

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

佐藤 崇之・鳥越 兼治

(2006年10月5日受理)

Implementation of Animal Dissection to Brush the Skills of Biology
Experiments Up Qualitatively and the Influence

Takayuki Sato and Kenji Torigoe

Animal dissection is good teaching method to understand animal livings directly. But, almost all the science teachers don't have enough experiences and skills about it. Therefore, we caused students to do several animal dissections and compare the results on teacher training of graduate school of university.

The results of this study are as follow:

- 1) Mouse and Frogs as typical animals of dissection are good teaching material for observing overview of inner organs.
- 2) The other vertebrate animals are good teaching animals for observing specific organs that adapt to their habitats.
- 3) Invertebrate animals are easy to prepare as materials of dissection. But, their inner organs are different to human's one. So, when teachers dissect these animals in class activity, they need to consider introduction and conclusion of the class.
- 4) Students can image difference of animal's eating with comparing the lengths of body to small intestine.
- 5) It is the good teaching material to learn evolution to compare each vertebrate animal's heart.
- 6) We caused students to collect animals and make exemplar figures. So, students become to do both morphological and ecological approach to animal dissections.
- 7) Students understood difficulty and importance of preparing teaching materials on biology education.

From these results, student's skills of animal dissection were brushed up. Especially, they could learn basic method of dissection, positions of inner organs and view point of observation. It is a benefit to consider and develop teaching materials about animal dissection.

Therefore, through this study, we could grasp each characteristic of animals as teaching material, and success to bring student's skills and experiences up qualitatively.

Key words: Biology, Animal Dissection, Teaching Material, Skills of Experiments, Teacher Training

キーワード：生物学, 動物解剖, 教材, 実験技能, 教員養成

I. 目的

実験・観察によって実物を取り扱うことは、生物を理解する上で重要かつ効果的である。特に、動物を解剖して内部器官を観察することは、その動物の生命活動（形態、生理、生態など）を直接的に捉えることが可能である。

しかし、動物解剖は小学校学習指導要領（1998）から削除され、鳩貝（2004）によると8割近くの学校現場で実施されず、その理由として教科書に扱っていないことなどが挙げられている。また、学校現場で解剖を実施する側にある理科教員自身の、解剖の経験や技能の不足も考えられる。これらのことから、児童・生徒にとって動物の内部形態を具体的に観察する機会は減少し、このため、直接的な経験の不足が連鎖的に起こりつつあると考える。

この課題の解決にあたって、学校現場での解剖の教材の検討が多く行われている。しかし、その前提として、大学の理科教員養成の段階でも解剖を取り扱い、理科教員の解剖に関する経験や技能を向上させる必要があると考えられる。

本論では、さまざまな動物を解剖することによって、比較観察を行った上で教材としての特性を検討することを1つの目的として掲げた。これを、大学（大学院）の授業の一環として行うことで、その過程において、解剖の準備や実施を大学院学生に行わせ、教員養成と

しての生物実験技能の質的向上を図った。

II. 方法

解剖を行った授業は、2006年度前期における教育学研究科大学院生対象の2時限続きの授業（1コマ：90分）で、期間を通して実施した。その材料となった解剖動物は表1に示す11種類（15種）であった〔以下、生物学的な「種名」ではなく「解剖動物名」を挙げて論を展開する〕。

解剖動物の準備は受講生にそれぞれ担当させた。ほとんどの場合、東広島市を中心とした地域からの採集で賄うことができた。しかし、実験用動物であり肉食愛玩動物の餌であるマウス、廃鶏として食用であるニワトリ、季節的・時間的に採集に制約のあった貝類の一部やイカについては、購入や他者からの寄贈によって数量を揃えた。なお、採集にあたっては、外来種の規制および広島大学独自の飼育動物に関する規制を十分考慮に入れて行っている。

解剖に際して、受講生には各自が担当した解剖動物について、解剖図をレジュメとして準備させた（素木（1964）、馬渡・朝比奈（1970）、広島大学生物学会（1971）、獣医学大辞典編集委員会（1989））。基本的な内部形態や着目すべき内部器官について説明した後、生存状態の材料には麻酔を行い、基本的な解剖手法によって内部器官の種別や位置関係を学習させた。いく

表1 解剖材料として用いた動物の分類

分類	解剖動物	動物種名 / 学名	
脊索動物 (脊椎動物)	哺乳類	マウス ハツカネズミ <i>Mus musculus</i> Linnaeus	
	鳥類	ニワトリ ニワトリ <i>Gallus gallus</i>	
	爬虫類	カメ	クサガメ <i>Chinemys reevesii</i> (Glay, 1831)
			イシガメ <i>Clemmys japonica</i> (Temminck et Schlegel)
			ミシシippiaアカミミガメ <i>Trachemys scripta elegans</i>
	両生類	カエル	ウシガエル <i>Rana (Rana) catesbeiana</i> Shaw
イモリ		イモリ <i>Triturus (Cynops) pyrrhogaster pyrrhogaster</i> (Boie)	
魚類	魚類	ブルーギル <i>Lepomis macrochirus</i> Rafinesque オオクチバス <i>Micropterus salmoides</i> (Lacepède)	
節足動物	昆虫類	コオイムシ コオイムシ <i>Diplonychus japonicus</i> Vuillefroy	
	甲殻類	アメリカザリガニ アメリカザリガニ <i>Procambarus (Scapulicambarus) clarkii</i> (Girard)	
環形動物	貧毛類	ミミズ フツウミミズ <i>Pheretima communissima</i> (Goto et Hatai)	
軟体動物	斧足類	貝類	シナハマグリ <i>Meretrix petechialis</i> (Lamarck) アサリ <i>Tapes (Amygdala) japonica</i> (Deshayes)
		頭足類	イカ スルメイカ <i>Todarodes pacificus</i> Steenstrup

表2 解剖の結果

解剖動物	よく観察できた部位など（主に内部器官）
マウス	全景、食道、胃、小腸、大腸、盲腸、腸間膜、心臓、肝臓、胆のう、腎臓、尿管、膀胱、気管、気管支、肺、横隔膜、神経系、卵巣、卵管、精巣、精管
ニワトリ	全景、食道、嗉のう、胃、砂のう、十二指腸、小腸、盲腸、腸間膜、心臓、肝臓、胆のう、脾臓、気管、気管支、神経系、未成熟卵
カメ	食道、胃、小腸、心臓、肝臓、気管、肺、卵管、未成熟卵
カエル	全景、食道、胃、十二指腸、小腸、大腸、腸間膜、心臓、肝臓、胆のう、腎臓、副腎、脾臓、肺、神経系、卵巣、卵管、脂肪体、胃の内容物
イモリ	全景、胃、小腸、心臓、肝臓、胆のう、脾臓、肺、卵巣、卵管、精巣、精管、脂肪体
魚類（オオクチバス）	全景、胃、小腸、心臓、肝臓、幽門垂、卵巣、精巣、鰓、鰾
コオイムシ	消化管、神経系、未成熟卵
アメリカザリガニ	腸、心臓、肝臓、鰓、背動脈、腹動脈
ミミズ	嗉のう、砂のう、腸、心臓、貯精のう、前立腺
貝類（シナハマグリ）	外套膜、入水管、出水管、前閉殻筋、後閉殻筋、唇弁、胃、腸、桿晶体、心臓、肝臓
イカ	口球、食道、胃、直腸、肝臓、腎臓、視神経、鰓、鰓心臓、墨汁のう、漏斗

つかの解剖動物では腸の長さを体長と比較して、その食性について想起させた。また、いくつかの解剖動物の心臓はエタノールで保存し、全ての解剖が終了した後で比較観察を行わせた。記録は、著者らあるいは受講した学生のカメラ撮影により行った。

Ⅲ. 解剖の結果

一連の解剖の結果、さまざまな部位や内部器官を観察することができた。特に明確に観察できたものをまとめると、表2のようになった。

①マウス（図1）

食道から胃、小腸、大腸という基本的な消化器官系が明確に観察できた。腸のたぐいは腸間膜によって整理されていた。心臓、肝臓や腎臓など、図版や模型などで見られるヒトの内部器官の位置関係と類似していた。その他、尿管や膀胱などの外分泌器官系、神経系、卵巣や精巣などの生殖器官系が確認できた。しかし、呼吸器官系として気管や気管支は確認できたが、肺はしぼんでおり、明瞭に観察できなかった。これは、死亡後に冷凍保存された個体を購入し、解凍して使用したためと考えられる。

②ニワトリ（図2）

基本的な消化器官系と、それに付随して特徴的な嗉のうおよび砂のうが観察できた。砂のうを切断すると、飼料が形を残したまま詰まっており、消化器官系の一部であることを理解するのに容易であった。心臓、肝

臓、胆のう、脾臓などの器官も確認できた。個体が比較的大きく、気管や気管支が明瞭に確認できたが、肺は確認できなかった。理由として、廃鶏を購入して使用したので、保存の過程で肺がしぼんでしまったことが考えられる。保存の過程で血抜きを施しているために出血が無いことは、観察を容易にしていた。しかし、脂肪が多く、メスの刃にすぐに付着するために切れ味が落ち、解剖をスムーズに行うことができなかった。また、脂肪は内部器官全体にも付着するため、全景を観察するためには脂肪を丁寧に除去することが必要であった。生殖器官系は位置関係が明瞭ではなかったが、雌の下腹部にはさまざまな大きさの未成熟卵（卵黄）が存在していた。このことから、ニワトリが卵を次々と産み落とす様子と、体内の未成熟卵の様子をつなげてイメージすることが可能であった。

③カメ（図3）

基本的な器官系を観察することができた。しかし、腹甲が堅固であるため、解剖に際して腹甲と背甲を分離させる必要があった。このため、ノコギリなどでつなぎ目（前脚から後脚にかけての体表）を切断しなければならず、観察を行うまでに時間を費やした。また、脚の付け根の筋肉が発達しており、全景を一覧するのは困難であった。肺が大きく、体腔の両側を占有しているのが特徴的であった。生殖器官系は位置関係が明瞭ではなかったが、雌の下腹部にはさまざまな大きさの未成熟卵（卵黄）が存在していた。このことから、カメが多くの卵を産み落とす様子と、体内の未成熟卵



図1 マウスの解剖全景

H: 心臓 L: 肝臓 Li: 大腸 Si: 小腸
(スケールは1cm)

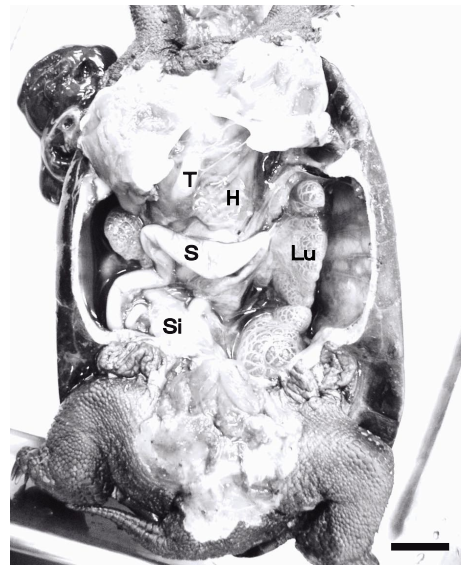


図3 カメの解剖全景

H: 心臓 Lu: 肺 S: 胃 Si: 小腸 T: 気管
(スケールは2cm)



図2 ニワトリの消化器官系

C: 嗉のう E: 食道 G: 砂のう Li: 大腸
S: 胃 Si: 小腸
(スケールは5cm)

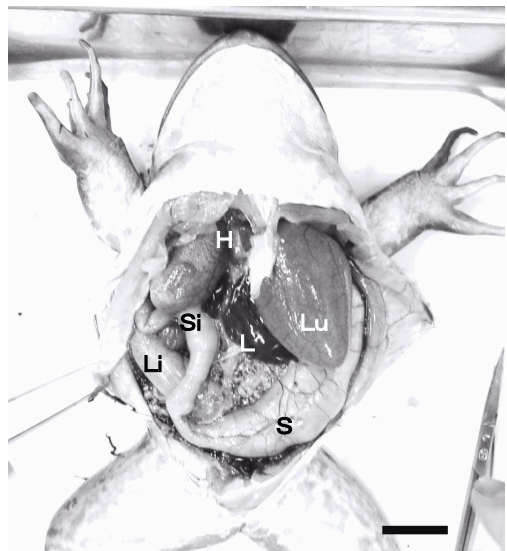


図4 カエルの解剖全景

H: 心臓 L: 肝臓 Li: 大腸 Lu: 肺 S: 胃
Si: 小腸
(スケールは2cm)

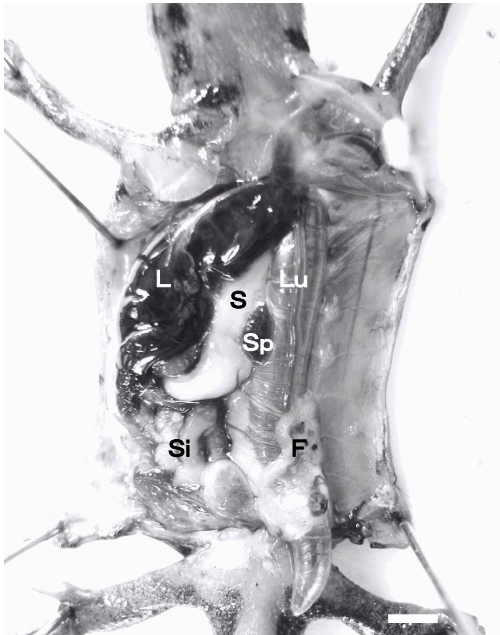


図5 イモリの解剖全景

F：脂肪体 L：肝臓 Lu：肺 S：胃 Si：小腸
Sp：脾臓 (スケールは5mm)

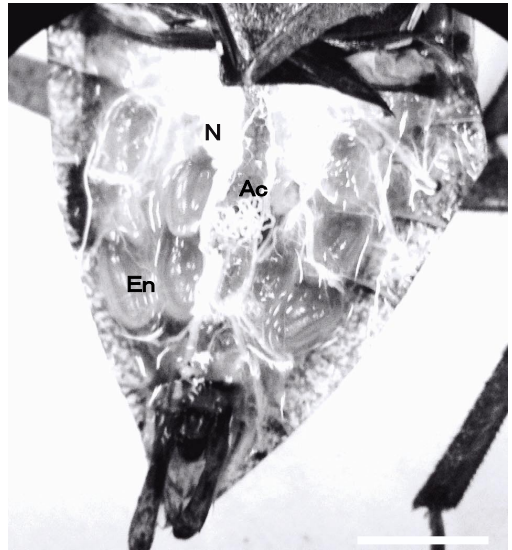


図7 コオイムシの解剖全景

Ac：消化管 En：未成熟卵 N：神経系
(スケールは5mm)

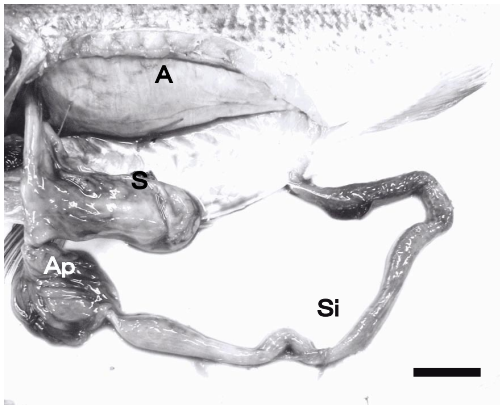


図6 魚類 (オオクチバス) の消化器官系と鰓

A：鰓 Ap：幽門垂 S：胃 Si：小腸
(スケールは2cm)



図8 アメリカザリガニの解剖全景

B：背動脈 I：腸 L：肝臓 (スケールは1cm)

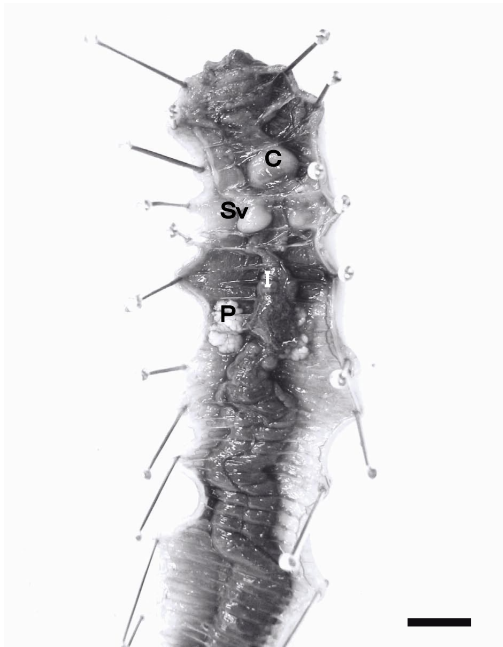


図9 ミミズの前部の解剖
C：唾のう I：腸 P：前立腺 Sv：貯精のう
(スケールは5 mm)

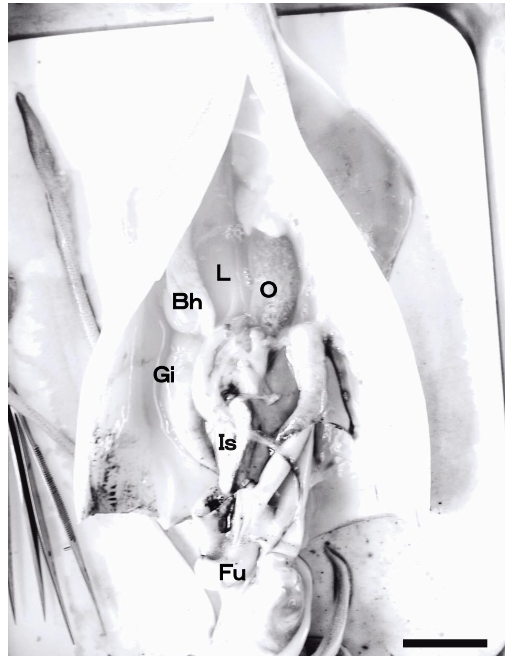


図11 イカの胸部の解剖
Bh：鰓心臓 Fu：漏斗 Gi：鰓 Is：墨汁のう
L：肝臓 O：卵巣 (スケールは3 cm)

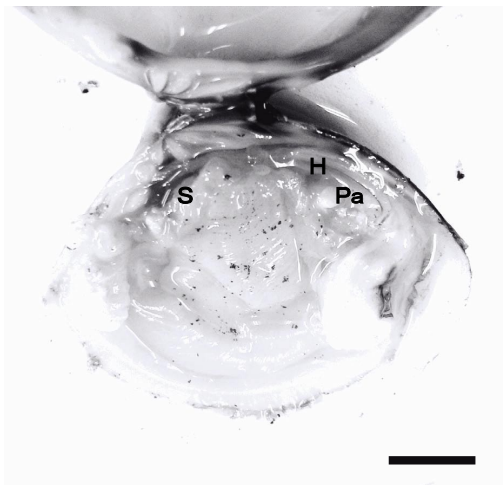


図10 貝類(シナハマグリ)の解剖全景
H：心臓 Pa：後閉殻筋 S：胃
(スケールは1 cm)

の様子をつなげてイメージすることが可能であった。内臓を全て除去すると、背甲の裏側に脊椎と肋骨が癒着していることが確認できた。

④カエル(図4)

①のマウスと同様に、食道から胃、小腸、大腸とい

う基本的な消化器官系が明確に観察できた。腸のたぐいは腸間膜によって整理されていた。心臓、肝臓や腎臓など、図版や模型などで見られるヒトの内部器官の位置関係と類似していた。その他、神経系や生殖器官系が確認できた。脂肪分は脂肪体の中にまとまって存在しているため、内臓に付着していることが少なく、観察を明瞭に行うことが容易であった。胃が大きく膨張していた個体があったため、胃を切開して内容物を確認したところ、アメリカザリガニの幼生、小魚、ケラ(3匹)、ガの幼虫、ニホンカナヘビが出てきた。水中・陸上の両方で採餌を行う食性が理解しやすかった。

⑤イモリ(図5)

皮膚が柔らかく腹部の切開は容易であったが、個体が比較的小さいために全景を観察するのは困難であった。胃と小腸は膨らみ方によって判別できたが、小腸と直腸は判別が困難であった。心臓、肝臓、胆のう、脾臓、脂肪体、生殖器官系が確認できた。肺は円柱状で、体長と比較して大きいものであり、体腔の両側を占有していた。

⑥魚類(図6)

鰓(エラ)の周辺から肛門まで、体表を丁寧に切開することによって、体腔内の全景が観察できた。消化器官系として、胃、小腸、幽門垂(オオクチバス)が連なっていることが容易に確認できた。鰓の観察では、

肺呼吸とは異なるエラ呼吸の方法について理解しやすかった。しかし、外来種に関わる規制のために、採取した後すぐに絶命・冷凍保存して、解凍したものを材料として用いることになったため、内部器官があまり新鮮ではなく、各部位を鮮明に観察することができなかった。保存状態の良かった材料では、鰐（ウキブクロ）が体腔の上部にあることが確認できた。

⑦コオイムシ（図7）

背側を切開して観察したところ、中央に消化管が見られ、周囲に多数の神経が観察できた。雌の個体では未成熟卵が見られた。なお、材料が小さく、腹部の切開を中心としたため、その他の内部器官を観察することが困難であった。

⑧アメリカザリガニ（図8）

頭胸部を覆っている殻を外して背面から観察すると、左右に鰓が、中央に肝臓が確認でき、肝臓や筋肉を除去すると心臓が見られた。筋肉を腹部の方まで除去すると、腸や背動脈が確認できた。腹動脈は、解剖をしなくても腹部を腹側から見るだけで観察可能であった。

⑨ミミズ（図9）

切開にあたって、環帯の生殖孔を腹側の目印にした。消化器官系が1本のまっすぐな管状で、あまり特徴的な部位が見あたらなかったため、器官の判別は困難であった。しかし、嚙のうや砂のうははやや膨らんでいるため、腸と区別することができた。心臓、腸の左右に位置する貯精のうや前立腺の判別は容易であった。

⑩貝類（図10）

左側の殻を除去して外套膜を切除すると、入水管と出水管、前閉殻筋と後閉殻筋（貝柱と呼ばれる部位）といった特徴的な器官が観察できた。さらに腹部（最も膨らんだ部分）を丁寧に切開すると、消化器官系である唇弁、胃、腸が湾曲しながら連なっているのが確認できた。このうち、胃の部分を開くと、消化酵素を出す桿晶体が見られた。心臓は腹部の靱帯（蝶つがいと呼ばれる部位）に近いところに位置しており、新鮮な材料では拍動を行っていた。

⑪イカ（図11）

外套を切開すると、胃、肝臓、腎臓、墨汁のうが観察できた。左右には鰓があり、その付け根には鰓心臓が確認できた。頭部の解剖も簡単であり、口球や視神経（眼との連絡が分かりやすい）が確認できた。

観察することが可能であることが分かった。両者はそれぞれ購入や採集によって比較的簡単に材料として入手できることから、内部器官の全体像を把握するための解剖の材料として適していると考えられる。一方、今回取り扱った他の解剖動物に関しては、特定の内部器官の観察を目的とすることで解剖が効果的になると考えられる。また、カエルでは胃の内容物の観察から食性について考察できるため、教材としての副次的な特性があった。

ニワトリは廃鶏を用いることで入手は簡単であった。しかし、からだが大きく、脂肪がメスの刃に付着して切れにくくなるために解剖に手間取ること、脂肪が内部器官全体に付着しているために全体像が掴みにくいことなど、解剖の教材としてあまり効果的でない点があった。これについて、嚙のうや砂のうといった特徴的な消化器官を対象とした観察に特化することが効果的であると考えられる。カメやイモリは、肺の他器官との比率が他の動物と比較して大きいこと、その特徴を活かした観察が可能であった。魚類は採集が簡単で、解剖への心情的な抵抗も少ないことから、学校現場でも解剖の教材として多く用いられてきた。しかし、陸上動物ではないために特殊な器官が多いこと、今回の授業のように外来種を用いると、新鮮な材料を準備するのが困難であることなど、難点が見られた。

貝類やイカは食材でもあり、コオイムシ、アメリカザリガニ、ミミズは採集が簡単であるため、解剖の材料として入手しやすい。しかし、これらの内部器官は、ヒトを代表とする哺乳類の内部器官との共通性が薄いこと、結果をどのように考察するのが効果的であるのか、工夫する必要があると思われる。

その他、図2に示したニワトリの小腸のように、腸の長さを体長と比較することで、食性の違いについて考察させた。これについては各回の授業で行ったために解剖動物ごとに考察させたが、全体を通して体長に対して腸が長いことは、解剖という形態学的な観点と食性という生態学的な観点をつなぐのに有効であった。また、保存した心臓を比較観察したことから、心房や心室の数や形態、つくりの複雑さを理解させることができた。これは、学校現場において分類の単元で図示されることがあるが、実験・観察を通じた活動が少ない進化の単元についても、新しい教材としての導入が示唆されたと考えられる。

IV. 考 察

解剖結果を比較すると、典型的な解剖の例として扱われているマウスやカエルで、さまざまな内部器官を

V. おわりに

解剖に際して、動物採集やレジュメ作成などの準備は各受講生に行わせた。このことにより、採集で養わ

れる生態学的な観点や能力と、解剖で養われる形態学的な観点や能力を結びつけることができ、1つの事象に対して多様なアプローチを行うことができるようになったと考えられる。また、採集における季節的・地理的な困難さや、典型的でない解剖動物あるいは解剖に適していない大きさの解剖動物を準備したことによる解剖の困難さ、外来種を取り扱う場合の注意点などから、生物教育における教材の準備の重要性について、実感を伴って理解させることができたと考えられる。

さまざまな動物の解剖を連続して行わせることによって、実験技能が向上したと考えられる。特に、基本的な解剖の手法や、消化器官系などの連続した器官を中心とした観察の視点、心臓や肝臓などの基本的な位置関係について、技能や知識が向上したことは、動物解剖についての教材化を行う際に利点となるものと考えられる。また、どのような動物が解剖に適しているか、どのような器官に着目できるかなど、教材研究としての深まりも見られた。

受講生に、授業前後の解剖に関する印象を質問したところ、さまざまな回答が得られた。その中から抜粋すると、解剖に対して肯定的に変化した回答として、「(前) やってもやらなくてもよい→(後) ぜひ体験すべき」、「(前) できない・恐ろしい→(後) 手順があり慎重に行えばできる」、「(前) 少し抵抗がある→(後) 抵抗が薄れた」、「(前) 入手や手順が難しく実施不可能→(後) 工夫すれば実施可能」などが見られた。逆に、解剖に対して否定的に変化した回答はなかった。また、解剖を行う上で、「何を調べたいか、目的・ねらいを明確にすることが必要」、「解剖動物の選び方が重要」、「採集時には特性や生息地域を考慮する」、「参考とした図版の通りではないことに注意」など、さまざまな指摘が見られた。

以上のことから、授業を通して、解剖動物の教材としての特性を掴むことができただけでなく、解剖の体験を通じた実験技能や実験準備の能力が質的に向上したと考えられる。また、受講生の意見から、解剖を行うことの重要性や、理科教員養成として解剖を行う上で、あるいは学校教育において解剖を生徒に行わせる上で、必要とされる視点が明確になった。

今後は、解剖の効率化や授業での導入・まとめの工夫など、本論の結果を学校現場にどのように導入していくか、検討が必要であると考えられる。

【文献】

(1) 引用文献

- 鳩貝太郎 (2004) 「生命尊重の態度育成に関わる生物教材の構成と評価に関する調査研究」, 科学研究費補助金研究成果報告書
 広島大学生物学会 (1971) 「日本動物解剖図説」, 森北出版
 獣医学大辞典編集委員会 (1989) 「獣医学大辞典」, チクサン出版会
 馬渡静夫・朝比奈正二郎 (1970) 「現代生物学大系② 無脊椎動物B」, 中山書店
 文部省 (1998) 「小学校学習指導要領」, 大蔵省印刷局
 素木得一 (1964) 「基礎昆虫学」, 北隆館

(2) 参考文献

- 今泉吉典 (1960) 「原色日本哺乳類図鑑」, 保育社
 吉良哲明 (1959) 「原色日本貝類図鑑 増補改訂版」, 保育社
 宮地傳三郎・川那部浩哉・水野信彦 (1976) 「原色日本淡水魚類図鑑 全改訂新版」, 保育社
 三宅貞祥 (1982) 「原色日本大型甲殻類図鑑 (I)」, 保育社
 中村健児・上野俊一 (1963) 「原色日本両生爬虫類図鑑」, 保育社
 落合明 (1987) 「魚類解剖図鑑」, 緑書房
 奥谷喬司・波部忠重 (1975) 「学研中高生図鑑 8 貝II」, 学習研究社
 佐久間功・宮本拓海 (2005) 「外来水生生物事典」, 柏書房
 白井祥平 (1992) 「世界鳥類名検索辞典・和名篇」, 原書房
 竹内吉蔵 (1955) 「原色日本昆虫図鑑 (下)」, 保育社

【謝辞】

本研究における実践・結果分析にあたり、広島大学大学院教育学研究科の大学院生である中川聖良氏、平山良太氏には、多くのご助力をいただいた。深く感謝するしだいである。