

Diatom 11: 25—29. December 1995.

## Two types of areola occlusion in the valve of *Amphitetras antediluviana* Ehrenberg

Shigeki Mayama and Daisuke Fujita

海産珪藻 *Amphitetras antediluviana* Ehrenberg に見られた 2 様式の胞紋閉塞

真山茂樹・藤田大介

### Abstract

The areolae structure of *Amphitetras antediluviana* Ehrenberg growing profusely on sandy sediment in Toyama Bay was observed in detail using a scanning electron microscope. We found that there are two types of areolae occlusion within one valve. Many areolae were occluded by complex cribra near their outer openings. As each pore of the cribrum bears a flap on its outer surface, externally, many circular slits were observed in the occlusion. However, the meshwork of the cribrum was apparent, internally. The other areolae were occluded by volae with distinctive slits. Each vola was somewhat raised and located on the outer opening of the areola. The slits of the volae were also evident internally. The areolae with this occlusion were not abundant but were distributed over the valve, however, they were not observed at the circular elevated area of the valve.

### Key index words

*Amphitetras antediluviana*, areolae occlusion, diatom, valve morphology, vola.

### はじめに

1995年5月、富山県魚津市沿岸の海底の礫上に、粘質を帯びて固まって付着する砂粒状の堆積物が広域に渡って出現した。これは著者らが別途報告したように、中心類珪藻の *Amphitetras antediluviana* Ehrenberg の鎖状群体が大量に発生し、それが網状に伸びて砂粒を繋ぎ止めていたために起きた現象であった(藤田他 1995)。

本種と同定できる個体の被殻の微細構造観察は Round et al. (1990) によって行われたものがある。しかし、彼らは著書 "The diatoms" の中で、*Amphitetras* 属の解説を目的として走査型電子顕微鏡 (SEM) 写真を呈示したにすぎず、撮影された個体の種名までは記述しなかった。本研究では上記の魚津市沿岸産の試料を用い、より詳細な SEM 観察をおこない彼らによる研究の確証を行った。この結果、今まで本種において知られていたタイプの胞紋閉塞の他に、新しいタイプの胞紋閉塞を殻面上に認めたのでこれを報告する。

### 材料と方法

1995年5月に魚津市沿岸の水深3~4mの海底より人頭大の礫を研究室に持ち帰った。堆積していた砂

をピンセットで少量つまみ、実体顕微鏡と正立型光学顕微鏡 (LM) で群体を観察した。被殻のクリーニング処理にはブリーチ法 (Nagumo & Kobayasi 1990) を用いた。処理殻をブルーラックスで封入し LM 観察すると共に、カバーガラス上で乾燥後 JEOL F15 により SEM 観察を行った。

### 結果と考察

**群体の観察：***Amphitetras antediluviana* がジグザグの鎖状群体を形成し、それが砂粒を繋ぎ止めるように網状に伸びていた (Fig. 1)。各細胞は殻面の一端より粘液パッドを放出することにより連結しあっていた (Fig. 2、矢印)。本種の群体が多量に出現することにより、礫上に粘性を帯びて固まる砂粒堆積物が形成されたわけである。本種は海藻附着性 (Round et al. 1990) あるいはプランクトン性 (小久保 1960) として報告されているが、砂地で底生生活することは知られていなかった。

**殻の光学顕微鏡観察：**本種の殻面は4角形をしており各辺は幾分内側に凹んでいる (Fig. 3)。一辺の長さは 37~102  $\mu\text{m}$  であるが、ほとんどの個体において 60  $\mu\text{m}$  以下であった。胞紋は直径約 1~1.5  $\mu\text{m}$ 、中心から外側に向かって放射状に配列していた。

**被殻の SEM 観察：**殻面は中央がややへこみ、その周辺がカルデラ状に隆起している (Fig. 4)。4つの角は共に突出し、先端部に明瞭な無紋域によって囲まれ

る眼域(ocellus)を形成する(Fig. 5)。これらのうちの1つより粘液が放出され、鎖状の群体が形成される。殻套末端はフランジ状になり外側に折り返す。この部分は殻帯を構成する3枚のバンドと同じ高さに位置するため、あたかも殻帯が4枚のバンドから構成されるように見える(Fig. 6)。しかし、無紋であるため胞紋を持つバンドとの区別は容易である。殻外面の胞紋間肋上には小さな粒状の突起が多数存在するが、これらは殻套末端付近では先の尖った棘状のものとなる(Fig. 5)。殻内面では、胞紋間肋の表面は平滑で、殻内面観はざる箆のように見える(Fig. 7)。唇状突起(labiate process)および支柱突起(strutted process)は観察されなかった。以上の形質はRound et al. (1990)が*Amphitetras*属の説明として用いたSEM写真の個体と全く同様であった。

*A. antediluviana*の各胞紋は殻外表面付近で珪酸質の師板(velum)により閉塞されるが、本研究により1つの殻に2種類の師板があることがわかった。第一の師板はほとんどの胞紋を閉塞している複合多孔師板(complex cribra)である。これは胞紋間肋表面のやや下側に位置し、外表面に小さな針状の突起を多数持つ(Figs 8左, 9, 10)。多孔師板の各小孔は外側の開口部がさらにフラップで閉ざされるため円形状のスリットのみが見えるが、殻内側から観察すると網の目状の小孔が多数観察された(Fig. 11)。もう一つの師板は、幾つかの胞紋のみに見られる、明瞭なスリットを持つ特異な形をした樹枝紋師板(volae)である(Figs 8右, 9, 矢印, 10, 矢印)。こちらはそれ全体がわずかに隆起して胞紋間肋の表面とほぼ等しい高さに位置する。この師板の厚さはほぼ均一であり、このためスリットは殻内側においても外側同様に観察できた(Fig. 11, 矢印)。樹枝紋師板により閉塞される胞紋は、殻面観における観察では一見一様に分散しているように見える(Fig. 12)。しかし、実際はカルデラ形をした殻面のリング状の“山頂”付近には存在せず、常に“火口内”あるいは“山腹”にのみ分布していた。

一般的に被殻における胞紋閉塞のタイプは1種類である。殻(valve)と殻帯(girdle)で異なるように見える場合も、その多くは殻帯が殻よりはるかに薄いために違って見えるだけである。従って1つの種に複数の胞紋閉塞様式が見られるのは大変希なことである。Mann (1981)は*Hnatzschia marina*における異なる胞紋閉塞様式を示した。しかし、*H. marina*の胞紋閉塞様式の違いは、常に存在する薄皮(rica)に加え

て多孔師板が重なるか、重ならないかという違いであるか、または、薄皮自身もつ小孔の散在様式の違いであった。このため*A. antediluviana*のように2種類の師板があるというものは本質的に異なっている。

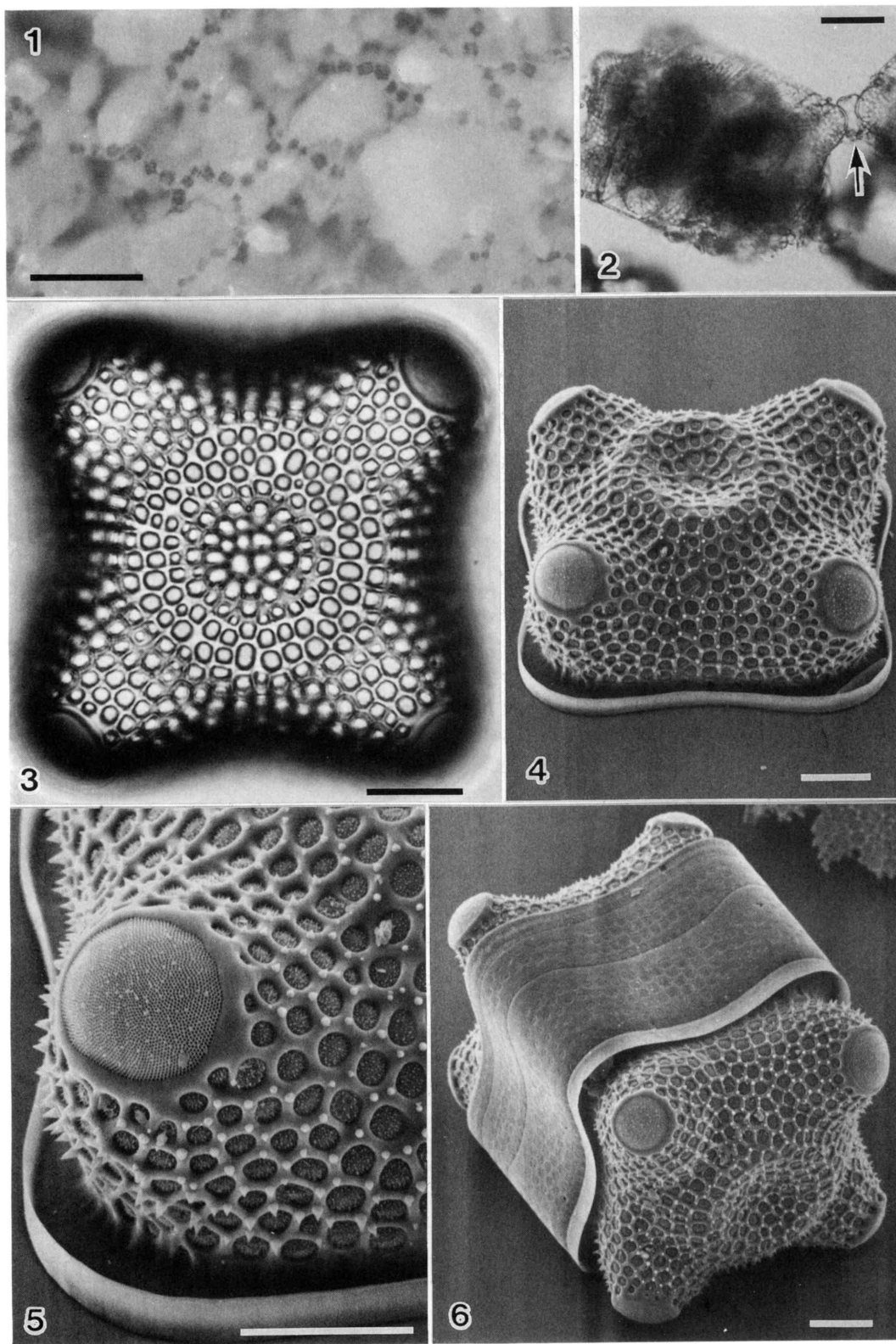
Liebisch (1928)は*A. antediluviana*について光学顕微鏡による詳細な観察をおこなっている。彼は巧みな焦点合わせの技術により、胞紋の外側の開口部付近が閉塞されていることを報告するとともに、現在では複合多孔師板の孔として知られる構造を、光顕像におけるコントラストの違いとして師板の周辺部に観察している。また、彼は胞紋間肋上の小粒突起も観察した。しかし、樹枝紋師板については、彼の記載文中にもスケッチにも、それらしきものを見つけることができない。

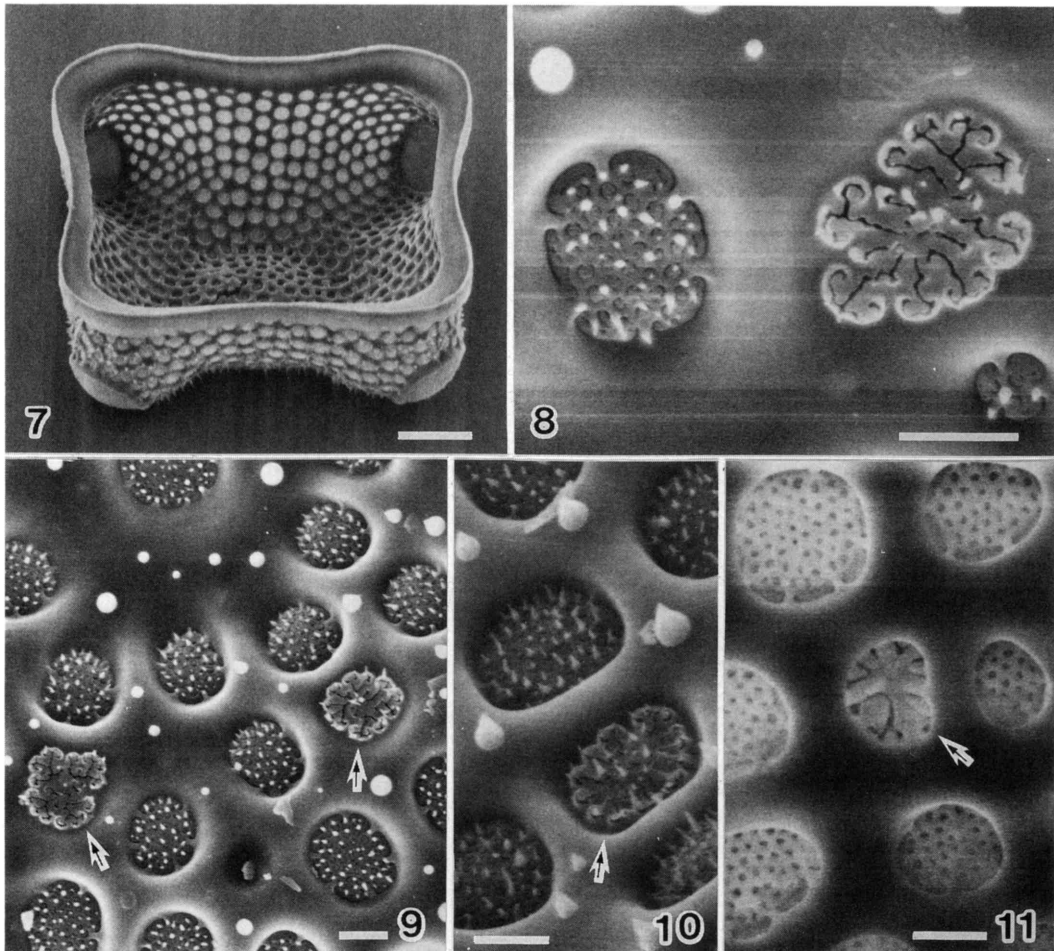
Round et al. (1990)は*Amphitetras*属の胞紋について“areolae occluded by cribra”とコメントを与えているのみで、明瞭なスリットを持つ樹枝紋師板については何も触れていない。しかし、彼らの写真中に2種類の師板を不鮮明ではあるが認めることができる(p. 223, fig. g, 中央左から2つめが特異な形をした樹枝紋師板)。彼らの試料と日本産の試料の双方にこの特異な形の師板が存在しているという事実は、この師板が単なる奇形ではないことを示している。さらに、このような形態の師板は他の珪藻種でも報告が無く、本種のみに見られる特異な構造体である。

本種において多数存在する方の師板は*Isthmia*のものによく似ている(Round 1984)。しかし、*Isthmia*において、本種に見られるような特異な形の師板は知られていない。また、本種には唇状突起が存在しないが*Isthmia*には存在しており、この点でも両属には相違がある。*Amphitetras*は殻面の角に眼域を持つ点で*Biddlphia*や*Triceratium*の種と類似性をもつ。実際、分類学の歴史の中では、これらの属が統合されていた時代もあった。しかし、*Biddlphia*と*Triceratium*においても、*A. antediluviana*に見られる特異な樹枝紋師板は知られていない。また、唇状突起はこれらの属では存在が知られている(Round et al. 1990)。

珪藻の被殻には、胞紋、唇状突起、支柱突起、眼域、偽眼域、遊離点、縦溝など形態の異なる孔やスリットが開いている。それらの機能は今日では遊離点を除き、多かれ少なかれ解明されている。唇状突起の機能は長い間知られていなかったが、Pickett-Heaps et

Figs 1-6. *Amphitetras antediluviana*. Scale bars = 500  $\mu$ m (Fig 1), 20  $\mu$ m (Fig. 2) or 10  $\mu$ m (Figs 3-6). Fig. 1. Colonies composed of zigzag filaments of cells on sand grains. Fig. 2. Cells linked with mucilage pad (arrow) to form the colony. Fig. 3. Valve view. Fig. 4. External oblique view of the valve showing central circular elevation with a depressed center and four weakly protruding angles with ocelli. Fig. 5. Details of the bottom-left corner of the valve in Fig. 4 showing the ocellus and the flanged edge of the valve mantle. Fig. 6. External oblique view of a whole frustule showing epicingulum composed of three bands with areolae.





Figs 7-11. *A. antediluviana*. Scale bars = 10  $\mu\text{m}$  (Fig. 7) or 1  $\mu\text{m}$  (Figs 8-11). Fig. 7. Internal oblique view of a whole valve. Fig. 8. Two types of areola occlusion, complex cribrum (left) and vola (right). Fig. 9. External valve face showing the complex cribra much more than the volae (arrows). Fig. 10. External oblique view of the enlarged valve face. Compare the location of the cribra and the vola (arrow) with the level of the interareolae. Fig. 11. Internal view of the complex cribra and the vola (arrow) showing the meshworks and the slits respectively.

al. (1986) および Medlin et al. (1986) は、この突起からは支柱突起から放出される粘液とは異なる粘液が分泌され、それによって中心類のゆっくりした回転運動や振幅運動が引き起こされることを報告した。唇状突起の機能がこのような運動を生じさせることにあるのか、あるいは、これらの運動が粘液分泌の結果として二次的に起きたものにすぎないのかはわかっていない。しかし、唇状突起は白亜紀の珪藻にすでに見られるように、珪藻が進化の中で初期に獲得した形質であり、胞紋同様に珪藻の生活にとって大きな意味を持つ構造であることが考えられる。唇状突起は全ての中心類珪藻で存在が知られているわけではない。これは、

光学顕微鏡観察しかおこなわれていない種では、その有無がほとんどの場合わからないこと、SEM 観察をおこなってもそれが非常に見にくい位置にあって見過ごされている場合があること、また化石種においては殻自身の風化のため小さな構造がわからなくなってしまっている場合があるという理由による。しかし、現生の試料を用いた SEM 観察では、この突起はほとんど全ての中心類珪藻に観察されており、*A. antediluviana* のように、唇状突起を所有しない中心類珪藻は極めて希である。

*A. antediluviana* において、唇状突起に類似する機能を、特異な形の樹枝紋師板によって閉塞された胞紋

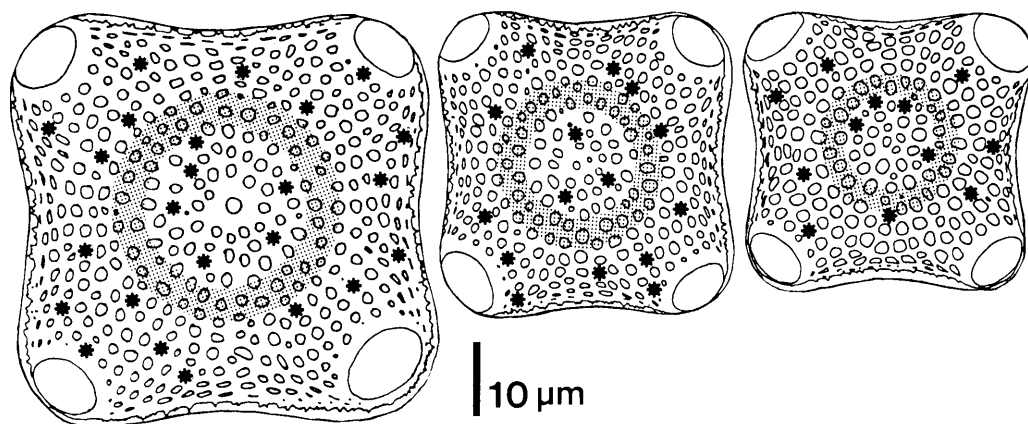


Fig. 12. Illustrations traced from SEM photographs showing the distribution of the volae (★) in the valve of *A. antediluviana*. Note : no volae occurring on the circular raised area indicated by the gray area.

がはたしているのかについては、現在、憶測すらできる段階ではない。しかし、形態が異なると機能も異なるという現象は、しばしば生物界で見られる事実である。また、この特異な師板を持つ胞紋は殻面上の突出したリング形の部位には分布しないが、そこは細胞分裂時に親被殻の中で形成される姉妹殻同士が接する部位にあたる。形態の異なる2種類の胞紋に機能の分化が見られるのか、また細胞分裂との関連が何かあるのか、今後の細胞学的研究が期待される。

#### 引用文献

- 藤田大介・岡本勇次・真山茂樹. 1995: 魚津市沿岸の礫地帯の堆積砂で見つかった珪藻の1種, 富山県水産試験場報告 8: (印刷中).
- 小久保清治. 1960: 浮遊珪藻類. 恒星社厚生閣, 東京.
- Liebisch, W. 1928: *Amphitetras antediluviana* Ehrbg., sowie einige Beiträge zum Bau und zur Entwicklung der Diatomeenzelle. Zeit. f. Botanik 20: 225-271.
- Mann, D. G. 1981: Sieves and flaps: Siliceous minutiae in the pores of raphid diatoms. pp. 279-300. In: Ross, R. (ed.), Proceedings of the sixth symposium on recent and fossil diatoms Budapest, September 1-5, 1980. Otto Koeltz, Koenigstein.
- Medlin, L. K., Crawford, R. M. & Andersen, R. A. 1986: Histochemical and ultrastructural evidence for the function of the labiate process in the movement of centric diatoms. Br. Phycol. J. 21: 297-301.
- Nagumo, T. & Kobayasi, H. 1990: The bleaching method for gently loosening and cleaning a single diatom frustule. Diatom 5: 45-50.
- Pickett-Heaps, J. D., Hill, D. R. A. & Wetherbee, R. 1986: Cellular movement in the centric diatom *Odontella sinensis*. J. Phycol. 22: 334-339.
- Round, F. E. 1984: Structure of the cells, cell division and colony formation in the diatoms *Isthmia enervis* Ehr. and *I. nervosa* Kütz. Ann. Bot. 53: 457-468.
- Round, F. E., Crawford, R. M. & Mann, D. G. 1990: The diatoms. Biology & morphology of the genera. Cambridge University Press, Cambridge.
- Shigeki Mayama: Department of Biology, Tokyo Gakugei University, Koganei-shi, Tokyo, 184 Japan.
- 真山茂樹: 東京都小金井市貫井北町 4-1-1 東京学芸大学生物学教室 〒184
- Daisuke Fujita: Toyama Prefectural Fisheries Research Institute, Namerikawa, Toyama, 936 Japan.
- 藤田大介: 富山県滑川市高塚 富山県水産試験場 〒936