

マテガイの中腸腺の構造

山元憲一[†]・半田岳志

Structure of the Digestive Diverticula of the Japanese Razor-clam, *Solen strictus* (Mollusca : Bivalvia : Heterodonta = Eulamellibranchia : Veneroidea)

Ken-ichi Yamamoto[†] and Takeshi Handa

Abstract : The corrosion resin-casts and the tissue preparations of the digestive diverticula (Azan staining) of the Japanese razor-clam, *Solen strictus* were observed. The resin-casts were made of the prepolymerization methyl methacrylate (MercoxCL-2R) containing 10 % Mercox MA. The digestive diverticula developed between the intestine and the oesophagus in the ventral side of stomach. After extending from the stomach, the intestine with complicated spiral structure descended lengthways in the central space of the foot and ascended lengthways in the abdomen. The style-sac separating from the intestine extended from the stomach into the central space of the foot. The origins of the ducts opened at 2 embayments on the stomach near the esophageal region. Each tubule separately extended at the end of the duct.

Key words : Japanese razor-clam; Corrosion resin-cast; Digestive diverticula; Embayment; Duct; Tubule

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⁾、またゼラチンによる鋳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かった。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、中腸腺および腸の立体構造をフネガイ目のサルボウガイ *Scapharca kagoshimensis*¹⁴⁾、イガイ目(等糸鰓類)のムラサキイガイ *Mytilus galloprovincialis*¹⁵⁾、イガイ目で擬弁鰓型のリシケタイラギ *Atrina (Servatrina) lischkeana*¹⁶⁾、ウグイスガイ目(擬弁鰓目)のアコヤガイ *Pinctada fucata martensii*¹⁷⁾ およびクロチョウガイ *Pinctada margaritifera*¹⁸⁾、カキ目で擬弁鰓型のマガキ *Crassostrea gigas*¹⁹⁾、異歯亜綱(真弁鰓類)のマルスダレガイ目マルスダレガイ科のハマグリ *Meretrix lusoria*²⁰⁾ およびアサリ *Ruditapes philippinarum*²¹⁾、マルスダレガイ目ナタマメガイ科のアゲマキガイ *Sinonovacula*

*constricta*²²⁾ について明らかにしてきた。

本研究では、マルスダレガイ目マテガイ科のマテガイ *Solen strictus* を用いて、鋳型、固定標本を切開した断面像およびパラフィン切片の観察から胃、中腸腺および腸の構造を調べたので報告する。なお、分類は波部ら²³⁾、首藤²⁴⁾ および奥谷²⁵⁾ に従った。

材料および方法

実験には、水産大学校田名臨海実験実習場近くの干潟で採取した殻長 105±4 mm (平均値±標準偏差) のマテガイ 60 個体を用いた。マテガイは、入手後、粒子 (0.5μm 以上) を除去した海水の注水 (1 l/min) 下で 3~7 日間絶食させた後実験に供した。

鋳型 鋳型は、Handa and Yamamoto²⁶⁾ に準じて、主剤 (MERCOS CL-2R, 応研商事株式会社) 3 ml 当り硬化剤

2011 年 8 月 8 日受付. Received August 8, 2011

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

(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) を用いて作成した。まず、マテガイを約 0.4 M/l の塩化マグネシウム水溶液²⁷⁾ に約 20 分間浸漬して殻を開け、食道へポリエチレン細管 (外径約 1 mm, 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²⁸⁾ 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、Davidson 液²⁸⁾ で固定後、常法に従ってパラフィン切片 (10 μ m) を作成し、アザン染色して行った。

結 果

中腸腺は、水管から足の先端まで細長く伸びている体のほぼ中央付近に位置し、胃の腹部に食道と腸に挟まれるようにして展開していた (Figs. 1-9)。腸は、胃から出た後、複雑な螺旋構造を示して足の中央部の空所を下降し、再び腹部を上昇していた (Figs. 2-8)。晶桿体嚢は、腸と分離した形で胃から足の中央部の空所へ伸びていた (Figs. 7-12)。導管は、噴門近くの胃壁が大きく湾入して Embayment 構造^{4,6)} を示した左右の 2 箇所から上方へ 1 本と下方へ太く長い 1 本がそれぞれ出ている (Figs. 3, 5, 9)。Embayment 構造から出た導管は、枝分かれを繰り返して次第に細くなり (Figs. 10-12)、内面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、繊毛で覆われていた (Figs. 13-16)。中腸腺細管は導管の末端から直接 1 本ずつ出ている (Figs. 14-16)。その組織像は、アザン染色で青く染まる消化細胞 (Digestive cell) で囲まれ、陥入した部位 (Crypt 構造) には赤く染まった暗細胞 (Darkly staining cell) が確認された (Fig. 16)。

考 察

Yonge¹⁾ は、原鰓類、糸鰓類、真弁鰓類の中腸腺はいずれも胃を囲むようにして展開していると報告している。しかし、フネガイ目のサルボウガイ¹⁴⁾、イガイ目のムラサキガイ¹⁵⁾ やタイラギ¹⁶⁾、ウグイスガイ目のアコヤガイ¹⁷⁾ やカキ目のマガキ¹⁹⁾ では、中腸腺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を除いた胃の周囲に展開している。真弁鰓類マルスダレガイ目のハマグリ

²⁰⁾、アサリ²¹⁾ やアゲマキガイ²²⁾ では、サルボウガイ、ムラサキガイ、タイラギ、アコヤガイやマガキに比べて、腹側の狭い範囲に展開している。マテガイも同じマルスダレガイ目のハマグリ、アサリやアゲマキガイと同様に腹側の狭い範囲に展開していた。

二枚貝での食道、胃および腸を含めた消化管の内壁全体は繊毛で覆われていることが知られている³⁰⁾。マテガイの腸は、胃から出た後、複雑な螺旋構造を示して足の中央部の空所を下降し、再び腹部を上昇していた。このような構造から、マテガイでは、捕食した食物の運搬は消化管の内壁全体を覆っている繊毛の運動だけではなく、足の収縮・弛緩も利用していると推測される。

アコヤガイ¹⁷⁾ やその仲間である *Pinctada vulgaris*⁴⁾ では、導管が直接胃壁に開口している Orifices 構造^{4,6)} の 3 箇所と胃壁の湾入したところから複数の導管が出ている Embayment 構造^{4,6)} の 2 箇所から導管が出ている。ヒレシャコガイ²⁹⁾、ハマグリ²⁰⁾ やアサリ²¹⁾ では、Embayment 構造の 3 箇所から導管が出ている。アゲマキガイ²²⁾ では、Embayment 構造の 2 箇所から導管が出ている。マテガイでは、前記の種類と異なって、アゲマキガイと同様に Embayment 構造の 2 箇所から導管が出ている。

中腸腺細管は、糸鰓類の *Anadara subcrenata* や *Brachidontes senhousia* では導管の末端から出た後に枝分かれする型 (Simple branching type I) を、等糸鰓類や真弁鰓類では導管の末端に 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⁸⁾。マテガイでも真弁鰓類の特徴である type II の様相を示していた。

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¹⁾。このような暗細胞は、真弁鰓類では Crypt に存在していることが知られている²⁰⁾。マテガイでも中腸腺細管は真弁鰓類の特徴を示し、暗細胞を Crypt に備えている像が確認された。

要 約

マテ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、胃の腹部に食道と腸に挟まれるようにして展開していた。腸は、胃から出た後、複雑な螺旋構造を示して足の中央部の空所を長く下降し、再び腹部を長く上昇していた。晶桿体嚢は、腸と分離した形で胃から伸びていた。導管は、胃壁が大きく湾入した 2 箇所から出ている。中腸腺細管は導管の末端から 1 本ずつ独立して出ている。

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 U K*, **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**, 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**, 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**, 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**, 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**, 101-114 (2007)
- 14) 山元憲一・半田岳志: サルボウガイの中腸腺の構造. 水大校研報, **58**, 31-41 (2009)
- 15) 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**, 111-127 (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**, 43-56 (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: クロチョウガイの中腸腺の構造. 水大校研報, **59**, 39-52 (2010)
- 19) 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**, 95-104 (2003)
- 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) 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)
- 23) 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, 3-134 (1994)
- 24) 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, 217-269 (1994)
- 25) 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)
- 26) Handa T and Yamamoto K: Corrosion casting of the digestive diverticula of the pearl oyster, *Pinctada fucata martensii* (Mollusca: Bivalvia). *J Shell Res*, **22**, 777-779 (2003)
- 27) 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)
- 28) Bell T A and Lightner D V: A handbook of normal Penaeid shrimp history. World aquaculture society, USA, 2
- 29) 山元憲一・半田岳志: ヒレシヤコガイの中腸腺の構造. 水大校研報, **58**, 135-157 (2009)
- 30) 山元憲一・半田岳志: マベの鰓と唇弁および消化管の構造. 水大校研報, **59**, 93-120 (2011)

Short forms used in the figures

| | | |
|-----|------------------------------------|-------|
| AN | anus | 肛門 |
| CL | cilium | 絨毛 |
| CT | ctenidium | 鰓 |
| DC | digestive cell | 消化細胞 |
| DD | duct | 導管 |
| DI | digestive diverticula | 中腸腺 |
| DSC | darkly staining cell | 暗細胞 |
| EB | embayment | |
| E1 | left embayment | |
| E2 | right embayment | |
| EO | exhalant orifice | 出水口 |
| FC | flagellated cell | |
| FT | foot | 足 |
| JDT | junction of the duct with a tubule | |
| IN | intestine | 腸 |
| IO | inhalant orifice | 入水口 |
| LP | labial pulp | 唇弁 |
| MT | mantle | 外套膜 |
| OA | oral aperture | 口 |
| OS | oesophagus | 腸 |
| SBC | supra-branchial chamber | 鰓上腔 |
| SG | sorting gland | |
| SS | style-sac | 晶桿體囊 |
| ST | stomach | 胃 |
| T | tubule | 中腸腺細管 |

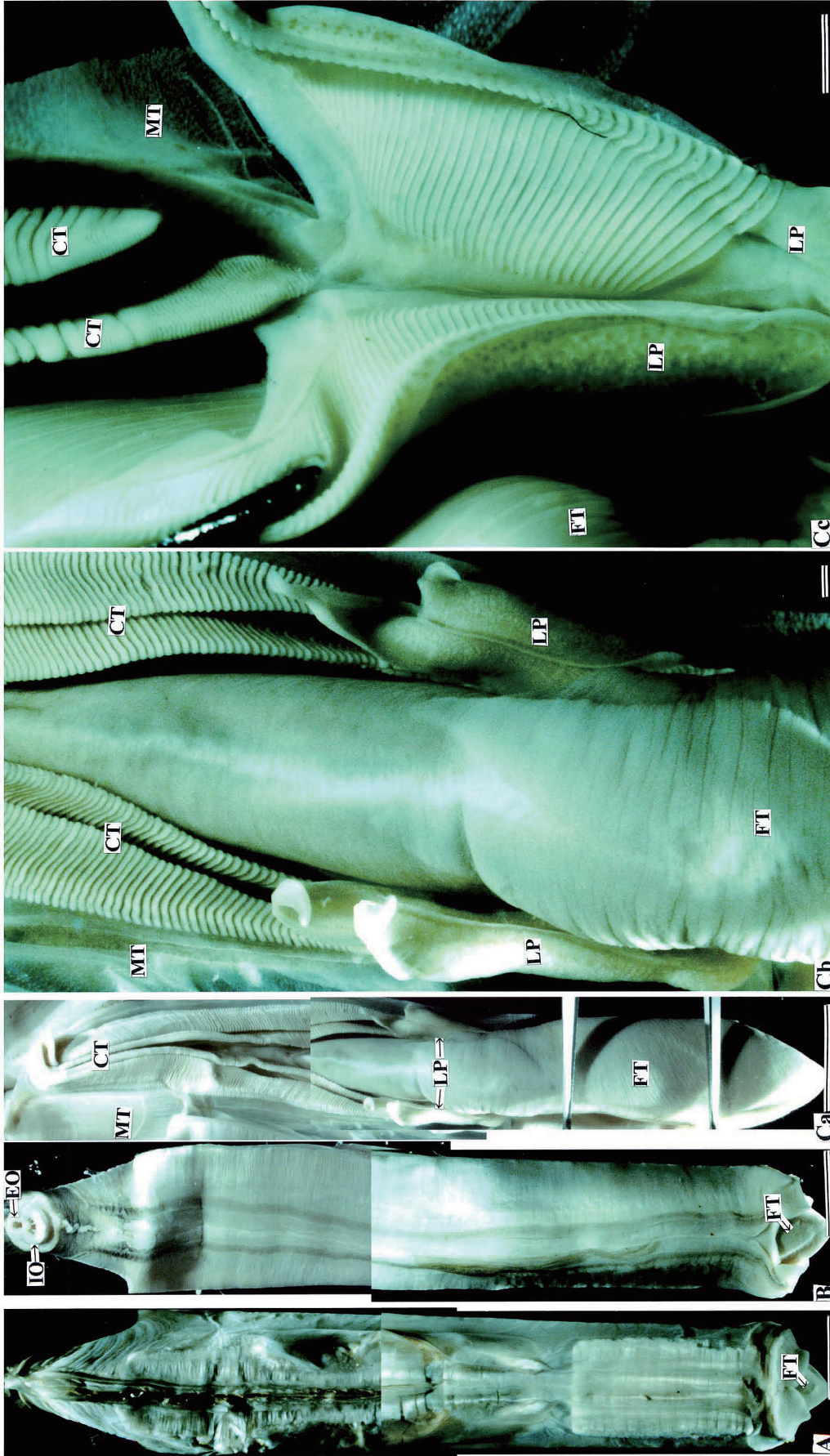


Fig. 1 Soft part of the body in the Japanese razor-clam, *Solen strictus*. A, dorsal view; B, ventral view; Ca, ventral views of foot, labial pulp and ctenidium; Cb, ventral views of foot, labial pulp and ctenidium; Cc, ventral views of labial pulp and ctenidium. Bars in A, B and Ca = 1 cm, Bars in Cb and Cc = 1 mm.

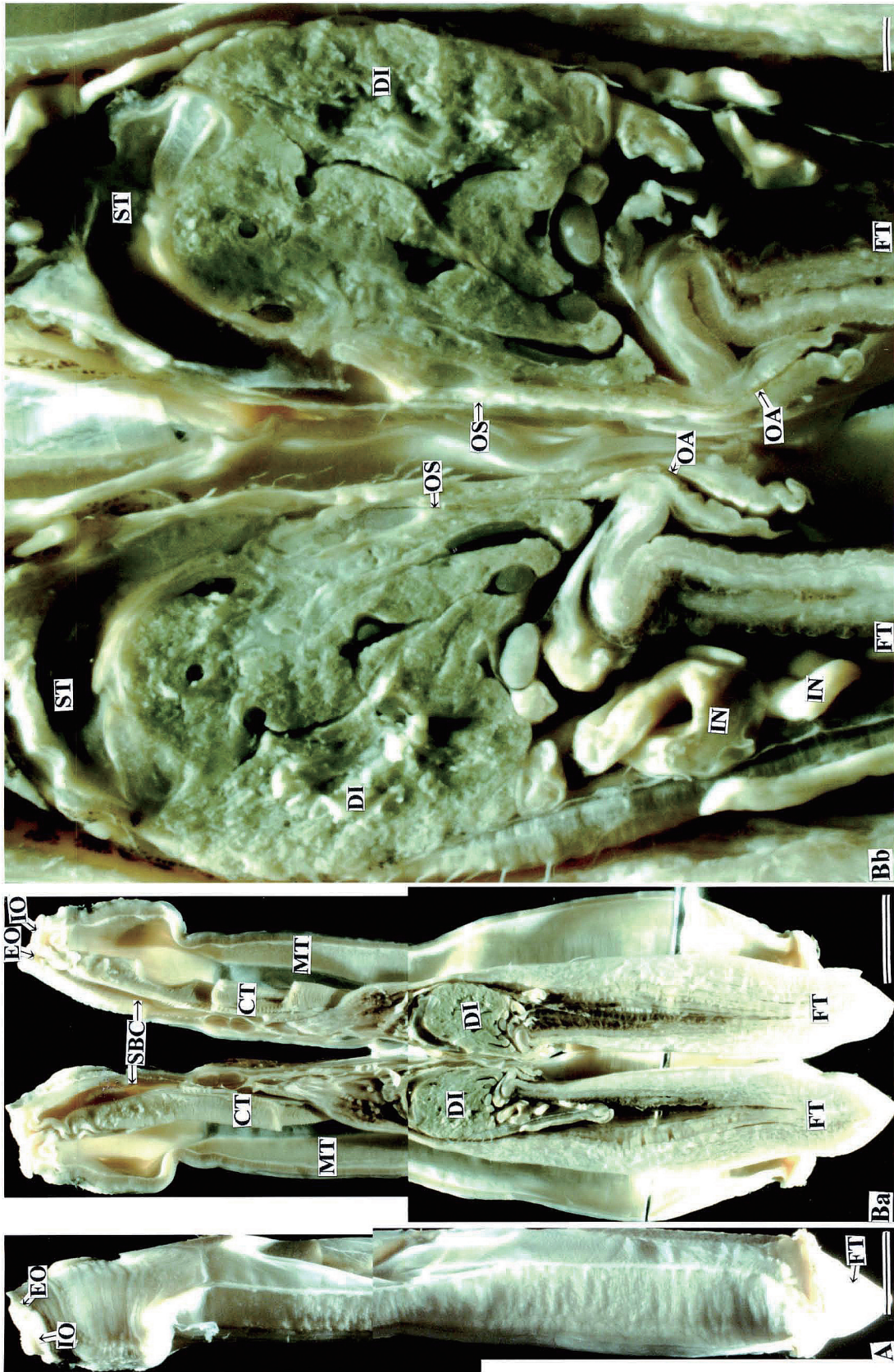


Fig. 2 Vertical-cutting views of the soft part in Japanese razor-clam. A, lateral view (left) of the soft part; Ba, Cross-section surface of the soft part; Bb, Cross-section surface of the digestive diverticula. Bars in A and Ba = 1 cm, Bar in Bb = 1 mm.

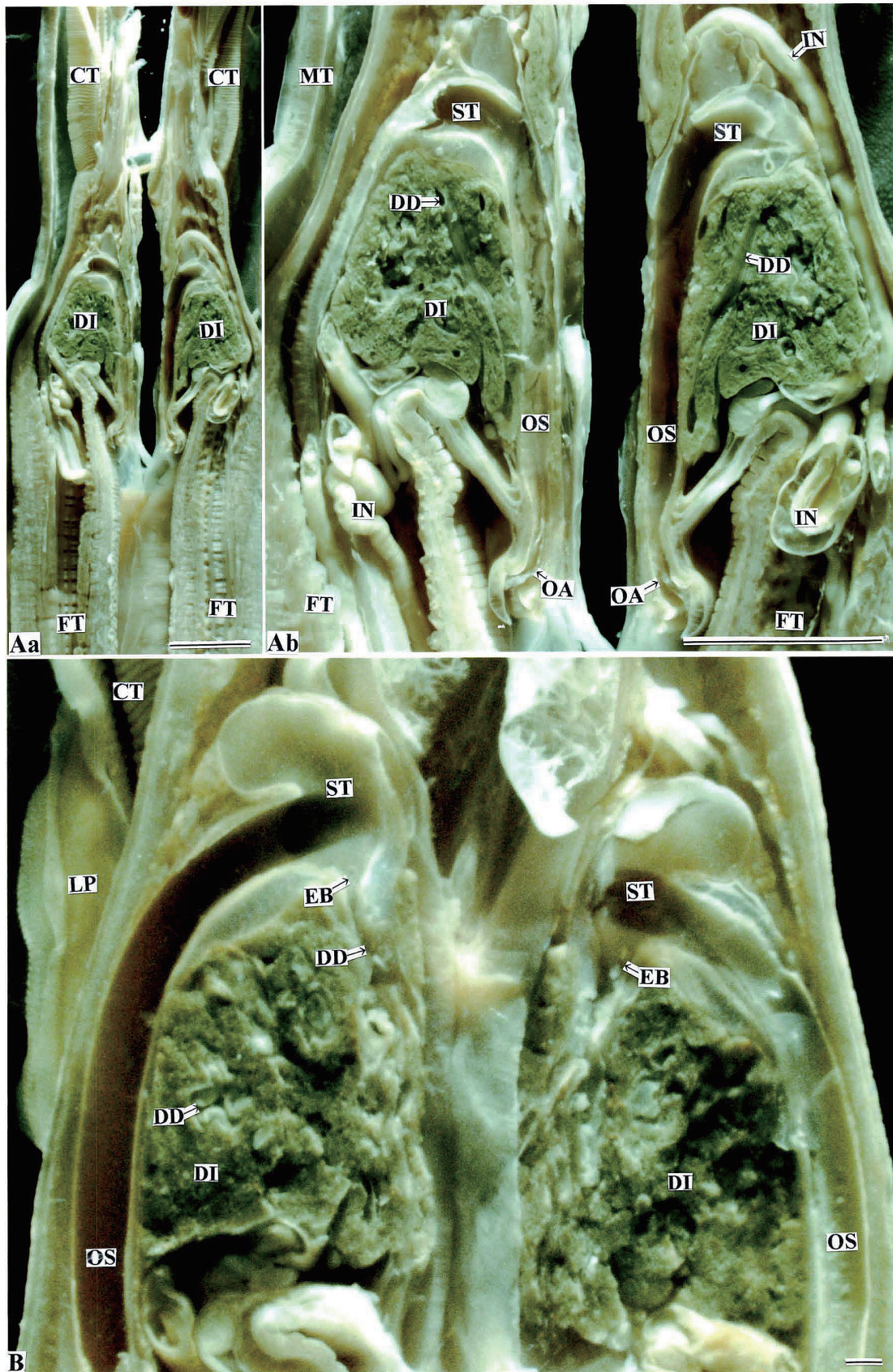


Fig. 3 Vertical-cutting views of the soft part in the Japanese razor-clam. Bars in Aa and Ab = 1 cm, Bar in B = 1 mm.

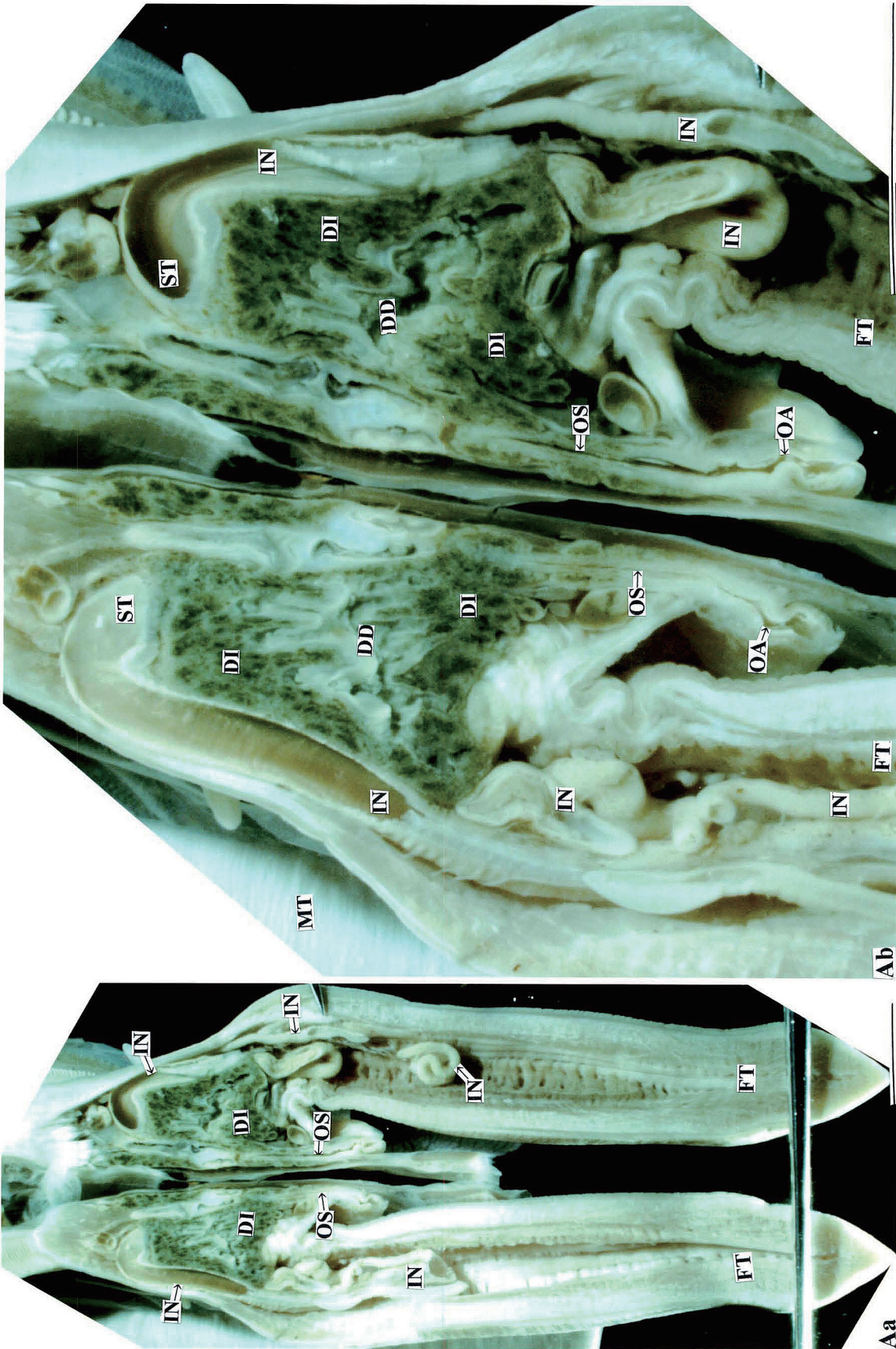


Fig. 4 Vertical-cutting views of the soft part in the Japanese razor-clam. Bars = 1 cm.

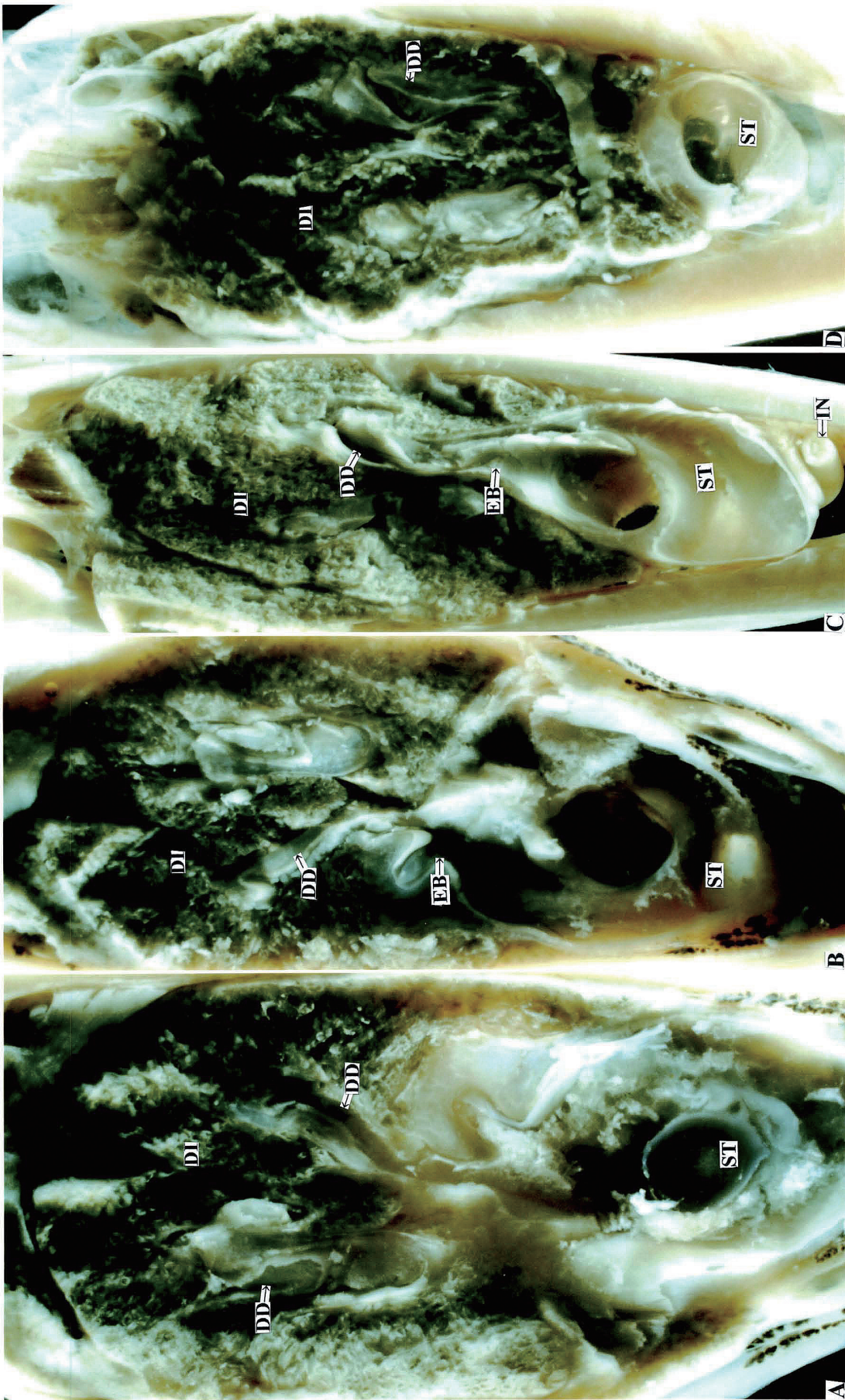


Fig. 5 Vertical-cutting views of the digestive diverticula in the Japanese razor-clam. Bar = 1 mm.

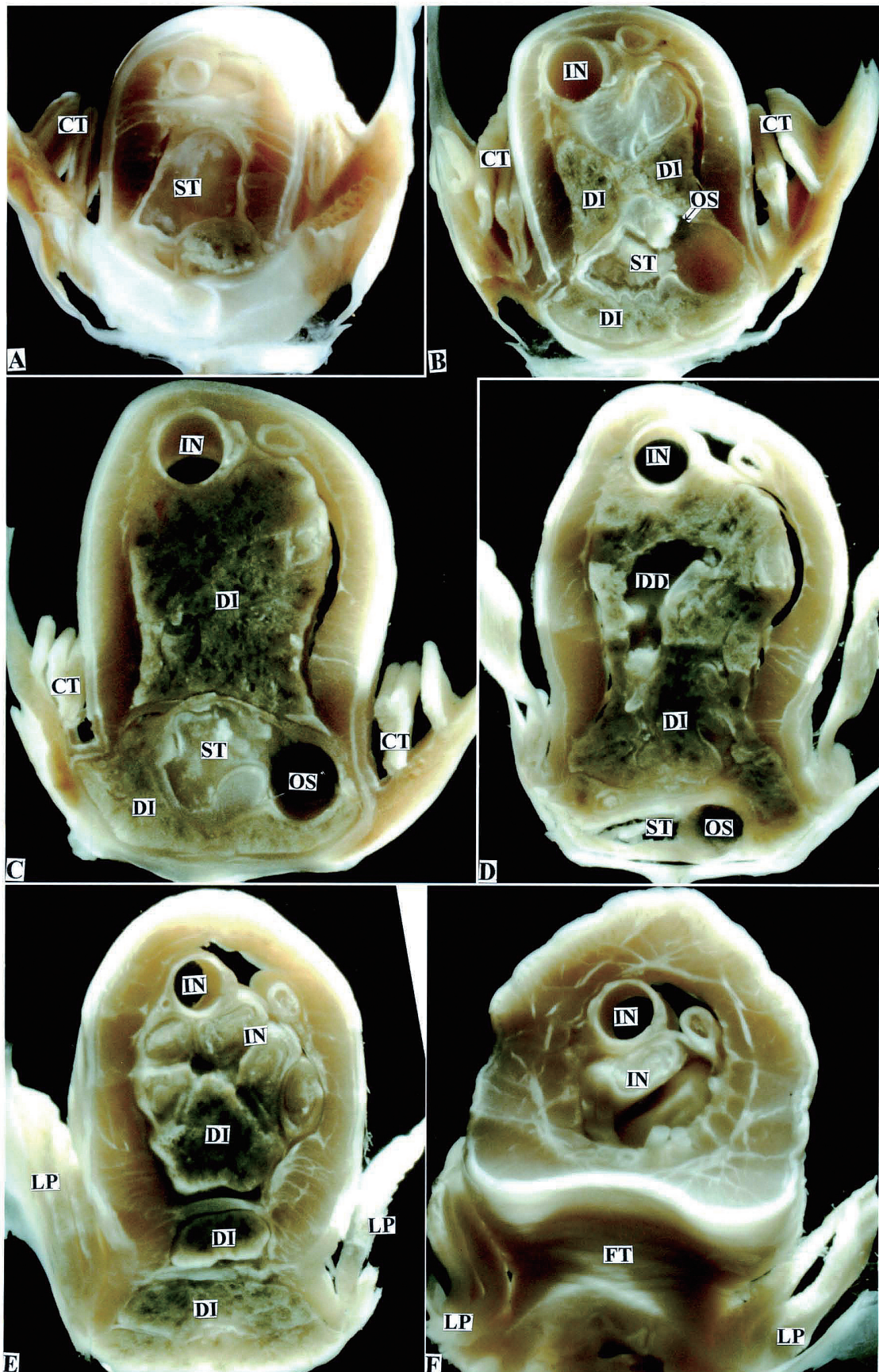


Fig. 6 Horizontal-cutting views of the digestive diverticula in the Japanese razor-clam. Bar = 1 cm.

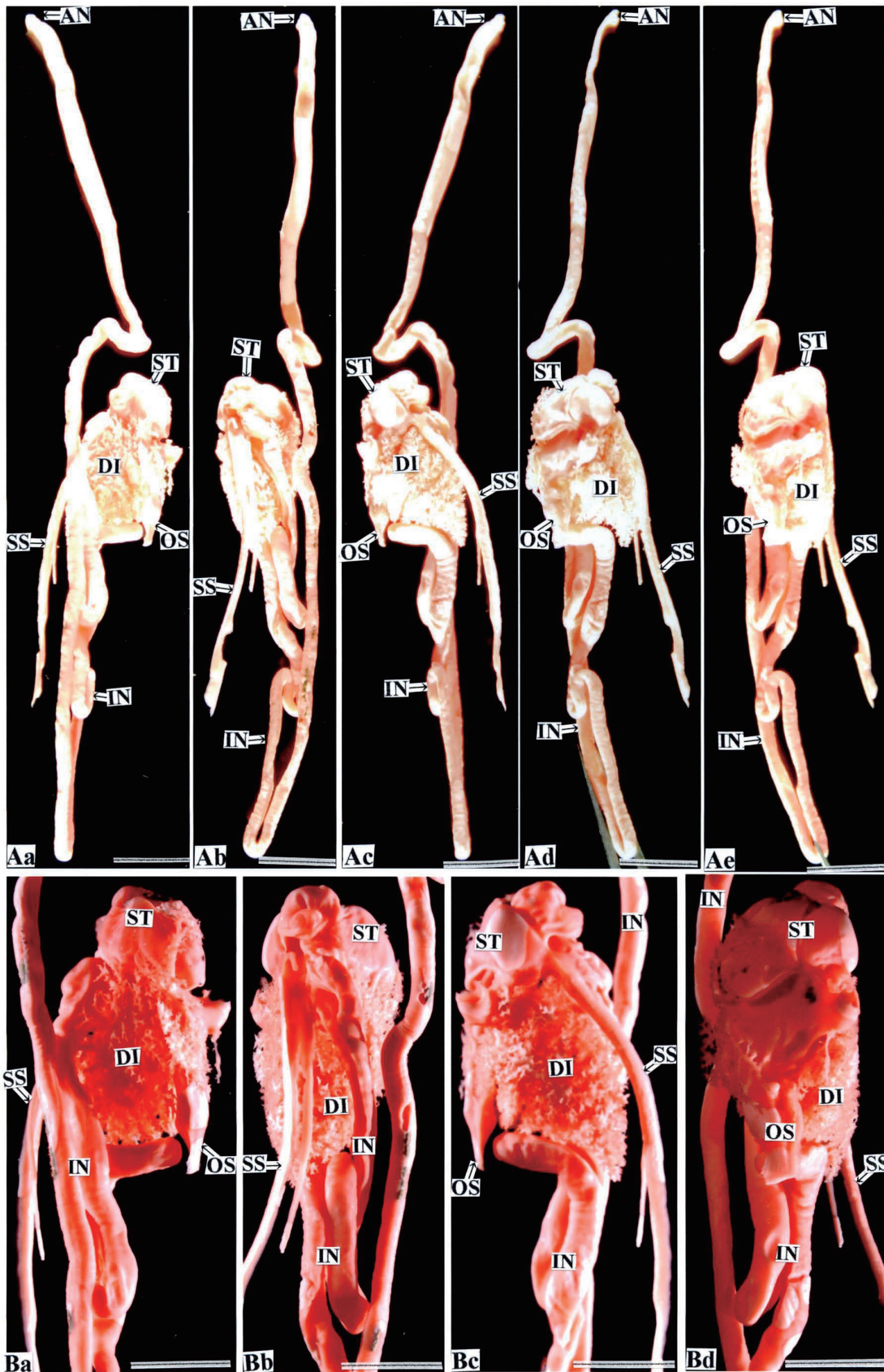


Fig. 7 Corrosion casts of the digestive organ in the Japanese razor-clam. Aa, lateral view (right) ; Ab, dorsal view; Ac and Ad, lateral views (left) ; Ae, ventral view; Ba, lateral view (right) ; Bb, dorsal view; Bc, lateral view (left) ; Bd, ventral view. Bars = 1 cm.

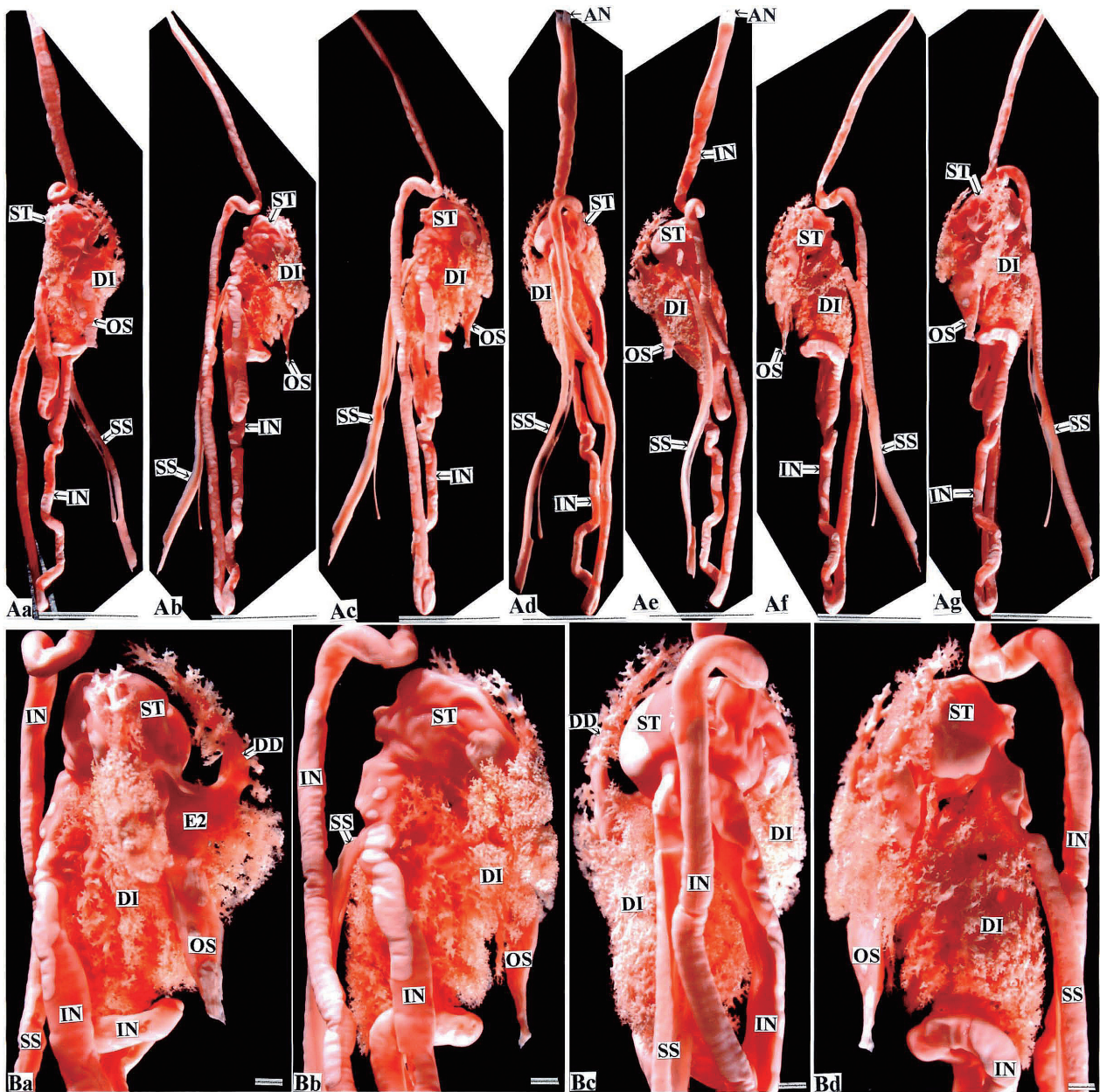


Fig. 8 Corrosion casts of the digestive organ in the Japanese razor-clam. Aa, ventral view; Ab and Ac, lateral views (right) ; Ad, dorsal view; Ae, Af and Ag, lateral views (left) ; Ba and Bb, lateral views (right) ; Bc, dorsal view; Bd, lateral view (left) . Bars in A = 1 cm, bars in B = 1 mm.

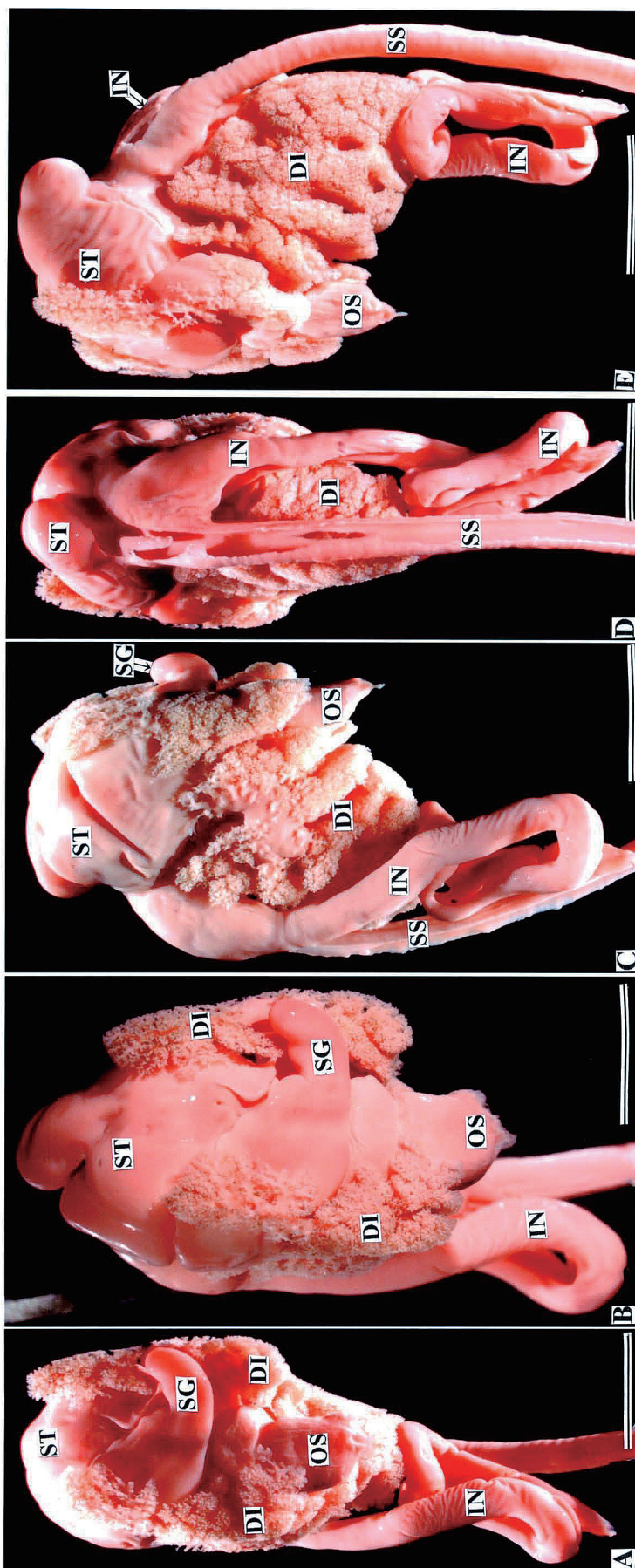


Fig. 9 Corrosion cast of the digestive organ in the Japanese razor-clam. A and B, ventral views; C, lateral view (right) ; D, dorsal view; E, lateral view (left) . Bars = 1 cm.

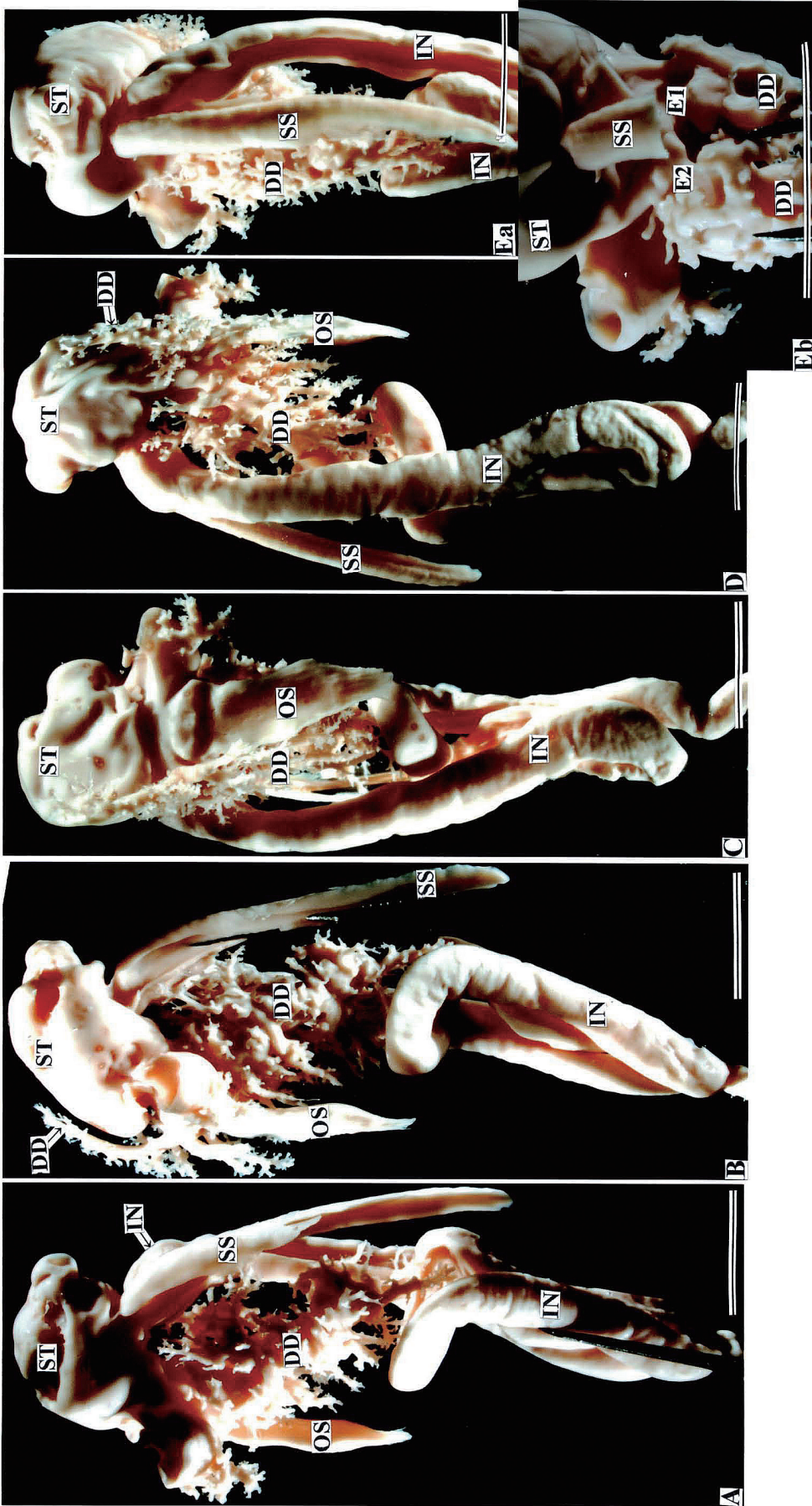


Fig. 10 Corrosion cast of the digestive organ in the Japanese razor-clam. A and B, lateral views (left) ; C, ventral view; D, lateral view (right) ; E and F, dorsal views. Bars = 1 cm.

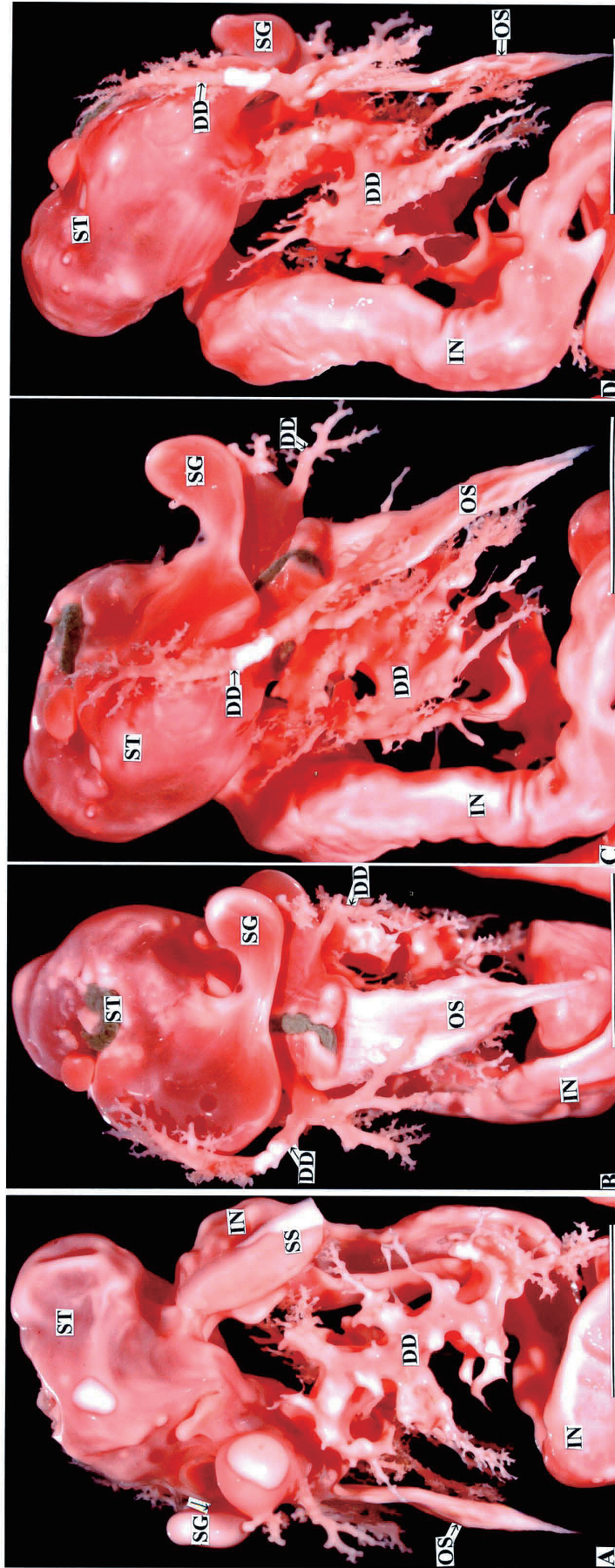


Fig. 11 Corrosion cast of the digestive organ in the Japanese razor-clam. A, lateral view (left) ; B, ventral view; C, lateral view (right) ; D, lateral view (right) .
Bars = 1 cm.

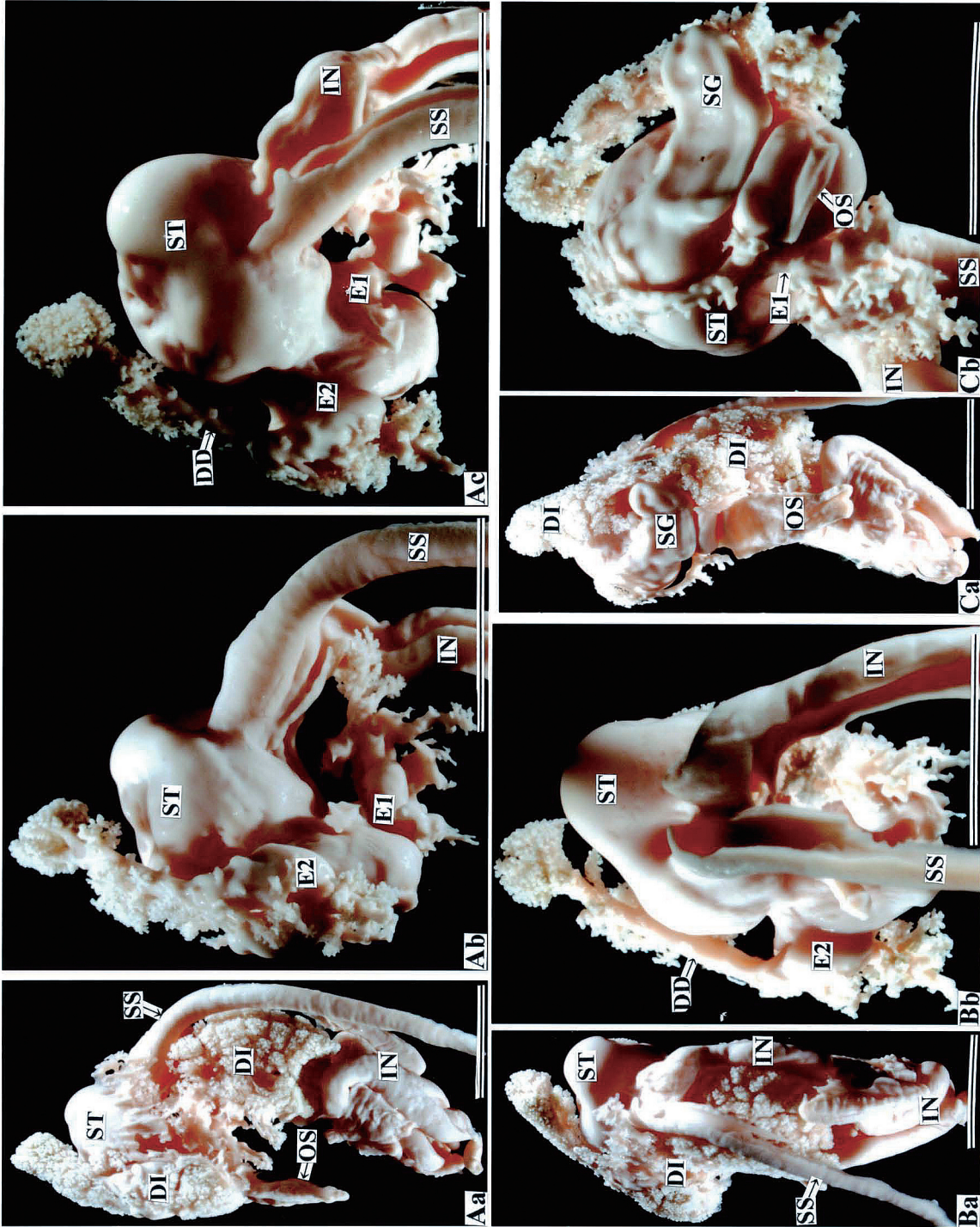


Fig. 12 Corrosion cast of the digestive organ in the Japanese razor-clam. Aa, Ab and Ac, lateral views (left) ; Ba and Bb, dorsal views; Ca and Cb, ventral views. Bars = 1 cm.

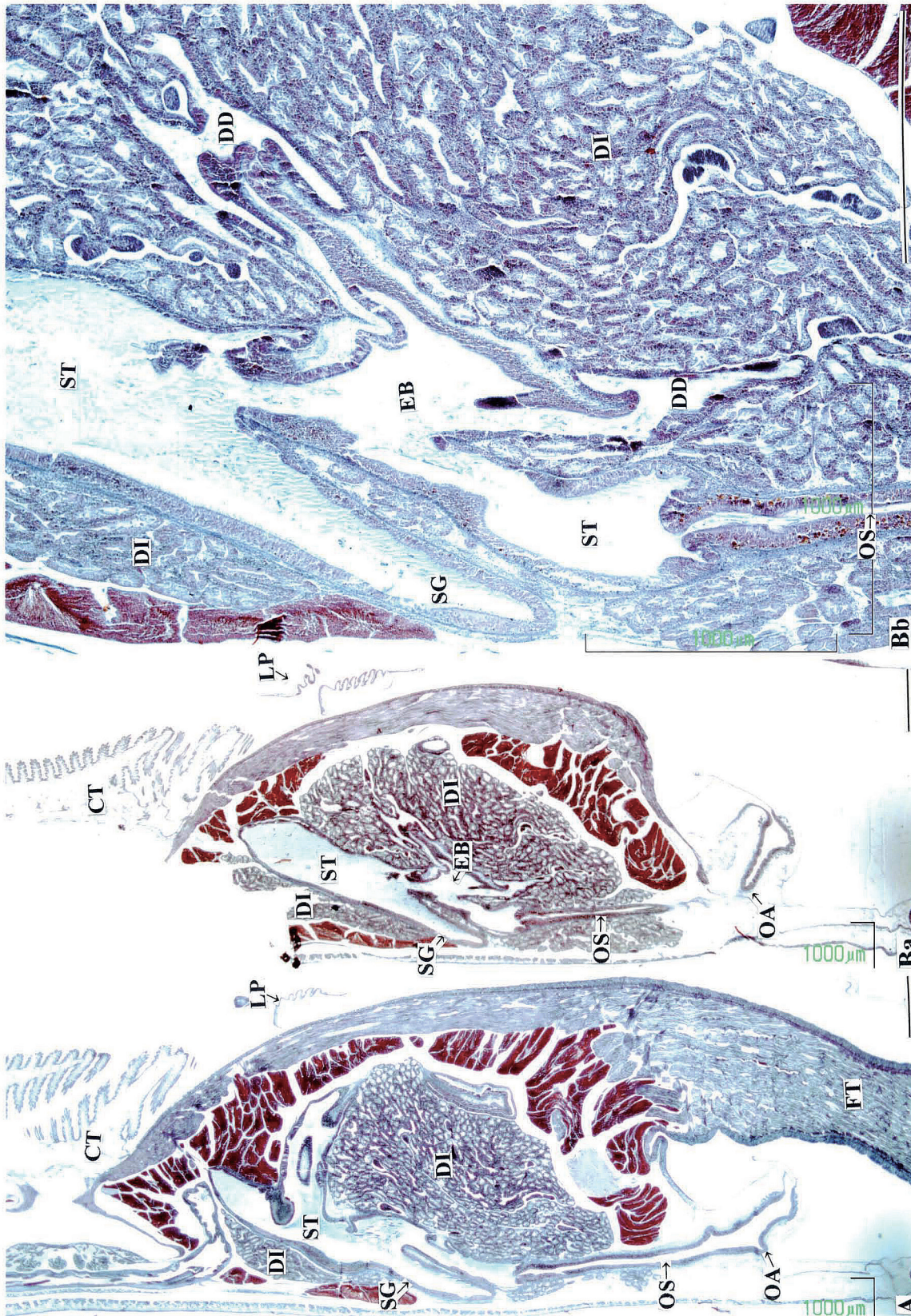


Fig. 13 Vertical sections of the digestive diverticula in the Japanese razor-clam. Azan staining. Bars = 1 mm.

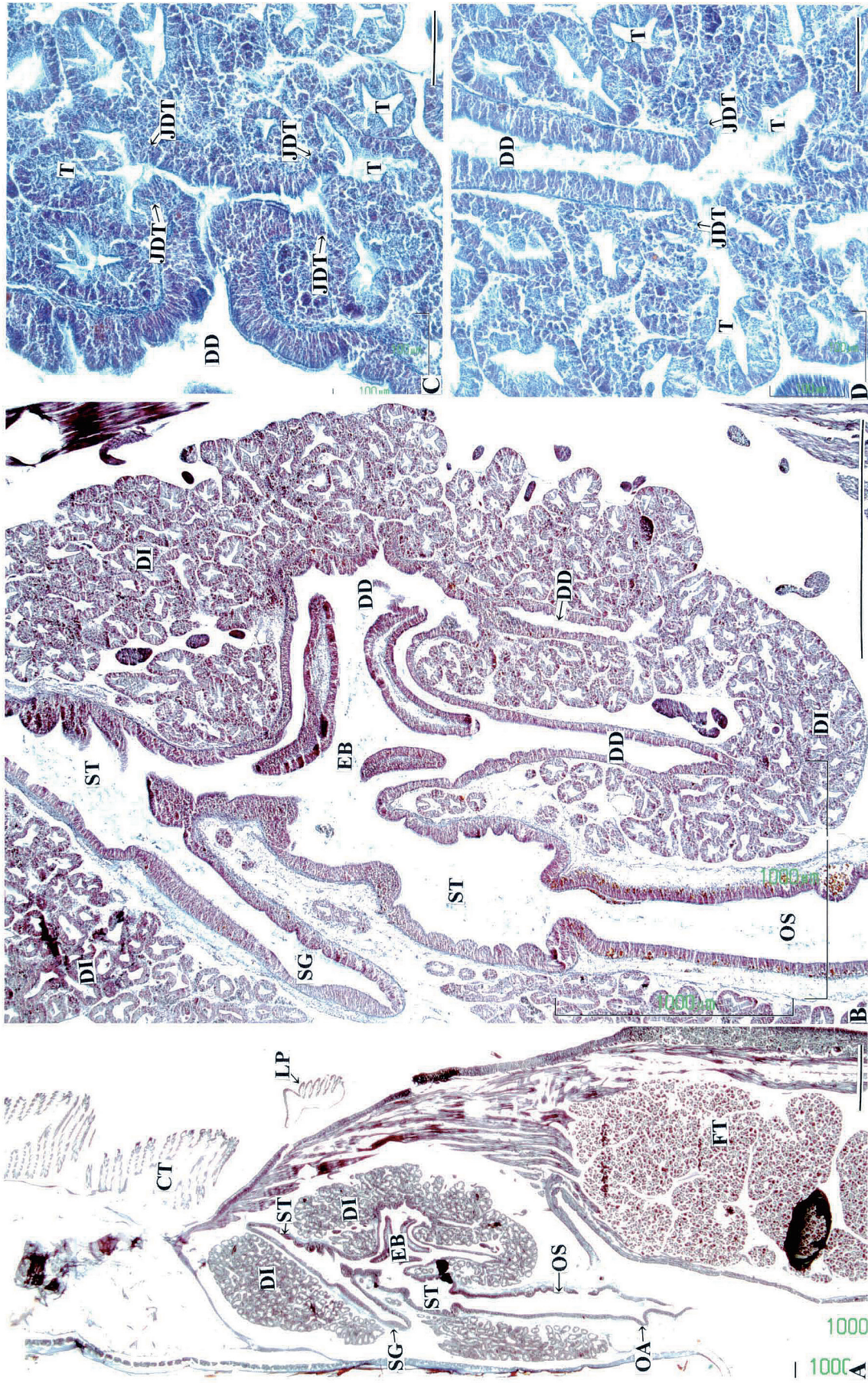


Fig. 14 Vertical section of the digestive diverticula in the Japanese razor-clam. Azan staining. Bars in A and B = 1 mm, bars in C and D = 100 μ m.

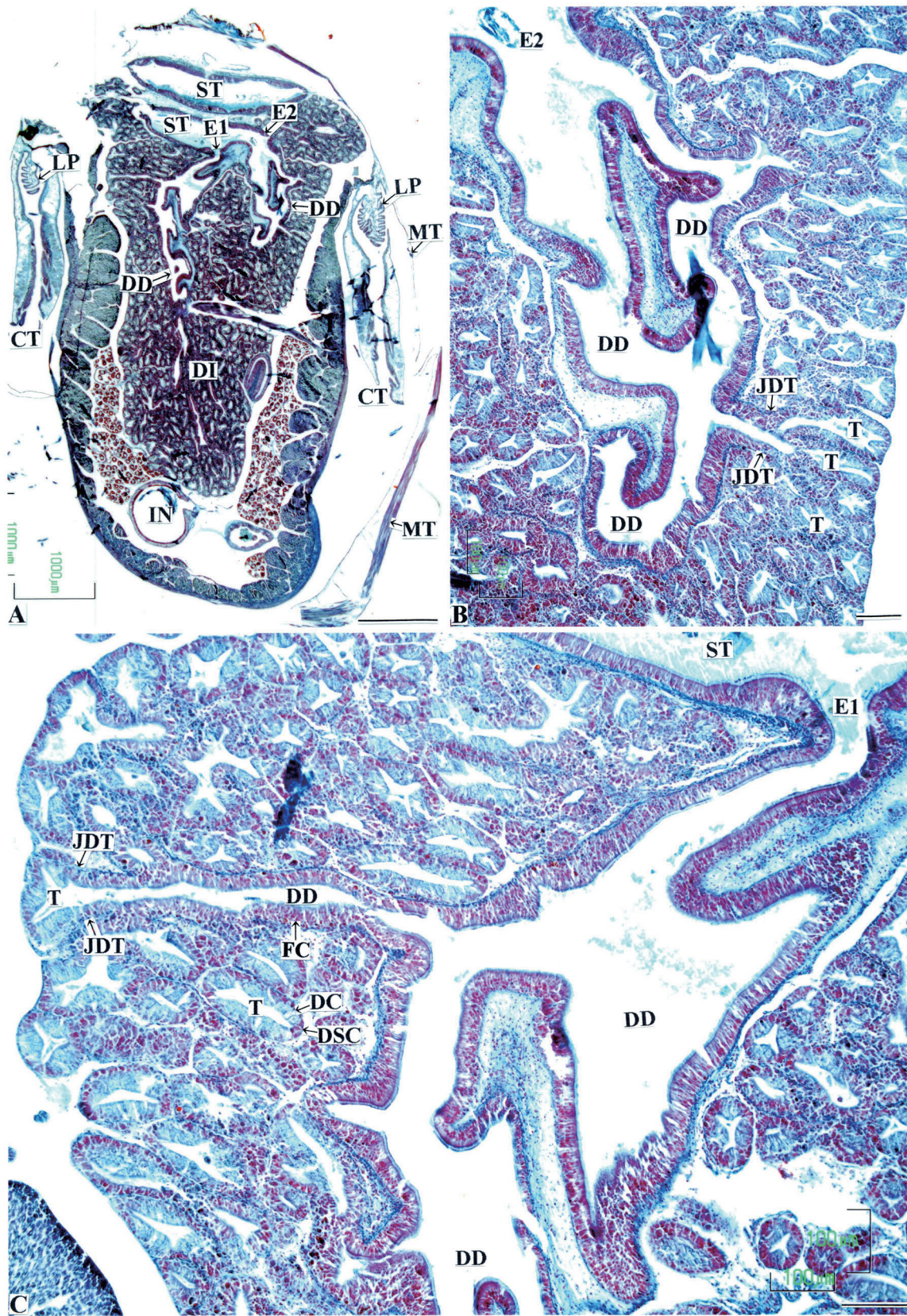


Fig. 15 Horizontal section of the digestive diverticula in the Japanese razor-clam. Azan staining. Bar in A = 1 mm, bars in B and C = 100 μm.

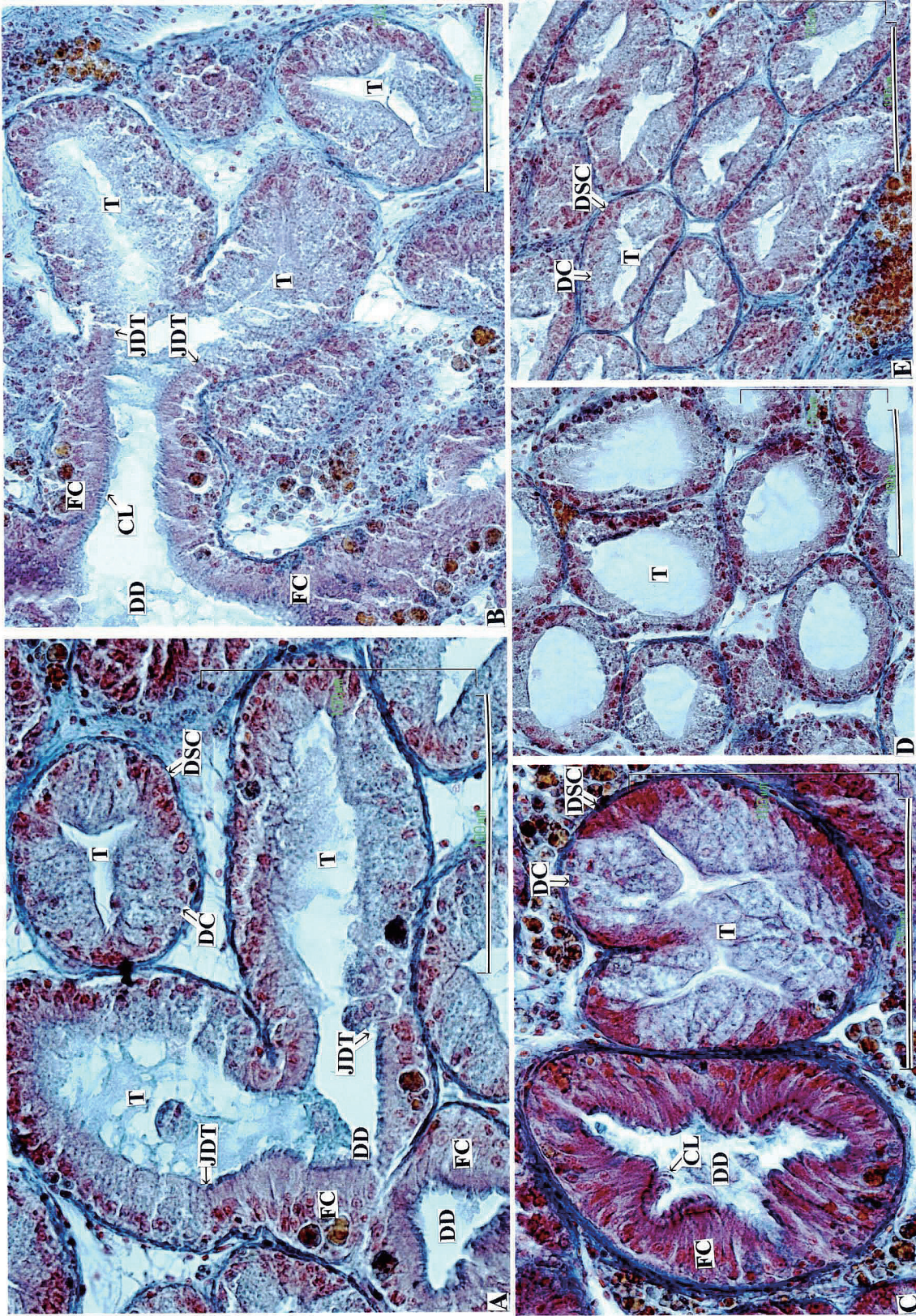


Fig. 16 Sections of the duct and the tubules of the digestive diverticula in the Japanese razor-clam. Azan staining. Bars in A-E = 100 μ m.