

## 大村湾産赤潮鞭毛藻

*Gymnodinium* sp. ('65年型) の超微細構造

野呂 忠秀・水野 純・野沢 洽治\*

Ultrastructure of the Red Tide Dinoflagellate  
*Gymnodinium* sp. (type-'65) from Ohmura Bay, Japan

Tadahide NORO, Jun MIZUNO and Koji NOZAWA\*

### Abstract

A red tide phytoplankton, *Gymnodinium* sp. (type-'65), shows the general characteristics of the Dinophyceae, e.g. chloroplasts, mitochondria, golgi bodies and nucleus. This unarmored dinoflagellate has a cell covering composed of three membranes and many vesicles. A large number of vacuoles and lipid bodies occupy the peripheral area of the cytoplasm. The chloroplasts can contain either quasiradial or parallel lamellae, typically consisting of three thylakoids each. The pyrenoid is multiple-stalked and lacks a starch cap.

Key Index Words: chloroplast, dinoflagellate, *Gymnodinium*, pyrenoid, red tide, theca, ultrastructure.

### 序

1965年以降、長崎県大村湾をはじめとする西日本各地では渦鞭毛藻 *Gymnodinium* 属の一種が発生し赤潮現象を呈してきた（水産庁漁場保全課瀬戸内海漁業調整事務所，1979）。本種は当初 *Gymnodinium* sp. (type-'65) と仮称されていたが（飯塚等，1966），安達（1973）は新種と認め *Gymnodinium nagasakii* と命名されるべきことを提唱した。しかし，この命名は学会口頭発表であったため正式に用いることには問題が残されており，今尚本種は *Gymnodinium* sp. (type-'65) として取り扱われている。

これまで本種に関しては，その発生現象（飯塚，1972；IIZUKA，1979）や，生理特性（沼口等，1972；小野等，1979；本城，1979）についての研究が知られている。しかし，形態学的な観察は不十分で，本種の分類や生理機能を考察する上での残された問題となっている。今回，筆者等は透過型電子顕微鏡（TEM）を用いて，本種の超微細構造に関する二，三の知見を得ることができたので，その結果をここに述べたい。

### 材料と方法

実験に供した *Gymnodinium* sp. (type-'65) は長崎県大村湾から採取されたもので，長崎

\* 鹿児島大学水産学部海洋基礎生産学講座 (Lab. of Marine Botany, Fac. of Fisheries, Kagoshima Univ., 4-50-20 Shimoarata, Kagoshima City 890, Japan)

大学水産学部教授、飯塚昭二博士より分与を受けた。

本種は NH-15 培地 (STEIDINGER, 1978), 温度 20°C, 照度 3~4,000 lux (白色蛍光灯), 12:12時間 明暗周期下で培養された。定常的に達した細胞を遠心分離後, 3% Glutalaldehyde+0.25 M NaCl+0.1 M Collidine Buffer と 1% OsO<sub>4</sub>+0.1 M Collidine Buffer で各々一時間, 室温固定し, エタノール脱水後エポン樹脂に包埋した。更にこの試料を Sorvall MT-1 ウラトラミクロームで超薄切片とし, 酢酸ウラニルと硝酸鉛で電子染色後, 日立 H-300 型透過型電子顕微鏡によって検鏡した。

## 結 果

光学顕微鏡による観察: *Gymnodinium* sp. (type-'65) は, 体長 20~30 μm, 体幅 15~25 μm で暗黄色を呈す。体は扁圧, 前端はやや丸い。横溝は体の中央部よりやや前方に位置し僅かに右旋する。縦溝は先端から後端にかけて真直ぐ伸び, 場所により広狭を示す。細胞中央から後半部にかけて位置する大型の核は径 5~10 μm で, その周囲には十個程の葉緑体がある (Figs. 1, 2)。しかし, STEIDINGER (1978) が *Gymnodinium breve* (後に *Ptychodiscus brevis* と改称; STEIDINGER, 1979, 1980) で述べた先端突出部 (“apical process”) とその凹みや, 横溝の “ridge” は観察できなかった。

電子顕微鏡による観察: Fig. 4 に本種縦断面の電顕像を示した。細胞の左右と下部には, それぞれ横溝と縦溝の切れ込みがある。しかし細胞上部の溝様凹みは, 縦溝の一部なのか apical process の凹みなのか不明である。細胞中央には大きな核 (N) が位置し, それを取り囲むように, ピレノイド (p) の付着した葉緑体 (ch) が散在する。また, これら細胞内小器官の周囲は多数の液胞 (v) によって占められる。

外皮 (theca)。外皮は三層の膜 (Fig. 5) と, その外側の小胞 (Fig. 5, 6) からなり, この三層膜のうちの最内層のものは原形質膜と推察された。外皮上に一列に並んだ小胞は, 径 0.1 μm, 長さ 0.15 μm 程で, 稀に Fig. 6 のような突起部も観察される。

鞭毛 (flagella)。鞭毛の表面には独特の縞模様 (striated strand) が存在する。しかし, 鞭毛の内部構造や基部の構造, 毛 (hair) の有無については観察し得るに至らなかった (Fig. 3)。

核 (nucleus)。本種の核は核膜に包まれた球形で, その内部は渦鞭毛藻特有の螺旋状 DNA を含む染色体 (chromosome) によって占められている (Figs. 7, 8)。この染色体は一断面あたり20個程見られたが, 仁 (核小体) は観察できなかった。

葉緑体 (chloroplast)。通常, 一断面あたり 5~10個程の葉緑体が観察できた (Fig. 4)。これら葉緑体は長さ 5 μm 以下の楕円体で, 2~3層のチラコイド (thylakoid) が重なってできたラメラ (lamellae) が, 平行あるいは放射状に配列している (Figs. 9, 10)。また, 葉緑体外膜 (chloroplast envelope) の内側に沿って扁平な小胞がある (Fig. 9)。

ピレノイド (pyrenoid)。周囲を膜で包まれたピレノイドは, 少なくとも二本の短い柄 (stalk) によって葉緑体と連らなる。しかし, 葉緑体のチラコイドがピレノイド中に貫入することはない (Fig. 9, 10)。

液胞系 (vesiculation)。本種の細胞中には多数の液胞 (v) が存在し, 核・葉緑体・原形

質は、この液胞系の中に浮遊するかの観を呈する (Figs. 4, 7, 10).

**その他の細胞内小器官.** 液胞の間隙をぬってミトコンドリア (mitochondria), ゴルジ体 (Golgi body) を含む原形質部が散在する (Figs. 11, 12). ミトコンドリアは2層の外膜に包まれ、内部に多数のクリステ (cristae) を含む。ゴルジ体は3~7層のゴルジ嚢と、その周辺のゴルジ小胞からできている (Fig. 12). また原形質内には、繊維物質を入れた繊維小胞 (fibrous vesicle) (Fig. 11) があり、これは鞭毛の hair の前駆物質であろうと推測される。一方、外皮付近には、電子密度の高い物質が膜で包まれた油球 (lipid body) (Fig. 13) や、分泌小胞 (exocytotic visicle) (Fig. 14) と思われる小器官も観察できる。しかし刺胞 (trichocyst) や水嚢 (pusule) の観察には至らなかった。

## 考 察

今回観察した *Gymnodinium* sp. (type-'65) の核や葉緑体は、渦鞭毛藻特有の形態を示した。渦鞭毛藻に共通の細胞内小器官としては、この他にも刺胞や水嚢が挙げられているが、本研究においては十分な観察をするには至らなかった。

DODGE 等 (1970) は渦鞭毛藻10属の外皮構造を調べ、8タイプに分けるとともに、その構造が属固有の特徴となり得ることを述べている。これによれば *Gymnodinium* 属は扁平な小胞とプラグを組み合わせた独特の外皮構造を示した。一方、STEIDINGER 等 (1978) は *Gymnodinium breve* (= *Ptychodiscus brevis*) の外皮構造を調べ、2層の膜にはさまれた扁平な小胞構造からなることを明らかにしている。しかし、本種 *Gymnodinium* sp. (type-'65) の外皮構造は前述のいずれとも異なった。渦鞭毛藻類の外皮構造に関する知見は、まだ不十分であり、今後は *Gymnodinium* 属および、その近縁種間での比較検討が必要であろう。

*Gymnodinium* 属のピレノイドについては、*G. fuscum* や *G. simplex* での研究から、その存在が否定されていた (DODGE 等, 1969; DODGE 1974)。しかし本種では *G. breve* (= *P. brevis*) と同様のピレノイドが観察された。このピレノイドの存否も前述の外皮同様、今後の比較検討を必要とする。

*G. breve* (= *P. brevis*) 同様、本種でも細胞内に占める液胞の割合が多く、原形質の割合の多い *G. fuscum* や *G. simplex* とは対照的である。そのため本種は浸透圧の変化によって変形し易く、細胞の固定操作を難しくしている。

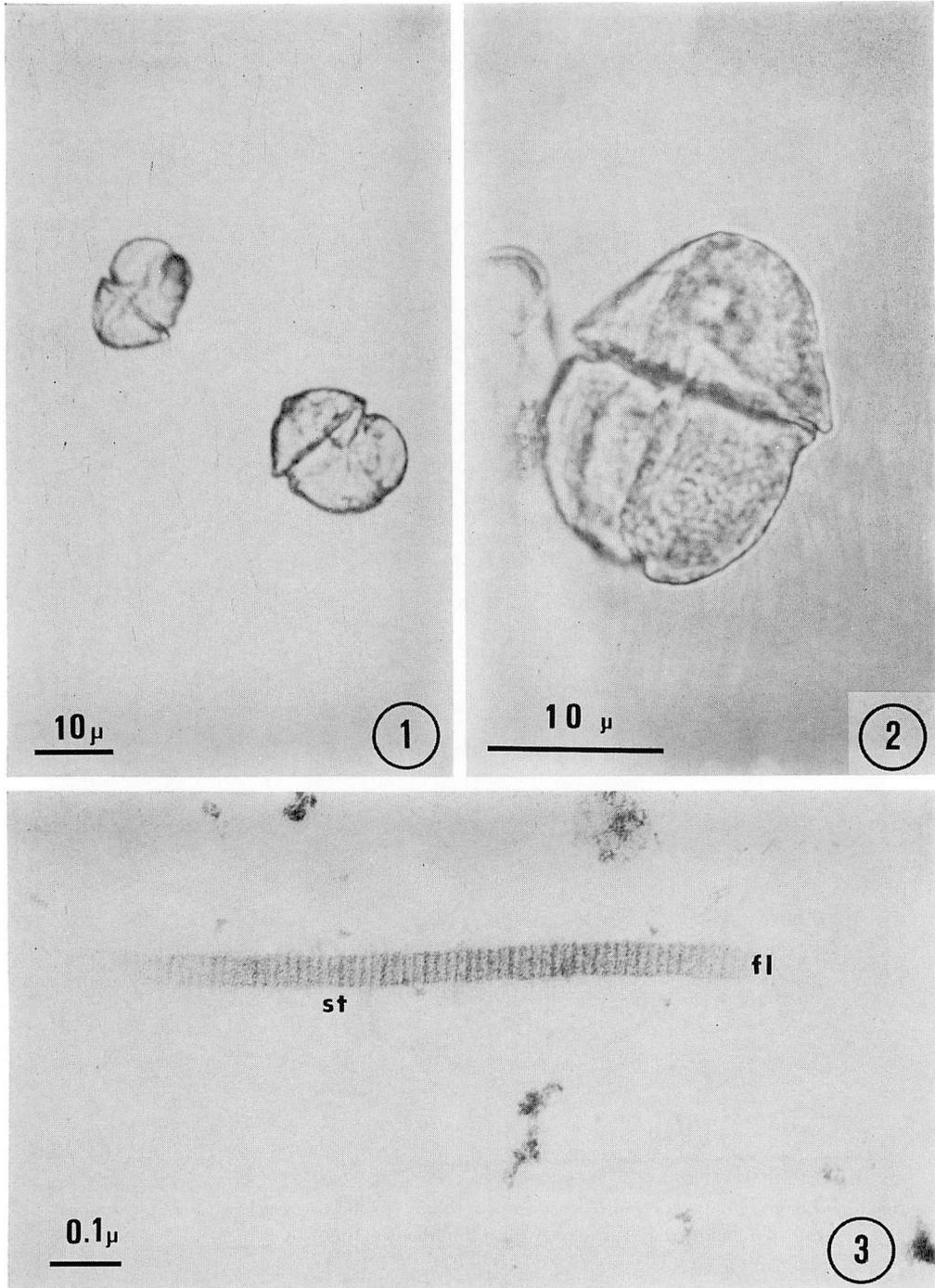
以上のように、本種の細胞内構造に関して得られた知見を近縁種のそれと比較してみると、本種は多くの点で、*G. breve* (= *P. brevis*) と類似していた。しかし、外皮構造には明らかな相違も認められた。

STEIDINGER (1979) は、横溝の "ridge" 構造と頂端の "apical process" の存在を理由に *G. breve* を *Ptycodiscus* 属へ移し、*P. brevis* とした。従って *P. brevis* と近縁関係にあると思われる本種の分類学的位置を明確にするためには、横溝、縦溝、"apical process" 及び "ridge" を詳細に観察する必要がある。そのためには走査型電顕 (SEM) 等を用いての外部構造の比較研究が待たれる。

本稿を終えるにあたり、試料を供与下さり、その他援助を賜った長崎大学水産学部教授、飯塚昭二博士に厚く御礼申し上げる。

### 引用文献

- 安達六郎, 1973, 日本水産学会秋季大会講演要旨 (昭和48年10月鹿児島)
- DODGE, J. D. 1974. A redescription of the dinoflagellate *Gymnodinium simplex* with the aid of electron microscopy. J. mar. biol. Ass. U.K. 54: 171-7.
- DODGE, J. D. and R. M. CRAWFORD. 1969. The fine structure of *Gymnodinium fuscum* (Dinophyceae). New Phytol. 68: 613-8
- DODGE, J. D. and R. M. CRAWFORD. 1970. A survey of thecal fine structure in the Dinophyceae. Bot. J. Linn. Soc. 63: 53-67.
- 平山和次・飯塚昭二・米司 隆, 1972, 1971年夏季の大村湾海水による赤潮プランクトン *Gymnodinium* '65年型種の培養, 長崎大学水産学部研究報告 33: 11-20.
- 本城凡夫, 1979, *Gymnodinium* 属の増殖と底泥溶出物質との関係に係わる研究, 「*Gymnodinium* 属赤潮の挙動と増殖機構の解明に関する研究」報告書, 水産庁・環境庁.
- 飯塚昭二, 1972, 大村湾における *Gymnodinium* '65年型種赤潮の発生機構, 日本プランクトン学会報 19 (1): 22-23.
- IZUKA, S. 1979. Maximum growth rate of natural population of a *Gymnodinium* red tide. In: Toxic Dinoflagellate Blooms. Taylor/Seliger, eds. p. 114-4. Elsevier North Holland, Inc.
- 飯塚昭二・入江春彦, 1966, 1965年夏季大村湾赤潮時の海況とその被害-II. 後期赤潮とその生物学的特点について, 長崎大学水産学部研究報告, 21: 67-101.
- 沼口克之・平山和次, 1972. 大村湾赤潮原因種 *Gymnodinium* '65年型種の培養に好適な pH と塩分について, 長崎大学水産学部研究報告, 33: 7-10.
- 小野知足・吉松定昭・山田達夫, 1979, *Gymnodinium* 属の生育条件, 「*Gymnodinium* 属赤潮の挙動と増殖機構の解明に関する研究」報告書, 水産庁・環境庁.
- STEIDINGER, K. A. 1979. Quantitative ultrastructural variation between culture and field specimens of the dinoflagellate *Ptychodiscus brevis*. Ph. D. Dissertation. Univ. of South Florida, Tampa, Florida, 70 pp.
- STEIDINGER, K. A. and E. R. GOX. 1980. Free-living dinoflagellates. In: Phytoflagellates, E. R. Cox, ed. Elsevier North Holland, Inc.
- STEIDINGER, K. A., E. W. TRUBY and C. J. DAWES. 1978. Ultrastructure of the red tide dinoflagellate *Gymnodinium breve*. I. General description. J. Phycol. 14: 72-9.
- 水産庁漁場保全課瀬戸内海漁業調整事務所, 1979, *Gymnodinium* 属赤潮の発生と被害に関する情報の整理解析, 「*Gymnodinium* 属赤潮の挙動と増殖機構の解明に関する研究」報告書, 水産庁・環境庁.



Figs. 1, 2. Light micrographs of *Gymnodinium* sp. (type-'65). Ventral view showing transverse fold and longitudinal fold.

Figs. 3-14. Electron micrographs of *Gymnodinium* sp. (type-'65).

Fig. 3. Longitudinal section of flagellum (fl) with striated strands (st).

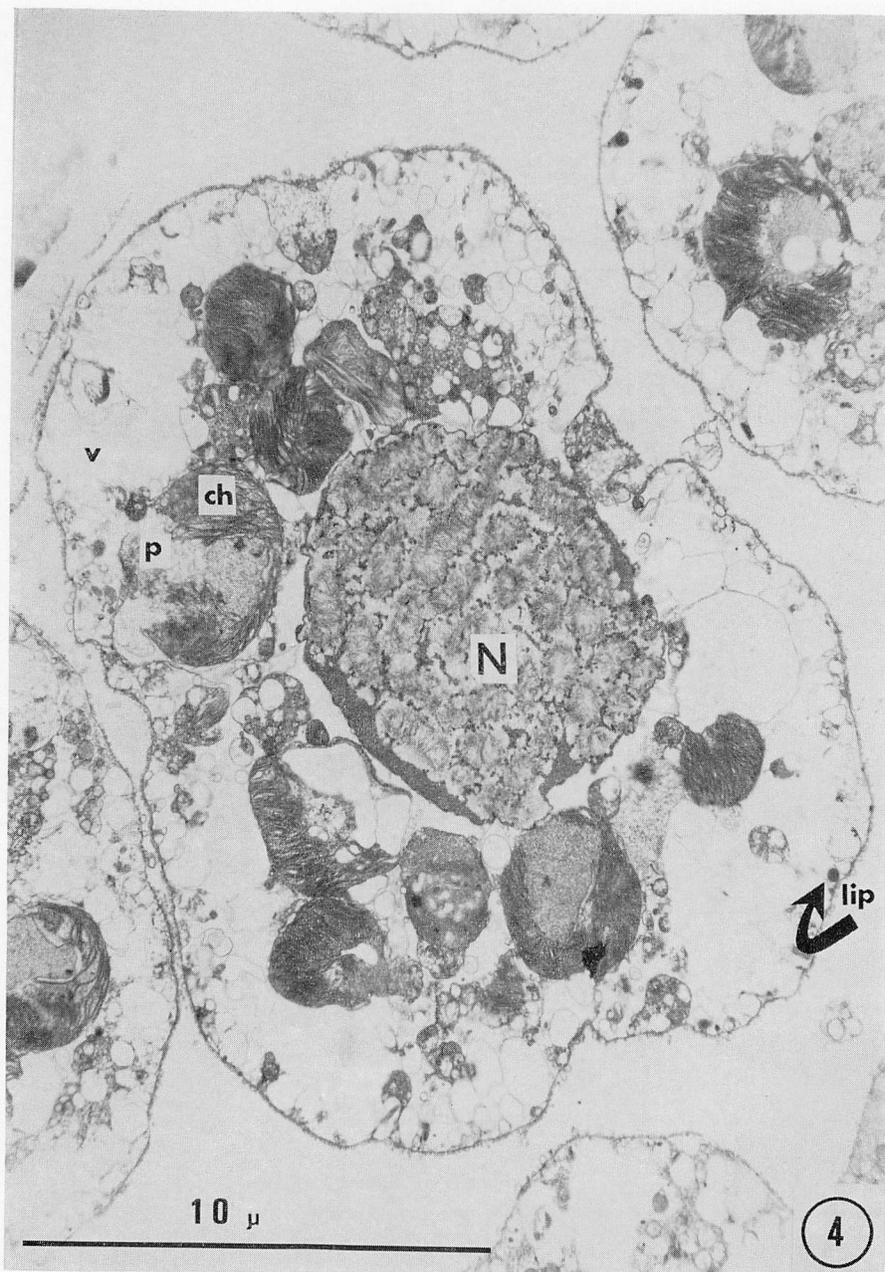


Fig. 4. Longitudinal section of *Gymnodinium* sp. (type-'65) showing nucleus (N), chloroplasts (ch), pyrenoids (p), vacuoles (v) and lipid bodies (lip).

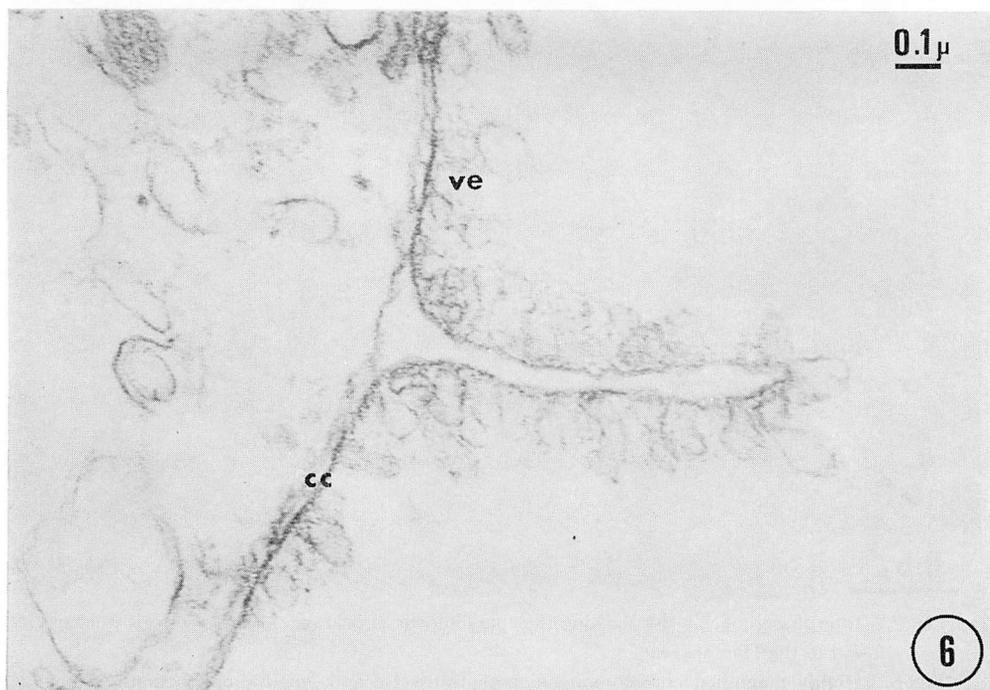
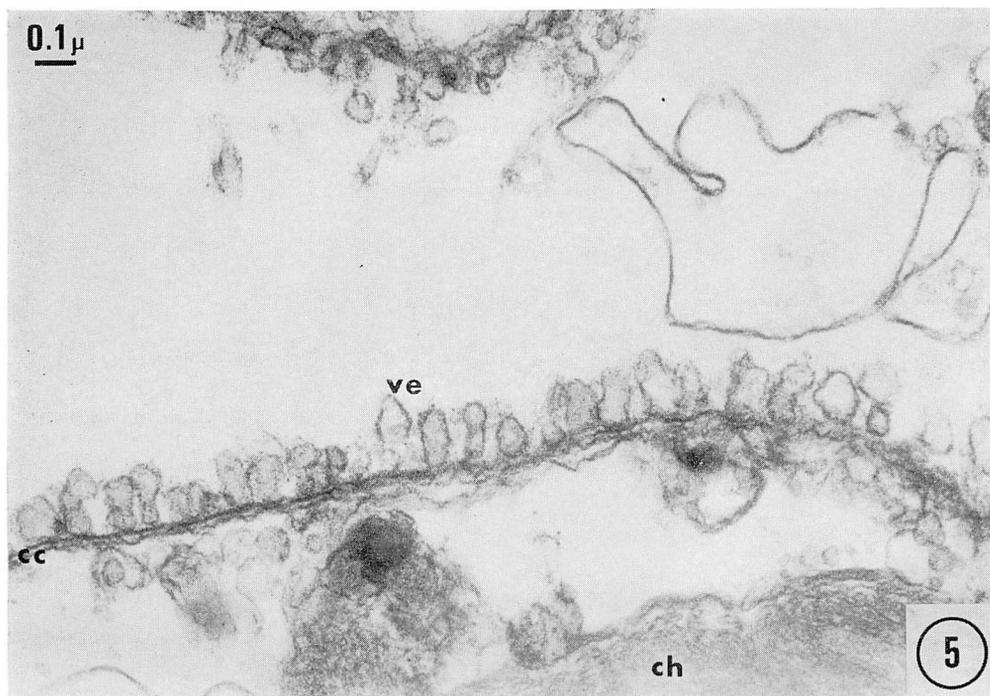


Fig. 5. Cell covering (cc; theca) with three membranes and vesicles (ve).

Fig. 6. Cell covering with a spinous projection.

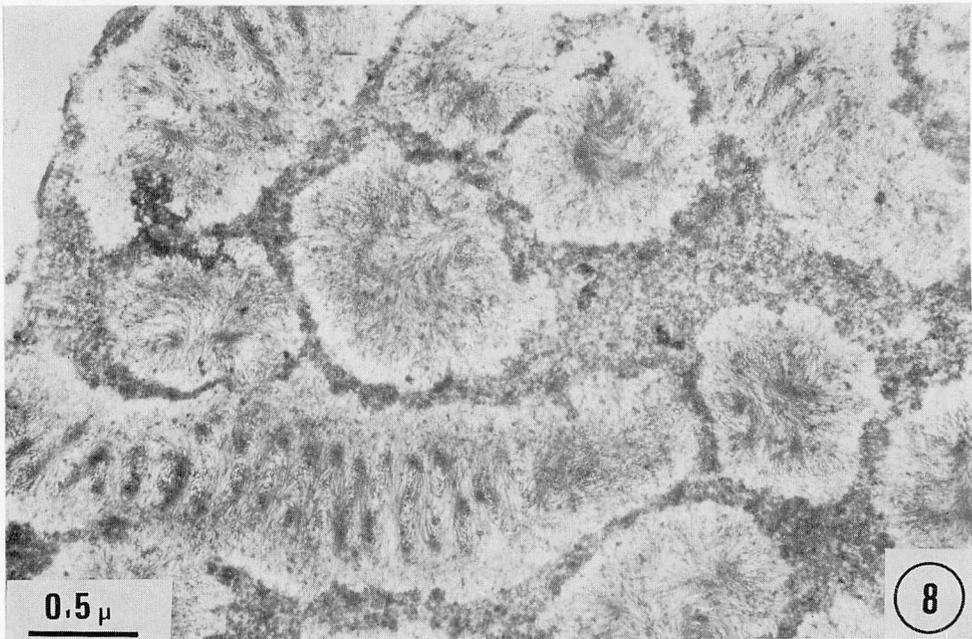
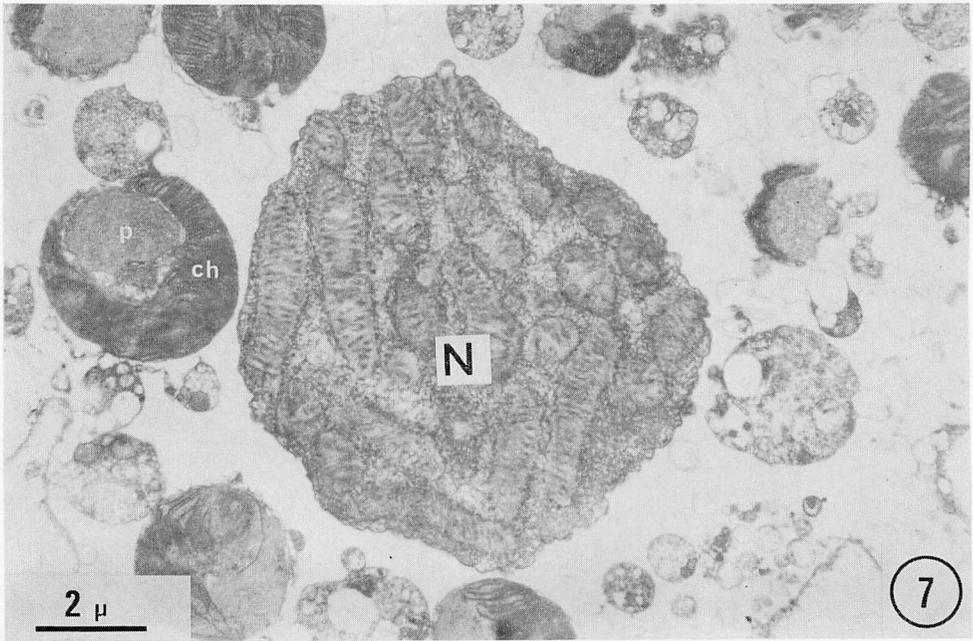


Fig. 7. Interphase nucleus (N) showing the characteristic appearance of mesocaryotic nucleus found in the Dinophyceae.

Fig. 8. Highly magnified chromosomes in both transverse and longitudinal sections. Note the arrangement of the DNA fibrils of which the chromosomes are composed.

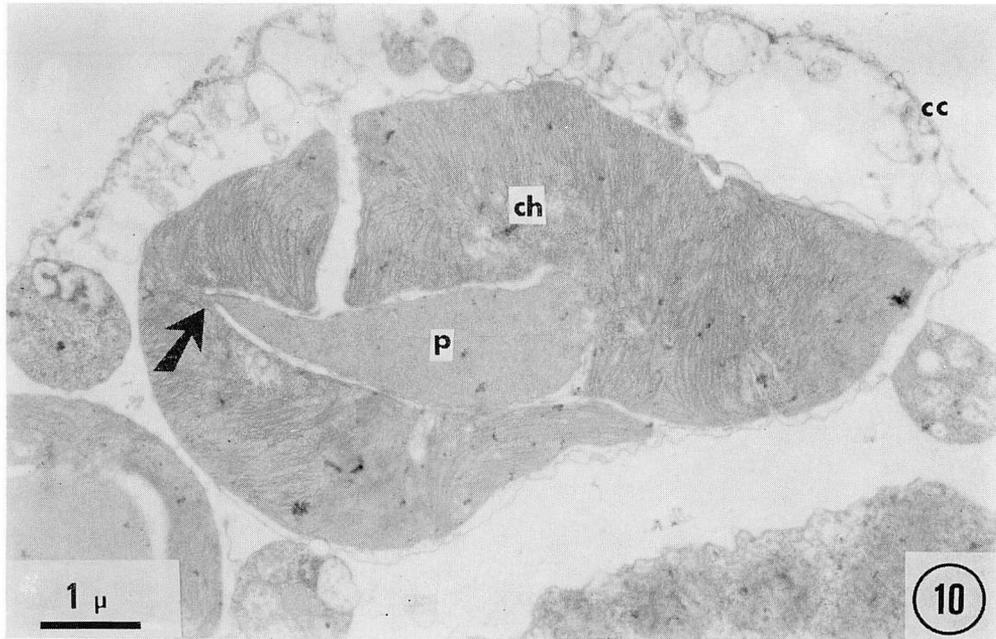
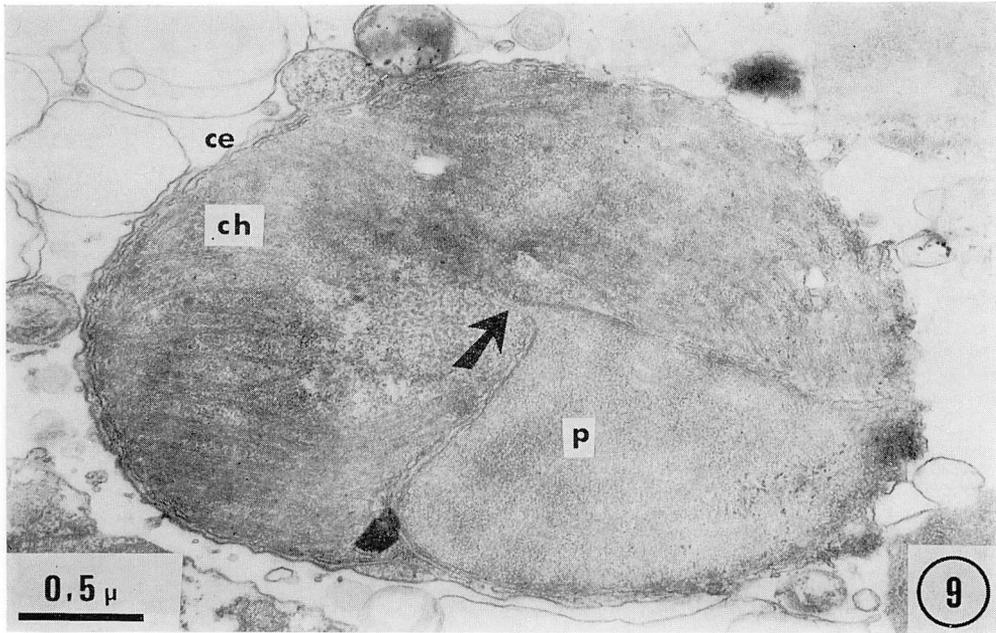


Fig. 9, 10. Quasi-radially arranged lamellae of chloroplast. External to girdle band is the chloroplast envelope (ce). Attenuated pyrenoid connecting chloroplast lobes; note attachment points (arrow).

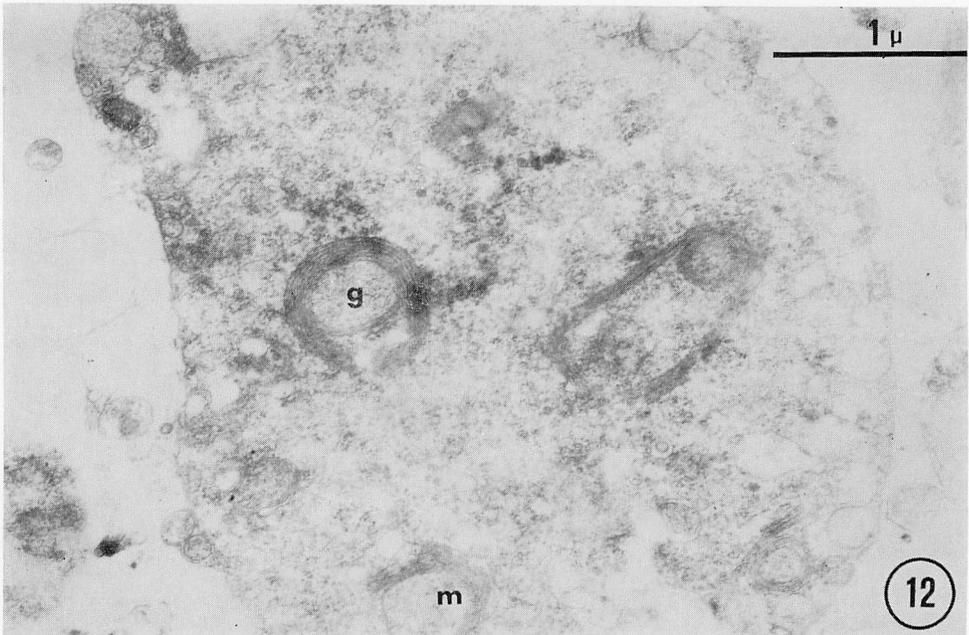
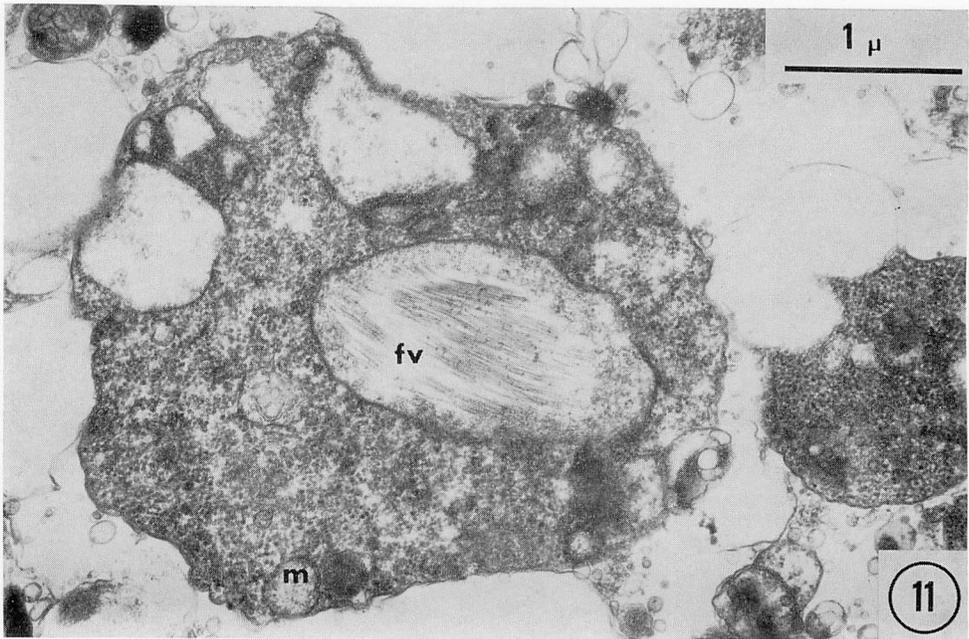


Fig. 11. Cytoplasmic region where vesicle occurs with tubular contents (fv). Mitochondria (m) showing a two-membrane envelope and tubular cristae.

Fig. 12. Horizontal section through the Golgi body (g).

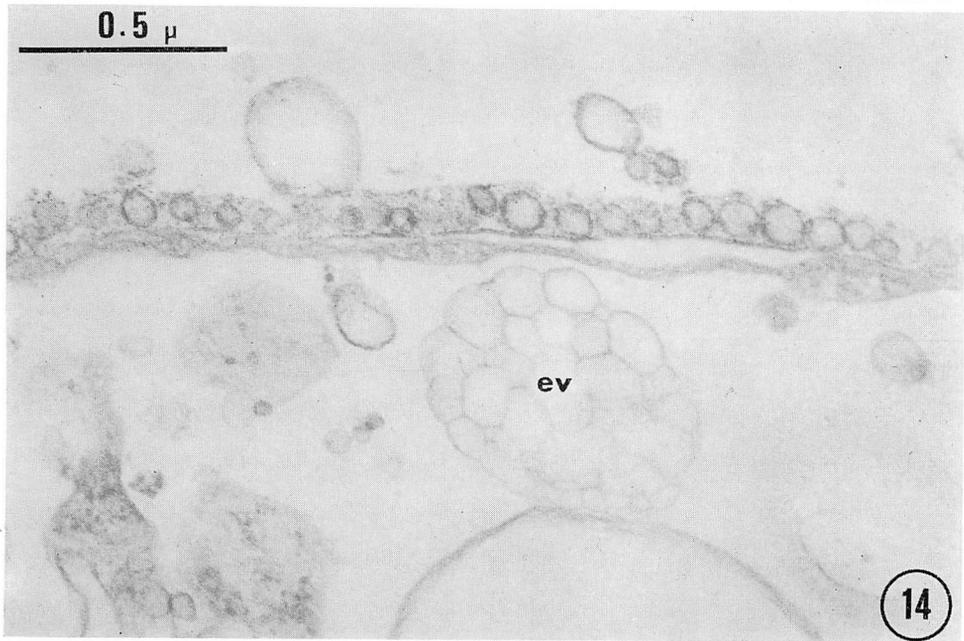
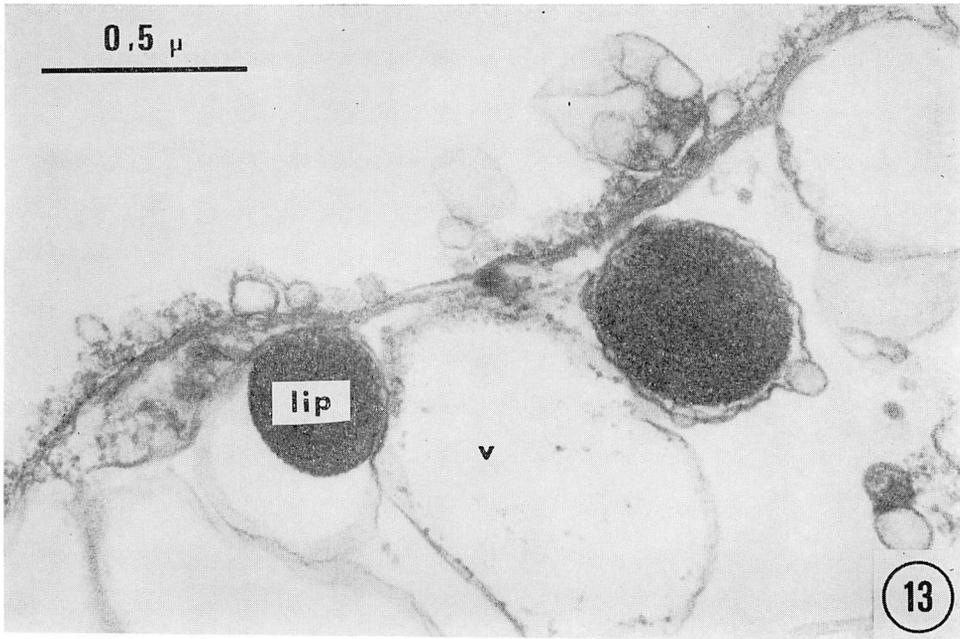


Fig. 13. The vesicular cortex containing lipid bodies (lip).

Fig. 14. Exocytotic vesicle (ev) situated within cell covering.