店
- ⑭ センチュリーホテル
- ⑮ センチュリオンホテル
- ⑯ 長崎ワシントンホテル
- ⑰ 長崎東映ホテル
- ⑱ ホテルサンルート長崎
- ⑲ トレディアホテル出島
- ⑳ 長崎グランドホテル



なお、会場の長崎大学文教キャンパスは非常に狭く、外来者用の駐車場はわずかなスペースしかありません。会場へ直接車でいらっしゃることはご遠慮下さいますようお願いいたします。

## 12. 宿泊案内・航空券団体割引

### 【宿 泊】

会場となる長崎大学文教キャンパスは長崎市の北部にあり、グラバー園、眼鏡橋、中華街などの観光名所や多くの観光ホテルが集中する中心街からやや離れています。会場の長崎大学文教キャンパスまで、徒歩もしくは路面電車（料金は均一 100 円）で 20 分程度で来られるホテルを下記にリストアップします。

下記のホテルのご利用は大会準備委員会が宿泊斡旋を委託した（株）日本旅行長崎支店（担当：吉田、佐藤）において受け付けます。ご利用希望の方は、宿泊・航空券申込書に希望グループ、その他必要事項をご記入の上、郵送または FAX でお申し込みください（締め切り 2 月 15 日）。なお、宿泊・航空券をお申し込みになられる場合、通信料として 1 件あたり 300 円かかりますので、予めご承知おきください。

Aグループ	1人あたり料金（税・サービス別）		会場までの交通
	S：シングル	T：ツイン	
1. ホテルグランメール長崎	S 6000 円	T 5500 円	徒歩 約10分
2. ホテルシーボルト	S 6000 円	T 5500 円	徒歩 約5分
3. ニューうらかみホテル	S 6000 円	T 5500 円	路面電車 約10分
Bグループ			
4. ホテルセンチュリオン	S 5500 円	T 5000 円	路面電車 約20分
5. ホテルステーションあじさい	S 5500 円	T 5000 円	路面電車 約20分
6. あじさいイン1	S 5500 円	T 5000 円	路面電車 約20分
7. あじさいイン2	S 5500 円	T 5000 円	路面電車 約20分

この他に 3 人以上の大部屋もご用意できます。ご希望の方は、下記（株）日本旅行担当者までご連絡ください。

### 【航 空 券】

下記の航空便については団体割引が適用されます。お申し込みは 2 月 15 日までをお願いします。

3月28日（火）            東京 → 長崎（17000円）            伊丹 → 長崎（10000円）  
                               JAS 365 13：45 → 15：35            JAS 769 16：00 → 17：10  
                               JAL 185 14：30 → 16：20

3月31日（金）            長崎 → 東京（17000円）            長崎 → 伊丹（10000円）  
                               JAS 366 16：20 → 18：00            JAS 768 17：50 → 19：00  
                               JAL 186 17：20 → 19：00

- ・ 出発時間については前年時刻を基準にしていますので、変更される場合があります。
- ・ 出発 2 週間前より以降のキャンセルについてはキャンセル料金がかかります。詳しくは、下記（株）日本旅行担当者までご連絡ください。

### 【宿泊・航空券の申込先】

（株）日本旅行長崎支店  
 日本藻類学会準備係（担当：吉田、佐藤）  
 〒 850-0036 長崎市五島町 5-48 長崎船用品ビル 1 階  
 TEL：095-826-9307            FAX：095-825-8552

### 13. 発表形式

#### (1) 口頭発表

- ・一つの発表につき発表 12 分，質疑応答 3 分です（1 鈴 10 分，2 鈴 12 分，3 鈴 15 分）。
- ・映写スライドは 35 mm 版を使用し，スライドの枠には 1 図のように演者氏名，発表番号（大会プログラム参照），スライド総枚数，映写順序，手前上を示す赤マークを記入して下さい。
- ・繰り返し映写するスライドは必要回数分用意して下さい。
- ・OHP の使用も可能です。

#### (2) 展示発表

- ・展示パネルの大きさは，基本的に縦 180 cm，横 90 cm 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）を明記して下さい。
- ・研究目的，実験結果，結論などについてそれぞれ簡潔にまとめた文章をつけて下さい。また，写真や図表には簡単な説明文を添付して下さい。
- ・文字や図表の大きさは，少し離れた場所からでも判読できるように調整して下さい。
- ・3 月 29 日 12 時頃までに所定の場所に掲示して下さい。また，3 月 30 日 17 時までに撤収して下さい。

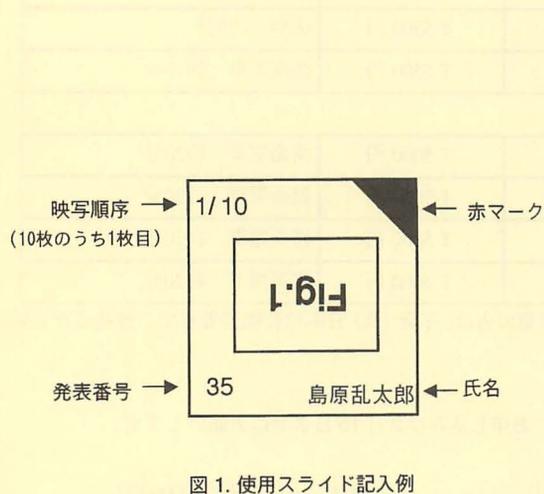


図 1. 使用スライド記入例

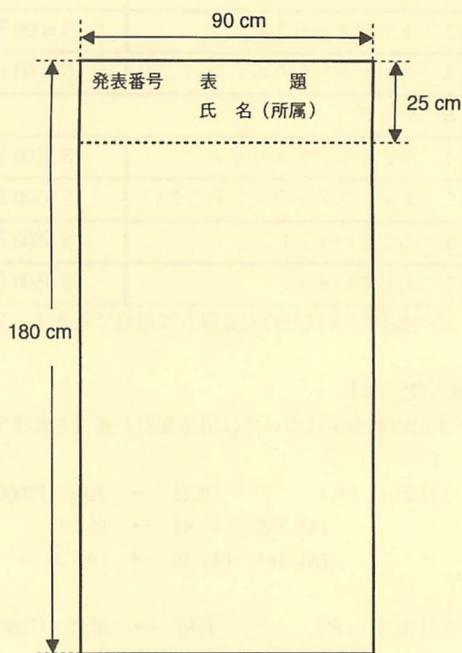


図 2. 展示パネル説明図

### 14. 発表要旨原稿の作成要領

- ・原稿はワープロを使用し，黒字で明瞭に印刷して下さい。
- ・原稿は B5 用紙を用い，縦 150 mm，横 100 mm の範囲内に収まるように作成して下さい。外枠はつけないで下さい。
- ・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。
- ・1 行目は左から 12.6 mm 空けてから書き始めて下さい（この空白部分に発表番号が入ります）。
- ・演者名，演題，本分，所属の順に書いて下さい。
- ・共著の場合は演者の前に○をつけて下さい。また，所属が異なるときは各著者名の後に \* 印を付し，所属の項

目でそれらを区別して下さい。

- ・和文原稿の場合、句読点は「,」（コンマ）と「。」を使用して下さい。
  - ・学名はイタリックで表示するか下線を付して下さい。
  - ・所属は（ ）でくくり、枠内の最下段に位置するように書いて下さい。
  - ・原稿はそのまま約 2/3 に縮小されオフセット印刷されます。縮小後も十分に判読できるように配慮して下さい。
- また、原稿は折り曲げずに台紙を入れて郵送して下さい。なお、著者校正はありません。

## 要旨原稿の見本

発表番号が入ります。空白にして下さい（約 12.6 mm）。

(36) ○栗原 暁\*・飯間雅文\*\*：長崎県南部  
におけるウミトラノオ个体群の季節的消長

長崎県野母崎町と大村湾奥の長与町堂崎の鼻海  
岸に生育するウミトラノオの成長と . . . . .

.  
. . . . .

. . . . . 南部の2地点において、本種は異なる成熟  
期を示すことが明らかとなった。

(\*長崎大学・水産,\*\*長崎大学・環境科学)

100 mm

150 mm



## 日本藻類学会第 24 回大会参加申込票

整理番号\*  
( )

発表番号\*  
( )

(フリガナ)

氏名：\_\_\_\_\_ 所属：\_\_\_\_\_

連絡先住所：\_\_\_\_\_

電話または FAX 番号：(電話)\_\_\_\_\_ (FAX)\_\_\_\_\_

電子メールのアドレス：\_\_\_\_\_

参加形態 (番号を○で囲んで下さい)

- |                   |               |          |
|-------------------|---------------|----------|
| 研究発表：1. 演者として発表する | 2. 共著者として発表する | 3. 発表しない |
| 懇親会：1. 参加する       | 2. 参加しない      |          |
| エクスカージョン：1. 参加する  | 2. 参加しない      |          |

送金内訳 (該当の番号を○で囲み、送金合計を算出して下さい。)

- |                |                      |
|----------------|----------------------|
| 1. 大会参加費       | 5,000 円 (学生 4,000 円) |
| 2. 懇親会費        | 6,000 円 (学生 5,000 円) |
| 3. エクスカージョン参加費 | 5,000 円              |

送金合計額 \_\_\_\_\_ 円

以下は研究発表について演者のみ記入して下さい (番号が付いているものは該当する番号を○で囲んで下さい)。2つ以上研究発表される方は、この申込票をコピーして追加して下さい。

発表形式： 1. 口頭発表 2. 展示発表

研究材料： 1. 淡水藻 2. 海産藻 3. その他

研究分野： 1. 分類・種分化, 2. 生態, 3. 解剖・形態, 4. 細胞・細胞内小器官, 5. 遺伝, 6. 分子生物,  
7. 発生・分化, 8. 生長生理, 9. 光合成, 10. 生体物質, 11. 代謝・酵素, 12. その他

演題：\_\_\_\_\_

発表者氏名 (所属) (共著者がいる場合は演者の左肩に○を付けて下さい)：

申込票は下記宛に 2000 年 1 月 10 日 (必着) までに送付して下さい。

(\*整理番号, 発表番号は大会準備委員会で記入します。)

〒 852-8521 長崎県長崎市文教町 1-14  
長崎大学環境科学部  
日本藻類学会第 24 回大会準備委員会



## 宿泊・航空券申込書

(株) 日本旅行長崎支店  
 日本藻類学会準備係 行  
 FAX : 095-825-8552

年 月 日

フリガナ  
 申込者 氏名 \_\_\_\_\_

連絡先 〒 \_\_\_\_\_

TEL \_\_\_\_\_ FAX \_\_\_\_\_

### 【宿 泊】

フリガナ 氏 名	希望グループ A・B	シングル ツイン	3月 日～ 月 日 宿泊日数 泊
フリガナ 氏 名	希望グループ A・B	シングル ツイン	3月 日～ 月 日 宿泊日数 泊
フリガナ 氏 名	希望グループ A・B	シングル ツイン	3月 日～ 月 日 宿泊日数 泊
フリガナ 氏 名	希望グループ A・B	シングル ツイン	3月 日～ 月 日 宿泊日数 泊

ツインご利用の場合は、同室者に印を付けてください。

### 【航 空 券】

氏 名 (カタカナ)	年 齢	行 き (3月28日) ○で囲む	帰 り (3月31日) ○で囲む
	歳	JAS 365 (東京発 13:45) JAL 185 (東京発 14:30) JAS 769 (伊丹発 16:00)	JAS 366 (東京行 16:20発) JAL 186 (東京行 17:20発) JAS 768 (伊丹行 17:50発)
	歳	JAS 365 (東京発 13:45) JAL 185 (東京発 14:30) JAS 769 (伊丹発 16:00)	JAS 366 (東京行 16:20発) JAL 186 (東京行 17:20発) JAS 768 (伊丹行 17:50発)
	歳	JAS 365 (東京発 13:45) JAL 185 (東京発 14:30) JAS 769 (伊丹発 16:00)	JAS 366 (東京行 16:20発) JAL 186 (東京行 17:20発) JAS 768 (伊丹行 17:50発)
	歳	JAS 365 (東京発 13:45) JAL 185 (東京発 14:30) JAS 769 (伊丹発 16:00)	JAS 366 (東京行 16:20発) JAL 186 (東京行 17:20発) JAS 768 (伊丹行 17:50発)

記入欄が不足した場合には、お手数ですが、この用紙をコピーしてご利用ください。



## 海洋生物におよぼす紫外線の影響

### 3. エゾツノマタから得られた紫外線吸収物質 palythine の作用について

牧野 愛<sup>1</sup>・鈴木 稔<sup>1</sup>・矢部和夫<sup>2</sup>

<sup>1</sup>北海道大学大学院地球環境科学研究科物質環境科学専攻(〒060 札幌市北区北10条西5丁目)

<sup>2</sup>北海道東海大学工学部海洋開発工学科(〒005 札幌市南区南沢5条1丁目1の1)

M. Makino<sup>1</sup>, M. Suzuki<sup>1</sup> and K. Yabe<sup>2</sup> The influence of ultraviolet irradiation on marine organisms. 3. Effects of ultraviolet absorbing substance, palythine from *Chondrus yendoi*. Jpn. J. Phycol. (Sôru) 47:173-177.

Effects of ultraviolet absorbing substance, palythine from a red alga *Chondrus yendoi* were investigated. Glass slides on which the spores of *Laminaria religiosa* had settled were immersed into seawater containing a definite concentration of palythine and irradiated with UV, then incubated at 10°C, 10L: 14D in a culture medium without palythine. Wet weight of young sporophytes on a unit area of each glass slide was measured two months after the UV irradiation. The results obtained shows that palythine dissolved seawater protected the development of gametophytes of *L. religiosa* from UV-B (320-280nm). The protective rate in 90 min and 120 min. from the UV irradiation were about 10.7, 13.3, 18.2, 34.3, 41.8 % and 13.8, 19.6, 29.4, 31.9, 39.7 % for 0.01, 0.02, 0.03, 0.04, 0.05mM of palythine, respectively.

**Key Index Words :** *Chondrus yendoi*-palythine-gametophytes-*Laminaria religiosa*-sunlamp-UV-B

<sup>1</sup>Division of Material Science, Graduate School of Environmental Earth Science, Hokkaido University, Sapporo, 060-0813 Japan.

<sup>2</sup>Department of Marine Sciences and Technology, School of Engineering, Hokkaido Tokai University, Sapporo, 005-8601 Japan.

#### はじめに

筆者らはすでに、Toshiba 健康線ランプと各種フィルターを使用した実験で、ホソメコンブ *Laminaria religiosa* Miyabe 配偶体の初期発生が UV-B で阻害されることを明らかにし (矢部ら 1996)、さらに UV-A および UV-B の照射を受けた紅藻の多くから 320-330 nm 付近に吸収極大を有する紫外線吸収物質 (mycosporine-like amino acids) が放出されることを確かめた (矢部ら 1997)。

Mycosporine-like amino acids は Fig.1 に示された構造を有する一群の化合物で、海洋動植物中に広く分布していることが知られるようになった。筆者らは、これらのうち palythine ( $\lambda_{\max}$  320 nm) と shinorine ( $\lambda_{\max}$  333 nm) を紅藻エゾツノマタ *Chondrus yendoi* Yamada et Mikami から結晶として得ることができた。

本研究では、palythine を種々の濃度に溶解させた海水の紫外線防御効果をホソメコンブ配偶体の初期発生阻害防御率によって検定し、海藻から放出される紫外線吸収物質が沿岸域の海中生物にとっての紫外線フィルターとして機能する可能性について考察することにした。

#### 材料と方法

##### Palythine の抽出および精製

1995年6月に釧路市桂窓にて採取したエゾツノマタを天日乾燥した後細碎し、その 1.6 kg を 60% メタノール 10 l に浸漬し、7-10 日抽出 (時々攪拌) した後、上澄を 40°C 以下の減圧下で濃縮する。途中析出した無機塩などを遠心分離で除去し、最終的にメタノール可溶性のシラップ (100 g) を得る。このシラップを水に溶かして遠心分離 (10,000 r.p.m., 20min.) にかけて、浮上した黒色粘稠の油状物を除き、下層の水層部を活性炭を用いたカラムクロマトグラフィーの試料として用いた。活性炭カラムクロマトグラフィーを繰り返し、粗結晶 617 mg を得た。この結晶は、ペーパークロマトグラフィーによって単一であることが確認された。

粗結晶はさらにメタノールで溶解し再結晶を行った。得られた結晶の, mp., は 156-158°C (dec.), 分析値は C:48.65, H:6.63, N:11.10 (C<sub>10</sub>H<sub>16</sub>N<sub>2</sub>O<sub>5</sub> として C:49.17, H:6.60, N:11.43, O:32.75, 分子量 244)。<sup>1</sup>H-NMR スペクトルは、Mycosporine-like amino acids に特異的なメト

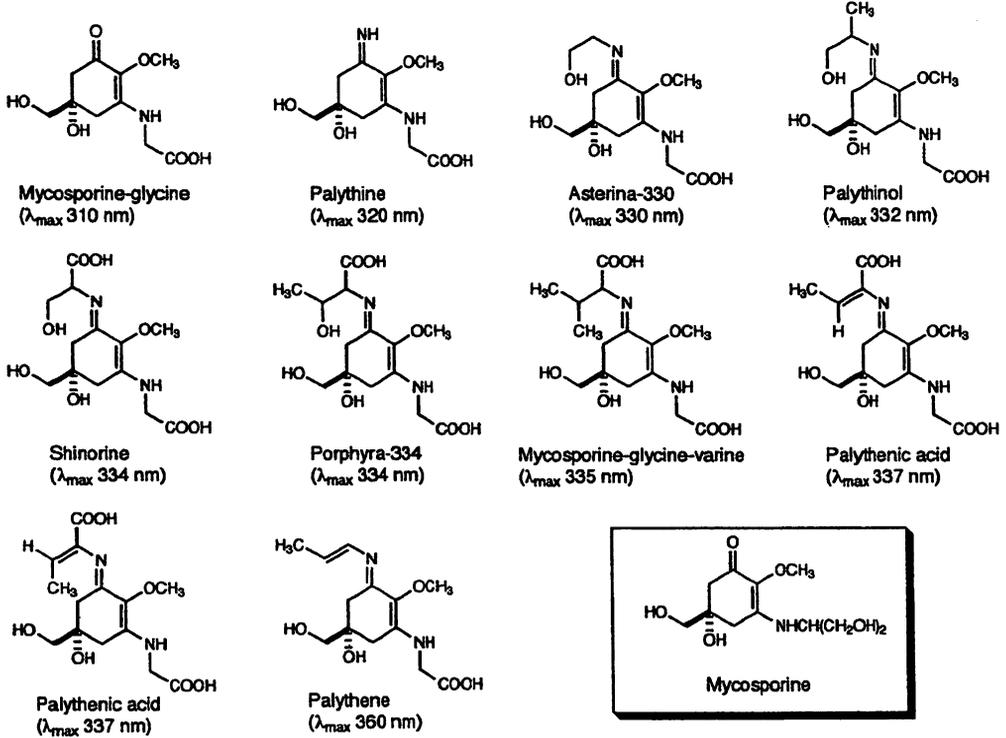


Fig.1 Chemical structure of Mycosporine-like amino acids.

キシル基 $\delta_H$  3.47 (3H, s), ヒドロキシメチレン基 $\delta_H$  3.85 (2H, s), カルボキシル基と窒素原子に挟まれたメチレン基 $\delta_H$  3.85 (2H, s), および2つのシクロヘキセン環上のメチレン基 $\delta_H$  2.62 (2H, AB-q)と $\delta_H$  2.65 (2H, AB-q)のシグナルが観測された。この化合物はアカバギナンソウより単離されているpalythineと $^1\text{H-NMR}$ スペクトルを比較し同一であった。

#### 被検体の調整および紫外線照射

遊走子を得るためのホソメコンブ成熟藻体は、1995年10月から12月にかけて、小樽市祝津海岸において採集した。遊走子を着底させる基質として用意した半裁スライドガラス10枚づつを敷いた直径14.5 cmのペトリ皿に、およそ $2 \times 10^5$  cell  $\text{ml}^{-1}$ の濃度で遊走子を懸濁させた海水100 mlを注ぎ、暗所に一夜静置した。

一方、滅菌海水および0.01, 0.02, 0.03, 0.04, 0.05 mM濃度でpalythineを溶解させた滅菌海水10 mlをそれぞれ入れた直径5 cmのペトリ皿を用意しておき、その中に遊走子の着底した半裁スライドガラスを一枚づつ置いて、所定の紫外線照射を行った。同一の実験は5回繰り返した。光源としてToshiba健康線ランプを用いたことをはじめ、紫外線照射の諸条件は第一報(矢部ら

1996)に準じた。

遊走子の着底した半裁スライドガラスは、ペトリ皿内で深さ1 cmの海水の層を通して紫外線の照射を受けるように海水の量を調節した。Fig.3は、palythine濃度の異なる海水について、それぞれの1 cm層あたりの320 nmにおける紫外線の透過率を測定した結果を、palythine濃度と透過率との関係として表したものでありpalythine濃度0.01, 0.02, 0.03, 0.04, 0.05 mMに対して320 nmの紫外線の透過率はそれぞれ49.9, 21.4, 10.2, 7.0 および2.1%となることがわかる。

Table 1 Amount of Damaging-UV (DUV) in the light supplied from a sunlamp and two fluorescent lamps covered with polyvinyl chloride sheet for 90 and 120 min.

Concentration of palythine	Energy on Damaging-UV (J/sqm)	
	Irradiation time	
	90min	120min
0.00mM	530	707
0.01mM	377	503
0.02mM	306	408
0.03mM	244	326
0.04mM	211	281
0.05mM	139	185

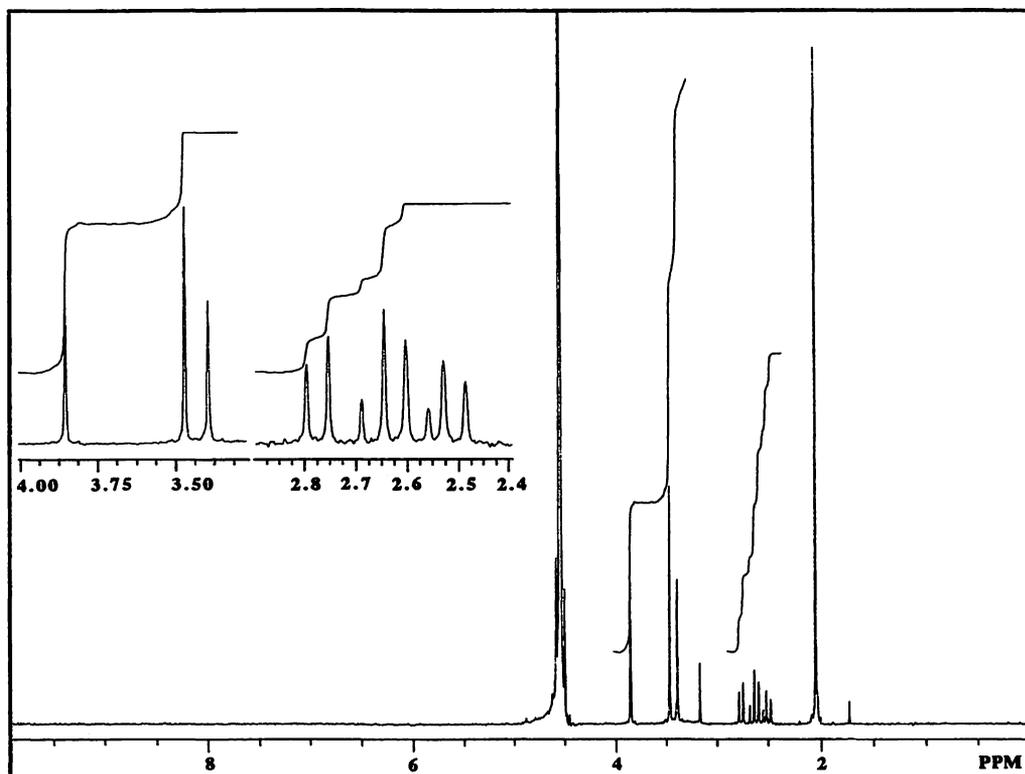


Fig.2 H-NMR spectrum of palythine.

落下細菌その他の汚染を避けるために実験容器上部を市販の塩化ビニリデンシートで覆い、直上 20 cm の位置に設置した Toshiba 健康線ランプと白色蛍光灯からの紫外線をペトリ皿内の半裁スライドガラスに照射した。照射時間は90分と120分の2通りとし、双方の場合についてpalythineの濃度ごとに海水の1cm層を通してスライドガラスに到達した紫外線の積算量をDUVエネルギー量に換算してTable 1に示した。

#### 配偶体初期発生阻害率の検定

紫外線を受けた半裁スライドガラスをPESI (Kawasima 1984) 添加の滅菌海水に移し、2ヶ月間、10℃、10L:14Dで静置培養した。光源として白色蛍光灯を用い、光強度を20-25  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  に保ち、海水は毎週一回交換した。

培養開始時から2ヶ月後にはホソメコンブの幼孢子体が肉眼でも観察可能な大きさに生長していた。各実験区のスライドガラスについて無作為に選んだ部分から100  $\text{mm}^2$ あたりの幼孢子体をかき取って生産量を測定し、それぞれの値についてControl(紫外線照射を受

けなかったスライドガラス)の値との差を求めControlの値で除し100を乗じて配偶体初期発生の阻害率とした。

#### 結果

ほぼ等しい濃度でホソメコンブの遊走子が着底した半裁スライドガラスをpalythine濃度が異なる海水の1cm層の下に沈め、紫外線照射をおこなってから、PESIを含む海水中で培養したところ、いずれのスライドガラス上にも長さ0.5 mm-2 mmの幼孢子体の生育してい

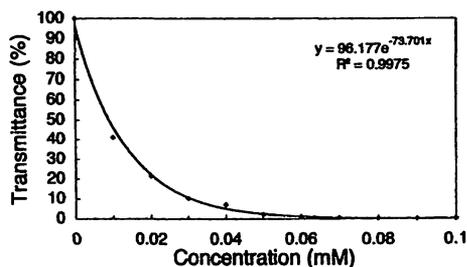


Fig.3 Relationship between molar concentration of palythine and transmittance at 320 nm.

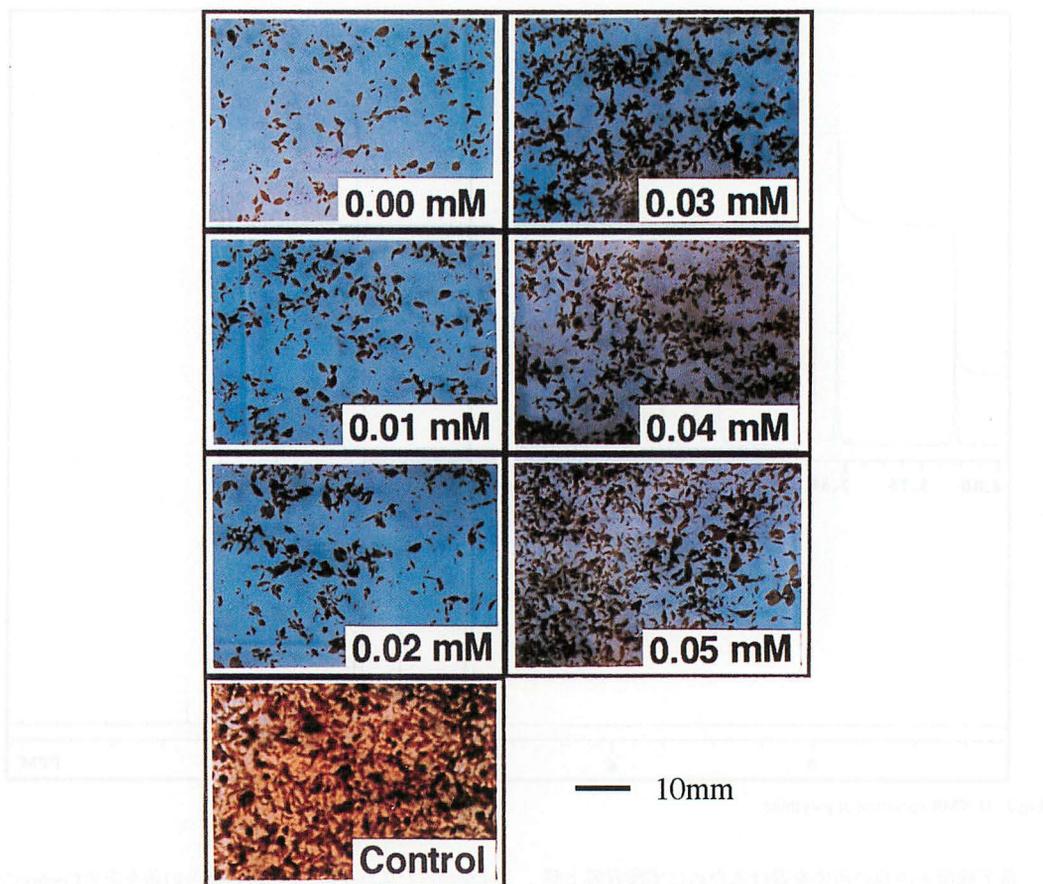


Fig.4 Young sporophytes of *L. religiosa* on the glass slides two months after the UV irradiation for 120 min.

ることが確認されたが、その密度には差があり、海水の palythine 濃度が低いほど幼胞子体の密度も低いという傾向が認められた。Fig.4 は palythine 濃度の異なる海水の中で 120 分間の紫外線照射を受けた後に 2ヶ月間培養された半裁スライドガラスの接写像をしめしている。紫外線照射を受けなかったスライドガラスを Control として併せて示したが、他のどのスライドガラスより幼胞子体の密度がはるかに高いことが明らかである。しかし紫外線照射を受けたスライドガラスでも、palythine 濃度が最も高い 0.05 mM から順次低くなるにつれて、幼胞子体の密度が漸減する様子は明らかに認められる。

Fig.4 は、それぞれの同一条件を与えられた 5 枚のスライドガラスのうちの幼胞子体密度が最も平均に近いものを選んで示したものであるが、Fig.5 は、各条件ご

との 5 枚のスライドガラスの幼胞子体量の平均値と Control の平均値とから求めた各条件ごとの「阻害率」を示したものである。遊走子の着底直後に行った紫外線照射の阻害作用は配偶体の初期発生段階に働いたはずなので、「阻害率」は「配偶体初期発生の阻害率」とみなせる。

紫外線照射は 90 分間と 120 分間の 2 通りとしたが、90 分間の場合には、palythine 濃度 0.00, 0.01, 0.02, 0.03, 0.04, 0.05 mM に対し、阻害率はそれぞれ 58.0, 51.8, 50.3, 47.4, 38.1, 33.7% となり、120 分間の場合には同じくそれぞれ 71.4, 61.5, 57.4, 50.4, 48.6, 43.0% となった。

さらに palythine 濃度 0.00 mM における阻害率と各濃度における阻害率とから阻害防御率を算出し、Fig.6 に示した。90 分間照射の場合、0.01, 0.02, 0.03, 0.04, 0.05 mM に対し 阻害防御率はそれぞれ 10.7, 13.3, 18.2, 34.3,

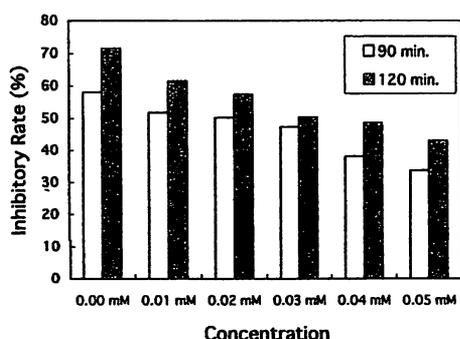


Fig.5 Inhibitory rates in the development of *L. religiosa* gametophytes determined for different palythine concentrations in seawater through which UV was irradiated. A value is the percentage of decrease in wet weight of sporophytes on 100 mm<sup>2</sup> of glass slide irradiated with UV to the control. The replication of experiments is five and each value in the figure is the average. Standard deviations were less than 20 % of each average.

41.8%となり、120分間照射の場合は同じくそれぞれ13.8、19.6、29.4、31.9、39.7%となった。

#### 考察

多くの海産動植物から得られ、構造も決定されている mycosporine-like amino acidsは、近紫外部に吸収極大を有するため、生産者自身のUV-AおよびUV-Bによる損傷を防御する機能を有するものと推察された (Shibata 1969)。しかし現在に至ってもそれらの紫外線物質の役割は確認されていない。一方地球大気中のオゾン層の破壊は年々進行し、それに伴い地表に到達する紫外線量の増加は深刻な問題と化している。

海洋の沿岸域においても、潮間帯から潮下帯にかけての底生生物群集は、紫外線量の増加によって大きな影響を受けることが懸念されるが、前報 (矢部ら 1997) で示唆されたように紫外線量の増加は海藻による紫外線吸収物質の放出を促進し、それらが海中に溶出して結果的に沿岸域の生物群集を保護する可能性も存在する。本研究の結果は海中にエゾツノマタ藻体から海水中に溶出したpalythineが紫外線による海藻の生育阻害を防御する可能性を示唆するものと言えるが、実際に沿岸の海水中に存在する紫外線吸収物質の濃度測定や現場での底生生物の生育阻害防御の検定は今後の課題

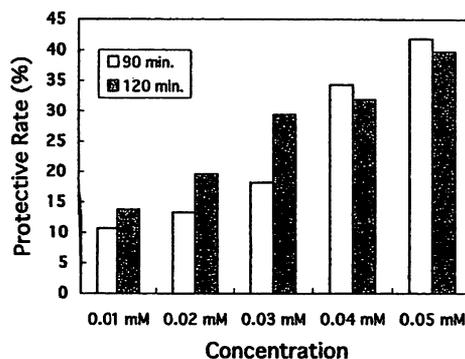


Fig.6 Protective effects of seawater containing palythine in different concentrations on the development of *L. religiosa* gametophytes from inhibitive actions of UV. A value is the percentage of decrease in inhibitory rate for a definite concentration of palythine to the inhibitory rate for 0.00 mM of palythine.

である。

#### 謝辞

本実験への助言および各種スペクトルの測定を行っていただきました、北海道東海大学工学部生物工学科・竹内裕一教授ならびに適切な助言をいただいた東海大学総合科学研究所・佐々木政子教授に心より御礼申し上げます。

#### 引用文献

- Kawashima, S. 1984. Kommbu cultivation in Japan for human foodstuff. *Jpn. J. Phycol* 32: 379-394
- Shibata, K. 1969. Pigments and a UV-absorbing substance in corals and a blue-green algae living in the Great Barrie Reef. *Plant and Cell Physiol.* 10: 325-335.
- 矢部和夫・牧野愛・鈴木稔 1996. 海洋生物におよぼす紫外線の影響 1. UV-B照射によるホソメコンブの配偶体の成長阻害. *藻類* 44: 139-144.
- 矢部和夫・牧野愛・鈴木稔 1997. 海洋生物におよぼす紫外線の影響 2. 紫外線が潮間帯産海藻の光合成および紫外線吸収物質に与える影響. *藻類* 45: 157-162.

(Accepted Sep. 29 1999)



## 長崎県南部におけるウミトラノオ個体群の成長と成熟

栗原 暁<sup>1\*</sup>・飯間雅文<sup>2\*\*</sup><sup>1</sup>長崎大学水産学部藻類増殖学研究室 (852-8521 長崎市文教町 1-14)<sup>2</sup>長崎大学環境科学部自然環境保全講座 (852-8521 長崎市文教町 1-14)A. Kurihara<sup>1\*</sup> and M. Iima<sup>2\*\*</sup>: On growth and maturation of *Sargassum thunbergii* from southern part of Nagasaki Prefecture, Japan. Jpn. J. Phycol. (Sôru) 47:179-186.

Monthly survey on thallus length and reproductive phenology of *Sargassum thunbergii* were undertaken at two localities in southern part of Nagasaki Prefecture, Japan, i.e. Nomozaki and Douzaki, from May 21, 1997 to March 3, 1998. The environmental conditions of these two localities were different from each other and the results were compared between these two populations. Both populations showed seasonal changes of thallus length and the maximum length was achieved during months of May to June. The minimum sizes were found in August to October at Nomozaki and in August at Douzaki, respectively. Maturation periods were estimated to be in the end of April to early June at Nomozaki, while in June to early August at Douzaki. After the main branches decayed, new branches started to grow in November at Nomozaki and in September at Douzaki. The main differences between these two populations are 1) the maximum thallus length, 2) time of commencement of growth of new main branches, and 3) the presence of biannual maturation (in late spring and in late September to late December) in some individuals of Douzaki population. Comparative study suggested that these dissimilarities seemed to be caused by the environmental factors such as length and frequencies of emergence of thalli during low tide. This is the first report of the ecological survey on *S. thunbergii* in Kyushu area.

**Key Index Words:** *Fucales* - *growth* - *Phaeophyta* - *reproduction* - *Sargassaceae* - *Sargassum thunbergii*.

<sup>1</sup>Laboratory of Algal Culture, Faculty of Fisheries, Nagasaki University, 1-14 Bunkyo-machi, Nagasaki 852-8521 Japan (\*present address: Graduate School of Fisheries, Kagoshima University, 4-50-20 Shimoarata, Kagoshima 890-0056 Japan)

<sup>2</sup>Department of Environmental Conservation, Faculty of Environmental Studies, Nagasaki University, 1-14 Bunkyo-machi, Nagasaki 852-8521 Japan.

ウミトラノオ *Sargassum thunbergii* (Mertens ex Roth) Kuntze はホンダワラ属 *Bactrophyucus* 亜属に属し、南は九州・沖縄から北は北海道までの日本各地、朝鮮半島や中国沿岸に分布し、潮間帯中部から下部にかけて生育している(Yoshida 1983)。

ふつうホンダワラ類は漸深帯に分布する。潮間帯下部に生育する *Bactrophyucus* 亜属のホンダワラ類は9種あるが、潮間帯中部にまで生育できる種は本種のみであり、場所によっては同じ生育帯でヒジキ *Hizikia fusiformis* (Harvey) Okamura と競合する関係にある。このように *Bactrophyucus* 亜属の中では特殊な環境に生育しているウミトラノオの生態に関する研究は、これまで中村ら(1971)が北海道噴火湾で、Umezaki(1974)が京都府舞鶴湾で、丸井ら(1981)が北海道忍路湾で、新井・新井(1983)、新井ら(1985a)、新井ら(1985b)が千葉県小

湊で、Koh *et al.* (1993)が韓国のPadoriで、Zheng and Chen (1993)が中国福建省平潭島で行ったものがある。しかしながら、九州沿岸域の個体群についてはこれまで報告がない。

一方これまでの研究により、北海道噴火湾、忍路湾、京都府舞鶴湾、中国平潭島の個体群は、春～夏に最大になるような年1回の成長・成熟サイクルをもっているが、千葉県小湊の個体群には春と秋に最大となるような年2回の成長・成熟サイクルをもつものが存在することが明らかとなっている(新井・新井1983)。しかし、これらの研究のいずれもが、単一地域個体群の生態調査である。

本研究では、半島先端部と閉鎖性内湾奥部という大きく生育環境が異なる2地点で、ウミトラノオの成長と成熟にどのような違いが生じるのか、また小湊で見られた年2回成熟の現象は、はたして九州沿岸域に生育する個体群にも見つかるのかを明らかにするため、長崎県南部におけるウミトラノオ個体群の調査を行っ

\* 現住所：鹿児島大学大学院水産学研究所(890-0056 鹿児島市下荒田4-50-20) e-mail: akira@bio.fish.kagoshima-u.ac.jp

\*\*e-mail: iima@net.nagasaki-u.ac.jp

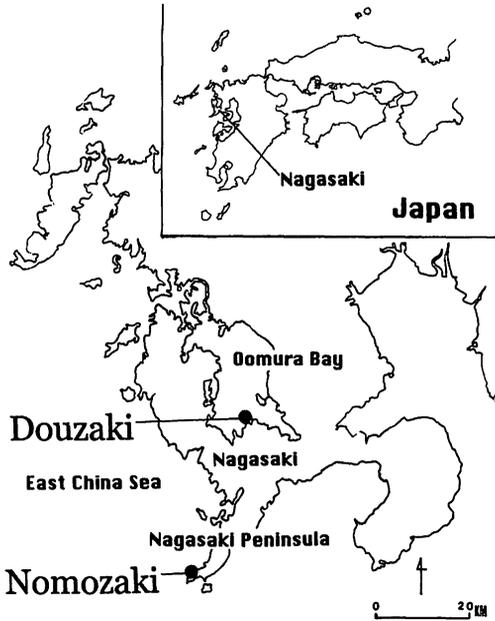


Fig. 1 Map of the study area.

た。同一地域の異なる環境に生育するウミトラノオ個体群の比較は本研究が最初である。その結果成熟期を異にする2つの個体群の存在を確認したのでここに報告する。

#### 材料と方法

調査は1997年5月21日から1998年3月3日までの約10ヶ月間、大潮ごとにほぼ2回の頻度で、長崎県西彼杵郡野母崎町の長崎大学水産学部附属海洋資源教育研究センター裏の海岸(北緯32度35分, 東経129度45分, 以後野母崎と称す)と、西彼杵郡長与町堂崎海岸(北緯32度53分, 東経129度53分, 以後堂崎と称す)の2地点で行った(Fig. 1)。

野母崎は長崎市の南西, 東シナ海に突出する長崎半島の先端に位置し, 外洋的要素の強い海域である。調査海岸の約10m沖には干潮時のみ干上がる瀬があり, 干潮時にはこの瀬が防波堤となり内磯のような観を呈する。調査海岸の潮間帯には, 大型褐藻類では本種とヒジキが大きな群落を形成している。しかし本種は, 水平方向ではヒジキよりも波あたりの弱い場所に, また垂直方向ではヒジキ帯の下部に位置し, 混生する幅は非常に狭い。

一方, 堂崎は大村湾の奥部に位置する岬の最先端にある。この大村湾は南北に約26km, 東西に11kmの中型湾で, 外海とは北部の狭い針尾瀬戸と早岐瀬戸での

み通じている海水交換の少ない極めて閉鎖的な海湾である。そのため湾内の潮位差は極めて小さく, 潮高比は野母崎の0.3倍, 平均潮位差は53cmであり, 高潮間隔は約3時間遅れる(長崎県水質審議会1981)。ここでは南あるいは東の風が吹いた場合, 背後の山が防風の役目を果たす。しかしそれ以外の場合は風波の影響を直接受けるとともに, すぐ沖合いを頻繁に航行する船舶による波の影響も大きい。調査海岸の潮間帯中部から下部にかけては, 本種の密生純群落が保持されており, 野母崎のようにヒジキと混生することはない。本種生育帯以深の岩礁域には, 潮間帯と漸深帯の境界付近にイソモク *Sargassum hemiphyllum* (Turner) C. Agardh が, 漸深帯1~2m付近にヨレモク *S. siliquostrum* (Turner) C. Agardh とアキヨレモク *S. autumnale* Yoshida が生育している。

調査地点にはウミトラノオが優占しており, 作業しやすい比較的平滑な場所を野母崎4地点, 堂崎2地点の計6地点選んだ。1調査地点につき, 50cm×50cm内に生育する藻体の基部に, 番号をつけた園芸用の針金入りビニールひもを結び付けた(新井ら1985a)。これは調査期間中, 同一個体を確実に測定するためである。波の作用などで標識が調査期間途中で流失した場合は, 可能な限り同一個体に再標識した。

ウミトラノオは通常附着器をともにする1株より, 数本から10数本の主枝を出している。本調査ではこの1株を1個体とみなし, 1個体中最長の主枝を附着器から先端まで測定することでその個体の主枝長とした。主枝長の測定には竹製長物差しを使用した。また, 本種は常時, 長さ1cm程の短い主枝も備えているが, 長い主枝が枯死・流出した後, この短い主枝が新たに伸長する。この現象を再成長と呼ぶこととし, 再成長した主枝の長さも同様の方法で測定した。

生殖器床の確認は野外調査時に目視にて行い, 「成熟期」を推定した。成熟期開始は最初に生殖器床の形成を確認した時を指し, 最後に生殖器床を確認した時を成熟期終了とみなした。

海水温度の測定には棒状温度計を用い, 海水面下約30cmで測定し, また同時に地上約1.5m付近の気温も測定した。5月から9月までは昼間に最干潮を迎えるため, 調査時刻は野母崎では昼過ぎ, 堂崎では夕方近くとなり, 10月から翌年3月までは夜中過ぎに最干潮を迎えるため, 調査時刻は野母崎では夜中から, 堂崎では夜明け前後となった。そのため, 気温, 海水温度の測定時刻は調査日によって異なった。

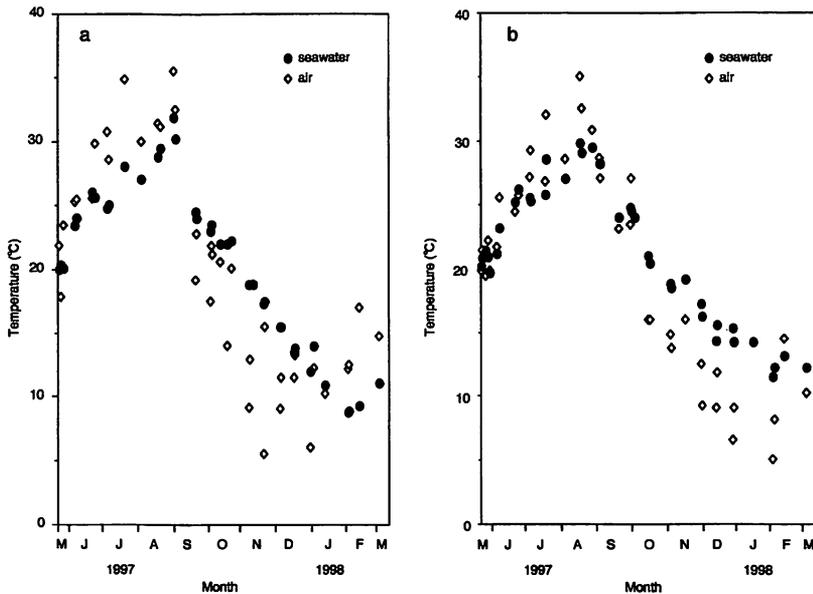


Fig. 2 Monthly changes of surface seawater and air temperatures (°C). (a) In Nomozaki, measurements were made in the afternoon from May to October and in the midnight from November to March. Whereas (b) in Douzaki, temperatures were measured before the sunset from May to August and before the sunrise from September to March.

## 結果

### 1. 野母崎

調査地点のウミトラノオは、変成岩（特に緑色変岩）を主とした岩礁海岸に、潮位にして $-33\text{cm} \sim +28\text{cm}$ の幅で生育していた。この生育帯が干潮時に干出する時間帯と干出頻度を月別にまとめたものをTable 1に示した。5月から9月までは昼過ぎ、9月から1月までは夜半過ぎ、2月から4月は昼過ぎと夜半過ぎの1日2回の干出が見られた。調査期間中の調査地点の海水温と気温の変化をFig. 2aに示した（測定時間は調査日によって異なり一定ではない）。海水温は最低 $11.5^{\circ}\text{C}$ （2月2日）から最高 $29.8^{\circ}\text{C}$ （8月17日）の間で、気温は最低 $5.0^{\circ}\text{C}$ （2月2日）から最高 $35.0^{\circ}\text{C}$ （8月17日）と変化した。

1997年5月から1998年2月までのウミトラノオの主枝長の変化と生殖器床形成個体（図中濃色部分）をFig. 3aに示した。調査を開始した5月21日、主枝長は1cmから160cmまであったが、そのうち5cm～30cmのものがすでに約50%も占めていた。6月から7月にかけては流失個体が増え、30cm未満の個体の割合も増えたが、生育帯下部には50cm以上の藻体が残っていた。平均主枝長は6月20日に41.3cm、7月17日では24.6cmであった。8月にはほとんどが1cm程度の若い主枝だけの状態であり、わずかに枯死寸前の主枝があるだけであった。9月には全ての個体で若い主枝の状

態となっていた。

11月（海水温 $13.1^{\circ}\text{C}$ ）より再成長を開始した個体が見られ始めたが（Fig. 4a）、その後の主枝の伸長は鈍く、2月（ $13.1^{\circ}\text{C}$ ）になっても最長14cm（平均主枝長3.5cm）であった（Fig. 3a）。3月3日（ $12.2^{\circ}\text{C}$ ）では最長30cm（平均6.5cm）と前月よりは成長していた（Fig. 3a）。

一方成熟に関しては、5月24日まで放卵を確認することはできなかったが、生殖器床は十分膨らんで、いつでも放卵・放精できる状態にあり、その後5月25日と27日に放卵を確認した。6月4日には、生殖器床の先端の内部にまだ放出されていない卵や精子が残っていただけであった。放卵時の海水温は $21.4^{\circ}\text{C}$ （5月25日）、 $20.9^{\circ}\text{C}$ （5月27日）であった。その後の6月20日（ $25.2^{\circ}\text{C}$ ）と7月17日（ $25.8^{\circ}\text{C}$ ）には生殖器床は空であった。

### 2. 堂崎

堂崎のウミトラノオは、流紋岩で構成されている岩礁海岸の、潮位 $+15\text{cm} \sim +44\text{cm}$ に帯状に生育していた。堂崎の場合、干出は1日にほぼ2回起こっているが、生育帯が完全に干出するのは、5月から9月は夕方の1日1回、9月から1月は夜明け前後の1日1回、2月から4月は夜明け前後と夕方の1日2回であった（Table 2）。

調査地点の調査期間中の海水温と気温は、Fig. 2bに

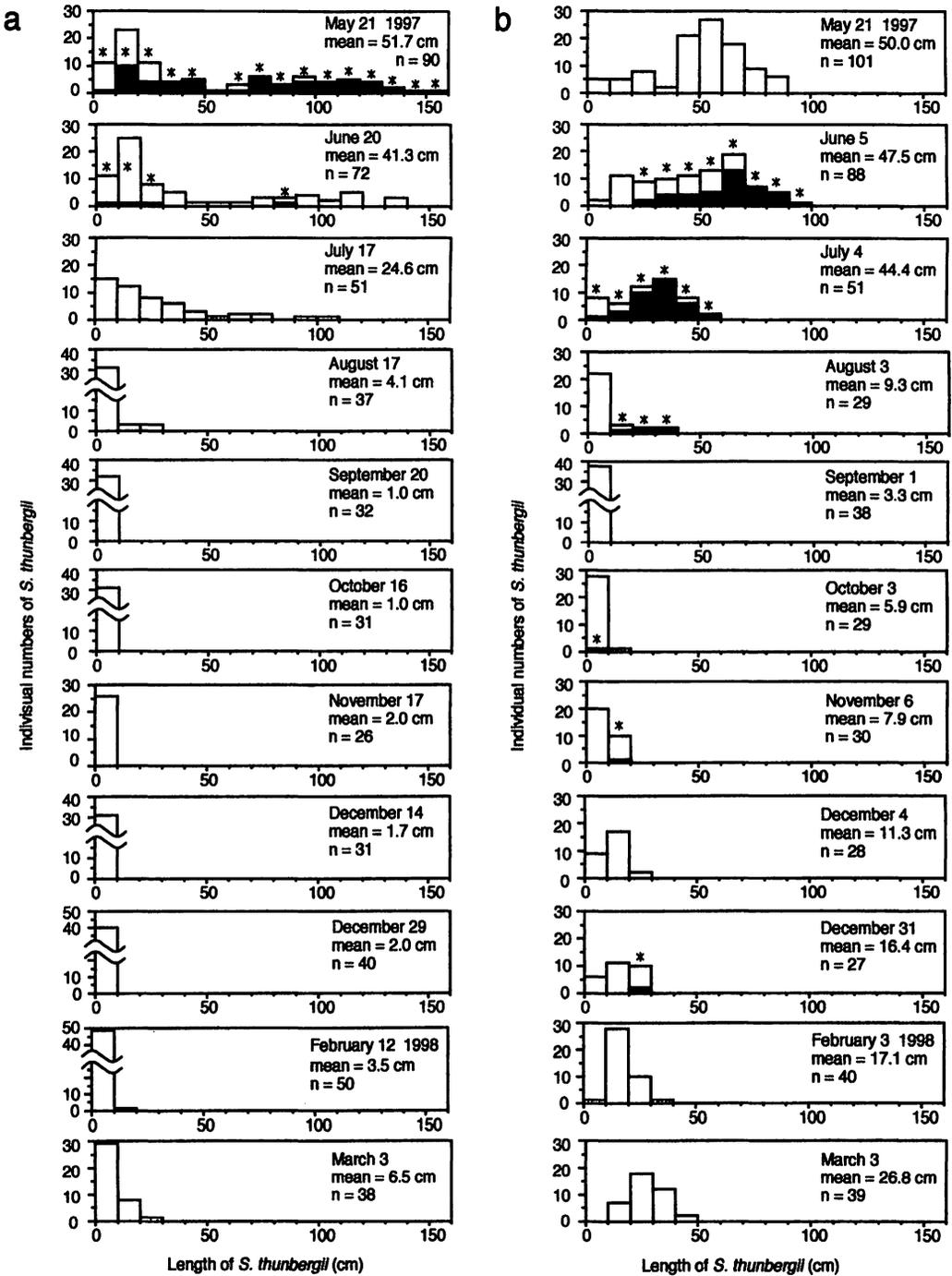


Fig. 3 Comparison of monthly variations in thallus length of *S. thunbergii*; (a) Nomozaki, (b) Douzaki. mean: average length of *S. thunbergii*; □: vegetative plants, ■: matured plants with receptacles. In Nomozaki, mature plants were observed from late April to early June. Whereas in Douzaki, mature plants were observed from early June to early August and late September to late December. Asterisks indicate presence of mature plants.

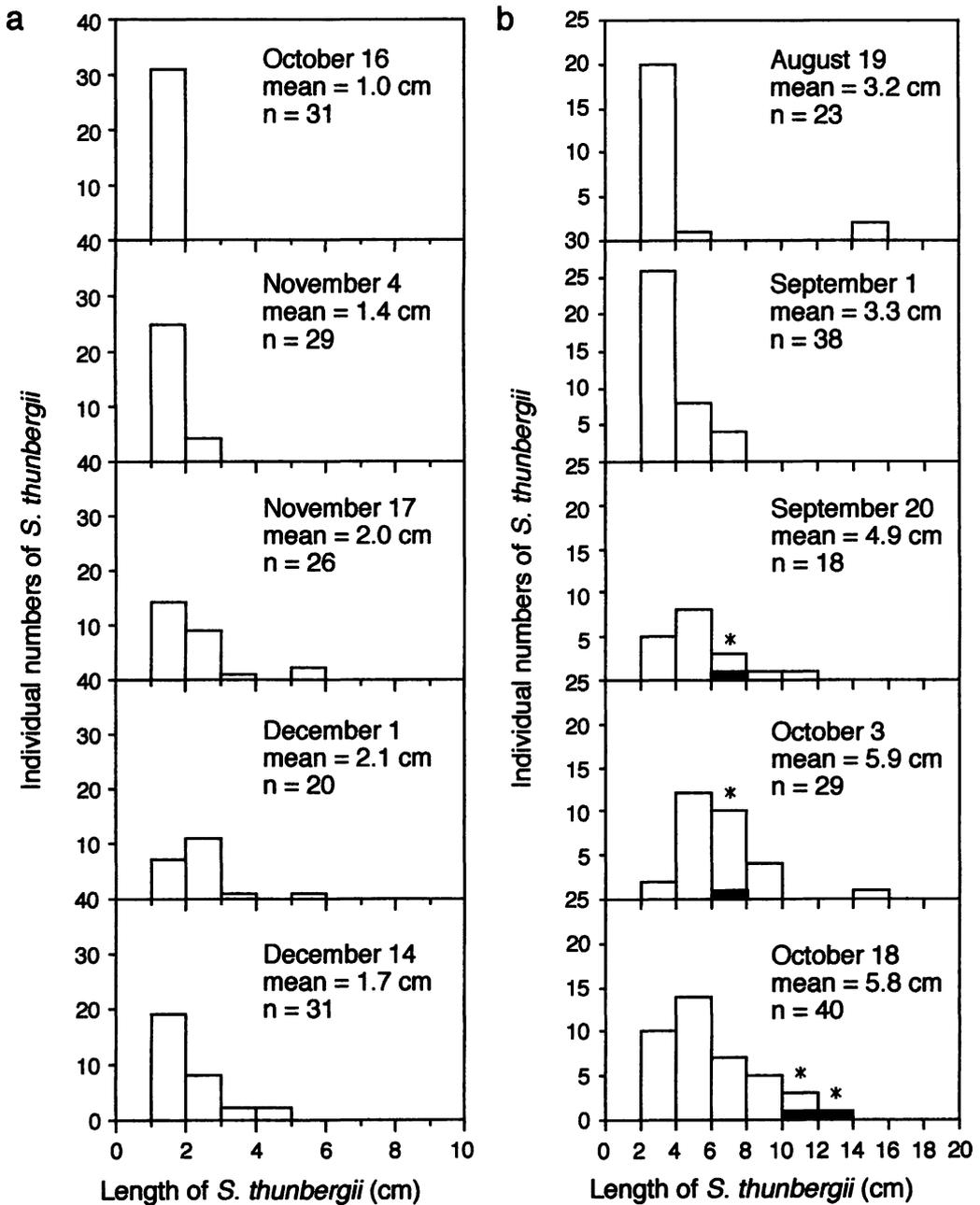


Fig. 4 Comparison of changes of thallus growth on young plants, which started to grow new branches in autumn; (a) Nomozaki: observations were made almost at every spring tide from October to December 1997, (b) Douzaki: observations were made almost at every spring tide from August to October 1997. Symbols are the same as Fig. 3. Asterisks indicate presence of mature plants.

示されるように最低 8.8℃ (2月3日) と 5.5℃ (11月19日) から最高 31.9℃ (9月1日) と 35.5℃ (9月1日) の間で変化し、野母崎よりも海水温の高低差は大きかった。

1997年5月から1998年2月までの堂崎の主枝長の変化と成熟(生殖器床の形成を確認した個体)をFig. 3bに示した。5月、ウミトラノオは藻体長4cmから82cmまでであったが、40cm～70cmのものが60%を占めてい

た。6月に入り最長90cmとなったが、個体群は主枝長40cm～70cmを中心に構成されていた。しかし、10cm～30cmの個体数が増加したため、平均主枝長は5月の50.0cmから47.5cmに減少した。7月になると60cm以上の個体は流失し、2cm～30cmのものが55%となった。8月3日には、平均藻体長7.4cmと、藻体の枯死が目立っていた。

若い主枝が再成長を開始する様子を Fig. 4b に示した。8月3日以後は再成長するまで、長さ2cmほどの若い主枝を残していた。若い主枝の再成長を9月1日(30.2℃)に確認した。その後、藻体は3月3日までに最大40cmまで伸長した(Fig. 3b)。この時期でも側枝を伸ばしている個体はまだわずかであった。再成長を開始した9月からの平均主枝長は、9月20日(24.5℃)に4.9cm、10月18日(22.0℃)に5.8cm、11月6日(18.8℃)に7.9cm、12月31日(12.0℃)に16.4cm、2月3日(8.8℃)に17.1cm、3月3日(11.0℃)に26.8cmと推移した(Fig. 3b, 4b)。

放卵は6月5日、7月5日、7月19日、8月3日に確認された。生殖器床を有する主枝長はそれぞれ26cm～90cm、9cm～58cm、7cm～48cm、15cmであった。8月3日に放卵を確認した個体ではまだ藻体下部が流失せず残っており、そこに生殖器床が形成されていた。放卵が見られた日の海水温度は、23.4℃(6月7日)、25.0℃(7月5日)、28.0℃(7月19日)、27.0℃(8月3日)であった。

また9月20日(24.5℃)に、成熟している1個体を発見した(Fig. 4b)。この日以降、最後に成熟個体が見られた12月下旬(12.0℃)までに4個体を確認した。このうち2個体は春にも成熟していたことが、標識番号から明らかとなった。生殖器床を有する個体は標識個体以外の個体からも5個体ほど確認できた。これらの個体の多くは側枝を形成することなく、生殖器床は主枝より生じていた。10数本ある主枝のうちの1～数本(多くて6本)だけが生殖器床を形成しており、その長さは6cm～20cmであった。秋から初冬にかけて成熟した主枝は1か月ほどで枯死してしまい、同一個体の中でも生殖器床を形成しなかった主枝は、その後も伸長を続けた。

## 考察

野母崎と堂崎のウミトラノオ個体群には、(1)最長主枝長、(2)枯死・流失から新しい主枝の成長開始までの期間、(3)成熟期、に違いが見られた。

### (1) 最長主枝長

5月下旬の平均主枝長は、野母崎と堂崎でほぼ同じであったが、最長主枝長は野母崎の方が堂崎よりも長かった(Fig. 3)。これは、野母崎での成熟期が堂崎よりも早かったためと考えられる。なぜなら一般にホンダワラ類の主枝長は成熟前に最長となるが、野母崎は観察を始める約1ヶ月前にすでに成熟していたからである。Fig. 3aの5月21日では0cm～30cmまでが50%を占めていることから、野母崎ではすでに藻体長の極大期が過ぎていたものと推察される。

他の地域のウミトラノオの主枝長を見ると、忍路湾や舞鶴湾では最大100cm程に達し(丸井ら1981, Umezaki 1974)、中国平潭島では平均54cm(Zheng and Chen 1993)、小湊では最大40cm未満(平均15cm)(新井・新井1983, 新井ら1985a, 新井ら1985b)、韓国Padoriの平均はわずか6.3cmである(Koh *et al.* 1993)。このような地域による藻体長の違いは、新井・新井(1985a)が考察したように、潮汐が影響しているのかもしれない。野母崎の生育帯は潮位-33cm～+28cmにあり、最長主枝長は160cmであるから、藻体の先端は野母崎の平均潮位(164cm)付近に到達する。一方堂崎は、潮位+15cm～+44cmに生育しており、最大主枝長は90cmであるから、主枝の先端は常に堂崎における大潮最高潮面(104cm)を超えている。このように堂崎では主枝の先端が水面に達した状態にあり、最大でも90cm程度までしか成長できないものと考えられる。

(2) 枯死・流失から再成長(新しい主枝が成長)を開始するまでの期間

成熟後、主枝は徐々に枯死し、流失していく。両地点とも8月には成熟を終えた主枝の多くは流失していた。その後、堂崎は9月には新しい主枝の伸長が見られたのに対し、野母崎では新しい主枝が伸長を開始する11月までの間、全く伸長していない(Fig. 3)。舞鶴、小湊、中国平潭島、韓国Padoriのウミトラノオは小湊同様、主枝の流失後、徐々にだが主枝は伸長している。

長崎は温帯に位置しており、海水温も野母崎では11.5～29.8℃(温度差18.3℃)、堂崎では8.8～31.9℃(温度差23.1℃)と、両地点はそれほど違いがなく、日長は両地点とも明期/暗期=10時間/14時間～14時間/10時間である。野母崎と堂崎の生育環境の違いは干出時間帯と1ヶ月間に干出する頻度にあると推察される(Table 1, 2)。

野母崎の場合、6月後半から9月の大潮時は、昼時に干出する(Table 1)。この時、気温は25℃以上と高く(Fig. 2a)、この高温下での干出による藻体の乾燥が、秋に伸長する若い主枝の成長を抑制しているものと考え

Table 1 Monthly changes of the time and frequency of low water at Nomozaki, which reached at least a part of growing zone of *S. thunbergii*.

Month	Date	Days <sup>*1</sup>	Time of low water <sup>*2</sup>
1997 April	6-8	3	1 AM-3 AM
	6-11, 22-27	12	2 PM-5 PM
May	5-10, 21-26	12	1 PM-5 PM
June	3-8, 20-24	11	1 PM-5 PM
July	4-6, 19-23	8	2 PM-4 PM
August	17-20	4	2 PM-3 PM
September	16-17	2	2 PM-3 PM
October	16-20	5	2 AM-4 AM
November	2-4, 13-19, 29-30	12	1 AM-5 AM
December	1-5, 12-18, 28-31	16	0 AM-5 AM
1998 January	1-4, 10-17, 26-31	18	0 AM-6 AM
February	1-2, 9-15, 25-28	13	1 AM-5 AM
	28	1	4 PM-5 PM
March	1-2, 13-14, 26-30	10	1 AM-5 AM
	1-3, 27-31	8	2 PM-6 PM

\*1 Sum of number of days when the growing zone emerged.

\*2 Approximate time that tide reached the low water mark during these days.

られる。

一方堂崎は、ほぼ1日2回干出している(時間帯は日に30分ずつ遅れている)が、昼頃に干出するのは生育帯の上半分だけである。また、生育帯が完全に干出する時間帯は気温も日射量も日中より低下する、日没前後である(Table 2)。このことが、藻体の乾燥をかなり抑えており、このことが堂崎での9月からの再成長を可能にしたと考えられる。

### (3) 成熟期

野母崎では4月下旬~6月上旬(成熟開始は不明)、堂崎は6月上旬~8月上旬と時期的には多少ずれているが、成熟期間は約2ヶ月と同じであった。しかしながら、堂崎は9月下旬から12月下旬の間で成熟した個体が存在していた点で、野母崎と区別できる。

これまでの報告から、ウミトラノオの成熟期を2つに分けることができる。1つは年1回成熟タイプ、もう1つは年2回成熟するタイプである。前者には北海道忍路湾、京都府舞鶴湾、後者のタイプは千葉県小湊である。今回、野母崎は年1回タイプ、堂崎は年2回タイプであることが判明した。

小湊のウミトラノオは潮間帯中部の平らな岩盤上で密な群落を形成しており、同一個体が春と秋の年2回成熟する個体群が存在する(新井ら1983)。小湊では20cm以下でも成熟が可能であることから、夏に藻体上部が流失しても秋に短時間で再成熟可能な長さに達することができる。そのため年2回の成熟を行うことが

Table 2 Monthly changes of the time and frequency of low water at Douzaki, which reached all parts of the growing zone of *S. thunbergii*.

Month	Date	Days <sup>*1</sup>	Time of low water <sup>*2</sup>
1997 April	5-9	5	4 AM-7 AM
	6-12, 22-27	13	5 PM-9 PM
May	5-11, 21-27	14	4 PM-9 PM
June	3-8, 19-25	13	4 PM-9 PM
July	3-7, 18-23	11	4 PM-8 PM
August	17-21	5	5 PM-7 PM
September	18-20	3	4 AM-7 AM
	15-18	4	4 PM-6 PM
October	16-20	5	5 AM-8 AM
November	1-5, 13-19, 29-30	14	4 AM-8 AM
December	1-5, 12-19, 27-31	18	3 AM-8 AM
1998 January	1-4, 10-17, 24-28	18	3 AM-9 AM
February	1-2, 9-16, 24-28	15	3 AM-9 AM
	27-28	2	6 PM-7 PM
March	1-2, 11-15, 26-31	13	4 AM-8 AM
	1-3, 16, 27-31	9	5 PM-9 PM

\*1 Sum of number of days when the growing zone emerged.

\*2 Approximate time that tide reached the low water mark during these days.

できたのではないかと考えられている(新井ら1985a)。

本研究において、野母崎でのウミトラノオ個体群の成熟時期は、これまでの報告(四井ら1984)と同様、4月下旬~6月上旬の春だけであったと思われる(成熟開始時期は不明)が、堂崎個体群の中に、小湊のように年2回の成熟を行う個体が明白に存在した。またそれらの主枝長は20cm以下であった点でも小湊の個体群(新井ら1985a)と似ていた。しかし、小湊は秋が成熟の中心で、春だけ成熟する個体はなかったのに対し、堂崎は春が成熟の中心で、秋だけ成熟する個体は見つからなかった点で逆であった。

*Bactrophyucus* 亜属のうち、同種内で成熟時期が異なっていることの報告には、千葉県小湊のウミトラノオの他に、瀬戸内海のアカモク *Sargassum horneri* (Turner) C. Agardh (奥田1987) や石川県能登半島のフシジモク *S. confusum* C. Agardh (舟橋1968, 筒井・新井1996) や高知県土佐湾のトゲモク *S. microcanthum* (Kützing) Endlicher (大野1984)、千葉県小湊のノコギリモク *S. macrocarpum* C. Agardh (中嶋・今野1979, 1980) がある。しかし、これらはいずれも同一個体が2度成熟する小湊のウミトラノオの型とは、成熟期を異にする個体が別に存在する点で異なる。

堂崎で秋に成熟が可能であった理由として、まず9月から再成長を開始できたことが大きい。秋季は温度や日長などが春と比較的類似する環境条件下にあったため、ある程度の大きさに成長していた(7cm~22cm)

藻体は成熟できたのではないかと考えられる。

今回の調査により、地理的には近い場所に位置していても、生育環境の違いによってウミトラノオの生態が大きく変化することが示唆された。今後は、このような現象がその年だけに起こったものなのか、それとも毎年の現象なのかを明らかにするためにも、継続的な長期間の観察が必要である。

#### 謝辞

本稿の御校閲を賜った鹿児島大学水産学部の野呂忠秀教授に謹んで御礼申し上げます。また、引用文献について貴重な教示を頂いた瀬戸内海区水産研究所寺脇利信博士に謹んで感謝の意を表します。

#### 引用文献

- 新井朱美・新井章吾 1983. ヒジキとウミトラノオの入植に影響する諸条件. 水産増殖, 30: 184-191.
- 新井朱美・新井章吾・三浦昭雄 1985a. 千葉県小湊におけるウミトラノオの生長と成熟. Jpn. J. Phycol., 3: 160-166.
- 新井章吾・新井朱美・片田実 1985b. 人の踏みつけによるヒジキ群落の衰退. 水産増殖, 33: 172-176.
- 舟橋説往 1968. 能登半島とウラジオストックの海藻分布について. Jpn. J. Phycol., 16: 71-81.
- Koh, C., Kim, Y. and Kang, S. 1993. Size distribution, growth and production of *Sargassum thunbergii* in an intertidal zone of Padori, west coast of Korea. Hydrobiologia, 260/261: 207-214.
- 丸伊満・稲井宏臣・吉田忠生 1981. 北海道忍路湾におけるホンダワラ類の生長と成熟について. Jpn. J. Phycol., 29: 277-281.
- 中村義輝・館脇正和・中原紘之・斉藤捷一・増田道夫 1971. ウミトラノオ (*Sargassum thunbergii*) の現存量の季節的变化. 黒潮海域沿岸部の生物生産並びに物質循環に関する研究. 昭和45年度IBP研究業績研究報告: 15-16.
- 長崎県水質審議会 1981. 大村湾水質汚濁対策基本計画—大村湾 ブルー計画—. 長崎県環境部, 長崎.
- 中嶋泰・今野敏徳 1979. 千葉県小湊の漸深帯に生育するホンダワラ属海藻の成熟・卵放出期間. Jpn. J. Phycol., 27: 53-54.
- 中嶋泰・今野敏徳 1980. 千葉県小湊に生育するノコギリモクの成熟2型について. Jpn. J. Phycol., 28: 62.
- 奥田武男 1987. アカモクにおける雌雄同株個体と秋季の成熟. Jpn. J. Phycol., 35: 221-225.
- 大野正夫 1984. 土佐湾沿岸のホンダワラ類の季節的消長. 大植臨海研究センター報告, 10: 79-81.
- 筒井功・新井章吾 1996. 九十九湾城ヶ崎で観察された秋に成熟するフシスジモク. のと海洋ふれあいセンター研究報告, 2: 71-75.
- Umezaki, I. 1974. Ecological Studies of *Sargassum thunbergii* (Mertens) O.Kuntze in Maizuru Bay, Japan Sea. Bot. Mag. Tokyo, 87: 285-292.
- Yoshida, T. 1983. Japanese species of *Sargassum* subgenus *Bactrophyucus* (Phaeophyta, Fucales). J. Fac. Sci., Hokkaido Univ., Ser. V (Botany), 13(2): 99-246.
- 四井敏雄・中村伸司・前迫信彦 1984. 長崎県野母崎沿岸におけるホンダワラ類8種の成熟期. 長崎県水産試験場報告, No. 10: 57-61.
- Zheng, Y. and Chen, Z. 1993. The seasonal growth and reproduction of *Sargassum thunbergii* (Phaeophyta) in Pingtan Island, Fujian Province. J. Fujian Normal Univ., 9: 81-85 (In Chinese with English summary).

(Accepted Oct. 1 1999)



## 地中海のイチイツタ

内村真之\*

瀬戸内海区水産研究所 (〒 739-0452 広島県佐伯郡大野町丸石 2-17-5)

Uchimura, M.: *Caulerpa taxifolia* (Caulerpaales, Chlorophyta) in the Mediterranean sea. Jpn. J. Phycol. (Sôru) 47: 187-203.

*Caulerpa taxifolia* (Vahl) C. Agardh is an alga of tropical origin used for decoration of aquarium. This alga has been accidentally introduced into the Mediterranean Sea in 1984 (Meinesz and Hesse 1991). In the new environment, this foreign species is progressively spreading at remarkable rate. It has already formed extensive populations along the coasts of France, Italy, Spain and Croatia. The covered zones represented 400 ha in 1992, 1300 ha in 1993 and more than 5000 ha at the end of 1997. Its rapid expansion is due to its surprising resistance to winter temperatures, efficient systems of reproduction and more vigorous development than in the tropical regions. It grows on all types of substrates, including rock, sand, mud, and natural meadows of the marine phanerogams *Posidonia* or *Cymodocea*. It can cover up to 100% of the sea bottom in depths of 1 to 35 m. Below this depth, it has been observed at much smaller densities as far down as 100 m. It grows equally in any kind of waters as well away of sources of pollution as in harbors; it is found off headlands just as well as in sheltered bays (Boudouresque *et al.* 1992, Meinesz *et al.* 1993).

From the Caulerpaales, about 50 terpenes have been identified. The principal secondary metabolite in *Caulerpa taxifolia* is caulerpenyne, which is an acetylenic sesquiterpene. Studies showed that on the one hand, the amount of caulerpenyne is higher in the Mediterranean-adapted green seaweed than in the other tropical species, and on the other hand, this molecule is toxic on several organisms and can be harmful to the marine food web (Guerriero *et al.* 1992, Lemée *et al.* 1993). It has, furthermore, a repulsive effect on herbivorous predators.

The expansion of this invading species is continuing. This trend, as well as the environment impacts, indicates that *Caulerpa taxifolia* is a major risk to the underwater shallow ecosystems of the Mediterranean.

**Key Index Words:** *Caulerpa taxifolia* - introduced species - Mediterranean - competition - littoral ecosystems

National Research Institute of Fisheries and Environment of Inland Sea, 2-17-5 Maruishi, Ohno, Saeki, Hiroshima 739-0452, Japan

## 1. はじめに

近年、地中海北西部沿岸域に、在来種でない海藻が移入され大増殖している (Meinesz and Hesse 1991)。この海藻は *Caulerpa taxifolia* (イチイツタ) で、本来なら世界中の亜熱帯・熱帯海域に 100 種類以上生育している緑藻イワツタの一種である (Calvert *et al.* 1976)。

*C. taxifolia* は 1984 年の発見以来、驚異的な速さで地中海諸国沿岸域を覆い始め、1998 年末にはすでに 5 か国、5000 ha にまで広がった。

このような単一種のみによる海底の被覆は、世界にはまったく類を見ない。生態調査・研究が進むに連れて、本来の分布域である亜熱帯・熱帯海域の *C. taxifolia* と地中海の *C. taxifolia* には数々の大きな相違のあることがわかった。

亜熱帯・熱帯海域の *C. taxifolia* は 20 °C 以下における生存は不可能であり、生育場所については、最大水

深 - 30 m までであるが、地中海の移入種は低温に耐性があり冬季 10 °C の水温下でも死滅せず、光がほとんどない水深 - 100 m (Belsher and Meinesz 1995) でも生育可能で、岩の上、砂状地、泥状地、湾内などの懸濁域、透明度の高い海域など、生育条件・場所を問わない。

また、*C. taxifolia* の生殖方法は他のイワツタ類と同様に雌雄同株で、雌雄配偶子による受精から発生、成長するものと考えられているが、現在のところ地中海の *C. taxifolia* では無性生殖 (栄養繁殖) しか報告されていない (Meinesz *et al.* 1993)。そして、亜熱帯・熱帯海域の *C. taxifolia* の葉状部は最大 25 cm までしか成長しないのに、地中海のものは 65 cm と巨大化をしている。

地中海の *C. taxifolia* のより大きな特徴としては、十数種類の毒性を持つ二次代謝産物を含んでいることである。その中心となるのが caulerpenyne で、亜熱帯・熱帯域の *C. taxifolia* の含有量より 10 倍以上含まれ、その毒性はウニの卵や幼生の発生、成長に異常を起こしたり (Lemée *et al.* 1993, 1996)、人間の組織細胞培養阻害

\* 科学技術振興事業団, 科学技術特別研究員

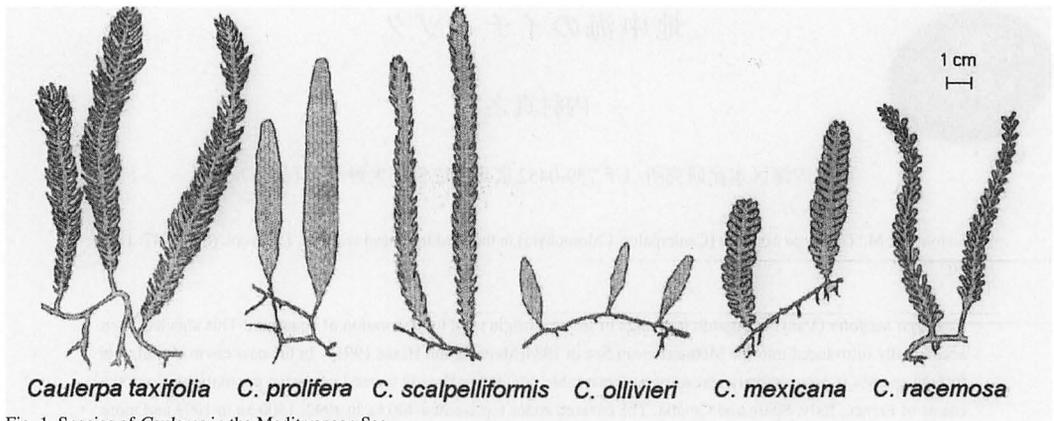


Fig. 1. Species of *Caulerpa* in the Mediterranean Sea

も報告されている (Parent-Massin *et al.* 1996)。この様な毒性のある二次代謝産物のために地中海には捕食者が全く存在せず、従来種である海藻や海産顕花植物などとの光の奪い合いや生育場所の競争 (Villele and Verlaque 1995) だけでなく、甲殻類や軟体動物 (Bellan-Santini *et al.* 1996)、魚類 (Harmelin-Vivien *et al.* 1996) にまでその影響を及ぼしている。また、Uchimuraら (1999b) が、海産動物の生殖機構に影響を及ぼす可能性を示し、地中海を構成しているその他の種の存続、つまり、次世代の資源枯渇問題まで懸念されている。

移入種である *C. taxifolia* が何故この様に変異してしまったのか。その原因には水族館で長期間培養飼育している間や運搬中の温度ショック、水槽水の紫外線殺菌等による遺伝子変化などが考えられる。そうすればこの巨大化や、生殖方法の変化も説明できるのではないだろうか。

ヨーロッパの研究機関や国連プロジェクトで、*C. taxifolia* の除去・撲滅、あるいは有効利用などの方向で研究が続けられているが、現在までその効果的な解決策は見つかっていない。このために *C. taxifolia* の猛威は衰えず拡大し続け、海洋環境問題のみならず、大きな社会問題となっている。

## 2. Caulerpales (イワツタ目) の分類学的位置

Caulerpales (イワツタ目) は、Feldmann (1946) によって創設された緑藻綱の division に入る囊状体 (coenocyte) の大型海産緑藻である。Mattox and Stewart (1984) によって提唱された、Ulvoephyceae (アオサ藻綱) に含まれる 6 目; ヒビミドロ目 (Ulotrichales), アオサ目 (Ulvales), ミドリゲ目 (Siphonocladales), イワツタ目 (Caulerpales), カサノリ目 (Dasycladales), フェオフィラ目 (Phaeophylales: Chappell らによって 1990 年

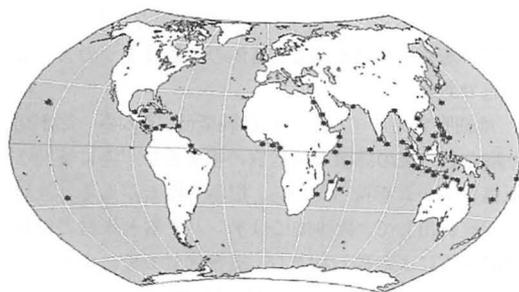
新設) の中に位置している。

Feldmann (1954) は、イワツタ目の特徴として、siphonein と siphonaxanthin を含有する葉緑体 (Chloroplaste) と、炭水化物を含む (Calvert *et al.* 1976) 白色体 (amyloplast, leucoplast, plast amylogene) の 2 つのプラストを持ち (heteroplasty)、生殖時には一つの細胞 (藻体) が成熟する際に、藻体全体がそのまま配偶子嚢となる holocarp (全実性) であるとしている。イワツタ目の雌雄配偶子は、それぞれ 2 本の鞭毛を持ち (Enomoto and Ohba, 1987)、雄性配偶子 (male gamete) が雌性配偶子 (female gamete) よりやや小形の小配偶子 (microgamete) である。この軽度の異形配偶子 (anisogamete, heterogamete) が合体し、異形配偶 (anisogamy) が起る。

heteroplasty であるイワツタ目の細胞壁の主成分は xylan で、homoplasty である他の植物主成分 cellulose とは異なる。

Meinesz (1980) は、イワツタ目をアオサ藻綱の中で、他の目と区別する特徴として次の 3 点を上げている。第 1 に、イワツタ目の藻体は一巨大単細胞多核体であり、仮根 (rhizoid)、匍匐茎 (stolon)、葉状部 (frond) と区分される、それぞれ高等植物の根、茎、葉に相当する偽器官 (pseudo-organ) から構成されている。第 2 に、葉状部、仮根の成長は限界があるために一定の大きさ以上にはならないが、匍匐茎ではその生育環境によって左右されるものの成長限界はない。

しかし、野生藻体では 1 年以上配偶体として生存しているものはなく、藻体の成長は大変速いことから、このようなタイプを偽多年生 (pseudoperennate) と呼ぶことを提唱している。第 3 に、イワツタ目の monogenic (単性) の生活史は球形体 (spherical body)、プロトネマ様体 (protonema-like filament)、成体 (typical type) に

Fig. 2. Distribution of *Caulerpa taxifolia*

分別されるとした。

イワヅタ目は大型海産緑藻類の中で1番種数が多く、220種以上も存在し、雌雄異株(dioecism)であるUdoteaceae (ハゴロモ科)に含まれる14属と、monoecism (雌雄同株)のCaulerpaceae (イワヅタ科)に含まれる2属に分かれる (Goldstein and Morall 1970, Meinesz 1979, 1980)。Caulerpaceaeは、*Caulerpa* (緑藻の属名)と-ella (小さい)という意から付けられた*Caulerpella* (Prud'homme Van Reine and Van Den Hoek, 1990) (ヒメイワヅタ属)に属する*Caulerpella anbigua*の1種と、ラテン語でcaulos (茎)とerpo (這う)の意から作られた*Caulerpa* (Lamouroux, 1809) (イワヅタ属)の73種、亜種まで含むと111種 (Calvert et al. 1976)からなる。*Caulerpa taxifolia* (Vahl) C. Agardh 1817 (イチイヅタ)は、葉状部が針葉樹のイチイ (*Taxus cuspidata*)の葉によく似ていることから命名された。

### 3. 分布

#### 3-1. Caulerpales (イワヅタ目)の分布

イワヅタ目は地中海において、新しく移入された*C. aulerpa taxifolia* (イチイヅタ)以外に10種類が生育し、このうち7種が地中海西部に存在しその生育北限となっている (Meinesz 1980)。Udoteacea (ハゴロモ科)では、*Pseudochlorodesmis furcellata* (Zanardini) Boergesen, *Udotea petiolata* (Turra) Boergesen (= *Flabellia petiolata* (Turra) Nizamuddin), *Halimeda tuna* (Ellis and Solander) Lamouroux, *Penicillus capitatus* Lamarckの4種であり、Caulerpaceae (イワヅタ科)では、*C. prolifera* (Forsskål), *Caulepa olivieri* (Dostal)と最近イタリアやフランスのマルセイユで発見された*C. racemosa* (Forsskål) J. Agardhの3種である。

また、他の3種はアドリア海北部に局所的に生育する*Ps. tenuis* Ercegovicと地中海東部の*C. scalepelliformis* (Brown ex Turner)と*C. mexicana* (Sonder ex Kützing) (ex *C. crassifolia* (C. Agardh) J. Agardh)である。

5種類のイワヅタ属 (Fig. 1)の中で*C. prolifera* (Forsskål)と*C. olivieri*の2種のみが在来種であり、*C. scalepelliformis*, *C. mexicana*, *C. racemosa*の3種は、紅海からスエズ運河を通して地中海に移入したレセップス種である。レセップス種とは、1869年にレセップスによって開通したスエズ運河を通して移入された種のことである。主に船体に付着していたり、船のバラスト水として利用された水塊中に混入し運搬されて移入し、新地に同化した種をいう。

#### 3-2. *C. taxifolia*の分布

*C. taxifolia*は、熱帯性の緑藻で世界中の熱帯・亜熱帯海域であるブラジル、ベネズエラ、コロンビア、コスタリカ、アンティル諸島、セネガル、ギニア湾、紅海、ソマリア、ケニア、タンザニア、モザンビーク、マダガスカル、モルジブ、セイシェル、パキスタン、インド、セイロン、バングラディシュ、マレーシア、インドネシア、フィリピン、ベトナム、中華人民共和国、日本、ハワイ、フィジー、ニューカレドニア、オーストラリア、etc. (Fig. 2)と広域にわたり生息する (Meinesz 1973)。地中海に於いて1984年以前は、*C. taxifolia*の観察報告はない。

### 4. *Caulerpa taxifolia* (イチイヅタ)の生物学及び生理学的特徴

#### 4-1. 形態的な特徴

地中海における*C. taxifolia*は、1991年 Meinesz と Hesseにより初めて報告された。

*C. taxifolia*は蛍光の緑色のしなやかな緑藻で、その藻体は匍匐茎に特徴がある。

一般的に匍匐茎はなめらかで分枝し、その下方側には基盤に付着するため重力屈性 (geotropism)のある繊維糸状の仮根 (rhizoid)を有している。また、上方に向かっては、正の走光性 (phototaxis)のある葉状部 (frond)が伸び、この部分に数々の扁平な楕円形状の小枝部 (pinnule)があり、その基部はくびれ先端部が微突形である (Fig. 3)。

*C. taxifolia*はしばしばその形態上の類似から*C. mexicana* (Sonder ex Kützing)と間違えられる。しかし、Taylor (1977)はその違いを明確にした。*C. mexicana*の小枝部の長さは幅に比較して2.5から5倍に対して、*C. taxifolia*の小枝部では5から12倍である。また、Meinesz (1994)はそれを確認するとともに、*C. mexicana*の仮根が0.5 cm以下と小さく、加えてそれぞれの仮根の間隔は1 cm以内であるが、*C. taxifolia*の仮根では1~10 cmとより長いことを報告した。

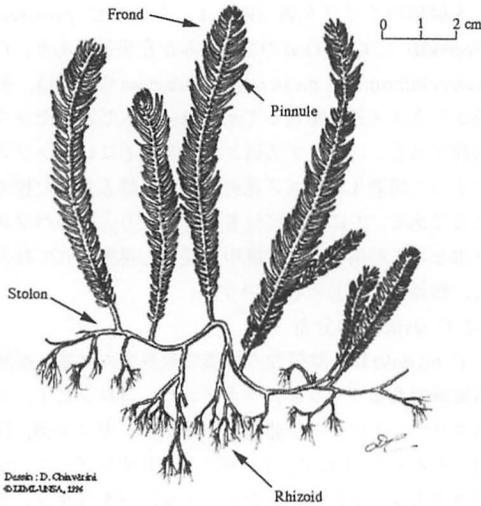


Fig. 3. Morphology of *Caulerpa taxifolia*

Chisholmら(1995)によって、地中海の*C. taxifolia*は*C. mexicana*の変態(metamorphosis)と唱えられたが、MeineszとBoudouresque(1996)は両者が別種であることを主張し、Joussonら(1998)はこれが分子生物学的に異なる種であることを証明した(参照5-1)。

地中海沿岸における*C. taxifolia*の藻体の大きさは、生育している深度と相関がある。海面下-5~-10mのものは、十分に自然光にさらされているために、葉状部は羽状葉かまたは分枝しており、約5~10cmの長さである。より深い場所ではその生育密度は大きく、葉状部の長さも40cm以上、中には65cmにまでも達する。これに対して、一般的な熱帯域の*C. taxifolia*は、深さに関係なく大きさが常に2~25cm範囲にある。stolonは直径1~3mmで、平均の長さは50~80cmであるが、1mに達するものめずらしくはない。また、葉状部は1つの藻体に30から120を有しており、小枝部は直径1mmで、その長さは0.5mmである。

Meineszら(1995)によれば、最繁茂時には13080 frond数/m<sup>2</sup>、352m stolon長/m<sup>2</sup>、25000分枝数/m<sup>2</sup>で、その乾燥重量は480~700g/m<sup>2</sup>(湿重量約7kg)であった。このような繁茂状況は通常熱帯域の*C. taxifolia*には見られない。

#### 4-2. 細胞学

イワヅタ科の各種は形態的にはその外観が大きく異なるにも関わらず、細胞学的にはその構造がサイフォン状の多核細胞(coenocyte)であることは共通している。つまり細胞隔壁がない単細胞で、多くの繊維状の細胞支柱構造(trabeculae)によってその形が支えられている。表皮近くに数多くの細胞小器官である核、ミ

トコンドリア、プラスト類、ゴルジ体が存在している。細胞質基質は粘性が高く、藻体の内側は1つの大きな液胞である。

単細胞であるイワヅタ科の特徴は、藻体の一部が切り取られた後の急激な原形質の損失を防ぐ為に特別な癒傷システムを持っている。損傷や切断があると液胞液が流れ出して、数秒後にはタンパク質と磷酸多糖類の混合液による砂石状及び、繊維状質の栓により傷を閉鎖させる(Dawes and Goddard 1978)。

#### 4-3. 成長と発達

亜熱帯・熱帯海域に生息する*C. taxifolia*は匍匐茎が伸びると、1番古い部分の葉状部が枯死流失し、新しい匍匐茎から再び葉状部が成長する。このような成長を続けるイワヅタ類は、1年以上生存している部位はなく(Meinesz 1980)、匍匐茎、葉状部のいずれの部位からでも年間を通じて出芽することが可能である。

これに対して地中海の*C. taxifolia*は、季節によってその成長に差がある。海水温が18℃を越えると成長が開始され、温度の上昇と共に成長率は大きくなる(Komatsu et al. 1994b)。春季には0.25~2.8mm/日、夏期は10.4~13.9mm/日(最高32mm/日)成長し、冬期(12月~4月)は、部分的に壊死して小さな藻体になるか枯死する。水平的なコロニーの成長は1~3m/年である。

#### 4-4. 生殖

##### 4-4-1. 栄養繁殖(無性生殖)

イワヅタ類における栄養繁殖は、次の3通りである。

##### 1) 匍匐茎の分割

藻体の拡がりや群落の拡大もなく(匍匐茎は伸長はない)行なわれるもので、波浪や海流の影響で藻体がちぎれたり、温度変化によって枯死流失した部位より藻体が分けられる。

##### 2) 匍匐茎の分枝とその部位の壊死

匍匐茎は伸長しその部位が壊死することによって、二つの藻体に分けられることであり、群落の拡大増加はない。

##### 3) 藻体の一部の分割とその繁殖

これは唯一地中海でみられる生殖方法で、数mmの個体片(匍匐茎、葉状体)からでも出芽し、一つの藻体となり繁殖していく(Meinesz 1992)。

##### 4-4-2. 有性生殖

*C. taxifolia*はイワヅタ目の特徴の一つである、holocarpusによって繁殖する。つまり核がgameteに変わり、葉状部にできる小さな放出管(papilla)から24時間以内に海水中へ放出されるのである。male gameteと

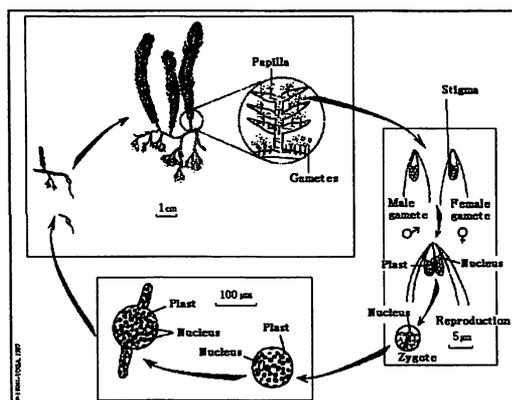


Fig. 4. Theoretical life cycle of *Caulerpa taxifolia* at the tropical sea (Meinesz *et al.* 1997)

female gameteは同じ藻体から放出された後、合体しzygoteを経由して一つの成体となっていく。元来、亜熱帯・熱帯海域での*C. taxifolia*は、雌雄同株(monoecism) (Goldstein and Morall 1970)であるが、地中海ではmale gameteしか発見されていない (Meinesz 1993b)。

地中海の在来種の一つである*C. prolifera*も勿論雌雄同株で、眼点(stigma)を持つfemale gameteは、眼点を持っていないmale gameteよりやや大きい。この接合が観察された (Price 1972) が、その後の発生過程はまだ確認されていない。

亜熱帯・熱帯海域の*C. taxifolia*についても、その生殖過程は仮説のみ (Fig. 4) であるが、今までに報告があった他のイワヅタ科の*C. okamurae* (Ishiwara *et al.* 1981), *C. racemosa* var. *clavifera* (Enomoto and Ohba 1987, Ohba *et al.* 1987), *C. racemosa* var. *peltata* (Ohba and Enomoto 1992) の生殖サイクルを考慮すると、2本の鞭毛を持ったgameteが一つの成熟体より放出された後接合し、zygoteはspherical body (球形体) を経てから、6か月後に成体になると考えられる。これらの有性生殖は夏場、水温の上昇と共に誘発される。このような生殖サイクルは、地中海に生息する他のイワヅタ目の一種である*H. tuna*と、*U. petiolata*とも同じである (Meinesz 1972a, 1972b)。

地中海海域においての*C. taxifolia*のgameteの放出はスペインのマジョルカ島とモナコのマルタン岬でそれぞれ一回ずつ確認されたが、放出管から放出されたgameteは、maleだけであった (Meinesz *et al.* 1993)。

#### 4-5. 二次代謝と毒性

##### 4-5-1. 二次代謝

現在、全海藻類の二次代謝産物としては、約500～

600種類が確認されていて (Hay and Fenical 1988, Faulkner 1984, 1986, 1987, 1988), それらのほとんどがテルペン類, 芳香族化合物, 各種アミノ酸やポリフェノール類である。これらの二次代謝産物は、従属栄養生物 (heterotrophs) である微生物, 寄生虫や付着生物, 競争者との争いの為の自己防御システムであると考えられる (McLachlan and Craigmie 1966, Hornsey and Hide 1974, Faulkner 1987, Harlin 1987, Paul and Fenical 1985, Hay and Fenical 1988)。

*C. taxifolia*にはその他のUlvophyceae (アオサ藻綱) の種と同じように、クロロフィルa, クロロフィルb,  $\beta$ -カロチン, カロチノイド類 (ルテイン, ゼアキサンチン), ステロール (特にclionasterol) が含まれている (Artaud *et al.* 1994)。

イワヅタ科の持つ特徴として毒性の高い物質, 特にテルペン類のsesquiterpene ( $C_5H_8$ )<sup>3</sup>, diterpene ( $C_5H_8$ )<sup>4</sup>が多く蓄積されている。中でもコーレルペニン (caulerpenyne) は特徴的で、多くのイワヅタ類に存在している (Paul and Fenical 1986)。sesquiterpeneは, Amicoら (1978) によって*Caulerpa prolifera* (Forsskål) Lamourouxから初めて分離され、その後PaulとFenical (1986) により他の9種類のイワヅタからも分離抽出された。

地中海の*C. taxifolia*もこのcaulerpenyneが二次代謝産物の主成分になっている (Guerrero *et al.* 1992, Guerrero *et al.* 1994)。caulerpenyneは冬期の乾燥藻体中には3 mg.g<sup>-1</sup> 含まれ、夏期にはその10倍の30 mg.g<sup>-1</sup> が含有される (Valls *et al.* 1995)。

8種類の他のテルペン類, oxytoxine 1, 10,11-epoxycaulerpenyne, taxifoliales A, B, C, D, caulerpenynol, taxifolioneが, Ciminoら (1990) によって抽出された (Fig. 5)。これらの含有量は極めて少ないが、高い毒性を示すものもある。例えば、10,11-epoxycaulerpenyneは、ネズミやハムスターの繊維芽細胞 (fibroblast) に高い毒性を示し (Pesando *et al.* 1994), 多毛類には突然変異が観察された (Guerrero *et al.* 1992)。

テルペン類でない二次代謝産物として重要なのは, caulerpineとcaulerpicineで、この2種類はイワヅタ科に特有な物質であるが、全ての種に含まれているわけではない (Schwede *et al.* 1987)。caulerpicineは, DotyとAguilar (1966), Aguilar-SantosとDoty (1968) によって、初めて*C. racemosa*から長いヒドロキシアミン鎖を有する化合物として抽出された。その後, Mahendranら (1979) によって、この分子はsphingosineの誘導体の化合物であるとされたが、1982年Nielsenらによって、sphinganineのセラミドの誘導体化合物であるとされ

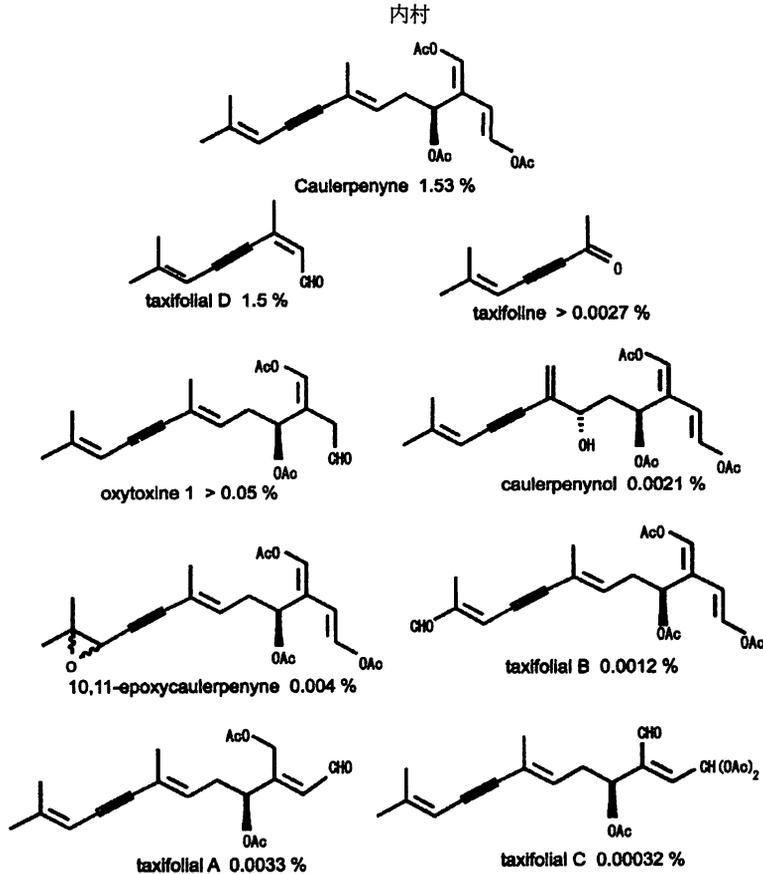


Fig. 5. Chemical structure of 9 terpenoids extracted from *Caulerpa taxifolia* (% on freeze-dried seaweed) (Guerriero *et al.* 1996)

た。caulerpineは赤燈色の色素で, Aguilar-Santos (1970), Aguilar-Santos と Doty (1971)によって *C. racemosa* から分離抽出され, auxineに近い tryptophaneの誘導体の di-indolo pentacyclic と考えられた(Maiti and Thomson 1978)。そしてその役割は, 成長と発芽のホルモンの前駆体 (precursor)と判明した(Schwede *et al.* 1987, Raub *et al.* 1987)。caulerpicineは *C. taxifolia* にその存在は認められていないが, caulerpineは Maiti と Thomson (1978)によって確認されている。

捕食者に対する自己防御の目的として, イワツタ目の二次代謝産物は次の生物的活性を示している。

- 1) 抗バクテリア活性 (Hodgson 1984, Paul and Fenical 1986, 1987, Paul *et al.* 1987, Giannotti *et al.* 1994, Giannotti *et al.* 1996)
- 2) 抗真菌活性 (Paul and Fenical 1986, 1987)
- 3) 多毛類に対する細胞障害 (Dini *et al.* 1992, 1994, 1996, Guerriero *et al.* 1992)
- 4) ウニの卵と幼生における抗有糸分裂活性 (Paul and Fenical 1986, 1987; Lemée *et al.* 1993, 1996, Pesando

*et al.* 1994, Taibei *et al.* 1994, Taieb and Viscante 1996, Sucri *et al.* 1996)

5) 脊椎動物に対する毒性 (Faulkner 1984, Hodgson 1984, Paul and Fenical 1986, 1987, Lemée *et al.* 1993, Pesando *et al.* 1994, Fischel *et al.* 1994, Lecoix and Vicente 1994, Jouhaud *et al.* 1996, Bartfai and Vicente 1996, Parent-Massin *et al.* 1996)

6) 酵素の活性阻害 (Schwartz *et al.* 1990, Mayer *et al.* 1993)

#### 4-5-2. 毒性

*C. racemosa*や *C. lentillifera* (クビレツタ, ウミブドウ)は, 伝統的に太平洋沿岸諸国, 日本(Trono and Toma 1993, Ohno and Largo 1998), ベトナム (Nang and Dinh 1998), タイ (Lewmanomont 1998), マレーシア (Phang 1998), フィジー (South 1998), そして特にフィリピン (Aguilar-Santos and Doty 1968, 1971, Aguilar-Santos 1970, Sotto 1978, Anjaneyulu *et al.* 1991, Perez *et al.* 1992, Trono and Toma 1993, Doumenge 1995, Trono 1998)で水産物 (食品: サラダなど)として消費されて

きた。

*C. racemosa*の養殖は1950年代、Kalawisan島で始まり (Taylor 1977, Modero *et al.* 1987), 3750 kg/ha/年の生産量をあげている (Horstmann 1983)。クビレヅタの養殖はMactan島とCebu島で、15~18 tonnes/ha/年 (Trono 1998)の生産量であるが、これらの海藻は雨季になるとコショウ辛くなる (毒化?) ため、その間は採取が止められている (Aguilar-Santos and Doty 1968, Doty and Aguilar-Santos 1966)。日本では1986年から宮古島でクビレヅタの養殖が始まった (Toma 1988, Trono and Toma 1993) が、現在では沖縄本島 (本部) でのみ行なわれている。

地中海において、*Salpa sarpa* (ヒラダイ) によるシガテラタイプの中毒症が報告されている (De Haro *et al.* 1993)。これは草食性の*Salpa*が*C. prolifera*を摂餌したための毒化ではないかと考えられている (Chevaldonne 1990)。DotyとAguilar-Santos (1966) によれば、海産脊椎動物がイワヅタ類を食することによる毒化は、caulerpineとcaulerpicineが関与していると提唱してい

るが、毒性テストでは証明されていない (Vidal *et al.* 1984, Paul *et al.* 1987, Meyer and Paul 1992, Mac Connel *et al.* 1982)。魚類やウニは、元々、*C. taxifolia*を摂餌することはなく、摂食するのは冬期の毒物活性の低い時期だけなので、現時点では食物連鎖による毒物の蓄積の危険性はないと考えられている。

しかしながら、*C. taxifolia*の主成分であるcaulerpenyneの毒性の研究は近年、盛んに行なわれている。生物の解毒システムの中で最も重要な存在である、チトクロームP450の生理活性にcaulerpenyneが多大な影響を及ぼすこと (Fig. 6) が、カサゴの肝ミクロソームを使って証明された (Uchimura *et al.* 1999a)。また、caulerpenyneがチトクロームP450の\*自殺基質 (suicide substrate) であることから (Uchimura *et al.* 1999b)、ゼノバイオティクス (薬物) 代謝システムの破壊はもとより、チトクロームP450の働きの一つであるsteroid hormoneの生合成が出来なくなることになる。steroid hormoneはその分子構造と生理作用から副腎皮質ホルモン (corticoid) と男性ホルモン (androgen)、さらに卵胞ホルモン (estrogen) と黄体ホルモン (progesterin) を含めた女性ホルモン (female sex hormone) に分類されている。つまりこれらの生合成に支障をきたせば生物が生殖活動を損ない、次世代生物集団の存在が危ぶまれるのである。

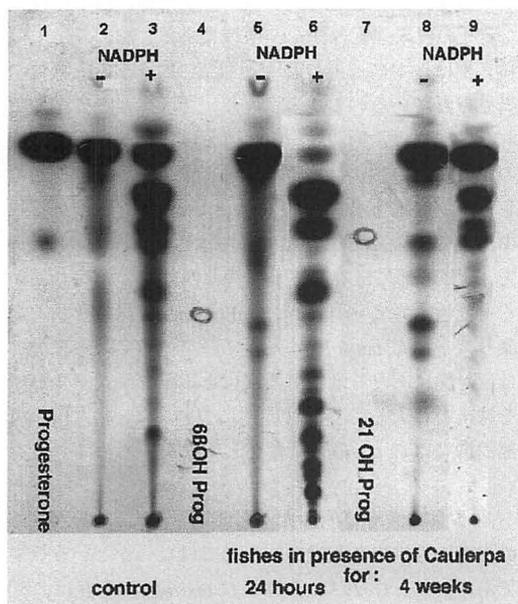


Fig. 6. Autoradiogram of TLC of progesterone metabolites. TLC plate was developed twice with chloroform/ethyl acetate/ethanol (4:1:0.2): progesterone substrate alone (lane 1); NADPH dependent metabolism of progesterone by liver microsomes prepared from: control fish (lanes 2 and 3); fish caged 24 h in the presence of *Caulerpa taxifolia* (lanes 5 and 6); fish caged 4 weeks in the presence of *C. taxifolia* (lanes 8 and 9); authentic 6b-hydroxy- and 21-hydroxyprogesterone derivatives (lanes 4 and 7) localized under UV illumination (Uchimura *et al.* 1999a).

## 5. 生態学

### 5-1. 水深と光量

地中海における *Caulerpa taxifolia* にとって最適水深は、-2 m から -35 m である (Meinesz and Hesse 1991, Meinesz *et al.* 1993a)。しかし、フランスのIFREMER (国立海洋研究所) の海底探査機・Griffon に備え付けられたビデオカメラにより、水深 -100 m で固着生活している *C. taxifolia* が発見された (Meinesz and Belsher 1993, Belsher and Meinesz 1995)。

Komatsu ら (1997) によって、*C. taxifolia* が微量な光量 ( $1.36 \sim 1.98 \text{ mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{日}^{-1}$ ) でも生育でき、生育可能限界光量が低いことが確認された。この光量は地中海において -50 ~ -99 m の水深と同量の値である。また、光合成活性からこの海藻の生育限界深度は、リヨン湾では約 -25 m、地中海中央部では -90 m 台と推定され、これらの調査や研究結果を裏付けた (Gacia *et al.* 1994)。また、日本は、*C. okamurae* Weber-van Bosse (フサイワヅタ) が同様に水深 -100 m で発見されている

\*自殺基質 (suicide substrate): 触媒経路で酵素自身と反応し、活性中心に結合するなどして酵素を不活性化するもの

(Arasaki 1964)。

強光阻害については、 $100 \mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$  (12/12 h) になれば成長速度が遅くなる。このことは天然の海域において、4月から8月に水深0～-5 mにおいてその被覆率が下がることから証明された (Komatsu *et al.* 1994)。

#### 5-2. 基質

地中海における *C. taxifolia* はかなり遍在性があり、いろいろな海底基質；岩礁、砂礫、泥や他の植物の上でも生育が可能である (Meinesz and Hesse 1991, Meinesz *et al.* 1993, Ganteaum 1994)。

#### 5-3. 温度

元来熱帯性であった *C. taxifolia* の耐寒性については、枯死に至る最低水温は9℃から10℃である (Komatsu *et al.* 1994a)。つまり、*C. taxifolia* が生育する地中海北西部の冬期における最低水温11～13℃下であるので、生存することができる。しかし、藻体の一部である匍匐茎が伸長を始めるのは、15℃以上である (Komatsu *et al.* 1994b)。最適条件は20℃から30℃で、枯死する最高水温は31.5～32.5℃である (Komatsu *et al.* 1997)が、このような高水温は地中海では未だ観測されていない。

#### 5-4. 栄養塩

地中海の *C. taxifolia* は他の海藻と異なり、栄養塩要因では明確な成長阻害は見られない (Sant *et al.* 1996)。このことは、地中海における *C. taxifolia* が他の海藻や海産顕花植物に対する競争において、その生存能力が高いことを十分裏付けることにもなる (Delgado *et al.* 1996)。

#### 5-5. 乾燥

普通の状態 (湿度70～75%，室温22～24℃) における、乾燥に対する *C. taxifolia* の耐性は約1時間と短い。しかし網やアンカーを収める船倉内 (湿度85～90%，室温18℃) においては、なんと10日間も生存した (Sant *et al.* 1996)。このことはレジャーボートや漁船のアンカーや、網に引っかけられた *C. taxifolia* の藻体は、次の停泊地である遠距離まで運ばれた後も生存する可能性が高いことを示すので、分布の拡大要因と推察されている。

## 6. 起源と移入

### 6-1. 起源

亜熱帯・熱帯海域にしか存在していなかった *Caulerpa taxifolia* が何故地中海で発見されたのか。その由来については数多くの論議がなされた。

Chisholm ら (1995) によれば、もともと *C. taxifolia* は地中海に細々と存在、潜伏していたが、量的に少なかったために発見されなかった。しかし、近年の地球温暖化現象は地中海も例外ではなく年々海水温が上昇傾向にあるため、*C. taxifolia* にとってよりよい生育環境になり、急速に増殖し各地に広がったという説である。しかし、この説は最も起り難いことである。何故ならば、*C. taxifolia* は10℃の冬季3か月間に耐え、枯死しないのである。平均水温が上昇したとしても、0.1～0.5℃位では、急激なこの海藻の繁茂状況を説明しきれないし、また、1年間を通じて平均海面水温が15℃を切らないというよりよい生育環境であるはずの地中海東部、南部海域には *C. taxifolia* が存在していないからである (Meinesz and Boudouresque 1996)。

二番目の仮説として、この *C. taxifolia* はレセップス種 (lessepsienne) であるという (Chisholm *et al.* 1995)。このようにして紅海から地中海に移入されてきたイワヅタとして *C. mexicana* (Sonder ex Kützing) がある。しかしスエズ運河が開通して一世紀以上経過したにもかかわらず、やっとイタリアのシシリー島に達したほどで、その侵入速度はかなり緩慢である。加えて全ての移入種は途中の通過の証明として、数多くの生育地が発見されているのである。レセップス種として移入された動植物は、約200～300種と言われているが、そのほとんどの生物は、紅海と同じ様な生活環境にあるレセップス地方 (province lessepsienne) とも呼ばれる地中海東部でのみで生育している (Lombard 1994)。一方、船体下部に付着して地中海北西部まで運ばれていく可能性も考えられるが、fouling として報告される海藻リストに *C. taxifolia* は入っていない。また、紅海とは反対側にあたる地中海西端にあるジブラルタル海峡を越えて移入してくる可能性については、北大西洋東部海域には *C. taxifolia* は存在していないためありえない。

3番目に最も可能性大として示されたのが、水族館の水槽から排出され定着したのではないかという仮説である。ヨーロッパにおける *C. taxifolia* の存在は、起源は不明であるが、1950年代にドイツ、シュトゥットガルトの Wilhelma zoologisch-botanischer Garten の熱帯水槽中の展示海藻として始まった。そして、80年代前半に水族館間の交換品として、フランスのナンシーやパリの水族館、モナコの海洋博物館へ運ばれた。当時、*C. taxifolia* は、フランスやスペインの熱帯魚屋の店頭やカタログ内で普通に販売されていた。そして1984年、ヨーロッパでは初めて水槽内以外の場所、天然海域で

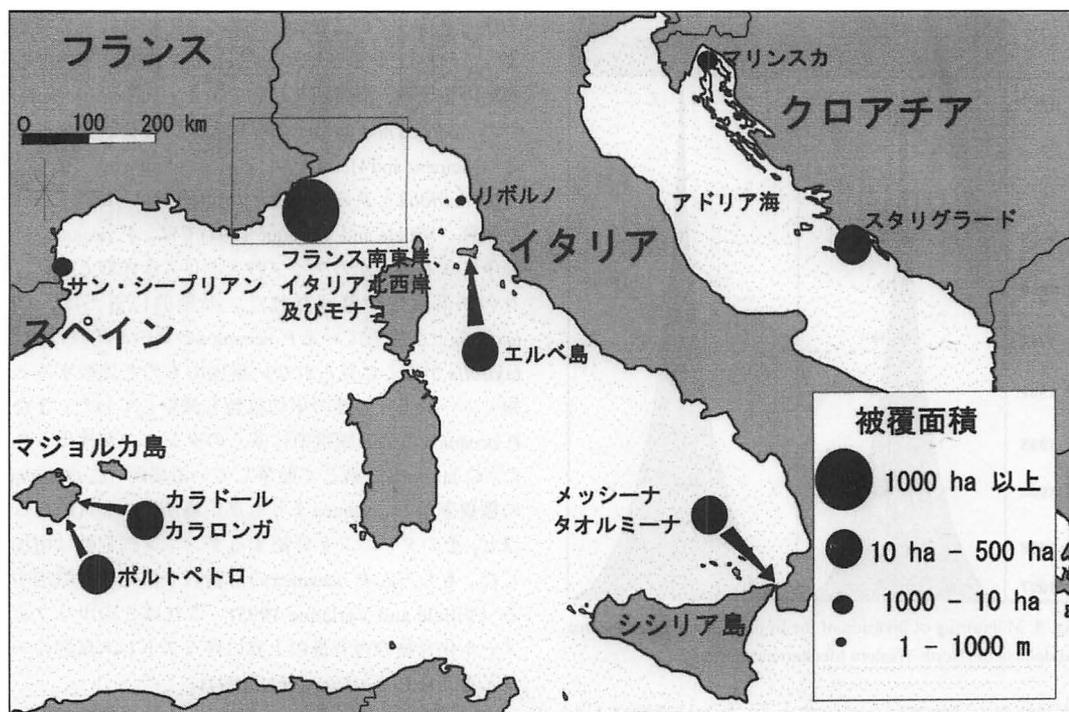


Fig. 7. Monitoring of invasion of *Caulerpa taxifolia* (Meinész et al. 1997)

ある地中海北西部のモナコ海洋博物館の水深12 mにある排水口前の海底で、被覆範囲1 m<sup>2</sup>で発見されたのである。また、死んだ珊瑚 (*Porites somaliensis*) の上で生育している *C. taxifolia* がプロバンス地方の Lecques (Var, France) の浅海で発見されたことは、水族館の排水から伝播する可能性を示している。そして、この仮説を分子生物学的に証明したのがスイス・ジュネーブ大学の Jousson ら (1998) で、遺伝子を調べることによって地中海の *C. taxifolia* はヨーロッパ中の水族館にあるそれと同株であると証明した。同時に、彼等は *C. mexicana* と *C. taxifolia* は種レベルで違うもので、*C. taxifolia* は *C. mexicana* の変異種でないかという Chisholm ら (1995) の仮説を退けた。

## 6-2. 歴史

1984年に初めてモナコ浅海域で発見されて、その5年後の1989年には1~2 haにまでも拡がり (Meinész and Hesse 1991), 1990年には初めてフランスの海域内であるRoquebrune-Cap Martin (Alpes-Maritimes) で発見された。しかし、地域のダイバーの後日談によれば、すでに1987年から存在していたとのことである。その後、次々とフランス各地で発見され、1991年にはスペインとの国境の街、Saint-Cyprienにまで拡大した。そして、1992年にはイタリアとスペインまで及び、1993年

にはイタリア最南端、シシリア島まで達し、1995年にアドリア海のクロアチア沿岸まで勢力を延ばした (Meinész et al. 1995; Fig. 7)。

## 6-3. 移入

### 6-3-1. 移入の推進力

*C. taxifolia* の分布域は、1984年モナコで初めて発見された当時わずか1 m<sup>2</sup>だったのが、今日ではモナコを中心とした沿岸10 kmだけで3000 ha、その被覆率は90%以上を占める。またイタリア、スペイン、クロアチアの3か国で1500 ha以上にまで拡がった (Fig. 8)。成長速度が速いために、わずか1片からでも1年後には7 m<sup>2</sup>、2年後には28 m<sup>2</sup>と、年々同心円状に直径3 m位づつその被覆領域は拡大する (Fig. 9)。加えて、後で述べるような繁殖方法などにより、Fig. 10の様に拡大、侵略していく。*C. taxifolia* の成長には季節性があり、6月から11月までの高水温時期にのみ繁茂するだけであるものの、1984年の発見以来、この伸長速度は全く衰えを見せていない。

### 6-3-2. 繁殖方法

地中海における *C. taxifolia* の有性生殖は未だに確認されていない。つまり栄養繁殖のみで、拡大成長を続けていることになる。繁殖方法の第一は人為的な方法で、船のアンカーの投錨や漁船の網などによって、藻

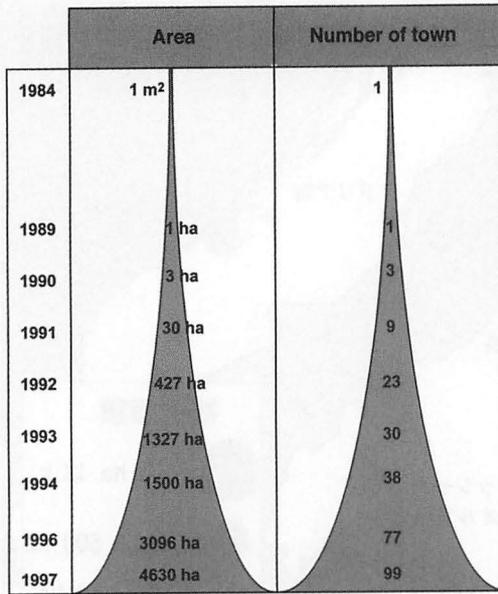


Fig. 8. Monitoring of invasion of the tropical green alga *Caulerpa taxifolia* in the North-Western Mediterranean Sea

体が他の海域に運ばれて定着する。第二は自然による繁殖で、海流の流れによってちぎれた藻体（や、その一部分）が移動し繁殖する。しかし、これは距離にしておよそ1 kmが限度であるために、この*C. taxifolia*の伸長の速さを考えると、レジャーボートや漁船のアンカーや網によって次の係留地まで運ばれたり（乾燥に強い、参照4-5）、トロール船の網に引きずり回されて拡がっていったと考えられる。

6-4. 移入の結果

6-4-1. 植物相への影響

*C. taxifolia*は、すべての海底基質（岩礁、砂礫、泥や他の植物の上など）や波浪の強さに関係なく入植す

る能力を持っているため、従来の植物相を破壊してしまう危険性は非常に大きい（Verlaque 1994）。地中海の藻場の重要種、海産顕花植物である *Posidonia oceanica* や *Cymodocea nodosa* はその存続を大いに脅かされている（Meinesz and Hesse 1991）。

*C. taxifolia* と *P. oceanica* との競争について調べられた研究（Villele and Verlaque 1994）では、*P. oceanica* に競争による幾つかのタイプのストレス症候群とそれ自身の防御反応が確認された。形態的に言えば、*C. taxifolia* と混生している *P. oceanica* の葉の平均長は、*C. taxifolia* が近くに見られない集団のものと比較すると短く、一株当りの葉の平均枚数も減少していた。また *P. oceanica* の葉の細胞中に多くのタンニンが検出された。*C. taxifolia* と厳しく競争している場所（*C. taxifolia* の被覆率が *P. oceanica* よりも高い場所）になればなるほど、そのタンニンを分泌するタンニン細胞数は増加した。もちろん *P. oceanica* の落葉数や枯死数も増加する（Villele and Verlaque 1995）。これはこのポリフェノール化合物の含有量の上昇に伴うストレス反応の一つと考えられる（Cuny et al. 1994）。

加えて、この *P. oceanica* が枯死した後に残る地下茎（rhizome）や、葉や地下茎などが朽ちた破片が堆積した海底は、*C. taxifolia* にとって藻体をしっかり固定され、固着生活するのに大変に都合のよい基盤となる。

また、この二種間で annual life cycle 上、明確な季節性の違いがある。それは、*P. oceanica* の葉が一年で一番短くなる時期は秋で、この時期 *C. taxifolia* の葉状部は逆に年間を通じて最大長に達しているのである。このように *C. taxifolia* の存在が *P. oceanica* への光を遮り、若芽の成長を抑制する（Meinesz et al. 1993a）。これらの結果、この二者におけるスペースと光の奪い合いにおいては、*C. taxifolia* の方が有利で、逆の現象、つま

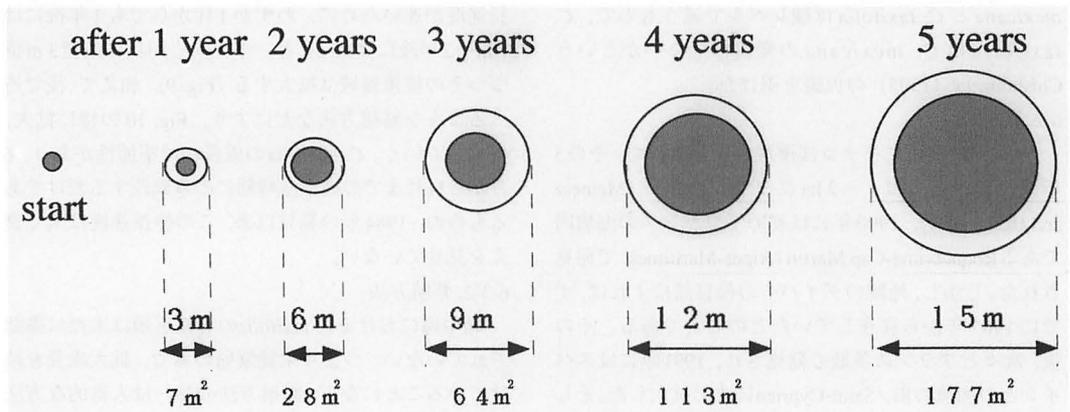


Fig. 9. Growth (vegetative reproduction) of *Caulerpa taxifolia* in the Mediterranean (Meinesz et al. 1997)

Isolated colony

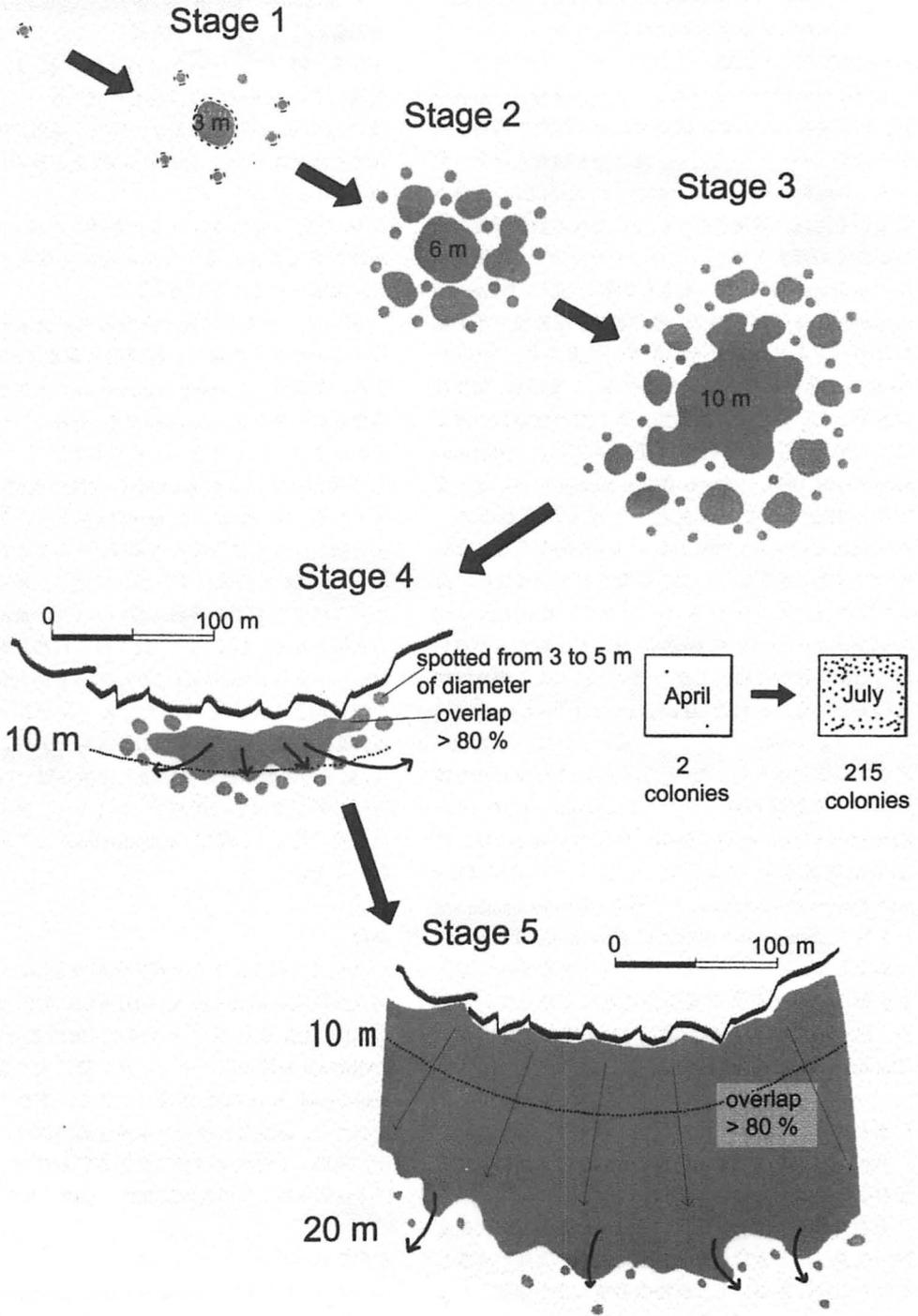


Fig. 10. Description of first five stages of invasion (Meinesz *et al.* 1997)

り *P. oceanica* が *C. taxifolia* を攻めて壊滅させている現象は一箇所も観察されていない (Meinesz *et al.* 1993a)。付着ケイ藻も二次代謝産物の含有量の低い冬期を除いて、*C. taxifolia* の藻体表面には見られない。

#### 6-4-2. 動物相への影響

*C. taxifolia* の持つ毒である二次代謝産物は、草食魚類、軟体動物、ウニ類の捕食者に対する化学的自己防御の役割を持っているため、ほとんど捕食圧はゼロである (Boudouresque *et al.* 1992)。*C. taxifolia* に被覆されている海域と被覆されていない海域の動物群集の比較が多くの研究者によって行なわれてきた。堆積土壌中の meiofauna に非常に大きな影響を与え (Poizat and Boudouresque 1996)、また、軟体動物、端脚類や多毛類などのベントス類ではその生育が攪乱され、他の *C. taxifolia* が存在しない地域と比べると、集団数、個体数は減少した。そして、端脚類、多毛類の種類数の減少はみられるが、軟体動物は逆に増加した (Bellan-Santini *et al.* 1994, 1996a, b, Bellan-Santini 1995)。地中海の代表的なウニで、食品として最も消費量の多い *Paracentrotus lividus* の集団は、*C. taxifolia* が存在しない場所では 213 個体/m<sup>2</sup>、一方、被覆されている場所では 0.2 個体/m<sup>2</sup> しか発見されていない (Ruitton and Boudouresque 1994)。*C. taxifolia* の拡大に対するの魚類相へ影響を見るためにトランセクト法による視覚的調査によって行なわれた (Francour *et al.* 1994, Harmelin-Vivien *et al.* 1994)。これらの結果によれば、魚類相の組成には変化はなかったが、引き続いて行なわれた調査ではその影響が見られた (Francour *et al.* 1995 Harmelin-Vivien *et al.* 1996)。魚類の biomass は、*C. taxifolia* 被覆地域の方が低い。しかし、バラ科の *Coris julis*、*Symphodus ocellatus*、タイ科の *Diplodus annularis* やハタ科の *Serranus cabrilla* などは *C. taxifolia* の被覆海域で集団をなしている。魚類の分布やその豊かさに与える影響は、さまざまな要因が複雑に交絡しているため、*C. taxifolia* のみが影響しているとは断定し難い (Harmelin-Vivien *et al.* 1994)。

#### 7. まとめ

現時点において、*Caulerpa taxifolia* の人間に対する強力な毒性は明白にはされていない。

草食魚類やウニが、冬期に *C. taxifolia* の二次代謝産物が減少したときにそれを捕食した後、人間が消費した場合の食物連鎖による毒物の蓄積もまだ確認されていない。しかし、毒性研究の第 1 に注目されている caulerpenyne だけでなく、それが分解されていく過程

の物質が人間に与える危険性も無視することはできない。

*C. taxifolia* の地中海への移入が人間に与えるその他の影響のうち、経済的な問題として以下のことがあげられる。第一に、1993 年 3 月 4 日以来、*C. taxifolia* の被覆している海域の浚渫が不可能になった。というのは *C. taxifolia* がこの日より、採取、運搬、販売や、藻体または藻体の一部の海域への廃棄が禁止になったためである。

第二に、一番大きなリスクが伴うのは、長い年月をかけて育んできた豊かな地中海の生態系の均衡が崩れ、破壊されることである。

第三に、今までに地中海沿岸域に従来の集団を作っていた多くの種は、経済的に重要度が高いので、生物の多様性 (diversity of organisms) と生態系における種組成の多様さ (ecological divergence) への影響をみのがすことはできないことである。

地中海における *C. taxifolia* の今後の展開は、2 つ考えられる。第一には、*C. taxifolia* にとって生育環境が 1 番厳しかった北西部を占領後、さらなる拡大が引き続いて、暖かい海域つまり成長に適した地中海東部や南部海域全てをより容易に覆いつくし、地中海の一大占領種となる。第二には、数年後に自然制御がおとづれる。つまり *C. taxifolia* に対してある捕食者がある期を境に増加して、その拡大をストップさせるのである。現在まで、ただ一種類の移入種が大いに繁殖した後、従来の生態系種との競争と環境分離 (住み分け) の時期を経てその繁茂が減少し、そして、従来種と生態系を同一化して、帰化 (naturalization) していくのはまれではない。

#### 謝辞

本研究を行うにあたり終始御指導を頂いたフランス国立膜研究所の Roger SANDEAUX 博士、Jacqueline SANDEAUX 博士、フランス国立医療研究所の Christian LARROQUE 博士と、モンペリエ第二大学理工学部の Jean-Claude BACCOU 講師に、また、本稿をまとめるに当たり、御協力を頂いた水産庁瀬戸内海区水産研究所、藻場・干潟生産研究室長の寺脇利信博士、吉川浩二主任研究官、吉田吾郎研究員に感謝の意を表します。

#### 引用文献

- Agardh, C. A. 1817. Synopsis algarum scandinavicae, adjecta dispositione universali algarum. Berling, Lund.  
Aguilar-Santos, G. and Doty, M.S. 1968. Drugs from the sea.

- Marine Technology Society, Washington, D.C.
- Aguilar-Santos, G. 1970. Caulerpin, a new red pigment from green algae of the genus *Caulerpa*. J. Chem. Soc., (c): 842-843.
- Aguilar-Santos, G. and Doty, M. S. 1971. Constituents of the green alga *Caulerpa lamourousii*. Lloydia, 34(1): 3593-3596.
- Amico, V., Oriente, G., Piattlli, M., Tringali, C., Fattorusso, E., Magno, S. and Mayol, L. 1978. Caulerpenyne, an unusual sequiterpenoid from the green alga *Caulerpa prolifera*. Tetrahedron Letters. (38): 3593-3596.
- Anjineyulu, A. S. R., Prakash and Mallavadhani, U. V. 1991. Two caulerpin analogues and a sesquiterpene from *Caulerpa racemosa*. Phytochemistry 30(9): 3041-3042.
- Arasaki, S. 1964. How to know the seaweed of Japan and its vicinity fully illustrated in colours. Hokuryukan, Japan.
- Artaut, J., Valls, R., Archais, A. and Piovetti, L. 1994. Composition stérolique de l'extrait de *Caulerpa taxifolia* méditerranéenne. p.169. In: Boudouresque, C. F., Meinesz, A. and Gravez, V. (eds.) First International Workshop on *Caulerpa taxifolia*. GIS Posidonie Publ., France.
- Bartfai, E. and Vicente, N. 1996. Effets d'une alimentation base de *Caulerpa taxifolia* sur l'histo physiologie de l'appareil digestif de *Liza aurata* (Risso, 1810): poisson teleosteen de Mediterranee. p.329-335. In: Ribera, M. A., Ballesteros, E., Boudouresque, C. F., Gomez, A. and Gravez, V. (eds.) Second International Workshop on *Caulerpa taxifolia*. Universitat Barcelona Publ., Espagne.
- Bellan-Santini, D. 1995. Faune d'invertébrés du peuplement à *Caulerpa taxifolia*. Données préliminaires pour les côtes de Provence (Méditerranée nord-occidentale). Biol. Mar. Medit. 2(2): 635-643.
- Bellan-Santini, D., Arnaud, P.-M., Bellan, G. and Verlaque, M. 1994. Résultats préliminaires sur la faune d'invertébrés du peuplement à *Caulerpa taxifolia* des côtes de provence (Méditerranée nord-occidental). p.365-369. In: Boudouresque, C. F., Meinesz, A. and Gravez, V. (eds.) First International Workshop on *Caulerpa taxifolia*. GIS Posidonie Publ., France.
- Bellan-Santini, D., Arnaud, P. M. and Bellan, G. 1996a. Affinités entre peuplements méditerranéens benthiques avec et sans *Caulerpa taxifolia*. p.387-390. In: Ribera, M. A., Ballesteros, E., Boudouresque, C. F., Gomez, A. and Gravez, V. (eds.) Second International Workshop on *Caulerpa taxifolia*. Universitat Barcelona Publ., Espagne.
- Bellan-Santini, D., Arnaud, P. M., Bellan, G. and Verlaque, M. 1996b. The influence of the introduced tropical alga *Caulerpa taxifolia* on the biodiversity of the mediterranean marine biota. J. Mar. Biol. Ass. U. K. 76: 235-237.
- Belsher, T. and Meinesz, A. 1995. Deep-water distribution of the tropical alga introduced into the Mediterranean : *Caulerpa taxifolia*. Aquat. Bota. 51: 163-169.
- Boudouresque, C.F., Meinesz, A., Verlaque, M. and Knoepfler-Peguy, M. 1992. The expansion of the tropical alga *Caulerpa taxifolia* (Chlorophyta) in the Mediterranean. Crypto. Algolo. J. 13(2): 144-145.
- Calvert, H. E., Dawes, C. J. and Borowitzka, M. A. 1976. Phylogenetic relationships of *Caulerpa* (Chlorophyta) based on comparative chloroplast ultrastructure. J. Phycol. 12: 149-162.
- Chappel, D. F., O'Kelly, C. J., Wilcox, L. W. and Floyd, G. L. 1990. Zoospore flagellar apparatus architecture and the taxonomic position of *Phaeophila dendroides* (Ulvophyceae, Chlorophyta). Phycologia 29: 515-423.
- Chevaldonne, P. 1990. Ciguatera and the saupe, *Sarpa salpa* (L.), in the Mediterranean : a possible misinterpretation. J. Fish Biology 37: 503-504.
- Chisholm, J. R. M., Jaubert, J. M. and Giaccone, G. 1995. *Caulerpa taxifolia* in the northwest Mediterranean : introduced species or migrant from the Red Sea? C. R. Acad. Sci. Paris, Sciences de la vie/Life sciences 318: 1219-1226.
- Cimino, G., Crispino A., Di Marzo, V., Gavagnin, M. and Ros, J. D. 1990. Oxytoxins, bioactive molecules produced by the marine opisthobranch mollusc *Oxynoe olivacea* from a diet-derived precursor. Experientia 46: 767-770.
- Cuny, P., Serve, L., Jupin, H. and Boudouresque, C. F. 1994. Les composés phénoliques hydrosolubles de *Posidonia oceanica* (Phanérogame marine) dans une zone colonisée par la Chlorophyte introduite *Caulerpa taxifolia* (Alpes Maritimes, France, Méditerranée). p.355-364. In: Boudouresque, C. F., Meinesz, A. and Gravez, V. (eds.) First International Workshop on *Caulerpa taxifolia*. GIS Posidonie Publ., France.
- Dawes, C. J. and Goddard, R. H. 1978. Chemical composition of the wound plung and entire plants for species of coenocytic green alga, *Caulerpa*. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 35: 259-263.
- De Haro, L., Treffot, M. J., Jougard, J. and Perringue, C. 1993. Trois cas d'intoxication de type ciguatérique après ingestion de sparidae de Méditerranée. Ictyophysiol. Acta 16: 133-146.
- Delgado, O., Rodriguez-Prieto, C., Gacia, E. and Ballesteros, E. 1996. Lack of a severe nutrient limitation of *Caulerpa taxifolia* (Vahl) C. Agardh in Cap Martin (Alpes Maritimes, France). p.185-189. In: Ribera, M. A., Ballesteros, E., Boudouresque, C. F., Gomez, A. and Gravez, V. (eds.) Second International Workshop on *Caulerpa taxifolia*. Universitat Barcelona Publ., Espagne.
- Dini, F., Capovani, C., Durante, M., Pighini, M., Ricci, N., Tomei, A. and Pietra, F. 1996. Principles of operation of the toxic system of *Caulerpa taxifolia* that undertook a genetically

- conditioned adaptation to the Mediterranean Sea. p.247-254. In: Ribera, M. A., Ballesteros, E., Boudouresque, C. F., Gomez, A. and Gravez, V. (eds.) Second International Workshop on *Caulerpa taxifolia*. Universitat Barcelona Publ., Espagne.
- Dini, F., Guerriero, A., Giubbilini, P., Meinesz, A., Pesando, D., Durand-Clement, M. and Pietra, F. 1992. Ciliates as a probe for biological pollution produced by the seaweed *Caulerpa taxifolia*. 8.1. In: The Third Asian Conference on Ciliate Genetics Cell Biology and Molecular Biology, Shenzhen China, July 1-6.
- Dini, F., Rosati, G., Erra, F., Verni, F. and Pietra, F. 1994. The environmental toxicity of secondary metabolites produced by the Mediterranean-adapted seaweed *Caulerpa taxifolia* using marine ciliate protists as a model. p.203-207. In: Boudouresque, C. F., Meinesz, A. and Gravez, V. (eds.) First International Workshop on *Caulerpa taxifolia*. GIS Posidonie Publ., France.
- Doty, M.S. and Aguilar-Santos, G. 1966. Caulerpicin, a toxic constituent of *Caulerpa*. Nature. 211: 990.
- Doumenge, F. 1995. Quelques réflexions sur les algues caulerpes. Biol. Mar. Médit. 2(2): 613-633.
- Enomoto, S. and Ohba, H. 1987. Culture studie on *Caulerpa* (Caulerpales, Chlorophyceae) I. Reproduction and development of *C. racemosa* var. *laetevirens*. Jap. J. Phycol. (Sôru) 35: 167-177.
- Faulkner, D. J. 1984. Marine natural products: Metabolites of marine invertebrates. Natural product reports. 552-598.
- Faulkner, D. J. 1986. Marine natural products: Metabolites of marine invertebrates. Natural Product Reports 3: 1-32.
- Faulkner, D. J. 1988. Marine natural products: Metabolites of marine invertebrates. Natural Product Reports 4: 540-542.
- Faulkner, D. J. 1987. Marine natural products: Metabolites of marine invertebrates. Natural Product Reports 5: 613-663.
- Feldmann, J. 1946. Sur l'hétéroplastie de certaines siphonales et leur classification. C. R. Acad. Sc. Paris 222: 752-753.
- Feldmann, J. 1954. Sur la classification des chlorophycées siphonnées. Congr. Intern. Botan. 8ème Congr. Paris. 17: 96-98.
- Fischel, J.-L., Lemeé, R., Formento, P., Caldani, C., Moll, J. L., Pesando, D., Meinesz, A., Grelier, P. and Milano, G. 1994. Mise en évidence d'effets antiproliférants de la Caulerpényne (de *Caulerpa taxifolia*). Expérience sur cellules tumorales humaines en culture. Bull. Cancer 81(6): 489.
- Francour, P., Harmelin-Vivien, M., Harmelin, J. G. and Duclerc, J. 1994. Evolution des peuplements de poissons, entre 1992 et 1993, dans les zones colonisées par *Caulerpa taxifolia* à Menton. p.379-384. In: Boudouresque, C. F., Meinesz, A. and Gravez, V. (eds.) First International Workshop on *Caulerpa taxifolia*. GIS Posidonie Publ., France.
- Ganteaume, A. 1994. Suivi d'une station envahie par l'algue verte *Caulerpa taxifolia* sur la face Est du Cap Martin (Alpes Maritimes, France). p.155-159. In: Boudouresque, C. F., Meinesz, A. and Gravez, V. (eds.) First International Workshop on *Caulerpa taxifolia*. GIS Posidonie Publ., France.
- Giannotti, A., Ghelardi, E. and Senesi, S. 1994. Characterization of seawater bacterial communities within environments colonized by the tropical green seaweed *Caulerpa taxifolia*. p.197-201. In: Boudouresque, C. F., Meinesz, A. and Gravez, V. (eds.) First International Workshop on *Caulerpa taxifolia*. GIS Posidonie Publ., France.
- Giannotti, A., Ghelardi, E., Dini, F., Pietra, F. and Senesi, S. 1996. Progressive modification of mediterranean bacterial communities along with the spreading of *Caulerpa taxifolia*. p.255-260. In: Ribera, M. A., Ballesteros, E., Boudouresque, C. F., Gomez, A. and Gravez, V. (eds.) Second International Workshop on *Caulerpa taxifolia*. Universitat Barcelona Publ., Espagne.
- Goldstein, M. and Morrall, S. 1970. Gametogenesis and fertilization in *Caulerpa*. Annals New York Academy of Sciences 175: 660-672.
- Guerriero, A., Meinesz, A., D'ambrosio, M. and Pietra, F. 1992. Isolation of toxic and potentially toxic Sesqui- and Monoterpenes from the tropical green seaweed *Caulerpa taxifolia* which has invaded the region of Cap Martin and Monaco. Helvetica Chim. Acta 75: 689-695.
- Guerriero, A., D'ambrosio, M., Guella, G., Dini, F. and Pietra, F. 1994. Secondary metabolites of the green seaweed *Caulerpa taxifolia* introduced into the Mediterranean sea, and a comparison with ciliates of the genus EUPLOTES. p.171-175. In: Boudouresque, C. F., Meinesz, A. and Gravez, V. (eds.) First International Workshop on *Caulerpa taxifolia*. GIS Posidonie Publ., France.
- Guerriero, A., Depentori, D., D'ambrosio, M., Durante, M., Dini, F., Geroni, C. and Pietra, F. 1996. Ecologically harmful though photodegradable terpenoids from the green seaweed *Caulerpa taxifolia* adapted to the Mediterranean Sea. p.233-246. In: Ribera, M. A., Ballesteros, E., Boudouresque, C. F., Gomez, A. and Gravez, V. (eds.) Second International Workshop on *Caulerpa taxifolia*. Universitat Barcelona Publ., Espagne.
- Harlin, M. 1987. Allelochemistry in marine macroalgae. Critical Reviews in Plant Sci. 5(3): 237-249.
- Harmelin-Vivien, M., Harmelin, J. G. and Francour, P. 1994. Influence de quelques facteurs du milieu sur le peuplement de poissons des prairies à *Caulerpa taxifolia* à Monaco. p.385-391. In: Boudouresque, C. F., Meinesz, A. and Gravez, V.

- (eds.) First International Workshop on *Caulerpa taxifolia*. GIS Posidonie Publ., France.
- Hay, M. E. and Fenical, W. 1988. Marineplant-herbivore interactions: the ecology of chemical defense. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 19: 111-145.
- Hodgson, L. M. 1984. Antimicrobial and Antineoplastic in some south Florida seaweeds. *Botanica Marina* 17: 387-390.
- Homsey, I. S. and Hide, D. 1974. The production of antimicrobial compounds by British marine algae. I. Antibioti-producing marine algae. *Br. Phycol.* 9: 353-361.
- Horstmann, U. 1983. Cultivation of the green alga, *Caulerpa racemosa*, in tropical waters and some aspects of its physiological ecology. *Aquaculture* 32: 361-371.
- Ishiwara, J., Hirose, H. and Enomoto, S. 1981. The life-history of *Caulerpa okamurai* Weber van Bosse. p.112-116. In: Fogg, G. E. and Jones, W. E. (eds.) Proceedings 8th International Seaweed Symposium.
- Jouhaud, R., Valls, R., Fourcault, B. and Brusle, J. 1996. Expériences préliminaires d'intoxication alimentaire du Serran *Serranus cabrilla* par *Caulerpa taxifolia*: induction de modifications hépatiques. p.323-328. In: Ribera, M. A., Ballesteros, E., Boudouresque, C. F., Gomez, A. and Gravez, V. (eds.) Second International Workshop on *Caulerpa taxifolia*. Universitat Barcelona Publ., Espagne.
- Jousson O., Pawlowski J., Zaninetti, L., Meinesz, A. and Boudouresque, C. F. 1998. Molecular evidence for the aquarium origin of the green alga *Caulerpa taxifolia* introduced to the Mediterranean Sea. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 172: 275-280.
- Komatsu, T., Meinesz, A. and Buckles, D. 1994. Données préliminaires sur l'influence de la température et de la lumière sur le développement et la croissance de *Caulerpa taxifolia* en culture. p.301-307. In: Boudouresque, C. F., Meinesz, A. and Gravez, V. (eds.) First International Workshop on *Caulerpa taxifolia*. GIS Posidonie Publ., France.
- Komatsu, T., Molenaar, H., Blachier, J., Buckles, D., Lemée, R. and Meinesz, A. 1994. Premières données sur la croissance saisonnière des stolons de *Caulerpa taxifolia* en Méditerranée. p.279-283. In: Boudouresque, C. F., Meinesz, A. and Gravez, V. (eds.) First International Workshop on *Caulerpa taxifolia*. GIS Posidonie Publ., France.
- Komatsu, T., Meinesz, A. and Buckles, D. 1997. Temperature and light responses of alga *Caulerpa taxifolia* introduced into the Mediterranean Sea. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 146: 145-153.
- Lamouroux, J. V. F. 1809. Observations sur la physiologie des algues marines, et description de cinq nouveaux genres de cette famille. *Nouv. Bull. Sc. Soc. Phil. Paris* 1: 330-333.
- Lecoix, E. and Vicente, N. 1994. Effets d'une alimentation à base de *Caulerpa taxifolia* chez *Lisa aurata* (poisson Téléostéen de Méditerranée). p.257-264. In: Boudouresque, C. F., Meinesz, A. and Gravez, V. (eds.) First International Workshop on *Caulerpa taxifolia*. GIS Posidonie Publ., France.
- Lemée, R., Pesando, D., Durand-Clement, M., Dubreuil, A., Meinesz, A., Guerriero, A. and Pietra, F. 1993. Preliminary survey of toxicity of the green alga *Caulerpa taxifolia* introduced into the Mediterranean. *J. Appl. Phycol.* 5: 485-493.
- Lemée, R., Boudouresque, C. F., Gobert, T., Malestroit, P., Mari, X., Meinesz, A., Menager, V. and Ruitton, S. 1996. Feeding behavior of *Paracentrotus lividus* in the presence of *Caulerpa taxifolia* introduced in the Mediterranean Sea. *Oceanol. Acta* 19(3-4): 245-253.
- Lewmanomont, K. 1998. The seaweed resources of Thailand. p.70-78. In: Critchley, A. T. and Ohno M. (eds.) Seaweed resources of the world. Japan International Cooperation Agency Publ., Japan.
- Lombard, P. 1994. *Caulerpa taxifolia*, si au moins nous avions réagi tout de suite...*Med. et Littoral* 1: 11-16.
- Mahendran, M., Somasundaram, S. and Thomson, R. H. 1979. A revised structure for caulerpicin from *Caulerpa racemosa*. *Phytochemist.* 18: 1885-1886.
- Maiti, B. C. and Thomson, R. H. 1978. The structure of caulerpin, apigment from *Caulerpa algae*. *J. Chem. Res. (M)*: 1682-1693.
- Mattox, K. R. and Stewart, K. D. 1984. Classification of the green algae. A concept based on comparative cytology. In: Irvine, D. E. G. and John, D. M. (eds.) Systematics association special vol. no27. Systematics of the green algae. Acad. Press Inc. Publ. London.
- Mayer, A. M. S., Paul, V. J., Fenical, W., Norris, J. N., De carvalho, M. S. and Jacobs, R. S. 1993. Phospholipase A2 inhibitors from marine algae. *Hydrobiol.* 260/261: 521-529.
- McConnell, O. J., Hugues, P. A., Targett, N. M. and Daley, J. 1982. Effect of secondary metabolites from marine algae on feeding by the sea urchin *Littechinus variegatus*. *J. Chem. Ecol.* 8(12): 1437-1453.
- Mclachlan, J. and Crairgie, J. S. 1966. Antialgal activity of some simple phenols. *J. Phycol.* 2: 133.
- Meinesz, A. 1972a. Sur le cycle de l'*Halimeda tuna* (Ellis et Solander) Boergesen. *C. R. Ac. Sc. Paris* 275D: 1363-1365.
- Meinesz, A. 1972b. Sur le cycle de l'*Udotea petiolata* (Turra) Boergesen. *C. R. Ac. Sc. Paris* 275D: 1975-1977.
- Meinesz, A. 1973. Les caulerpales des côtes françaises de la Méditerranée. Biologie et écologie. Thèse Doctorat: Biologie Végétale. Univ. Paris VI.

- Meinesz, A. 1979. Contribution à l'étude de *Caulerpa prolifera* (Forsskål) Lamouroux (Chlorophycée, Caulerpale). Bot. Mar. 12: 117-121.
- Meinesz, A. 1980. Contribution à l'étude des caulerpales (Chlorophytes) avec une mention particulière aux espèces de la Méditerranée occidentale. Thèse d'Etat. Université de Nice.
- Meinesz, A. and Hesse, B. 1991. Introduction et invasion de l'algue tropicale *Caulerpa taxifolia* en Méditerranée nord-occidentale. Oceanol. Acta 14 (4): 415-426.
- Meinesz, A. 1992. Modes de dissémination de l'algue *Caulerpa taxifolia* en Méditerranée. Comm. Int. Exp. Sc. Med., Rapp. Comm. Int. Mer Médit. 33: B 44.
- Meinesz, A. 1994. Répartition de *Caulerpa taxifolia* en Méditerranée à la fin de l'année 1993. Histoire d'une colonisation spectaculaire. Les entretiens de Ségur Paris Fr., 1: 8-27.
- Meinesz, A. and Belsher, T. 1993. Observations en sous-marin de *Caulerpa taxifolia* dans l'étage circalittoral de l'est des Alpes-Maritimes. Rapport du Laboratoire Environnement Marin Littoral, Université de Nice-Sophia Antipolis et du Laboratoire d'Ecologie IFREMER Centre de Brest-DEL.
- Meinesz, A., de Vaugelas, J., Hesse, B. and Mari, X. 1993. Spread of the introduced tropical green alga *Caulerpa taxifolia* in northern Mediterranean waters. J. Appl. Phycol. 5: 141-147.
- Meinesz, A., Benichou, L., Blachier, J., Komastu, T., Lemée, R., Molenaar, H. and Mari, X. 1995. Variations in the structure, morphology and biomass of *Caulerpa taxifolia* in the Mediterranean Sea. Bot. Mar. 38: 499-508.
- Meinesz, A. and Boudouresque, C. F. 1996. Sur l'origine de *Caulerpa taxifolia* en Méditerranée. C. R. Acad. Sci. Paris 319: 603-613.
- Meinesz, A., Cottalorda, J. M., Chiverini, D., Braun, M., Carvalho, N., Febvre, M., Ierardi, S., Mangialajo, L., Passeron-Seitre, G., Thibaut, T. and de Vaugelas, J. 1997. Suivi de l'invasion de l'algue tropicale *Caulerpa taxifolia* devant les côtes françaises de Méditerranée. Laboratoire Environnement Marin Littoral-CNRS UMR "DIMAR" 6540-Université de NICE-Sophia Antipolis, France.
- Meyer, K. D. and Paul, V. J. 1992. Intraplant variation in secondary metabolite concentration in three species of *Caulerpa* (Chlorophyta: Caulerpales) and its effects on herbivorous fishes. Mar. Ecol. Prog. Ser. 82: 249-257.
- Nang, H. Q. and Dinh, N. H. 1998. The seaweed resources of Vietnam. p.62-69. In: Critchley, A. T. and Ohno, M. (eds.) Seaweed resources of the world. Japan International Cooperation Agency Publ. Japan.
- Nielsen, P. G., Carle, J. S. and Christophersen, C. 1982. Final structure of caulerpicin, a toxic mixture from the green alga *Caulerpa racemosa*. Phytochemistry 21: 1643-1645.
- Ohba, H. and Enomoto, S. 1987. Culture studies on *Caulerpa* (Caulerpales, chlorophyceae) II. Morphological variation of *C. racemosa* var. *laetevirens* under various culture conditions. Jpn. J. Phycol. 35: 178-188.
- Ohba, H., Nashima, H. and Enomoto, S. 1992. Culture studies on *Caulerpa* (Caulerpales, Chlorophyceae) III. Reproduction, development and morphological variation on laboratory-cultured *C. racemosa* var. *peltata*. Bot. Mag. Tokyo 105: 589-600.
- Ohno, M. and Largo, D. B. 1998. The seaweed resources of Japan. p.1-14. In: Critchley, A. T. and Ohno, M. (eds.) Seaweed resources of the world. Japan International Cooperation Agency Publ. Japan.
- Parent-Massin, D., Fournier, V., Amade, P., Lemée, R., Durant-Clement, M., Delescluse, C. and Pesando, D. 1994. Evaluation of the toxicological risk to man of caulerpenyne using human haematopoietic progenitors, melanocytes and keratinocytes in culture. J. Environ. Health. 47:47-59.
- Paul, V. J. and Fenical, W. 1985. Diterpenoid metabolites from Pacific marine algae of the order caulerpales (Chlorophyta). Phytochemistry 24 (10): 2239-2243.
- Paul, V. J. and Fenical, W. 1986. Chemical defense in tropical green algae, order Caulerpales. Mar. Ecol. Prog. Ser. 34: 157-169.
- Paul, V. J. and Fenical, W. 1987. Natural products chemistry and chemical defense in tropical marine algae of the *Phylum chlorophyta*. Bioorganic Mar. Chemistry 1: 1-29.
- Paul, V. J., Littler, M. M., Littler, D. S. and Fenical, W. 1987. Evidence for chemical defense in tropical green alga *Caulerpa ashmeadii* (Caulerpales: Chlorophyta): Isolation of new bioactive sesquiterpenoids. J. Chem. Ecol. 13(5): 1171-1185.
- Perez, R., Kaas, R., Campello, F., Arbault, S. and Barbaroux, O. 1992. La culture des algues marines dans le monde. IFREMER, Brest, France, 613p.
- Pesando, D., Lemée, R., Durand-Clement, M., Dubreuil, A., Amade, P., Valls, R., Berhaut, J., Pedrotti, M.-L., Fenaux, L., Guerriero, A., Pietra, F. and Meinesz, A. 1994. Risques liés à la toxicité de *Caulerpa taxifolia*. p.265-269. In: Boudouresque, C. F., Meinesz, A. and Gravez, V. (eds.) First International Workshop on *Caulerpa taxifolia*. GIS Posidonie Publ., France.
- Phang, S. M. 1998. The seaweed resources of Malaysia. p.79-91. In: Critchley, A. T. and Ohno, M. (eds.) Seaweed resources of the world. Japan International Cooperation Agency Publ. Japan.
- Piozat, C. and Boudouresque, C. F. 1996. Méiofaune du Cap Martin (Alpes-Martimes, France). p.375-386. In: Ribera, M. A., Ballesteros, E., Boudouresque, C. F., Gomez, A. and Gravez, V. (eds.) Second International Workshop on *Caulerpa*

- taxifolia*. Universitat Barcelona Publ., Espagne.
- Price, I. R. 1972. Zygote development in *Caulerpa* (Chlorophyta, Caulerpales). *Phycologia* 11: 217-218.
- Prudhomme van Reine, W. F. and Lokhorst, G. M. 1992. *Caulerpella* gen. nov.: a non-holocarpic member of the Caulerpales (Chlorophyta). *Nova Hedwigia* 54(1-2): 113-126.
- Raub, M. F., Cardellina, J. H. and Schwede, J. G. 1987. The green algal pigment caulerpin as a plant growth. *Phytochemistry*, 26 (3) : 619-620.
- Ruiton, S. and Boudouresque, C.F. 1994. Impact de *Caulerpa taxifolia* sur une population de l'oursin *Paracentrotus lividus* à Roquebrune-Cap Martin (Alpes-Maritimes, France). p.371-378. In: Boudouresque, C. F., Meinesz, A. and Gravez, V. (eds.) First International Workshop on *Caulerpa taxifolia*. GIS Posidonie Publ., France.
- Sant, N., Delgado, O., Rodriguez-Prieto, C., Gacia, E., Ribera, G. and Ballesteros, E. 1996. Comparative study of photosynthetic characteristics between some autochthonous Mediterranean dominant macroalgae and *Caulerpa taxifolia* (Vahl) C. Agardh. p.191-196. In: Ribera, M. A., Ballesteros, E., Boudouresque, C. F., Gomez, A. and Gravez, V. (eds.) Second International Workshop on *Caulerpa taxifolia*. Universitat Barcelona Publ., Espagne.
- Schwartz, R. E., Hirsch, C. F., Sesin, D. F., Flor, J. E., Chartrain, M., Fromtling, R. E., Harris, G. H., Salvatore, M. J., Liesch, J. M. and Yudin, K. 1990. Pharmaceuticals from cultured algae. *J. Indust. Microbiol.* 5: 113-124.
- Schwede, J. G., Cardellina, J. H., Grode, S. H., James, jr. T. R. and Blackman, A. J. 1987. Distribution of the pigment caulerpin in species of the green alga *Caulerpa*. *Phytochem.* 261(1): 155-158.
- Scuri, R., Della Pietà, F., Mozzachiodi, R., Cinelli, F. and Brunelli, M. 1996. Changes in invertebrate single neuron activity produced by crude extract of *Caulerpa taxifolia*. p.343-348. In: Ribera, M. A., Ballesteros, E., Boudouresque, C. F., Gomez, A. and Gravez, V. (eds.) Second International Workshop on *Caulerpa taxifolia*. Universitat Barcelona Publ., Espagne.
- Sotto, F. 1978. The culture of *Caulerpa racemosa* in Kalawisan, Mactan Island, Cebu, Philippines: a potential for the seaweed industry. *The Philippine Scientist*: 109-110.
- South, R. G. 1998. The seaweed resources of the south Pacific islands. p.146-155. In: Critchley, A. T. and Ohno, M. (eds.) Seaweed resources of the world. Japan International Cooperation Agency Publ. Japan.
- Taieb, N., Valls, R. and Vicente, N. 1994. Histophysiologie de la glande digestive de *Aplysia punctata* (Cuvier) nourrie avec *Caulerpa taxifolia*. p.251-255. In: Boudouresque, C. F., Meinesz, A. and Gravez, V. (eds.) First International Workshop on *Caulerpa taxifolia*. GIS Posidonie Publ., France.
- Taieb, N. and Vicente, N. 1996. Ultrastructure des cellules de la glande digestive de *Aplysia punctata* nourrie à *Caulerpa taxifolia*. p.315-321. In: Ribera, M. A., Ballesteros, E., Boudouresque, C. F., Gomez, A. and Gravez, V. (eds.) Second International Workshop on *Caulerpa taxifolia*. Universitat Barcelona Publ., Espagne.
- Taylor, W. R. 1977. Notes on plants of the genus *Caulerpa* in the herbarium of Maxwell S. Doty at the University of Hawaii. *Atoll Res. Bull.* 208: 1-17.
- Toma, T. 1988. Kubire-zuta (umi-budou). p.47-56. In: Shokita, S. (ed) Aquaculture in tropical areas. Midori Shobo, Tokyo.
- Trono, G. and Toma, T. 1993. Cultivation of the green alga *Caulerpa lentillifera*. p.17-24. In: Ohno, M. and Critchley, A. T. (eds.) Seaweed cultivation and marine ranching. Japan International Cooperation Agency Publ., Japon.
- Trono, JR. G. C. 1998. The seaweed resources of the Philippines. p.47-61. In: Critchley, A. T. and Ohno, M. (eds.) Seaweed resources of the world. Japan International Cooperation Agency Publ. Japan.
- Uchimura, M., Larroque, C. and Sandeaux, R. 1999a. The enzymatic detoxifying system of a native mediterranean scorpion fish is affected by *Caulerpa taxifolia* in its environment. *Environ. Sci. Technol.* 33: 1671-1674.
- Uchimura, M., Bonfis, C., Sandeaux, R., Terawaki, T., Amade, Philippe. and Larroque, C. 1999b. Caulerpenyne, The major terpene extracted from the alga *Caulerpa taxifolia* is an inhibitor of cytochrome P450 dependent activities. p.137. In: 11th International Conference on cytochrome p450. Aug. 29 - Sep. 2 Sendai Japon.
- Valls, R., Petard, E., Amade, P., Piovetti, L. and Artaud, J. 1995. Etude de la fraction lipidique de l'algue verte *Caulerpa taxifolia*. *Cryptogamie Algologie* 16(3): 155-156.
- Verlaque, M. 1994. Inventaire des plantes introduites en Méditerranée: origines et répercussions sur l'environnement et les activités humaines. *Oceanol. Acta* 17(1): 1-23.
- Vidal, J.P., Laurent, D., Kabore, A., Rechencq, E., Boucard, M., Girard, J.P., Escale, R. and Rossi, C. 1984. Caulerpin, Caulerpicin, *Caulerpa scalpelliformis*: Comparative acute toxicity study. *Bot. Mar.* 27: 533-537.
- Villele, X. De and Verlaque, M. 1995. Changes and degradation in a *Posidonia oceanica* bed invaded by the introduced tropical alga *Caulerpa taxifolia* in the north western mediterranean. *Bot. Mar.* 38: 79-87.



## シンポジウム「藻類の安全性と健康への効用」

## 塩見一雄：藻類の安全性について

## 1. はじめに

単細胞藻類、特に渦鞭毛藻類の中には麻痺性貝毒、下痢性貝毒、シガテラ毒といった毒成分を生産するものが多く、二枚貝や魚に蓄積されて食中毒の原因となる。それに対して大型海藻類の大部分は、一般には食中毒とは無縁な安全な食品と考えられ広く食用に供されている。しかしながらオゴノリ類のように死者を含む中毒事件を引き起こしたのも知られているし、また多くの海藻はヒ素やカドミウムといった有害元素を高濃度に含み安全性を懸念する声があるのも事実である。特にヒ素は、わが国から欧米への海藻の輸出にあたって大きな障害となっている。本稿では、海藻食品の安全性を自然毒と有害元素の両面から概説する。

## 2. 自然毒

## 2.1. オゴノリ類の毒

オゴノリ類による中毒事件としては、表1に示すようにこれまでに国内外で6件が報告されている(山下・安元 1994、永井 1999)。発生件数ならびに患者数は少ないが、致命率の高いのが問題である。いずれの事件も新鮮なオゴノリ類を生または軽くゆでてサラダや酢の物として、あるいはみそ汁の具として食べて発生している。それぞれの地域の住民の間では何の障害もなく長年食用とされていたのに突然発生したという共通の特徴がある。わが国では石灰処理を施したオゴノリ類が刺し身のつまとして広く流通しているが、こうしたオゴノリ類による中毒例はない。

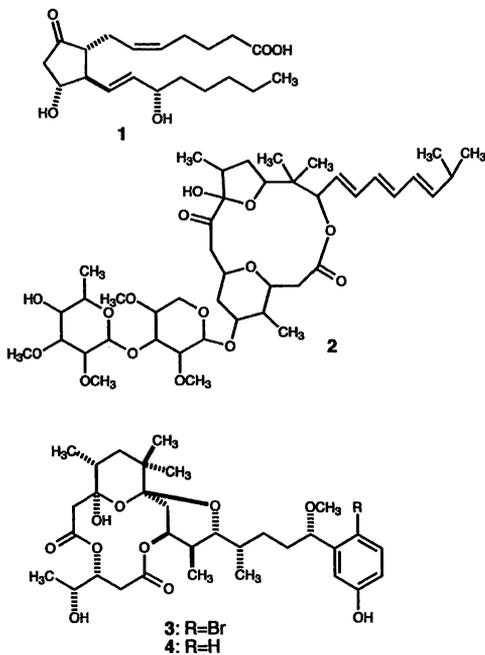
中毒症状から、国内での3件の中毒事件とサンフランシスコでの事件の原因物質は同一と推定されている。山形県酒田市の事件では、採集したオゴノリを細

切して水に漬けた後に摂食しているが、Fusetani and Hashimoto (1984) は同様に処理したオゴノリ中にはプロスタグランジン類、特にE<sub>2</sub> (1) が著しく増加することを見いだした。プロスタグランジン類は下痢や血圧降下を引き起こすことが知られているので、中毒原因物質であることが強く示唆された。その後Noguchi et al. (1994) は、横浜市の中毒検体からも多量のプロスタグランジン類を検出し、さらに細切したオゴノリにアラキドン酸を添加すると酵素作用によりプロスタグランジンE<sub>2</sub>の生成量が増加するが、刺し身のつまとして市販されているオゴノリではプロスタグランジン類の増加はほとんどみられないことを示した。これらのことから、新鮮な藻体中の酵素作用により藻体や食べあわせた食品中の高度不飽和脂肪酸からプロスタグランジン類が生成し、中毒を招いたと考えられている。

カタオゴノリによるグアムでの中毒事件では、下痢、嘔吐、血圧降下という上述の中毒事件での症状に加えて、全身けいれん、呼吸困難、皮膚の発赤もみられ、原因毒としてポリカバノシド類(主成分はポリカバノシドA、2) が同定された(Yotsu-Yamashita et al. 1993, 1995)。ポリカバノシド類はトリエン側鎖をもつ大環状ラクトン(マクロリド)をアグリコンとし、糖鎖として高度にメチル化したフコシルキシロースが結合した新規化合物である。中毒が突発的であったので毒の起源は渦鞭毛藻などの藻体付着生物ではと疑われたが、藻体を水で洗った洗浄液には毒性は検出されず、またポリカバノシド類はフコースやキシロースといった海藻に一般的な糖を含んでいるので、カタオゴノリ自身の産物であると推定されている。ポリカバノシド類が中毒量に達するほど突然増加する要因は不明である。

表1. オゴノリ類による食中毒事件例

発生年	発生場所	患者数 (人)	死者数 (人)	主な中毒症状	原因種
1980	山形県酒田市	4	1	下痢、嘔吐、腹痛、血圧低下	ツルシラモ ( <i>Gracilaria chorda</i> )
1981	愛媛県東予市	2	1	下痢、嘔吐、腹痛、血圧低下	オゴノリ ( <i>G. verrucosa</i> )
1991	グアム	13	3	下痢、嘔吐、全身けいれん、血圧低下	カタオゴノリ ( <i>G. edulis = Polycavernosa tsudai</i> )
1992	サンフランシスコ	3	0	下痢、嘔吐、血圧低下	?
1993	神奈川県横浜市	2	1	下痢、嘔吐、意識障害、血圧低下	オゴノリ ( <i>G. verrucosa</i> )
1994	ハワイ	8	0	下痢、嘔吐、バーニングセンサーション	モサオゴノリ ( <i>G. coronopifolia</i> )



1: プロスタグランジンE<sub>2</sub>, 2: ポリカパノシドA, 3: アプリシアトキシン, 4: デプロモアプリシアトキシン

一方、モサオゴノリを原因とするハワイの事件では、バーニングセンセーション（口やのどの灼けるような感覚）というきわめて特徴的な症状がみられた。複数の毒成分が確認され、主成分はアプリシアトキシン（3）とデプロモアプリシアトキシンで（4）、その他の毒成分もアプリシアトキシン類縁体であることが明らかにされた（Nagai *et al.* 1996, 1998）。アプリシアトキシン類はアメフラシ類の毒成分として最初に単離された物質である（Kato and Scheuer 1974, 1975）。その後、海産藍藻 *Lyngbya majuscula* との接触により海水浴客の肌に炎症や潰瘍が生じるいわゆる swimmers' itch の原因物質であることが報告され（Moore *et al.* 1984）、アメフラシのアプリシアトキシン類も藍藻由来と推定されている。モサオゴノリの場合も、中毒検体の表面に多数の藍藻の付着が観察され、また中毒検体の洗浄液

中にはアプリシアトキシン類が検出されたことから、アプリシアトキシン類はモサオゴノリの産物ではなく真の生産者は藍藻であると結論されている。

## 2.2. その他の自然毒

オゴノリ類以外に食中毒例のある海藻としてモズク類が知られている。1967年に秋田県男鹿市でモズク摂食により15人が、1974年に鹿児島県与論島でオキナワモズク摂食により5人が中毒している（橋本 1977a）。幸い両事件とも死者は出ていない。モズク中毒の原因毒は不明であるが、秋田県や山形県、奄美大島や与論島では、他の有毒生物（フグの卵、クラゲの刺胞など）が海藻に付着して中毒するという言い伝えがある。言い伝えの内容は正しくないと思われるが、過去にもモズクあるいは他の海藻による中毒が発生していることをうかがわせる。なお、海藻はシガテラ毒の起源として注目された時期があり（その後シガテラ毒の起源は渦鞭毛藻 *Gambierdiscus toxicus* であることが証明されている）、数種海藻（緑藻キツネノオ、褐藻アミジグサ類など）にマウス毒性が検出されているが毒成分の本体は不明である（橋本 1977b）。今後の食中毒防止のためにも、モズクや数種海藻の毒成分の本体を解明しておくことが必要である。

## 3. 有害元素

### 3.1. ヒ素

ヒ素は古くから毒物の代表とされ、ヨーロッパでは自殺や他殺にしばしば用いられてきた。成人の急性中毒量は5-50mg、致死量は100-300mgと見積られている。急性中毒症状としては咽頭部乾燥感、腹痛、悪心、嘔吐、ショック症状、心筋障害などがある。鉾山付近の飲料水を介した慢性中毒では、黒皮症（腹部などの色素沈着）、手足の角化症などのほかに皮膚ガンもみられ、インド、中国などのアジア諸国では深刻な問題になっている。わが国では表2に示すように大規模なヒ素中毒事件の経験があるが、中でも乳幼児が患者で130人の死者をだしたヒ素ミルク中毒事件により“ヒ素の恐ろしさ”が一般にも広く知られるようになった。平成10年7月に和歌山市で発生したヒ素入りカ

表2. ヒ素による食中毒事件例

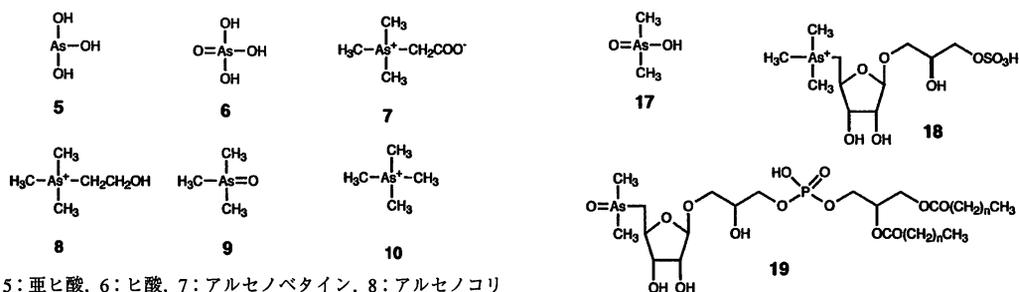
発生年	原因食品（ヒ素濃度, $\mu\text{g/g}$ または $\text{ml}$ )	患者数（人）	死者数（人）
昭和23年	醤油（16~18）	2,019	0
昭和30年	ドライミルク（20~30）	12,159	130
昭和30~31年	醤油（90）	390	0

表3. 千葉県小湊産海藻のヒ素およびカドミウム含量

海藻				元素含量 ( $\mu\text{g/g}$ 湿重量換算)			
				ヒ素	カドミウム		
緑藻	アオサ目	ヒトエグサ科	ヒトエグサ	3.5	0.016		
		アオサ科	ボタンアオサ	0.90	0.015		
	ミル目	イワツタ科	フサイワツタ	1.1	0.012		
褐藻	アミジグサ目	アミジグサ科	アミジグサ	2.7	0.012		
			シワヤハズ	3.7	0.067		
			ヘラヤハズ	3.7	0.024		
	ナガマツモ目	イシゲ科	ウミウチワ	2.4	0.22		
			イロロ	5.7	0.19		
			カジメ	8.5	0.29		
ヒバマタ目	ホンダワラ科	ワカメ	35	0.055			
		ジョロモク	22	0.27			
		ヒジキ	12	0.41			
		ホンダワラ	8.8	0.27			
		ウミトラオノ	11	0.29			
		ナラサモ	30	0.63			
紅藻	ウミゾウメン目	ベニモズク科	カモガシラノリ	1.9	0.21		
			マクサ	0.42	0.14		
	テングサ目	テングサ科	ユイキリ	1.7	0.47		
			ヒジリメン	2.0	0.32		
	カクレイト目	ムカデノリ科	キントキ	1.8	0.032		
			コメノリ	2.3	0.38		
			フノリ科	ハナフノリ	8.7	0.13	
			スギノリ目	ミリン科	トサカノリ	0.82	0.065
				イバラノリ科	イバラノリ	2.3	0.021
				オゴノリ科	オゴノリ	4.1	0.041
オキツノリ科	オキツノリ	1.9		0.11			
ダルス目	スギノリ科	ハリガネ	2.6	0.078			
		ツノマタ	1.0	0.18			
		ワタツナギ科	フシツナギ	0.60	0.75		
		イギス目	コノハノリ科	ハイウスバノリ	3.0	0.019	
フジマツモ科	ユナ		1.1	0.11			

レー中毒事件（患者67人，死者4人）は、ヒ素の毒性を再認識させたといえる。このようにヒ素は有害元素であるが、なぜか海藻をはじめとした魚介類に著しく高濃度に含まれている。海藻のヒ素含量の一例として筆者らが千葉県小湊産試料で調べた結果を表3にまとめたが、コンブ科およびホンダワラ科の褐藻の含量が特に高く、ヒ素ミルク中毒事件でのミルク中の含量

(20-30  $\mu\text{g/g}$ ) を越えるものもある。海産動物の中ではバイ、ボウシュウボラといった肉食性巻貝のヒ素含量が10  $\mu\text{g/g}$ 以上ととりわけ高く (Shiomi *et al.* 1984)、300  $\mu\text{g/g}$ に達する例も報告されている (Shiomi *et al.* 1987)。幸い魚介類によるヒ素中毒例はないが、含量の点から考えると“魚介類に含まれるヒ素は食品衛生上安全か？”という疑問が当然生じる。以下に海藻を中心と



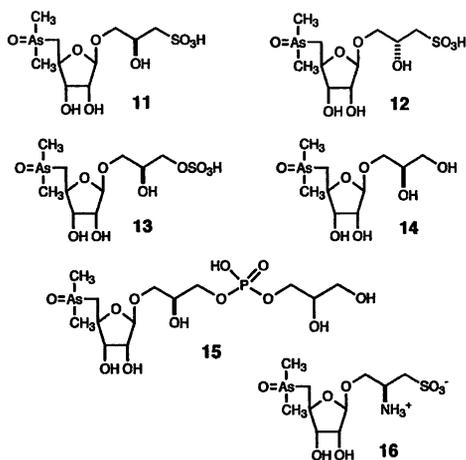
5: 亜ヒ酸, 6: ヒ酸, 7: アルセノベタイン, 8: アルセノコリン, 9: トリメチルアルシンオキシライド, 10: テトラメチルアルソニウム

した魚介類中のヒ素の化学形、毒性・代謝に関するこれまでの知見を述べ安全性を検証する。

一般的にヒ素化合物の毒性は無機態の方が有機態よりもはるかに高く、3価無機態>5価無機態>有機態の順であると考えられている。ヒ素ミルク中毒事件やカレー中毒事件の原因となった亜ヒ酸(5)は3価無機態、亜ヒ酸ほどではないが毒性が高いと言われるヒ酸(6)は5価無機態に相当する。筆者ら(Shinagawa *et al.* 1983)は多くの魚介類についてヒ素の存在状態を調べたが、無機態が総ヒ素の約60%も検出されたヒジキを除くと総ヒ素の大部分は水溶性の有機態であるという好ましい結果が得られた。魚介類の水溶性有機ヒ素化合物としては、ロブスターからアルセノベタイン(7)が初めて単離同定され(Edmonds *et al.* 1977)、その後7は海産動物にほぼ普遍的に分布する主要なヒ素化合物であることが示された(塩見 1992, Edmonds *et al.* 1993, Francesconi and Edmonds 1993)。一部海産動物では、おおむね微量成分としてはあるがアルセノコリ

ン(8)、トリメチルアルシンオキシライド(9)、テトラメチルアルソニウム(10)の存在も確認されている(塩見 1992, Edmonds *et al.* 1993, Francesconi and Edmonds 1993)。海藻に含まれるヒ素の化学形については9種海藻で検討されており、成分組成を表4にまとめた。ヒジキを除く8種ではジメチルヒ素とリボースが結合したアルセノシュガー類(特に11-16)が主成分で、海産動物にみられる7-10は含まれないことが判明した(Edmonds *et al.* 1993, Francesconi and Edmonds 1993)。ジメチル体のアルセノシュガー以外の微量成分としては、ミル(Jin *et al.* 1988)ではジメチルアルシン酸(17)、ウミトラノオ(Shibata and Morita 1988)ではトリメチル体のアルセノシュガー(18)、アサクサノリ(Shibata *et al.* 1990)では無機態のヒ酸が確認されている。前述したように非常に特殊な例はヒジキで、含まれるヒ素の約半分は有機態のアルセノシュガーであるが残りの半分は無機態のヒ酸である(Edmonds *et al.* 1987)。なお、ワカメからは、ジメチル体のアルセノシュガー骨格を持つ脂溶性ヒ素化合物(19)も単離同定されている(Morita and Shibata 1988)。

次に毒性・代謝に関してであるが、表5(貝瀬ら 1996)に示すように海産動物のヒ素化合物である7-9の急性毒性は亜ヒ酸の約1/200あるいはそれ以下ときわめて弱く、実質的に無毒と考えるとよい。実験動物に投与してもいずれも短時間で大部分が尿中に排泄され、体内に蓄積することはない(塩見 1992)。10の急性毒性はやや高いが、代謝実験ではやはり体内蓄積性のないことが証明されている(Shiomi *et al.* 1988)。一方、海藻の主要なヒ素化合物であるアルセノシュガーの急性毒性は解明されていない。表5に示した細胞増殖阻害試験および染色体異常誘発試験では、アルセノシュガーの毒性はアルセノベタインとメチルアルソニ酸の間である。これら試験での各種ヒ素化合物の毒



11-16: ジメチル体のアルセノシュガー類

表4. 海藻における各種ヒ素化合物の分布

海藻	抽出ヒ素に占める割合 (%)							
	アルセノシュガー						ジメチルアル シン酸 (17)	ヒ酸 (6)
	11	12	13	14	15	16		
緑藻 ミル	50				10		5	
褐藻 イシモズク	9			50	11	5		
マコンブ	50	30		3	17			
<i>Ecklonia radiata</i>	50				20			
ワカメ	70			12	18			
ヒジキ	1		45					50
ウミトラノオ			40					
<i>Sargassum lacerifolium</i>	5		79	5	10			
紅藻 アサクサノリ			70		28			1.5

(注) 1%未満のものは除外してある。

性は急性毒性とほぼ対応しているので、アルセノシュガーの急性毒性もアルセノベタインとメチルアルソン酸の中間と推定される。アルセノシュガーの代謝に関しても不明な点が残されている。筆者ら (Shiomi *et al.* 1990) はササビノリから部分精製したアルセノシュガーを用いてマウスにおける代謝を調べた。図1に示すように、主な排泄経路は経口投与ではふん、静脈投与では尿という違いがあるものの、投与方法にかかわらず投与ヒ素のほぼ100%が短時間で体外に排泄され体内蓄積性は認められなかった。経口投与の場合、ふん中のヒ素化合物はアルセノシュガーであり、投与ヒ素の大部分は腸管から吸収されることなくそのままの形で排泄されたと考えられる。また、いずれの投与でも尿中にはアルセノシュガーとは異なる複数のヒ素化合物が検出され、体内変換を受けることが判明したが、代謝産物は不明である。海藻抽出物あるいは海藻粉末をヒトに経口摂取させた実験では、筆者らのマウ

スでの結果と違って腸管吸収率が高く、生体内代謝を受けて主として尿中に排泄されるようである (福井ら 1981、Le *et al.* 1994、Ma and Le 1998)。しかし、摂取ヒ素量のどの程度が排泄されるかは明確でないし、代謝産物もジメチルアルシン酸しか同定されていない。

海藻のヒ素化合物の安全性に関するデータがやや不十分なこともあり、海藻のヒ素規制は国際的に統一されていない。海藻に含まれるヒ素をはじめとした各種元素の規制について、正確な情報を入手できたフランスの例を表6に示す。フランスでは無機ヒ素として3  $\mu\text{g/g}$  (乾燥重量基準) が規制値になっているが、同じ値はアメリカでも採用されている。オーストラリアでは魚貝類に対して無機ヒ素1  $\mu\text{g/g}$  という規制値が設けられ、海藻に対しても準用されているようである。しかし、無機ヒ素による規制ではなく総量規制をとっている国もある。イタリアではヒ素の食品からの1週間最大許容摂取量は0.015 mg/kg (体重70kgのヒトでは

表5. 各種ヒ素化合物の急性毒性、細胞増殖阻害および染色体異常誘発

ヒ素化合物	急性毒性 <sup>*1</sup> LD50 (g/kg)	細胞増殖阻害 <sup>*2</sup> ID50 (mg/ml)	染色体異常誘発 <sup>*3</sup> % (mg/ml)
アルセノベタイン (7)	>10.0	>10	18 (10)
アルセノコリン (8)	6.5		
トリメチルアルシンオキサイド (9)	10.6		
ヨウ化テトラメチルアルソニウム (10)	0.89		
アルセノシュガー (14)		2	15 (5)
ジメチルアルシン酸 (17)	1.2	0.32	90 (0.5)
メチルアルソン酸	1.8	1.2	37 (1)
ヒ酸 (6)		0.006	33 (0.02)
亜ヒ酸 (5)	0.0345	0.0007	20 (0.001)

\*1マウス経口投与

\*2マウス繊維芽細胞

\*3ヒト臍帯繊維芽細胞

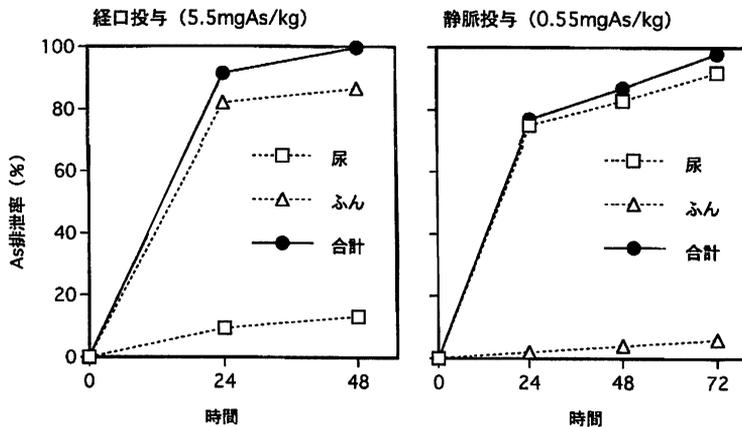


図1 スサビノリのアルセノシュガーを投与したマウスにおけるヒ素の排泄状況

1.05 mg になる) とされており、ヒ素含量  $20 \mu\text{g/g}$  の海藻を 50 g 摂取すると、他の食品からのヒ素摂取がないと仮定しても体重 70 kg のヒトの許容摂取量のほぼ 1 週間分に達することになる。イタリアの規制値にしたがうと海藻 (特に褐藻) の大部分は輸出できないことになる。海藻のヒ素に関する国際規制をせめて無機ヒ素のみを基準とするためにも、アルセノシュガーの毒性ならびに代謝について国際的に通用するデータを集積することが重要な課題である。それでもなお、ヒ酸を著量に含むヒジキの安全性の問題は解決されない。日本ではこれまでにヒジキ摂取によるヒ素中毒例がないという傍証だけでは諸外国に対して説得力が乏しい。ヒジキとして摂取すると、含まれるヒ酸の腸管吸収および代謝はヒジキ中の種々の成分 (特に多糖類) との相互作用により、ヒ酸単独摂取の場合とは異なる可能性があるため検討の余地がある。同時に、ヒジキ多食者の健康調査といった疫学的データも望まれる。

### 3.2. その他の有害元素

有害元素としてはヒ素以外にカドミウム、水銀、鉛、スズなどがあげられるが、海藻の場合には含量の点でカドミウムにも多少問題がある。フランスにおける海藻のカドミウムに対する規制値は乾燥重量換算で  $0.5 \mu\text{g/g}$  であるが (表6)、筆者らが測定した千葉県小湊産海藻では湿重量換算でも褐藻ナラサモと紅藻フシツナギの2種は  $0.5 \mu\text{g/g}$  を越えており (表3)、もし乾燥重量換算であればオーバーする種類はもっと多くなるであろう。また、6検体の乾ノリのカドミウム含量も調べたが、 $0.83\text{-}3.6 \mu\text{g/g}$  (平均  $1.9 \mu\text{g/g}$ ) とかなり高かった。カドミウムの急性中毒量は  $3 \text{ mg}/70 \text{ kg}$  以上と推定されているが、問題になるのはむしろ慢性中毒であ

る。WHO の試算では、毎日  $140\text{-}260 \mu\text{g}$  のカドミウムをほぼ全生涯にわたって摂取し続ける、あるいは総摂取量が約  $2,000 \text{ mg}$  を越えると中毒症状が現れる。わが国での慢性中毒事件としては富山県神通川流域で発生したイタイイタイ病が有名で、典型的な症状は腎障害と疼痛を伴った骨軟化症である。これらのカドミウムの毒性はすべて無機態での話であるが、ヒ素の例でもわかるように有害元素の毒性は含量よりも化学形に大きく依存している。海藻に含まれているカドミウムの安全性検討のためには、まず化学形を明らかにし、次いで毒性・代謝を調べる必要がある。

一般的には有害元素というわけではないが、海藻中に高濃度に含まれるヨウ素は甲状腺機能への影響が心配され、フランスでも規制対象元素の一つになっている (表6)。陸上植物のヨウ素含量は  $1 \mu\text{g/g}$  程度であるが、海藻の平均含量は緑藻  $130 \mu\text{g/g}$ 、褐藻  $4300 \mu\text{g/g}$ 、紅藻  $890 \mu\text{g/g}$  で、褐藻の含量が特に高い (野田 1983)。ヨウ素は甲状腺ホルモンの材料として不可欠で、成人の1日要求量は  $200\text{-}300 \mu\text{g}$  と見積られている (鈴木 1980)。世界的には内陸部や山岳地帯でヨウ素欠乏による甲状腺腫の患者が多くみられるが、海藻の摂取量

表6. 海藻の各種元素に対するフランスの規制値

元素	規制値 ( $\mu\text{g/g}$ , 乾燥重量基準)
無機ヒ素	3
カドミウム	0.5
水銀	0.1
鉛	5
スズ	5
ヨウ素	コンブ類 6000
	その他の海藻 5000

の多い日本ではヨウ素不足よりもむしろ過剰摂取が問題になる。海藻中のヨウ素は大部分が無機態のヨウ化物であるが (Meguro *et al.* 1967)、無機態ヨウ素の過剰摂取は Wolff-Chaikoff 効果として知られる甲状腺ホルモンの生合成抑制、甲状腺からのホルモンの分泌の抑制といった甲状腺機能低下症を引き起こす (Silva 1985)。成人では甲状腺機能の低下は通常は一過性で、過剰のヨウ素の摂取を続けても甲状腺機能は正常に戻る (この現象を Wolff-Chaikoff 効果からの escape と呼んでいる)。しかし、1日 10 mg 以上という大量の無機態ヨウ素 (コンブのようにヨウ素含量の高いものでは 2-3 g 程度でヨウ素 10 mg に達する) を数日以上摂取した場合には escape は起こりにくく、胎児や新生児ではもっと少量でも甲状腺機能の低下を招きしかも escape は起こりにくいことが知られている。胎児は胎盤を通して、新生児は母乳を通して母親からヨウ素が移行するので、妊婦や産婦は海藻からのヨウ素の過剰摂取には特に注意が必要である (前坂ら 1990)。

#### 4. おわりに

海藻の安全性にとって何が問題かを自然毒と有害元素の両面から述べてきた。長年の経験上、海藻はミネラルと繊維質に富んだ健康食品であることは間違いないが、安全性を心配しながら摂取するのでは健康食品とは言えないであろう。そのためにもすでに指摘してきたいくつかの今後の検討課題に向けて研究が進展することを期待している。また、すべての食品に当てはまることであるが、いくら健康にいいからといっても偏食は避けるべきである。海藻が健康食品としての機能を発揮するのは、海藻を含めたバランスのとれた食事においてであることを強調しておきたい。

#### 引用文献

- Edmonds, J. S., Francesconi, K. A., Cannon, J. R., Raston, C. L., Skelton, B. W. and White, A. H. 1977. Isolation, crystal structure and synthesis of arsenobetaine, the arsenical constituent of the western rock lobster *Panulirus longipes cygnus* George. *Tetrahedron Lett.* 1977: 1543-1546.
- Edmonds, J. S., Morita, M. and Shibata, Y. 1987. Isolation and identification of arsenic-containing ribofuranosides and inorganic arsenic from Japanese edible seaweed *Hizikia fusiforme*. *J. Chem. Soc. (Perkin Trans. I)* 1987: 577-580.
- Edmonds, J. S., Francesconi, K. A. and Stick, R. V. 1993. Arsenic compounds from marine organisms. *Natural Products Rep.* 1993: 421-428.
- Francesconi, K. A. and Edmonds, J. S. 1993. Arsenic in the sea. *Oceanogr. Mar. Biol. Annu. Rev.* 31: 111-151.
- 福井昭三・平山晃久・野原基司・阪上嘉彦 1981. 数種の高産食品中のヒ素の存在形態とそれら食品摂取後の尿中ヒ素代謝物について. *食衛誌* 22: 513-519.
- Fusetani, N. and Hashimoto, K. 1984. Prostaglandin E<sub>2</sub>: a candidate for causative agent of 'ogonori' poisoning. *Nippon Suisan Gakkaishi* 50: 465-469.
- 橋本芳郎 1977a. 魚貝類の毒. pp.21-23, 学会出版センター, 東京.
- 橋本芳郎 1977b. 魚貝類の毒. pp.212-213, 学会出版センター, 東京.
- Jin, K., Hayashi, T., Shibata, Y. and Morita, M. 1988. Arsenic-containing ribofuranosides and dimethylarsinic acid in green seaweed, *Codium fragile*. *Appl. Organomet. Chem.* 2: 356-369.
- 貝瀬利一・大屋・太田幸子・越智崇文・大久保 徹・花岡研一・Irgolic, K. J.・櫻井照明・松原チヨ 1996. 海藻中に含まれる有機ヒ素化合物・アルセノ糖の培養細胞を用いた毒性学的研究. *食衛誌* 37: 135-141.
- Kato, Y. and Scheuer, P. J. 1974. Aplysiatoxin and debromoaplysiatoxins, constituents of the marine mollusk *Stylocheilus longicauda* (Quoy and Gaimard, 1824). *J. Am. Chem. Soc.* 96: 2245-2246.
- Kato, Y. and Scheuer, P. J. 1975. The aplysiatoxins. *Pure Appl. Chem.* 41: 1-14.
- Le, X. -C., Cullen, W. R. and Reimer, K. J. 1994. Human urinary arsenic excretion after one-time ingestion of seaweed, crab, and shrimp. *Clin. Chem.* 40: 617-624.
- Ma, M. and Le, X.-C. 1998. Effect of arsenosugar ingestion on urinary arsenic speciation. *Clin. Chem.* 44: 539-550.
- 前坂機江・諏訪 三・立花克彦・菊地信行 1990. 母体のヨード過剰摂取による新生児甲状腺機能低下症. *ホルモンと臨床* 38: 1197-1202.
- Meguro, H., Abe, T., Ogasawara, T. and Tuzimura, K. 1967. Analytical studies of iodine in food substances. Part I. Chemical form of iodine in edible marine algae. *Agr. Biol. Chem.* 31: 999-1002.
- Moore, R. E., Blackman, A. J., Cheuk, C. E., Mynderse, J. S., Matsumoto, G. K., Clardy, J., Woodard, R. W. and Craig, J. C. 1984. Absolute stereochemistries of the aplysiatoxins and oscillatoxin A. *J. Org. Chem.* 49: 2484-2489.
- Morita, M. and Shibata, Y. 1988. Isolation and identification of arseno-lipid from a brown alga, *Undaria pinnatifida* (Wakame). *Chemosphere* 17: 1147-1152.
- 永井宏史 1999. ハワイで発生したオゴノリ食中毒. *化学と生物* 37: 149-151.

- Nagai, H., Yasumoto, T. and Hokama, Y. 1996. Aplysiatoxin and debromoaplysiatoxin as the causative agents of a red alga *Gracilaria coronopifolia* poisoning. *Toxicon* 34: 753-761.
- Nagai, H., Kan, Y., Fujita, T., Sakamoto, B. and Hokama, Y. 1998. Manaualide C and anhydrodebromoaplysiatoxin, toxic constituents of the Hawaiian red alga, *Gracilaria coronopifolia*. *Biosci. Biotech. Biochem.* 62: 1011-1013.
- 野田宏行 1983. 微量元素要求. 海藻の生化学と利用 (日本水産学会編). pp.23-32, 恒星社厚生閣, 東京.
- Noguchi, T., Matsui, T., Miyazawa, K., Asakawa, M., Iijima, N., Shida, Y., Fuse, M., Hosaka, Y., Kirigaya, C., Watabe, K., Usui, S. and Fukagawa, A. 1994. Poisoning by the red alga 'ogonori' (*Gracilaria verrucosa*) on the Nojima coast, Yokohama, Kanagawa Prefecture, Japan. *Toxicon* 32: 1533-1538.
- Shibata, Y. and Morita, M. 1988. A novel trimethylated arseno-sugar isolated from the brown alga *Sargassum thunbergii*. *Agric. Biol. Chem.* 52: 1087-1089.
- Shibata, Y., Jin, K. and Morita, M. 1990. Arsenic compounds in the edible red alga, *Porphyra tenera*, and in nori and yakinori, food items produced from the red algae. *Appl. Organomet. Chem.* 4: 255-260.
- Shinagawa, A., Shiomi, K., Yamanaka, H. and Kikuchi, T. 1983. Selective determination of inorganic arsenic (III), (V) and organic arsenic in marine organisms. *Nippon Suisan Gakkaishi* 49: 75-78.
- 塩見一雄 1992. 海産生物に含まれるヒ素の化学形・毒性・代謝. *食衛誌* 33: 1-10.
- Shiomi, K., Shinagawa, A., Yamanaka, H. and Kikuchi, T. 1984. Contents and chemical forms of arsenic in shellfishes in connection with their feeding habits. *Nippon Suisan Gakkaishi* 50: 293-297.
- Shiomi, K., Orii, M., Yamanaka, H. and Kikuchi, T. 1987. The determination method of arsenic compounds by high performance liquid chromatography with inductively coupled argon plasma emission spectrometry and its application to shellfishes. *Nippon Suisan Gakkaishi* 53: 103-108.
- Shiomi, K., Horiguchi, Y. and Kaise, T. 1988. Acute toxicity and rapid excretion in urine of tetramethylarsonium salts found in some marine animals. *Appl. Organomet. Chem.* 2: 385-389.
- Shiomi, K., Chino, M. and Kikuchi, T. 1990. Metabolism in mice of arsenic compounds contained in the red alga *Porphyra yezoensis*. *Appl. Organomet. Chem.* 4: 281-286.
- Silva, J. E. 1985. Effects of iodine and iodine-containing compounds on thyroid function. *Med. Clin. North Am.* 69: 881-898.
- 鈴木光雄 1980. 甲状腺その生理と病態. pp.355-415, 共立出版, 東京.
- 山下まり・安元 健 1994. 大型海藻オゴノリ類による食中毒と原因物質. *化学と生物* 32: 422-424.
- Yotsu-Yamashita, M., Haddock, R. L. and Yasumoto, T. 1993. Polycavernoside A: a novel glycosidic macrolide from the red alga *Polycarvernosa tsudai* (*Gracilaria edulis*). *J. Am. Chem. Soc.* 115: 1147-1148.
- Yotsu-Yamashita, M., Seki, T., Paul, V. J., Naoki, H. and Yasumoto, T. 1995. Four new analogs of polycavernoside A. *Tetrahedron Lett.* 36: 5563-5566.

(〒 108-8477 東京都港区港南 4-5-7 東京水産大学)



## 藻類と研究生活—私の歩んできた道—

有賀祐勝

## はじめに

東京教育大学に通った学部学生時代、東京大学で過ごした大学院生時代、大学勤務の研究生活を通じて何人かの偉い先生の「最終講義」を聴いたり、また先生方や先輩の退官記念会に出席したりお世話をしたりした。その度に、特に自分の退職の年が近づいてくるにつれて、強く感じてきたことは、このような先生方や先輩と違って自分は先生方や先輩にお世話になるばかりで、学生の面倒も余りみてこなかったし大した研究もしてこなかったということであった。従って、退職の時が来ても最終講義や退官記念会のような催しをやらせてもらうことは一切やめようとの思いがだんだん強くなり、10年ほど前からこの思いは決心へと変わっていった。最終講義をすることもなく退職が目前に迫ってきたころ、送別会などの話も1~2あったが学内学外とも断り、3月末の大学全体の退職者送別会のみ出席させてもらった。

「最終講義」はいつ誰が始めたものか知らないけれど、大学の先生が退職の時にやるのが恒例になっているようである。聴衆が心から耳を傾けてくれ、歴史に残るような名講義ができればいいが、凡人の私にはとても無理である。だいいち恒例のおつき合いでは聞かされる方が迷惑であるというのが私の持論である。しかし、「藻類」の編集委員長から「シリーズ最終講義」の原稿依頼があり、やむなく引き受けることになった。大学で「最終講義」をやらなかった罰かもしれない。これまで歩んできた道のりを振り返り、恥をさらすことで人生の一区切りをつけようと思う。

## 生物学への道

信州伊那谷最北端の山間の地の農家に生まれ育った私は高校卒業まで自然環境に恵まれた伊那谷でのんびりと過ごした。敗戦直後の自由の風が吹き始めた国民学校（小学校—私は1941年4月に最初の国民学校に入学し、47年3月に最後の国民学校を卒業したので、小学校には行っていない）で吉江悟郎先生が始めた気象観測研究会に入ったのが自然科学的な学習の発端で

あった。この研究会で定期的な観測と観察について初歩的な手ほどきを受け、継続観測の重要性を学んだ。

47年4月から始まった新制中学では、特に村上利政先生の理科の授業の中で黒板に書かれたシダの生活史のすばらしい絵（図）と明快な説明に感動し、真似をして何度もノートに書いているうちにすっかり憶えてしまった。前葉体に雄と雌の細胞ができ、受精が行われてシダ（孢子体）ができることを知り、その後実際に顕微鏡で前葉体を見ることができ、その美しさに感激した。いろんな野生の草花を取ってきて、理科室にある大きな牧野植物図鑑を見ながら名前を調べたり、名前を書いた短冊をつけて廊下に飾ったり、押し葉標本を作ったりもした。また、水田でトノサマガエルを捕まえたり、溪流でアカガエルを捕まえてきて板の上に載せ、五寸釘の先を金槌でたたいて薄くした自作のメスで解剖し、近所の子供達に内臓の説明を何度もやって見せたりした。余り学術的では勿論なかったが、生物特に植物への関心が高まったのが中学時代であった。新しい学制のもとで受験勉強などすることなく全員が中学に入れたし、まだ先生も数が足りない時代であり、田舎のことで教科書だけ勉強していればほとんどすべてが間に合ったので、高校受験の準備に追われることもなく、いたってのんびりした平和な中学時代であった。中学卒業までは、自宅から学校まで片道約4キロの山道をほとんど毎日ぞうり履きで往復し、特に帰りには同級生と魚を捕まえたり、エビやカニを捕まえたり、ツツジの花や野草を取って食べたりで、本当に自然を満喫できる環境で過ごした。

50年に高校に入ってから、自宅から約4キロの山道を駅まで歩き、約35分電車に乗って伊那町（現在の伊那市）へ通学という毎日が3年間続いた。ここでは1年生の生物の担当は新進の清水一郎先生で、3年間の生物部の活動を含めて大変お世話になった。中学までと違って、生物部にはそれぞれ得意の分野を持つ先輩がたくさんいて、かなり専門的な難しいことをやっていた。放課後は、先輩が交代でいろんなことを教えてくれた。私にとっての楽しみは、やはり休日に行わ

れる採集会であった。捕虫網を持ちたりプランクトンネットを持ちたりしていろんなところへでかけ、採集物を理科室へ持ち帰って名前を調べたり整理したりした。1年生は主に教えてもらう方であったが、やがて2年・3年となると順次教える側にまわっていった。

こんな中で大変幸運であったのは、生物の先生方の集まる研修会に生徒も出席させてもらえたことである。信濃教育会南信地区の研修会では、篠藤喜人先生や木原均先生のような大先生の講義を聴く機会に恵まれたり、特定分野を専門とする他の高校の先生の講義や実習を受けることもできた。3年生になると生物部の責任者を押しつけられて皆の世話をすることになり、夏休みに霧が峰への採集会を行った。その折、偶然にも都立大学の北沢右三先生に山の上でお会いすることになった。捕虫網を持って歩いている高校生たちに「競馬場（上諏訪の）の前の北沢と言えはわかるから、時間があつたら来なさい」と言われたことを今でもはっきり思い出す。不思議なことに、その後生態学分野に進んでから、いろんな機会に先生とお会いすることになった。

採集会では私は植物担当が主で、胴乱を肩にかけ根掘りを持つというスタイルであった。生物部の胴乱は十分な数がなく何人かの共用であった。ある時父に胴乱を買いたいとねだったことがある。父は即座に「煙草を吸うのはまだ早い！」と一喝。植物採集用の胴乱のことは全く知らず、自分がきざみ煙草を入れている胴乱とってしまったのであった。結局、胴乱は大学に入ってからようやく自分のものを持つことができた。

信濃教育会には第三部会というのがあって理科の研究に助成を行い、年度末に研究発表会を開いていた。清水一郎先生が勧めてくれるまま何も知らずに「西駒ヶ岳における植物社会の構成について」という標題で申請をしてしまった。実は2年生の時から胸部レントゲン写真に問題があって要注意の指示があり、お蔭様で激しい運動をしてはいけないというので体育の時間は見学が続いており、3年生になっても要注意は解除にならなかったの、1年生の夏に初めて登った西駒ヶ岳（新田次郎の「聖職の碑」でよく知られる木曾駒ヶ岳を伊那の人々はこう呼んでいる）にこの夏登るのは問題であった。しかし、報告書を書かなければならないので、担任の先生には内緒で清水先生と登ってしまった。体のことは随分心配されたが、その後何の変化もなく、大学入学後の胸部レントゲン検査では無事パスであった。今では、恐らく戦後間もなくの田舎の

保健所のレントゲン機械がおかしかったのではと思っている。さて、調査の方は清水先生にかなりのおんぶで、報告書作成と発表会の準備は文字通り「おんぶに抱っこ」であった。南信地区は飯田長姫高校で発表会が行われ、無事終了して助成金をもらった。この助成金は生物部に寄付することを申し出たが、清水先生の勧めで私が保管しておいて次の調査に使うことになった。次の夏は、永久コドラートを設置して長期にわたる植物群落の変化を追跡することになり、とりあえず木枠のコドラートを濃ヶ池の上方に設置した。しかし、それ以後は残念ながら観察を続ける機会がないまま今日に至ってしまった。この時の成果は、信濃教育会第三部会の昭和27年度高校職員生徒の研究集録に収められており、私の最初の研究報告となった。

### 生態学への道

生物学のことが本当はよく分からないまま、西駒ヶ岳の植物社会などということに関わったことから生態学への興味は徐々に成長しつつあり、53年に東京教育大学理学部生物学科植物学専攻に入学できたことから、本格的な生物学の勉強が始まった。しかし、親に内緒で高校3年の最後の授業料を使って入学試験を受けた身にとって、入学はしたもののアルバイトなしでは東京での生活は成り立たず、実験は決められた時間が来ると自主的？に打ち切って足りないところは友人に助けてもらい、金のかかる実習はできるだけ避けて最低限の出席で最低限の必要単位をもらうことを目指した最低の学生であった。

2年生の春には海藻を対象にした臨海実習が石川茂雄先生の指導で伊豆下田の臨海実験所で行われた。海なし県に生まれ育った私が初めて海を見たのは、中学3年の静岡県清水の三保の松原への修学旅行の時であるが、それ以来の海であり、生きた海藻を見るのはこれが初めてであった。1週間の実習中は残念ながら天候に恵まれずほとんど雨降り、やむなく熱帯植物園や石廊崎の見学と蓮台寺での温泉体験？に当てられた。それでも1日だけは採集に出かけられる天気になり、実験所前から小さな木造船に乗って出発し爪木崎近くの磯に上陸し、初めての磯採集を行った。天気の変化も心配だし時間も限られていたので、実験所の方向に戻りながら昼飯抜きでいくつかの磯で採集を続け、歩いて実験所に帰った。腹ごしらえをした後、採集してきた海藻の同定と標本作りを夜中までかかって行った。本当に実習と言えるのはたった1日であったが貴重な体験の1日であり、臨海実習は多くの楽しい

思い出を残して終了した。この実験所を再び訪れるようになるのはそれから数年が経過してからで、初めは主に植物プランクトンの光合成の研究のためであった。

勉強に余り熱心でない学生であったが、それでも非常勤講師として来ていた門司正三先生の植物生態学は欠席することなく聴講し、最後の時間には他の学生は皆休んでしまい、「とうとう一人だけになりましたか、まあ最後の講義をやりましょう」と言われた。講義が始まってしばらくすると、2人程学生が現れたので何とか講義の形になった。植物群落の光条件を調べるための全天写真を撮るデモンストレーションを門司先生自らがやるのを学生は何もせずに見ただけだったり、氷点降下の実験のための氷を買って行っただけで何もしないで終わらせたりという学生であった。植物分類学実験では、クラス仲間の尻馬に乗って代表で伊藤洋先生のところへ行って「先生、今日は最後の時間だから実験は止めにしましょう」などと理由にならないことを言って、先生から「うん、そうしよう」との回答をもらったりした。期末試験では答案提出の速さで一二をよく争った一つも優秀できれいなしっかりした答案を速く仕上げるH氏と最低限のこゝしか書けない合格点ぎりぎりの私との争いである。こんなことから、後に大学院入試の面接で「君、植物学専攻だけど、植物関係の成績が悪いね」と言われるのは当然のことであった。それでも、お蔭様で3年の終わりまでに卒業に必要な最低限の単位は、卒業論文の単位を除いて習得することができた。

さて卒業論文はどこの研究室にお世話になるか。これが大変な問題であった。すでに西駒ヶ岳で植物群落研究のまね事をしていた私は、高山植物の生態学的な研究に興味を持っていたのであるが、残念ながらそのようなことのできる研究室はなかった。結局最後に、当時まだ助手であった市村俊英先生のおかげで、生理生化学の三輪知雄先生に指導教官になっていただくという名目で東京大学理学部植物学教室の門司正三先生のところ（生態学研究室）にお世話になることになった。ただし、週1回は三輪先生のところの演習に出席することという条件がつき、この演習は信州大学から三輪先生の研究室に移られたばかりの西澤一俊先生が担当された。こうして週1日は大塚での西澤先生の演習に出席し、残りはすべて本郷の門司先生の研究室に通って生態学研究の真似事をさせてもらう生活が始まった。

当時、門司先生の生態学研究室ではデンマークのポイセン・イェンセンの流れをくむ植物群落の物質生産

に関する研究を特に光条件との関係に力を入れて行っており、高等植物の光合成の測定と人工群落を使った研究で世界的に注目を集めていた。ポイセン・イェンセンの光合成測定装置の使い方を習い、保谷の農場でのソバ、ダイズ、モヤシマメの人工群落を使った生長実験の手伝いなどをしながら、卒業論文のための実験の構想を練った。弱い頭には大したアイデアは浮かばなかったが、アサの人工群落の生長実験をやってみるようになった。信州からアサの種子を取り寄せて畑に一定間隔で蒔き、発芽を待った。やがて見事に発芽し、良い群落ができるのを期待しながら少しずつ生長のデータをとり始めたが、夏が過ぎるころ見事失敗に終わってしまった。もとはと言えば勉強不足のせいであるが、アサは雌雄異株であって雌と雄とで背丈がすっかり違ってしまい、信頼できるデータがとれなくなってしまったからである。別の種を選定して再び人工群落を作る時間はもはやなく、大きな変更を余儀なくされた。

この間、市村俊英先生の手賀沼などでの淡水植物プランクトンの光合成に関する研究も手伝っていたので、こちらの方にシフトしてみることにした。月1回の湖水のサンプリングとそれを使ったクロロフィルと光合成活性の測定プラス若干の実験的研究であった。こちらの方は、すでに方法もほぼルーティン的に決まっており、手賀沼まで出かけて水を汲んで研究室まで運んでくるのが主な仕事で、実験室では濾紙で濾過して集めた植物プランクトンからクロロフィルを塩酸性のアセトンでフェオフィチンとして抽出し、分液ロートを使ってフェオフィチンをベンゼンの層に移した後、分光光度計で吸光度を測定してクロロフィル濃度を求めるのを担当した。

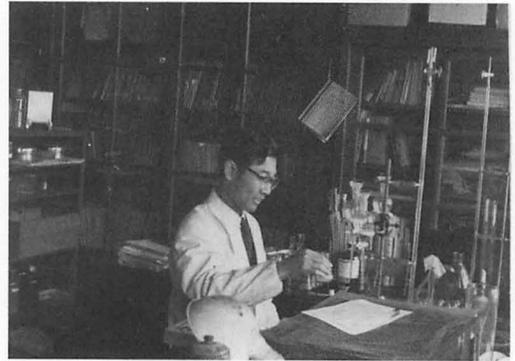
卒業論文は最終的には英文タイプだけは自分で打って仕上げたが、大部分は市村先生に書いてもらった。卒業直前の3月に指導教官である三輪知雄先生の部屋に論文を持っておそるおそるお邪魔すると、先生は「君だけ来てもわからないから、市村君と一緒に来なさい」と言われた。市村先生と一緒に再び部屋に入ると、三輪先生は「市村君、この学生は使えるデータが取れるようになりましたか」と尋かれ、市村先生が「はい」と言うと、「それなら結構、君、もう帰ってよろしい」と言われた。卒論発表会はなかったもので、これで無事卒業できることになった。しかし、問題は就職で、私は教員試験も2回失敗し、就職の見通しが全くなかった。今とは全く違う就職難の時代で、卒業式の日になっても卒業予定の植物学専攻同級生16名のうち

はっきり就職が内定していたのは僅か2名、大学院に進学する者1名、あとは大部分が教員試験合格者で採用のための面接待ちという状態であった。卒業式の後の教室の謝恩会では当時流行った「ケセラセラ」が歌われた。就職は厳しく、新卒公務員の月給が9,800円の時代のことである。同級生のうち大学院に残ったのは生化学専攻の猪川倫好氏（筑波大学名誉教授）のみであった。

### 東京大学研究室で皿洗い

57年3月「大学は卒業したけれど」の状態、生態学研究室の皆さんに大変心配してもらった。当時の生態学研究室には指導教官の八巻敏雄先生がアメリカに長期出張している間だけということで大学院生として倉石晋さん（後に広島大学教授）、橋本徹さん（後に神戸大学教授）、柴岡弘郎さん（大阪大学名誉教授）等が生理学の研究をしており、広く生理生態学の分野の議論が常に行われていた。幸いにも倉石さんが製薬会社からもらっていた研究費でアルバイトとして雇ってくれることになり、実験の手伝いが始まった。当時倉石さんはカイネチンを始めとする生長ホルモンの研究を行っており、効果判定にダイコンの芽生えからコルクボーラで打ち抜いた葉のディスクを使っていた。温室内で植木鉢に土を入れて種子を蒔き、いつでも実験に使えるようにダイコンの芽生えを必要な量次々とそろえておくこと、実験で使い終わったシャーレやピペット等のガラス器具を洗浄して乾燥し、いつでも使えるようにしておくこと等が主な仕事であった。実験室の流しの前に立って大量のシャーレを長時間洗うことが多かったので、私はこれを皿洗いと呼んだ。この仕事は本郷の研究室で始まったが、八巻先生が帰国して3人の大学院生が教養学部（駒場）の研究室に移ってから駒場に通う形で1年間続き、生理学の知識と基礎技術を身につけるのに大いに役立った。また、この間、生態学研究室で光合成の測定を手伝ったり、市村先生の手賀沼や霞ヶ浦での植物プランクトンの光合成に関する研究の手伝いもした。

大学卒業後は、東京教育大学の1年先輩で生態学研究室の大学院生になっていた戸塚績さん（後に東京農工大学教授、現在江戸川大学教授）と2人で駒込吉祥寺近くに1室を借りて自炊生活を送った。ここでは、大変親切な戸塚さんと日曜日にはボイセン・イエンセンの「Die Stoffproduktion der Pflanzen」を読んでドイツ語の勉強の面倒を見てもらった。このような生活が1年近くになろうとする頃、市村先生から大阪学芸大学



大阪学芸大学研究室でのクロロフィル定量

（現大阪教育大学）に助手の口があるから行かないかとの話があり、直ちに行く決心をした。

### 大阪での生活

私が初めて勤めた大阪学芸大学生物学教室は天王寺にあり、生態学の助手ということで赴任したのであるが、生態学の水野寿彦先生（大阪教育大学名誉教授）は池田分校の研究室におり、私は実験動物学の杉野久雄先生の研究室に入った。生態学の実験と実習を行いながら、杉野先生の動物学や理科教育の実験助手と中村治先生の発生学の実験助手を務め、時には馬場菊太郎先生の手伝いを頼まれることもあって、大変忙しかったが楽しく学生と遊ぶことができた。特に、動物生理学の藤本克己先生と助手の梁瀬健さん（大阪学芸大学名誉教授）には公私にわたり大変お世話になった。

紀伊白浜の京都大学瀬戸臨海実験所での臨海実習と大津（琵琶湖）の京都大学臨湖実験所での臨湖実験は大勢の学生と共に海や湖の動植物を勉強するための大変よい機会であった。苦労したのは杉野先生につく卒業生の実験で、プラナリアの移植実験で移植後に再生してくる神経の発達過程をマイクロトーム連続切片を作って調べる研究の面倒を見ることであった。学生時代に実験でマイクロトーム連続切片のプレパラートを作製する時間があつたのだが、友人に頼んでサポートしてしまったことの報いがこんなところで現れるとは。反省してもどうにもならないことであった。

大阪に行った年の秋、広島大学で開かれた日本生態学会大会の折に門司正三先生から「君、大学に勤めるのだったら、これからは大学院を終わっていないと困ることが多いから、大学院の入学試験を今年受けたらどうか」とのアドバイスをいただいた。考えてみると確かにそうかもしれないが、助手に採用してもらって1年で「ハイさよなら」というわけにはいかないと



三陸沖海域の調査でお世話になった気象庁観測船凌風丸(1,200トン)

思った。それで、2年くらい勤めれば何とかお許しをいただけるかもしれないので、もう1年待って来年受験ということにしてもらえるかどうか門司先生にお願いしたところ、了承してもらうことができた。しかし、大阪学芸大学の教室の皆さんから了解をもらうのは大変で、大学院に入れなくても辞職するという前提で日付なしの退職願いを提出し、学長名の受験許可をもらって受験することになった。入学試験の答えは余り良く書けなかったし、面接でもかなり厳しいことを言われたが、幸いにお情けで合格させてもらい、研究生生活への扉が開かれた。

大阪での2年間は楽しかったけれど、研究らしい研究を行って成果を上げることはできなかった。主に「水の華」(water bloom)を形成する淡水池の植物プランクトンを対象に光合成活性を測定し、比較する仕事を続けた。ここで得られたデータのいくつかは、その後の論文の中で比較のために使うことができた。

#### 大学院での研究生生活

2年間の大阪暮らしの後、60年4月初めに東京に戻り本郷での大学院生活が始まった。生態学研究室には教授の門司正三先生をはじめとして佐伯敏郎さん、岩城英夫さん、戸塚績さん、広井敏男さん等がいて、みんな陸上植物の物質生産に関する研究を行っていた。門司先生と相談の結果、私は植物プランクトンの物質生産に関する研究を行うことになった。門司先生の前教授中野治房先生が陸上植物だけでなく水界植物の研究もやったこと、この研究室出身の都立大学教授宝月欣二先生も水界植物を研究していたことなどもあって、門司先生は陸上植物だけでなく水界植物をも対象にした物質生産の生態学を目指していた。テーマの大枠は決まったものの、宝月先生のご意見も聞きながら計画を立てなさいと言われていたこと、それに60年安

保闘争が激しくなったこともあり、夏休み前までは研究にほとんど着手できない状態が続いた。市村俊英先生は早くから都立大学の西條八東先生と湖沼植物プランクトンの光合成に関する研究を共同で行っていたが、西條先生は新しくできた名古屋大学水圏科学研究所にすでに移っており、2人の先生は海洋植物プランクトンの生産の研究に本格的に移行しようとしていた。この夏は気象庁の観測船凌風丸に便乗して1か月かけて三陸沖の調査をする予定であるから、その気があれば一緒に仕事をしようとのこと。海のこと、特に外洋のことは全く知らないまま海洋植物プランクトンの仕事に手をつけることになった。

当時は、デンマークのステイーマン・ニールセンが海洋植物プランクトンの光合成の測定に放射性同位元素 $^{14}\text{C}$ を導入し、それが世界に広がりつつある時であった。日本における $^{14}\text{C}$ の導入は、地球化学の三宅泰雄先生がデンマークから持ち帰って初めて光合成測定に使用した流れが西條先生と市村先生に引き継がれ、ほとんど同時期に北海道大学の元田茂先生のグループも恐らくハワイ大学からのルートで使い始めていた。60年夏の三陸沖航海では $^{14}\text{C}$ を使って本格的な測定が行われると共に、初めての日本製バンドン型採水器のテストも行われた。私は $^{14}\text{C}$ の取扱いに習熟するため、航海前の数日間を名古屋大学水圏科学研究所の西條先生のもとで研修を受けた。この年の三陸沖海域での調査は大型の台風に行く手を阻まれ3日3晩揺れにゆられるという苦しいものであったが、船上で採水に始まり、 $^{14}\text{C}$ を用いた植物プランクトンの光合成測定のための一連の作業、クロロフィル定量のための海水ろ過などを1か月足らずの航海中に多数の観測点で実施した。翌年の夏にも凌風丸に便乗させてもらい、三陸沖海域で同様の調査を行うことができた。この2回の調査で得られたデータを基に修士論文は作成されたが、ここでも論文作成は市村先生にすっかりおんぶしてしまった。これらの調査結果は、日本植物学会や日本海洋学会の大会で発表すると共に、英文論文にまとめ両学会の会誌に投稿し印刷公表された。

大学院は引き続き博士課程への進学が認められたので、やはり植物プランクトンの光合成と物質生産に関する生態学的研究を継続した。年に1回の調査ではなく、季節変化を含めた変動とある程度理論的考察が可能なデータを取りたいと考え、ママゴト的ではあるが1年を通して毎月サンプリングができる大学構内の小さな池を対象とした天然の試料を用いると共に、室内培養した微細藻類を用いて実験的なデータをとること

にした。2年半を経過し学位論文のあらすじを作らなければならぬ段階がやって来たが、内容的に満足できるものではなかった。そこで門司先生に「もう1年延ばしてデータを追加したいのですが」とお願いしたところ、「君は1年ぐらい延ばしても進歩は期待できないから、今あるデータだけで何とかまとめてみなさい」とはっきり言われてしまった。自分自身不満足であったが、何とか形を整えて審査を仰ぐこととなった。お蔭様で博士課程は3年で無事修了することができた。この時の論文は3篇に分けて日本植物学会の *Botanical Magazine* に掲載してもらった。学位論文審査に当たってくれた副査の先生の一人に「君はつまらない論文を作ったね」と言われたものである。英文は門司先生に沢山手を入れてもらったが、初めから自分で取りかかった最初の論文であった。

修士論文と博士論文はいずれも英文で作成したが、決して英語が得意であったわけではなく、英文タイプライターを使えば比較的楽に書き直しが可能であったからに過ぎない。楽であるといっても、今のパソコンやワープロとは比べものにならない大変難儀なものであったが、和文の手書きや和文タイプライターでかかる時間を考えるととはるかに楽に思われた。また、今と違って、コピーも簡単でなかった時代である。それでも論文原稿は先生に見てもらう前に最低3回は自分で書き直し(タイプを打ち直し)、先生の手が入った原稿を打ち直し、先生の意見をまた聞きながら更に2~3回修正する(タイプし直す)のが常であった。こうして数回にわたって論文原稿を初めから終わりまでタイプすることによって、論文内容を完全に自分の頭の中に入れ検討することができた。最もありがたかったのは、大部屋の研究室でお茶飲みに集まるところに原稿を置いておけば皆がお互いに分け隔てなく目を通して間違いを直したりコメントをつけてくれたことである。先生も学生も研究者としては平等であるという考え方が浸透しており、ゼミでは時にはかなり激しい議論も行われた。それだけに、若い学生は対等に議論するためには相当頑張って勉強しなければならなかった。研究室では、自分の研究結果をまずゼミで話し、論文原稿がほぼまとまったところで口頭発表するのが一般的で、学会での口頭発表が終わった時には投稿原稿がほぼ完成していることが多かった。また、最初の原稿ができたならば机の上に積んでおくか引き出しに入れておき、1か月ほど経ってから他人の論文を読むつもりで批判的に目を通すと、足りないところや間違いが明らかになることを学んだのもこの時期で

あった。今日ではこんなペースはなかなか許されないようであるが、データの整理も不十分なまま締切り直前に講演要旨をあわてて作成し、後から無理して発表原稿を作るような学生を見かけるが、これでは本当に良い研究はまとまらないように思う。

植物プランクトンの物質生産に関する研究の中で植物プランクトン現存量のインデックスとしてクロロフィル量を用いることが一般的になりつつあった当時、門司先生との話し合いの中で陸上植物も含め植物群落のクロロフィル現存量を見積もって比較してみようということになった。門司先生の名前で文部省の科研費を申請することになり、申請書作成の練習をかねて原案作りを任せられ、先生に手を入れてもらって申請し、研究費をもらうことができた。博士課程1年の時のことである。この時の成果は生化学の高宮篤先生の紹介もあって *Plant & Cell Physiology* に掲載してもらった。この論文が藻類の研究で有名なスクリップス研究所の F.T.Haxo 教授の目にとまり、「世界全体のクロロフィル現存量はどの位あるのか、算定してみたらどうか」との手紙をもらい感激した。この時点では期待に添えるような良い見積もりは残念ながらできなかったが、この論文で発表したデータやそれを基にした見積もりが何人かの人たちによって報告されている。

#### ユネスコ海洋生物学研修コース

博士課程2年の半ば過ぎ、ユネスコによる海洋生物学研修コースがデンマークで開催されるから参加してみないかとの誘いが市村先生を通して三宅康雄先生からあった。64年4~5月に行われる2か月コースで、英文の履歴書を出し、英語の面接試験を受け、何とか合格させてもらい参加することになった。しかし、大学院生が休学せずに2か月も外国に出かけた前例はないこと、また当時は文部省の経費による海外派遣は海外渡航の経験のない者に限られており、わずか2か月でも今出かけるとは後はチャンスがなくなるなどについて門司先生はかなり心配された。研究科委員長の島菌順雄先生と話してみなさいということで、先生を薬学部の研究室にお訪ねした。先生は研修コースのことについて種々質問された後、「休学届なしで1か月以内の海外渡航の例はあるようだが、君の場合はユネスコの研修コースだし専攻の研究分野とも関係が深く、遊びに行く訳ではないから目をつぶりましょう」と言ってくださった。初めての海外渡航はこんな形で決まり、64年3月末に日本からのもう一人の参加者富士亮さん(後に宮内庁侍従となる)と共に羽田空港を立ちコ

ペンハーゲンへ向かった。飛行機に乗るのも生まれて初めての旅であった。

研修コースには日本、韓国、フィリピン、南ベトナム、マレーシア、インドネシア、インド、コロンビアなどから17名が参加した。コペンハーゲンの動物学博物館、シャルロッテンブルクの研究所、エルシノアの臨海実験所その他の施設をまわって開かれ、海洋生物学は勿論のこと、広く海洋物理学、海洋化学、地球化学、水産学、資源学などの分野にまたがる講義と実験・実習が英語で行われた。講師はデンマークだけでなくスウェーデンとノルウェーの専門家が担当した。理学部植物学専攻出身の私は、ここで初めて海洋生物学、水産関係、海藻関係などの本格的な講義を受けることができた。また、かねてから論文別刷を送ってもらっていたスティーマン・ニールセン教授の講義と実習を直接受けることができた。それと共に、エルシノアの臨海実験所では参加者はかなりの期間寝食を共にしながら、デンマーク的あるいは北欧的とも言える極めて自由な雰囲気のもと、英語の学習を始め、食事のこと、酒のこと、タバコのこと、音楽のこと、歴史のこと、礼儀(マナー)のこと、芸術・文化と社会のこと、等々に関する日常的なふれあいを通して大変多くのことを学ぶことができ、また国際感覚も養うことができた。忘れたくない貴重な経験の2か月であった。

#### 物質生産の研究と国際共同研究

大学院での研究生活を送っている間に、植物プランクトンの光合成と物質生産に関わる研究に従事している人がまだ少なかったこともあり、 $^{14}\text{C}$ の取扱いを中心に市村先生や宝月先生の手伝い(助手的)を頼まれていろんなところに顔を出すことが多くなり、学外の研究者とのつき合いが徐々に拡大していった。そんな中でユネスコの国際生物学事業計画(IBP, International Biological Programme)が始まり、世界的な生物生産力の研究の中で物質生産(一次生産)の研究は中心的課題の一つとして大きな注目を集めた。陸水(湖沼・河川)における生物生産に関する研究と共に海洋における生物生産に関する研究も進められた。IBPの中で行われた陸水の生物生産に関する研究では、森主一先生(京都大学名誉教授)を代表者とする研究班の中で主に生物生産測定方法論の検討が行われ、私は一次生産測定法の検討の手伝いをした。IBPの海洋における生物生産に関する研究では宝月欣二先生を代表者とする研究班の中で相模湾・駿河湾の一次生産に関する調査研究の一部を担当した。しかし、海洋における研究は、調査に利

用できる船に制限があり、特にこれらの海域における一次生産の季節変化を正確に明らかにするには残念ながら不十分であった。

海洋における研究は当初は調査に使える観測船がほとんどないことから、思いどおりには進められなかった。気象庁、水産庁、海上保安庁などの船に便乗させてもらうほか、水産系大学の練習船の利用などに加えて、新しく造られた東京大学海洋研究所の共同利用研究船淡青丸による海洋調査は生産力の研究で大きな位置を占めた。その後、同海洋研究所に大型の共同利用研究船白鳳丸が造られ、海洋における研究は大きく進展した。私はこれらの研究船や東京水産大学研究練習船に乗せてもらい、主に植物プランクトンの現存量、光合成活性、一次生産などに関する調査研究を行ってきた。初期の研究では、植物プランクトンの光合成特性を明らかにすること、一次生産力のレベルとその分布を明らかにすることを主なねらいとし、黒潮域と親潮域の比較、内湾と外洋の比較などを行った。外洋で赤潮を形成する藍藻 *Trichodesmium* の調査研究は、丸茂隆三先生(東京大学名誉教授)を代表者とする研究班で主に東シナ海及び本州南方黒潮域で行われ、光合成活性と一次生産力の研究を担当した。*Trichodesmium* が栄養塩レベルの低い黒潮域で赤潮を形成するメカニズムは依然として興味ある研究課題である。また、南極海における植物プランクトンの現存量、光合成活性、一次生産力に関する研究には、南極海海洋生態系に関する国際共同研究(BIOMASS, Biological Investigation of Marine Antarctic Systems and Stocks)の一環として第2期調査(SIBEX)に東京水産大学研究練習船海鷹丸に乗せてもらって参加した。オーストラリア南方の南大洋の植物プランクトンの光合成特性とサイズ分布などに関してある程度明らかになったが、短期間の限られた調査ではまだまだ不明な点が多く、特に高緯度海域の低温並びに長期にわたり暗黒条件が継続



千葉県のみ漁場(浮き流し養殖)の見学



寧夏農業大学の研究者と中国寧夏の山の上の髮菜生育現場を視察

する環境下での植物プランクトンの生活に関する生態学的研究は今後の発展が期待される。

一次生産に関する生態学的研究では、生態系における生産者としての光合成活性や生産力そのものも重要な対象であるが、植物プランクトンの生活を明らかにするという生態学本来の目的を忘れることなく目標を設定して、それに向かって更に切り込んでいくことが重要であろう。日本近海でいえば黒潮と親潮という大きな海流を中心に海の水は常に移動している。それにも拘らず、ある地点で調査すれば毎年ほぼ同じような季節変化が認められるという。植物プランクトンは海水の流れに伴って運ばれていくのに、どうしてそのような季節変化が生じるのであろうか。水深の浅い沿岸域や半閉鎖的な内湾では、水中から海底へ、海底から水中へという循環経路を考えることは比較的容易であるが、水深が数百mを越えるような外洋では本当はどうなっているのであろうか。

1960年代から80年代にかけては、ある海域の調査は設定された観測点を数日ないし数十日をかけて調査船でまわってデータをとるのが普通であり、せいぜい複数の観測船である程度の同時観測を行うのが限度であった。30歳代前半の若い頃、このようにして得られた結果を水平分布として表した図の説明をしたところ、ある偉い先生に「あなたは本当に海でそのような分布になっていると思っているのですか」とからかわれ、当惑したことがある。「そんなことは百も承知だけれど、他に方法がありますか」と言い返すのは思い止まった。しかし、現在ではまだ課題は残されているものの人工衛星の利用によって広域にわたる真の同時観測がある程度まで可能になってきた。特に、海表面に関する情報はかなり高い信頼度で得られ、多くの現象が明らかにされるようになったのは大変な進展といえる。しかし、残念ながらクロロフィルの鉛直分布のよ

うにわずか100～150mの深さまでであるが人工衛星による水面下の情報は水による妨害のためまだ信頼できるレベルに達していない。今後の技術的發展が大いに望まれるところである。

#### 植物プランクトンから海藻の研究へ

1965年3月大学院を無事修了させてもらったものの就職口はなく、日本学術振興会の奨励研究員として生態学研究室に引き続き置いてもらうことになった。後輩の相手や研究室の雑用を手伝いながら次の研究の構想を練っているうちに、東京教育大学理学部の助手に採用してもらえることになり、わずか2か月で奨励研究員を返上して赴任した。教授伊藤洋先生・助教授市村俊英先生の講座で、植物プランクトンの一次生産に関する研究を続けられることになった。しかし、1年経過しないうちに東京水産大学に助教授として移る話が進み、翌66年5月に転任した。転任先は増殖学科水産植物学講座で、教授岩本康三先生と助手里見雅子さんがおり、私は水産植物生理学の分野を担当することになった。当時、植物関係は2講座があり、水産植物増殖学講座には教授片田実先生と講師三浦昭雄先生がいた。植物プランクトンの研究を続けるのは構わないが、海藻を対象とした研究もやって欲しいとの要望を受け、少しずつ海藻を用いた生理生態学的研究にも手をつけることにした。水産という分野を考えると、やはり増養殖の基礎になるような植物プランクトン(微細藻類)及び海藻の生理生態学的研究がどうしても必要であると思われ、そのようなレベルの生理学・生態学を目標とすることにした。一時は、植物プランクトンはやめて海藻のみを扱うことを考えたが、植物プランクトンから足を洗うことは結局できず最後まで風呂敷を広げたまま30余年を過ごすことになってしまった。

大学院時代にアルバイトで海苔養殖漁場の調査を行ったこともあり、まず養殖ノリを対象とした研究に着手した。岩本先生と三浦先生の助言を受けながら少しずつ進めたが、特に三浦先生からは海苔養殖の現場のことを始め、ノリの品種のこと、ノリ屋さんを酒を呑むこと、その他非常に沢山のことを教えてもらった。そんな中で特に力を注いだのは、養殖ノリと養殖ヒトエグサの光合成と生産力に関する研究、養殖ノリの「色落ち」に関する研究、養殖ノリの色素変異体に関する研究、養殖ノリの干出時の生理に関する研究などであり、後には横浜康継さん(筑波大学名誉教授)や前川行幸さん(三重大学教授)を中心として行われたアラメ・カジメの生理生態学的研究にも微力ながら名を連



タイのマングローブ林でインドネシア及びタイの研究者と

ねてもらった。また、能登谷正浩さん(東京水産大学教授)を助教授として研究室に迎えてからは、彼や学生の子海藻の組織培養を始めバイオテクノロジー関係の研究のまとめを援助することとなった。皆さんの協力のお蔭で海藻の光合成特性と生産力に関する研究に始まり、光合成や生産力を指標とした海藻の生育に関する比較研究に少しばかり貢献できたと思う。植物プランクトンに比べると海藻は寿命が長く複雑な生活環を持っているので、これを念頭に置いた研究計画を立てることあるいはデータの解釈と解析が必要である。例えば、アラメ、カジメ、コンブなどの分布を光合成特性に基づいて説明するためには、胞子体だけでなく配偶体に関する知見が不可欠である。また、海藻のバイオテクノロジー関係の研究は近年かなりの進展を見せているが高等植物を対象とした研究より立ち遅れており、まだ基本的なところで明確になっていないことが多く成長ホルモンを始め物質レベルでの解析や生活環の段階を考慮した実験的研究の進展が望まれる。

養殖ノリの中で大きな努力を注いだ課題の一つに色素変異体に関するものがある。三浦先生と共同で進めた養殖ノリの「赤芽」と呼ばれた赤色変異体の研

究に始まり、突然変異誘発剤による人工的な色素変異体の作出とその特徴解析にまで至った。養殖漁場から採取した「赤芽」サンプルの生体可視部吸光スペクトルを自記分光光度計で1000例近く記録し通常の葉状体のものと比較することにより、赤色型葉状体と野生型葉状体を明確に区別できることを明らかにした。こうした研究の中で大学院生であった高原隆明さん(専修大学教授)によるキメラ葉状体からの緑色型変異体の分離の研究があり、室内培養した色素変異株のフリー糸状体でも可視部吸光スペクトルが明確に区別されることがわかり、三浦先生の研究室でのノリの色彩の遺伝に関する研究へと発展した。その後、微妙に色彩の異なる変異体が養殖ノリ個体群や交雑実験の中で多数見いだされ、可視部吸光スペクトルのみでこれら変異のすべてを明確に区別することは不可能となった。

ノリの主要な色素変異体については、その光合成色素含量と組成比、光合成活性、成長などについて比較研究が行われ、それらの相違点が明らかにされた。中国からの留学生巖興洪さんには人為突然変異による色素変異体作出と遺伝解析をやってもらったが、区分状キメラ葉状体とスポット状キメラ葉状体はそれぞれ生活環の異なる段階で生じることが明らかにされた。また、主な色素変異体の光合成における光捕集と光化学系の比較研究は基礎生物学研究所教授藤田善彦さん(現福井県立大学教授)の絶大な協力をいただいて行われたが、これら色素変異体に含まれる光合成色素の分子レベルでの生化学的比較研究はまだ残念ながら残されたままになっている。

岩本先生の示唆で行ったノリの焼き色の研究と養殖ノリの「色落ち」の研究でも自記分光光度計による可視部吸光スペクトルを大いに活用した。同様に岩本先生と行ったカワノリの紫外部吸光物質の研究では、紫外部吸光スペクトルを利用した。淡水産緑藻のカワノリが多く、海産紅藻と同様に紫外部吸光物質をもつことは細胞壁物質の組成と共に系統的に興味もたれるところであるが、この時比較のため扱ったノリにも多量の紫外部吸光物質が含まれており、近年しばしばオゾンホール拡大の問題と関連してとり挙げられている海藻の紫外部吸光物質に関する研究発表を興味深く眺めている。

#### 大学における研究と教育

大学は研究と教育の場である。日本の大学では「大学院大学」などと呼ばれるものが最近できて複雑になってしまったが、極めて単純化して言えば大学に勤



タイの共同研究者 Dr. Saowapa Angsupanich と

める教員には教育と共に研究を行うことが求められてきた。今後どの様に変わっていくのかよく分からないけれど、これまで感じてきたことや考えてきたことを少し述べておきたい。

大学付置等の研究所は本来研究を目的にしているのであるから、そこに勤める研究者はもっぱら研究を行って業績を上げるのが当然であるが、大学の学部勤務する教員は講義や実験・実習等の学生教育を担当しながら研究を行うことを要求される。私は業績至上主義を唱える気は全く無いが、学部や大学院の学生の教育担当者特に後者の場合には学生の論文指導も当然行うことになる。従って、自身の学術論文作成の経験は教育のバックグラウンドとして必要不可欠である。自身で論文を書いて学術雑誌に発表した経験の乏しい人が、学生の論文作成について十分な指導ができるとはどうしても思われない。私は自分の学生時代の経験から、学生の論文を作ってやるくらいの気概をもって努力してきたつもりであり、自分の研究室の学生であろうと無かろうと、また自分の出た大学の後輩であろうと無かろうと、研究熱心な人たちの持ち込む論文の完成にはできるかぎり協力してきた。しかし、結果は必ずしも満足できるものでは無かったように思う。

国内外のいろんな学術雑誌の編集委員を務めたり、編集委員長として責任を持たされた雑誌もいくつかあった。そんな中で、博士課程をもつある大学の院生の論文が指導教官と思われる著名な教授との連名で投稿されてきたことがあった。原稿を読んでみると、とても教授の先生が手を入れたものとは思われない。そこで、沢山のコメントと共に「指導教官とよく相談して十分改訂してから投稿して下さい」として原稿を返却した。しかし、再投稿された原稿を見ると、またも先生が手を入れたとはとても考えられないもので再び返却したが、その後も改善されない原稿が送られてきた。やむなく編集者として手を入れ、本人が了承した

上で印刷にまわした。編集者がやるべきでないところまで手出ししてしまったことを反省することしきりであるが、後日その指導教授に会った時「あの論文は非常に良くなりましたね」と言われたのには唖然とした。共著者になるということは、研究の計画立案、経費確保、実施、データ整理・解析、論文原稿作成という一連の過程の全体または一部に関わり、論文内容の総てまたは一部に何らかの形で責任をもつことである。最近では単なる儀礼で共著者に名を連ねていると思われる論文にしばしばお目にかかるが、安易な気持ちで名前を入れるのでなく責任ある共著者であって欲しいと思う。

編集業務に携わっていると、若い研究者だけでなく年配の研究者の原稿についてもしばしば悩ましいことが生じる。特に不完全な英文に関する問題は面倒で、外国人に見てもらったという原稿で、間違いや意味の通じないところが沢山あるものが送られてきて困ったことも多い。確かにその外国人は「見て」くれたのであろうが、とても出版に耐えられる英文になっていない。それなのに著者は「外国人に見てもらったのに、どうして駄目なのか」と文句を言ってくる。やはり本当に論文の内容をある程度まで理解してもらえる外国人に英文を直してもらい必要があるであろう。研究分野によっては内容を本当に理解しないと文章が直せないこともある。また、日本人がすべて正しい日本語の文章を書けるとは限らないように、アメリカ人やイギリス人であってもすべて正しい英文が書けるとは考えられない。

私が「この原稿は駄目です」とか「この英文では駄目です」と書いてリジェクトすればそれ程苦しまないで済んだものを、必要以上に手出ししてきたのは、日本人の一生懸命やった研究ができるだけ正当に評価されること、日本で発行されている学術雑誌が外国でもできるだけ正当に評価されることが重要だと考えたから



国際会議での講演

である。重要な成果は英文で外国の国際雑誌に発表することも大切であるが、またそれが研究者の評価につながるようなムードが非常に強いのが現状であるが、そのために自分のところで出している日本の学術雑誌を一概に程度が低いものと位置づけることが本当に良いことであろうか。

研究は、計画の立案に始まり、資金確保、実施、データの整理・解析、論文原稿作成の順に進行し、論文が印刷・出版されて始めて完結するものである。研究分野によって異なるかもしれないが、印刷・出版されたからといって必ずしも完成するわけではなく、むしろ問題点を残しながら、次の研究でそれを少しでも解決していくという、いわば積み重ねが重要であると思う。凡人は、やはり日々の努力の積み重ねで生きていくしかないと考えてきた40年近い研究生活であったように思う。

#### 水の惑星「地球」をどのようにまもるか

「地球は青かった」という有名な言葉は、地球が水の惑星であり、それは地球表面積の三分の二を占める海の色に基づいている。地球温暖化の影響が憂慮されている今日、これまで数千年にわたり極端な変化が無くほぼ安定した気候が保たれてきた最大の理由は、大量の水をたたえた海洋が大きなバッファの役割を果たしてきたからである。日本近海の植物プランクトンの光合成と一次生産力に関する比較研究で明らかになったことは、低温ではあるが栄養塩レベルの高い親潮海域の方が高温で栄養塩レベルの低い黒潮海域(親潮より水が澄んでいて透明度が高い)より生産力が高いこと、陸域からの栄養塩供給を受けて栄養塩レベルが高い内湾・沿岸域の方が外洋より生産力が高いことであった。また、実験的研究並びに世界の海洋の湧昇域における研究の結果から、栄養塩を添加することによりかなり多くの海域で植物プランクトンによる一次生産力を高められることが明らかになった。

一次生産は二次生産や高次の魚類生産を支えているから、一次生産力を高めることによって二次生産を高め、更に魚類生産を高めることは可能であろう。そこで、一次生産力を高めるために、栄養塩を多量に含む深層海水を汲み上げて栄養塩レベルの低い表層海水の栄養塩レベルを大規模に高め、ひいては魚類生産を高めて食糧問題の解決に役立てようとする計画がある。また、陸上の人間生活の廃棄物である尿尿を海洋投棄することは同様に栄養塩レベルの向上に役立ち、魚類生産を高めることができるという意見を発表する人が

時々現れる。一見科学的根拠をもった考えのように見えるが、本当にそんなに単純なものであろうか。自然の生態系はそんなに単純なものではなく、われわれ人間が簡単にコントロールできるものではない。海洋の水の動きは大きな海流を含めかなり明らかにされているが、大規模に深層水を汲み上げて表層水と混合した場合にどの位の時間をかけてどこに流れていくのか、どのような変化が現れるのか、それは更に地球全体の気候にどのような影響をもたらすのかなどを正確に予測できるまでには未だ至っていない。厳密な予測なしに大規模あるいは長期にわたる変化を与えることは、少なくとも現時点では、無謀であり無責任であるといわざるを得ない。現在きれいな海水をたたえている海域が、日本の多くの富栄養の内湾や沿岸域の様になった時、地球全体の気候にどのような影響が現れるのであろうか。もし深刻な影響が現れたとしたら、誰がどのように対処するのであろうか。二酸化炭素の毎年のわずかな増加が積み重なって今日の地球温暖化問題を引き起こしてしまったこと、またその解決が遅々として進まないことを考える時、きれいな水をたたえる貧栄養海域を富栄養化する前に、少なくとも信頼できるシミュレーションとその結果について影響評価を行う必要がある。失敗に気づいてからでは、取り返しがつかないからである。海洋における「施肥」の問題は、もはや地球規模の環境変化を念頭に置いて検討しなければならない時代に入っているのである。海洋の現在の状態が最上であるかどうかは簡単に判断できないが、永い年月をかけて現状の様に進化しそれなりに安定している現在の海洋を大きく変えようとするには問題があるとすれば、現状を詳しく知りそれを出来る限り有効に利用することの方がはるかに重要であると思われる。人類がこの地球の上で今後何世代にもわたって平和に幸せな生活が継続できることを願う



ベトナム及びタイの研究者と

ならば。

おわりに

自身では十分にできなかったことをあえて言わせてもらおうとすれば、大学で指導的立場にある先生方には学生の研究の指導とまとめをしっかりとやってもらいたいし、学生諸君には真摯な姿勢で研究の指導を受けて研究が発

展することを心から願うものである。しかし、消え行く老人が何を言おうと若者は若者の道を進むであろうし、結局のところ最終的にはそれぞれ個人がその責任のもとに自分の道を切り開いていかなければならないであろう。国際的なレベルでの発展と成果が上がるよう日本の藻類学界の各人の努力を大いに期待したい。

(〒 144-0051 東京都大田区西蒲田 2-4-21)

寺田竜太<sup>1</sup>・山本弘敏<sup>2</sup>: 函館湾とその周辺

## 海藻採集地としての函館

北海道における海藻の採集地としては、日本海側では北海道大学恐路臨海実験所のある小樽市恐路，太平洋側では襟裳岬や理学部附属厚岸臨海実験所のある厚岸町周辺，噴火湾では理学部附属海藻研究施設のある室蘭市や水産学部附属白尻水産実験所のある南茅部町が知られている。ここでは暖流と寒流の混合域であり，日本海と太平洋を連絡する津軽海峡に面した函館湾とその周辺の採集地について紹介する。

津軽海峡は北海道側（北岸）で松前町から恵山町まで約120kmあまり，本州側（南岸）で竜飛崎から尻屋崎までの北海道と本州を隔てた海峡で日本海と太平洋を結んでいる。最短部分の青森県下北半島大間崎と北海道亀田半島の汐首岬間では約18.5km，青森県津軽半島竜飛岬，北海道の白神岬間で約19.2km。函館は海峡北岸のほぼ中央に位置している（図1）。津軽海峡には西口から対馬暖流の支流である津軽暖流が流入し，尻

屋崎をまわって東北沿岸に達している。一方東口からは千島寒流が流入し，時期により函館付近にまでその影響を及ぼしている。

函館での海藻の採集記録は古く，1854年にPerry艦隊で訪れたWilliamsとMorrowによる採集にさかのぼる。彼らの採集した標本はHarvey (1857)により記載されたが，そのうちマツモ，ヒラコトジ，トゲツノマタ，ヌメハノリ，モロイトグサ，イソムラサキの7種が新種であった。またその翌年（1855），Rodgers艦隊による北太平洋探検隊に参加したWrightとStimpsonが函館で採集した標本もHarvey (1859)により報告されている。このなかにはマキイトグサ，キョウノヒモ，マツノリ，タオヤギソウ，キヌシオグサ，アサミドリシオグサなど，現在でも馴染み深い海藻が新種として記載されている。このように，研究や調査を目的とした海藻の採集地として函館は下田と並んで最も古い歴史を持つ場所である。今世紀に入っても，函館や周辺から採集した材料に基づいて多数の研究が行われたが，海藻相についても多くの研究者により報告されている。代表的なものとしては山田（1942），長谷川（1951），川端（1959），山本（1962，1965），野田と横山（1969），上家（1969），秋岡（1981）などがあり，他に北海道大学理学部の修士論文や水産学部の卒業論文がある。特に山田（1942）は津軽海峡西部の松前町小島から緑藻6種，褐藻16種，紅藻40種の計62種を報告しており，低温性の種が多いなかでハイミル，フクリンアミジ，サナダグサ，コモンクサ，アオワカメなど15種の暖流系海藻を記載し，小島が暖流の影響を強く受けていることを指摘した。また長谷川（1951）も小島の海藻について調べ，本州中部以南に多く見られる暖流系海藻4種，フサイワズタ，コナミウチワ，カゴメノリ，ヘラワツナギソウを報告している。小島については後に野田と横山（1971）も調査を行い，山田，長谷川の結果に新たに藍藻4種，緑藻8種，褐藻20種，紅藻34種



図1. 函館とその周辺の主な海藻採集地。1. 松前町小島。2. 松前町弁天島。3. 松前町白神岬。4. 福島町吉岡。5. 木古内町更木。6. 上磯町茂辺地。7. 函館市穴洞。8. 函館市立待岬。9. 函館市志海苔。10. 戸井町釜谷。11. 恵山町日浦海岸。12. 南茅部町白尻。13. 江差町カモメ島。

の計66種を加えた総計116種を記載している。また山本(1962, 1965)は松前町、函館市立待岬、恵山町など15地点で調査し、過去の報告と合わせて緑藻20種、褐藻55種、紅藻120種の計195種(山本自身が確認したのは145種)を報告している。その際、イシゲ、ハブタエノリなど9種の暖流系海藻を報告しており、さらに当海域に生育する海藻の種の構成と海流の関係から、津軽海峡北岸地域を西部・中部・東部の3海域に区分した。それによると、松前町白神岬(図1参照)以西の西部海域では、海峡内他海域では見られないイシゲやハイミルなどが生育し、津軽暖流の影響を最も強く受けていることが分かる。中部海域は白神岬以東、戸井町汐首岬以西の地区で西部海域と東部海域の中間域として位置づけられており、海藻相に対する暖流および寒流の影響はそれぞれ函館付近にまでおよんでいる。したがって当海域は暖流系から寒流系海藻相へ徐々に移行する海域と言える。東部海域は汐首岬以東で噴火湾湾口部にあたる恵山町恵山岬までであるが、ここでは北日本の太平洋側に生育するヒバマタ、エゾイシゲ、スズシロノリ、ハケサキノコギリヒバ、クシベニヒバなどの寒流系海藻が大量に生育しており、寒流の影響を強く反映している。特にここに挙げた種は津軽海峡ではこの海域にのみ生育しており、中でもヒバマタは主にベーリング海・千島列島・北海道の太平洋側に分布し、東部海域は分布の南限、かつ日本海側に最も近い場所に位置している。なお、川端(1959)はこの海域の恵山町尻岸内から緑藻15種、褐藻30種、紅藻63種の計108種を報告している。

津軽海峡の場所による海藻相の違いについては、山本と同じく津軽海峡北岸の海藻相を調査した上家(1969)も指摘している。彼は松前、立待岬、汐首岬から緑藻20種、褐藻32種、紅藻61種の計113種を報告した。この報告では、津軽海峡の日本海側と太平洋側では海流の影響と考えられる異なった種が生育することから津軽海峡を大きく西部と東部に分けて考察しており、両地区の境界は函館市立待岬であると述べている。最近では秋岡ら(1981)が北海道教育大学木古内臨海実験所付近で緑藻19種、褐藻35種、紅藻92種の計146種を報告し、この海域に出現する種の構成は暖流の影響を受けており、北海道西岸と関係が深いと述べている。

このように緯度的にはほぼ等しいにもかかわらず海藻相は津軽海峡の東西で著しく異なっており、寒流と暖流の影響、日本海と太平洋の海域の違いを反映するものとして大変興味深い。したがって函館とその周辺

では寒流系と暖流系の両方の海藻を採集することができる。しかし函館近傍以外に在住する研究者にとっては、地理的な点から必ずしも馴染み深い採集地ではない。今回は、函館湾を中心とする海峡北岸で特に採集しやすい箇所について、交通の利便性、採集地の特色などを紹介し、採集の便に供したいと思う。なお、生育する海藻の詳細については、上述した各報告を参照されたい。

### 函館湾と近郊の採集地の概要

函館湾の海水温は冬期4℃前後、夏期では24℃前後に達する。採集は通年可能だが、津軽海峡の干満の差は大潮で150cm前後にも達するため、潮位については事前に確認することが必要である。また種数や量的な点から採集は3-6月が最も適している。沿岸一帯は噴火湾沿いの南茅部町とともにマコンブの産地として有名であり、郊外にはコンブ干し場や乾燥小屋が多く点在している。7月から9月にかけての収穫期には、道路沿いの干し場に所狭しとマコンブを干しており、その光景の中での採集になる。また秋から冬にかけての採集は潮汐の関係から夜間になるが、海峡の水平線に広がるイカ釣り船の集魚灯「漁り火」を眺めながらの採集となる。冬期は種数や量は豊富だが、夜間の気温が氷点下になることから防寒の準備が必要である。またこの地区一帯は漁業権が設定されている場合が多く、採集に際しては事前に漁協・水産普及所などに連絡し、事前に了解を得ておかなければトラブルの元になる。SCUBAによる採集は、ウニの密漁による被害も多いことから仮に申請しても残念ながら不可能に近い。なお、SCUBAによる採集を望まれる場合は、噴火湾沿岸にある白尻水産実験所前浜の利用を勧めるが、この場合も事前の利用申請が必要である。また函館から郊外に行く場合は、公共交通機関は利便性が悪いことか



図2. 函館市立待岬の岩礁潮間帯



図3. 函館市穴澗の岩礁潮間帯

ら車を利用した方がよい。車の場合は一日に複数箇所  
で採集したり、日本海側の江差・松前方面、または噴  
火湾沿いの南茅部町、森町方面に足をのばすことも可  
能である。次に主な採集地について函館を基点に海峡  
を東部と西部地域に分けて紹介する。

#### 1. 函館から津軽海峡東部（太平洋側）にかけて 函館市立待岬（たちまちみさき、図2）

立待岬は函館山の東端に位置し、函館市電第2系統  
の終点「谷地頭（やちがしら）」電停を下車し案内板に  
従い約700m進むと到着する。岬に至る上り坂の手前  
には墓地があり、石川啄木の墓があることで有名だが、  
同じ墓地内に藻類学者遠藤吉三博士の墓があること  
は以外と知られていない。岬からの眺めは絶景だが、  
視線を下に向けると海藻の生育に適した藻場が岬  
一帯に広がっており、駐車場手前の階段を下りて海岸  
に行くことができる。立待岬前浜は安山岩性の岩礁で  
構成され平磯はほとんどない。また、岬の先端付近は  
潮の流れが早く波あたりも強いいため採集には注意を要  
する。垂直に立った岩などでは、一番上の飛沫帯にフ  
ジツボ類が生息し、その下の潮間帯上部にはスサビノ  
リやフクロフノリ、初夏から夏にはボウアオノリやウ  
ミゾウメンなど、中部にはクロハギナンソウ、ウラ  
ソゾ、ユナなど、潮間帯下部や漸深帯にはマコンブや  
チガイソなどの大型褐藻が生育する典型的な帯状分  
布を見ることができ、学生実験の観察の場としても適  
している。また立待岬ではエゾイシゴロモ、エゾシコ  
ロなどの無節や有節のサンゴモも採集することができる。  
岬近くにある住吉漁港内の船揚場のスロープにも海  
藻が生育しており、褐藻ではマコンブ、マツモ、ウ  
ミトラノオなど、紅藻ではイボツノマタ、マルバツノ  
マタなどを見ることができる。こちらは港内なので波  
が比較的高い日でも採集可能である。住吉漁港へは、

市電電停「青柳町」で下車し徒歩数分の道程である。  
函館市穴澗（あなま、図3）

函館市電第5系統の終点「函館どっく前」で下車し  
外人墓地方面に進み、墓地を越えて海岸沿いの道を進  
むと採石場跡地の行き止まりが穴澗である。徒歩の場  
合は函館どっく前から約1.4km、高竜寺前バス停から  
約700m。穴澗は立待岬の反対側、函館山の西岸にあ  
り、函館港の湾口部に位置する。立待岬と同じく岩礁  
地帯だが、波あたりは立待岬よりも穏やかで採集しや  
すい。エゾノネジモク、フシスジモク、ウミトラノオ  
などのホンダワラ類の群落も見られ、これらの生態観  
察にも適している。Perry艦隊のWilliamsとMorrowに  
より採集された標本は採集地が「函館」とだけ記され  
ているが、「墓地を通り抜けて半島の突端まで行った」  
趣旨の記録から穴澗近辺が採集地と思われる。確かに  
穴澗の潮間帯上部の岩上にはMorrowの名を冠したモ  
ロイトグサ *Polysiphonia morrowii* Harvey が生育し、ヌ  
メハノリ（基準産地）なども採集することが出来る。  
函館市志海苔（しのり、図4）

志海苔は函館市街の東側、函館駅から恵山方面に車  
で20分程度の函館空港の近くにある。バスの場合は函  
館バスセンター（函館駅より徒歩5分）で恵山行きに  
乗車し、「志海苔」バス停で下車する。海藻は漁港内の  
船揚場のスロープか、港外隣接地に広がる平磯で採集  
することができる。志海苔は大潮干潮時に平磯の岩盤  
がほぼ露出し、長靴でも容易に採集可能である。春か  
ら夏にかけては褐藻ではマツモ、ヒジキ、ウミトラノ  
オ、ウガノモク、チガイソ、マコンブなど、紅藻では  
フクロフノリ、アカバ、ヒラコトジ、ダルス、クロハ  
ギナンソウ、フダラク、クシベニヒバ、ユナ、ウラ  
ソゾ、オゴノリなど、函館近傍で一般に見られる海藻  
とともに、ヌメハノリ、アナダルス、スズシロノリな  
ど漸深帯に生育する海藻も打ち上げで採集することが



図4. 函館市志海苔の平磯。遠方に見えるのは函館山



図5. 戸井町釜谷の平磯

出来る。また夏期以降にはキョウノヒモ（基準産地）、マツノリ（同上）、マギレソゾなども見られる。近年本州中部以南の各地では不稔アオサと呼ばれるアオサが大発生しているが、函館では不稔アオサは確認されおらず、典型的なアナアオサを見ることが出来る。

ここから更に東の採集地として、函館市内から約20kmの戸井町釜谷（かまや）漁港周辺がある（図5）。ここも志海苔と同じく平磯であり、寒流系と暖流系両方の海藻が生育している。車の場合は国道278号を恵山方面に向かい、途中釜谷地区への旧道に進み釜谷漁港内に駐車する。バスの場合は上述の恵山行きで「釜谷」バス停で下車するとよい。

#### 恵山町日浦海岸（ひうらかいがん、図6）

函館市内からは恵山町方面に約30km、国道278号沿いの津軽海峡最短部の汐首岬を越えた所にある。「サンタロトンネル」手前を右折し素掘りのトンネルが続く旧道に入ると、海岸には採集に適した岩礁域が道路沿いに約500mにわたり広がっている。海藻は種数・生育量共に豊富であり、ここでは特にヒバマタやエゾイシゲなど寒流系種の群落を見ることができる。また噴火湾から日高沿岸に生育するミツイシコンブの津軽海峡での分布はこの辺りまでである。川端（1959）



図6. 恵山町日浦海岸の岩礁潮間帯。遠方に見えるのは恵山

が報告した海藻相の調査地もこの付近である。

#### 2. 函館から津軽海峡西部にかけて

##### 上磯町茂辺地（もへじ、図7）と木古内町更木（さらき）

函館山は元々島だったのが砂州の堆積により地続きになった陸続き島であることから、そのすそ野には、西側に七重浜（ななえはま）、東側には大森海岸の砂浜が数キロにわたって続いており、上記の場所や港湾などの一部を除いて海藻類の採集には適していない。しかし函館から西に約10kmの上磯町矢不來（やふらい）から木古内（きこない）町に至る海岸では、典型的な海岸段丘が形成されており一番下の段丘面は干潮時に露出する平磯を形成しており、採集には適した場所が多い。特に上磯町茂辺地（もへじ）から函館湾湾口部の葛登支岬（かっとしみさき）に至る平磯は広いところで幅200mにもなり、採集には非常に適した場所である。春期から夏期にかけてワカメ、ヒジキ、スギモクなどの大群落が出現し、秋期にはクロソゾの群落を見ることができる。

更に10kmほど西に位置する木古内町更木岬には、北海道教育大学木古内臨海実験所があり、葛登支岬と同じく広大な平磯が広がっている。この平磯も満潮時は全体が海面下に没しているが、大潮の干潮時にはほぼ露出する。波の穏やかな平磯域には緑藻ではアナアオサ、ヒトエグサ類、シオグサ類、褐藻ではニセモズク、カヤモノリ、ツルモ、さらにウミトラノオ、フシスジモク、スギモクなどのホンダワラ類、紅藻ではサビノリなどのアマノリ類、有節・無節サンゴモ、マクサなどのテングサ類、イバラノリ、ウラソゾ、ミツデソゾ、コブソゾ、クロソゾ、ショウジョウケノリ、モロイトグサ、イソムラサキなど、海産顕花植物ではスガモなど種類は豊富である。特に春期の成熟したスギ



図7. 上磯町茂辺地の平磯。ワカメの群落が見える



図8. 松前町白神岬の岩礁潮間帯

モク群落は一見に値する。波あたりの強い外縁の岩礁域には、ワカメやヒジキ、ユナ、ウラソソなどが生育する。また、上記の他にもザラアナメ、アナダルス、ヌメハノリなどを打ち上げて採集することができる。最寄りの駅は津軽海峡線茂辺地駅、木古内駅になるが、いずれの磯も国道228号沿いにあり自動車の利用をお勧めする。

余談だが、木古内町更木に行く途中には「名物海草ラーメン」という看板を掲げた食堂がある。しかし、スガモがラーメンに入っているわけではなく単にワカメが具として入っているにすぎない。ただこの看板を見るたびに、藻類についての啓蒙活動の重要性を改めて考えさせられている。

#### 松前町白神岬 (図8)

白神岬は津軽海峡の西端に位置し、北海道最南端の地である。岬周辺は遠浅の岩礁域が広がっており、海藻採集には適している。また白神岬は上述のように津軽海峡の中では対馬海流の影響を最も強く受けており、この近郊では北海道渡島半島日本海側に主に分布するホソメコンブを採集することが出来る。国道228号沿いにあり、函館からは約80km、車で80分ほどの



図9. 福島町吉岡の平磯



図10. 白尻水産実験所前浜の岩礁潮間帯

道程である。岬には駐車場が整備されており採集しやすいが、函館から遠いのが難である。白神岬の東に位置する福島町吉岡でも、吉岡漁港周辺に平磯が広がっており、採集が可能である(図9)。また白神岬以西では、松前町弁天島も岩礁帯が連なっており種類も豊富だが、波浪の影響を受けるため天候と干満の時間を事前に調べておく必要がある。

なお、津軽海峡西部松前町沖には渡島大島、小島の二つの離島があり、小島については上述のように山田(1942)、長谷川(1951)、野田と横山(1971)による海藻相の報告があるが、両島とも定住者は無く定期船も無いため採集には船をチャーターしなければならない。

### 3. その他

#### 江差町カモメ島

江差町は日本海に面しており、対馬暖流の影響を強く受けている。また、渡島半島西岸では著しい磯焼けがおこっており、水深2-3m以深はエゾイシゴロモなどの無節サンゴモが基質一面を覆っている。この深さで採集できる海藻はケウルシグサやフクリンアミジなどに限られるが、岩礁域の潮間帯には緑藻ではヒラアノリ、エゾヒトエグサ、アサミドリシオグサなど、褐藻ではホソメコンブ、スジメ、スギモク、ウガノモク、フシスジモク、ヨレモク、ウミトラノオなど、紅藻ではウップルイノリ、フイリタサ、アカバギンナンソウ、マクサ、タオヤギソウ、コスジフシツナギなどが生育している。カモメ島は市街と陸続きになっており、近郊で最も採集しやすい場所である。島の周りは一部砂浜と港湾を除いてほぼ岩礁域からなり、ホソメコンブやフシスジモクの群落、カバノリの群落を見ることができる。日本海沿岸は干満の差が少ないため、

採集は胴長を着用するのが望ましい。江差町へは函館市内より国道227号で約70km、車で1時間30分、バスで2時間の行程。カモメ島へは江差港内に車を駐車し、徒歩1分である。またJRを利用することも可能だが、江差線は一日に上下合わせて12本（函館発着は上下計6本）しかなく、時間も2時間30分強かかるため不便である。江差港からは、フェリーで奥尻島に行くこともできる。

#### 南茅部町白尻（うすじり，図10）

噴火湾湾口部にあたる南茅部沿岸は千島海流の影響を受ける寒流域だが、季節により津軽海峡を通過した暖流が流入するため、海藻のみならず動物相も豊かな地域である。この地には良質なマコンブが生育し、採集や養殖も行われている代表的な生産地である。南茅部町沿岸には採集に適した岩礁が広がっているが、白尻水産実験所前浜が最も採集しやすい場所のひとつである。白尻は潮間帯から水深10m前後まで岩礁で構成されており、マコンブ、ミツイシコンブ、ガゴメ、スジメ、ワカメなどの有用海藻や、褐藻ではアカモク、ウミトラノオ、フシスジモク、エゾイシゲなど、紅藻ではダルス、アカバ、ヘラリュウモン、カレキグサ、ハケサキノゴギリヒバ、クシベニヒバナなどの寒流系海藻が繁茂している。実験所では流水による実験も可能であり、宿泊設備も整っている。採集のみの場合も含めて、利用の際は実験所へ直接利用申請をしていただきたい。

白尻水産実験所へは、函館市内から川汲（かっくみ）峠を越えて南茅部町に入り、噴火湾に面した国道278号との交差点を左折し約10分で白尻地区に到着する。バスの場合は函館バスセンターで川汲経由古部（ふるべ）または鹿部（しかべ）行きに乗りし「白尻」バス停で下車する。実験所へは、港に沿って徒歩5分で到着する。バスは約90分の行程だが便は少ない。

#### 終わりに

以上、函館と周辺地域の代表的な海藻採集地について簡単に述べた。函館までのアクセスは、市郊外にある函館空港で日本各地と直行便で結ばれており便数も多い。またJR津軽海峡線、函館本線も特急や寝台列車、

快速など1日数十本が発着しており、本州方面、札幌方面からの利便性も良い。青森と函館を連絡するフェリーを利用して自動車での往来も便利である。

#### 引用文献

- 秋岡英承1981. 木古内臨海実験所付近の海藻. 特にその生育場所と出現時期について. 生物教材16: 171-199.
- Harvey, W. H. 1857. Algae. In: Perry M. C., Narrative of the expedition of an American squadron to the China Sea and Japan performed in the years, 1852, 1853 and 1854. 2:331-332.
- Harvey, W. H. 1859. Characters of new algae, chiefly from Japan and adjacent regions, collected by Charles Wright in the north Pacific exploring expedition under Captain John Rodgers. Proc. Amer. Acad. Arts Sci. 4: 327-334.
- 長谷川由雄1951. 道南の離島に於ける海藻フロラ及びその資源に関する研究. 第2報. 小島に産する二、三の海藻について. 北海道区水産研究所研究報告1: 52-60.
- 上家勝利1969. 津軽海峡に面する北海道南西地域の海藻相について. 藻類17: 18-23.
- 川端清策1959. 北海道渡島国北海道学芸大学生物教育尻岸内臨海実験所付近産海藻目録（第1報）. 北海道学芸大学紀要（第2部）10: 285-295.
- 野田光蔵・横山節哉1971. 北海道南西海域の小島の海藻. 藻類19: 15-20.
- 山田幸男1942. 渡島国小島の海藻. 生態学研究8: 99-100.
- Yamamoto, H. 1962. The marine algae of Hakodate and its vicinity, southern coast of Oshima peninsula. 北海道大学大学院水産学研究所修士論文.
- 山本弘敏1965. 津軽海峡で初めて採集された暖流性海藻について. 北海道大学水産学部研究彙報15: 215-220.
- （〒781-7107 高知県室戸市室戸岬町7156番地高知県海洋深層水研究所, 〒041-0821 北海道函館市港町3丁目1-1 北海道大学水産学部海洋生物生産科学科）



今年4月24日に、国立科学博物館の新館（上野）がオープンした。その1階が「生物の多様性：海洋生物」というテーマで、海洋の生物環境を中心に展示を展開し、海藻を扱った展示も設けることができた<sup>\*1</sup>。今回はそのなかから「温帯の海」と「亜寒帯の海」の海中林のジオラマ展示を紹介し、会員諸賢の来館を乞いたい。

ご存知のように、従来博物館の展示において海藻は脇役に徹してきた。生物の分類展示では往々にして省かれ、ジオラマでは背景の一部に甘んじてきた。博物館が集客を重視すれば、クジラやラッコに比べて感情移入の難しい「退屈な」生物にスペースを割きにくいし、「得体の知れない」ものを取り上げて説明に窮するような危険も考慮しなければならない。そうした配慮の結果、知名度の高い有名生物ばかりを並べた展示室や、宝塚歌劇の舞台のように美しくすっきりとしたジオラマが相場である。しかし、この世界はスターだけで成り立っているわけではない。ラッコの食欲も、肉眼では見えない微生物から直接の餌になる魚介類まで揃って初めて満たされるのであって、それらを省いたジオラマは水族館の飼育室の再現と本質的に変わらない。陸の上で生活する人間になじみがなくとも、海藻は分類学的にも生態学的にもラッコより大きな存在であることを、どこよりもまず博物館の展示が語る必要がある。

そこで私たちは、漠然と海にすむ生物を並べるのではなく、温帯域と亜寒帯域からそれぞれのモデルとなる場所を選定し、現地ロケを行い、生きている生物環境を可能な限り忠実に再現した、ぐちゃぐちゃした生



図1. 採集されたカジメ（静岡県下田）。スケールは170cm。

## 北山太樹：海中林の展示 — 国立科学博物館の場合 —

物相を眺められるジオラマを制作することを構想した。大袈裟に表現すれば、太陽の光から魚の糞にいたるまで、海中林の濃密な一瞬間を切り取って上野に置くのが私たちの理想であった。

しかし、現実には甘くない。設計1年、施工1年というとんでもなく慌ただしいスケジュールに追いまわされ、現地調査と標本採取を同時に行うという離れ技を余儀なくされた。また、すべての海藻が大から小まで1点ずつ勘定されるので、採集・制作作業は実に困難なものとなった。ジオラマ全体が1点の作品だと思っていた私は、現地で途方にくれたものである。なんとか限りなく理想に前向きなジオラマの完成に辿りつくことができたのは、注文の多い施工を担当した株式会社丹青社や獅子奮迅の潜水活動をした株式会社日本海洋生物研究所の方々のおかげである。お礼申し上げたい。

### 「温帯の海」

暖流の影響を受ける太平洋岸にみられる海岸の潮間帯下部から漸深帯に至る岩場を想定した。1998年4月に静岡県下田市で現地ロケを行った。その際、当時の筑波大学下田臨海実験センター所長、横濱康継教授の強力な協力を得ることができ、潜水による私の鼻血以外は無事、調査・採集を完了した（図1）。

完成したジオラマはカジメの海中林が主役で、暖流系の多種多数の魚介類が脇役としてそこかしこに隠れ暮らしている（図2）。現地で潜ってみると実際のカジメ海中林の林内は暗く、見上げると海面の向こうの太陽の光が木漏れ陽のように「林冠」の隙間から差し込んでくる景観が強く印象に残った。そのイメージを活かそうと、鬱蒼とした「林冠」になるように高さを揃えたが、実際の「林床」の暗さを得るためにはもう少し本数が欲しいと今も思う。カジメの葉状部と附着器は実物を樹脂で加工したが、茎は脱水すると著しく細くなるのでビニール製である。もっとも悩んだのは色彩である。カジメの葉はチョコレートのような暗い褐色を呈しているのに、海中にあるときはそれが味噌のような明るい茶色に見える。あらかじめ明るい色調で彩色し、生きた色感が得られるようにした。

海中林の中を歩くオープン型ジオラマの構想もあったが、安全性の確保や標本のメンテナンスが困難なことから断念した。そのかわり、手前の床の一部が強化ガラスで、岩礁帯が切れて砂地になる辺りを上から見おろすことができる。ここには「寄り藻」のつもりでちぎれたカジメの葉を数片置いた。ロケ現場にはもっと多数の破片が見られたのだが、「藻屑」を予算化しなかったために十分な数を置けなかったのが悔やまれる。

カジメの他に以下の海藻を配置しているほか、擬岩には石灰藻の斑紋を丁寧に施した。緑藻：タマミル、ミル、褐藻：アカモク、アミジグサ、アラメ、ウミウチワ、オオバモク、サナダゲサ、ヒジキ、ヘラヤハズ、ワカメ、紅藻：エツキイワノカワ、ヒラガラガラ、ヒラクサ、マクサ、ユカリ。

前号で菊池則雄氏が紹介されたように、3月に開館した千葉県立中央博物館分館海の博物館もカジメ海中林の展示を行っている（第47巻第2号）。そのジオラマも見事な出来で、魚の背景としてではなく、生態系の主役として海藻を扱っている点は私たちの狙いと一致する。私は開館直前に知って肝を冷やしたが、ご覧になれる側にとっては比べる楽しみがあるのではないかと思う。

### 「亜寒帯の海」

寒流の影響を受ける北海道沿岸の潮間帯下部から漸深帯を想定した。1998年7月に北海道羅臼町でロケを行った。羅臼漁協の石亀正則氏の協力で、海藻類と魚介類の標本採取や写真、ビデオ撮影を行った。

オニコンブとアツバスジコンブからなるコンブ海中林を左側の岩礁に配置した（図3）。右側にはあえてコンブ類を置かず、白色の斑紋のある岩を並べて磯焼けの状態を表現した。アツバスジコンブ、オニコンブの他にも、次の海藻を配置したので、上野に寄られた際には探してみたい。褐藻：アナメ、エゾイ



図2.「温帯の海」(新館1階)

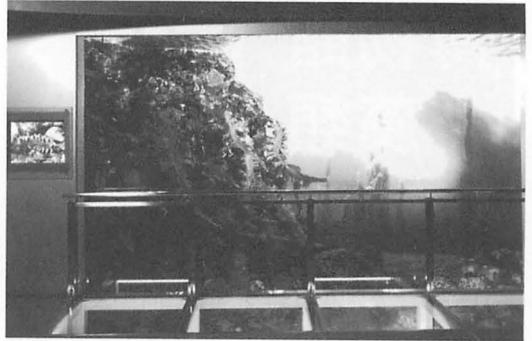


図3.「亜寒帯の海」(新館1階)

シゲ、ナガコンブ、ネコアシコンブ、ヒバマタ、紅藻：オキツバラ、カレキグサ、クシベニヒバ、クロハギナンソウ、ハケサキノコギリヒバ、フジマツモ。

このジオラマでは特に、コンブ類が海底に横臥して群生している様子を忠実に再現した。絵本からテレビまであらゆるメディアで、いまなお根強く描かれる、あの岩陰からすらりと立ち上がる緑色のコンブのイメージを修正する一助になれば幸いである。たとえば、最近中学校で使われている理科用教科書のなかには、カジメとマコンブが同じ場所に生えているかのようなイラストを載せているものがある（「新編新しい科学2分野」東京書籍）。それはまだ仕方ないとしても、マコンブが立ち上がって生えているかのように描かれているのはいただけない。まず、生きた海藻の正確な姿が社会に広く浸透しなければ、いくら海の問題を説いても、その深刻さを具体的にイメージできないのではないかと思う。我が国の子どもたちにとっては、海藻はいまやポケモンよりリアリティを欠いた存在かもしれない。海藻の名誉回復の願いを込めたジオラマである。

\*このほかに、「ジャイアントケルプの海」、「海洋植物の多様性」の常設展示があります。

(国立科学博物館)

### 【国立科学博物館】

所在地：〒110-8718 東京都台東区上野公園 7-20

TEL：03-3822-0111(代)、FAX：03-5894-9898

インターネットホームページ：<http://www.kahaku.go.jp/>

交通：JR 上野駅公園口下車徒歩 5 分

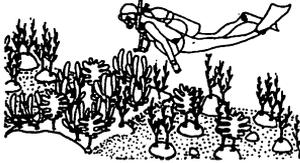
開館時間：9:00～16:30（入館は 16:00 まで）

休館日：毎週月曜日（ただし、日曜日・月曜日が休日の場合は火曜日）・年末年始（12月28日～1月4日）・消毒休館日（春季・秋季）

入館料：大人 420 円、児童・生徒 70 円。

シリーズ

## 藻場の景観模式図


 寺脇利信<sup>1</sup>・新井章吾<sup>2</sup>：2. 北海道  
厚岸郡浜中町散布地先

はじめに

前号で掲載した藻場の景観模式図に関し、藻場を回復させる技術の開発に関係している研究者から、自然な藻場の植生の特徴がつかめ、海底をあまり見たことのない人にも説明しやすいので、歓迎であるとの声が寄せられた。港湾を中心とした一定の範囲の沿岸域は、運輸省関係の役所が所轄し、港湾区域と呼ばれる。港湾区域は、海路と陸路とを繋ぐ運輸の基点であり、商工業用地とするための埋め立て地が多く、護岸や防波堤などの人工海岸となり、航路の確保のため海底の浚渫がくり返されている。そのため、港湾区域などにおける藻場の回復を企画する場合、回復させる景観として模倣すべき自然の海草・藻類植生が保存されていない場合が多い。本シリーズでは、日本沿岸の自然な藻場の景観を中心に掲載しつつも、今後、可能な場合には、人間による環境変化の結果としての景観も取り上げることで、より多くの方からのニーズに応えることができれば幸いである。

## 2. 北海道厚岸郡浜中町散布地先

## 現地概要と方法

北海道の東岸に位置し、浜中湾に面した厚岸郡浜中町散布地先(図1)の水深2~3mの海底は、比較的平坦な泥岩質の岩盤で、凹部の所々に砂が入り込んでいる。この海域では、流水が接岸すると自然的な磯掃除のためコンブの着生面積が広がり翌年は大豊作となるのが普通であり、一般的に10年に1度くらいは大規模な流水(氷の厚さ1~7m)が接岸する(佐々木1969)。しかし、近年、流水による岩面削除という自然的な磯掃除の機会が減っている。流水による岩面削除が生じなければ、物理的に安定な環境が継続することによって、海底面での海藻植生の遷移が進行し、直立し寿命が長い大型褐藻の多年生ホンダワラ類の生育に有利となっている。このような条件は、刷新面での遷移初期相において優占するが、横たわって生育し寿命が短い大型褐藻のコンブ類にとっては不利である。

散布地先におけるコンブの漁獲量は、上述の自然な環境条件の変動に由来する磯掃除に大きく影響を受けて、増大・減少することが知られている。そこで、コン

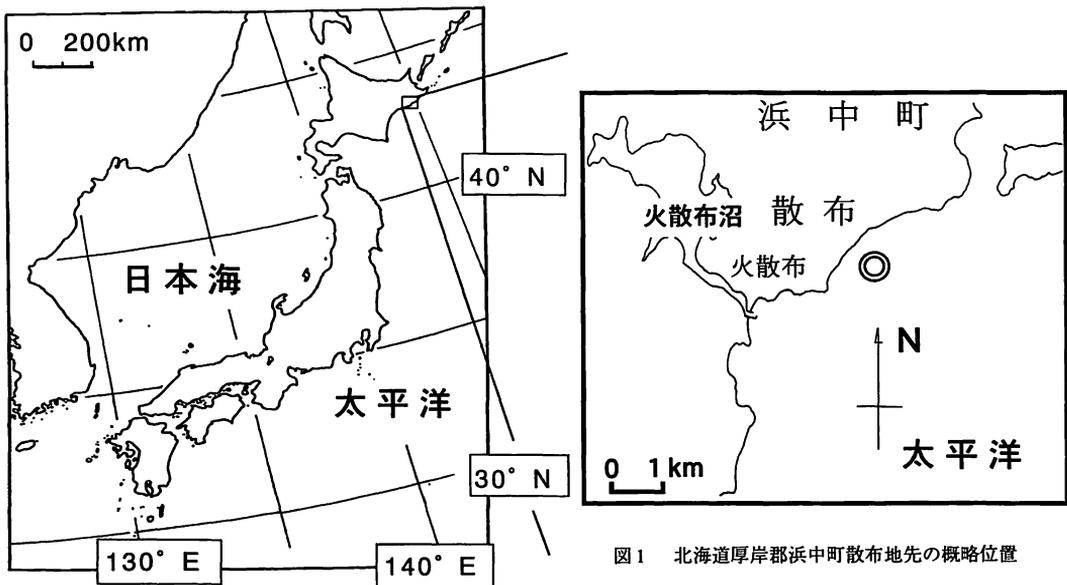


図1 北海道厚岸郡浜中町散布地先の概略位置

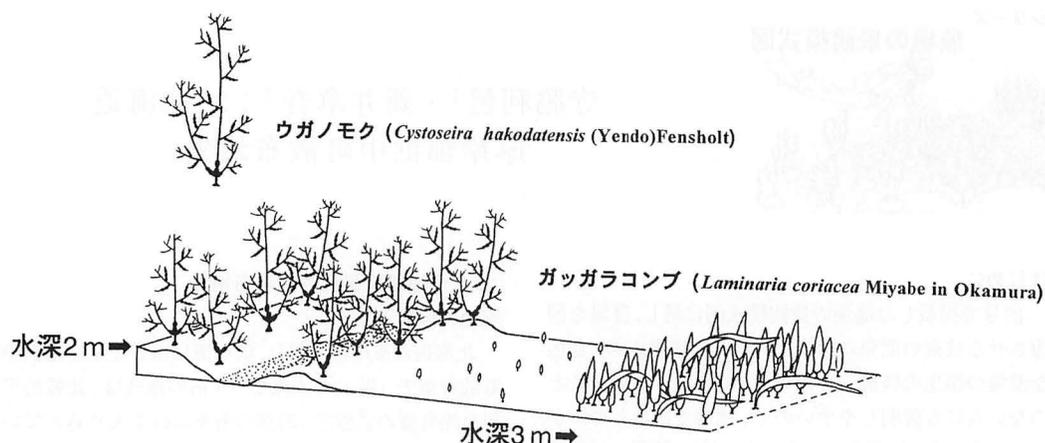


図2 北海道厚岸郡浜中町散布地先の水深2～3mにおける自然の藻場（ガラム場）の景観模式図

ブの増殖を促進するため、岩礁爆破、チェーン振り、チェーン曳きなどの方法での磯掃除が、事業として行われている。

筆者らは、試験的な取り組み段階のリモコン運転の無人水中ブルドーザーによって磯掃除された海底を観察する機会を得た。1992年6月19日に、SCUBA潜水により、自然の藻場、水中ブルドーザーによる磯掃除直後の地点、約半年後の地点、約2年後の地点で、代表的な植生の場所を観察し、一辺5mの方形枠を用い、枠内の主要な大型褐藻の被度および最大藻長を測定した。コンプ属は藻長が数mに伸長し、海底に横たわっている。そこで、枠の内部に付着器が有る無いに係わらず、枠内に存在するコンプ藻体の被度を測定した。

## 結果

自然の藻場：比較的凹凸の激しい場所は、水中ブル

ドーザーによる岩面削除が困難なため、自然植生が残されていた。多年生ホンダワラ類のウガノモク *Cystoseira hakodatensis*(Yendo)Fensholt が、砂面からの比高が数cm高く、砂の被覆の影響など物理的攪乱を比較的受けにくい場所を中心に、被度85%、最大藻長2.3mで優占していた(図2の左側)。図示しなかったが、ウガノモクが疎生な部分に、ガッガラコンプ *Laminaria coriacea* Miyabe in Okamuraが混生していた。

磯掃除直後：リモコン運転の無人水中ブルドーザー(写真1)によって磯掃除された直後の海底は、表面が削り取られて物理的に刷新された概ね平坦な面で、深さ数cm以内の数多くの凹部に無節サンゴモとコンプ属の幼体が残っていた(図2の中央部、写真2)。

磯掃除半年後：1月に磯掃除が行われた海底には、藻長0.4mのガッガラコンプが被度80%で優占し、藻長0.9mのナガコンプ *Laminaria longissima* Miyabe in

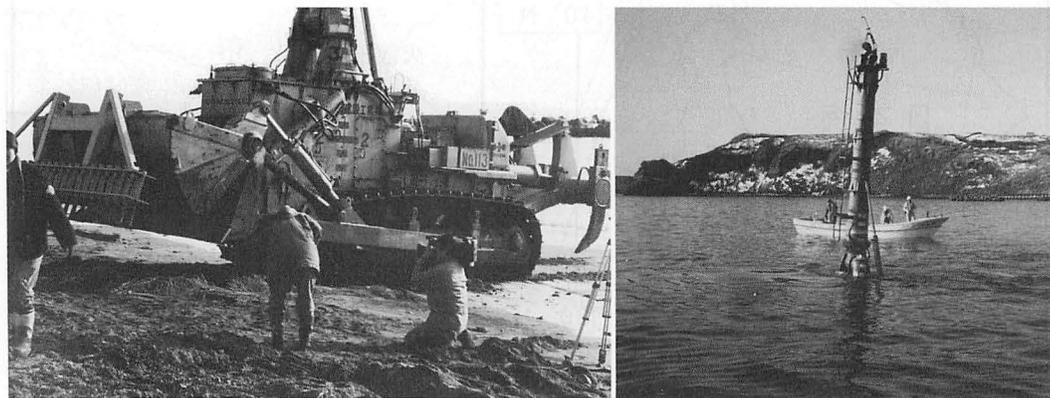


写真1 コンプ場造成用の水中ブルドーザー (左：水中に没する本体； 右：海面を移動する上部)

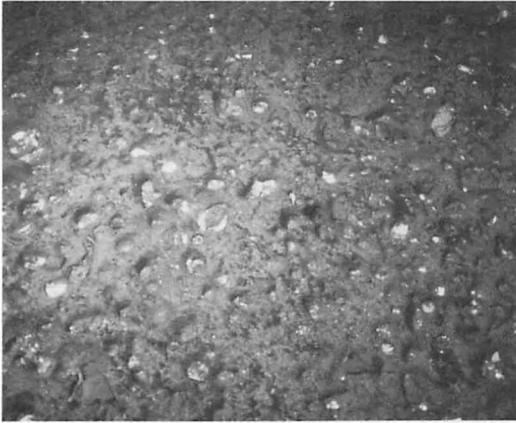


写真2 水中ブルドーザーによる磯掃除直後の海底面

Okamura が被度5%で混生していた(図2の右側)。

磯掃除約2年後:1990年に水中ブルドーザーで磯掃除され約2年後の海底は、ナガコンブが、全域において被度100%、最大藻長15mで、優占していた(図3)。岩面の大部分を覆う基面被覆海藻である無節サンゴモは、被度80%に増加していた。無節サンゴモは、岩盤が平坦に改変され砂の堆積する場所がなくなったため生育可能面積が拡大し、対照区より被度が高かった。この時点で、ナガコンブの競合種であるウガノモクの入植が認められた。

#### まとめ

自然の藻場では、多年生ホンダワラ類のウガノモクが優占した。水中ブルドーザーによって磯掃除された海底は、物理的に刷新された平坦面となり、2年後には最大藻長15mに生長したナガコンブが被度100%で優占した。また、2年後の時点で、ナガコンブ群落へのウガノモクの入植が認められた。

#### 注目点

安定な環境条件下で寿命の長いホンダワラ類が優占するガラモ場の景観が、人為的な物理的攪乱による基面の刷新により、寿命が短く商品価値の高いナガコンブ場の景観に改変される様子は、陸上において森林が開墾されて圃場の景観に改変される様子が想起され、まさしく「コンブの畑」(寺脇1996)と言える。また、この海域では、大きな物理的攪乱後におけるガツガラコンブ-ナガコンブ-ウガノモクの遷移系列が想定され、かつ、それらを理解し情報を活用しての磯掃除に取り組みられていることが分かる。利尻島において磯掃除の能率や経済性を調査した名畑・松田(1983)によると、チェーン振りによるコンブ生産への効果は、天然コンブの生産量の年変動が大きく、一方、雑草除去面積が比較的小さいため、全体の生産量に反映するまでには至っていない。コンブ増殖の観点からは、今後さらに効率的かつ効果的な磯掃除の方法が求められよう。

#### 謝辞

潜水観察にご協力いただいた釧路支庁釧路東部地区水産技術普及指導所の専門普及員(当時)の水鳥純雄氏、散布漁業協同組合、さらに調査地点の確保と現地へご同行の上、図鑑(川嶋1989)に基づき詳細にコンブ属同定のご指導をいただいた川嶋昭二博士に感謝する。本模式図の公表に際し便宜を図って下さった(財)電力中央研究所にお礼を申し上げる。

#### 文献

- 川嶋昭二 1989. 日本産コンブ類図鑑. 北日本海洋センター, 札幌.  
 名畑進一・松田洋 1983. 利尻島コンブ漁場の「チェーン振り」による磯掃除. 北水試月報 40: 249-269.  
 佐々木茂 1969. 釧路地方におけるナガコンブ *Laminaria*

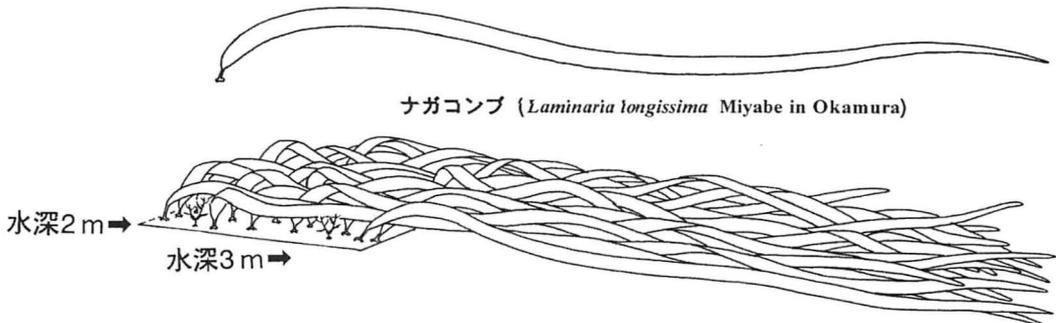


図3 磯掃除約2年後の藻場(コンブ場)の景観模式図

*angustata* var. *longissima* (Miyabe) Miyabe の生態学的研究 . 1 冬季発芽群の生活様式 . 北水試報告 10: 1-42.  
寺脇利信 1996. 藻場 . 21 世紀の海藻資源 , 大野正男(編

著), 緑書房, 東京 .

(<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)

## 藻類 Q&A

葉緑体の2重膜の起源については、共生者（藍藻）の細胞膜と宿主の食胞膜に由来するものと思っていたのですが、最近、2重膜は共生者の細胞膜と外膜に由来するという説も耳にするようになりました。どちらが本当なのでしょうか？（北大生 S.S.）

### 葉緑体包膜の起源

葉緑体が無色の真核細胞に共生した藍藻に由来することは、現在では疑う余地のない事実として受け入れられています。しかし葉緑体の構成要素の全てが藍藻に由来するのでしょうか、それとも一部は宿主細胞に由来するのでしょうか？どのようにして共生者である藍藻が一個のオルガネラ（葉緑体）としてホストの細胞に統合されたかは、細胞の共生進化を理解する上で非常に重要なテーマの一つだといえます。

緑色植物や紅藻類などの葉緑体は二重の包膜に囲まれています。この2枚の包膜の由来については、藍藻を含むグラム陰性菌の細胞が2枚の包膜（細胞膜と外膜）を持つことが知られるようになって以来（Stanier and Cohen-Bazire 1977）、長い間論争が続いておりはっきりとした結論が出ていませんでした。なぜなら、宿主細胞による捕食を前提とした共生説に従うと葉緑体の包膜が3枚必要になり（藍藻の2枚の膜とホストの食胞膜）、膜の消失を仮定しなければならないのです。ではどの膜が消失したのでしょうか？これについて主に2つの説が提出されてきました。1つは、葉緑体包膜の内膜は藍藻の細胞膜に、外膜は宿主細胞の食胞膜に由来し、消失したのは藍藻の外膜であるというものです（Whatley and Whatley 1981）。葉緑体の外膜に真核タイプの脂質であるフォスファチジルコリンが存在するというデータ（Douce and Joyard 1990）はこれを支持しています。一方で、陸上植物の葉緑体包膜の脂質組成は内外膜共に概して原核生物の膜に近いことから、消失したのはホストの食胞膜であるという説も提出されました（Joyard *et al.* 1991）。最近の後者の説を支持する研究者が多くなってきましたが決定的な証拠がなく、多くの場合、膜の由来について曖昧なまま葉緑体の共生進化が説明されているのが現状です。

しかしながら最近、ドイツとアメリカの2つのグループ（Bölter *et al.* 1998 と Reumann *et al.* 1999）が独立に相次いで、葉緑体外膜の起源に関して決定的な証拠を提供する論文を発表しました。よく知られているように、高等植物の葉緑体外膜には核コードの葉緑体

タンパクを細胞質から葉緑体へ取り込むためのタンパク複合体が存在します。その中でタンパク輸送の中心的役割を果たす Toc 75 というタンパク質の一次構造が、シアノバクテリア（*Synechocystis* PCC6803）のゲノムに存在する機能のわかっていない ORF（slr1227）の産物とよく似ていることが指摘されていました（Heins *et al.* 1998）。両グループはそれぞれイムノゴールド法（Bölter *et al.* 1998）およびシアノバクテリア膜の分画（Bölter *et al.* 1998, Reumann *et al.* 1999）によって、このタンパク質がシアノバクテリアの外膜に局在することを明かにしました。つまり、葉緑体外膜にあるタンパク質と構造のよく似たタンパク質が藍藻の外膜に存在していたのです。そうするとこの藍藻のタンパク質（SynToc75 と命名された）と葉緑体の Toc75 が機能的にも相同であるかどうかが問題となります。Bölter *et al.* (1998) は、リボソーム（人工的に作成した脂質二重膜）に大腸菌で発現させた SynToc75 を埋め込み電気生理学的な性質を調べ、Toc75 と同様に SynToc75 もポリアミンやペプチドを通過させることのできるチャンネルとしての性質をもつことを明かにしました。また、Reumann *et al.* (1999) は、膨大なデータベースサーチによって、SynToc75 がグラム陰性細菌の外膜に存在する毒性因子の分泌に働く特定のチャンネルタンパクの一群に属し、C-末領域に共通のモチーフを持つことを示しました。つまり、SynToc75 は構造的にも機能的にも葉緑体の Toc75 と非常によく似ていることが示されたわけです。この発見は、葉緑体外膜の藍藻由来説を強力に支持しており、両グループは、葉緑体の Toc75 は藍藻の外膜で分泌チャンネルとして働いていた SynToc75 が、共生の後葉緑体へのタンパク質の取り込みに関与するようになったものである可能性が高いと結論しています。

さてこれが本当だとしても、分泌と取り込みでは輸送の方向が逆になってしまいます。どのようにしてこの輸送方向の逆転が起こったのでしょうか？これに関して Reumann *et al.* (1999) は興味深い考察をおこなっています。葉緑体の Toc75 の遺伝子は核にコードされています、したがってこのタンパク質は細胞質で合成さ

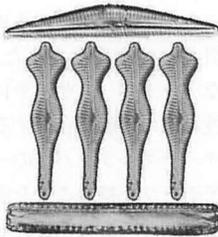
れて葉緑体の外膜に挿入されることになるので、シアノバクテリアのゲノムから発現して内側から外膜に挿入される SynToc75 とはタンパク質の向きが膜の中で逆になっている可能性があるのではあるというのです。もしそうだとすると、この遺伝子が共生者から核へ移行したことが分泌チャンネルの向きの逆転を引き起こし、それによって細胞質から葉緑体へのタンパク質の輸送が可能になり、それが他の様々な葉緑体タンパク質遺伝子の核への移行を可能にしたと考えることができます。こう考えると Toc75 遺伝子の核への移行が、一次共生において共生者が葉緑体として宿主細胞に統合されるための最も重要なイベントの一つであったと言えるかもしれません。

#### 参考文献

- Stanier, R. Y. & Cohen-Bazire, G. (1977) *Annu. Rev. Microbiol.* 31:225-274
- Whatley, J. & Whatley, F. R. (1981) *New Phytol.* 87:233-247
- Douce, R. & Joyard, J. (1990) *Annu. Rev. Cell Biol.* 6:173-216
- Joyard, J., Block, M. A. & Douce, R. (1991) *Eur. J. Biochem.* 199:489-509
- Bölter, B., Soll, J., Schulz, A., Hinnah, S. & Wagner, R. (1998) *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 95:15831-15836
- Reumann, S., Davila-Aponte, J. & Keegstra, K. (1999) *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 96:784-789
- Heins, L., Collinson, I. & Soll, J. (1998) *Trends Plant Sci.* 3:56-61
- 石田健一郎 (ブリティッシュコロロンビア大学)



## 学会・シンポジウム情報



### 第16回 国際珪藻シンポジウム 16th International Diatom Symposium

第16回国際珪藻シンポジウムが2000年8月25日～9月1日にギリシャで開催されます。8月25日～27日までをアテネ市内で基調講演と口頭発表が、また27日午後からは会場を船上に移し、エーゲ海の島々を巡りながら、エクスカージョンを兼ねてポスター発表・討論をおこないます。珪藻に関わるさまざまな研究発表(系統分類学、形態学、生態学、生理学、生化学、生活環、生物指標、古生態学、古環境学、生層序学、培養、藻類毒など)を募集しています。1stサーキュラーは以下のWWWアドレスで見ることができます。また、そこから予備登録することもできます。予備登録者全員に2ndサーキュラーが送付されることになっています。

問い合わせは下記のAthena Economou-Amilli博士、もしくは真山茂樹(e-mail: mayama@u-gakugei.ac.jp, tel. 042-329-7524)まで。

<http://www.uoa.gr/IDS2000>

Dr. Athena Economou-Amilli  
Department of Ecology and Systematics  
Faculty of Biology, University of Athens  
Panepistimiopolis, Athens 15784, Hellas (Greece)  
Fax: +30-1-7243325 Email: aamilli@cc.uoa.gr

## 佐々木秀明：第2回アジア太平洋藻類学フォーラム参加記

第2回アジア太平洋藻類学フォーラム (The Second Asian Pacific Phycological Forum) が、1999年6月21日から25日にかけて、香港にある香港中文大学で行われた。香港中文大学は、香港の中心部である九龍や香港島から電車で約30分、沙田という街に位置する。キャンパスは更に郊外の山中にあり、日本では見ることができない蝶や大きなカタツムリや30cmを越えるナナフシなどが我々を暖かく迎えてくれた。人が溢れ、雑然とした香港そのもののイメージを大学に抱いてやってきた私にとって、その落差にしばし呆然としたのは言うまでもない。更に、キャンパスは山肌で作られているため、大学内の移動は非常に急な坂を行き来しなければならなかった。坂多き神戸大学とい勝負ではなかろうか。しかしながら、眺望はたいへん素晴らしく、眼下に広がる景色は語るに尽くせないものであった。キャンパス内には多くのレストランをはじめ、スーパーマーケットなどが存在し、1つの街を形成しているかのようであった。

香港の気候は大変蒸し暑く、時折、激しいスコールに見舞われた。屋外が蒸し暑いのにに対して、会場内は冷房が効きすぎていて、その気温差に調子を崩す人もおられたようである。また、香港の食と言えば当然ながら円卓を囲んでの中華料理である。毎食の食事は、味はもとより目も楽しませてくれて、素晴らしいものであった。しかしながら、日本からの参加者の中には、連日の暑さと中華料理攻めに疲れ、あっさりとした日本食を求めて沙田の街をさまよった人々もいたようである。

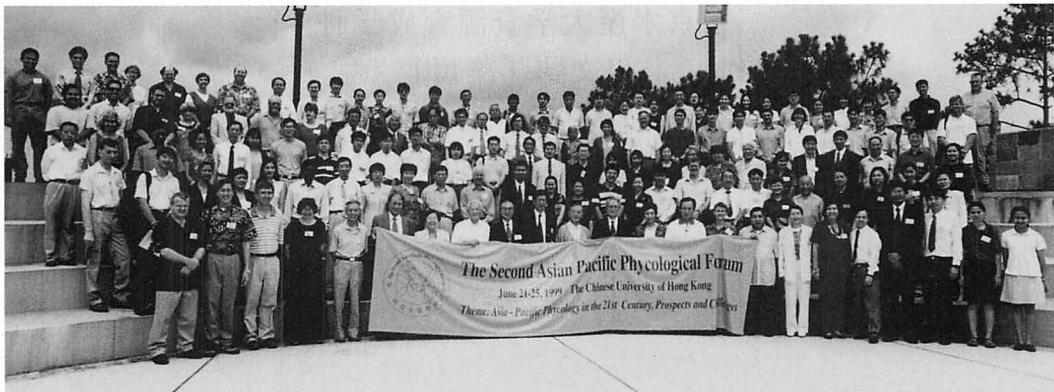
フォーラムは、アジア諸国を中心に19カ国から約

200人の参加の下、行われた。日本からは総勢27人が参加した。残念ながら、日本からの学生の参加は、韓国や中国などに比べると大変少なかった。

さて、本题の講演であるが、11のミニシンポジウムを始め、多数の口頭発表及びポスター発表などが行われた。講演は2会場において同時進行で行われた。今回、口頭発表の形式として多く見られたのが、スライドやOHPに代わって、コンピューターを用いた発表である。香港では情報教育の一環として、コンピュータープレゼンテーションを推奨していることを、香港の学生が教えてくれた。香港以外の人々もコンピュータープレゼンテーションを行っていたが、フォントの選択によっては大変見づらかったり、文字化けが生じてしまい、細心の注意が必要なようである。

講演内容は、生態や応用藻類学の分野の発表が多かったように思われる。アジア諸国の研究者が多いため、その地域性が出たのであろうか。数多くある発表の中で筆者の印象に残ったものの中に、J. West氏による高速ビデオカメラを用いた紅藻の精細胞の運動観察がある。紅藻の精細胞は不動であると言われているが、映像では水の流動ではない、明らかな細胞自身による運動が観察され、聴衆から感嘆の声が上がった。この映像は、エンディングセレモニーにおいて再び映写され、多くの聴衆を魅了した。

日本からの参加者も多く素晴らしい発表を行い、なかでもブリティッシュコロンビア大学の石田健一郎氏は、クロララクニオン藻の系統解析の研究によりポスター賞を受賞した。国際藻類学会での受賞に続いて2度目とのことである。副賞として賞金も頂いたよう



であるが、その用途は家族のためとのことであった。

講演の合間には、コーヒーブレイクがあり、和やかな雰囲気のもと、先の発表に対する質問など活発な意見交換が行われていた。筆者も、この場で発表に対する様々なご意見、ご指摘をいただき、多くのことを学ばせていただいた。

最終日前日の夜には、これぞ香港と思わせる電飾華やかな船上において、懇親会が行われた。次から次と運ばれてくる料理は豪華絢爛、見ているだけで素晴らしいものであった。懇親会中には、特別講演として中国の長老研究者（90歳以上であったと記憶している）

による中国の藻類学に関する講演も行われた。和やかな雰囲気のもと、多くの国の方々の円卓を囲んでの語らいは、私にとって素晴らしい思い出となった。

今フォーラムにおいて発表された演題は、審査の後にプロシーディングとしてHydrobiologiaという雑誌にまとめられる予定である。

最後に、今フォーラムの準備、運営に当たられ、素晴らしい機会を与えていただいた香港の方々に感謝を表したい。

(657-8501 神戸市灘区六甲台町1-1 神戸大学自然科学研究科)

## 和文誌「藻類」の投稿先が変わります

2000年1月1日より、日本藻類学会和文誌「藻類」の編集委員長が、田中次郎氏（東京水産大）に交替となります。編集業務の移管をスムーズにおこなうために、

1999年11月10日以降に投稿（論文・記事）される方は、新編集委員長宛にご投稿ください。

### 1999年11月10日以降の投稿先

〒108-8477 東京都港区港南4-5-7

東京水産大学資源育成学科

和文誌「藻類」

編集委員長 田中次郎

TEL& FAX: 03-5463-0526

e-mail: jtanaka@tokyo-u-fish.ac.jp

## 書評 新刊 紹介



岩槻邦男・馬渡駿輔 監修

千原光雄 編集

バイオディバーシティー・シリーズ3

「藻類の多様性と系統」裳華房 1999年7月刊

346頁 4,700円(税別)

いま生物多様性が脚光を浴びている。本書は生物多様性分野の生物学の発展に資する目的で編纂されているバイオディバーシティー・シリーズの「生物の種多様性」,「植物の多様性と系統」に続く第3巻目にあたる。編者千原光雄先生が「藻類とは、酸素を発生する光合成を行う生物の中からコケ植物,シダ植物,および種子植物を除いた残りの全て・異質かつ多様な生物の寄せ集めである。」と書かれているように、藻類は生物多様性のまさしく宝庫である。

A5版ソフトカバー、これは読み易く持ち運び便利で、座右に置いていつでも気軽に活用できる装丁である。装丁だけでなく実際使ってもらえる本にするために、読者が退屈せず興味をもって読めるように内容の構成も工夫されている。本書は3部からなっている。第I部「藻類の多様性と分類体系」

第II部「さまざまな形質からみた藻類の多様性と系統・進化」

第III部「植物群ごとの特徴」

第III部では適宜コラム欄が挿入され、最新のトピックや興味をそそられる研究テーマを知ることができる。巻末には分類表、引用文献リスト、人名索引、生物名索引(邦語)、学名索引および事項索引(数字・英字・邦語)が備えられている。さらに、表裏の表紙見返しには分類形質一覧が詳細かつ簡潔に表にまとめら

れ、4ページのカラー口絵もついている。

第I部では、藻類の特徴と分類がその研究史とともにきわめて明快に解説されている。20年余りも藻類をやっている自分の不勉強をさらすようで恥ずかしいが、なるほど藻類はこういうものなんだと改めて納得させられる。そしてこれは第II部への導入となる。

第II部は藻類全体を形質という断面で横方向に切って、進化と多様性が語られる。この試みは私自身待ち望んでいたものであり、大いに功を奏している。DNA、葉緑体、光合成色素、鞭毛装置、有性生殖、走光性、概日時計および細胞共生の8つの平面でそれぞれ藻類を包括的に理解でき、それらを縦に積み重ねると藻類像が3次元的にぐっと浮かび上がってくる。分子系統学の章では日々刻々と新事実が出てきている臨場感が伝わってくる。

ただ一度真核細胞に取り込まれた後の葉緑体と周辺構造の何と多くの多様性のあること、古い鞭毛と新しい鞭毛、眼点は光を感じる「眼」ではない、酸素を発生する光合成系が、酸素を発生しない2種類の光合成細菌のそれぞれの光化学系を併せ持っている、生物時計の振動の源は2つの遺伝子の引っ張り合いっこみたいなもの、別々の真核細胞が葉緑体を持ち、その真核細胞がさらに別の真核細胞に取り込まれた、等々できるだけ最新の成果を盛り込み、さらに今後解明するべき点についても言及している。

第III部では今度は藻類を縦の線で見ようということで、各分類群の特徴が、細胞構造、生殖、分類等の共通の項目立てに従って、また随時細胞分裂や特殊な細胞機能などの個別の項目を加えて平易に説明されている。記載的でやや単調になりがちなのをコラム欄がしっかりとリフレッシュしてくれる。

藻類の多様性とその研究の最前線を楽しみながら学べる格好の書である。

奥田一雄(高知大学理学部自然環境科学科)

## 書評 新刊 紹介



自然史の窓 4 宮田昌彦 著

「潮だまりの海藻に聞く海の自然史」

1,900円 岩波書店 131頁

近年、生物学の世界の専用用語であった「生物多様

性」が、日本の社会で一人歩きし始めた感がないでもないが、それはそれで一般市民が人類以外の生物について持っていた従来の意識から一歩も二歩も踏み出したことの映として喜ぶべきことであろう。その一つとして、店頭には生物を紹介する多様な、カラフルな豪華本が並ぶようになって久しい。しかし、植物についてみれば、花の咲く被子植物や陸上の植物についてのものが大部である。顕微鏡的なサイズの藻類が多い淡水域のものや海産の植物のものとなると、図鑑類しか

ないと言っても過言ではないであろう。その遠因の一つは、世の人々の関心が食物としてのコンブ、ワカメを知っている、植物という認識には到っていないことにあるのではないかと想像されるが、こうした植物を研究している藻類の専門家の藻類の重要性、有用さが地球規模のものであることを世に浸透させる努力をあまり払ってこなかった？（これに対しては強い反論もあるでしょうが）責任も大だと思われる。しかし、最近読む対象はいろいろであっても、藻類の研究に従事している方々によって、藻についてのいろいろな切り口の書物が少しずつではあるが出版されるようになったことは喜ばしい。ここに紹介する、宮田昌彦氏による「潮だまりの海藻に聞く海の自然史」は、生物圏としての地球上での藻の起源から、進化、分類、生き方、人類生存にとっての藻の重要性などを、氏の研究史を

交えながら語っている。藻が学術研究の対象の世界から、植物として市民の中に浸透していく黎明期の書物として意義ある一冊と言えよう。ただ一つ、残念なことは、色が最重要ポイントである藻を示す写真がモノクロであることである。著者にはどうすることもできなかったであろうことは容易に想像できるが、どんな表現を使っても伝えきれない藻の魅力がこれでかなり失われたことである。読まれる方の参考に、以下に各章ののタイトルを挙げておく：1 潮だまりの海藻，2 地球史の生き証人＝シアノバクテリアが語る共生と進化の物語，3 小さな巨人＝褐虫藻が語るサンゴ礁の生活，4 海の仕掛人＝サンゴモが語る海中林の成り立ち，5 小さな海藻に聞く地球の呼吸のはなし。

堀 輝三（筑波大学生物科学系）

## 書評 新刊 紹介



館脇正和・星澤幸子 著

「食べてわかった 昆布パワー」

北日本海洋センター 1999年6月刊

133頁 700円（税込）

日本藻類学会の3ナントカ人と称されるトリオはこれまで何組か存在したのだが、そのひとつ、北海道大学の館脇さん、神戸大学の榎本さん、それに東京教育大学（筑波大学）の私という臨海トリオは35年の歴史を有する。盟主格の館脇さんは海藻の発生学と培養法の権威として内外に知られる存在だが、藻食論という裏芸の持主でもあることを知る人は少いだろう。幸いにも私はごく親しい友人の一人として、藻食論の恩恵に浴し、64歳の今日まで、無病息災に過ごすことができたのだが、本書の刊行によって、いよいよその恩恵の輪は世間に広がることになったのである。

藻食は日本人の食生活を最も特徴づけるものだったのだが、最近ではその価値に気づかない人が多くなった。館脇さんもそんな一人だったらしく、肉や脂っこい料理ばかり好んだツケがまわって、40代から便秘と大腸ポリープに悩まされたとのことである。ポリープ

再発の度に入院して切除という10年間の闘病生活の末にコンブを食べることに気づき、毎日少しずつ食べたところ、ポリープが再発しなくなったという。館脇さんの藻食論は、御自身の貴重な体験から出発し、15年以上ものあいだ磨かれたため、大変な迫力に満ちている。

学会の大会などで厳しい質問や講評を賜る館脇先生の著書なので、さぞむずかしい内容なのだろうと思われる人も多いだろうが、友人としての館脇さんはウィットに富み、そして非常に誠実な人なのである。おまけに共著者の星澤幸子さんは魅力的なクッキングキャスターである。プロローグとしてのお二人の対談は、学問の場では見られない優しい笑顔を彷彿させる。

10ページ少々のお二人の対談を読ませていただいただけでも、健康維持に果たすコンブのすごい力を納得してしまうのだが、館脇さんの本領発揮は60ページにわたる第2章「コンブくんのトンネルパトロール～からだの中のトンネルを行こう」である。陸上植物にはあまり含まれてない水溶性食物繊維がヒトの健康を維持するしくみについて、パトロール隊員「コンブくん」が人の口から肛門までの要所々々で活躍するという形で解説されている。小学生でも高学年の児童なら十分理解できそうな語り口で、とくに小学生が好き(?)なあの単語が3文字のカタカナでふんだんに登場したりするが、胃がんや大腸がんの発生過程におけるアルギン酸やフコイタンなどの抑止効果を始めとして、人体の生理学から西澤一俊先生顔負けの多糖類の生化学ま

で縦横無尽に筆は走る。

さて、コンブの偉大な力は理解できたが、毎日食べるためには工夫が要る。そのあたりを心得た舘脇さんは、第3章をどさんこのクッキングキャスター星澤幸子さんに託している。テレビ番組でも活躍中の星澤さんオリジナルのコンブ料理からコンブおやつまで20例ほど、そしてコンブを上手に使うコツなどが約50ページにわたって紹介されているが、1例ごとに見開き2ページの右側に出来上がりのイラストと4人分の材料、左側に作り方とひとくちメモというように整理されているので、本書は本邦初（もちろん世界で最初）の大変重宝なコンブ専用クッキングブックということにもなる。

食欲をそそる墨絵風のイラストの下に記された材料は入手しやすいものばかり、作り方も手順が2～5段階、ひとくちメモは数行という構成なので、これなら男性でもコンブ料理が楽しめる。舘脇さんは室蘭の北大海藻研究施設長としての単身生活の間にも毎日きちんとコンブを食べておられたので、星澤さんはそんな

舘脇さんを意識して簡単なレシピを工夫されたのではないかと思ってしまうほどである。ただ舘脇さんは2年前に退官され、本書は専ら夫人に活用されていることだろう。

本年3月に定年を迎えた私は、南国伊豆から三陸へ移り単身生活を続けることになった。これまでは舘脇さんから送られる日高昆布を専ら消費していたのだが、三陸の海にはコンブが自生している。本書はコンブの産地で単身生活を送る私へのまたとない贈り物となったのだが、舘脇さんは、幸せな臨海生活を支えてくれた全国民への感謝の気持を本書に託されたのであろう。同じ臨海トリオに属する神戸大の榎本さんは284種からなる「瀬戸内海海産藻類標本集」150部刊行という壮挙をとげられたが、同じ気持からだったはずである。本書は北海道内限定販売とのことだが、国内に広く読者を得て、国民の健康維持に活用されることが、臨海トリオ全員の願いでもある。

横濱康繼（志津川町自然環境活用センター）

## 書評 新刊 紹介



"Proceedings of the Fourteenth International Diatom Symposium. Tokyo, Japan, September 2-8, 1996"

Edited by Shigeki Mayama, Masahiko Idei & Itaru Koizumi. 1999. 638pp. Koeltz Scientific Books.

DM 380/US\$ 218

ISBN 3-87429-401-3, ISSN 0933-0755

1996年9月に東京で開催された、第14回国際珪藻学会に発表された論文集がこの度刊行されました。装丁はハードカバーで638ページとかなりのボリュームです。

本編の構成は、Taxonomy & Systematics 13編、Growth & Life cycle 5編、Ecology 11編、Paleoenvironments 10編、Stratigraphy & Genealogical Evolution 6編の計45編が掲載されています。論文は、新種記載を含め、日本・アジア地域を取り扱ったものが半分にも及んでいます。以下に主な論文題目を紹介します。

<Taxonomy & Systematics>

- MANN, D. G.: Crossing the Rubicon: the effectiveness of the marine / freshwater interface as a barrier to the migration of diatom germplasm.
- CHANG, T. P.: Reexamination of diatom type material of "*Frustulia operculata* et *F. ventricosa*" C. A. Agardh.
- ROUND, F. E.: Ecology and taxonomy - Is there a relationship in the diatoms?
- STOERMER, E. F. and M. B. EDLUND: No paradox in the plankton? - diatom communities in large lakes.
- EDLUND, M. B. and E. F. STOERMER: Taxonomy and morphology of *Amphora calumetica* (B. W. Thomas ex Wolle) Perag., an epipsammic diatom from post-Pleistocene large lakes.
- FUKUSHIMA, H., T. KOBAYASHI and S. YOSHITAKE: Morphological variability of *Cymbella lacustris* (Agardh) Cleve in a sample from Neusiedler See (Austria).
- NAUTIYAL, R. and P. NAUTIYAL: Altitudinal variations in the pennate diatom flora of the River Alaknanda - Ganga in the Himalayan stretch of Grahwal region.
- NIKOLAEV, V. A. and D. M. HARWOOD: Taxonomy of Lower Cretaceous diatoms.
- STRELNIKOVA, N. I. and T. V. LASTIVKA: The problem of the origin of marine and freshwater diatoms.
- WANG, G.: *Pliocaenicus kathayanus* sp. nov. and *P. jilingensis* sp. nov. from a diatomite of Jiling Province, northeast China.
- TANAKA, O., M. KIMURA, A. ISHII and S. MAYAMA: Upper Cretaceous diatoms from central Japan.
- KOCIOLEK, J. P., A. D. MAHOOD and K. L. NUTILE:

Types of the diatom collection of the California Academy of Sciences.

<Growth & Life cycle>

NAGAI, S., I. IMAI, K. YAMAUCHI and T. MANABE:  
Induction of sexuality in the diatom *Coscinodiscus wailesii* Gran by a marine bacterium *Alcaligenes* sp. in culture.

ITAKURA, S., K. NAGASAKI, M. YAMAGUCHI and I. IMAI: Abundance and spatial distribution of viable resting stage cells of planktonic diatoms in bottom sediments of the Seto Inland Sea, Japan.

KANESHIRO, T., K. HAMASAKI, T. TODA and S. TAGUCHI: Effects of ultraviolet radiation (UVB) on the growth of *Chaetoceros gracilis*.

ROSHCHIN, A. and V. A. CHEPURNOV: Dioecy and monoecy in the pennate diatoms.

INOUE, T. and A. TANIGUCHI: Seasonal distribution of vegetative cells and resting spores of arcto - boreal diatom *Thalassiosira nordenskioldii* Cleve in Onagawa Bay, northeast Japan.

<Ecology>

FUKUSHIMA, S.: Change in the diatom assemblage of an urban river with utilization of treated sewage as maintenance water.

KATO, K.: Compositional change of diatom assemblages

in a volcanic lake in Miyakejima Island, Japan, following deposition of scoria.

LAUSEVIC, R.: Diversity in net diatom plankton of Vlasinsko Jezero reservoir (Serbia, Yugoslavia).

TUJI, A.: A new fluorescence microscopy method to study biofilm architecture

OHTSUKA, T.: Diatom community structure and its seasonal change on the stolon of *Phragmites japonica*.

LANGE -BERTALOT, H.: A first "red list" of endangered taxa in the diatom flora of Germany and of central Europe -interpretation and comparison.

McBRIDE, T. P., P. SELKIRK and D. A. ADAMSON: Present and past diatom communities on subantarctic Macquarie Island.

SCHELSKE, C. L., C. M. DONAR and E. F. STOERMER: A test of paleolimnologic proxies for the planktonic / benthic ratio of microfossil diatoms in Lake Apopka.

WATANABE, T. and K. ASAI: Diatoms on the pH gradient from 1.0 to 12.5.

ASAI, K. and T. WATANABE: Statistical classification of epilithic diatom species into three ecological groups relating to organic water pollution.

KAWABATA, Y., NAKAHARA, H. and KATAYAMA, Y.: Diatoms of the Aral Sea sediments.

南雲 保 (日本歯科大学生物学教室)

新刊書

◆ Alexandre Meinesz 著 Daniel Simberloff 訳

「Killer Algae」

Cloth \$25.00 ISBN: 0-226-51922-8

1999, 376 pages, 8 color plates, 5 line drawings, 7 maps

本号の総説で取り上げたイチイヅタに関する新刊書。詳しいことは以下のホームページを参照ください。

<http://www.press.uchicago.edu/Misc/Chicago/519228.html>

◆ 16TH INTERNATIONAL SEAWEED SYMPOSIUM CEBU CITY, PHILIPPINES, APRIL 1998.

PROCEEDINGS: Ed. by Joanna M. Kain (Jones), Murray T. Brown and Marc Lahaye.

1999. (Developments in Hydrobiology, 137). illustrated. 576 p. Hardcover.

520.00 DM/US \$297.14

国際海藻会議のプロシーディングス。

◆ Robert Edward Lee 著

「Phycology」

ISBN: 0521638836

September 1999, 3rd edition, 600 pages, Cambridge Univ. Press

Lee の藻学教科書の第3版。

藤井修平<sup>\*</sup>・山本良一<sup>\*</sup>・中山伸<sup>\*</sup>・安井伸郎<sup>\*</sup>・P. Broady<sup>\*\*</sup>：南極産黄緑色藻ヘテロコックスの成長に対する塩濃度の影響

南極の塩類堆積土壌から黄緑色藻トリボネマ目ヘテロコックス属に分類される藻類を単離した。ヘテロコックス属藻類は淡水性藻類で、これまで高山や南極など寒冷な地帯の土壌や淡水に生息することが報告されている。予備的実験から単離したヘテロコックスは、0.5M濃度の塩化ナトリウム培地でも成長することが分かった。そこで、この藻類の成長に対する塩化ナトリウム塩濃度の影響を詳細に検討したところ、塩濃度の増加に伴い成長は抑えられるものの0.8M濃度まで成長し耐塩性を持つことが分かった。どの物質が浸透調節物質として働いているかを明らかにするため、細胞内溶質含量に対する培養塩濃度の影響を検討した。細胞内アミノ酸や無機イオン含量の培養塩濃度に対応した増加は見られず、これらの溶質がこの藻類の浸透調節物質として働いているとは考えられない。糖アルコールについてGC/MS分析を行ったところ、この藻類はマニトールを含むことが明らかになった。黄緑藻類がマニトールを含んでいる事は初めての報告と思われる。また、その含量が塩濃度の増加に対応して増加することから、この藻類はマニトールを浸透調節に利用しているものと考えられる。(\*631-8585 奈良市学園南3-1-3 帝塚山短期大学生物・化学研究室, \*\*Department of Plant and Microbial Sciences, University of Canterbury, Private Bag 4800, Christchurch, New Zealand)

四ツ倉典滋<sup>\*</sup>・傳法隆<sup>\*</sup>・本村泰三<sup>\*</sup>・堀口健雄<sup>\*\*</sup>・Annette W. Coleman<sup>\*\*\*</sup>・市村輝宣<sup>\*</sup>：北海道産非掌状コンブ属植物間に見られるリボソーム遺伝子転写スペーサー領域 (ITS-1,-2) 塩基配列の低度の相違

北海道沿岸に生育する非掌状のコンブ属植物 10 種について、トロロコンブ、スジメ、アイヌワカメ、およびツルモとともにリボソーム遺伝子転写スペーサー領域 (ITS-1,-2) の塩基配列を調べ、系統関係を推定した。既に報告されているカナダ産カラフトコンブのITS配列を加えたアライメントの結果、コンブ属内の種間で塩基の保存程度はITS-1, -2何れの領域でも非常に高く、完全に相同なものも幾種も見られた。これらITSの塩基配列に基づく最大節約法と近隣結合法による系統解析から、今回調べたコンブ属植物はマコンブ、ホソメコンブ、リシリコンブ、オニコンブ、エナゴコンブ、ミツイシコンブ、ナガコンブを含むマコンブグループと、ガツカラコンブ、カラフトコンブ、チヂミコンブ、エンドウコンブを含むカラフトコンブグループの2系統から成り、近年分化が起こったものと考えられる。一方、他の属ではトロロコンブ属のトロロコンブがコンブ属植物と近縁であることが示され、何れの解析においてもカラフトコンブグループのクレイドに包含されたことから、葉状部に生じる凹凸紋様といった表現形質がコンブ類の系統を反映していることが示唆される。(\*051-0003 室蘭市母恋南町1-13 北海道大学理学部附属海藻研究施設, \*\*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, \*\*\*Department of Molecular and Cellular Biology and Biochemistry, Brown University, Providence, RI 02912, USA.)

Giuseppe C. Zuccarello<sup>\*</sup>, John A. West<sup>\*\*</sup>, Ulf Karsten<sup>\*\*\*</sup> and Robert J. King<sup>\*</sup>：分子からみた *Bostrychia tenuissima* (紅色植物門, フジマツモ科) 種内の類縁関係

*Bostrychia tenuissima* King et Puttock は南オーストラリアおよびニュージーランドに分布が限られている。浸透に対して敏活な多価アルコールに関するこれまでの研究により、オーストラリアにははっきりした2つのパターンがあることがわかっている。南の集団はD-ソルビトールしか持たないが、北の集団はD-ソルビトールとD-ズルシトールの両方を持っている。このような多価アルコールのパターンから、この2つの集団型は生態的に分化しているのではないかと推察される。そこで、色素体の遺伝型を迅速に調べるための1本鎖構造多型解析、およびDNA塩基解析を行ったところ、多価アルコールのパターンと色素体の遺伝型が完全に一致した。*B. tenuissima* の33株を調査した結果、南東オーストラリア(南ニューサウスウェールズ, ビクトリア), 南オーストラリアおよびタスマニアには1つの遺伝型が、中央・北ニューサウスウェールズには2つの遺伝型が存在することがわかった。シドニーのちょうど南あたりで両集団の境界が重なり合っている。(\*School of Biological Science, University

of New South Wales, Sydney, New South Wales 2052, Australia, \*\*School of Botany, University of Melbourne, Parkville, Victoria 3052, Australia, \*\*\*Alfred Wegener Institute for Polar and Marine Research, Am Handelshafen 12, D-27570 Bremerhaven, Germany)

阿部剛史<sup>\*</sup>・増田道夫<sup>\*</sup>・鈴木輝明<sup>\*\*</sup>・鈴木稔<sup>\*\*</sup>：紅藻ウラボソ（フジマツモ科，イギス目）におけるケミカルレース

日本の海産紅藻ウラボソ（フジマツモ科，イギス目）における含ハロゲン二次代謝産物合成の遺伝的多様性を，室内での交雑実験および化学分析により調査した。ケミカルレース内の交雑で生じた $F_1$ 四分胞子体及び $F_1$ 配偶体は，そのレースを特徴づける主たる代謝産物を生成した。レース間の逆交雑で生じた $F_1$ 四分胞子体が生成した二次代謝産物は，(i)両親型，(ii)片親型，(iii)両親型または片親型に加え更なる主たる化合物，であった。最後の事例は，両親の酵素群の補完により，雑種特異的な生成物が形成されたことを示唆する。なぜなら，これらのレース間 $F_1$ 四分胞子体から生じた $F_1$ 配偶体は，それらの両親の生成物のいずれか一方を，ほぼ1:1の割合で生成するからである。北海道内で二つのケミカルレースが同所的に生育する場所の個体群構造を解析した。prepacifenol raceと laureatin raceが同所的である白尻（南茅部）においては，雑種四分胞子体に加え雑種配偶体（組み換え型）が高頻度で見出されたが，このことは，自然交雑と組み替えにより新しく prepacifenol/laureatin raceが形成されつつあることを強く示唆する。対照的に，laureatin raceと epilaurallene raceがともに生育する忍路湾においては，レース間雑種は希であり，わずかな四分胞子体（おそらく $F_1$ 世代）が見出されたのみであったが，このことは，環境的棲み分け，および/あるいは組み換え型配偶体の欠如により，レースの独自性が保たれていることを示唆する。（\*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生物科学専攻，\*\*060-0810札幌市北区北10条西5丁目 北海道大学大学院地球環境科学研究科物質環境科学専攻）

高田 智・増田道夫：ササバシマテングサ（テングサ目，紅藻）の日本新産報告

紅藻テングサ類のササバシマテングサ（新称）*Gelidiella ligulata* Dawsonが日本国内で初めて見つけられた。本種はシマテングサ属では比較的大型の披針形の葉を匍匐糸から発するという特徴を持つ。最近認識されているシマテングサ属22種のうち，*Gelidiella indica* Sreenivasa Raoは本種に酷似しており，*G. indica*の分類学的位置を確かなものにするため更なる比較研究が必要である。*Gelidiella ligulata*とシマテングサ属のタイプ種である*Gelidiella acerosa* (Forsskål) Feldmann et Hamelは，これまで調べられたシマテングサ属に共通な単細胞性の単独仮根を持つ。仮根のこのタイプはテングサ目内で特徴的であり，他の属からシマテングサ属を区別する分類学的特徴として用いることができると考える。（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生物化学専攻）

堀口健雄<sup>\*</sup>・川井浩史<sup>\*\*</sup>・久保田守<sup>\*\*\*</sup>・高橋哲郎<sup>\*\*\*\*</sup>・渡辺正勝<sup>\*\*\*</sup>：異なるタイプの眼点と葉緑体をもつ海産渦鞭毛藻類4種の走光性反応曲線

眼点は走光性に関与する構造体であるが，渦鞭毛藻類の眼点の構造には著しい多様性が認められる。いくつかの渦鞭毛藻においてはすでに走光性反応に関する研究が行われているが，これらの研究には眼点を有する渦鞭毛藻類は用いられていない。従って，眼点のタイプと走光性にどのような関係があるのかは不明である。本研究では，異なったタイプの眼点または葉緑体を有する4種類の海産渦鞭毛藻についてそれらの走光性の波長依存性反応曲線を調べた。用いた渦鞭毛藻は，(i)ペリディニウムタイプの葉緑体を持ち，さらに眼点をもつ種（*Scrippsiella hexapraeicingula* Horiguchi et Chihara），(ii)珪藻由来の細胞内共生体を持ち，Dodge (1984)の定義によるタイプBの眼点を有する種（*Peridinium foliaceum* (Stein) Biecheler），(iii)ペリディニウムタイプの葉緑体はもつが，眼点を欠く種（*Alexandrium hiranoi* Kita et Fukuyo），(iv)フコキサンチン，19'-ヘキサノイルオキシフコキサンチン，19'-ブタノイルオキシフコキサンチンを持ち，かつ眼点を欠く種（*Gymnodinium mikimotoi* Miyabe et Kominami ex Oda）である。眼点や葉緑体のタイプのよらず，得られた波長依存性反応曲線はそれぞれ似ており，380-520 nmの波長域で反応が見られた。ピークは440 nmまたは460 nm付近にあり，それより小さなピークが400-420 nmと480-500 nm付近で見られた。紫外線域（260-280 nm）にも顕著なピークが見られた。*Scrippsiella hexapraeicingula*の眼点の微細構造学的研究により，本種の眼点は葉緑体内に存在する2層の脂質顆粒の列からなり，おそらく1/4波長干渉

型アンテナとして機能していると考えられた。(\*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, \*\*657-8501神戸市灘区六甲台町1-1 神戸大学内海域機能教育研究センター, \*\*\*444-8585岡崎市明大寺町西郷中38 岡崎国立共同機構, \*\*\*\*923-1211 能美郡辰口町旭台15 北陸先端科学技術大学院大学材料科学研究科)

Sung Min Boo<sup>\*</sup>・Hwan Su Yoon<sup>\*</sup>・加藤敦之<sup>\*\*</sup>・川井浩史<sup>\*\*\*</sup>: 18S リボソーム DNA 塩基配列から見た褐藻コンブ目の分子系統

コンブ目の分子系統を明らかにするために、この目の全ての科を網羅する11種(ニセツルモ科のホソツルモ, ニセツルモ; ツルモ科のツルモ; チガイソ科のオニワカメ, カジメ, *Egregia menziesii*; コンブ科のアナメ, スジメ, マコンブ; レッソニア科の *Lessonia nigrescens* と *Postelsia palmaeformis*) につきリボソーム RNA 小サブユニット (18S rDNA) 全域の塩基配列を決定した。また系統樹作成には *Halosiphon tomentosus* と *Saccorhiza polyschides* のすでに報告された配列も用いた。今回得られた 18SrDNA のデータから、ニセツルモ科とツルモ科がチガイソ科, コンブ科, レッソニア科がつくる明らかに単系統のグループとは異なることが明らかになった。またニセツルモ科は明らかに単系統であり, *Halosiphon tomentosus* や *Saccorhiza polyschides* とは離れている。今回の分子データ, これまでに報告されているそれぞれの科についての形態, 生活史, 性フェロモンの特徴を考えあわせると, コンブ目の中でニセツルモ科がもっとも早く分岐し, ツルモ科の分岐を経ていわゆる高等なコンブ目(チガイソ科, コンブ科, レッソニア科)に進化したことが示唆される。しかし 18S rDNA 塩基配列ではきわめて類似性が高いために, コンブ目内のより詳細な系統解析のためにはさらに別の分子による解析が必要であろう。(\*Department of Biology, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea, \*\*060-0810 札幌市北区北10条西8丁目 北海道大学大学院生物科学専攻, \*\*\*657-8501 神戸市灘区六甲台町1-1 神戸大学内海域機能教育研究センター)

John A. West<sup>\*</sup>・Giuseppe C. Zuccarello<sup>\*\*</sup>: エダネコケモドキ(フジマツモ科, 紅藻植物門)における有性生殖と無性生殖の生物地理学的研究

エダネコケモドキ *Bostrychia moritziana* (Sonder ex Kutzing) J. Agardh は世界の多くの地域で報告されている。我々の室内培養による研究によりオーストラリア, ヴェネズエラ, コロンビア, 南アフリカ, フィジー, ニューゼaland およびインドネシア産の培養株で有性生殖を含む生活環が確認された。それに対して室内培養で(おそらく天然でも)四分胞子体を連続して形成する無性生殖のみを行う株がオーストラリア, ニューカレドニアおよび日本から得られた。オーストラリアではビクトリア州でのみ無性生殖が見られなかった。オーストラリア西部のノーザンテリトリーとクイーンズランドでは99%の株が無性生殖を行った。ニューサウスウェールズ (NSW) では無性と有性の集団がしばしば互いに混在していた。世界各地から集められた176の標本を調べたところその58%が栄養藻体であり, 39%が四分胞子体, 2%が雌性配偶体, 1%が雄性配偶体であった。数年にわたる無性培養株の観察によると四分胞子体は少なくとも30世代連続して現われたが, NSW から得られた2つの株 (3568 と 3575) だけが雄性配偶体と雌性配偶体を形成した。3568株同士の交配の結果, 果胞子は四分胞子体に発達し, その四分胞子体は再び無性生殖を繰り返した。通常の有性生殖株との交配でも通常の果胞子体を形成し, 果胞子は四分胞子体に発達しそれは無性生殖を繰り返した。有性生殖を行う集団の四分胞子体において減数分裂が起こらなくなったことにより無性の集団が繰り返し生みだされるという可能性が考えられる。無性生殖は天然における本種の全体的な分散 dispersal や数度 abundance を見かけ上減少することはない。我々の生物地理学的データは有性生殖を行う本種の集団は世界各地に分布しているが, 無性生殖の集団は太平洋西部に限られることを示している。無性生殖を行うことをもとに当初本種から区別された *B. bispora* West et Zuccarello は本種の異名である。(\*School of Botany, University of Melbourne, Parkville, Victoria 3052, Australia, \*\*School of Biological Science, University of New South Wales, Sydney, New South Wales 2052, Australia)

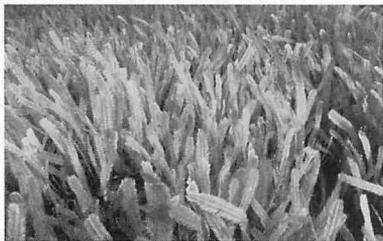
上井進也・増田道夫: *Pterosiphonia pumila* Yendo の *Symphycloadia* 属(紅藻植物門, フジマツモ科)への移動

紅藻 *Pterosiphonia pumila* Yendo (イグス目, フジマツモ科) は平面的な藻体をもち, 発生の初期においては側枝がその主軸と完全に癒合している。側枝は成熟藻体においてのみ末端が主軸と分離するだけである。他の *Pterosiphonia* 属植物は側枝と主軸の癒合が基部の数節 (< 4.5) に限られ, *P. pumila* のような葉状の藻体とは異な

る。葉状の藻体はコザネモ属 (*Symphyocladia*) の特徴に一致するため、*Pterosiphonia pumila* Yendo をコザネモ属へ移し、新組み合わせ *Symphyocladia pumila* を提唱した。*Symphyocladia pumila* は日本および韓国に分布し、ほかの *Symphyocladia* 属 3 種とは、小さく (<3 cm)、皮層のない藻体で区別できる。ヒメコザネ (*Symphyocladia pennata*) は形態的に *S. pumila* と似ており、また実験室内での掛け合わせ実験において交雑がおこるため、*S. pumila* のシノニムとした。(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生物科学専攻)

#### 表紙の写真

本号の表紙写真は、瀬戸内海区水産研究所の内村真之博士に提供していただいた。



イチイヅタ *Caulerpa taxifolia* (Vahl) C. Agardh: イエール(フランス)沖合いに浮かぶポークロール島水深-10 mのイチイヅタの群落 (Alexis Rosenfeld撮影, PHOTOCEANS, マルセイユ)

内村さんには今回、この地中海沿岸で大問題となっている緑藻類に関する総説 (p.187) を書いていただいた。



## 会員のページ

このコーナーでは、会員の皆さんの役に立つ情報の提供をおこないたい  
と思います。このコーナーに掲載ご希望の方は編集委員長まで。



## GEOHAB レポートの無料配布について

1998年10月13日～17日の5日間、SCOR（海洋研究科学委員会）とIOC（政府間海洋学委員会）が共同で、「GEOHAB：Global Ecology and Oceanography of Harmful Algal Blooms」という国際ワークショップを開催した。デンマークのコペンハーゲン近郊、ハーブルホルムに20ヶ国から37名の研究者が集い、我が国からは本稿を書いた福代康夫（東京大学）と今井一郎（京都大学）が出席した。座長はカナダのDr. John Cullenであった。

現在、世界的にHAB（Harmful Algal Blooms）の問題は大きく深刻になって来ており、HABに関する研究を世界的に活性化させる必要が生じている。そのワークショップでは、現在のHAB研究の状況が総括され、問題点が洗い出され、そして今後の研究の方向性を纏める作業がなされた。最終的に「GEOHAB：Global Ecology and Oceanography of Harmful Algal Blooms - A Plan for Co-ordinated Scientific Research and Co-operation to Develop International Capabilities for Assessment, Prediction and Mitigation」というレポートがまとめられ、科学者が同じ目的に向かって世界的共同研究を行う重要性と、その研究の内容が示された。これを受けてSCORとIOCでは、それぞれの執行委員会においてこの研究計画を検討した上、強力に推進することを決めた。この計画実施のためIOCとSCORの了解の下、議長にはフランスのDr. Patrick Gentien、副議長に福代康夫、事務局にコペンハーゲンのIOCセンターのMr. Henrik EnevoldsenとSCORのMs. Elizabeth Gross、及びIP-HAB議長のDr. Adriana Zingone（イタリア）が執行部となるSteering Committee（ステアリング・コミッティー）が組織された。このステアリング・コミッティーには現在11カ国の17名が選任され、すでにSCORとIOCの承認を受けた。

本レポートの内容は、各国におけるHAB研究プロジェクトの立案のための材料や骨子となることが期待されている。また、本計画はSCORとIOCによって実施される研究計画であり、各国文部省など研究推進機関がその重要性を認識して、より一層GEOHAB関連研究に支援を強めることが期待されている。なお、2000年10月頃に第1回のワークショップを開催するべくGEOHAB執行部は準備を進めているところである。

此の度、このGEOHABレポート（A4版、48頁）を増刷したので、以下の要領で申し込めば希望者には無料で先着200名まで配布致します。

- 1) 返信用封筒（角2型：A4版用）に240円切手を貼り、自分の宛名と氏名を書いて申し込む。
- 2) 2部以上必要なときは1冊180グラムとして貼付切手を増やす。
- 3) 申込先：

〒606-8502 京都市左京区北白川追分町  
京都大学大学院農学研究科応用生物科学専攻海洋環境微生物学研究室  
今井一郎 宛て

福代康夫（東京大学）・今井一郎（京都大学）

### 1. 第18期学術研究団体登録について

このことについて1999年5月に登録申請を行い、9月に日本学術会議会員推薦委員会から学術研究団体としての登録が行われた旨の連絡があった。なお、関連研究委員会は植物科学研究連絡委員会である。

### 2. 地球圏-生物圏国際共同研究計画(IGBP)コンgresについて

このことについて1999年4月下旬に、日本学術協力財団から藻類学会に協力依頼があった。このコンgresは全地球システムを解明し、100年後の地球を予測するという壮大な研究目的を持つ複合・学際的な国際共同研究事業で、気圏、水圏、地圏および生物圏に関係する科学者が、国際科学会議の提唱の下、1990年から協同して研究しているものである。今回の会議は、第2回目にあたり、IGBPの過去10年間の研究成果を統合し、地球環境変動とそれに対する人間活動の影響についての科学者の理解の到達点を求める事を目的として5月7日から13日にかけて神奈川県湘南国際村において開催された。このコンgresの内容は藻類学会にも関係することであるので1口1万円の協力を行った。

### 3. 植物分類学関連学会連絡会議

表記の第10回会合が日本植物学会第63回大会会期中の1999年10月6日に秋田大学で開催された。藻類学会からは宮村新一代表幹事が出席した。代表が出席した他の学会は日本シダ学会、日本蘚苔類学会、植物分類地理学会、地衣類研究会、日本珪藻学会、植物地理・分類学会、日本植物分類学会であった(日本菌学会、種生物学会は欠席)。(1) 来年度の植物学会大会での連絡会企画シンポジウムについて植物地理・分類学会が中心となり、日本植物分類学会がサポートして計画することになった。「Biodiversity」または「絶滅危惧植物」をシンポジウムのメイン・テーマとする方向で計画する予定である。(2) 共同名簿の発行について話し合わせ、2001年11~12月までに原稿をまとめ、2002年4月印刷完了を目標とすることになった。(3) 植物分類学関連学会連絡会としての科研費申請について話し合わせ、連絡会の活動として財政的な基盤が必要なので、科件費を申請することになった。科件費の費目は基盤研究Cの企画研究を予定しており、申請額は初年度300万円程度を予定している。科件費の内容は、

「共同のシンポジウムの開催」「共同の雑誌発行の準備」「絶滅危惧植物などに関する共同の調査」などが想定されている。(4) 第16回IBCのNomenclature Sectionの報告があり、新学名の強制登録に関する提案が否決されたことなどが説明された。新学名あるいは新組合わせを提案しようとする著者は分類学関係の論文を掲載している定期刊行物に発表することやそれらの著作を適当な登録センターに送付することが奨励されるとの勧告が採択された。藻類学会事務局は、これまでどおりPhycological Researchを登録センターに送付するが、その他の植物命名規約の変更に関しては正式な報告を参照されたい。

### 4. 科学研究費補助金「研究成果公開促進費」(学術定期刊行物)の助成方針の変更について

表記のことについての説明会が1999年10月8日国立オリンピック記念青年総合センターで開かれた。『「研究成果公開促進費」は、重要な学術研究の成果の刊行、データベースの作成などを補助することによって、我が国の学術の振興と普及に資するとともに、学術の国際交流に寄与することを目的とする経費であり』、日本藻類学会の英文誌Phycological Researchが学術定期刊行物として補助金の交付を受けている。従来、『「研究成果公開促進費」の審査・交付業務は文部省が行ってきたが、平成11年度より日本学術振興会に業務の一部が移管された』のに伴い、平成12年度からの「研究成果公開促進費」の在り方に関して大幅な変更があるので説明会当日に配付された資料\*をもとに以下に報告する。

『学術研究は、その成果を内外の学界の評価を受けつつ、人類共通の知的財産として利用し得る形で登録し、はじめて意味を持つものである。従って、研究成果の発表は、学術研究を完結させるために不可欠な作業である。』

この意味において、我が国の優れた研究成果を世界に発信することは、我が国自身の学術水準を高めるとともに、世界の学界に貢献し、我が国の「知的存在感」を高める上で、極めて重要である。

研究成果発信の主な形態の一つに、学術定期刊行物(学術研究成果発表の媒体として、学協会等によって定期的に刊行されるもの。以下、「学術誌」という。)による発信がある。上述したところに鑑みれば、科学研究費補助金「研究成果公開促進費」によって、学術誌

の刊行に必要な経費を補助していることは十分な意味があるといわなければならない。

しかしながら、グローバル化が進行し、世界への学術研究成果の発信の重要性・必要性が特に高まった今日においては、この補助の対象や方法について厳正な再検討が必要である。すなわち、補助の対象となる学術誌は十分な国際性が備わってはいくならず、学問分野によって違いはあるものの、欧文誌または少なくとも欧文抄録を付するものであることが求められる。また、補助にあたっては、学術誌といえども、市場の評価を受けることは避けられない以上、編集方針・体制、掲載論文の水準等について、それぞれの分野の特質・学術の多様性を考慮した適正な評価基準による厳正な審査が不可欠である。』

このような基本的視点に立って、学術定期刊行物に対しては国際情報発信としての役割が強く求められるようになった。そのために、漢字言語・文化を対象とする学問分野を除いては和文誌に対する補助金の交付は行われなくなる。また、欧文誌に対しても審査体制がよりきびしくなると思われる。具体的には以下に述べる(1)～(5)のような改善方策が求められている。『(1)学術誌の一層の水準向上のために、原則としてレフェリー制度を取り入れる。(2)学術誌に対する補助は、直接出版費に必要な経費のみとされてきたが、国際情報発信強化の観点からも、欧米にも、広く流通する学術誌を作成するために、現在、特定欧文総合誌\*\*のみを対象としている欧文校閲経費補助を、一般の欧文誌にも拡大する必要がある。また、レフェリーの国際化を推進する観点から、外国在住の研究者に論文の評価を依頼する際の郵送料についても、新たに補助の対象とする必要がある。(3)学術誌の質の向上は、長期間にわたる不断的努力によってはじめて達成されるものである。したがって、その補助についても、複数

年度継続することが必要となる。その場合は、学協会等自ら中期的な改善目標を定めて申請し、その改善目標を審査の上、複数年度にわたる継続補助を行うこととし、その後の継続にあたっては、期間内の改善状況を厳密に評価、チェックすることが必要である。(4)上記(1)～(3)の対応を図り、クオリティの高い学術誌を育成するために補助金の重点配分を行う。そのために、少額補助については見直す。(5)審査にあたっては科学研究費補助金という競争的資金という観点、国際公共財として当該刊行物が十分に機能しているか否かといった観点で行うほか、分野毎の多様な価値観に応じた評価の基準を策定して、十分な審査を行う必要がある。』

以上のように、今回の改正にあたっては、自然科学系和文誌の切り捨てとそれに伴う欧文誌の質の向上、審査にあたってのISI(Institute for Scientific Information)社による掲載論文の海外学術誌での引用状況の報告等が要求され、この他にも会費納入率の向上(90%以上)などが求められており、藻類学会にとって厳しい状況になるものと思われる。

\*科学研究費補助金「研究成果公開促進費」の在り方に関する協力者会議報告書(平成11年8月25日)『内はこの資料からの引用あるいは要約である。』

\*\*複数の学会等が協体制をとって刊行する国際競争力の高い欧文誌。因に、Phycological Researchはこれに該当しない一般の欧文誌として扱われる。

#### 訂正

「藻類」47巻2号学会録事に次の誤りがありました。訂正してお詫びします。

165頁 左のカラム 40行目(誤) 団体会員665(正) 団体会員66%

168頁 右のカラム 22行目(誤) 会期は2000年(正) 会期は2001年



勤務先住所変更

会 員 異 動

---

 賛助会員
 

---

北海道栽培漁業振興公社（060 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（085-04 北海道阿寒郡阿寒町字阿寒湖畔）

株式会社 シロク（260-0033 千葉市春日 1-12-9-103）

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

有限会社 浜野顕微鏡（113-0033 東京都文京区本郷 5-25-18）

株式会社ヤクルト本社研究所（186-8650 東京都国立市谷保 1769）

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

理研食品 株式会社（985-8540 宮城県多賀城市宮内2丁目5番60号）

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

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

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

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

株式会社ナポカルコスメティックス（151-0051 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 番）

---

#### 編集後記

47巻第3号をお届けする。この号をもって私の担当は終了となる。DTP出版に関する何の知識も経験も無い中で不安ばかりを抱えてスタートした編集作業ではあったがどうかこうにか3年間9号分を発行することができた。もっとも、前編集委員長の井上さんも書いておられるが印刷の世界はとても奥が深く、3年間経った今でも残念ながら写真の再現性ひとつとっても完全に満足のいく仕上がりとは言えないのが現状である。その分、著者の方達にはご迷惑をかけ続けていたことになるわけであるが、皆さん寛容に接して下さるので救われる思いである。

内容的には前編集委員長時代から引き継いだ企画もあるし、新たに始めた企画もある。現状では「藻類」に速報性を求めることは無理である。そこで、発行回数は少ないが、何かを知りたいと思った時「そういえば藻類に出ていたな。」と言う具合に「使える」雑誌を目指したいと思った。快く執筆して下さった会員諸氏のおかげで、ある程度達成できたと思う。尤も最初の思惑では研究技術紹介や総説などをたくさん載せたかったのだがこれはこちらの力不足、毎号掲載というわけには残念ながらいかなかった。

3年間、本当に多くの方々に支えていただいた。特に、編集実行委員を引き受けて下さった方々、中でもいわゆる「シリーズ物」を担当して下さった方々は毎号精力的に執筆者を探して下さり、原稿のとりまとめをして下さった。この方達の助けがなければとてもこれらの興味深い記事を出し続けることは出来なかったと思う。また、論文の審査を引き受けて下さった方々にもお礼申し上げたい。多くの方は、論文のそして雑誌のレベル向上のために大変細かく、かつ建設的な審査をして下さった。最後に、ボランティアで毎号、雑誌の袋詰めと発送を手伝ってくれた北海道大学系統進化学講座の同僚の教官諸氏、そして学生諸氏にもお礼申し上げたい。

さて、次号からは編集委員長に田中次郎さん（東水大）、副編集委員長に南雲 保さん（日本歯科大）を迎え、このお二人の強力コンビで雑誌は発行されることになる。より充実した内容が期待できる布陣である。「藻類」がどのように進化していくか、これからが楽しみである。

# 日本藻類学会（入会申込・住所変更届）（○で囲んで下さい）

（コピーしてお使い下さい）

199 年度より入会 19 年 月 日 申込み

氏 名 \_\_\_\_\_

★ Name \_\_\_\_\_  
(Family name) (Given name)

所 属 機関名 \_\_\_\_\_

★ Institution \_\_\_\_\_

住所 〒 \_\_\_\_\_

★ Institutional Address \_\_\_\_\_

電話 \_\_\_\_\_ Fax \_\_\_\_\_ e-mail \_\_\_\_\_

自宅住所 〒 \_\_\_\_\_

★ Address \_\_\_\_\_

電話 \_\_\_\_\_ Fax \_\_\_\_\_ e-mail \_\_\_\_\_

★の項目は英語またはローマ字で必ずご記入ください。英文誌の送付に必要です。

以下の欄にチェックして下さい

会員の種類： 普通会員 8,000円  学生会員 5,000円（学生会員の場合、指導教官の署名が必要です）

指導教官の署名： \_\_\_\_\_

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）

会誌の送り先  所属機関（勤務先）  自宅

入会申込書・住所変更届 送付先：〒 305-8572 つくば市天王台 1-1-1

筑波大学生物科学系

岩本浩二 TEL 0298-53-4908 FAX 0298-53-6614

e-mail: ivanov@anet.ne.jp

会費払込先：郵便振替 口座番号 00180-0-96775 加入者名：日本藻類学会

学会事務局  
使用欄

受付

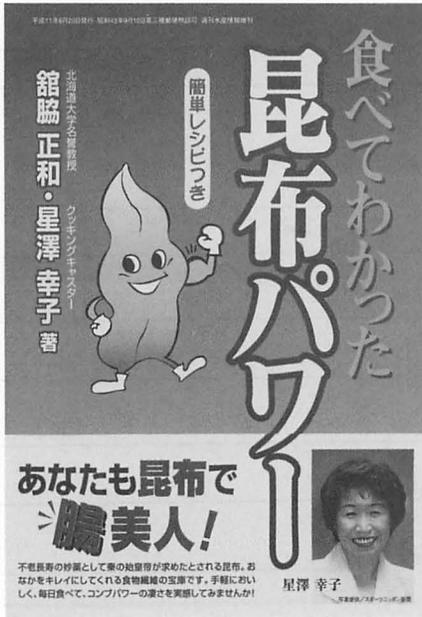
名簿

発送リスト

入金確認

学会録事

新刊・好評発売中！



食べてわかった

# 昆布パワー

簡単レシピ付

北海道大学名誉教授      クッキングキャスター  
館脇 正和・星澤 幸子

A6判 134頁：定価 700円  
(本体 667円 + 消費税) 送料 90円

内  
容

- 第1章 今こそ昆布を食卓に (対談 館脇正和・星澤幸子)
- 第2章 コンブくんのトンネルパトロール  
一からだの中のトンネルを行こう
- 第3章 星澤幸子の簡単コンブ料理

生産者も加工屋さんも  
売る人も食べる人も  
もつし知ろの  
昆布の働き!

お申し込みは

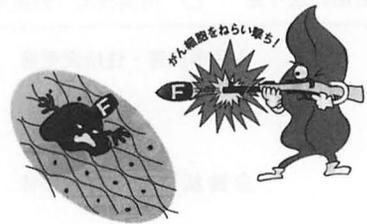
(株) 北日本海洋センター

〒064-0912 札幌市中央区南12条西15丁目  
(西線12条ビル)

TEL 011(551)8511

FAX 011(551)8527

郵便振替 02730-0-15850



# 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 ダ仔 IMK培地

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

### 海産微細藻類用 IMK培地添加人工海水 ダ仔 IMK-SP培地

- ・ 1L用×10 コード：399-01341

### 海産微細藻類培養 ダ仔 人工海水SP

- ・ 1L用×10 コード：395-01343

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

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

※人工海水 SP は千寿製薬株式会社の技術提携商品です。

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

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

新発売

# 藻類の細胞壁溶解酵素

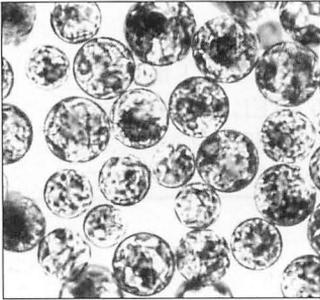
—— マリンバイオの可能性が広がります。 ——

種々の藻類からプロトプラストの調製ができます。

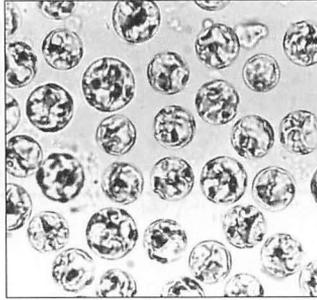
プロトプラストの調製が可能な藻類

【紅 藻】 原始：ウシケノリ、アマノリ(オニアマノリ、アサクサノリ)  
          真正：オゴノリ

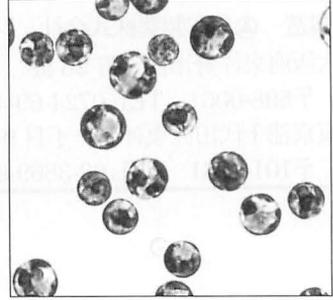
【緑 藻】 アナアオサ、クロレラ



原始紅藻ウシケノリのプロトプラスト  
Protoplasts of *Bangia atropurpurea*  
(Protofloridae)

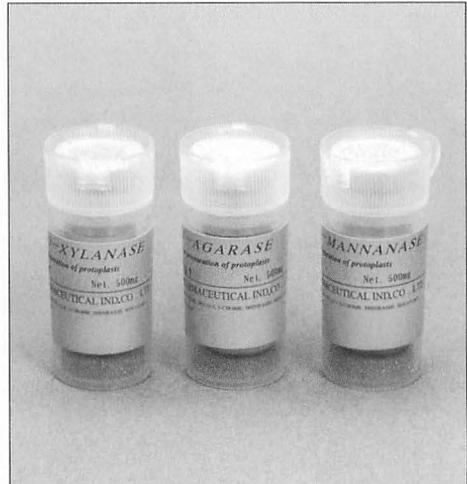


原始紅藻アサクサノリ緑色変異株のプロトプラスト  
Protoplasts of the green mutant of *Porphyra tenera*  
(Protofloridae)



真正紅藻オゴノリのプロトプラスト  
Protoplasts of *Gracilaria verrucosa*  
(Florideae)

藻 類		使用酵素
紅 藻	原 始	$\beta$ -1,3-キシラナーゼ(新商品) $\beta$ -アガラーゼ(新商品) $\beta$ -1,4-マンナーゼ(新商品) パパイン
	真 正	$\beta$ -アガラーゼ(新商品) セルラーゼ"オノズカ"RS マセロチームR-10 パパイン
緑 藻	アナアオサ	セルラーゼ"オノズカ"RS マセロチームR-10 パパイン
	クロレラ	セルラーゼ"オノズカ"RS マセロチームR-10



★酵素についてのお問合せは、下記または試薬代理店までご連絡ください。

総販売元

ヤクルト薬品工業株式会社

本 社 〒105-0004 東京都港区新橋5-13-5 TEL.03(5470)8911 FAX.03(5470)8921

E-mail yakultph@mb.infoweb.ne.jp URL <http://www.yakult.co.jp/yphi/>

大阪営業所 〒542-0081 大阪市中央区南船場1-16-10 TEL.06(6264)2100 FAX.06(6260)3577

多彩な執筆陣による多角的な構成！  
生態から利用までを網羅した、初の海藻読本！

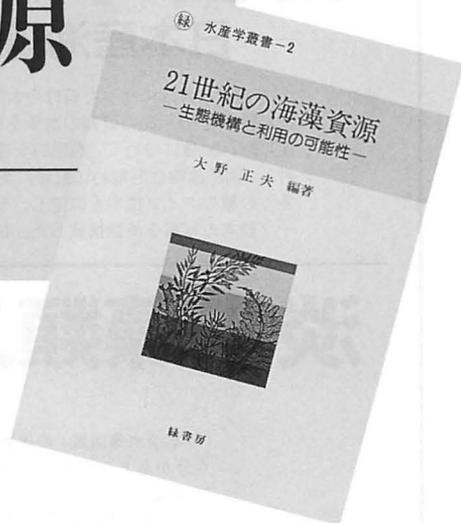
緑 水産学叢書  
第2弾！

# 21世紀の海藻資源

—生態機構と利用の可能性—

大野正夫 編著

●A 5判 280頁 ●定価：本体3,689円(税別)



「豊かな海」の立役者であるばかりでなく、次世代の素材として、いま産業界の最も熱い注目を集める海藻資源。健康、環境への関心の高まる中、「海藻についての一般書を」との声に応え、遂に初の海藻読本が登場！

生態、環境、健康、化学、工学、医療等の研究者が最新研究成果を分かりやすく解説。今まであまり光の当たらなかった多方面にわたる海藻の利用法を探る。海藻生産者、漁場造成・水圏環境保全関係者、応用化学・食品メーカー必読の書！

## 内容

藻場(寺脇利信)／流れ藻と寄り藻(新井章吾)／磯焼け(藤田大介)／国際化する海藻資源(大野正夫)／海藻と健康・栄養(辻 啓介)／伝統的食品の寒天と新しい素材のカラギナン(平瀬 進・大野正夫)／海藻パルプとアルギン酸繊維の“紙”(小林良生)／カンキツ類の生産と海藻資源(白石雅也)／飼料に利用される海藻(中川平介)／磯の香りと性フェロモン(梶原忠彦)／海藻から抽出されるレクチン—細胞を見分けるたんぱく質—(堀 貫治)／海藻から抗酸化性物質の生産(浪岡日左雄・松家伸吾)／海藻から抗菌性成分の探索(越智雅光)／海藻からの抗癌活性物質(山本一郎・丸山弘子)

## 図鑑 海藻の生態と藻礁

徳田 廣・川嶋昭二・大野正夫・小河久朗 編

●B 5判 198頁 ●定価：本体14,369円(税別)

本書は、天然の海で海藻がどのような姿で生えているのかをつぶさに見てとることの出来る海藻生態図鑑であると同時に、人為的に投入した藻礁に如何にして海藻を生やすか、を紹介した世界に例のない図鑑でもある。藻場造成にかかわる方々はもちろんのこと、海洋環境の保全に意欲と関心をお持ちの一般の方々にも、本書は幅広く受け入れられるであろう。

英文版も  
完成！

—A Photographic Guide—  
Seaweeds of Japan

●定価：本体14,563円(税別)

## 海藻資源養殖学

徳田 廣・大野正夫・小河久朗 編

●B 5判 354頁 ●定価：本体5,505円(税別)

海藻の資源や養殖から、藻場造成、利用法、海外での養殖等に至るまで、実に幅広い観点から初めて総括的に海藻を論じた、研究者・学生・養殖業者待望の書!!

## 内容

地球生態系と海藻／海藻の生育環境／海藻の利用／世界の海藻資源と生産量／現在の海藻養殖／藻場造成／海外の海藻養殖の現状／海藻養殖の将来と展望／むすび

■消費税は別途加算されます。

緑書房

〒171 東京都豊島区池袋2-14-4 池袋西口スカイビル8F  
TEL 03(3590)4441(販売部) FAX 03(3590)4446

「日本海藻誌」以来60余年ぶりの大著

# 新日本海藻誌

— 日本産海藻類総覧 —

吉田 忠生 著

B5判・総頁1248頁・本体価格46000円

本書は古典的になった岡村金太郎の歴史的大著「日本海藻誌」(1936)を全面的に書き直したものである。「日本海藻誌」刊行以後の約60年間の研究の進歩を要約し、1997年までの知見を盛り込んで、日本産として報告のある海藻(緑藻、褐藻、紅藻)約1400種について、形態的な特徴を現代の言葉で記載する。編集にあたっては、各種類の学名を原典にさかのぼって検討し、国際植物命名規約に厳密に従って命名法上の正確さを期し、関連する文献を詳しく引用。また、命名規約に基づいて、多くの種のタイプ標本を確定し、その所在を明らかにするとともに、北海道大学、国立科学博物館などに所蔵されているタイプ標本の写真を多数掲載した。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。

## 淡水藻類入門 淡水藻類の形質・種類・観察と研究

山岸 高旺 編著

B5判・700頁(口絵カラー含む)・本体価格25000円

「日本淡水藻類図鑑」の編者である著者がまとめる、初心者・入門者のための書。多種多様な藻類群を、平易な言葉で誰にも分かるようよう、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。

Ⅰ 淡水藻類の形質/Ⅱ 淡水藻類の種類/Ⅲ 淡水藻類の観察と研究

## 淡水藻類写真集 1巻 ~20巻

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

1種1シートを原則に、藻体像の顕微鏡写真・部分拡大写真に、走査型電顕写真・線画き詳細図を添えて、分類学的形質が一目でわかるように構成する。解説はすべて和英両文。種名と文献、藻体の性状と寸法、成育状況、細胞の構造、生殖法、生活史、生態分布、類似種との比較等を併記。

## 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

多種多様な淡水藻類の全容を、「淡水藻類写真集」をもとに簡潔かつ利用しやすい形にまとめる。

## 藻類の生活史集成

堀 輝三 編

第1巻 緑色藻類 B5・448p(185種) 8000円

第2巻 褐藻・紅藻類 B5・424p(171種) 8000円

第3巻 単細胞性・鞭毛藻類 B5・400p(146種) 7000円

## 藻類多様性の生物学

千原光雄 編著

B5・400p・9000円

藻類の今を見渡し、理解するための最適の書。斯界の第一人者により、藻学および周辺領域の膨大な知識の蓄積が整理され、新しい研究成果も取り入れられている。藻学を学ぶ方、またこの分野に興味のある方の新たなスタンダード。

## 陸上植物の起源

渡邊 信 共訳

堀 輝三

— 緑藻から緑色植物へ —

A5・376p・4800円

最初に海で生まれた現生植物の祖先は、どのような進化をたどって陸上に進出したのか—。分子生物学、生化学、発生学、形態学などの成果にもとづく探求の書。海藻のような海産藻類からでなく、淡水域に生息した緑藻、特にシャジクモ類から派生したという推論をたて、陸上植物の出現した約五億年前の地球環境、DNAの構造、シャジクモ類の形態・生態・生理などを総合的に考察する。

## 日本の赤潮生物

福代・高野 共編

千原・松岡

— 写真と解説 —

B5・430p・13000円

日本近海および日本の淡水域に出現する200種の赤潮生物を収録。赤潮生物の分類・同定に有効な一冊。

## 原生生物の世界

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。

## 日本淡水藻類図鑑

廣瀬弘幸・山岸高旺 編集

B5・960p・38000円

図鑑としての特性を最高度に発揮す為には図版は必ず左頁に、図版の説明は必ず右頁に組まれ、常に図と説明とが同時にみられるように工夫。また随所に総括的な解説や検索表を配し読者の便宜を図る。

## 藻類の生態

秋山・有賀 共編

坂本・横浜

A5・640p・12800円

## 日本海藻誌

岡村金太郎 著 B5・1000p・30000円

表示の価格は本体価格ですので、別途消費税が加算されます。

〒112-0012 東京都文京区大塚3-34-3

TEL 03-3945-6781 FAX 03-3945-6782

内田老鶴園

---

## 学 会 出 版 物

---

下記の出版物をご希望の方に頒布いたしますので、学会事務局までお申し込み下さい。(価格は送料を含む)

1. 「藻類」バックナンバー 価格、会員各号 1,750円、非会員 3,000円、30巻号(創立30周年記念増大号、1-30巻索引付き)のみ会員 5,000円、非会員 7,000円、欠号 1-2巻、4巻 1,3号、5巻 1,2号、6-9巻全号。  
「藻類」バックナンバーの特別セット販売に関しては本誌記事をご覧ください。
2. 「藻類」索引 1-10巻、価格 会員 1,500円、非会員 2,000円、11-20巻、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、会員 3,000円、非会員 4,000円。
3. 山田幸男先生追悼号 藻類 25巻増補. 1977. A5版, xxviii+418頁。山田先生の遺影、経歴・業績一覧・追悼文及び内外の藻類学者より寄稿された論文 50編(英文 26, 和文 24)を掲載、価格 7,000円。
4. 日米科学セミナー記録 Contributions to the systematics of the benthic marine algae of the North Pacific. I. A. Abbott・黒木宗尚共編. 1972. B5版. xiv+280頁, 6図版. 昭和46年8月に札幌で行われた北太平洋産海藻に関する日米科学セミナーの記録で、20編の研究報告(英文)を掲載。価格 4,000円。
5. 北海道周辺のコンブ類と最近の増養殖学的研究 1977. B5版, 65頁。昭和49年9月に札幌で行われた日本藻類学会主催「コンブに関する講演会」の記録。4論文と討論の要旨。価格 1,000円。

---

1999年11月5日印刷

1999年11月10日発行

© 1999 Japanese Society of Phycology

日 本 藻 類 学 会

禁 転 載  
不 許 複 製

Printed by Hokudai Insatsu

編集兼発行者

堀 口 健 雄

〒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

Tel. 011-706-2738

Fax. 011-706-4851

email. horig@sci.hokudai.ac.jp

印刷所

北 大 印 刷

〒060-0810 札幌市北区北8条西7丁目

Tel. 011-747-8886

Fax. 011-747-8807

発行所

日 本 藻 類 学 会

〒305-8572 つくば市天王台 1-1-1

筑波大学生物科学系内

Tel. 0298-53-4532

Fax. 0298-53-6614

## 藻類

The Japanese Journal of Phycology (Sôruï)

第47巻 第3号 1999年11月10日

## 目次

日本藻類学会第24回大会案内

牧野 愛・鈴木 稔・矢部和夫：海洋生物におよぼす紫外線の影響 3. エゾツノマ タから得られた紫外線吸収物質	173
栗原 暁・飯間雅文：長崎県南部におけるウミトラノオ個体群の成長と成熟	179
総説・解説	
内村真之：地中海のイチイヅタ	187
秋季シンポジウム「藻類の安全性と健康への効用」	
塩見一雄：藻類の安全性について	205
シリーズ「最終講義」	
有賀祐勝：藻類と研究生活—私の歩んできた道—	213
藻類採集地案内	
寺田竜太・山本弘敏：函館湾とその周辺	225
博物館と藻類	
北山太樹：海中林の展示—国立科学博物館の場合—	231
シリーズ「藻場の景観模式図」	
寺脇利信・新井章吾：2. 北海道厚岸郡浜中町散布地先	233
藻類Q&A	
石田健一郎：葉緑体包膜の起源	237
学会・シンポジウム情報	238
佐々木秀明：第2回アジア太平洋藻類学フォーラム参加記	239
書評・新刊紹介	
奥田一雄：藻類の多様性と系統（千原光雄 編集）	241
堀 輝三：潮だまりの海藻に聞く海の自然史（宮田昌彦 著）	241
横濱康継：食べてわかった昆布パワー（館脇正和・星澤幸子 著）	242
南雲 保：Proceedings of the Fourteenth International Diatom Symposium. Tokyo, Japan, September 2-8, 1996（真山茂樹・出井雅彦・小泉 格 編集）	243
英文誌 Phycological Research 47巻2号掲載論文和文要旨	245
会員のページ	249
学会録事	250