

報告 (Report)

少人数の小学校児童を対象とした水環境教育の実践

紀平征希¹⁾・加藤 進¹⁾・土屋竜太¹⁾・荒木利芳¹⁾・久松 眞¹⁾

Practice of the freshwater environmental education for a few children of primary school

Masaki KIHIRA¹⁾, Susumu KATO¹⁾, Ryouta TSUCHIYA¹⁾, Toshiyoshi ARAKI¹⁾ and Makoto HISAMATSU¹⁾

摘 要

三重県伊賀市の小学校児童2名を対象に、水環境への興味・関心を深めてもらうために、身近にある水を教材に、キャリア教育支援の一環として水環境教育の実践を行った。実習で行った内容は、水の汚れについて考える実験および講義、当施設内にあるビオトープの水質調査である。水の汚れについて考える実験では、未知の試料について水色、電気伝導度、パックテストによるCODを測定し検討した。ビオトープの水質調査では、水温、透視度、溶存酸素、pH、電気伝導度、植物プランクトン観察、懸濁物質量(SS)、COD、窒素(硝酸態窒素)、リン(リン酸態リン)を測定した。アンケートの結果から児童らは特に、CODの測定、SSの測定に興味を示した。本研究の結果から児童らは今回の実習を通して水環境への意識が高まり、理解を深めることができたと思われる。

キーワード：水環境教育、小学校、水質分析、キャリア教育

Key words : water environmental study, primary school, water analysis, career education

(2015年4月6日受付；2015年6月19日受理)

はじめに

環境問題を解決し、持続可能な社会を目指していくには、自分自身の生活を振り返り、環境への責任ある行動をとる態度を育むことが大切である(環境教育指導資料小学校編, 2007)。そのためにも学校現場としてESD (Education for Sustainable Development) を踏まえた環境教育の推進が必要である。その達成のためには「体験活動」が重要である(降旗ら, 2009; 宇土, 2011)。環境教育で扱う対象は多様であるが、我々が生きていく上で欠かすことのできない「水」は、子どもたちにとって身近でかつ有効な教材の一つである(紀平ら, 2012; 山田, 2009; 増田ら, 1999)。著者らが所属している三重大学伊賀研究拠点、伊賀地域における大学の地域貢献活動の創造および推進を目的としている(前田, 2010)。地域の教育機関への支援としては、SPP (サイエンス・パートナーシップ・プログラム) の採択を受けた地元の公立高校からの依頼で体験型の水環境教育の実践を行ってきた(紀平ら, 2012)。この他にも出前授業、小・中学校の職場体験、

教員を対象とした理科の研修等の依頼に応じてきている。

本研究では、小学校のキャリア教育支援の一環として水環境を取り扱う実習を導入し、それらを小学生に体験させることで水環境への興味・関心を高めてもらうことを目的とした。現在、学校教育では、子どもたちを社会の変化へ気づかせるために環境教育やキャリア教育が重要視されている(中央教育審議会, 2008)。しかしながら、これら2つの領域を含んだプログラムの開発と実践を報告した事例は萱野ら(2011)に限られている。水生生物の採集やパックテストによる簡単な水質測定に留まらず、研究者が実際に行う試薬・器具を使って水質分析を行う実習をプログラムに組み込むことが専門家集団である我々の責務の一つであると考えられる(野崎, 2012a)。このキャリア教育支援は3日間行われ、1日目に電磁石と磁石、2日目は植物や生き物について調べる、3日目は水について調べようという内容で行った。ここでは、3日目に行った水環境教育の実践について報告する。

¹⁾ 三重大学伊賀研究拠点 〒518-0131 三重県伊賀市ゆめが丘1丁目3番地の3 産学官連携地域産業創造センター「ゆめテクノ伊賀」内, Iga Community-based Research Institute, Community-University Research Cooperation Center, Mie University, Yume-Techno Iga, the Local Industry Creation Center for Industry-Academia-Government Collaboration, 3-3, 1 cho-me, Yumegaoka, Iga city, Mie, 518-0131, Japan

表1. 1日の実習の流れ.

時 間	内 容
09:00~09:50	きれいな水・きたない水を考える
10:00~10:20	試料採取および水温、透視度、電気伝導度、pH、溶存酸素測定
10:20~11:30	COD 分析 (前処理および湯煎30分) 滴定の練習 COD 分析 (滴定)
11:30~12:00	SS ろ紙重量測定、ろ過、乾燥
12:00~13:00	昼食
13:00~13:40	顕微鏡観察
13:40~14:00	SS ろ紙重量測定、窒素・リンの測定、片づけ
14:10~14:40	計算、結果のまとめ、比較
14:40~15:00	アンケート・感想記入

方 法

対象とした児童は、三重県伊賀市の小学校6年生の2名である。本実践は2013年9月6日に行った。1日の実習の流れを表1にまとめた。まず水の汚れについて考えるための講義および実験を行った。これは野崎 (2008), 野崎 (2012b), 紀平ら (2012) をもとに行った。具体的には、蒸留水約50 mL 入った透明のプラスチック容器を配り、塩化ナトリウム、グラニュー糖、カオリン、アジ化ナトリウムをそれぞれ耳かき1杯程度加えて良くかき混ぜた。その際、物質名が分からない状態でかき混ぜた。その後、それぞれの見た目、電気伝導度 (堀場製作所, B-173)、バックテストによる COD (共立理化学研究所, 測定範囲0~8 mg L⁻¹および0~100 mg L⁻¹) を測定した。塩化ナトリウムは無機塩類、グラニュー糖は有機物汚濁、カオリンは濁度、アジ化ナトリウムは毒物を想定している。実験後、水を分析する意義、人間活動が水圏生態系へ及ぼす影響、水質に関する用語について解説した。

次にこれらをふまえて、当施設内に存在するピオトープの水を採取し、その試料を分析することとした。分析した項目は、水温、透視度、溶存酸素、pH、電気伝導度、植物プランクトン観察、懸濁物質 (SS)、COD、窒素 (硝酸態窒素)、リン (リン酸態リン) である。水温と溶存酸素はポータブルマルチメーター (HACH, HQ30d) で測定した。透視度は透視度計を用いて測定した。pH は pH 試験紙 (Merck, pH0-14)、電気伝導度はツイン電気伝導度計 (HORIBA, B-173) で測定した。プランクトン観察は顕微鏡 (Nikon, ECLIPSE E100) で観察し、やさしい日本の淡水プランクトン (滋賀の理科教材研究委員会編 2005) を用いて種類を調べた。SS は試水をガラス繊維濾紙 (ADVANTEC, GF-75) にろ過し、105°C で乾燥後、乾燥前後の重量差により求めた。COD は過マンガン酸カリウム法により測定した (日本規格協会, 2006)。ただし、硝酸銀の代わりに硫酸銀を使用した。COD

を測定する際は、ゴム手袋をさせた。子どもたちには、試水の必要量をメスシリンダーで測り取ることで、過マンガン酸カリウム溶液の滴定をさせた。一方、前処理における硫酸、硫酸銀、過マンガン酸カリウム溶液の添加および、湯煎後のシュウ酸ナトリウム溶液の添加は指導者が行った。滴定の練習は30分間湯煎している間に行った。滴定はマグネットスターラーを使いながら試料を攪拌させ、そこに過マンガン酸カリウム溶液をビュレットで滴下していくようにさせた。試料についてはブランク (蒸留水)、牛乳 (蒸留水100 mL に対して牛乳をスポイトで1滴)、ピオトープの試水 (2連) を準備した。硝酸態窒素およびリン酸態リンはバックテスト (共立理化学研究所) により測定した。これらの結果をまとめた上で、環境省が定めた生活環境の保全に関する環境基準と比較し、ピオトープの水質を評価させた。

最後に、アンケートおよび感想を書いてもらった。その項目は、「おもしろかった実験とその理由」、「今日習ったことで担任の先生や家族に教えてあげたいこと」、「今後自分で調べてみたいこと」、「感想」の4点である。

結果および考察

水の汚れについて考える実験

汚れの指標となる COD および電気伝導度について説明した後、4つの容器にそれぞれの物質を入れて溶液をかき混ぜてもらった。子どもたちはカオリンを加えた容器のみ白濁し、視覚的にこの水が最も汚れていると判断していた。そして、電気伝導度を測定すると塩化ナトリウムで2300 $\mu\text{S cm}^{-1}$ 、アジ化ナトリウムで430 $\mu\text{S cm}^{-1}$ だったのに対し、グラニュー糖やカオリンでは10 $\mu\text{S cm}^{-1}$ 以下となった。また COD を測定すると、グラニュー糖では100 mg L⁻¹ 以上と極端に高かったのに対し、塩化ナトリウム、アジ化ナトリウム、カオリンではいずれも8 mg L⁻¹ 以下であった。測定が終わったところで、各容器に入っている物質名を伝えた。とくに、毒物であるアジ化ナトリウムを溶かした溶液が透明で、塩化ナトリウムやグラニュー糖を溶かした溶液と見た目では区別がつかないことに驚いていた。

表2. ピオトープの水質結果.

水温 (°C)	25.9
pH	7
電気伝導度 ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	38
透視度 (cm)	63.5
溶存酸素 (mg L ⁻¹)	8.7
SS (mg L ⁻¹)	8.8
COD (mg L ⁻¹)	10.8, 10.9
硝酸態窒素 (mg L ⁻¹)	0.2
リン酸態リン (mg L ⁻¹)	0.02

ビオトープの水質

表2にビオトープの水質の結果を示した。水温はおよそ26℃であった。水温を測定する前に、実際に児童2名に自分の手をビオトープの水の中につけさせた。そして、水温が何度であるか予想させてみた。その結果、15℃と20℃という予想をした。測定した水温と自分たちの手で感じた水温に大きな違いがあることに驚いていた。透視度は63.5 cmであった。底の十字の線が見えるか見えないかのぎりぎりにするのに苦戦していた。pHは7だった。pHについては学校で学習しており、ビオトープの水が中性であることを理解していた。溶存酸素は8.7 mg L⁻¹だった。当施設のビオトープには金魚が泳いでおり、この金魚と絡めて溶存酸素濃度と生物、とりわけ魚との関係について解説を補足した。

CODは10.8と10.9 mg L⁻¹であった。ここでは蒸留水、ビオトープの試水、同時に対照として牛乳(蒸留水100mLに対して牛乳をスポイトで1滴)を測定したが、水の中に存在する有機物量の違いが滴定量に関係していることを認識させた。それにより、牛乳1滴を加えるだけで滴定量がかなり増えることに驚いていた。SSは8.8 mg L⁻¹であった。子どもたちは試料500 mLをメスシリンダーで量りとり、ろ過を行った。ろ過の時、水がどんどん吸いこまれていき、フィルターの色が白色から緑色へ変化していく様子を見て驚いていた。ろ過後、乾燥させ、ろ過前後の重量差からSSを計算させた。ろ過量が500 mLであるので1Lへの換算に比例を使うが、子どもたちは簡単に理解を示した。

ビオトープ内の植物プランクトンを顕微鏡で観察した結果、緑藻でツツミモの仲間である *Staurastrum* (スタウラウストルム) が多く生息していたことが分かった。顕微鏡の使い方については前日に習っており、支障なく行うことができた。硝酸態窒素およびリン酸態リンはそれぞれ0.2, 0.02 mg L⁻¹であった。説明時には硝酸態窒素、リン酸態リンという用語は用いず、窒素、リンという用語で説明した。パックテストを行ったとき、うっすら色がつくかつかないかの比色程度であった。そこで、試しに水道水の硝酸態窒素を測定した。するとパックテストの色が濃い紫色になりびっくりしていた。結果は約1.5 mg L⁻¹であり、このことからビオトープの水は水道水よりも窒素が少ないことを理解していた。

最後にこれらの結果を用いて、環境省が定めた生活環境の保全に関する環境基準(湖沼)と比較し、ビオトープの水質を評価させた。すると、CODではCランク、SSではBランク、溶存酸素ではAランクとなった。

アンケートおよび感想

おもしろかった実験は2人ともCODの実験であった。その理由として、マグネットスターラーを使いながら試料を攪拌させ、過マンガン酸溶液を滴定することで溶液の色が透明から紫色に変化するところに興味を持ったようである。今日

習ったことで担任の先生や家族に教えてあげたいことはという質問に対して、「水は見た目だけできれい、きたないを判断したら危ない」、「毒が入っていても透明な水がある」という回答があった。今後、自分で調べてみたいなあと思ったことはという質問に対して、「水の中の浮遊物質量」、「いろいろな湖や池に行き水の水質を調べたい」という回答があった。感想を箇条書きであげてみると下記の通りである。

- ・水の中にまさか毒が入っているとは思わなかった。
- ・透き通っていてもちゃんと検査しないと安全で飲める水とは判断できないと思った。
- ・塩を溶かした水は電気伝導度が高くてびっくりした。
- ・ろ過したときろ紙にすぐ色がついたのでびっくりした。
- ・ビオトープの水をろ過するとろ紙に緑色のプランクトンがいっぱいついてびっくりした。
- ・計算や単位がややこしかった。

実習中の子どもたちの反応や感想からいくつか興味深い点があった。まず見た目だけできれいかきたないかを判断してはいけないことを実験を通して理解してくれた。毒物を溶かしたものと、一般に口にできる塩化ナトリウムやグラニュー糖を溶かした溶液とでは見た目では区別がつかないことに子どもたちは驚いていた。子どもたちには毒は見た目では判断することができるという認識があるのだろう。それとは反する結果が驚きを生んだと思われる。また電気伝導度やパックテストのCOD測定でも見た目は同じ透明なのに結果の値が全然違うことにも興味を示していた。毒物を教材として使うことには問題があるが、数名の小学生を対象とするならば指導者が安全に十分配慮することで興味を惹く実験ができると思われる。

次に、CODの測定である。小学生などを対象とした環境教育の実践でもCODの測定が数多くなされているが、そのほとんどはパックテストによる測定である(木村ら, 2008; 田中ら, 2006)。今回、少数2名という利点を活かして、できるだけ研究者が測定する方法に近い形で実践させた。とりわけ、滴定の操作に力を入れた。実際、最初に指導者が右手で三角フラスコを回転させながら、左手でビュレットのcockを動かし滴定した。当然子どもたちにはこの操作はできない。そこで、マグネットスターラーを使いながら試料を攪拌させ、そこに過マンガン酸カリウム溶液をビュレットで滴下していくようにさせた。溶液の色が変わっていく様子を見ていたときの子どもたちは嬉しそうだった。実験の最後の方に子どもたちが「マグネット使わずに、先生のようにやってみてみたい!」と言ったのでやらせてみた(図1)。すると想像していた以上に上手にやったのでこちらが驚いてしまった。このような研究者が実際に測定する方法を体験できたことも、CODの実験が楽しかった理由の一つなのかもしれない。

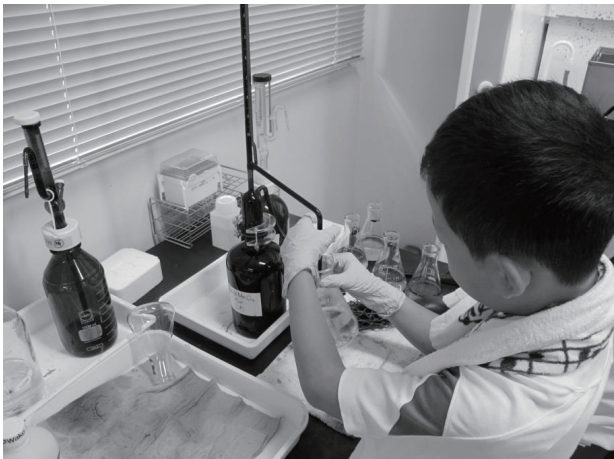


図1. CODを測定している様子.

3つめに、感想にも記されているが、子どもたちはピオトープの試水をろ過する操作に興味を示した。ろ過することによりろ紙の上に植物プランクトンなどの懸濁物が捕集され、ろ紙の色が白色から緑色に変化したことに興味を抱いた。おそらく、見た目はほとんど色のついていない無色透明の試水が、ろ過することにより目には見えなかった懸濁物が色という形で視覚化されることにより驚いたと思われる。先に記したCODの測定における溶液の色の変化と同様に、このような色の変化を観察できる実験は子どもたちに興味・関心を抱かせる大きな要因となりえる。紀平ら(2012)は高校生を対象にウィンクラー法による溶存酸素測定のような色が変わる実験は水環境への興味を持たす有効な材料であることを指摘している。

最後に、本実践を通しての課題である。感想にも計算や単位がややこしかったと記されているように、小学生を指導する上で単位やスケールを説明するのに苦労した。特に電気伝導度の単位 $\mu\text{S cm}^{-1}$ は簡単に説明した程度で数値の大小による比較にとめた。また、CODの計算も公式に滴定値をあてはめて計算するだけにし、なぜこのような公式なるのかなどの説明はしていない。それでも子どもたちには少し難しく感じたのだろう。加藤ら(2004)は、小学校教師からの意見として(CODなどの)数値の意味を理解したとしても、それから推定される汚れの状態を視覚的に理解することは困難であるという指摘をうけたと報告している。そのため、今回の実践では耳かき1杯程度の物質を加えたり、牛乳1滴を加えたり、水道水を調べたりなどの小学生にとって視覚的に比較しやすいような対照実験を加えて行ったつもりである。このことにより、子どもたちが理解を深めてくれたどうかは分からないが、今後さらに対象者にあわせた実習内容や説明のしかたに工夫を凝らす必要があると思われる。

今回の実践ではキャリア教育という内容も含んでいたため、より多くの体験をしてもらおうと多くの実験を盛り込ん

だプログラムにした。おそらく子どもたちはすべてを完全に理解したわけではないと思われる。しかしながら、単に水といてもこんなにいっぱい調べる項目があるんだとか、ちゃんと検査しているから水が飲めるんだということを学んでもらえたと感じている。今後、さらに子どもたちが水環境に興味・関心を持てるような体験プログラムを組んで実践していきたい。

謝 辞

本研究の実践に参加してくれた児童2名、施設の提供をしていただいた(財)伊賀市文化都市協会、有益なご助言をいただいた匿名査読者、担当編集委員に方々に心から感謝申し上げます。

引用文献

- 中央教育審議会(2008):幼稚園,小学校,中学校,高等学校及び特別支援学校の学習指導要領等の改善について(答申).
- 降旗信一・宮野純次・能條歩・藤井浩樹(2009):環境教育としての自然体験学習の課題と展望.環境教育, **19**:3-16.
- 加藤進・佐藤邦彦・吉岡理・岩崎誠二・高橋正昭(2004):河川水質評価をめざした環境教育の実践と出前講座の反省点.環境技術, **33**:315-320.
- 萱野貴広・熊野善介・若林努(2011):風力発電機製作を通じたエネルギー環境に対する生徒の意識—キャリア教育導入を視野に—.エネルギー環境教育研究, **5(2)**:5-14.
- 紀平征希・太田ともえ・稲森玲子・山本好男(2012):高校生(三重県立上野高等学校)を対象とした水環境教育の実践.陸の水, **54**:27-31.
- 木村憲喜・田中将彦・鈴木良朋(2008):パックテストを用いた身近な河川の分析.和歌山大学教育学部紀要自然科学, **59**:29-31.
- 国立教育政策研究所教育課程研究センター(2007):環境教育指導資料小学校編.
- 前田広人(2010):三重大学伊賀研究拠点の創設と展開.三重大学大学院生物資源学研究科紀要, **36**:59-68.
- 増田一・松永やす子・新谷昭江・市川陽子・岩堀恵祐・宮田直幸・野呂忠敬(1999):小学校における環境教育の実践例—微生物観察と水処理実験の体験学習を通して—.日本水処理生物学会誌, **35(4)**:285-291.
- 日本規格協会(2006):JISハンドブック環境測定Ⅱ水質.日本規格協会,東京.
- 野崎健太郎(2008):体験型の水環境教育の実践—人文社会科学系の大学生を対象にして—.椋山人間学研究, **3**:57-68.
- 野崎健太郎(2012a):保育者・小学校教員養成課程におけ

少人数の小学校児童を対象とした水環境教育の実践

る河川調査実習の立案とその教育効果. 日本生態学会誌,
62: 51-58.

野崎健太郎 (2012b): 人文社会学系の大学生を対象とした陸
水環境教育の実践—講義科目への利き水, 水質分析および
BOD 試験の導入とその評価—. 陸の水, **54**: 11-18.

滋賀の理科教材研究委員会 (2005): やさしい日本の淡水プラ
ンクトン, 合同出版株式会社, 東京.

田中利永子・吉田謙一・岩淵美香 (2006): 環境科学教室2005
「水の浄化実験」～きたない水がきれいな水に!～. 川崎
市公害研究所年報, **33**: 96-100.

宇土泰寛 (2011): 地球時代の教育—共生の学校と英語活動
—. 創友社, 東京.

山田一裕 (2009): 環境教育における水質汚濁とその浄化に関
する一考察. 環境教育, **19**: 63-70.