

Bull. Natn. Sci. Mus., Ser. B (Bot.), 6 (4), Dec. 22, 1980

霞ヶ浦産浮遊性藻類の研究

(1) *Staurastrum chaetoceras* var. *tricrenatum* SKUJA について

渡辺 真之

国立科学博物館植物研究部 (筑波実験植物園)

渡辺 途子

茨城県新治郡桜村並木 2-122-101

斎藤 実

筑波大学生物科学系

Phytoplankton Studies of Lake Kasumigaura

(1) *Staurastrum chaetoceras* var. *tricrenatum* SKUJA

By

Masayuki WATANABE

Department of Botany, Tsukuba Botanical Garden, National Science Museum,
Ibaraki Prefecture

Michiko H. WATANABE

2-122-101, Namiki, Sakura-mura, Niiharigun, 305, Ibaraki Prefecture

Minoru SAITOW

Institute of Biological Sciences, University of Tsukuba, Ibaraki Prefecture

はじめに

霞ヶ浦は我国第2位の表面積 (167.7 km²) をもつ典型的な富栄養湖である。その深度は平均 4 m, 最大 7.3 m で表面積に比べて浅い。周囲の地域の都市化に伴って湖水の資源としての需要は増加し、湖の富栄養化も急速に進行してきた。当然、霞ヶ浦を対象とする調査研究は多方面から行われ、増加の一途をたどっている (土屋・白井, 1977)。しかしながら湖の基礎生産において主要な役割をもち、湖の現況を把握するための要素としても重要な浮遊性の藻類に関する分類学的研究は極めて少ない。筆者らは数年来霞ヶ浦の藻類を採集し、観察を続けており、その結果一応のまとまりがたった部分、または興味ある部分を順次報告する考えである。観察にあたっては単に同定に必要な形質についてだけでなく、周年観察をしたり、また培養実験を行うなど、必要に応じて種のより多くの側面を把握するように努めた。

Staurastrum chaetoceras v. *tricrenatum* について

筆者らの観察によれば霞ヶ浦にはほぼ同じ大きさの細胞をもち、半細胞に2本から5本の腕状突起

(輻射面=radiation の数が2ないし5)をもつ *Staurastrum* が存在し、季節によってそれらは同時に出現する。

LIND & CROASDALE (1966) は *Staurastrum sebaldi* var. *ornatum* NORDSTEDT の自然集団中で一對の半細胞の輻射面の数 (以後、輻射数とする) が 2+2, 2+3, 2+4, 2+6, 3+3, 3+4, 3+5, 4+4, 4+6 と多様な変化を示す例を報告した。REYNOLDS (1940) は *S. paradoxum* MEYEN の自然集団において半細胞の輻射数が 2+2, 2+3, 3+3 のものよりなり、2+2 と 3+3 の出現比が季節によって約 1:4 から 4:1 へと大きく変化することを報告した。天然の材料でその集団が単一の分類群よりなることを確かめるためには一對の半細胞において輻射数の異なる個体、即ち Janus-form (Fig. 5B, Plate 1C) の観察が必要である。しかしながら天然の材料で異なる輻射数の細胞よりなる集団内の関係を Janus-form によって知ることは必ずしも容易でない。Janus-form の観察ができなかったために2つの異なる分類群として報告された例は多いと思われる。BRANDHAM & GODWARD (1965) は *S. polymorphum* BRÉBISSEON のクローン培養において異なる輻射数をもつ個体の出現比が温度条件によって変化することを確認し、その結果が天然の材料を観察した結果と共通していると報告した。

上に述べたような観察例の蓄積が *Staurastrum* の種分類の進歩に有効と思われたので、筆者らは霞ヶ浦において冬期の採集品から輻射数 2+2, 3+3, 5+5 の個体を分離培養した。本報告で扱うのはこれらのうち *S. chaetoceras* var. *tricrenatum* SKUJA と同定される輻射数が 2+2 の個体から出発したクローンの観察結果である。培養は 5°C から 30°C の 6 つの温度条件で行われ、それぞれの条件での輻射数の測定、生長の比較、細胞の大きさの測定が行われた。また輻射数の変化に伴う細胞の形態的特徴の変化がどのようなものであるかが走査型電子顕微鏡によって調べられた。

これまで *Staurastrum* の分類において接合胞子の形態と接合様式はほとんど考慮に入れられなかった。それは *Staurastrum* に限らずチリモ類の多くの種では接合胞子を形成している状態が全くあるいは稀にしか観察されていないためである (COESEL, 1974)。つまり接合時の形態に関する知識が比較資料としてあまりに不十分で利用できなかったのであって、それらに分類形質としての価値がないからではない。従って *Cylindrocystis* や *Closterium* のいくつかの種の同定に接合時の形態の観察が欠くことのできないものとなったように (COOK 1963, 山岸・他 1974, WATANABE 1978/79) *Staurastrum* においても種の認識が進むにつれて同様の状況もたらされるものと思う。そこでフロラの研究などの場合にも比較的手間をかけないで接合を誘起し接合胞子の形態などを観察する方法が筆者らによって試みられた。それは採集されたままの多種の藻が混った状態で接合誘起条件を与えるものである。この方法で4種の *Staurastrum* と3種の *Closterium* を含む霞ヶ浦産の材料で *Staurastrum chaetoceras* var. *tricrenatum* SKUJA と2種の *Closterium* の接合胞子の形成と観察に成功したので、*Staurastrum* の例について報告する。

材料と方法

材料は 1978 年 11 月 28 日に土浦港でプランクトンネット (Nxxx-25) によって採集された。採集品の一部はクローンの分離に、一部は接合誘起実験に用いられた。採集の2日後にクローンの分離がピペット洗浄法によって行われ、接合誘起実験が開始された。クローンの保存培養と栄養細胞の観察のための培養には C 培地 (pH 7.5) が、接合誘起実験には MI 培地 (ICHIMURA, 1971) が用いられた。光源には白色蛍光灯を用い、明暗の周期 (16:8) の下で、栄養増殖には約 4,000 lux、接合誘起には約 10,000 lux の条件で培養が行われた。栄養細胞の一般的な形態の観察は 20°C で4週間前培養後新しい培地でさらに4週間培養された試料について行われた。

温度-輻射数-実験: クロームは 25°C で 4 週間前培養され, 新しい培地に接種され, 5, 10, 15, 20, 25, 30°C の温度条件下に置かれた. 各温度条件で 6 週間培養された試料は分光光度計 (675 nm, O.D.) で生長量が測定され, 顕微鏡下でそれぞれの条件での細胞の輻射数が測定された.

接合誘起実験: 採集後試料は多種混合のまま蒸溜水で洗われ, pH 6, 7, 8, 9 に調整された接合培地に接種された. 2 週間後の観察で接合胞子の形成が確認され, 胞子の形態の観察が行われた.

結果と考察

形態の観察と同定

輻射数が 2+2 の場合: 細胞の長さは腕状突起を含めて幅とほぼ同じ. くびれは深い. 湾はほぼ直角に開く, 先端において円みをおび地狭部に陥没する. 半細胞は少し幅の広い三角形; 側縁はほとんど真直; 頂辺はわずかにふくらむ, 2 頂の歯状突起を 3 個もつ; かどは伸びてほとんど真直の長い腕状突起になる; 腕状突起は内側縁において地狭から先端までほとんど直線的またはかすかに上向く, 先端に向って次第に細くなり, 先端に 4 本の刺をもつ, 約 7 列の環状に配列する短い刺をもつ. 細胞の頂辺に見られる 3 個の 2 頂の歯状突起の両端の 2 個はそれぞれ 2 本の腕状突起をとりまく刺の最下部の環の一部を占める; 頂辺中央の残る 1 個から半細胞の下部に向って 3-4 本の短い刺がならぶ (Plate 1A, Fig. 5A). 半細胞の頂面観は楕円形で両端は伸びて腕状突起になる; 頂端部の中央には中心のひとつとその周囲にほぼ規則的にならぶ 5-6 個のかすかなふくらみがある (Fig. 5E). このふくらみは光学

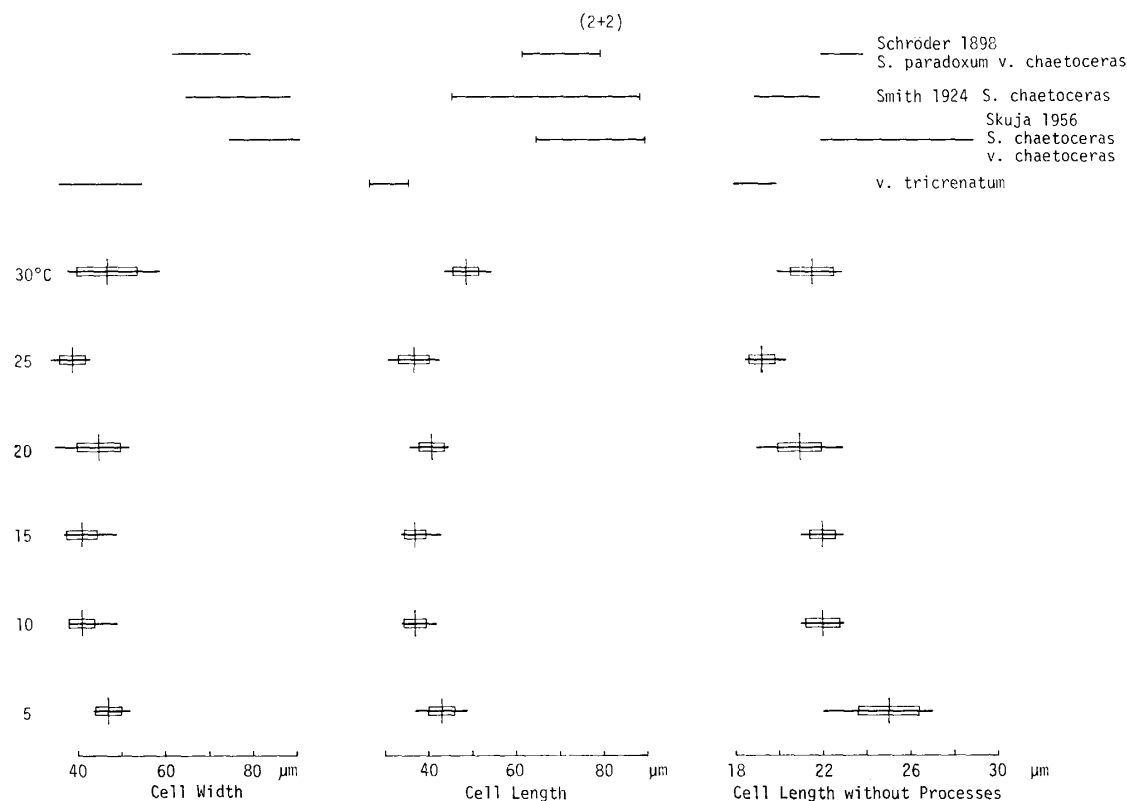


Fig. 1 Variations in dimensions of biradiate cell type of a clone cultured under six different temperatures.

顕微鏡では微細な点紋に見える。地狭の直上部に細胞をひとまわりする微細な疣状突起がある。細胞の幅は腕状突起を含めて $34\text{--}59\ \mu\text{m}$ 、長さは腕状突起を含めて $31\text{--}55\ \mu\text{m}$ 、含まないで $19\text{--}27\ \mu\text{m}$ 、地狭の幅は $6.0\text{--}7.6\ \mu\text{m}$ 。

接合胞子は球形、先端で 2-3 裂する長い刺を 10 余本もつ (Fig. 5D)。接合胞子の直径は刺を含めないで $23\text{--}26\ \mu\text{m}$ 、刺の長さは約 $10\ \mu\text{m}$ 。

輻射数が 3+3 の場合：細胞の長さは腕状突起を含めて幅とほぼ同じ。くびれは深い。湾はほぼ直角に開く、先端において円みをおび、地狭部に少し陥没する。半細胞はほぼ三角形で側縁、頂辺共に多少ふくらむ、頂辺は 2 頂の歯状突起を 3 個もつ、かどは伸びてほとんど真直またはやや上向きの腕状突起になる；腕状突起は先端に向って次第に細くなり先端に 4 本の刺をもつ、約 7 列の環状に配列する短い刺をもつ (Fig. 5 C, Plate 1D)。細胞の頂辺の 3 個の 2 頂の歯状突起の両端の 2 個はそれぞれ別の腕状突起をとりまく刺の最下部の環の一部を占める；残る中央の歯状突起から半細胞の下部に向って約 3 個の短い刺がならぶ。半細胞の頂面観は正三角形で 3 側縁は少しふくらむ。かどは伸びて腕状突起になる；頂端部の中央には中心のひとつとその周囲にほぼ規則的にならぶ 5-6 個のかすかなふくらみがある (Fig. 5F)。地狭の直上部には細胞をひとまわりする微細な疣状突起がある。細胞の幅は腕状突起を含めて $25\text{--}48\ \mu\text{m}$ 、長さは腕状突起を含めて $26\text{--}40\ \mu\text{m}$ 、含まないで $19\text{--}27\ \mu\text{m}$ 、地狭の幅は $6.8\text{--}8.0\ \mu\text{m}$ 。

Figs. 1, 2 は温度-輻射数-実験において各温度条件毎に 2+2, 3+3 の個体を 10 個宛測定した結果と過去に報告されたいくつかの測定値を対照させたものである。上記の記載中に示されている測定値

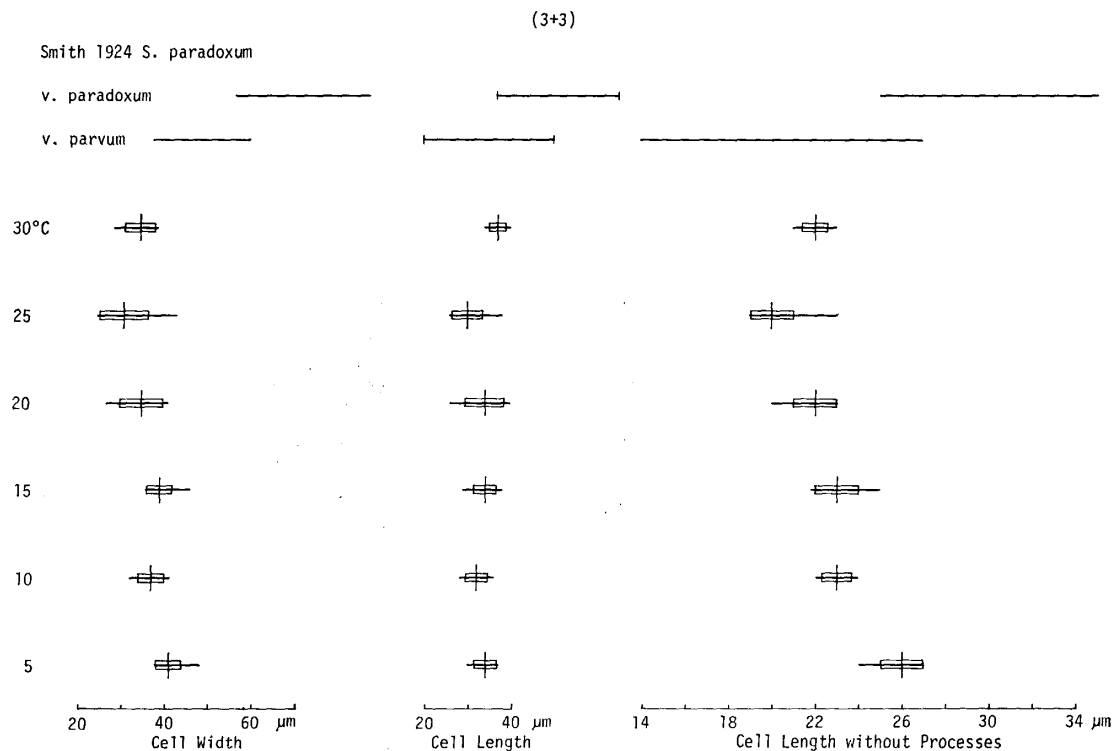


Fig. 2 Variations in dimensions of triradiate cell type of the same clone under six different temperatures.

は Figs. 1, 2 に示されているすべての温度条件の測定値を通しての最大値と最小値である。これら 2 つの図において 25°C で細胞の大きさが最小になっていることがわかるが、これはこの藻が最も良い生長を示す温度条件と一致する (Fig. 3)。

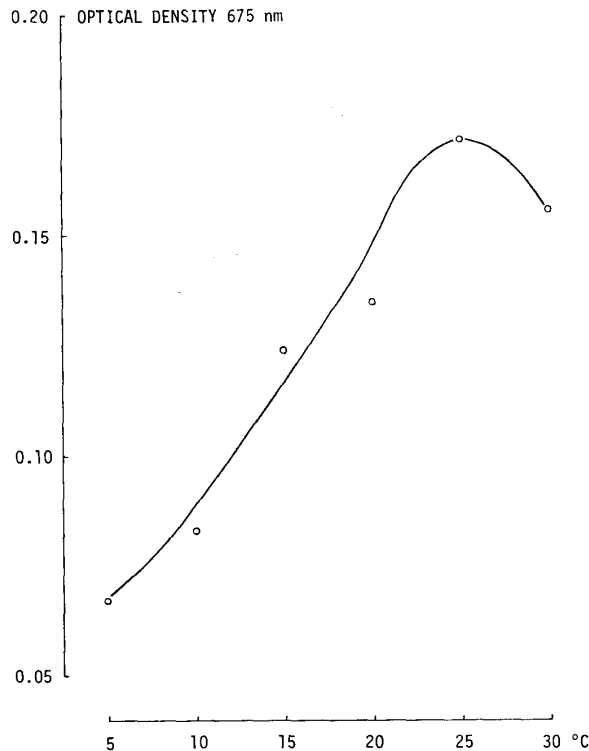


Fig. 3 The dependence of growth rates of the clone at different temperatures.

記載から理解できるように輻射数 2+2 から 3+3 への変化に伴う他の形態的变化はほとんどないといえる。地狭の上部の微細な疣状突起は 2+2 の細胞においてより顕著で、3+3 の細胞には欠如することがあった。腕状突起をとりまく刺の最下部の環と環の間であって、頂辺から細胞の中心に向う刺の列が 2+2, 3+3 のいずれの型の個体にも同じように存在すること、別な表現をすれば、頂面観においてみられる歯状突起とそれに続く短い刺の基本的配列に変化がみられないこと (Fig. 5 E, F), 腕状突起の先端の刺の数が変わらないことなどは注目に値する。

個体の単位でみると細胞の頂端部にみられる 6 個 (輻射数が 2+2 の場合) または 9 個 (3+3 の場合) の 2 頂の歯状突起の一部が 1 本の刺になったり、それに続く刺が 2 本近接して生じて歯状突起のように変化すること、腕状突起の先端の刺が 6 本生ずる場合などの変化が認められる。しかしながら個体群の単位ではこれらの刺や歯状突起の形と配列は一定であるから個体群あるいは種のレベルの分類形質として有効と考えられる。

霞ヶ浦の材料に関して冬期の採集品を観察した限りでは大多数が輻射数 2+2 の個体であった。そこで輻射数 2+2 の型に基づいて同定を試みた。検討の結果霞ヶ浦産の藻は細胞の大きさ、細胞の頂辺に沿って 3 個の歯状突起をもつなどの点において一致するところからから Sweden から報告された *Staurastrum chaetoceras* var. *tricrenatum* SKUJA (1956) に一応同定された。

Staurastrum chaetoceras は最初 SCHRÖDER によって *S. paradoxum* MEYEN の変種として命名され、ZACHARIAS (1898) によって公表され、その後 SMITH (1924) によって種のランクに変更された。*S. chaetoceras* は真正プランクトンとして知られ、長い腕状突起をもつ他の浮遊性の *Staurastrum* と同様、細胞表面の歯状突起や刺の模様が繊細であるため光学顕微鏡で細部の形を認識するのはやや困難である。また記録の少ないことも加わって種としての実体は必ずしも明らかとはいえない。

SCHRÖDER (in ZACHARIAS, 1898, p. 131, Fig. b) によれば半細胞の頂端部には 2 本の腕状突起の基部を結ぶ 3 列の短い刺が並んでおり、腕状突起の先端の刺は 4 本である。また SMITH (l.c., p. 99, Pl. 76, Figs. 21–24, Pl. 77, Fig. 1) によれば、この種は半細胞の頂端部に歯状突起を欠くことにおいて類似の種から区別される。そして腕状突起の先端の刺は 4 本で、頂面観において半細胞の頂端部に顕著な刺をもたない。SKUJA (1949) が Sweden の Uppland から本種と同定して報告した藻は楕円形の半細胞の頂端部の 4 隅に 1 本宛顕著な刺をもち、正面観において頂辺は中央部でかすかにへこむ、そして腕状突起の先端の刺は 3 本とされている。この 3 つの特徴のいずれも SCHRÖDER と SMITH の報告した藻の場合と異なる。後に SKUJA (1956) が Sweden の別の産地から本種として報告した藻は楕円形の半細胞の頂端部の縁の少し内側に、霞ヶ浦の藻にみられるような、2 頂の歯状突起を 6 個または 8 個もっており、その下部に 1 個宛刺をもっている、そして腕状突起の先端には 3 本の刺をもっている。この藻は同じ著者が先に報告した藻と半細胞の先端部の形態において異なり、そのいずれも SCHRÖDER 及び SMITH の報告したものと異なる。SKUJA は同じ著書の中で、細胞の大きさにおいてより小形で、頂端部の歯状突起の配列が異なる変種 *tricrenatum* を報告した。この新しい変種は頂面観において、楕円形の頂端部の縁に沿って 2 頂の歯状突起を 6 個もっており、そのすぐ外側 (下部) にそれぞれ 2 個宛の疣状突起、さらに外側に 1 個宛の短い刺をもっている。この藻は腕状突起の先端に 4–5 本の刺をもっており、その点においても同じ著者が *var. chaetoceras* と同定した藻と異なる。過去に報告された若干の藻と霞ヶ浦産の藻と細胞の大きさについて比較すると、後者は *var. tricrenatum* に最も近い (Fig. 1)。SKUJA (1956) の記載によればこの変種の細胞の幅は腕状突起を含めて 36–55 μm であるが、図に描かれている細胞の幅は倍率から判断すれば約 116 μm である。霞ヶ浦からの採集品にも細胞の幅が 100 μm を越える個体がときどき観察され、そのようなものの腕状突起をとりまく刺の環は 16 列に達した。

霞ヶ浦産の輻射数 3+3 の型の藻は細胞の輪郭と大きさにおいて *S. paradoxum var. parvum* W. WEST (1892) にほぼ一致する (Fig. 2)。しかしながら前者は半細胞の頂端部に顕著な歯状突起をもつ点で後者と異なる (Fig. 5 F)。

以上 *Staurastrum chaetoceras* について述べてきたが、浮遊性の *Staurastrum* の種に関する認識は十分といえない。各地の個体群毎の詳細な観察を重ねて分類学的再検討を行う必要がある。

温度条件と輻射数

Fig. 4 は温度-輻射数-実験の結果である。15°C を境として 2+2 と 3+3 の出現率が逆転している。この結果は BRANDHAM and GODWARD (1965) が *S. polymorphum* の培養実験によって得た結果、“より低い温度で輻射数が増加する”と一致する。霞ヶ浦の材料に関しては 1978 年 1, 2, 11, 12 月の個体群では 2+2 の型が優占していた。茨城県内水面水産試験場の資料によれば、当時土浦港を出た地点での表層水温はそれぞれ 3.8, 3.0, 12.6, 7.1°C で、一年を通じて最も低い (外岡・島田, 1978, 外岡・金塚, 1979)。このように天然の材料で観察された現象と実験の結果とは一致していない。天然の材料についての英国での観察例ではやはり冬期に 2+2 の型が優占している (REYNOLDS, 1940)。REYNOLDS は季節的に 2 つの型の優占順位が変化する理由として水棲菌に対する抵抗力が型

	2+2	2+3	3+3
30°C	98%	1%	1%
25	96	2	2
20	95	2	3
15	49	11	40
10	27	15	58
5	1	5	94

Fig. 4 The effect of temperature on the relative rates of increase of 2+2, 2+3, and 3+3 cells in the clonal population.

によって異なることをあげているほか特別の見解を示していない。

BRANDHAM and GODWARD (1. c.) はチリモ類の種によっては半細胞の生長が遅い場合に輻射数が最大になる例があること、従って低温によってもたらされる遅い生長がそのような効果をもっているとして述べている。この考え方では霞ヶ浦で冬期に 2+2 の型が優占している理由を説明できない。温度の上昇につれて生長が上向き、25°C で最大となり 30°C では再び下降 (Fig. 3) しているのに対し、2+2 の出現率は 30°C で最大を示していること (Fig. 4) もそのままでは理解できない。細胞の輻射数が変化する理由を明らかにするためにはさらに多方面からの実験設定と観察が必要と思われる。このような現象の起る理由の究明は後の研究に期待するとして、このような現象の詳しい観察例を記録し蓄積することが *Staurastrum* における種の認識を深めるために有効と考える。

接合孢子形成

チリモ類の接合孢子が天然の材料中に稀にしか存在しない第一の理由として COESEL (1974, p. 367) は“遺伝的に決定された性的能力の欠如”をあげている。常に水を湛えている大きな水塊では有性生殖がほとんど行われないと信じられている。然るに、霞ヶ浦の材料についての筆者らの試み、すなわち 4 種の *Staurastrum* と 3 種の *Closterium* が混在する試料に接合を誘起させる条件を与えた実験ではここに報告する *S. chaetoceras* var. *tricrenatum* と 2 種の *Closterium* で接合孢子的形成が観察された。孢子的形成は pH 7-9 で起り、pH 8 で最も良好であった。この結果と我々の過去の経験とから天然のチリモに接合孢子的形成がみられない理由を考えると、それを“性的能力の欠如”に帰するより、例えば天然のチリモの個体群における性比がひじょうに大きい、個体群が接合に必要な密度に達しない (市村輝宣博士私信)、N 量の不足をはじめとする栄養塩類の適度の配分など、チリモの有性生殖をひき起す条件が整いにくいためとする方が適当と考える。この考え方によれば COESEL (1. c., p. 366) による以下の記述が理解し易い。“ひとつの標本中にいくつかの種の接合孢子が見いだされる場合がある一方多くの標本中にそれが全く存在しないことがあり、それは、‘接合が起る時はしばしばいくつもの種の間で一度に起る’”という HOMFELD (1929, p. 11) の発見に一致する”。

大きな水塊の浮遊性の種の場合では、さらに接合孢子が形成されても配偶子嚢は細菌などに分解され、単独の孢子は水底に沈むなどして通常の採集方法では我々の手に入る機会が少ないのではなからうか。

輻射数 2+2 の個体は霞ヶ浦からの採集品から数個分離されそれぞれクローンとして培養された。それらのクローンは単独にそして異なる 2 つのクローンの組合わせで接合誘起条件下に置かれたが、いずれも全く有性生殖の徴候を示さなかった。従ってこの藻は heterothallic な接合をすることを考えられる。heterothallic な種の個体群で性比が大きいと多くの場合クローンの組合わせによって接合を誘起

させるには大変な手間がかかるが、我々の用いた方法ではより簡単に接合を起させることができる。フロラの研究においても試みられてよい方法と考える。

謝 辞

本研究を進める過程でお世話になりました筑波大学千原光雄教授 および英文をみていただいた Sandra S. Fotos さんに感謝致します。

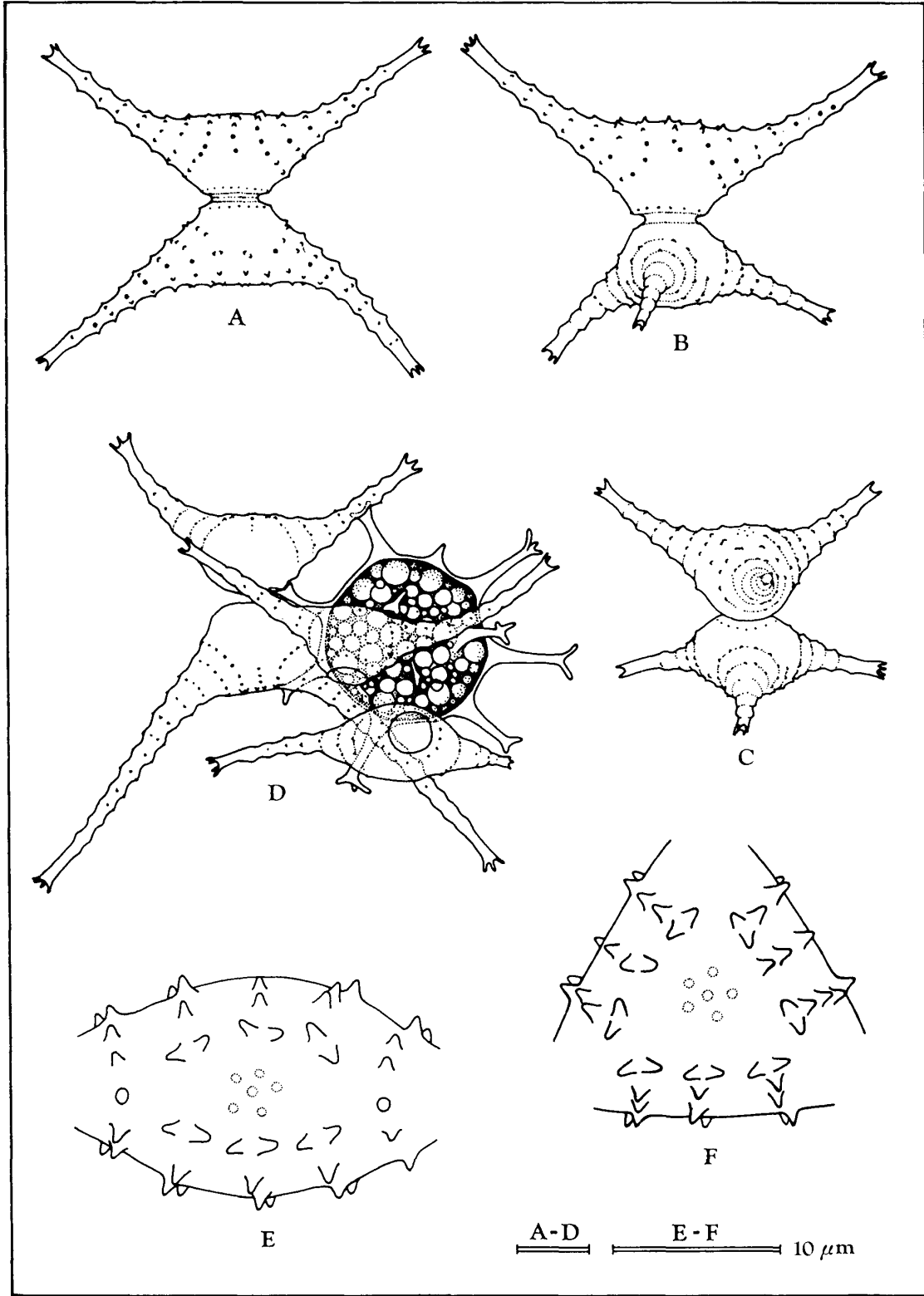
Summary

In a series of studies on phytoplankton of Lake Kasumigaura, several biradiate cells of *Staurastrum* were isolated from a plankton sample collected in November, 1978. The alga is identified with *S. chaetoceras* var. *tricrenatum* SKUJA, having similar cell dimensions and three prominent denticles along the apical margin. In a clonal culture initiated from a single biradiate cell, triradiate cells were found to be produced asexually. Morphological observations comparing the biradiate and triradiate cells, using a photo- and a scanning-electron-microscope revealed that the basic pattern of cellular ornamentation by denticles and spines did not change in spite of the change of radial symmetry. It appears that the ornamentation of the apical region of the cell is sufficiently stable to be used as a taxonomic character. Diversity of opinion among workers upon the circumscription of *S. chaetoceras* (Schröder) G. M. SMITH is pointed out. It is necessary to solve the taxonomic problems among *Staurastrum* species to accumulate more accurate descriptions on a population basis through floristic studies.

The effect of temperature on radial symmetry and cell dimensions of the clonal culture was examined. Low temperature favors the formation of the triradiate form and high temperature favors the formation of the biradiate form. Temperature conditions producing the minimum cell dimensions is the most favourable for growth.

An easy method for inducing conjugation without isolation procedures was developed. Employing this method we obtained the zygospores of the one taxon of the genus *Staurastrum* reported in the present paper and also of two taxa of the genus *Closterium* from a big water body, Lake Kasumigaura.

-
- Fig. 5 A: Front view of a biradiate cell.
 B: Front view of a Janus-form.
 C: Front view of a triradiate cell.
 D: A zygospore and empty gametangial cells.
 E: Ornamentation of a biradiate cell in end view.
 F: Ornamentation of a triradiate cell in end view.



引用文献

- BRANDHAM, P. E. and GODWARD, M. B. E. 1965. The effect of temperature on the radial symmetry of *Staurastrum polymorphum*. *J. Phycol.*, **1**: 55-57.
- COESEL, P. F. M., 1974. Notes on sexual reproduction in desmids. I. Zygosporic formation in nature (with special reference to some unusual records of zygotes). *Acta Bot. Neerl.*, **23**: 361-368.
- HOMFELD, H., 1929. Beitrag zur Kenntnis der Desmidiaceen Nordwestdeutschlands, besonders ihrer Zygoten. *Pflanzenforschung*, **12**: 1-96.
- ICHIMURA, T., 1971. Sexual cell division and conjugation papilla formation in sexual reproduction of *Closterium strigosum*. Proc. VIIIth Internatl. Seaweed Symp., pp. 208-214.
- RALFS, J., 1848. British Desmidiaceae. i-xii + 1-226 pp., 1-35 tabs., London.
- REYNOLDS, N., 1940. Seasonal variations in *Staurastrum paradoxum* Meyen. *New Phytol.*, **39**: 86-89.
- SKUJA, H., 1949. Zur Süßwasseralgenflora Burmas. *Nova Acta Reg. Soc. Sci. Upsal.*, ser. 4, **14**(5): 1-185, pls. 1-37.
- 1956. Taxonomische und biologische Studien über das Phytoplankton schwedischer Binnengewässer. *Ibid.*, **16**(3): 1-404, pls. 1-63.
- SMITH, G. M., 1924. Phytoplankton of the inland lakes of Wisconsin. II. *Wis. Geol. and Nat. Hist. Surv., Bull.*, **57**: 1-227, pls. 52-88.
- 外岡健夫・金塚智子, 1979. 昭和 53 年度霞ヶ浦北浦湖沼観測結果について. 茨城県内水面水産試験場調査研究報告 **16**: 175-191.
- ・島田正幸, 1978. 霞ヶ浦北浦湖沼観測結果. 同上 **15**: 69-101.
- 土屋 巖・白井邦彦, 1977. 霞ヶ浦に関する解説分類書誌目録(1), 国立公害研究所編 陸水域の富栄養化に関する総合研究-霞ヶ浦を対象域として-. pp. 65-138.
- WATANABE, M., 1978/79. A taxonomic study of the *Closterium calosporum* Complex. (1)-(2). *Bull. Natn. Sci. Mus., Tokyo*, Ser. B (Bot.), **4**: 133-154, pls. 1-8, **5**: 1-23, pls. 9-11.
- WEST, W., 1892. A contribution to the freshwater algae of West Ireland. *J. Linn. Soc. Bot.*, **29**: 103-216, pls. 18-24.
- ZACHARIAS, O., 1898. Untersuchungen über das Plankton der Teichgewässer. *Ber. Biol. Stat. Plön*, **6**(2): 89-139.

Explanation of Plate 1

- A: Front view of a biradiate (2+2) cell.
 B: End view of a biradiate cell.
 C: Front view of a Janus-form with bi- and triradiate (2+3) semicells.
 D: Front view of a triradiate (3+3) cell.
 E: Cells in lower magnification.

