

マナマコ複合盤状体骨片の成長と体長との関係

吉田 渉・大中臣哲也・石田幸子

弘前大学農学生命科学部遺伝情報科学講座

(2006年10月12日受付)

緒 言

近年、ナマコの種苗生産が各地で行われ、ナマコの成長速度と体長・体重との関係、年齢査定といった調査の必要性が生じてきている。そこで、ナマコの骨片がそれらの指標となりうるのかを調査した。

マナマコ骨片の形態と種類については、体の部位により触手骨片、水肺（呼吸樹）骨片、体背部骨片、体腹部骨片に類別され、触手骨片は一種、体背部骨片は6種、体腹部骨片は5種で構成されていることが報告されている¹⁾。また形態的特徴をもとに、槽状体骨片、棒状体骨片、網状体骨片、鉤状体骨片（楯状体骨片）、針状体骨片、複合盤状体骨片に分類されている¹⁾。今回我々は、様々な体長のマナマコから骨片を単離し、各部位の骨片の形態観察を行うと共に形態的特徴や数、大きさを比較した。またマナマコ管足から単離した複合盤状体骨片の微細構造及びその成長過程についての知見が得られたので報告する。

材 料 と 方 法

陸奥湾から採集された体長の異なるマナマコ（アオナマコ・アカナマコ）の各部位（触手、体壁、疣、呼吸樹、消化管、管足）を、蒸留水で5倍に希釈した漂白剤（ハイター[®]）中に一晩つけ置きし、沈んだ残渣を骨片分画とした。これを蒸留水で2回洗い、観察に供した。骨片のサイズは接眼、対物マイクロメーターを用いて測定した。複合盤状体骨片の微細構造の観察試料には、体長と骨片サイズの相関を求めるのに使用した骨片を用いた。これらの乾燥骨片はカーボンペースト試料台上で金コーティングされ、走査型電子顕微鏡（JSM5300）により検鏡された。

結 果 と 考 察

(1) 各部位における骨片の種類

1. 体壁 body wall (疣 papilla) (Fig. 1-1)

槽状体骨片 (t) が多数を占める。その他に、特徴的

な骨片として鉤状体骨片 (b)、網状体骨片 (n) が確認された。鉤状骨片 (h) はまれに含まれていた。

2. 触手 tentacle (Fig. 1-2)

触手には棒状体骨片のみが存在していた。形状は弓状で彎曲している。触手に存在する棒状体骨片の大きさは様々である。骨片の周囲にみられる多数の小さい突起が特徴的で、体壁の鉤状体骨片とは区別できる。小さいものは突起が未発達である。アカナマコにおける突起の発達はアオナマコに比べて顕著であった。

3. 呼吸樹 respiratory tree (Fig. 1-3)

骨片数は少ない。網状体骨片を有するが、体壁のそれとは異なり、周囲が開口していて細い。形状は不定型である。また、紐状、V字状の骨片も存在していた（数は少ない）。

4. 管足 tube foot (Fig. 1-4)

一管足当たり、一個の複合盤状体骨片が存在していた。ほぼ円に近い形状を有する。また管足を形成している管には槽状体骨片が確認された。

5. 消化器官 digestive organ (Fig. 1-5)

骨片数は少ない。網状体骨片とは異なる樹状骨片 (tr) が存在する。樹状骨片の形状は不定であり、樹状の突起を有するのがこの骨片の特徴である。また、紐状骨片も見られた。

今回の各部位における調査結果から、管足と消化管に存在する骨片とその形状、種類が新たに明らかとなった。既に報告のある体腹部骨片のうち複合盤状体骨片¹⁾は管足だけに存在し、一つの管足の吸盤内に複合盤状体骨片が一個だけ存在することを明らかにした。また、消化器官においては樹状骨片が存在することを示した。アオナマコの槽状体骨片においては、体長の大きい個体の方が、槽上部の突起部が顕著であるという傾向が認められた。同一殻重（消化管、水肺および体腔水を除いたカラだけの重さ）のものを比較した場合、アオナマコの体背部槽状体骨片の底盤はアカナマコのそれより大きいとの報告がある¹⁾。また、殻重の増大とともに槽状体骨片の底盤長短径は減少する傾向を示し¹⁾、その減少幅は殻重10倍当たり10 μ mであると解釈されうる。崔と大島

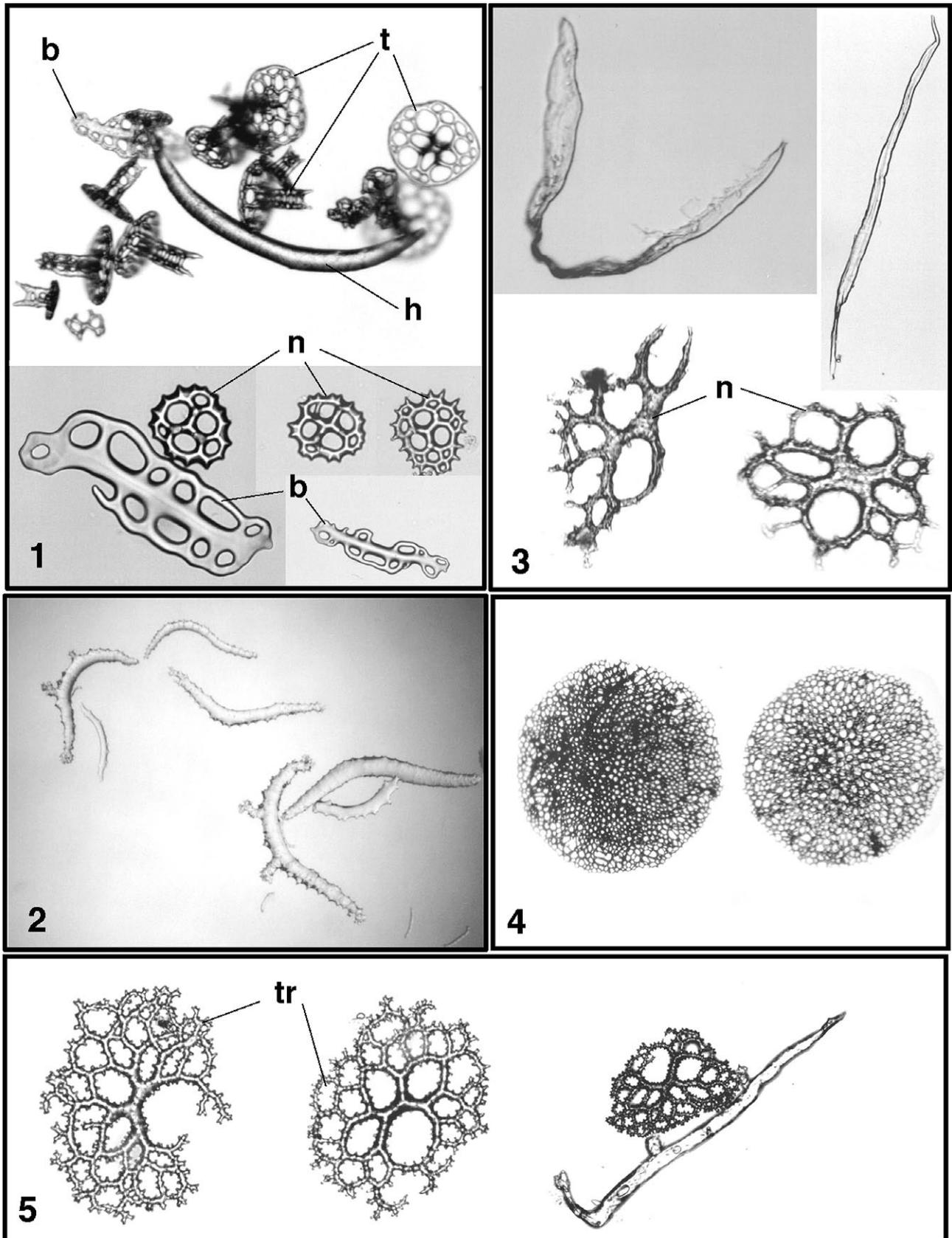


Fig. 1. The ossicles from the various parts of *A. japonicus*.

1: table (t), hook-like (h), button (b)(shield-like) and net-like (n) ossicles from the papilla, 2: supporting rods from tentacles, 3: rod and net-like ossicles from the respiratory tree, 4: complex plates from the tube feet, 5: tree-like (tr) and rod ossicles from the digestive organ.

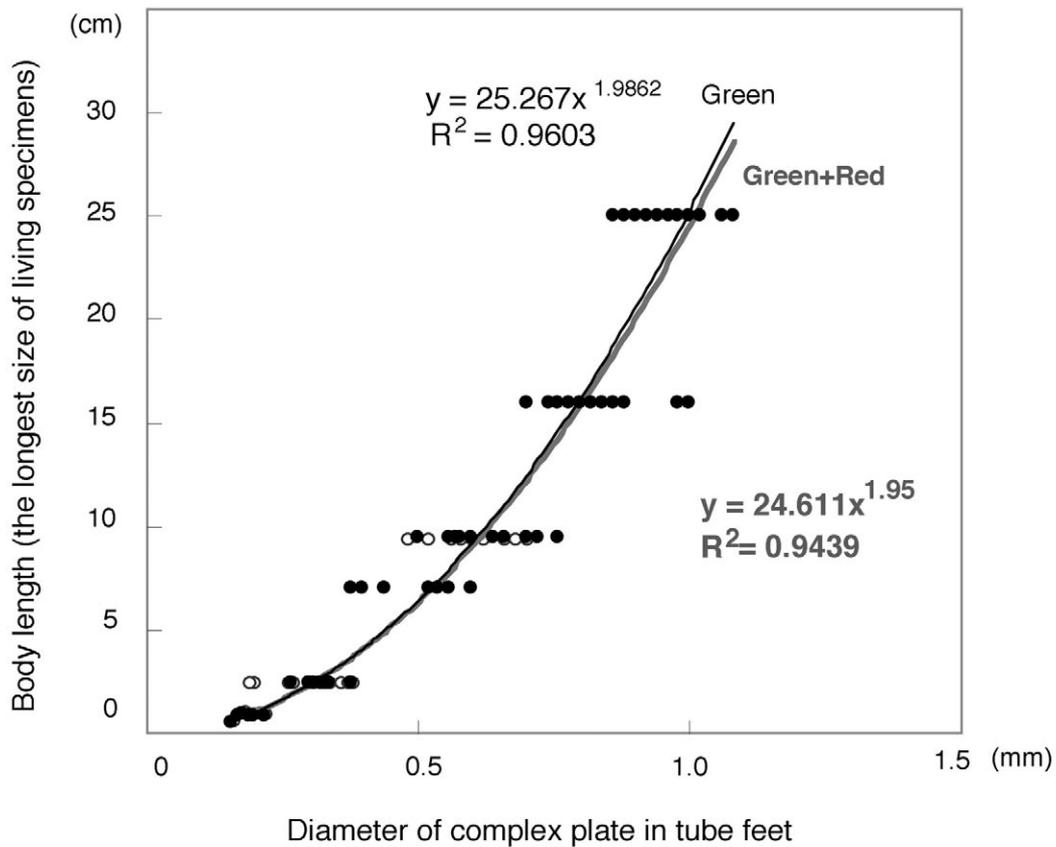


Fig. 2. The correlation between body length and diameter of the complex plate ossicles. closed circles (n=88): ossicles of green-color type specimens, open circles (n=53): ossicles of red-color type specimens, x: diameter (mm) of a complex plate ossicle in a tube foot, y: body length (cm) of living specimens.

の報告¹⁾はアオナマコとアカナマコにおける殻重当たりの櫛状体骨片の底盤の大きさの比較であるが、今回我々が行った櫛状体骨片の大きさと体長に関しては、その関係を見出すことはできなかった。本実験に用いたナマコは便宜的にアオナマコ、アカナマコと記載しているが、形態的差異（色素の着色度合い）からは明確にアカナマコとは特定できず、アオナマコとアカナマコの中間型とも考えられる。マナマコは生態上の特徴からも区別され、アカナマコは砂礫層／沖合いに生息する一方、アオナマコは沿岸／砂泥に生息する²⁾。また、Kanno & Kijima³⁾のサンプリングデータからは陸奥湾産マナマコの全てがアオナマコあるいはクロナマコとしている。

(2) 管足骨片サイズと体長との相関

ナマコの体長は、ナマコそのものが持つ伸長・収縮性によりかなり変化する。ナマコの体長測定基準はもっとも長くのびたサイズ最大長、もっとも短く縮んだ最短長、自然長などがある。また、計測誤差もあるため、殻重（前述）が適しているとの報告⁴⁾もある。ナマコの麻酔にはKClやエタノールを用いてきたが、近年メントールを用いた稚ナマコの体長測定用麻酔剤の報告があり、

その有用性が示されている⁵⁾。我々は現場での利便性を考慮し、ナマコの体長には伸長時の体長（最大長）を採用し、管足の複合盤状体骨片と体長との関係を調べた。体長の異なる個体から無作為に管足を切り取り、複合盤状体骨片を得た。測定の結果、体長の大きい個体の複合盤状体骨片は大きい傾向にあった。複合盤状体骨片は円に近い円盤状をしているため、最大直径を計測することで骨片の大きさとした。測定した骨片の大きさは、アオナマコ体長25 cmで直径平均0.95 mm (0.86–1.08 mm)、体長9.5 cmで平均0.64 mm (0.5–0.76 mm)で、それぞれのレンジは0.22 mm, 0.26 mmであった。アカナマコ9.3 cmにおいては、平均0.61 mm (0.48–0.7 mm)であった。骨片直径と最大長の関係は、Fig. 2に示すような分布が認められ、べき乗近似式 $y = 24.611x^{1.95}$ (アオナマコ+アカナマコ)、 $y = 25.267x^{1.9862}$ (アオナマコ)の関係式を得ることができた。xは体長(cm)、yは複合盤状体骨片直径(mm)。いずれの場合に於いても、相関係数 $R^2 = 0.9439, 0.9603$ となり、体長は複合盤状体骨片の直径(半径)と高い相関がある。骨片直径に対する体長はアカナマコとアオナマコを比較した場合、若干ではあるがアカナマコが大きい。これは、アカナマコ特有の伸長性が考

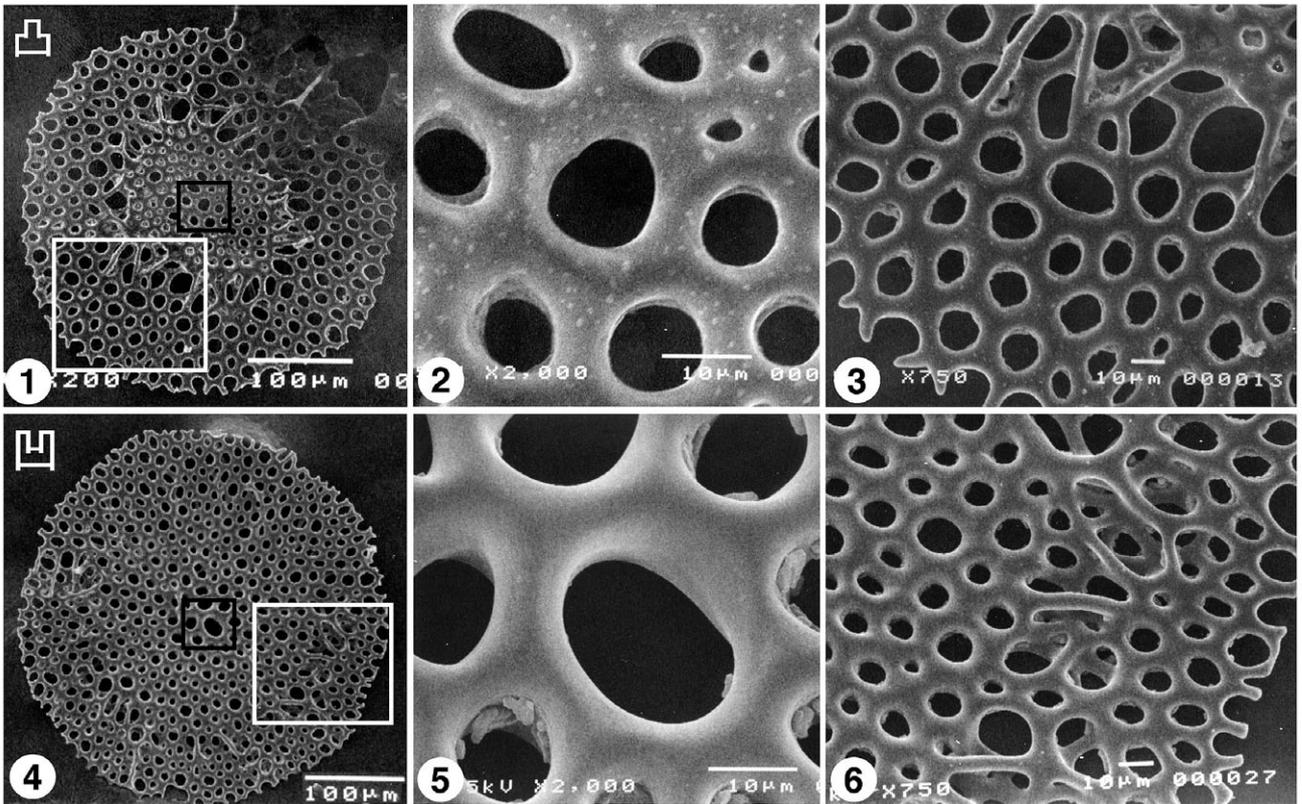


Fig. 3A. Ultrastructure of the complex plate ossicles in *A. japonicus*.

The two ossicles (No.1&4) were collected from the tube feet of a green color type specimen (body length, 2.4cm). 1: dorsal view, 2: magnification of a central region in Fig. 3A-1 (black box), 3: magnification of a marginal region in Fig. 3A-1 (white box). 4: ventral view, 5, 6: magnification of Fig. 3A-4 (5: black box, 6: white box).

えられる。骨片直径からナマコの体長を推定する場合、体色（クロ、アカ、アオ）による伸張性を考慮する必要があると考えられる。

管足の複合盤状体骨片は槽状体骨片に比べて、数は圧倒的に少ない（実測：アオナマコ 9.5 cm；総数 161 個、アカナマコ 9.3 cm；総数 210 個）。また、その形状は比較的単純である。さらに槽状体骨片底盤より体長（殻重）に対する骨片サイズの差異が顕著なことから測定作業が容易である。ナマコの成長に伴い、管足並びに管足内の複合盤状体骨片も成長すると考察され、これらの関係式は、年齢査定や骨片直径からの体長推定などの指標として利用できると思われる。

(3) 管足骨片の微細構造

ナマコ類の骨片は炭酸カルシウムの結晶からなり、骨片形成は体壁の表皮層に位置する sclerocyte の多核シンチウムの中で起ると報告されている⁶⁾。しかし、複合盤状体骨片がどのように成長するかは知られていない。そこで体長の異なる個体から採取した複合盤状体骨片の微細構造 (Fig. 3A, B) を観察することにより、これらの骨片の成長過程を推測した。

マナマコ（アオナマコ、アカナマコ）の複合盤状体骨片は、側面から見ると片凸レンズ状をしている (Fig. 3B

9, 10)。Fig. 3B 9, 10 の上側は管足水腔 (podial hydrocoel) に通じていて、下側は接地面で、吸着できる構造になっている。体長 2.4 cm のナマコの複合盤状体骨片 (Fig. 3A) は多数の $10\ \mu\text{m}$ 内外の円状の間隙を有し、中央部 ($150\ \mu\text{m}$) 並びに外縁部 ($80\ \mu\text{m}$) からなる。中央部と外縁部の境界部は単純な枝分かれ構造をとっている。体長 9.3 cm または 9.5 cm (Fig. 3B 7~15) の骨片では中央部と外縁部の境界領域 (境界部) は不明瞭となるが、中央部と外縁部は単層構造を持つものとして識別できる。境界部はかなり大きく $100\ \mu\text{m}$ にも達し、複雑に枝分かれした多層構造をもつ。体長 25 cm (Fig. 3B 16~18) になると中央部において明瞭な単層構造は見られなくなり、中央部と境界部は共に多層構造になっている。また、外縁部においても多層構造が見られる領域が存在する。

以上の結果から、複合盤状体骨片は微細構造的に中央部、境界部、外縁部から成り立っていることが判明した。境界部は骨片と管足水腔が結合する領域にあたと推測される。骨片の成長は管の成長（管径の増大）と共に境界部から始まり、次第に径を増すにつれて外縁部が外側に移行していき、骨片が更に成長する過程で、中央部や外縁部においても縦方向の成長が進み、複雑な層構造に至ると考えられる。

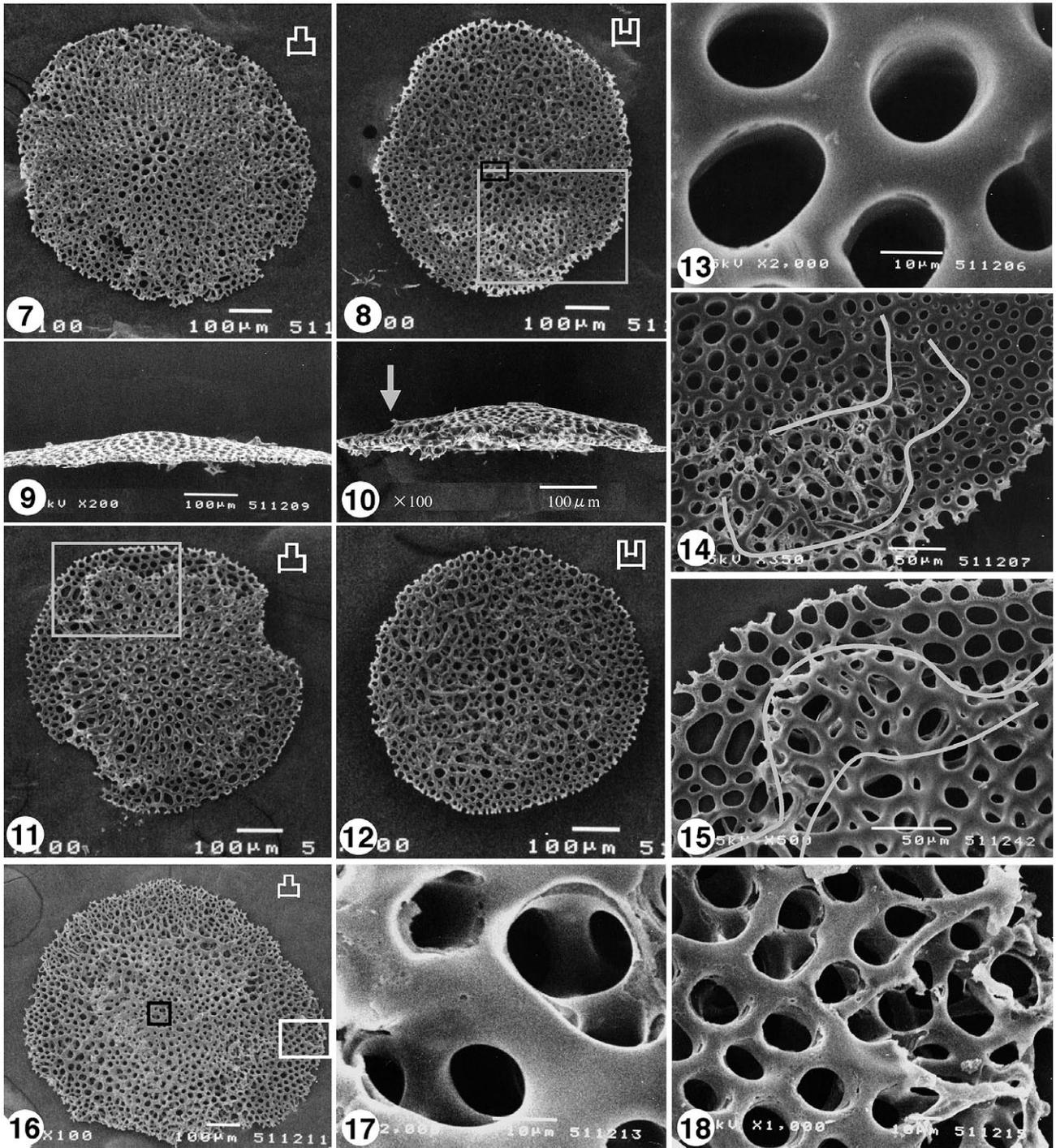


Fig. 3B. Ultrastructure of the complex plate ossicles in *A. japonicus*. The ossicles of No.7-9 were isolated from a green color type (body length, 9.5cm) and each of No.10-12 was from red type specimen (body length, 9.3cm). The ossicle of No.16 was collected from a green type specimen (body length, 25cm). 7: dorsal view, 8: ventral view, 9, 10: lateral view, the upside is podial hydrocoel. 11: dorsal view, 12: ventral view, 13: magnification of a central region in Fig. 3B-8 (black box), 14: magnification of a boundary region in Fig. 3B-8 (gray box), the boundary region was indicated by the sandwiched lines. 15: magnification of a boundary region in Fig.3B-11 (gray box), 16: dorsal view, 17: magnification of a central region in Fig. 3B-16 (black box), 18: magnification of a marginal region in Fig. 3B-16 (white box).

引用文献

1. 崔 相・大島泰雄：ナマコにみられる「アオ」と「アカ」の形態及び生態的差異について。Bulletin of Japanese Society of Scientific Fisheries. 27(2), 97-106. 1961.
2. 西村三郎：原色検索日本海岸動物図鑑 2, 大阪, 保育社, 1995.
3. KAN-NO, M. and KIJIMA, A.: Genetic differentiation

- among three color variants of Japanese sea cucumber *Stichopus japonicus*. FISHERIES SCIENCE. **69** : 806-812. 2003.
4. 崔 相 : ナマコの研究, 東京, 海文堂 pp. 32-41. 1963.
5. 畑中宏之・谷村健一 : 稚ナマコの体長測定用麻酔剤としての menthol の利用について. 水産増殖 **42**(2) 221-225. 1994.
6. STRICKER, S.A.: The fine structure and development of calcified skeletal elements in the body wall of Holothurian Echinoderms. J. Morphology. **188** : 273-288. 1986.

謝 辞

マナマコの提供に御協力下さいました青森市産業部水産業課水産指導センター所長, 長谷川清治氏並びに泉慎也技師に深く感謝致します。この研究の一部は, 平成 18

年度弘前大学学長指定重点研究費の助成を受けて行われました。

摘 要

マナマコ骨片を調査した結果, 体腹部骨片のうちの複合盤状体骨片は管足の吸盤に位置し, 1 管足当たり 1 個存在していること, 管足の管壁には櫛状体骨片が存在していることが判明した。また, 単離した管足骨片のうち, 複合盤状体骨片サイズと体長には相関関係が認められた。我々は大きさの異なる複合盤状体骨片の微細構造観察から, 中央部, 境界部, 外縁部の 3 部位から成り立っていることを明らかにし, 骨片の成長は管足管径の増大と共に境界部から始まり, 複雑な層構造を呈するに至ると考察した。

Relation between the growth of complex plate ossicle and the body length of sea cucumber *Apostichopus japonicus*

Wataru YOSHIDA, Tetsuya ÔNAKATOMI and Sachiko ISHIDA

Department of Biofunctional Science, Faculty of Agriculture and Life Science, Hirosaki University, Hirosaki 036-8561, Japan

As the result of investigating ossicles from *Apostichopus japonicus* (Selenka, 1867), it was clarified that the single complex plate ossicle is located in the sucker of one tube foot, and also a lot of table ossicles existed in the tube wall. From analyzing the size of ossicles in various body lengths of living specimens, the correlation was recognized between the diameter of complex plate ossicles and the body length. It was revealed that the complex plate ossicle consists of three regions, the central, the boundary and the marginal, by scanning electron microscopy. We considered that the growth of complex plate ossicle starts from the boundary region according to the growth of the tube foot, finally the ossicle grows into the complex layer structure.