

オキナワモズクの養殖に関する研究5

配偶子の接合と接合子の発生

誌名	日本水産學會誌
ISSN	00215392
著者名	新村,巖
発行元	日本水産學會
巻/号	42巻1号
巻号補足	
掲載ページ	p. 21-28
発行年月	1976年1月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター

Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



オキナワモズクの養殖に関する研究—V^{*1}

配偶子の接合と接合子の発生

新 村 巖

(1975 年 9 月 26 日受理)

Studies on the Cultivation of an Edible Brown Alga,
Cladosiphon okamuranus—V
Conjugation of Gamete and Development of ZygoteIwao SHINMURA^{*2}

The circumstantial conditions for discharge of the gametes, their subsequent attachment and for the development of zygote were examined in the laboratory.

1) The gametes which were discharged under conditions of 15-30°C of water temperature and 8-16 hours of light-period per day, were observed to show high rates of parthenogenetic germination in some circumstances.

2) The settled number of fused and unfused gametes was found abundant in waters of 20-25°C temperature and long-day light periods.

3) The zygotes were abundantly found in 20°C of water temperature under short-day light periods, especially within the first hour of the beginning of the day light-period.

4) In Chordariaceae to which the present species belongs the process of conjugation of the gametes has not been so far observed sufficiently, while it was observed in detail in the present experiment.

5) The development of zygote showed the discoid type. After about one month of attachment, the germlings grew into new erect sporophytes under adequate culture conditions.

6) The gametes which were germinated parthenogenetically developed into the discoid type, as in the development of zoospore from their unilocular sporangium, and formed plurilocular gametangia after 15-20 days of attachment.

オキナワモズク *Cladosiphon okamuranus* の養殖に関する基礎資料をうるため、その生活史について研究中であるが、その一部についてはすでに報告した。すなわち、造胞体に形成される中性複子嚢由来の遊走子は、大部分が盤状型の発生をして、再び造胞体へ生長すること、¹⁾ また、3~6月に造胞体に形成される単子嚢由来の遊走子は盤状型の配偶体となり、複子嚢から配偶子を形成放出し、直立藻体へ発達しない²⁾などを室内培養実験によつて明らかにした。今回は前報²⁾の実験で培養された配偶体を用い、それから放出された配偶子と、その接合子の性状と発生経過について観察したので、ここに報告する。

報告に当たり、指導と校閲をいただいた鹿児島大学名誉教授田中剛博士に心から感謝の意を表する。また、本実験の母藻採集に協力いただいた鹿児島県水産試験場大島分場山中邦洋氏、配偶子の性状などに関して御教示くださった長崎県水産試験場増養殖研究所四井敏雄氏と長崎大学水産学部教授石田清治博士、並びに研究の機会を与えられた鹿児島県水産試験場長茂野邦彦博士の諸氏に厚くお礼を申し上げる。

^{*1} 鹿児島県水産試験場業績

^{*2} 鹿児島県水産試験場 (Kagoshima Prefectural Fisheries Experimental Station, Kinko-cho, Kagoshima, 892 Japan)

材料および方法

実験に用いたオキナワモズクの配偶体は、前報²⁾の実験で室内培養し育成されたものである。すなわち、1975年5月14日に奄美大島で採集した造胞体から、単子嚢由来の遊走子をポリフィルムに採苗し、20～25°Cで40日間培養されたもので、これらの配偶体は配偶子を盛んに形成放出中のものであつた。実験は当水試のグロースチャンパー内で行い、配偶子の放出着生、接合条件などについて温度別、日長別に比較培養した。培養方法は、1実験区につき200 ml 容ビーカー中に、配偶体の生育しているポリフィルム片(2×1 cm)の3枚を入れ、通気した。培養液は Miquel 海水³⁾を用い、2日おきに換水した。各ビーカー中には、スライドガラスをその面が光源に対して直角になるように立てかけ、配偶子または接合子の着生をはかつた。このスライドガラスは、温度別および日長別培養実験では、毎日13時に交換し、日周期の観察では2時間または10分毎に交換された。取り出したスライドガラスは、直ちに配偶子および接合子の着生量と接合子の割合(接合率とする)について検鏡計測された。着生量はスライドガラスのほぼ一定の5か所の位置の視野について計測し、スライドガラスの1 cm² 当りを推算した。また、接合率は、着生してアメーバ状になつた発生体のうち単為発生したものは眼点が1個、接合子のそれは2個が明らかに認められるので (Plate I, 7), 着生後24時間以内の発生体で算定できる。

なお、接合子の発生経過は接合率の高い日にポリフィルムへ採苗し、培養して観察された。

結 果

配偶子および接合子の着生量と接合率

1. 日長別培養実験 日長操作は特製の暗箱内に培養器をセットし、タイムスイッチで24時間周期のうち明期を8, 12, 16時間の3通りとした。各日長区の水温は22±1°Cに保たれた。実験は6月24日から7月4日までの10日間実施した。その結果は Fig. 1, A のとおりであつた。すなわち、着生量は実験開始後4日間に3日長区とも次第に減少していった。一方、暗箱に入れずに従前通りに培養を続けた対照区 (Fig. 1, A の C 区) は極めて多くの着生量を示した。この着生量の差は明らかに照度 (暗箱内は 1.6 klx, 対照区は 7 klx) に原因があると考えられた。そこで各日長区の培養器は、5日目から最小日長時間の8時間だけ暗箱から7 klx の位置へ移し、8時間以外は再び暗箱中に納めて培養を続けた。その結果、変更したその日から着生量は増加し、各日長区とも着生量は 10⁴～10⁵/cm² 台を示した。この実験後期6日間の着生量は日によるバラツキがみられるが、1日1 cm² 当りの平均着生量で比較すると、日長16時間区で16万個、12時間区で11万個、8時間区で9万個を示し、長日区ほど多い傾向を示した。一方、接合率にも日長の影響が認められ、後期6日間の1日平均でみると、日長16時間区が6%, 12時間区が29%, 8時間区が45%を示し、着生量とは逆に短日区ほど高い値を示した。なお、対照区のそれは平均10%であつた。
2. 温度別培養実験 実験は15°, 20°, 25°, 30°Cの恒温水槽へ培養器を浸漬し、照度10 klx, 1日当り明期12時間の条件下で通気培養した。配偶体種苗は日長別実験に使用したものを引き続き利用した。その際、日長効果の片寄りを防止するため、各日長区の配偶体種苗は各温度区へ均等に配分された。実験は7月4日から16日までの12日間である。その結果 (Fig. 1, B), 着生量と接合率は、日長作用の残響効果が一時的にあつたとしても、温度による差が認められた。すなわち、12日間の1日平均値でみると、着生量は1 cm² 当り15°C区で3,800個、20°C区11,200個、25°C区14,500個、30°C区で2,500個を示し、25°, 20°C区が明らかに多かつた。また、接合率は15°C区が0～28% (平均10.8%) 20°C区2～58% (23.4%), 25°C区0～35% (12.5%), 30°C区が0～21% (7.3%)を示し、20°C区が他の温度区より高い値を示した。
3. 着生と接合の日周期 実験は7月5日午前8時から7月6日10時までの26時間で、スライドガラスを2時間ごとに交換して測定観察した。培養条件は水温22°C, 照度7 klx, 日長は1日当り明期12時間 (8時～20時)とした。その結果は Fig. 2, A に示した。図で明らかにように、着生量は暗期から明期に入つて2時間までに極めて多く、1日間の合計着生量の70%を占めた。それ以降の着生量は急速に減少し、夜間は

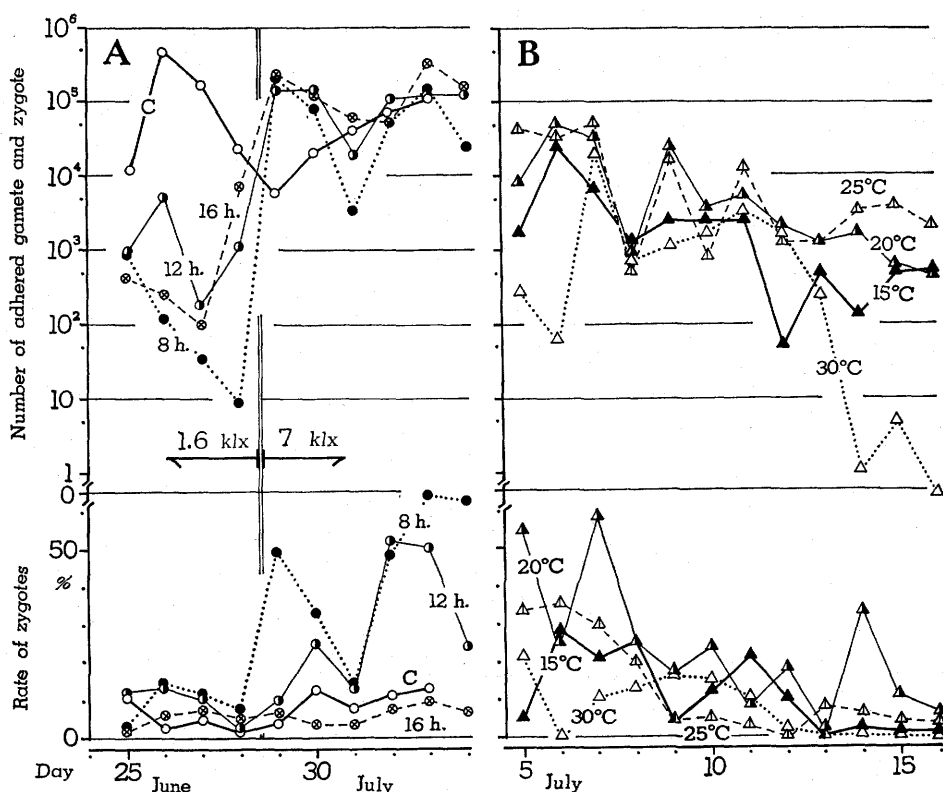


Fig. 1. Influence of various photoperiods (A) and water temperature (B) on the attachment of gamete and zygote of *Cladosiphon okamuranus*, and on the rate of zygotes to the adhered germlings. A: Fortyday-old gametophytes growing on polyethylene film were used. The culture conditions were maintained as follows: 22°C in water temperature; 8, 12 and 16 hours of light-period per day; the illuminance at 1.6 klx (from 24th to 28th of June) and 7 klx (from 28th of June to 4th of July). The culture of C (mark on the line) was maintained as follows: 22°C in water temperature, 12 hours light-period per day and 7 klx illuminance from start to finish. B: The culture were maintained under respective water temperature keeping 10 klx illuminance and 12 hours light-period per day.

着生しないか、僅かに認めうる程度であつた。接合率もそれと同様傾向を示し、明期に入つた2時間で27~40%を示したが、他の時間帯は全て10%以下であつた。Fig. 2, Bは明期に入つてから10分間ごとにスライドガラスを交換して観察した結果である。それによると、着生量は明期に入つて最初の10分間では認められず、その後急増して30~40分の10分間に最大値を示し、その後は急減した。しかし、接合率は明期になつて10~20分の間に50%台の最大値を示し、着生量のピークより20分早く現れた。

配偶子の接合 放出された配偶子は4~6×6~8μの長卵形を呈し、1眼点と長短2本の鞭毛を側生していた (Fig. 3, A, Plat I, 1)。配偶子は接合するものもあるが、単為発生するものも認められた。接合行動は僅か3例しか確認できなかったが、その経過は次のようであつた。まず、遊泳していた配偶子 (A) は、1か所にとどまり、その頭部を基質に接して静止したり、時にゆつくりその付近で回転する (Plate I, 2)。この静止行動は1か所で数分間続くものや、転々と場所を移して短時間静止することもあつた。やがて、能動的配偶子 (B) が静止中のAの周囲を巡りはじめ、Bの頭部がAに触れると同時に吸収されるように融

合した。しかも、融合と同時に接合子は基質に半球状に粘着した (Fig. 3, B, Plate I, 3)。両配偶子が接触して融合し終るまでの時間は僅か 5~10 秒間であつた。この接合子は、融合してから 2~3 分後に押しつぶされるようにくずれはじめ、5 分後にアメーバ状の着生体となつた (Plate I, 4~6)。一方、この静止行動をとる配偶子は 1 か所に 5~10 分間静止するものがみられるが、接合しなかつたものはそのままそこで

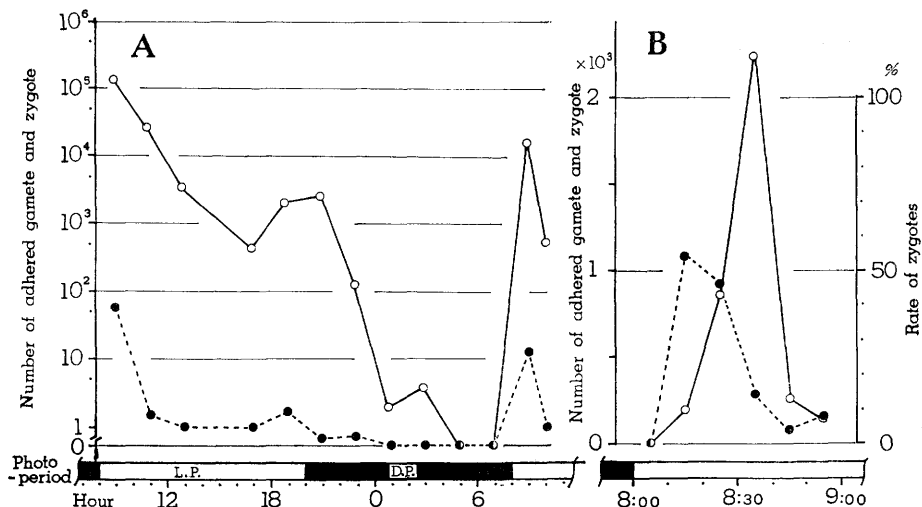


Fig. 2. Relation between the discharging time of gametes and the rate of zygotes (●) to the adhered germlings of *Cladosiphon okamuranus*. The culture were maintained under following conditions: 22°C in water temperature, 7 klx illuminance and 12 hours light-period per day. The gametophytes were cultured in a beaker, wherein a slide-glass was placed and exchanged at an interval of two hours in a day (A) and every ten minutes in one hour (B) from the start of illumination. The slide-glass taken up was immediately counted the adhered gametes and zygotes by a microscope at the fixed aerea of the slide-glass. L.P.: light-period; D.P.: dark-period.

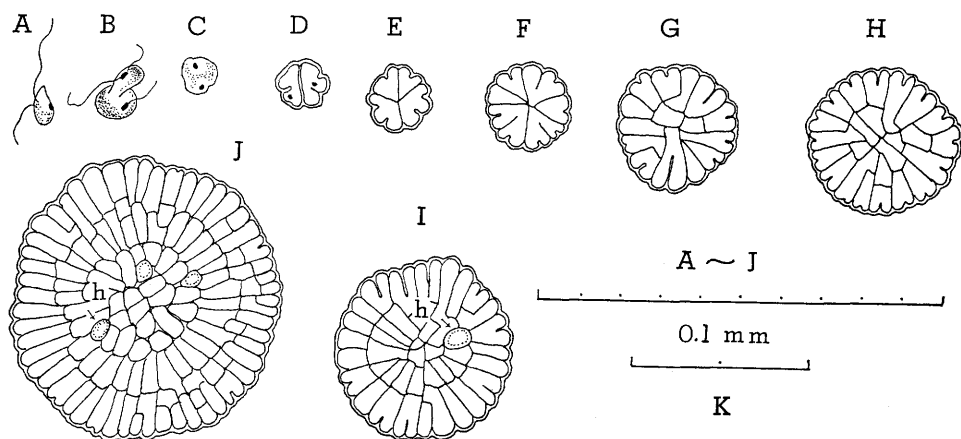


Fig. 3-1.

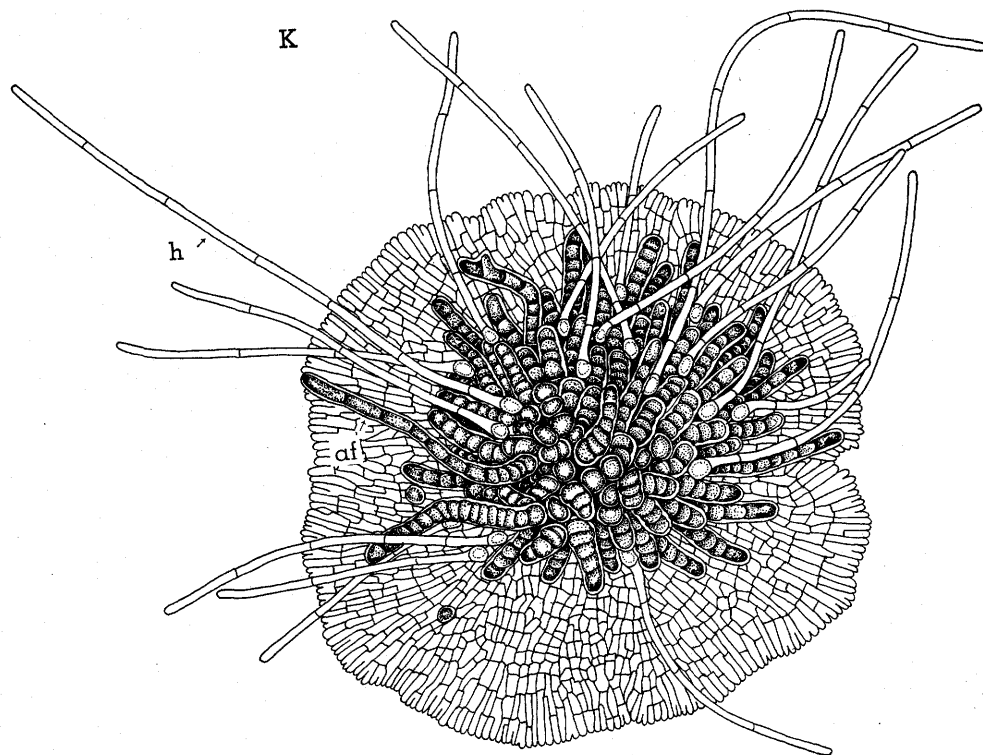


Fig. 3-2

Fig. 3. Gamete and development of zygotes of *Cladosiphon okamuranus*. A, gamete; B, C, settled zygotes, containing two eyespots; D, 2-cell-stage germling (about 24 hours after); E, 2-day-old germling; F, G, 3-day-old germlings; H, I, 4-day-old germlings; J, 6-day-old germling with projected hairs; K, 2-week-old germling with newly formed assimilatory filaments and hairs in the central portion. af: assimilatory filament; h: hair

アメーバ状となつて着生し、単為発生した。このように接合行動は着生すべき基質に接して行なわれた。また、配偶子には受動的行動をとるものと、能動的なそれとの2通りが明らかに認められた。この両性配偶子のうち、受動的配偶子の方は行動も比較的緩慢で、かつ大きいように感じられたが、異形配偶子と断定するほど明らかな差はなかつた。なお、接合子には眼点が3個以上あるものもまれにみられた (Plate I, 7)。

接合子の発生 着生してアメーバ状になつた接合子は長径 7~11 μ 、平均 9 μ であつた。25°C で培養した発生経過は、Fig. 3, Plate I のとおりであつた。接合子は着生後 24 時間以内に 2 細胞期となり、2 日後に 3~4 細胞期、3 日後に 6~15 細胞期となつて、盤状型の発生様式を示した。15 日後には、直径 0.3~0.4 mm の盤状体上に直立同化糸が伸長し、20 日後には高さ 0.4 mm、30 日後に 1.5 mm の直立藻体へ発達した。一方、15°C、30°C の水温で培養した接合子は生長が悪く、直立藻体に発達するものは認められなかつた。

接合子の発生体には 15 日目頃から中性複子嚢が形成された。この中性複子嚢の形成は 15°C 区の培養では少なかつたが、20~30°C 区では多く、着生後 20 日以降になると中性遊走子による二次の発生体が多く認められた。

配偶子の単為発生 接合しなかつた配偶子は、そのまま基質に着生しアメーバ状となつて単為発生した。

配偶子は、その頭部を基質に触れて静止行動に入ってから 5~10 分間してアメーバ状の着生体となった。着生体の長径は、6~11 μ 、平均 8.6 μ で、接合子と同様に偏差が大きく、平均値では接合子のそれよりやや小さかった。発生経過は前報²⁾の単子嚢遊走子の発生とほぼ同様で、15~20 日後には盤状の配偶体上に、配偶子複子嚢を形成し配偶子を放出した。

考 察

今回の実験で、オキナワモズクの配偶体から放出される遊走細胞は、培養条件により接合率に大きな変動がみられるが、接合能力を有することは明確で、右田・四井⁴⁾のモズクについての見解と同様に、本質的には配偶子であるといえる。本種の配偶子は水温 15~30°C、日長 8~16 時間の比較的広範な条件下で放出着生し、かつ接合する。特に配偶子は水温 20~25°C の長日条件下で着生量が多く、接合子は水温 20°C 内外の短日条件下で多くなり、しかも暗期から明期に入つて 1 時間以内に高い接合率を示す。四井・右田*が観察したモズクの配偶子は、15~28°C で形成され、接合子は 20°C 以下、特に 17°C 以下で高い接合率を示したという。両者は、配偶子形成の水温条件ではあまり差はないようであるが、接合子形成の適温条件では差が認められる。

従来³⁾の諸報告によれば、オキナワモズクの近縁種では、その配偶子が単為発生するものがあり、培養条件によつては接合が極めて少ないため、接合行動が確認しにくいようである。SAUVAGEAU^{5,6)}、KYLIN⁷⁾の *Cladosiphon zosterae*⁸⁾、KYLIN⁷⁾、PARKE⁹⁾の *Mesogloia vermiculata*、PARKE⁹⁾のニセフトモズク *Eudesme virescens* および新崎¹⁰⁾のフトモズクなどの観察結果では、いずれも接合行動を確認できなかったとしている。また、WYNNE¹¹⁾は *Haplogloia andersonii* の配偶体を、水温 13°C、日長 12 時間の条件下で培養して配偶子の接合を観察したと報告しているが、その接合行動については述べていない。そして、単為発生する配偶子が接合子よりはるかに多かつたと記している。一方、接合行動については ABE¹²⁾がマツモ *Heterochordaria abietina* で、新崎¹⁵⁾がイシモズクで、右田・四井⁴⁾がモズクで観察し報告している。マツモの接合行動は OLTMANNS¹³⁾の *Ectocarpus siliculosus* や国枝・須藤¹⁴⁾のフクロノリのそれと同様に、まず静止した 1 個の雌性配偶子の周囲に多数の雄性配偶子がつりまき、いわゆる Kranzenbildung 現象を示し、やがてその中の一対が接合するという。これに対し、イシモズクは異形配偶子で当初から一対づつで接合し、Kranzenbildung 現象は認められていない。また、モズクではまれにしか確認できなかったとし、接合は雌雄同形配偶子により行なわれ、活発に遊泳していたものが、一端が接すると両性配偶子はほとんど動かなくなり、1 分間ばかりのうちに粘着して球形になるという。オキナワモズクの接合行動を観察した限りでは、受動的（雌性）配偶子が静止行動をとるのはマツモに似ているが、Kranzenbildung 現象はイシモズク、モズクと同様に認められていない。また、両性配偶子が接触してから一体となるまでの融合時間は、マツモで 10~15 秒と観察され、本種の観察結果とほぼ同様である。このように、これら一群の種類の接合行動は、適正な培養条件と観察時刻などを配慮しないと、観察しにくいものようである。

接合子の発生は、前報¹⁾の中性遊走子とほぼ同様の発生経過を示し、適正条件下で約 30 日後には直立した造胞体へ生長した。以上の実験観察結果から、オキナワモズクの有性世代を奄美大島の自然条件にあてはめてみると、3~6 月（水温 20~25°C：古仁屋地先表層平年値）に発生した配偶体は、夏の高温期（8 月上旬水温 28.6°C）をフトモズク、¹⁰⁾ イシモズク、¹⁵⁾ モズク⁴⁾などのように休眠することなく、単為発生を主に Subcycle を繰り返して越冬する。水温が 25°C 以下になる 11 月上旬頃から冬期（2 月上旬水温 19.1°C）にかけて接合子を多く形成し、これらが春~初夏にかけての造胞体へ生長するものと推察する。

要 約

オキナワモズクの配偶体に形成された配偶子の放出・接合・着生条件と、接合子の発生について実験観察した。

* 昭和 48 年度日本水産学会秋季大会講演要旨集，pp. 104.

- 1) 配偶子を水温 $15^{\circ}\text{C} \sim 30^{\circ}\text{C}$ 、日長 8~16 時間の条件下で放出させたところ、条件によりかなりの変動幅がみられたが、単為発生をする率が極めて高かった。
- 2) 配偶子が単独で着生したものと接合子となつて着生したものとを合せた全着生量は、水温 $20 \sim 25^{\circ}\text{C}$ の長日条件下で最も多かった。
- 3) 接合子は水温 20°C 前後の短日条件下で多く形成された。特に、暗期から明期になつて 1 時間以内に配偶子同志の高い接合率がみられた。
- 4) モズク類では従来から観察が不充分であつた配偶子の接合行動を細かく観察できた。
- 5) 接合子は盤状型の発生を示し、適正条件下では約 30 日後に直立の若い造胞体へ生長した。
- 6) 配偶子の単為発生したものは、単子囊遊走子の場合と同様な盤状体へ発生し、15~20 日で配偶子複子囊を形成した。

文 献

- 1) 新村 巖：本誌，**40**，1213-1222 (1974).
- 2) 新村 巖：同誌，**41**，1229-1235 (1975).
- 3) 藤田善彦：藻類実験法 (田宮 博・渡辺 篤編集，第 1 版，南江堂，東京，1965，pp. 95).
- 4) 右田清治・四井敏雄：長崎大学水産学部研報，**34**，51-62 (1972).
- 5) C. SAUVAGEAU: *Acad. Sci.*, **179**，1381-1384 (1924).
- 6) C. SAUVAGEAU: *Bull. Stat. Biol. Arcachon*, T. **24**，369-431 (1927).
- 7) H. KYLIN: *Lunds Univ. Arsskr.*, N.F., Avd. 2, **29** (7), 1-102 (1933).
- 8) H. KYLIN: *ibid.*, **36** (9), 1-67 (1940).
- 9) M. PARKE: *Publ. Hartley Bot. Lab.*, **9**，5-43 (1933).
- 10) 新崎盛敏：本誌，**10**，177-184 (1941).
- 11) M.J. WYNNE: *Univ. California Publ. Bot.*, **50**，1-88 (1969).
- 12) K. ABE: *Sci. Rep. Tohoku Imp. Univ.*, Ser. 4, Biol. **9**，329-337 (1935).
- 13) F. OLTMANN: *Morphologie und Biologie der Algen*, Bd. 2, Aufl. 2, Gustav Fisher, Jena, 1922, pp. 71-78.
- 14) 国枝 博・須藤俊造：植雑，**52**，539-546 (1938).
- 15) 新崎盛敏：同誌，**57**，292-301 (1943).

Explanation of Plate I

Photomicrographs of *Cladosiphon okamuranus*. Development of zygotes cultured in laboratory.

1. Various size of gametes.
2. Two gametes attaching to substratum.
3. Zygotes just finished the conjugation.
- 4-6. Successive process of attachment of zygotes; 6, 2 minutes after 4.
- 7-8. Adhered parthenogametes and zygotes; 7, the parthenogamete contains one eyespot (upper one in figure), and zygote contains 2 or rarely 3 (arrow mark) eyespots.
- 9-14. Development of discoid germlings; 9, 2-cell-stage germling (about 24 hours after); 10, 2-day-old germling; 11, 3-day-old germling; 12, 4-day-old germling; 13, 2-week-old germling; 14, 3-week-old germlings developed into erect young sporophytes.

