

中海本庄水域の植物表生珪藻

I 宿主植物による種組成の違い

大塚泰介¹⁾・辻 彰洋²⁾

Epiphytic diatoms from Honjou-area, Lake Nakaumi

I. Difference in species composition among host plants

Taisuke Ohtsuka¹⁾ and Akihiro Tuji²⁾

Abstract: Epiphytic diatom assemblages from Lake Nakaumi, a large brackish lake in Japan, were studied. Samples were collected from three different hosts: *Sargassum thunbergii*, *Gracilaria vermiculophylla*, and *Zostera japonica*. Seventeen diatom taxa were taxonomically studied based on LM- and SEM-observations. Three pairs of taxonomically confused taxa were re-examined in detail: *Achnanthes brevipes* var. *intermedia* and *A. kuwaitensis*, *Cocconeis scutellum* and *C. speciosa*, and *Tabularia tabulata* and *T. parva*. The diatom species composition on *Z. japonica* was clearly different from those on the other hosts: *C. scutellum* was always dominant on *Z. japonica*; whereas, *C. speciosa* was usually dominant on *S. thunbergii* and on *G. vermiculophylla*.

Key words: brackish lake; cluster analysis; *Cocconeis*; epiphytic diatoms; host plants.

緒 言

筆者は、中海・宍道湖において、付着珪藻の各種が、それぞれどのような生息場所に分布しているかを解明したいと考えている。その一環として、中海本庄水域の植物表生珪藻を調査した。本稿中では主な出現種を明らかにするとともに、群落の種組成が、宿主植物の種によってどのように異なるかを議論する。

宍道湖・中海産の付着珪藻について、これまでに Gotoh (1990)、宍道湖・中海の藻類研究会 (1996) が分類学的に検討してきた。また、宍道湖・中海の湖底堆積物中に含まれる珪藻遺骸について、Kashima (1990)、鹿島 (1994)、森田ほか (1998) の報告がある。付着珪藻の生態については、筆者の知るところ、

松坂 (1995) が報告しているのみである。

本邦の汽水産珪藻に関するこれまでの報告は、ほとんどが浮遊性あるいは岩表付着性のものを扱ってきた。他の生息場所、すなわち植物上、砂上などの付着珪藻に関する報告は、金網 (1964) など僅かしかない。また、塩分と出現種の関係について少なからず論じられてきた (森, 1939; 小島, 1950; 金網, 1964; 後藤, 1978, 1979b; 小林, 1981; 大谷, 1998) もの、その他の生態的情報が著しく不足している。

なお、国外の汽水域では、付着珪藻を対象とした分類・生態学的研究が数多く行われている。特に大規模な研究がバルト海で行われており、浮遊珪藻ならびに付着珪藻のフロラを明らかにするとともに、各出現種の分布や生息場所の記載が進められている。

1) 島根大学汽水域研究センター

Research Center for Coastal Lagoon Environments, Shimane-University, Matsue 690-8504, Shimane, JAPAN.

2) 滋賀県琵琶湖研究所

Lake Biwa Research Institute, Uchidehama 1-10, Ohtsu 520-0806, Shiga, JAPAN.

(Snoeijs, 1993; Snoeijs & Vilbaste, 1994; Snoeijs & Potapova, 1995; Snoeijs and Kasperovičienė, 1996; Snoeijs and Balashova, 1998).

材料と方法

中海本庄水域の、本庄小学校裏(35°31'N, 133°08'E)を調査地点とした(図1)。底質は主に砂で、礫が点在していた。潮下帯には褐藻類のウミトラノオ *Sargassum thunbergii*, 紅藻類のオゴノリ *Gracilaria vermiculophylla*, 維管束植物のコアマモ *Zostera japonica* の群落があり、それぞれパッチ状に存在していた。ウミトラノオとオゴノリは本庄水域の代表的な海藻である。コアマモは本庄水域には少ないが、同じ水系の大橋川などに多産する(杵村・小池, 1991; 国井・源, 1999)。

水質チェッカ U-10 (堀場製作所) を用いて水質測定を行った。1998年10月20日, 12月15日, 1999年2月15日の、それぞれ12時30分ごろに測定した。pH, 電気伝導度, 濁度, 溶存酸素量, 水温, 塩分の測定値を得た。

試料の採集を1998年10月20日, 12月15日, 1999年2月17日に行った。水深40-60 cmの潮下帯に、ほぼ20 m × 20 mの採集区画を想定した。この区画内にあるウミトラノオ, オゴノリ, コアマモのパッチを3つずつ選び、それぞれから以下の方法で試料を採集した。ウミトラノオ: 1本の主枝を切断し、中ほどの5 cm程度を試料とした。オゴノリ: 藻体の一部を切り取って試料とした。この際、ウミトラノオの試料とほぼ同じ体積になるよう留意した。コアマモ: 長さ10-20 cmの葉を3-4枚切り取って試料とした。以上の試料を100 mlの試料瓶に入れ、1%ホルムアルデヒド、または4%グルタルアルデヒドで固定した。なお、1999年2月17日には、1998年10月20日, 12月15日の両日と比べて、水位が約30 cm低下していたため、採集区画の水深は10-30 cmだった。

試料から有機物を除いて珪藻殻を得た。1998年10月20日, 12月15日の試料については、宿主植物ごとパイプユニッシュ法(南雲1995)で20分処理し、蒸留水による洗浄と遠心分離を3回繰り返した後に、後処理として酵素入りポリデント(アース製薬発売)を室温で約1時間作用させ、さらに洗浄と遠心分離を8回繰り返す方法で有機物を除いた。この方法で珪藻殻はよく洗浄され、夾雑物の少ない試料が得られた。しかし一方で *Cocconeis* の縦溝殻が無縦溝殻に比べて少なく、十分に回収されていないことが明らかに

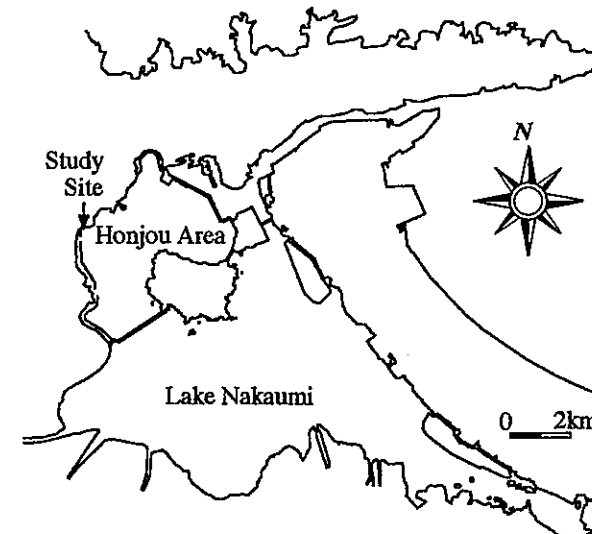


図1. 調査地点。
Figure 1. Study site.

なった。この原因はパイプユニッシュによって宿主植物の表皮が十分に分解されず、その結果として密着型の珪藻である *Cocconeis* の縦溝殻が藻体に残って捨てられたり、比重の小さい海藻・草の残滓に付着したまま、遠心分離による洗浄の際に捨てられたためと考えられた。そこで1999年2月17日の試料に対しては、以下の方法で処理を行った。①100 ml ビーカーに試料を宿主植物ごと入れ、3時間以上かけて静置沈殿し、上清を捨てることを4回繰り返して塩分と固定液を除いた。②ビーカーの水を約50 ml 残し、30%過酸化水素水を約20 ml 加えて、ホットプレート上で沸騰させた。水が少なくなったら、干上がらないように蒸留水を加えた。また、泡があまり出なくなっても、まだ目に見える残滓が残っていた試料には、過酸化水素水を追加した。以上の沸騰処理に約3時間を要した。③蒸留水による洗浄と遠心分離を4回繰り返して、試料を得た。この方法で試料を処理した場合、前述の方法に比べて、珪藻殻の表面などに夾雑物が残りやすかった。しかし *Cocconeis* の縦溝殻については、無縦溝殻とほぼ同数が観察され、十分に回収されることが示された。

珪藻被殻の試料を、プレウラックスで封入して永久プレパラートを作成した。プレパラートに含まれる珪藻被殻を、光学顕微鏡を用いて同定・計数した。計数時の総合倍率は1,000倍に設定した。1試料につき400殻を計数した。計数の際、*Cocconeis* の各種については無縦溝殻だけを計数し、その2倍を計数結果とした。その理由は、上述のように縦溝殻が十分に回収できなかった試料があることと、縦溝殻を光学顕微鏡下で同定するのが著しく困難な近縁の2種が含

まれていたことである。

相対頻度が全試料の平均で0.2%以上であった種については、光学顕微鏡写真を撮影した。さらに、同定に問題があると思われた種の幾つかについては、走査型電子顕微鏡による観察も行った。

各種の相対優占度を、計数された殻数に殻面の平均面積を乗じ、その相対比率として算出した(Ohtsuka, 1998)。各種について2,000倍に引き延ばした写真を5枚以上用意し、殻の外縁に沿って切り取り、各種ごとに総重量を測定した。次に総重量を写真の枚数で除して、写真1枚あたりの重さを算出した。そして写真1枚あたりの重さを印画紙の単位面積あたりの重さで除して、各種写真の平均面積を算出した。写真の面積は、珪藻殻の投影面積の4,000,000倍に相当する。なお、相対頻度の平均が0.2%に満たなかった種については、平均面積を算出せず、0.2%以上出現した種の面積の平均で代用した。

相対優占度を用いて、珪藻群落試料を分類した。分類方法として、非加重群平均法(Sneath & Sokal, 1973)によるクラスター分析を用いた。距離尺度として改良松下距離(Ohtsuka, 1998)を用いた。

全27試料中で平均0.2%以上出現した種については、大塚(1998)の対比較法によって、宿主植物間での相対優占度の違いを検定した。

結果と考察

水質

水質の測定値を表1に示す。調査期間中に、水温は21.4℃から5.6℃まで低下し、塩分は13.4 psuから22.9 psuまで上昇した。溶存酸素はほぼ飽和状態にあった。

出現種

27試料から400殻ずつ、総計10,800殻を計数したところ、42属96種が含まれていた。そのうち、0.2%(計22殻)以上を占めた種が17種あった(表2)。この17種について、殻の形態、分類学上の問題点、国内の分布を以下に記載する。

中心目

Melosira nummuloides (Dillwyn) Agardh, Systema Algarum, p. 8, 1824. (Plate III: 1-4)

Basionym: *Conferva nummuloides* Dillwyn, British Confervae or colored figures and descriptions of the British plants referred by botanists to the genus *Conferva*, p. 43,

表1 調査地点の水質

Table 1. Water quality in the sampling site.

Date	Oct.20, 1998	Dec.15, 1998	Feb.15, 1999
pH	8.9	8.6	7.9
EC (mS/cm at 25°C)	21.9	31.4	38
Turbidity	18	14	5
DO (mg/l)	8.25	10.38	9.74
Temperature (°C)	21.4	10.4	5.6
Salinity (psu)	13.4	19.0	22.9

pl. B, 1809.

細胞は球形ないしは角の丸い円筒形である。殻の外縁近くに円形膜状の肋骨である襟をもつ(真山・小林, 1982)ため、殻は全体として茶碗形を呈する。殻の直径12-44 μm。

汽水域から海岸域に広く分布する(高野, 1997)。

Thalassiosira tenera Proschkina-Lavrenko, Notulae Systematicae e Sectione Cryptogamica Instituti Botanici Nomine V. L. Komarovii Academiae Scientiarum U.R.S.S. 14, p. 33, pl. 1: 1-4, pl. 2: 5-7, 1961. (Plate IV: 9-12)

細胞は薄い円筒形をしており、直径15-28 μm。殻面の小室は、密度8-9/10 μmで蜂の巣状に並んでおり、直線型の正接条線を形成している。有基突起は殻縁の近くに並んでおり、その密度は25-35/100 μmである。殻套肋の密度21-24/10 μm。殻套肋葉は殻面から見える。

本種は中海に出現する代表的なプランクトン珪藻の1つである(宍道湖・中海の藻類研究会, 1996, 大谷, 1998)。本研究では、植物上に沈降したものが観察されたと考えられる。

高野(1997)によると世界各地に産し、日本でも渥美湾や隅田川河口でよく見られる。

羽状目

Achnanthes brevipes var. *intermedia* (Kützinger) Cleve, Kongliga Svenska Vetenskaps-Akademiens Handlingar 27, p. 193, 1895. (Plate I: 1, 2)

Basionym: *Achnanthes intermedia* Kützinger, Algarum aquae dulcis Germanicarum, Exsiccata No. 21, 1833.

Synonym: *Achnanthes subsessilis* Kützinger, Algarum aquae dulcis Germanicarum, Exsiccata No. 42, 1833.

殻はやや先の尖った楕円形で、長さ39-70 μm、幅10.5-13 μm。帯面から見ると細胞は「く」の字状をしており、縦溝殻の側がへこんでいる。条線密度は縦溝

表2. 珪藻の主な出現種の、宿主植物による相対優占度の違い。数値は相対優占度(%)で、3本ずつ採集された試料の平均を示す。有意性の欄で、S-Gはウミトラノオとオゴノリの比較、S-Zはウミトラノオとコアマモの比較、G-Zはオゴノリとコアマモの比較をそれぞれ示す。また記号は、それぞれ前者が後者に対して、危険率1%で多い(++); 危険率10%で多い(+); 危険率10%で少ない(-); 危険率1%で少ない(-)ことを示す。ただし両側検定を行った。

Table 2. Differences in relative abundance of each diatom species among hosts. Values are mean relative abundance (%) of triplicated samples. Results of testing significance of difference are: ++ = more abundant on former host (if S-G, S) with the 1% significance level, + = more abundant on former host with the 10% significance level, -: more abundant on latter host (if S-G, G) with the 10% significance level, and --: more abundant on latter host with the 1% significance level. One-side test is applied. [S: *Sargassum thunbergii*. G: *Gracilaria verrucosa*. Z: *Zostera japonica*.]

Host Date	<i>Sargassum</i>			<i>Gracilaria</i>			<i>Zostera</i>			Significance		
	Oct. 20, 1998	Dec. 15, 1998	Feb. 17, 1999	Oct. 20, 1998	Dec. 15, 1998	Feb. 17, 1999	Oct. 20, 1998	Dec. 15, 1998	Feb. 17, 1999	S-G	S-Z	G-Z
<i>Achnanthes brevipes</i> var. <i>intermedia</i>	0.2	0.3	0.0	0.8	0.0	0.7	0.0	0.4	0.3			
<i>Achnanthes kuwaitensis</i>	0.0	0.0	0.0	53.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0			
<i>Amphora</i> aff. <i>helensis</i>	0.4	0.1	0.1	0.2	0.0	0.4	0.1	0.1	0.1			
<i>Amphora polita</i>	1.6	0.3	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	+		
<i>Amphora strigosa</i>	0.2	0.1	0.0	0.4	0.0	0.1	0.1	0.1	0.0			+
<i>Cocconeis scutellum</i>	5.9	3.1	1.0	0.5	1.8	7.6	91.5	68.6	93.1	--	--	--
<i>Cocconeis speciosa</i>	48.0	69.0	90.2	29.5	81.9	70.9	0.1	0.5	0.7	++	++	++
<i>Grammatophora oceanica</i>	0.3	0.3	0.2	0.2	0.1	0.1	0.0	0.4	0.0			
<i>Melosira nummuloides</i>	1.9	4.3	1.3	3.3	8.3	2.2	0.6	10.7	0.5			
<i>Hippodonta linearis</i>	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	0.1	0.0	0.0	0.1			
<i>Navicula</i> cf. <i>rusticensis</i>	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	+		
<i>Rhoicosphenia abbreviata</i>	34.8	12.6	1.3	5.5	0.6	0.5	5.7	8.0	0.1	++	+	
<i>Rhopalodia rumrichae</i>	1.0	0.3	0.2	0.3	0.0	1.2	0.1	0.1	0.2			
<i>Tabularia parva</i>	2.7	2.2	0.7	2.9	0.6	0.4	1.2	1.9	0.1		+	
<i>Tabularia tabulata</i>	0.4	0.5	0.0	0.6	1.3	0.0	0.0	2.5	0.0			
<i>Thalassiosira tenera</i>	0.0	5.5	2.2	0.0	5.1	7.6	0.0	6.0	2.3			
<i>Tryblionella salinarum</i>	0.1	0.0	0.7	0.0	0.0	1.5	0.0	0.0	0.5		+	
The others	2.5	1.4	1.8	2.2	0.3	6.7	0.4	0.8	1.9			

殻、無縦溝殻ともほぼ同じで、8-9.5/10 µm。条線は単列の胞紋からなる。縦溝殻の条線は放射する。

本研究で観察された標本は、Kützing (1844) が図示した *A. intermedia* に比べて殻端の尖りが鈍く、むしろ同一論文に図示された *A. subsessilis* に似ている。しかし *A. subsessilis* の等価基準標本には、一方の殻端が尖り、もう一方の殻端が丸い標本が含まれている(辻, 未発表)。従って、殻端の尖り方の違いは、両種を分ける根拠にならないと考えられる。ゆえに、本研究では、VanLandingham (1967) の見解と同様に、*A. subsessilis* を *A. intermedia* の異名とした。

宍道湖・中海水系から既に報告されている(宍道湖・中海の藻類研究会, 1996)。日本全国の汽水域や内湾に広く分布し、今までに多数の報告がある(例えば Takano, 1962; 金網, 1964; 濁川 1997, 千原 1998; Nagumo & Hara 1990)。

Achnanthes kuwaitensis Hendey, Journal of the Royal

Microscopical Society 77, p. 55, pl. 6: 8-10, 1958. (Plate I: 3-7)

殻はほぼ長方形をしており、先端は丸い。殻の長さ 33-84 µm, 幅 7.5-10 µm。帯面から見ると細胞は「く」の字状をしており、縦溝殻の側がへこんでいる。条線密度は縦溝殻、無縦溝殻ともほぼ同じで、10-11/10 µm。条線は単列の胞紋からなる。縦溝面の条線はほぼ平行で、殻端近くでやや放射する。無縦溝面の両端近くに眼状紋がある。

眼状紋を電子顕微鏡で観察すると、他の胞紋とはほぼ同じ微細構造をしている(Plate I: 5)。南雲 (1982) が指摘したとおり、眼状紋の大きさにはかなりの変異がある。

本種はしばしば前述の *A. brevipes* var. *intermedia* と混同されてきた(Giffen, 1963; Archibald, 1983; 河村・平野, 1989)。しかし、本種と *A. brevipes* var. *intermedia* とは、以下の2点で異なる。①本種の無縦溝殻には、両端近くに眼状紋が1つずつあるが、*A. brevipes* var.

intermedia の無縦溝殻にはそれがない。②殻長が同程度の場合、本種の殻幅は、*A. brevipes* var. *intermedia* に比べて明らかに狭い。以上の違いは、両種を分ける根拠として十分であると考えられる。

国内では、大阪府の淀川汽水域(後藤 1979a, b)、静岡県青野川河口(真山・小林, 1982)から報告されている。また、河村・平野(1989)が神奈川県油壺湾から報告した *A. brevipes* var. *intermedia* の中に、本種と思われるものが含まれている。

Amphora aff. *helensis* Giffen, Botanica Marina 16, p. 33-34, pl. 1: 7-9, 1973. (Plate I: 8-14)

殻は半皮針形で、長さ 17-34 µm, 幅 4.5-8 µm。背側(突出した側)には、多くの場合、被針形の透明域がある。条線密度 12-17/10 µm。条線は縦列のスリット状胞紋からなる。縦溝枝はアーチ状に曲がっている。

本種は *Amphora copulata* Schoeman & Archibald (= *Amphora lybica* Ehrenberg) に似ているが、透明域の形態が異なる。また、*A. copulata* の縦溝枝が中心節の近くで大きく反り返るのに対して、本種の縦溝枝は僅かに反る程度である。

今回、本種とした殻には、透明域が大きく方形に開いたもの(Plate I: 10)や、透明域がほとんど認められないもの(Plate I: 8, 12, 13)が含まれていた。また、走査型電子顕微鏡を用いた観察により、縦溝の側域とそれ以外の部分が明瞭な稜線で隔てられている殻(Plate I: 14)と、稜線が不明瞭な殻(Plate I: 13)があることが明らかになった。以上の理由により、本研究で *A. aff. helensis* としたものに、複数の種が含まれている可能性がある。今後、多くの殻を走査型電子顕微鏡で観察することにより、上記の形態変異が連続的なものかどうかを確認する必要がある。

本庄水域の個体群は、南アフリカ産の *A. helensis* (Giffen, 1973; Archibald, 1983) と比べるとやや大型で、条線もやや粗い。

筆者の知る限り、*A. helensis* は日本から報告されていない。しかし、中井(1997)が沖縄県の塩川河口から報告した *A. lybica* は、本種と同じであると思われる。

Amphora polita Krasske, Archiv für Hydrobiologie und Planktonkunde 35, p. 401, pl. 12: 24-25, 1939. (Plate I: 15-18)

Synonym: *Amphora australiensis* John, Nova Hedwigia 35: 39-53, 1981.

殻は三日月形で、殻端はやや突出する。殻の長さ

16-33 µm, 幅 4-6.5 µm。条線密度は殻の背側で 15-21/10 µm, 腹側で 23-26/10 µm。軸域は半皮針形で、背側で広く、腹側で狭い。走査型電子顕微鏡で観察すると、背側に珪質の隆起があり、細線状の条線を中断する(Plate I: 15)。

後藤(1986)は、*A. australiensis* を本種の異名とした。Lange-Bertalot *et al.* (1996) が示した *A. polita* の選定基準標本と、John (1981) による *A. australiensis* の原記載を比較する限り、後藤の指摘は妥当であると考えられる。

本種は既に *A. australiensis* として宍道湖・中海から報告されている(宍道湖・中海の藻類研究会, 1996)。国内では他に、大阪府の淀川汽水域(後藤, 1979b)、京都府の由良川汽水域(根来・後藤, 1983)、和歌山県の熊野川河口域(後藤, 1986; 遺骸のみ)から報告されている。

Amphora strigosa Hustedt, Hydrobiologia 2, p. 44, 53, figs. 30-33, 1949. (Plate II: 1-3)

殻は半皮針形で、長さ 20-57 µm, 幅 4-7 µm。条線密度 14-18/10 µm。条線はスリット状胞紋からなり、*Navicula* のそれとよく似ているが、個々の胞紋は光学顕微鏡では解像しにくい。縦溝枝は殻端寄り背側に膨らんでいる。

国内では、京都府の由良川汽水域(根来・後藤, 1983; *Amphora angusta* Gregory として)、和歌山県の熊野川河口(後藤, 1986)、沖縄県の湧泉(中井, 1987)、沖縄県の塩川河口(中井, 1997)などから報告されている。

Cocconeis scutellum Ehrenberg, Die Infusionsthierehen als vollkommene Organismen, p. 194, Taf. 14: 8, 1838 (Plate II: 4-7, 12, 13)

殻は楕円形で、長さ 13-43 µm, 幅 8-28 µm。縦溝殻の条線密度 11-14/10 µm。縦溝殻の条線は単列の胞紋からなり、殻縁部で2列に分かれる(Plate II: 13)。無縦溝殻の条線密度 7-10/10 µm。無縦溝殻の条線は単列の胞紋からなり、殻縁部で2列または3列に分かれる(Plate II: 12)。

宍道湖・中海水系から既に報告されている(宍道湖・中海の藻類研究会, 1996)。また、日本全国の汽水域や沿岸域から報告されている。

Cocconeis speciosa Gregory, Quarterly Journal of Microscopical Science 3, p. 39, pl. 4: 8, 1855. (Plate II: 8-11, 14, 15)

Synonym: *Cocconeis japonica* A. Schmidt in A. Schmidt et al., Atlas der Diatomaceen-kunde, Taf. 190: 30, 1894.

殻は楕円形で、長さ13-30 µm、幅8-20 µm。無縦溝殻の条線密度5.5-9.5/10 µm。無縦溝殻の条線を構成する胞紋は、2から10個が集まって、1つの単位を形成している (Plate II: 14)。縦溝殻の条線密度12-13/10 µm。縦溝殻の条線は、殻縁部まで単列の胞紋からなる (Plate II: 15)。

無縦溝殻の条線構造を観察すれば、本種と *C. scutellum* を光学顕微鏡下でも区別できる。しかし両種の縦溝殻を光学顕微鏡下で区別するのは非常に困難である。

神奈川県横浜 (Schmidt et al., 1874-1959: *C. japonica* として)、北海道沿岸 (Mizuno, 1982: *Cocconeis scutellum* var. *ornata* として) から報告されている。

本種は実際には、日本にもかなり広く分布していると思われる。報告が少ないのは、*C. scutellum* と混同されてきたためと考えられる。例えばTakano (1961)、真山・小林 (1982) はいずれも、本種と思われる無縦溝殻と *C. scutellum* と思われる無縦溝殻の両方の写真を示し、双方を *C. scutellum* としている。

Grammatophora oceanica Ehrenberg, Bericht über die zur Bekanntmachung geeigneten Verhandlungen der königl. preuss. Akademie der Wissenschaften zu Berlin, p. 159, 1840. (Plate II: 16-18)

殻は長方形ないしは長楕円形で、先端は丸い。殻の長さ21-51 µm、幅5.5-6.5 µm。条線は単列の点紋からなる。条線密度24-26/10 µm。軸域はほとんど認められない。殻の裏側に隔壁がある。

国内では、八丈島のテングサ上 (Takano, 1961)、佐渡島の加茂湖 (長谷川・濁川, 1993) から報告されている。

Hippodonta linearis (Østrup) Lange-Bertalot, Metzelzin & Witkowski, Iconographia Diatomologica 4, p. 261-262, pl. 1: 16-21, 2: 1-2, 4: 19-20, 1996. (Plate III: 5-8)

Basionym: *Navicula hungarica* var. *linearis* Østrup, Danske Diatoméer, p. 72, pl. 2: 53, 1910.

Synonym: *Navicula oestrupii* Schultz (nomen illegitimum), Botanisches Archiv 13, p. 207, fig. 87a, 1926.

殻は楕円形ないし皮針形で、殻端は丸い。殻の長さ18-27 µm、幅5.5-7.5 µm。殻面が膨らんでいるため、プレパラートを作った際にしばしば殻面がカバーガラスと平行にならず、縦溝が中心からずれているように見える。条線密度9-11/10 µm。条線はスリット状

胞紋からなる。殻端のスリット状胞紋は2列に並ぶ (Plate III: 5)。

国内では、秋田県の八郎潟調整池 (加藤ほか, 1977)、京都府の由良川汽水域 (根来・後藤, 1983) から、いずれも *Navicula capitata* var. *linearis* (Østrup) Kobayasi として報告されている。

Navicula cf. *rusticensis* Lobban, Canadian Journal of Botany 62, p. 789-790, figs. 4f, 11, 13a, 1984. (Plate III: 9-11)

殻は皮針形で、殻端は尖る。殻の長さ19-33 µm、幅4-5 µm。条線は横軸にほぼ平行で、殻の中心部でやや放射し、殻端付近でやや収斂する。条線密度13-15/10 µm。条線を構成するスリット状胞紋は10 µmあたり38-40個ある (Plate III: 10)。中心域は狭い。Lobban (1990) は *N. rusticensis* にたいへん広い変異の幅を認めている。そして彼が示した *N. rusticensis* の光学顕微鏡写真には、本標本と似たものが含まれている。しかし、本標本と原記載論文 (Lobban, 1984) に示された *N. rusticensis* には、以下に述べる違いがある。① *N. rusticensis* の殻幅は5-7 µm と記載されているが、本研究で測定された22殻の幅は、全て4-5 µm の範囲にあった。②本標本では、条線を構成するスリット状胞紋は10 µmあたり38-40個ある (Plate III: 10) のに対し、電子顕微鏡写真で示された *N. rusticensis* の胞紋密度は、10 µmあたり30個前後である。③本標本の中心区が狭いのに対し、*N. rusticensis* では、殻の中央近くの条線が著しく短く、幅広い中心区を形成する。従って、本標本は *N. rusticensis* とは違う種であると考えられる。

筆者の知る限り、本種と思われるものの本邦からの報告はない。しかし、*Navicula ramosissima* (Agardh) Cleve, *Navicula mollis* (W. Smith) Cleve などと混同されてきた可能性がある。

Rhoicosphenia abbreviata (Agardh) Lange-Bertalot, Botaniska Notiser 133, p. 585, fig. 1A, 1980 (Plate III: 12-15)

Basionym: *Gomphonema abbreviatum* Agardh, Conspectus Criticus Diatomacearum 2, p. 34, 1831

Synonym: *Gomphonema curvatum* Kützinger, Linnaea 8, p. 567, pl. 16: 51, 1833.

Rhoicosphenia curvata (Kützinger) Grunow, Verhandlungen der kaiserlich-königlichen zoologisch-botanischen Gesellschaft in Wien. 1864.

殻は棍棒形で、長さ12-59 µm、幅4-7 µm。殻帯観では「く」の字状に曲がったくさび形をしており、長

縦溝殻の側がへこんでいる。条線は長縦溝殻でやや放射し、短縦溝殻では横軸にほぼ平行している。条線密度は長縦溝殻で11-13/10 µm、短縦溝殻で12-16/10 µm。

宍道湖・中海水系から既に報告されている (宍道湖・中海の藻類研究会, 1996)。河川上流域から沿岸域まで広く分布し、非常に多数の報告がある。

Rhopalodia rumrichiae Krammer in Lange-Bertalot & Krammer, Bibliotheca Diatomologica 15, p. 83, figs. 62: 6-12, 1987 (Plate III: 16-21)

殻は長いものでは三日月形で、短いものでは半月型に近くなる。殻の長さ15-81 µm、幅7-14 µm。殻の裏側は、殻を横断する長い肋によって仕切られている。条線密度15-21/10 µm。

走査型電子顕微鏡で観察すると、殻の表側の条線は、ほぼ単列の胞紋からなる (Plate III: 20)。一方、裏側の胞紋列は、縦溝の近くで2列になる (Plate III: 21)。縦溝溝は厚く発達しており、殻の内側に円形または楕円形の大きな開口を開いている (Plate III: 21)。開口を囲む珪質からは、二次的な短い肋が伸びている (Plate III: 21)。

山川 (1994) は、光学顕微鏡による観察に基づき、佐賀県の嘉瀬川河口から本種を報告したが、同定には微細構造を観察する必要があるとした。本研究で観察された微細構造は、Krammer の記載 (Lange-Bertalot & Krammer 1987, Krammer 1988) とよく一致し、本種が日本にも産することが改めて確認された。

Tabularia parva (Kützinger) Williams & Round, Diatom Research 1, p. 324, figs. 33-38, 1986 (Plate IV: 1-5)

Basionym: *Synedra parva* Kützinger, Species Algarum, p. 46, 1849.

Synonym: *Synedra tabulata* var. *parva* (Kützinger) Hustedt, Dr. L. Rabenhorst's Kryptogamen-Flora von Deutschland, Österreich und der Schweiz 7, p. 219, fig. 710m-n, 1932.

殻は皮針形をしている。殻の長さ18-68 µm、幅4-5 µm で、*Tabularia* 属の種としては小型である。条線密度17-19/10 µm。

電子顕微鏡で観察すると、条線は2列の胞紋からなり、終端でU字型をなして1つになる。唇状突起は一方の殻端だけにある。

筆者の知る限り、国内からの報告はない。しかし、小林 (1981) が桑名市汽水域から報告した *Synedra tabulata* var. *fasciculata* は本種であると思われる。*Tabularia* 属の分類は、基準標本の観察によって整理

されつつある (Snoeijs, 1992)。しかし、最近まで種の同定に関する見解が分かれていたため、分布については今後の再検討が必要である。

Tabularia tabulata (Agardh) Snoeijs, Diatom Research 7: p. 343, figs. 38-48, 1992 (Plate IV: 6-8)

Basionym: *Diatoma tabulatum* Agardh, Conspectus Criticus Diatomacearum, p. 50, 1832.

Synonym: *Synedra tabulata* (Agardh) Kützinger, Die Kieselschaligen Bacillarien oder Diatomeen, p. 68, Taf. 15: 10, 1844.

非常に大型で、殻の長さ127-317 µm、幅6-8 µm。殻端は幅広い。唇状突起は殻の両端近くに1個ずつ、計2個ある (Plate IV: 7)。条線密度11-12/10 µm。電子顕微鏡で観察すると、条線は大小の胞紋が多数集まってできている (Plate IV: 6)。

本種は *Tabularia fasciculata* (Agardh) Williams & Round (= *Fragilaria fasciculata* (Agardh) Lange-Bertalot) とよく似ている。しかし *T. fasciculata* を電子顕微鏡で観察すると、条線を区画する横線が観察されるのに対し、本種の条線には横線が見られない (Plate IV: 6)。また、*T. fasciculata* の殻端がくさび形に尖っているのに対して、本種の殻端は幅広い (Williams & Round, 1986; Snoeijs, 1992; 千原, 1998)。

本種は、上記の *T. parva* にも似ているが、大きさや条線密度の違いによって光学顕微鏡による観察でも区別できる。

本種は、*Fragilaria fasciculata* (Agardh) Lange-Bertalot として宍道湖・中海から報告されている (宍道湖・中海の藻類研究会, 1996)。また、小林 (1981) によって、桑名市汽水域から報告されている。

なお、バルト海では塩分が4-7 psu の水域に多く出現する (Snoeijs, 1992)。

Tryblionella salinarum (Grunow) Pelletan, Journal de Micrographie, Part II, p. 30, 1889 (Plate IV: 13-15)

Basionym: *Nitzschia tryblionella* var. *salinarum* Grunow in Cleve & Grunow, Kongliga Svenska Vetenskaps-Akademiens Handlingar 35, p. 70, 1880.

殻はほぼ長方形で、中央部でややくびれ、殻端はくさび状に尖る。殻の長さ31-56 µm、幅9-10 µm。横肋骨の密度9-13/10 µm。条線は光学顕微鏡下では観察しにくい、10 µmあたり32-36本程度ある。

千原 (1998) によれば、世界の汽水域や電気伝導度の高い水域に出現する。本種と思われるものが別の名前で報告されている例が多く、国内の分布につい

ては今後の検討が必要である。

宿主植物による珪藻の種組成の違い

クラスター分析の結果を図2に示す。27試料を、大きく3つの群に分けることができた。改良松下距離の平方を距離尺度に用い、Ward法(Van Tongeren, 1987)によってクラスターを形成した場合にも、全く同じ3群に分けられた。

3つのうち最大の群に含まれた16試料は、全てウミトラノオあるいはオゴノリから得られた試料だった。16試料のうち15試料で *Cocconeis speciosa* が優占し、ウミトラノオから得られた残り1試料では *Rhoicosphenia abbreviata* が優占種だった。

コアマモから得られた9試料は、全てが2番目の群にまとまった。優占種は全て *Cocconeis scutellum* であった。

10月20日にオゴノリから得られた2試料が、最後の群を形成した。2試料とも優占種は *Achnanthes*

kuwaitensis であった。

相対優占度の平均が0.2%以上であった種について、宿主植物間の相対優占度の違いを検定した(表2)。コアマモ上では、ウミトラノオ・オゴノリ上に比べて *C. scutellum* の相対優占度が有意に高く、*C. speciosa* の相対優占度が有意に低かった。また、ウミトラノオ上では、オゴノリ・コアマモ上に比べて、*R. abbreviata* の相対優占度が有意に高かった。*Amphora polita*, *Tabularia parva*, *Tryblionella salinarum* は、いずれもウミトラノオ上でコアマモ上よりも相対優占度が大きい傾向が見られた。*Navicula cf. rusticensis* は、ウミトラノオ上でオゴノリ上よりも相対優占度が大きい傾向が見られた。*Amphora strigosa* は、オゴノリ上でコアマモ上よりも相対優占度が大きい傾向が見られた。なお、*A. kuwaitensis* は10月20日にオゴノリから得られた2試料で著しく優占し、ウミトラノオおよびコアマモの試料からは全く見いだされなかったが、出現した試料数が少ないために有意差が検出されなかった。

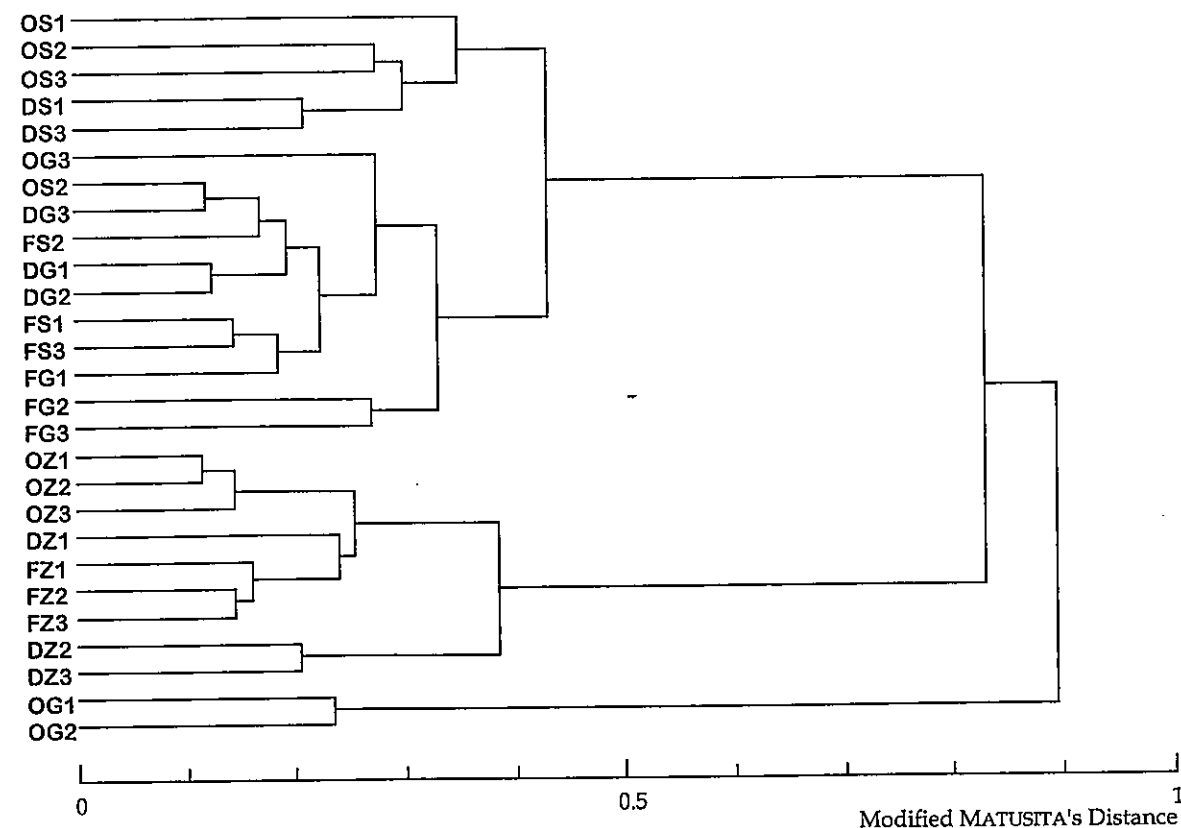


図2. 珪藻の種組成に対するクラスター分析の結果。距離尺度として改良松下距離を用い、非加重群平均法によってクラスターを形成した。試料名の略号は、採集した月・宿主植物・試料番号の順に並んでいる。O: 10月, D: 12月, F: 2月。S: ウミトラノオ, G: オゴノリ, Z: コアマモ。

Figure 2. Diatom assemblages classified by cluster analysis. Modified Matusita's distance and UPGMA method were used. Sample name abbreviations are in order of sampling month, host, and sample number. [O: October, D: December, F: February. S: *Sargassum thunbergii*, G: *Gracilaria verrucosa*, Z: *Zostera japonica*.]

本研究では、方法の章で述べたように、宿主植物以外の条件がなるべく同じになるように採集方法を決めた。その結果、ウミトラノオ上とオゴノリ上では珪藻群落の種組成に僅かな違いしか見られなかったが、コアマモ上の群落は他と種組成が大きく異なっていた。付着珪藻の種組成が、宿主植物の種によって異なることを示した報告は少なくない(Rautiainen & Ravanko, 1972; 中原, 1981; 濁川, 1997)。しかし、付着珪藻の種組成の違いが、宿主植物そのものでなく、海藻の生育環境の違いによって生じている可能性が指摘されていた(中原, 1981; 新村, 1995)。本研究の結果は、珪藻群落の種組成に宿主植物そのものが影響する場合があることを強く示唆している。

コアマモ上で *C. scutellum* が常に優占し、ウミトラノオ・オゴノリ上で *C. speciosa* が優占することが多かった原因として、植物体表面の状態の違いが考えられる。ウミトラノオおよびオゴノリは体表面に粘質を分泌するのにに対し、コアマモの体表に粘質はみられないからである。

試料を採集した際に、ヨコエビ類をはじめとする多くの甲殻類が、宿主植物に付着していた。付着藻類は甲殻類の餌となっているが、基質密着型の *Cocconeis* は、他の付着形態をとる種に比べて食われにくいと考えられる(Moore, 1975; Kawamura & Hirano, 1992)。従って、甲殻類の捕食圧が原因となって、*Cocconeis* の優占度が相対的に増加した可能性が高い。

謝辞: 滋賀県立琵琶湖博物館の楠岡泰学芸員には、電子顕微鏡撮影の際にお世話になりました。島根大学教育学部の大谷修司先生からは、顕微鏡などの研究器具、ならびに貴重な文献を多数お借りしたとともに、珪藻の同定についていくつかの貴重なご教示を頂きました。近畿大学教養部の後藤敏一先生には本稿をご校閲いただき、貴重なご教示を多数頂きました。以上の皆様に深く感謝いたします。

引用文献

- Archibald, R. E. M. (1983) The diatoms from the Sundays and Great Fish Rivers in the Eastern Cape Province of South Africa. *Bibl. Diatom.*, 1. J. Cramer, Germany, 432 p.
- 千原光雄 編 (1998) 千葉県自然史 本編4 千葉県の植物1-細菌類・菌類・地衣類・藻類・コケ類。千葉県, 837p.
- Giffen, M. H. (1963) Contribution to the Diatom flora of

- South Africa. I. Diatoms of the estuaries of the Eastern Cape Province. *Hydrobiol.*, 21: 201-265.
- Giffen, M. H. (1973) Diatoms of the marine littoral of Steenberg's Cove in St. Helena Bay, Cape Province, South Africa. *Bot. Mar.*, 16: 32-48.
- 後藤敏一 (1978) 淀川汽水域の付着珪藻類 I. 近畿大学教養部研究紀要, 9: 15-47.
- 後藤敏一 (1979a) 淀川汽水産 *Achnanthes* 属の数種に就いて。藻類, 27: 31-33.
- 後藤敏一 (1979b) 淀川汽水域の付着珪藻類 II. 陸水雑, 40: 191-200.
- 後藤敏一 (1986) 熊野川河口の珪藻群集。Diatom, 2: 103-115.
- Gotoh, T. (1990) Diatoms of blackish water, Lake Shinji and Lake Nakaumi I. The genus *Mastogloia* Thwaites. *Acta Phytotax. Geobot.*, 41: 143-154.
- 長谷川康夫・濁川明男 (1993) 新潟県佐渡島の加茂湖からえられた珪藻群集。Diatom, 8: 79-99.
- John, J. (1981) *Amphora australiensis* sp. nov. *Nova Hedwigia*, 35: 39-53.
- Kashima, K. (1990) Diatom assemblages in the surface sediments of Lake Shinji and Lake Nakaumi, Shimane Prefecture, Japan. *Diatom*, 5: 51-58.
- 鹿島薫 (1994) 中海・宍道湖における現生および化石珪藻群集に関する最近の話題。LAGUNA (汽水域研究), 1: 37-43.
- 金網善恭 (1964) 北陸地方における汽水湖の陸水学的研究。1. 河北潟のプランクトンと接合藻(ケイソウとツヅミモ)。陸水雑, 25: 63-75.
- 加藤君男・小林弘・南雲保 (1977) 八郎潟調整池のケイソウ類。八郎潟調整池生物相調査会編, 八郎潟調整池の生物調査報告, 63-137. 秋田県。
- 河村知彦・平野礼次郎 (1989) 神奈川県油壺湾の付着珪藻。東北水研研報, 51: 41-73.
- Kawamura, T. & Hirano, R. (1992) Seasonal changes in benthic diatom communities colonizing glass slides in Aburatsubo Bay, Japan. *Diatom Res.* 7: 227-239.
- 小林艶子 (1981) 桑名市汽水域のケイ藻。横浜市立大学論叢 自然科学系列, 32: 73-88.
- 小島力 (1950) 多摩川汽水域の珪藻群落に就て。陸水雑, 15: 56-66.
- Krammer, K. (1988) The *gibberula*-group in the genus *Rhopalodia* O. Müller (Bacillariophyceae) II. Revision of the group and new taxa. *Nova Hedwigia*, 47: 159-205.
- Krammer, K. & Lange-Bertalot, H. (1986) Bacillariophyceae

1. Teil: Naviculaceae. Band 2/1 von: *Süßwasserflora von Mitteleuropa* (H. Ettl, J. Gerloff, H. Heynig & D. Mollenhauer eds.). Fischer. Stuttgart & New York, 876 p.
- 國井秀伸・源耕一 (1999) 6. 海藻類. 中海本庄工区の生物と自然, 汽水域研究グループ (代表 國井秀伸) 編, 52-59. たたら書房, 米子.
- Kützing, F. T. (1844) *Die Kieselalgen: Bacillarien oder Diatomeen*. Nordhausen, 152 p.
- Lange-Bertalot, H. & Krammer, K. (1987) Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae. Neue und wenig bekannte Taxa, neue Kombinationen und Synonyme sowie Bemerkungen und Ergänzungen zu den Naviculaceae. *Bibl. Diatom.*, 15. J. Cramer, Germany, 289 p.
- Lange-Bertalot, H., Külbs, K., Lauser, T. Nörpel-Schempp & Willmann, M. (1996) Diatom taxa introduced by Georg Krasske: documentation and revision. *Iconographia Diatomologica*, 3. Koeltz Scientific Books, Königstein, 358 p.
- Lobban, C. S. (1984) Marine tube-dwelling diatoms of eastern Canada: descriptions, checklist, and illustrated key. *Can. J. Bot.* 62: 778-794.
- Lobban, C. S. (1990) Marine tube-dwelling diatoms of the Pacific coast of North America. II. *Navicula* subg. *Navicula* and a key to the tube-dwelling diatoms of the region. *Can. J. Bot.* 68: 707-712.
- 松坂智之 (1995) 中学校における自然史教材としての珪藻 - その系統分類を中心として -. 島根大学教育学部修士論文. 島根大学, 松江.
- 真山茂樹・小林弘 (1982) 青野川のケイソウ. 東学大紀要 4 部門, 34: 77-107.
- Mizuno, M. (1982) Change in striation density and systematics of *Cocconeis scutellum* var. *ornata* (Bacillariophyceae). *Bot. Mag. Tokyo*, 95: 349-357.
- 森通保 (1939) 香川県香東川下流の藻類分布と塩素イオンの関係について. 陸水雑, 9: 11-17.
- 森田英之・鹿島薫・高安克己 (1998) 湖底堆積物中の珪藻遺骸群集から復元された浜名湖・宍道湖の過去 10,000 年間の古環境変遷. *LAGUNA* (汽水域研究), 5: 47-53.
- Moore, J. W. (1975) The role of algae in the diet of *Acellus aquaticus* L. and *Gammarus pulex* L. *J. Anim. Ecol.*, 44: 719-730.
- 南雲保 (1982) クローン培養によって得た珪藻 *Achnanthes kuwaitensis* の微細構造について. 藻類, 30: 88-89.
- 南雲保 (1995) 簡単に安全な珪藻被殻の洗浄法. *Diatom*, 10: 88.
- Nagumo, T. & Hara, Y. (1990) Species composition and vertical distribution of diatoms occurring in a Japanese mangrove forest. *Jpn. J. Phycol.*, 38: 333-343.
- 中原紘之 (1981) ホンダワラ類に着生する珪藻集団の季節変化. 藻場 (ガラモ場) の生態の総合的研究, 15-20. 昭和55年文部省科学研究費補助金 (総合研究 A) 研究成果報告書.
- 中井末松 (1987) 沖縄の湧泉の珪藻. *Diatom*, 3: 117-128.
- 中井末松 (1997) 沖縄の塩川 (すがわ) の珪藻. *Diatom*, 13: 265-269.
- 根来健一郎・後藤敏一 (1983) 由良川の珪藻植生. 近大農紀要, 16: 67-118.
- 濁川明男 (1997) 新潟県能生町海岸における冬季間の海産付着珪藻群集の遷移. *Diatom*, 13: 171-183.
- 新村陽子 (1995) 海産付着珪藻類の植生及び基質選択性に関する研究. 東京水産大学修士学位論文. 東京水産大学, 東京.
- 大谷修司 (1998) 汽水湖における微小珪藻類の分類学的研究. 平成8年度～平成9年度科学研究費補助金 (基盤研究 C-2) 研究成果報告書, 67 p.
- 大塚泰介 (1998) 河川の一形態単位内における付着藻類群落、特に珪藻群落の生息場所による違い. 陸水雑, 59: 311-328.
- Ohtsuka, T. (1999) Diatom community structure and its seasonal change on the stolon of *Phragmites japonica*. *Proc. 14th Int. Diatom Symp. Tokyo 1996* (in press).
- Rautiainen, H. & Ravanko, O. (1972) The epiphytic diatom flora of the benthic macrophyte communities on rocky shores in the southwestern archipelago of Finland, Seili Islands. *Nova Hedwigia* 23: 827-842.
- Schmidt, A., M. Schmidt, F. Fricke, H. Heiden, O. Müller & F. Hustedt (1874-1959) *Atlas der Diatomaceen-kunde*. Aschersleben, Leipzig, 460 Taf.
- 宍道湖・中海の藻類研究会 (1996) 宍道湖・中海水系の藻類. 宍道湖・中海の藻類研究会出版, 松江, 130 p.
- Sneath, P. H. & Sokal, R. R. (1973) *Numerical taxonomy*. W. H. Freeman, San Francisco, 573 p.
- Snøeijls, P. (1992) Studies in the *Tabularia fasciculata* complex. *Diatom Res.*, 7: 313-344.
- Snøeijls, P. ed. (1993) *Intercalibration and distribution of diatom species in the Baltic Sea*. Vol. 1. Opulus Press, Uppsala, 130 p.
- Snøeijls, P. & Balashova, N. eds. (1998) *Intercalibration*

- and distribution of diatom species in the Baltic Sea. Vol. 5. Opulus Press, Uppsala, 127 p.
- Snøeijls, P. & Kasperovicienė, J. eds. (1996) *Intercalibration and distribution of diatom species in the Baltic Sea*. Vol. 4. Opulus Press, Uppsala, 126 p.
- Snøeijls, P. & Potapova, M. eds. (1995) *Intercalibration and distribution of diatom species in the Baltic Sea*. Vol. 3. Opulus Press, Uppsala, 126 p.
- Snøeijls, P. & Vilbaste, S. eds. (1994) *Intercalibration and distribution of diatom species in the Baltic Sea*. Vol. 2. Opulus Press, Uppsala, 126 p.
- 杵村喜則・小池文人 (1991) 宍道湖・中海汽水域における大型藻類及び海生沈水草本植物群落とその分布. 汽水湖研究, 1: 81-86.
- Takano, H. (1961) Epiphytic diatoms upon Japanese agar sea-weeds. *Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab.*, 31: 269-274.
- Takano, H. (1962) Notes on epiphytic diatoms upon sea-weeds from Japan. *J. Oceanogr. Soc. Japan*, 18: 29-33.
- 高野秀昭 (1997) 不等毛植物門 珪藻綱. 千原光雄・村野正昭 編, 日本産海洋プランクトン検索図説, 169-260. 東海大学出版会, 東京.
- VanLandingham, S. L. (1967) Part I. *Acanthoceras* through *Bacillaria*. In: *Catalogue of the fossil and recent genera and species of diatoms and their synopsis*, 1-473. J. Cramer, Germany.
- VanLandingham, S. L. (1975) Part V. *Navicula*. In: *Catalogue of the fossil and recent genera and species of diatoms and their synonyms*, 2386-2963. J. Cramer, Germany.
- Van Tongeren, O. F. R. (1987) Cluster analysis. In: *Data analysis in community ecology*. R. H. G. Jongman, C. F. J. ter Braak & O. F. R. Van Tongeren eds., 174-212. Pudoc Wageningen, Netherlands.
- Williams, D. M. & Round, F. E. (1986) Revision of the genus *Synedra* Ehrenb. *Diatom Res.*, 1: 313-339.
- 山川清次 (1994) 嘉瀬川河口の珪藻. *Diatom*, 9: 41-72.

Plate の説明

光学顕微鏡写真の倍率は全て 2,000 倍. 走査型電子顕微鏡写真の倍率を括弧内に示す.

Explanation of Plates.

All LM-Photographs (2,000. Magnifications of SEM-Photographs are in parenthesis.

Plate I. 1, 2. *Achnanthes brevipes* var. *intermedia*. 3-7. *Achnanthes kuwaitensis* (5; SEM (7,500). 8-14. *Amphora* aff. *helensis* (13, 14; SEM (2,500). 15-18. *Amphora polita* (15; SEM (3,500).

Plate II. 1-3. *Amphora strigosa*. 4-7, 12, 13. *Cocconeis scutellum* (12, 13; SEM (4,000). 8-11, 14, 15: *Cocconeis speciosa* (14; SEM (4,000, 15; SEM (5,000). 16-18. *Grammatophora oceanica*.

Plate III. 1-4. *Melosira nummuloides*. 5-8. *Hippodonta linearis* (5; SEM (5,000). 9-11. *Navicula* cf. *rusticensis*. 12-15. *Rhoicosphenia abbreviata*. 16-21. *Rhopalodia rumrichiae* (20; SEM (3,000, 21; SEM (4,000).

Plate IV. 1-5. *Tabularia parva* (5; SEM (5,500). 6-8. *Tabularia tabulata* (6; SEM (13,000). 9-12. *Thalassiosira tenera*. 13-15. *Tryblionella salinarum*.

Plate 1

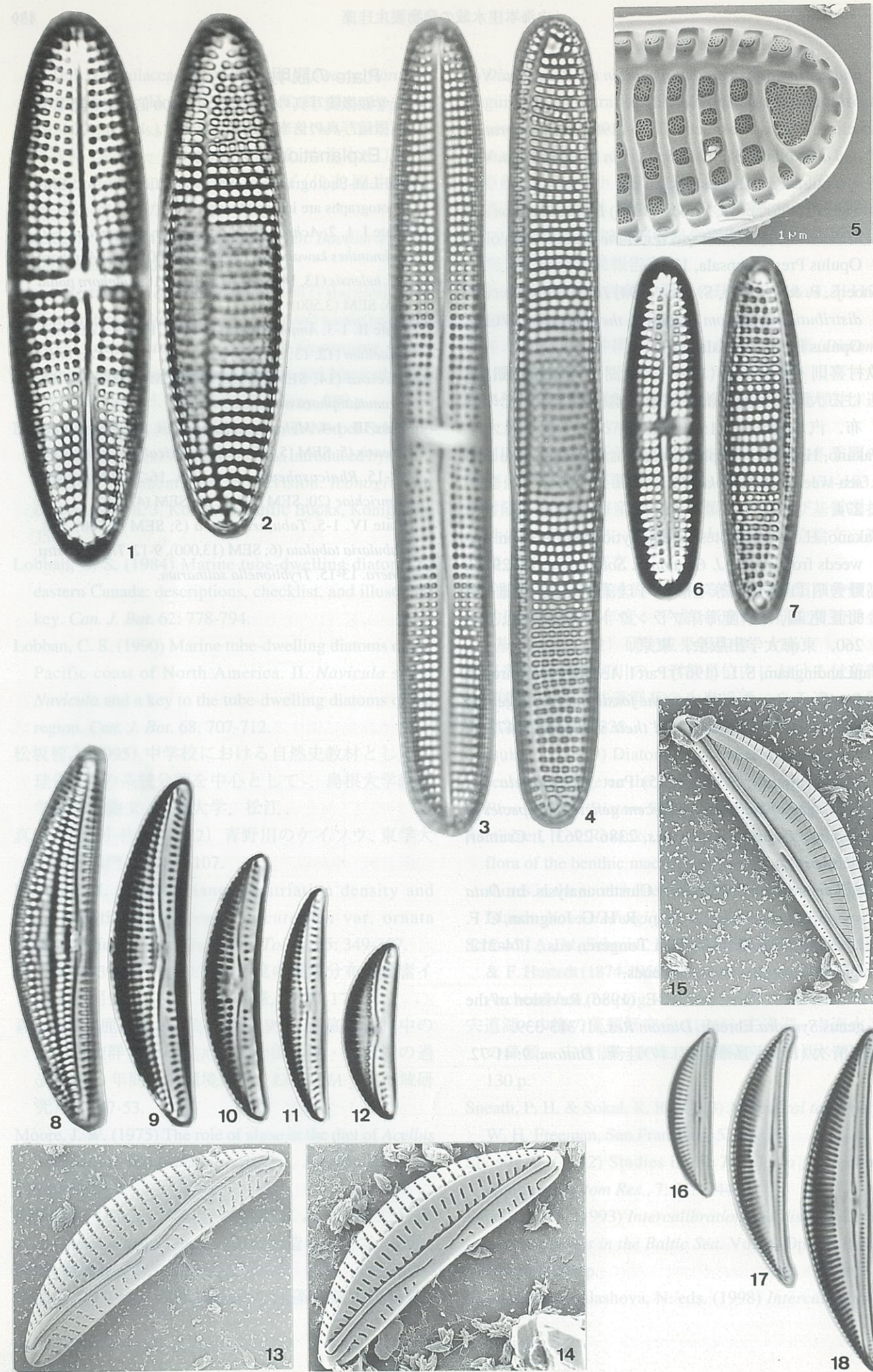


Plate 2

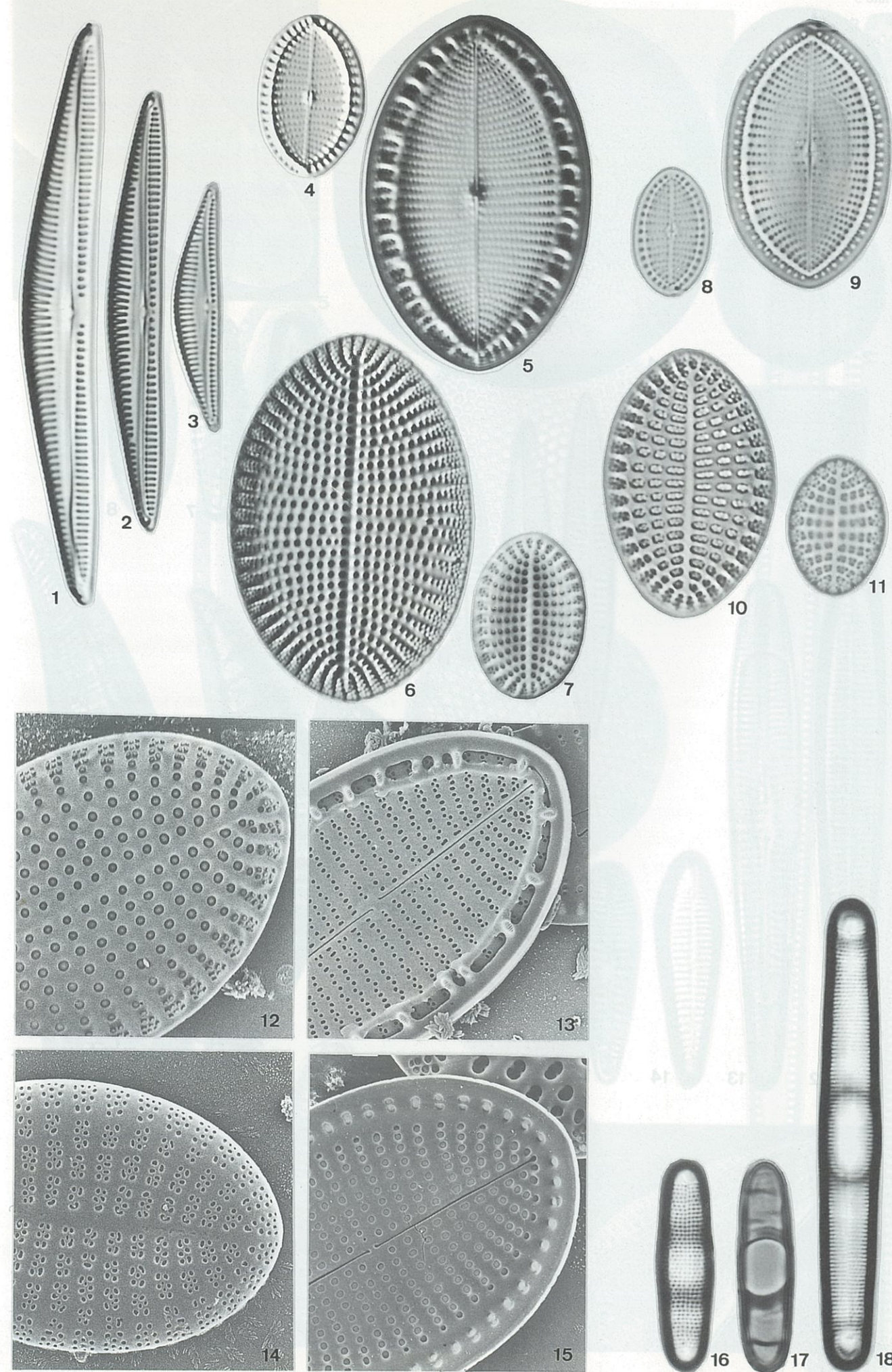


Plate 3

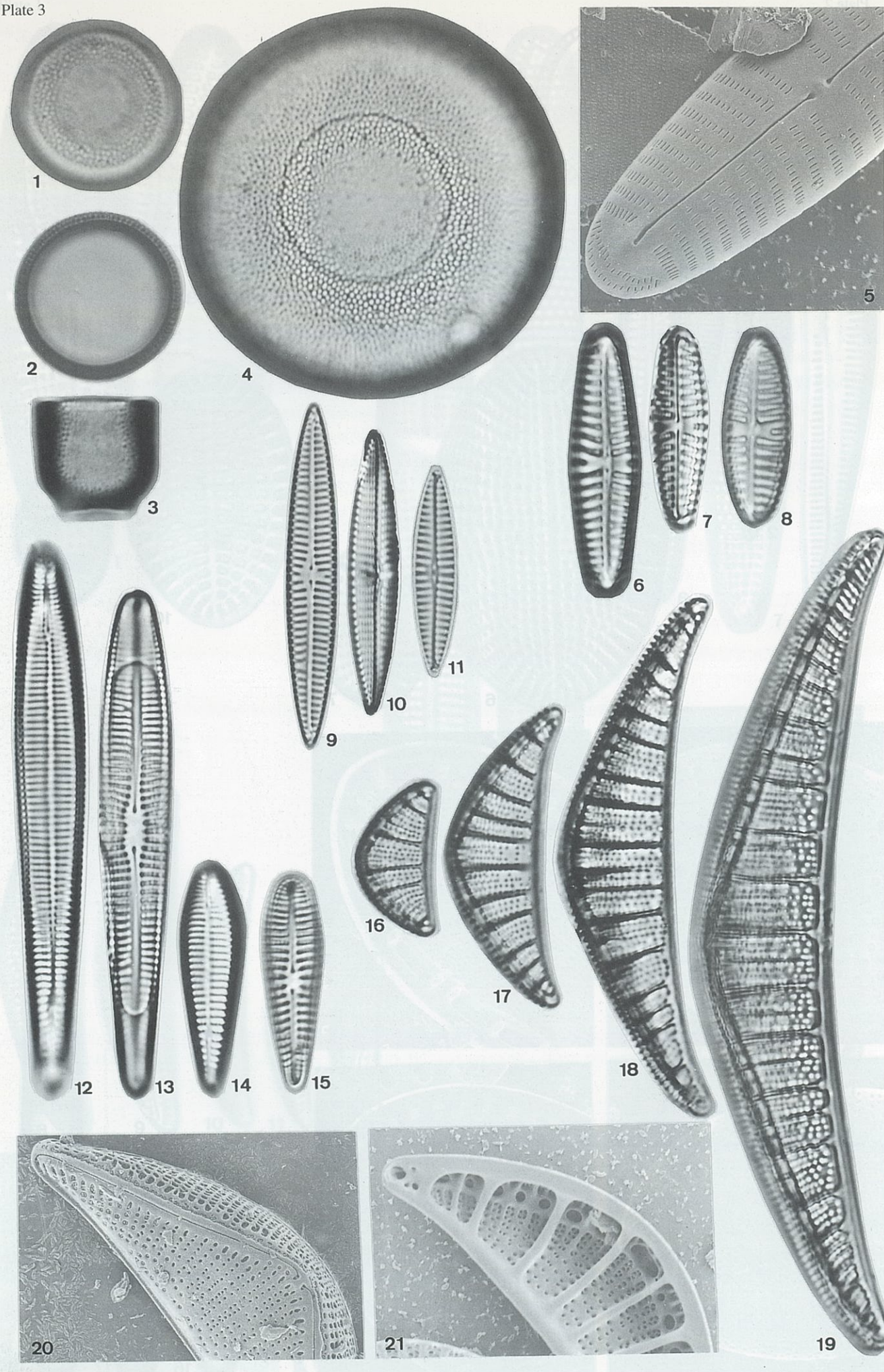


Plate 4

