

楠元 守*・園田幸朗*・夏目正巳*・小沢 肇*：
神奈川県における *Eudorina* (ボルボクス科 緑藻類)
の分類と分布について

Mamoru KUSUMOTO*, Sachiro SONODA*, Masami NATSUME* and
Hajime OZAWA*: On the taxonomy and distribution of the genus
Eudorina (Volvocaceae, Chlorophyceae) in Kanagawa Prefecture

はじめに

本邦産の *Eudorina* については簡単な採取記録や分類の記載はあるが¹⁻⁵⁾、詳細な報告はない。従来、*Eudorina* の分類は、フィールドで偶然に採集された数少ない個体の栄養細胞の形態的形質に基づいてなされてきた。しかし、近年緑藻類の二・三の科、たとえばボルボクス科 Volvocaceae やチリモ科 Desmidiaceae などでは、培養による分類形質の再評価の研究が行われるようになった⁶⁻¹⁰⁾。分類上の基準に形態的形質をとりあげる場合には、同一条件下でクローン培養した個体の特徴を比較することが重要であり、また、人為的に有性生殖を誘起して、自然標本では観察し難い有性生殖形質についても比較検討することが重要である。筆者らは、このような観点から神奈川県産の *Eudorina* を分離培養し、それらの分類と分布について研究を行ったので、その結果を報告する。

材料と方法

藻類の生育および分布状態は生育地の水質や土質と密接な関係をもつことがよく知られている。そこで、河川の状況や立地条件を考慮して、できるだけ多くの地域から材料を得ることに努力した。その結果、採集地は Fig. 15 に示すように 63 に及んだ。各地とも、乾田化した水田の表土を 4 地点から採集し、それぞれの試料は 1~2 か月間風乾後に培養に供した。試料の採取にあたっては、接合子などが多く存在すると思われる凹部の表層を深さ 5mm 程度採取した。なお、地域間の土の混入をさけることにとくに注意した。採集期間は 9 月から 1 月にかけての 5 か月間であった。

風乾土中の接合子や単為孢子 (parthenospore) の発芽法は、STARR¹¹⁾ や市村⁶⁾ のそれに準じた。すなわち、風乾土 5g を直径 9cm のシャーレの端に置き、50ml の蒸留

* 神奈川県立教育センター生物教室 (251 藤沢市藤沢 4210)
Kanagawa Prefectural Education Center, Fujisawa, Kanagawa, 251 Japan.
Bull. Jap. Soc. Phycol., 24: 149-164, Dec. 1976.

水をシャーレの他端から静かに加えて蓋をし、白色蛍光灯による照度 3,000 lux・16時間照明、温度約 25°C の条件下の恒温室で培養した。*Eudorina* の発生の有無は培養開始後 3～14日の12日間、毎日広視野観察の可能な双眼実体顕微鏡で観察することにより調べ、*Eudorina* が発生した場合は、ただちに個々の群体をマイクロピペットで分離し、滅菌水で10回洗浄した後、オートクレーブで滅菌した二相培地 (soil-water bi-phasic medium)¹²⁾ でクローン培養 (clonal culture) した。これらは混菌状態の単藻培養 (unialgal culture) であるが、純粋培養 (pure culture) を行なう場合には、洗浄の最後にペニシリン処理をして無菌化した群体を市村⁹⁾ の *Pleodorina* 培地 (P35 培地) を用いて培養した。培養の容器には、硬質ガラス製品を使用し、培養条件は、温度約 25°C、照度 3,000～5,000 lux・16時間照明8時間暗であった。

分離、培養した *Eudorina* は、小数の群体を新しい培地に継代培養し、観察に供した。なお観察の対象は生体が主であったが、固定・染色した材料も一部観察した。

結果と考察

1. *Eudorina* の形態

Eudorina の群体は、球形ないし円筒形で、群体を構成する細胞の数は通常32個または64個であるが、まれに8個または16個のものもある。細胞は一定の規則に従って群体の周辺部に配列される。すなわち、32個の細胞から成る群体では Fig. 1 のように細胞は5層のタイヤ (輪) 状に配列されており、第1のタイヤと第5のタイヤには各々4個の細胞が、第2～第4のタイヤには各々8個の細胞が配列される。また、64細胞のものでは細胞は7層に配列され、第1タイヤと第7タイヤには4個の細胞が、第2と第6タイヤには8個、第3と第5タイヤには12個、第4タイヤには16個の細胞が各々配列される。

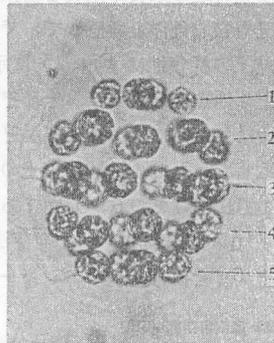


Fig. 1. Cell arrangement of *Eudorina*.

1, 1st tyre; 2, 2nd tyre; 3, 3rd tyre; 4, 4th tyre; 5, 5th tyre.

群体内の細胞の大きさは、一般にほとんど同じであるが、第1タイヤの細胞がやや小さいものや発達の悪い細胞がランダムに存在するものなどもあり、種や系統のちがいが、あるいは培養条件や群体のエイジ (age) のちがいがいなどによって差異が認められる。

群体は、群体全体が一枚のゼラチン様膜で包まれるものと、各細胞がそれぞれのゼラチン様膜で包まれるものがある。後者では、ゼラチン様膜間に空隙があり、各細胞はゼラチン様膜の一部が細くなってできた slender strand により近隣の5~6個の細胞と互に連結しているものと、空隙がほとんどなくゼラチン様膜で接着しているものがある。

群体の大きさや後部の突起の有無は、同一クローンでもエイジによって変わることが知られているが⁹⁾、筆者らも同様の結果を得た。

細胞内の葉緑体・眼点・収縮胞などについては、*Eudorina* の73ののクローンを観察した GOLDSTEIN⁹⁾ によると、クローン間で何ら差異は認められなかったといわれるが、筆者らの場合にもクローン間でそれらの観察に難易の差はみられたものの、分類に役立つと思われるほどの顕著なちがいは認められなかった。眼点は、群体の前端細胞では比較的大きく、そして明瞭であるが、後端に近づくに従って次第に小さくなり、細胞によっては見られなくなるものもある。細胞内ピレノイドの数や大きさは種によって差があり、1個または数個のもの多数のものがある。各細胞にはすべて、2本の等長のべん毛がある。

2. 生殖

無性生殖および有性生殖の様式は種の階級の分類の重要な基準となる。

無性生殖：群体を構成する各細胞はすべて無性生殖を行う可能性を持っている。種や系統によっては前方のタイヤの細胞では分裂が遅れたり、分裂しなかったりすることが知られているが¹³⁾、似た現象は培養条件をかえることによっても観察される。一般に、

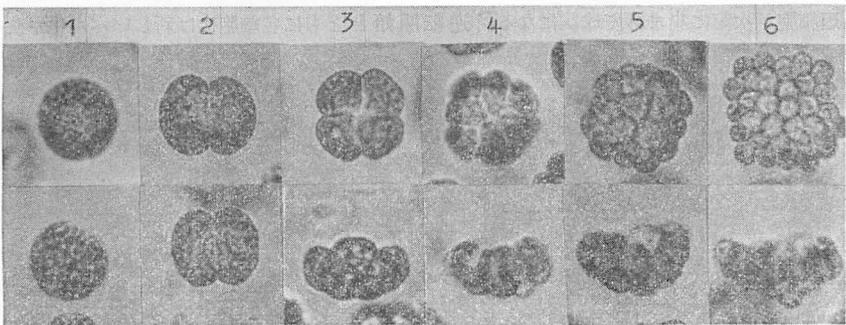


Fig. 2. Type 1 of plaque formation. *Eudorina elegans* var. *synoica*. $\times 400$
The upper is frontal view. The lower is lateral view.
1, before cell division; 2, 2-celled stage; 3, 4-celled stage; 4, 8-celled stage; 5, 16-celled stage; 6, 32-celled stage.

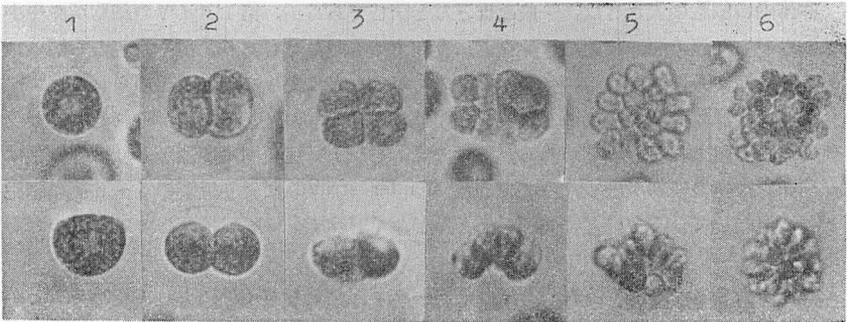


Fig. 3. Type 2 of plekea formation. *Eudorina interconnexa*. $\times 400$

The upper is frontal view. The lower is lateral view.

1, before cell division; 2, 2-celled stage; 3, 4-celled stage; 4, 8-celled stage; 5, 16-celled stage; 6, 32-celled stage.

前方のタイヤにある小さな細胞に由来する娘群体の細胞数は、後部の細胞に由来する娘群体の細胞数より少ない。

Eudorina の無性生殖による娘群体の形成は *Volvox* に似ている¹⁴⁾。まず細胞の縦軸に平行に2分裂がおこり、その後3~6回の2分裂が連続しておこり、プラケア (plakea) が形成される (Fig. 2, 3)。最初の分裂は、ふつうべん毛の基部から2分し、2回目はそれと直角の方向に分裂する。3回目の分裂は種によって異なる2つのタイプ (タイプ1およびタイプ2と呼ぶ) が観察された。すなわち、タイプ1は GOLDSTEIN⁹⁾ が観察したと同じように、4細胞から8細胞になるときに分裂の方向が \square 状になるものであり (Fig. 2 の 4)、タイプ2は格子状になるものである (Fig. 3 の 4)。その後の分裂の方向にも差が認められた。プラケアはカップ状に見えるが、やがて逆転 (inversion) して球状になり娘群体を形成する。すなわち、プラケアの凹部が凸出して逆転し、その後周辺細胞が次第に集まって球状になる。逆転開始とともに各細胞には新しいべん毛が生

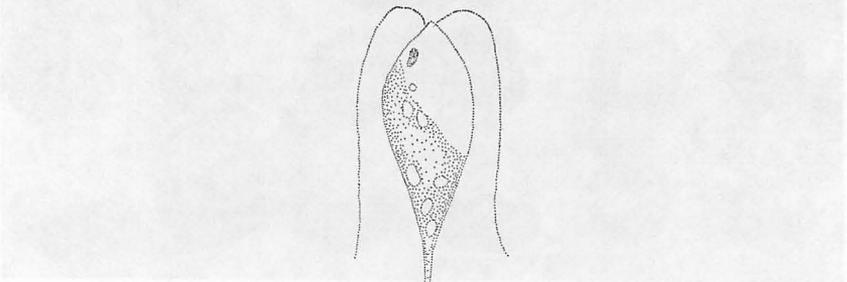


Fig. 4. Sperm.

じ、プラケアのとき内側にあったべん毛は逆転によって外側に現われる。逆転時のべん毛と眼点については GOLDSTEIN⁹⁾ が詳細に報告している。なお、有糸分裂については CAVE & POCOCK¹⁵⁾ の報告があるが、本研究では十分な結果が得られなかった。

有性生殖：*Eudorina* の有性生殖はすべて異形配偶であり、藻体には雌雄同株と雌雄異株がある。

精子は2本のべん毛を持ち (Fig. 4) 細胞分裂によって精子束 (sperm packet) 内に形成される。群体内に形成された精子束は、そのまま群体から泳出した後雌群体に附着して分散するものと (Fig. 5), 泳出することなく群体内で分散するものがある。後者の場合は、精子は同一群体内の卵と受精する (Fig. 6)。

群体内に形成される精子束の位置は、一定しているものとそうでないものがある。GOLDSTEIN⁹⁾ はこれを変種の階級の基準として *E. elegans* var. *carteri* と *E. elegans* var. *synoica* を区別した。

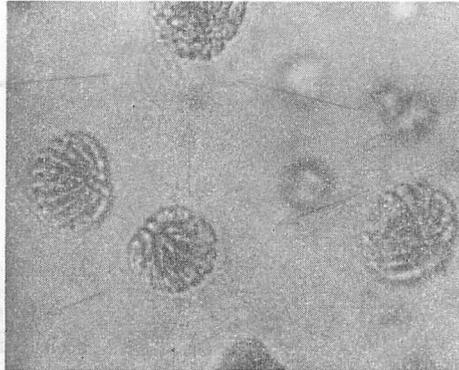


Fig. 5. Sperm-packets which have swum out of the colony. $\times 500$

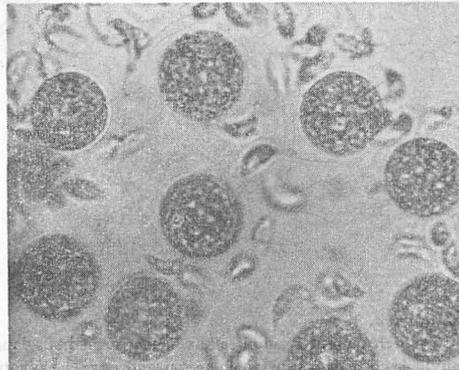


Fig. 6. Sperm-packets which have been broken up in the colony. $\times 500$

精子束を形成した細胞以外の細胞は、雌性配偶子の機能をもつようになるが、栄養細胞との区別は困難である。雌性配偶子は2本のべん毛を持っているが群体から離れるこ

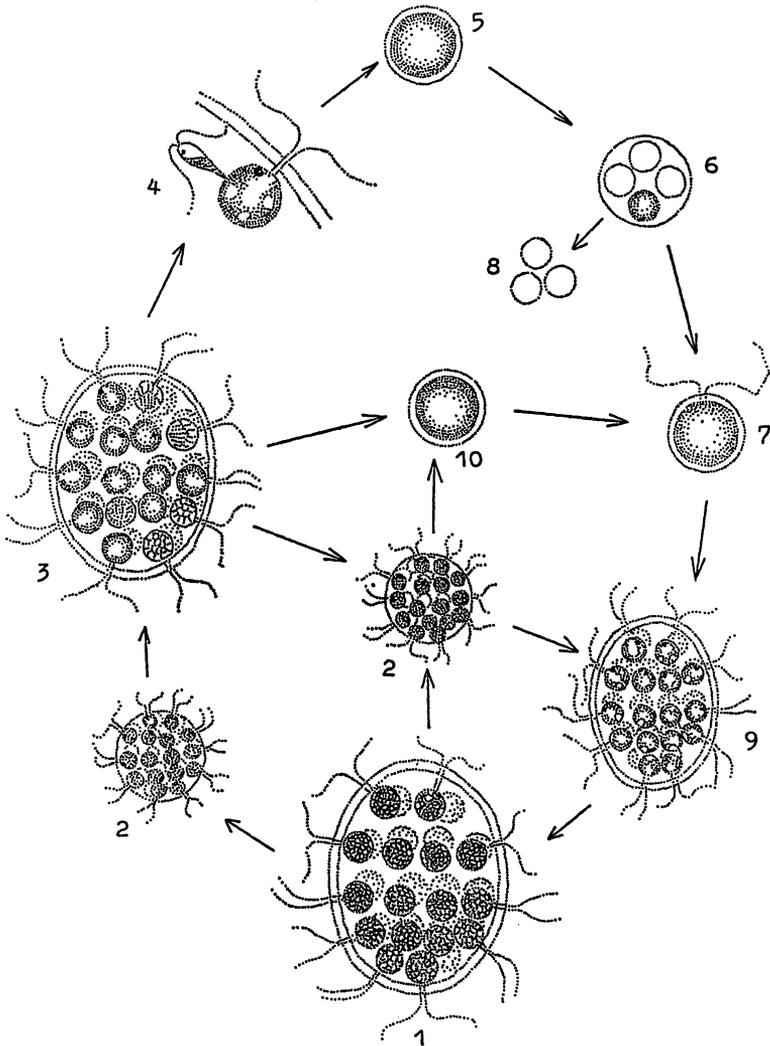


Fig. 7. Life cycle of *Eudorina*.

1, parental colony in which daughter colonies have been formed; 2, daughter colony; 3, sexually matured colony; 4, conjugation between sperm and egg; 5, zygote; 6, germination of zygote; 7, biflagellate unicell; 8, hyalin bodies; 9, young colony; 10, parthenospore.

となく、群体の定位置に配列したままで受精し、接合子となる。すなわち、雌性配偶子はあたかも卵のように行動する。雌雄異株の雄群体の培養過程において、受精とよく似た過程が観察されることがある。すなわち、GOLDSTEIN⁹⁾によると、精子束は若い群体を取囲み、精子が群体内に侵入するという。この場合、接合子は形成されないのかふつうであるが、まれに接合子を作るといわれる。

精子束の形成過程は多くの種では娘群体形成のそれとよく似るが、*E. conradii* のように違っている種もある⁹⁾。

受精については、IYENGAR¹⁰⁾ が詳しい報告を行っている。筆者らは受精直前と受精直後と思われる状態は観察できたが、受精の全過程の詳細については観察できなかった。接合子は、初め暗緑色であるが、やがて橙黄色となる。種によっては単為胞子を形成するものもあることが知られているが⁹⁾、筆者らは、接合子と単為胞子の区別は明らかにすることができなかった。

生活史：*Eudorina* の生活史の概要は Fig. 7 の通りである。

筆者らの観察によると、一般に *Eudorina* は、生育条件がよいときは、Fig. 7 に示す 1→2→9→1 の無性生殖サイクルで盛んに増殖するが減水などの不良条件に遭遇すると、成長した群体は単為胞子を形成して不良環境に耐える。しかし、再び好適条件を与えると単為胞子は 7→9→1→2 の順で成長して増殖する。また、性的に成熟した群体の一部の細胞が、娘群体を形成したり、単為胞子を形成したりすることもあるので、1→2→3→2→9→1 や 1→2→3→10→7→9→1 のコースも観察される。形成された接合子は、乾燥や低温に耐えることができる。筆者らは、二相培地で培養した *E. elegans* var. *synoica* を土ごとシャーレに移して徐々に風乾したものを室温で貯蔵し、1年後でも相当高い発芽率を保っていることを確認している。

3. 分類

以上に述べたような諸形質を基準として、神奈川県各地から採取・分離・培養した *Eudorina* を、GOLDSTEIN⁹⁾ (1964) の分類様式に従って分類した。以下にそれぞれの種について分布や特徴などを述べる。

① *Eudorina elegans* EHRENBERG var. *elegans* (Fig. 8)

従来の記録⁹⁾：ドイツ、EHRENBERG (1831) と HARTMANN (1921)；イギリス、WEST (1904)；インド、IYENGAR (1933)；ソ連、DEDUCENKO-SHCHEGOLVA *et al.* (1959)；南アフリカ連邦、POCOCK (1937)；アメリカ、WOLLE (1887)、SMITH (1930)、PRESCOTT (1955)。

EHRENBERG¹⁷⁾ が設立した *E. elegans* は、群体や細胞の形質に基づいて各種の命名がなされた¹⁸⁻²⁰⁾。GOLDSTEIN⁹⁾ は、培養した *E. elegans* の 32 の strain についてこれまでの分類を検討し、さらに、有性生殖形質に注目して *E. elegans* を 3 つの変種に分類した。

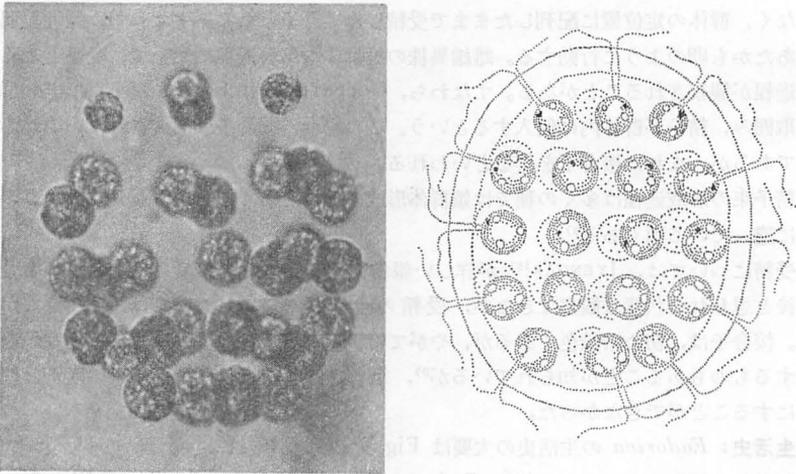


Fig. 8. *Eudorina elegans* var. *elegans*. $\times 500$

E. elegans var. *elegans* は、球形か倒卵形の群体で、全体がゼラチン様膜で包まれている。群体は19または32個の細胞で構成されているが、培養条件によっては8細胞のものも観察される。細胞は球形で、各細胞はほとんど同じ大きさである。葉緑体は緑色で、ピレノイドは成熟群体では3個であるが、まれに多数のこともある。眼点は第5タイヤでもまれに観察される。

プラケア形成は、タイプ1による。

藻体は雌雄異株で、雄または雌の群体を構成するすべての細胞は精子束または卵を形成する能力を有する。精子束は16個の精子で構成され、精子束のまま群体のゼラチン様膜を破って泳出する。

群体は、直径約 $140 \mu\text{m}$ ・巾約 $100 \mu\text{m}$ 、細胞の直径は約 $15 \mu\text{m}$ であった。

② *Eudorina elegans* EHRENB. var. *carteri* (SMITH) GOLDSTEIN (Fig. 9)

従来の記録： インド, CARTER (1858) と IYENGAR (1933); アメリカ, GOLDSTEIN (1964) (GOLDSTEIN⁹⁾ による)。

群体や構成細胞の形態的形質は *E. elegans* var. *elegans* とほとんど同様であるが、藻体は雌雄同株である。このことから *E. elegans* var. *elegans* とは区別できる。群体の第1タイヤの4細胞が精子束を形成し、他の細胞は卵を形成する。精子束は16の精子で構成されており、群体から泳出することなく群体内で分散して精子となり、同群体内の卵と受精する。眼点は第3タイヤではまれに観察されるが第4タイヤ以下では観察されなかった。

③ *Eudorina elegans* EHRENB. var. *synoica* GOLDSTEIN (Fig. 10)

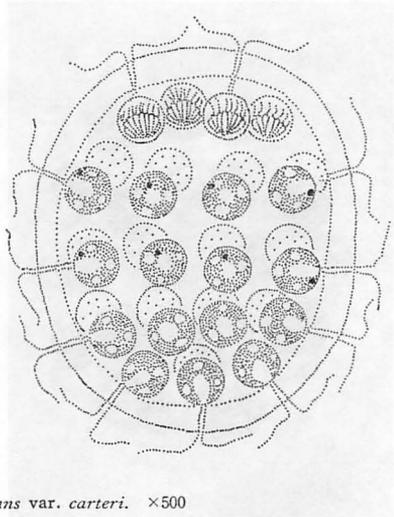
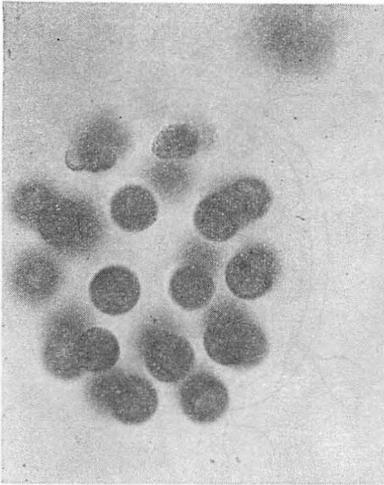


Fig. 9. *Eudorina elegans* var. *carteri*. ×500

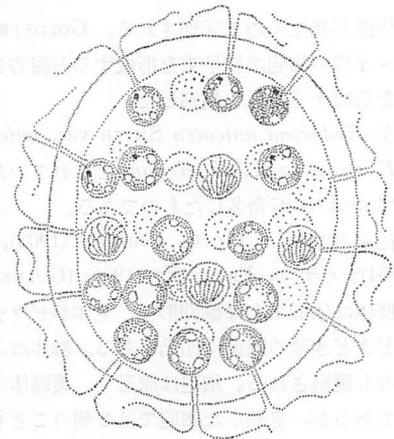
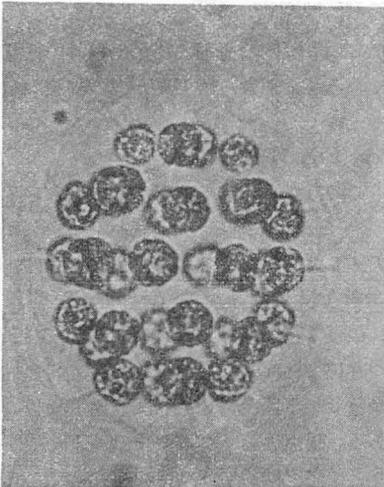


Fig. 10. *Eudorina elegans* var. *synoica*. ×500

これは、GOLDSTEIN (1964) がアメリカで採取し、クローン培養した藻類について、有性生殖形質に基づいて分類、命名したものである。

群や構成細胞の形態的形質は、*E. elegans* var. *elegans* や *E. elegans* var. *carteri* とほとんど同じで区別は困難である。

藻体は *E. elegans* var. *carteri* と同様に雌雄同株であるが、精子束を形成する細胞

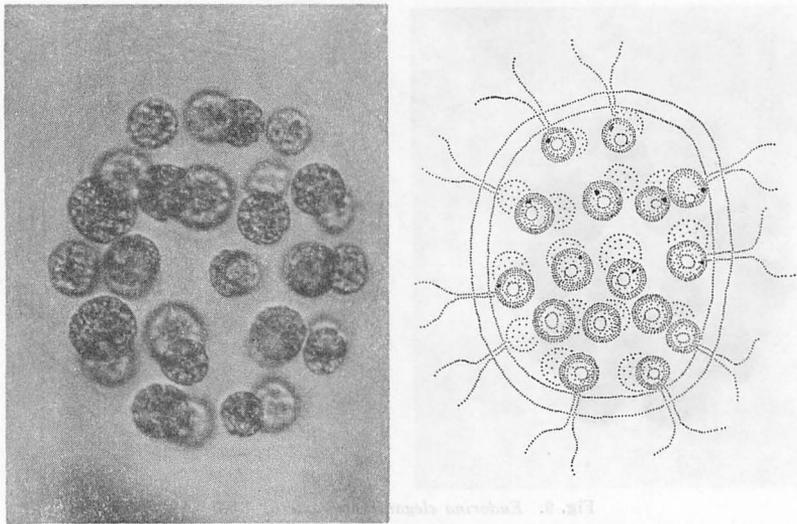


Fig. 11, *Eudorina unicocca* var. *unicocca*. ×500

の位置が異なるので区別される。GOLDSTEIN⁹⁾は群体内の先端のタイヤ以外の任意の1～4個の細胞が精子束を形成すると報告しているが、筆者らは1～6個の細胞が精子束を形成することを観察した。

④ *Eudorina unicocca* SMITH var. *unicocca* (Fig. 11)

*E. unicocca*は、*E. elegans*とされていたもののうちピレノイドが1つのものを区別してSMITHが命名したものである。

従来記録：スイス，CHODAT (1902)；アメリカ，SMITH (1930)とGOLDSTEIN (1964)；パナマ，PRESCOTT (1955) (GOLDSTEIN⁹⁾による。

群体は球形または倒卵形で、全体がゼラチン様膜で包まれている。前端部や後端部ではどきどき膜の表面に凹凸がある。群体はふつう16または32細胞からなるが、8細胞のものも観察される。細胞は球形で、葉緑体は緑色である。ピレノイドは普通1細胞に1個であるが、老熟した細胞では2個のこともある。眼点は第3タイヤまではよく観察されるが、第4タイヤではまれに観察され、第5タイヤでは観察されなかった。

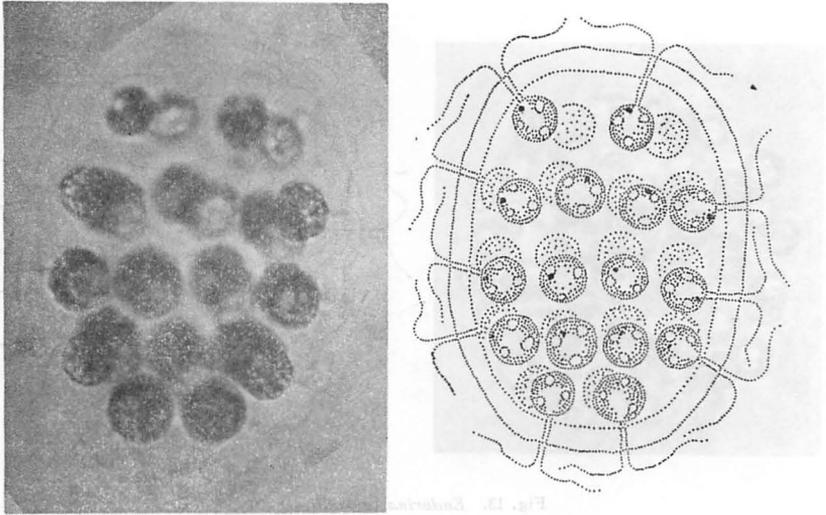
プラケア形成はタイプ1による。

群体の直径は約115 μm・巾100 μm、細胞の直径は約15 μmであった。

⑤ *Eudorina cylindrica* KORSCHIKOFF (Fig. 12)

KORSCHIKOFFが1938年にソ連で採取したものに命名された。その後、GOLDSTEIN⁹⁾は同種をアメリカで採取した。

この種類は、群体が円筒形であることが大きな特徴である。全体がゼラチン膜で包ま

Fig. 12. *Eudorina cylindrica*. $\times 500$

れており、膜の表面はやや凹凸がある。培養すると8, 16, 32個の細胞をもった群体が観察されるが、32細胞のものが最も多く8細胞の群体はまれである。細胞は球形で、第1タイヤの細胞はやや小さい。葉緑体は緑色で、細胞内のピレノイドはふつう3個である。眼点は第5タイヤまで観察される。

プラケア形成はタイプ1による。

群体は長さ $130\ \mu\text{m}$ ・巾 $100\ \mu\text{m}$ 前後であり、細胞の直径は第1タイヤでは約 $14\ \mu\text{m}$ 、その他では約 $17\ \mu\text{m}$ であった。

⑥ *Eudorina conradii* GOLDSTEIN (Fig. 13)

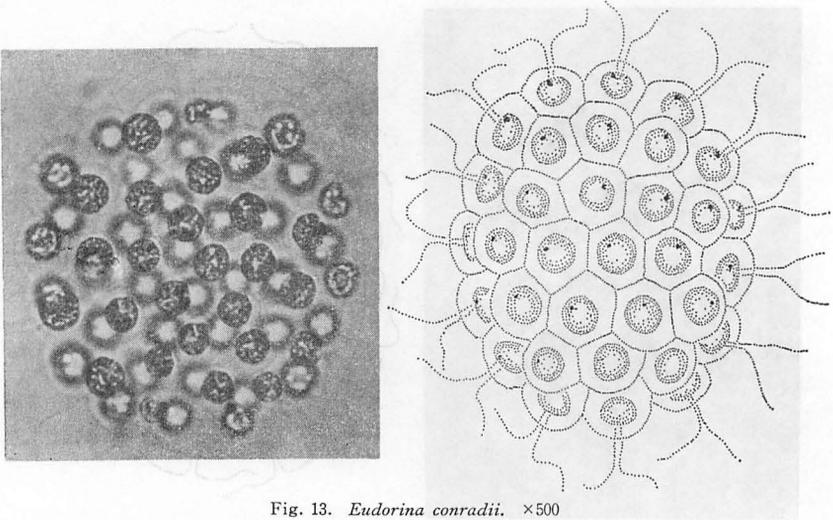
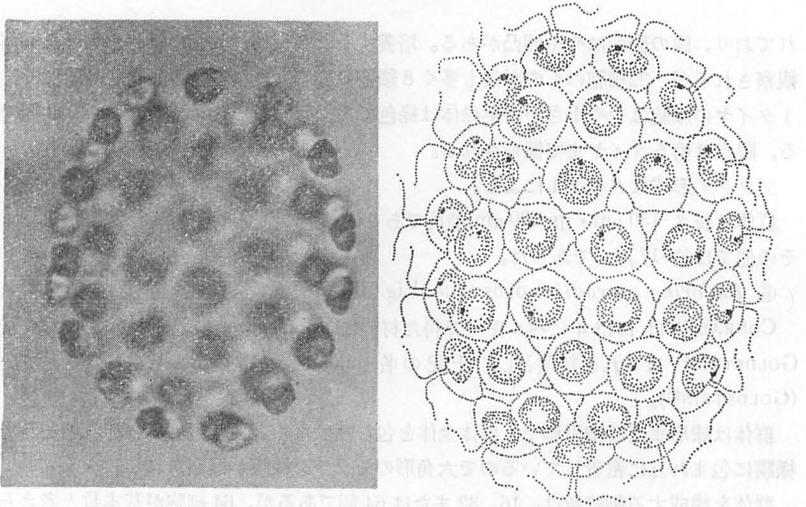
CONRAD²¹⁾ は1913年にベルギーで得た材料に *E. elegans* の種名をあてたが、後に GOLDSTEIN⁹⁾ はこれを新種とし、上記の名を与えた。アメリカからも採集されている (GOLDSTEIN⁹⁾)。

群体は球形または楕円形で、群体全体を包む膜はなく、各細胞はそれぞれのゼラチン様膜に包まれ互に密着しているので六角形のゼラチン様膜が観察される。

群体を構成する細胞数は、16, 32または64個であるが、64細胞が基本数と考えられる。細胞は球形または卵形とされているが^{9), 12)}、べん毛の基部がやや平坦なまんじゅう形である。葉緑体は淡緑色で、ピレノイドは1細胞に数個ないし多数である。眼点は第5タイヤ以後では観察されなかった。

プラケア形成はタイプ2による。

群体の大きさは、長さ約 $150\ \mu\text{m}$ ・巾 $120\ \mu\text{m}$ 、細胞の直径は約 $14\ \mu\text{m}$ であった。

Fig. 13. *Eudorina conradii*. $\times 500$ Fig. 14. *Eudorina interconnexa*. $\times 500$ ⑦ *Eudorina interconnexa* PRESCOTT (Fig. 14)

1955年に PRESCOTT²²⁾ がパナマで採取して記録したが、その後は報告がない。

群体は球形か卵形で、まれに後部の細胞がやや突出する。群体全体を包むゼラチン様膜はなく、各細胞は各々ゼラチン様膜に包まれている。ゼラチン様膜の一部は細くな

り、近隣の5～6個の細胞と互に連結している。その結果、各細胞を包んでいるゼラチン様膜は互に密着することなく、ゼラチン様膜間には間隙がみられる。

群体を構成している細胞数は32とされているが²²⁾、培養すると16, 32, 64細胞のものゝ観察されるので64細胞が基本数と考えられる。

細胞は球形とされているが²²⁾、培養した成熟群体では球形またはべん毛の基部がやや平坦なまんじゅう形である。細胞内の葉緑体は淡緑色で、ピレノイドは3個である。眼点は第6タイヤ以後では観察されなかつた。

プラケア形成はタイプ2による。

群体の直径は約100～130 μm 、細胞の直径は約15 μm であった。

分類についての考察

Eudorina の形態的特徴を上記①～⑦の種類について比較してみると、①～⑤と⑥⑦の種では、1)細胞の形、2)群体を構成する細胞の数とその配列、3)葉緑体の色、4)プラケア形成の様式、5)群体全体を包む膜の有無などに違いがあることが明らかとなつた。有性生殖については知見がまだ十分でないが、*E. conradii* と *E. interconnexa* は①～⑥などとかなり異なるので、*Eudorina* 属から分離して、新属とすることの検討も今後必要と考えられる。

4. 分布

神奈川県における *Eudorina* の分布は Fig. 15 の通りであつた。調査地域は○で示し、そのうち発生した地域は●としてその下に発生した種を番号で示した。調査した63地域中35地域で発生がみられ、発生率は55%であつた。このように高い発生率が得られたのは乾燥土法により調査したためと考えられる。

この分布図から、*Eudorina* は県内に広く分布していることがわかる。なかでも比較的気温の高い三浦半島、大磯、および、比較的生活汚水による汚染の少ない酒匂川流域の小田原地区、さらに、小さい山あいの湧水を利用する水田などでは発生率が高かつた。一方、除草剤を使用したと思われる水田、および、近年工場進出が目ざましく、人為的水質汚染が進んでいると思われる厚木、伊勢原地区の水田地帯での発生率は低かつた。

発生した種の多くは *E. elegans* var. *synoica* であつたが、三浦市初声からは *E. elegans* var. *elegans*, *E. elegans* var. *carteri* および、*E. unicocca* var. *unicocca* など得られ、三浦半島の長井、武山、長柄からは *E. cylindrica* が得られた。また、足柄上郡開成町吉田島からは *E. interconnexa*, 中郡大磯町高根からは *E. conradii* と *E. elegans* var. *elegans* が採集された。*E. unicocca* var. *unicocca* は綾瀬町立川からも得られた。その他の地域から得られた *Eudorina* はすべて *E. elegans* var. *synoica* であつた。

これらのうち、*E. elegans* var. *carteri*, *E. elegans* var. *synoica*, *E. cylindrica*,

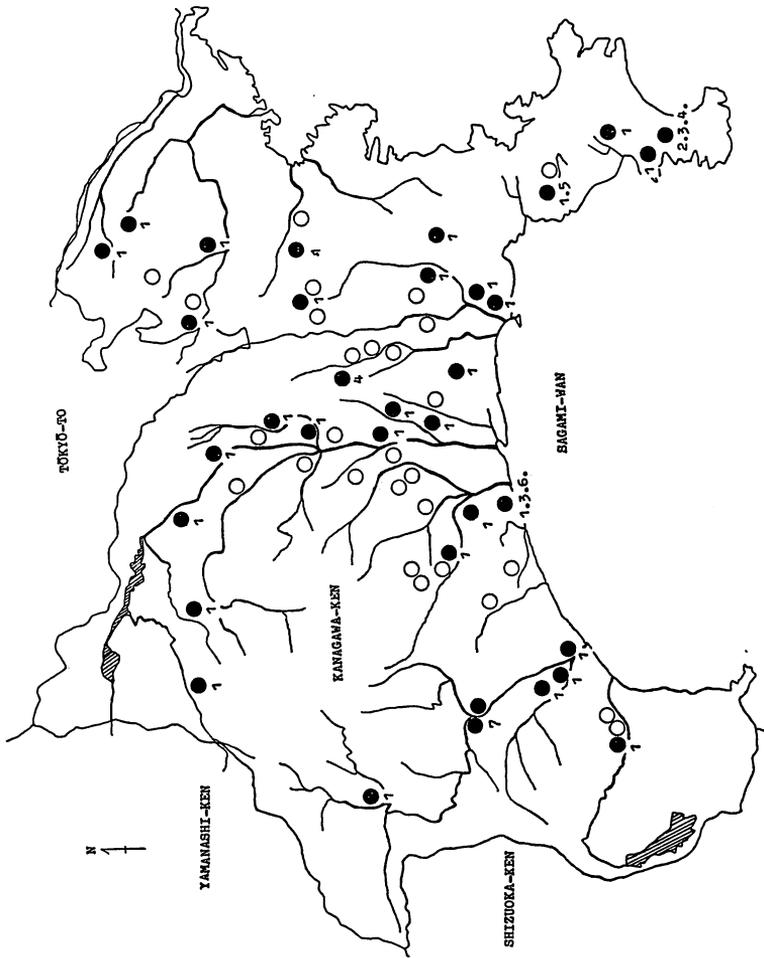


Fig. 15. Map showing distribution of *Eudorina* in Kanagawa Prefecture. ●, places where *Eudorina* were collected; ○, places where *Eudorina* couldn't be collected.
 1, *Eudorina elegans* var. *carteri*; 2, *Eudorina elegans* var. *elegans*; 3, *Eudorina elegans* var. *elegans*; 4, *Eudorina uniccocca* var. *unicocca*; 5, *Eudorina cylindrica*; 6, *Eudorina conradii*; 7, *Eudorina interconnexa*.

E. conradii および *E. interconnexa* は本邦新産である。

分布を確認できなかった地域でも *Eudorina* が生育していないとは言えない。また、種が偏在することなどから、この藻類の分布と土質や海から飛来する塩類などの関係についても検討したが結論を得るに至らなかった。

Eudorina の培養中に発生した *Volvox* 科の他の藻類は、63 地域中、*Gonium* 44 地域、*Pandorina* 34 地域、*Volvulina* 3 地域、*Volvox* 10 地域であった。これらの各属の分類と分布についても、今後十分検討の上報告したいと考えている。

STARR¹¹⁾・市村⁹⁾らが推奨した乾燥土法は、予想外の好結果をもたらした。この方法は応用範囲の広い藻類採集法の一つと考えられる。

本研究を進めるに当り、懇切なご指導と文献の提供および校閲を賜わった東京大学応用微生物研究所市村輝宜博士および横浜国立大学斉藤実教授に感謝の意を表する。

Summary

During the period from September to January, 1975, many samples of surface soil were collected from 63 different paddy fields in Kanagawa Prefecture. The method of dry soil samples^{6-8, 11)} was employed to isolate vegetative colonies of *Eudorina* germinated from zygospores or parthenospores. Clonal cultures of *Eudorina* spp. were maintained in the soil water medium¹²⁾, and the morphological characteristics of their vegetative colonies and their reproductive methods were studied under the uniform culture conditions.

The following species of *Eudorina* have been identified in the light of the monograph by GOLDSTEIN⁹⁾: *E. elegans* var. *elegans*, var. *carteri*, and var. *synoica*, *E. unicocca* var. *unicocca*, *E. cylindrica*, *E. conradii* and *E. interconnexa*. Geographical distribution of these species in Kanagawa Prefecture has been shown in Fig. 15.

In addition, a new type of plakea formation (Fig. 3) which is different from the type described by GOLDSTEIN⁹⁾ in *E. elegans* (Fig. 2) has been reported for *E. conradii* and *E. interconnexa*.

引用文献

- 1) 水野寿彦 (1964) 日本淡水プランクトン図鑑, 保育社, 東京: 1-351.
- 2) 小久保清治 (1955) プランクトン分類学. 恒星社厚生閣, 東京: 1-439.
- 3) 広瀬弘幸 (1965) 藻類学総説. 内田老鶴圃新社, 東京: 1-506.
- 4) 藤下英也 (1965) 豊中市の池沼におけるプランクトン・採集と飼育 27: 338-339.
- 5) 遠藤純夫 (1975) 淡水産緑藻の教材化の研究. 東京都立教育研研報. 11: 1-39.
- 6) 市村輝宜 (1971) 微細藻類の培養に関するあれこれ (1). 遺伝 25: 69-75.
- 7) ——— (1972a) 同上 (2). 遺伝 26: 79-100.
- 8) ——— (1972b) 同上 (3). 遺伝 26: 73-77.
- 9) GOLDSTEIN, M. (1964) Speciation and mating behavior in *Eudorina*. J. Protozool. 11: 317-344.
- 10) 山岸高旺・芳賀 卓・西浜雄二・渡辺真之・市村輝宜 (1974) 鼓藻類における種の把握. 日大農獣医一般教養研究紀要. 10: 54-83.

- 11) STARR, R. C. (1973) Special methods—dry soil samples. In *Handbook of phycological methods* (J. R. STEIN ed.) Cambridge Univ. Press. 159-167.
- 12) PRINGSHEIM, E. G. (1946) Pure cultures of algae. Cambridge Univ. Press, London. 1-119.
- 13) HARTMANN, M. (1921) Die dauernd agame Zuch von *Eudorina elegans*, experimentelle Beiträge zum Betrachtungs- und Topproblem. Arch. Protistenk. 43: 223-286.
- 14) STARR, R. C. (1973) Structure reproduction and differentiation in *Volvox carteri*. Arch. Protistenk. 3: 204-222.
- 15) CAVE, S. & POCKOCK, M. A. (1951) Karyological studies in the *Volvocaceae*. Am. J. Botany 38: 800-811.
- 16) IYENGAR, M. O. P. (1937) Fertilization in *Eudorina elegans* EHRENBERG. J. Indian Botan. Soc. 16: 111-118.
- 17) EHRENBERG. (1831) Über der Entwicklung und Lebensdauer der Infusionthiere; nebst terneren Beiträgen zu uner Vergleichung ihrer organischen Systeme. Monatsb. Akad. Wiss. Berlin.
- 18) AKEHURST, S. C. (1934) *Eudorina elegans* EHRENBERG forma *ellipsoidea* sub. var. *tubifera*. J. Roy. Microscop. Soc. 54: 99-103.
- 19) SMITH, G. M. (1930) Notes on the Volvocales. Bull. Torrey Bot. Club. 57: 359-369.
- 20) WOLLE, F. (1887) Fresh-water algae of the United States, The Commenius press Bethlehem. 1-364.
- 21) CONRAD, W. (1913) Observation sur *Eudorina elegans* EHRENBERG. Roc. Inst. Leo Errera 9: 321-343.
- 22) PRESCOTT, G. W. (1955) Algae of the Panama Canal and its tributaries. I. Flagellated organisms. Ohio. J. Sci. 55: 99-121.