

## 資料

# 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

紀平征希<sup>1)</sup>・太田ともえ<sup>2)</sup>・稲森玲子<sup>2)</sup>・山本好男<sup>1)</sup>

## Practice of the freshwater environmental education on high school students of Mie Prefectural Ueno Senior High School

Masaki KIHIRA<sup>1)</sup>, Tomoe OTA<sup>2)</sup>, Reiko INAMORI<sup>2)</sup> and Yoshio YAMAMOTO<sup>1)</sup>

### 摘要

三重県立上野高等学校の生徒を対象に、人間生活に身近な淡水について、複数の実験からなるカリキュラムを体験させ、水環境への理解を深めさせることを目的に水環境教育の実践を行った。実習で行った内容は、水の味について考える、水の汚れについて考える、水道水の水質の地理的分布、溶存酸素濃度に注目した家庭排水が自然界に与える影響である。受講生らには特に、きき水や溶存酸素濃度の測定に人気があった。成果発表及びアンケートから判断して、受講生らは今回の実習を通して水環境への興味をもち、理解を深めることができたと思われる。

キーワード：環境教育、きき水、水質分析、溶存酸素濃度

(2011年11月12日受付；2012年3月8日受理)

### はじめに

環境教育の目的は、問題の解決に向け、自身の生活を振り返り、変えていく態度の育成にある。その達成のためには、「体験活動」が必須である（降旗ら、2009；宇土、2011）。環境教育で扱う題材には多様な選択肢があるが、生命の誕生と連環に欠かすことができない「水」は有効な題材の1つである。

水を用いた環境教育の教材開発や実践例として、水道水とミネラルウォーター水のきき水（隅田ら、2003；秋山、2007）、それらの料金比較（秋山、2007）、家庭からの有機汚濁に関する模擬実験（真山、1993；山本、2003）、家庭排水の水質の変化が環境に及ぼす影響を観察する教材（中村ら、2005）、河川の石を用いた微生物による水の浄化作用（田村、1996；富田ら、2001）、河川の水質調査（佐々木、2005）、COD測定試薬の開発（松川ら、2008a）等の先行研究がある。しかしながら、いくつかの教材を組み合わせ、一連の流れを持った授業プログラム、いわゆるカリキュラムを構築しての

実践は限られている（松川ら、2008b）。教材研究が蓄積されてきた中、次に検討すべきは、それらを一定のねらいのもとに配置したカリキュラムの作成とその実践である。そこで本研究では、高等学校の生徒を対象に、人間生活に身近な淡水について、複数の実験からなるカリキュラムを体験させ、水環境への理解を深めさせることを目的とした。

### 方法

実践の対象とした高校生は、三重県立上野高等学校の理数科1年生40名と、普通科の1年生2名及び、2年生6名で行った。理数科の1年生は必修であり、普通科の1年生及び2年生は希望者である。

本実践は2011年8月8日から16日の間に行い、8日は理数科の1年生40名対象に実習を、9日は普通科の1年生と2年生の8名対象に実習を行った。そして16日は参加したすべての生徒を対象に実習の結果についてまとめ、成果発表を

<sup>1)</sup> 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 Mie University Iga Community-based Research Institute 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

<sup>2)</sup> 三重県立上野高等学校 〒518-0873 三重県伊賀市上野丸之内107番地 Mie Prefectural Ueno Senior High School 107, Ueno Marunouchi, Iga city, Mie, 518-0873, Japan  
連絡著者：紀平征希 (email : m-kihira@bio.mie-u.ac.jp)

行った。この実習の受講者数は合計48名であり、各班4～5人の10班編成で行った。

実習内容は、野崎(2008)と野崎(2009)をベースに行った。具体的には、1.水の味について考える、2.水の汚れについて考える、3.水道水の水質の地理的分布を調べる、4.家庭排水が自然界に与える影響について考えるである。

#### 水の味について考える実験

水の味について考えさせるために、きき水の実験を行った。市販されているミネラルウォーターの入っていたPETボトル(500 mL)の中にA. evian(輸入・販売者:伊藤園・伊藤忠ミネラルウォーターズ)、B. 煮沸処理していない伊賀市水道水(水源は木津川)、C. 天然水南アルプス(販売者:サントリーフーズ)、D. Contrex(販売元:サントリーフーズ)、E. 煮沸処理した伊賀市水道水をそれぞれ詰めた。PETボトルのラベルはすべて剥がし、また形状から銘柄が判定できないように入れ替えた。煮沸処理は、水道水を5～10分沸騰させ、放冷後にPETボトルに分注した。詰め替え作業は実習の前日に行い、きき水を行う直前まで低温室(6℃)で保存した。受講生がきき水する容器は、透明なプラスチック製のものを用いた。受講生には納得するまできき水をしてもらい、おいしいと感じた順に順位を記入してもらい、その理由についても記入してもらった。きき水終了後には、パックテスト(共立理化学研究所)でAからEのボトル水の全硬度(測定範囲0～200 mg L<sup>-1</sup>)を測定した。また、ボトル水と水道水の料金について考えてもらった。

#### 水の汚れについて考える実験

この実験は、水の汚れについて視覚とそれ以外の方法でみることの重要性を知ってもらうために行った。各班に蒸留水約50 mL入った透明のプラスチック容器を配り、A. 硫酸アンモニウム、B. グラニュー糖、C. カオリン、D. 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。その後、それぞれの水色、電気伝導度(堀場製作所、B-173およびルートロン、CD-4302)、パックテストによるCOD(共立理化学研究所、測定範囲0～8 mg L<sup>-1</sup>および0～100 mg L<sup>-1</sup>)を測定した。硫酸アンモニウムは富栄養化の要因となる窒素源、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。

#### 水道水の水質の地理的分布を調べる実験

この実験は、受講生の住んでいる地域によって水道水の水質が異なるかどうかを調べた。事前にきれいなポリビン(50 mL)を各自に配布し、実習当日の朝に、各受講生の自宅の水道水を採取させた。測定項目は全硬度(共立理化学研究所、測定範囲0～200 mg L<sup>-1</sup>)、COD(共立理化学研究所、測定範囲0～8 mg L<sup>-1</sup>)、硝酸態窒素(共立理化学研究所、測定

範囲0～10 mg L<sup>-1</sup>)、リン酸態リン(共立理化学研究所、測定範囲0～1 mg L<sup>-1</sup>)、電気伝導度(堀場製作所、B-173およびルートロン、CD-4302)である。

#### 家庭排水が自然界に与える影響について考える実験

この実験は人間の家庭排水が自然界に与える影響について、特に溶存酸素に着目して水域の貧酸素化について考えさせるものである。試水は実験を行った施設の水道水をガラス繊維ろ紙(ADVANTEC、GF-75)でろ過したろ液を用いた。また試水は実験開始の2時間前からエアレーションした。この試水を1班あたり9本のバイアル瓶(110 mL)に分注した。9本の試水は、無添加3本、みそ汁の上澄み0.2 mL添加3本、コーラ0.2 mL添加3本の処理を行った。みそ汁とコーラの添加には1 mL注射器とテルモカテラン針を用いた。無添加、みそ汁添加、コーラ添加の実験処理区のうち、それぞれ1本はただちに溶存酸素を固定し、溶存酸素濃度を測定した。残りの6本はアルミホイルで包んで暗条件にし、水道水で満たした発泡スチロールの箱に入れた。特に、水温の調整については行わなかった。残った6本のうち、3本は2日後(8月9日に実習した班は1日後)、残りの3本は7日後(8月9日に実習した班は6日後)に溶存酸素を固定し、溶存酸素濃度を測定した。

溶存酸素濃度の測定については西條・三田村(1995)の方法で行った。ただし、チオ硫酸ナトリウム溶液は、市販の0.02 mol L<sup>-1</sup>チオ硫酸ナトリウム(Wako、容量分析用)を使用し、標定は行わなかった。

#### 成果発表とアンケート

成果発表については以下のように行った。まず1,2日目の実験終了時にこちらから各班に1課題を与え、成果発表時までの1週間で調べてもらった。そして発表当日に模造紙1枚に結果や課題についてまとめてもらい、各班に発表してもらう形式をとった。各班に与えた主な課題は、水道料金とボトル水の料金比較、環境省が定める湖沼の水質基準との比較、水道水の水質の結果と水源との関係、溶存酸素濃度の経時変化の結果である。これらの課題にそれぞれいくつかの小問をつけて課題を与えた。アンケートは記述式で、今回の実習で水や水環境に関して興味を持てたか、おもしろかった実習は何かとその理由、全体を通しての感想を書いてもらった。これらをもとに、本実習の評価について考察した。

## 結果および考察

#### 4つの実験に関する結果

きき水の結果は、次のとおりである。一番おいしいと感じた水は、天然水南アルプス(55%)、煮沸処理した伊賀市水道水(26%)、evian(19%)であった。反対に、一番おいし

くないと感じた水は、Contrex（53%）、煮沸処理していない伊賀市水道水（47%）であった。「おいしい」と感じた感想としては、甘みがある、普段飲んでるものに似ている、他のものよりもましという感想が多かった。「まずい」と感じた感想としては、苦い、後味が悪いが多数を占めた。特に、煮沸していない伊賀市水道水ではくさいという感想が多かった。続いて、硬度について説明した後、きき水をした水の硬度を測定してもらい、伊賀市の水道水と天然水南アルプスが  $30 \sim 50 \text{ mg L}^{-1}$  の軟水であったのに対し、evian や Contrex は  $200 \text{ mg L}^{-1}$  以上の硬水であることを確認した。そして、それぞれのラベルを見せ、特に Contrex の硬度が約  $1500 \text{ mg L}^{-1}$  であることを知ると、受講生たちは驚きの声をあげていた。この実験結果に関する課題として、水道料金の比較、ボトル水と水道水の価格差について調べてもらった。受講生たちは、水道料金が各地で大きく違うこと、そして伊賀市の水道水とボトル水ではボトル水の方が約 2,000 倍高いという結果にびっくりしていた。

水の汚れについて考える実験の結果は次のとおりである。まず、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つの容器に入った溶液をかき混ぜてもらった。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硫酸アンモニウムやアジ化ナトリウムを加えた容器で他に比べて高い値が出て、グラニュー糖を加えた容器では COD が極端に高くなった。分析が終わったところで、各容器に入っている物質名を伝えて、各物質が水質環境にどのような影響を及ぼすのかについて考えてもらった。また、水の汚れは視覚だけでは判断できず、化学分析の重要性についても認識してもらった。ある班は水質汚染を解決するために、生活排水を極力出さず、下水場や合併浄化槽の整備を行うことが重要だと述べていた。また、アジ化ナトリウムの構造式を調べて、構造式の中にある N は硫酸アンモニウムの N と同じ窒素源となるのかという質問も出た。

水道水の水質の地理的分布を調べる実験について、水道の水質が水源と対応している班、対応していない班があった。つまり全体を通して水道水の水質について、傾向のある水平分布は見られなかった。今後、採水方法や分析方法について改良していく必要がある。

家庭排水が自然界に与える影響について考える実験の結果は次のとおりである。ほとんどの班で、無添加は徐々に減少し7日後にも溶存酸素は残っていた。コーラを添加したものは、2日後には溶存酸素が存在していたが、7日後にはほとんどなくなった。みそ汁を添加したものは、2日後にほとんど溶存酸素はなくなっていた。ただ、今回の実験で培養するのに、酸素瓶ではなくバイアル瓶を使用した。バイアル瓶は酸素瓶に比べてガラスが薄いためか、培養期間中にバイアル瓶の底が割れた班があった。

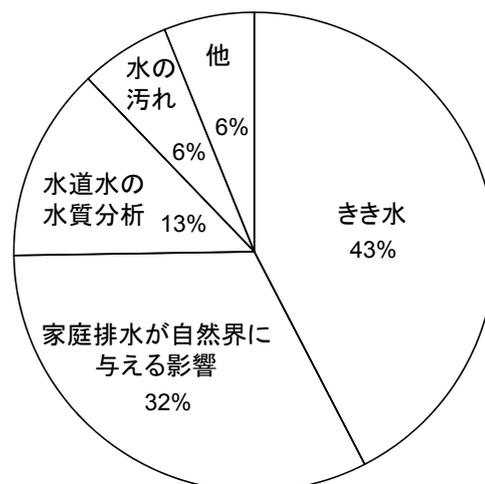


図1. アンケートでおもしろかったと回答した実験.

#### アンケートの結果

今回の実習を通して、水や水環境について興味を持つきっかけとなったかどうかについて聞いたところ、受講生全員が興味をもったと回答した。この結果から、今回の実習の大きな目的は達したと考えられる。

また、今回の実習でおもしろかった実験とその理由について聞いた。図1にその結果を示した。きき水と家庭排水が自然界に与える影響の実験がおもしろかったと回答する受講生が多かった。きき水がおもしろかった主な理由として記述されていたのは、

- ・実験らしい実験でない。
  - ・水に味の違いがあって驚いた。
  - ・水道水なんかまずくて選ばないと思っていたのに、1番に選んだのが水道水だった。
  - ・他の実験に比べて班内で議論できた。
  - ・結果を味だけでなく化学的に考えることができた。
- などである。家庭排水が自然界に与える影響の実験がおもしろかった主な理由として記述されていたのは、
- ・溶存酸素の変化がどうなるかわくわくした。
  - ・普段使わない実験器具を使った。
  - ・試薬を加えて溶液の色が変わるのがおもしろい。

などであった。

今回の実習を通しての全体の感想において、成果発表に関する感想もあり、ある1年生は2年生の発表のすごさに驚いていた。具体的には、2年生の発表は結果だけを発表するのではなく、結果から次にどんなことが考えられるのかまで分かりやすく、次回機会があればそんな発表ができるようにがんばりたいという内容だった。

きき水や溶存酸素濃度の測定の実験が受講生に人気が出ることは予想していた。きき水については、他の実験に比べて

班内で議論できたという感想があるように、自分の舌で感じた答えを主張し合っていた。おいしいと感じる頃は、自分で決められて、共通の正解はないということで自分の意見を自信を持って主張できたのだろう。また、ロシアブルーレットみたいでおもしろかったという感想もあり、ゲーム感覚的な要素が好評だったのかもしれない。溶存酸素濃度の測定については、使ったことのない器具を使ったという経験、試薬を加えることで溶液の色が瞬時に変わるという現象に興味を抱かせるのであろう。ウィンクラー法による溶存酸素濃度の測定では、I液（塩化マンガソ溶液）とII液（ヨウ化カリウム-水酸化ナトリウム溶液）を加えた時の茶褐色の沈殿、塩酸を加えた時の沈殿の溶解、チオ硫酸ナトリウムを滴下したときの茶褐色の薄色化、デンプン溶液を加えた時の青紫色への変化と多くの現象を含んでいる。1つの項目を測定する中で、これだけの現象を観察でき実験できるということは関心を持ちやすくなるだろう。このようなきき水や溶存酸素濃度のウィンクラー法による測定は、水環境に興味をもたす上で非常に有効なツールの1つであると考えられる。

#### 今後の課題と展望

本実習においていくつかの問題点があった。まず、家庭排水が自然界に与える影響について考える実験において、培養期間中にバイアル瓶の底が割れた班があった。本来ならば、溶存酸素濃度を測定する上で、バイアル瓶ではなく酸素瓶を使うべきである。しかしながら、酸素瓶は高価なために受講生の班分を用意するには無理があった。そのため、酸素瓶の代替として何がいいか予備実験を行った。バイアル瓶と割れる心配のないポリプロピレン製の遠沈管で試した。両者ともふたをする際に空気が入ったが、入った空気の量はバイアル瓶の方が少なかったためにバイアル瓶を採用した。今後、安価でより正確に溶存酸素濃度が測定できる工夫を考えなければならない。

バックテストで測定した結果の信頼性も一つの問題である。バックテストの長所は、簡単で、短時間に多くの受講生に測定をさせることができる。しかしながら、測定は肉眼で行い、個人差や誤差が大きく生じるため、データの信頼性に欠けてくる。ゆえに、実験の内容にあわせて使い分けて用いた方がよい。今回の実習でいうなら、水の汚れについて考える実験のような大まかな結果を知る上では有効で、水道水の水質を調べるような細かなデータを必要とする実験では考慮すべきである。

次に、成果発表と受講生たちの理解度についてである。今回の受講生のほとんどは高校1年生であった。そのため、結果と考察に関するまとめ方や調べ方がまだ難しいであろうということで、こちらから各班に一つの課題を与えて、まとめる道筋を与えて行う方針をとった。本来ならば、自分たちで疑問を見つけ、興味を持ったことについて調べていくのが理

想であろう。受講生たちは、与えられた課題について調べ、理解を示した。しかしながら、おそらくそれで満足し、他の班の課題についても理解しているかどうかは疑問である。受講生全員が他の班の課題についても理解を深められるようなくみが必要である。また、成果発表の際に、受講生同士の質疑応答がほとんど見られなかったのが残念である。

今回の実習を実践した中で、受講生は本当に楽しみながらいきいきと実験をし、筆者たちも良い点、悪い点を含めた発見があった。今回の実習に参加された上野高校の先生からも、子どもたちと一緒に学ばせてもらったや、身近なもの（今回は水）を題材に行えたことがよかったという意見をもらった。今後は、子どもたちや教師、一般の人々が水環境に対して知的な欲求をもっと満たせることができ、同時にその地域の水環境を素材とした教材の開発及び体験型の実習プログラムをつくって実践していきたい。

#### 謝 辞

本研究の実践に受講してくれた三重県立上野高等学校の生徒たち、会場を提供して頂いた（財）伊賀市文化都市協会に感謝する。また、実習を遂行するにあたり、多大なる助言をくださった相山女学園大学教育学部准教授の野崎健太郎博士に心からお礼申し上げる。受講生に助言を与え、安全に配慮して頂いた江原宏教授（三重大学生物資源学研究科）、中井茂平産学官連携アドバイザー（三重大学社会連携研究センター）、Ornprapa Anugoolprasert氏（三重大学生物資源学研究科）、愛須彩加氏（三重大学生物資源学研究科）、大野賢太氏（三重大学生物資源学部）には深く感謝する。この実習は、JST（独立行政法人科学技術振興機構）のSPP（サイエンス・パートナーシップ・プロジェクト）の支援によって行った。

#### 文 献

- 秋山勝彦（2007）：水道水とペットボトルの水はどこが違うの？. 食農教育, 58: 46-51.
- 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.
- 松川覚・小田峰明・金谷めぐみ・北崎恵理・西條真理菜（2008a）：簡易 COD 測定試薬の開発：溶液からの粉末試薬の調製. 茨城大学教育学部紀要（自然）, 57: 63-70.
- 松川覚・大道勇武・安斎寛（2008b）：茨城大学教育学部附属中学校における水環境学習の実践. 茨城大学教育実践研究, 27: 49-58
- 真山恵子（1993）：生ゴミからくる水質汚染の教材化, 山極隆（編著）: 59-65. 明治図書, 東京.
- 中村玄正・渡邊豊・佐藤洋一（2005）：環境教育における水質汚濁および富栄養化現象の理解のための豆腐利用による水

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

- 質変化観察簡易実験の提案．水環境学会誌，28: 745-750.
- 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～．相山人間学研究，3: 57-68.
- 野崎健太郎（2009）：教員養成学部（相山女学園大学教育学部 名古屋市）における地域の自然環境と文化を素材とした教材開発力を育むケース・メソッドの実践．相山人間学研究，5: 166-174.
- 西條八東・三田村緒佐武（1995）：新編湖沼調査法．講談社サイエンティフィック，東京．
- 佐々木利夫（2005）：環境教育の推進に関する研究－河川の水質調査を通して－．愛媛県総合教育センター教育研究紀要，71: 49-51.
- 隅田学・永野美幸・山岡武邦（2003）：生活における水道水の役割の変化（I）－水道水とミネラルウォーターに対する高校生の意識－．愛媛大学教育実践総合センター紀要，21: 39-48.
- 田村直明（1996）：水をきれいにしてくれる微生物たち：STS教育をめざした活性汚泥の教材化．生物教育，36: 162-173.
- 富田敬子・喜多雅一・近森憲助・村田勝夫（2001）：河川の自浄作用に関する研究とその教材化．化学と教育，49: 364-366.
- 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．
- 山本喜一（2003）：COD ってなに？水質汚染の測定．東京理科大学サイエンス夢工房編，151-153. 朝倉書店，東京．  
（担当編集委員：村上哲生，名古屋女子大学家政学部）

