

マイ・ポケットウニを使った発生，変態の観察

- 生物の授業での継続的な観察・飼育 -

立 高等学校 (生物)

1 はじめに

児童生徒の自然体験の不足が指摘されている中，生物の授業の中で生き物を育てることは大変重要なことであると考えられる。しかし，生物の授業の中で生き物を飼育することは，限られた時間の中では困難である。さらに，動物を飼育することは，その動物を生徒数分そろえることが難しくかったり，施設や器具が必要となるなど，なかなか実施することができない。

そこで，生物の「生殖と発生」で扱うウニを，生徒一人一人が飼育する教材として考えてみた。ウニは，人工受精が容易であり，卵が透明で発生過程が観察しやすいため，初期発生を観察することができる有用な実験材料である。古くから発生観察の材料として使われ，多くの高校でも生徒実験に利用されている。しかし，4腕プルテウス幼生以降の後期発生については，幾つかの報告もあるが，大きな装置と多くの手順が必要なため，実験室内でのクラス単位による実験に限られていた。

本研究では，授業において，一学年8クラスの生徒が，班ごとに受精させたウニを4腕プルテウス幼生までは小ビーカー内で，その後，蓋付き試験管内で，生徒一人一人が変態するまで飼育・観察する実験を実践し，その結果を検証することを主題とする。

2 研究方法

(1) 実験マニュアルの作成

班ごとに受精させたウニを4腕プルテウス幼生まで小ビーカー内で飼育・観察し，さらに，生徒一人一人が，蓋付き試験管内で変態するまで飼育・観察する実験マニュアルを作成する。

(2) 授業(実験)の実践

実験用プリントを作成し，生徒実験を実践する。

(3) 授業の検証

授業に取り組む様子，アンケート等に基づき授業の検証をする。

3 研究内容

(1) 実験マニュアルの作成

ア 人工海水の調整

本実験において，使用する海水はすべて人工海水(ピュアソルト アクアシステム社)を使用する。天然海水を利用した場合よりも余分な微生物の繁殖を防ぐことができる。

イ 小ビーカー内での初期発生の観察及び飼育方法

初期発生を正常に行わせるポイントは，卵の密度，洗卵及び海水の交換である。この2点に注意すれば100mLの小ビーカー内でも4腕プルテウス幼生までの飼育が可能である。また，小ビーカーで行うことにより，交換する海水の量を節約することができるので，班ごとの実

験が可能となる。

(ア) 採卵，採精 ・ ・ 教員による操作

- ・ウニの赤道面よりやや上方をハサミで切断し，卵巣，精巣を取り出す。その際に，消化管などの内臓はできるだけ入れないようにする。(図1)(図2)(図3)
- ・卵巣は海水の中で洗い，卵を取り出す。(図4) 卵はビーカーの底に沈むので，上の海水を捨て，新しい海水を加えて卵を洗う。
- ・精巣はスプーンで取り出し，シャーレに入れ蓋をして保存する。これをドライスパームという。海水を入れると，活発に動いてすぐに死んでしまうので，海水は入れない。冷蔵庫に入れば，1日程度は保管できる。(図5)



図1 切断



図2 卵巣



図3 精巣



図4 卵を取り出す

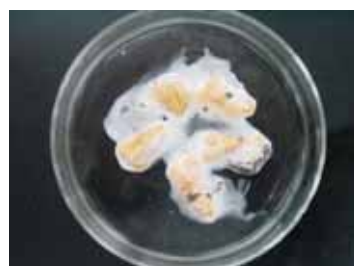


図5 ドライスパーム

(イ) 卵，精子の配布 ・ ・ 教員による操作

- ・卵を 100mL ビーカーに入れ，各班に配布する。受精後，順調に発生を進めるために，卵の密度は「重ならない程度」よりもさらに低くする。(図6)
- ・精液を白濁しない程度に海水で薄め，精子懸濁液を作り，各班に配布する。(図7)

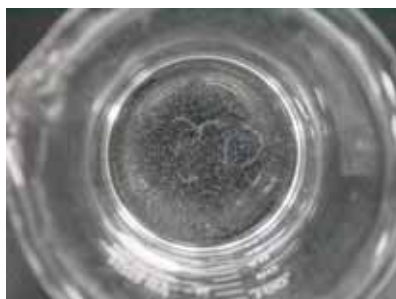


図6 卵の密度



図7 卵(左側)と精子懸濁液(右側)

(ウ) 受精 ・ ・ 生徒による班(4人)ごとの操作

- ・卵の入ったビーカーに精子懸濁液をピペットで約10滴入れ，静かに攪拌した後，放置して受精卵を沈ませる。(図8)

- ・上澄みを捨て、受精できなかった精子を捨て、新しい海水を加えて卵を洗う。この操作を数回行う。(図9) 洗卵後の海水の量はビーカーの半分程度とする。



図8 受精



図9 洗卵

(エ) 観察及び海水の交換 ・ ・ 生徒一人一人の操作

- ・数時間おきに受精卵のその後の変化を観察し、上澄みを捨て、新しい海水を加える。
- ・胞胚になると泳ぎだす。(図10) その後の海水の交換は、下の部分を捨てる。



図10 泳ぎだした胚

ウ 試験管内で変態するまでの飼育および観察方法

4腕プルテウス幼生になると幼生はエサを食べ始め、腕を上にして盛んに泳ぐようになる。この時期に海水が動かないと、幼生は表面張力によって水面にはりついてしまい、水面から離れにくくなってしまう。この状態が続くと、腕がだんだん短くなって、発生がうまく進まない。この時期から水流を作ってやる必要がある。モーターを使って、大型のビーカー内で飼育する方法は多くの高校でも行われている。

この時期の飼育を、生徒一人一人に蓋付き試験管「アズワン PPチューブ PP 16L」(図11)の中で行わせ、自分のウニを飼育し、変態するまで観察させている。



図11 蓋付き試験管

アズワン PPチューブ PP16 L
(容積 約12mL)

PPチューブ PP 16L のメリット

幼生を見つけやすい。完全な透明ではなく、少し白っぽいので、透明な幼生が透けない。

樹脂の表面に傷がつきにくい。傷がつくと、幼生を探しにくくなってしまう。

生徒がポケット等に入れて、持ち運びやすい大きさである。また、蓋がはずれにくい。

細長いので、海水の循環がよい。

値段が比較的安価である。

多くの試験管を使って実験した結果、以上の点から PPチューブ PP-16L は大変適している。

(ア) ビーカーから試験管に移す

- ・ 4腕プルテウス幼生まで発生が進んだら、蓋付き試験管に海水を約 10mL 入れ、プルテウス幼生を 5 匹程度入れる。

(図 12)(図 13)

(イ) エサを与える

- ・ エサを食べ始めるので、ケイソウ *Chaetoceros* をピペットで 5 滴与える。(図 14)

(ウ) 海水の交換

- ・ 試験管に入れた直後は幼生が小さい。この状態で海水を交換すると、幼生も一緒に捨ててしまう可能性があるため、最初の約 1 週間は海水の交換をしない。また、エサの追加もしない。
- ・ 約 1 週間経つと急に大きくなり、肉眼で確認しやすくなる。その後は、1 週間に 1 ~ 2 回、幼生を捨てないようにして、ピペットで海水を半分捨てて、新しい海水を加える。海水を交換した後に、エサを 4 滴程度与える。(図 15)(図 16)

(エ) 試験管の管理

- ・ 1 日に数回試験管を逆さまにして、海水を動かしてやる。
- ・ 直射日光は当てない。海水温が 30 を越すとかなりダメージがある。海水温が高くなりすぎないように注意する。
- ・ 低温については、ほとんど気にしなくて良い。
- ・ 冬の場合は、ポケットなどに入れておくことによって水温が上がり、発生が早くなる。また、海水が適度に動いて、生育条件が良くなる。



図 12 海水を試験管に



図 13 幼生を入れる



図 14 エサを与える



図 15 幼生を確認



図 16 海水の交換

エ エサの培養方法

4腕プルテウス幼生以降の幼生のエサとして、*Chaetoceros gracilis* (以後 *C.g* と表す) *Chaetoceros calcitrans* (以後 *C.c* と表す) の 2 種類のケイソウを培養し、使用した。単独でも良いが、やや小さい *C.c* を初めに与え、その後 *C.g* の量を増やすと良い。

(ア) 海水 300mL を三角フラスコにとり、メタケイ酸ナトリウムを耳かき一杯と藻類培養液 KW21 (第一製網株式会社) 0.3mL を入れ (図 17)、よくかき混ぜる。

(イ) 80 で 20 分間滅菌する。(図 18)

(ウ) 十分に放冷した後、ケイソウを 3 ~ 5 mL 入れる。(図 19)

(エ) インキュベータ中で 22 に保温し、エアレーションをして蛍光灯の光をあて、培養する。

(図 20) 実験開始当初は、水槽、熱帯魚用のヒーターと蛍光灯を利用した簡易インキュベータを使って培養を行なった。(図 21)

(オ) 3～4日後、うす茶色になったらエサとして使う。(図 22)

(カ) 約1週間後、培養液の色がこげ茶色になったら、植え継ぐ。



図 17 珪藻培養液



図 18 滅菌



図 19 植え継ぎ



図 20 培養

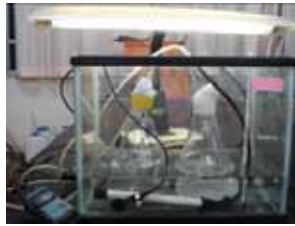


図 21 簡易インキュベータ



図 22 C.c(左)とC.g(右)

オ 簡易偏光装置の作成および観察方法

プルテウス幼生になると、骨片が伸張して腕が伸びる。炭酸カルシウムの結晶からなる骨片は偏光装置を使用すると、光って見え、観察しやすい。(図 27) さらに、変態直前の棘や殻の骨片も観察できる。(図 28)

(ア) 3 cm × 5 cm, 2 cm × 2 cm の 2 枚の偏光板を用意する。

(イ) 型紙を切り抜き、その中央に 2 cm × 2 cm の偏光板をテープで止め、小箱を作る。

(図 23)(図 24)

(ウ) 3 cm × 5 cm の偏光板をステージ中央にのせる。(図 25)

(エ) 幼生をのせたスライドガラスを偏光板の上に置く。

(オ) 幼生を探し、ピントを合わせる。接眼レンズに偏光板のついた小箱をかぶせ、小箱をゆっくり回転させながら観察する。(図 26)

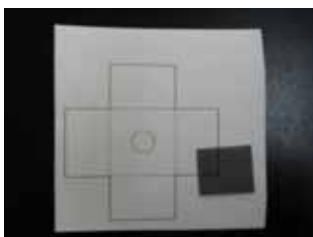


図 23



図 24



図 25



図 26



図 27

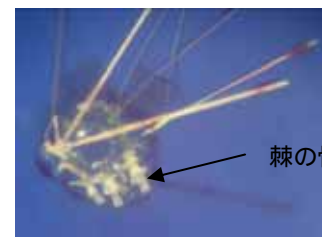


図 28

カ ウニ変態誘起物質について

この実験を行なって5年になるが、一昨年度までは変態させることに成功した生徒の割合は5%から10%程度であった。その割合を増やそうと調べてみると、緑藻アワビモ、紅藻サンゴモや付着珪藻が、ウニや貝類の幼生の変態誘起物質を放出し、変態を誘起し、さらに変態直後のエサになるということがわかった。

(ア) サンゴモによる変態の実験

今回、サンゴモの入手ができたので、実験に利用した。その方法を紹介する。

a 実験方法

- ・波板に付着したサンゴモ(図29)をはがし、きれいな海水で洗う。(図30)
- ・ウニ原基が発達し、8腕プルテウス幼生後期になったら(図31)、サンゴモを試験管に入れる。(図32)



図 29 付着したサンゴモ



図 30 はがしたサンゴモ



図 31



図 32

b 実験結果

変態させることに成功した生徒の割合が30%に増加した。また、サンゴモを使用すると、変態後の稚ウニの成長がスムーズなようであった。

c サンゴモの調達について

今回の実験では、研究機関でサンゴモを分けていただくことができたが、手に入りにくい場合もある。過去4年間の実験ではサンゴモは使用していないが、5~10%の生徒が変態させることができた。これは、飼育途中で試験管内に変態誘起物質を放出する微生物が増殖したと予想できる。

また、海岸でうす茶色になった石を拾ってきて、成長した8腕プルテウス幼生と一緒にシャーレの中に入れておいたところ、変態させることに成功した生徒もいた。

(イ) 変態誘起物質による変態の実験

サンゴモやアワビモから抽出した高級不飽和脂肪酸(アラキドン酸やエイコサペンタエン酸)、ジプロモメタン、グリセロ糖脂質が変態誘起作用を持つことが報告されている。試験管内で育てたプルテウス幼生に試薬として、入手しやすいジプロモメタンを与え、変態に関する実験をおこなった。

a 実験方法

- ・8腕プルテウス幼生になったら、試験管からガラス製のシャーレに移し、海水を加え30mLにする。(ジプロモメタンはプラスチックを溶かすので、PPチューブやプラスチックシャーレは使用できない。)
- ・ジプロモメタンをピペットで2滴入れる。

b 実験結果

ジプロモメタンを与えなかった時よりも変態しやすくなったが、サンゴモを使用した時

の方がその効果が明らかだった。

(2) 授業の実践

ア 指導計画と授業展開 1年生(理科基礎2単位)を対象にした実践例を報告する。

(ア) 指導計画

顕微鏡の使い方, ミクロメーターの使い方, 原形質流動, 細胞膜の性質について実習を終えた後の授業計画を以下に示す。

- a ウニの分類, ウニの生活について・・・1時間
- b ウニの受精, 発生の過程について・・・1時間
- c ウニの人工受精・・・1時間
- d 経時観察・・・2～3日に渡り, 昼休み, 放課後等適宜
- e 4腕プルテウス幼生を試験管に移す・・・1時間
- f 飼育及び経時観察・・・約40日間(授業時間の一部, 昼休み, 放課後等を利用して, 飼育及び観察を行う)

(イ) 授業展開

c ウニの人工受精

(a) 本時の目標

- ・ウニの受精の様子を観察する。
- ・洗卵を確実に行う。

(b) 展開

時間	指導内容	生徒の活動
15分	<ul style="list-style-type: none"> ・本時の目標, 内容の確認。 ・ウニの解剖, 構造の説明。 ・採卵, 採精の実演と取扱いの注意。 	<ul style="list-style-type: none"> ・4人1班の編成。 ・教卓の周囲に集まり, 採卵, 採精の様子を観察する。
10分	<ul style="list-style-type: none"> ・卵を100mL ビーカーに入れて各班に配布し, 光学顕微鏡で未受精卵を観察させる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ホールスライドガラスに未受精卵をとり, 150倍で観察し, スケッチする。
15分	<ul style="list-style-type: none"> ・各班に精子を配布し, 光学顕微鏡下で受精の様子を観察させる。 ・ビーカー内に精子を加えて受精させ, 時間を記録させる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ホールスライドガラスに入っている未受精卵に精子を1滴加える。150倍で観察し, 卵に精子が集まり, 受精膜がもり上がる様子を観察し, スケッチする。 ・班員全員が受精膜がもり上がる様子を観察したら, ビーカー内に精子をピペットで約10滴加える。 ・ホールスライドガラスに入っている受精卵をビーカーに移す。
5分	<ul style="list-style-type: none"> ・洗卵について説明し, 洗卵を行わせる。 	<ul style="list-style-type: none"> ・ビーカー内の受精卵を洗卵して, 受精しなかった精子を洗い流す。
5分	<ul style="list-style-type: none"> ・経時観察の指示。 ・後片付け 	<ul style="list-style-type: none"> ・ビーカーにアルミはくをかぶせる。 ・周囲に付着した海水は, 必ず拭き取っておく。 ・この後, 各自で休み時間等に観察する。

e プルテウス幼生を試験管に移す

(a) 本時の目標

- ・ 4 腕プルテウス幼生を観察する。
- ・ 4 腕プルテウス幼生を試験管に移す。

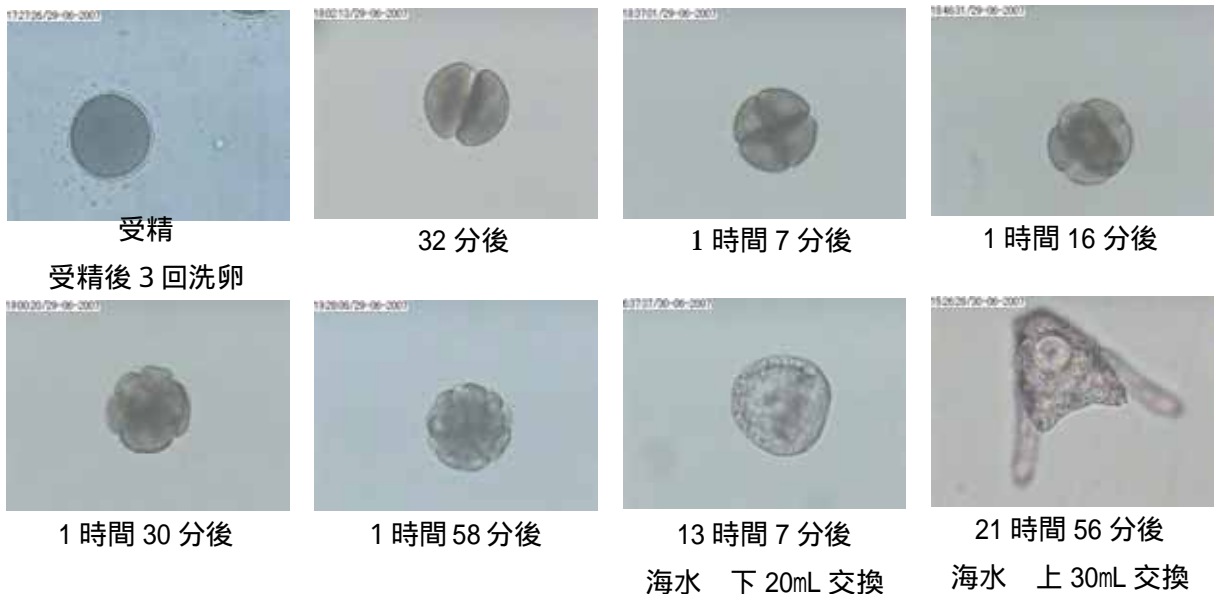
(b) 展開

時間	指導内容	生徒の活動
5 分	・ 本時の目標，内容の確認。	・ 4 人 1 班の編成。
15 分	・ 4 腕プルテウス幼生を観察させる。 ・ 簡易偏光装置の使い方を説明する。 ・ 携帯電話のカメラ機能で撮影する方法を説明する。	・ ビーカー内の 4 腕プルテウス幼生をホールスライドガラスにとって観察し，スケッチする。 ・ 簡易偏光装置を用いて，骨を光らせて観察する。 ・ 携帯電話のカメラ機能を使って撮影する。
20 分	・ 4 腕プルテウス幼生を試験管に移し，エサを与えさせる。	・ 試験管を海水ですすぐ 人工海水を約 10mL とる 4 腕プルテウス幼生を 5 匹とる エサをピペットで 5 滴入れる テープを貼り名前を書く
10 分	・ 試験管内での飼育方法を説明する。 ・ 顕微鏡で観察する際には，カバーガラスをかけないよう指示する。 ・ ビーカー内の幼生の飼育を指示する。 ・ 後片付けの指示をする。	・ 最初の約 1 週間は幼生がまだ小さいので，海水の交換，エサの追加，顕微鏡での観察は行わない。 ・ 約 1 週間たつと，急に大きくなるので，その後，1 週間に 1 ~ 2 回顕微鏡で観察し，海水を 2 分の 1 交換し，エサを 4 滴程度与える。 ・ ビーカー内の海水を交換し，エサを 0.3mL 程度与え，引き続き飼育する。 ・ 後片付け。周囲に付着した海水は，必ず拭き取る。

イ 実験経過

(ア) ムラサキウニ H19.6.29 17:30 受精 (気温 27.2) 【予備実験として実施】

a 小ビーカー内での初期発生



b 試験管内での飼育，観察（ サンゴモ，ジプロモメタンは使用していない）



受精後 22 時間

エサ *C. g* 5 滴



受精後 2 日

(水温 27.3)



受精後 6 日

(水温 26.8)

海水 1/2 交換

エサ *C. g* 4 滴



受精後 9 日

[デジカメで直接撮影]

肉眼でも形がわかる
ようになる



受精後 10 日

(水温 26.1)

海水 1/2 交換

エサ *C. g* 4 滴



受精後 15 日

(水温 24.9)

海水 1/2 交換

エサ *C. g* 4 滴



受精後 21 日

海水 1/2 交換

エサ *C. g* 4 滴



受精後 28 日

(水温 28.8)

(イ) バフンウニ H20.1.23 受精 (気温 13.9)

【生徒実験】

a 小ビーカー内での初期発生



20 時間後



31 時間後



63 時間後



87 時間後

エサ *C. c* 0.3mL

試験管での飼育開始

b 試験管内での飼育，観察（ サンゴモ，ジプロモメタンは使用していない）



受精後 10 日

(気温 8.0)

海水 1/2 交換

エサ *C. c* 5 滴



受精後 22 日

(気温 13.9)

(水温 16.7)

海水 1/2 交換

エサ *C. g* 4 滴

C. c 2 滴



受精後 24 日

(気温 10.3)

(水温 16.6)

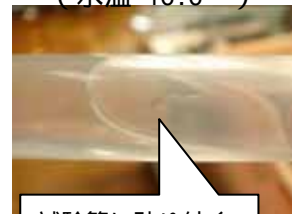
エサ，海水交換なし



受精後 29 日

(気温 14.8)

(水温 16.6)



試験管に貼り付く

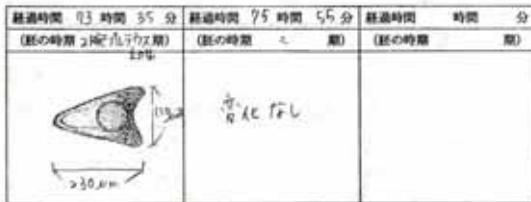
(3) 授業の検証

ア 生徒の実験レポートおよび感想

【結果】



3 初期発生



1年 組 No 氏名

【ウニ 飼育記録】 ... 試験管の中で、実験まで育てよう!

☆飼育開始 平成 20年 1月 28日(月) (受精後 日 時間後)

○開始時の発生時期 (96% 孵化率)



【飼育記録】

実施日	海水交換 前の水温	交換した 海水の量	与えた ウニの量	ウニの 数	気付いたこと (スケッチ等)
2月4日	19.0℃	1/2	4 滴	9匹	胚の足に見えるものがおぼろげに観察された。成長も早い。20-8日
2月8日	17.6℃	1/2	4 滴	9匹	足が6本に伸びた。(足は6本から伸びる)
2月14日	17.2℃	1/2	4 滴	12匹	足が8本に伸びた。(足は8本から伸びる)
2月21日	14.8℃	1/2	4 滴	12匹	足が10本に伸びた。(足は10本から伸びる)
2月22日	15.0℃	1/2	7匹 10cc	12匹	ウニの足が伸びた。足は10本から伸びる。
3月3日	18.0℃	1/2	7匹 4 滴	10匹	足が12本に伸びた。(足は12本から伸びる)
3月6日	19.4℃	1/2	7匹 4 滴	8匹	足が14本に伸びた。(足は14本から伸びる)
3月9日	?℃	1/2	7匹 4 滴	8匹	足が16本に伸びた。(足は16本から伸びる)
月 日	℃		滴	匹	
月 日	℃		滴	匹	
月 日	℃		滴	匹	
月 日	℃		滴	匹	

スケッチをする場合はここに (スケッチ No) を記入し、スケッチ欄にスケッチする

イ 実験後のアンケート

実験終了後、生徒全員に対しアンケートを行い、授業への取り組み状況、ウニの発生状況、学習の理解度等を調査した。また、問 については授業前の事前アンケートも実施した。



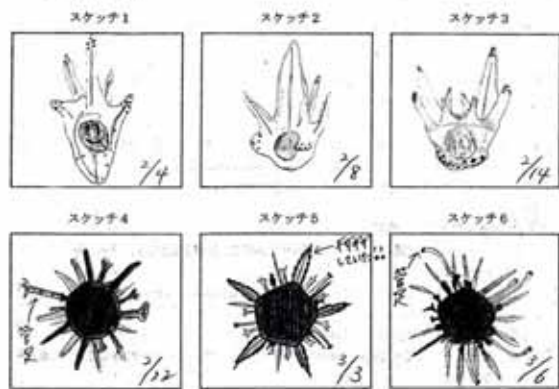
【感想】

ウニを受精するところからずと見てきましたが、何回も観察していくうちにいんどんウニがかわいく思えてきました。だから成長してくれるとすてきなんです。でも、今は足が伸びるのが大好きです。残念なことに死んでしまいました。悲しいです... 今は先生に新しくもらったウニを大切に育てています。頑張って大きく育てたいと思います。

ウニの生態を見ることで貴重な体験ができて、本当に良かったです。楽しかったです。

1年 A 組 No 氏名

【スケッチ】

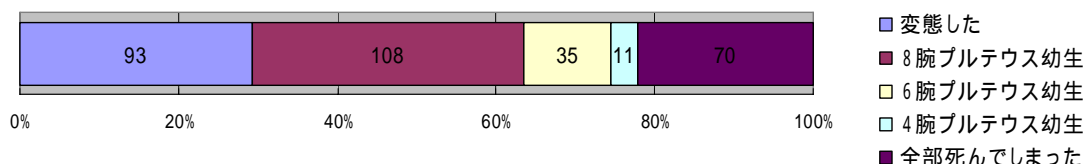


【感想】

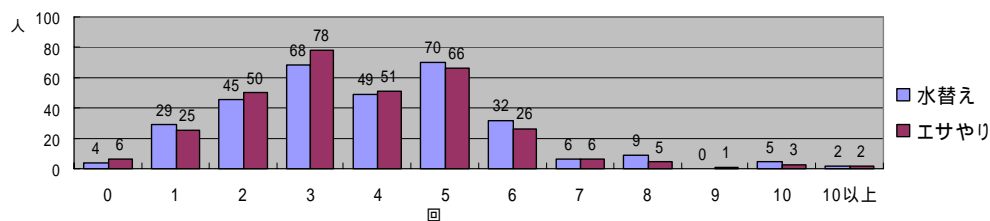
ウニの飼育実験の説明を受けたときは正直、面倒な作業だと思っていました。実際に、10-10の飼育実験に挑戦したことで、イオノキや水質管理に週に何度も行かなくてはならないことが大変だと気付きました。目には見えないけれど、ウニの成長には大変な作業があることが分かってきました。授業を通して、ウニの成長を体験できたのは本当に良かったです。理科が面白いと感じたのは、実際に観察することによって、教科書だけでは分からない生物の成長を体験できたことだと思います。授業を通して、ウニの成長を体験できたのは本当に良かったです。理科が面白いと感じたのは、実際に観察することによって、教科書だけでは分からない生物の成長を体験できたことだと思います。

1年 組 No 氏名

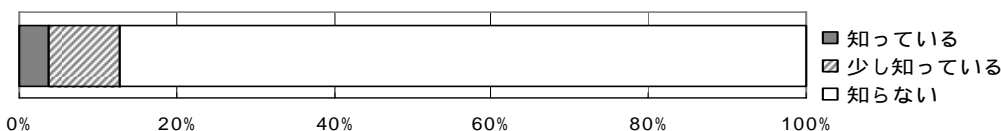
試験管の中のウニは、今、どこまで育ちましたか。



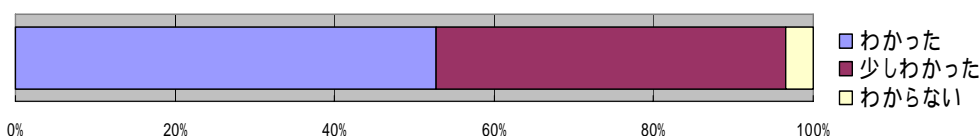
試験管に入れてから、水換え、エサやりを何回行いましたか。



- 1 (事前アンケート) 受精卵が細胞分裂して、多くの細胞できているウニに変化する過程を知っていますか。



- 2 受精卵が細胞分裂して、多くの細胞できているウニに変化する過程がわかりましたか。



ウ 生徒の感想、アンケートからの考察

アンケートより約30%の生徒が変態させることに成功したことがわかった。アンケートより約1ヶ月半の間、半分以上の生徒が週に1回以上水換え等を行っており、大変意欲的に実験に取り組んでいたこともわかる。アンケートより授業前に「知らない」と答えた生徒が84%であった。実験後「わからない」と答えた生徒が3%に減少し、「わかった」と答えた生徒が53%に増加しており、理解の向上が確認できる。また、多くの生徒が感想に「生物の神秘に感動した」と答えており、本実験は生徒が主体的に実験に取り組み、発生、生命の誕生や神秘について気付かせる「体験を生かす授業」であると考察できる。

4 まとめ

平成20年1月から開始した今回の実験は、4人の班ごとに100mLの小ビーカー内で初期発生を観察し、その後、生徒一人一人が蓋付き試験管を使用して変態するまで自分のウニを飼育する実験(マイ・ポケットウニ)を一学年8クラスで同時に実施した。約320名もの生徒が同時に実験を展開し、多くの困難が予想されたが、約30%の生徒が変態させることに成功した。また、変態まで飼育できなかった生徒もその多くが意欲的に実験に取り組んでいた。

今回の実験は、次のようなメリットがあげられる。

班で受精させ、試験管内で自分のウニを育てることによって、教材への関心が高くなる。

モーターを使用して、大型のビーカー内で飼育する従来の方法に比べて、人工海水の使用量が少ない。今回の使用量は8クラスで50L程度であった。また、人工海水を使用するため、

海水の調達が楽である。

試験管をポケットや筆箱等に入れて持ち運ぶことができるので、常に観察や飼育ができる。さらに、ポケット等に入れておくことにより、冬場は海水温が気温よりも高くなり、実験室のビーカー内で飼育した場合に比べて、発生が早くなる。試験管を使用した場合、冬場でも約一ヶ月で変態した。これは、夏場とほとんど同じ時間である。冬場の実験室内では、通常約一ヶ月半かかる。

大型のビーカー内でたくさんのウニを飼育した場合、一匹一匹のウニの変化はわからないが、小さな試験管内で数匹のウニを観察することによって、一匹一匹のウニの変化がわかりやすい。

エサのケイソウの培養についても、簡易インキュベータでの培養が可能であり、高校の生物実験室にある設備で実験ができる。

5 おわりに

このたびの研究内容は、君津高校に赴任してからの授業実践の報告が主な内容になっている。

ウニの受精実験は教員になって以来ずっと実施してきた。初めは4腕プルテウス幼生までの発生で実験を終わりにしてしまい、その後の変態まで実験することはとても不可能だと思っていた。その後、モーターを使って2 Lのビーカー内で発生させる方法を知り、実施したが、海水の調達や水質の管理が面倒で、変態するまで飼育するのは大変困難であった。

しかし、今回の実験では、予想以上に強い幼生の生命力を観察することができ、「こんなに簡単に変態するんだ!」と、私自身が大変感動した。

1月後半、昼休みや放課後の生物実験室にはウニの観察のため50~60人程の生徒が意欲的に集まっていた。生徒の感想を見ると、約1ヶ月にわたり自分で育てたウニの変態は、私が感じた以上の感動的な体験であったようだ。本研究を多くの先生方に参考にしていただき、より多くの高校生を感動させていただければ幸いです。

変態誘起物質については、まだまだ未知の部分が多い。高校の実験室内で、より多くのウニを変態させるために、変態誘起物質を合成する微生物の培養等について今後も研究を続けたい。

最後に、本研究を進めるにあたり、御指導、御助言をいただいた教育庁教育振興部指導課の小芝一臣先生、渡邊敏樹先生、近藤克之先生、高野義幸先生及び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先生方に心より御礼申し上げます。また、材料や資料の提供に快く応じ、応援していただいたお茶の水女子大学准教授清本正人先生、昨年度、本研究実験マニュアルにより生徒実験を行い、御協力をいただいた三平敏男先生をはじめ君津高校の理科の先生方に深く感謝いたします。

参考文献

土屋泰孝(2007) ウニの室内飼育系の確立 筑波大学技術報告書

谷口和屋(1998) 磯焼けを海中林へ 裳華房

Y.Takahashi・K.Itoh・M.Ishii・M.Suzuki・Y.Itabashi Induction of larval settlement and metamorphosis of the sea urchin *Strongylocentrotus intermedius* by glycolipids from the green alga *Ulveilla lens*. Marine Biology(2002)140:763-771