

# 無脊椎動物の体のつくり - ミミズの解剖実験 -

北沢千里\*・笠原麻未\*\*\*・山中 明\*\*\*

Internal morphology of invertebrates – Earthworm dissection –

KITAZAWA Chisato, KASAHARA Mami and YAMANAKA Akira

(Received September 28, 2012)

## Abstract

Invertebrates are very important organisms to understand the diversity and evolution of the animal kingdom. Some of them living in water or soil are easy to trap or collect and they, especially earthworms, are seen frequently in school science classes and college biology laboratories. This article highlights the teaching skills to be understood the external/ internal morphology of the earthworm by observation and dissection. Additionally, we describe the effectiveness of teaching by providing a felt animal of the earthworm as a virtual dissection alternative for students who may not feel comfortable working with actual earthworms in biology laboratory of teacher training programs. Although several earthworms collected from grounds by students before this laboratory were used as its own material, many students felt the difficulty of trying to search and collect earthworms with suitable sizes for dissection, suggesting that it is important to understand how to supply enough materials for the class considering their habitat. Also, there was a gap in perception between students about the complexity of the body plan of the earthworm, which was simpler or more complex than each student imaged. The paper and felt earthworms using to explain the procedure of dissection ensured smooth operation of dissection and provided to improve the level of students' understanding about the body plan of the earthworm. Some students improved knowledge and teaching techniques each other by using the felt animal repeatedly like role playing games after class. Based on this approach, once making felt animals of some invertebrates, the understanding of the animal evolution will deepen as one of scientific concepts by comparing between each felt animal.

**Key Words:** Invertebrates, Earthworms, Felt animal, Dissection, Teacher training students.

## 緒言

地球上に生息する動物には、体を支えるために脊椎を発達させた脊椎動物と、脊椎を形成せずに独自の方法で体を支える無脊椎動物が存在する。脊椎動物は脊索動物門の1亜門を占めるにすぎず、その種数はおおよそ5万程度であるのに対して、無脊椎動物は絶滅したものも含め

---

\* 山口大学教育学部理科教育教室 \*\* 神奈川県立横須賀高等学校

\*\*\* 山口大学大学院医学系研究科応用分子生命科学系専攻

て約50門からなる。無脊椎動物の種数は100万を超えるとされ、脊椎動物に比べて多様性に富んだ動物群といえる（白山、2005）。

近年、種の多様性に関する様々な取り組みは、地球・国・地域レベルで行われ、特に、新種の記載、種の把握や種の保護および生息地の保全・保護に向けた活動がなされている。このような社会的背景を反映して、教育現場での生き物に関する学習指導は、従前のものと比べ人類と他の生物との共存をより強く意識させる内容へと移行してきている。無脊椎動物に関して、初等教育では生物の体のつくりを学習する教材として昆虫（節足動物門）が、また、生態系の学習ではゾウリムシ（原生動物門）を代表とする水生微生物や、地中で分解者の役割を担うミミズ（環形動物門）等が取り上げられている。新学習指導要領の導入に伴い、中学校ではイカ（軟体動物門）の解剖を通して、無脊椎動物の体の内部構造について学ぶ。更に、地球上で様々な動物門が進化してきたことについて学習する（文部科学省、2008a-d）。また、中・高等学校では、ウニ（棘皮動物門）を題材として卵から成体へと発生していく過程について学び、更に、高等学校では、プラナリア（扁形動物門）がご形神経系や原腎管という排出器官等を持ち、発展学習として高い再生能を持つことを学習する（文部科学省、1999, 2009a, b; 久力ら、2010）。いずれの学習内容においても、生物が持つ多様な特性を理解するためには、外部形態の詳細な観察に加え、解剖等による内部構造の形態的特徴の把握が必要となる。

古代ギリシャ時代より、解剖は動物を分類するための、また、その発生過程を理解するための手段の一つとして行われてきた（アリストテレス、1998a, b）。中世では、ハーヴェイ等による解剖を中心とした実証的科学的科学が様々な貢献をもたらし、近代医学・生物学の基盤を築き上げてきた（西村、2000; 八杉、2003）。生物を解剖することは、普段見ることのできない内部構造の様子を実際に理解し把握できる機会を与え、その生物の持つ形態を多角的に捉えることを可能にする。より正確に生物の内部構造を観察するためには、迅速かつ適切な解剖技術の習得が必要である。つまり、学校現場で児童・生徒に動物の内部構造に関する教育を行う上で、理科教員は、一つの素養として、解剖の経験や解剖技能を向上させておく必要がある（佐藤・鳥越、2006）。

現在、教育・研究機関において、解剖を含めた動物実験は、「動物愛護及び管理に関する法律に関する法律（昭和48年法律第105号）」の下、「研究機関等における動物実験等の実施に関する基本指針（平成18年文部科学省告示第71号）」や「厚生労働省の所轄する実施機関における動物実験等の実施に関する基本指針（平成18年厚生労働省）」等に基づき実施する必要がある。これらの法律や指針は、主に脊椎動物を対象としているが、無脊椎動物を実験に用いる場合についても、基本的に準ずることは言うまでもない。特に、解剖実験で無脊椎動物を用いることの利点は、脊椎動物に比べて比較的単純な内部構造を持つため形態的特徴を捉えやすく、また、種の多くが身近な環境に数多く生息していることから実験者自らが採集することができ、それらの生態的な特徴を容易に実感できることにある。実験者に対して実験材料を十分に供給することは、学習指導上、極めて重要である。加えて、無脊椎動物には自己再生・修復能が極めて高い種も存在しており、解剖によって学習した知見をもとに、外科的な手術を施すことで、より発展的な学習項目として取り上げていくことも可能である。しかしながら、佐藤・鳥越（2006）は、理科教員養成のための大学院教育において、様々な動物種を用いて解剖授業を実施したところ、ミミズ等の無脊椎動物の内部構造は、ヒト等の哺乳類の内部器官と共通性が乏しいことから、実験結果をどのように考察させるか工夫していく必要があると述べている。本稿では、大学の教員養成課程の生物学教育において、ミミズの解剖を通して、無脊椎動物の

特徴やその進化過程を理解させる効果的な解剖実験のあり方について考察し、学校現場における無脊椎動物を用いた生物実験の工夫について提案することを目的とする。

## 材料および方法

### ミミズの観察と解剖

本実験や観察は、前述の法律や指針および本学の動物使用に関する規則（平成20年規則第110号）に準じて実施した。まず、野外から採集したミミズ（図1；フツウミミズ *Metaphire communissima* やシーボルトミミズ *M. sieboldi* 等）の成体は、体表の付着物を除去するために水洗いし、水洗後、30% エタノール水溶液中で十数分間、麻酔した。その後、解剖皿上で、ミミズの外部形態の肉眼的観察を行った。必要に応じて、実体顕微鏡（SZ61、オリンパス）下で観察を行った。

解剖は、以下の手順で行った。解剖皿に置いたミミズが浸る程度の水を張り、ミミズの背側（色が濃い側）が上になるように配置して、虫ピンを用いて口周辺の表皮を解剖皿に固定した後、肛門周辺の表皮を引っ張りながら虫ピンで固定した。虫ピンは、解剖皿面に対して垂直に突き刺すのではなく、針先の反対の端が実験材料の外側（解剖皿面に対して90°以下の角度）にくるように斜めに突き刺すことで、作業空間および観察時の視野の確保をした。体長の半分よりやや後方の正中線付近の表皮を、ピンセットでつまみ上げて解剖バサミで切り、更に左右の体側方向に向かって切り込みを入れた。続いて、内部構造が観察できるように、前方に向かって正中表皮を切り進め、適宜、左右の表皮を虫ピンで解剖皿に留めた。各内部器官の観察を行った後、柄付き針やピンセットを用いて消化管を取り除き、腹側に位置する神経系の観察を行った。

また、図2で示すように、直径の異なる大小の円筒を2色の紙で作製し、消化管を表す小さな円筒を、表皮を表す大きな円筒の中に挿入して演示モデルを作製した。この演示モデルを実際にハサミで切り開きながら、解剖の手順について説明した。

### ミミズ模型の作製

市販のフェルト製の茶色い布を用いて、全長約2 m、直径約12 cmのミミズの模型を作製した（図3）。環形動物の特徴である体節は、同系色の糸で、布の長軸に対して垂直に一定間隔で縫う（ただし、体の前方に位置する環帯領域は除く）ことで表現した。また、解剖時の切開部分に相当する背側の3ヶ所にジッパーを取り付け、背側正中線後方の布は左右両端を縫い合わせて、これをミミズ本体とした（図3A）。ミミズ本体の外側表面に、受精囊孔、雌性孔および雄性孔をマジックで描いた（図3B）。ミミズ模型の内部には、まず、長い白い紐の一端を環状にし、その環の後方には短い紐をいくつも括りつけたものをはしご状神経とし、本体腹側内部（ジッパーが取り付けられていない側）に両面テープで張り付けた。腹行血管は赤色の紐で、卵巣や卵管は黄色のモールで作製し、同様に張り付けた。更に、受精囊、貯精囊および摂護腺は、白い布に綿を入れて袋状にしたものを作製し、本体腹側内部に縫い付けた。貯精囊と摂護腺の間には、細く切った1本の白い布を輸精管として両面テープで張り付けた（図3E）。更に、肌色のストッキングに、布、発泡スチロールボールおよび綿を詰めて消化管を表現し、その中央付近に茶色い布をひだ状に切って張り付け、腸盲囊とした。また、消化管には背行血管として赤色の紐を両面テープで張り付け、消化管中央部分の数ヶ所において短い赤色の紐で背行血管と腹行血管とを結び合わせ、心臓部とした（図3D）。

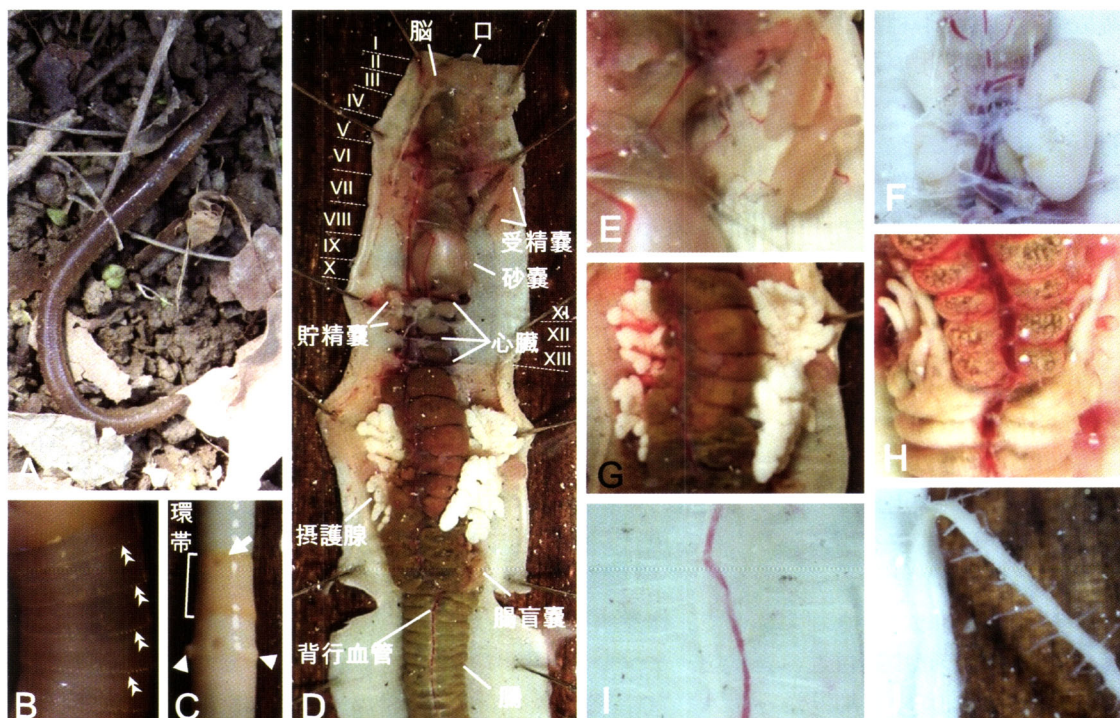


図1 ミミズの解剖

(A) フツウミミズ。背側は全体的に茶色味がかっているが、前方の環帯領域はオレンジ色をしている。(B) 各体節にある非常に短い剛毛(二重矢じり)。(C) 環帯領域の腹側像。環帯の前方部に1個の雌性孔(矢印)が、環帯より後方の体節に1対の突起状の雄性孔(矢じり)が確認できる。(D)背側から解剖したミミズの内部構造。ローマ数字は体節番号を示す。(E-J)各器官の拡大写真。右側の受精囊(E)、貯精囊(F)、摂護腺(G)、腸盲囊(H)、腹行血管(I)およびはしご状神経(I, J)。

## 結果および考察

### ミミズの解剖実験

ミミズが属する環形動物門は、ゴカイ等の剛毛を有する疣足を発達させた多毛綱、ミミズ等(図1A)の疣足は持たず、剛毛(図1B)が直接体表から生じる貧毛綱およびヒル等で代表される基本的に剛毛を欠くヒル綱等に大別される。この動物門の特徴として、左右相称の前後に長い体制をとり、発達した体節構造や隔膜で仕切られた真体腔を持つことが挙げられる。神経系は、はしご形神経系、循環系は閉鎖血管系、排出系として各体節に備わった腎管が発達している。生殖系については、特に、貧毛綱は雌雄同体で、複数の体節が融合した環帯(図1C)と呼ばれる領域のように、限られた体節に雌雄それぞれの生殖器官を発達させる。また、交接により精子を含む精包を個体間で交換することで生殖を行い、体内受精により生じた受精卵が産卵されると、幼生期間を経ずに直接幼虫が孵化する(三浦・白山、2005)。

ミミズの解剖実験は、平成17年度から24年度の間、本学教育学部学校教育教員養成課程の「生物学実験」(2年次対象、中学校教諭理科教員免許取得のための必修科目、高等学校教諭理科免許取得のための選択必修科目)の1項目として実施した。解剖手順の説明は、いずれの年度も、配布資料を用いて口頭および板書により行った。平成18年度以降は、受講学生の理解をより

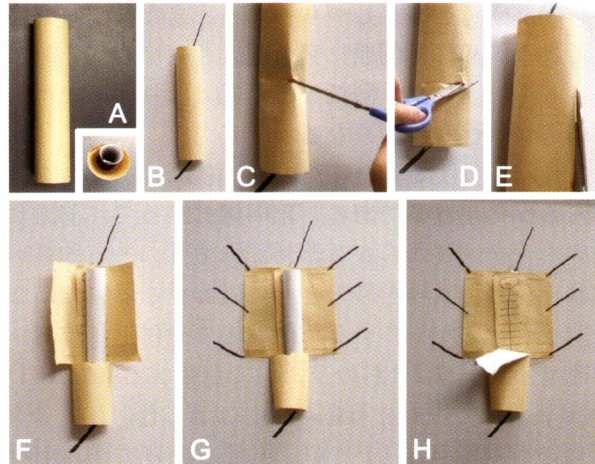


図2 解剖の演示モデル

(A) 演示モデルの全体像。挿入写真は、上から見た像を示している。(B) (A) の長軸が上と下になるようにして、内筒と外筒を接着させた側をホワイトボードに張り付け、虫ピンを刺す位置を記す。(C, D) 演示モデルの正中線中央部のやや下方の外筒のみに切り込みを入れ、体側方向に切っていく。(E-G) 演示モデルの正中線上を上方に向かって切り (E)、開いていく (F)。更に、虫ピンを刺す位置を記す (G)。(H) 最後に内筒を除く。

一層深めるために、内部構造の観察の途中で、ミミズ模型 (図3) を用いて詳細に解説を行った。ただし、平成19年度以降は、図2で示す演示モデルも併用して、解剖手順の説明を行った。実験材料となるミミズの生息地や生態を理解させるため、各学生に対して、太さが直径1 cm程度の子ミミズを採集し、実験当日に持参するよう指示を与えた。しかしながら、毎年、学生が準備してきた個体の多くは、直径5 mm程度の幼個体であった。なかには、コウガイビル (扁形動物門) を採集してきた学生もいた。

授業では、ミミズの内部構造と外部構造とを関連づけて理解させるために、まずミミズの外部形態の観察を行った。前後軸に沿って約100-140の体節構造が見られ、成熟個体であれば、前方から第14体節目の体節から3体節が融合した環帯が確認できる (図1 A, C)。最前方には口が、最後方には肛門が開いている。また、腹側半分は背側半分よりも白っぽく (図1 A, C)、成熟した個体では複数の生殖孔を確認することができる (図1 C)。特に、環帯周辺では、その前方部に一つの雌性孔が、環帯よりも後方の第18体節目に左右1対の雄性孔が見られる。また、観察は極めて困難ではあるが、腹側前方の第5-6、6-7および7-8体節目間に、左右に数対の受精嚢孔が存在している。また、各体節を実体顕微鏡で拡大して観察すると、その中央に非常に短い剛毛が認められるのに対して、環帯ではほとんど見られない (図1 B)。更に、背側および腹側の表皮の下に血管が正中線に沿って存在していることが確認できる (広島大学生物学会、1971; 今島、1990; 石田・佐藤、1964)。

解剖を開始すると、ミミズの表皮は意外に厚く粘液に富んでおり、また体節ごとに隔膜が存在するため、ピンセットで表皮をつまんだり、解剖バサミで切り進むことが容易ではないことを学生は実感する。そのため、円滑に解剖を行うには、以下の注意が必要となる。まず、背側を上にした個体の前後先端をしっかりと伸ばして虫ピンを刺さないと、個体がうまく固定されず、正中線に沿って切り進めなくなる。切り開いた表皮は、適宜、虫ピンで解剖皿に留めてい

かないと丸まってしまう、内部構造を観察しづらくなる。また、虫ピンの先端とは反対側の端が、実験材料の外側にくるよう斜めに解剖皿に突き刺さないと、十分な作業空間が確保できず、観察時の視野が確保されない。更に、解剖の各作業は、水面下で行わないと、内部器官が乾燥してしまい、詳細な構造が観察しにくくなる。

図1Dは、背側中央から前方に向けて解剖した後に見られる内部形態の様子を示している。まず、体内の大半を占めるのが消化器系である。正中線に沿って、前方に存在する口から、咽頭、食道、嚙嚢を経て、筋肉やキチン質からなる非常に弾力性のある砂嚢へとつながっている。砂嚢は、種によって複数個存在し、食物を砂とともに破砕する器官である。その後方には、長い腸が続き、最後方の肛門へとつながっている。個体の中央付近に位置する腸の両側には、養分の貯蔵や消化吸収に貢献する腸盲嚢が1対のひだ状で存在する(図1H)。次に、生殖器系であるが、受精嚢が第6-8体節目付近の左右に複数対確認できる(図1E)。また、成熟個体の場合、砂嚢と環帯の間には、2対の貯精嚢(図1F)が、環帯の後方には、1対の摂護腺が発達している(図1G)。消化管を取り除くと、貯精嚢付近のより正中線に近い領域に卵巢が、また瓶状副生殖腺や輸精管、輸卵管等が存在するが、これらを発見するのは容易ではない。

更に、循環器系として、背側に顕著な背行血管(図1H)と、腹側の神経の上部に腹行血管(図1I)が見られる。環帯前方の第11-13体節付近に背行および腹行血管をつなぐ数本の太い血管は、心臓部に相当する(図1D)。また、消化器系と循環器系を取り除いた最も腹側領域には神経系が存在する(図1I, J)。口側周辺の神経は環状につながっており、ここが脳に相当する(図1D)(石田・佐藤、1964)。

実験中の学生は、おおむね以下のような反応を示した。まず、ミミズを麻酔する際、ミミズが容器内で飛び跳ねて暴れることに多くの学生が驚いていた。解剖を開始すると、ミミズの独特なおい、切断した血管から出る赤い血液あるいは消化管内の消化物に抵抗を感じている学生もいた。しかしながら、内部構造の観察が進むにつれ、これまでに持っていたミミズのイメージとは相反し、「想像していたよりも複雑だ」とか、「案外単純なんだ」という声が上がっていた。また、実験前の教員の指示に反して、学生は小さなミミズであるにも関わらず、解剖をしようとする傾向があった。その結果、解剖が非常に困難となるだけでなく、観察項目の一つである生殖器系が未発達である場合も多かった。そのため、学生が解剖したミミズの中で、内部構造が明瞭に保たれた状態の大型個体に注目させ、配布資料と照らし合わせて、各器官の詳細な解説を行った。観察再開後、説明された内部器官を各自が解剖している個体でできる限り見つけ出したいという意識変化から、多くの学生は丁寧に内部構造の観察を行い、理解を深めていた。一方、未成熟な個体を解剖した学生は、器官の多くを確認できず、なかには考え込んでしまう者もいた。また、わずかではあるが、生物に触れることが生理的に受けつけられないことにより、解剖をすることがなかなかできない学生も見られた。

観察した内部構造のスケッチを行った後、レポート課題の一つとして、ミミズの繁殖の仕方に関して考察させた。この授業内に、観察した生殖器系と関連させて、交接時における精包の受け渡しと体内受精の仕組みについて説明しているにも関わらず、自らの観察結果や様々な文献を活用することなく、インターネットサイトに公開された情報のみを引用して、レポートをまとめてくる学生がほとんどであった。生殖系の各器官の役割を正しく理解して考察できる学生は、残念ながらわずかであった。

「生物学実験」(全16回中8回担当)の講義内容は、例年、形態観察、生物分類、細胞観察、生化学実験、発生学実験、生態学実験、解剖学実験、行動学実験、生理学実験、分子生物学実

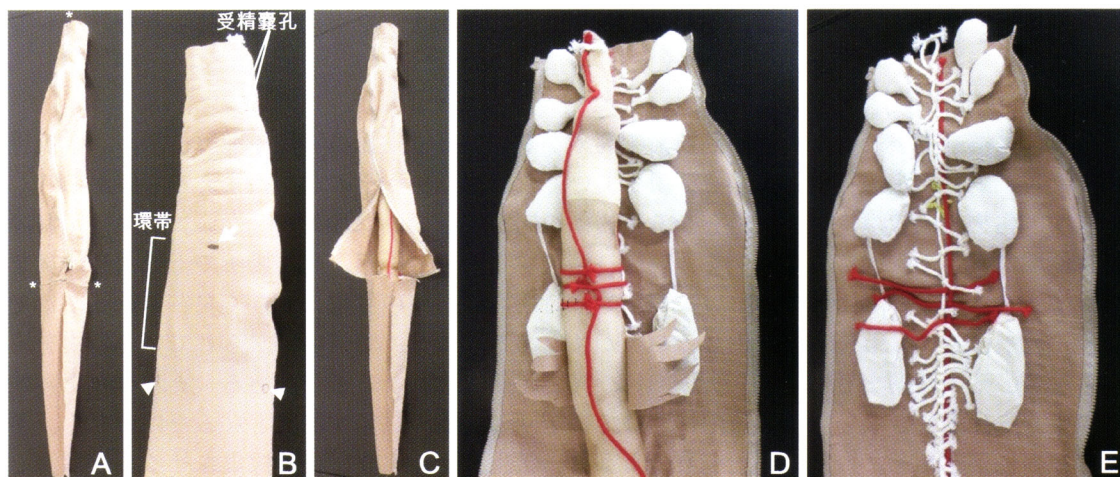


図3 ミミズ模型

(A) ミミズ模型の背側像。上方がミミズ模型の前方を、\*はジッパーの位置を示す。(B) 模型の腹側前方部。矢印は雌性孔を、矢じりは雄性孔を、それぞれ示している。(C) ジッパーを開きかけた模型の背側像。体側方向に付いているジッパーを開いた後、背側中央のジッパーを開いていく。(D) ジッパーを全て開ききった模型の内部構造。(E) 中央の消化管を取り除いた後の内部構造。

験、微生物実験、野外実習等から例年構成されているが、本授業で最も印象に残った実験内容を問うと、どの学生も「ミミズの解剖」と回答することから、将来、教員を志す学生にとって、非常にインパクトのある実験内容であるといえる。

### ミミズ模型の作製と活用

平成18年度以降、ミミズの内部構造を観察している途中で、ミミズ模型を提示しながら各器官の説明を行った。模型の各内部器官の質感（色合いや硬さ等）は、実際のミミズの内部器官をピンセットや柄つき針で触れたときに感じる質感を意識して作製した。初年度に使用した模型は、背側正中線全体を両面テープで留め、布の内側に湾曲させた針金を張り付けて体節を表現したものであった。しかしながら、この模型は、安定性に乏しい形態をしているだけでなく、解剖の手順が反映された模型ではなかったため、平成19年度には、両面テープの代わりにジッパーを用いて背側正中線をつなぎ合わせ、針金の代わりに体節を表す模様を外部の布に縫い付けることで、図3で示す模型へと改良を行った。

これらの巨大なミミズのフェルト模型を用いることで、受講者全員の視線を集め、一斉にミミズの立体的な内部構造の位置関係について説明することができた。特に、内部構造を正しく把握できなかった学生に、解剖の手順通りに改良した模型を開かせることで、実際の解剖とほぼ同じ順番で視野に入ってくる各器官のあるべき位置関係の把握や各器官の質感を手にとって確認させることが可能となった。また、生物に対する生理的な嫌悪感や恐怖心から、観察や解剖を行うのが困難な学生にとって、ぬいぐるみ様の模型を用いることは、徐々にではあるが、観察・解剖への抵抗感を低減させるという変化をもたらした。なかには、このような模型が準備されていることに驚き、教材として広く活用するよう提案した学生もいた。更に、学生自身がミミズ模型を手にとって、他の学生に繰り返し演示できたことで、何度も解剖を行ったよう

な疑似体験となり、各内部器官の特徴についての理解が深まったように見受けられた。

## まとめと今後の課題

ミミズの解剖実験を通して、解剖技術を高めながら無脊椎動物の特徴の理解を深め、学校現場で無脊椎動物を用いた生物実験を活用していくためには、以下の点を踏まえる必要がある。

まず、生物実験では、実験材料となる生物種の同定とその確保は欠かせない。動物は気温等の自然環境変化の影響を受けやすく、容易に移動するため、毎年、同じ場所で十分な個体数を確保することは意外と困難である。また、繁殖時期も生息域の環境に大きく左右されるだけでなく、成熟度合いにも個体差が生じることが多々ある。また、繁殖期が限られている動物を用いる場合、その時期を考慮して、実験内容や実施時期を計画する必要がある。実験材料を実験者に十分に提供できないと、授業内において複数回の実験の試行が困難となるだけでなく、学習効果の低下を招く。今回の実験授業のように、学生自身に実験材料を採集させることは、その生物の生態を学ぶことができるだけでなく、その近縁の生物を分類し同定できる力を養うことにもつながる。しかしながら、実際にはミミズを採集してくることを忘れる学生や、非常に小さな未成熟個体を用いて解剖に取り組む学生もいたことを考慮すると、事前に教員が解剖に適した大きさの個体を相当数準備しておくことは必須であろう。将来、教員を目指す学生だけでなく、卒業研究を行う学生にとっても、実験材料を確保することがいかに重要かつ労力のかかることであるかを実感しておくことは必要である。一方で、学生が互いに採集してきた個体の内部構造の発達程度を比較し合うことは、同じ動物種であっても、自然環境の変化がもたらす形態変化あるいは生物の発達段階や成熟度によって、諸器官の特徴に違いが生じたりすることを認識させることができる。更には、生物の多様性やその進化過程を考えるよい機会となる。

第二に、どの学生も、これまでに身近に生息する無脊椎動物と触れ合った経験はあると思われるが、その内部構造の観察を試みた経験はほとんどないであろう。一般に、学生は、身近な生物について、それらの特性をすべて理解していないにも関わらず、単に身近に存在していることから、「すべてを知っている」ものと錯覚してしまうことがある。そのため、身近な生物を自分自身でじっくりと観察する機会を与えることにより、これまでの理解とは異なる新事実と直面することができ、意外性に富んだ印象深い学習へと発展させることが期待できる。脊椎動物に比べて、比較的単純な内部構造を持つ無脊椎動物であっても、自分自身の目で実際に確認することにより、それらの内部構造が案外複雑に発達していることに気づくことができる。また、無脊椎動物を用いることは、簡単な解剖操作により内部構造を観察でき、学部学生にとって限られた実験時間内でも各人が十分に解剖・観察技術を高めることができる。

第三に、解剖実験を演示し解説することが重要である。学生に学習内容を確実に理解させるためには、繰り返し説明する必要が生じる。教員が学生の前で解剖した個体を演示して説明することは非常に効果的である反面、学生が自分自身で解剖することの自覚を低減させてしまう可能性もない訳ではない。模型の活用は、学生自らが解剖しなければならないという自覚を持ったまま、何度も繰り返し説明することを可能とする。学生自らも模型を手にとることで、解剖の疑似体験ができる。実際に、模型を用いて実験の手順を互いに復習し合い、各器官について教え合う学生もいた。また、解剖をしてしまうことで内部と外部の特徴を連動させて理解することは難しくなることから、模型を用いることで内部および外部構造を同時に確認しながら各器官の特徴を学習することが容易になる。更に、自分で観察した実験結果をより確実な知識



へと定着させるには、模型を活用して繰り返し復習を行うことのできる環境を整えることも必要である。学校現場において、このような模型を授業時間外でも自由に活用できれば、子ども自らが遊びを通して生物の特徴を学んでいくことが期待できる。

図3で示すミミズ模型は、事前に正確に作製されたミミズの型紙を基に作製したものではなく、ミミズの特徴をできる限り残しつつ、簡素化して表現した模型である。模型は身近で入手できる材料でできており、誰にでも作製が可能である。このような生物模型は、様々な場面での活用が可能となる。例えば、様々な動物の解剖模型を作製しておくことで、実際に解剖をすることなく動物の体制の規則性や多様性についても教えることが可能となる。数多くの市販されている生物模型は高価であり、また、教員の教えたい内容がすべて表現され、実験手順や内容を反映した構造をしているとも限らない。更に、学習者自身が解剖した動物を観察して模型を作製することは、動物の体の構造を立体的に理解する上で、大きく貢献するであろう。このような模型を作製することが一つのステップとなり、実際に再現し実験することが困難な多くの自然現象を、自らの発想でモデル化して理解していくことのできる力の育成へとつながる。

本実験授業は理科教員を目指す学生が対象であるが、生物に対して生理的な嫌悪感や恐怖心を抱く学生も存在する。幼少期における自然とのふれあいの減少や、日常的な自然環境への関心が薄れていることが、生き物嫌いを助長しているのかもしれない。近年の学校現場において、児童・生徒が理科嫌いとなる原因の一つに、教員自身の理科嫌いが挙げられている。田村ら(2004)によるアンケート調査の結果は、小学校教員が実験経験の乏しさや実験指導を苦手としていることを示している。つまり、多くの教員が生き物に対して無関心であったり、あるいは生理的に拒絶反応を示してしまうことに加え、教員になるまでの間に実験等をほとんど経験することなく、児童・生徒に理科を教えている現状が繰り返されることで、教員に一層の苦手意識をもたらし、結果として児童・生徒の理科嫌いを助長することにもつながっていると考えられる。今後、理科教員を目指しつつも生物とのふれあいを苦手とする学生が、より多くの自然現象にふれて「慣れる」ことができ、自然の仕組みについて自らが探求できる機会を提供し、学校現場で活かすことができる大学教育にも力を入れていく必要がある。

## 謝辞

本論文を作成するにあたり、本学教育学部の武田賢治教授、学校教育教員養成課程理科教育選修生物学教室の赤星冨氏および馬場朋美氏に、多くの御協力を賜り深く感謝いたします。また、「生物学実験」の受講生の皆様に感謝申し上げます。

## 引用文献

- アリストテレス (1998a) 『動物誌 (上)』, 島崎三郎訳, 岩波書店.  
 アリストテレス (1998b) 『動物誌 (下)』, 島崎三郎訳, 岩波書店.  
 石田寿老・佐藤重平編 (1964) 12. 動物の解剖と観察, 『生物の実験法』, 裳華房, p.193-242.  
 今島実 (1990) ヒトツモンミミズ, 『動物解剖図』, 日本動物学会編, 丸善, p.123-125.  
 久力誠・小林秀明・小林裕光・中村雅浩 (2010) 『ダイナミックワイド図説生物—総合版—』, 石川統他編, 東京書籍.  
 佐藤崇之・鳥越兼治 (2006) 生物実験技能の質的向上を目的とした動物解剖の実施とその影響, 広島大学大学院教育学研究科紀要, 第二部, 第55号, 27-34.  
 白山義久 (2005) 1章 総合的観点からみた無脊椎動物の多様性と系統, 『無脊椎動物の多様

性と系統』, 白山義久編, 裳華房, p. 2-46.

田村美奈・西脇永敏・有賀正裕 (2004) 「理科好き」教員を育てることが大切 — 「教員の理科嫌い」を断ち切るために何ができるのか—, 化学と教育, 第52巻, 第10号, 676-679.

西村顯治 (2000) 『生命探求の姿勢 ヴェルサリウスからゲノム解析まで』, 慶應義塾大学出版会.

広島大学生物学会編 (1971) フツウミミズ, 『日本動物解剖図説』, 森北出版, p.100-101.

三浦知之・白山義久 (2005) 25. 環形動物門, 『無脊椎動物の多様性と系統』, 白山義久編, 裳華房, p. 203-215.

文部科学省 (1999) 『高等学校学習指導要領』.

[http://www.mext.go.jp/a\\_menu/shotou/cs/1320231.htm](http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/cs/1320231.htm)

文部科学省 (2008a) 『小学校学習指導要領』.

[http://www.mext.go.jp/a\\_menu/shotou/new-cs/youryou/syo/index.htm](http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/youryou/syo/index.htm)

文部科学省 (2008b) 『小学校学習指導要領解説 理科編』.

[http://www.mext.go.jp/component/a\\_menu/education/micro\\_detail/\\_icsFiles/afieldfile/2010/12/28/1231931\\_05.pdf](http://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/_icsFiles/afieldfile/2010/12/28/1231931_05.pdf)

文部科学省 (2008c) 『中学校学習指導要領』.

[http://www.mext.go.jp/a\\_menu/shotou/new-cs/youryou/chu/index.htm](http://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/new-cs/youryou/chu/index.htm)

文部科学省 (2008d) 『中学校学習指導要領解説 理科編』, [http://www.mext.go.jp/component/a\\_menu/education/micro\\_detail/\\_icsFiles/afieldfile/2011/01/05/1234912\\_006.pdf](http://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/_icsFiles/afieldfile/2011/01/05/1234912_006.pdf)

文部科学省 (2009a) 『高等学校学習指導要領』, [http://www.mext.go.jp/component/a\\_menu/education/micro\\_detail/\\_icsFiles/afieldfile/2011/03/30/1304427\\_002.pdf](http://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/_icsFiles/afieldfile/2011/03/30/1304427_002.pdf)

文部科学省 (2009b) 『高等学校学習指導要領解説 理科編』, [http://www.mext.go.jp/component/a\\_menu/education/micro\\_detail/\\_icsFiles/afieldfile/2010/01/29/1282000\\_6.pdf](http://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/_icsFiles/afieldfile/2010/01/29/1282000_6.pdf)

八杉龍一 (2003) 『図解 科学の歴史』, 東京教学社.