

令和 6 年 5 月 23 日現在

機関番号：14101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2021～2023

課題番号：21K02603

研究課題名(和文) 小型魚類を用いた次世代に対応する生命科学教育プログラムの開発

研究課題名(英文) Development of a life science education program for the next generation using small fish

研究代表者

後藤 太一郎 (GOTO, Taichiro)

三重大学・教育学部・特任教授(教育担当)

研究者番号：90183813

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,700,000円

研究成果の概要(和文)：学校教育課程における小型魚類の飼育観察をもとに探究的なプログラムを開発し、「人体に関する学習」の教育的効果を検証し、新たな生命教育プログラムを提案することを目的としている。モバイル顕微鏡を用いたメダカ胚の観察方法と仔魚の心臓拍動の観察と薬理実験を開発した。メダカ稚魚やゼブラフィッシュを用いた心臓拍動に関する実験を開発した。開発した実験を小学校や高等学校で実践することで、これらが児童・生徒の探究的な活動となることを示した。さらに、日本や海外(ニュージーランド、ベトナム、シンガポール)の教員研修および大学教員養成授業においてワークショップを実施することによって、本研究教材の普及を推進した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

メダカを用いた観察実験は学習指導要領でも扱われ、国内では小中学校、高等学校においても授業実践が多く報告されている。しかしながら、生きた動物を扱う活動は定性的な観察にとどまり探究型になっていない。本研究では、モバイル顕微鏡を活用した心拍数の計測やアドレナリンやアドレナリン受容体遮断薬の投与など薬理実験による拍動の変化を調べる学習教材を提供し、それらが児童・生徒の高い関心を喚起し探究的な学びを引き出すことが明らかとなった。これらの学習教材は国外においても画期的なものであり、4カ国の教員・大学生におけるワークショップを実施することによって、その効果を確認することが出来た。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this project is to develop an exploratory program based on the observation of raising small fish in school education, to verify the educational effects of "learning about the human body," and to propose a new form of life education.

We developed a method for observing medaka embryos using a mobile microscope, observation of the heartbeat of larval fish, and pharmacological experiments.

By putting the developed experiments into practice in elementary schools and high schools, we showed that they can serve as exploratory activities for students. Furthermore, we promoted the dissemination of this research material by holding workshops in teacher training and university teacher training classes in Japan and overseas (New Zealand, Vietnam, Singapore and Germany).

研究分野：生物学教育

キーワード：生命教育 メダカ 心臓 モバイル顕微鏡 ICT

1. 研究開始当初の背景

初等中等教育における生命領域の教育において、学習者自身、すなわち“人の体”に関する学習は中核といえる。学習指導要領の中で、「動物の誕生」や「動物の体のつくりと働き」については小中学校理科、高校の生物基礎をはじめ、保健における健康や家庭科における授業でも扱う。そのために、図や写真、模型、映像、CG、VRなど多くの教材が開発されている。自然科学の学習の中で実物を扱うことは重要であり、人を含む脊椎動物の原型である魚類は最も入手と取り扱いが容易であることから、研究材料としてはもちろん、教材生物として用いられている。特に小型魚類であるメダカは明治時代から日本で研究材料として利用され、小学校理科第5学年の単元「動物の誕生」や、第6学年の単元「血液の流れ」では、教科書で教材生物として扱われている。

小型魚類を用いた教育活動としては、世界的にはメダカ以外に「ゼブラフィッシュ」が研究で用いられていることから、国外ではこれを扱う研究者が団体を作りアウトリーチ活動として胚発生の観察プログラムがある他、近年ではゼブラフィッシュが人体を理解するためのモデル動物として基礎医学分野で重要であることを伝えるプログラムが、幼稚園児から高校生に対応して考案されている。世界的に小型魚類を人体の学習に取り入れることが推進される中で、日本の学校教育課程におけるメダカの飼育観察は先駆的な活動である。しかし、生命を尊重する態度を育てることが主な目標とされ、生命科学の学習に十分につながっていないことが課題となっている。

2. 研究の目的

本研究は、これまでに行われているメダカを用いた定性的な観察をもとに、ICTを活用した定量的な観察や実験に発展させるプログラムの作成と実践を行い、小型魚類を用いた観察実験が私たち脊椎動物の理解をはじめ、生命科学への関心や科学的リテラシーに寄与することを明らかにすることを目的としている。このために、生命倫理を踏まえた実験動物の取り扱い方をはじめ、ICTを活用した記録と計測から、データ分析と画像解析の手法を取り入れたプログラムを考案する。教育現場でのプログラム実践を通じて、児童生徒の理解や生命科学分野への研究意欲に関する調査を行い、プログラムの有効性を評価・分析する。

また、海外における実践を調査するとともに、教員養成大学における授業および教員研修の場において、これらの観察実験ワークショップを実施する事によって、本研究の有効性を検証するとともに、開発教材の普及を促進することを目的とする。

3. 研究の方法

本研究では、以下のことを行うために、小型魚類を用いた研究を専門とする生命医学分野の教員、ICTやものづくり教育を専門とする技術分野の教員、評価法を含めた理科教育法を専門とする教員が研究分担者となり、以下の観察実験教材を開発し、小学校、高等学校において授業実践を行いその有効性を検証するとともに、教員研修の場においてワークショップを行うことで、本教材の普及を図る。

小型魚類を用いた観察法の開発

メダカの稚魚や成体の体内を観察するために、実験動物を扱う上で生命倫理に基づいてメダカを扱うための長時間の観察を可能とする観察容器、およびタブレットで観察するための観察装置の開発を行う。また、これまでに選抜飼育してきた体内の器官を観察できる透明な体をもつメダカを用いた観察実験を開発する。

ICT機器および画像解析や行動解析を導入した実験の開発

メダカの胚や稚魚の観察実験としては、「命」を実感できる心臓の拍動と血流に着目し、血流速度や心拍数を指標とした体の環境応答を定量的に測定して生体機能を考察するための実験プログラムを作成する。ゼブラフィッシュを用いた薬理学研究における画像解析に基づく定量分析法を導入する。心臓の拍動については、人の心臓の拍動調節の学習に発展させるために、メダカを用いた心電図測定実験プログラムを作成する。

教育現場におけるプログラムの実践と評価

観察実験プログラムの児童生徒に対する実践は、科学技術振興機構（JST）の支援事業である「ジュニアドクター育成塾」において、小学校高学年から中学生の受講生40名を対象とした試行的な実践を行う。高校での実践については三重県内のSSH校（スーパーサイエンス・ハイスクール）の協力を得て授業実践を行う。

海外における研究動向調査およびワークショップの実践

研究協力が得られる海外研究機関として、ニュージーランドオークランド大学、ホーチミン市師範大学およびシンガポール国立教育学院に出向き、現地教員への生命教育に関する聞き取り調査を行うとともに、メダカ胚の観察実験ワークショップを実践し、その実用性・有効性を検証する。

4. 研究成果

2021年度は、モバイル顕微鏡を用いたメダカ胚の観察方法の開発と小学校での授業実践、およびメダカやゼブラフィッシュの仔魚の心臓拍動の観察と薬理実験の開発と小中学生を対象とした授業実践を行った。

小学校におけるメダカ胚の観察は解剖顕微鏡や実体顕微鏡を用いて行われるが、一台の顕微鏡を複数の児童で利用するために十分な観察ができないことが多いが、開発したモバイル顕微鏡をiPadのインカメラに装着することでメダカ胚を明瞭に観察できることから、三重大学教育学部附属小学校の協力を得て、一人一台のモバイル顕微鏡によるメダカ胚観察の授業を行った。児童は写真や動画を記録して見返し、さらに疑問箇所の観察を繰り返し、メダカ胚の細部まで観察できた。特に心臓の位置や血流について理解を深めることができた。

学校教育の中で、メダカのふ化直後の仔魚を観察することはほとんど行われていない。モバイル顕微鏡を用いることでメダカ仔魚を腹面から観察できるため、腹側に位置する心臓の拍動を明瞭に観察することができた。そこで、心臓の拍動調節を調べるために、アセチルコリンやアドレナリンの投与による拍動の変化を調べた。そして、高校生物「体内の調節機構」における実験として容易に導入できるものであることを示した。また、ゼブラフィッシュの仔魚は動きが少ないことから、拍動の観察が容易である。小中学生20名を対象とした実験講座で、ゼブラフィッシュ仔魚の拍動数を指標としたと薬理実験を行った。拍動数の変化から、投与した薬物がどのような影響をもたらすか考察する探究的な活動となることを示した。

2022年度は、メダカ稚魚を用いた心臓拍動に関する実験の開発、教員研修での紹介、メダカ稚魚を用いた心臓拍動を取り入れた小学校および高校での授業実践、および、海外におけるメダカ胚の観察に関するワークショップの実施を行った。

開発したモバイル顕微鏡を用いることで、メダカ稚魚の心臓を観察することができたことから、すべての校種でメダカ稚魚を用いた心臓拍動の観察・実験を行うための条件について検討した。稚魚を入れるチャンパーを工夫し、観察に適したサイズを調べたところ、体長6~9mmほどで、拍動と血流を明瞭に観察できた。また、心臓の拍動調節を調べるために、アセチルコリンやアドレナリンの投与、およびアドレナリン受容体遮断薬であるプロプラノロールによる拍動の変化を調べ、適切な濃度を求めた。

これらの実験結果をもとに、小学校における授業実践として、「メダカの胚と稚魚ではどちらの心拍数が多いか」をテーマとして行った。予想、観察、考察から、児童が心臓の働きを理解し、ヒトの心臓に興味が発展した。また、高校における授業実践では、神経伝達物質による心拍数の変化を確認することができた。授業の様子や実践に用いたワークシートの記述の分析の結果から、メダカ稚魚の拍動調節実験について肯定的な意見が多かった。しかし、稚魚の取り扱いに馴れていないことから、観察チャンパーに稚魚を入れる過程で稚魚を弱らせてしまうこともあった。授業実践から、動物の生命活動の定量的な観察実験による具体的かつ詳細な分析過程を取り入れる実験であり、児童生徒が現実感をもって取り組むものであることが示された。

2023年度は、ホーチミン市師範大学およびシンガポール国立教育学院に出向き、メダカ胚の観察に関するワークショップを実施し、本研究教材の普及を推進するとともに、海外でのSTEAM教育事情の調査を行った。また、ハンブルグ日本人学校において、メダカの飼育状況と授業実践の視察を行った。さらに、高大連携活動として、ゼブラフィッシュを用いた観察実験を行った。

海外においても、メダカ胚を用いた観察実験はそれほど普及しておらず、モバイル顕微鏡を用いた観察実験により、直接的にメダカの生命活動を観察記録することができ、教員間で実験結果を共有し議論することを可能とすることが明らかとなった。また、保冷パックでも生きたままメダカ胚を空輸でき、常温に戻すことで観察実験が可能となることが証明された。

本研究を通して得られた成果は、学会発表8件、研究論文5編にまとめ報告している。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計5件（うち査読付論文 0件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 水谷友美・深澤慎吾・後藤太郎	4. 巻 74(1)
2. 論文標題 心電図測定を取り入れた高校生物における「心臓の活動調節」の学習	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 三重大学教育学部研究紀要	6. 最初と最後の頁 29-34
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 後藤太郎・大西雄大・前田昌志	4. 巻 74(2)
2. 論文標題 小学校におけるメダカ稚魚を用いた心臓の観察に関する実践的研究	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 三重大学教育学部研究紀要	6. 最初と最後の頁 9-14
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 後藤太郎・式井俊・前田昌志	4. 巻 73
2. 論文標題 実体顕微鏡レベルの観察に適したモバイル顕微鏡の開発とその有用性	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 三重大学教育学部研究紀要	6. 最初と最後の頁 9-14
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 前田昌志・後藤太郎	4. 巻 73
2. 論文標題 探究するコミュニティが問題を科学的に解決する授業 - 「メダカの誕生」の授業事例 -	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 三重大学教育学部研究紀要	6. 最初と最後の頁 335-343
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 守山紗弥加・松本金矢・後藤太郎	4. 巻 74
2. 論文標題 三重ジュニアドクター事業におけるメンター活動を通じた学生の学び	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 三重大学教育学部研究紀要	6. 最初と最後の頁 69-76
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計8件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件)

1. 発表者名 後藤太郎・大西雄大・前田昌志
2. 発表標題 メダカ稚魚を用いた心臓の観察
3. 学会等名 日本理科教育学会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 大西雄大・後藤太郎
2. 発表標題 メダカ稚魚を用いた心臓の拍動調節
3. 学会等名 理科教育学会東海支部大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 森 理一・松本金矢・後藤太郎
2. 発表標題 メダカの視運動反応を調べるための実験装置の開発
3. 学会等名 理科教育学会東海支部大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 生川雄大・後藤 太一郎
2. 発表標題 メダカを用いた脾臓の収縮と運動量に関する研究
3. 学会等名 理科教育学会東海支部大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 後藤太一郎・大西雄大・深澤健吾
2. 発表標題 メダカ稚魚を用いた心臓の拍動調節の観察実験
3. 学会等名 日本生物教育学会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 生川雄大・後藤 太一郎
2. 発表標題 メダカを用いた運動と脾臓の収縮に関する研究
3. 学会等名 日本生物教育学会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 後藤太一郎・式井俊・前田昌志
2. 発表標題 モバイル機器を活用した実体顕微鏡レベルの観察と観察器具としての有用性
3. 学会等名 日本理科教育学会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 後藤太郎・式井俊
2. 発表標題 実体顕微鏡レベルの観察に適したモバイル顕微鏡の開発
3. 学会等名 日本生物教育学会
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 後藤太郎	4. 発行年 2021年
2. 出版社 大日本図書	5. 総ページ数 8
3. 書名 一人一台時代のタブレット顕微鏡	

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	松本 金矢 (MATSUMOTO Kin-ya) (10239098)	三重大学・教育学部・教授 (14101)	
研究分担者	西村 有平 (NISHIMURA Yuhei) (30303720)	三重大学・医学系研究科・教授 (14101)	
研究分担者	荻原 彰 (OGIHARA Akira) (70378280)	三重大学・教育学部・教授 (14101)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関			
ニュージーランド	オークランド大学			
ベトナム	ホーチミン市師範大学			
シンガポール	国立教育学院			
ドイツ	ハンブルグ日本人学校			