

ブドウガイの中腸腺の構造

山元憲一^{1†}・半田岳志¹

Structure of digestive diverticula in the Japanese paper-bubble, *Haloa japonica* (Gastropoda : Opisthobranchia : Cephalaspidea)

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

Abstract : The corrosion resin-casts and the tissue preparations (Azan staining) of the digestive diverticula in the Japanese paper-bubble, *Haloa japonica*, were observed. The digestive diverticula were located around the stomach except on the dorsal side. Three ducts were located at each orifice of the stomach. The duct did not ramify. Three thick tubules which resembled a duct of digestive diverticula extended to the end of the each duct and were branching out. Thin tubules extended from the walls of the three thick tubules. The observations revealed that the structure of the digestive diverticula in the Japanese paper-bubble (Opisthobranchia : Cephalaspidea) closely resemble that of Prosobranchia (Vetigastropoda).

Keywords : Gastropoda; Japanese paper-bubble; Corrosion cast; Digestive diverticula; 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⁾。山元ら⁹⁻²¹⁾は、半重合メチルメタクリレートを使って中腸腺の鑄型標本作製する方法を確立させ、腹足綱では前鰓亜綱に分類される古腹足目のクロアワビ *Haliotis discus discus*、サザエ *Turbo cornutus*、盤足目のマルタニシ *Cipandogobaldina chinensis*、ツメタガイ *Glossaulax didyma* および新足目のアカニシ *Rapana venosa* について、二枚貝綱では、イガイ目のチレニアイガイ *Mytilus galloprovincialis* およびリシケタイラギ *Atrina (Servatrina) lischkeana*、ウグイスガイ目のアコヤガイ *Pinctada fucata martensii*、カキ目のマガキ *Crassostrea gigas*、マルスタレガイ目のアゲマキガイ *Sinonovacula constricta*、ハマグリ *Meretrix lusoria* およびアサリ *Ruditapes philippinarum* について明らかにし

ている。しかし、腹足綱の後鰓亜綱については調べられていない。

そこで、腹足綱の中腸腺の構造を明らかにする目的で、後鰓亜綱頭楯目ブドウガイ上科のブドウガイ *Haloa japonica* の中腸腺の構造を調べた。なお、分類は波部ら²²⁾、首藤²³⁾ および奥谷²⁴⁾ に従った。

材料および方法

実験には、体重 1.44 ± 0.13 g (平均値 \pm 標準偏差、以下同様に表す)、殻長 15.5 ± 1.4 mm、殻幅 10.8 ± 0.8 mm のブドウガイ 30 個体を用いた。ブドウガイは、水産大学の屋外の水槽 (20 ton) で自生していたものを飼育し、取り上げて 2 週間以上絶食させ、約 0.4 M/l の塩化マグネシウム水溶液²⁵⁾ に 1–3 時間浸漬して体を伸展させた後、実験に供した。

鑄型 鑄型は、Handa and Yamamoto⁹⁾ に準じて、主剤

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)

(MERCOX CL-2R, 応研商事株式会社) 3 ml 当りに硬化剤 (MERCOX 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) を用いて作成した。まず、先端近くを膨らませたポリエチレン細管 (外径約 1 mm, 長さ 20 cm, Hibiki No. 3) に海水を満たし、口から約 2 mm 挿入し、プラスチックシリンジ (5 ml, Top) で約 1 ml の樹脂を注入した。注入後、水に浸漬して樹脂を硬化させた後、20% 水酸化ナトリウム水溶液に浸漬して肉質部を溶かし、殻を除去して水洗した。

断面像 断面像は、Davidson 液²⁶⁾ で 2～3 週間固定し、殻を溶かした後、胃の部分を中心に切開して、実体顕微鏡 (M420, LEICA) を用いて観察した。

組織像 組織像は、前記と同様に固定した後、常法に従って 1 個体丸ごとのパラフィン切片 (10 μm) を作成し、アザン染色して観察した。

結 果

中腸腺は、ブドウガイが体を大きく伸展させて活動している場合 (Fig. 1A) でも、殻内に収まる部位に位置していた (Figs. 1, 2)。また、中腸腺は、胃の腹側の噴門部から食道部にかけて、および幽門から腸にかけての左右の 3 つの部位に分かれて展開しており、胃の背側には展開していないことが鋳型標本から確認された (Figs. 2, 3)。中腸腺の導管は、胃の噴門近くに 1カ所、および幽門近くの左右 2カ所の合計 3カ所からそれぞれ 1本ずつ出ている (Fig. 3)。組織像から、3本の導管はいずれも比較的短く、胃から出た後枝分かれせず、その末端は中腸腺細管に繋がっていた (Figs. 2-4)。中腸腺細管は、導管の側壁の所々および導管の末端から伸びていた (Fig. 4)。それぞれの中腸腺細管は、導管から延びた後枝分かれして、中腸腺全体に展開していた (Figs. 2-4)。中腸腺細管の細胞は、アザン染色で青く染まる消化細胞と赤く染まる暗細胞が認められ、暗細胞は Crypt 様構造の部位に位置していた (Fig. 4)。

考 察

中腸腺は腹足綱や二枚貝綱ではいずれも胃を囲むようにして存在するとされている^{7, 18)}。しかし、鋳型、組織像および胃を中心とした断面像をみると、古腹足目のクロアワビやサザエ、盤足目のマルタニシやツメタガイ、新腹足目

のアカニシでは中腸腺は胃を完全に取り囲んでおらず、胃の背側は中腸腺が展開していない¹⁰⁻¹⁴⁾。鋳型をみると、中腸腺は古腹足目のクロアワビでは 3つ、サザエでは 1つ、盤足目のマルタニシでは 2つ、ツメタガイでは 1つ、新腹足目のアカニシでは 2つに大きく分かれて胃を中心として展開している¹⁰⁻¹⁴⁾。ブドウガイでも同様に、胃の背側は中腸腺に覆われていなかった。クロアワビ¹⁰⁾と同様に中腸腺は胃を中心として 3つに分かれて展開していた。

腹足綱の中腸腺は導管が 1本ずつまたは一箇所から複数出る形で胃と繋がっているとされている²⁷⁾。Purchon²⁻⁴⁾は、中腸腺の導管が胃壁に開口している部位を、それぞれの導管が 1本ずつ直接胃壁に開口しているところ (Orifice) と数本の導管が 1箇所の胃壁の湾入したところに開口しているところ (Embayment) の 2つの型に分けている。腹足綱の古腹足目では、クロアワビの導管は胃の 3箇所の Orifice からそれぞれ 1本ずつ、サザエでは 1箇所の Embayment から数本が出ている^{10, 11)}。腹足綱の盤足目のタマキビ科の *Littorina littorea* では 1箇所の Orifice から 1本、シラタマガイ科の *Trivia monacha* では 2箇所の Orifice から 1本ずつ出ている様子が図示されている²⁸⁾。同じ盤足目のツメタガイでは 1箇所の Orifice から 1本、マルタニシでも 1箇所の Orifice から 1本出ている^{12, 13)}。ブドウガイでは、3箇所の Orifice から 1本ずつ出ている。

導管が胃から中腸腺細管へ進むに従って枝分かれを繰り返して細くなる構造は、二枚貝綱、原鰓類の Nuculidae、等糸鰓類および真弁鰓類について図示されている⁵⁾。マガキ、アコヤガイ、クロアワビ、サザエ、ツメタガイ、アカニシおよびマルタニシでも、そのような中腸腺の枝分かれの様子が鋳型標本で示されている^{10-14, 17, 18)}。ブドウガイでも、鋳型標本からみると、同様な枝分かれの様子が確認された。しかし、組織像からみると、マガキやアコヤガイなどの二枚貝綱では、中腸腺は導管が枝分かれを繰り返してそれらの末端に中腸腺細管の小さな室が連なったもので^{17, 18)}、腹足綱盤足目のツメタガイや新腹足目のアカニシでも中腸腺は導管が枝分かれしている^{13, 14)}。一方、腹足綱古腹足目のクロアワビやサザエおよび盤足目のマルタニシでは、導管が枝分かれしたものではなく、中腸腺細管が枝分かれした結果前者と同様の外観を示している^{10, 11, 12)}。腹足綱頭楯目のブドウガイでも、後者と同様に中腸腺細管が枝分かれしたものであった。一方、導管が胃から延びる形態は、サザエ (Embayment 構造)¹¹⁾とブドウガイ (Orifice 構造) では異なっていたが、ブドウガイの中腸腺細管は、サザエ¹¹⁾と同様で、導管の側壁とその

先端から出て、分岐した構造を示していた。

Nakazima⁷⁾は中腸腺細管の形態を、大きな萎んだ袋状を呈する単軸分岐型と枝分かれを繰り返す又状分岐型、二次導管の先端に中腸腺細管の小室が1～数个連結した単分岐型の大きく3つに分けている。山元ら¹⁰⁻¹⁴⁾は、中腸腺細管を、腹足綱古腹足目のクロアワビは単軸分岐型、同じ古腹足目のサザエと盤足目のマルタニシは又状分岐型、盤足目のツメタガイと新腹足目のアカニシは単分岐型であるとしている。後鰓亜綱頭楯目のブドウガイは、前鰓亜綱新腹足目よりも二枚貝類に近いところに位置していると記載されている²⁴⁾が、古腹足目のサザエおよび盤足目のマルタニシと同様な又状分岐型を示していた。

二枚貝綱では、中腸腺細管を構成する細胞は消化細胞と暗細胞から成っており⁸⁾、暗細胞は真弁鰓類では crypt 様構造に局在し、*Nucula sulcata* (原鰓類)、ムラサキガイ *Mytilus edulis* (等糸鰓類) やアコヤガイ *Pinctada fucata martensii* (擬弁鰓類) では中腸腺細管に散在している¹⁷⁾。古腹足目のクロアワビやサザエでも、前者と同様に Crypt 様構造に局在している^{10,11)}。盤足目のツメタガイやマルタニシでは、中腸腺細管は消化細胞で内面が構成され、暗細胞が確認されていない^{12,13)}。後鰓亜綱頭楯目のブドウガイでは、前者のクロアワビやサザエと同様に、暗細胞は Crypt 様構造に局在していた。

以上のことから、後鰓亜綱頭楯目のブドウガイの中腸腺は、前鰓亜綱古腹足目に近い構造を示すことが明らかとなった。

要 約

ブドウガイの中腸腺の構造を鋳型および組織像から調べた。導管は、胃壁の3箇所から1本ずつ延びていた。中腸腺細管は太く、短い導管の先端およびその側壁から出た後、分岐を繰り返す又状分岐型の構造を示していた。結果から、後鰓亜綱のブドウガイの中腸腺は、前鰓亜綱古腹足目に近い構造を示すと判断した。

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) 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 U K*, 14, 295-386 (1926)
- 9) 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)
- 10) 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, 105-116 (2005)
- 11) 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, 71-89 (2007)
- 12) 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, 149-159 (2007)
- 13) 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, 91-99 (2007)
- 14) 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, 101-114 (2007)
- 15) 山元憲一・半田岳志 : ムラサキガイの中腸腺の構造. 水大校研報, 57, 71-80 (2008)
- 16) 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, 71-80 (2008)
- 17) 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, 31-43 (2004)
- 18) 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, 71-80 (2003)

- 19) 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, 195-207 (2009)
- 20) 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, 209-218 (2009)
- 21) 山元憲一・半田岳志：アサリの中腸腺の構造. 水大校研報, 58, 113-133 (2009)
- 22) 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)
- 23) 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, pp217-269 (1994)
- 24) 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)
- 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.
- 27) 岩田文男：前鰓類. 動物系統分類学5 (下) 軟体動物 (II) (内田亨・山田真弓監修). 中山書店, 東京, pp. 7-168 (1999)
- 28) Graham A : The molluscan stomach. *Trans Roy Soc Edinburg*, 61, 737-778 (1949)

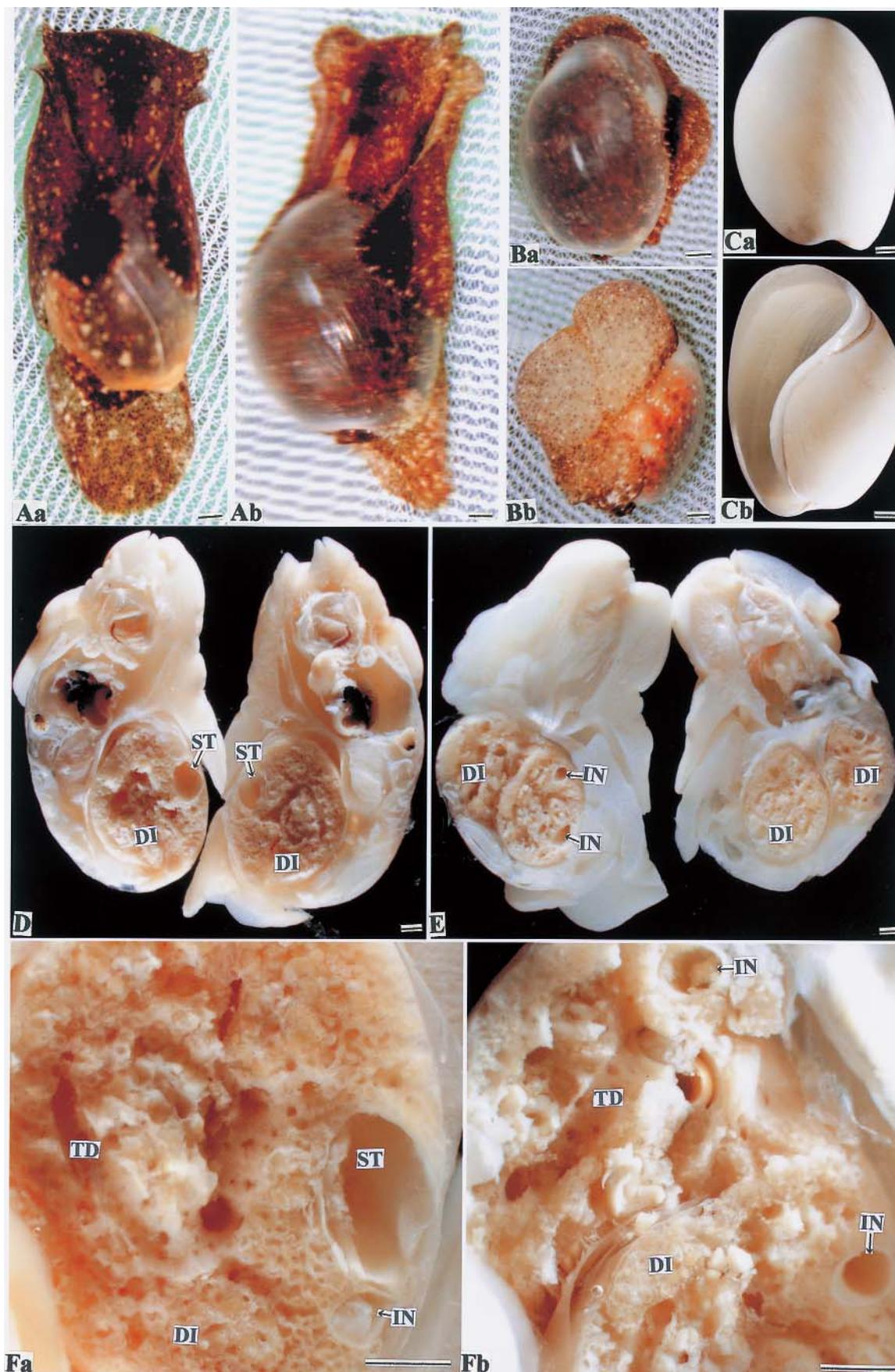


Fig. 1. Exterior view (A and B), shell (C) and vertical section of the body (D, E and F) of the Japanese paper-bubble, *Haloa japonica*. Aa, Ba, Ca, dorsal view; Ab, lateral view; Bb, Cb, ventral view; Fa, right view; Fb, left view; ST, stomach; DI, digestive diverticula; ST, stomach; IN, intestine; TD, tubule which resembled a duct of digestive diverticula. Bars = 1 mm.

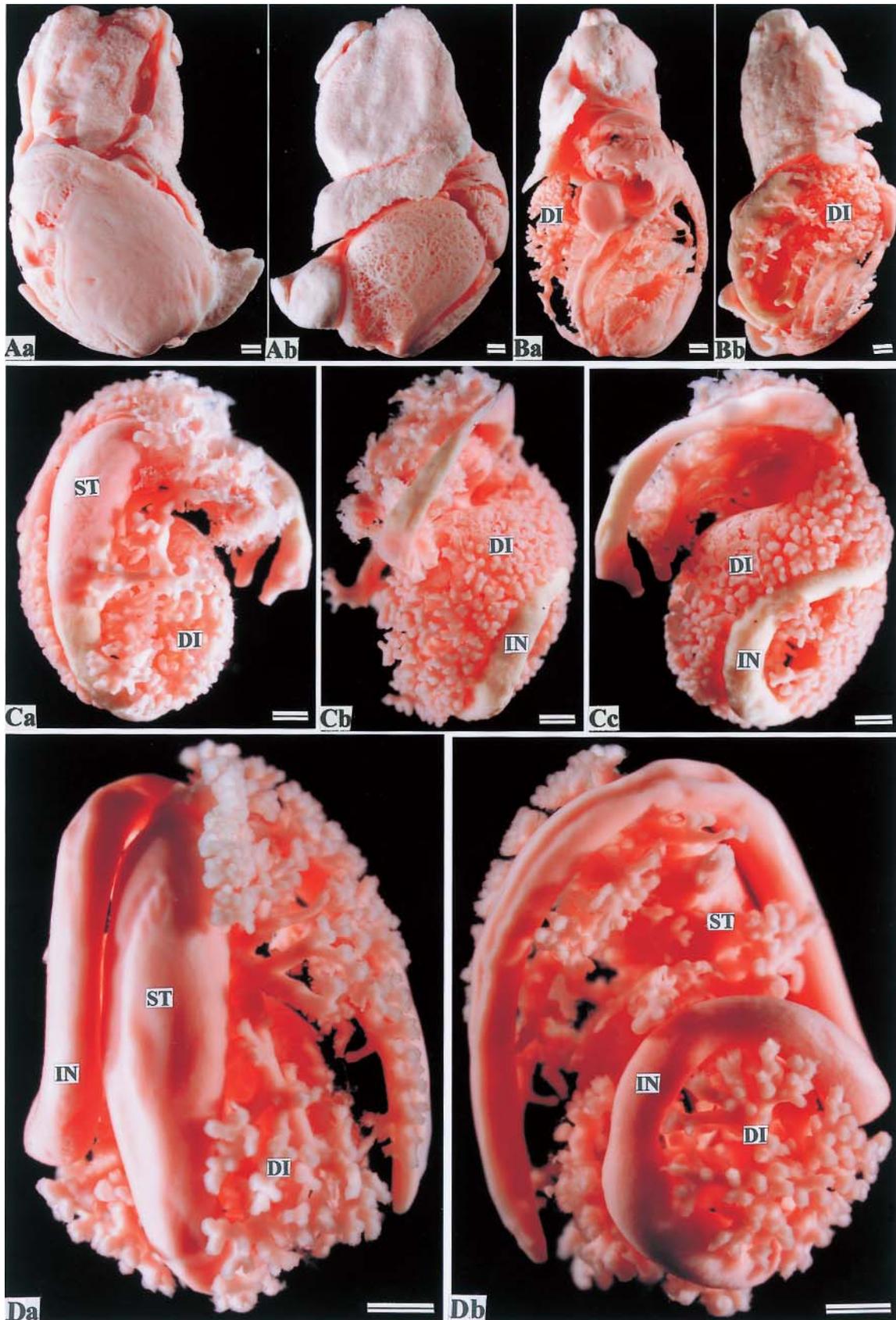


Fig. 2. Corrosion cast of the digestive organ of the Japanese paper-bubble. Aa, Ba, Ca, Da, dorsal view; Ab, Bb, Cc, Db, ventral view; Cb, lateral view (right); DI, digestive diverticula; ST, stomach; IN, intestine. Bar = 1 mm.

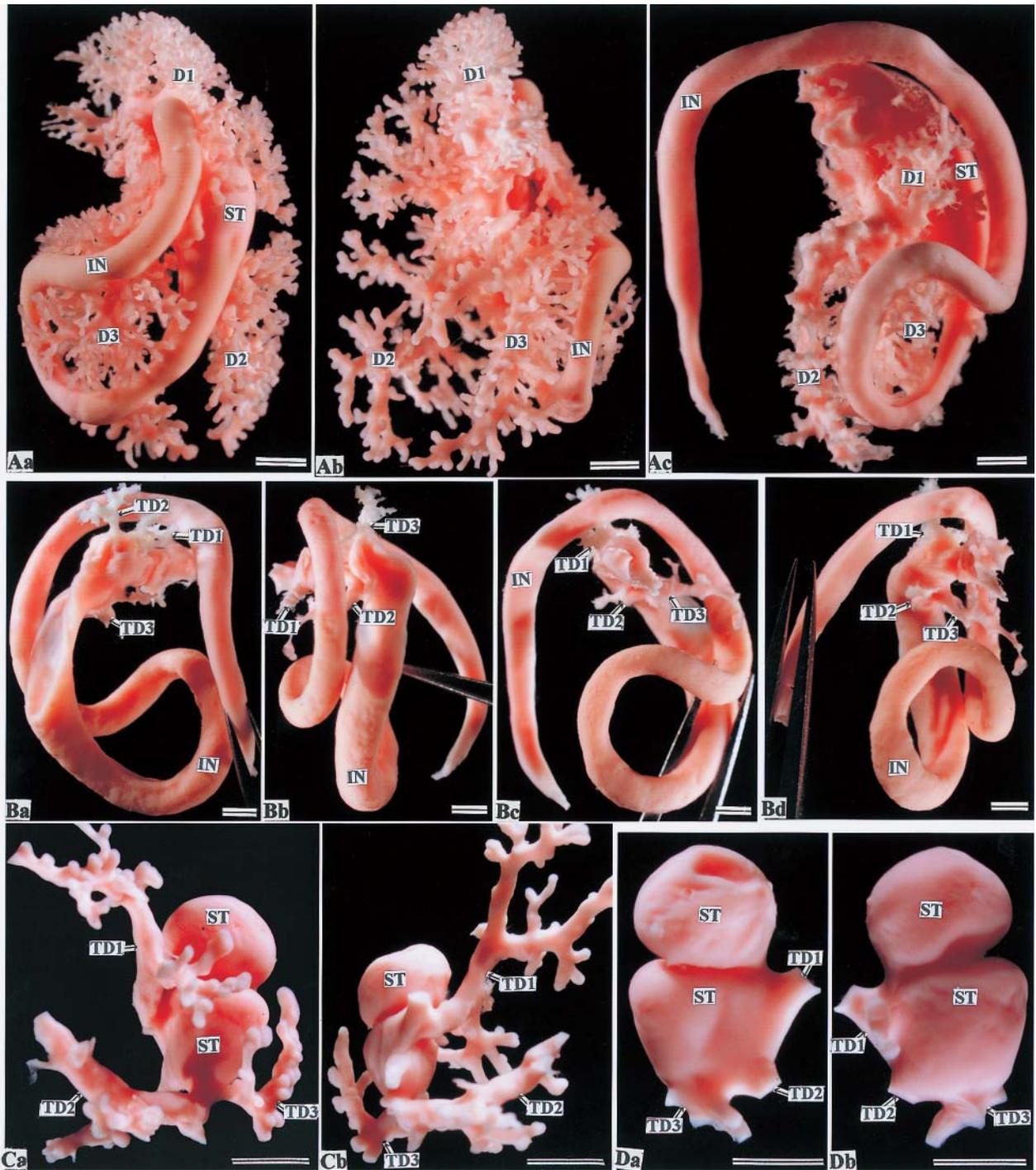


Fig. 3. Corrosion cast of the digestive organ of the Japanese paper-bubble. Aa, Bb, Cb, Da, dorsal view; Ab, Ba, lateral view (left); Ac, Bc, Bd, Ca, Db, ventral view; D1, D2, D3, digestive diverticula; TD1, TD2, TD3, tubule which resembled a duct of digestive diverticula; ST, stomach; IN, intestine. Bars = 1 mm.

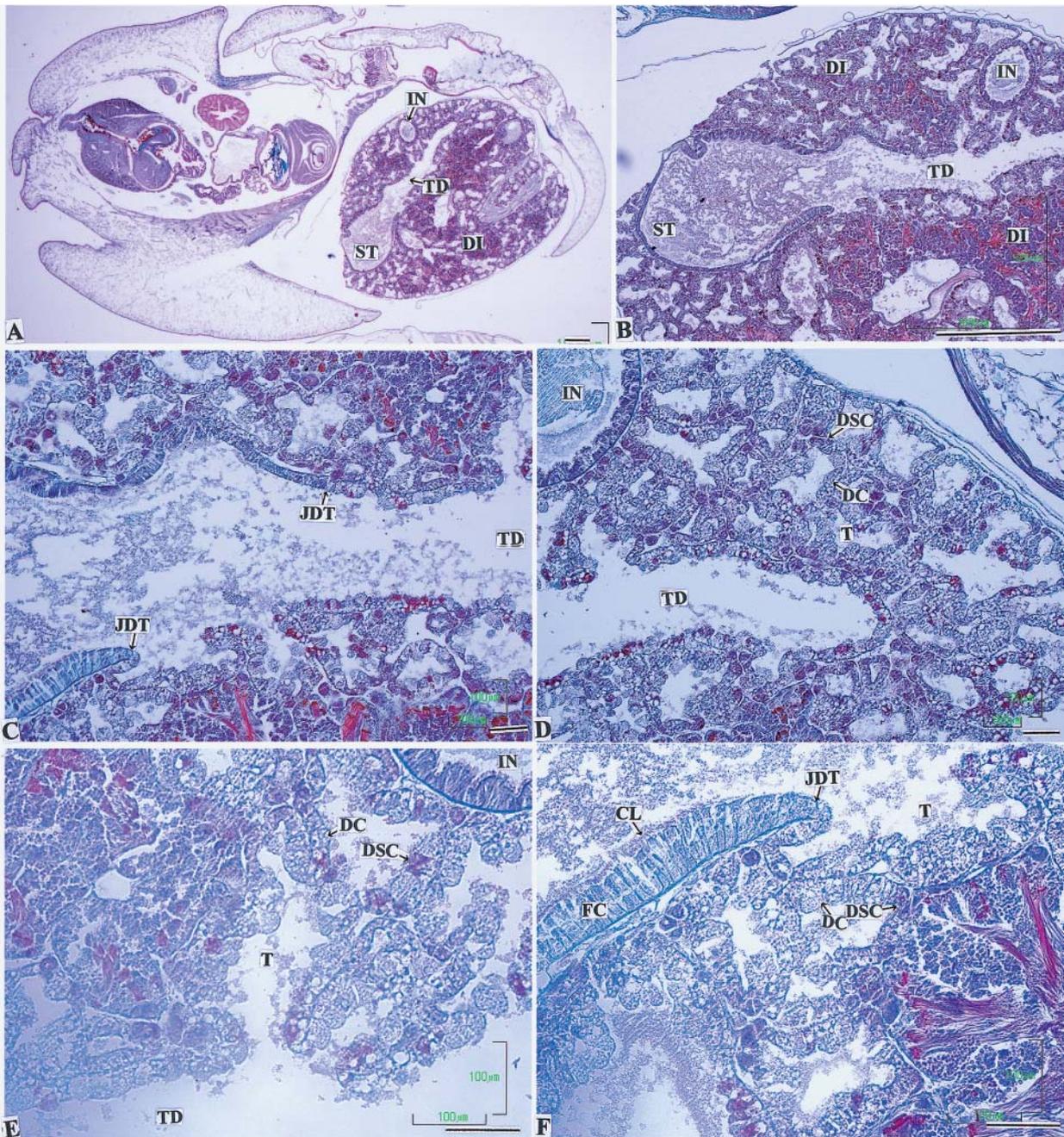


Fig. 4. Digestive diverticula of the Japanese paper-bubble. A, vertical section of the body; B, vertical section of the digestive organ; C-F, magnified view of the digestive diverticula; ST, stomach; IN, intestine; DI, digestive diverticula; TD, tubule which resembled a duct of digestive diverticula; T, tubule; DC, digestive cell; DSC, darkly stained cell; JDT, junction of the duct with a tubule; CL, cilium; FC, fragelated cell. Azan staining. Bars in A and B = 1 mm, and bars in C-F = 100 μ m.