

クロチョウガイの中腸腺の構造

山元憲一^{1†}・半田岳志¹

Structure of the digestive diverticula of the Black-lip pearl oyster, *Pinctada margaritifera* (Mollusca : Bivalvia : Pterioida = Pseudolamellibranchia)

Ken-ichi Yamamoto^{1†} and Takeshi Handa¹

Abstract : The corrosion resin-casts and the tissue preparations (Azan staining) of the digestive diverticula of the Black-lip pearl oyster, *Pinctada margaritifera* were observed. The digestive diverticula surrounded the stomach except on the dorsal side. The orifices of the multiple ducts located at five embayments of the stomach. Internal wall of the duct from the orifice to the apex was covered with the cilia. Each tubule extended to the end of the duct (Simple branching type II).

Key words : Black-lip pearl oyster; Pterioida; Corrosion resin-cast; Digestive diverticula; Embayment; Duct; Tubule

緒 言

二枚貝の中腸腺は、胃の周囲に位置し¹⁾、胃に開口した導管で連絡している²⁻⁵⁾。中腸腺の構造は組織標本をもとに導管から延びる中腸腺細管の様子が図示されており⁵⁻⁷⁾、ゼラチンによる鑄型をもとに図示されている⁸⁾。しかし、胃、中腸腺および腸の全体構造を立体的に明らかにした例は見られない。

そこで、著者らは、腹足綱の5種類⁹⁻¹³⁾に続いて、二枚貝綱の胃、中腸腺および腸の構造をイガイ目(等糸鰓類)のムラサキイガイ *Mytilus galloprovincialis*¹⁴⁾、イガイ目で擬弁鰓型を示すリシケタイラギ *Atrina (Servatrina) lischkeana*¹⁵⁾、ウグイスガイ目(擬弁鰓目)のアコヤガイ *Pinctada fucata martensii*¹⁶⁾、カキ目で擬弁鰓型を示すマガキ¹⁷⁾、異歯亜綱(真弁鰓類)のマルスダレガイ目ナタメガイ科のアゲマキガイ *Simonovacula constricta*¹⁸⁾とマルスダレガイ科のハマグリ *Meretrix lusoria*¹⁹⁾やアサリ *Ruditapes philippinarum*²⁰⁾について明らかにしてきた。本研究では、アコヤガイと同じウグイスガイ目(擬弁鰓目)

のクロチョウガイ *Pinctada margaritifera* を用いて、鑄型、パラフィン切片および固定標本を切開した断面像の観察から胃および中腸腺の立体構造および組織像を調べたので報告する。なお、分類は波部ら²¹⁾、首藤²²⁾および奥谷²³⁾に従った。

材料および方法

実験には、愛媛県南部で採取した殻長 35 ± 4 mm (平均値 \pm 標準偏差) の30個体のクロチョウガイを用いた。クロチョウガイは、入手後、 $0.5 \mu\text{m}$ 以上の粒子を除去した海水の注水 (1 l/min) 下で5~10日間絶食させた後実験に供した。

鑄型 鑄型の作成は、Handa and Yamamoto²⁴⁾ に準じて、主剤 (MERCOS CL-2R, 応研商事株式会社) 3 ml 当り硬化剤 (MERCOS MA, 応研商事株式会社) 約 0.1 g を混合したもの (以降、樹脂と表す) を用いて行った。まず、クロチョウガイを約 0.4 M/l の塩化マグネシウム水溶液²⁵⁾

2010年6月23日受付。Received June 23, 2010.

¹水産大学校生物生産学科 (Department of Applied Aquabiology, National Fisheries University)

[†]別刷り請求先 (corresponding author) : yamagenk@fish-u.ac.jp

住所 : 〒759-6595 下関市永田本町2-7-1 (2-7-1 Nagata-honmachi, Shimonoseki 759-6595)

に約 20 分間浸漬して殻を開け、口から食道へポリエチレン細管（外径約 1 mm, 長さ 20 cm, Hibiki No. 3）を約 5 mm 挿入し、注射筒（5 ml, Top）で約 3 ml の樹脂を注入した。注入後、海水中で樹脂を硬化させ、20% 水酸化ナトリウム水溶液に浸漬して肉質部を除去し、水洗した。

断面像と組織像 断面像の観察は、Davidson 液²⁶⁾で固定後、胃を中心に軟体部を切開して行った。組織像の観察は、前記の観察後の個体を用いて、常法に従ってパラフィン切片（10 μm）を作成し、アザン染色して行った。

結 果

中腸腺（D）は、背側の一部を除いた胃（ST）の周囲に展開していた（Figs. 1-3）。腸は、胃から真っ直ぐに下降した後反転して胃の近くまで上昇し、再び下降する単純な形を示していた（Figs. 2, 3）。

中腸腺の導管（DD）は、胃壁が大きく湾入した Embayment 構造²⁻⁴⁾を示した 5 カ所（E1-E5）からそれぞれ数本ずつ出ている（Figs. 4-6）。それらの Embayment 構造はいずれも胃の腹側に位置し、2 カ所（E1, E2）は背盲管（SG）の基部付近に、他の 3 カ所（E1-E3）は胃の中央付近に位置していた（Figs. 4-6）。導管は、胃から中腸腺細管（T）へ進むに従って枝分かれを繰り返す、次第に細くなっていた（Figs. 7-9）。導管の構造は、胃の近くから中腸腺細管へ連絡するところまで一様で、周囲が Flagellated cell（FC）で囲まれ、内壁が繊毛（CL）で覆われていた（Figs. 7-10）。

中腸腺細管（T）は導管の末端から直接 1 室ずつ独立して房状をなして出ている（Fig. 10）。

考 察

Yonge⁸⁾は、原鰓類（古多歯亜綱）、糸鰓類（翼形亜綱）、真弁鰓類（異歯亜綱）の中腸腺は胃を囲むように存在していると報告している。イガイ目（等糸鰓類）で擬弁鰓型のタイラギ¹⁵⁾、ウグイスガイ目（擬弁鰓目）のアコヤガイ¹⁶⁾、カキ目で擬弁鰓型のマガキ¹⁷⁾、異歯亜綱（真弁鰓類）のハマグリ¹⁹⁾やアサリ²⁰⁾では、中腸腺は同様に食道および胃の周囲に位置しているが、胃の背側には存在していない。クロチョウガイでも同様に胃の背側には存在していなかった。また、クロチョウガイの腸は、アコヤガイ¹⁶⁾やマガキ¹⁷⁾と同様に比較的単純な形を示していた。

Purchon²⁻⁴⁾は、中腸腺の導管が胃壁に開口している構造を 2 つの型に分けており、1 つは導管が直接胃壁に開口している構造を Orifice 構造、胃壁の湾入したところに複数の導管が開口している構造を Embayment 構造としている。ウグイスガイ目（擬弁鰓目）のクロチョウガイでは、同じ目に属するアコヤガイ¹⁶⁾や *P. vulgaris*²⁾、異歯亜綱（真弁鰓類）のアゲマキガイ¹⁸⁾、ハマグリ¹⁹⁾やアサリ²⁰⁾と同様に Embayment 構造を示していた。Embayment 構造の数はアコヤガイ¹⁶⁾や *P. vulgaris*²⁾では 5 箇所、アゲマキガイでは 2 箇所¹⁸⁾、ハマグリ¹⁹⁾やアサリ²⁰⁾では 3 箇所あると報告されている。クロチョウガイでは、同じ目に分類されるアコヤガイ¹⁶⁾や *P. vulgaris*²⁾と同じく 5 箇所であった。

導管が胃から中腸腺細管へ進むに従って枝分かれして次第に細くなる構造は、原鰓類（古多歯亜綱）のクルミガイ科 Nuculidae、糸鰓類（翼形亜綱）のイガイ目（等糸鰓類）および真弁鰓類（異歯亜綱）について図示されている⁵⁾。クロチョウガイでも同じ様相が鋳型からも明らかである。しかし、イガイ目および真弁鰓類では、導管は主導管と二次導管とに分かれ、主導管は断面をみると繊毛で覆われている部分と刷子縁で覆われている部分に分かれて構成され、二次導管は全体が刷子縁で覆われた構造となっていると報告されている⁶⁾。糸鰓類（翼形亜綱）のイガイ目（等糸鰓類）のムラサキイガイや糸鰓類（翼形亜綱）のカキ目で擬弁鰓型を示すマガキでは、二次導管は周囲が刷子縁で覆われていると報告されている^{14,17)}。しかし、真弁鰓類（異歯亜綱）であるアゲマキガイ¹⁸⁾、ハマグリ¹⁹⁾やアサリ²⁰⁾では、導管の末端は中腸腺細管との境までアザン染色で赤く染まる Flagellated cell で構成され、内面には繊毛が確認されている。クロチョウガイでもアゲマキガイ¹⁸⁾、ハマグリ¹⁹⁾やアサリ²⁰⁾と同様な構造を示していた。これらのことから、クロチョウガイの導管はムラサキイガイやマガキと異なって、アゲマキガイ¹⁸⁾、ハマグリ¹⁹⁾やアサリ²⁰⁾と同様で、周囲を刷子縁で覆われた型の二次導管を持たないと考えられる。

中腸腺細管は、糸鰓類（翼形亜綱）の *Anadara subcrenata* や *Brachidontes senhousia* では導管の末端から出た後に中腸腺細管が枝分かれする型（Simple branching type I）を、糸鰓類（翼形亜綱）のイガイ目（等糸鰓類）や真弁鰓類（異歯亜綱）では導管の末端に中腸腺細管が 1 つずつ独立して出ている型（Simple branching type II）を示すとされている⁷⁾。糸鰓類（翼形亜綱）のイガイ目（等糸鰓類）よりも真弁鰓類（異歯亜綱）に近い位置にあるとされるウグイスガイ目（擬弁鰓目）のクロチョウガイでも、

真弁鰓類（異齒亜綱）のアゲマキガイ¹⁸⁾、ハマグリ¹⁹⁾やアサリ²⁰⁾と同様に type II の様相を示していた。

以上のことから、クロチョウガイの中腸腺は、同じ属に分類されるアコヤガイと同じ基本構造を示すことが明らかとなった。

要 約

クロチョウガイの中腸腺の構造を鋳型および組織像から調べた。中腸腺は、背側の一部を除いた胃の周囲に展開していた。導管は、胃壁が大きく湾入した5箇所から出ている。導管の内壁は先端まで一様で、導管の先端からは中腸腺細管が1本ずつ独立して出ている。

謝 辞

本研究は、文部科学省「持続可能な”えひめ発”日本型養殖モデル創出」, 研究開発事業, 温暖化対応型真珠養殖技術の研究開発（海洋環境の変化を地域の強みとして活かした市場価値の高い南洋真珠貝 [クロチョウガイ, マベガイ] の養殖技術の確立）によって実施したものである。

文 献

- 1) Yonge C M : The digestive diverticula in the lamellibranchs. *Trans Roy Soc Edinb*, 54, 703-718 (1926)
- 2) Purchon R D : The stomach in the Filibranchia and Pseudolamellibranchia. *Proc Zool Soc, London*, 129, 27-60 (1957)
- 3) Purchon R D : The stomach in the Eulamellibranchia; Stomach type IV. *Proc Zool Soc, London*, 131, 487-525 (1958)
- 4) Purchon R D : The stomach in the Eulamellibranchia; Stomach type IV and V. *Proc Zool Soc, London*, 135, 431-489 (1960)
- 5) Owen G : Observations on the stomach and digestive diverticula of the lamellibranchia. II. The Nuculidae. *Quart J micr Sci*, 97, 541-567 (1955)
- 6) Owen G : Observations on the stomach and digestive diverticula of the lamellibranchia. I. The Anisomyaria and Eulamellibranchia. *Quart J micr Sci*, 97, 517-537 (1955)
- 7) Nakazima M : On the structure and function of the mid-gut gland of Mollusca with a general consideration of the feeding habits and systematic relation. *Jpn J Zool*, 11, 469-566 (1956)
- 8) Yonge C M : Structure and physiology of the organs of feeding and digestion in *Ostrea edulis*. *J Mar Biol Ass UK*, 14, 295-386 (1926)
- 9) 山元憲一, 半田岳志, 近藤昌和 : クロアワビの中腸腺の構造. 水大校研報, 53 (3), 105-116 (2005)
- 10) 山元憲一, 半田岳志, 近藤昌和 : サザエの中腸腺の構造. 水大校研報, 55 (3), 71-89 (2007)
- 11) 山元憲一, 半田岳志, 近藤昌和 : マルタニシの中腸腺の構造. 水大校研報, 55 (4), 149-159 (2007)
- 12) 山元憲一, 半田岳志, 近藤昌和 : ツメタガイの中腸腺の構造. 水大校研報, 55 (3), 91-99 (2007)
- 13) 山元憲一, 半田岳志, 近藤昌和 : アカニシの中腸腺と唾液腺の構造. 水大校研報, 55 (3), 101-114 (2007)
- 14) 山元憲一・半田岳志 : ムラサキイガイの中腸腺の構造. 水大校研報, 57 (2), 71-80 (2008)
- 15) 山元憲一・半田岳志 : タイラギの中腸腺の構造. 水大校研報, 57 (1), 71-80 (2008)
- 16) 山元憲一, 半田岳志, 近藤昌和 : アコヤガイの中腸腺の構造. 水大校研報, 52 (1), 31-43 (2004)
- 17) 山元憲一・半田岳志・近藤昌和 : マガキの中腸腺の鋳型作成の試み. 水大校研報, 51 (3), 71-80 (2003)
- 18) 山元憲一・半田岳志 : アゲマキガイの中腸腺の構造. 水大校研報, 57 (3), 195-207 (2009)
- 19) 山元憲一・半田岳志 : ハマグリの中腸腺の構造. 水大校研報, 57 (3), 209-218 (2009)
- 20) 山元憲一・半田岳志 : アサリの中腸腺の構造. 水大校研報, 58 (2), 113-133 (2009)
- 21) 波部忠重, 浜谷巖, 奥谷喬司 : 分類. 波部忠重, 奥谷喬司, 西脇三郎 (編), 軟体動物概説 (上巻). サイエンス社, pp 3-134 (1994)
- 22) 首藤次男 : 系統と進化. 波部忠重, 奥谷喬司, 西脇三郎 (編), 軟体動物概説 (上巻). サイエンス社, pp 217-269 (1994)
- 23) 奥谷喬司 : 日本近海産貝類図鑑. 奥谷喬司 (編). 東海大学出版会 (2000)
- 24) Handa T and Yamamoto K : Corrosion casting of the digestive diverticula of the pearl oyster, *Pinctada fucata martensii* (Mollusca : Bivalvia). *J Shell Res*, 22 (3), 777-779 (2003)

- 25) Namba K, Kobayashi M, Aida S, Uematsu K, Yoshida M, Kondo Y and Miyata Y : Persistent relaxation of the adductor muscle of oyster *Crassostrea gigas* induced by magnesium ion. *Fish Sci*, 61, 241-244 (1995)
- 26) Bell T A and Lightner D V : A handbook of normal Penaeid shrimp history. World aquaculture society, USA, p2.

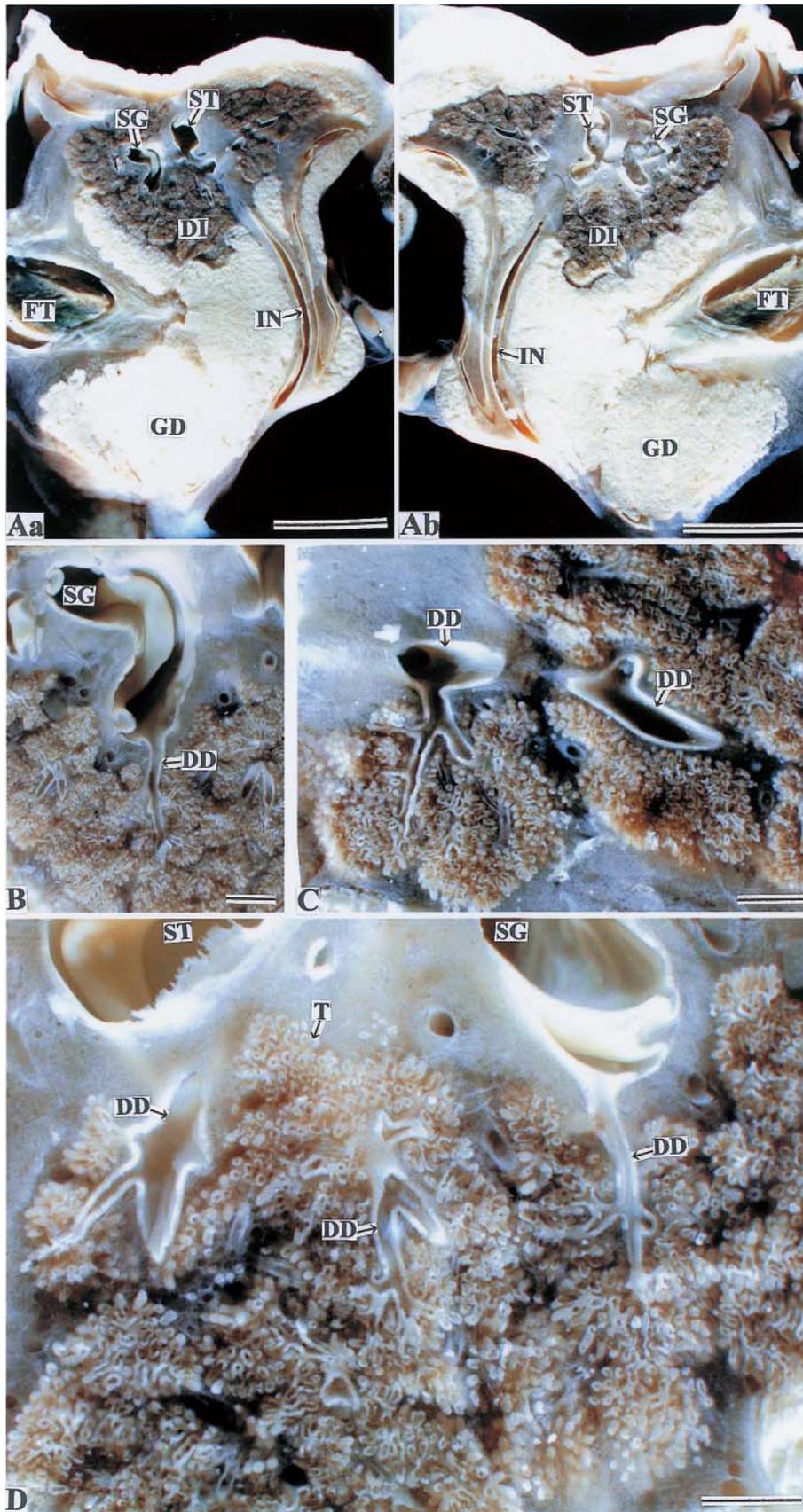


Fig. 1 Cross-section surfaces of the Black-lip pearl oyster, *Pinctada margaritifera*. Aa, B and C, lateral view (left) ; Ab and D, lateral view (right) ; SG, sorting gland; ST, stomach; IN, intestine; GD, gonad; FT, foot; DI, digestive diverticula; DD, duct; T, tubule. Bars in A = 1 cm, and bars in B, C and D = 1 mm.

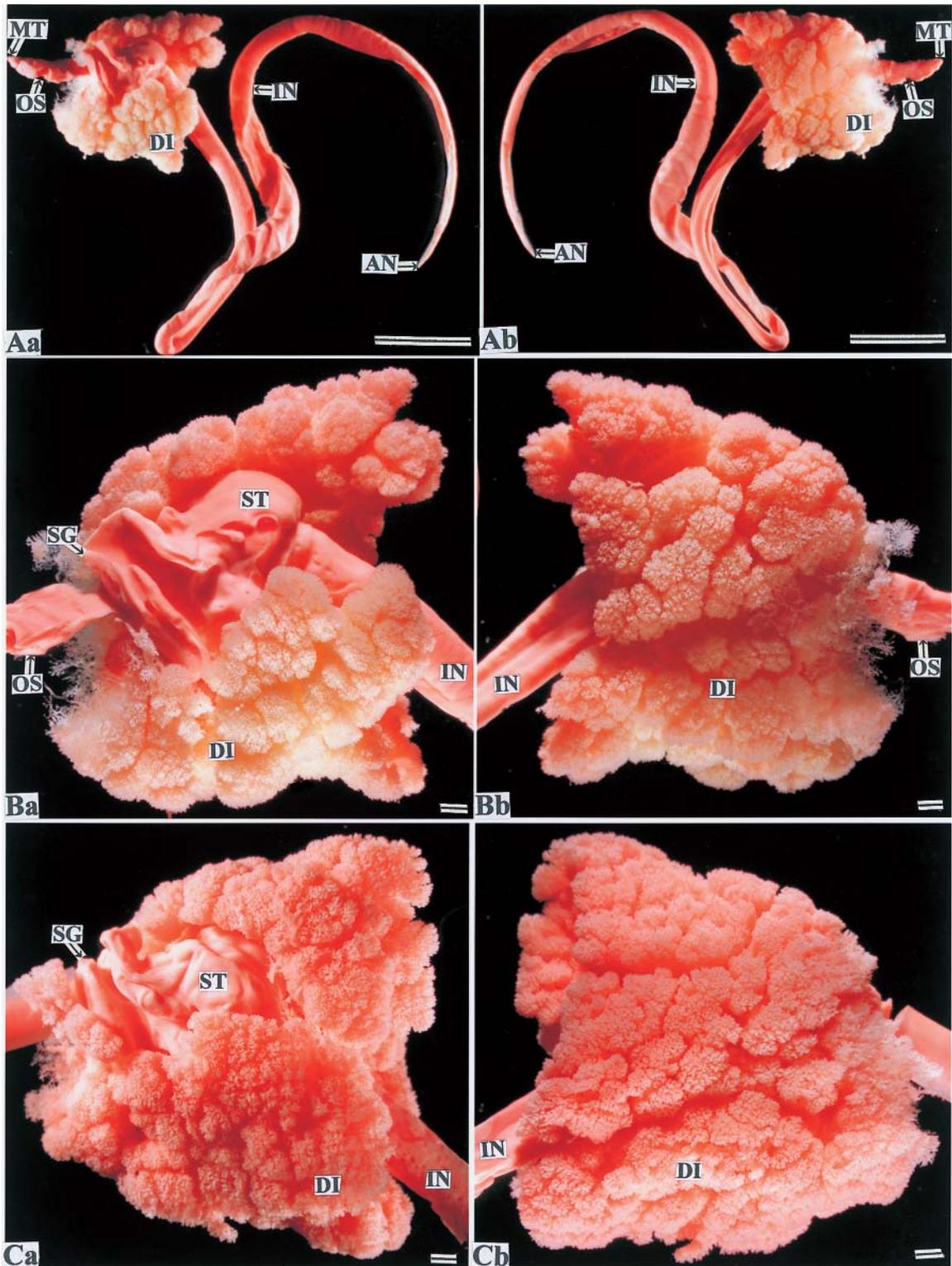


Fig. 2 Corrosion cast replica of the digestive organ of the Black-lip pearl oyster. a, lateral view (left) ; b, lateral view (right) ; MT, mouth; OS, oesophagus; SG, sorting gland; ST, stomach; IN, intestine; AN, anus, DI, digestive diverticula. Bars in A = 1 cm, and bars in B and C = 1 mm.

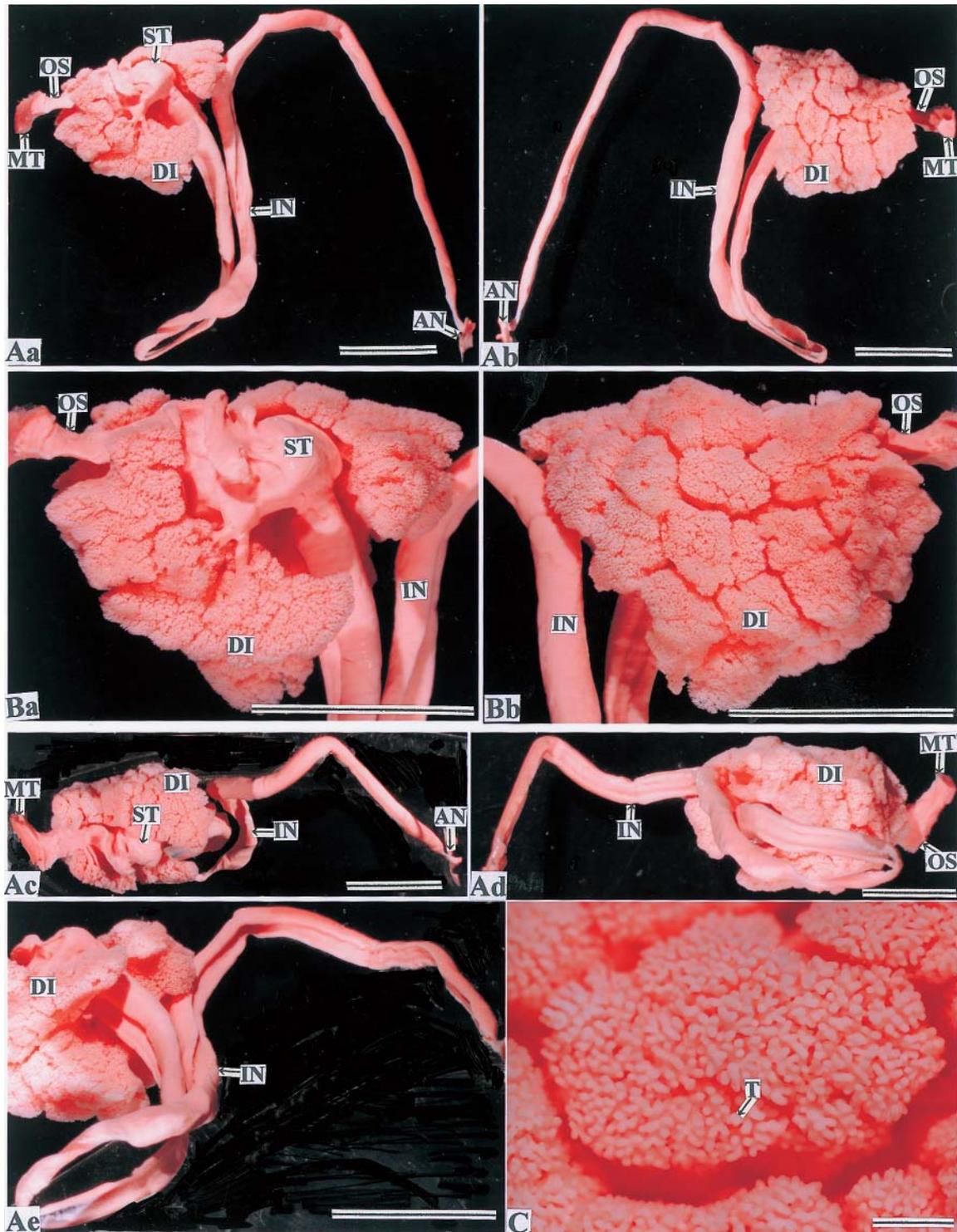


Fig. 3 Corrosion cast replica of the digestive organ of the Black-lip pearl oyster. a, lateral view (left) ; b, lateral view (right) ; c, dorsal view; d, ventral view; e, foot-side view; MT, mouth; OS, oesophagus; ST, stomach; IN, intestine; AN, anus; DI, digestive diverticula; T, tubule. Bars in A and B = 1 cm, and bar in C = 1 mm.

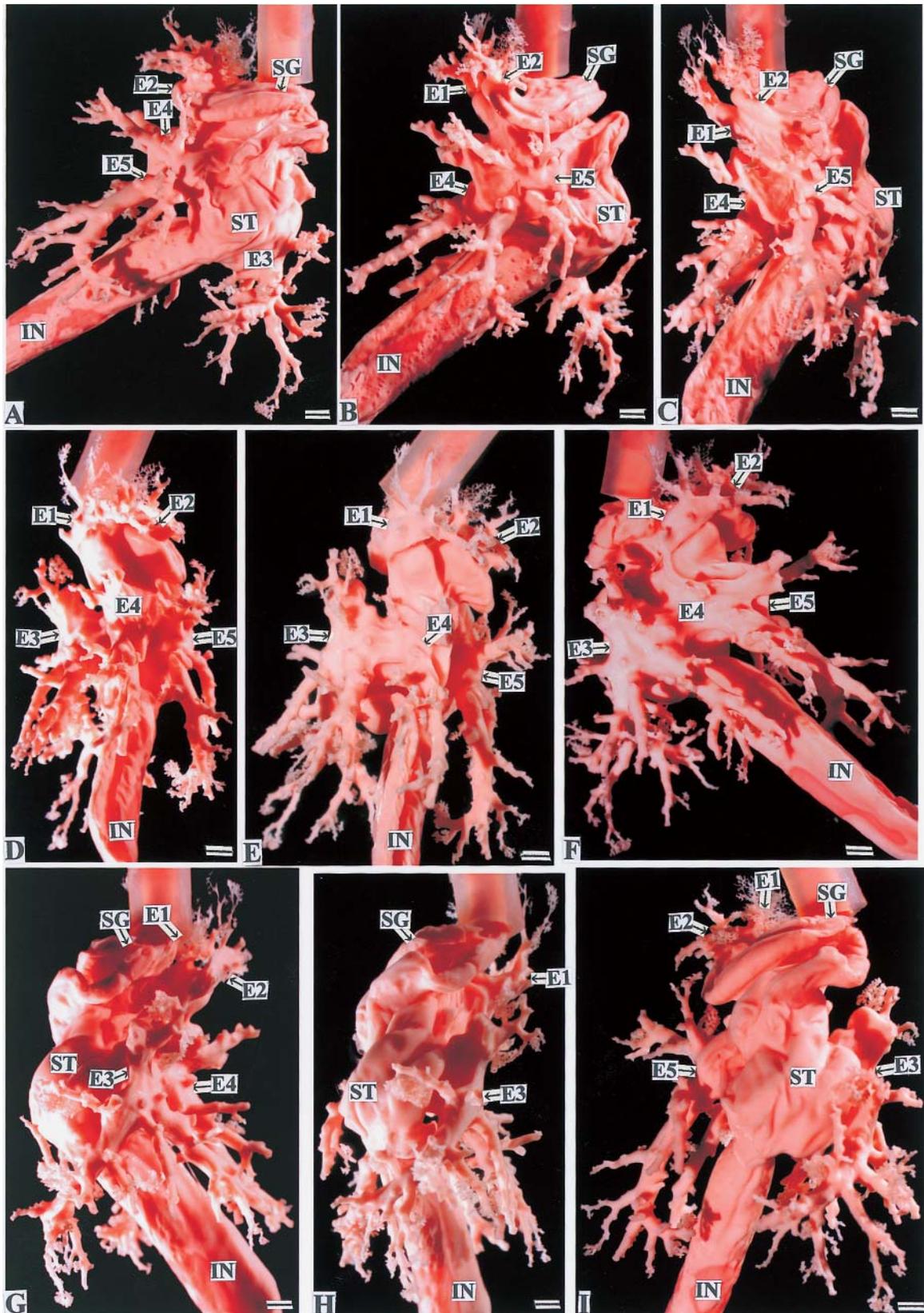


Fig. 4 Corrosion cast replica of the digestive organ of the Black-lip pearl oyster. A, B and C, lateral view (left); D and E, ventral view; F, G and H, lateral view (right); I, dorsal view; SG, sorting gland; ST, stomach; IN, intestine; E1-E5, embayment. Bars = 1 mm.

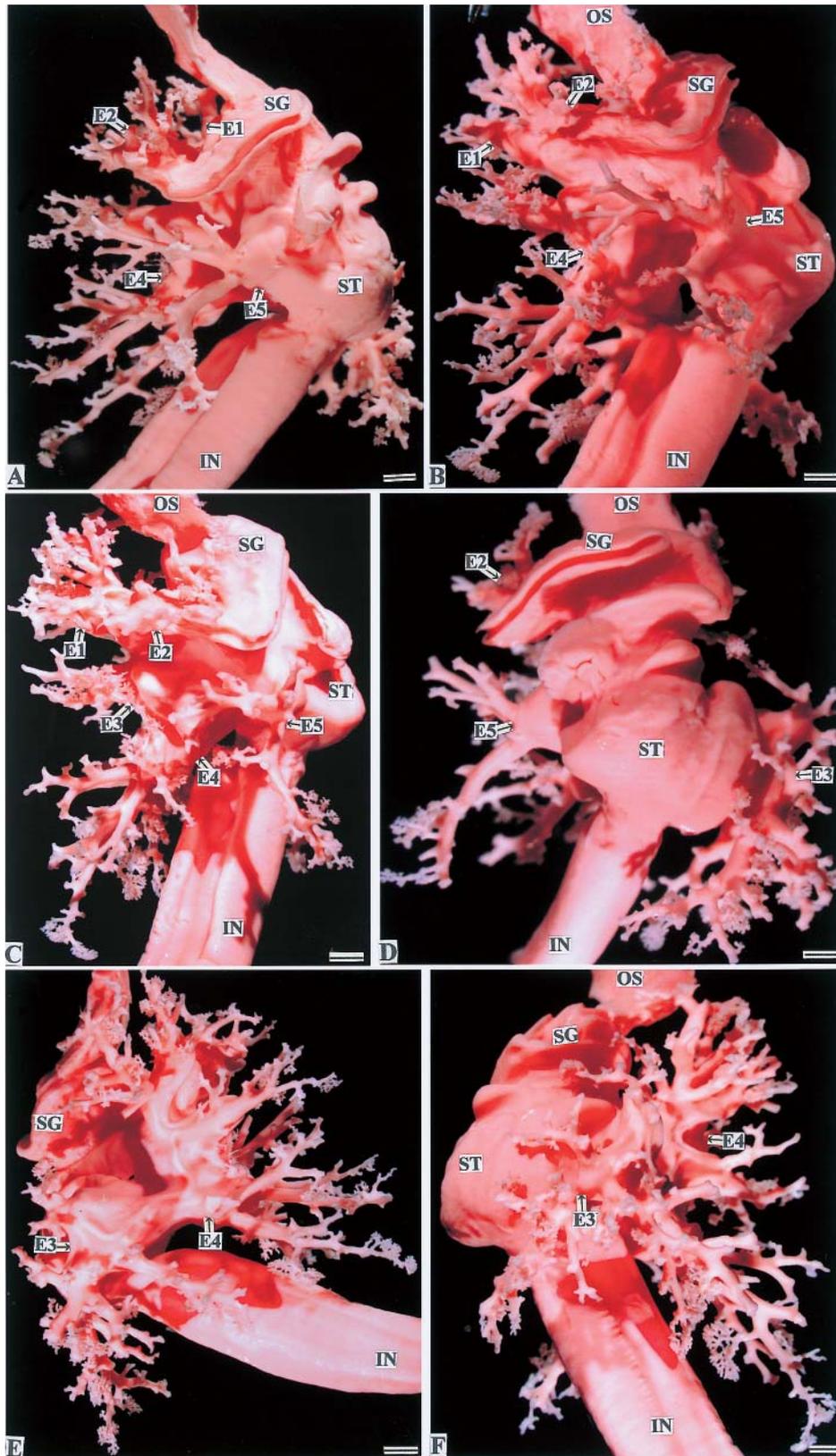


Fig. 5 Corrosion cast replica of the digestive organ of the Black-lip pearl oyster. A, B and C, lateral view (left) ; D, dorsal view; E and F, lateral view (right) ; OS, oesophagus; SG, sorting gland; ST, stomach; IN, intestine; E1-E5, embayment. Bars = 1 mm.

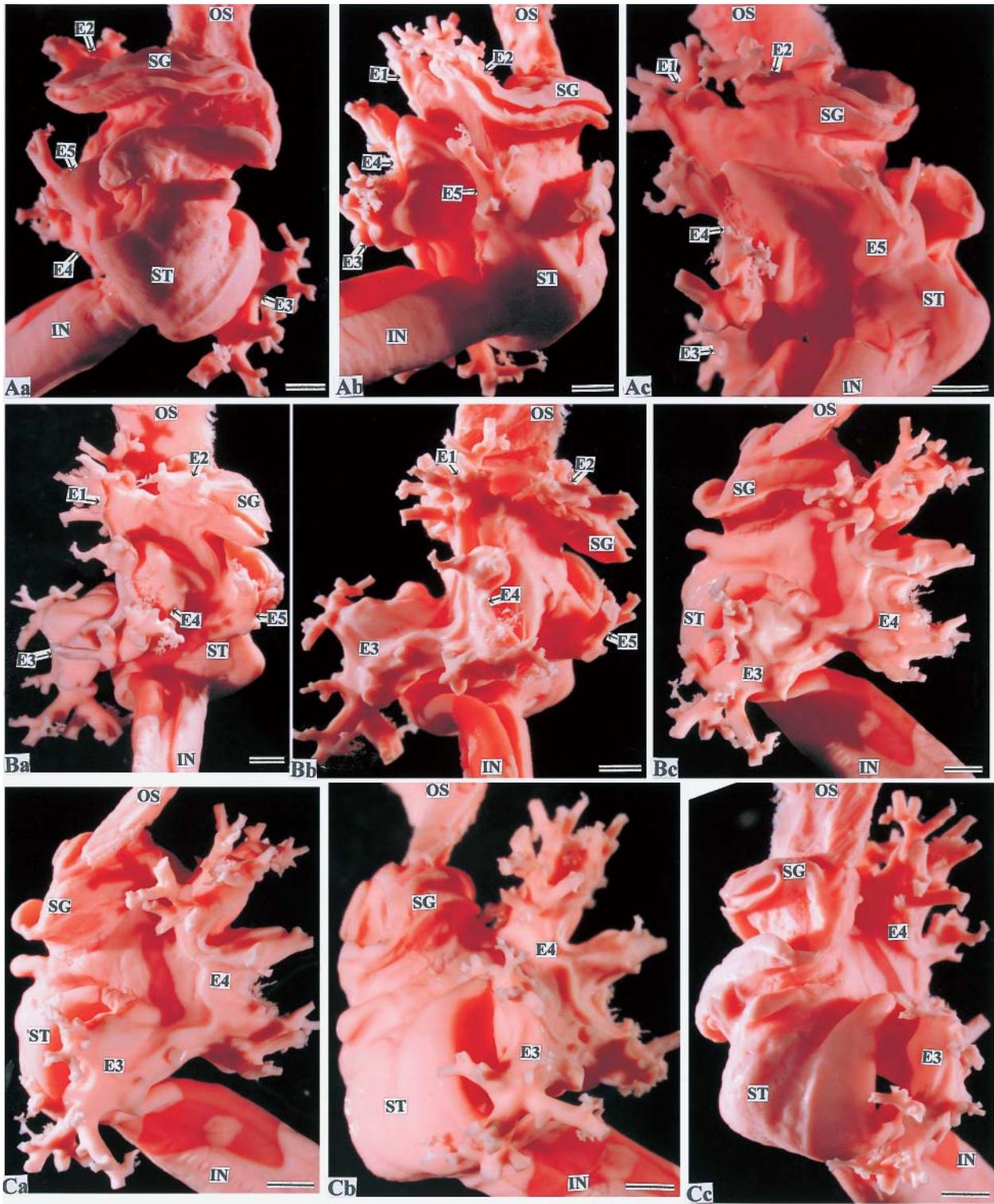


Fig. 6 Corrosion cast replica of the digestive organ of the Black-lip pearl oyster. Aa and Cc, dorsal view; Ab, lateral view (left) ; Ac, Ba and Bb, ventral view; Bc, Ca and Cb, lateral view (right) ; OS, oesophagus; SG, sorting gland; ST, stomach; IN, intestine; E1-E5, embayment. Bars = 1 mm.

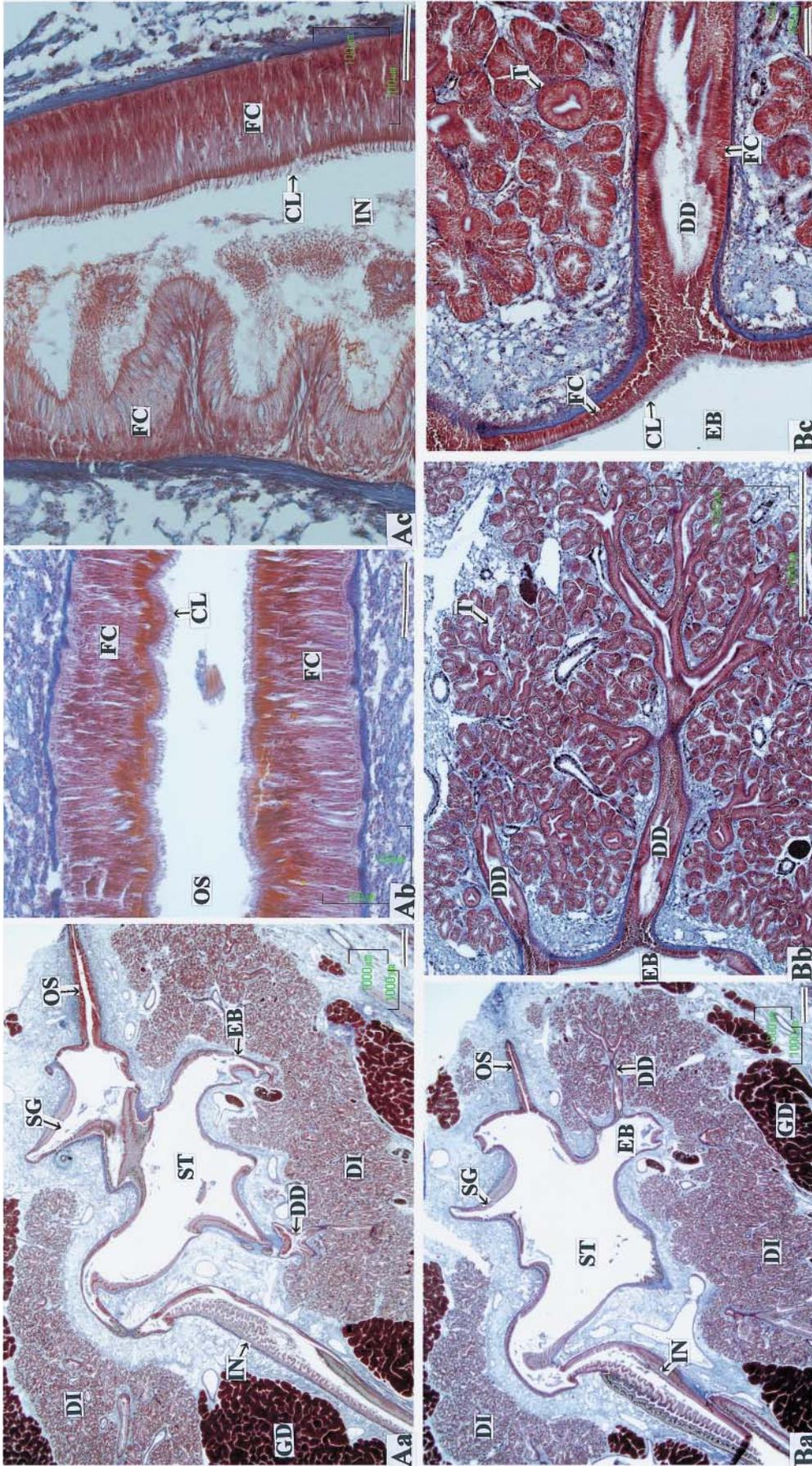


Fig. 7 Vertical sections of the body of the Black-lip pearl oyster. Aa and Ba, lateral view (right) ; Ab, oesophagus; Ac, intestine; Bb and Bc, duct and tubule; OS, oesophagus; SG, sorting gland; ST, stomach; DI, digestive diverticula; GD, gonad; IN, intestine; EB, embayment; DD, duct; CL, cilium; FC, flagellated cell; T, tubule. Azan staining. Bars in Aa, Ba and Bb = 1 mm, and bars in Ab, Ac and Bc = 100 μ m.

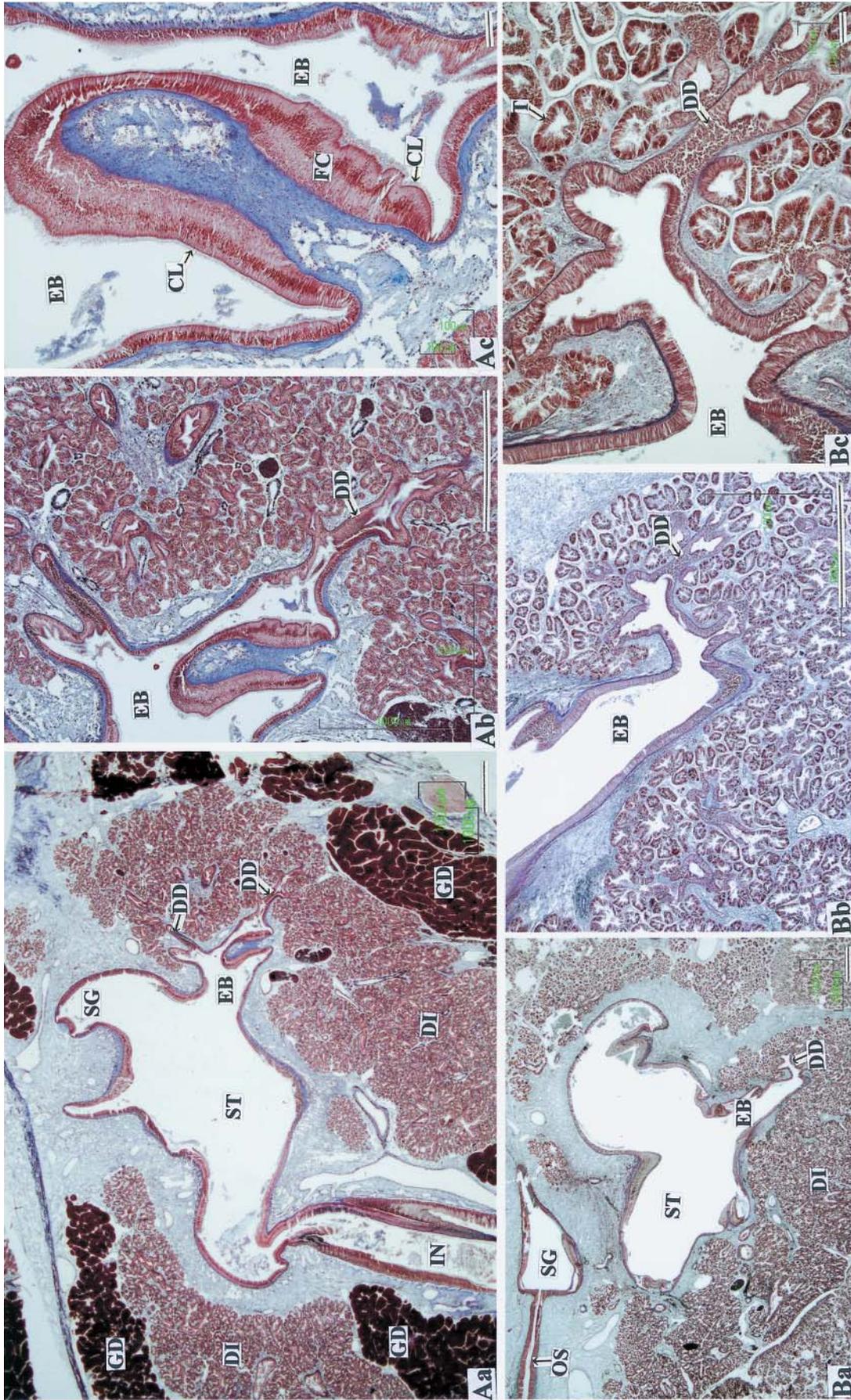


Fig. 8 Vertical sections of the body of the Black-lip pearl oyster. Aa and Ba, lateral view (right) : Ab and Bb, embayment and duct; Ac, embayment; Bc, embayment, duct and tubule; OS, oesophagus; SG, sorting gland; ST, stomach; DI, digestive diverticula; GD, gonad; IN, intestine; EB, embayment; DD, duct; CL, cilium; FC, flagellated cell; T, tubule. Azan staining. Bars in Aa, Ab, Ba and Bb = 1 mm, and bars in Ac and Bc = 100 μ m.

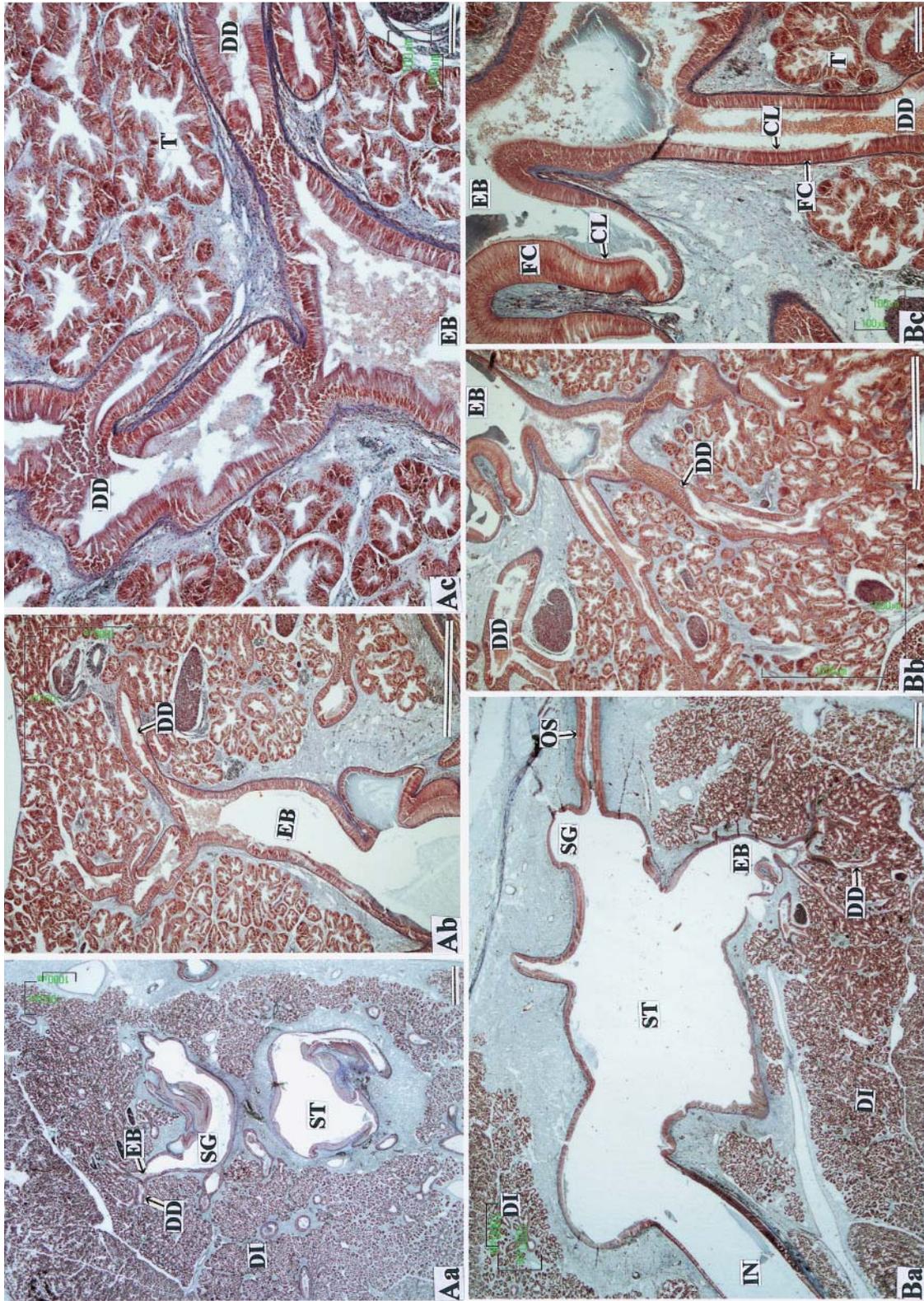


Fig. 9 Vertical sections of the body of the Black-lip pearl oyster. Aa, dorsal view; Ba, lateral view (right) ; Ab, Ac, Bb and Bc, embayment, duct and tubule; OS, oesophagus; SG, sorting gland; ST, stomach; DI, digestive diverticula; IN, intestine; EB, embayment; DD, duct; T, tubule; CL, cilium; FC, flagellated cell. Azan staining. Bars in Aa and Ab = 1 mm, and bars in Ab, Ac, Bb and Bc = 100 μ m.

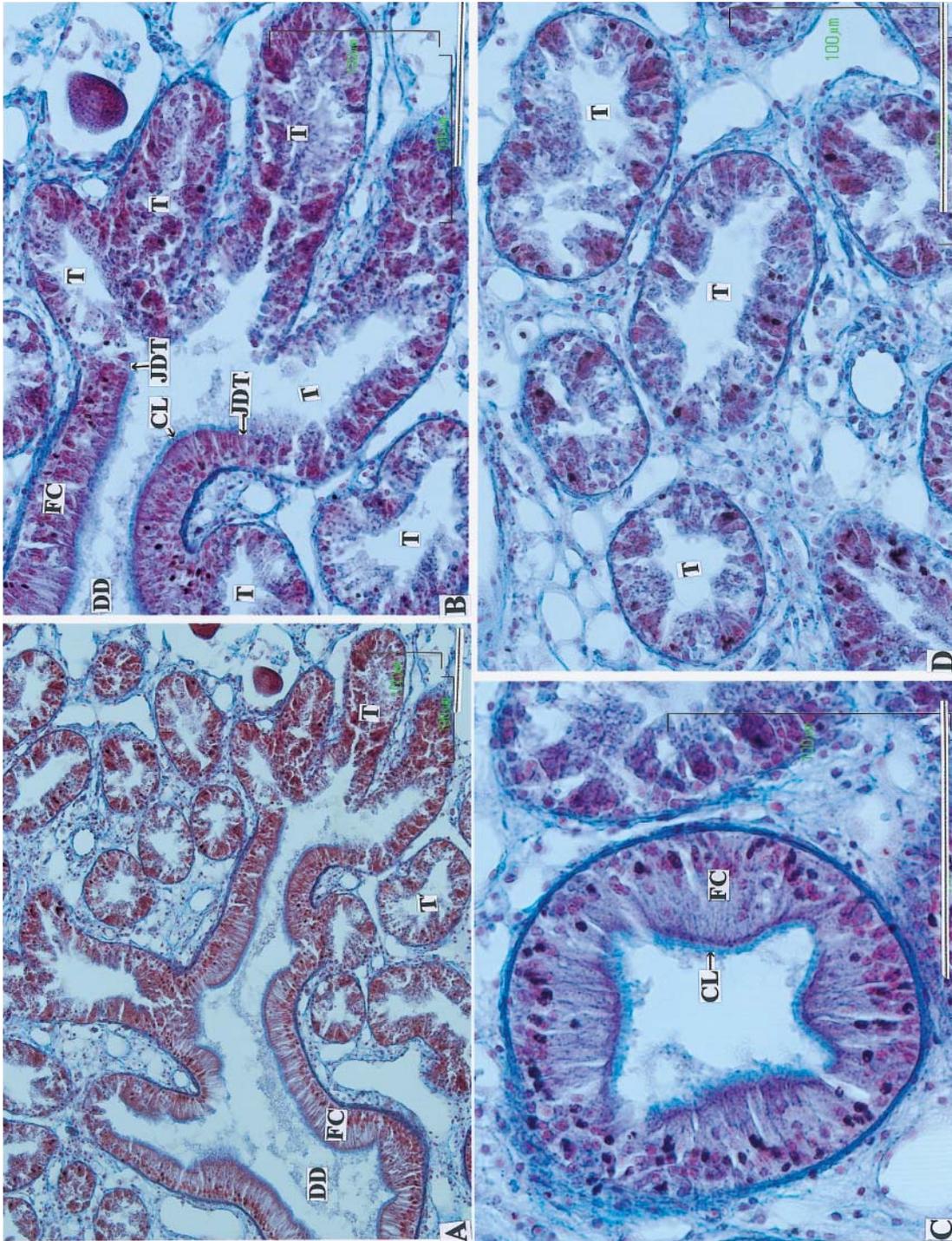


Fig. 10 Duct and tubule of the digestive diverticula of the Black-lip pearl oyster. A and B; duct and tubule; C, duct; D, tubule; DD, duct; JDT, junction of a duct with a tubule; T, tubule; FC, flagellated cell; CL, cilium. Azan staining. Bars = 100 μ m