

## サルボウガイの中腸腺の構造

山元憲一<sup>1†</sup>・半田岳志<sup>1</sup>

### Structure of the digestive diverticula of the Half-crenated ark, *Scapharca kagoshimensis* (Bivalvia : Filibranchia : Arcoida)

Ken-ichi Yamamoto<sup>1†</sup> and Takeshi Handa<sup>1</sup>

**Abstract** : The corrosion resin-casts and the tissue preparations of the digestive diverticula of the Half-crenated ark, *Scapharca kagoshimensis* were observed. The resin-casts were made of the prepolymerization methyl methacrylate (MercoxCL-2R) containing 10 % Mercox MA. The tissue preparations were stained with Azan. The digestive diverticula (D) surrounded the oesophagus and the pyloric part of the stomach. In the middle of the stomach 13 or 14 ducts of the digestive diverticula (DD) showing orifice in structure started in a line in the middle of the stomach. The lumen of the duct (DD) was covered with brush border and cilia. The structure was the same in all parts of the duct (DD) even at the branching tips. The tubules of the digestive diverticula (T) branched after arising from the duct (DD).

**Key words** : Half-crenated ark; Filibranchia; Corrosion resin-cast ; Digestive diverticula ; Duct ; Tubule

### 緒 言

二枚貝の中腸腺は、胃の周囲に位置し<sup>1)</sup>、胃に開口した導管で連絡している<sup>2-5)</sup>。Purchon<sup>2)</sup>は、導管が直接胃壁に開口しているものをOrifices構造、胃壁の湾入したところに数本の導管が開口しているものをEmbayment構造と2つに大別し、二枚貝の種類によってそれらのいずれかの構造を示すものあるいは両者を併せ持った構造を示すと報告されている。このような胃と導管の構造は、マガキ *Crassostrea gigas* ではゼラチンによる鋳型をもとに図示されている<sup>6)</sup>。導管の末端から中腸腺細管が伸びている構造は、組織像の観察から模式的に図示されている<sup>5,7,8)</sup>。Nakazima<sup>8)</sup>は、二枚貝の中腸腺細管の構造を導管の末端から出た後分岐しているSimple branching type Iと導管の先端から1つずつ出ているSimple branching type IIの2つの型に分けられると報告している。しかし、中腸腺の全体像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、二枚貝綱についてはイガイ目(等糸

鰓類)のムラサキイガイ *Mytilus galloprovincialis*、等糸鰓類で擬弁鰓型を示すリシケタイラギ *Atrina (Servatrina) lischkeana*、擬弁鰓目のアコヤガイ *Pinctada fucata martensii*、カキ目で擬弁鰓型を示すマガキの中腸腺について、半重合メチルメタクリレートを使って鋳型を作成し、切片標本の観察および固定標本を切開した断面像の観察を行って、胃と中腸腺の立体構造を明らかにしてきた<sup>9-12)</sup>。本研究では、二枚貝綱の糸鰓類のサルボウガイ *Scapharca kagoshimensis* を用いて、前記と同様にして鋳型および切片標本を作成し、固定標本を観察して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<sup>13)</sup>、首藤<sup>14)</sup> および奥谷<sup>15)</sup> に従った。

### 材料および方法

実験には、佐賀県地先の有明海で採集した殻長 $48 \pm 8$  mm (平均値 $\pm$ 標準偏差)のもの40個体および殻長 $11 \pm 2$  mm のもの10個体のサルボウガイを用いた。貝は、入手

2009年4月9日受付. Received April 9, 2009.

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)

後, 0.5  $\mu\text{m}$ 以上の粒子を除去した海水を 1 l/min注入した状態で5~10日間蓄養して実験に供した。

**鋳型** 鋳型は, Handa and Yamamoto<sup>16)</sup>に準じて, 主剤(MERCOX CL-2R, 応研商事株式会社) 3 ml当り硬化剤(MERCOX MA, 応研商事株式会社) 約0.1gを混入したもの(以降, 樹脂と表す)を用いて作成した。まず, 貝を約0.4M/lの塩化マグネシウム水溶液<sup>17)</sup>に約20分間浸漬して軟体部を伸展させた。濾過海水を満たしたポリエチレン細管(外径約1 mm, 長さ20cm, Hibiki No.3)を口から食道へ約5 mm挿入し, 2分間に約1.5mlの速さで総量約5 mlの樹脂をプラスチック製の注射筒(5 ml, Top)を使って注入した。樹脂を海水中で硬化させ, 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。

**胃の断面像** 観察は, Davidson液<sup>18)</sup>で固定後, 胃を中心に軟体部を切開して行った。

**組織像** 観察は, 小さい方の10個体を用いて, 山元ら<sup>19)</sup>と同様にしてDavidson液で固定後, 常法に従ってパラフィン切片(10  $\mu\text{m}$ )を作成し, アザン染色して行った。

## 結 果

中腸腺(D)は, 胃の背部を除く腹側の周囲を囲むようにして展開していた(Figs. 1-5)。中腸腺へ延びている導管は, 胃の腹側を噴門近くの左側から幽門近くの右側にかけて半円形に連続してほぼ等間隔に13-14箇所Orifice構造<sup>2)</sup>を示して胃壁に開口していた(Fig. 1)。それぞれの導管(DD)は胃壁から出て, 枝分かれを繰り返して次第に細くなっていた(Fig. 2)。導管の内壁は, 中腸腺細管と連絡する先端部の中腸腺細管の断面とほぼ同じ太さのところまで, 一様に繊毛で覆われた切れ込みと刷子縁で覆われた切れ込みで構成されていた(Fig. 6C, D)。

中腸腺細管(T)は, 導管の末端から出た後, 枝分かれしたSimple branching type I<sup>8)</sup>の型を示していた(Fig. 6C, E)。中腸腺細管の断面は楕円形でCrypt構造を示さず, 内腔はアザン染色で青く染まる消化細胞(DC)で囲まれ, 所々に赤く染まる暗細胞(DS)が散在していた(Fig. 6F)。

## 考 察

Yonge<sup>1)</sup>は, 原鰓類, 糸鰓類, 真弁鰓類の34種を調べて, 中腸腺はいずれも胃を囲むようにして存在していると

報告している。細部を観察すると, 等糸鰓類のムラサキイガイおよびタイラギ, 擬弁鰓目のアコヤガイやカキ目のマガキでは, 殻の会合部分に面した噴門部から幽門部にかけての胃の背側には中腸腺が存在していないと報告されている<sup>9-12)</sup>。サルボウガイの中腸腺は, これら4種と同様に胃の背側を除く腹側の周囲に展開していた。

Purchon<sup>2)</sup>は, 導管への胃壁の開口部は, 糸鰓類であるフネガイ目フネガイ科のリウキウサルボウの仲間*Anadara granosa*やワシノハガイの仲間の*Arca avellane*ではOrifice構造を示した12-14箇所が連続して並んでいることを報告している。本研究で用いた糸鰓類であるフネガイ目フネガイ科のサルボウガイでも同様に13-14箇所が胃壁にOrifice構造を示して開口している様子が確認された。一方, 胃壁の開口部は, 分類上フネガイ目に続くことされる等糸鰓類であるイガイ目のムラサキイガイおよびリシケタイラギではOrifices構造を示す開口部が3箇所<sup>9, 10, 14)</sup>, 擬弁鰓類であるウグイスガイ目のアコヤガイではOrifices構造が3箇所とEmbayment構造が2箇所の合計5箇所<sup>11)</sup>からなることが報告されている。これらのことから, 糸鰓類であるフネガイ目の胃壁の開口部は, 擬弁鰓類であるウグイスガイ目と異なって, 等糸鰓類であるイガイ目と同様にOrifices構造を示すが, その数は等糸鰓類や擬弁鰓類のものよりも著しく多いことが明らかとなった。

等糸鰓類および真弁鰓類では, 導管は主導管(Main duct)と二次導管(Secondary duct)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で構成され, 二次導管は周囲が刷子縁からなっていると報告されている<sup>7)</sup>。しかし, サルボウガイの導管は, その先端まで一様に繊毛で覆われている部分と刷子縁で覆われている部分で構成されていた。このことから, サルボウガイは等糸鰓類および真弁鰓類で認められるような二次導管を備えていないと判断した。

Nakazima<sup>8)</sup>は, 糸鰓類であるフネガイ目フネガイ科のリウキウサルボウの仲間の*Anadara subcrenata*や分類上フネガイ目に続くことされるイガイ目イガイ科のスキゲヒバリガイの仲間の*Brachidontes senhousia*の中腸腺細管は導管の末端から出た後に中腸腺細管がさらに枝分かれするSimple branching type Iを示すとしている。本研究の結果でも同様に, 糸鰓類であるフネガイ目フネガイ科のサルボウガイの中腸腺細管はSimple branching type Iを示していた。これらのことから, フネガイ目やイガイ目の中腸腺細管はSimple branching type Iの構造を示すと考えられる。

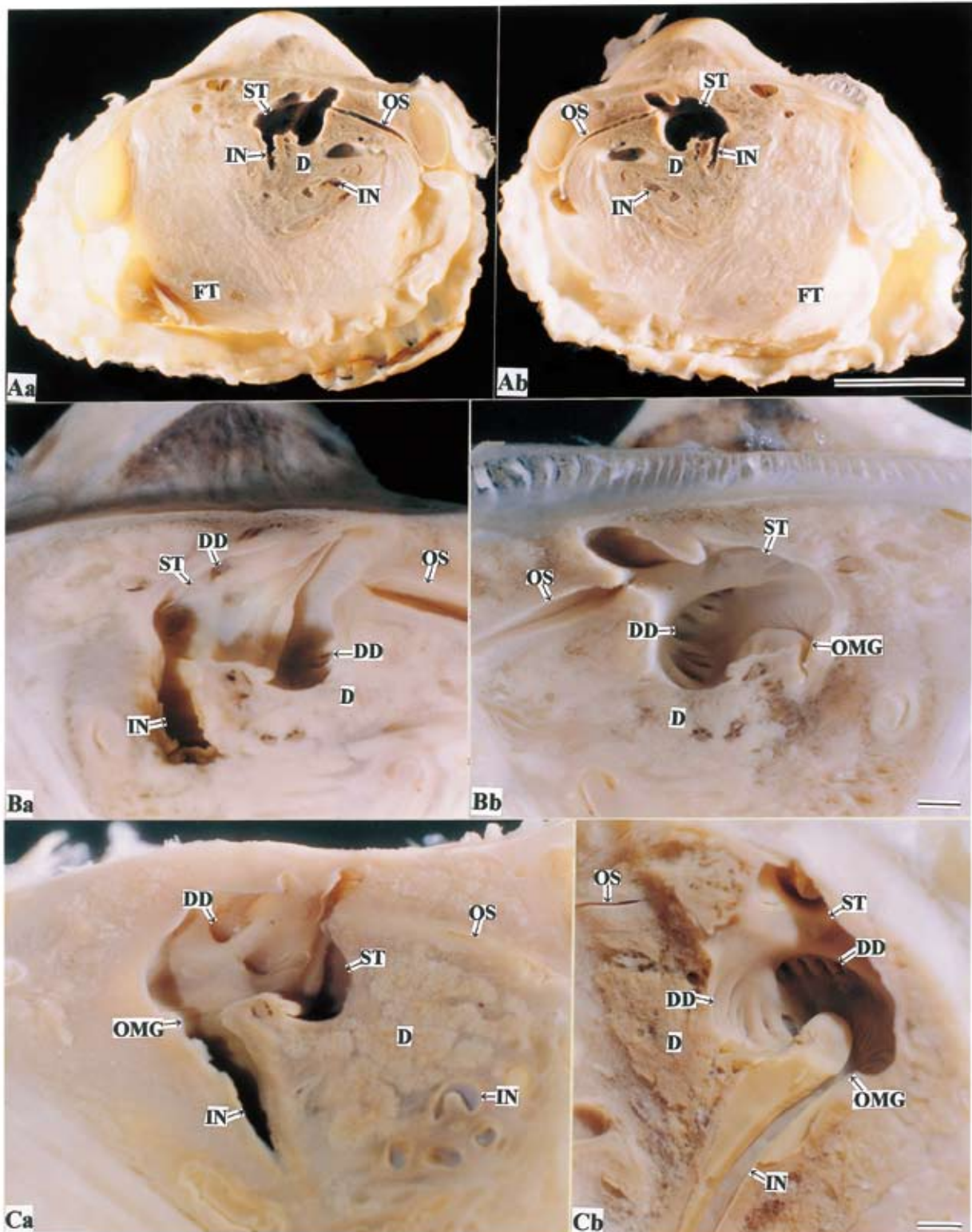
中腸腺細管の暗細胞は、若い細胞で将来栄養細胞になると推測されている<sup>6)</sup>。暗細胞は、真弁鰓類ではCryptに存在している<sup>20)</sup>。しかし、原鰓類であるクルマシガイ目の*Nucula sulcata*や等糸鰓類であるイガイ目の*Mytilus edulis*や*M. galloprovincialis*ではCryptが存在しないため、暗細胞の中腸腺細管での位置は一定の傾向を認めがたいと報告されている<sup>20)</sup>。糸鰓類であるサルボウガイでも同様にCryptがなく、暗細胞は消化細胞の間に散在していた。これらのことから、原鰓類、等糸鰓類や糸鰓類の中腸腺細管は、Cryptがなく、暗細胞が消化細胞の間に散在している構造となっていると考えられる。

## 要 約

サルボウガイの中腸腺の構造を鋳型および組織像から調べた。中腸腺は食道から幽門部にかけての胃の周囲を覆う形で展開していた。導管は十数本が胃の中央付近の周囲に一行にorifice構造を示して出ている。導管は絨毛で覆われた切れ込みと刷子縁で覆われた部分で構成され、その構造は枝分かれした先端まで同一であった。中腸腺細管は導管から出た後、分岐していた。

## 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) Yonge C M : Structure and physiology of the organs of feeding and digestion in *Ostrea edulis*. *J Mar Biol Ass U K*, **14**, 295-386 (1926)
- 7) 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)
- 8) 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)
- 9) 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), 111-127 (2008)
- 10) 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), 43-56 (2008)
- 11) 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)
- 12) 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)
- 13) 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). サイエンティスト社, pp 3-134 (1994)
- 14) 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). サイエンティスト社, pp 217-269 (1994)
- 15) 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)
- 16) 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)
- 17) 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)
- 18) Bell T A and Lightner D V : A handbook of normal Penaeid shrimp history. World aquaculture society, USA, pp 2.
- 19) 山元憲一, 近藤昌和, 半田岳志, 林安章 : アコヤガイの鰓換水に及ぼすホルマリンの影響. 水産増殖, **49**(4), 461-467 (2001)
- 20) Owen G : Lysosomes, peroxisomes and bivalves. *Sci Prog, Oxf*, **60**, 299-318 (1972)



**Fig. 1.** Cross-section surfaces of the soft part of the Half-crenated ark, *Scapharca kagoshimensis*. a, left side ; b, right side ; D, digestive diverticula ; DD, duct ; ST, stomach ; OS, oesophagus ; OMG, opening of mid-gut ; IN, intestine ; FT, foot. Bar in A = 1 cm, Bars in B and C = 100  $\mu$  m.



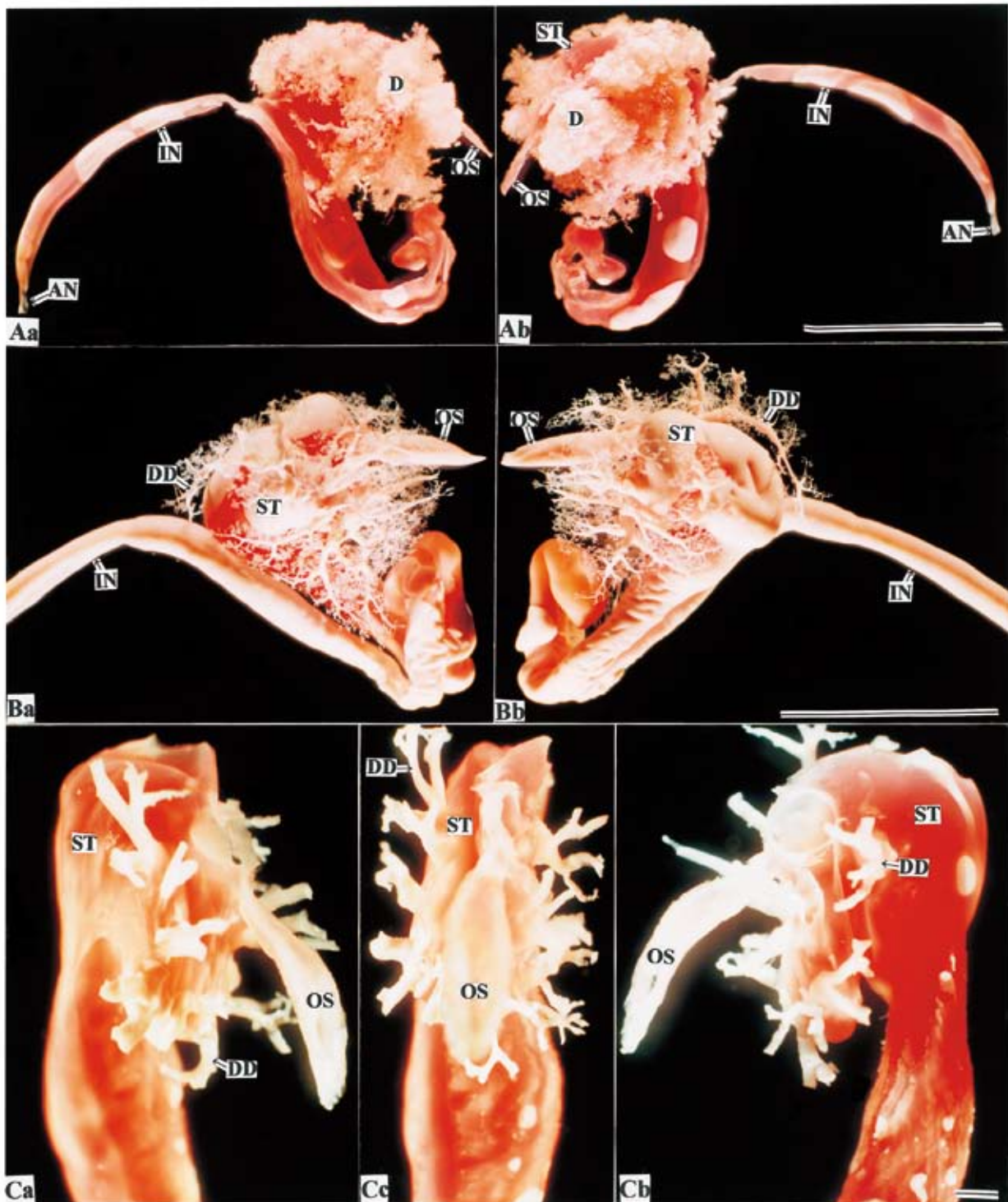
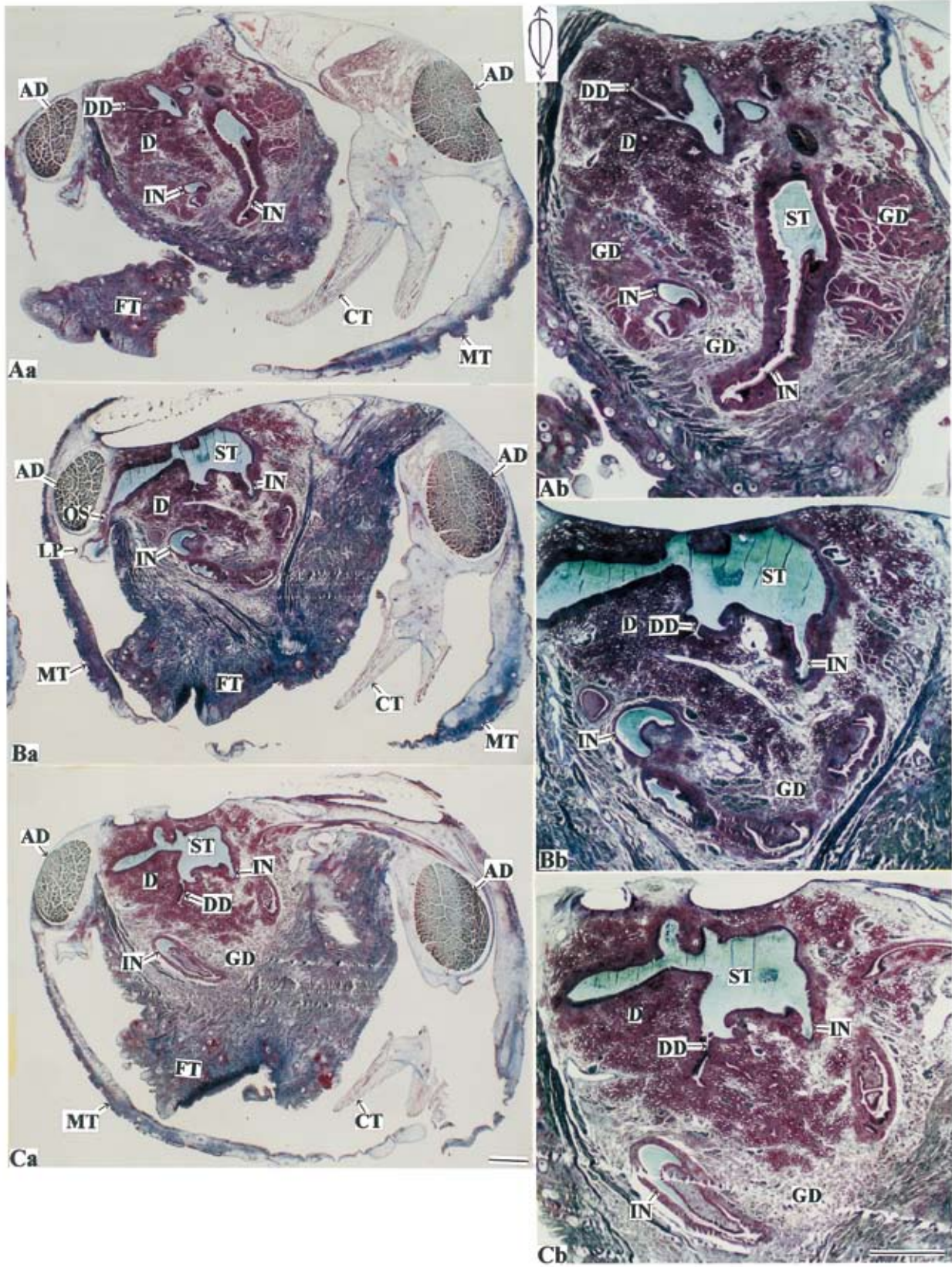


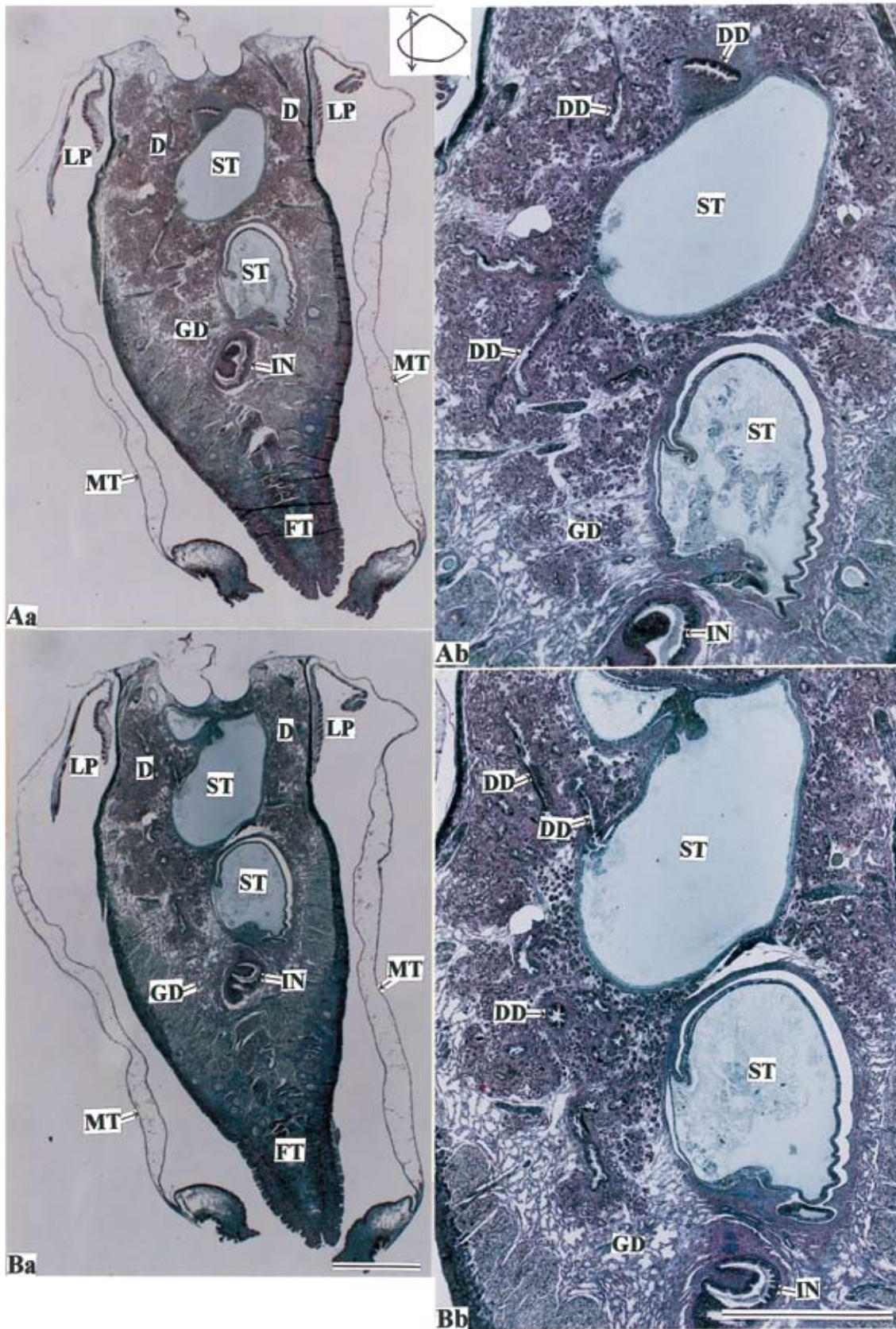
Fig. 2. Corrosion cast replica of the digestive organ of the Half-crenated ark. a, left side; b, right side ; D, digestive diverticula ; DD, duct; OS, oesophagus ; ST, stomach ; IN, intestine ; AN, anus. Bars in A and B= 1 cm, Bar in C=100  $\mu$ m..





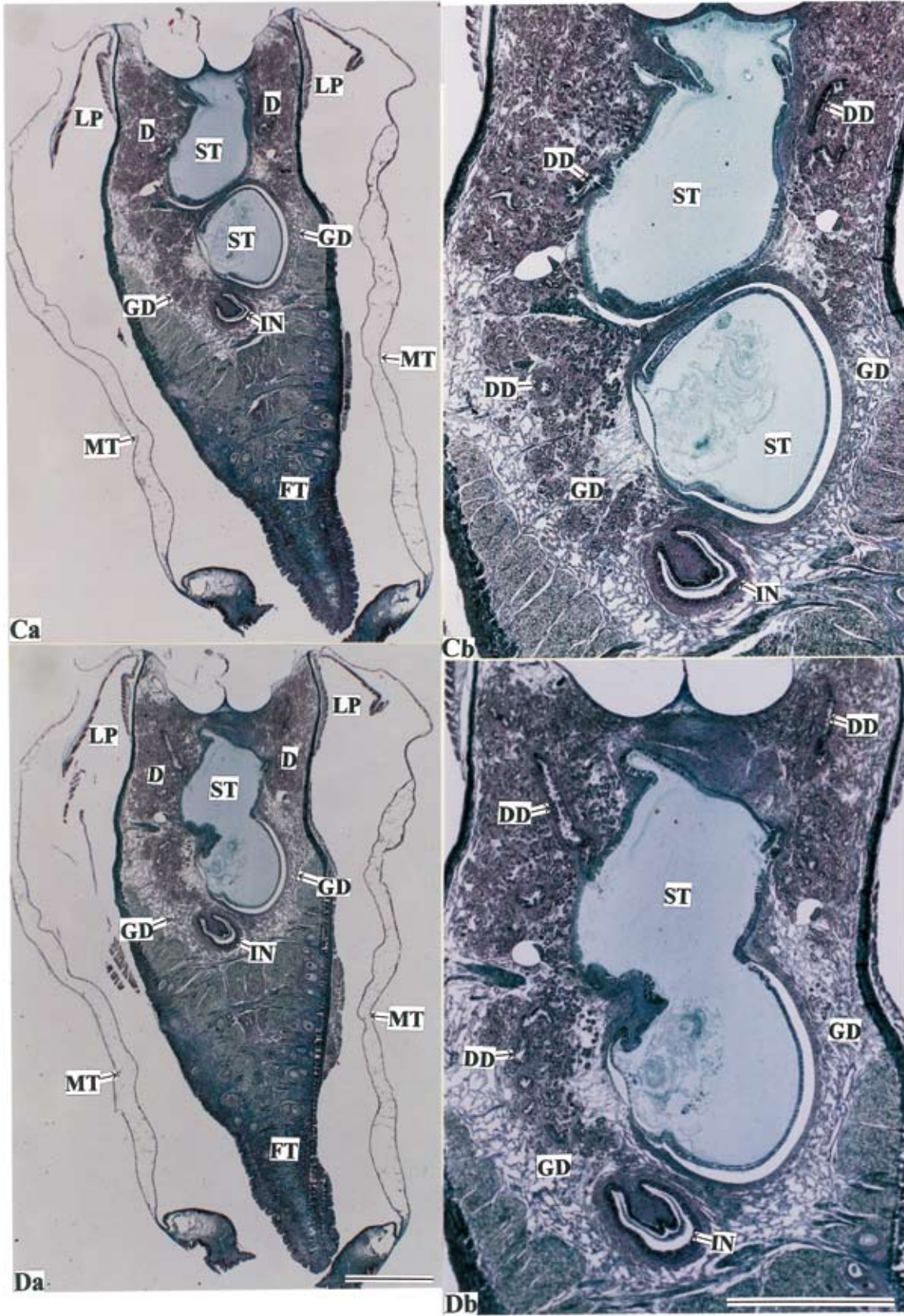
**Fig. 3.** Vertical sections of the soft part of the Half-crenated ark. a, whole surface of the soft part ; b, magnified view of the digestive organ in a; D, digestive diverticula ; DD, duct ; IN, intestine ; AD, aductor muscle ; CT, ctenidium ; FT, foot ; MT, mantle ; GD, gonad ; OS, oesophagus ; ST, stomach; LP, labial pulp. Bars=100  $\mu$ m..



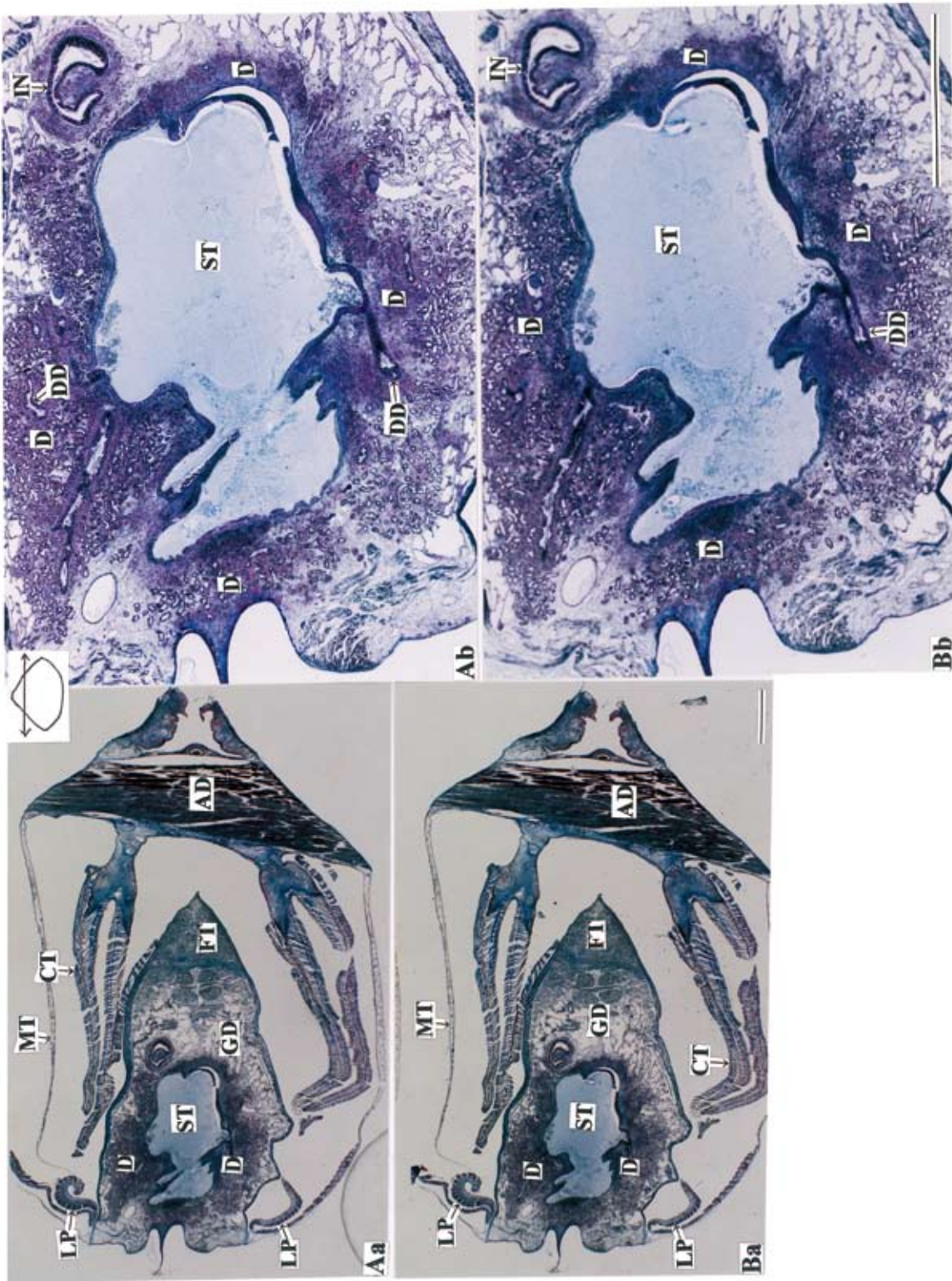


**Fig. 4.** Longitudinal sections of the soft part of the Half-crenated ark. a, whole surface of the soft part ; b, magnified view of the digestive organ in a ; D, digestive diverticula ; DD, duct ; IN, intestine ; FT, foot ; MT, mantle ; GD, gonad ; OS, oesophagus ; ST, stomach ; LP, labial pulp. Bars=100  $\mu$ m.



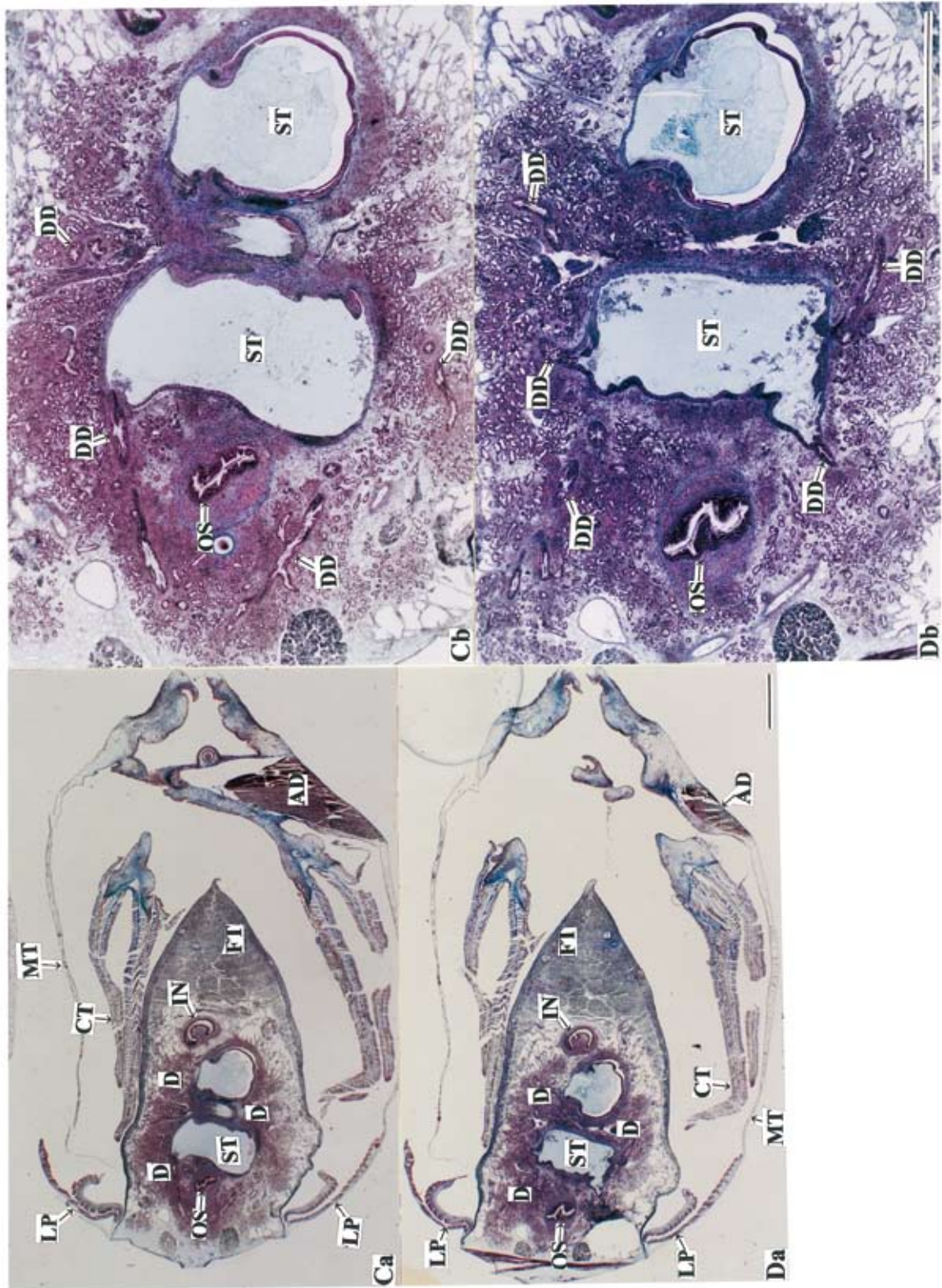




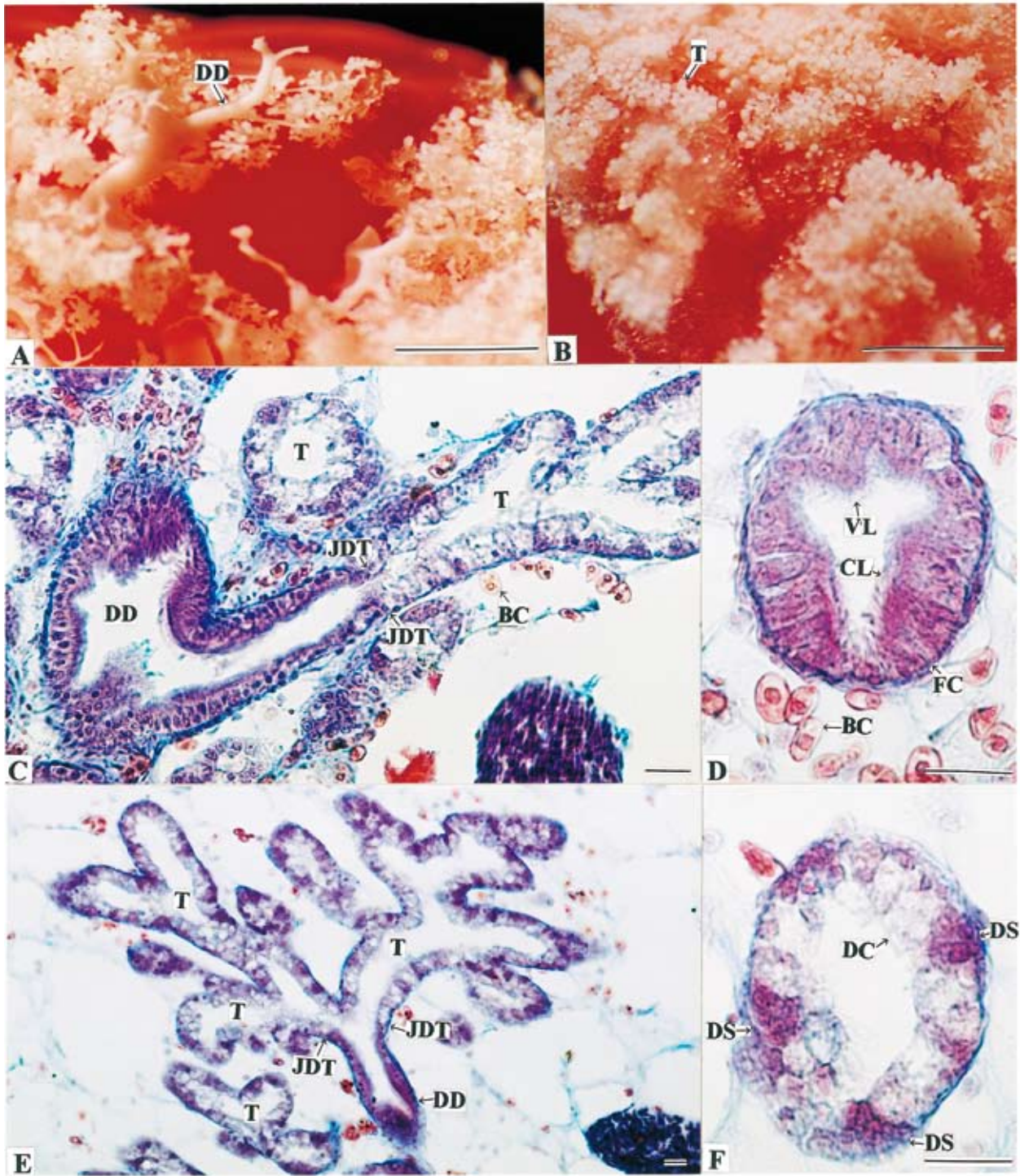


**Fig. 5.** Horizontal sections of the soft part of the Half-crenated ark. a, whole surface of the digestive organ in a; D, digestive diverticula; DD, duct; IN, intestine; AD, aductor muscle; CT, ctenidium; FI, foot; MT, mantle; GD, gonad; ST, stomach; LP, labial pulp. Bars=100  $\mu$ m.









**Fig. 6.** Corrosion cast replicas (A, B) and Azan stained sections (C, D, E, F) of the duct and tubule of digestive diverticula of the Half-crenated ark. DD, duct; T, tubule; DC, digestive cell; DS, darkly staining cell; FC, flagellated cell; JDT, junction of a duct with tubule; CL, cilium; VL, villus; BC, red blood cell. Bars in A and B=100  $\mu$ m, Bars in C, D, E and F=10  $\mu$ m