

ノリ糸状体の生長に関する研究*

尾 形 英 二

Studies on the Growth of *Conchocelis*

by

Eizi OGATA

(With 12 Plates and 39 Text-figures)

目 次

まえがき	71
研究史	72
第1章 ノリ糸状体の生長に関する形態学的研究	73
第1節 糸状体の垂直的生長	73
第2節 糸状体の生長の方向性について	76
第3節 各種貝殻中における糸状体の生長	78
第4節 貝殻以外の石灰質中における生長	81
A. 方解石中の生長	81
B. 石灰石中の生長	85
C. セメント中の生長	86
第5節 いわゆる“サメ肌”について	88
第6節 イワノリ類糸状体の生長	90
第7節 各種単胞子囊枝の断面観察	92
第8節 単胞子囊枝の生長過程と開口	95
第2章 ノリ糸状体の生長に関する生理学的研究	98
第1節 糸状体の穿孔生長	98
A. 糸状体の穿孔基物	98
B. 糸状体細胞のpH値と炭酸カルシウムの溶解との関係	100
第2節 裸出糸状体の生長	103
A. カルシウム塩の影響	103
B. 重炭酸塩の影響	105

※ 水産講習所研究業績 第323号, 1961年1月18日 受理.
Contribution from the Shimonoseki College of Fisheries, No. 323.
Received Jan. 18, 1961.

第3節	糸状体の代謝	106
	A. 糸状体による海水中の溶存酸素量の変化	107
	B. 糸状体のガス代謝	110
第4節	糸状体の色素	112
第3章	ノリ糸状体の生長と環境要因との関係	120
	第1節 海水濃度・光線・温度の影響	120
	第2節 色光の影響	127
	第3節 水素イオン濃度の影響	129
	第4節 生長物質の影響	130
	第5節 栄養塩類の影響	131
	第6節 流動パラフィン中の生長（糸状体の生長と炭酸源）	134
結	論	138
文	献	140
Summary		143
Plate I—XII		147

ま え が き

アサクサノリ *Porphyra tenera* KJELLMAN を主とするアマノリ類は、わが国における浅海増殖事業の重要な対象であり、その産額は平年作でおよそ 30 数億枚、金額にして 200 億円をはるかにこえ、わが国水産物中で重要な位置をしめている⁵⁹⁾。しかも需要の増大とともに年々新漁場が開発されて、生産が増加している。このようにわが国の海産有用植物中もっとも重要とみられるアサクサノリの増殖事業は、一見よく安定した発展途上にある産業のようにみえるが、数年前まではその豊凶の大勢を決定するタネツケは、主として気象や海況などの自然環境に左右されていた。しかし 1949 年に報告された DREW の糸状体の研究を端緒にして、ほぼアマノリ類の生活環があきらかにされてから、わが国ではその成果にもとづいて糸状体からの人工タネツケが発達し、今ではその企業化がおこなわれているほどの現状である。藻類学上の一発見がこれほどひろく実用化され企業化されて発展した例は他にあまりみられない。このように糸状体からの人工タネツケの発達によって、ノリ増殖事業はもっぱら天然タネツケに依存していた昔とちがって相当安定した産業の形態をそなえてきた。しかし人工タネツケが普及したほどには糸状体の基礎研究が進んでおらず、企業化が先行して理論がそのあとを追っている現状であるために、糸状体に関する基礎知識の欠乏にとまらざる事業の不安定がまだ各地にみられ、ノリ増殖事業の近代産業化にはまだ道遠しの感がある。

したがって、ノリ増殖事業をさらに安定させ、その生産を増加し、生産コストを下げたわれわれの食生活を豊かにするためには、糸状体の培養および人工タネツケを確実なものにしなければならない。そのためには糸状体の培養に関する基礎知識が必要であるが、今までのところその形態学的、生態学的研究の進展にくらべて、生長の理論に関する研究が少ない。

著者は、糸状体の培養および人工タネツケの技術をさらに確実にするための基礎研究として、糸状体の生長に関するテーマをとりあげ多方面から追究して多くの新知見をえ、ほぼ体系だって発表しうる段階にいたったので、いままでにえられた成果をまとめてここに報告する次第である。

この研究を進めるにあたり、いろいろご指導いただき、また論文をみていただいた九州大学・故瀬川宗吉教授、校閲とともに有益なご助言を与えられた京都大学・木俣正夫教授、終始激励とご助言をくださった京都大学・米田勇一博士、北海道大学・山田幸男教授、大阪市立大学・三木茂教授、京都大学・松原喜代松教授の諸先生に謹んで感謝申しあげる。

なお、実験上有益な助言や一部研究をともにしていただいた大阪市立大学・永井進博士、ご教示をいただいた同・高田英夫博士、貝類およびその他についてご教示下さった水産講習所・吉田裕博士、松井魁博士、網尾勝氏、アマノリ類の同定をお願いした鹿児島大学・田中剛教授に心からお礼申しあげる。また実験上の貴重な材料を提供して下さった熊本県水産試験場鏡分場・太田扶桑男技師、山口県外海水産試験場・八柳、芳永両技師、ご助力いただいた水産講習所・武居薫、松井敏夫の諸氏にあつくお礼申し上げる。

研 究 史

チシマクロノリ *Porphyra umbilicalis* (LINNÉ) KÜTZING の生活史においてみられる糸状体 *Conchocelis*-phase について DREW (1949) が発表して以来, *Porphyra* および *Bangia* の生活史に関する研究が急にさかんになってきた。すなわち DREW (1952, '54, '56, '58) は, ひきつづきチシマクロノリの1変種やウシケノリ *Bangia fusco-purpurea* (DILLWYN) LYNGBYE の生活史および生殖に関する研究を発表し, また GRAVES (1955) は *Porphyra capensis* KÜTZING の生活史について報告をしている。

わが国においては, 黒木 (1953a, 1956) の研究にはじまって, アサクサノリ糸状体に関する多くの報告がみられるようになった。そのうち, 中村 (1953), 須藤 (1953), 新崎 (1954), 殖田 (1958), 吉田 (1956) などは主として啓蒙的立場から糸状体について言及している。

中国においても TSENG and CHANG (1955a, b) がアサクサノリの生活史およびその有性生殖について発表している。

一方ノリ増殖上における人工採苗の問題に関してわが国の多くの研究者が生態学的研究に従事し, とくに糸状体からの胞子放出に関する報告が多く出されている。黒木 (1953b), 須藤 (1954), 須藤他 (1954), 竹内他 (1954), 黒木・平野 (1955a, 1956a, b), 齊藤 (1955, 1956a), 曾・張 (1956), 山崎 (1954b) などの報告がそのおもなものである。また太田 (1954) は人工採種試験に関する報告を発表して人工タネツケの企業化への端緒を開いている。

また, 貝殻以外の基物に対する穿孔生長について OGATA (1955), 右田・太田 (1957) が, 糸状体の貝殻中における垂直的生長について OGATA (1959) がそれぞれ研究の端緒を開いている。その他糸状体の病害に関するものとしては太田 (1958), 野沢他 (1959) の報告がみられる。

以上は, 糸状体の形態学的, 生態学的研究のあらましであるが, 直接この研究に関係のある報告は比較的最近のものが多いため, 本文中の関係各項でふれることにした。

第1章 ノリ糸状体の生長に関する形態学的研究

DREW (1949) に端を発した糸状体に関する研究が、その後急速に発展したために、アサクサノリをはじめとするアマノリ類の生活環がほぼあきらかになったことは、まえがきにのべたとおりである。そして糸状体が、アマノリ類の生活環中における一時期であるということが、ほぼたしかめられるにいたり、このようなことは今日ではすでにノリ業者などの常識的知識にさえなっている。

このように、ある種の藻類が互に形態のことなる時期を経過して、その生活環を完了するという例は少なくないが、アマノリ類のばあいではその糸状体がふつうにみられる葉体 (thallus) と全く形態をことにするばかりでなく、貝殻に穿孔して生長するという点において、大いに興味もたれてきた。

そして、歴史的にみるとまず貝殻中における糸状体の穿孔、およびその後の生長の形態学的追究がさかんにおこなわれ、わが国では黒木 (1953a) などの研究によってほぼそのあらましがあきらかにされた。その結果によれば“アサクサノリをはじめとする数種類のアマノリ類の果胞子は、その培養によって発芽管を出して発芽し、糸状体となる。それらが貝殻上で発芽したときは、発芽と同時にまた少しは匍匐してから貝殻の内層に侵入し、侵入した発芽管は、先端生長をおこなって生長し複羽状に多数分枝した放射状の糸状体となる。この糸状体は穿孔藻の一種 *Conchocelis* と形態において一致する。アマノリ類の糸状体の間においては、その種類による形態学的差異はいくらかの点で多少みとめられるが識別はきわめて困難である”。

糸状体の基物となる貝殻には、初期の研究では、マガキ、ナミマガシワ、マテなどがもちいられたが、人工採苗法の発達以来、事業的には大きくて入手しやすいスミノエガキやイタボガキなどのカキ殻が好んで用いられるのでその後の研究ではこのようなカキ殻が主としてもちいられる傾向がある。

上述のように、糸状体の生長に関しては、あるていど形態学的研究の成果があげられているが、まだ未解決の点も少なくない。本章ではこれらのうち、とくに貝殻中における垂直的の生長および、カキ殻以外の諸種基物中における生長の問題をとりあげ、その形態学的研究をおこなった結果についてのべる。

第1節 糸状体の垂直的の生長

糸状体に関するいままでの研究では、その形態の観察をはじめとするすべての実験において、糸状体は貝殻などの基物の表面からのみ観察されている。したがって、貝殻などの基物の深層においては、どのような生長状態をしめすものか、ほとんど知られていない。

ただ DREW (1958) はウシケノリの研究において、貝殻の一方の面から穿孔して生長した糸状体が、それを貫通して他の面まで達し、そこでふたたび繁茂することをみているが、貝殻深層中の状態についてはくわしい観察がない。また TSENG and CHANG (1955a) は貝殻を脱灰した材料について、貝殻深層部のアサクサノリ糸状体を観察しているが、脱灰という手段によってその状態はいちじるしく変形し真の状態を観察したものとはいえない。したがって、貝殻深層部における糸状体の生長状態を観察できれば、いままでの平面的観察にとどまっていた糸状体の生長の全貌が、あきらかになるものと考えられる。筆者はいろいろ工夫した結果、貝殻を切断して断面をつくり、これを薄片として貝殻深層中における糸状体の状態を観察する方法を考案し、ほぼ目的を達することができた。

糸状体を培養するばあい、ふつう果胞子は貝殻の内面に播種されるから、この面が上面になり、殻皮の側、すなわち外面は下面になる。つまり貝殻をほぼ平板とみると貝殻面は水平方向であり、その断面は垂直方向となる。したがって、便宜上表面観察による糸状体の生長を水平的生長、断面観察によるものを垂直的の生長とよぶことにする。

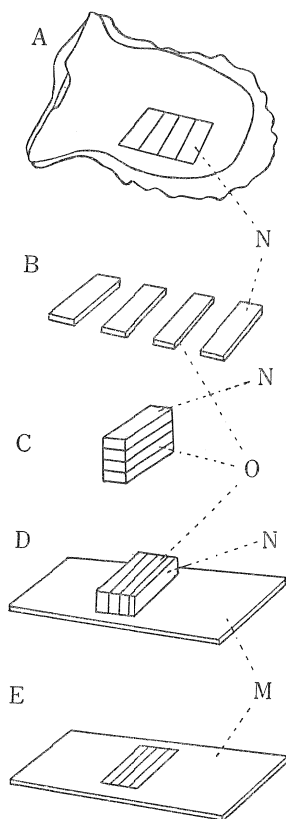


Fig. 1. Procedure used in preparation for observation of the vertical growth in *Conchoceleis*.

A : *Conchoceleis*-inhabited shell.

B : Rectangular shell pieces are cut out of the shell.

C : Shell pieces are piled and cemented together into a block.

D : The block is made to adhere to a microscopic slide.

E : Upper surface of the block stuck on a microscopic slide is ground and thinned to facilitate the microscopic observation.

N : Inner surface of shell. M : Microscopic slide. O : Surface of section.

材料および方法

糸状体の母藻は、下関市吉見地先で増殖されていたアサクサノリである。供試貝殻には、カキ殻よりも透明で細工しやすいアコヤ貝の殻をもちいた。なお殻の外側に存在する殻皮および稜柱層を除去したものも実験に供し、比較した。

播種は1958年12月6日と12月18日にそれぞれおこなって2系列の培養をし、この両者から適宜一定期間ごとにサンプリングをおこなった。ふつうにおこなわれている播種と同様の方法で、アサクサノリのいわゆる果胞子を貝殻の内面を上にして全面にまき、自浄海水をもちいて直射日光のあたらない室内（500～2,000 lux, 室温）で培養した。このようにして培養された糸状体の垂直的生長を、つぎのような著者の考案した

方法で観察した(第1図A~E)。まず、10%ホルマリン海水で固定した貝殻(第1図A)の任意の部分を切断して、短冊型の小片を数個切りとる(第1図B)。それらを重ねあわせて、たかひにレークサイドセメントで接着して貝殻小片のブロックをつくる(第1図C)。このブロックの面のうち、貝殻小片の断面ばかりをそろえた面のどちらかを、よく砥石ですってなめらかにし、この面とスライドグラスとをレークサイドセメントで接着する(第1図D)。つぎにスライドグラス上に接着されない面を、きわめてうすく(100~200 μ)なるまで荒砥ですりへらしたのち(第1図E)、目の細かい砥石で断面をなめらかに仕上げとする。このようにして貝殻の断面のプレパラートをつくり、さらに流動パラフィンを被覆すれば透明になって糸状体が穿孔している断面の様子が検鏡しやすくなる。

結果 I および考察

播種5日後の貝殻断面をみると、すでに糸状体は下方にむかい穿孔生長して20~30 μ に達している(図版I A)。これらははじめ1本であって、垂直に、あるいは斜に下方にむかう。10日間の培養では80 μ 前後の深さに達する(図版I B)。培養が20日におよぶと垂下した糸状体の基部、すなわち貝殻の表面下5~20 μ のところから枝がでて、あるものは水平方向にはしり、あるものは垂下して垂直の枝がふえるようになる(図版I C; 図版II A・B)。そして垂下した枝は200 μ 前後に達し、水平の枝も表面下30 μ 以内の層で密になり、分岐が多くなる。そして表面直下の層を匍匐して、ところどころ表面に達している。

培養がすすむにしたがって垂下する枝はますます伸長するが、同時に水平の枝の発達もいちじるしく、表面からみると、これまで多くの人々によって観察された糸状体の形状と同じような放射状生長をしめす(図版I I~M)。

30日のものでは垂下する枝は300 μ 前後に達して、その中央部に近い部分からも枝がわかれるが、それは彎曲しながら斜上して表面に達する傾向をしめす(図版I D)。このころには水平方向の繁茂のために、表面の糸状体の形状は複雑をきわめて観察が困難になる。

60日目になると、垂直の主枝は750~800 μ に達し、肉のうすいアコヤ貝殻では、多くが下面(殻の外表面)の稜柱層に達する。そして培養のはじめに外面(下面)の殻皮および稜柱層をのぞいてあった部分では、垂直の枝が真珠層を貫通して下面にとどく(図版I E)。また下面に達した垂直の枝のはしに近い部分からでた枝は、上面に近い枝分れのばあいと逆に下面にむかって伸長する。この枝は100日目(図版I F)、130日目(図版I G)と日がすすむにつれ増加する。100日目のものではほとんどの垂直の枝が稜柱層に達している(図版I F)。130日目の殻皮および稜柱層をのぞいてあった部分の断面においては、はじめに播種した側がどちらであったか判別にこまるほど、両面に近いところで糸状体が繁茂する(図版I G)。そして垂直の枝は貝殻の厚さが1,000 μ におよぶものも、これを貫通して内外面に達する。

上述の観察から、糸状体の枝には基物の面に沿ってその直下を水平にむかう傾向をしめすものと、面から遠ざかって垂直に内層にむかう傾向をしめすものがあり、後者の途中から生ずる枝分れは、ほぼ中央部から上にできたものは上方に、下の部分にできたものは逆に下方にむかう性質をもっているものと思われる。稜柱層の中でも糸状体は発達するが、真珠層中ほどの繁茂はみられないようである(図版I F)。

上述したような糸状体の生長は、カキ殻中においても同様にみられる。1958年1月23日に播種して約1年培養したカキ殻中の糸状体の断面を、アコヤ貝殻のばあいと同様にして観察したところ、不透明で観察しにくい、やはり内外面に貫通する垂直な糸状体の密な存在がみられた(図版I H)。したがって糸状体の生長様式はカキ殻でもアコヤ貝殻でも本質的に差がないとみとめられる。カキ殻の稜柱層中では、糸状体の生長は非常に少ない。

アコヤ貝殻を基物として播種したばあい、めだつことは閉殻筋痕(impression of adductor)の部分には糸状体がよく繁茂することである。閉殻筋痕は貝殻の内面に透明層あるいは光輝層(hypostracum)といわれる部分が露出しているところ²⁵⁾であるが、糸状体が真珠層の部分よりここで繁茂する理由としてはつぎ

のようなことが考えられる。すなわち横断面で見ると、光輝層には高さ 30~50 μ 前後の垂直な小さな結晶が並び、他の真珠層の部分より透明であるから、真珠層より光がとどきやすい。したがって透明層中においては真珠層中より糸状体が繁茂しやすいのであろう。

結果 II および考察

つぎに、表面のごく近くでの穿孔状態をくわしくみるために、はじめから貝殻の断面に播種して、その生長を観察した結果についてのべる。

方法としては、未播種のアコヤ貝殻をもちい、まえと同様 (第 1 図 A・B) にして貝殻小片のブロック (第 1 図 C) をまえもってつくり、そのあたらしくできた断面 (第 1 図 C~O) をよくなめらかにして、その面に播種をおこない (1959年 2月 22日) そのまま培養をつづけた。プレパラートは、培養中のブロックのはしから 1片ずつはぎとり、もとの自然面 (第 1 図 C~N) を砥石ですってうすくし、そのままスライドグラスにはりつければ、断面にまいたばあいの表面直下の穿孔状態がみられる。

20日目 (図版 I A・B)、30日目 (図版 II C)、50日目 (図版 II D)、70日目 (図版 II E) と生長していくが、倍率を高めて観察すると (図版 II D)、枝わかれの様子や、それが表面に達する様子がよくうかがわれる。

これからみると、生長の初期には、平面的にはもちろん立体的にも放射状であることがわかる。しかしこの培養における水平的生長、すなわち断面に播種したものの生長をその面 (第 1 図 C~O) で観察すると、貝殻の自然面 (第 1 図 A~N) に播種したばあいにみられるふつうの羽状生長とは、かなりことなつた様子をしめす。すなわち、図版 I の I~M にみられるような形態でなく、図版 III A・B にみられるように糸状体の枝が貝殻のもとの自然表面 (第 1 図 C~N) の方にむかって生長し、そこに達する傾向がみられる。これは糸状体が穿孔生長中に分枝するばあい、その枝は比較的近い方の表面にむかって伸長する傾向があることをしめす。

要 結

1. アコヤ貝殻を基物として、アサクサノリ糸状体の垂直方向の生長を観察した。
2. はじめ母胞子から垂直方向に 1本の糸状体が穿孔して垂下するが、表面直下の基部から水平方向にも枝がでる。
3. 表面近くの枝は、さらに枝わかれして陸上植物の匍匐枝のようにのびて、ところどころ表面に達する。
4. 生長がすすむと、このような枝は表面下 20~30 μ までの層で非常に稠密となる。
5. 直根状に垂下する枝は、100日も培養すると貝殻の下面に達する。
6. 貝殻内層のほぼ中央部から上方で発出する枝は上にむかい、下部で発出する枝は下にむかい、それぞれ両面に達する傾向がある。
7. 閉殻筋痕の部分には糸状体がよく繁茂する。
8. カキ殻中と、アコヤ貝殻中とでは、糸状体の生長に根本的な差はみとめられない。

第 2 節 糸状体の生長の方向性について

糸状体が貝殻内層中で垂直方向に穿孔生長して、ついには下面に達することは第 1 節にのべたとおりであるが、このような直根状の生長が重力に関係があるものかどうか面白い問題と思われる。ふつうにおこなう糸状体の培養では、貝殻の内側を上にして水平におき、その上に播種するから、直根状の枝は貝殻面 (播種面) に直角に、すなわち重力の方向に内層にむかって生長するわけである。もちろん、このような垂直に生長する枝 (以下内向枝とよぶ) の他に、貝殻面直下の表層中で生長する枝 (以下表層枝とよぶ) も存在す

る。これは主として表面に平行に走るわけで、したがって重力とほぼ直角の方向性があることになる。このような生長の方向性が貝殻面の角度を変えた培養によって変化をしめすかどうか、二、三の実験をおこなって観察した。

材料および方法

最初にアコヤ貝殻から短冊型（約1 cm × 3 cm）に切りとった小片を数個用意し、それらの内面（真珠層側）を上にして下関市吉見地先産アサクサノリの果胞子を播種（1959年1月14日）した。果胞子がよく附着するのをまつために1～2日静置してから、これら貝殻小片の一端に穴をあけて、海水容器中につるし、その状態で培養した。すなわち貝殻の面はたてになっている。

この中から順次貝殻小片をとりはずしてサンプリングをおこない、その断面を作って観察した。断面を作る方法は第1節にのべたとおりであるが、この実験では、つるしていた小片の上下をマークして断面を作らなければならない。すなわち、小片を上下の方向に切断して、さらに小さな短冊形の小片にし、その上下端をマークしたのち、レークサイドセメントで接着してブロックにする。その後はまったく同様にプレパラートに作りあげるが、プレパラート上でもとの小片の上下方向が認識できるようにしておくわけである。つぎに、貝殻面を逆にしたばあいの影響をみるために、播種した面が下側になるように貝殻を伏せて培養をおこなった。播種（1959年2月1日）ののち胞子をよく附着させるために1～2日そのまま静置してから、培養にうつした。貝殻を伏せたばあい、上側になる面には稜柱層および殻皮がおおっているが、これらを取り除いたものと、除かないものと両方について実験をおこなった。なおふつうに播種面を上にしたものを対照とした。

結果 I

貝殻をたてにつるして培養したものの15日目の断面をみると、内向枝は貝殻の内層にむかって生長し、長さ約150 μ に達している。この様子はふつうに水平に培養したばあいとかわらない（図版ⅣA）。

30日目のプレパラートでは内層350 μ に達する枝がみられる（図版ⅣB）。このころには、いわゆる表層枝の発達もいちじるしく、匍匐枝のように表面直下の層で密になる。培養40日目におよぶと、いわゆる内向枝は長さ500 μ に達している（図版ⅣC）。そして貝殻面から遠ざかって内層にむかっている。すなわち、貝殻面がたて（重力方向）であるから、いわゆる内向枝は、重力方向に直角に生長したことになる。

110日目になると、いわゆる内向枝は、真珠層を貫通して殻皮側に達するようになる。そして稜柱層の中でも分岐して生長している。このような貝殻面をたてにして培養した糸状体の生長経過をみると、いわゆる内向枝はやはり貝殻面から遠ざかって内層に、表層枝はやはり表面に平行に生長している。いいかえると、貝殻面がたてであっても水平であっても、糸状体の生長方向は、貝殻面に対してつねに同じ関係をたもつといえよう。これは貝殻面に対する関係だけからみると、まったくふつうに水平に培養したばあいとかわらない。すなわち、糸状体の生長には重力は関係がないらしくみえる。

貝殻小片の面を、それぞれ別な方向にむくようにつるして、室内散光のもとで培養したから、光の影響はないものと考えてよい。このたて培養の40日目のものの表面観察は、水平培養のときと大差がみとめられない（図版ⅣD）。しかし、110日のものをみると多少一方にだけられているような生長傾向がみられるところもある（図版ⅣE）。

培養15日目のもののなかに、下端が鋸歯状の面をしたものがあったが、偶然にその各面に同時に穿孔した糸状体のみられた（図版ⅣK）。これをみると、内向枝は果胞子の附着した面にそれぞれ直角で、重力の方向と無関係なことがよく観察される。

結果 II

播種面を下にして伏せて培養した結果はつぎのようである。

培養30日目のもものでは、断面をみると、やはり糸状体は貝殻の内層にむかって300 μ の長さには達している。播種した面が下面になっているから、これは重力にさからって上方にむかったことになる(図版IV F)。これは、上面になった稜柱層や殻皮をはじめから除いて、真珠層のみにしていたばあいである。それらを除いてなかったとき(図版IV G)は、これより生長がよくない。やはり殻皮などが存在すると光の量が不足するためと考えられ約200 μ ぐらいしか生長していない。

播種面を上にしてふつうに培養したもの(対照)と、上面の殻皮などを除いて伏せて培養したものとをくらべると、やや対照の方が生長がよい傾向はあるが、一般に大差がみとめられない。

培養が95日におよぶと、真珠層のみの厚さ約750 μ のものでは、糸状体が下面(播種面)から上面(殻皮側)に達して、ふたたび上面の直下で密に繁茂するようになる(図版IV H・I)。

殻皮をつけたまま、その方を上にして培養したものでも、糸状体は下から稜柱層まで達しているが、全体に繁茂のていどがよくない(図版IV J)。

すなわち、いわゆる内向枝は、重力に抗して上方に生長している。しかし、播種面に対してはやはり直角に近い角度で、表面から遠ざかる傾向にある。このことは、たての培養、水平の培養、うつぶせの培養、いずれのばあいにもかわりがない。

考 察

上述の観察からあきらかなように、貝殻の面(播種面)と、糸状体の生長方向とは、つねに一定の関係があることがわかる。すなわち、貝殻面が上むきであろうと、たてであろうと、下むきであろうと、糸状体の内向枝はつねに貝殻面から遠ざかって、内層にむかう傾向がみられる。また表層枝はつねに貝殻面に平行な層で生長する。いいかえれば、糸状体の貝殻中における生長に対して、重力の影響はみられないといえる。

光の条件は室内散光であるが、いずれのときも、光によってとくに生長方向が変化しようすはみられない。ただ、伏せたばあいには、上側に殻皮があるかないかで、生長のていどに差がみられたが、これは光の量の問題と思われる。したがって垂直方向の生長に対する光の影響は少ないとみられるが、水平方向の生長のごく初期には、枝が一方むきにそろっているときがみられる。これは光の影響かもしれない。この点に関してはまだ検討を要する。

たてに培養したばあいには内向枝が多少斜め下にむかう傾向があることもあるが、対照にもところによっては一方向に傾くことがあるから、かならずしも重力の影響とはいえない。これまでの考察から、糸状体の生長方向を規制するものは重力以外のものと考えられる。すなわち糸状体の生長には、tropismがあるが、その刺激となるものは、重力以外のものと思われる。

要 結

1. 糸状体の生育する貝殻を海水中で、たてに、あるいは伏せて培養し、その生長方向を観察した。
2. その結果、貝殻面(播種面)が、上、下、横、いずれをむいていても、糸状体の生長状態には変化がみられない。
3. すなわち、糸状体は貝殻の面に対して、常に一定の方向に生長し、重力には関係がない。

第3節 各種貝殻中における糸状体の生長

糸状体を培養するばあい、卵殻などを基物にしたこともあったが、多くは貝殻がもちいられてきた。すなわち、なかば習慣的にカキ、ナミマガシワ、マテなどの殻がもちいられていた。しかし、この基物となる貝殻の種類がことになると、その中に穿孔する糸状体の形態に差があらわれるものかどうか、とくにその点を比較した研究はみあたらない。それでこの点をしらべるために、分類学上の科のことなる数種類の貝殻に糸状体を培養したばあいの、生長状態や形態を、貝殻の表面と断面から観察をおこなって比較した。

材料および方法

供試貝殻は

- スミノエガキ *Crassostrea rivularis* (GOULD)
 アコヤガイ *Pinctada martensii* (DUNKER)
 ハマグリ *Meretrix lusoria* (RÖDING)
 オオノガイ *Mya japonica* JAY
 ブタノツメ *Quadrula metanerua* RAFINESQUE
 マダカアワビ *Haliotis gigantea* GMELIN
 タイラギ *Atrina pectinata japonica* (REEVE)

の7種である。前実験と同様下関市吉見地先で増殖されたアサクサノリの果胞子を、これらの貝殻の内面を上にして播種し、室内の約500 luxの蛍光灯のもとで培養した。培養は、1959年12月12日に開始し、1960年1月11日までの生長を前記と同様の方法で観察した。タイラギについては、1959年12月20日から1960年1月11日までのものである。

結 果

ハマグリ：ハマグリ殻を基物にしたばあい、その水平方向の生長(図版V A)はカキ殻やアコヤ貝殻のばあいと少しことなった形状をしめすようである。すなわち、糸状体の枝が直線的に長くのびる傾向をしめす。ハマグリ殻を基物にした研究は、TSENG and CHANG (1955a)がおこなっているが、このような点についてはのべていない。

つぎにハマグリ殻の断面をつくってみると、アコヤ貝殻のばあいとことなっておりかなり不透明な真珠層もっているが、その内層にむかう垂直の生長がみられることはアコヤ貝殻のばあいとかわりがない(図版V B)。

オオノガイ：オオノガイ殻の中に穿孔した糸状体は、表面からみるとハマグリ殻を基物としたばあいによく似た生長をしめすようである(図版V C)。すなわち表面近くの層を水平にながく直線的に枝をのばして生長する傾向がみられる。オオノガイ殻には真珠層に表面に平行した成層が多いために、内層にむかう垂直生長が比較的さまたげられているような傾向がみられる(図版V D)。そのためか表面直下の層で繁茂することが多い。このことが表面からみたときの形に関係があるかどうかはあきらかでない。

ブタノツメ：厚くて比較的透明な真珠層をもっている俗称ブタノツメを基物にしたばあい、糸状体の生長は水平方向の生長(図版V E)も垂直方向の生長(図版V F)も、とくにアコヤ貝殻中の生長とことなる点は見られない。

アワビ：貝殻の内面がアコヤ貝殻と同じような真珠様光沢をしめし、その真珠層もかなり透明なアワビは、基物として表面が凹凸に富んでいる以外、ほとんどアコヤ貝殻とかわらないようである。アワビ殻の中における糸状体の水平方向の生長(図版V G)も垂直方向の生長(図版V H)もアコヤ貝殻中の生長とほとんど区別がつかない。この点はブタノツメのばあいよりさらによく似ている。このことは貝殻の成分や組成が外観とともによく似ていることをしめすようにおもわれる。

自然海中のアワビ殻中にみられた糸状体については、福原(1957)の観察があるがあまりくわしい記述がないので比較ができない。

タイラギ：タイラギの貝殻は以上の4種類の貝殻にくらべて、かなりことなった性質をもっているようである。すなわち、全体にやわらかくてセルロイド状の感触をしめしているが、これはタイラギの貝殻に水分*

* 真珠の化学的組成²⁵⁾(%)

	CaCO ₃	水	有機物	その他
黒 蝶 貝	91.72	2.23	5.94	0.11
タイラギ	72.72	23.06	4.21	0.01

真珠とその母貝の貝殻の化学的組成は同一であるといわれている。

が多いためと思われる。その真珠層は紫褐色でやや不透明であり稜柱層は表面からみると蜂巢状の構造をもっている。貝殻内面の大部分は真珠層でうらうちされているが、縁辺部は稜柱層のみ露出している。

このようなタイラギの殻について、真珠層と稜柱層に同時に播種した。真珠層に穿孔した糸状体は、表面からみるとアコヤ貝殻の真珠層で生長した糸状体と大差のない形態をしめしている（図版Ⅴ I）。また垂直的生長の状態（図版Ⅴ J）もまったくアコヤ貝殻のばあいとかわりがない。しかし、稜柱層の上に直接播種されて穿孔生長した糸状体は、かなりことなる様子をしめす。すなわち図版Ⅴ Kにみられるように、蜂巢状の区画中に穿孔した糸状体は、おもにそのなかでのみ生長して、あまりしきりの外に出る様子がない。なかには先端がとなりの区画にはいりこんでいるものも少数みられるが大部分は一つのコンパートメントの中でのみ生長している。この状態を断面でみると図版Ⅴ Lのようである。たてのしきりに沿って垂直に生長して、側枝があまり発達していない。このような稜柱層のたてのしきりに、糸状体の生長が規制される状態は、アコヤ貝殻の稜柱層中でもみられる現象である。このことは稜柱層の蜂巢状構造のしきりが、なにか酸にとけにくい有機物を含んでいることを予想させる。事実アコヤ貝殻の稜柱層では、このしきりの壁はコンキオリンであると報告²⁵⁾されているから、タイラギ殻のばあいもやはりコンキオリンの壁であろう。

培養の初期における稜柱層中の生長はこのようにかわつたものであるが、これがさらに培養をつづけたばあいどのように変化するか、なお実験をつづけている。

カキ、マテガイ、イタヤガイ等：カキ殻中に穿孔したばあいについては、すでにのべたように、その真珠層の断面が不透明で観察しにくい、貝殻内層にむかう垂直的生長がみられる。このことはマテガイ *Solen gouldi* CONRAD、イタヤガイ *Pecten albicans* (SCHRÖTER) などの貝殻についてもまったく同様である。これらの真珠層がかなり不透明な貝殻は、また質がもろく断面のプレパラートを作る作業がむずかしくすくなくりにくい。したがって、断面観察は困難であつて垂直的生長がみられるという以外にむずかしいことは観察できなかった。

考 察

以上の観察から考えられることは、同じ種類の糸状体でも貝殻がことなれば、その中で生長したときの形態が多少はことなることがあるということである。すなわち、ハマグリやオオノガイのようにもろい陶質で成層のめだつ貝殻中では、糸状体は直線的に長く水平方向の枝を出す傾向がみられ、アコヤ貝に似た真珠層をもつボタンツメ、アワビなどの貝殻では、やはりアコヤ貝殻中の生長とかわらない水平および垂直的生長をしめすようである。

これらの貝殻による差は、貝殻の種類による組成と関係があるものかどうかはあきらかでないが、全く関係がないともいえないと思われる。

タイラギの稜柱層中で糸状体が独得な生長をしめすことは、糸状体の生長が基物の構造に影響される結果であつて、次章の方解石やセメント中の生長のばあいと比較して興味がふかい。

要 結

1. アサクサノリ糸状体はハマグリ、オオノガイの貝殻中では水平方向に直線的に枝をのばす傾向がみられる。
2. ボタンツメ、アワビ、タイラギなどの貝殻の真珠層中ではアコヤ貝殻中の生長とかわらない様子をしめす。
3. タイラギの貝殻の稜柱層中では、その蜂巢状の区画の中でのみ生長して、区画外に枝をのばすことが少ない傾向がみられる。

第4節 貝殻以外の石灰質中における生長

糸状体に関するいままでの研究では、その穿孔基物としておもに貝殻がもちいられ、ときに卵殻などが基物にされたこともある。これら以外のものではカメノテの一種 *Pollicipes cornucopia* の柄鱗 (peduncular scale) 中に穿孔していた糸状体の例が DREW *et al.* (1953) によって報告されている。また右田 (1957) は石灰藻の石灰質部に糸状体を穿孔させて、その生長を観察している。

以上の基物はすべて生物起原の炭酸カルシウム性物質であって、それ以外の基物、とくに無機質に対する穿孔性についての研究はあまりみられずわずかに雲母、木、竹、石灰石等を基物にした例があり、結論として貝殻、卵殻などの生物起原のもの以外には穿孔しないといわれている。⁴⁾ しかし、貝殻と同じく主成分は炭酸カルシウムであるのに、石灰石などの鉱物性基物には穿孔しないという結果に疑問がもたれたので、方解石や石灰石などの鉱物性石灰質を基物として、糸状体の培養実験をおこなった。その結果、鉱物性石灰質中でも、貝殻中のばあいと全体としてほとんどかわりのない糸状体の生長がみられることがわかったので、それを形態的にくわしく観察した。ただこのばあい基物としてもちいた材料の関係から、第1~3節にみられるような断面をつくって垂直的生長を観察する方法が困難であったので、すべて表面観察による水平方向の生長のみしらべた。ここではその結果についてのべる。実験観察の期間が1955年2~12月のばあいは、用いた母藻は大阪湾で、1958年以降のばあいは下関市吉見地先でそれぞれえられたものである。

A. 方解石中の生長

純粋に鉱物性起原である石灰質として、方解石を穿孔基物として実験をおこなった。方解石は六方晶系に属する炭酸カルシウムの結晶であって calcite とよばれる。用いた方解石は、ほぼ 1 cm × 1.5 cm × 0.5 cm 前後の透明な平行四辺体のものである。

結果および考察

アサクサノリ：1955年2月28日に方解石上で発芽した糸状体は3月27日には第2図にみられるような穿孔

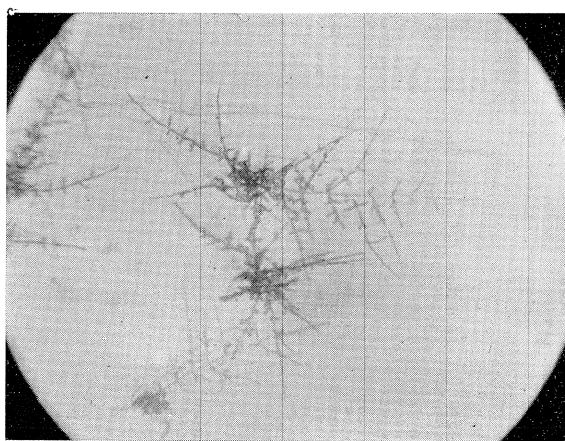


Fig. 2. Conchocelis-phase of *Porphyra tenera* KJELLMAN growing in calcite. ×60.
Photographed on March 27, 1955 after 27 days cultivation.

生長をしめした。これで見るとカキ殻に穿孔したばあいと同じように、母胞子を中心として主枝が発出した複羽状の形態をしめすことが多い。また4月5日に方解石を基物として発芽したものは、10日後の観察では

第3図にみられるようにいろいろな形状をしめして穿孔していた。しかし、なかにはガラス上の発芽のよう

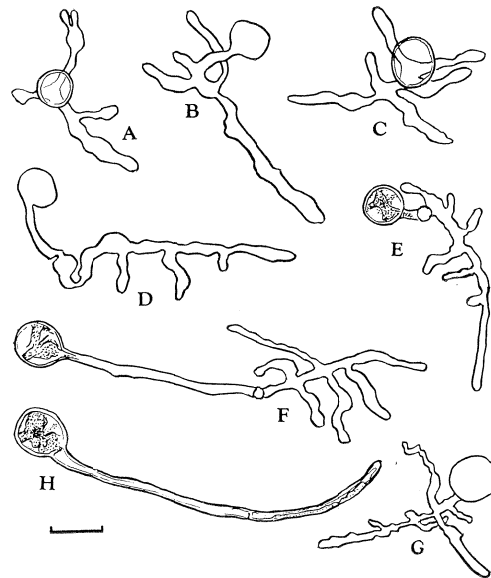


Fig. 3. *Conchocelis*-phase of *Porphyra tenera* KJELLMAN growing in calcite, cultured for 10 days. A~D: Immediately penetrating ones, E·F: Boring begins far apart from mother spores. G: Right-angled branching. H: Germling creeping on the surface of calcite without penetrating growth. Scale 15 μ .

に、穿孔せずに基物面上をはっているものもかなりみられた (第3図H)。原胞子からの発芽管がただちに穿孔しないで、あるていど面上で生長したのち穿孔にうつつたものもみられた (第3図E・F)。原胞子が空虚になっているものも内容がまだ存在しているものもともにみられた。このような方解石中における初期の生長の形態は、貝殻中のばあいには報告されたものとはほとんどかわることがないようである。しかし方解石中の生長においてめだつことは、糸状体の細胞が貝殻中のばあいとことなって、なめらかな縁辺をしめさない部分があることである。すなわち第3図Gのような角のめだつ枝をもつものもかなりみられた。方解石中の糸状体に全部このような圭角のある枝がみられるわけではないが、貝殻中ではこのような傾向がみられることはない。したがって、このような傾向は基物である方解石と関係があるものと思われる。すなわち、細胞の面が方解石の劈開の方向に沿う傾向があるために、このような形態をしめすことがあるものと考えられる。

一般に、生長の初期においては、方解石中の方が貝殻中より糸状体の幅がひろく、枝が鈍端になる傾向がみられる。方解石中で生育した糸状体は、その年の夏には高温のために枯死したものが貝殻中のものにくらべて多かった。

1960年2月22日にあたらしくもとめた方解石をもちいて、同様な実験をふたたびおこなってその経過を観察したところ、1955年のばあいにくらべて一般に発芽から穿孔までの期間がながく、方解石の面上を約1月前後も匍匐する傾向がみられた。

このように匍匐している期間のながい糸状体を、方解石の面上からぬぐいさって観察すると、穿孔するまでに面上をはっていた糸状体の細い条痕がはっきりとみとめられた。

またこの実験では、まえのばあいにくらべて、穿孔した糸状体が圭角のある形態をしめすばあいはるか

に多かった。

このように、基物が同じ方解石といっても、おそらく産地のこととなるとおもわれる別個の方解石をもちいると、糸状体の匍匐期間や穿孔したばあいの形態にあるていどの差がみられることがあるが、このような現象は、方解石の性質の差ばかりでなく、その時の孢子の状態にも関係があるとも考えられる。

ウシケノリ：ウシケノリを母藻にして1955年2月28日に方解石上に播種した。このばあい穿孔しないで直立葉体になったものが多くあらわれたが、なかには穿孔して糸状体になったものもみられた。第4図は3月27日に観察したものである。果孢子囊の多くできていた母藻を材料にしても、このようにウシケノリのばあいいには、直立葉体があらわれることがしばしばあったが、発芽して穿孔したものの原孢子が果孢子であり、

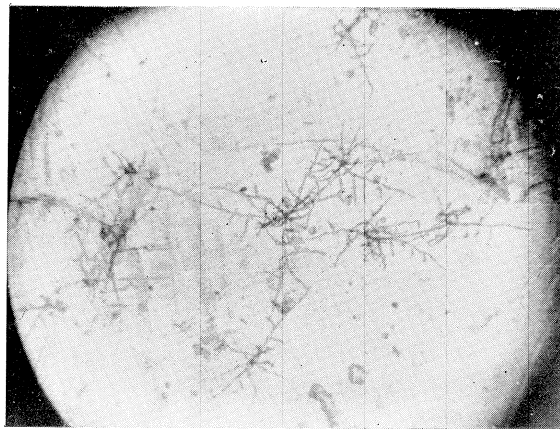


Fig. 4. *Conchocelis*-phase of *Bangia fusco-purpurea* (DILLWYN) LYNGBYE growing in calcite. $\times 60$. Photographed on March 27, 1955 after 27 days cultivation.

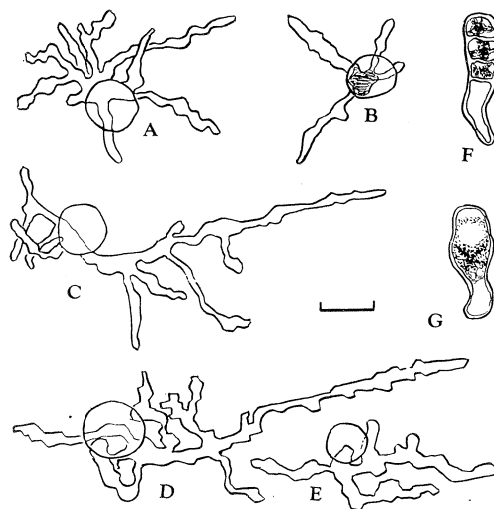


Fig. 5. *Conchocelis*-phase of *Bangia fusco-purpurea* (DILLWYN) LYNGBYE growing in calcite, cultured for 10 days. A~C: Normal germination. D•E: Right-angled branching. F•G: Young plants growing upright on the calcite surface. Scale 15 μ .

直立葉体になったものが単孢子であるかどうかはたしかめることができなかった。糸状体と直立葉体が同時にあらわれる現象は、基物が方解石のばあいのみならず貝殻のばあいにも同様にみとめられた。

4月5日に播種したものは、4月15日には第5図にみられるような形態になって穿孔した。直立葉体になったものは2~3細胞に分裂していた(第5図F・G)。

劈開の方向と関係があるとおもわれる圭角のある枝は、アサクサノリ糸状体のばあいよりウシケノリ糸状体のばあいに多くみられた(第5図D・E)。長期間培養をするとウシケノリ糸状体のひろがり全体が方解

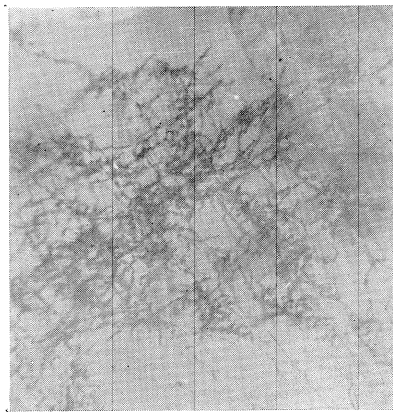


Fig. 6. Square colony of *Conchocelis*-filaments of *Bangia fusco-purpurea* (DILLWYN) LYNGBYE in calcite showing the branch growth influenced by cleavage planes of calcite. Photographed on May 26, 1955 after 51 days cultivation. $\times 60$.

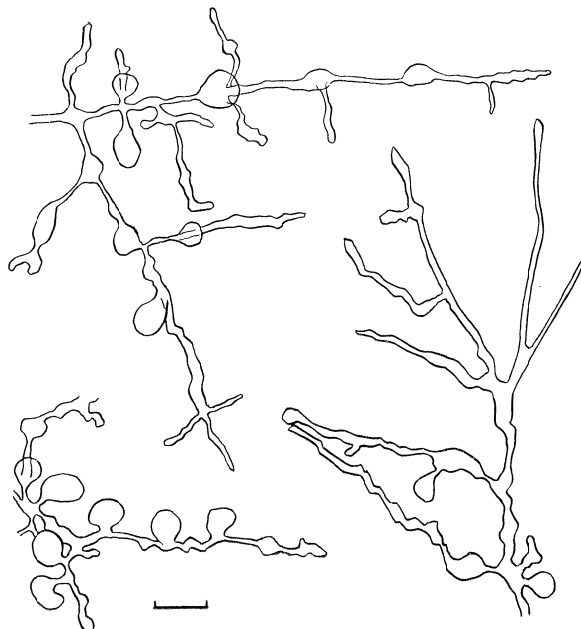


Fig. 7. *Conchocelis*-phase of *Bangia fusco-purpurea* (DILLWYN) LYNGBYE growing in calcite. Note the bell-shaped inflations. Cultured for 31 days. Scale 15μ .

石の劈開の方向に左右されて、方形に近い糸状体斑をつくる傾向がみられた(第6図)。

5月10日の観察では、第7図にみられるように、比較的生長の初期において、枝の先端および基部の一部が鈴状にふくれている形態のものが多くみられた。これは将来単胞子嚢^{*}になるものかどうかあきらかでない。同じ方解石中でもアサクサノリ糸状体のばあいにはあまりこうした傾向はみられない。この方解石中に生育したウシケノリ糸状体は、その夏の高温にもあまり枯死することなく秋まで生存し、晩秋にはその表面に直立したウシケノリ葉体が生じていたのが観察された。これはおそらくウシケノリ糸状体に生じた単胞子が発芽したものであろう。

4月5日にカキ殻に穿孔したウシケノリ糸状体は、10日後に観察すると、方解石中のような枝の圭角はみ

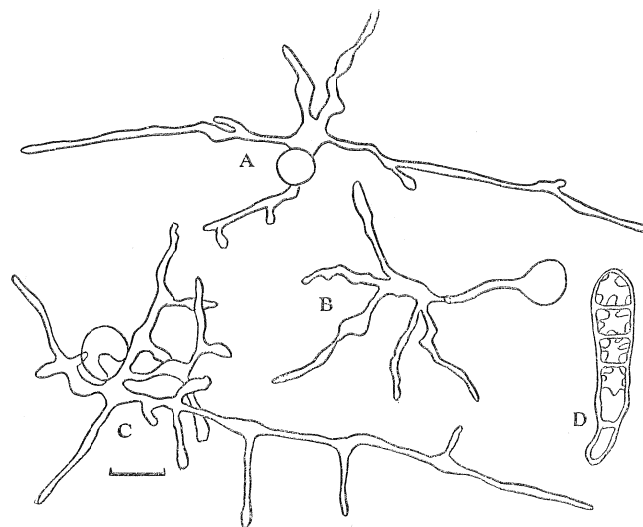


Fig. 8. *Conchocelis*-phase of *Bangia fusco-purpurea* (DILLWYN) LYNGBYE growing in oyster shell, cultured for 10 days. A~C: In oyster shell. D: Plant growing upright on the shell surface. Scale 15 μ .

られない(第8図)。しかし培養がながくなると、方解石中でみられると同様な鈴状にふくれた部分が生ずるのが観察された。DREW (1958) は、自身が観察した second type の spore の胞子嚢が、このようなウシケノリ糸状体に生ずる膨大部と関係があるのではないかとみている。

またウシケノリ糸状体のしめす色について、DREW (1958) はナボリの材料では greenish blue であるとのべているが、筆者は、ウシケノリ糸状体の穿孔している貝殻や方解石の面は淡紅色をしめしていることを観察した。

B. 石灰石中の生長

1955年3月24日に石灰石上で発芽したアサクサノリ糸状体は、その中に穿孔して生長した。供試した石灰石は、スライドガラスにはりつけてうすくし、透過光線による顕微鏡的観察が可能ないどにしたが、それでも充分透明にはなりにくかった。したがって微細な点は不明であるが、21日後にはだいたいにおいて貝殻中の生長とかわりがない様子をしめした(第9図)。

右田・太田(1957)は同様の実験をおこない、石灰石中に生育したアサクサノリ糸状体から採苗することに成功している。このことは糸状体が石灰石中で、貝殻中と同様に生長し成熟しうることをしめしている。

* 第1章第7節参照。



Fig. 9. *Conchocelis*-phase of *Porphyra tenera* KJELLMAN growing in limestone. Cultured for 21 days. Scale 15 μ .

またこのことは自然の海中において、石灰岩も糸状体の基物になりうる可能性があることを意味している。

C. セメント中の生長

セメントがふつう石灰石からつくられることは周知のことである。上述のようにアサクサノリ糸状体は石灰石中にも穿孔しうるから、石灰石を原料としたセメントにも穿孔しうる可能性が考えられる。このことをたしかめるために二、三のセメントを基物の原料として実験をおこなった。セメントとしてポルトランドセメント、白色ポルトランドセメント* をもちいた。それらを適当な量の水でといてスライドガラス上にうすくぬりつけ、乾燥させたものを水道の流水中に数日間ひたし、最初に滲出するアルカリ性物質の影響を少なくする処置をとった。播種は常法にしたがい、実験は1958年12月以降である。

結果および考察

1958年12月6日にアサクサノリを母藻として播種されたものは、約1カ月後には白色セメント中にあきらかに糸状体の穿孔したことが顕微鏡観察によってみとめられた。そのころにはセメント面は貝殻中の糸状体のしめす色とよく似た色を呈していた。またマルバアマノリ *Porphyra suborbiculata* KJELLMAN を材料にして1959年1月18日に実験をはじめたものにも同様の穿孔をみとめた。ついで3月6日にウシケノリについておこなったものも同様であった。

これらの白色セメント中に穿孔した各種糸状体の形状は、貝殻中とまったくことになって、セメント中全面

* 白色ポルトランドセメントの組成¹⁴⁾ (%)

CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	SO ₃	MgO	Fe ₂ O ₃	灼熱減量
65.0	23.7	5.2	1.8	1.1	0.77	1.6

に糸状に生長することはなく、セメントを構成しているある種の粒子中にまるく団塊状になって穿孔している状態がみられた。

このような糸状体の細部については、白色セメントがどのようにうすくぬりつけた状態であっても、かなり不透明であるために観察がむづかしく、そのままでははっきりしたことがつかめなかった。しかし、おそらくセメントを構成するある種の粒子およびその集団の中に生育するために、糸状体が団塊状をしめすものとおもわれる。この糸状体が穿孔している粒子はおそらく CaO か、あるいはそれが CO_2 を吸収して生じた CaCO_3 の粒子であろう。

これらセメント中に穿孔した糸状体のうち、マルバアマノリとウシケノリの糸状体はその後も生存をつづけて、1960年7月8日の観察でもセメント面があきらかに紅色をした糸状体斑がみられた。

これらセメント中の糸状体の細部を観察するために、糸状体斑が存在するセメント片を Pérényi の溶液で脱灰し検鏡した結果、あきらかに糸状体とおもわれるものが観察されたが、予想どおり貝殻中に穿孔した糸状体とは相当ことなる形態をしめすことがわかった。

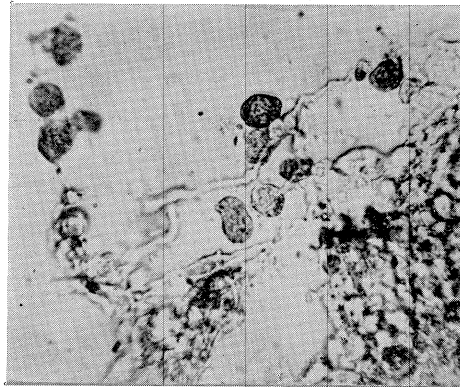


Fig. 10. Modified shape of *Conchocelis*-phase of *Bangia fusco-purpurea* (DILLWYN) LYNGBYE grown in cement mortar of white Portland cement. Taken out of the substratum by decalcification. $\times 500$.

すなわち、ウシケノリ糸状体のばあい第10図にみられるように、糸状の部分が少なく、膨大部の多い団塊状の形態をしめし、貝殻中のような複羽状をしめさない。ウシケノリ糸状体は貝殻中でも膨大部の多い形態をしめすが、セメント中のばあいはなおこの傾向がはなはだしいようである。

セメント中のマルバアマノリおよびアサクサノリの糸状体を脱灰してみても、ほぼ同様の観察結果がえられた。

白色ポルトランドセメントを海水、0.01 モル第1 磷酸ソーダ、0.01 モル硝酸ソーダの各溶液でかためたものについても、ほとんど同じような穿孔状態がみられた。

ふつうのポルトランドセメントは、灰黒色でまったく穿孔の有無が観察できなかった。

白色セメント中の糸状体からの採苗にはまだ成功していないが、この採苗が可能であるとすれば、イワノリ類の増殖事業におけるセメント張の位置を低潮線下にすることによって、そこが永久にイワノリ類糸状体の基盤となりうることも予想される。

要 結

1. 方解石中で生長したアサクサノリ糸状体の形態は、貝殻中のものと全般的にあまりかわらないが多少の差はみられる。

2. 方解石中においては、アサクサノリ糸状体の枝の縁辺がなめらかでなく、圭角を生ずる傾向がある。
3. この圭角は方解石の劈開の方向と関係がある。
4. ウシケノリ糸状体においても、方解石中においては枝に圭角を生ずる傾向がみられる。
5. ウシケノリ糸状体は、方解石および貝殻中において鈴状のふくれた枝を生ずる傾向がある。
6. アサクサノリ糸状体は石灰石中でも穿孔生長し、形態は貝殻中のばあいとあまりかわらない。
7. 白色ポルトランドセメントを水で固めたものの中にも、糸状体が穿孔するが、その糸状体斑の外観的形態は貝殻中のばあいとかなりことなつた様子をしめす。

第5節 いわゆる“サメ肌”について

糸状体を培養中にしばしば“サメ肌”とよばれる現象がおこる。これは培養がすすんで糸状体がかなり生長した貝殻の面に、微小な突起が一面に生ずる現象をいう。このような突起は糸状体の培養期間が長くなるとともに、しだいにザラザラとした感触をしめすようになる。一部では“サメ肌病”とよばれているようである。

1958年12月以来、アサクサノリ糸状体を培養してその垂直的生長の観察をおこなつたさいにも、やはり“サメ肌病”状の現象が生じたので、それについて観察をおこない、その結果に対していろいろ考察をした。

材料および方法

貝殻上にできた突起物をくわしく知るために、第1章でのべた方法で問題の部分で切斷し、その断面が観察できるプレパラートをつくつて顕微鏡観察した。サンプリングはアサクサノリ糸状体の培養系列中(1958年12月6日, 12月18日, アコヤ貝殻に播種)から、比較的“サメ肌”状のひどいものをえらんでおこなつた。

結 果

貝殻面に突起があきらかにみとめられはじめたのは、培養日数100日目のサンプルからである。その貝殻の突起の多い部分をえらんで断面をつくり観察すると、あきらかに“サメ肌”状突起の切斷面がみとめられる。この突起は比較的とのつた半球状である(図版ⅥA・B)。これらは播種をしたがわの貝殻内面だけでなく、殻皮側にも生じている(図版ⅥB)。これらの突起と突起との間隔はまちまちであるが、培養期間が130日(図版ⅥC・D)、150日(図版ⅥE・F)とながくなるにつれて、たがいに隣接して多発するようになる。そしてたがいに融合してかたまりをつくつていところも生じてくる(図版ⅥD・E)。そして、しだいに基部面積の大きい高原状の突出(図版ⅥF)になってゆくようである。ほぼ半球状をした突起の基部の直径は、100日目のもので100~150 μ に達する。150日を経過したものでは200 μ 以上に達している(図版ⅥE)。興味深いのは、これらの突起中に多かれ少なかれ糸状体の延長のようにみえる構造が存在して突起の上面に達しているようにみえることである。形は比較的簡単で真直なものからたがいにからみあって複雑になつたものまで、いろいろである。

この糸状体状の構造は、ほとんどの突起部にみられるが、中には存在していないようにみえる突起もある。なお、プレパラートをよく観察すると、突起部の断面には同心円状のリングがはっきりとみとめられるものが多い(図版ⅥC)。

このリングと糸状体様の構造の存在は、貝殻面にある糸状体の末端を中心として、突起がだんだんと生長し、それにつれて糸状体も延長してゆき、ちょうど噴火山の発達のような経過で突起部がつくられることを想像させる。

一方、1958年の1月に播種してから培養をつづけていたカキ殻にもこのような突起が多くできていた。すなわち“サメ肌病”にかかっていたわけであるが、べつに表面のざらざら以外には異常なく生存していた。このカキ殻の“サメ肌”部分の断面を同様にして観察すると、アコヤ貝殻のばあいと少しもかわらない構造がみられた(図版ⅥG・H)。すなわち、半球状の突出部のなかを貫通する糸状体様の構造も、同心円状の

リングもみられる(図版ⅦG)。つまり貝殻の表面にあらわれる突出は、アコヤ貝殻とカキ殻の両方のばあいをくらべてみて、形態的には本質的な差がないといえよう。

貝殻上だけでなく、器底にもザラザラした白色の沈着物がみられることがある。とくに、長いあいだ糸状体を培養したガラスパットの底などにこれができることを後になって知ることが多い。この実験では、培養後130日ぐらいで気がついた。ガラス上にできたこのような沈着物を顕微鏡観察すると、小さなトゲ状の結晶が金平糖状に集合したようになっていることがわかる(図版ⅦA)。これらの小さな結晶があつまって大きくなり、半球状になったと思われるものもある(図版ⅦB)。

考 察

上述の形態観察から推すと、いわゆる“サメ肌”の成因については、つぎのような考えもなりたつものとおもわれる。すなわち、糸状体が貝殻の表面直下の層で濃密に分布して代謝が旺盛になると、最初の果胞子から発芽体が穿孔した場所、またはのちになって糸状体が貝殻面に達して外界と連絡したとおもわれる場所などからカルシウムが分泌され、その近辺でただちに飽和析出する。そしてそれらの周囲に沈着しながら、しだいに大きさをまして“サメ肌”になるとも思われる。突起部のなかに、糸状体様の構造と同心円状リングのできる現象は、上のように考えれば無理なく説明できる。

この糸状体から分泌されて析出沈着する物質は、貝殻上の突出部ばかりをけずりつつものや器底上の析出物が酸によって容易にとけることから、カルシウムが主成分と考えられる。

このように析出されるカルシウムは、糸状体が貝殻中で先端生長するさいに、炭酸カルシウムを溶解して生じたものと考えれば、“サメ肌”を構成する比較的多量なカルシウム分の起原の説明として矛盾はないとおもわれる。

器底の析出物は、はじめから海水中に溶存していたカルシウムが析出したものか、糸状体から分泌されるカルシウム分の量が多くて貝殻面の分泌口の周囲に沈着するよりさきに拡散して、貝殻表面からはなれた器底で析出したものかあきらかでない。

一方“サメ肌”の成因に関して右田(1959)は、糸状体を培養している海水のpH値の上昇がその主な原因であるとしている。そして糸状体のみでなく緑藻類を培養中にも海水pH値の上昇によって“サメ肌”状析出物を生ずることもみている。

このような事実を考えあわせると、“サメ肌”の成因は単純なものでなく、海水中に既存のカルシウムや糸状体から分泌されるカルシウム、pH値の変化などの間の複雑な関係によって生ずる過程とおもわれるから、この問題に関してはなお検討の余地がある。

以上の考察からもあきらかなように、いわゆる“サメ肌”の現象は、いままで一部で考えられたようなひどく病的なものとおもわれぬ。しかし磷酸塩をくわえて培養したものは、あまり“サメ肌”にならないが、尿素をくわえて培養するとこの症状がひどいといわれている³³⁾から、糸状体の代謝のアンバランスが“サメ肌”の成因に関係しているとおもわれるので、“サメ肌”を生ずるような環境は、やはり糸状体にとってあまり好条件とはいえないようである。しかし、多くの突起部には、糸状体の延長と思われる構造があって、表面に達しているところもあるようにみえるが、これが事実ならガス代謝や塩類の拡散には大して支障がないと思われる。

要 結

1. 糸状体培養中の貝殻の表面には、しばしば“サメ肌”とよばれる現象が生ずる。
2. この“サメ肌”状突起の断面をみると、同心円状層のある半球状の突起である。
3. 突起部の中にはしばしば糸状体様の構造があり、その表面に達しているようにみえる。
4. 長期培養によって、糸状体が下面(すなわち殻皮)に達したものでは、両面にこの突起が生じているものもある。

5. カキ殻とアコヤ貝殻とでは、生じた“サメ肌”に本質的な差がみとめられない。
6. 貝殻上のみでなく、培養器底にも析出物が生ずる。
7. “サメ肌”状突起やガラス上の析出物は、カルシウムが主成分であると考えられる。

第6節 イワノリ類糸状体の生長

アマノリ類の種類によって、その糸状体の形態がことなるものかどうかは興味ある問題とおもわれるし、また、じっさいに海底の貝殻などに穿孔している糸状体の形態から、その母藻の判定ができれば実用的にも役立つものとおもわれる。

いままでの研究では、黒木 (1953a) が、アサクサノリ、マルバアマノリ、チシマクロノリ、ウツプスイノリについて観察した報告がある。これによると、それらアマノリ類の果胞子はすべて発芽管をだして発芽し、貝殻などの内層に侵入し生長して糸状体になるが、それら各種の糸状体のあいだにおける形態の差は、その糸状体斑の大きさ・色・膨大部の多少・また膨大のていど・関節の長さ・単胞子嚢枝の太さ・単胞子の大きさなどにいくらかみられるようであるが、識別はきわめて困難である、としている。

この結果からみて、糸状体の形態からその種類を識別することはかならずしも容易でないと思われる。しかし、これまでおこなわれてきた貝殻の表面からの観察にくわえて、その断面をつくって糸状体の垂直的生長をしらべれば、またなんらかのものがかりがえられるものと考え、アマノリ類のうちいわゆるイワノリ類とよばれるもの数種とウシケノリ類2種についてその糸状体の垂直的生長を観察した。

材料および方法

マルバアマノリ	<i>Porphyra suborbiculata</i> KJELLMAN
クロノリ	<i>Porphyra okamurai</i> UEDA
ウツプスイノリ	<i>Porphyra pseudolinearis</i> UEDA
オニアマノリ	<i>Porphyra dentata</i> KJELLMAN
ウシケノリ	<i>Bangia fusco-purpurea</i> (DILLWYN) LYNGBYE
フノリノウシゲ	<i>Bangia gloiopeltidicola</i> TANAKA

の6種についてその糸状体の培養をおこなった。マルバアマノリ、オニアマノリ、フノリノウシゲは下関市吉見地先の海岸で採集したものであるが、オニアマノリはイワヒゲ上に、フノリノウシゲはフクロフノリ上に着生していたものである。クロノリ、ウツプスイノリは長門市仙崎で、ウシケノリは下関市安岡海岸でそれぞれ採集したものである。

播種の日時は、下記のとおりいずれも1959年1～3月中である。マルバアマノリ—2月10日、クロノリ—2月1日、ウツプスイノリ—2月19日、オニアマノリ—2月10日、ウシケノリ—2月21日および3月6日、フノリノウシゲ—1月29日。

基物はアコヤ貝殻である。垂直的生長の観察方法は前記とまったくかわりがない。また同時に水平方向のプレパラートもつくって観察した。

培養は室温による室内培養で室内散光のもとにおこなった。観察はだいたい3月下旬あるいは4月下旬と8月下旬の2ないし3回にわたってつくったプレパラートについておこなった。

結 果

マルバアマノリ：4月27日まで76日間培養したものは、図版Ⅷ A・B にみられるような生長をしめた。水平方向の生長(図版Ⅷ A)はアサクサノリのばあいとくらべて特別にかわりがみられない。しかし垂直方向の生長(図版Ⅷ B)をみると、貝殻の表層における水平的生長にくらべて貝殻内層における発達かわるいようである。すなわち、アサクサノリ糸状体では貝殻内層でも旺盛な生長をしめすのにくらべて、マルバアマノリのばあいは、内層にむかう枝の伸長がおとる傾向がある。この傾向は8月29日まで200日培養したも

のについてもかわりがなかったが、このような枝は200日もたつと厚さ約800 μ の貝殻の下面に達して、その近辺で水平方向に発達しているところもみられる。

クロノリ：2月1日から4月22日まで80日培養した糸状体について、その水平方向の形態（図版VIII C）を観察すると、その枝には小さい屈曲が多い。垂直方向の生長（図版VIII D）は、マルバアマノリのばあいとよく似た傾向をしめす。

また、3月12日と8月30日につくった標本からも、やはり上にのべたような傾向が観察された。なお8月30日には、斜め下にむかう枝の一部が厚さ約850 μ の貝殻の下面に達している状態が観察された。

ウツプリノリ：4月30日まで70日間培養した糸状体は、水平方向（図版VIII E）、垂直方向（図版VIII F）ともに、一方向にされたような形をしめしていることが多い。このような形状は、アサクサノリ、マルバアマノリ、クロノリのばあいとくらべて、やや特徴的である。

8月28日の観察では、やはり厚さ700 μ 前後の貝殻を貫通した枝が下面に達している様子がみられたが、下面ではアサクサノリのばあいのように発達していない。

オニアマノリ：2月10日に播種して8月29日に観察すると、図版VIII G・Hにみられるようにあまり特徴的な点はみられない。そして200日間の培養では800~900 μ 前後の垂直的の生長をした枝がみられた。一般にイワヒゲ上に着生するアマノリ類は小型であるが、その糸状体斑も小型な傾向がみられる。

ウシケノリ：2月21日から4月22日まで60日間培養した糸状体の水平生長は、図版VIII Iにみられるように、アマノリ類の糸状体にくらべて直線的な生長をする傾向がみられる。膨大部もアマノリ類より大きいようである。このことは方解石中で生長したウシケノリ糸状体に膨大部が多いことと一致している。

3月6日から4月22日まで培養したものの垂直方向の生長（図版VIII J）をみると、この方向への生長は、アマノリ類の糸状体のばあいより貧弱である。すなわち貝殻の表面直下の層で水平的にひろがって繁茂するていどにくらべて、貝殻内層にむかう枝が少ないようである。3月6日から8月23日まで培養したものについてみてもこの傾向にかわりがない。

フノリノウシゲ：この糸状体は、ウシケノリの糸状体にくらべて全体に小型である。

4月24日まで85日間培養したものについて水平方向の生長を観察（図版VIII K）すると、関節の膨大部が比較的大きいことがめだつ。

垂直的方向の生長（図版VIII L）は、ウシケノリ糸状体とおなじく下層にむかう枝が表面直下の繁茂の状態にくらべておとっているようである。

考 察

以上の結果からみて、やはり黒木（1953a）ものべているように、糸状体はその種類のあいだにみられる形態の差が水平的にも垂直的にも少なく、やはり識別がむずかしいようである。もちろん、それぞれの種類の糸状体は、よく観察すればいろいろな点に特徴がみられるが、これらの形態の差が種類に固定して不変なものかどうかはたしかでない。培養の条件によっては、同一種の糸状体でもその形態がかなり変化するようである。とくに水平方向においては光のくる方向に生長する傾向が生長の初期にみられることがあるので、しだれるような形態も、種特有のものか光の影響かあきらかでない。

また、穿孔する基物の差によっても形態にあるていどの差がみられるようである。このことはいろいろな種類の貝殻にアサクサノリの糸状体を培養した実験の結果（第1章第3節）でもあきらかである。したがってカキ殻のばあいと、この研究におけるアコヤ貝殻のばあいにも多少の差がみられるようである。

このように、糸状体の形態がしめす種類の差はあまりはっきりしたものではないが、少なくともつぎのようなことはいえるようである。すなわち、アサクサノリ糸状体のばあいにくらべて、イワノリ類の糸状体のばあいは、その垂直方向に生長する枝は伸長のていどがわるくあまり繁茂しない。このことはウシケノリ、フノリノウシゲでも同様であって、貝殻表層の繁茂にくらべて内層ではあまり繁茂しない傾向がみられる。ウシケノリ、フノリノウシゲではアマノリ類の糸状体よりやや膨大部が大きく、特徴的である。

要 結

1. アマノリ類糸状体の種類のあいだにおける形態の差は、水平方向にも垂直方向にもきわめて少なく、識別は困難である。
2. イワノリ類糸状体、ウシケノリ類糸状体の貝殻内層における垂直的生長は、アサクサノリ糸状体にくらべると貧弱である。
3. ウシケノリおよびフノリノウシゲ糸状体は膨大部がやや大きく、他のアマノリ類糸状体にくらべてやや特徴的である。

第7節 各種単孢子囊枝の断面観察

糸状体が成熟して生殖細胞をつくるばあい、その枝の一部が膨大して太くなり、そこにしきりが生じて中に一種の孢子がつくられることは周知のとおりである。このような膨大して中に孢子を生ずるような太い枝のことを、黒木 (1953a) は単孢子囊枝 (monosporangial branch) といい、また DREW (1954) はこれを他の呼称でよぶよりも、さしあたり fertile cell-row と称したほうがあたりさわりが無いといっている。しかし便宜上ここでは単孢子囊枝と称することにした。

このような単孢子囊枝のできかたについてもすでにいろいろ観察があるが、貝殻の内層内についてはまったく知見がなく、表面観察による推測しかおこなわれていない。

このような点をしらべる目的で、1958年12月から培養をはじめたアサクサノリの糸状体をはじめとして、1959年1月から培養をはじめた各種アマノリ類およびウシケノリ類の糸状体に1959年8月以降になっていわゆる単孢子囊枝が生じた。そこでこれらをいままでもちいてきた方法で貝殻の断面をつくることにより、その垂直的方向の形態をあきらかにした。

材料および方法

供試材料はすべて前節のものとおなじであるが、フノリノウシゲ糸状体は途中で枯死したのでこれを除外した。また方法についてもまったくかわることがない。

培養は、アサクサノリ糸状体について1958年12月にはじめた以外は、すべて1959年1月からその年末にかけておこなった。したがってとくにしるさないかぎり、文中の日時は1959年の日時である。

結 果

アサクサノリ：この実験においては、アサクサノリ糸状体にいわゆる単孢子囊枝ができる時期は、イワノリ類のばあいにくらべてかなりおそくその数も少ない傾向がみられた。すなわち、9月下旬から10月上旬になってようやく一部のものにその発達がみられたにすぎなかった。この原因についてはあきらかでないが、培養条件や基物としたアコヤ貝の性質にも関係があるのではないかと思われる。

1958年12月6日に培養をはじめて翌年10月3日に観察したものの中には、図版ⅨA・Bのように表面直下の層中で発達した単孢子囊枝と思われる太い枝がみられた。しかし、ふつう播種した側の表面直下の層より、むしろ糸状体が貝殻を貫通して反対側の稜柱層に達して、そのなかで発達しているばあいが多くみられた (図版ⅨC)。

このように播種した側であまり太い枝がみられないことについて、そこでは糸状体の繁茂がはなはだしく単孢子囊枝の発達する余地が少ないこと、また同じ理由で観察も困難なことなどが原因と考えられる。

単孢子囊のあり方で面白いことは、貝殻の下面 (外面) に近い稜柱層と真珠層のさかい目から内層の真珠層の方に単孢子囊枝が発達したばあいが見られることである (図版ⅨD・E)。ふつう単孢子囊枝は、少なくともその一端が貝殻の両面に達するていどの表層中に存在しているのであるが、このばあいは貝殻の下面 (外面) からはなれて稜柱層をへだてた層中に存在しているようにみえる。しかしよく観察すると、このよう

なところは真珠層と稜柱層のあいだにわずかでもすきまがみられる (図版ⅨE)。すなわち単孢子囊枝の一端は、やはり外界に接しているものとおもわれる。単孢子囊枝がどこに存在するにせよその形や長さおよび太さなどはかなりまちまちである。

一般にアサクサノリのばあいは、あとでのべるイワノリ類のばあいにくらべて、その太さがやや太く、長さは短かい傾向がみられる。その例として2月26日から9月21日まで培養したものでは図版ⅨFにみられるような太さ約8~10 μ 、長さ約80 μ の単孢子囊枝が生じていた。このばあいは播種した側に生じていた。

1958年12月6日から翌年11月16日まで培養したものでは、いわゆる“サメ肌”状突起のなかにも単孢子囊枝とみられる太い枝が生じているのが観察された (図版ⅨG)。

また別に3月29日から11月16日まで培養したものを観察したが、これは培養の開始がおそかったのでその繁茂のていどがわるく、したがって単孢子囊枝の表面観察ができた (図版ⅨH) が、やはり稜柱層のなかにもみられるばあいが多かった (図版ⅨI)。

約1年間 (1958年12月6日~59年12月17日) 培養したものでも、単孢子囊枝のできる数はあまり多くなかった。またやはり播種面より反対側の面に近く生じているばあいが多く (図版ⅨJ~M)、それも稜柱層のなかにも存在していることが多かった (図版ⅨL・M)。

マルバアマノリ：この糸状体には、7月下旬にすでに単孢子囊枝らしい太い枝が生じていたが、8月下旬には相当の大きさに達していた。すなわち2月10日に播種し8月29日に処理して観察したものは図版ⅩA~Dのようである。これで見るとマルバアマノリの単孢子囊枝はアサクサノリのばあいよりやや細く7~8 μ であるが長さは逆に長く200 μ に達している。マルバアマノリのばあいは、播種した側の面にも反対側の面にも同様に、単孢子囊枝ができていたことが多かった。

10月2日の観察ではさらに長いもの (280 μ) がみられる (図版ⅩE~G)。

プレパラートのつくりかたによって、そのような太い枝の内容がなくなっているようにみえるところもあるが、それらの枝が表面に達していることがあきらかにみとめられるところがあった (図版ⅩC・F)。

11月13日 (図版ⅩH・I)、12月14日 (図版ⅩJ・K) の観察でもほぼ同じようなことがみられた。

クロノリ：2月1日から培養をはじめたクロノリの糸状体には、8月30日にはあきらかに単孢子囊枝の形成がみられた (図版ⅩA~C)。

その形はいろいろであるが、なかにはアーチ状になったもの (図版ⅩB) もみられた。これには内容がぬけた管状の部分が見られるが、このばあいもその一端または両端が表面に連絡しているようにみえる。まっすぐに内層にむかうものももちろん観察された (図版ⅩC)。

11月13日の観察 (図版ⅩD)、12月15日の観察 (図版ⅩE) でもとくにかわりがみられない。12月15日のものでは最長250 μ の長さに達している。

ウツプスイノリ：単孢子囊枝の形成がマルバアマノリやクロノリの糸状体のばあいにくらべて比較的少なかった (図版ⅩF~H)。

2月19日から8月28日まで培養したものには、ごく小さいものがみられた (図版ⅩG) が、12月15日には相当な長さ、すなわち280 μ ぐらいまで内層にのびたものがみられた (図版ⅩH)。

オニアマノリ：2月10日に培養を開始したものには7月下旬にすべて単孢子囊枝とみられるものが形成されたが、8月にはさらにはっきりとみとめられるようになった。その形状はとくにクロノリやウツプスイノリなどかわることがない。たとえば11月17日に固定したものを図版ⅩI・Jにしめす。

ウシケノリ：ウシケノリの糸状体は、培養がながくなるとその水平方向に生長した枝に膨大部が多くなることについてはすでにのべたが、このような膨大部の多い枝は垂直的に内層方向に生長した枝にもみられることがこの実験であきらかにされた。すなわち2月21日に播種して11月13日に固定したものをしめした図版ⅩK~Mから、念珠状の枝が水平的に生長したものにも垂直的に生長したものにも存在することがわかる。アコヤ貝殻を基物にしたばあいにはこれ以外のものは観察されなかったが、1960年3月1日からタイラギ殻

を基物にして培養をはじめた糸状体を、10月6日に観察したところ、このような念珠状の枝の他にアマノリ類のものほとんどかわりのない単胞子嚢枝の存在がみとめられた。Nはその貝殻の断面観であり、Oは平面観である。この結果からみて、単胞子嚢枝の形態においても、アマノリ類とウシケノリ類のあいだに大きな差はみとめられないといえよう。しかしウシケノリ類においては、貝殻によって多少の差はみられるが上記のような念珠状の枝が内層方向に生長した枝にもみられることが特徴のようである。

このような念珠状の形状は、成熟するまえのウシケノリの糸状体にすでにみられる膨大部の多い形態となんらかの関係があるようにおもわれる。ことにウシケノリ糸状体が方解石中で生長するときに、その枝に膨大部がとくに多いことをすでにのべたが、このような点はウシケノリ類の糸状体がつつひとつの特徴とおもわれる。

考 察

一般にすべての種類において、単胞子嚢枝叢が貝殻の表面直下の層に多くみられることは今までおこなわれた平面観察の結果とかわらないが、その枝の一部は内層方向にもかなり長く伸長することはあきらかである。この内層方向にむかう単胞子嚢枝はイワノリ類糸状体のものはアサクサノリ糸状体のものより長い傾向がみられる。

単胞子嚢枝叢が貝殻の表面直下に存在しないで、稜柱層と真珠層のさかい目から内層の真珠層がわに発達した例がアサクサノリのばあいにもみられた。すなわち外界と直接連絡していないようにみえる単胞子嚢枝がみられたが、このようなばあいはそれが存在しているところの真珠層と稜柱層との結合がゆるく、そのあいだにすきまがあってはなれていることが観察されたので、単胞子嚢枝の少なくとも一端は、直接外界の海水に接していることが想像される。

貝殻の両面からはなれた中層部では、いくら糸状体が発達していても太い枝が外界と連絡することなく、単胞子嚢枝が形成されたようなばあいはまったくみられなかった。いわゆる“サメ肌”状突起のなかにもあきらかに単胞子嚢枝の初期とみられる太い枝がみとめられた。

ウシケノリでも、アマノリ類の単胞子嚢枝とほとんどかわりのない単胞子嚢枝がみられるから、単胞子嚢枝の形態による判別は困難であるが、ウシケノリ糸状体には膨大部をもつ枝が多いことが特徴と思われる。

単胞子嚢枝は糸状体が貝殻を貫通して達した反対側の面にも生ずる。ことに長く培養して密に糸状体が繁茂したばあいには、この反対側の面やその稜柱層中に多く形成された。とくにアサクサノリ糸状体でこの傾向がつよい。また単胞子嚢枝は稜柱層のなかではやや形がことなり、稜柱層のたての節理に影響されて、細ながくなる傾向がみられる。

この実験においては、アサクサノリとウシケノリの糸状体では、単胞子嚢枝の形成が他のイワノリ類のばあいよりかなりおそかった。すなわち、イワノリ類でははやいものは7月にすでに形成された。

このような単胞子嚢枝の形成の難易は、糸状体の培養条件のみならず、貝殻の種類にも関係があるようにおもわれる*。

また、単胞子嚢枝叢の一部の枝が貝殻内層に達する距離も貝殻の種類によって差がみられるようである**。貝殻以外のものを基物にしたばあいの単胞子嚢枝の形成について一、二の観察をしたので、この節で附記することにした。

基物として方解石をもちい、1960年2月22日から培養をはじめたアサクサノリ糸状体に、9月8日の観察であきらかな単胞子嚢枝の形成がみられた。第11図は表面からの観察であるが、その形態や太さなどは貝殻が基物であるばあいの単胞子嚢枝とほとんどかわらず、なかに星状をした紅色の色素体がみられることも同

* カキ殻とアコヤ貝殻とを基物にして、アサクサノリとウシケノリの糸状体を平行して培養したばあい、アコヤ貝殻中では単胞子嚢枝の形成が両種ともおそく、かつ少ない傾向がみられる。

** イワノリ類の単胞子嚢枝においては、一般にアコヤ貝殻中ではカキ殻中より内層深く達する傾向がみられる。

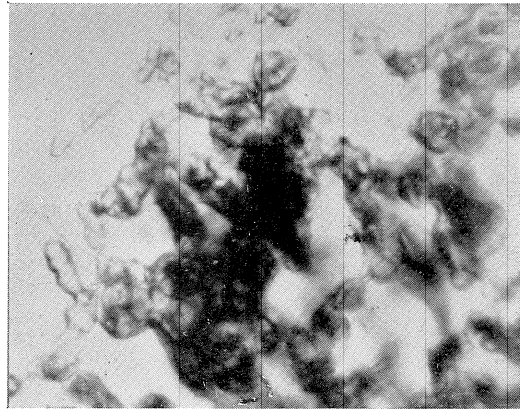


Fig. 11. Fertile cell-rows formed in the *Conchocelis*-phase of *Porphyra tenera* KJELLMAN which matured in the calcite. Photographed on Sept. 8, 1960. $\times 500$.

様である。この単孢子嚢からの単孢子の放出もその年の10月25日にあきらかに観察された。

方解石以外では、大理石を基物にしてすでに右田・太田（1957）が糸状体を培養成熟させ、それからの採苗にも成功しているから、糸状体は貝殻以外の石灰性基物中でもかなり普遍的に成熟して単孢子嚢枝を形成しうるものとおもわれる。

要 結

1. アマノリ類、ウシケノリ類の糸状体に形成される単孢子嚢枝叢のうち、一部の枝は貝殻の内層方向にむかって伸長し相当の長さに達する。
2. 内層方向にむかう単孢子嚢枝はアサクサノリよりイワノリ類のばあいには長い傾向がみられる。
3. ウシケノリの単孢子嚢枝もアマノリ類のものと同様において大差がみとめられない。
4. アコヤ貝殻の稜柱層中でも単孢子嚢枝が生じる。
5. いわゆる“サメ肌”状突起の中にも単孢子嚢枝が形成される。
6. 方解石のような貝殻以外の基物中でも、単孢子嚢枝が形成されうる。

第8節 単孢子嚢枝の生長過程と開口

単孢子が単孢子嚢から放出されるためには、当然貝殻表面に単孢子嚢枝が開口していなければならない。この単孢子嚢枝の開口については、わずかに山崎（1954a）の記述がみられるのみで、他にくわしい報告がみられない。一般に単孢子嚢枝の開口の確認は、糸状体が繁茂すると貝殻表面の観察では困難なことが多い。また貝殻断面の観察でも単孢子嚢枝の一端が表面に達しているらしいことはみとめられても、その開口状態については確認が困難である。したがって、このことをさらに精密な観察によってたしかめる必要を感じたので、従来の材料を精査しなおし、またあたらしく糸状体を培養して、その貝殻の断面作成をきわめて入念におこなったところ、二、三の点についてしることができたので、その結果についてのべる。

実験および観察は1960年3月以降である。

結 果

表面観察による単孢子嚢枝の開口は、1959年2月1日に培養を開始し、210日後の8月30日に固定したクロノリ糸状体の単孢子嚢枝について確認された。この材料は比較的疎な生育をしていたので観察が容易であ

ったものとおもわれる。

図版ⅩⅠAにみられるように、クロノリ糸状体の単孢子嚢枝の開口は、ほとんど単孢子嚢枝の太さとかかわらず、9~12 μ ていどの直径をもつ円孔である。

断面観察による単孢子嚢枝の開口は、1959年2月10日から11月17日まで培養した糸状体についてみとめられた。この糸状体はインゲ上に着生していたアサクサノリとおもわれる種類を母藻にしてえられたものである。

図版ⅩⅠBにみられるように、あきらかに単孢子嚢枝が表面に達して、その開口部の直径は単孢子嚢枝のそれとかかわらないことが観察される。単孢子嚢枝の内容は、貝殻表面の開口部よりやや内方に収縮している。このことは上記の表面観察のばあいにもみとめられた。おそらく固定処理のためであろう。つぎに、このような開口を生ずるまでの単孢子嚢枝の生長過程をマルバアマノリの糸状体についてしらべた。

1960年3月1日から培養し、それに生じた単孢子嚢枝のごく初期の形成過程を貝殻断面により観察した。その経過をみると、6月14日にはすでに単孢子嚢枝の初期のものとおもわれるものが形成されている(図版ⅩⅠC・D)。これは長さ約25 μ の太い枝であって、貝殻表面から6~8 μ ないし20~30 μ のごく表層に近いところから糸状体の側糸として発出しているが、この時期にはまだこの太い枝自体はどの部分も表面に達していない。

6月20日にはやや発達した単孢子嚢枝がU字型をしめし、その両端がそれぞれ表面から約15 μ および30 μ のところ存在する(図版ⅩⅠE)。このばあいも単孢子嚢枝はまだ表面に達していない。

その後このような単孢子嚢枝の数がしだいに増加し、8月上旬には長さ約100 μ に達するものがみられ、また単孢子嚢枝の開口らしいものも表面観察によりみとめられる。

なお、糸状体が生育している貝殻の表面には、以上のような開口の他に、果胞子が最初に穿孔侵入するさいの穿孔も存在するので、アサクサノリ果胞子をタイラギの真珠層に播種してえられた糸状体を材料にしてこれを観察した。

1960年3月1日に、昼光色蛍光灯をもちい約800 luxの照度下で培養を開始し、3月7日に固定したものについての観察では、果胞子の発芽体の穿孔孔は約5 μ の直径で果胞子の直径よりかなり小である(図版ⅩⅠF)が、穿入した直下で糸状体はかなり膨大している。

以上の結果から、糸状体の穿孔、単孢子嚢枝の形成、成熟、開口という過程を追うと、ノリの種類、基物および時期もそれぞれこととなっているが、図版ⅩⅠはF、C、D、E、B、Aの順になる。

考 察

以上の観察から単孢子嚢枝が貝殻表面に開口する時期は、単孢子嚢枝の形成の当初でもなく、また単孢子放出直前でもないといえる。すなわち、はじめ貝殻表面直下10~30 μ ていどの層に存在する糸状体の枝から、短かく太い単孢子嚢枝の起原が発出するが、それは貝殻表面に開口をもたない。しかし、このような単孢子嚢枝の起原が生長するにしたがって、貝殻内層方向に長さをまし、またその過程のどこかで表面に開口をもつにいたるものと考えられる。

マルバアマノリ糸状体のばあいは、6月下旬に単孢子嚢枝の起原を観察し、8月上旬にはその貝殻表面における開口をみとめている。またクロノリ糸状体では、8月下旬に固定したものについて、あきらかに単孢子嚢枝の開口をみとめている。このような開口の直径が、単孢子嚢枝の太さとほとんどかわらないものであることも、単孢子放出の機構と関連して面白い事実と思われる。

なお、果胞子からの発芽体が最初に穿孔した穿孔孔の大きさは、果胞子よりかなり小さく5 μ 前後である。

要 結

1. 単孢子嚢枝が貝殻表面に達して形成する開口は、単孢子嚢枝の太さとほとんど同じていどの直径を有する。

2. 単孢子囊枝は、はじめ貝殻内層のむく表面に近い糸状体の枝の一部から発出し、しだいに内層にむかって長さをますとともに、表面にも達して開口を形成するものと思われる。
3. 果胞子の発芽体が穿孔した穿入孔は、直径約5 μ ていどの小孔である。

第2章 ノリ糸状体の生長に関する生理学的研究

アサクサノリなどの糸状体は、貝殻等の石灰質中に穿孔して生長するという特異な生態をしめすために、その穿孔の機作をはじめとして、貝殻中における生長の機構、代謝、ガス交換などの生理上の問題に関して多くの関心もたれていた。しかし、貝殻中に穿孔して生長するという興味ある点が、逆に実験の操作上いろいろな困難をもたらすためか、この方面の研究はなかなか進展しなかった。その主な困難は、実験上必要な量の糸状体を、貝殻からはなして大量に培養しがたいこと、したがって生重量が秤量できないことなどであろう。すなわち糸状体にはどこまでも穿孔基物である貝殻の問題がつきまとうため、研究が複雑になるものと思われる。筆者は1955年の春以来、いろいろな方法もちいて糸状体の生長に関する研究を生理的に解明することにつとめてきた。もちろん上述のような方法論上の隘路も根本的に打開できたわけではなく、もちいた方法にも、えられた結果にもまだ問題は多いと考えられるが、今後の研究上の一応の出発点にはなりうるものと思われたので、本章においてくわしくのべることにした。

第1節 糸状体の穿孔生長

糸状体の生長においてもっともめだつ点は、貝殻などを基物にして、そのなかに穿孔し生長するということであろう。穿孔藻類としては *Gomontia* などの緑藻類やある種の藍藻類があるが、アサクサノリなどの糸状体のように顕著に穿孔生長するものは少ない。

このような糸状体の穿孔性の機序の一端にふれるために、まず生理的方面から解決のいとぐちをつかもうとした。そして最初に実験の対象として、糸状体の基物に対する選択性をとりあげた。

A. 糸状体の穿孔基物

糸状体は、生物起原の石灰質だけでなく、鉱物性石灰質にも穿孔して生長しうることはずでに第1章第4節でのべたとおりである。このように無機物にも穿孔しうることがわかったので、石灰質以外の無機物に対しても穿孔できないものかどうかをしらべた。

一般に石灰質は貝殻や鉱物質のものも硬度がかなり低く、糸状体の穿孔性には硬度も条件になることが考えられたので、基物の硬度についても考慮をはらった。貝殻の硬度は、アコヤ貝の真珠層のばあいその生産する真珠から類推して、モース硬度が3.5~4.5と考えられる。この硬度は方解石の硬度が3、霏石は3.5~4であるから、鉱物性の炭酸カルシウムの結晶より高いことになる²⁵⁾。

材料および方法

母藻は大阪湾でえられたアサクサノリである。基物としては、その硬度が貝殻のていどか、それよりひくい鉱物をえらんだ。すなわち螢石 (Fluorite)、方解石 (Calcite)、霏石 (Aragonite)、珪灰石 (Wollastonite)、滑石 (Talc)、葉鱗石 (Pyrophyllite)、明礬石 (Alunite)、重晶石 (Barite)、斜方沸石 (Chabazite) の9種である。これらの鉱物を地学でもちいられる方法にならって、スライドガラス上にレークサイドセメントではりつけ、グラインダーで研磨して透過光線による顕微鏡観察が可能ないどにうすくしたものを用意した。つぎに自浄海水をみたしたバットの底に鉱物面を上にしたスライドガラスをしき、果胞子斑の多い母藻をその上において1日静置し、播種をおこなった。1955年2月13日に播種をおこない4月3日に穿孔状態をしらべた。

結果および考察

Table 1. The perforating ability of *Conchocelis*-filaments of *Porphyra tenera* KJELLMAN for inorganic matrices. Culture duration is 50 days from Feb. 13, 1955.

Matrices	Components	Hardness	Corrosion by acid	Perforating ability for matrices
Fluorite	CaF ₂	4	Corroded by hot sulphuric acid.	All germlings grew into creeping filaments on the surface of matrix. And no perforating growth is observed.
Calcite	CaCO ₃	3	Corroded by cold acid.	Almost all germlings grew into ordinary <i>Conchocelis</i> -phase in the matrix. Perforating growth is also the same as in the shell matrix.
Aragonite	CaCO ₃	3.5~4	Ditto.	The same as the above
Wollastonite	CaSiO ₃	4.5~5	Corroded by hydrochloric acid.	Some germlings partially perforated in some spots of matrix. Others creep elsewhere on the surface.
Talc	H ₂ Mg ₄ (SiO ₃) ₂ H ₂ O	1~1.5	Unaffected by acid.	No perforating filaments were observed. All germlings creep on the whole surface of matrix.
Pyrophyllite	H ₂ Al ₂ Si ₄ O ₁₂	1~1.5	Partially corroded by hydrochloric acid.	The same as the above.
Alunite	K ₂ SO ₄ ·3Al ₂ SO ₆ ·6H ₂ O	3.4~4	Corroded by hot potassium hydroxide and hot sulphuric acid. Unaffected by hydrochloric acid.	The same as the above.
Barite	BaSO ₄	3	Unaffected by acid.	The same as the above.
Chabazite	(Ca ₇ Na ₂)Al ₂ Si ₂ Si ₄ O ₁₂	4~5	Ditto.	The same as the above.

第1表に示したように、硬度の低い鉱物上に播種された果胞子とみられる生殖細胞のうち方解石、霏石上のは発芽してあきらかにそのなかに穿孔し、貝殻中とかわらない生長をしめた。とくに透明な方解石中ではきれいな羽状生長をしているのがよく観察できた(第2図参照)。ただ、穿孔しないで表面をはったままの発芽体が、貝殻のばあいより多い傾向がみられた。その他の鉱物中には、珪灰石のある部分にわずかに穿孔しているのが観察されただけで、他のすべてのものには全然穿孔しなかった。すなわち果胞子がガラス上で発芽したときにしめすような糸状の発芽体になって、鉱物面上をはっているだけであった。

珪灰石には全面に穿孔することがなく一部分にしか穿孔していない。珪灰石にはところどころに炭酸カルシウムをふくんだところがあり、酸にあうとこの部分が発泡するから、糸状体は主としてこの部分に穿孔しているものと思われる。

この結果からわかるように基物の硬度は問題ではなく、冷酸にとける物質でなければ糸状体は穿孔しないと思われる。すなわち、糸状体は冷酸でとくことのできる炭酸カルシウム系の物質にしか穿孔しないと考えられる。したがって炭酸カルシウム系の物質なら、無機物でも生物起原のものでもかわりなく糸状体の基物になりうるということがわかった。また貝殻の真珠層は斜方晶系 (aragonite) であり、方解石は六方晶系 (calcite) であるが、このような結晶系のちがいは問題にはならない。

糸状体は鈹物性炭酸カルシウムにも穿孔生長するから、その生長に対して貝殻中の有機物が不可欠であるとは考えられない。しかし方解石などの鈹物性基物には糸状体の穿入が困難であり、穿入後の生長も貝殻中よりやや劣る傾向がある。この傾向と貝殻中の有機物との関係については今後の検討にまきたい。

要 結

1. 糸状体は、貝殻のみでなく、方解石、霰石などの鈹物性炭酸カルシウム系基物にも穿孔しうる。
2. 炭酸カルシウム系以外の鈹物性基物には、硬度が貝殻より低くても全然穿孔しないから、硬度は穿孔の条件にはならない。
3. 穿孔生長は炭酸カルシウムの結晶系のちがいは関係なくおこなわれる。

B. 糸状体細胞の pH 値と炭酸カルシウムの溶解との関係

糸状体が炭酸カルシウム系の基物中に穿孔して生長するためには、その生長先端が基物を溶解して穿孔しなければならない。そのためには糸状体がなんらかの酸を分泌するか、あるいは糸状体細胞の pH 値が炭酸カルシウムを溶解するに充分なほど低くなければならない。このさい、炭酸カルシウムが実際に糸状体細胞あるいはその分泌液のしめす pH 値のていどで容易に溶解しうるかどうかとも問題である。

このような糸状体細胞の pH 値と炭酸カルシウムの溶解性との関係をしらべるために、まず糸状体細胞の pH 値をしらべ、ついで炭酸カルシウムの溶解と pH 値との関係をしらべて考察した。

材料および方法

糸状体細胞の pH 値をしらべるために、つぎのような方法をもちいた。

まず、アサクサノリ糸状体が穿孔しているカキ殻の真珠層の部分をときとうにくだいて、顕微鏡観察ができるていどの薄片にし、つぎにその薄片中の糸状体をいろいろな pH 指示薬で生体染色し、その色調をしらべ、その結果から糸状体細胞の pH 値を推測した。

もちいた指示薬はつぎの5種類である。

BPB (ブローム・フェノール・ブルー), MR (メチル・レッド)

BCP (ブローム・クレゾール・パープル), BTB (ブローム・チモール・ブルー)

PR (フェノール・レッド)

この実験は1955年7月におこなった。

炭酸カルシウムの溶解と pH 値との関係をしるためには、つぎのような方法をもちいた。炭酸カルシウムとしては、純粋な方解石を乳鉢でよくすりつぶして粉末としたものを用意し、これを種々の pH 値を有する磷酸カンシヨウ液中にいれ、そのさい生ずる炭酸ガス (CO₂) 量をワールブルグ検圧計で測定し炭酸カルシウムの溶解のていどをしらべた。磷酸カンシヨウ液の pH 値は指示薬法で比色測定した。

この実験は1956年11月におこなった。

結果および考察

Table 2. Vital staining of cells of *Conchocelis* of *Porphyra tenera* KJELLMAN with pH indicator pigments. Fragments of filaments-inhabited shell were flaked away from mother matrix in order to stain the cells under microscopic observation.

pH indicator	pH range and corresponding color range of indicator	Color of stained cells	Estimated pH of stained cells
Brom phenol blue (BPB)	2.4~4.0 Yellow—Purple	Light purple, partially yellow.	4.0
Methyl red (MR)	3.6~6.6 Red—Yellow	Orange.	4.0~5.0
Brom cresol purple (BCP)	5.0~6.4 Yellow—Purple	Almost yellow, partially purple.	5.0~6.0
Brom thymol blue (BTB)	5.2~7.6 Yellow—Blue	Yellow or light green.	5.2~6.0
Phenol red (PR)	6.0~8.0 Yellow—Red	Yellow.	6.0

各種指示薬の0.01%溶液で糸状体を生体染色した結果を総合すると第2表にみられるように糸状体細胞の内容がしめすpH値はほぼ5~6であるとみてよい。

一般に植物原形質のpH値は弱酸性であるといわれている。たとえば *Chara crinita* のそれは5.4~5.6 (5.5) である⁶⁰⁾。また植物細胞液のpH値もいろいろであるが、3.4~6.2 (多くは5.0~6.2) で酸性のことが多い⁶⁰⁾ から、糸状体原形質および細胞液のpH値はとくに高くも低くもないといえよう。問題はどのpH値で炭酸カルシウムが溶解するかどうかである。このことをしらべるためにおこなった実験結果および考察はつぎのようである。

pH5から8まで4段階の1/15モル磷酸カンショウ液それぞれ1.5ml中に粉末にした方解石を100mgい

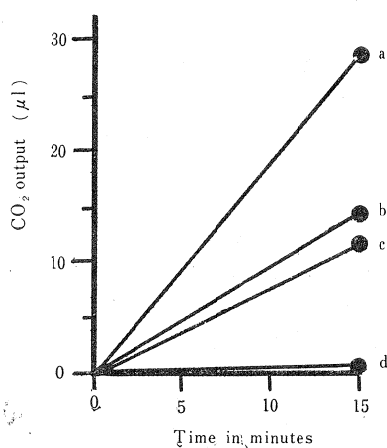


Fig. 12. Solubility of calcite in phosphate buffer solutions which have different concentrations of hydrogen ion. Solubility is expressed in terms of the volume of carbon dioxide released at 30°C. Calcite powder 100 mg, buffer solution 1.5 ml employed. a : pH 5, b : pH 6, c : pH 7, d : pH 8.

れて、30°C で検圧した結果は第12図に示すように、15分間に pH 7 でもかなりの CO₂ の発生があり、pH 6、pH 5 ではもちろんそれ以上に発生している。pH 8 では事実上発生はないとみてよい。pH 7 でこのようにかなりの CO₂ 発生がみられるのは、この液がじっさいにはげんみつに中性でなく、多少酸性であったものと思われる。すなわち、pH 値が中性から少し低いだけで相当量の炭酸カルシウムの溶解があることがこの実験であきらかになった。

このことをふたたびたしかめるために、1/15モルリン酸カンショウ液 1 ml 中に粉末にした方解石 50 mg をいれて5分ごとに測定し、第13図にみられるような結果をえた。すなわち多少の相違はあるが、その傾向にお

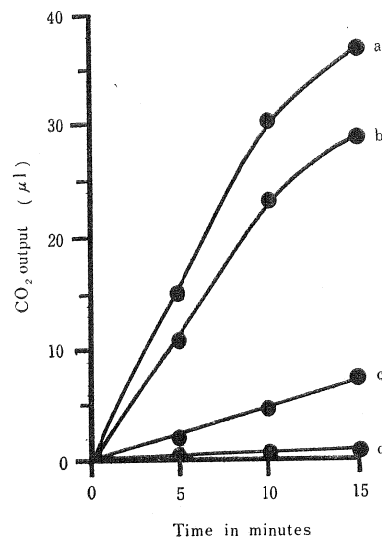


Fig. 13. Solubility of calcite in phosphate buffer solutions. Calcite powder 50 mg, buffer solution 1.0 ml employed at 30°C. a : pH 5, b : pH 6, c : pH 7, d : pH 8.

いてはかわりがない。すなわち pH 7 でもかなりの CO₂ 発生があり、pH 6、pH 5 ではさらにいじめるしい。

以上の実験から炭酸カルシウムを溶解するには、極端に低い pH 値を必要としないことがわかる。ほとんど中性に近くても酸性側ならば十分に溶解するものと思われる。したがって炭酸カルシウムを基物として穿孔するばあい、糸状体の pH 値は極端に低くなくても酸性であれば充分であると考えられる。事実上述のように糸状体細胞の pH 値はほぼ 5 ないし 6 であるから糸状体の生長先端の細胞、あるいはそれから分泌される物質の pH 値も 5~6 とみてよい。したがって糸状体はその接触面で基物である炭酸カルシウムを溶解することは容易であると考えられる。

陸上植物についてこのような現象をさがしてみると、つぎのようなことが知られている。すなわち、トウモロコシあるいは大豆の種子が、大理石上に盛られた砂中で発芽し生長すると、その大理石の面上に根の生長にともなって侵蝕した根跡がみられるという。これは根が排出した炭酸によって侵蝕がおこったものとされている²⁰⁾ から、糸状体の穿孔のばあいも同様の機作が考えられる。

要 結

1. 糸状体細胞内容物の pH 値は酸性であり、その値はほぼ 5~6 と考えられる。
2. 炭酸カルシウムは pH 7 以下のリン酸カンショウ液で容易にとけて CO₂ を発生する。
3. したがって炭酸カルシウムを溶解するには極端に低い pH 値を必要としない。
4. 以上の事実から、糸状体は貝殻などの炭酸カルシウムを溶解して穿孔する能力を当然もっていてもよいと考えられる。

第2節 裸出糸状体の生長

アサクサノリなどのいわゆる果胞子がスライドグラス上で発芽したばあいには、分岐の少ない糸状の発芽体になる。貝殻上に播種された果胞子は、発芽穿孔していわゆる *Conchocelis-phase* になるということが DREW (1949) によってみいだされるまえは、このようなガラス上の発芽はすべて異常発芽³⁴⁾ と考えられていた。

このガラス上の発芽体は、貝殻中の糸状体にくらべて同じ糸状体でも形態が相当ことなるうえに、貝殻中では旺盛に生長し越夏して生存するのにくらべて、ガラス上では生長がわるく、多くはまもなく死滅する。

このように裸出して発芽したばあいと、貝殻のような炭酸カルシウム系の基物中に発芽穿孔したばあいと、生長のていどや形態がことなることの原因をしらべるために、つぎのような実験をおこなった。

A. カルシウム塩の影響

果胞子からの発芽体が貝殻などの中に穿孔して生長するためには、その生長先端が基物を溶解しなければならぬ。炭酸カルシウムが溶解するのは、炭酸ガスとある種のカルシウム塩の形になって分解するからであるが、これらが穿孔した糸状体になんらかの好影響をあたえるから糸状体の生長がよく、逆にガラス上で発芽した裸出の糸状体は、このようなことがないので生長がわるいのではないかと一応考えられる。

したがって、裸出した糸状体にこの両要素をべつべつにあたえてその影響をみれば、あるていどの推測がつくと思われたので、はじめにカルシウムの影響をみる実験をおこなった。

実験は1955年3～4月におこなった。

材料および方法

3月24日に大阪湾で採集したアサクサノリを母藻にして、その果胞子と思われるものを多くのスライドグラス上に播種して培養し、発芽体が多く附着したスライドグラスを、カルシウム欠除の人工海水および塩化カルシウム (CaCl_2) を0.01, 0.5, 0.1モルの各濃度になるように海水中に添加した溶液中に入れて3月26日に実験をはじめた。対照は自浄海水である。カルシウム欠除の人工海水は Van't Hoff 液を基準にした NaCl 2.7%, KCl 0.07%, MgCl_2 0.34%, MgSO_4 0.21%の組成²¹⁾のものを用意した。調製した培養液のpH値はすべて対照の自浄海水のそれとかわりがなく8.2であった。つぎに上記培養液のそれぞれに2%の寒天をとかしてシャーレ中にかためた固形培養基をつくり、その上に自浄海水をみだし(人工海水寒天のばあいのみ、その上に人工海水をみだした)、それらの寒天面の上に常法どおり播種して、寒天中のカルシウム塩が生長におよぼす影響をみた。播種は3月24日におこなった。

この全実験において、もちいた培養液はすべて等張に近くなるように、0.1モル CaCl_2 海水溶液の滲透圧を基準にしてそれぞれ計算量の食塩 (NaCl) をくわえて調製された。

結 果

ガラス上の生長：ガラス上の裸出糸状体の長さを数個体について測定し、生長のていどを第3表にあらわした。3月29日の観察では対照がいちばん伸長がよく、あとはややおとるが、0.05および0.1モル CaCl_2 海水溶液中では、糸状体細胞の幅がやや広い傾向がみられる。カルシウム欠除の人工海水中では胞子が膨潤して大きくなったものが多く、発芽は全然みられない。

4月2日の観察では、長さにおいて対照と0.01および0.1モル CaCl_2 海水溶液中のものとは大差がなく、0.05モル CaCl_2 海水溶液中のものはややおとる。しかし CaCl_2 海水溶液中のものはすべて糸状体の幅がややひろく、また分岐もやや多い傾向がみられる。人工海水中では胞子がほとんど死滅した。

4月8日には、長さにおいて0.1モル CaCl_2 海水中のものももっともすぐれ、対照がこれにつき、さらに0.01モルおよび0.05モル CaCl_2 海水溶液中のもの順となる。人工海水中ではすべて死滅した。

Table 3. Effect of calcium salt added to sea water on the growth of *Conchocelis*-filaments of *Porphyra tenera* KJELLMAN germinated on the microscopic slides.

CaCl ₂ added to sea water (mol)	Control (Natural sea water)	Calcium free artificial sea water	0.01 M	0.05 M	0.1 M
Culture duration in days					
5	Almost all spores germinated. 60~120 μ	Almost all spores swelled. No germination.	All germinated. 70~90 μ	Almost all germinated. Cells slightly thicker. 70~100 μ	Almost all germinated. Slightly thicker. 60~80 μ
9	Several died. 130~150 μ	Almost all spores died. A few germinated.	Cells slightly broad. Ramification rather frequent. 130~150 μ	Slightly thicker. Ramification rather frequent. 105~135 μ	Cells thicker. 150 μ
15	270 μ	All died.	225 μ	225 μ	300 μ

この結果からみると、0.1モル CaCl₂ 海水溶液中ではわずかに対照より伸長がよいようにおもわれるが、だいたいの傾向として海水中に添加した CaCl₂ は裸出糸状体の伸長にたいしてあまり大きい影響をあたえないといえよう。

しかし、糸状体の幅や分岐についてはやや好影響をしめすらしく、対照よりわずかであるが幅がひろく、分岐も多くなる傾向がみられる。カルシウムを欠除した人工海水中では、孢子はほとんど発芽せずただちに死滅する傾向がみられる。

Table 4. The growth of the *Conchocelis*-filaments of *Porphyra tenera* KJELLMAN creeping on or penetrating in the agar media which were prepared from different sea water described in Table 3 and were filled with natural sea water over them (with artificial sea water only in the case of Ca-free agar medium).

CaCl ₂ contained in agar media (mol)	Control (Natural sea water)	Calcium-free artificial sea water	0.01 M	0.05 M	0.1 M
Culture duration in days					
5	Almost all spores germinated	Almost all spores floating. No germination.	Majority of spores germinated.	A few germinated	A few germinated.
9	Rarely ramified 120~165 μ	No germination.	150~225 μ	135~150 μ	75~105 μ
15	Almost penetrated. Some creep on the surface of medium. 225~270 μ	All died.	Almost penetrated. 375~405 μ	Poor development. 225~240 μ	Poor development. 150~165 μ

寒天上の生長：寒天培養基上で発芽した糸状体には、寒天面上をほうものと、寒天中にななめに穿孔するものがあったが、どちらもガラス上で発芽した裸出糸状体と同じような形態をしめした。

このような寒天中の発芽体の伸長をしらべて生長のていどをみた結果を第4表にしめした。

3月29日、4月2日および4月8日の観察結果を総合するとつぎのようである。

カルシウム欠除の人工海水でつくった寒天上では、胞子がいつまでも附着しないで寒天面上をころがり、発芽がみられない。

長さにおいて0.01モル CaCl_2 海水寒天のばあいをもっともよく、対照および0.05モル CaCl_2 海水寒天のばあいがこれにつぎ、0.1モル CaCl_2 海水寒天のばあいをもっともわるい。

分岐と幅については、ガラス上の生長のばあいと傾向においてほとんどかわりがなかった。

考 察

カルシウムが裸出糸状体の伸長に影響をおよぼす濃度は、両方の実験でくいちがいがあってはっきりしないが、ガラス上では0.1モル CaCl_2 海水中でやや生長がよく、対照がこれにつぎ、寒天上では0.01モル CaCl_2 海水寒天上が対照よりややよい傾向をしめすから、ある濃度では多少好影響をあたえるらしい。またカルシウムの存在によって裸出糸状体の幅がわずかに大きく、また分岐もやや多くなる傾向がみられる。一般にカルシウムは原形質膜の維持や細胞膜の形成に必要なといわれているから、このことはうなずけるが、海水中に通常存在する量以上の量のカルシウムの存在が裸出した糸状体の生長にとくに効果があるようにはみえない。しかしカルシウム欠除の人工海水中では生育しないから、まったくカルシウムを欠いては生存できないことはあきらかである。

要 結

1. ガラス上で発芽した糸状体の生長は、0.1モル CaCl_2 海水溶液中では対照よりわずかによく、寒天培養基上では0.01モル CaCl_2 海水寒天のばあいにやや伸長がよい。
2. CaCl_2 海水溶液中では糸状体の幅がわずかにひろく、分岐もやや多い傾向がみられる。
3. カルシウム欠除の人工海水中およびそれで行った寒天培養基上では、糸状体は生長しない。
4. 裸出糸状体の生存にはあるていどのカルシウムが必要であるが、その生長におよぼす好適条件はあきらかでない。しかし天然海水に含まれる濃度よりわずかに高いらしい。

B. 重 炭 酸 塩 の 影 響

炭酸カルシウムの構成要素のひとつである炭酸の影響を、カルシウムのばあいとほぼ同様にして実験した。実験は1956年1～2月におこなった。

材料および方法

ガラス上で発芽した糸状体に対する影響をみるために、0.01%、0.05%、0.1%の各割合になるように NaHCO_3 を自浄海水中に添加したものを用意した。

寒天上の生長をみる方法は、供試塩類がことなる以外はカルシウムのばあいと同じである。すなわち重炭酸ソーダ (NaHCO_3) 2%および0.5%、炭酸ソーダ (Na_2CO_3) 0.5%、塩化カルシウム (CaCl_2) 0.5%の割合にそれぞれくわえた海水溶液をつくり、それぞれの溶液で2%海水寒天培養基をつかって前実験と同様に準備した。

各塩類の海水溶液がしめす調製直後のpH値は、0.5% Na_2CO_3 のばあい9.8に上昇した以外はほぼ自浄海水の8.2とひとしくほとんど変化がなかったが、数日放置すると2% NaHCO_3 では8.4に、0.5% NaHCO_3 では8.3にと少し上昇し、かつ器壁にわずかな白色の析出物を生じた。0.5% Na_2CO_3 のばあいは調製後にだちに白沈を生じた。重炭酸ソーダ添加の海水溶液中の全炭酸量は、実測によると対照の自浄海水よりはるかに多く、また光合成の炭酸源として有効であるといわれている CO_2 、 HCO_3^- 量も海水溶液のpH値から算定すると対照より充分多い結果がえられた。しかし0.5%炭酸ソーダのばあい、全炭酸量および

HCO₃⁻量ははるかに多いが CO₂量はゼロであった*。

結 果

ガラス上の生長：1月31日に播種して3月2日に観察した結果は、発芽体の数が少なく、数量的にあらわすことができなかったが、0.01%、0.05%、0.1% NaHCO₃ 海水溶液中では、いずれも対照より生育が良好であった。そして発芽体の形態は根本的には対照とかわりがないが、NaHCO₃ 海水溶液中で培養されたばあいの方が細胞の幅がひろく、かつ色素体の色があきらかに濃いものが多かった。

寒天上の生長：2月28日に播種したものを3月20日10個体についてその長さを測定し、平均して生長のていどをあらわすと、第5表のようになる。同様に4月3日に5個体について測定し平均した結果を表示した。

Table 5. The growth of *Conchocelis*-filaments of *Porphyra tenera* KJELLMAN creeping on or penetrating in the agar media which were prepared from sea water containing bicarbonate, carbonate and calcium chloride.

Salts		Control (Natural sea water)	2 % sodium bicarbonate	0.5 % sodium bicarbonate	0.5 % sodium carbonate	0.5 % calcium chloride
Culture duration in days	20	225 μ	330 μ	260 μ	225 μ	225 μ
	34	350 μ	525 μ	555 μ	500 μ	405 μ
Color of chromatophore		Rather faint.	Deep.	Rather deep.	Rather faint.	Rather faint.
Cell diameter		Rather slender.	Slightly broad.	Slightly broad.	Slender.	Slender.

これからみると、あきらかに 0.5 % あるいは 2 % NaHCO₃ をふくむばあいに生長がよく、ついで 0.5 % Na₂CO₃、0.5 % CaCl₂、対照の順となっている。

糸状体の伸長のみでなく、その太さや色素体の色調についても、NaHCO₃ をふくむ寒天上のものは幅がひろくて色が濃く、他のものは細くて色がうすい傾向がみられた。

要 結

1. NaHCO₃ を含んだ海水では、含まないばあいより裸出糸状体の生長がよい。
2. 重炭酸塩、炭酸塩、カルシウム塩をそれぞれ含んだ寒天上の裸出糸状体の伸長は、この順序に良好であった。
3. 重炭酸塩を含む寒天培地では、糸状体が太くかつその色素体の色もこくなる傾向がある。
4. したがって、糸状体の穿孔基物となる炭酸カルシウムの構成要素のうち、炭酸が糸状体の生長に有効であると思われる。
5. 貝殻中で糸状体の生長がよい理由の一部は、炭酸の影響と考えられる。

第3節 糸状体の代謝

糸状体のガス代謝およびその他の物質代謝については、いままでほとんど研究がおこなわれていない。これは糸状体が貝殻などに穿孔しているために、その生体量および乾燥量などの基準となる量が計量できないこと、また貝殻中に密に繁茂したとしても糸状体だけの量としてはわずかであって、その代謝による物質

* これら全炭酸量の測定および各種炭酸物質濃度の算定は、水産講習所・武居薫氏におねがいをした。

の変化もごく少なく、測定に困難と誤差がともなうことのためと考えられる。しかしたとえ誤差が多いにしても、代謝に関してなんらかの知見がえられれば、こんごの研究に参考になりうるものと考えて二、三の実験をおこなった。

A. 糸状体による海水中の溶存酸素量の変化

糸状体を培養している海水中の溶存酸素量の変化を、ウインクラーク法で測定しその酸素 (O_2) 代謝をしらべた。実験は1956年5～6月におこなった。

材料および方法

もちいた糸状体は熊本県水試鏡分場から送付をうけたもので、カキ殻を基物としたアサクサノリの糸状体である。

貝殻面全体に均一に糸状体斑がひろがっているカキ殻を適当にくだいて小片となし、真珠層と殻皮のあいだにある白色の稜柱層、および殻皮をのぞき、糸状体が穿孔している真珠層の部分だけの薄片をつくった。この薄片を数個、海水をみたした酸素定量瓶中にしずかにしずめ、糸状体斑の存在する面を上に向けて全面に光があたるようにして密栓し、一定温度に静置した。一定時間後に酸素瓶中の海水をサイフォンで静かにとりだして固定し、溶存酸素量を測定した。光の照射の必要なときは定温器の外からガラス扉をへだてて照射した。光の照度は、光源からの距離やものかげからの照射などの手段をもちいて加減した。

ふつう実験のはじめには材料を秤量しなければならないが、まえにのべたように糸状体は貝殻中に穿孔しているので、一定量計量して実験にうつすことができない。したがって酸素瓶中で培養する糸状体は大体のめやすとして、糸状体の穿孔した貝殻片の容量2 ml またときには1 ml を基準とした。この値は、海水をみたした酸素瓶へ貝殻片をいれ、排除された水量からもとめた。しかし、このような貝殻の容量のみを基準としては、糸状体の量が正確にあらわせないで、えられた結果を一定の基準と比較するために、実験にもちいた2 ml ないし1 ml の貝殻に存在する糸状体から、そのクロロフィルを主とする油性色素を20 ml のエタノールとともに磨砕抽出し、420 m μ における抽出液の吸光極大をベツクマンの光電分光光度計で測定し、えられた $\log I_0/I$ の値を基準にして溶存酸素量の変化量をもとめ、糸状体の酸素の代謝量とした。

この実験においては420 m μ における $\log I_0/I=0.500$ を基準とした。

上のようにしてえられた油性色素の吸光曲線には2つのピークすなわち420 m μ および660 m μ があるが前者の吸光度は後者のそれより大きいので、とくに420 m μ における吸光度を基準にもちいたのである。

結果および考察

溶存酸素量の時間的変化：暗黒下のばあいと500 luxの光の照射下のばあいについて、それぞれ糸状体の酸素吸収および放出を28°Cで時間的に追究した結果はつぎのようである。なお、ここにしめす酸素量は自浄海中にはじめから溶存していた酸素量をさしひいた値である。

a. **自浄海中における実験：**光を照射したばあいにえられた結果を図示したものが第14図aである。最初の数時間はほとんど変化がないが、20、48時間後にはかなりの溶存酸素量の増加がみられる。これはあきらかに光合成によるみかけの酸素放出の増加によるとみられる。暗黒下でえられた結果を第14図bにしめた。1時間後には溶存酸素量が増加し、それからしだいに減少している。

暗黒下では呼吸による酸素吸収がおこなわれるので、はじめから溶存酸素が減少しなければならないはずであるから、この一時的増加は海水を酸素瓶からうつして滴定するまでのあいだに空気中から溶入した酸素による実験誤差とおもわれる。もしこの考が正しければ実験はすべて一定の条件下でおこなわれたのでこの値もほぼ一定と考えられる。したがって、すべて1時間目の結果を基準とすれば、この値が消去されて、糸状体の代謝だけでもとづく変化量があらわされるものと考えられる。第14図bの結果を1時間測定値を基準にして計算すると0 ml/l (1時間)、0.89 ml/l (2時間)、-0.81 ml/l (3時間)、-1.39 ml/l (20時間)、-1.62 ml/l (48時間) という値になり、ほぼ時間ごとに減少していく傾向がみられる。

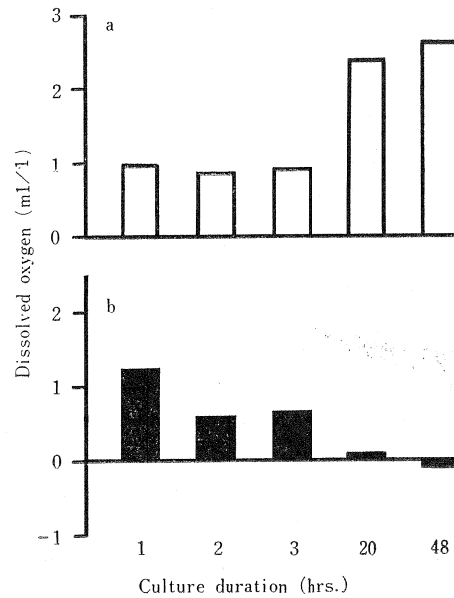


Fig. 14. Changes in dissolved oxygen during the cultivation of *Conchocelis* in sea water at 28°C. Based on a unit quantity of *Conchocelis* material in terms of extractable chlorophyll equivalent to 0.5 of optical density at 420 m μ . Natural sea water was employed. a : illuminated (500 lux), b : in the dark.

Materials employed in the experiments of Fig. 14—19 are *Conchocelis* of *Porphyra tenera* KJELLMAN.

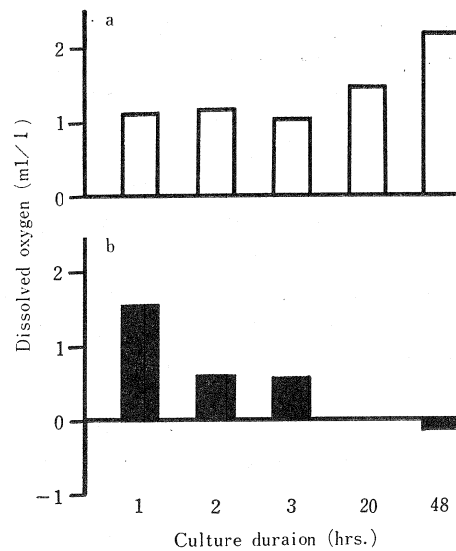


Fig. 15. Successive change of dissolved oxygen during the cultivation of *Conchocelis* in sea water at 28°C. See Fig. 14 for base quantity of *Conchocelis* material. a : illuminated (500 lux), b : in the dark. Boiled sea water was employed.

b. 煮沸海水中における実験：海水中にすでに溶存しているガスをできるだけ除去するために、いちど煮沸したうえ密閉器中にいれて排気した自浄海水をもちい、前記と同様の実験をおこなった。この操作によって海水中に溶存する酸素は1/2~1/3に減少した。

光照射のばあいは第15図 a にしめすように、第14図 a のばあいとおなじく、溶存酸素が時間の経過とともに増加する傾向がみられる。暗黒下における結果は第15図 b にみられるように、1時間後の値は増加し、以後はしだいに減少していく傾向をしめす。この結果をまえにのべたことと同じ理由で、1時間値を基準にして計算すると、0 ml/l (1時間), -0.76 ml/l (2時間), -1.11 ml/l (3時間), -1.71 ml/l (48時間) という結果になる。すなわち、やはりしだいに減少する傾向になり、呼吸による溶存酸素の減少をしめしているものとおもわれる。

照度の影響：照度の差によって糸状体がしめす酸素の代謝量の変化をしらべるために、4段階のことなる照度下で室温(25~28°C)実験をおこない、2日後にえられた結果を比較した。照度計を瓶の位置において、フォト・セルの面の角度をかえて照度をはかり、最大と最小の値をもってその場所の照度とした。

自浄海水中のばあいは第16図 a にしめすように1000~2000 lux でかなりの酸素放出がみられるが、50~

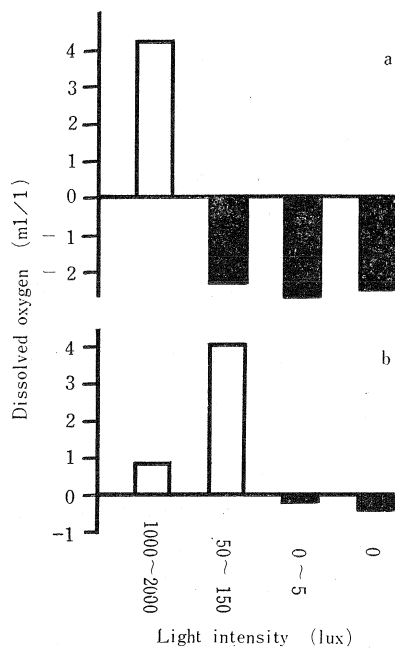


Fig. 16. Effect of light intensity on the change of dissolved oxygen during the 2 days cultivation of *Conchocelis* (room temp.). See Fig. 14 for base quantity of *Conchocelis*.
a : in natural sea water, b : in boiled sea water.

150 lux 以下ではすべて酸素の吸収のみがみられる。このことから50~150 lux の明るさでは光合成はおこなわれないうちにおもわれる。しかし、いちど煮沸した海水中のばあいは第16図 b にみられるように、1000~2000 lux よりかえて50~150 lux で多量の酸素の放出がみられる。もちろん0~5 lux および0 lux では酸素の放出はみられず吸収がおこなわれている。

このように2つの実験で差がみられたのは、培養海水の差というより、その他による実験誤差が大きくてやすいためと考えられるが、両方の結果から少なくとも糸状体は5 lux 以下では光合成をおこなえず、50~150 lux 近辺では、他の条件の差でおこなったりおこなわなかったりするものとみられる。

要 結

1. 糸状体に光を照射すれば、海水中の溶存酸素量が増加する。これは糸状体の光合成による酸素放出の結果とみられる。
2. 暗黒下では、海水中の溶存酸素量ははだいに減少する。この減少は糸状体の呼吸による酸素吸収の結果とみられる。
3. 照度 50~150 lux のばあいには糸状体の酸素放出がみられるときとみられないときがあるが、0~5 lux 以下では酸素の吸収がおこる。したがって補償点はほぼ 5~50 lux の附近にあるとみられる。

B. 糸状体のガス代謝

まえに糸状体の光合成、呼吸などの結果にもとづく溶存酸素量の変化をしらべたが、じっさいに糸状体がしめすガス圧の変化をとらえてその光合成、呼吸のていどをみるために、ワールブルグ検圧計²²⁾をもちいて実験をおこなった。このさい、じっさいにマンメーターにあらわれるガス圧の変化はきわめてわずかであり、このことは貝殻中に穿孔している糸状体の量が生体量にすばいかにわずかであるかということをしめしている。また溶存酸素量の項でのべたような理由で、このばあいもいろいろな誤差をまねく実験上の操作のむずかしさがあり、えられた結果はかならずしも正確とはいいがたい。したがって、ここでえられた結果から、結論めいたことがらをひきだすことはむずかしいにしても、糸状体のしめすガス代謝のていどを知ることは、この方面の知見のまったくみられない現状では必要なことであると考えられる。

実験は1956年11~12月におこなった。

材料および方法

前項の材料を前項と同様にして、その真珠層の部分をしてきとうな大ききの薄片にし検圧計の容器中に海水 3 ml とともにいれて実験をおこなった。貝殻は容積にして 0.2 ml である。なおもちいた貝殻をくだいて、10 ml エタノールでクロロフィルを抽出し、その 420 m μ における吸光度を 0.3 にそろえて計算し、糸状体量を同一レベルにしたものとして比較した。

暗黒下で呼吸による酸素の吸収をみるばあい、副室に 0.5 ml の 10% 苛性カリ (KOH) 溶液をいれたものと、いれないものと 2 本ならべて測定をおこなった。

実験温度は 25°C または 30°C である。

結 果

暗黒下の場合：えられた結果を図示したものが第17図である。多くの実験をおこなってはほぼ同様の曲線をえたが、そのうち数例をしめた。これで見ると多少の不整一があるにしても、だいたい酸素の吸収量と時間との関係は直線的とみてよい。そして CO_2/O_2 を計算すると第17図中の説明のように、だいたい 0.5~0.7 になる。

光照射の場合：電燈または蛍光燈の光を恒温水槽中の水面上から照射して実験した結果は第18図にみられるように条件によってことなるが、いずれも光合成にもとづくとみられるガスの時間的増加がみとめられる。これはもちろんみかけ上の量であって、常法²⁾にしたがえば一定時間の光照射後、暗黒下での実験にうつしてひきつづき測定しなければならぬが、この実験のていどでは、照明や測定時間、温度等の関係から長時間の測定は不適当であり、とくにこのような実験をおこなわなかった。

1959年に補足しておこなった実験の結果を第19図にしめす。

このときの糸状体量は吸光度を一定に統一していない。恒温槽の水面上から電燈を照射し、容器のある位置での照度が約 1,000 lux になるようにしたが、糸状体は容器中にあり、また容器中の糸状体は振盪中にうらがえったりかさなったりして全面に光をうけることができなかつた。したがって、じっさいに当たった光は 1,000 lux に達してなかつたと考えられる。

温度は 25°C で 1 時間ごとに明暗をくりかえして実験をおこなった。結果は図にみられるように、光の照

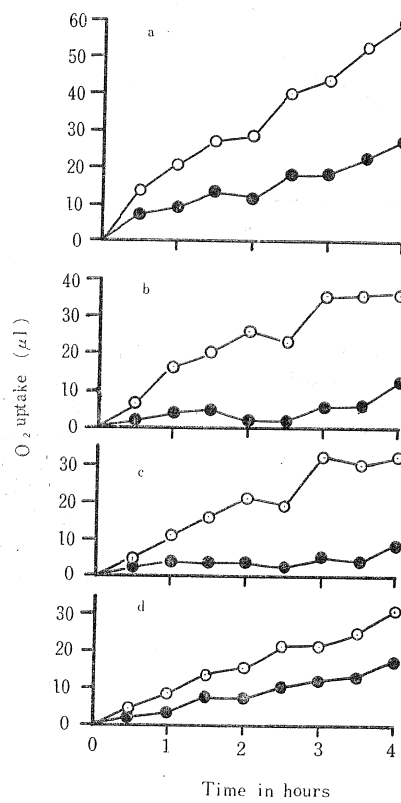


Fig. 17. Manometric measurements of oxygen uptake by *Conchoceleis* in the dark. Sea water 3.0 ml, shell volume 0.2 ml in the vessel (solid circles) and 0.5 ml of 10% KOH placed in the central well (open circles). a, b, c: 30°C, d: 25°C. See Fig. 14 for base quantity of *Conchoceleis*, but 0.3 at 420 m μ . Calculated RQ are as follows, a: 0.54, b: 0.65, c: 0.74, d: 0.44.

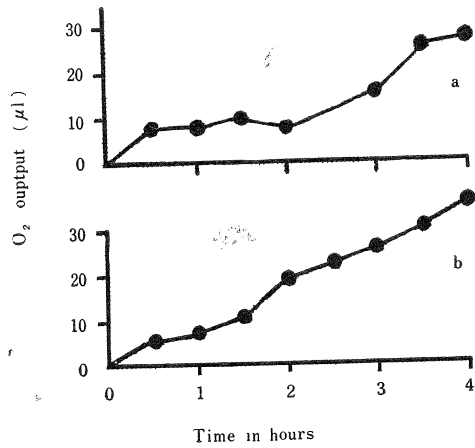


Fig. 18. Manometric measurements of O_2 output by *Conchoceleis* when illuminated. Sea water 3.0 ml, shell volume 0.2 ml employed. a : $30^\circ C$, b : $25^\circ C$. Quantity of *Conchoceleis* as the case of Fig. 17.

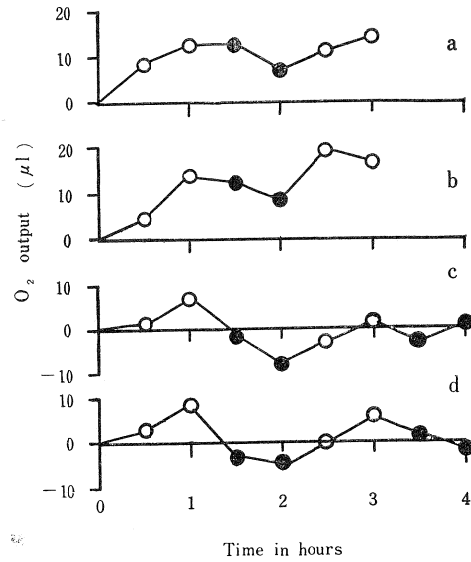


Fig. 19. Manometric measurements of gas exchange by *Conchoceleis* under the alternation of light and dark ($25^\circ C$). Sea water 3.0 ml, shell volume 0.2 ml employed. Open circles : under lighting, closed circles : in the dark. Optical density at $420 m\mu$ in ethanol extracts of materials are as follows, a : 0.450, b : 0.520, c : 0.700, d : 0.570.

射下ではガス量が増加し、暗黒下では減少するが、その値は一定でなく、また変化がむくむくかで誤差も多いと考えられるのでなんらかの結論をひきだすにいたらなかったが、傾向だけはうかがわれる。

要 結

1. 光照射下では、糸状体は光合成の結果とみられる O_2 を放出する。
2. 暗黒下では、呼吸の結果とみられる O_2 の吸収がみられる。
3. 糸状体の呼吸商は 0.5~0.7 とみられる。

第4節 糸状体の色素

糸状体が母藻である葉体とその形態において非常にことなることは、すでによく知られるようになった事実である。その色素体も葉体細胞がもつ星状の色素体とはあきらかにことなつた板状の色素体であり、ときにはその形状がはっきりとみとめにくいときもある。このような糸状体の色素体中にも、当然生長に関係の深い光合成色素が含まれていると予想されるが、糸状体の色素体中の色素がその貝殻穿孔という特異な生態に関連して、母藻の色素と同じものかどうか興味ある問題と思われたので、この点について知るため1955年6~9月に実験をおこなつた。すなわちアサクサノリ糸状体をはじめとし、その葉体、ウシケノリの葉体と糸状体などについて、それらの色素を抽出し比較研究をおこなつた。

材料および方法

もちいた糸状体は前節のものと同じである。葉体は大阪湾に自生しているアサクサノリと同定されたものおよび和歌山産のアサクサノリと同定された乾ノリである。ウシケノリは大阪湾に自生していたものである。その糸状体は果胞子と思われるものを著者がカキ殻上に播種し発芽穿孔させて培養したものである。

以上の材料の色素についてしらべるための方法としては、まず、その生体の吸光曲線をしらべて、含まれている色素全体の吸光曲線をしり、生体における吸光特性をしるてがかりをえ、つぎに生体色素の構成を知るために、有機溶剤、磷酸カンシヨウ液などの溶媒で抽出して、そのおのおの抽出色素の吸光曲線をしらべた。特定のものについては、カラムのクロマトグラフ法で分別吸着させ、それからふたたび溶離してえた色素の吸光曲線を測定した。

吸光曲線はすべてベックマン光電分光光度計により測定をおこなったが、試料植物が生きているばあいの測定には、特別な工夫⁴⁰⁾をほどこした。この方法は BIEBL (1953) が *Porphyra umbilicalis* の葉体の透過率曲線について、環境要因の影響をしらべたときにもちいた方法と同じような方法である。すなわち、アサクサノリ葉体を分光光度計用の試料セル (1 cm 角、深さ約 5 cm) の一方の内側にセルの面積よりやや小さく切ってはりつけ、つぎにしわがよらないようにうすいスライドの薄片でこれをおさえ、セルには海水をみたす。

貝殻に穿孔している糸状体の生体のばあいには、糸状体が密に穿孔して発育している貝殻のうち、真珠層の部分をえらんでなるべくひろい面積の薄片 (200~300 μ) を多くつくり、試料セルの光透過部いっぱいになるようにすきまなくならべ、うすい 2 枚のスライドのあいだにはさむ。

ウシケノリ葉体のばあいには、2 枚のうすいスライドのあいだに葉体をすきまなくならべてはさむ。

吸光曲線はすべて可視部 (400~800 $m\mu$) における吸光度 ($\log I_0/I$) からもとめた。

結果および考察

I. アサクサノリ

a. 葉体とその抽出色素の吸光曲線

アサクサノリ生葉体の吸光曲線およびその乾物の水抽出液ならびに、アルコール抽出液の吸光曲線を第20図にしめた。生葉体の吸光曲線 (A) は今までの多くの研究¹⁹⁾ から知られているように、水抽出液からえられる phycobilin の吸光曲線 (B) と、エタノール抽出液からえられたクロロフィル a、カロチン等の吸光曲線 (C) の合成されたものであることがわかる。生葉体における曲線の各ピークは分別した色素群溶液の曲線と相対するピークがほとんど一致する。ただ 420 $m\mu$ 前後におけるピークが A と B で多少ことなるのは、前者は生葉体、後者は乾物からの抽出液であるという材料の状態の差にもとづくためと思われる。

水抽出液のしめす曲線 (B) は、phycobilin の吸光曲線であって、r-phycoerythrin (497.5, 540, 566 $m\mu$)⁴⁹⁾、r-phycoerythrin (553, 615 $m\mu$)⁴⁹⁾ の吸光曲線の合成されたものとおもわれる。このことはそれぞれのおもなピークの位置から充分推定できる。

b. 糸状体の吸光曲線

糸状体が穿孔発育している貝殻の薄片の吸光曲線は第21図Aにみられるように生葉体の吸光曲線とピークの数、位置においてかわりはない。形状と対応する各ピークの高さはややことなっているとはいえ、短波長部で高く、長波長部で低い生葉体の吸光曲線とほとんど同じ傾向をしめしている。これは、糸状体が自然の海底等で貝殻とともに存在するばあいの状態をしめすものである。

しかし糸状体の穿孔していない貝殻の真珠層の部を対照にとって測定した吸光曲線は第21図Bにしめたように、第21図Aとはかなりことなつた傾向をしめす。すなわち 400~700 $m\mu$ の間ではほとんど各ピークの高さがかわらない。

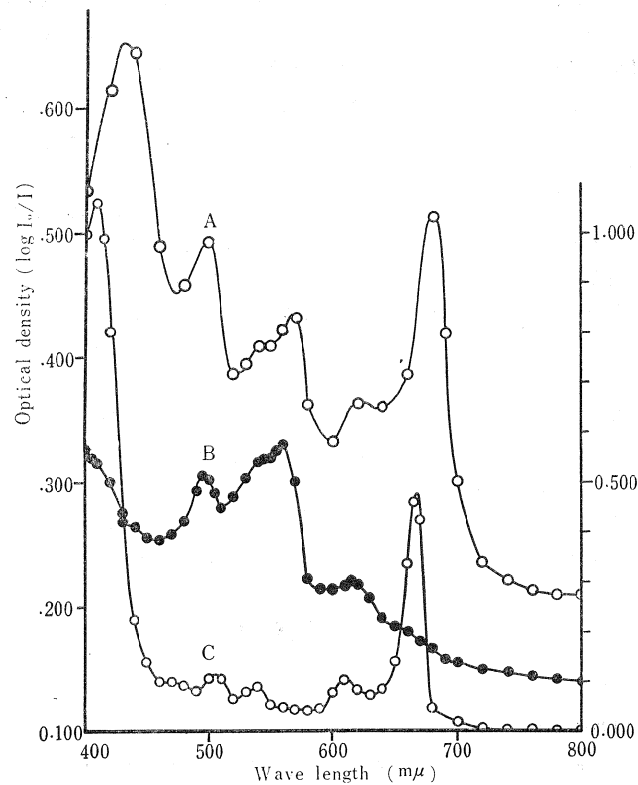


Fig. 20. Spectral absorption curves of *Porphyra tenera* KJELLMAN. A : fresh intact thallus, B and C : water and ethanol extracts from dried material, respectively. A refers to right scale, B and C to left scale.

カキ殻自体 (厚さ 200~300 m μ) の吸光曲線は第21図Cにみられるように、青緑色部に高く赤色部にむかってなだらかに下る曲線であり、第21図Bにしめされた曲線は第21図Aの曲線から第21図Cの曲線の各対応する値が差引かれたものと考えてよく、裸の糸状体のみではこのような吸光曲線をしめすものと思われる。すなわち、貝殻による光吸収の影響のない糸状体自体の色素による光吸収は、アサクサノリ葉体のばあいにくらべて長波長部における吸光が、短波長部における吸光より比較的小さくおとっていると考えられる。

c. 糸状体の色素

糸状体の吸光特性が、葉体のばあいと前述のような差はみられても、ピークの数、位置などにかわりがないことは、色素の構成においては葉体と糸状体とかわりがないことをしめしている。それですまず水溶性色素である phycobilin を抽出してしらべた。

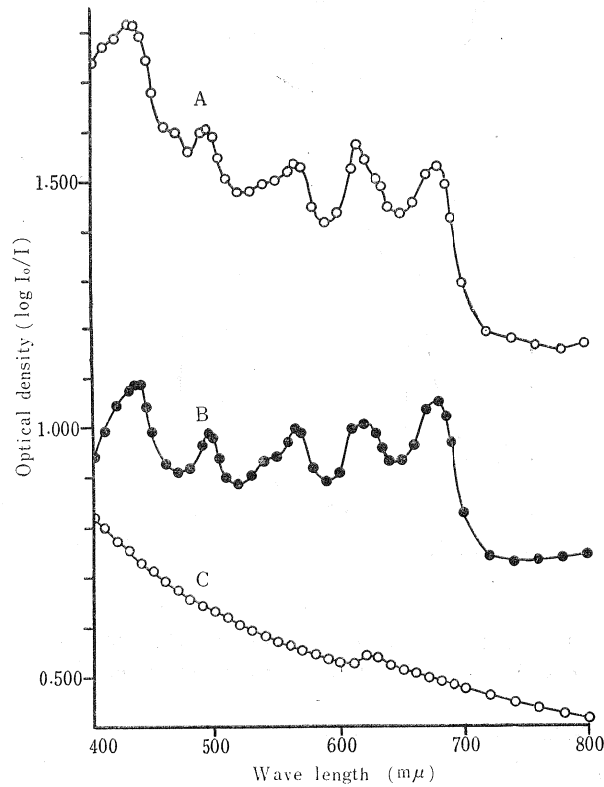


Fig. 21. Spectral absorption curves of shell plates.
 A : *Conchocelis*-inhabited shell versus sea water, B : inhabited shell versus non-inhabited shell, C : non-inhabited shell versus sea water.
 Materials employed in following experiments (Fig. 21—24) are *Conchocelis* of *Porphyra tenera* KJELLMAN.

抽出は常法のように、蒸溜水に少量の塩（ここでは食塩）をくわえたもの、および 1/10 モル磷酸カンショウ液をもちい、貝殻ぐみ乳鉢中で搗細しておこなった。抽出したときの pH 値は、前者で約 6.8、後者では約 5.4 であったが、pH 値が低い方がよく抽出されたので、この抽出液を遠心分離（3,000r. p. m. 約 5 分）して残渣をのぞいた phycobilin 溶液を測定してえた吸光曲線は第22図Aのようである。

この曲線から、糸状体の phycobilin と葉体の phycobilin と本質的にかわりなく、やはり phycoerythrin と phycoecyanin の混合物であることがわかる。ただ 540 mμ⁴⁹⁾ 附近におけるピークはあまりあきらかでない。

糸状体をエタノールで抽出した溶液の吸光曲線は第22図Bのようで、まったく葉体のばあいと同じく主としてクロロフルイ a (432.5, 665 mμ …メタノール抽出)⁴⁹⁾ と β カロチン (452, 482 mμ …エタノール抽出)⁴⁹⁾ と思われる吸光曲線をしめす。

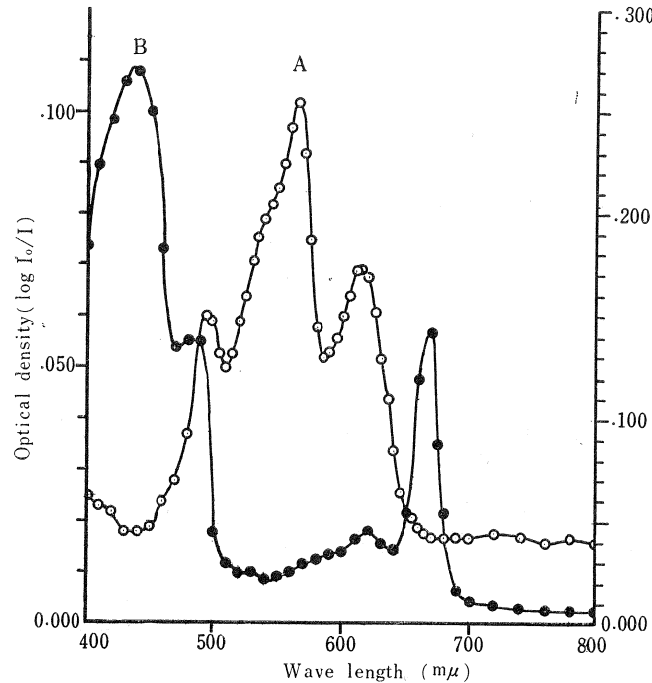


Fig. 22. Spectral absorption curves of water extract (phycobilin) of *Conchocelis* (A), ethanol extract of *Conchocelis* (B). A refer to right scale, B to left scale.

d. 糸状体の phycobilin の分離

これまで紅藻の phycobilin は、3 ピークをもつ r-phycoerythrin (497.5, 540, 566 m μ)⁴⁹⁾ と 2 ピークをもつ r-phycoerythrin (553, 615 m μ)⁴⁹⁾ とからなっているといわれている。たとえ *Rhodymenia pacifica* の r-phycoerythrin では 497, 537, 564 m μ のピーク¹⁹⁾ が測定されている。またアサクサノリの r-phycoerythrin についても 3 ピークをもつといわれていたが、HAXO *et al.* (1955) はアサクサノリの r-phycoerythrin は 2 ピークをもつだけで 2 番目のピークを欠いていると報告している。このことは *P. nereocystis* についても知られている。¹⁸⁾ 著者はこの点を糸状体についてたしかめるために、水抽出液をカラムのクロマトグラフで分別吸着させ溶離してえた液の吸光曲線を測定した。カラムとしては直径約 12 mm, 高さ 20 cm のガラス管に、アルミナと 3 磷酸カルシウムを 5 : 1 の割合に混合したもの⁵³⁾ をもちいた。またときにアルミナ単独をつめて吸着剤とした。

まず糸状体を pH 6.2 の 1/10 モル磷酸カンショウ液で抽出した液をカラムに通して分別吸着させた。実験はできるだけ低温でおこなった。吸着層は第 23 図のように最上部に緑色の薄層があり、やや下つてうすい青紫色の比較的せまい層がつつき、一番下に赤色の幅のひろい層ができる。最上層部はいくらかの残渣とクロロフィルなどを含んだものの吸着層と思われるので除外して、青紫色層と赤色層とをそれぞれふたたび 1/10 モル磷酸カンショウ液 (pH 5.4) で溶離し、その吸光曲線を測定した。赤色層からえられた結果を第 24 図にしめた。この曲線におけるピークの位置 (約 495, 545, 565 m μ) は、藤原 (1955) が結晶としてえたアサクサノリ葉体の r-phycoerythrin のピークの位置 (496, 546, 560 m μ) とだいたい一致する。すなわち、あきらかにこの赤色層は r-phycoerythrin の吸着層である。しかしこの曲線は第 2 のピークにあたる部分があいまいであり、とくに曲線 B では “shoulder” としてしかあらわれていないから、どちらかという

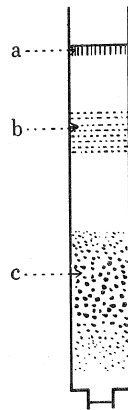


Fig. 23. Column chromatogram of phosphate buffer extract from *Conchocelis*. Mixture of five parts of alumina and one part of tricalcium phosphate is employed for adsorbent.
 a : light green tinted zone retaining chlorophyll and some debris,
 b : purple tinted zone retaining phycocyanin, c : pink tinted zone retaining phycoerythrin.

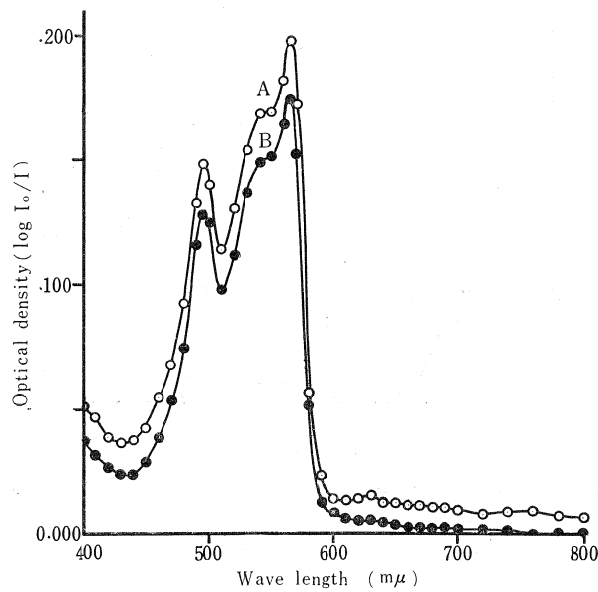


Fig. 24. Spectral absorption curves of phycoerythrin separated by column chromatography from the water extract of *Conchocelis*.
 A : middle peak recognizable, B : middle peak obscure.

HAXO *et al.* の2ピークの r-phycoerythrin variant であると考えるのが妥当かもしれない。

青紫色層からは、赤色層とことなり色素が溶離しがたく、磷酸カンショウ液の pH 値、濃度などをいろいろ変化させても、予想された phycocyanin の吸光曲線をしめす抽出液がえられなかった。もともと糸状体中の phycocyanin の含量が、phycoerythrin にくらべて比較的低いと考えられる上に、原材料が少ない

いこともその原因と思われる。phycocyanin の存在は第 21, 22 図における $615 \text{ m}\mu$ のピークおよびカラム上の青紫色層の存在からみてたしかであるが、その吸光特性、すなわち *P. perforata* で報告された 2 ピークの r-phycocyanin¹⁹⁾ かどうかたしかめることができなかった。同じく HAXO *et al.* (1955) によって *P. perforata* にみとめられた allophycocyanin ($650 \text{ m}\mu$) らしいものも、分別測定することができなかったが、これは allophycocyanin が存在していないという意味ではなく、抽出技術の問題と考えられ、さらに検討を要する。

II. ウシケノリ

ウシケノリの生葉体およびその乾物の水抽出液ならびにエタノール抽出液のそれぞれについて吸光曲線を測定し、それらとウシケノリ糸状体の吸光曲線とを比較した。ウシケノリ糸状体の吸光曲線は、アサクサノリ糸状体のばあいと同様にしてえられたが、貝殻に穿孔しているウシケノリ糸状体の生育密度が少なかったために、ピークが多少不明瞭にあらわれた。これらの各吸光曲線は第25図にしめされている。

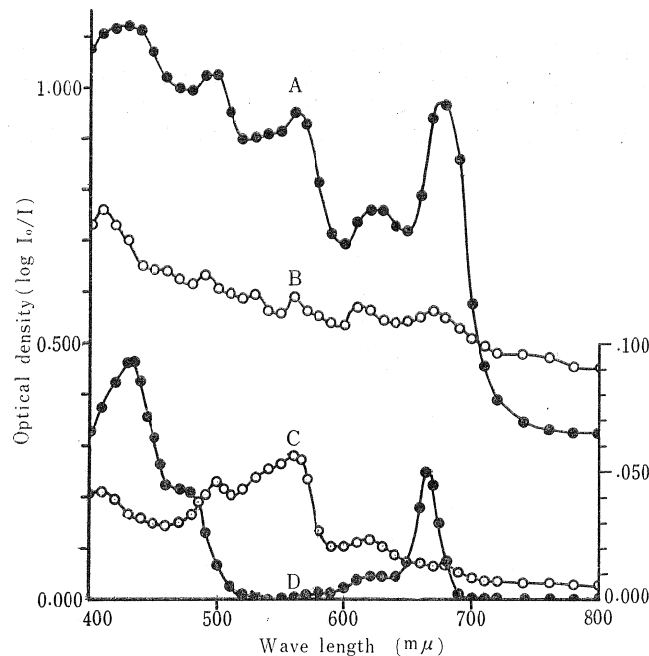


Fig. 25. Spectral absorption curves of *Bangia fusco-purpurea* thalli (A), shell-boring *Conchocelis*-phase of *Bangia* (B), water extract of *Bangia* thalli (C) and ethanol extract of *Bangia* thalli (D). A, B, C refer to right scale, D to left scale.

第25図Aはウシケノリ葉体の吸光曲線であって、第20図Aのアサクサノリ葉体の曲線に相当し、その特性はほとんど同じである。ウシケノリ糸状体の吸光曲線(B)は上述のように生育密度がうすかったために、曲線の起伏があいまいなものになったが、そのピークの位置は、葉体のばあいのピークの位置とほとんどかわることなく、したがってアサクサノリ糸状体のばあいともいじめるしい差はない。第25図CおよびDはそれぞれ水抽出液の吸光曲線およびエタノール抽出液の吸光曲線である。

要 結

1. アサクサノリ糸状体が穿孔している貝殻の吸光特性は、アサクサノリ葉体の吸光特性とほとんどかわ

- らない。
2. アサクサノリ糸状体が穿孔していないカキ殻真珠層の吸光曲線は、短波長部で高く、長波長部で低い傾斜をしめす。このことからアサクサノリ糸状体の吸光特性は、葉体よりやや深い生育場所に適応しているようである。
 3. 抽出されたアサクサノリ糸状体の水溶性色素、油溶性色素の特性も、葉体のものとほとんどかわらない。
 4. アサクサノリ糸状体の水溶性色素を、カラムクロマトグラムで分別吸着させ、ふたたび溶離してえられたものは2ピークを有する r-phycoerythrin variant らしい。
 5. ウシケノリ葉体の吸光特性は、その水溶性色素、油溶性色素がしめす吸光特性の合成されたものである。またその糸状体の吸光特性は葉体のそれと同じである。

第3章 ノリ糸状体の生長と環境要因との関係

アサクサノリなどの糸状体が自然の海中において生育しているばあいでも、人工的に培養されているばあいでも、その生長が多くの環境要因に影響されていることはいうまでもない。したがって、糸状体の生長におよぼす環境要因の影響をすることは、糸状体の生育条件や培養条件をするためにきわめて必要なことである。

このような観点から、いままでもアサクサノリなどの糸状体の生育と環境要因との関係をしらべた研究がかなりおこなわれてきた。黒木・平野(1955b)は、乾燥、海水塩分、光線が糸状体の生育におよぼす影響について、同じく黒木・平野(1956b)は、糸状体の生長と水温との関係をみている。また斉藤(1956b)は、糸状体の生長成熟におよぼす塩分、乾燥などの影響を、竹内他(1956)は糸状体の致死条件について、山崎他(1957)は、糸状体の生長および胞子嚢形成、放出に対する稀釈海水の影響についてそれぞれくわしく検討をおこなっている。最近の研究では、右田(1959)が糸状体の生長におよぼす環境条件と培養液のpH値変化についてかなりくわしく追究している。これらの諸研究の結果から糸状体の生長条件について多くのことがあきらかになったが、なお環境要因として検討されるべきものが二、三のこざれていると思われる。たとえば、生長物質の影響、炭酸源の問題など当然しらべなければならないものであろう。

ここではこのような環境要因をふくめた多くの要因が、単に糸状体の貝殻中における水平方向の生長のみならず、垂直方向の生長にもおよぼす影響をしらべて、くわしく検討をおこなった。

この章においては、糸状体の伸長のていどをもってその生長のていどをあらわすことにし、分枝や肥大については特別のばあいのみ言及することにした。

第1節 海水濃度・光線・温度の影響

海水の塩分濃度、光の照度および水温などが培養中の糸状体の生長にどのような影響をあたえるものか、その水平、垂直両方向の生長を対象にしてしらべた。

材料および方法

糸状体は、下関市吉見地先で増殖されていたアサクサノリを母藻にして、アコヤ貝殻の内面に播種してえられたものである。以下この章の各節における供試糸状体は、すべて上記のものと産地も方法も同様にしてえられたものである。

培養方法および条件は各項にゆずり、ここでは一般的な計測方法について記載する。

まず各条件で培養した貝殻をいままで用いてきた方法どおりに断面のプレパラートを作る。つぎにこれらのプレパラートについて、顕微鏡下で糸状体の垂直方向の枝の長さをマイクロメーターで計測する。すなわち、各プレパラートについて任意の視野をえらび、その中で表面に直角に近くかつもつとも長い枝の長さをはかる。このような計測を同一プレパラートについて30回おこなってえた値を平均して測定値とした。実さいにはなるべく測定のかたよりをふせぐために、10回ずつの計測を日時をかえて3回おこなっている。しかし、どの実験においてもこれら3つの平均値のあいだに大きな差はみられず、また変化の傾向もまったくかわりがなかったため、全部を総平均して結果とした。

また各実験について、糸状体の水平方向の生長が観察できるプレパラートを作り、それについても測定をおこなった。このばあい母胞子を中心とした糸状体の長径にあたる主枝の長さを30(あるいは20)個体についてはかって平均した。このような水平垂直両方向の生長に対する計測法は、とくにことわらないかぎり、以下すべて同様である。

結 果

生長と培養期間との関係：各要因の影響を知るまえに、ふつうに室内培養（1958年12月6日,同18日播種）したばあいの生長についてしらべた。これらの培養（室内散光, 室温, 自浄海水中）でえられたプレパラートについて、その垂直方向の生長を上記の方法で測定した（第26図 a）。

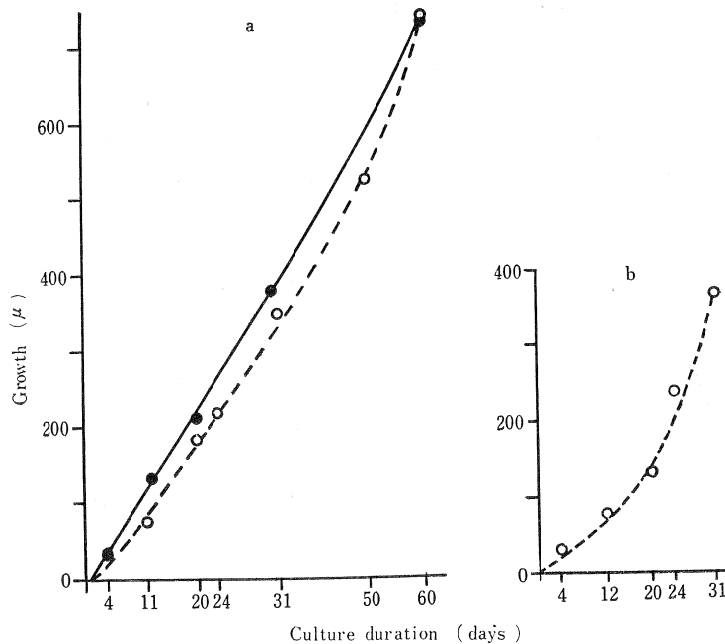


Fig. 26. Relation between the growth in *Conchocelis*-filaments and culture duration (room temp.). Growth is expressed by the length of filaments elongated for vertical (a) or horizontal (b) direction. Open circles : from Dec. 6, '58, solid circles : from Dec. 18, '58.

All materials employed in following experiments (Fig. 26—39) are *Conchocelis* of *Porphyra tenera* KJELLMAN.

これで見ると、垂直方向の生長は上記の2つの培養実験において、60日間ではほぼ直線的といえよう。60日以降は、垂直方向の枝は貝殻の外側（下面）に達したのでそれ以上は測定ができなくなった。

この結果からみて、大体一定条件なら糸状体の垂直方向の生長は直線的とみてよい。

この実験について、同時に水平方向の生長を30個体測定した（第26図 b）。

このばあい、水平方向に伸長した主枝はその末端が貝殻内層に沈む傾向があり、また30日以上培養したものは、各個体の主枝がさくそうするので水平方向の測定が困難になった。したがってあまり断定的なことはいえないが、がいして水平方向の生長はその初期において指数曲線的な傾向をしめしているようにみえる。

海水濃度の影響：ふつうの海水濃度を1として、だいたい2, 1, 1/2, 1/8 倍の濃度に濃縮および希釈した海水で糸状体を培養し、塩分濃度が生長におよぼす影響をみた。希釈度と塩分濃度、滲透圧との関係を第6表にしめす。培養は温度 20°C, 昼光色蛍光灯下（照度が培養用の角型小バットの外側で 500 lux になるように、また光は貝殻面に直角にあたるように照明した）でおこなわれた。

Table 6. Chlorosity (g/l, 20°C) and osmotic pressure (atm, 20°C) of different concentrations of sea water employed.

Concentration	2.0	1.0	0.5	0.125
Chlorosity	39.9	21.9	11.6	2.8
Osmotic pressure	52.1	31.0	13.3	3.9

播種は1959年2月19日であるが播種直後の塩分濃度の影響をさけて、23日になってからはじめて各濃度の海水にうつして実験をはじめた。サンプリングは播種してから15日目、30日目の2回である。

塩分濃度がことなる海水中での糸状体の垂直的方向の伸長は、対照(1倍)のばあいがいちばんよく、1/2倍で伸長がおち、2倍、1/8倍では極端にわるくなっている(第27図a)。高塩分側の傾向は、測定数が少ない

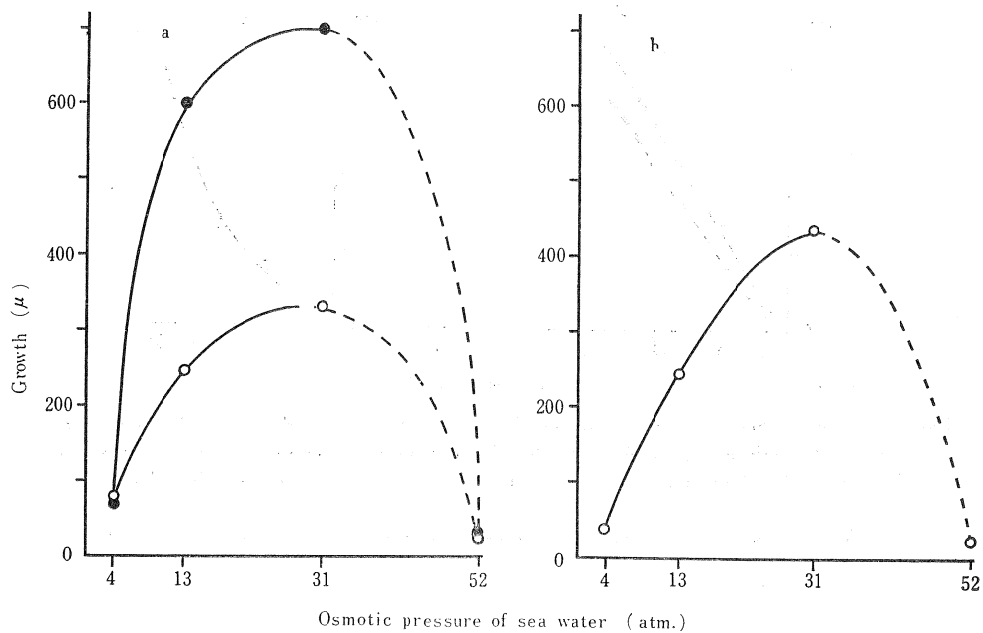


Fig. 27. Effect of sea water concentration on the growth of filaments (20°C, 500 lux). a : growth for vertical direction, b : for horizontal direction. Open circles : 15 days, solid circles : 30 days.

ので破線であらわした。

15日目の結果において2, 1/8倍でやや伸長がみられているのは、各濃度にうつすまえの伸長があらわれているものとみられる。15日以後30日までの間には、このような極端な高濃度および低濃度では、伸長はまったくおさえられている。

水平方向の生長も同じ傾向がみられる(第27図b)。

光線の影響：水面での照度がそれぞれ5, 50, 500, 2,000 lux になるように、40 W 真天然白色蛍光灯の下にそれぞれきよりを置いて培養容器を設備し、培養(室温、自浄海水中)した。播種を2月24日におこな

い、あいだ1日静置して26日から実験にうつし、それから15日目、30日目の2回サンプリングして観測した。

その結果を第28図および第29図にしめた。垂直方向の生長についてみると5 lux 照射の15日後の結果ではわずかな生長がみとめられるが、以後30日目にいたるまでの間には生長がみられない。この生長は播種後1日静置したときのものであり、以後の生長停止は受光不足の結果とみられる。したがって5 lux では生長できないといえよう。5 lux 以上では照度がますにつれて生長が促進されるが、照度と生長度との関係は直線的でなく、この曲線からみて2,000 lux あるいはこれよりやや高い照度で生長の度合が最高に達するものと思われる。この傾向は15日目も30日目もかわりがない。

15日間の水平方向の生長を20個体について測定した結果(第28図b)は、やはり垂直的のばあいと傾向においてはかわりがない。30日間培養したものでは測定が困難であった。

温度の影響: 室温、20°C、25°Cの温度について実験した。室温は正午の平均室温であらわせば大体14~15°C前後であった。

なお培養ビンを天然白色蛍光灯下でガラスでおおっただけのばあいと、ポリエチレンや硫酸紙でおおって照度を落したばあいについて実験した。

最初の実験を、1959年12月10日に播種したものについて、12日から開始し、10日後、20後の2回サンプリ

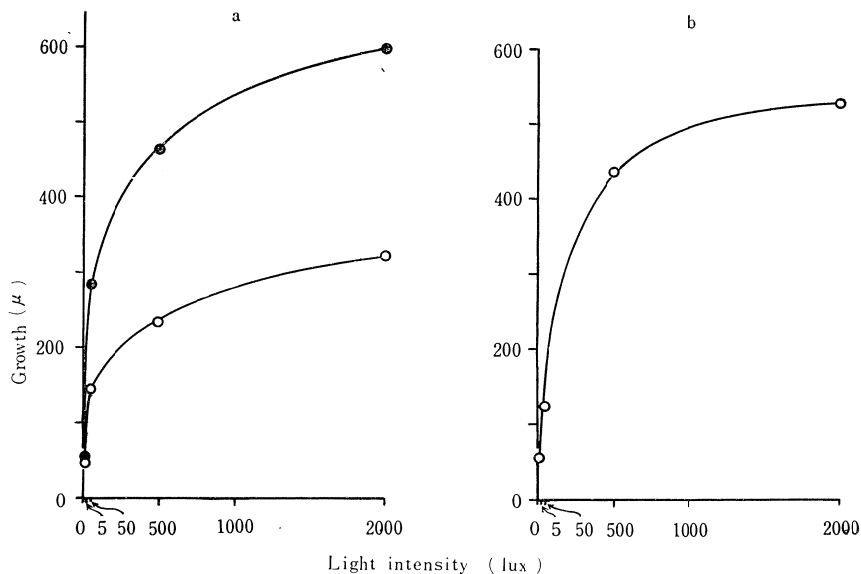


Fig. 28. Effect of light intensity on the growth of filaments at room temp. a : growth for vertical direction, b : for horizontal direction. Open circles : cultured for 15 days, solid circles : 30 days.

ングをして糸状体の垂直的の生長を測定したが播種の密度が大きかったため水平方向の生長を測定することができなかった。なお、このときの室温は平均15°Cであった。

えられた結果を第30図にしめす。15°Cより20°Cで生長が相当よいが、25°Cでは20°Cよりわずかによいかあるいはほとんどかわらない。この傾向は、10日間の培養(第30図a)でも20日間培養(第30図b)でもかわりがないが、培養がながくなると25°Cでは生長がいくぶんわるくなるようにみられる。温度条件と関連して光の影響をみると、1,000 lux 照射のばあいが(第30図B)、500 lux 照射のばあい(第30図A)より20°Cにおいて生長がやや促進されるようにおもわれるが、全体として、1,000 lux と500 lux とでは生長の

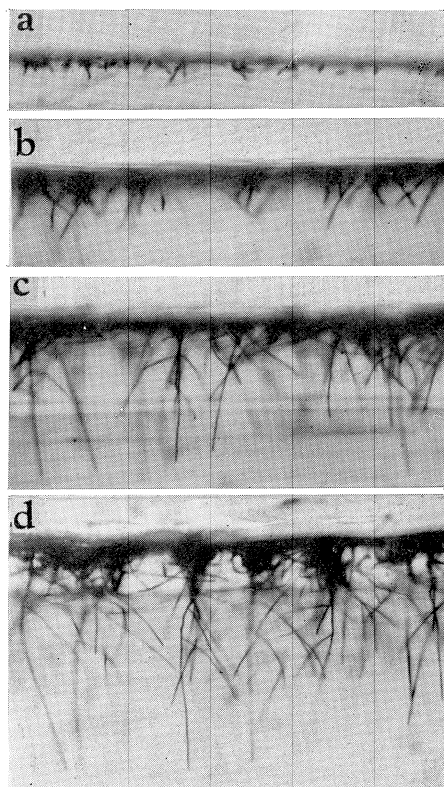


Fig. 29. Vertical growth of *Conchocelis* under the illumination of different intensities. Cultured for 15 days (room temp.). $\times 100$. a : 5 lux, b : 50 lux, c : 500 lux, d : 2,000 lux.

ていどに大差がないといえよう。

つぎに、第2回目の実験を12月22日に播種して23日からはじめた。この実験では、光の照度を1,000, 500, 100 lux の3段階にした。室温は平均14°Cであった。このばあい水平方向の生長を5日後と10日後に、垂直的の生長を10日後に測定した。結果を第31図にしめす。

すなわち、垂直的の生長(第31図C)ははじめの実験とほぼ同様の傾向をしめしている。水平的生長も垂直的の生長と同様の傾向であって、20°Cでは14°Cよりよく、25°Cでは20°Cとほとんどかわらないかあるいはかえって20°Cよりわるい。

しかし、光が弱くて100 lux のような照度であると、温度の影響はほとんどあらわれない。

また以上の結果を光の照度を規準にして図示すると第32図のようになる。

これらの結果からアサクサノリ糸状体の生育適温は20°C附近であり、また糸状体の生長におよぼす光の効果は適温とおもわれる20°Cにおいてあらわれることがわかる。

考 察

糸状体は低塩分に弱いといわれているがこの実験における結果では、1/2倍濃度の海水中の生長は対照にく

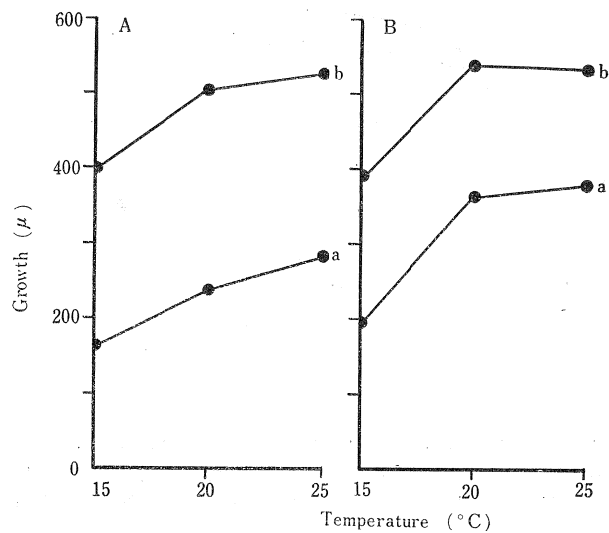


Fig. 30. Effect of temperature on the growth of *Conchoecelis*-filaments for vertical direction. A : 500 lux, B : 1000 lux. a : 10 days, b : 20 days.

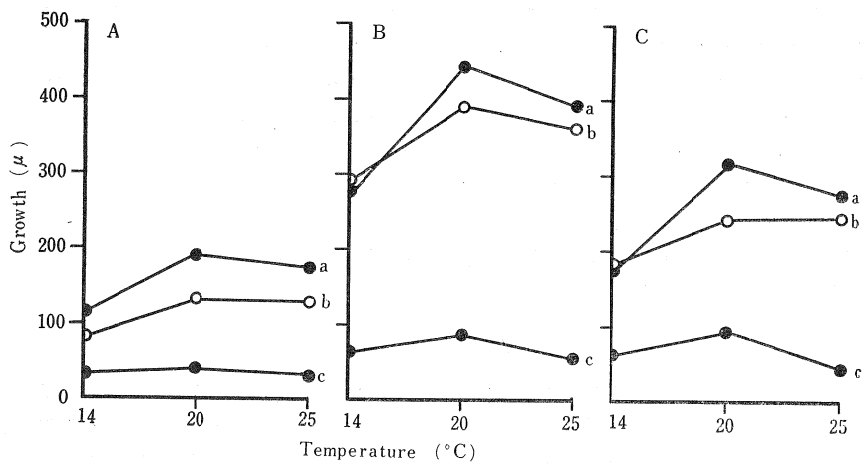


Fig. 31. Effect of temperature on the growth of filaments for both horizontal (A-B) and vertical (C) directions under different intensities of illumination. a : 1,000 lux, b : 500 lux, c : 100 lux.

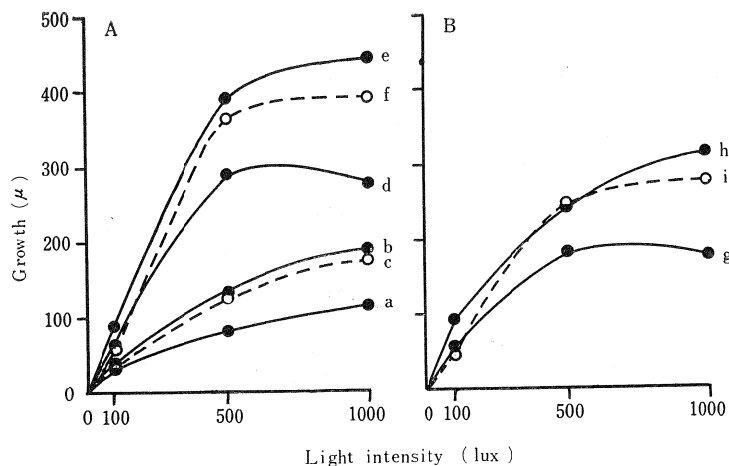


Fig. 32. Combined effect of temperature and light intensity on the growth for both horizontal (A) and vertical (B) directions. a (14°C), b (20°C), c (25°C): 10 days, d (14°C), e (20°C), f (25°C): 20 days, g (14°C), h (20°C), i (25°C): 10 days cultured.

らべてかなり悪くなるにしても致命的ではないようである。もちろん、2 および 1/8 倍というような高塩分および低塩分では生長はほとんど停止する。同じ 1/2 倍濃度の海水中の生長を、水平方向のばあいと垂直方向のばあいをくらべると、前者の方が生長がおとっているようにみえるが、これは水平方向の枝は表面に近い稀釈の影響をうけやすいためとも考えられる。このような傾向はこれまでに水平方向の生長に対してえられた実験結果^{30) 36) 47) 63)} とほとんどかわりがない。

室温による培養では、糸状体の垂直方向の生長も水平方向の生長もともにほぼ 2,000 lux あるいはそれよりやや高照度で最高に達するものとみられる。アサケサノリ葉体は 6,000 lux で生長が最高に達するという報告²³⁾ があるから、糸状体はこれにくらべてかなり低い光量で充分なことがわかる。この結果は、糸状体が直射日光に弱いという結果をうらがきしている。右田 (1959) は光の影響に関してくわしく検討をおこない、水温が 15°C のとき 4,000 lux で、20°C のとき 2,000 lux で生長がよいとのべている。これを上記の結果とくらべてみると、えられた数字と傾向においてやや差がみられる。しかしこの差は根本的なものでなく、ノリの種類差、基物である貝殻の差などが原因しているものと思われる。

生長の適温は、光の照度にかかわらず 20°C 附近であると考えられるが、あまり光の量が少ない (100 lux) とほとんど温度の影響はあらわれない。

要 結

1. 条件がほぼ一定ならば、糸状体の垂直的の生長は培養日数にたいたい比例して直線的である。
2. 垂直的の生長は、高塩分および低塩分いずれのばあいもおさえられる。すなわち、1/2 倍濃度の海水中には生長がかなりおさえられ、2 倍、1/8 倍濃度ではほとんど生長しない。水平方向の生長でもほぼ同じ傾向をみせる。
3. 垂直的の生長は、室温培養のばあい 2,000 lux およびそれよりやや高い照度で最高に達するものと思われ、5 lux 以下では生長しない。この傾向は水平方向のばあいもかわりがない。
4. 生長に対して好適な培養温度は 20°C 附近である。25°C では照度によっては生長がやや 20°C よりわるくなるばあいがある。

第2節 色光の影響

葉体よりやや深いところに生育し、貝殻などの基物に穿孔するという特殊な生態をしめす糸状体に対して、色光がその生長にどのような影響をおよぼすのか生態学的にしらべる必要があると思われる。糸状体の色素については、すでに第2章でのべたとおり、葉体とかわらない組成をもつが、その吸光特性はややことなっていることをのべた。このようなことと関連して、糸状体の生長におよぼす色光の影響を実験した。

材料および方法

アコヤ貝殻を基物としたアサクサノリ糸状体に諸種のフィルターで濾光した光を照射し、20°Cで培養した。そのさい光は貝殻面に直角になるように照射された。

フィルターとしては、いろいろな色素を15%ゼラチンにかしたものを、ガラス板にうすく均一にぬってかわかしたものをもちいた。もちいた各色素およびその吸光極大は下のようである。

ナフトール・イエロー (390, 430 m μ)、エリスロシン (515 m μ)、アニリン・レッド (550 m μ)、ゲンチアン・バイオレット (590 m μ)、メチル・グリーン (640 m μ)、メチレン・ブルー (670 m μ)。

この吸光極大は、それらの水溶液について分光光度計で実測したものである。また同時に透過率曲線をもとめ第33図にしめた。この図からわかるように、各フィルターによって濾光された光はかならずしも

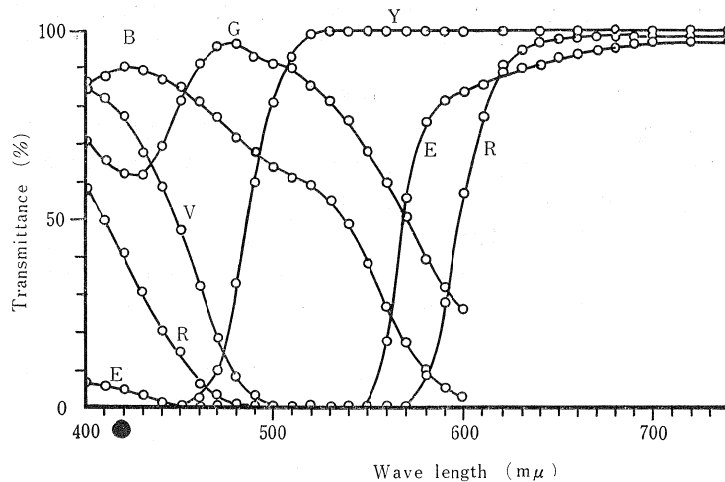


Fig. 33. Spectral transmission curves of some dye solutions employed for color filters. Y : Gentian violet, B : Methylene blue, G : Methyl green, Y : Naphthol yellow, E : Erythrosin, R : Aniline red.

単一光に近いものでなく、かなりの幅の波長の光をふくんでおり、とくに赤色フィルターによる濾光はある波長から長波長の光線を全部透過する。

したがってこれらのフィルターをもちいたばあいには単一光線の影響とはいいがたいが、大体の傾向をうかがうことができよう。

色フィルターの光透過率はそれぞれことなっているので、フィルターを透過した色光の照度を一定にするために各貝殻面の照度が 300 lux になるように光源からのきよりを加減した。そしてフィルター以外の部分を黒紙でおおって他の光が入らないようにした。

結 果

1959年12月8日に播種して、12月10日から実験を開始し、10日後と20日後にサンプリングをおこなった。

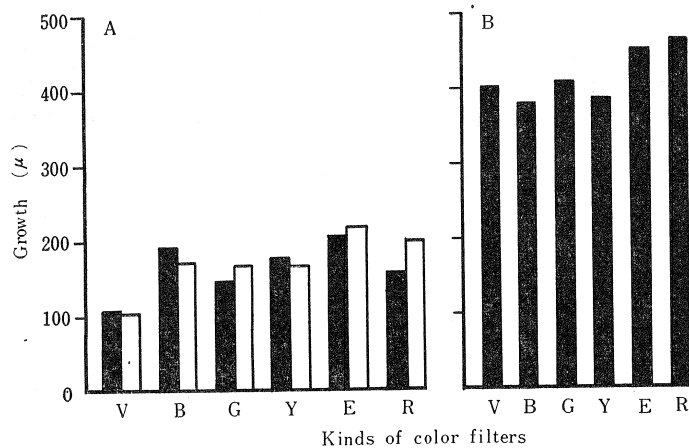


Fig. 34. Effect of the filtrated light by color filters on the growth of *Conchocelis* at 20°C. The intensities of filtrated light on the surface of *Conchocelis*-inhabited shells are all adjusted to 300 lux. A: 10 days, B: 20 days cultured. Solid bars: vertical growth, open bars: horizontal growth. Dyes employed for filters are as the case of Fig. 33.

10日間培養の結果は第34図Aにみられるように、垂直方向の生長（黒ヒストグラム）も水平方向の生長（白ヒストグラム）も、堇色光（ゲンチアン・バイオレット）が照射されたばあいにもっとも悪く、赤色光（エリスロシン）が照射されたばあいにもっともすぐれている。すなわち一般に青色系統の光よりも赤色系統の光がわずかに生長により影響をあたえるように見える。

20日間培養したものでは、垂直生長の状態がふつうの培養のばあいとややことなり、原因はあきらかでないが、貝殻表面に直角に生長するものよりゆるく彎曲しながら斜めの方向に生長するものが多くみられた。したがって、その測定もいままでとことなり、斜めにむかう枝を対象にして測定をおこなったが、その結果は第34図Bにみられるものである。

すなわち、色光の影響の差があまりみられないが、やはり赤色光の下における生長が青色光の下におけるよりややまさっている。

考 察

方法のところでのべたように、この実験にもちいられたフィルターでは、げんみつにせまい波長の色光はえられない。じっさいここにえられた結果には各フィルターによる生長にわずかながらも差がみられるが、この差と光の波長とを直接むすびつけて解析することはむずかしい。しかし 400~550 mμ までの青色光より、550 mμ 以上の赤色光が糸状体の生長に対していくぶんか好影響をあたえることはわかる。

このことは一般に緑色植物でみられる傾向とかわりがないが、ふつう緑色植物においてはこの差がもっと大きい。

色光がアオサの光合成におよぼす影響をみた結果⁴⁸⁾では、赤色光の方が青色光よりかなり効率がよいが紅藻類ではあまり差がないことをみている。すなわち、紅藻類では青色光もよく利用するという結果をしめしている、このことはその色素に phycobilin などの補助色素を有しているためといわれ、HAXO and BLINKS (1950) が、各種海藻類の action spectrum を研究することによってたしかめている。

糸状体の生長においてえられた上記の結果も、このような事実と矛盾していない。

要 結

1. アサクサノリ糸状体は青色光の照射下でも赤色光の照射下でもあまりかわりのない生長をしめすが、赤色光照射下における生長がわずかにまさっている。
2. このことは、アサクサノリ糸状体が phycobilin などの色素を有しているために、青色光でも赤色光でもあまりかわらない光合成をしようことを意味している。
3. したがって、アサクサノリ糸状体は青色光でも生長にさしつかえがないものと考えられる。

第3節 水素イオン濃度の影響

アサクサノリ糸状体の生長に対して、海水の pH 値の影響がみられるならばどのものか、これをたしかめるために pH 値をかえた海水中で培養をおこなった。海水の pH 値は NaOH および HCl で調整したが、アルカリ側の調整ははなはだむつかしく、pH 9.5 以上ではただちに白沈を生じた。

また、酸性あるいはアルカリ性のどちらに調整したのも、長期間放置しておくと、密栓をしても pH 値が移動してもとの pH 値に近づく傾向がみられた。したがって、海水の pH 値を実験の最初における値と、最後の値とであらわし、第7表にしめした。

Table 7. Initial and final pH values of sea water employed for cultivation. Initial pH values are previously adjusted with HCl or NaOH.

Initial pH	Final pH
5.6	7.4
6.3	7.7
8.2	8.2
9.2	8.6
10.6	8.6

培養は 1,000 lux の光を照射し 20°C でおこない、10 日後の垂直方向の生長および水平方向の生長を測定した。

1959年12月26日に播種して12月28日に実験を開始した。

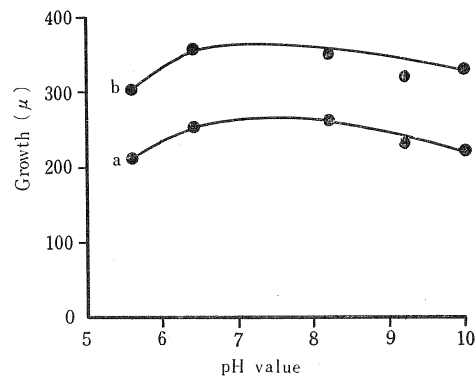


Fig. 35. Influence of pH values on the growth for vertical (a) and horizontal (b) directions during the 10 days cultivation at 20°C under the illumination of 1,000 lux.

結果は第35図に示したように、垂直方向の生長(第35図a)および水平方向の生長(第35図b)は、初期 pH 6.3 のばあいにはややよいようにみえるが、一般に初期 pH 値は糸状体の生長にあまり大きい影響をおよぼさないとみてよいであろう。ただ pH 5.6 のばあいは、播種された果胞子のうち発芽しないで膨潤したままになっているものかなりみられた。また pH 10 のばあいには白色の沈濁が生じてやや異常な点のみられたが、それも大したものではなかった。

右田(1959)は、糸状体の水平方向の生長に対する pH 値の影響を、毎日 pH 値を調整して実験した結果、pH 8.2より pH 7.3で生長がよく、pH 9以上で生長が阻害されることをみているから、天然海水より中性に近い pH 値のばあいにむしろ生長がよいという傾向は、たしかなようである。

要 結

1. 糸状体は、はじめに HCl または NaOH で pH 5.6~10.6 に調整された海水中ではほとんど同様に生長し、pH 値による影響をうけないが、しいていえば天然海水より中性に近く調整された海水中でやや良好な生長をしめすようである。

第4節 生長物質の影響

高等植物における生長ホルモン類の作用については、すでに数えきれないほどの研究があり、それらが植物の生長に対して効果のあることはよく知られている事実である。これに対して下等隠花植物、とくに藻類に対する植物ホルモン類の作用については、いままでのところあまり確実な結果がえられていない。

多細胞の海藻類に対する効果については、長谷川(1949)がスサビノリの生長に対するヘテロオーキシンの効果について、木下・寺本(1958)は、アサクサノリに対するジベレリンの効果について研究し、いずれもホルモン類がアマノリ類の生長に効果があるという結果を報告している。

しかしながら海藻類に対するホルモン類の効果についての研究例が少なく、またその効果についてははっきりとたしかめられた段階にいたっていない。

アサクサノリ糸状体については、まだホルモン類の効果がしらべられていないので、この研究ではβインドール酢酸(IAA)とジベレリンが糸状体の生長におよぼす影響をしらべた。

材料および方法

いままでと同様の材料をもちいて、1959年2月22日に播種して2月23日から実験をはじめた。

IAA は10, 1, 0.1, 0.01 mg/l, ジベレリンは1, 0.1, 0.01, 0.001 mg/l の各濃度になるようにそれぞれ自浄海水にくわえ、それらの海水中で糸状体を培養し、15日後と33日後にサンプリングをおこない観察した。

これら海水のしめす pH 値は、すべて対照(自浄海水)とほとんどかわりがなかった。

培養温度は20°C, 照射光は500lux であった。

測定は水平方向の生長のばあい枝のさくそうのため測定困難であったので、すべて垂直的方向の生長のみについて第1節と同様の方法でおこなった。

結 果

IAA の影響は15日間の培養結果ではほとんどみとめられない(第36図A-a)が、33日後では、1 mg/l の濃度のばあいにはやや生長促進効果がみられる(第36図A-b)。

しかし、真に生長促進に効果があるかどうかこの実験から断定することはできない。

ジベレリンの影響は、15日間の培養結果(第36図B-a)でも、33日間の培養結果(第36図B-b)でもまったくみとめられない。

ただジベレリンの1, 0.1 mg/l 海水溶液中で培養されたものは、表面から肉眼でみた糸状体斑の色が、他

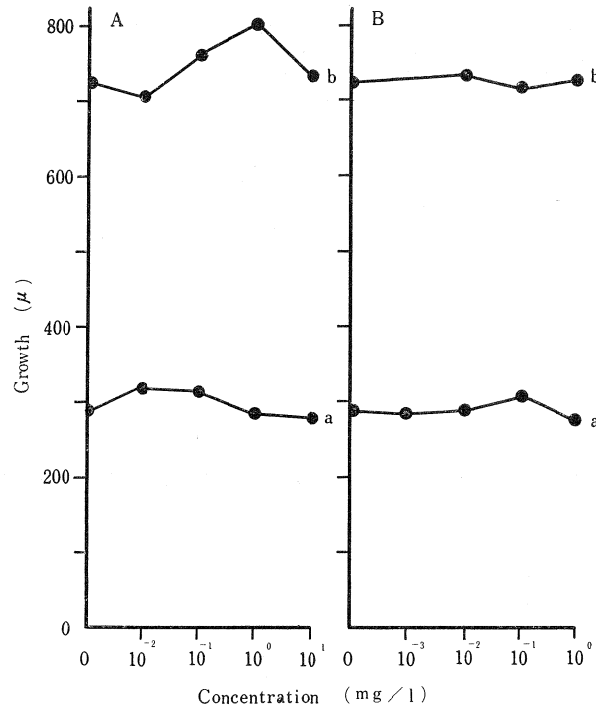


Fig. 36. Influence of growth substances added to sea water on the vertical growth of filaments at 20°C under the illumination of 500 lux. A : IAA, B : gibberellin. a : 15 days, b : 33 days.

のものより濃い傾向がみられた。

IAA のばあいには、対照よりも一般に色があせる傾向があるようである。

考 察

アマノリ類の葉体においては、前述のようにその生長に IAA およびジベレリンは効果をしめすという報告^{17) 24)}もあるが、糸状体に対してはあまり効果がないといえよう。ただジベレリンはある濃度では糸状体の色を濃くする傾向がみられるので伸長以外になんらかの影響を糸状体にあたえることはたしかである。

要 結

1. アサクサノリ糸状体の垂直的生長に対して、IAA およびジベレリンは、ほとんど影響をあたえない。
2. ジベレリンは、ある濃度では多少糸状体の色を濃くする傾向がある。

第5節 栄 養 塩 類 の 影 響

糸状体が、葉体と同じく葉緑素およびその他の補助色素により光合成をおこなって生長する以上、やはり炭酸源がその生長に大きい意味をもっていることはいうまでもない。

また、その他の硝酸塩や磷酸塩も当然糸状体の生育上に必要であろうと考えられる。

このような無機塩類がアサクサノリ糸状体の生長におよぼす影響を、主としてその垂直的生長を対象にしてしらべた。

材料および方法

供試塩類は重碳酸ソーダ (NaHCO_3), 重碳酸カリ (KHCO_3), 第1 磷酸ソーダー ($\text{NaH}_2\text{PO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), 硝酸ソーダ (NaNO_3), 塩化アンモン (NH_4Cl), および尿素 ($(\text{NH}_2)_2\text{CO}$) である。これらの塩類を自浄海水に溶解して3段階の濃度のものをつくり, 培養液とした。すなわち重碳酸塩については, 0.1, 0.01, 0.001 %, 他の塩類については, それぞれ0.1, 0.01, 0.001 モルである。これら各塩類の海水溶液がしめす pH 値は, 磷酸塩とアンモニア塩のばあいをのぞくと, 自浄海水の pH 8.2とほとんどかわりがなかった。第1 磷酸ソーダのばあいは 10^{-1} モル—pH 5.0, 10^{-2} モル—pH 6.0, 10^{-3} モル—pH 7.0であり, 塩化アンモンのばあいは 10^{-1} モル—pH 7.4, 10^{-2} モル—pH 7.8, 10^{-3} モル—pH 8.2であった。

測定の方法はまえとかわらない。

結 果

重碳酸塩: KHCO_3 については, 1959年2月21日に播種し, 23日に500 lux, 20°C で培養を開始して, 15日後と33日後に, NaHCO_3 については, 2月24日に播種したものについて室温, 500 lux で26日から培養し, 15日後と30日後に測定した。

KHCO_3 は, 15日後の結果(第37図A-a)をみても, 33日目の結果(第37図A-b)をみても, 糸状体

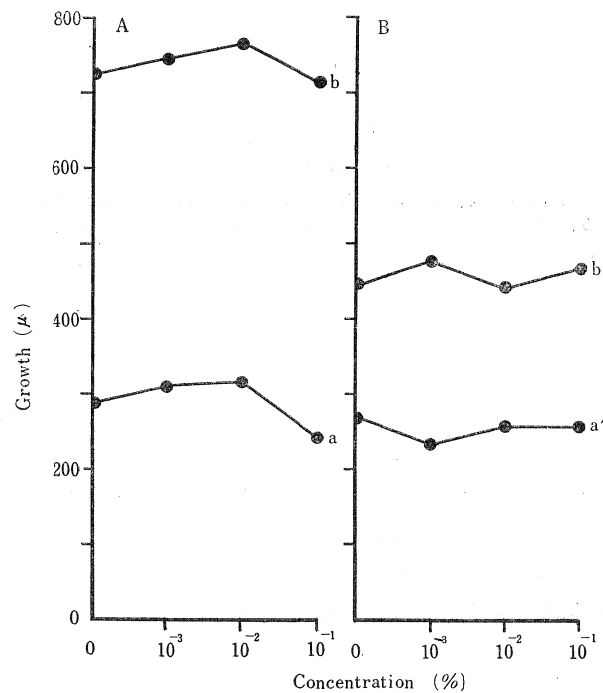


Fig. 37. Effect of bicarbonates added to sea water on the vertical growth of filaments under the illumination of 500 lux.

A: potassium bicarbonate, B: sodium bicarbonate. A: 20°C , B: room temp.

a: 15 days, b: 33 days, a': 15 days, b': 30 days.

の垂直的生長にほとんど影響をおよぼさないようである。むしろ高濃度では生長がややおさえられているようにみえる。

NaHCO₃ についても同じことがいえる (第37図B-a', b')。

ただ興味があるのは、どちらの塩類でも高濃度のばあいには、発芽した糸状体がふつうに貝殻に穿孔するもの以外に、穿孔しないものが多くみられ、それらがガラス上に生長したばあいと同様に貝殻の表面で裸出したまま生育することである。このように裸出した糸状体は、その色も濃くなって培養期間中元気に生長していた。すなわち、重炭酸塩が多いと、糸状体は貝殻に接触していてもあたかも穿孔する必要がないような現象をしめす。

他の塩類：1959年3月9日播種、13日から 500 lux、室温で培養を開始し、10日後、20日後、30日後、40日後の4回垂直的の生長の測定 (20個体平均) をおこなった結果 (第8表) では、どのばあいも対照とあまり

Table 8. Vertical growth (μ) of *Conchocelis* affected by some nutritive salts added to sea water (500 lux, room temp.). 0 indicates the death and no growth of germlings.

Culture duration (days)	10			20			30			40		
	Concentration (mol)			Concentration (mol)			Concentration (mol)			Concentration (mol)		
	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³
Salts												
NaNO ₃	154	173	196	314	374	283	484	508	488	718	799	699
(NH ₂) ₂ CO	162	159	177	244	365	277	442	514	477	685	705	743
NH ₄ Cl	0	0	139	0	0	335	0	0	442	0	0	594
NaH ₂ PO ₄ · 2H ₂ O	0	0	165	0	0	282	0	0	493	0	0	618
Control	132			414			513			743		

かわらないかむしろ下まわった値をえた。わずかに 10⁻²モル NaNO₃ でややよい結果のばあいがみられるが、生長促進の度合としては問題にならないといどである。

NaH₂PO₄ · 2H₂O および NH₄Cl のばあいは濃度が高いと有害で枯死してしまい、10⁻³モルの濃度でも生長がわるい。

1959年12月8日に播種、10日から培養を開始し、4日目、8日目、11日目に水平的生長を測定 (10個体平均) した結果 (第9表)、10⁻³モル NaNO₃ で生長がよいほかは、垂直的の生長のばあいとほとんど傾向におい

Table 9. Horizontal growth (μ) of *Conchocelis* affected by some nutritive salts added to sea water (500 lux, room temp.). 0 indicates the death and no growth of germlings.

Culture duration (days)	4			8			11		
	Concentration (mol)			Concentration (mol)			Concentration (mol)		
	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³
Salts									
NaNO ₃	75	125	126	267	281	429	438	484	508
(NH ₂) ₂ CO	34	83	124	0	243	243	0	445	497
NH ₄ Cl	0	0	133	0	0	305	0	69	451
NaH ₂ PO ₄ · 2H ₂ O	0	67	85	0	165	211	0	253	314
Control	162			348			478		

てかわりがない。

また表面観察によって糸状体の分枝の状態をしらべても、とくにこれらの塩類が分枝を促進している様子もみられなかった。ただ NaNO_3 は一般に糸状体の色をよくするから、色素の形成や健康にとっては影響があるものとおもわれる。

考 察

光合成に必要と思われる炭酸源として、重炭酸塩を海水にくわえても、とくに糸状体の生長を促進するようにはみられない。また重炭酸塩があたえられたばあいは、元来穿孔すべき発芽体が穿孔しないで貝殻上をはって生長する傾向さえみられる。このことは重炭酸塩が多いと貝殻中に穿孔する必要がないことを意味しているようである。逆にいえば穿孔するということは炭酸源を貝殻中にもとめることであると解釈される。貝殻は炭酸カルシウムであるから、これを溶解することによって容易に炭酸がえられるから、このような仮定もむりではないと思われる。ガラス上で発芽した裸出糸状体は、重炭酸塩をあたえられると生長がよいこともこのことと関係があると思われる。

海水にくわえられた他の栄養塩類が、糸状体の生長に対してあたえる影響は窒素化合物では硝酸ソーダがよく、尿素はあまりかわらず、塩化アンモンはかなりわるい影響をおよぼすようである。このようなことは右田 (1959) が水平方向の生長についてえた結果とかわりがない。リン酸塩もわるい影響をあたえる。

このように塩類の添加によってとくに生長がよくなることはないが、糸状体の健康その他の生理的意味がまったくないとはいえない。黄斑病にかかったものに対して NaNO_3 は一時的にしる回復させることがある。黒木 (1953a) は糸状体の培養において、 KNO_3 0.1 g/l, Na_2HPO_4 0.02 g/l をくわえた海水をもちいている。TSENG and CHANG (1955a) は、1 ミリモル KNO_3 と 0.1 ミリモルの KH_2PO_4 を入れた海水を培養にもちいている。これらの例における各塩類の濃度は、硝酸塩ではほぼ 10^{-3} モル、リン酸塩では 10^{-4} モルに相当しているからこの実験においてもちいた最低 10^{-3} モルは、リン酸塩としてはやや高濃度であったかもしれない。

要 結

1. 海水に重炭酸塩をくわえても、とくに糸状体の生長を促進することはない。
2. 重炭酸塩が多いと、発芽した糸状体の多くが穿孔しないで、そのまま貝殻面上をはって生長する傾向がある。
3. 海水にリン酸塩や窒素化合物をくわえても、とくに糸状体の生長が促進されるような傾向はみられない。

第 6 節 流動パラフィン中の生長 (糸状体の生長と炭酸源)

前節でのべたように、貝殻中における糸状体の生長が海水にくわえられた重炭酸塩によってとくに促進される傾向はみられない。このことは糸状体とその葉体と同様の光合成色素により、光合成をおこなって生長すると考えられるにもかかわらず、海水中の炭酸源がその光合成にとってあまり対象にならないことを意味しているものと思われる。すなわち光、温度さえふつうの培養とかわりがなければ、培養液は海水でなくてもよい可能性が考えられる。

このことをたしかめるために、糸状体が生育している貝殻を流動パラフィン中に沈めて、外部からのいっさいの炭酸源から遮断された状態において培養し、ふつうに海水中で培養したばあいと、その生長を比較した。

方法および結果

1960年1月9日に播種をおこなって、実験開始までのあいだ5日間約 300 lux 照射下で放置し、糸状体が多少穿孔した貝殻を、約 1 cm の厚さの流動パラフィンをみたしたシャーレの底に沈めて培養した。

培養は室温で 500 lux 照射のもとに、1月14日からはじめた。11日間培養の結果を第38図に示した。

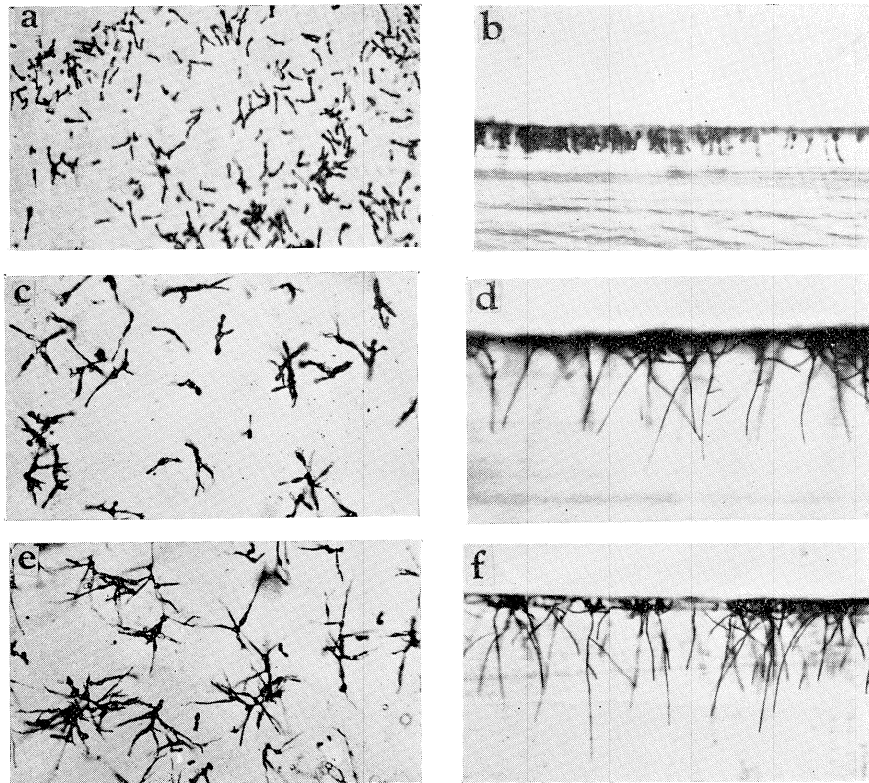


Fig. 38. Growth of shell-inhabiting *Conchoecelis* cultured in liquid paraffin for 11 days (500 lux, room temp.).

a · b : Initial stage before experiments.

c · d : Natural growth of shell-inhabiting *Conchoecelis* cultured in sea water.

e · f : Somewhat slender but almost similar growth pattern of shell-inhabiting *Conchoecelis* cultured in liquid paraffin.

a · c · e : surface views, b · d · f : profile views in respective cases. ×100.

海水中(第38図c·d)でも流動パラフィン中(第38図e·f)でも貝殻中に穿孔した糸状体はほとんどかわりがない生長をしめす。すなわち実験をはじめたときは約40 μ の垂直的生長(第38図a·b)であったのが、11日の培養でどちらも約200 μ まで垂直的に生長をしたわけである。また貝殻上にのこっている母胞子も、流動パラフィン中のもの方がむしろ海水中のものより色がよく元気なように見える。ただ流動パラフィン中のばあいは糸状体がやや細い傾向がある。

その後培養をつづけて22日間経過したものでは、どちらも約400 μ の垂直的生長をしめしており、やはりそのあいだに大差がみられない。ただ流動パラフィン中で22日間培養をした貝殻の表面観察では、途中で枯死したように見える糸状体が多少存在することがわかった。また流動パラフィン中の培養が長期におよぶと、貝殻表面に、ごく小さい気泡が無数に生じているのが観察された。流動パラフィンは攪拌されないで静置された状態でも、空気中の酸素をある程度拡散通過させるといわれているが、空気中における分圧の少ない炭酸ガスでは、このようなことはほとんどおこりえないと思われる。したがって酸素はともかく、少なくとも

も炭酸ガスに関するかぎり、空気中から流動パラフィン層をへだてて、貝殻面に達することはないといえるから、この実験では糸状体に対する外界からの炭酸ガスの供給はまったくないと考えてよい。しかし、この点をさらにげんみつにするために、60°C で約1時間加熱して含まれていたガスが除かれたと思われる流動パラフィンを急速に冷却し、容器の中に厚さ約8 cmになるようにみたしたものを用意し、そのなかでふたたび貝殻中の糸状体を培養した。

材料は2月9日に播種した後、室内のやや暗い場所で2月15日まで放置して、アコヤ貝殻中に少し穿孔生長したものをもちい、上記の流動パラフィン中に浸し、容器自体を密封して培養(室温, 1,000 lux)をおこなった。

2月15日からふつうに海水中で培養したものを対照にして実験をはじめて、3月1日にサンプリングした結果、やはり垂直方向にはどちらも約300 μ の生長をしめしており、3月28日には750~800 μ に達していた。実験を開始したときの垂直的の生長は約40 μ であった。表面観察では流動パラフィン中のものは、生長がわるく形態が不規則で、中には途中で枯死したようにみえるものもかなりあった。その状態は第39図にみら

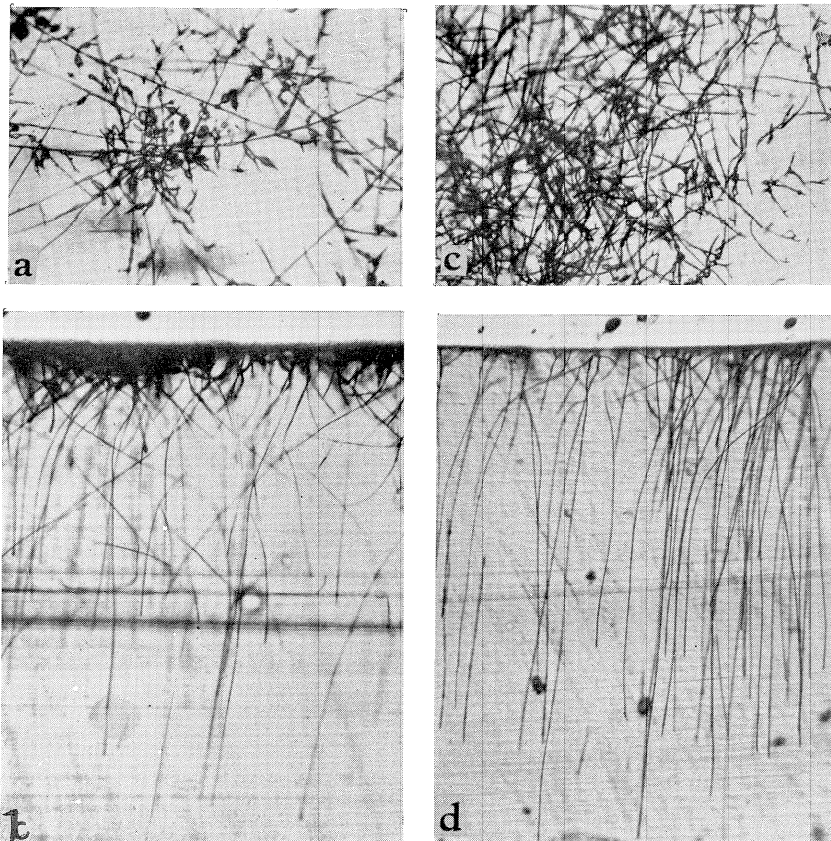


Fig. 39. Growth of shell-inhabiting *Conchocelis* cultured in liquid paraffin for prolonged period (42 days) in another experiment (1,000 lux, room temp.). a • b : Control, c • d : Rather few branching in shell-inhabiting *Conchocelis* cultured in liquid paraffin. a • c : surface views, b • d : profiles. $\times 100$.

れるとおりである。この図からみてわかるように、流動パラフィン中で培養したものは、垂直方向の形態も

ふつうとことなって細く、かつ分枝が少なく、貝殻の内層へ比較的まっすぐに伸長するようである。流動パラフィン中で培養中、貝殻の表面に小さい気泡が一面に生じたことも前と同じであって、この気泡が流動パラフィン中を上の方へにげさる様子はみられなかった。

この貝殻表面に生じる気泡はごく小さいものであるから、ガス交換の対象としては問題にならないものと思われる。

考 察

以上の事実から考えて、糸状体の生長に対しては、かなりの長期間にわたって海水はかならずしも必要でなく、光、温度が適当なら外界から遮断された状態でも糸状体はあるていど生長しうるものと考えられる。

この事実を、すでにえられた実験結果、すなわち糸状体は炭酸カルシウム性物質以外のものには穿孔せず、しかも炭酸カルシウム性のものならばその起源や性質をとわず、ほとんどすべてのものに穿孔生長しうる事実、ガラス上で発芽した糸状体は生長がわるく枯死しやすいが、貝殻中で生育しているものは生長がよく夏の高温にもたえうること、しかしガラス上の裸出糸状体でも、海水中に重炭酸塩をくわえることによって、色も生長もよくなること、貝殻中の糸状体の生長には外部からの炭酸源の供給はあまり必要がないらしく、むしろ培養液中に重炭酸塩が多いときは、糸状体は貝殻に接触しても穿孔せず、面上を裸出したまま生長する傾向が強いことなどの事実とあわせて考察すると、アサクサノリ糸状体は貝殻中の炭酸カルシウムの分解産物を、あるていど光合成の炭酸源にして生長しうる能力があるものといえよう。

要 結

1. 貝殻中に穿孔しているアサクサノリ糸状体は、光と温度がてきとうならば流動パラフィン中にひたされた状態でも、相当期間海水中で培養されたばあいとほとんどかわりのない生長をしめす。
2. このことはアサクサノリ糸状体が外部とのガス交換をたたれても、かなり長期間生存しかつ生長しうることをしめす。
3. したがってアサクサノリ糸状体は、炭酸源を基物である貝殻の炭酸カルシウムにもとめていると考えられる。

結 論

A ノリ糸状体の形態について

1. 糸状体が貝殻中に穿孔するばあい、糸状体は貝殻の表面に沿った方向はもちろん、内層の方向にも垂直にあるいは彎曲して生長し、ついには反対側の面に達する。
2. 貝殻内層の糸状体の生長は、貝殻表面がどちらをむいていても、それに対する糸状体の生長方向には変化がない。すなわち糸状体の生長方向に対しては重力の影響がないとおもわれる。
3. 糸状体が種類のことなる貝殻に穿孔したばあい、やや形態がことなることがある。そして貝殻の構造にその生長が規制されることがあり、たとえばタイラギ殻稜柱層中では、その蜂巢状の区画内だけで生長する傾向がつよい。
4. 糸状体が貝殻以外の石灰性基物中に穿孔するときは、その形態に差があらわれることがある。たとえば方解石中ではその劈開の方向に影響されることがある。ウシケノリ糸状体のばあい、この傾向がいちじるしい。
5. 糸状体がセメント中に穿孔したばあいはセメント中の粒子およびその集団に、団塊状に穿孔しているようにおもわれる。
6. 糸状体の培養中に貝殻の表面にカルシウム性の突起ができるが、この中にも糸状体が存在する。
7. 各種イワノリ類糸状体の生長の状態も、アサクサノリのばあいと平面的にも垂直的にも大差がみられない。ウシケノリ、フノリノウシゲのばあいも、とくにめだつた差はみられないが、やや膨大部が大きい傾向がある。
8. 単孢子嚢枝は初夏から秋にかけて生ずるが、イワノリ類の単孢子嚢枝は季節的にアサクサノリよりはやく生じ、形態もやや細くかつ長く内層にむかって生ずる傾向がある。
9. これら単孢子嚢枝は貝殻表面に少なくともその一端が達している。
10. 単孢子嚢枝は表層にかなり近い内層に存在する枝の一部から発生して、しだいに内層方向に生長肥大し、ある時期に表面に達して、そこに開口をもつようになる。
11. この単孢子嚢枝が表面に達して生じる開口は、単孢子嚢枝の太さとほぼ同じいどの直径をもつ。
12. 果孢子が発芽して最初に貝殻に穿孔した穿入孔は、約5 μ ていどの直径をもつ小孔である。

B ノリ糸状体の穿孔性および代謝について

1. 糸状体は、炭酸カルシウム系の物質ならば、生物起原のものにかぎらず鉱物性のものにも穿孔生長しうる。そして鉱物性炭酸カルシウムは、その結晶系のちがいなどには関係なく基物となりうる。
2. 糸状体細胞の pH 値は 5~6 であり、しかも炭酸カルシウムは pH 5~6 で容易に溶解するから、糸状体は炭酸カルシウムを溶解して穿孔生長するものとおもわれる。
3. 果孢子が、ガラス上で発芽して裸出糸状体となったばあい、その生長にはカルシウム塩より重炭酸塩の方が効果があるから、糸状体が炭酸カルシウム系基物中で穿孔して生長するのは炭酸カルシウムの構成要素である炭酸にあるということが考えられる。
4. 貝殻中で生育している糸状体は、わずかであるが、呼吸と光合成にもとづくガス代謝をしめす。このとき補償点は 5~50 lux とみられ、葉体にくらべて相当低い値である。このことは 5 lux 以下では垂直的生長をしめさない事実とよく一致する。
5. 糸状体は葉体とおなじく光合成をおこない、その色素もかわりがないが、ただ糸状体自体がしめす吸光特性は葉体とややことなっている。

C ノリ糸状体の生長と環境要因について

1. 糸状体の垂直的の生長と培養期間との関係は、条件が一定ならば直線の傾向をしめす。
2. 塩分濃度が極端に高いばあいまた低いばあいは、生長がおさえられる。
3. 糸状体の生長は 2,000 lux かあるいはそれよりやや高い照度の下で最高に達するが、生長適温以外ではこの照度が最高の効果をしめすとはかぎらない。
4. 糸状体の生長の適温は、20°C 附近である。
5. 赤色光は青色光よりやや糸状体の生長に有利なようであるが、あきらかではない。
6. 糸状体は pH 5.6 ないし 10.6 の範囲の海水中で培養されたばあいには、生長のていどにあまり大きな差がみられない。しかし天然海水よりわずかに中性に近い pH 値のばあいに生長がやや良好のようにみえる。
7. β -インドール酢酸およびシベレリンは、糸状体の生長に直接の影響をあたえない。
8. 海水に磷酸塩、硝酸塩などの栄養塩類を添加しても、直接糸状体の生長を促進することはないが、糸状体の健康などには関係するらしい。
9. 海水に重炭酸塩を添加しても、糸状体の生長を直接促進することはないが、重炭酸塩が海水中に豊富であると、糸状体が穿孔しないで裸出したまま貝殻表面をはって、元気に生長する傾向がある。
10. 貝殻に穿孔している糸状体は、流動パラフィン中でも温度、光が適当なら海水中のばあいとほとんどかわりのない生長をしめす。すなわち、糸状体は外部とのガス交換を断られた状態で貝殻内で生長したことになる。したがって糸状体は光合成の炭酸源を貝殻に求めて生長するものとおもわれる。

文 献

- 1) 相見靈三, 1953: 細胞生理学実験法. 東京.
- 2) 赤堀四郎, 1957: 酵素研究法. 東京.
- 3) 新崎盛敏, 1954: アサクサノリの科学的栽培. 科学, **24**, 218.
- 4) 新崎盛敏他, 1955: アマノリの糸状体に関する座談会の記録. 藻類, **3**, 46.
- 5) BIEBL, R., 1953: Lichttransmissionsänderungen an Meeresalgen, in besonderen an *Porphyra umbilicalis* f. *laciniata*. *Oesterr. Bot. Zeitschr.*, **100**, 179.
- 6) DREW, K. M., 1949: *Conchocelis*-phase in the life-history of *Porphyra umbilicalis* (L.) KÜTZ. *Nature*, **164**, 748.
- 7) —————, 1952: Studies in the *Bangioideae*. I. Observations on *Bangia fusco-purpurea* (DILLW.) LYNGB. in culture. *Phytomorphy.*, **2**, 38.
- 8) —————, 1954: —————. III. The Life-history of *Porphyra umbilicalis* (L.) KÜTZ. var. *laciniata* (LIGHTF.) J. AG. A. The *Conchocelis*-phase in culture. *Ann. Bot.*, **18**, 183.
- 9) —————, 1956: Reproduction in the *Bangiophycidae*. *Bot. Rev.*, **22**, 553.
- 10) —————, 1958: Studies in the *Bangiophycidae*. *Pubbl. Staz. Zool. Napoli*, **30**, 358.
- 11) DREW, K. M. and K. S. RICHARDS, 1953: Studies in the *Bangioideae*. II. The *Conchocelis*-phase of *Porphyra* sp. in *Pollicipes cornucopia* LEACH et ROSCOFF. *Jour. Linn. Soc. Bot.*, **55**, 84.
- 12) FOGG, G. E., 1952: The metabolism of algae. London.
- 13) FUJIWARA, T., 1955: Studies on chromoproteins in Japanese Nori (*Porphyra tenera*). I. A new method for the crystallization of phycoerythrin and phycocyanin. *Jour. Biochem.*, **42**, 411.
- 14) 福島 正, 1946: ガラス・セメント. 東京.
- 15) 福原英司, 1959: 北海道周辺におけるアマノリ類糸状体の分布について. 北水試月報, **14**, 17.
- 16) GRAVES, J. M., 1955: Life-cycle of *Porphyra capensis* KÜTZ. *Nature*, **175**, 393.
- 17) 長谷川由雄, 1949: 生長ホルモンの海苔の増収におよぼす影響について. 北海道水研究報告, No. **3**, 31.
- 18) HAXO, F. T. and L. R., BLINKS, 1950: Photosynthetic action spectra of marine algae. *J. Gen. Physiol.*, **33**, 389.
- 19) HAXO, F., C. OHEOCHA and P., NORRIS, 1955: Comparative studies of chromatographically separated phycoerythrins and phycocyanins. *Archiv. Biochem. Biophys.*, **54**, 162.
- 20) 北大理学部植物生理学教室編, 1957: 植物生理学実習. 東京.
- 21) 本城市次郎編, 1953: 生物学ハンドブック. 東京.
- 22) 吉川・小倉・関根・森田・高橋編, 1954: ワールブルグ検圧法. 東京.
- 23) 木下祝郎・寺本賢一郎, 1958a: アサクサノリの生長に対する光及び水温の影響. 日本水産学会誌, **24**, 326.
- 24) —————・—————, 1958b: “アサクサノリ”の生長に対するジベレリンの効果. 藻類, **6**, 85.
- 25) 小林新二郎・渡部哲光, 1959: 真珠の研究. 東京.
- 26) 黒木宗尚, 1953a: アマノリ類の生活史の研究. 第1報. 果胞子の発芽と生長. 東北水研研究報告, No. **2**, 67.
- 27) —————, 1953b: アサクサノリの糸状体の単胞子放出について. 同上, No. **2**, 104.

- 28) ———, 1956: アマノリ類の生活史, 特に所謂夏ノリに就いて (マルバ型アサクサノリの生活史) (予報). 藻類, **4**, 13.
- 29) 黒木宗尚・平野和夫, 1955a: アサクサノリの糸状体の単胞子放出について (2) 放出の日周期. 東北水研研究報告, No. **4**, 279.
- 30) ———・———, 1955b: 乾燥・海水塩分・光線がアマノリ類糸状体 (*Conchocelis* 期) に及ぼす影響. 同上, No. **4**, 262.
- 31) ———・———, 1956a: アマノリ類の糸状体の単胞子放出について (海での実験). 同上, No. **8**, 27.
- 32) ———・———, 1956b: アサクサノリの糸状体の生長・単胞子嚢形成・単胞子放出と水温との関係. 同上, No. **8**, 45.
- 33) 前川兼祐・富山昭, 1959: 未発表.
- 34) 右田清治, 1951: アサクサノリの異常発芽について. 水産学会大会 (福岡) 講演.
- 35) ———, 1957: 石灰藻に穿孔するコンコセリス. 藻類, **5**, 59.
- 36) ———, 1959: ノリ糸状体の生長におよぼす環境条件と培養液の pH 変化 について. 長崎大学水産学部研究報告, No. **8**, 207.
- 37) 右田清治・太田扶桑男, 1957: アサクサノリの石灰岩に穿孔した糸状体, 特にその生長並びに採苗について. 同上, No. **5**, 41.
- 38) 中村義輝, 1953: 海苔の生涯. 藻類, **1**, 61.
- 39) 野沢ユリ子・野沢治治, 1959: アサクサノリ糸状体の病害について. 日本水産学会年会 (東京) 講演.
- 40) 尾形英二・永井進, 1954: アサクサノリ細胞の被害の判定について. 生理生態, **6**, 10.
- 41) OGATA, E., 1955: Perforating growth of *Conchocelis* in calcareous matrices. *Bot. Mag.*, **68**, 371.
- 42) ———, 1959: Observations on the vertical growth of *Conchocelis*. *Bot. Mag.*, **72**, 177.
- 43) 太田扶桑男, 1954: アサクサノリの人工採種試験. 熊本県水試鏡分場報告. (謄写刷).
- 44) ———, 1958: 海苔糸状体の病害に関する研究. 同上, (謄写刷).
- 45) 斉藤雄之助, 1955: アサクサノリ胞子の付着と海況について——I. 日本水産学会誌, **21**, 226.
- 46) ———, 1956a: 海中でのアサクサノリ糸状体からの胞子放出について (予報). 同上, **21**, 1215.
- 47) ———, 1956b: アサクサノリ糸状体の生長成熟におよぼす二, 三の要因について. 同上, **22**, 21.
- 48) 坂村 徹, 1959: 植物生理学 上. 東京.
- 49) STRAIN, H. H., 1951: The pigments of algae. *Manual of phycology*. Edt. by G. M. Smith. Waltham, Mass.
- 50) 須藤俊造, 1953: アサクサノリの養殖を安定させるために. 藻類, **1**, 17.
- 51) ———, 1954: アサクサノリの生活史について, 特に秋に立込んだヒビに最初に着く胞子の性質——Ⅲ. 日本水産学会誌, **20**, 494.
- 52) 須藤俊造・丸山武男・梅林脩, 1954: アサクサノリの “*Conchocelis*-phase” からの胞子放出について. 同上, **20**, 490.
- 53) SWINGLE, S. M. and A. TISELIUS, 1951: Tricalcium phosphate as an adsorbent in the chromatography of proteins. *Biochem. J.*, **48**, 171.
- 54) 竹内卓三・松原孝之・下中元信・須藤俊造, 1954: 海に入れたノリの “*Conchocelis*-phase” からの胞子の放出とヒビ立て時期. 日本水産学会誌, **20**, 487.
- 55) 竹内卓三・下中元信・福原昭典・山崎浩, 1956: アサクサノリ *Porphyra tenera* KJELLMAN 糸状体の生態——Ⅲ. 糸状体の致死条件について. 同上, **22**, 16.
- 56) TSENG, C. K. and T. J. CHANG, 1955a: Studies on the life history of *Porphyra tenera* KJELLM. *Scientia Sinica*, **4**, 375.

- 57) 曾呈奎・張德瑞, 1955b: 紫菜的研究 III. 紫菜的有性生殖. 植物學報, 4, 153.
- 58) ———・———, 1956: 紫菜壳孢子的形成和放散条件及放散周期性. 同上, 5, 33.
- 59) 殖田三郎, 1958: 海苔養殖読本. 東京.
- 60) 山羽儀兵, 1949: 一般細胞学. 東京.
- 61) 山崎 浩, 1954a: アサクサノリ (*Porphyra tenera* KJELLM.) 糸状体の生態—— I. 日本水産学会誌, 20, 442.
- 62) ———, 1954b: ———— II. 特に糸状体より放出された孢子について. 同上, 20, 447.
- 63) 山崎 浩・下中元信・福原昭典, 1957: ———— IV. 稀釈海水の影響について. 同上, 23, 195.
- 64) 吉田忠生, 1956: 中国におけるアサクサノリに関する研究の紹介. 藻類, 4, 21.

Studies on the growth of *Conchocelis*

by

Eizi OGATA

Summary

Since the discovery of *Conchocelis*-phase in the life-history of *Porphyra umbilicalis* by DREW (1949), the technique for aquiculture of *Porphyra tenera* (Japanese laver) has developed rapidly depending on her theory of *Conchocelis*. But the fundamental knowledges concerning the growth of *Conchocelis* are not yet far advanced. It seems, therefore, to be important to know the fundamental theories on the growth of *Conchocelis* in order to establish the technique for aquiculture of Japanese laver.

In this investigation, the fundamental experiments on the growth of *Conchocelis*-phase of some species of *Porphyra* and *Bangia* were carried out concerning both morphological and physiological aspects, since 1955 at Osaka and also at Yoshimi, Shimonoseki in Japan.

Growth patterns in *Conchocelis*-phase with especial reference to the vertical growth

The observations on the growth patterns of *Conchocelis* in shell have been made by the surface view. Scarcely any has been known about its growth behavior in the vertical direction. In this connection successful observations were made mainly on the *Conchocelis* of *Porphyra tenera*, appropriately using pearl oyster shells. The following new procedure for preparation enabled us to follow the growth in a whole profile view.

Several rectangular pieces were cut out of pearl oyster shells which harbored the filaments: these pieces were cemented together and stucked onto a microscopic slide with a sort of synthetic resin. The surfaces of section were carefully ground extremely thin with a grindstone. Profile of the filament growth in thus prepared specimens becomes easily accessible in transmitted light.

1. Most germlings spread tap-root-like filaments downwards into the shell. These main filaments subsequently produce lateral branches which later run upwards and finally reach the shell surface. Thus grown up branch filaments form an anastomosed layer just underneath the shell surface. After the subsequent culture, the main tap-root-like branches extend to reach the opposite surface and thereafter soon produce lateral branches again thriving into anastomosed filaments in the inside layer close to the opposite surface.
2. Direction of the growth of tap-root-like filaments has no correlation with the direction of gravity. That is, tap-root-like filaments always elongate perpendicu-

- larly to the shell surface irrespective of the normally supine, inverted and upright positions of the shell.
3. The *Conchocelis* filaments show different forms depending on the sort of shell from different shell-fish even when the spores come out of the identical mother plant. For example, *Conchocelis* grows restricted within the honeycomb-like compartments of prismatic layer of *Atrina pectinata japonica* shells as if arrested by the separating walls.
 4. Growth patterns of *Conchocelis* in some sorts of calcareous matrices differ a little from that in marine shell. For example, the branches of *Conchocelis* of *Porphyra* growing in calcite tend to elongate along the cleavage planes of the crystal. These characteristic angular branches are more frequently observed in the *Conchocelis* of *Bangia*. Moreover, *Conchocelis* is able to thrive in the cement mortar probably penetrating some particles of cement powder.
 5. The "goose skin-like" projections produced on the surface of *Conchocelis*-inhabited shell permit the penetration of filaments as well as the original shell.
 6. The *Conchocelis*-phase observed in several species of *Porphyra* has no remarkable difference among their growth patterns in both horizontal and vertical directions, including the case of *Bangia fusco-purpurea* and *B. gloiopeltidicola*.
 7. Fertile cell-rows formed in shell-inhabited *Conchocelis* cultured till autumn have such diverse forms as arch-like or long projected shapes.
 8. The fertile cell-rows in species other than *Porphyra tenera* are slender and long as compared with those of *Porphyra tenera*.
 9. Fertile cell-rows have several terminals reaching the shell surface indicating the presence of opening for spore liberation.
 10. The openings of fertile cell-rows at the shell surface have almost the same size as the fertile cell-rows in diameter.
 11. Initial fertile cell-rows originate from the *Conchocelis*-filaments present at shallow layer underneath the shell surface, soon reaching the shell surface to have the opening.
 12. Another type of opening bored by the germlings from a spore of *Porphyra tenera* has rather small diameter measuring about 5 μ .

Perforating growth of *Conchocelis* in the inorganic calcareous matrices

The *Conchocelis*-filaments of *Porphyra tenera* are able to perforate in such inorganic calcareous matrices as calcite, aragonite and limestone growing up into the *Conchocelis*-phase identical with the ordinary ones in marine shells.

The mechanism of the perforating growth of *Conchocelis* in calcareous matrix is elucidated to some extent from the following results obtained.

1. Hydrogen ion concentration in the cell contents of *Conchocelis* is estimated to be pH 5 to 6.
2. Calcareous substance is easily corroded by such weak acid as pH 5 to 6.

3. It seems, therefore, to be probable that the growing branches of *Conchocelis* penetrate the calcareous matrix and inhabit in it.
4. Growth of *Conchocelis*-filaments germinated and grown freely on glass slide without calcareous matrix is favored more by addition of bicarbonate to sea water than by added calcium salt.

Metabolism in the *Conchocelis*

Inhabiting in marine shells, *Conchocelis* develops into anastomosed filaments under proper condition. Therefore the metabolic activities in the growing process of *Conchocelis* are the interesting problem to investigate.

1. It is found that the shell-inhabiting *Conchocelis* shows the obvious gas exchange by examining the dissolved oxygen content in sea water employed for culture and also the change of gas pressure in manometric measurement under both dark and illuminated conditions.
2. These gas exchanges seem to result from photosynthetic or respiratory processes in *Conchocelis*.
3. Compensation point in the *Conchocelis* is found to be as low as 5 to 50 lux, which is far lower than in adult *Porphyra* thallus.
4. *Conchocelis* possesses essentially the same photosynthetic and accessory pigments as the adult *Porphyra* thallus. Accordingly, the photosynthetic process in *Conchocelis* is considered to be identical with that in mother *Porphyra* thallus.

Environmental factors affecting the growth of *Conchocelis*

Growth of *Conchocelis* is undoubtedly affected by various environmental factors. Such effects were studied mainly by examining the vertical growth of *Conchocelis*.

1. Growth of *Conchocelis*-filaments in both horizontal and vertical directions is stopped by highly concentrated or diluted sea water. The growth is reduced to about one half in twice diluted sea water.
2. The growth of filaments tends to reach maximum under the illumination at 2,000 lux.
3. The growth of filaments is not seriously affected by lower or higher hydrogen ion concentration of sea water.
4. *Conchocelis* grows better under the red light illumination than under the blue light.
5. Growth substances such as IAA and gibberellin have no effect on the growth of *Conchocelis*.
6. Enrichment of sea water with nutritive salts such as bicarbonate, phosphate, nitrate or ammonium salt does not significantly improve the growth.
7. The germlings cultured in the sea water rich in bicarbonate tend to grow up into bare creeping filaments on the shell surface showing no shell-inhabiting growth. Accordingly, they seem to need no calcareous matrix to inhabit in the carbon source-rich sea water.

8. Shell-inhabiting *Conchocelis* is able to grow, under adequate conditions of temperature and illumination, even when the surrounding sea water is replaced with liquid paraffin. It is assumed that the *Conchocelis* has an ability to utilize the carbon source derived from the calcareous matrix for photosynthesis.

P L A T E

PLATE I

Profile and surface views of the growing in *Conchocelis*-phase of *Porphyra tenera* KJELLMAN.

A~G: Successive stages of vertical growth in pearl oyster shell, cultivated for 5, 10, 20, 30, 60, 100 and 130 days respectively.

H: Profile of vertical growth of filaments in oyster shell, cultivated for about 1 year.

I~M: Surface views of horizontal growth in pearl oyster shell, cultivated for 5, 20, 30, 60 and 130 days. All $\times 100$.

E. OGATA

PLATE I

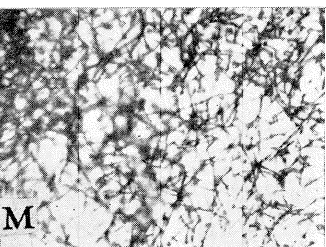
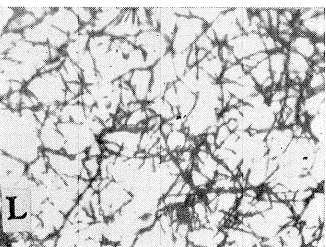
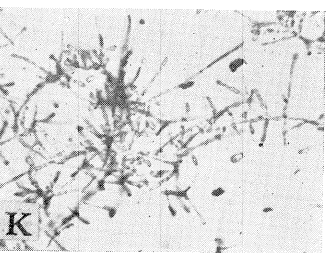
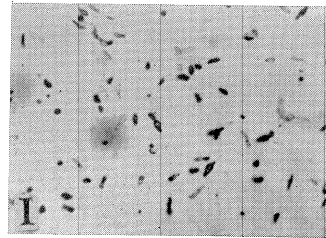
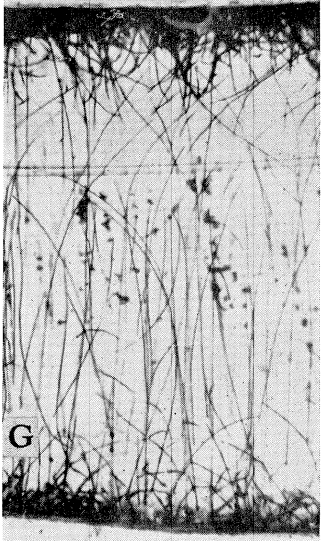
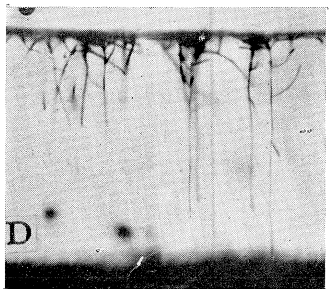
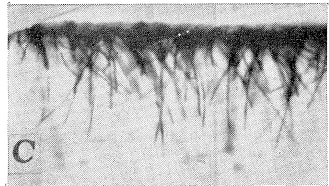
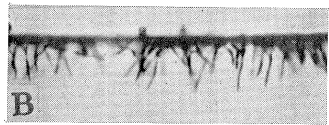


PLATE II

Details of vertical growth and branching in *Conchocelis* of *Porphyra tenera* KJELLMAN in early stages.

A~E : Details of vertical growth and branching, cultivated for 20, 20, 30, 50 and 70 days respectively. All $\times 100$ except D ($\times 200$).

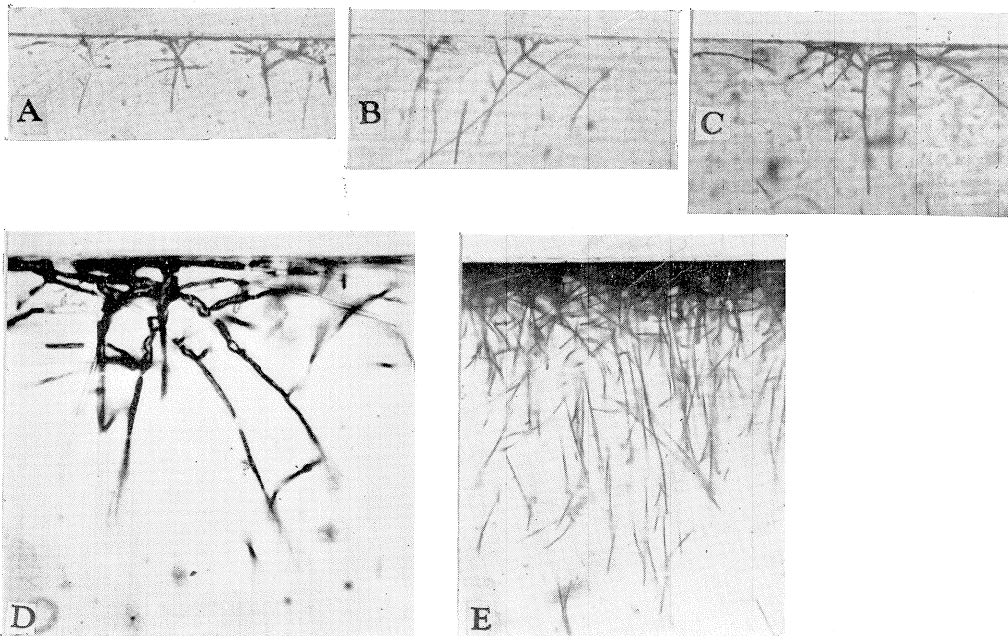
PLATE III

Horizontal growth of *Conchocelis* of *Porphyra tenera* KJELLMAN at the surface of section of shell pieces.

A : 30, B : 50 days cultured. $\times 100$.

E. OGATA

PLATE II



E. OGATA

PLATE III

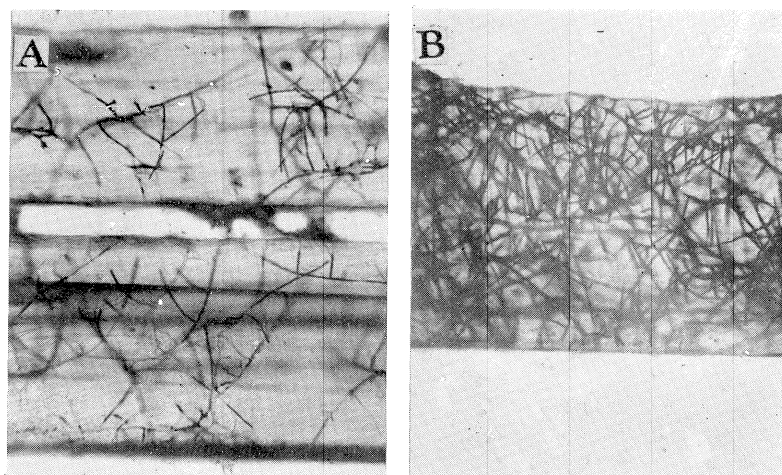


PLATE IV

Growth of *Conchocelis*-filaments of *Porphyra tenera* KJELLMAN in the shell under the gravity in different directions (indicated by arrows).

A~C: Profile *Conchocelis* growth in the shell placed upright. A: 15 days, B: 30 days, C: 40 days.

D•E: Surface view of the above case. D: 40 days, E: 110 days.

F~J: Profile of the upwards growth in the shell placed inverted for 30 days (F•G) and for 95 days (H~J).

F•H•I: Cuticle and prismatic layers of outer shell surface are previously removed, G•J: Not removed.

K: Profile of the growth at serrated shell surface. Germlings grow vertically to each serrated surfaces. All $\times 100$.

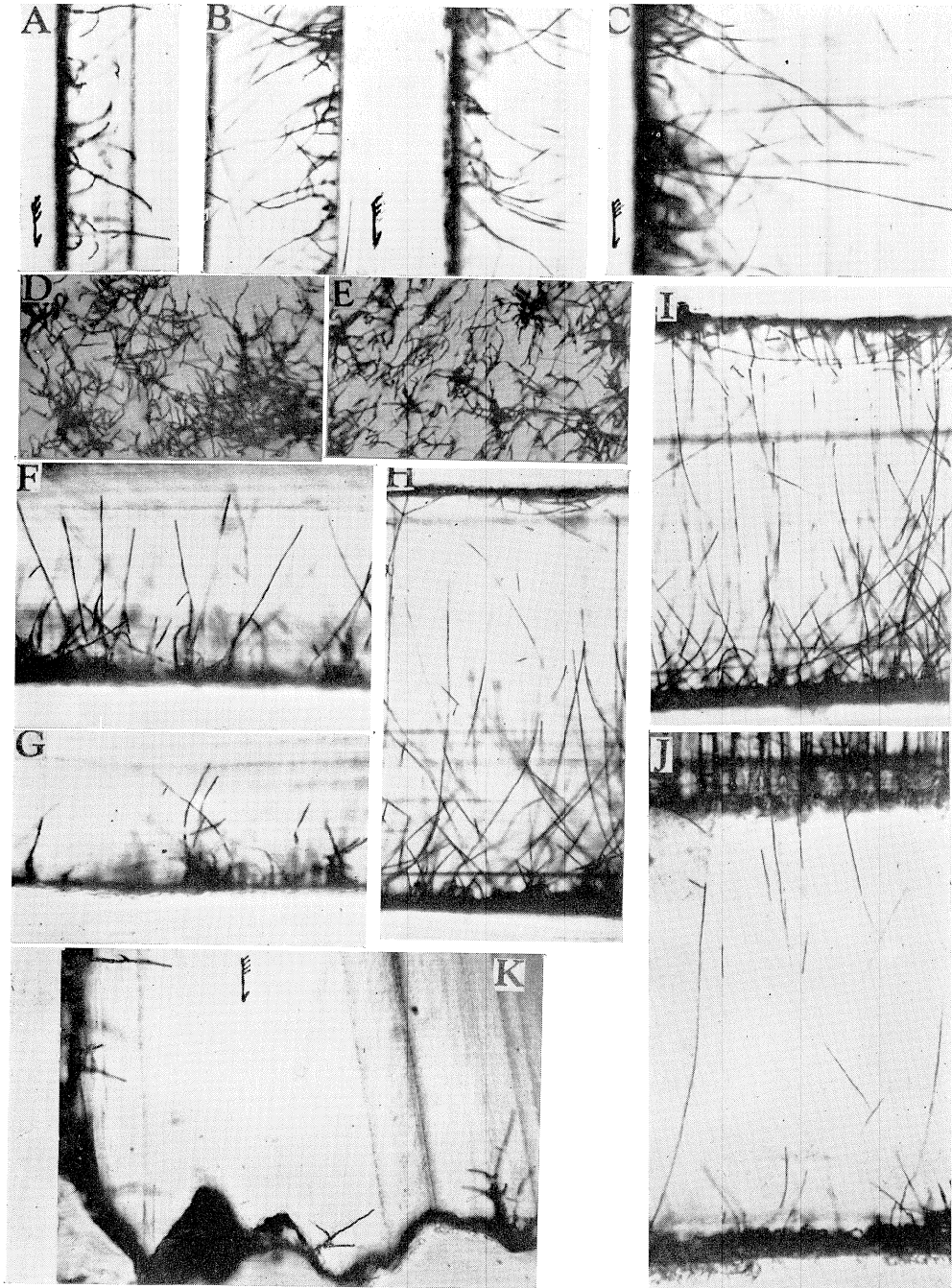


PLATE V

Conchocelis-phase of *Porphyra tenera* KJELLMAN growing in the shell matrix of different origin.

A • B : *Conchocelis*-filaments growing in the shell of *Meretrix lusoria* (RÖDING).

C • D : *Conchocelis*-filaments growing in the shell of *Mya japonica* JAY.

E • F : Shell matrix is shell of *Quadrula metanerua* RAFINESQUE.

G • H : In the shell of *Haliotis gigantea* GMELIN, growth pattern of *Conchocelis* is just the same as in the case of *Pinctada martensii* (DUNKER).

I ~ L : Shell matrix employed is somewhat soft shell of *Atrina pectinata japonica* (REEVE).

I • J : Growth pattern in the pearl layer.

K • L : In the prismatic layer, growth pattern of *Conchocelis*-filaments shows the characteristic growth which is restricted by the structure of prismatic layer. A • C • E • G • I • K : Surface views in the shell of respective species. × 100 except K (× 200). B • D • F • H • J • L : Profile views. × 200. A ~ H : Cultured for 30 days, I ~ L : for 20 days.

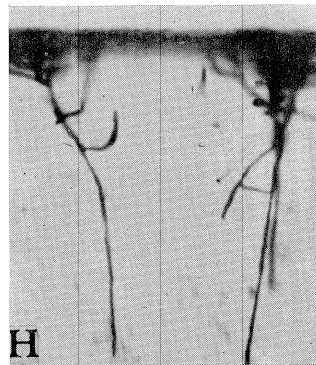
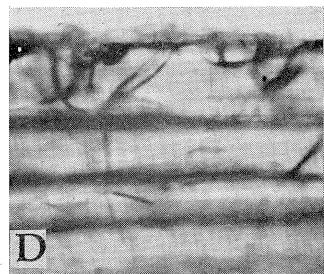
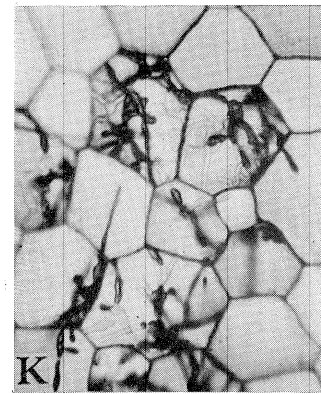
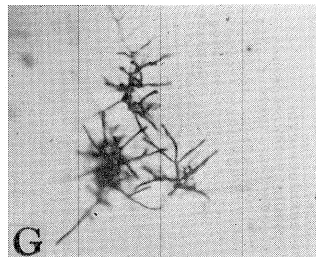
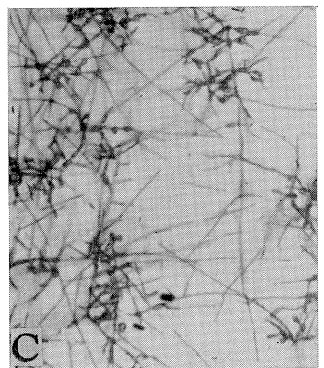
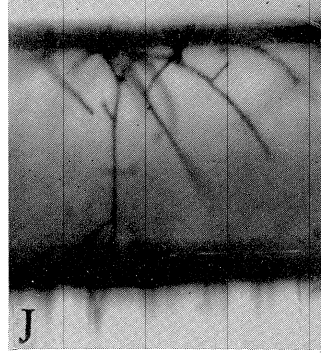
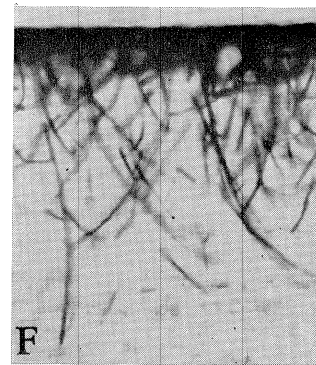
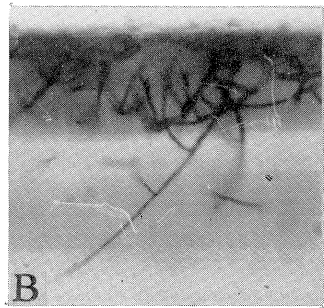
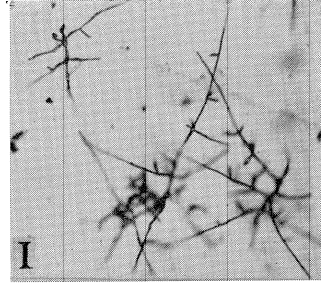
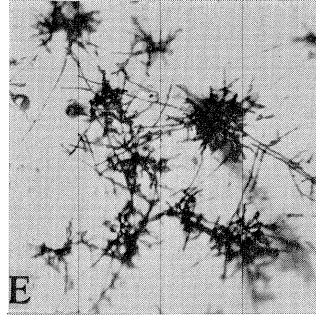
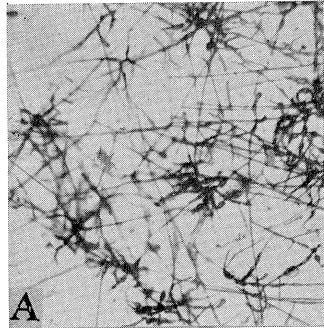


PLATE VI

Profile features of rough touch surface of shell in which the *Conchocelis* of *Porphyra tenera* KJELLMAN inhabit.

A ~ F : Profile views of projections appearing on the surface of pearl oyster shell. All $\times 200$.

A : Projections produced on shell surface during 100 days cultivation.

B : Projections on prismatic layer (100 days).

C • D : Cocentric layers inside the projection (130 days).

E • F : Giant projections with tubule-like structures inside (150 days).

G • H : Same projections on the surface of oyster shell (ca 1 year cultured). $\times 160$.

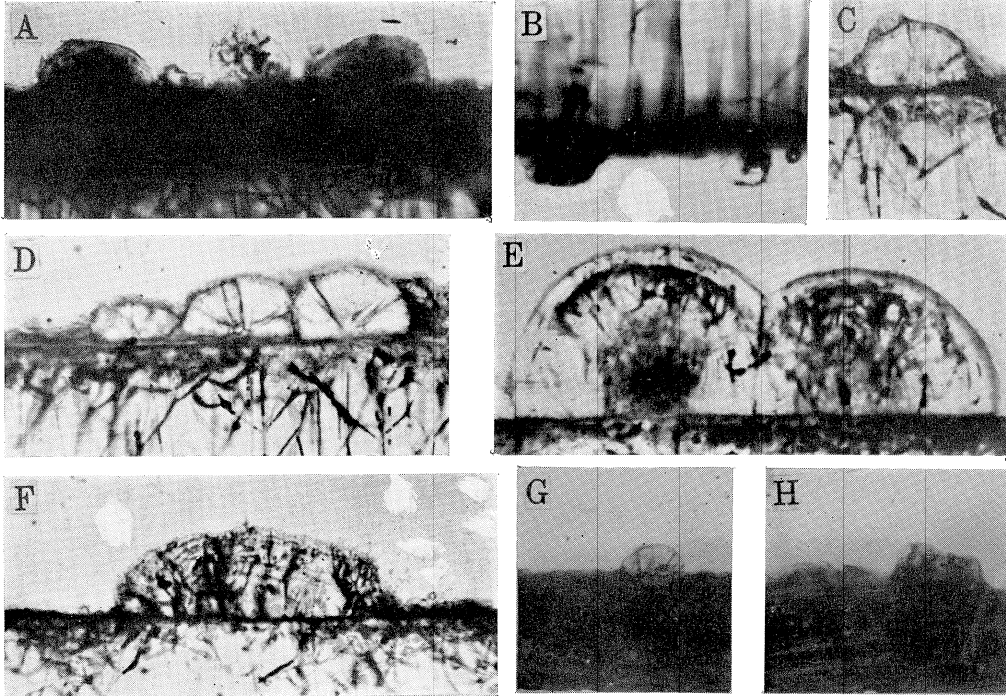
PLATE VII

Deposited crystals on the bottom of *Conchocelis*-culturing vessel.

A : Small stage. B : Large stage. $\times 200$.

E. OGATA

PLATE VI



E. OGATA

PLATE VI

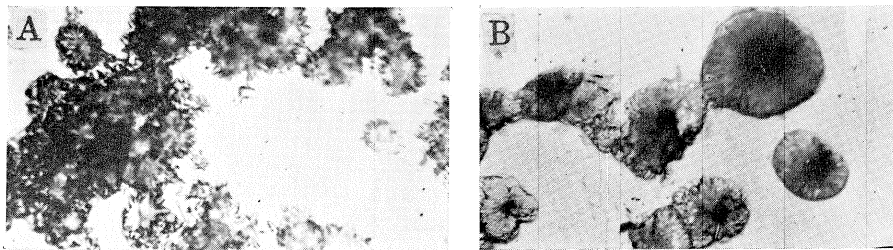


PLATE VIII

Surface or profile appearances of shell-inhabiting growth of *Conchocelis*-phase in several species of *Porphyra* and *Bangia*.

A • B : *Conchocelis*-phase of *Porphyra suborbiculata* KJELLMAN cultured for 76 days.

C • D : *Conchocelis*-phase of *Porphyra okamurai* UEDA cultured for 80 days.

E • F : Somewhat streaming features in the *Conchocelis*-phase of *Porphyra pseudolinearis* UEDA cultured for 70 days.

G • H : *Conchocelis* of *Porphyra dentata* KJELLMAN after 200 days cultivation.

I • J : *Conchocelis* of *Bangia fusco-purpurea* (DILLWYN) LYNGBYE cultured for 60 days (I) or 55 days (J).

K • L : Somewhat characteristic features in the *Conchocelis* of *Bangia gloiopeltidicola* TANAKA cultured for 85 days.

A • C • E • G • I • K : Surface views. B • D • F • H • J • L : Profile views. × 100.

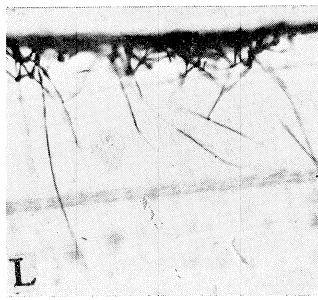
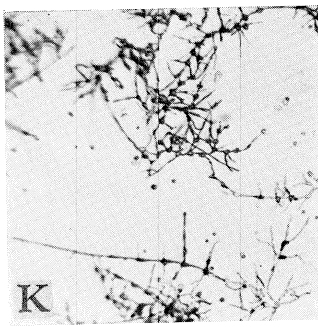
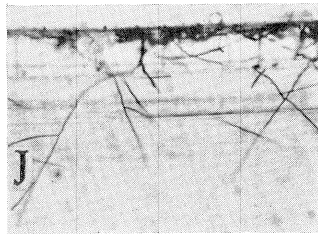
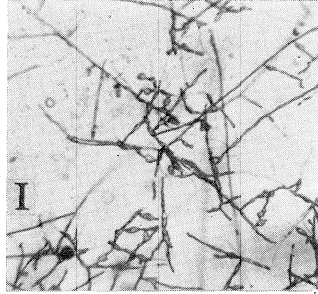
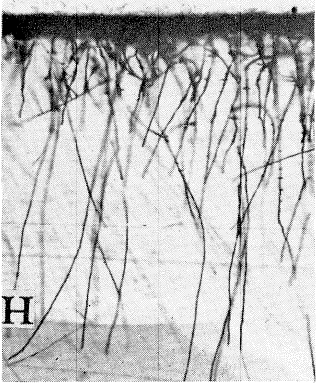
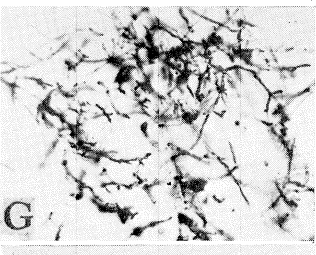
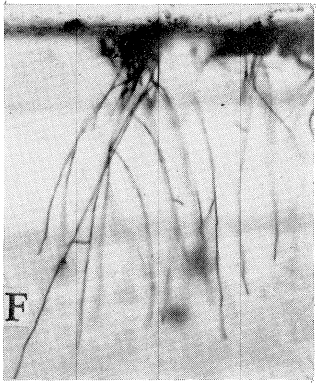
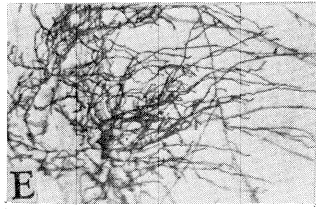
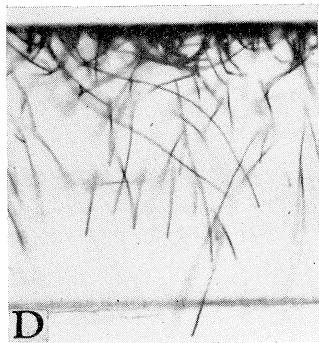
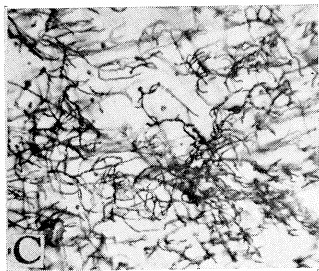
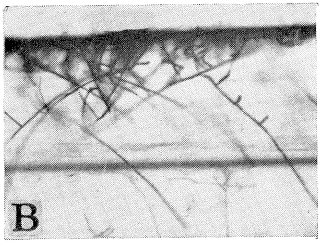
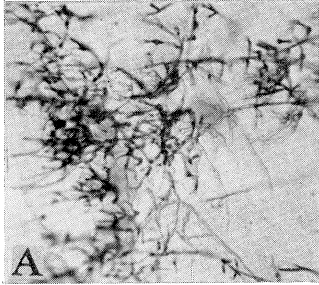


PLATE IX

Profile views of fertile cell-rows formed in the *Conchocelis*-phase of *Porphyra tenera* KJELLMAN.

- A • B : Formation of fertile cell-rows in the layer just underneath the shell surface on which spores germed.
- C : Formation in the prismatic layer at the opposite surface.
- D • E : At the bordering position between the prismatic and pearl layers, they are also formed. A~E : about 10 months cultured.
- F : When cultured for about 7 months.
- G : Inflated branches formed in the "goose skin-like" projection during 11 months cultivation.
- H : Surface feature in the culture of 7.5 months.
- I : In the prismatic layer of 7.5 months cultivation.
- J : Formation in the bottom layer near the outer shell surface.
- K : Whole aspect of section. Fertile cell-rows are shown at the bottom area.
- L • M : In the prismatic layer. J~M : about 1 year cultured. All $\times 200$. except K ($\times 100$).

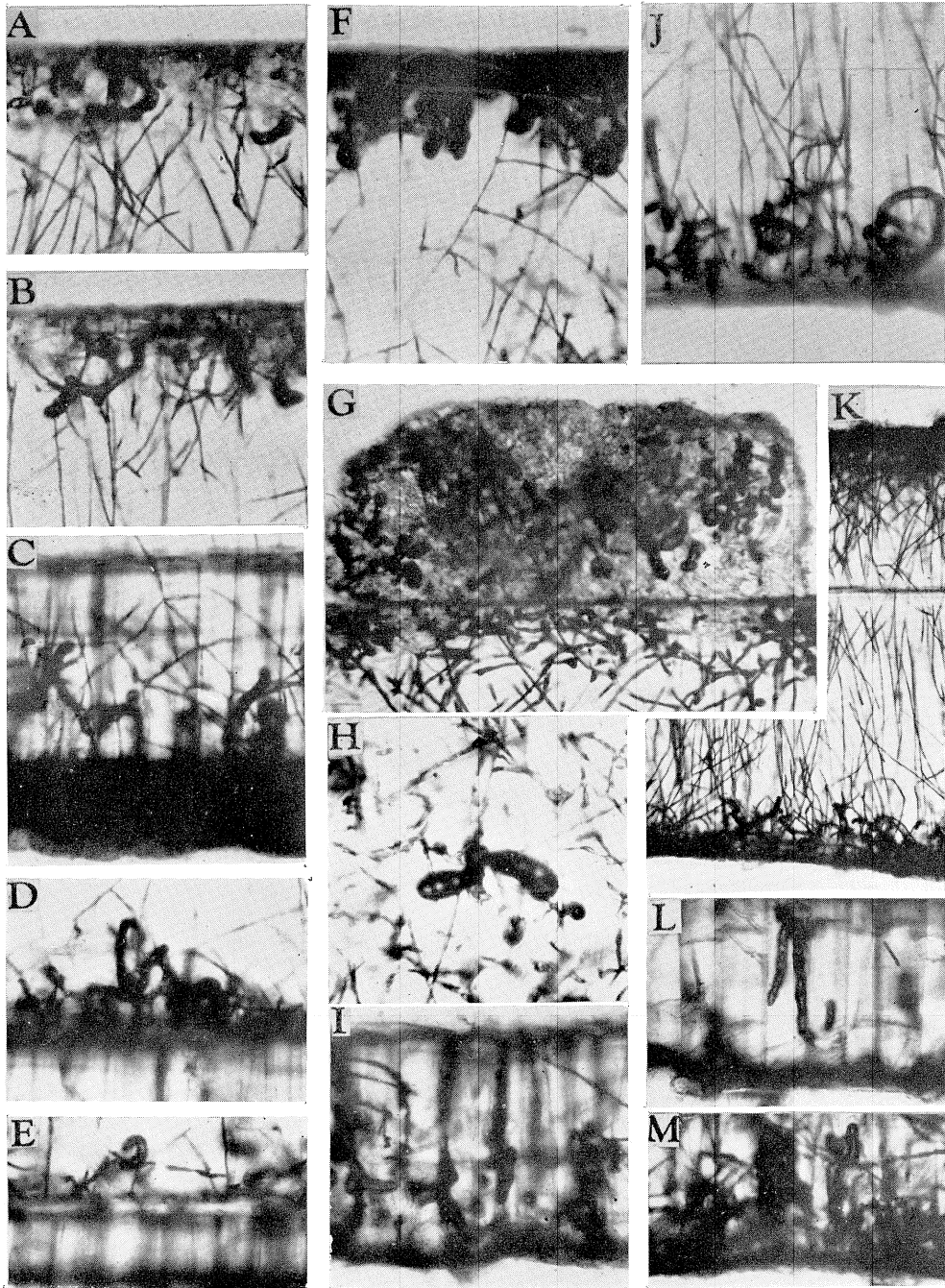


PLATE X

Fertile cell-rows in the *Conchocelis*-phase of *Porphyra suborbiculata* KJELLMAN.

Formation of fertile cell-rows in the *Conchocelis*-phase of *Porphyra suborbiculata* KJELLMAN is illustrated following the successive stage.

A~D : 200 days, E~G : 234 days, H·I : 266 days, J·K : 308 days cultured.

A·H·J : Surface views, others : profile features. All ×200 except B and E (×100).

E. OGATA

PLATE X

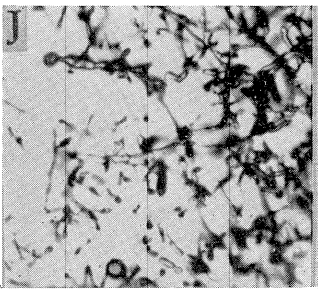
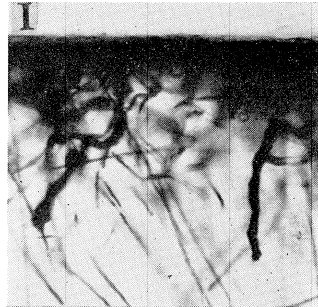
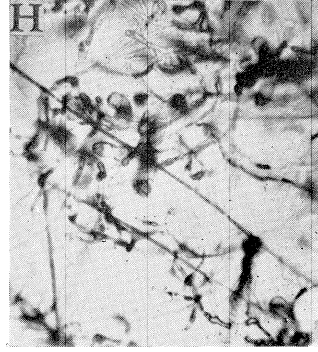
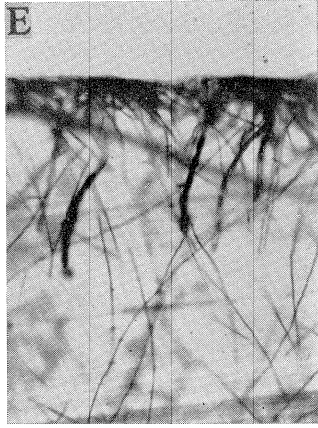
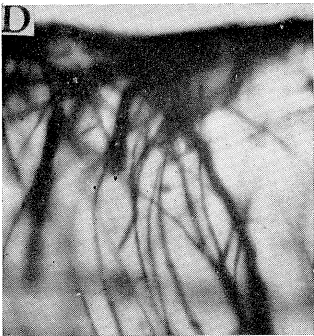
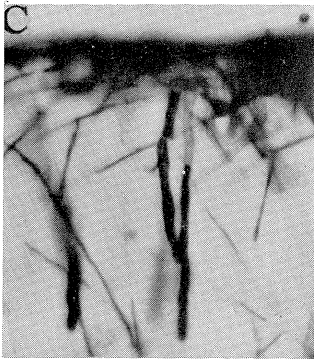
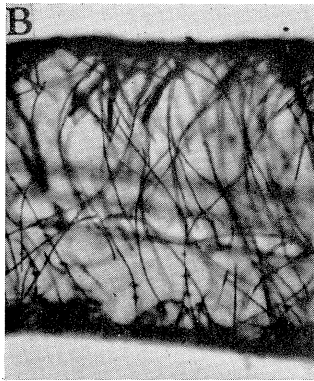
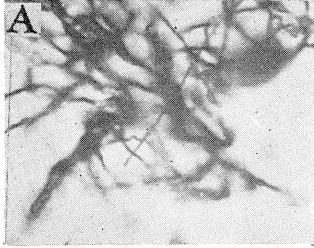


PLATE XI

Fertile cell-rows formed in the *Conchocelis*-phase of some species of *Porphyra* and *Bangia*.

A~E : Straight or arch-like shapes of fertile cell-rows are observed in the *Conchocelis*-phase of *Porphyra okamurai* UEDA.

A~C : 210 days, D : 285 days, E : 307 days cultured.

F~H : In the case of *Porphyra pseudolinearis* UEDA. F • G : 190 days. H : 300 days cultured.

I • J : In the case of *Porphyra dentata* KJELLMAN, 250 days cultured.

K~O : In the case of *Bangia fusco-purpurea* (DILLWYN) LYNGBYE. K~M : Beed-like filament in pearl oyster shell, 265 days. N • O : Fertile cell-rows in the shell of *Atrina pectinata japonica* (REEVE), 220 days cultured.

A • F • I • K • O : Surface views in the case of respective species. Others are profile features. All $\times 200$ except L ($\times 100$).

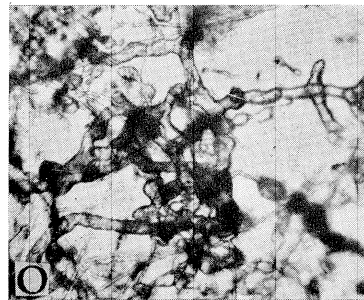
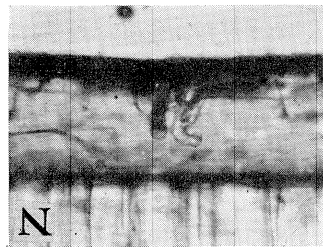
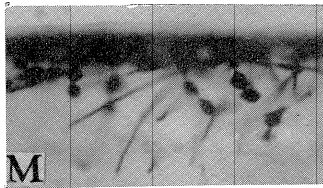
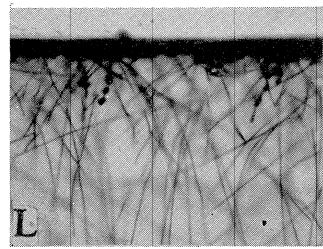
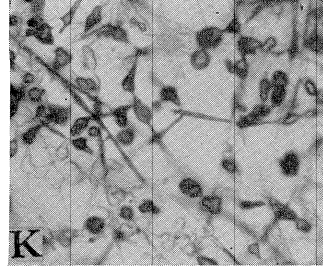
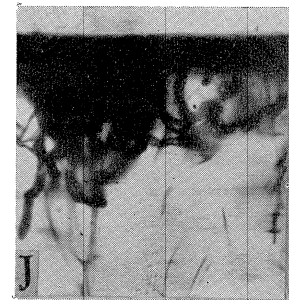
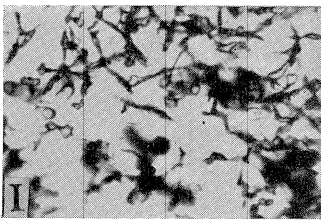
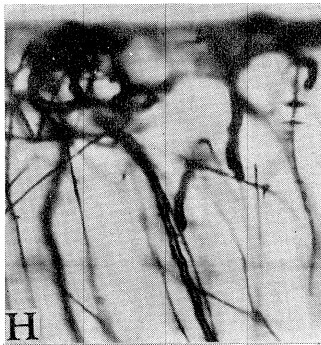
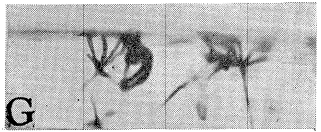
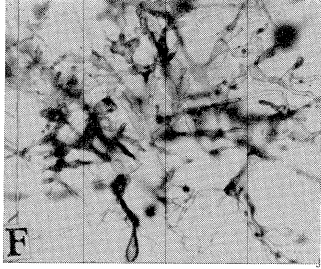
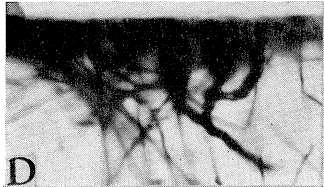
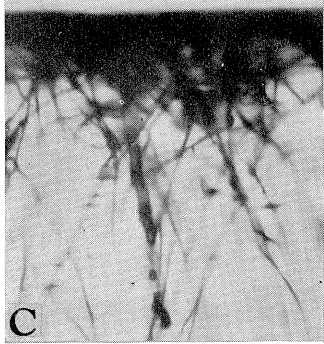
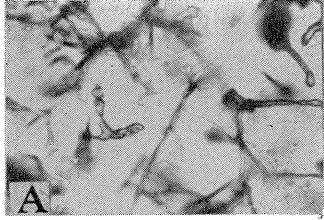


PLATE XII

Formation of outlet opening from fertile cell-row towards the shell surface.

- A : Group of outlets for spore liberation from fertile cell-rows of mature (7 months old) *Conchocelis* of *Porphyra okamurai* UEDA.
- B : Side view of the outlet opening from fully mature (10 months old) *Conchocelis* of *Porphyra* sp.
- C • D : Fertile cell-row developing from 15 weeks old culture of *Conchocelis* of *Porphyra suborbiculata* KJELLMAN. Terminal opening not yet formed.
- E : An advanced stage in the development of fertile cell-row into U-shaped profile in 16 weeks old culture as above.
- F : *Conchocelis* germling in a beginning stage (7 days old) of boring into shell matrix of *Atrina pectinata japonica* (REEVE). Initial entrance approximately 5μ in diameter. All $\times 400$ except F ($\times 1,000$).

