

群 教 セ	G04 - 04
	平 17.229 集

高校生物における生命現象の 理解を深める実験の工夫

— アフリカツメガエルの解剖実験の導入 —

特別研修員 前田 敏明 (群馬県立高崎高等学校)

《研究の概要》

高校生物の授業で学ぶ様々な生命現象について理解をより深めさせるため、アフリカツメガエルの解剖を実施した。複数の実験を行うことで、生物体の中で様々な現象が行われていることに気付かせたいと考えた。また、解剖実験を円滑に進めるために市販されている「カエルの模擬解剖」テキストを事前指導で活用した。今回の実験を通し、生徒たちは個々の生命現象の理解はもとより、生命の複雑さにも気付くことができた。

キーワード 【理科—高 生物 解剖実験 アフリカツメガエル 模擬解剖】

I はじめに

平成 15 年度に国立教育政策研究所が行った、全国の小学校理科主任に対する解剖実験についての調査によると、解剖実験を毎年行っているのは 6%、8 割の学校においては過去 3 年間に一度も解剖実験を行っていない理由としては、「教科書に扱いが無い」、「視聴覚教材で代替できる」、「生命尊重の教育に反する」といったものが多かった。私が担当しているクラスの生徒 80 名を対象に、過去に解剖実験を経験している者を調査したところ、解剖経験者は 16 名であった。複数回経験した者もあり、その内訳は魚類 10 名、カエル 3 名、イカ 2 名、ニワトリの頭 2 名、眼球 2 名、心臓 1 名であった。

また今年度、群馬県高等学校教育研究会生物部会が県内高校生物担当教諭対象に行った「実験・観察・生命倫理に関するアンケート」の結果を見ると、解剖実験が「体の仕組みや働きを理解させること」に有効であるとの答えが 8 割以上、「命の大切さを実感させること」に有効であるとの答えは 5 割以上となっていた。しかし、「視聴覚教材で代用できる」という答えも 5 割あり、「今までに解剖実験を一度も行ったことが無い」と答えた先生が 4 割いた。

以上の調査結果から、小学校でも、中学校、高等学校でも解剖実験離れがかなり進んでいる様子が見えてくる。

「生物 I」の学習内容は多岐に渡っており、様々な生命現象をそれぞれ独立に学んでいる。

例えば、春に細胞と組織について学び、夏には生殖・発生について、そして、冬には神経やホルモンについて学ぶといった流れである。また、酵素の実験で牛のレバー、浸透圧実験でユキノシタの表皮というように、それぞれの実験の材料として適した動植物の器官を用いて実験に取り組みせることが多い。

本来、生物の体内では様々な生命現象が絡み合っているわけだが、学習時期や実験材料がそれぞれ違うため、生徒は、知識を頭の中でうまく整理することができない。そこで、生きている生物体を解剖し、複数の実験項目を一度に実施すれば、生体内で様々な生命現象が関連し合いながら起こっていることに気づき、生徒の理解もより深まるのではないかと考えた。

前述のとおり、現在の理科教育において解剖実験離れがかなり進んでいる。そこで、解剖実験を通して様々な生命現象を生徒自身に確認させてより深い理解を目指し、また、生きている生物を利用することで、知識だけではなく、多くの感動や驚きを生徒に与えたいと考え、本主題を設定した。

II 研究の内容

1 実験材料の検討

材料の条件は、①脊椎動物で我々ヒトと体内の構造が似ている、②解剖中の臭いが少ない、と設定し、総合的に考えた結果、昔から解剖実験によく使用されているカエルを用いることにした。

群馬県のレッドデータリストによると、県内に生息するほとんどの両生類が絶滅を危惧されている。絶滅を危惧されている野生動物を実験に使用するのは教育上問題であるので、実験材料は業者が教材として繁殖させているものを購入することとした。業者から購入可能な実験用のカエルには、ウシガエルやアフリカツメガエルがある。大きな個体ほど臓器も大きく実験も行いやすい。しかし、大きければ大きいほど高価である。生徒たちが扱いやすい大きさを検討した結果、今回は90gのアフリカツメガエル (*Xenopus laevis*) の雌を利用することとした。

2 実験内容の検討

高校生物で学習する内容で、動物を材料として行える代表的な実験を洗い出し、アフリカツメガエルを材料として実施可能なものを選んだ。

○外部形態観察

目的：外部器官をヒトと比較する。

○内臓の観察

目的：特にそのはたらきを学習する器官を中心に観察する。

○消化管内表面の観察

目的：胃壁、小腸の柔突起を観察する。

○動物細胞と浸透圧

目的：細胞と浸透圧の関係を確認する。

○ホルモンによる心拍速度の調節

目的：心臓を摘出し自動性を確認する。そして心拍速度に対するアドレナリンとアセチルコリンの効果を見る。また、阻害剤を与えるとその効果が現れないことを確認する。

○神経の興奮伝導

目的：座骨神経を刺激して後肢の筋肉の反応を観察し、神経と作動体の関係を理解する。

3 解剖初心者を指導する工夫

本校においては、ほとんどの生徒がこれまでに解剖実験の経験がない状態である。そこで、体内の構造や解剖の方法について事前に指導することが必要である。調べると「カエルの模擬解剖」というテキストの存在を知った。このテキストは、ウシガエルの器官系ごとのスケッチがまとめられており、各器官の名称とその配置を学習できる。そして、そのスケッチを重ねてはり合わせることで、紙製の「模擬ガエル」が完成し、これを手順に従って模擬的に解剖することで、実際の解剖の手順が理解できる教材である。アフリカツメガエルとウシガエルの体内の構造はほぼ同じであるので、このテキストを活用し、実験を円滑に進める手助けとすることにした。

表1 実験内容と学習指導要領での扱い

学習指導要領	学習内容	実験内容
(1) 生命の連続性	ア 細胞	
(ア) 細胞の機能と構造	細胞膜の性質とはたらき 動物細胞と浸透圧	血液組織の顕微鏡観察 高張条件での赤血球の変化 低張条件での赤血球の変化
	動物のからだのつくりとはたらき 表面をおおう上皮組織	胃と小腸の内表面の観察
(イ) 細胞の増殖と生物体の構造	刺激の受容と行動	外部形態観察 器官をヒトと比較して観察
	動物のからだのつくりとはたらき 動物の器官	内部形態観察 主な体内の器官の観察
(2) 環境と生物の反応	ア 環境と動物の反応	
(ア) 体液とその恒常性	自律神経系による調節	心臓の自動性の確認 アドレナリンの効果 アセチルコリンの効果 阻害剤の効果の確認
(イ) 刺激の受容と反応	効果器のはたらき 骨格筋の収縮	神経の興奮伝導の確認 座骨神経の刺激による筋肉の反応観察

Ⅲ 実践・結果・考察

1 授業の展開と実践記録

1 時間目 (後半の 30 分)	動物・植物の生命について、解剖実験について事前アンケートを行う。 解剖実験を行う意義について話す。 副教材「カエルの模擬解剖」のテキストを配布する。 「模擬ガエル」の作成を始める。
2 時間目	解剖の事前学習に使う「模擬ガエル」を作成、完成させる。
3 時間目	模擬ガエルを用いて、実際の手順に従って模擬解剖実験を行う。 生体を用いての実験で行う内容を説明する。

活動項目	活動内容 (☞指導 ☆ポイント)	活動の様子
(1) 色塗り (40 分)	名称を確認しながら、臓器に色を付けていく。実際の解剖写真を見ながらの作業。 ☆12色あるときれいに仕上がる。 ☞なるべくリアルになるようにと指導を行った。 消化器官に色を塗っている様子 丁寧にを行うと大変時間のかかる作業である。	
(2) 糊付け (20 分)	うまく重なるように、丁寧に糊付けをする。 ☆完全に乾いてから次の糊付けをしないと、途中ではがれてしまうので注意。 ☞明るい方向にすかしながら、ピッタリ合わせるよう指導を行った。 最後に腹側と背側を張り合わせるのが難しい。	 9枚はり合わせます
(3) 各部名称確認 (20 分)	名称を調べて記入する。 ☞記入しながら、各臓器の配置及び名称を覚えるように指導を行った。 ☞特に、次回の実験で利用する臓器等については指示を行った。 臓器名を記入している様子	
(4) 模擬解剖 (40 分)	次回の実験の手順に従い、模擬解剖を行う。 紙切りバサミを解剖バサミの代わりに使う。 黒板に拡大した模擬ガエルを掲示し、指導を行う。 模擬解剖をしている様子	

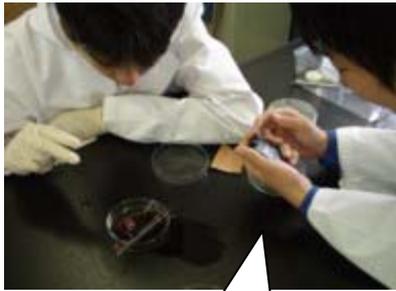
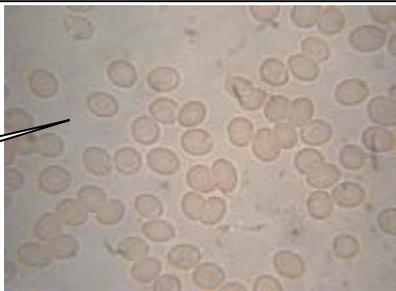
4 時間目・5 時間目

予め昼休みに生徒の手で麻酔を行い、4名1班でアフリカツメガエルの解剖実験を行う。
また、白衣を貸与し、希望者にはラテックス製の手袋を使用させた。

実験項目	実験内容 (☞指導 ☆ポイント)	活動の様子
(0) 麻酔	昼休みに、生徒自らの手で麻酔を行う。	
(1) 外部形態 観察 事前に行った 模擬ガエル (ウシガエル) との違いも確認 (5分)	次の観点を中心に確認する。 ◎前肢・後肢の指の数 前肢：4本 後肢：5本 ◎眼の配置、構造 上部についている まぶたはない ◎口内 舌はない ◎体側の側線器 (水流を感じる器官) ◎耳 鼓膜が明らかでない	
(2) 開腹、内臓の 観察 (20分)	次の臓器を中心に観察する。 肺、肝臓、胆のう、卵巣、胃、腸 など これらの臓器は、そのはたらきなどを授業で 取り扱うのでよく観察させる。	 
(3) 心臓の摘出、 自動性の 確認 (20分)	①心嚢を切り開き心臓の拍動を観察する。 ②心臓につながる動脈、静脈を結索し切断、 摘出する。そして、リンガー溶液中で心臓の 自動性を確認する。 ☆細かい操作であるため、時間がかかる。各 班をまわり、手伝わないと難しい。	

雌であるため、卵巣が目立つ



<p>(4) 心臓を用いた実験</p> <p>(20分)</p>	<p>①リンガー溶液中での心拍速度を測定する。</p> <p>②アセチルコリン溶液を滴下した後、心拍速度を測定する（心拍速度低下）。</p> <p>③アドレナリン溶液を滴下した後、心拍速度を測定する（心拍速度上昇）。</p> <p>④アトロピン溶液でブロックし、アセチルコリンを滴下した後、心拍速度を測定する（心拍速度変化なし）。</p> <p>☞溶液を変える度にリンガー液で心臓を洗うのだが、丁寧に洗わないと、結果がうまく出ないので注意する。</p>	 <p>ストップウォッチで測定している様子</p>
<p>(5) 血液細胞の観察</p> <p>(10分)</p>	<p>血液を薄く伸ばしプレパラートを作成し、光学顕微鏡で血液細胞を観察する。</p> <p>☞欲張らずに微量採取するように指導を行った。</p> <p>アフリカツメ ガエルの血液</p> <p>収縮を確認している様子</p>	
<p>(6) 赤血球と浸透圧</p> <p>(15分)</p>	<p>①しばらく放置した後、光学顕微鏡で観察する（高張液につけた状態となり、赤血球は収縮する）。</p> <p>②カバーガラスの端に水を1滴たらし、光学顕微鏡で観察する（低張液につけた状態となり、赤血球は溶血する）。</p>	
<p>(7) 消化管の摘出</p> <p>(10分)</p>	<p>解剖皿に水を注ぎ、内臓を浮かべた後、食道から大腸までを摘出する。</p> <p>消化管の全長及び小腸の長さを木綿糸を使って測定する。</p> <p>消化管 7～8 cm</p>	
<p>(8) 胃、小腸の内壁の観察</p> <p>(10分)</p>	<p>胃と小腸の切片を作成し、内表面を双眼実体顕微鏡で観察する。</p> <p>胃壁と小腸の柔突起を確認する。</p> <p>柔突起のヒダを確認している様子</p>	

<p>(9) 神経系の観察 (10分)</p>	<p>内臓をすべて摘出し、体腔を空にする。 脊髄から伸びている神経を観察する。 白い繊維状のものが神経である。 ☆神経をピンセットですこし触れただけでも筋肉が反応する。</p>	
<p>(10) 神経、筋肉を使った実験 (10分)</p>	<p>座骨神経をピンセットでつまみ変化を観察する（腓腹筋が収縮する）。 ガルバーニピンセットを筋肉表面に接触させる（筋肉が収縮する）。</p> <div data-bbox="424 629 663 745" style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> ガルバーニ ピンセット </div> 	
<p>事後指導 (放課後)</p>	<p>カエルに感謝しながら埋葬する。 今回は清掃当番のない生徒のみで行ったが、事後アンケートに全員で行うべきとの意見があった。今後は、全員で取り組みたい。</p> <div data-bbox="657 965 944 1032" style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> 校庭の片隅に埋葬 </div>	

6 時間目（前半の 30 分）
動物・植物の生命について、解剖実験について事後アンケートを行う。

2 アンケート結果

解剖に対する意識の変化、解剖実験の有効性、事前指導の効果などについて調べるためのアンケートを作成し、解剖実験の事前と事後に実施した。なお、対象生徒は1学年の2クラスで80名である。

アンケート結果について以下に述べる。なお、グラフの横軸は全回答者数に対する割合（％）である。

図1は、「生体内の構造を学ぶために解剖は必要か」という質問に対する答えを事前と事後で比較したグラフである。事前と事後で大きな変化は見られないが、必要だと思っている生徒が多いことが分かった。

図1 生体内の構造を学ぶために解剖は必要か

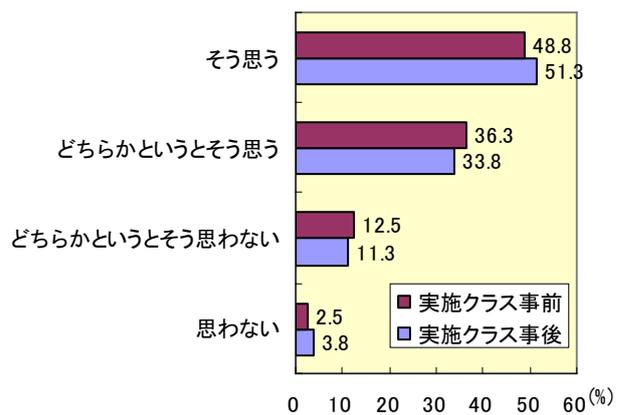


図2は、「生体内の構造を学ぶのは資料集で十分か」との質問に対する答えを事前と事後で比較したグラフである。実験後には資料集では十分でないとの答えが増加した。感想にも「絵や写真では本当のことは分らない」という言葉があった。

図2 生体内の構造を学ぶのは、資料集で十分か

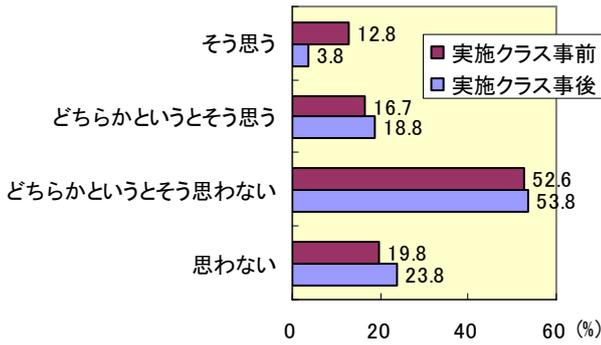


図3は、「学習・研究のため動物の命を奪うことはやむを得ないと思うか」という問いに対する答えを事前と事後で比較したグラフである。実験後に肯定的な意見が増加した。自分たち自身で解剖を実際に体験したことで、科学の発達と実験動物の関係について考えるきっかけになったと考える。

図3 学習・研究のため動物の命を奪うことはやむを得ないと思うか

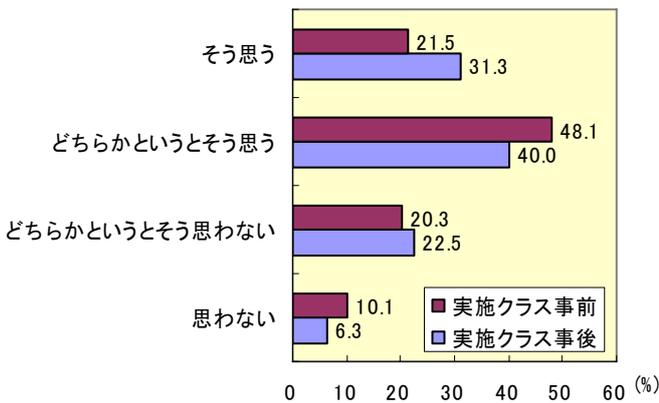
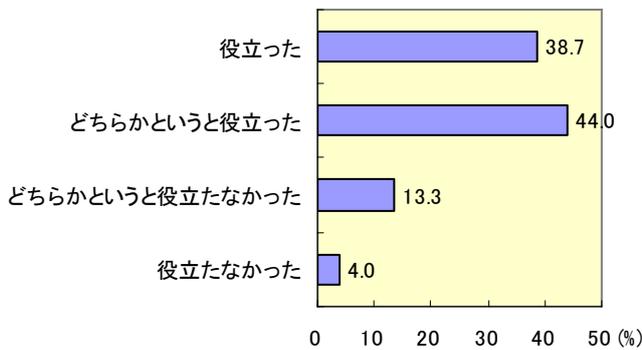


図4は、「模擬ガエルは役に立ったか」という問いに対する答えを示したグラフである。

図4 模擬ガエルは役に立ったか



今回実施した「模擬ガエルを使った模擬解剖」に

ついては、ほとんどの生徒が役に立った、どちらかというと役に立ったと答えた。

3 考察

解剖実験の経験の少ない生徒のために事前指導に導入した「カエルの模擬解剖」については、アンケートで8割以上の生徒が役に立ったと答えている。「模擬解剖のおかげで、実験内容がきちんと理解ができた」と具体的な効果を記述している生徒もいた。指導者としても、この事前指導のおかげで、生徒が解剖の手順や体内の構造をよく理解していたため、実験中の指示も的確に伝わり指導を行いやすかった。これらのことから、「模擬解剖」は事前指導に有効な手段であったと考える。

アンケートの結果、解剖実験実施後に、「生体内の構造を学ぶのに、資料集では十分でない」との答えが増加したことが分かった。また、生徒の感想にも「体内の構造の複雑さが分かった」などの言葉があり、解剖実験が、体のしくみやはたらきを理解させる上で有効な手だてになったと考える。複数の実験を行った事に関しては、生徒の感想に「一つの命から予想以上に多くのことを学べた」「複雑な条件が絡み合っていて機能している生命を感じた」などの言葉もみられ、動物の体内でたくさんの反応が行われていることを実感させることができたと考える。これらのことから、動物の解剖実験で複数の生命現象の実験を行ったことで、生徒は、一個体内で生命現象が関連し合いながら営まれているということを実感し、理解を深めることができたと考える。

IV おわりに

今回、10項目について実験・観察を行った。賛否両論あったが、良い経験だったという意見が大半であった。「いろいろな実験を行えてよかった」、「体内で複雑な生命現象が行われていることに気付いた」との感想もあり、実験を行った効果は確かにあった。

実験のはじめのうちは腰の引けていた生徒たちも、次第に身を乗り出し手を出していく様子や生き生きと活動している様子が観察できた。身体から取り出した後も拍動を続ける心臓や、解剖後でも神経を刺激すると筋肉が収縮する様子を見て驚きを感じた生徒が多数いた。これらは、座学では

絶対に得られない感動である。生徒の感想から、一人一人視点は様々だが、気づきや感動があったと判断できる。これらは決して書物では得ることができないものである。

また、生徒の感想には「命の大切さ」についての記述が多く見られた。このことから、解剖学習は、生命倫理の学習にも有効であると考えられる。生徒の中には、命を肌で感じるためにあえて手袋をしないで実験することを希望した生徒もいた。

生徒の主な感想

- ・ いろいろな実験を行えてよかった
- ・ 一つの命から予想以上に多くのことを学べた
- ・ 体内の構造の複雑さが分かった
- ・ 複雑な条件が絡み合っていて機能している生命を感じた
- ・ 命の大切さを学んだ
- ・ 命の重さが分かった
- ・ 命を無駄にしてはいけないと思った
- ・ 命を奪っているのだから、真剣にやらなければならないと思った
- ・ 貴重な命を使うのだから、よく勉強しようと思った
- ・ 皮膚と筋肉が簡単にはがれることにびっくりした
- ・ 神経の実験では、いきなり足が動いて驚いた
- ・ 卵巣の美しさに感動した
- ・ 脳がスポンジのようだった
- ・ 肝臓が本当に大きかった
- ・ 解剖を昔のように授業に取り入れたほうが良いと思う
- ・ 臓器が模擬ガエルとほぼ同じだったので、とても取り組みやすかった

本校では、65分授業を実施している。その2コマを使用して実験を行ったので、50分授業の学校においては3時間に相当する。この形で実施すると午前あるいは午後の授業全てを使うことになる。また、この実験の中で、生徒たちが一番苦労していたのは、心臓の摘出であった。細かい作業であるため、結果的には教師の手助けが必要にな

ってしまったことが課題として残った。しかし、生徒たちが意欲的に取り組み、多くのものを得たことが分かり、自分自身、大きな手応えを感じたので、今後も更に工夫を重ねて解剖実験を実施していきたいと考えている。

今後、視聴覚教材以上の効果が得られる動物の解剖実験を、授業に取り入れる学校が増えていくことを期待したい。

<使用テキスト>

- ・ 鈴木 誠 著・川島 誠一郎 監修
『実感体験 誰でもできる探求学習〈生物〉カエルの模擬解剖』 知研出版(1992)

<参考文献及び資料>

- ・ 宇津木 和夫・玉野井 逸朗・吉田 治 共編
『生物の実験法Ⅱ 動植物の解剖』 培風館(1982)
- ・ 宇津木 和夫・玉野井 逸朗・吉田 治 共編
『生物の実験法Ⅲ 生物体の機能』 培風館(1982)
- ・ 日本動物学会 編 『動物解剖図』 丸善(1990)
- ・ 『理科の教育』 日本理科教育学会
1999年4、8、12月号、2000年5月号、
2005年1月号
- ・ 『予防時報』 日本損害保険協会
2001年204
- ・ 『群馬の動物レッドリスト』 群馬県(2001)
- ・ 大島 修 『動物の解剖とからだの様子
解剖を通して命を感じて!』(2004)
- ・ 『実験・観察・生命倫理に関するアンケート』
群馬県高等学校教育研究会生物部会(2005)

(担当指導主事 中村 清志)