

ラット・マウスを使った解剖と観察についての授業実践  
- 個体の成り立ちについての理解を深める方法 -

〇〇〇立〇〇〇〇高等学校 〇〇 〇〇 (生物)

## 1 はじめに

長生地区は房総半島中央部の豊かな自然に囲まれ、自然環境としては非常に恵まれていると日々感じている。少々足を伸ばせば、教材用生物の観察・採集には事欠かないほど生物種は多様である。しかし、本校を含めた昨今の生徒の日常体験の現状として、ネット上等のバーチャルな環境での体験がかなりの割合を占め、実際の生身の生物体への接触の機会等は非常に少なくなっている。また、現在小中学校を含めて授業の中で扱う生物では、メダカ、カブトムシ、ザリガニ等をクラス単位で飼育している場合が多いが、それらを除いては実際の生物に触れ、またその体の構造等を学ぶ機会がきわめて少ないのではないかと思われる。平常の授業で、実際の生物を生徒に提示し、それを教材として扱うことは、時間的にも難しいものがあるとも聞いている。

小学校の出前授業などで実験実習を実施してみると、児童の動植物に対する、あるいはその仕組みに対する関心は非常に高い。児童からは、「あっという間に授業時間が過ぎてしまった」との感想も聞かれるくらい興味・関心が高い。高校生物の授業において、実物に触れ、自ら作業しその構造を見極めることで、生き物への興味・関心を引き出しながら、教科書では細胞から組織、そして個体へと学習する内容を、個体から組織へと逆にたどることで更なる探究心を芽生えさせるような授業展開を研究し、実践した。

動物のからだは、細胞を生命の単位として、その細胞が集まって組織を構成し、その組織が器官をかたちづくり、各器官が集まって個体を構成している。この研究では、これを逆にたどり、個体の解剖による器官の観察、取りだした器官を使った組織標本作製し、組織の観察を実施することで、個体の成り立ちについての理解を深めることを目的とする。また、実際に生きた教材、それを元にした標本などの教材等を多岐にわたって利用することで、生物Ⅰ・理科総合Bで活用できると思われる教材について研究し、その結果について考察してみた。

## 2 研究方法

- (1) ラットの解剖図を用いた事前学習
- (2) ラットの解剖 (教師による演示)
- (3) マウスの解剖 (生徒による作業)
- (4) 取りだした器官の固定・組織標本の作製。
- (5) 作成した組織標本を使った授業の実施。
- (6) 個体～器官～組織となることの評価・検討。

### 3 研究内容

#### (1) ラットの解剖図を用いた事前学習

授業1時間を使い,図説などのシロネズミの解剖図を用いて,各臓器の位置関係,臓器の形状等について事前学習を行った。

#### (2) ラットの解剖(生物I選択生徒の「まとめ」としての実験・教師による演示)

##### ア 概要

生徒への解剖演示用実験材料として一般的で安価に手に入るマウスの選択肢もあるが,体躯が小さく,それに伴いすべての臓器が小さく見にくいと感じる。特に脳などは小指の先ほどしかない。またその小ささ故,脆く,扱いにくい場面が多いと感じている。頑丈で大きく,ある程度ラフに扱っても問題ないと思われるラットを使うことで,甲状腺・副腎・中枢神経系等生徒にとっては見分けにくい臓器・器官も手頃な大きさで見易く,扱い易い。

特に教師側で行う演示実験観察としては大変適しており,その利用価値も高く,生徒の理解度も良好であると思われる。

##### イ 準備

###### (ア) 用具 (図1)

- ・解剖ばさみ(眼球用と骨切り用)
- ・ジエチルエーテル(麻酔用)
- ・ゴーグル 白衣 手術用手袋

基本的にメスは使わず,解剖ばさみ(眼球用)で切り開いていく。解剖ばさみ(骨切り用)は少々値が張るが,ぜひ揃えておきたい。骨の厚いラットの頭骨を切断するのは大変である。



図1 用具

**実験の際は教師・生徒ともにゴーグル・手術用手袋の装着と白衣を着る。**

##### ウ 手順

- (ア) 密閉できる大きめの容器に,ジエチルエーテルを含ませた紙を数枚敷き,その中にラットを入れフタをして1~2分待つ。動きが止まったら容器から取り出して仰向けに寝かせ,尾をピンセットで強めにつまんでみる。ここで反応しないことを確認する。麻酔のかかりが浅いようであれば,ここで反応するのでもう一度麻酔をかけ直す。



図2 麻酔がかかった状態

- (イ) しっかり麻酔が効いているようであれば, 50mL のピーカーにて引き続き麻酔を効かせつつ,開腹に入る。(図2)

(ウ) 解剖ばさみで腹部の毛を手早く広範囲に深めに刈る要領で、後ろ足の付け根の脇腹から、胸に向かって皮膚も同時に切り開いてゆく。(図3)(躊躇せずにどんどん切り開いてゆく。ここで手間取ると、覚醒してしまう場合もある。)適度に麻酔がかかっているならば、体腔の奥の方で、横隔膜が上下して胸郭が拡大・収縮している状態が観察できる。



図3 開腹の状態

(エ) 消化器系をいったん体外に避け、腹部大動脈と大静脈を露出させる。(図4)(脂肪に囲まれている場合があるので多少切開する必要もある。)上記2本の血管は並行して走っているが、透明に見える方が大動脈であるので、そちらを切断する。判別不能の場合は両方切断でよい。直後に切断部から一気に出血するのでティッシュペーパーなどで血液を丹念に吸い取る。

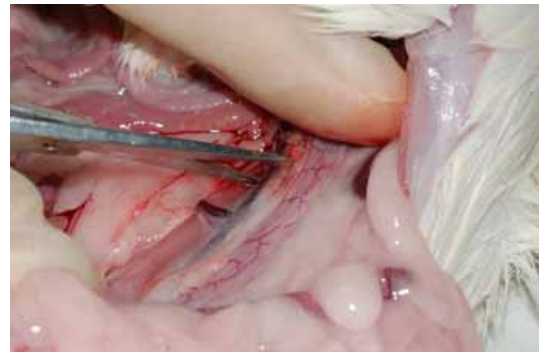


図4 腹部動脈

まだ体内の臓器等に血液が残っている可能性があるため、心臓マッサージを行いできるだけ体内に血液を残さないようにした方がよい。後々臓器の取り出し時に出血が少なくやり易くなる。

(オ) メスであれば子宮・卵巣、オスでは精巣を取り出して観察する。メスでは卵巣から子宮が繋がった形で観察できる。(図5)妊娠していない場合はただの棒状のV字型をした器官であるが、妊娠個体では枝豆のように胎児の入っている部分が規則的に膨らんでいるのが確認できる。



図5 子宮の様子

先端には卵巣があり(図6)卵管で受精することを説明し、確認する。

オスは脂肪の束をピンセットで掴み、上方に引き出すと精巣がついて出てくる。(図7, 8)引っ張りだすだけなので簡単である。左右あるので両方引き出す。精巣の付近には餃子のような形をした精嚢があるので切り取って先端を切断すると成熟した精子を含んだ精液が溢れ出す。



図6 卵巣周辺

図 7  
精巣付近



図 8  
精巣両側



(カ) 消化管をいったん元の位置に戻す。胃の右側を少し引き出すと、脾臓が現れる。透明な薄い膜によって位置決めされているので、ピンセットで引き出しながら少しずつ慎重に膜を切り取りつつ取り出す。断面が三角形のヒルのような形をした脾臓を取り出すことができる。(図 9)



図 9 脾臓

(キ) 膀胱の裏を探ると恥骨結合がある。これを骨切りバサミで切断し(図 10),今度は眼球用ハサミを使って直腸の先端で肛門と切り離す。更に噴門の上方で食道と胃を切断する。最後に胃,十二指腸,小腸,盲腸,大腸,直腸等消化管を一体で取りだす。



図 10 恥骨結合の切り離し

(ク) 腸は腸間膜によって吊られ,位置決めされていることに注目させる。腸間膜に貼り付く血管は集まって門脈となり,肝臓に接続し小腸が吸収した栄養分を肝臓に送り込んでいることを説明する。(図 11)



図 11 腸間膜の血管

(ケ) 腸間膜と胃がつながる付近には、すい臓が胃にまとわりつくように存在しているので見逃すことが無いように確認させる。図では、腸管に沿った透明の膜に、すい臓が張り付くように位置している。(図 12) この部分は見逃しやすいので、特に気をつけて丁寧に作業するとよい。



図 12 胃の上部にすい臓

(コ) 腸間膜を眼球用ハサミで丁寧に取り除き、胃から直腸までをストレートに伸ばして、その全体像を確認する。(図 13)



図 13 消化管一式

(サ) 左右腎臓の取り出しと観察。

腎臓・副腎の取り出しと観察。副腎は非常に小さいが、ダイズの薄皮を剥ぐようにピンセットでかろうじて皮質と髄質に分けることができる。(図 14)



図 14 左右腎臓と副腎

(シ) 肝臓と横隔膜の確認。

横隔膜とそれにぶら下がる肝臓の形、葉が積み重なるような構造(図 15)を観察する。

人体模型などと比較しながら、人との違いを説明すると効果的である。横隔膜と肺との関係を説明した後、横隔膜の端にハサミを入れて奥が空洞になっている(図 16)ことを確認させる。



図 15 肝臓の構造



図 16 横隔膜と肝臓

(ス) 横隔膜を切除し(図 17)、肺と心臓の取り出しと観察(図 18)。

肋骨を切り開き、首の部分の切開。気管・食道の観察(図 19)。ここで時間的余裕があれば胸腺、甲状腺等の観察が可能である。



図 17 肋骨の切断



図 18 肺と心臓



図 19 気管と食道



図 20 肩口から切り開く

(セ) ラットを裏返して肩のあたりから前方に向かってハサミで切り開いていく。あまり慎重になる必要はなく、表皮を含めた体毛を深めに切り取る感じでいくと皮膚と筋肉を剥がしながら、うまく切り開くことができる。(図 20)

(ソ) 頭部を左手の手のひらで包み込むようにして持ち、頸椎を屈曲させる。

頭蓋と脊椎骨の接続部分（外側から白く見える部分、両耳の間）に骨用ハサミを入れ、頸椎と頭蓋の接続部分を切断する。頸椎を完全に切断するのではなく、頭蓋へのハサミの侵入口の確保のためである。(図 21, 22, 23)

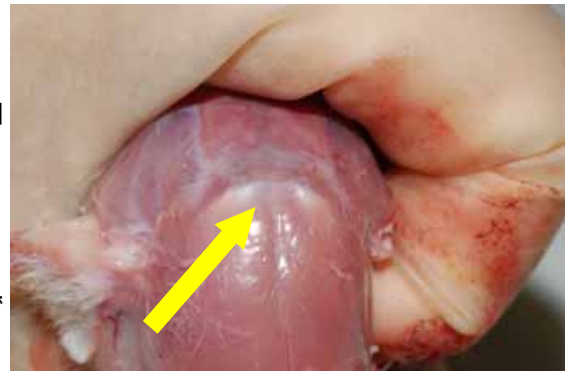


図 21 切断部位の拡大



図 22 骨用ハサミで切断する

(タ) 後頭部より前方に向かって頭蓋の側面やや上方の外周に骨用ハサミを入れ、頭蓋の上半分を円形に切り取る。大脳が露出するのでその外観を観察する。右脳、左脳、それに連なって小脳・延髄等の観察をする。(図 24, 25)



図 23 切断面



図 24 頭蓋の切除



図 25 脳の様子

(チ)最後に、脳底部にピンセットなどを慎重に差し込み、脳全体を少し浮かせることで脳の下を通る視神経を探り当て、眼球との接続を確認する。白いヒモのようなものを、ピンセットで後方に引っ張ると眼球が引っ込むので、眼球と脳が視神経で繋がっていることが確認できる。(図 26)



図 26 視神経の繋がりを見る

#### 《注意事項》

ジエチルエーテルを扱うので換気が絶対に必要である。生徒にも気分がすぐれない場合は決して無理をしないで離れて休むように言うておく。

### (3) マウスの解剖(生徒による実習)

#### ア 概要

ラットの演示実験後に実施した、マウスの解剖実習である。まず生徒実験にマウスを使うメリットとして、大柄で頑丈なラットに比べて骨が非常に柔らかいことがあげられる。特に頭蓋骨が薄いので、眼科用のハサミでも容易にパキパキという感じで切り取ることができる。また、その体躯が小さいので、切り開く面積が小さく時間的に余裕ができる。腹部血管を切断したときの出血量も少ないので、後処理が容易である。

#### イ 準備

教師によるラットの解剖に準ずるが、解剖ばさみ(骨切り用)は生徒には扱わせず、その都度、生徒の進行具合に合わせてフォローしたほうが良いようである。もちろん、ゴーグル、白衣、手袋は必須である。

#### ウ 手順

事前にラットの解剖演示実験によって、哺乳類のからだの基本的な構成と解剖の手順を説明した。その後、生徒(2人1組でマウス1頭)によるマウスの解剖実習をおこなった。



A photograph of a rat's abdominal cavity after a laparotomy. A large, dark, lobulated mass is visible in the abdominal cavity, indicated by two yellow arrows. The mass appears to be a tumor or a large cyst. The surrounding organs and tissues are visible, and the rat's body is open to show the internal structures.

2名で取りかかることで、時間的・精神的に余裕が  
持て、好結果がでたように思われる。実施前は、時間的  
( に、肺、心臓までくらいまで到達すれば、と思っていた。  
しかし、実際には2/3の生徒が脳まで到達し、大脳、小脳  
を確認することができた。視神経の確認も含めて手順と  
しては全体的に思った以上にスムーズに進んだように  
感じる。

(4) 取りだした器官の固定・組織標本の作製（上記解剖で取りだした器官を使用する）

ア 準備:試薬等    パラフィン    各濃度エタノール(ブアン含む)    ヘマトキシリン    エオシン  
                                ホルマリン    キシレン

## イ 手順

組織標本作製は大きく 3 つの過程に分けられる。

- (ア) 包埋 (切片作成含む)・・・器官の固定 脱水 パラフィン置換
  - (イ) 染色・・・パラフィン除去 染色 脱水 (今回はヘマトキシリン・エオシン染色)
  - (ウ) 封入 (マウント)
- の 3 過程である。

### (ア) 包埋 (ミクロトームを準備する)

取り出した臓器は、すぐに 10%中性ホルマリンで固定する。ホルマリンに炭酸カルシウムを適量投入し、沈殿するのを待てば中性ホルマリンとして使える。固定した器官を水洗し、ブアンを含むエタノールで 70 パーセントから段階的に濃度を上げてゆき、脱水とともにホルマリンからエタノールへの置換をおこなう。ブアンはタンパク質を固定しつつも薬液の浸透性を保つものである。(タンパク質の架橋構造により薬液が浸透しにくくなるので)最後にパラフィンを浸透させて標本に合った小さな容器に移し、溶かしたパラフィンを流し込んで包埋完了とする。その後冷却し、固まったら適当な大きさのブロックに切り出して熱したヘラで接着面のパラフィンを溶かし、木片に貼付け、切片の切り出しに入る。(図 32) 切り出してそのままの切片はしわが寄った状態であるが、43 前後の湯に静かに浮かべることとしわが伸びて綺麗な半透明の膜となって浮かぶ。(図 33)

((

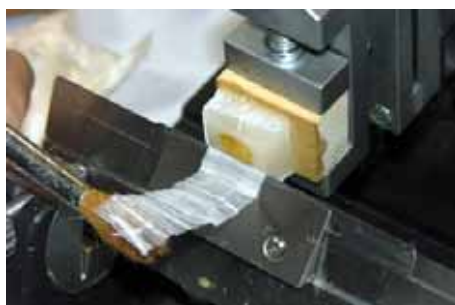


図 32 切片の切り出し



図 33 お湯に浮かぶ切片

### (イ) 染色

( H/E(ヘマトキシリン / エオシン)染色による組織切片の染色。

#### a 脱水・染色行程

##### (a)脱パラフィン

キシレン 1 回目 10 分 2 回目 10 分  
無水エタノール (キシレン除去) 5 分

##### (b)親水処理

( 95% 80% 70% 50% 最後に水 すべて 3 分づつ

##### (c)染色 (H/E 染色)

ヘマトキシリン 15 分位 (試し染色必要)  
水洗 (流水にて青みがかかるまで流水で脱色、慎重に)  
エオシン 1 分位 (試し染色必要)  
水洗 100mL のビーカーで数回上下させる。



図 34 薬液のケースを並べておく



図 35 封入の際の重し

(d) 脱水処理

エタノール 70% 80% 90% 95% 99.5% これらで  
数回上下させる。次に無水 1 回目 無水 2 回目  
キシレン 1 回目 2 回目 3 分前後浸ける。



(ウ) 封入

図 36 完成した標本(マウス腸)

脱水処理後、キシレンが乾燥しないうちに手早く封入  
作業に移る。標本封入剤、スーパーマウントを数滴垂ら  
して大きめの合ったカバーガラスをかけるだけである。

封入剤がうまく広がるように一円玉などの重しを適宜  
かけると良い。(図 35) 約半日の作業である。



図 37 マウスの腸の顕微鏡写真

(5) 作成した組織標本を使つての授業を実施

完成した標本を生徒に配布し顕微鏡で観察、構造と役割について解説した。(図 36・図 37)

(6) 個体～器官～組織となることの生徒の理解とその評価・検討

ア 生徒レポートの例を示す。

動物の体の構造(脊椎動物哺乳類編) ラット解剖の所見と感想

〈所見〉

| 臓器名    | 特徴(位置・外観等)                                   | 働き                                  |
|--------|----------------------------------------------|-------------------------------------|
| 1 横隔膜  | 呼吸筋の胸腔と腹腔を隔てる。呼吸時に収縮・弛緩を繰り返す。呼吸時に収縮・弛緩を繰り返す。 | 呼吸運動のとき横隔膜が収縮すると下がり、胸腔が広がり、空気が肺に入る。 |
| 2 心臓   | 胸腔中央にあり、左右の心房と心室からなる。心臓は血液を全身に送り出す。          | 血液を全身に送り出す。                         |
| 3 胃    | 消化管の一部で、食物を一時貯留し、消化液を加えて消化する。                | 消化液を加えて消化する。                        |
| 4 小腸   | 消化管の大部分で、食物を細かく砕き、消化液を加えて消化する。               | 消化液を加えて消化する。                        |
| 5 十二指腸 | 小腸の最初の部分で、胃とつながっている。                         | 胃からの食物を受け取り、小腸に送る。                  |
| 6 盲腸   | 小腸の盲腸で、大腸とつながっている。                           | 大腸からの食物を受け取り、小腸に送る。                 |
| 7 大腸   | 消化管の最後の部分で、食物を吸収し、排便する。                      | 食物を吸収し、排便する。                        |
| 8 膀胱   | 尿を貯留する器官で、膀胱の収縮によって尿を排出する。                   | 尿を貯留する。                             |
| 9 腎臓   | 尿を生成する器官で、腎臓の収縮によって尿を排出する。                   | 尿を生成する。                             |
| 10 腸間膜 | 腸を固定する膜で、腸の動きを抑える。                           | 腸を固定する。                             |
| 11 門脈  | 消化管からの血液を肝臓に送る血管。                            | 消化管からの血液を送る。                        |
| 12 腎臓  | 尿を生成する器官で、腎臓の収縮によって尿を排出する。                   | 尿を生成する。                             |
| 13 副腎  | 腎臓の上部にある腺で、ホルモンを分泌する。                        | ホルモンを分泌する。                          |
| 気管     | 呼吸管の一部で、気管の収縮によって空気を肺に送る。                    | 空気を肺に送る。                            |
| 気管支    | 気管の下部にある管で、気管の収縮によって空気を肺に送る。                 | 空気を肺に送る。                            |
| 甲状腺    | 内分泌腺で、甲状腺ホルモンを分泌する。                          | 甲状腺ホルモンを分泌する。                       |

〈感想等〉

| 臓器  | 感想                                               |
|-----|--------------------------------------------------|
| 肺   | 呼吸の中心臓器で、血液と空気を交換する。肺の構造は非常に複雑で、呼吸の中心臓器である。      |
| 肝臓  | 消化管からの血液を濾過し、全身に送る。肝臓の構造は非常に複雑で、消化管からの血液を濾過する。   |
| 心臓  | 血液を全身に送り出す。心臓の構造は非常に複雑で、血液を全身に送り出す。              |
| 胸腺  | 免疫系の中心臓器で、免疫細胞を成熟させる。胸腺の構造は非常に複雑で、免疫細胞を成熟させる。    |
| 視神経 | 視覚の中心臓器で、視覚情報を脳に送る。視神経の構造は非常に複雑で、視覚情報を脳に送る。      |
| 子宮  | 卵の着床場所であり、胎児の発育場所である。子宮の構造は非常に複雑で、卵の着床場所である。     |
| 卵巣  | 卵の生成場所であり、女性ホルモンの分泌場所である。卵巣の構造は非常に複雑で、卵の生成場所である。 |
| 卵管  | 卵の輸送管であり、卵の着床場所である。卵管の構造は非常に複雑で、卵の輸送管である。        |
| 胎盤  | 母体と胎児の間で物質交換を行う。胎盤の構造は非常に複雑で、母体と胎児の間で物質交換を行う。    |

私は解剖を初めて見ると、最初は驚き、そして感動。ラットは非常に小さな動物ですが、その体内には驚くべき数の臓器と血管が詰まっています。特に、消化管と呼吸管の複雑な構造に驚かされました。また、免疫系の中心臓器である胸腺の存在も、非常に興味深いものでした。

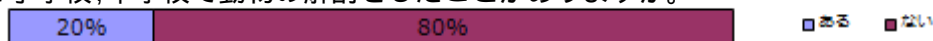
臓器を一つ一つ見ると、それぞれが自分の役割を果たしているように思えます。例えば、心臓は血液を全身に送り出すために、絶えず働き続けています。また、肺は呼吸の中心臓器として、常に新鮮な空気を取り入れ、古い空気を排出しています。

ラットは非常に小さな動物ですが、その体内には驚くべき数の臓器と血管が詰まっています。特に、消化管と呼吸管の複雑な構造に驚かされました。また、免疫系の中心臓器である胸腺の存在も、非常に興味深いものでした。

イ この研究を実施するにあたって、実施前後でアンケートを行なったので、その結果を示す。

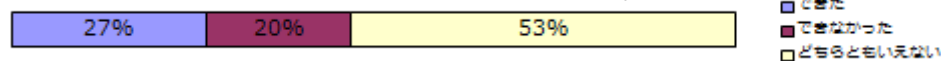
(ア)【実施前】76 名実施

a 小学校、中学校で動物の解剖をしたことがありますか。

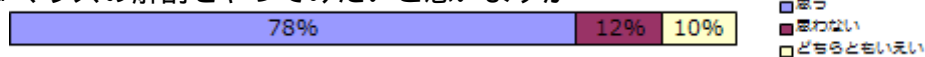


b 解剖した動物の名前を書いてください。 フナ、カエル

c 問bの解剖で動物の体の構造が理解できましたか。



d マウスの解剖をやってみたいと思いますか

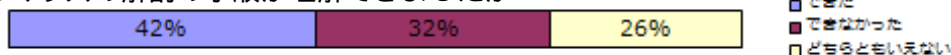


e 解剖をやってみたいと思わない理由はなんですか。

気持ちが悪い。 ネズミが嫌い。 ネズミがかわいそう。 興味が無い。 意味がない。  
生きているものを殺すのはどうかと思う。

(イ)【実施後】76 名実施

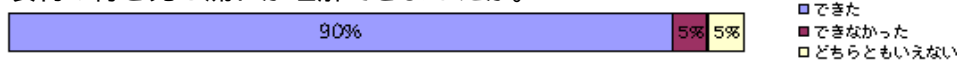
a マウスの解剖の手順が理解できましたか



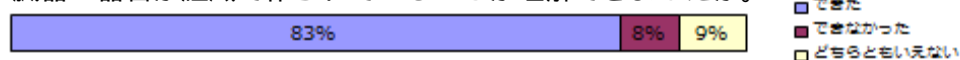
b 臓器・器官の位置関係が理解できましたか。



c 食物の行き先と流れが理解できましたか。



d 臓器・器官が組織で作られていることが理解できましたか。



(ウ) 生徒の感想の主なものを原文のまま掲載する。

- ・小さいラットが哺乳類として持っている構造をしているので、改めて命は大小で考えるものではないと思った。生きている命をもらって解剖ができたことに感謝する。
- ・健康な身体でいたいと思った。ラットに有難うと言いたい。
- ・ラットがかわいそうだった。モチベーションを高くして授業に望めた。
- ・最初私は解剖をすると聞いて、わくわくしていたが、実際に解剖するのを見て気持ち悪いなと思う前に、自分が解剖するということに対してなんて軽い気持ちで望んだんだという思いが出た。学習のためとは言え、命をひとつ犠牲にしたのだからしっかり学ぼうと強く思った。
- ・教科書や、ビデオなどで見る解剖と直接見るのはとは全く違った。
- ・どこに何が繋がっているのか、臓器が身体のどこに位置しているのか良く理解することができた。(複数)
- ・人間がどうやって生きているのかがわかった。
- ・最初はかなり抵抗があったが、遠目で見ているうちに授業で習ったような器官を見てそのつくりを認識することができた。
- ・見た目の全然違うラットとヒトで器官の形が似ていたり、同じはたらきをしていることが

ら生物は不思議だなと思った。

- ・消化器のつながりを見て、一本のつながりの中でそれぞれの部分でちゃんと役割を果たしていることがわかった。
- ・今まで別々に勉強してきたことをひとつの流れを追って知ることができて、とてもよかった。

#### (エ) 評価・検討

アンケート結果より、生徒は実習をとおして動物のからだの構造について理解を高めることができた。そして、各器官の機能が連携しあって、個体としてのシステムを形づくることについても認識を深めることができたと考えている。

また、実際に生きているマウス・ラットを使うことで、「命」とは何かについて、その意味を深く考える良い機会を与えることができたということも、生徒の感想等から読み取ることができる。解剖というと、必ず数名の生徒から、かわいそう、気持ち悪い等ネガティブな声上がるが、今回そのような生徒も、否定的な意見は持ちつつも最終的には、知的好奇心をもって解剖実習に臨んでいたのが事実である。

#### 4 おわりに

受験科目としての生物は覚える事柄が多く、安易にその用語等の暗記に走りがちな生徒も多い。そのことを踏まえて授業の中ではできるだけ実物を扱い、そのイメージをつなげていくことで全体像が見えてくるような実験・観察を実施してきた。

この研究では、単元、「生命の連続性」と「個体の成り立ち」において、細胞から組織、そして個体の成り立ちへと体系的に考えるきっかけを生徒に与えることができればと思い、単なる解剖のみに終わることなく、その器官を使った組織標本の観察までを実施してみた。

また、実際の解剖については授業の限られた時間の中で確実に実施するために、事前学習と実習を分けることで、ポイントを押さえて効率的に時間内に収める工夫をした。さらに生きた教材を使用することで、普段の生活であまり意識することの無い命の大切さや、その重みや意味について考えるきっかけを与えることができればという思いもあった。実習中の生徒の反応やアンケートの結果等を見ると、当初の目標はほぼ達成されたのではないかと感じる。

最後に、本研究を進めるにあたり、御指導御助言いただいた教育庁教育振興部指導課小芝一臣先生、高野義幸先生、渡邊敏樹先生、近藤克之先生、教科指導員の谷口哲也先生、岡田実先生、橋本尚先生、中山正彦先生並びに教科研究員の諸先生方には心よりお礼申し上げます。そして、組織標本の作成で御指導いただいた東京海洋大学羽曽部正豪先生、実験に際して貴重なアドバイスをいただいた、大多喜高校、大網高校生物工学科、長生高校の先生方にもお礼申し上げます。

#### 参考文献

本多 久夫 シートからの身体づくり(1991) 生物が採用した自己構築法 中公新書