

走査型電子顕微鏡によるシーラカンスの 鱗表面の観察

福田芳生*・川本信之**・小島郁生***・蟹江康光****

Notes of Observation by Scanning Electron Microscope on a Scale of *Latimeria chalumnae*

Yoshio FUKUDA,* Nobuyuki KAWAMOTO,** Ikuwo OBATA***
and Yasumitsu KANIE****
(With 2 plates)

A scale of *Latimeria chalumnae* SMITH probably derived from an anterior part of the fish body was examined under a scanning electron microscope. It has a roughly ovoid outline, being 55 mm in longer diameter and 34 mm in shorter (Pl. 8-1). The scale is composed of the milky anterior part (C), the dark brown basal part (A) and the transitional part (B) between the above two (Pl. 8-2). Minute ridges radiating from the focus and weak concentric annular ridges are observed in the milky unexposed part which occupies the greater portion of the scale.

There are about 160 denticles which are long elliptical protuberances (Pl. 8-3) on the dark-brown basal surface. Their average size is 2 mm in longer diameter, 0.5 mm in shorter diameter, and 0.2 mm in height (Pl. 8-4). The scanning electron micrograph reveals that these denticles are gently converged toward the posterior edge where their tips are not sharply pointed but sub-rounded. The minute ridges (Pl. 8-5, 6) around the base of denticle become smooth and disappear at the elliptical edge (Pl. 8-7). On the broken face of denticle a probable pulp cavity is observed in the center (Pl. 8-8). Between the denticles low folded ridges, which are about 160 μ in length, are regularly arranged at intervals of about 20 μ . The denticles have been interpreted as a kind of specialized cosmoid layer by the previous authors. In the semilunar transitional part between the milky anterior and the dark-brown basal ones, there are dense radial ridges which probably cause the part to decrease in transparency (Pl. 9-3, 4). The radial ridges on the anterior milky surface are composed of thin plates, about 20 μ in height and 2 μ in thickness, perpendicular to the surface. They are crossed by the annular ridges and become discontinuous (Pl. 9-5), resulting in a peculiar pocket-like structure at the intersection (Pl. 9-6~8). Sometimes small pits are observed between the radial ridges (Pl. 9-7), suggesting some functional morphology.

* 千葉県衛生研究所 Sanitary Research Institute of Chiba Prefecture, Chiba 280, Japan

** よみうりランド海水水族館 Yomiuri Land Marine Aquarium, Inagi, Tokyo 192-02, Japan

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

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

原稿受理1977年9月13日, 横須賀市博物館業績第265号

はじめに

1938年、南アフリカのイースト・ロンドンの沖合でトロール網に掛った魚が、古生代デボン紀から中生代白亜紀まで存続していた総鱗類のシーラカンス *Latimeria chalumnae* SMITH であることが判明して以来 (SMITH, 1940), 今日迄におよそ 60~70 匹のシーラカンスが捕獲されている。

ふつう化石では動物体の軟体部は残りにくく、もし残っている場合にも型として石に残っているだけなので、生体の復元や生理・生態を知ることは難しい。生きているシーラカンスを調べると、化石の動物が生きていた時のことを推定するのに役立つ。

そういうわけで、現生シーラカンスは、進化学上極めて興味深い研究対象であるので、解剖学、生化学、生態学的な研究が精力的に進められて、その報告も膨大な量に達している。

シーラカンスを特徴付けているものの1つとして、全身を覆っている鎧のような濃褐色の大型の鱗を挙げることができる。シーラカンスの鱗については SMITH (1940) が最初に簡単な記載を行ない、次いで ROUX (1942) が顕微鏡的な研究を、KERR (1955) が肺魚の鱗のものと比較検討し、コスミン鱗の高度に特殊化したものであることを指摘している。1972年には SMITH *et al.* によるシーラカンス鱗の詳細な組織学的な報告がなされている。最近 ØRVIG (1977) は *Latimeria chalumnae* と三疊紀シーラカンスの鱗を対象とした比較組織学的な検討を行い、真皮との関係を示した。

今回、著者の1人である川本のもとへ、California Academy of Sciences 所属の Steinhart 水族館館長 E. McCOSKER 博士より、研究用のために特にシーラカンスの鱗が提供された。そこで、筆者等は E. McCOSKER 博士より送られた鱗について、走査型電子顕微鏡による観察と写真撮影を行ったので以下に記載することにする。

材料及び方法

走査型電子顕微鏡による観察に供した鱗は、シーラカンスの成魚(性別不明)の体前方に近い部分に位置していたものと思われ、良く乾燥した状態にあった。通常の硬骨魚の鱗では乾燥後湾曲し、変型の度が強いが、このシーラカンスにあっては、変型は比較的軽度にとまっている。

鱗は計測と写真撮影の後、解剖用の鋭利な鋏を用いて、鱗の各部(鱗後方の小歯の存在する基部に相当する部分、その前方の移行部、半透明乳白色の中心部を含む鱗前方の部分、図版 8-1, 2) を 5 mm² の大きさに細切した。その後、直径 15 mm のアルミ製の台座に銀粉を混じた電導ペーストにより固定し、カーボンと金の二重蒸着を行った。それらの試料は日立・明石製の走査型電子顕微鏡 MSM-II 型により、観察と写真撮影を行った。その際の加速電圧は 10 kV である。

観察及び論議

肉眼的観察

鱗の外形は卵円型を呈し長径 55 mm, 短径 34 mm あり、基部に相当する多数の小歯

(denticles) をそなえた部分は濃い褐色を帯び、鱗前方の半透明乳白色の非露出部とは著るしい対照をなしている (図版 8-1)。基部は長径 32 mm, 短径 18 mm の菱型を呈し (図版 8-2 の A), その前方の移行部は幅 2~3 mm の半月型の突出構造となって、基部前縁に位置している (図版 8-2 の B)。この部分は白色に近く、小歯の発達も弱い。移行部を形成する半月前方に鱗の中心 (focus) が存在する (図版 8-2 の C)。

この中心を基点として微細な放射状の稜 (radiating ridges) が、鱗の非露出部表面全域に伸出している。その間に長楕円型の鱗の輪郭に沿って、弱い40本内外の同心円状の隆起線 (annuli ridges) が走っている。

シーラカンスの鱗は明瞭な基部を除外すれば、現生種の硬骨魚類の鱗 (佐藤・田中, 1971) に見るような上側部・下側部、頂部の明確な区分は存在していない。

シーラカンスの鱗を特徴付けている小歯の密生した菱型の基部は、鱗全体のほぼ 1/3 を占め、その部分が濃い褐色を呈している理由について、SMITH *et al.* (1972) はそこに黒色素胞 (melanophore) が多数存在していることによるとしている。

小歯の部分は光沢を帯び、他の部分よりも石灰化の程度の高いことを暗示している。各々の小歯は鱗の隆起線に沿って緩い弧を描き、後方に向かって鱗の長軸にほぼ平行に配列している (図版 8-2 の A)。小歯は合計 160 個前後認められる。よみうりランド所蔵の液浸標本では、小歯の数は鱗によって一定せず、体の前方のものでは概して数が多いが、後方のものでは減少し、5 個内外のものも見られる。

SMITH *et al.* (1972) は、体中央の大型の鱗では 180 個前後の小歯をそなえたもののあることを報告している。小歯の多くは長径 2 mm, 短径 0.5 mm, 先端部の高さ 0.2 mm 前後あり、全体として長楕円型を呈している。大きさは比較的均一であるが、鱗の後端のものでは小型化する傾向がある。

走査型電子顕微鏡による観察

鱗基部の低倍率像では、各々の小歯は全体に平滑であり、後方に向かって緩く湾曲し、その後端に小歯の先端部が位置している (図版 8-3, 4)。この先端部は鋭く突出するということはない。生時、これらの先端部は表皮を貫いて常に体外に露出している。小歯の基部では、先端部に向かって走る多数の細かな稜が観察され (図版 8-5, 6), それらは楕円形の基部に沿って走る環状の線条と交叉していることがある (図版 8-7)。先端部表面では、それらの稜は消失している。

この小歯の破断面では、中心部に広い腔所を有し、それは SMITH *et al.* (1972) の述べている髓腔 (pulp cavity) に相当する構造と思われる (図版 8-8)。ROUX (1942) 及び SMITH *et al.* (1972) は、シーラカンス鱗基部に認められる小歯の本体は有管象牙質 (vasodentine) からなり、その先端部は高度に石灰化した円錐型のキャップによって被覆され、それらは魚類の歯牙、板鰓類の皮歯 (dermal denticles) に認められるのと同様な類エナメル質 (enameloid) からなっている可能性を指摘している。

今回の走査型電子顕微鏡による観察では、この類エナメル質からなるキャップと象牙質との境界部は認め得なかったが、この理由はキャップが小歯全体を被覆しているためか、あるいはキャップが極めてスムーズに象牙質の部分に移行していることによるものか、そのいずれかと考えられる。このキャップ表面が平滑で、ほとんど無構造である点は、

福田(1976)によるカムルチー *Channa argus* (CANTOR) の鰓耙表面に密生する、小歯先端部の円錐型を呈したキャップ表面の構造に近いものである。

このシーラカンスの鱗基部に存在する小歯について SMITH (1940), ROUX (1942), BERNHAUSER (1961), SMITH *et al.* (1972) は化石種のシーラカンスや他の古代魚の鱗を構成するコスミン層 (cosmoid layer) と同一のものと考えている。最近, SMITH *et al.* (1975) によって報告されたシーラカンスの全長 301~327 mm の胎児では、既に鱗が完成していたが、小歯は未だ認められなかったという。

この事実からすると、小歯は胎児の段階では厚い表皮下に埋没し、発生途上にあることが考えられる。これらの小歯の間には、長さ 160 μ 前後の皺状の低い稜が 20 μ 内外の間隔を置いて規則的に配列している (図版 9-1, 2)。鱗の半月型の移行部では、放射状の稜が垂直方向に走り、前方の非露出部のものより密度が高い (図版 9-3, 4)。このことが、肉眼的観察の部分で述べた白色を呈して見える理由になっていると思われる。

先述のように、シーラカンスの鱗の大部分を占める半透明乳白色の非露出部表面は、隆起線 (図版 9-5, 上側の矢印) と放射状の稜 (図版 9-5, 下側の矢印) からなっている。隆起線に比較して、放射状の稜の発達が良好である。各々の放射状の稜は高さ 20 μ 前後、厚さ 2 μ 内外の起立した薄い板状構造からなり、隣接する稜とはほぼ 30 μ の規則的な間隙を伴って並列している。これらの放射状の稜は隆起線の後側において不連続となり、次第に高さを減じて終る (図版 9-7, 8)。新たに隆起線の前側から出発する放射状の稜は、その起始部に特異なポケット状の膨みを持ち (図版 9-6; 9-7, 右側の矢印), 当初から 20 μ 前後の高さを有している。

これらの観察結果は、放射状の稜が鱗の成長と、隆起線の形成に密接な関連を持ちながら、発達してくることを示唆している。

図版 9-7, 左側の矢印は小管の開口径と考えられるものである。この種の小管構造について SMITH *et al.* (1972) は、先の小歯の髄腔内にも開口しているのを認め、内部に血管や色素胞を含んでいるもののあることを報告している。このことから考えると、それらの小孔は鱗の成長、修復に際して重要な機能を有していることが推測される。

ま と め

E. MCCOSKER 博士より寄贈されたシーラカンス *Latimeria chalumnae* SMITH の鱗は、体の前方に近い部分のものと推定され、長径 55 mm, 短径 34 mm の卵円型のものである。鱗は見掛け上、半透明乳白色 (非露出) 部と暗褐色基部と、両者の移行部より成る。非露出部と移行部の間には、明確な区分は存在していない。鱗の大部分を占める半透明乳白色の非露出部表面は、弱い隆起線と微細な放射状の稜によって構成されている。基部前縁に半月型の移行部が存在し、透明度が低い。

基部表面に密生する小歯は合計 160 個前後あり、その平均的な大きさは長径 2 mm, 短径 0.5 mm, 先端部の高さ 0.2 mm 内外の値を有する長楕円型の突起である。

走査型電子顕微鏡では、基部表面の小歯は緩く後方に弯曲し、その末端に位置する先端部は鋭く尖るということはない。小歯基部周囲の微細な稜は先端部で消失し、平滑である。小歯の破断面では、中央部に髄腔が認められる。これらの小歯は、コスミン層の特殊化したものと考えられている。

基部前縁に存在する半月型の移行部は、放射状の稜の密度が高く、それが透明度を低下させる原因となっていると考えられる。

鱗前方の非露出部表面に存在する放射状の稜は、高さ 20μ 、厚さ 2μ 内外の起立した薄板からなり、隆起線の部分で不連続となる。

また、放射状の稜の間に小孔の開口部が認められ、鱗の主要な代謝経路の1つとなっていることが考えられる。

謝辞: 貴重な多数の文献を賜った M.M. SMITH, W.A. MILLER 博士並びに、よみうりランド海水水族館の展示標本について、その調査に特別な便宜を計って下さった同館の三上 進、藤原宏之両学芸員に厚く御礼申上げる。

文 献

- BERNHAUSER A. 1961. Zur Knochen und Zahnhistologie von *Latimeria chalumnae* SMITH und einiger Fossilformen. *Sber. Öst. Akad. Wiss. (Math.-Naturw. Kl.)*, 170: 119-137.
- 福田芳生 1976. カムルチー *Channa argus* (CANTOR) の鰓耙表面に密生する小棘の組織学的観察. 化石研究会会誌, 11: 11-14.
- KERR, T. 1955. The scales of modern lungfish. *Proc. Zool. Soc. London*, 125: 335-345.
- ØRVIG, T. 1977. A survey of odontoides ('dermal teeth') from developmental, structural, functional, and phyletic points of view. In ANDREW, S.M., MILES, R.S. and WALKER, A.D. eds.: *Problems in Vertebrate Evolution. Linnean Soc. Symp. Sers.*, 4: 53-75, pls. 1-3, Academic Press.
- ROUX, G.H. 1942. The microscopic anatomy of the *Latimeria* scale. *S. Afr. J. Med. Sci.*, 7 (*Biol. Supple.*): 1-18.
- 佐藤二郎・田中邦雄 1971. 第1章, 器管レベルの研究法, B. 魚類. 244-259. 化石研究会編, 化石の研究法. 東京, 共立出版, 710 p.
- SMITH, J.L.B. 1940. A living coelacanthid fish from South Africa. *Trans. R. Soc. S. Afr.*, 28: 1-106.
- SMITH, M.M., HOBDELL, M.H. and MILLER, W.A. 1972. The structure of the scale of *Latimeria chalumnae* J. *Zool. London*, 167: 501-509.
- SMITH, C.L., RAND, C.S., SCHAEFFER, B. and ATZ, J.W. 1975. *Latimeria*, the living coelacanth, is ovoviviparous. *Science*, 190: 1105-1106.

Explanation of plates 8-9

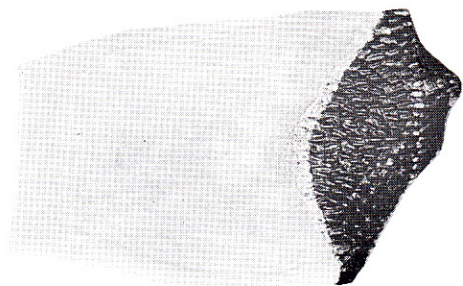
Plate 8

1. シーラカンス, *Latimeria chalumnae* SMITH の鱗の全形 (鱗の先端が直線状であるのは、後の変型による)。×1.
2. 鱗の一部拡大。多数の小歯をそなえた基部 (A), 半月型の移行部 (B), 半透明乳白色の非露出部 (C) を示す。半月型の移行部最突出部前方に中心が存在する。×2.
3. 基部表面の小歯を示す走査型電子顕微鏡像。×20.
4. 小歯の全形。写真の右側が先端部に当る。×75.
5. 先端部に向って縦走する小歯基部の細かい稜。×150.
6. 稜の一部拡大。×300.
7. 小歯先端側の基部の一部。×150.
8. 小歯破断面と髓腔に相当する腔所を示す。×150.

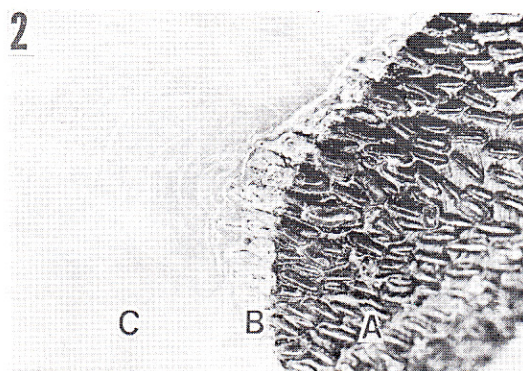
Plate 9

1. 各小歯間の基部表面に分布する皺状の稜。×75.
2. 皺状の稜の一部拡大。×150.
- 3, 4. 半月型の移行部を構成する密度の高い放射状の稜。3: ×40, 4: ×300.
5. 半透明乳白色の非露出部の大部分を占める隆起線 (上側の矢印) と放射状の稜 (下側の矢印)。×40.
6. 隆起線と放射状の稜との会合部。矢印は放射状の稜と隆起線の会合部に形成された、特異なポケット状の構造を示す。×150.
7. 隆起線と放射状の稜との会合部の一部拡大。写真の左側が後方、右側が前方に当る。左側の矢印は小管の開口部、右側の矢印はポケット状の構造。×300.
8. 隆起線と放射状の稜との会合部後方の一部拡大。×500.

1



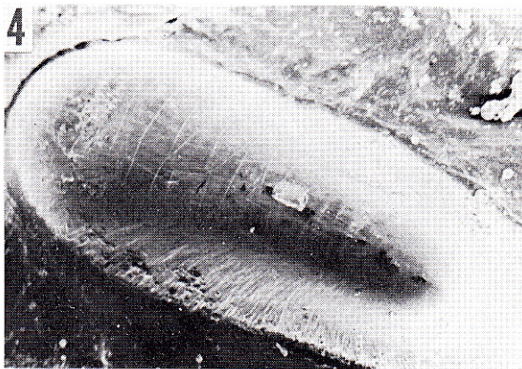
2



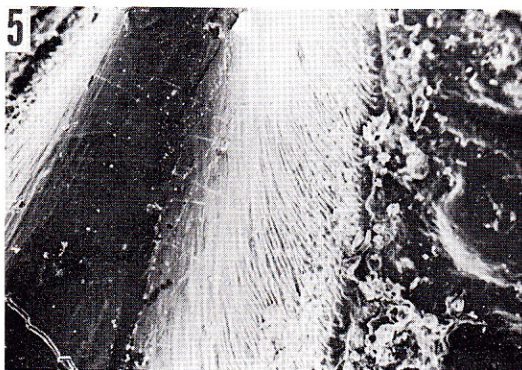
3



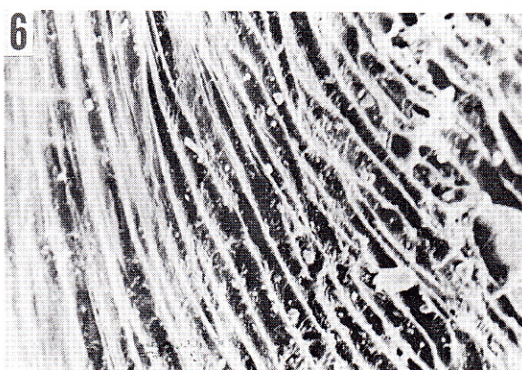
4



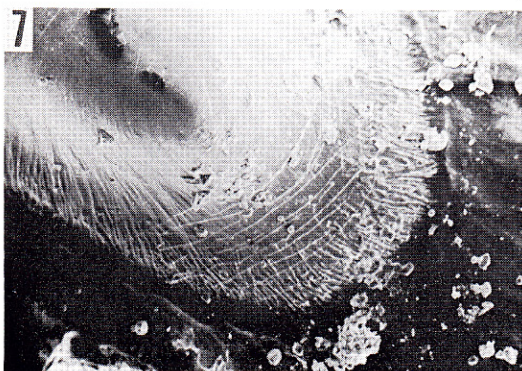
5



6



7



8

