

## 淡水産中心類ケイソウ *Aulacosira ambigua* (GRUN.) SIM. の微細構造について

小林 弘・野沢美智子

東京学芸大学生物学教室 (184 小金井市貫井北町 4-1-1)

KOBAYASI, H. and NOZAWA, M. 1981. Fine structure of the fresh water centric diatom *Aulacosira ambigua* (GRUN.) SIM. Jap. J. Phycol. 29: 121-128.

Nine samples of *Aulacosira ambigua* (= *Melosira ambigua* (GRUN.) O. MUELL.) collected from different habitats in Japan were examined using the scanning electron microscope. The ring-costa, termed "Ringleiste" in German, was revealed to be a canal running around the inside of the valve mantle near the edge. On the inside slope of the internal wall of the ring-costa opposite to the large rectangular opening of the external surface one weakly developed labiate process usually appeared. However, specimens with two labiate processes were infrequently noticed.

Both the separation valves with tapering solid marginal spines and the connecting valves with interlocking bifid marginal spines were found in a single chain. These two types of valves were clearly distinguished by the presence of marginal costa at the junction of the valve face and mantle of the separation valve. Each loculus was closed inside by a cribrum and a framework composed of circular and radially developed stick-like costae.

*Key Index Words:* *Aulacosira ambigua*; *Melosira ambigua*; centric diatom; plankton; SEM fine structure.

*Hiromu Kobayasi and Michiko Nozawa, Department of Biology, Tokyo Gakugei University, Koganei-shi, Tokyo, 184 Japan.*

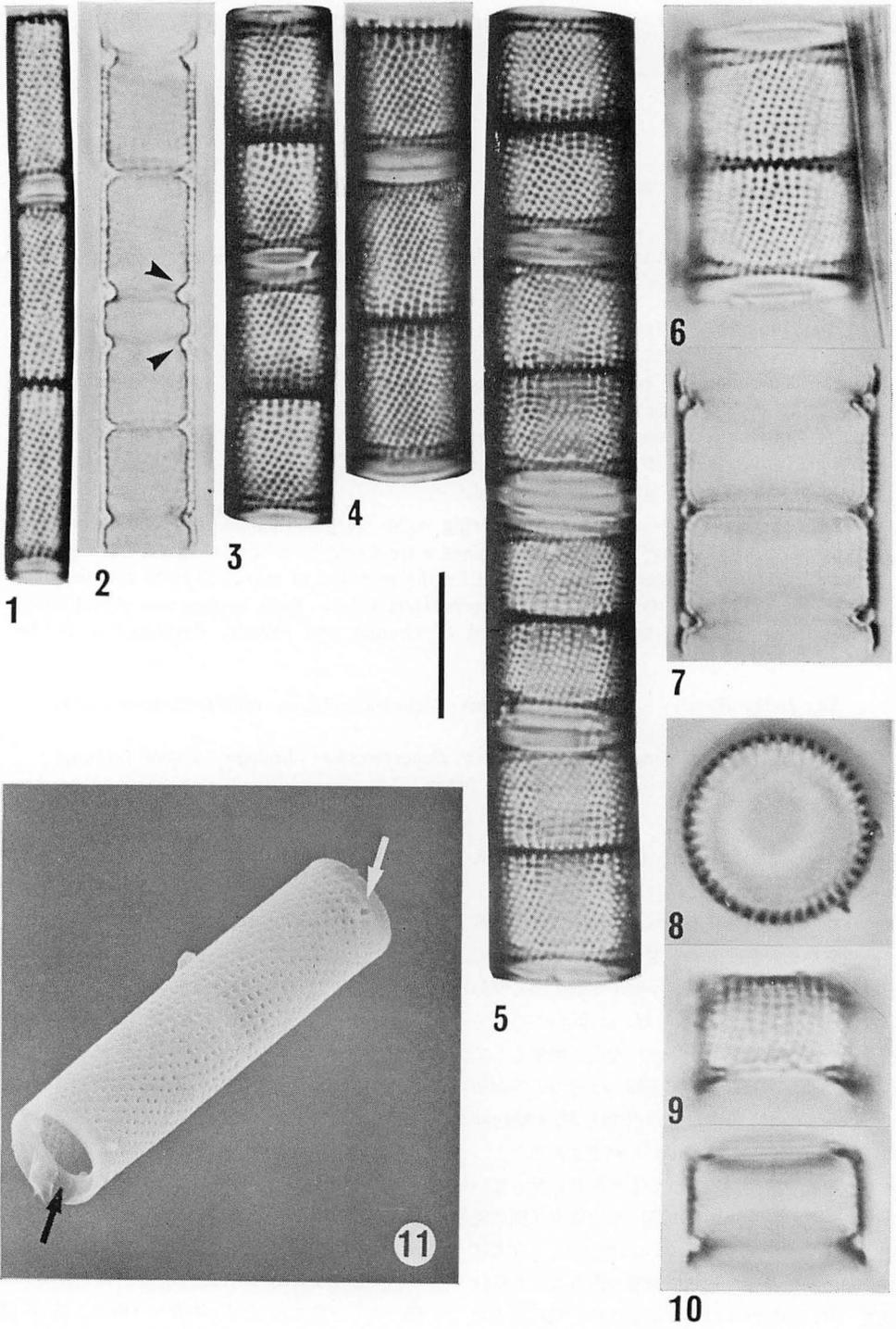
*Melosira ambigua* (GRUN.) O. MUELL と *M. italica* (EHR.) KUETZ. は、共に淡水産プランクトン性ケイソウの代表的な種類である。珪藻フロラの研究では、周知のように欧米でも本邦でも、種の同定には HUSTEDT (1930) の著名な小冊子が最も多く使われている。ところがここでは、*M. ambigua* は深く明瞭な溝からなる輪溝 (sulcus) をもつ種類として描かれている。しかしながら、実際にはそのような個体は得られないので、輪溝以外の点では *M. ambigua* と考えられる個体が *M. italica* と同定されるなど、なお多くの混乱と疑問が残されたまま今日に至っている。しかし、CRAWFORD (1975) が走査電子顕微鏡 (SEM) を用いて、*M. ambigua* にはそのような溝はなく、それは輪になった管状の構造であることを指摘して以来、*M. ambigua* の実体がようやく明らかとなってきた。

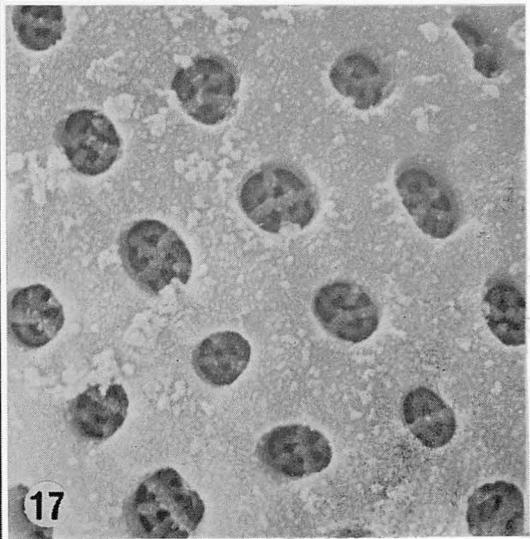
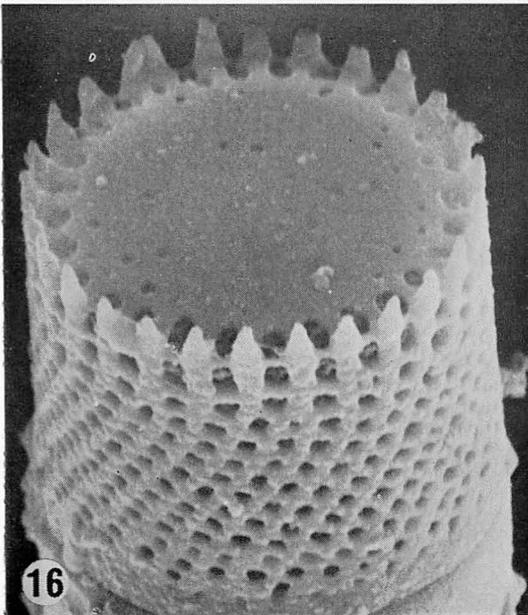
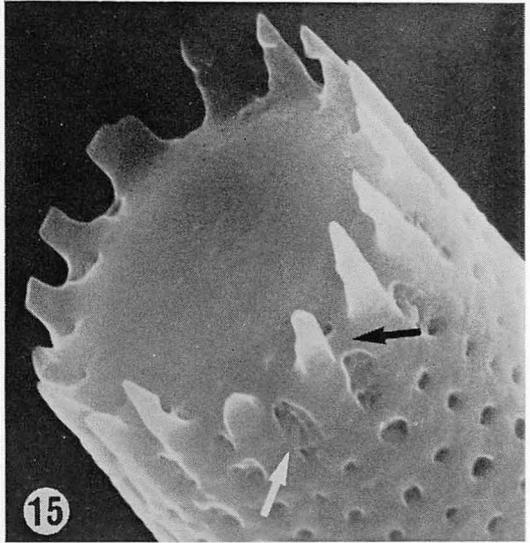
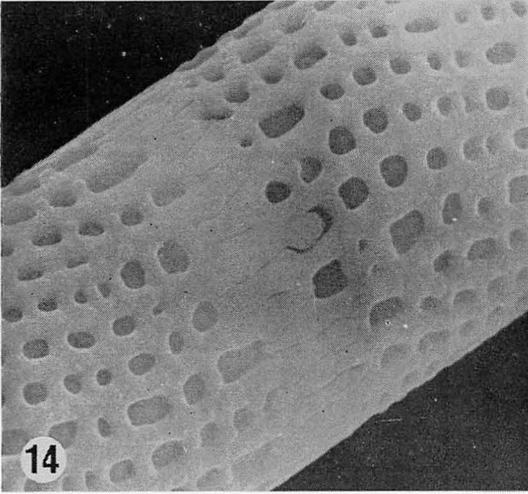
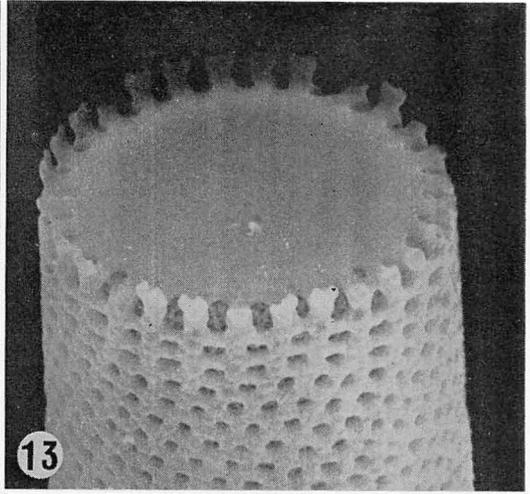
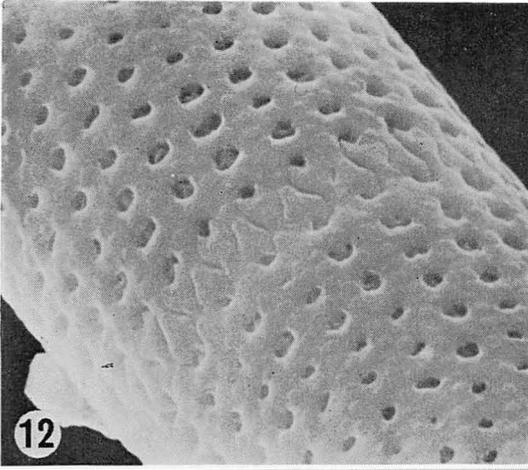
また、SIMONSEN (1979) は *M. granulata* (EHR.) RALFS, *M. italica*, *M. islandica* O. MUELL., *M.*

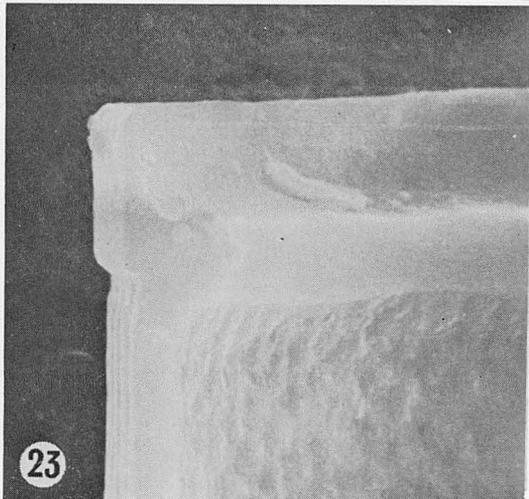
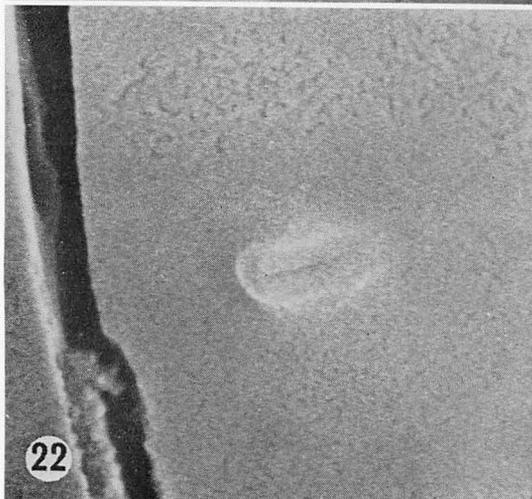
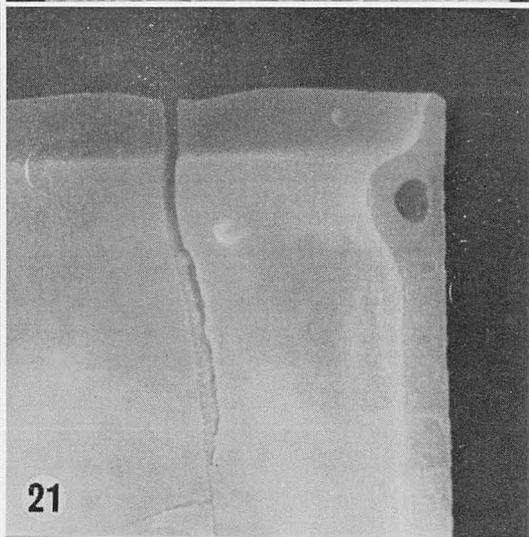
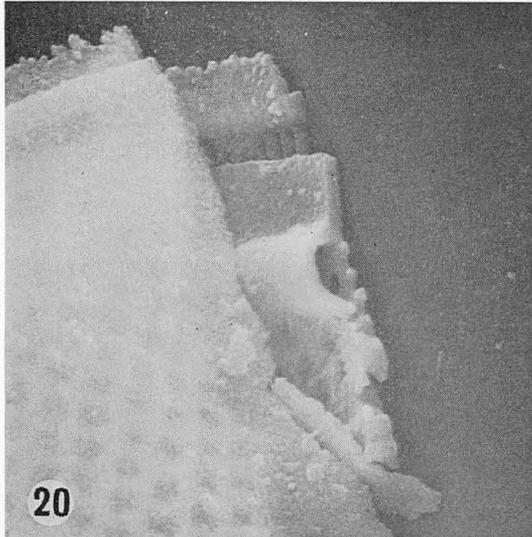
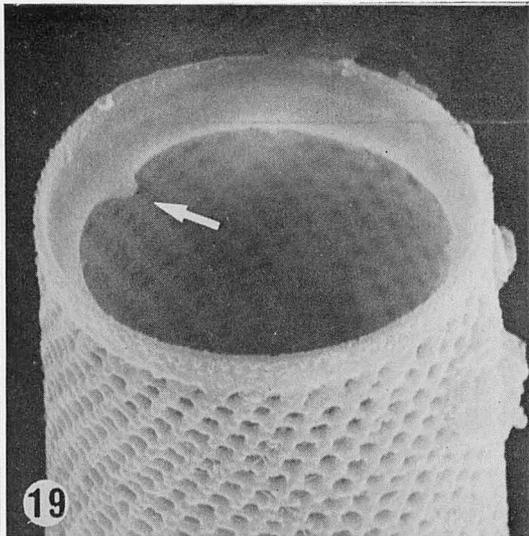
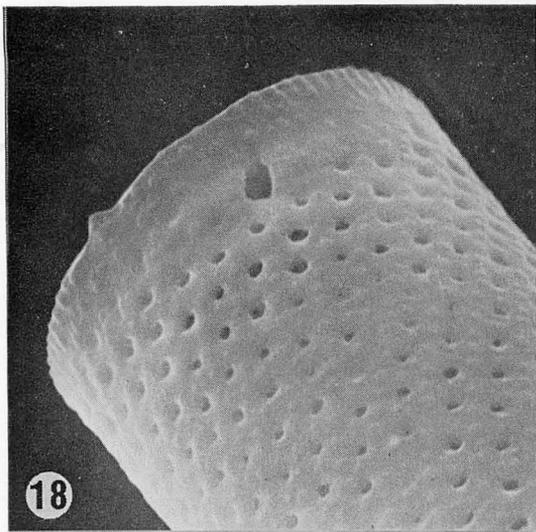
*distans* (EHR.) KUETZ. など代表的なプランクトン種が、すべて結合棘で連結すること、外側に開口をもち内側が師板 (cribrum) で閉ざされた胞紋 (areola) をもつことなどの共通点を重視し、これらをまとめて *Aulacosira* 属に移しかえを行なった。

筆者らが、*M. ambigua* もしくは *M. italica* と同定されてきた本邦産の試料を光学顕微鏡ならびに SEM を用いて観察したところ、それらのほとんどすべてが、*Aulacosira ambigua* (GRUN.) SIM. と同定されるべきものであることが判明した。

この種の微細構造について、またこの種を *Aulacosira* 属に移しかえることの妥当性についていくつかの新知見を得たので報告したい。なお、*Aulacosira* 属のタイプ種である *A. italica* (EHR.) SIM. は中実の横輪 (ring-costa) をもつが (Fig. 23)、これは胞紋その他の構造においても明らかに *A. ambigua* とは異なっている (未発表資料)。







## 材料と方法

観察に使用した試料は、次の9地点から採集されたものである。

- 青森・大沼 (55.4.29 プラントン),  
茨城・北浦 (54.4.29 プラントン),  
群馬・大峰沼 (47.6.11 植物附着),  
同・尾瀬沼 (53.5.3 底泥),  
埼玉・仙女ヶ池 (40.10.3 植物附着),  
同・武蔵丘陵森林公園 (47.4.29 底泥),  
東京・三宝寺池 (54.11.30 底泥),  
静岡・一碧湖 (55.5.5 プラントン),  
滋賀・琵琶湖 (47.4.17 プラントン)

どの試料も、硫酸・塩酸・過酸化水素水の順に各々熱処理を行なった後、蒸留水による十分な洗浄を繰り返した。光顕観察のためのプレパラートは、試料をPleuraxまたはEukittで封入して作成した。また同一殻の殻面と帯面を比較するためには、ゆるくとした

Pleurax中で試料を動かしながら観察した。SEMによる観察には、カバーガラス上に目的とする殻をマイクロピペットで単離し、自然乾燥させた後、白金パラジウムで蒸着したものをを用いた。SEM観察には、日立S-550型、日本電子JSM-F15型を使用した。

## 結果と考察

国内各地で採集された試料の光顕観察によれば (Figs. 1, 3-5, 6, 9), 殻套面の点紋列は多少不規則ではあるが貫殻軸に対してやや傾きをもったラセン状に配列し、点紋列を構成する点紋は殻面に近づくほど大きくなる。殻の大きさに関しては、その変異の幅は大きく、殻径は4-13  $\mu\text{m}$ , 殻高は4-16  $\mu\text{m}$ であった。点紋列は10  $\mu\text{m}$ 中に14-20本の範囲にあったが18本のものが最も多く、点紋は10  $\mu\text{m}$ 中に14-22個を数えることができた。殻面には、縁に沿って1列の点紋列が見られた (Fig. 8)。以上のことは、HUSTEDT (1930)

Figs. 1-10. Light micrographs showing variation in breadth of filaments of *Aulacosira ambigua*. Scale=10  $\mu\text{m}$ . 1. Narrow filament mounted in Pleurax. Bottom sediment from Sanpoji-ike pond; 2. Mid-focused filament showing the specialized inward folds called sulci (arrow heads). Epiphyte from Oomine-numa pond; 3. Narrower filament composed of four connecting valves. Bottom sediment from Shinrin Park; 4. Middle size filament composed of a separation valve with tapering marginal spines and two connecting valves. Plankton from Biwa-ko lake; 5. Middle size filament composed of eight connecting valves. Plankton from Biwa-ko lake; 6, 7. Up and middle focused girdle view of the same filament mounted in Eukitt showing the hollow-costae (Ringleiste in German). Plankton from Biwa-ko lake; 8-10. Valve face, up and mid-focused girdle view of the same valve mounted in Pleurax. Bottom sediment from Oze-numa pond.

Fig. 11. Scanning electron micrograph showing two sibling valves linked together by interlocking spines. External opening of the labiate process (white arrow) and internal view of annular ring-costa (black arrow) are visible.  $\times 3000$ .

Figs. 12-17. Scanning electron micrographs showing fine structure of *Aulacosira ambigua*. 12. Detail of the interlocking spines of the connecting valves.  $\times 11500$ ; 13. Valve face of the connecting valve showing areolae located at the junction of the valve face and mantle.  $\times 6500$ ; 14. Detail of the alternately inserted tapering spines of the separation valves.  $\times 8000$ ; 15. Oblique view of a separation valve showing the tapering spines, the terminal large areolae of the curved striae (white arrow), marginal costa (black arrow) and marginal areolae on the valve face.  $\times 11500$ ; 16. Separation valves collected from Biwa-ko lake with small areolae on valve faces in addition to the marginal large areolae.  $\times 6400$ ; 17. Detail of each areola on the valve mantle showing frame work composed of stick-like circular and radial costae of the inner layer.  $\times 24000$ .

Figs. 18-22. Scanning electron micrographs showing fine structure of *Aulacosira ambigua*. 18. Mantle edge of a valve showing large external opening of labiate process. Note absence of sulcus near the mantle edge.  $\times 11500$ ; 19. Internal view of valve end showing ring-costa with one labiate process (arrow).  $\times 6400$ ; 20. Inside view of fractured hollow ring-costa showing thin internal wall and perforated external wall.  $\times 10000$ ; 21. Inside view of fractured hollow ring-costa with thick internal wall. Lips of labiate process are seen on inside slope of the ring-costa.  $\times 8000$ ; 22. Detail of lips and longitudinal slit of the labiate process.  $\times 30000$ ; 23. *Aulacosira italica*. Inside view of fractured mantle edge showing solid ring-costa.  $\times 8000$ .

の記載ともよく一致した。

群体は殻面の縁にある棘 (spine) どうしの結合によって形成され、それらは強固にかみ合っているため、酸処理を行なっても分離せず、そのほとんどが細胞中央部ではずれ、無紋域の頸部 (hals) を末端として観察された (Fig. 11)。このような結合殻 (connecting valve) の結合棘は、間条線 (interstria) の延長上に1本ずつ見られ (Fig. 12)、先端が浅く二裂している。棘は根元よりも先の方が広いヘラ形であるため、物理的な圧力が加わらない限りはずれることはないように思われる。HELMCKE and KRIEGER (1952) は透過電子顕微鏡による観察に基づいて、この種の殻の構造模式を発表しているが、棘の形態については筆者らのものとよく一致した。さらにこのような結合様式は、*A. granulata* (EHR.) SIM. (FLORIN 1970) および *A. baikalensis* (K. MEYER) SIM. (CRAWFOLD 1979) にも見られている。通常、殻面の中央部は平坦で、殻肩には棘の間に縦長の胞紋が1個ずつ存在する (Fig. 13)。しかしながら、琵琶湖および森林公園内山田大沼 (KOBAYASHI and ANDO 1977) から得た試料では、殻套の胞紋よりもはるかに小さな胞紋 (約 1/4 - 1/10) が、殻面に不規則に同心円状に点在する場合も見られた (Fig. 16)。

FLORIN (1970) は、*A. granulata* では群体を形成する中間部の殻の棘はヘラ形で、これらがジッパー状にかみ合ってはずれないのに対し、先細の棘のみが差し込み合った分離殻 (separation valve) が群体の途中に現われると、群体はその部分で2つに分かれると述べている。同様の構造は筆者らによって *A. ambigua* でも観察された (Figs. 14-16)。しかし、CLEVE-EULER (1951) は *A. ambigua* にはこのような末端細胞 (Endzellen) が形成されないで、群体の分離は娘殻を包んで残存する母殻の殻帯 (Gürtelband) がはがれた時のみ起こると述べている。

分離殻の棘は、先細で結合殻のそれよりもやや長いですが、同じく間条線の延長上に1本ずつ見られる (Fig. 14)。また、分離殻の胞紋列も結合殻とは異なっている。すなわち、殻套部の最も殻面に近い胞紋は他のものより2-3倍大きく (Fig. 15)、したがって、この部分の点紋列も 10  $\mu\text{m}$  中に12-14本と粗くなり、数本おきに1本の挿入条線が加わる。顕像でも、殻肩の棘列とこれに接する大きくまばらな点紋、および挿入条線の存在から、分離殻を区別することは可能である (Fig. 4 の最上殻)。殻面の縁に沿って見られる1列の胞紋列は、棘と棘の間に1個ずつ存在しているが、

分離殻では殻肩部に肥厚した肋骨状構造があり (Figs 15, 16)、殻套部の胞紋とはこのために切り離されている。

殻套上の胞紋 (Fig. 17) の形は、円形またはやや円形で孔の中には棒状体が周囲の壁から突き出て樹枝状の構造を作っている。OKUNO (1964) は *A. granulata* の胞紋構造について、内側は細い支柱で支えられた網目状の師板で閉ざされ、外側に向かって不規則に開口していると述べ、その詳細な図を示している。筆者らの観察した *A. ambigua* でも、よい像が得られなかったが、いくつかの殻の断面像から判断したところでは、基本的にはOKUNOの示した模式図と一致するように思われる。このように殻の外側へと開口している胞紋構造は、*Melosira varians* C. A. AG. (CRAWFORD 1971), *M. nummuloids* (DILLW.) C. A. AG. (CRAWFORD 1973), *M. moniliformis* (O. MUELL.) C. A. AG. (CRAWFORD 1977) のそれとは異なっている。これらの殻壁構造は外側に師皮 (rica) をもつ偽小箱 (pseudoloculus) と呼ばれる (ROSS *et al.* 1979) ものである。これに対し、*A. ambigua* では外側の師皮は見られない。

HUSTEDT (1927) がこの種について、横輪と呼べる内側への肥厚部は存在せず、幅広な輪溝のみをもつと記載しているように、古くからこの種を特徴づける最も重要な形質は、深くて平らな底をもつ輪溝にあるとされてきた。確かに光顕では、屈折率の低い封入剤中で観察した場合、全ての個体にこの溝状ともとれる構造を見ることができた (Figs. 2, 7, 10)。しかし、殻表面に焦点を合わせたものではそのような溝は見られず、また SEM による観察でも輪溝に該当する構造は見られなかった (Figs. 11, 18, 19)。一方、殻の内面観ではこの部分に梁状に肥厚した横輪が見られるが (Fig. 19)、その断面観から肥厚部は中空の管状であることが判明した (Figs. 20, 21)。管の内壁は、出現水域の違いにより薄いものから非常に厚いものまで見られた。HELMCKE and KRIEGER (1952) の模式図では中実のものが描かれており、管状の横輪を推測したのは CRAWFORD (1975) が初めてであるが、断面を示してはいない。この点に関して古い記録を調べたところでは、GRUNOW (1882 in VAN HEURCK), MÜLLER (1903) のどちらも完全にくびれた輪溝を描いてはいない。HUSTEDT (1927, 1930) になって、明瞭な溝をもつというやや誇張した表現がなされたように思われる。

殻縁部 (殻套の末端部) の表面には ほぼ長方形を

した目立った開口が1個存在する (Figs. 11, 18) が、ごく稀には2個のものも見られた。すでにCRAWFORD (1975) はこれを、唇状突起 (labiate process) の外部への開口であろうと述べているが、今回の調査で、横輪上の殻面よりの縁に内部への突出部が存在することがわかり (Figs. 19, 21, 22), この開口がまぎれもなく唇状突起の外部への開口であることを確かめることができた。

以上のように、①円柱形の殻の殻肩に顕著な結合棘をもつこと、②胞紋が偽小箱構造であること、③殻縁部に少なくとも1個の唇状突起をもつこと、の3点によって、この種はSIMONSON (1979) の提唱するように、*M. nummuloides* をタイプ種とする *Melosira* 属から、*A. italica* をタイプ種とする *Aulacosira* 属に移しかえられてよいものと思われる。但し、*Aulacosira* 属を *Thalassiosira* 科と *Melosira* 科のどちらに帰属させるかは、今後なお検討を要する問題であろう。

また、殻が細長いために *M. italica* var. *tenuis-sima* (GRUN.) O. MUELL と同定されていた殻径 3-5  $\mu\text{m}$  の個体についても、光顕・SEM による観察を行なったところ、*A. ambigua* との構造的な相異は認められなかった (Fig. 1)。*A. granulata* var. *angustissima* (O. MUELL) SIM. については、培養実験と SEM による観察の結果から、これらが承名変種の種内変異の範囲に含まれるべきであるとする報告が見られる (KILHAM and KILHAM 1975)。今回の調査でも、殻径 5  $\mu\text{m}$  以下のもののみが出現する水域が見当らず、また同一の試料中では出現する個体の殻径の変異は連続的であった。これらの結果と考え合わせ、*A. ambigua* でも、細くて長い個体を別の分類群として分ける必要はないものと思われる。

本研究に際し、琵琶湖の試料を提供下さった京都大学附属大津臨湖実験所の中西正己博士、SEM 使用の便宜を与えられた日本歯科大学の南雲保氏に深く感謝申し上げます。

## References

- BETHGE, H. 1925. *Melosira* and ihre Planktonbegleiter. In Kolkwitz, R. (ed.), Pflanzenforzenforschung. no. 3. Gustav Fischer, Jena.
- CLEVE-EULER, A. 1951. Die Diatomeen von Schweden und Finnland. K. Sv. Vet. Acad. Handl. 2: 1-163.
- CRAWFORD, R.M. 1971. The fine structure of the frustule of *Melosira varians* C.A. AGARDH. Br. phycol. J. 6: 175-186.
- CRAWFORD, R.M. 1974. The structure and formation of the siliceous wall of the diatom *Melosira nummuloides* (DILLW.) AG. Nova Hedw. Beih. 45: 131-145.
- CRAWFORD, R.M. 1975. The frustule of the initial cells of some species of the diatom genus *Melosira* C. AGARDH. Nova Hedw. Beih. 53: 37-55.
- CRAWFORD, R. M. 1977. The taxonomy and classification of the diatom genus *Melosira* C. Ag. II. *M. moniliformis* (MUELL) C. AG. Phycologia 16: 277-285.
- CRAWFORD, R.M. 1979. Filament formation in the diatom genera *Melosira* C.A. AGARDH and *Paralia* HEIDERG. Nova Hedw. Beih. 64: 121-133.
- FLORIN, M.B. 1970. The fine structure of some pelagic fresh water diatom species under the scanning electron microscope. I. Sv. Bot. Tidskr. 64(1): 51-68.
- HELMCKE, J.G. and KRIEGER, W. 1952. Neue Erkenntnisse über den Schalenbau von Diatomeen. Naturwissenschaften 39: 146-149.
- HUSTEDT, F. 1927. Die Kieselalgen Deutschlands, Österreichs und der Schweiz unter Berücksichtigung der übrigen Länder Europas sowie der angrenzenden Meeresgebiete. In RABENHORST L. [ed.], Kryptogamen-Flora von Deutschland, Österreich und der Schweiz. vol. 7-1. Akad. Verlag., Leipzig.
- HUSTEDT, F. 1930. Bacillariophyta. In PASCHER, A. [ed.], Süßwasser-Flora Mitteleuropas. ed. 2. no. 10. Gustav Fischer, Jena.
- KILHAM, S.S. and KILHAM, P. 1975. *Melosira granulata* (EHR.) RALFS: morphology and ecology of a cosmopolitan freshwater diatom. Verh. Internat. Verein. Limnol. 19: 2716-2721.
- KOBAYASI, H. and ANDO, K. 1977. Diatoms from irrigation ponds in Musashikyurioshinrin Park, Saitama Prefecture. Bull. Tokyo Gakugei Univ. ser. 4. 29: 231-263.
- MILLER, U. 1969. Fossil diatoms under the scanning electron microscope. A preliminary report. Sver. Geol. Unders. ser. C. 1969(642): 1-65.
- MÜLLER, O. 1903. Sprungweise Mutation bei Melosireen. Ber. deut. bot. Ges. 21: 326-332.
- OKUNO, H. 1964. Fossil Diatoms. In HELMCKE, J. G. and KRIEGER, W. [ed.], Diatomeenschalen im elektronenmikroskopischen Bild. part 5. pl. 414. J. Cramer, Weinheim.
- ROSS, R., COX, E. J., KARAYEVA, N. I., MANN, D. G., PADDOCK, T. B. B., SIMONSEN, R. and SIMS, P. A. 1979. An amended terminology

for the siliceous components of the diatom cell. *Nova Hedw. Beih.* 64: 513-533.  
SIMONSEN, R. 1979. The diatom system: ideas

on phylogeny. *Bacillaria* 2: 9-71.

VAN HEURCK, H. 1882. *Synopsis des Diatomées de Belgique*. Atlas. Ducaju et Cie., Anvers.

横浜康継：筑波大学下田臨海実験センター Yasutsugu YOKOHAMA: Shimoda Marine Research Center, The University of Tsukuba

1933年に東京文理科大学附属臨海実験所として開設されて以来、戦後の学制改革に伴い、東京教育大学理学部附属臨海実験所と改称され、さらに東京教育大学の閉学と筑波大学の開学に伴って、1976年に筑波大学下田臨海実験センターと改称された。

伊豆半島の南端近くに位置する下田湾の一部をなす小さな入江である鍋田湾を前にした 18,200 m<sup>2</sup> の敷地に、延べ面積 1,185 m<sup>2</sup> の 3 階建ての第 1 研究棟、183 m<sup>2</sup> の平屋の実習棟、624 m<sup>2</sup> の 2 階建ての第 2 研究棟、91 m<sup>2</sup> の平屋の海洋観測棟、986 m<sup>2</sup> の一部 2 階、一部 3 階建ての宿泊棟などが建っている。

実習室は第 2 研究棟内にもあるので、30 名程度の実習を 2 つ同時に行なうこともできる。船舶は 18 t で定員 30 名の「つくば」、0.8 t で定員 5 名の「みさご」の他、船外機付ボート 1、和船 2 がある。実習用備品としては、双眼顕微鏡（ニコン CL-1）および双眼実体顕微鏡（オリンパス X-2）各 40 台、光合成呼吸測定装置（プロダクトメーター）6 台、海藻標本乾燥器（永田式）3 台など、研究用備品としては、電子顕微鏡（日立 HS-9）、分離用超遠心分離機（日立 65 P）ブラウン管オシロスコープ（日本光電）分光量子計（QSM-2500）、生産酸素計 YSI、水中スターラー付溶存酸素計 YSI、ダブルビーム自記分光光度計（島津 UV-200）などがある。

臨海実習は筑波大学の生物関係、地球科学関係だけ

でも 10 前後を数え、その他に東京学芸大学、東京都立大学、静岡大学、群馬大学、山梨大学、愛知教育大学、信州大学、秋田大学なども利用している。その他、研究者、大学院生、あるいは卒論生等による利用も多く、年間の延べ利用者数は 7 千人を超えている。

鍋田湾の両岸は共に磯で海藻の採集に適しているが、特に左岸の広い波食棚には多種多様な海藻がみられる。潮間帯には上部の方からマルバアマノリ、ヒトエグサハナフノリ、フクロフノリ、イワヒゲ、イシゲ、イロロ、マツノリ、イボツノマタ、イカノアシ、ウミトラノオ、ヒジキ、ネジモクなどが生え、タイドプール中には、オキツノリ、オゴノリ、ビリヒバ、ウスカワカニノテ、アミモヨウなどがみらする。漸深帯や下位のタイドプールには、カバノリ、ウミウチワ、マメダワラ、ヤツマタモク、アカモク、ノコギリモク、オオバモク、ホンダワラ、ハハキモク、イソモクなどが多く、また波のよく当る場所にはオオシコロ、暗い岩陰にはミドリゲなどが生えている。

下田へは東京から直通の特急で 2 時間 40 分、急行で 3 時間 10 分ほどで着き、関西方面からなら熱海で乗り換えると、それから 1 時間 30 分ほどで着く。終点の伊豆下田駅からはタクシーなら 5 分ほどでセンターへ着く。食事は日曜祭日は提供できないが、センター周辺には喫茶点やレストランが数軒あるため不自由はないであろう。また市街は徒歩で 10 分ほどの距離にある。

筑波大学の実習は春休みと夏休みに集中し、他大学の実習は 4 月中旬から 5 月にかけて多いが、実習中も団体でなければ利用可能である。利用申込は所定の用紙によって、〒305 茨城県新治郡桜村、筑波大学学務第 2 課管理係（電話 0298-53-2206）または〒415 静岡県下田市 5-10-1、筑波大学下田臨海実験センター（電話 05582-2-1317）へ。利用目的を充分達成するために、利用に先立って情報の必要な方は、藻類関係なら横浜まで連絡いただきたい。

（筑波大学下田臨海実験センター）

