

# 藻類

## 目次

スサビノリの亜硝酸還元酵素活性に およぼす2, 3の培養条件の影響.....	何 智恵・荒木 繁 猪川倫好・西沢一俊	87
ウミトラノオの胚発生機構の解析 I 受精卵の核退化について.....	大 森 長 朗	93
茨城県沿岸の海藻相.....	中 庭 正 人	99
プラチモナスとプラシノモのシスト形成と発芽について.....	高原隆明・堀 輝三	111
総 説 アルギン酸の生化学.....	佐々木 園 子	116
追 悼 故山田幸男先生の御葬儀に参列して.....	中 村 義 輝	125
新 刊 紹 介.....		98
学 会 録 事.....		126

## 日本藻類学会々則

第1条 本会は日本藻類学会と称する。

第2条 本会は藻学の進歩普及を図り、併せて会員相互の連絡並に親睦を図ることを目的とする。

第3条 本会は前条の目的を達するために次の事業を行う、

1. 総会の開催（年1回）
2. 藻類に関する研究会、講習会、採集会等の開催
3. 定期刊行物の発刊
4. その他前条の目的を達するために必要な事業

第4条 本会の事務所は会長が適当と認める場所におく。

第5条 本会の事業年度は1月1日に始まり、同年12月31日に終る。

第6条 会員は次の3種とする。

1. 普通会員（藻類に関心をもち、本会の趣旨に賛同する個人又は団体で、役員会の承認するもの）。
2. 名誉会員（藻学の発達に貢献があり、本会の趣旨に賛同する個人で、役員会の推薦するもの）。
3. 特別会員（本会の趣旨に賛同し、本会の発展に特に寄与した個人又は団体で、役員会の推薦するもの）。

第7条 本会に入会するには、住所、氏名（団体名）、職業を記入した入会申込書を会長に差出すものとする。

第8条 会員は毎年会費1800円（学生は半額）を前納するものとする。但し、名誉会員（次条に定める名誉会長を含む）及び特別会員は会費を要しない。外国会員の会費は2100円とする。

第9条 本会には次の役員を置く。

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

第10条 会長は会を代表し、会務の全体を統べる。幹事は会長の意を受けて日常の会務を行う。会計監事は前年度の決算財産の状況などを監査する。

第11条 評議員は評議員会を構成し、会の要務に関し会長の諮問にあずかる。評議員会は会長が招集し、また文書をもって、これに代えることが出来る。

第12条 本会は定期刊行物「藻類」を年4回刊行し、会員に無料で頒布する。

（付 則）

第1条 会長は国内在住の全会員の投票により、会員の互選で定める（その際評議員会は参考のため若干名の候補者を推薦することが出来る）。幹事は会長が会員中よりこれを指名委嘱する。会計監事は評議員会の協議により、会員中から選り総会において承認を受ける。

第2条 評議員選出は次の二方法による。

1. 各地区別に会員中より選出される。その定員は各地区1名とし、会員数が50名を越える地区では50名までごとに1名を加える。
2. 総会において会長が会員中より若干名を推薦する。但し、その数は全評議員の1/3を越えることは出来ない。

地区割は次の7地区とする。

北海道地区。東北地区。関東地区（新潟、長野、山梨を含む）。中部地区（三重を含む）。近畿地区。中国・四国地区。九州地区（沖縄を含む）。

第3条 会長、幹事及び会計監事は評議員を兼任することは出来ない。

第4条 会長および地区選出の評議員に欠員を生じた場合は、前任者の残余期間次点者をもって充当する。

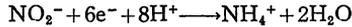
第5条 会員がバックナンバーを求めるときは各巻1800円、分冊の場合は各号600円とし、非会員の予約購読料は各号900円とする。

第6条 本会則は昭和49年9月3日より施行する。

## 何 智恵\*, 荒木 繁\*\*, 猪川倫好\*\*\*, 西沢一俊\*\*\*\*: スサビノリの亜硝酸還元酵素活性におよぼす 2, 3 の培養条件の影響

Chi-Huie HO\*, Shigeru ARAKI\*\*, Tomoyoshi IKAWA\*\*\* and Kazutosi NISIZAWA\*\*\*\*: Effects of some cultural conditions upon the nitrite reductase activity in *Porphyra yezoensis*

亜硝酸還元酵素 (Nitrite reductase, NiR) は一般緑色植物においては, 窒素代謝, 特に硝酸同化に関係した重要な酵素であり, 次の反応を触媒することが知られている。



何は, すでに従来全く行なわれていなかった紅藻について, スサビノリを選んでその酵素を純化精製し, その酵素化学的性質を明らかにした。<sup>1)</sup> それはホウレンソウなどの NiR にもよく似た性質を示したが<sup>2),3)</sup>, 多くの点でクロレラ NiR とは酷似しており<sup>4)</sup>, この結果により藻類 NiR に共通した特性も暗示された。

今回は, 人工培養スサビノリにおいて, 通常の NiR 活性および Cytochrome C 553 (cyt c 553) を主とする加熱後 NiR 活性を示す物質の光や培養液組成による影響をみたので, その結果の一部を報告する。

### 材料および実験方法

1. 実験材料: 山本海苔研究所において培養しているスサビノリ (*Porphyra yezoensis* UEDA) の株を酵素原料とした。
2. 培養条件: 標準培養としては, 須藤 ASP 6 の改変培地<sup>5)</sup> を用い, 4,000 lux 光照射下 (三菱ブラックス白色蛍光灯 30W 8 本) 明暗12時間交代で培養した。強光を用いる時には, 照度 40,000 lux (東芝メタルハライドランプ 350W 1 本) とした。標準培養では, N-源は  $\text{NaNO}_3$  0.2 g/l であるが, 低濃度 N-源の場合にはその 1/10 濃度を用いた。培養液はいずれも 1 週間毎に全量を交換した。水温は, 3 週間までは 18°C, そ

\* 東京教育大学理学部植物学教室 (112 東京都文京区大塚 3-29-1)

Department of Botany, Tokyo Kyoiku University, Otsuka, Tokyo, 112 Japan.

\*\* 山本海苔研究所 (143 東京都大田区大森東 5-2-12)

Yamamoto Nori Research Laboratory, Oomori-higashi, Oota-ku, Tokyo, 143 Japan.

\*\*\* 筑波大学生物科学系 (300-31 茨城県新治郡桜村大字妻木字天久保)

Institute of Biological Sciences, The University of Tsukuba, Sakura, Ibaraki, 300-31 Japan.

\*\*\*\* 日本大学農獣医学部水産学科 (154 東京都世田谷区下馬 3-34-1)

Department of Fisheries, College of Agriculture and Veterinary Medicine, Nihon University, Shimouma, Setagaya-ku, Tokyo, 154 Japan.

Bull. Jap. Soc. Phycol., 23: 87-92, Sept. 1975.

の後は 13°C であった。藻体は、糸状体から放出された殻胞子をクレモナの単糸に付着させ生育させた。

3. 藻体重量：藻体重量測定には、別に対照培養に相当する試料を作り、水分をよく切った後の生重量を測定した。

4. 藻体乾量：葉状体表面に付着している水を吸い取ってから、硫酸デシケーター中で室温で一定重量になるまで減圧乾燥し、それを乾量とした。

5. タンパク質含量：酵素抽出液中のタンパク質は Lowry 法<sup>6)</sup> により、牛血清アルブミンを基準液として定量した。

6. 酵素液の調製：培養藻体のそれぞれの生長段階の葉状体 (3~7g) を取り出し、表面に付着している水を吸い取ってから、液体窒素で速かに凍結し、これを乳鉢中で等量の 0.5 M Tris-HCl 緩衝液 (pH 7.5) と共によく磨潰し、3~4 時間 4°C に静置した後 24,000×g 20 分間遠沈し、その上澄液を酵素液とした。

7. NiR 活性の測定：RAMIREZ ら<sup>7)</sup> の方法を多少改良した。すなわち、75 μmoles の Tris-HCl 緩衝液、pH 7.5, 2 μmoles の亜硝酸ナトリウム (NaNO<sub>2</sub>), 0.75 μmole のメチルビオロゲン (MV), 7.5 mg の亜二チオン酸ナトリウム (Na<sub>2</sub>S<sub>2</sub>O<sub>4</sub>) を 0.29 M NaHCO<sub>3</sub> 0.15 ml に溶かしたものを、および酵素液とから成る全体で 1 ml の酵素反応液を 30°C に 10 分間保ってから、反応容器を取り出し還元型 MV が完全に脱色するまで機械的に激しく振盪する。次にこの反応液の 100 倍稀釈液 2 ml にジアゾ化試薬の各 1 ml ずつを加え、水で全体を 5 ml とし 10 分間室温に放置後、日立分光光度計 139 型で 540 nm における吸光度を測定し、基準曲線から亜硝酸量を求め、還元された亜硝酸量を算出した。この条件下で 1 分間に 1 μmole の亜硝酸を還元する酵素量を 1 単位 (U) とし、U/分を比活性とした。また主として cyt c 553 による加熱後の NiR 活性も同様の定量法により測定した。

## 実験結果

### 1. 標準培養液における強弱の光条件下の藻体の生長。

メタルハライドランプ 40,000 lux 下と白色蛍光灯 4,000 lux 下の培養における藻体の生長量を比較した。図 1 に示すように、前者の方が約 30% 生育がよかった。

### 2. 標準光条件下および低窒素培養条件下における藻体の生長。

光照度その他は標準条件とし、窒素源のみを標準の 1/10 濃度 (NaNO<sub>3</sub> 0.02 g/l) として培養し、その生長量を標準条件下のものと比較した。図 2 に示すように、両者は実際にはほとんど同じであったが、低 N-濃度の場合には細胞内容に乏しく、水膨れ状態を呈し、すでに培養 2 週間目頃から葉状体は標準培養のものに比べて色調が薄くなり始めた。別の実験セットで行なった結果であるが、この時期の藻体では、標準条件下の葉状体の乾量/生重量比は 0.146, 全 KJELDAHL N は 7.49% に比し、前者の値は 0.136 で

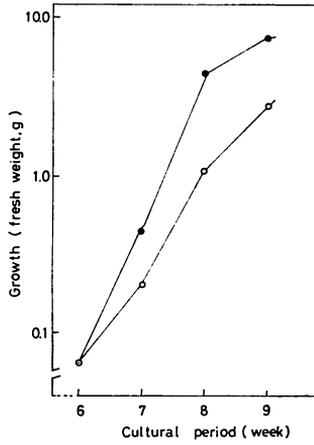


Fig. 1. Growth of thalli of *Porphyra yezoensis* under 40,000 lux from a metal halide lamp and 4,000 lux from fluorescent lamps in the standard culture medium.  $\text{NaNO}_3$  0.2 g/l was used as nitrogen source (standard N-concentration). ●—● 40,000 lux, ○—○ 4,000 lux (standard irradiation).

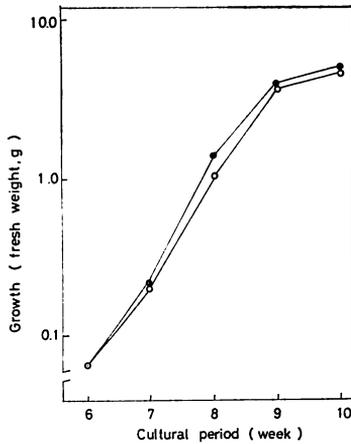


Fig. 2. Growth of thalli of *Porphyra yezoensis* under the standard cultural condition and the cultural condition of a lower N-source. 4,000 lux was irradiated. ●—●  $\text{NaNO}_3$  0.02 g/l, ○—○  $\text{NaNO}_3$  0.2 g/l (standard N-concentration).

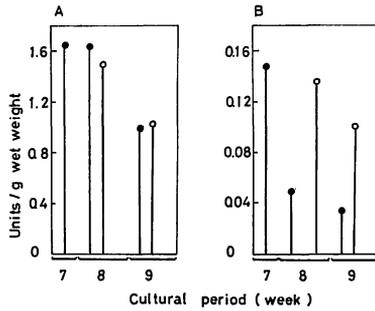


Fig. 3. Effect of light intensity on *Porphyra* NiR activities before (A) and after (B) heating. —● under 4,000 lux, —○ under 40,000 lux.

後者は 2.18% に低下した。

3. 強光および弱光条件下標準培養における藻体抽出液の通常および加熱 NiR 活性の比較。

スサビノリを 4,000lux および 40,000lux の光照射下で標準培養液で培養し、7, 8, 9 週後のそれぞれの試料から酵素を抽出して、NiR 活性および加熱 (70°C, 10 分間) 後の NiR 活性 (主として Cytochrome c 553 含量に当る)<sup>1)</sup> を測定した。結果を図3 に示す。4,000 lux 照射下の NiR 活性は、7, 8 週間培養は非常に高く、9 週培養になると著しく低下した。40,000 lux 照射下でもやや同じような傾向を示した。主として cyt c 553

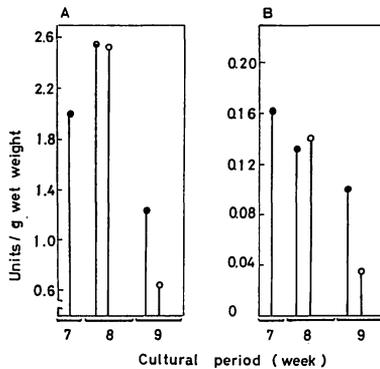


Fig. 4. Effect of N-concentration on *Porphyra* NiR activities before (A) and after (B) heating. —● at normal N-concentration, —○ at 1/100 N-concentration.

含量を示す加熱後の活性は, 4,000 lux 照射下では 7, 8, 9 週培養の順に低下している。40,000 lux の場合にも 8, 9 週培養の順に低下はしているが, 4,000 lux 照射下の活性に比べると 2 倍以上の活性を示した。この結果から, NiR 活性はここで使用した光の強さに関係なく, 9 週培養ではかなり低下したが, cyt c 553 含量は強光の方が遙に高くなっていることが分った。

#### 4. 標準培養条件および低窒素培養条件下における通常および加熱 NiR 活性の比較。

スサビノリを 4,000 lux 光照射下において, 標準 N- 濃度とその 1/10 濃度下において培養し 7, 8, 9 週にわたり試料を採取して, 抽出酵素液の加熱前後の NiR 活性を測定した。その結果を図 4 に示す。

NiR 活性は標準窒素濃度では 7 週, 8 週と培養が進むにつれて, その強さを増したが 9 週培養になると 7 週よりも低くなった。一方 1/10 N- 源濃度によると, 8 週の活性はほぼ普通の N- 濃度の活性と同じであったが, 9 週になると, 著しく低下した。また, 主として cyt c 553 の含量もほぼ前記 NiR 活性と同じ傾向を示し, 9 週培養では著しく少なくなった。これらの結果は, 活性 NiR および cyt c 553 含量は, 藻体が成熟しその生長が遅くなると低下し, 特に低 N- 濃度の方がこの傾向が遙かに大きいことを暗示している。

### 考 察

スサビノリの人工培養には, 少なくとも本実験に関する限り標準条件として用いた培養条件が最も適しているように思われた。N- 源として標準条件すなわち  $\text{NaNO}_3$  (0.2 g/l) を用いた場合には, 4,000 lux でもその 10 倍の 40,000 lux でも, 藻体の生重量はあまり違わなかったが, 強光照射下の方が cyt c 553 を主とした cytochrome 量はむしろ増えた。それにもかかわらず, NiR 活性は光強度に関係なく, 培養が進んで藻体生長が遅くなると低下した。このような結果は藻体の成熟と NiR 活性低下が密接に関係していることを暗示するものである。また主として cyt c 553 の含量は強光の方が高いけれども, 成熟に伴って低下する傾向は NiR と同じであった。

一方, N- 源 ( $\text{NaNO}_3$ ) の濃度を標準培養の 1/10 に低下しても, NiR 活性および cyt c 553 含量の培養期間に伴う変化パターンは, 量的には多少異なるがほぼ同じ傾向を示した。すなわち, 藻体の成熟に伴い両者は低下したが, その際 NiR 活性低下の方が遙かに著しかった。

### Summary

*Porphyra yezoensis* UEDA was cultured in an artificial medium through 9 weeks. The effects of light intensity and the concentration of nitrogen source (sodium nitrate) upon the activity of nitrite reductase and the content of mainly

cytochrome c 553 in the algal frond were investigated. Growth of the alga was apparently similar in the cultures with 4,000 and 40,000 lux irradiations, but its dry weight was remarkably decreased under the lower nitrogen concentration. However, the nitrite reductase activity was changed irrespective of the light intensity, and decreased rather with aging of the algal frond. The content of cytochrome c 553 showed also a similar tendency, except for a higher content under mainly the stronger light intensity. The content of mainly cytochrome c 553 as well as the nitrite reductase activity was also changed similarly independent of the nitrogen concentration, and they decreased with the algal aging.

#### 引用文献

- 1) Ho, C.H. (1975) Faculty of Science, Tokyo Kyoiku University, Ph. D. thesis.
- 2) Ho, C.H. and TAMURA, G. (1973) Purification and properties of nitrite reductase from spinach leaves. *Agr. Biol. Chem.*, **37**: 37-44.
- 3) SHIMIZU, J. and TAMURA, G. (1974) Studies on nitrite reductase from spinach leaves I. Further purification and some properties. *J. Biochem.*, **75**: 999-1005.
- 4) ZUMFT, W.G. (1972) Ferredoxin: nitrite oxidoreductase from *Chlorella*. Purification and properties. *Biochim. Biophys. Acta*, **276**: 363-375.
- 5) SUTO, S. (1960) On a method of laboratory culture of the laver (*Porphyra tenera* KJELLMAN). *Aquiculture*, **7**: 7-11.
- 6) LOWRY, O. H., ROSEBROUGH, N. J., FARR, A. L. and RANDALL, R. J. (1951) Protein measurement with FOLIN phenol reagent. *J. Biol. Chem.*, **193**: 265-275.
- 7) RAMIREZ, J.M., CAMPO DEL. F.F., PANEQUE, A. and LOSADA, M. (1966) Ferredoxin-nitrite reductase from spinach. *Biochim. Biophys. Acta*, **119**: 615-627.

## 大森長朗\*： ウミトラノオの胚発生機構の解析 I 受精卵の核退化について\*\*

Takeo OHMORI\*： An analysis of embryogeny in *Sargassum thunbergii* I  
On the degeneration of nuclei in fertilized eggs\*\*

ホンダワラ属 (*Sargassum*) 植物においては、成熟卵は8つの核をもっている。この卵が生殖巣外に放出されて受精が行われると、この中の1核が精子の核と融合する。受精にあずからなかった他の7核は、卵細胞中で退化消失することが知られている<sup>1)~4)</sup>。

受精した全数核が第一回の核分裂を行った後、第一分割壁が卵のほぼ中央部で長軸に対し直角に走って、受精卵は2細胞になり胚発生が進んでいく<sup>5)</sup>。

このような胚発生においてどのような生化学的変化が起っているかを明らかにする目的で本研究を計画した。今回は、胚発生のさきぶれとも考えられる受精卵中の不用の7核退化の現象と、核酸・蛋白合成との関係を解きほぐす若干の実験を試みたので、その結果を報告する。

### 材 料 と 方 法

本研究に用いたウミトラノオ (*Sargassum thunbergii*) は、1971年6月25日および1972年6月16日に岡山県玉野市の大槌島と渋川で採集したものである。採集後、雄株と雌株とを別々の大型容器に入れて飼育し、翌朝、放出された卵を実験に用いた。放出卵は生殖器托ごと取り出して、小型シャーレの中で放出された精子液を加えて人工受精を行った。卵は生殖器托の表面に附着した状態で、受精前または受精後にそれぞれ $10^{-4}$ M アクチノマイシン D 海水溶液および $2 \times 10^{-4}$ M ピュロマイシン海水溶液で処理された。処理時間は2時間および5時間である。処理後は濾過海水でよく洗い、正常濾過海水でひきつづいて培養を行い、無処理のものと比較観察した。卵は7mlの培養液を入れた小型シャーレ中で培養された。培養温度は $18 \pm 1^\circ\text{C}$ 、1200 lux のルミグリーン蛍光灯で毎日15時間照射された。

### 結 果

ウミトラノオの卵を海水で培養すると、受精後5時間ぐらいで、受精にあずからなかった7核は卵内で退化し始める。受精後11時間で、卵の長軸に対し直角に分割壁が走

\* 山陽学園短期大学 (703 岡山市平井 2180)

Sanyo-Gakuen Junior College, Hirai, Okayama, 703 Japan,

\*\* 本研究は文部省科学研究費総合研究費による。

Bull. Jap. Soc. Phycol., 23: 93-98, Sept. 1975.

って卵は2細胞になる。分割壁が入る頃になっても、なお8核の状態を保っている卵は一つも観察されなかった。核が退化している状態を常に正確に生体観察することは困難なので、第一分割壁が形成された卵をもって退化化をおこした卵と判定した。

(1) アクチノマイシン D 海水溶液で処理した場合

受精前に  $10^{-4}$ M アクチノマイシン D 海水溶液に5時間卵を浸し、その後、海水にもどして受精を行ったものでは、受精後19時間を経過しても、なお卵内には散在した

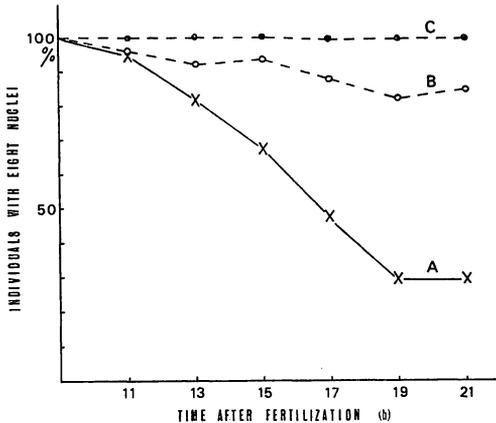


Fig. 1. Effect of  $10^{-4}$  M actinomycin D on nuclear degeneration of eggs. Eggs were treated before fertilization. A. No treatment; B. Treatment for 2 hr; C. Treatment for 5 hr.

8核が観察されて、分割壁の入ったものはみられなかった。受精前に2時間アクチノマイシン D で処理したものでは、15~20%の卵で核退化がおこり分割壁が入った。一方、無処理のものでは70%の卵が核退化をおこしていた (Fig. 1)。

正常海水中で受精させた後、この卵を  $10^{-4}$ M アクチノマイシン D 海水溶液に浸した場合は、2時間および5時間処理いずれの場合も、受精後19時間経過しても分割壁の入った卵はなく、100%核退化は抑制された (Fig. 2)。

(2) ピュロマイシン海水溶液で処理した場合

受精前に  $2 \times 10^{-4}$ M ピュロマイシン海水溶液に5時間卵を浸し、その後、海水中で受精させて培養したものでは、無処理のものと同じように核退化をおこした。受精後11時間頃より第一分割壁が入り始め、受精後21時間では54.4%のものが核退化をおこしていた (Fig. 3)。

受精した卵を  $2 \times 10^{-4}$ M ピュロマイシン溶液中で培養した場合、核退化はおこらず、受精後21時間たっても分割壁は入らないで卵内には8核が散在していた。受精直後よ

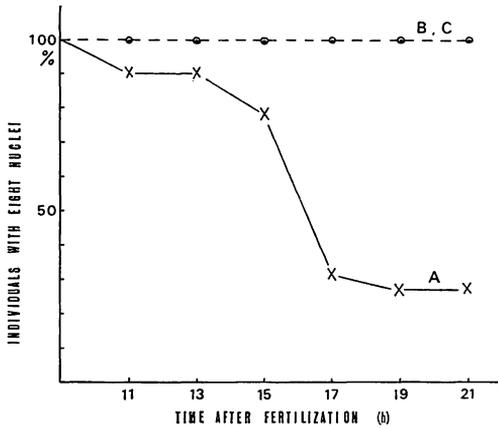


Fig. 2. Effect of  $10^{-4}$  M actinomycin D on nuclear degeneration of eggs. Eggs were treated after fertilization. A. No treatment; B. Treatment for 2 hr; C. Treatment for 5 hr.

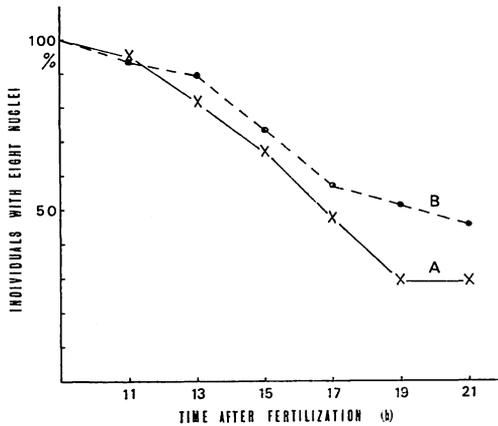


Fig. 3. Effect of  $2 \times 10^{-4}$  M puromycin on nuclear degeneration of eggs. Eggs were treated before fertilization. A. No treatment; B. Treatment for 5 hr.

り2時間だけこの溶液で処理し、その後、海水で培養した場合には、Fig. 4 に示すように核退化におくれが生じ、受精後 13 時間で第一分割壁が入り始めた。受精後、5 時間処理した場合には、核退化のおくれは更にひどく、受精後 15 時間でやっと第一分割壁が入った。これをひきつづいて海水で培養しても、核退化がおくれる傾向は続いて、

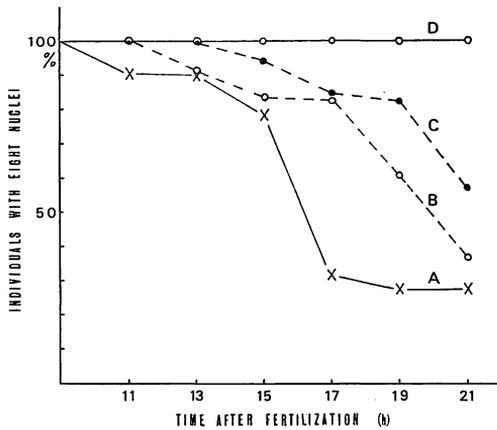


Fig. 4. Effect of  $2 \times 10^{-4}$  M puromycin on nuclear degeneration of eggs. Eggs were treated after fertilization. A. No treatment; B. Treatment for 2 hr; C. Treatment for 5 hr; D. Immersion in the treatment solution.

受精後 21 時間経過したものでは 57% のものが 8 核の状態であった。

### 考 察

アクチノマイシン D は RNA の合成を強く抑える働きがある。アクチノマイシン D の溶液中に卵を浸した場合は、核退化が抑えられるので、核退化をひきおこすには、それに関する RNA が合成されることが必要であることがわかる。受精前の処理でも核退化は抑えられ、受精後 2 時間の処理で完全に核退化が抑制されているので、ウミトラノオの場合この RNA の合成は受精前から受精後大体 2 時間までの間に行われていると考えられる。

蛋白合成の阻害剤として知られているピュロマイシンの溶液に受精卵を浸しつづけても、核退化はおこらず卵はいつまでも 8 核散在の状態を保っている。核退化には、それに関する蛋白も合成されることが必要である。しかし、受精前に 5 時間この液に卵を浸し、その後、海水で培養した場合には、無処理のものと同様に核退化をおこし胚発生を始めるので、この蛋白は受精前にはつくられていない。事実、受精後 2 時間および 5 時間と受精後の処理時間を長くする程、核退化はおこってくる。核退化をおこさない卵も増加してくる。このことから、核退化をひきおこすに必要な蛋白質合成は、受精後約 2 時間を経過した頃から数時間にわたって行われていると考えられる。

ウニ卵では卵形成の間に mRNA が合成され、成熟未受精卵に不活性の状態であつておこされている。受精するとこの不活性の mRNA が働きだして、蛋白質の合成が急に高

まってくることが知られている<sup>6),7)</sup>。

一方、フークス (*Fucus*) の受精卵では核退化という現象は見られないで、受精卵の最初の形態的变化は仮根突起の形成である。中沢・高村<sup>9)</sup> および Quatrano<sup>9)</sup> によると、フークスの仮根突起の形成には RNA および蛋白質の合成が関与していて、この RNA の合成および蛋白質の合成は、ともに受精後に行われていることが示されている。

稿を終わるに当り、本研究を御指導下さった山形大学の中沢信午教授、安部守助教授に厚くお礼申し上げます。また材料の採集に御便宜をいただいた玉野臨海実験所の所員の方々に深く感謝の意を表します。

### Summary

Eggs of *Sargassum thunbergii* were treated with  $10^{-4}$ M actinomycin D and  $2 \times 10^{-4}$ M puromycin sea water solution, and relationships between the degeneration of seven superfluous nuclei in a fertilized egg and RNA or protein synthesis were investigated.

The degeneration of nuclei was completely inhibited by the treatment with actinomycin D for 5 hours before fertilization or for 2 hours after fertilization. In the treatment with puromycin for 5 hours before fertilization, seven nuclei degenerated normally. In the treatment with puromycin after fertilization, the degeneration of nuclei was retarded more and more as the duration of the treatment was longer.

It is presumed that the synthesis of RNA required for the degeneration of nuclei begins prior to the fertilization and is completed by roughly 2 hours thereafter. In contrast, the protein begins to be synthesized from these periods after fertilization.

### 引用文献

- 1) TAHARA, M. (1913) Oogonium liberation and the embryogeny of some Fucaeous algae. Journ. Coll. Sci., Tokyo Imp. Univ., **32**: 1-13.
- 2) TAHARA, M. (1927) Experiments on the eggs of *Sargassum*. Bot. Mag., **41**: 142-148.
- 3) KUNIEDA, H. (1928) On the development of the sexual organs and embryogeny in *Sargassum Horneri* Ag. Jour. Coll. Agric., **9**: 383-396.
- 4) ABE, K. (1938) Über die Befruchtung und die ihr folgende erste Kernteilung bei *Sargassum*. Sci. Rep. Tohoku Imp. Univ., Biol., **13**: 253-257.

- 5) TAHARA, M. (1929) Rhizoid formation in the embryo of *Turbinaria* (?) *fusiformis* YENDO and *Sargassum Thunbergii* O'KUNTZE. Sci. Rep. Tohoku Imp. Univ., Biol., 4: 1-6.
- 6) 石田寿老 (1968) 発生生化学序説。発生生化学 (石田寿老編)。裳華房, 東京. 1-21.
- 7) 真野嘉長 (1971) 初期卵割期における高分子合成の調節。初期発生における細胞 (日本発生生物学会編) 岩波書店, 東京. 88-158.
- 8) NAKAZAWA, S. and TAKAMURA, K. (1967) An analysis of rhizoid differentiation in *Fucus* eggs. Cytologia, 32: 408-415.
- 9) QUATRANO, R. S. (1968) Rhizoid formation in *Fucus* zygotes: Dependence on protein and ribonucleic acid syntheses. Science, 162: 468-470.

□ William A. S. SARJENT: **Fossil and living dinoflagellates.** i-vii+182 pp. 1974. Academic Press, London. (邦貨にして約 4,700 円).

最近、環境汚染と関連して赤潮の発生を頻繁に見るようになり、その発生の機構をめぐって種々の角度からの研究が活発に行われつつある。ところで、この方面の研究を進めるに際して困ることの一つに、赤潮の主要構成生物群である渦鞭藻類 Dinoflagellates の生物学一般について纏めた手頃な書物がないということがある。ここに紹介する書物の著者は、専門は渦鞭藻類の化石を中心とした微化石学、地層学等であるが、現生の渦鞭藻類の文献にもよく目を通しており、本書の前半において渦鞭藻類の生態、生殖、分類などについて要領よく総説している。類書が少いだけにわれわれには便利な本である。なお、後半は地層学や古生態学の記述に費されている。

(千原光雄)

## 中庭正人\*： 茨城県沿岸の高藻相

Masato NAKANIWA\*: Marine algae along the coast of  
Ibaraki Prefecture

## は し が き

茨城県沿岸の高藻については、古く岡村<sup>1),2)</sup>、東<sup>3),4)</sup>、殖田<sup>5)</sup>らの研究があるがいずれも断片的な記録にとまっている。その後川端<sup>6)</sup>は、はじめて茨城県沿岸の高藻類を全般的に調査し報告を行なった。また宮崎<sup>7),8)</sup>は大洗海岸の高藻を報告している。筆者<sup>9)-16)</sup>は、茨城大学在学中にこの沿岸の高藻の植生に興味をもち、この分野の調査を卒業研究としてとりあげ、その後も調査を続けすでに成果の一部を数回にわたり報告した。近年、茨城県沿岸は部分的に海水汚染が進んでいる。片田<sup>17)</sup>は、日立海岸の高藻植生を環境汚染との関連から研究しその結果を報告している。筆者もまた海洋汚染との関連から高藻植生について若干の調査を行なっているものであるが、ここでは基礎的資料を提供する意味で茨城県沿岸のいくつかの地点における生育高藻の種類相について報告する。

本稿を進めるにあたり、いくつかの種の同定をいただいた高崎経済大学の川端清策博士、テングサ類の同定をいただいた三重大学の瀬木紀男博士、ソゾ属の同定をいただいた北海道大学の斉藤譲博士、多くの種の同定をいただき原稿のご校閲をいただいた東京教育大学の千原光雄博士、常日頃ご指導をいただいている茨城大学の恩師佐藤正己博士、なにかと、ご助言をいただいた同大学の鈴木昌友博士に深く感謝の意を表する。

## 茨城県沿岸の概況と調査地点

茨城県沿岸は、最南端の鹿島郡波崎町より、最北端の北茨城市まで、その長さは南北約 150 km におよんでいる。そのうち大洗より南部は鹿島灘に面する単調な砂浜海岸で、高藻の着生基物をほとんど欠いた地帯であり、わずかに鹿島、波崎に人工的な基物があるにすぎない。それに対して大洗より北部は岩礁に恵まれている。全沿岸は外洋に面するため波浪を直接受ける地点がほとんどであるが、ごく限られた部分で内湾性の地点がある。

高藻を調査した地点は、Fig. 1. に示すように 1. 平潟、2. 五浦、3. 磯原（北茨城市）  
4. 高戸浜（高萩市）、5. 伊師浜（十王町）、6. 川尻、7. 会瀬、8. 河原子、9. 水木、10.

\* 茨城県立日立第二高等学校（日立市成沢町3-2-1）  
The Second Hitachi Senior High School, Hitachi, 317 Japan.  
Bull. Jap. Soc. Phycol., 23: 99-110, Sept. 1975.

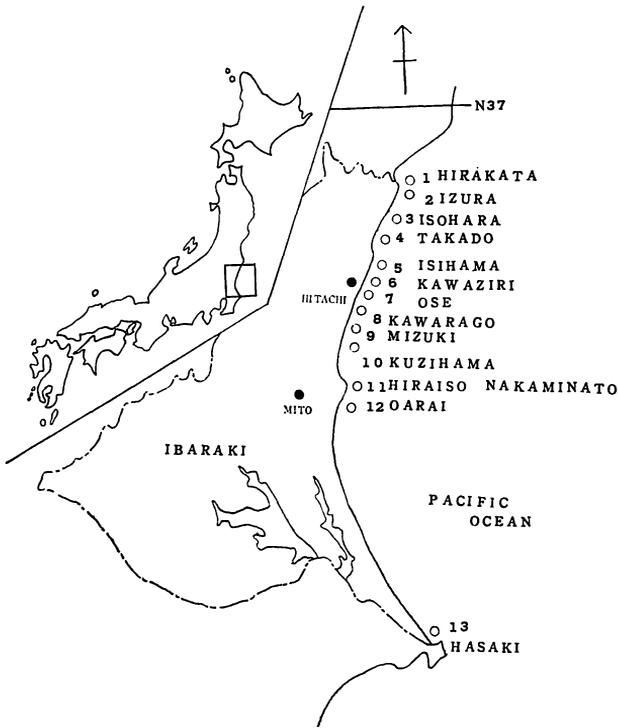


Fig. 1. Map of Ibaraki Prefecture showing the collecting sites (1-13)

久慈浜(日立市), 11. 平磯—那珂湊(那珂湊市), 12. 大洗(大洗町), 13. 波崎(波崎町)の13地点である。各地点とも岩礁や防波堤等を選び、その海岸に生育する海藻を可能なかぎり年間を通して季節別に採集をおこない、生育する海藻相を明らかにするように努力をはらった。調査期間は、1961年1月より1975年2月までの14年間である。

### 結果と考察

茨城県沿岸に生育の知られた種は、Table 1 のように合計 164 種である。その内訳は緑藻植物 16 種、褐藻植物 36 種、紅藻植物 112 種である。なお、このほか未同定のものがいくつかあるので今後の研究の進展にともない、海藻のリストには、種類の増加が期待される。つぎに茨城県沿岸の海藻相を考察してみたい。海藻の水平分布は、海洋の諸要因の影響を受けるが、とくに、そこを流れる海流の影響を受ける。岡村<sup>10)</sup>の日本沿岸の海藻相の地理的分布によると、茨城県沿岸は5大区に大別されたうちの第2区(宮城県金華山～宮崎県日向大島)の温帯性海域に属しているさらに博士は第2区を次の

4 小区に分けている。(1) 金華山一犬吠岬 (2) 犬吠岬一日向大島 (3) 岬角地方 (4) 内湾地方この区分では、第 1 小区に属している。この海域は、太平洋沿岸を洗う黒潮、親潮の二大海流が洗いこの二大海流は季節により強弱を生じ、夏季の水温の上昇と、冬季から春季にかけての低下は、海藻の分布や季節的消長に大きな影響を与えている。瀬川<sup>19,20)</sup>はある海域の海藻相を寒海性であるか、暖海性であるかを推定する方法の一つとして、緑藻植物(c)と褐藻植物(p)の種類数の割合の値をあげている。そこで、c/p 率を求めてみると  $16/36=0.47$  となり、ほぼ 0.5 になる。この値を太平洋沿岸の岩手県 0.4 (川嶋<sup>21),22)</sup>、0.5 (千原<sup>23)</sup>、福島県 0.5 (野田<sup>24)</sup>、千葉県 0.6 (千原<sup>25)</sup>、伊豆半島 0.6 (千原<sup>26)</sup>)と比較すると海藻相の性格は、福島県や岩手県の値とほぼ等しくなり、千葉県や伊豆半島とは異なることがわかる。千葉県でも寒流の影響のある銚子 (0.5 千原<sup>27)</sup>)では同じ値を示している。最近、中原・増田<sup>28)</sup>が発表したところによると、緑藻植物と褐藻植物における同型世代交代をとる種類数と異型世代交代のその比 I/H はある地域の高藻相の特徴をよく表わすという。いま、この値を茨城県沿岸にあてはめて計算してみると約 1.8 となる\*。参考までに中原・増田が算出した隣接する地域の I/H は岩手県 1.4 福島県 1.7 および銚子 2.4 である。この値から考察すると茨城県沿岸の高藻相は福島県よりやや暖海性であることがわかる。

つぎに、上記のそれぞれの沿岸について、生育する種類を比較してみると、茨城県沿岸に生育の知られた 164 種のうち岩手県 (161 種) と共通する種は 82 種で全種類数の 50% にあたる。福島県 (160 種) と共通する種は 103 種で全種類数の 63% にあたる。また銚子 (144 種) との共通種は 119 種で全種類数の 73% にあたる。

つぎに、茨城県沿岸に生育する種のなかで福島県以北に生育の知られていない種をあげると、褐藻類では、ムチモ、イシゲ、ハバノリ、カジメ、ヒエモク、ネジモク、紅藻類で、フノリノウシゲ、オニアマノリ、ニセフサノリ、オニクサ、オオブサ、エツキイワノカワ、サクラノリ、トサカマツ、オオバツノマタ、オガオバナ、ヒメユカリ、タチイバラ、キジノオ、カバノリ、オオバツノマタ、サエダ、ヒメソゾ、ケハネグサ、ハネグサの 25 種があげられる。また、千葉県以南に生育の知られていない種は紅藻類のウップルイノリ、アカバの 2 種をあげることができる。

千原によると銚子では、亜寒帯性海藻のマツモ、イソムラサキが多数生育し、またウツグサの生育も見られたとの報告があるが、これら亜寒帯性海藻は日立沿岸以北には、とくに多く生育している。

以上の結果より、茨城県沿岸の高藻相は、温帯性要素が強く、その中に亜寒帯性要素が混在していると考察することができる。

分布上特に注目すべき種としては、ナガオバナがあげられよう。この種は、我国では

\* I/H の算出にあたっては中原・増田の発表があった 1971 年当時の生活史の見解にもとづいた。

分布が限られているようで現在のところ生育地はわずかに9ヶ所でしか知られているに過ぎない。太平洋沿岸で生育の知られたところは、伊豆半島、伊豆諸島（三宅島、大島）江ノ島付近だけである。つぎに、ヒメソソは太平洋沿岸においては、はじめての記録と思われる。本種は九州の東支那海や日本海沿岸に分布の知られた種である。また、ウラソソも本州や北海道の日本海沿岸に広く分布が知られているが、太平洋沿岸では、わずかに北海道（厚岸）で得られた記録しかない。

おわりに、各調査地点の海藻の種類数を比較してみると、Table 1 のようになる。最も生育する種類数の多い地点は大洗で124種、つぎは五浦の115種であった。これらの地点は他の地点と比較して岩礁が多いといえる。しかし、岩礁が最も発達していると思われる平磯—那珂湊は植生が単調で種類数は83種に過ぎない。どのような環境要因がこうした植生状態をもたらすかについては今後の調査にまちたい。

### Summary

For the purpose of obtaining further knowledge concerning marine algal flora of the coast of Ibaraki Prefecture, the writer has made intertidal collections at 13 sites in this region since 1961. As the result, 164 species, including 16 spp. of Chlorophycophyta, 36 spp. of Phaeophycophyta and 112 spp. of Rhodophycophyta, were enumerated in this paper.

Marine algal flora of the coast of Ibaraki Prefecture is considered to be represented by temperate elements in co-existence with a few subarctic elements such as *Analipus japonicus*, *Desmarestia ligulata*, *Porphyra pseudolinearis* and *Neodilsea yendoana*.

The geographic distribution of the several species, including *Schimmelmannia plumosa*, *Laurencia venusta* and *L. nipponica* are also discussed in this report, since they show rather characteristic distributional patterns.

### 引用文献

- 1) 岡村金太郎 (1936) 日本海藻誌. 内田老鶴圃, 東京. 1-964.
- 2) ————— (1951) 日本藻類図譜. 内田老鶴圃, 東京. 1-7.
- 3) 岡本一彦 (1963) 東道太郎氏コレクションの海藻標本目録 [I]. 藻類, 11: 118-125.
- 4) ————— (1964) ————— [II]. 藻類, 12: 51-58.
- 5) 殖田三郎 (1933) 水産植物学. 厚生閣, 東京. 1-319.
- 6) 川端清策 (1939) 茨城県 (常陸国) 沿岸の海産藻類に就いて. 植物及動物, 7: 1563-1567.
- 7) 宮崎方夫・田口常吉 (1964) 大洗海岸産藻類目録. 茨城県理科教育センター研究集

- 録, 2: 9-11.
- 8) 宮崎方夫 (1965) 茨城県大洗海岸産高藻相の一端について. 茨城県立教育センター研究集録, 3: 10-13.
  - 9) 中庭正人 (1968) 茨城県沿岸産高藻ホンダワラ科について. フロラ茨城, 39-42: 3-4, 7-8, 3-4, 3-4.
  - 10) ——— (1969) 紅藻植物ナガオバネ *Schimmelmannia plumosa* (SETCHEL) ABBOTT 茨城県海岸に産す. 藻類, 17: 65-67.
  - 11) ——— (1969) 茨城県五浦海岸の高藻群落. 日本生態学会, 19: 222-225.
  - 12) ——— (1969) 日立市会瀬海岸の高藻群落. 遺伝, 23: 64-66.
  - 13) ——— (1969) 茨城県五浦海岸産ミルの生態. 採集と飼育, 31: 389.
  - 14) ——— (1970) 茨城県沿岸産テングサ科高藻の分布. フロラ茨城, 48: 3-4.
  - 15) ——— (1972) 茨城県沿岸産新産高藻. フロラ茨城, 57: 4-5.
  - 16) ——— (1973) 茨城県沿岸産ソゾ属高藻の分布. フロラ茨城, 60: 1-3.
  - 17) 片田実 (1972) 日立海岸における高藻植生の異相と動物群集の崩壊. バイオテク, 3: 645-651.
  - 18) 岡村金太郎 (1931) 海岸植物の地理的分布. 岩波講座, 地理学, 東京. 1-86.
  - 19) 瀬川宗吉 (1953) 高藻目録について. 千葉県植物誌基礎資料, 3: 3-6.
  - 20) ——— (1956) 原色植物図鑑. 保育社, 大阪. 1-175.
  - 21) 川嶋昭二 (1954) 岩手県沿岸高藻目録 I. 藻類, 2: 61-66.
  - 22) ——— (1955) ——— II. 藻類, 3: 30-35.
  - 23) 千原光雄・吉崎誠 (1968) 陸中海岸国立公園の高藻相と高藻群落. 国立科学博物館専報, 1: 153-160.
  - 24) NODA, M. (1964) Marine Algae in the Vicinity of Shioyazaki Cape, Fukushima Prefecture. Jour. Fac. Sci., Niigata Univ., Ser. 2: 33-75.
  - 25) 千原光雄 (1958) 千葉県の高藻. 千葉県植物誌, 59-100.
  - 26) ——— (1967) 静岡県植物誌. 静岡県生物研究会, 70-90.
  - 27) ———・沼田真 (1960) 銚子付近の高藻について (予報). 千葉大学文学部紀要, 3: 163-171.
  - 28) 中原紘之・増田道夫 (1971) 緑藻と褐藻の生活史と水平分布. 海洋科学, 3: 24-26.

**Table 1.** A list of the marine algae on the coast of Ibaraki Prefecture. Figures indicate the collecting sites:  
 1. Hirakata; 2. Izura; 3. Isohara; 4. Takado; 5. Ishihama; 6. Kawajiri; 7. Ose; 8. Kawarago; 9.  
 Mizuki; 10. Kujihama; 11. Hiraiso-Nakaminato; 12. Oarai; 13. Hasaki.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
CHLOROPHYCOPHYTA 緑藻植物													
1. <i>Ulva arasakii</i> CHIHARA ナガアオサ	○	○		○	○	○	○	○	○	○		○	
2. <i>U. pertusa</i> KJELLM. アナアオサ		○	○		○	○	○	○	○	○	○	○	○
3. <i>Enteromorpha compressa</i> (L.) GREV. ヒラアオノリ				○			○	○	○	○		○	
4. <i>E. intestinalis</i> (L.) LINK ボウアオノリ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
5. <i>E. linza</i> (L.) AG. ウ斯巴アオノリ		○		○	○				○	○		○	
6. <i>Urospora mirabilis</i> ARESCHOUG シリオミドロ	○	○	○	○	○	○			○	○	○	○	○
7. <i>Chaetomorpha aerea</i> (DILLW.) KÜTZ. タルガタジュズモ	○	○	○	○	○			○	○				
8. <i>C. crassa</i> (AG.) KUTZ. ホソジュズモ		○		○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
9. <i>C. moniligera</i> KJELLM. タマジュズモ		○	○	○			○	○				○	○
10. <i>C. spiralis</i> OKAM. フトジュズモ		○		○		○	○	○	○		○	○	
11. <i>Cladophora densa</i> HARV. アサミドリシオグサ		○			○	○					○		
12. <i>C. japonica</i> YAMADA オオシオグサ					○	○		○					
13. <i>C. opaca</i> SAKAI ツヤナシシオグサ												○	
14. <i>Bryopsis maxima</i> OKAM. オオハネモ	○	○		○		○				○	○	○	
15. <i>Codium adhaerens</i> (CAB.) C. AG. ハイミル		○											
16. <i>C. fragile</i> (SUR.) HARIOT ミル		○											
PHAEOPHYCOPHYTA 褐藻植物													
1. <i>Dictyota dichotoma</i> (HUD.) LAM. アミジグサ	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○
2. <i>Pachydictyon coriaceum</i> (HOLM.) OKAM. サナダグサ	○	○				○	○	○	○	○	○	○	○
3. <i>Spatoglossum pacificum</i> YENDO コモングサ		○				○		○	○	○	○	○	○
4. <i>Dictyopteris undulata</i> (HOLM.) OKAM. シワヤハズ		○											













## 高原隆明\*・堀 輝三\*\*： プラチモナスとプラシノモのシスト形成と発芽について

Takaaki KOBARA\* and Terumitsu HORI\*\*： On the formation and germination of cyst in *Platymonas* and *Prasinocladus* (Prasinophyceae)

プラシノ藻綱 Prasinophyceae に属するプラチモナス属 *Platymonas* とプラシノモ属 *Prasinocladus* は生活史のある時期に厚膜シストを形成することが知られている<sup>1,9,11)</sup>。しかし厚膜シストの形成過程と発芽過程の詳細については全く報告がない。

筆者らの研究室では、数年来本邦産プラシノ藻類、特にプラチモナス属とプラシノモ属のメンバーの実態を明らかにし、分類や分布についての基礎的知見を得る目的で、本邦沿岸の各地で採集を行い、実験室で分離・培養を行ない、形態学および細胞学的研究などを行なっている。この間にわれわれはしばしばシストの形成を観察した。そこでわれわれはこのシストについて興味をいだきその形成と発芽について簡単な実験と観察を試みた。以下に得られた知見を報告する。

### 材料と方法

使用した材料はプラチモナス属の二種、*Platymonas* spp. とプラシノモ属の二種、*Prasinocladus ascus* と *P. marinus* である。培養はプラチモナス用の液体培地<sup>14)</sup>または1.5%寒天培地を使用した。培養は15°Cに制御した恒温培養庫中で行ない、照明は16時間明期—8時間暗期で20W昼光色蛍光管を用い、照度を1,500~2,000 luxとした。培養容器には300 mlの三角フラスコを使用し、エアーポンプによる通気を行なった。

### 観察結果

プラチモナス属の二種では栄養細胞は遊走性である (Fig. 1A—1, Fig. 2A)。分裂は一般に遊走細胞が基物に付着 (Fig. 1A—2) して鞭毛を捨て固着 (Fig. 1A—3) した後になる。なお細胞柄の伸長はない (Fig. 1A, 8)。分裂した娘細胞は鞭毛を形成し母細胞の外皮鞘 (theca) の裂け目から泳ぎ出て再び遊走期の状態にもどる。

\* 東京水産大学水産増殖学科水産植物学教室 (108 東京都港区港南4-5-7)

Phycological Laboratory, Department of Aquaculture, Tokyo University of Fisheries, Minato-ku, Tokyo, 108 Japan.

\*\* 東邦大学理学部生物学教室 (274 船橋市三山町542)

Department of Biology, Toho University, Funabashi, 274 Japan.

Bull. Jap. Soc. Phycol., 23: 111-115, June 1975.

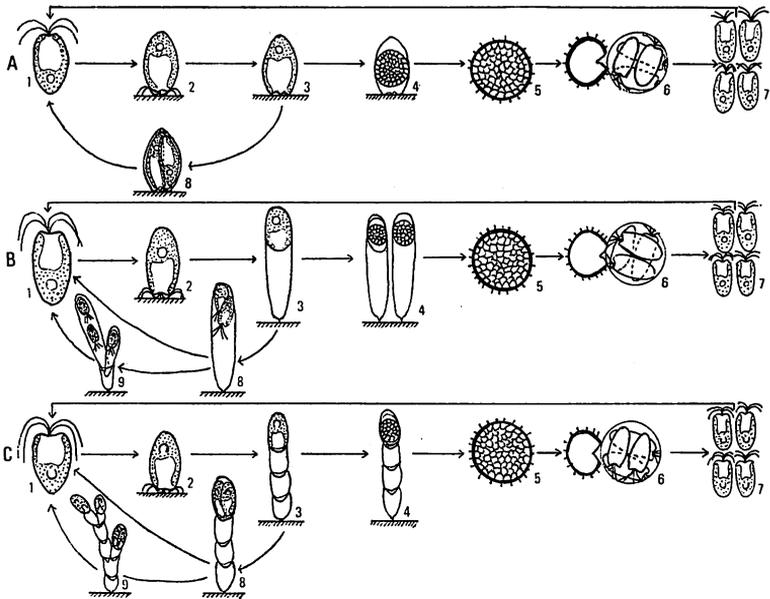


Fig. 1. Figures showing three types of the formation of cysts and their germination found in the Prasinophyceae. A. *Platymonas* species, B. *Prasinocladus ascus*, C. *Prasinocladus marinus*.

一方、プラシノモ属の二種では一般に体細胞は外皮鞘を伸長させて細胞柄を形成する (Fig. 1B—3, 1C—3)。細胞分裂は通常このように固着の状態では細胞柄をもつ時期に起る (Fig. 1B—8, 1C—8)。1個の母細胞から2~8個、時にはそれ以上の娘細胞が形成される。分裂した娘細胞は遊走細胞となり、細胞柄の先端部にできた裂け目から泳ぎ出るか、あるいは、外皮鞘内に留まり、さらに細胞柄を伸長させるとともに分枝をつくり、樹枝状群体を形成する (Fig. 1B—9, 1C—9, Fig. 2B)。 *P. ascus* においては、娘細胞は細胞柄を伸長させないで母細胞の細胞柄内に一時的にとどまることもしばしばみられる。いずれの場合にも娘細胞はやがて遊走細胞となって細胞柄の先端の裂け目から泳ぎ出る (Fig. 1B—1, 1C—1)。遊走期は比較的短い。PARKE & MANTON によると *P. marinus* の遊走時間は通常30分以内とされている。遊走細胞は基物に固着した後、細胞柄を伸長しはじめる。

ところでプラシノモ属の二種の遊走細胞は寒天培地上で培養すると、固着後においても細胞柄を形成することなく、分裂をくり返す傾向がある。同様のことは液体培地でもみられることがある。

藻の増殖が最盛期をすぎると両属四種の細胞内に顆粒物が蓄積し始める。この時期に培養容器を 25°C に制御した恒温培養庫中に移し約2週間静置すると、プラチモナス属

の二種では外皮鞘内で、プラシノモ属の二種では細胞柄内でそれぞれ細胞が球状化する (Fig. 1A—4, 1B—4, 1C—4)。その後外皮鞘と細胞柄とはけるように消失し、静置後4週間～8週間で、この球状化した細胞は厚膜化する (Fig. 1A—5, 1B—5, 1C—5, Fig. 2C)。膜部の厚さは  $0.3\sim 0.4\mu\text{m}$  に達し、時に膜の表面に長さ約  $0.4\mu\text{m}$  のとげ状突起が多数みられる (微細構造的観察については HORI & CHIHARA<sup>6)</sup> 参照)。これは“厚膜シスト”が成熟した状態と考えられる。厚膜シストは6月～9月の時期に培養容器を室内に放置することによっても形成される。プラチモナスやプラシノモは、関東地方の沿岸においては、冬～春に出現し、夏には消失する。上記の観察結果から判断すると、これらの藻類は、消失時期には、多分この状態で存在するものと思われる。

このようにしてできた厚膜シストを新鮮な培地に移し、前記の培養条件にもどすとプラチモナス属の二種およびプラシノモ属の二種ともに、シストの内部で分裂が起り、4個の娘細胞が形成される。各娘細胞は互に分離することなく、膜部のさらに内側に存在する薄膜につつまれた状態で培地中に放出される (Fig. 1A—6, 1B—6, 1C—6, Fig. 2D)。この時期には各細胞はすでに4本の鞭毛をそなえ、薄膜内部で動いている。この

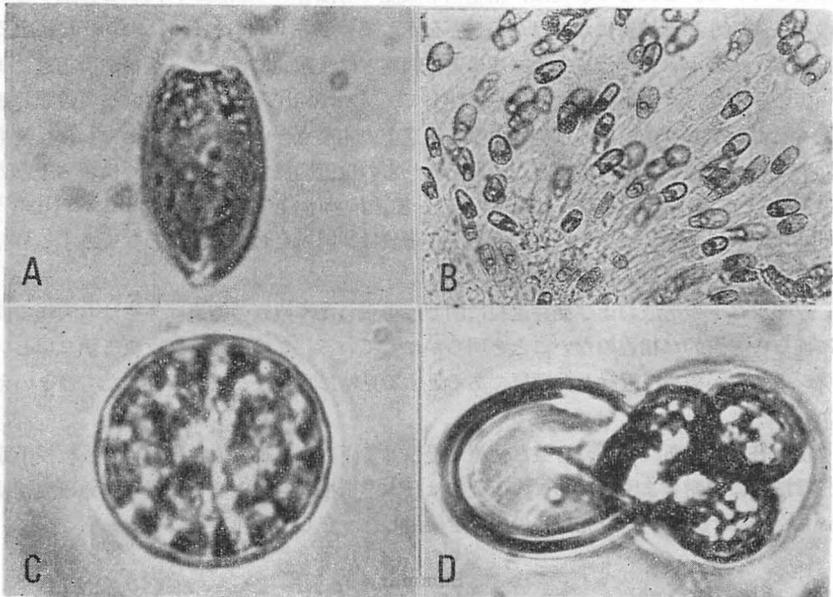


Fig. 2. A, Swarmer of *Platymonas* sp.; B, Dendroid colonial form of *Prasinocladus marinus*; C, Thick-walled cyst of *P. marinus*; D, Cyst of *P. marinus* from which four daughter cells being liberated. Note four daughter cells liberating as a mass enclosed in a thin hyaline-like envelope through an aperture formed in the thick wall of the cyst. A,  $\times 3000$ ; B,  $\times 300$ ; C,  $\times 4000$ ; D,  $\times 2800$ .

薄膜はまもなく破れて4個の遊走細胞は離れて泳ぎ出す (Fig. 1A-7, 1B-7, 1C-7)。少数ながら厚膜シスト内に8個またはそれ以上の娘細胞の形成を見ることがある。この場合には厚膜シストの径は大きい。娘細胞の形成から放出にいたる過程はシストを新鮮な培地に移してから48~72時間以内で完了するのが普通である。

現在までのところプラチモナス属およびプラシノモ属では有性生殖は知られていない。本観察においても、生活史のいかなる時期にも有性生殖を示唆するような2細胞の合体はみられなかった。

## 考 察

従来プラチモナス属 *Platymonas* とプラシノモ属 *Prasinocladus* とを区別する第一義的な形質は、固着期において細胞柄をもつかもたないかにあった<sup>4, 13)</sup>。ところが PARKE & MANTON<sup>10)</sup> はプラチモナス属の一種 *P. convolutae* を研究した際に、稀ではあるがこの種がプラシノモ属にみられるような細胞柄を形成することを観察した。千原<sup>2)</sup> もカナダのヴァンクーバー産のプラチモナス属の一種 *Platymonas* sp. で同様の観察をしている。これらの事実は、細胞柄形成能の有無という属性が、両属を分類する際の第一義的な基準形質になり得ないことを示している。PARKE & MANTON<sup>10)</sup> によると、*P. marinus* とプラチモナス属の遊走細胞とは光頭的にピレノイド構造の相違によってのみ区別できるという。この点に関して、MANTON ら<sup>8, 9)</sup> はさらに詳しい電顕的観察も行っており、両属の細胞内の微細構造上の相違点をいくつか明らかにした。最も顕著な特性は核と葉緑体の特異な形態とそれらの位置関係である (詳しくは堀・千原<sup>9)</sup> 参照)。ところが最近プラシノモ属の他の一種、*P. ascus* を調査した CHIHARA & HORI<sup>9)</sup>, HORI & CHIHARA<sup>7)</sup> は、その微細構造上の形質は、両属をわける基準として必ずしも有効でないことを明らかにしている。

厚膜シストの形成および発芽過程に関して得られた本観察の結果は、やはり両属の間に何らの本質的な相違のないことを明らかにしている。この所見はプラチモナス属とプラシノモ属が極めて近縁な分類群であるとする見解にさらなる根拠を与えたものといえよう。

稿を終えるにあたって、有益な情報を提供して下さった筑波大学生物科学系教授千原光雄博士に感謝します。なおこの研究では日本学術振興会による日米科学協力研究補助金 5R052 (代表者 千原光雄) の一部を使用した。記してお礼申上げる。

## Summary

The prasinophycean algae have long been known to produce a thick-walled cyst, though the process of cyst formation and germination has not been revealed as yet. In the present paper, the detail of the process is described for the first time.

Some taxonomic discussions on the *Platymonas-Prasinocladus* complex are also presented on the basis of the results obtained.

#### 引用文献

- 1) BUTCHER, R. W. (1959) An introductory account of the smaller algae of the British coastal waters. Part 1: Introduction and Chlorophyceae. London: Her Majesty's Stationary Office.
- 2) CHIHARA, M. (unp. data, personal communication)
- 3) CHIHARA, M. & HORI, T. (1972) The fine structure of *Prasinocladus ascus* and *Platymonas* species found in Japan, with special reference to their taxonomy. In *Proc. Seventh Intern. Seaweed Symp.*, Univ. of Tokyo Press, 188-191.
- 4) FRITSCH, F. E. (1935) *The Structure and Reproduction of the Algae* 1. Cambridge Univ. Press, London. 1-791.
- 5) 堀輝三・千原光雄 (1970) 最近のプラシノ藻綱の研究 (II). 藻類, 18: 88-95.
- 6) HORI, T. and CHIHARA, M. (1974a) Light and electron microscope observations on the developmental sequence of *Prasinocladus marinus*. Sci. Rep. Tokyo Kyoiku Daigaku, Sec. B. 15: 265-271.
- 7) \_\_\_\_\_ and \_\_\_\_\_ (1974b) Studies on the fine structure of *Prasinocladus ascus* (Prasinophyceae). Phycologia, 13: 307-315.
- 8) MANTON, I. and PARKE, M. (1965) Observations on the fine structure of two species of *Platymonas* with special reference to flagellar scales and the mode of origin of the theca. J. mar. biol. Ass. UK. 45: 743-754.
- 9) PARKE, M. and MANTON, I. (1965) Preliminary observation on the fine structure of *Prasinocladus marinus*. Ibid. 45: 525-536.
- 10) \_\_\_\_\_ and \_\_\_\_\_. (1967) The specific identity of the algal symbiont in *Convolvata roscoffensis*. Ibid. 47: 445-464.
- 11) PROSKAUER, J. (1950) On *Prasinocladus*. Amer. J. Bot., 37: 59-66.
- 12) PROVASOLI, L. (1966) Media and prospectus for the cultivation of marine algae. In *Cultures and collection of algae* (A. WATANABE and A. HATTORI, ed.), Proc. U.S.-Japan Conf., Hakone: 12-15.
- 13) SMITH, G. M. (1944) *Marine Algae of the Montenegro Peninsula, California*. Stanford Univ. Press, California. 1-622.
- 14) 谷本静史・堀輝三 (1975) 本邦沿岸におけるプラシノ藻の分布について (i). 藻類, 23: 14-18.

## 佐々木園子\*: アルギン酸の生化学

Sonoko SASAKI: Biochemistry of alginic acid

## はじめに

褐藻を希塩酸などで抽出し次いでアルカリ液に漬けると藻体は溶けはじめ、やがて粘稠な液の中に組織破片が埋まった状態になる。この液をとり、酸を加えれば含水ゲルとしてアルギン酸が沈でんし、エタノールなどの有機溶媒を加えれば糸状のアルギン酸塩が沈でんする。1881~1883年に STANFORD はコンブ科の褐藻を希炭酸ソーダで抽出処理して得られた粘稠物質を“algin”と呼んだのが、この多糖に対する最初の命名とされている。また現在におけるアルギン酸の高分子物質としての有用性も STANOFRD の発見に源を発しているといえよう<sup>1)</sup>。それから現在に至るまで 90余年の間アルギン酸は工業的に着実な需要の場を占め、その方面での研究も多く、特にそれが天然で他にあまり例のないウロン酸のみからなる多糖であることからその化学的性質は多糖化学者の関心をひいて来た。最近ある種のバクテリア (*Pseudomonas*<sup>2)</sup>, *Azotobacter*<sup>3)</sup>) もアルギン酸のアセテートを作ることが知られるようになったが、その他の植物においてはアルギン酸は褐藻に特有であるだけに植物系統分類学上も重要視された。しかも多量に存在することから植物生化学の面からも関心を払われ、その生理的意義も次第に解明されようとしている。しかしその珍らしさは同時に一般的な研究方法がそのまま応用されない難しさでもあり、多少なりとも解明に携わってきた者の一人として歯痒いこともある。ここでは、こうしたアルギン酸の基礎的な諸問題を紹介し、多くの方々のご理解を仰ぐとともに、なお一層の進展に向けて有益な資料を得たいと思う。

## 構成糖と結合様式

アルギン酸の酸水解物から D-マンヌロン酸の存在を証明した最初の人には NELSON と CRETCHER で、彼等はまた脱炭酸反応で生じる炭酸量からこの多糖がウロン酸のみからなるものであることを示した。その結合は HIRST 一派のメチル化分析の結果 2,3-ジメチルマンヌロン酸を生じたこととその左旋性であることを考え合わせて  $\beta$ -1.4 結合であるとされた。過ヨウ素酸酸化の結果もこの結合様式を支持し、また固体試料の X 線回折像も同じ  $\beta$ -1.4 結合からなるセルロースとの対比で規則的な直鎖構造と解釈されこの

\* 東京教育大学理学部植物学教室 (112 東京都文京区大塚 3-29-1).  
Department of Botany, Tokyo Kyoiku University, Otsuka, Tokyo, 112 Japan.  
Bull. Jap. Soc. Phycol., 23: 116-124, Sept. 1975.

結合様式を裏付けることになった。このようにアルギン酸の主要な構造はすでに確立されたかに見えた。しかしこの間の分離分析技術の進歩はアルギン酸の構造に新たな問題を引出すことになった。ウロン酸相互の分離のためペーパークロマトグラフィーを研究していた FISCHER と DÖRFEL が新しい溶剤系を褐藻多糖の水解物の分離に用い、アルギン酸の構成糖として新たに L-グルロン酸の存在を報告したからである<sup>4)</sup>。

### 複合多糖か単純多糖の混合物か——不均一性

一見均質で一つの名で呼ばれる多糖が沈でん法などで分別される例は、でんぷんにおけるアミロースとアミロペクチン、寒天におけるアガロースとアガロペクチンなどがよく知られている。アルギン酸もある種の塩溶液で部分的に沈でんすることが McDOWELL によって報告された<sup>5)</sup>。HAUG はさらに KCl, MgCl<sub>2</sub> と CaCl<sub>2</sub> などの塩溶液を用いての分別沈でん法を開発しそれらの画分が2種ウロン酸含有比を異にするものであることを示した<sup>6)</sup>。すなわち高濃度の KCl 溶液中で沈でんするアルギン酸はマンヌロン酸残基 (以下 M と略) に富み Mn, Mg, Ca などの二価金属塩溶液ではグルロン酸残基 (G) の多いものが沈でんする。この結果からアルギン酸はそれぞれ M および G のみからなる多糖の混合物であるかにもえた。そこでさらにこれらの分別法を繰返して各単純多糖を精製することが当然試みられた。しかしどの分別法も一定以上の精製をもたらさず (M/G 比 0.4~3.1) 一方アルギン酸の部分分解物として M と G との結合したオリゴ糖も報告されてアルギン酸分子中の M と G との存在様式は、その不均一性を踏えた上での微細構造の研究を必要とすることとなった。

### アルギン酸分解酵素

化学的に多糖の構造を調べる場合各種分解反応とメチル化反応が主要な手段となっているが、そのいずれにとってもウロン酸多糖はくみし易い対象ではない。その収量の悪さは、反応産物から推察される構造が分子中のどの辺で、またどの程度の部分を占めていたものであるかの疑問を残すことになる。そこで分解酵素を用いての選択的な分解に大きな期待が寄せられる。すでに 1930 年代にある種の土壌細菌<sup>7)</sup>及びアワビ、アメフラシ<sup>8)</sup>などの海産軟体動物の消化腺に、アルギン酸に働かせてその粘度を低下させ還元糖を生成する酵素が存在することが報告されたが、その基質特異性や酵素としての性質などは、アルギン酸の構造解明と相俟って近年ようやくわかり始めた。

アワビの肝臓の粗抽出液をアルギン酸に働かせその生成物として二糖類を単離精製した辻野と斎藤は、その構成糖にはマンヌロン酸のほかにもう一つ、二重結合をもつウロン酸があることを報告した<sup>9)</sup>。同じ年、吉川も細菌起源の酵素によるアルギン酸分解物中から M と G と不飽和ウロン酸残基からなる三糖を得たことを報告した<sup>9)</sup>。これらに類する不飽和オリゴ糖はヒアルロン酸などのウロン酸多糖の酵素分解においてすでに

知られており、脱離反応による分解としてエリミネーゼ(リアーゼ)の名がこの種の酵素に与えられた。辻野らおよび吉川のオリゴ糖の記載はアルギン酸分解におけるエリミネーゼの最初のものであった。そうしてその後報告されたアルギン酸分解酵素は、そのほとんどがこのエリミネーゼであった。吉川らの三糖類は、後になって筆者らも得ることとなったが<sup>10)</sup>、このオリゴ糖の構造説明は2種ウロン酸残基の結合部の証明としても、この酵素の作用部位を知る上でも興味深い。

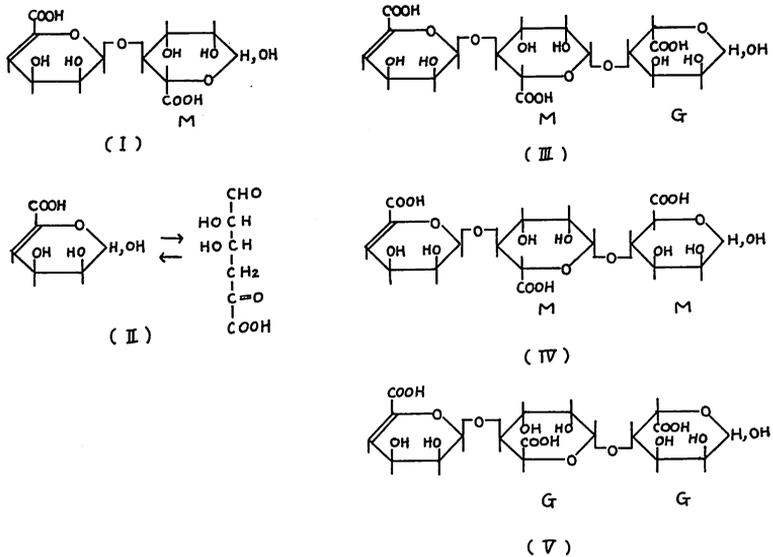


図1. 各組アルギン酸リアーゼの分解産物 (I) アワビ<sup>8)</sup>, タツナミガイ<sup>13)</sup>, (II) *pseudomonas*<sup>10)</sup> 11), (III) *algimonad*<sup>9)</sup>, *pseudomonad*<sup>10)</sup>, (IV) タツナミガイ<sup>13)</sup>, (V) *pseudomonad*<sup>14)</sup>.

PREISS と ASHWELL は海泥より分離した *pseudomonad* の酵素を用いて分解産物を調べた<sup>11)</sup>。分解酵素は多様であるらしいことは分るが、それらの分離は難かしく、また生成物の大部分は不飽和ウロン酸であり、この細菌によるアルギン酸分解の経路は明らかにされたが、アルギン酸自身の構造説明には、この菌の酵素は役立つものではなかった。

一方、カリフォルニア産のアワビの肝臓から分解酵素を抽出した NAKADA らは M に富むアルギン酸をよく分解する主要な画分のほかに、G に富むアルギン酸を切る小さな画分が分離されたことを報じた<sup>12)</sup>。筆者らもタツナミガイ (*Dolabella auricula* SOLANDER) の肝臓の酵素について調べてきたが、すでに粗抽出標品の段階で圧倒的に M の結合に特異性を示し、その反応混液には、M のみを含む不飽和三糖から M と G の両者を含む四糖以上のオリゴ糖群から G に富む残存アルギン酸に至る一連の連続し

たオリゴウロナイドがみられた<sup>13)</sup>。

それらはそれ以上同じ酵素によって分解されず、従ってそれぞれ最終産物と考えられ、親アルギン酸分子の中には酵素分解を限定するなんらかの箇所のあることが推察された。一方同じ研究室において柏原らが腐朽褐藻より分離した *Pseudomonad* の酵素は、タツナミガイのものと同様に G-結合および M と G のある部分をよく分解した<sup>14)</sup>。このことにより、これら2種の酵素標品の相補的作用は、不均一で複雑なアルギン酸の全体像を求めるために有用であると思われた。最近北方の海産軟体動物 *Littorina* の酵素について精製もなされたがこのものも M-結合に特異性があるようである<sup>15)</sup>。

以上はアルギン酸を栄養源とする細菌や動物が、それ自身で作るアルギン酸リアーゼによりこの多糖を分解するという話であったが、褐藻自体の中にも同種の酵素が存在することが明らかになってきた。最近筆者らの研究室で調べたアラメとワカメ中のリアーゼ活性は、組織の古いところほど強いことは面白い<sup>16)</sup>。この活性は上記の酵素に比べてきわめて低くその性質など調べにくい、これもエリミナーゼであり、基質特異性の違う数種の酵素からなっているようであった<sup>16,17)</sup>。

### ブロック構造

M に富む分子から G に富む分子に至る複合多糖アルギン酸において、M と G はどのように分布しているのかは多糖化学上興味ある問題であった。これについては HAUG らの巧妙な部分分解と、その生成物の分離の結果がまず大まかなイメージを与えた<sup>18)</sup>。すなわち酸水解に抵抗性といわれるアルギン酸が、実は 1 M 蔞酸、100°C、5時間ほどの水解で容易に重合度 20 くらいブロックに寸断され、最初の 20 分で可溶化するものは M/G 比が 1 に近く、最後に不溶物として残ったものをアルカリ液に溶解して pH を 3 付近に調節して生じた沈でんには G が圧倒的に多かった。この際の可溶性画分には M が多かった。これらの結果に基づき、彼等は不溶性(結晶性)のホモポリマーブロックの間に可溶性のヘテロポリマーブロックが介在している分子構造を提出した。それらブロックの組合わせ次第で M/G 比や物理化学的性状が異なった様々なアルギン酸分子が出来上るものと考えた。

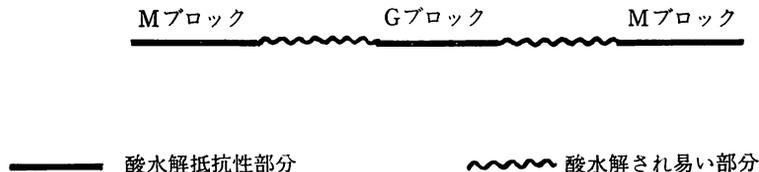


図 2. Haug によるブロック構造の模式図<sup>18)</sup>

一方著者らはインゲのアルギン酸を塩分別して3種の画分を得、それぞれについてタ

ツナミガイと *pseudomonad* の酵素を働かせて生成物を分析するという方法でこの問題の解明に迫ったが、同じく各ウロン酸残基の局在する部分とともに2種ウロン酸残基が入り込んで出来た部分からなるという結果を得た。ただ酸水解法によってはほぼ重合度20の均質なブロックとして示されたが、さきに述べたような酵素分解の結果からはブロックには長短様々の種類があることが推論された<sup>19)</sup>。

また、可溶性ブロックとして得られるヘテロオリゴ糖に関して、HAUG 一派は2種ウロン酸残基の酸水解の kinetics から M と G との交互構造を提唱した<sup>20)</sup>。しかしわれわれは、対応する画分から酵素分解産物を得、これが必ずしも100% 交互構造ではなく、その大部分はごく短いホモブロックの反復からなるものと考えられ、正確な交互構造はそれほど長鎖では存在しないと思われる結果を得た<sup>19)</sup>。

### 褐藻の種類や部分とアルギン酸の多様性

すでに1955年、FISCHER と DÖRFEL は新しいウロン酸グルロン酸の発見とともに十数種の褐藻のアルギン酸についてその M/G 比を調べ、それぞれ異なっていることをみている<sup>4)</sup>。褐藻の種類とアルギン酸の構成ウロン酸比 (M/G) の関係はさらに HAUG によって調べられたが<sup>21)</sup>、系統との関係はみられず、アルギン酸分子の不均一性がいよいよ明らかにされ、ひいてはより微細な藻体内分布が重要になってきた。

FREI と PRESTON は *Alaria*, *Chorda*, *Himanthalia* の藻体標品を用い、熱水、アルカリ抽出などの処理前後のX線回折像を調べ、褐藻の細胞壁においてセルロースと並んで結晶性を示す細胞壁成分があることやそれが従来細胞間物質として知られてきたアルギン酸の中の G に富む分子であること、M の多いアルギン酸が細胞間粘質物として存在することなどの卓見を発表した<sup>22)</sup>。また *Ascophyllum*, *Fucus* の藻体の各部分においてアルギン酸を比較した HAUG は、その生殖器托 (receptacle) の内部粘液の主要成分が95% 以上もの M を含むアルギン酸であることや生長点に近い新しい藻体部分ほど M が多く古い部分ほど G が多いこと、皮層においては G が多く髄においては M が多いことなどを観察し、細胞間隙の粘液は M の多いアルギン酸であり細胞壁をなすものは G ないし MG からなるアルギン酸であろうという PRESTON らと同じ見解を得た<sup>23)</sup>。そして細胞間隙ないし粘液質の少ない褐藻種は全体として M/G 比が低くなることを示した。アルギン酸が結晶性の壁成分として存在するとの見解は電子顕微鏡による観察からも支持された<sup>24)</sup>。

### アルギン酸の生合成

でんぷんをはじめ多くの植物性多糖が糖ヌクレオチドを基質として各糖残基転移酵素によって逐次合成されることは HASSID らの研究室で精力的に証明され、アルギン酸もそのような経路で合成される可能性がまず彼らにより示された。14.4 kg の *Fucus* の藻

体から  $3\mu$  moles の GDP-マンヌロン酸と  $0.5\mu$  moles の GDP-グルロン酸を得て該当糖スクレオチドを証明した彼らは<sup>25)</sup>, 次いで図式のような酵素系の存在を予想しそれぞれの  $^{14}\text{C}$ -標識基質を調製し藻体片および抽出液で逐一取込んだ物質を同定して裏付けた<sup>26)</sup>.

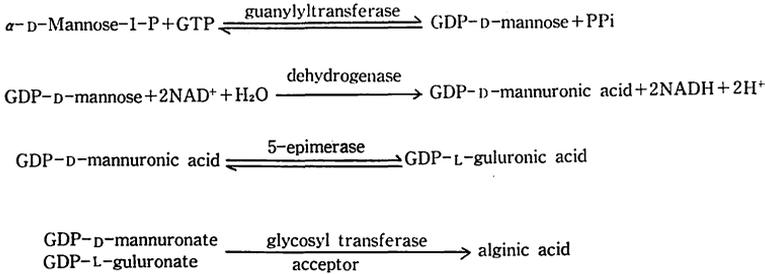


図3 アルギン酸の生合成<sup>26)</sup>

しかしこのような仕事からはこの複合多糖における興味ある分子全体の不均一性, 2種ウロン酸の配列がどのように作られているかといったことは未解決であった。この問題に関連して  $^{14}\text{CO}_2$  を含んだ海水中でイシゲを短時間光合成させ続いて明暗両条件で普通の海水で培養しアルギン酸内での  $^{14}\text{C}$  の分布を調べた結果は興味深い<sup>27)</sup>。図で明らかのように, 引続き明所で培養した場合は  $^{14}\text{C}$  はまず M 画分の M 残基に多く取込まれ, 続いて MG 画分の M に多く, G 画分の G には最も遅く取込まれた。暗所培養の場合は明所の場合に比較して MG 画分への取込みが多いことが注目された。HELLBUST らは *Laminaria* について同様の実験を行ない, ブロック間に同じ関係のあることをみている<sup>28)</sup>。

一方最近, アルギン酸の高分子内部でウロン酸残基の相互転換が酵素的に行われることを HAUG 一派が細菌の場合において報告した<sup>29)</sup>。 *Azotobacter* の培養基中で, 彼らは Ca イオンの存在下でアルギン酸の M/G が M が減少する方向で変化することをまず発見した。そしてこれが多糖鎖内のウロン酸残基に働らく Epimerase に類する酵素反応であることを確めた。続いて同じ酵素が褐藻 *Pelvetia* にもあることを認めている<sup>30)</sup>。しかしこの酵素が褐藻自身に本当に存在するかどうかは, 褐藻の酵素の扱いにくさもあって, この酵素の詳細がまだ出されていないので不明である。最近筆者らの研究室の報告によると, 褐藻酵素による G→M 転換がないともいえない結果が得られているが, その真偽のほどは今後の研究に残されている<sup>16)</sup>。

一方 HASSID らの GDP-グルロン酸の発見と, アルギン酸の藻体内での壁成分と細胞間粘液質という存在形態のちがいを考え合わせると, 多様なアルギン酸分子はそれぞれ

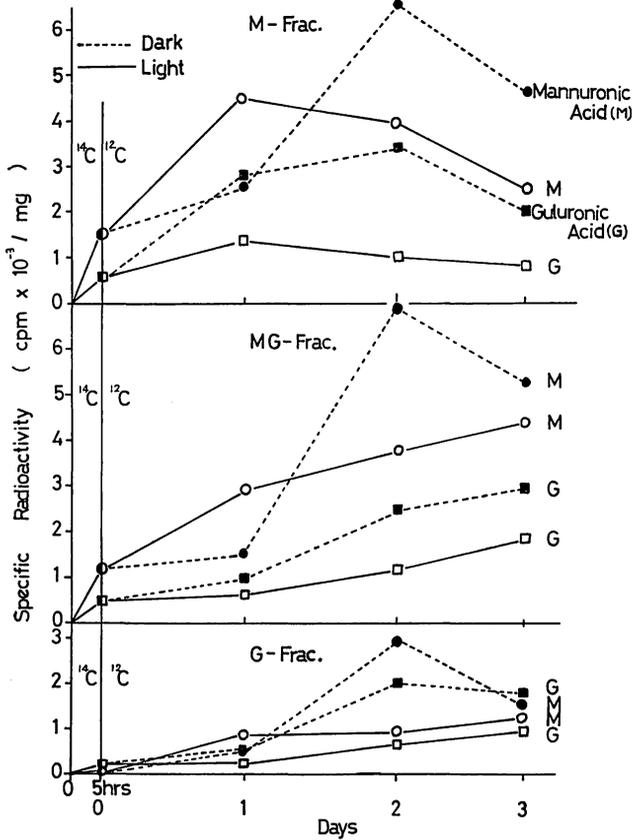


図4 アルギン酸の3画分中の M, G 残基への <sup>14</sup>C の取込み<sup>27)</sup>

にターンオーバー速度の違う多糖として生合成されたり分解されたりしていることも十分考えられよう。近年顕微鏡下での褐藻多糖の識別も進み、藻体の発生期からその分化を追って観察も出来るようになり、形態的に細胞壁の起源を求める方向が開けてきたので、これらの方法と生化学的な研究が相携えることにより、将来この分野の解明が期待される。

筆者のアルギン酸研究の指導にあたられ、今回は原稿を読んで下さった日本大学水産学科西沢一俊教授に深く感謝いたします。

文 献

1) PERCIVAL, E. and McDOWELL, R. H. (1967). Alginic acid. Chemistry and

- Enzymology of Marine Algal Polysaccharides. 99-126. Academic Press.
- 2) LINKER, A. and JONES, R. S. (1964). A polysaccharide resembling alginic acid from a *Pseudomonas* microorganism. *Nature* **204**: 187-188.
  - 3) GORIN, P.A.J. and SPENCER, J.F.T. (1966). Exocellular alginic acid from *Azotobacter vinelandii*.
  - 4) FISCHER, F.G. and DÖRFEL, H. Die Polyuronsäure der Braunalgen. *Z. physiol. Chem.* **302**: 186-203.
  - 5) McDOWELL, R.H. (1958). A method for the fractionation of alginates. *Chem. & Ind.* **1958**: 1401-1402.
  - 6) HAUG, A. and SMIDSRØD, O. (1965). Fractionation of alginates by precipitation with calcium and magnesium ions. *Acta Chem. Scand.* **19**: 1221-1226.
  - 7) 遠藤庄三 (1934). アメフラシの消化酵素。動物学雑誌 **46**: 351-355.
  - 8) TSUJINO, I. and SAITO, T. (1961). A new unsaturated uronide isolated from alginate hydrolysate. *Nature* **192**: 970-971.
  - 9) 吉川三吉 (1961). アルギン酸の酵素分解でえられるオリゴウロナイドについて (I). 生化学 **33**: 30-34.
  - 10) 関庚喜 (1974). Studies on alginate lyases from *Pseudomonas* sp. 東京教育大学学位論文
  - 11) PREISS, J. and ASHWELL, G. (1962). Alginic acid metabolism in bacteria. *J. Biol. Chem.* **237**: 309-316.
  - 12) NAKADA, H.I. and SWEENEY, P.C. (1967). Alginic acid degradation by eliminases from abalone hepatopancreas. *J. Biol. Chem.* **242**: 845-851.
  - 13) NISIZAWA, K., FUJIBAYASHI, S. and KASHIWABARA, Y. (1968). Alginate lyases in the hepatopancreas of a marine mollusc, *Dolabella auricula* Solander. *J. Biochem.* **64**: 25-37.
  - 14) KASHIWABARA, Y., SUZUKI, H. and NISIZAWA, K. (1969). Alginate lyases of pseudomonads. *J. Biochem.* **66**: 503-512.
  - 15) ELYAKOVA, L.A. and FAVOROV, V.V. (1974). Isolation and certain properties of alginate lyase VI from mollusk *Littorina* sp. *Biochim. Biophys. Acta* **358**: 341-354.
  - 16) SHIRAIWA, Y., ABE, K., SASAKI, S., IKAWA, T. and NISIZAWA, K. (1975). Alginate lyase activities in the extracts from several brown algae. *Bot. Marina* **18**: 97-104.
  - 17) MADGWICK, J., HAUG, A. and LARSEN, B. (1973). Alginate lyase in the brown alga *Laminaria digitata* (HUDS.) LAMOUR. *Acta Chem. Scand.* **27**: 711-712.

- 18) HAUG, A., LARSEN, B. and SMIDSRØD, O. (1966). A study of the constitution of alginic acid by partial acid hydrolysis. *Acta Chem. Scand.* **20**: 183-190.
- 19) FUJIBAYASHI, S., HABE, H. and NISIZAWA, K. (1970). Heterogeneity of alginate in special reference to the enzymatic degradation. *J. Biochem.* **67**: 37-45.
- 20) LARSEN, B., SMIDSRØD, O., HAUG, A. and PAINTER, T. (1969). Determination by a kinetic method of the nearest neighbour frequencies in a fragment of alginic acid. *Acta Chem. Scand.* **23**: 2375-2388.
- 21) HAUG, A. (1964). Composition and properties of alginates. Report No. 30 Norwegian Inst. of Seaweed Research, Trondheim.
- 22) FREI, E. and PRESTON, R.D. (1962). Configuration of alginic acid in marine brown algae. *Nature* **196**: 130-134.
- 23) HAUG, A., LARSEN, B. and BAARDSETH, E. (1969). Comparison of the constitution of alginates from different sources. *Proc. Intl. Seaweed Symp.* **6** 443-451.
- 24) McCULLY, M. E. (1965). A note on the structure of the cell walls of the brown alga, *Fucus*. *Can. J. Bot.* **43**: 1001-1004.
- 25) LIN, T. Y. and HASSID, W. Z. (1966). Isolation of guanosine diphosphate uronic acids from a marine brown alga, *Fucus gardneri* SILVA. *J. Biol. Chem.* **241**: 3282-3293.
- 26) LIN, T. Y. and HASSID, W. Z. (1966). Pathway of alginic acid synthesis in the marine brown alga, *Fucus gardneri* SILVA. *J. Biol. Chem.* **241**: 5284-5297.
- 27) ABE, K., SAKAMOTO, T., FUJIBAYASHI-SASAKI, S and NISIZAWA, K. (1973). *In vivo* studies on the synthesis of alginic acid in *Ishige okamurai*. *Bot. marina* **16**: 229-234.
- 28) HELLEBUST, J. A. and HAUG, A. (1969). Alginic acid synthesis in *Laminaria digitata* (L) LAMOUR. *Proc. Intl. Seaweed Symp.* **6**: 463-471.
- 29) HAUG, A. and LARSEN, B. (1971). Biosynthesis of alginate. Part II Polymannuronic acid 5-epimerase from *Azotobacter vinelandii* (LIPMAN). *Carbohydr. Research.* **17**: 287-296.
- 30) MADGWICK, J., H, HAUG, A. and LARSEN, B. (1973). Polymannuronic acid 5-epimerase from the marine alga *Pelvetia canaliculata* (L.) DCNE. et THUR. *Acta Chem. Scand.* **27**: 3592-3594.

## 追 悼

中村義輝\*: 故山田幸男先生の御葬儀に参列して Yoshiteru NAKAMURA\*: Yukio YAMADA, 1900-1975

日本藻類学会名誉会長山田幸男先生は藻類学の上に多大の業績を遺されて昭和50年7月6日御逝去になりました。先生は昭和28年に同志とはかり日本藻類学会を設立され、発会以来、昭和39年北海道大学を停年退官されるまで会長として会の育成発展に尽されましたが、本学会の25周年記念の日を間近かにして先生をうしなしたことは洵に痛恨の至りであります。

先生は明治33年8月14日のお生れで、もうすぐ満75才を迎えられるところでしたが、生来非常に頑健で病氣らしい病氣をされたことを伺ったことがありません。ところが、4年前の夏札幌で第7回国際海藻学会が開かれたとき、先生は、はるばる京都からお出かけになったのに学会に出席されず、その時は腰が痛くて長く坐ってられないので憂心をしているとのことでした。いまにして思えば先生の宿病はこの時すでに始まっていたわけであります。しかし、先生はその後藻類学会には必ず出席され、昨年9月の日本植物学会大会には、はるばる札幌に来られ、藻類関係の研究発表をきかれ、藻類学会の総会と懇親会にも出席されました。懇親会では恒例の1分間スピーチの最後に立たれて、発会当時の思い出を語られ、お話が終わると同時に9時の門限が知らされ、これが奇しくも先生の藻類学会での最後のお言葉となりました。

先生の御葬儀は梅雨空のカラリと晴れた7月8日の午前11時から京都市泉湧寺山門前のご自宅で、しめやかにとり行なわれました。御遺族、御親戚を始め各地から集まった門下生たち、その他多数の会葬者の焼香がつぎつぎと後を絶たず、先祖代代古くから受けつがれた土塀に囲まれた武家屋敷の中に香煙たちこめて、簡素で厳肅な真に格調高い御葬儀でした。葬儀の翌朝奥様から御臨終の様子などつぶさに伺いましたが、先生は最後まで苦しいとか、痛いとか、周囲の者を困らせるようなことは申されず、7月6日の午後は明日からの入院の準備を済まされ用を足されてから倒れられたまま病院に運ばれ、午後6時50分安らかに永久の眠りにつかれたとのことであります。4人の御令息に囲まれての奥様の淡々たるお話を拝聴しながら御多幸だった先生の御家庭を今更のように沁々と感じました。先生のご葬儀に参列し、ありし日の先生を偲び心から御冥福をお祈りする次第であります。

(札幌市中央区北4条西22丁目)

## 学 会 録 事

日本藻類学会名与会長山田幸男先生にはかねて病気のため療養中でしたが、去る7月6日に逝去されました。御葬儀は7月8日に行なわれましたが、本学会としては山田先生の御功績を偲び、本会を代表して西沢一俊会長が参列し、霊前に生花を供え、弔辞を捧げて、御冥福を祈りました。

本会名誉会長 山田幸男氏は 去る昭和50年7月6日 逝去されました。

謹んで 哀悼の意を表します。

日本藻類学会

### 編集委員会からのお願い

さきに本誌23巻2号で報告いたしましたように、本年4月2日の評議員会で、「藻類」の編集について下記の事項が承認されました。

学会誌「藻類」の編集方針：従来の基本方針に沿って編集するが、さらに内容の充実を図るために、本論文、総説のほか、ノート（研究成果の短報、国際会議の紹介、研究集会の報告、その他藻学研究についてのことなど）、藻類分布資料（分布資料の他に、会員が他誌に発表した新種や新産地の要約、リストなど）、藻類採集地案内、新刊紹介などの欄を新設または充実させる。

日本藻類学会の目的である「藻学の進歩普及を図り、併せて会員相互の連絡並に新陸を図る」ために、「藻類」への会員諸氏の積極的な投稿をお願いします。

### お 知 ら せ

ABVOTT, I. A. and KUROGI, M. (ed.): Contributions to the systematics of benthic marine algae of the North Pacific. i-xiv+279 pp. Japanese Society of Phycology. 1972.

日本藻類学会発行の上記の出版物の残部がまだあります。入手希望の方は吉田忠生宛(060 札幌市北区北10条西8丁目 北海道大学理学部植物学教室)に申し込んで下さい。個人注文の場合は直接に、公費購入の場合には丸善を通じて送付いたします。国内価格2,500円。

学会に関する通信は、(〒112) 東京都文京区大塚3-29-1 東京教育大学理学部植物学教室内 日本藻類学会幹事宛とし、幹事の個人名は一切使用せぬよう注意して下さい。

Manuscripts and other correspondences should be addressed to **the Japanese Society of Phycology, c/o Department of Botany, Tokyo Kyoiku University, Otsuka, Bunkyo-ku, Tokyo, 112 Japan**

昭和50年度役員

会 長	西 澤 一 俊	<i>President</i>	Kazutosi NISIZAWA
総務幹事	山 岸 高 旺	<i>Secretary General</i>	Takaaki YAMAGISHI
会計幹事	原 慶 明	<i>Treasurer</i>	Yoshiaki HARA
庶務幹事	猪 川 倫 好	<i>Secretary</i>	Tomoyoshi IKAWA

編 集 委 員 会

委 員 長	千 原 光 雄		
委 員	秋 山 優	新 崎 盛 敏	広 瀬 弘 幸
	今 堀 宏 三	黒 木 宗 尚	館 脇 正 和
幹 事	有 賀 祐 勝	横 浜 康 継	渡 辺 真 之

昭和50年9月20日印刷  
昭和50年9月25日発行

編集兼発行者 千 原 光 雄

〒112 東京都文京区大塚3-29-1  
東京教育大学理学部植物学教室内

禁 転 載  
不 許 複 製

印 刷 所 学術図書印刷株式会社  
東京都練馬区豊玉北2-13

発 行 所 日 本 藻 類 学 会

〒112 東京都文京区大塚3-29-1  
東京教育大学理学部植物学教室内  
振替 東京 6-41999

THE BULLETIN  
OF  
JAPANESE SOCIETY OF PHYCOLOGY

VOL. 23, NO. 3

25 SEPT. 1975

CONTENTS

Chi-Huie HO, Shigeru ARAKI, Tomoyoshi IKAWA and Kazutosi NISIZAWA: Effects of some cultural conditions upon the nitrite reductase activity in <i>Porphyra yezoensis</i> .....	87
Takeo OHMORI: An analysis of embryogeny in <i>Sargassum thunbergii</i> I. On the degeneration of nuclei in fertilized eggs .....	93
Masato NAKANIWA: Marine algae along the coast of Ibaraki Prefecture...	99
Takaaki KÔBARA and Terumitsu HORI: On the formation and germination of cyst in <i>Platymonas</i> and <i>Prasinocladus</i> (Prasinophyceae) .....	111
Reviews	
Sonoko SASAKI: Biochemistry of algin acid .....	116
Obituary	
Yoshiteru NAKAMURA: Yukio YAMADA, 1900-1975 .....	125
Book reviews .....	98
Announcements .....	126

EDITORIAL BOARD

Mitsuo CHIHARA (Tsukuba) *Editor in Chief*

Masaru AKIYAMA (Shimane)

Seibin ARASAKI (Tokyo)

Hiroyuki HIROSE (Kobe)

Kozo IMAHORI (Osaka)

Munenao KÛROGI (Sapporo)

Masakazu TATEWAKI (Muroran)

*Secretaries:* Yusho ARUGA, Yasutsugu YOKOHAMA, Masayuki WATANABE

JAPANESE SOCIETY OF PHYCOLOGY