

研究紀要

第3号

平成3年3月

北海道立理科教育センター

目 次

発刊にあたって	北海道立理科教育センター所長 佐 藤 修一
探究活動から課題研究へ	宮下 正恪 1
真空鉛の実験の検討	樋棒 光一 9
霧箱の製作法と放射線の検出法に関する研究	中里 勝平 12
コンピュータを活用した波形計測の実験例 ～音波の観察と波形の解析について～	一口 芳勝 16
小学校における理科薬品等の基礎的な知識（1）	作原 逸郎 22
高分子化合物の学習におけるゴム弾性の教材化	中村 隆信 25
コンピュータによる化学計測（I）	鈴木 哲 28
魚類を用いた再生の実験	白井 鑑 30
蝶類の種間交雑に関する研究（III）	青山 慎一 32
身近な植物を用いた「植物の種類と生活」の野外観察	河原 英男 38
植物化石による古気候の推定とその教材化	那賀島 彰一 41
身近な岩石の教材化	高橋 文明 47 森 裕
小学校における植物教材園の作り方と管理	乳井 幸教 54

探究活動から課題研究へ

宮 下 正 恪

1 はじめに

研究紀要2号には、高等学校化学で実施が可能な課題研究の2, 3の例について報告した。

本年度は探究活動から課題研究へ発展させるための方策について報告する。

この報告は、旧指導要領（札幌西高校）の時、化学Bを2年生で2単位、3年生で2単位と分割履修させ、その他に特設した選択化学2単位（2時間連続）で実施したものである。

化学での実験は、基礎基本となるような内容のものを中心として教科書記載のもの、北海道版の実験書に記載のもので実施した。

選択化学の目標を、次の①～④とした。

- ① 化学教育の現代化（基本概念を中心に体系化する）
- ② 化学教育を通じ創造性の開発
- ③ 科学的な思考方法の確立
- ④ 人間性の涵養

内容面では、すでに高校で履修する化学の半ばまで2年時において履修しているので、指導の中心に「物質の粒子性」と「化学変化とエネルギーの関係」を置いた。

年間授業計画として、科学の方法の修得をねらいとして基礎編I（18時間）、実験計画をたてるための実験技術の修得をねらいとして基礎編II（14時間）、課題研究（30時間）を予定した。

2 基礎編I

(1) 基礎編Iの考え方

- 実験テーマの選定に当たって留意した点は、
- ① 実験内容を焦点化し、目的を明確にする
 - ② 実験事実の的確な把握に努めさせる
 - ③ グループ討議による問題解決を行わせる
 - ④ 自由研究のテーマ選定に対する問題意識を持たせる

の4点である。

科学の方法の習得がねらいなので、「観察、実験、測定、分類、記録・伝達、予測、推論、操作的定義、データの解釈、モデルの形成、仮説の設定、検証実験、条件制御」などの目標をそれぞれの実験ごと、明示した。

実験は、主として理論の裏付けとなる実験を中心、「問題提示→問題解決のための実験→結果の処理→グループ討議→全体討議」の順に展開した。

(2) 実験の目標と内容

① 化学変化を考えてみよう

【目標】観察（問題の発見）、条件の制御、モデルの形成

【ねらい】

化学実験における観察のポイント、具体的な事実と推論との違いを理解する。

【実験1】

300mlの三角フラスコに、化合物A・化合物Bと水酸化ナトリウム（触媒）を含む水溶液（標準溶液）が200ml入っている。

- ◎ 静置した状態のとき、この水溶液にどのような特徴が見られるか。
- ◎ 上下に振ると、どのような変化が見られるか。

設問 実験事実からどのようなことが推定されるか。

【実験2】

化合物Aの濃度を2倍にした溶液（A2倍液）、化合物Bの濃度を2倍にした溶液（B2倍液）がある。

- ◎ 標準溶液の振る回数と退色までの時間（秒）
- ◎ A2倍液の振る回数と退色までの時

間(秒)
 ◎ B 2倍液の振る回数と退色までの時間(秒)
 設問 実験結果をグラフ化せよ。また、着色の原因は化合物A・Bのいずれか。
 [実験3]
 溶液の温度を35°Cにし、振る回数と退色までの時間を調べる(結果を予測した後、実験で確かめる)。
 設問 予想と実験結果は一致したか。

② 化学変化と熱エネルギー

[目標] データの解釈、推論、規則性の発見

[ねらい]
 化学変化を熱的変化の面からとらえ、反応経路と反応熱との関係を調べる。
 [実験1]
 硫酸銅溶液をビーカーに取りスターラーに乗せ、温度計をセットする(攪拌子の回転の邪魔にならないように)。亜鉛末を入れ攪拌しながら温度変化を測定する。
 設問 測定値をグラフ化した後、最高温度を算出せよ。
 [実験2]
 硝酸銀溶液と(1)亜鉛末、(2)銅粉についても同様の実験を行う。
 設問1 測定値をグラフ化した後、最高温度を算出せよ。
 設問2 実験1・2からどのようなことが分かるか。

③ 電気伝導性と中和

[目標] ◎条件の制御、データの解釈、推論

[ねらい]
 酸も塩基も水溶液にすると電気をよく通す。中和反応の際の電気伝導性はどういう変化するかを調べる。

[実験1]
 水酸化バリウム水溶液をビーカーに取り電極を入れて電圧を調整した後、攪拌子を回し硫酸を滴下しながら電流の変化を測定する。
 設問1 測定値をグラフ化せよ。
 設問2 グラフの変化と溶液内のイオンとの間には、どのような関係があるか。
 [実験2]
 水酸化バリウム溶液と塩酸で同様の実験をしてみる。
 水酸化ナトリウム溶液と酢酸で同様の実験をしてみる。
 設問1 各反応の違いは、どこに原因があると推定されるか。
 設問2 溶液中のイオン濃度、イオンの種類と電気伝導性の関係について考察せよ。

④ プロトン供与体と受容体I

[目標] 定量の基礎、推論、データの解釈

[ねらい]
 水溶液中でなければヒドロニウムイオンや水酸化物イオンは存在しない。しかし、ブレンステッドの酸・塩基説によれば、プロトンの授受が酸・塩基反応なので、水溶液中でなくても中和反応は起こる。
 ベンゼン・アルコールなどの非水溶媒中の酸・塩基反応を実験的に調べる。
 [実験1]
 水・ベンゼンの電気伝導性を調べる。
 塩化水素-水、塩化水素-ベンゼンの各溶液の電気伝導性を調べる。
 設問 電気伝導性の有無から電離の有無を推定せよ。
 [実験2]

アニリンのベンゼン溶液に乾燥した塩化水素を吹き込み、電気伝導性を調べる。
 設問 電気伝導性の変化の理由を考察せよ。
 [実験3]
 ジエチルアミンのエタノール溶液と酢酸のエタノール溶液を混合し、温度変化を調べる。
 設問 反応熱を計算せよ。

⑤ プロトン供与体と受容体II

[目標] 定量の基礎、推論、データの解釈

[ねらい]
 酸・塩基反応をプロトンの授受で考えるなら、プロトンの出し易さ、プロトンの受け入れ易さによって酸・塩基の強弱を考えることができるであろう。このことを実験的に調べる。

[実験1]
 二酸化炭素、アンモニア、酢酸、ジエチルアミンの各水溶液の液性をpH試験紙で調べる。

設問 水に対して各化合物は、プロトン供与体・受容体のいずれか。

[実験2]
 炭酸ナトリウム、塩化アンモニウム、酢酸ナトリウムの各水溶液の液性をpH試験紙で調べる。

設問1 水に対して各イオン(塩から電離した)は、プロトン供与体・受容体のいずれか。

設問2 実験1、2で使用した水溶液のpHから、各化合物及びイオンのプロトン供与体・受容体としての強弱を推定せよ。

⑥ 酸化・還元(電子の授受)

[目標] 予測、仮設の設定、検証実験

[ねらい]
 単極電池を組み合わせて起電力を測定し電子の流れる方向(酸化・還元)を調べる

[実験1]
 次の各電池の起電力を測る。

- a Zn | Zn²⁺ || Cu²⁺ | Cu
- b Ag | Ag⁺ || Cu²⁺ | Cu
- c Pb | Pb²⁺ || Cu²⁺ | Cu

設問 銅を基準とした場合の亜鉛、銀、鉛の酸化還元電位はいくらか。

[実験2]

次の組み合わせで、起電力はいくらになるか。推定値を()内に書き、実験で確かめよ。

- a Zn | Zn²⁺ || Ag⁺ | Ag ()
- b Zn | Zn²⁺ || Pb²⁺ | Pb ()
- c Pb | Pb²⁺ || Ag⁺ | Ag ()
- d Zn | Zn²⁺ || Cu²⁺ | Cu
+ Pb | Pb²⁺ || Ag⁺ | Ag ()
- e Zn | Zn²⁺ || Cu²⁺ | Cu
+ Ag | Ag⁺ || Pb²⁺ | Pb ()
- f Zn | Zn²⁺ || Ag⁺ | Ag
+ Pb | Pb²⁺ || Cu²⁺ | Cu ()

設問 推定値と実験値の間で差の生じたのは、どこに原因があるか。

⑦ 電池と電気分解

[目標] 推論、仮設の設定、検証実験

[ねらい]
 電池と電気分解の関係を電子とのかかわりから調べる。

[実験1]

次の各電池の起電力を測る。次にこの電池から電流を取り出し、電圧の変化を調べる。

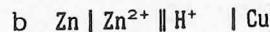
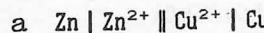
- a Ag | H⁺ || H⁺ | Cu
- b Ag | Ag⁺ || Cu²⁺ | Cu

設問1 a, bの電池で起電力に差はあるか。

設問2 電流を流したときと流さないときではどのような違いがあるか。

[実験2]

次の各電池の起電力を測る。次にこの電池から電流を取り出し、電圧の変化を調べべる。



設問 実用電池の条件として、どのようなことが必要か、検討せよ。

[実験3]

実験2の電池に逆電流を流したらどのような現象が起こるか。現象を推論し、実験で確かめよ。

設問 電極及び溶液内のイオン濃度の変化を反応式を用いて説明せよ。

④ 酸化剤・還元剤の量的関係

[目標] 予測、仮設の設定、検証実験

[ねらい]

酸・塩基の定量実験として中和滴定があったが、酸化・還元にも酸化・還元滴定がある。滴定実験を行い酸化剤・還元剤の反応するモル関係を調べる。

[実験1]

デンプンを指示薬としてヨウ素ヨウ化カリウム溶液をチオ硫酸ナトリウム溶液で滴定する(ただし、溶液は等モル濃度)。

設問 反応するモル比はどうなるか。

[実験2]

オキシドール(過酸化水素水)の濃度を実験1の反応を利用して決定する。

設問 オキシドール中の過酸化水素濃度はいくらか。

[実験3]

過マンガン酸カリウム溶液の濃度を滴定で求めよ。

設問1 どのような実験方法か。

設問2 過マンガン酸カリウム溶液の濃度はいくらか。

度はいくらか。

実験内容の精選を行い、実験目的を焦点化し、2時間連続の授業である利点を生かして十分なグループ討議の時間を確保した。このことにより、一人一人の生徒が何を実験しているか、その実験の目的は何かを理解し、全員を実験に参加させることができた。

以上が、実施した内容である。有機化合物に関する分野を削除してあるが、平行して実施している化学Bとの関連から意識的に行つたものである。しかし、選択化学を独立科目とするには欠くことのできない分野である。

有機化合物分野を取り入れるとすれば、⑤のプロトン供与体と受容体II及び⑦の電池と電気分解を削除し、「アルコールの性質」と「ペーパークロマトグラフィーによる分離」を採用したい。

アルコールの性質

プロパノール(2種類)、ブタノール(4種類)について、水に対する溶解性、ナトリウムとの反応性を調べ、炭素数、水酸基の位置による違いを考察させる。

ペーパークロマトグラフィーによる分離
2, 3種類のアミノ酸の分離を、混合物の分離確認の方法として行う。

(3) 各項目における学習(評価)目標

学習目標(評価の対象となる)は、すべてが実験項目になっているので科学の方法の習得にしぼった。何等かの形で各項目とも測定実験が組み込まれているため、観察・測定・数的処理・データの解析などの定量実験における基礎目標は、どの実験にも設定される目標である。記録・伝達もグループ討議及び全体討議により授業を進めるで、学習目標の対象とした。

具体的には、ペーパーテストは行わず、作業行動・討議での発言内容等を机間巡回などを利用しグループ評価した。個別評価は授業展開の形態からなじまないものと判断した。

この評価方法では、教師の主觀が判断根拠となるため、客觀性に欠ける。生徒の自己評価を加味することも検討する必要がある。

3 基礎編II

(1) 基礎編IIのねらい

課題研究を想定し、実験技術の習得と問題解決の方法の発見に役立つ内容のものとの立場から選定し、陽イオンの系統的分離確認を14時間実施した。

現行及び新指導要領での金属イオンの扱いは、2, 3の金属イオンの組み合わせの分離にとどまっているので、ここで実施した方法は、平成6年度以降もなじまない内容になっている。

しかし、総合的な実験技術の習得のための継続実験は、課題研究に実験を導入するとすれば必要事項の一つである。当センター研究紀要(第1号:p 27~30)に記載した方法も1案である。

(2) 実験の内容

実施した実験内容は、次の通りである。

① 分離確認のための基礎反応

[実験1]

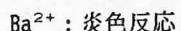
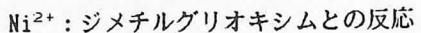
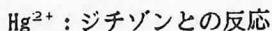
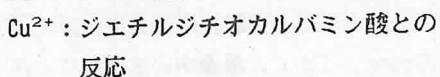
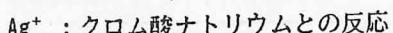
陽イオン15種類($Ag^+, Pb^{2+}, Cu^{2+}, Hg^{2+}, Sn^{2+}, Fe^{3+}, Al^{3+}, Cr^{3+}, Co^{2+}, Ni^{2+}, Zn^{2+}, Ca^{2+}, Sr^{2+}, Ba^{2+}, Mg^{2+}$)について、5種類の試薬(水酸化ナトリウム水溶液、アンモニア水、硫化水素水、炭酸アンモニウム水溶液、リン酸二ナトリウム水溶液)との反応を行い、一覧表にまとめよ。

- ◎ 同一試薬に対する反応の差
- ◎ アルカリについては、液量・濃度を変えることによる反応の差
- ◎ 硫化水素水については、酸性・アル

カリ性による反応の差

[実験2]

確認反応として、次の反応を行え。



② 系統分離

[実験]

陽イオン15種類の、各属ごと1種類のイオンを含む混合溶液をつくり、その溶液の分離確認の実験を行え。

(第1属: Ag^+, Pb^{2+})

(第2属: $Cu^{2+}, Hg^{2+}, Sn^{2+}$)

(第3属: $Fe^{3+}, Al^{3+}, Cr^{3+}, Co^{2+}, Ni^{2+}, Zn^{2+}$)

(第4属: $Ca^{2+}, Sr^{2+}, Ba^{2+}$)

(第5属: Mg^{2+})

設問 分離確認の困難であったイオンは何か。

[硫化水素を使用する本格的な系統分離の実験で、各属ごとの分離方法はテキストとして与えた(ここでは省略)。]

代替案として当センター研究紀要に記載した方法の概要は次の通りである。

酸・塩基と金属イオンの反応

金属イオン6種類($Ag^+, Ba^{2+}, Cu^{2+}, Fe^{3+}, Pb^{2+}, Zn^{2+}$)と塩酸、硫酸、水酸化ナトリウム水溶液、アンモニア水との反応

それぞれの金属イオンと酸・塩基の反応を確認し、実験データをまとめる。

混合溶液中に存在する金属イオンの推定

6種類の金属イオンを任意に混合し、酸・塩基反応のデータから溶液中の金属イオンを推定する。

この方法では、実験技術の習得の点で不足する面があるので、溶液中の金属イオンが推定できた段階で、イオンの分離方法を検討させ、実践させることで効果を上げることができる。

4 課題研究

(1) 課題研究のねらい

探究の過程の実践にある。すなわち、①問題の発見 ②問題解決のための実験計画 ③実験によるデータの収集 ④データの解析 ⑤実験仮説の設定 ⑥仮説の検証 を生徒自身に体験させることにある。限られた時間なので、①～④までを第一目標に指導した。

(2) 課題の設定とその問題点

9グループの同時展開となったので、グループ討議→全体討議→個別指導 の順でテーマの選定を行わせた。テーマ選定には、2～4時間を予定していたが、4グループは大幅に遅れ、テーマ選定だけで8時間（4週間）を費やした。

高校の実験設備で実施可能のこと、技術的にも未熟な点の多いことから危険のない実験であることを大前提とした。

基礎編I・IIの指導を通じて課題研究となるべき素材、研究課題に関する示唆などを与えた。結果として、次に記述するような課題研究のテーマが選定された。b～fは基礎編での素材を具体化したものとなった。

生徒が選定した課題(9グループ)

- a インキ及びインキ消しの成分 *
- b 水質検査 (Ca^{2+} , Mg^{2+}) *
- c 気体分子のモデル実験
- d 洗剤の乳化作用
- e 反応速度 (過酸化水素の分解)

- f 水酸化物の生成と pH
- g 食品中の色素の検出 *
- h 銅アンミン錯体中の銅めっき *
- i 沈殿の生成条件 (Ag^+ と $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$)

*印：目標の達成が不十分なグループ
課題設定の問題点として、次の2点を上げ
ことができる。

- ① 生徒の選定する（思いつくままの）テーマは、遠大なものが多く、そのままでは実行不可能なものが多い。教師からの適切な助言が必要である。
- ② 情報過多の時代を反映し、高校の技術・設備水準を越えるものが特に生徒の興味をそそるようである。これらのテーマすべてとはいわないが、50%程度は実施できるような設備が欲しいものである。

(3) 各課題のねらいと寸評

a インキ及びインキ消しの成分

[ねらい]

インキ及びインキ消しの成分を文献で調査し、各成分のもつ働きを実験で調べる。それらの基礎データを基に新しいインキ及びインキ消しをつくる。

[講評]

テーマ設定も早く、グループの和・研究態度も良かったが、文献調査とその追試の域を抜け出しができなかった。

b 水質検査 (Ca^{2+} , Mg^{2+})

[ねらい]

水質の検査項目のうち、自然水中に存在する Ca^{2+} と Mg^{2+} をキレート滴定法で定量する。

[講評]

テーマ設定に時間を要し、キレート滴定におけるEDTAの力価測定に止まり、天然水中の測定を行うには至らなかった。

グループ構成に問題があったのか？

c 気体分子のモデル実験

[ねらい]

気体分子のモデル実験

気体分子運動モデル実験器が、ボイル・シャルルの法則を定量的に示すかどうかを調査研究する。

[講評]

実験に関する工夫、データの収集、処理ともに適切であった。4人編成のグループであったが、全員の協力で研究実験を行った。

d 洗剤の乳化作用

[ねらい]

合成洗剤の濃度及び液性の違いによる乳化力の差を調べる。

[講評]

テーマ設定に時間が掛かったため、データの収集はほぼ完了できたが、考察が不十分であった。

e 反応速度 (過酸化水素の分解)

[ねらい]

過酸化水素の分解反応において、触媒と反応速度との関係を温度、触媒濃度の観点から調べる。

[講評]

精力的に実験したグループである。実験方法・実験装置など工夫がなされていた。データ解析もよく反応速度次数についての考察も行っていた。

f 水酸化物の生成と pH

[ねらい]

両性金属の水酸化物が沈殿する際の pH と水酸化物が溶解する際の pH の関係を調べる。

[講評]

データの収集・解析に苦心が見られる。結論に論理の飛躍のあるのが問題である。より多くの実験が必要である。

g 食品中の色素の検出

[ねらい]

食品中に含まれている色素をペーパークロマトグラフィー法で検出する。

[講評]

保健所等に実験方法等の相談にも行くなど精力的に活動したが、ペーロクロの展開剂でつまずきをみせ、これを乗り越えることができなかった。研究態度は評価すべきものがある。

h 銅アンミン錯体中の銅めつき

[ねらい]

アンモニア水中での銅めつきをアンモニア濃度との関係から研究する。

[講評]

テーマ選定にも時間がかかり、研究に対する態度も低調なグループであった。共同研究としての評価は低いものであった。

i 沈殿の生成条件 (Ag^+ と $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$)

[ねらい]

塩化銀はチオ硫酸ナトリウム溶液に溶解するが、塩酸に硝酸銀溶液を加えて生じた沈殿（塩化銀）をろ過することなくチオ硫酸ナトリウム溶液を加えると褐色の沈殿を生ずる。この沈殿物が何であるかを調べる。

[講評]

実験手法（生成物の直接分析ではなく、反応過程から証明しようとした試み）はおもしろい。硫黄を含む化合物は複雑な反応を行うものが多く、チオ硫酸塩もその一つである。時間不足になった点が惜しまれる。

5 選択化学に対する感想文

選択化学に対する生徒の感想文の抜粋を記し、まとめに代える。

a インキとインキ消しの成分 (女子3名)

授業で十分にできない実験ができるというところに魅力を感じ選択した。基礎編後半から実験にも慣れ、化学に興味を持つことができ、一応満足のいく結果が得られた。課題研究は、テーマ選定が悪かったためか、努力不足のせいか、思うような結果が得られなかつたのは残念である。

b 水質検査 (Ca^{2+} , Mg^{2+}) (女子3名)

一番心に残ったのは課題研究のテーマ決定

のときであった。「あれもいい。これもいい」と迷い、三者三様の意見である。水質検査は以前からやってみたかったテーマである。

「水質検査など大学の理学部の学生がやっても大変なのだ」と道衛生研究所にいる知人の苦労話を聞いて、化学の知識の無い私たちがやるなど不可能に近いと思った。単期間ではあったが全力でぶつかり、結論までは到達しなかったが、満足である。

c 気体分子のモデル実験（男子4名）

選択化学を取ったのは実験をすることが楽しかったからで、2年生後半にはすでに決めていた。実験の結果や方法等をグループで検討することによって、物事をじっくり考えるという習慣、それに第一に化学に体する意欲がわいてきたことは、僕にとって大切なものになるに違いないと思います。

d 洗剤の乳化作用（男子3名）

課題研究について、いざ始めるとなると、思うようなテーマが見つからず先生に頼り過ぎ、自主的にできなかつたのが残念である。課題研究は実験を行つただけで、その後の考察が不十分である。化学は実験をともなうこともあり、授業は大変面白かった。この一年間でますます化学への興味をもつた。

e 反応速度(過酸化水素の分解)（男子3名）

何でも好きな実験をしてよいという条件は、非常に魅力的なものであると同時にまた難しいものであった。テーマ設定に苦労したが、いよいよエンジン始動となるとなかなか張切るものだ。しかし、実験は単調な測定の連続、化学的考察はデータ整理がほとんどであった。テーマの設定を慎重にするべきであった。しかし、自分たちの考えたことを実行に移すことができたという一種の満足感が残った。

f 水酸化物の生成とpH（男子3名）

選択化学、非常に短かったような気がする。また、やや、物足りないような気がしないでもない。週1回2時間連続という時間制限のせいだろう。今後、化学の実験に加わる機会

はあまりないと思いますが、1年の授業は無意味ではなかった。

g 食品中の色素の検出（男子3名）

前期の選択化学は、化学的な実験が多く興味を引き選択化学をやっているという実感が強かった。しかし、後期にはいって何となく、とまどいぎみとなり、遊んでいるのではないかという考えがでてきて、実験もうまくいかなく（展開時間があって、その間、どうゆうふうにやつたらいいか考えたりして）、実感が薄れてしまった。だが、仲間で一つの目的をさがしながら自分達で方向付けて進んでいく楽しみみたいなものもあって、やはり「後を振り返ってみたとき、何らかの利益があるだろう」などと感じています。実際「1年間の選択化学は、早く終つてしまつて残念であった。もっと時間があれば良くできたのに」と自分を過大評価している。

h 銅アミン錯体中での銅めっき（男子3名）

普通の授業では経験できない自由な実験は有意義であった。またそれに甘えた点もあった。一度は選択化学を取ったことを後悔したこともあるが、最後まで出席して、あのアンモニアのにおいも忘れ、すがすがしい満足感がある。

i 沈殿生成の条件(Ag^+ と $\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$)（男子3名）

一番期待していたものは、課題研究である。何をしようなどと決めていたわけではない。とにかく自分でテーマを決めて、自由に実験したかったのだ。実際にやってみて、難しかったがやりがいがあった。実験を行うには、十分な予習や計画の必要性が分った。これだけでも大きな収穫と思う。

生徒の感想文から、課題研究に対する期待の大きさがうかがえる。通常の授業実験では経験させることのできない何かがある。

是非、課題研究を定着させたい。

（みやした まさのり 事業課長）

真空鈴の実験の検討

権 棒 光 一

これらの問題点の改善の工夫については、次のこと事が考えられる。

- ① 強い音を出す音源の工夫
- ② 遮音性の小さい容器の工夫
- ③ 排気方法の工夫

この3点から生徒実験として適当な実験方法を検討する。

(1) 音源について

音源としては、小型で容器への出し入れが自由で、音の強いものが望ましい。準備しやすいものとして、次のものが考えられる。

- ① 釣り用の鈴。
- ② 交流ブザー（自作）
鉄製ボルトにエナメル線を数百回巻き、ブリキ板の振動片をつけたもの（図2参考）

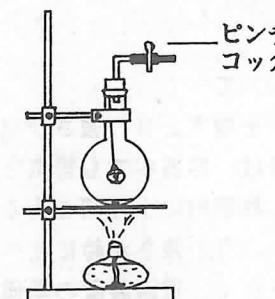


図1 真空鈴の実験

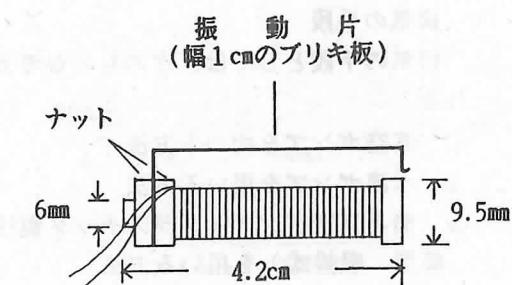


図2 交流ブザー

2 従前の実験方法の検討

従前の実験方法の問題点として、排気の前後で鈴の音の強さの変化が明瞭でないこと（問題点1）、及び加熱沸騰した水蒸気で排気した丸底フラスコの取り扱いの難しさ（問題点2）の2つが挙げられる。問題点1の原因としては、次のことが考えられる。

- ① 鈴の音が弱い
- ② フラスコの遮音性が大きい

この他に音源としては、圧電ブザーなども考えられる。しかし、発音機構が生徒にとって未知なので、たとえば、排気が進み気圧が低くなると、だんだん音が出なくなる性質を持った装置なのかもしれないと思われる生徒もいると思われる所以、用いるときには配慮が必要である。

(2) 容器について

音源を入れる容器としては、大気圧に耐える強度と、遮音性が小さく、できれば透明で中の音源の様子が観察できるものが望ましい。準備しやすいものとして、次のものが考えられる。

- ① 丸底フラスコ
- ② 金属性の缶
- ③ アクリル円筒

アクリル円筒の両端にゴム栓をつけたもの（図3参照）

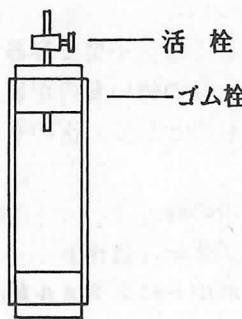


図3 アクリル円筒の容器

(3) 排気の手段

排気の手段としては、次のものが考えられる。

- ① 真空ポンプを用いる方法
- ② 水流ポンプを用いる方法
- ③ 簡易真空ポンプ（プラスチック製注射筒型 吸排式）を用いる方法
- ④ 加熱沸騰した水蒸気を用いる方法

3 各種の装置と実験方法の比較

上記の音源、容器、排気の方法の組合せによる、排気の前後の音の大きさの違いを比較する。

準備

- ・ 音 源
釣り用の鈴、交流ブザー
- ・ 容 器
丸底フラスコ（500ml）、金属製の缶（直

径5.3cm 高さ10.4cm）、アクリル円筒（外径4.8cm 内径4.4cm 長さ20cm）

・ 排気装置と手段

真空ポンプ、水流ポンプ、簡易真空ポンプ（プラスチック製注射筒型 吸排式）

・ その他

ゴム栓（No.8号 No.16号 No.19号）、活栓（プラスチック製）、アルコールランプ、スタンド、針金、電源装置

方 法

鈴や交流ブザーを鳴らしたときの音の強さを、下記の①～⑤について比較する。

- ① 空気中のとき
- ② 容器中に入れたとき（空気あり）
- ③ 真空ポンプで排気したとき
- ④ 簡易真空ポンプで排気したとき
- ⑤ 加熱沸騰した水蒸気で排気したとき

結 果

実験結果の例は表1、表2 表3の通りである（次ページ）。

考 察

(1) 音源について

鈴の個数を増すと音の強さが増す。交流ブザーの音は、容器中でも排気されていないときは、教室内に十分聞こえる強さである。しかし、音の強さが鈴に比べて特別強いわけではなく、電源装置の準備が必要であることを考えると、かえって不便である。

(2) 容器について

容器の遮音性は、丸底フラスコが大、アクリル円筒が中、金属製の缶が小である。特に、丸底フラスコでは、排気しなくても、教室の後部では音が聞こえないで、排気後との違いが分かりにくい。この3種の中では、アクリル円筒が、排気前後の違いが分かりやすい。さらに、金属製の缶に比べて、透明で内部が観察できるのでよい。

(3) 排気の方法について

① 到達真空度は、真空ポンプが最も高く、水流ポンプが続き、簡易真空ポンプと加

熱沸騰した水蒸気による方法が同程度でそれに続く。表4は、500mlの丸底フラスコを排気したときの到達真空度の比較である。

② 真空ポンプは、この実験には、大仰であると思われる。水流ポンプ、簡易真空ポンプが実験結果もよく、また、価格も1,500～2,500円であるので是非準備して活用するとよい。加熱沸騰した水蒸気にによる方法は、金属製の缶を用いたとき取り扱い方を十分指導して実施することも考えられる。

4 まとめ

総合的には、アクリル円筒を用い、音源として鈴を複数個使って、水流ポンプや簡易真空ポンプを用いて実験するとよい。

なお、この実験で装置内に水を入れて振ると鈴の音が外に伝わって聞こえるので、水も音を伝えることを確かめることもできる。

参考文献

池本義夫編（1973年）：三訂増補物理実験事典 P.232 講談社

表1 丸底フラスコ（500ml）の場合

状 態	交流ブザー	鈴 1 個	鈴 2 個
空 気 中	教室の後ろ9mではっきり聞こえる		
容 器 中	6m	3m	6m
排 気 後	真空ポンプ 水流ポンプ 簡易真空ポンプ 加熱沸騰水蒸気	1～2m 2m 2～3m 2～3m	1m 1～2m 2～3m 2～3m
	1～2m 2m 2～3m 2～3m	2m 2～3m 2～3m 2～3m	2m 2m 2～3m 1m

表2 金属製の缶の場合

状 態	交流ブザー	鈴 1 個	鈴 2 個
容 器 中	教室の後ろ9mではっきり聞こえる		
排 気 後	真空ポンプ 水流ポンプ 簡易真空ポンプ 加熱沸騰水蒸気	3～4m 3～4m 5m 1m	2m 3m 3m 1m
	3～4m 3～4m 5m 1m	2m 2m 2～3m 1m	2m 2m 2～3m 1m

表3 アクリル円筒の場合

状 態	交流ブザー	鈴 1 個	鈴 2 個
容 器 中	教室の後ろ9mではっきり聞こえる		
排 気 後	真空ポンプ 水流ポンプ 簡易真空ポンプ	1m 2～3m 2～3m	耳もと 耳もと 耳もと
	1m 2～3m 2～3m	耳もと 耳もと 1m	耳もと 耳もと 1m

表4 到達真空度の比較
(丸底フラスコ 500ml)

排気の方法	到達真空度	備 考
真空ポンプ	約 3mmHg	1分以上排気
水流ポンプ	約 10mmHg	3分以上排気
簡易真空ポンプ	約 40mmHg	
加熱沸騰水蒸気	約 30mmHg	

（かしほう こういち 物理研究室長）

霧箱の製作法と放射線の検出法に関する研究

中里勝平

1 はじめに

平成元年3月に告示された中学校学習指導要領理科第1分野「(6)運動とエネルギー」の中項目「エ 科学技術の進歩と人間生活」では、エネルギーの利用にかかわって、原子力に関連する部分で放射線にも触れ、放射線は医学や農業などに利用されていること、自然界にも放射線があることに触れることがになっている。

また、高等学校学習指導要領理科の「総合理科」をはじめ、「物理IA」、「物理IB」、「物理II」では、放射能や原子核などにかかわって放射線の性質や利用について扱うことになっている。さらに、「物理IB」では、「霧箱を用いて放射線の観察、実験が考えられる。」となっている。また、「物理II」では、「物理IB」との関連を考慮にいながら、課題研究として霧箱の製作と放射能の観察が考えられる。」となっている。

放射線について、現行の学習指導要領の中でも一部扱われてはいるが、放射線の性質や利用について、生徒が正しく理解をするためには、放射線に関するいろいろな観察、実験を通して学習させることが大切である。

このことから、手作りの霧箱などを用いて簡単に放射線の飛跡を観察し、放射線を検出できる方法について述べる。

2 霧箱(きりばこ)の原理

放射線粒子をとらえる実験装置としては、ガイガーカウンター、原子核乾板、霧箱、泡箱などいろいろあるが、その中でも放射線粒子の飛跡を直接眼でとらえられるものを霧箱という。この霧箱には、2種類のタイプがあり、それを比較すると表1のようになる。

表1 2種類の霧箱の比較

	ウイルソン霧箱	拡散霧箱
構造	複雑	簡単
原 理	過飽和にして低温を得るために断熱膨張を利用	低温にして過飽和にするために冷却剤を利用
動 作	断続的1/60秒動作	連続的
放射線	強くてもよい	あまり強いと不感

霧箱の中で霧(飛跡)が見えるのは、「箱の中の放射性物質から放出された放射線粒子が空気中を通過するとき、衝突して電離作用を起こし、その通路にイオンを残す。あらかじめ過飽和状態にしたアルコールなどの蒸気が、イオンを中心として凝結を始め、各イオンのまわりに小さなしづく(滴)を生じ、一筋の雲状の飛跡を作る。」からである。

3 拡散霧箱の製作と放射線の実験

拡散型の霧箱は、ドライアイスなどで冷却を続けると、長い時間過飽和状態を維持でき、放射線粒子の飛跡を連続観測できる。また、装置の構造も簡単なので製作しやすいことなどが特徴といえる。したがって、ここではいろいろな拡散型の霧箱の製作の仕方と放射線の実験方法を紹介するが、主な共通の材料、試料は次のとおりである。

- ・放射線源(硝酸トリウム、硝酸ウラニル、硫酸トリウム、硫酸ウラニル、棒状線源の5種)
- ・冷却剤(ドライアイス)
- ・アルコール(エチル、メチル、イソプロピルの3種)
- ・底に敷くもの(黒のビロード布、黒紙の2種)

実験1 ピーカーを用いた拡散霧箱

準備

放射線源、ピーカー(300cc以上もの)、黒い布(黒紙)、エチルアルコール、ゴム栓、セロテープ、スポット、はさみ、カッターナイフ、透明なビニール、電気テープ、ドライアイス、発泡スチロール板、白熱電球付きスタンド

方 法

- (1) ピーカーの底に等しい大きさに黒い布をはさみで切り取り、ピーカーの底に敷く。
- (2) 図1のように、ゴム栓の側面を底面から5mmくらいのところをカッターナイフで一部切り取り、そこに放射線源を載せこぼれないようにセロテープで止める。

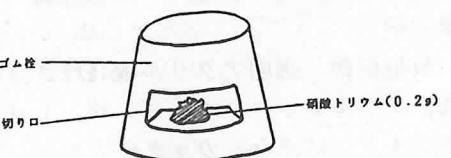


図1 放射線源の台

- (3) (1)のピーカーの黒い布が湿る程度に、スポットでエチルアルコールを注ぐ。
- (4) 放射線源の台をピーカーの底に置く。
- (5) 透明なビニールでピーカーの上部を覆い、電気テープで密封する。
- (6) (5)のピーカーを上面の平らなドライアイスの上に載せる。
- (7) 図2のようにして、ピーカーの底面を冷却し、前面から光を当てピーカーの真上もしくは斜め横から飛跡を観察する。

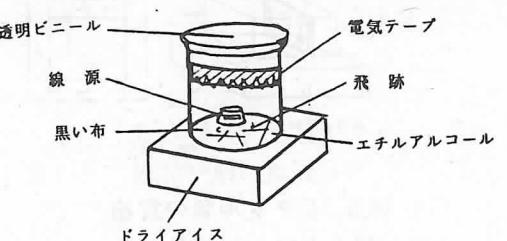


図2 ピーカーの拡散霧箱

結果と考察

- (1) 冷却し始めてから、10~20分くらいで放射線粒子の飛跡を観察できる。室温程

度でも可能であることが特徴である。

- (2) 直線的な飛跡が多く、放射線源の台から放射状に出ているものやいろいろな角度のものも観察できる。これは、物質によって散乱を受ける程度は少なく、ほぼ直進することから、いわゆるアルファ線である。
- (3) 渦のように円形状の飛跡を観察できる。アルファ線に比べると数も少なく観察しにくい。これは、物質によって散乱されやすいベータ線である。
- (4) 飛跡を観察できるのは、布の表面から数mmくらいの高さの範囲である。
- (5) 飛跡を観察しやすい状態にあるのは、布の表面でエチルアルコールの小さなしづくが雲のように沸きあがるように激しい運動しているときである。
- (6) (5)の状態にするためには、ピーカーの中の温度差が重要である。棒状温度計では測定しづらいが、サーミスターなどを使用すれば測定しやすいので、上部の温度が過ぎてエチルアルコールが蒸発しにくい場合には、電球を用いて暖めるとよい。
- (7) ピーカーの底面が大きい方が観察しやすい。この方法であれば、生徒でも実験可能である。
- (8) 完全に密封してしまうので、放射線源を交換する場合には不便であるが、エチルアルコールの量を増やしたいときは、ビニールに穴を開けて注いだ後、セロテープで穴をふさぐこともできる。

実験2 大型ペトリ皿を用いた拡散霧箱

準備

放射線源、大型ペトリ皿(直径10~20cm一組)、黒紙、エチルアルコール、ゴム栓、コルクボーラー、ピンセット、セロテープ、スポット、はさみ、カッターナイフ、電気テープ、ドライアイス、発泡スチロール、白熱電球付きスタンド、毛皮

方 法

- (1) 一組のうち大きい方のペトリ皿の底に等

しい大きさに黒紙をはさみで切り取り、ペトリ皿の底に敷く。

(2) 図3のように、ゴム栓の側面にコルクボーラーで穴を開けて、そこに放射線源をピンセットで詰めこぼれないようにセロテープ止める。

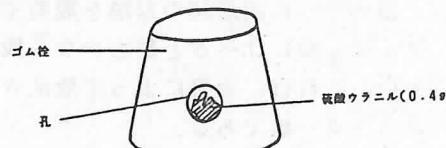


図3 放射線源の台

(3) ペトリ皿に敷いた黒紙が湿る程度にスポットでエチルアルコールを注ぐ。

(4) ゴム栓の穴をペトリ皿の中心に向けて放射線源の台をペトリ皿の端に置く。

(5) 小さい方のペトリ皿を大きい方のペトリ皿にふたをするようにして、上からかぶせる。

(6) 電気テープで密封する。

(7) 上面の平らなドライアイスの上にペトリ皿を載せる。

(8) 図4のようにして、ペトリ皿の底面を冷却し、前面から光を当ててペトリ皿の真上もしくは斜め横から飛跡を観察する。

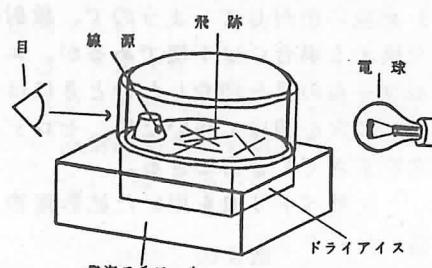


図4 大型ペトリ皿の拡散霧箱

結果と考察

(1) 冷却剤であるドライアイスの大きさや底面の保温状態にもよるが、ペトリ皿の大きさくらいのドライアイスを使用すれば、大体5~10分程度で放射線粒子の飛跡を観察できる。

(2) ビーカーとは違い底面が平らで広いことから、飛跡を観察しやすい。

(3) ビーカーのときより飛跡が多く、また連続して発生するので観察しやすい。容器の深さの違いによる温度差（温度勾配）が影響している。

(4) 飛跡の数が減少したならば、ペトリ皿の上部を毛皮などで摩擦し、内部の余分なイオンを除去してやると、飛跡が増加する。

(5) 取り扱いが簡単なので、線源の種類や位置、高さ、またエチルアルコールの量などを変えるなどして多様な実験が可能となる。

実験3 アクリル板を用いた拡散霧箱

準備

放射線源、透明アクリル板（厚さ2mm）、黒紙、エチルアルコール、ゴム栓、セロテープ、スポット、はさみ、カッターナイフ、電気テープ、温度計、油粘土、ドライアイス、発泡スチロール、毛皮、白熱電球付きスタンド、アクリル用カッターナイフ、注射器、スチール製ものさし、ジクロロメタン

方法

(1) アクリル用カッターナイフで切り、ジクロロメタンで接着して箱を作る。

(2) 図5のように、アクリル製の箱の底に新しい大きさに黒紙を切り取り、底に敷く。

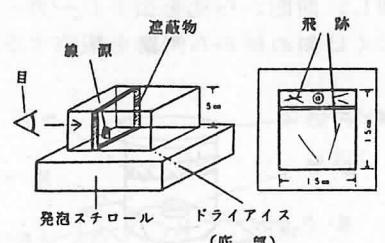


図5 アクリル製の霧箱

(3) 箱の側面の穴に温度計を差し込み油粘土で固定する。

(4) 箱の黒紙が湿る程度にスポットでエチルアルコールを注ぐ。

(5) 放射線源を詰め込んだ台を、箱の中心に

向けて置く。

(6) 箱にアクリル板のふたを載せ、電気テープで密封する。

(7) アクリル製の霧箱を、上面の平らなドライアイスの上に載せる。

(8) 霧箱の側面の穴を利用してなどして、次の項目について調べる。

ア 霧箱内の温度の変化により、黒紙上の様子がどのように変わるか。また、飛跡にどのような違いが見られるか。

イ 放射線源の種類、量、黒紙からの高さなどの違いにより、飛跡にどのような違いが見られるか。

ウ 放射線源をアルミニウムはくで覆い包むと、飛跡にどのような違いが見られるか。

エ 放射線源を厚さ5mmくらいの木片や鉛板などで遮蔽すると、飛跡にどのような違いが見られるか。

オ 強力な磁石を用いた場合、飛跡にどのような違いが見られるか。

カ エチルアルコールの量を変えると、飛跡にどのような違いが見られるか。

(9) 飛跡が現れにくくなった場合には、アクリルのふたを毛皮などで摩擦してみる。

結果と考察

(1) 黒紙の上はしづく状の小さな粒がたくさん発生するようになり、それが雲のようになって下から沸きでてくるように見える。これは、ドライアイスによって霧箱の底から徐々に冷却されるので温度が下がり、エチルアルコールの蒸気が不飽和から飽和、さらには、過飽和へと状態が変化するからである。過飽和状態の位置及び深さは装置の幾何学的及び温度差（温度傾斜）できまる。

(2) 使用する放射線源の種類によって、発生する放射線の種類や量に違いがみられるので、飛跡にもその違いが現れる。また、使用する量を多くすれば、放射線の発生する

量も多くなり飛跡の数が増える。この装置で飛跡を見る能够性は、黒紙から数mmくらいの高さのところであるから、放射線源を底面から垂直に離していくと、飛跡の発生する面を通過する放射線の数が減少するので飛跡の数は減る。

(3) 放射線源をアルミニウムはくで幾重にも包み変えていくと、直線的な飛跡（アルファ線）は段々減少するが、渦形の小さな飛跡（ベータ線）を見付けやすくなる。これは放射線の透過力の違いによる。

(4) 遮蔽物の置き方によっても異なるが、発生する飛跡の数は極端に減少することから、鉛などは遮蔽物として有効であることが分かる。アルファ線の物質に対する透過力は弱いが、ベータ線の透過力はかなり強い。

(5) 磁力の強い磁石を使うと、N極の近くで渦形の飛跡を示すベータ線をより多く見付けることができる。負の電気をもつているベータ線がN極に引き付けられる。

(6) エチルアルコールの量は、飛跡を発生できるような過飽和状態を作ることができると想定内であればよい。

(7) 霧箱の穴の数や大きさを変えるなどの工夫をすれば、いろいろな条件のもとでの飛跡を観察することができるので、便利な装置である。

4 おわりに

ここでは、中学生や高校生でも、放射線の飛跡を簡単な装置で容易に観察できる方法を工夫し、そのことを中心に述べてきた。

しかし、放射線に関する研究課題がたくさん残っているので、今後も継続して取り組んでいただきたい。

参考文献

藤岡由夫 (1979) 物理実験事典 講談社

(なかさと しょうへい 物理研究室研究員)

コンピュータを活用した波形音十測の実験例 ～音波の観察と波形の解析について～

一 口 芳 勝

1 はじめに

理科教育におけるコンピュータの活用については、観察、実験や課題研究などを行う過程で、探究活動の知的ツールとして用いることされている。

現在、新しい学習指導要領の実施に向けて、各分野で、情報の検索、実験データの処理、実験の計測、制御等からコンピュータ（以後パソコンと記載する）を使った授業の展開が試行されている。

当センターにおいても、遅ればせながら「理科教育におけるパソコンの活用について」の課題を設定し、研究にとりかかっているところである。

今回、パソコンの使用が有効と思われる物理領域の音の分野で、波形計測の実験を行った。ここでは、パソコンにADインターフェース・ボードを組み込み、音波の過渡的な波形を静止画として記録し、再生できる計測の実験を行った。また、同時に、理科教育の目標を考慮しながら、観察、実験において、パソコンの機能をどう生かして使っていくかについて言及してみたい。

2 パソコンによる波形の検出

これまで、音の波形は、オシロスコープに表示し、観察することが常であるが、過渡的な現象をゆっくり解析することができなかつた。

しかし、最近では、デジタル記憶機能や再生機能を備えたパソコンをメモリースコープとして用いることにより、瞬時の現象や複雑な変化を比較的容易に調べることができるようになった。

使用の形態としては、図1に示すようなシステムを構成した。はじめに、パソコンの拡張スロットにインターフェース・ボードを差込み、次いで、フラットケーブルで計測装置に連結し、装置の入出力端子にマイクロホン、スピーカー、オシロスコープを接続して、音の記録、再生を行った。

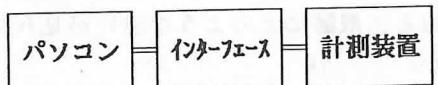


図1 パソコンによる計測システム

(1) インターフェースボード

実験の計測において、物理量を電圧に変換し、パソコンに入力する場合には、ADコンバータが必要になる。今回、マイテック社製PC-98用AD/I Fボードを使用した。このシステムの特徴は、A/D変換の信号入力は、3チャンネル、8ビット精度、変換時間約400nsecで、D/A変換の出力は1チャンネル、8ビット精度である。

(2) 計測装置

マリスのパソコン用音の実験器を使用した。入力アンプの利得は7~47dBWで、出力はDA変換器の出力をローパスフィルターに通し、スピーカーを動作できるような電力増幅になっている。

(3) ソフトウエア

上記の音の実験器に付属の理化学教材支援ツールを使用した。

これを起動させるには、基本ソフトとしてMS-DOS 2.1以上、言語ソフトとしてN88-BASIC (MS-DOS版)が必要である。図2に、音の実験の操作手順を示す。

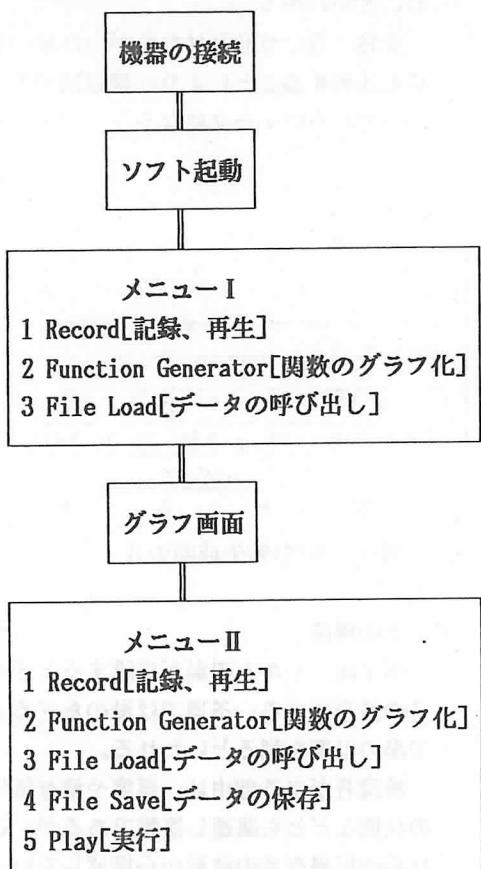


図2 パソコン操作の手順

3 音の実験

物体の一部分の振動が媒質を伝わって、他の部分へと伝わってゆくことを波動というが、音は空間の一点で圧力の変化（過圧、減圧）をおこすとき、その変化が次々に伝えられる現象である。

ここでは、光とともに自然界を知るために重要な手がかりを与えてくれる音を取り上げ、日常生活で見られる振動と関連した現象に着目し、音の実験をおこなつた。

(1) 波形の記録と音の再生

ア 音声と母音の波形

図3は、呼気が口腔中で通路をさえぎられずに出るときに発せられる母音（筆者）の収録の結果である。波形のが同じような基本的パターンの繰り返しになっている様子を読みとることができる。

また、グラフから、基本振動数を計算すると167Hzになっていることがわかる。等しい高さの音でも音色が異なるのは、成分音の振動数とそれらの強さの比が異なるからである。

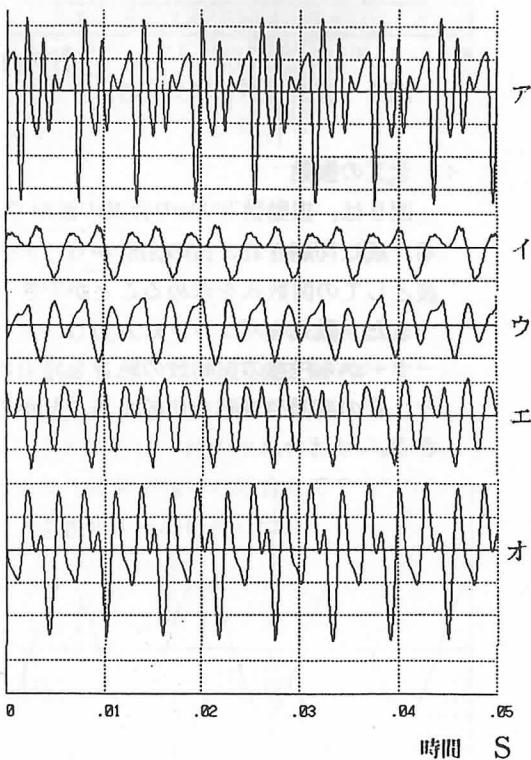


図3 母音の波形

なお、図4は、パソコンに取り込むデータ数を20,000個と入力し、サンプリング時間を0.1msとして測定したものである。

この波形を再生すると「パソコン音の...」が明瞭に聞き取れる。

また、音の振動をフーリエ変換すると、どのような周波数成分から成り立っているか、その相対的な強さはいくらになるかなどを調べることができるが、今回、音のスペクトル解析は行っていない。

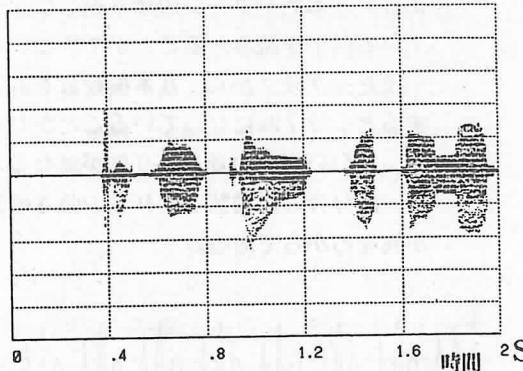


図4 音声「パソコン音の。。」

イ 音叉の振動

図5は、振動数360Hzの音叉の波形である。紙に印刷された波の図形から、正弦波としての関数式を求めることができる。

また、数式をパソコンに入力し、スピーカーから任意の振動数の純音を発生させ、音の高低や音階を比較することができる。

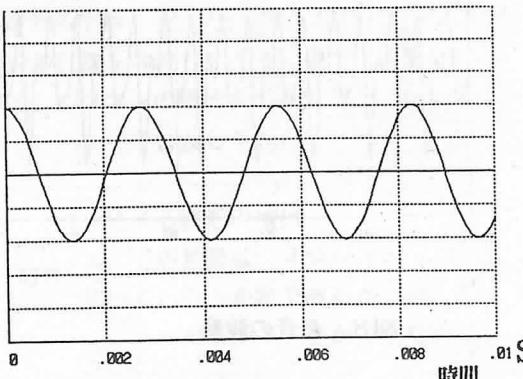


図5 音叉の振動

ウ 牛乳一滴の落下

ミルククラウンのできる瞬時の様子はストロボ装置を使って観察できる。図6

は、50cmの高さからスポットで牛乳一滴を落としたときの落下衝突時の音をマイクロホンでひろったものである。グラフから、この衝突は、0.01秒間の瞬時の現象で、波形から約400Hzの振動音を発していることがわかる。

なお、音の波形とはねあがつた液の形状と比較することにより、課題研究としておもしろいテーマになる。

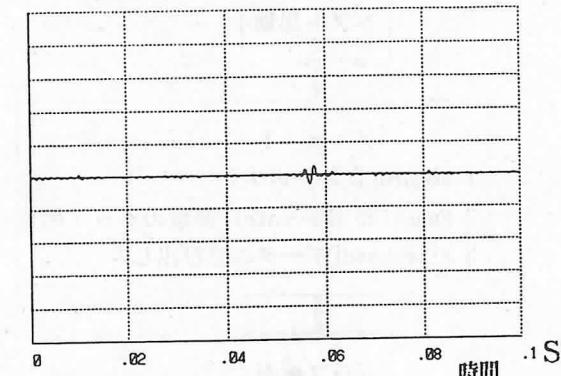


図6 ミルククラウン生成時の音

エ 水の沸騰

図7は、やかんの湯が沸騰するときの音の波形である。茶道では湯のたぎる音で湯の温度を測るといわれる。

沸騰音が出る理由は、温度や溶存気体の状態などとも関連し複雑であるが、これらの現象を音の波形から探究していくのもひとつの手がかりとなる。

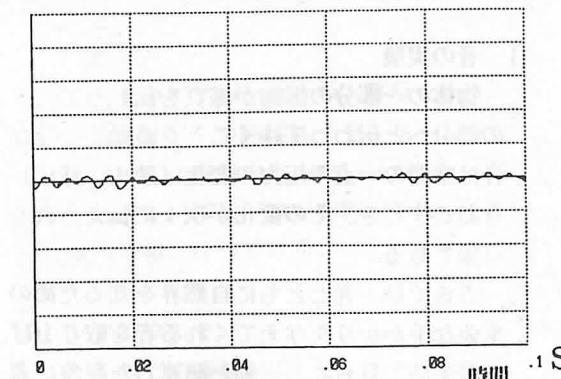


図7 沸騰音

オ 球のはねかえり

図8は、小球を、水平な床の上に落した時の、はねかえりの音を記録したものである。一度はね返されて再び床に衝突するまでの時間 t_1 と、続いてはね返されて、また、床に衝突するまでの時間 t_2 が分かると、はねかえり係数 e が次の関係式から求められる。

$$e = \frac{t_2}{t_1} = \frac{x_2}{x_1}$$

なお、時間 t_1 と t_2 の比は、グラフの時間軸の長さ x_1 と x_2 の比に等しい。

表1は、各種の球のはねかえり係数を波形から最もエネルギーの高いところを基準にして、長さ x_1 と x_2 をものさしで測り、上の式を使って計算した結果である。

表1 はねかえりの係数

	x_1	x_2	e
ピンポン球	3.35	3.08	0.92
金属球	3.00	2.45	0.82
ゴルフ球	3.23	2.82	0.87

(2) 音叉によるうなり

図9は、振動数360Hzの2つの共鳴箱付き音叉の一方に輪ゴムを巻き、同時に打ち鳴らしたときのうなりの波形を記録したものである。グラフから、振幅が最小になる2点間の時間を求め、うなりの振動数を測定すると0.25Hzとなる。

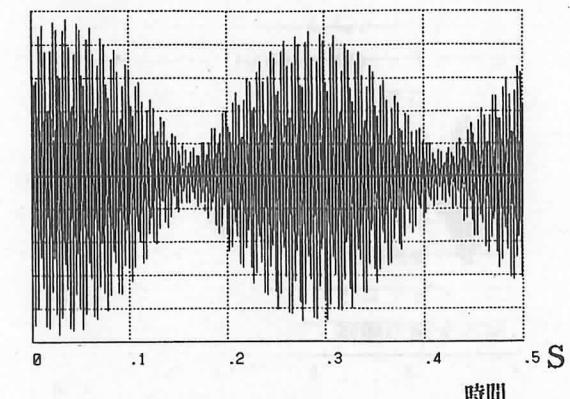


図9 音叉によるうなり

なお、図10は、正弦波の合成によるうなりである。2つの正弦波を数式の上で加え、合成波をつくることができる。

このことは、波の重ね合わせの原理から、複雑な波も正弦波の組合せでできていることを説明するのに役立つ。

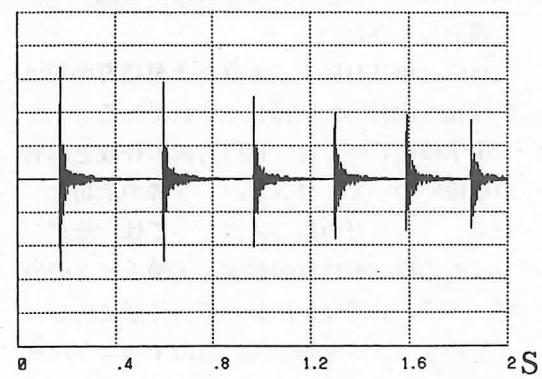


図8 ゴルフ球のはねかえり

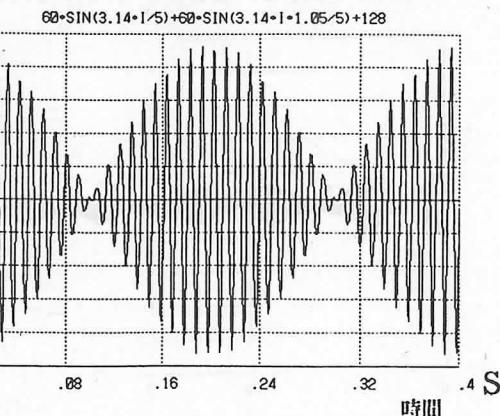


図10 正弦波の合成によるうなり

(3) 音の干涉

ア 音叉の回りにできる波

固定したマイクロホンから一定距離を隔てて、音叉の柄を軸として回転させる。

グラフから、1回転につき4回の強弱の変化が現れる。両脚A、Bが近づくとき中央に密部が、両脚の外側には疎部ができるので、それらの疎密波が互いに干渉しあって起こるものと考えられる。

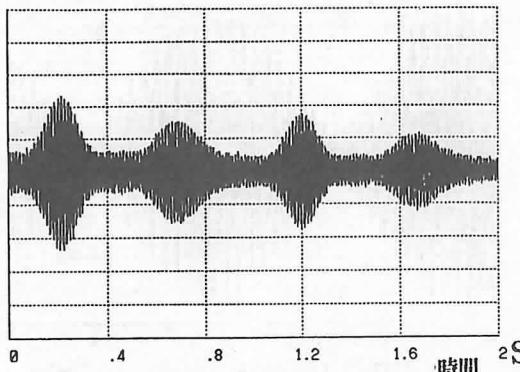


図11 音叉の回りにできる波

イ 音叉による干渉

同じ振動数の共鳴箱付き音叉を2個並べて同時に打ち鳴らすと、波の干渉によって定常波ができ、空間に波の強め合うところと打ち消し合うところが生じる。

マイクロホンを、2つの音源を取り囲むようにゆっくり移動させたときの波形が図12である。腹と節が交互に現れる。

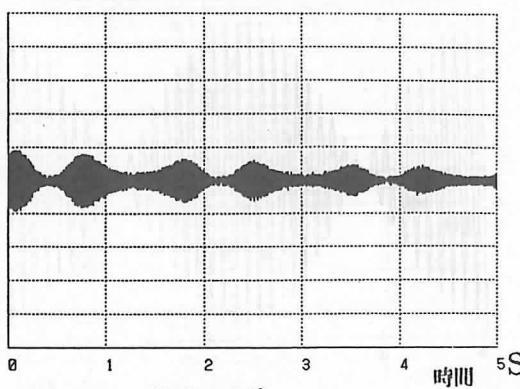


図12 音叉の干渉

(4) 音のドップラー効果

回転円盤上の周縁部に小型の圧電ブザーを取り付け、回転円盤の周辺の定点に、マイクロホンを回転の中心に向けて置き、ブザー音を受信し、パソコンで記録する。

図13の上部は、静止しているときのブザー音の波形、下部はブザーが近づくときの音の波形である。回転数と振動数がともに小さかつたので、振動数の変化は顕著にあらわれなかつた。

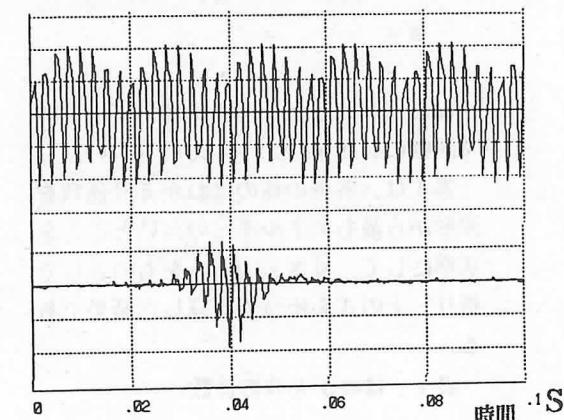


図13 音のドップラー効果

4 おわりに

今回行った音の計測実験は、計測器としてどの程度の使用が可能かを、定性的な応用として試みたものである。たしかに、授業展開の中で部分的なパソコンの利用は、生徒の興味、関心を喚起するのに十分である。今後は、別の単元での利用や多様な活用の方法について検討してみたい。

平成元年3月に告示された学習指導要領は、情報化への対応が明確に示されている。

中学校においては、指導計画の作成と内容の取扱いの中で、コンピュータ等の活用について、「各分野の指導に当たっては、観察、実験の過程での情報の検索、実験データの処理、実験の計測などにおいて、必要に応じ、コンピュータ等を効果的に活用するよう配慮するものとする。」となつていて。

また、高等学校においては、とりわけ、探究活動の中で、「解決すべき課題についての情報の収集、検索、測定、結果の処理など、探究の方法を駆使するに当たって、必要に応じて、コンピュータ等を活用させる。コンピュータを活用するに当たっては、情報の検索、実験データの処理、実験の計測・制御など、探究活動の知的な道具として活用するように配慮する。」と示されている。

当然のことながら、本来、自然の事象を学習の対象とする理科では、観察、実験などの探究学習を通して、科学的なものの見方や考え方を身につけさせることが主たるねらいである。コンピュータ等の利用については、自然の現象を観察し、その規則性を探る過程でコンピュータの機能を生かした使い方をすることが大切である。

理科教育へのコンピュータ等の活用は、今後、一層盛んになることが予想される。実験計測、制御はもとより、観察、実験の難しい事象のシミュレーション、理解を助ける事象モデルのグラフィック、情報検索のためのデータベース、データ処理におけるグラフの検定、特殊な実験や観測、科学的な思考を育てるCAI、等々多様な使用の展開が考えられる。将来的には、理科の実験室や準備室にパソコンを設置し、学校や地域におけるネットワーク化へと進展することと思われる。

参考文献

平田邦男 (1985) : パソコンによる物理計測
共立出版

南 茂夫 (1988) : 科学計測のための波形データ処理
CQ出版

物理教材研究会 (1990) : 物理計測システム実用設計
CQ出版

日本理科教育学会 (1990) : 理科学習とコンピュータの活用
理科の教育VOL39

日本物理教育学会 (1986) : パソコングラフィックの応用
物理教育VOL34

北海道立教育研究所 (1987) : コンピュータを利用する計測・制御に関する研究
研究紀要第7号

(かずぐち よしかつ 物理研究室研究員)

小学校における理科薬品等の基礎的な知識(1)

作 原 逸 郎

はじめに

新小学校学習指導要領は、平成4年度から全面的に実施されることになっている。

この改訂においては、児童一人一人に基礎的な・基本的な内容を確実に身に付けさせることができ求められており、各学校において指導方法や指導体制の工夫をすることが必要になってくる。

特に、これまでみられた知識伝達型の学習指導を改め、児童の側に立った学習指導を進めるという考え方方に立って、個に応じた指導を進めることが大切である。

理科の新しい目標に付いては、次のようになっている。

「自然に親しみ、観察、実験などを行い、問題解決の能力と自然を愛する心情を育てるとともに自然の事物・現象についての理解を図り、科学的な見方や考え方を養う。」そして、今回の改訂の理科の目標では、大きく三つの特徴をあげることができる。

1 問題解決能力の育成

2 科学的な見方や考え方の育成

3 直接経験の重視と情報の活用

そこで、新しい理科の目標に向かって教師一人一人が、地域性、社会性、児童理解等を十分に考慮に入れて、今後研究していくことが望まれている。

ここでは、小学校における理科薬品等の基礎的な知識や取り扱いの一端を記し、理科教育センターでの講座資料等に活用したいと考えている。

1 小学校理科で使われている薬品例

《劇物》

塩酸、硫酸、過酸化水素水、水酸化ナトリウム、アンモニア水、ヨウ素、メチルアルコ

ール

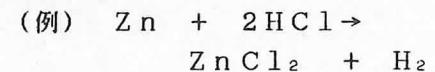
《一般》

亜鉛、アルミニウム、銅、鉄、過マンガン酸カリウム、二酸化マンガン、水酸化カルシウム、ヨウ化カリウム、食塩、石灰石、ホウ酸、アセトン、エチルアルコール、パラフィン、ワセリン、灯油、でんぶん、酸素・水素・二酸化炭素・窒素の各ボンベ、B T B、リトマス

2 薬品等の基礎的な知識及び取り扱い方

《塩酸》 HCl

- ・強い酸性を示す。
- ・塩化水素の水溶液である。
- ・市販の濃塩酸は、塩化水素の濃度にして37.2%（重量比）を含み、比重は1.19である。
- ・10%以上の塩酸は劇物扱いである。
- ・刺激臭がある無色の液体である。
- ・濃塩酸からは、白煙がでている。
- ・亜鉛、カドミウム、鉄、マグネシウム、アルミニウム、スズ、鉛、クロム等と反応して水素を発生する。



- ・水素の発生実験では、10~13%塩酸を使用したい。
- ・銅、水銀、銀、白金、金とは反応しない。
- ・廃棄は、水酸化ナトリウム水溶液を加えて中和して処理をする。

《過酸化水素水》 H₂O₂

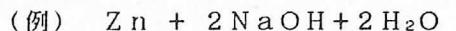
- ・市販されている過酸化水素水の濃度は、3%、30%、35%である。
- ・市販のオキシドールは、過酸化水素水の2

~3%溶液であり、消毒用として使われている。

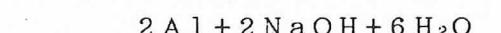
- ・6%以上は劇物扱いである。
- ・常温で徐々に分解し酸素を発生する。
- ・酸素の発生実験では、10%以下にして使用したい。触媒としては、二酸化マンガンを使うとよい。
- ・手や衣服に付けないように注意する。もし、付いたらすぐに水でよく洗うとよい。
- ・冷暗所（冷蔵庫など）に保管するとよい。
- ・過酸化水素水の入れ物の蓋には、発生した酸素を逃がすための小さなあながあけられている。これをふさがないようにする。

《水酸化ナトリウム》 NaOH

- ・カセイソーダともいい、白色の粉末であるが、普通は、半球形の錠剤に固められて市販されている。
- ・潮解性がある。
- ・腐食性が強く、皮膚を侵す。
- ・空気中の二酸化炭素と反応して炭酸ナトリウムを生じる。
- ・水によく溶け、発熱する。
- ・水溶液は、強いアルカリ性を示す。
- ・5%以上の水溶液は劇物扱いである。
- ・小学校では、「水溶液の性質」において、金属と水溶液の反応に使われる。
- ・水酸化ナトリウム水溶液と両性金属である亜鉛やアルミニウム等が反応すると水素が発生する。



※Na₂[Zn(OH)₄]は、Na₂ZnO₂（亜鉛酸ナトリウム）とも略記される。



※Na[Al(OH)₄]は、NaAlO₂（アルミニン酸ナトリ

ウム）とも略記される。

- ・空気中の水分や二酸化炭素と反応するので、デシケーターに入れて保管するとよい。
- ・廃棄は、塩酸を加えて中和して処理をする。

《メチルアルコール》 CH₃OH

- ・メタノールともいい、無色で刺激臭のある液体である。
- ・揮発性、可燃性の液体である。
- ・有毒で、飲むと失明、致死の恐れがある。
- ・水、エチルアルコール、エーテル等に溶ける。
- ・蒸気は、空気と混合すると混合爆発が起きることがあり注意が必要である。

《水素》 H₂

- ・水素は、空気中には微量含まれているに過ぎないが、大気の上層部では大部分を占めている。
- ・無色、無臭、無味、可燃性の気体で、すべての気体中で最も軽い。
- ・空気との混合気体に点火すると爆発的に反応して危険である。アルミニウム、亜鉛、鉄等の金属にうすい塩酸を注いだときに出された水素に火を近づけてはいけない。
- ・小型ボンベに詰めて市販もされているが、火気には十分気を付ける必要がある。

3 酸塩基の指示薬

《リトマス紙》

- ・リトマス溶液をろ紙にしみ込ませ、乾燥したもの。
- ・変色域は、pH 4.5~8.5である。
- ・赤色、青色の2種類があるが、密封して保存しないと空気中の二酸化炭素などにより、効力を失いやすい。デシケーター等に入れ保管するとよい。

《リトマス紙の再生の仕方》

青色リトマス紙が、赤紫色に近い状態になつていると、児童は赤色リトマス紙と区

別がつきずらくなる。

そこで、授業の前に青色・赤色のリトマス紙を完全な色にしたのち使用する必要がある。

・青色リトマス紙の再生

実験で使用する前日、アンモニアの気体に短時間触れさせて、完全な青色リトマス紙にする。

・赤色リトマス紙の再生

実験で使用する前日、塩化水素の気体に短時間触れさせて、完全な赤色リトマス紙にする。

《BTB溶液》

・プロモチモールブルーの略記である。
・変色域は、pH 6.0~7.6で、酸性色は黄色、塩基性色は青色、中性色は緑色である。

4 試薬の調整法

《石灰水》 $\text{Ca}(\text{OH})_2$

50gの水酸化カルシウムに水1~5mlを加え放置しておく、必要に応じて上澄み液を使用する。使用後は水を加えて補充する。

《塩化コバルト紙》 CoCl_3

5%の塩化コバルト溶液にろ紙を浸して乾燥する。

《デンプン溶液》 $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n$

可溶性デンプン1gを少量の水と混和し、熱水100ml中に注ぎ、1~2分間煮沸する。

《ヨウ素液》 $\text{I}_2 + \text{KI}$

ヨウ化カリウム3gを水約5mlに溶かし、これにヨウ素1.3gを加えて溶かしてから水を加えて100mlにする。

おわりに

小学校における理科薬品等の基礎的な知識の一端をあげたが、これに実験器具の取り扱い方等を付記して、さらに充実させていきたい。

参考文献

- 三省堂(1989)：化学小事典
- 大石博(1985)：理科薬品の基礎知識。北海道教育社
- 中西啓二・加藤俊二(1988)：化学実験の事故をなくすために—100%安全な生徒実験一。化学同人
- 奥井智久(1989)：改訂 小学校教育課程講座 理科。ぎょうせい

(さくはら いつを 化学研究室長)

高分子化合物の学習におけるゴム弾性の教材化

中村 隆信

はじめに

19世紀頃、今日天然高分子化合物とよばれているゴムやデンプン等について、沸点上昇や浸透圧などによって異常に大きな分子量を示すことが知られ、結晶になりにくいくこととあいまって分子の状態についての見解が二つに分かれていた。一つはいくつかの分子が二次的な結合をしたものという見方でありもう一つは共有結合で結合された原子からなる巨大分子という見方である。20世紀に入り、セルロースのX線的研究により巨大分子説が有力になり、さらにカラーザスによる有機化学的手法によりナイロンが合成され巨大分子説が決定的になった。その後クーンによりゴムの特徴ある性質が高分子の鎖状構造に基づいて統計力学的に導かれることが示された。

高分子化合物の物理的性質は高分子化合物の大きな特徴の一つであり、各種の高分子化合物が新素材として注目されている今日特に興味を引く教材になると思われる。

実験1 加硫していないゴムの弾力性

準備 加硫していないシート状のゴム、太めの試験管(径30cm、2本)、湯(約70°C)、はさみ
方法

- (1) シート状のゴムを引き伸ばしやすい程度の長さ(太さ2~4mm、長さ10~15cm)にはさみで切る。
 - (2) 一方の試験管に湯を入れ、他方に水道水を入れる。
 - (3) ゴムを両手で引き伸ばし、水道水の入った試験管に巻き付ける。
 - (4) 約10秒後、ゴムを試験管から取り外し、両手で引っ張ってゴムの弾力の強さを調べる。
 - (5) 伸びたままのゴムを湯の入った試験管に
- 入れ、変化を観察する。
 - (6) 湯まったゴムの弾力性を調べる。
- 結果と考察
- (1) 水道水で冷やされたゴムは、伸ばされたままの形で硬くなりゴム特有の弾力性を示さなくなっている。
 - (2) 伸びたまま硬くなったゴムを湯の中にいれて温めると、元に戻ろうとする弾力が回復し、元の形に縮まる。
 - (3) 湯まったくゴムは数倍の長さに引き伸ばすことができる

実験2 ゴムの弾力の強さと温度の関係

準備 アクリル製円筒容器(30cm² × 30cm)、ものさし(30cm)、おもり(150g)付き輪ゴム、アスピレーター、温度計

方法

- (1) アクリル製円筒容器に温度計とおもりの付いた輪ゴムを図1のように組み立てる。

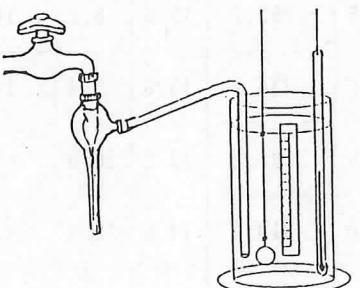


図1 弾性力測定装置

- (2) ものさしを目盛り0がゴムの上端にくるようにセロテープでアクリル製円筒容器に張る。
- (3) 90°Cくらいに加熱した湯を輪ゴムが完全に浸るまで円筒容器に静かに注ぐ。
- (4) そのときの温度とゴムの長さをはかり記録する。
- (5) 円筒容器内の湯を3分の1程度アスピレ

ーターで抜き、かわりに水道水を加えてかき混ぜ温度が均一になってから温度とゴムの長さをはかり記録する。

(6) (5)と同じ方法で湯2分の1を抜き水道水を加えて温度とゴムの長さをはかり記録する。

(7) (5)と同じ方法で湯3分の2を抜き水道水を加えて温度とゴムの長さをはかり記録する。

(8) 湯をすべて抜き、かわりに水道水を入れて、温度とゴムの長さをはかり記録する。

(9) ゴムを取り外し、おもりをはずしてゴムの自然長をはかる。

(10) 温度から絶対温度を計算する。

(11) ゴムの長さとゴムの自然長から伸びを求め、弾性率を求める。

(12) 絶対温度と弾性率の関係をグラフに表す。

結果と考察

(1) 測定した結果の例

温度 [°C]	絶対温度 [K]	長さ [cm]	伸び [cm]	弾性率 [gW/cm]
79.5	352.7	13.0	8.8	14.8
63.0	336.2	13.6	9.4	13.8
50.0	323.2	14.2	10.0	13.0
37.0	310.2	14.6	10.4	12.5
19.5	292.7	15.4	11.2	11.6

$$\text{自然長 } l_0 = 4.2 \text{ [cm]}$$

$$\text{絶対温度 } T [\text{K}] = 273.2 + t [\text{°C}]$$

$$\text{荷重 } W = 130 \text{ [gW]} \text{ (浮力を差し引く)}$$

$$\text{弾性率 } K = W / (l - l_0) \text{ [gW/cm]}$$

(2) ゴムの弾力は高温ほど大きくなり、ほぼ絶対温度に比例している。

(3) ゴムの弾力の原因はゴム分子を構成している原子の熱運動（ミクロブラウン運動）

により、より乱雑な状態になろうとする傾向による。

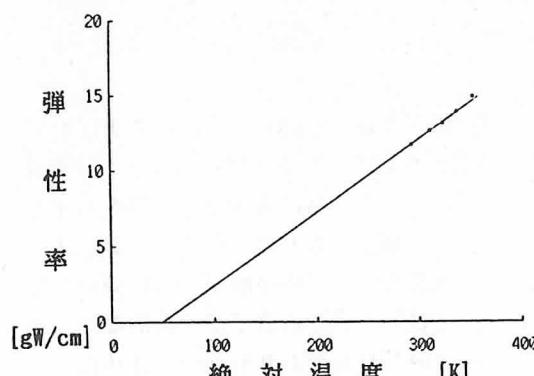


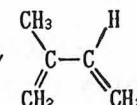
図2 温度による弾性率の変化

参考

(1) ゴムの弾力性の特徴は、固体でありながら柔らかいことと、よく伸びることである。豆腐やスポンジなども柔らかいが、これらは水や空気など液体や気体を保持しているからであり、ゴムの場合は中もすべて固体である。また、輪ゴムは弱い力で5~6倍に引き伸ばすことができる。木材の弾性率を1としたときの他の物質の弾性率はおおよそ次のとおりである。

鋼鉄	約 100
ガラス	約 10
木材	約 1
ポリエチレン	約 0.1
ゴム	約 0.001

(2) ゴム分子はイソブレン



の分子

子が多数付加重合した長い鎖状の分子構造をしており各炭素原子は約1.5 Åの間隔で共有結合し、結合角は概ね正四面体の角度（約95~129°）でほぼ自由に円錐状に回転している。ただし、二重結合部分は回転できない。ゴム分子は炭化水素なので分子同士の結合力は弱く、繊維類の約1/6、プラスチック類の約1/2で、常温ではゴム分子内の熱運動は分子同士の凝集力を越え、

ほぼ自由に回転運動している。-50~-60°Cになると分子内の熱運動は弱まりゴム特有の弾性力は失われる。

(3) ゴムの鎖状分子はジグザグに伸びきった形になることは確率的にあまりあり得ず、最も可能性の大きな丸まった状態になる。これを引き伸ばすと分子内の炭素原子やメチル基などの鎖員が乱雑な運動（ブラウン運動）をしているため、図3のように分子は元の丸まった形に戻ろうとするため、弾性力が生じる。

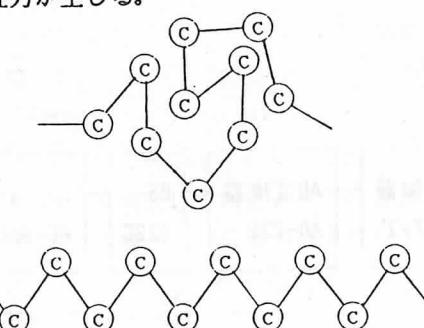


図3 ゴム分子のミクロブラウン運動

(4) 金属など他の弾性体の弾力は構成している金属原子間の引力や斥力によって生じるのに対してゴムの弾力性は鎖状分子内部の鎖員の熱運動（ミクロブラウン運動）に起因する分子の形の変化によって生じる。

(5) ゴムの分子は互いに絡み合っているが、天然の生ゴムは分子の絡みがはずれて流れるので、実用的なゴムは硫黄を加えて加熱し、架橋させて網目構造になっている。

(6) 絶対温度に比例する弾性力を示すものに理想気体がある。気体をシリンダー内に封じ、ピストンで圧縮すると元に戻ろうとする圧力（体積弾性力）が生じる。圧力の大きさは絶対温度に比例する。気体の圧力は熱運動している気体分子が壁に衝突することによって生じる力であり、ゴムの弾性力の性質との類似点、相違点を比較検討する

とよい。

・ゴム弹性 弾性力は絶対温度に比例す

る。

弾性力はゴム分子の形が縮まるこことによって生じる力で、運動している炭素原子はつながっている。

・気体の弹性 弾性力（圧力）は絶対温度に比例する。弾性力（圧力）は気体分子が壁に衝突することによって生じる力で運動している分子はつながっていない。

(7) ゴムの弾性力の実験は必ずしも定量的に行わなくても、例えば、おもりを下げて伸張させたゴムに湯をかけてゴムを収縮させる演示実験でもゴム弾性の理解に役立つ。

(8) 加硫していないゴムシートは長靴など色々のゴム製品を製造している工場で使用している。

参考文献

- 日本化学会(1978)「身近な現象の化学」 培風館
- 中川鶴太郎(1984)「ゴム物語」 大月書店
- 金子元三 萩野一善(1968)「高分子科学」 共立出版
(なかむら たかのぶ 化学研究室 研究員)

コンピュータによる化学計測（I）

鈴木 哲

1. はじめに

今や、コンピュータは小学生、中学生、高校生から大学及び研究機関の研究者に至るまで、幅広く一般の人々に利用されている。

当然、コンピュータについての知識はもとより、機種、利用の仕方は様々であることは周知のとおりである。

コンピュータと計測器を接続することにより、計測器の能力が大幅に向かって充実することが、次第に判明してきている。

ここでは、高校の化学実験室に既設されていると思われる計測器とコンピュータとの計測のシステムについて考えてみる。

計測器は電圧信号の取り出せる電導度計、pH計など、すなわち、電圧出力端子を備えているものに限り、検討を行う対象とし、電導度計についての報告をする。

2. 実験

2.1. 使用機器

電導度計：東亜電波工業製電導度計CM-6A

オペアンプ：アラス電源のみで作動するオペアンプLM358Nを使用し増幅出力

AD変換器：8ビットAD-232(RS-232Cシリアル伝送方式)

コンピュータ：NEC 9801 シリーズ

2.2. 操作方法

0.1 mol/l H₂C₂O₄ 50 mLを200 mLのビーカーにとり、約100 mLに希釈し、電導度セルを浸す。

つぎに、1 mLのアンモニア水を25 mLのビュレットから一定の速度で滴下し、スチーラーでかき混ぜる。

その際、電導度計の電圧出力端子より得られたmV単位のアナログ信号をオペアンプ及びAD変換器により増幅、信号変換して、RS-232Cインターフェイス

を介して、V単位の電圧をパソコンに取り込む。

測定結果が逐次ディスプレイにグラフ化され、画面上に表示されているものをプリンタで印字する。

データの転送方式及び増幅回路を図1・2に示す。

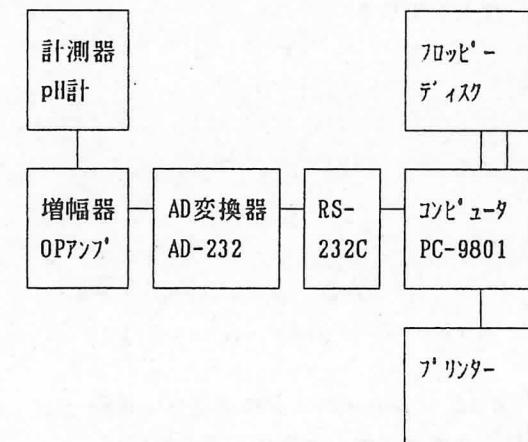


図1 データの転送方式

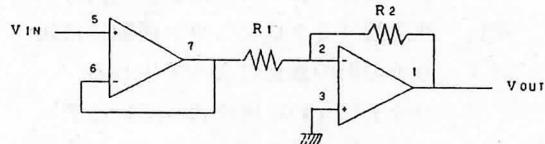


図2 増幅回路

3. 結果及び考察

3.1. 電導滴定曲線

電導度計の背面にある記録計接続端子からの電圧信号の出力は、1 mV/cmが100 mVに対応し、レジンの切換えにより、電圧出力も変化する。

硫酸-アンモニアの滴定時において、出力電圧は50-130 mVの範囲であった。

得られた電圧の値を縦軸に、加えたアンモニア水の体積を横軸にとって滴定曲線を描いたものを図3に示す。

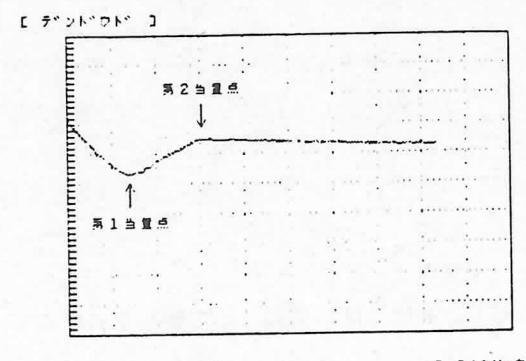


図3 電導滴定曲線

3.2. 電導度の変化

電導度滴定は、滴定の当量点の前後における溶液の電導度の変化、すなわち、交換される分子の易動度の差を測定して当量点を求める。

図4の滴定曲線から、溶液の電導度が2箇所の変化が見られ、二塩基酸特有的第1及び第2当量点に対応した部分が観察される。

最初は、H₂C₂O₄の解離によって生じた水素イオンの減少により、電導度の低下がみられる。

次にHC₂O₄⁻が消費されC₂O₄²⁻に置換され、更に滴定溶液の添加により電導度が変化する。

アンモニアを用いると、第2当量点以降の電導度はほとんど増加しないので、第2当量点を正確に知ることができる。

4. おわりに

計測器とコンピュータとの計測のシステムは、電圧信号の電圧出力端子を備えているものを用いて也可能と思われる。

計測器とAD変換器との組合せによる装置をコンピュータに接続した実験の計測は、画面表示、印刷、保存などの種々の利点がある。

特に、事象の変化の計測などに、探究活動の知的ツールとして、その特性が十分発揮でき、学習活動の促進、発展に活用すると有効である。

また、プログラムの工夫により、生徒の探究の目的にあったグラフ作成などが可能である。

コンピュータによる化学実験の計測は、求められ

る実験の精度などにもよるが、8ビット、RS-232Cシリアル方式でも、十分な活用が可能と思われる。

参考文献

1. 化学PC研究会(1984): 化学領域のパソコン。丸善
2. 平田(1985): パソコンによる物理計測入門。共立出版
3. 土肥・佐久間(1986): 実例パソコン化学計測。講談社
4. 文部省(1978): 高等学校学習指導要領。大蔵省印刷局

(すずき さとし 化学研究室 研究員)

魚類を用いた再生の実験

白井 肇

はじめに

動物のからだの一部が外的要因により失われた場合、その失われた部分がどのようにして修復されるか、再生芽の形成とそれに続く再生芽の分化の過程を観察して、その修復されていく様子を明らかにする。また、切断片の長さと完全にもとに回復するまでの日数、切断の角度と再生部の形との関係、再生におよぼす温度の影響などを調べ、再生現象の特徴について考えてみるのが、この実験のねらいである。

1 材料

(1) 動物の再生実験にはプラナリアやオタマジャクシを用いるのが普通であるが、最近ではこれらの動物の採集が、かなり困難になってきたので、この実験ではいつでも容易に入手できるキンギョかヒメダカを用いることとした。実験材料としてのキンギョは、尾の先端まで赤いフナ尾のワキンがよく、またあまり小形のものは実験中に死亡することが多いので、10cm前後のものを用いるとよい。なお、フナやグッピーも再生の実験材料として好適である。

(2) 実験開始の2~3週間、温度を一定(15~20°C)にした水槽で餌をじゅうぶんに与えて飼育し、体力をつけておかないと実験中に病気にかかることが多い。また、実験中、連続した観察によりキンギョの皮膚が傷ついて弱った場合、表面積の広い容器に移し、2~3日水温を低くして飼育すると、体力を回復させることができる。

(3) 再生部の顕微鏡観察にはキンギョが適しているが、切断の角度と再生部の形との関係や切断片の長さと回復までの日数との関係を調べるにはヒメダカのほうが

よく、再生部における色素形状の観察にはフナが適している。また、短期間で再生の実験を行いたい場合には、グッピーやメテニスなどの熱帯魚を用いるとよい。

2 実験方法

- (1) 麻酔には、低温にして動きを弱める方法をとる。8月では6°C、11月で3°Cの水に入れておくとほとんど動かなくななり、15分間は活動を止めた状態で処理ができる。
- (2) 麻酔した材料は皮膚を傷つけないように湿ったガーゼに包み、パラフィンを敷いたペトリ皿に尾の部分をのせて、いろいろな角度で切断してみる。尾の切断にあたっては、切断片をあまり大きくしないことが大切で、キンギョでは、切断片が3~4mmの場合で、完全に回復するまでに約30日を要する。ヒメダカでは、1~2mmくらいの長さで切断するとよい。
- (3) 再生部を2日ごとに低倍率(20~50倍)で観察し、傷口に起こる変化をスケッチさせるが、スケッチには、必ず気のついたことを詳細に記録させておくことが大切である。
- (4) 顕微鏡観察の際には、材料を低温で麻酔したのち(短時間なら麻酔しなくてよい)、湿ったガーゼに包み、魚体を手で抑えながら尾の部分だけをスライドガラスにのせて観察する。再生部は柔らかくて傷つきやすいので、カバーガラスはかけない。また、肉眼で観察する場合には、白い紙の上の尾をのせて行うとよい。
- (5) 傷口が修復されていく過程の観察にあたっては、特に次の点に注意してスケッチや記録をとるようにする。
 - ア 再生芽の成長にともない色はどう変

化するか。特に赤色色素胞がいつ形成されてくるかに注意して観察する。

- イ 再生されてきた尾の部分に血管や軟条が形成されてくるのは何日目からか。また、どのようにしてその形成は進行するか。血流や赤血球の形と大きさにも注意する。
- ウ 修復した部分が尾としての形を回復するのに何日を要したか。また、完全な尾の形を回復するのに何日を要したか。
- エ 角度を変えて切断した場合、修復してきた部分が切断面に対しどのような角度であったか。また、その形状はその後どのように変化し、できあがった尾の形状の間にどのような差が生じたであろうか。

3 結果と考察

- (1) キンギョの尾の再生過程で特に目立つ現象は次のとおりである。
 - ア 切断後2日目で傷口の被覆が完了し、3日目には傷口にそって白っぽい再生芽を観察することができる。
 - イ 7日目以降になると、再生部分には多数の毛細血管が入り込んできて、血流を観察することができる。
 - ウ 切断後14日目頃になると、不鮮明な軟条が現れてくるようになり、16日目では、軟条に節が形成されている様子が観察される。
 - エ 切断後30~40日たつと尾の形状はほぼ回復されるが、修復部の色は白っぽいままである。これは、赤色色素胞がほとんど形成されないためである。
- (2) いろいろに角度を変えて尾を切断した場合、再生初期には、切断の角度により再生芽の成長方向が異なるが、30日ほど経過するとその差はすくなくなり、やがてもとの形に完全に回復する。しかし、

外観上の形が完全に回復しても、再生部における毛細血管や色素胞の形成は完了していないことに注目させる。

- (3) 体軸に直角に4mmの幅で切断したキンギョを、温度調節していない水槽と20°Cに調節した水槽に分けて飼育する。実験を9月に行った結果では、前者で約27日、後者では約20日で再生が完了した。

4 参考

- (1) 硬骨魚類ではあぶらびれを除いたすべてのひれが再生する能力をもっている。ひれの軟条やうろこも容易に再生し、えらも再生能力を備えているが、えらぶたは再生しない。
- (2) グッピーやメテニスなどの熱帯魚の尾を切断し、その再生の速度を調べ、キンギョと比較してみるとおもしろい。これらの魚では再生速度が速く、4mmの切断では、およそ16日で再生が完了する。

5 参考図書

- (1) 岡田要監修：理科実験図鑑大事展、全国教育図書
- (2) 松井佳一他：キンギョ、遺伝21巻8号
- (3) 井上栄：アフリカツメガエルを使った実験3、遺伝26巻3号

(しらい かおる)

蝶類の種間交雑に関する研究（III）

—カラスアゲハ・ミヤマカラスアゲハを母蝶とする交雑実験の結果と分析—

青山慎一

はじめに

本研究（I）では、昆虫類における種間交雑について、チョウ類を中心に概説したほか、本研究の教教材性、すなわち種分化（小進化）、種間の類縁関係（系統分類）及び地理分布の解明に有効な手段であることを述べ、併せて、キアゲハを母蝶とする交雑実験の結果と分析を行った。（1）

また、（II）では、アゲハ（ナミアゲハ）を母蝶とする交雑実験の結果と分析を行った。（2）

本報では、カラスアゲハ（以下、カラスと略記する）とミヤマカラスアゲハ（以下、ミヤマと略記する）とをそれぞれ母蝶とする交雑実験とその結果について報告する。

1 カラスを母蝶とする交雑実験

(1) カラス♀ × ミヤマ♂

この組合せによる交雑実験は、すでに数多く実施されており、雑交体はさのみが比較的高率で得られることが知られている。（3）

筆者が行った北海道産どうしの交雑でもほぼ同様の結果が得られているので、ここでは、雑交体幼虫の成長に興味深い現象の見られた鹿児島県トカラ列島産のカラスと札幌産ミヤマとの交雑の結果について報告する。

母蝶のカラスは、現地で飼育した蛹から羽化させた夏型。父蝶は札幌産の飼育品で同じく夏型のものである。交配はハンドペアリングによつたが交尾は容易に成立し、所用時間はおよそ70分であった。

採卵及び飼育にはキハダを用い、飼育の結果は表1のとおりであった。

表1 カラス♀×ミヤマ♂の交雑実験の結果

産卵数	ふ化数	前蛹	蛹化数	羽化数
88	72	36	18	12♂
-	82%	40%	20%	14%

終令幼虫まで育ったものは59頭（67%）とかなりの高率で、このうち31頭がふ化後約30日のうちに前蛹となり、18頭が蛹化、蛹化後10～15日のうちに12頭（全て♂）が羽化した。（写真1）

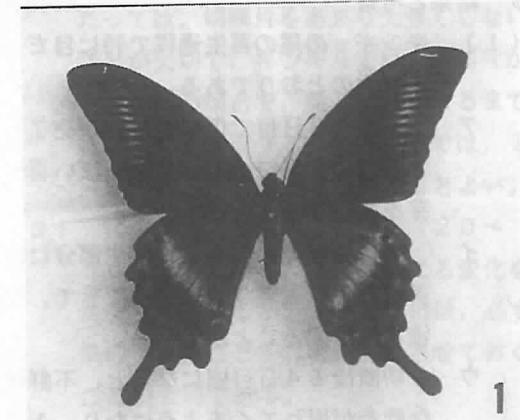


写真1 カラス♀×ミヤマ♂の雑交体

残りの28頭はその後も摂食を続け、巨大な幼虫となつた。（写真2）

これらの巨大幼虫のうち5頭が、ふ化の後50～55日のうちに前蛹となり、うち2頭が蛹化した。（写真3）

蛹化できなかつた前蛹は、いずれも自身の重さを支えきれず、脱皮に失敗したものである。蛹化した2頭のうちの1頭は、写真4に示したように、重みのために尾端が変形しており、この蛹は38日後に死亡した。



写真2 雜交体の巨大幼虫 右上はカラスの終令幼虫

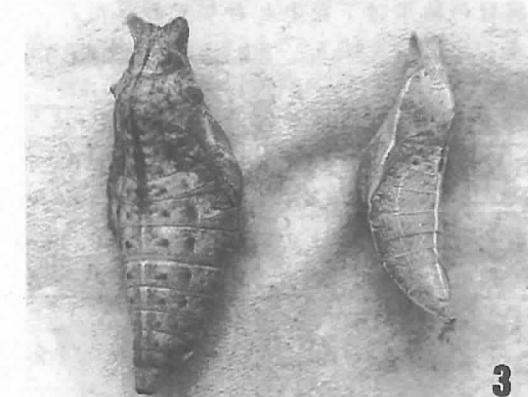


写真3 雜交体の巨大蛹 右はカラスの蛹



写真4 尾端が変形した巨大蛹

写真3に示したものは、形態も正常であつたので、巨大な♀が羽化するものと期待したが、結局、約3箇月後に死亡した。

これらの経緯を、分かりやすくまとめると図1のようになる。

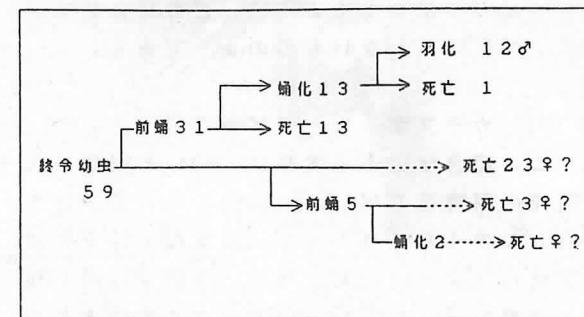


図1 雜交体幼虫の飼育経過

この間、巨大幼虫3頭に試供品として入手したエクジソン（カイコの幼虫から抽出した昆虫変態ホルモン、ロート製薬）を、それぞれ処方に従つて0.02mgずつを注射により投与したが変態を促進させることはできなかつた。

ただし、このエクジソンは入手後数年間冷蔵庫に保管されていたものなので、効力を失つていた可能性がある。

このような巨大な幼虫を生ずる例はアゲハ（ナミアゲハ）♀×ミヤマ♂との交雑にも見られるが（2）、北海道産どうしのカラス♀×ミヤマ♂からは、今までのところ例がなく、これがトカラ列島産のものだけにみられる現象なのかどうか、今後も検証していきたい。

また、得られた雑交体を使って、北海道産のカラス♀およびミヤマ♀との戻し交配を各1例ずつ試みたが、受精卵は得られなかつた。

(2) カラス♀ × キアゲハ♂

この組合せによる交雑実験は、これまでに4例実施しているが、いずれも似かよつた結果が得られているので、ここでは、その結果をまとめて示すことにする。

表2 カラス♀×キアゲハ♂の交雑実験の結果

産卵数	受精卵数	黒化卵数	ふ化数
384	169	34	0
-	43%	9%	0%

上記の結果が示すように、この組合せでは雑交体は得られないものようである。

(3) カラス♀ × アゲハ♂

この組合せによる実験は、(2) と同様に札幌産の飼育品を用いて、4例について実施した。このうち、夏型どうしの交配では受精卵が得られなかつたが、残りの3例では同じ様な結果が得られているので、ここではまとめて示す。

表3 カラス♀×アゲハ♂の交雑実験の結果

産卵数	受精卵数	黒化卵数	ふ化数
403	172	101	0
-	43%	25%	0%

実験例は少ないが、この組合せからも雑交体は生まれないものようである。

なお、本州産どうしの組合せでも同じ様な結果が知られている。(3)

(4) カラス♀ × オナガアゲハ♂

この組合せについては、母蝶と父蝶との羽化のタイミングが合わず、まだ実施していない。

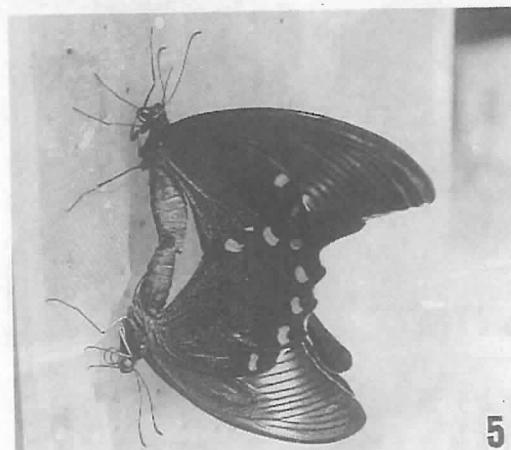
2 ミヤマを母蝶とする交雑実験

(1) ミヤマ♀ × カラス♂

この組合せによる実験は、他に多くの実験例があり、雑交体は♀♂の両方を生ずることが知られている。参考までに、今年度実施した交雑実験のうちの1例を紹介する。

母蝶、父蝶とも札幌産の飼育品（夏型）で、交配は（写真5）ハンドペアリングによって

行い、採卵・飼育にはキハダを用いた。



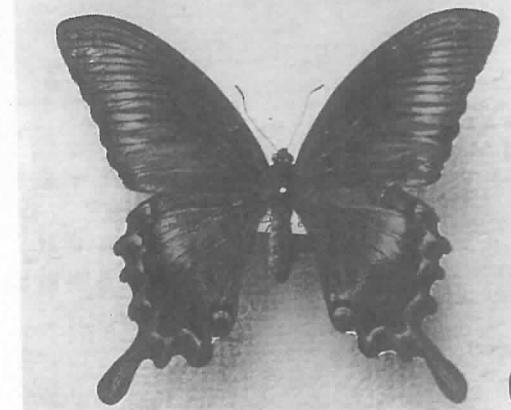
5

写真5 ミヤマ♀×カラス♂の交尾（ハンドペアリング）
飼育の結果は下表のとおりであった。

表4 ミヤマ♀×カラス♂の交雑実験の結果（長日条件）

産卵数	ふ化数	蛹化数	羽化数
64	60	20	8810♀
-	94%	31%	28%

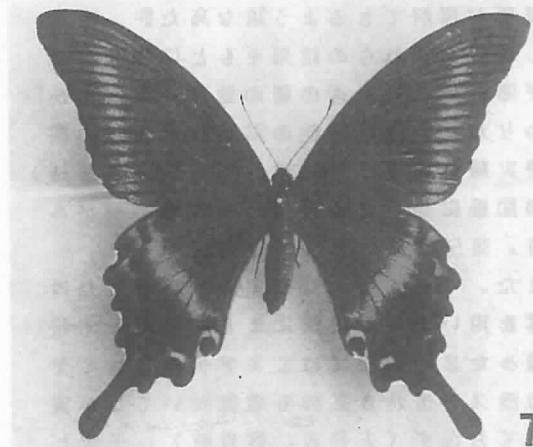
羽化した雑交体は♀♂ともミヤマの特徴が強く現れている。（写真6、7）



6

写真6 ミヤマ♀×カラス♂雑交体♂

♀♂の両方を生ずることから、これらの雑交体（便宜上F₁と記す）に生殖能力があるかどうかを調べるためにF₁どうし及びF₁と母蝶・父蝶との間での全ての戻し交配を行



7

写真7 ミヤマ♀×カラス♂雑交体♀

った。実験はそれぞれ1例ずつで、結果は表5のとおりであった。

表5 雜交体♀とミヤマ・カラスとの交配の結果

組合せ	産卵数	黒化数	ふ化数	蛹化数
F ₁ ♀×F ₁ ♂	71	71	57	0
F ₁ ♀×ミヤマ♂	83	13	3	0
F ₁ ♀×カラス♂	112	39	0	-
F ₁ ♂×ミヤマ♀	91	76	0	-
F ₁ ♂×カラス♀	103	43	0	-

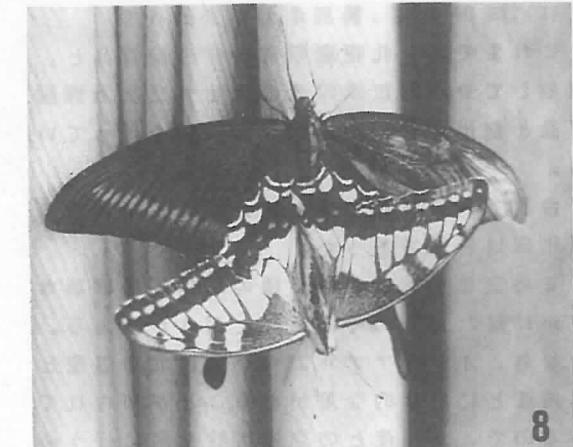
このことから、雑交体は♀♂とも、それぞれ精子、卵子をつくり、受精能力もあることが分かるが、ふ化した2例については、いずれも2令幼虫の段階までに衰弱死しており、成体を造るまでには至らないようである。

(2) ミヤマ♀ × キアゲハ♂

両種とも札幌産の飼育個体（夏型どうし）を用いて、下記の2例について実験を行った。

交配はハンドペアリング法、採卵にはキハダを用いた。

結果は表6のとおりであった。なお、この組合せでは、本州産どうしでも同様の結果が報告されている。(3)



8

写真8 ミヤマ♀×キアゲハ♂の交尾

表6 ミヤマ♀×キアゲハ♂の交雑実験の結果

実験番号	産卵数	黒化卵数	ふ化数
Mm1	86	58 (67%)	0
Mm2	44	38 (86%)	0
計	130	96 (74%)	0

黒化した卵のうち、Mm1では12個について、また、Mm2では3個について、それぞれ幼虫が卵殻をかじって孔をあけ、ふ化しようとした形跡が認められた。

しかし、この組合せからは雑交体は得られないようである。

(3) ミヤマ♀ × アゲハ♂

両種とも札幌産の飼育個体を用い、春型どうし及び夏型どうしについて各1例ずつ実験を行った。

どちらも同じような結果が得られたので、ここではまとめて示す。

表7 ミヤマ♀×アゲハ♂の交雑実験の結果

産卵数	受精卵数	黒化卵数	ふ化数
224	103	33	0
-	46%	15%	0%

実験例は少ないが、この組合せからも雑交体は生まれないものようである。

(4) ミヤマ♀ × オナガアゲハ♂

これまでに、札幌産のミヤマの飼育品と、主として余市郡仁木町産のオナガアゲハの飼育品とを用いて、4例の交雑実験を行っている。

合計で378個の卵を得たが、受精卵及び黒化卵は皆無であった。

のことから、この2種の類縁関係はかなりかけ離れたものであることがうかがえる。

なお、オナガアゲハについては北海道産と本州産とに形態的な差があることが知られているので、本州産との交雑実験を別に行う必要があろう。

3まとめと考察

今回取り上げた8組の異種間交雑（うち1組は未実施）のうち、雑交体を生じたのはカラス♀×ミヤマ♂と、ミヤマ♀×カラス♂の2組のみであった。

のことから、この2種は他の種と比べて極めて近縁な関係にあるといえる。

また、カラス♀×ミヤマ♂からは、♀となるべき？幼虫及び蛹を生じた組合せもあったが、結果としては受精能力を持たない♂のみを生ずるにとどまった。

これに対し、ミヤマ♀×カラス♂からはそれぞれ受精能力を持つ♂♀両方の雑交体が得られていることから、ミヤマの方がカラスよりもよりプリミティブ（先祖的、原始的）であることがうかがえる。

他の組合せについては、実験例が十分でないものもあるので、今後も研究を継続していきたい。

おわりに

研究Ⅰ～Ⅲを通して、北海道産アゲハチョウ科バビリオ属5種のうちカラスアゲハ、ミヤマカラスアゲハ、キアゲハ、アゲハ（ナミアゲハ）の4種については、相互の類縁関係

の概要が理解できるようになった。

しかし、これらの結果をもとに種分化を論ずるには、これらの種の地理分布とのかかわりから、道外の他のバビリオ属との関係や、場合によっては海外の同種（異亜種）との関係についても検証してみる必要がある。

また、これまでの交雑実験で得られた雑交体を用いた戻し交配による検証も、本報で扱った2例の他には、キアゲハ♀×ミヤマカラスアゲハ♂とのものについてしか実施しておらず（未発表、写真9）、予定どおりの実験を完了させるにはまだ数年を要するであろう。



写真9 キアゲハ♀×ミヤマ♂の雑交体とキアゲハ♀との戻し交配(受精卵は得られない)

末尾ながら、本研究を進めるにあたり、飼育材料やデータの提供をいただきなど、多くの方々にお世話になった。以下に記して厚くお礼申し上げる。

川田光政、浜島光雄、宮下正悟、水林則幸、岩淵幹学、藤田邦彦、本間定利、津久井不二雄、原 俊二

参考文献

- (1) 青山慎一 (1889) : 蝶類の種間交雑に関する研究 (I) 、 -キアゲハを母蝶とする交雑実験の結果と考察 -、 北海道立理科教育センター研究紀要 第1号
- (2) ————— (1990) : 同上 (II) 、 -ナミアゲハを母蝶とする交雑実験の結果と分析 -、 同、 第2号
- (3) ————— (1990) : キアゲハ♀×ミヤマカラスアゲハ♂の雑交体幼虫にみられる斑紋変異について、 Jezoensis No. 17 北海道昆虫同好会
- (4) 阿江 茂 (1988) : アゲハチョウの生物学、 たたら書房、 京都
- (5) Ae S. A. (1960) : A study of hybrids between Papilio xuthus and P. polixenes-macon group. Jap. Lep. Soc.
- (6) 石崎宏矩 (1978) : 昆虫の変態機構、 一変態ホルモン、 遺伝、 32-3: 8、 蒙華房
- (7) 斎藤和夫 (1988) : 蝶類の染色体、 -1966年前後から1984年までの形態学的研究から -、 日本鱗翅学会特別報告、 日本鱗翅学会
- (8) 石塚棋法 (1980) : Luedorfia group の roots に関する一考察、 タカオ・ゼミナール 10 周年記念論文集、 144-1 55、 タカオ・ゼミナール
- (9) 北原 曜・川田光政 (1989) : ウスバシロチョウとヒメウスバシロチョウの人工交雑と混棲

地における雑種、 蝶と蛾 38

日本鱗翅学会

(10) 阿江 茂 (1962) : アゲハチョウ科の種間雑種の研究、 蝶と蛾 12

日本鱗翅学会

(あおやま しんいち 生物研究室研究員)

**身近な植物を用いた
「植物の種類と生活」の里外観察**

河原英男

1はじめに

中学校理科の「自然と生物」では、自然の中には様々な環境があり、それぞれの環境に適応した生物が存在することや、身近な植物について光の条件、土の状態などの違いによる植生と生育状態の差異に気付かせるなどにより、身近な自然に関心を持つ態度と習慣を養うことがねらいとされている。

ここでは、センター周辺の自然に目を向け、踏まれ方の違う場所に見られるそれぞれの植物が環境に適応してどのように生育しているかを調査し、植物と環境との関わりについて検討したものである。

2準備

温度計、照度計、土壤湿度計、土壤PH計、土壤硬度計、巻尺、折尺、ルーペ、根掘り、軍手、筆記用具、記録用紙、植物図鑑

3方法

(1) ひんぱんに踏まれているところ、ほとんど踏まれていないところの2箇所を調査地として選び、それぞれの環境についてア～オを行う。

ア 温度計を用いて地下10cmの地温を測定する。

イ 照度計を用いて地表部の照度を測定する。(5箇所で測定し、平均値を求める)

ウ 土壤湿度計を用いて地下10cmほどの土壤湿度を測定する。

エ 土壤PH計を用いて土壤のPHを測定する。

オ 土壤硬度計を用いて土壤の硬度を測定する。

- (2) それぞれの調査地に、巻尺を用いて1m方形枠を設定し、調査区とする。
- (3) 枠内に生育している植物の種類を図鑑によって調べる。
- (4) 植物の種類ごとに、個体数、被度、草高を調べる。
- (5) 次に示した測定方法にならって、それぞれの調査地の優占種の順位を決める。

3測定方法

- (1) 植物の群落測定の要素としては、次の4つを測定する。

ア 被度 (C : coverage)

ある植物が地表をおおう投影面積で図1の様に判定する。被度階級及びその割合は表1に示す通りである。

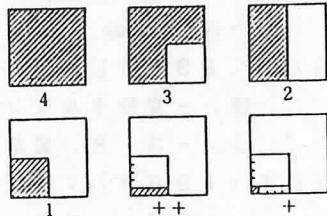


図1 ベンファン法の被度階級

表1 被度階級の割合と計算値

被度階級	割合(%)	計算値
4	76~100	4
3	51~75	3
2	26~50	2
1	6~25	1
++	1~5	0.2
+	1以下	0.04

イ 密度 (D : density)

1株あたりの平均個体数。

$$D = \frac{\text{ある植物の総個体数}}{\text{枠数}}$$

ウ 頻度 (F : frequency)

ある植物が出現した枠の設けた総枠数に対する割合。

$$F = \frac{\text{ある植物の出現した枠数}}{\text{設けた総枠数}}$$

エ 草高 (H : height)

ある植物の自然状態における葉の最上部までの高さ。

$$H = \frac{\text{ある植物の各枠の平均草高}}{\text{設けた総枠数}}$$

- (2) 積算優占度により優占順位を決定する。

被度、密度、頻度、草高ごとに最高の値を示したものを100とし、それに対する比数を種類ごとに求め、それらの平均値から優占順位を決める。

$$\text{積算優占度} = \frac{C' + D' + F' + H'}{4}$$

C' : 被度比数

D' : 密度比数

F' : 頻度比数

H' : 草高比数

4調査結果

- (1) 頻繁に踏まれているところ

ア 環境要素の結果は表2の通りである。

表2

要素	年月日	1989.7.8	1990.7.5
地温(℃)	21.4	21.3	
照度(Lx)	21400	18600	
土壤湿度(%)	55	48	
土壤PH	6.5	6.5	
土壤硬度(kg/cm³)	6.5	7.0	

イ 積算優占度は表3の通りである。

表3

項目	積算優占度	
種類	年月日	1989.7.8 1990.7.5
コガキ(ヤク科)	86.2	99.3
オバコ(オバコ科)	74.7	75.6
セイヨウクボ(ヤク科)	74.0	74.4
ハミナギ(ゲ科)	65.6	73.0
ナガハラ(イネ科)	52.0	56.4
シロツメクリ(マメ科)	36.8	24.0
シロアカリ(アザレ科)	0	13.3

- (2) ほとんど踏まれていないところ

ア 環境要素の結果は表4の通りである。

表4

要素	年月日	1989.7.8	1990.7.5
地温(℃)	20.8	20.2	
照度(Lx)	21400	18600	
土壤湿度(%)	63	52	
土壤PH	6.6	6.6	
土壤硬度(kg/cm³)	2.5	2.8	

イ 積算優占度は表5の通りである。

表5

項目	積算優占度	
種類	年月日	1989.7.8 1990.7.5
ナガハラ(イネ科)	100.0	100.0
セイヨウクボ(ヤク科)	54.8	56.5
ゲンノショウコ(フクソウ科)	52.0	50.8
エゾギキシ(ゲ科)	44.6	46.2
クンボモドキ(ヤク科)	38.4	62.8
シロツメクリ(マメ科)	24.0	26.4
スミレ(スミレ科)	24.3	22.5
イリミツバ(セリ科)	19.8	28.6
ヒナギク(ヤク科)	18.2	18.4
カブミ(カブミ科)	16.6	14.7
オオヨモギ(キク科)	10.2	8.6
ハコベ(ナシコ科)	9.3	6.1

5 結果の考察

- (1) 頻繁に踏まれているところで、もっとも積算優占度の高いコシカギクは、1年草で高さ5~15cm、よく分枝し茎は折れずらい。荒地やコンクリートの割れ目などでも生育できる植物である。踏まれないところでは高さが30cmに達する。
- (2) ほとんど踏まれていないところで、もっとも積算優占度の高いナガハグサは、多年草でくさむら型をなして生育している。
- (3) 踏まれ方の強いところに生えている植物には、ロゼット型（オオバコ、セイヨウタノボリ）や、ほふく型（シロツメクサなど）が多い。
- (4) 踏まれ方の強いところに生えている分枝型のハイミチヤナギは、一見ほふく型に似た形状を示しているが、踏まれ方の弱いところのものは大型で、草丈も高い。
- (5) 1本の植物の枝別れば、踏まれ方の強いところのものの方が多く、踏まれてもすぐ新しい枝を出して成長している様子が示されている。
- (6) コシカギクやシロツメクサの種子は重力散布の様式である。したがって、種子の散布される範囲はせまい。これに対して、セイヨウタノボリやタノボリモドキの種子は風に乗って遠くへ飛散する風散布の様式で種子の散布範囲は広い。

6 おわりに

植物の野外観察については、適当なフィールドがない、時間がとれないなどの理由により実施がむずかしいという声をよく耳にする。さらに、野外観察が植物の分類を中心がおかれている現状も指摘されている。

そこで、当理科教育センターでは、校舎の周りや人家の周りであっても植物が環境に適応して生育している様子を定量的に観察する方法の一つとして研修講座でも図2、3のように実施しているところである。

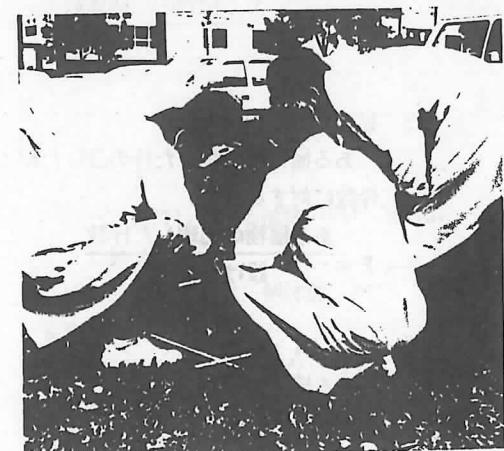


図2 頻繁に踏まれいるところでの実習

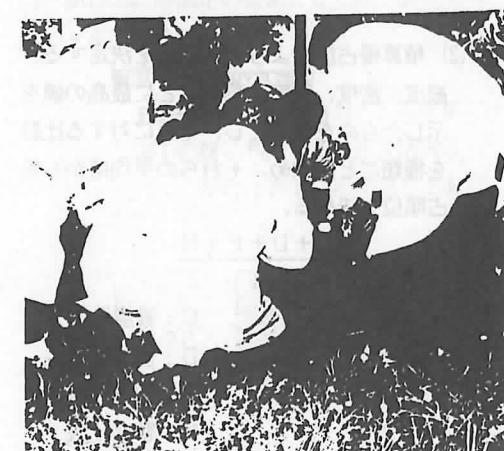


図3 ほとんど踏まれていないところでの実習

参考文献

- 1) 沼田 真 (1985) : 植物生態の観察と研究 東海大学出版会
- 2) 北海道理科教育センター (1989) : 理科教育研修講座 中学校部会テキスト「植物の生育と環境」
(かわはら ひでお)

植物化石による古気候の推定とその教材化

那賀島 彰一

はじめに

今回の学習指導要領の改訂で、中学校第2分野の地層の観察では、示相化石の他に示準化石が取り上げられ、また、地質時代を扱うことになった。したがって、化石の扱いはますます重要な位置を占めることになる。

北海道には大型植物化石の産出地が多く、地域素材の教材化を進めるという観点から、授業における植物化石の活用が考えられる。

筆者は十勝東北部の池田層産植物化石に関する研究を進めているが、その他に北海道の同時代のものと比較するために兵庫県東条町の神戸層群からも植物化石を採集して、化石の鑑定を行い、植物が生育していた場所の古環境や古気候を解明し、教材化の方向を研究中である。

ここでは、古気候の推定のための課題や教材化の視点をまとめ中間報告として紹介する次第である。

1 古気候推定についての研究法

大型植物化石により古気候を推定する方法は、今まで多くの学者により研究が進められてきた。

塩原植物化石群について、遠藤誠道(1931)は、化石群の現生種に同定される種あるいは近似現生種の地理的分布を調べ、各種の分布が互いに重なり合う共通の地域の気候条件をもつて古気候を推定した。

これはClassicalな方法であるがスタンダードである。この方法とあまり大差はないが Toshimasa TANAI & Toru ONOE(1961)の「A MIO-PLIOCENE FLORA FROM THE NINNGYO-TOGE AREA ON THE BORDER BETWEEN TOTTORI AND OKYAMA-PREFECTURES, JAPANN」, 尾上(1971)の「宮崎県えびの市産の更新世植物群」, 鈴木敬治(1954)の「古植物生態学の諸問題」等の研究に

見られるように、化石群集の中のそれを代表する器官の産出個体数から優占種を決定し、それと同じ種か近似な現生種を優占種にもつ現在の森林植生を求め、これと結びついている気候条件を当てはめて当時の気候を推定している。

Chaney(1924)は、Bridge Creek Floraの研究に上記と同様な方法を適用すると同時に全縁葉と鋸歯縁葉との割合, Leaf size classes の割合, Texture とその割合等、葉器官の形態的特徴からの検討も行っている。

双子葉植物の葉の形態と気候との関係について、遠藤誠道(1962)は、葉縁の特性が気候条件に関係があることを提唱し、全縁葉のパーセントは熱帯林に多く温帯に向かって少なく、日本森林植物帶論(本多静六著)を基に日本の主な広葉樹の葉の特性を次のように表している。

	Entire	Non-entire
暖帯林	56%	44%
温帯林	19%	81%
寒帯林	8%	92%

また、Textureの厚いものは亜熱帯以南に多いと述べている。

鈴木敬治(1977)は、気候条件との関連が深く、気候指示者となりうるような種や属の分布を水平的にも、時代的にも追跡してみることを提唱し、この場合、その種や属が気候条件と密接に関連しているという分布状態からだけの資料のみでなく、生理的な性質についての資料による裏づけがあることが望ましいとしている。

徳永(1970)は、今まで「暖かい」とか「寒い」とかいう表現で地質時代の一時期の古気候を表わしてきたが、これに何らかの数値を与えなければ、相対的な関係がわからないという結果になってしまうと考え、吉良(1951)によって、現生の植物について提唱されている温量指数が古

植物群の上でも適用できないかということを提案している。もし種々の古植物の属名やさらに種名が決まり、これと類縁関係をもつ現生種の暖かさの指数を探せば植物群全体の示す環境がただ漠然とした形でなく現生の環境と関連をもつたものとして把握できるわけである。

吉良(1954)は、Gradient analysis の応用ということを提唱している。それは、ひとつの種の生育している土地の気候条件の限界——一種の Climatic rangeをおさえておき、出現しただけの種のそれを重ね合わせて共通部分をとるのである。種の数が多ければふつう共通部分の範囲はせまくなり種類数がとぼしければ広くなるが客観的な正確度には変わりはない。

浅間(1977)は、胞子植物(シダ植物)の研究を通して、胞子で繁殖する陸上植物は、初期のデボン紀から存在し、現在でもなお胞子で繁殖する非常に不安定な方法を続けていることを指摘し、これらの仲間は大型樹木から小型草本へと小型化しており、生長遅滞(Growth Retardation, 略してGR)の原則の小型化に相当する。すなわち、生育に好ましくない環境の存在が考えられる。その環境要因として、夏と冬との気温の差が時代とともに大きくなる年較差漸増の気候変化を仮定した。そして、このような気候変化は、常に植物を変化させないではおかないとし、また変化すれば必ずそれはGRの原則と合致するものであると考えた。(年較差漸増の古气候論)。

以上、古气候の推定について、これまでの研究の概略を述べたが、よりよい方法を求めていくときに、次のような数々の課題がある。

- ・気候条件を考えたとき、温度のみが強調され、乾湿度の問題が軽視されてきた傾向がある。
- ・植物の生活にとって、気温と乾湿度の関係は重要であり、教材化に当たっても考慮しなければならない点である。
- ・植物化石が、同位置・同水準から多数発見された場合、おのののの種の生態的特性が地質時代を通じて変わらなかつたと仮定している

ところに注意しなければならない。

- ・生態学では、特定の種の組み合せによって生ずる共同体の型を強調する。もし化石群から元の共同体が復元できるならば、この線からのアプローチは過去の気候の復元に対してもっとも有力であるが、化石群は過去の時代の共同体のごく片寄った断片にすぎないのが一般的である。従って、共同体としての性質を化石群に当てはめて古气候を論じるときは注意を要する。
- ・植物化石群の構成は、当時の森林の量的な構成をそのまま反映しているものではないから、化石群の示す気候は常にその中の最も暖地性の樹種の指示する気候もしくはそれより温暖な気候であったものと解釈できる。(植物体が下流から上流に流れなかつたのだから)
- ・我々は、今まで化石の個体数の大小にとらわれすぎた傾向があつた。いかに化石の個体数が少くともそれが確かに存在した以上、古气候を推定する手がかりを与えてくれる。
- ・植物化石を基にして、現在の生態学の知識や理論だけから客観的に過去の気候を推定するには限界がある。生態学と同時に含化石層の地球化学的な研究を進展させて堆積環境をよりもっと確実に把握することが必要である。
- ・葉の形態的特徴に基づく研究はかなり多く見られるが、これからは葉のミクロの形態・組織さらに生理について研究を発展させ、より正確な同定・分類に努めるとともに、過去の同種あるいは、近似現生種の生理的性質や機能を解明していくことも大切である。

2 教材化についての応用例

植物化石の教材化についての応用例で、公表されているものは少ない。筆者が今まで目に触れたものについては、大型化石ではなくて微化石(花粉、胞子)を取り扱つたものが多い。中学生を対象とした場合、花粉分析の技術は高度であり、危険な薬品を使わなければならぬ場合もあり、その点、大型化石は種の段階まで同

定可能であり、小・中学生対象の教材として一般的であると考える。

3 植物群の比較による古气候の推定

今まで学校教育における植物化石による古气候の推定に関する教材の取扱いを見ると、生徒が住んでいる地域のある露頭から産出した数点の化石を基にそれを観察させ、「化石から当時の気候が推定できる」というように教科書的な取扱いで終始し、科学の方法がないのが現状である。

これではひとつのものを考えるときに、短絡的で視野のせまい子もどを育てることになってしまふ。少なくとも日本全体の当時の気候を考える中で、地域の気候をとらえるという、点から線へ、線から面へという思考をさせることが大切である。

また、地質時代の気候変遷の中で、生徒が採集した化石ができた時代の古气候をとらえさせることも必要である。

日本では、降水量による植生に大差はないため、古气候というと温度のみに目を向けて「寒い」とか「暖かい」とかを問題にしてきた。植物の生育する環境は、温度のみに左右されるのではないのだから、温度と乾湿度という二つの座標軸の上で気候を考えさせる方途を探さねばならない。

ここでは、以上の観点に立って、教材の背景となる。研究を進めてみたい。池田層植物化石群と同時代の植物群として、小国植物化石群、吉岡化石植物群を取り上げ、気候変遷については、筆者が研究を続けている神戸(有野)植物化石群を取り上げてみた(図1)。

(1) 池田層植物化石群

池田層と呼ばれている地層は、凝灰質泥岩や砂岩と礫岩の互層からなつていて亞炭層をはさんでいる。北海道東北部本別地域では、段丘や扇状地の砂礫層におおわれ、露出は川岸や道路の切り割りに断片的にしか見られない。

美里別川沿岸に露出しているこの地層から、

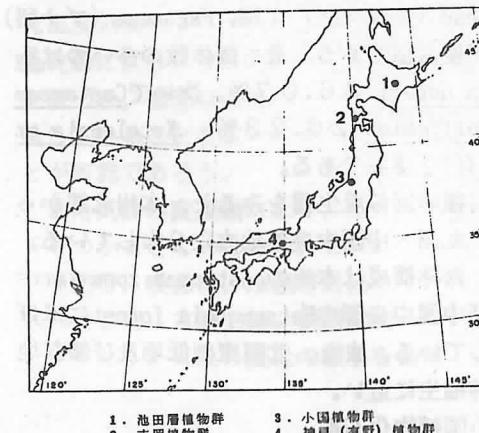


図1 植物化石産地図

筆者は本別サイエンスクラブ員の協力を得て採集を行つた。採集した植物化石は、10科12属17種からなり、植物化石といつしょに貝化石(*Corbicula* sp.)も産出する。

Betulaceae (カバノキ科), *Fagaceae* (ブナ科) *Aceraceae* (カエデ科) の各3種が優占種で、個体数が最も多いのが *Acer pseudocarpinifolium*, *Alnus protomimowiczii*, ついで *Alnus p-rotohirsuta*, *Alnus protojaponica*, *Quercus miocrispula*, *Sasa* sp., *Acer palaeorufinerv-e* である。現在、本州・四国・九州のブナよりも低い山で見られる *Fagus japonica* MAXIM (イヌブナ) の近似現生種があり、また近似現生種を北米大陸にもつ *Prunus subserotina* TANAI et N. SUZUKI が存在する。新第三紀鮮新世の後期には、十勝川を中心にして大きな湖があり、本別地域はその湖の周辺部に当たると考えられる(三谷, 1964)。したがつて、湖岸の slope forest として、上記のような落葉広葉高木(針葉樹を含まない)が繁つていたと考えられる。また、この植物群は、名寄地域の瑞穂植物群に類似している。

(2) 吉岡植物化石群

吉岡植物化石群は、27科52属80種からなり、*Aceraceae* (カエデ科) は13種, *Betulaceae* (カバノキ科) 12種, *Pinaceae* (マツ科) 9種, *Leguminosae* (マメ科) 5種, *Jugla-*

-ndaceae (クルミ科) 4種, Fagaceae (ブナ科) 4種が優占種である。最も個体数の多いのは Zelkova ungeri 36.07%, 次いで Castaneae miomollissima 26.23%, Keteleeria ezoana 6.54% である。

化石種の近似現生種をみると、本州北部から四国・九州・中国中部地方に分布している。また、森林構成は本州の castaneae zone forest と及び中国中部の Metasequoia forest にほぼ類似している。また、北関東の低地及び傾斜地の森林植生に近い。

(3) 小国植物化石群

小国植物化石群は26科48属61種からなり、産出傾向は Leguminosae (マメ科) の8属8種を筆頭に Lauraceae (クスノキ科) 4属5種 Juglandaceae (クルミ科), Betulaceae (カバノキ科) 及び Fagaceae (ブナ科) がそれぞれ4種の順となっている。

個体数においては、 Zelkova ungeri が最も多く、22%を占めている。

落葉広葉樹が非常に多く常緑広葉樹も比較的高い比率を占めており、針葉樹類は暖温種である Keteleeria ezoana が 2.43% あるのみで、非常に少ない。また、大部分が暖温帶性植物に属し、亜熱帶樹林とわずかの冷温帶種も含んでいる。

(4) 神戸(有野)植物化石群

化石を産する地層は、新第三紀中新世の時代のもので神戸層群の最上部に相当する有野累層である。

産出した植物化石の鑑定し得た25科33属36種からなっている。最も多くの種類を有する科は Lauraceae (クスノキ科) で、4属4種からなっている。Taxodiaceae (スギ科), Fagaceae (ブナ科) がこれに次ぎ2属3種からなっている。残りの科は2種以下で、1種のみからなる科が18ある。

最も産出個体数の多い種は Lithocarpus sp. (ブナ科マテバシイ属) で全産出量の 24.92% を占めている。次いで、 Actinodaphne sp. (クス

ノキ科バリバリ属), Korthasella sp. nov. (ヤドリギ科ヒノキバヤドリギ属) の順となっている (図2, 3)。

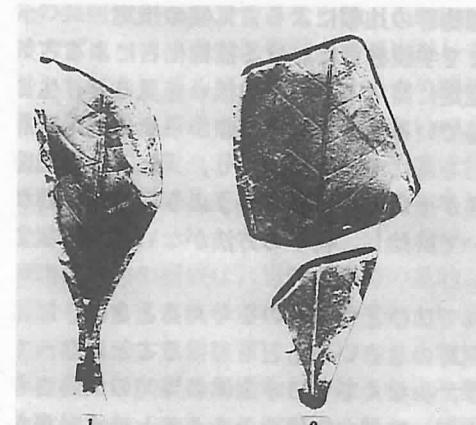


Fig. 1, 2 *Lithocarpus sp.*
($\times 1/3$)

図2 神戸層群産植物化石

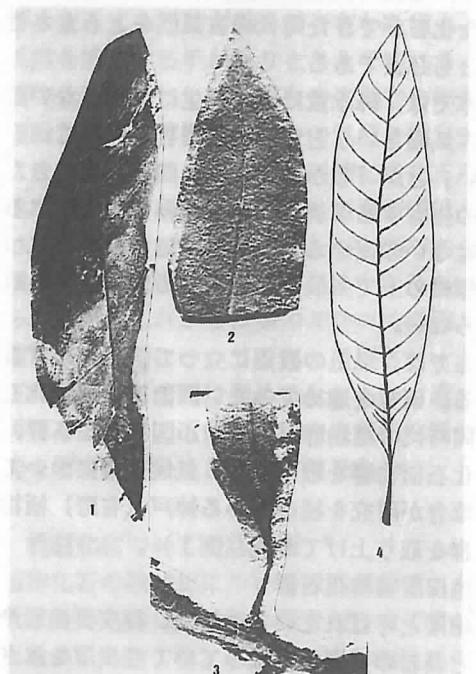


Fig. 1~3 *Actinodaphne sp.*

Fig. 4 A restoration of figure 1~3
($\times 1/3$)

図3 神戸層群産植物化石

化石種の近似現生種とその分布を調べてみると、36種のうち、22種が現在の本州南部の四国・九州に分布しており、台湾固有種が4種あり、現在台湾に分布しているものが全種の3分の1を占めている。

古植生は、山地～丘陵帯の亜熱帯林の要素を相当もつた常緑広葉高木林 (照葉樹林) が推定される。また、気候環境の比率を調べてみると、亜熱帯及び暖帯と暖帯のものが多く 67%，次いで暖温帯、温帯の順になっている。なお温亞寒帯のものは見られず、亜熱帯的な暖温帯性の湿润気候が推定される。

以上、各植物群の特徴を簡単に述べたが、これらのデータをもとに現在の化石产地の位置を確認し、化石種の近似現生種の分布をみると、神戸植物群のみでなく、他の植物群も南方に位置していたことを生徒に視覚的に理解させ、日本全体の当時の古气候へと発展させていくのである (図4)。

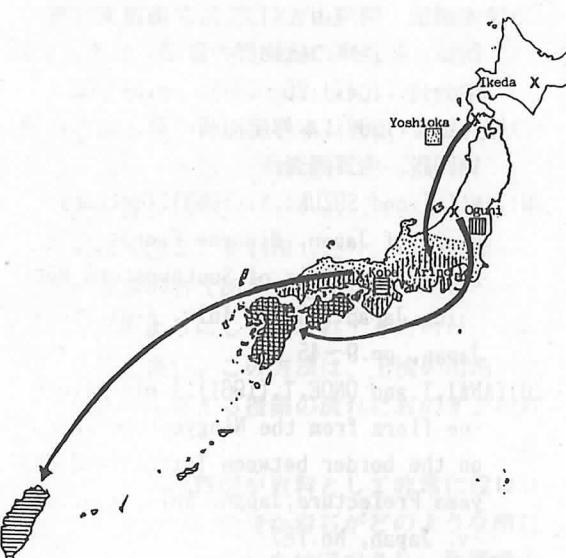


図4 各植物群の近似現生種の分布

次に、古气候を温度と乾湿度という二つの座標軸の上で考えさせる点については、縦軸に温度気候帯 (熱帯、亜熱帯、暖温帯、温帯、冷温帯、亜寒帯、寒帯、極帯に区分) を、横軸に

乾湿度気候帯 (湿润、準湿润、半乾燥、乾燥、過乾燥に区分) をとり、そこに各植物化石群を位置づけ、植生は温度のみでなく乾湿度とも関係していることを広い視点からとらえさせることが可能であろう。

また気候の変遷図により、古气候の変遷の様子をつかませていきたい。これは、縦軸に気候 (亜熱帯、暖温帯、冷温帯に区分)、横軸に時代 (白亜紀、古第三紀、新第三紀、第四紀に区分) をとり、気候の変化の様子を曲線で描いたものである。

4 教材化への方向

中学校第2分野の「大地の変化と地球」の单元で、植物化石を手がかりにした古气候の推定を取り上げ指導の展開を考えるに当たって、次の視点による学習のステップが考えられる。

- ① 採集した植物化石から、古气候を調べるはどうすればよいか考える。
- ② 植物化石から古气候を推定する方法を話し合う。
- ③ 化石のクリーニングをしたあと、化石葉の特徴を観察し、現生種と比較する。
- ④ 属や種の決定をし、産出個体数とその割合について調べる
- ⑤ 化石種の近似現生種とその分布を調べ、気候環境を明らかにする。
- ⑥ 温度と乾湿度という二つの座標軸の上で気候を考える。
- ⑦ 一つの植物群と同時代の他の植物群について古气候を調べ、日本全体としての古气候を推定する。
- ⑧ 地質時代の変遷の中で当時の気候を考える。

必修の理科の時間内で、これらの内容を学習するのは無理も予想されるので、授業の発展学習や選択理科における課題研究のニーズに応える時に教師がこの視点で生徒の主体的な探究活動の援助に当たることが大切であると考える。

身近な岩石の教材化

高橋 文明、森 裕

5 おわりに

地層における構成物質とその状態、化石や変形として、あるいは地形として残された記録を読みとり、それを論理的に組み立てて過去を推定することができる。その方法や探究の過程を生徒に習得させるためには、地域の地質を調査したり、いろいろな資料・情報を収集し、処理することによって、地域の地史や古環境について仮説を構成する学習活動を組織しなければならない。

これからの課題として、単元の趣旨、単元の構造、時間配分、指導内容を検討し、具体的な指導案を作成したい。また、古気候の推定のための情報を得るために、今までには、カードに記録したものを使用してきたが、これからはコンピュータを利用し、学習教材用のデータベースを作成し、課題に基づいて、教師と生徒が様々な情報を集め、それをデータベースとして課題解決にアプローチできるような学習指導にも取り組んでいきたい。

文 献

- 1) 浅間一男・木村達明(1977):植物の進化、講談社, pp.225~250
 - 2) Chaney, R.W.(1924):A comparative Study of the Bridge Creek Flora and the Modern Red Wood Forest, Carn. Inst. Wash. Publ., No.349, pp.1~22
 - 3) 遠藤誠道(1955):日本産化石植物図譜、産業図書版
 - 4) ——— (1939):双子葉植物の葉の形態と気候の関係、地質学雑誌, 46, (549)
 - 5) 遠藤隆次(1966):植物化石図譜、朝倉書店
 - 6) 林弥栄(1960):日本産針葉樹の分類と分布、農林出版
 - 7) 金平亮三(1973):台湾樹木誌、平河工業社
 - 8) 吉良竜夫(1954):植物遺体による過去の気候の推定法についての2.3の問題、日本生態学会誌, 4, pp.45~50
 - 9) ——— (1951):日本の森林帯、日本林業技術協会
- (なかじま しょういち 地学研究室室長)

技術協会

- 10) 宮脇昭(1978):日本植生便覧、至文堂
- 11) 三谷勝利(1964):北海道主要部における鮮新世の層序と造盆地運動について、道地下資源調査報告 No.32
- 12) 野村政治(1973):花粉化石による古気候の推定について、地学教材の研究、東京書籍, pp.104~105
- 13) 大森昌衛他3名(1977):古生態学研究法、共立出版, pp.72~128
- 14) 鈴木敬治(1959):古植物生態学の諸問題—天王寺植物化石群とその古植物生態学的研究—地団研専報, no.9, pp.17~28
- 15) ——— (1976):古植生の復元と古気候の推定、日本地質学会・日本古生物学会編「陸の古生態」、共立出版, pp.81~105
- 16) 鈴木順雄(1964):植物化石と古気候、「北海道の化石」北海道地学教育連絡会, pp.50~54
- 17) 鈴木順雄・岡崎由夫(1973):北海道東北部の新第三紀以降の植物群の変遷、日本古生物学会刊「化石」25・26号, pp.53~63
- 18) 棚井敏雅(1960):本邦炭田産の第三紀化石植物図説、地質調査所
- 19) TANAI, T. and SUZUKI, N.(1963):Tertiary Flora of Japan, Miocene Floras 2. Miocene Flora of Southwestern Hokkaido, Japan. 80 th. Anniv. geol. Surv. Japan, pp.9~45
- 20) TANAI, T. and ONOE, T.(1961):A mio-plioene flora from the Ningyo-toge area on the border between Tottori and Oka yama Prefecture, Japan. Anniv. geol. Ser. v. Japan, No.187
- 21) 德永重元(1970):古気候はどのように変わったか、地質ニュース, No.185

はじめに

高等学校理科Ⅰ及び地学では、様々な火成岩やそれらを構成する鉱物を扱うことになっているが、実際には、岩石や鉱物に直接触れること無しに、名称や教科書の分類表を暗記することが多い。

ここでは、このことを解決する一つの試みとして、基本的な火成岩と鉱物の採集法、足もとの岩石を教材化する方法、そして標本のパネルを作製する実習を紹介したい。

1 基本的な火成岩や鉱物の採集方法

(1) 岩石の採集

目的の岩石が地域のどんな場所へ行けば採集できるのかが、最大の問題点である。まず、足もとの地面の石に注目する。それは一般には、付近を流れる川が、上流の露頭から運んできたものである。しかし後に、上流の地質がどうなっているかを調べる。このような発想の手順は、授業の流れを組み立てる場合も同じである。目的の岩石が露出している地域を巡査し、露頭から採集できればそれに越したことはないが、足もとの石(図1)や、河原の石(図2)を利用したり、段丘堆積物の中の礫層の石(図3)を利用し、それがどこからどのようにして運ばれてきたのか、推理させると良い。この方法は、上流の山地の地形や成因を考える授業の流れにおのずと組み込まれる。

この時、地質図が資料として非常に役に立つ。地質図はどの様な岩石がどのような所に分布しているか示した地図であり、北海道の場合、ほぼ全域について、地質調査所と北海道立地下資源調査所によって発行されている。

参考として、巻末に北海道における主な花崗岩の産地をまとめてあるので利用していただきたい。

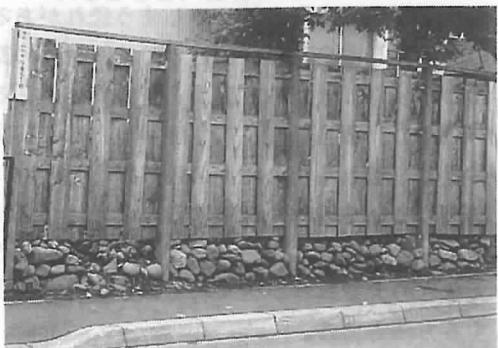


図1 扇状地にあった石を利用したもの



図2 上流の地域から運ばれてきた河原の石



図3 段丘堆積物中の礫層

可能な限り、地域の岩石を利用したいが、採集できないものについては、やむ負えず石材店などから花崗岩、斑れい岩、安山岩、凝灰岩、チャートの切れ端をもらい、利用すると良い。その際、産地も教えてもらうとよい。

(2) 鉱物の採取

鉱物については、肉眼で鉱物の見える岩石を碎いて、鉱物を単独で取り出す方法もあるが、鉱物本来の形を壊してしまう恐れがあるのであまり勧められない。むしろ、付近の露頭から崩れてきた砂（図4）を探集し、ふるい分けし、薬品処理をして観察したり、露頭の近くを流れる川の河原の砂（図5）の中に濃集している鉱物を採集する。また、ペグマタイトと呼ばれる岩脈（図6）にはcm単位の大きさの大型鉱物が含まれておりこれを利用する方法もある。



図4 露頭のすぐ下に崩れ落ちてきた砂

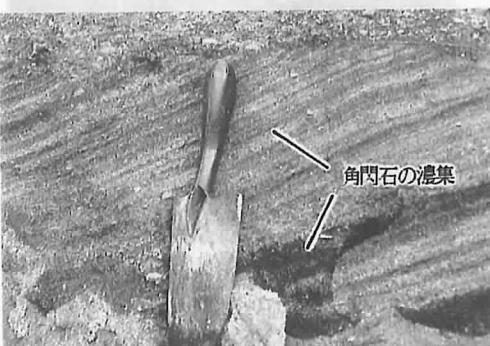


図5 河原に堆積した砂とその中に濃集した鉱物



図6 大型鉱物を含むペグマタイトの岩脈

これらの方法によって、大量に鉱物を手に入れることができる。これらの採集を実際に野外において行うことによって、地質との関連も深まると考えられるので、可能な限り生徒に採集させたいものである。

なお、採集は岩石や鉱物などの採集が法律的に可能な地域であることが大前提である。

2 火成岩を用いた教材化の一例

準備

地域で採集した岩石、火成岩試料（流紋岩、安山岩、玄武岩、花崗岩、閃緑岩、斑レイ岩）、鉱物試料（石英、正長石、斜長石、黒雲母、角閃石、輝石、かんらん石）、対照試料（ディ岩、砂岩、チャート、石灰岩）、分類台紙、ルーペ、ハンマー、金床、ビーカー、ばねはかり、糸、岩石研磨板、研磨剤

方法

- (1) 岩石を金床やハンマーを用いて、適当な大きさ（約150g程度）に砕く。
- (2) 火成岩試料を構成鉱物の大きさ、集まり具合を縦軸に、岩石全体の色を横軸にした表の上に配置する。この時、地域で採集した岩石も直感を大切にして、分類表に配置してみる（図7）。
- (3) これらの試料の比重を測定し（図8）、比重の大きさと色の関係を検討する。

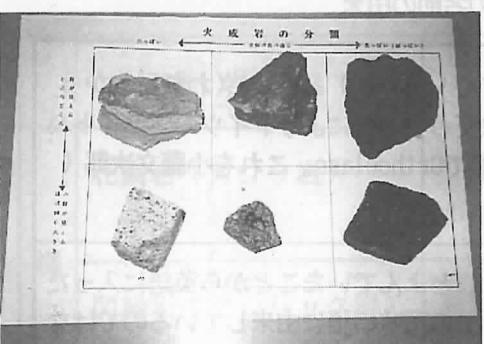


図7 火成岩の分類

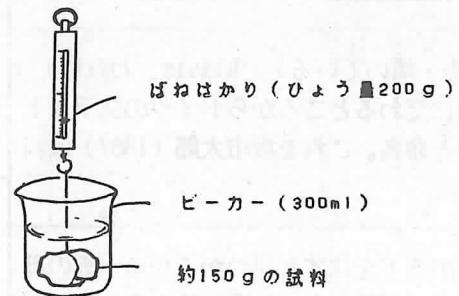


図8 比重の測定方法

- (4) 研磨剤を用いて火成岩の表面を磨き、そのつくりなどがよく観察できるようにし、肉眼、ルーペで、火成岩を構成する鉱物の存在とその色を確認する。
- (5) あらかじめ採集してある鉱物試料を有色鉱物と無色鉱物に分類し、その特徴を観察するとともに、火成岩を構成する鉱物と照合する。
- (6) 教科書、その他の資料により、有色鉱物と無色鉱物では、含まれる元素のどこに違いがあるのか調べるとともに、教科書の周期律表でそれらの元素の原子量を調べる。
- (7) 岩石の色とそれらを構成する鉱物の色の関係を検討する。
- (8) 岩石の比重とそれを構成する鉱物に含まれる元素の原子量の関係を検討する。

(9) 教科書の図を参考にして、地球が地殻上部、地殻下部、マントル等の層構造をしていることと、岩石の比重、色の関係を検討する。

(10) 分類表の中で地域の岩石が配置された位置から、地域の大体がどの様な生き立ちで出来上がったのか想像する。この時、本来は地下の深部にある筈の岩石の存在や、特徴的な山の形が参考になる。

(11) 教科書や鉱物名の由来（表1）などを参考にして、鉱物に名称をつけてみる。

(12) 岩石の特徴を観察し、教科書や火成岩の名前の由来（表2）などを参考にして、火成岩に名称をつけてみる。

指導上の留意事項

(1) 岩石や鉱物の名称は知らないても、足もとの岩石は沢山の情報を私たちにもたらしてくれる。例えば、深緑色の比重の大きい岩石が地表に見られるならば、その地域は造山運動によって作られた土地であることが考えられる。背後の山の配列に特徴があるはずである。地形図で確認する作業が実習として取り入れられるであろう。

(2) 背後の山がなだらかな丘陵になっていれば、比較的やわらかい堆積岩が足もとに転がっているはずだ。そして、その地域が比較的新しい時代に出来た場所であり、それを示すような化石の発見される可能性がある。反対に急峻な形の山であれば、足もとには安山岩等の火成岩やチャート、石灰岩、固い堆積岩が転がっていればその地域は新生代第三紀の火山地帯であったり、中生代の海であったりする可能性がある。

(3) いずれにしても、岩石を単に岩石として見るのではなく、そこから多くの情報を有機的に得られるよう工夫するとよい。足もとの岩石に関連させて地質分野のほとんどの学習を行うことも可能である。そのためには既習事項、教材の配列、問題解決的態度の育成に配慮してほしい。

表1 主な造岩鉱物の名前の由来

無色 無 物	正長石	ギリシャ語のorthos（まっすぐ・正しい）とklais（われ目）からの合成語で、へき開が直角に交わることによりドイツのブライトハプトがorthoklasと命名。英語でOrthoclase。これを小藤文次郎（1884）は正長石とした。
	石英	ドイツで低品位の水晶をQuartzとよんでいたことから英語に入ったもの。多分スラブ系の「硬い」の意味の語に由来しているのではないかともいう《Web》。「石英」は中国で水晶・めのうなどの総称として用いられていた語である。石英を総称としてquartzの訳語とすることを提案したのは、和田維四郎（1878）である。
	斜長石	ギリシャ語のplagios（ななめ・傾いている）とklasis（われ目）からの合成語で、へき開が斜に交わるところからドイツのブライトハプト（1847）がPlagioklasと命名。これを坂市太郎（1887）は斜長石とした。
有 色 物	黒雲母	中国南部の産地では雲の湧き出る下を探すと見つかるから「雲の母」と『本草綱目』にある。鉄・マグネシウムを含みその色から和田維四郎（1878）は黒雲母と訳した。
	角閃石	ドイツ語Horn（角）とblenden（輝いて目をくらませる・だます・あざむく）に由来。形状・光沢から和田維四郎（1878）は角閃石とした。
	輝石	ギリシャ語auge（太陽光・日の出・明るさ）に由来するaugiteから和田維四郎（1878）が意訳し、輝石とする。輝石の字をPyroxeneにあてたのは、小藤・神保・松島（1890）である。
有 色 物	かんらん石	ラテン語のoliva（オリーブ）が語源で、オリーブ色（濃緑色）をしていることによる。Olivineをかんらん石と訳したのは地質調査所の人々らしい（明治時代）。かんらんとは、ベトナム原産のカンラン科の果木で実を食用や薬用に用いる。この木はオリーブに似ているが、まったく別の植物。しかし、幕末に実だけを見てオリーブの訳に、この字があてられ、以後そのまま伝えられたものという。

表2 主な火成岩の名前の由来

	火成岩名	意味
深成 岩	花崗岩（カコウ岩）	‘花のごとき石の岡’に因んで花崗石と初めに中国で名付けられる
	閃綠岩（センリョク岩）	角閃石を多く含み、一部灰緑色を示す部分があるためか（？）
	斑纈岩（ハンレイ岩）	纈は「くろごめ」玄米のこと、粒状で黒い斑点のある石という意味 小藤文次郎（1884）
火山 岩	流紋岩（リュウモン岩）	ギリシャ語の溶岩流を意味するrhyaxからrhyolite（英名）溶岩の流れ模様（流理構造）からきていると考えられる
	安山岩（アンサン岩）	南米アンデス山中の火山岩に対してアンデスの名をとり-iteをつけたAndesite（アンデサイト）。日本ではアンデス山の石の意で安山岩
	玄武岩（ゲンブ岩）	兵庫県の玄武洞の名にちなんで命名 小藤文次郎（1884）

3 火成岩と構成鉱物の標本のパネルつくり

準備

発泡スチロール（A3判）、カッター、フィルムケース（7個）、発泡スチロール用ボンド、アルコールランプ、焼入台、ルツボバサミ（または大型ピンセット）、両面テープ、色画用紙（黒）、分類台紙

方 法

- (1) 分類台紙の岩石標本の部分を切り抜く（図9）。

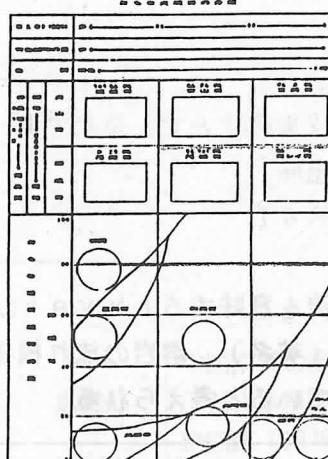


図9 分類台紙

- (2) 両面テープを用いて、分類台紙を発泡スチロールに張り付ける。
- (3) 分類台紙の大きさに合わせて碎いた火成岩を、焼き入れ台の上にのせて下から、アルコールランプで熱する（図10）。

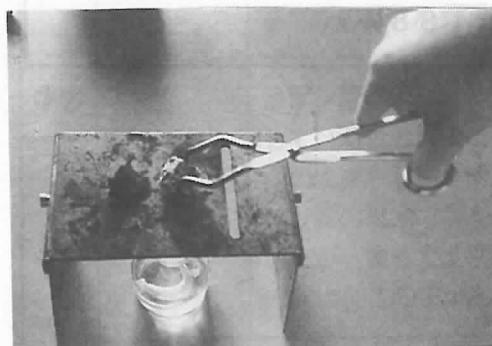


図10 標本の岩石の加熱

- (4) 岩石が手で触れないほどに熱くなったら、るつぼばさみではさんで、(1)の台紙の該当する部分に押しつけて発泡スチロールを岩石の形に融かす。このとき、融け過ぎないように気をつけ、熱すぎたら岩石はすぐ取り除く。
- (5) 岩石が冷えたら、発泡スチロール用ボンドを用いて、分類台紙に接着する。
- (6) 次に鉱物の標本を、色画用紙を円く切ったものの上に載せて、フィルムケースを切り取ったものに封入する（図11）。



- (7) 鉱物標本の入ったフィルムケースの蓋の部分に両面テープを張り、分類台紙の該当する部分に張る。

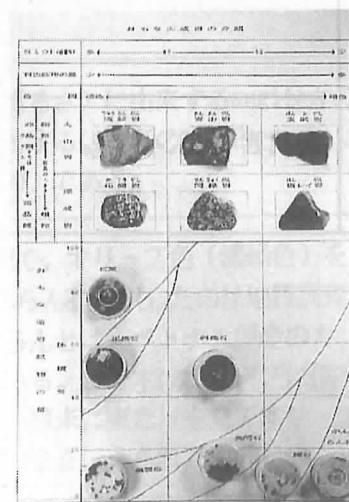


図12 完成した標本パネル

指導上の留意事項

この標本を作るにあたり、岩石試料をどこに配置したら良いか、そしてそれらの岩石を構成する鉱物をどの様に配置したら良いかを考える過程が大切であり、はじめから教科書の分類表

に頼らないように配慮する。

その後の学習の中で話題になった岩石、生徒が自宅付近で採集した岩石などを、この標本と比較対照して観察すると、作った標本がさらに生きて来る。

参 考

北海道における花崗岩の産地

後志支庁	発足（岩内）、白井川（蘭越）
渡島支庁	立岩（八雲）
檜山支庁	日昇岬（大成）、水垂岬（北檜山）、遊楽部岳・相沼（熊石）、赤石岬（奥尻）、美利河（今金）
胆振支庁	三階滝（大滝）
上川支庁	三の橋（下川）、上士別（土別）、徳星（愛別）、岩尾内（朝日）、佐幌岳（南富良野）
宗谷支庁	乙忠部・音標（枝幸）
網走支庁	ウツツ岳（興部）、上支湧別（白滝）、浮島岬（滝上）
十勝支庁	ピシカケイ山（鹿追）、日勝峠（清水）、狩勝峠（新得）、音調津（広尾）、美生（芽室）、戸萬別（中札内）

（たかはし ふみあき 地学研究室 研究員）（もり ひろし 同研究員）

小学校における植物教材園の作り方と管理

乳井 幸教

はじめに

理科の指導において最も大切なことは、児童自らが自然に直接触れる中から問題を見出し、解決の手立てを考えていくことである。

しかし、学校という限られたスペースの中で自然に触れるといつても、教師の意図的な配慮がなければ、児童に関心をもたせ、学習に活用させることはできない。

ここでは、自然の事象の中から、植物を学習の素材として活用するため、植物教材園の作り方及び管理の仕方や留意点を述べる。なお、前号（研究紀要第2号）で、小学校における植物教材園のあり方について、詳細記述しているので、教材園のもつ意義や植える植物の種類などについては重複をさける。

1 植物教材園の種類

植える植物の種類や活用の仕方を考慮すると植物教材園を次のような種類に分けることができる。

(1) 樹木園

地域の代表的な樹木や、木の葉や実を教材として活用できる木を植えておく。

(2) 花だん

教材用の花を植えて、その成長の様子を観察したり、花、葉、茎、根などのつくりを調べたりするとともに、さし木やさし芽によって殖やしたりできる場にしておく。

(3) 栽培植物園

アサガオ、ヒマワリ、ホーセンカ、アブランナ、ヘチマ、ヒヨウタンなど教科書でも取り上げられている主教材となる植物を栽培し、その成長の様子を調べたりするものであるが、意図的に条件を変えて成長の違いを比較できる場にしておく。

(4) 野草園

校地に残された草原をそのまま教材として用い、その群落の季節的な移り変わりを調べたり、それぞれの野草の生態型を調べ

たりする。また、近くの山野、海浜などから採り寄せた野草を栽培、管理し、その形態を観察したり、比較、分類したりする場にしておく。

(5) 水生植物園

ホテイアオイ、オオカナダモなど教材としての水生植物を栽培しておいたり、植物性プランクトンやミジンコなども同時に培養しておくものであるが、水生の昆虫類、魚類、は虫類なども一緒に飼育しておくと活用の度合いも広がり望ましい。

2 作り方と管理

(1) 樹木園

広葉樹・針葉樹の違いや、常緑樹と落葉樹の違いを観察したり、木の肥大成長や伸長成長の様子を調べたりする。また、森林としての生物相互の関係をとらえる学習に役立てるのがねらいである。

(1) 樹種の選定

- ・ 学校の教材園としての樹木園であるから、教材として十分活用できる樹種を選ぶ。
- ・ 将来、高さも広がりも大きくなることを考え、周りの施設や日照等に気を配って樹種を選び、また、植える場所を選ぶ。
- ・ 土質、風向、積雪、日照などの自然条件を考え、樹種を選ぶ。
- ・ 高木林、低木林、下草層等の階層を作り、自然状態に近い植物社会を応用して、互いの生存を図るようにしてやる。

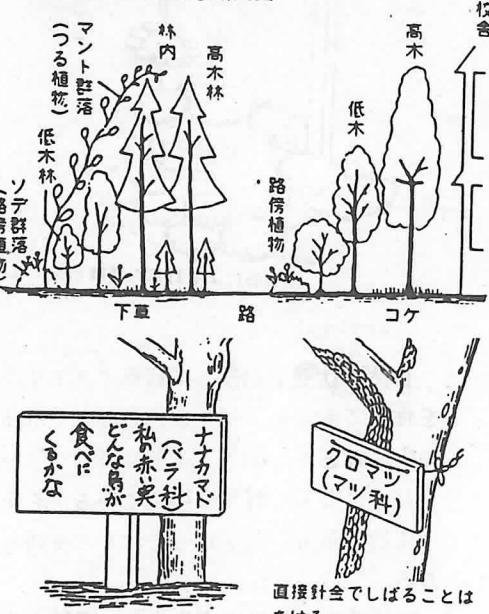
(2) 樹木園の管理

- ・ それぞれの樹木の特性を知り、施肥、枝打ち、移植などの時期を逸せず行う。
- ・ せん庭や冬圃など労力や経済面も考え、無理、無駄のない管理をする。
- ・ 木が病気にかかったら、他に被害を及ぼさないうちに適切な措置をとり、場合

によつては駆除、焼却する。

- ・ 樹木の名札などが壊れたり、古くなったりしたら、直ちに立て直す。（針金による樹木へのしばりつけは絶対に避ける。）
- ・ 立て札や吊り札によって、それぞれの木の観察の観点を示し、理科学習に役立てる。

自然の状態の森林形態断面図



(2) 花だん

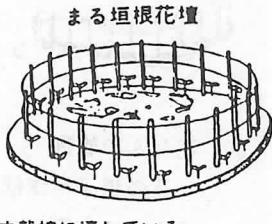
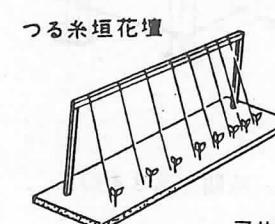
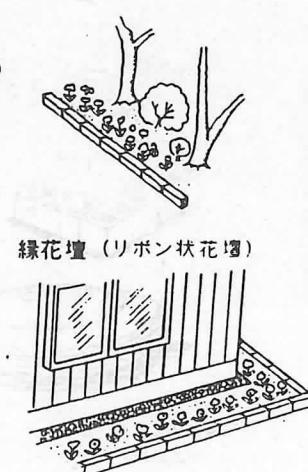
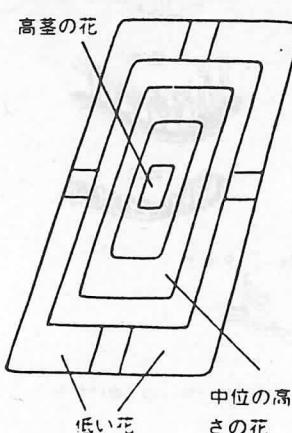
花だんの位置や目的によって、その設計や花種は変わってくるが、一般的な留意事項として次のようなことがあげられる。

(1) 花種の選定

- ・ 学校花だんであるから、できるだけ教科書、教材との関わりを考えて選ぶ。
- ・ 土質、気候条件に合ったものを選ぶ。
- ・ 育苗、手入れが容易で丈夫な種類を選ぶ。
- ・ 花だんの植える位置により、草丈を考慮して種類を選ぶ。例えば、花だんの中央部を高くして、高茎の花を植え、周りには低い花を植えてどこからでも見えるようにしたりする。
- ・ 花の色の配色を考えて植える位置を決めたり、花の時期を考慮し、できるだけ

季節を通して美しく長持ちできるように花を選んだり、植え代えをする。

花壇の形のいろいろ



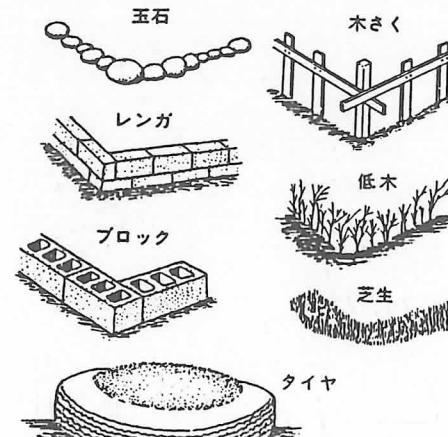
アサガオ栽培に適している

(2) 花だんの形と縁どり

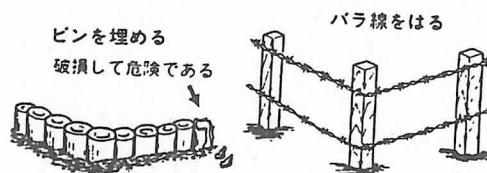
花だんの造る場所や目的によって、形や縁どりが変わってくるが、以下の点に留意する。

- ・ 施肥、水やりなどの管理や観察、採種などの作業が行いやすいように、花だんの形を工夫したり、花だんの中に通路を設けるなどする。
- ・ 花だんの縁どりは、花だんの土崩れを防いだり、境界を明らかにしたり、美しく見せるために必要であるが、児童の安全を考え、ガラスびんやバラ線、とげをもつ低木類による縁どりは避けたほうがよい。

花壇縁取りのいろいろ



※破損したり、ひっかけたりして危険を伴うので避けた方がよい縁どり



③ 花だんの管理

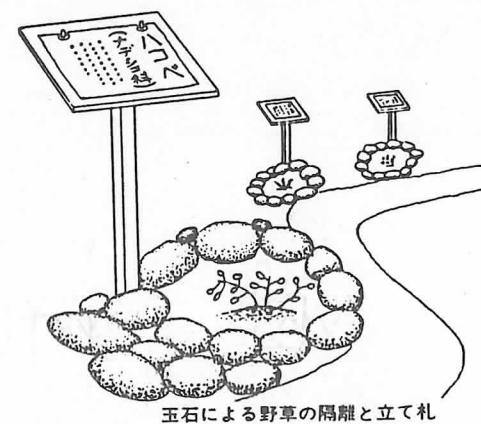
- 花の種子や球根は、時期を逸せず植えるようにする。
- 土壤は酸性化しやすいのでpH濃度などを測定し、必要に応じて石灰や肥料をまく。
- 雑草が入り込みやすいので、手まめに取り去るようにする。
- 水やりは、朝のうちか、夕方に行うようにし、日中の陽の高いからはやらない。
- アブラムシ、草枯れ病などの発生を未然に防ぐため、定期的に殺虫剤、殺菌剤をまく。

(3) 野草園

身近な野草を、その場に生きる姿をそのままに観察し、教材として活用するものであるから、意図的なものはあまり必要としない。

(1) 野草園を維持する管理

- 雑草が入り込んだり、野草どうしがまぎらわしく交じり合わないよう、石で枠を取りなどの管理を徹底する。



- 自然の状態を継続して観察できる場所を作つておくと、帰化植物の侵入や群落の編成などがわかり、学習に役立つ。
- どこにどんな野草が生えているかを示す校地野草分布図を作つておくと便利である。
- 野草園の植物標本を作成し、理科室や廊下に掲示するとともに、それらの植物の特徴を書いておくと、児童の興味や関心を高める。

(5) 水性植物園

校地内に飼育、栽培池を造ることは、スペースや管理上の問題が多いが、設置する上での留意点やそれに替わる代用物について述べる。

① 作り方

コンクリート等の石灰質の材料を用いる場合、しばらくpH濃度が安定しないので、飼育までの時を長くとるか、中和剤等を用いる。(ハイポ等を相当量入れる。)

② 種類と管理

- 水生植物の生育に適する水質、水温に留意するとともに、日当たりのよい所に造る。

また、噴水などを使って常時水を取り替えることなども必要である。

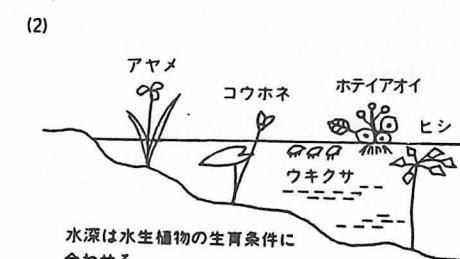
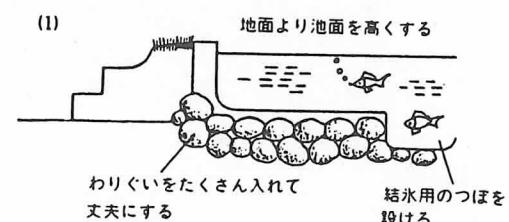
- かめ、土管、瓶などを利用することも、小規模ではあるが飼育もしやすく、夏季、冬季とも移動可能で便利である。
- 水生植物の栽培に当たっては、それぞれ植物の生育に適する深さに植えておくこと大切である。

参考文献

- (1) 浅川昭一郎 (1985) 北国の校庭緑化の実際
〔北方環境植物協会編〕

- (2) 観察用器具の扱い方と
設備の工夫 [教育出版]

(ちちい ゆきのり 初等理科研究室長)



おわりに

自然に直接触れる理科学習を進めるため、教師、父母、子どもたらが一つになって、学校をとりまく自然環境の整備と活用を図っていくことが大切である。研究紀要に掲載する内容として相応しいものであったか疑問はあるが、私自身の長い教員生活の中で、常々考え実践してきた一部を紹介させていただいた。

===== 投 稿 規 定 =====

<原稿の内容>

理科教育及び理科の専門領域に関する調査・研究とする。

<投 稿 者>

投稿者は、原則として北海道立理科教育センター事業課職員とする。

<執筆要領>

執筆要領の詳細については編集委員会が別に定める。

投稿予定者はその年の8月末までに編集委員会に連絡をとるものとする。

<投稿及び連絡先>

〒064 札幌市中央区宮の森4条7丁目

北海道立理科教育センター 研究紀要編集委員会

☎ (011) 631-4406

