

## 走査型電子顕微鏡によるトグロコウイカ 螺環表面の観察

福田芳生\*・小島郁生\*\*・棚部一成\*\*\*・蟹江康光\*\*\*\*

### Scanning electron microscope observation on the whorl surface of *Spirula spirula*

Yoshio FUKUDA\*, Ikuwo OBATA\*\*, Kazushige TANABE\*\*\*  
and Yasumitsu KANIE\*\*\*\*  
(With 3 text-figures and 2 plates)

A result of scanning electron microscope (SEM) observation on the whorl of *Spirula spirula* (LINNÉ) (Text-fig. 1) is described. The cross-section of the dorsal area of the whorl (Text-fig. 3) shows the prismatic (1, 2), the globular prismatic (3), the nacreous (4), and the endo-prismatic (5) layers in descending order from the top to the bottom (Pl. 3, fig. 4). A distinct net-like structure is recognized on the surface of the small, white, loose, plani-spiral shell which is situated, enveloped by the mantle lobe, at the posterior periphery of the animal body. The net-like structure (Text-fig. 2) is well developed on the dorsal side of the whorl (Pl. 4, figs. 1-2), and it gradually becomes indistinct inwards, finally disappearing on the venter (Pl. 4, figs. 5-6). The structure, according to the SEM observation, consists of approximately pentagonal small areas surrounded by the lateral wall (Text-fig. 3; pl. 4, figs. 1-3). The wall is about 5-10  $\mu$  in height, and 10-15  $\mu$  in breadth. The top of the wall is nearly flat, but densely covered with granules (Text-fig. 3; pl. 4, figs. 3-5) which are about 1  $\mu$  in diameter. The granules are interpreted as the exposed end of the numerous, slender, calcareous columns which constitute the fine prismatic layer (Text-fig. 3; pl. 4, fig. 6). Thus the lamellar structure in *Spirula spirula*, constituting the upper layer of whorl and the uppermost lateral wall, is demonstrated as a gradual product with growth of the prismatic layer in the outer side of the whorl.

In conclusion, the lamellar structure in *Spirula spirula*, is comparable with the granular, calcareous layer on the dorsal surface of shell in *Sepia (Platysepia) esculenta* HOYLE. The structure is probably useful for strengthening the shell.

現生有殻頭足類の殻構造に関する電子顕微鏡的な研究は、オウムガイ類 (Nautilidae) のものが主流を占めており、今迄に GRÉGOIRE (1962, 1967), STENZEL (1964), ERBEN

\* 千葉県衛生研究所 Research Laboratory of Public Health of Chiba Prefecture, Chiba 280, Japan.

\*\* 国立科学博物館地学研究部 Department of Geology, National Science Museum, Tokyo 160, Japan.

\*\*\* 九州大学理学部地質学教室 Department of Geology, Kyushu University, Fukuoka 812, Japan.

\*\*\*\* 横須賀市博物館 Yokosuka City Museum, Yokosuka 238, Japan.

原稿受理1979年6月26日, 横須賀市博物館業積第278号.

*et al.* (1969), MUTVEI (1972), BLIND (1976) などがある。一方、トグロコウイカ科 (Spirulidae) については、MUTVEI (1964) がオウムガイ類と比較検討したものがあるにすぎない。MUTVEI (1964) は、トグロコウイカ *Spirula spirula* (LINNÉ) の螺環について、外層が球状-稜柱層、中層が真珠層、内層は稜柱層からなり、基本的な構造はオウムガイ類のものと同様であることを指摘している。しかし、今回、筆者等が、トグロコウイカの殻構造を検討した結果、螺環表面に薄い稜柱層が存在し、その最表層に多数の多角型の稜からなる網状構造が認められた。この網状構造については、未だ報告が無いので、その微細構造を記載するとともに存在意義について考察する。

### 材料及び方法

観察したトグロコウイカの殻は、ニューカレドニア島のヌーメア近傍の海岸で三上 進氏により採集された、保存の良い死殻である (福田・三上, 1978)。殻は各部の計測と軟 X線及び顕微 X線撮影の後、殻前方を  $3 \times 5$  mm の大きさに切断し、イオンコーター IB-3 型 (エイコーエンジニアリング製) を用い、約15分間金をコーティングした。試料は日立製 H-450 型の走査型電子顕微鏡による観察と写真撮影に供した。写真撮影時の加速電圧は 20 kV である。

### 観察及び論議

**肉眼及び顕微 X線による観察** 殻は白色で鈍い光沢があり、殻の前方約  $1/3$  の部分と胚殻は失なわれている (Fig. 1-A)。保存されている殻の大きさは直径 12 mm、高さ 4 mm、幅 5 mm であり、隣接する螺環は互いに密接することが無い。螺環内部の気室の隔壁は、殻の開口部に向かって凹面を形成する。隔壁の存在する部分は螺環外側において、環状の浅い窪みをつくり、気室の部分が幾分膨隆しているため、外部からも容易に識別することができる。気室の隔壁は軟 X線による観察で、20 本を数えることができ、途中で破損しているものは無い (Fig. 1-B)。

螺環の内側縁を走行する中空の連室細管壁の部分にも破損は認め得ない。螺環外側は肉眼的にも表面粗しようであり、連室細管の存在する螺環内側表面が平滑であるのとは対照的である。螺環外側の顕微 X線による観察では、表面に網状構造が認められ (Fig. 1-C)、それは隔壁の存在部位である環状の窪みの部分にも分布しており、螺環の内部構造とは無関係であることを示している。顕微 X線によって螺環表面の網状構造が観察できることから、網状構造の部分はこれより下層の殻を構成する石灰層よりも緻密であることが予測される。この網状構造は、螺環内側に近づくに従い徐々に消失する傾向にある。

**走査型電子顕微鏡による観察** トグロコウイカの螺環表面に分布する網状構造は、ほぼ五角型に近い石灰質の隆起に囲まれた小区画が多数集まって形成されたものである (Pl. 2-1~3; pl. 4-1)。それらの小区画は孤立して存在することは無く、五角型の稜に当る部分から側枝を出し、隣接するものと互いに連絡している。このような網状構造は、螺環内側の連室細管の存在する部分では消失し、代って螺環長軸に平行に走る弱い条線が出現してくる (Pl. 1-5~6; fig. 2)。

網状構造の基本となっているほぼ五角型の小区画を形成する壁は高さ  $5 \sim 10 \mu$  前後あり、幅は最も広い所で  $15 \mu$ 、狭い所で  $10 \mu$  前後ある (Pl. 2-1~2)。壁の表面は扁平で、

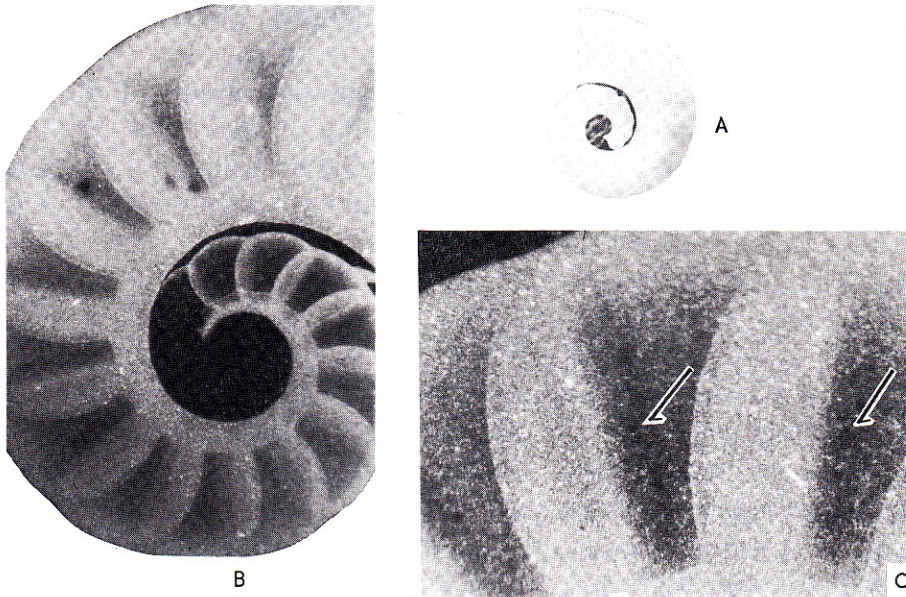


Fig. 1. A: 観察したトグロコウイカの殻 (×2.1)。B: A の殻の軟 X 線像。気室の隔壁及び螺環内側の連室細管を示す (×10.6)。C: A の殻の顕微 X 線像。矢印は X 線に捕えられた螺環表面の網状構造を示す (×17.7)

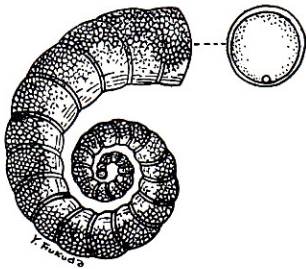


Fig. 2. トグロコウイカの螺環表面に存在する網状構造の分布を示す。右側は螺環の開口部と内側に偏在する連室細管を示す。

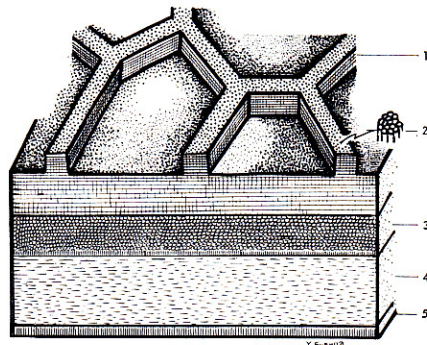


Fig. 3. トグロコウイカの螺環壁の断面模式図。1: ほぼ五角型の小区画からなる網状構造を伴った螺環最表面の稜柱層, 2: 1 の稜柱層を構成する微細な石灰柱, 3: 球状一稜柱層, 4: 真珠層, 5: 内稜柱層。

そこは直径  $1\mu$  内外の集合しあるいは単独に存在する多角型の顆粒によって密に覆われている (Pl. 4-3~5)。それは小区画内側においても認めることができる (Pl. 4-3)。

螺環外層の断面では、網状構造を含む稜柱層は最も厚い所で  $20\mu$  前後、螺環内側に近い所では  $10\mu$  前後となる。この稜柱層は、下層の球状一稜柱層と比較すると、その緻密度は高い (Pl. 4-6)。また、球状一稜柱層とは不連続となっているが、その間に特別な空所は認められない (Pl. 4-6)。小区画の壁の表面に存在する顆粒状構造は、この部分を構成する稜柱層の石灰柱の末端に相当するものと考えられる (Fig. 3)。小区画の側壁に 10 数層の平行な層板構造が認められ (Pl. 4-3~5)、それは小区画の下層においても同様であ

る。このことからトグロコウイカの螺環外側の特異な稜柱層は、一時に形成されたものではなく、成長と共に次第に厚みを増していったと考えられる。このトグロコウイカの、表面に網状構造を伴った稜柱層はコウイカ *Sepia (Platysepia) esculenta* Hoyle の外套膜内に存在する、背甲の外側表面にある顆粒状構造を伴った稜柱層 (福田, 1977) に近いものであり、トグロコウイカにおいても、螺環外側を補強する目的を持っていると思われる。トグロコウイカの螺環内側でそれが消失するのは外套膜の石灰分泌能の違いも考えられるが、その部分に偏在する石灰質の長い連室細管頸部が浮力の調節の他に、殻自体の補強になっていると推定できる。

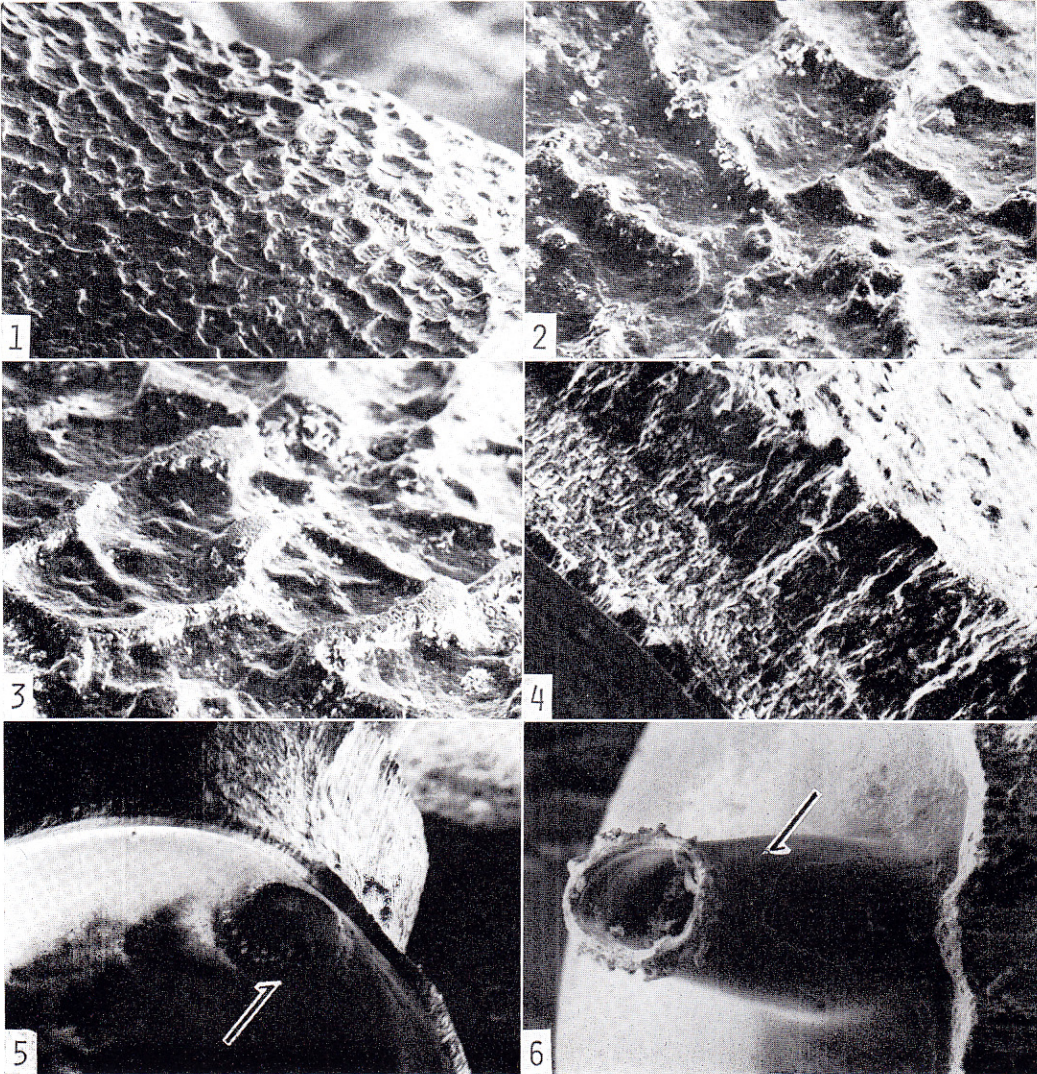
### ま と め

トグロコウイカの体末端の外套膜に包まれて存在する小型の白色平巻き型の殻は、螺環表面に特異な網状構造を有している。それらの網状構造は螺環外側においても最もよく発達し、内側に近づくに従い消失する。この構造の走査型電子顕微鏡による観察によって、それらはほぼ五角型に近い小区画からなり、その稜に当る部分から側枝を派生し、隣接するものと互いに連絡することによって、全体として網目状を呈することが判明した。ほぼ五角型の小区画を形成する壁は高さ 5~10 $\mu$  前後、幅 10~15 $\mu$  前後あり、扁平な壁の頂上部は直径 1 $\mu$  内外の顆粒によって密に覆われている。この表面の小顆粒は、網状構造の本体が緻密な稜柱層よりなっていることと関連があり、稜柱層を構成する細い石灰柱の末端が露出したものと考えられる。ほぼ五角型に近い小区画の側壁及び下層に存在する層板構造は、トグロコウイカの螺環外側の稜柱層が成長と共に徐々に形成されていったことを示している。この構造はコウイカの甲表面に存在する顆粒状の石灰層に比較され、殻の補強が主要な機能である可能性が強い。

謝辞 トグロコウイカの標本を提供されたよみうりランドの三上 進氏、貴重な助言を賜ったよみうりランド海水水族館名誉館長の川本信之博士に厚くお礼申し上げる。

### 引 用 文 献

- BLIND, W. 1976. Die ontogenetische Entwicklung von *Nautilus pompilius* (LINNÉ). *Palaeontographica*, [A], 153: 117-160, pls. 19-33.
- ERBEN, H. K., FLAJS, G. and SIEHL, A. 1969. Die frühontogenitische Entwicklung der Schalenstruktur ectocochleater Cephalopoden. *Ibid.*, 132: 1-54, pls. 1-15.
- 福田芳生 1979. コウイカ (*Sepia (Platysepia) esculenta* HOYLE) の背甲の微細構造について. 化石研究会会誌 (印刷中).
- ・三上 進 1978. トグロコウイカの話. ちりぼたん, 10(4): 95-97+表紙 2.
- GRÉGOIRE, C. 1962. On submicroscopical structure of the *Nautilus* shell. *Bull. Inst. Roy. Soc. Nat. Belgique*, 38: 1-71, pls. 1-24.
- 1967. Sur la structure des matrices organiques des coquilles de mollusques. *Biol. Rev.*, 42: 653-688.
- MUTVEI, H. 1964. On the shells of *Nautilus* and *Spirula* with notes on the shell secretion in non-cephalopod mollusks. *Ark. Zool.*, 16: 221-278, pls. 1-22.
- 1972. Ultrastructural studies on cephalopod shells. Part 1: The septa and siphonal tube in *Nautilus*. *Bull. Geol. Inst. Univ. Uppsala*, [N.S.], 3: 237-261, pls. 1-25.
- STENZEL, H. B. 1964. Living *Nautilus*. In MOORE, R. C. ed. *Treatise on Invertebrate Paleontology*: K54-K93. Geol. Soc. America & Univ. Kansas.

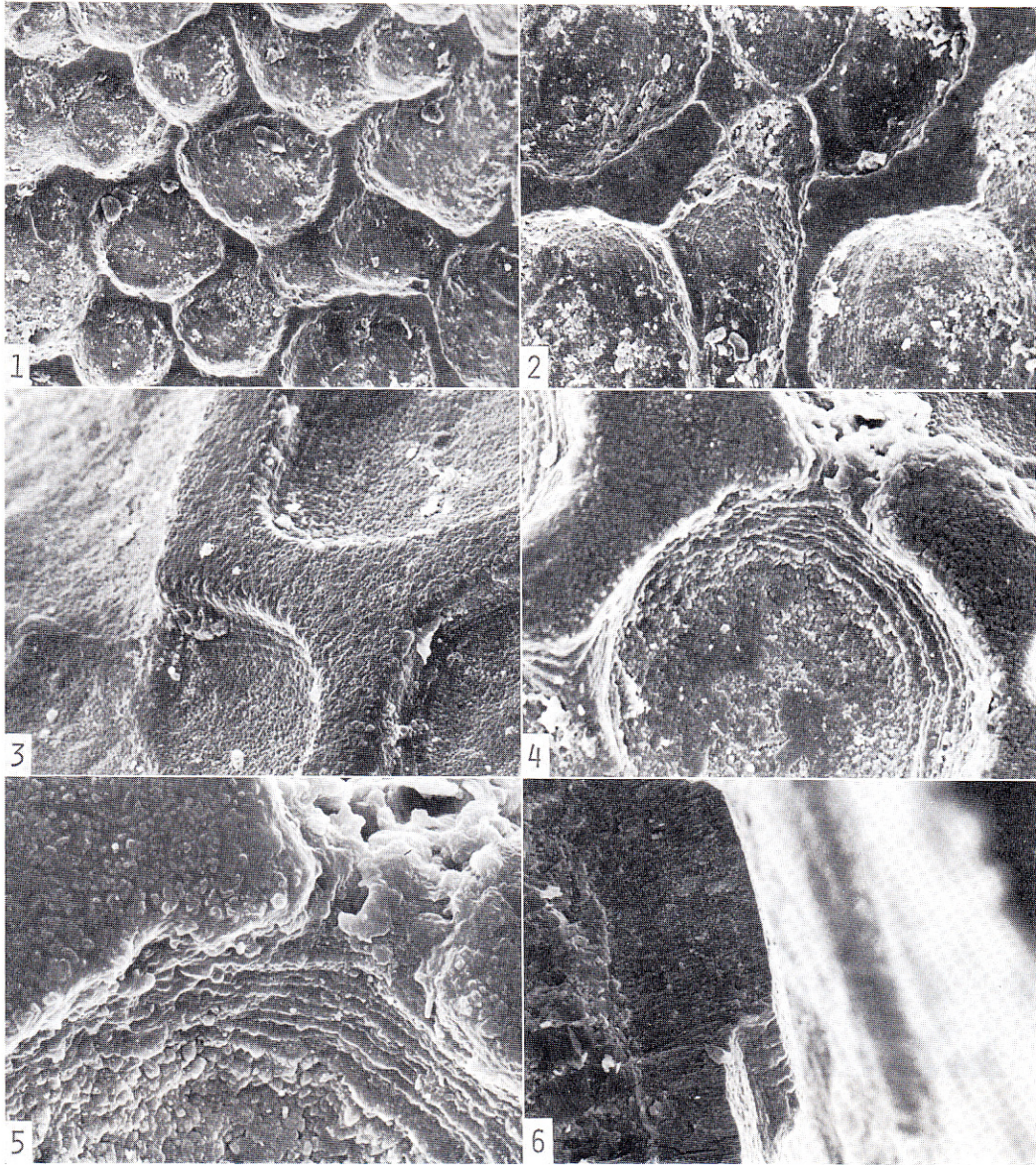


### Explanation of plate 3

1-3: トグロコウイカの螺環外側の網状構造を示す。それらの網状構造は、ほぼ五角型の石灰質の隆起に囲まれた小区画が多数集まって形成されたものである。(1.  $\times 64$ ; 2-3.  $\times 160$ )

4: 螺環断面を示す。図右側の外側から順に特異な網状構造を伴う稜柱層、球状稜柱層、真珠層、内稜柱層からなっている。( $\times 120$ )

5-6: 連室細管(矢印)の存在する螺環内側を示す。この部分では網状構造は消失し、代って螺環の長軸に平行に走る条線が出現する。( $\times 20$ )



#### Explanation of plate 4

1-2: トグロコウイカ螺環外側の網状構造の走査型電子顕微鏡像を示す。ほぼ五角型の小区画内側は、低倍率では平滑に見える。(1.  $\times 150$ ; 2.  $\times 300$ )

3-5: 石灰質の隆起からなる小区画の壁表面および内側には、直径  $1\mu$  内外の小顆粒が密に分布し、側壁に層板構造が認められる。(3.  $\times 600$ ; 4.  $\times 750$ ; 5.  $\times 1500$ )

6: 表面に網状構造を伴った稜柱層の断面。小区画の壁表面及び周囲の微細な顆粒は、稜柱を構成する石灰柱の末端に相当する。(  $\times 1500$ )