

# 日産科学振興財団 理科／環境教育助成 成果報告書

回次：第 3 回 助成期間：平成18年11月1日～平成19年10月31日

テーマ： 発生生物学のパラダイムに基づくメダカの発生の授業

氏名： 林 慶一 所属： 甲南大学理工学部

## 1. 課題の主旨

小学校5年の「メダカの誕生」の単元は、義務教育において「動物の発生」を学習する唯一の機会である。しかし、現行の単元内容は、眼・心臓・背骨などの主な器官の形成に限定されており、発生生物学における「動物の発生は、受精→卵割→原腸形成(囊胚, 三胚葉形成)→神経形成→器官形成という共通の段階を踏んで進む」というパラダイムから見ると、初期発生の大部分を欠いている。高等学校で「生物 I」を選択してウニやカエルを素材にして発生生物学に沿った「発生の概念」を改めて学習する生徒は発生についての正しい考えを持つことができるようになるが、選択しない多くの子供たちは、小学校でのメダカでの学習に基づいて、「発生≒器官形成」という歪んだ理解のままになっているという深刻な問題が生じている。

そこで、本研究ではすべての国民が現在の科学から見て適切な「発生の概念」を獲得できるように、小学校の「メダカの誕生」の単元で、受精→卵割→原腸形成→神経形成の段階の内容を組み込み、「発生の概念」を正しく教える授業を構築しようという目標を設定した。

## 2. 準備

この目標を達成するため、本研究では次の3段階で研究を進めた。

- 1) 発生学のパラダイムから見たこれからの理科教育で教授すべき動物の発生に関する内容の抽出。
- 2) 1)の観点から見た現行の「動物の発生」の学習内容に付加すべき内容に関する教材と指導方法の研究
- 3) 2)をふまえた公立小学校における教育実践とそれに基づく評価。

## 3. 指導方法

### 1) これからの理科教育で教授すべき動物の発生に関する内容の抽出

発生学は、17世紀後半の記載発生学に始まり、19世紀末の実験発生学を経て、1950年代に発生生物学へと大きく変化し、1990年代に入って発生の諸現象を細胞分子生物学的なメカニズムで理解しようとする研究が主流になると、「ヒトからショウジョウバエまで、地球上の生物の形態形成のメカニズムの基本は、ほとんど同じである」という驚くべき事実を明らかにし、「発生」の概念そのものにも大きな転換をもたらした。そこでこの最新の発生生物学における「動物のパラダイム」を最新の大学レベルのテキストの内容等から探索し、これからの理科教育で教授すべき動物の発生に関する内容の抽出した。

### 2) 新規に導入する内容に関する教材と指導方法の研究

1)の内容を、小学校における「動物の発生」の学習の素材となっているメダカで教材化するには、夜明け前の交尾に始まり、藻に産み付けられるまでの間に初期発生のかなりの段階が終了してしまうという問題を解決しなければならない。このため助成金で購入した低温恒温器で1°C単位での発生速度の変化を調べて、任意の

授業時間に任意の発生段階を観察できる時間調整法を明らかにした。また、これらの内容は従来の内容と比較してかなり高度になり、従来の学習指導法では取扱いが困難である。そこで、児童が自力で乗り越えられない内容等についてはまず教師がやってみせるというモデリングを特徴とする新しい学習指導法を考案した。

### 3) 教育実践とそれに基づく評価

公立小学校に勤務する教師の協力を得て、2)の新しい学習内容と学習指導法を実践し、その有効性や問題点を検討した。

## 4. 実践内容

### 1) 実践校・日時及び指導者

香川県内の三豊市立箱浦小学校の5、6年生の複式学級を1クラスを対象に、平成19年7月17日の第3-4校時に、研究協力者である同校の林高司教諭の指導で実践した、筆者がビデオカメラで記録すると共に、一部の実験補助を行った。

### 2) 授業展開

#### (1) 受精

この段階では、ディスプレイ→産卵・放精→受精を観察させるが、これらは通常早朝に行われる。そこで、基礎ノン実験所にもあるように、前日に仕切りで分離しておいた♂と♀を、観察したい時刻に一緒にして観察した。

また、卵に精子が進入して融合する様子は、♂と♀の両方からの遺伝情報が一体となり、新たな組み合わせの遺伝情報を持った個体が誕生するという受精の本質的な意義があることから、直接観察はできないが、資料映像を用いて解説した。

#### (2) 卵割

卵割は、受精の約2時間後に始まる第1卵割から1時間ごとに進み、数時間のうちに個々の割球が見えにくくなる胞胚期にまで達する。そこで、(1)の受精の観察を1時間目に行い、その後毎授業時の最後に10分ほどを割いて観察する時間割を組んで、断続的に観察した。

午前9時に受精した卵は、水温25℃では6時間目には16細胞期にまで達し、一つの細胞が児童の想像を超える速さで分裂して数を増やしていく様子を、感動をもって確認できた。

#### (3) 原腸形成

原腸胚期は、数を増やしてきたものの外見上は違いの見られない細胞が、陥入によって大規模に移動・配置換えされて、将来体の異なる部分を作ることになる各胚葉を形成していく。分化の始まりと位置づけられる発生の重要な転換期である。

受精10時間後頃から始まる原腸形成期の卵を授業時間帯に観察させるため、前日に採集した受精卵を直ちに低温恒温器に入れて12℃で保存し、発生速度を1/2ほどに落とすことで翌朝ちょうど観察できるようにした。

魚類の原腸陥入は、胚盤の全縁で起こり、内側では動物極側へ向かって折りたまれるという立体的にやや複雑なものになる。児童が観察によってこの構造を把握するのは困難であり、教師が粘土でモデルを作りながら解説し、児童もまねて作ることで正しく理解させ、同時に教師が確認できるようにした。

#### (4) 神経形成

さらに2時間ほど後に、動物極のあたりから植物極の方へ向かって、神経溝ができる様子を観察した。この溝は将来頭部になる側が幅広く、児童にも体のもとができはじめたことが確認できる。

また、この溝が閉じてできる脳と神経は、体の組織の中で最初に形成され、以後の各部のより複雑な器官形成を誘導することを解説した。そして、従来から扱われている眼や心臓などの器官形成の観察につなげた。

## 5. 成果・効果

1. 発生に関する研究の歴史と現代の発生のパラダイムを明確にした結果、現代では小学校における

発生の学習においても、受精→卵割→原腸形成(囊胚, 三胚葉形成)→神経形成の段階の内容を付加する必要性を明確にした。

2. 小学校における動物の発生の教材であるメダカは、低温恒温器に移して保管することにより、受精から器官形成までのいずれの段階においても発生速度を大幅に遅らせることが可能であることがわかった、より低温、またより長期間に及ぶ保管になるほど死ぬ個体が増えるが、12℃ならば1週間後の生存率は約 80%であった。本学習内容は多くても3時間/1週でほぼ完了できるので、これだけの生存率であれば、若干のバックアップ用の卵を確保しておくことで初期発生を観察できることになる。そこで実際に予備実験を行い、受精直後の卵を採集して低温恒温器に入れて発生の進行を遅らせて、観察する 30 分ほど前に常温に戻して発生を進行させ、次の時間の観察まで再び低温恒温器に入れて保管するという方法で、発生のすべての段階を任意の授業時間に観察させることが可能であることを明らかにした。授業実践においても、この面では基本的な問題はないことが確認された。
3. 筆者等が考案した上記の授業案は、難しい操作を教師が最初はやって見せたり、理解がやや難しい胚の立体的な構造を子供に粘土で立体的なモデルを制作させるというような指導法 (=モデリング) を特徴としていたが、授業実践ではハードルの高い場面でこれが有効に機能したことがわかった。

以上の結果、小学校におけるメダカを素材とした「動物の発生」の学習を、発生生物学における動物の発生に沿った概念として学習させられる見通しが立った。

## 6. 所 感

科学の中でも特にめざましく発展している領域では、近年になって大きなパラダイムシフトの起こった分野がある、パラダイムとはその分野の研究者たちが、根底において共有する基本的なものの見方や考え方であるから、これが変わってしまった場合は、理科教育の対応する単元の内容の再検討が必要である、今回助成いただいた研究によって、このような科学のパラダイムシフトに際して、学習内容をどのような考え方・方法で見直せばよいのかを例示することができたのではないかと考えている。

## 7. 今後の課題や発展性について

小学校の各単元の内容は、長期にわたってほとんど変更されることなく取り扱われてきているが、今回メダカの発生で行ったように、現代の科学の各分野におけるパラダイムから見直してみると、陳腐化してしまっているものが少なからず存在することが見えてきた。そのうち、5年生の「流れる水のはたらき」については、福岡市の小学校の先生とすでに研究を始めており、4年生の「電気のはたらき」については東京都の小学校の先生と共同研究・実践の計画を協議している。大きく発展させることのできる研究であったと言える。

## 8. 発表論文、投稿記事、メディアなどの掲載記事

### 口頭発表

1. 林 慶一：理科の新しい学習指導法の提案。国際教育学会，第2回総会，研究発表，京都大学，2007年8月

