

令和 2 年 5 月 29 日現在

機関番号：13301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2019

課題番号：16K00955

研究課題名(和文) 初等教育における受精と発生の効果的な教材開発

研究課題名(英文) Effective teaching device for learning animal fertilization and development in primary education.

研究代表者

浦田 慎 (Urata, Makoto)

金沢大学・環日本海域環境研究センター・連携研究員

研究者番号：20379283

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、小学校理科単元である「人のたんじょう」の学習を効果的に行い、命の大切さについて体験的に学べる教育環境を構築するため、ノコギリウニの飼育体制を確立し、周年にわたり卵と精子の受精の瞬間を観察可能とした。また、保存した精子を用いたDNA抽出や解析実験を取り入れることにより、受精の本質的要素である遺伝情報の継承と、その実態の理解を可能とするプログラムが構築できた。これらを組み合わせて実践することにより、生命のつながりを体験的に学べる総合的教育プログラムが成立した。これは単一の動物により学校教育で実施可能なものとしては、現在唯一のものと考えられる。

研究成果の学術的意義や社会的意義

新学習指導要領においては、教科等横断的な学習や「主体的・対話的で深い学び」の充実、そして学習効果の最大化を図る「カリキュラム・マネジメント」の確立が求められている。本研究は、生きた配偶子を用いた実験や観察、DNA抽出や解析実験を取り入れ、生命誕生の仕組み、受精の本質的要素である遺伝情報の継承と、その実態の理解を体験的に学べるプログラムを確立するとともに、その周年実施を可能とした。これは学校教育での「主体的・対話的で深い学び」「カリキュラム・マネジメント」の実施・推進のうえで大きな意義を持つと考えられる。

研究成果の概要(英文)：This study established a educational program for elementary school children by sea urchin *Prionocidaris baculosa*, the fertilization of sperm and egg could be demonstrated whole year, which make them to learn the importance of animal life history experientially. In addition, DNA extraction and analysis experiments using stored their sperm were performed with observation of their fertilization. This program enables inheritance of genetic information, which is an essential element of fertilization, and understanding of its actual condition was constructed. This is currently considered the only one that can be implemented in school education with a single animal species.

研究分野：理科教育

キーワード：受精 理科教育 DNA 飼育 海洋教育

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

(1) 受精の瞬間と、そこからスタートする初期発生、すなわち「未分化の細胞から細胞分裂をへて体の基本的な構造が形成される」過程は、動物の生殖と形態形成のもっとも重要かつ基礎的なイベントである。特に、人工的な幹細胞や再生医療がいよいよ身近なものになりつつある今日においては、これら初期発生のイベントに、正確な基礎知識を持つことが求められる。しかしながら、魚の場合も植物の場合も、既存の実験用教材では受精の瞬間を観察することはできない。魚についてはメダカが用いられるが、受精卵から細胞が分裂し、体ができてくる過程も、ほとんど観察不能で、形態が視認できるのはようやく稚魚の形になってからである。

(2) このような初等教育の現状に対し、高等教育では、ウニの発生過程の観察が、受精や初期発生を学ぶ際の定番となっている。ウニの発生は、受精の瞬間と卵割を容易に観察でき、また16細胞期に細胞の大きさの差が外見的に観察可能となる。中割球、大割球、小割球の子孫細胞は、それぞれ体の外側、消化管、その間の骨となる。これは、単純な一個の細胞から、複雑な体が形作られるイメージを非常にシンプルなかたちで提示するモデルと見なすことができ、初等教育においてはむしろ理想的と考えられる。

### 2. 研究の目的

本研究は、小学校理科で主要な単元の一つである「人のたんじょう」の学習を効果的に行う教材の開発を行い、命の大切さについて体験的に学べる教育環境を構築することが目的である。

受精の瞬間と、そこからスタートする初期発生過程は、動物の生殖と形態形成のもっとも重要かつ基礎的なイベントである。特に、人工的な幹細胞や再生医療が話題になる今日においては、これら初期発生のイベントに、正確な基礎知識を持つことが求められる。

しかしながら、既存の実験用教材では受精の瞬間を観察することはできない。ウニ類は卵と精子の受精の瞬間を容易に観察できる点で、非常に優れた実験用教材である。しかしウニは成熟する時期が限られるため、周年使用できないという欠点がある。そこでウニ類の中でも、ノコギリウニに着目して、その人為的な成熟誘導と成熟個体の長期的な授業への提供を試み、教材としての効果を検証するものである。

### 3. 研究の方法

#### (1) 飼育装置の検討

ウニの飼育には、臨海実験施設などの流水を用いるのが理想的であるが、教材としての利用を考えた場合、より一般的な環境下で一定期間飼育できるのが望ましい。従って、閉鎖循環系で飼育装置を構成することを考えた。ノコギリウニは餌を与えるのが比較的容易で、摂食の確認も可能である。一方で大型であるため、大型の水槽を設置する必要がある。閉鎖循環水槽でどの程度飼育可能か検証はないため、なるべく大型の濾過層をそなえ能力的に余裕のある飼育装置を設置した。追加水槽の設置が施設の都合で困難だったため、既存の水槽を改造し、半閉鎖循環水槽として経過を観察した。

(2) ノコギリウニの採集・確保は、熊本県天草で漁業者から行い、空輸した。

(3) ノコギリウニの飼育と成熟誘導の試行については、一定温度で飼育し、対象となる全個体に餌を与え、一個体ごとを個体識別して約一ヶ月ごとにアセチルコリン注射により成熟度を検定した。また飼育下での死滅等をチェックし、安定的な飼育体制を検討した。

(4) 小中学校の授業等で、ノコギリウニの成体や胚の観察を行い、効果的な教材化を検討した。

### 4. 研究成果

#### (1) 飼育装置の検討と投餌

安定的に実験用個体を維持するため、大型の濾過層をそなえ能力的に余裕のある飼育装置を設置した。追加水槽の設置が施設の都合で困難だったため、既存の水槽を改造し、半閉鎖循環水槽として経過を観察した。飼育に関する基礎的な情報が乏しかったため、摂餌と性成熟について、観察、計測を実施した。複数の餌を与えた結果から、本種はカイメン類、コケムシ類、ヨツアナカシパン、ムラサキイガイ、弱った甲殻類などを食べる一方で、シロボヤ等の単体ボヤ、ムラサキウニ、ニホンクモヒトデ、フジツボは積極的に摂食しないことが示された。また、一個体あたりの摂餌量は一月あたりムラサキイガイで2~3個であることが示された。この結果に従い、保温飼育時には冷凍ムール貝を週一回一個ずつ与えるのを標準としたが、成熟率が著しく悪化した3年目以降は2個に増やして与えることとした。その後成熟率が改善したため、餌量との相関性がある可能性が示された。

#### (2) 採集と集団遺伝的確認

ノコギリウニの採集・確保は、2回にわたって熊本県天草で漁業者から行い、空輸した。輸送中の死亡はなかった。各個体からDNAを抽出し、18SrDNA ミトコンドリア 16SrDNA の部分配列

を比較した結果からは、遺伝的多形や隠蔽種の存在は示されなかった。

### (3)飼育条件と成熟率

ノコギリウニの飼育と成熟誘導の試行については、一定温度で飼育し、対象となる全個体に餌を与え、一個体ごとを個体識別して約一ヶ月ごとにアセチルコリン注射により成熟度を検定した。また飼育下での死滅等をチェックし、安定的な飼育体制を検討した。全期間通しての成熟率は個体レベルでは0-30%程度で、約30個体の集団としては70%程度である。3年目の不調の期間を除けば数値はもう少し高く見積もられる。個体の年間死亡率は平均約20%であった。

### (4)教育現場での実践

のべ19件の小中学校の授業や小中学生の教育活動で、ノコギリウニの成体やウニ胚の観察を行い、効果的な教育プログラムとして確立させた。また、最終年度には、保存した精子を用いたDNA抽出や解析実験を取り入れて、受精の本質的要素である遺伝情報の継承と、その実態の理解を可能とするプログラムが構築できた。これらを組み合わせて実践することにより、生命のつながりを体験的に学べる総合的教育プログラムが成立した。これは単一の動物により学校教育で実施可能なものとしては、現在唯一のものと考えられる。

当初は受精実験のみを目的と想定していたが、本種の大きな体や、視認しやすい構造は、児童生徒の海洋動物への興味関心を高めるきっかけとなるとの指摘を現場教員から受け、生活科の授業で成体を観察用に用いる事例もあった。また金沢海みらい図書館での展示企画も例年行われ、比較的丈夫で長く生きる本種の成体が教材として利用できることが示された。また本種の出す多量の精子は、クラスの児童生徒全員が自分の手でDNA抽出体験を可能とするものであり、常温で実験可能な点も含め利点が明らかとなった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2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 浦田 慎・松本京子・清元正人・松原道男・鈴木信雄	4. 巻 48
2. 論文標題 能登町の小学校授業におけるウニの発生実験の活用	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 日本海域研究	6. 最初と最後の頁 1-8
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 有
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 Yamazaki Atsuko, Morino Yoshiaki, Urata Makoto, Yamaguchi Masaaki, Minokawa Takuya, Furukawa Ryohei, Kondo Mariko, Wada Hiroshi	4. 巻 147
2. 論文標題 pmar1/phb homeobox genes and the evolution of the double-negative gate for endomesoderm specification in echinoderms	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Development	6. 最初と最後の頁 182139 - 182139
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1242/dev.182139	査読の有無 有
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6件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 浦田 慎, 清本 正人, 松原 道男, 鈴木 信雄
2. 発表標題 能登町の小学校授業におけるウニの発生実験の活用
3. 学会等名 平成30年度 日本理科教育学会北陸支部大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 浦田 慎, 木下靖子, 鈴木信雄, 谷内口孝治, 早川和一
2. 発表標題 能登里海研究所「里海科」の取り組み
3. 学会等名 能登の海洋教育シンポジウム
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 木下靖子, 浦田 慎, 鈴木信雄, 谷内口孝治, 早川和一
2. 発表標題 能登里海研究所「里海科」の取り組み
3. 学会等名 日本動物学会中部支部大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 浦田 慎, 木下靖子, 鈴木信雄, 谷内口孝治
2. 発表標題 学校現場における海洋教育の新たな展開-能登モデルと水生生物の教材化-
3. 学会等名 平成29年度東京大学大気海洋研究所共同利用研究集会-水族館の展示と研究。その相互作用を探る
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 浦田 慎, 木下靖子, 鈴木信雄, 谷内口孝治, 屋敷 恵, 加賀 浩
2. 発表標題 能登町(石川県)の海洋教育と「能登モデル」-海に親しみふるさとにほこりと愛着を持つ児童の育成-
3. 学会等名 第5回全国海洋教育サミット
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 浦田 慎, 山崎敦子, 清本 正人, 山口 正晃, 鈴木 信雄
2. 発表標題 ノコギリウニ <i>Prionocidaris baculosa</i> の飼育と教材化の試み
3. 学会等名 日本動物学会中部支部大会
4. 発表年 2016年

〔図書〕 計0件

〔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	山口 正晃  (Yamaguchi Masaaki)  (60182458)	金沢大学・生命理工学系・教授    (13301)	