

高等学校

平成 4 年 度

教 育 研 究 員 研 究 報 告 書

理 科

東京都教育委員会

平成4年度教育研究員（理科）名簿

分野	学 校 名	氏 名
物理	都立羽田高等学校 都立練馬高等学校 都立羽村高等学校	高橋 幸雄 東 信幸 吉岡 有文
化学	都立芝商業高等学校 都立多摩高等学校 都立小平南高等学校 都立小金井工業高等学校	玉井 篤 平田 晴厚 福井 亘 中川 一人
生物	都立石神井高等学校 都立大泉北高等学校 都立豊島高等学校 都立八王子高陵高等学校	佐藤 良徳 町田 敏也 柳下 信 岡崎 弘幸
地学	都立大森高等学校 都立北多摩高等学校	内記 昭彦 浅井 嘉平

担当 教育庁指導部高等学校教育指導課指導主事 三輪 洋次

身近な事象を通して，科学的な見方・考え方を養い，
自然の事象を探究する意欲を育てる理科の指導

目 次

I 主題設定の理由	2
II 探究する意欲を育てる理科の指導とは	3
III 研究を進める上での留意点	4
IV 研究内容	5
1. 音の原理を圧力の視点から理解させるための指導	5
2. 水の循環と生活とのかかわりについて理解を深める授業の工夫	10
3. 紅葉現象の教材化	15
4. 日本の典型的な気象現象を題材とした学習ソフトの作成	20

身近な事象を通して、科学的な見方・考え方を養い、

自然の事象を探究する意欲を育てる理科の指導

I 主題設定の理由

「自然に対する関心を高め、観察、実験などを行い、科学的に探究す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、科学的な自然観を育成する」が新高等学校学習指導要領の理科の目標である。この目標では探究活動を重視し、探究の過程を通して科学の方法を身に付け、科学的な自然観を養うことと科学技術の進歩と人間生活のかかわりや、人間と自然との調和を重視していることを示してある。

今日の高等学校理科教育は、日常生活から遊離した印象を与え生徒の理科離れという問題を起こし、盛りだくさんの知識を教え過ぎるために生徒は受け身になり、意欲的に探究する心が育ちにくいとの指摘がある。

そのような状況の中で、昨年度（平成3年度）の教育研究員理科部会では、「興味・関心を喚起する事象から科学的な見方・考え方を育てる理科の指導」という主題を設定し、生徒が興味・関心を持つ事象にかかわる観察、実験を継続的に授業に取り入れ、興味・関心を持続させながら科学の方法を身に付けさせ科学的な見方・考え方を培うことが、理科を進んで学ぼうとする生徒を育成することになると考えて研究を行った。

本研究では昨年の研究を踏まえて研究を行った。題材は、何気なく見過ごしている身近な事象の中から選ぶことによって生徒は題材に親しみやすくなり学習意欲が高められる。日常生活の中にある身近な事象を科学的な方法で探究していく中で、新たな発見をすることもある。そのことが生徒に学ぶ楽しさや喜び・感動を与えることになる。生徒の持っている素朴な自然に対する認識を大切に、それを探究の過程を通して科学的な認識へと高める。探究の過程を重視した学習の中で科学の方法を学び科学的な見方・考え方を身に付けることになる。そして、ある事象を探究的に学習することによって身に付いた科学的な見方・考え方を生かして、自ら進んで他の自然の事象を探究してみようという意欲がわいてくる。このように考えて、上記の研究主題を設定した。

Ⅱ 探究する意欲を育てる理科の指導

研究主題「身近な事象を通して科学的な見方・考え方を養い、自然の事象を探究する意欲を育てる理科の指導」において、前半は昨年度の教育研究員（理科）で研究した内容と重なる内容であることを踏まえ、今年度は後半の「自然の事象を探究する意欲を育てる理科の指導」に重点をおいて研究した。

「どうしたら学習が次の探究の意欲につながるか」について検討した結果、特に次の2点が重要であると考えた。第一に身近で親しみやすい題材を選ぶことである。日常生活の中で直接観察、体験している事象であれば、親しみもあり概念として捉えることが容易であって、興味・関心も高いし、得られた科学的な認識を日常生活に還元することもできる。第二に科学的な見方・考え方を身に付けさせることである。身近な事象を学ぶ中で、学ぶことの楽しさや喜びを体験し、科学の方法を習得し、科学的な見方・考え方を身に付けることによって、同じ手法で他の自然現象を次々と探究してみようという意欲を喚起することができる。また、自然の事象の奥深さ・神秘性の一部を解明することによってさらに他の事象も調べて見ようという意欲が高まる、と考えた。

そこで、「自然の事象を探究する理科の指導」に重点を置きながら、物理、化学、生物、地学の分野で次のような研究を行った。

物理では身近な事象として「音」を取り上げた。音を圧力の視点から理解させるために、圧力センサ回路を製作し、音を多面的にとらえさせる授業展開をすることによって、科学的な見方・考え方を育て、他の事象を探究する意欲の喚起につなげた。

化学では、身近な題材として「水」を取り上げた。製作したモデル等を使って、実験室内で実際に水処理を行い、水循環と生活の関わりについて理解を深めた。さらに、環境保全のために一人一人がどのような生活を送れば良いか考えさせる授業を工夫した。これらの学習を通して科学的な見方・考え方を育て、他の事象を探究する意欲の喚起につなげた。

生物では、身近な事象でありながら教材化されていなかった「紅葉」について取り上げた。疑問を自ら解決する観察・実験の方法を考え、紅葉の仕組みを解明していく授業を通して、自然の事象について興味・関心を高め、他の事象も探究してみようとする意欲につなげた。

地学では、日常生活に深い関わりをもつ「気象」を取り上げ、気象現象をパソコンを用いて立体的に捉えることができる教材を工夫した。また、これらの学習を通して、他の自然現象を探究する意欲の喚起を図った。

これらの内容についてそれぞれの科目で授業実践を行い、指導内容・方法の改善を図った。

Ⅲ 研究を進める上での留意点

研究を進めるに当たっては、以下の点に留意した。

1. 生徒が身近に感じ、無理なく探究できる事象を題材に選ぶ

自然の事象の中には、仕組みが難解であるため学習する題材として適当ではないものが少なくない。従って本研究の題材としては、生徒にとって親しみやすい身近な事象であり、また、その仕組みが分かりやすく結論が明解な事象を選ぶことで、生徒に負担がかかり過ぎないよう努めた。

2. 学習の意欲を喚起するような動機づけを重視する

学習する事象が余りにも日常性と遊離していたり、抽象的であったりしては学習意欲を喚起することは難しい。学習の動機づけを重視し、生徒一人一人に学習することの意義を強く感じさせるようにした。

3. 探究の過程を重視して、科学的な見方・考え方を身に付けさせる

すでに生徒が持っている自然についての認識は、事象を科学的に捉えたものではない場合が多い。このような事象に対して、適切な探究の過程を踏ませることで、科学的な見方・考え方を身に付けられるようにした。

4. 自然の事象を多面的にとらえることで、新たな発見を導く

自然の事象は様々な面で多様性と共通性を持っているが、生徒の認識は、ともすると一面的なものになりやすい。自然の事象を多面的に捉えることで、生徒が今までになかった新しい発見をできるようにした。

5. 生徒一人一人が主体的に学習できるよう配慮する

生徒の能力や適性は多様であり、同じ事象をとっても、一人一人で見方・考え方が異なる。このような生徒に画一的に対応しては、主体的に学習しようとする意欲の育成はできない。このため、生徒が自分に適した内容を選択して学習できるような教材の開発や、主体的に取り組める探究の過程を踏ませるなど、できる限り生徒一人一人に対応して、生徒の主体性や自主性を伸ばせるよう配慮した。

6. 継続的に探究する意欲を育てられるよう、発展的な課題を用意する

一つの事象を学習したことで生徒の探究心が終息してしまうようでは、次の探究の意欲を育成することはできない。探究の過程を通して身に付けた科学的な見方・考え方を活かすためにも探究心を持続させるような発展的な課題を用意した。

Ⅳ 研究内容

1. 音の原理を圧力の視点から理解させるための指導

(1) はじめに

音は空気中を伝わる縦波である。従って、空気の変位の周期的な変化でもあるし、圧力の周期的な変化でもあるが、一般には空気の振動であるとのみ考えられがちである。しかし、耳で聴く音が圧力の周期的な変化であるという認識がないと、共鳴状態の気柱では、圧力変化の激しい場所と空気の変位の変化の大きな場所とが異なるため、気柱の内部で音がどのように聞こえるかを正しく説明することはできない。

そこで生徒の興味・関心を喚起することができる身近な事象として、日常生活の中で何気なく聴いている音の原理を題材として取り上げた。音の原理を理解させるために、圧力の視点から探究的に授業を展開していき、科学的な見方・考え方を身に付けさせ、さらに他の自然の事象に対しても、一面的にではなく、様々な視点から見ることの大切さを理解させ、自ら探究する意欲を培うことを目指した。

そのために、圧力を視覚的にとらえる道具として絶対圧を測定できる圧力センサ回路を製作し、それを利用して音の現象を圧力の視点から理解することができる授業を考えた。これは物理ⅠA(1)光と音 イ音と耳、物理ⅠB (3)波動 イ音波の指導に用いることができる。

(2) 音についての生徒の認識

生徒が音をどのように認識しているかについてプリテストを行った。その結果は以下のようであった。

生徒は、音を出すものとしてテレビ・ラジオカセット・CDプレーヤー等の音響製品、ギター・ピアノ・笛等の楽器、そして、喉、車等の生活に関連するものをあげた。このことにより音は常に生徒の身近にある現象であることがわかる。また、大きな音で窓ガラスが振動する、太鼓をたたくと膜が振動する、声を出すとき喉が振動すると答え、音と空気の振動との関連について生徒は体験的に認識していることが分かった。音は何が振動して伝わるのかとの問に対しては、ほとんどの生徒が空気の振動であると答えた。このように生徒は音について空気の動きの面からはほぼ理解できている。

次に、圧力についての認識を調べるため、プールの中にもぐるときや、エレベーターなどで高いところに上っていくときに受ける耳の変調の原因について尋ねた。それに対して、ほとんどの生徒が、水圧、気圧が変化するためであると答え、圧力に関して明確ではないが体験的に認識していることが分かった。

このような結果から、圧力センサを用いて、音を圧力の視点から理解させることができると考えた。

(3) 圧力センサについて

ア 半導体圧力センサ

本研究に用いた圧力センサは拡散型半導体圧力センサである。シリコンチップ上に4本の拡散抵抗を配置し、チップ面に加わる圧力に応じて電気抵抗が変化する性質（ピエゾ効果）を利用して圧力を検出する素子である。この4本の拡散抵抗をブリッジ接続し、定電流を流して、検出した圧力を電圧で出力させるのが一般的な使用方法である。

圧力センサには、そのときの大気圧との圧力差（ゲージ圧）、二つの流体間の圧力差（差圧）、完全真空を基準とした圧力（絶対圧）を測定する三つの型がある。

イ 音の測定と圧力センサ

音が伝わる時の圧力の変化は非常に小さく、短時間でも耐えることができない程度の大きな音（120dB）であっても、わずか20Paである。通常の会話程度（60dB）になるとさらに小さく20mPa程度の圧力変化となる。この微小な圧力変化を測定できる圧力センサとしては静電容量型圧力センサがあるが、応答速度が遅く音による圧力変化を測定することは難しい。絶対圧を測定するタイプの半導体圧力センサは、微小な圧力変化に対してはわずかな電気信号しか取り出すことができないが、周波数応答性は最低でも1kHz程度であり、音の測定が可能である。

ウ 測定のための回路

半導体圧力センサを用いて圧力を測定する回路として図1-1のような差動増幅回路を用いた。この回路では任意の気圧で出力を0Vに調整して圧力変化を測定することができる。音は非常にわずかな圧力の変化であるため、抵抗器は雑音の発生の少ない金属皮膜抵抗を用いた。

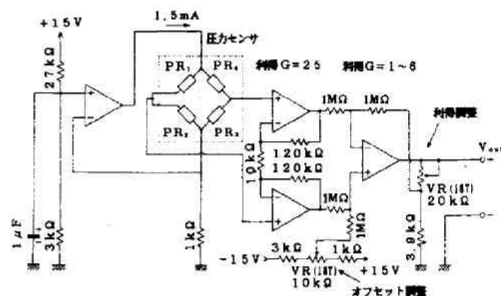


図1-1 差動増幅回路

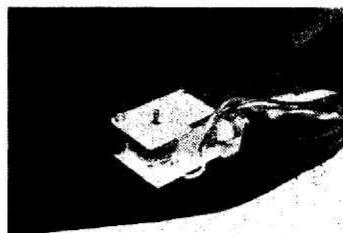


図1-2 圧力センサ及び増幅器

エ 半導体圧力センサを授業で使用する上での留意点

- ①音波による圧力の変化が半導体圧力センサによる測定に十分な程度に大きいこと。

②音をとらえる上で圧力変化が重要な意味を持つ現象であること。

(4) 音の原理を圧力の視点から理解させるための授業を展開する上での工夫

半導体圧力センサを用いて音の原理を圧力の視点から理解させるために以下のような工夫をした。

ア 共鳴状態の気柱を教材にし圧力センサを使用する

共鳴状態の気柱では、定常波の節（変位が常にゼロ即ち空気の動かない部分）で最も圧力の変化が大きく、定常波の腹（空気の変位の変化の最も激しい部分）で圧力の変化はゼロになっている。圧力変化の大きな節の部分で最も大きな音が聞こえる。しかし、生徒に気柱のどこで大きな音が聞こえ、どこで音がほとんど聞こえなくなるかを問うと事実と反対に答える生徒が多い（図1-3）。このことから、共鳴状態の気柱を教材として取り上げ、圧力センサによる測定を通じて、音を圧力の視点から捉えさせることとした。

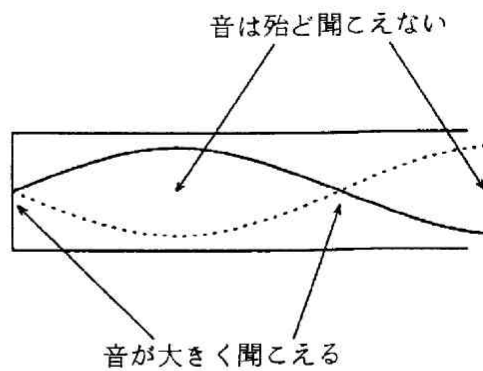


図1-3 気柱の共鳴

イ 圧力を測定していることが理解できる装置を用いる

静的な圧力が測定できる半導体圧力センサを用いて、生徒がすでに持っている圧力に関する知識を生かしながら、より確実に圧力の視点から音を理解できるように工夫することにした。圧力についての認識のために、図1-4のような装置を製作し、注射器のピストンを動かすことで起こる容器の内部の状態の変化とオシロスコープ上での変化との対応を見せることにより圧力を直観的に理解できるようにした。



図1-4 圧力を理解する器具

ウ 閉管を用いる

生徒は開口端での反射を直観的には理解し難いものである。従って、気柱の共鳴を調べるにあたっては閉管を使用することにした。これにより共鳴状態の気柱と音波の定常波とが直観的に結びつくと考えた。

エ 気柱共鳴管の内部の空気の動きを調べるための紙片

気柱共鳴管の内部での空気の動きをとらえるため、紙片を

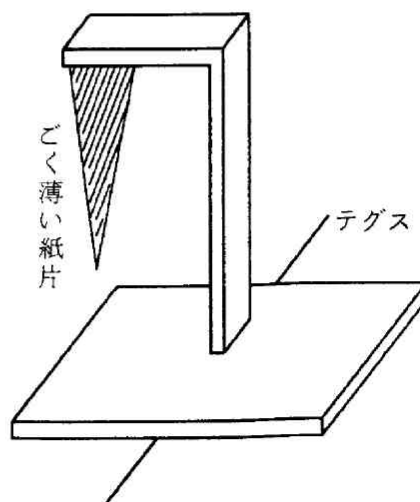


図1-5

閉管の内部に入れて確認することにした。紙片の移動はテグスで外部から容易に操作することができるよう工夫した(図1-5)。

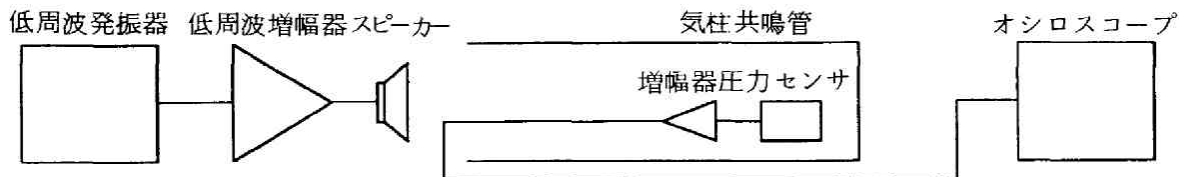


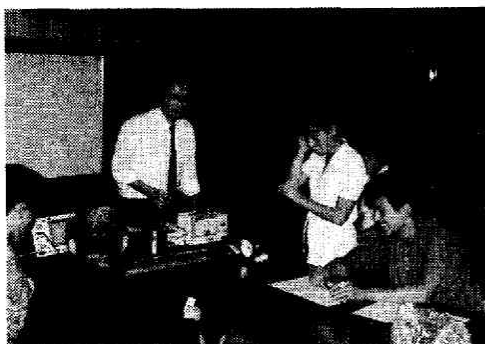
図 1-6

(5) 授業展開

以下に半導体圧力センサを用いて音を圧力の視点から理解させる1時間の授業展開を示す。

表 1-1 学習指導案

過程	学 習 内 容	実 験 の 解 説	備 考
導入	共振についての復習	気柱共振装置を用いて共振したときの音の変化を一定の振動数の場合について示す。	定常波については弦を用いて学習されている
展開	一定の振動数の音に対して管の長さを変化させることによって共振が起きたが、一定の長さの管に対しても、音波の振動数を変化させることによって共振が起こることを理解させる。	閉管を用いて 管の長さが一定の閉管による気柱で、開口部にスピーカーを置き、音の高さを連続的に変化させることにより共振が起こることを示す。共振状態で閉管の開口部を手で覆ったり、スピーカーから管を遠ざけたりしながら気柱が共振していることを明確にする。	装置 低周波発振器 低周波増幅器 スピーカー 気柱共振管
	実験① 閉管内にいた紙片の動きから管内の空気の動きを視覚的に確認させる。	気柱は共振状態のまま 閉管内に吊り下げられた紙片を入れ、移動させ、紙片がどこで動くか確認させる。	目印のラベル、紙片 紙片を取り付ける装置 ビデオカメラ、モニター
	実験② 閉管内の音がどのように聞こえるか、ビニル管を閉管内に挿入して自分の耳で確認し、空気の動きの激しいところではなくほとんど動かないところで大きく聞こえることを確認する。	気柱は共振状態のまま ビニル管の一端を閉管内に挿入し、他端を自分の耳にあて、挿入したビニル管の端を閉管内で移動させ、どこで音が大きく聞こえるか確認させる。	ビニル管 (長さ2m程度) 目印のラベル
	実験③ 圧力センサについての説明	注射器と圧力センサとを接続し、圧力変化に応じて圧力センサの出力が変化することをオシロスコープで確認	オシロスコープ 圧力センサ(電源装置) 注射器、圧力測定用容器
	実験④ 閉管に圧力センサを入れ、音が最も大きく聞こえる位置で圧力変化が最大であることを確認させる。	気柱は共振状態のまま 閉管に圧力センサを入れ、圧力変化の大きい場所小さい場所を確認し、音が最も大きく聞こえたところ、ほとんど聞こえなかったところとの対応を調べる。	
まとめ	ワークシートの考察 圧力変化の大きい場所で音が最も大きく聞こえることを確認させる。		



授業風景



授業風景

この授業を行った結果、生徒は紙片の動く空気の変位の変化の大きいところで音が聞こえるという予想に反して、節で音が聞こえたということに驚き、強い関心を示した。また、圧力がオシロスコープ上で直接表示されることに興味を示し、耳で聞こえる位置は圧力が周期的に変化している位置であると理解した。

(6) 音を圧力の視点からとらえるためのその他の実験例

表 1-2

① 圧力センサとコンデンサ・マイクロフォン・ユニットと一緒に気柱共鳴管の内部に入れることにより圧力変化についてはコンデンサ・マイクロフォン・ユニットでも圧力センサと同様の測定結果が得られることがわかる。(図1-8)
② ダイナミック・マイクロフォンでは空気の変位の変化を捉えている。空気の変位の変化と圧力変化とは90°だけ位相がずれている。コンデンサ・マイクロフォン・ユニットとダイナミック・マイクロフォンとで伝播する音波を同位置で観測すると位相のずれがオシロスコープ上に現れる。(図1-9)
③ スピーカーからパルス波を発生する装置を用いて、気柱共鳴管の内部を伝わる音波の反射について調べると、空気の変位の変化では開口端のとき、山が伝わってくると反射波も山である。圧力変化では同じ開口端のとき、山が伝わってくると反射波は谷であることがわかる。(図1-10)
④ 圧力センサで直接音声の波形を見ることは、円錐型の集音器を圧力センサの導圧管の部分に取り付けることにより可能になる。

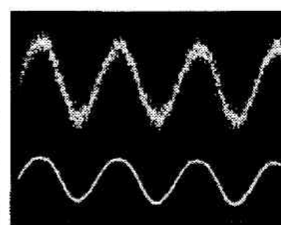


図1-8 圧力センサとコンデンサマイクロフォンによる測定

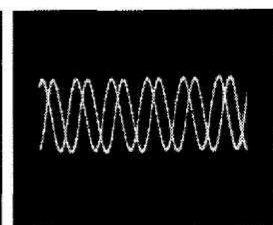


図1-9 コンデンサマイクロフォンとダイナミックマイクロフォン

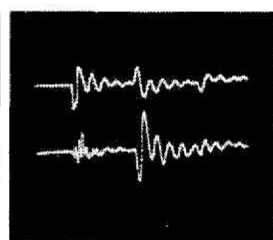
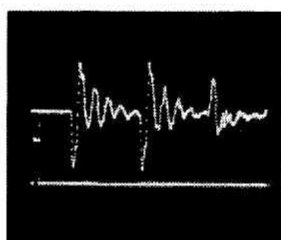


図1-10 入射波と反射波

(7) おわりに

生徒が音をどのように認識したかを、従来の授業展開と圧力を視点とした授業展開で授業を行って比較し、また圧力を視点とした授業を行う前と後とで比較したところ表1-3のようになった。圧力を視点とした授業では、音を圧力の面から理解する生徒が増えていることが分かった。また、身近な事象を取り上げることによって、生徒は興味を示し、様々な視点から考えることの大切さも理解したと考えられる。

圧力の周期的な変化が伝わっているという視点から考えれば、音の反射、音の伝達についても、生徒は空気の変位と圧力の変化とを対比させながら考えることができ、より理解が深まることが期待できる。

表 1-3

音が聞こえるのは何を捉えているからか。

【圧力を視点とした授業】		
	授業前	授業後
空気の振動的な動き	91%	58%
圧力の変化	6%	38%
その他	3%	4%

【従来の授業】		
		授業後
空気の振動的な動き		54%
圧力の変化		0%
その他		48%

(授業前の状況については未調査)

2. 水の循環と生活とのかかわりについて理解を深める授業の工夫

(1) はじめに

今日、私たちの生活を取りまく「水の問題」は非常に複雑で多岐にわたっている。水道水中のトリハロメタン、塩素臭・カビ臭、洗剤と富栄養化、下水道、地下水の汚染等、地域や時代の変遷などによってもかかえる問題は大きく異なっている。問題の根本的な解決には、川、海、湖の本来の状態や自浄能力を生活とのかかわりの中で最大限維持する必要がある、そのためには図2-1に示すような「水の循環」ということを常に考えながら対応することが重要である。

過去における水に関する研究例を調査してみると、各河川の水質調査や水質調査法の改良等で非常に深い研究が見られたが、「毎日飲んでいる水がどこからどういう処理をされて蛇口まできて、生活排水や汚水がどこでどういう処理をされてどこに行くのか」という基本的な水循環と生活とのかかわりに関する研究はほとんど見られなかった。

そこで、教室に浄水処理施設と下水処理施設のモデルを作成し、実際に河川の水や生活排水の処理を行

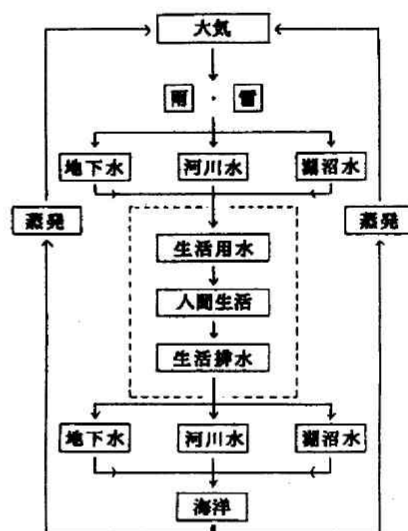


図2-1 人間生活と水の循環

そして、水処理の原理や水環境の現状について学習し、生活の中で水を汚すことが水循環の中でどのように生活に影響を与えるのか、自分たちが何をすることが水環境を良くすることにつながるのかについて理解を深めた。またすべての生徒が自分自身で身の回りの水質を検査する方法を知り、技術を身に付けることで他の水問題や環境問題について探究する意欲を育てようとした。

また、本研究は化学ⅠAの「(5)化学の応用と人間生活、Ⅰ. 環境の保全」を念頭において進めた。化学の研究が環境保全にどのように役立っているかを学習し、「水循環と生活とのかかわりに」の学習を通して自然界の自浄能力について学ぶことは、環境を破壊するのも守るのも人であるということを理解させ、他の環境問題に対する関心を高めることに発展していくことが期待できる。

(2) 水についての生徒の認識

あらかじめ、青梅市、小金井市、港区にある3つの高校で選択方式によるアンケート調査

を行った結果、次のようなことが分かった。

「環境についてどんなことを学習したいか」という質問に対して、「原因、実態、何をすべきかを知りたい」という回答が他と比較して多く、「なるようにしかならない」という回答は予想を下回り、生徒の興味関心の高さを示した。また、「浄水処理や下水処理の原理を知っているか」という質問に対しては、ほとんどの生徒が知らず、蛇口までどのようにして水がくるのか、排水口から流した水がどうなるかについて学習することの必要性を感じた。

(3) 浄水処理・下水処理の原理

(ア) 浄水場の工程

河川水の浄化方法は緩速ろ過法と急速ろ過法に大別できる。

緩速ろ過法は図2-2に示したように比較的美しいな原水を25cm/h程度の速さでろ過層を通し、そこに生息する微生物の働きにより有機物を分解する方法で、良好な水が得られる。しかし、原水が汚れている場合は、砂ろ過層が目詰まりを起こしてしまい用いることができない。

急速ろ過法は図2-3に示したように比較的汚れている原水中の濁りの微粒子を薬品（ポリ塩化アルミニウム）を用いてブロックとして強制的に凝集沈殿させた後、ろ過層を5m/h程度の速さで通過させる方法である。

(イ) 下水処理場の工程

下水処理の原理は図2-4に示したように、汚水に空気を吹き込み（ばっ気）、バクテリアや原生動物（活性汚泥）の働きによって有機物を分解する方法である。

表2-1

原因を知りたい	33%
実態を知りたい	36%
何をすべきか知りたい	36%
なるようにしかならない	7%
関心がない	13%

	青梅市	小金井市	港区
おいしい	23%	10%	7%
まずい	25%	37%	51%

	浄水処理	下水処理
知っている	13%	6%
知らない	87%	94%

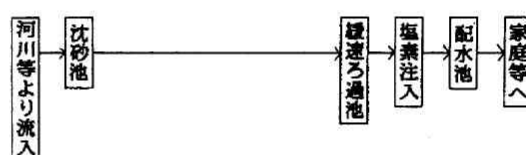


図2-2 緩速ろ過法

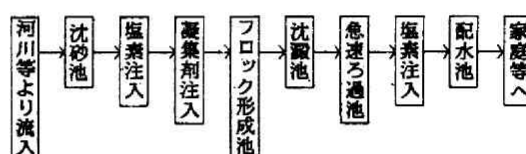


図2-3 急速ろ過法

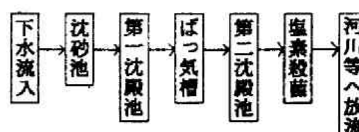


図2-4 下水処理の原理

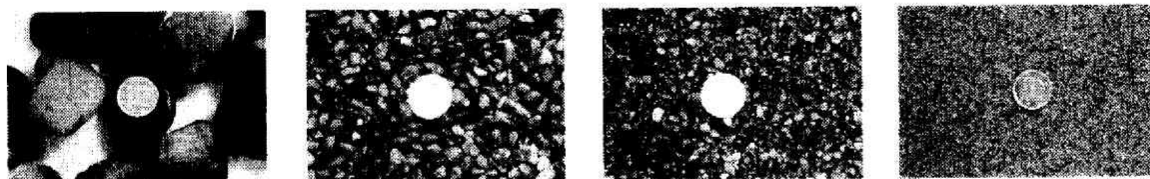
(4) 実験装置の開発・工夫

(ア) 緩速ろ過のモデル化

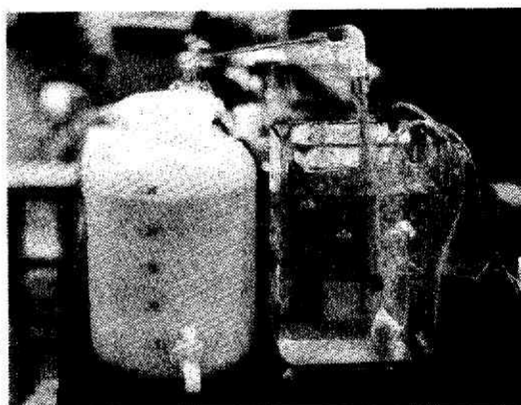
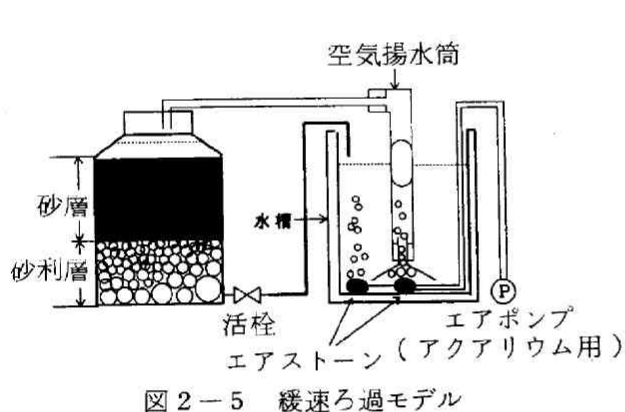
前述のような浄水場の原理を実験室内に再現するため、下図のような装置を開発・工夫した。

①作成材料は、10ℓポリタンク、水槽、ロート、ガラス管等身近にあるものを用いた。

②ろ過材は境浄水場より提供を受け、小石層厚さ 60 mm (石の直径 50 mm) ・砂利層 30 mm (10 mm) ・小砂利層 40 mm (3 mm) ・砂層 120 mm (0.6 mm) の 4 層とした。



③ろ過層が全体で厚さ 250 mm しかとれないため、新たに考案した「空気揚水筒」を用いて、16 cm/h 程度のろ過速度で原水を循環させた。水槽中は常に酸素が十分な状態となり、砂層に生育している微生物の動きをより高めることができる。



この装置を用いて河川水を浄化処理し、水質の経時変化を求めたところ、4 時間で COD が 5 ppm から 2 ppm に減少し、アンモニア性窒素も 2 ppm から 0.5 ppm に減少した。

(イ) 急速ろ過システム中の凝集沈殿

急速ろ過法の特徴である、凝集現象を実験室内で再現するため、比較的汚れている水にポリ塩化アルミニウム (市販品は約 10 %) を約 10 ppm の濃度になるように加え激しく攪拌し、その後緩やかにかき混ぜた後静置した。約 30 秒でブロックが形成し、1 分後には沈殿を終えた。

その様子を図 2-6 に示す。

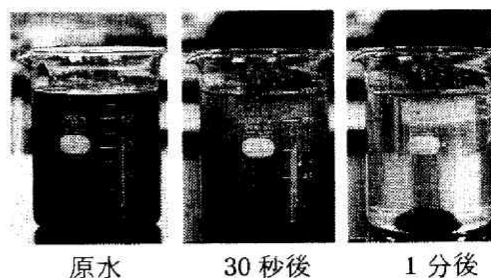


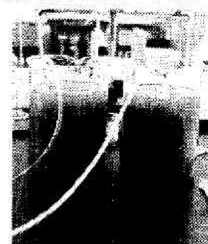
図 2-6 凝集沈殿の様子

(ウ) 下水処理のモデル化

汚水原水に活性汚泥（共に北多摩第一処理場より分与）を濃度が10%になるように加え、エアポンプを用いてばっ気処理を行った。この装置を用いて水質の経時変化を求めたところ、3時間でCODが40ppmから9ppmに減少したが、アンモニア性窒素は20ppmから15ppmにしか減少しなかった。この実験により、現在広く用いられている活性汚泥法ではアンモニア性窒素の処理が困難であることが確かめられた。



活性汚泥



ばっ気処理

（活性汚泥や汚水原水は近くの下水处理場で誰でも分けてもらうことができる）

(5) 授業展開の例

開発・工夫したモデルをもとに授業の流れを考え、学習指導案を作成し、実践した。授業時間としては実験を含めて8時間を想定している。（高等学校学習指導要領 化学ⅠA「(5), イ. 環境の保全」）

表 2 - 2

時間	テ ー マ	授 業 内 容
導入 2	①水に関する意識調査 ②水の循環と生活	アンケート 水の循環図、浄水場・処理場の位置、今どんなことが問題になっているか
説明 1	①汚れの指標 ②簡易測定法	COD, $\text{NH}_3\text{-N}$ 等についての説明 パックテストについて説明後、河川水に味噌汁を加えて水質変化を調べさせる
展開 3	①浄水処理の原理 ②緩速ろ過のモデル実験 ③急速ろ過システム中の凝集作用の実験	緩速ろ過法（境浄水場）と、急速ろ過法（金町、東村山浄水場）についてその違いをスライドを用いて説明 製作したモデル装置を用いて、経過時間毎に採取（冷蔵保存）しておいたろ過水の水質を検査しグラフ化する ポリ塩化アルミニウム（PAC）を用いて、原水中の濁りの主成分であるコロイド状微小物質の凝集実験を行う
	④下水処理の原理 ⑤下水処理のモデル実験	下水処理の原理を北多摩第一処理場および中川処理場のスライドを用いて説明 下水処理場より分けてもらった活性汚泥を用いて、ばっ気処理を行い、経過時間毎の水質を検査しグラフ化する
まとめ 2	①生活が水循環に与える影響 ②自分たちにできること	油を排水口に流さないことや、水切りネットをつけることなどが水循環の中でどのような意味を持つのか 水環境をよくするためには、どんな方法があるか
	③感想文	題「水の循環と生活とのかかわり」
	④探究活動への指導	他の環境（酸性雨、大気汚染等）に対する調査方法の紹介

水環境の改善には生徒一人一人が水の汚れに関心を持ち、汚れの原因を明らかにし、何らかの対策を講じる必要があると考え、測定法に関して①測定操作が簡単である。②短時間で結果

が得られる。③持ち運びが容易で現地でも測定できる、の3つの点を特に留意した。

そして多少高価（1個100円）ではあるが公定比色法との相関関係がよいといわれているパックテストを水質検査法として採用した。このような簡易測定法を採用することにより、今後、生徒が自発的に探究していく意欲を育てる一つの援助になると考えた。

(6) 指導の結果

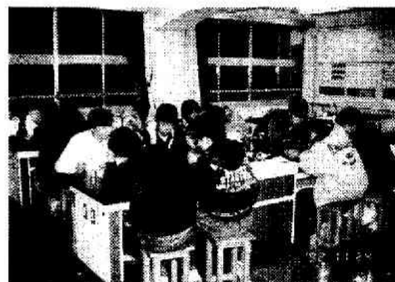
学習が生徒に与えた影響を知るために、研究校のうちの1校で学習後（11月実施）に学習前（9月実施）と同様のアンケート調査を行った結果、次のようなことが分かった。

「日常生活で実行していること」についての質問では、ほとんどの項目で割合が増加し、「特に何もしていない」と回答した生徒の減少が目立った。これは、自分も何かしなければという気持ちから実行し始めた生徒とこれから実行したいという生徒の両者の意欲の反映と思われる。

そして、「環境についてどんなことを学習したいか」という質問に対しては「原因を知りたい・何をすべきかを知りたい」という回答が増加し、「なるようにしかならない・関心がない」という回答は減少した。また、「酸性雨について調べたい」という回答も大きく増加した。これは、水の循環と生活とのかかわりについての学習が、環境問題の原因をさらに深く知りたいという意欲を育て、自分がどう行動したらよいのかを考える大きなきっかけになり、他の環境問題について探究する意欲を育てることに結び付いたことを示している。

表2-3

	学習前	学習後
台所の油の適正処理	8%	16%
牛乳パックのリサイクル	19%	28%
何もしていない	32%	18%
原因を知りたい	26%	55%
何をすべきか知りたい	21%	35%
なるようにしかならない	11%	6%
関心がない	16%	6%
酸性雨について調べたい	16%	28%



授業風景

(7) おわりに

今回の研究を進めていく過程で、研究員自身が水の循環というものを常に考えながら生活するようになった。水に関する様々な問題は相互に関連していて、一つ一つを単独に解決することが難しいことも分かった。しかし、実際に授業を行ってみると、生徒は強い興味と関心を示した。これは水という最も身近な物質を題材にしたことに最大の要因があると思う。そして、授業後の感想文で多くの生徒が水と生活とのかかわりについて理解を深め、日常生活を見つめ直したり、水環境について考えるようになったのを見ると、この研究をさらに深めていく必要性を感じた。

3. 紅葉現象の教材化

(1) はじめに

紅葉は季節の変化を繊細な感覚でとらえてきた日本の伝統文化の中で、秋の象徴として広く親しまれている。しかし、これまで小学校低学年での落ち葉工作などの他は教材として扱われることはほとんどなく、また紅葉現象を科学的にとらえた内容が教科書に掲載されたこともなかった。

この紅葉現象を教材として取り上げ、紅葉化の条件や葉の内部変化を調べるなど新たに開発した実験を行うことで、科学的な見方・考え方を養い、科学的に探究する意欲を育てることを目指し、新しい授業の展開を考えた。また、この内容は新学習指導要領では生物ⅠBの「生物体の構造と機能に関する探究学習」において取り上げると効果的と思われる。

(2) 紅葉についての生徒の認識

都内の4つの高校での紅葉に関するアンケート調査の結果、次のようなことが分かった。

Q1では、多摩地区のある学校では6割の生徒が「ある」と回答したが、23区内の3校では10～15%と低く、地域による差が大きいことが分かった。Q2では、回答のあった植物名はかなり限定されており、植物と親しむ機会が乏しいことをうかがわせる。Q3では外的条件の変化（季節・気温・湿度・日照量の変化等）、生理的变化（色素・葉緑体・栄養分・糖分等の変化）など多様な指摘があった。Q4では色の違いをあげる者が圧倒的に多いが、色が違う原因としてもう少し掘り下げて、葉緑体（素）や色素の変化をあげた者は少数であった。

Q1 紅葉狩りに行ったことがありますか。

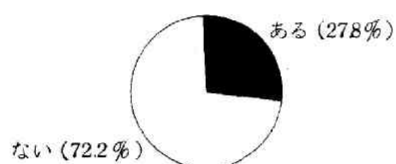


図3-1

Q2 紅葉する植物をあげてください。

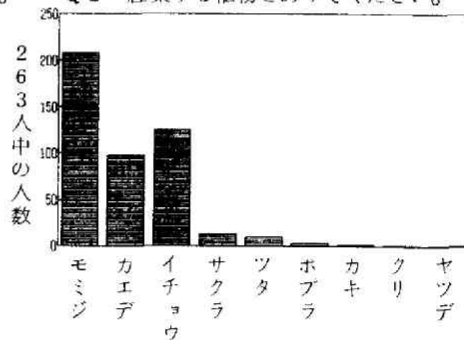


図3-2 植物の種類

Q3 紅葉を引き起こす原因は何だと思いますか。

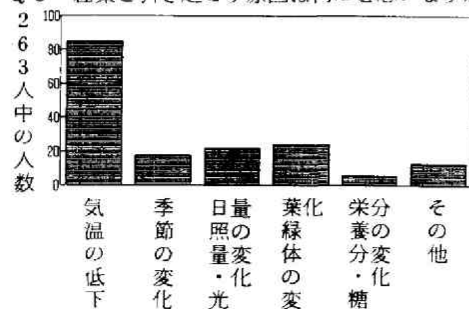


図3-3 原因

Q4 紅葉と緑葉では何が違うと思いますか。

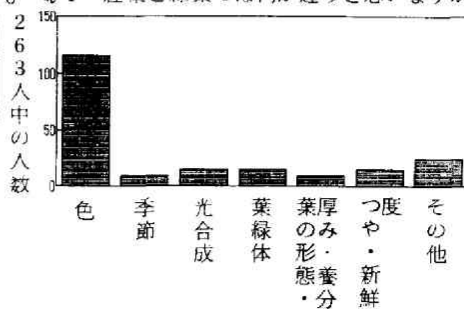
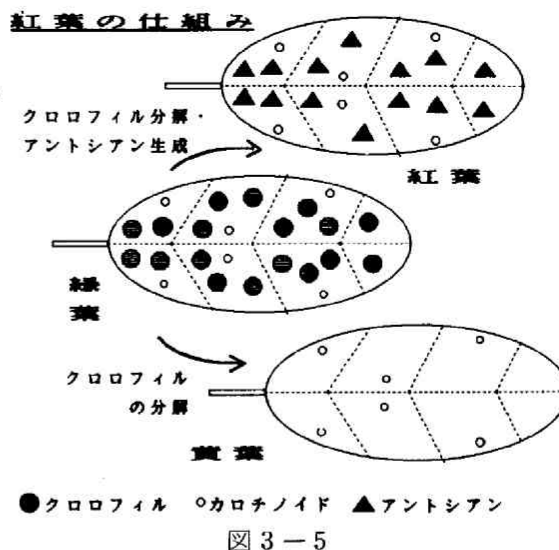


図3-4 違い

(3) 紅葉の仕組みの概略

カエデやツタは秋になると美しく紅葉する。緑葉では緑色のクロロフィルと黄色のカロチノイドが含まれているが、秋になるとクロロフィルが分解し、赤色のアントシアンが生成されることが紅葉である。なお黄葉は、アントシアンの生成を伴わずにクロロフィルの分解のみが起こり、元からあったカロチノイドの黄色が目立つようになる変化である。今回の研究は前者の紅葉を扱うこととした。



秋の気温の低下などの環境の変化は、葉の老化をもたらしクロロフィルの分解を促すとともに、葉を落とすために葉柄の基部に離層が形成される。このため葉と茎の物質の流通が断たれ、葉に糖が蓄積することになる。アントシアンはこの糖と、クロロフィル等の分解によるタンパク質をもとに複雑な変化を経て合成されると考えられている。しかしこのようなアントシアン合成が植物体にとってどのような意義を持つのかはあまり明らかではない。

(4) 新しく開発・工夫した事項

① 色素の変化を調べる簡便な実験の開発

植物の色素組成を調べるには一般にペーパー（または薄層）クロマトグラフィーが行われている。しかしアントシアンとクロロフィルは溶媒への溶解性が大きく異なるため、この方法では両者の量的変化をとらえにくい。このため次の方法を開発した。

クロロフィルは水には不溶だが、メタノール・エーテルなどの有機溶媒には良く溶ける。一方アントシアンは水溶性であり、中性～塩基性では青～緑色になり不安定となるので、塩酸メタノール（濃塩酸：メタノール＝1：35）

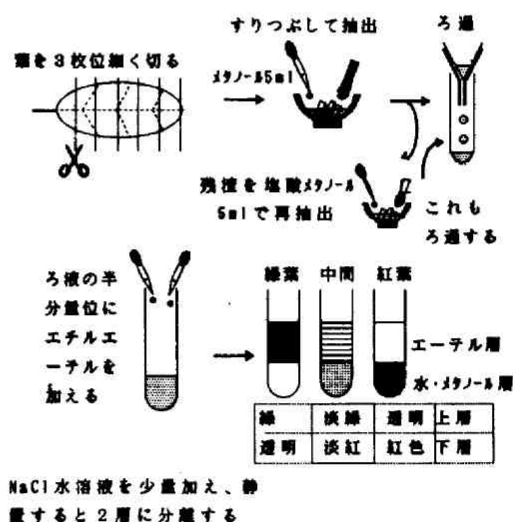


図 3-6

で抽出を行なう。この溶媒への溶解性の差を利用して、上図の方法で両者を分離した。この結果、上図のように紅葉化に伴う色素の変化を明瞭に捉えることができるようになった。

② 材料の工夫

秋のカエデやツタ等を材料とすると、実験できる時期は限定されてしまう。しかしカナメモチの若葉やクスノキの春～夏の落葉を用いることで、同様に実験できることが確認できた。

③ 人為的な紅葉化

オオカナダモをショ糖またはブドウ糖の溶液（0.1モル/l位）中で連続照明下にて培養すると紅葉化することは、都立戸山高校百瀬教諭により発見された。この方法では3～7日で、明瞭に紅葉化することが確認できた。またこの変化の過程を顕微鏡ビデオ撮影に成功した。

カエデなどの葉の小片を上記と同じ条件で、糖液に浮かべておいても紅葉化することが知られている。このことは成功率は低かったが、確認できた。また折れたススキの葉の先端が紅葉すること、タンポポの葉の葉柄を花火などで焼くと3日位で紅葉化することを発見した。

④ 紅葉化による細胞内の色素の変化の確認

オオカナダモ紅葉化の顕微鏡ビデオ撮影により、早い細胞では実験開始後1日でアントシアニン生成が認められるようになること（トゲ細胞）、細胞ごとに色素の生成の速さは差があり実験開始 2～3 日後では濃赤色・淡色の細胞がモザイク的になっていること、紅葉化の進行とともに葉緑体が縮小すること、原形質流動の速度は速くなることが分かった。陸上植物の葉は横断面切片を観察した。ツタ・サクラ等では柵状組織が明瞭に赤くなるが、ヨウシュヤマゴボウなどの草本ではこれと異なり表皮組織が赤くなることが確認できた。

⑤ 離層の観察の実験の開発

秋に落葉樹の葉柄の基部の断面を双眼実体顕微鏡で観察した。材料としてはカキ・サクラなど葉柄が細くないものが扱いやすかった。茎と落葉直前の葉は外部から見ても離層を境に色が異なるが、切断面では一層はっきりと離層を観察できた。離層はコルク質であるのでスダンⅢで黄赤色に良く染まるが、スダンⅢ・メチルグリンの二重染色ではさらにきれいに染め分けられた。また道管など木質化した組織をクロログルシンで赤く染めることによっても、茎と落葉寸前の葉が離層で断絶されているのが確認できた。

⑥ 紅葉化における糖の蓄積の確認

糖の検出にはフェーリング反応を用いた。この反応はブドウ糖など還元糖には有効だが、ショ糖は検出できない。しかし葉から茎への転流はショ糖の状態で行われ、また紅葉化により葉に蓄積するのもショ糖と考えられるので、オオカナダモを用いて次の方法で確認した。

塩酸処理（1 N塩酸中で10分加熱）によるショ糖の加水分解 → フェーリング液処理 → クロロフィルの脱色（メタノール処理）

糖が蓄積している場合は、細胞内に酸化銅(I)が析出し、葉全体が茶褐色を帯びてくる。

この反応は、淡紅色（紅葉化進行中）の葉→濃紅色の葉（紅葉）→緑葉（ごくわずかに検出された）の順に小さくなることが分かった。このことは緑葉（葉緑体にデンプンを貯蔵している）→紅葉化開始（デンプンは糖に分解し、細胞内の糖濃度が増加）→紅葉化完了（糖はアントシアンに変化し、糖濃度は低下）という変化を裏付けるものである。

⑦ 光合成を調べる実験の工夫

生徒のアンケートでは、少数ではあるが紅葉は光合成を行なわないという指摘があった。このことを確認するために次の実験を開発した。

pH指示薬であるチモールブルー 0.02 %・クレゾールレッド 0.01 %・炭酸水素ナトリウム 0.0084 % の混合液に 1 % の寒天を溶かし、シャーレに 1 cm 位の厚さに入れて固める。この上に葉を置き、光を照射する。この葉が光合成を行わず、呼吸のみを行った場合は発生した CO_2 で寒天表面は酸性になり黄色を帯びてくる。一方葉が光合成を行っている場合は寒天表面は塩基性になり青色を帯びてくる。カエデの葉を用いて、この方法で 1 時間光を照射した結果、紅葉では寒天表面は黄色になり、緑葉では赤紫色になった。

試験管内でこの pH 指示薬と葉を入れて光合成を確認する実験は一般的であるが、寒天を用いることにより操作を簡単にすることができ、葉の接触部分だけが変色するので明らかに葉のはたらきによってこの変化が生じることを印象付けることができた。

⑧ パソコンソフトの開発

授業のまとめとしてパソコンの活用は有効である。グラフィックソフトを用いて、実験で得られた知識を整理するためのソフトを開発した。紅葉による植物体内部の変化をアニメーション化したり、紅葉を直接イメージスキャナで読み取らせた画像を利用したりして、複雑な現象を視覚に訴えて分かりやすくするよう工夫した。また生徒各自が個別に調べたい事項を学習できるようなプログラムの流れを考えた。



授業風景

(5) 授業の結果と授業展開の例

これまで紅葉について学習したことのなかった生徒にとって、これらの実験でその仕組みを簡単かつ明瞭に知ることができたのは、大きな驚きであったようである。さらに生徒の中

表 3-1

授業展開例	時間	授 業 内 容		
導 入	1	紅葉に関するアンケート 紅葉の提示（実物・写真・VTR）	には異なる植物種や温度・光条件の影響についての実験を考える者もいるなど、探究的な学習により科学的な見方・考え方が養われていることを確認できた。	
展 開		紅葉化に伴う、葉の内部変化を調べる ①紅葉と緑葉との比較観察		※発展的な実験の例 “葉の糖の蓄積を調べる実験”，“温度や光条件の紅葉化への影響を調べる実験”，“紫外線やエチレンの紅葉化への影響を調べる実験”
		②葉の色素の抽出・比較実験 ③光合成・呼吸の比較実験		
	2	紅葉化の条件を探る（④～⑦は班毎に選択実習） ④紅葉・緑葉の切片や ⑤離層の顕微鏡観察 ⑥葉脈切断・焼断による紅葉化実験 ⑦オオカナダモの紅葉化実験		
考 察	1	紅葉化の条件について（班毎に検討）		
発表・討論		考察で出した結論の発表とそれについての討論		
まとめ	1	パソコンソフトによる紅葉化のしくみのまとめ		
発 展		※発展的な実験例の示唆	などが考えられる。	

(6) 他の単元とのつながり

今回開発した実験は、次のように利用することで、他の単元でも生徒の興味・関心を喚起し、観察力を高め、知識の確認に留まらない発展性のある教材とすることが可能である。

細胞の観察…オオカナダモの細胞を観察させる場面で、緑葉と紅葉とを比較させ、細胞内の違いを観察させる。（葉緑体の変化・液胞の存在に注目させる。）

組織の観察…緑葉と紅葉とで切片を比較観察させる。（柵状組織の変化に注目させる。）

光合成色素の実験…緑葉でクロマトグラフィーを行う場合、葉の色素の確認に留まることが多いが、紅葉・黄葉と比較させることで、これらへの変化の仕組みを考えさせる。

生態・適応…離層を観察し、落葉は受動的に葉が枯れて脱落する現象ではなく、季節変化に適応した現象であることを理解させる。

(7) おわりに

紅葉現象は身近ではあるが、研究してみると奥が深いということを、改めて認識した。この教材は生徒の探究の意欲を高めるために効果的であった。今後さらに発展させ、生徒たちが新鮮な驚きと感動をもって取り組める教材を開発していきたい。

4. 日本の典型的な気象現象を題材とした学習ソフトの作成

(1) はじめに

気象現象は、他の地学現象と同様に人間生活とかかわりが深い。その日の気温・湿度・降雨・風、あるいは台風などは社会に大きな影響を与え自然災害の要因になることもある。生徒の興味・関心を喚起し、身近な事象を探究する題材として気象現象は最適である。例えば、日本に大きな被害をもたらした台風をテーマとした授業を展開したとき、気象衛星ひまわりが撮影した雲画像図（以後ひまわりの雲画像図という）や地上天気図・高層天気図などは台風の仕組みや構造を解き明かすよい教材となる。さらにこれらの図を生徒一人一人が主体的に自由な発想で検討することができれば、台風についての探究意欲を高めることができる。また、学習の過程で科学的な見方・考え方を養うことができる。

以上の観点から、本研究では夏・冬の季節の特徴、移動性の低気圧・高気圧、梅雨、台風、東京の降雪など日本の典型的な気象現象を題材とした学習ソフトを作成した。この学習ソフトは、生徒一人一人がパソコンを操作し、ひまわりの雲画像図や地上・高層天気図を出力して、気象現象の探究学習を進めるものである。さらに大きな特徴として、ひまわりの雲画像や地上・高層天気図を重ね合わせた合成画像図（図4-1）を作成したことである。生徒はこれらの気象図や合成画像図を見ることによって、気象現象の仕組みや構造をより立体的に考察することができ、地上・高層の大気の状態や変化の違いを探究しながら、気象現象の原理や法則の理解を深めることができる。

本学習ソフトは、地学ⅠAの「地球の活動と災害」や地学ⅠBの「地球の構成」の中で気象現象を扱うことができる。本研究ではこの学習ソフトを活用した授業展開を行い、生徒の学習効果や授業評価についての検討を行った。

(2) 気象データの収集と合成画像図の作成

日本列島は四季の変化が顕著であり、また、大雪や台風・集中豪雨などの自然の猛威にみまわれることも多い。これら典型的な気象現象を題材とすれば生徒の授業への動機付けとなり学習意欲を引き出す要因となる。また、生徒の日常生活にかかわり身近な事象として実際に体験したことや記憶に新しいものを扱えばさらに学習効果を高めることができる。そこで、典型的でなおかつ特徴のある気象現象を題材として選ぶため、月刊気象及び気象年鑑の「天気図日記」・GMS動画画像・気象月報などを参考にして、表4-1の①～⑥の6つの気象現象を選んだ。これらの気象現象は昨年度に日本付近で発生したもので、日本の季節の特徴をよく表わし、社会生活や環境に大きな影響を与えたものばかりである。6つの気象現象に

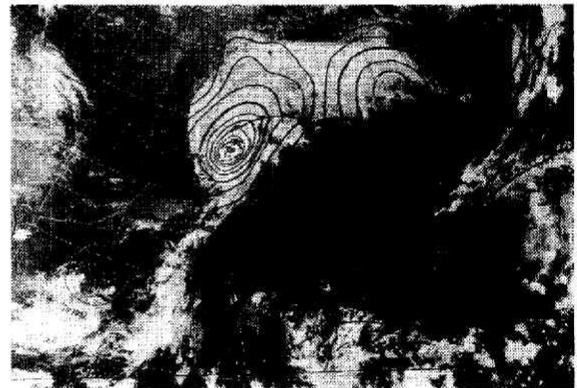
ついて雲の様子・気圧配置・等圧線・風向・前線・偏西風波動・ジェット気流などの気象要素を視覚的に捉えさせるために、各気象現象それぞれについて表4-1のア～カの6枚の気象図を作成した。ひまわりの雲画像図・地上天気図・高層天気図の原図は気象協会から購入したものであるが、陸地沿岸や等圧線・高・低気圧の位置を明確にするための改良を行った。また、エ～カの合成画像図は、ア～ウの2枚ずつを重ね合わせたものである。重ね合わせることによって、大気の地上・高層の違いをより立体的・視覚的に捉えさせることができる。

表4-1

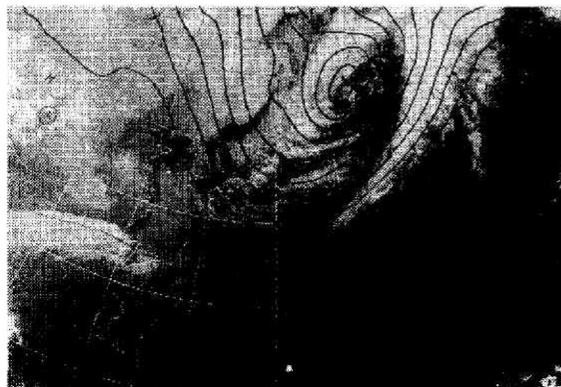
① 移動性低・高気圧(1991年4月3日)	ア ひまわりの雲画像図
② 梅雨前線(1991年6月24日)	イ 地上天気図
③ 夏型の気圧配置(1991年9月4日)	ウ 高層天気図
④ 台風(1991年9月27日)	エ ひまわりの雲画像図+地上天気図
⑤ 冬型気圧配置(1991年12月29日)	オ ひまわりの雲画像図+高層天気図
⑥ 関東地方の雪(1992年1月31日)	カ 地上天気図+高層天気図



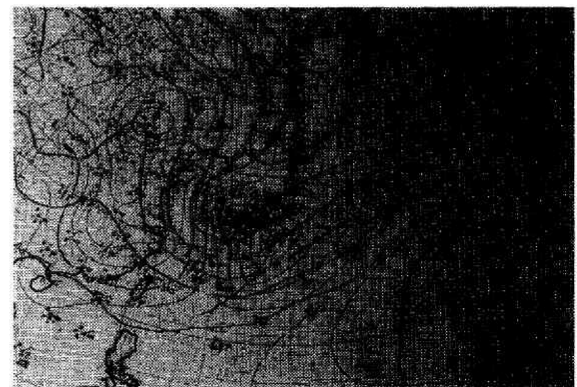
②梅雨前線(雲画像+地上)



④台風(雲画像+地上)



⑤冬型気圧配置(雲画像+高層)



⑥関東地方の雪(地上+高層)

図4-1 (各図は作成した合成画像図例である。)

(3) 学習ソフトの作成方法

学習ソフトは次の順序で作成した。

- ① 6つの気象現象それぞれについて、ひまわりの雲画像図・地上天気図・高層天気図・各種合成画像図の計6枚の図をパソコンのフロッピーディスク及びハードディスクに保存した。各図の取り込みは、市販のソフトウェアを使用してイメージスキャナーから入力した。(図4-2)

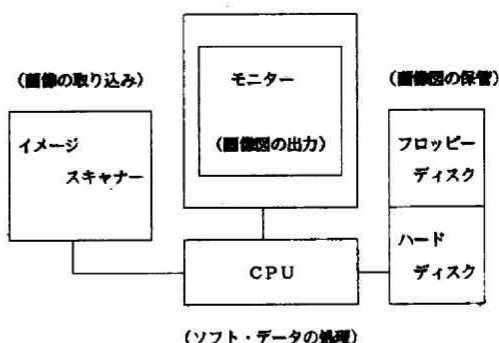


図4-2

- ② 学習を進めるための指示画面や解説画面、及び6つの気象現象のうち1つを選択し、画像図を出力するためのメニュー画面を市販のソフトウェアで作成した。

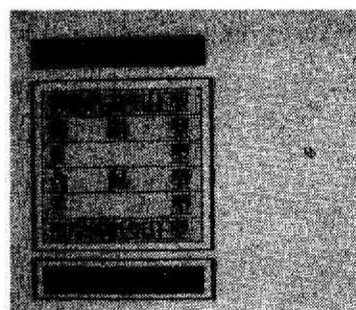
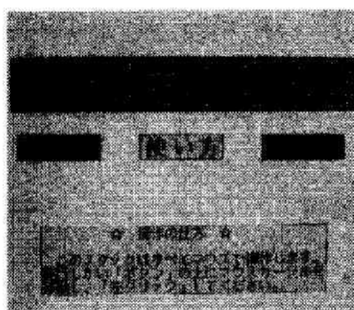
(4) 開発した学習ソフトの出力画面と学習ソフトの特徴

この学習ソフトは図4- ア

イ

3のア～エの画面構成になっている。イ～エを繰り返すことによって、6つの気象現象の各画像図をモニターに出力することができる。

学習ソフトの特徴



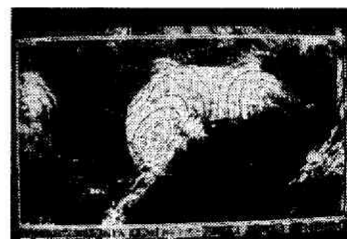
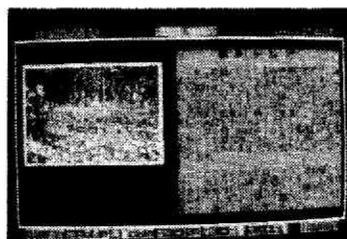
- ① ひまわりの雲画像図・地

上天気図・高層天気図合成

ウ

エ

画像図をパソコンのディスクに保存し、いつでも出力できるようにした。



- ② 雲画像図や天気図及び地上・高層天気図の2枚ずつを重ね合わせた図、合成画像図を作成した。

図4-3

- ③ 生徒一人一人が6つの気象現象に関する画像図をモニターに出力できるようにした。
- ④ 都立高等学校に導入されているパソコンのほとんどの機種に対応できるように3種類の学習ソフトを作成した。

(5) 授業における活用

地学ⅠA「地球の活動と災害」、地学ⅠB「地球の構成」などの授業における各種気象データの活用例を以下に示す。授業形態としては、

- ・教師側が授業中に各種気象データを必要に応じて生徒に示す。
- ・生徒が各自の進度に合わせて、パソコンを操作し学習する。

などがある。それぞれの画像図で指導できる内容について次に示す。

① 移動性高気圧（1991年4月3日）

高層天気図に見える気圧の谷の東側には低気圧があり、気圧の尾根の東側には高気圧（移動性）を見ることができる。移動性の低気圧では、ひまわりの雲画像から高層雲（巻雲）の様子が分かる（赤外画像で見るとより明確に分かる）。高気圧が東西に列を作り、低気圧と交互に並んでいる。

② 梅雨前線（1991年6月24日）

オホーツク海高気圧と太平洋の高気圧、その間に梅雨前線がある。2つのジェット気流（寒帯ジェットと亜熱帯ジェット）がオホーツク海で合流している。気圧の尾根、気圧の谷と高気圧、低気圧の関係も明瞭である。梅雨前線に沿っての雲の様子、対流雲の進入などがわかる。オホーツク海高気圧のブロッキング現象が見える。寒冷前線に沿って雲の帯が見え、風向が上層と下層で違う。

③ 夏型の気圧配置（1991年9月4日）

南高北低の気圧配置。太平洋高気圧の勢力が強く、広く日本列島は晴れているので、雲が見られない。日本の南方海上は偏東風になっている。ジェット気流は緩く等圧線は広い。

④ 台風（1991年9月27日）

台風を取り巻く雲の様子（左巻）。台風の進行方向右側の風速は左側よりも強い。台風的位置は太平洋高気圧の縁にある。

⑤ 冬型の気圧配置（1991年12月29日）

日本海上の筋状雲の様子や、日本列島の日本海側には雲があり太平洋側には雲が無い。顕著な西高東低型（シベリア高気圧、千島・アリューシャン列島付近に低気圧がある）。等高度線が南下している（夏型の高層天気図の等高度線の方が高い）。

⑥ 関東地方の雪（1992年1月31日）

関東地方（太平洋側）に雪を降らせるときは、関東の南方海上を低気圧が通過する。日本海側の降雪と太平洋側の降雪の違い、気圧配置、低気圧の位置の違いが分かる。

(6) 地学学習指導案例

表 4-2

⑤ 授業展開例	
学 習 活 動	指導上の留意点
① 授業内容 東京に雪を降らせるときの特徴について ② 本時の授業目標 ア 偏西風波動と低気圧、高気圧の位置の関係を理解する。 イ 東京に雪を降らせるときの特徴について理解する。 ウ 日本海の降雪と太平洋側の降雪の特徴の違いを考える。 エ 日本の季節の特徴についてその概要をつかむ。 ③ 指導の流れ 1 校時 大気の構造 2 校時 太陽放射エネルギーと地球放射 3 校時 断熱変化とフェーン現象 4 校時 大気の大気圧、不安定 5 校時 大気圧 6 校時 大気に働く力 7 校時 偏西風波動と高気圧、低気圧の位置 8 校時 東京に雪を降らせるときの特徴について（本時の授業） 9 校時 日本の季節の特徴 ④ 授業の特徴 ア 気象衛星ひまわりの雲画像や地上・高層天気図をパソコンのディスクに保管し、生徒一人一人がモニター画面に映して見ることができる。 イ 雲画像と天気図、地上天気図と高層天気図などを重ね合わせた図（合成画像図）を作成した。 ウ 情報処理室（パソコン室）を使用する。	導入 パソコンの準備 偏西風波動、高気圧、低気圧、大気に働く力の復習 本時の授業内容を説明し、関連事項を復習させる。
東京に雪が降った時の気象衛星ひまわりの雲画像、地上・高層天気図等をパソコンのモニターに映し見る。 合成画像図を見る。 日本海側の降雪時と太平洋側の降雪時の比較をする。 進度の早いものは、夏型と冬型を比較をする。	* 偏西風波動の風の向き（高層天気図と偏西風波動の関係）について理解させる。 * 低気圧・高気圧の位置と気圧の尾根、気圧の谷の関係を理解させる。 * 西高東低の気圧配置について気づかせる。 * 偏西風波動の様子、低気圧の位置の違いを見つけさせる。 * 等高線、気圧配置、風向の違いを見つけ、偏西風波動と関連させる。
気象現象の特徴をまとめる。 パソコンを終了する。	* 本時の授業のポイントをつかませる。 * 各生徒の進捗、理解の程度を把握する。

(7) 生徒の学習効果と授業評価

学習ソフトを活用した授業を実際に行った。生徒には授業の前後にアンケート調査を行い学習効果と授業の評価について検討した。東京や関東地方に雪を降らせるときの特徴について考えさせる授業（上記学習指導案による授業）では、授業前のはほとんどの生徒が東京の降雪の原因は、日本海側の降雪の残り分が脊梁山脈を越えて東京をはじめ関東地方に雪を降らせると考えており、気圧配置も西高東低の典型的な冬型と思っている。授業後、生徒は関東地方南岸を低気圧が通過する様子を知り認識を新たにしようである。この学習ソフトは個々の生徒のパソコンの操作で授業を進めることができ学習意欲は高い。また、パソコン操作等に生徒一人一人の個人差がでる。

(8) おわりに

この学習ソフトは、気象現象についてのデータベースになると同時に、学習形態を工夫することによって、生徒の主体的活動を重視した授業や問題解決学習などに適用できる。例えば、数台のパソコンやパソコン教室を使用して授業が展開できれば、個々の生徒が自分の進捗や理解の程度に合わせた個別学習とすることができる。本研究の今後の課題として、これらの気象データをさらに効果的に活用する学習形態や授業方法を研究していく必要がある。