

子どものための環境教材作成の試み（水質調査）

古 谷 圭 一

1. はじめに

環境教育，または，環境学習という言葉は幼児教育を含めた初等中等教育において用いられ，さらに，社会人教育に対しても用いられているごく普通の言葉となっている。これは環境問題をはじめとする今後の地球環境問題につながるわれわれの生きかたの問題としてきわめて大切な課題であって，人間は環境と共存して生きなければならないために，われわれの日常生活の中で環境に対する意識を増進させる教育が幼いころから必要とされることを示している。

しかしながら，環境教育としてこれまでにかなりの試みがなされているが，いざ，具体的にそれぞれの年齢層の子どもにこれを教えようとした場合に，指導すべき内容について苦しむこととなる。環境問題とは，まず，グローバルな問題であり，また，学際的な問題である。単なる表面的な自然を可愛がりましょうでは通用しない複雑性も存在する。また，現在のように，画一的でない各種の試みが初等中等教育においてなされる場合，大学における環境に関するカリキュラムは知識と関心がばらばらで経験もさまざまな学生を相手としなければならない。

2003年7月25日に公布された「環境の保全のための意欲の増進及び環境教育の推進に関する法律」によれば，環境教育とは，「環境の保全についての理解を強めるために行われる環境の保全に関する教育及び学習をいう。」（第2条の2）とある。また，その基本理念として「環境保全活動，環境保全の

意欲の増進及び環境教育は地球環境がもたらす恵を持続的に教授すること、豊かな自然を保全し、及び、育成してこれと共生する地域社会を構築すること、並びに循環型社会を形成し環境への付加を低減することの重要性を踏まえ、国民、民間団体等の自発的意欲を尊重しつつ、持続可能な社会の構築のために社会を構成する多様な主体がそれぞれ適切な役割を果たすこととなるように行われるもの」とある。さらに、「環境保全活動、環境保全の意欲の増進及び環境教育は、森林、公園、河川、湖沼、海岸、海洋等における自然体験活動、その他の体験活動を通じて環境保全についての理解と関心を深め、その重要性を踏まえ、地域住民その他の多様な主体の参加と協力を得るよう努めるとともに、透明性を確保しながら継続的におこなわれるもの」であり、「森林、公園、河川、湖沼、海岸、海洋等における自然環境を育み、これを維持管理することの重要性についての一般の理解を深まるよう、必要な配慮をするとともに、国土の保全その他の公益との調整に留意し、並びに農林水産業その他の地域における産業との調和、地域住民の生活の安定、福祉の維持向上並びに地域における環境の保全に関する文化及び歴史の継承に配慮して行われるもの」とある。¹⁾これを現行の学習指導要領においてみると、初等課程では、総合学習に取り上げてよいものとされている。²⁾その目的として具体的な活動や体験でイメージを膨らませ、環境への接し方を身に付ける、居・食・住などに環境に接する態度や習慣の具体的な場面を通しての体得、自然環境や事象に対する感受性や興味・関心を高め、自然の素晴らしさを感じ取るなど、主に周りの事象に気がつき、それを受け取る事が出来るようにすることが低学年の配慮点になる。さらに、中学年では、身近な社会環境に触れ、ごみなどについて問題を見出し、追及することが大切になるなど、体験学習をより重視するようになってくる。³⁾

これらの内容は、かなり抽象的であり、限定的であるが、感受性の涵養を中心とした目的であると理解される。

2. 本研究の目的

小学生を対象とした水質調査の提案は、これまでにいくつも出されてお

り、実際に小学校の総合学習に採用されているケースもある。⁴⁾また、国土交通省の「川で学ぼう」ホームページを通じて広範な情報を得ることが可能である。⁵⁾しかしながら、水質測定についてみると、試薬呈色反応を利用したパックテスト⁶⁾を利用したものがほとんどであり、小学校高学年層か中学生に対してはその意義を理解させる点で有意義であるが、小学校低中学年層に対しては、測定対象の理解と反応との関連性が抽象的になるので、家庭でも簡単に購入でき、より生活に密接して利用できる器具、材料を用いた方法が水質の汚染と自分の生活とを体験的に結びつけることがより有効と考えられる。この点を本研究の目的とした。このため、科学的厳密性については劣るが、生活の中で出てくる水質を悪化させるものとのつながりを意識させ、普通家庭で利用している材料を用いるので、廃棄に際しても容易に分別処理が行えることも利点として挙げられよう。

3. 大栗川水質調査

本研究は、多摩市市民団体、「よみがえれ 大栗川を楽しむ会」(代表 相田幸一氏)の筆者への依頼によって始まったものである。同会は多摩市民有志が市内を流れる大栗川の現状を憂え、まず市民の大栗川に対する関心を喚起するためにここ数年来各種の催しを行い、将来はこの川が市民に憩いの場となる改修計画も提案している団体である。

最初の申し入れは、会員及び近隣住民の児童を対象とした「大栗川と親しむ集い」の一部として水質調査を企画することであった。その際、小学校中高学年生を対象とし、難解な理論や器具類を使わない安価で、親しみやすく、大栗川の水質が児童の日常生活とつながっていることを理解させることが重要と考えられた。この計画は、同時に草木染、草木ち調理が予定されているので、必要な時間は2時間程度が与えられた。

このためには、日常生活で安価に入手可能であり、しかも、安全で廃棄が容易であるものを利用する必要がある。

4. 調査項目

以上の考察に立って調査項目を以下のように設定した。

- a. 調査地点 多摩市並木橋および並木公園 大栗川は、約9 km 上流の八王子市鎌水付近を源流とし、上柚木、松が谷を経て、多摩市内北部を流れて関戸東部で乞田川と合流し、約1 km 先で多摩川本流と合流する。並木橋は乞田川との合流点より約2.2 km 上流に相当する。北側は住宅開発地域、南側は二次林および畑地、屋敷が散在する。
- b. 調査年月日 2004年5月30日(日)午後 前夜小雨、当日は晴天
- c. 調査項目
 - 1. 採水地点
 - a. 並木橋下本流(水幅約20m) : 流域面積は約22km², 前日のpHは9.0, 電気伝導度 0.33mS/cm
 - b. 並木橋脇側流(水幅約5m) : かつての旧河道および側流で、上流には畑地が多い。流域面積は約1 km², 前日のpHは7.5, 電気伝導度0.23mS/cm
 - c. 並木公園上水道 : 前日のpHは7.1, 電気伝導度161μS/cm
 - 2. 観測対象 測定地点に関する地形、施設、岸の植生、川底の状態
測定地点付近の川幅、水幅、深さ、流速
測定地点の上流の広さ、自然の状況
予想されるよごれの原因
試料水の色、におい、にごり、
測定地点付近の動物
 - 3. 測定項目 水にごり
にごりのもと
プランクトン
バクテリア培養

電気伝導度

pH

d. 配布資料 操作内容，注意点などを記したテキスト

プランクトン検索用表

10ml 試験管 各 2 本 これには上部に 1 ,2 と番号をつけておく

5. 材料および器具

a. 採水器 市販の直径65mm PET ボトルの上部を切り取り，約50mm 径の口をつくる。その下のくびれ部分に軟質 PE 製の縫り紐（8 mmφ × 30m）をしぼりつけ，あらかじめよく洗って乾燥した平滑扁平の石（50 × 60mm，約130g）を布製ガムテープで固定して，重心をずらして容器が水面で浮かばないようにする。これを図 1 に示す。軟質 PE 製縫り紐）は橋上から水面まで十分届くだけの長さを持たせ，他端は 300mm × 20mmφ 程度の棒に巻きつけておく。

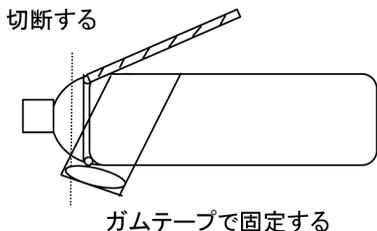


図 1 ペットボトルの採水器

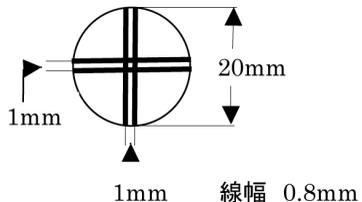


図 2 にごり測定円板

b. ロート 使用済みの陶製またはプラスチック製コーヒー用ロート中央部以外の孔は接着剤でふさいで，小径の容器にも注入できるようにしておく。

c. にごり測定のための深度計 家庭工作用品売り場で購入したアクリルパイプ（30mmφ 外径，24mmφ 内径 × 1000mm）の一端を PP 製白色円板（70mmφ × 2 mm）を接着剤で接着する。他方，プラスチック円板（20mmφ × 1 mm）の表面に図 2 のような模様を黒色油性ペ

ン(0.8mm)で描き、その中心に絹糸(1.200mm)を通し、裏側は50円コイン(21mmφ)を中心を合わせて接着する。パイプの外側底から99cmのところから外側から油性マークペンで印をつけ、そこから下方に1mm巻尺を貼り付ける。

- d. フィルター 市販の不織布製お茶パック(95mm×70mm)
- e. 巻尺1 簡単なプラスチック製 1mで目盛りは1mmごとのもの、場合によっては耐水性の紙で自作する。巻尺2 川幅測定用 10m 目盛りは5mmごとのもの
- f. 虫眼鏡(×2, 50mmφまたは90mmφ)
- g. 顕微鏡 小学生までは100倍のもので十分であり、今回は量販店で購入した電池式照明つき学習用顕微鏡(SL-25, ミクロン社)を用いた。また、付属品として、プレパラート板、カバーガラスは理科用品店から購入した。
- h. プランクトンネット ナイロン・ストッキングとクリーニング用針金ハンガーを用いて作成。針金への固定は液状接着剤(セメダイン・スーパーX)を用いた。まず、ハンガーを曲げて輪(150mmφ)と取っ手を作る。ストッキングの口側を輪の内を通し、約40mmを外側に折り曲げ、重なった部分を接着剤で固める。
- i. PE製小型スポイド プランクトンを観察するために吸い取る。
- j. バクテリア培養培地 蓋つきポリスチレン製プリン容器(45mmφ×35mm 口径×22mmh)(商品名アソートカップ小)を量販店より購入した。容器は開封直後のものをそのまま使用する。その際に微生物の付着をできるだけ避けるようにする。精製系寒天、天然和風調味料顆粒スティックをスーパーマーケットより購入した。

調製：フィルターを通した水道水50mlに糸寒天2gをこまかく刻んで加え、これに顆粒調味料(天然鰹だし)0.5gを加え、湯煎で攪拌溶解する。これを4つのプリンカップに入れ、蓋を閉め、冷蔵庫中で冷却する。十分に冷却後、ステンレス鋼製クリップ(55mm×径1.5mm)を折り曲げ、ライター炎などで加熱消毒した先端を試水に浸し

て水滴を寒天表面に塗布し、孔を裁縫針先で10個程度開けた蓋をセットして、タオルなどで覆った常温大気中数日間放置する。

- k . 電気伝導度セル h . で用いるプリン容器を用いる。調理用アルミニウム・フォイルをカッターで正確に20mm 幅、30mm 程度に切断する。この裏面に接着剤を薄く平らに塗りつけ、プリン容器の内面に対称の位置にしわやふくれが出ないように指で十分に押し延ばして接着する。上部は外側に折りまげてクリップを留められるようにする。
(図3 参照)

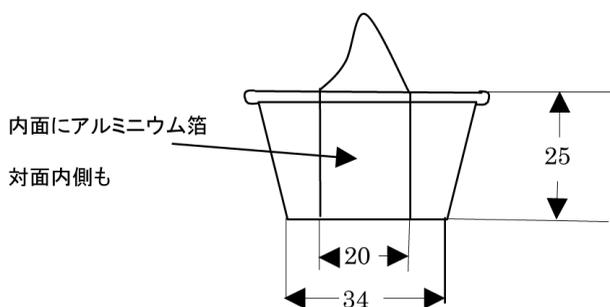


図3 電気伝導度セル (mm)

簡易テスター 本実験では、量販店で購入したポケット DMM (AD 5527 株式会社エー・アンド・ディ) を用いた。レンジ幅2000k Ω

さらに、比較用にレモン汁、コーラ液、セメント粉、食塩水、を用いた。

- 1 . pH の測定 変色指示薬として赤シソ色素を用いる。川村⁷⁾は、千切り紫キャベツの葉を塩もみして抽出した液を用いている。本研究では、時期的に得られる梅干漬け込み用の赤シソ葉を用いた。赤シソ葉数枚をよく水洗し、1 - 2 mm 程度の千切りにする。これに少量の食塩を振り、手でもみ、柔らかくなったらきれいな茶碗に入れ、丸棒の先で何度も押しつぶして色素液を得る。この液数滴を試験管に採取した試料水に加えて、変色を観察する。酸性では赤色、塩基性では青緑色を呈する。

場合によっては、理科用品店で入手できる pH 測定液（10ml，山田製薬）を用いることも可能である。この場合，変色範囲は広く，橙黄 緑 青 紫と鮮明である。

さらに，比較用に，コーラ液，レモンまたはミカン汁，セメント粉，セッケン液，アンモニア性鎮痛消炎外皮剤（キンカン液，金冠堂製）を用意した。場合によっては，お弁当の残り汁を利用する。

6．配布資料

操作要領，注意点，質問と解答欄をつけた作業ノート

参照用のパンフレット 1．河原の植物 あらかじめ植物図鑑などからまとめたもの
2．水中微生物の色，形，代表的な分類名をまとめた資料⁸⁾

7．操作および考察

7.1．調査地点の確認

最初に，この調査の目的を説明する。川の水には，雨，湧き水，生活排水がどのように関係しているか，そうすれば，川の水には，それらから流れてくるものが入っているはずである。それをどうしたら調べられるか。

調査地点の特徴を認識させるために，最初に並木橋と並木公園の地図を書く。その際に，本流と側流，川岸の風景（植生，道路，どぶなどの関係を意識させる。家庭からの排水は正式には下水道を通して別の経路で流れることも触れる。

上流はどこから流れてくるか，および，その流域にはどのようなものがあるかを考えさせる。（この項目は，小学生には地図の観念がなく，成功しなかった。）

7.2．採水地点の観察

採水地点に行き，採水すべき流れの川幅，流れ幅，水深，流れの速

さを巻尺および草の葉を流して測定する。つぎに、流れのごみや汚れの原因を考えるために「川に引っかかっているもの、沈んでいるもの、浮いて流れるもの、溶けて流れるもの」を挙げさせる。この場合、泡のもととはなにか、においのもととは何かを考えさせる。

つぎに、水辺に行き、安全な場合は、水中に入り、どんな生き物があるかを、探させる。同時に、岸辺の生物、空中の生物も付き添いを交えて挙げさせる。場合によっては、近所の人に尋ねることも加えると、四季による違い、時間による違いなどが分かりさらによい。

7.3. 採水

橋上から、まず、地面に紐巻き棒を置き、十分に紐をほどいてから、採水器を水中に投げ入れる。こうすれば、全体を落としてしまうことが防げる。棒はそのままにして紐をたぐってピンを水中に沈め採水する。次に、紐を引き上げ容器を回収する。この際にたぐった紐がからまないように注意する。この操作を繰り返してピンの空洗いをしてから、試水とする。

容器の口に鼻を近づけてにおいを嗅ぐ。種類は、葉のにおい、かびのにおい、魚のにおい、トイレのにおい、腐ったにおいのどれに相当するかをマークする。

7.4. 水のにごり

目盛り板の糸を持ちながら、目盛り円板をパイプの底に入れ、上から試水を入れ、液面を目盛りに合わせる。試水を入れすぎたら、パイプを斜めにして水を少し捨てて、操作を繰り返す。パイプを垂直に保ちながら、底部を覗きつつ、上糸を引いて目盛り板をゆっくりと引き上げ、目盛りの十字マークがはっきりと分かるところで止め、液面からの円板の位置までの距離を記録する。これによってにごりの量的比較が可能となる。当日の測定例：水道水 98cm、本流水 55cm、側流水 46cmであった。

なお、水中に浮かんでいる物質をパイプの横から観察する。場合によっては、幼虫、動物の毛、花粉などが観察される場合がある。

7.5. にごりの元を捕まえる

水道の流しの上でコーヒーロートにセットした茶こしフィルターに試水を流し込む。水の量はフィルターの底に黒いものがたまるまで行う。水が無くなったら、フィルターを切り開いて取れた沈殿を肉眼、または虫眼鏡で調べる。実際の観察結果の一例は、「本流水 形：ちょうみたい、色：チョコレート色、大きさ：小さい、状態：ねばねばでも、さらさらでも、ペツトリでもない。」という記録であり、虫眼鏡で調べることは無理であったようである。

7.6. プランクトンをつかまえる

水辺まで降りてストッキング網を水中に入れ、水を数回すくう。その後、静かにストッキングの先端を持って裏返し、あらかじめ水道水を入れた容器中で先端部分を静かにすすぐ。必ず指導者が付き添う注意が必要である。

容器をのぞいて、水中に動いているものがあるかを、肉眼または虫眼鏡で調べる。これを PE 製スポイドで吸出し、スライドガラス上に移し、顕微鏡で観察する。

小学生では、視野及び焦点合わせをするのに時間がかかるので、あらかじめ採取したプランクトン（ミジンコ、ミドリムシなど）を顕微鏡にセットし、それを見るのみとした。なお、あらかじめ配布してある資料（6.）と比較させる。

7.7. バイキンはいるか

このテーマでは、培養の時間がかかるために、寒天培地に試水を塗布することのみを行わせ、あらかじめ培養してあるものを観察させることにした。本実験では、培養期間はほぼ3日間で明瞭に差があるコロニーが観察できた。

7.8. 電気の通りやすさ

水の電気の通りやすさは溶解しているイオンの総量に依存している。5 j で述べたセルの縁から出ているアルミニウム極にテストの両極を結びつける。次に、試水をセルいっぱいまで満たしてから、

テスターのつまみをフルスケール2000kΩ に合わせて電源を入れる。そのときの目盛りを記録する。次に、接続をはずし、セルの水を捨て、次の試水を少しいれ軽く洗浄する。洗浄後、試水をセルいっぱい満たして、上記のように測定する。測定終了後、テスターの電源を切ったことを確認する。測定値は電気抵抗値であるので、説明は電気の通りにくさとした方が理解しやすい。

時間にゆとりがあるときには、イオン交換水、しょうゆ、レモン汁、ミカン汁などのフルーツジュース、清涼飲料水、味噌汁などについても試みる。また、イオン交換水に他の液を加えて抵抗値が変化することも気づかせるとよい。

これによって、川の水の電気の流れやすさは、生活の中から出てくる物質に原因していることに気づかせる。

7.9. 酸性（すっぱさ）、塩基性を調べる

試験管1の半分の高さまでイオン交換水を入れる。これに1滴の色素液を加えてから試験管の下部を振って水をかき混ぜる。加えたあとの液の色を記録する。つぎに、試験管2を用いて、試水を同様にして着色させる。2つの試験管を並べて色の違いを観察する。

試験管2についてコーラ液を1滴くわえて振り混ぜ、変色を見る。つぎに、試験管に耳かき1杯のセメント粉末を加えてよく振りまぜて、変色を見る。

同様な操作を、キンカン液、ミカン汁、セッケン溶液について行い、変色についてこれらを分類させる。

大栗川のpHの値は常時9.0以上であり、この原因は、流域内で建築されているセメントを用いたコンクリート建築物から浸出するものであること、河水に濡れてそのままでは皮膚が若干荒れることを関連付ける。

8. おわりに

上記のことを目的として行った当日の参加者は、小学生中学年約10名、幼

稚園児約5名であり、計画したものと若干相違していた。このため、以下の反省点が考えられた。

1. 採水地点の観察は児童の知識と興味から説明に工夫が必要であった。
2. 高学年生をリーダーとした試水の採取は比較的まとまって行われた。しかも、橋上の安全な場所から一人一人が採水することに参加でき、身近に川の水と触れることができた。また、水のおいにより無色の物質の存在を気づかせることができた。
3. にごり測定は個人差が大きいですが、試水間の差が明瞭に観察され、単純に眺めるだけでは得られない興味を持たせることができた。ことに上水道水の浄化の努力を説明することができた。
4. 水中微生物の顕微鏡観察では、その場では焦点合わせに時間がかかり、あらかじめ用意してある試料を用いたが、一人一人に対する説明は十分に行うゆとりもなかった。比較的安価（1台3,000円程度）に購入できる顕微鏡については保護者たちの関心が高かった。
5. 細菌培養実験では、培養後の培地を見せて説明するだけなので、かならずしも十分な理解が得られているとは思えない。実際に個別の独立な実験として計画すべきであろう。

しかし、これを通して、河川水と上水道水の違い、殺菌効果などの違いを理解させるためには効果的な方法であることがわかった。
6. 電気伝導度測定では、抵抗値と伝導度の逆数関係が理解しにくいですが、日常生活の、ことに食品廃棄物と河川水のごとの関連が実感となって理解された。時間にゆとりがある場合、希釈効果について必要なイオン交換水の量を意識させることが出来よう。
7. pH測定は、6.と同様に、食品廃棄物やコンクリート建築と河川水の間接関係を理解できたが、年少者には、液の変色自体に興味があり、結局は、色水遊びとなってしまった。しかし、この経験が

将来水質と呈色反応とのつながりの認識へと発展することを期待することも可能であろう。

本研究において使用した器具，薬品類は，ほとんどが量販店において日常的に販売されており，特に，用意した装置は，簡易テスター 1，および，低学年用顕微鏡 1 である。これらもインターネットなどを通じて購入すればきわめて安価であり，その他のものは関心ある指導者が指導して自作させても中学年生では十分に目的を達成できるものである。この点では，自宅での実験によって環境に対する関心の向上をより効果的に果たすことが期待できよう。

終わりに，本研究の直接のきっかけを与えられた「よみがえれ，大栗川を楽しむ会（代表 相田幸一氏）」および当日指導補助にあたった古谷ゼミの一同に感謝の意を表する。

参考文献

- 1) 環境の保全のための意欲の増進及び環境教育の推進に関する法律第 3 条。
- 2) 文部科学省小学校学習指導要領，平成10。
- 3) 文部省環境教育指導資料（事例編）（小学校編），（1 - 9521），平成 4。
- 4) 入間川調査探検隊，川の水，No.4，18 - 31，河川環境管理財団（2001）。など。
- 5) 国土交通省，「川で学ぼう」ホームページ <http://kawamanabi.jp>
- 6) 共立理化学研究所，東京，商品名。
- 7) 川村康文，「地球環境が目みてわかる科学実験」，p 22，築地書館，2004。
- 8) 今堀宏二，山極隆，山田卓三編，生物観察実験ハンドブック，282 - 84（1997）。ただし，この部分には該当する生物の科，目が記されていないので，その部分を本書により補った。