

船舶上における植物プランクトンの 顕微鏡観察・写真撮影の試み

佐々田 憲

広島大学生物生産学部
1980年10月16日受理

Microscopical Observation and Microphotography of Phytoplankton on Board of the Research Vessel

Ken SASADA

Faculty of Applied Biological Science, Hiroshima University, Fukuyama

(Figs. 1-2; Tables 1-2; Plates 1-2)

はじめに

昭和54年から55年にかけて著者は広島大学生物生産学部の練習船豊潮丸（福浦吉行船長，320.73総トン）により，秋，冬，春，夏の4回（航海日数は各回8日間）の瀬戸内海全域にわたる航海，および，この間に行なわれた備後灘，燧灘の冬の航海（航海日数1日）に乗船し，植物プランクトンの観察を行なった。これらの航海において得られた，植物プランクトン自体に関する調査研究の結果は，別途発表するとして，此处では，これらの航海を通じて，著者が豊潮丸において行なった，植物プランクトンの顕微鏡観察および顕微鏡写真撮影の試みについて報告する。

従来，このような調査研究航海で採集した植物プランクトンは，船舶上で，何らかの方法を用いて固定を行ない（主としてホルマリン固定を行なうことが多かった），陸上の実験室に持ち帰って顕微鏡観察を行なうというのが普通の方法であった。しかし，固定を行なった場合には，

- 形が変化してしまう植物プランクトンがある。
- 現在用いる方法では，試料の変色を避けることができない。

等，試料に人為的变化が生じるうえ，

- 植物プランクトン自体および鞭毛等の細胞器官や細胞内容物の動き，細胞分裂や接合などの経過等，“生物”としての植物プランクトンが示す諸現象はもはや観察できない。

などの欠点がある。以上のような，固定試料を観察する場合に生じる難点を補うためには，生きたままの試料を観察することが必要となる。しかし，現場で採取した植物プランクトンをそのまま放置しておくと，一日も経つと，弱りきってしまっていることが多く，細胞の変形や破裂，崩壊を起す場合もあるほか，特に夏場などには，繊毛虫が植物プランクトンを捕食して殖えて，繊毛虫の方は非常に沢山泳ぎ回っているのに，肝腎の植物プランクトンは皆目見あたらないというようなことになる場合さえある。このように，植物プランクトンの生体試料は，保存が難しい場合が多く，手早く観察しなければならない。現場で得た生体試料を手早く観察するための方法としては，

- 試料をなるべく早く陸上の実験室に持ち帰って観察を行なう。
- 顕微鏡を現場に持ち出して，現場で観察を行なう。

という二つの方法が考えられる。しかし，今回のような，ある程度長期間の航海では，試料を早く陸上の実験室に持ち帰るという方法は，実際問題として採りうべくもない。そこで，本研究では，顕微鏡を現場に持ち出すという方法を採用することとし，先ず，1回目の航海において，豊潮丸で，小型の顕微鏡を用

いて、予備的に、植物プランクトンの観察を行なうことを試みた。

方法と結果

I. 船舶上における顕微鏡観察の試み

方法：採水は VAN DORN 採水器で行なった。試料は HULBURT¹⁾ および海洋観測指針²⁾ に従い、試水を 2,500 r. p. m. で15分間遠心分離することによって、100 倍に濃縮し、これを顕微鏡観察に供した。顕微鏡はニコン J-2 型を用い、豊潮丸実験室内の実験台に直接設置した。なお、スライドガラスは平底ディプレッションスライド³⁾を用いた。

結果：上記の方法で観察を行なったところ、走行中は観察は不可能であった。しかし、停泊中は、試料が微振動を示すのを避けることはできなかったが、観察を行なうことは可能であった。

Fig. 1 に、この航海における二つの定点のフィールドノートを示す。

此処には、*Gymnodinium splendens* LEBOUR, *Peridinium minisculum* PAVILLARD, *P. pellucidum* (BERGH) SCHÜTT, *P. depressum* BAILEY, *Ceratium trichoceros* (EHRENBERG) KOFOID, *C. bucephalum* (CLEVE) CLEVE などのラフスケッチが見られるが、これらから、停泊中ならば、船舶上でも、防振法などに関して特別な考慮を払わなくとも、ある程度まで細かな顕微鏡観察ができることがわかる。また、以上の結果から、防振法を考えれば、

- 走航中でも顕微鏡観察が可能なのではないか。
 - 船舶上でも顕微鏡写真の撮影が可能なのではないか。
- ということが考えられた。

II. 船舶上における顕微鏡観察と顕微鏡写真撮影の試み

上記の航海に引き続き 2 回目の航海において、防振装置として、明立精器バイソレータ D 150 - AD を用いて、豊潮丸で顕微鏡観察と顕微鏡写真撮影を行なうことを試みた。

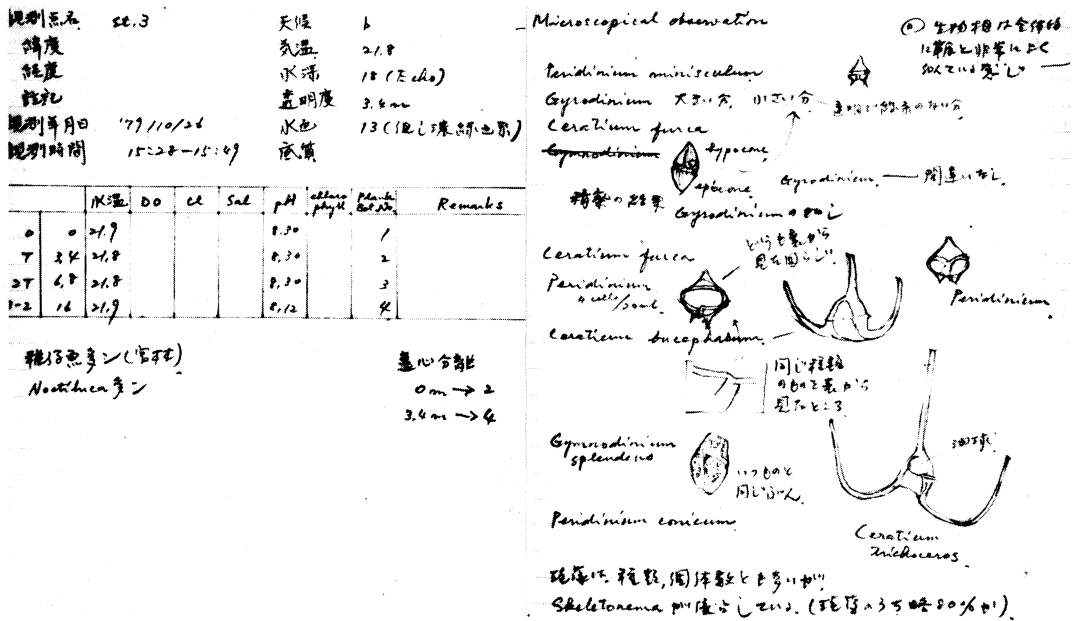


Fig. 1. Several pages of the field note taken during the 1st cruise, giving rough sketches of phytoplankters, some of which show that it is possible to observe fairly well and in

方法：プランクトンの採集はKOFROID型ネット⁴⁾(開口部直径約13cm, 長さ約130cm, ネット地NXX 25 = pore size 58 μ)を用いて行なった。顕微鏡はニコン s-Ke 型顕微鏡, 写真撮影装置はニコン AFM 型写真撮影装置を用い, 防振装置は上記のように明立精器バイソレータ D 150-AD を用いた。なお, フィルムはFujicolor FII 400 (ASA 400) を用いて, 写真撮影装置のシャッター速度を速くし, 色温度補正のためにニコンCBフィルターを用いた。

結果：この方法で観察, 写真撮影を行なったところ, 停泊中, 走航中にかかわらず, 陸上におけると同様な良好な結果が得られた。

P 1. 1, Figs. 2-4にこの航海で観察した植物プランクトンのうち, 3種の生物の顕微鏡写真を示す。

このうち, Fig. 2は*Coscinodiscus perforatus* var. *pavillardii* (FORTI) HUDSTEDT の写真である。原拡大倍率は200倍, 本論文掲載の写真の最終拡大倍率は500倍である。この写真では, 殻面の構造を明瞭に観察することができるが, この生物は直径約120 μ で, 殻面の網目模様は粗く, 円形で, 中央部で10 μ あたりほぼ4個の網目が数えられる。網目は, 外側に向ってははじめ徐々に大きさを増すが, 周縁部に近づくとつれて再び小さくなっている。また, 殻面中央に花紋が見られ, 網目はお互いに密接しているが, これらは, *C. perforatus* var. *pavillardii* の特徴である。

Fig. 3は*Ceratium furca* (EHRENBERG) CLAPARÈDE & LACHMANN の体中央部を腹側から撮影した写真である。原拡大倍率は400倍, 写真の最終拡大倍率は1,000倍である。焦点は背側に合っており, 横溝および鎧板構造の一部が明瞭に観察される。なお, 横溝の中に横鞭毛がうっすらと見られ, 体の左側の後角の基部から, 両後角の間へ向けて, 縦鞭毛が斜めに伸びているのが, これもうっすらと見えるが, これらの鞭毛は, 写真撮影時, 盛んに波動状の運動をしていた。

Fig. 4は*Ceratium bucephalum* (CLEVE) CLEVE の体中央部を腹側から撮影したものである。原拡大倍率は400倍, 写真の最終拡大倍率は1,000倍である。焦点は背側に合っており, 横溝, 鎧板構造の一部が明瞭に観察されるが, 体後方に, 縦鞭毛が横向きに伸びているのがうっすらと見える。

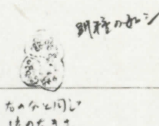
観測地点	St. 6	天候	bc
緯度	22.24.03N	気温	20.6
経度	133.24.26E	水深	7m
記号	田尻中	透明度	2.7m
観測年月日	79/11/29	水色	13
観測時間	13:46-13:55	底質	

	水深	DO	LL	Sal	pH	chlorophyll	plankton
0	0	21.7			8.13		1
T	3	21.7			8.12		2
2T	5.5	21.7			8.10		3

岸と station の間, 遠心分離 - 2.
Station からの南向 V 3 の距離は
岸と平行に pink 草の分布。

Micrographical observation

- * *Ceratium furca*
- * *Dinophysis caudata*
- * *Ceratium furciv*
- * *Gymnodinium splendens*



* *Pavocentrum minus*
* *Ceratium bucephalum*
* *Gonyaulax* sp. St. 6 での観察と同じもの。7.50 時頃
chain を作っている。29 日 12 時の 単独の細胞。
Peridinium St. 5 での観察と同じもの。
大きなもの。
他のものはある。
* *Gymnodinium* 11.10 時頃
大きなもの。
茶色のもの。
Peridinium depressum
Peridinium St. 3 での観察と同じもの。
* 6.10 時頃の多量に観察したもの。
* 6.10 時頃の多量に観察したもの。10~20 個体 / 20ml 11.30 時頃
観察したもの。

detail even on board the vessel without strict regards for prevention of vibration, at least when the microscopical observations are performed whilst the vessel is at anchor.

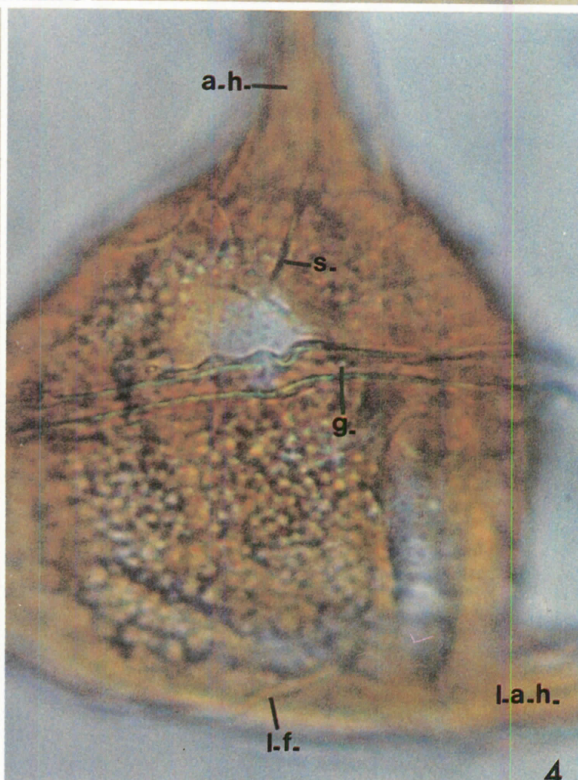
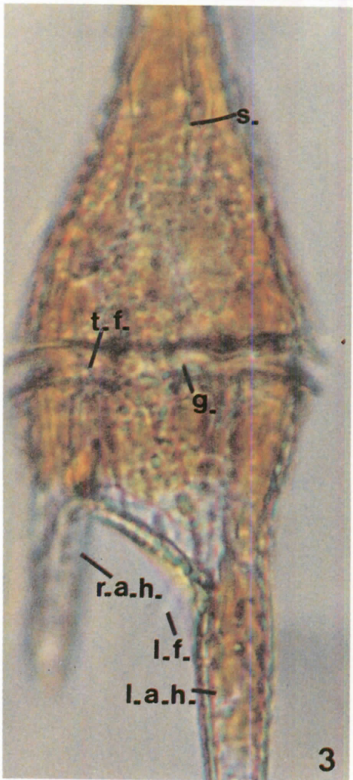
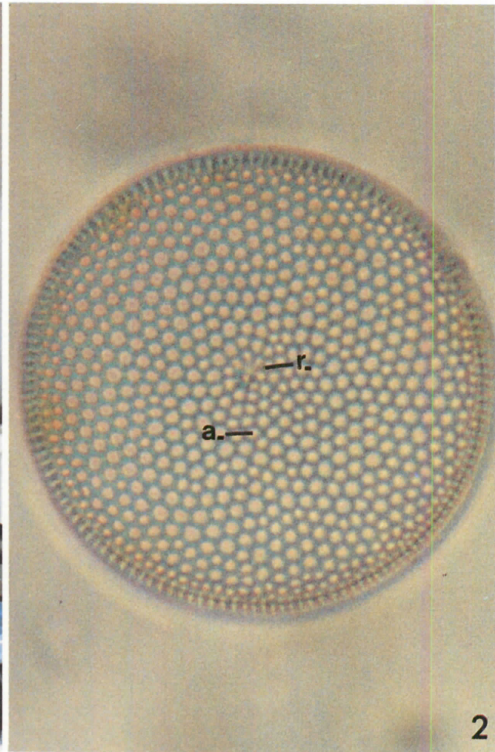
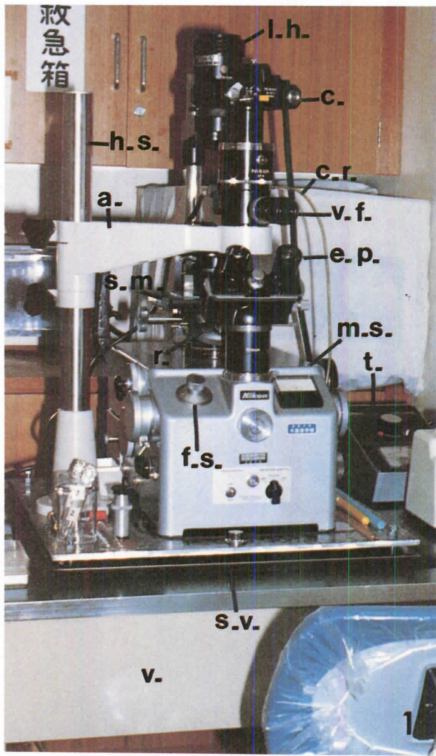


Plate I

以上の写真は全て走航中に撮影されたものであるが、上記の方法を用いた場合、以上の写真および説明に示されるように、走航中でも、陸上におけると同様に、詳細な観察を行なうことができ、さらに、写真撮影が可能であることがわかった。

Ⅲ. 船舶上での倒立顕微鏡による観察と写真撮影の試み

佐々田ら³⁾は、渦鞭毛藻類を中心とした植物プランクトンの観察に、倒立顕微鏡を用いたところ、試料を、自然の状態に近い液層中で観察できるうえに、観察中に、マイクロニードル等を用いて試料に操作を加えることによって、試料を移動させたり、回転させたりして、希望する方向から観察することができ、非常に好都合であったと述べている。著者は前記の航海で得られた結果をもとに、3回目の航海において、

Explanation of Plate I.

Fig. 1. Final construction of the microphotographic instrument set up in the state cabin of the R/V Toyoshiwo-maru. An inverted microscope, equipped with lamp house set with halogen bulb and a camera grasped by the arm of the holding stand, is placed on the stage of the vibration-proof bench "Visolator D-150 AD". Abbreviations: l. h., lamp house; c., camera; c. r., cable release; v. f., view finder; e. p., eye piece; m. s., inverted microscope; t., transformer; h. s., holding stand; a., arm of holding stand; s. m., stage of the microscope; r., revolver; f. s., focusing scale; v., Visolator D-150 AD; s. v., stage of Visolator.

Figs. 2-4. Microphotographs of 3 species of phytoplankters taken while steaming during the 2nd cruise on the R/V Toyoshiwo-maru by using Nikon s-Ke ordinary microscope, Nikon AFM microphotographic apparatus and the vibration-proof bench, "Visolator D-150 AD". Abbreviations: a., areola; r., rosette; a. h., apical horn; s., suture; t. f., transversal flagellum; g., girdle; r. a. h., right antapical horn; l. a. h., left antapical horn; l. f., longitudinal flagellum.

Fig. 2. *Coscinodiscus perforatus* var. *pavillardii* (FORTI) HUDSTEDT. Areolate structure with central rosette of valval plane of the frustule is clearly visible. The sub-circular coarse aleolae adjoining closely each other are smaller in the central portion, but increase in size gradually at first to halfway outwards then diminish again toward the periphery. The diameter of the frustule is ca. 120 μ and 4 areolae occupies ca. 10 μ around the rosette in this specimen. x 500.

Fig. 3. *Ceratium furca* (EHRENBERG) CLAPARÈDE & LACHMANN. Central portion of the body observed from the ventral and focused on the dorsal sides. The girdle and a certain portion of the sutures are clearly visible. But the transverse flagellum extending inside the girdle, and the longitudinal flagellum running from the proximal part of the left antapical horn obliquely backwards between the 2 antapical horns are very unclear. These flagella had been undulating and waving vividly during the photography. x 1,000.

Fig. 4. *Ceratium bucephalum* (CLEVE) CLEVE. Central portion of the body observed from the ventral side and focused on the dorsal side. The girdle and a certain portion of the sutures are very clear but the longitudinal flagellum extending obliquely outwards from inside the antapical part of the body is obscurely seen. x 1,000.

豊潮丸で、倒立顕微鏡を用いて植物プランクトンの観察と写真撮影を行なうことを試みた。

方法：試水の採取および試料の濃縮は1回目の航海と同じ方法で行なった。顕微鏡はニコンMTD型倒立顕微鏡、写真撮影装置はニコンAFM型顕微鏡写真撮影装置、防振装置は明立精器バイソレータD-150 ADを用い、写真撮影装置は写真撮影装置支持台によって支持した。スライドガラスは平底ホールスライドガラスを用い、光源はPhilips ハロゲンランプ(12V, 100W)、フィルムはFujicolor FII 400 (ASA 400)を用い、写真撮影の際のシャッター速度をできるだけ速くするようにした。なお、検鏡は位相差検鏡法により、ニコンCBフィルターを用いて色温度補正を行なった。P1. I, Fig. 1に豊潮丸の船室に組み立てた上記諸装置の外観を示す。

結果：この方法で観察、写真撮影を行なったところ、正立顕微鏡を用いた場合と同様に、停泊中、走航中にかかわらず、陸上におけると同様な良好な結果が得られたばかりでなく、植物プランクトンの個体生態の面から興味のある、いくつかの現象が観察された。

P1. II, Figs. 1-4にこの航海で観察した植物プランクトンのうち、4種の渦鞭毛藻類の顕微鏡写真を示す。

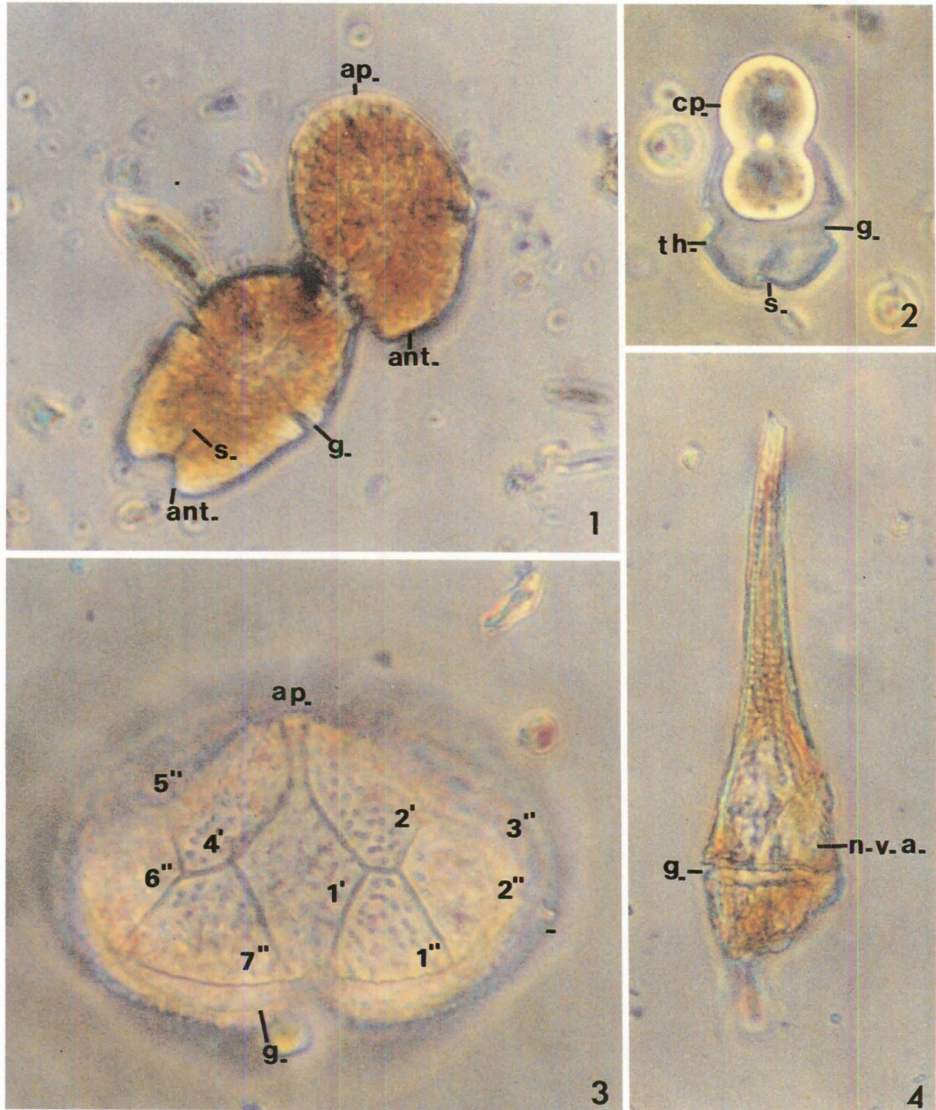


Plate II

このうち、Fig. 1は細胞分裂完了直前の *Gymnodinium splendens* LEBOURの写真である。原拡大率は200倍、本論文掲載の写真の最終拡大倍率は500倍である。*G. splendens*は右上方から左下方へかけて、体を袈裟懸けに斬る線で分裂を行なうが、分裂完了前暫くは、この写真に示されるように、二個体がくっついて、分裂を行なっていない普通の個体と同じように、ゆっくりとした速度で、回転しながら泳いでいる。なお、この生物では、細胞分裂が完了した時には、娘細胞は親細胞と同じような完全な一個体としての形態を備えている。

Fig. 2は未同定の有殻の渦鞭毛藻類の写真である。原拡大倍率は400倍、写真の最終拡大倍率は1,000倍である。この写真では、渦鞭毛藻類に特有の形態を失った細胞質が、殻の頂端から殻外に脱出しようとしている。この細胞質は、この写真の撮影の直後に、殻からの脱出を完了し、暫く、相当な速度で、回転しながら泳ぎ廻っていたが、その後スライドガラス上に静止した。静止したものを観察したところ、*Protodinium*の特徴を備えていた。

Fig. 3は *Peridinium punctueatum* PAULSENを腹側前方から撮影した写真である。原拡大倍率は400倍、写真の最終拡大倍率は1,000倍である。上殻腹面の鎧板配列および鎧板表面の微細構造が明瞭に観察され、第1頂板(1')が2枚の頂板(2'と4')と2枚の前帯板(1"と7")に取り囲まれたortho型⁵⁾であることがわかる。

Fig. 4は細胞分裂直後の *Ceratium furca* (EHRENBERG) CLAPARÈDE & LACHMANNの写真である。

Explanation of Plate II.

Microphotographs of 4 species of dinophycean phytoplankters taken during the 3rd cruise on the R/V Toyoshiwo-maru by using a Nikon MTD inverted microscope, Nikon AFM microphotographic apparatus and the vibration-proof bench "Visolator D-150 AD". Abbreviations: ap., apex; ant., antapex; g., girdle; s., sulcus; cp., cytoplasm; th., theca; n. v. a., naked ventral area; 1', 2' & 4', 1st, 2nd and 4th apical plates; 1", 2", 3", 5", 6" & 7", 1st, 2nd, 3rd, 5th, 6th and 7th precingular plates.

- Fig. 1. *Gymnodinium splendens* LEBOUR, immediately before the completion of the binary cell division. The 2 daughter cells attached obliquely together in front and in the rear, are slowly swimming around in rotation like the parent cells. x 500.
- Fig. 2. An unidentified thecate dinophycean phytoplankter. Cytoplasm that lost its characteristic form is escaping from the apical part of the theca. This cytoplasm accomplished the desertion immediately after the photography, swam rapidly around rotating like a bullet for a while and then settled down on the bottom of the flat hole slide glass showing the characteristics of *Protodinium*. x 1,000.
- Fig. 3. *Peridinium punctulatum* PAULSEN observed from and focused on the anteroventral side. The microstructures on the ventral surface of the epitheca are clearly seen. Tabulation — the 1st apical plate (1') represents the *ortho* type surrounded by 2 other apical (2' & 4') and 2 precingular (1" & 7") plates. x 1,000.
- Fig. 4. *Ceratium furca* (EHRENBERG) CLAPARÈDE & LACHMANN. Anterior daughter cell with morphological defect because of the delay of the formation of the posterior half of the body corresponding the other daughter cell, she is elegantly swimming characteristic way directly after the oblique binary cell division observed from the dextroventral side. x 500.

原拡大倍率は 200 倍、写真の最終拡大倍率は 500 倍である。*C. furca* も前記 *G. splendens* と同様、体を袈裟懸けに斬る線で分裂するが、*C. furca* は厚い殻を有し、その殻が細胞分裂中に補充形成されないため、分裂完了時、娘細胞は、親細胞と同じような完全な形態を備えていない。即ち、写真に示すような、体左前方の部分に由来する娘細胞は、親細胞から 1'-4' の頂板、1"-2" の前帯板、1c-2c の横溝板、1"-3" の後帯板を受け継ぎ、腹域は裸出し、頂角は備えているが後角を欠いているのに対して、体右後方の部分に由来する娘細胞は、3"-4" の前帯板、腹域を覆う鎧板、3c-4c の横溝板、体右側の後角を形成する 4"-5" の後帯板、左側の後角をなす 1"-2" の底板を受け継ぐ。親細胞から継承しなかった部分は、分裂完了後暫らくしてから徐々に形成される。このような、分裂直後の不完全な形態の娘細胞も、完全な形態を備えた普通の個体と同様、スーッ、スーッと *C. furca* 特有のゆっくりとした、しかし、時にすばやい、優雅な泳ぎ方をしているのが観察される。

以上のように、この方法によると、単に植物プランクトンの形態の観察や写真撮影が可能であるばかりでなく、植物プランクトンの運動の様子や、生活史の研究に意義があると考えられる細胞分裂や、細胞質の殻からの脱出などの現象が、現場近くの船舶上で観察できることがわかった。

以上の航海に引き続き、4 回目、5 回目の航海においても、上記と同じ方法により、良好な結果が得られたが、これらの結果については、既述のように、上記の航海におけるものも含めて、植物プランクトン自体に関する調査研究結果として、別途発表することとする。

考 察

既に述べたように、従来、研究航海で採集された植物プランクトンは、船舶上で、何らかの方法を用いて固定を行ない、陸上の実験室に持ち帰って顕微鏡観察を行なうというのが普通の方法であった。しかし、生物学の歴史を溯ってみると、古い時代には、むしろ、顕微鏡を研究船に持ちこんで、船舶上で顕微鏡観察を行なうというのは、普通の、常識的な方法であったようである。すなわち、DARWIN は有名な *Beagle* 号の航海の際、藍藻類の *Trichodesmium erythraeum* を観察したことを記録しており⁶⁾、MURRAY は、これまた有名な *Challenger* 号の航海の際、浮游性有孔虫類や珪藻類のほか、渦鞭毛藻類の *Pyrocystis pseudonociluca* と *P. fusiformis* を観察している⁷⁾。しかし、その後、船舶が帆船から機関船へと変ると時期を同じくして、船舶上での顕微鏡観察も行なわれなくなった。

船舶上の場合であれ、陸上の場合であれ、顕微鏡観察中に視野が動揺または振動するのは、何らかの外力によって、顕微鏡の載物台あるいは試料と鏡筒部とが、相対的な変位を生ずることによるものである。船舶上において、こうした外力として想定しうるものは、船体動揺と船体振動の二つである。このうち、船体動揺は主として波浪の力によって生じるものであって、帆船であれ機関船であれ、停泊中であれ走航中であれ、海に浮いている船舶は全てその影響を蒙らないわけにはいかない。これに対して、船舶振動というのは、主として、主機関を中心とする回転機械類由来の不均衡力によるものであって、船舶動揺がゆっくりとした大きな動きであるのに対して、極く細かな刻みこむような動きである。船舶上で顕微鏡観察を行なおうとする場合、主として問題となるのは、この船舶振動であると考えられる。勿論、船舶上において、こうした振動は、顕微鏡観察を行なおうとする場合にのみ問題となるものではなく、乗船者に不快感を与えると同時に、機関の計器類を狂わせ、機器類の性能を低下させる。そこで、船舶では一般に、振動を発生する機器類、振動を伝えたくない機器類に、ゴムパッドを敷くという方法で防振を行なっている。著者もこれに倣って、1 回目の航海の際、豊潮丸で用いている厚さ 1 cm のネオプレンゴムを顕微鏡の下に敷いて、これを敷かない場合と較べてみたが、パッド状のゴムでは殆ど防振の効果がないことがわかった。それゆえ、さらに防振法について検討することとし、先ず適当な防振材を用いることを考えた。ゴムパッド以外に現在入手しうる防振材としては、防振ゴム、金属コイルばね、空気ばねの三者が考えうる。一方、船舶上で顕微鏡観察を行なうために用いる防振材に必要な性質としては、

○外部振動を顕微鏡に伝えないこと（防振効果）

- 顕微鏡を操作している時、顕微鏡や顕微鏡台に外力が加わったとしても、その影響が極く小さくしか表われないこと（緩衝効果）
- 顕微鏡や顕微鏡台が、仮に一度揺れて、振動を起したとしても、その振動が早く減衰すること（制振効果）

の三者が挙げられる。

ところで、一般に、振動の伝達率 Td は、

$$Td = \left| \frac{1}{1 - (f/f_n)^2} \right|$$

f : 外部振動の周波数 (Hz)
 f_n : 振動を受ける物体の固有振動数 (Hz)

で与えられ、固有振動数 f_n は、

$$f_n = \frac{1}{2\sqrt{W}} \sqrt{K \cdot g}$$

K : ばね定数 (Kg/cm)
 g : 重力の加速度 (980 cm/sec²)
 W : 荷重 (Kg)

で与えられる。以上から、ばね定数が小さく、重い物体ほど防振効果が大きいことがわかる。

次に、緩衝効果を大きくするためには、外力による衝突エネルギーの吸収能力の大きい防振材を用いられたい。防振材に吸収蓄積されるひずみエネルギー u は一般に

$$u = \frac{1}{2} W \delta = K \delta^2$$

W : 荷重 (Kg)
 K : ばね定数 (Kg/cm)
 δ : 単位荷重あたりの変形量 (cm)

で表わされる。以上から、重くて、力を加えた場合に變形しやすい物体ほど緩衝効果が大きいことがわかる。

さらに、制振効果をよくするためには、内部摩擦あるいは流体摩擦の大きい防振材を用いられたい。

Table 1 は先に挙げた3つの防振材、すなわち、防振ゴム、金属コイルばね、空気ばねについて、固有振動数、ばね定数、摩擦および防振効果、緩衝効果、制振効果を比較したものである。

Table 1. Comparison of some characteristics of vibration-proof elastic materials in common use.

	Elastic rubber	Steel coil compression spring	Air spring
Characteristic frequency	6-10 Hz	2-5 Hz	1-4 Hz
Spring constant	large	medium	small
Friction			
Internal friction	large	small	-
Fluid friction	-	-	medium
Prevention of external vibration	not effective	effective	most effective
Absorption of external impact	most effective	effective	not effective
Decrement of internal vibration	fast	very slow	slow

この表から、防振ゴムは、固有振動数が大きく、防振効果がよくない、金属コイルばねは、固有振動数の低いものを選べば、比較的高い防振効果を期待することができ、緩衝効果の点では空気ばねにまさるが、内部摩擦が極端に小さいので、制振効果が悪く、この点について何らかの対策を講じなければならない、空気ばねは、ばね定数が小さいので緩衝効果が十分でなく、この点について何らかの対策が必要である、ということがわかる。

以上から、これらの防振材は、いずれも、単独では使用できそうにないこと、仮にこれらを使用するとすれば、組み合わせて用いなければならないということ、がわかった。しかし、既に、陸上の、振動の多い建物などで、顕微鏡やマイクローム、天秤などを使用するために、これらの防振材の長所、欠点を考慮して製作された防振装置が何種類か市販されている。Table 2 にこれらの市販の防振装置の特性を掲げる。

Table 2. Comparison of some characteristics of ready made vibration-proof instruments.

	Vibramount	Visolator, steel coil compression spring series	Nikon vibration- proof bench, AV series	Visolator, air spring series
Vibration-proof materials used	steel coil compression springs, steel dampers	steel coil compression springs, air dampers, rubber tube dampers, elastic rubbers	air spring, damping orifices	air spring, damping orifices, automatic leveling valves
Characteristic frequency	—	2.5 Hz	2 Hz	1.2 Hz
Transmittance of external vibration	0.06	less than 0.015	—	less than 0.018

ここに示された4つの系列の防振装置のうち、ビブラロック社のビブラマウントは、価格は低廉であるが、振動の伝達率が他と較べて大きく、防振効果が十分ではないと考えられた。これに対して、ニコン防振台AVシリーズは、固有振動数も低く、防振効果も高いものと考えられるが、空気ばねに自動レベル調整弁がついていないので、水平保持が難しい上に、構造上、傾斜が3°以上になると、防振効果が期待できず、動揺の激しい船舶上では、使用できないものと考えられた。また、明立精器バイソレータ空気ばねシリーズは、固有振動数も低く、防振効果もよいが、非常に高価である。以上の防振装置に対して、明立精器バイソレータコイルばねシリーズは、価格も比較的低廉で、固有振動数もかなり低く抑えてあり、防振効果も非常によいものと考えられた。

このシリーズの防振装置は、Fig. 2に示されるように、外観は机状で、防振材としては、防振ゴム、両端にゴムパッドを敷いた金属コイルばね、エアダンパ、ゴムチューブダンパが用いられているが、防振効果、緩衝効果は主として金属コイルばねに依存しており、金属コイルばねには期待することのできない制振効果は、主としてエアダンパが果すようになっている。さらに、金属パイルばねの上端から懸垂された重錘バケットに、十分量の重錘を入れて、防振部の固有振動数を小さくすることによって、防振効果、緩衝効果が更に増すように設計されている。^{8), 9)}

以上の検討により、船舶上で植物プランクトンの顕微鏡観察、写真撮影を行なうために、防振装置として明立精器バイソレータ D-150 ADを用いることによって、既に述べたような良好な結果を得ることがた。

できた。

なお、現在までの仕事は、全て瀬戸内海内部において行なわれたものであって、大きなうねりによって、相当な船舶動揺を蒙るものと考えられる外洋域においても、今回と同様な良好な結果が得られるか否かは、今後の検討課題である。しかし、今回上記の方法によって、豊潮丸で顕微鏡観察、写真撮影を行なった日数は25日間にわたり、この間、豊後水道に連なる伊予灘南部海域などにおいては、相当激しい揺れに遭遇したが、このような揺れによって観察者が気分が悪くなったような場合でも、防振装置は正常に機能していたようで、航海中防振装置上に立てておいた試料管や位相差検鏡用の心出し望遠鏡等、非常に安定性の悪い器具類も、全航海を通じて一度も転倒するようなことがなかった。

最後に、仕事の性質上、これまでの航海では、顕微鏡観察、写真撮影は、400倍までの拡大倍率で行なうに留めているが、必要とあれば、油浸系レンズによる1,000倍の拡大倍率での観察、写真撮影も充分可能であると考えられることを付記しておく。

要 約

1. 長期の航海に際して、植物プランクトンを固定せずに、生きたままで観察する方法として、防振装置を用いて船舶上で顕微鏡観察、写真撮影を行なうことを試みた。

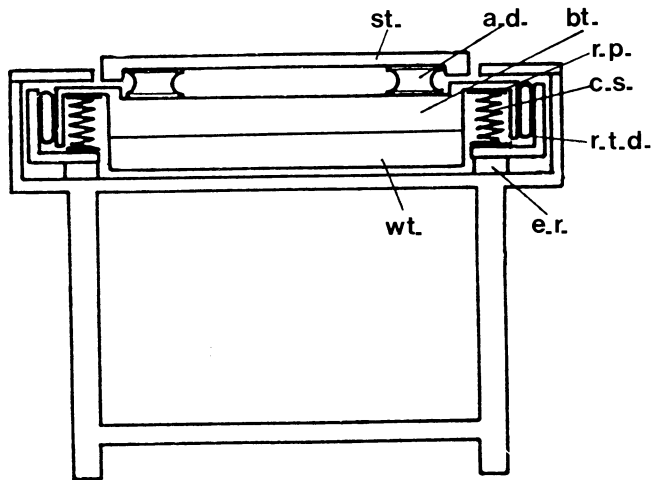


Fig.2. Structure of the vibration-proof bench "Visolator D-150 AD" furnished with steel coil compression springs with rubber pads on both ends, air dampers, rubber tube dampers and elastic rubbers as vibration-proof materials. External vibration transmitted to this instrument from the floor is mainly annulated by the coil springs. The external impacts brought about during the operation of the microscopical instrument set up on the stage are absorbed by the springs, dampers and elastic rubbers. The internal vibration, if generated, is suppressed by the air dampers and elastic rubbers. The rubber tube dampers together with the elastic rubbers mainly serve to diminish the horizontal vibrations of external and internal origin. Weight that is loaded inside the bucket on which the stage is placed through the intermediation of air dampers and suspended from the uppermost ends of the coil springs, helps to make the characteristic frequency of this instrument smaller and to lower the center of the gravity at the same time. Abbreviations: st., stage; a. d., air damper; bt., bucket; r. p., rubber pad; c. s., steel coil compression spring; r. t. d., rubber tube damper; e. r., elastic rubber; wt., weight.

2. 種々の防振材, 防振装置について検討を行なった結果, 明立精器“バイソレータ D-150 AD”を用いることによって, この目的を達成することができた。
3. 本報では, 先ず, 船舶上での顕微鏡観察, 写真撮影の方法を示し,
4. 練習船豊潮丸によって行なわれた数次の航海に際して撮影された, 植物プランクトンのうちから, 珪藻類に属する *Coscinodiscus perforatus var. pavillardii* と, 渦鞭毛藻類に属する *Gymnodinium splendens*, *Peridinium punctulatum*, *Ceratium furca*, *C. bucephalum* および未同定の有殻の渦鞭毛藻類の一種の写真を示し, 簡単な説明を添えた。
5. これらの写真のあるものでは, 生物の微細構造が明瞭に観察され, 今回用いた方法が, 目的によく適ったすぐれたものであることを示している。
6. また, 他の写真では, 植物プランクトンの細胞分裂や, 細胞質の殻からの脱出などの様子が示されており, 現場近くの船舶上で顕微鏡観察を行なうこと自体が, “生きた”植物プランクトンの研究を行なう上で, 極めて有効な方法であることを示している。

謝 辞

本研究を行なうにあたって, 終始貴重な御助言と御援助を賜った本学 遠部卓教授, 遠藤拓郎教授, また防振法に関して種々の御助言を載いた本学岡田正和教授, 明立精器和田正夫氏, 航海に際して終始御世話になり, 甚大な御援助, 御協力を賜った福浦吉行船長, 郷秋雄一等航海士他豊潮丸乗組員諸氏に深謝する。

なお, 本研究の一部は, 昭和54, 55年度文部省科学研究費補助金一般研究A (課題番号444012) および昭和55年度文部省科学研究費補助金奨励研究A (課題番号576119) により行なわれたものであることを記し, あわせて感謝の意を表する。

引用文献

- 1) HULBURT, E. M.: The taxonomy of unarmored dinophyceae of shallow embayments on Cape Cod, Massachusetts, *Biol. Bull.*, **112**, 196-219 (1957).
- 2) 日本海洋学会: 海洋観測指針, p.233, 日本海洋学会, 東京 (1970)
- 3) 佐々田憲・井上博明・藤山虎也: 渦鞭毛藻類の形態観察における倒立顕微鏡の利用について, 広大水産産紀要, **16**, 157 - 173 (1977)
- 4) KOFOID, C.A. & SWEZY, O.: The free-living unarmored dinoflagellata, *Mem. Univ. Calif.*, **5**, 1-562 (1921).
- 5) LEBOUR, M.V.: The dinoflagellates of northern seas, pp. 105-106, The Marine Biological Association, U. K., Plymouth (1925).
- 6) DARWIN, C.: Journal of researches into the geology and natural history of the various countries visited during the voyage of H. M. S. Beagle round the world, 1st ed., J. M. Dent & Sons Ltd., London (1906). (ダーウィン, C.; 島地威雄訳 ビーグル号航海記, 上巻, p. 37, 岩波書店, 東京 (1959)).
- 7) MURRAY, J.: Preliminary reports to professor Wyville Thomson, F. R. S., Director of the civilian scientific staff, on work done on board the “Challenger”. *Proc. Roy. Soc. London*, **24**, 471-544 (1876).
- 8) 真下美佐男: 精密測定機器の防振について, 18 pp. 明立精器, 東京 (1972)
- 9) 和田正夫: 精密機器の防振技術, 光学技術コンタクト, **13**, 21 - 27 (1975)

Summary

Microscopical observation on board of research vessels seems to have been usual and common in the early days of biological oceanography. Charles DARWIN observed the planktonic blue-green alga *Trichodesmium erythraeum* on board of the “Beagle” and John MURRAY found 2 species of dinophycean plankters, *Pyrocystis pseudonociluca* and *P. fusiformis*, when he made his observations on board the “Challenger”, yet this method did not become prevalent. Phytoplankton samples were fixed with adequate fixatives on board and brought to shore laboratories for microscopy later, especially since sailing vessels had to give place to steamers the problem of vibration of the vessel arose too.

Fixation, however, causes disadvantages, as listed below,

- Deformations are shown by certain phytoplankters which are biologically and ecologically very important.
- The discoloration of sample is inevitable.
- Biological processes, such as the movement of phytoplankton itself, the cell contents, the flagella, cell division or conjugation can not be observed anymore.

The present author could perform his microscopical observations and the microphotography of phytoplankton on board the R/V Toyoshiwo-maru, by using a vibration-proof bench, “Visolator D-150 AD”, after the examination and elimination of several other vibration-proof materials and instruments.

The method of microscopical observation and microphotography is shown first, in this paper. We give, then, microphotographs, with brief explanations, of *Coscinodiscus perforatus* var. *pavillardi*, *Gymnodinium splendens*, *Peridinium punctulatum*, *Ceratium furca*, *C. bucephalum* and of an unidentified thecate dinophyceae, which were taken during the cruises, some of these show their microstructures clearly, others show cell division or desertion of cytoplasm from the theca.