

都市部でも環境問題を「実感できる」教育プログラムの開発

－ミドリムシを用いて身近な化学物質の影響を評価する－



実施担当者 順天高等学校
特任教諭 亀田 麻記子

1 はじめに

地球温暖化や海洋汚染など環境問題は年々重要性が高まっているが、人が環境について真剣に考える機会は少ない。「生物」教科で環境について学習するが、環境分野ではモデル実験がほとんどなく、生徒が主体的に学ぶことが難しい。そこで、本研究では生徒が実感を伴って環境問題について学習できる教材を開発することを目的とした。具体的には、生徒が普段使っている日用品などに含まれる化学物質が環境に及ぼす影響を簡単に評価できる実験プログラムを開発した。

2 実験プログラムの作成と実施

2-1 どここの学校でも実施できるプログラムを目指して

環境問題に関連する実習というと、森林や海など自然豊かな場所に行き観察を行うなどの活動がよく行われているが、自然豊かな場所から遠く離れた都市部ではそのような活動は難しい。そこで、どここの学校でも実施できる環境問題を扱う実験として、水質汚染に着目した。

私たちは洗濯や入浴の際、化学物質を含む多数の製品を使っており、なんらかの化学物質を毎日のように排出している。これらの「普段自分たちが使っている製品」が水系の生態系にどのような影響を及ぼしうるのかを調べられる実験プロトコールを作成すべく、調査と試行を繰り返した。

水系の生態系に及ぼす影響を評価する一般的な方法としては、緑藻やミジンコ、メダカなどに目的の化学物質を暴露させて、その影響を測るものがある^{1),2)}。緑藻やミジンコで評価する場合、評価したい化学物質を様々な濃度に希釈して加え、72時間培養し、どれくらい増殖したか、しなかったかを計測する。この場合、化学物質を添加する前の個体数と、添加して3日間培養した後の個体数を数えて、比較する必要がある。これは、時間がかかるうえ、数を数えるという難しい作業が必要になる。短い授業時間内で正確にプランクトンの数を数えるのは非常に難しく、高校生対象の授業としては現実的ではない。また、ミジンコは透明で見づらいという難点もある。メダカは即時性の毒性を評価することが出来るが、実験に使うには飼育しなければならず、その維持・管理に負担感がある。また、メダカを殺す実験は倫理的にも生徒の心理的負担としても厳しいところがある。



そこで着目したのがミドリムシである。ミドリムシは鞭毛虫の仲間、ミドリムシ属に属する淡水性プランクトンで、ごく普通に湖沼などでみられる。生態系の下位を支えるプランクトンの一部と考えられている。大きさは約 $100\mu\text{m}$ と、150 倍 (あるいは 60 倍程度でも) の顕微鏡で観察が可能である。葉緑体を持つので緑色であり、非常に見つけやすいという特徴がある。また、鞭毛を持つため通常は動き回っており、調子が悪くなると動かなくなるため、例えば化学物質による悪影響が出ると、動くスピードが

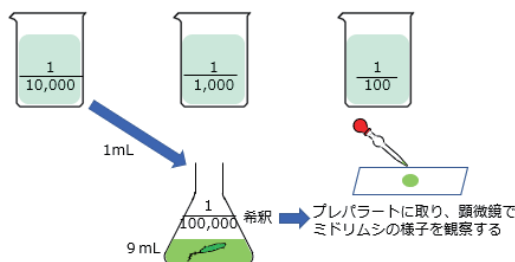
遅くなる、変な動きをするなど、その変化をとらえやすい。また、ミドリムシは普段細長い形をしているが、死んでしまうと形が丸く変化するので、生死の判断も容易である。飼育も簡便である。このように、ミドリムシを使うと、即時性の毒性を手軽に評価することが可能である。このミドリムシを使って、生徒達が普段実際に使っている家庭製品が及ぼす影響を評価する実験プロトコルを作成した。



2-2 実験方法

生徒達には実際に家で使っている洗剤などの化学物質を含む製品を持参してもらった。ビーカーや駒込ピペットを使って製品の 1/100、1/1,000、1/10,000 希釈した溶液を作った。この希釈液を薄いもの (1/10,000 希釈液) から順にミドリムシ培養液に 1/10 量加え、最終濃度が 1/100,000、1/10,000、1/1,000、の時のミドリムシの様子を都度顕微鏡で観察した。

また、ミドリムシに影響が出始めた希釈倍率から、ミドリムシにとって安全に排出するには製品 1 mL に対してどれぐらいの量の水が必要かを計算させた。例えば、製品 1/10,000 希釈溶液でミドリムシに影響が出た場合、少なくともそのさらに 10 倍に希釈しないと安全とは言えない。この場合、製品 1 mL を安全に排出するために必要な水の量は 100,000 mL、つまり 100L (お風呂 1 杯分) となる。



2-3 実験結果

今回は高校 1 年の理数クラスを対象に実験を行った。生徒達は実際に自分の家で使っている様々な製品を持参した。化粧品や洗浄剤系、絵の具や甘味料など種類は様々であった。

右表に使用した製品とその希釈倍率、ミドリムシへの影響を示した。全くミドリムシに影響を及ぼさない化粧水や甘味料などがある一方、1/10,000 希釈でミドリムシが死んでしまうようなうがい薬、台所用洗剤もあり、特に塩素系漂白剤は 1/100,000 希釈してもミドリムシに悪影響を及ぼすことが明らかになった。1/100,000 希釈でも悪影響が出るということは、安全に排出するには少なくともさらに 10 倍希釈せねばならず、そのためには製品 1 mL の排出に 1,000L (お風呂 10 杯分) もの水が必要だと分かった。



製品	1/100,000	1/10,000	1/1,000
化粧水A	—	—	—
消臭剤	—	—	—
パルスイート	—	—	—
絵の具	—	—	—
乳液	—	—	△
クレンジングジェル	—	—	▲
絵の具ホビーカラー	—	△	△
化粧水B	—	△	×
OXI CLEAN	—	△	×
明治うがい薬C	—	×	×
台所用洗剤A	—	×	×
台所用洗剤B	△	×	×
塩素系漂白剤	▲	×	×

△：動きが鈍る ▲：一部動かない ×：全部動かない
 表1 生徒が持参した製品とミドリムシへの影響

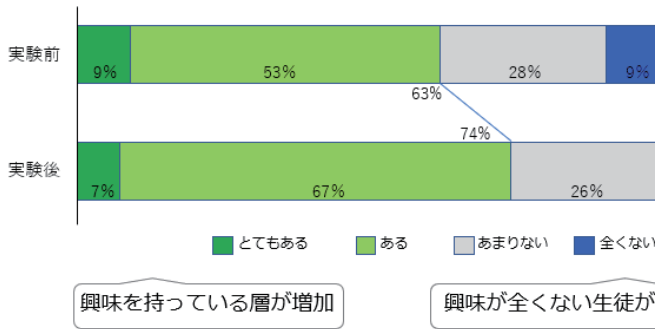
3 生徒たちの環境問題に対する意識の変化

3-1 環境問題に対するアンケート結果

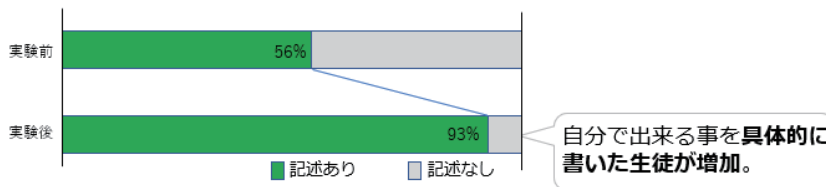
これらの実験を行った前後の、生徒達の環境問題に対する意識の変化を調査した。理数クラスということもあってか、実験前にも半数以上の生徒たちが環境問題に対してとても興味がある、興味がある、と回答していた。一方で、環境問題に興味がない、全く関心がないと答えた生徒も4割近く存在した。

今回の実験後、同様のアンケートをした結果、環境問題に興味があると答えた生徒の割合は、実験前と比較して有意に増えた。また、興味を全くないと答える生徒は0になった。

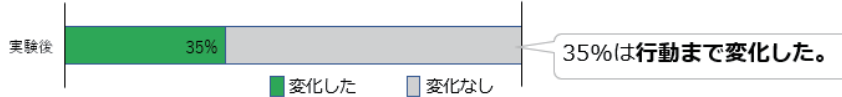
1. 環境問題に興味を持っていますか？



2. 環境汚染を減らすために自分で出来ることは？



3. 実験後、実際に自分の行動が変化したか？



環境汚染を減らすために自分が出来ることは何ですか？という自由回答の問いに対して、実験前は約半数の生徒が具体策を書いたが、実験後には9割以上の生徒が環境汚染を減らすために自分で出来る事を具体的に書けるようになった。これらの変化は統計的に有意であった。また、実験後に何か行動で変化したことがありますか？という問いに対して、35%の生徒が、実際に行動が変化した、と回答した。意識だけでなく、実際に行動まで変化した

たということは、生徒達が環境問題を自分事にとらえられた結果であると考えられる。

さらに、実験後のレポートの感想に書かれた文言を調べた結果、身近・普段という言葉が67%、驚いた、危険、怖いといった語句が37%、選ぶ、見直す、避ける、減らす、注意する、調べる、といった語句を使った生徒が88%いた。これらのことから、実験後の生徒達が「身近な、普段使っている製品がミドリムシに及ぼす影響について驚いており、環境に対して危険な影響を及ぼす製品を避け、安全な製品を調べて、選ぶようとしている」姿勢がうかがえた。

3-2 注意すべき課題

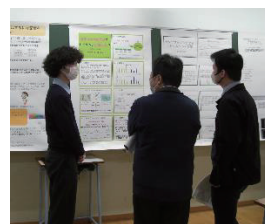
本研究で作成した実験プログラムにより、生徒達の環境問題に対する意識のみならず、行動まで変容したことが伺えたが、注意すべき点も見えてきた。ミドリムシに希釈した溶液を加える際、実験としてなんらかの変化を自然と求める気持ちが生じ、ミドリムシに変化が起こらない場合に「結果が出なかった」と残念がる生徒がいた。これは本来ならば製品の安全性が確認できて喜ばしいことなのだが、それがうまく伝わっていないようであった。この問題を解決するために、ミドリムシに変化がない場合は「安全だった」証であり、喜ばしいことだと事前に通知しておくことが重要であると考えられる。

また、安全に排出するために必要な水の量を計算させる際、本来ならば「安全に排出するにはこんなに大量の水が必要なのか」ということを生徒に意識してもらうことが目的であったが、「希釈すればどんな化学物質でも流して良い」という誤ったメッセージとして受け取った生徒がいた。こ

れに対しては、こんな感想があったけれども、どう思う？と生徒に投げかけ、毎日排出していること、非常に数多くの人間が排出していることを話し、その積算量はどれぐらいになるか、もしこのまま排出し続けた場合今後どうなるかを想像するよう促した。その結果、たとえ少量であっても有害な物質を排出することは環境に悪影響を及ぼすことを生徒たちは理解したようである。

4 探究活動への広がり

この実験では、生徒が自ら選んだ製品・化学物質を用いてミドリムシへの影響を評価した。この実験を基盤として、では製品のうちのどの成分がミドリムシに悪影響を及ぼしているのかという新たな探究や、他の微生物への影響はどうかを調べるような探究活動へも発展した。サンゴへの悪影響が既に知られている日焼け止め成分、ベンゾフェノンが淡水性の藻類に及ぼす影響を評価する探究や、ゾウリムシや褐虫藻など他のプランクトンに対しても同様の影響があるのか調べる探究活動など、本実験プログラムにとどまらない探究活動の広がりをみせている。



また、ミドリムシ自体に興味を持ち、その性質について探究を行なう生徒も現れた。大腸菌とミドリムシの共培養によって大腸菌数が減少することを見出し、その研究成果をまとめた論文は神奈川大学全国高校生理科・科学論文大賞において努力賞を受賞した。また、日本生態学会においてその研究成果を発表し、研究者の方々との交流を通してさらに研究を深める機会を得た。

5 成果普及

本研究において開発した実験プログラムを実施した結果について、日本生物教育学会において口頭発表を行い、その成果を公開するとともに、全国から集まった生物教員および生物教育研究者の方々と実験プログラムの有効性や妥当性について意見交換を行った。



生徒たちの探究活動の成果は、大阪の清教学園との探究交流会（2022年7月）、中谷財団成果発表会（2022年12月）、本学園の探究報告会（2023年2月）、日本生態学会（2023年3月）、つくばサイエンスエッジ（2023年3月）で発表を行った。また、生徒の研究成果を論文にまとめ、神奈川大学全国高校生理科・科学論文大賞および科学の芽賞へ応募し、「ミドリムシによる大腸菌滅菌作用」の論文は努力賞を受賞した。

6 まとめ

近年ますます重要になっている環境問題について、生徒が自ら考える機会を作りたいと強い思いを抱いてきたが、本助成をいただき、自然が豊かな環境から遠く離れた都市部の生徒たちでも環境問題を「自分ごと」として捉えることが出来る実験プログラムを開発できた。生徒たちの意識の変化のみならず、3割以上の生徒が行動まで変化したことがアンケートで明らかになり、本プログラムの有用性が示された。また、本実験プログラムから生徒たちのさらなる探究が展開され、今後も引き続き環境問題に立ち向かう研究が行われていくことが確実である。

謝 辞

この研究は公益財団法人中谷医工計測技術振興財団の助成を受けて実施することが出来ました。得られた成果は本学内に広めるとともに教育学会などで広く発信し、環境教育の実験プログラムとして教育現場に還元していきたいと思っております。この場をお借りして厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1, 環境省 「化学物質の生態影響試験について」
- 2, 東京都環境科学研究所ニュース No.12, 1997