

## 淡水産中心類ケイソウ *Aulacosira italica* (EHR.) 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. 1982. Fine structure of the fresh water centric diatom *Aulacosira italica* (EHR.) SIM. Jap. J. Phycol. 30: 139-146.

*Aulacosira italica* (EHR.) SIM. is very rare in Japan. It was found only from two localities, Ryugakubo pond and Oze-numa pond, by the present authors and the material collected from the former was mainly examined using scanning electron microscopy.

The marked curvature of the valves leaves a large gap or pseudosulcus, however, to which the basal thickened parts of the spines protruded from the adjacent valves fit with each other. The separation valves with different type of spines were not found. The valve appeared to be pseudoloculate with poroid areolae with a cribrum supported by stick-like costae projecting from the margin of the loculus to the inside and open to the outside. Each loculus is an oblong elliptic cylinder in shape and is expanded longitudinally towards the surface in one third of the wall thickness.

The girdle is composed of six to nine open bands, a valvocopulae, four to seven copulae and a pleura. These three types of bands were different in the arrangement of fine pores, the presence or absence of ligula and their length.

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

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

*Aulacosira* 属は1848年に THWAITES によって *Melosira crenulata* をタイプ種として設立されたものであるが, *M. crenulata* は EHRENBURG によって1841年に, また *M. italica* も同じく EHRENBURG によって1838年に命名されており, 今日ではこの2種は同一分類群とされているので, より古参の *M. italica* が正名となっている。したがって *Aulacosira* 属のタイプ種も *A. italica* ということになる。

本邦では *A. ambigua* (GRUN.) SIM. がより普遍的で, *A. italica* (EHR.) SIM. は非常に少ない。しかし, 小林・野沢 (1981) からもわかるように, *A. ambigua* には光学顕微鏡レベルで指摘されてきたような殻壁の溝はなく個体によっては HUSTEDT (1930) が描いている *M. italica* の図と全く同じに見えるため, 本邦での *M. italica* が出現したとする記録は非常に多い (福島 1958)。おそらく HUSTEDT (1930) も *A. ambigua* を描いて, *A. italica* の図としたのではないかと思われるが, より古い GRUNOW (in VAN HEURCK 1882) の *M. crenulata* または *M. crenulata* var. *italica* の名称で描かれている図およ

び MÜLLER (1906) の図を見ると, *A. italica* の特徴がはっきりと読み取れる。

走査電子顕微鏡 (SEM) による観察は, MILLER (1969) と CRAWFORD (1975) によって行われているが, MILLER が見ているのは *A. italica* ではなく, その変種 var. *valida* である。CRAWFORD は栄養殻と初生殻について5枚の写真を提示し, *A. ambigua* と対比して条線がほとんど直線的であることを指摘しているが, 殻帯については触れていない。

筆者らは, 本邦産の個体を SEM を用いてより詳細に観察を行い, 胞紋および殻帯の構造についても若干の知見を得たので報告する。なお, 被殻各部の用語については, ROSS *et al.* (1979) に従った。

### 材料と方法

用いた試料は, 新潟県竜ヶ窪 (47.7.11, プランクトン) および群馬県尾瀬沼 (53.5.3, 底泥) の2地点から採集したものである。光顕用プレパラートおよび SEM のための試料の処理は小林・野沢 (1981) の方

法に従ったが、群体と殻帯の観察のためには酸処理を施さない固定試料を蒸留水で洗浄して用いた。SEMは日本電子 JSM-25S および JSM-F15 を用いた。

### 結果と考察

*A. italica* は本邦では稀産で、竜ヶ窪および尾瀬沼以外では平野 (1975) の報文にそれらしき写真を見る (pl. 1. f. 10, 15) のみであるが、竜ヶ窪の試料には多量の個体が含まれていたため、観察はおもに竜ヶ窪産のものについて行なった。

**顕微鏡による観察結果：**殻径は 9-18  $\mu\text{m}$ 、殻高は 9-17.5  $\mu\text{m}$  で、殻套面 (valve mantle) の点紋列は貫殻軸に対してほとんど平行か、またはわずかに傾きをもつが直線的であり (Figs. 1-3, 5), 10  $\mu\text{m}$  幅に16-22本、点紋列を構成する点紋は 10  $\mu\text{m}$  幅に12-16個を数えた。これらの計測値は MÜLLER (1906) の記述ともよく一致した。Eukitt を用いて封入した像 (Fig. 4) では、殻壁は比較的薄く一様で、偽輪溝 (pseudosulcus) は深く切れ込むが、輪溝 (sulcus) は浅く尖頭状に切れ込んで見え、その内側には横輪 (ring-costa) と呼べるほどの肥厚した構造は見られない。殻の結合部の棘は先広で長く (Fig. 5)、殻どうしはこの棘によって緊密に接続している (Figs. 1, 3-5)。このようなタイプが EHRENBERG (1838) によって、*Gallionella italica* として命名されたものである。なかには、殻面どうしが離れているものも見られたが (Fig. 2)、こうしたタイプに対して EHRENBERG (1841) は *Gallionella crenulata* なる別名を与えた。殻面は円形で、中心部は無紋であるが、縁辺部には短かくて密に配列する点紋列が放射状に見られる (Fig. 6)。これらの特徴は、HUSTEDT (1930) の記述 (図ではなく) とはよく一致した。また、FOGED (1974)、GASSE (1980) に見られる写真はまぎれもなくこの種類のものである。

**SEM による観察結果：**被殻は円筒形 (Figs. 7, 9, 11)、殻面は円形かつ平坦・無紋で殻肩に丈夫な棘列を持ち (Fig. 9)、この棘と棘の結合によって互いに緊密に接着し合い長い群体をつくる。棘どうしの結合は強く、酸処理を行うと頸部 (hals) で分離し、隣り合う2殻ずつの単位で観察されることになる (Figs. 7, 8)。

殻壁はほぼ全殻にわたって 0.8  $\mu\text{m}$  の厚みを持ち、わずかに肥厚した半円形の切り口をもつ横輪によって補強されている。殻套には胞紋列が見られるが、殻肩

から頸部まではほぼ直線的に走り、殻肩では棘の基部を穿孔している (Fig. 9)。

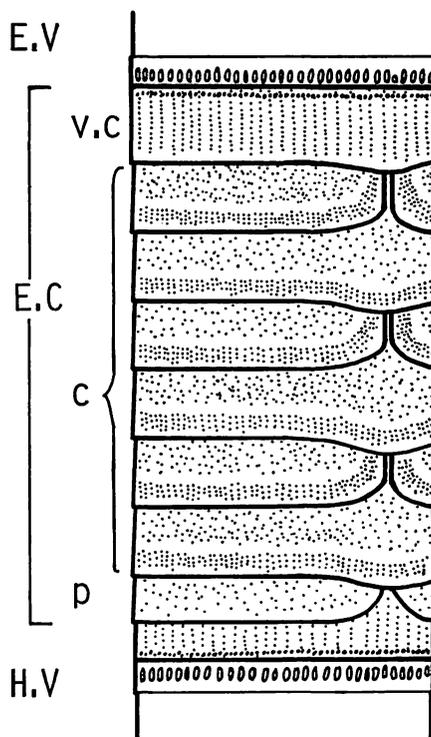
横輪は中実で (Fig. 13)、*A. ambigua* で見られたような管状構造 (小林・野沢 1981) は見当たらなかった。また、唇状突起 (rabiate process) は *A. ambigua* 同様、横輪の殻面側の斜面上に1殻について1個の割合で見られた (Figs. 13, 15)。大きさは 0.5  $\mu\text{m}$  ほどで、中央部に1本のスリットをもつ。しかし、この唇状突起の殻表面への開口は、どの個体にも見られなかった。

棘は、強く傾斜した殻肩の部分 (Fig. 9 矢印) と殻面の境界部から、胞紋列3-5本あたり1本の割合で突出している。ROEMER and ROSOWSKI (1980) は *M. rooseana* RABH. の殻套部に見られる構造を“Step”と呼んでいるが、*A. italica* の傾斜もこれに相当するものと思われる。棘は交互に組み合わせ、太い基部は隣りの殻の殻肩の傾斜部と隙間をつくらずに密着し (Fig. 8)、扁平に伸びた先端部は横方向に拡張し隣り合う棘と平面で接着して1本の帯となって殻を取り巻いている (Fig. 10)。また、棘の基部の表面には5-10個ほどの顆粒 (granule) が付着している。*A. granulata* (DILLW.) SIM. (FLORIN 1970)、*A. baikalensis* (K. MEYER) SIM. (CRAWFORD 1979)、*A. ambigua* (GRUN.) SIM. (小林・野沢 1981) では、浅く二裂した先広の棘がジッパー状に組み合わせる方式であるが、*A. italica* では、棘どうしの組み合わせで貫殻軸方向の結合が保たれているとは思われない。この方向の結合にはかなりの余裕があり、隣り合う殻の殻面どうしの接着 (Fig. 8 黒矢印) がゆるんだ時 (Fig. 11)、ようやく棘先端の拡張部で噛み合うしくみになっている。しかし拡張部は厚みがなく弱いため、自然の水中ではこのような状態はそう長く続かず、やがて拡張部が壊れて分離するものと思われる。CLEVE-EULER (1951) は、この種類に先細の棘のみをもつ分離殻 (separation value) は存在しないと記しているが、我々の調べたところでも分離殻は見つからなかった。分離殻の欠如と、上述のような棘による結合のほずれやすい構造との間には、何らかの関係があるものと思われる。なお、棘は中実で (Fig. 9)、殻の内側から見た場合もその基部に孔は見あたらない (Fig. 8)。

胞紋は外壁に向かって開口する偽小箱 (pseudoloculus) である。殻壁厚の内側2/3ほどが貫殻軸方向に伸びた長楕円筒で、その外側がより貫殻軸方向に広がってロート状となっている (Figs. 12, 14)。したがって、外表面における胞口 (foramen) は円筒部分の

長径の約2倍の長径をもち、短径  $0.4 \mu\text{m}$ ・長径  $0.4\text{--}0.6 \mu\text{m}$  ほどであった。胞紋の底には胞紋を横切って数本の棒状体があり、その内側を師板 (velum) が裏打ちしているが、これを殻内面から見ると、ドーム状に盛り上がった構造になっている (Fig. 13)。同様の構造は、*A. granulata* についての OKUNO (1964) の透過電子顕微鏡 (TEM) による研究および FLORIN (1970) の SEM による研究に見られ、また、*A. ambigua* もこれに酷似した構造をもっていることが判明している (小林・野沢 1981)。しかし、*A. granulata* および *A. ambigua* のそれとは、輪状の支持体が見られない点で異なっている。胞紋列をつくる胞紋の間隔は不揃いである。また、胞紋は殻套端の頸部には存在しない。

殻帯の内側には新しい姉妹殻 (sibling valve) ができるので、その部分に母殻の殻帯が残り、群体全体では殻帯に覆われている部分とそうでない部分が交互に、または時には連続して現われる (Fig. 11)。半殻帯 (cinglum) は6-9枚の帯節 (band or segment) からできているが、帯節上に見られる模様の違いから、接殻帯節 (valvocopula)、中間帯節 (copula)、連結帯節 (pleura or connecting band) の3つに区分できる。接殻帯節は開放型で (Fig. 16)、縫合部 (suture) は段をつかって薄くなって殻の頸部を裏打ちしており、その末端部はより薄くなって糸状に分かれ、それが3-7本集まって束になる (Fig. 19)。また、頸部の縁辺の線状の隆起 (Fig. 18 黒矢印) と向き合う位置に小さな丸い突起の列をもつ。中間帯節はどれも小舌 (ligula) をもつ開放型で (Fig. 17)、小舌の部分は先に来てきた帯節の開放部を塞ぐ役目をしている。中間帯節の縫合部の構造は接殻帯節とほとんど同じであるが、縁辺部で束の外側のものほど短いので全体として三角形になるという違いが見られた (Fig. 20)。末端の連結帯節は通常1枚あり、これも開放型である。それぞれの帯節上には微小孔が一定の模様をつかって配列しているが、その様式も三者の間で多少の相異が見られた (Text-fig. 1)。すなわち、接殻帯節上には貫殻軸に平行に走る条線が見られ、 $1 \mu\text{m}$  幅に5-6本あり、条線を構成する微小孔の数は  $1 \mu\text{m}$  幅に約10個見られる。中間帯節では、殻から離れた先端部と殻に近い基部の間のより先端に近い部分に無紋帯があり (Fig. 18)、これを境にして微小孔の配列が異なっている。先端部では条線が形成され、 $1 \mu\text{m}$  幅に9-10本あり、その条線を構成する微小孔は  $1 \mu\text{m}$  幅に約10個見られた (Fig. 18 白矢印)。一方、基部側では微小孔は不



Text fig. 1. Diagrammatic illustration of a girdle of *Aulacosira italica*. Epicinglum has eight bands, while in hypocinglum only valvocopula can be seen. The dimension of each component is modified so as to see simply the distinction between three band types. E.V=epivalve, H.V=hypovalve, E.C=epicinglum, v.c=valvocopula, c=copula, p=pleura.

規則な配列をなし、各微小孔の間隔も粗い。連結帯節には無紋帯はなく、帯節の幅も  $1.5 \mu\text{m}$  ほどで微小孔は不規則な配列をしている。帯節の構造に関しては、すでに *Melosira varians* C.A. AG. (CRAWFORD 1971), *M. roeseana* RABH. (ROEMER and ROSOWSKI 1980) について詳細な研究が行われているが、これらに *A. italica* のものを加えて比較したところ、外形・微小孔の存在・縫合部の束状構造・半殻帯の形成様式などでは大きな相異は見られなかった。わずかに、*M. varians* では、帯節上の微小孔が明瞭な点紋列をつくる点で相異が見られる。

上述のように、外殻 (epivalve) の半殻帯は表面からの観察が可能であるが、内殻 (hypovalve) の半殻帯はたいてい前者の内側に重なって形成されているので (Fig. 21)、その枚数・構成帯節の微細構造は観察

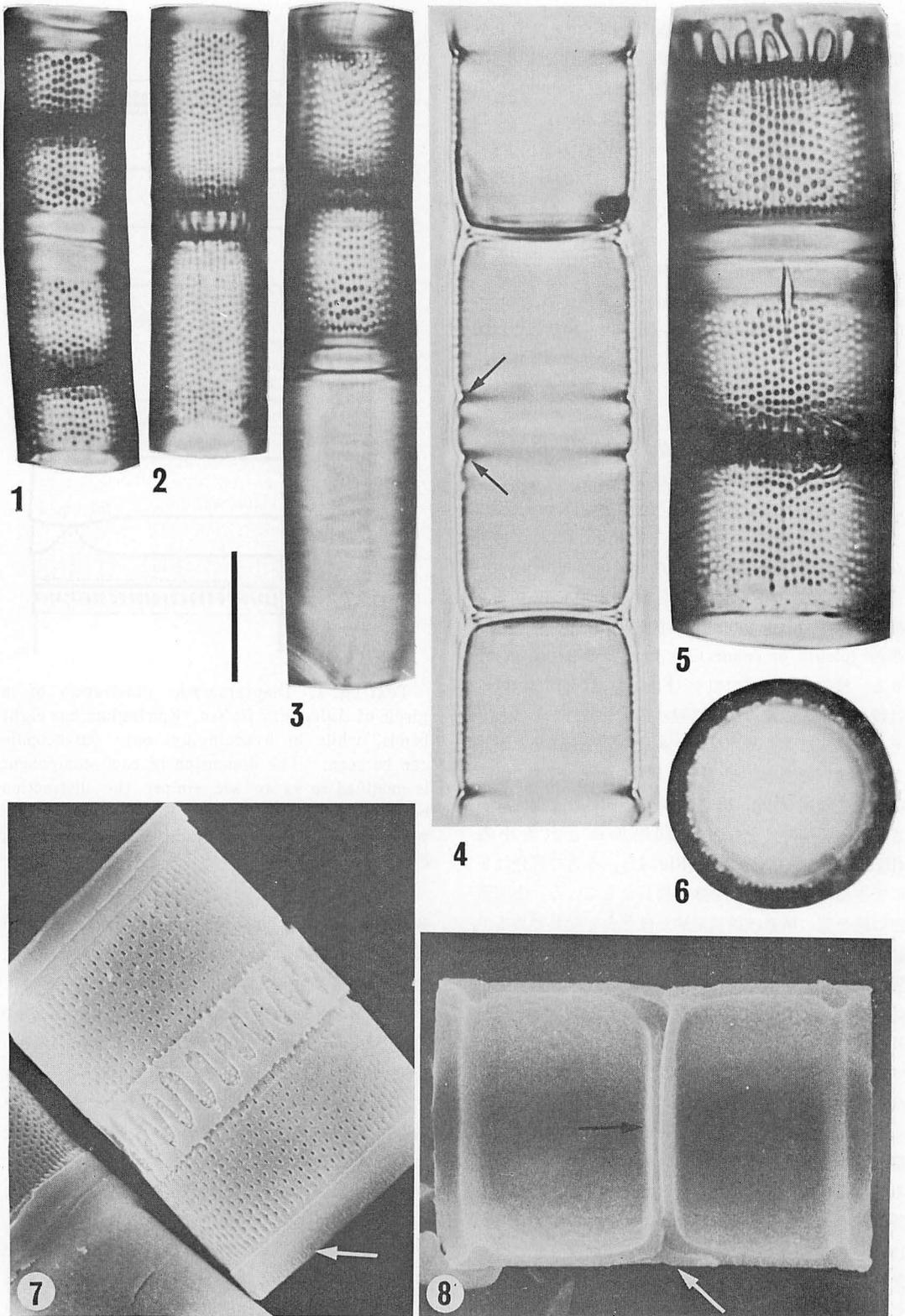


Fig. 1-8.

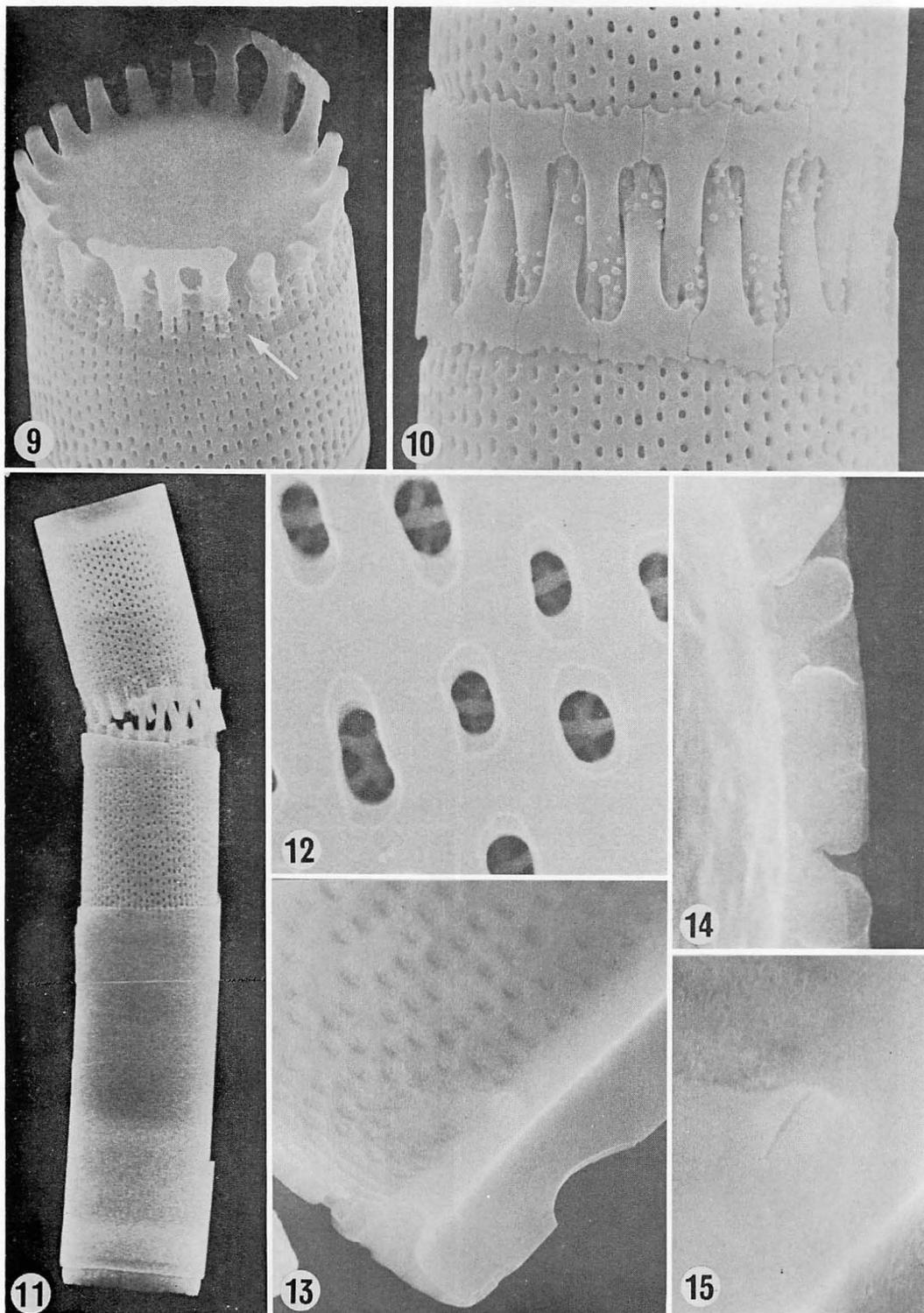


Fig. 9-15.

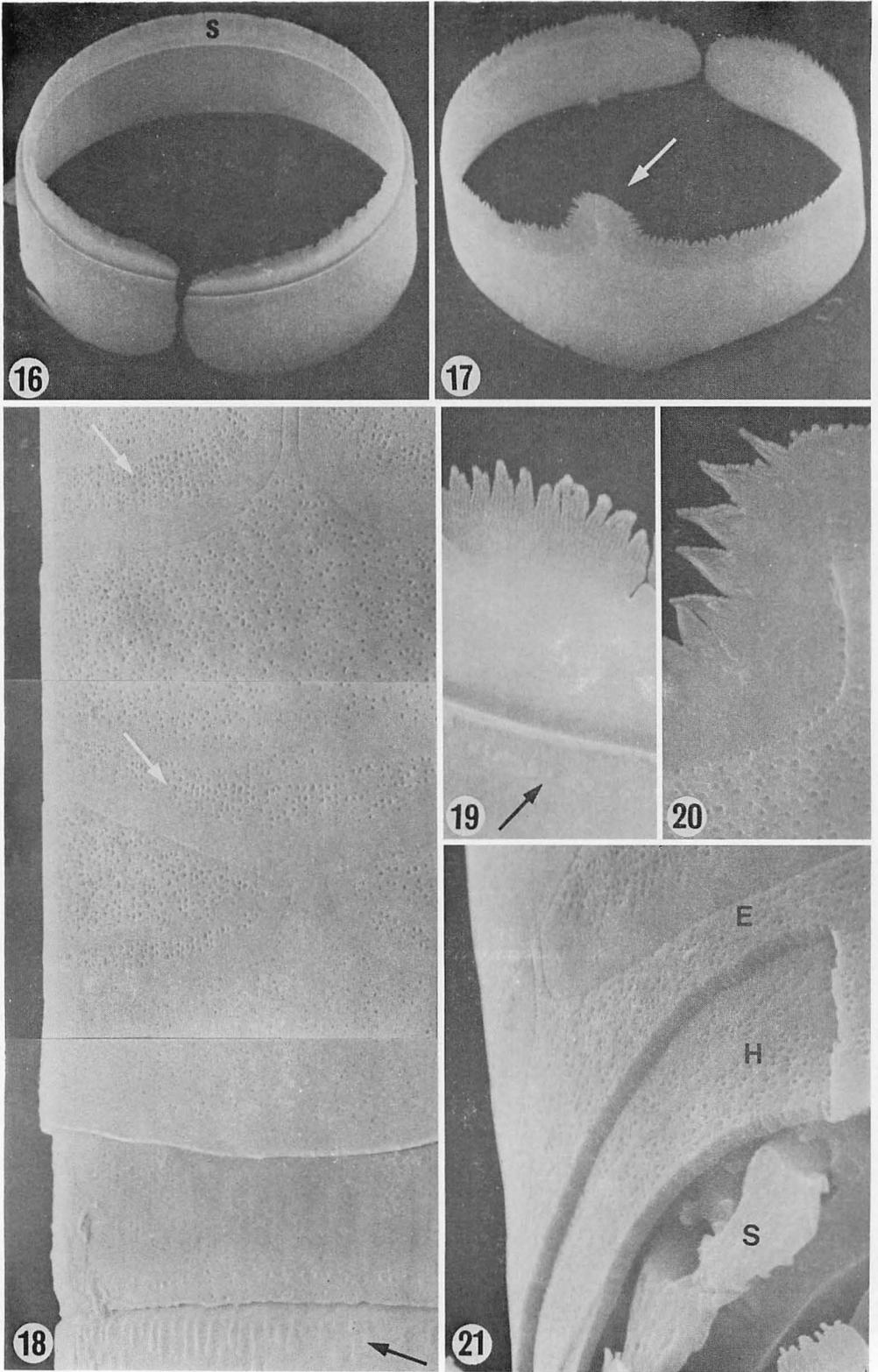


Fig. 16-21.

できなかった。しかし、VON STOSCH (1951) に見られるように、次の分裂では、この重なり合う半殻帯がずれて貫殻軸方向に離れ、母殻の半殻帯をおののの外殻帯として、その内側にまた新しい姉妹殻の内殻帯がつくられていく。したがって、どの外殻帯もかつて一度は内殻帯として形成されたものであり、構造に関してはどちらも全く同じと考えてよいものである。

## 謝 辞

本研究に際し、竜ヶ窪の試料を提供下さった、日本歯科大学の南雲保氏に深く感謝申し上げます。

## References

- 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. 1975. The frustule of the initial cells of some species of the diatom genus *Melosira* C. AG. Nova Hedw. Beih. 53: 37-55.
- CRAWFORD, R. M. 1979. Filament formation in

Figs. 1-6. Light micrographs showing the variation in breadth and in length of the valves of *Aulacosira italica*. Scale=10  $\mu$ m. 1. Filament consisting of short valves which are connecting tightly with each other, mounted in Pleurax; 2. Two loosely connected sibling valves with longer height than and nearly same breadth as Fig. 1; 3. Two sibling valves of which lower one has a girdle showing band traces; 4. Mid-focused filament mounted in Eukitt showing shallow sulci (arrows) without prominent ring-costa; 5. Broader filament showing marked spines of the top valve; 6. Valve face showing short marginal striae.

Figs. 7, 8. Scanning electron micrographs showing a pair of sibling valves of *A. italica*. 7. Two sibling valves linked by large interlocking spines with several granules on each basal surface. Hyaline hairs and a row of linear granules on its abvalvar edge (arrow) are visible.  $\times 2000$ ; 8. Inside view of two sibling valves fractured along the pervalvar axis showing solid ring-costae, contact of two valve faces (black arrow) and pseudosulcus filled with the thick basal parts of the interlocking spines (white arrow).  $\times 2000$ .

Figs 9-15. Scanning electron micrographs showing fine structure of *A. italica*. 9. Oblique view of valve showing interlocking spines located on the junction of the valve face and mantle. Mantle slopes toward the face forming obtuse angle on which the rows of areolae are continuous (arrow).  $\times 3800$ ; 10. Detail of interlocking spines whose tops expand transversely and on the basal surfaces several granules are visible.  $\times 6500$ ; 11. Two pairs of sibling valves, one covered by girdle and the other without it.  $\times 2000$ ; 12. Detail of each areola on the valve mantle with basal frame work composed of the stick-like costae across it. Loculus gradually expands outwards, foramen is about two times longitudinally wider than the inside diameter of the cribrum.  $\times 40000$ ; 13. Inside view of fractured valve mantle showing raised cribra closing loculi and one labiate process placed on a inside slope of the ring-costa.  $\times 8000$ ; 14. Fractured valve mantle through loculi in profile. Frame work composed of stick-like costae appear to be attached by cribra.  $\times 16000$ ; 15. Detail of labiate process. Lips and longitudinal slit are visible.  $\times 30000$ .

Figs. 16-21. Scanning electron micrographs showing fine structure of girdle of *A. italica*. 16. Valvocopula showing the suture (s) which is clearly thinner than the rest.  $\times 3700$ ; 17. Copula with ligula (arrow) on advalvar edge opposite to the open end of the band. Note the fringe at the end of the suture.  $\times 3700$ ; 18. Detail of bands surface with fine pores. Three copulae and one pleura of the epicinglum and one valvocopula of the hypocinglum are visible. Copula composed of the two porous areas divided by inner poreless narrow band-shaped area. Abvalvar one has pore rows vertical to band edge (white arrows) but advalvar one has pores scattered at random. Rows of pores on the valvocopula are parallel to the pervalvar axis. Note a row of linear granules near the mantle edge (black arrow).  $\times 12000$ ; 19. Detail of fascicles forming fringe of the pars interior and a row of small granules (black arrow) near the advalvar edge of the pars exterior of the valvocopula.  $\times 27500$ ; 20. Detail of triangular fascicles forming fringe of the copula.  $\times 21700$ ; 21. Fractured girdle showing two layers of epicinglum (E) and hypocinglum (H) which are penetrated by small pores. Note the terminal expanding parts of the interlocking spines (S) of a sibling valve covered by the two layers of epicinglum and hypocinglum.  $\times 15800$ .

- the diatom genera *Melosira* C. AG. and *Paralia* HEIB. Nova Hedw. Beih. 64: 121-133.
- EHRENBERG, C.G. 1838. Die Infusionsthierchen als vollkommene Organismen. Ein Blick in das tiefere organische Leben der Natur. Leopold Voss, Leipzig.
- EHRENBERG, C. G. 1841. Verbreitung und Einfluss des mikroskopischen Lebens in Süd- und Nord-Amerika. Abh. könig. Akad. Wiss. Berlin Theil 1. 1841: 291-445.
- 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.
- FOGED, N. 1974. Freshwater diatoms in Iceland. Bibliotheca Phycologica no. 15. J. Cramer, Vaduz.
- 福島 博 1957. 日本淡水藻類目録 海産藍藻及び化石珪藻を含む 5. 横浜市立大学紀要 ser. C-20. 1957(82): 1-54.
- GASSE, F. 1980. Les diatomées lacustres plio-pléistocènes du Gadeb (Ethiopie). Systématique, paléocologie, biostratigraphie. Revue Algologique, Paris.
- 平野 実 1975. 八甲田山の珪藻。梅花短期大学紀要 24: 99-110.
- HUSTEDT, F. 1930. Bacillariophyta. In PASCHER, A. [ed.], Süßwasser-Flora Mitteleuropas. ed. 2. no. 10. Gustav Fischer Jena.
- 小林 弘・野沢美智子 1981. 淡水産中心類ケイソウ *Aulacosira ambigua* (GRUN.) SIM. の微細構造について。藻類 29: 121-128.
- MILLER, U. 1969. Fossil diatoms under the scanning electron microscope. A preliminary report. Sver. geol. Unders. Afh. ser. C. 1969 (642): 1-65.
- MÜLLER, O. 1906. Pleomorphismus, Auxosporen und Dauersporen bei *Melosira*-Arten. Jahrb. Wiss. Bot. 43: 49-88.
- OKUNO, H. 1964. Fossil Diatoms. In HELMCKE, J. G. and KRIEGER, W. [ed.], Distomeenschaalen im elektronenmikroskopischen Bild. part 5. pl. 414. J. Cramer, Weinheim.
- ROEMER, S. C. and ROSOWSKI, J. R. 1980. Valve and band morphology of some freshwater diatoms. III. Pre- and post-auxospore frustules and the initial cell of *Melosira roeseana*. J. Phycol. 16: 399-411.
- 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.
- VAN HEURCK, H. 1882. Synopsis des Diatomées de Belgique. Atlas. Ducaju et Cie., Anvers.
- VON STOSCH, H. A. 1951. Entwicklungsgeschichtliche Untersuchungen an zentrischen Diatomeen I. Die Auxosporenbildung von *Melosira varians*. Arch. Mikrobiol. 16: 101-135.