

最近のプラシノ藻綱の研究 (I)

千原光雄*・堀輝三**

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

従来、藻類の分類を考察する際の基準はおもに組織レベルにおけるものであった。近年、藻類培養技術や電子顕微鏡技術の進歩、生化学の進展などにともない、細胞レベルあるいは分子レベルの形質がとりいれられるようになってきた。ここ10年ほどの間に、この種の論議が盛んに行なわれている藻群の1つにプラシノ藻綱がある。以下、この分類群の最近の研究を2回にわたって紹介し、解説をしたい。

【I】プラシノ藻綱の分類の歴史の変遷

プラシノ藻綱 Prasinophyceae (*prasinus*=ニラの緑色, *phyceae*=藻類の意) に属する藻類の体制は単細胞性または群体性で、体色は緑色である。遊走細胞は一般に等長の鞭毛を前端にもっている。代表的なメンバーとして、*Platymonas*, *Pyramimonas*, *Prasinocladus* などの属がある。当然のことであったが、これらの藻類は緑藻綱 Chlorophyceae のボルボックス目 Volvocales やヨツメモ目 Tetrasporales に所属させられてきた。たとえば、FRITSCH (1935¹⁾) は *Platymonas* と *Plasinocladus* とをともに Volvocales におき、SMITH (1944²⁾) は *Platymonas* を Volvocales に、*Plasinocladus* を Tetrasporales においた。この藻類群の分類上の位置について、それまでと根本的にちがった意見をだした最初の人フランスの CHADEFAUD (1954,³⁾ 1960⁴⁾) である。彼³⁾ はこの藻類群の遊走細胞が図1bに見られるように、前端が盃状に陥入し、その底の部分から鞭毛のでている形質に注目し、緑藻類のなかから前端陥没型遊走細胞をもつメンバーを集め、これらを一まとめにして新しい目 Prasinovolvocales (プラシノモ目) の設立を提唱した。他の多くの緑藻類のメンバーの遊走細胞では西洋ナシ形で、前端の尖った部分に鞭毛が起源する(図1a)。まもなく彼⁴⁾ はこの分類群を綱のレベルに格あげして Prasinophycinées の名を与えた。その後デンマークの CHRISTENSEN (1962)⁵⁾ は国際命名規約にのっとって、この綱を Prasinophyceae と名づけた。この時点におけるプラシノ藻綱の第一義的な分類上の形質は、さきに CHADEFAUD が重視した遊走細胞の形態にあった。あとで問題となった

*国立科学博物館植物研究部 (東京都台東区上野公園)

**東邦大学理学部生物学教室 (千葉県習志野市大久保)

鞭毛の構造や細胞内の微細構造などはここでは全くとりあげられていなかった。なお CHRISTENSEN は同時に Loxophyceae (*loxus*=斜め)の名称の新綱をつくり、ここに鞭毛1本をもつ単細胞緑色鞭毛藻 *Micromonas* や *Pedinomonas* を所属させた (Loxophyceae については後文参照)。

これらの人達の分類上の考察とは関係なく、この分類群の藻類を材料にして電子顕微鏡による鞭毛の研究、あるいは細胞壁の成分などの研究

を行った人達がいた。PITELKA & SCHOOLEY (1955⁶⁾) はいわゆる原生生物 (Protista) のメンバーの多くについて、鞭毛の電子顕微鏡観察を行ったが、その際 *Platymonas* の1種も材料とした。その結果 *Platymonas* の遊走細胞の鞭毛の側面に無数の毛状物* *mastigonemes* の存在する事実が判明した。しかしこの形質と関連して、とくに分類上の論議を行うことはしなかった。一方 LEWIN (1958⁷⁾) は *Platymonas* の分類上の位置を検討する目的をもって、この藻類の細胞壁の構成物質の研究を行ったが、その結果 *Platymonas* の細胞壁は加水分解によりガラクトースとウロン酸を産出することがわかった。したがって細胞壁物質の主成分はセルロースでないことは確かである。彼自身の研究結果と先の PITELKA & SCHOOLEY (1955⁶⁾) の鞭毛観察の結果とから判断して、LEWIN⁷⁾ は *Platymonas* は緑藻類のメンバーではないらしいと考察した。一方千原 (1958,⁸⁾ 1959,⁹⁾ 1960,¹⁰⁾ 1963¹¹⁾) は緑藻類に所属するランソウモドキ属 *Collinsiella* やプラシノクラズス属 *Prasinocladus* およびプラチモナス属 *Platymonas* などの生殖、発生、生活史を研究

した。ランソウモドキ属とプラシノクラズス属はともに体制は群体で、栄養細胞はそれぞれ細胞柄 (cell stalk) により連結している (図2)。こうした形質から両属は分類上互いに近縁と考えられともにヨツメモ目に所属させられる場合が多かった (たとえば SMITH, 1944³⁾)。千原はこれら2属の藻類の生殖現象を観察している過程で、ランソウモドキ属の遊走細胞は前端の尖った西洋ナシ形で、典型的な縁藻類の形態を示すのに対し、プラシノクラズス属のそれは一見ネギ頭のような形で、前端がくぼんでいる点に興味をもち、両者の電子顕微鏡観察を行った。その結果、ランソウモドキ属の鞭毛はいわゆる“むち型 *whiplash-type*”で、他の緑藻類で広く見られるものと同一である

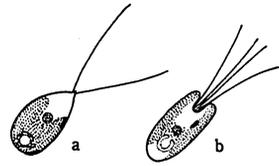


図1. a. 緑藻類の遊走細胞
b. プラシノ藻類の遊走細胞

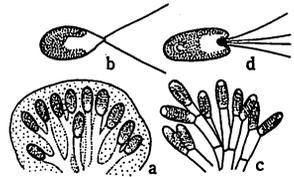


図2. a, b. ランソウモドキ属 (*Collinsiella*)
a. 栄養体の断面, b. 遊走細胞 (配偶子)
c, d. プラシノクラズス属 (*Prasinocladus*)
c. 栄養体, d. 遊走細胞
(図はいずれも模式化してある)

*ここでは以下「小毛」と呼ぶ。

のに対し, プラシノクラス属のそれは先端が棒状で, しかも鞭毛の側部に細かい小毛が密に存在することを知った (1960,¹⁰⁾1963¹¹⁾). 更に栄養細胞の細胞壁の主要構成物質を組織化学的に調べたところ, ランソウモドキ属ではセルローズが検出されたが, プラシノクラス属の1種 *Prasinocladus ascus* ではセルローズは検出されなかった。同様な結果はプラチモナス属の1種でも得られた。これらの結果から, 千原 (1963¹¹⁾) はランソウモドキ属とプラシノクラス属とは分類上ちがった藻群と考えるのが, より自然であり, またこのように分類上近縁なプラシノクラス属とプラチモナス属を緑藻綱に所属させておいてよいものか疑問があると考察した。それから2年後, イギリスの MANTON & PARKE (1965a,¹²⁾b¹³⁾) は, プラシノクラス属の1種 *Prasinocladus marinus* (= *P. subsalsa*, または *P. lubricus*) とプラチモナス属の2種 *Platymonas tetrathele* と *P. suecica* とについての電子顕微鏡による研究結果を発表した。彼女達の研究はこれらの藻類について細胞レベルにおけるいくつかの分類形質の新しい発見をもたらした。すなわち, (1)鞭毛には無数の小毛 hair と鱗片 scale がついている。(2)ピレノイドは前方に開孔し, その部分から核の一部 (プラシノクラス属の場合) または細胞質 (*Platymonas* の場合) が運河状に入りこんでいる。これらの研究と相前後して MANTON & PARKE およびその共同研究者達は *Micromonas*, (1959¹⁴⁾, 1960¹⁵⁾): *Halosphaera*, (1961²²⁾, 1963¹⁶⁾) *Pyramimonas*, (1963¹⁶⁾, 1966¹⁷⁾) *Neophroselmis*, (1964¹⁸⁾): *Heteromastix*, (1965¹⁹⁾): *Mesostigma*, (1965²⁰⁾) などの単細胞性緑色藻類の遊走細胞についても電子顕微鏡による観察を行い, これらの藻類が上述の *Prasinocladus* や *Platymonas* などと同じように, 鞭毛に鱗片をも

表1 プラシノ藻類の分類上の位置の歴史の変遷

著者 分類 レベル 属名	FRITSCH	SMITH	CHADE- FAUD	CHADE- FAUD	CHRISTEN- SEN	PARKE	
	(1935)	(1944)	(1954)	(1960)	(1962)	(1964)	
<i>Platymonas</i> (= <i>Tetraselmis</i>)	門		Chlorophyta		Chlorophycophytes	Chlorophyta	Chlorophyta
	綱	Chlorophyceae	Chlorophyceae	Chlorophycées	Prasinophycinées	Prasinophyceae	Prasinophyceae
	目	Volvocales	Volvocales	Prasinovolvocales	Prasinovolvocales	Pyramimonadales	Pyramimonadales
<i>Prasinocladus</i>	門		Chlorophyta		Chlorophycophytes	Chlorophyta	Chlorophyta
	綱	Chlorophyceae	Chlorophyceae	Chlorophycées	Prasinophycinées	Prasinophyceae	Prasinophyceae
	目	Volvocales	Tetrasporales	Prasinovolvocales	Prasinovolvocales	Pyramimonadales	Pyramimonadales

つことを確かめた。このような一連の研究結果から、MANTON & PARKE (1965a,¹²⁾ b¹³⁾) は改めてプラシノ藻綱の分類学的考察を行い、葉緑素 a のほかに b を含む単細胞性の生物で、鞭毛に鱗片をもつものを分類上一まとめにしてプラシノ藻綱とするのがより適当であろうと考察した (1965,¹²⁾ P. 533; 1965¹³⁾, P. 753)。さらにこの綱の分類上の位置について次のように考察¹²⁾している。いまだはっきりした証拠は得られていないが鱗片の存在とセルローズの欠存の形質は起源的には葉緑素 b や細胞壁の存在よりも古いらしい。多分プラシノ藻綱は Chlorophyta の中で比較的原始的なメンバーと考えるのが妥当であろう。

MANTON 教授と PARKE 博士のこれらの業績は、前者が Leeds 大学において共同研究者達と電子顕微鏡の分野の担当、後者が Plymouth の臨海研究所において研究材料の蒐集、保存、および分類学の分野の担当による合作である。

以上紹介したことを中心に、プラシノ藻綱の代表的な 2 メンバーである *Platymonas* および *Plasinocladus* の分類上の位置の変遷を歴史的にわかりやすくまとめると表 1 のようになる。

【II】プラシノ藻綱内部の分類

プラシノ藻綱の内部の分類は、くわしく研究された種類の数がまだ多くはないが、現在までに CHRISTENSEN (1962²¹⁾) や PARKE (1964²¹⁾) によって次のようなシステムがつけられている (表 2)。

PARKE のシステムで扱われている分類群はイギリス産の海産藻類のみに限られているが、このシステムには、CHRISTENSEN⁵⁾ のシステムの発表以後にわかった電子顕微鏡による研究結果の知見がよくとりいれられている。PARKE²¹⁾ のシステムが CHRISTENSEN⁵⁾ のそれとはちがう大きい点は Class Loxophyceae を削除して、この綱に属していたメンバーの *Micromonas* や *Pedinomonas* をプラシノ藻綱の 1 科 Nephroselmidaceae に含めたことである。根拠は、遊走細胞の側部に 2 鞭毛をもつ *Nephroselmis gilva* が 1 本の鞭毛をもつ *Micromonas squamata* と同じように体表と鞭毛上に 1 層の鱗片をもつこと、この鞭毛鱗片の形態は *Pyramimonas* および *Halosphaera* から泳ぎだす *Pyramimonas* 状遊走細胞をつつむ 2 種の鱗片層の外層の鱗片に似ていること、などから *Nephroselmis gilva* は分類上 *Micromonas* と *Pyramimonas* との中間に位置するものと考えた点にある (PARKE & RAYNS, 1964¹⁸⁾)。いま、遊走細胞の形態や鞭毛の構造などの形質から単純→複雑の系列を考えると次のようになる：*Micromonas pusilla* (鞭毛 1 本、鱗片なし)→*Micromonas squamata* (鞭毛 1 本、1 層の鱗片層あり)→*Nephroselmis gilva* (側部 2 本鞭毛、1 層鱗片層)→*Pyramimonas* spp. (前端 4 本またはそれ以上の数の鞭毛、2 層鱗片層)。したがって、Loxophyceae のメンバー *Micromonas* は Prasinophyceae に包含されるのがより妥当であるというわけである。なお CHRISTENSEN と PARKE の両者ともに従来黄藻綱 Xanthophyceae におかれていた *Halosphaera* をプラシノ藻綱に

表2 プラシノ藻類の分類系

綱	目	科	属	
CHRISTENSEN (1962)	Loxophyceae		... <i>Pedinomonas</i> , <i>Micromonas</i>	
		Prasinophyceae	Pyramimonadales	Nephroselmidaceae
Polybrepharidaceae				
CHRISTENSEN (1962)	Prasinophyceae	Halosphaerales	Platymonadaceae	... <i>Platymonas</i> (= <i>Tetraselmis</i>)
			Chlorodendraceae	... <i>Prasinocladus</i>
CHRISTENSEN (1962)	Prasinophyceae	Halosphaerales	Pterospermataceae	
			Halosphaeraceae	<i>Halosphaera</i>
PARKE (1964)	Prasinophyceae	Pyramimonadales	Nephroselmidaceae	... <i>Heteromastix</i> , <i>Micromonas</i> , <i>Nephroselmis</i>
			Polybrepharidaceae	... <i>Asteromonas</i> , ? <i>Chloraster</i> , <i>Pyramimonas</i> , <i>Stephanoptera</i>
PARKE (1964)	Prasinophyceae	Halosphaerales	Tetraselmidaceae	... <i>Tetraselmis</i> (= <i>Platymonas</i>)
			Chlorodendraceae	... <i>Prasinocladus</i>
PARKE (1964)	Prasinophyceae	Halosphaerales	Pterospermataceae	... <i>Hexasterias</i> , <i>Pachysphaera</i> <i>Pterosperma</i> , <i>Sphaeropsis</i>
			Halosphaeraceae	... <i>Halosphaera</i> , <i>Hyalophysa</i>

いれているが、これは PARKE & ADAMS (1961²²) の培養による生活史の研究、および MANTON, OATES, & PARKE (1963¹⁶) の電子顕微鏡による観察で、不動性の *Halosphaera* から泳ぎだす遊走細胞が *Pyramimonas* と全く似た形態と内部構造をもつことがわかったためである。

【Ⅲ】色素組成とプラシノ藻類の分類

さて、MANTON & PARKE (1965 a¹², 1965 b¹³) がプラシノ藻綱の分類形質の1つにとりあげた葉緑素 b の存在はどのような人達によって知られたものであろうか。オーストラリアの JEFFREY (1961²³) とカナダの PARSONS (1961²⁴) とによれば *Platymonas suecia* (= *Tetraselmis suecia* of JEFFREY) と *Platymonas maculata* (= *Tetraselmis*

表3 プラシノ藻類数種の色素組成

	<i>Micromonas squamata</i>	<i>Neophroselmis gilva</i>	<i>Heteromastix longifilis</i>	<i>Pyramimonas amyliifera</i>	<i>Pyramimonas obovata</i>	<i>Platymonas chuii</i>	<i>prasinocladus</i> sp.
Chlorophyll a	+	+	+	+	+	+	+
Chlorophyll b	+	+	+	+	+	+	+
α -Carotene	+	+	+	+	+	+	+
β -Carotene	+	+	+	+	+	+	+
γ -Carotene	+		+	+	+	+	+
Lycopene	+		+			+	+
Lutein	+	+			+	+	+
Lutein-5,6 -epoxide	+	+	+	+		+	+
Zeaxanthin	+		+	+	+	+	+
Violaxanthin	+	+	+	+	+	+	+
? Trollein	+				+	+	+
Neoxanthin	+	+	+	+	+	+	+
Siphonein			+	+			
Monohydroxy-5,6 epoxy- α -carotene	+	+					
Micronone	+	+					
Unidentified Xanthophyll		B, K	A, K ₂	K ₂			
Magnesium 2,4-divinyl paecoporpyrin a ₅ mono-methyl ester			+	+			

表4 プラシノ藻類の色素組成による分類と電頭的形質

分類群	種類名	色素組成	電頭的形質	
			鞭毛鱗片	体表構造
I	<i>Micromonas squamata</i> <i>Neophroselmis gilva</i>	Micromonas 型	1層	1層鱗片
II	<i>Pyramimonas amyliifera</i> <i>P. longifilis</i>	Siphonein をもつ型	2層	2層鱗片
III	<i>Pyramimonas obovata</i> <i>Platymonas chuii</i> <i>Prasinocladus</i> sp.	典型的な緑藻 類型	2層	2層鱗片 外皮鞘 (鱗片と同じ起源の 粒子が癒合してきている)

maculata of PARSONS) との色素組成は基本的には似ていて、おもな色素は葉緑素 a と b, およびカロテン, ルテイン, ピオラキサンチン, ネオキササンチンなどである。

その後、上述の MANTON 教授と密接な連絡をたもちながらプラシノ藻類の代表的なメンバーの色素組成について活潑な研究を始めたのがイギリスの RICKETTS (1966a,²⁵⁾ 1966 b,²⁶⁾ 1967 a,²⁷⁾ 1967 b,²⁸⁾ 1967 c²⁹⁾) である。Ricketts の研究結果のおもな点を簡略化して表3に示す。この研究結果に基づく、プラシノ藻類は3群に分けられるらしい。興味あることに、色素組成のちがいはこれら3群の鞭毛鱗片と体表構造の分化の傾向と平行的な関係がある (1967 c,²⁹⁾ P. 1384)。わかりやすくするためにこれらの関係をまとめて表4に整理した。

【Ⅳ】光合成産物とプラシノ藻類の分類

光合成植物群の門または綱のレベルの分類には、同化産物の性質が評価形質として広く使われている。アメリカの HELLEBUST (1965³⁰⁾) はプラシノ藻綱のメンバーである *Pyramimonas* sp. の光合成産物にかなりの量のマンニトールとグリセロールが生産されることを明にした。マンニトールを生産する点からみると *Pyramimonas* は同時に調べられた黄金色藻綱 Chrysophyceae の5種および珪藻綱の3種と似ている。その翌年、カナダの CRAIGIE, MCLACHLAN 等 (1966³¹⁾) は同じプラシノ藻綱の *Platymonas* (彼等は *Tetraselmis* の属名を用いている) について、緑藻綱のメンバーと比較しながら光合成産物を調べた結果を報告している。彼等の研究報告によるとアオサ, アオノリ, ヒトエグサ, シオグサ, ジュズモ属の種類では、でんぷん, ぶどう糖, 果糖およびしょ糖であったが、*Platymonas* のそれは D-マンニトールと全く区別のつかないものであった。マンニトールの存在は一般に褐藻綱, 黄金色藻綱, 紅藻綱, およびある種の高等植物などでは知られているけれども、緑藻綱では普通には存しない。彼等の観察結果は、プラシノ藻類の綱のレベルにおける新たな分類形質を1つ提供したものと見える。

なお彼等は *Platymonas* の光合成産物として Dimethyl- β -propiiothetin の存在をも明

らかにした。彼等によると、この物質の有無は、*Platymonas* と、これに似た体形をもつ *Dunaliella* とを区別する際のカ分類形質となるといふ。これらについての詳しい紹介はいずれ別の機会に述べる。

文 献

- 1) FRITSCH, F. E. (1935) The structure and reproduction of the algae. Vol. 1. Camb. Univ. Press. xvii+791p.
- 2) SMITH, G. M. (1944) Marine algae of the Monterey Peninsula, California. Stanf. Univ. Press. ix+622p.
- 3) CHADEFAUD, M. (1954) Deux points de la systematique des Chlorophycees. 8e Congr. Intern. Bot., Rapports et Communications, section 17 ; 91-93.
- 4) ——— (1960) Les végétaux non vasculaires (Cryptogamie). In M. CHADEFAUD and L. EMBERGER, *Traité de Botanique, Systématique*, T. I, 1018 p.
- 5) CHRISTENSEN, T. (1962) Alger. In T. W. BÖCHER, M. LANGE and T. SPØRENSEN, *Botanik Bd. 2 (Systematik Botanik)*, (2) 178 p.
- 6) PITEKKA, D. R., and C. N. SCHOOLEY (1955) Comparative morphology of some protistan flagella. Univ. Calif. Publ. Zool., 61 : 79-128, pls. 15-26.
- 7) LEWIN, R. A. (1958) The cell walls of *Platymonas*. *J. Gen. Microbiol.*, 19 : 87-90, pl. 1.
- 8) CHIHARA, M. (1958) Studies on the life-history of the green algae in the warm seas around Japan(7). On the sexual reproduction in *Collinsiella*. *J. Jap. Bot.*, 33 : 307-313.
- 9) ——— (1959) ——— (8). On the life- history of *Collinsiella cava* (YENDO) PRINTZ. *ibid.*, 34 : 193-201.
- 10) ——— (1960) *Collinsiella* in Japan, with special reference to the life- history. *Sci. Rept. Tokyo Kyōiku Daigaku*, B, 9 : 181-198.
- 11) ——— (1963) The life-history of *Prasinocladus ascus* as found in Japan. with special referece to the systematic position of the genus. *Phycologia*, 3 : 17-28.
- 12) PARKE, M. and I. MANTON (1965) Preliminary observations on the fine structure of *Prasinocladus marinus*. *J. mar. biol. Ass. U. K.*, 45 : 525-536.
- 13) MANTON, I. and M. PARKE (1965) Observations on the fine structure of two species of *Platymonas* with special reference to flagella scales and the mode of origin of the theca. *Ibid.* 45 : 743-754.
- 14) MANTON, I. (1959) Electron microscopical observations on a very small flagellate: The problem of *Chromulina pusilla*. *Ibid.* 38 : 319-333.
- 15) MANTON, I. and M. PARKE (1960) Further observations on small green flagellates

- with special reference to possible relatives of *Chromulina pusilla* Butcher. *Ibid.* **39** : 275-298.
- 16) MANTON, I., K. OATES, and M. PARKE (1963) Observations on the fine structure of the *Pyramimonas* stage of *Halosphaera* and [preliminary observations on three species of *Pyramimonas*. *Ibid.* **43** : 225-238.
 - 17) MANTON, I. (1966) Observations on scale production in *Pyramimonas amyliifera* CONRAD. *J. Cell Sci.*, **1** : 429-438.
 - 18) PARKE, M. and D. G. RAYNS (1964) Studies on marine flagellates VII. *Nephroselmis gilva* sp. nov. and some allied forms. *J. mar. biol. Ass. U. K.* **44** : 209-217.
 - 19) MANTON, I., D. G. RAYNS and H. ETTL and M. PARKE (1965) Further observations on green flagellates with scaly flagella: The genus *Heteromastix* KORSHIKOV. *Ibid.* **45** : 241-255.
 - 20) MANTON, I. and ETTL, H. (1965) Observations on the fine structure of *Mesostigma viride* LAUTERBORN. *J. Linn. Soc. Bot.*, **59** : 175-184.
 - 21) PARKE, M. and DIXON, P. S. (1964) A revised check-list of British marine algae. *J. mar. biol. Ass. U. K.*, **44** : 499-542.
 - 22) PARKE, M. and I. Adams (1961) The *Pyramimonas*-like motile stage of *Halosphaera viridis* Schmitz. *Bull. Res. Council, Israel.* **10D** : 94-100,
 - 23) JEFFREY, S. W. (1961) Paper-chromatographic separation of chlorophylls and carotenoids from marine algae. *Biochem. J.* **80** : 336-342.
 - 24) PARSONS, T. R. (1961) On the pigment composition of eleven species of marine phytoplankters. *J. Fish. Res. Board Canada.* **18** : 1017-1025.
 - 25) RICKETTS, T. R. (1966a) Magnesium 2, 4-divinylphaeoporphyrin a₅ monomethyl ester, a protochlorophyll-like pigment present in some uni-cellular flagellate. *Phytochemistry*, **5** : 223-229.
 - 26) ——— (1966b) The carotenoids of the phytoflagellate, *Micromonas pusilla*. *Ibid.* **5** : 571-580.
 - 27) ——— (1967a) The pigments of the phytoflagellates, *Pedinomonas minor* and *Pedinomonas tuberculata*. *Ibid.* **6** : 19-24.
 - 28) ——— (1967b) The pigment composition of some flagellates possessing scaly flagella. *Ibid.* **6** : 669-676.
 - 29) ——— (1967c) Further investigations into the pigment composition of green flagellates possessing scaly flagella. *Ibid.* **6** : 1375-1386.
 - 30) HELLEBUST, J. A. (1965) Excretion of some organic compounds by marine phytoplankton. *Limnology & Oceanography.* **10** : 192-206.
 - 31) CRAIGIE, J. S., J. MCLACHLAN, and W. MAJAK, and R. G. ACKMAN and C. S.

- TOCHER (1966) Photosynthesis in algae II. Green algae with special reference to *Dunaliella* spp. and *Tetraselmis* spp. *Canad. J. Bot.*, **44**: 1247-1254.
- 32) MANTON, I. (1964) Die feinere Struktur von *Pedinomonas minor* Korschikoff. II. Electron microscopical investigation. *Nova Hedwigia*, **8**: 442-451.
- 33) ——— (1965) Some phyletic implications of flagella structure in plant. In *Advances in Botanical Research*, (R. D. PRESTON ed.) Academic Press. **2**: 1-34.
- 34) BELCHER, J. H. (1968) A study of *Pyramimonas reticulata* KORSCHIKOV (Prasinophyceae) in culture. *Nova Hedwigia*, **15**: 179-190.
- 35) PROVASOLI, L., T. YAMASU, and I. MANTON (1968) Experiments on the re-synthesis of symbiosis in *Convolvata roscoffensis* with different flagellate cultures. *J. mar. biol. Ass. U.K.*, **48**: 465-479.
- 36) PARKE, M. and M. ANTON, I. (1967) The specific identity of the algal symbiont in *Convolvata roscoffensis*. *Ibid.* **47**: 445-464.
- 37) MCLACHLAN, J. and M. PARKE (1967) *Platymonas impellucida* sp. nov. from Puerto Rico. *Ibid.* **47**: 723-733.
- 38) GIBBS, S. P. (1962) The ultrastructure of the pyrenoids of green algae. *J. Ultrastructure Res.*, **7**: 262-272.