

横浜港底質柱状試料中の珪藻遺骸群集

佐藤 裕司¹⁾

Diatom assemblages in core samples from Yokohama Port

Hiroshi SATO

要 旨

東京湾横浜港内 St. 1 および 2 において採取された底質柱状試料の珪藻遺骸群集の分析を行った。横浜港内では、閉鎖性海域の代表的な珪藻 *Thalassionema nitzschioides* は 1970 年頃より以前においてよく出現していたものと推定された。

また St. 1 では、淡水生珪藻が深度 45 cm でやや増加し、1970 年頃に河川水の影響が一時的に大きくなるようなイベントがあったものと推定された。

東京湾で発生する赤潮原因生物の一つである *Skeletonema costatum* の出現状況に着目したところ、St. 1 では、堆積年代 1980~1985 年頃に相当する深度 15~20 cm で、その殻含有量は最大値を示した。これは東京湾において報告された *Skeletonema* による赤潮発生頻度の推移とよく一致した。一方、St. 2 では、全深度を通じて *Skeletonema* は出現し、顕著な変化は認められなかった。

I はじめに

珪藻は単細胞性の藻類で、その細胞は珪酸質の殻で覆われる。珪藻は各種の水域に広く分布し、その分布が水域の塩分濃度・pH・栄養状態などの環境要因によって制限される。このため、珪藻はさまざまな環境の指標生物として用いられている¹⁾。閉鎖性海域においては、浮遊性、底生または付着性生活を営み、細胞の死後、その殻は分解の過程を経ながら海域底泥上に沈積する。そして、細胞を被う珪酸質の殻が強固な種については、殻が底泥中に遺骸として残る。珪藻が分類群ごとにさまざまな環境要因と密接に関わりながら分布していることから、底泥中の珪藻遺骸群集もまた、海域における水質環境を反映するものと考えられる。

一般に、海水中で微小な生物（主として植物プランクトン）が異常に増殖して、そのために海水の色が変わる現象を赤潮と呼んでいる。珪藻 *Skeletonema costatum* は、東京湾内で赤潮を形成する主要なプランクトンである。東京湾でこれまでに採取された底質柱状試料では、珪藻遺骸群集中の *Skeletonema* の出現頻度が赤潮発生頻度の推移と相関があるとされている。例えば、松本ほか²⁾によると、珪藻遺骸群集中の優占種は 1950 年代に *Thalassionema nitzschioides* から *Skeletonema costatum* に変化したとしている。また、横浜港・大岡川河口部で採取された底質柱状試料でも、*Skeletonema costatum* の出現頻度が 1950 年頃から増加し始め、1960~1970 年にかけて最大値に達し、その後は減少傾向を示すとされている。そして、その出現状況は東京湾における赤潮発生件数の著しい増加と時期的にほぼ一致するとされている³⁾。

以上のことから、本報告においても主として *Skeletonema costatum* の出現状況に着目し、東京湾におけ

1) 兵庫県立姫路工業大学自然・環境科学研究所（兵庫県立人と自然の博物館）

〒669-13 三田市弥生が丘 6 丁目

る本種の赤潮発生との関係について考察した。

II 試料および分析方法

II-1 試料

底質柱状試料は横浜港内 St. 1 および 2 において採取されたものである³⁾。試料の層相と鉛-210 法により決定された深度ごとの堆積年代を図 1 と 2 に示した。St. 1 の試料については、深度 75 cm が 1950 年、深度 45 cm が 1970 年、深度 23 cm が 1980 年、深度 11 cm が 1985 年と決定され、St. 2 については、深度 70 cm が 1930 年、深度 48 cm が 1950 年、深度 26 cm が 1970 年、深度 14 cm が 1980 年、深度 6.3 cm が 1985 年とそれぞれ決定されている³⁾。

珪藻分析は、表泥から深度 100 cm までは 5 cm 間隔で、深度 100 cm より最深部まではほぼ 10 cm 間隔で実施した。

II-2 珪藻分析方法

本調査においては珪藻殻の生産量に着目する関係上、試料の酸処理は行わなかった。珪藻分析の手順は以下のとおりである。

- 1) 秤量した湿試料をシリンダーに取る。
- 2) 蒸留水を加え、十分に攪拌した後、少なくとも 3 回水洗を繰り返す。最終的に試料懸濁液は 50 ml にメスアップする。
- 3) 試料懸濁液 0.5 ml をカバーガラス上に塗布し、乾燥後、マウントメディア (和光純薬) で封入したものを検鏡用プレパラートとする。
- 4) 光学顕微鏡下において Microtransect 法⁴⁾により出現した殻数を計数し、珪藻遺骸群集の組成を明らかにする。珪藻殻含有量は最終的に堆積物の湿重量 1 mg あたりの殻数 (valve/mg) として表す。

海洋プランクトンとしてよく出現する *Bactriastrum* 属, *Chaetoceros* 属, *Eucampia* 属, *Rhizosolenia* 属など、殻が溶解しやすい珪藻の断片や休眠胞子がしばしば認められたが、それらは珪藻遺骸群集を構成する主要な分類群ではなかったことから、今回の計数からは除外した。

III 結果および考察

III-1 珪藻遺骸群集の出現状況

出現した珪藻遺骸群集を海生および汽水生珪藻と淡水生珪藻に大きく区分し、海生および汽水生珪藻については、赤潮原因生物である *Skeletonema costatum*, 閉鎖性海域の代表的な珪藻として *Paralia sulcata*, *Thalassionema nitzschioides* とその他に区分し、それらの出現状況を堆積物 1 mg 中の殻数として図 3 および 4 に示した。

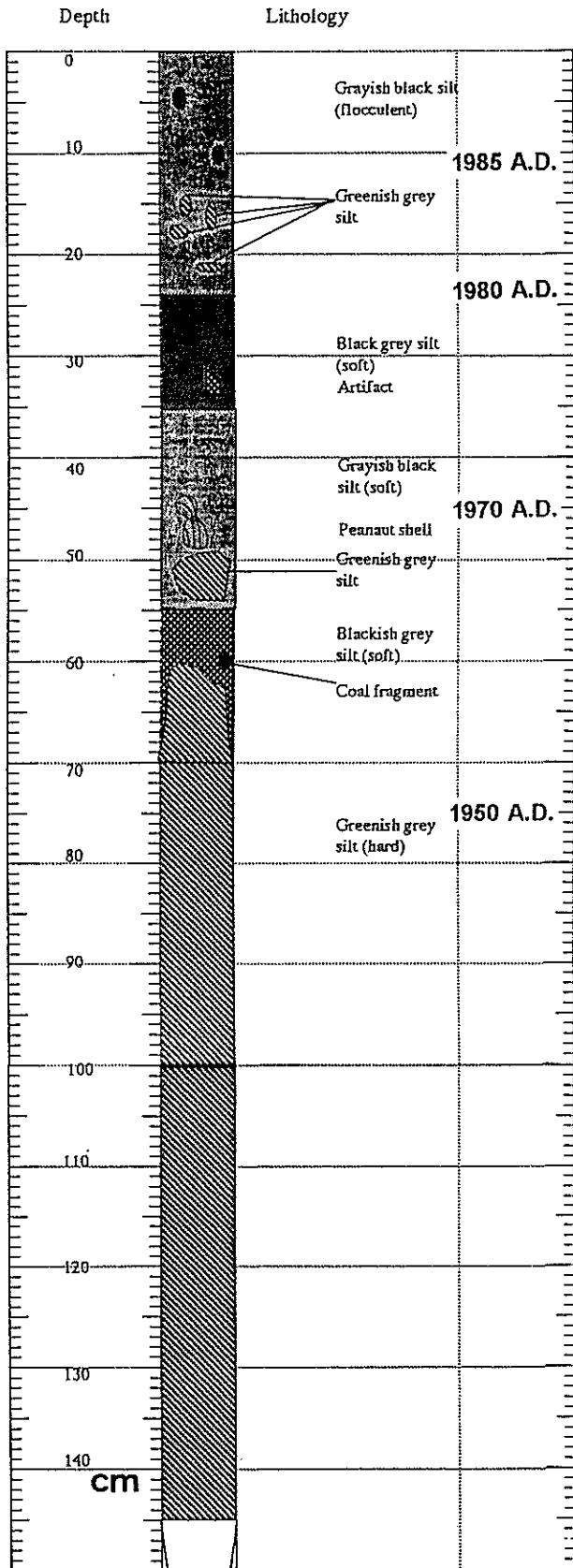
今回出現した主要な珪藻を表 1 および 2 に示した。その他の海生および汽水生珪藻としては、*Thalassiosira* 属が最も多く出現したが、本属の種はそのほとんどが電子顕微鏡による観察なしでは正確な同定ができないため⁵⁾, *Thalassiosira* spp. に一括した。ただし、図版においては、*Thalassiosira eccentrica* などある程度同定可能と思われるものについては種名を記した。

III-1-1 横浜港 St. 1

珪藻殻含有量は深度 15~25 cm で最も多く、それは *Skeletonema costatum* が多く出現したことに起因する。*Skeletonema costatum* を除いた珪藻殻含有量は、下位から上位にかけて顕著な変化傾向は認められなかった。

Skeletonema costatum は、深度 75 cm より上位で出現した。深度 40~45 cm でやや減少した後、再び増加傾向を示した。深度 15~20 cm でその殻数は最大値に達し、それより上位では減少した。すなわち、横浜港 St. 1 の底質柱状試料では、*Skeletonema costatum* は珪藻遺骸群集中に 1950 年頃から出現し始め、1970 年頃

Core: Yokohama Port St. 1



Core: Yokohama Port St. 2

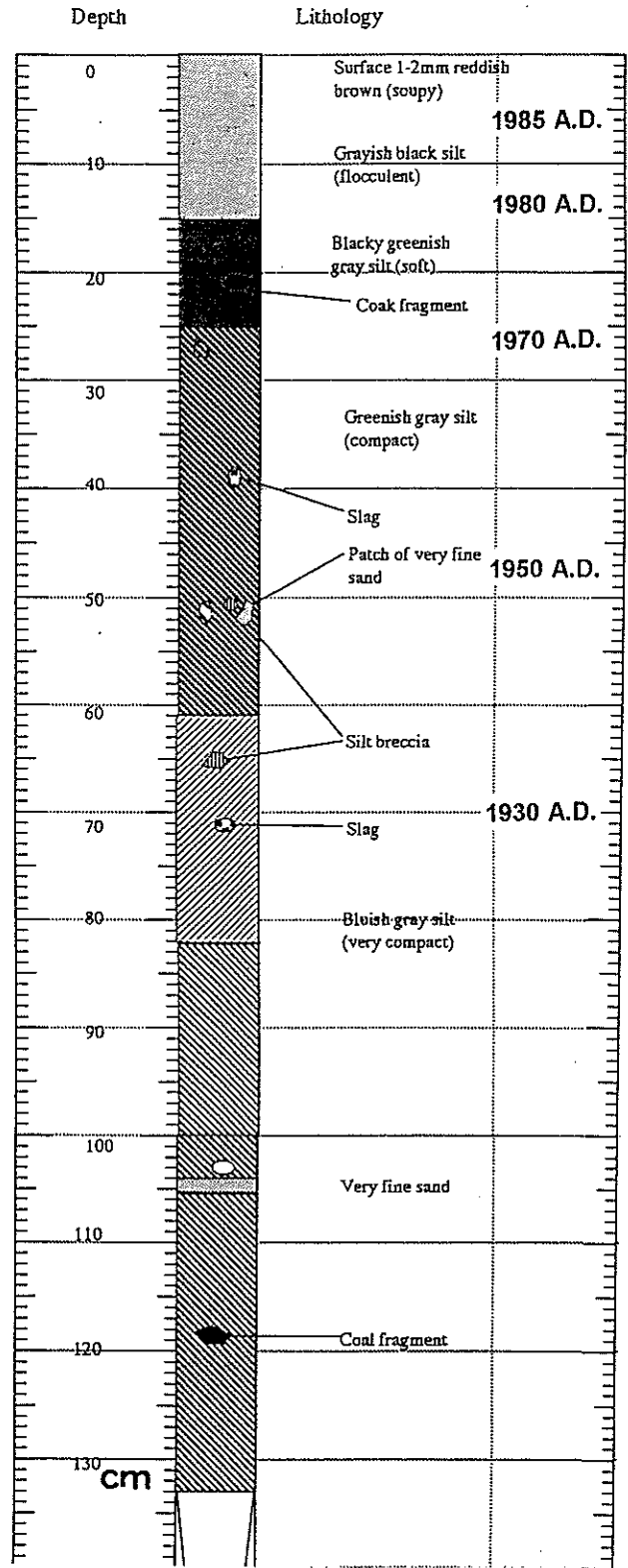


図1 横浜港 St. 1 で採取された試料の柱状図と堆積年代

図2 横浜港 St. 2 で採取された試料の柱状図と堆積年代

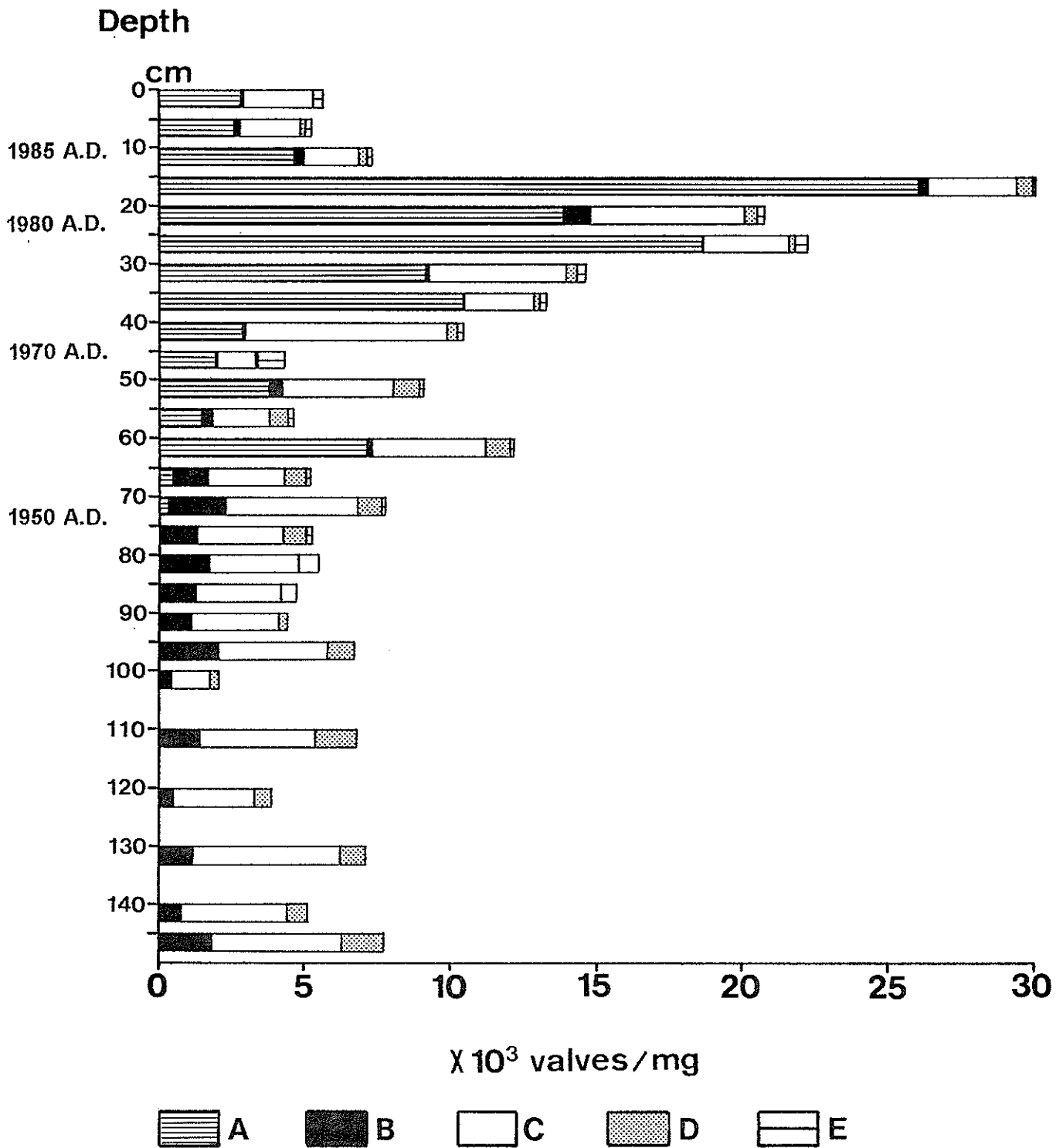


図3 横浜港 St. 1 における珪藻遺骸群集の出現状況
 A: *Skeletonema costatum* B: *Palaria sulcata* C: Marine and Brackish-water diatoms
 D: *Thalassionema nitzschioides* E: Freshwater diatoms

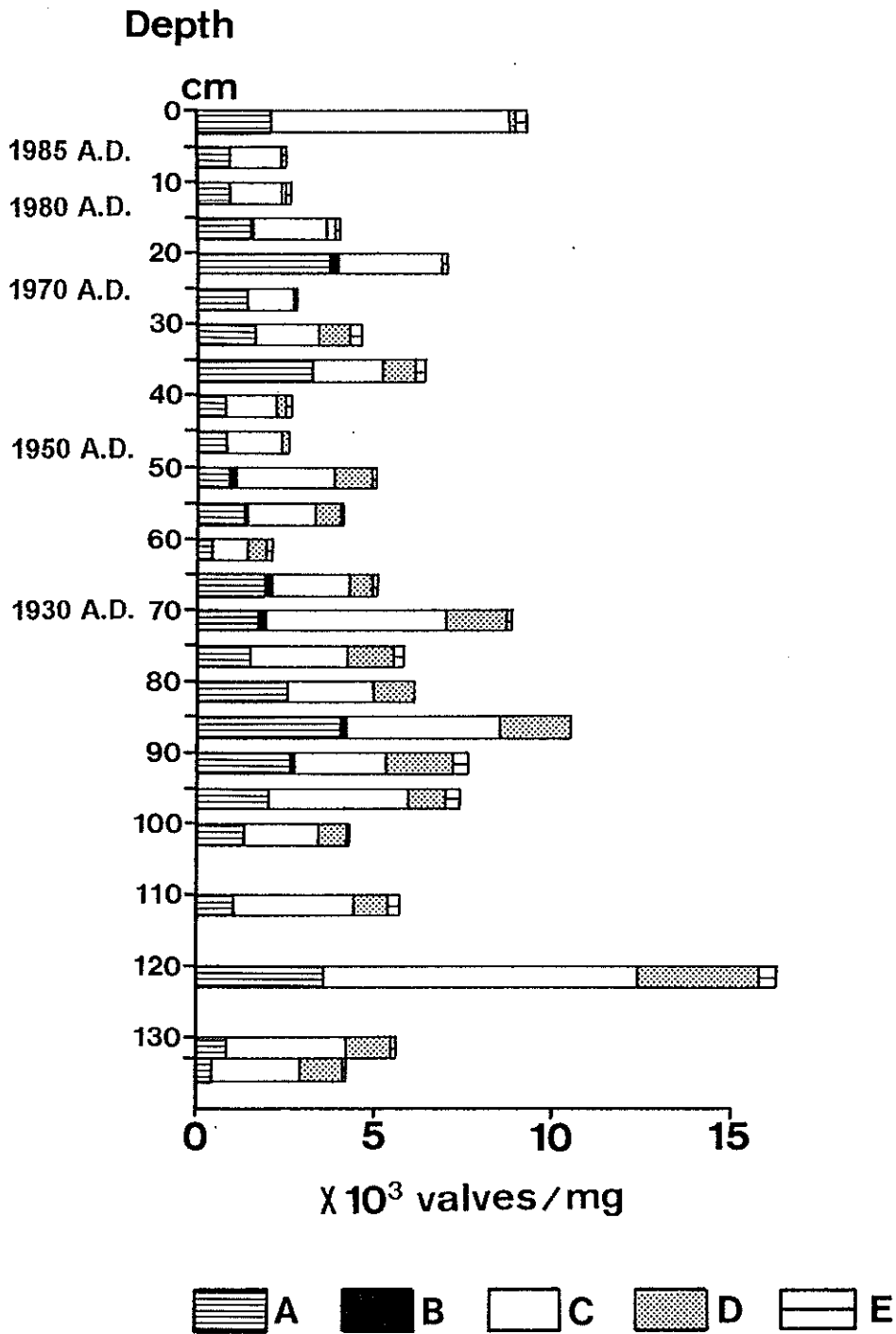


図4 横浜港 St. 2 における珪藻遺骸群集の出現状況
 A: *Skeletonema costatum* B: *Palaria sulcata* C: Marine and Brackish-water diatoms
 D: *Thalassionema nitzschioides* E: Freshwater diatoms

表1 横浜港 St. 1 および 2 において出現した主な海生および汽水生珪藻

Centrales:

Actinocyclus ehrenbergii, *A.* sp.
Actinopterychus splendens, *A. undulatus*
Asteromphalus heptactis
Auliscus caelatus
Biddulphia sp.
Coscinodiscus asteromphalus, *C. nitidus*, *C. oculus iridis*,
C. radiatus
Cyclotella meneghiniana, *C. striata*, *C. stylorum*
Cymatotheca weissflogii
Palaria sulcata
Melosira nummuloides
Skeletonema costatum
Thalassiosira spp.
Tryblionella cocconeiformis

Pennales:

Achnanthes brevipes, *A. hauckiana*
Amphora holsatica, *A. ventricosa*, *A.* spp.
Cocconeis costata, *C. pseudomarginata*, *C. scutellum*
Dimeregramma minor
Diploneis bombus, *D. interrupta*, *D. smithii*, *D. suborbicularis*
D. weissflogii, *D.* spp.
Grammatophora macilenta
Mastogloia sp.
Navicula ammophila, *N. directa*, *N. distans*, *N. hungarica*, *N. lyra*, *N.* spp.
Nitzschia cocconeiformis, *N. granulata*, *N. lanceola*, *N. littoralis*,
N. panduliformis, *N. punctata*, *N. pungens*, *N. sigma*, *N. tryblionella*,
N. spp.
Opephora marina
Pinnularia sp.
Plagiogramma stauroptera
Pleurosigma spp.
Rhopalodia gibberula
Rhaphoneis surirella
Surirella fastuosa
Synedra tabulata
Thalassionema nitzschioides
Tracyneis aspera

表2 横浜港 St. 1 および 2 において出現した主な淡水生珪藻

Centrales:

Aulacoseira ambigua, *A. granulata*
Cyclotella bodanica, *C. comta*

Pennales:

Achnanthes lanceolata, *A. minutissima*
Cocconeis placentula
Cymbella turgidula, *C. ventricosa*
Eunotia pectinalis
Fragilaria capucina, *F. crotonensis*, *F. virescens*
Gomphonema gracile, *G. parvulum*
Hantzschia amphioxys
Navicula elginensis, *N. gregaria*, *N. mutica*, *N. pupula*, *N. viridula*
Neidium affine
Nitzschia amphibia, *N. frustulum*, *N. palea*
Pinnularia braunii, *P. gibba*, *P. microstauron*
Rhoicosphenia curvata
Surirella angusta

に一時減少したが、再び増加して1980~1985年頃に最大に達した。

Thalassionema nitzschioides はすべての深度にわたって出現したが、深度45 cmより上位では、群集中に占める率は低く、深度45 cmより下位の深度ではやや高かった。深度45 cmの堆積年代が1970年であることから、St. 1では、*Thalassionema nitzschioides* は1970年より以前において、比較的よく出現していたものと考えられる。*Palatia sulcata* は深度65 cmより下位で遺骸群集中に占める率が高くなり、深度20 cmでもやや高くなった。

淡水生珪藻の出現は河川水の影響を示すものと考えられる。その出現は全体的に少なかったが、深度45 cmでは、珪藻殻数としておよそ900/mgにまで増加した。深度45 cmの堆積年代が1970年とされていることから、この時期に河川水の影響が大きくなるようなイベントがあったものと推定される。

III-1-2 横浜港 St. 2

珪藻殻含有量は、深度ごとに増減を繰り返す、顕著な変化傾向は認められなかった。

Skeletonema costatum も最深部132 cmまで出現し、下位から上位にかけて特に顕著なピークは認められなかった。一方、*Thalassionema nitzschioides* は深度30 cmより下位でよく出現し、深度70 cmより下位でやや多くなる傾向を示した。深度26 cmの堆積年代が1970年であることから、St. 2でもSt. 1と同様に、*Thalassionema nitzschioides* は1970年より以前においてよく出現していたものと考えられる。

St. 2では、1970年頃に淡水生珪藻の顕著な出現は認められなかった。

III-1-3 *Skeletonema costatum* の深度分布と赤潮発生の記録

プランクトン群集を構成する珪藻のほとんどの殻が、細胞の死後、沈積する過程あるいは沈積後に溶解することは古くから知られている⁶⁾。海域においても、プランクトン群集を構成する珪藻の殻の大部分は溶解・消失し、遺骸として残る珪藻殻は溶解に対して耐性を有するものであることが実験的にも確かめられている⁷⁾。*Skeletonema* のように珪酸質の殻が薄い珪藻については、堆積後の珪藻殻の溶解を考慮する必要があるかもしれない。しかし、ここでは珪藻殻の溶解が生じたとしても、底質柱状試料中の*Skeletonema* の含有量は過去における本種の出現状況を正しく反映しているものとして考察を試みる。

横浜港 St. 1 の底質柱状試料における *Skeletonema costatum* の深度分布をみると、本種は深度75 cmより下位、すなわち1950年頃より以前の堆積物ではほとんど認められなかった。St. 1において、*Skeletonema* が1950年頃からプランクトンとして出現し始めたとは考えにくい、1950年以降に、その出現が顕著になったものと推定される。

東京湾におけるこれまでの新生堆積物に関する調査では、*Skeletonema* は特徴的な深度分布を示し、赤潮の発生頻度と相関があることが報告されている²⁾³⁾。そして、それらの調査報告では、*Skeletonema* の出現頻度は1960~1970年に急増もしくは最大値を示すとしている。

St. 1では、*Skeletonema* は1970年頃に一時的に減少した。この減少は、淡水生珪藻の増加から河川の影響が強かったことに起因するものと推定される。その後再び増加して1980~1985年頃に相当する深度15~20 cmで最大値を示した。これは東京湾において1977年から1985年にかけてみられた赤潮発生の中で、*Skeletonema* による赤潮が1983年に10回と最も多くみられたこととよく一致している⁸⁾。すなわち、St. 1では、底泥中の珪藻遺骸群集は1950年以降の東京湾における赤潮発生頻度を反映しているものと考えられる。

一方、St. 2においては最下部まで、*Skeletonema* は出現し、下位から上位にかけて特に顕著な増加はみられなかった。すなわち、*Skeletonema* の出現状況についてSt. 1と全く異なる結果が得られた。このような地点による相違は、今後さらに調査する必要がある。

IV おわりに

底質柱状試料の珪藻遺骸群集の分析から、東京湾横浜港内 St. 1 および 2 において、*Thalassionema nit-*

zschioides は 1970 年頃より以前においてよく出現していたものと推定された。

また、St. 1 では、底質柱状試料中の *Skeletonema costatum* の出現状況と過去における本種の赤潮発生頻度の記録とはよく一致した。しかし、本種の出現は、St. 1 でも 1950 年頃より以前には認められなかったり、St. 2 では赤潮の発生頻度と一致しなかったりするなどの問題を残した。これらの点については、珪藻殻の溶解を考慮する必要があるものと思われる。

謝 辞

本研究を行う機会を与えて下さった横浜市環境科学研究所の白柳康夫氏と神奈川県立生命の星・地球博物館の松島義章博士に深く感謝いたします。

文 献

- 1) 福島 博・小林艶子 (1975) : 生物指標としての珪藻. P. 54-60. 日本生態学会環境問題専門委員会編「環境と生物指標 2 - 水界編 -」, 310 p.
- 2) 松本英二・横田節哉・西村 昭・木下泰正・有田正史・村上文敏・青木市太郎・富樫茂子・狛 武 (1982) : 赤潮による底質汚染機構に関する研究. 1-10.
- 3) 横浜環境科学研究所 (1992) : 横浜港の水質・底質汚濁に関する調査報告書. 133 p.
- 4) American Public Health Association, American Water Work Association and American Pollution Controll Federation (APHA AWWA WPCF)(1985) : Standard methods for the examination of water and wastewater. 16th ed., 1269p, American Public Health Association.
- 5) 高野秀昭 (1978) : 海産珪藻の微細構造と分類学の進展. 月刊海洋科学, Vol.12, 965-972.
- 6) Huber-Pestalozzi, G.(1942) : Das Phytoplankton des Süßwassers. In Thienemann A. (ed.) Die Binnengewässer. Band XVI. Teil 2, 2 Haifte. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung, Stuttgart.
- 7) Mikkelsen, N (1980) : Experimental Dissolution of Pliocene Diatoms. Nova Hedwigia, 33, 893-907.
- 8) 矢部禎昭 (1987) : 東京湾の水質と生物変遷. 水質汚濁研究, Vol.10, No.8, 458-464.

図版 1

1. *Actinocyclus ehrenbergii* Ralfs
2. *Auliscus caelatus* Bailey
3. *Asteromphalus heptactis* (Brébisson) Ralfs
4. *Actinoptychus undulatus* (Ehrenberg) Ralfs
5. *Cyclotella striata* (Kützing) Grunow
6. *Cymatithea weissflogii* (Grunow) Hendey
7. *Palaria sulcata* (Ehr.) Cleve
8. *Biddulphia* sp.
9. *Cyclotella* sp.?
10. *Skeletonema costatum* (Greville) Cleve
(スケール A, B ともに 10 μ m, 4 以外はすべて A)

図版 2

1. *Coscinodiscus asteromphalus* Ehr.
- 2~5. *Thalassiosira eccentrica* (Ehr.) Cleve
- 6~13. *Thalassiosira* spp.
(スケールは 10 μ m)

図版 3

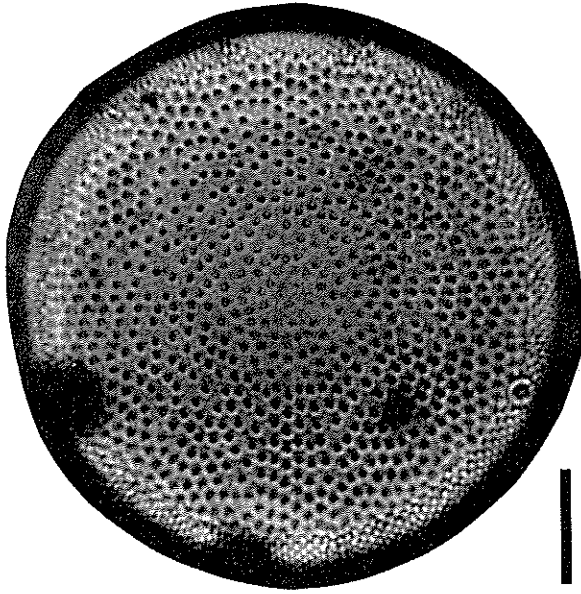
- 1~3. *Thalassiosira nordenskiöldii* (Cleve) A. Cleve あるいは *T. binata* Fryxell
- 4~14. *Thalassiosira* spp.
(スケールは 10 μ m)

図版 4

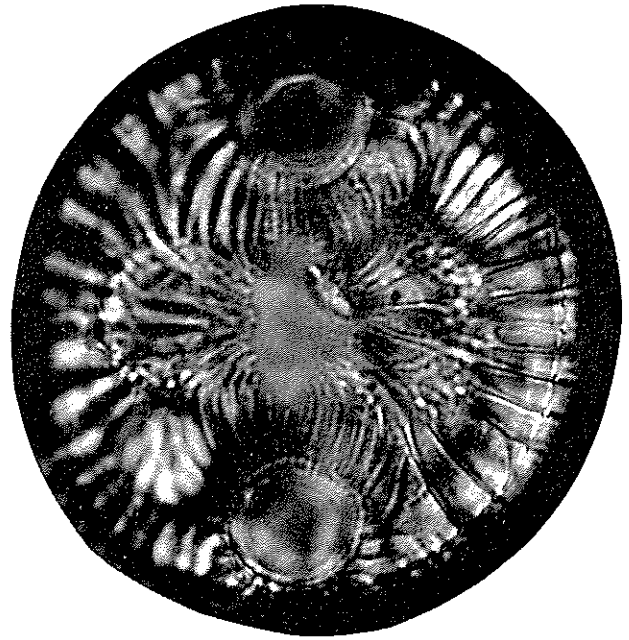
1. *Cocconeis scutellum* Ehr.
2. *Diploneis* sp.
3. *Diploneis bombus* Ehr.
- 4,5. *Diploneis weissflogii* (A. Schmidt) Cleve
6. *Diploneis smithii* (Brébisson) Cleve
7. *Grammatophora macilenta* W. Smith
8. *Navicula ammophila* Grun.
9. *Gomphonema gracile* Ehr.
10. *Nitzschia panduliformis* Gregory
11. *Nitzschia littoralis* Grun.
12. *Nitzschia pungens* Grun.
13. *Rhaphoneis surirella* (Ehr.) Grun.
- 14,15. *Trachyneis aspera* (Ehr.) Cleve
- 16,17. *Thalassionema nitzschioides* Grun.
(スケールは 10 μ m)

図版 5

1. *Bacteriastrum delicatulum* Cleve
2. *Pleurosigma strigosum* W. Smith
3. *Grammatophora macilenta* W. Smith
4. 珪質鞭毛藻 *Ebria tripartita* (Schumann) Lemmermann
5. 珪質鞭毛藻 *Dictyocha fibula* Ehr.
(スケールは 10 μ m)

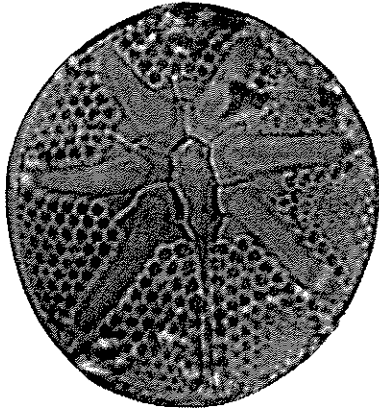


1

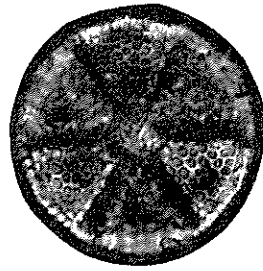


2

A

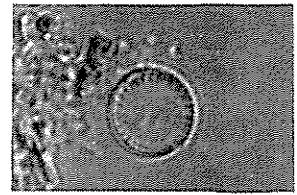


3

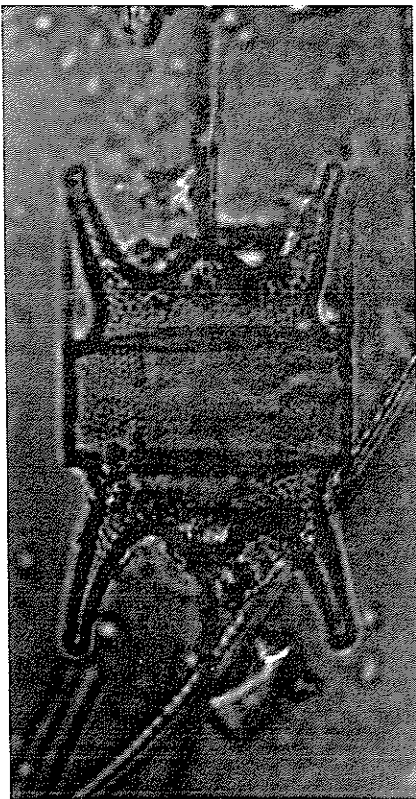


4

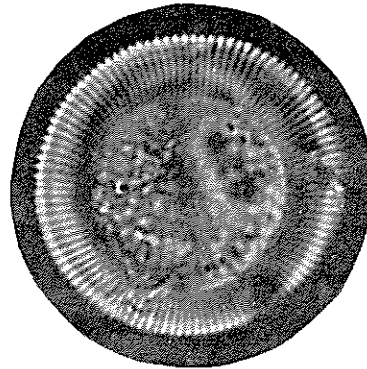
B



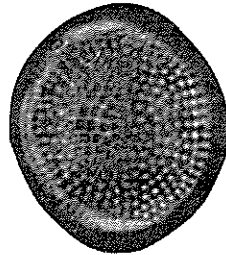
9



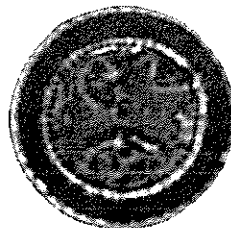
5



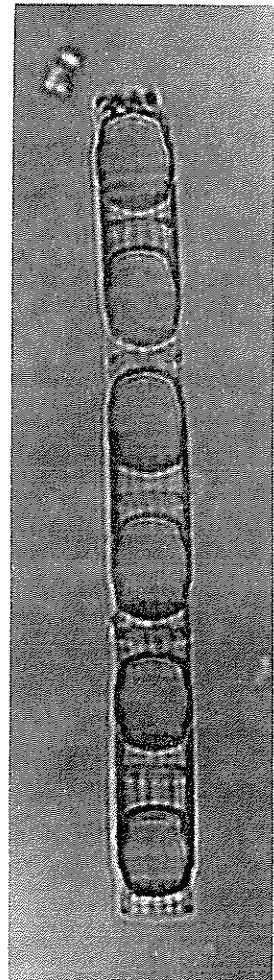
6



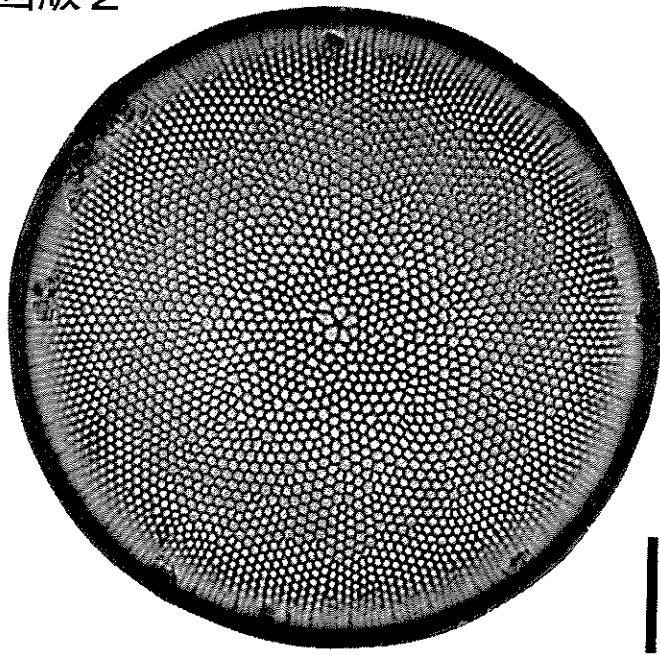
7



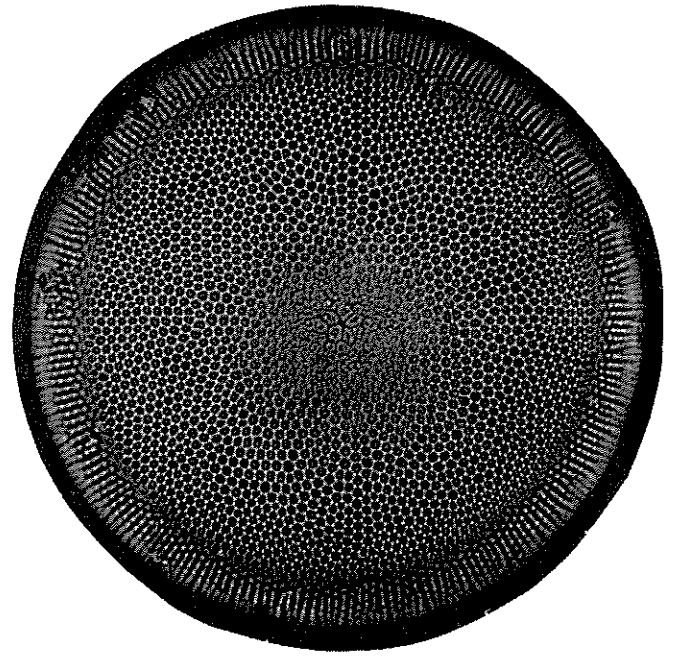
8



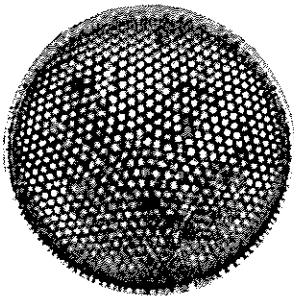
10



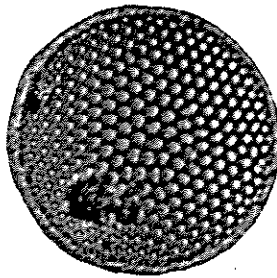
1A



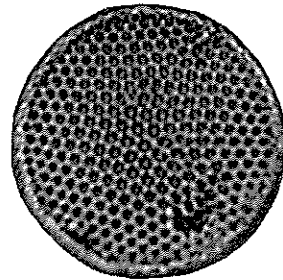
1B



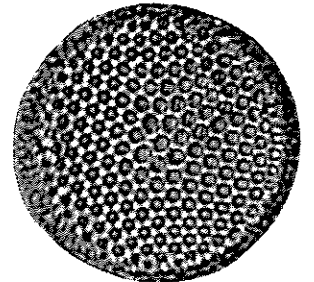
2



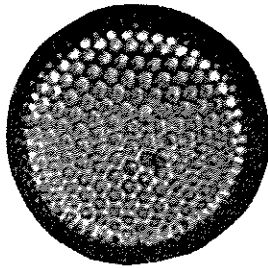
3



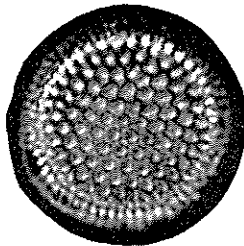
4



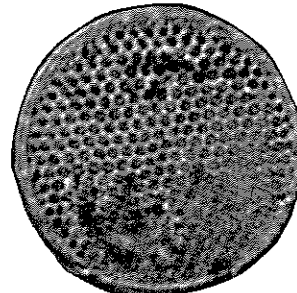
5



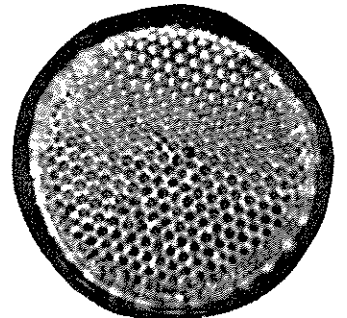
6



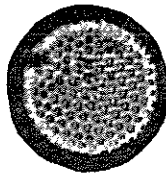
7



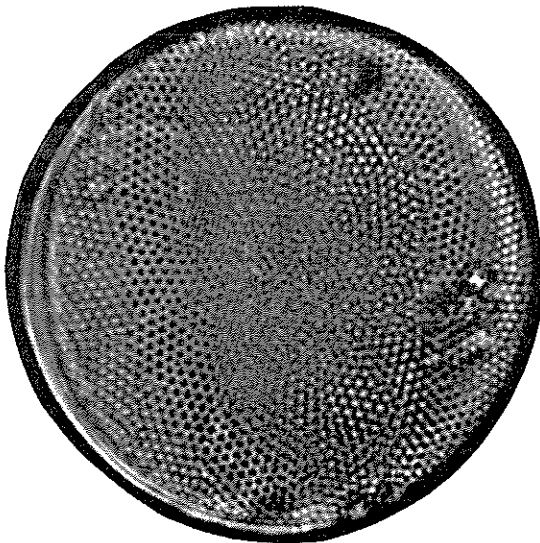
8



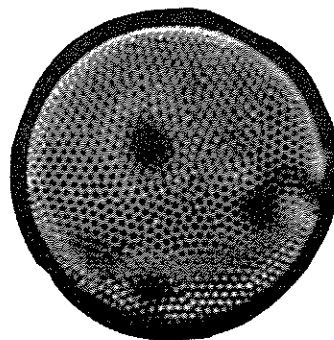
9



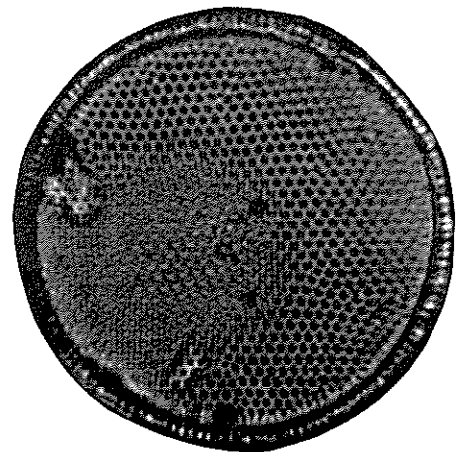
10



11

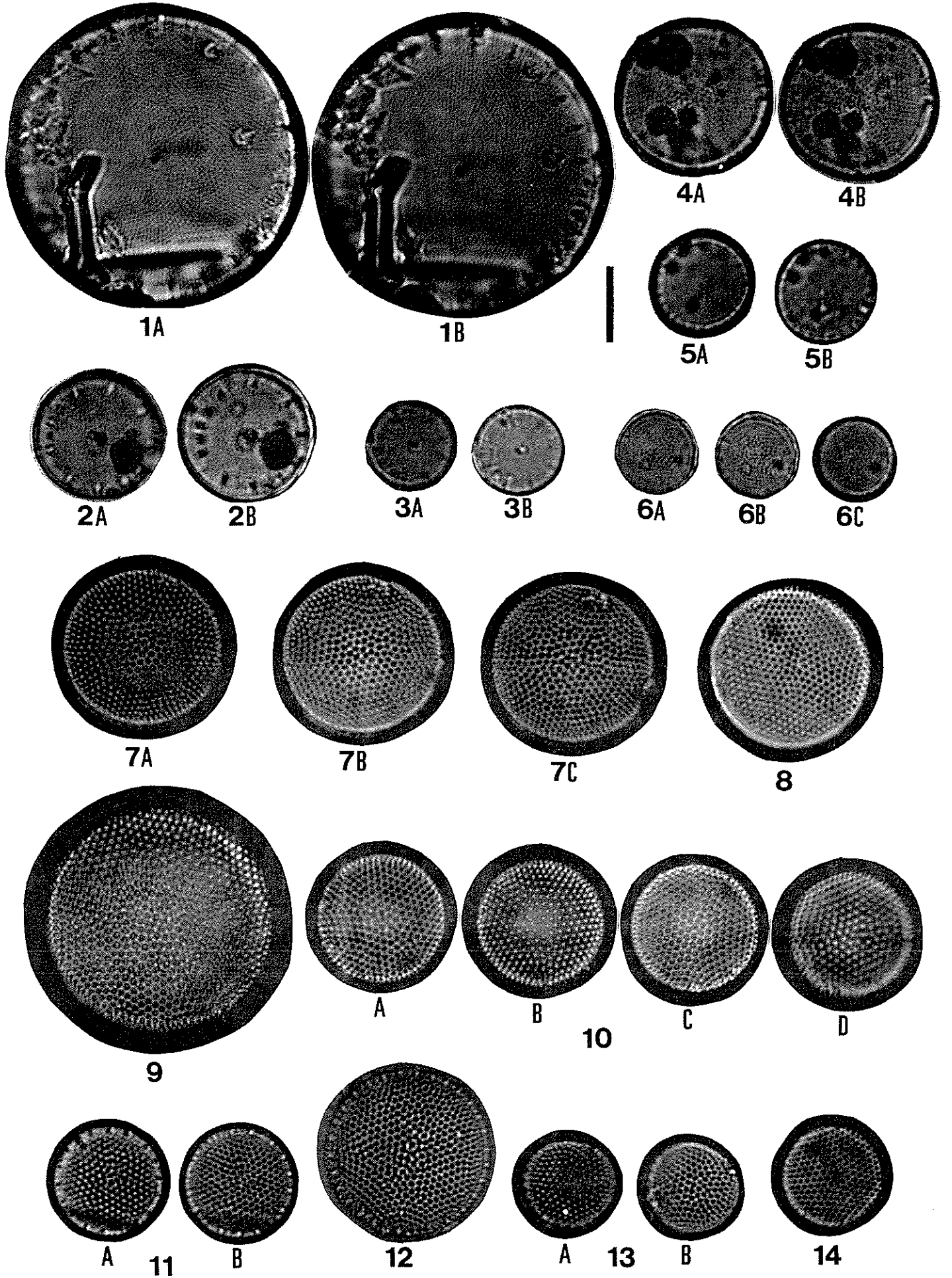


12

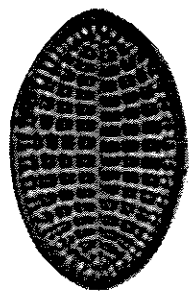


13

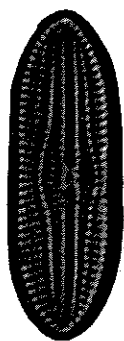
图版 3



图版 4



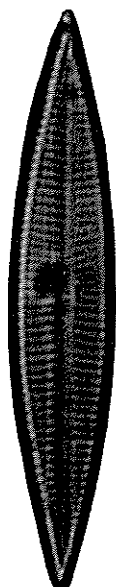
1



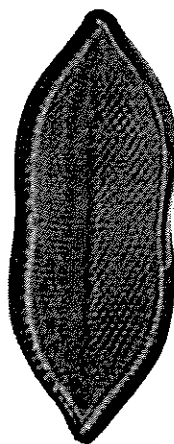
2



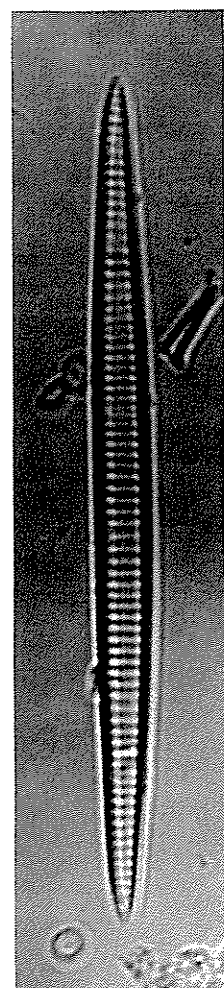
7



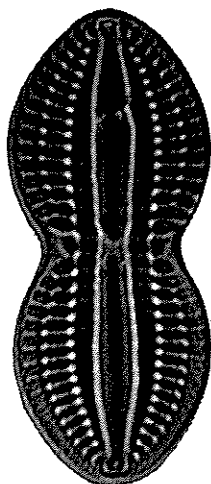
8



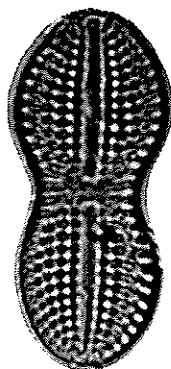
10



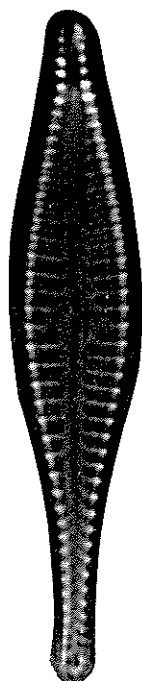
12



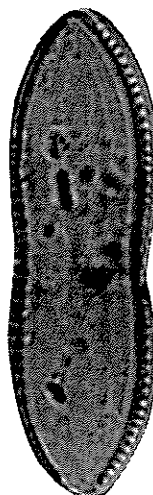
3



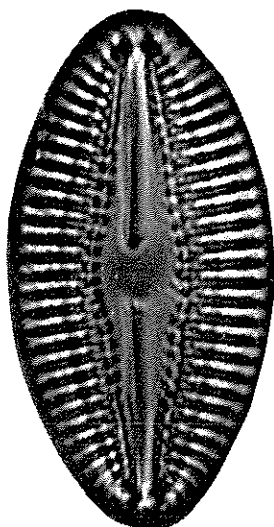
4



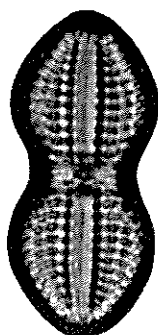
9



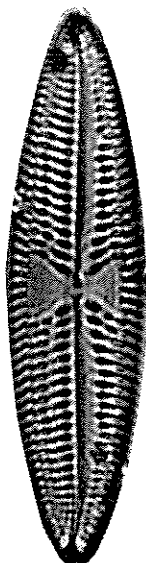
11



6



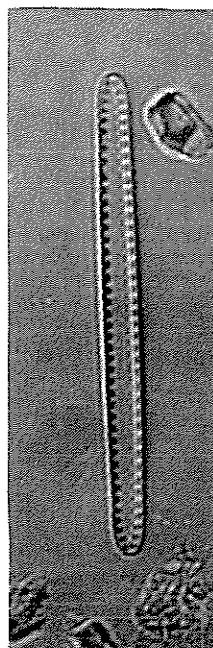
5



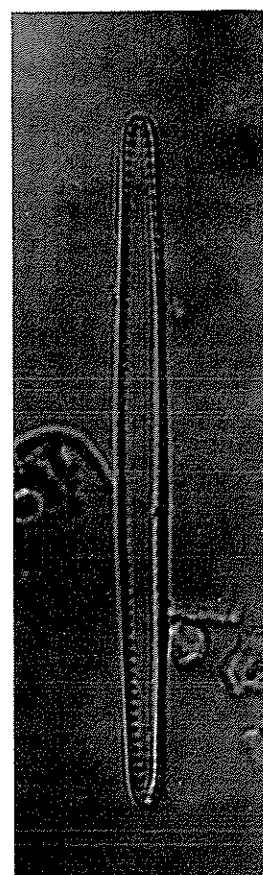
14



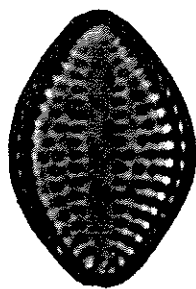
15



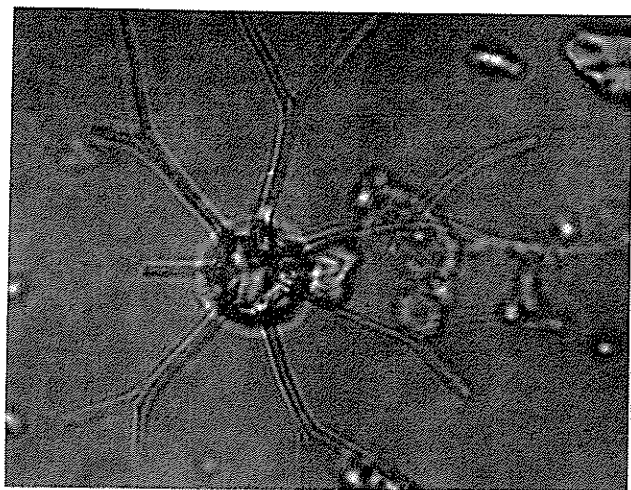
16



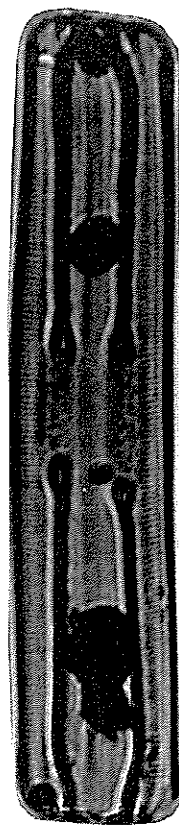
17



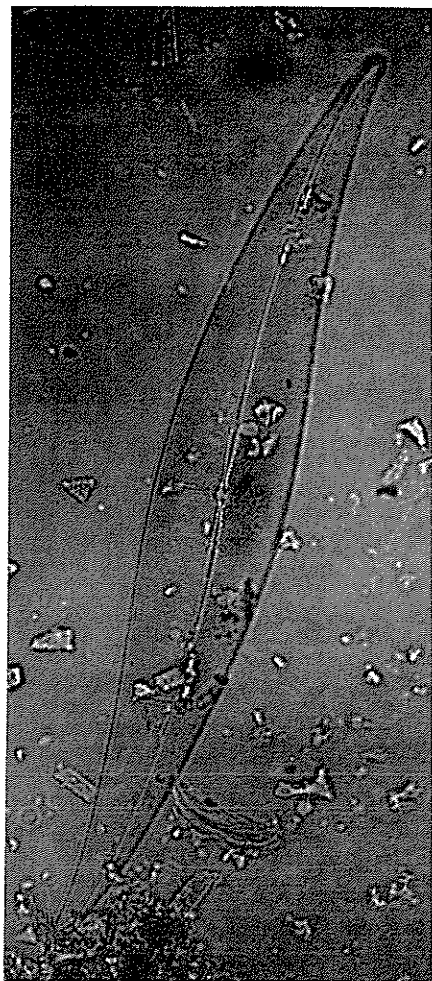
13



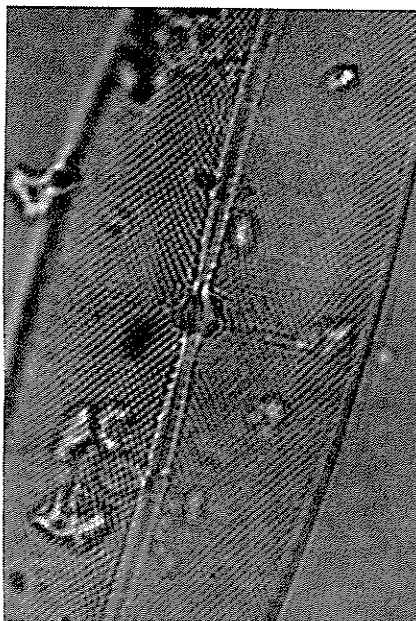
1



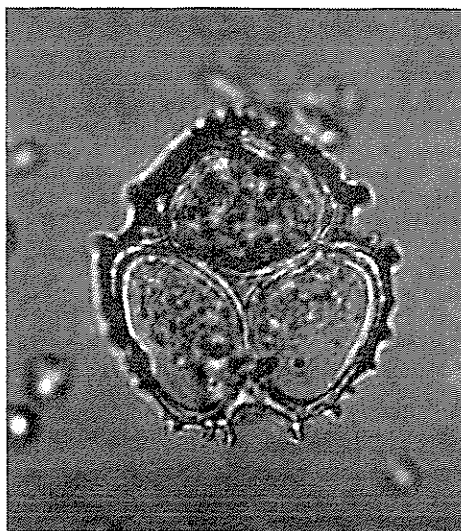
2



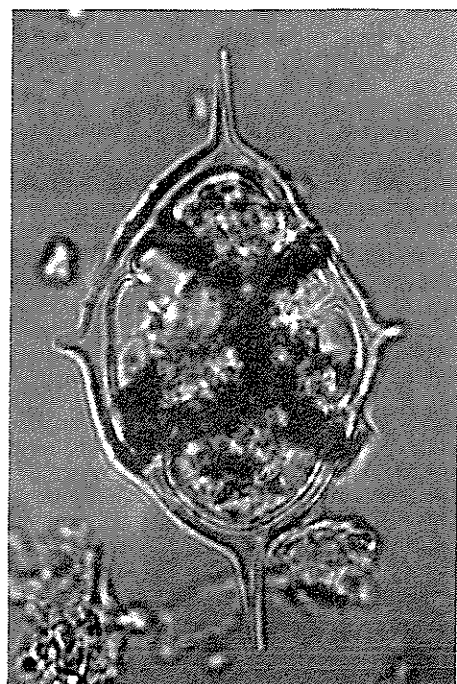
3A



3B



4



5