

[Note]

Prymnesium patelliferum Green, Hibberd and Pienaar (Haptophyta)의 형태 특성 고찰

김형신* · 정민민¹

(제주대학교 기초과학연구소 · ¹국립수산과학원 제주수산연구소)

Morphological Characteristics of *Prymnesium patelliferum* Green, Hibberd and Pienaar (Haptophyta) from Korea

Hyeung-Sin Kim* and Min-Min Jung¹

Research Institute for Basic Science, Jeju National University, Jeju 690-756 and

¹Jeju Fisheries Research Institute, National Fisheries Research and Development Institute, Jeju 699-800, Korea

Prymnesium patelliferum was collected from Hwajinpo, South Korea in November 2002. This is the first record of *P. patelliferum* in Korea waters. The characteristic shape of *P. patelliferum* was that of a rice grain. Cells were subspherical or elongate, and sometimes slightly compressed. The motile cells of *P. patelliferum* (8-10 μm long, 5-6 μm broad) possessed two equal or subequal flagella (10.5-13 μm) and a short non-coiling haptonema (3-5 μm). The cell was covered by two layers of organic scales, which were important taxonomic characteristics. Internal scales were a narrow inflexed rim on the distal face, a thickening central and radial fibrillar pattern. External scales were very similar to internal scales with relatively tall upright rims. The ridges were in quadrants with 11-12 ridges per quadrant.

Key Words: haptonema, Haptophyta, organic scales, *Prymnesium patelliferum*

서 론

Haptophyta(착편모조)는 약 80속 300여 종이 알려져 있으며(河地 2000), 'IOC Taxonomic Reference List of Toxic Plankton Algae'에 의하면 *Chrysochromulina leadbeateri*, *C. polylepis*, *Phaeocystis pouchetii*, *Ph. globosa*, *Prymnesium calathiferum*, *P. faveolatum*, *P. parvum*, *P. patelliferum*과 *P. zebrinum* 등 착편모조 9종에 대해 어떠한 대상 생물에 대해 유해 또는 유독한지, 그리고 그와 관련된 논문 등에 관해서 설명하고 있다(UNESCO 2003). 이처럼 착편모조는 해양의 나노플랑크톤으로서 생태계내의 중요한 위치를 점유하고 있을 뿐만 아니라, 독성을 가지거나 대량으로 번식함으로써 많은 문제를 야기하기도 한다. 우리나라에서는 석회비늘편모조류인 *Pleurochrysis*의 생리학적 측면의 연구(목 2001),

*Calyptrosphaera sphaeroidea*의 미세구조 관찰(정 등 1998), 우리나라 주변 연안 해역에 분포하고 있는 착편모조의 종류와 분포(김과 정 2004) 등과 관련한 연구 결과가 발표되었을 뿐 비교적 착편모조에 관한 연구가 미흡한 실정이다. 이러한 우리나라의 연구 실정과는 달리 일부 착편모조에 의한 적조 발생에 따른 사회·경제적 문제가 심각해짐에 따라 일본, 미국, 스웨덴, 덴마크, 노르웨이 등의 다른 여러 나라에서는 착편모조에 관한 분류, 적조발생, 독성 등과 관련된 다양한 연구가 활발하게 진행되고 있다(Inouye and Chihara 1983; Kawachi *et al.* 1991; Edvardsen 1993; Gran li *et al.* 1993; Meldahl *et al.* 1993; Green and Leadbeater 1994; Meldahl *et al.* 1995; Sabour *et al.* 2000). 김과 정(2004)에 의하면 우리나라의 전 연안 해역에서도 착편모조가 출현함을 알 수 있었으며, 외국에서 이미 강한 독성을 가지거나 대발생을 일으킴으로서 산업적 피해의 원인이 되는 종들도 일부 출현하는 것으로 나타났다. 이 연구는 우리나라 연안 해역에서 출현하는 착편모조의 종류를 정확하게 파악하고 생물학적 기초 정보

*Corresponding author (kimhyeungsin@hanmail.net)

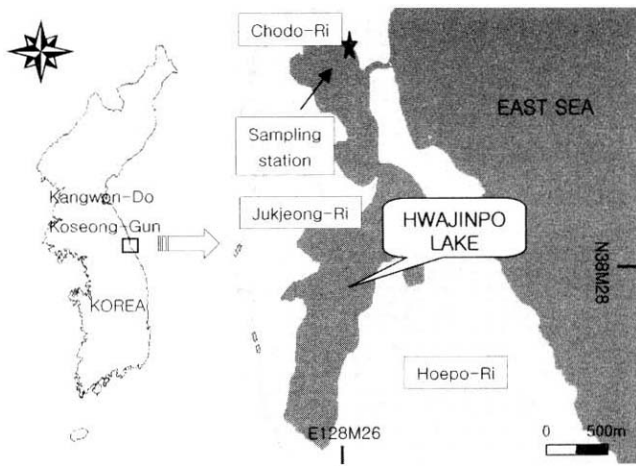


Fig. 1. Location map showing the sampling station in the Hwajinpo Lake.

를 제공함을 목적으로 하였다. 기초 연구 결과의 축적을 통하여 착편모조 유래의 적조 발생과 피해 예방에 필요한 자료로 활용하고자 하였다. 이러한 연구 목적의 일환으로 강원도 고성군에 위치한 석호 화진포에서 채집된 착편모조 *Prymnesium patelliferum* 세포의 형태 관찰 결과를 보고하고자 한다.

재료와 방법

2002년 11월 강원도 고성군에 위치한 석호 화진포에서 착편모조를 채집하였다(Fig. 1). 생물 채집 방법으로는 채수 방법을 취하였으며, 채집 당시 수역의 염분농도는 15 psu, 수온은 9.4°C였다. 채집된 시료는 고정하지 않은 채로 실험실로 옮겨 광학현미경(Nikon E200)을 이용하여 착편모조 존재와 이들의 외부 형태 등을 관찰하였다. 채집된 시료의 일부는 전자현미경(JSM-6700F)을 이용하여 세포 형태와 미세 구조를 관찰하였다. 전자현미경 관찰을 위한 시료의 제작 방법은 Chang and Ryan(1985)를 따랐다.

결 과

*Prymnesium*속의 모든 종은 짧고, coiling 현상을 보이지 않는 착편모(haptonema)를 갖는다. 착편모는 전자현미경을 이용한 관찰에서 뚜렷하게 관찰할 수 있으며, 이는 coiling 현상을 보이는 비교적 긴 착편모를 가지는 *Chrysochromulina*속의 종과 확실하게 구별할 수 있는 분류학적 특징이다.

Division HAPTOPHYTA(=Prymnesiophyta)
 Class Haptophyceae
 Order Prymnesiales

Family Prymnesiaceae

Genus *Prymnesium*

Prymnesium patelliferum Green, Hibberd & Pienaar 1982 (Fig. 2)

종의 형태학적 기술

세포는 장타원형의 쌀알 모양을 하며, 2개의 황갈색 엽록체를 가진다(Figs 2a, b). 세포 길이는 약 8-10 μm이며 폭은 5-6 μm이다. 길이가 거의 동일한 2개의 편모(10.5-13 μm)를 가지며 그 편모 사이에 1개의 착편모(3-5 μm)가 위치한다(Fig. 2c). 세포의 표면은 인편(scale)으로 덮혀 있으며(Figs 2d, e), 인편의 형태를 기준으로 두 층으로 나뉘어 진다. 즉, 세포의 가장 바깥쪽을 둘러싸고 있는 distal layer와 그보다 안쪽을 둘러싸고 있는 proximal layer로 구분된다. 그리고 이들 두 층을 이루고 있는 인편의 형태도 다소 차이를 나타낸다. 세포의 안쪽층(proximal layer)을 덮고 있는 인편을 internal scale이라 하며, 인편의 중앙부는 일자형으로 약간 도톰하게 돌출되어 있다(Figs 2f, g). 이 중앙부를 중심으로 해서 가는 능선이 방사상으로 인편 가장자리를 향해 곧게 뻗어 있다. 방사상으로 나 있는 능선은 하나의 인편을 4개의 구획으로 나뉘어 보이게 하며, 한 구획에 약 11-12개의 능선이 위치한다. 방사상으로 곧게 뻗은 능선은 인편 가장자리까지 이르며, 인편의 가장자리는 세포의 바깥층을 덮고 있는 인편(external scale)과는 달리 인편의 가장자리를 구분 지을만한 경계의 표시가 되어있지 않다. 세포의 바깥층을 덮고 있는 인편(external scale)은 전술한 안쪽층 인편과 모든 점에서 유사하나, 인편 가장자리를 확실하게 구분 지을 수 있는 테두리가 비교적 위쪽으로 돌출되어 있는 점(tall upright rims)에서 차이를 보인다(Figs 2f, h).

분류학적 주해

*P. patelliferum*은 동일 속의 다른 종들과 인편의 모양에서 확실하게 구별할 수 있다. 즉, *P. patelliferum*의 external scale은 방사상의 능선이 인편의 가장자리를 향해 나있는데(Green et al. 1982), *P. parvum*의 external scale은 능선이 인편의 가장자리로부터 시작하여 안쪽을 향하여 동심원을 그리듯이 위치한다(Manton and Leedale 1963a). 한편, *P. calathiferum*의 external scale은 작은 바구니 모양을 한다(Chang and Ryan 1985). *P. zebrinum*은 internal scale에서 볼 수 있는 즉, 방사상의 능선이 인편의 중앙에서 가장자리로 나 있는 기본적인 형태의 인편 표면에 6개의 선이 그어져 있어서 전자현미경 관찰로 쉽게 종 분류가 가능하다(Billard 1983). *P. annuliferum*의 external scale은 타원형의 크고 작은 2개의 고리가 포개져 있어 이 또한 전자현미경 관찰로 쉽게 종 분류가 가능하다(Billard 1983). *Prymnesium*속의 여러 종

Table 1. A comparison of cell size, length of haptonema and flagella and characteristic of scale in the genus *Prymnesium*

Species	Cell length (μm)	Cell width (μm)	Haptonema length (μm)	Flagellar length (μm)	Characteristic features of external scale
<i>P. patelliferum</i> ¹	6-12	3.5-8.0	3-5	10-14.5	Radial fibrillar pattern with a raised rim
<i>P. parvum</i> ²	8-11	4-6	3-5	12-15	Concentric fibrillar pattern
<i>P. calathiferum</i>	6.2-10.3	4.3-7.9	2.2-2.8	11.4-18.2	Scale has an oval base plate of similar size as the plate scales and possesses an upright basket-like rim
<i>P. zebrinum</i> ³	10-12	5.5	3	15-16	Parallel transverse stripes pattern
<i>P. annuliferum</i> ⁴	10-14	6.5	5-6	20-22	Annular pattern
<i>P. patelliferum</i> ⁵	8-10	5-6	3-5	10.5-13	Radial fibrillar pattern with a raised rim

References: ¹Green *et al.* (1982); ²Manton and Leedale (1963a); ³Chang and Ryan (1985); ⁴Billard (1983); ⁵present study.

의 종 분류 기준이 되는 각 세포의 크기, 편모 및 착편모의 길이 그리고 인편의 형태적 특징을 Table 1에 정리하였다.

생태와 분포

*P. patelliferum*은 지구의 온난한 수역에서 채집된다고 알려져 있다(Green *et al.* 1982). 우리나라에서는 강원도 화진포에서 채집되었으며, 채집 당시의 염분농도는 15 psu, 수온은 9.4°C였다. 아직 발표되지 않은 실험결과에 의하면 5-33 psu의 염분농도에서 생존이 가능함을 알 수 있었다.

유해성

어류, 무척추동물 및 원생동물에 유해한 영향을 미치는 것으로 알려져 있다(UNESCO 2003).

고 찰

광학현미경을 이용한 세포 관찰에 의하면 *P. patelliferum*은 장타원형의 세포로 쌀알 모양이며, 2개의 황갈색 엽록체를 가진다(Fig. 2a). 또한 2개의 편모를 가지며 그 편모 사이에 1개의 착편모(haptonema)가 위치한다(Fig. 2b). 2개의 편모는 그 길이가 거의 동일하며 세포 장축의 약 2배에 달한다. 또한 편모는 Pavlova속(Leadbeater 1994; 千原, 村野 1997)에서 볼 수 있는 편모 인편을 가지고 있지 않아서 매끈하다(Fig. 2b). 착편모는 편모길이의 약 1/4 정도로 *Chrysochromulina*속의 대부분의 종이 비교적 긴 착편모를 가지는 것과 비교하면 매우 짧아서 광학현미경상에서의 관찰이 매우 어렵다(Fig. 2a)(Eikrem and Thronsen 1998, 1999; Jensen and Moestrup 1999; Puigserver *et al.* 2003). *Prymnesium*속의 여러 종의 세포 형태는 대부분 타원형이며, 두개의 편모와 하나의 짧은 착편모를 가진다(Billard 1983; Chang and Ryan 1985; Moestrup and Thomsen 1995). 이들 *Prymnesium*속의 착편모는 *Chrysochromulina*속의 여러 종에서 볼 수 있는 coiling 현상은 나타나지 않는다(Chang and Ryan 1985; Moestrup and

Larsen 1992).

*Prymnesium*속의 여러 종은 세포의 형태나 크기, 편모와 착편모의 길이 등과 같은 여러 형태적 특징에 약간씩 차이를 나타내지만(Table 1), 광학현미경 상에서의 형태는 매우 유사하기 때문에 종 분류가 매우 어렵다. 또한 종 수준까지 분류하기 위해서는 세포를 덮고 있는 인편의 형태를 관찰해야 하며, 이들 인편의 크기는 매우 작아서 전자현미경을 이용한 관찰이 필수적이다(Moestrup and Thomsen 1995).

광학현미경 상에서는 관찰이 어려웠던 착편모는 전자현미경을 이용한 관찰에서 그 형태를 분명하게 관찰할 수 있었다(Fig. 2c). *P. patelliferum*은 착편모라 불리는 소기관을 가지는 특징이외에도, 세포 표면을 유기질 인편(scale)이 덮고 있는 것은 매우 특징적이다(Fig. 2d). 전자현미경 관찰을 위해 시료를 제작하는 과정에서 상당수의 인편이 세포에서 떨어져 나가 세포 옆에서 관찰되기도 한다(Fig. 2e). 착편모조의 경우 보통 인편은 2개 층으로 둘러싸여 있으며, 세포의 가장 바깥쪽을 둘러싸고 있는 층을 distal layer라하고, 그보다 안쪽을 둘러싸고 있는 층을 proximal layer라 한다(Leadbeater 1994). *P. patelliferum* 세포의 가장 바깥층을 덮고 있는 인편과 그 안쪽층에 위치하는 인편은 그 형태에서 차이를 나타낸다(Green *et al.* 1982; Moestrup and Larsen 1992; Eikrem and Thronsen 1993; Moestrup and Thomsen 1995). 즉, *P. patelliferum* 세포는 서로 다른 두 가지 형태의 인편으로 덮혀 있었다(Fig. 2f). 이들 두 가지 형태의 인편 모두 타원형이며, 방사상으로 줄지어 늘어서 있는 능선을 관찰할 수 있었다(Figs 2f, g, h).

세포의 안쪽층을 덮고 있는 인편(internal scale; Figs 2f, g)의 중앙부는 일자형으로 약간 도톰하게 돌출되어 있다. 이 중앙부를 중심으로 해서 가는 능선이 방사상으로 인편 가장 자리를 향해 곧게 뻗어 있다. 방사상으로 나 있는 능선은 하나의 인편을 4개의 구획으로 나누어 보이게 하며, 한 구획에 약 11-12개의 능선이 위치한다. 이들 능선의 수도 각 종마다 달라서, *Chrysofila lamellosa*의 경우는 5-6개(Green and Parke

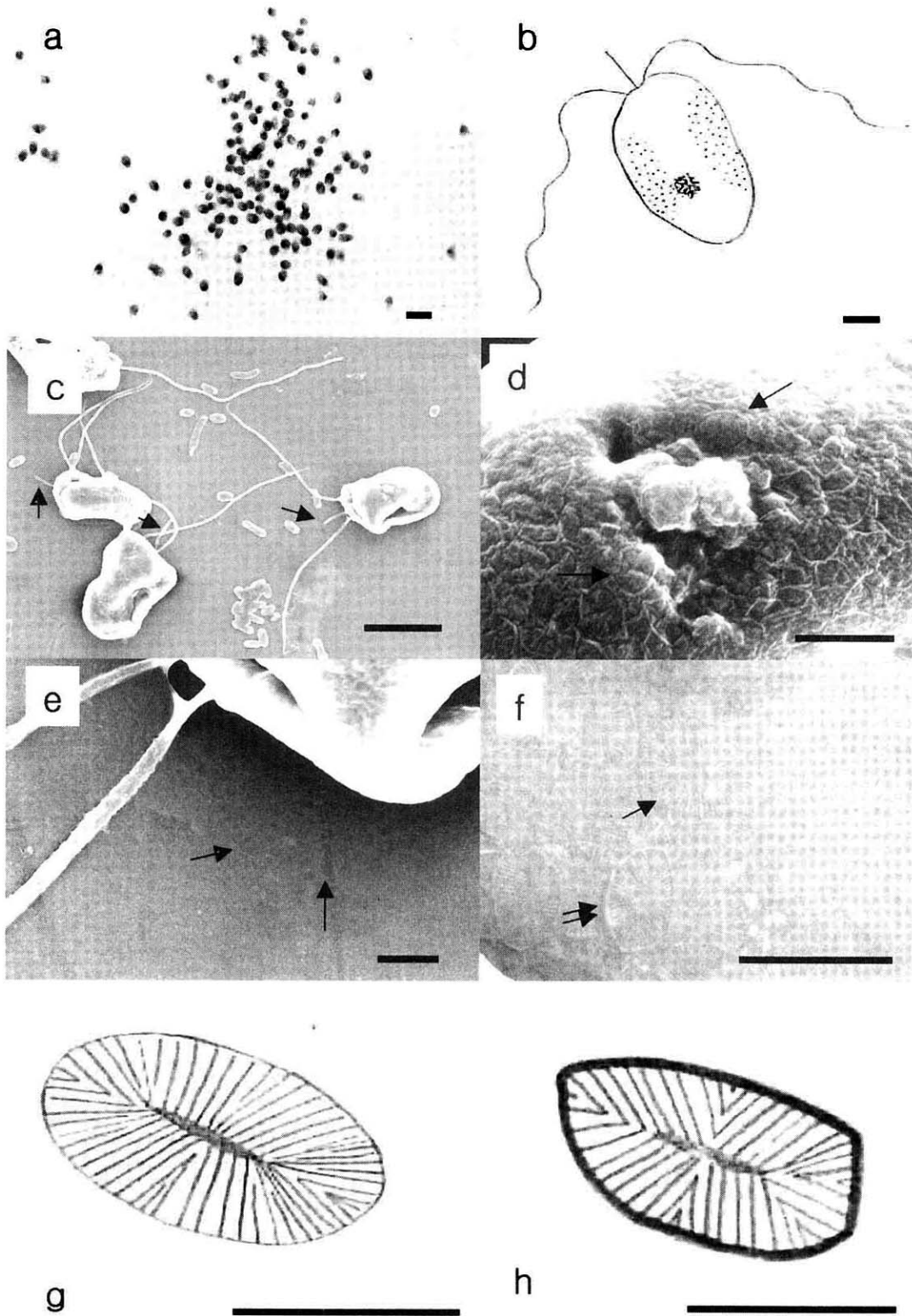


Fig. 2. *Prymnidium patelliferum*: **a**, Living cells, showing cells sticking to particles by the haptonema; **b**, Drawing based on light and electron microscopy showing cell shape; **c**, Haptonema (arrow); **d**, External scales (arrow) on the surface of the cell; **e**, scales (arrow) detached from the cell body; **f**, Field of detached scales showing a system of radiating lines on both surfaces of the two scale types. External scales have relatively tall upright rims (double arrow), while internal scales possess a narrow inflexed rims (single arrow); **g**, drawing of the internal scale; **h**, drawing of the external scale. Scale bars: a, 10 μm ; b, 1 μm ; c, 5 μm ; d-f, 0.5 μm ; g-h, 0.1 μm .

1974), *Pleurochrysis scherffelii*는 20-30개 (Brown and Romanovicz 1976) 그리고 *Chrysochromulina mactra*와 *Crystallolithus hyalinus*는 40개 이상 (Manton and Leedale 1963b; Manton 1972)에 달한다. 방사상으로 곧게 뻗은 능선은 인편 가장자리까지 이르며, 인편의 가장자리는 세포의 바깥층을 덮고 있는 인편과는 달리 비교적 그 높이가 낮음을 알 수 있었다.

세포의 바깥층을 덮고 있는 인편 (external scale: Figs 2f, h)은 전술한 안쪽 층 인편과 모든 점에서 유사하나, 인편 가장자리 테두리가 비교적 위쪽으로 돌출되어 있는 점에서 차이를 보인다.

감사의 글

이 논문은 2002년도 한국학술진흥재단의 지원에 의해 연구되었음 (KRF-2002-075-C00021)

참고문헌

- 김형신, 정민민. 2004. 한국 연안해역의 착편모조 분포. 한국양식학회지 **17**: 133-138.
- 목진숙. 2001. 한국 연안에서 분리한 *Pleurochrysis* sp. (Prymnesiophyceae)의 생육과 calcium 흡수 특성. 부산대학교 석사학위논문. 32pp.
- 정익교, 고태훈, 목진숙. 1998. The investigation of the ultrastructure of a new-to-Korea species, *Calyptrosphaera sphaeroidea* (Haptophyceae) isolated from the Tongyoung Bay. 1998년 세계 해양의 해 기념 해양 수산관련 학회 공동 심포지움 및 학술대회 요약집 p. 358.
- 千原光雄, 村野正昭. 1997. 日本産海洋プランクトン検索圖説. 1630 pp.
- 河地正伸. 2000. ハプト藻類. 月刊海洋, 號外 **20**: 51-56.
- Billard C. 1983. *Prymnesium zebrinum* sp. nov. et *P. annuliferum* sp. nov., deux nouvelles espèces apparentées à *P. parvum* Carter (Prymnesiophyceae). *Phycologia* **22**: 141-151.
- Brown R.M. and Romanovicz D.K. 1976. Biogenesis and structure of Golgi-derived cellulosic scales in *Pleurochrysis*. I. Role of the endomembrane system in scale assembly and exocytosis. *Applied Polymer Symposium* **28**: 537-585.
- Chang F.H. and Ryan K.G. 1985. *Prymnesium calathiferum* sp. nov. (Prymnesiophyceae), a new species isolated from Northland, New Zealand. *Phycologia* **24**: 191-198.
- Edwardsen B., 1993. Toxicity of *Chrysochromulina* species (Prymnesiophyceae) to the Brine Shrimp, *Artemia salina*. In: Smayda T.J. and Shimizu Y. (eds), *Toxic Phytoplankton Blooms in the sea*. Elsevier. pp. 681-686.
- Eikrem W. and Edwardsen B. 1999. *Chrysochromulina fragaria* sp. nov. (Prymnesiophyceae), a new haptophyte flagellate from Norwegian waters. *Phycologia* **38**: 149-155.
- Eikrem W. and Throndsen J. 1993. Toxic prymnesiophytes identified from Norwegian coastal waters. In: Smayda T.J. and Shimizu Y. (eds), *Toxic Phytoplankton Blooms in the Sea*. Elsevier. pp. 687-692.
- Eikrem, W. and Throndsen J. 1998. Morphology of *Chrysochromulina leadbeateri* (Prymnesiophyceae) from northern Norway. *Phycologia* **37**: 292-299.
- Eikrem W. and Throndsen J. 1999. The morphology of *Chrysochromulina rotalis* sp. nov. (Prymnesiophyceae, Haptophyta), isolated from the Skagerrak. *Sarsia* **84**: 445-449.
- Gran li, E., Paasche E. and Maestrini S.Y. 1993. Three years after the *Chrysochromulina polylepis* bloom in Scandinavian waters in 1988: some conclusions of recent research and monitoring. In: Smayda T.J. and Shimizu Y. (eds), *Toxic Phytoplankton Blooms in the sea*. Elsevier. pp. 23-32.
- Green J.C., Hibberd D.J. and Pienaar R.N. 1982. The taxonomy of *Prymnesium* (Prymnesiophyceae) including a description of a new cosmopolitan species, *P. fatellifera* sp. nov., and further observations on *P. parvum* N. Carter. *Br. Phycol. J.* **17**: 363-382.
- Green J.C. and Leadbeater B.S.C. 1994. *The Haptophyte Algae*. Systematics Association Special Volume No. 51. Clarendon Press, Oxford, 446 pp.
- Green J.C. and Parke M. 1974. A reinvestigation by light and electron microscopy of *Ruttnera spectabilis* Geitler (Haptophyceae), with special reference to the first structure of zooids. *J. Mar. Biol. Ass. U. K.* **54**: 539-550.
- Inouye I. and Chihara M. 1983. Ultrastructure and taxonomy of *Jomonolithus littoralis* gen. et sp. nov. (Class Prymnesiophyceae), a coccolithophorid from the Northwest Pacific. *Bot. Mag. Tokyo* **96**: 365-376.
- Jensen M.Ø. and Moestrup Ø. 1999. Ultrastructure of *Chrysochromulina ahrengetii* sp. nov. (Prymnesiophyceae), a new saddle-shaped species of *Chrysochromulina* from Danish coastal waters. *Phycologia* **38**: 195-207.
- Kawachi M., Inouye I., Maeda O. and Chihara M. 1991. The haptonema as a food-capturing device: observations on *Chrysochromulina hirta* (Prymnesiophyceae). *Phycologia* **30**: 563-573.
- Leadbeater B.S.C. 1994. Cell coverings. In: Green J.C. and Leadbeater B.S.C. (eds), *The Haptophyte Algae*. Systematics Association Special Volume No. 51, Clarendon Press, Oxford. pp. 23-46.
- Manton I. 1972. Preliminary observations on *Chrysochromulina mactra* sp. nov. *Br. Phycol. J.* **7**: 21-35.
- Manton I. and Leedale C.F. 1963a. Observations on the fine structure of *Prymnesium parvum* Carter. *Arch. Mikrobiol.* **45**: 285-303.
- Manton I. and Leedale C.F. 1963b. Observations on the microanatomy of *Crystallolithus hyalinus* Gaarder and Markali. *Arch. Mikrobiol.* **47**: 115-136.
- Meldahl A.S., Edverson B. and Fonnum F. 1993. The effect of *Prymnesium*-toxin on neurotransmitter transport mechanism: The development of a sensitive test method. In: Smayda T.J. and Shimizu Y. (eds), *Toxic Phytoplankton Blooms in the sea*. Elsevier. pp. 895-900.
- Meldahl, A.S., Kvernstuen J., Grasbakken G.J., Edvardsen B.

- and Fonnum F. 1995. Toxic activity of *Prymnesium* spp. and *Chrysochromulina* spp. tested by different test methods. In: Lassus P., Arzul G., Erard E., Gentien P. and Marcaillou C. (eds), *Harmful Marine Algal Blooms*. Proceedings of the Sixth International Conference on Toxic Marine Phytoplankton. pp. 315-320.
- Moestrup Ø. and Larsen J. 1992. Potentially Toxic Phytoplankton, 1. Haptophyceae (Prymnesiophyceae). ICES Identification Leaflets for Plankton. Denmark. 11 pp.
- Moestrup Ø. and Thomsen H.A. 1995. Taxonomy of Toxic Haptophytes (Prymnesiophytes). In: Hallegraeff G.M., Anderson D.M. and Cembella A.D. (eds), *Manual on Harmful Marine Microalgae*. UNESCO. pp. 319-338.
- Puigserver M., Chrétiennot-Dinet M.-J. and Nezan E. 2003. Some Prymnesiaceae (Haptophyta, Prymnesiophyceae) from the Mediterranean Sea, with the description of two new species: *Chrysochromulina lanceolata* sp. nov. and *C. pseudolanceolata* sp. nov. *J. Phycol.* **39**: 762-774.
- Sabour B., Laudiki M., Oudra B., Oubraim S., Fawzi B., Fadlaoui S., Chlaida M. and Vasconcelos V. 2000. Blooms of *Prymnesium parvum* associated with fish mortalities in a hypereutrophic brackish lake in Morocco. *Harmful Algae News*, The Intergovernmental Oceanographic Commission of UNESCO. **21**: 8-9.
- UNESCO. 2003. IOC Taxonomic Reference List of Toxic Plankton Algae, IOC, UNESCO. 49 pp.

Received 17 May 2004

Accepted 25 June 2004