

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

松川 覚*・大道 勇 武**・安 斎 寛**

(2008年6月30日受理)

Practice of the water environment study in Ibaraki University Junior High School

Satoru MATSUKAWA, Isamu OMICHI and Yutaka ANZAI

キーワード:水環境, 分解者, COD, 自浄作用, 河川モデル

水環境を学ぶという事を目的として、茨城大学教育学部附属中学校の「講座選択学習」を利用し教育実践をおこなった。2日にわたる講座選択学習において、第1日目には、分解者に着目して河川モデルおよび下水処理場モデルを用いて水の汚れが土のなかの微生物によって分解されることを学んだ。第2日目には有機物の汚れの指標であるCOD測定の簡易測定試薬を調整する実験を行い、それを用い化学変化に伴う色の変化を観察し、また身近な汚れを測定した。それらによって水環境を学び、さらに生態系における分解者の重要性、身近な生活排水の問題点についても意識させることが出来た。

はじめに

近年、環境問題の興味関心が高まるにつれ、環境問題を理解し、適切な行動をするために必要な知識・技能・態度を習得する事を目的とした環境教育が注目されている。学校現場では、2001年に新学習指導要領の中で総合的な学習の時間が創設され、この中で扱う内容の1つとして環境があげられ、実際に様々な形での活動がおこなわれている。こうした背景の元、地域の河川や湖沼などをフィールドとした水環境学習は小中学校において活発に展開されてきている¹⁾⁻³⁾。

我々は、茨城大学教育学部附属中学校内に学校ビオトープを作成し、それを基にした教育実践を行ってきている⁴⁾。選択理科での活動において、生徒たちは学校ビオトープ内の池の水質に興味を持っていることが明らかになった。また、ネイチャーゲームを行った際にも生徒たちは池の中の生物について興味深く観察を行っている様子が多く観られた。そこで、次の試みとして水環境を学ぶことにした。水環境学習の形態はいくつかあるが、我々は「水の浄化」に着目し、中学生が学ぶことの可能である浄化作用モデルを用いた学習と水質測定試薬の自作という二つの活動を行うことを考えた。

*茨城大学教育学部

**茨城大学教育学部附属中学校

まず、ビオトープのつながりを意識し、「分解者」としての「土」の働きを意識しながら水環境を学ぶことにした。有機物で汚染された水が土によって分解されてゆく様子を経時的に COD 測定することで実感出来る教材を利用し、分解者について学ぶ。次に、COD 測定の仕組みを、実際に自分たちでパックテストを作成することで学び、化学的に汚れが分解される仕組みについても学ぶ。こうした学習をおこなうことで、「生物」の要素が濃いビオトープを出発点として「化学」の要素を含んだ学習をおこなうことができると期待した。

しかしながら、これらの活動は中学校で学ぶ内容としては高度であり発展的内容となる。従って通常の授業の中に組み込んで学習することは困難である。こうした学習をする場合、選択理科や総合学習の時間を用いて行うことが考えられるが、今回は、茨城大学教育学部附属中学校の「講座選択学習」を利用し、その中で上記二つの活動を行うことにした。

ここで、茨城大学教育学部附属中学校の「講座選択学習」について簡単に説明する。茨城大学教育学部附属中学校では、2008年度の学習として「自分でデザインする」ことを意識したマイカリキュラムの時間を設けた。まず、5～7月にかけて①自主学习②講座選択学習③学習相談のなかから、個人で学習内容を選択（デザイン）し、計画に沿った学習をおこなった。その結果、アンケート結果によるとマイカリキュラムの時間を有意義に感じた生徒が多いことが見いだされた。この結果を受け、11月～翌年1月までの学習では講座の内容をさらに充実していくことを考え、教科の中だけでは深く掘り下げられないような内容や、時間的な制約で出来なかった発展的な内容にも取り組めるようなことをねらいとして「講座選択学習」をおこなうことにした。具体的には

- ・ これからの社会を生きていく上で必要となる知識や技能を修得し、体験を通して自分の能力を高めていく。
- ・ 大学の先生や地域の方、スクールボランティアなど、様々な人との関わり合いの中から自分の学びを広げたり深めたりする。

の2つを設定している。

この講座選択学習の1つとして「ビオトープから見える自然界」というテーマのもと、活動をおこなうことにした。講座選択学習は約60分の授業2回を1クールとして同じ内容の活動を計3回行った。受講者は茨城大学教育学部附属中学1年生、数は延べ101名であった。

実験装置について

今回、水の汚れが自然に浄化されていく事を実感できる教材として、我々が開発したモデルである浄化作用モデルを用いることにした。この内容について簡単に説明する。

浄化作用モデルとして「河川型」と「下水処理場モデル型」の2つを用いた。まず「河川型」から説明する。これはポリ塩化ビニル製の雨樋を用い、それをミニ河川としそこに土や河川堆積物を敷く。これに汚れの入った水を循環させることで汚れが時間と共に分解されるというものである。材料として雨樋（ナショナル製、丸底、幅105mm）、水流ポンプ（ジェックス社、イーロカ PF-200）、サーモスタット付きヒーター（ジェックス社、COMPACT Slim ヒーター150）、水槽（30×20×20cm）を用いた。制作手順は以下の通りである（図1）。①台の上（例えばA4板コピー用紙の空き箱）を2つ並べてそこに雨樋をのせる。この際に雨樋が倒れないように紙粘土で土台を作り、その上に置

く。②水槽を雨樋の片端の下に置く。この時流れてくる水が漏れないようになるべく中心に来るようにする。さらに水槽の中に水流ポンプ・サーモスタット付きヒーターを入れる。③水流ポンプにゴム管をつなぎ雨樋の反対側の端につなげる。この時、水流ポンプに附属の吐水口を用いてセットする。④作ったモデルに土や河川の土砂などを敷き、有機物を含んだ水（今回はグルコースを仮想汚れとして用いた）を水流ポンプで循環させる。



図1 河川モデルの制作手順。左上より文中の①，②，③，④に対応する。

「下水処理場モデル型」は、水槽の中に好気性微生物が存在する土を入れ、空気を送り込むことで水の中に含まれる有機物が分解されていく様子を観察することを目的としたものである。これは下水処理場における「活性汚泥層」をモデル化したものであり、また浄化槽の仕組みともほぼ同じである。モデルの作成は水槽（30×30×40cm）、空気ポンプ（ニッソー社製、 α 3000）、サーモスタット付きヒーター（ジェックス社、COMPACT Slim ヒーター150）などを用いた。制作手順は以下の通りである。①まず、空気ポンプのゴム管をつなぎ、ゴム管の先にはガラス管をつなげた。②ゴム管を水槽の中に入れ、ガラス管部分を水槽の底の部分にビニールテープで固定する。この際、2本のガラス管が水槽の反対側になるようにし、2つの出口から水槽にまんべんなく空気が行き渡るよう工夫した。③次にサーモスタットとヒーターを設置し、水と土を入れる。そして、空気ポンプで空気を水中に送り込む。

この2つのモデルについてはすでに実験の条件設定の検討を十分におこなっており、土や川砂利などを用いることで仮想汚れであるグルコースが時間と共に分解されていく様子を観察できること

を見いだしている。図3に代表的な実験例を示す。時間とともにCODの値が減少していく様子が見てとれる。



図2 下水処理場モデルの制作手順。左上より文中の①, ②, ③に対応する。

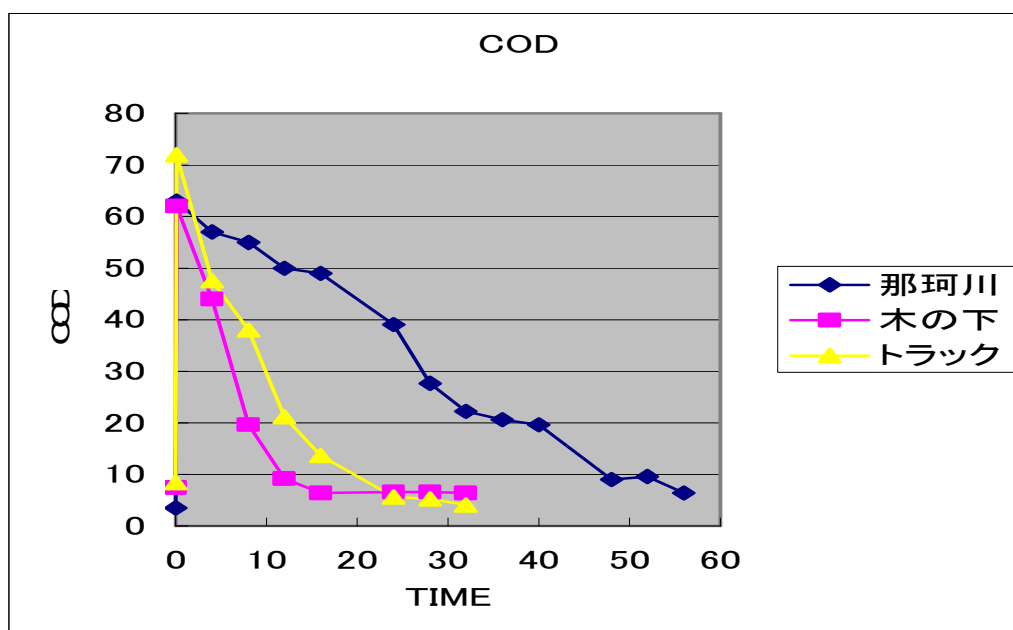


図3 河川モデルを用いた実験のグラフ。
時間と共にCODの値が減少していく様子が観察できる。

実践と考察

これら2つのモデルを用いて水環境学習をおこなうことにした。受講した生徒は、事前にネイチャーゲームでフィールドビンゴを体験していた。そこでビオトープ内の様々な生物の存在を観察し、認識している。この知識・経験を活かして学習をおこなうことをイメージし、次のような流れで説明をおこなった。①この前おこなったフィールドビンゴではいろいろな植物や昆虫、魚、鳥を観察したり発見したりした。それらは「生産者」、「消費者」である。②今回は目に見えない土の中にある「分解者」に着目する。③生態系のサイクルにおける「生産者」「消費者」「分解者」の関係について理解する。④分解者が分解する様子を観るといふ今回の実験の目的を提示する。⑤その手段として河川モデルや下水処理場モデルを用いて水の汚れを土の中にある分解者が分解する様子を観るといふ実験の詳細を説明する。

この際に用いた模造紙を図4に示す。このイメージ絵によって今回、普段目にしない分解者に着目することを意識づけた。



図4 生産者・消費者・分解者をイメージした絵

次に、河川モデルの作成の方法を説明し、実際に生徒たち（あらかじめ6～10人のグループにした）に組み立て・作成をさせた。生徒には雨樋、紙粘土、コピー用紙の箱、水槽、ポンプ、サーモスタット付きヒーターを渡し、配布した組み立ての手順に従い組み立てた。土としてビオトープの土、グラウンドの土、那珂川の川砂利を用意した。そしてグループ毎に自分たちで土を選んでモデルの上に敷き詰めて実験装置を完成させた。その後、水を循環させ、定期的にCODの測定をするこ

とにした。作成の様子を下の図5に示す。また、状況に応じ河川モデルと同時に下水処理場モデルも並行して作成した。



図5 河川モデル作成の様子

COD 測定は生徒でも容易に測定が可能であることを踏まえ、パックテストを用いることにした。測定時間は生徒が無理なく測定できる時間帯であることを第一とし、登校時と下校時に設定し、余裕がある場合は昼休みの時間にも測定することとした。パックテストは1回につき3回測定し、平均値を求めるようにした。そしてワークシートと共に表を配布し、生徒に COD 値を書き留めるようにさせた。

パックテストの色の変化を記録しよう！（土の種類）

水の汚れの度合い（CODの値）が変化していく様子を記録しよう。

☆ パックテストは一回につき3つ測って、CODの値は**3つの平均の値**を記入しよう。

日時	パックテストの色	CODの値
1/15 12時		
1/16 8時（登校時）		
1/16 16時（放課後）		
1/17 8時（登校時）		
1/17 16時（放課後）		
1/18 8時（登校時）		

表1 CODの値を記録する表

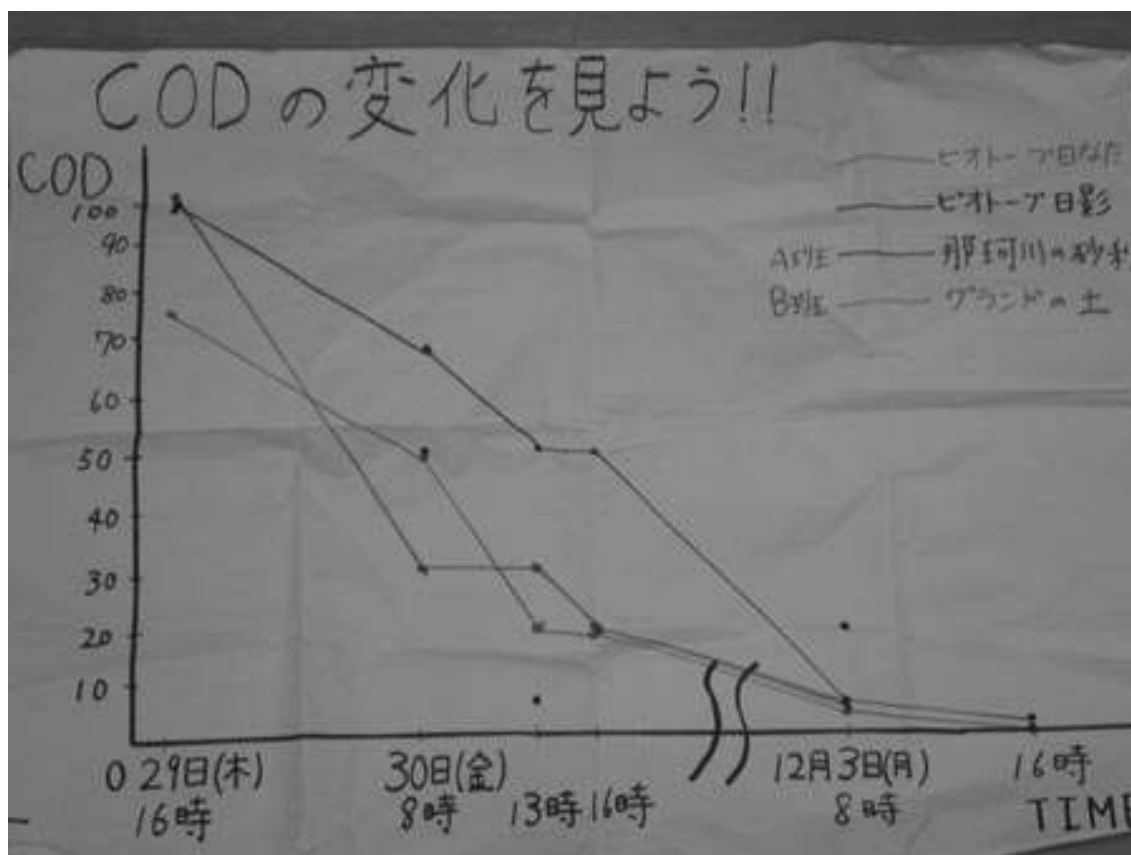


図6 生徒が測定したCODの値をプロットしたグラフ

1 週間後に生徒たちに COD の測定値を発表させ、その値を模造紙のグラフに書き込んだ(図 6)。4 種類の異なった土に対して実験を行い、いずれも時間とともに COD の値が低下していく様子を観ることが出来た。さらに、土の種類により COD 値の低下の速さが異なり、このことから土の中に存在する分解者の量が異なることを生徒たちにイメージさせることが出来た。これらの結果から分解者の生態系における重要性をイメージさせ、さらに、分解者が少ない土地では生産者、消費者も減ってしまい、その結果生態系が崩れることを教えた。一方で、生産者が減少しても消費者、分解者が減少してしまい、生態系が崩れるということも教えた。その影響の一つの例として砂漠化をあげた。もちろん砂漠化の原因は数多くあり、適切さを欠くという考えもあるが、今回は生態系が崩れる場合に起きるわかりやすいたとえとして例示した。

次に、この実験においてパックテストを用いて水質(COD)を測ったが、その仕組みについて簡単に説明し、第 2 回目の活動としてこのパックテストと同じ原理である COD 粉末試薬の調整を行うことにした。パックテストは塩基性条件下において過マンガン酸カリウムが紫色から緑、茶色と変化することを利用した物である。我々はすでに、濃度の決まっている過マンガン酸カリウム水溶液と水酸化ナトリウム水溶液をセライトに吸着・分散させることで粉末 COD 測定試薬が容易に調整できることをすでに報告している⁵⁾。この粉末試薬の調整を実際に生徒に実体験させ、化学変化というもの実感することを目的とした。4 人を 1 つの班として班ごとに粉末 COD 測定試薬を調整し、調整した試薬を COD の値 0, 5, 10, 20, 50, 100 の標準溶液と反応させ色の変化を観察した。その結果、うまく調整が出来なかった班もあったがほとんどの生徒が COD が 0 から 10, 20, 100 と上がっていくに従い色が紫から青、緑、黄色と変化していく様子を観察することができた。実験の様子を図 7 に示す。さらに、作成した試薬を用い、ビオトープの池の水、石けん水、砂糖水の COD も測定した。その結果、石けん水や砂糖水が COD50 から 100 という大きな値を示すことを生徒たちは見いだした。生徒たちは日常の生活における排水の汚れが自分たちの想像していた値よりも大きいことに驚いている様子であった。



図 7 COD 測定試薬作成実験の様子

2 回の授業を行った後に「振り返り」として「この授業を受けて土の中にいる分解者の働きについて理解できましたか?」「土によって分解者の数が異なることが理解できましたか」「河川モデルや下水処理場モデルを用いた実験は分かりやすかったですか」という 3 つの項目について 4 段階で自己評価してもらった(N = 26)。その結果、ほとんどの生徒が「1. 良く理解できた」「1. 分かりやすかった」を選んだ。また

「感想」については以下の表に示すようなものが観られた。このことから今回の水環境を学ぶという授業は、当初の目的をおおむね達成できたものと考えられる。しかしながら、COD 測定試薬の実験における生徒の振り返りには「実験が難しかった」という記述がいくつか観られ、内容も操作も発展的なものであることの欠点であると考えられる。

- ・ 目に見えないような分解者がとても大きな役割を持っていることにとても驚いた。その分解者が居なくなるようなことはさげようと思った。
- ・ 分解者が必要なんだなと思いました。汚くすると分解者がいやになるからあまりきたなくしないようにしたいです。
- ・ 実験を通じて分解者のことが良く理解できた。
- ・ 普段の生活の汚れが水環境の汚れにつながるのだと感じました。水環境について改めて考える機会になりました。
- ・ 授業を受けるまでは水のことなど全然興味が無かったが、今回の授業を受けて理解することが出来た。これからは環境について考えていこうと思った。

- ・ 色によって水の汚さを見分けられるというのは知らなかったので実際に作ってみて驚いた。
- ・ いろいろな色が作れておもしろかった。
- ・ 水の汚れの色が分かっておもしろかった。
- ・ 石けんや砂糖が以外に水を汚していることが分かった。これから気を使っていこうと思う。

表2 生徒の振り返りの自由記述から

まとめと展望

今回、水環境を学ぶという事を目的として、茨城大学教育学部附属中学校の「講座選択学習」を利用し教育実践をおこなった。2日にわたる講座選択学習において、第1日目には、分解者に着目して河川モデルおよび下水処理場モデルを用いて水の汚れが土(のなかの微生物)によって分解されることを学んだ。第2日目には有機物の汚れの指標であるCOD測定の簡易測定試薬を調整する実験を行い、それをうい化学変化に伴う色の変化を観察し、また身近な汚れを測定した。河川モデルを用いた実験において、汚れが土によって分解していく様子をCOD測定を通じて実感することで自然界における分解者の重要性を理解させることができた。またCOD測定試薬の調整とそれをういた測定においては身近な生

活排水とその問題について生徒たちに意識させることが出来た。しかしながら化学変化によって色が変わっていくという現象についての気づきはきわめて少なかった。これは、微生物や汚れといった物に対しては比較的抵抗感無く理解できたのに対し、マンガンという化学物質が含まれる化学変化に対しては理解が困難であった為であると考えられる。実際、今回対象としたのは中学1年であり、化学変化や原子分子を学習するのはまだ先であることがその原因の一つとして考えられる。

また、今回の「講座選択学習」は60分の授業を2回という形式で授業を行ったが、改善を要する点として時間数が今回行おうとした学習に対しては短すぎであった事が考えられる。その結果、本来は生徒自らが多くの気づき・関心を持ってもらうことが理想であるのに対し、時間の都合上こちら側から知識を押しつけざるを得ない状況も多かった。教科の中だけでは深く掘り下げられない発展的内容を取り扱うだけに、もう少し時間をとり、生徒が自ら気づきや学び、実感をより多く出来るような授業設計を行うことが出来れば更に有効な学習になったと思われる。これらについては今後の課題として次の教育実践において解決していく予定である。

注

- 1) 環境学習研究会編『身近な環境調べ-自由研究ヒント集』(オーム社, 1999)
- 2) 小泉武栄, 原 芳生編『身近な環境を調べる』(古今書院, 2002)
- 3) 水利科学研究所編『地球環境時代の水と森-どうまもり・はぐくめばいいのか』(日本林業調査会, 2002)
- 4) 松川 覚, 大道勇武, 安斎 寛「学校ビオトープを用いた附属中学校における教育実践(1)」『茨城大学教育実践研究』2007, 26, 31-41.
- 5) 松川 覚・小田峰明・金谷めぐみ・北崎恵理・西條真理菜「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(自然科学)』2008, 57, 63-70.