



生物及び環境に関するマルチメディア実験教材の開発と
その開発途上国における利用支援

(研究課題番号 14380059)

平成14年度～16年度科学研究費補助金[基盤研究(B)(2)]

研究成果報告書

平成 17 年 3 月

研究代表者 池田 秀雄

(広島大学大学院 国際協力研究科教授)



は し が き

最近の情報機器の進歩はめざましく、学校教育現場や家庭へ急速に普及した。我々はここ 15 年にわたって、学校教育現場の教育環境にあわせて、生物の視聴覚教材を開発して来た。その間、初期には授業で利用可能なビデオ教材を開発し、次いでコンピュータを用いたマルチメディア教材の開発を行って来た。最近では、インターネットの急速な普及や、周辺機器の改良にあわせ、カラー動画像などの大容量の情報も提供可能となり、学校教育現場における有力な学習支援ツールになっている。

今までの研究結果から、マルチメディア教材の持つ多くの有意性が明らかになった。特に、電子メールを利用することで双方向的な情報交換が可能となり、視聴者からの質問に対する回答やアンケートの回収が容易となった。その一方で、教育現場においては二次的な補助教材としての利用が多く、むしろ生徒実験を省略して本教材を視聴させ、かえって生徒の直接体験を減少させる危険性を持っていることも明らかになった。

本研究では、以上の経緯から、生徒実験を行うための支援という観点で教材開発を行った。また、広島大学においては、フィリピン、ケニア等の開発途上国の理科教育支援プロジェクトを活発に行っており、英語版を開発して教員研修の一部に組み込んで開発したマルチメディア教材の評価と問題点の分析を行った。

開発途上国においては、未だインターネット環境や情報機器は十分整備されておらず、本研究の結果改良すべき点も多く示唆された。さらに、現地のローカルな材料を用い、現地のカリキュラムや要望を反映させなければ利用されないことも予想される。

しかし、最近では衛星を利用した遠隔通信機器が普及し、平成 16 年あたりからは国際協力機構 (JICA) の JICA-Net がフィリピンやケニア等で設置され、教員研修を日本から同時講義の形で提供可能になるとともに、本教材がそこでも有効に利用であることがわかった。広島大学とフィリピン大学間の人的なネットワークはほぼ完成しつつあるが、情報ネットワークの構築が急務である。本研究の成果がそのための基礎となればと期待する。

平成 17 年 3 月

研究代表者 池田秀雄



研究組織

研究代表者： 池田 秀雄(広島大学大学院国際協力研究科・教授)

研究分担者： 大鹿 聖公(広島大学大学院教育学研究科・講師)

海外共同研究者： Rodolfo S. Treyes(フィリピン大学理数科教師訓練センター・生物主任)

研究協力者： 川上 敏行 (広島大学大学院教育学研究科・元助手)

佐藤 崇之 (広島大学大学院教育学研究科・大学院生)

向 平和 (広島大学大学院教育学研究科・大学院生)

米本 裕二 (広島大学教育学部・学部生)

研究経費

交付決定額 (配分額) 金額単位：千円

	直接経費	間接経費	合計
平成14年度	4,700	0	4,700
平成15年度	4,400	0	4,400
平成16年度	2,300	0	2,300
総計	11,400	0	11,400

研究発表

○ 学会誌等

- ・ 永田洋一・芳形浩道・池田秀雄：ボルボックス（オオヒゲマワリ）の観察 「遺伝」
第56巻4号 p.4, 50-52 2002年
- ・ 大鹿聖公・佐藤崇之：実験観察におけるweb教材の効果的な利用, 「理科の教育」, 51:12, 18-20.,
2002年
- ・ Sato, T., K. Ohshika and H. Ikeda : Development of Teaching Material Using a Cellphone to
Connect to the Internet - For Collecting Liverworts to Use Them for Observation Activities in the
Classroom and in the Field, The Asian Journal of Biology Education, Vol. 2, p. 58-64, 2004年
- ・ Kawakami, T. and H. Ikeda : A Study on Ferns as Teaching Material "Asian J. Biol. Educ" Vol.2,
p. 25-34 2004年
- ・ 川上敏行・池田秀雄：シロヤマゼンマイの培養系の確立とその教材としての有効性の検討：
「生物教育」 第44巻2号 p.68-76 2004年

○ 口頭発表

- ・ 大鹿聖公・池田秀雄, アメリカの環境教育プログラム“Project WILD”にみられる教材の特性
—生物や総合的な学習への導入と効果的な利用—, 日本理科教育学会第52回全国大会, 2002年
8月
- ・ K. Ohshika and H. Ikeda, Development and Utilization of Web Teaching Material on Biological
Experiments and Observations, 18th Biennial Conference of the Asian Association for Biology
Education, 2002年11月
- ・ Takayuki Sato, Kiyoyuki Ohshika and Hideo Ikeda, Development of Teaching Material Using a
Cellphone to Connect to the Internet - For Collecting Liverworts to Use Them for Observation
Activities in the Classroom and in the Field, 18th Biennial Conference of the Asian Association for
Biology Education, 2002年11月
- ・ 大鹿聖公, 生態系を中心とした環境教育のための活動教材, 日本生物教育学会第74回全国大会,
2003年1月
- ・ 草尾直樹, 池田秀雄, 藤川和男, アオウキクサの成長に対する放射線および化学物質の影響,
日本生物教育学会第74回全国大会, 2003年1月
- ・ 大鹿聖公, 中学校理科生物領域の実験観察活動により育成される科学的能力・技能, 日本生物
教育学会第76回全国大会, 2004年1月
- ・ 米本裕二・岡島和美・岡崎朋子・大鹿聖公・池田秀雄, ゼブラフィッシュの発生に関する教材
化, 日本生物教育学会第76回全国大会, 2004年1月
- ・ 佐藤崇之・池田秀雄, 中等教育段階におけるコケ植物の教材としての取り扱いに関する研究,
日本生物教育学会第76回全国大会, 2004年1月

目 次

1. ゼブラフィッシュを用いた教材の開発 1
2. フィリピン共和国を対象とした中等教育段階の生物教育の実情と教材支援への取り組み 18

1. ゼブラフィッシュを用いた教材の開発

米本裕二・大鹿聖公・池田秀雄

I ゼブラフィッシュに関する概説

1. ゼブラフィッシュについて

ゼブラフィッシュ (*Brachydanio rerio*) は最も飼育が容易な熱帯魚の1つであり、ゼブラダニオとも呼ばれている。分類上はコイ目コイ科に属している。ゼブラフィッシュは、熱帯魚店において安価(100円程度)で購入できる。原産は、インドのカルカッタ付近と言われている。現在では、多くの国で養殖、輸出もさかんに行われ、日本に初めて輸入されたのは1930年であり、その歴史は古いといえる。

ゼブラフィッシュの体長は、成体で約4cmであり、最大でも5cm程度である。ゼブラフィッシュには、動きが俊敏で活発に動き回る、群泳が顕著に見られる、丈夫で飼いやすい、人工繁殖が容易にできるといった特徴が見られる。また、名前のおり縞模様が体に沿ってある。この縞模様は雌の場合、体の黒い縞と縞の間が銀色になっている。また、雌には成熟すると腹が大きくなるという特徴がある。雄では、縞と縞の間が黄金色になっている。また、雄は体に比較して鱗が少し大きい。

ゼブラフィッシュの生殖行動は、季節に関係なく観察でき、早朝行われ、腹の大きい雌に雄がぶつかることでおこる。1度の生殖で数十個の受精卵を得ることができる。卵は沈静卵であるため、水底にたまる。2~3日で孵化し、孵化してすぐは水槽の壁にくっついていて、5~6日すれば遊泳をはじめ、餌を食べ始める。2ヶ月程度で成熟し、次の世代を生む。

2. ゼブラフィッシュの飼育と管理

① 入手

ゼブラフィッシュは熱帯魚店で購入した。

② 飼育場と水槽

水槽は縦30cm、横60cm、深さ35cmのガラス水槽及びアクリル水槽のものを使用した。これに、滅菌した砂利を敷きつめた。水槽には、ゼブラフィッシュの飼育・管理をするため、濾過装置、サーモスタット、ヒーターを取り付けた。設置場所は、配電や換水が行いやすい場所がよい。

濾過装置は、酸素のみ供給するエアレーションと違い、酸素の供給と共に、飼育水を

濾過して水の汚れを防ぐことができる。今回は上面濾過式を用いた。

サーモスタットとヒーターは、秋以降、温度を調節するために用いた。

光に関しては、飼育水槽を窓際におき、自然光と室内の蛍光灯で行った。

③ 飼育用の水およびその水換え

水は、1日汲み置いたものを使用した。一般の水道水には、消毒用の塩素（カルキ）が残留しており、これが魚にとって毒となる。これを除去させるには、1日以上汲み置けばよい。また、塩素を除去させる代表的な方法として、ハイポと呼ばれるチオ硫酸ナトリウムを水槽に入れるという方法があるが、これは使用量が多いと魚の粘膜を傷つける恐れがあるため、今回は使用しなかった。

水換えは、週に1度程度行い、換える量は、水槽の水の1/3程度行った。このとき同時に水槽の掃除も行った。

④ 給餌

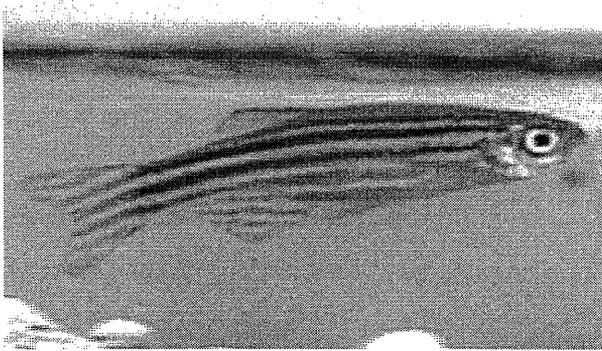
餌は、市販の熱帯魚用のものや、冷凍赤虫を残り餌がでない程度に与えた。5～10分で食べられる量なら、水質を悪くしない。ゼブラフィッシュは、生き餌である冷凍赤虫を好む。また、生殖行動が見られるときに、餌を与えると生殖行動をやめてしまうので注意する必要がある。

II. ゼブラフィッシュの発生に関する実験

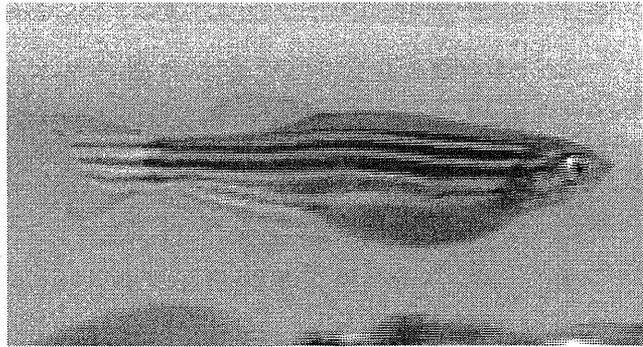
1. 雌雄の外部形態の違い

前述したように、ゼブラフィッシュの雌雄の判別は体の縞模様でできる。しかし、実際にははっきりと銀色、黄金色の区別は難しく、鱗の大きさも個体が小さいため、判断しづらい。そこで、以下のようにすることでより判断がしやすくなる。

50ml ほどの小さなビーカーにゼブラフィッシュを移し、個体の近くで上から照明を当てる。これにより、雌は体色が青白くなり、雄は全体的に黄金色を呈する。



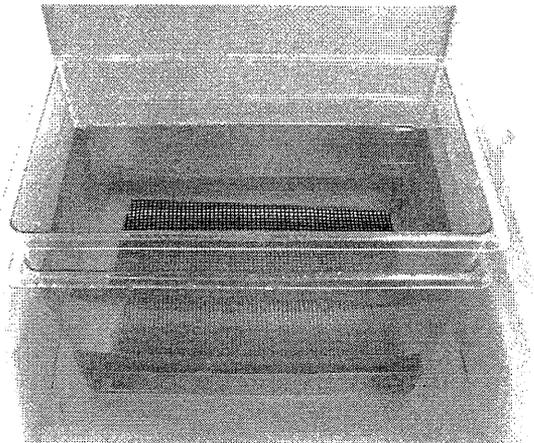
(雄)



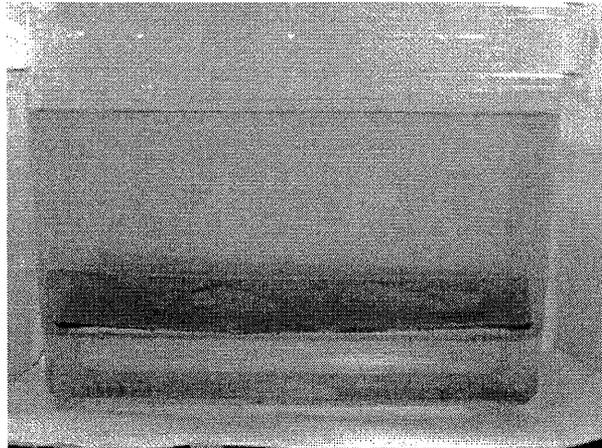
(雌)

2. ゼブラフィッシュの受精卵の採取

ゼブラフィッシュを飼育していると、早朝、生殖行動が観察できる。しかし、ゼブラフィッシュの受精卵は無色透明であり、沈静卵である。その上、受精直後から親に食べられてしまうので、採取が難しい。これを改善するため、沈静卵であることを利用し、写真に示すような自作の二重水槽を作成し、以下に示す飼育条件のもと、生殖行動を行わせ、受精卵を採取することを試みた。



自作水槽 (上から撮影)



自作水槽 (横から撮影)

(作成方法)

まず、縦 20 cm、横 35 cm、深さ 20 cm の水槽を用意し、これらを二重にする。上部の水槽の底は事前にくりぬいておき、これに受精卵が通過できるような穴を持った膜をしき（今回の実験では、園芸用の鉢底ネットを用いた）、これをガムテープなどで固定する。

(飼育条件)

- ① 雌雄 3 匹ずつ用いた。雄はそれぞれ体長 2.6 cm、3.0 cm、3.1 cm、雌は体長 2.9 cm、3.0 cm、3.2 cm で腹が膨れたものを用いた。
- ② 水は、秋以降サーモスタットとヒーターで適温を保ち、3～4 日おきに水槽の水 1/2～2/3 を、1 日以上汲み置いた水道水と交換した。
- ③ 餌は、市販の人口餌と冷凍赤虫を使用し、1 日数回、少量ずつ食べかすが残らない程度に与えた。
- ④ エアレーションは常時行った。

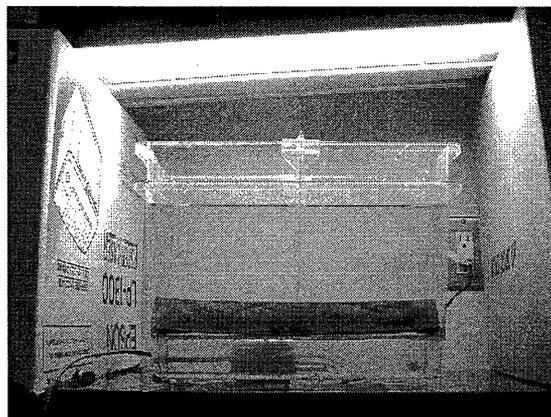
○結果および考察

受精卵は、ゼブラフィッシュを水槽に入れてから 2 日目の朝、初めて観察することができ、その後は毎日観察できた。受精卵は午前 8 時には水槽の底にあり、観察してみると、卵割がすでに始まっており、いつ受精が行われたのかがわからなかった。また、ゼブラフィッシュが生殖行動をしなくなることがあった。この原因として、水槽を置いた部屋は夜遅くまで明かりがついていたために、安定した暗期がないことが考えられた。これらから、受精卵を得るためには、安定した暗期が必要であり、受精直後の卵を得るためには、生殖行動を行う時間帯をコントロールする必要がある。

3. 生殖行動を行う時間帯のコントロール

安定した暗期を与え、かつ生殖行動を行う時間帯をコントロールするために、以下の条件を加えた。

- ⑤ 水槽を暗室に移し、光は熱帯魚用の照明器具のみ (4500 lux) とした。
- ⑥ 照明時間を、タイマーを用いてコントロールした (12 時間ごと)。
- ⑦ 水槽を透明なしきりで雌雄を分離して飼育した。



自作水槽

○結果および考察

照明が点灯したのち、水槽のしきりを取り除き、雌雄を一緒にすると、まもなくして生殖行動を観察できた。これには、個体差があるが、15分前後で受精卵が沈んでいく様子が観察できた。受精卵をより早く得るには、水位を1cm程度にしてやることで可能となった。これは、水位がなくなることで雌の逃げ場がなくなり、結果、雄との接触回数が多くなるからであろう。生殖行動は1匹の雌に対して1～2匹の雄が取り囲むように行われ、1回の生殖行動で数十個の受精卵が得られた。また、毎日受精卵を得ることができた。

生殖行動を行う時間帯は、昼と夜を逆転させることもできた。ゼブラフィッシュは4500 luxで十分昼間だと認識していることがわかる。昼と夜を逆転させてから2日たつと受精卵が毎日得られた。発生用の水槽に移してから初めて受精卵を得たときも2日かかったことから考えると、生態時計を外界の日照周期にあわせるのに2日かかるのであろう。

また、普段雌雄を透明なしきりで分離させておくとお互いを意識しているような行動が見られた。雌雄のしきりが不透明であると、生殖行動を示さない(岡島)。これらのことから、視覚による刺激が、生殖に関するホルモンの分泌に影響を及ぼしていると考えられる。

4. ゼブラフィッシュの胚発生の過程

前述した方法で受精させ、受精卵を採取し、以下の方法で胚発生の追跡をした。

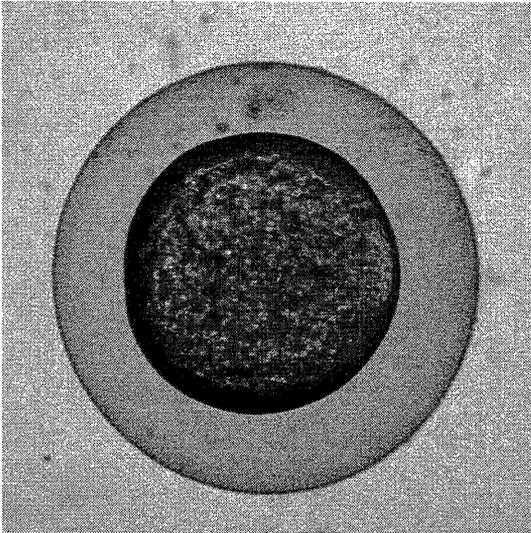
方法

- ① 採取した受精卵をシャーレにとり、実体顕微鏡で観察した。
- ② 水温を25～28℃で保ち、飼育し、各時期にシャーレを取り出し観察を行った。

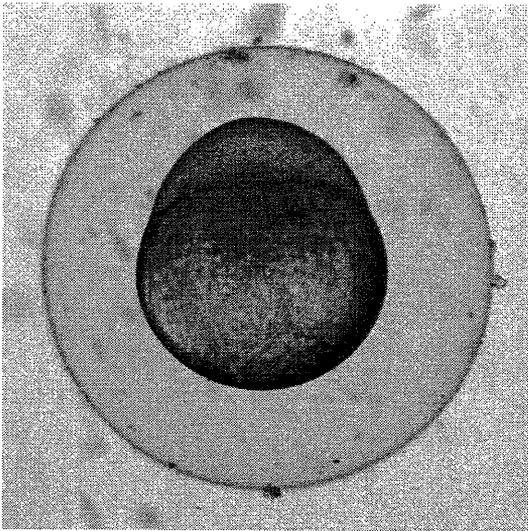
- ③ 各発生過程の様子を、時間を追って写真撮影により記録した。
- ④ 写真撮影は、赤道面と極側を行った。
- ⑤ ゼブラフィッシュの各胚の基準を次頁のように設定した。

ゼブラフィッシュの各胚の基準	
受精卵期	極側に胚盤の形成が起こる前
1細胞期	割球数が1つであり、細胞層が1層
2細胞期	割球数が2つであり、細胞層が1層
4細胞期	割球数が4つであり、細胞層が1層
8細胞期	割球数が8つであり、細胞層が1層
16細胞期	割球数が16つであり、細胞層が1層
32細胞期	割球数32つ（いく分不等）であり、細胞層が2層
桑実胚期	細胞数の確認が難しく、細胞層は3層
胞胚期	細胞が小さくなり、胚盤がなめらかになる
前期囊胚期	覆いかぶせ運動が始まり、胚が球形になる
後期囊胚期	胚盤が卵割球を覆っている
神経胚期	極側に胚体の筋（神経板）が観察できる
眼胞形成 （8-12体節）期	胚体前部に眼胞が形成される。眼胞の前方に1ヶ所（12体節期）、後方に2箇所（9体節期）ふくらみができる。脊索ができる（8体節期）。
尾部形成 （14-20体節）期	尾部が卵黄から離れながら形成される。耳胞（16体節期）が観察できる。
運動開始期	胚がゆっくりと動き出す。
心拍開始期	心臓の拍動が行われ、尾が卵黄から完全に離れている。
血流開始期	血流が観察できる。
黒色斑点形成期	体側に沿って黒い斑点が形成される。
孵化期	孵化が行われる。

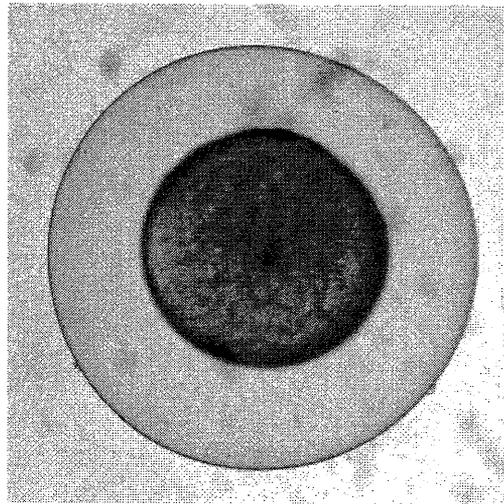
次頁から、発生過程の写真を示す。



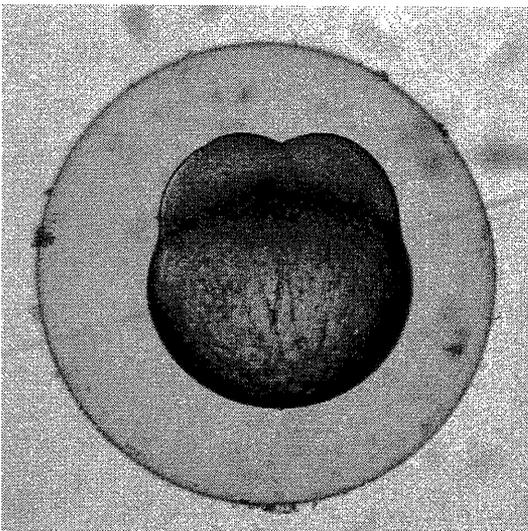
受精卵



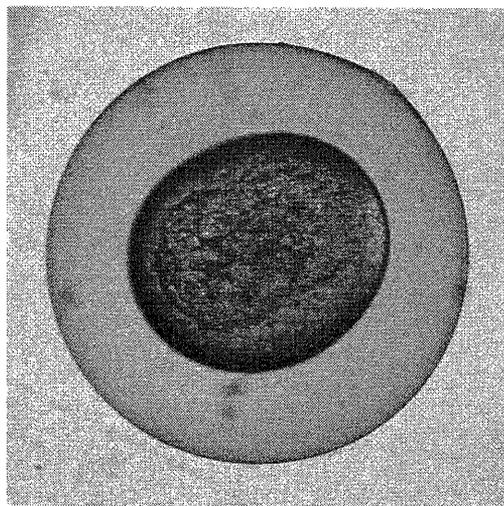
1細胞期（赤道面）



1細胞期（動物極側）

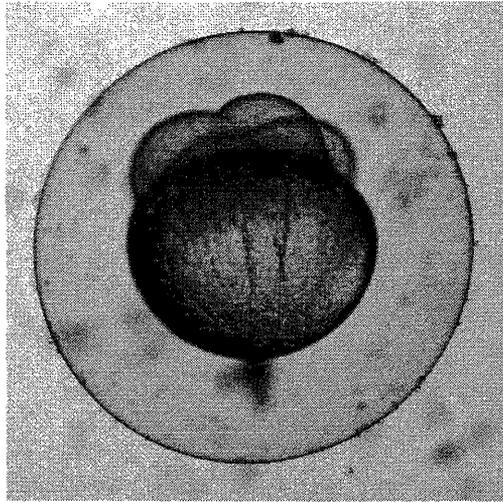


2細胞期（赤道面）

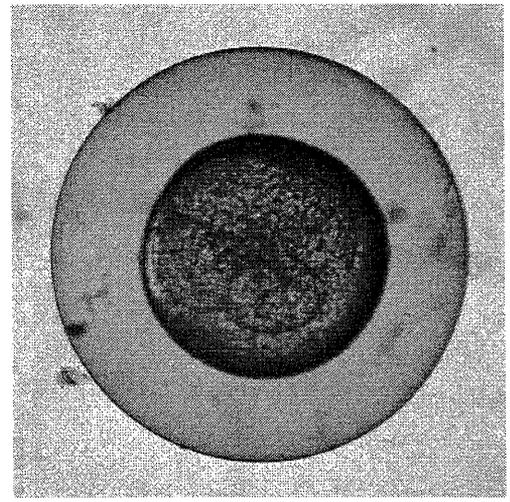


2細胞期（動物極側）

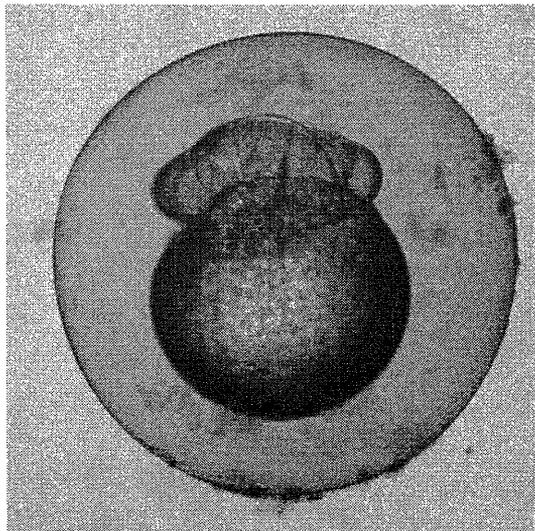
図版1 ゼブラフィッシュの発生（受精卵から2細胞期まで）



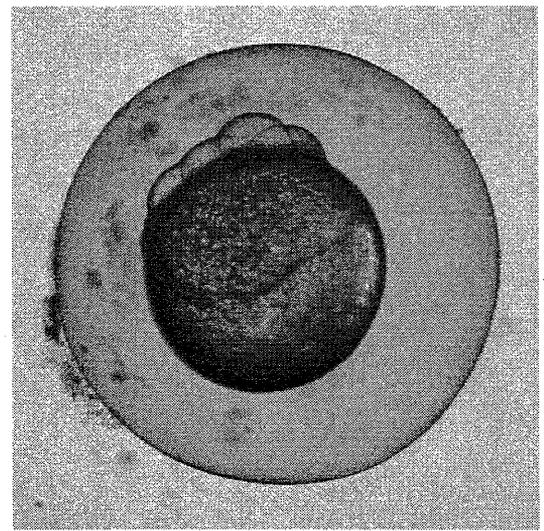
4 細胞期 (赤道面)



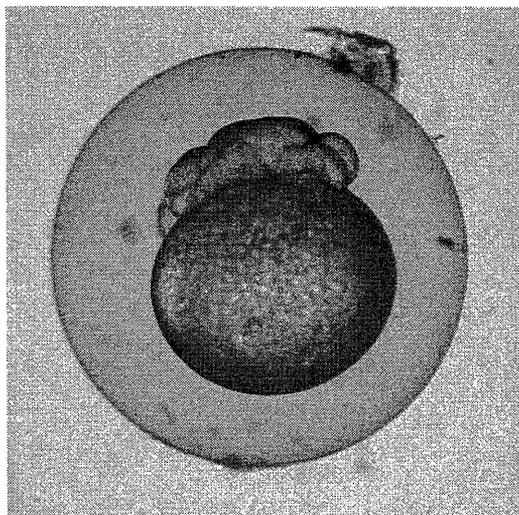
4 細胞期 (動物極側)



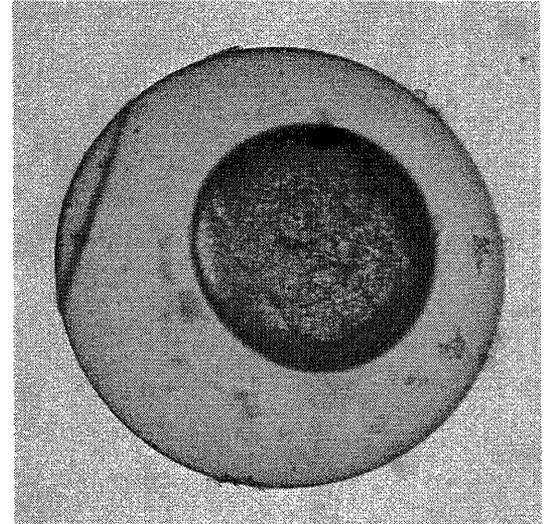
8 細胞期 (赤道面)



8 細胞期 (動物極側)

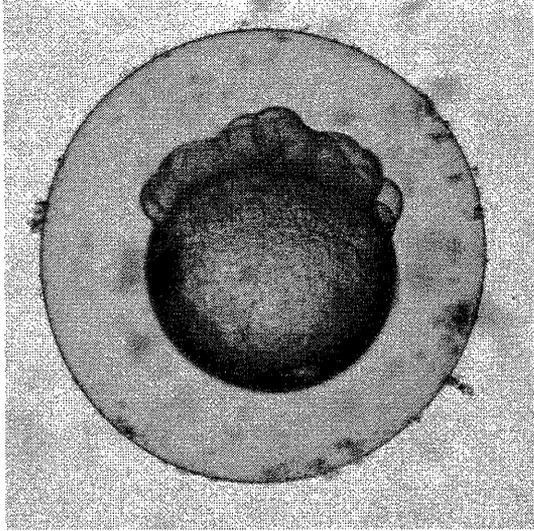


16 細胞期 (赤道面)

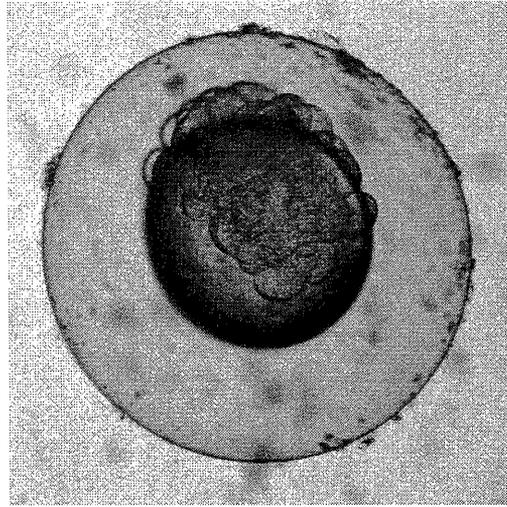


16 細胞期 (動物極側)

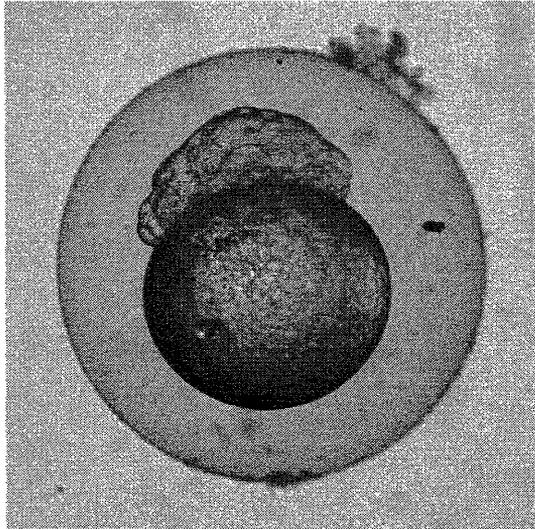
図版 2 ゼブラフィッシュの発生 (4 細胞期から 16 細胞期まで)



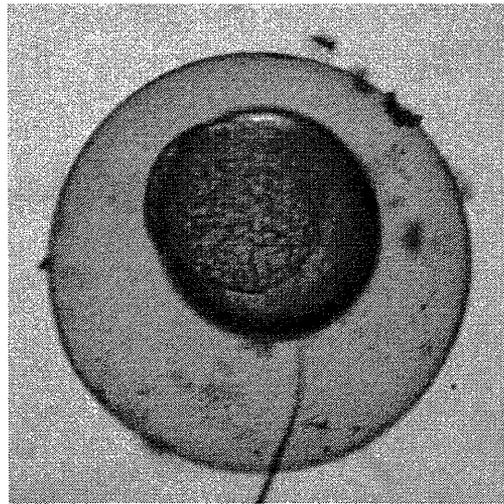
32 細胞期 (赤道面)



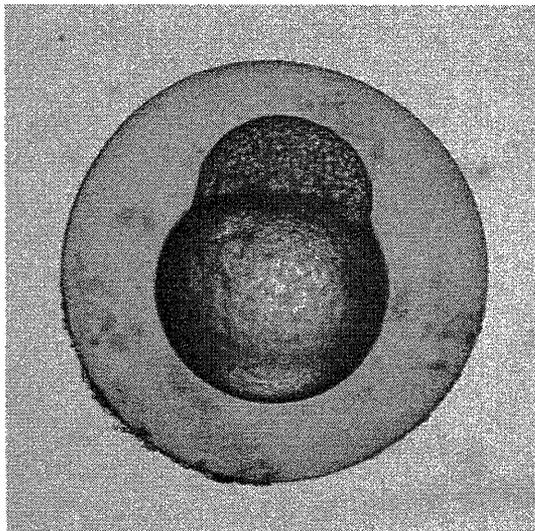
32 細胞期 (動物極側)



桑実胚期 (赤道面)

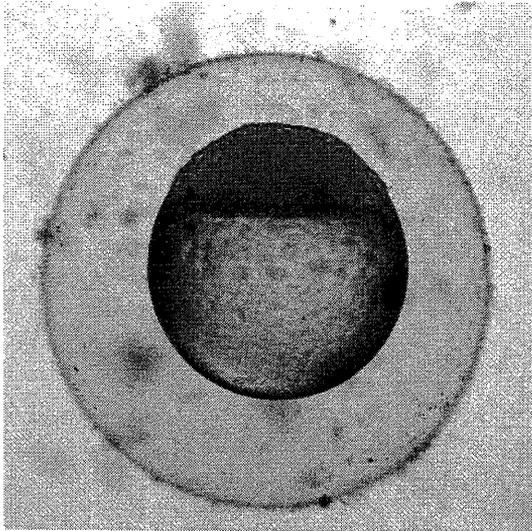


桑実胚期 (動物極側)

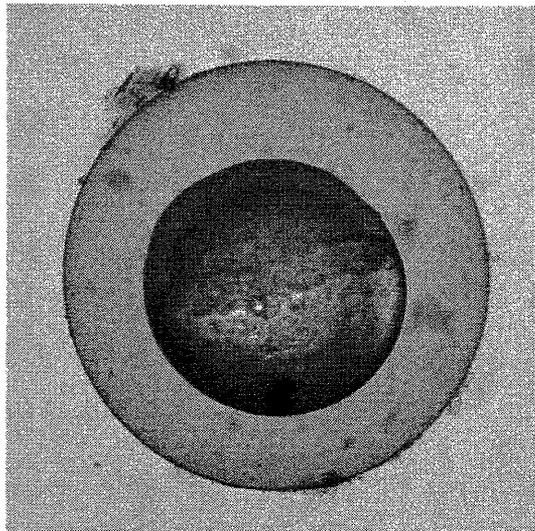


胞胚期

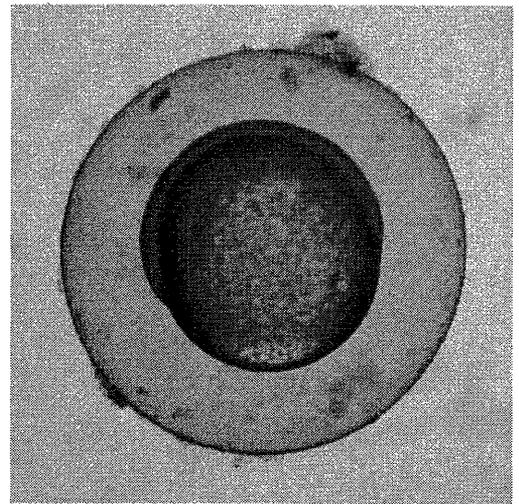
図版3 ゼブラフィッシュの発生 (32 細胞期から2 胞胚期まで)



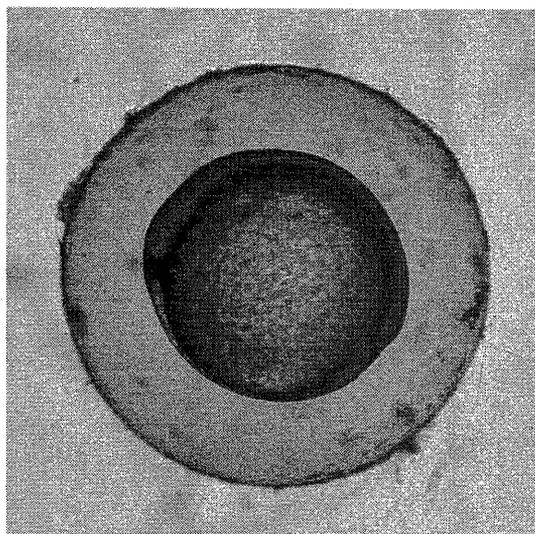
原腸胚期（赤道面）



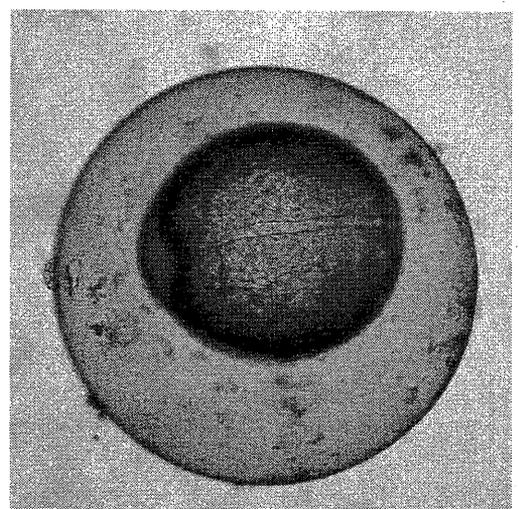
後期原腸胚期（赤道面）



後期原腸胚期（動物極側）

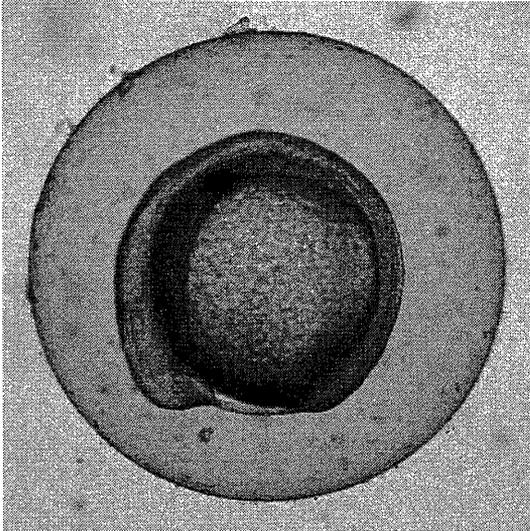


神経胚期（赤道面）

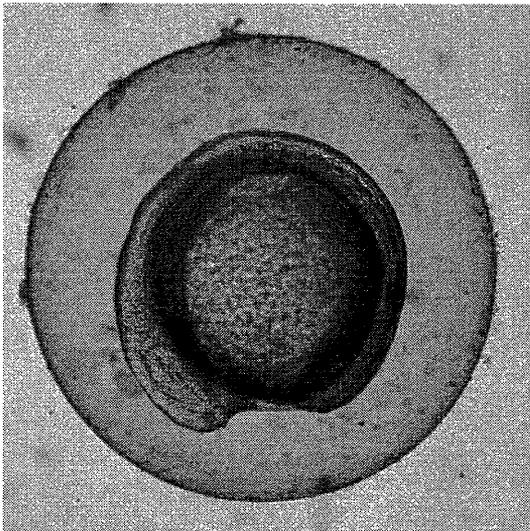


神経胚期（動物極側）

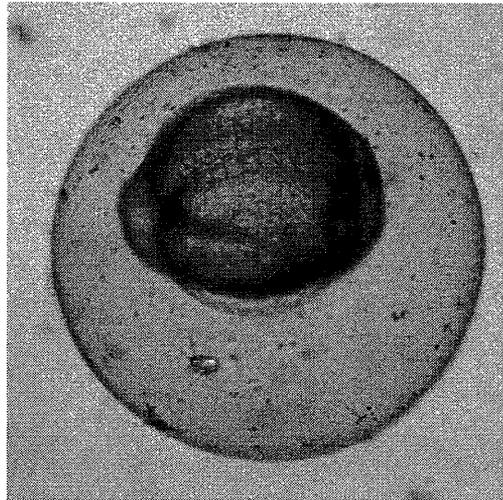
図版4 ゼブラフィッシュの発生（原腸胚期から神経胚期まで）



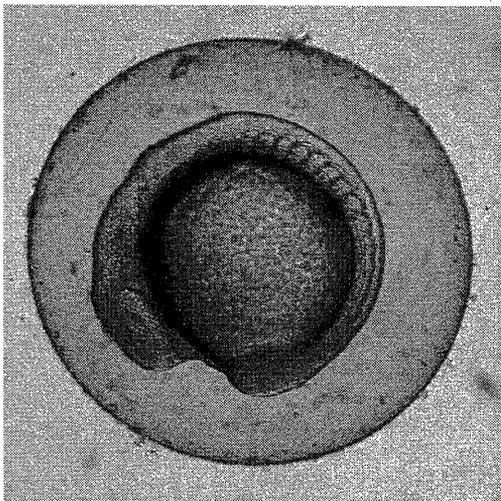
眼胞形成期（赤道面）



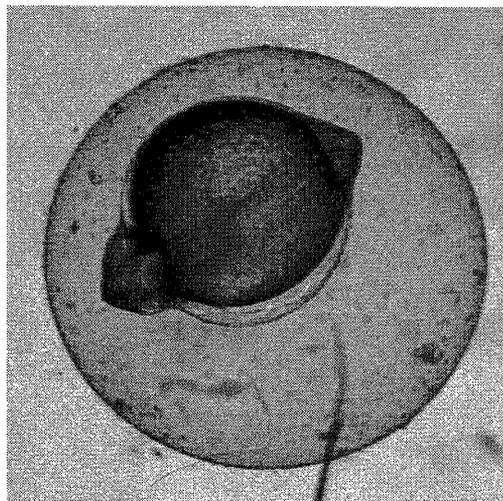
8 体節期（赤道面）



8 体節期（動物極側）

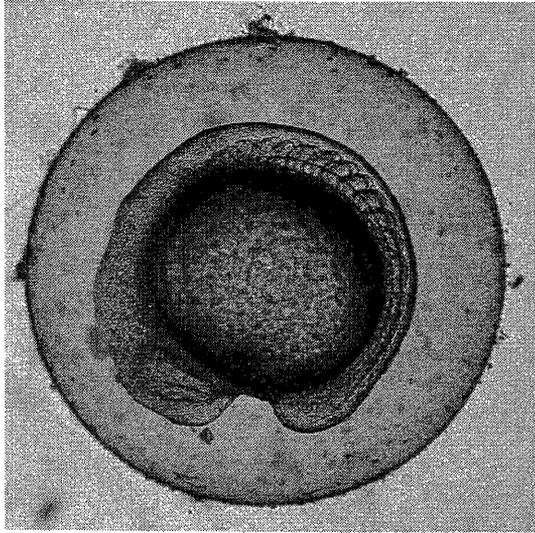


9 体節期（赤道面）

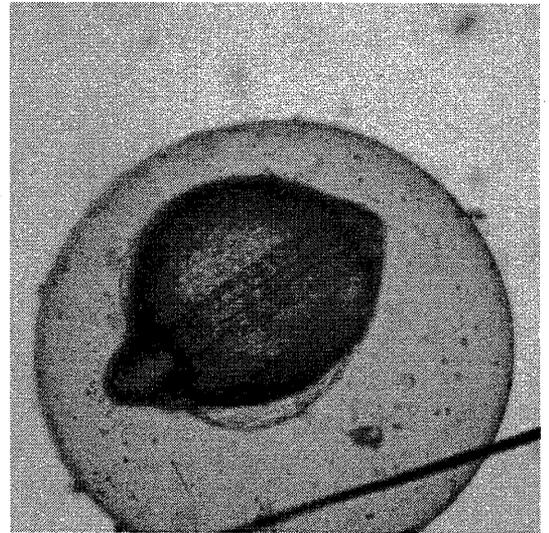


9 体節期（動物極側）

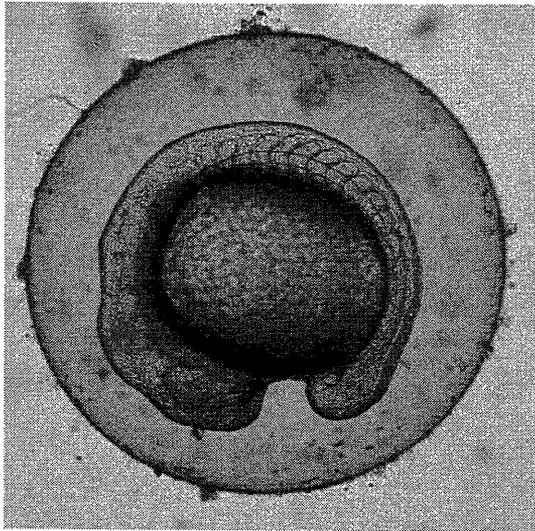
図版 5 ゼブラフィッシュの発生（眼胞形成期から 9 体節期まで）



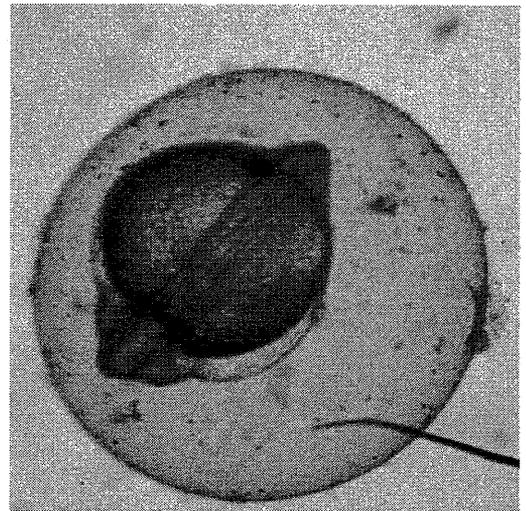
12 体節期 (赤道面)



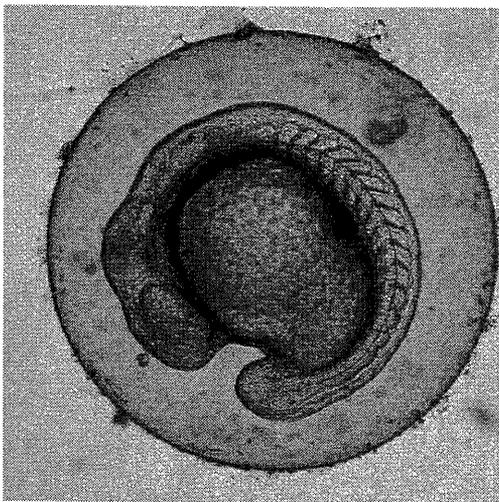
12 体節期 (動物極側)



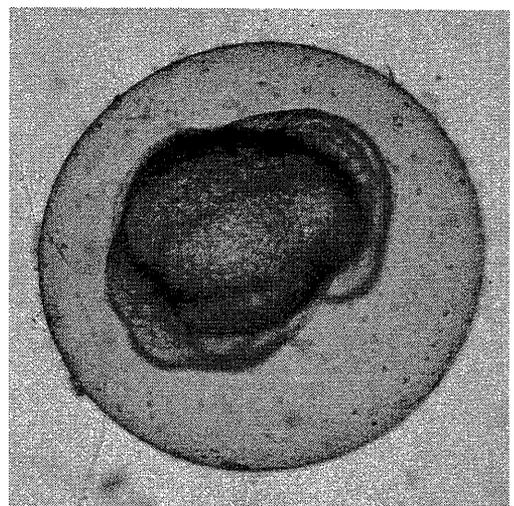
14 体節期 (赤道面)



14 体節期 (動物極側)

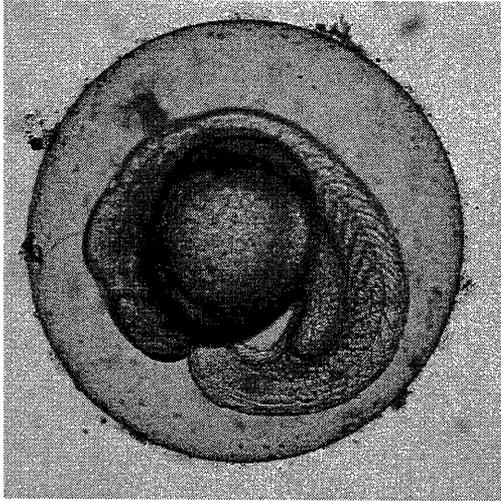


16 体節期 (赤道面)

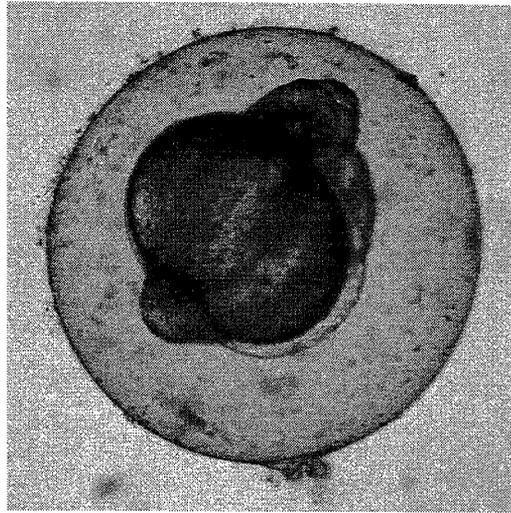


16 体節期 (動物極側)

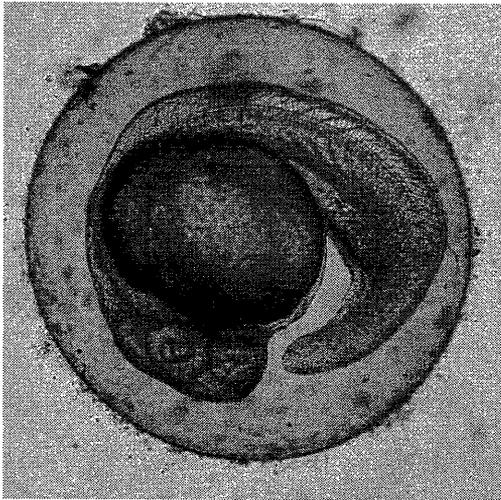
図版 6 ゼブラフィッシュの発生 (12 体節期から 16 体節期まで)



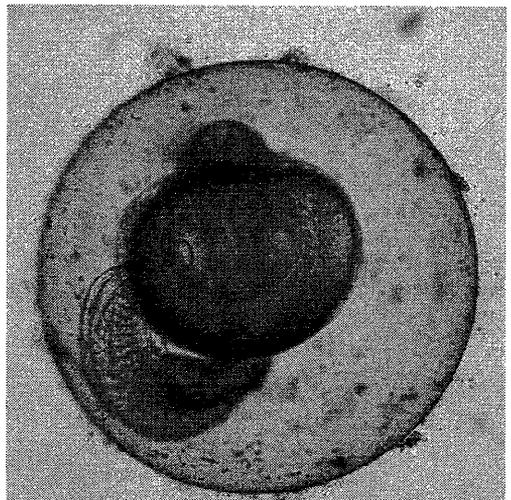
20 体節期 (赤道面)



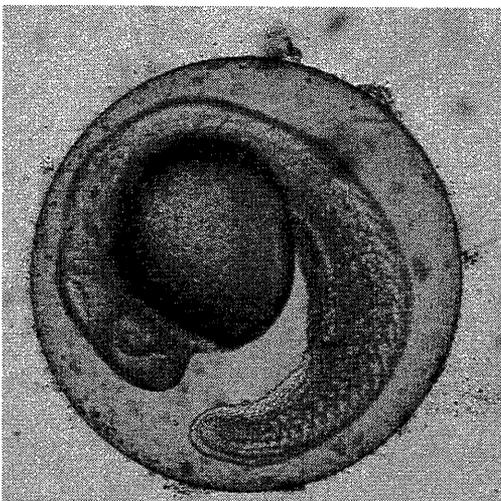
20 体節期 (動物極側)



尾部形成期 (赤道面)

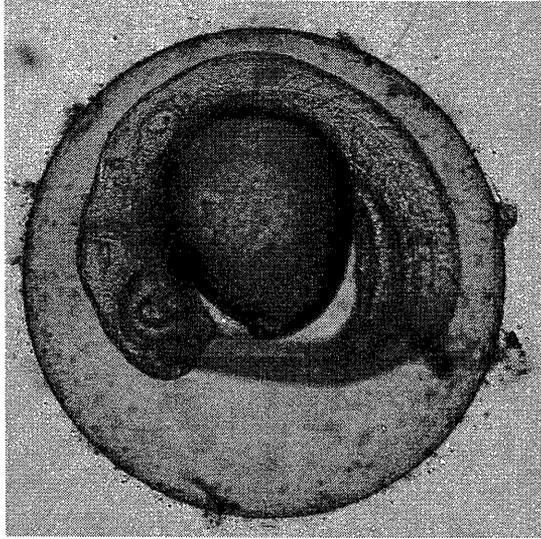


尾部形成期 (極面)

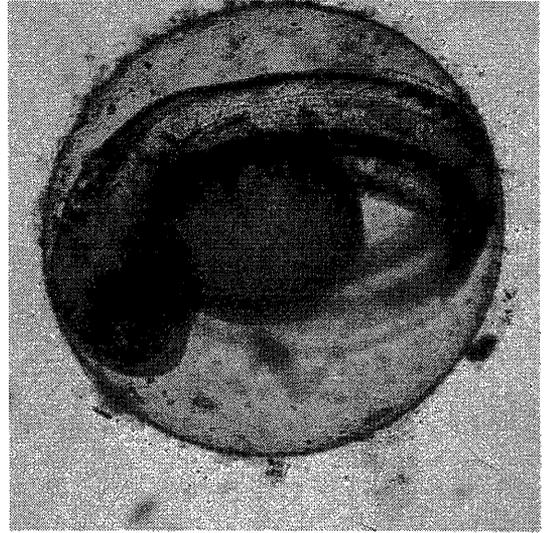


心拍開始期

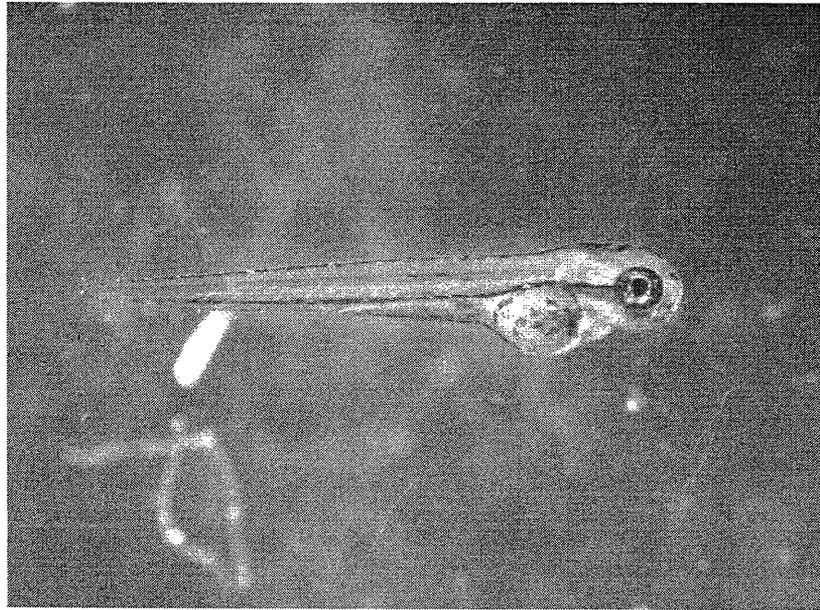
図版7 ゼブラフィッシュの発生 (20 体節期から心拍開始期まで)



血流開始期（赤道面）



黒点形成期（赤道面）



孵化

図版8 ゼブラフィッシュの発生（血流開始期から孵化まで）

結果

ゼブラフィッシュの受精卵は、端黄卵であり、卵割様式は部分割である。受精卵の直径は約 0.75 ミリである。その受精直後の卵はほぼ球形をしていた。受精後 30 分ほどすると、動物極側に胚盤が隆起し、1 細胞期へと達した(図版 1)。16 細胞期まで各割球がそれぞれ二分されたが(図版 2)、32 細胞期以降はその同調性が乱れ始め、割球の割れ目がはっきりしないため、細胞数を数えるのが困難になった。そして、桑実胚、胞胚と発生が進むにつれて、割球数が多くなるとともに、1 つ 1 つの割球が小さくなった(図版 3)。前期原腸胚期になると、陥入が始まり、卵は球形になった(図版 4)。後期原腸胚期になると、胚盤がさらに下降し、2 重の膜のように見えた。胚盤が植物極側まで覆いかぶさると、神経板が形成され、神経胚となった(図版 4)。発生が進むと、体節数の増加とともに眼胞が形成され、やがて尾部が形成された(図版 5～7)。また、これらの過程の中で脳の形成も見られた。その後、動いている様子(運動開始期)や心臓の拍動(心拍開始期)、血流(血流開始期)を観察できるようになった(図版 7)。動きや拍動は、最初はゆっくりとしたものであったが、徐々に活発な動きや拍動がみられ、体側に黒い斑点(黒色斑点形成期)が見られるようになった。その約 6 時間後には、孵化し稚魚となった(図版 8)。稚魚は 3 日程度、刺激を与えない限り、水底や壁面にじっとしていた。

このような発生過程をもつ胚が孵化するのに要する時間は、個体と水温によってかなりの差が見られた。そこで、受精から孵化する時間を測定し、孵化に要する平均的な時間を求め、発生の時間経過を表に示す。

表 ゼブラフィッシュの発生段階と経過時間の関係

(水温:24~28°C, 用いた個体数:12)

発生段階	平均経過時間
受精卵	0 分
1 細胞期	3 0 分
2 細胞期	4 5 分
4 細胞期	1 時間
8 細胞期	1 時間 25 分
16 細胞期	1 時間 40 分
32 細胞期	1 時間 55 分
桑実胚期	2 時間 10 分
胞胚期	2 時間 45 分
前期原腸胚期	4 時間 10 分
後期原腸胚期	5 時間 20 分
神経胚期	13 時間 32 分
眼胞形成期	16 時間
8 体節期	18 時間 30 分
9 体節期	19 時間
12 体節期	20 時間
14 - 20 体節期	21 - 25 時間
運動開始期	25 時間 30 分
心拍開始期	32 時間 30 分
血流開始期	35 時間
黒色斑点形成期	48 時間 15 分
孵化期	54 時間

Ⅲ. ゼブラフィッシュに関する教材としての特性ならびに教材の効果

1. ゼブラフィッシュの教材としての特性

ゼブラフィッシュは、採取することは難しいが、熱帯魚店において安価で購入でき、飼育も容易である。このため、学校の実験室などでも飼育が可能である。よって、生徒は飼育する喜びを味わうことができ、生命を尊重する態度も育成できるであろう。

発生においては、先に述べた方法を用いると、生殖行動を行う時間帯のコントロールができ、生殖行動の観察も授業において容易にできるであろう。さらに、年中採卵が可能であり、一度に得られる受精卵の数が多いことから、学校での発生の実験材料に適している。また、初期発生において、分割速度が速いため、授業の中で動的に捉えさせることができる。さらに、前もって受精させておけば、発生経過の平均的な時間を参考にすることで、生徒にさまざまな胚を見せることも可能である。こういった点から、理科に対する興味や関心を抱かせることができると考えられる。

縄張りに関しては、群泳やつつきあいの様子を観察させることができる。また、現在の縄張りに関する授業は、説明のみになっていることが多い。このため、視聴覚教材として用いれば、生徒の興味や関心をひくだけでなく、理解を深めることもでき、画期的なものとなるであろう。

2. メダカとゼブラフィッシュの比較

魚類の発生の実験材料として、学校ではよくメダカが用いられている。メダカとゼブラフィッシュについて発生に関する特性は、以下のことが挙げられる。

①メダカ	②ゼブラフィッシュ
・胚の受精膜に付着毛がある	・胚の受精膜に付着毛がない
・卵黄部に油滴が多い	・卵黄部に油滴がない
・1回の生殖行動で20個前後の卵が得られる	・1回の生殖行動で数十個の卵が得られる
・胚の孵化は、受精から10日以上かかる	・胚の孵化は、受精から3日程度である
・生徒にとって身近な材料である	・生徒にとって身近な材料ではない
・年中採卵できる	・年中採卵できる

このように、ゼブラフィッシュは、学校における実験材料として、生徒にとって身近な材料でない点以外は、メダカを上回る材料だといえる。しかし、ゼブラフィッシュの世話

などを生徒自身に行わすことでこの点は克服できるであろう。実際に生物に触れ、育てることで生命の尊さなどの心の教育をしていくことは重要なことである。また、ゼブラフィッシュは、発生過程の観察だけでなく、血流、えらぶたの開閉による呼吸運動、色素胞の観察、および今回行った水槽中での順位と縄張りの観察も行うことができ、メダカと同等の教材として用いることができる。さらには、遺伝教材としての可能性もある。これらのことから、ゼブラフィッシュを多目的教材として利用できるであろう。

参考文献

- ・ 江上信雄，メダカに学ぶ発生学（生物現象のミクロとマクロ），中公新書 1989
- ・ 石原勝敏編，発生生物学，共立出版株式会社 1980
- ・ 大澤一爽，メダカの実験—33章—，共立出版株式会社 1982
- ・ 岩松鷹司，メダカ学，東京サイエンティスト社 1993
- ・ 岡本仁，ゼブラフィッシュで分子生物学を始めるための手引き，細胞工学，11(8)，1992
- ・ 牧野信司，新しい熱帯魚の飼い方，日本文芸社 1993
- ・ 大森松男 著，熱帯魚の飼い方，池田書店 1985

2. フィリピン共和国を対象とした中等教育段階の 生物教育の実情と教材支援への取り組み

大鹿聖公

Rodolfo Treyes

池田秀雄

1. はじめに

フィリピン共和国は、東南アジアに属する国で、古くからさまざまな形で日本が教育支援を進めている。特に、理数科教育には力を入れており、JICA を通して、研究支援が行われている。その一つとして、フィリピン大学に付設する理数科教師訓練センターの設置やそこを中心とする現職教員の再研修などに日本の教育者や研究者が携わってきた経緯がある。また、そこに所属する職員の多くは、日本において研究を行い、現地での教員研修スタイルなどを学び、実際に役立っているという実績もある。そこで、本研究では、開発する教材の途上国支援の一環として、フィリピン共和国を選択し、フィリピンの生物を中心とした教育事情を概観するとともに、開発した教材がフィリピンにおいて、どのような評価をもたらすかについて調査を行った。

2. フィリピン共和国における教育制度

フィリピン共和国の教育制度は、日本と異なり、6（初等教育）・4（中等教育）・4（高等教育）制であり、日本の中等教育段階にあたる中学校・高等学校は、7－10 学年がそれに相当する。1995 年の改正により、1 年間の幼稚園、小学校が6 年間でここまでが義務教育とされている。中等教育として中等学校が4 年間の後、16 歳で大学受験資格試験にパスすれば、大学に入学することが可能である。学期制は6 月初旬に始まり、3 月に終了となっている。

フィリピンでは、教育カリキュラムとして、初等教育については、1983 年の New Elementary School Curriculum (NESC: 新小学校カリキュラム) があり、中等教育については、1989 年の New Secondary Education Curriculum (NSEC: 新中等教育カリキュラム) がある。しかし、2002 年教育改革として、新しいカリキュラム Basic Education Curriculum (BEC: 基礎教育カリキュラム) が始められた。それによると、フィリピンにおける初等・中等教育段階における学科目は表1の通りである。初等教育段階ではフィリピン語、英語、数学、科学と健康、統合科目である MAKABAYAN の5 教科から

なっている。統合科目である MAKABAYAN は社会科、体育、芸術、家庭科など主要教科に含まれない教科を統合して扱う教科となっている。理科については1, 2 学年ではなく、3 学年より「科学と健康」という科目の中で扱われている。また、中等教育では、フィリピン語、英語、数学と並んで主要科目として取り上げられており、必須となっている。中等1 学年において、総合科学、2 学年で生物学、3 学年で化学、4 学年で上級化学または物理学を履修することとなっている。また、中等教育カリキュラムによる中等教育段階における1 日の学習時間数は表2 の通りである。一般的な教科が60 分授業として設定されているのに対し、科学の授業である科学と技術は80 分授業として設定されている。科目領域とあわせてもフィリピンでは科学の内容を重視したカリキュラムとなっていることが読み取れる。また、フィリピンでは、科学に関する授業はすべて英語で行われることとなっている。

また、中等学校において、科学の履修については、表3 のようになっている。中等学校における科学の履修は、教育制度にも見られるように重視されており、全ての領域について必修となっている。1 学年で総合科学、2 学年で生物学、3 学年で化学、4 学年で物理学が履修されることとなる。

表1 フィリピン共和国における初等・中等教育段階における学年ごとの科目領域

学年	科目領域1	科目領域2	科目領域3	科目領域4	科目領域5
1	フィリピン語	英語 (含む科学)		数学	統合科目 (含む科学)
2	フィリピン語	英語 (含む科学)		数学	統合科目 (含む科学)
3	フィリピン語	英語	科学と健康	数学	統合科目
4	フィリピン語	英語	科学と健康	数学	統合科目
5	フィリピン語	英語	科学と健康	数学	統合科目
6	フィリピン語	英語	科学と健康	数学	統合科目
First	フィリピン語	英語	総合科学	初級代数	統合科目
Second	フィリピン語	英語	生物学	中級代数	統合科目
Third	フィリピン語	英語	化学	幾何学	統合科目
Fourth	フィリピン語	英語	物理学 or 上級化学	商業数学・統計学 or 三角法・上級代数	統合科目

※MAKABAYAN 統合科目 (社会科、体育、芸術、家庭科などを含む)

表2 中等学校における学科ごとの1日の履修時間など

学科	時数	週回数	単位数
フィリピン語	60	4	1.2
英語	60	5	1.5
数学	60	5	1.5
科学&技術	80	5	2
Makabayan			
社会科	40	5	1
技術と家庭科	60	4	1.2
価値教育	60	1	0.3
音楽・芸術・体育・健康	60	4	1.2

表3 中等学校における学年段階と科学の履修科目

学年		
First	S&T I	総合科学
Second	S&T II	生物学
Third	S&T III	化学
Fourth	S&T IV	物理学

3. フィリピン共和国における理科教育カリキュラム

フィリピンにおける教育カリキュラムとして、教育省が Competency と呼ばれる指導要領にあたるガイドラインを作成している。これに従って、教科書やレスンプランが作成され、それぞれの学校で授業が行われている。以下に、Competency である HOTS(Higher Order Thinking Skills)を列挙する。Competency は3つのカテゴリー:Factual Knowledge、Conceptual Understanding、Reasoning and Analysis から成り立っている。それぞれがいくつかの小項目からなり、それぞれに関して育成すべき能力や技能が列挙されている。また、Competency には、それぞれの教科・科目でのものも同時に作成されているので、あわせて掲載する。

HOTS Higher Order Thinking Skills 高等配列思考技能

推理と分析・概念理解・事実に基づいた知識

○Factual Knowledge 事実に基づいた知識

1. 思い出す・認識する
科学的事実、関係、過程、概念に関して正確にのべる、または区別する。特定の生物、物質、過程の特徴や性質を見分ける。
2. 定義する
科学的用語の定義をする、区別する。関連する文脈における科学的な語彙、シンボル、略語、単位、尺度を認識する、利用する。
3. 記述する
生物、物質材料、性質、構造、機能、関係の知識を示す科学過程を認識する、記述する
4. 道具や過程を利用する
科学装置、器具、道具、手法、測定装置、測定器に関する利用法の知識を示す

○Conceptual Understanding 概念理解

1. 例を示す
適切な事例のある事実や概念に関する著述を支持する、明確にする。一般的な概念に関する知識を例証するために特定の事例を挙げる、用意する
2. 比較、対照、分類
あるグループ内の生物、物質、過程の類似性や相違でみわける、記述する。
3. 表現・モデル
科学概念、構造、関係、過程、生物学的／物理学的体系・循環（例：食物網、電気回路、水の循環、太陽光システム、原子構造）の理解を示すために、図表やモデルを用いる描写する
4. 関連づける
基本的な生物学的、物理学的概念の知識を、対象物や生物、物質の観察、類推した性質、行動、利用と関連づける
5. 情報を抽出・応用する
科学的概念・原理について、関連する文章、図表情報を区別、抽出、応用する。
6. 解決する
概念の直接的な応用や例証を伴う質的、量的解決を図るために、科学的関係、平衡、公式を区別する、利用する。
7. 説明する
基本的な科学概念、原理、法則、理論の理解を示す観察や自然現象について、理由や説明を与える

○Reasoning and Analysis 推論と分析

1. 分析・解釈・問題解決

関連する相関、概念、問題解決過程を決定するために、問題を分析する。問題解決の方法を発達・説明する。問題を明確化、解決するために図表を解釈、利用する。

2. 統合・合成

様々な異なる事実や関連する概念を考慮するのに必要な問題に対して解決を図る。異なる領域の科学概念を相関、関連づける。科学の領域にわたる統一された概念やテーマの理解を例証する。科学問題の解決に置いて数学的な概念や手法を統合する。

3. 仮説・予測

調査によって結論が得られる問題を形成するために、経験や観察から得られる情報によって科学概念の知識を結合する。観察、科学情報の分析、概念理解からの知識を用いて検証可能な仮説を形成する。証拠や科学理解の点で、生物的、物理的条件における変化の様子について予測する

4. 計画する

科学問題に答えるため、仮説を検証するために、適切な調査を計画する。原因と結果の関係について、測定可能な、制御された変異を用いて、十分に計画された調査の特徴について認識する。調査を実施する際に用いる測定や手法について決定する。

5. データ収集、分析、解釈

適切な装置、器具、道具、手法、測定装置、器具を用いて体系的な観察や測定を行い、記録する。適切な形式、ラベル、尺度を用いて表、図、グラフなどに科学データを表現する。結論を導くのに必要な値を引き足すためにデータを、数学的に適切な数値化処理を選択肢、実施する。データのパターンを発見し、データの傾向を記述、要約する。与えられたデータや情報から内挿、外挿する。

6. 結論の導出

証拠や科学概念の理解をもとに有効な類推を行う。問題や仮説に記述された適切な結論を描写する。原因と結果についての理解を例証する。

7. 一般化

実験条件や与えられた条件にしたがって、一般的な結論を導く、評価する。新しい状況に結論を当てはめる。物理的な関係を表現するために一般的な公式を決定する。

8. 評価

代替可能な過程、材料、資源について決定するために、有利、不利について熟考する。生物システム、物理システムにおける科学技術の影響や結果を評価するために、科学的、社会的要因を考慮する。代替可能な説明や問題解決の方法や解決について評価する。結論を支持するのに十分なデータを持って調査結果を評価する。

9. 正当化

説明や問題解決を正当化するために科学的理解や証拠を利用する。調査や科学的説明から得られる問題や結論を解決するための合理性を支持するための議論を展開する。

BIOLOGY

Second Year High School General and Specific Competencies

生物学 高校2学年 一般・特定能力

I 導入

1. 生命科学としての生物学の性質を理解する
 - 1.1 生物学における統合概念を区別する
 - 1.2 異なる生命過程を説明する
 - 1.3 科学的な手法に従って簡単な実験を計画する
2. 技術の応用として生物概念を理解する
 - 2.1 与えられた技術における生物概念を説明する
 - 2.2 あらゆる生物工学の意味と責任を評価する
3. 生物学、生物工学の発達におけるフィリピン人や外国の科学者の貢献について理解する
 - 3.1 生物学と生物工学分野におけるフィリピン人や外国の科学者の貢献について記述する
4. 複式顕微鏡の操作法を知る
 - 4.1 複式顕微鏡の部品を認識する
 - 4.2 複式顕微鏡を利用する
 - 4.3 研究や技術の特殊な道具を名付ける

II 細胞の構造と機能

1. 高度に組織化された構造としての細胞を理解する
 - 1.1 細胞の異なる部分を認識する
 - 1.2 植物細胞と動物細胞を区別する
 - 1.3 単細胞生物と多細胞生物とを区別する
 - 1.4 原核細胞と真核細胞とを区別する
2. 細胞の構造や機能に関してどのような発見が有効な技術を導いたかを理解する
 - 2.1 特定の細胞小器官が食物生産や健康に促進するということを指摘する
3. 環境と物質の細胞交換について理解する
 - 3.1 浸透圧は拡散とどのように関連しているかを説明する
 - 3.2 能動輸送、受動輸送を区別する
 - 3.3 エキソサイトーシスと食作用とを区別する

Ⅲ 生命エネルギー

1. 生物がどのようにエネルギーを得ているかを理解する
 - 1.1 エネルギーを獲得する細胞の部分を記述する
 - 1.2 エネルギーの位置と葉緑体の機能を記述する
 - 1.3 光合成に必要なものを述べる
 - 1.4 光合成の明反応・暗反応を説明する
 - 1.5 効率的な生産者である植物の特徴を理解する
 - 1.6 生態系へエネルギーを供給する緑色植物の役割を分析する
 - 1.7 農業実践における科学的な説明を与える
2. 生物がどのようにエネルギーを生産しているかを理解する
 - 2.1 エネルギー生産を行う細胞の部分を記述する
 - 2.2 細胞内呼吸に必要なものを述べる
 - 2.3 細胞内呼吸の段階を説明する
 - 2.4 酸素—二酸化炭素の循環による重要なガス交換において生物の相互独立の重要性を評価する

Ⅳ 組織・系

1. 生物としての生命を維持するための細胞、組織、器官、系の相互作用を理解する
 - 1.1 植物、動物、人間の生命を維持する細胞、組織、器官、系の統合された機能について例証する
 - 1.2 生物の適切な成長発達や生存に組織化された系が必要であることを認識する
 - 1.3 生物のあらゆる機能において体のシステムのいずれもが重要であることを評価する
2. 植物と動物の解剖学、生理学を理解する
 - 2.1 植物の異なる器官の場所と機能を記述する
 - 2.2 植物の生長に必要なものを述べる
 - 2.3 物質と水が植物ないでどのように吸収され、輸送されるかを例証する
3. 人間の解剖学、生理学を理解する
 - 3.1 異なる組織の部分と機能を記述する
 - 3.2 人間の体の異なる組織の部分の区別する
 - 3.3 異なる器官の機能を知る
4. 欠陥のある組織、系機能を適切にたすける技術について認識する
 - 4.1 欠陥のある組織、系機能を適切にたすける技術について認識する

V 生殖

1. 細胞分裂の重要性を理解し、認識する
 - 1.1 細胞周期を記述する
 - 1.2 体細胞分裂と減数分裂を区別する
2. 生物間の生殖の様式を比較する
 - 2.1 生物の有性生殖と無性生殖を区別する
3. 人間の生殖の過程を理解する
 - 3.1 人間の生殖器官の場所と機能を区別する
 - 3.2 受精卵と胎児の発達段階を記述する
4. 出生率と人工成長に関連する問題を知る
 - 4.1 出生率に関する問題を分析する
 - 4.2 急激な人口増加に意味を与える
5. 人間の性的に伝染する病気の悪い影響について理解を示す
 - 5.1 様々な性的に伝染する病気、特に AIDS に含まれる危険を認識する

VI 遺伝学

1. 生命の青写真としての DNA の役割と遺伝における染色体の基盤について理解する
 - 1.1 遺伝における染色体の基礎を説明する
 - 1.2 形質の伝達における DNA の重要性を認識する
2. 遺伝的変異における染色体と遺伝子の基本的な役割を理解する
 - 2.1 染色体と遺伝子の関係を議論する
 - 2.2 異なる染色体変異を理解する
3. 遺伝におけるメンデルの法則の理解を示す
 - 3.1 遺伝におけるメンデルの法則を例証するエンドウ豆のメンデルの実験を分析する
 - 3.2 遺伝におけるメンデルのパターンにしたがう形質を区別する
 - 3.3 与えられた表現型と遺伝子型の両親から単一交雑を解明する
4. 遺伝における非メンデル様式について説明する
 - 4.1 ある形質が遺伝のメンデルの法則に必ずしもしたがわないことを類推する
5. 遺伝学における先進的な技術に関する急激な問題を指摘する
 - 5.1 遺伝子工学の効果を分析する
 - 5.2 遺伝的に修飾された生物や食物はどのようなものかを説明する
 - 5.3 クローンや遺伝子スプライスにともなう問題を分析する

Ⅶ 進化を通じた連続性

1. 進化論を理解する
 - 1.1 ダーウィンの進化論を説明する
 - 1.2 進化におけるラマルクの理論とダーウィンの理論とを区別する
2. 進化の直接・間接証拠について議論する
 - 2.1 進化における直接・間接証拠を区別する
 - 2.2 分岐した家系の間接証拠について記述する

Ⅷ 生物多様性

1. 生物の多様な形態の存在について認識する
 - 1.1 異なる生物集団を区別する特徴について記述する
 - 1.2 宿主細胞における共通のウイルスとその効果について記述する
2. 生物の潜在的な価値について気づく
 - 2.1 生物の経済的重要性について評価する
 - 2.2 経済的に重要な種を保存する方法を提案する

Ⅸ 生態系

1. 生態系の類似性や相違点に気づく
 - 1.1 自然の生態系と人間による生態系とを区別する
 - 1.2 制御された（管理された）生態系と制御されていない（管理されていない）生態系の植物と動物を区別する
2. 自然のバランスを維持するための人間の役割について理解する
 - 2.1 社会に関連する異なる環境問題を分析する
 - 2.2 生態問題を縮小させる、防御する方法を提案する

生物学における統合的価値

I 導入

1. 環境の保存と保護における生物学の重要性について思案する
2. 科学的方法による様々な現象を説明するために公正、慎重、共同の特質を実施する
3. 環境における生物、自己信頼と生産性の有効性に関して、倫理的な判断や決定を行う
4. 技術の応用として生物概念を実現するために生物学の応用を認識する
5. 生物学の領域におけるフィリピン人や外国の科学者のジレンマや忍耐についての科学的な態度を認識する
6. 国の成長目標を達成するために、人間の生活の質を改良するために、科学を用いた政府団体、非政府団体の努力を認識する

II 細胞の構造と機能

1. 人間の健康にともなる有益な生物、有害な生物の例を挙げる
2. 組織化された高等の基本的単位として細胞を深く意識する
3. 細胞に関する研究や技術に関して適切な判断を行う
4. 生命を謳歌する方法について議論する

III 生命エネルギー

1. 光合成における汚染の影響について記述する
2. 食物連鎖／網における自然、人工破壊の意味について指摘する
3. エネルギーの賢明な利用について有効な責任を促進する

IV 生殖

1. 遺伝の様式に関連する問題について評価し、判断する
2. 人生のパートナーを選択する際に公正さや誠実さの価値について考慮する
3. 他人の観点を考慮する際に尊敬すべき価値を考慮する

V 組織系

1. 他人と働くための産業や共同の特質を実施する
2. 組織における好奇心や責任の価値について認識する

3. 直面する社会問題での忍耐の価値を実現する
4. 問題解決において統合できる価値を認識する
5. 世界の植物や動物に関心を示す
6. 人間の能力と限界を考慮する

VI 遺伝学

1. 遺伝子工学やクローンにおける倫理的、社会的意味を理解する

VII 進化による連続性

1. 証拠の引用によるある分岐した家系の概念を認識する
2. 進化論について意見を表現する

VIII 生物多様性

1. 秩序だった、総合的な科学的態度を示す
2. 他者の考えに対して開かれた心で、尊敬を持って理解することを示す
3. 生物の価値を考慮し、重要な種を保存する方法を提案する
4. 人間社会における強力な結合要因となる有害な関係の重要性について反省する

IX 生態系

1. 環境に対する人間の責任に関連する意見を表現する
2. 環境の責任ある管理において生物学の知識を詳述する
3. 環境問題に対し機敏さを示す
4. 生態系において他の生物が果たす役割を理解し、それらがお互いにどのように影響し、非生命要素によってどのように影響を受けるかを示す
5. 人間社会における強力な結合要因となる有害な関係の重要性について反省する

以上の Competency に従い、教科書が作成される。教科書の開発、出版、配付は教育・文化・スポーツ省の外郭団体である Instructional Materials Corporation(IMC)教育資料協会により行われている。現カリキュラムのもと、フィリピンで取り上げられている教科書の内容は次の通りである。

Science & Technology II

<p>レッスン1 導入</p> <p>バイオテクノロジー</p> <p>科学者とその業績</p> <p>科学の方法</p>	<p>レッスン8 植物の多様性</p> <p>非維管束陸上植物</p> <p>維管束植物</p> <p>花の多様性</p> <p>用語の図解</p> <p>有害な植物</p> <p>単子葉植物・双子葉植物群の一覧とその例</p>
<p>ユニット1 生態系</p>	<p>レッスン9 動物</p> <p>海綿動物、腔腸動物</p> <p>刺胞動物</p> <p>扁形動物</p> <p>回虫動物</p> <p>環形動物</p> <p>軟体動物</p> <p>棘皮動物</p> <p>節足動物</p> <p>脊索動物</p> <p>脊椎動物</p>
<p>レッスン2 生態系における相互作用</p> <p>生態系の種類：自然と人工</p>	<p>ユニット4 生命の基礎</p>
<p>レッスン3 生態系における関係</p> <p>片利共生</p> <p>双利共生</p> <p>寄生</p> <p>競争</p> <p>異なる集団間の関係</p> <p>生態系の動的特徴</p> <p>導入される新しい種</p>	<p>レッスン10 生命の化学的基礎</p> <p>細胞中の水</p> <p>炭水化物—小・大生物分子</p> <p>脂質—油脂物質</p> <p>タンパク質—細胞の構成物質</p> <p>核酸</p> <p>DNAの自己複製</p> <p>タンパク質結合中の核酸</p> <p>ビタミンとミネラル</p>
<p>レッスン4 生態系における動的平衡</p> <p>森林搾取</p> <p>野生生物の絶滅</p> <p>土壌浸食</p> <p>泥化</p> <p>富栄養化</p> <p>海洋生態系の破壊</p> <p>熱反転</p> <p>放射線降下物</p> <p>天然資源に果たす人類の役割</p>	<p>レッスン11 生命の細胞的基礎</p> <p>細胞の発見</p> <p>植物細胞と動物細胞</p> <p>細胞の構造</p> <p>細胞内外の物質の運搬</p> <p>細胞中への物質の取り込み</p> <p>真核細胞</p>
<p>ユニット2 時代を通じた地球の変化と生命</p>	<p>ユニット5 生命エネルギー</p>
<p>レッスン5 生物の進化</p> <p>生命の起源</p> <p>創造説</p> <p>チャールズ・ダーウィンと遺伝と自然選択説</p> <p>進化におけるその他の見解</p> <p>化石</p> <p>人為選択</p> <p>生物による適応</p> <p>絶滅</p>	<p>レッスン12 食物工場としての植物</p> <p>稲の葉は食物工場</p> <p>葉の内部構造</p> <p>光合成機械の内側</p> <p>糖から他の食物分子へ</p> <p>草—最大の食物生産者</p> <p>海藻</p>
<p>レッスン6 人類の進化</p> <p>人類の進化の道筋</p> <p>現代人</p> <p>人類の文化</p>	
<p>ユニット3 生命の多様性</p>	
<p>レッスン7 モネラ、原生生物、菌類</p> <p>モネラ</p> <p>原生生物</p> <p>藻類</p> <p>菌類</p>	

<p>レッスン13 エネルギー源としての食物</p> <p>呼吸の過程</p> <p>葉緑体とミトコンドリア</p> <p>細胞内呼吸</p> <p>細胞のエネルギー源</p> <p>発酵の過程</p> <p>酸素-二酸化炭素サイクル</p>	<p>交配を図示する</p> <p>2要因による交配(2遺伝子交雑)</p> <p>遺伝におけるメンデルの2つの法則</p> <p>遺伝における遺伝子の原理</p> <p>連鎖した遺伝子はともに遺伝する</p> <p>性染色体と性決定</p> <p>性連鎖遺伝子</p> <p>DNAと遺伝子</p> <p>表現型決定者としてのタンパク質</p> <p>遺伝と環境</p>
<p>レッスン14 生態系におけるエネルギーの流れ</p> <p>生態系における食物連鎖</p> <p>食物連鎖の破壊</p> <p>食物網</p> <p>生命ピラミッド</p> <p>よりよい生産への人類の貢献</p>	<p>レッスン19 遺伝物質の変化</p> <p>染色体数の変化</p> <p>倍数化</p> <p>染色体構造の変化</p> <p>突然変異は起こるべくして起こる</p> <p>遺伝学と有用な生物の育種</p> <p>不完全優性</p> <p>共優性</p> <p>ポリジーン</p>
<p>ユニット6 生殖</p>	<p>ユニット8 組織・器官</p>
<p>レッスン15 細胞分裂</p> <p>細胞周期</p> <p>植物と動物細胞における体細胞分裂:その違い</p> <p>生殖としての細胞分裂</p> <p>減数分裂</p>	<p>レッスン20 植物の構造と機能</p> <p>葉</p> <p>根</p> <p>茎</p>
<p>レッスン16 植物における生殖の様式</p> <p>無性生殖</p> <p>有性生殖</p> <p>世代交代</p> <p>種子植物における有性生殖</p>	<p>レッスン21 動物の構造と機能</p> <p>食物の化学的消化</p> <p>消化される食物</p> <p>循環器系</p> <p>呼吸器系</p> <p>排出器系</p> <p>骨格・筋肉系</p>
<p>レッスン17 動物における有性生殖</p> <p>体外受精</p> <p>体内受精</p> <p>哺乳類の生殖</p> <p>人間の生殖器官</p> <p>ホルモンと生殖過程</p> <p>人間の受精</p> <p>人間の胚</p>	
<p>ユニット7 遺伝学</p>	
<p>レッスン18 遺伝を通じた連続性</p> <p>エンドウ豆によるメンデルの実験</p> <p>単一形質による交配</p> <p>雑種植物の交配</p> <p>メンデルの仮説</p> <p>遺伝子と配偶子</p> <p>遺伝子型を知る</p>	

しかし、現在教科書については改訂作業中であり、数年後には先ほどの Competency に準拠した教科書が作成され、学校教育で利用される予定である。

4. フィリピンにおける中等学校とその現状

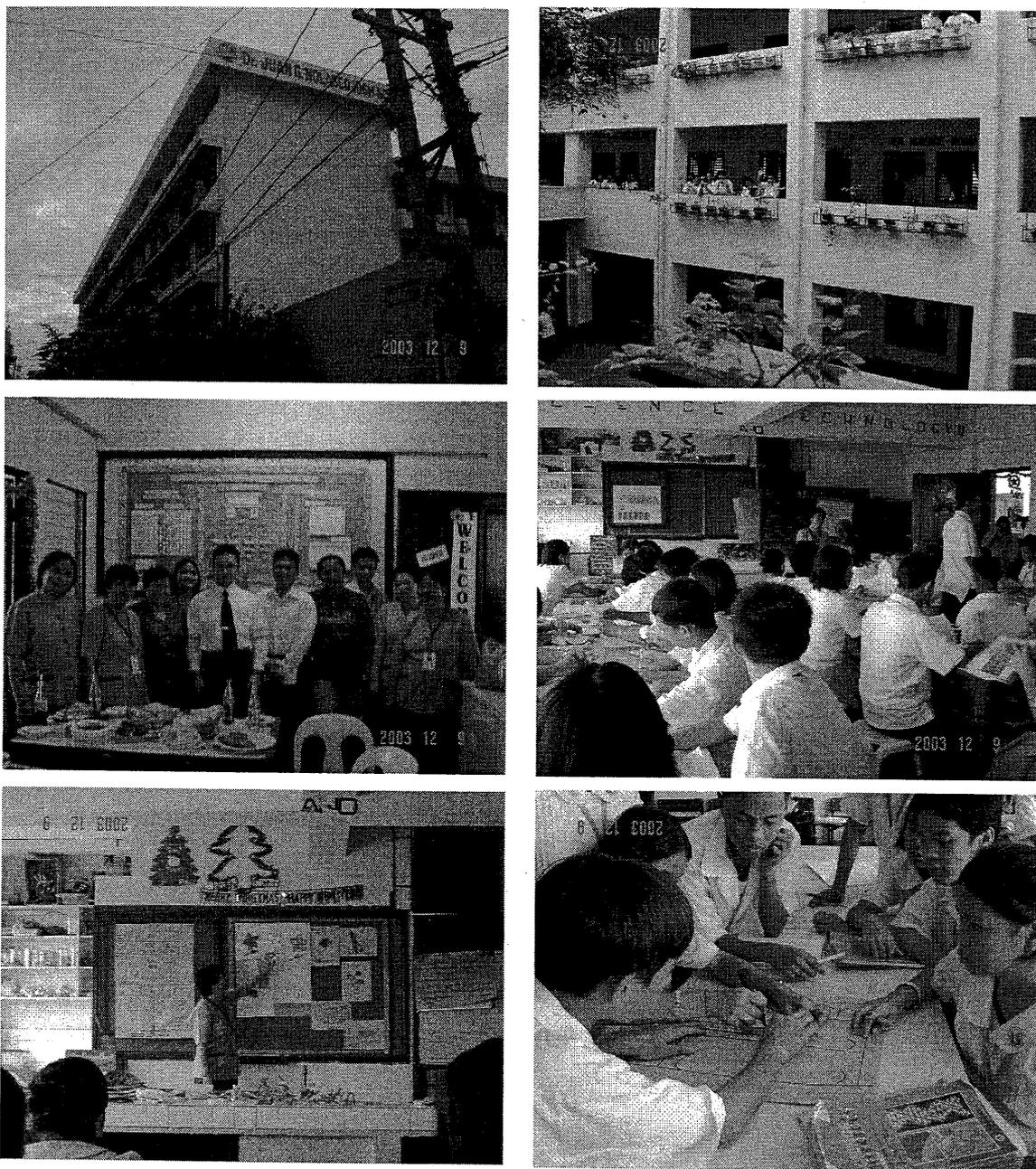
フィリピンにおける中等学校の現状を調査するため、2003年12月、フィリピンにおける共同研究者である Rodolfo S. Treyes が勤務する National Institute of Science and Mathematics Education Development (国立理数科教育開発研究所) を調査訪問した。その際に、フィリピンにおける一般的な中等学校を視察し、その状況を調査した。

視察した学校は以下の2校である。1校目は、マニラ市内にある **Dr. Juan Nicolas National High School** である。この学校は生徒数2980名とフィリピンでは比較的生徒数の少ない中等学校である。1学年18クラスからなり、1クラスは平均40名となっている。1日は9時限で1時限は80分となっている。理科の教員は全員で21名で、内訳は1学年6名、2学年6名、3学年5名、4学年4名である。

もう一つの中等学校は、**Lagro High School** であり、ケソン市周辺の中等学校である。こちらの学校は生徒数7000名の中規模校であり、1学年27クラス、1クラス75名という構成である。1日は11時限からなり、1時限は50分となっている。理科の教員は26名いるが、内訳は1学年7名、2学年7名、3学年6名、4学年4名に加え、スーパーバイザーおよび管理職となっている。

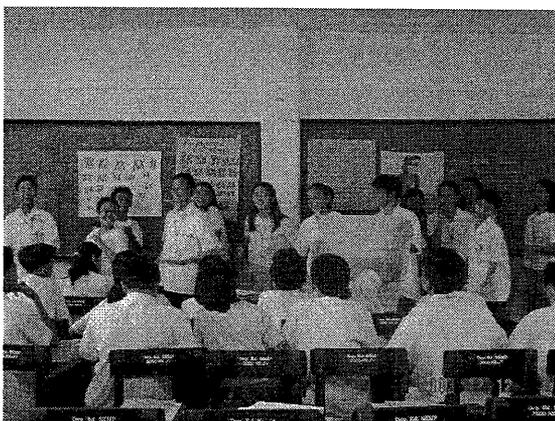
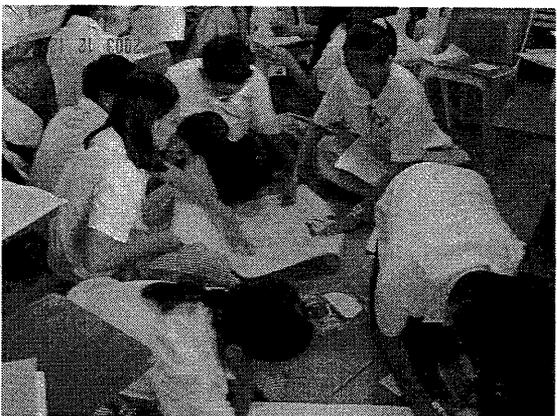
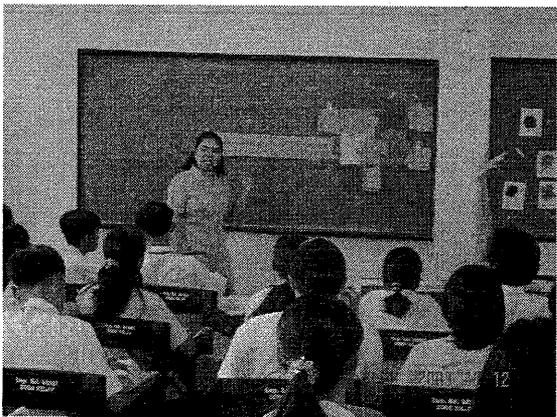
次に、それぞれの学校の状況を紹介する（次頁以降写真参照）。

○Dr. Juan Nicolas National High School



図版1 Dr. Juan Nicolas National High School. 中等学校の外観（上段左）. 校舎内の風景（上段右）. 理科教員と教員控え室にて（中段左）. 生物授業の様子（中段右）. 生物授業の様子：教師による解説（下段左）. 生物授業中の生徒の活動（下段右）

○Lagro High School



図版2 Lagro High School. 中等学校の外観（上段左）. 校舎内の風景（上段右）. 生物授業の様子：教員による説明（中段左）. 生物授業の様子（中段右）. 生物授業の様子：生徒によるグループ活動（下段左）. 生物授業の様子：生徒によるプレゼンテーション（下段右）

5. 中等学校における生物授業の実態

今回の調査で訪問した2校での生物授業の観察および教員に対するインタビューから、フィリピンにおける中等学校生物授業の実態について考察する。

フィリピンの中等学校は7-11学年であり、日本の中学校から高等学校1年に相当する。したがって、高等学校までの内容をほぼ中学校段階で完了することとなっている。したがって、内容的には日本と比較してかなり高度な内容を網羅している。また、カリキュラムの特徴として、理科は英語やフィリピン語などと同様に、主要教科とされており、他の教科に比べて、時間数が確保されているが、その反面、学校における教材が十分に確保されていないために、教員の指導能力が生徒の学習に大きく影響するものとなっている。

また、学校の生徒数も日本と比較して多く、教員は授業を確保するだけで精一杯という状況であり、授業の内容にまでじっくりと時間をかけて、準備すると言ったことは困難である。さらに、学校によっては、教室の確保、教科書なども十分に確保されていない。そのため、現状では、**Dr. Juan Nicolas National High School**のように、科学のそれぞれについて専用の教室が確保されている学校は比較的施設的にも恵まれており、1クラスの生徒数も40名前後と日本と差がない状況にあるが、**Lagro High School**のように、机や椅子すらまともに用意されておらず、1クラスの生徒数が70名となっている学校なども多く見受けられている。そのため、一人一人に対する教材を教員が準備するといったことはかなり困難である。加えて、これらの学校では教科書が現実問題として不足しており、観察したクラスにおいても、正式な教科書を持っている生徒、それに類する別の教科書を利用する生徒、さらには図解のような副読本を教科書代わりに利用している生徒など多種多様なため、日本のように教科書主義的な授業すら展開できない状況にある。

そのため、教員は授業にあたっては、自ら授業資料を作成し、それらを配付することで、その日の授業を行うということが普遍的に行われているようである。しかし、教員自身が専門書や資料などを学校に有していないため、授業の準備として必要な資料を多く欲している状況にある。

今回、観察した2校の生物授業では、いずれも教員がさまざまな教材開発や授業準備を行っており、教科書が無くても、問題ない授業を展開していた。特に、**Lagro High School**の教員は、染色体モデルをパズルとした教材を作成し、クイズ形式的に用いるなどの努力を払っていた。

6. フィリピンにおける開発教材に関する調査と現状分析

上述のように、フィリピンにおいては、生物の授業を行うために必要となる教材が少なく、またそれらのために準備を行うといった環境が教師にはほとんど見受けられない。そこで、研究グループが開発してきた Web 教材をフィリピンにおいて利用することが可能か、また、教員はどのような教材を求めているかなど現状の分析と教材の評価を行うために、アンケート調査を行った。

アンケート調査は、フィリピンの中高等学校教員の中から、UP-NISMED（フィリピン大学理数科教育開発研究所）で研修に参加していた教員を対象に行った。

アンケートに協力してもらった教員に対して、開発した Web 教材の中から、生物教育において必須となる内容を含んだ次の3つの教材を選択し、それらの英語版を作成した。これらの教材を CD-ROM に納め、インターネットが利用できない学校などでも利用できるようにしたものを配付した。これらの教材を実際に教員に操作、利用してもらい、教材の評価を行った。

CD-ROM に納めた教材は、sexual plant reproduction, sea urchin embryology, plant mitosis の3つである。それぞれ植物の生殖、動物の胚発生、植物の体細胞分裂と生物においては重要であり、かつ必須となる項目となる内容を含んでいる。アンケート項目は表4の通りである。

表4 アンケート項目一覧
教材で使用した画像
教材の構成
教材の操作性
教材を使つての理解度
教材の全体評価
教材の利用方法（複数選択可）
自由意見

アンケートの結果を以下に示す。

アンケートに協力頂いた教員は23名で、男性4名、女性19名であった。また、年齢層は20代6名、30代7名、40代3名、50代5名、未記入2名であった。

この回答者の年齢の内訳から、ほぼ全ての年齢層の教員から回答を得ることができた。

では、具体的な調査結果について以下に述べる。

まず、教材で取り上げた画像についての評価は、グラフ1の通りであった。「Plant Reproduction」では“非常によい”35%，“よい”65%，“あまりよくない”0%，“悪い”0%であった。また、「Sea Urchin Embryology」では“非常によい”36%，“よい”64%，“あまりよくない”0%，“悪い”0%であった。「Plant Mitosis」では“非常によい”59%，“よい”41%，“あまりよくない”0%，“悪い”0%であった。いずれの教材においても肯定的な評価が100に達しており、教材で使った画像が適当であったと判断することができた。特に、「植物の分裂」における評価が高くなっている点は、先行して作製した「Plant Reproduction」において、問題とされていた画像の大きさや解像度を改良したことが反映されているものと考えられる。

教材の構成に関する評価はグラフ2のとおりとなった。「Plant Reproduction」では“非常にわ

かりやすい” 22%，“わかりやすい” 78%，“わかりにくい” 0%，“非常にわかりにくい” 0%であった。「Sea Urchin Embryology」では“非常にわかりやすい” 14%，“わかりやすい” 86%，“わかりにくい” 0%，“非常にわかりにくい” 0%であった。「Plant Mitosis」では“非常にわかりやすい” 59%，“わかりやすい” 41%，“わかりにくい” 0%，“非常にわかりにくい” 0%であった。全体的な評価から“非常にわかりやすい” および“わかりやすい” と肯定的な回答が100%を占めており、作製した本教材の構成は利用する上で適した構造になっていると判断された。特に、「Plant Mitosis」の作製にあたり、「Plant Reproduction」での中間的な評価をもとに構成を行ったことで、構成の評価がよくなっていることから、その判断が正しいことが確認された。

教材の操作性に関する評価はグラフ3のとおりであった。「Plant Reproduction」では、“非常に快適” 23%，“快適” 36%，“多少不便” 36%，“改良すべき” 5%であった。「Sea Urchin Embryology」では、“非常に快適” 29%，“快適” 43%，“多少不便” 24%，“改良すべき” 5%であった。「Plant Mitosis」では、“非常に快適” 43%，“快適” 33%，“多少不便” 19%，“改良すべき” 5%であった。

操作性に関する評価においては、“非常に快適” および“快適” という肯定的な評価が半数以上であったが、“多少不便” および“改良すべき” とする回答もいずれの教材からも2, 3割の回答があった。この結果より、CD-ROM教材の操作性については、現状の教材はある程度認められているものより改良を行い、操作しやすいものにする必要性のあることが判明した。

構成および操作性の回答結果より、本教材をCD-ROM教材として利用するための構造であったと判断することができた。しかし、操作性に関して、フィリピンでの教員向けに若干改良する必要性のあることも判明した。

教材が利用者にとって理解できるかどうかという理解度についての評価は、グラフ4の通りであった。「Plant Reproduction」では“非常に理解しやすい” 11%，“理解しやすい” 84%，“多少理解しにくい” 0%，“改良すべき” 5%であった。「Sea Urchin Embryology」では“非常に理解しやすい” 17%，“理解しやすい” 83%，“多少理解しにくい” 0%，“改良すべき” 0%であった。「Plant Mitosis」では“非常に理解しやすい” 50%，“理解しやすい” 44%，“多少理解しにくい” 0%，“改良すべき” 6%であった。いずれの教材においても肯定的な評価が90%以上であったが、非常に理解しやすいという回答は「Plant Mitosis」以外は、20%以下となっており、ある程度理解できるものではあるが、非常にというほどまでにはいたっていないことが分かった。この点に関して、フィリピンにおける生物教育になじみのある材料があまり用いられていないために、材料や植物について理解が十分に得られなかったのではないかと考えられる。

本教材を実際にどう利用すべきかに関する結果は、グラフ5の通りとなった。「Plant Reproduction」では、“授業で用いる” が20名で最も多く、“参考資料として用いる” 16名、“観察実験で用いる” 13名、“研究に用いる” 11名、“サイエンスフェア” 6名の順となった。「Sea Urchin Embryology」でも、“授業で用いる” および“参考資料として用いる” が16名で最も多く、“観察実験で用いる” 12名、“研究に用いる” 10名、“サイエンスフェア” 6名の順となった。「Plant Mitosis」では、“授業で用いる” が21名で最も多く、“参考資料として用いる” 16名、“観察実験で用いる” 15名、“研究に用いる” 13名、“サイエンスフェア” 9名の順となった。

この結果から、いずれの教材も授業での利用が多く、さらに授業でも用いる資料として利用するという回答が多かったことから、授業に必要な情報が多く盛り込まれているということが裏付けられるものとする。特に、フィリピンの生物教科書はモノクロで図版に利用されているものは実物

を理解しにくいものであるため、この教材の画像などを利用することが主目的になっているのではないかと考える。観察実験での利用が3番目になっていることについては、フィリピンの学校現場の状況から、実験観察が行いにくいこと、さらに教材で取り上げられている材料がフィリピンに少な目の少ないものがあることも一因となっているのではないと思われる。この点については、フィリピンでの利用を考える上での改良点となると考えている。

以上の各項目の評価に加え、本教材の全体の評価を調べた結果、グラフ6の通りとなった。「Plant Reproduction」では“非常によい”48%，“よい”48%，“あまりよくない”4%，“悪い”0%であった。また、「Sea Urchin Embryology」では“非常によい”36%，“よい”64%，“あまりよくない”0%，“悪い”0%であった。「Plant Mitosis」では“非常によい”68%，“よい”32%，“あまりよくない”0%，“悪い”0%であった。この結果から、「Plant Reproduction」での評価より、後で開発した「Plant Mitosis」の方が比較的好い結果となっていることがわかった。にもかかわらず、「Sea Urchin Embryology」の評価が3つの中では一番低いものとなった。このことから、開発した順番による教材の枠組み改良の評価に加え、いかにフィリピンでの利用に活用できるかという教員の現実的な評価が現れているものと考えている。ウニという海産性動物を学校現場で入手することは非常に困難であり、それらを利用した教材や授業というのは展開が困難であるということが考えられる。

最後に、アンケート回答者より自由記述による意見を集計した結果、次のような回答が寄せられた。

“教材に取り上げられている植物をどこで見つけたらよいのか”

“フィリピンで普通に見かける材料で教材を作成して欲しい”

“この教材を利用する環境が現在の学校にはない”

“この教材で取り上げられている実験観察を教員研修で実施したい”

“この教材を観るためのパソコンが学校にない”

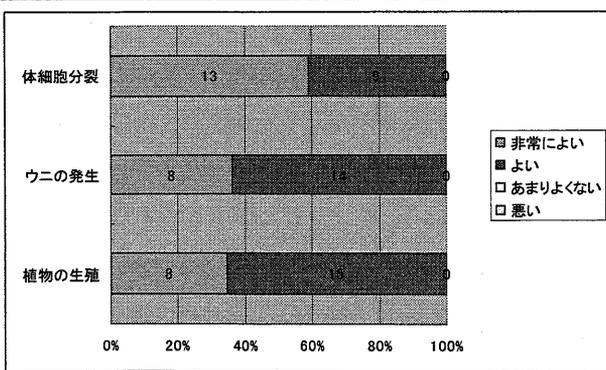
“実験に用いる試薬や器具などを入手したい・またはそれに関する情報が欲しい”

等の意見が多く挙げられた。

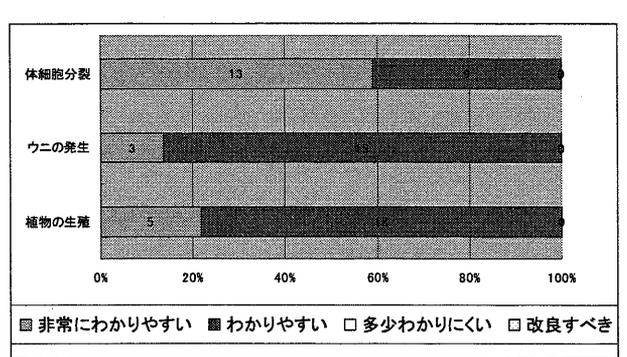
この回答から、本教材は授業で参考用に用いることには何ら問題はないが、実際の授業で実物を提示するためには、フィリピン国内で見出される植物が材料として取り上げられていないことが不満の要因になっていることが明らかとなった。また、実験観察の手順が詳細に記載されてはいるものの教員自身がそれらの実験観察を行ったことがないため、まず教員自身がその実験を体験したいという要望があることもわかった。

したがって、フィリピンにおいて、この手のCD-ROM教材がある程度の活用は考えられるが、その前の時点での活用方法についても考慮する必要のあることが分かった。

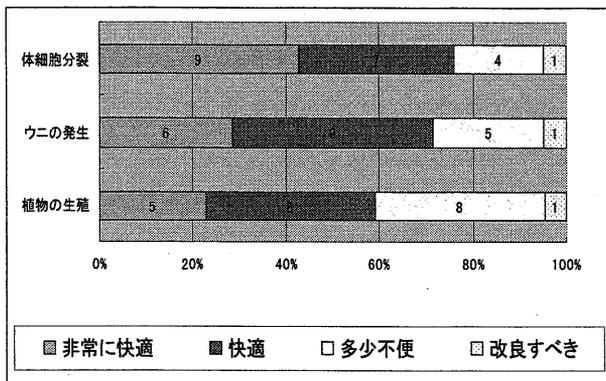
しかし、教員にとってこの種の教材を実際に目にする機会は初めてであったため、その点では従来の国内の教材と比較して、優れた点を有していることも事実であることもわかった。



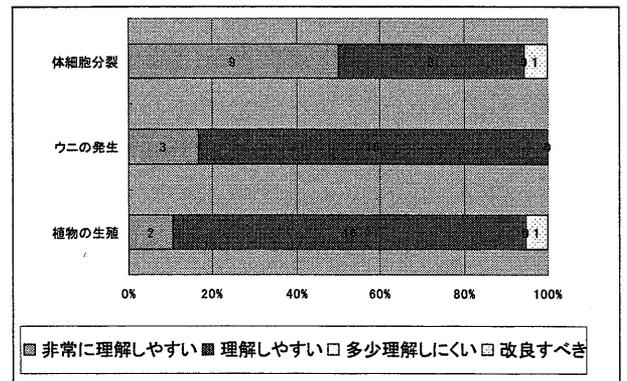
グラフ 1 教材の画像に関する評価



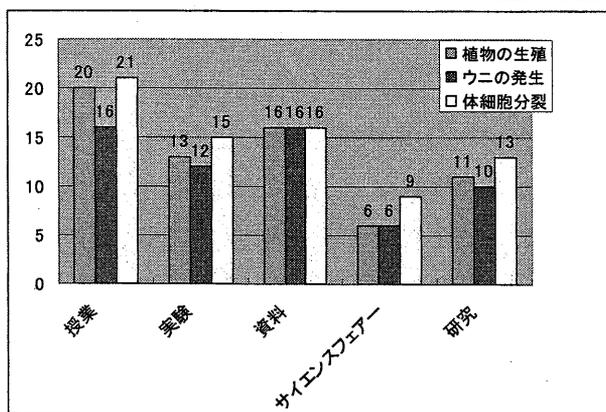
グラフ 2 教材の構成に関する評価



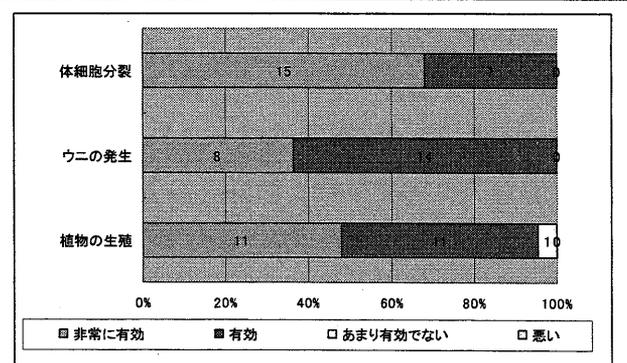
グラフ 3 教材の操作性に関する評価



グラフ 4 教材の理解度に関する評価



グラフ 5 教材の利用方法に関する結果



グラフ 6 教材の全体評価

7. まとめ

以上、見てきたようにフィリピン共和国は途上国として日本からの積極的な理科教育支援が行われてきており、形としては教育を重視するための制度やしくみが整いつつある。それらは教育制度やカリキュラムの改革に見られるように、理数科を中心として進められつつある。しかし、学校現場にいたってはまだまだそのような先進的な設備や人員などが行き届いておらず、実際は従来とさほど変わらない授業形態で授業が行われている。そのような環境の中、教員は積極的に教員研修に参加し、努力改善を行っている。本研究で開発した教材のような Web サイトや CD-ROM を用いた教材は学校現場におけるハードウェアの不足などによる活用が無いことについては若干問題点はあるものの全体的に教員からは受け入れられているということが判明した。今後、さらにこのような先進的なシステムを用いた教材を開発し、それらを利用・活用できるようしくみなどを充実する必要があるものと考えられる。このことについては、日本の JICA によるサテライト会議システムがフィリピン大学内に設置されており、日本からの利用も可能となっている。さらには、フィリピンは数百もの島からなる島国であるため、国内においてこのようなシステムが開発されれば、今以上に、教員が有効に活用できる教材や教育支援が行えるように鳴門考えられる。

引用・参考文献

アメリカ ファハリド・秋山幹雄, フィリピンにおける初等理科教育の現状. 1997. 理科の教育, 46(3), 181-183.

Biology Second Year High School General and Specific Competencies, 2003. Bureau of Secondary Education, Department of Education, Republic of the Philippines.

大隅 紀和, フィリピンの理科教育事情. 1999. 化学と教育, 47(12), 822-823.

Science and Technology I. Instructional Materials Corporation. 1989. Department of Education, Culture and Sports Republic of the Philippines.

Science and Technology II. Instructional Materials Corporation. 1990. Department of Education, Culture and Sports Republic of the Philippines.