

第4章 横浜市沿岸域におけるプランクトンの特徴

鳥海 三郎*, 水尾 寛己**, 畠中 潤一郎***

4-1 はじめに

東京湾は房総半島と三浦半島に囲まれた湾であり、両半島の先端部の洲崎と剣崎を結ぶ幅は約 20 km で外海の太平洋と区切られている。更に内側の浦賀水道の幅は約 10 km で両半島は結ばれている。この浦賀水道より内側を内湾と呼んでいる。このように東京湾は外洋の海水が入りにくい、典型的な閉鎖型の内湾である。また、この湾に一級河川である、多摩川、鶴見川などが流れこむことに加えて、水深も平均 15 m と比較的浅く、風による湧昇流も起きやすいなど、湾が自然下でも栄養塩が補給されやすく、海水の富栄養化が起こりやすい条件を備えているといえる。それらに加えて、最近では湾の埋め立てにより建設された工場の排水や、家庭の生活排水による、人為的な汚染も進行していると指摘されている、環境汚染の進行しやすい内湾であるといえる。

プランクトンの異常発生による赤潮現象の解明のためには、培養実験などにより得られたプランクトンの生理的特性とそれらの出現海域における各種の環境要因などを総合的に解析することが、必要かつ不可欠なことであると考えられる。

東京湾の赤潮生物の報告は、岡村¹⁾が千葉県の本更津沖で発生した赤潮の観察を記載したのが最初である。その後も横浜測候所などからの報告もみられるが、横浜市が浦賀水道以北の横浜市側の沿岸域の水質とプランクトンの観察をはじめたのは 1986 年からであり、福島ら²⁾は珪藻を中心に報告をしている。その後、井上³⁾、鳥海⁴⁾、河地ら⁵⁾、鳥海⁶⁾、本多ら⁷⁾により、3 年毎に調査が継続されている。ここでは、これらの現在までの調査結果をもとに、横浜市沿岸域のプランクトンの特徴について述べる。

4-2 1994 年における横浜市沿岸域のプランクトン調査

4-2-1 調査時期及び調査地点

今回、横浜市沿岸域の水質や東京湾に出現する、赤潮生物種の特徴を把握するために、図 4-1 に示す扇島沖 (A 地点)、木更沖 (B 地点)、中の瀬 (C 地点)、本牧沖 (D 地点)、横浜港沖 (E 地点) の 5 地点において、1994 年 4 月 22 日、5 月 24 日、6 月 9 日、7 月 11 日、7 月 27 日、8 月 12 日、9 月 13 日、9 月 29 日の計 8 回の調査を行なった。

4-2-2 調査方法

プランクトンの採集は、船上から網目の大きさ 20 μm のプランクトンネットにより海の表面近くの海水の中を平に引くことにより行なった。ネットで採集されたプランクトンは、ただちに、5%ホルマリンで固定した。固定されたプランクトンは光学顕微鏡で観察し、またその一部については走査型電子顕微鏡で観察した。また、プランクトンの優占種の個体数を計測するためにバケツで海の表面の海水を汲み上げ、1000 ml のメス

Plankton organisms of coastal water in Yokohama City

*Saburo Toriumi, **Hiromi Mizuo, ***Jun-ichiro Hatakenaka

*観音崎自然博物館客員研究員、元横浜市立東高等学校、**横浜市環境科学研究所

***横浜市環境保全局公害対策部

渦鞭毛藻類

- Prorocentrum minimum* (Pavillard) Schiller
Prorocentrum triestinum Schiller
Dinophysis vanföffenii Ostenfeld
Gonyaulax verior Sournia
Gonyaulax spinifera (Claparède et Lachmann) Diesing
Heterocapsa triquetra (Ehrenberg) Stein
Oxyphysis oxytoxoides Kofoid
Protoperidinium bipes (Paulsen) Balech
Protoperidinium pellucidum Bergh
Ceratium fusus (Ehrenberg) Dujardin
Ceratium kofoidii Jörgensen

黄金藻類

- Dictyocha fibula* Ehrenberg
Distephanus speculum (Ehrenberg) Haeckel
Ebria tripartita (Schumann) Lemmermann

緑藻類

- Sendismus* sp.

中の瀬 (B 地点) では以下のプランクトンが観察された。

珪藻類

- Skeletonema costatum* (Grevikke) Cleve
Eucampia zodiacus Ehrenberg

渦鞭毛藻類

- Prorocentrum minimum* (Pavillard) Schiller
Prorocentrum triestinum Schiller
Dinophysis vanföffenii Ostenfeld
Gonyaulax verior Sournia
Oxyphysis oxytoxoides Kofoid
Protoperidinium bipes (Paulsen) Balech
Protoperidinium pellucidum Bergh
Ceratium fusus (Ehrenberg) Dujardin
Ceratium kofoidii Jörgensen

黄金藻類

- Ebria tripartita* (Schumann) Lemmermann

本牧沖 (C 地点) では以下のプランクトンが観察された。

珪藻類

- Skeletonema costatum* (Grevikke) Cleve
Eucampia zodiacus Ehrenberg

渦鞭毛藻類

Prorocentrum minimum (Pavillard) Schiller
Prorocentrum triestinum Schiller
Dinophysis vanföffenii Ostenfeld
Gonyaulax verior Sournia
Oxytyphis oxytoxoides Kofoid
Protoperidinium bipes (Paulsen) Balech
Protoperidinium pellucidum Bergh
Ceratium fusus (Ehrenberg) Dujardin
Ceratium kofoidii Jörgensen

黄金藻類

Dictyocha fibula Ehrenberg
Distephanus speculum (Ehrenberg) Haeckel
Ebria tripartita (Schumann) Lemmermann

横浜港沖 (D 地点) では以下のプランクトンが観察された。

珪藻類

Skeletonema costatum (Grevikke) Cleve
Eucampia zodiacus Ehrenberg

渦鞭毛藻類

Prorocentrum minimum (Pavillard) Schiller
Prorocentrum triestinum Schiller
Dinophysis vanföffenii Ostenfeld
Gonyaulax verior Sournia
Gonyaulax spinifera (Claparède et Lachmann) Diesing
Heterocapsa triquetra (Ehrenberg) Stein
Oxytyphis oxytoxoides Kofoid
Protoperidinium bipes (Paulsen) Balech
Protoperidinium pellucidum Bergh
Ceratium fusus (Ehrenberg) Dujardin
Ceratium kofoidii Jörgensen

黄金藻類

Dictyocha fibula Ehrenberg
Distephanus speculum (Ehrenberg) Haeckel
Ebria tripartita (Schumann) Lemmermann

また、今回の調査における海水 1 ml 中に観察された優占種 5 種の個体数を表 4-1 に示した。

4-3 過去 11 年間における横浜市沿岸域に出現したプランクトンの特徴

4-3-1 使用したデータ

横浜市沿岸域に出現する赤潮生物種の特徴を把握するために、1984 年の井上²⁾、鳥海³⁾による調査から 1994 年の鳥海による調査までの過去 11 年間、延べ 38 回のプランクトンの優占種データについて検討した。調査

表4-1 1994年4月22日に観察された優占種5種の個体数

種名	A地点	B地点	C地点	D地点
<i>Skeletonema costatum</i>	150			1000
珪藻類(前種を除く)	1000	20	200	
<i>Prorocentrum minimum</i>	140	20	820	340
<i>Ceratium fusus</i>	110	80	600	340
<i>Ceratium kofoidii</i>	50	20	350	220
<i>Gonyaulax verior</i>	40			100
<i>Oxytyphis oxytoxoides</i>		20		
<i>Protoperidinium</i> spp.			200	

表4-2 横浜市沿岸水域におけるプランクトン調査日及び調査者

プランクトン調査年月日	調査者
1984年6月4日、9月20日、11月13日	井上 ³⁾ 、鳥海 ⁴⁾
1987年7月14日、10月23日、11月20日	河地ら ⁵⁾ 鳥海 ⁶⁾
1988年5月19日、6月1日、6月6日、6月29日、7月14日、8月22日	畠中
1989年8月25日、12月4日	水尾・鳥海
1990年5月29日、6月8日、7月4日、8月1日	本多ら ⁷⁾
1991年6月17日、7月19日、8月16日、9月5日	水尾・鳥海
1992年6月3日、7月21日、7月29日、9月7日	水尾・鳥海
1993年5月21日、6月22日、8月9日、9月7日	水尾・鳥海
1994年4月22日、5月24日、6月9日、7月11日、7月27日、8月12日 9月13日、10月31日	鳥海

日及び調査者については表4-2に、調査結果については表4-3に示した。

4-3-2 調査結果

既存の報告書から、東京湾で赤潮を形成する生物としては、クリプト藻綱、渦鞭毛藻綱、珪藻綱、ラフィド藻綱、黄金色藻綱、ハプト藻綱、ミドリムシ藻綱、プラシノ藻綱、緑藻綱に属する生物があり、その他動物プランクトンである *Mesodinium rubrum* が赤潮を形成することが知られている。また、東京湾は典型的な内湾なので、植物のラン藻綱や動物の甲殻類などの赤潮は見られないようである。これら報告された生物の中でクリプト藻綱、ハプト藻綱、プラシノ藻綱に属する生物は、通常、細胞の大きさが10 μ m程度のものでナノプランクトンとよばれ、プランクトンネットでは、通常、採集することが難しい生物であり、その同

表4-3 過去11年間における横浜市沿岸水域に出現したプランクトン優占種

調査時期 (年)	1984	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	合計
種名 (回数)	3	3	6	2	4	4	4	4	8	38
渦鞭網藻類										
<i>Ceratium furca</i>									3	3
<i>Ceratium fusus</i>									2	2
<i>Ceratium kofoidii</i>								1	1	2
<i>Gimnodinium mikimotoi</i>		1								1
<i>Noctiluca scintillans</i>	1									1
<i>Oxyphysis oxytoxoides</i>								1		1
<i>Prorocentrum micans</i>									1	1
<i>Prorocentrum minimum</i>							1		1	2
<i>Prorocentrum triestinum</i>		2	2		1	1	1			7
<i>Protoperdinium</i> spp.	3									3
珪藻類										
<i>Chaetoceros disipians</i>						1				1
<i>Chaetoceros sociale</i>						1				1
<i>Chaetoceros</i> sp.								1	1	2
<i>Coscinodiscus granii</i>					1					1
<i>Coscinodiscus</i> spp.	2				1	1				4
<i>Ceraturina dentata</i>								1		1
<i>Cylindrotheca closterium</i>				1						1
<i>Eucampia zodiacus</i>	1		2			1		1		5
<i>Navicula</i> sp.							2		1	3
<i>Nitzchia closterium</i>									2	2
<i>Nitzchia longissima</i>		1			2		1	1	1	6
<i>Nitzchia pungens</i>	2	1		1		2	1	1	1	9
<i>Rhizosolenia fragillissima</i>		1	2					1		4
<i>Rhizosolenia setigera</i>		1		1		1				3
<i>Skeletonema costatum</i>	3	1	4	1	4	3	1	1	1	19
<i>Stepanopykis palmeriana</i>						2	1	2	1	6
<i>Thalassionema nitzschioides</i>			1	1		1				3
<i>Thalassiosira anguste-lineate</i>			1		2		1			4
<i>Thalassiosira</i> sp.									1	1
ラフィド藻類										
<i>Heterosigma akashiwo</i>			2	1	4		1	1	2	11
繊毛虫類										
<i>Mesodinium rubrum</i>									1	1
<i>Tintinops</i>									1	1
黄金藻類										
<i>Cryptomonad</i> sp.							1			1
<i>Dictyocha fibula</i>									1	1
<i>Distephanus speculum</i> var <i>octomarius</i>		1								1
<i>Mantoniella squauta</i>							1			1
<i>Rhodomonas</i> sp.							1			1
ミドリ虫類										
<i>Euglena</i> spp.									1	1
その他の微細藻類							1	2	1	4

定も容易でないためにここでは論究を行なわなかった。

調査結果からは、出現頻度の高いプランクトンとして、*Skeletonema costatum*, *Nitzschia pungens*, *Heterosigma akashiwo*, *Prorocentrum triestinum*, *Stephanopyxis palmeriana*, *Nitzschia longissima*, *Eucampia zodiacus*, *Ceratium furca*, *Thalassiosira anguste-lineate*, *Rhizosolenia fragillissima*, *Rhizosolenia setigera*, *Thalassionema nitzschioides* など内湾性の赤潮プランクトンが観察された。外洋性種はほとんど観察されなかった。

4-4 考 察

4-4-1 東京湾及び横浜市沿岸域におけるプランクトンの種類の遷移

東京湾に出現する赤潮種は、岡村⁸⁾や菅原⁹⁾、佐藤¹⁰⁾のまとめによると、1950年頃は鞭毛藻の方が珪藻より多くみられたようであり、その傾向は現在まで続いているようである。丸茂、村野¹¹⁾によると、東京湾は1947年ごろは磯の香りをもち、外洋性の珪藻もみられ1920年代と殆ど変わりがないようであるが、年々外洋性種が減少して1970年代には珪藻の外洋性種は全く観察されなくなったとされている。このような海の富栄養化に伴って、東京湾では赤潮の発生件数も増えてきた。柳田¹²⁾によると、東京湾の赤潮発生件数は1955年前後から急激に増加している。これはまさに東京湾周辺の工業化が始まったころと一致しているとした。この頃の東京湾の赤潮発生について平野¹³⁾は、東京湾の赤潮は発生する時期・場所が例年殆ど一定していて、赤潮プランクトンは発生当初からかなり濃い密度で出現してくる。すなわち一時に赤潮状態が出現し、それが海況・気象の如何により赤潮海面を拡大するとしている。また、柳田¹²⁾は平常時においてプランクトン相の定常的振動（一年のサイクルを通じての遷移）がおこるが、いったん富栄養化した後でも定常的振動はおこるとしている。

ここ数年の横浜市沿岸のプランクトン観察では、春先の5月頃に珪藻の *Skeletonema costatum* の赤潮が見られ、また、最近の傾向では、渦鞭毛藻の *Prorocentrum minimum* の赤潮に変わり、*Prorocentrum triestinum* による赤潮が多く見られるように思われる。夏季には *Eutreptiella* やナノプランクトンなどが増殖し、秋には渦鞭毛藻の *Ceratium* などの比較的大型の種が増え、冬期にはプランクトンの種類数と量が極端に減少するという傾向がみられる。また、年により増殖するプランクトンの種類が変わる、いわゆるプランクトンの種の遷移も観察される。

4-4-2 近年、東京湾で見られるようになったプランクトン

以下に最近東京湾で見られるようになったプランクトン種について、渦鞭毛藻を中心に考察をする。1994年の観察においては、出現するプランクトンの種類数は、珪藻類も渦鞭毛藻類も1991年の観察に比べ、その種類数が少なくなった反面、1991年頃の東京湾ではあまりみられなかった黄金色藻の *Dictyocha fibula*, *Distephanus speculum**や渦鞭毛藻の *Gonyaulax verior* や *G. spinifera* などが観察されるようになった。黄金色藻の *Dictyocha fibula* は、1947年に大村湾で赤潮を発生したことが辻田¹⁴⁾により報告されている。*Dictyocha fibula* の発生は8月でその時の水温は、25.0-30.0°Cで湾内に注ぐ最も大きな川の河口で、日照時数大なる日が連続した後の降雨直後であること、海水温度の上昇と降雨が指摘されている。また、*Distephanus speculum* が東京湾で数多く出現したのは、佐藤、小川¹⁵⁾によると、1987年の5月で細胞数は3,120 cells/mlとされている。この種は同年、筆者の一人の鳥海⁴⁾によっても横浜市沿岸域で観察されているが、それ以前の1984年の調査時点では観察されていない。このことは、この種が冷水域の生物であることから、この種の増減は東京湾内での冷水流と関係があるものと思われる。

(**Distephanus speculum* ; 最近の研究により、*Distephanus* 属という学名はすでに他の植物に用いられているので現在無効であるが、ここでは旧来のまま使用した。)

4-4-3 内湾性の赤潮

内湾性の赤潮は気象条件に大きく作用されると、一般にいわれている。しかし、横浜市沿岸域は種々の埋め立てにより、沿岸が複雑に入り組んだところも比較のおおく存在しており、このような地点では、赤潮の発生は、内湾局地的にみられる。すなわち、内湾の防波堤の内側などで、局所的に赤潮が発生する。二宮ら¹⁶⁾は横浜市沿岸域のプラクトンの増減は水温変動と密接に対応していて、特に降雨後の水温の上昇はその増殖速度を早めること、水温が高い時期に成層構造が発達し、栄養塩が上層に保持されやすくなる。このような状態が組合わさると、赤潮が発生しやすくなるとしている。このようなときにみられる赤潮種は、最近の横浜市沿岸域では渦鞭毛藻の *Ceratium furca* や繊毛虫の *Mesodinium rubrum* などである。前者は典型的な渦鞭毛藻の内湾性種で、各地で赤潮を形成する種である。後者については、松江¹⁷⁾は *Mesodinium* sp が品川沖と深川沖で著しい赤潮を形成したことを報告しており、このときの水温は 22.7°C、塩素イオン 9.75, pH 8.8 である。その後、羽田¹⁸⁾は、*Mesodinium rubrum* による赤潮を北海道の厚岸湾で観察している。このときの水温は 15.5-15.6°C、塩分濃度 31.96 ‰, pH 8.25 としている。また、横浜市沿岸域でみられる内湾局地的型の赤潮種としては、渦鞭毛藻の *Prorocentrum minimum* やラフィド藻の *Heteroshigma akashiwo* をあげることができる。両者は防波堤の内側などで発生し、徐々に広がりを見せながら、海流とともに移動し、時に相模湾にまでみられることもある。また、これらの種は本邦の各地沿岸域の代表的な赤潮プランクトンとしても知られている。

4-4-4 東京湾の赤潮プランクトンの出現の特徴

赤潮プランクトンの中には、4-4-3 内湾性の赤潮と異なり明らかにその分布域が限られているものも知られている。岡市ら¹⁹⁾によるとラフィド藻の *Chattonella antiqua* が赤潮としてはじめて出現したのは 1969 年の広島湾であり、1972 年には 7 月中旬から 8 月にかけてその種が播磨灘一帯を襲い、漁業に大きな被害を与えたとしている。中村、渡辺²⁰⁾によれば、瀬戸内海で夏期赤潮を形成するラフィド藻類の *Chattonella antiqua* を無菌培養すると、水温 25°C、塩分 25-41 ‰, pH 7.6-8.3 照度 0.04 ly · min⁻¹ 以上にて最大の増殖を示したことを報告している。これらの値を東京湾のそれと比較すると、東京湾で水温が 25°C 位に上昇するのは 6 月頃からであり、その他の因子も *Chattonella antiqua* の成育の条件を充たしている。しかしながら、岡市ら¹⁹⁾によると三河湾以東ではこの種による赤潮の報告はないとしている。また、保坂²¹⁾は東京湾では、彼等の報告した赤潮を形成しない球形の *Chattonella* を除いては、現在までこの属の生物の報告はないとしている。これは、東京湾で常に赤潮を形成する、ラフィド藻の *Heterosigma* 属とは対称的である。

保坂²¹⁾はさらに東京湾で渦鞭毛藻の *Gymnodinium mikimotoi* (= *G. nagasakiense*) の出現を初めて報告している。この種は 1965 年大村湾で赤潮を形成したのが最初の記録とされたが(飯塚、入江²²⁾)、後に、高山、松岡²³⁾によりこの種は、五ヶ所湾で赤潮を形成して真珠貝に被害をあたえたとされる *Gymnodinium mikimotoi* の異名とされた。この種の分布は、本城²⁴⁾によると、太平洋側では三河湾が北限であり、日本海側では舞鶴湾を北限としている。また、Matuoka et al.²⁵⁾では浜名湖以西の西日本に限られているとしている。保坂²¹⁾はこの種が東京湾で赤潮を形成しないのは、東京湾は無機態窒素及びリンが水産用水基準に示される値の 10 倍前後に達している典型的な過栄養水域であり、この過栄養が東京湾でこの種による赤潮を形成しない一つの原因としている。また、飯塚、平山²⁶⁾もこの種の赤潮は富栄養性赤潮でなく、中栄養性赤潮としている。さらに、保坂²¹⁾は最近の東京湾で、ラフィド藻の *Fibrocapsa japonica* や麻痺性の貝類毒化の原因とされる *Alexandrium tamarensis* の出現を述べている。これらのなかの *Fibrocapsa japonica* はかつては、横浜市沿岸で赤潮を形成したことが、宮崎²⁷⁾により報告されている。この種は今回の調査では観察されなかったが、前回の調査では本多ら⁷⁾により観察されているので、現在でも東京湾内にとときみられるのではないかと思われる。岡市¹⁹⁾はこの種は広く日本に分布しているとしている。しかしながら、*Alexandrium tamarensis* (= *Protogonyaulax tamarensis*) の東京湾での報告は現在までに、佐藤¹⁰⁾の報告がみられるのみである。福代²⁸⁾は

本邦での *Alexandrium* 属の分布を詳細に記録している。それによると、本属に属する生物の分布は、北は北海道のサロマ湖から九州にまで広く分布している。そして、*Alexandrium tamarensis* は九州を除く日本沿岸に広く分布し、*Alexandrium catenella* は北海道を除く日本沿岸に広く分布するとしている。これらの分布を基にすれば、東京湾では *Alexandrium tamarensis* も *A. catenella* も当然観察されると思われるが、現在まで *A. catenella* の報告は見られない。これらの原因がつきとめられれば、東京湾の内湾域の環境特性が深く理解されるのではないかと思われる。

最後に今回の調査から一つだけ横浜市沿岸域の特徴をあげるならば、あまり距離の離れていないそれぞれの採集地点により、優占種に違いがみられたことである。

4-5 まとめ

- 1) 東京湾の横浜市沿岸域の扇島沖 (A 地点)、木更沖 (B 地点)、中の瀬 (C 地点)、本牧沖 (D 地点)、横浜港沖 (E 地点) の 5 地点において、平成 6 年 4 月 22 日、5 月 24 日、6 月 9 日、7 月 11 日、7 月 27 日、8 月 12 日、9 月 13 日、9 月 29 日の計 8 回プランクトンの調査を行なった。
- 2) 最近の横浜市沿岸のプランクトン観察では、春先の 5 月頃に珪藻の *Skeletonema costatum* の赤潮が見られ、続いて渦鞭毛藻の *Prorocentrum minimum* の赤潮に変わり、夏季には *Eutreptiella* やナノプランクトンなどが増殖し、秋には渦鞭毛藻の *Ceratium* などの比較的大型の種が増え、冬期にはプランクトンの種類数と量が極端に減少するという傾向がみられた。外洋性種は観察されなかった。
- 3) プランクトンの調査結果のなかで、特に東京湾で赤潮を構成する種についてとそれらの他の本邦沿岸での出現について、特に分布との関係で考察した。
- 4) 1994 年の観察においては、出現するプランクトンの種類数は、珪藻類も渦鞭毛藻類も種類数が少なくなった反面、東京湾ではあまり見られなかった *Dictyocha fibula* や *Distephanus speculum* や渦鞭毛藻の *Gonyaulax verior* や *G. spinifera* などが観察された。このことから、東京湾の内湾はかなり冷水性のプランクトンの棲息に適合がみられることが推測され、そのことにより増殖が制限される種の存在と、東京湾が過栄養化のためにその増殖が制限されていると考えられる種の存在も推測された。

謝 辞

今回の調査のための、資料採集にあたり、種々のご助力をいただいた横浜市港湾局の「ひばり」及び「おとり」の関係職員の方々に、深く感謝の意を表します。プランクトン調査の一部については、筑波大学の井上研究室の学生、並びに千葉県環境部水質保全課の小川カホル博士のご協力をいただき、ここに深く感謝の意を表します。

文 献

- 1) 岡村 金太郎：木更津に現われたる赤潮に就て，水産研究誌，2(10)，1-5(1907)。
- 2) 福島 博，吉武 嵯紀子：2-2 海域の植物プランクトン，横浜市内河川・海域の水質汚濁と生物，横浜市公害対策局公害資料 No 53，117-136(1974)。
- 3) 井上 勳：横浜市沿岸域のプランクトン相。4-2 微細藻類，横浜の川と海の生物(第4報)，横浜市公害対策局公害資料 NO 126，291-298(1986)。
- 4) 鳥海 三郎：横浜市沿岸域のプランクトン相。4-1 プランクトン相，横浜の川と海の生物，横浜市公害対策局公害資料 No. 126，273-290(1986)。
- 5) 河地 正伸，井上 勳：横浜市沿岸域のプランクトン相。5-2 微細藻類，横浜の川と海の生物，横浜市公害対策局公害資料 No. 140，357-364(1989)。

- 6) 鳥海 三郎：横浜市沿岸域のプランクトン相. 5-1プランクトン相, 横浜の川と海の生物, 横浜市公害対策局公害資料 No. 140, 341-356(1989).
- 7) 本多 大輔, 河地 正伸, 井上 勲：横浜市沿岸域の海産微細藻類, 横浜の川と海の生物 (第6報) 横浜市環境保全局, 411-427(1992).
- 8) 岡村 金太郎：赤潮ニ就テ. 水産講習所試験報告, 12 (5), 26-41(1916).
- 9) 菅原 兼男, 佐藤 正春：東京湾の赤潮. 水産学集成, 東京大学出版会, 48-65(1957).
- 10) 佐藤 正晴：東京湾の赤潮とプランクトン. 水質汚濁研究, 10 (8), 475-478(1987).
- 11) 丸茂隆三, 村野正昭：東京湾の珪藻プランクトンの遷移, うみ, 日仏海洋学会誌, 11(2), 77-89(1973).
- 12) 柳田 友道：赤潮. 講談社サイエンティフィック, 講談社, pp. 198(1976).
- 13) 平野 礼次郎：内湾における赤潮発生機構. 日本プランクトン研究連絡会報, 松江吉行記念号, 25-28(1967).
- 14) 辻田 時美：Silicoflagellata による大村湾の赤潮. 長崎海洋气象台報告, 2, 18-29(1949).
- 15) 佐藤 正晴, 小川 カオル：赤潮等プランクトン調査. 昭和 62 年度千葉県水保研年報, 25-34(1988).
- 16) 二宮 勝幸, 水尾 寛巳, 島中 潤一郎, 小野寺 典好, 若林 信雄：赤潮の消長における気象因子の影響. 横浜市公害研究所報, 15, 67-73(1991).
- 17) 松江 吉行：繊毛虫の激増に依って生じたる赤潮. 水産学会報, 6(4), 242-243(1934).
- 18) 羽田 良：繊毛虫による赤潮の発生. 科学, 10 (1), 6-7(1940).
- 19) 岡市 友利：“6. 赤潮種と発生環境. 6.1 シャットネラ”, 赤潮の科学, 恒星社厚生閣, 211-219(1987).
- 20) 中村 康男, 渡辺 信：*Chattonella antiqua* の増殖に及ぼす温度, 塩分, 照度, pH の効果. 国立公害研究所報告, 63 (R-63-'84), 79-85(1984).
- 21) 保坂 三継：東京湾における *Gymnodinium nagasakiense* Takayama et Adachi の出現. *Bull. Plankton Soc. Japan*, 69-75.
- 22) 飯塚 昭二, 入江 春彦：1965 年夏期大村湾時の海況とその被害-II. 後期赤潮とその生物学的特徴について, 長大水研報, 21, 61-101(1966).
- 23) 高山晴義, 松岡敷充：*Gymnodinium mikimotoi* MIYAKE et KOMINAMI ex ODA と *Gymnodinium nagasakiense* TAKAYAMA et ADACHI の種形質の再評価, 日本プランクトン学会報, 38(1), 367-384(1991).
- 24) 本城凡夫：赤潮種と発生環境. 6. 3 ギムノデイニウム, (岡市 友利編)赤潮の科学, 恒星社厚生閣, 228-237(1987).
- 25) Matuoka, K., S. Iizuka, H. Takayama, T. Honjyou, Y. Fukuyo & T. Ishimaru, 1989 : Geographic distribution of *Gymnodinium nagasakiense* Takayama et Adachi around West Japan. In *Red Tides : Biology, Environmental Science and Toxicology* (eds. T. Okaichi), Elsevier, New York, Amsterdam, London. pp. 101-104(1990).
- 26) 飯塚 昭二, 平山 和次：赤潮 3. 大村湾. (平野 敏行編), 沿岸域保全ための海の環境科学, 恒星社 厚生閣, 324-342(1983).
- 27) 宮崎 一老：金沢養蛎に襲来した赤潮に就いて. 養殖会誌, 6 (10), 181-185(1936).
- 28) 福代 康夫：“6. 赤潮種と発生環境. 6. 5 プロトゴニオラックス”, (岡市 友利編), 赤潮の科学, 242-247(1987).

横浜市沿岸域のプランクトン相 (写真の説明)

- 1 *Prorocentrum minimum* (Pavillard) Schiller
東京湾で赤潮を作る種で、春先から秋にかけて出現する
- 2 *Prorocentrum triestinum* Schiller
前種と同じ時期に東京湾で赤潮を作る
- 3 *Distephanus speculum* (Ehrenberg) var. *octonarius* Lemmermann
珪質鞭毛藻などと呼ばれる種で、最近、東京湾で赤潮を形成することが知られるようになった。
(*Distephanus* 属という名はすでに他の植物に使用されているので、この属名は無効であるが、ここでは旧来のまま使用した)
- 4 *Dictyocha fibula* Ehrenberg
赤潮生物の一種であるが、東京湾では未だ赤潮を形成したことはないようである。
- 5 *Ebria tripartita* (Schumann) Lemmermann
単独では赤潮を形成しないが、東京湾でもしばしば観察される。
- 6 *Eucampia zodiacus* Ehrenberg
分布の広い種で比較的きれいな水質のときにみられる傾向がある。
- 7 *Gonyaulax spinifera* (Claparède et Lachmann) Diesing
代表的な赤潮種として知られるが、種の同定が難しい。東京湾での出現は珍しい種である。
- 8 *Gonyaulax verior* Sournia
赤潮を単独で形成しないが、東京湾で最近よく出現している。
- 9 *Rhizosolenia stolterfothii* Peragallo
赤潮生物でないが、東京湾によく出現する。
- 10 *Nitzschia longissima* (Brebisson) Rarfs
東京湾で単独で赤潮を作ることもある。
- 11 *Chaetoceros curvisetus* Cleve
赤潮にしばしば混在する。
- 12 *Nitzschia pungens* Grunow
東京湾で単独で赤潮を作ることもある。

- 13 *Ceratium furca* (Ehrenberg) Claparede et Lachmann
外洋性種の多い *Ceratium* 属の中で、代表的な沿岸性種で分布も広く、各地で単独で赤潮を形成する。
- 14 *Prorocentrum schillerii* (Paulsen) Balech
Prorocentrum 属の中で赤潮を形成する種は少ないが、赤潮の中に混在する。
- 15 *Ceratium kofoidii* Jörgensen
C. liniatum と近似すると考えられる種で、その区別は難しい。東京湾で最近よく出現している。
- 16 *Protoberidinium pellucidum* Bergh
赤潮生物ではないが、東京湾ではしばしば出現する。
- 17 *Ceratium fusus* (Ehrenberg) Dujardin
代表的な沿岸性種で、分布も広く、各地の沿岸で単独で赤潮を形成することもある。
- 18 *Protoberidinium conicum* (Gran) Balech
赤潮を形成しないが、ときどき赤潮に混在している。
- 19 *Prorocentrum micans* Ehrenberg
東京湾の代表的な赤潮生物の一種。
- 20 *Noctiluca scintillans* (Macartney) Ehrenberg
夜行虫とも呼ばれる、東京湾の代表的な赤潮生物の一種。
- 21 *Dinophysis* sp
渦鞭毛藻の一種で、この属の中には赤潮を形成する種も知られている。
- 22 *Skeletonema costatum* (Greville) Cleve
珪藻類の一種で東京湾で赤潮を形成する代表種でもある。
- 23 *Oxyphysis oxytoxoides* Kofoid
赤潮生物ではないが、東京湾で普通にみられる。
- 24 *Dinophysis rotundata* Claparède et Lachmann
赤潮生物ではないが、東京湾で普通にみられる。

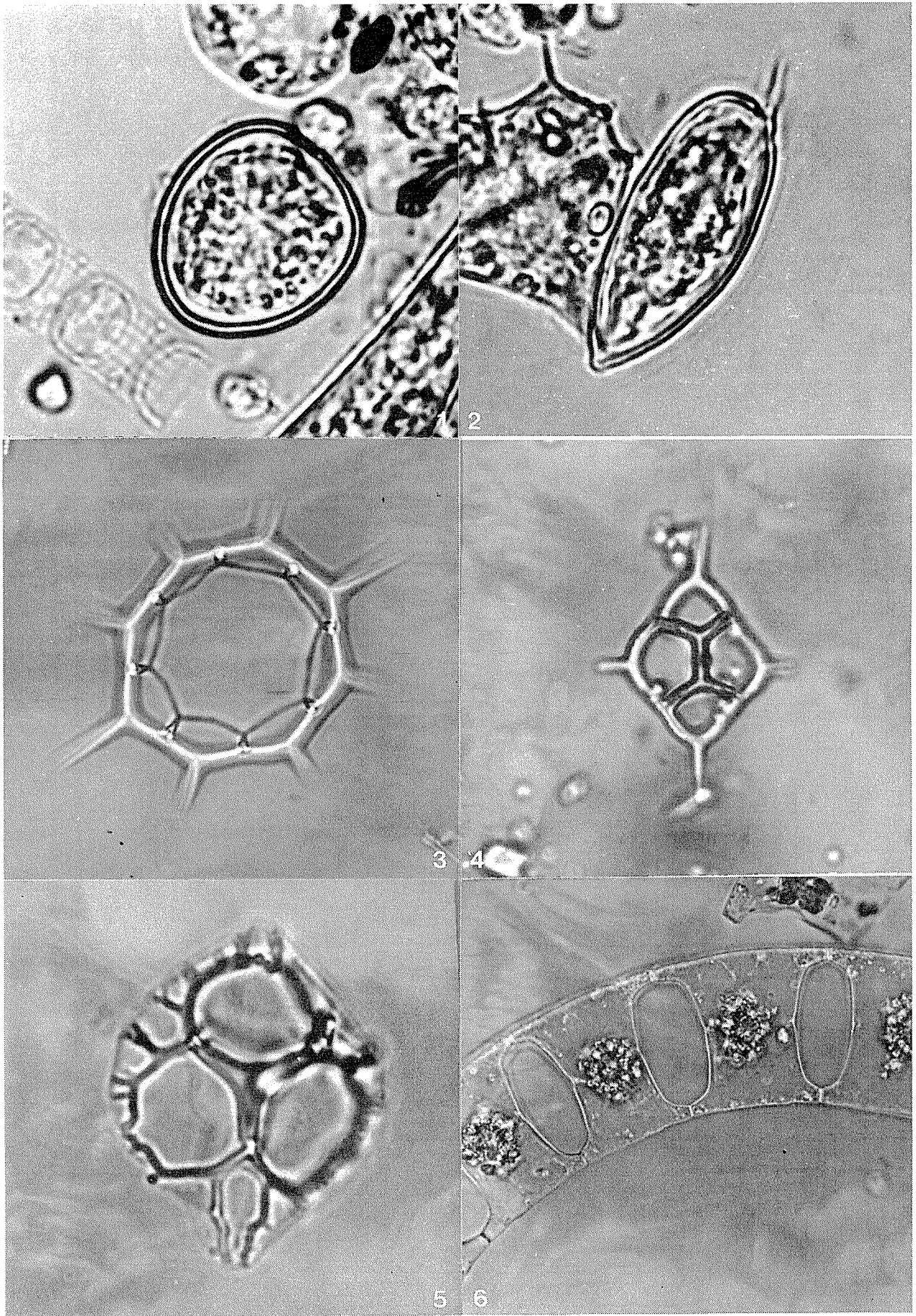


写真4-1 横浜市沿岸域のプランクトン相（光学顕微鏡像）

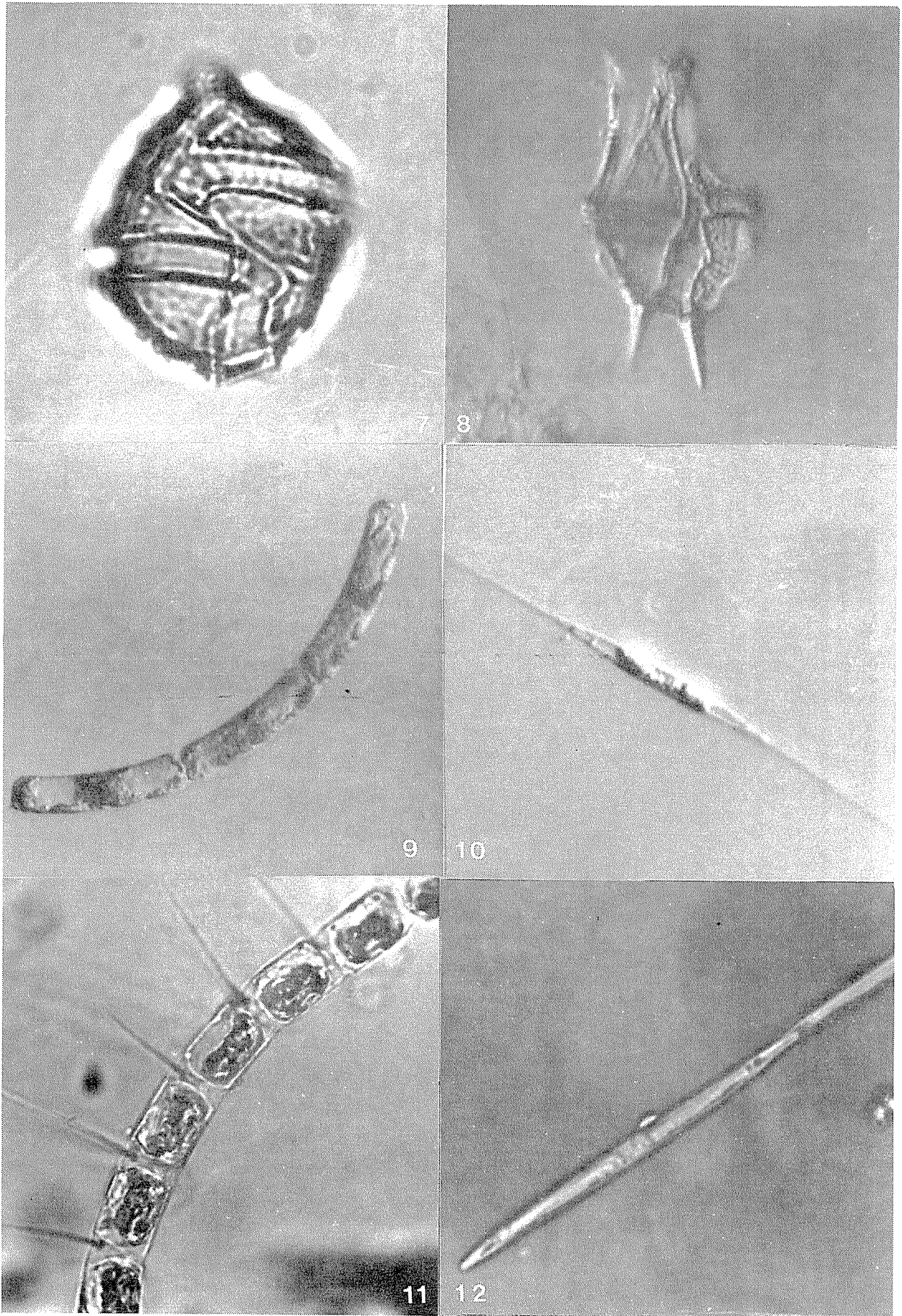


写真4-2 横浜市沿岸域のプランクトン相 (光学顕微鏡像)

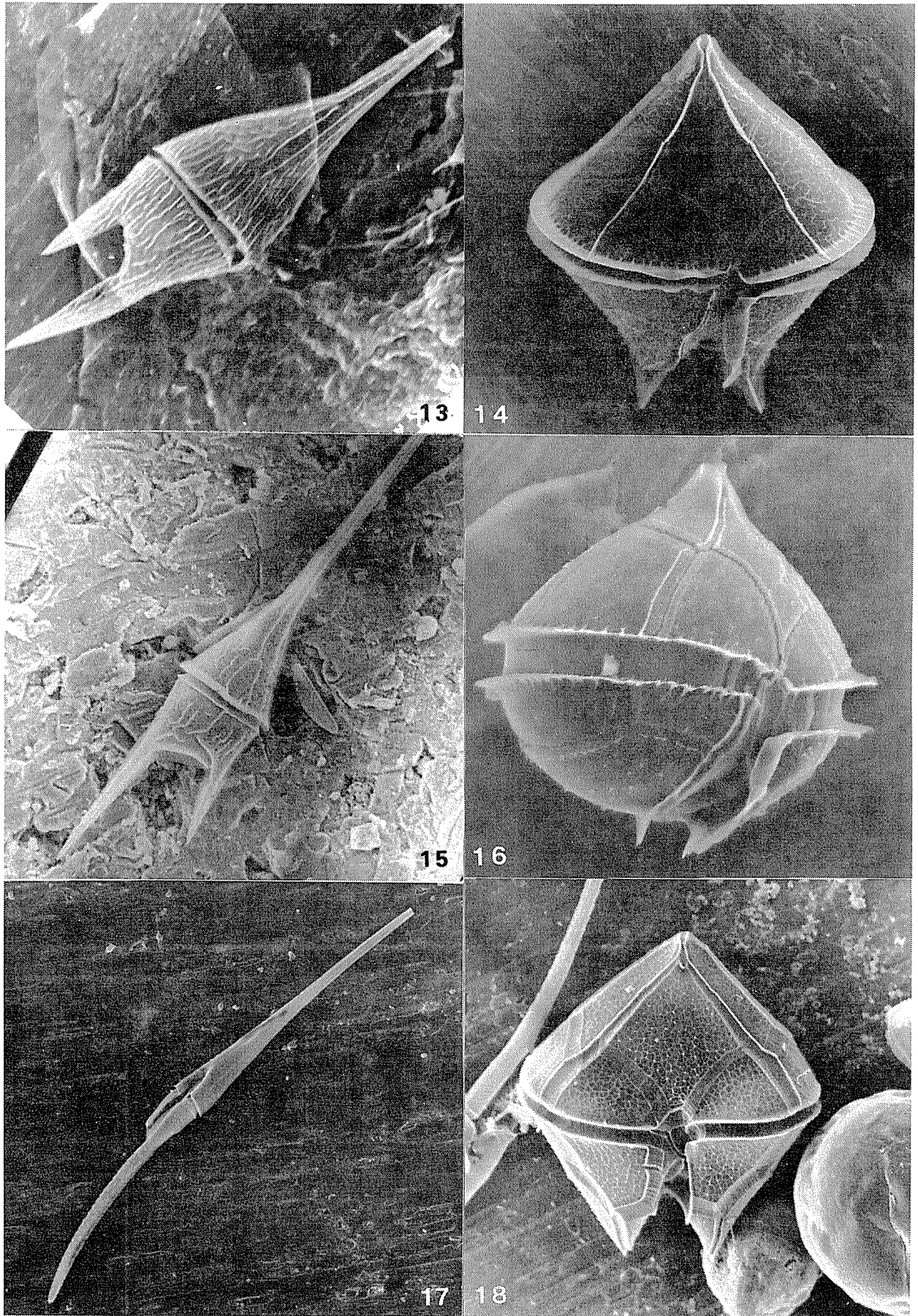


写真4-3 横浜市沿岸域のプランクトン相 (走査電子顕微鏡像)

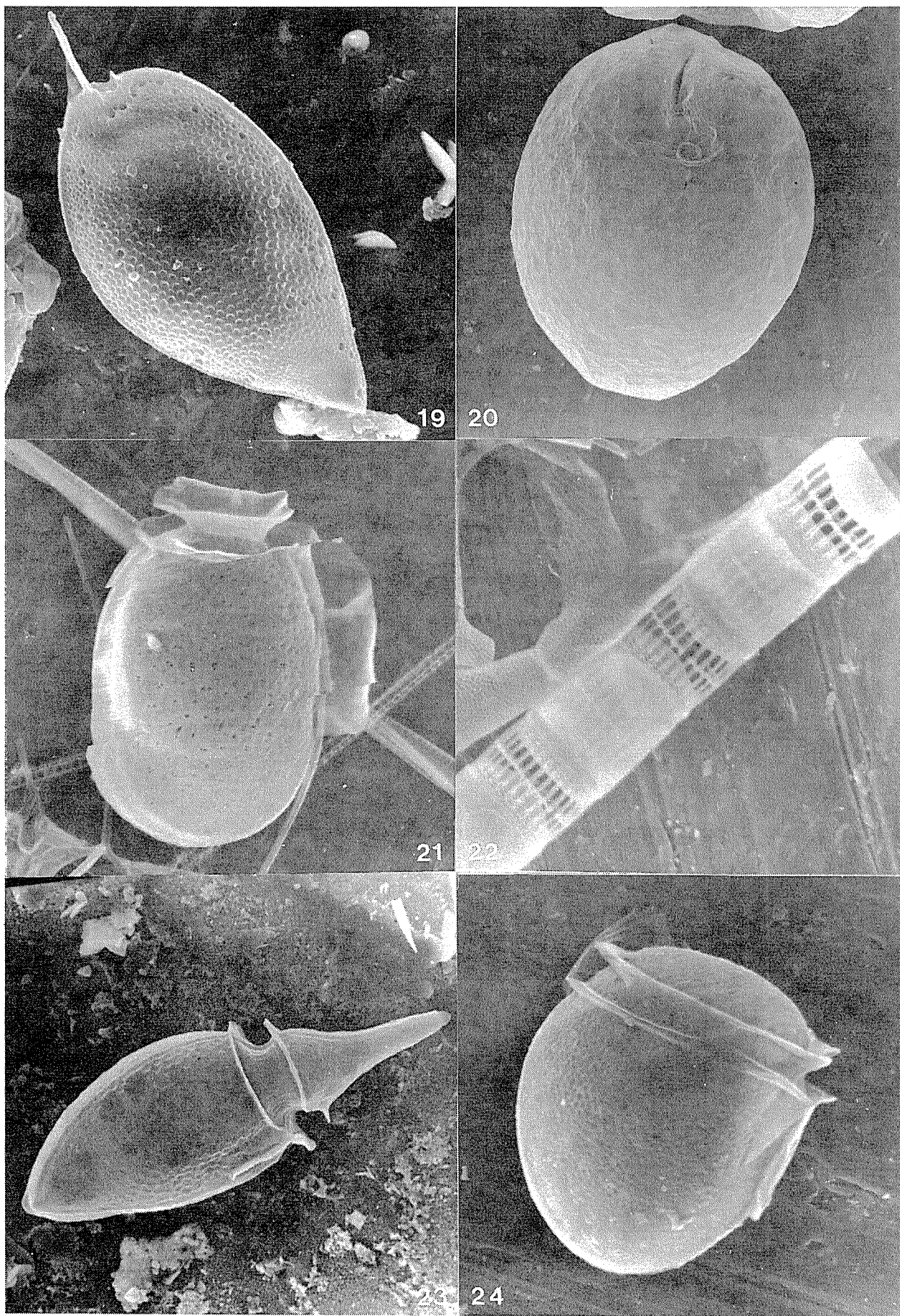


写真4-4 横浜市沿岸域のプランクトン相 (走査電子顕微鏡像)