

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 6 日現在

機関番号：14302

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2013～2015

課題番号：25350198

研究課題名(和文) 新たな簡易凍結徒手切片法を用いた動物組織を観察する実習の開発と高等学校での実践

研究課題名(英文) Development of experiments to study animal body-structures and their practice in biology classes of high schools

研究代表者

梶原 裕二 (kajiwara, yuji)

京都教育大学・教育学部・教授

研究者番号：10281114

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,600,000円

研究成果の概要(和文)： 新たに開発した「簡易凍結徒手切片法」を用い、動物・生命そのものに立脚し、多様な動物門の動物の組織を見る高等学校生物の実験を開発した。

多様な動物を観察する長所を活かし、これまでにない動物の系統、進化、体の複雑さを実感する実験を作成した。具体的には、側生動物のカイメン、後生動物で二胚葉性の刺胞動物のヒドラ、前口動物で扁形動物のプラナリア、環形動物のミミズ、後口動物の脊索動物のナメクジウオ、脊椎動物に属するイモリ胚の体のつくりを、実物を通して観察できる実験となった。実際の動物の観察に加え、多様な動物の体のつくりを比較することで、動物界を俯瞰し、各動物の特徴が実感出来るものとなった。

研究成果の概要(英文)： There have been few experiments that understand body-structures of the various animals in biology class in high schools. In the present report, a new experiment has been developed to understand the typical body structures with the phylogenetic tree, using a brief hand-made section of frozen tissues.

The sponge, the hydra, the planarian, the earthworm, the amphioxus and the larva of newts had the different body structures each other, showing the importance of cell differentiation, the germ-layer, the gut, the coelom, the notochord and the neural tube. Thus, it was shown that the present experiment was good for understanding the animal kingdom totally.

研究分野：科学教育

キーワード：高等学校生物 実験 動物組織 動物系統 進化 簡易凍結徒手切片法

1. 研究開始当初の背景

多細胞動物の生命活動は $10\ \mu\text{m}$ ほどの小さな細胞の活動を通して行われるため、それを理解するためには顕微鏡が必要である。

しかし、動物の組織は軟弱なため、一般的にパラフィン包埋法が用いられるが、特殊な技法と装置、数週間の時間が必要なため、高等学校、大学初期課程では実施されることがなく、既存の標本の観察である(例;近年出版された「フローチャート標準生物学実験(2011)実教出版」でも、既存の標本を用いた観察である)。このように、大学等の教育研究機関でない限り、実習を伴う組織の観察が疎外され、敬遠される。

私たちヒトを含む動物の生命現象が教科書に記載されるが、多くは、器官・組織・細胞の模式図や写真である。しかし、特に生物では、対象となる生命現象が私達や動物の体の中で実際に生じているという実感、換言すれば、「自身の生命現象との距離感」をなるべく近くする必要がある。これは、特に近年重視される「命の大切さ」を育む観点にも通じ、「体験や本物の重要性」にも応えるものである。加えて、模式図や既存の組織標本では、必然的にその内容を超越する学習は不可能であり、従来の方法では、多様な動物で、多様に生じる生命現象を学校で学ぶことはできない。「生徒・教師の創意工夫を伸ばす」ためには、「対象となる動物、生命現象は常にオープン・エンド」が不可欠で、かつ自身の学校で実施できる必要がある。この観点は新設「理科課題研究」の「自由な発想による課題」にもつながる。

これらの理由から、科研費「生物における課題研究内容の充実・簡便な動物組織実験法の開発と応用 H22-H24」を受け、簡易凍結徒手切片法を開発した。本手法を用いた実習が高等学校の 40 人規模のクラスで、生徒の体験を通じた実習として実施できること、また、少人数の科学部や新設の「理科課題研究」であれば、高等学校においても、高度な生命現象の実習ができることがわかった。このように簡易凍結徒手切片法により、高等学校の理科室で実施可能な、従来にない動物を用いた様々な実習の開発が可能である。

2. 研究の目的

多細胞動物の体は、分化した細胞がいくつかの組織をつくり、各組織が秩序だって組み合わせられて器官を形成し、多くの器官が集まって器官系をつくり、統制のとれた個体という階層でできている。これらの秩序だった組織を観察する実習は、複雑な多細胞動物の体のつくりを理解する基礎となる(梶原(2013))。中学校や高等学校の生物では、教科書に植物や動物の体の組織が写真や模式図で多く掲載される。中学校や高等学校で細胞を実際に観察する実習としては、ヒトの頬の上皮細胞、タマネギの表皮細胞などが代表的である。多細胞動物が整然と組織立った構

造をしていることを学ぶ実験は、例えばツバキなど木本植物の硬い葉の組織を観察する実験がある。上皮細胞や葉の表皮細胞は敷石状に配列した平面的な構造のみを観察し、多細胞動物の体が整然と成り立っていることを学ぶにはほど遠い。前述したように、多細胞動物の体の構造を観察する実験は、整然とした体の構造を理解するばかりでなく、生命活動の実際の場合を理解するためにも必要不可欠である。再度、多細胞動物の体の構造を観察する実験に焦点を当てる必要がある。

この観点から、組織を観察する実験を充実させるため、従来観察されていなかった多様な草本植物の葉や花の観察実験を考案、報告した(梶原、2008、2009、2014)。動物の組織を観察する実験は、植物よりもさらに煩雑で、専用の機器や高度な技術が必要なため、中学校や高等学校ではほとんど実施されることはない。そこで、動物組織を観察できる簡便な手法を開発し報告した(梶原、2013)。この手法を用いると、学校でも多細胞動物の内部構造を観察することができ、例えば、フナやカエルなど身近な動物の組織を実際に観察することができ、動物の個体、組織、細胞といった階層をもった観察実験が考案できた。

多細胞動物の系統や分類を総合的に学ぶ観察や実験はあまりない。系統に沿って動物を俯瞰的に捉える実験があれば、それぞれの動物の体の特徴が理解できるばかりでなく、哺乳類以外の動物の多様性や、例えばセキツイ動物に属する哺乳類の体の巧緻さを実感することにもつながる。本研究では、「簡易凍結徒手切片法」を用い、いくつかの系統に属する動物の体の組織を観察し、多様な体の構造を実感できる実験の開発を目的とした。

3. 研究の方法

組織構造を観察した動物

組織構造を観察した動物は、海綿動物(ダイダイイソカイメン(*Hymeniacidon sinapium*))、刺胞動物(ヒドラ(*Hydra* sp.))、扁形動物(ナミウズムシ(*Eisenia fetida*))、環形動物(イトミミズ(*Tubifex tubifex*))、シマミミズ(*Eisenia fetida*))、脊椎動物(イモリ幼生(*Gynops phrygaster*))、ニワトリ胚(*Gallus gallus*)、マウス(*Mus musculus*)の小腸)を用いた。材料はブアン氏固定液で固定した。固定の際、ヒドラ、ナミウズムシは少量の水と共にペトリ皿に入れ、体が十分に伸長した時に多量の固定液を入れ固定した。また、ニワトリ胚は岩本と梶原(2000)、梶原と八十田(2011)によった。マウスは固定済の小腸標本を用いた。

簡易凍結徒手切片法による組織切片の作成

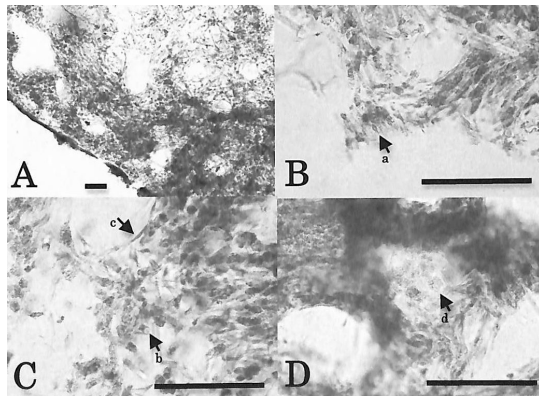
動物の組織切片の作成は梶原と八十田(2011)、梶原と山崎(2012)の方法を用いた。縦横約 12 mm、長さ 30-40 mm の棒状に切り出したブロッコリー髓の中央にコルクボーラー(コナカ理研機器)を用いて直径 6 mm の穴をあけた。20%エタノールで置換・保存し試料の保持体として用いた。動物標本は生理食塩水で洗い固定液を除き、紙で余分の水分を除いた。組織切片を作成する際、凍結包埋剤(OCT コンパウ

ンド、サクラファインテックジャパン)を穴に入れ、動物標本を切断面に注意しながら挿入した。ドライアイスで凍結包埋剤の上に数分放置・固化させた。あるいは、低温貯蔵庫(-80℃)で冷却したアルミ板をドライアイスの代替として用いて固化させた。手の熱でプロッコリー保持体や凍結包埋剤が柔らかくならないように、ティッシュペーパーで保持体を包み軍手を用いた。安全カミソリの刃(フェザー製・ハイステンレス)を用いて、徒手法により標本作製した。プロッコリー・凍結包埋剤とともに薄切された切片をシャーレに入れた生理食塩水に浮かべ、凍結包埋剤を溶解した。切片をピンセットでスライドガラス上に取り、マイヤー氏ヘマトキシリン溶液で染色した後、カバーガラスをかけた顕微鏡で観察した。組織標本は光学顕微鏡(ECLIPSE-E200;ニコン)で観察し、顕微鏡用デジタルカメラ(DSカメラ・DSL-2;ニコン)で写真撮影を行った。

4. 研究成果

1 カイメンの体の構造

カイメンの体の構造を示す(図 1-1)。教科書の模式図では、エリ細胞などが整然と配列しているように描かれるのに対して、透明な骨片とともに細胞は乱雑に分布していた。これらの乱雑な細胞の分布は、他種のカイメン(ムラサキイソカイメン)でも同様であった。骨片は直径約 10 μm 円柱状であり、乾燥した硬いカイメン標本はこの乱雑に分布した骨片が残存したものと考えられる。カイメンの組織の中の細胞は、少なくとも、小孔を覆う扁平細胞、骨片を形成するアメーバ細胞、エリ細胞、大型の卵細胞な



ど細胞分化が見られる。

図1-1

ダイダイイソカイメンの構造。内部には多くの小孔が見られる。多数の細胞と骨片が散在し組織が構築されている(A)。骨片は透明な円柱状をしている。紡錘型や丸型をした細胞が散在する。矢印 a はエリ細胞、矢印 b は横断された骨片とそれを包むアメーバ細胞、矢印 c は小孔を取り囲む扁平細胞、矢印 d は卵細胞を示す。スケールバーは 200 μm(A)、100 μm(B-D)。

2 ヒドラの体の構造

ヒドラの体幹部の横断面を示す(図 1-2)。教科書の模式図で示される通り、体は内外 2 層の細胞層で

構成され、間に薄層の中膠が存在することがわかる。外側の表皮/外胚葉はほぼ立方形の形をした細胞の中に、透明の瓶型をした刺胞細胞が散在する。この図から刺胞細胞をもつ、刺胞動物門の仲間が明瞭に理解できる。体の内部には消化管/内胚葉の細胞層が存在し、胃部の厚めの細胞層では、多くの消化顆粒がつまった大型の細胞が散在する。これらの図から、刺胞動物において、細胞層、即ち、胚葉の形成/分化が生じており、また、腸が存在することで、カイメンが海水の有機物を摂取していたのに対し、体外消化の機能をもつことが理解できる。また、ヒドラの体表面を透過光で観察すると、体表面に敷石状に整然と配列した表皮が観察できる。この図からも、多細胞動物の体の構成に、整然と配列した細胞による胚葉の形成、細胞どうしの密な結合が見てとれる。

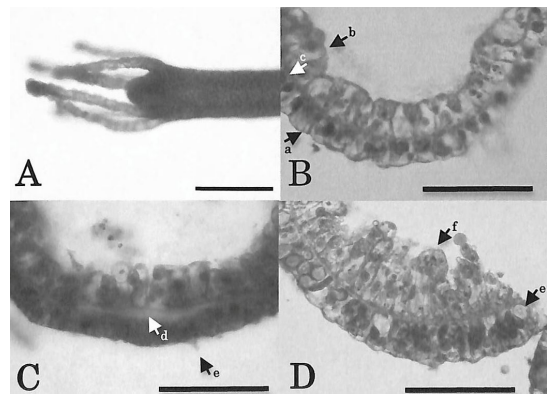


図 1-2 ヒドラの構造。染色後透過光で見た図(A)。体幹部の表面は細胞が敷石状に整然と配列していることがわかる。体幹の先の部分(B)(C)と中央の胃部分(D)の横断面。細胞は外側の層(矢印 a)と内側の層(矢印 b)の 2 層、層の間にある薄い細胞外マトリックス(メソグリア(矢印 c))の 3 つの部分で構成されている。中間の細胞外マトリックスが肥厚している部分もある(矢印 d)。刺胞動物の由来である刺胞が多数観察される(矢印 e)。刺胞は透明の円錐形で内部に納められた刺胞が観察できる(D:矢印 e)。内胚葉の細胞には消化顆粒が多数見られる大型の細胞(矢印 f)も混在し、体外消化をする腸の機能をもつことがわかる。スケールバーは 100 μm。

3 プラナリアの体の構造

ナミウズムシの体の横断面を示す(図 1-3)。教科書の模式図で示される通り、外側には表皮が存在し、体の内部は細胞が散在する間充織が存在し、内部に腸管が存在する。腸管は一本の管ではなく管が並列しているように見え、腸を形成する細胞は大型である。腸管の周りは扁平な細胞で覆われている。ヒドラと比較すると、表皮と腸の間に関充織が存在するため、体が厚くなっていることとともに、腸が体表の動きとは別に独立して動かせることが理解できる。しかし、体の内部には、細胞や間充織が存在しない空間、体腔は見られないこともわかる。

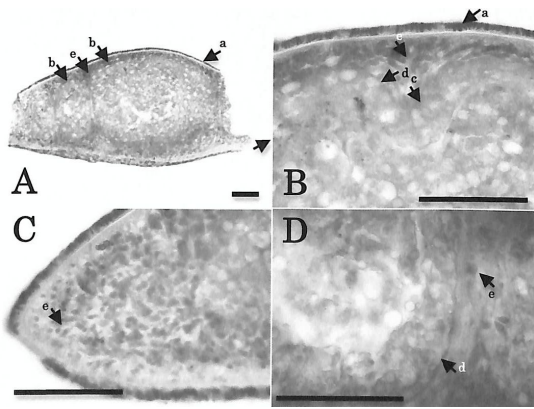


図1-3

ナミウズムシの構造(A)。背側中央部(B)、周辺部(C)、腸管の拡大(D)。周囲は黒色素をもつ表皮(矢印 a)で覆われている。内部には表皮から離れて、いくつかの腸管(矢印 b)が存在し、腸が分枝状をしていることがわかる。腸の一部は絨毛のように内腔に褶曲している部分(矢印 c)もある。腸の表面は薄い膜(矢印 d)で覆われている。また、表皮と腸の間には散在する細胞や細胞外マトリックスを含む豊富な間充織(矢印 e)が存在し、ナミウズムシの体が肥厚していることがわかる。スケールバーは 100 μm (A -C)、50 μm (D)。

4 ミミズの体の構造

ミミズの体幹部の横断面を示す(図 1-4)。体表面は表皮で覆われ、その下に薄い輪走筋と太い細胞が並んだ厚い縦走筋の2層の筋層が存在する。内部に、上皮細胞が配列した腸管が存在するが、間充織が詰まった粘膜炎層の発達はまだあまり見られない。腸管は扁平の細胞で取り囲まれている。また、腸管の周囲に血管系が見られる。腹側に神経束が存在する。体の内部には真体腔の空間が見られ、体液を満たすことで体に膨らみが生じることや、各体節の筋層の収縮に従った体液の柔軟な動きで、各体節の変形やぜん動運動が可能であることがわかる。

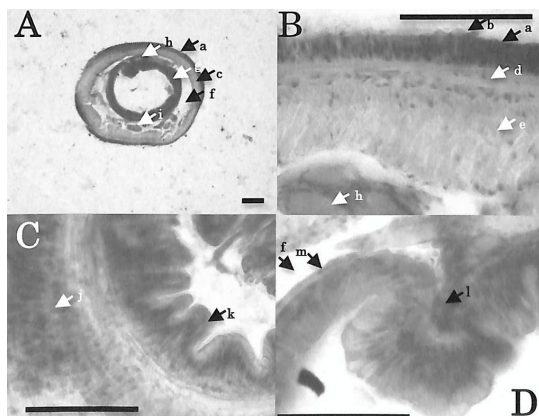


図1-4

シマミミズの構造(A)。背側中央部の表皮付近の拡大(B)、体節間の隔壁部分の拡大(C)、腸管の背側部分の拡大(D)。体の周囲は表皮(矢印 a)で覆われ、外側には薄いクチクラ層(矢印 b)が存在する。その内側には2層の筋

肉層(矢印 c)がある。外側の輪走筋(矢印 d)と内側の厚い縦走筋(矢印 e)が存在する。体の内側には真体腔の腔所(矢印 f)、中央に大きな管状の腸(矢印 g)が存在する。腸の背側には大きな血管(矢印 h)、腹側には神経束(矢印 i)が見られる。各体節の内側には真体腔(矢印 f)が存在するが、体節と体節の連結部は輪走と縦走の2層の薄い筋肉層(矢印 j)で隔てられている。表皮直下に存在する輪走筋と縦走筋、各体節間の隔壁に存在する筋層の収縮と弛緩、真体腔内の体液の移動により、ミミズの蠕動運動が可能になることが理解できる。腸管は基本的に簡単な輪状をしているが、部分的に絨毛のようにルーメン側に褶曲している(矢印 k)。イトミミズの簡単な輪状の腸管でも、背側の血管が存在する部分では上皮が内側に褶曲しており、間充織(矢印 l)が腸上皮の内側に入り込み、脊椎動物の腸の絨毛に若干似た構造を持つことがわかる。また、腸の周りは扁平な間膜(矢印 m)で覆われ、外側には真体腔が存在する。スケールバーは 200 μm (A)、50 μm (B, D)、100 μm (C)。

5 セキツイ動物(イモリ幼生、ニワトリ胚)の体の構造

イモリ幼生(変態前)の体幹部の横断面を示す(図 1-5)。胚は表皮に覆われ、背側にはメラニン色素で若干褐色をした神経管、間隙の多い太い脊索、その両側に筋肉組織が見える。また、腹側は卵巣に卵黄がほとんどなく、腹腔(真体腔)の存在が明瞭にわかる。原腸は内胚葉と臓側中胚葉の2層で構成され、腸間膜(臓側中胚葉)によって胚体の背と連続しているのがわかる。また、腹壁は体側中胚葉と表皮(外胚葉)の2層で構成されている。また、体壁には血管と血球の分化が観察できる。教科書の発生の単元では、両生類胚の断面として尾芽胚が記載される。尾芽胚は原腸にまだ多くの卵黄を含んでおり、図1-5と比べると、腹腔(真体腔)の存在を理解するには早い時期であることがわかる。また、広く実習に用いられるゼノパスの幼生は卵巣が複雑に置かれて腹腔に収納されているため、図1-5に示されるようにシンプルな脊椎動物の胴部の基本構造を知るには適当でない。また、ニワトリ胚でも同様であるが、太い脊索は神経や中間中胚葉の誘導ばかりでなく、基本的な動きとして、細長い脊椎動物の胚を前後に支える支持組織として機能することがわかる。

孵卵3日後のニワトリ胚の横断面を示す(図1-5)。表皮、神経管、体節、脊索、体腔、臓側中胚葉、壁側中胚葉がわかる。爬虫類、鳥類、ほ乳類を含む有羊膜類は胚盤や胚膜を形成する動物であり、初期発生の様子が両生類とは異なる。この時期、腹側には未だ原腸が形成されておらず平板状に開口している。神経管の下に太い円形の脊索が存在する。表皮と体側中胚葉(体壁板)は胚の側方では、羊膜と連続している。神経管の両側方にはブロック状の構造をした体節から生じた皮筋節が存在する(図 3-5)。胚の腹側は、将来の腸(臓側中胚葉と内胚葉:内臓板)を構成する領域が未だ管状をしておらず平板状に存在し、内臓板は中央で胚体に繋がっている(将来の腸間膜の領域)。胚体の側方には、体壁板と内臓板に

挟まれた腔所、即ち将来の胸腔や腹腔（中胚葉に覆われた真体腔）が形成される部分が存在する。この組織標本によって、有羊膜類の体幹部の構成要素や配置が詳しく観察できるばかりでなく、イモリ幼生の横断面によるセキツイ動物の基本構造（図 1-5）との関連を理解できる。

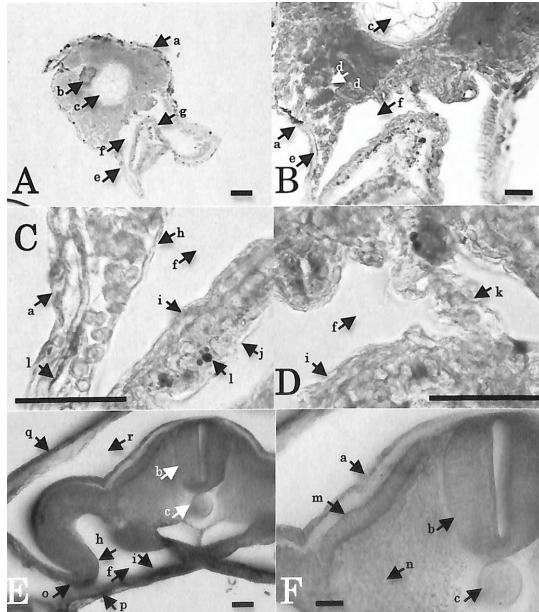


図1-5

脊椎動物、イモリ幼生(A-D)とニワトリ胚(E-F)の構造。イモリ幼生(A)は体を表皮(矢印 a)に覆われ、背側半分は神経(矢印 b)や脊索(矢印 c)、筋肉束(矢印 d)の組織が密に詰まった構造、腹側半分は腹壁(矢印 e)に囲まれた真体腔(矢印 f)と、内部の腸管(矢印 g)だけをもつ簡単な構造をもち、脊椎動物の体の基本構造が明瞭にわかる。この切片では、腹壁の一部が腹側で内側に折れ曲がっている。脊索(矢印 c)は体の背側約半分を占め、幼生を前後に支える支持器官の機能をもつことがわかる。真体腔は腹壁の壁側中胚葉(矢印 h)と腸管の臓側中胚葉(矢印 i)に覆われている。また、腹壁は表皮(矢印 a)と壁側中胚葉(矢印 h)と、腸管は内胚葉(矢印 j)と臓側中胚葉(矢印 i)とで構成されている。腸管は胚の背側に腸間膜(矢印 k)とで繋がっている。この時期、腸管は簡単な輪状をして、肝臓など腸管からの派生器官の膨らみは未だ見られない。表皮や腸管には色素顆粒をもつ色素細胞(矢印 l)が散在する。ニワトリ胚(E)は扁平な胚盤から構成されており、有羊膜類の胚の基本構造がわかる。胚の背側には神経(矢印 b)と、脊索(矢印 c)と、体節から分化した皮筋節(矢印 m)と、隙間を満たす間充織(矢印 n)とが存在するが、腹側はまだ体壁(矢印 o)や内臓板(矢印 p)が閉じておらず、胚の腹部が開いた状態となっている。胚は表皮(矢印 a)とで覆われ、壁側中胚葉(矢印 h)と臓側中胚葉(矢印 i)との間に、後の胸腔や腹腔となる真体腔(矢印 f)とが存在する。また、胚の背側には表に連続した羊膜(矢印 q)

と羊膜腔(矢印 r)とが存在する。スケールバーは 200 μm (A, E), 100 μm (B-D, F)。

6 哺乳類(マウス)の消化管の構造

マウスの小腸(空腸)の横断面を示す(図 1-6)。小腸を裏返しルーメンから見ると、多数の絨毛突起に覆われている。横断面では、絨毛が配列している。各絨毛には、表面は整然と配列した円柱状の消化管上皮細胞に覆われ、所々に杯細胞が存在する。上皮細胞の表面は線状の微絨毛が見える。基部は穴状にくぼみ陰窩(クリプト)が見られる。消化管の周辺には輪走筋・縦走筋の2層の筋肉層があり、外側に間膜がある。また、絨毛の上皮細胞が平面状に切断された所では、上皮細胞が隙間なく敷石状に配列しており、上皮細胞どうしが密着していることがわかる。また、ミミズの腸の組織とは異なり、それぞれの絨毛の先端まで血管やリンパ管を含む粘膜固有層が存在し、吸収した物質の運搬や免疫機能に効果的な構造となっていることがわかる。

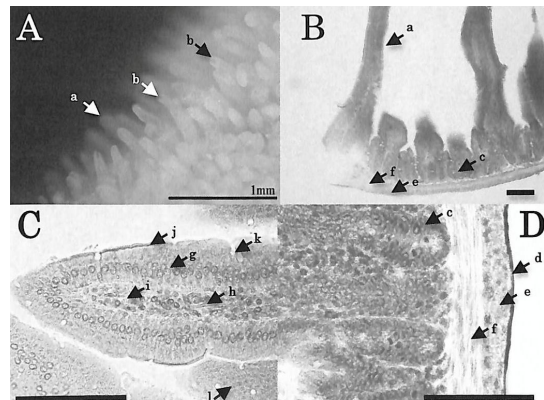


図1-6

マウス小腸の絨毛(A)と構造(B)、絨毛の先端部(C)と基部(D)の拡大。小腸内部は多数の絨毛(矢印 a)で覆われていることがわかる。絨毛先端部は脆く、孔が開いているもの(矢印 b)もある。ルーメンに突出した絨毛(矢印 a)と、基部には多数のクリプト(矢印 c)が存在する。腸管の外側は、間膜(矢印 d)、輪走筋(矢印 e)と縦走筋(矢印 f)の2層の筋肉層で覆われている。各々の絨毛の表面は円柱状上皮細胞(矢印 g)が整然と配列し、内側に血管(矢印 h)やリンパ管をもつ粘膜固有層(矢印 i)が絨毛先端近くまで入りこんでいる。上皮細胞の表面に微絨毛が線状(矢印 j)に見え、上皮細胞の間に白く抜けたように杯細胞(矢印 k)が散在する。絨毛表面の切断面では、上皮細胞が敷石状に配列している様子(矢印 l)がわかる。絨毛の底面は多くのクリプト(矢印 m)が存在し、腸上皮細胞の幹細胞を知る教材となる。スケールバーは 500 μm (A), 100 μm (B-D)。

7 多様な動物の体の構造を系統樹に即して理解する

様々な動物の体の構造を実際に観察し、広く鳥瞰することによって、それぞれの動物の体の特徴を実感することができる。例えば、細胞の分化は見られ

るが、細胞が散在するカイメン動物と比較することで、刺胞動物における細胞層、胚葉の機能性が理解でき、敷石状に配列する上皮細胞間の結合が大切であることも理解できる。逆に、カイメン動物がCaイオンやタンパク質処理で、簡単に細胞が分散、再集合する現象も納得できる。

生命活動に必須の栄養分の摂取については、カイメン動物における海水中の有機物の吸収に対して、刺胞動物では、内胚葉の機能分化により体外消化と吸収、即ち消化管による効率的な栄養摂取が理解できる。扁形動物のプラナリアでは管状構造をした消化管、さらに、環形動物のミミズやセキツイ動物の魚類・両生類（梶原と山崎、2011）では、上皮細胞が整然と配列した構造をもち、特にセキツイ動物では、絨毛や粘膜組織の発達で効果的な栄養の消化・吸収が可能な構造となっていることがわかる。

体の内部の空間については、カイメン動物では、細胞が散在するため明瞭な空間は見られないが、ヒドラでは内外の細胞層が密に接着し、間にわずかな細胞外基質（メソグリア）があるのみで無体腔である。消化管の内部は物質の循環スペースとしての機能ももつと考えられる（清水と岡部、2007）。プラナリアは分枝した消化管と体表の間に細胞が散在する広い間充織があり、個体の厚みもあるが、無体腔である。一方、ミミズやイモリでは、中胚葉の細胞に覆われた真体腔が存在し、内部に体液を保持することで運動機能や腸の蠕動が運動を行うスペースともなる。特に、脊椎動物では胃や長い小腸・大腸や、肺、脾臓、肝臓、膵臓など消化管から派生した様々な器官、心臓、腎臓といった循環系の器官を発達、収納させる空間となっていることがわかる。

体を支える機構としては、骨片が散在するカイメン、細胞外基質が詰まったプラナリア、真体腔に体液を満たし比較的硬い表皮をもつミミズのしくみを考える材料となる。脊椎動物の胚や幼生には、大きな脊索が存在し体を前後にしっかり支えることが実感として理解できる。

このように多くの動物門を俯瞰すると、多細胞動物の多様性と共通性、様々な体の構造が互いに理解できる教材となる。加えて、私たちヒトの一見複雑な体や器官の構造も、色々な動物の基本構造を観察した後では、より理解しやすくなると思われる。

8 高等学校での実践例

8-1 京都府立城南菱創高等学校

多様な動物とその構造を系統的に学ぶ授業を京都府立高校でH25年度とH26年度2月に実施した。自然科学系統2学年1クラス40名を対象とした授業で、時間は実習を含め午後3時限で実施した。授業の主な流れは、動物名の列挙、動物（マウス）の器官の復習と組織の説明、色々な動物の観察（ゾウリムシ（写真/顕微鏡）、カイメン（写真と標本）、ヒドラ（実体顕微鏡とビデオカメラでモニターに拡大）、プラナリア、ミミズ、ムラサキウニ/バフウニ（裸殻も共に）（H26年度ナメクジウオ）、イモリ（幼生標本と成体）、各動物の体の構造、系統樹に即した動物門のまとめである。クラスを7-8班に分け（5人程度）、各実験台毎にそれぞれの動物を配置し、約6分毎に生徒達が実験台を巡回し動物を観察するサーキット形式で実施した。生徒には各動物を

実際に観察した後、簡単なスケッチと特徴を相談・記録させた。の各動物の体の構造は、著者がパワポポイントを用いて、簡易凍結徒手切片法で得られた組織図を示しながら講義形式で行い、の系統樹を示しながら多細胞動物の総合的な理解を促した。

8-2 京都教育大学附属高等学校

京都教育大学附属高等学校及び京都府下高等学校の生徒約15名を対象に、「多様な系統の動物と体の構造」の課題のもと、SSC活動を平成26年10月18日、平成27年10月17日に実施した。

5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕(計 1件)

「簡易凍結徒手切片法を用いた組織観察による多様な動物の構造と系統を学ぶ実験」
京都教育大学紀要129号（2016.9月予定）
梶原 裕二（査読無し）

〔学会発表〕(計 4件)

1「系統に沿った多様な動物の体の構造を観察する実験-簡易凍結徒手切片法を用いた胚葉・体腔・脊索などの観察-」
日本生物教育学会第100回大会（東京理科大学・東京都）2016年1月10日-11日
梶原 裕二

2「動物の系統と体の構造を理解する実習（脊索の観察）：簡易凍結徒手切片法を用いた内部構造の観察」
日本理科教育学会第65回大会（京都教育大学・京都市）2015年8月1日-2日
梶原 裕二

3「簡易凍結徒手切片法を用いた多細胞動物の内部構造・複雑さの観察」
日本理科教育学会第64回大会（愛媛大学・松山市）2014年8月23日-24日
梶原 裕二

4「簡易凍結徒手切片法を用いた系統進化の実習例；ヒドラ等の内部構造の観察」
日本理科教育学会第63回大会（北海道大学・札幌市）2013年8月10日-11日
梶原 裕二

6. 研究組織

(1) 研究代表者

梶原 裕二 (KAJIWARA YUJI)
京都教育大学・教育学部・教授
研究者番号：10281114