

## 新指導要領「生物基礎」に対応した生徒実習

## ウズラ初期胚の心拍数

## 教材化の経過報告

## 1. 教材化の目的

高等学校では平成 24 年度入学生より新しい学習指導要領の理科・数学の先行実施が行われ、来年度の入学生からは現在使われているものとは異なる、新しい理科の教科書で学習することになります。生物分野においても、現行の「生物Ⅰ」「生物Ⅱ」（各標準 3 単位）から、「生物基礎」（標準 2 単位）「生物」（標準 4 単位）になり、特に「生物基礎」は現代の生物学の考え方を多く取り入れた、新しい発想で単元が組み立てられています。

授業実践に取り組んできた「ウズラ胚の発生観察」ですが、新指導要領「生物基礎」では「発生」の分野は扱われず、「生物基礎」を学んだあとで学習することになる 4 単位の「生物」で学ぶことになっています。より多くの生徒が学習する「生物基礎」においても、「ウズラ胚」を教材として使うことができれば、たとえ、「発生」という単元がなくても、いのちが形づくられていく実際に触れる機会を持つことができます。

また、「生物基礎」は、新しい生物学の内容を取り入れているだけに、高等学校の実験室で行うことができる生徒実習のネタが少ないことも、この指導要領が発表されたときから、懸案事項として挙げられてきています。

このようなことをふまえ、「生物基礎」の「生物の体内環境の維持」の単元でも取り扱うことができる「心拍数に対するアドレナリン・アセチルコリンの影響」について、ウズラ胚を使って調べる実験を教材化することにしました。

心拍数の測定については、今までも、ヒメダカなどを用いた実習が教科書でも取り上げられてきました。実際に行うには動くメダカをうまく固定する工夫が必要で、チャック袋を使う、消しゴムや発砲ポリスチレンを使うなど、さまざまな提案がされてきています。あるいは、マウスなどの摘出心臓を用いて血管灌流を行う実習は薬学部などではポピュラーですし、カエルや魚から摘出した心臓で観察することもできますが、高校で多くのクラスを対象に行うにはややハードルがあることも事実です。

ウズラやニワトリの 2 日目～3 日目の胚であれば、有精卵の入手も孵卵も簡単で、ろ紙リングを使って胚を摘出するだけで、実体顕微鏡下で安定して心拍を観察でき、この実験に適しているのではないかと考えました。



## 2. 教材化の工夫

教材化と実践にあたっては以下のことに留意しました。

- ・実習そのものはシンプルにし、対象生徒によって導入の方法や事前学習の内容を変えることで変化を持たせることができるようにする。
- ・50分の授業時間内に収まる計画にする。そのため、予備実験を繰り返し、アセチルコリンやアドレナリンの濃度、調製方法、投与のしかた、測定時間などについて、十分に検討する。
- ・少人数クラスではなく、生徒数が40人前後の通常のクラスでも実施できる形にする。
- ・使った胚は廃棄するため、必要以上に胚を使うことなく実施する方法を工夫する。
- ・心拍の速さは温度に強く影響を受け、低温では心拍が止まってしまうため、室温で心拍が安定して観察できる気温の高い時期に実習を設定する。

平成23年7月～8月に予備実験を行い、準備を進めました。

### 実習の方法

準備：

- ① ウズラの種卵は38℃で35時間～50時間孵卵しておく。(2日目胚を使用)
- ② 実施の30分前までに、生理食塩水アガロースゲルのプレートにろ紙リングを使って胚を摘出し、生理食塩水を数滴かけた状態で室温に置く。測定開始3～5分前に新しい生理食塩水を数滴かける。
- ③ 塩化アセチルコリン、塩化アドレナリンは蒸留水で0.01 g/mLに溶かし(アドレナリンは水に難溶で溶け残りが出る)、当日、生理食塩水でアセチルコリンは1000倍、アドレナリンは500倍に希釈する。
- ④ 実体顕微鏡にカメラをつなぎ、プロジェクタでスクリーンに胚をリアルタイムで投影できるようにしておく。異なるステージの胚を比較するときは2台設置する。

生徒実習：

- ① まず、室温を確認する。キッチンタイマーなどを準備し、2人1組でスクリーンの胚を見ながら、30秒間の心拍数を連続3回数える。

はじめ・アセチルコリン投与直後か3分ごとに9分後まで・アセチルコリン除去直後から3分ごとに6分後まで・アドレナリン投与直後から3分ごとに9分後まで・アドレナリン除去直後から3分ごとに6分までそれぞれについて数えて記録する。溶液の入れ替えと洗いの作業は教師が行う。

- ② 発生の時期の異なる2種類の胚についてのデータを班ごとに交換し、それぞれについてグラフをつくり、考察する。



## 授業実践報告

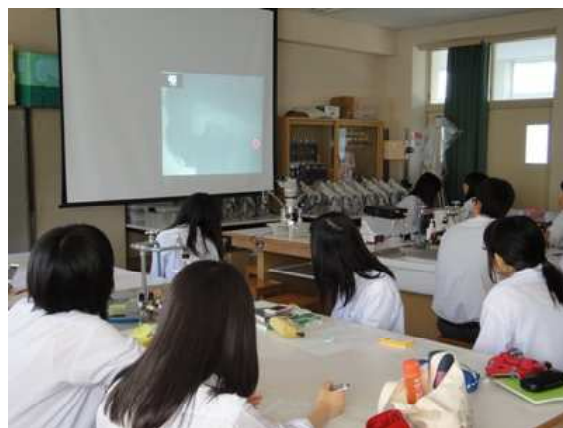
① 9月7日（水）1時間目 3年文系生物Ⅰ（3－1）

37名

文系クラスはセンター試験に向けた受験演習に入っているため、1時間の事前学習では、センター試験の過去問から、ニワトリの発生を素材にした問題、目の発生に関する問題、カエルの心拍数に関する実験の問題を導入として演習しました。その解説をしながら、プリントとスライドを使って自律神経の作用と神経伝達物質、ホルモンについての関連事項の復習と、鳥類の発生と既習である両生類の発生との共通点、鳥類を使って観察するメリットなどについて学習しました。

当日は2人1組となり、クラスの半数は38時間孵卵したステージ11の胚（実験室前側に投影）を、もう半数の生徒は47時間孵卵したステージ14程度に発生の進んだ胚（実験室後ろ側に投影）を担当しました。どの生徒もよく集中し、協力して心拍数をカウントし、また、心臓の収縮の様子や心拍の速さの変化など、気がついたことをメモしながら取り組んでいました。実験が進むにつれ、「次はきっと遅くなるんじゃない？」と結果を予想しあうなど、主体的に取り組む様子が見られました。

このクラスでは、どちらの胚もしっかりと心拍数の変化が読み取れる結果となり、アセチルコリン、アドレナリンの作用（どちらも一過的に見られる）だけでなく、次第に回復する様子や除去したときの变化から、心拍数の変化に対してウズラがフィードバックによって心拍数を一定に保とうとする反応をしているのではないか、といった考察も出ていました。



② 9月7日（水）4時間目 3年理系選択生物Ⅰ・化学Ⅰ

14名

3年生の理系クラスの中で、生物Ⅰまたは化学Ⅰの選択授業（2単位）を履修している生徒で、今回の実験は合同で行いました。理系では生物Ⅱや化学Ⅰ・Ⅱの学習もしていることから、事前学習ではアドレナリンやアセチルコリンの構造や生合成、受容体について、あるいは、脊椎動物の心臓のつくりと心臓の発生についても取り上げて学習しました。センター試験の過去問は導入としてではなく、事後のまとめとして利用しました。

1時間目と同じく2人1組で、2つのステージの胚を分担しました。摘出作業をする教師の時間割の都合で、摘出してから1.5時間経った胚を使ったこと、アセチルコリンやアドレナリンを希釈してから4時間室温に置いたものを使用したことなどが、1時間目とは異なっていたところです。今後また検討しなければなりません。1時間目と比べると、変化の傾向はおおむね似ていたものの、特に発生の早い時期の胚の反応が小さく、心拍数の変化はわずかしかなかった。そのため、1時間目のクラスより発生の時期による違いに注目した考察が多く出ていました。

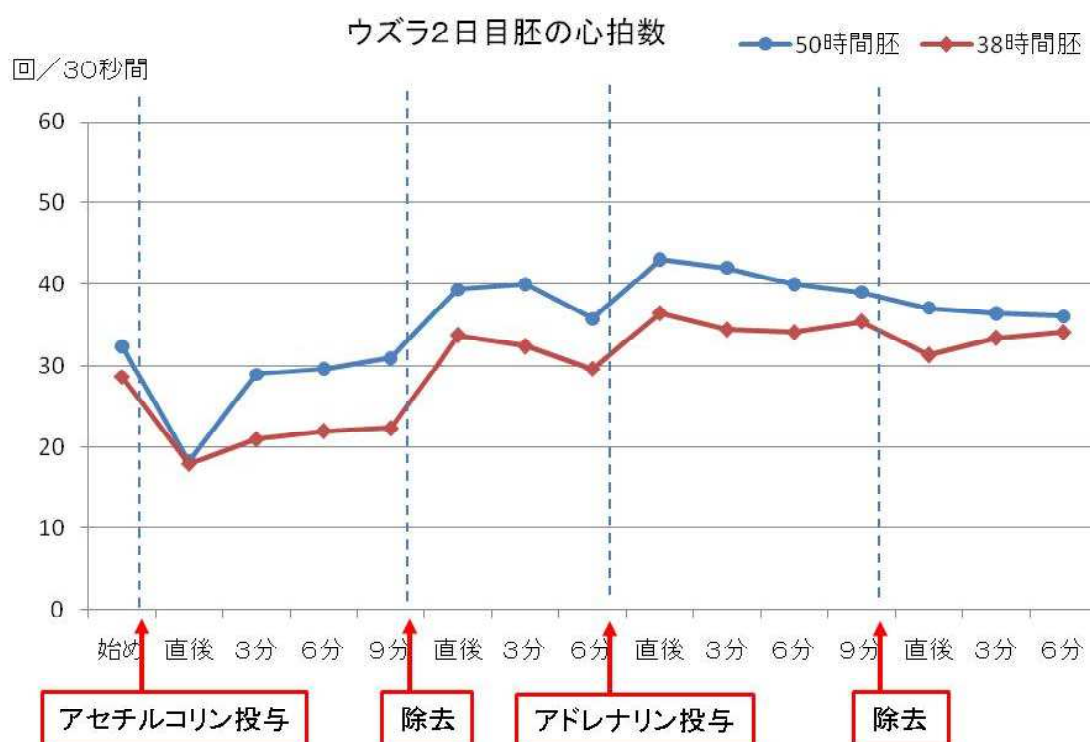
どちらのクラスでも、ほぼ、50分の授業時間内に測定を終えることができ、人数の少なかった4時間目には、実験後に生徒が直接、実体顕微鏡をのぞいて胚の様子を確認する時間も取ることができました。

今回はどちらのクラスも発生、恒常性の維持の単元を既習の3年生で、事前学習は復習を主にし、実習では既習の内容を確認しながら、実験結果を自分なりに考察するという取り組みになりました。「生物基礎」で取り上げるとすれば、「発生」については軽く触れる程度にし、「体内環境の維持」に重点を置いて学習内容の理解を深めるための事前学習を行うと効果的だと考えられます。

室温の問題があり、実施できる季節が限られてしまう実習ですが、今後、実施可能な室温の確認や毎回安定した結果を得るための条件の検証などを引き続き行い、授業実践も繰り返していきたいと思います。

(担当：薄井 芳奈)

### 【実験結果の例】



## 【生徒の考察例】

- ◇ アセチルコリンを与えた直後、拍動数は少なくなったが、その後、少しずつ多くなっていった。その後、アセチルコリンを除去すると、拍動数が急激に多くなった。しかし、その後はまた少なくなっていった。アセチルコリンの作用で拍動数が下がったとき、胚から拍動数を上げる物質が出たからだろうか。アセチルコリンを除去した直後はまだ、その物質が出ていたから、拍動数が急激に多くなったのだろうか。アドレナリンを与えた直後はやはり拍動数は多くなったが、アセチルコリンのときと違って、その後拍動数はあまり下がらなかった。拍動数を下げる物質は作れないのだろうか。
- ◇ アセチルコリンで遅くなったが3分後からだんだん速くなっていっている。遅いままだと血液を十分に送れないからだと思う。アドレナリンでは速くなってそのまま継続している。速くても血液は送れているからだと思う。

## 【生徒の感想】

- ◇ 最初、あんなに小さくて透明な未熟なウズラの心臓が動いているなんてびっくりした。アセチルコリンやアドレナリンを与えると、反応が見られ、さらに、その変化後拍動を元に戻そうとしていた。調節なんかできるのかと思っていたので、そのような変化がみれて面白かった。
- ◇ アセチルコリンやアドレナリンを与えても、除去したらすぐにはじめの値に戻ると思っていたけど、時間がかかることが分かった。30秒ごとに3回はかるときに、3回の値がほぼ同じだったのは、心臓が規則正しく拍動しているからだと思った。
- ◇ こんな小さなときにも、アドレナリンやアセチルコリンに反応できていること自体がすごいと思った。拍動の反応を見て人間でも同じように起こっていると思うと、とても興味深かった。
- ◇ 卵黄からはずしても生きているなんてすごく不思議でした。発生してからまだ2日しか経っていないのに、心房や心室ができていたり、脳ができていたり、生き物のすごさを感じました。さらに、38時間胚より47時間胚の方が大きく変化しており、1日でもすごい成長しているのが分かりました。
- ◇ 38時間胚でも47時間胚でもしっかり生きているというのがはっきり分かった。あのあと、死んでしまうと思うとかわいそうに思った。
- ◇ 47時間胚の方が38時間胚よりアドレナリンやアセチルコリンを与えたときに元の拍動数にもどそうとする力が強いと思った。グラフを書いてみて、47時間胚の方が全体的に拍動数が多いことが分かった。孵卵開始から2日たっていないのに、拍動数を調節するしくみがあって、生命の力はすごいと思った。
- ◇ アセチルコリンやアドレナリンを入れるだけで、私たちの目でもはっきりと分かる結果になりました。私は心拍数を数えていたので、薬品の投与と除去のあとの変化をしっかりと見ることができてよかったです。