

## ツメタガイの中腸腺の構造

山元憲一<sup>1</sup>・半田岳志<sup>1</sup>・近藤昌和<sup>1</sup>Structure of digestive diverticula of the bladder moon, *Glossaulax didyma* (Gastropoda : Mesogastropoda)Ken-ichi Yamamoto<sup>1</sup>, Takeshi Handa<sup>1</sup>, and Masakazu Kondo<sup>1</sup>

**Abstract :** The structure of the digestive diverticula of the bladder moon, *Glossaulax didyma*, was examined with corrosion casts and histological structures. The cast was made using the prepolymerization methyl methacrylate (MercoxCL-2R) containing 10 % Mercox MA. One duct came out of one orifice of the stomach near the oesophagus. In dividing into the secondary duct from the main duct, it connected with each tubule. The inside of their ducts was being covered with the cilium. The tubule composed of the digestive cell (cell dyed in the blue with Azan staining) and developed the cilium. From their results, the secondary duct was supposed developing in becoming a Mesogastropoda.

**Key words :** bladder moon ; corrosion cast; digestive diverticula

## 緒 言

栄養吸収および老廃物の排泄に関与していると言われていた中腸腺は、胃に開口した導管で胃と連絡し、胃の周囲に展開し<sup>1-6)</sup>、その組織は腹足綱および二枚貝綱などについて調べられている<sup>1-9,20)</sup>。中腸腺の立体構造は、二枚貝綱では組織像の観察から模式的に図示されており<sup>8,9,10)</sup>、マガキ, *Crassostrea gigas*ではゼラチンを利用した鋳型から、胃と導管の一部が図示されている<sup>1)</sup>。山元ら<sup>11,10)</sup>は、半重合メチルメタクリレートを使って作成した鋳型から、腹足綱では原始腹足目のクロアワビ *Haliotis discus discus* およびサザエ *Turbo (Batillus) cornutus*、二枚貝綱ではマガキ, アコヤガイ, *Pinctada fucata martensii*の中腸腺を立体的に観察している。

しかし、腹足綱の中腹足目については、中腸腺の立体構造は調べられていない。そこで、腹足綱、中腹足目のツメタガイ, *Glossaulax didyma*を用いて、鋳型および切片標本を作成し、中腸腺の位置、立体構造および組織像を調べ、腹足綱、原始腹足目のクロアワビおよびサザエ、二枚貝綱のマガキおよびアコヤガイと比較検討した。

## 材料および方法

実験には、殻高 $33.6 \pm 7.3$ mm (平均値±標準偏差, 以下同様に表す)のもの80個体と殻高 $14.3 \pm 3.2$ mmのもの6個体を用いた。ツメタガイは、熊本県荒尾地先の有明海で採取して室内の水槽(10l)で海水を1 l/min注入した状態で蕃養して1週間以上絶食させ、約0.4M/lの塩化マグネシウム水溶液<sup>12)</sup>に2-6時間浸漬して体を伸展させた後、実験に供した。

**鋳型** 鋳型の作成は、Handa and Yamamoto<sup>10)</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、次のようにして行った。まず、ツメタガイの殻口付近の殻を鰓が見えるまでニッパーで割って除去し、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20cm, Hibiki No. 3)に濾過海水を満たし、これを口から約5 mm挿入し、プラスチックシリンジ(5 ml, Top)を使って約1.5 ml/minの速さで総量約4 mlの樹脂を注入した<sup>10)</sup>。この時、殻は樹脂の注入による体型の変化を防ぐためにできるだけ多くを残し

た。注入後、樹脂の逆流防止のために細管の端を炎であぶって封入し、海水中に浸漬して樹脂を硬化させた。20%水酸化ナトリウム水溶液に一昼夜浸漬して肉質部を溶かした後、3-6Nの塩酸溶液で殻を溶かして除去し、水洗した。

**断面像** 観察は、ニッパーで割って殻を除去し、Davidson液（エタノール：ホルマリン：氷酢酸：蒸留水=66：44：23：67）<sup>17)</sup>で固定した後、胃の部分を中心にして軟体部を水平に安全剃刀で切開して行った。

**組織像** 観察は、小形の個体を用いて前記と同様に殻をできるだけ除去した後、山元ら<sup>18)</sup>と同様にしてDavidson液<sup>17)</sup>で固定した後、一個体丸ごと常法に従ってパラフィン切片（10 $\mu$ m）を作成し、アザン染色して行った。

## 結 果

中腸腺は、胃を中心として殻頂と殻口への2方向に展開していた（Fig. 1）。中腸腺は、鋳型標本からも、同様な展開の様子が確認された（Fig. 2）。しかし、鋳型標本では、胃および食道と腸の胃から出たすぐの部位の外側には中腸腺は展開しておらず、それぞれの部位は露出していた（Fig. 2）。中腸腺の導管は、胃の食道寄りに位置する1箇所の開口部（OF）から1本が出ており、枝別れを繰り返して広がっていた（Fig. 3）。

中腸腺の組織像では、導管は中腸腺細管（T）とほぼ同じ直径の極細いものまで認められた（Fig. 4）。その細い導管はそれよりも太い主導管（DD）から枝分かれした二次導管（2DD）で、中腸腺細管（T）へと繋がっていた（Fig. 5）。これらの導管（DDおよび2DD）の内面の周囲は繊毛で覆われていた。また、中腸腺細管（T）の内面にも良く発達した繊毛が確認された（Figs. 4, 5）。

中腸腺細管（T）は、全体がアザン染色で青く染まる消化細胞で構成され、細胞全体が赤く染まる暗細胞は確認することが出来なかった。しかし、赤く染まった部分が大きく占めた細胞は所々の中腸腺細管に存在していた（Fig. 5）。

## 考 察

中腸腺は腹足綱や二枚貝綱のいずれも胃を囲むようにして存在していることが知られている<sup>1-3)</sup>。クロアワビ<sup>11)</sup>やサザエ<sup>14)</sup>でも、基本構造は同様である。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、中腸腺は胃を完全に取り囲んでおらず、胃の外側は中腸腺が展開して

いないことが報告されている。ツメタガイの場合でも同様に、胃および胃と連なった食道と腸の胃から出たすぐの部位の外側は中腸腺に覆われていなかった。

腹足綱の中腸腺は1本または複数の管で胃と繋がっているとされている<sup>12)</sup>。腹足綱の原始腹足目に属するクロアワビの導管は胃の3箇所から、サザエでは1箇所から出ている<sup>13,16)</sup>。Graham<sup>10)</sup>は、腹足綱の中腹足目に属するタマキビ科の*Littorina littorea*では導管は食道近くの1箇所から、シラタマガイ科の*Trivia monacha*では食道近くと中程の合計2箇所から出ている図を示している。同じ中腹足目に属するツメタガイでは、導管はサザエや*L. littorea*と同様に1箇所から出ている。

Purchon<sup>4, 5)</sup>は、二枚貝綱について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（Orifices）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（Embayment）2つの型に分けている。腹足綱の原始腹足目に属するクロアワビの導管は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<sup>13,16)</sup>。ツメタガイでは、クロアワビやサザエ<sup>13,16)</sup>と異なって、1箇所のOrificeから1本の導管が胃から出ている。このような胃と導管との関係および導管の本数などは、原始腹足目と中腹足目とで統一した方向性はなさそうである。

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しだいに細くなる構造は、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<sup>9)</sup>。マガキ、アコヤガイ、クロアワビやサザエでは、そのような中腸腺の枝分かれの様子は鋳型標本で示されている<sup>11,16)</sup>。ツメタガイでも鋳型標本から同様に枝分かれしている様子が確認された。

しかし、組織像からみると、鋳型標本で示された枝分かれの部位は腹足綱の原始腹足目に属するクロアワビやサザエでは、中腸腺細管が枝分かれしたものの<sup>13,16)</sup>で、マガキやアコヤガイなどの二枚貝綱の貝類で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ある<sup>11,16)</sup>。腹足綱の中腹足目に属するツメタガイでも二枚貝綱のものと同様に導管が中腸腺細管とほぼ同じ太さまで枝分かれを繰り返す、それらの末端に中腸腺細管の小さな室が連なっていた。二枚貝綱では、このような導管は、枝分かれして中腸腺細管とほぼ同じ太さを示し、中腸腺細管の小さな室が連なっている部位を二次導管、それまでの枝分かれを繰り返した部位を主導管として分けられている<sup>9,10)</sup>。これらのことから、導管は、原始腹足目の貝類

では発達していないが、中腹足目になって主導管と二次導管という基本構造が確立されたと推測される。

一方、二枚貝綱の等系鰓類では、主導管は繊毛が存在する部位と存在しない部位で断面が形成され、二次導管には繊毛が存在しないと報告されている<sup>10)</sup>。同じ二枚貝綱である原鰓類では、主導管には繊毛が存在せず、二次導管は周囲が繊毛で覆われていると報告されている<sup>9)</sup>。ツメタガイでは、主導管および二次導管のいずれも断面の周囲が繊毛で覆われていた。これらのことから、主導管および二次導管の繊毛の存在形態は、中腹足目から二枚貝綱の等系鰓類に向けて一定の方向性があるのではないかと考えられる。

中腸腺細管を構成する細胞は暗細胞と消化細胞から成っており<sup>1)</sup>、暗細胞は二枚貝綱、真弁鰓類ではcryptに局在し、二枚貝綱、*Nucula sulcata* (原鰓類)、ムラサキガイ、*Mytilus edulis* (等系鰓類) やアコヤガイ (擬弁鰓類) ではcrypt構造を示さずに中腸腺細管壁に散在している<sup>11)</sup>。原始腹足綱のクロアワビやサザエでも暗細胞と消化細胞から成っており、前者と同様に暗細胞はCrypt様構造のところに局在していた<sup>12)</sup>。ツメタガイでは、中腸腺細管はアザン染色で青く染まる消化細胞で内面が覆われ、赤く染まった部分が大きく占めている細胞が所々に確認された。しかし、暗細胞はアザン染色で細胞全体が赤く染まることから、ツメタガイは原始腹足綱や真弁鰓類と異なって、擬弁鰓類に近い中腸腺細管をもつ仲間であると推測される。一方、ツメタガイは中腸腺細管に良く発達した繊毛を有していた。このような繊毛の発達および消化細胞と暗細胞の関係は、中腹足目特有なものなのか、あるいは肉食性の貝類特有な構造なのか、今後検討する必要があると考えている。

等系鰓類や真弁鰓類では、胃および中腸腺で消化したものは導管の刷子縁のところや中腸腺細管で吸収し、中腸腺細管まで運ばれた微細な粒子は中腸腺細管の消化細胞で細胞捕食しているとされている<sup>13)</sup>。Mathers<sup>2)</sup> はヨーロッパガキ、*Ostrea edulis* にC<sup>14</sup>でラベルした*Isochrysis galbana* を捕食させて、導管の刷子縁のところおよび中腸腺細管での取り込みを確認している。しかし、マガキでは、二次導管にも中腸腺細管の消化細胞と同様にアザン染色で青く染まる細胞が存在している<sup>14)</sup>。ツメタガイでは、主導管と二次導管のいずれもアザン染色で青く染まる細胞は確認されず、同細胞は中腸腺細管に存在していた。これらのことから、ツメタガイは、食物の消化を中腸腺細管で行っていると考えられる。

## 要 約

ツメタ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、胃の食道近くの1箇所から1本出て、主導管から二次導管へ枝分かれした後、中腸腺細管に連なっていた。主導管および二次導管は内面が繊毛で覆われていた。中腸腺細管は良く発達した繊毛を有し、その内面は消化細胞で構成されていた。結果から、主導管と二次導管は中腹足目になって発達したと推測した。

## 文 献

- 1) Yonge CM : Structure and physiology of the organs of feeding and digestion in *Ostrea edulis*. *J Mar Biol Ass U K*, **14**, 295-386 (1926)
- 2) Mathers NF : The tracing of a natural algal food labeled with a carbon 14 isotope through the digestive tract of *Ostrea edulis* L. *Proc malac Soc Lond*, **40**, 115-124 (1972)
- 3) Voltzow J : Vol. 5. Gastropoda : Prosobranchia, Microscopic anatomy of invertebrates. In : Harrison FW and Kohn AJ (eds) *Mollusca I*. Wiley-liss, USA, pp. 111-252 (1994)
- 4) Yonge CM : The digestive diverticula th the lamellibranchs. *Trans Roy Soc Edinb*, **54**, 703-718 (1926)
- 5) 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)
- 6) Purchon RD : The stomach in the filibranchia and pseudolamellibranchia. *Proc Zool Soc, London*, **129**, 27-60 (1957)
- 7) Purchon RD : The stomach in the Eulamellibranchia : Stomach type IV. *Proc Zool Soc, London*, **131**, 487-525 (1958)
- 8) Purchon RD : The stomach in the Eulamellibranchia : Stomach type IV and V. *Proc Zool Soc, London*, **135**, 431-489 (1960)
- 9) Owen G : Observations on the stomach and digestive diverticula of the lamellibranchia. II. The Nuculidae. *Quart J micr Sci*, **97**, 541-567 (1955)
- 10) Owen G : Observations on the stomach and digestive

- diverticula of the lamellibranchia. 1. The Anisomyaria and Eulamellibranchia. *Quart J micr Sci*, **97**, 517-537 (1955)
- 11) 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**, 95-100 (2003)
  - 12) 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 (2003)
  - 13) 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)
  - 14) 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), 70-88 (2007)
  - 15) 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)
  - 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**, 777-779 (2003)
  - 17) Bell TA and Lightner DV: A handbook of normal Penaeid shrimp histology. World aquaculture society, USA, pp. 2 (1988)
  - 18) 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**, 461-467 (2001)
  - 19) 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)
  - 20) Graham A: The molluscan stomach. *Trans Roy Soc Edinburg*, **61**, 737-778 (1949)

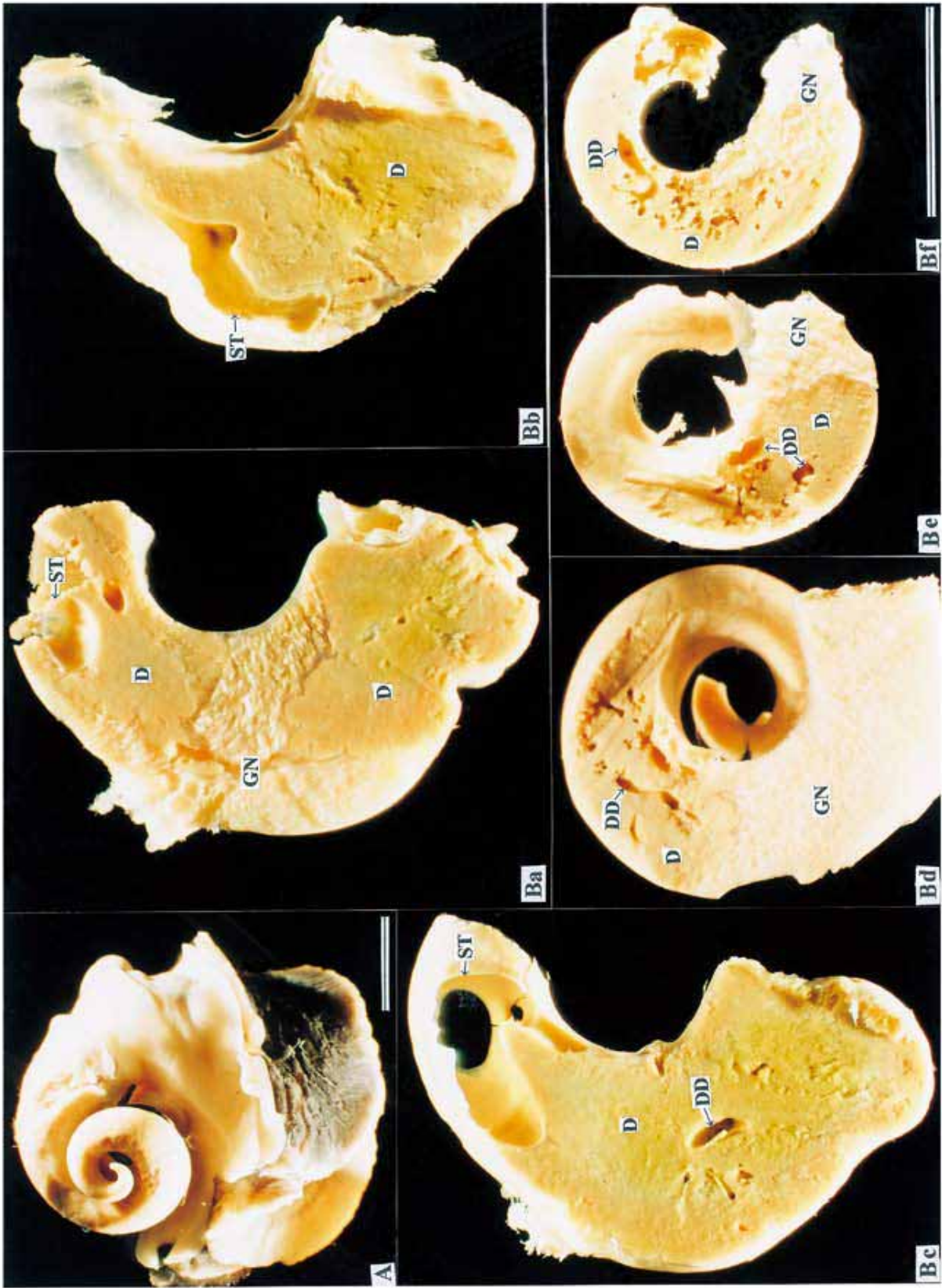


Fig. 1. Exterior view (A) and cross section of the body (B) of the bladder moon *Glossaulax didyma*. D : digestive diverticula, DD : duct, GN : gonad, ST : stomach. Bars = 10mm.

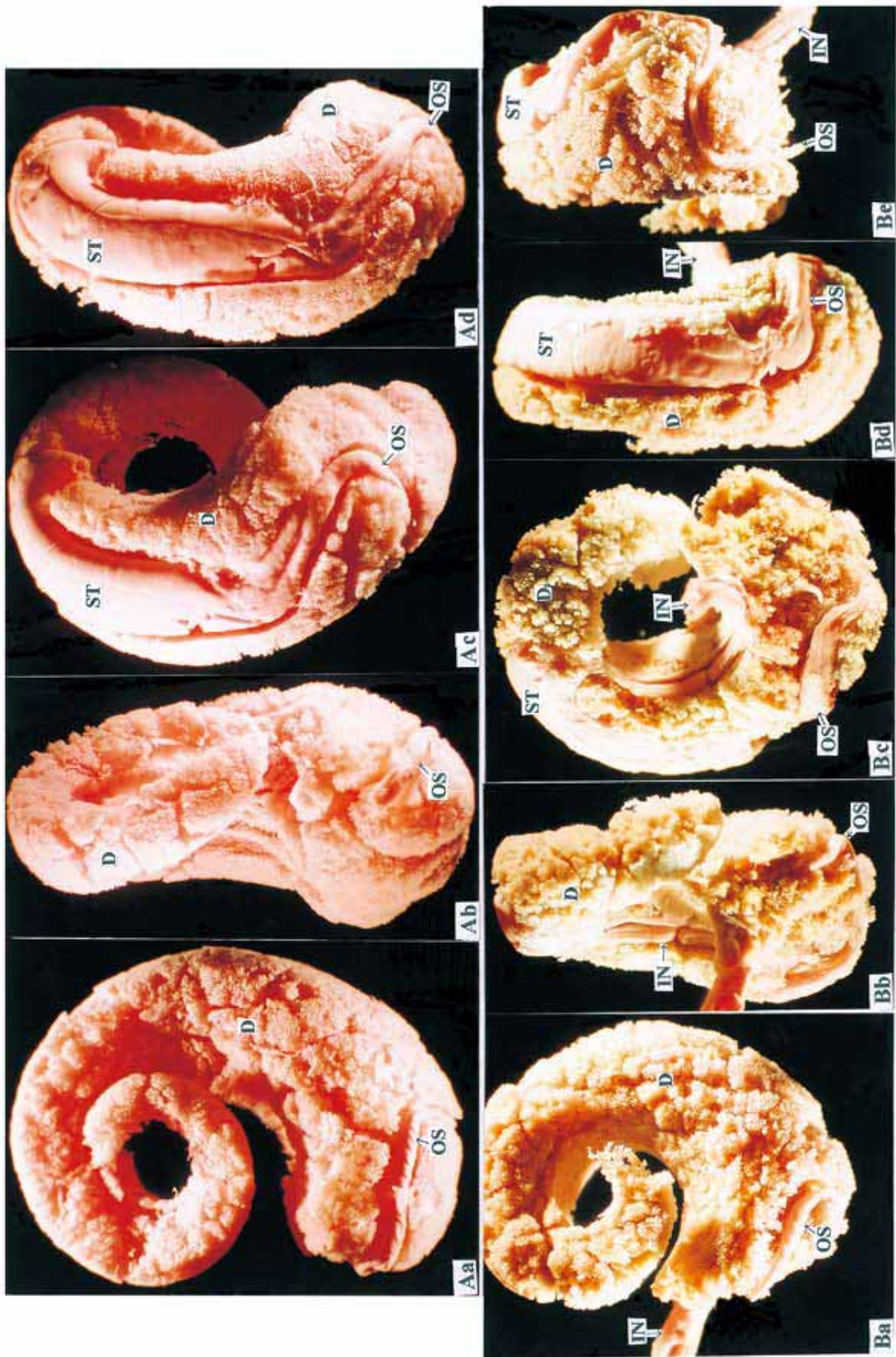


Fig. 2. Corrosion cast of the digestive diverticula (A, B) of the bladder moon. a-e are viewed from the different direction. D : digestive diverticula, ST : stomach, IN : intestine, OS : oesophagus. Bar = 10mm.

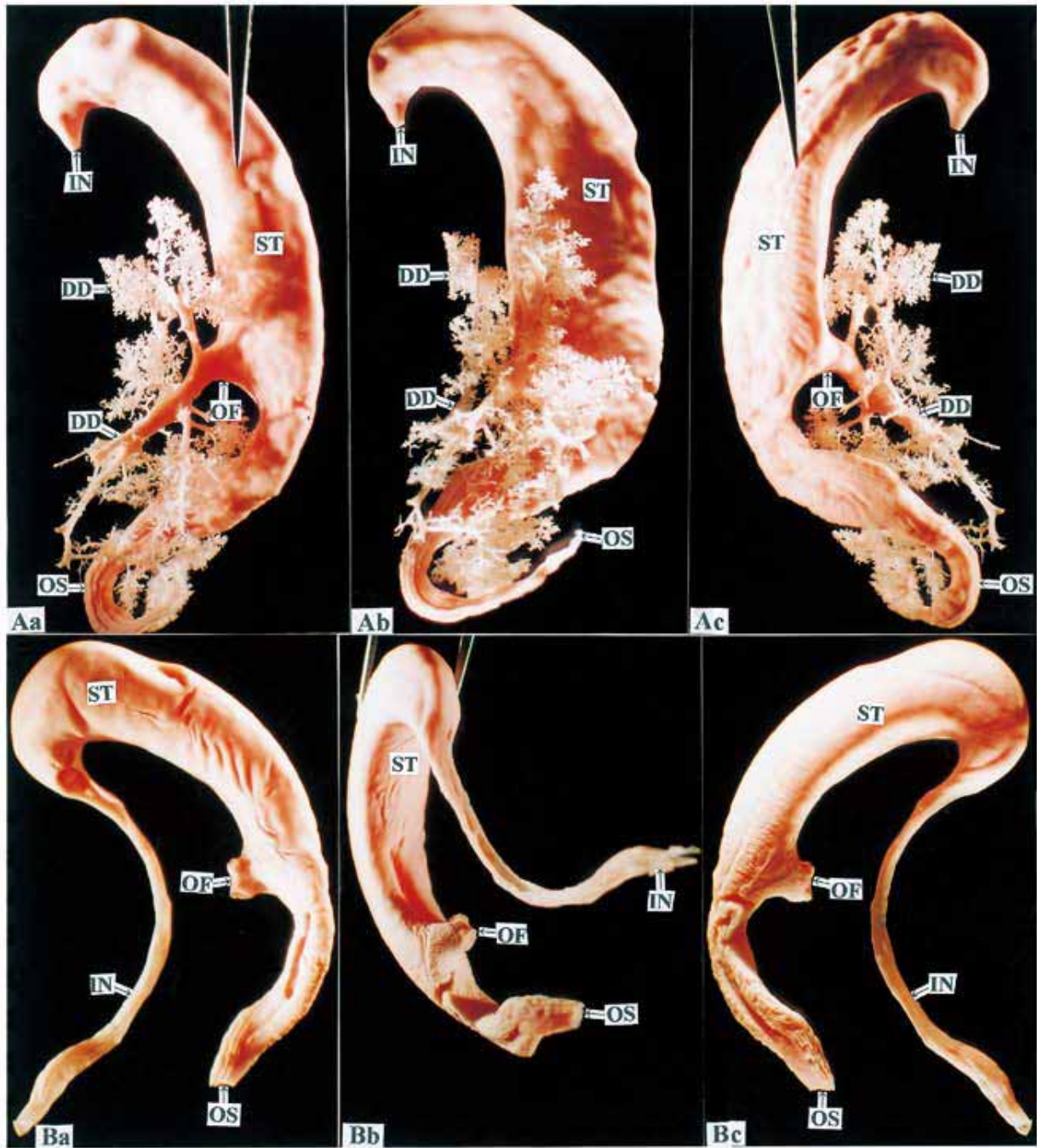


Fig. 3. Corrosion cast of duct of the digestive diverticula (A, B) of the bladder moon. a-c are viewed from the different direction. DD : duct, OF : orifice, ST : stomach, IN : intestine, OS : oesophagus. Bar=10mm.

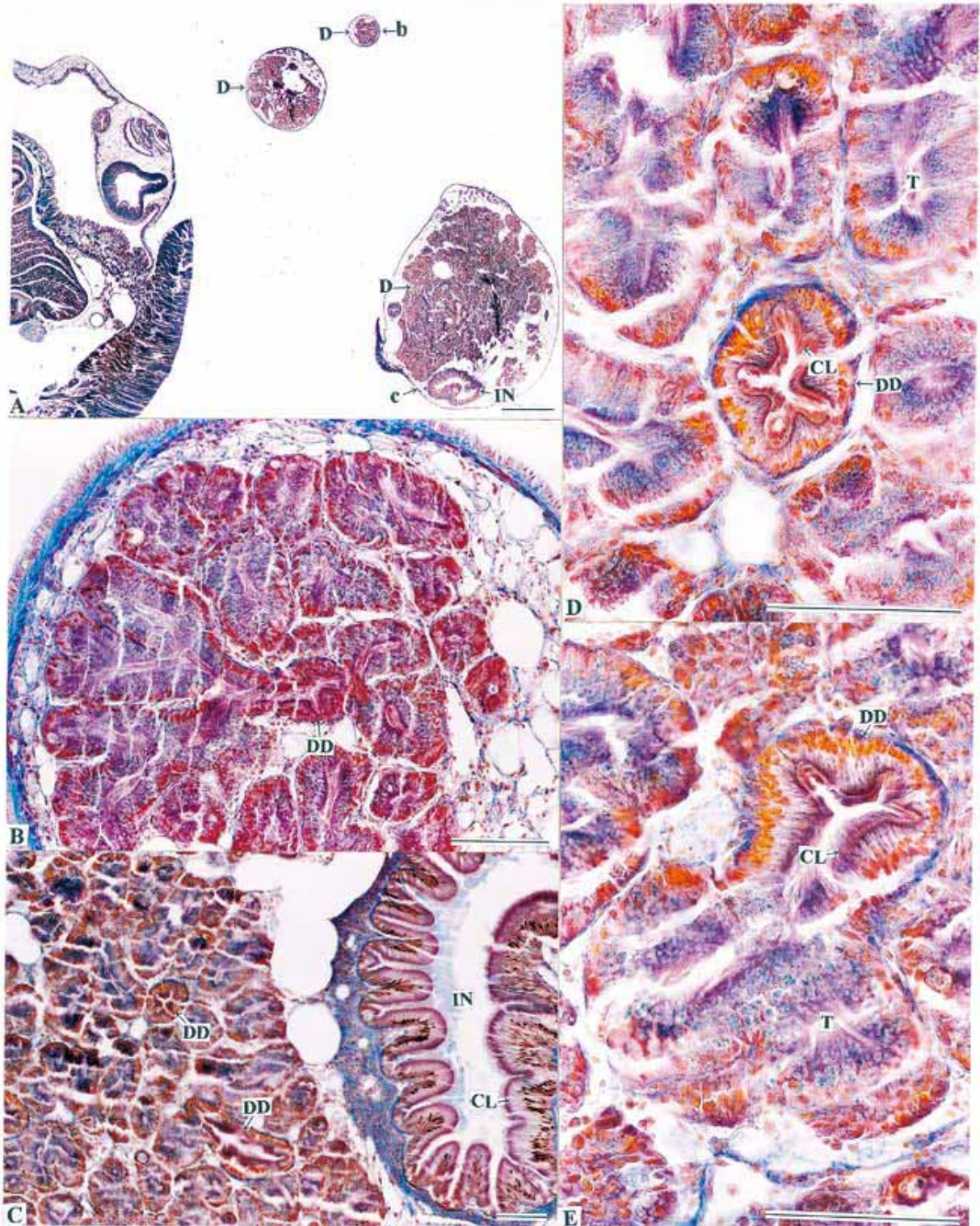


Fig. 4. Digestive diverticula of the bladder moon. B and C expand the position b and c in Fig. A, respectively. D: digestive diverticula, DD: duct, IN: intestine, CL: cilium, T: tubule. Azan stain. Bar in Fig. A=100  $\mu$ m, and bars in Figs. B-E=10  $\mu$ m.



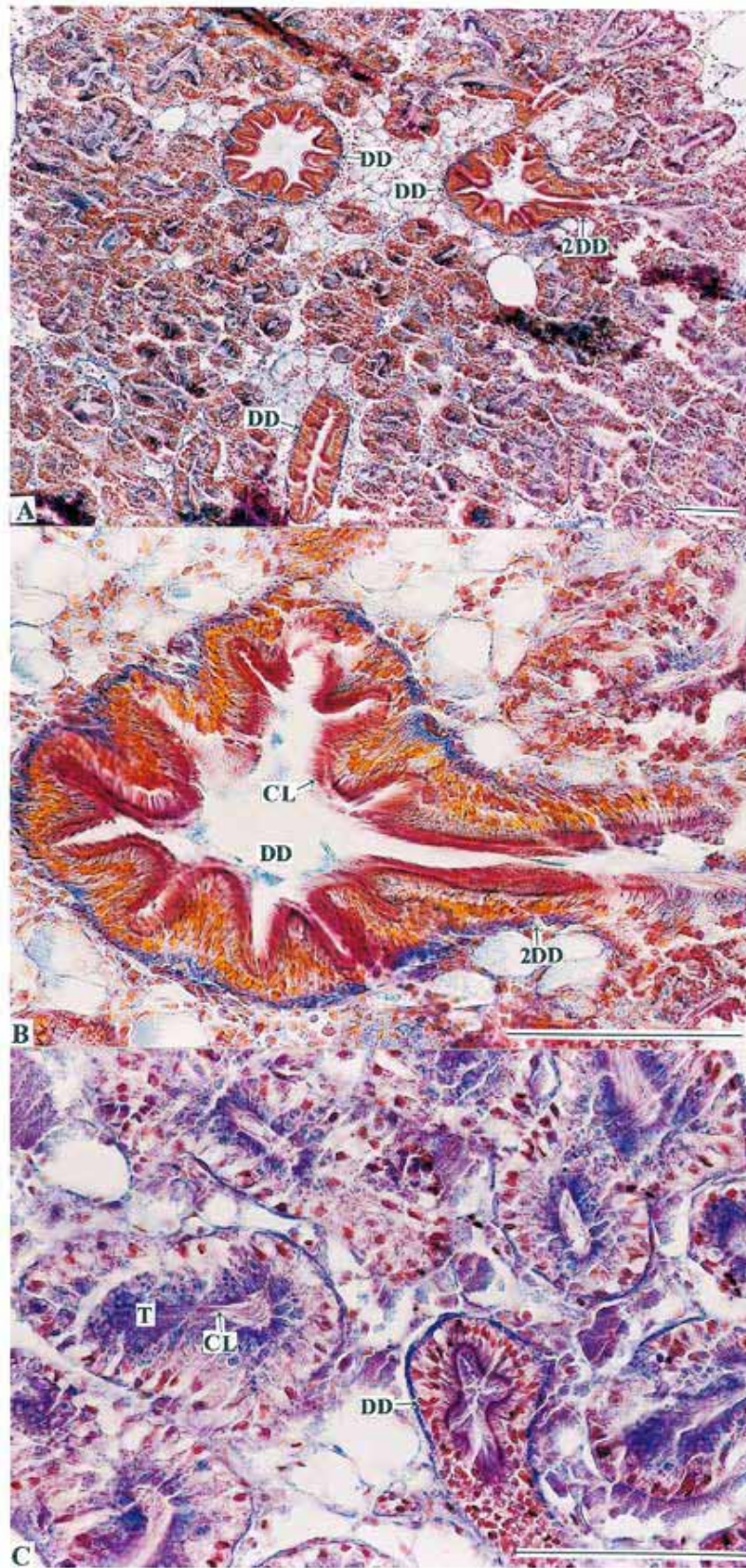


Fig. 5 . Duct and tubule of the digestive diverticula of the bladder moon. DD : main duct, 2 DD : secondary duct, CL : cilium, T : tubule. Azan stain. Bars = 10  $\mu$ m.