

## 特殊な条線構造をもつ単縦溝珪藻 *Achnanthes simplex* Hust. の 微細構造と分類学的検討

出井雅彦<sup>1</sup>・南雲 保<sup>2</sup>

<sup>1</sup>文教大学女子短期大学部 (253-8550 神奈川県茅ヶ崎市行谷 1100)

<sup>2</sup>日本歯科大学生物学教室 (102-8159 東京都千代田区富士見 1-9-20)

Masahiko Idei<sup>1</sup> and Tamotsu Nafgumo<sup>2</sup>: Fine structure and taxonomy of a monoraphid diatom *Achnanthes simplex* Hust. with monoareolate striae. Jpn. J. Phycol. (Sôru) 50: 1 - 5, Mar. 10, 2002

A rare freshwater species, *Achnanthes simplex* Hust. found in an aquarium for tropical fish, has been studied by scanning and transmission electron microscopies. Each stria in both raphid and araphid valves has an elongate areola, though their occlusions are different between them. The areolae of raphid valve are occluded by hymens with hexagonal perforations, and those of araphid valve have an unique occlusion whose flaps and hymens are fused. The latter type of occlusion is reported for the first time in monoraphid diatoms. This taxon can be related to the genus *Kolbesia* divided from the genus *Achnanthes* (*sensu lato*).

Key Index Words : *fine structure, taxonomy, monoraphid, diatom, Achnanthes, Kolbesia, stria*

<sup>1</sup>Bunkyo University Women's College, Namegaya 1100, Chigasaki, Kanagawa, 253-8550 Japan

<sup>2</sup>Department of Biology, The Nippon Dental University, Fujimi 1-9-20, Chiyoda-ku, Tokyo, 102-8159 Japan

*Achnanthes* (広義) は、被殻を構成する2つの殻の一方のみが縦溝を持ち、しばしばそれぞれの殻で模様が異なり、帯面から見たときに「く」の字に曲がるという特徴によって分類されてきた (Hustedt 1930, Patrick & Reimer 1966)。近年走査電子顕微鏡による珪藻の観察が一般化するに伴い、従来の属の分類基準が再検討されるようになってきた (Round *et al.* 1990)。*Achnanthes* (広義) においても見直しが行われ、狭義の *Achnanthes* は、*A. longipes* や *A. brevipes* のような大形で横走肋が発達し、複雑な肉趾状師板 (vola) によって閉塞された胞紋をもつ仲間に限定された (Round *et al.* 1990)。その結果、多くの種が *Achnanthes* から分かれ、*Achnanthidium* (Round *et al.* 1990, Round & Bukhtiyarova 1996) や新属の *Psammothidium* (Bukhtiyarova & Round 1996), *Rossithidium* (Round & Bukhtiyarova 196) などに再分類された。しかし、未だに帰属の不明確な種類も多く残されており、更なる微細構造の観察と分類学的検討が必要とされている。

*Achnanthes simplex* Hust. は最初 *Achnanthes similis* Hust. (Hustedt 1935) としてインドネシアのスマトラ島トバ湖 (Lake Toba) の堆積物中から記載された。しかしこの種名は後続同名 (later homonym) であったため、新名が与えられ *A. simplex* Hust. (Hustedt 1936) となった。本種の報告は世界的に非常に少なく、著者らの知る限り Lange-Bertalot & Krammer (1989) の中で見られるのみであった。著者らは熱帯魚の水槽のガラス表面に生育する珪藻を調査したところ、*A. krasskei* H.Kobayasi & Sawatari, *A. subhudsonis* Hust., *Cocconeis placentula* Ehrenb., *Sellaphora seminulum* (Grunow) D.G.Mann (syn:*Navicula*

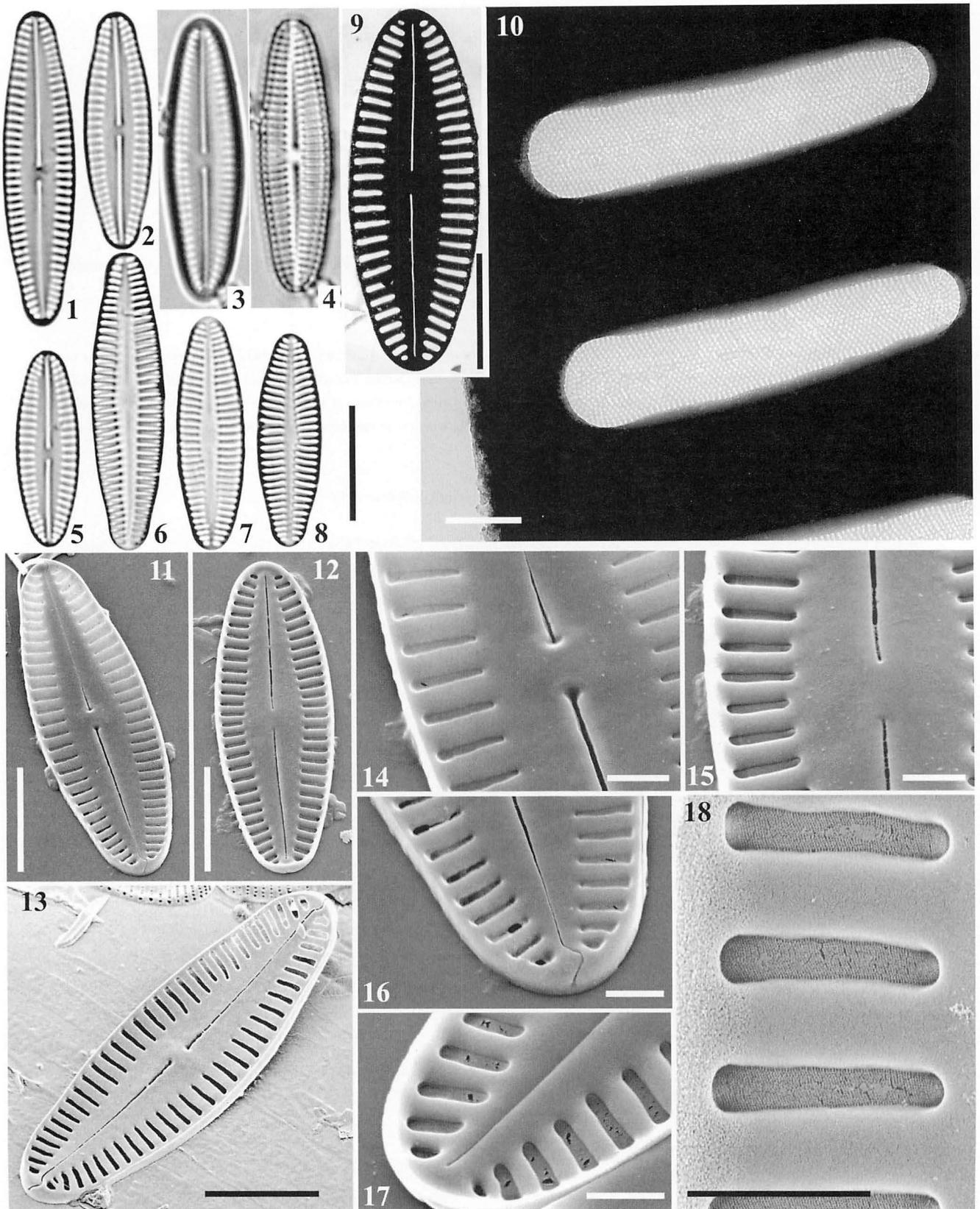
*seminulum* Grunow), *Eolimna minima* (Grunow) Lange-Bert. (syn:*Navicula minima* Grunow) などに混じって本種を比較的多数見いだした。そこで本種の殻微細構造と帰属を明らかにするために、透過電子顕微鏡 (TEM) および走査電子顕微鏡 (SEM) を用いて詳細に観察したところ、特異的な条線構造をもつことが明らかになった。また、微細構造を基に本種の分類学的検討を行った。

### 材料と方法

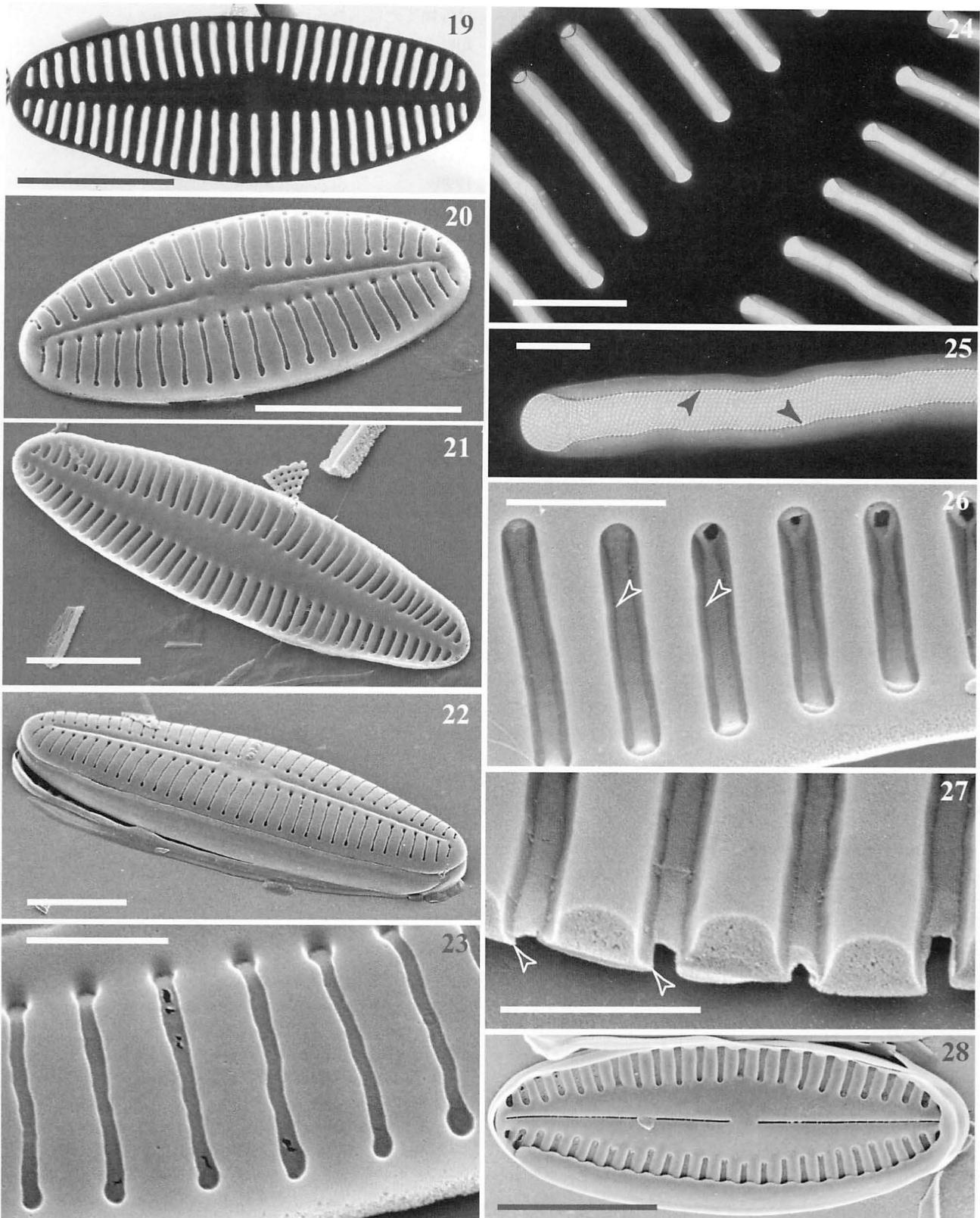
試料は2001年7月5日に、都内の熱帯魚店 (バウバウアクアガーデン) に設置されていた水槽のガラス表面を掻き取って採集した。生試料はパイプユニッシュに数分間浸した後、蒸留水で洗浄し有機物などを取り除いた (南雲 1995)。光顕観察は定法に従った。TEM観察は、ホルムバル膜を張ったグリッドに試料を滴下し自然乾燥させたのち、JEOL-2000EXを用いて行った。SEM観察は、試料をガラス試料台上で加熱乾燥した後、イオンスパッタコーターで白金パラジウムをコーティングし、日立 S-4000 および S-900 を用いて行った。

### 結果

本種は原記載によれば、殻は広皮針形で殻端がやや嘴状で、軸域は縦溝殻では広く、無縦溝殻では狭い。殻長は12-30  $\mu\text{m}$ 、殻幅は5-8  $\mu\text{m}$ 、条線は放射状で、縦溝殻では10  $\mu\text{m}$  に12-16本、無縦溝殻ではやや密で16-18本となっている。しかし、Hustedtの原スライドから得られたレクトタイプの写真の個体を計測する限り (Simonsen 1987)、縦溝殻と無縦溝殻で条線



Figs 1-18. *Achnanthes simplex*. Figs 1-8. LM. Scale bar = 10  $\mu$ m. Figs 9-18. Raphe valves. Figs 9, 10. TEM. Fig. 9. Srtiae with elongate areolae. Fig. 10. Elongate areolae occluded by hymens with hexagonal perforations. Figs. 11-18. SEM. Figs 11. External view of valve. Fig. 12. Internal view of valve. Fig. 13. Concave valve. Fig. 14. External view of valve center showing central pores of raphe. Fig. 15. Internal view of valve center showing central endings of raphe. Fig. 16. External view of valve pole showing curved terminal fissure. Fig. 17. Internal view of valve pole showing terminal ending of raphe. Fig. 18. Internal view of valve showing elongate areolae with hymenate occlusions. Scale bars = 5  $\mu$ m (Figs 9, 11-13), 1  $\mu$ m (Figs 14-18), 200 nm (Fig. 10).



Figs 19-28. *Achnathes simplex*. Figs 19-27. Rapheless valve. Figs 19, 24, 25. TEM. Figs 20-23, 26-28. SEM. Fig. 19. Valve with a short stria at the center. Fig. 20. External view of valve with raphe vestiges. Fig. 21. Internal view of valve. Fig. 22. External view of frustule showing slit-like openings of striae and open bands. Fig. 23. Detail of striae showing bilobate openings with hymenate occlusions. Fig. 24. Striae with flaps and hymens. Fig. 25. Detail of elongate areola occluded by a complex of hymen and flap. Note the boundary line between hymen and flap (arrowheads). Fig. 26. Inner surface of elongate areolae with complex occlusions. Note the parts of flaps (arrowheads). Fig. 27. Longitudinal section of valve showing transapical costae and the extents of flaps (arrowheads). Fig. 28. Internal view of raphe valve showing valvocopula with serrate edge. Scale bars = 5  $\mu\text{m}$  (Figs 19-22, 28), 1  $\mu\text{m}$  (Figs 23, 24, 26, 27), 200 nm (Fig. 25).

の密度にほとんど違いなく、10 µm に14-16本であった。本研究で用いた試料中の殻は、殻長14.40 µm、殻幅5.5-6.5 µm、条線は放射状で、縦溝殻では10 µm に14-16本、無縦溝殻では13-18本であった (Figs 1-8)。殻形は広皮針形で、大きさにかかわらず殻端はやや嘴状であった。軸域は縦溝殻では紡錘形で、無縦溝殻では線状。いずれの特徴においても本試料中の個体は原記載に一致した。さらに、原記載の図には描かれていないが、レクトタイプの無縦溝殻の写真には、軸域に明瞭な縦溝状の線が見られるが、本試料中の無縦溝殻にも同様のものが認められた。

電顕観察 縦溝殻は薄く、やや凹状となる (Figs 11-13)。条線は殻縁側に偏り、殻の中央に紡錘形で無紋の軸域ができる (Figs 9, 11-13)。縦溝の外裂溝は直線状で、中央末端は中心孔となり (Fig. 14)、極裂は大きく湾曲し殻套にまで達する (Fig. 16)。内裂溝は直線状で、中央も殻端側も真っ直ぐに終わる (Figs 15, 17)。条線は全く区画されず、単一の長い胞紋となり、六角整列の穿孔をもった薄皮による閉塞 (hymenate pore occlusion: Mann 1981) をもつ (Figs 10, 18)。無縦溝殻は縦溝殻に比べやや厚めで凸状となる (Figs 20, 22)。また、縦溝殻に比べ軸域が狭く、中央部の片側の条線が1本だけ短い (Figs 19-21)。軸域は内面では完全に平坦であるが (Fig. 21)、外面では線状の窪みが見られる (Figs 20, 22)。このような線状の窪みは *Achnantheidium* の種には時々見かけられるもので、無縦溝殻形成の初期段階で作られた縦溝が、後のケイ酸化によって埋められた痕跡と思われる (Mayama & Kobayasi 1989)。条線は縦溝殻と同様に区画のない単一の胞紋であったが、より複雑な構造をもつ。条線は外面観では開口の幅にやや個体差があるものの長いスリット状で、その両端が丸くなる (Figs 20, 22, 23)。これに対し内面観は、1枚の薄皮によって閉塞されたより幅の広い長い胞紋に見える (Fig. 21)。これは条線が2つの構造物が融合した閉塞を持つため、ひとつは横走肋の縁の部分が薄く張り出したフラップ (flap) であり (Figs 24, 25-27 arrowheads)、もう一つはフラップと融合し、やや内面側に垂れ下がる六角整列の穿孔をもった薄皮である (Figs 24-27)。外面観でスリット状開口の両端が丸いのは、その部分にフラップを欠くためである (Fig. 25)。殻帯は2枚の開放型の帯片からなり、両方とも無紋であるが、接殻帯片の内接部 (pars interior) の縁は波打つ (Figs 22, 28)。

#### 考察

本種の条線構造は非常に特異的で、広義の *Achnanthes* でこのような構造が明確に示されたのはこれが初めてである。特殊な構造のひとつは、縦溝殻も無縦溝殻も条線が全く区画化されず1個の胞紋からできている点であり、もうひとつはフラップと薄皮が融合してできた閉塞をもつ点である。多くの羽状珪藻の条線は、珪酸基底を貫通する幾つかの胞紋によって区画されているが、本種の条線は胞紋化されない。すなわち、基底層となる横走肋と横走肋の間をつなぐ縦小肋 (vimen, Cox & Ross 1981) を持たないことになる。このようなタイプの条線構造は、皆無ではないが稀である。また、一般に胞紋

は外側または内側を師板 (velum)、薄皮、フラップのいずれかによって閉塞されているが、本種のような薄皮とフラップが融合して一体となったタイプの閉塞は、これまでには知られていない新しいタイプの閉塞と言える。

従来の広義の *Achnanthes* に属していた多くの小型単縦溝珪藻は、*Achnantheidium* に扱われることになったが (Round *et al.* 1990)、その後 *Achnantheidium* が再定義され、*Rossethidium*, *Planothidium*, *Karayevia*, *Kolbesia* が新設され (Round & Bukhtiyarova 1996)、さらに *Psammothidium* (Bukhtiyarova & Round 1996)、*Pogoneis*, *Lemnicola*, *Pauliella* が新設された (Round & Basson 1997)。これらの属と比較して本種の帰属を検討してみると、*Kolbesia* と最も類似性が高い。*Kolbesia* は、数個の長い胞紋からできた条線をもつことを属の特徴として、*K. kolbei* (Hust.) Round & Bukhtiyarova と *K. ploenesis* (Hust.) Round & Bukhtiyarova の2種が *Achnanthes* から組み替えられた。Round & Bukhtiyarova (1996) の示した *K. kolbei* の SEM 写真を見ると、縦溝殻の条線は1個の長い胞紋 (elongate areola) で、無縦溝殻の条線は2個また3個の胞紋からできている。*K. ploenesis* の SEM 写真は示されていないのでタイプの光顕写真 (Simonsen 1987, Lange-Bertalot & Krammer 1989) から判断すると、縦溝殻の条線は1個の長い胞紋で、無縦溝殻の条線は1個か2個の胞紋からできているように見える。これらのことから判断すると、これまでに記載された *Kolbesia* の2種は、縦溝殻では条線が1個の胞紋で、無縦溝殻では2, 3個の胞紋からできているということになる。この点から考えると、Lange-Bertalot & Krammer (1989) の示した *Achnanthes laterostrata* Hust. は、全く同様の条線構造であり、*Kolbesia* に組み替えるのが適当と思われる。本種は、*Kolbesia* の2種および *Achnanthes laterostrata* Hust. とは異なり、縦溝殻だけではなく無縦溝殻も条線が1個の長い胞紋からできている。この点では異なるものの、現時点では *Kolbesia* に最も近い構造を持つことは明かであるが、*Kolbesia* への組み替えについてはさらに検討の必要があると思われる。

#### 引用文献

- Bukhtiyarova, L. & Round, F. E. 1996. Revision of the genus *Achnanthes sensu lato*. *Psammothidium*, a new genus based on *A. marginulata*. *Diatom Research* 11: 1-33.
- Cox, E. J. & Ross, R. 1981. The striae of pennate diatoms. In: Ross, R. (ed.), *Proceedings of the 6th symposium on recent and fossil diatoms*, 267-278, Koenigstein, O. Koeltz.
- Hustedt, F. 1930. Bacillariophyta. In: Pascher, A. (ed.), *Süswasser flora Mitteleuropas*. Heft 10. Gustav Fischer Verlag, Jena. pp. 466.
- Hustedt, F. 1935. Die fossile Diatomeenflora in den Ablagerungen des Tobases auf Sumatra. *Arch. Hydrobiol. Suppl.* 14: 143-192.
- Hustedt, F. 1936. In: Schmidt, A. (ed.), *Atlas der Diatomeenkunde*. Tafel. 408. Leipzig, R. Reisland, Ascherleben.
- Lange-Bertalot, H. & Krammer, K. 1989. *Achnanthes*, eine Monographie der Gattung mit Definition der Gattung *Cocconeis* und Nachträgen zu den Naviculaceae. *Bibliotheca Diatomologica* 18. J. Cramer, Berlin & Stuttgart. pp. 393.
- Mann, D. G. 1981. Sieves and flaps: siliceous minutiae in the pores of raphid

- diatoms. *In*: Ross, R. (ed.), Proceedings of the 6th symposium on recent and fossil diatoms, 279-300, Koenigstein, O. Koeltz.
- Mayama, S. & Kobayasi, H. 1989. Sequential valve development in the monoraphid diatom *Achnanthes minutissima* var. *saprophila*. *Diatom Research* 4: 111-117.
- 南雲 保 1995. 簡単で安全な珪藻被殻の洗浄法. *Diatom* 10: 88.
- Patrick, R. & Reimer, C. W. 1966. The diatoms of the United States 1. Monographs of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia. 13. pp. 688.
- Round, F. E. & Basson, P. W. 1997. A new monoraphid diatom genus (*Pogoneis*) from Bahrain and the transfer of previously described species *A. hungarica* and *A. taeniata* to new genera. *Diatom Research* 12: 71-81.
- Round, F. E. & Bukhtiyarova, L. 1996. Four new genera based on *Achnanthes* (*Achnantheidium*) together with a re-definition of *Achnantheidium*. *Diatom Research* 11: 345-361.
- Round, F. E., Crawford, R. M. & Mann, D. G. 1990. The diatoms. Biology and morphology of the genera. Cambridge Univ. Press, Cambridge. pp. 747.
- Simonsen, R. 1987. Atlas and catalogue of the diatom types of Friedrich Hustedt. 3 Vols. J. Cramer, Berlin & Stuttgart.

(Received 25 Dec. 2001, Accepted 25 Jan. 2002)

