

# 操作技能の向上を目指す汎用型実験キットの開発 — 微生物の行動特性を題材として —

Development of the alternative laboratory kit  
to improve the experimental skills

— Observation of the migration behavior of microorganisms —

環境教育学科 宮本 康司 中川 僚子 茂木 もも子

## 1. はじめに

2015年、国連総会においてSDGs（持続可能な開発目標）が採択された。これにより我が国の学校教育では、ESD（持続可能な開発のための教育）が再認識され、学習指導要領には主体的・対話的で深い学びや生きる力の育成に加え、「持続可能な社会の創り手となることができるようにする」ことが示された。

環境教育と関わりの深い理科では、教科目標を（1）自然の事物・現象についての理解を図り、観察・実験などに関する基本的な技能を身に付けるようにする、（2）観察・実験などを行い、問題解決の力を養う、（3）自然を愛する心情や主体的に問題解決しようとする態度を養う、としている。しかし、目標のひとつである実験技能について全国学力・学習調査結果では、小学生の適切な実験操作技能に関する知識の定着に課題があることが明らかとなった。また、川端ら（2010）は、理科だけでなく他の教科においても、道具を使う際の児童生徒の手指の巧緻性が年々低下している傾向があるとしている。さらに片山（2018）は、理科が専門でない小学校教員は、在学中に習得していない実験技能があること、その結果として児童への指導に不安を抱えていることを報告している。

教科全体として実体験が重要視される中、理科では一般的に教材会社により開発された各種機材や実験キットが活用されている。しかしながら、単元に特化したパッケージ教材は汎用性が低く、また特殊で高価なものも少なくない。一方で、我が国においては小学校段階からプログラミング教育が導入されることとなるが、諸外国では米国に端を発するとされるSTEM（Science, Technology, Engineering and Mathematics）教育が注目されつつある。我が国でもSTEM教育が推進されていくとすれば、先行するプログラミング教育を追随するかたちで今後、理科や技術など多分野統合の重要度が増すことが予想される。現行の理科単元で環境学習に関わりのある題材では、例えば微生物の観察が児童の理科に対する興味関心に好影響を与えることが明らかとなっている（宮本ら、2016）。しかし、教材微生物は入手が困難な場合が多く、加えて小学校・中学校では微生物の形態的な観察や分類といった内容にとどまり、行動を扱うことは多くない。

これらの背景を踏まえ、教職課程履修者も多く在籍する環境教育学科の学生を対象に、純粹培養した教材微生物の行動特性実験を通して、学生一人一人が総合的な操作技能を習得するための実験キットを開発することとした。併せて指導用マニュアルを開発し、実験操作前における補足説明が実験結果に与える影響について考察した。

## 2. ゾウリムシ重力走性実験の開発

### (1) ゾウリムシの培養

教材微生物として、肉眼でも個体が確認でき培養が比較的簡単なゾウリムシを使用することとした。ゾウリムシの培養には、ワラ汁やレタス汁、茶などを用いる方法があるが、本実験では短期間に多量のゾウリムシ培養液の準備が必要であること、また、培養液中の浮遊ワラ片などがゾウリムシの運動を妨げる可

性能があることなどから、市販の整腸剤（エビオス錠；アサヒグループ食品）を用いた培養法を採用した。

- ① 市販のミネラルウォーター（ボルビック；キリンビバレッジ）500mlにエビオス錠1錠を溶かして培養液とした。
- ② ①に種ゾウリムシ液を約5ml添加し、密閉しないようアルミホイルでフタをした。
- ③ アルミホイルで容器全体を包んで遮光し、室温で直射日光の当たらない所に1週間静置した。

## （2）実験キットの開発

学校理科でもよく扱われるゾウリムシの重力走性（鉛直方向の行動特性）を解明するための実験操作方を身に付けることを目的とし、シリンジ付きガラス管とスタンドのキットを開発した。

丸岡ら（2004）はφ4mmのガラス管と既製品スタンド、ダブルクリップなどを用いた班ごとのゾウリムシ重力走性実験を報告しているが、本研究ではより多くの学生が実際の組み立てや実験操作を体験できるように、2人1組で実験を行うこととし、ホームセンターなどで安価に購入できる部品を利用して、組み立て分解収納可能なスタンドを開発した。表1にキット材料、図1にキット完成図、図2に収納時の状態を示す。なお、1セット当たりの費用は約650円であった。

表1. キットの材料

	品名	仕様	個数
ガラス管 シリンジ 付き	ガラス管	φ3mm 長さ35cm	1
	シリンジ	10ml	1
	ゴム管	φ4mm 40mm	1
	洗濯バサミ	二股のもの	1
スタンド	ブックスタンド	側面に穴がないもの	1
	工作材	900mm×10mm×15mm	1
	フリープレート	15mm×400mm	1
	ジョイント金具	背板止	2
	タッピングなべ（ネジ）	4mm×10mm	5
	タッピングなべ（ネジ）	4mm×12mm	2
	丸座金	4mm×12mm	5

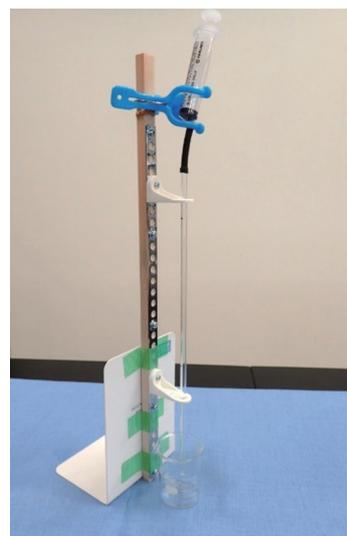


図1. シリンジ付きガラス管とスタンド

## 3. ゾウリムシ重力走性実験の試行

学生に指導マニュアルを配布し、クラス全体で組み立てや操作方法を確認した。また、実験操作前の補足説明が実験結果に与える影響を調べることを目的とし、操作⑤について補足説明を行うグループAと、行わないグループBを設定し、それぞれ実験を行った。

＜試行期間＞ 2019年6月

＜対象＞ 環境教育学科3年生

グループA 40名（20実験）

グループB 34名（17実験）



図2. キット収納時（24セット）

(1) 当該授業のタイムテーブル

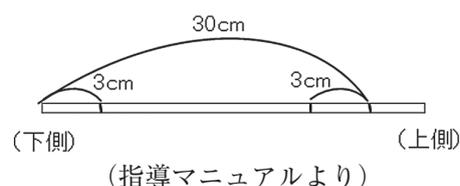
表2に、ゾウリムシ重力走性実験のタイムテーブルを示す。初めに、実験の概要を説明後、班ごとに、使用するゾウリムシの個体数を計数して密度を把握し、スタンドの作成、汲み置き水を用いた操作練習、本操作の順に実験を行った。本操作後は、各班の結果を板書し、全体の結果に対して学生と教員で考察する形式とした。

表2. 当該授業のタイムテーブル

時間(分)	内容	詳細
5	実施内容の概要説明	ゾウリムシを使用した重力走性実験を行う旨を伝える
25	ゾウリムシの個体数把握	実験に用いるゾウリムシの培養液中の個体数のカウントを行う(実体顕微鏡)
20	スタンド作成	スタンド作成の説明およびスタンドの作成
20	汲み置き水での練習	汲み置き水を用いてガラス管から培養液を滴下する練習を行う
10	本操作に向けてゾウリムシを調整	実験に用いるゾウリムシをピーカー内に入れ個体数の調整を行う
20	本操作1回目開始	左同(本文中、重力実験操作参照)
15		休憩
15	本操作1回目の結果発表	本操作1回目の上下での計数結果を板書し結果を確認する
20	本操作2回目開始	左同(本文中、重力実験操作参照)
15	本操作2回目の結果発表	本操作2回目の上下での計数結果を板書し結果を確認する
25	考察	実験結果に対して考察を行う(学生に意見を聞き、最後に教員が考察のまとめを行う)
20		片付け

(2) 実験キットの組み立て (指導マニュアルより)

- ① ガラス管の下端から3cm、27cm、30cmの3か所に油性マジックで目盛りを書く。※ガラス注意
- ② テープで支柱をブックスタンドに固定する。  
※立てた状態で、安定を確認しながら行う
- ③ ガラス管の上端とシリンジをゴム管でつなぐ。  
※ガラス注意
- ④ 支柱に洗濯バサミの金具部分を通す。
- ⑤ 支柱にガラス管を通し、洗濯バサミでシリンジを固定する。



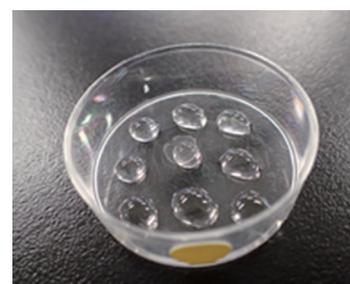
(3) 重力走性実験操作 (指導マニュアルより)

※本操作の前に、汲み置き水を用いて練習を行う

- ① 50ml ピーカーに培養液5ml程度をとり、薄め液5ml程度を加える。
- ② ピーカーをガラス管の下に置き、ピーカーを軽くゆすってゾウリムシを均一にする。
- ③ ガラス管の下端を培養液につける。※ガラス注意
- ④ 時計の準備をし、シリンジでゆっくり高さ30cmまで培養液を吸い上げる。15分後にシャーレ (i) にガラス管3cmぶんの培養液を押し出す。※シリンジ操作はゆっくり慎重に
- ⑤ 24cmぶんの培養液を、ピーカーに滴下する。
- ⑥ ガラス管上部3cmぶんの培養液をシャーレ (ii) に押し出す。※シリンジ操作はゆっくり慎重に
- ⑦ シャーレ (i)、シャーレ (ii) の培養液に含まれるゾウリムシを計数するために、培養液を別のシャーレへ1滴ずつばらばらに垂らし、正確に計数する。

**【操作⑤の補足説明】**

「ガラス管の下端は、水面から離して滴下すること。」



(指導マニュアルより)

#### 4. 結果と考察

表3-1、表3-2に、操作⑤に関する補足説明を行ったグループ A と、行わなかったグループ B のゾウリムシの計数結果を示す。表4-1に記述統計、表4-2に Wilcoxon 符号付順位和検定の結果をそれぞれ示す。

表3-1. ゾウリムシ計数結果（補足説明を行ったグループ A）

		補足説明あり																			
班	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
上	283	163	226	74	4	86	67	319	64	95	44	37	96	63	61	61	188	96	95	272	
下	182	143	179	131	22	15	25	93	12	24	2	63	120	10	11	17	4	80	57	219	

表3-2. ゾウリムシ計数結果（補足説明を行わなかったグループ B）

		補足説明なし																
班	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
上	43	47	10	2	20	8	9	34	5	14	42	19	23	32	101	37	71	
下	51	22	22	8	58	1	4	51	10	5	60	39	42	115	82	130	87	

表4-1. 記述統計

	度数	平均値	標準偏差	最小値	最大値
補足説明あり上	20	119.7	90.30131	4	319
補足説明あり下	20	70.45	69.10059	2	219
補足説明なし上	17	30.4118	25.79985	2	101
補足説明なし下	17	46.2941	39.21856	1	130

表4-2. 検定統計量 a

	補足説明あり	補足説明なし
Z	-2.950c	-1.870b
漸近有意確率(両側)	0.003	0.061

a Wilcoxon の符号付き順位検定

b 負の順位に基づく

c 正の順位に基づく

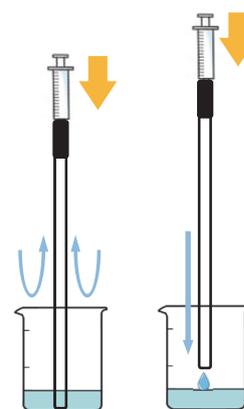


図3. 操作⑤におけるガラス管下端の位置

表4-2より、補足説明を行ったグループ A では、負の重力走性（ガラス管の上方に移動）が有意に確認された。一方、補足説明を行わなかったグループ B では、有意差はないものの正の重力走性（ガラス管の下方に移動）の傾向となった。

図3にガラス管の下端がビーカー底に接している状態と、水面から離れている状態を示す。グループ B で正の重力走性の傾向を示した要因について、図3のようにガラス管の下端がビーカー底に接している場合にはシリンジを押し込んだ際に管下部へ圧力が溜まり、その結果としてガラス管内に反流や乱流が生じてゾウリムシの位置が乱れたことが考えられる。

#### 5. まとめと今後の課題

本実験キットの開発により、ゾウリムシの重力走性実験を通して一人一人の学生がサンプルの取り扱いや機材のセッティング、シリンジやピペット、顕微鏡の操作、生きた微生物の計数など、正確性、妥当性、安全性を考慮した総合的な操作技術を習得することが可能となった。微生物の形態観察にとどまらず、行動特性の実験を行ったことで、実験後にゾウリムシが負の重力走性を持つことの原因を班でディスカッションし、動物の行動原理について考察することもできた。一方、実験操作前に補足説明を行わなかった場合、誤操作により正の重力走性の傾向を示してしまうことも明らかとなった。指導マニュアルの改訂が必要である。

平成24年度全国学力・学習状況調査の報告書では、観察実験の技能は、実験器具の使用頻度が増すごとに定着が図られること、また、使用する目的を明確に意識し、対象に応じて操作することが重要である

ことが述べられている。文部科学省は、小学校プログラミング教育のねらいのひとつとして、コンピュータ等を上手に活用して身近な問題を解決したり“よりよい社会を築いたりしようとする態度を育む”ことを挙げており、併せて、プログラミングに取り組むことを通じて児童がおのずとプログラミング言語を覚えたりプログラミングの技能を習得したりするといったことは考えられるが“それ自体をねらいとしているのではない”、と明示している。プログラミング技能を習得することは、STEM教育的にみればその一翼を担うにすぎず、論理的思考力と問題解決力まで見据えた理数的総合カリキュラムが示されていない現状において、現行の理科授業の中で技術的側面や対話的学びを取り入れていくことは重要と考えられる。児童生徒の理科に対する興味関心を高め、問題解決力を養う教育者の養成を鑑み、今後も系統立てた実験技術の習得できる実習カリキュラムの開発が必要であろう。

## 参考文献

- ・外務省,「SDGsとは?」  
<https://www.mofa.go.jp/mofaj/gaiko/oda/sdgs/about/index.html> 最終閲覧日2019年8月5日
- ・文部科学省,「小学校学習指導要領」,2017
- ・文部科学省,「小学校理科学習指導要領」,2017
- ・国立教育政策研究所,「全国学力・学習状況調査」,2012
- ・川端博子・田中美幸・鳴海多恵子,「生活の自立,学力と児童の手指の巧緻性に関する研究」,日本家政学会誌,2010
- ・片山豪,「小学校教員における理科実験の技能に関する基礎的研究—教職課程で学んでおきたい実験技能—」,高崎健康福祉大学紀要,2018
- ・National Science Foundation,「Inspiring STEM Learning」,2013
- ・文部科学省,「小学校プログラミング教育の手引(第二版)」,2018
- ・宮本康司・中川僚子・加藤綾子,「生物教材が中学校生徒へ与える影響の性別特性」,日本理科教育学会第66回全国大会論文集,2016
- ・丸岡禎,「教材としての原生動物(2)ゾウリムシⅠ」,原生動物学雑誌,37,2004
- ・丸岡禎,「教材としての原生動物(3)ゾウリムシⅡ」,原生動物学雑誌,38,2005
- ・江坂高志・中堂寿美代,「簡易培養法を用いたゾウリムシの接合観察」,大阪と科学教育,23,2009
- ・西田紘章・日野晶也,「エビオスを用いたゾウリムシの簡易培養法」,神奈川大学心理・教育研究論集,2014