フトモヅク *Tinocladia crassa* (OKAM.) KYLIN の生活史に就いて

新 崎 盛 敏

(東京帝國大學農學部附屬水産實驗所)

On the Life-history of *Tinocladia crassa* (OKAM.) KYLIN.

Seibin ARASAKI

SYNOPSIS

The life-history of *Tinocladia crassa* (OKAM.) KYLIN was studied. In Ise- and Mikawa- bay, the alga is found from February till the end of June, and it has only unilocular sporangia in April, May and June. After liberating swarm-spores (zoospores) from the unilocular sporangia, it begins to decay and then disappears. Thereafter no macroscopic plant-body is seen in nature till the next spring, when the young plantlets appear.

In the laboratory, swarm-spores (zoospores) from the unilocular sporangia develop in direct germination without conjugation and make the microscopic protonemal germlings (streblonemoid development). When the environmental condition is good, they grow well, but when the weather becomes warmer, some cells of this protonema (germling) are covered with a thick membrane, and their contents become granular. During the summer-time, they cease their further growth and rest in this stage till the better condition comes in, when a slender minute protonemal gametophyte sprouts out from each of these resting cells. In maturity, the gametophyte bears many multilocular sporangia, and in each of the sporangia 4-6 gametes are finally made. After escaping from the sporangium gametes swim about and they are able to conjugate. Yet, most of them not having conjugated can germinate apogamously. On the other hand, the zygote germinates directly and grows in an Anlage of the *Tinocladia* plant, i. e., the sporophyte. The apogamously germinated gamete develops into a slender microscopical germling which, afterwards, bears again multilocular sporangia in spite of unilocular sporangia. These results were observed by the culture experiments for about an year (from 1940, April till 1941, April).

After these observations, it seems to be reasonable that, in nature, the *Tinocladia* plant aestivates in the stage of the thick-walled resting cells.

ナガマツモ目 *Chordariales* に就いては SETCHELL & GARDNER (1925) の設立以來 KUCKUCK (1929), PARKE (1933), KYLIN (1933) 等の詳細なる形態學的研究があり、殊に最近 KYLIN (1940) は從來までの凡ゆる知見を綜合して困難なりし該目の大部分の分類を闡明にしてゐるが、其れによればフトモヅクは *Eudesma* 屬より除かれ、新に此物を代表種として *Tinocladia* 屬が創設されて *Tinocladia crassa* (OKAM.) KYLIN なる新學名を與へられてゐる。

フトモヅクの生活史に就いては從來何の研究も報告されてゐないが、之に近縁の *Chordariales* 中の數種の植物に就いては SAUVAGEAU (1931, 1932), PARKE (1933), KYLIN (1933), FÖYN (1934), 阿部 (1935, 1936) 等の形態的或ひは細胞學的研究があり、種々の論議はあるが、大體に於いて、肉眼的なる無性世代と顯微鏡的なる有性世代との交番があり、有性世代

の複子嚢 (multilocular sporangia) 中に生ずる配偶子は同型なる事が認められてゐる。然し之等の植物中には成熟すると體上に單子嚢 (unilocular sporangia) のみを有する物 (フトモヅク、ニセモヅク等) のみならず、單子嚢と複子嚢とを同體に生ずる物 (モヅク等)、異體に生ずる物 (オキナハモヅク、マツモ等) あり、又同體上に有する物でも時を同じくする物、異にする物等ありて之等の子嚢より放出される游走胞子 (swarmspore, Schwärmer, zooid) の機能、行動については種々論議されてゐる。然し單子嚢よりの胞子を無性的の游走子 (zoospore) とする事については皆の意見が一致する。而して之が發芽して絲狀の微小體を生じ、此體上に複子嚢を有する様になるが、複子嚢に作られる配偶子の接合は未だ之を見た報告がなく、KYLIN は之を diploid の配偶子で性的機能はないものなりとし、FÖRN も又性機能の缺除を認めてゐる。

筆者は 1937 年來、伊勢、三河灣地方に産するフトモヅク以下 9 種の *Chordariales* の植物について生態的研究を行ひつゝあるのであるが、得た結果を順次發表す可く、茲に第一報としてフトモヅクの生活史について稿を草する次第である。

本論文を草するに當り、恩師、三宅驥一、雨宮育作、國枝溥の諸先生に對し謹んで感謝の意を表する。

材料及び方法

材料は愛知縣知多郡旭村新舞子及び渥美郡泉村伊川津の東大農學部附屬水產實驗所附近の沿岸に産する物について毎月大潮時 2 回宛現場に於ける觀察をなし以て其消長を知る一方採集せる成體を實驗室内に持歸り、游走子を放出させて、培養により其生活史を究明した。材料は實驗室に持參後直ちに清淨海水でよく洗ひ、用意せる他の硝子皿に、別々に移し入れ游走子を放出せしめる。胞子は植物體の浸水後直ちに或ひは翌朝までには放出され、往々活潑なる運動をなして、負の趨光性を示し容器の暗所に集り雲狀をなす事もあるが、多くの場合は不活潑で胞子嚢よりの脱出後直ちに其附近に落下し、底部にしいたスライドガラス上に靜止して了ふのである。斯くして得た胞子は、運動活潑なる時は雲狀に集つてゐる部を注意して清淨なピペットで取つて移し、スライドガラス上に附着せる場合には其のまゝ取り出して、他の已に準備せる培養皿中に移し入れ培養を續行した。培養液としては、採水後 1 乃至 3 ケ月暗所に放置して自淨作用がよく行はれたと思はれる比重 1.020~1.024 の海水を脱脂綿で注意して濾過した物を用ひ、之に營養源として erd-Schreiber 液を原處方の約 2-5 倍の濃さに添加した。培養器に 200-400 c.c. の培養液を充たし、溫度は室温の下に放置したが、室内の稍暗い場所か、或ひは時に白綿布 1 枚のスクリーンにて遮光せる状態の下に培養した。夏季には、發芽體の成長が休止し、特異なる休眠状態に入りて越夏する故に、培養液の換水は、月に 1-2 回適當に注加する程度に止めたが、秋冬の候には、休眠状態より新しい活動期に入るので、適宜に根分けして他の新しい培養器に移し、換水、注水を月 2-4 回行ひ、溫度も 5-15°C に保つ様注意した。やがてかく處理した微小體上に性生殖器官が作られる故に、其形成を見たら新しいスライドガラスを容器中に入れるか、又はスライドガラスを入れた別の容器に、成熟した部だけを取り出して移し、配偶子及び接合子をスライドガラス上に附着させる。後に之等の附着發芽が見られたら、スライドガラスを取出して、別の

培養器中に入れて游走子體の形成を促すのである。

培養中、夏季は光線に、冬季は温度に氣を付け、秋冬の候休眠より新しい活動に移らんとする時は根分けを行つて換水、注水に留意すると、より良き結果が得られた。

觀察及び論議

植物體は低潮線下 20-50 cm 附近の礫上、岩上に、2 月末頃より現はれ始め 6 月末頃まで見られ、殘餘の期間には肉眼的植物體を見る事が出来ない。4-6 月頃成熟して、單子囊のみを有する。單子囊は同化絲の基部に生じ、倒卵形をなす。成熟すると頂端が破れて游走子を放出する。時に古い單子囊壁の基部より、新しい單子囊が重生 (proliferation) することがある。

游走子の放出は必ずしも早朝に行はれるとは限らず、午前、午後、夜間を問はず行はれ、材料がよく熟してゐる時には成體の浸水後直ちに放出開始され、多くの場合遅くとも翌朝までには行はれた。而して成體の浸水後短時間内に放出される游走子程運動が活潑であつた。

第 1 圖 a) 游走子 $\times 2000$. b) 休止せる游走子 $\times 2000$. c, d) 發芽を始む、約 1 日後 $\times 2000$. e) f) 發芽やゝ進む、約 3 日後 $\times 2000$. g) h) 約 7 日後の發芽體 $\times 800$. i) 原糸體狀の發芽體、直上細胞、毛出現、約 15 日後 $\times 800$. j) 原糸體の一部枯死し、休眠細胞殘る。約 4 ヶ月後 (4 月 16 日—8 月 22 日)、 $\times 800$. k) 休眠細胞より幼配偶體の芽出、約 6 ヶ月後 (4 月 16 日—10 月 24 日) $\times 800$.

游走子は $5-8.5\mu \times 2.5-5\mu$ の細長い卵形で、前端は無色で尖り、後端は稍丸くなりて 1 個の眼點と色素體とを藏し、腹面より長短 2 本の纖毛を出す。長い纖毛は短い方の約 2 倍あり、前方に向ひ之を盛んに動かして前進する。運動性、趨光性共に綠藻の孢子程は顯著ならず。弱い負の趨光性を示す。接合する事なく、脱出後 10-60 分後には静止し、纖毛を失ひ、丸まりて直徑 $3.5-5.5\mu$ (平均 4.5μ) の球狀となる (第 1 圖 a, b)。

活潑に游泳する游走子は稀にしか得られず、多くの場合には、單子囊より脱出後、餘り游泳せず其附近に落下して、間もなく纖毛を失ひ丸まつて了ふのが多かつた。何れの場合でも以後の發芽生長は同じである。

やがて静止後 12-20 時間すると、一端より發芽管 (germtube) を出して發芽を始める (第 1 圖 e, d)。眼點は發芽後も 1, 2 日は殘存し、往々發芽管の方に移行するのが見られるが (第 1 圖 d, e)、やがて消滅する。發芽管はよく伸長し、分裂して、又發芽體の諸所に於いて分枝をして、所謂 *Streblonema* 狀の匍匐糸狀體を作る (第 1 圖 f, g, h, i)。匍匐體は其のまゝ伸長し、分枝を續けて大きくなり、任意の場所に於いて、2-3 本の褐藻特有の毛を直立させ、又多くの場合元孢子の附近の細胞の一部が内容に富み、直上細胞を形成することもある (第 1 圖 i)。然し時期が夏季となり、外界條件が悪化する爲めに、それ以上の成長、發育は示さず、却つて體の各細胞の内容が褪色し、顆粒狀を呈して油球狀物が多くなり、色素體も小さく少なくなる。而してやがて任意の數細胞を残して他は枯死して了ふ。殘留細胞は内容が顆粒狀のまゝ厚膜を被りて、休眠狀態に入る (第 1 圖 j, 第 3 圖 x)。休眠細胞は夏季は其のまゝで何等の變化も示さないが、秋、冬となり外界條件が良好となると、内容が恢復してやゝ特有の色を持つ様になり又油球狀物も少なく液狀を呈する様になる。やがて各細胞が發芽を始め發芽管狀分枝を出し、之が伸長し、分枝して、直上絲狀體を形成する (第 1 圖 k)。休眠狀態の期間は外界條件に支配されること大なるが如く、條件の悪い時には、約 2 年 (1939 年 4 月より 1941 年 8 月まで) 以上も何等の發育を示さず其儘休止し、之を根分け等して條件を良くしてやると、正常の物と同じく發芽能力を有することを見た。

斯くて得られた直上絲狀體の主幹又は分枝上に生じた小枝が、其の儘複子囊と成り、1 列に、往々基部近くに於いては 2 列に、整列した 5-16 (普通 4-6) の配偶子を藏するに到る (第 2 圖 l, 第 3 圖 y)。複子囊と營養體小枝とは、配偶子が各 1 個の眼點を有する事、及び色素體の形狀等を以つて區別され得る。

フトモヅクと近縁の *Mesogloea vermiculata*, オキナハモヅク *Eudesma virescens*, *E. zostrae* 等については已に、SAUVAGEAU, PARKE, KYLIN, FÖYN 等の研究がある。*Mesogloea* では單子囊のみを有し、游走孢子は接合せずに直ちに發芽して *Streblonema* 狀の絲狀體を作るが *Eudesma* にては兩種共、單子囊及び複子囊が見られ、游走孢子は何れの場合でも、接合せず直ちに發芽して、多くの場合 *Myrionema* 狀の盤狀發芽體を作ると報告されてゐる。而して之等の發芽體上に、早きは 2 週間遅くも 5-6 週間もすると、3-8 細胞が 1 列に並列してなれる複子囊を形成し、之等の細胞は配偶子となり配偶體が成熟すると云ふ。

上記の如く、フトモヅクの游走子の發芽に際しては絲狀體となりて、盤狀體を作ることなし。此點に於いては、フトモヅクは、*Eudesma* よりは *Mesogloea* に近似して居るが、配

配偶體、複子嚢の形態は、兩屬と異なる。此故に KYLIN がフトモヅクを、體形の差のみを以つて、*Eudesma* より離し新に *Tinocladia* なる屬を創設せしも妥當なる處置と思惟さる。尙ほ從來の報告によれば、*Mesogloea*, *Eudesma* 何れも發芽體は休眠状態に入る事なく直ちに複子嚢を形成して成熟すると云ひ、筆者の得た結果と著しい時間的、形態的の差が見られるが、之等は種の差によると云はんよりは寧ろ、培養條件の差によるものであり、特異なる形状をとる休眠細胞も直立糸狀の配偶體と本質的に異なる物ではなく、單に生理的條件によりて採られし一時的の形態で、休止せる配偶體 (potential gametophyte)* とも云ふべきであらうと思惟する。

複子嚢は、成熟すると、頂端が裂開し、其處より配偶子が上方の物から順次に脱出して行く (第 2 圖 l)。配偶子は、色素體、1 個の眼點、2 本の纖毛を有する。游走子に似てゐるが、之より少し小さく、色素體薄く、丸まりて直徑約 4μ 内外となる (第 2 圖 m)。活潑なる運動を有する物、及び之等の物の接合の現場は見る事が出来なかつたが、時に、2 眼點を有し形の大きい (直徑 $5.5-6.2\mu$) 接合子 (zygote) と思はれる物を見る事が出来た (第 2 圖 n)。之を以つて複子嚢よりの配偶子間には、少ない乍ら、接合が行はれるものと確信する。配偶子に雌雄の差を見出す事は出来なかつたが、往々、複子嚢中の配偶子全部が他の物より色素體の薄いのが見られる事があつた之が雌雄と關係あるものなりや否やは未だ判明させる事が出来なかつた。

接合子は直ちに、發芽管を出して發芽を開始し (第 2 圖 o, p)、*Streblonema* 狀の匍匐體を形成する (第 2 圖 q, r) が此際、游走子の發芽の時よりも分枝多く且分枝は密に接する。配偶子の單爲的發芽も見られ (第 2 圖 m)、此物も同様に匍匐開張した糸狀體を形成する。兩者は、發芽體の糸狀部の直徑、色調、成長後の形態等を以つて區別する事が出来る。接合子よりの發芽體は餘り廣く匍匐せずやがて、體の一部に於いて (元接合子の附近) 水平面の分裂が起り、隆起直上して来る (第 2 圖 r)。隆起部の一細胞が他に先んじて直上し (第 2 圖 s, t)、頂端にて側枝を出す (第 2 圖 u)。更に伸長と分枝を續け、第 2, 3... の側枝を頂端に於いて、四方に側出させて、全體が伸長直上して行く (第 2 圖 v, w, 第 3 圖 z)。其間、褐藻特有の無色の毛は、匍匐體上の隆起部の任意の細胞より又、直立體の多くの分枝の基部に近い細胞より直上し、一個體上多數見られ、介生成長 (intercalary growth) をなして伸長するが、老者より順次に枯死脱落して行く。此時代の發芽體は、岡村博士 (1907) 圖示する所の、フトモヅクの軸部の成長點の圖と一致し、之がフトモヅク游走子體の始源なる事は確かである。かゝる時期までは各枝の關係が明らかに追跡出来るが、より以上發育すると追跡困難となる。

培養に於いては、今までの所、此時代の始源體より如何にして天然に於いて得られる複雑なる構造のフトモヅク體となるかを闡明することが出来ず、又得られた無性世代を成熟させて單子嚢を持たせることも出来てゐない。然し其間、游走胞子培養より配偶體形成、複子嚢の成熟まで約 6 ヶ月 (1940 年 4 月——1940 年 10 月)、游走子體始源の出現まで約 1 年 (1940 年 4 月——1941 年 4 月)、で大體天然と一致する。

* FRITSCH (1939) の云ふのとは異なる體である。

Mesogloea vermiculata, *Eudesma virescens*, *E. zostrae*, の配偶子の行動、游走子體の幼體に就いても、已に上記の諸學者が報告してゐる。それに依ると、何れの場合でも未だ配偶子の接合は見られず、配偶子は皆單爲的に發芽、生長するが、多くの場合單子囊よりの游走子の發芽體と同じく匍匐した糸狀體又は盤狀體となり、此の體上に前と同じ複子囊のみを生

第 2 圖 1) 複子囊を有する配偶體、10 月 24 日、 $\times 800$. m) 休止せる配偶子及び其單爲的發芽 2 月 15 日、 $\times 800$. n) 接合子 2 月 15 日 $\times 800$. o, p, q, r) 接合子よりの發芽體、約 20 日後 (2 月 15 日—3 月 4 日)、 $\times 800$. s, t) 直上部の始原現る、約 1 ヶ月後 (2 月 15 日—3 月 18 日)、 $\times 540$. u) 直上部出來始まる、約 1 ヶ月半後 (2 月 15 日—3 月 28 日)、 $\times 540$. v, w) 直上部發育し、幼フトモヅク體を形成す、約 2 ヶ月後 (2 月 15 日—4 月 12 日)、 $\times 360$.

第 3 圖 x) 游走子よりの發芽體の休眠狀態、4 月 16 日—8 月 4 日、 $\times$ ca. 150, y_1 , y_2)
複子嚢を有する配偶體 10 月 27 日、 $y_1 = \times$ ca. 70, $y_2 = \times$ ca. 150, z) フトモツグ體の
始原出現 (2 月 15 日—4 月 12 日) $\times$ ca. 150.

じたと云ふ。而てしかゝる複子嚢を持つた微小世代を 2 乃至數代くり返し、其間 *Mesogloea* 型又は *Eudesma* 型の幼體は稀にしか出現せず、規則正しい世代の交番は見られなかつたと云ふ。KYLIN は之等の植物は倍數 (diploid) の植物で、複子嚢よりは “diploide Schwärmer” を放出する物であるとして、*Eudesma zostrea* にては、天然に於いて植物體の得られぬ秋—春の間は複子嚢を有する *Myrionema* 狀の微小世代のみを數代繰返して越冬し、初夏に初めて *Eudesma* 型幼體が出現するなると其生活史を説明してゐる。FÖYN も又 *Mesogloea vermiculata* の研究に於いて、複子嚢よりの配偶子間に接合を見る事が出来なかつた所より、該植物にては有性的機能は之を缺くならんとしてゐるが、FRITSCH (1939) は從來までの研究に於ける培養體上の複子嚢よりの配偶子の接合せぬ事を認め乍らも、培養中の狀態が往々異常となる故、實際に接合が極稀にしか見られぬからとて、天然に於いても接合が稀であり或ひは行はれぬと、早急には斷ず可からずと警告してゐる。上述の如く、筆者の觀察では接合の現場を見る事は出来なかつたが、(イシモツクでは接合現場を見る事が出来たが)、確かな接合子と信ぜられ物を見る事が出来、又此物が發芽成長して無性世代のフトモツグ體の始原體となる過程も追跡する事が出来た。然し此物と同一スライドガラス上に、複子嚢を有する多くの糸狀體が觀られたが、恐らく之は配偶子の單爲的發芽、生長の結果作られし物と思惟さる。而して之等第 2 代目の糸狀體上の複子嚢に生ずる配偶子の行動に就いては未だ詳細なる

観察を行つてゐないが、之等は世代の交番よりおして生活史の本道をそれた物と思惟する。

以上の結果より、フトモヅクの生活史は次の如くに説明する方が妥當ならん。即ちフトモヅクは春、初夏の候單子嚢を有する無性世代が現はれ、之より出た游走子は直ちに發芽して微小體を作るが、天然に於いて植物體が得られぬ夏季は休止せる配偶體とも云ふ可き厚膜の體細胞を以て休眠越夏し、晩秋、初冬の候に此物より眞の配偶體が芽出して體上に複子嚢を作り、複子嚢に生じた配偶子が接合して、此接合子が發芽して肉眼的のフトモヅク體に成長して生活史を完了する。

故にフトモヅクの増殖を目的として投石等を行ふに際し、投石時期としては、植物體がまだ旺盛なる生活力を有し單子嚢を多數に持つ 4-5 月頃が最適の時期ならんと思惟する。

摘 要

1) 伊勢、三河灣産のフトモヅクの生活史を研究す。植物體は 2 月末頃より出現して、4-6 月に單子嚢を有し、游走子放出後本體は次第に枯死して行き、7 月より翌初春までは肉眼的體を見る事が出来ない。

2) 游走子は直ちに發芽して、微小の糸狀體を作り、體上の任意の細胞が厚膜となり、休止せる配偶體として休眠越夏し、やがて秋冬の候此物より直立糸狀の微小の配偶體が芽出生長して體上に複子嚢を作る。複子嚢より出た配偶子が接合し、接合子は發芽、生長してフトモヅク型の無性世代となり生活史を完了す。

3) フトモヅクの増殖を目的とする投石等は單子嚢が多く見られる 4-5 月が最適ならん。

文 献

- (1) ABE, K.: Zur Entwicklungsgeschichte von Heterochordaria, Scytosiphon und Sorocarpus. (Sci. Report of the Tohoku Imp. Univ. Ser. 4, 1935).
- (2) FOEY, B. R.: Ueber den Lebenszyklus einiger Braunalgen, vorläufig Mitteilung. (Bergens Mus. Arbok. Naturvidensk. Rekke. 1934).
- (3) FRITSCH, F. E.: The Heterotrichous Habit. (Bot. Notiser Heft. 1, 1939).
- (4) KYLIN, H.: Ueber die Entwicklungsgeschichte der Phaeophyceen. (Lunds Univ. Arsskr. N. F. Avd. 2, 29, 1933).
- (5) KYLIN, H.: Die Phaeophyceenordnung Chordariales. (ibid. 36, 1940).
- (6) 岡村金太郎: 日本藻類圖譜、第 1 卷、(1907).
- (7) PARKE, M.: A contribution to knowledge of the Mesogloeaceae and associated families. (Publ. Hartley Bot. Lab. No. 9, 1933).
- (8) SAUVAGEAU, C.: Sur quelques Algues phaeospores de la rade de Villefranche. (Bull. Stat. biol. Arcachon, Tom. 28, 1931-32).