

解説

軟体動物の解剖：コウイカ・サザエ・ホタテガイ

佐々木猛智

東京大学総合研究博物館

Anatomy of the Mollusca: *Sepia esculenta* (Cephalopoda: Sepiidae), *Turbo cornutus* (Gastropoda: Turbinidae) and *Patinopecten yessoensis* (Bivalvia: Pectinidae).

Takenori Sasaki

The University of Museum, The University of Tokyo, 7-3-1 Hongo, Bunkyo-ku, Tokyo, 113-0033, Japan (sasaki@um.u-tokyo.ac.jp)

はじめに

軟体動物は解剖学の優れた教材である。その理由は、一般になじみのある生物であること、平均的な大きさが巨大でも微小でもなく扱いやすいこと、ボディープランに多様性があるため比較解剖学の対象として興味深いこと、食材として利用されるため日常生活の中で動物体に繰り返し接する機会があること、などが挙げられる。

2007年3月19日から21日に開催された日本古生物学会のワークショップ「The 解剖学」を担当するにあたり、講義と実技の実習を併せて企画した。実習の素材は、コウイカ（頭足綱）・サザエ（腹足綱）・ホタテガイ（二枚貝綱）の3種を選んだ。これらの3種に共通する特徴は、（1）体サイズが十分大きく、肉眼レベルでの解剖が可能である、（2）鮮魚店等で購入できるため入手が容易であり、価格も購入可能な範囲である、（3）器官の境界が比較的明瞭で、初学者にも構造が理解しやすい、の3点である。

上記のうち、初学者を対象とした実習では特に（3）が重要である。例えば、アワビやハマグリはよく知られた種であり入手も容易であるが、内臓の器官が複雑に入り組んで分離が難しいため、解剖実習の素材には向いていない。頭足綱ではスルメイカも実習教材として有用である。しかし、殻が石灰化していないため、古生物学の立場からは歓迎されない。

軟体動物のボディープラン

まずはじめに、軟体動物の体の一般的特徴を理解することが重要である。

（1）殻

多くの軟体動物は体の表面に殻（shell）を持つ。殻は炭酸カルシウムからできており、化石として残りやすい。

殻の形は、螺旋状に巻くもの、平板状のもの、二枚あるものの、殻がないもの、など様々な形がある。

（2）動物体外部形態

動物体は頭足塊（head-foot）と内蔵塊（visceral mass）からなる。頭足塊は、足と頭部が一体化したもの（例：頭足類）、分離したもの（例：腹足類）、足は発達するが頭部が退化的なもの（例：二枚貝類）がある。

内蔵塊は、主に消化器官、生殖器官、排出器官などが集合したものである。通常硬い組織がなく、軟らかい軟体の塊である。器官の違いは色で識別できることが多い。ただし、様々な器官が絡み合っていることが多く、構造が複雑である。

体の表面は外套膜（mantle）と呼ばれる膜で覆われる。外套膜は体の周辺部で垂れ下がり、その内側に外套腔（pallial cavity）と呼ばれる空所ができる。

外套膜は貝殻に付着するもの（二枚貝類）、殻からは自由であるもの（多くの腹足類）、殻が内部に存在するもの（多くの現生頭足類など）がある。外套膜の縁は厚くなり、外套膜縁（pallial margin）と呼ばれる。外套膜縁では殻皮が形成され、貝殻の分泌が行われる主要な場所であると考えられている。

（3）外套腔

外套腔の内部は、呼吸や排出のための器官が集中し、貝の生活に重要な役割を果たしている。外套腔に存在する器官を総称して外套器官（pallial organ）と呼ぶことがある。鰓、鰓下腺などがその例である。鰓は呼吸のための器官であり、外套腔の内部でガス交換を行う。

軟体動物に共通する鰓は、1対の血管を含む鰓軸の両側に多数の鰓葉（ctenidial lamella）が並ぶもので櫛鰓（ctenidium）と呼ばれる。

鰓下腺（hypobranchial gland）は粘液腺の一種で、外套腔の内側に粘液を分泌して、外套腔内の粒子を捕らえ、外套腔内を綺麗に保つ機能があると考えられている。ただ

し、粘液細胞が外套腔内に散在している場合もあり、その場合は独立の組織として識別できないことがある。

(4) 筋肉系

軟体動物の体は筋肉に富んでいる。特に、頭足塊は足を動かす筋肉と頭部を動かす筋肉と体壁の筋肉が結合しており、全体が筋肉質である。殻を持つグループでは、体を殻に付着する筋肉（殻軸筋・閉殻筋など）が特によく発達する。

(5) 消化器系

消化器官は口（mouth）に始まる。口の後ろは口腔が広がり、その中に筋肉質の口球（buccal mass）がある。口球には歯舌（radula）と呼ばれるおろしがね状の器官があり、主に餌を削り取る機能を持つ。口の後ろは、食道（esophagus）、胃（stomach）、腸（intestine）が続き、肛門（anus）で終わる。消化管には複数の腺組織が付属しており、主に消化液を分泌する。例えば、口の付近には唾液腺、胃には消化腺が付属する。

(6) 循環器系

軟体動物の血液は、心臓（heart）と血管または血洞に存在する。心臓は囲心囊と呼ばれる空間の中にある。心房と心室の数はグループによって多少異なるが、2心房1心室または1心房1心室の場合が多い。心臓の位置は、外から透けて見える場合（多くの腹足類、二枚貝類）と、見えない場合がある（頭足類）。

血管系は解放血管系（open vascular system）が基本である。開放系では体の至る所に大きな空隙があり、血液はその隙間を自由に行き来している。一方、頭足類は閉鎖血管系の例であるとされる。頭足類では、単に血管が発達するだけでなく、血管の壁が厚い筋肉の層で補強される点が他の軟体動物と異なっている。

(7) 排出器系

軟体動物には尿を形成し排出するための腎臓（kidney）がある。腎臓には血管が発達しており、血液を濾過して不要物を選択的に排出する。

(8) 生殖器系

生殖器官は、卵または精子を生産する生殖巣（gonad）とそれらを体外に輸送するための生殖輸管（gonoduct）からなる。生殖輸管は左右両方あるものが軟体動物の基本形であるが、全ての腹足類と頭足類の多くでは片側にしかない。

生殖器官の構造は、繁殖の様式と密接に関係している。体外受精の場合は、交尾をせず卵と精子を放出するだけであるので、生殖器官は単純である。体内受精の場合は、交尾のための器官、雌が受け取った精子を貯蔵する器官、卵白や卵嚢を分泌するための腺組織など、様々な器官が発達する。

軟体動物全体では雌雄異体の種が多い。ただし、グループによっては雌雄同体のものも普通である。雌雄同体には性転換するものと、常に雌雄同体のものがある。常に雌雄同体の場合は、雄用の生殖器と雌用の生殖器を同時に持つ

ており、構造が非常に複雑になる。

(9) 神経系

原始的な軟体動物では、神経系ははしご状神経系である。足神経索と側神経索（内臓神経索）がそれぞれ1対体の前後に縦に走っており、その間が細い横連合でつながれてはしご状になる。

中枢神経系は、多くの軟体動物では発達せず、食道の周辺にある3対前後の神経節が神経系の中心をなす。それらは横連合と縦連合によって環状に結びつけられ、食道神経環と呼ばれる。

頭足類は他の軟体動物よりも著しく中枢神経系が発達し、脳（brain）を形成する。また、2対の神経索は分離して、はしご状の構造が失われる。

(10) 感覚器

感覚器官は頭部、体の外表面、外套腔に位置するものが多い。口の周辺や外套膜の周辺には様々な形態の触角（tentacle）が発達する。眼（eye）は外套膜に形成されるものと、頭部にあるものがある。嗅検器は外套腔内にあり、化学的受容器官である。平衡胞は体の内部に埋もれており、体の傾きを検知する。

コウイカの解剖

(1) 殻

コウイカは石灰化した殻（甲）を持つ（図1A-B）。殻は体の背側に埋もれており、外套膜を切り取って取り出すことができる。殻の内部は多数の気室に分かれている（図1C-F）。

(2) 軟体部外部形態

体の前側から後に向かって、腕・頭部・外套膜が識別できる（図2）。体は背腹に偏圧している。

腕（arm）は5対ある（図2D）。そのうちの4対は太く内側の全面に多数の小さな吸盤（sucker）がある。あとの1対は著しく長く、触腕（tentacle: t, 図2）という。触腕は先端部が広くなり、その部分だけに吸盤がある（図3A）。

腕の表記はローマ数字で表し、背側から腹側に向かってI, II, III, IVの番号を付ける（図2D）。雌では4対の腕はほぼ同じ形態をしているが、雄では左IV腕の先端部が精包を雌に渡すための交接腕（hectocotylus）に変形している。

触腕はIIIとIVの腕の間に位置している。触腕の基部は眼の下側にあるポケットの中にあり、触腕は折りたたんでポケットの中に完全に納めることができる（図2E, 3B）。そのため状態によっては触腕が外から見えないこともある。

頭部は内部に頭蓋軟骨があるため、硬い。側面には大きな眼がある（図2E）。頭部の後ろ側はくびれており、頸部（neck）という。

外套膜（ma, 図2A-C）は内臓全体と殻を覆っており、筋肉質で厚い。外套膜の側縁に長い鰭（fin: f, 図2A-C）

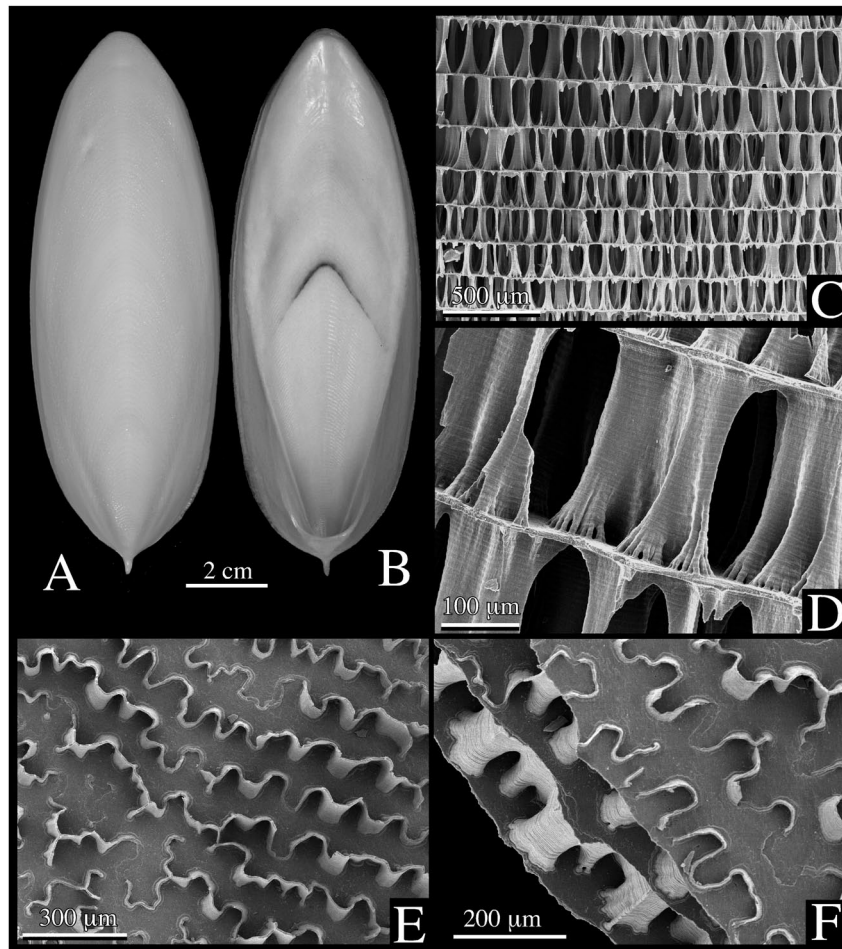


図1. コウイカの。A. 背面；B. 腹面；C-F. 断面の走査電子顕微鏡写真，C-D. 縦断面，多数の平行な隔壁が柱状の支持構造によって支えられている。E. 水平断面，隔壁の支持構造は波打っている。F. 傾けて断面を斜めから見た図。

が付着する（図2A-C）。

腹側には外套膜縁と頭部の間から**漏斗**（funnel: fu, 図2B, D）が見える。頭足類は外套腔から水を取り入れ、それを筋肉の収縮とともに漏斗から勢よく吹き出すことで推進力を得て遊泳する。漏斗の内側には弁状の構造があり（**漏斗弁** funnel valve: fv, 図3C），水流が逆流しないよう調節することができる。漏斗の斜め後方には**漏斗軟骨器**（funnel cartilage: fc, 図3C）が1対ある。これは外套膜との接点になっている。

（3）外套腔

外套膜に覆われた内臓塊の腹側に**外套腔**がある。外套腔は深く、内臓の後端にまで達する（図4）。外套腔の内部には、1対の鰓、肛門（中央部）、腎臓の排出孔（左右両側）、生殖輸管の開口部（右側のみ）などがある。

（4）筋肉系

漏斗軟骨器の後方には1対の太い**漏斗牽引筋**（funnel retractor muscle: fr, 図2C）が伸びており、殻に付着する。

（5）消化器官

脳と口の間には筋肉質の**口球**（buccal mass）があり、先端に**顎板**（beak）が飛び出している。顎板は上下1対

あり、下側の方が強く突出する。顎板は通称「カラストンビ」と呼ばれている。顎板を取り外すと**歯舌**が見える。

口球の後方は、主に食道、胃、胃盲囊、消化腺、腸、肛門からなる（図3D-F）。**食道**は口球の後ろでは細く脳を貫通し、内臓の中央部まで伸びる。**胃**（st, 図4C-D）は大きく膨らむ。胃の左側には胃盲囊がある。**胃盲囊**（ca, 図3D-F; 4D）はほぼ1巻の螺旋を描き、胃の本体よりも大きい。**消化腺**（dg, 図4B, D）は胃よりも前にあり、左右相称で1対。消化腺と胃は細長い管で連絡しており、その管の周辺に**消化腺付属体**（digestive gland appendage: dga, 図3D; pancreatic appendageともいう）が発達する。**腸**（i, 図4B-D）は単純で細く、1回ねじれた後に前に向かって伸び、**肛門**（an, 図4A-C）で終わる。

腸の末端部分には**墨汁囊**が付着する。墨は墨汁囊の後端にある**墨汁腺**（ink gland: ig, 図4A-C）で作られ、**墨汁管**（ink sac duct: isd, 図4C）を通して前側に送られる。墨汁管は肛門近くで腸につながっており、墨は肛門を通じて外に放出される。

（6）循環器系

血管系は閉鎖血管系でよく発達する。**心臓**は2心房1心

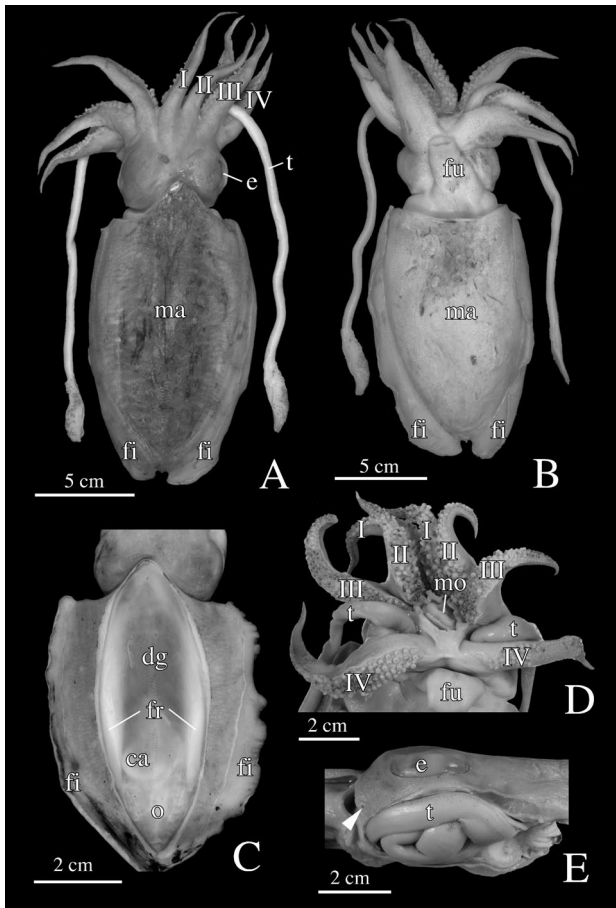


図2. コウイカ。A. 動物体背面；B. 動物体腹面；C. 背側の外套膜を切除し殻を取り除いた図；D. 口の周辺と腕の配置；E. 眼の下に収納された触腕。眼の下を切除して、右側面から見た図。矢印は嗅覚器官。ca=胃盲嚢，dg=消化腺，e=眼，fi=ひれ，fr=漏斗牽引筋，fu=漏斗，I-IV=腕I-IV，ma=外套膜，mo=口，o=卵巣，t=触腕

室である。心臓から出る**大動脈**は前後に分かれるが、前側の方が太く長い。前大動脈は頭部、後大動脈（pa, 図4C）は内臓の後部に達する。

頭部から戻る血液が流れる**大静脈**（vc, 図4C）は動脈より腹側にあり、消化腺の直下の正中線に見え、その後側では左右に分岐する。分岐した後の部分は腎囊付属体（ra, 図4C）に包まれ、**鰓心臓**（branchial heart: bh, 図4C）につながる。

鰓心臓は鰓の基部にあり、伸縮性があり血流を鰓に送り込む機能を持つ。鰓は鰓軸に沿って、入鰓血管と出鰓血管（ebv, 図4D）があり、出鰓血管はすぐに心臓の**心房**（a: 図4D）につながる。

(7) 排出器官

頭足類の排出器官は複雑である。排出は外套腔に開く1対の**排出孔**（excretory pore: ep, 図4C）から行われるが、それは**腎囊**（renal sac: rs, 図4D）と呼ばれる大きな袋状の空間の末端部分である。

排出の機能に重要な役割を持つ部分は、**腎囊付属体**

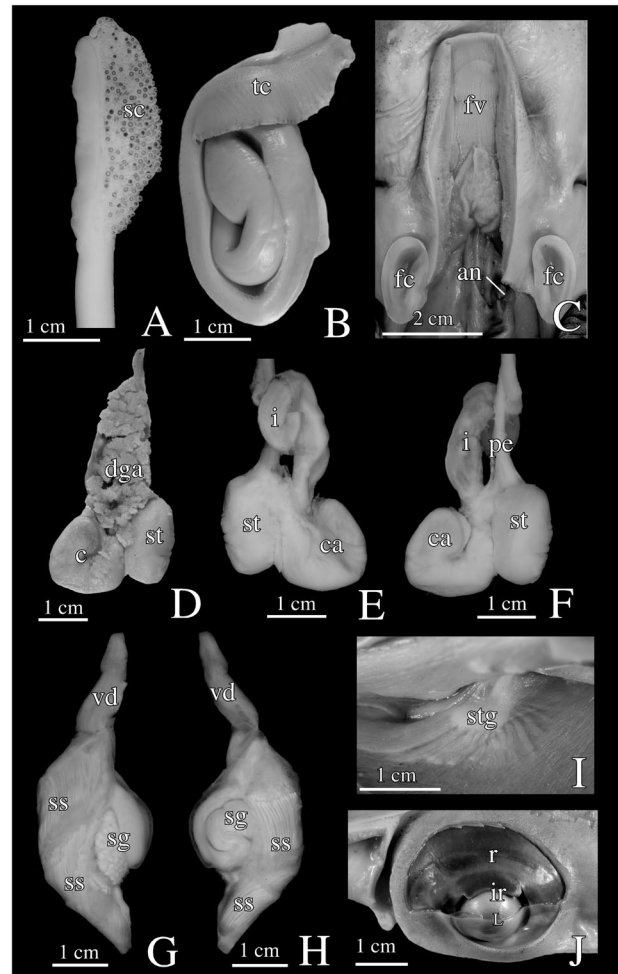


図3. コウイカ。A. 触腕の先端部（触腕掌部）；B. 折りたたまれた状態の触腕；C. 漏斗の腹側を切り取って、漏斗弁を露出させたところ；D. 胃，胃盲嚢とそれらに付属する消化腺付属体；E-F. 胃と盲嚢（E. 腹面，F. 背面）；G-H. 雄性生殖輸管（G. 背面，H. 腹面）；I. 星状神経節（stg）；J. 眼の周辺の表皮の一部を切り取って網膜を露出させた図。an=肛門，ca=胃盲嚢，dga=消化腺付属体，fc=漏斗軟骨器，fv=漏斗弁，i=腸，ir=虹彩，L=レンズ，pe=後部食道，r=網膜，sc=吸盤，sg=精包腺，ss=精包囊，st=胃，stg=星状神経節，tc=触腕掌部，vd=輸精管。

（renal appendage: ra, 図4C）と**囲心嚢付属体**（pericardial appendage）である。腎囊付属体は心臓に戻る静脈の血液を濾過する。囲心嚢付属体は鰓心臓の後ろにある**鰓心臓付属体**（branchial heart appendage: bha, 図4C）の中にあり、鰓心臓に送られる血液を濾過する。

(8) 生殖器官

生殖器官は雌雄で異なる（**雌雄異体**）。雌は**卵巣**（ovary）内の卵が大きな塊状に見える。一方雄の**精巣**（testis: t, 図4B-D）は無構造の白い塊である。

雌の**輸卵管**（oviduct: o, 図4A）は体の左側だけにあり、比較的単純で、前側に伸びて外套腔に開く。肛門の付近に大きな腺状の組織があり、後側が**卵包腺**（nidamental gland: ng, 図4A），前側が**付属卵包腺**（accessory nidamental

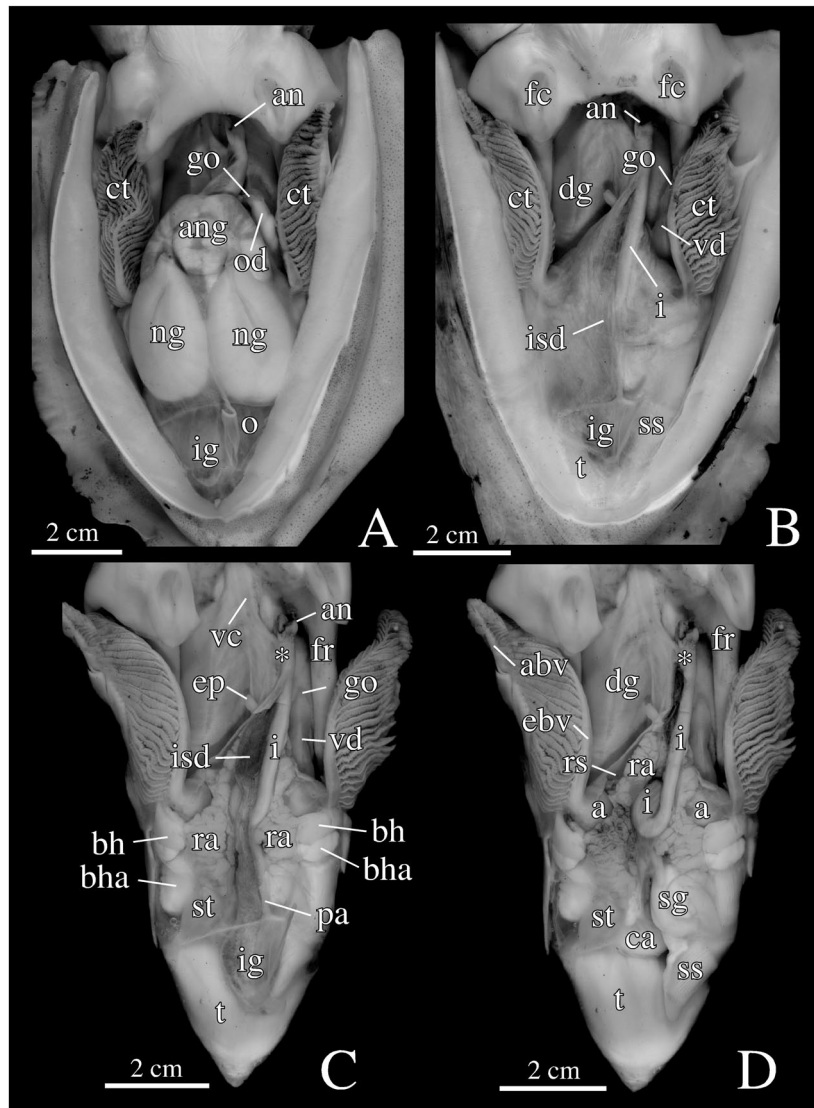


図 4. コウイカ。A-B. 外套膜を切除して外套腔の内部を露出させた図；C. 外套膜を完全に取り去って、内蔵塊を露出させた図；D. C から墨汁嚢を切除した図。A. 雌；B-D. 雄。a=心房，abv=入鰓血管，an=肛門，ang=付属包卵腺，bh=鰓心臓，bha=鰓心臓付属体，ca=胃盲囊，ct=櫛鰓，dg=消化腺，ebv=出鰓血管，fc=漏斗軟骨器，fr=漏斗牽引筋，go=生殖孔，i=腸，ig=墨汁腺，isd=墨汁管，o=卵巣，od=輸卵管，ra=腎囊付属体，rs=腎囊，ss=精包嚢，st=胃，t=精巢，vc=大静脈，vd=輸精管，*=墨汁嚢の腸への開口部。

gland: ang, 図 4A) である。これらの腺組織は輸卵管とは離れた位置にある。

雄の精子は細長い**精包**に入れて雌に渡される。**輸精管** (vas deferens, vd: 図 4C) は体の左側で細く折れ曲がって塊状になり、その一部に精包を分泌するための**精包腺** (spermatophoric gland: sg, 図 3G, H, 4D) がある。完成した精包は**精包嚢** (spermatophoric sac: ss, 図 4D = ニーダム嚢 Needam's sac と呼ばれる) に貯蔵される。完成した精包が平行に並んでいる様子は精包嚢から透けて見える。

(9) 神経系

左右の眼の間には**脳** (brain) があり、特に眼の基部には**視葉** (optic lobe) が発達する。脳は硬い頭蓋軟骨に覆われており、軟骨の周辺の筋肉をはずすと軟骨の部分だけを取り出すことができる。脳の中央部は食道が貫通する。

漏斗軟骨器の外側の外套膜の内面を押し広げると、多方向に分岐した**星状神経節** (stellate ganglion: stg, 図 3I) が見える。これは頭足類に特有の神経節で外套膜に神経を送る。

(10) 感覚器官

眼 (eye: e, 図 2A) は体の左右に 1 対ある。眼の表面は**角膜** (cornea) に覆われて閉じている。角膜を切り開くと**レンズ** (lens: L, 図 3J) と**網膜** (retina: r, 図 3J) が見える。レンズの上下には光量を調節するための**光彩** (iris: ir, 図 3J) が張り出している。

眼の後腹側には微小な孔が開いているが、これは**嗅覚器官** (olfactory organ: 図 2E) である。頭蓋軟骨を取り出して後側から見ると腹側に**平衡胞** (statocyst) が透けて見える。平衡胞の位置は漏斗の背側付近にあたる。

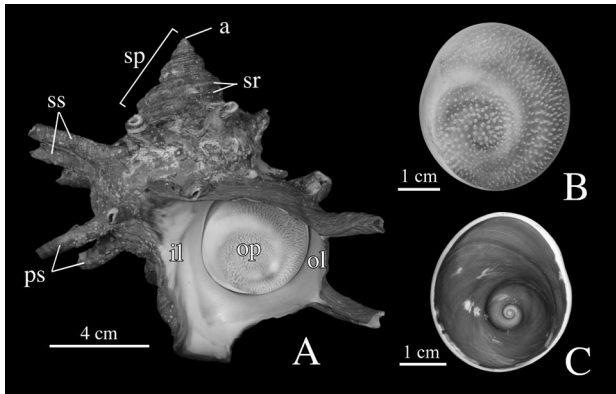


図5. サザエ. A. 殻; B-C. 蓋 (B. 外面. C. 内面). a=殻頂, il=内唇, ol=外唇, op=蓋, ps=周縁部の棘, sp=螺塔, sr=螺肋, ss=肩部の棘.

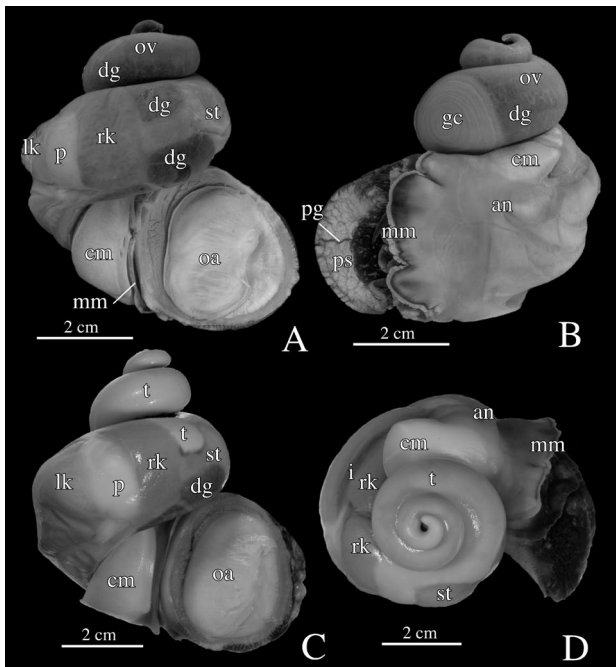


図6. サザエ. A-B. 雌 (A. 腹面. B. 背面); C-D. 雄 (C. 腹面. D. 殻頂方向から見た図). an=肛門, cm=殻軸筋, dg=消化腺, gc=胃盲嚢, i=腸, lk=左腎臓, mm=外套膜縁, oa=蓋の付着部, ov=卵巣, p=囲心嚢, pg=足溝, ps=足裏, rk=右腎臓, st=胃.

サザエの解剖

(1) 殻

サザエの殻は螺旋状に巻いている (図 5A, B). 殻は先端が尖った部分 (**殻頂** apex: a, 図 5A) から巻下がるように成長する. 殻の巻いている部分は部分的に重なって接しており, 螺旋の1巻分を**螺層** (whorl) という. 殻の上方は最初に作られた部分ほど細く塔状に見えるため**螺塔** (spire: sp, 図 5A) という. 一方, 最後の螺層は特に大きく, **体層** (body whorl) という. 軟体部の出入り口は**殻口** (aperture) である. 螺旋の中心を**殻軸** (columella), 殻口の殻軸側を**内唇** (inner lip: il, 図 5A), 反対側を

外唇 (outer lip: ol, 図 5A) という. 殻口は石灰質の**蓋** (operculum) で完全に覆うことが出来る (図 5B, C).

サザエは彫刻に変異があり, 有棘型と無棘型があることは有名である. 有棘型の場合, 肩部と周縁部の2カ所に棘が形成される (ss, ps, 図 5A). ただし, 有棘型も成長の初期には棘がない. そのため, 螺塔の上部には棘がなく, 彫刻は**螺肋** (spiral rib: sr: 図 5A) だけである.

(2) 動物体外部形態

動物体は螺旋状に巻いている (図 6). 軟体部は殻軸に**殻軸筋** (columellar muscle: cm, 図 6, 7A-B) で付着している. 付着部は殻口の内唇のすぐ内側にあり, 細長い带状. 軟体部は, **頭足塊**, **外套膜**, **外套腔**, **内臓塊**からなる.

足は筋肉質で大きい. 匍匐のための接地面である**足裏** (pedal sole: ps, 図 6B, 7C)が発達し, 左右二葉に溝 (pg, 図 6B, 7C) によって仕切られており, 匍匐時は左右を交互に動かす. 頭部は匍匐時は足よりも前に伸びるが, 退縮時は足よりも先に奥に引っ込む. 足の後部には石灰質の蓋が付着している.

内臓塊は先端部が螺旋状に巻いており, 背側の表面に**生殖巣**, その腹側は**消化腺**である. 内臓塊の一部に強く螺旋状に巻いた構造が見えるが, それは**胃盲嚢**である.

(3) 外套腔

外套腔内には, **櫛鰓** (ctenidium: ct, 図 7A), 腸の末端部と**肛門** (an, 図 6B, D, 7A), 左右の腎臓の末端部, **鰓下腺** (hypobranchial gland: hgr, hgl, 図 7A) があり, 外套膜に貼り付いている. 鰓は外套腔の左側, 肛門が右側に位置している.

(4) 筋肉系

頭足塊は筋肉質であり, そこから1本の太い**殻軸筋** (columellar muscle: cm, 図 6, 7A-B) が分岐して, 殻軸に付着する.

(5) 消化器官

頭部の先端に短い**吻** (snout: sn, 図 7B) があり, その先端に口が開く. 吻の基部の後方に, **口球**があり, その上に**歯舌** (rd, 図 7D) が筋肉で固定されている. 口球の後方は消化管が太く広がり, **食道**になる. 食道の壁には**食道腺** (esophageal gland: eg, 図 7B) が発達し, その内壁は乳頭状で粗く見える. 食道の一部を横切るように**歯舌嚢** (radular sac: rds, 図 7B) が伸びている.

胃 (st, 図 6A, C-D) は内臓塊の腹側にあり, 体の表面から見える. 胃の内部は, 食物粒子を分別するための選別域 (sorting area: sa, 図 7E) あるいは食物粒子の通り道になる隆起状の構造が見られる. 胃には**胃盲嚢** (gastric caecum: gc, 図 6B) が付属しており, 螺旋を描く.

腸 (i, 図 6D, 7A, E) は内臓塊の中で1度湾曲した後, 囲心嚢と心室を貫通し, 外套腔内を斜め前方に伸び, 外套腔の右前端部で**肛門** (an, 図 6D, 7A) として終わる.

(6) 循環器系

心臓は鰓の後側の囲心嚢 (p, 図 6A, C) の中にあり, 2心房1心室である. 腸は心室を貫通している. 外套膜に

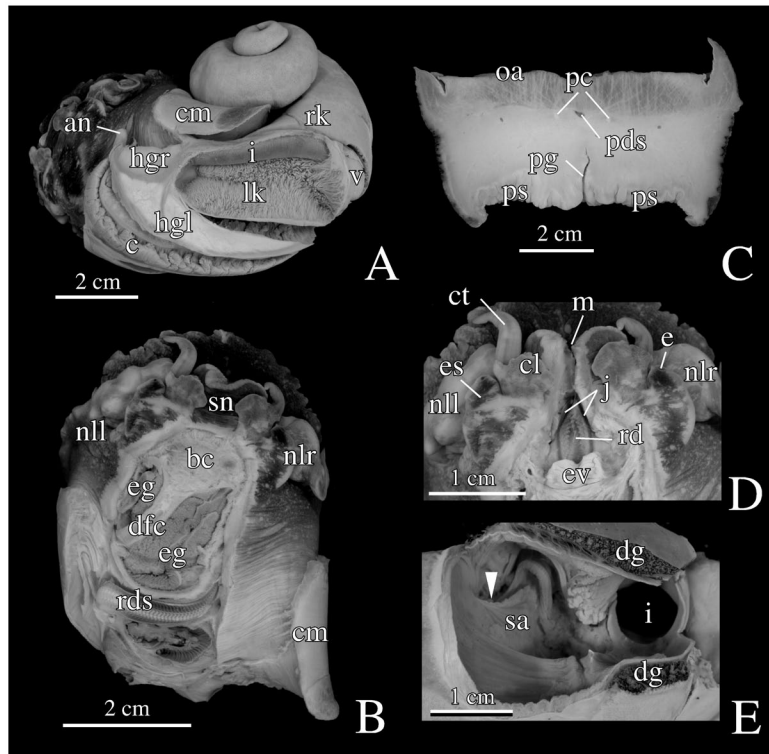


図7. サザエ。A. 外套膜の一部を切除して左腎臓 (lk) の内部を示した図；B. 頭部周辺の表皮を切除して食道の周辺を露出した図；C. 収縮した足の垂直断面；D. 頭部から口にかけて表皮を切除して歯舌を露出させた図；E. 胃の内部。矢印は胃盲嚢の開口部。an=肛門、bc=口腔、c=鰓、cl=頭部葉、cm=殻軸筋、ct=頭部触角、dfc=食道中央部、dg=消化腺、e=眼、eg=食道腺、es=眼柄、ev=食道弁、hgl=左鰓下腺、hgr=右鰓下腺、i=腸、j=顎板、lk=左腎臓、nll=左頸葉、nlr=右頸葉、oa=蓋の付着部、pc=足神経索、pds=足血洞、pg=足溝、ps=足裏、rd=歯舌、rds=歯舌嚢、rk=右腎臓、sa=胃の分別域、sn=吻、v=心室。

付着する鰓に沿って、入鰓血管と出鰓血管が表面から透けて見える。出鰓血管の先に左心房が位置している。

(7) 排出器系

腎臓は左右に1つずつあり、どちらも大きくよく発達し、外套膜の表面から見える。左右は大きさだけでなく、組織も異なる。**右腎臓** (rk, 図 6A, C-D, 7A) は腸より右側の殻軸側に位置する。内部の組織は綿状である。左腎臓 (lk, 図 6A, C, 7A) は直腸よりも左側にあり、内部は突起状の腺組織に覆われている。右腎臓は後半分が内臓塊の内部にあり前部は外套腔内に張り出している。左腎臓は全体が外套膜に付着している。

(8) 生殖器系

生殖巣は雌雄で色が異なり、**卵巣** (ov, 図 6A-B) は深緑色、**精巣** (t, 図 6C-D) は白い。生殖輸管は細く、肉眼では観察が難しいが、右腎臓に開く。体外受精を行うため、特別な腺組織や交尾のための器官はない。

(9) 神経系

口球を取り囲むように、食道神経環が存在している。しかし、それらは頭足類に比較してかなり貧弱であり、肉眼では観察が容易ではない。

(10) 感覚器官

肉眼で識別できる感覚器官には、頭部触角と眼がある。**頭部触角** (ct, 図 7D) は生時は長く延ばすことがで

き、外部の様子を探る重要な器官である。頭部触角の基部の外側には**眼柄** (es, 図 7D) があり、その先端に**眼** (e, 図 7D) が微小な黒い点として見える。

ホタテガイの解剖

(1) 殻

殻は扇状で左右に2枚ある。左側は褐色を帯び (図 8A)、右殻は白い (図 8C)。右殻の方が左殻より膨らみが強い。背側の**殻頂**の前後には**耳状部** (前耳、後耳: aw, pw, 図 8) が突出する。

殻の表面には**放射肋** (radial rib: rr, 図 8C) と**成長輪** (growth ring: gr, 図 8C) がある。成長輪の間隔は殻頂に近い方では広いが、腹縁に近づくにつれて狭くなる。

二枚の殻は内側の**靱帯**で付着する。靱帯は**外靱帯** (external ligament: el, 図 8B, D) と**内靱帯(弾帯)** (resilium: rl, 図 8B) からなる。外靱帯は耳上部に沿って分布し、内靱帯は殻頂の内側にあり靱帯受 (resilifer: rf, 図 8D) に付着する。

殻の内面の中央部の後ろ寄りに大きな**閉殻筋痕** (adductor muscle scar: ams, 図 8B, D) がある。外套膜の付着部は**外套線** (pallial line: pl, 図 8B, D) として認識できる。

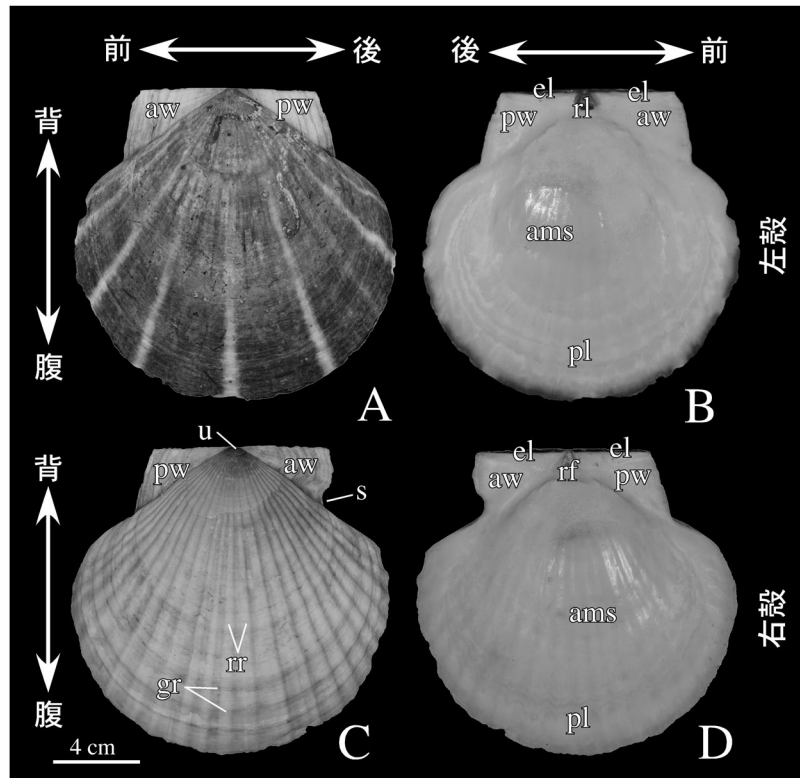


図8. ホタテガイ. A-B. 左殻; C-D. 右殻. AとCは外面, BとDは内面. am=閉殻筋痕, aw=前耳, el=外靱帯, gr=成長輪, pl=外套線, pw=後耳, rf=靱帯受, rl=内靱帯, rr=放射肋, s=湾入, u=殻頂.

(2) 動物体外部形態

体は左右に側偏する. 外套膜, 閉殻筋, 内臓塊が表面から見える主要な構造である.

外套膜 (m, 図9, 10A) は体の左右にある. 左右の膜に挟まれた空間が**外套腔**である. 外套膜の大部分は非常に薄く, 放射状に伸びる外套神経 (pallial nerve: pn, 図9A) が透けて見える. 外套膜の周縁は特に厚くなり, **外套膜縁** (mm, 図9) と呼ばれる. 外套膜縁に沿って**外套触角** (pallial tentacle: pt, 図10B, C) と**外套眼** (pallial eye: pe, 図10B) が発達する.

鰓の前側の末端部には小さな三角形の構造 (**唇弁** labial palp: lp, 図9B, 10E) がある. 唇弁の内表面には多数の溝があり, 鰓の繊毛で集められた食物を選別する機能がある. 左右の唇弁の間には細かく分岐した**口触手** (oral tentacle: ot, 図10E) があり, その間にスリット状の口が開く.

口の近くに筋肉質の突起があるが, これは退化的な**足** (f, 図9B) である. ホタテガイは底質に潜しないため足は痕跡的である.

(3) 外套腔

外套腔内には, 閉殻筋の前側から腹側に沿って, 大きな**櫛鰓** (c, 図9B) が見える.

鰓の鰓葉は左右それぞれ二重構造になっており, 鰓葉を**外半鰓** (outer demibranch: od, 図10A), 内側を**内半鰓** (inner demibranch, id, 図10A) という. さらに, そ

れぞれの半鰓は反転して折れ曲がっており, 内側の**下向鰓葉** (descending lamella, dl, 図10A) と外側の**上向鰓葉** (ascending lamella: al, 図10A) の二重構造になっている (lamella ではなく arm と呼ばれることもある).

(4) 筋肉系

閉殻筋は大多数の二枚貝類では前後に2つあるが, ホタテガイの場合は片方 (前閉殻筋) が退化し, 中央に1個である. ただし, 前後に2つの領域に分かれており, 前側 (am1, 図9, 10A) が後側 (am2, 図9, 10A) よりも圧倒的に大きい.

(5) 消化器系

口から後ろに続く消化管は内臓塊の中に完全に埋もれている. 口の直後は細い食道がほぼまっすぐに伸びる. この部分には, 口球, 歯舌, 顎板, 唾液腺など, 他の軟体動物に見られる多くの消化器官が欠如している.

食道の後ろは胃に開く. 胃は**消化腺** (dg, 図9) に取り囲まれており, 外側からはほとんど見えない. 胃は晶体域 (style sac: ss, 図10F) が非常に長く伸び, 生殖腺の内部にまで到達する. 晶体域は折れ曲がって**腸** (i, 図9B) につながる. 腸は背側に伸びて**囲心囊**と心室を貫通し, 閉殻筋の背側に沿って走り, **肛門** (an, 図9B) で終わる.

(6) 循環器系

心臓は内臓塊の背側のやや後ろ側の表面付近にある. 心臓は**囲心囊** (p, 図9) と呼ばれる腔所の中にあり, 囲心囊の表皮を切り取ると, 2心房1心室が見える.

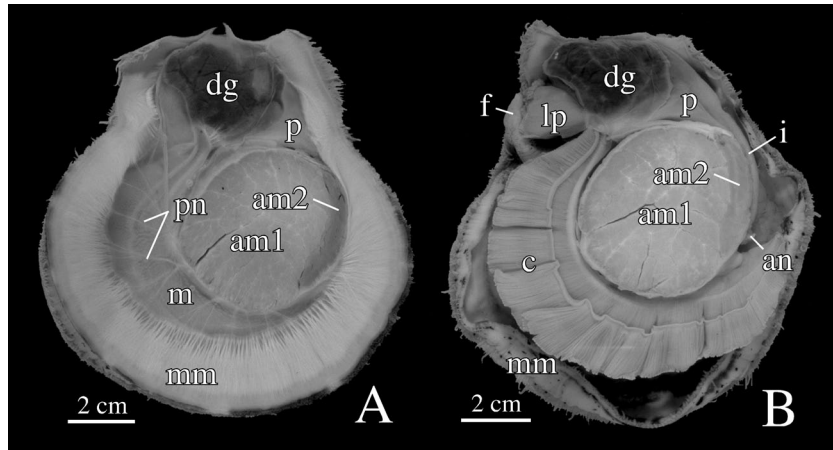


図9. ホタテガイ. A. 動物体の左側面図; B. 左側の外套膜を切除した図. dg=消化腺, p=囲心囊, pn=外套神経, m=外套膜, mm=外套膜縁, am1, am2=閉殻筋, f=足, lp=唇弁, c=櫛鰓, i=腸, an=肛門.

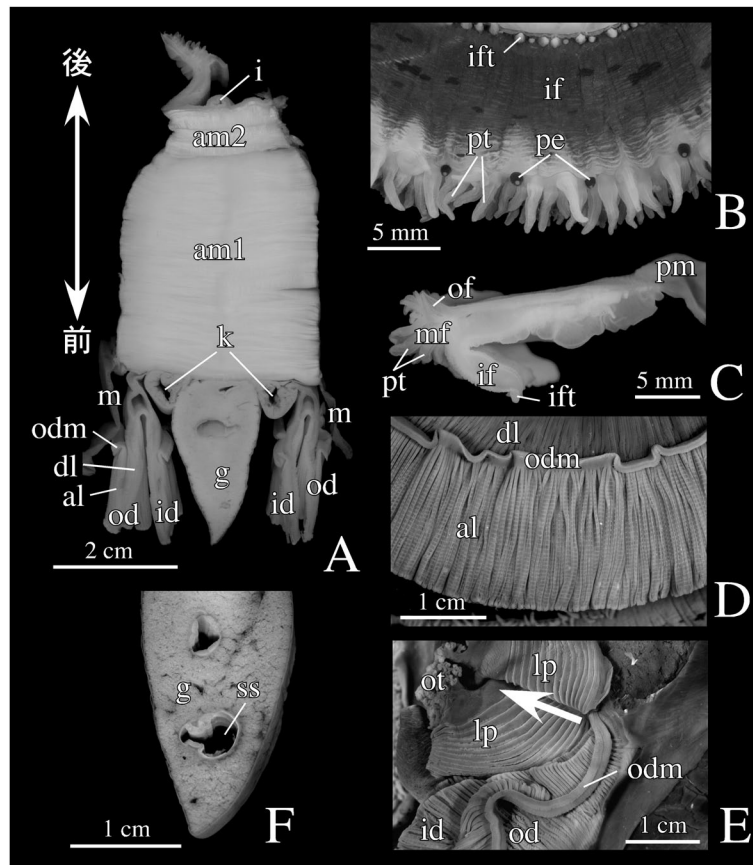


図10. ホタテガイ. A. 動物体の垂直断面; B. 外套膜縁の内面; C. 外套膜縁の垂直断面; D. 鰓の表面の拡大図; E. 鰓・唇弁・口の関係を示す図. 矢印は餌粒子が流れる経路を示す; F. 胃の晶体囊の垂直断面. al=上向鰓葉, am1, am2=閉殻筋, dl=下向鰓葉, g=生殖腺, i=腸, id=内半鰓, if=外套膜縁内葉, ift=外套膜内葉の触角, k=腎臓, lp=唇弁, m=外套膜, mf=外套膜縁中葉, od=外半鰓, odm=外半鰓の周縁部, of=外套膜縁外葉, ot=口触手, pe=外套眼, pm=外套筋付着部, pt=外套触角, ss=胃の晶体囊.

(7) 排出器系

鰓を切り取ると閉殻筋に沿って細長い袋状の腎臓(k, 図10A)が見える. 腎臓は左右に1対あり, 大きさは同じである. 腎臓の排出孔は腹側の末端にある.

(8) 生殖器系

左右の鰓の間には三日月型の生殖巣(g, 図10A, F)が

大きく張り出している. 雌雄異体で, 卵巣は赤く, 精巣は白い. 生殖巣が発達していない段階では雌雄を見分けることは困難である.

(9) 神経系

口を取り囲むように食道神経環があるが, それを構成する神経節は小さい. 内臓神経節は鰓の後端の基部付近

にある。

(10) 感覚器官

外部に露出した感覚器官は、外套触角と外套眼である。**外套触角** (pt, 図 10B, C) は外套膜の中葉に沿って、密集している。**外套眼** (pe, 図 10B) は外套触角の基部付近にほぼ等間隔で並んでいる。眼は黒く、レンズの部分のみ白い。

解剖実習の成果

実習に際しては、著者自らが予行演習を行って、できるだけ解剖しやすい手順を考案して実習に臨んだ。解剖は手順が重要であり、大きい構造から小さい構造へ、あるいは外側の構造から内側の構造へ理解しながら進むのが鉄則である。しかし、期待通りに作業ができた部分だけでなく、予想以上に困難な部分もあった。

コウイカは、3 種の中で最も部品が多く、解剖実習に好適な材料である。実習では、腕、頭部、外套膜を確認し、背側の外套膜を切り開いて、甲を取り出すことから始めた。腕の観察では触腕の基部の位置を確認することが重要である。さらに、ひっくり返して、腹側の外套膜に縦に切れ目を入れて広げ、内臓塊を見ながら傷つけないように外套膜を取り去る。ここで鰓、漏斗、漏斗軟骨器などが完全に剥き出しになり、主要な外部器官の配置はひととおり理解できた。

内臓塊は、雌雄による差が大きく (図 4)、両者を見比べることが理想的である。内臓塊を解剖する場合は、墨汁嚢を傷つけると墨だらけになり見えなくなる。そこで最初に墨汁嚢を完全に除去して、もれた墨は水洗いしてから観察した。その後、消化器官や生殖器官を取り出して解体し、各部を観察することができた。

内臓で案外難しいのは心臓を見つけることである。心臓は腎嚢付属体と消化腺付属体に取り囲まれていて、外からは見えない。出鰓血管を辿って行くことで心房を見つけることができるが、それを破って見失うと、訳が分からなくなる。また、排出器官も外形がはっきりしないため初学者には難しかったようで、今回の実習では、鰓心臓と心房・心室を正しく識別できれば、上出来であるといえる。

サザエは、螺旋状に巻いていることと、他の 2 種よりは小型であったので、多少扱いにくいことが予想された。しかし、多くの器官は境界を動物体の表面から認識できるので、解剖は順調に進めることができた。外套腔の内部の器官は、右側を切って左側に広げた図が教科書によく描かれている。しかし、サザエのように螺旋がきつい種では綺麗に広げることが難しいので、外套腔の境界に沿って外套膜全体を一挙に切り取って、内側と外側の両側から

観察するように説明したところ、腎臓や鰓下腺などの器官も正確に理解できたようであった。

次に剥きだしになった頭部を観察して、縦に切り目を入れて口を広げ、歯舌を探した。サザエの場合は一列当たりの歯舌歯の数が多く目立つため、大半の参加者は歯舌を見つけることができた。ただし、容易に見つからない場合は、頭部をでたらめに切ってばらばらにするよりは、頭部の後ろ側を切り開いて歯舌嚢を探してそれを前側に辿って行く方が確実であった。内臓塊では、螺旋状の盲嚢が目立つため、胃は非常に簡単に見つけることができた。そこから消化腺をはずして、腸を完全に取り出すこともできた。

ホタテガイは閉殻筋と外套膜を認識することから始まり、それを切り取って鰓を観察する段階までは極めて容易である。次に暗緑色の消化腺を認識する。生殖腺は、実習を行った 3 月には既に発達しており、生時は雌雄を色の違いで判別できた。ただし、実習用標本はゆでたものをエタノール中に保存して持参したため色が抜けており、雌雄の判別ができなかった。

さらに他の器官を解剖する過程は、大きさがやや小さくなるので徐々に難しくなる。しかし、大半の受講者は、唇弁、足、口、腎臓、心臓、心臓を貫通する腸、肛門、等を正しく特定していた。消化管の摘出は難易度が高く、胃は消化腺を少しずつ外すことで見つけられたが、その前後を辿ることができないことが多かった。しかし、少なくとも外部に露出した器官は十分に認識できたようである。

実習は 3 種のための解剖で時間も限られていたが、受講者は解剖用具の扱いにも慣れて、解剖図と実物を対比する作業を体験することができた。化石の研究では硬組織のみを扱うことが多いが、筋肉の付着部のように動物体の構造を記録する形質がある。それらの機能を知るためには現生種の対応する部分を解剖して構造を理解することが有効である。今後もさらに多くの古生物学研究者が解剖に興味を持たれることを期待する。

謝辞

大変有意義なワークショップを企画し実務を担当された東京大学の Robert Jenkins 博士、大橋智之博士、ワークショップ全体に対して様々な支援をして下さった東京大学大の路樹生博士、実習に必要な経費を援助して下さいました日本古生物学会に御礼申し上げます。また、シカゴ大の Jenkins 博士・滋野修一博士は原稿を子細にチェックして下さい、解剖学の用語について大変有益なコメントをいただいた。お世話になった方々に深く感謝する。