



• 総説
• 解説

無縦溝珪藻 *Fragilaria* 属 (狭義の) とその近縁属出井雅彦¹・南雲 保²¹ 文教大学女子短期大学部 (253 神奈川県茅ヶ崎市行谷 1100)² 日本歯科大学生物学教室 (102 東京都千代田区富士見 1-9-20)

Masahiko Idei¹ and Tamotsu Nagumo² 1995. Genus *Fragilaria* (sensu stricto) and related genera in araphid diatoms. Jpn. J. Phycol. (Sôru) 43:227-239.

Fragilaria and *Synedra* are common genera in freshwater diatoms and contain a large number of species respectively. Species of *Fragilaria* form ribbon-like colonies and those of *Synedra* occur singly or in rosette-like colonies. However, these two genera are not easily distinguishable from each other in cleaned material. The division between *Fragilaria* and *Synedra* is unclear, therefore it caused a taxonomic problem (Patrick & Reimer 1966, Round 1979, Poulin et al. 1986), and Lange-Bertalot (1980) combined all the common freshwater species of *Synedra* with *Fragilaria*. Contrarily, five genera (*Staurosirella*, *Staurosira*, *Pseudostaurosira*, *Punctastriata*, *Fragilariforma*) are separated from *Fragilaria* on the basis of fine structural characters by Williams & Round (1987, 1988). In this paper, we introduce a new generic division by Williams & Round in araphid diatoms; these are *Fragilaria* which is narrowly circumscribed, divided five genera and *Martyana* which is separated from *Opephora*.

Key Index Words: genus - *Fragilaria* - araphid diatoms

¹ Masahiko Idei: Bunkyo University Women's College, Namegaya 1100, Chigasaki, Kanagawa, 253 Japan

² Tamotsu Nagumo: Department of Biology, The Nippon Dental University, Fujimi 1-9-20, Chiyoda-ku, Tokyo, 102 Japan

珪藻はその細胞壁である珪酸質の殻に様々な模様を持つため、分類はそれらの形態的特徴(例えば、外形、条線の配列様式、10 μ m中の条線数や点紋数、中心域や軸域の形、縦溝の形状等)によって行われてきた。そしてその結果は、Hustedt (1927-66, 1930), Hendeny (1964), Patrick and Reimer (1966, 1975) 等によってまとめられ、これらの著作中での種あるいは属の扱いが分類学的基準として広く受け入れられてきた。しかし、1970年代から使われ始めた走査電子顕微鏡が、広く珪藻の観察に用いられるにつれ、殻の微細構造に関する情報が著しく増加した。それに伴い光学顕微鏡時代にはなかった新たな形質が、分類に用いられるようになった。その結果、それぞれの分類群の形態的特徴が明確になり、光顕レベルでは識別が困難であった分類群が容易に識別できたり、逆に同じ分類群と思われていたものが異なる分類群であることが判明すること

も少なくなかった。また、タイプスライドやタイプ試料の再調査が盛んに行われるようになり、簡単な記載や図だけに限られていた原記載の情報に、タイプの光顕写真 (Simonsen 1987) やあるものでは電顕での観察も加わり、古典的分類群の特徴が明確になり、分類学的研究に大きな影響を与えた。また、これまでほとんど分類には反映されなかった細胞構造や生活史に関わる特徴が、分類形質として注目されるようになった (Mann 1989, 1993)。

こうした最近の研究の流れの中で、急増した新たな情報を整理し珪藻全体の体系の見直しを行なったのが Round 達 (1990) であった。その著書 "the diatoms" の中で彼らが提唱した分類体系はこれまでのものとは大きく異なり、特に上位の各階級 (綱, 亜綱, 目, 亜目, 科) に多数の新分類群を設立した。また、取り扱った 254 属全てを走査電顕観察をもとに解説している。

表 1. *Fragilaria* 属とその近縁属との比較

属名 タイプ種 (Basionym)	<i>Fragilaria</i> <i>F. pectinalis</i>	<i>Staurosirella</i> <i>S. lapponica</i> (<i>Fragilaria lapponica</i>)	<i>Staurosira</i> <i>S. construens</i> (<i>Fragilaria construens</i>)
生活形	糸状群体	短い糸状かジグザグ群体	単独, 糸状かジグザグ群体
生育地	淡水, 多くは底生	淡水, 付着	淡水, 付着
葉緑体	2 枚 (殻面)	2 枚 (帯面)	2 枚 (帯面)
外形	線状~楕円形	線状~楕円形, 十字形	卵形, 楕円形, 十字形, 希に三角
軸域 (sternum)	線条, 皮針形, 中央で片側に広がることもある	広い	狭い (中央部を除いて)
条線	単純単列で殻套まで, 殻中央部で欠くものあり	単列で殻套まで 肥厚した間条線	単列で殻套まで
胞紋	繊細, しばしば円盤状 (rota)	スリット状	円形, 楕円形で師板あり
連結針	単純, 先広, 二分分枝	複雑分枝, 間条線上	間条線上, 大きくへら状, 二分分枝
apical pore field	やや発達, 窪みの中	2,3~多数の小孔列	2,3の遊離小孔~数個
唇状突起	1 個	なし	なし
plaques	あり	あり	小さく目立たない (ないことある)
copula	数枚 (多くは 4 枚), 開放型	8-10 枚, 開放型, 殻端で強く湾曲	6-8 枚かそれ以上, 開放型, 胞紋なし, 強く湾曲
valvocopula	一列胞紋	幅広, 深い鋸齒	幅広
組み替えられた種類 (旧名)	<i>F. capucina</i> <i>F. vaucheriae</i> <i>F. minuscula</i> <i>F. crotonensis</i>	<i>F. pinnata</i> <i>F. africana</i> <i>F. leptostauron</i>	<i>F. construens</i> <i>F. elliptica</i>

これらの属の中には、彼らがこの著書の中で新たに記載した17属を含め、34の新属といくつかの新組み合わせが含まれている。また、20属以上が1980年以降に他の研究者によって設立された新しいものである。このような属レベルでの新設や新組み合わせは、直接学名の変更につながり、日常的な研究にも大きく関わる問題である。そこで、彼らの新属を中心に、最近変更のあった属について、本邦の試料を用いた走査電顕観察をもとに紹介する。

今回は無縦溝羽状珪藻の *Fragilaria* 属 (狭義の) とその近縁の6属について紹介する。これらは全て淡水の珪藻である。近縁の6属中の5属は、全て従来 *Fragilaria* 属 (以後旧 *Fragilaria* と呼ぶ) に含まれていた

もので、Williams and Round (1987, 1988, 1990) によって別属とされたものである。また、ここでは紹介しないが、従来 *Synedra* 属 (以後旧 *Synedra* と呼ぶ) から5属が新たに設立されている。旧 *Fragilaria* と旧 *Synedra* は淡水の代表的な属で、池・川・湖・湿原などにたくさんの種類が出現する。このふたつの属は、旧 *Fragilaria* は小形で帯状群体を作るのに対し、旧 *Synedra* は大形で細長く単独か叢状群体を作ることで分けられていたが、その区別は必ずしも明確ではなかった (Patrick and Reimer 1966, Lange-Bertalot 1980, Round 1984, Poulin et al. 1986)。そのため Lange-Bertalot (1980) はこの2属を *Fragilaria* 属 (広義の) にひとまとめにした。これに対し Williams and Round (1987) は新たな

<i>Pseudostaurosira</i> <i>P. brevistriata</i> (<i>Fragilaria brevistriata</i>)	<i>Punctastriata</i> <i>P. linearis</i>	<i>Fragilariforma</i> <i>F. virescens</i> (<i>Fragilaria virescens</i>)	<i>Martyana</i> <i>M. martyi</i> (<i>Opephora martyi</i>)
固く結合した糸状群体	短い糸状, 分枝状群体	糸状かジグザグ群体	単独
淡水	淡水	淡水 (酸性域)	淡水, 付着
板状で側生?	不明	小円盤状, 数個	
線状~楕円形でときに波打つ, 十字形	線状, 楕円形, 異極, 片側にへこみ	楕円形, 皮針形, 線状	卵形, 楕円形, 頭側に明瞭なへこみ (step)
非常に広い	狭い	非常に狭い (外面観では識別不能)	狭い
殻面単列数個 (1-4), 殻套に1個	多列 (網状), 互生	単列, 殻套まで連続	単列, 殻套まで連続, 肥厚した間条線
大きめな楕円形, 円形でメッシュ状師板	小円形	小円形 単純板状師板	スリット状
条線上, へら状, 分枝状	条線または間条線上にピラミッド形, 二叉分枝	間条線上, へら状, 管状	なし
小さく数個の小孔, 縁取りあり	片側のみ (見にくい)	顕著, 密集した小孔	片側 (足側)
なし	なし	1個	なし
殻套縁に沿って	あり (<i>P. robusta</i>)	あり	なし
数枚, 殻端でそれほど狭くならない, 開放型	数枚, 胞紋なし殻端で狭い	4-6枚, 開放型, 一列胞紋あり, 殻端で狭くならない	5枚まで, 開放型, 殻端で強く湾曲
幅広, 胞紋なし	広くない	片側に小隔壁あり	幅広い
<i>F. zeilleri</i> <i>F. construens</i> v. <i>binodis</i> f. <i>robusta</i>		<i>F. bicapitata</i> <i>F. constricta</i> <i>F. lata</i> <i>F. acidobiontica</i>	

形質に着目することで逆に多数の属に細分化した。

ここでは Williams and Round の分類を紹介する。彼らはこれらの属を分類するために、表 1 に示したような 13 の形質に着目した。これらの形質の中には生態的特性と形態的特性が含まれているが、実際に重要な識別形質は微細構造的特徴である。これらの属はただひとつの形質によってお互いを区別することはできず、2, 3 の形質の組み合わせで初めて識別が可能となる。表中の太字で示された特徴がその識別形質に該当する。各属の特徴は以下のようなものである。

***Fragilaria* Lyngbye (Fig. 1a. b. Fig. 2)**

従来属の範囲を見直し、淡水性で群体を形成し、単列胞紋からなる条線と、一個の唇状突起をもつもの

に限定した。そのため、旧 *Fragilaria* に含まれていた分類群から、唇状突起を持たないグループ (*Staurosirella*, *Staurosira*, *Pseudostaurosira*, *Punctastriata*) と唇状突起があっても条線構造の異なる *Fragilariaforma* が新たに別属として分離された。

外形は線状、線状皮針形、楕円形で、殻端は頭状 (Fig. 2a)。細胞は刺状または先端が広がるかあるいは二叉分枝した連結針によって結合し、帯状群体を形成する (Fig. 2b)。軸域 (sternum) は線状または皮針形で、中心域はあるが、一部ものでは片側だけにある (Fig. 2a, d)。条線は単列胞紋で、殻面から殻套まで連続しているが、しばしば連結針によって中断される (Fig. 2f)。胞紋は円形の薄い師板をもつ (Fig. 2f)。殻端の小孔域 (apical pore field) は比較的発達し、全体

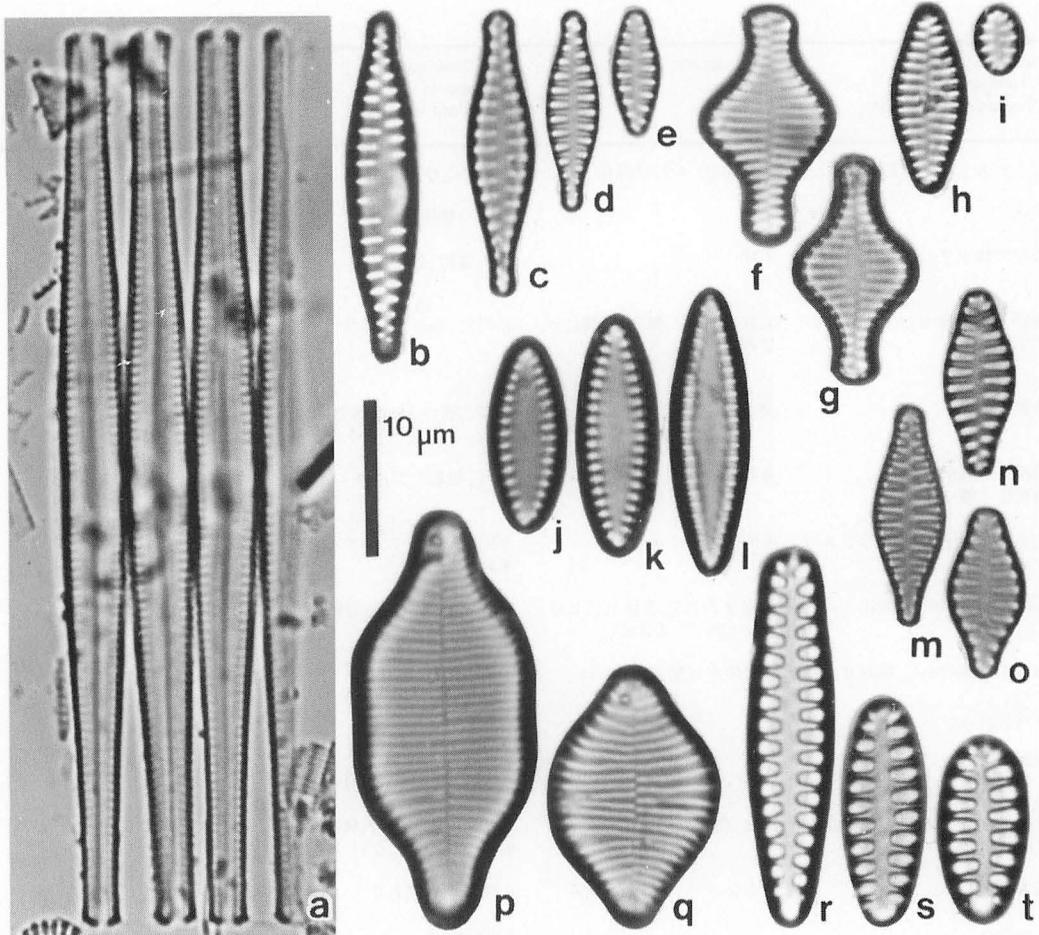


Fig. 1. Light micrographs. a: *Fragilaria crotonensis* Kitton. b: *Fragilaria vaucheriae* (Kützing) Petersen. c, d, e: *Stausosirella* sp. f, g: *Stausosira construens* Ehrenberg var. *construens*. h: *Stausosira construens* var. *venter* Ehrenberg. i: *Stausosira elliptica* (Shumann) Williams & Round. j, k, l: *Pseudostaurosira brevistriata* (Grunow) Williams & Round. m, n, o: *Punctastriata linearis* Williams & Round (?). p, q: *Fragilariforma virescens* (Ralfs) Williams & Round. r, s, t: *Martyana martyi* (Héribaud) Round. Scale bar = 10 μ m.

が少し窪んでいる (Fig. 2f)。唇状突起 (rimoporutula または labiate process) は一方の殻端近くにあり、横またはやや斜めに配置する (Fig. 2d, e)。プラーク (plaques; 小さな飾り板) が殻の縁に沿って並ぶ (Fig. 2c, f)。殻帯は開放型で、多くは4枚の帯片 (copula) から成る (Fig. 2f)。殻に直接接している接殻帯片 (valvocopula) には一列の胞紋がある (Fig. 2e)。

Stausosirella Ehrenberg (Fig. 1c, e, Fig. 3)

この属は *Fragilaria lapponica* (原名) をタイプ種として設立され、*F. pinnata*, *F. leptostauron* などが含まれる。これらの種類は旧 *Fragilaria* の中では太い条線をも

つ仲間である。細胞は小形で、短い糸状かジグザグ群体を作る。外形は線状~楕円形、十字形といろいろあり、異極性を示すものもある。条線は単列の条線はスリット状の胞紋からなり、殻套まで連続する (Fig. 3a-e)。また、条線は肥厚した間条線によって、そして各胞紋は肥厚した肋骨によって仕切られる点为本属の大きな特徴である。Williams 等 (1987) の記載や写真にはないが、我々の観察したものでは条線の裏側によって被われているものがあつた (Fig. 3c)。連結針は間条線上の殻面殻套境界部にあり、複雑に分枝した構造を示すものもある (Fig. 3c 矢印)。殻端の小孔域は2, 3~多数の小孔から成るとあるが、種類によって

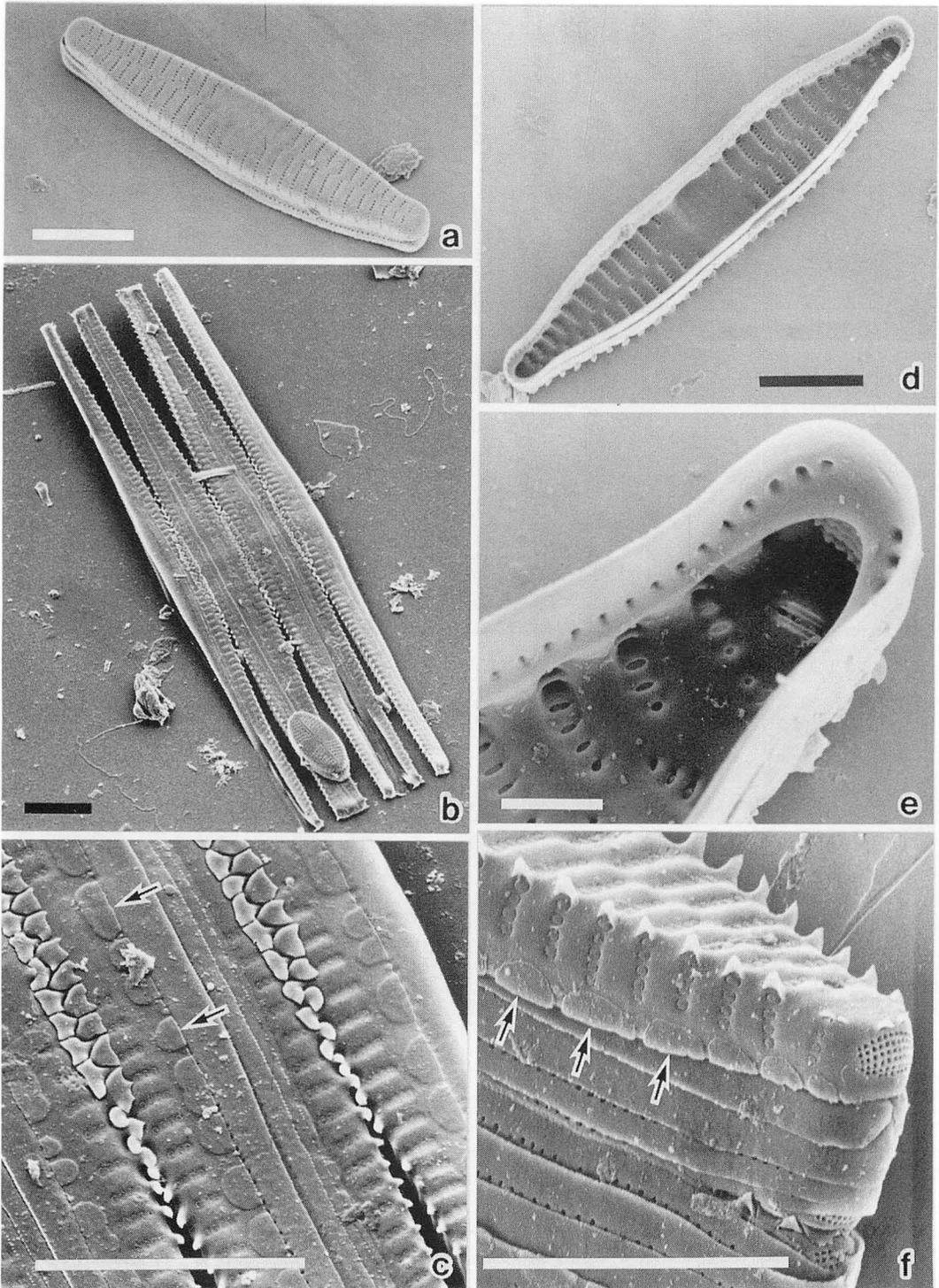


Fig. 2. *Flagilaria*. SEM. a, d, e, f: *Flagilaria vaucheriae* (Kützing) Petersen. b, c: *Flagilaria crotonensis* Kitton. a: Whole valve, exterior, with capitata poles and unilateral central area. b: Colonial frustules, girdle view. c: Interlocking splayed spines on the valve face/mantle junction and plaques on the valve mantle (arrows). d: Whole valve, interior. e: Valve pole, interior, with rimopotula. f: Colonial frustules, exterior, showing apical pore field, plaques (arrows), uniseriate areolae with discoid vela, and open valvocopula. Scale bars = 5 μ m (a-d, f), and 1 μ m (e).

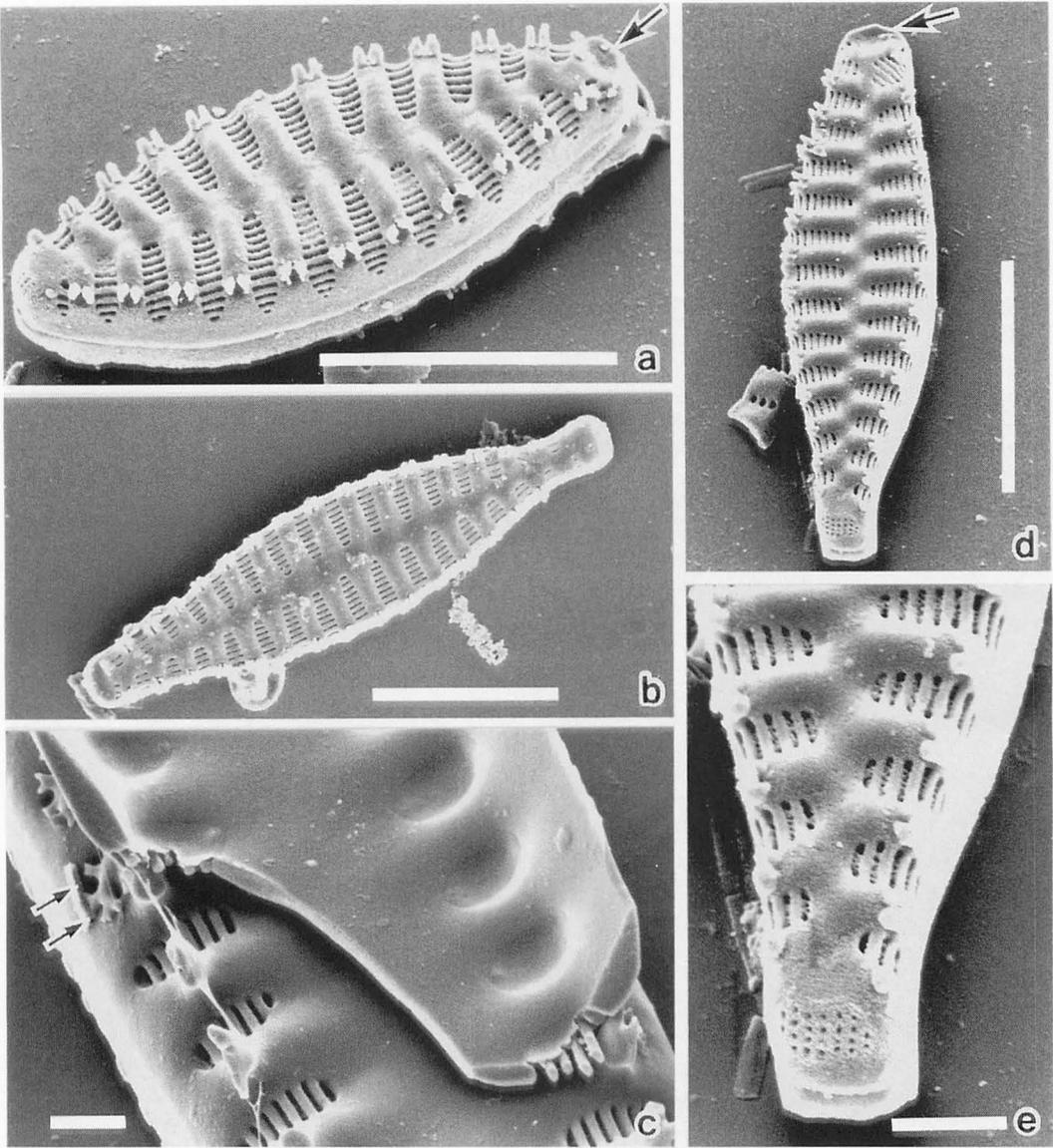
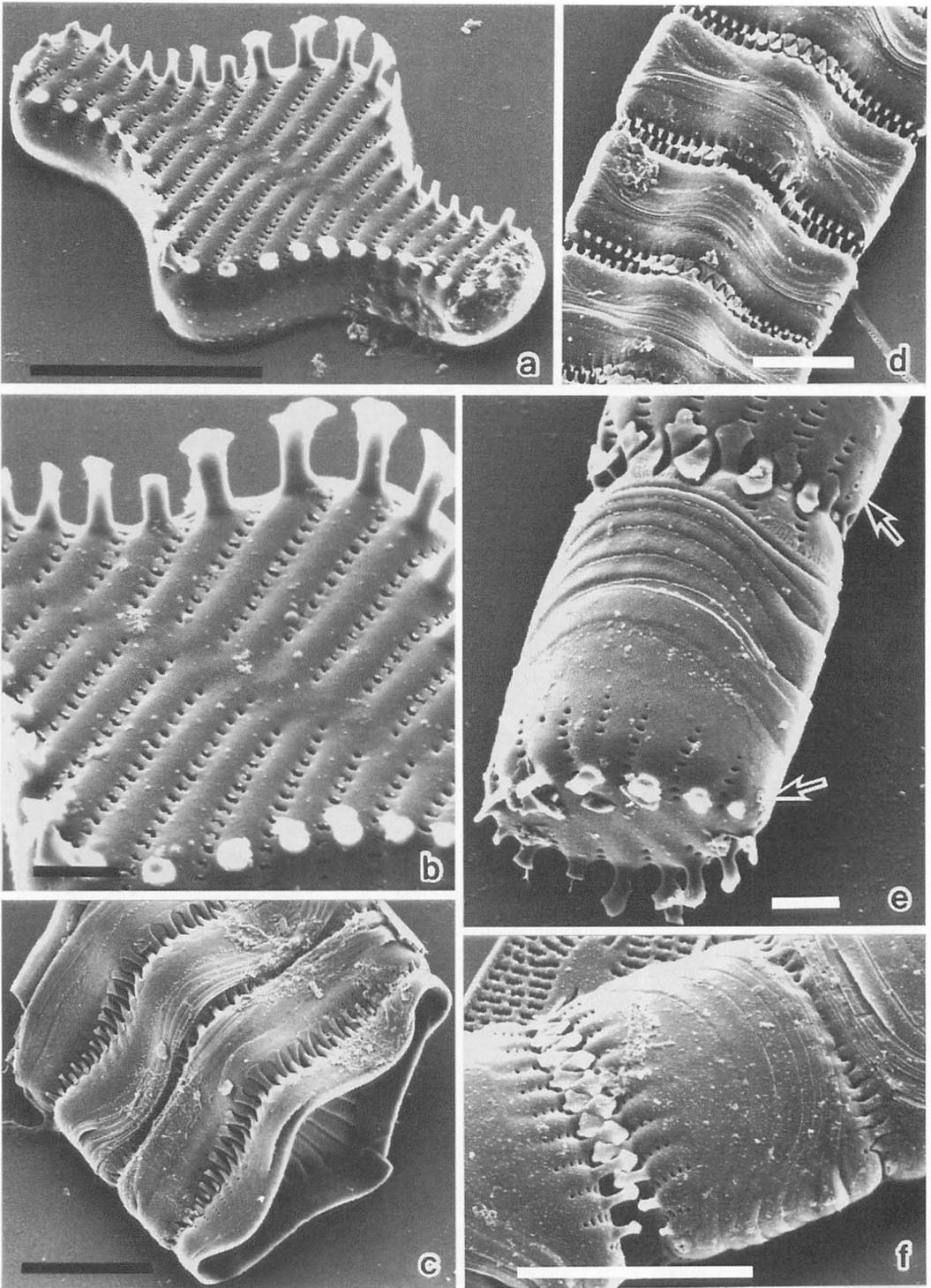
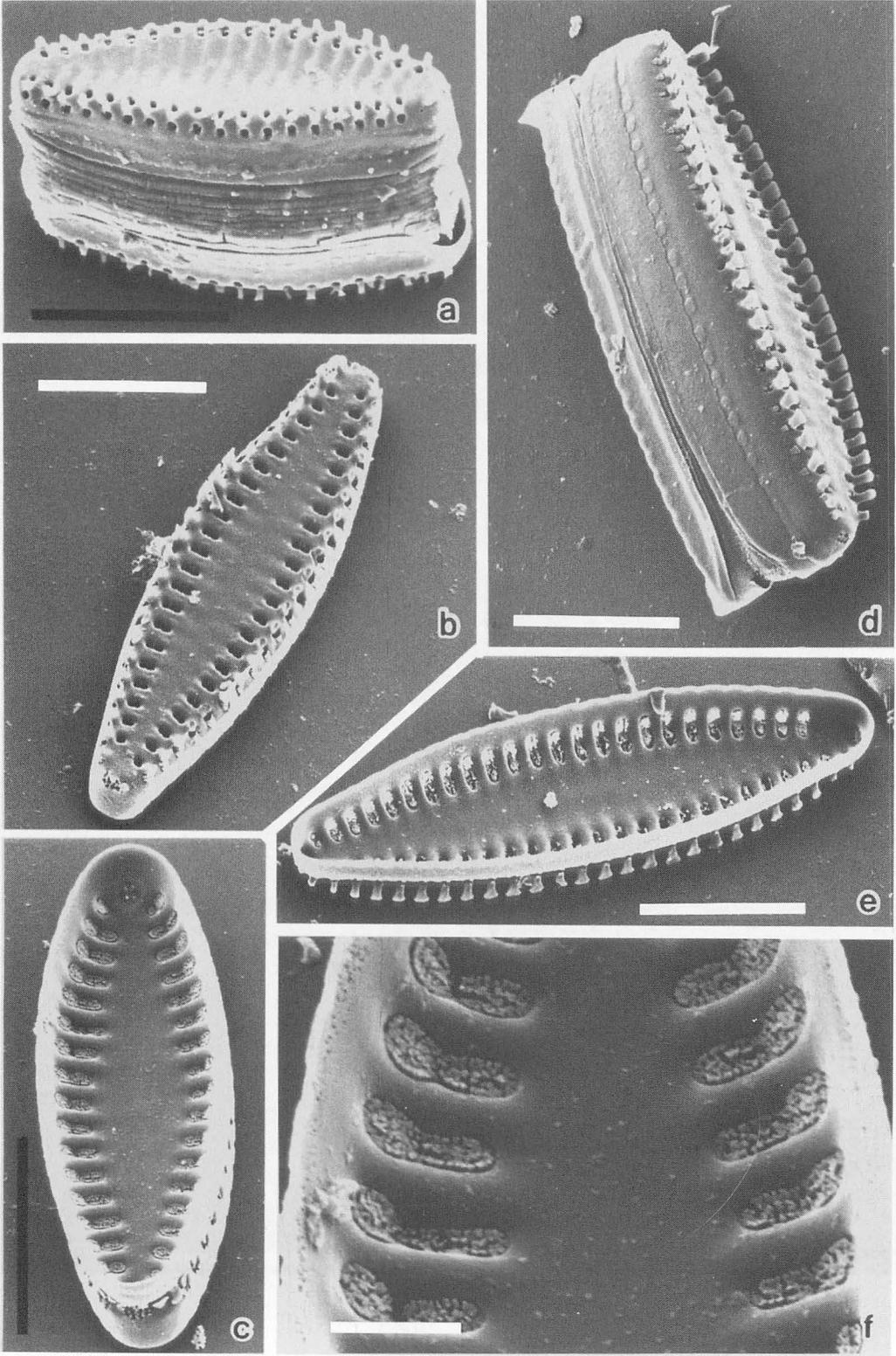


Fig. 3. *Stausosirella* sp. SEM. a : Whole valve, exterior, showing thickened interstriae, slit like areolae, a wide sternum, bifurcate spines on the valve face/mantle junction and a depression (step) at one pole (arrow) . b : Whole valve, exterior, with hetero poles . c : Neighboring valves showing the inner hymenate occlusions of the striae and branched spines (arrow) . d : Whole valve, exterior, showing a step and apical pore field at the each pole . e : Valve pole, exterior, with apical pore field consisting of many rows of poroids . Scale bars = 5 μm (a, b, d) , and 1 μm (c, e) .

(Next page \rightarrow) Fig. 4. *Stausosira*. SEM. a, b, c, d : *Stausosira construens* Ehr. var. *construens*. e : *Stausosira elliptica* (Shumann) Williams & Round. f : *Stausosira construens* var. *venter* Ehrenberg. a : Whole valve, exterior, showing a narrow sternum and spatulate spines. b : Valve center, exterior, showing uniseriate rows of areolae. c, d : Girdle view of colonies. e : Girdle view of frustule showing the cingulum and a few pores of the apical pore field (arrow) . f : Colonial frustules, girdle view, showing linking spines and extremely curved bands. Scale bars = 5 μm (a, c, d, f) , and 1 μm (b, e) .





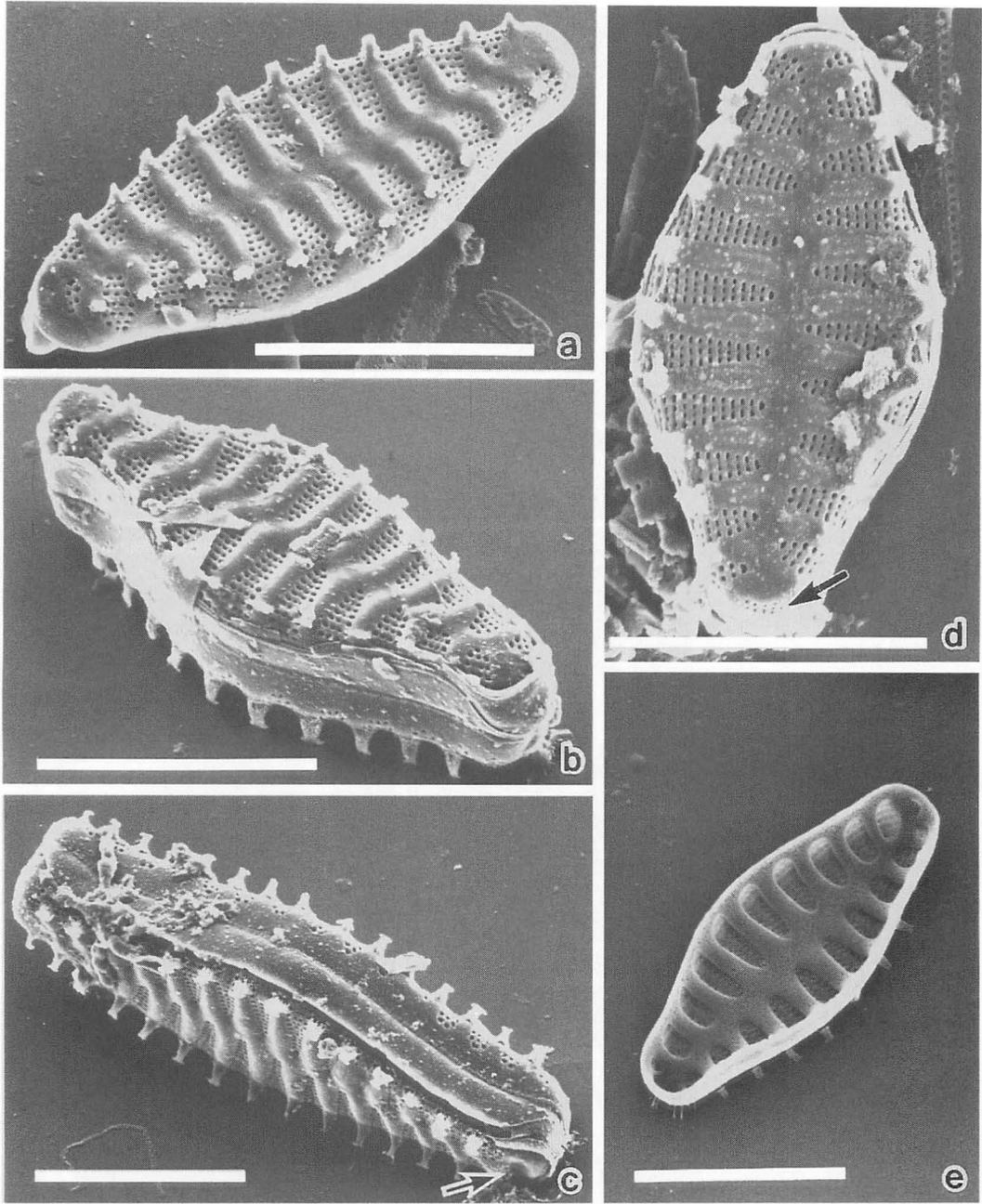


Fig. 6. *Punctastriata linearis* Williams & Round (?). a : Whole valve, exterior, showing striae consisting of multiseriate rows of areolae. b : Whole frustule showing bifurcate spines on the interstriae. c : Whole frustule, girdle view, with a depression at one pole (arrow). d : Whole valve, exterior, with a apical pore field at one pole (arrow). e : Internal view of whole valve. Scale bars = 5µm.

(← Previous page) Fig. 5. *Pseudostaurosira brevistriata* (Grunow) Williams & Round. SEM. a : Whole frustule showing a very wide sternum and striae consisting of two areolae. b : Whole valve, exterior, with elongate areolae on the valve face and small apical pore field. c : Neighboring valves, interior, showing inner occlusion of the striae. d : Whole frustule, exterior, showing spatulate spines and plaques along the mantle edge. e : Internal view. f : Detail of areolae, interior, with mesh like inner occlusion. Scale bars = 5 µm (a, b, c, d, e), and 1µm (f)

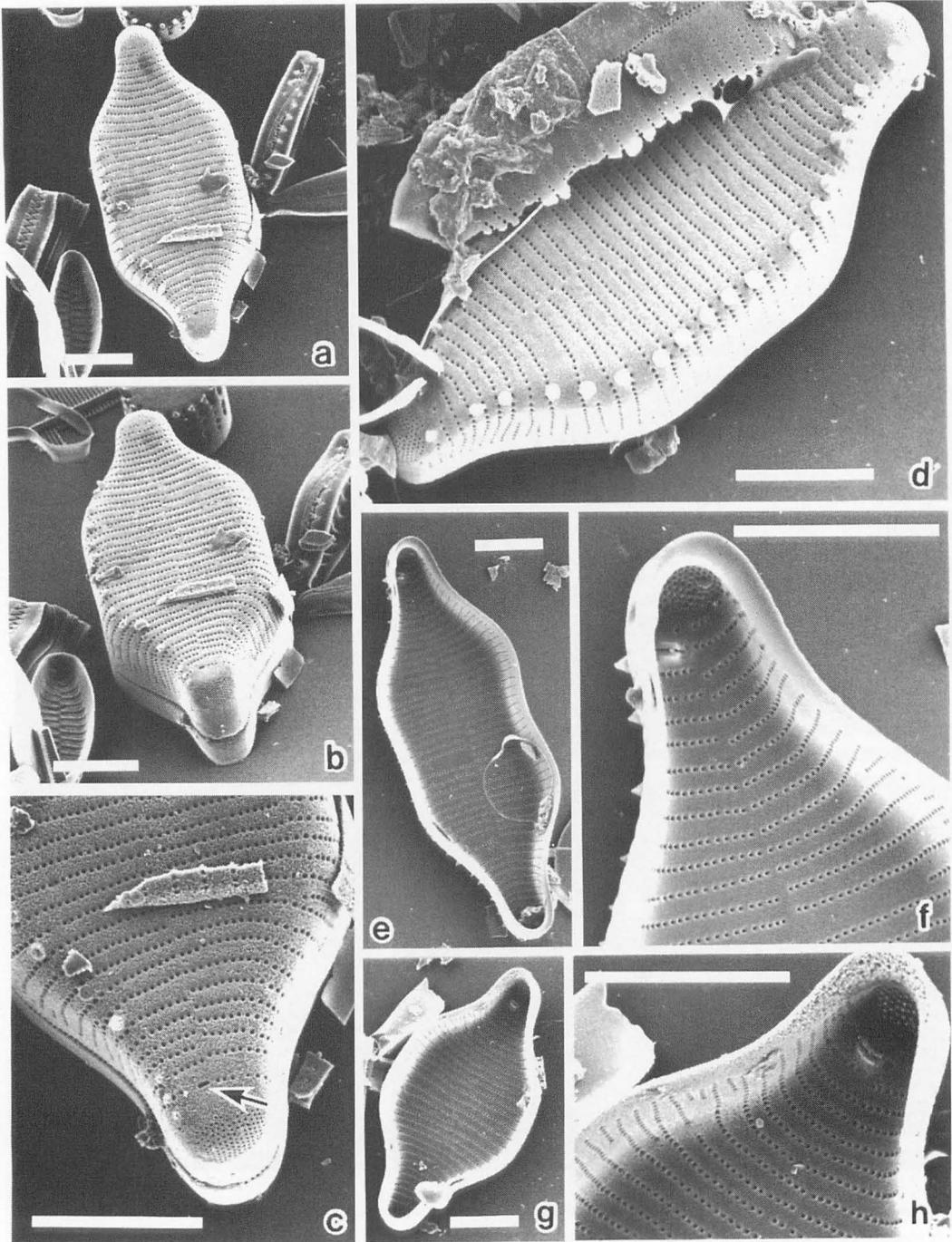


Fig. 7. *Fragilariforma virescens* (Ralfs) Williams & Round. a, b : Whole valve, exterior, with a very narrow stem. c : Valve pole, exterior, showing a opening of the rimoportula (arrow) and apical pore field. d : Whole valve, exterior, showing marginal spines on the interstriae and uniseriate rows of areolae. e : Whole valve, Internal view of whole valve. f : Valve pole of e showing rimoportula and apical pore field. g : Whole valve, interior, with rimoportula at one end. h : Valve pole of g. Scale bars = 5 μ m.

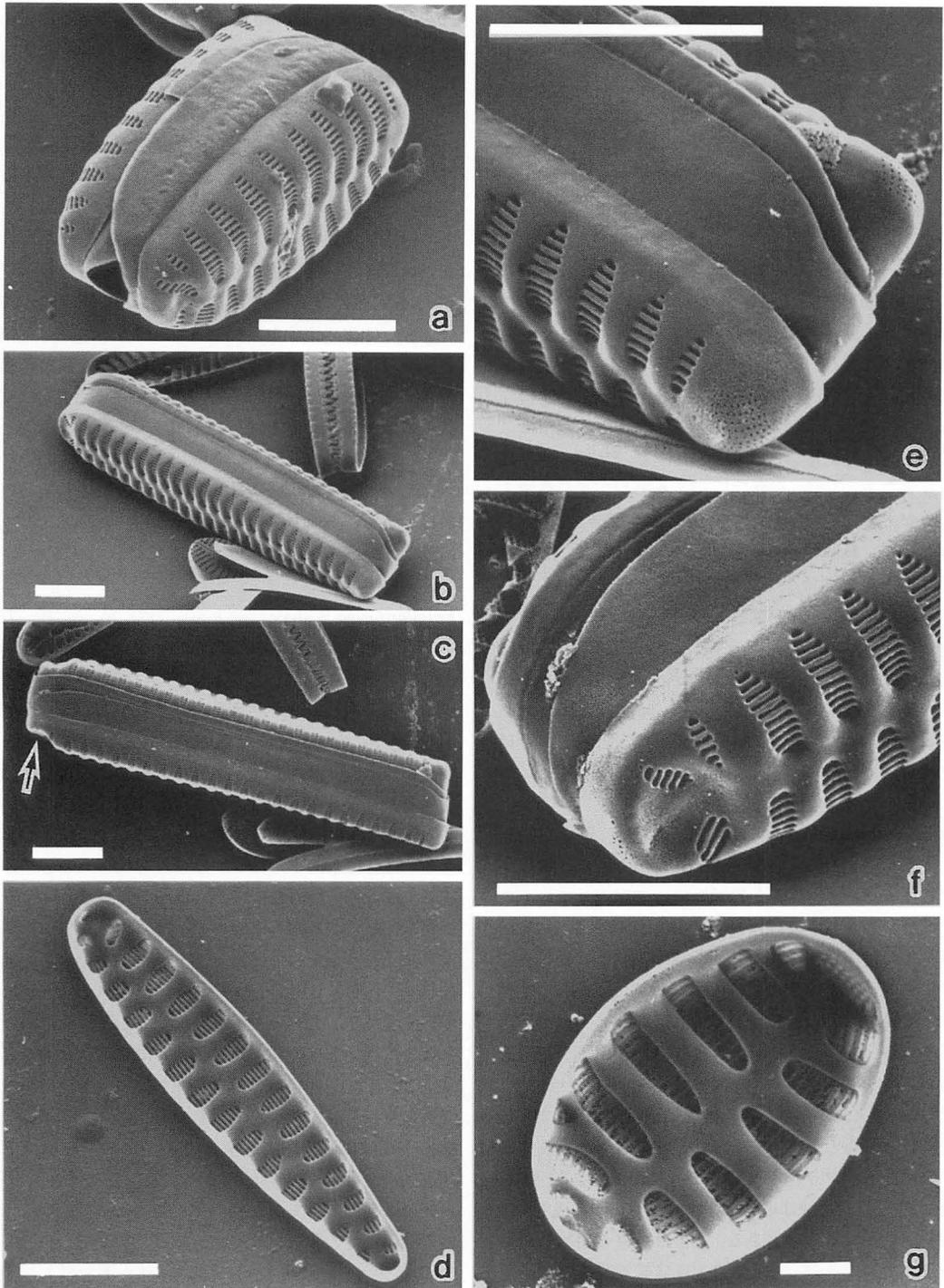


Fig. 8. *Martyana martyi* (Héribaud) Round. a, b : Whole frustules, exterior, showing striae consisting of slit like areolae, plain marginal ridge and wide valvocopula. c : Whole frustule, girdle view, with a step at head pole of the valve (arrow) . d : Whole valve, interior, with slit areolae. e : Base pole, exterior, with apical pore field consisting of many rows of poroids. f : Head pole, exterior, with a step and small apical pore field. Whole valve, interior, showing areolae with delicate inner occlusion and apical pore field of the base pole. Scale bars = 5 μ m (except c) and 1 μ m (c) .

は両端で必ずしも同じ構造ではなく、片側には無いが非常に目立たないこともある (Fig. 3a, d)。さらに、小孔域の不明瞭な側には *Martyana* 属に見られるような窪み (step) が見られた (Fig. 3a, d 矢印)。本属は *Fragilaria* や *Stausosira* とは条線が明瞭なスリット状であること、そして *Martyana* とは連結針があることで区別できる。

***Stausosira* Williams and Round (Fig. 1f, g, h, i, Fig. 4)**

細胞は単独または糸状かジグザグ群体をつくる。外形は様々で、卵形・楕円形・十字形、稀に三角形。軸域は変化にとむが、非常に狭いことはない。条線は単列の円形や楕円形の胞紋からなり、殻套まで連続する。胞紋は外側に小師板をもつため、その開口はスリット状に見える (Fig. 4a, b)。連結針は間条線上にあり大きく、先がへら状に広がるものや二分枝するものがある (Fig. 4a-f)。殻端の小孔域は様々であるが、目立たず、数個の小孔が見られる程度である (Fig. 4e 矢印)。プラークは小さく目立たず、ときにないこともある。殻帯は6-8個の開放型の帯片から成るが、これらの帯片には胞紋ない。また、比較的丸い種類では、殻套中央部が広いため殻帯も大きく湾曲する (Fig. 4e, f)。この属には旧 *Fragilaria construens* や *F. elliptica* が含まれる。*Fragilaria* 属とは唇状突起がない点や殻帯に胞紋が見られない点などで区別される。

***Pseudostausosira* Williams and Round (Fig. 1j, k, l, Fig. 5)**

この属は旧 *Fragilaria brevistriata* のように、軸域が非常に広く、短い条線が殻縁に沿って配列しているような種類を含む。細胞は糸状の群体をつくる。外形は線状または楕円形で、ときに殻側が波打つ。軸域が非常に広いことが本属の大きな特徴である。条線は単列で、数個 (1-4) の胞紋から成り、そのうち1個が殻套部にある (Fig. 5a, b, d)。胞紋は外側に円形か楕円形のおおきな開口があり、内側に薄いメッシュ状の師板がある (Fig. 5c, e, f)。この師板は繊細で壊れやすい。連結針は条線上にあり、先がへら状のものや分枝するものがある。プラークは殻套の縁に沿ってある (Fig. 5d)。殻端の小孔域は小さく、数個の小孔から成り、縁どりが見られるものもある。殻帯は数枚の開放型の細い帯片から成るが、近縁縁のように殻端で極端に湾曲しない (Fig. 5d)。殻縁に偏った条線 (まばらな胞紋) が本属の最も顕著な特徴である。

***Punctastriata* Williams and Round (Fig. 1m, n, o, Fig. 6)**

本属は新種の *P. linearis* をタイプ種として記載された新属である。この *P. linearis* は従来 *Fragilaria pinnata* として同定されていたものの一部で、*Stausosirella* に移された *F. pinnata* とは異なるものに与えられた新名である。しかし、光顕でこの2種を区別することは困難である。外形は線状から楕円形で、異極性があり、一方の殻端には弱い凹みがある (Fig. 6c 矢印)。軸域は狭い。条線は左右交互に配置し (Fig. 6e)、小さな胞紋が4, 5列並んだ多列タイプで、全体とし卵型となる (Fig. 6a-e)。このような多列タイプの条線構造は、近縁属の中ではこの属だけである。原記載では、連結針は条線または間条線上にあり胞紋列を遮るとあるが、我々の観察したものでは条線上になく、全て間条線上にあった (Fig. 6a-d)。殻端の小孔域は一方だけにあり、見にくい (Fig. 6d)。プラークはある。殻帯は開放型の数枚の帯片から成り、殻端で狭くなる。この属には *P. ovalis* が *P. linearis* 同様に新種として記載されている。

***Fragilariforma* Williams and Round (Fig. 1p, q, Fig. 7)**

本属は最初 *Neofragilaria* (Williams and Round 1987) の名称で記載された。しかし、その2ヶ月程前に全く別の珪藻に同じ名称が与えられ出版されていたことが判明し、翌年 (1988) 新たにこの *Fragilariforma* に属名が変更になった。タイプ種をはじめとし、この属の種類は生育地が高層湿原のような酸性域に限られている。また、葉緑体が円盤状で数個あることも他の属とは異なる。細胞は糸状またはジグザグ群体をつくる。殻は線状、皮針形、楕円形で、殻端は細いくちばし状または頭状、そしてしばしば中央部でくびれる。軸域は非常に狭く、外側からではほとんど識別できない。条線は単列で、小さな円形の胞紋が一列に殻面から殻套の縁近くまで連続して (Fig. 7a-h)。また、殻套部ではしばしば長い条線の間に短い条線が混じることがある (Fig. 7d, f, h)。連結針は間条線上にあり、単純な刺状なものや、先がへら状になるものもある (Fig. 7d)。殻端の小孔域は明瞭で、密集した多数の小孔から成る (Fig. 7c, d)。唇状突起は一方の殻端近くに1個あり、内側のスリットは条線に沿って配置し (Fig. 7f, h)、外側の開口は他の胞紋に比べ大きな楕円である (Fig. 7c 矢印)。プラークはある。殻帯は4-6枚の開放型の帯片から成り、一列の胞紋がある。接殻帯片には小殻壁がある。唇状突起を持つ *Fragilaria* 属とは、胞紋の構造や配列、単純な小孔域などで区別ができる。

Martyana Round (Fig. 1r, s, t, Fig. 8)

本属は *Opephora martyi* として知られてきた種をタイプとして設立された。従来 *Opephora* は旧 *Fragilaria* と外形的に似ているが、異極性で、目立って条線が太い点で区別されてきた。しかし、Round (1990) は本来 *Opephora* の名称は海産種に与えられたものであり、淡水種の *Opephora martyi* は、海産の *Opephora* と構造的にも異なることから別属とし独立させた。細胞は単独で生育し、足側 (細い方) で砂などに付着する。殻は卵形・楕円形で、頭側 (太い方) に凹み (step) がある (Fig. 8a, c 矢印, f)。軸域は狭い。条線は単列で、スリット状の胞紋が殻面から殻套まで連続する (Fig. 8a, e, f)。原記載には内面観の写真が一枚もなく、その記述もないが、我々の観察では胞紋の内側は繊細な薄皮で被われていた (Fig. 8g)。連結針、唇状突起そしてプラークはない (a-g)。殻帯は5枚以下の帯片から成り、殻端近くで急に細くなる (Fig. 8c, e)。この属は *Staurosirella* に光顕的にも電顕的にも条線構造が似ているが、連結針やプラークが無いことで区別できる。

引用文献

Hendey, N. I. 1964. An introductory account of the smaller algae of British coastal waters. Part V. Bacillariophyceae (Diatoms). Ministry of Agriculture, Fisheries and Food. Fishery Investigations Series IV. London.

Hustedt, F. 1927-1966. Die Kieselalgen Deutschlands, Österreichs und der Schweiz. In: Dr. Rabenhorst, L. (ed) Kryptogamen-Flora von Deutschland, Österreich und der Schweiz. 7. Akademische Verlagsgesellschaft, Leipzig.

Hustedt, F. 1930. Bacillariophyta (Diatomaceae). In: Pascher, A. (ed) Die Süßwasser flora Mitteleuropas. Heft 10. Gustav Fischer Verlag, Jena.

Lange-Bertalot, H. 1980. Zur systematischen Bewertung der bandförmigen kolonien bei *Navicula* und *Fragilaria*. Nova Hedwigia 33: 723-787.

Mann, D. G. 1989. The diatom genus *Sellaphora*: separation from *Navicula*. Br. Phycol. J. 24: 1-20.

Mann, D. G. 1993. Life history and systematics of *Lyrella*. Nova Hedwigia Beih. 106: 43-70.

Patrick, R. & Reimer, C. W. 1966. The diatoms of the United States. Vol. 1. Monographs of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia. Number 13.

Patrick, R. and Reimer, C. W. 1975. The diatoms of the United States. Vol. 2. part 2. Monographs of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia. Number 13.

Poulin, M., Bérard Therriault, L. and Cardinal, A. 1986. *Fragilaria* and *Synedra* (Bacillariophyceae): A morphological and ultrastructural approach. Diatom Research 1: 99-112.

Round, F. E. 1979. The classification of the genus *Synedra*. Nova Hedwigia Beih. 64: 135-146.

Round, F. E. 1984. The circumscription of *Synedra* and *Fragilaria* and their subgroupings. In: D. G. Mann (ed.) Proceedings of the Seventh International Diatom Symposium. 241-253. Otto Koeltz, Koenigstein.

Round, F. E., Crawford, R. M. and Mann, D. G. 1990. The Diatoms. Biology and morphology of the genera. 1-747. Cambridge University Press, Cambridge.

Simonsen, R. 1987. Atlas and Catalogue of the Diatom Types of Friedrich Hustedt. 3 vols. J. Cramer, Berlin & Stuttgart.

Williams, D. M. and Round, F. E. 1987. Revision of the genus *Fragilaria*. Diatom Research 2: 267-288.

Williams, D. M. and Round F. E. 1988. *Fragilariforma*, nom. nov., a new generic name for *Neofragilaria* Williams & Round. Diatom Research 3: 265-267.

付録

Fragilaria 属とその近縁属の検索表

1. 唇状突起がある 2
1. 唇状突起がない 3
 2. 軸域あり *Fragilaria*
 2. 軸域なし (非常に狭い) *Fragilariaformis*
3. 連結針あり 4
3. 連結針なし *Martyana*
 4. 条線が単列 5
 4. 条線が多列 *Punctastriata*
5. 胞紋スリット状 *Staurosirella*
5. 胞紋スリット状でない 6
 6. 胞紋大きく数個 *Pseudostaurosira*
 6. 胞紋小さい *Staurosira*

