

研 究 集 録

第 38 集

(第一分冊)

平成 7 年度

大阪教育大学教育学部附属天王寺中学校

大阪教育大学教育学部附属高等学校天王寺校舎

まえがき

1995年も歳の暮れになって、『大阪市生活実態・学習理解度調査（中間報告）』（大阪市教育委員会）が届けられた。私も、問題作成の一部に関わった関係で、贈られたものである。同和教育推進校を中心に、小学校1年生から中学3年生まで約18,000人の児童・生徒について、同和地区児童・生徒と地区外児童・生徒の学力格差の現実を調査したものである。長年にわたる差別的世代的累積の結果としての経済的問題が、家庭の教育的環境を阻害し、それが同和地区児童・生徒の低学力的傾向をもたらしている、という「環境決定論」だけでは、学校教育の可能性を否定することになりかねない。学校教育は、低学力的傾向を克服する可能性をもっているはずだし、克服に向けた具体的な教育改善を学校は提案することができる。そんな信念と覚悟をもって、この調査は実施された。調査結果は、厳しい〔教育＝学習〕の現実を如実に示した。地区・地区外の学力格差、および、低学力的傾向を示す地区児童・生徒の比率の高さなど、これまでの調査よりも厳しい結果を示しているのではなからうか。

ところで、調査というものは、実態を明らかにするものではあるが、それだけにとどまるものでなく、課題を解決するためのものでもある。本調査は、学力形成の一つの重要な要因として「自己概念」の形成ということを想定している。生活が経済的に厳しい家庭の子どもほど「負の自己概念」をもちやすく、負の自己概念をもつ子どもほど低学力的傾向を示しがちである。であるならば、子どもたちが、負の自己概念を克服し、前向きの積極的な自己概念の形成のはかれるように、学校教育は取り組まなくてはならない。

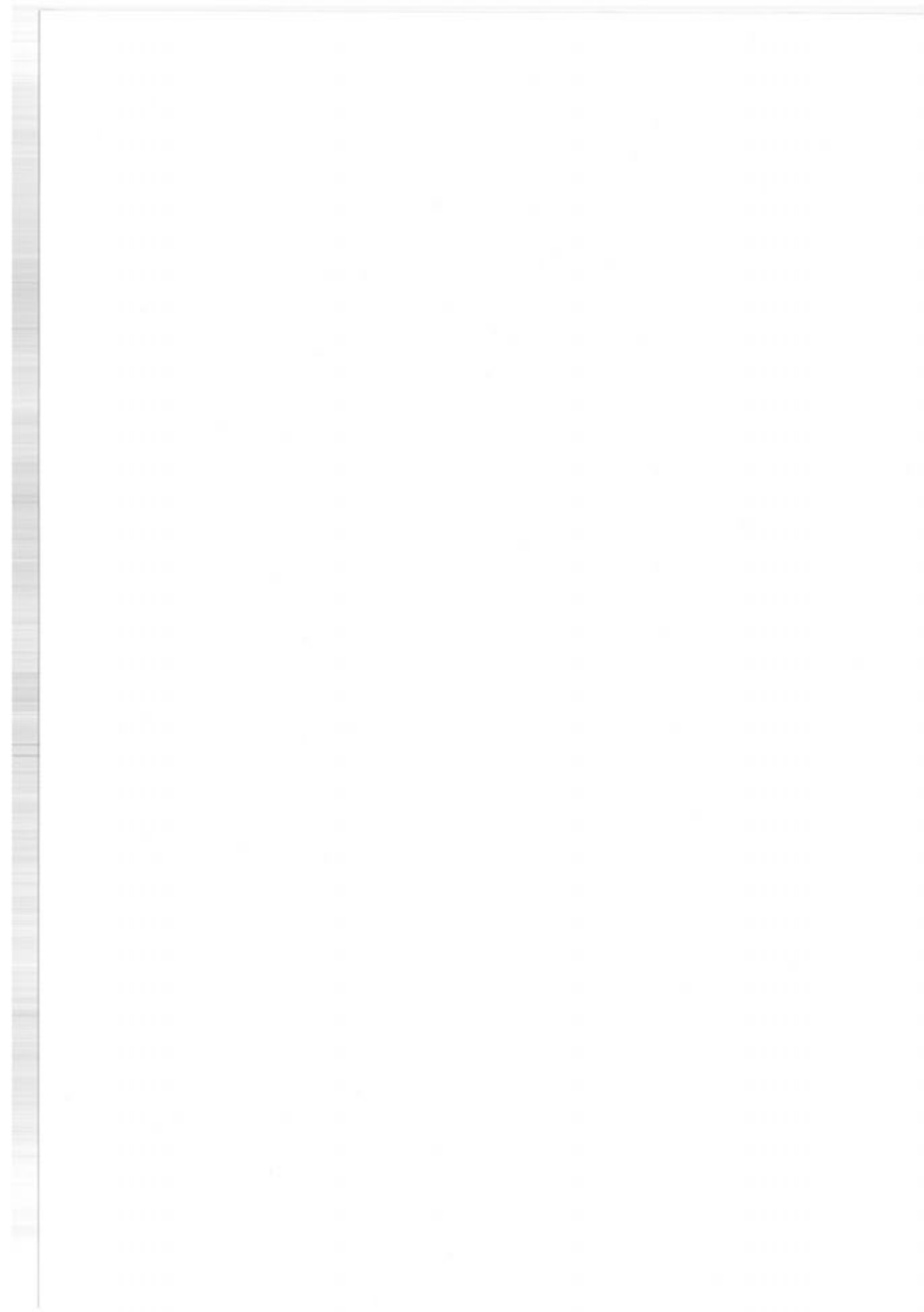
自信、自分への誇りなくして、人と積極的に関わったり、意欲的にみんなと一緒に活動に取組んだりすることができない。自信がないと、生き生きと活動に取組めないばかりではなく、失敗を恐れたり、引っ込み思案になったり、活動から逃げたり、さまざまな崩れを見せることになる。そもそも子どもの自信や意欲は、どのように育つものなのか。基本的には、愛する人や好きな友だちに受け入れてもらえないということから、相手との関係が安定的に形成できず、そのため自己確認ができず、自己存在感をもてない、そこから自信のなさが生じていく、というようなプロセスが想定できる。

人間関係のつまずきの中で、情緒的に不安定な子どもたちは学習活動に意欲的に取組めず、低学力的傾向に陥っていく。そのことがコンプレックスとなって、人との関係に怯えて、学習にも無気力になっていく。まさに悪循環を生きることになる。学習活動における能動性、主体性をどう形成していくか、それが本校のこれまでの教育実践の基本であったし、そのことを抜きに、人間形成も果たし得ない、と捉えてきた。かといって、受験学力の形成を決して軽視したわけではない。両者が矛盾するものとは捉えず、むしろその統合をはかることが育ちにおける両側面の発達を保障するものであると考えてきた。積極的に問題提起を行い、徹底的な論議が行なわれることを切望するものである。

平成8年1月12日

大阪教育大学教育学部附属天王寺中学校校長
大阪教育大学教育学部附属高等学校天王寺校舎主任

早川勝廣



目 次

生徒の活動を中心にした授業展開の試みⅡ	小山秀樹	1
— グループ発表で「万葉集」「古今集」「新古今集」を読む —		
楽しい国語の授業とは(4)	平田達彦	11
— 単元学習「富士山」の魅力を探る —		
楽しい国語の授業とは(5)	平田達彦	41
— 単元学習・『乗鞍修学旅行記』を創ろう! 「非日常」の中に、「日常」の自分を見つける —		
実践報告「旧国名を覚えよう」	出原真哉	69
— 自己展開学習の一環として —		
2直線による回転体	瀬尾祐貴	79
水を中心にした理科教育	大仲政憲・森中敏行	87
— 水の浄化 —		
附属天王寺方式化学のカリキュラム	岡博昭・井野口弘治	113
— 中学化学実験書を用いた授業展開(その1) —		
附属天王寺方式化学のカリキュラム	岡博昭・井野口弘治	135
— 中学化学実験書を用いた授業展開(その2) —		
兵庫県南部地震の大阪付近の震度分布	柴山元彦	159
— 生徒のアンケートによる —		
水とのかかわり	森中敏行・大仲政憲	169
— 水をテーマとした環境教育への試み —		

生活環境・社会環境に関する教育における社会福祉分野の意味について ……	うえだ まなぶ	上田 学 …… 187
— バリアフリー社会をつくる人材の育成に向けて —		
新領域「家庭生活」と食物領域との関連性についての実践例 ……	うしろら ちえこ	良 千恵子 …… 207
— お弁当をつくろう！ —		
英語の特色（Ⅰ） ……	いばた おみ お	井畑 公男 …… 219
— 英語らしさを求めて —		
スピーチ&レシテーションの指導と実際 ……	かな いとも あつ	金井 友厚 …… 223
— 英語暗誦大会&弁論大会に向けて、附中47期生の歩み —		
中学校における平和教育に関する一事例 ……	うしろら ちえこ おの ゆかり よしみず ひろや 良 千恵子・小野由香里・吉水 裕也 …… 245	
— 附中48期生の場合 —	よしむら のぼる くすい ひろゆき おか ひろあき 吉村 昇・楠井 啓之・岡 博昭	
モノグラフ・高校生 '94 ……	たなか やずる あきの あきはる	田中 譲・浅野 浅春 …… 265
— 親たちの学校期待 —		
山根家の写本『中村直三翁傳』とその翻刻と校注 ……	たか き まさ たか	高木 正 喬 …… 282
		(378)
平成7年度 教科・個人研究テーマ一覧 ……		379

生徒の活動を中心にした授業展開の試みⅡ

—グループ発表で「万葉集」「古今集」「新古今集」を読む—

こ やま ひで き
小 山 秀 樹

I. はじめに

今回は、現代文のグループ発表と同時に始めた古典（和歌）のグループ発表についての報告である。私は数年前より、生徒を教壇に立たせる授業の展開を始めた。その試みを始めたいちばん大きな契機は、それまでの私が解決できなかった生徒指導上の諸問題は、それ自体としては対応していくことに限界があるということに気づいたということである。つまり、小状況に生まれるさまざまな問題の川を遡行していくと、私の場合、私と生徒がリアルタイムに一喜一憂するような授業の再生という根本的な問題にたどりついた。そして生徒が主体的に取り組めるような授業の展開を考える中で、グループ発表へとたどりついたのである。

何年かたって職場も変わり、生徒のかかえている問題の質も変わっていった。その変化は必然として、私が試み続けている授業の展開が生徒の問題に対して有効かどうかを問うと考えられる。後手後手にまわりがちな小状況の問題に対して授業の再生という根本的な問題の追求はどこまでたえ得るか。今回実践を書くにあたって、この問題意識だけは最初に述べておきたいと思った。

II. グループ発表で和歌を読む

1. 目標

次の3つを目標として展開を考えていった。

- a 和歌を自分達で研究することによって和歌をより身近に感じさせる。
- b グループでまとまった内容を手順をおって発表できる力をつけさせる。
- c 発表と意見交換を通して、クラス集団として和歌の読みを深め、未来への勇気とする。

古典を生徒が研究し、発表する際に何が授業の目標となり得るのだろうか。古典が古典文学である以上大げさではあるが、自分を見つめる契機となり、未来への勇気となっていくということは必ず目標とするべきだろう。しかしそのためには、自分達がどれだけ古典を身近に感じ、自分達の考え方や感じ方と重ねあわせることができるかということが重要であると思われる。意見交換が進めば、和歌と自分自身とを別な観点からより深く結びつけてくれると思うのだが。

2 テキストについて

和歌は「万葉集」「古今和歌集」「新古今和歌集」を扱い、テキストを作成した。作成にあたっては時代、作者など担当班が問題点を絞りやすいよう配慮した。

3. 授業展開の方法

発表班は担当部分について何を中心に発表していくのかを決め、準備を進めていった。発表班以外の生徒は発表を聞いて感想用紙に疑問や意見を書き、発表班に提出する。発表班は次回の授業で発表した内容についてのテストを行う。また、次々回の授業で感想表に答える形で補充の発表をする。テストでは少なくとも二首は歌の暗唱の問題を入れさせた。発表班が採点を行い、点数をつけるとすぐに全員に返す。私は点数の入った名票だけもらった。点数は評価の一部となる。この方法で公正さが維持できるかが私と生徒がかかえている問題の現象面での一部となるはずである。

発表班と担当部分は以下のとおりである。

万葉集

1班(万葉集概説・額田王・大海人皇子) 2班(柿本人麻呂) 3班(大伴旅人)
4班(山上憶良) 5班(山部赤人) 6班(東歌) 7班(防人歌) 8班(大伴家持)
9班(米と万葉集) 10班(百紵徒歩と万葉集)

古今和歌集 新古今和歌集

1班(古今和歌集概説・仮名序) 2班(よみ人知らずの時代) 3班(六歌仙の時代)
4班(撰者の時代Ⅰ) 5班(撰者の時代Ⅱ) 6班(撰者の時代Ⅲ) 7班
(新古今和歌集概説・藤原定家) 8班(西行法師他) 9班(式子内親王他)

また、基本的な授業の展開は次のようになった。

学 習 活 動	指 導 上 の 留 意 点
1 前時までの学習経過と本時の予定の説明	
2 テスト担当班がテストを実施	テスト問題は適切か。
3 補充担当班の発表	
4 担当班の発表	よく時間がかけられて調べられているか。歌を班として身近にとらえているか。
5 テスト担当班、補充担当班、担当班の発表についての助言	i 発表内容について ii 発表の方法について
6 感想用紙への記入	担当班が感想用紙を利用してみんなの意見をきくことも多い。
7 次時の予告	次の担当班が次の時間までに考えてきてほしいことなどを言う。

4. 授業の実際Ⅰ — 万葉集・東歌・米 —

自分達で調べていくということが、比較的受け入れられた発表が多かったように思う。図書館で資料を探し、2枚と限定された発表資料にまとめることは彼らにとってたやすくできることではなかった。従って、取り組みだせば自然と時間をかけた発表となっていた。ここでは例として「山上憶良」の班をあげる。この班は「山上憶良」に関する

発表を自分達の手元に引き寄せた形で行っている。また、本校で万葉集を学習するという視点から「米と万葉集」「百軒徒歩と万葉集」についても調べさせた。私はその年赤米のもみを手に入れて自分で育てており、「米と万葉集」では写真とともに実物を教室に持って行ってみんなに触れてもらった。「百軒徒歩と万葉集」は後の節で紹介する。いずれも歌に対しての興味を助けたように思う。

資料を写しただけで十分に自分達のものになっていない班も出たが、授業中の私の追求があまりに厳しすぎるためそんな班が出たクラスは後には出なくなっていった。

5. 授業の実際Ⅱ — 万葉集と百軒徒歩 —

本校は自治会活動が盛んで、附高祭・音楽祭・百軒徒歩という3大行事が例年行われている。その中の百軒徒歩とは、奈良方面を一昼夜かけて歩きとおすという行事である。五食分の弁当など必要なものはすべて肩に背負い、その荷物以外は一切助けを得ないで歩くというこの行事は非常に厳しい反面生徒達には大変魅力的であるらしい。毎年4月になるとすぐに翌年3月の本番に向けた下見が開始され、それはあわせると50回以上の下見が行われる。コース選定、原案審議、事前講習などいくつかの山場を経てようやく自治会行事として百軒徒歩が行われることになるのである。私は彼らの歩いている場所があまりにも万葉集と関わりが深いのに注目せざるを得なかった。山辺の道、葛城古道、吉野などを歩くことは実際に足を使っている以上それらと関連の深い万葉集の歌を身近に感じさせる手だてにもなるはずである。また、行事のなかで彼らが直面する問題をグループ発表を準備する際にぶつかる問題と重ねて考えていかせることができれば、行事と授業を切り離さずに自分の現在を見つめていくことができるのではないかと私は考えていった。

生徒はよく調べたように思う。参考になる本が万葉集に関しては多く出ていたこともあって、自分達が歩くところと歌をマップとして整理したりしていた。奈良に住んでいる生徒がいる班は土地カンのあるあもしろい発表をしていた。携帯しやすいように小さい版にした班もあったが当日は冊子として綴じたものを持っていたクラスのほうが頻繁に見ていた。歌を読むのにはやはりふさわしい大きさがあるということなのだろう。

6. 授業の実際Ⅲ — 古今集・新古今集 —

1年の3学期に万葉集のグループ発表を行い、2年の2学期から3学期にかけて古今集・新古今集のグループ発表を展開した。さすがに2年となると余裕を持った発表が多くなっていった。古今集〈六歌仙の時代〉の場合、仮名序の中の紀貫之による六歌仙評を見ていきながら六歌仙ひとりひとりについてあたっている。この構想に私は大変動かされた。また〈撰者の時代〉の場合、準備の段階での班の話し合いが発表に非常に生かされていた。今回の発表で特に充実したと感じられるのは感想表である。当初は授業終了後すぐに回収していたが、書く時間を確保する必要から授業から2日後ぐらいに締め切り日を別にもうけ出した。感想の内容や発表班のコメントも次第に自由になっていき、和歌を自分達が楽しんでいるような感覚になっていっていると私は感じられることもあった。

万葉集の時のテストが比較的順調に進んだこともあって、私は調子に乗って単語の小

テストまで同時にやらせてみることにした。軽い気持ちから始めたことであったが、生徒はよくついてきたように思う。

3. 授業をとりもどすということ（展望にかえて）

生徒の抱えている問題に授業の側からアプローチするという。私のこの問題意識がどの程度有効だったかは生徒一人一人の体験に何がどれほど積みあげられたかということではかっていく事になるのだろう。私は今、いくつかの場面を思い出すことができる。

1つは、テスト問題が事前に流れたことがわかった場面である。要領が驚くほどいいその生徒は、毎時間必ず行われる自分達がつくったテストの意味など考えることもなく問題を流し、また逆の立場にもなろうとしていた。私は授業のほとんどを使ってその行為がだいなしにしているものを指摘し、テストは授業を自分達の手にとりもどすことに通じているということを話した。みんなはどこまで理解しただろうか。ただ、以後不正は皆無であったと確信している。

また2つめは、発表班の生徒達とやりあった場面である。学力的にしんどい生徒達の班だった。それでも私は彼らが発表をただやり過ごそうとしているのを感じて厳しく追った。班のひとりが激しく反発し、私に今にもつかみかからんばかりになった。結局彼らは補充のプリントで頑張ってくれた。

発表前に人が集まらない、全員が話し合えない、歌ごとの分担だけで班としての活動を終わってしまう……。そんなグループ発表の準備にあらわれた問題は、すべて彼らが日常に抱えている問題である。そしてそんな状況の中から問題を明らかにしながら本校の行事や私のつたない指導にヒントを得て自分達の日常を見なおしていくというのは、自分達が自分達の手で授業をとりもどしていく過程である。百軒徒歩で自分達のつくった万葉マップを見たとき、彼らは授業を思っただろうか。行事やクラブで人が集まらなかったとき、彼らは授業を思っただろうか。グループ発表が授業をとりもどしていけるのは、そんな小状況で彼らが自分と向きあっていくことの重なりの中からでしかないように現在の私には思える。

古典「万葉集」 補助プリント 有間皇子・額田王・大海人皇子

質問に答えます Q&A

ほとんどどの質問はみんなが書いてくれた感想用紙に答えたが持にたくさんの方が答けた質問をここにとり上げる。

Q.「多胡」って何?

A. 「多胡」とは群馬県東吾妻郡にある地名です。和銅四年(713)に新しく多胡郡が設置されたことを記念して建てられた「多胡神社」のあること有名だそうです。

なお、「祝詞」として「多胡」が「多胡」にかがのぶのは次に挙げる一例だけです。「多胡」の語源の音が「秋」に似ていることから

<感想欄より>

▽中大兄皇子

文化の改新のヒーロー的な目で見ていたのだが「軽徭」など「多胡」があるのを知って見る目が変わった。

水同じような意見が多く見られました。強心中央集権制をなくするためにははるがなかつたのでどうかな?

Q. 二の時代の平均寿命は?

A. 今のようには統計がとられていないのでは、さりとばかりいってませんが、三十五歳位ではないかと推察しています。孫が二つ又はいらるは

Q. 有間皇子

中大兄の都合の悪い香は消してしまおうという主義の完全なタイクワットになってとても悲劇的な運命の人だ。

彼の悲しみが両方の歌から感じられる。中大兄の圧力がわかろう、中々気がおきた。
若いのが故にだまされ、殺された。昔の人にはあんなに苦



Q. 袖振るってどんな感じ?

A. この時代の着物は振袖袖のように袖の部分が少し長めでした。

そのため、袖を振ると裾を露うように美しい。恋愛の意志表示としておまがるような気がしませんか? 人はその姿勢の優れさを羨しんだのじゃないでしょうか?

くても、自分の思いを素直に表現できる素晴らしい力を持っていたのだらうか?
*日常的に歌が詠まれていることについて長歌の思いを抱いた人も多かった。

Q. 額田王・大海人

古今や新古今の持つ雰囲気や和歌のイメージとなつて、二人の相関が和歌の本来的な姿だと思つた。同じ音を用いて、リズムを望むとこのころに歌のセンスを

<感想欄より>

額田が中年になつてからという説は、ちと前にイメジンと違う。でも以前は、たまたまソングの「袖」みていい雰囲気かもしれない。

あなたはどちら? 紫野説? 客会説?

確かに40代のおばさんがあのような歌を詠むとは思えないくないです。でもそう考えたなら、そんな声もつた二人の歌を考えたならどうでしょう?

客会説の方か。思つた。それには大海人皇子を恐れた額田王を差し出したのならば、昔人の盛名を恐れずにはすばないだろうか。

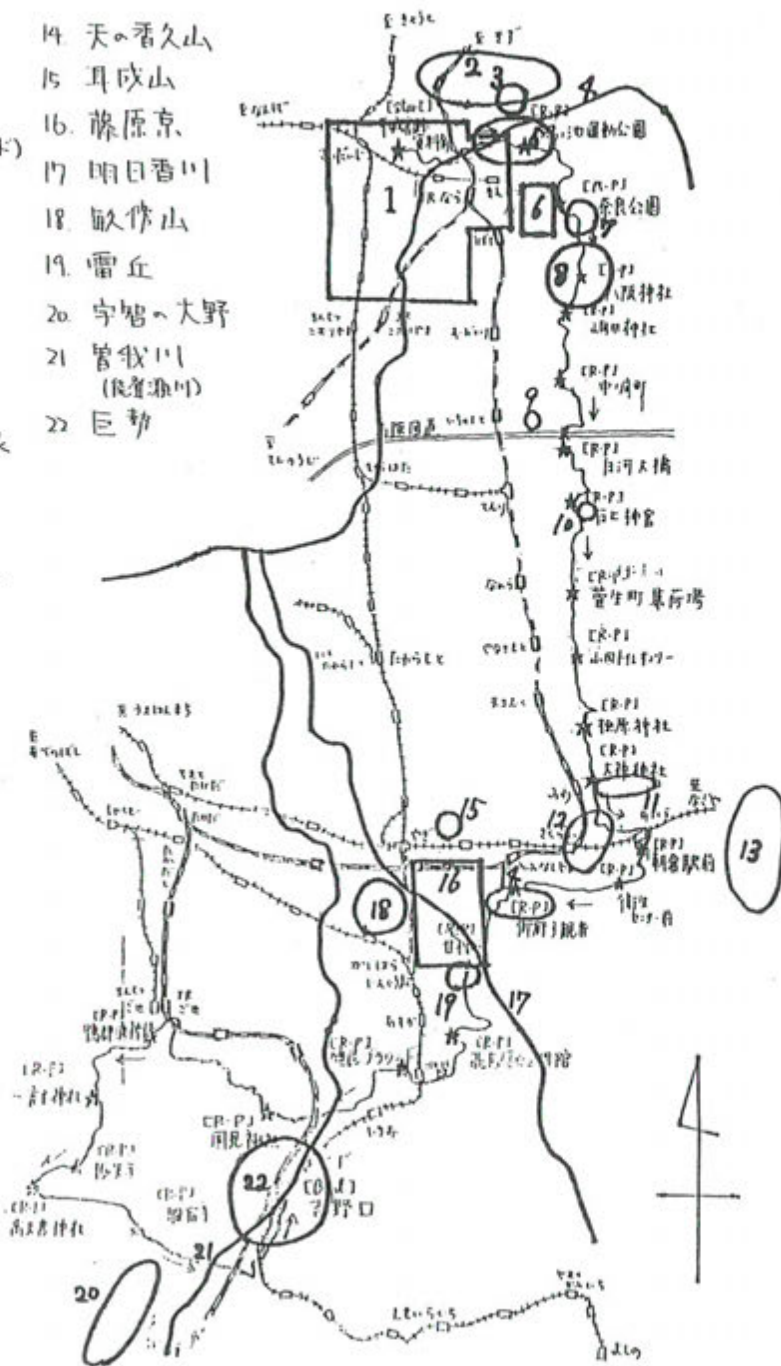
*昔ながらの意見、ありがたうございませう。

<発表者より>

初めてという事もあり、成功や失敗の心配をせずに、心から気をもよほして、一歩一歩進んで、そのうちに、自分の歌に、少しずつ、自信が湧いてきた。

悲劇のヒロイン的な、有間皇子ですが、中大兄の湯名を回復した、有間皇子の歌に詠まれた、結びに、題材にした歌をたくさん取り上げたい。おまけに、有間皇子の石碑が、京都

- | | |
|-------------------|------------------|
| 1. 平城京 | 14. 天香山 |
| 2. 奈良山 | 15. 耳成山 |
| 3. 黒輪山
(トウムラト) | 16. 藤原京 |
| 4. 佐保川 | 17. 明日香川 |
| 5. 佐保 | 18. 敏修山 |
| 6. 春日野 | 19. 雷丘 |
| 7. 三笠山
(春日山) | 20. 宇智〜大野 |
| 8. 高円野 | 21. 菅我川
(長瀬川) |
| 9. 人麻呂塚 | 22. 巨勢 |
| 10. 石上布留 | |
| 11. 三輪山 | |
| 12. 海石布市 | |
| 13. 日蓮山 | |



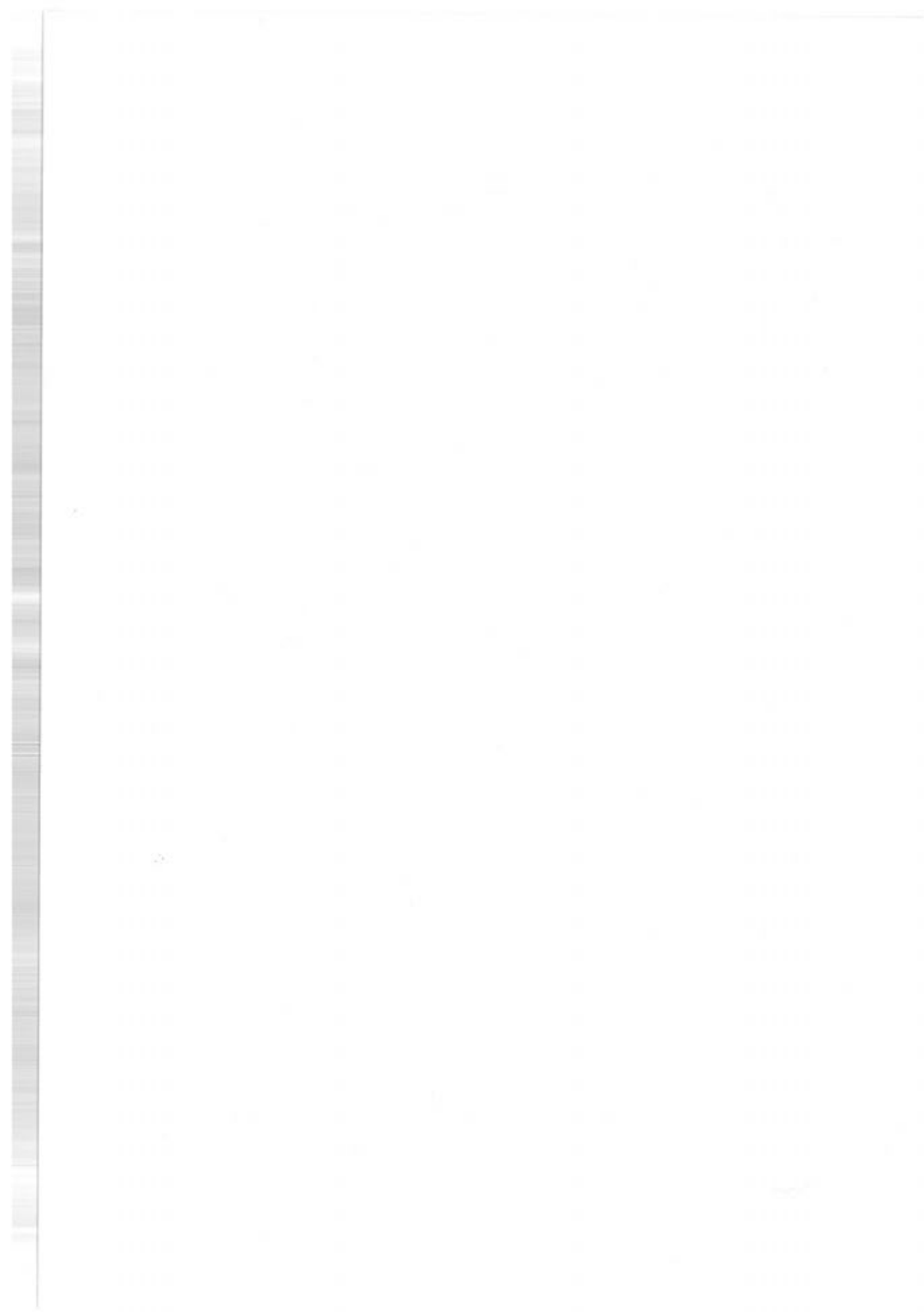
萬葉歌対応
 百景徒歩完全攻略マップ

一年A組 大橋 鈴子

高校には、初めて。古文... という独立思
 想教科が付け加わって、初めてこの授業の特色
 は、ドキドキと、今までの授業で一番印
 象に残っているのは、やはり最初の授業で、あ
 り、と、いう歴史のなごい、現代語に直
 すので、私は、おおい、た、と、わ、か、つ、た
 のです。が、みんな、わからなかつた。先
 生も、これがわか、たら、古文の才能がある
 みた、いな、こと、を、お、し、や、つ、て、無、償、に、う、れ
 し、か、つ、た、の、を、覚、え、て、い、ま、す。
 文法と覚え、頃、は、し、ん、ど、か、つ、た、し、口、語、訳
 は、結構、面倒、臭、く、。班、で、う、ろ、ろ、と、資料、を、集、め、お
 の、が、大、変、だ、つ、た、け、ど、。今、こ、う、し、て、振、り、返、り、で、
 必、ず、と、何、だ、か、ん、だ、言、つ、て、し、。結構、古文、を、他、の
 教科、より、優先、して、ま、た、し、。そして、自分、自身、樂
 し、み、が、ら、や、つ、て、ま、た、の、か、な、め、と、思、い、ま、す。
 色々、な、古典、文学、に、一、年、触、れ、て、ま、た、中、で、少、し
 日本、文学、を、理解、でき、。また、興、味、も、も、つ、ま、か
 り、と、な、り、ま、し、た、。これ、が、ら、も、ま、た、古、典、と、仲
 良、く、つ、ま、あ、つ、て、い、ま、ま、い、と、思、い、ま、す。

一年A組 河野 かり

自分達、が、作、つ、た、資料、を、ク、ラ、ス、に、配、つ、て、そ
 れ、を、発表、する、。しか、も、各、ク、ラ、ス、が、違、つ、た、授
 業、展開、です、。なん、か、す、ご、く、責任、感、を、感じ、ま、し
 た、。私、達、の、班、が、し、かり、と、調べ、れ、ば、どの、ク、ラ
 ス、の、授業、上、り、も、レ、ベル、の、高、い、良、い、授業、と、な、り
 と、して、迷、に、午、を、振、け、は、み、ん、が、理、解、でき、ま、す
 なん、か、迷、惑、を、か、け、て、し、ま、う、み、た、い、で、い、。でき、
 る、だけ、。プリント、作、り、も、見、や、す、く、要、点、だ、け
 を、押、さ、え、て、記、入、する、と、い、う、こ、と、を、頭、に、入、れ、て
 が、ん、ば、つ、た、つ、も、り、で、す、。げ、。こ、う、そ、の、様、子、作
 業、を、す、る、こ、と、で、自分、達、の、事務、能、力、と、い、く、の
 於、。ど、う、い、う、点、を、振、き、去、つ、て、ど、う、い、う、点、を、中
 心、に、要、点、と、して、ま、と、め、る、か、。と、い、う、ク、ラ、ス、が、つ、い
 た、よ、う、な、気、が、し、ま、す、。私、は、。質問、答、え、を、
 調べ、た、の、で、す、が、。3、枚、分、に、お、さ、え、る、こ、と、は、
 前、も、。て、練、つ、て、い、ない、と、難、し、い、と、思、い、ま、し、た、
 。私、は、こ、の、よ、う、な、授業、は、や、つ、て、み、て、良、か、つ、た、
 と、思、い、ま、す、。た、だ、教、え、ら、れ、て、い、る、。と、い、う、場、に、立、つ、の
 場、で、なく、。自分、が、教、え、る、。と、い、う、場、に、立、つ、の
 も、い、い、経験、に、な、つ、た、と、思、い、ま、す、。



楽しい国語の授業とは（４）

—— 単元学習・「富士山」の魅力を探る ——

ひら た たつ ひこ
平 田 達 彦

I. はじめに

楽しく学べる授業を目指して、しかもその中に生徒の読む・聞く・話す・書くという四つの取り組みをバランスよく配置して、さらにそれぞれの力を高めていく。ひとりひとりの生徒の存在を大切に授業を展開し、個々に適切な評価や支援を行っていく。私自身は、日々の授業にこのような目標を持って臨んでいるつもりだが、結果として生まれた授業はというと、未熟さのゆえに不満足なものばかりである。したがって今回の実践は、このような現状を何とか打破したいという思いからスタートしている。

「単元学習」についてもまだまだ私自身の勉強不足があり、「単元学習」としての取り組みにはなっていないのではという不安も常につきまとっているが、御覧いただいた方々からのご指導・ご助言を今後の授業への指針にさせていただこうと考えて、傲慢なようだが思いきって取り組んでみた。

さて今回の取り組みには、題材として「富士山」を取り上げた。日本人が敬愛してやまぬ、そして日本の象徴として世界中にその存在を知られている富士山である。古来より富士山は多くの人々に詠われ、民話やことわざなどとして伝えられ、詩文、絵画、写真などによっても表現されてきている。それゆえ生徒にも若干の予備知識がある。さらに本校では中学２年生の夏に学校行事として「富士登山」が設定されており、いやがうえにも生徒の関心は高い。単に、関係する文献を読み、語り合い、そこから自分の思いや考えを表現していくという活動だけでなく、実際に「富士山」に自分の手で触れるという体験をもとおして、生徒がより身近な存在として感じたり考えたり、理解したり表現したり、創造的になったりできる題材なのである。

また今回の取り組みは、本校第47期生160名を対象にしたものであるが、生徒に季節感を意識させたいこともあって、5月から翌年の3月までという約1年間にわたるものとした。自分たちが意識し感じている四季と「富士山」の四季との違いを知ること、より感受性豊かな人間になってもらいたいという思いからである。

いままで自己流のミニ単元は、いろいろな題材・分野で数多く実践してきたが、これほど長期にわたって、総合的な活動を目指しての取り組みは初めてであったので、戸惑いも多かった。以下に紹介する実践に対して、遠慮ないご指導・ご助言がいただければ幸いである。

II. 単元のねらい

(1) 単元の目標

- ① 「富士山」を取り上げた詩歌や文章を読み、またビデオを参考にして、富士山をみつめる人々の考えや生きる姿勢について、関心を持つことができる。
- ② 「富士山」について関心を持ったり、感じたり考えたりしたことを、詩歌や文章にまとめられる。
- ③ 積極的に他者の意見を聞き、それを整理したり、意見を書くことができる。
- ④ 富士登山(学校行事)での体験を、さらに深める。

(2) 育てたい主たる言語能力

- ① 富士山に関する語彙をふやす。
- ② 富士山やそれを見つめている人々についての表現を確実に読み取る。(読む)
- ③ 読む相手を心において、自分の考えが明確に伝わるように要点をはっきりさせて書く。(書く)
- ④ 読み取った内容に基づいて、話す。(話す)
- ⑤ 説明や発表、ビデオをメモをとりながら聞く。(聞く)

(3) 展開 (21時間扱い)

- | | | |
|-----|-------------------------|-------|
| 第一次 | 「富士山」に対するイメージを整理する。 | (1時間) |
| 第二次 | 万葉歌人・山部赤人に迫る。 | (2時間) |
| 第三次 | 詩人・草野心平に迫る。 | (2時間) |
| 第四次 | 作家、登山家でもある深田久弥に迫る。 | (3時間) |
| 第五次 | 「富士山」の魅力語る。——ミニ・コラム | (4時間) |
| 第六次 | 作家・太宰治に迫る。 | (3時間) |
| 第七次 | ビデオ『雪炎ノ星と語る男たち』を観る。 | (2時間) |
| 第八次 | 『報告・「富士山」をめぐる人々の思い』を書く。 | (3時間) |
| 第九次 | まとめ・「富士山」を詠う。 | (1時間) |

III. 授業の実際

【 第一次「富士山」に対するイメージを整理する。 】

ここではまず初めに「富士山」と板書し、3分間という時間を区切ってブレン・ストーミングを行なって、題材に対するイメージを広げさせた。時間を区切ってのブレン・ストーミングは、生徒の集中度を高めるのにはかなりの効果を上げるので、私はよく用いている。

さらに次の項目がかかれたプリントを配布し、生徒各自に自分が思い浮かべたものを文字化して、整理していくように指示した。

第一弾 「富士山」に対するイメージを整理してみよう!

- ① 「富士山」という言葉を聞いて、どんなことを思い浮かべますか。率直に書き出してみましょう。〔単語のレベルでも、かまいません。〕
- ② 「富士山」に魅力があるとすれば、それはどんな点だと思いますか。文章表現してみましょう。〔箇条書きでも、かまいません。〕
- ③ 「富士山」は、古来より、人々にどのような存在として考えられてきたと思いますか。できれば、そう思った理由も書いてみましょう。

(生徒例・1)

第一弾 「富士山」に対するイメージを整理してみよう!

- ① 「富士山」という言葉を聞いて、どんなことを思い浮かべますか。率直に書き出してみましょう。〔単語のレベルでも、かまいません。〕
青色 高い きれいな 雪 白 広い
すがすがしい 天気が、木風 雪 自然 きれいな
美しい 景色 日本 夜明け せんとう 日の出
ロマンチック 希望 明るい

- ② 「富士山」に魅力があるとすれば、それはどんな点だと思いますか。文章表現してみましょう。〔箇条書きでも、かまいません。〕

富士山と聞いて、青いヤシとし木山の上に白い雪が輝いて、美しい山を想像します。でも見かけだけであって、登って頂上に達したとき、日本の象徴ともいえる一番高い山、また、日本中でどこよりも高いところに絶頂したという喜びと達成感で、けいになるでしょう。そしてそのとき日の出とすがすがしい風が心を洗ってくれるでしょう。手は、富士山は、希望とロマンを身へてくれる若者の山であるか。

- ③ 「富士山」は、古来より、人々にどのような存在として考えられてきたと思いますか。できれば、そう思った理由も書いてみましょう。

初音は一富士二木か三つすびというぐらには、たてもんきんぎょのよい山だ、たのぼう、それに歌もあろうし、せんとうにも富士山の絵が書いてある。日本一ということ、そのシンボルのような存在だ、たと思つ、今の人でも富士山といふとあの絵(青く)で雪が、もう、百びんな同じ絵を思い浮かべるだろうから日本人として、もう、こりに思つ、気持あかあ、たと思つ。

最初に行なったブレン・ストーミングの活動から生徒の反応は活発だった。隣席の生徒と思ひ浮かんだ言葉の数を言い合ったり、どんな傾向の言葉が多いなどといった発表に対する分析的な意見も出た。②については、形容詞や形容動詞を用いてみようという指示もしたので、やや苦勞したようだ。③については、「初夢は、一富士、二鷹、三なすび」などと縁起ものの話をする生徒や、銭湯の壁面に描かれている富士の絵、童謡や「逆さ富士」など次々に発表があり、その度にうなずく生徒の数が増えていった。③について、あれほど意見が出て教室が盛り上がるとは、予想外であった。

【 第二次 万葉歌人・山部赤人に迫る。 】

二年生での古典の導入も兼ねて、次の山部赤人の長歌と反歌を提示した。いきなり古典の和歌を持ってきたのは、第一次の③で小倉百人一首のなかにある山部赤人の歌をあげた生徒がかなりいたからであった。この学年の生徒は、一年生時に百人一首を五十首覚えているという背景があり、これは指導者の予想通りということになるのだが、それでもうれしい反応であった。

不尽の山を望む歌一首、あわせて短歌

山部赤人

天地の 分れし時ゆ 神さびて 高く貫き
駿河なる 布士の高嶺を 天の原 振り放け見れば
渡る日の 影も隠らひ 照る月の 光も見えず
白雲も い行きはばかり 時じくそ 雪は降りける
語り継ぎ 言ひ継ぎ行かむ 不尽の高嶺は

反歌

田子の浦ゆ うち出でて見れば ま白にそ 富士の高嶺に 雪は降りける

歴史的仮名遣いに注意させながら、まず各自で声を出しての音読から始めた。長歌については意味のまとまりで区切って読むことを指示し、五七調のリズムを体感させた。百人一首の上句・下句分けによる七五調のリズムに慣れていない生徒たちは、最初戸惑いを見せたが、意味のまとまりを意識する中でその抵抗感は薄らいでいった。朗読練習をした後、発表。一斉の場でもう一度リズムを確認させた。その後指導者のほうから語釈をていねいに行ない、全員で通釈を確認した。

さらに次のプリントを配布し、取り組ませた。

第二弾 万葉歌人・山部赤人に迫ってみよう!

- ① 山部赤人の長歌で、ポイントになる語句はどれでしょうか。〔用言に注意してみましょう。〕
- ② 山部赤人の短歌で、ポイントになる句はどれでしょうか。〔古典の強調の技法を思い出してみましょう。〕
- ③ 長歌・短歌をあわせて考えてみて、山部赤人は、富士山をどのように見ていたのでしょうか。簡潔にまとめてみよう。

(生徒例・2)

- ① 山部赤人の長歌で、ポイントになる語句はどれでしょうか。〔用言に注意してみ

ましょ。〕
神々しく高く聳え
く神々しい

- ② 山部赤人の短歌で、ポイントになる句はどれでしょうか。〔古典の強調の技法を思い出してきましょう。〕

係り結び(の法則)
雪は降りし山
手白く

- ③ 長歌・短歌をあわせて考えてみて、山部赤人は、富士山をどのように見ていたのでしょうか。簡潔にまとめてみましょう。

神々しく偉大な富士山は本当に人の力の及ぶ
ものでない。この富士山はまた美しく、いつでも
雪がもたいて、いかに神々しいものがある
ただの山だ。

第二時は、プリントの内容について確認していった。①②については指導者からの説明を中心に進め、生徒の負担を配慮した。③については、意見発表という形で、どんどん生徒に意見を言わせた。発表後、生徒からは「古代の人の思いや感じ方を考えていくっておもしろい。」や「神秘的な感じがしてわくわくする。」などといった声が上がった。古典という響きにまだまだ抵抗を感じる生徒が多い段階での授業だったが、題材にひかれてか混乱は少なかったようだ。長歌の中の「神さびて」という言葉に興味をひかれた生徒が多く、③にずいぶん多く取り上げられていた。

【 第三次 詩人・草野心平に迫る。 】

ここでは同じ韻文でも現代詩を取り上げた。古今を問わず、詩人・歌人の繊細な視点と、感受性の鋭さに触れさせようという試みである。

富士山 作品第肆

草野心平

川面に春の光はまぶしく溢れ。
そよ風が吹けば光りたちの鬼ごっこ葦の葉のささやき。
行行子は鳴く。
行行子の舌にも春のひかり。

土堤の下のうまごやしの原に。
自分の顔は両掌のなかに。
ふりそそぐ春の光りに却って物憂く。
眺めていた。

少女たちはうまごやしの花を摘んでは巧みな手さばきで花環をつくる。
それをなわにして縄跳びをする。
花環が円を描くとそのなかに富士がはいる。
その度に富士は近づき。
とおくに坐る。

耳には行行子。
頬にはひかり。

そして次のプリントを配布して、詩の読解をすすめていった。

第三弾 詩人・草野心平に迫ってみよう！

- ① この詩に用いられている表現技法には、どのようなものがありますか。またそれは、どのような効果を上げていますか。
- ② この詩のなかで「富士山」は、詩人にとってどんな存在として登場しているのでしょうか。簡潔にまとめてみましょう。

(生徒例・3)

第三弾 詩人・草野心平に迫ってみよう！

富士山 作品第肆

川面に春の光はまぶしく溢れ。

その風が吹けば光りたちの奥にこの麓の葉のささやき。

行行子は鳴く。

行行子の舌にも春のひかり。

周囲の状況

(連続的・同時進行)

土堤の下のうまごやしの原に。

自分の顔は面影のなかに。

眺ふりそそく春の光りに揺って物憂く眺めていた。

詩人の心情(或は)

物憂い

少女たちはうまごやしの花を踏んで巧みな手さばきで花頭をつくる。

それをなわにして踵踏ひをする。

花頭が田を描くとそのなかに富士がはいる。

その座に富士は近づき。

とおくに坐る。

周囲の状況

←

詩人の心情(或は)

郷土には行行子。

郷土にはひかり。

- ① この詩に用いられている表現技法には、どのようなものがありますか。またそれは、どのような効果を上げていますか。

体言止め

対句法

擬人法

押韻(第二連・第四連)

- ② この詩のなかで「富士山」は、詩人にとってどんな存在として登場しているのでしょうか。簡潔にまとめてみましょう。

すぐ様子がいれる。心変わりのしやすさよと

して登場している。(事春の心情と変わる)

(生徒例・3)の書き込みにもあるように、ここでは四連でできているこの詩の構成に着目させてみた。擬人法・対句・押韻という詩の技法は、簡単な確認にとどめておいて、それよりむしろ花輪の縄によって切り取られる富士の構図、しかもそれが動きをともなっていることに注目させたのである。ポイントは第三連なのである。「花環が円を描くとそのなかに富士がはいる。 / その度に富士は近づき。 / 遠くに座る。」この情景を、葛飾北斎の『富嶽三十六景・不二見原の図』（この絵の構図は、中央の大きな桶の中に富士が描かれるというもの。）と重ねあわせて考えさせてみた。北斎のこの図柄は、切手にも用いられてなじみがあるせいか、図録を見せる前に「あ、分かったぞ。」という声が数名の生徒から発せられた。彼らの説明で、他の生徒も絵を見ない段階で指導者の意図を読み取っていた。円の中（中心を示す位置）に置かれて、クローズアップされる富士山に、現代の詩人の、江戸時代の絵師の意図を読み取ったのである。静かな感動が教室に広がっていた。②についての意見交換は、多彩な内容によって熱気をおびた。指導者としては、無理に収束させないように注意した。

【第四次 作家、登山家でもある深田久弥に迫る。】

ここでは少し変化のある導入を行なった。

題材は、深田久弥著の『日本百名山』の中の「富士山」である。指導者の方で、あらかじめ形式段落ごとにアルファベットの記号を打ち、それをあえて順序をばらばらにしてプリントし、生徒に配付した。韻文が続いた後の授業だったので、いきなり長い文章をだらだらと読ませないよという思いもあるが、作家がどのような言葉・表現を駆使して富士山を描こうとしているのかや、また段落相互のつながりや文章構成についても意識的に考えながら読ませようとしたのである。

授業は、まずばらばらに並べてプリントされている形式段落を、正しく並べ換えるところから始まった。正しく並べ直すには正確な内容の読み取りが欠かせないので、全員真剣な表情で黙読を始めた。各段落の要旨がつかめると、次は段落構成の検討になる。形式段落は、全部で11しかないが似通った内容のものがいくつかあり、教室のあちこちで、うなり声が上がっていく。それでも何とか隣席の生徒と相談しあいながら、各自自分の段落構成案を考え、発表していく。しかし発表された案は4通りあり、さらになぜそのような構成になったかをそれぞれに説明させ、検討を加えていく。実はこの過程が大切で、文章を分析していく能力だけでなく、自己の文章構成力を鍛えていくことにもなるのである。この点は、生徒に充分説明しておく必要がある。最後には、指導者から解答を示すことになるが、正しく並べられた生徒の達成感の大きさは言うまでもない。正答に到らなかった生徒も、指導者からの補足の説明によって、納得できる段階まで導いてやらねばならない。

次に、生徒が正しく並べ換えた深田久弥著『日本百名山』の「富士山」の文章を示しておく。（文章中の書き込みは、生徒が行なったもの。）

第四弾 作家、登山家でもある深田久弥に追ってみよう！(1)

A この日本一の山について今さら何言ひ必要があろう。かつて私は『富士山』という本を書いたために文筆を絶つて、それが後から後から絶らでも出てくるのにサツを投げた。おそらくこれほど多く語られ、歌われ、描かれた山は、世界にもないだろう。

I 世界の資格はそれだけではない。登山家メルセル・クルツの書いた『世界登頂年代記』を見ると、富士山は六三三年に既に小角に登頂され、そしてそん女高い山へ登つたのは、これが世界最初となっている。小角の登山は伝説的であるが、しかし平安朝に出た藤原氏の『富士山記』には頂上の噴火口の横断が書いてあるから、もうその頃には誰かが登つていたに違いない。一番早く富士山が人間の到達した最高峰の記録を樹てたわけである。しかもこの記録はその後幾ら間保持され、一五三三年中ボカテベル(五四五二米)の登頂まで続いた。約八、九百年もこの記録は保持されていたことになる。一度は数々の登山者のあることも世界一だろう。若いも若きも、男も女もあらゆる階級、あらゆる職業の人々が、「一度は富士登山を」と誓す。これは民族的な山神である。

F とうり、國土的な山なのである。日本人は子供の時から富士の歌をうたひ、富士の姿を描いて育つ。自分の土地の一帯形のいい山を描して何々富士と名づける。最も美しいもの、最も崇高なもの、最も神聖なもの、最も神秘的な山として、いつも崇められるのは不二の姿であった。高きもの、最も神聖なもの、最も神秘的な山として、いつも崇められるのは不二の姿であった。

H 世界各國にはそれぞれ名山がある。しかし富士山は一国を代表し、國民の精神的象徴となつた山はほかにないだろう。「語りつぎ言ひつぎゆかり」と歌まれた言葉の昔から、われわれ日本人はどれほど豊かな情緒を富士山によつて養われてきたことであらう。もしこの山がなかつたら、日本の歴史はもつと別な道を辿つていたかもしれない。

E 全くこの小さな島國におどろくべきものが俾出したものである。富士を登つてやまなかの女小島島水庄の文藝と「頂上神社から海拔一万尺の雪窟」まで、かなりの急角度をしていゝといふ、そこから裂口、大宮町までの間、無間断の空をなだれ落ちる雄のその感測さ、そのいかりの大きき、そののんびりとした屈折のない長さは、山の水穿線を除けば、凡そ本邦において肉眼をもって見られ得べき限り最大の絶であらう」とある。



飛騨の山神の
の山神に
の山神に
の山神に

第四弾 作家、登山家でもある深田久弥に追ってみよう！ (2)

(D) おそらく本邦だけではなく、世界中探してもこんな峰は見当たらないだろう。頂上は三七七六米、大宮口は二五五米、その落差を少しのよとみもない一本の線で引いた例は、地球上に他にあまりない。

(E) 八面玲珑という言葉は富士山から生れた。東西南北どこから見ても、その美しい整った形は変わらない。どんな山にも一翳あって、それが個性的な魅力を作っているものだが、富士山はただ単純で大きい。それを私は「偉大な単純」と呼んでいる。あまりにも曲がないので、あの除雪の川と小太才たちは口惜しがるが、周囲はその偉大な単純性に申を説がきるを得ないのである。

(C) 小僧を弄しない大きな単純である。それは万人向きである。何人をも拒否しない。しかも何人もその真意をつかみあがっている。幼童でも富士の麓は指し、その真を現すために面壁の回馬手をつとめている。生還富士ばかり歌って、だに念心の作がないと憤っている厚真隊もある。富士と戦ったことこそ厭厭した習性もある。

(B) 地面から噴き出した大きな土のかたまり。その円錐の大部分は雪をぬ山に、どこにそんな神隠しがあり、そんな複雑があるのだろうか。富士山はあらゆる芸術家に無尽のモチーフを提供している。「不図の真峰は見れど腰かぬがも」とうたったのは山無形赤人であつた。「雲霧のしほし風景をつくしけり」と歌んだのは芭蕉であつた。大體は富士に登ること踏切、その度に道をかえあらゆる方面から觀察して「雲霧雄山図」を作つた。北斎もまた富士の踏破者で、その富士三十六景の中の傑作「雲霧伏魔」と「山下白雨」を残した。夢窓国師は造園の事業に富士を取り入れ、北村透谷は富士に詩神を具出した。

(J) 富士山は天来の山である。俗語小唄にうたれた、狂歌狂句にしろ、これのみされ、詩や歌には始終引用されている。新聞の初版の第一ページは大きい富士山の標であるし、富士の名を冠した会社・商店の名は挙げるに堪えない。

(K) 富士山は万人の指図に任せて、しかも向者にも許さない向物かをそなえて、永久に大きくそびえている。



世間一般、大宮口、道徳、不材の懸付、

文章が確定した後は、生徒各自で語句の意味調べを丹念に行なった。また難解な語句(例：マチエール)については、指導者が補足説明を行なった。

さらに読みすすめていくために、次のプリントを配布して取り組ませた。

第四弾 作家、登山家でもある深田久弥に迫ってみよう！

- ① 『日本百名山』の「富士山」の記述の中で、どのようなことに一番関心を持ちましたか。その部分が含まれている段落を記号で答え、またその一部分を書き出してみましょう。

段落 () ………

- ② ①について、なぜその部分に一番関心を持ったのですか。できるだけ詳しく説明してみましょう。
- ③ 深田久弥にとって、「富士山」は、どのような存在なのでしょう。その理由も含めて、考えたことをできるだけ詳しく書いてみましょう。

(生徒例・5)

第四弾 作家、登山家でもある深田久弥に迫ってみようー(3)

- ① 『日本百名山』の「富士山」の記述の中で、どのようなことに一番関心を持ちましたか。その部分が含まれている段落を記号で答え、またその一部分を書き出してみましょう。

段落 (G) …… 一面玲瓏 という言葉は 富士山
から生れた。東西南北どこから
見ても、その美しい整った形は
変わらない。どんな山にも一癖
あつて、それが個性的な魅力
になっているものだが、富士山はただ単
純で大きい。

- ② ①について、なぜその部分に一番関心を持ったのですか。でもさだけ詳しく説明していきましょう。

以前の叙述に「世界中を探しても二人な他橋で
 ストーリーが太くて、原説のない長大の線はない」
 と書いてあり、まだじんな山でも個性的な物
 しているのに、なぜか富士山だけはどこから見てい
 ても美しく整っており、単純で大きいというところに、疑
 問をもつとともに「完璧に近い山だな」と、その
 中に大きな魅力を感じた。

- ③ 深田文彦にとって「富士山」は、どのような存在なのですか。その理由を
 含めて、考えたことをさだけ詳しく書いていきましょう。

富士山はただ単純で大きい。それだけなのに、たぐさ
 らの登山者や写真家など色々な魅力に引き寄せ
 れた。富士山にはそれだけのパワーがある。ただ
 単純で大きいその山に魅せられたかには大きい。

ここでの取り組みは、筆者深田氏の富士山像を探ることよりもむしろ、自分の興味・関心のありどころとの比較対照という形で、焦点化させてみた。①・②の活動がそれである。(生徒例・5)にもあるように、生徒は11の形式段落から1つの段落を選び出し、分析を加えている。「八面玲瓏」などという難しい言葉も、生徒にとっては逆に着目すべき言葉、キーワードとして扱われている。また深田氏独特の言い回しも魅力的な言葉遣いとしてうつつている点にも注目したい。

韻文と散文との違いに戸惑ったりすることもあまり無く、どちらかという導入時のゲーム的な感覚でスタートしたこの第四次だが、題材の文章の難しさに対する心配をよそに、生徒はそれまでと形態の違う授業に興味をひかれ、一気に取り組んでいったというのが指導者の印象である。

【 第五次 「富士山」の魅力語る。 — ミニ・コラム — 】

ここでは、それまでの読み取り→整理・分析という活動から、整理・分析したものを材料に、自分の意見をふまえて、「自分流の『富士山論』を書く」という方向へ導いてみた。次の(生徒例・6)を参照されたい。

第五弾 「富士山」の魅力を語ってみよう！

① 第二弾から第四弾へと、「富士山」をある思いで見つめた三つの作品を読んできました。ここでは、それらの作品をもう一度読み返してみて、自分が「富士山」の魅力を語るとするならば、そのときに使ってみたい言葉・語句や句を抜き出してみましょう。そして辞書を利用して、その意味や味わいを確認してみましょう。

語 ・ 句

意味 ・ 味わい

- (川面) ……川のほとり
- (そよ風) ……静かに吹く風
- (光) ……明るく輝くもの
- (神聖) ……非常に清らかな下尊の心
- (偉大) ……すばしくて立派な心
- (大衆) ……社会の大部分を占める人。
- (国民的) ……その人たちの気概もののようなもの。
- [降り注ぐ春の光に都て物憂く]
- [その度にな富士に近づき]
- [とおくに座る]
- [国民的な山なのである]

第五弾 「富士山」の魅力を語ってみよう！

② 第二弾から第四弾へと、「富士山」を見つめた作品を読む中で、自分自身で思い
ついた使ってみてみたい魅力的な言葉・語や句を書き出してみましょう。また、図書
館よりの富士山に関する参考文献も大いに活用してみましょう。

語 ・ 句

意味 ・ 味わい

- (雄大) … 規模や大きさで堂々としている
 - (神々しい) … 気高さが感じられる感じがする
 - (そびえる) … 高くそびえている
 - (書物) … 本
 - (高山植物) … 高山に生えている植物
 - (宗教) … 神々しいなを信じて救済を求め
 - (物語) … 昔から伝えられている話
- 「日本のあても富士山とかなり高山植物」
- 「ミドリガキ」
- 「ミドリゴリ」
- 「ミドリガキ」
- } 高山植物

①の活動は、第二次から第四次までの読み取りを中心に行なってきた活動の中からでてきたもの、②の活動は、第一次の内容もふまえて自分自身の中から生み出してきたものである。

さてここで「自分流の『富士山論』を書く」としたときに、ミニ・コラムという言い方を生徒にしたのには理由があった。一つには、生徒には中学1年生のはじめから「コラム学習」という自主学習を義務づけているので、その活動と関連づけたかったことがあげられる。ここでいうコラム学習とは、授業ノートを、授業用のページと自主学習用のページに分け、授業用のページの進度に合わせて、自主学習用のページに自分が読んだ新聞のコラムを切り抜いて貼っていく活動である。1ページにコラムは2枚貼るという約束になっているが、それ以上の作業（例えば、語句調べをする、要約をしてみる、意見・感想を書くなど）は、生徒自身が自分のそのときの力に合わせて選択したり、コラム自身の内容によって選択するようになっている。この活動のねらい等については別の機会に述べるとして、いつも読み慣れているコラムを、今度は自分が書いてみるという設定にすることで、生徒の「書く」喜び、楽しさを引き出すことがねらいである。

もう一つの理由は、コラム（新聞や雑誌で、特に枠で囲んで載せる短い評論）という言い方にすることで、生徒には日頃読み慣れている新聞記事の書き方が、具体的なモデルとして提示されることになり、またさらに「自分もあんなふうに書いてみたい。」とか「あれ以上のものを書いてみたい。」という意欲をかきたてられることにつながるのである。コラムを書く……この言葉によって、この条件作文を書いていく活動の全容がみえてくるということにある。

ミニ・コラムを書くにあたってはさらに条件をつけた。コラムが、800～1000字の枠内にほぼぴったりの字数になるよう書かれていることから、ミニ・コラムも指定された字数ぴったりに書くこと。そしてその字数は「ミニ」ということで400字とすること。この二つである。400字という字数はそれほど多い量ではないにしろ、逆にそれだけの量しか書けないというプレッシャーになり、生徒にとって厳しい条件であったので、最初は悲鳴の声も上がったが、「君たちもコラムニストなってみよう！」という誘いかけをすると、挑戦意欲がわいてきたのか嬉々として取り組み始めた。生徒をいかにのせてその気にさせるか、指導者にとってはいつも頭を悩ませる問題だが、今回も生徒の意欲によってその山を越えることができた。

なおミニ・コラム中の改行については、本物のコラムをまねて◆や▼の記号によって示すようにさせた。生徒は本物思考が強い、ということを考えてである。

次の（生徒例・7）を参照されたい。

さらに、できあがったミニ・コラムは、発表会ということで回し読みをした。そして作品が一巡したところで、たまたま巡ってきているクラスメイトのミニ・コラムに対して、コメントをつけるということで相互評価をさせた。授業の中で、相互評価をさせる場面というのはよくあるが、生徒各自が、かなり苦勞して書きあげたミニ・コラムだけに、生徒はいつもにまして作品を食い入るように読み、熱心にコメントをつけていた。

相互批評したものは、（生徒例・8）なので合わせて参照されたい。

第五弾 「富士山」の魅力を語ってみよう！

☆ミニ・コラム☆に挑戦！

富士見聞録

富士山という山は、もう山という物の煙を
 超えてしまっ。たよう空気がする。人々の心の
 中に入り込んで下にいる山なのである。一体、あ
 の地形に過ぎないものか、と人々の心を誘
 うようなものがあるのか。富士山は、一國
 を代表する国民的な山ではないだろうか。日本の
 昔から現代に至るまで、富士山は人々の心の
 中へ大きく入って来、ていっ。て、そして、霊峰
 富士として昔から信仰の対象となってきたの
 である。それらの理由に、あの悠揚とした大
 天を安けもちろんあろう。あの天窓にやがえ
 たつ富士の山を見れば神も住んで下にいるように
 思える。そしてあの姿から人は限りないこ
 とを考え、人下さたの太。それを富士は偉大
 なる包容力で包んでくれる。▼しかし、最近
 富士山も少しづつ姿を変えている。交通網が
 発達し、より多くの人々が接近することが下
 まるようになっ。たがそれに伴い少しづつ汚れ
 てきて、いる。一体、人々はあの霊峰富士の美
 しい姿をいつまで保つことが出来るだろうか。

第五弾 「富士山」の魅力を語ってみよう！

- ④ ★ミニ・コラム★の中に使われていた言葉(語や句)について、なぜその言葉が使われたのか、筆者(宮崎 折広 英)の思いを想像して、できるだけ詳しく分析してみよう。

「富士山」という山は、もう山という物の枠を超えてしまっ
たような気がする。

何とも言い難い富士山の偉大さがよく伝わってくる。

「一体、人々はあの霊峰富士の美しい海をいつまで保つことか
できるだろうか。」

全と同感。最後の段落で、これからの富士を
考えているところが、すごくほくそよかた。

- ⑤ (宮崎 折広 英)の語る「富士山」の魅力について、思う事を書いてみ
よう。(取り上げた題材・人物・引用など。)

内容がとても高度で、批評しろといわれて、
とても困った。

最初と最後がすばらしく印象的で、富士山に対して
思うことがよく表されていたと思う。

【 第六次 作家・太宰治に迫る。 】

ここでは、また違った視点から「富士山」をみつめてみようということで、太宰治著の『富嶽百景』を題材として取り上げた。

本校国語科では、教科書教材以外に生徒に読ませたい作品がある場合、計画的に許される範囲内で1クラスの人数分の文庫本を購入してきている。『富嶽百景』もそういった中で購入されていたものがあったので、生徒に一冊ずつ持たせ、ゆっくりと読ませていった。第二時の前半までに読後の短感想文を書かせ、その後発表と意見交換を行なった。

次に生徒の感想文を紹介する。

— (生徒例・9) —

私は、「富士登山」の時に泊まったホテルで、家族へのお土産を買ったときにホテルの人がお土産品を入れてくれた袋に「富士には月見草がよく似合う」と書かれてあったのを覚えていたので、そのせいか『富嶽百景』を読んでこの言葉がとても印象に残りました。お土産の袋を見たときは、何だかわけの分からないことが書いてあるくらいにしか思わなかったけれど、その月見草が、富士によく似合うと筆者が思った理由が、自分と同じように富士に向かってすくっと立っていることであることから、今ではとても面白い言葉だと思います。なぜなら、そんなふうに見え草を気に入るということは、筆者は自分が、富士に比べればとても小さな存在で、それでもふんばってすくっと立っているだけだと分かっているとおかぶとを脱がずに頑張っていて、とても筆者らしいと思ったからです。私も「富士登山」のときには見られなかったので一度本物の月見草を見てみたいと思いました。

— (生徒例・10) —

筆者太宰さんは、一般的な考えと比べてみると、ちょっと批判的なところがあると思う。でも富士山を決してけなしているわけではなくて、自分の気持ちを難しい言葉で飾るのではなく、素直に書いているのだと思う。僕は、そんなところがいいと思う。人と違った見方ができないと作家になれないのかとも思ったが、どうしても一面的にしか物事を見られない僕にとっては、「富士山」についてもそんなふうに見ることができる筆者がうらやましく思われた。

この授業は、学校行事である「富士登山」が終わってから実施したので、自己の体験や思い入れがはっきりと出てくるようになっていた。実際のところ「富士登山」を経験して生徒の富士山に対する思いはさらに深まったように思われる。それまでの授業で学んできた「富士山」、机上で思い描いていた「富士山」と、実際目にし、自分の足で登ってきた富士山とのギャップに戸惑いながらも、生徒ひとりひとは、自分自身の「富士山論」を作り上げつつあった。意見交換の中でも、それまで富士山賛美的な意見が圧倒的だったものが、例えば環境破壊の問題として富士山の現状を考察したりなど少しずつ違った視点からの意見が出るようになっていった。

【 第七次 ビデオ『雪炎ノ星と語る男たち』を観る。 】

「富士山」の魅力を探るの授業も、季節はいつしか冬を迎えていた。この授業を始めたのは、晩春の頃。生徒は、夏山シーズン中に富士山に登り、さらにその後は紅葉に彩られ、やがてうっすらと雪化粧していくまさに絵のように美しい晩秋の富士山を思い描いて授業を受けていた。だれも冬の厳しい富士など想像もしていなかった。指導者としては、そんなだれも思い描かないような富士山の姿を見せることで、また一步富士に深く迫せたかったのである。

題材としたビデオは、二本あった。一本は、『雪炎ノ星と語る男たち——富士山頂551日』（1993年12月19日・テレビ大阪放映）。もう一本は、『知られざる厳冬の富士——日本最高点で闘う人々』（1995年1月9日・テレビ静岡放映）である。どちらも厳冬の富士山の姿と、山頂にある富士山測候所の所員たちが中心に描かれている。ビデオは指導者のほうでダビングしておき、2時間の授業時間をたっぷり使って観た。今回は、感想文のような「書く」作業はせず、意見交換をするだけにとどめた。ビデオには、一人で冬山登山として富士山に登ってきて、山頂の測行所を訪ねてきた男性が、その後下山途中に雪崩に巻き込まれて命を失ったことも紹介されており、生徒にはかなりショッキングな内容もあった。夏に自分たちが登ったあの富士山が、あまりにも厳しい様相に姿を変えており、しかも人命を奪っていった光景などは、自然の姿そのものとして彼らの目に映ったのであった。生徒は、図らずも絵画やポスターで見る穏やかな表情をした富士とは違う面を見ることができたのである。

また一連の授業の中で初めてビデオを用いたことも、強い印象を与えたようである。

【 第八次 『報告・「富士山」をめぐる人々の思い』を書く。 】

この授業では、生徒による取材活動を中心に吸えて、授業をすすめていった。取材対象は自分の身近な人たちということにした。ただし幅広い年齢層、男女の別などを考慮するように指導した。

次に生徒の「聞き書きメモ」を紹介する。

（生徒例・11）

長く眠 「富士山」に対する身近な人たちの思いを取材し、報告しよう—

<聞き書き>

① <聞き書き>メモ

相

半

「富士山」に対する思い

(母) …… 日本一の山
一種の神のようなもの
美しすぎる
おんぎりしらん

(姉) …… 日本の象徴
畏敬の念
新幹線で右側向いたら
見えない

(祖母) …… 日本一高い
優美な姿
日本の語り
神皇正統記
新幹線

(思い出) 昔、ムいむいさんが馬にのって
白い着物を着てすげがかたをかぶって
登ったところがあるらしい。

取材は授業外での課題としたため、大半の生徒は、取材対象を同居している家族にしていたが、中には隣近所の家を訪問して取材したり、遠方にある祖父母に電話取材したりしたものもかなりの数にのぼった。取材メモが整理できたところで、小グループでそのメモを交換させて、互いの刺激材料とした。

さらに次の段階では、取材メモをもとに文章化させることにした。今回も新聞記事の書き方を意識させることにした。すなわち文章全体を大きく二段落構成とし、前半を取材した事実を中心に報告記事風に、後半を自分の批評を中心にした社説・コラム風に、ということにである。生徒たちが、取材活動にかなりいい反応をしていたので、その雰囲気そのまま文章表現活動に持ち込もうとしたわけである。

次の(生徒例・12)を参照されたい。

第六弾 「富士山」に対する身近な人たちの思いを調べ、報告しよう！

〈聞き書き〉

② 報告・「富士山」をめぐる人々の思い

祖母と母と姉に、「富士山」をめぐる思い
や思い出について聞いてみた。母は「日本一
の山、一種の神のようなもの、美しすぎる」と
いうイメージ。姉は「日本の家徽、畏敬の
念、新幹線に乗った時、いつも右側を見てい
て、結局見る事ができない」と、そして祖
母は「日本一高い、優美な姿、日吉の語り、
押聖が足指ち、新幹線、昔かいたじいさんが
すげがたをかぶって白い着物を着て馬にの
って登ったことがあるらしい」と語ってくれた。
三人は三人とも富士山に登ったことはない。
しかし、いずれの思いにも「日本一の山」が
ある。二人は、時代が違っても共通する思い
なのだ。私が一番印象に残ったのは、「馬に
のって富士山に登った、ひいおじいさん」の
話だ。祖母のひいおじいさんであるから、
一世紀は前の話であろうか。私にはすげがた
なかぶって白い着物を着て馬に乗って富士山
に登った先祖の気持ちにはわからなかった。彼
は暴水に坊っちゃんがかぶったのだらうか。

(20×20)

その時撮影した写真があるという二として
 見せてもらった。写真は白黒で黄ばんでいた
 がその中の彼の顔は、誇らしさと力強さを感じ
 させた。若くて生き生きしていた。
 人々への取材と先祖の写真で分かった二と
 は、「富士山の永遠なる輝き」である。世代
 を二つて、富士山は、日本人の心に、「日本
 一の山」として永遠に輝き続けていっている。

取材によって作られた「聞き書きメモ」をもとに、新聞記事を意識した文章化の作業が始まると、生徒たちは猛烈な勢いで書き始めた。国語科に限らず、本校は生徒によく文章を書かせる機会があるが、今回ほど生徒が「書く」作業に熱中したことはなかったのではないかというほどの異様に興奮した雰囲気であった。段落構成についてなど、書いていく際の条件が難しかったので、分量を400字程度と少なくしたことも書くことの気安さになったのかもしれないが、とにかくどの生徒の表情も真剣そのもので、書きすすめていくスピードも今までにないものであった。

全員が書き終えて提出した作品の中から、日頃目立たないが文章表現の好きな生徒の作品や文章表現は苦手だが意欲的に書けていた生徒の作品を、優先的に指導者が読み上げ、巧みな表現、うまく書けている点、工夫されている点などを、全員で確認していった。自分の作品が読み上げられ、他の生徒に認められていった生徒の表情が実に生き生きとしていたのが印象的であった。

【 第九次 まとめ・「富士山」を詠う。 】

いよいよこの単元学習のまとめとして、次のプリントを配布して学習の整理を行なわせた。

まとめ 「富士山」の魅力を探る ― 授業を終えるにあたって

- ① 今回の一連の授業の中で、一番よかったと思うものを一つ選んで番号に○印をつけ、後にその理由を簡潔に書きましょう。

- 第一次 「富士山」に対するイメージを整理する。
- 第二次 万葉歌人・山部赤人に迫る。
- 第三次 詩人・草野心平に迫る。
- 第四次 作家、登山家でもある深田久弥に迫る。
- 第五次 「富士山」の魅力語る ― ミニ・コラム
- 第六次 作家・太宰治に迫る。
- 第七次 ビデオ『雪炎／星と語る男たち』を観る。
- 第八次 『報告・「富士山」をめぐる人々の思い』を書く。

(理由)

- ② この学習を通しての感想を書きましょう。「富士山」に対する思いがどのように変わった、あるいは変わっていない、という観点でも構いませんし、どんな力(学力も含めて)が果たしたという観点からでも構いません。〔箇条書きでも、構いません。〕……………そして最後に一句、または一首つけて結びとしましょう。

次に①の結果について、第一次から第八次の順にその活動を選んだ人数(生徒160人中)と、それを選んだ理由の代表的なものを紹介する。

【 第一次 】……………9人

みんなどうしてこんなことを知ってるのかと思うようなことを書いていたり、次々に発表したりしたのに驚いたから。「ああ純日本人だなあ。」と思える人もとても楽しかったから。

とにかくブレイン・ストーミングするのが楽しい。みんなとどんな言葉が出てきたかを話しているうちに、自分がその人に持っていたイメージが変わったりしてそこがおもしろかった。もちろん富士山についてだったからでもあるけれど。

【 第二次 】……………12人

現代人の富士山に対する知識や価値観とはまた違う昔の人の考えなどが分かりおもしろかった。また昔の富士山に対する思いなども分かり、昔の様子、そして富士山はどういう存在だったかなども想像できて、実感が湧いてきてよかった。

単に和歌が好きだということもありますが、こんなに昔、東のへき地の山にあこがれる人もいたのかと、しみじみ思えたからです。短歌（反歌）はともかく長歌がよかったです。私はこの歌で、すっかり赤人ファンになりました。でも赤人さんは実際に富士山には登ってないのですね。

【 第三次 】 ……10人

草野心平さんの詩は、今までに読んできたものとは少し違って、すてきでした。そう思ったわけは、詩が富士山のことばかりを中心につづっているのではなくて、さりげない中にも富士山に対する強い思いが書かれていたからです。詩の構成もよかったです。

草野さんの詩を勉強しているときには、他と比べて特になどとは考えていませんでしたが、最後まで富士山の勉強をした今もう一度この詩を読むと、なんとなくほっとして、この詩独特の雰囲気が前よりよく味わえ、そして共感を覚えるようになっていたからです。

【 第四次 】 ……7人

富士山の紹介文のようで、富士山についてのレポートが書けるくらい「富士山」をよく知ることができたからです。授業では、この説明的な文章を段落の関係を考えて読んでいったので、文章の書き方や構成の仕方についても学べてとてもよかったです。

文章としては難しいものだったが、富士山が、日本の象徴としてまた日本人の心の支えとして、昔も今もあり続けていることが分かり、興味深くまた楽しかった。

【 第五次 】 ……38人

日頃「コラムの学習」をやっているが、そのときはいつも「よくこんなにうまく文章が書けるな。」と思っていた。コラムはおもしろくて読むのは好きなのだが、それを自分が書くことになって、「えーっ。」と思った。でも書いているうちにだんだんおもしろくなってきて、どんどん書きたい気持ちになっていったから。

特にこれがあったからというわけでもないが、我ながらコラムがうまく書けたなと思えし、先生からもみんなからもここがよかったなどと自分のコラムがほめられたことがあったからだと思う。自分自身富士山に対して持っていたいろいろなイメージがうまく整理できたと思っているし、ほかの友達の作品からも、たくさんのが学べたと思うから。

【 第六次 】 ……8人

『富嶽百景』では言葉になるような感想はない。文章一つ一つが綺麗だった。一つ一つの話が、綺麗な色をまとめているようだった。それらにただただ深く感動して、全文を頭の中に残しておきたいと思った。

【 第七次 】 ……51人

冬の富士山は、遠くから見たことはあるけれど登ったことはないで、今まであまり実感がわかなかったのだが、このビデオを見ると測候所の人達の様子や、冬の富士山の冬山としての恐ろしさなどがよく分かり、とても実感がわいたから。

ビデオでとても詳しく見る事ができて良かった。強力という人の存在があることも、その人の人生も、また雪崩にあって遭難した人の最期などもあって、富士山は、それに関わっている人の人生に大きな影響を与えているということがよく分かった。とても感動した。

「冬の富士山はとても厳しい。」ということは、ビデオを見る前の先生の話から少し想像できていたが、実際にビデオを見て、予想をはるかに越えた厳しさを感じた。測候所の人たちの苦労は大変なものだと思う。街から遠く離れたところでたった五人で生活している。しかも気圧が低くて少し動いたらすぐ息切れするようなところで。自然の力はすごいとあらためて感じし、それに挑んでいく人間もまたすごいなあと考えた。このようにいろいろなことをたくさん感じることでできたこの学習が一番よかった。

【 第八次 】 ……25人

一番最近の学習だったので印象が強いということもあるが、この学習は今までのと少し違って、インタビューするのがなかなか楽しかった。またインタビューしたことに自分の意見をつけて文章を書くというのもおもしろかった。何だか新聞記者になつたようでうれしかったし、実際に文章（記事）もうまく書けたように思う。

さらに②について、生徒たちのこの学習を通しての感想と「まとめの一首（一句）」をいくつか紹介する。

— (生徒例・13) —

富士山に登ってきたこともあって、この学習を通して「富士山」により一層親しみを感じられるようになった。「富士山の魅力」を探ってきたのだから、どうしてもその“とりこ”になってしまう。やはり富士山は日本一の山だけれど、それに付け加えて、私の心の中でも一番の山になっている。正直に言ってもう一度登るのはちょっとしんどいけれど、今度は春夏秋冬それぞれの季節の、遠くから眺められる「富士山」に直接会いたいと思う。

富士山の 心をとらえる 美しさ 息を飲む人 少なからずや

— (生徒例・14) —

僕を含めた日本人をこれ程までに惹きつけるものを持つ「富士山」は、きっとこれからも永遠に日本人の誇りであり、神であろうと思う。これまでの授業で、富士山が人々の心の奥底に、常に神々しくそびえ立ってきたことが本当によく分かった。できればもう一度富士山に登ってみたい。

富士山の 心にしみる 白き雪

— (生徒例・15) —

とても大きな学習だった。長い時間幾つもの季節感を味わいながらやったのもよかったし、実際に富士山にも登ることができたのがよかった。富士山に登っていなかったら、この学習の楽しさは半減していたかもしれない。富士山に登る前と登った後では、私の富士山に対するイメージは変わったけれど、どちらもすごくよいものだったことに変わりはない。このまとめの①の第何次かのところに「富士登山」という項目を入れたなら、私は絶対にそこに○を付ける。もちろんほかの項目の学習もとても楽しかったけれど。

富士山に登って、そのイメージが悪くなったという人もいるようだけれど、私は反対だった。登るにつれて霧が出てきて少しずつ寒くなっていった感じや、本当にきれいだなあと感動した山小屋から見た星空や、頂上について突然降ってきた雨も全部いい思い出だし、一緒に行った47期生のみんなや先生方との思い出もいい。もう一度登って見たい気もするけれども今のままのほうがいいのかも。とにかく私は富士山の思い出が好きでたまらない。そんな思いを、みんなと話したり、文章にまとめたり、俳句や歌にしたり、またそれをみんなで読みあったりしたこの学習がとても好きだったし、これで終りにしたくない気持ちでいっぱいだ。

しっかりと 冷える空気の なつかしさ

IV. おわりに

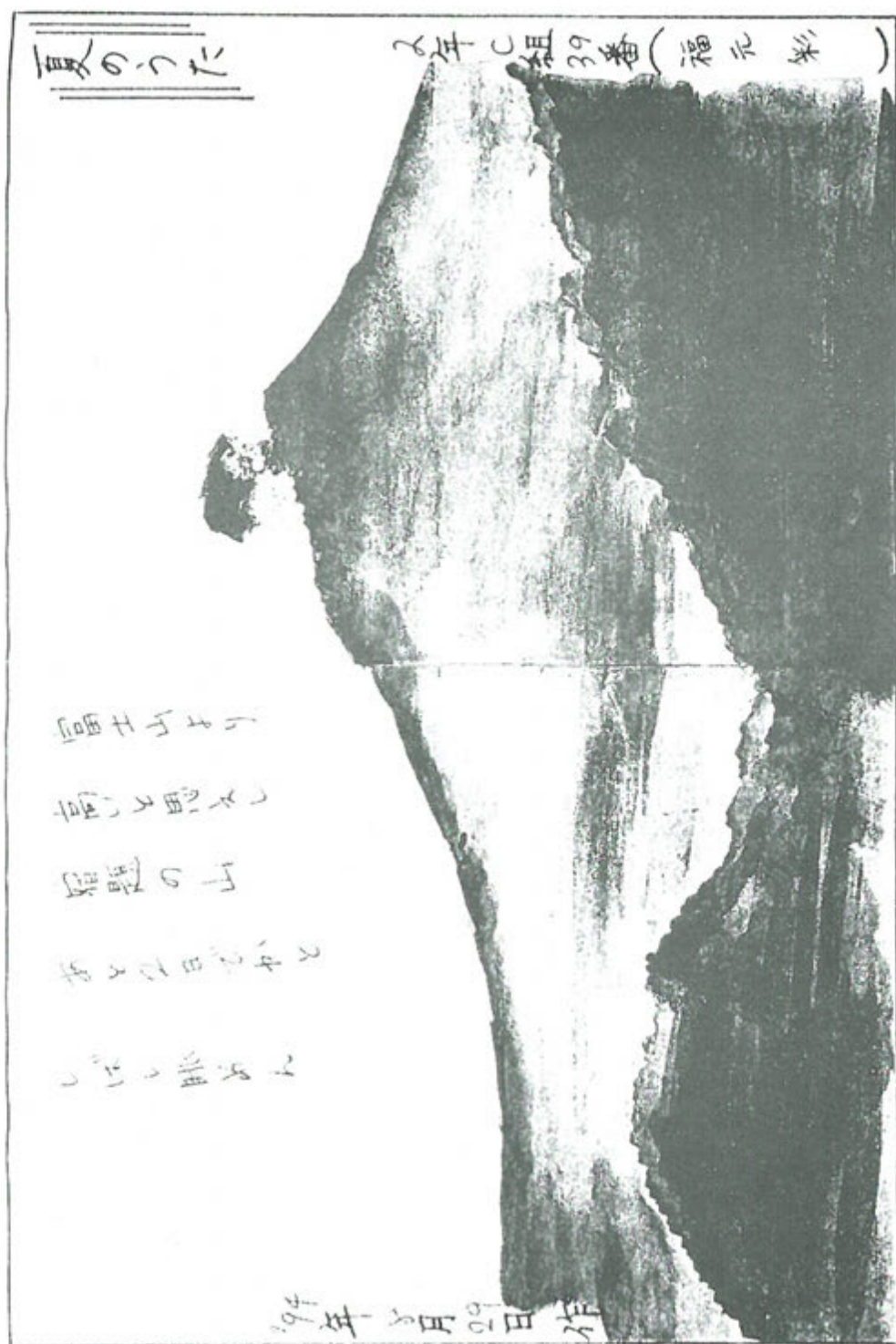
以上長々と報告を行ってきたが、今回の実践の特徴は、何と言ってもその学習期間の長さ、その学習期間の半ばに実際に富士山に登るという活動（学校行事）があったことであろう。

学習期間を長く設定したことの主旨は「I. はじめに」にも述べたが、生徒に季節感を持たせることと、自分たちが意識し感じている四季と「富士山」の四季との違いを感じさせ、さらに感受性を豊かにさせたいというねらいがあったからであった。第五次までの学習は、自分の足で日本一の山に登るという学校行事「富士登山」（夏休み中）までに行なった。多種多様な作品に接する中で、生徒は彼らなりに、自分の中にあるあるいは伝統的に日本人の心の中にある富士山像をイメージ化しつつあった。ただこの段階では、季節感や四季の違いに対する意識はあまりなされていなかった。それが実際に富士山に登り、自分たちの生活の場とはあまりに違う環境（山小屋での生活、万年雪の存在をはじめとする気象条件の違いなど）中で実感できたときから、彼らの感じ方は一層深くなっていった。指導者として、実体験のもつ力の大きさと、生徒たちの感じる心のはたらきの繊細さをあらためて思い知らされたのであった。第六次、第七次と進んでいく中で、太幸が取り上げた富士と月見草の関係や、富士の短い秋と厳しい冬の姿は、生徒たちの心にしみ込んでいった。このような変化をつぶさに感じながら授業を進められたことは、指導者として大変幸せなことであり、印象深く忘れられぬ授業となっていく要因となった。

約1年にわたって「富士山」を題材にして学習してきたわけだが、その学習活動の中には、「読む」・「書く」・「聞く」・「話す」という四つの活動を、バランスよく配置してきたつもりであったがその成果はどうであろうか。授業展開の中で、たとえばここでは「話す」力を重点に置こうなどと指導してきたわけだが、いま振り返ってみて今ひとつ生徒に深く浸透していなかったように感じられる部分もある。また充分注意を払って導いたつもりではあるが、学習が長期間にわたったためややマンネリ化しつつあった時期も生まれてしまったように思われる。作品化した後は、小グループでの批評会や学級単位での批評会・発表会などの機会を設け、生徒相互の評価を大切に行なわせたきたが、では指導者としての適切な指導・評価を、生徒ひとりひとりに行なえたかという点、不満な点も多い。一方、第八次の活動の中で取り上げた取材活動（聞き書き）は、新たな生徒の興味関心を引くところとなり、今後の授業形態のひとつの柱として取り上げていけそうなものもあったことも記しておく。このように今一度冷静に授業を振り返り、改善すべき点を明確にして、次の取り組みに生かしたいと考える次第である。

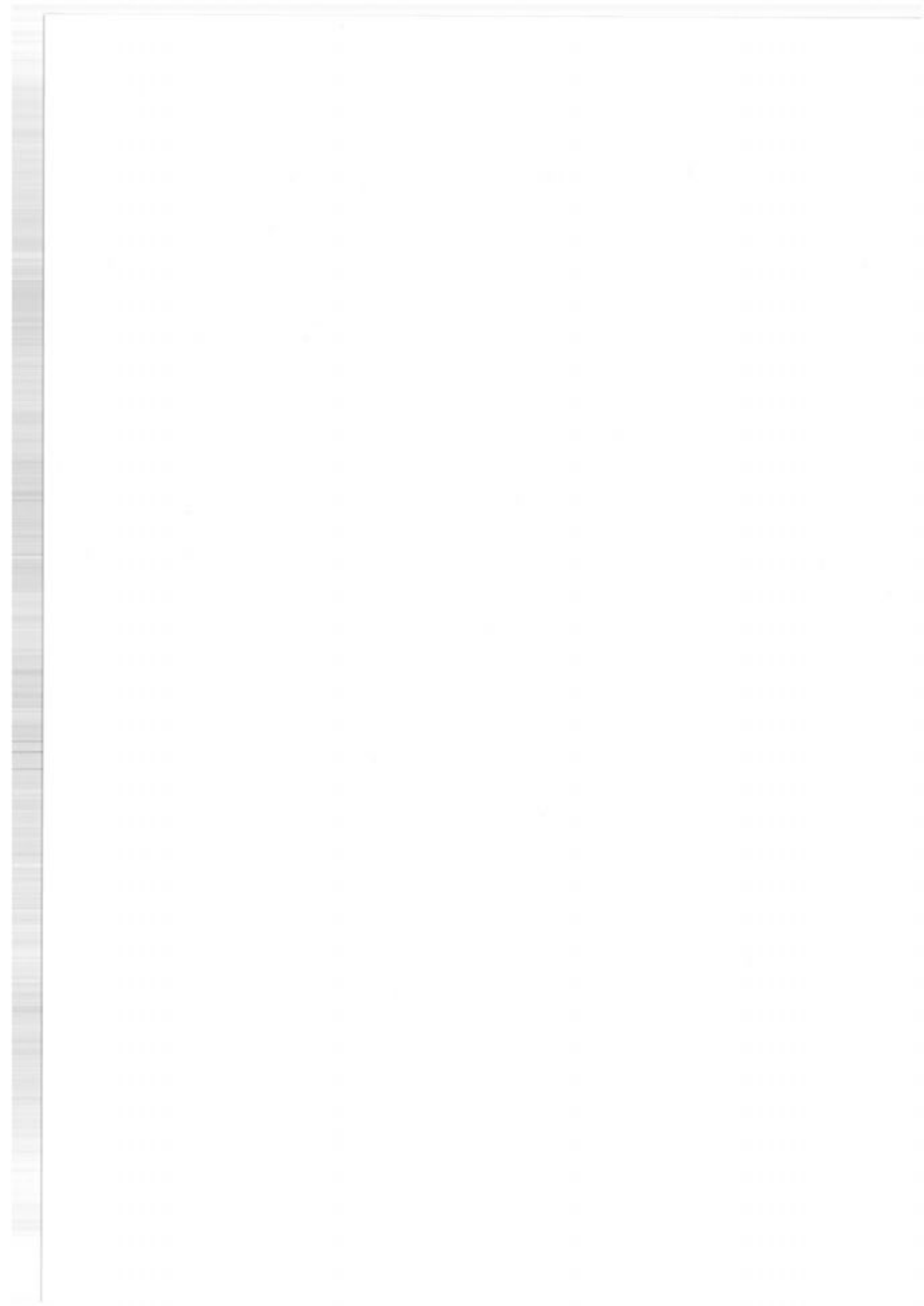
最後に、もうひとつ生徒作品を紹介して結びとしたい。

次ページの作品は、「夏のうた」と題する作品である。生徒たちには1年生時より、四季おりおりに、その時の心境を詩歌に歌い、挿絵とともに作品化して発表会・鑑賞会をもつということをしてきている。この作品もそういう流れの中から生まれてきたもので、パロディー歌になっているが、「この歌に富士登山を終えた安堵感や、富士山への一層の親近感と、依然として多く残っている夏休みの宿題への恨みを込めた。」と作者である生徒は語っていた。でき栄えはともかく、指導者には、嬉しい一首であった。



「富士山」の魅力を探る 参考文献・ビデオ一覧

- | | | | |
|----|---|----------|-------------------------|
| 1 | 富士箱根 | 安斎秀夫著 | 保育社（カラーブックス14） |
| 2 | 富士山 | 下村兼史著 | さえら書房 |
| 3 | 富士山はなぜフジサンか | 谷 有二著 | 山と溪谷社 |
| 4 | 富士箱根 | 川崎 敏著 | 木耳社 |
| 5 | 富士山 地図を手に | 伊藤幸司著 | 東京新聞出版局 |
| 6 | 富士山の謎 | 遠藤秀男著 | 大陸書房 |
| 7 | 富士山 | 中日新聞静岡支局 | 中日新聞本社 |
| 8 | 富士山全案内 | 朝日新聞社編 | 朝日新聞社 |
| 9 | 富士箱根 | 村井亮介〔等〕著 | 昭文社（マップルガイド） |
| 10 | 富士山・富士五湖 | 前川久夫編 | 日本交通公社出版事業局 |
| 11 | 富士 箱根 伊豆 | 鈴木 勤編 | 世界文化社 |
| 12 | 富士山の植物 | 清水 清著 | 東海大学出版会 |
| 13 | 絵でみる富士山大地図 | 町田 洋監修 | 同朋社出版 |
| 14 | 富士 | 高橋洋二編 | 平凡社（別冊太陽）WINTER
1983 |
| 15 | 日本百名山 | 深田久弥著 | 新潮文庫 |
| 16 | 富嶽百景 | 太宰 治著 | 岩波文庫 |
| 17 | 図版 「北斎」（大北斎展 1993年 朝日新聞社刊） | | |
| 18 | ビデオ 『雪炎／ 星と語る男たち —富士山頂551日』（1993年12月19日放映） | | |
| 19 | ビデオ 『知られざる厳冬の富士 —日本最高地点で闘う人たち』（1995年1月9日放映） | | |



楽しい国語の授業とは（５）

——単元学習・「乗鞍修学旅行記」を創ろう！
「非日常」の中に、「日常」の自分を見つける——

ひら た だ 彦
平 田 達 彦

I. はじめに

「読む」・「聞く」・「書く」・「話す」という四つの取り組みを関連づけながら、生徒が、興味・関心をもち意欲的に取り組める授業を目指して、日々授業に向かっているわけだが、楽しさを味わわせることと同時に学力をつけていくことは容易なことではない。今回の実践は、その難題を少しでも解決の方向へ導いていけるものになろうと取り組んだものの一つである。また特に今回の実践では、修学旅行記という作品化に配当時間がもっとも多く割かれているが、もう一つ「取材活動」についても生徒には重点をおかせた点が特徴的である。

私が担当している第四十七期生は、昨年富士登山（中学二年生における学校行事）を経験した。そして国語科としては、授業の中に「富士山」を中心に据えた単元を組み、一年近くにわたって富士山の魅力を探るという授業を重ね、実体験を伴った学習を行なった。そのときの生徒の授業に取り組む姿勢は、非常に熱心で、文字通り「四つの取り組み」の内容において、私の予想をはるかに上回る成果を得たと言ってよいだろう。

さてここで実践報告に入る前に、本校の宿泊行事について少しふれておくと、本校には、毎学年宿泊行事がある。一年生には、臨海訓練。二年生には、富士登山。そして三年生には、信州・乗鞍高原での五泊六日の修学旅行というように。特に富士登山と修学旅行は、他に類を見ない本校独自の行事といえよう。それだけに、生徒の期待も大きく毎年入念な準備活動から始まり、記念冊子作りというまとめの活動まで、教師・生徒が一丸となって意欲的に取り組んでいる。本校が、信州・乗鞍高原の地で修学旅行を行なうようになって今年で二十四年になる。それ以前は、九州を巡るコースなどで実施していたが、一か所に腰を落착けてじっくりと活動に取り組める方式（基地方式）にできないだろうかという議論が起り、数年をかけた調査・準備期間を経て現在行なっている内容の基本の形態ができてきたという経緯がある。またこの基地方式（５泊６日という長期間にわたって同一の宿舎にクラスごとに分宿する）の修学旅行には、宿舎の方々をはじめとする地元の方々の協力なくして成り立たないということもあり、文字どおり教師・生徒・地元の方々のスクラム体制によってできている修学旅行である。生徒は、事前にこのような情報を受け取っているので、主体的に自分たちの修学旅行を作り上げるのだという意識を持って活動するのである。

今回は、この修学旅行を、生徒自身が独創性、創造性を発揮して「修学旅行記」としてまとめ、発表し、相互に鑑賞・批評し合う授業とする。配当時間は、学校での授業時

間としては14時間であるが、生徒はそれ以外に家庭及び修学旅行先で数時間分に相当する準備と取材活動を行なっていることを付け加えておく。

II. 単元のねらい

では次に、この単元における学習目標と、指導者が生徒につけさせたいとめざしている学力を具体的に挙げてみる。

(1) 単元の目標

- ① 乗鞍高原に関する文献や先輩が作った修学旅行文集などを読み、活動の土台作りを行なう。
- ② 現地の人々に積極的にインタビューし、見聞を広める。
- ③ 現地で意欲的に取材活動をし、記録をとる。
- ④ 取材した事柄や体験をもとに、独創的な修学旅行記を作る。
- ⑤ でき上がった旅行記を相互に鑑賞、批評し合い、互いの修学旅行での思いや、また旅行記での表現の仕方について話し合う。
- ⑥ プレゼンテーション的な発表会をもつ。

(2) またこの単元によって、次のような力を試すことを目的とする。

- ① 情報を収集する力
- ② 収集した情報を記録し、整理する力
- ③ 新たな情報を発見する力
- ④ 情報をもとに作品を創り上げる力
- ⑤ 自分あるいは仲間の作品を味わう力
- ⑥ 受け取ったものを自分の思いを込めて伝える力

それぞれの目的を達成するために、資料読み、取材、記録、創作活動、グループ討論、発表会などの「読む・聞く・書く・話す」活動が、有機的に作用しあう授業を目指す。

III. 授業の実際

修学旅行に対する生徒たちの期待は、非常に大きい。殊に、前述したように本校の修学旅行は基地方式という独自のスタイルをとっているため、小学校時代の修学旅行では味わえなかったことを、家庭から離れた未知の地で、友人たちと体験できるのではないかと非常に楽しみにしているのである。したがって、このような期待感を損なわないような「修学旅行記」制作の事前の指導と手引きを十分に工夫しなければならない。

以下、修学旅行前の手引きである〔『乗鞍修学旅行記』を創る目的は、これだ。／〕・〔『乗鞍修学旅行記』の構想を立てよう。／〕、旅行中の〔修学旅行中にしっかり取材しよう。／〕、旅行直後の〔『乗鞍修学旅行記』を書き始めよう。／〕などの生徒への配布資料を紹介する。

(旅行前用手引き)

『乗鞍修学旅行記』を創ろう。(1)

楽しかった旅行を一層楽しいものにするもの……それは旅行記です。楽しかった思い出の数々を、できるかぎり自分の個性を発揮して、いろんな工夫を加えて、一冊の記録集(旅行記)にまとめてみましょう。旅行記を創ることで、楽しかった旅行の様子を思い起こすこともできますし、また新たな感動を覚えたりもできるでしょう。またでき上がった作品を見直して楽しむこともできますよね。とにもかくにも自分の個性を生かした、独創性、創造性にあふれた『乗鞍修学旅行記』を創りましょう。

『乗鞍修学旅行記』を創る目的は、これだ!

- ① 楽しかった修学旅行の思い出を記録として残し、よい記念とするため。
- ② 旅行中に見聞きしたことを、より広く、より深く、より確かなものにするため。
- ③ 旅行中に描いたスケッチや、手に入れた絵はがき・パンフレット・地図などの使い方工夫したりして、自分の創造力を伸ばすため。
- ④ その時々の自分自身をふり返りながら、自己の内面を見つめ、人間としての成長に役立てるため。

『鞍修学旅行記』の構想を立てよう!

A. 旅行記の形態を考えよう!

- a 紀行文風に……行程や活動の内容を、行った順に書いていく。それぞれの場面で創ったスケッチや、詩、短歌、俳句などを入れてもよい。
- b 印象記風に……特に印象深かったところを取り出して書く。そこを中心に(一か所、または数か所について)重点的にまとめてもよい。
- c 説明文風に……見学したり、調査したことを、説明文の形でまとめていく。説明のための図や資料も添えるようにする。
- d 対談風に……質問者と解答者という設定で書いていく。二人またはグループによる対談風にして、旅行先での様子を話し合っているような表現法にしてみる。
- e 随筆風に……移動中、宿舎での生活、活動の場面で心に感じたことや考えたことなどを見出しをつけて書いていく。目に触れた風景、友達との語りなどについて感想を記してみる。
- f 詩集・歌集・句集風に……旅行中のいくつかの場面を、見出しあるいは詞書きや題名をつけた作品に創り上げ、まとめていく。

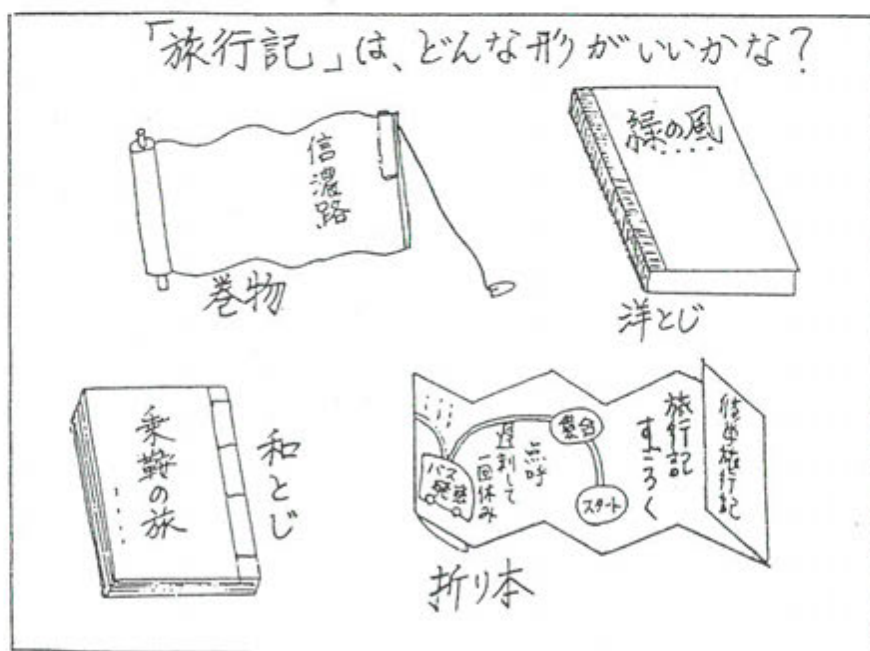
g その他

- ★ 絵やカットの好きな人は、絵本や絵巻物や漫画本風に
- ★ ゲーム的な要素を取り入れて、絵地図やすごろく風に
- ★ むかし懐かしい(?) 紙芝居風に
- ★ 絵やカット、写真などに合わせて説明文を作って朗読テープに吹き込み、
修学旅行案内テープ風に

B. 旅行記の形を工夫しよう!

- a 巻物式
- b 折り本式
- c 冊子式 (洋とじ……縦書き・横書き、和とじ)
- d カード式
- e その他

いろいろ考えて新たな形を工夫してみてもよい。自分の一番好みにあった形をさがしてみよう。



(旅行中用手引き)

『乗鞍修学旅行記』を創ろう。(2)

修学旅行中にしっかり取材しよう。

- A. 「スケッチブック」を活用しよう。旅行中には、ポケットやリュックサックにペンと「スケッチブック」を入れておき、チャンスがあれば、どんどん取材し、メモしていこう。

取材には、単語カードなども便利だけれど「スケッチブック」なら表紙も固く下敷きいらず。まず目が入っているからスケッチや図などを描き込むのもとても便利。さらにコピーをしても目は消えてしまうので、そのままいろいろなところに転用できる。

- B. 取材は、積極的にやろう。

人と語らうことは楽しいもの。旅行中は、友達とはもちろんのこと宿舎のおじさんたちをはじめとして、乗鞍の人たちと積極的に語り合い、どんどん取材していこう。取材中は、「礼儀正しく 遠慮せず」をモットーに。

- C. 取材記録(メモ、スケッチ)や写真、資料などを活かそう。

せっかく集めた材料だから、大いに利用しよう。そのためには材料の分類・整理が大切だ。次のように作業を進めてみよう。

- ① 修学旅行の行程ごとに、あるいは旅行記の内容区分ごとに小見出し(タイトル)をつける。
- ② 材料を、小見出し(タイトル)別に分類する。
- ③ 小見出し(タイトル)ごとに分類した材料を並べて読んでみて、さらに分類する必要があるか、新しく考えついたりつけ加えたりすることがないか検討する。
- ④ 取り上げる順序をきめ、材料を並べかえる。
- ⑤ カット・スケッチ・図・写真などの配置場所を考え、紙面構成を検討する。

- D. 用紙や用具を工夫しよう。

旅行記の形によって、用紙や用具も変わってくることもある。用紙にしても、普段使い慣れている原稿用紙でもいいし、更紙・中質紙・上質紙・厚上質紙もいいし、またケント紙・色ケント紙・模造紙・巻き紙・便箋・レポート用紙など、自分のイメージに合うものを選んでみよう。

用具についても、ボールペンやサインペンだけでなく、パステルや色鉛筆、水彩絵の具、筆ペンなども利用するなど幅広く考えてみよう。

(旅行直後用手引き)

『乗鞍修学旅行記』を創ろう。(3)

『乗鞍修学旅行記』を書き始めよう。

この『乗鞍修学旅行記』は手作りだから、自分だけにしかできないのだという自信を持って書いていこう。

用意しておいた用紙に、詩・俳句・短歌・文章の配置などを考えて、またカットやスケッチ、図、写真などのバランスを見積もって書いていこう。まず鉛筆などで下書きをしてから書き始めるのもいいだろう。

『乗鞍修学旅行記』の展示会・発表会を開こう。

できあがった『乗鞍修学旅行記』は、展示会・発表会を開いてできるだけ多くの人に見てもらい、批評をもらうようにしよう。

特に発表会では、自分の作品や友達の作品をプレゼンテーション風に発表・紹介するようなことも試みてみよう。『乗鞍修学旅行記』の作り手の思いや独創的などが、より多くの人に伝わり、深められていくように。

本校の修学旅行は、まさに「手づくり」のものなので、出発までには、かなり早い時期から（ときには1年以上も前から）準備を行っている。そして準備の進行状況に応じて、修学旅行企画担当の教師による学級および学年単位でのガイダンスや、生徒代表によって構成されている修学旅行実行委員会からの提案の集会や、資料の配布などがたびたび行なわれる。個々の生徒も、旅行中に数多く設定されている行事を分担して企画したり準備を行ったり、また宿舎での役割分担なども行なって本番に備えるのである。

『乗鞍修学旅行記』制作の指導は、修学旅行全体の準備が、かなり煮詰まってきた段階の、出発2週間前に始めた。生徒の修学旅行への期待感は、その準備が進むにつれて高まっており、『乗鞍修学旅行記』制作についての企画は、さらにそれを高めるものとなったのである。

まず生徒には、修学旅行前用の手引きプリントを配布するとともに、先輩の作成した「修学旅行記」を参考作品として数点（欲をいえば紀行文、説明文、詩集・歌集などのいくつかの文章形態の違うものや、巻物式、折り本式、冊子式などの編集形成の違うも

があるとなおよかったが、実際はそれだけの作品が準備できなかった。) 提示した。生徒たちは、先輩の作品を鑑賞していく中で、手引きプリントだけではつかめなかった『乗鞍修学旅行記』を創る目的やその方法について理解を深めることができ、また先輩よりもさらに充実した内容の旅行記を作成したいという意欲をわかせた。

次に修学旅行中用の手引きプリントと取材活動用のハードカバーのスケッチブックとを配布して、独創的な旅行記を創るためには、独自の取材活動が重要であることを強調しておいた。(特に、今回利用したスケッチブックは、方眼用紙になっており、大変調法した。)

そしてさらに次の『乗鞍修学旅行記』作成企画書を配布して構想を練らせることとした。(企画書の完成時期は、修学旅行が終わって1週間以内とした。)

『乗鞍修学旅行記』作成企画書

組 番 ()

壹、『乗鞍修学旅行記』作成にあたっての目標

貳、『乗鞍修学旅行記』作成の構想

(い) 『乗鞍修学旅行記』の形態(〇〇風に)

(ろ) 『乗鞍修学旅行記』の形式(〇〇式に)

(は) 取材記録(メモ、スケッチなど)や写真、パンフレットなどの資料の活用法

(に) 用紙や用具の利用法

参、『乗鞍修学旅行記』作成上の問題点とその打開策

肆、『乗鞍修学旅行記』作成の日程

『乗鞍修学旅行記』作成企画書

A組 36番 (福元 健)

壹、『乗鞍修学旅行記』作成にあたっての目標

絶対个性的に！ 型にはまらないモノをつくる。
できるだけ、修学旅行そのものを表せるものをつくる。
表紙の絵の工夫をする。事実だけにならないように。

貳、『乗鞍修学旅行記』作成の構想

(一) 『乗鞍修学旅行記』の形態(〇〇風に)

短文、短歌、俳句、文章……
いろいろとりいれて

(二) 『乗鞍修学旅行記』の形式(〇〇式に)

箱の中に、だんごのメモ用紙(折紙)その一つ一つに、思い出
(私だけのよな)をかいて、修学旅行そのものの思い出をまとめる

(三) 取材記録(メモ、スナップなど)や写真、ビデオなどの資料の活用法

夕礼日記、資料を見て

(四) 用紙や用具の利用法

主に水筒やボスラーから
を扱う。箱(本)に入るものは、
適度な大きさをの箱をつくる



をっぽくねく、
たおかくのではなく、
折り紙、色、バカ7
なぞも工夫して。
のりくらの自然な
表紙がよい

参、『乗鞍修学旅行記』作成上の問題点とその打開策

内側はどう工夫するか。

←
乗鞍の豊水色↓スケッチしたから

肆、『乗鞍修学旅行記』作成の日程

折り紙(?) などメモするものをまず見つけて、

思いつくところから書き始める。

クワッドも利用して(!!)

半月半ばまでにメモ完成したから、

乗鞍修学旅行記

47期生 生徒作品例

— 文章形態別 —

【生徒作品例 1】(T・古池)

「乗鞍凡夫カルタ」……歌集風・裏面スケッチ付きカルタカード式

本当は時の流れがはやいのに、遅く感じてしまう乗鞍。
そんな乗鞍に、私は愛を覚えた。

- * 白樺^{しろかんば} 強く生きてる 一本だ 何の曲がりも 必要とせず
- * 木々の色 緑だけでは 描けない 何色いるか 数えてみなよ
- * 静寂の 牛留池に 水芭蕉 時の流れを 忘れたのかな
- * 蛙の子 いつ孵るのか 僕達が 家に帰ると 孵るのだろう
- * ぼくらはね 野原を駆ける 小人さん 花の香りを 身につけながら

他に25首

【生徒作品例 2】(K・井上)

「乗鞍修学旅行記」……紀行文風・スナップ写真、スケッチ付き絵葉書カード式

善五郎の滝との出会い

オリエンテーリングとテーマ活動のときに、この滝を眺めた。この滝までの道は白樺の林に囲まれて、ごつごつした石が転がっていた。景色はすごくよかったのだが、少し歩き疲れた。でもこの滝を見たとき、すごく大きい、と思った。展望台にまで、水しぶきが霧のように降ってきた。それがとても涼しくて、気持ちよくて、ポーっとしながらザーっという滝の音を聞いていた。静かだった。このままずっとこうしていたいな、と思った。

【生徒作品例 3】(M・稲田)

「乗鞍修学旅行記」……日記風・イラスト付き紙芝居カード式

5月23日(火) 雪滑り

良い天気恵まれ、朝から元気一杯だ。今日は、バスで乗鞍岳のかなり高い地点(位が原)まで上って「雪滑り」をするという、初めての野外活動があった。5月下旬にもなって雪が残っているなんて、そこに着くまでは信じられなかったが、位が原一帯は一面の銀世界だった。米袋をお尻の下に敷いて滑るのは初めてだったから、最初はこつがつかめず、途中で転がったり、後ろ向きになってしまったりしたが、慣れてくると、3、4人で連結したり、ロングコースを一人で滑ったりととても楽しかった。先生も皆も童心にかえて、大阪では味わうことのできない楽しさを満喫した。私は、これが「遊びの原点」なのかと、バスの中であらためて思った。

5月25日(木) キャンプファイヤー

小雨の降る中、今回の修学旅行最大の行事であるキャンプファイヤーが行なわれた。私は、企画委員として準備や司会などいろんな役割を受け持っていた。宿舎のおじさんが、日中雨の降る中で一生懸命に組み立ててくださった大きなストームに、これまたおじさんが工夫してくださった斜面を利用した「火の玉」がぶつかって火がついたとき、あたり一面がぱっと明るくなり、とてもきれいに燃え始めたとき胸が熱くなった。各クラスの出し物であるスタンツは、それぞれの特徴がよくわかりとてもおもしろかった。でも、私たちのクラスの演技が長くなりすぎて雨のため途中までしかできなかったのが、残念だった。フォークダンスもみんな楽しく踊ることができ、すごく盛り上がったものになった。最後のトーチサービスでは、参加した全員の手に火が行き渡り、ファイヤーを中心にした大きな炎の輪ができ、とても感動した。

ファイヤーを囲んで過ごした時間が、私たちにとって忘れられないすばらしい思い出になったことが、何よりもうれしかった。

5月27日(土)

長かった修学旅行も今日で終わりだ。朝、いつもどおりに6時に起床して、みんなでラジオ体操をした。目の前に広がる乗鞍岳が、とても美しく、輝いて見えた。この6日間、自然に囲まれながら生活することで、私たちは、いろんなことを学んだ。その一つをあげれば、それは自分の心に、そしてみんなに素直な気持ちで接することができたことだ。やっとここでの生活に慣れてきたころで大阪に帰るというのは、とても残念だった。「原点を求めて」活動してきた日々が頭の中を駆けめぐった。帰りのバスの中では、みんなは楽しくおしゃべりをしていたが、私はなぜか心が弾まなかった。

私は、この修学旅行で、かけがえのない思い出をたくさん作ることができた。だから今は、「乗鞍」に対する感謝の気持ちでいっぱいだ。

【生徒作品例 4】（S・小林）

「小林誠治―乗鞍― 一九九五」……詩集風・イラスト付き短冊カード式

リュックサック ～出発前夜

一つの大きなリュックサック
このリュックが
私の大きな六日間を造りあげてくれる
たくさんの「思い出」を求めて
荷物をつめていく
重いリュック
私のリュック

コンパス ～三日目め・オリエンテーリング

ただ一つの道しるべ
私たちの行き先案内人
小さな小さな案内人

矢印の先には小さな目的地があって
大きな達成感が得られる

植樹 ～五日目め

小さな命の小さな木
植えてあげよう 枯れぬように
支えてあげよう 倒れぬように

私たちの心のこもった水をかければ
きっとすくすく伸びていくよ

【生徒作品例 5】（N・繁田）

「乗鞍自然ガイド」……説明文風・地図、イラスト付きパンフレット式

番所大滝

この滝に行くには、ピーボロ乗鞍などの宿舎のある鈴蘭地区からは、徒歩で1時間ほど下っていかねばなりません。でも、この滝はそれだけ歩かなければならないことがわかっていても、行ってしまいたくなるほど魅力のある滝なのです。この滝は展望所に着くまで、我々にはその姿を見せません。でも展望所への階段を一步一步踏みしめて行くと、轟音ともいべき壮大な滝の音が近づいてくるのです。そして展望所につき、滝に間近に接したとたん、幅、落差とも数十メートルもある滝に目を奪われ、心を奪われ、腰が引けてしまうのです。

乗鞍高原には、三つのすばらしい滝があります。「三本滝」「善五郎の滝」そしてこの「番所大滝」です。それぞれ見る価値のある個性的な滝ばかりですが、三つとも見る時間がないなという人には、ぜひこの「番所大滝」をお勧めします。

【生徒作品例 6】(C・吉田)

「乗鞍」……紀行文風日記・イラスト付き洋とじ冊子式

今日の原点 ～(第1日目の夕礼日記)より)

今日の原点は、乗鞍の自然に出会ったこと。そしてクラスのみんと本当の自分を出し切って話せたこと。

乗鞍で一番初めに出会った自然の美しさは、星空だと思う。夜、オリエンテーションから帰ってくる途中、歩きながら星を見て、それが家で見えるよりはるかに多く、大きくてきれいなことに気がついた。北斗七星や天の川を見つけたりして、自然に一步近づいた気がした。自然の中にひたっているときが、なんだか一番気持ちがなごむように思った。

今日の原点 ～(第3日目の「夕礼日記」より)

今日の原点は、川について。オリエンテリング中、川の中をずっと歩いたところがあった。そのときちょうどまい具合に石があって、どんどん進めた。途中不安になったときもあったけれど、普通の“道”といえるようなところにいられたときは、とてもうれしかった。でも“川の道”もなかなか楽しかった。

5番ポイントから6番ポイントへ行く途中で迷ってしまい、山をいくつか越えるはめになった。そのとき初めて自然の大きさを感じ、私たちはとても小さな存在だということに気づいた。

今日の原点 ～（第5日目の「夕礼日記」より）

今日の原点は、飯倉すいさん。自分たちで持ち寄った用具、食器や宿舎の方々に準備していただいた材料を使って、自然の中で自分たちで何かものを作って行く……。日が経つごとに、本当に乗鞍に染み込んでしまっている。

稜さんをはじめとする宿舎の方々とも、そうそう稜さんのかわいいお子さんのゆうと君やしゅうへい君とも仲良くやっているし、なんだかほのぼのした雰囲気で、そんな感じだからこそ、この私たちの宿舎である牧水苑が、自分の第2の家であり、友達が家族になってしまうんだろうな……。

この乗鞍では、書きつくせない大きなものを感じることができる。5年後、私たちが植えたすももの花が咲く頃、もう一度友達とここに来たいなあ。

上記まで生徒作品を紹介した（P.54～P.55に、生徒作品例を写真で紹介）が、作品完成後は、グループ内での相互批評・鑑賞会を行なった。そしてグループ内で代表作を決定し、次のような企画書を新たに作成して、プレゼンテーション的な発表会を実施した。以下に紹介する。

『乗鞍修学旅行記』を創ろう！

○班代表作（　　　　　作・『　　　　　　　　　』）発表企画書

四分間で、我が班代表作の魅力を大いに語るぞ！

はじめに（司会進行：　　　　　　　　　）
（黒　子：　　　　　　　　　　　　　）

魅力を語る1………作品の内容と形態〈○○風に〉について
（語り手1：　　　　　　　　　　　　　）・黒子

魅力を語る2………作品の形式〈○○式に〉と工夫点について
（語り手2：　　　　　　　　　　　　　）・黒子

作者の言葉（作　者：　　　　　　　　　）・黒子

おわりに（司会進行）

乗鞍修学旅行記

47期生 生徒作品例

— 編集形式別 —



a 巻物式（詩集風）



b-1 折り本式（紀行文風）



b-2 折り本式（日記・すごろく風）



c-1 冊子式（洋とじー日記風）



c-2 冊子式（洋とじー印象記 絵本風）



c-3 冊子式 (和とじー絵日記風)



d カード式(詩集絵葉書風、印象記絵葉書風)



e-1 新聞式 (印象記風)
冊子式 (印象記 漫画本風)



e-2 パズル式 (絵地図パンフレット風)
カード式 (短歌・俳句集風)



e-3 コメントボックス式 (印象記風)



e-4 修学旅行案内テープ式 (説明文風)

『乗鞍修学旅行記』を創ろう！

A ③ 班代表作 (福元彩さん作) のりくら (一) 発表企画書

四分間で、我が班代表作の魅力夫々に語る！

はじめに (司会進行: 利川君)

(黒子: 古池君)

僕たち女班の代表作は福元さん作の「のりくら」です。この作品を選んだ理由は、目に新鮮だからです。この作品は、いつも明るく楽しい、そして創造力にあふれた福元さんの個性をすべて押し出したような楽しい作品なのです。

魅力語る1・・・作品の内容と形態<〇〇風>について (語り手1: 堀井さん) ・黒子

作品の形態としては、紀行文風、しかし印象記になってます。××用紙一枚に細かくコマとが書かれています。つまりこれを読むのは、彼の体験した乗鞍修学旅行のすべてがわかるという感じです。

魅力語る2・・・作品の形式<〇〇式>について

(語り手2: 鎌谷くん) ・黒子

編集形式は、なんと表すいがかありませんが、してコマとが××の気とともいふように、まあとにかく見てあげてください。

作品の内容をすべてと知る時には何回もくつろぎながら××用紙と××になりまわが、その度に、××と××に感じと味わえると思っています。

作者の言葉 (作者: 福元さん) ・黒子

乗鞍での修学旅行するものと表わそうと思えて、雑音に思いつく××と入るという形にしました。他の人と同じ形式にしたくはないという、これもあえて、个性的なものになりました。形式面での工夫が特に楽しかったです。

おわりに (司会進行)

いかがでしょうか。これが福元さん作の「のりくら」です。コマとの内容と××形式といふ、本当にユニークな作品です。作風全部に読むには、ほんの時間がかかりすぎるかもしれませんが、ぜひ読んでみることにしてください。

グループごとの相互批評・鑑賞会は、大変盛り上がった楽しいものになった。グループは5人で構成されているが、それが一人ずつ持ち時間4分で、自分の修学旅行記をプレゼンテーション的に発表していくのである。4分間の内訳もグループ代表作のプレゼンテーションを意識させるため、発表企画書の形式にそって、「はじめに」(1分)・「魅力を語る1」(1分)・「魅力を語る2」(1分)・「おわりに」(1分)とし、グループごとに一つずつストップウォッチを持たせて、時間を考慮して発表するような設定とした。この設定では、ただ漠然と4分間で発表しなさいという設定に比べ、自由度は少なくなるが、要点を漏らさず話すことができるという利点が生れたり、また決められた時間内で発表できるように、要点をまとめていく作業も具体性を帯びてくるため、生徒たちは、各自の作品のポイントを整理した発表原稿作りに追われ、時間に追われと忙しいながらも楽しげに活動していた。

グループ5人の発表の後、話し合いによって、グループごとに代表作品1点を決定させた。そして今度は、学級全体での代表作品発表会にむけて役割分担を行なった。一人一役ということで、前掲の発表企画書にあるとおりの分担を行ない、その後発表シナリオ作りに移った。黒子の役割は、作品をいかに効果的に視聴者側の生徒に見せるかということを考えさせた。必要に応じて、OHC(教材提示装置)やテープレコーダーなどの利用も工夫させた。

代表作品の発表会の一部は、大村はま先生をお迎えしての、大村はま国語教室教育実践発表会の研究授業として公開させていただいた。次にその際の学習指導案を掲載するので参照していただきたい。

国語科学習指導案

指導者：大阪教育大学教育学部附属天王寺中学校 平田達彦

- 一、日 時 平成七年六月十七日(土) 第四時限<午前十一時四十分～十二時三十分>
- 二、場 所 大阪教育大学教育学部附属天王寺中学校 小講堂<南館三階>
- 三、学 級 大阪教育大学教育学部附属天王寺中学校 第三学年D組四十名
(男子二十二名、女子十八名)
- 四、単 元 『乗鞍修学旅行記』を創ろう。／
——「非日常」の中に、「日常」の自分を見つける
- 目 標 ① 修学旅行の思い出を記録として残し、記念とさせる。
② 修学旅行記を創ることで、旅行中に見聞きしたことや調べたことを、より広く、より深く、より確かなものにさせる。
③ 修学旅行記を創る中で、旅行中に描いたスケッチや創作した詩・俳句・川柳・短歌などの作品、取材した事柄、収集した資料類などを工夫して用いることで、生徒の独創性や創造性を養わせる。

- ④ 発表会・鑑賞会を持つことで、その時々友達や自分自身を振り返りながら、その内面を見つめさせ、人間としての成長に役立てさせる。

五、指導計画（全十四時間）

題 材	学 習 内 容	配当時間
『乗鞍修学旅行記』を創ろう！	修学旅行記作成に当たっての目的や具体的な方法についての説明を行なう。	1
	旅行中の創作・取材活動で得た材料を活かして、独創的な旅行記を制作させる。	8
	でき上がった修学旅行記をもとに、グループごとの発表会・鑑賞会を行なわせる。 またグループごとに話し合って代表作品を決め、企画書を作成して、発表会の準備をさせる。	2
	1グループずつ企画書をもとに役割分担をして、代表作品を発表させ、発表会・鑑賞会を行なわせる。	2 (本時は第一時)
	単元目標をもとにまとめを行なう。	1

六、本時の授業

- 目 標
- グループ全員で協力して、代表作となった修学旅行記の魅力を他の生徒に伝えさせる。
 - 他のグループの発表を聞くことで、自分や自分たちのグループの作品と比較させ、意見、感想を持たせる。

準備用具 生徒……乗鞍修学旅行記、発表打ち合わせメモ（企画書）、国語辞典
指導者……OHC、感想メモ記入用紙

指導過程

段 階	学 習 事 項	生 徒 の 活 動	指 導 者 の 活 動 ・ 評 価
導 入 (五分)	・前時の学習内容を思い出す。	・グループごとに発表会と鑑賞会をしたことを思い出す。	・グループごとに代表作を選び、本時の準備として打ち合わせメモを作成したことを確認させる。

<p>展 開 (四十二分)</p>	<ul style="list-style-type: none"> 1グループずつの発表と鑑賞を行っていく。 	<ul style="list-style-type: none"> 1グループの発表持ち時間(四分)を最大限に活かして発表する。 発表を聞いている生徒は、感想メモ用紙に記入していく。 	<ul style="list-style-type: none"> 感想メモ用紙を配布して、記入の仕方を説明する。 グループ五人全員がそれぞれの役割を果し、協力して発表していくよう注意する。 代表作の魅力がうまく伝わっているか意識させる。 代表作について、また発表方法などについて意見、感想を記入させる。 一、二名の生徒に意見や感想を発表させ、発表をどのように受け止めているか把握する。
<p>(全八班の発表を、右の手順で行っていく。)</p>			
<p>整 理 (三分)</p>	<ul style="list-style-type: none"> 次時の予定を知る。 	<ul style="list-style-type: none"> 次時は、単元目標をもとにまとめを行なうことを知る。 	<ul style="list-style-type: none"> 次時は、生徒各自の修学旅行記や本時に記入した感想メモをもとに目標にそった活動ができたかどうか検討していくことを告げる。

(御高評欄)

代表作品の発表会では、フロアの生徒に次のページにある感想メモ用紙に、意見・感想を書かせた。発表が、時間的に短いこともあって、詳しくは書けてはいないが、発表の要点はかなり鮮明に受け止められているようだ。

さらにその次のページのプリントで、学習の整理を行なっていった。

『乗鞍修学旅行記』を創ろう！

★ 発表によって得た情報をもとに、○班の代表作についての意見や感想を書こう！

組 番 ()

○班の代表作について……………注目度ランク () <5~1の5段階で>

- ① 代表作の内容(○○風という形態も含めて)については、どうだった？
- ② 代表作の形成(○○式という形成)と内容との関係については、どうだった？
- ③ 発表方法などについては、どうだった？

(生徒例・3)

A ③班の代表作について……………注目度ランク (5) もちろん5で！

- ① 代表作の内容(○○風という形態も含めて)については、どうだった？
メモ用紙1枚1枚に印象が書かれてあって、その中味がとても細かなことまで書いてあって、作者福丸さんの個性というか感じ方がでているな、すごいなと思った。私としては、特に宿舎の人たちとの思い出が書かれているのもいいなと思った。
- ② 代表作の形式(○○式という形式)と内容との関係については、どうだった？
1枚1枚の大切なメモが、宝物のように“宝箱”の中に入れてあるという形式がおもしろいなと思った。読みはじめると、ついでにメモ、次のメモとなって、わくわくするという説明には納得できるものを感じた。
- ③ 発表方法などについては、どうだった？
司会者の「はじめに」「おわりに」が上手だと思った。何のショーを見ようか感じがした。黒子の役割も上手に作品を見せていたと思う。話し手2の話し方がもう少しほのぼのしているよかったです。

『乗鞍修学旅行記』を創ろう！

★ 単元学習のまとめ

次の各項目について、できるだけ詳しく書いてみよう。——学習を振り返ってみよう。

老、『乗鞍修学旅行記』完成までの自分自身の取り組みを振り返ってみよう。

い、企画段階では……

ろ、取材段階では……

は、制作段階では……

① 内容面について

② 形式面について

式、自分の『乗鞍修学旅行記』の内容面で、まあまあ満足できる、あるいはまあまあ自信があるものはどれかな。具体的に挙げてみよう。

参、自分の『乗鞍修学旅行記』を形式面で見るとき、まあまあ満足できる、あるいはまあまあ自信がある点はどこかな。具体的に挙げてみよう。

肆、この「『乗鞍修学旅行記』を創ろう！」の学習全体を振り返っての意見・感想を、できるだけ多くの点について書いてみよう。

伍、来年以降後輩たちがこの学習に取り組むとした場合に、どんなアドバイスをしてあげようと思うかな。具体的に書いてみよう。

前ページのプリントをもとに、この学習のまとめを行った。各項目についての代表的な生徒の意見・感想を取り上げてみた。授業では、このプリントの記述をもとに、意見交換も行った。

★単元学習のまとめ（生徒例）

次の各項目について、できるだけ詳しく書いてみよう。——学習を振り返ってみよう。

巻、『乗鞍修学旅行記』完成までの自分自身の取り組みを振り返ってみよう。

い、企画段階では……

生徒（Y・大西）：「おもしろそう！」「どんなふうにしようかな？」と考えるのが、まず楽しかった。工夫をいっぱいしたかった。結局旅行前には形式は決まらず、乗鞍で、とりあえず毎日スケッチブックに日記を4～6ページずつくらい書いておいた。そして帰ってきてから、それを大いに利用できる企画を考えた。

生徒（M・田坂）：「どんなものにしようかなあ？」と迷っていたけれど、形式を巻物式にしようと思ったときから、どんどんと想像がふくらんできて、作成するのがすごく楽しみになってきた。

生徒（E・寺廣）：最初の段階から、読み直したときに、できるだけ鮮明に乗鞍の思い出がよみがえるような紀行文風にしようと思っていた。

ろ、取材段階では……

生徒（Y・清水）：乗鞍での活動の中の〔テーマ活動〕を中心に、スケッチや詩作を取材活動のメインとした。多くの作品がスケッチブックに残り、かなりおもしろく取材できた。

生徒（H・仲田）：とにかく乗鞍では、スケッチブックを活用して、思ったこと、友達の意見、宿舎のおじさん方のお話などをすぐにメモした。また「いいな。」と思った景色に出会ったら、すぐにこれもスケッチするようにしていた。これがあとでとても役立った。

生徒（R・高嶋）：企画段階で絵本風のものにしようと思っていたので、しっかりとしたスケッチをしてこようと考えて、ケント紙を買って乗鞍に持っていたのがよかった。とてもうまくいった。

は、制作段階では……

① 内容面について

生徒（R・西本）：乗鞍でのその時々を思いを、詩・川柳などを主体にし、それぞれの作品ごとに小さなカットをつけて綴った。本の体裁に少しでも近づけようと「はじめに」や「おわりに」「目次」なども入れてみた。自分ではけっこう満足できるものになったと思っている。

生徒（Y・大西）：挿絵などが少なく、文章ばかりになったところがあって、ほ

かの人の読む気を余りそそらないものになってしまったかもしれないけれど、一生懸命でいねいに書いた。文章表現は、事実とその感想といった二部構成になっている。詩もところどころに入れられたし、かなり自己満足してる。

② 形式面について

生徒（A・奥本）：緑色の画用紙で、和とじにするのは、もう企画段階で決まっていた。私の作る旅行記は、絶対こうするのが一番いいと思っていた。作業は、割合順調に進んでいたが、最後に糸で綴るときに、針を2本も折ってしまった。先生、ごめんなさい。

生徒（Y・清水）：料理の鉄人（和食）道場六三郎に、僕はあこがれているので、彼の「お品書き」風に半紙を使って墨で書いた。そしてそれをつないで巻き物にしたのだが、これがまた趣があっている。

生徒（T・小森）：私の旅行記は単純な和とじだが、一味違うところといえば、表紙に使った千代紙だろうか。この表紙には、しっかりとお香をたきしておいた。いつまで香りがもつかは分からないが、気に入っている。

式、自分の『乗鞍修学旅行記』の内容面で、まあまあ満足できる、あるいはまあまあ自信があるものはどれかな。具体的に挙げてみよう。

生徒（N・栗本）：全体的に納得のいく作品ですが、特に挙げるとすると、詩とイラストです。日記や、大阪に帰ってきたその日（修学旅行が、思い出となった日）に書いた詩も多く、実感がこもっていると思います。イラストは、スケッチブックの記録と、あとは記憶で仕上げました。表紙の素朴さと最後のモノトーンを楽しんでもらえたらと思います。

生徒（A・奥本）：一番最初に作った詩を挙げる。作った場所は、宿舎（牧水苑）のおふろだった。そのときは全然意識していないのだけど、あの温泉のイオウの匂いがしみついていて、印象に残っていたようだ。なかなかの自信作だ。

生徒（C・吉田）：ただ文章が書いてあるというだけでなく、そのときの楽しさなどをよく表している本当にあったある一場面の会話などを、楽しく読めるように仕上げていること。ところどころの空間にも気を配って、ちょっとしたさし絵をつけたり、題や小見出しをつけるときに、色を変えたりしたのがよかったと思っている。

参、自分の『乗鞍修学旅行記』を形式面で見たとき、まあまあ満足できる、あるいはまあまあ自信がある点はどこかな。具体的に挙げてみよう。

生徒（A・井上）：本当の新聞のように、枠を作り、欄を設定して紙面をあるところ。新聞名や発行所なども記入して、できるだけそれらしくし

てみたつもりだし、1ページずつ話題を代えて読みやすくするなど工夫してみた。〈新聞式〉

生徒（N・西辻）：私の旅行記は、とび出す絵本になっている。私としては、林の中から木が3本とび出してくるようになっていてページが一番よくできたと思っている。キャンプファイヤーの大きな炎が、とび出してくるようにつめたページも気に入っているのだけれど、ここの木の飛び出し方を前後にして、重なっているようにできたところがとても好きだ。〈冊子式（とび出す絵本）〉

生徒（M・田坂）：私は、巻き物式にしたのだけれど、純和風にしようとこだわって、筆と半紙だけを使うことにした。写真は一切使わず、そのかわりに自分で絵を描いたり、そういうこだわりに満足している。〈冊子式（和とじ）〉

生徒（T・谷村）：とにかく学年のほかの誰もがやらなかった形式に挑戦したことに満足している。一人二役の対談形式の台本作りが難しくて、おまけに二役の話し方に違いをつけるのにかなり練習したりと苦勞した。それでも録音する際に何度も失敗するなどして、ようやく作品を完成させたのでいっそう充実感がある。

〈修学旅行案内テープ式〉

肆、この「『乗鞍修学旅行記』を創ろう！」の学習全体を振り返っての意見・感想を、できるだけ多くの点について書いてみよう。

生徒（H・仲田）：こういった一生で1回の中学3年生での修学旅行を、後で振り返って、形あるものに残すことができたのが非常にうれしい。大人になってもう一度この作品を手にとってみたとき、自分がどう思うかはうまく言えないけれど、中学3年生の思い出をなつかしくふりかえることができると思う。時間がかかって、本当にしんどかったけれど、本当にいいものができてよかった。

生徒（A・福元）：授業中は、あれこれ想像するばかりで、なかなか創作活動に入れなかったけれど、でき上がってみれば、ほかの人たちとは全然違った作品ができて、とてもよかったと思います。いつもの授業とは違って、国語の授業のような、いや美術の時間のようなで、とてもおもしろかった。（いつもの授業ももちろんおもしろい。）私はいつもこういった作品作りのときに普通の冊子を作る人を、半ば「なんで？」と思っていたふしがあるが、その一冊一冊をよく見てみると、その人しか表せない味というか表現というか、すごく工夫されているのがわかって感動した。また作りたいなあ。

生徒（E・寺廣）：手のこんだものを作ろうと思うと、どうしても時間がかかってしまうので、もう少し時間的な余裕があればよかったと思う。自分の作ったこの旅行記は、一生の宝物となるようなものなので、これを作る機会を与えてくださった先生に感謝。自分と

しても、納得のできるよい旅行記ができて、本当によかったと思う。

生徒（M・田坂）：この作品を作っていくうちに、だんだん私たちの学校の修学旅行のすばらしさが感じられてきた。いろんなことが盛りだくさんで、しかも私たち、先生方、乗鞍の人たちみんなで作る、ある意味でとても大変な修学旅行だったけれども、それが味のある、どこの学校にもないものだとわかり、今では、本当にあの修学旅行に行くことができてよかったと思っている。だからこの旅行記は、あらためて私たちにこの行事のすばらしさを教えてくれた。修学旅行記作りが始まったころは、作品としてでき上がるかどうかとても心配だったので、でき上がったときの達成感は、一生忘れないだろう。この作品は、私の大切な宝物になるような気がする。

生徒（C・吉田）：それは乗鞍に戻れる瞬間であり、思い出にひたる瞬間でもあった。でも、提出期限に迫られ、必死で作っていたときには、それどころではなかった。徹夜したりもしたし、しんどくて疲れた。でもでも作り終えたときの感動は、それまでの苦労の何倍も大きかった。「これ、私が作ったんだ！」でき上がった瞬間、感動して、すぐさま家族に見せに行った。家族はひとりひとりがみんな楽しそうに読んでくれて、余計にうれしくなった。思い出になるものがひとつ増えて、今はこの学習をやってよかったと心から思っている。

伍、来年以降後輩たちがこの学習に取り組むとした場合に、どんなアドバイスをしてあげようと思うかな。具体的に書いてみよう。

生徒（A・井上）：修学旅行前に、もうどんな内容の、どんな形式の修学旅行記を作るかをしっかり決めておいて、旅行中にスケッチブックを大いに利用して、インタビューや日記、スケッチなどを記録しておくといいよ。

生徒（R・山岡）：いろいろな編集形式を、自由に考えてやったらいいと思うけれど、やっぱり内容が一番大事だから、そのことをしっかり修学旅行前につめて考えておくべきだと思う。その意味で修学旅行に関すること（先生方からのお話や実行委員からの情報）をしっかりストックしておこう。そうすれば読んで楽しく、感動できる修学旅行記になると思うなあ。

生徒（C・吉田）：何かに出会ったり、何かを感じたときに、スケッチを描いたり、詩にしたりしておくのと、後で必ず役立つと思う。写真を利用するのも一つの方法だ。けれど写真を利用するかどうかはよく考えて行なうこと。たとえ下手なスケッチでも写真以上の効果があることもあるからね。

IV. 授業を終えて

42ページの「Ⅱ 単元のねらい」で、この「『乗鞍修学旅行記』を創ろう。」の学習に対して、私は「5つの単元の目標」と、6つの「試したい力」をあげた。

「単元の目標」について検証してみると、「③ 現地（乗鞍）で意欲的に取材活動をし、記録をとる。」や、「④ 取材した事柄や体験をもとに、独創的な修学旅行記を創る。」については、授業の中でかなり力説もしたし、生徒の反応から手応えを感じることができた。しかし「⑤ でき上がった旅行記を相互に鑑賞、批評しあい、互いの修学旅行での思いや、また旅行記での表現の仕方について話し合う。」では、生徒の相互批評は行なわせたが、指導者からの批評や評価という面での押えがあまりかたことを痛切に感じる。もちろん制作の過程での、ひとりひとりの生徒に対する支援は行なっていたが、その活動の内容に対しての踏み込みがあまりであった。結局それは、生徒の独創性を尊重するという美名のうちに、不十分なままで放置されてしまったように思える。この点が一番の反省点である。

「試したい力」については、「① 情報を収集する力」では、現地乗鞍での地元の人たちへのインタビュー、資料収集、スケッチなどの活動において、生徒は積極的に挑戦していたし、「② 収集した情報を記録し、整理する力」や、「④ 情報をもとに作品を創り上げる力」においても、まずまずの成果を上げられたといえるが、「③ 新たな情報を発見する力」では、日々の日程をこなすことで精一杯の生徒たちに、充分にアドバイスしてやれず、その点反省しなければならない。

旅行記の完成後は、発表会を行なったが、発表会での生徒たちも、実に生き生きと活動していた。パフォーマンスあり、予定外の質問コーナーなども生まれ、授業自体が大変活気のあるものとなった。前掲の指導案があるように、発表会については、「大村はま国語教室の会」の教育実践発表会で、研究授業としても公開させていただいた。その際、大村はま先生をはじめ多くの参会の先生方よりご意見、ご高評をいただいたので、この場を借りてまとめさせていただくと、

大村はま先生からは、

- 発表会としての「場」の設定をすべきである。大勢の人を意識した改まった雰囲気を作りだすこと。生徒の中から司会者を設定して、教師が一方向的に進行しているような形態にならぬように。
- 発表者に「書きことば」と「話しことば」の使い分けをきちんとさせること。
- 楽しい授業はよいが、生徒たちが笑っているときこそ、冷静に生徒の実態を教師は、見ておかねばならない。
- 「創作」させるのならば、教師が、生徒ひとりひとりのためのヒントを出してやらねばならない。だれだれのためにと、具体的に頭においてヒントを与えるべき。などと、具体的で大変貴重な指針を与えていただいた。

また、参会くださった先生方からも、大村先生のご高評を受けて、

- 集めた資料をまるのまま利用するのではなく、それを取捨選択させる段階をきちんと設定すべき。
- 生徒の発表後に、教師がどのようなヒントを与えた結果、このような作品になっ

たのかを整理してやると、さらなる向上につながる。
といったご意見、ご助言をいただいた。拙い授業に対してもあたたかいご指導をいただ
いて、感謝申し上げたい。

生徒向けには、発表会后、放課後の時間帯を利用して、全クラスの生徒作品を一堂に
集めた鑑賞会も行なったが、大変熱心に作品を鑑賞また批評し合う光景がこちらこちら
で見られ、生徒たちは、時間を忘れて楽しいひとときを過ごしていた。

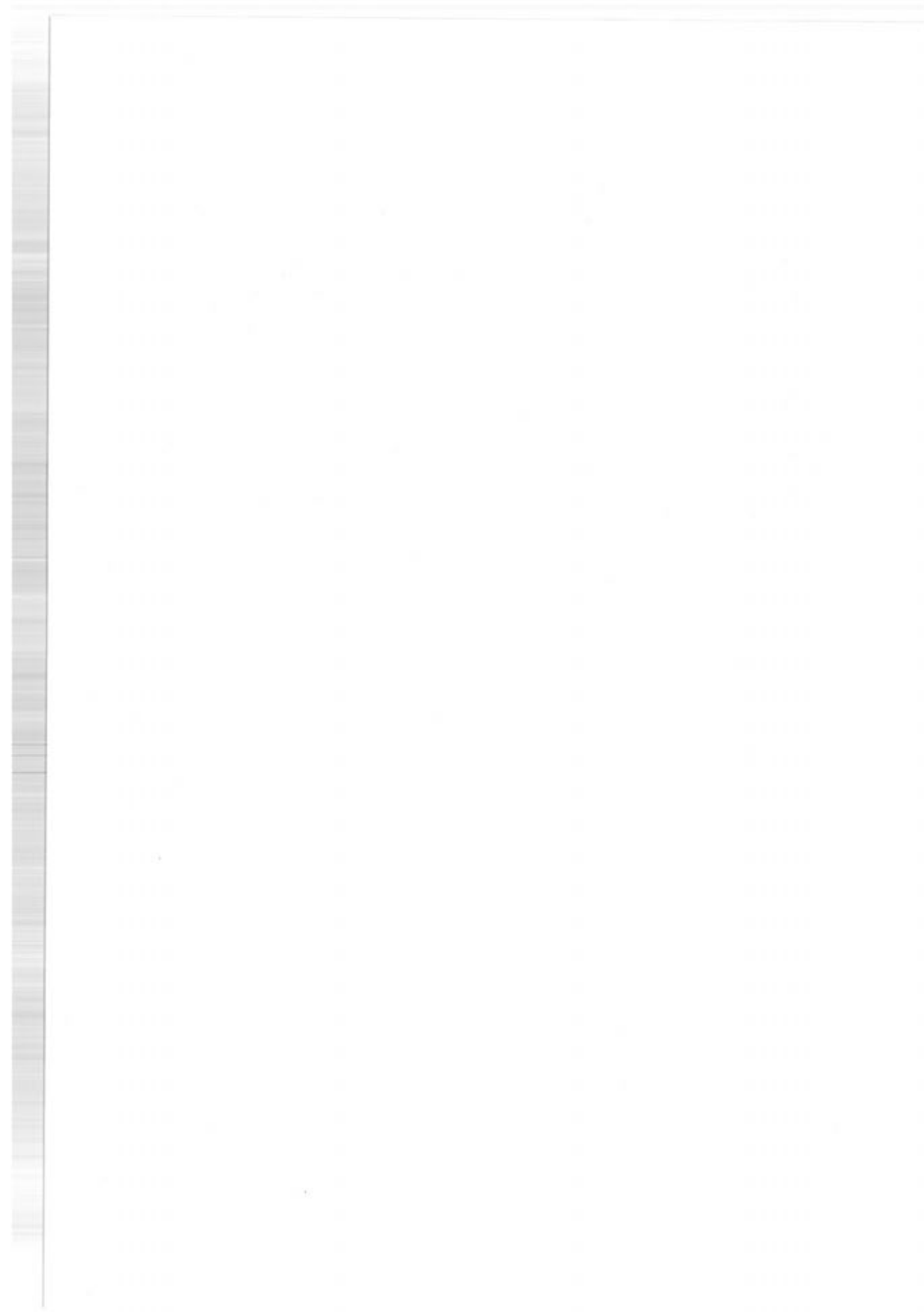
V. おわりに

「読む」・「聞く」・「書く」・「話す」という四つの取り組みを関連づけながら、
生徒に興味・関心を持たせ、意欲的に取り組ませる授業を目指して実践を行ってきた
が、楽しさを味わわせることと同時に、しっかりと「学力」をつけてやることがで
きたか、このことを大切に、しっかりと検証しながら、今後も実践を重ねていきたい。
その意味で、今回大村はま先生から直接ご指導いただけたことは望外の幸せであった。
先生のお言葉を胸に、さらに謙虚に努力を重ねていきたい。

授業とは別に、私は本校に赴任して15年となるが、新任で、初めてこの信州・乗鞍高
原での修学旅行を体験したとき、その包み込んでくれるような自然のすばらしさ・偉大
さに感動すると同時に、よく練られたその計画と活動内容の豊富さ、地元の方々との心
温まる交流に非常に心を打たれた。「こんな修学旅行ができるのか!」と自分自身の学
生時代の経験と比較して思ったものである。それ以来何度となく修学旅行の企画を担当
させてもらう中で、生徒たちにもっといい体験をさせてやりたいという思いは回数を重ね
るごとに強くなった。今回の授業実践は、そんな思いの中から生まれたといていい。
「こんなすばらしい修学旅行を、生徒の手作りのもので、しっかりと残してやりたい。
そうすることで、あの乗鞍高原の自然や、私たちを家族同様に迎えてくださる宿舎の皆
さんをはじめとする地元の方々への、恩返しになるのではないか」とも思った次第であ
る。今年度修学旅行に参加した第四十七期生も、「乗鞍高原は、第二のふるさと。泊め
ていただいた宿舎は、第二の我が家」という思いを持っている。授業を終えて、そんな
熱い思いを生徒とともに味わっている。

VI. 参考文献

楽しい作文教室 柳瀬真子著（第一法規）



実践報告「旧国名を覚えよう」

—自己展開学習の一環として—

で はら しん 哉
出 原 真 哉

はじめに

「日本史の舞台」というタイトルを冠したプリントを、私は、いつも律令制度の頃に配布することになっている。国・郡（評）・里（郷）制度の地方区画をとりあげるタイミングである。そして、あせることなく源平の争乱を目標に仕上げるのである。中学校や高等学校の教科書や資料集の表や裏の表紙をめくったところには、たいいてい旧国名と、現在の都道府県との対照地図や表がカラフルに提示されている。中高6カ年一貫教育を標榜している本校にあって、高等学校の日本史教育の基礎段階として、中学校での「旧国名を覚えよう」という授業を3時間で構成している。ところが、生徒たちにとってこれがえらく大変な苦勞なのである。ややもすれば歴史ぎらいにしていまいかねない。そこでなんとか楽しく学習させられないか、生徒の負担を軽くしてやれないかを旨とした実践例が本拙文の意図である。

I 第一限 「国司の守備範囲をぬり分けよ」 —白地図の色ぬり作業を通して—

中学生でも高校生でもその気にさえなれば、喜んで色ぬりをするものである。さて何を材料とするかである。世の中は律令制度の確立期である。旧国名の境界の入った白地図に五畿七道の太線区分のあるものは容易に準備できる。しかしこれだけではもったいない。関連づけられるものは混雑しすぎない程度に入れていく。まずは長屋王邸跡からの大量出土木簡の話はこの付近の授業でとりあげるであろうし、租庸調の税制は避けては通れまい。そこで、藤原宮や平城宮跡出土の税に関する木簡、特に「調」を中心とした当時の特産物を挙げてみる。私は、木簡そのものの解説では奈良国立文化財研究所の平城宮跡資料館にある案内やしおり、同資料館の1987年の秋季特別公開時の「木簡 —土に埋もれていた文字」というパンフレットなどを使って、木簡の何たるかを説明している。厚紙をリアルにぬって墨書した自作の復元木簡も威力を発揮する。最近、木簡学会なるところが編集した『日本古代木簡選』なる書籍も出た。生徒には、実数で示す方がわかりやすい。延喜式には、運脚の標準日数が書かれていて、東北の方面では、陸奥国の南部（福島県北部から山形県南部あたり）、南西の方面では日向国南部から薩摩国北部（宮崎県南部から鹿児島県北部あたり）が500時間を要する地点などという情報を伝えると、当時の農民の負担の大変さがわかるだろう。（ただし延喜式時代の都はもちろん平安京であり、西海道の庸調は大宰府が目的地となるので念のため。）全国を見渡すと陸奥や出羽あたりは国数も少なく寂しそうだ。（もちろん北海道や沖縄は範疇に入っていないことも付け加えたい。）

そこで朝廷の東北への勢力拡大図を入れる。多賀城や何々の柵といったたぐいの坂上田村麻呂や阿倍比羅夫の武勇伝的エピソードにつながる。何事も関連付けが大切である。また、駅制のことも含めて「主要道路は当時の一級国道だ」などと言いながら記入させると五畿七道の区分の仕方が理解できて良い。駅鈴の模造品なんかも売っているので、購入しておいてタイミングをみて、古代の音などともったいをつけつつ鳴らすと印象に残る。最近目にしたものでは、神奈川県の小田原市の工房でつくられたものがリアルであった。

高校生くらいになると五畿七道が固定していないこと、もちろん旧国名も分離や合併を繰り返すことを教えられる。題して「66カ国2島の形成」である。概略は以下の如くである。

701 (大宝元) 年	越	→	越前、越中、越後
	吉備	→	備前、備中、備後
	筑紫	→	筑前、筑後
	豊	→	豊前、豊後
	火 (肥)	→	肥前、肥後
	毛野	→	上野、下野
	総	→	上総、下総

701年は大宝律令の成立の年である。国名はすべて漢字2文字で表現される。

712 (和銅5) 年	越後、陸奥	→	越後、陸奥 + 出羽
713 (和銅6) 年	丹波	→	丹波 + 丹後
	備前	→	備前 + 美作
	日向	→	日向 + 大隅

高等学校の教科書には、出羽国と大隅国の成立が、多禰 (種子島)、掖久 (屋久島)、奄美、球美 (久米島)、度感 (徳之島)、信覚 (石垣島) などとともに語られる。

718 (養老2) 年	上総	→	上総 + 安房
	越前	→	越前 + 能登
757 (天平宝字元) 年	河内	→	河内 + 和泉監 → 河内 + 和泉
771 (宝亀2) 年	武蔵…東山道	→	東海道
823 (弘仁14) 年	越前	→	越前 + 加賀

これによって、ついに「66カ国2島」が形成され、以後の変化は止まる。ゆえに、中学校や高等学校の教科書や資料集に掲載されている旧国名地図は、たいてい823 (弘仁14) 年以降のものである。

作業の途中経過を見つつ、五畿七道の区分は何によっているか。主要道路が情報の経路であり、軍道でもあること。さらに国名に遠近、前中後、上中下がついている国名を挙げさせ、その根拠を尋ねる。都を基準として付けているということに気づくのにさほどの時間はかからないであろう。上野や下野が「上毛野」、「下毛野」からきていて、「かみつげぬ」、「しもつけぬ」から「こうずけ」、「しもつけ」となったこと。近江、遠江が「近淡江」、「遠淡江」の「ちかつあわうみ」、「とおつあわうみ」、から「おうみ」、「とおとうみ」となり、それが琵琶湖と浜名湖を指すものであることは面白い。「淡」は、辞書によると「味が無い」、「水の満ちるさま」(『大漢和辞典』巻七・22頁「淡」の項) などとあり、淡水に通ずるものである。また武蔵国の東山道から東海道への移籍も、当時

の地形から、東海道は相模国の三浦半島から上総国に海を越えて渡る形で東進したものが、やがて武蔵国から現在の如く下総国に直接移動できるようになったことなど、五畿七道成立の経緯がわかるのである。上総国、下総国の成立は701（大宝元）年であり、武蔵国が東海道に移籍するのは771（宝亀2）年である。記紀神和の日本武尊の東征が三浦半島から上総国に上陸するのは地形にかなう行動なのである。

ちなみに1868（明治元）年に明治新政府により、陸奥国を陸奥、陸中、陸前、磐城、岩代に、出羽国を羽前、羽後に分割している。

さて、いよいよ次時への発展とこの授業を構成するもうひとつのメインディッシュである。生徒が国名を一通り見通した頃をみはからって、アンケート用紙を配布する。「現在に生きる旧国名」と名付けたもので、まあ過去のものでもよいが、現在に生きている言葉で国名を使ったり、組み合わせたりしているものを書かせる。自分の知っているものをできるだけたくさん書いて欲しいとふれこむ。ただし今回は生徒たちにできるだけ多くの旧国名に親しんでほしいという観点から、国名は1度だけ使うように限定した。

これを回収すると「旧国名を覚えよう」の第一限の授業は終了である。ちなみに、この一時間の中で「旧国名を覚えよう」という言葉は、プリントのサブタイトルに1カ所だけ書いてあるのみで、1度たりとも教師は口にしないのである。できるだけ強制的に宿題などという形で暗記させるのではなく、自然に覚える、また覚えたくるようにしたいとのやや理想的意図によるものである。

Ⅱ 第二限 「現在に生きる旧国名」 — 生徒のアンケートを通して —

この授業は、平安時代を経過中にとりあげる。奈良時代の大和国から山城国へと都が移る。もちろん山背国から山城国へ改称される。以来何かにつけて位置確認を旧国名で行う。吉備真備の吉備。国分寺は、奈良国立博物館の特別展「国分寺」（昭和55年）がネタになる。私の由緒書コレクションで紹介する。仙台市の陸奥国分寺は、かつての講堂跡に薬師堂が建つ。松尾芭蕉の『奥の細道』の足跡でもある。地元では、摂津国分寺なるものを四天王寺の東方に探したが、ここは全く関係ない寺であると言われてしまった。大阪府和泉市の和泉国分寺は親切な対応でありかなり山深い谷あいにあった。和歌山県打田町の紀伊国分寺は、昭和末まで存続していたが住職さん一家が亡くなり、現在は廃寺となってしまった。私は中学時代にこの地を訪ね、瓦の寄進を頼まれたが、財布のお金が足らずに断念したことをいつも思い出す。岡山県総社市の備中国分寺は重要文化財の指定を受けた五重塔を持つ。近年修理が行われた。福岡県太宰府市の筑前国分寺は地域のお寺として存続していることなどを紹介する。道鏡の左遷は下野国の薬師寺。藤原広嗣の乱や菅原道真の左遷は筑前国の大宰府。紀伊国の高野山。尾張国郡司百姓等解文。下総国猿島や伊予国日振島は当然確認する。文化史においても『土佐日記』、『伊勢物語』、『和泉式部日記』、『陸奥話記』。安芸の宮島の厳島神社、肥後国の鹿子木荘や紀伊国の柿田荘など各地の荘園を見る。こうして、旧国名で位置を確認し、いちいち今の何県にあたるかなどと問いながら進めていく。

ところで、本校は国立大学附属の教育実習校でもあり、春から初夏にかけて教師の卵である若い実習の先生たちがいく人も来ている。4クラス160人分のアンケートの集計を手

伝えてもらう。実習の先生たちも、なるほどこういうところに使われているのが多いのかななどと言いながら、教案の作成に追われる多忙な中での指導教官の無理難題に協力してくれた。感謝している。

この授業では、いよいよ生徒が挙げた「現在に生きる旧国名」が登場する。生徒にとっても、自分が挙げたものが入っているか気になるところである。プリントには、明らかな勘違いを除いて全て掲載した。しばらく見せておく。最も種類の多いのは山地山脈や河川、平野や盆地、半島や島、湾や灘、水道などの地名の類である。次いで、野菜や果物を含む食べ物である。地方の特産物には旧国名が冠せられているものが多い。特産物といえば、和紙や陶器などの伝統産業にも旧国名がよく使われている。そして各クラスの必ず何人かはいる鉄道マニアである。鉄道線名には国名の組み合わせも多い。本校は広域から生徒が集まってくることもあり、電車通学も多い。JR大和路線や全国一古い私鉄線で、淡路・四国航路につながる南海線も多くの生徒が利用している。駅名には他地域との区別もあり、旧国名を冠した名称がたくさんある。たとえば、大阪府下のJR線では、和泉府中、和泉橋本、和泉砂川、和泉鳥取（以上阪和線）、河内堅上（大和路線）、河内磐船（学研都市線）、摂津富田（東海道線）などである。また旧国名を直接使っていないが、三国ヶ丘は摂津・河内・和泉にまたがる三国なのである。こうしたものは時刻表にいくらかでも存在している。あとは伝統芸能、力士の名前などにも旧国名がたくさん見られる。最近の番付表などをプリントしてもよい。生徒たちは、自分たちのあげたものだけに、一つ言うごとにわいわいのってくる。中には、マニア的項目に、誰やこんなの挙げたのとどよめく時もある。ここまできるとスクリーンに白地図を映して場所を確認する。濃尾平野は美濃国と尾張国、紀淡海峡は紀伊国と淡路国、播但道路は播磨国と但馬国、JR土讃線は土佐国と讃岐国など国名の組み合わせを中心に順次発言させる。このとりとめもない授業で1時間が経過する。生徒が旧国名を身近に感じてくれること。これがこの授業の大きな目的の一つなのである。さて、いよいよここで「旧国名を覚えよう」とはじめて口にする。現在の都道府県名もついでに確認することを伝えて授業を終える。以下に生徒が挙げた言葉を示しておく。

〈生徒が挙げた現在に生きる旧国名〉

東山道 陸奥…陸奥りんご、陸奥湾、戦艦陸奥、奥羽山脈（陸奥一出羽）
奥の細道、奥州藤原氏、三陸海岸（陸奥、陸中、陸前）
奥羽本線（陸奥一出羽）
出羽…出羽の海、出羽三山、奥羽山脈（陸奥一出羽）
羽越線（出羽一越後）、奥羽本線（陸奥一出羽）
下野…両毛線（下毛野—上毛野）
上野…両毛線（下毛野—上毛野）、吉良上野介
信濃—信濃川、信濃大町、信州りんご、信州そば、信越線（信濃—越後）
飛騨…飛騨山脈、飛騨高山
美濃…美濃紙、美濃焼、濃尾平野（美濃—尾張）
近江…近江牛、近江米、近江八幡、近江商人、近江盆地

- 北陸道 越後…越後平野、越後山脈、越後屋、羽越線（出羽—越後）
 信越線（信濃—越後）
 佐渡…佐渡島、佐渡金山、佐渡おけさ
 越中…越中ふんどし、越中富山の葉売り
 能登…能登半島
 加賀…加賀友禅、加賀藩
 越前…越前がに、大岡越前守、越前鳥の子紙、越前海岸
 若狭…若狭湾
- 東海道 常陸…常磐線（常陸—磐城）
 下総…房総半島（下総—上総—安房）、総武線（下総—武蔵）
 上総…房総半島（下総—上総—安房）
 安房…房総半島（下総—北総—安房）
 武蔵…武蔵丸、武蔵野、戦艦武蔵、総武線（下総—武蔵）
 相模…相模灘
 甲斐…甲州ぶどう
 伊豆…伊豆半島、伊豆の踊子、伊豆諸島
 駿河…駿河湾
 遠江…遠州灘
 三河…三河湾
 尾張…濃尾平野（美濃—尾張）、尾張藩
 伊勢…伊勢えび、伊勢湾、伊勢戦国時代村、伊勢神宮、伊勢平野
 紀勢本線（紀伊—伊勢）
 志摩…志摩スペイン村、志摩半島
 伊賀…伊賀忍者、伊賀上野、伊賀のくみひも
- 畿内 山城…
 大和…大和川、大和高田、大和路線、大和魂、大和なでしこ、黒猫大和
 戦艦大和、大和西瓜
 摂津…摂津市、北摂、摂津峡
 河内…河内音頭、河内長野、河内弁、河内木綿、南河内郡
 和泉…和泉市、和泉山脈、和泉ナンバー、泉北ニュータウン
- 山陰道 丹波…おはぎの丹波屋、丹波栗、丹波牛
 丹後…丹後ちりめん、丹後半島
 但馬…但馬牛、播但道路（播磨—但馬）
 因幡…因幡の白うさぎ、因美線（因幡—美作）
 伯耆…伯耆富士
 出雲…出雲大社、出雲そば、出雲阿国、出雲平野、出雲市

石見…石州和紙、石見銀山
隠岐…隠岐島

山陽道 播磨…播磨灘、播州平野、播但道路（播磨―但馬）
美作…因美線（因播―美作）
備前…備前焼、吉備だんご
備中…備中楸、吉備だんご
備後…吉備だんご
安芸…安芸の島、安芸の宮島
周防…周防灘
長門…長州藩

南海道 紀伊…紀伊山地、紀伊半島、紀伊国屋書店、紀州みかん、紀州藩
紀淡海峡（紀伊―淡路）、紀勢本線（紀伊―伊勢）
淡路…淡路島、淡路瓦、紀淡海峡（紀伊―淡路）
讃岐…讃岐うどん、讃岐平野、土讃線（土佐―讃岐）
阿波…阿波踊り、阿波藍
伊予…伊予柑
土佐…土佐和紙、土佐犬、土佐かつお、土佐清水、土讃線（土佐―讃岐）
土佐日記

西海道 筑前…筑前煮、筑豊炭田（筑前―豊前）
筑後…筑後川
豊前…筑豊炭田（筑前―豊前）
豊後…豊後水道
肥前…肥前半島
肥後…肥後の海
日向…日向南瓜、日向みかん、日向灘
大隅…大隅半島
薩摩…薩摩いも、薩摩揚げ、薩摩焼、薩摩半島、薩摩藩
老岐…老岐島
対馬…対馬海流、対馬海峡、対馬丸

Ⅲ 第三限 「小テストと旧国名を使った有名用語発表」

時代は、古代史末から中世へという激動期に入ろうとしている。やがて時代は初めての本格的武家政権を東国鎌倉に誕生させる。そして承久の乱の結果は、伝統的公家政権に対して、武家政権の優越を決定づける。都人にとってこれは大変なことであったであろう。これまで政府が畿内を遠く離れることはなかったのであり、たとえ畿内を外れても、それ

は一時的なものであり、しばらくすると畿内におちついてきたのであった。これまで、平将門や藤原純友、平忠常や源頼信、源頼義や源義家の活躍を「武士の台頭」などで取り上げるが、これらは武家政権を開くに至らず、戦闘も一地方の出来事に終始した。さて、鎌倉幕府の成立は、これまでの常識をうち崩す大事件であり、日本史上初の東北から九州におよぶ全国を巻き込む内乱の結果産み出されたものなのである。これからは、頻繁に全国区で考えていく必要がある。そのためにもここで旧国名を確かなものにしておきたい。生徒の負担がこの時点でどれくらい軽減されているかである。それは第一限の作業にはじまって、第二限を間にはさみつつ印象を深め、その間の授業での地名確認で記憶をつなぐことと、旧国名を知っていると便利で役に立つとの認識を高めてきたことの成果が問われるものである。

国名チェックは小テスト形式で20問である。前半の10問は、白地図の中の番号を指示し、生徒はこの旧国名を記入するものである。この際「山陰道の〇〇番」という言い方をして探しやすくする。後半の10問は、逆にこちらが旧国名を言い、その位置を白地図中の番号で答え、現在の都道府県でいうとほどこにあたるかを答えるものである。この形式で実施すると、こちらが口で言う問題さえ変えれば、何度でも実施できるというメリットがある。

どうしても堅苦しくなる小テストを授業の前半で済ませて、後半は第二限でのアンケート

の集計結果を大々的に発表していく。以下は項目別の集計の結果である。大阪という地域性もあるが、中学1年生の知っている「現在に生きる旧国名」のベスト20である。

なみいる強豪を相手に堂々の第一位であったのは「薩摩いも」であった。以下食べ物では「讃岐うどん」、「伊予柑」、「陸奥りんご」の4つがベスト10入り、「伊勢えび」、TVのCM効果もあったのか「おはぎの丹波屋」の計6つがベスト20に入った。

次が地名である。「飛騨山脈」を筆頭に、「信濃川」、「能登半島」、「筑後川」、「若狭湾」の計5つが入った。ちなみにベスト30までとると21位以降はほとんど地名で「越後平野」、「佐渡島」、「駿河湾」、「河内長野」、「伊豆半島」、「淡路島」、「大和川」と計12を占めて数の上では8この食べ物を上回った。

その他、伝統芸能の「阿波踊り」は3位。「志摩スペイン村」といったレジャー施設も5位と強かった。

中には備前焼などの伝統工芸もあり、ここから他のことにも話を拡大できる。また、土佐和紙や美濃紙などもあり、意外によく知っているようで

項目別ベスト20

① 薩摩いも	86票
② 讃岐うどん	76票
③ 阿波踊り	61票
④ 伊予柑	59票
⑤ 志摩スペイン村	37票
⑥ 飛騨山脈	35票
⑦ 備前焼	34票
⑧ 信濃川	25票
⑨ 陸奥りんご	24票
⑨ 能登半島	24票
⑪ 伊勢海老	23票
⑫ 土佐和紙	21票
⑬ 土佐犬	20票
⑭ 筑後川	19票
⑭ 美濃紙	19票
⑯ おはぎの丹波屋	18票
⑯ 武蔵丸	18票
⑱ 若狭湾	17票
⑱ 河内音頭	16票
⑱ 出雲大社	16票

あるが、多くは名前だけであることが多いようである。国別集計では西日本が上位を占め、中でも四国が4カ国ともすべてベスト5に入るという結果になった。ここまでくると、歴史の授業を離れて、芸能番組の歌のベスト10でもやってそうな気分になってくるのでこのへんでそろそろまとめに入りたい。盛り上がったところでこの「旧国名を覚えよう」のシリーズ授業もおわりをむかえる。

まとめとして — これからの展望 —

この実践は、結局、小テストというお決まりの威力に頼った部分も否定できない点など反省点も多いが、全体として当然の如くに旧国名を使って説明しても違和感がなくなったという大きな成果があったと考えている。次年度にも継続できるものを1つ増やしたと自負している。

ところで、私も末席に入れて頂いている日本史教育研究会は、「自己展開学習を目指して」というテーマを掲げている。生徒が授業を楽しみにする、次は何が出てくるだろうかという具合にである。ために私は、授業内容の充実と教具の工夫活用を心掛けてきた。その姿勢は拙文「日本史の魅力を語る授業づくり」（『歴史と地理』1991年12月 山川出版社）で述べたが、教具教材を次のように分類してその充実をはかろうとしてきた。それは以下のとおりである。基本姿勢は変わっていない。またこれをテーマに同研究会の全国大会で発表する機会を与えていただいたが、この時のものをベースに加筆修正したものである。

国別ベスト10

①	薩摩	97票
②	讃岐	83票
③	阿波	61票
④	伊予	60票
⑤	土佐	46票
⑥	河内	43票
⑦	伊勢	42票
⑧	飛騨	41票
⑨	志摩	40票
⑩	大和	38票

- ① プリント教材…年間約100枚。定期版と特集版がある。授業の中心であり、1年生は101～、2年生は201～、3年生は301～通し番号を付してある。これは本校の中学校のカリキュラム構成が変形のπ型によっているためにこうした番号のうちかたをしてある。これが、高校生用になると基本的に通し番号で120枚程度となる。プリント作成の方針としては、できるかぎり板書事項を少なくすることを心掛けている。社会科の授業となると生徒の手（教師の手もちろん）が疲れてしまうほどに消しては書き、書いては消すという弊害を克服し、書いている間は聞くことが手薄になっているという状態を克服するためである。
- ② パネル教材…既成のパネルや博物館のポスターから駅のポスターまで。300円～500円程度で売っているものから、ただでくれるものまである。名刺を渡して自己紹介し、教材として使わせて欲しいと力説することは言うまでもない。また資金不足だということを付け加えられればなおよい。

- ③ 地図教材…市販の掛図や地図は地理教材として有効というだけではない。自作の模造紙は自由に欲しい部分を描ける点が優れている。製作時間はたっぷりかかり、負担も大きいので、多忙すぎる時期には障害が多い。
- ④ スライド・ビデオ教材…ビデオカメラを使って自分で撮影したものなど。NHKの教育テレビや特集番組に対抗できない。ただ、3～5分くらいのものをたくさん作る。これくらい短いものはテレビでもなかなか少なく、授業ではこれくらいの方が挿入しやすいという利点がある。時にピンボケもあるが…
- ⑤ ケース教材…ハードケースに入れて生徒に回すものである。寺社や城等の由緒書やパンフレット。博物館や資料館などのパンフレットや入場券。最近、昭和初期の私鉄や観光地のパンフレットを大量に入手した。現在もある南海電鉄、現在は近鉄となっている大阪電気軌道や大鉄電車など。南満州鉄道なんていうものもある。考えてみれば、駅にはさまざまな旅行案内やパンフレットがあふれんばかりに置いてあるではないか。これらの中には十分に教材に成り得るものもあるのである。
写真、絵はがきなど。特に絵はがきはプロの写真家が写したものであるから、構図もよい。ただし欲しい写真がない場合もあり、観光地に行けば選択に苦労する。年末には年賀状用にと、はがきファイルが店先に並ぶが、これを使って整理すると便利である。
- ⑥ 参考文献…新書や文庫本など比較的安く手に入るものを中心に紹介する。授業で全てを教えろうなどというおこがましい考えはだめであるとわかっているので、生徒をもっと知りたい、勉強したいという気持ちにさせ、その上で紹介してやればベストである。
- ⑦ 模造紙教材…ポスターカラーを使ってカラフルに書き、マグネットで黒板に掲示する。時に黒板いっぱいになる場合もある。多いものは、地図、系図、グラフや表などである。私は、これを扱うにおいて、人の指の形をした棒を使っている。「指でさす日本史」などとシャレこんで、けっこうトレードマークになるものである。かなり自己満足っばいが…。
- ⑧ 実物教材…古銭（皇朝十二銭や金銀貨となると、なかなか大変であるが、宋銭や明銭から寛永通宝程度なら安価でしかも容易に入手できる）、古札（藩札、近代紙幣から軍票、外国紙幣まで）伊藤博文の1000円紙幣や岩倉具視の500円紙幣、板垣退助の100円紙幣など最近のものであるが、既に教材として有効である。外国紙幣では世界史に登場する有名人の肖像などもある。そして今もその国の英雄であり続けているのである。たとえば、フビライ＝ハン〈モンゴル人民共和国〉、シモン＝ボリバル、〈ボリビ

ア共和国〉、ハンニバル〈チュニジア共和国〉、ガンジー〈インド〉など。また、肖像ではないが、旧ソビエト連邦、中華人民共和国、インドなどはたくさんの言語で書かれていて多民族国家の状況が一目でわかる。旧ユーゴスラビアなどもバルカン半島の複雑な情勢を、セルビア語、スロベニア語、クロアチア語、マケドニア語の表記を示すことから説明の一助となろう。ワシントンやリンカーン〈アメリカ合衆国〉などのドル紙幣はいつでも入手できる代表的なものである。記念切手などは生徒の中にもコレクターが多い。石器、土器、拓本や実物のコピー、戦時中の債券や制限切符、新聞の号外なども面白い。複製模造品なども有効である。天正大判なども複製がある。

これらの充実をはかることなのであるが、最近では、友人知人から大阪・京都・奈良・兵庫・和歌山などの骨董品屋さんまで、手をのばして実物教材の収集に力を入れている。しかし、これの最大の難点は資金が限りなくかかることである。何とかいい方法はないものであろうか。

2 直線による回転体

瀬 尾 祐 貴

I. 問題の所在

微積分を学んだ後、たとえば、空間図形の性質やその面積、体積を求めることは、大切な応用の一つであり、生徒にとっても、微積分の有用性を理解する契機となる。ところで、空間図形に対する生徒のイメージ力は、そう豊かなものではない。中学時代において、よく扱われる空間図形（たとえば、立方体）に対しては、辺や面の位置関係も含めて、かなり豊かにイメージすることができる。しかし、あまり扱われない図形（正4面体や正8面体）に対しては、そのイメージ力は、高校時代になっても、低いままである。年齢を積み重ねることや、その他の体験・知識が、空間図形をイメージする力を豊かにすることにはつながらないようである（たとえば、[1]を参照）。微積分では、簡単な回転体や多面体からもっと複雑な対象を扱うことになる。そのような対象を生徒がイメージすることは更に難しい。せっかくこの段階で微積分学の考え方を学びながら、イメージする力が少し足りないということで、微積分の有用性を理解する機会が生徒にとって、逆に苦痛になってしまつては非常に残念である。このあたりのことをもう少し何とかできないだろうか。

たとえば、空間図形の求積問題を考えてみよう。一つの大切な考え方は、ある平面でその立体を切断し、その切り口の断面積を求めることにより、その立体の体積を求めようということである。座標の取り方をうまくし、その断面積を x の関数として表すことができれば、後は積分の問題となる。この一連の流れは、微積分においては、重要であろうし、学ばなければならない基本的な考え方である。しかし、全ての生徒が、この考え方をマスターして、問題に対処できるかといえば、それは難しい。この考え方が適用できる例題を繰り返して生徒に与えても、なかなかそれは定着しないようである。その原因として考えられることは、次の二つがある。

(1) 与えられた立体がどのようなものであるのかイメージできていないために、何を計算したらいいのか、という段階まで達さない。微積分では、たとえその立体の全体像が把握できていなくても、その断面の形状を正確に把握することができてさえいたならば、その体積を計算できる。しかし、生徒にとって全体像を正確にイメージできないのに、平面による切断面を考えればよいといわれても困るだけである。生徒が始めにある程度、立体のイメージを持つことが、その出発点になるだろう。

(2) 空間座標における平面の方程式、直線の方程式など、3変数の扱いは、2変数に比べて、かなりの数学力が必要とされる。但し、高校数学では、実際の計算は簡単になる場合が多いのだが、変数の多さに圧倒されてしまう。

そこで、考えることは、何か現実にあるものの解析を通して、生徒のイメージを確たるものにし、さらにそれに数学的な処理を施して、イメージする力を豊かにすることができないかということである。目の前にある現実のもの、それが結構気をつけると自分の周りや歴史的な工芸品に見られ、その数学的な解釈を通して、その在り方がわかれば、生徒はそれにより豊かなイメージを持てるであろうし、さらに単に机上の空論でなく、現実物ということからその解析に対する意識付けにもなるであろう。また、目の前に実在するものの不思議さ、立体工芸の歴史というものが体感できるし、このことは、空間図形に対して弱い面を持つ生徒に対してもある程度インパクトを与えるのではないだろうか。

高校段階だと、知能の発達に伴って、具体性よりも抽象性を重んじ、具体物にあまり接しない。そのことが、かえって、生徒の空間図形のイメージ力の低下につながっていると思う。そこで、現実にあるものを生徒に提示し、それによって動機付けをし、さらに、生徒の数学的処理能力を向上させようとしているのだが、しかしながら、高校における空間図形の立体教具は作成にかなりの困難がつかまとう。いろいろと条件を変えたものを見せようとするとなおさらである。そこで、具体物をさらに補強するために、コンピュータのグラフィックスが役に立つ。

まず、コンピュータの画面は、2次元表示であるため、紙の上でそれを再現することができる。当たり前なことであるが、そのことは重要であると思う。なぜなら、他の数学的問題を私たちが考え、どうなるだろうと予想を立てるとき、私たちは、まずは、紙の上でいろいろと図を書くからである。頭の中でイメージをつくり、紙の上の図と対応させ、問題にある関係を導く。もちろん、立体模型を作れば、それを理解するのに、かなりのヒントになることはまちがいないが。そして、2次元表示の関係ともとの3次元空間図形の関係がある程度つながりをもてるようになれば、イメージする力が豊かになり、空間図形処理能力も高まるのではないか。更に、さまざまに条件を変更させることが、すぐできることも見逃せない。いろいろと予想するときも使いやすい。模型だと、そうはいかない。しかし、ここで注意しなければならないことは、コンピュータの画面は一瞬であり、次の瞬間には消えてしまうということである。ただ単にそれを見せるだけでは、生徒は「ああそうなるのか」と言って、おしまいになってしまう。後に何も残らない可能性が高い。ここは、必ず、コンピュータの画面でやらせた図を、(そこで感じた感覚を)紙の上に再現させることにより、コンピュータの画面の追体験をさせることが重要になってくると思う。

II. 授業の実践内容

高校2年生の積分、2次曲線、空間図形の方程式を学習した後に、2直線による回転体という題材を取り上げ、身の回りにおける具体物との関連や、コンピュータを活用した授業プランを立てる。また、そのためのプログラムを作成する。今回は、Turbo C Ver. 2.0を用いて、プログラムを作成した。次に、指導の概略を示しておく。

1. 指導の時期 1994年11月30日(水)第3時限(10:40~11:30)
2. 指導の対象 大阪教育大学教育学部附属高等学校天王寺校舎第2学年(約180人)
3. 主題 空間図形の方程式

4. 指導計画（全9時間）

区分	指導内容		配当時間数
第1次	平面の方程式	平面のベクトル方程式 平面と3元1次方程式 点と平面の距離	3
第2次	直線の方程式	直線のベクトル方程式 直線の方程式・2平面の交線	2
第3次	直線と平面の 位置関係	2直線のなす角・2平面のなす角 平面の決定	3
第4次	立体図形への 応用	2直線を回転してできる曲面の性質	1（本時）

5. 本時の学習指導

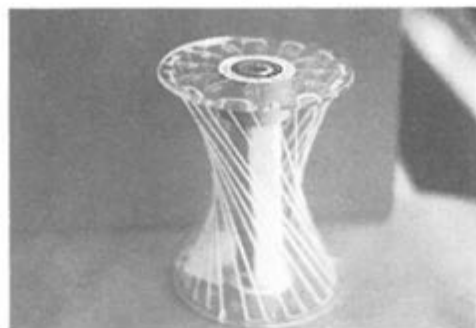
- (1) 題材 2直線による回転体（第4次）
- (2) 目標 空間内のある直線の周りを、もう一つの直線を回転させてできる曲面について、その曲面に対するイメージとその曲面の性質やその形状についての理解を深めるとともに、積分法の考え方を利用して体積を求めさせる。また、鼓や、神戸のポートタワーなど生徒の身近にある同じような立体図形を示すことにより、立体図形のイメージをより具体的に実感させる。
- (3) 指導過程

段階	学習活動	指導と留意点
導入 (6分)	○立体模型を見せて、この立体がどういう原理でつくられているのかを考える。(写真①) ・その曲面の性質を調べるために次のように数学的に定式化したものを考える。	○空間内の直線を回転させさせてできる曲面の性質を調べることを知らせる。 ・このような立体が、自分たちの身近なところにあることに気づかせることにより学習の動機付けをする。
展開 (40分)	○課題 点A(1,0,0)とB(1,1,1)を結ぶ線分を、z	・与えられた空間座標に点をとり、回転させた曲面がど

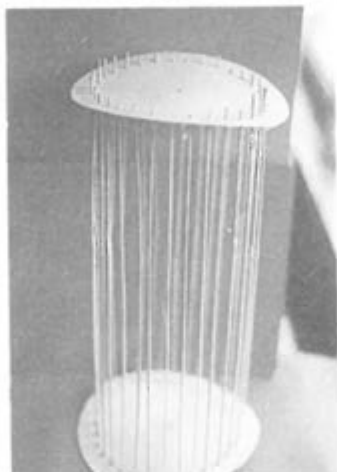
	<p>軸の周りに回転してできる曲面がどのようなものかを考える。</p> <ul style="list-style-type: none"> • コンピュータのシュミレーションにより生徒の予想を確かめる。方程式の内容とCG画面を対比させる。 • 曲面の方程式を求める。 • yz平面との切り口がどのような曲線になるのかを考える。 <p>○ z軸に対する直線の位置を変えることにより、曲面がどうなるのかを予想する。</p> <p>○〈問〉 上の曲面と平面 $z=0$ と $z=1$ とで囲まれた立体の体積を求めなさい。</p>	<p>うなるのか描き入れさせる。</p> <ul style="list-style-type: none"> • xy平面に平行な平面で切ったときの切り口が円になることを説明させる。 • 切り口の円の半径が直線 AB と平面 $z=k$ との交点を求めることによりもとまることに気づかせる。 • 曲面の方程式により yz平面の切り口が、双曲線であることを理解させる。 • 平行 → 円柱 交わる → 円錐 ねじれる位置 → 双曲線 という対応に気づかせる。 • 切り口が円であることから断面図を積分すれば、体積がもとまることを理解させる。
<p>まとめ (4分)</p>	<p>○ 2直線を回転してできる曲面の性質について整理する。</p>	<p>○ 空間座標についての理解を深め、さらに立体図形の性質を調べていくようにさせる。</p>

6. 授業の実際

- (T) この模型(写真①)はあるルールに従って作ったものですが、それは何だと思えますか。
- (S) 上の円盤をねじって作ったものだと思います。(このように答える生徒が多かった。しかし、ねじるという発想では次に進まないから、なんとしても、授業者としては、答えがでるまで粘りたい。)
- (T) ほかにありませんか。
- (S) 1本の糸を、軸を中心にして回転させたものだと思います。
- (T) そうですね。(授業者はほっとする。次に、大きな模型(写真②と③)を生徒に見せて、上の円盤をぐるりと回転させることによって、同じ模型ができることを確認する。)
- さて、この美しい曲面はどんな形をしていると思いますか。
- (S) 双曲線だと思います。(この答えは、すぐである。)
- (T) 本当ですか。それを確かめるためにはどうしたらいいでしょう。



写真①



写真②



写真③

(S) ………

(T) これらを空間座標上に表して、方程式の形で表せば、確かめることができるかもしれませんね。(そこで、次の課題を生徒に配る。)

①空間内に2点A (1,0,0)、B (1,1,1)がある。線分ABをz軸の周りに回転させてできる曲面Cを下の座標空間に描きなさい。(図1)

②その曲面の方程式を求めなさい。

まず、図①の空間座標に慣れさせるために2点A、Bをプロットさせ、線分ABを描き入れる(図②)。次に、それをz軸の周りに回転させるのだが、連続的に変化させるわけにはいかないから、幾つか分かり易い点を取って、回転させた線分を描き入れる(図③)。それによって、予想通りになるのか、確かめたいのだが、図③を見てもわかるように、この程度では全体像は余りよくわからない。そこでこれをコンピュータにやらせようということになる。プレゼンテーション・パネルを使ってコンピュータのCG画面を映してみる。そして図①～③までをもう1度、コンピュータの画面で確認する。そして、今度は、それを連続的に変化させたものを見せる(図④～⑤)。さらに、確認のために、ほぼ真横から見た図も見せる(図⑥)。

授業の終わりに、このような原理で作られている君たちのよく知っているものはありませんか?と聞くと「鼓」という答がよくかえてきた。実際は図8のようにそれほど明確ではないが。神戸に住んでいる生徒は「ポートタワー」と答えてくれた。

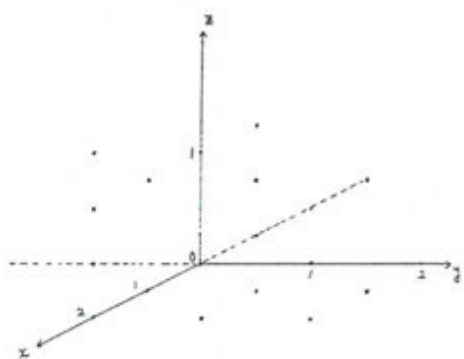


图 1

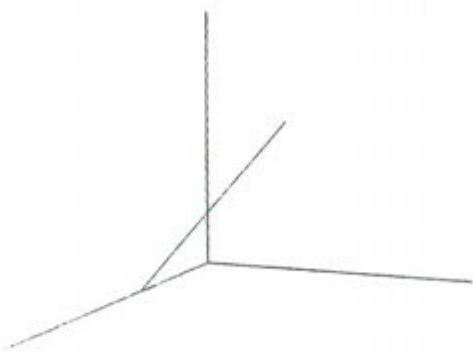


图 2

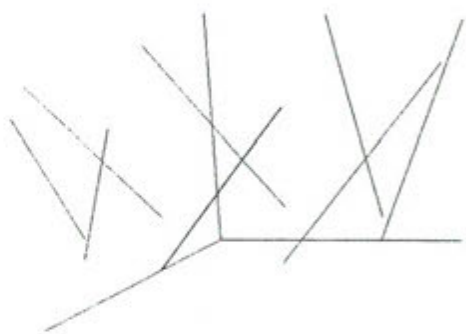


图 3

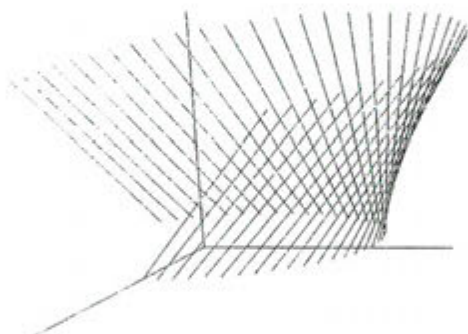


图 4

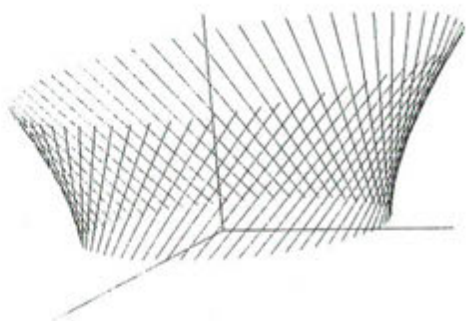


图 5

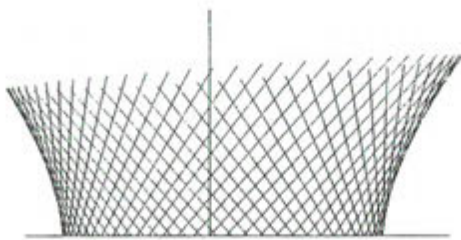


图 6

Ⅲ. 考察

この実践で、生徒がこの課題をどの程度理解しているのかを確かめるために、2学期末考査に次のような問題を解かせてみた。

空間内に2点A (1,0,0)、B (1,0,1)がある。線分ABをz軸の周りに回転させてできる曲面をCとする。次の間に答えなさい。

- (1) 直線ABの方程式を求めなさい。
- (2) 下の座標空間に線分ABをかき、曲面Cの概形を図示しなさい。
- (3) 曲面Cを平面 $z=t$ ($0 \leq t \leq 1$)で切った切り口の図形は何ですか。
- (4) 曲面Cの方程式を求めなさい。
- (5) 曲面Cと平面 $z=0$ 、 $z=1$ で囲まれた立体の体積を求めなさい。

結果は次の通りである。

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
正答者(180人中)	160人	97人	157人	53人	65人
正答率	88.9%	53.9%	87.2%	29.4%	36.1%

この問題では授業の設定と違い、z軸と点A、Bの距離を等しくとった。結果は、54%の生徒が、大体的見取り図を図①に描き込めていた。中には、コンピュータのCG画面さながら、たくさんの線分を解答用紙に描き入れていた生徒もいた。まずまずの結果ではないかと思う。(2)についての誤答例としては、次のようなものがあった。

- | | | | |
|-------------------|-----|-----------------|----|
| (a) 下に広がった花瓶型 | 32人 | (e) 円錐 | 1人 |
| (b) 円柱と思ったもの | 22人 | (f) 上に広がった花瓶型 | 1人 |
| (c) 上に広がった円錐台 | 9人 | (g) 途中が折れ曲がったもの | 1人 |
| (d) 円錐を2つ組み合わせたもの | 2人 | (h) 無回答 | 3人 |

授業では、上に広がった花瓶型になったので、点A、Bの位置を間違えて、(a)のようにしたのではないかとおもう。(b)はz軸と点A、Bの距離が等しいことには気づいたものの、イメージとしては、円柱になってしまった。(c)は、点Aと点Bの回転だけに注意したものと思われる。このような授業をしなければ、もう少しこのような誤答例が多いのではないかとと思われる。

また、曲面Cの方程式は、3変数ということもあり、29.4%にとどまった。この形式はあまり教科書では扱わないことも、原因の一つではないかと思う。切り口の図形を円と正しく答えたものが、87.2%もあったが、立体のイメージをある程度持っているにも関わらず、その半径を正しく出せないために求積の正答率が、36.1%にとどまったのは、少し残念であった。図①の空間座標で、点をプロットし、直方体を描き入れたり、平面の方程式

から平面の概形を描き入れる作業は、この節の導入のところで取り入れていたので、生徒にとっては、この図①は考えにくいものではないと思うのだが、3変数の扱いの弱さと共に、曲面ということで、難しさがあつたのではないかと思う。しかし、一つの直線とねじれの位置にある直線を回転させるとどういう概形を描くか？ということについて、頭の中で想像することの困難さはもちろんのこと、目の前に2本の鉛筆を動かしてみても、その困難さは変わらない。2直線が平行や交わるときの簡明さに比べると桁違いである。今回の実践で、コンピュータで実際に回転させた図を見せることで、生徒がその状況をはっきり納得すると、ある一つの体験として、そのイメージが蓄積され、類似の問題にもある程度想像力が働くようになったようである。ある種の動きを伴った軌跡で、頭の中で想像しにくい場合は、コンピュータのCG画面は、大きな教育的利点があるのではないかと思う。最後に、一斉授業に於いて、コンピュータのCG画面を生徒全員に見せる場合、今回の実践のように、プレゼンテーション・パネルを通して、OHP用スクリーンに映すことが、簡単で、容易で準備しやすい。生徒一人一人にモニター画面があればそれに越したことはないであろうが、その手間の大変なことは想像してあまりある。高等学校におけるプレゼンテーション・パネルの使い方についてはもう少し研究の余地があると思われる。

〔付記〕

1994年11月28日から12月1日までの4日間、大阪で「第5回数学教育に関する5カ国会議」が開かれ、その中の公開授業の一つとして、この授業が行われた。

この公開授業での考え方や導入については、親名女子大学助教授本間俊宏先生より貴重な助言をいただいた。ここに感謝し、付記しておく。

〔参考文献〕

- [1] 乾東雄、安井俊明、瀬尾祐貴、大石明徳 「空間図形のとらえ方とその指導」
大阪教育大学附属天王寺中高等学校研究集録第35集 p50—p70
- [2] 『新・高校数学外伝 ユウコの数学日記』 吉田一 日本評論社 1982



図7 ポートタワー

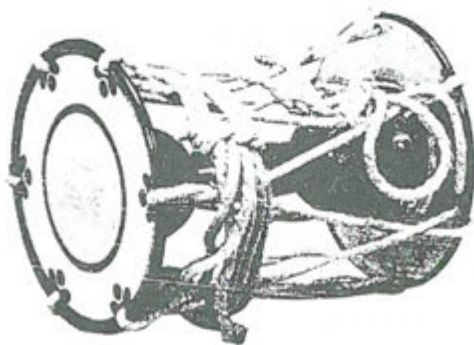


図8 小鼓

水を中心にした理科教育

— 水の浄化 —

おお なか まさ のり もり なか とし ゆき
大 仲 政 憲・森 中 敏 行

I. はじめに

夏が近づくと琵琶湖で赤潮が発生した、水道の水がカビ臭い等の報道をよく耳にする。大阪府下で生活する人達の多くは琵琶湖・淀川の水に頼って生活しているが、日頃、それらの水質にどれほど関心を持っているだろうか。琵琶湖の水に限らず、日常生活の中で身の回りの水環境にあまり関心を持っていないのではなかろうか。水道の蛇口をひねれば、必要なだけ水が出て来ることを「当然のこと」として受け止めているのが現状ではなかろうか。

最近、ペットボトルなどに入れられたミネラルウォーターがよく売れているようである。また、水道の蛇口につける浄水器の普及も著しい。誰もがおいしい水を求める気持ちを持っていても、現に水道から出てくる水の元をきれいにしようという発想をどれほど持っているであろうか。

ところで、川や湖の水は水中の微生物等によって常に浄化されている。このことを自浄作用と呼んでいる。しかし、この自浄作用を越える多量の有機物等が流入すると、水質の悪化が起こってくる。

本稿では、微生物による「川の自浄作用」と、このことを利用した「下水処理場での浄化」について、教材化を試みたのでその結果を踏まえて報告する。

II. 川の自浄作用

川は本来、自浄作用を持っているといわれるが、この作用は何によって発揮されるかについて調べてみた。

(1) 川の水のエアレーション

水は、大阪市内を流れる生野川で採集した。採集地点の周辺は住宅と工場が混在しており、写真1のようにいろいろなごみ等が浮遊し、わずかに悪臭を放っていた。フナやコイが遊泳していたが、動きが鈍く水面に浮かんでいる様子がよくみられた。

採集した水約1リットルをビーカーに入れ、エアレーションを行いながら化学的酸素消費量(COD)、アンモニウムイオン(NH_4^+)、亜硝酸イオン(NO_2^-)、リン酸イオン(PO_4^{3-})を



写真1 生野川の様子

バックテスト（共立理化学研究所）により、溶存酸素量（DO）をDOメーターにより測定した。その結果は図1のようになった。

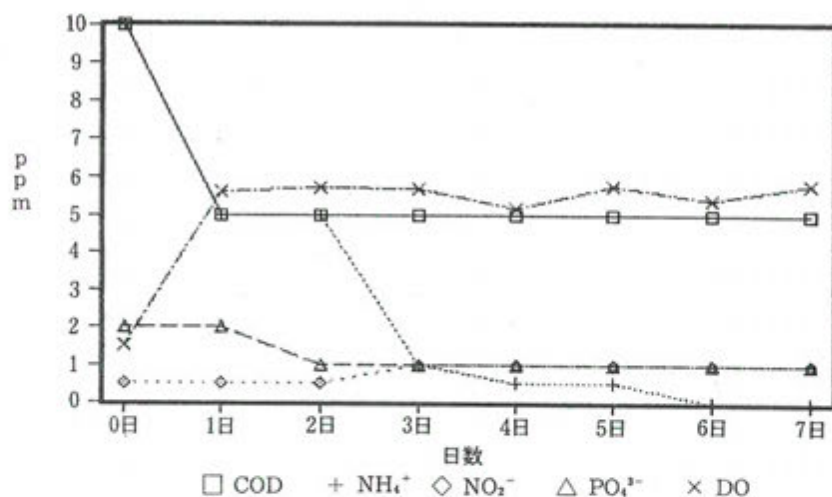


図1 川の水のエアレーション

結果を見ると、CODは実験開始後1日で10ppmから5ppmに下降し、その後変化はみられなかった。アンモニウムイオンは10ppmから順次下降し、6日後には0ppmになったことから、ほぼすべてが酸化されたものと考えられる。亜硝酸イオンは、0.5ppmから3日目に1ppmに上昇した。リン酸イオンは、2ppmから2日目に1ppmに下降した。

ところで、水中の窒素化合物は有機態窒素、アンモニウムイオン、亜硝酸イオン、硝酸イオン、などの形で存在し、水中の溶存酸素の濃度に応じて互いに形態を変えることが知られている（図2）。

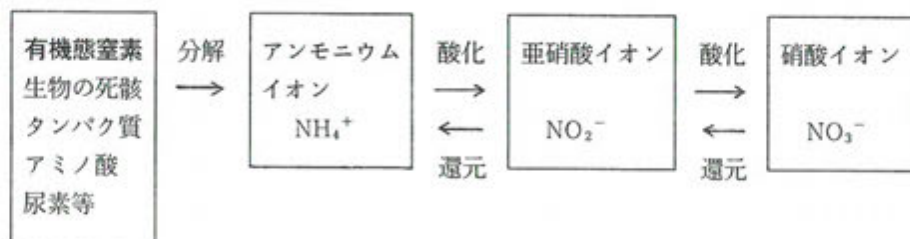


図2 窒素酸化物の形態

実験結果にみられたように、アンモニウムイオンが10ppmから0ppmに下降し、亜硝酸イオンが0.5ppmから1ppmに上昇したのは、アンモニウムイオンが酸化されて亜硝酸イオンになったためであると考えられる。また、今回の実験では硝酸イオンを測定しなかったが、エアレーションを継続すれば、亜硝酸イオンがさらに酸化されて硝酸イオンになったであろうことが予想される。酸素の多いきれいな水中には、硝酸イオンの割合が多く、

かつ安定して存在していることが知られている。すなわち、上流のきれいな川の水、地下水、湧水中の窒素化合物は主に硝酸イオンの形で存在する。

このようにアンモニウムイオンが亜硝酸イオンを経て、硝酸イオンに酸化されるのは、硝化細菌と呼ばれる一群の細菌が好氣的に酸化作用を行うためである。高等植物や藻類が土壌や海洋から直接摂取する硝化態の無機窒素は、生物的にはこの作用により形成され、自然界の窒素循環における酸化過程として重要な一貫を成している。

なお、亜硝酸イオンは有機物の多い汚れた水に多く存在し、水の汚れの指標として有効である。窒素はリンとともに、川や湖を富栄養化させプランクトンの異常発生などの原因となっている。

(2) 付着性微生物の働き

前述のように、川の水をエアレーションするとCOD等の値の変化が見られ、窒素化合物は硝化細菌によって酸化され、結局は水が浄化されることになる。

ところで、このような自浄作用は、川床の石などに付着している付着性微生物も大きな役割を果たしていることが知られている。そこで、この付着性微生物の働きを調べるために、大和川の河口に近いところから付着性微生物のついた小石と水を採集し、次のような実験を行った。

採集した水にデンプンのりを加えて、CODが約20ppmになるよう調整した。この水をA、Bのビーカーに入れ、さらにAには付着性微生物のついた小石を入れ、Bには水以外は何も入れずにエアレーションを行った。なお、採集した水のCODは5ppmであった。

採集した水にデンプンのりを加えたときは透明であったが、Bは1日後に白濁が観察されたが(写真2)、3日後にはほとんど白濁も消えた(写真3)。4日後には、A Bともわずかに白濁が観察された。



写真2 1日後

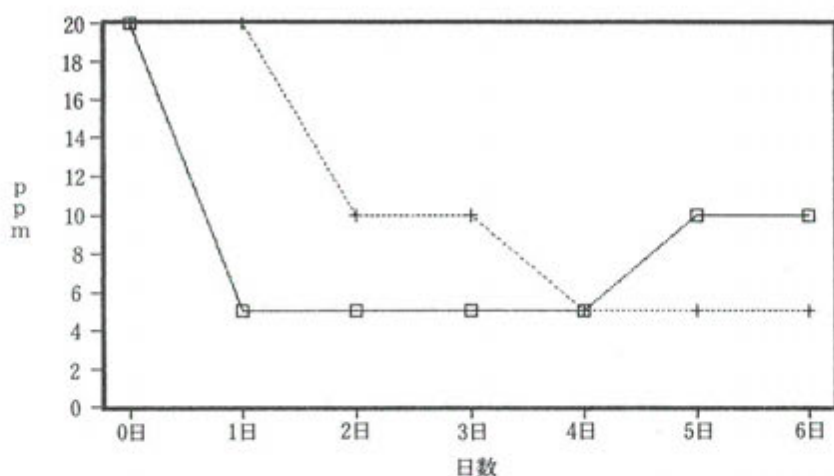


写真3 3日後

(向かって右がA：付着性微生物のついた小石、左がB：水のみ)

実験の結果、CODの値の変化は図3のようになった。

結果を見ると、Aは1日後には5ppmになり、Bは4日後に5ppmになった。このことから、デンプンのりは付着性微生物の働きによって速く分解されたものと予想される。しかし、4日目以降になるとBは5ppmのままであるのに対して、Aは10ppmに上昇した。これは、付着性微生物が死んだためにそのからだの有機物が水中に溶け出したためではな



A: 付着性微生物のついた小石 (□) B: 水のみ (+)

図3 付着性微生物によるCOD値の変化

いかと考えられる。このような現象は、これと同様の他の実験でも観察された。なお、ヨウ素反応についても調べてみたが、Aでは1日目以降、Bでは2日目以降、全く反応はみられなかった。このようなことから、デンプンは付着性微生物によって分解されたものと推測できる。

以上のことから、付着性微生物は有機物を分解することにより、川の水を浄化する働きがあると考えられる。

(3) 付着性微生物

川床の石などに付着している物質は、大きく2つに分類できる。1つは無機物(泥や砂)であり、もう1つは有機物である。また、有機物はさらに生物遺体と付着生物に、さらに付着生物は植物と動物に分類できる。この関係をまとめると図4のようになる。

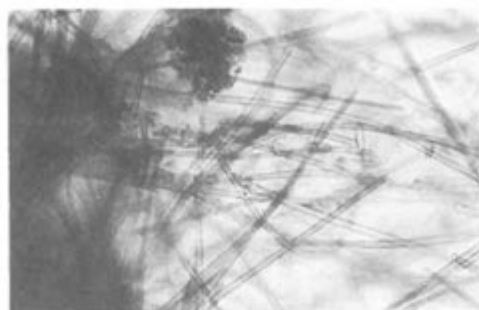
自浄作用には、水中の汚濁物質が希釈、沈殿、吸着、浸透などによって減少し、また付着性微生物による取り込み、酸化分解などの作用によって取り除かれる過程が含まれている。



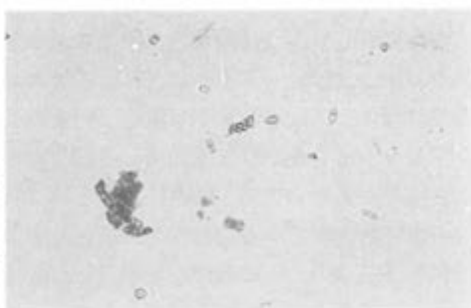
図4 川の石の付着物質

なお、前述の「(2) 付着性微生物の働き」の実験で観察された主な付着性微生物は、次

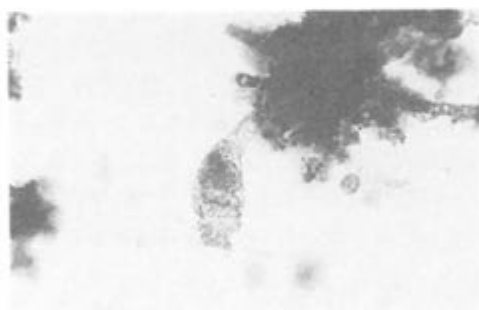
の通りである。(写真4)



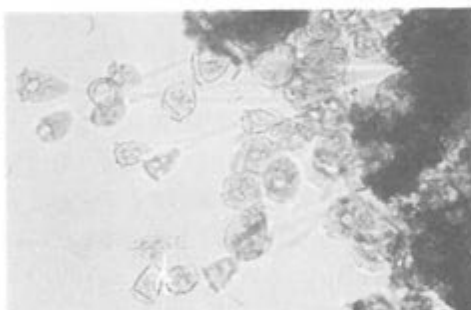
ラン藻類



ケイ藻類



ワムシ類



繊毛虫類

写真4 付着性微生物

Ⅲ. 下水処理場での浄化

(1) 浄化のしくみ

現在、下水処理の大部分は20世紀の初頭に実用化された活性汚泥法といわれる生物的方法で行われている。下水管を通して流れてきた下水は、処理場で図5のような順に送られて次第に浄化され、川などに放流される。

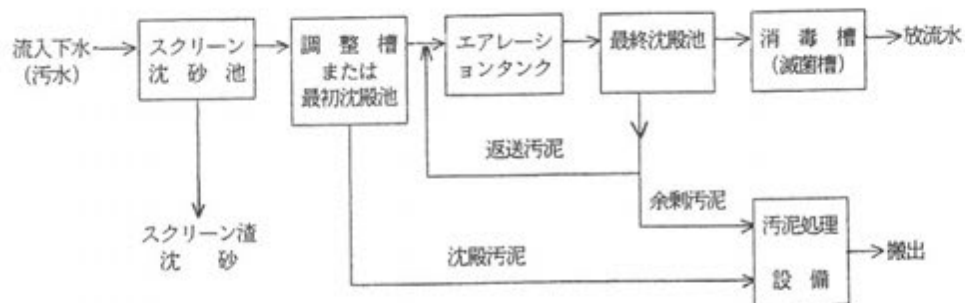


図5 浄化のしくみ

流入下水：下水は合流式と分流式によって運ばれる。合流式は汚水と雨水を同じ管で運び下水処理場で処理する。分流式は汚水と雨水をそれぞれ別の管で運び、汚水は下水処理場で処理し、雨水は川などに直接放流する。

スクリーン沈砂地：下水中に含まれる大きなゴミを取り除き、砂を沈殿除去する。

最初沈殿池：下水をゆっくり流し、比重の大きい浮遊物質を沈殿除去する。

エアレーションタンク（曝気槽）：細菌類や原生動物などの微生物がたくさん集まった活性汚泥があり、空気を吹き込むことによって下水とよく混ざる。活性汚泥中の微生物は、下水に含まれている有機物を栄養として吸収するので、結果的には水が浄化されることになる。このように有機物を吸収した活性汚泥は、塊（“フロック”と呼ばれている）となって重くなり、沈みやすくなる。

最終沈殿池：重くなった活性汚泥が沈殿する。ここまでの処理で汚れの約90%は取り除かれ、上澄みは大変きれいになる。沈殿した活性汚泥は再びエアレーションタンクに送られるが、余分な汚泥は余剰汚泥として、最初沈殿池で生じた沈殿汚泥と一緒に処理される。

消毒槽（滅菌池）：最終沈殿池の上澄み水に次亜塩素酸ナトリウムを注入して、消毒する。

汚泥処理設備：最初沈殿池や最終沈殿池で沈んだ汚泥を集め、水分を減らしたり（濃縮）、発酵させて腐らないようにしたり（消化）、水を絞り取ったり（脱水）する。脱水した汚泥は脱水汚泥といい焼却することもあるが、脱水汚泥やその灰は埋め立てに使われたり、肥料や土壌改良材として農地などに利用されたり、レンガやタイルの材料としても利用される。

(2) 活性汚泥法

前述のように活性汚泥法は有機性の排水を浄化する方法の一つであり、好気性細菌がその主体である。そのしくみは、細菌類が、流入した有機物の一部を分子状酸素を用いた呼吸作用によって酸化分解して、 CO_2 、 H_2O 、 NH_3 のような無機物にし、その際に生成される多量のエネルギーを、生きてゆくためのエネルギーや、残りの流入有機物から新しい細胞を合成するためのエネルギーに使用する反応による。従って、流入する有機物の量が細菌類の量とうまく合っていれば有機物も完全に消費される。しかし、流入量が多くなると

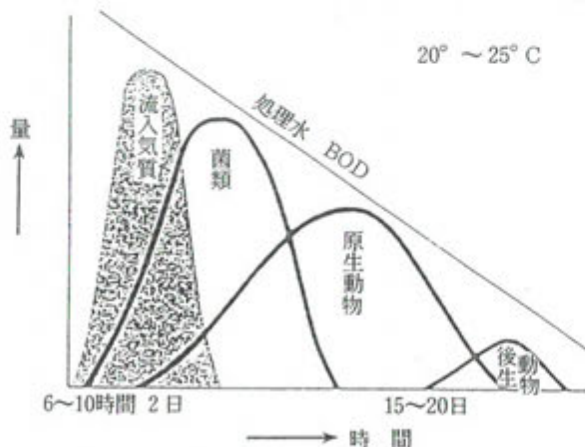


図6 活性汚泥生物の出現

菌類の増殖が盛んになり、若い細菌が分散状態で浮遊し、分散状細菌と呼ばれる新たに合成された有機物が増える。この分散状細菌を原生動物や後生動物が捕食するため、結局、処理水の浄化が進むことになる。図6は、活性汚泥生物の出現順序を示している。

以上のようにして、有機物の大部分は細菌類によって分解される。増殖した細菌類は、処理水中に浮遊して流出するか、原生動物や後生動物に捕食されるか、フロックを形成してエアレーションタンク中に残るか、余剰汚泥として排出されるかのいずれかの過程をたどることになる。

(3) 活性汚泥中の生物相

有機物が、活性汚泥中の微生物によって能率よく無機物に分解されることが望ましいが、常にそのような状態が続くとは限らない。活性汚泥の状態の変化は、汚泥中に含まれている微生物相によって類推することができる。このことは、多くの実験で確認されている。

次に、活性汚泥の状態が良好なときに一般的にみられる生物相を示す。なお、ここでは細菌類については省略する。

原生動物門

- 鞭毛虫類 エントシホン Entosiphon
- 繊毛虫類 アスピディスカ Aspidisca
- ボルティセラ Vorticella
- オベルクラリア Opercularia
- エピスティリス Epistylis
- カルケシウム Carchesium
- ズーサムニウム Zoothamnium
- トコフィリア Tokophrya
- ポドフィリア Podophrya

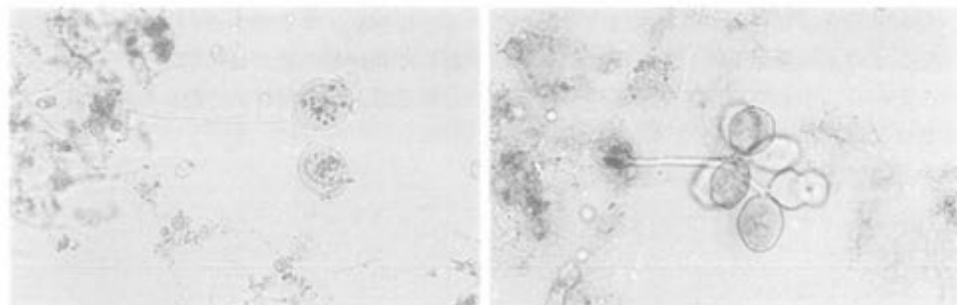
袋形動物門

- ワムシ類 ロタリア Rotaria

節足動物門

- 甲殻類 ケンミジンコ Copepoda
- ミジンコ Cladocera

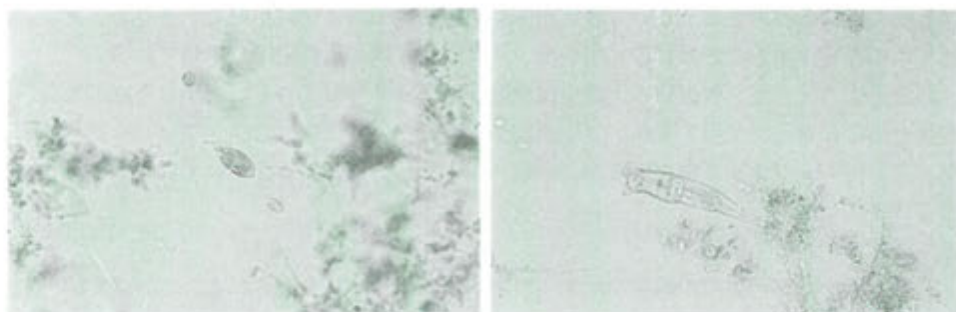
写真5は、後述の「(5) 活性汚泥による浄化の実験」に用いた活性汚泥中にみられた微生物の一部である。



繊毛虫類 Vorticella

繊毛虫類 Carchesium

写真5の1 活性汚泥中の微生物



繊毛虫類 Trachelophyllum

ワムシ類 Rotaria

写真5の2 活性汚泥中の微生物

(4) 浄化の実際

次の表1は、ある下水処理場での流入下水、最初沈殿池の出口の処理水、放流水から得たCOD、アンモニウムイオン、亜硝酸イオン、硝酸イオン、リン酸イオンの値を示している。

表1 浄化の実際

	A	B	C
COD	140	56	13
NH_4^+	23	24	17
NO_2^-	0.11	0.04	0.24
NO_3^-	0.45	0.16	0.19
PO_4^{3-}	5	10	1

A：流入下水 B：最初沈殿池の出口 C：放流水

* COD 、 NH_4^+ 、 NO_2^- 、 NO_3^- は、ある処理場での測定値 (ppm)

* PO_4^{3-} は、バックテストによる測定値 (ppm)

表を見ると、CODの値は大幅に下降している。しかし、アンモニウムイオンは酸化されたことにより値は下降しているが、その結果として亜硝酸の値がほぼ倍増している。このことから、下水処理場では窒素化合物は期待されるほどは分解されてはいないと言えるのではないだろうか。

(5) 活性汚泥による浄化の実験

活性汚泥による有機物の分解を調べるために、デンプンのりとコメのとぎ汁を用いて実験を試みた。

① デンプンのり

活性汚泥にデンプンのりを加えて、CODを約20ppm、50ppm、100ppmに調整し、エアレーションを行いながら、その後のCODの変化、およびヨウ素反応・ベネジクト反応によりデンプンと糖の有無の変化も調べた。その結果は、表2のようになった。

CODが20ppm、50ppmの場合、日数の経過とともにその値は下降するが、20ppmでは3日目に上昇に転じている。これは川の付着性微生物を使つての実験と同様の現象であるが、この場合はそれとは違った原因によるものと考えられる。すなわち、デンプンを加えることによって細菌類の増殖が盛んになって分散状細菌となり、その結果として、水中に有機物が増加したことによるものと考えられる。また、50ppmの場合も日数の経過とともに同様の現象が現れてくるものと予想される。

CODが100ppmの場合、4日目になつても値の変化はみられなかった。これは、バックテストの精度の問題ではないかと考えられる。すなわち、実際には有機物が微生物によって分解されていても、値の変化として現れてこなかったものと思われる。

いずれにしても、活性汚泥によってデンプンが分解されたことは、CODの下降とヨウ素反応・ベネジクト反応の結果から推測される。なお、活性汚泥を煮沸してデンプンのりを加えて50ppmに調整した対照群では、COD・ヨウ素反応の変化は全くみられなかった。

表2 活性汚泥による浄化

	0日目			1日目			2日目			3日目			4日目		
	COD	ヨ	ベ	COD	ヨ	ベ	COD	ヨ	ベ	COD	ヨ	ベ	COD	ヨ	ベ
A	20	+	-	10	-	-	5	-	-	10	-	-	10	-	-
B	50	+	-	20	+	-	20	-	-	20	-	-	20	-	-
C	100	+	-	100	+	+	100	+	+	100	+	+	100	+	+

A : 活性汚泥300cm³ + 10%デンプンのり1cm³

B : 活性汚泥300cm³ + 10%デンプンのり4cm³

C : 活性汚泥300cm³ + 10%デンプンのり16cm³

COD : ppm ヨ : ヨウ素反応 ベ : ベネジクト反応

(反応あり+、反応なし-)

② コメのとぎ汁

コメ1合に水を500cm³加えてよくとぎ、そのとぎ汁を原液とした。この液を、活性汚泥300cm³に対してそれぞれ50cm³、100cm³、150cm³ずつ加え、エアレーションをしながらヨウ素反応とベネジクト反応でその後の様子を調べた。なお、とぎ汁は白濁しているため、バックテストによってCODを測定することができない。

最初、それぞれの液が白濁していたが、1日後には白濁も消え、ヨウ素反応、ベネジクト反応とも全く反応がみられず、デンプンは分解されたものと予想される。

V. 授業展開

(1) 指導計画

中学校第3学年で学習する「生物界のつながり」の中で、生物の遺体や排出物中の有機物を分解する微生物として、土の中の菌類や細菌類を扱うことになっている。これらの微生物は土の中だけでなく水中にも生息し、自然界で「分解者」としての働きをしており、かつ物質の循環に大きく貢献していることを理解させたい。このような流れの中で、水中の微生物による有機物の分解を取り上げ、有機物を分解することにより水を浄化している

ことを実験を通して理解させようと考えた。

以上のことを踏まえて、「生物界のつながり」について次のような目標と指導計画を立てた。

① 目標

- ア 自然界の生物の間に、食う食われるの関係（食物連鎖）がみられることを理解させる。
- イ 食物連鎖の順に個体数が少なくなり、ピラミッド状の関係がみられることを理解させる。
- ウ 自然界の微小な生物の多くは生物の遺体やふんなどを利用して生活し、有機物を無機物に分解していることを理解させる。
- エ 自然界の炭素、酸素、窒素などは、有機物と無機物に変化しながら、生物体内と自然との間を循環していることを理解させる。
- オ 学習を通して、自然界のいろいろな現象に興味をもたせ、それらを科学的に調べようとする態度を身につけさせる。

② 指導計画（全8時間）

区分	学習内容	時間配当		
第1次	食物連鎖	1		
第2次	生物界のつながり	1		
第3次	土壌動物の採集	1		
第4次	分解者（土壌微生物の働き）	2		
第5次	水の浄化	川の自浄作用	1	2
		下水処理場での水の浄化	1	
第6次	自然界での物質の循環	1		

このような指導計画のもとに、「土壌微生物の働き」、「川の自浄作用」、「下水処理場での水の浄化」についての授業を実践したので、以下に報告する。

(2) 分解者（土壌微生物の働き）

土壌中に細菌類が存在することを顕微鏡で確認することは、生徒実験では困難である。従って、本教材を扱うときは次のような実験を行うことにより、細菌類の存在を理解させている。

① 実験書

土 壌 微 生 物 の 働 き

1. 目的

- ・土壌微生物（菌類、細菌類）が、デンプンを分解するかどうかを調べる。
- ・微生物の存在を確認する。

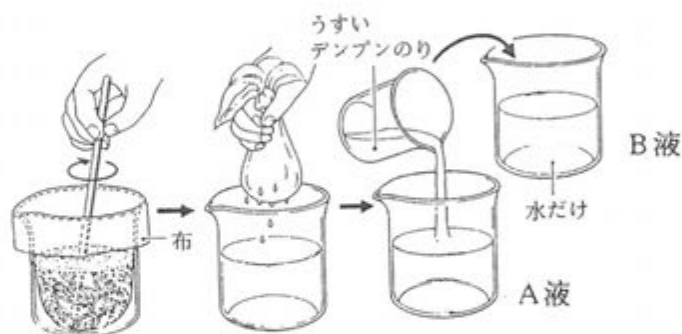
2. 準備物

ビーカー (200cm³- 2、100cm³- 1)、試験管 (大- 2、小- 4)、駒込ピペット、ガラス棒、メスシリンダー (100cm³)、L字型ガラス棒、布、葉さじ、ヨウ素液、ベネジクト液、1%デンブンのり、蒸留水、70%アルコール、ガスバーナー、マジック (油性)、アルミはく、土壤動物が多く生息している所から採集した土

3. 方法

(1) デンブンのりの分解

- ① ビーカー (200cm³) に葉さじで土を2杯取り、蒸留水 150cm³を加えて、図のような方法でろ過する。この液をA液とする。別のビーカー (200cm³) に蒸留水150cm³を加え、この液をB液とする。



- ② A液とB液にデンブンのりを1cm³ずつ入れ、ガラス棒で混ぜる。
- ③ A液とB液の上澄み液を、それぞれ2本ずつ試験管 (小) に、試験管の5分の1取り、A₁、A₂、B₁、B₂とする。A₁、B₁にヨウ素液、A₂、B₂にベネジクト液を入れて反応を見る。
- ④ A液とB液を、試験管 (大) に3分の2入れ、アルミはくでふたをして保存する。

≪2日間放置する。≫

- ⑤ ③と同様の操作を行う。
- ⑥ ③と⑤の結果から、どのようなことが考えられるか。

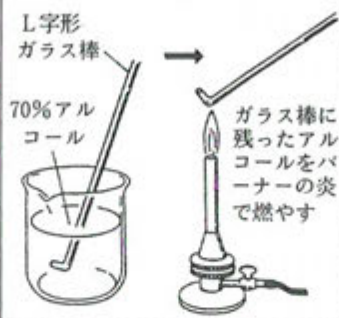
(2) 土壤微生物の培養

- ① 土1gと蒸留水100cm³をビーカーに入れ、ガラス棒でよくかきまぜる。この上澄み液を駒込ピペットで0.2cm³とり、図のような方法で寒天培地に入れ、L字型ガラス棒で広げる。

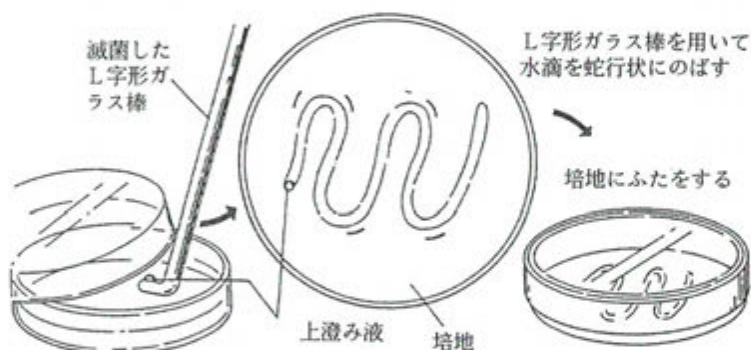
培地の片すみに上澄み液を落とす



L字形ガラス棒の滅菌方法



培地に落とした上澄み液をL字型ガラス棒で広げる



② シャーレを逆さにして、25°C～30°Cで保存する。

＜2日間放置する。＞

③ コロニー（1個の細菌が分裂してできた斑点状の集落）の数を数える。

④ ③の数値をもとに、土1g中の微生物の数を求める。

〔参 考〕

この実験では、1gの土を100cm³の蒸留水に溶かし、その中から0.2cm³を取り出して培養したのだから、1/500gの土に含まれている微生物を培養したことになる。

② 実験結果

あるクラスの結果をまとめると、表3のようになった。

表3 微生物の働き

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	ヨ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	ベ	-	-	-	-	-	-	+	-	-	-
B	ヨ	-	+	+	-	+	+	+	+	-	+
	ベ	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
細菌数		1.2	4.4	1.2	2.2	1.9	1.6	2.1	3.0	3.0	2.2

A : 蒸留水 + 土 + デンプンのり

B : 蒸留水 + デンプンのり

ヨ : ヨウ素反応 ベ : ベネジクト反応 (反応あり+, 反応なし-)

細菌数 : 1g当たりの値で、すべて $\times 10^6$

③ 指導者としての評価と反省

寒天培地にコロニーが形成されたことから、対照実験との比較により土壤中に微生物(細菌類)が存在することをほぼ全員に理解させることができた。また、希釈倍率を元に土1g中に含まれている細菌数を計算させた結果、どの班も 10^6 個の菌数を算出した。このことから、生徒達はわずかの量の土の中に多くの細菌が含まれていることを実感していた。さらに、A、Bのヨウ素反応とベネジクト反応の結果から、土壤中の微生物によってデンプンが分解されることも充分理解できたようだ。ただ、今回の実験ではベネジクト反応が期待したほどの結果にならなかったのは残念であった。もう少し多くの班に反応が見られていれば、さらに理解が深まったのではないかと考える。

(3) 川の自浄作用

① 学習指導案

次のような指導案で授業を行った。

◎本時の学習指導

(1) 題材 川の自浄作用

(2) 目標 ① 水中の微生物によって、デンプンが分解されることを、実験を通して理解させる。

② 微生物による、川の自浄作用に気づかせる。

③ 実験を通して科学の方法を身につけさせ、互いに協力して実験を行う態度を養う。

(3) 準備物 川の水、試験管(18mm 4本)、試験管立て、ビーカー(50cm³ 2個)、ヨウ素液、ベネジクト液、試験管ばさみ、ガスバーナー、マッチ、バックテスト(COD、共立理化学研究所)、比色表、ピン、OHP、TP、実験プリント

(4) 指導過程

段階	学習事項	生徒の活動	指導者の活動・評価
導入 (5分)	前時の学習事項の想起 本時の学習目標の確認	<ul style="list-style-type: none"> 前時の実験の内容を想起する。 川の水中の微生物の働きについて考える。 	<ul style="list-style-type: none"> 理解の程度を知り、必要に応じて追加指導を行う。 川の水と付着性微生物を提示し、本時の学習目標を知らせる。
展開 (40分)	実験方法の説明 実験 結果のまとめ 考察 川の自浄作用	<ul style="list-style-type: none"> 微生物の働きを調べる方法を知る。 実験プリントに従って、班で互いに協力しながら実験を行う。 後かたづけをし、班毎で結果を整理する。 班の代表が結果を発表する。 クラス全体の結果から、水中の微生物の働きを考える。 対照実験として、どのような操作をすれば良いかを考える。 付着性微生物の種類を知る。 川に流れ込んだデンプンなど(有機物)は、水中の微生物によって分解されることを知る。 	<ul style="list-style-type: none"> 実験プリントで方法を説明する。 実験が正しく行われているかを把握し、必要に応じて個別指導を行う。 後かたづけがきちんとできているか。 班毎の結果をTPに記入する。 川の水のみと付着性微生物を加えた場合との違いに気づいているか。 煮沸水にデンプンのりを加えた場合について、演示する。 顕微鏡テレビ装置によって、微生物を提示する。 川の自浄作用を説明し、流入する有機物が多すぎた場合について考えさせる。
整理 (5分)	本時の学習事項の整理	<ul style="list-style-type: none"> 本時の学習事項をふり返りその要点をつかむ。 次時の学習内容を知る。 	<ul style="list-style-type: none"> 本時の学習事項を整理し、レポートの提出を知らせる。 次時は下水処理場での水の浄化について学習することを知らせる。

② 実験書

水中の微生物の働き

1. 目的

- 川の水中の微生物が、デンプンを分解するかどうかを調べる。
- 川の働きについて考える。

2. 準備物

川の水、10%デンプンのり、試験管（18mm 4本）、試験管立て、ビーカー（50cm³ 2個）、ヨウ素液、ベネジクト液、試験管ばさみ、ガスバーナー、マッチ、バックテスト（COD、共立理化学研究所）、比色表、ピン

3. 方法

(1) 2日前に、川の水にデンプンのりを加え、エアレーションする。

A：川の水+デンプンのり

B：川の水+デンプルのり+附着性微生物

(2) (1)のA、Bの液を、それぞれ2本ずつの試験管に、試験管の5分の1取り、A₁、A₂、B₁、B₂とする。A₁、B₁にヨウ素液、A₂、B₂にベネジクト液を加える。なお、反応があれば+、なければ-とする。

(3) バックテストによって、化学的酸素消費量（COD）を測定する。ただし、1班～5班はAの液、6班～10班はBの液を行う。

*測定の仕事



*CODについて

水中の酸化されやすい物質（主として有機物）の酸化により消費される酸素の量を表す。CODの数値（ppm）は、水中の有機物量の目安となりその値が大きいかほど水中に有機物が多くあることを示す。

4. 結果

班名		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	ヨウ素液 (A ₁)										
	ベネジクト液 (A ₂)										
	COD (バックテスト)										
B	ヨウ素液 (B ₁)										
	ベネジクト液 (B ₂)										
	COD (バックテスト)										

5. 考察

水中の微生物および川のはたらきについて、どのようなことが考えられるか。

③ 授業で使用した資料

1995年(平成7年)10月9日 月曜日 第四 函 函 函 函 (資料)

置き石ゴロゴロ 清流よみがえれ

近畿地連 大和川で来春本格実施

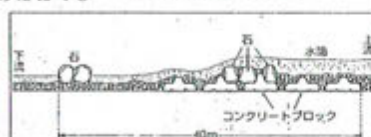
約四キロの川幅、いっしょに石を敷く「置き石」工法で、アルカリ性、砂り人も増えて、川の水質改善が期待されている。



自浄作用生かす工法

水質ワースト2 返上へ

(1) 川の自浄作用を生かして、水をきれいにする。川の水質改善が期待されている。川の水質改善が期待されている。川の水質改善が期待されている。



大和川の水質改善が期待されている。川の水質改善が期待されている。川の水質改善が期待されている。

④ 実験結果

2クラスについてのみ記載する。

班 名		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	ヨウ素液 (A ₁)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	ベネジクト液 (A ₂)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	COD (バックテスト)	20	30	20	20	20					
B	ヨウ素液 (B ₁)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	ベネジクト液 (B ₂)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	COD (バックテスト)						10	10	10	10	10

班 名		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	ヨウ素液 (A ₁)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	ベネジクト液 (A ₂)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	COD (バックテスト)	30	30	40	20	50					
B	ヨウ素液 (B ₁)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	ベネジクト液 (B ₂)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	COD (バックテスト)						10	10	15	10	13

A : 川の水 + デンプンのり

B : 川の水 + デンプンのり + 付着性微生物

ヨウ素液・ベネジクト液 : 反応があれば+ 反応がなければ-

2日目のCOD : A、Bとも約30ppm

⑤ 生徒の感想 (レポートより抜粋)

- ◎家で幼い頃からずっと金魚を飼っていた。水槽に入れてあるもののうち、水草は「金魚が食べるから」、石は「川に似て風景をつくるため」に置いてあると思いこんでいた。今やっと、その石が「水をきれいにするため」と知った。石には藻がたくさん生えているから、今までは「コケがいっぱいついてきたなくなった」と思っていたが、水のことを考えるとそうではないと分かった。改めて金魚の水槽を見ると、タニシがコケを食べていた。これでパッチリ水槽はきれいになるなあと思った。また川の自浄作用で、噴水が道頓堀川にある理由もよく分かった。微生物の働きを考えると、小さいものなのに、とても大きな働きをしていることに感動というか驚きを感じる。
- ◎私は水というものの自然を利用した浄化の仕方は、たくさんの草や砂、小石を筒の中に入れてという方法しか知らなかったけど、こんなダイナミックで、効果が目に見えて分かる方法は初めて知って、とても感動した。今の人間は自然を汚しているようにしか見えないけれど、やればできるじゃないかと思った。
- ◎川に石を置いて空気を入れることによって、水をきれいにしてくれる微生物を育てる、という記事はとても単純で笑ってしまったけれど、噴水を唐突につくってある川などを見ても、今までは意味が分からなかったのが、やっと納得できた。エアレーションしている水としていなかった水では、たった2日でもすごい差ができていて驚いた。

そういえば私の家の近くの芦屋川は、雨の降ったときにしか流れていないという川ですが、この川も流れているときはとても水がきれい、やっぱり川はいいなあと思います。それにしても、微生物の働きは偉大だと分かった。

◎細菌類、菌類などの分解者がいるからこそ、今日が成り立っているのだと思った。もしいなくなると、世の中は生物の遺体や排出物で埋まってしまうと思うとぞっとする。1年の時に大和川について調べていたので、新聞の記事のことはよく理解できて良かった。川の中でも小さい生物などにより、川が浄化されているのだと思うと、やはりすごいように思った。大和川は近年少しずつ良くなっているそうなので、何年か後には、きれいな河川の中に入っていると良いと思った。

◎今まで、自然に水が浄化されるなんて聞いたことはあっても、実際にその働きを見ないで、信じがたいものがありました。でも、この実験で、本当に水がきれいになるのだと驚きました。自然の力はとても大きなものだなと思いました。でも、今の河川は汚れています。人間の力は自然の力を壊してしまう恐ろしいものだと思います。

◎この実験では、ヨウ素液とベネジクト液とバックテストしか使っていないのに、こんなにもいろいろなことが読み取れて、本当に魔法の薬のような気がします。実験というのは、難しいものですね。だけど教科書や参考書を読むだけではつかめない、理科のおもしろさが分かり、実験中は好奇心がわいてくるのも、またこの薬品たちの魔法でしょうか。このレポートを書くことで、実験の内容についてしっかりまとめることができました。

◎「水に流す」など、川などに汚染物質を流せば自然になくなるという考えが昔からある。川に流せばすぐに目のつかないところに流れていってしまうので、そう感じることもあるが、今のように、コンクリートで岸を固めるだけでは、本当にそのものはなくなりにくいと思う。たくさんの汚染物質を出せば、そのきれいななりにくいのは当然である。それをできるだけ出さないように、家庭や工場が工夫するのは必要だけれど、もっと下水処理設備を充実させなければならないと思う。

⑥ 指導者としての評価と反省

この実験では、付着性微生物を定量できないことが難点である。加えるデンプンの量は同じであっても、予備実験で用いた付着性微生物と授業で用いたものとの量的なまた質的な違いによって、バックテストの結果に影響がでてくる。今回の授業ではこの点に特に注意をした。バックテストによる測定はほぼ満足のいく値が得られたが、ベネジクト反応については全く反応が得られなかった。Aの場合、ヨウ素反応があり、かつバックテストの値も減少していることから、ベネジクト反応がみられることは充分予想できる。しかし結果としては、期待通りにはいかなかった。この原因として、デンプンの分解によって作られる糖の量が溶液中に少なかったために、反応として現れなかったのではないかと考えられる。Bの場合、前者と同様のことが考えられるのとさらに糖がすべて分解され尽くしてしまったことが予想される。

以上のようないくつかの問題点はあったが、生徒の授業中の反応やレポートの内容からほぼ期待通りの理解が得られたものと考えている。

(4) 下水処理場での水の浄化

① 学習指導案

次のような指導案で授業を行った。

◎本時の学習指導

- (1) 題材 下水処理場での水の浄化
- (2) 目標
- ① 下水処理場での水の浄化の仕組みを理解させることにより、川の自浄作用と共通点があることに気づかせる。
 - ② 家庭排水のあり方を考えるきっかけとさせる。
 - ③ 実験を通して科学の方法を身につけさせ、互いに協力して実験を行う態度を養う。

- (3) 準備物 活性汚泥、下水処理場の水（試験管P～S）、試験管（18mm 4本）、試験管立て、ピーカー（50cm² 2個）、ヨウ素液、ベネジクト液、試験管ばさみ、ガスバーナー、マッチ、バックテスト（COD、共立理化学研究所）、比色表、ピン、OHP、TP、実験プリント、顕微鏡テレビ装置

(4) 指導過程

段階	学習事項	生徒の活動	指導者の活動・評価
導入 (5分)	前時の学習事項の想起 本時の学習目標の確認	<ul style="list-style-type: none"> ・前時の実験の内容を想起する。 ・下水処理場での水の浄化について学習することを知る。 	<ul style="list-style-type: none"> ・理解の程度を知り、必要に応じて追加指導を行う。 ・下水処理場では、微生物（活性汚泥）によって水を浄化していることを知らせる。
展開 (40分)	下水の流れ 実験方法の説明 実験 結果のまとめ 考察 対照実験	<ul style="list-style-type: none"> ・家庭や工場からの下水が、処理場で浄化される過程を知る。 ・実験の方法を知る。 ・実験プリントに従って、班で互いに協力しながら実験する。 ・結果を報告する。 ・クラス全体の結果から考察を考え、プリントに記入する。 ・対照として、どのような実験をすれば良いか考える。 	<ul style="list-style-type: none"> ・エアレーションタンクでの活性汚泥の働きを印象づける。 ・実験プリントで、ポイントを説明する。 ・実験が正しく行われているかを把握し、必要に応じて個別指導をする。 ・班毎の結果を、TPに記入させる。 ・考察を発表させる。 ・活性汚泥の働きについて適切な考察が行われているか。 ・対照実験を理解しているか。煮沸水にデンプンのりを加

	活性汚泥中の微生物	<ul style="list-style-type: none"> 活性汚泥中の微生物の種類を知る。 川の自浄作用と下水処理場での浄化を比較する。 	えたものを演示する。 <ul style="list-style-type: none"> 顕微鏡テレビ装置により提示する。 共通点は水中の微生物であることに気付いているか。
整理 (5分)	本時の学習事項の整理	<ul style="list-style-type: none"> 本時の学習事項を振り返りその要点をつかむ。 	<ul style="list-style-type: none"> 本時の学習事項を整理し、レポートの提出を指示する。

② 実験書

下水処理場での水の浄化

1. 目的

- 下水処理場の各地点の水の特徴を調べる。
- 活性汚泥の働きを調べる。

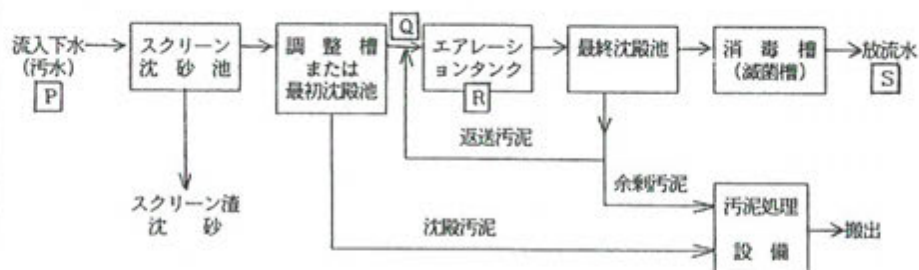
2. 準備物

活性汚泥、下水処理場の水（試験管P～S）、試験管（18mm 4本）、試験管立て、ビーカー（50cm³ 2個）、ヨウ素液、ベネジクト液、試験管ばさみ、ガスバーナー、マッチ、バックテスト（COD、共立理化学研究所）、比色表、ピン

3. 方法

(1) 下水処理場の各地点の水の特徴

試験管P～Sの水を観察し、その特徴（臭い、色など）を記録する。



(2) 活性汚泥の働き

- 2日前に、活性汚泥にデンプンのりを加え、エアレーションをする。
 A：活性汚泥 1000cm³ + 10%デンプンのり 3cm³ (COD：20ppm)
 B：活性汚泥 1000cm³ + 10%デンプンのり 50cm³ (COD：100ppm)
- ①のA、Bの液を、それぞれ2本ずつの試験管に、試験管の5分の1取り、

A₁、A₂、B₁、B₂とする。A₁、B₁にヨウ素液、A₂、B₂にベネジクト液を加える。なお、反応があれば+、なければ-とする。

- ③ バックテストによって、化学的酸素消費量（COD）を測定する。ただし、1班～5班はAの液、6班～10班はBの液を行う。

*測定の方法



*CODについて

水中の酸化されやすい物質（主として有機物）の酸化により消費される酸素の量を表す。CODの数値（ppm）は、水中の有機物量の目安となり、その値が大きいほど水中に有機物が多くあることを示す。

4. 結果

- (1) 下水処理場の各地点の水（試験管P～S）の特徴

P	
Q	
R	
S	

- (2) 活性汚泥の働き

班 名		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	ヨウ素液 (A ₁)										
	ベネジクト液 (A ₂)										
	COD (バックテスト)										
B	ヨウ素液 (B ₁)										
	ベネジクト液 (B ₂)										
	COD (バックテスト)										

*ヨウ素液・ベネジクト液 反応があれば+ 反応がなければ-

*2日目のCOD A: 20ppm B: 100ppm

5. 考察

- (1) 試験管P～Sの水を比較して、どのようなことが言えるか。

(2) 活性汚泥の働きについて、どのようなことが言えるか。

活性汚泥中に見られた微生物の種類

6. 感想

3年組 番 名前 _____

③ 結果と考察（生徒のレポートより抜粋）

4. 結果

(1) 下水処理場の各地点の水の特徴（試験管P～S）

P：液全体がにごっていて、下にうすい緑色の沈殿物がある。異臭がする。

Q：Pよりましだけど、液全体がにごっていて、下に少し沈殿物がある。

R：下から1cmぐらい黄土色の沈殿物がある。

S：無色透明で、沈殿物もない。

P：下に汚物が沈殿していて、上澄み液も少し濁っている。

Q：Pと余り変わらないが、汚物が少なく、上澄み液が少しきれい。

R : 上澄み液はけっこう澄んでいるが、汚物が下にたまり、水中に小さな粒がある。

S : 沈殿もなく、上澄み液は澄んでいる。

(2) 活性汚泥の働き

2クラスについてのみ記載する。

班 名		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	ヨウ素液 (A ₁)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	ベネジクト液 (A ₂)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	COD (バックテスト)	10	50	10	15	5					
B	ヨウ素液 (B ₁)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	ベネジクト液 (B ₂)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	COD (バックテスト)						100	100	100	100	100

班 名		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	ヨウ素液 (A ₁)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	ベネジクト液 (A ₂)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	COD (バックテスト)	10	10	10	10	10					
B	ヨウ素液 (B ₁)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	ベネジクト液 (B ₂)	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
	COD (バックテスト)						100	100	100	100	100

A : 活性汚泥 1000cm³ + 10%デンプンのり 3cm³ (COD : 20ppm)

B : 活性汚泥 1000cm³ + 10%デンプンのり 50cm³ (COD : 100ppm)

ヨウ素液・ベネジクト液 : 反応があれば+ 反応がなければ-

2日目のCOD : A : 20ppm B : 100ppm

5. 考 察

(1) 試験管P~Sの水を比較して言えること。

- ◎PからSに段階が進んでいくにつれて、どんどん水が澄んでいっている。S以外は沈殿物がある。
- ◎放流水はやはり一番きれいである。P、Qの白い沈殿物がR、Sでは見られない。
- ◎PからSになるにつれて透明度が増している。つまり、きれいになっている。
- ◎PからSになるにつれて、だんだん透明度が増しているのがわかる。QとRの間での差が一番大きい。
- ◎やはり水自体は、下水処理場の施設を通過するごとにきれいになっているのが分かる。

(2) 活性汚泥の働きについて、どのようなことが言えるか。

- ◎ある程度の量の有機物なら、分解し、吸収してきれいにできるが、それを越えると分解し終えることができず、吸収し終えることもできないので、Bではヨウ素反応もベネジクト反応も見られる。
- ◎デンプンのりと糖を少しなら分解できるが、多いと分解できない。Aはデンプンを分解し、糖もすべて吸収。Bでは、デンプンのりを一部糖に分解したが、糖を吸収

できなかった。(なぜだろう?) 糖の量が多すぎるから。

- ◎デンプンを分解して糖に変える。Aはデンプンが少ないからすべて分解できたが、Bではデンプンの量が多いので、分解しきれなかった。B₂にベネジクト反応があったので、ブドウ糖が何らかの形で発生した。よって、活性汚泥はデンプンを分解してブドウ糖に変える。
- ◎活性汚泥はデンプンを分解する。A₁、A₂よりデンプンが少ないと反応がほとんどでないことから、分解、吸収できている。しかし、B₁、B₂はヨウ素液もベネジクト液も変化することから、デンプンが多いと、分解、吸収には時間がかかる。
- ◎A₁がヨウ素反応がなかったことから、活性汚泥によってデンプンが分解されていることが分かる。Bの方は入れる量が多いので、デンプンが残る。しかし、ベネジクト反応があることから、デンプンが分解されていることが分かる。
- ◎水中の有機物(デンプン)を分解する働きがある。少量の有機物なら分解できるが、多量になると分解しきれなくなる。
- ◎少量のデンプンであれば分解されるが、大量だと、完全に分解しきれない。また、Bの結果により、活性汚泥が有機物を分解する働きは、活性汚泥が糖を吸収する働きより強いということが分かった。

6. 感想

- ◎この授業が始まるまでは、下水処理場では化学的に処理しているとばかり思っていたのですが、微生物を使って処理していると知ってとても驚いた。今まで嫌われがちであった微生物だが、懐かしい世間の裏側で意外な、人間にとってよい働きをしていると知って、微生物への見方が変わった。実は微生物はいい奴だった?
- ◎デンプンを分解して、糖になって、吸収して、という仕組みについて、前は分からなかったけど、今日の実験でよく分かった。活性汚泥という言葉は聞いたことはあったけど、今日、初めてこんなすごい働きをすると知った。
- ◎汚い川とかでも、全部微生物がきれいにしてくれるのかなあと思ったが、その考えが甘いと言うことが分かった。今とても水が汚れているので、これから自分だけでもきれいにしていこうと思った。
- ◎活性汚泥というのは、微生物を含んだ汚水なのかなあと思う。でも、気持ち悪いと思っていた微生物が、私たちがとても必要としていることを行ってくれているなんて、とてもびっくりした。微生物というのはえらいなと思い、また、生物界っていうのは深いなと思った。
- ◎下水処理場の水が、汚い水からきれいな水に変わるのを実際に見れてうれしかった。限界を越えると分解できなくなるなんて知らなかった。エアレーションすることで好気性細菌を嫌気性細菌にしないようにするとはすごいと思った。
- ◎今日に限らないことですが、今日は特に考察がおもしろかった。だけど、一定以上の有機物を人間が出し、それを微生物に分解しろというのはかなり無理だというものの証明になるのだと思います。
- ◎下水処理のしくみがよく分かった。生活の中にも微生物が役立っているとは、自然の力はすごいと思う。人間の生活は、本当に自然から成り立っているものだと痛感した。

◎このような微生物が有機物を分解し、水を浄化しているというのは、何かすごいものを感じる。世の中はうまく成り立っているなあ実感した。

◎家の前に下水処理場があって、「くさい、くさい」といわれているが、見学したときに下水処理場の重要性を知ったが、改めてこの重要性が分かった。

◎下水処理場の水の浄化の仕方がよく分かった。有機物を分解するには、微生物が必要不可欠な物と感じた。

◎微生物は体は小さいが、仕事は大切なことをしているんだなあと思った。大和川でも「ルネッサンス21」計画で、微生物による有機物の分解を計画しているが、それはとても良いことだと思う。

④ 指導者としての評価と反省

日頃の生活で常に下水を流してはいるものの、その下水が下水処理場でどのような過程で浄化されているかについては、一般的にはあまり知られていないようだ。筆者自身も今回この授業を展開するまで、ほとんど具体的な処理方法を理解していなかった。また、生徒たちの多くは小学校の頃に下水処理場を見学しているようであるが、授業中の発言やレポートに書いている感想から推測すると、ほとんど理解していなかったようだ。

授業ではまず下水処理場での浄化の仕組みを過程を追って説明し、さらに各段階での水の特徴を観察させたが、このことが大きな動機付けになったものと思われる。続いて、活性汚泥によるデンプンの分解についての実験を行わせたが、実験結果から活性汚泥によってデンプンの量が少なければ完全に分解されるが、多ければ2日間の日数では完全に分解されないということをはほぼ理解させることができた。しかし、レポートを読んでいると「デンプンの量が多すぎると分解することができない。」といった表現もみられたのでその後の授業で補足説明をした。

V. おわりに

筆者が小学生の頃、自宅近くの小川でメダカやタナゴを相手によく遊んだ思い出がある。現在、それらは埋め立てられたり、コンクリートで固められている。いかにも整備されたようにみえるが、それらはすべて我々人間の都合のためだけになされたものであって、メダカやタナゴ達にとっては迷惑このうえないものであろう。しかし、最近、このようなことは我々人間にとってもよい環境ではないことに多くの人達が気づいている。だが、残念ではあるが、一度破壊された自然はなかなか元には戻れない。

本来、河川が持っている自浄作用を復活させるためには、家庭や工場からの排水を処理場で処理すればそれによしとするのではなく、我々人間の生活スタイルを考え直す必要があると思われる。「自然にやさしい何々」という言葉がよく使われるが、やさしさの原点を検討することが大切ではなからうか。

今回のこのような実験を通して、生徒たちが家庭や工場の排水のあり方について考えるきっかけになればと願っている。

参考文献

- (1) ㈱日本下水道協会（1990年）「エアレーションタンクの微生物」
- (2) ㈱西原環境衛生研究所（1979年）「活性汚泥の生物相」
- (3) 石井勲・山田國廣（1994年）「浄化槽革命」 合同出版
- (4) 小島貞男（1985年）「おいしい水の探究」 日本放送出版協会
- (5) 小倉紀雄（1994年）「調べる・身近な水」 講談社
- (6) 児玉 徹 編集（1995年）「地球をまもる小さな生き物たち」 技報堂出版
- (7) 水野壽彦（1973年）「日本淡水プランクトン図鑑」 保育社
- (8) 津田松苗・森下郁子（1976年）「生物による水質調査法」 山海堂

なお、本稿は、本校の第43回教育研究会および平成7年度日本理科教育学会近畿支部大会で発表した内容に加筆したものである。

附属天王寺方式化学のカリキュラム

—中学化学実験書を用いた授業展開 (その1)—

おか ひろ あき いのぐち こう じ
岡 博 昭・井野口 弘 治

1. はじめに

現行の中学校学習指導要領第2章、第4節理科には、次のような目標が掲げられている。自然に対する関心を高め、観察、実験などを行い、科学的に調べる能力と態度を育てるとともに自然の事物・現象についての理解を深め、科学的な見方や考え方を養う。

この目標には、新しい学力観と言われている興味・関心・態度、観察・実験の技能や科学的な見方・考え方および知識・理解が重要視されていることは言うまでもない。しかし、学校週5日制の問題により授業時数が減少し、教材の精選が必要になった。現在の標準授業時間数は中1、中2では年間105時間であり、物理、化学、生物、地学それぞれ約26時間程度しかない。

中学校学習指導要領と高等学校学習指導要領をふまえて、本校化学科では、実験の技能の習熟、化学的なものの見方・考え方、基本概念の定着を目指して、中高6カ年の化学の学習内容を検討し、6年間のカリキュラムを作成した。その目標は、次のようなものである。

「人間をとりまく環境を『物質』の立場から検討させ、それに対応する基本的な技能を育てる。」

さらに、6年間を大きく4つの時期に分け、具体的な目標を設定した。

① 中学校前期

- ・身のまわりにある物質に注目させ、それに共通する性質を把握させる。
- ・物質を扱う上で必要な基本的な操作能力を養う。

② 中学校後期

- ・物質の性質が、ミクロな構造から生じていることを把握させる。
- ・定量的な実験の操作能力、処理能力を養う。

③ 高等学校前期

- ・物質の共通する性質を、物質量、化学結合の立場から把握させる。
- ・実験結果を考察する能力を養う。

④ 高等学校後期

- ・物質の変化を平衡、エネルギーの立場から把握させる。
- ・物質についての処理能力を高める。
- ・化学のもつ優れた役割を認識させ、将来への希望を奮い立たせる。

以上の目標を達成させるための具体的な実践の基本方針は次の通りである。

- ① 無理、無駄を省くことに心がけるが、重要な基本概念については、繰り返しスパイラルに展開する。

- ② 化学の重要な量である「物質量」については、基本調査により中3でも学習が可能と結論した。物質量の概念は、「モル」という単位に慣れることにより形成されるところと、中3に原子量、分子量、物質量の考え方を導入し、それ以降の学習に役立たせるようにする。
- ③ 6カ年の実験計画を検討し、中学校3年間の実験書を作成する。また、高等学校3年間は大阪府高等学校理化教育研究会が作成した実験書をもとに授業を展開する。
- ④ 短時間で効果的に活用できる演示実験を開発し、生徒実験、演示実験をもとに授業を展開する。
- ⑤ 化学の学習に欠かすことのできない元素記号、化学式、化学反応式はできるだけ早期に導入し、使い方に慣れさせるために授業で活用する。
- 中学校化学実験書は、平成5年度に完成し、平成6年度に本校に入学した本校第48期生から活用している。この中学校化学実験書をもとにした生徒実験と演示実験を組み合わせた中学校1年生の理科（化学分野）の授業展開について報告する。

II. 授業の計画と展開

中学校学習指導要領によると、中学校1年生の理科（化学分野）では、次の内容が目標となっている。

身のまわりの物質についての観察、実験を通して、水溶液の性質、物質の状態変化及び気体について理解させるとともに、物質の性質や変化の調べ方の基礎を身につけさせる。

また、本校化学科の中学校前期の目標は、先程述べた通りである。

- ・身のまわりにある物質に注目させ、それに共通する性質を把握させる。
- ・物質を扱う上で必要な基本的な操作能力を養う。

以上の目標を達成するために、次のような授業計画を立てた。平成6年度の中1の理科の授業時間は、第2、第4休業日の関係で26時間確保することができなかった。そこで、22時間の授業計画を立てた。

区分	学習内容	時間配当
第1次	基礎操作	3
第2次	水溶液	6
第3次	物質の状態変化	10
第4次	気体の発生	3

1. 基礎操作

中学校に入学した生徒が、実験を中心とした化学を学ぶためには、実験に関する基礎的技術が必要である。これは、正しい結果を出すためだけでなく、安全に実験を行うためにも必要なことである。そこで、中学校の化学実験で最も使用頻度の高いガスバーナー、試験管、上皿天秤を選び、3時間の授業を計画した。これ以外の器具の操作については、必要に応じて指導することにした。

本校化学科では、中学1年生から自動上皿天秤を使用させている。秤量に要する時間が短縮できるからである。

区分	学習内容	備考
第1時	ガスバーナーの使い方	実験書 基礎操作1
第2時	試験管の使い方	実験書 基礎操作2
第3時	自動上皿天秤の使い方	実験書 基礎操作3

(1) ガスバーナーの使い方

中等学校の化学実験において、加熱は主にガスバーナーを用いる。ガスバーナーは小学校でも使われているが、アルコールランプを主に使っている学校もある。

ガスバーナーの構造を理解させ、正しく安全に操作できるようにすることがねらいである。現在、家庭用に市販されているガスコンロは、すべて自動点火になっている。しかし実験に使うガスバーナーは自動点火になっていないため、マッチなどで点火することを恐がる生徒がいる。ここでは、ガスバーナーの点火の操作について、十分練習をさせ、慣れさせておく必要がある。

ガスバーナーの点火に関する指導のポイントは、マッチの燃えかすがバーナーの中に入らないようにすることである。ときどきバーナーの中に燃えかすや試薬を入れてしまい、ガス調節ねじの小さな穴をふさいでしまうことがある。炎の調節に関しては、不完全燃焼をさせないことである。炎からすすが出るため、器具を汚してしまう。また、消火に関しては、空気調節ねじをきつく閉めないように指導している。ガスバーナーが冷えたとき、ねじが動かなくなることがよくある。

ガスバーナーに点火するとき、本校ではマッチを使用させている。現在マッチは、家庭で使われることはほとんどない。したがって、生徒の多くは、マッチで点火することが困難である。しかし、マッチという文化遺産には、いささかこだわりを持っている。せめてガスバーナーの点火ぐらい、マッチを使用させたいと考えている。

① 目標

ガスバーナーを正しく、安全に操作ができるようにする。

② 導入

実験を正しく安全に行うために必要な事柄をあげさせ、本時の学習目標を説明する。

③ 展開

ガスバーナーを分解させて、その構造を調べさせる。このとき、教科書や副教材の図を参考にさせ、名称を確認させる。

ガスバーナーの構造の中では、ガスの量の調節がどのように行われているかに注目させる。それにより、ガスバーナーの中にマッチの燃えかすなどのごみが入るとガスが出なくなることに生徒は気付く。

教科書や副教材の写真またはVTRを参考にしてガスバーナーの使い方を説明する。ガスバーナーの点火と消火を演示し、その後生徒に十分練習をさせる。

④ 整理

ガス調節ねじ、空気調節ねじ、ねじの閉め方、点火の方法、適当な炎の大きさと色、消火の方法を確認する。

(2) 試験管の使い方

化学実験において、少量の試料を扱うときは試験管を用いる。一般に試験管の大きさは、口径で表示する。化学実験でよく使用される試験管の口径は、12mm、15mm、16.5mm、18mm、21mm、24mmである。試験管の口径と長さの関係は次の通りである。

口径(mm)	12	15	16.5	18	21	24
長さ(mm)	120	150	165	180	200	200

本校では、中学生には主に口径18mmの試験管を、高校生には主に口径16.5mmの試験管を使用させている。また、演示実験においては遠くの生徒もよく見えるように口径21mmまたは24mmの試験管を使用している。

特殊な試験管としては、枝付き試験管や目盛り付き試験管などがある。本校では、一定量の液体を測り取る時、厳密な測定が必要でないときは、目盛り付き試験管を使用させている。目盛り付き試験管の中に試料を直接入れると洗浄が必要になるので、ふつうの試験管と2本並べて持たせ、目盛り付き試験管を定規代わりに使用させている。

試験管の操作の指導のポイントは、試験管に入れる液の量を少なくすることである。生徒は概ね多く入れる傾向にある。多く入れると、攪拌が困難であるし、加熱するときに危険を伴う。

本校化学科では、試験管内の液体を加熱するときは、長時間加熱するとき以外、原則として試験管ばさみを使わない。したがって、突沸を防ぐために、十分攪拌の練習をさせておく必要がある。

試験管の後かたづけのときに、比較的破損が多い。また、不十分な洗浄であると、次のクラスの実験結果に影響を及ぼす。特に、フェノールフタレインは落ちにくいいため、アルカリ性の溶液を入れたとたん、液が赤くなることがしばしばある。また、塩化物イオンの検出のときは、試験管を洗浄した後、精製水でさらに洗浄させる必要がある。

① 目標

試験管を正しく取り扱うことにより、安全で正確な実験ができるようにする。

② 導入

前時のガスバーナーの使い方を想起させ、その要点を確認した後、本時の学習目標の説明を行う。

③ 展開

試験管の種類を説明する。試験管の大きさは試験管の口径で表示し、試験管の口径によりその長さが決まっていることを説明する。このとき、いろいろな口径の試験管を用意しておき、大きさを比較させる。また、特殊な試験管として、目盛り付

き試験管や枝付き試験管も見せておく。

試験管に水を少し入れさせ、試験管の振り方を練習させる。

試験管の振り方がうまくなったところで、ガスバーナーを使って、水の加熱の練習を行う。特に、突沸に十分注意させる。

ブラシを使って試験管の洗い方の練習をさせる。ブラシの持ち方、試験管の持ち方、洗浄の仕方を十分練習させておく。また、洗浄後の試験管は、口を下にして試験管立てに立てておくことも徹底させる。

④ 整理

試験管に入れる液体の量、試験管の持ち方、振り方、加熱の仕方、洗い方、乾かし方の確認を行う。

(3) 自動上皿天秤の使い方

本校化学科で生徒実験に使用している天秤は、自動上皿天秤と電子天秤である。中学校では、密度の測定など定量実験以外は、自動上皿天秤を使用させている。主に使用している自動上皿天秤の使用範囲は1～50 gで、最小目盛りは0.05 gである。

自動上皿天秤の指導のポイントは、使用前に行う天秤の調整をきちんと行うように習慣化させることである。まず、水準器を使って天秤を水平に調整する。次に調子玉の位置を変えることによって指針を0に合わせる。

小学校では、上皿天秤で求める量を重さと呼んでいるが、中学校からは質量が変わる。重さと質量の違いは、物理分野の力学で学習するが、日常生活においては質量という呼び方はあまりしない。したがって、重さと質量の違いは中学生には定着しにくい。ここでは、天秤で求める量は質量と呼ぶと定義し、くわしくは後日学習することを伝えておいた。

① 目標

自動上皿天秤の使い方に慣れさせ、正確に質量が測定できるようにする。

② 導入

試験管の使い方を想起させ、その要点を確認した後、本時の学習目標の説明を行う。

③ 展開

自動上皿天秤の構造を、図と実物を使って説明する。このとき、特に天秤として大切な箇所を指摘し、使用上の注意を説明しておく。

使用前の調節を説明する。天秤を水平にさせ、指針を0点に調整させる。

自動上皿天秤を使って、生徒のもっている消しゴムの質量を測定させる。質量という言葉の意味については、ここでは軽くふれる程度にしておく。

薬包紙を使って、食塩を正確に5.5 g 測り取る練習をさせる。このとき、薬包紙をのせた状態で再度0点調整をすればよいことを説明する。

④ 整理

自動上皿天秤の使用前の調整、天秤の使い方、秤量、感量、使用範囲についての確認を行う。

2. 水溶液

化学実験に対する興味付けとして、また、身近な物質を調べることを目的として、さらには環境問題も意識して、水溶液の導入に水道水を用いた。水道水は塩素で消毒されていることは生徒は知っている。しかし、塩素が水に溶けると酸性を示し、中和するために水酸化ナトリウムが使われていることは知らない。水道水は、溶質の量は少ないが、水溶液ということができる。

水溶液の性質では、溶質の違いが原因であることに気付かせることが必要である。具体的方法とし、色、臭い、指示薬による反応、炎色反応、金属との反応などが考えられる。

溶解の学習では、粒子論的に考えることができるように指導する必要がある。溶質粒子が溶媒中に均一に拡散して溶液をつくっているという考え方ができるようにしたい。

溶解度に関する実験では、飽和溶液中に溶解している溶質の質量を測定することは困難であるので、一定質量の溶質がすべて溶解する温度を調べさせることにした。この方法では、何度も溶解する温度と析出する温度を測定することができるので、比較的正確な値が出せる。また、比較的容易に溶解度曲線をつくることもできる。

再結晶は、溶媒の温度変化で容易に結晶が析出するものが望ましい。また、そのとき結晶形が明らかであるものが必要である。小学校ではミョウバンを使って学習している。再結晶の試料として、ミョウバン以外に硝酸カリウム、硫酸銅、塩化ナトリウムなどが考えられる。硫酸銅と塩化ナトリウムは、溶媒の温度変化では結晶は析出しにくい。硫酸銅は溶解度曲線から考えると、比較的容易に結晶が析出してもよさそうだが、実際には難しい。ミョウバンや硝酸カリウムは容易に再結晶を行えるが、それまでの学習との重複を避けるためにアジピン酸を使用することにした。アジピン酸は、中学校では使用することのない試薬であるが、6・6ナイロンの原料である。また、水で容易に再結晶できる。

区分	学習内容	備考
第1時	水道水と蒸留水	実験書 実験1
第2時	水溶液の性質	実験書 実験2
第3時	水溶液の性質	実験2のまとめ
第4時	硝酸カリウムの溶解度	実験書 実験3
第5時	硝酸カリウムの溶解度	実験3のまとめ
第6時	アジピン酸の再結晶	実験書 実験4

(1) 水道水と蒸留水

水道水は塩素で消毒されている。水に塩素を加えると、次の反応が起こる。



また、空気中の二酸化炭素のはたらきで、次の反応も起こる。



したがって酸性になるので、水酸化ナトリウムで中和している。（水道法で決められている。）



この反応により、水道水は、ほぼ pH 7 が保たれている。

加熱等によって水道水の塩素を追い出すと、平衡がずれてアルカリ性を示すようになる。

一方、蒸留水は空気中の二酸化炭素によって酸性を示す。（pH 7～5.6）



このように水道水は、塩素や水酸化ナトリウムを溶質として含んだ水溶液であり、蒸留水も厳密に言えば二酸化炭素を溶質とした水溶液である。ここでは、水道水と蒸留水を比較することにより、水溶液の導入としたい。また、基礎操作で練習したガスバーナーの使い方、試験管の使い方の定着をはかることも目標とした。

① 目標

水道水と蒸留水を比較することにより、水道水に溶けているものを調べさせる。

② 導入

ソーダライムを用いて二酸化炭素を除去した空気を水道水に通すと、水道水の pH が 8.3 以上になり、フェノールフタレインを加えると水道水はうすい赤色を呈する。これを生徒に見せて興味付けを行い、本時の学習目標を説明する。

③ 展開

水道水と蒸留水それぞれについて、硝酸銀水溶液を使って塩化物イオンの検出をさせる。水道水に硝酸銀水溶液を加えると、わずかに白色の沈殿が見られる。

水道水と蒸留水それぞれについて、BTB 溶液を加えて加熱させる。水道水を加熱するとアルカリ性になり、BTB 溶液は青色を呈する。

水道水と蒸留水それぞれについて、フェノールフタレイン溶液を加えて加熱させる。水道水を加熱するとアルカリ性になるが、pH 8.3 までいかないから赤色は呈さない。

④ 整理

水道水はほぼ中性であるが、加熱するとアルカリ性になること、蒸留水はわずかに酸性であるが、加熱しても変化しないことを確認する。

(2) 水溶液の性質

水溶液の性質は、水溶液に含まれている溶質によって決まることに気付かせることが目的である。ここでは、その具体的な方法として、色、臭い、液性、炎色反応、金属との反応を使用した。

炎色反応では、白金線を使用した。ろ紙などを使って実験を行うことも可能であるが、紙が燃え出すと黄色い炎になる。炎色反応を演示するには、メタノールに適当な金属の塩を少量加え、メタノールに点火する方法がよい。炎が大きいため、後方の生

徒でもよく観察することができる。

使用した水溶液は、酸性の水溶液として塩酸、中性の水溶液として塩化ナトリウム水溶液、アルカリ性水溶液としてアンモニア水と石灰水である。石灰水は、小学校でもよく使用されているが、石灰水がアルカリ性を示すことは意外と知らない生徒が多い。また、意図的に固体の溶質と気体の溶質の両方を用意した。

使用した金属は、実験書ではマグネシウムとなっているが、食塩水と反応を起こすのでスチールウールに変更した。マグネシウムを食塩水に入れると、わずかではあるが小さい気泡が見られる。これは、イオンの存在下で次の反応が起こるからである。



① 目標

食塩水、アンモニア水、石灰水、塩酸の4種類の水溶液について、いろいろな性質の違いを調べさせる。

② 導入

実験1の内容を想起させ、水道水には塩素と水酸化ナトリウムが含まれていること、蒸留水には二酸化炭素が溶けていることを説明する。

3つの蒸発皿にメタノールを入れ、それぞれに塩化リチウム、塩化ナトリウム、塩化銅を少量入れ、メタノールに点火する。この赤色、黄色、青緑色の炎を見せながら、本時の学習目標を説明する。

③ 展開

各水溶液の色、臭いを調べさせ、さらにBTB溶液を使って液性を調べさせる。アンモニア水と石灰水はアルカリ性を示し、塩酸は酸性を示す。

各液をガスバーナーで加熱させる。溶質が気体であるアンモニア水と塩酸の臭いがより強くなる。

各液を白金線に付け、炎色反応を調べさせる。食塩水は黄色、石灰水は橙赤色の炎色反応が見られる。

各液にスチールウールを少量入れさせる。塩酸と鉄が反応して水素が発生する。スチールウールは他の水溶液とは反応しない。

④ 整理

実験結果のまとめをさせておく。

⑤ 導入

実験2の内容を想起させ、本時はそのまとめをするのを伝える。

⑥ 展開

水溶液の色はすべて無色であることを確認する。

アンモニア水と塩酸は刺激臭であることを確認する。

BTB溶液は、酸性が黄色、中性が緑色、アルカリ性が青色であることを確認する。さらに実験結果より、食塩水は中性であること、アンモニア水と石灰水はアルカリ性であること、塩酸は酸性であることを確認する。

加熱によりアンモニア水と塩酸の臭いが強くなることより、それぞれの溶質が気体であることに気付かせる。

炎色反応の色を確認する。必要に応じて演示する。また、炎色反応を一般化する

ために、水酸化ナトリウムや塩化カリウム水溶液について演示する。

塩酸と鉄の反応により、水素が発生することを確認する。また、金属と酸の反応を一般化するために、亜鉛やマグネシウムなどと塩酸が反応することを演示する。

⑦ 整理

食塩水、アンモニア水、石灰水、塩酸の違いをまとめる。

(3) 硝酸カリウムの溶解度

硝酸カリウムの水に対する溶解度は、 0°C で13.25、 20°C で31.58、 40°C で63.93、 60°C で109.21、 80°C で168.82、 100°C で244.83である。このように、温度に対する溶解度の変化が顕著であるため、よく溶解度の実験に用いられている。

しかし、温度を一定にして飽和溶液をつくっても、そのときの溶質の質量を調べることは困難である。また温度を一定に保つことも難しい。そこで、水10gに硝酸カリウムを5g～12g取らせ、飽和溶液になるときの温度を測定させる方法を使った。硝酸カリウムの質量は班毎に変えさせ、各班のデーターから溶解度曲線をつくるようにした。

実験に使用した硝酸カリウムはすべて回収し、水で再結晶して精製すれば、次回の実験で使用することができる。

① 目標

水の温度を変化させると、一定量の水に溶ける硝酸カリウムの質量はどのように変化するか調べさせる。

② 導入

小学校のときに学習したミョウバンなどの溶け方を想起させ、本時の学習目標を説明する。

③ 展開

班毎に5g～12gの硝酸カリウムを測り取らせ、10gの水に入れさせる。

よくかき混ぜながら、少しずつ加熱をさせ、硝酸カリウムの結晶が溶けるようすを観察させる。

結晶が溶け終わる温度を測定させる。次に水で冷却させ、結晶が出はじめる温度を測定させる。

結晶が溶け終わる温度と、結晶が出はじめる温度の差が小さくなるまで測定を繰り返させる。

④ 整理

硝酸カリウムの質量が異なると、結晶がすべて溶ける温度が異なることを確認する。

⑤ 導入

100mlのメスシリンダーに水を入れ、過マンガン酸カリウムの小さな結晶を水に落とし、結晶が溶けながら沈んでいくようすを見せ、溶解について学習することを伝える。

⑥ 展開

溶解について、粒子論的な立場で説明を行う。

前時実験3の結果を整理し、横軸に水の温度、縦軸に溶けた硝酸カリウムの質量をとってグラフ化させる。グラフが右上がりの曲線になっていることに気付く。

溶解度と溶解度曲線の説明を行う。

溶解度曲線により、温度を下げると結晶が析出することに気付かせ、次時の再結晶に軽くふれておく。

⑦ 整理

溶解、溶解度、溶解度曲線について確認する。

(4) アジピン酸の再結晶

再結晶の題材としては、水の温度変化において容易に結晶が析出するものが好ましい。ミョウバンは大きな結晶をつくることはできるが時間がかかり、また、小学校においても扱っている。硫酸銅は温度変化によって結晶を析出させるのは意外と困難である。そのような理由で硝酸カリウムがよく用いられるが、実験3の溶解度においても結晶が析出するので、重複感を避けることができない。ここでは、中学生には馴染みがないが、水の温度変化のみで容易にきれいな結晶がつけられるアジピン酸を用いることにした。アジピン酸 $\text{HOOC}(\text{CH}_2)_4\text{COOH}$ の水に対する溶解度は、 15°C では1.44であるが、 100°C では160になる。

実験では、不純物を取り除く目的で活性炭を使った。

① 目標

再結晶によって、アジピン酸の純粋な結晶を取り出させる。

② 導入

前時に学習した溶解度曲線を想起させ、溶液に含まれている溶質を取り出すにはどうしたらよいか考えさせ、本時の学習目標を説明する。

③ 展開

2gのアジピン酸と少量の活性炭に水20g加えさせる。

溶液が沸騰したらろ過させ、ろ液から析出するアジピン酸の結晶の成長のようすを観察させる。

アジピン酸の結晶の形をスケッチさせる。針状結晶が見られる。

物質によって結晶形が異なることを、サンプルや写真を使って確認させる。

④ 整理

再結晶、物質による結晶形の違いを確認する。

3. 物質の状態変化

物質の状態変化には、融解、凝固、蒸発、凝縮、昇華がある。このうち、融解、凝固、蒸発、凝縮は小学校4年生においてすでに学習している。ここでは、そのような状態変化において、質量は保存されるが、体積は変化することを中心として学習する。また、固体と気体の間で昇華が起こることにもふれておく。

物質の状態変化は、物質を構成する分子など構成粒子の結合力と熱運動の関係で説明ができる。溶解については粒子論的な立場で説明を行ったが、状態変化については分子の学習の後に粒子論的に説明を行うことにし、ここでは深入りしないようにした。

物質の状態変化は昇華からはいることにした。その理由は、再結晶に続く教材として、物質の精製という共通点があること、融解、凝固、蒸発、凝縮は、生徒の理解度も比較的良いからである。

物質の分離は、食用色素を加えた水から純粋な水を取り出す方法を使用した。例えば、みりんからエタノールを取り出すなど、身近な生活で使用しているものを題材とした方が良く考える。どのような題材が良いか現在検討中である。

現行の学習指導要領では密度の取り扱いが軽くなっており、密度にも簡単に触れることと明記されている。本校では定量実験の導入として、気体、液体、固体の密度の測定を実施している。密度の実験の前に、簡単に誤差と有効数字を取り扱うようにした。特に密度の計算では、質量を体積で割るため、何桁まで求めればよいか問題になるからである。

区分	学習内容	備考
第1時	パラジクロロベンゼンの昇華	実験書 実験5
第2時	パラジクロロベンゼンの融点	実験書 実験6
第3時	物質の状態変化	実験5、実験6のまとめ
第4時	エタノールの沸点	実験書 実験7
第5時	エタノールの沸点	実験7のまとめ
第6時	物質の分離	実験書 実験8
第7時	誤差と有効数字	密度の計算の準備
第8時	気体の密度	実験書 実験9
第9時	液体の密度	実験書 実験10
第10時	固体の密度	実験書 実験11

(1) パラジクロロベンゼンの昇華

ジクロロベンゼン $C_6H_4Cl_2$ には3異性体があり、オルトジクロロベンゼンの融点は $-17.6^{\circ}C$ 、メタジクロロベンゼンの融点は $-24.8^{\circ}C$ 、パラジクロロベンゼンの融点は $53^{\circ}C$ である。パラジクロロベンゼンは、衣服防虫剤の原料として使われている。

パラジクロロベンゼンの結晶は、分子どうしがファンデルワールス力で結合しているため昇華しやすい。他に昇華性の物質としては、ヨウ素、ナフタレン、ドライアイス、樟脳などがあるが、氷も昇華する。

昇華の実験では、温度を高く設定する方が短時間で観察が行える。しかし、パラジクロロベンゼンを使うときは、加熱は $50^{\circ}C$ までにしておく。パラジクロロベンゼンの融点が $53^{\circ}C$ であるため、これより高く設定すると融解も起こるからである。

① 目標

固体のパラジクロロベンゼンを加熱すると、どのような変化があるか調べさせる。

② 導入

防虫剤や芳香剤の体積が減少する理由について発問し、本時の学習目標を説明する。

③ 展開

パラジクロロベンゼンをビーカーの底に広げさせ、このビーカーを湯につけさせる。

氷水の入った丸底フラスコをビーカーの上にのせさせ、フラスコの底を観察させる。パラジクロロベンゼンの結晶がフラスコの底につく。

丸底フラスコについての結晶の形をスケッチさせる。板状や針状の結晶が見られる。

丸底フラスコの氷水の代わりに湯を入れさせ、結晶のようすを観察させる。

④ 整理

パラジクロロベンゼンは、固体→気体→固体→気体と変化したことをまとめる。

(2) パラジクロロベンゼンの融点

パラジクロロベンゼンの融点は 53°C であり、ナフタレンの融点は 81°C であるが、これらの混合物は、割合によっては体温でも融ける。ここでは、試料の純度が大切になる。しかし、ガスバーナーで温度をコントロールすることは大変難しく、概ね生徒の測定した融点は、実際の値より高いものになってしまう。したがって、生徒実験に使う試料は、それほど純度にこだわる必要がない。

パラジクロロベンゼンとナフタレンの混合物の融解する温度は、多くの生徒はそれぞれの融点の中間ぐらいと予想する。パラジクロロベンゼンの融点よりさらに低い温度で融解することは、生徒にとって意外な結果になる。融点降下は、蒸気圧の問題になるが、ここではくわしく説明できないので、事実にとどめておく。

試料を入れた毛細管を加熱するには、水を使っても可能であるが、沸点が 100°C であること、比熱が大きい (4.18J/gK (50°C)) ことを考えると、グリセリンの方が都合がよい。グリセリンの融点は 290°C (分解)、比熱は 2.43J/gK (50°C) である。また、本校では、融点測定管を使って実験させている。

① 目標

固体のパラジクロロベンゼンを加熱させ、融解する温度を測定させる。また、純粋な物質が融解する温度と、混合物が融解する温度を比較させる。

② 導入

実験5の内容を想起させ、液体のパラジクロロベンゼンは存在しないのか発問し、本時の学習目標を説明する。

③ 展開

毛細管に粉末状のパラジクロロベンゼンを詰めさせ、融点測定管を使って融点を測定させる。

毛細管に粉末状のナフタレンを詰めさせ、融点測定管を使って融点を測定させる。

パラジクロロベンゼンとナフタレンの混合物についても、融解する温度を測定させる。パラジクロロベンゼンより低い温度で融ける。

実験結果をまとめさせる。

④ 整理

パラジクロロベンゼンとナフタレンの融点は異なること、混合物はさらに低い温度で融解することを確認する。

(3) 物質の状態変化

物質の状態変化は、日常的なものについては生徒はよく知っている。小学校においても、水の状態変化について学習してある。しかし、非日常的变化については意外性があり、生徒の興味、関心を得ることが可能である。例えば、塩化ナトリウムが液体になることや、窒素などの気体が液体に変化することは、頭では理解していても、生徒にとっては意外性がある。是非とも実物を見せてやりたいものである。

塩化ナトリウムの融点は 800.4°C であり、マッフル炉を用いてガスバーナーで加熱すると、液体に変化する。

① 目標

物質はすべて固体、液体、気体と状態変化すること、また、融点は物質に固有の値であることを理解させる。

② 導入

マッフル炉を用いて塩化ナトリウムの液体を見せ、本時の学習目標を説明する。

③ 展開

物質の状態変化についてまとめ、融解、凝固、蒸発、凝縮、昇華を確認する。

状態変化において、体積は変化するが、質量は変化しないことに気付かせる。

実験6の結果を想起させ、融点は物質に固有の値であることを確認する。

実験6の結果を想起させ、混合物の融解はより低い温度で起こることを確認する。具体的な例として、海水や不凍液を紹介する。

④ 整理

状態変化、融解、凝固、蒸発、凝縮、昇華、融点について確認を行う。

(4) エタノールの沸点

沸点の測定については、実験時の気圧、温度計の精度、物質の純度が問題になる。しかし、気圧の補正は中学生には無理であるし、アルコール温度計のばらつきは数 $^{\circ}\text{C}$ にも及ぶ。温度については、デジタルの温度計もあるが、やはり器差はある。温度計というものは、温度差は信頼できるが、温度そのものについてはどれが正しいのか判断が難しい。ここでは、かなり誤差が出ることを承知の上で、アルコール温度計を用いて、純度99%以下のエタノールの沸点を測定させることにした。

実験書では、エタノールを加熱して温度変化を調べさせ、さらにエタノールと水の混合物の温度変化も調べさせる予定であったが、教育実習生の授業であったので、混合物については次時に演示実験で行うことに変更した。

液体の温度変化を演示実験で行うとき、温度変化をリアルタイムにグラフ化して見せると時間が短縮され、効果的である。マリス製パソコン計測・制御システムを用いると、ディスプレイ上にリアルタイムにグラフを表示することができる。また、2チャンネルであるため、同時に2つのデータを表示することができる。

① 目標

エタノールを加熱して、温度変化を調べさせる。また、純粋な物質が沸騰する温度と混合物が沸騰する温度を比較させる。

② 導入

融点は物質固有の値を示すことを想起させ、他に物質が何であるか知る手がかりになるものがないか発問し、本時の学習目標を説明する。

③ 展開

枝付きフラスコにエタノールを入れさせ、水浴で加熱させる。

30秒おきにエタノールの温度を記録させる。

実験結果をグラフ化させる。沸点付近で温度が一定になることに気付く。

グラフから得られたエタノールの沸点を発表させる。

<生徒実験によるデータ例>

79.6	79.4	79.4	79.8	80.0	79.0	79.1	79.2	79.3	79.4
79.8	79.4	79.8	81.2	79.0	79.0	79.2	79.2	79.8	80.2
80.0	79.6	79.4	80.8	79.8	79.2	79.5	79.3	—	79.1

④ 整理

エタノールの温度は、沸点付近で一定になっていることを確認する。

⑤ 導入

実験7の内容を想起させ、グラフから得られた沸点が理科便覧の値(78.3°C)よりすべて高いことを確認し、本時はその理由を考えることを伝える。

⑥ 展開

減圧の状態では、水は40°C程度で沸騰することを演示実験で見せ、気圧の変化によって沸点が変化することを知らせる。

水とエタノールの混合物を加熱したときの温度変化を、マリス製パソコン計測・制御システムアンブユニット温度測定器を用いてリアルタイムにグラフを表示させる。これにより、エタノールに水が混合しているとき、共沸する温度はエタノールの沸点(78.3°C)より高いことを知らせる。

アルコール温度計を5本提示し、それぞれの示している温度の違いを提示し、器具による誤差を知らせる。

実験結果が本来のエタノールの沸点より高い理由を考えさせる。理由として考えられることは、気圧の影響、エタノールの純度、アルコール温度計の器差などである。

⑦ 整理

沸点は物質固有の値であることを確認する。

(5) 物質の分離

現行の教科書では、物質の分離の題材として、水とエタノールの混合物、赤ワイン、みりんなどが用いられている。本校の実験書では、視覚的にわかりやすいという理由

で食用色素を加えた赤色の水を題材とした。ただし、沸点の違いの利用という観点から、液体の混合物の方が説明が容易である。また、みりんなど身近な題材を使うことも、興味、関心という点ではすぐれている。

① 目標

蒸留の操作を使って、色のついた液体から純粋な水を取り出させる。

② 導入

沸点の違いを利用して物質を分離することはできないか発問し、本時の学習目標を説明する。

③ 展開

枝付きフラスコに入れた試料を加熱させる。

出てきた液体を氷水で冷却させながら試験管に受けさせる。

試験管にたまった液体の観察をさせる。無色の水が試験管にたまっている。

枝付きフラスコに残った液体の色を観察させる。蒸留前に比べ、赤色が濃くなっている。

④ 整理

蒸留と分留についてまとめる。

(6) 誤差と有効数字

ふつう中学校では、誤差や有効数字については扱わない。しかし、密度の測定では、質量を体積で割るため、生徒はどこまで計算したらよいかわからない。また、教科書などの値と比較するとき、何桁まで合えばよいかもわからない。したがって、簡単な有効数字の取り扱いができた方がよいと考え、密度の学習の前に計画した。

① 目標

誤差の意味を知らせ、有効数字の取り扱いができるようにする。

② 導入

定規を2本並べ、15.0cmの位置がずれていることに気付かせ、本時の学習目標を説明する。

③ 展開

絶対誤差と相対誤差について説明する。

有効数字を定義する。

足し算・引き算の計算では、誤差を含む数を1桁だけでもつようにすることを説明し、練習を行わせる。

かけ算・わり算の計算では、桁数の小さいものに合わせることを説明し、練習を行わせる。

④ 整理

誤差、有効数字の意味を確認し、足し算・引き算、かけ算・わり算の有効数字を考慮した計算方法についてまとめる。

(7) 気体の密度

気体の密度は、スプレー缶から一定量の気体を取り出し、スプレー缶の質量の差と

取り出した気体の体積から求めることができる。しかし、感量10mgの電子天秤を用いても、気体の質量は2桁である。したがって、求める密度の有効数字は2桁になる。

ここでは、窒素と酸素のスプレー缶を用いて、それぞれの気体の密度を測定させることにした。水に対する溶解度(20°C、1atmにおける水1cm³に溶ける体積[cm³])は窒素が0.017、酸素が0.033である。気体の質量が2桁になるので、有効数字は2桁として処理をすることになる。したがって、気体の水に対する溶解度は特に考慮はさせないようにした。気体が水に溶解すると、実際の体積より測定値が小さくなるから、密度としてはより大きな値が出ることになる。

① 目標

窒素と酸素の密度を測定させる。

② 導入

状態変化を想起させ、状態変化において密度が変化することを確認し、本時の学習目標を説明する。

③ 展開

窒素または酸素の入ったスプレー缶の質量を電子天秤で測定させる。

スプレー缶から90ml~100mlの気体を出させ、その体積をメスシリンダーで測定させる。

気体を出した後のスプレー缶の質量を電子天秤で測定させる。

スプレー缶から出した窒素と酸素の質量を計算させる。

実験結果より、窒素と酸素の密度を計算させる。

各班より算出された密度の値を発表させる。

<各班の結果>

窒素の密度 [g/l]

	1班	2班	3班	4班	5班	6班	7班	8班	9班	10班
A	1.1	0.87	0.98	1.3	1.1	1.2	1.1	1.2	1.4	1.1
B	1.9	0.44	1.1	0.56	1.1	1.2	1.0	1.1	1.3	1.1
C	2.3	1.3	1.2	1.2	1.2	0.97	1.4	1.2	1.1	1.2
D	1.1	0.78	0.88	0.78	1.1	0.70	1.1	1.4	1.2	1.1

酸素の密度 [g/l]

	1班	2班	3班	4班	5班	6班	7班	8班	9班	10班
A	1.1	2.2	1.1	2.7	1.4	1.5	1.4	1.5	1.1	1.2
B	1.3	2.8	1.3	1.1	1.1	1.3	1.1	1.2	1.4	3.7
C	4.7	1.3	1.2	1.3	0.88	1.4	1.4	1.3	1.2	1.3
D	1.5	1.3	2.1	0.89	1.2	1.2	1.3	2.0	1.6	1.2

④ 整理

この実験における有効数字は2桁であり、窒素の密度は、1.2g/l(20°C)、酸素の密度は1.3g/l(20°C)であることを確認する。

(8) 液体の密度

液体の密度は、体積の測定が問題になる。10mlのメスシリンダーの最小目盛りは、0.1mlであり、その1/10まで読むと3桁の測定が可能である。しかし、メスシリンダーの最小目盛りの1/10まで読むことは困難であるし、中1の生徒には無理である。そこで、10mlのホールピペットを使って液体を10ml取らせることにした。このホールピペットは、公差が0.02mlである。また、液体をスクリー管に入れて電子天秤で質量を測定させた。これは体積測定後に液体が蒸発するのを防ぐためである。

① 目標

水とエタノールの密度を測定させる。

② 導入

実験9の結果の確認を行い、本時の学習目標を説明する。

③ 展開

スクリー管の質量を電子天秤で測定させる。

水とエタノールをホールピペットを用いて10ml取らせ、スクリー管に移させる。

液体とスクリー管全体の質量を電子天秤で測定させる。

実験結果より、水とエタノールの密度を計算させる。

各班より算出された密度の値を発表させる。

<各班の結果>

水の密度〔g/cm³〕

	1班	2班	3班	4班	5班	6班	7班	8班	9班	10班
A	.960	.999	.993	.993	.994	1.00	1.00	1.00	1.00	.997
B	.995	.994	1.03	.996	.983	.993	.964	.999	.994	.994
C	.998	.997	.998	.995	.997	.995	.996	.999	.998	.992
D	.995	.996	.999	.994	.997	.999	.996	.995	.995	.997

エタノールの密度〔g/cm³〕

	1班	2班	3班	4班	5班	6班	7班	8班	9班	10班
A	.781	.750	.790	.788	.788	.788	.789	.784	.788	.791
B	.781	.781	.781	.791	.785	.788	.788	.790	.788	.787
C	.788	.788	.788	.783	.784	.781	.784	.788	.788	.785
D	.784	.780	.771	.779	.784	.788	.787	.787	.787	.789

④ 整理

この実験における有効数字は3桁であり、水の密度は0.999 g/cm³ (12~18°C)、エタノールの密度は0.789 g/cm³ (20°C)であることを確認する。

(9) 固体の密度

固体の体積は直接測定することはできない。したがって、メスシリンダーに水を入れ、その中に固体を入れて、間接的に固体の体積を測定する。メスシリンダーの精度を考えると、10mlのものをを用いるのがよい。しかし、10mlのメスシリンダーの中に固

体を入れるためには、かなり小さなものでなくてはならない。小さな固体であれば体積を3桁にすることは難しくなる。そこで、細長い形の固体を使うことにした。鉄は大きな釘を、銅は太い導線を用意した。

① 目標

鉄と銅の密度を調べさせる。

② 導入

実験10の結果の確認を行い、本時の学習目標の説明を行う。

③ 展開

メスシリンダーの種類を紹介し、その使い方の説明を行う。

金属の質量を電子天秤で測定させる。

水を入れたメスシリンダーに金属を入れさせ、金属の体積を測定させる。

実験結果より、金属の密度を計算させる。

各班より算出された密度の値を発表させる。

<各班の結果>

鉄の密度〔g/cm³〕

	1班	2班	3班	4班	5班	6班	7班	8班	9班	10班
A	7.85	7.92	7.59	7.86	8.05	7.75	7.85	7.86	7.79	7.85
B	7.36	7.78	7.83	7.98	7.81	7.79	7.84	7.85	8.10	7.85
C	7.80	7.94	7.98	7.83	7.81	7.47	8.34	7.79	7.86	7.84
D	7.88	7.79	7.88	7.90	7.89	7.84	7.84	7.84	7.86	8.00

銅の密度〔g/cm³〕

	1班	2班	3班	4班	5班	6班	7班	8班	9班	10班
A	8.91	8.92	8.92	8.87	8.83	8.92	8.96	8.93	8.75	8.92
B	8.54	8.88	8.69	8.98	8.92	8.77	9.11	8.90	9.09	8.92
C	8.77	8.93	8.29	8.92	9.02	8.92	9.12	8.83	8.94	8.77
D	8.94	8.87	8.95	9.03	8.98	8.92	8.91	8.93	8.94	8.81

④ 整理

この実験における有効数字は3桁であり、鉄の密度は7.86 g/cm³ (20°C)、銅の密度は8.93 g/cm³ (20°C)であることを確認する。

4. 気体の発生

気体については、小学校で酸素や二酸化炭素を学習している。ここでは、アンモニアと水素を中心に計画した。

アンモニアは実験2でアンモニア水を学習しているので、それを想起させるとよい。ここでは、塩化アンモニウムと水酸化カルシウムを反応させると発生すること、アンモニアは水によく溶けること、水溶液がアルカリ性であることを中心に学習させる。

水素も実験2で少し学習している。亜鉛などの金属と塩酸などの酸を反応させると水素が発生すること、水素はよく燃える気体であり、酸素と混合すると爆発することを中

心に学習させる。中2の最初に学習する燃焼や、水の分解、合成にもつなぐことを意識している。

区分	学習内容	備考
第1時	アンモニア	実験書 実験12
第2時	水素	実験書 実験13
第3時	気体の発生と性質	実験12、実験13のまとめ

(1) アンモニア

アンモニアが水によく溶けることを示す方法として、噴水実験がある。乾いた丸底フラスコにアンモニアを捕集する。フラスコ内のアンモニアに水を少量入れると、アンモニアが水に溶け、フラスコ内の気圧が下がることによって噴水現象が起こる。アンモニアの学習では、この噴水実験を導入に使い、興味付けをした上で、アンモニアの性質を調べる生徒実験に移ることにした。

この実験では、器具がすべて乾燥していることが必要であるので、休憩時間を利用して電気乾燥機で器具の乾燥を行った。

① 目標

アンモニアをつくらせ、その性質を調べさせる。

② 導入

アンモニアの噴水実験を見せ、その原理を考えさせ、本時の学習目標の説明を行う。

③ 展開

塩化アンモニウムと水酸化カルシウムを反応させ、アンモニアを上方置換で捕集させる。

捕集した試験管を水槽の水の中で倒立させ、試験管のゴム栓を抜かせる。アンモニアが水に溶け、試験管の中にいきよよく水が入ってくる。

試験管に入った水の液性を、リトマス試験紙で調べさせる。リトマス試験紙はアルカリ性を示す。

試験管に入った水に少量のネスラー試薬を加えさせる。溶液は黄色に変化する。

④ 整理

アンモニアの作り方、アンモニアの性質を確認する。

(2) 水素

水素はよく燃える気体であるが、水素の中ではろうそくは燃えないことに生徒は気付きにくい。水素を捕集した集気瓶の口を下に向け、火のついたろうそくを口から入れると、ろうそくの火は消える。しかし、集気瓶の口では水素が燃えているため、ろうそくを集気瓶から出すとろうそくに火が移り、再び燃え出す。これを演示すると、生徒は集気瓶の口で水素が燃えているのが見えないので、非常に不思議がる。演示する者としてはマジックショーの気分である。

また、水素は気体の中で最も密度が小さいが、容器内で水素分子は熱運動のため拡散する。水素を捕集した集気瓶を上、空気の入った集気瓶を下にして集気瓶の口と口を重ねて数分間放置する。生徒は水素が軽いから、集気瓶の中で空気と混ざらないと考える。ところが、ろうそくの火をそれぞれの集気瓶の口に近づけると、同じように爆発が起こる。このとき空気が入っていた集気瓶を指し、「こちらの集気瓶には水素は入っていませんね。」と言いながら火をつけると、効果満点である。

これらを演示実験で示し、生徒に興味付けを行った上で、生徒実験に移ることにした。

① 目標

水素をつくらせ、その性質を調べさせる。

② 導入

水素の入った集気瓶の中に、火のついたろうそくを入れたり出したりする。集気瓶の口で水素が燃えるため、集気瓶の中ではろうそくの火が消えるが、集気瓶から出すと再び燃え出す。

空気の入った集気瓶の上に、水素の入った集気瓶を口をつけて重ねる。しばらくしてから、それぞれの集気瓶の口に火のついたろうそくを近づける。両方の集気瓶とも水素の爆発が起こる。

以上の実験を見せることによって水素の対する興味付けを行い、本時の学習目標を説明する。

③ 展開

水素を発生させ、試験管に捕集させる。

試験管の口をガスバーナーの火に近づけさせる。ボンという音がして、水素が燃える。

試験管内で空気と水素を混合させ、試験管の口をガスバーナーの火に近づけさせる。激しい音がして、水素が爆発する。

最も激しく爆発する条件を見い出させる。水素：酸素の体積が2：1のとき、最も激しく爆発する。したがって、水素：空気の体積が2：5のとき最も激しく爆発する。

キップの装置の紹介を行う。

④ 整理

水素の作り方と性質を確認する。

(3) 気体の発生と性質

実際に実験を行ったのはアンモニアと水素であったが、ここでは、すでに学習している酸素と二酸化炭素についてもふれておく。また、色の付いている気体として二酸化窒素も演示実験で見せる。二酸化窒素は、色の付いている気体というだけでなく、窒素酸化物の一例として環境問題を意識した授業が行える。塩化水素は、中3の酸の学習で取り扱う予定である。

① 目標

酸素、二酸化炭素、アンモニア、水素、二酸化窒素について、その作り方と性質

をまとめ、気体についての理解を深めさせる。

② 導入

前時に行った水素の演示実験を想起させ、ろうそくの火は水素の中では燃えないこと、水素は空気と混ざること気付かせ、本時の学習目標の説明を行う。

③ 展開

二酸化窒素を発生させ、色が付いていることを確認させる。

いろいろな気体の作り方についてまとめる。

いろいろな気体の性質についてまとめる。

④ 整理

気体の作り方、その性質を確認する。

Ⅲ. おわりに

中1の段階では、次の2つが大きな目標であった。

- ・身のまわりにある物質に注目させ、それに共通する性質を把握させる。
- ・物質を扱う上で必要な基本的な操作能力を養う。

この1年間で3項目の基礎操作、13項目の生徒実験を実施したわけであるが、化学の授業が22時間であったから、1.4時間に1つの基礎操作、もしくは生徒実験を実施したことになる。確かに実験技術は向上した。特に液体と固体の密度の測定に於ける結果は、大いに満足ができるものであった。

水の密度では、 0.999 g/cm^3 の値を出した班が5あり、 $0.998 \sim 1.000 \text{ g/cm}^3$ を出した班が12あった。誤差の範囲内で30%の班が一致した。エタノールの密度では、 0.789 g/cm^3 を出した班が2あり、 $0.788 \sim 0.790 \text{ g/cm}^3$ を出した班が17あった。誤差の範囲内で43%の班が一致した。

鉄の密度では、 7.86 g/cm^3 の値を出した班が4あり、 $7.85 \sim 7.87 \text{ g/cm}^3$ を出した班が9あった。誤差の範囲内で23%の班が一致した。銅の密度では、 8.93 g/cm^3 の値を出した班が3あり、 $8.92 \sim 8.94 \text{ g/cm}^3$ を出した班が15あった。誤差の範囲内で38%の班が一致した。

生徒の実験レポートは、実験ごとに提出させているが、毎回10枚以上のレポートを提出する生徒が1割程度いる。これはある生徒のレポートを授業で紹介したため、そのクラスの主に女子生徒に影響を与えたようである。しかし、全体的に考察が不十分である。また、考察の課題を見い出せない生徒も多い。

中1の3学期に、原子番号1番から20番の元素記号を覚えることを課題とした。中2で化学式を学習するための準備としてである。本校では、中1で元素記号、中2で化学式と化学反応式、中3でイオン式を覚えさせることにしている。元素記号は化学式、化学反応式、イオン式の基礎となるものだから、何度も小テストを重ねて定着をはかった。

文献

中学校指導書 理科編 (文部省)

理化学辞典 (岩波書店)

理科年表 (丸善)

The Merk Index 9th

岡 博昭・井野口弘治 「中学・高校理科 (化学分野) 実験の工夫」

— 中学生用化学実験書の作成 — 本校研究集録第36集 (1994) p.145-163

附属天王寺方式化学のカリキュラム

—中学化学実験書を用いた授業展開（その2）—

おか 博 昭・井野口 弘 治

I. はじめに

中学校学習指導要領をふまえて、本校化学科では、実験の技能の習熟、化学的なもの見方・考え方、基本概念の定着を目指して、中高6カ年の化学の学習内容を検討し、6年間のカリキュラムを作成した。その目標は、次のようなものである。

「人間をとりまく環境を『物質』の立場から検討させ、それに対応する基本的な技能を育てる。」

さらに、6年間で大きく4つの時期に分け、具体的な目標を設定した。そのうち中2に関係するのは、次の通りである。

① 中学校前期

- ・身のまわりにある物質に注目させ、それに共通する性質を把握させる。
- ・物質を扱う上で必要な基本的な操作能力を養う。

② 中学校後期

- ・物質の性質が、ミクロな構造から生じていることを把握させる。
- ・定量的な実験の操作能力、処理能力を養う。

附属天王寺方式化学のカリキュラム—中学化学実験書を用いた授業展開（その1）—では、中学校1年生理科（化学分野）の授業の計画と展開について述べた。ここでは、中学校2年生理科（化学分野）の授業の計画と展開について述べる。

II. 授業の計画と展開

中学校2年生の理科（化学分野）では、次の内容が目標となっている。

化学変化についての観察、実験を通して、化合、分解などにおける物質の変化やその量的な関係について理解させるとともに、これらの事象を原子、分子のモデルと関連付けてみる見方や考え方を養う。

いろいろな化学変化の学習を通して微視的物質概念を養い、原子や分子のモデルを使って化学変化を説明できるようにすることがねらいである。従来の方法では酸化、還元、分解、化合の学習の後に原子、分子の考え方をし、最後に化学式、化学反応式を学習させることになっている。しかし、中2の最後に化学反応式の学習をしても、中3になるとすぐにイオンの学習に移るため、化学反応式が定着しないという問題点があった。そこで、できるだけ中2の早期に原子や分子のモデルを導入し、中2の後半において十分化学反応式が使えるようなカリキュラムを考えた。

ドルトンの原子説はラボアジエの質量保存の法則とブルーストの定比例の法則によって導かれたと考えられている。ラボアジエは金属の酸化の定量実験によって、フロギストン

説を否定し、新しい燃焼の理論を構築しただけでなく、質量保存の法則を見出ししている。彼の代表的な実験は、ガラス製レトルトの中で液体水銀を加熱し、酸化によって空気が消費されていることを証明したものである。

一方ブルーストは、ベルトレと対立しながらも、炭酸銅の成分は実験室でつくられたものであっても天然から得られたものであっても、その成分は一定の質量比の銅、炭素、酸素を含んでいることを示した。

以上のような化学史をもとに、スチールウールの燃焼を使って質量保存の法則を、粉末銅の酸化を使って定比例の法則を導き、酸化銀の熱分解を使って単体を学習させ、原子説に展開することにした。また、原子、分子の学習の後に、化学式、化学反応式に慣れさせ、後半の化学変化の学習においては、できるだけそれらを使う機会を多くもつように工夫した。次に年間の授業計画を示す。

区 分	学 習 内 容	時間配当
第1次	金属の酸化と還元	6
第2次	原子と分子	7
第3次	化学変化	12

1. 金属の酸化と還元

燃焼の学習では、金属と非金属を取り扱うことになっているが、非金属の燃焼については水素の学習である程度ふれている。また、有機物の燃焼については、生物分野の呼吸の学習でふれることができる。ここでは、金属を中心にして、酸化、還元、分解、質量保存の法則、定比例の法則を取り扱うことにした。分解については、第3次化学変化でもスパイラルに取り扱うことにした。

区 分	学 習 内 容	備 考
第1時	スチールウールの燃焼	実験書 実験14
第2時	スチールウールの燃焼	実験14のまとめ
第3時	金属の酸化と質量変化	実験書、実験15
第4時	金属の酸化と質量変化	実験15のまとめ
第5時	酸化銅と炭素の反応	実験書 実験16
第6時	酸化銅と炭素の反応	実験16のまとめ

(1) スチールウールの燃焼

スチールウールを空気中で燃焼させると、約42%が四酸化三鉄になり、約53%が酸化鉄(Ⅲ)になると言われているが、燃焼の条件によりそれらの比は変化すると考えられる。したがって、燃焼により質量は増加するが、増加率(燃焼後の質量/燃焼前の質量)は一定にならない。ここでは、燃焼により質量が増加するにとどめておく。

丸底フラスコに酸素を入れ、ニクロム線ではさんだスチールウールに1 A程度の電流を流すと、スチールウールは燃え出す。この閉鎖系におけるスチールウールの燃焼の実験により、質量保存の法則を示すことができるだけでなく、燃焼によりフラスコ内の酸素が消費されていることも示すことができる。

① 目標

スチールウールを燃やし、燃焼前と比べてどのような変化があるか調べさせる。

② 導入

マグネシウムリボンの燃焼を見せ、金属の燃焼についての興味付けを行い、本時の学習目標を説明する。

③ 展開

丸めたスチールウールをガスバーナーを使って燃焼させる。

燃焼の前後の質量の変化を調べさせる。

スチールウールと燃焼後の酸化物の違いを観察させる。

質量の増加率を発表させる。どの班も質量が増加するが、増加率は一定にはならない。

④ 整理

燃焼により質量が増加したこと、性質が変化したことを確認する。

⑤ 導入

実験14の内容を想起させ、燃焼によって質量が増加したことを確認し、本時はその理由を考えることを伝える。

⑥ 展開

酸化と燃焼の説明を行う。

300mlの丸底フラスコに酸素を吹き込み、その中で丸めたスチールウールを閉鎖系で燃焼させる。

燃焼後の容器全体の質量は、燃焼前の容器全体の質量と同じであることを示す。

丸底フラスコの気圧が下がっていることを、トラップをつけた装置に色水が移動することにより示す。

気圧が下がっている理由を考えさせ、フラスコ内の酸素が燃焼により消費されたことに気付かせる。

空気を入れた丸底フラスコの全体の質量が増加していることを示す。消費された酸素と同体積の空気がフラスコに入ったことに気付く。

質量保存の法則について説明する。

⑦ 整理

酸化、燃焼、質量保存の法則を確認する。

(2) 金属の酸化と質量変化

市販の粉末銅には、空気酸化による酸化銅(I)と酸化銅(II)が多少含まれている。これらの酸化銅は、濃塩酸を加えて加熱すると概ね除去することができる。粉末銅を酸化するとき、加熱温度が300°C程度であれば、加熱時間が十分でも酸化生成物は酸化銅(I)が主である。加熱温度が700°C以上であれば、30分以上加熱すること

により酸化生成物のほとんどは酸化銅(Ⅱ)になる。しかし50分の授業では、20分間加熱するのが限界である。質量は、電子天秤で測定させることにした。

① 目標

銅が酸素と化合して酸化銅になるとき、銅の質量と化合した酸素の質量の間にはどのような関係があるか調べさせる。

② 導入

スチールウールを燃焼すると質量が増加したことを想起させ、本時の学習目標を説明する。

③ 展開

ステンレス皿の質量を電子天秤で測定させる。

班毎に、0.40 g～1.30 gの粉末銅をステンレス皿に広げさせ、ガスバーナーで強熱させる。

20分強熱した後、ステンレス皿と酸化銅の質量の和を、電子天秤で測定させる。

生成した酸化銅の質量を算出させる。

算出した質量増加率を発表させる。

<各班の結果>

質量増加率(酸化銅の質量/銅の質量)

	1班	2班	3班	4班	5班	6班	7班	8班	9班	10班
A	1.15	1.20	1.20	1.16	1.18	1.14	1.17	1.18	1.18	1.15
B	1.15	1.08	1.10	1.16	1.15	1.16	1.18	1.17	1.20	1.18
C	1.18	1.18	1.17	1.14	1.20	1.17	1.16	1.18	1.18	1.18
D	1.20	1.22	1.20	1.17	1.19	1.17	1.19	1.18	1.18	1.19

質量増加率の理論値は1.25であり、生徒の結果はすべて理論値より小さな値になっている。加熱時間が不足したためであると考えられる。ただし、1班～6班までは粉末銅の質量が2桁であるため、有効数字は2桁と考えることができる。全体のデータの有効数字を2桁と考えると、9割の班の質量増加率は1.2になっている。

④ 整理

粉末銅を加熱すると酸化銅ができ、質量は約1.2倍になることを確認する。

⑤ 導入

実験15の内容を想起させ、本時は実験結果をグラフ化することを伝える。

⑥ 展開

実験結果を確認し、金属と結びついた酸素の質量を求めるにはどうすればよいか考えさせる。

質量保存の法則より、金属の酸化物の質量から金属の質量を引いた差が、金属と結びついた酸素の質量であることに気付く。

横軸に銅の質量、縦軸に銅と結びついた酸素の質量をとって結果をグラフ化させる。

パソコンを利用して、他のクラスの結果のグラフを紹介する。
銅と結びついた酸素の質量は、銅の質量に比例することに気付かせる。
比例の割合をグラフの傾きから求めさせる。約0.2になることがわかる。
他の金属についても資料で紹介し、定比例の法則を説明する。

⑦ 整理

金属と結びつく酸素の質量は、金属の質量に比例することを確認する。

(3) 酸化銅と炭素の反応

還元剤としては水素が最も良いが、危険性がある。したがって、生徒実験には炭素を使うことにした。しかし、炭素を還元剤として使用すると、量的関係を出しにくい
ため、演示実験で水素を還元剤として使用することにした。水素による還元は、大阪
府高等学校校理化学教育研究会編化学 I B 実験書の方法にもとづいて行った。

① 目標

酸化銅と炭素粉末の混合物を加熱すると、どのような変化をするか調べさせる。

② 導入

金属の酸化物からもとの金属を取り出すにはどのようにすればよいか考えさせ、
本時の学習目標の説明を行う。

③ 展開

実験15でつくった酸化銅と炭素粉末の混合物を試験管の中で加熱させる。

加熱による混合物の色の変化に注目させる。

試験管から二酸化炭素が発生したことを、石灰水の白濁により確認させる。

加熱後、試験管から試料を取り出させ、質量を測定させる。金属の酸化物より質
量が減少していることに気付く。

④ 整理

酸化銅と炭素を反応させると、銅と二酸化炭素ができたことを確認する。

⑤ 導入

実験16の内容を想起させ、本時は水素を使って酸化銅を銅に変えることを伝え
る。

⑥ 展開

前時の実験結果のまとめを行う。銅の生成については、色が変わったこと、質量
が減少したこと、濃硝酸と反応させると二酸化窒素が発生したことにより確認する。

還元の説明を行う。酸化、還元については、受動態で表現すること、すなわち、
「酸化銅は還元されて銅になる」「炭素は酸化されて二酸化炭素になる」のように
表現することにふれる。

純度100%の酸化銅0.80 gが完全に還元されたら銅が何 g できるか考えさせる。
計算により0.64 gの銅ができることに気付く。

酸化銅と水素の反応の実験の説明を行い、演示実験する。

実験により、0.80 gの酸化銅から0.66 gの銅ができたことを示す。

銅の質量が予想より0.02 g大きい理由を考えさせる。実験15で生徒が使った酸化
銅を使用したため、純度が100%ではない。0.80 gの酸化銅から0.66 gの銅が得ら

れたから、酸化銅／銅=1.21であり、これは実験15の値とほぼ一致する。

⑦ 整理

酸化銅と水素が反応すると、銅と水ができることを確認する。

2. 原子と分子

中2の化学分野の最大の目標は、微視的物質観の育成である。これは、中学校3年間の学習においても、最も大切な概念の育成であると考えられる。本校化学科の6年間の目標である「人間をとりまく環境を『物質』の立場から検討させ、それに対応する基本的な技能を育てる。」の物質を理解させる上にも、微視的物質概念は重要なものである。

歴史的に見ると、物質観は粒子説と連続説の対立からはじまる。中世に於けるまでアリストテレスの物質観は優位を保ったが、ある意味ではそれまでは哲学の世界であった。1661年ボイルは、彼の著書「懐疑的化学者」の中で推論のかわりに事実を即した、実際的な方法で元素を定義した。この本の中で、彼は実験の重要性を主張している。その後、ラヴォアジェ、プールのストにより化学の基本法則が発見され、1803年のドルトンの原子説に到るのである。

ここの学習においては、化学史を重視して物質観の歴史からはじめた。そのため、中学校では元素は扱わないことになっているので、単体の学習を行った。単体は、酸化銀や水の分解を題材とした。単体の構成粒子としてドルトンの原子説を紹介することにした。ドルトンの原子説を支持するものとして倍数比例の法則、支持しないものとして気体反応の法則を紹介し、アボガドロの分子説につなぐようにした。中学校で取り扱う物質には、気体以外は分子性物質はほとんどなく、イオン性物質である塩が多い。イオンは中3で取り扱うので、分子以外の物質として紹介することにした。分子の学習の後に、化学式、化学反応式と展開することにした。

区分	学習内容	備考
第1時	酸化銀の熱分解	実験書 実験17
第2時	単体と化合物	水の電気分解
第3時	物質観と原子説	化学史
第4時	倍数比例の法則と気体反応の法則	化学史
第5時	分子説	化学史
第6時	化学式	分子モデル
第7時	化学反応式	分子モデル

(1) 酸化銀の熱分解

酸化銀は値段が高いため、生徒実験には向いていない。しかし、水の電気分解より還元との結びつきがよく、また結果の説明が容易である。電気分解は、中3で学習する内容であり、水の電気分解については、中学生に対して生成物の説明がイオンの立

場でできない。したがって、あえて酸化銀の熱分野を生徒実験として行った。

酸化銀は黒色の粉末であり、 160°C で分解がはじまり、 250°C では激しく酸素を放出する。したがって、酸化銀を試験管に入れ、ガスバーナーで加熱するだけで容易に分解が起こる。

① 目標

酸化銀を加熱すると、どのような変化があるか調べさせる。

② 導入

酸化銅を銅にもどす化学変化を想起させ、本時の学習目標の説明を行う。

③ 展開

2.0 gの酸化銀を試験管内で加熱させる。

発生した気体を水上置換法で捕集させ、気体の中に火のついた線香を入れさせる。線香は炎を上げて燃えるので、酸素であることがわかる。

試験管に残った物質について調べさせる。試験管には粉末状の白色物質が残るが、堅いものでこすると光沢が出る。銀の同定は難しいので、光沢で銀と推論させる他はない。

生成物の質量を測定させ、酸化銀の質量より減少していることに気付かせる。

④ 整理

酸化銀を加熱すると、酸素と銀ができることを確認する。

(2) 単体と化合物

酸化銀の熱分解の例だけであると一般性に欠けるので、水の電気分解を演示実験として扱うことにした。水の電気分解は、実験書では生徒実験（実験22）として計画していたが、内容の精選において演示実験として扱うことにした。

水の電気分解は、島津製 Hofmann H型電気分解装置を用い、電極は白金を使用した。また、酸素と水素を飽和した約5%の水酸化ナトリウム水溶液を電気分解した。これは、発生した酸素や水素が水に溶解するのを防ぐためである。

① 目標

酸化銀や水の分解は、化合物から単体ができる反応であることに気付かせる。

② 導入

実験17の内容を想起させ、本時の学習目標を説明する。

③ 展開

実験17の量的関係について発表させる。生成する銀の理論値は1.86 gであるが、半数以上の班の結晶が1.85~1.87 gであった。

水の電気伝導性について、演示実験で示す。水道水ではわずかに電流を通すが、蒸留水ではほとんど通さない。もちろんこれは使用する電流計の精度を基準としている。

水酸化ナトリウム水溶液を加えると、電流が通ることを演示して示す。

水の電気分解の方法について説明する。

演示実験を行う。

両極から発生した気体の体積を生徒に読み取らせる。

〈演示実験の結果〉

A組 水素：24.4ml、酸素：12.0ml 水素：酸素=2.03：1.00

B組 水素：22.5ml、酸素：11.2ml 水素：酸素=2.01：1.00

C組 水素：28.2ml、酸素：14.0ml 水素：酸素=2.01：1.00

D組 水素：22.0ml、酸素：10.8ml 水素：酸素=2.04：1.00

水素は燃えること、酸素は火のついた線香が炎を上げて燃えることを示して、生成物が水素と酸素であることを確認する。

銀、水素、酸素は、それ以上分解できないことを説明し、単体と化合物の定義を行う。

④ 整理

水は水素と酸素からできていることを確認する。

(3) 物質観と原子説

古代ギリシャの物質観は、デモクリトス（BC. 470～380）の古代原子説とアリストテレス（BC. 384～322）の四元説に代表される。アリストテレスの四元説は、エンペドクレスによって考え出されたものであり、ヘラクレイトスの火、アナクシメネスの空気、ターレスの水、エンペドクレスによってつけ加えられた土の四元素がこの世の物質のもとであると考えられた。また、古代インドの四大説では地・水・火・風が、中国の五行説では火・水・木・金・土が物質のもとであると考えられていたが、これは偶然の一致である。

デモクリトスの古代原子説は、その後約2000年もの間ほとんど問題にされることはなかったが、現代において新しい科学的方法による努力によって原子論は最終的に勝利を収めたのである。この授業は、このような物質観の変遷を伝えるために計画した。

① 目標

物質観の変遷を説明し、物質は原子からできていることを知らせる。

② 導入

うすくした金の電子顕微鏡写真（約1300万倍）を提示して、本時の学習目標を説明する。

③ 展開

物質観の変遷を説明する。

ドルトンの原子説を説明する。

ドルトンの原子説で、質量保存の法則と定比例の法則が説明できるか考えさせる。原子のモデルで質量保存の法則や定比例の法則の説明ができることに気付く。

④ 整理

物質は原子という粒子からできていることを確認する。

(4) 倍数比例の法則と気体反応の法則

倍数比例の法則は、ドルトンが1803年に発表したものである。倍数比例の法則は原子論的概念と見事に適合し、彼の原子説を有力に指示した。

一方、ゲイ・リュサックは2体積の水素と1体積の酸素が反応して水を生じること

を発見し、1808年に気体反応の法則を発表した。また、アボガドロは、気体は等しい数の粒子は等しい体積を占めるという仮説の必要性を指摘し、1811年にアボガドロの仮説を発表した。これらの発表は、気体の構成単位粒子は原子ではないことを示唆するものであった。ところが、アボガドロの分子説は、その後約半世紀の間、認められなかったのである。この授業は、ドルトンの原子説を指示する倍数比例の法則と、指示しない気体反応の法則、アボガドロの仮説を紹介することにより、分子の考え方を導入する目的で計画した。

① 目標

ドルトンの原子説では説明できない発見があったことを伝える。

② 導入

ドルトンの原子説を想起させ、本時の学習目標を説明する。

③ 展開

炭素の酸化物である一酸化炭素と二酸化炭素の成分の質量比を提示する。

一酸化炭素…炭素：酸素＝3：4

二酸化炭素…炭素：酸素＝3：8

一酸化炭素と二酸化炭素では、同一質量の炭素を化合する酸素の質量比は1：2であることに気付かせる。

銅の酸化物である酸化銅（Ⅰ）と酸化銅（Ⅱ）の成分の質量比を提示する。

酸化銅（Ⅰ）…銅：酸素＝8：1

酸化銅（Ⅱ）…銅：酸素＝4：1

酸化銅（Ⅰ）と酸化銅（Ⅱ）では、同一質量の銅と化合する酸素の質量は1：2であることに気付かせる。

倍数比例の法則を紹介し、原子説で説明できるか考えさせる。

水の電気分解の実験を想起させる。

水素の体積：酸素の体積＝2：1であったことを確認する。

水素と酸素の密度を用いて、水素の質量と酸素の質量を計算させる。

質量保存の法則より、分解された水の質量を計算させる。

水の質量より、水蒸気の体積を計算させる。ただし、水蒸気の体積は温度補正し、実験時の気温に換算したものである。

<計算結果>

A組 水素：24.4ml、酸素：12.0ml、水蒸気：23.7ml

水素：酸素＝2.03：1.00：1.98

B組 水素：22.5ml、酸素：11.2ml、水蒸気：22.1ml

水素：酸素＝2.01：1.00：1.97

C組 水素：28.2ml、酸素：14.0ml、水蒸気：27.5ml

水素：酸素＝2.01：1.00：1.96

D組 水素：22.0ml、酸素：10.8ml、水蒸気：21.3ml

水素：酸素＝2.04：1.00：1.97

いずれも、水素：酸素：水蒸気＝2：1：2になった。

気体反応の法則を説明する。

ユージオメーターを用いて、水素と酸素を体積 2 : 1 で混合し、点火してみせる。

④ 整理

倍数比例の法則と気体反応の法則について確認し、中1のときに実施した実験13水素を想起させ、気体反応の法則と実験13の結果を照合させる。

(5) 分子説

1808年ゲーリュサックは気体反応の法則を発表した。当初、彼はドルトンの原子説を支持する立場をとった。しかし、ドルトンは気体反応の法則に反対した。その理由は、水蒸気の密度が酸素の密度より小さいこと、また、2体積の水蒸気が生じることを説明できなかったからである。

1811年アボガドロは分子の仮説を発表した。この仮説は、1865年に法則として認められた。それは、分子の存在と分子数についての正しさが証明されたからである。しかし、当初ドルトンはアボガドロの法則の妥当性を認めようとせず、また、ベルセリウスが単体の気体を2原子分子と考えることに反対した。彼は、電気的2元論の立場をとっていたからである。

化学史的に見ても、アボガドロの分子説は、当時なかなか認められることはなく、それだけ説明が難しいことを意味している。したがって、中学生に分子の存在を気付かせることは困難であると考えられる。ここではいわゆる教え込みにならざるを得ない。

① 目標

気体は分子からできていることを知らせる。

② 導入

気体反応の法則を想起させ、本時の学習目標を説明する。

③ 展開

同温、同圧のもとで、同体積中に同数の原子が含まれていると仮定する（アボガドロの仮説）。

気体反応の法則が、ドルトンの原子説で説明できないことに気付く。

アボガドロの分子説を紹介する。

分子説で気体反応の法則が説明できることに気付く。

④ 整理

気体は分子からできていることを確認する。

(6) 化学式

化学を学習する上で、化学式と化学反応式は共に重要であり、これらを使いこなすことができるかどうかは、今後の化学の学習に大きな影響を及ぼす。化学式は、とにかく覚えさせる必要がある。また、何度も繰り返して授業で使う機会を保障することが大切である。

本時の学習までに、中1において原子番号1番から20番までの元素記号を覚えさせた。また、夏期休暇中を利用して次の化学式を覚えることを課題とした。その成果を確認するため、本時から授業の最初に10回小テストを繰り返した。小テストは、10題出題し、10点満点の採点をした。10点満点を取れた生徒を合格とし、そうでない生徒

は、放課後を使って追試を行った。

課題とした化学式は、次の通りである。

NH₃、CO、AlCl₃、NH₄Cl、CaCl₂、AgCl、CoCl₂、HCl、FeCl₂、FeCl₃、CuCl₂、
NaCl、BaCl₂、H₂O₂、KMnO₄、Ag₂O、Fe₂O₃、Cu₂O、CuO、MgO、Fe₃O₄、
HNO₃、KNO₃、AgNO₃、KOH、Ca(OH)₂、Fe(OH)₃、NaOH、Ba(OH)₂、
H₂CO₃、(NH₄)₂CO₃、CaCO₃、NaHCO₃、Na₂CO₃、MgCO₃、SO₂、SiO₂、CO₂、
NO₂、MnO₂、H₂BO₃、AlK(SO₄)₂、FeS、CuS、H₂SO₄、CuSO₄、Na₂SO₄、BaSO₄

原子における不対電子の数のイオンの価数を知っていれば、化学式は比較的容易に覚えることができるが、中2のこの段階では単に暗記するしか方法がない。そこで、次のような工夫をしてみた。

原子、および原子団を6つに分類し、それぞれ左1、左2、左3、右1、右2、右3とする。化合物をつくるときは、「左」と「右」が結合する。また、「左」と「右」の数は、積が等しくなるようにすると決める。たとえば、左1が1個と右1が1個結合するが、左1が2個と右2が1個結合する。ただし、いくつかの例外が存在する。

左1	左2	左3	右1	右2	右3
NH ₄	Ca	Al	Cl	O	BO ₃
Ag	Co	Fe	NO ₃	CO ₃	
H	Fe		OH	S	
Na	Cu		MnO ₄	SO ₄	
K	Ba		HCO ₃		
Cu	Mg				

化学式の小テストの平均点の推移は、次の通りである。

回数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
平均点	6	7	7	7	8	8	8	8	8	9

この結果より、小テストを何度も繰り返すことにより、化学式が定着していくことがわかる。

① 目標

化学式を使えるようにする。

② 導入

物質は原子や分子からできていることを想起させ、本時の学習目標を説明する。

③ 展開

分子からできている物質の例を紹介する。例として、今までに学習した次のものを上げる。

水素、酸素、水、二酸化炭素、アンモニア

水素原子、酸素原子、窒素原子、炭素原子の結合の手の数を紹介する。結合の手の数とは、原子に存在する不対電子の数のことである。

丸善製分子構造模型を使って、水素分子、酸素分子、水分子、アンモニア分子、二酸化炭素分子のモデルを考えさせる。

分子モデルから化学式を導く。

今までに学習した分子性物質の分子モデルと化学式を紹介する。

分子からできていない物質の例を紹介する。例として、今までに学習した次のものを上げる。

銅、塩化ナトリウム、酸化銅(Ⅱ)

例として紹介した物質の化学式を示す。

今までに学習した物質の化学式を紹介する。

④ 整理

物質は化学式で表すことができることを確認する。

(7) 化学反応式

化学反応式は決して暗記するものではなく、つくるものとする。したがって、ここでは作り方を中心に扱うことにした。具体的な方法として、分子の学習で利用した丸善製分子構造模型を使うことにした。この模型を使うことにより、質量保存の法則とは、反応前と反応後の原子の種類と数が等しくなることであると理解できる。

① 目標

化学反応式が使えるようにする。

② 導入

化学式を想起させ、本時の学習目標を説明する。

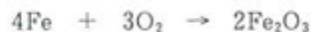
③ 展開

水の分解を例として、モデルを使うことより化学反応式を導く。

アンモニアの合成を例として、モデルを使うことにより化学反応式を導く。

炭素による酸化銅(Ⅱ)の還元を例として、化学反応式を導く。

その他の反応を、化学反応式で示す。例として、今までに行った実験の反応を使う。



ハーバーとボッシュによって完成されたアンモニアの合成は、世界の歴史を変えたことにふれる。

④ 整理

化学反応は、化学反応式で示すことができることを確認する。

3. 化学変化

中2で取り扱う化学変化は、主に化合と分解である。化合によって化合物を定義し、分解によって単体を導くのがねらいである。しかし、本カリキュラムにおいては、酸化と分解をすでに扱い、原子・分子のモデルに展開してきた。ここでは、化学反応式を用いて、生成物の予想を行わせること、化学変化の範疇を広げることを主なねらいとして計画した。さらに後半においては、化学変化の量的関係について考察させることをねらいとした。

区分	学習内容	備考
第1時	鉄と硫黄の反応（その1）	実験書 実験18
第2時	鉄と硫黄の反応	実験18のまとめ
第3時	鉄と硫黄の反応（その2）	実験書、実験19
第4時	使い捨てカイロ	発熱反応
第5時	炭酸水素ナトリウムの分解	実験書 実験20
第6時	炭酸水素ナトリウムの分解	実験20のまとめ
第7時	炭酸アンモニウムの分解	実験書 実験21
第8時	炭酸アンモニウムの分解	実験21のまとめ
第9時	化学変化と質量	実験書 実験23
第10時	化学変化と質量	実験23のまとめ
第11時	金属と酸の反応	実験書 実験24
第12時	金属と酸の反応	実験24のまとめ

(1) 鉄と硫黄の反応（その1）

鉄粉と硫黄粉末の混合物を試験管に入れ、その上部をガスバーナーで加熱すると反応が起こる。この反応は発熱反応であり、混合物の一部が反応しはじめると、その反応熱のため加熱しなくても他の部分に反応が進む。ただし、鉄粉は粒子の細かいものが必要で、本校では特級の鉄粉を使用している。

中学校の化学では、反応熱は扱わないことになっている。しかし、鉄と硫黄の反応を考察する上で、反応熱は必要なことからであると考えられる。

① 目標

鉄と硫黄の反応を観察させ、その生成物の性質を調べさせる。

② 導入

実験14スチールウールの燃焼の結果を想起させ、鉄は酸素以外の物質と結びつくことはないか発問し、本時の学習目標を説明する。

③ 展開

鉄粉14gと硫黄粉8gを測り取らせ、乳鉢の中でよく混合させる。
混合物を口径18mmの試験管に移させ、混合物の上部をガスバーナーで加熱させる。
反応がはじまったら加熱を止めさせる。加熱を止めても反応が続くようすが観察できる。

反応終了後、試験管を割ることにより、生成物を取り出させる。

生成物のようすを観察させ、少量を塩酸に加えさせる。硫化鉄と塩酸が反応すると、硫化水素が発生する。硫化水素は毒性の気体であるから、大量に吸い込まないように注意させ、部屋の換気に気をつける。

鉄粉を塩酸に加えさせ、水素が発生することを確認させる。

④ 整理

鉄と硫黄が反応すると硫化鉄ができることを確認する。

⑤ 導入

前時の実験内容を想起させ、本時は化合について学ぶことを伝える。

⑥ 展開

化合を定義する。

化合の例として、硫黄蒸気の中に加熱した導線を入れ、硫化銅ができる反応を演示する。

実験18鉄と硫黄の反応及び演示した硫化銅ができる反応の化学反応式を考えさせる。

酸化も化合の一種であることを説明する。

今までに学習した酸化の例として、実験13水素、実験14スチールウールの燃焼、実験15銅の酸化と質量変化等の化学反応式を考えさせる。

化合物を定義し、物質は化合物と単体に分類できることを説明する。

酸化物も化合物の一種であることを説明する。

⑦ 整理

化合と化合物について確認する。

(2) 鉄と硫黄の反応(その2)

鉄粉と硫黄粉末を水で練って団子状にしておくと、やがて反応がはじまり、発熱する。しかし、40℃まで温度が上昇するには時間がかかり、特に気温が低い冬ではなかなか反応がはじまらない。

鉄粉とイオン粉末に活性炭と少量の硫酸鉄を加え、水で練ると、気温が低い冬でも1分以内に反応がはじまり、約90℃まで温度が上昇する。この方法を用いて、鉄と硫黄の反応は発熱反応であることを確認させるようにした。ただし、硫酸鉄を加える説明を避けるため、あらかじめ硫黄粉末に混ぜておき、生徒にはそれを伝えないようにした。

活性炭は、使用前によく焼いておく方が実験がうまくいく。古くなった活性炭は水分を含み、酸素の供給が十分に行えないと考えている。この実験において、なぜ活性炭を加えるのか説明が困難である。活性炭の役割については、次時の使い捨てカイロで扱うことにした。

① 目標

鉄と硫黄の反応に、加熱が必要かどうか調べさせる。

② 導入

実験18の内容を想起させ、加熱を止めたのに反応が続いた理由を考えさせ、本時の学習目標を説明する。

③ 展開

鉄粉16g、硫黄粉末8g、活性炭1.7を乳鉢の中でよく混合させる。

乳鉢に水5ml加え、混合物をよく練り合わせ、蒸発皿に移させる。このころから湯気が出はじめる。

蒸発皿の混合物にアルコール温度計をさし込ませる。温度は90℃付近まで上昇する。

温度が下がり出してから、生成物を観察させる。

④ 整理

鉄と硫黄の反応によって熱が出ることを確認する。

(3) 発熱反応を利用した使い捨てカイロ

使い捨てカイロを知らない生徒はいない。しかし、使い捨てカイロは、化学変化を利用して知っている中学生はあまり多くない。身近なところに発熱反応を利用したものがあるということを教えるために、使い捨てカイロを題材とした授業を計画した。

あるメーカーの使い捨てカイロの原材料は次のように明記されている。

鉄粉、水、活性炭、ヒル石、食塩

使い捨てカイロは、鉄の酸化による反応熱を利用している。



食塩によって酸化を促し、活性炭は鉄分に適度に空気を供給している。また、ヒル石は保水材としてのほたらきがある。

① 目標

活性炭に含まれている物質を確認させる。

② 導入

身近なところで使われている発熱反応にはどのようなものがあるかを考えさせ、本時の学習目標を説明する。

③ 展開

使い捨てカイロに磁石を近づける。ネオジウム磁石であれば、使い捨てカイロの袋ごとつく。

試験管に使い捨てカイロを入れ、ガラス管のついたゴム栓をはめ、ガラス管の他端は水につける。ガラス管内の水位が上昇し、酸素が消費されていることに気付く。

ステンレス皿に活性炭をのせ、ガスバーナーで加熱する。二酸化炭素が発生したことを石灰水で確認することにより、炭素が含まれていたことに気付く。

活性炭に水を加え、よくかき混ぜた後に自然ろ過する。ろ液を炎色反応で調べると、

黄色の炎が見られる。これにより、ナトリウム成分 (Na^+) が含まれていることに気付く。

ろ液に硝酸銀水溶液を加えると、溶液が白く濁る。これにより、塩素成分 (Cl^-) が含まれていることに気付く。

④ 整理

使い捨てカイロは発熱反応を利用していることを確認する。

(4) 炭酸水素ナトリウムの分解

炭酸水素ナトリウムは重曹(重炭酸ソーダ)とも呼ばれ、身近なところではベーキングパウダーなどに含まれている。炭酸水素ナトリウムは 300°C 以上で分解し、炭酸ナトリウムと水と二酸化炭素になる。試験管に入れ、ガスバーナーで加熱するだけで容易に分解する。生成物である水や二酸化炭素の検出は簡単であるが、炭酸ナトリウムは中学生にとって同定が難しく、教え込みにならざるを得ない。

炭酸水素ナトリウムの水溶液は弱アルカリ性であり、炭酸ナトリウムの水溶液は強アルカリ性である。したがって、フェノールフタレイン溶液を加えたときの色が、前者は薄い赤色、後者は濃い赤色になり、違いはよくわかる。しかし、これは生成物が炭酸水素ナトリウムでないことは明らかであるが、炭酸ナトリウムに変化したという証拠にはならない。

そこで、中学校では扱わないが、あえて炭酸塩に酸を加えたり、加熱すると二酸化炭素が発生することについてふれることにした。

① 目標

炭酸水素ナトリウムを加熱させ、生成物が何であるか調べさせる。

② 導入

ベーキングパウダーのはたらきを考えさせ、本時の学習目標を説明する。

③ 展開

試験管に入れた 3 g の炭酸水素ナトリウムを加熱させ、発生する気体を水上置換方で捕集させる。

発生した気体を、化学式から類推させる。化学式から類推すると、水素、酸素、二酸化炭素の可能性がある。

可能性のある気体の調べ方を想起させ、それぞれ確認させる。石灰水が白濁することより、二酸化炭素であることに気付く。

試験管に残った白色粉末の水溶液にフェノールフタレイン溶液を加えさせる。溶液は濃い赤色になる。

炭酸水素ナトリウムの水溶液にフェノールフタレイン溶液を加えさせる。溶液は薄い赤色になり、試験管に残った白色粉末は炭酸水素ナトリウムではないことに気付く。

試験管の口に付いている液体を、青色の塩化コバルト紙につけさせる。塩化コバルト紙は赤色に変化するので、水ができていることに気付く。

④ 整理

炭酸水素ナトリウムを加熱により分解すると、水と二酸化炭素と白色の固体がで

きることを確認する。

⑤ 導入

実験20の内容を想起させ、水と二酸化炭素以外にできた生成物について調べるところを伝える。

⑥ 展開

分解を定義する。

例として、水の分解と酸化銀の分解を想起させ、化学反応式を使って生成物からその物質の成分を知ることができることを説明する。

炭酸水素ナトリウム、水、二酸化炭素の化学式より、白色粉末の生成物にはナトリウム原子が含まれていることに気付かせる。

炎色反応で、黄色の炎が出ることを確認する。

白色粉末の生成物に塩酸を加えて、二酸化炭素が発生することを確認させる。

炭酸ナトリウムや炭酸カルシウムに塩酸を加えて二酸化炭素が発生することを確認させる。炭酸塩に塩酸を加えると二酸化炭素が発生することに気付く。

白色粉末の生成物は、ナトリウム原子を含んだ炭酸塩であることに気付く。

炭酸ナトリウムの水溶液にフェノールフタレイン溶液を加え、濃い赤色になることを示す。

炭酸水素ナトリウムの分解の化学反応式を考えさせる。

⑦ 整理

炭酸水素ナトリウムを加熱により分解すると、炭酸ナトリウムと水と二酸化炭素ができることを確認する。

(5) 炭酸アンモニウムの分解

炭酸アンモニウムは、空気中に放置すると徐々に炭酸水素アンモニウムになるが、580℃で熱分解すると、水と二酸化炭素とアンモニアが生成する。

この分解では、気体が2種類発生する。生成物の二酸化炭素とアンモニアの水に対する溶解度が大きく違うため、発生する気体を2本の試験管の中の水に通すと、1本目はアルカリ性を示し、2本目は酸性を示す。これは生徒にとって意外な現象であり、非常に興味を示す。また、考察の能力を高めるのに適当な教材であると考えられる。

ただし、分解の温度が比較的高いため強熱する必要があり、生成する水によって実験中によく試験管が割れる。

① 目標

炭酸アンモニウムを加熱させ、生成物が何であるか調べさせる。

② 導入

炭酸アンモニウムをアルミニウムの皿にのせ、ガスバーナーで加熱する。加熱により何も残らないのを確認させ、本時の学習目標を説明する。

③ 展開

乾いた試験管に炭酸アンモニウムを2g入れさせ、ガスバーナーで加熱させる。

発生する気体を、BTB溶液を加えた水の入った2本の試験管に通させる。1本目の試験管の液は青色になり、2本目の試験管の液は黄色になる。アンモニア臭が

することにより、アンモニアが発生したことに気付く。

さらに、3本目の試験管に石灰水を入れさせ、発生した気体を通させる。3本目の試験管の石灰水は白濁するため、二酸化炭素が発生したことに気付く。

加熱した試験管の口についている液体に、青色の塩化コバルト紙をつけさせる。塩化コバルト紙は赤色に変化するため、水が生成したことに気付く。

④ 整理

炭酸アンモニウムを加熱により分解すると、アンモニアと二酸化炭素と水が生成することを確認する。

⑤ 導入

実験21の内容を想起させ、本時は1本目の試験管の水がアルカリ性を示し、2本目の試験管の水が酸性を示した理由を考えることを伝える。

⑥ 展開

炭酸アンモニウムが分解すると、アンモニアと二酸化炭素と水が生成したことを確認する。

炭酸アンモニウムの分解の化学反応式を考えさせる。

アンモニアと二酸化炭素の水に対する溶解度を示す。水1mlにアンモニアは753ml、二酸化炭素は0.94ml溶解する。

2gの炭酸アンモニウムから生成するアンモニアと二酸化炭素の体積を提示する。アンモニアは941ml、二酸化炭素は470ml発生することになる。

発生したアンモニアと二酸化炭素がすべて溶解するのに必要な水の体積を提示する。アンモニア941mlが溶解するには水は1.3ml必要であり、二酸化炭素470mlが溶解するには水が500ml必要である。

1.3mlの水と500mlの水を提示する。

このことより、発生したアンモニアはすべて1本目の試験管の水に溶解するのでアルカリ性を示し、二酸化炭素は2本目、3本目の試験管を移動するため、2本目の試験管の水は酸性を示し、3本目の石灰水が白濁したことに気付く。

⑦ 整理

アンモニアと二酸化炭素の溶解度の差によって、1本目の試験管の水と2本目の試験管の水の液性が異なったことを確認する。

(6) 化学変化と質量

炭酸カルシウムに塩酸を反応させると、二酸化炭素が発生する。この反応をビーカーなどの開放系で行うと、発生した二酸化炭素の質量だけ全体の質量が減少する。一方ポリエチレン瓶などを用いて閉鎖系で行うと、反応の前後で全体の質量は保存される。両者を比較することにより、質量保存の法則を導くことができる。

今回実施しているカリキュラムでは、すでに質量保存の法則は扱っているが、大切な基本概念はスパイラルに繰り返すことを方針としているため、あえてこの時期に計画した。また、単に質量保存の法則を復習する意味だけではなく、化学変化を量論的にとらえさせ、次の金属と酸の反応の実験につなぎたいと考えている。

ポリエチレン瓶を用いて閉鎖系で反応させ、反応の前後で容器全体の質量に変化が

ないことを気付かせるためには、瓶から気体が漏れないようにする必要がある。そのため、うち蓋のついているポリエチレン瓶を用意した。発生した二酸化炭素により瓶に圧がかかるため、瓶の素材はポリエチレンが適当と考える。また、圧が高すぎると危険なため、二酸化炭素が発生しても1.5atm以下になるように試薬の量を決めた。

瓶のふたを開けると、二酸化炭素の一部が外に逃げ、瓶全体の質量が減少する。厳密に言うと、質量の減少分は発生した二酸化炭素の質量に一致しない。0.50 gの炭酸カルシウムから0.22 gの二酸化炭素が発生する。20℃において体積は約120mlである。またポリエチレン瓶の容積は約290mlであり、その中に空気が入っている。瓶に入っている空気の質量は、20℃で0.35 gである。したがって、ポリエチレン瓶の中の二酸化炭素と空気の混合気体を考えたとき、その密度は1.4 g/lとなり、混合気体120mlの質量は0.17 gとなる。ただし、この実験においては、ポリエチレン瓶の蓋を開ける時間に伴い、瓶内の二酸化炭素が空気中に拡散することが考えられるので、質量の減少は0.17～0.22 gの可能性はある。

① 目標

密閉された容器内で気体を発生させ、反応の前後で容器全体の質量がどうなるか調べさせる。

② 導入

ビーカー内で炭酸カルシウムと塩酸を反応させ、反応後の全体の質量が0.23 g減少したことを確認させる。質量保存の法則を想起させ、本時の学習目標を説明する。

③ 展開

ポリエチレン瓶に塩酸 (6mol/l) 2.0ml入っている口径10mmの試験管と0.50 g (0.0050mol) の炭酸カルシウムを入れさせる。

瓶全体の質量を電子天秤で測定させる。

瓶を傾けさせ、塩酸と炭酸カルシウムを反応させる。二酸化炭素が発生して、ポリエチレン瓶がわずかにふくらむ。

瓶全体の質量を測定させる。反応の前と変化していないことに気付く。

瓶のふたを開けさせ、気体を逃がした後、瓶全体の質量を測定させる。質量が減少していることに気付く。

実験結果をまとめさせる。

結果を発表させる。

<各班の結果>

減少した質量 (瓶の蓋をあける前後に於ける質量差) [g]

	1班	2班	3班	4班	5班	6班	7班	8班	9班	10班
A	0.20	0.17	0.17	0.18	0.22	0.22	0.23	0.24	0.22	0.22
B	0.18	0.21	0.19	0.18	0.17	0.19	0.21	0.18	0.23	0.18
C	0.18	0.19	0.20	0.20	0.23	0.19	0.22	0.22	0.26	0.18
D	0.16	0.21	0.23	0.16	0.20	0.45	0.20	0.18	0.17	0.19

④ 整理

発生した二酸化炭素を逃がさないように工夫をすれば、気体が発生する化学変化においても質量保存の法則が成り立つことを確認する。

⑤ 導入

実験23を想起させ、本時は量論的に考察することを伝える。

⑥ 展開

実験結果の確認を行い、化学反応式を考えさせる。

発生した二酸化炭素の質量を求めるにはどうしたらよいか考えさせる。ポリエチレン瓶の蓋を開けたときの瓶全体の質量の減少分を求めればよいことに気付く。

実験結果より、発生した二酸化炭素の質量を求めさせる。

二酸化炭素の質量を体積に換算するには、どうすればよいか考えさせる。密度を使って計算すればよいことに気付く。

発生した二酸化炭素の体積を計算させる。計算により、理論値の120ml程度であることがわかる。

発生した二酸化炭素の体積を求めることにより、反応後にポリエチレン瓶がわずかにふくらんだこと、瓶の蓋を開けたときに音がしたことの理由が説明できる。

生徒実験における減少分の質量が理論値の0.22gより小さな値が多い理由についてふれる。ポリエチレンの瓶にもともと空気が入っているので、瓶から出た気体は二酸化炭素と空気の混合物であることに気付く。

⑦ 整理

反応する塩酸の量と炭酸カルシウムの量には何か関係がないかを考えさせ、次時の予告を行う。

(7) 金属と酸の反応

マグネシウムリボンは、純度が99.9%であり、ほとんど不純物が含まれていない。したがって、塩酸と反応することによって発生する水素の量は定量的である。ここでは、マグネシウムリボンの質量を変化させ、一定量の塩酸と反応させることにより、発生する水素の量に限界があり、過不足なく反応するマグネシウムと塩酸の量を見い出させることが目的である。

物質量を学習すると、化学変化を量論的に考察できるが、中2の段階ではそれができない。したがって、ここでは実験結果をグラフ化させ、そのグラフの形から量論的な考察をさせたいと考え、この授業を計画した。気体の体積は、気温や気圧によって変化する。また、メスシリンダーに水上置換法で捕集させてその体積を読み取らすわけであるが、水圧も体積に影響する。250mlのメスシリンダーの最小目盛りは2mlであり、10cm程度の水圧の影響は体積の約1%程度である。

① 目標

マグネシウムと塩酸を反応させ、マグネシウムと生成物の量的関係について調べさせる。

② 導入

実験23を想起させ、炭酸カルシウムと塩酸に量的関係があるか考えさせる。

マグネシウムリボンと塩酸が反応して気体が発生するのを見せ、本時の学習目標を説明する。

③ 展開

班毎にマグネシウムリボンの質量を変えさせ、二また試験管の一方に入れさせる。

二また試験管の他方に、塩酸 (2mol/l) 8 l を入れさせる。

二また試験管を傾けさせ、マグネシウムと塩酸を反応させる。

発生する水素を、水上置換法で250mlのメスシリンダーに捕集させ、水素の体積を測定させる。

マグネシウムの質量と発生した水素の体積を発表させる。

<各班の結果>

A組のMgの質量とH₂の体積

	1班	2班	3班	4班	5班	6班	7班	8班	9班	10班
Mg	0.08	0.10	0.12	0.14	0.16	0.17	0.19	0.21	0.22	0.25
H ₂	72	99	120	132	160	168	182	187	186	179

B組のMgの質量とH₂の体積

	1班	2班	3班	4班	5班	6班	7班	8班	9班	10班
Mg	0.08	0.10	0.12	0.14	0.16	0.18	0.19	0.21	0.22	0.25
H ₂	80	36	122	—	164	173	176	230	189	188

C組のMgの質量とH₂の体積

	1班	2班	3班	4班	5班	6班	7班	8班	9班	10班
Mg	0.08	0.10	0.12	0.13	0.15	0.17	0.19	0.20	0.23	0.25
H ₂	80	91	122	134	161	173	182	180	180	182

D組のMgの質量とH₂の体積

	1班	2班	3班	4班	5班	6班	7班	8班	9班	10班
Mg	0.08	0.10	0.12	0.14	0.16	0.18	0.19	0.21	0.23	0.25
H ₂	81	100	120	143	154	178	181	189	181	178

なお、塩酸の濃度は2.0mol/lであり、体積は8.0mlである。したがって塩酸がすべて反応すると発生する水素は0.0080molであり、0℃、1 atmで180mlになる。

④ 整理

マグネシウムの質量が増えると、発生した水素の体積も増えるが、あるところで水素の体積が一定になることを確認する。

⑤ 導入

実験24の内容を想起させ、本時は水素の体積を質量に換算し、結果をグラフ化して量的関係を考えることを伝える。

⑥ 展開

発生した水素の体積を質量に換算するにはどうすればよいかを考えさせる。密度を使って計算すればよいことに気付く。

密度を使って水素の体積を質量に換算する。

マグネシウムの質量と発生した水素の質量を発表させる。

横軸にマグネシウムの質量、縦軸に発生した水素の質量を取らせて、結果をグラフ化させる。

グラフの特徴を考えさせる。あるところまでは水素の質量はマグネシウムの質量に比例するが、それ以降は水素の質量は一定であることに気付く。

グラフから、 2mol/l の塩酸 8ml と過不足なく反応するマグネシウムの質量と、そのとき発生する水素の質量を求めさせる。理論値であるマグネシウム 0.19g 、水素 0.016g に近い値を求めることができる。

⑦ 整理

一定量の塩酸と反応するマグネシウムの質量は決まっていることを確認する。

III. おわりに

中2の段階では、次の4つが大きな目標であった。

- ・身のまわりにある物質に注目させ、それに共通する性質を把握させる。
- ・物質を扱う上で必要な基本的な操作能力を養う。
- ・物質の性質が、ミクロな構造から生じていることを把握させる。
- ・定量的な実験の操作能力、処理能力を養う。

この1年間で10項目の生徒実験を実施した。2.5時間に1つの生徒実験を行ったことになる。中1では3項目の基礎操作と13項目の生徒実験を実施したから、それより幾分余裕のある展開であった。その結果、授業において実験の考察に十分時間をかけることができた。また、必要に応じて演示実験を行い、その結果を考察に生かすようにした。例えば、実験14のスチールウールの燃焼では、次時に閉鎖系でのスチールウールの燃焼を演示した。実験16の酸化銅と炭素の反応では、次時に水素による還元を演示した。実験17の酸化銀の熱分解では、次時に水の電気分解を演示した。実験19の鉄と硫黄の反応(その2)では、次時に使い捨てカイロの成分を調べる実験を演示した。実験20の炭酸水素ナリウムの分解では、次時に炭酸塩の性質を調べる実験を演示した。

微視的物質概念を養うために、化学式や化学反応式の学習において、分子モデルを活用した。分子モデルは、おもに高等学校の有機化学の分野で活用しているが、今回中学生で試し、効果があることがわかった。分子は見えない世界のものであり、たとえモデルであっても視覚に訴える方が効果は大きい。

定量実験は、実験14のスチールウールの実験、実験15の金属の酸化と質量変化、実験17の酸化銀の熱分解、実験22の化学変化と質量、実験23の金属と酸の反応の5つである。このうち、実験15と実験22では、各班の条件を変えて結果をグラフ化させ、そのグラフの考

察を行わせた。ある程度考察に耐えうるグラフが作成できた。また、演示実験においても酸化銅の還元や水の電気分解では定量を行い、中2としては高度な考察を展開した。これらの授業によって、考察力が向上することを期待している。

授業時間に多少余裕ができたので、最後に実験25分子の大きさを実施した。0.1%のオレイン酸のベンゼン溶液を1滴墨汁を流した水面に落とし、墨汁の模様を紙に写し取ってその面積を計算する。生徒が出した結果は10~20Å程度であった。この実験では、分子が非常に小さいものであることを実感できれば、それで十分である。今後年間計画に組み込むときは、この実験は分子の学習の後に実施する方がよいと考えている。

文献

中学校指導書 理科編 (文部省)

理化学辞典 (岩波書店)

化学の歴史 アイザック・アシモフ (河出書房)

岡 博昭・井野口弘治 「中学・高校理科 (化学分野) 実験の工夫」

—金属の酸化の定量実験 (その3) 本校研究集録第32集 (1990) p.123—
128

岡 博昭・井野口弘治 「中学・高校理科 (化学分野) 実験の工夫」

—中学生用化学実験書の作成— 本校研究集録第36集 (1994) p.145—163

兵庫県南部地震の大阪付近の震度階分布

— 生徒のアンケートによる —

しば やま もと ひこ
柴 山 元 彦

1995年1月17日に明石海峡付近を震央とする兵庫県南部地震が起きた。その2日後から7日後までに本校生徒に対し、震度階のアンケート調査を行った。その結果、大阪では上町台地付近は揺れが少なく、平野部分では気象庁発表よりもさらに大きな震度階になっていることが分かった。また、特に震度の高い異常震域が淀川の北側部分や上町台地周辺近くに発生していることが分かった。この資料を元に授業展開を試みた。

1. はじめに

これまで体験したことのないような激い縦揺れが、突然起きようとしていた朝の寝床を襲い、必死で逃げようとしたが次にきた横揺れで動けないまま柱に捕まっている間におさまった。その間1分もなかったが、その後も緩やかな揺れが3分ほど続き、その間も何もできずに茫然としていたが、まさかあのような大災害になっていたとはその時は思いもよらなかった。自宅は地盤が比較的堅い上町台地にあったため揺れが少しはましであったのであろう。

気象庁発表のこの地震に関する主なデータは以下のようなものである。

発生日時：	1995年1月17日 5時46分		
震央位置：	北緯 34.6度	、東経 135.0度	(明石海峡)
震源深さ：	14km	マグニチュード：	7.2
最大震度：	7		
神戸海洋気象台の記録より			
最大加速度：南北成分 818ガル、東西成分617ガル、上下成分332ガル			

この地震による被害は甚大で、死者5,500名以上、負傷者27,000名以上、家屋の被害100,000棟以上、火災による焼失面積100ha、電気、ガス、水道の供給停止の膨大な数、鉄道、道路の損壊多数におよんだ。この数字は1984年の福井地震(死者3,769名、負傷22,203名)を上回り、今世紀の地震としては関東地震に次ぐ地震災害となった。

地震予知はかなり困難な現状の中で、私達ができることは自分の住んでいる場所の地盤の状態や家の状態を知ることと、いざ起きたときの備えである。その中でも地盤についてはあまり知られることはなかった。しかし今度の地震の各地の揺れを細かく調べると、どのような地盤がどの程度揺れるかが分かるはずである。そこで生徒を対象にアンケート調査を実施した。

本稿の一部は全国理科教育研究大会(1995年8月滋賀県草津市)で口頭発表した。

2. アンケート調査

これまで地震があるごとに震度階調査を行ってきたので、調査の準備はいつも用意してあったためすぐに実施できた。というのも昨年の10月から兵庫県猪名川町付近の群発地震が多発していたため、いつでもアンケートを取る準備をしていた。

地震発生の翌日から1週間以内に、自分が授業を受け持っているクラスに限って調査を実施した。

調査の方法は河角の震度階を漫画で説明した震度階決定用紙(図1)と大阪周辺(本校生徒の通学範囲=通学時間1時間30分以内)の鉄道路線、市町村境界などの記入した地図を配布し、その地図上に自分の住んでいる所を記入させ、漫画の震度階から震度を決定させた数値を記入させて提出させた。

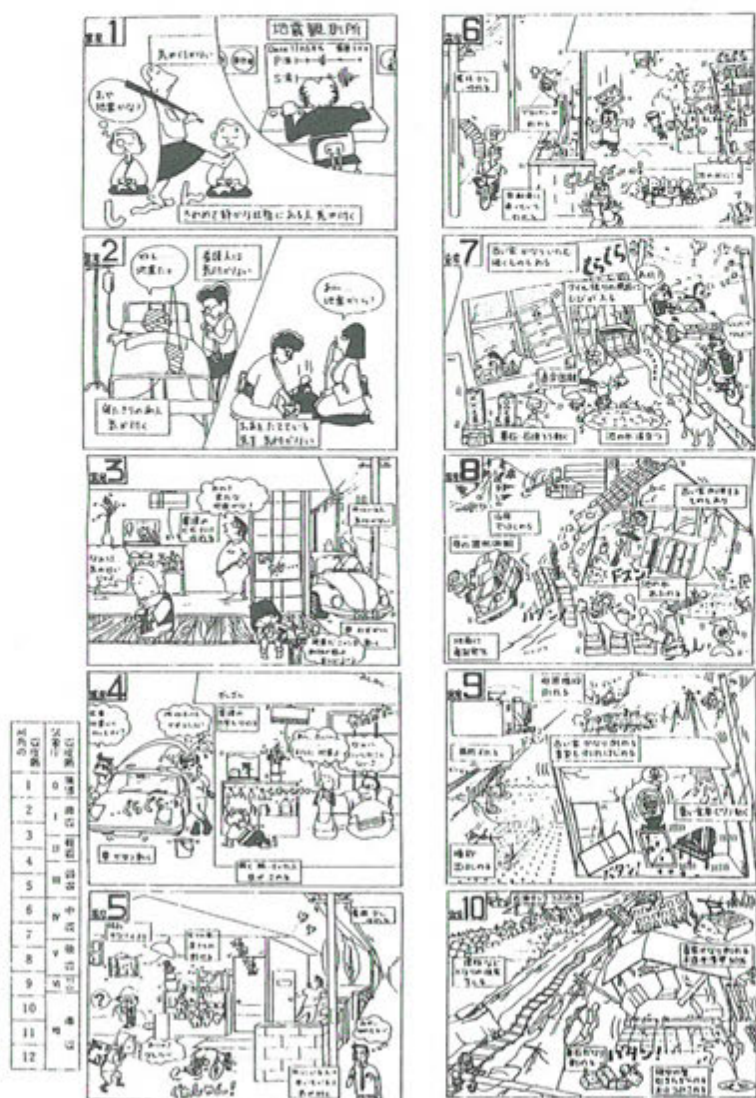


図1 河角の震度階を図で表現(地学団体研究会編「くらしと環境」東海大学出版より)

河角の震度階を利用した理由は震度階の段階が12段階あり、気象庁の8段階よりも細かく区分できることと、国際震度階との対応もしやすいこともありこれを使った。気象庁の日本式震度階との対応は表1のようにになっている。

表1 河角の震度階と気象庁の震度階との対比

河角の震度階	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
気象庁の震度階	無感 0	微震 I	軽震 II	弱震 III	中震 IV	強震 V	烈震 VI	激震 VII				
地震の加速度(ガル)		0.8	2.5	8.0	25	80	250	400				

震度を決めるに当たって特に説明したことは、単に自分の家の状態だけで決めるのではなく、周りの家の状態などを見た上で総合的に判断して決めるように注意した。これは家の特性や階級などで揺れの度合いが異なるため、いわゆる自分の家の周りの平均値を出してもらった意味で、このような説明を行った。アンケートの回収枚数は550枚である。いずれも私自身が直接授業にいったクラスのみで取ったものである。これもアンケートの回答の質を均一にするためこのような方法で行った。また本校は通学範囲が広いので1校で広い範囲の調査が可能であり、しかも同一教員の説明の元にアンケートが実施できたことで、アンケートデータの信頼性を高い物にすることができた。

2. 集計結果

地学クラブ員の協力によってアンケートの結果を図2～6のように各震度階別に整理することができた。

震度8以上の地域は大阪の北西部地域の豊中市、尼崎市、芦屋市、伊丹市、宝塚市と淀川北岸の高槻市、枚方市楠葉付近にまで広がっているのが分かる。(図6)

震度7は吹田市から京都府県境までの淀川北岸とおもに上町台地より西の大阪市、阪和線より海側の地域に分布している。(図5)

震度6はさらに内陸へ分布が広がり、大阪平野全域と一部丘陵地の谷間の地域やさらに奈良県の丘陵地の谷底低地にまで広がってくる。(図4)

震度5は一層内陸までその分布が広がり大阪の丘陵地から奈良県下の丘陵地に分布の範囲が広がっていることが分かる。(図3)

震度4～3は上町台地上や山地などと一部丘陵地や平野でも分布がみられる。(図2) これらの各震度階をまとめて1つの図にしたものが図7である。

このように各震度階の分布を調べると、きれいな同心円状にはならず、やはり地盤の状態や断層の有無が揺れの強さに反映していることが分かる。また大阪平野では上町台地の上是地盤が周辺の低地より地盤が堅いため、震度階は3程度のところが多い。しかし台地のすぐ下あたりに特に揺れの大きな異常震域が帯状に分布していることが分かる。



図3 震度階5の地点



図2 震度階3、4の地点

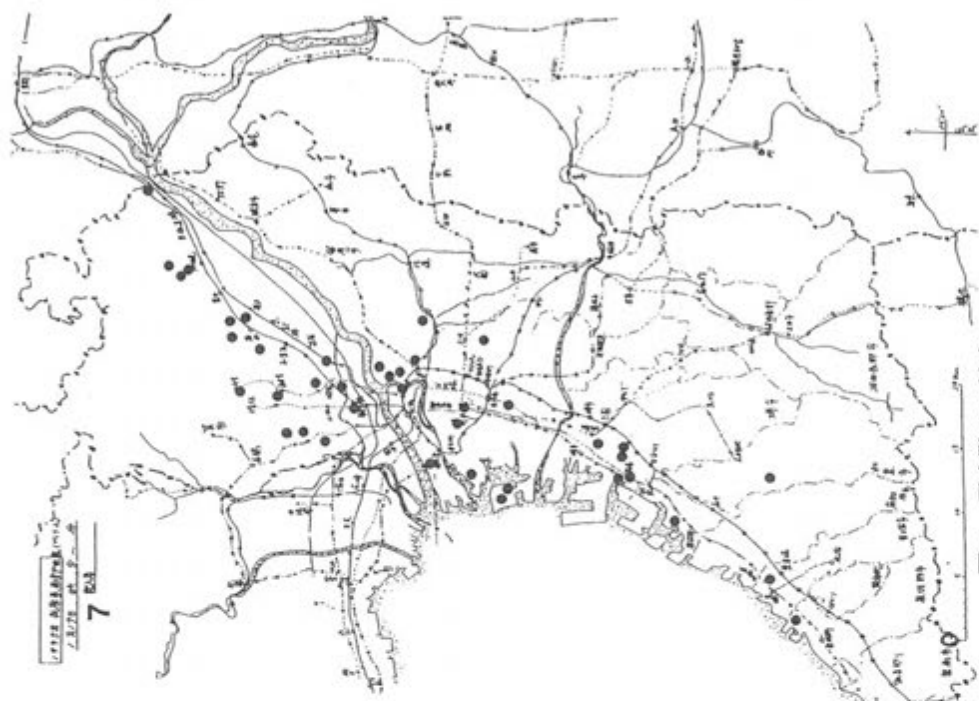


図5 震度階7の地点



図4 震度階6の地点



図6 震度階8～10の地点



図7 総合した震度分布図

3. 考察

(1) 地形と震度階の分布

図8に大阪府の地形区分を示す。図7の震度分布と対比してみると、震源に近い芦屋市、尼崎市、伊丹市の低地や台地の部分は8以上の値になっている。7は海岸低地とほぼ対応している。しかし淀川北岸の7の分布は異常である。これを除けばほぼ同心円状に分布が広がっているのがわかる。6～5の分布は平野やそれを取り巻く丘陵地の主に谷部分などに広がっている。4～3は上町台地上と山地を中心とする地域に分布している。このように震源から近いほどよく揺れるのは当然であるが、それ以外に、低地ほどよく揺れ山地は余り揺れないことが確かめられ、当然であるが震度と地形の相関は高いことが分かる。

(2) 地質と震度階の分布

図9に同じ地域の地質図を示す。大阪周辺は地形と地質の対応がよいため、震度と地質も、地形同様に相関は高い。すなわち平野や低地は柔らかい沖積層で構成され、丘陵地は未固結の地層（更新世）であり、山地は岩石で作られている。このように地下を構成しているものの堅さの違いが地形に反映しているし、それが震度分布の違いにもなっている。やはり柔らかいところはよく揺れ、堅いところは揺れにくいのである。

(3) 異常震域の分布

震源から同心円状に震度分布が次第に低くなっていると正常であるが、そうならない地域は異常震域ある。例えば宝塚付近の9～10、淀川北岸の7、高槻市、枚方市楠葉の8、上町台地の3～4などである。それぞれについてその原因を考えてみると次のようになる。宝塚や、高槻市、枚方市楠葉はいずれも有馬高槻構造線上にあり、また構造線が地震波の進行方向でもあるため、より遠くまで減衰することなく伝わったと考えられる。淀川北岸の7が淀川に沿って分布する原因は明らかではないが淀川構造帯の存在を意味しているように思われる。上町台地上の震度が低いのは周りの低地より地盤が堅いためである。また詳しく上町台地周辺の震度分布を見ると、台地の西側と東側の低地に台地にそった震度の少し高い部分がある。これが生じる原因として地震波のフォーカス現象（大阪市大 中川康一教授）で説明することができる。

4. 授業への展開

図7の分布図の数値のみを記入したプリントを生徒に配り、図7のような境界線を引かせる作業を行わせることで、震度分布の広がり状態を、地質図や地形図とも対比させ理解させるとともに、異常震域のどのような原因で起きるか考えさせる。

また、日本列島全体の震度分布の図（図10）を生徒に配り、同様に震度毎の境界線を引かせた（等震度線）。日本列島全体で等震度線を引くと、全体的には震源から距離が遠くなるほど震度は低くなるが、きれいな同心円にはならず、やはり各地の地盤条件が反映して、異常震域が現れることが分かる。

5. 生徒の反応

これらの2つの等震度線を引くことで、よく揺れるところがどのようなところが理解

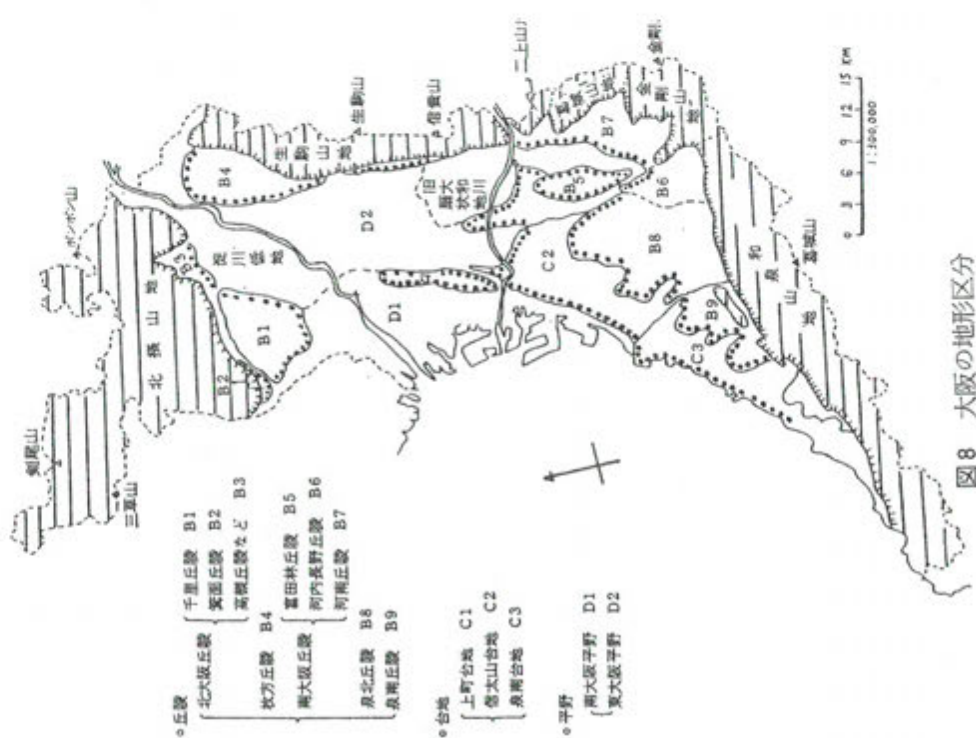


図8 大阪の地形区分

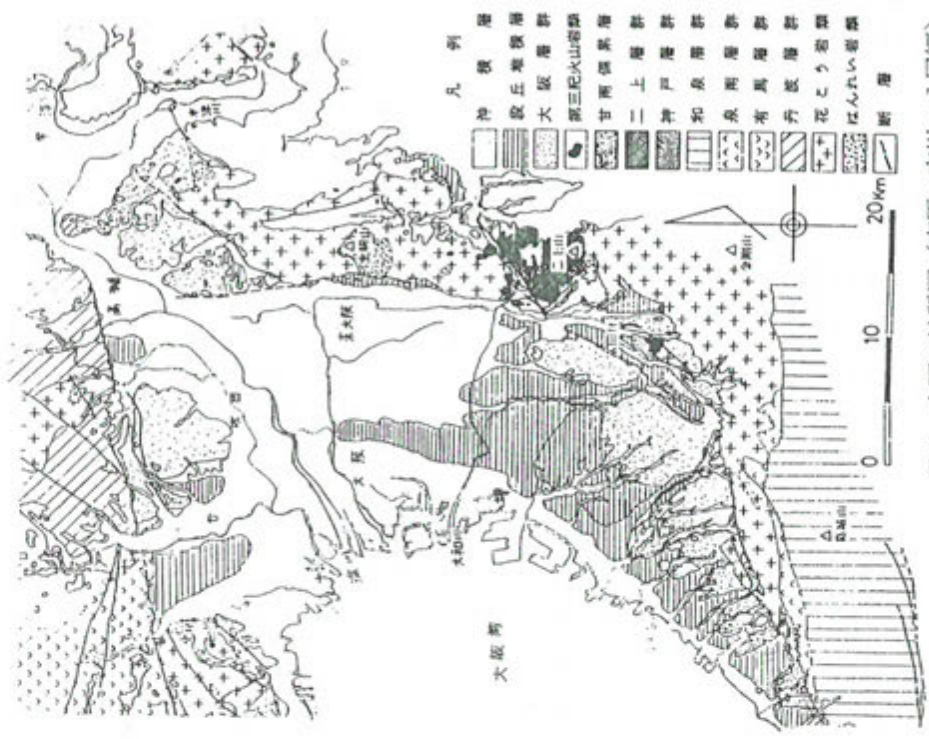


図9 大阪の地質図 (市原・吉川・八尾編)

できたようだ。特に大阪周辺の等震度分布では自分の住んでいる付近はどうかを非常に關心深く見ながら作図を行っていた。よく揺れるところに住んでいる生徒は、そのことを知っていて備え方を万全にしておく必要があることが分かるなど防災対策にも話が及んだ。



図10 気象庁発表の各地の震度（神戸は地震後の調査で7に訂正）

6. おわりに

ほぼ大阪の震度分布が把握できた。地形地質にやはり影響されることが分かった。また、震源から40kmほど離れた大阪で今回のような規模の直下型地震の揺れがどの程度になるかも分かった。現在さらに広域（20府県）にアンケート調査を実施し（アンケート回収数約2万枚）、その集計中であり、より詳細な震度分布が広範囲に明らかにできる予定である。

大都市を直撃した初めての地震で多くのことを学ぶと共に改めて地震の本当の恐ろしさを知った。震災でなくなった方々に対し哀悼の意を表すると共に、被災された方々に今後の復興をお祈りします。

〔参考文献〕

- 大阪府：「大阪府土地分類図」1976年
- 吉川澄夫・伊藤秀美：「1985年兵庫県南部地震の概要」地球 No.13 1995年 海洋出版
- 柴山元彦：「兵庫県南部地震の震度アンケート調査」日本地質学会学術発表会（広島）1995年
- 柴山元彦：「兵庫県南部地震の震度分布」全国理科教育研究大会発表要旨（滋賀）1995年
- 地学団体研究会編：「くらしと環境」1982年 東海大学出版会
- Koichi NAKAGAWA etc：「Geological Characteristics and Problems in and around Osaka basin as a basis for assessment of Seismic Hazards」Soil and Foundations (Special Issue) 1996年

水 と の か か わ り

—水をテーマとした環境教育への試み—

もり なか とし ゆき おお なか まさ のり
森 中 敏 行・大 仲 政 憲

I はじめに

本学の位置する大阪は、「水の都」と称され水路が発達した都市であったが、現在ほとんどが埋め立てられるか、蓋がされている。また、上水道や下水道の発達とともに我々の生活から水が切り離されてしまった。蛇口をひねれば、水が出て、使用後は排水溝へと消えていく。雨水は、土にしみこまず地下の管へと流れ込む。川は、三面コンクリートで固められ、近づくことさえ許さず、ただ水を流すことのみが目的となった。都市化により、自然界の水循環を生活から感じる事が困難になった。このことが、水の環境問題への関心を希薄化しているのではないだろうか。そこで、水道水から問題を発し、生活水と自然界の水を有機的につなげることで、自然の浄化作用の素晴らしさを感じ、日常生活での自然とのかかわり方を見つめ直す機会になればと考え、教材化を試みた。

II 水への関心・知識

日常的に用いている水道水や家庭排水についておよび一般的な環境問題への関心や知識を知るために、高校2年生120名に以下のアンケートを行った。

【水についてのアンケート】

<1> 自宅の上水道・下水道について		知っている	知らない	
(1) 自宅の水道水はどこで採水されるか	72%	28%		
(2) 採水後にどのような処理が行われているか	46%	54%		
(3) 自宅の下水はどのように処理されているか	38%	62%		
<2> 水に関する用語について		よく知っている	聞いたことがある	知らない
(1) 赤潮	72%	27%	1%	
(2) トリハロメタン	10%	70%	20%	
(3) BOD	1%	9%	90%	
(4) COD	1%	5%	94%	

<3> 環境問題一般について

(1) 環境問題について関心があるか

強い関心がある：24% 少しはある：68% あまりない：8%

(2) 少しでも関心のある人に、特に何に関心があるか

- | | | |
|-------------|-----------------|---------|
| ・森林の減少(29名) | ・都市化(1名) | ・振動(1名) |
| ・砂漠化(9名) | ・人口爆発(5名) | ・騒音(1名) |
| ・オゾン層(28名) | ・ゴミ問題(4名) | |
| ・大気汚染(10名) | ・野生生物の減少(3名) | |
| ・酸性雨(8名) | ・核廃棄物(2名) | |
| ・温暖化(11名) | ・水不足(1名) | |
| ・異常気象(1名) | ・水質汚染、海洋汚染(10名) | |

(3) 環境問題の解決に科学技術は有効か

有効：59% あまり有効ではない：38% まったく効果がない：3%

(4) 学校での知識や技術は環境問題の解決に役立つか

とても役立つ：3% 少しは役立つ：89% まったく役立たない：8%

(5) (4)で「まったく役立たない」と答えた人に、では学校でどのようなことを学ぶと良いと思うか。

- ・問題提示だけではなく、その防止や改善方法を詳しく、身近なことから(5名)
- ・問題の場所の見学や施設の社会見学を行う(2名)
- ・問題の原因を知りたい(1名)
- ・環境問題をテーマとするディベートを行う(1名)
- ・具体的で学校の範囲をはるかに越えた実験や実習(1名)

(6) (4)で「とても役立つ」および「少しは役立つ」と答えた人に、特に習ったうちでどの教科のどの分野が役立つと思うか。

「とても役立つ」 ・すべての分野；どの分野でも環境問題は扱われている
個人の意識を向上させる分野すべて(1名)

・生物(2名) ・化学(1名) ・保健(1名)

「少しは役立つ」 ・化学(23名) ・生物(23名) ・技術(20名)

・地理(10名) ・保健(10名) ・地学(8名)

・政治経済(5名) ・家庭科(4名)

・英語(2名) ・物理(2名) ・国語(2名)

・数学(1名) ・道徳(1名)

アンケートの結果、わかったことは、

- (1) 小学校時代に約8割の生徒が浄水場や下水処理場へ社会見学に行っているが、その内容はかなり失われている。これは「水」への問題意識をもたない状態での見学によるものと思われる。
- (2) 新聞等で毎年取り上げられる「赤潮」については7割が知っているが、トリハロメタンやBOD、CODについてはほとんど知らない。
- (3) 環境問題への関心については、「少しはある」まで含めると9割にも達する。
- (4) 関心のわりに身近な水については、ほとんど知らない状況である。いかに生活水が自然環境から遊離しているかを表している。
- (5) 学校での知識や技術はあまり役立たないと判断していて、役立つ教科も保健・技術・家庭・政治経済・地理・化学・地学・生物と多岐にわたっている。このことは、知識と生活が密着しておらず、環境問題においては複合型教科として取り組む必要性を感じる結果であった。
- (6) 学問上の原理や原則だけではなく、環境問題については、より身近で具体的事象の原因とその解決法を希望している。
- (7) 数だけでなく、それぞれの内容についてより詳しく記述させてみると、最も身近であるはずの上下水道では、希薄な知識のみであり、また河川とはかなり隔離された状態であることが明確となった。

そこで、水をテーマとした環境教育の導入として、生活水から扱い、また原理や分析において科学的に扱うに留まらず、社会的な視野も取り入れて教科の壁を越えて広く取込んだより総合的な教材化を目指そうと考えた。

Ⅲ. 授業にあたって

環境教育への取り組みは、小中高を問わず全国的に展開されており、例えば、奈良女子大学附属中学校・高等学校では、「奈良学」の名称で身近な題材を扱った環境教育がすすめられている。琵琶湖の環境教育については、滋賀県の教育委員会が出している「おおひ琵琶湖」を用いて中学校を中心に実施されている。大阪府においては、高校生に指標調査を実施させることで、身近な自然を見つめ直す環境教育を高等学校生物教育研究会が行っている。

さて、本校は大阪市の中心部にあり、校内の水道水は、淀川から採水され浄水処理されたものが供給されている。その水源は琵琶湖を中心に桂川、木津川である。この原水は、おもに滋賀県・京都市の下水処理水・屎尿処理水・工場排水を含んでおり、琵琶湖の富栄養化とともに発ガン性物質のトリハロメタンや界面活性剤の問題がある。これらの主な原因は、生活排水である。滋賀県においては、汚染されていく琵琶湖、奈良市では、身近な奈良が最適の環境教育の教材になるように、本校においては、汚染された淀川の水道水をとおして環境教育が展開できるのではと考えた。

このテーマは、日常生活と直結しており、生徒に目的意識を持たせ易いこと。さらに、水のゆくえを追いかけることは、上水道や下水道にとどまらず、琵琶湖から大阪湾までを総合的な視点で自然を捉えることが求められ、加えて科学・技術・社会を結びつけ、最終的には再び身近な水に戻るにより、日常生活と自然との関わり方を問える教材である。

またこの教材は、さまざまな過程において、基礎的な知識や思考が必要で、それらを有機的に関連付けることが求められ、高校生物の最終段階での教材にふさわしいと思われる。さらに、生徒自身が水質を測定し、データを得ることができ、課題研究にも活用できる。

IV. 授業の流れ

校内の水道水をきっかけに、時間数に応じたさまざまな展開が可能である。その1例として、以下のような配列を考え実施した。

1. 生態系のモデル
2. 身近な水
3. 水質測定方法
4. トリハロメタン
5. 浄水過程
6. 下水処理過程
7. 琵琶湖の現状
8. 手賀沼の現状とその対策
9. 琵琶湖とのかかわり
10. 琵琶湖のゆくえ
11. 自然の力を生かしたシステム
12. 日常生活と自然

琵琶湖を教材として扱うことは、規模が大きく自然環境が複雑で、データを用いて解析を行うには、かなり困難である。流出河川は瀬田川のみであるが、流入河川は200を越える。そこで、予備段階として、千葉県手賀沼を扱うことはかなり有効であると思われる。手賀沼は、琵琶湖に比べて極めて小さく流入河川も5本である。ヒトとのかかわりが強く、生活排水による汚濁がかなり進んでおり、全国ワースト1が続いている。そのため、河川や沼の水質データが豊富で、さまざまな浄化対策がなされてきており、手賀沼を琵琶湖



図1 かわた (醒井・地藏川)

のパイオニアと位置付けることができる。この手賀沼については、浅間茂先生（沼南高柳高）が長年にわたって、幅広く調査分析され、教材化もされているので扱いやすい。また、かつての湖沼とヒトとのかかわりかたは、琵琶湖東北部の醒井・地藏川に見ることができる。湧き水が豊富で、生活と河川が密接な関連をもっており、直接生活排水が流入しているがバイカモなどの水草が繁茂している。ここは、自然浄化作用や総量規制の教材として利用できる。ただ、これらの地域は、距離的な問題があり、視聴学教材の活用や事前の採水によらなければならない。

以下により具体的な授業の流れとねらいをまとめた。

表1 授業の流れとねらい（水とのかかわり）

項目	生徒の学習内容	指導者のねらい
1. 生態系のモデル	<ul style="list-style-type: none"> 密閉されたガラス容器内で、魚を飼育するモデルを考察する。 	<ul style="list-style-type: none"> 既習の学習内容を総合的に把握させる。 →モデル内の魚を自分と置き換えることで、まわりの環境とのかかわりを認識させる。
2. 身近な水（課題学習）レポート提出	<ul style="list-style-type: none"> 生活で用いている水道水と家庭排水の流れを調べる。（市役所に問い合わせる） 近くの河川を観察する。 	<ul style="list-style-type: none"> 日常使用している水道水の水源・生活排水のゆくえを知ることで、生活と環境を関連づける。 実際に河川をみることで、身近な環境に関心をもたせる。
3. 水質測定方法	<ul style="list-style-type: none"> 水質の測定にかかわる基本的内容を学習する。（DO、COD、BOD、指標生物） 水質汚濁に係る物質の測定方法を修得する。（NH_4^+、NO_3^-、NO_2^-、PO_4^- DO：バックテスト、テストキット、吸光光度法、溶存酸素計） 	<ul style="list-style-type: none"> 水質汚濁をどのように数値化するか考察させる。 富栄養化の原因となる物質を理解させる。 水質測定の目的に応じて、方法を使い分けること及びその方法を習得させる。
4. トリハロメタン	<ul style="list-style-type: none"> 水道水中に、トリハロメタンなどの発ガン性物質が含まれていることを認識する。 トリハロメタンの化学的構造と生物への影響を学習する。 	<ul style="list-style-type: none"> 日常的に飲料している水道水に発ガン性物質が含まれていることを問題視させ、水への関心をもたせる。 発ガン性物質とは何か、生物にどのような影響を与えるのか、その測定方法は、などを理解させ、トリハロメタンだけでなく日常的に接していることを認識させる。
5. 浄水過程	<ul style="list-style-type: none"> 京阪神の水道水の水源が琵琶湖であることを知る。 	<ul style="list-style-type: none"> 淀川水系の環境を認識させる。

	<ul style="list-style-type: none"> ・阪神の水道水は、滋賀県・京都府奈良県の処理排水であり、上流部に処理場があることを知る。 ・浄水過程を理解し、前塩素とトリハロメタンの相関を認識する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・トリハロメタンが浄水過程で生成し、原水の汚濁に比例して増加することを理解させる。
6. 下水処理過程	<ul style="list-style-type: none"> ・下水処理過程を学習する。 ・下水処理水によって、河川が汚濁されていることを知る。 ・家庭排水が下水処理水の最大負荷であることを知る。 	<ul style="list-style-type: none"> ・活性汚泥法は、微生物の分解作用であることを認識させる。 ・下水処理には限界があり、分解された無機物が二次汚濁の要因となることを認識させる。 ・日常生活が水質汚濁を引き起こしていることを認識させる。
7. 琵琶湖の現状	<ul style="list-style-type: none"> ・琵琶湖の自然環境を学習する。 ・琵琶湖の富栄養化の現状を学ぶ。 ・琵琶湖の水質悪化が京阪神の生活を脅かすことを認識する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・琵琶湖の自然を生物の視点から捉える。 ・富栄養化のメカニズムと自然環境に及ぼす影響を知らせる（アオコの発生）。 ・琵琶湖の富栄養化が、日常生活に関係していることを認識させる。
8. 手賀沼の現状とその対策	<ul style="list-style-type: none"> ・手賀沼の水質悪化の現状を知る。 ・自然浄化作用と開発の関係を学ぶ。 ・さまざまな環境対策の原理とその現状を学ぶ。 ・琵琶湖が手賀沼への道を着実に進んでいることを実感する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・琵琶湖のモデルとして、手賀沼の富栄養化の現状を学習させる。 ・一度乱された生態系は、回復が困難であることを認識させる。 ・琵琶湖の未来像として、手賀沼を印象付ける。
9. 琵琶湖とのかかわり	<ul style="list-style-type: none"> ・琵琶湖での水質悪化への解決策を考える。 ・昔のヒトと琵琶湖とのかかわりかたを学び、自然浄化作用の重要性を知る。 	<ul style="list-style-type: none"> ・自然とのかかわり、自然環境の物質循環に組み込まれ、自然浄化作用のなかで生活する必要性を認識させる。
10. 琵琶湖のゆくえ	<ul style="list-style-type: none"> ・94年度の濁水を想起し、自然環境や社会に及ぼした影響を見つ 	<ul style="list-style-type: none"> ・水ガメとしてだけではなく琵琶湖の多面性を認識させる。

	め直す。 <ul style="list-style-type: none"> 水源だけでなく、治水や環境保全の必要性を学習する。 	<ul style="list-style-type: none"> 琵琶湖開発事業を学習させ、幅広い総合的な視野で捉える必要性を認識させる。
11. 自然の力を生かしたシステム	<ul style="list-style-type: none"> 自然浄化作用を利用した浄化システムの必要性を認識する。 さまざまな自然能力を生かした浄化システムや水や環境保全の方法を学習する。 	<ul style="list-style-type: none"> 自然の力を生かしたシステムを理解し、その方法は、かつての生活スタイルであったことに気づかせる。 自然能力の素晴らしさを実感させる。
12. 日常生活と自然	<ul style="list-style-type: none"> 琵琶湖条例の石鹼と合成洗剤や高度処理水と水の再利用などを学習し、日常生活を振り返って、自然環境とのかかわりを見つめ直す。 	<ul style="list-style-type: none"> 水をとおして、自然環境とのいかにかわるかを思考させる。 日常生活を見つめ直し、どのように行動するべきかを考えさせる。

IV-1 生態系のモデル

Ⅲの授業にあたって述べたように、水の環境問題を総合的に扱うためには、物質代謝の個々の反応、エネルギーの流れ、突然変異や生態系など幅広い概念や知識が必要とされるため、高校生物の最終段階で扱うこととした。

そこで、既習の概念や知識を整理するため、光のみが与えられるガラス容器内に閉ざされた系を想定し、魚を飼育するためにはどのようなしくみが必要か、またどのような項目を測定する必要があるかを考察させた。

2名1組とし約2時間充てたが、結果としては総合的に整理するにはとても良い教材で目的意識がはっきりしているため、十分熱中して行うことができた。またこのテーマだけで課題研究が行えるが、ただ複雑すぎるため条件設定をきちんとする必要がある。たとえば、温度、光量、照射時間や魚が繁殖しないこと（期間を短く設定する、もしくは同性とするなど）。中には、様々な機械的装置を発想したグループがあったが、閉ざされた系であるため、最終的には生物を利用したものへと集約していった。このことも重要な点ではなかろうか。つまり、今後扱う環境問題において、エネルギーを使用する機械的システムでは根本的解決とはならないことへと発展する。

ここでの目的は2つで、既習の概念や知識を整理と有機的関連性を持たせること、そして、最終的には、閉ざされた系が地球で魚が自分自身であることに気づかせることである。

IV-2 身近な水

最も身近な水である生活水について、課題学習を行った。課題は2つで

(1) 自宅で使用している上水道や下水道がどこからきていて、どこに行くのか。役所などで調べること。またできればその現場をみること。

(2) 近くの河川の様子を観察してくること。

ここでのねらいは、最も身近な水である生活水についての知識や関心の希薄さを気付かせ、近くの河川の状況を直接肌で感じることで、自然環境に目を向けさせ、環境問題へのきっかけとさせようと考えた。たとえばあとで、三面コンクリートの河川について扱ったとき、より身近な問題と感じられると考えたからである。

このことを通して、次のことがわかった。

- ① 役所では、とても親切に対応してもらえらる。また、そのための資料が豊富に揃っていること。ただ、なかなか生徒の時間帯が役所と一致しないことも問題ではあるが。
- ② 河川の観察については、ただ漠然と課題を与えたが、観点を絞っておけば良かったと反省している。たとえば、数年前に自然保護協会が主体で行われた河川の観察会の際、作成された自然度チェック表などを参考に項目をリストアップすることなどが考えられる。

IV-3 水質測定方法

既知のデータの羅列だけでなく、できる限り生徒による測定を行いたいと考えた。しかし、上水道や下水道の水質検査で行われている手法は、微量物質の測定の必要性や、技術の進歩に伴いガスクロマトグラフィーなどによる分析が一般的である。一方、簡易な測定方法としてよく知られているものにバックテスト（共立理化学）があり、操作が容易で短時間で結果が得られる。しかし標準色との比色により判定するため、試料が透明でなおかつ概略的な傾向をとらえるにはよいが、不透明な試料や定量的分析には向かない。

そこで、バックテストより精度が高く、かつ簡易な測定方法を試みた。バックテストの試薬をそのまま用いて、分光光度計で発色後の吸光度を測定した。次の図1は、 PO_4^{3-} の標準液を一般的な分析方法であるモリブデン青法とバックテスト法で測定したものである。1.0ppmまでは、両者とも比例関係となり $Y=0.210X$ （モリブデン青）・ $Y=0.104X$ （バックテスト）、吸光度から濃度測定が可能であることがわかった。

また、 NH_4^+ や NO_2^- の測定には、HACH社のTEST KITを用いた。このTEST KITは、DISKによる比色判定でバックテストより細かな測定が可能である。CODについては、過マンガン酸カリウム酸性法を行い、これらの方法と共に概略的傾向の分析にバックテストも併用した。また、陰イオン界面活性剤については、クロロホルムによる抽出方法を用いた。残念ながら、トリハロメタンの分析には精度分析機器が必要で、授業には既知のデータを用いた。

生徒にはまず、「汚い水」・「きれいな水」とは何かを考えさせた。日常的にはよく用いているにもかかわらず、かなり曖昧であることを認識したようである。「有機物の量」程度があがってくるが、その測定法までは答えられない。次に富栄養化や赤潮などの原理を説明して、水質測定に関わる基本的内容を学習させた。

次に実際の測定方法の習得になるが、まずはバックテストで行わせ、かなり測定に幅があることを認識させた上で、より精度の高いテストキットや吸光光度法を扱わせた。

ここでは、リン酸イオン濃度を吸光光度法による測定を行ったものについて述べる。以下のものは、その時用いた実験プリントと生徒のレポートからの結果と予備実験で行ったものである。

IV-3-(1) 実験プリント

リン酸の測定

モリブデン青法（吸光光度法：バックテストの活用）

原理 リン酸イオンは酸性溶液中でモリブデン酸と反応して、黄色のリンモリブデン酸錯体を生成する。これをアスコルビン酸で還元すると濃い青色を呈する。

この際、アンチモンが共存すると青色がより強くなる。この青色の強度は、リン酸イオン濃度と比例するので、吸光光度法により定量できる。

1. リン酸イオン標準溶液の作成

① リン酸イオン標準溶液の作成

110℃で乾燥したリン酸二水素カリウム (KH_2PO_4) 7.165 g をとり、蒸留水に溶かして 1 l メスフラスコに移して、蒸留水で標線まで薄める。この溶液 1.0 ml は 5.0 mg の PO_4^{3-} を含む。

② ①で作成したリン酸イオン標準溶液を希釈して、10 mg/l の原液をつくる。

③ 原液から希釈し、それぞれの濃度を作成する。

1.0 mg/l、2.0 mg/l、4.0 mg/l、6.0 mg/l、8.0 mg/l

④ 原液を10倍希釈した溶液 (1.0 mg/l) から、③と同様にそれぞれの濃度を作成する。

0.10 mg/l、0.20 mg/l、0.40 mg/l、0.60 mg/l、0.80 mg/l

2. リン酸イオンの測定

① それぞれの濃度の溶液を試験管に 3 ml づつとる。

② バックテストの K-1 試薬を 8 滴 (約 0.5 ml) 加え、フィルムでシールし、振る。

③ バックテストのチューブを切り、試薬を試験管に入れてピペッチングを行い、溶かす。

④ ③の後、セルに入れて分光光度計で吸光度 (880 nm) を測定する。ただし、吸光度は、ピペッチングしてから正確に 1 分間後の値を測定する。

⑤ 蒸留水を資料として、⑤から以降同様の操作を行い、その吸光度をコントロールとする。

3. 検量線の作成

① それぞれの濃度の吸光度からコントロールの値を差し引き、補正值を求める。

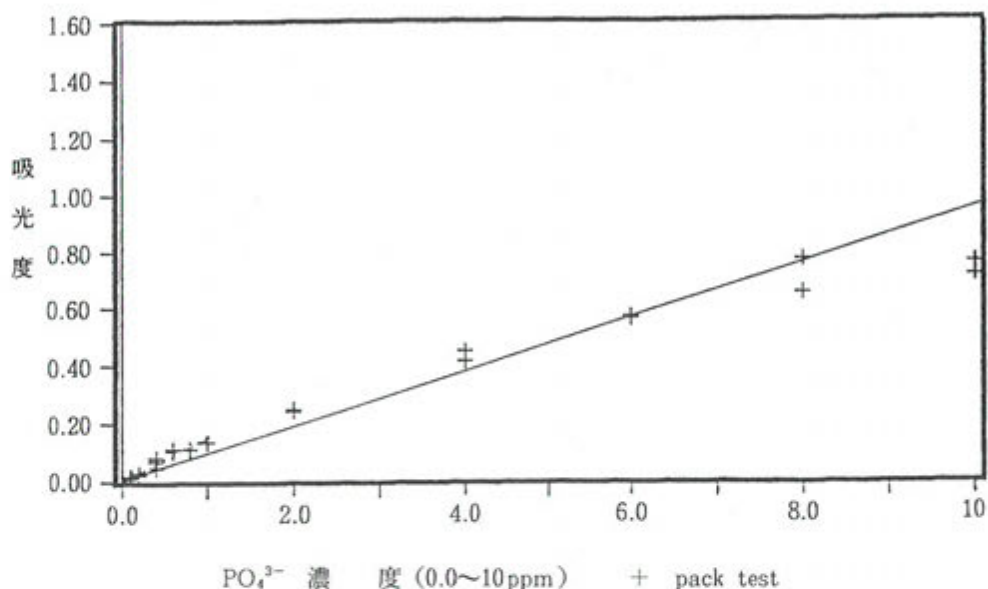
② 縦軸に PO_4^{3-} 濃度、横軸に吸光度の補正值をとり、グラフ化する。

③ 回帰直線を求める。

IV-3-(2) 測定結果

0.10mg/ℓ～10mg/ℓまでの測定値をもとに生徒が定量線をつくったものが図2である。

図2 PO₄³⁻ 検量線 (生徒のレポートより)



ほとんどの生徒は、図2に代表されるように0.1～10mg/ℓの範囲のすべての測定値を対象として原点から直線を引いてしまった。図3で示した予備実験の結果では、原点から4.0mg/ℓまでの範囲では、濃度と吸光度に比例関係が成立するが、それ以降の濃度では、曲線になってしまう。もちろん、測定値が少ないこともあるが、生徒達が行ってきた実験においては、すべてが準備されており、今回の場合であれば、比例関係が成立する範囲に限定して実施されていたのではないだろうか。時間数との関係もあり、実験が行えてもその結果処理にまで指導が及ばない。このことを問題に感じ、本校では、理科の科目を越えて、1単位“ブルーフ”と名付けて、日常の授業では扱うことができない基礎的技術や態度を育成する時間を設定し、実施している。また、今回は特に、測定方法の習得をねらいとしたため、あえて比例関係が成立しない範囲まで含めて行った。実験後の指導により、測定はある条件下、ここでは範囲内で行われる必要を強く認識させることができ、その後に行ったさまざまな測定での試料の希釈の理解にたいへん役立つ結果となった。

IV-3-(3) 測定結果 (予備実験より)

図3-1 PO₄³⁻ 検量線 (予備実験より)

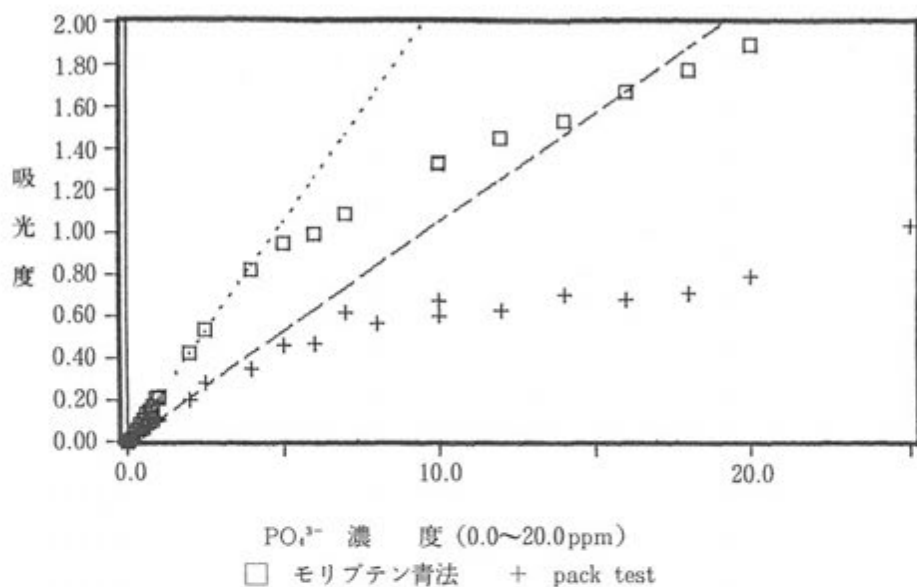
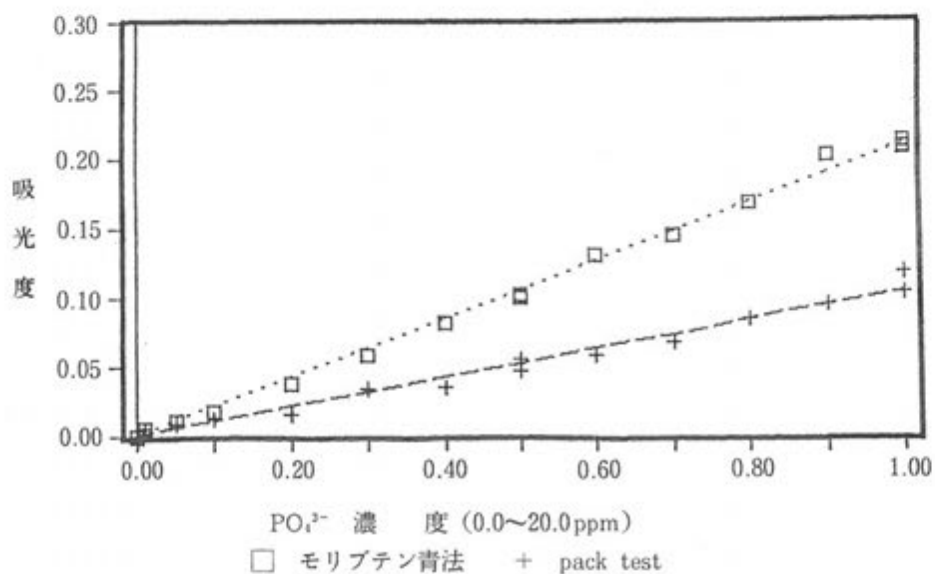


図3-2 PO₄³⁻ 検量線 (予備実験より)



IV-4 具体的な授業案

次に、より具体的な指導内容について述べる。以下の内容は、「授業の流れとねらい」の6.下水処理過程について行った授業のものである。

IV-4-1) 指導案

理科(生物)学習指導案

指導者 森中 敏行

1. 日時 平成7年11月8日(水) 午前10時45分～11時35分
2. 場所 大阪教育大学教育学部附属天王寺中・高等学校 生物講義室(東館3階)
3. 学級 大阪教育大学教育学部附属高等学校天王寺校舎
第Ⅲ学年 生物選択 34名(男子18名・女子16名)
4. 主題 生物と自然 一水とのかかわり (教科書:四訂版 生物 数研)
5. 目標 (1) 物質の測定方法を理解し、水の科学的分析方法を習得する。
(2) 環境問題に科学的根拠にもとづいた判断ができる態度を育成する。
(3) 身の回りの水循環を追い求めることで、身近な環境に関心を持ち続ける姿勢を育む。
(4) 日常生活が、水質汚濁の主要因であることを認識し、各自の生活様式を見つめ直す機会とする。
(5) 自然環境を幅広い角度から総合的視野で捉え、いかに環境とかかわるべきかを問い続けるきっかけとする。
6. 指導計画 全10時間 省略する。「授業のながれとねらい」を参照。
7. 本時の指導
 - (1) 題材 水とのかかわり (下水処理と生活排水)
 - (2) 目標 ① 水源である淀川水系の汚濁状態を認識させ、下水処理水がその要因となっていることに気づかせる。
② 活性汚泥処理法は、微生物による有機物の分解であることを理解させ、水質浄化とは何かを考察させる。
③ 水質汚濁の主要因が家庭排水であり、日常生活が汚濁を引き起こしていることを認識させ、身近な水へのかかわりを問い直す機会とさせる。
④ 日常の問題に対しても、科学的データに基づいた判断ができる態度を育成する。
 - (3) 準備物 下水処理水・下水原水・試験管・試験管立て・メスピペット・スポイド・分光光度計・試験管セル・バックテスト(COD、NO₃⁻、PO₄³⁻:共立理化学研究所)・テストキット(NH₄⁺、NO₂⁻:HACH社)・比色表・補助プリント

(4) 指導計画

段 階	学習事項	生 徒 の 活 動	指 導 者 の 活 動 ・ 評 価
導 入 (5分)	前時の復習 本時の 内容提示	<ul style="list-style-type: none"> 水道水に発ガン性のトリハロメタンが含まれており、その生成原因に水質汚濁が関係していたことを想起する。 本時の学習内容を知る。 	<ul style="list-style-type: none"> 前時の学習内容を再確認させる。 活性汚泥法の下水処理について本時で扱うことを提示する。
展 開 (40分)	下水処理と 水質汚濁 分析実験 結果と考察	<ul style="list-style-type: none"> データーから、下水処理施設と水質汚濁に相関があることを考察する。 実験の目的を確認し、方法を理解する。 プリントに従って各班ごとに実験を行う。 結果をもとに、考察を行う。 下水処理により、有機物の分解が促進されているが、結果的には河川の水質悪化を起していることを認識する。 	<ul style="list-style-type: none"> データーを示し、淀川の水質汚濁は下水処理水の流入に原因があることを考察させる。 下水処理の効果を実験することを知らせプリントに沿って方法を説明する。 実験が安全で正確に行われているかを確認し、必要に応じて指導する。 結果を発表させ、下水処理の効果を検討させる。 下水と下水処理水の原液を比較させる。 水質浄化とは何かを考察させる。
ま と め (5分)	本時の まとめ 次回の予告	<ul style="list-style-type: none"> 分解されて生じた無機物は、栄養塩類であることを認識する。 生活排水が主な污染源であり水に対する個々の認識の必要性を再確認する。 次回の内容と課題を知る。 	<ul style="list-style-type: none"> 下水処理には限界があり、最大負荷は生活排水であることを確認させる。 個人個人の生活様式を問い直す必要性があることを訴える。 疑問を投げかけ、次回の内容を予告をする。

IV-4-2) 実験プリント

浄水処理と下水処理

目的：現在行われている活性汚泥について考える。

準備物：下水原水（下水処理場に送られてきた未処理下水）

下水処理水（下水処理場で処理された水）、蒸留水

バックテスト（COD・NO₃⁻・PO₄³⁻）、

テストキット（NH₄⁺・NO₂⁻）

試験管、試験管立て、メスピペット、スポイド、分光光度計、試験管セル

方法：下水原水と下水処理水について、それぞれ以下の方法で測定を行う。

COD、NO₃⁻：バックテストで測定（NO₃⁻は前処理済みのもの）

NH₄⁺、NO₂⁻：テストキットで測定

PO₄³⁻：吸光光度法で測定

なお、方法の詳細については、「水の分析」のプリントを参照のこと。

結果：

	下水原水〔A〕	下水処理水〔B〕	〔B〕／〔A〕
COD（1／1）			%
NH ₄ ⁺ （1／20）			%
NO ₂ ⁻ （1／1）			%
NO ₃ ⁻ （1／1）			%
PO ₄ ³⁻ （1／10）			%

考察：

- ① 下水原水及び処理水を観察して気付いたことを記せ。
- ② それぞれの物質において原水と処理水でどのような違いが見られるか。
- ③ 窒素化合物でみた場合、どのようなことがいえるか。
- ④ 全体的にみて、活性汚泥による下水処理とはどのようなものといえるか。
- ⑤ この下水処理によって、水質浄化が促進されているといえるか。
また、この処理水が海、湖や河川に流れ込んだ場合、どのような影響が考えられるか。
- ⑥ 理想的な水質浄化処理とはどのようなものか考察せよ。

IV-4-(3) 実験を終えて 生徒のレポートから

1) 測定結果

	下水原水 [A]	下水処理水 [B]	[B] / [A]
COD (1/1)	20	5	25 %
	25	3	12 %
	30	5	16 %
	30	3	10 %
			16 %
NH ₄ ⁺ (1/20)	28	17	61 %
	28	20	71 %
	46	30	65 %
	30	16	53 %
			63 %
NO ₂ ⁻ (1/1)	0.1	10	— %
	0.0	0.1	— %
	0.0	0.1	— %
NO ₃ ⁻ (1/1)	0.0	10	— %
PO ₄ ³⁻ (1/10)	7.58	0.3	— %

2) 考察

- ①・下水原水はにごりがひどく、細かいゴミのような物が多量に含まれていた。処理水は無色透明で大変きれいで、水道水と見分けがつかないくらいだった。きちんと処理されているようにみえた。
- ④・原水を活性汚泥で処理すると窒素化合物が増え、有機物も多少残っているため、あまり理想的なものではないのではと考える。
- ⑤・CODやNH₄⁺の量が減ったという点では水質浄化が促進されているといえるが、逆にNO₂⁻やNO₃⁻などの窒素化合物が増えたという点も考えてみると、水質浄化はあまり促進されているとはいえない。また、処理水には窒素化合物が多量に含まれているため、海や湖、河川などに流すと窒素化合物が植物プランクトンなどのエサとなり、アオコの大発生などが起こる可能性も出てくる。

⑥・塩素処理よりは微生物処理の方が良いとは思うけれど、理想とは言えないし、ゴミ処理の問題もそうだが、人口が増えすぎて発展した社会の中ではどうしても水やゴミといった使い終わった処理問題に直面してしまう。どのように処理したらいいかはわからないが、今は洗剤でも何でもリンを含まないものが増えたりしているように社会が少しずつ自然を大切にしなければいけないと動き出している。私たち消費者も心構えをもって答えていかなければならない。……水を汚さなければすむのである。しかし水を使わざるをえず、新しい処理方法や処理施設ができるまでは、できる限り汚さない努力が必要である。

・光合成を行う微生物を一度貯水池等で大量発生させ、 NO_2^- や NO_3^- などの窒素化合物を消費する。ただ時間とスペースがあまりにもかかりすぎるかもしれない。

・全部を取り除くのはやはり不可能なのではないでしょうか。

感想

- ・下水処理だけに用いている水質浄化の技術を用いて、日本さらには世界の海や川の水がきれいにしていけないだろうか。
- ・処理水を目で見たときは何も思わなかったけれど、測定をしてみてあまりのきたなさにゾッとした。
- ・下水処理が普及すれば都市化がすすみ、水はますます浄化されると考えていましたが、実験結果は予想と正反対となってしまいました。
- ・化学的に進めていくといろいろと問題が起こりそうなので、やはり自然の力でなんとかしていくのがベストだと思う。しかしそれにも限界があるので、やはり元である生活排水のことを考えて各家庭に浄水後、排水するような設備をつくったらいいと思う。ちりも積もれば山となる。
- ・いやはや、下水処理場もつとがんばれ！って感じです。
- ・これだけ技術が進歩しているのに、莫大な費用を使っても水をあまりきれいにできないのはおかしい！
- ・一番の解決策は家庭からの汚水をなくすることだろう。
- ・処理された水がこんなに汚いとは意外でした。うちの付近は下水道も通っていないなんてどうなっているのでしょうか。

V. 琵琶湖と水道水

千葉県の手賀沼は、ワースト1を続けているが、琵琶湖の富栄養化も極めて速いペースで進んでおり、最近では北湖での汚濁が問題視されてきている。琵琶湖と手賀沼の最も大きな相違点は、飲料水の水源として琵琶湖が利用されていることである。京阪神1,400万人の水がめであり、94年の渇水時には強く印象づけられた。しかし、富栄養化の進行に伴って、トリハロメタンをはじめとするさまざまな有毒物質の水道水への混入が、問題化されている。阪神地方の水源は、上流域の汚水である。汚水源は規制が進んだ現在、主な原因は手賀沼と同様に家庭排水である。そのための解決策として下水道整備が叫ばれているが、現在の下水処理では、窒素やリンの減少には効果がない。

一方、水源としての琵琶湖には、渇水問題がありその対策として琵琶湖開発事業が進められているが、このことが逆に新たな汚染源となっている。

また大阪市や大阪府の浄水場では、高度処理水の配水を始め、徐々にその割合を増やす計画をしている。トイレの配水にもこの高度処理水が使われることになり、一部の環境浄化により多くのエネルギーを使用することとなり、より広い視点から見ると根本的な解決とはならない。被害者であると共に、常に加害者であることを意識する必要がある。

この問題解決には、水への意識など生活様式も含めて、考え直す必要がある。

VI. 参考文献・資料

1. 手賀沼の生態学 浅間 茂 嵩書房 1989
2. 手賀沼を知っていますか? 我孫子市環境保全課 994
3. 手賀沼浄化マップ 手賀沼水質浄化対策協議会 1995
4. 湖沼の汚濁原因と浄化対策を考える —手賀沼を例に— p.143-148 浅間 茂
生態実習ベスト25 千葉県高等学校生物研究会 生態教材研究グループ 1990
5. 環境年報 我孫子市環境保全課 1994
6. 生活排水対策推進計画 我孫子市環境保全課 1993
7. 手賀沼読本 浄化への祈りをこめて 流山市立博物館友の会 嵩書房 1992
8. 身近な自然「手賀沼の教材化」 千葉県立沼南高柳高校 浅間 茂
日本生物教育会 第50回 全国大会 研究発表要旨 p.50
9. 調べる・身近な水 小倉紀雄 講談社・ブルーバックス 1994
10. 浄化槽革命 石井 勲・山田國廣 合同出版 1994
11. 身の周りの「水環境」を科学する —パックテスト— 谷古 宇泰照
第50回 日本生物教育会 千葉大会記念誌
生物の実験・教材・授業開発集 p.228-231
12. 下水道革命 石井 勲・山田國廣 藤原書店 1990
13. 手賀沼せっけん物語 せっけんの街共有者の会編 共同図書サービス 1995
14. 今「水道水」が危ない 地球環境白書 「驚異の科学」シリーズ 学研 1992
15. 改訂版 今「水道水」が危ない 地球環境白書 「驚異の科学」シリーズ 学研 1995
16. せっけん・合成洗剤 Q & A 中嶋玲子・猪ノ口幹雄
くらしの安全ネットワーク 生活と科学社 1994
17. 滋賀の環境 水質編 滋賀県生活環境部環境室 1994
18. '94夏・渇水/琵琶湖 水資源開発公団琵琶湖開発総合管理所
19. ヨシ群落保全条例のあらまし 滋賀県生活環境部環境室 1994

20. あおい琵琶湖 環境学習ノート 滋賀県教育委員会・生活環境部環境室 1994
21. 木炭で清流を 茶釜川水質浄化施設 甲西町民生部生活環境課 1993
22. 生活世界の環境学 琵琶湖からのメッセージ 嘉田由紀子 農山漁村文化協会 1995
23. 豊かな恵みを未来へ 一急がれる保全管理一 滋賀県企画部水政室
24. 都市と川 三木和郎 農山漁村文化協会 1995
25. 水 松井覚進 朝日新聞社 1992
26. 水の分析 一第4版一 日本分析化学北海道支部編 化学同人 1994
27. 身近な環境を調べる 梅楚園夫・下野洋・松原静郎 編 東洋館出版 1993
28. 新たなる自然循環システムへの企書 四万十川自然浄化方式の意味するもの 松本 聡
Bio-City
29. きれいな河川や湖沼を取り戻そう 一ヤクルト容器利用浄化システムについて一 ヤクルト本
社 環境対策室
30. せっけんの街 手賀沼けっけん
31. 廃食用油リサイクル 農林水産省 財団法人 政策科学研究所 1995

VII. 水に関する資料館

手賀沼 「水の館」千葉県手賀沼親水広場内（千葉県立）

〒270-11 千葉県我孫子市高野山新田193 0471-84-0555

琵琶湖 「水環境科学館」（滋賀県立）

〒525 滋賀県草津市矢橋町字船帆2108 0775-67-2488

「水のめぐみ館：アクア琵琶湖」（建設省）

〒525-22 滋賀県大津市黒津4-2-2 0775-46-7348

なお、本稿は、本校の第43回教育研究会および平成7年度日本理科教育学会近畿支部大会で発表した内容に加筆したものである。