

最近のプラシノ藻綱の研究 (Ⅱ)

堀 輝 三*・千 原 光 雄**

T. HORI and M. CHIHARA : A review of the recent study on the Class Prasinophyceae (II)

〔V〕 プラシノ藻綱の各藻類群の電子顕微鏡諸形質：

MANTON 等^{12,13,17)}によると、プラシノ藻綱 (Prasinophyceae) は、(1)細胞壁 (cell wall) を欠き、(2)葉緑素b をもち、(3)鞭毛は鱗片(scale)でおおわれており、(4)遊走期 (motile stage)の細胞は一般に unmineralized scales でおおわれている。

一方、PARKE²¹⁾は、イギリス海産藻類のリストの中でプラシノ藻類にLoxophyceae (Christensen⁶⁾) を含めているが、Loxophyceae には鞭毛鱗片 (flagellar scales) のない *Pedinomonas*^{15,32)}、*Micromonas pusilla*¹⁵⁾、*Nonomastix*³³⁾ が含まれているので、Prasinophyceae を定義するための評価形質は更に注意深く選ばれる必要があるだろう。ここでは一応プラシノ藻綱の分類形質の一つである“鞭毛鱗片”が電顕的に明らかにされている種類のみを扱うことにする。次に本綱の種類形質を表5にまとめたものを掲げ、以下各属各種の形質について説明する。

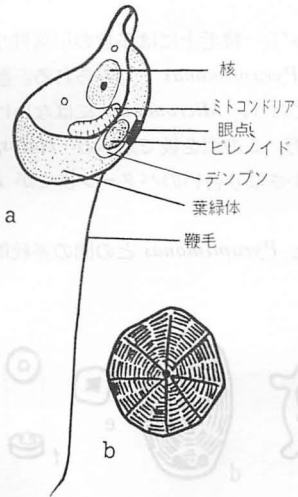
表 5 プラシノ藻綱の各属の諸形質

属名 形質	<i>Micromonas squamata</i>	<i>Nephroselmis gilva</i>	<i>Pyramimonas</i> spp.	<i>Halosphaera</i> spp.	<i>Heteromastix</i> spp.	<i>Mesostigma viride</i>	<i>Prasinocladus marinus</i>	<i>Platymonas</i> spp.
光 頭	各 論 参 照							
細 胞 壁 の 厚 さ (μ)	3-4.5	4-6.5 ×3-4.5, ×3-4	いろいろあり	いろいろあり	4.5-8.0 ×4.5-6.5 ×2.0-2.5	7.5-12.5 ×4.5- 8.0	12-20 × 7-11	いろいろあり
鞭 毛 類	1	2	4-8, 16	4	2	2	4	4
鞭毛の長さ (細胞の長さ に対する比)	3-3.5	2.5-3.5	ca. 1	2.5-7	短鞭毛 1-1.5 長鞭毛 4-5	≦ 1	ca. 0.5	< 1
眼 点	+	-	+	+	+	+	+	+
ピレノイド	+	+	+	+(2-3)	+	+(2)	+	+
外 皮 鞘	-	-	-	-	-	-	+	+
電 顕 的 形 質	細胞鱗片層	1	1	2	2-3	2	2-3	-
	鞭毛鱗片層	1	1	2	2	1	2	2
	小 毛	+	+	+	+	+	+	+
備 考		鞭毛上の鱗片は 9列配列	鞭毛上の鱗片 は9列配列	鞭毛上の鱗片 は9列配列			slit hairsなし。 ピレノイドに特 徴あり (本文参 照)。	slit hairsあり。 ピレノイドに特 徴あり (本文参 照)。

表中、+は存在をあらわし、-は存在しないことを示す。

* 東邦大学理学部生物学教室 (千葉県習志野市泉町2の1の37)

** 国立科学博物館植物研究部 (東京都台東区上野公園)

図3 *Micromonas squamata*.

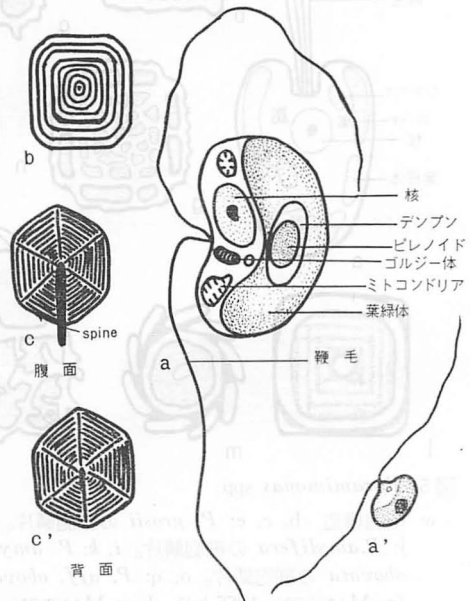
- a. 細胞構造
b. 細胞・鞭毛鱗片

(Manton and Parke, 1960より略写)

(2) *Nephroselmis gilva* 細胞表面も2本の鞭毛も *Micromonas squamata* と同じようにただ1層の鱗片でつつまれている。鱗片は鞭毛のものも細胞表面のものもともに蜘蛛の巣模様の特徴がある。細胞表面の鱗片は多少とも8角形盤状(約 0.23μ) (図4,b) で, 鞭毛鱗片にみられるようなとげ状突起(spine) (長さ約 0.2μ)はない。一方, 鞭毛鱗片は6角形盤状(約 0.22μ) (図4,c') で, その腹面には中心から横に伸びた突起がある (図4,c)。さらに特徴的なことは, 鞭毛は縦に9列に並んだ鱗片でつつまれており, これが鞭毛内部のいわゆる“9+2”構造と対応

(1) *Micromonas squamata* 本種はプラシノ藻綱の中では最も原始的な種類として知られ, 鞭毛鱗片が一番最初に知られた種類でもある。

その細胞表面は, 蜘蛛の巣に似た刻み目模様のある, ほぼ六角形あるいは丸形の盤状鱗片(直径 $0.15\sim 0.4\mu$) (図3,b) の1層でつつまれている。鞭毛にはまた小毛(hairs)がみられる。特に先端部には他の小毛より少し長い3本の小毛がみられることがあるが, これは鞭毛の末端部の表層物質が標本作製中にこわれてとり去られたために, 外に露出してきたものとも考えられている。

図4 *Nephroselmis gilva*.

- a, a'. 細胞構造。b. 細胞鱗片。
c, c'. 鞭毛鱗片。

(PARKE and RAYNS, 1964より略写)

した関係にある¹⁰⁾。鞭毛には小毛がみられる。

2本の鞭毛は細胞の尖った部分から出ている(図4, a')。鞭毛上には多数の早落性小毛をつけているが、これは *Micromonas* や次に述べる *Pyramimonas* でもみられる。前記のごとく、*N. gilva* の鞭毛鱗片はとげ状突起をもっており、*Micromonas* にはないけれども鱗片の配列状態は両種ともに全く同じである。一方、この点を後で述べる *Halosphaera*¹⁰⁾ と比べると、その配列ばかりでなく、鱗片のかさなり合いのパターンまでが *N. gilva* と完全に一致する。

以上のような点から、*N. gilva* は *Micromonas* と *Pyramimonas* との間の系統的なギャップをうめるものと考えられる。

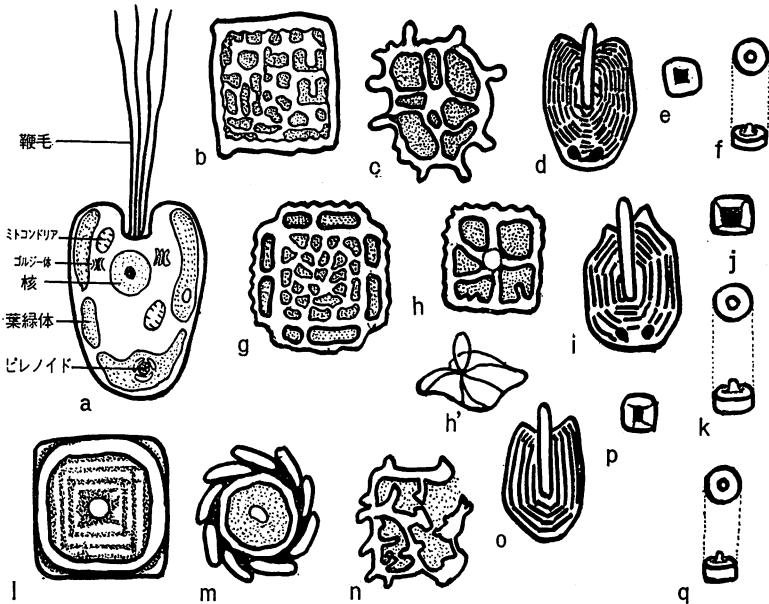


図5 *Pyramimonas* spp.

- a: 細胞構造 b, c, e: *P. grosii* の細胞鱗片。d, f: *P. grosii* の鞭毛鱗片。g, h, h', j: *P. amyliifera* の細胞鱗片。i, k: *P. amyliifera* の鞭毛鱗片。l, m, n, p: *P. aff. obovata* の細胞鱗片。o, q: *P. aff. obovata* の鞭毛鱗片

(a: MANTON, 1966より, b-q: MANTON, OATES, and PARKE, 1963より略写)

(3) ***Pyramimonas* spp.** この類は前2属と異って、細胞面および鞭毛が2層の鱗片でおおわれていることが特徴である。個々の鱗片は、次に述べる *Halosphaera* によく似ている。*Pyramimonas* 属の3種類の鱗片を図5に示す。細胞基層*鱗片は3種ともに中

*2層以上の鱗片層でつまれているときには、ここでは一番内側の鱗片層を基層とよぶことにする。

心が陥没したほぼ4角形の小形鱗片である(約 0.07μ) (図5, e, j, p)。その上をそれぞれの種に特有な特徴をもった四角形 ($0.3\sim 0.5\mu$) あるいはレース様鱗片がつつんでいる(図5, b, c, g, h, h', l, m, n)。特に箱型4角形盤状鱗片(*P. aff. obovata*) (図5, 1) は特異的である。

鞭毛の基層鱗片は小形の円形乳頭状突起をもった形態である (図5, f, k, q)。その上を蜘蛛の巣模様の盤状鱗片がつつんでいる ($0.33\times 0.3\mu$) (図5, d, i, o)。これらの鱗片は中心から横に伸びた棒状突起 (長さ 0.33μ) をもっている。その反対側には2個の陥没穴がある(*P. grosii* and *P. amyliifera*) (図5, d, i)。

鞭毛鱗片は *Halosphaera* や *N. gilva* と同様に9列に並んでいるのが特徴である (*P. grosii*)。鞭毛数は通常4本であるが (*P. grosii*), 8~16本 (*P. amyliifera*) のこともある。鞭毛の基部から先端まで小毛をもっている。これは、菌類などでいわれる、いわゆる“Flimmer”とは性質を異にした小毛である。

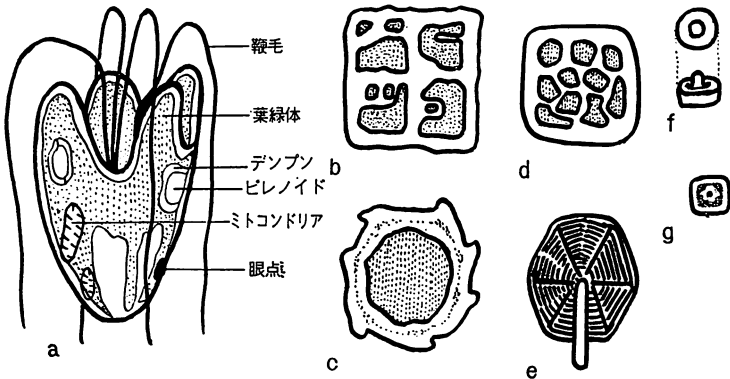


図6 *Halosphaera* spp.

a: 細胞構造 b, c, d, g: 細胞鱗片
e, f: 鞭毛鱗片

(a: Parke and Adams, 1961より, b-g: Manton, Oates, and Parke, 1963.より略写)

(4) *Halosphaera* spp. 不動性緑藻の *Halosphaera* はその生活上の1ステージに *Pyramimonas* 様の遊走細胞 (図6, a)をつくるのが明らかになった²²⁾。

この類の遊走細胞は通常4本の鞭毛をもち、小毛もそなえている。しかし分裂速度が早いときには、細胞が小形化し、鞭毛も2本あるいは1本に減少することがある。このような状態にあるものは、その起源を知らなければ *M. squamata* と見誤ることすらある。

細胞面をおおう鱗片の形は非常に変異に富んでいる。一番下の基層には小さい四角形の鱗片 (0.1μ 以下) (図6, g) が並んでいる。最も外側には第3の層としてレース様盤状鱗片 (図6, d) がみられ、その間には、中心部が深く落ちこんだ鱗片 (直径約 0.3μ) (図6, c) や落ちこみ場所とその面積が不定な鱗片 (図6 b) 等がある。

鞭毛上には、小形の鱗片（直径約 0.4μ ）（図6,f）が螺旋状に密に配列しており、その上を丸形または六角形の盤状鱗片（ $0.25\sim 0.27\mu$ ）（図6,e）がおおっている。その配列は *N. gilva* や *Pyramimonas* でみられたものと同じ9列配列である。

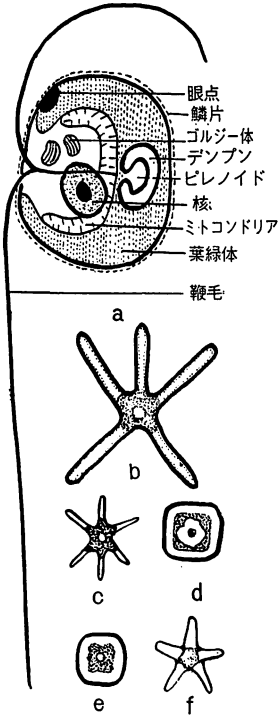


図7 *Heteromastix* spp.

a: 細胞構造 b, c, d: 細胞鱗片
e, f: 鞭毛鱗片

(Manton, Rayns, Ettl and Parke, 1965より略写)

(5) *Heteromastix* spp. この属は2本の不等長鞭毛をもち、小毛をその表面につけている。細胞面は少なくとも2層の、形態を異にした2種類の鱗片でおおわれている。内側の層は小形の4角形盤状鱗片（約 0.07μ ）（図7,d）がすき間なく列をなして並んでいる。その上に小形の星型鱗片（約 0.1μ ）（図7,c）が、上記の4角形盤状鱗片相互の隣接点をおおように並んでいる。更に、この層の上に第3の層として大形の星型鱗片（ $0.4\sim 0.6\mu$ ）（図7,b）が存在する。

鞭毛もまた2層の鱗片層でおおわれている。基層は細胞鱗片のそれよりは少々丸型の小形盤状鱗片である（図7,e）。その外側を小形の星型鱗片がおおっている（図7,f）。この星型鱗片は細胞表面と同様に、基層の盤状鱗片相互の隣接点の上に並んでいる。

H. longifilis では、第3の大形星型鱗片がない。一方、淡水産の *H. angulata* では、細胞・鞭毛ともに、3層からなる鱗片層でおおわれている。*H. rotunda* の細胞面と鞭毛上とにみられた基層の小形鱗片は、*Pyramimonas*⁶⁾ でみられたものと全く同じ種類のものである。また、詳細な点における *Heteromastix* と *Pyramimonas* および *Halosphaera* の *Pyramimonas*-stage との類似点は非常に大きいから、これらの属の間の系統近縁性は明白であり、少なくとも一つの共通なグループ(Class)の中にまとめることができる²¹⁾。

(6) *Mesostigma viride* この種類は非常に特色のある形をしているので（図8,a）、少数でも容易にその存在がわかる。2本の鞭毛が船のマストのように立ち、細胞は幾分非対称なイカダのようである。

細胞面は2種類（時には3種類とも考えられる）の鱗片層でつまれている。基層としては小形の船型盤状鱗片（ $0.3\times 0.2\mu$ ）（図8,e）が数層並んでいる。この鱗片は鞭毛ビット（細胞前端の鞭毛が細胞から出ている凹状部のこと）の中まで分布している。この基層の上には、他のどの種類でもみられていない非常に特異な形態をした一層のバスケット型鱗片

片 (高さ 0.6μ , 内口径 0.5μ), (図8, b, c, d) がすき間なく, 鞭毛ピットの側面を除いた細胞面全体をおおっている。

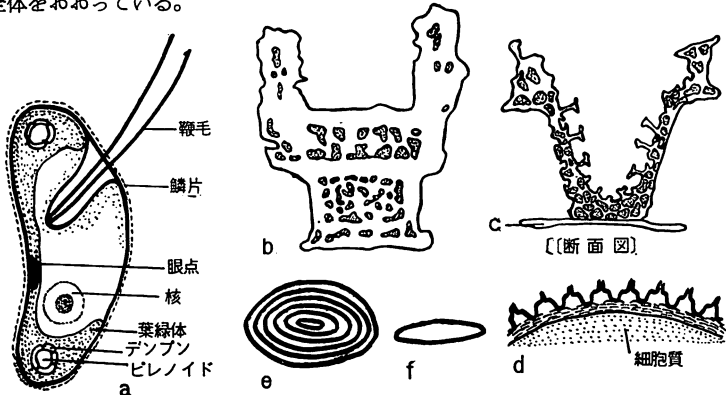


図8 *Mesostigma viride*.

a 細胞構造 b, c: 細胞鱗片 d: 細胞鱗片の配列 e: 船型細胞鱗片 f: 細胞・鞭毛鱗片 (Manton, 1965.より略写)

第3のタイプの鱗片は船型盤状鱗片よりもずっと小さい(巾 0.03μ)やや菱形である(図8, f)。この種の鱗片は細胞の後半分には分布せず, 細胞の前半分で, 船型鱗片層のさらに下の層として一般に散在配列をしている。この鱗片層はまた船型鱗片と鞭毛ピットを裏打ちしているプラズマレンマとの間で基層を形成している。この鱗片層は更に2本の鞭毛の末端にまですき間なく広がっていて, いわゆる鞭毛鱗片となっている。

鞭毛上には, 繊細な hair-points 以外には小毛はみられない。

鞭毛ピットの性質によって, この種類はプラシノ藻綱の中では *Pyramimonas* に最も近いように思われる。

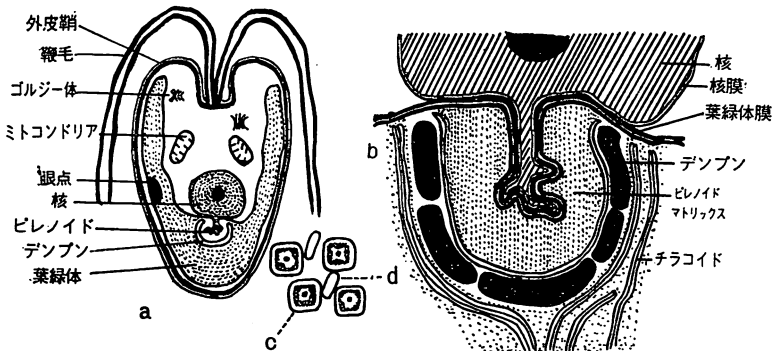


図9 *Prasinocladus marinus*.

a: 細胞構造 b: ピレノイド構造 c, d: 鞭毛鱗片 (Parke and Manton, 1965.より略写)

(7) *Prasinocladus marinus* 本種はプラシノ藻綱のタイプ種であるが、本種もその生活史上の1ステージに遊走細胞(図9, a)をつくる。この遊走細胞は上に述べてきた種類(1~6)とは非常に異なった性質をもっている。すなわち、細胞表面には、いわゆる細胞鱗片はなく、代りに外皮鞘(theca)が細胞をつつんでいる。これにはセルロースが含まれていないので^{7, 11)} (C I) を参照)、一般にいわれる細胞壁(cell wall)と同じに考えることはできない。固着期の細胞は2~数層の外皮鞘でつまれている。この外皮鞘は鱗片と同じくゴルジー体に起源をもつ小さい粒子の凝縮してできたものである¹³⁾。

遊走細胞は4本の鞭毛をもっているが、2本ずつ組みになって行動するようである。鞭毛は小毛をもち、2層の鱗片層でつまれている。一つは盤状鱗片で(図9, c)、他は棒状鱗片である(図9, d)。

またピレノイドに大きな特徴がみられる。すなわち、細胞の後半分にある葉緑体の表層部に、細胞の前端へ向かって位置したピレノイドには、それと向いあって隣接する核の一部が運河状に侵入している(図9, b)。この部分ではピレノイドをつつむ葉緑体膜と侵入した核の核膜とが密着しているので、核の内容物の一部がピレノイドの中に完全には入り込んでいることになる。次に述べる *Platymonas* 属においても類似のピレノイド構造がみられるが(図10, b)、そこでは核の侵入はみられず、細胞質がピレノイドの運河状陥入部をうめているだけであり、プラシノクラススとはこの点で異なっている。さらにプラシノクラススでは、ピレノイドマトリックスとその周囲をかこむデンペン鞘との間には1層のチラコイドがあって両者を区別しているが(図9, b)、*Platymonas* (*P. suecica* and *P. tetrathele*,¹³⁾ and *P. subcordiformis*³²⁾) ではこれがみられない。

Prasinocladus の鞭毛でみられた小形盤状鱗片は、*Pyramimona*, *Halosphaera*, *Heteromastix*, などの数種でみられた鱗片——これらの種類においては、いずれの場合も外層鱗片層の基層として存在する——とは実質的な区別はできない。*Pyramimona* と *Halosphaera* とではこの小形盤状鱗片の上に、大形の外層鱗片が一般に9列に並んでいる。一方、*Heteromastix* では、外層鱗片は小形の星型で、基層の小型鱗片相互の隣接点の上に配列している。この点はプラシノクラススでも同様である。両者の異なる点は、*Heteromastix* の星型鱗片が isodiametric であるのに対し、プラシノクラススのそれは elongated である点だけである。

(8) *Platymonas* spp. この種類の解剖学的諸性質は前記のプラシノクラススと非常によく似ている(図10, a)。遊走細胞は特に似ているので、これら両者の属の分類は主として不動泳期のちがいにおかれている。すなわち、プラシノクラススは固着性で有柄であるが、プラチモナスは単にその鞭毛をひっこめるだけで、本質的には未変化のままである。

4本の鞭毛は小毛と鱗片でつまれている。鱗片は2種類あり、2層になって並んでいる。基層は小形の4角形盤状(約0.05 μ)で、角は少々丸味を帯びている。縁がもりあがっており、中央に突起がある(図10, d)、外層は小形の星型棒状で、基層鱗片相互のつなぎ

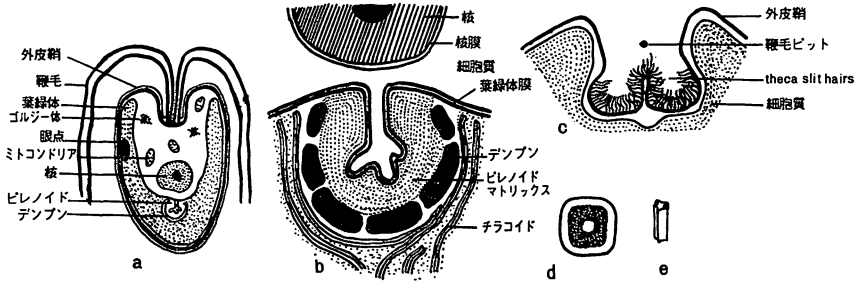


図10 *Platymonas* spp.

a: 細胞構造 b: ビレノイド構造 c: theca slit hairs d, e: 鞭毛鱗片
(Manton and Parke, 1965より略写)

目の上に配列している (図10,e)。

細胞は外皮鞘でつまれている (図10,a)。不動泳期には細胞全体が外皮鞘で完全につまみ込まれてしまう。すなわち、鞭毛が細胞から外へ伸び出る部分(鞭毛ピットの底辺部)——これを外皮鞘スリットといい、鞭毛の通る部分だけ鞘に孔があいている——も閉ざされてしまう。その時にはこのスリットを閉じた外皮鞘の表面に太い曲った多数の毛(theca slit hairs)がみえるようになる (図10,c)。これはプラチモナス属 (*P. tetrathela* and *P. suecica*) ではみられるが、プラシノクラズスでは全く欠けているので¹²⁾、この性質は僅少なながらも一つの分類学的な相違であると思われる。

プラシノクラズスの項で述べたように、プラチモナスとプラシノクラズスとの両者の主要な差異はビレノイド構造にあった (図9,b,図10,b)。この属のビレノイドは細胞質の侵入をうけているが、それがただ一方方向からのものと(*P. tetrathela* and *P. suecica*)、多方向からのものと(*P. convolutae*がある³⁶⁾)。一方、この属では通常ビレノイド・マトリックスの周囲をデンプンがとりかこんでいるが、デンプンが全く存在しない種類もある(*P. impellucida*)³⁷⁾。その場合には、電顕的にもその存在を認めることは非常に困難である。しかしビレノイドの基本構造は他の種類と同じである。

(編集部注) 文献は千葉光雄・堀 輝三: 最近のプラシノ藻綱の研究 (I) 藻類18巻1号, 33-42, 1970に合併して掲載してあります。