

高等学校

平成 8 年 度

# 教育研究員研究報告書

理 科

東京都教育委員会

平成 8 年度

教育研究員名簿 (理科)

分野	学 校 名	氏 名
物 理	都立葛西南高等学校	井 上 健
	都立忠生高等学校	高 橋 仁
	都立青梅東高等学校	玉 木 繁
	都立第五商業高等学校	津 田 一 哉
	都立狛江高等学校	本 間 賢 司
化 学	都立蒲田高等学校	藤 岡 和 男
	都立向丘高等学校	仁 井 田 孝 春
	都立東高等学校	齋 藤 正 文
	都立瑞穂農芸高等学校	佐 藤 利 昌
生 物	都立羽田高等学校	中 村 博
	都立足立東高等学校	辻 浦 弘 子
	都立紅葉川高等学校	小 宮 山 英 明
	都立成瀬高等学校	臼 田 浩 一

担当 教育庁指導部高等学校教育指導課 指導主事 荒 川 洋

自ら学ぶ意欲を引き出し、科学に親しみを感じさせ、  
探究する能力・態度を育てる理科の指導法の工夫

## 目 次

I 研究主題設定の理由 .....	2
II 具体的な研究方針 .....	2
III 研究を進める上での留意点 .....	3
IV 研究内容 .....	4
1 レーザー光を用いて、回折現象を視覚的・直観的に探究してゆく 教材と指導法の工夫 .....	4
2 ガラスづくりを通して、ガラスの性質や状態を探究する指導法の工夫 .....	11
3 「課題研究」のトレーニングとして考察シートを使った探究活動の実践 と指導法の工夫 .....	18

# 自ら学ぶ意欲を引き出し、科学に親しみを感じさせ、 探究する能力・態度を育てる理科の指導法の工夫

## I 研究主題設定の理由

平成6年度から学年進行で実施されてきた新学習指導要領も3年目を迎えた。高等学校理科の目標は、「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」と設定されている。これは、探究の過程を重視し、基本的な科学概念の形成を図り、科学の方法を習得させ、科学的な自然観を養うということである。また、科学技術の進歩と人間生活とのかかわりや人間と自然との調和等についての認識や理解を深めることも、非常に重視されている。

この指導要領改訂の基本的な考え方（高等学校理科）は、以下のようなものであった。

①基礎・基本の重視と個性を生かす教育の充実。

このための、生徒の特性等に応じるための選択科目の増加。

②「理科離れ」を防ぐための、日常生活とのかかわりや科学技術の応用面の重視。

③自ら学ぶ意欲と社会の変化に主体的に対応できる能力の育成の重視。創造性の基礎を培うこと。このための、主体的な探究活動の重視と、思考力・判断力・表現力・情報活用能力などの育成。

こうした考え方に基づいて、高等学校理科においては、(1)選択科目の大幅増、(2)観察、実験の一層の充実、(3)内容の精選と集約、が図られた。

これら理科の目標と指導要領改訂の趣旨・要点を踏まえ、平成6年度教育研究員の研究においては、生徒の興味・関心を喚起することに主眼を置き、科学的な思考力を育成するための実践的な研究が行われた。また、平成7年度同研究においては、科学的思考ができる理科好きな生徒を育てることを目標とした教材開発と指導法の工夫が報告されている。

以上のような背景と先行研究の内容を踏まえ、これからの時代において理科教育に求められるものは何かについて考察と検討を重ねた。その結果、日常生活と関係の深い事物・現象の観察、実験を行うことを通して、自ら学ぶ意欲を引き出し、科学に対する親しみを感じさせるとともに科学的に探究する能力・態度を育成することが重要であり、そのための教材開発や指導法の工夫が必要であるとの結論に達した。このため標記のような研究主題を設定した。

## II 具体的な研究方針

- 1 日常生活と関係の深い現象や身近な事物を観察、実験の対象として取り上げ、直接体験を通して、科学に対する親しみを感じさせ、自ら学ぶ意欲を引き出すようにする。

物理では、知覚的に捕えやすい「光」を取り上げ、更にレーザー光を用いて光路をはっきりと観察できる装置を工夫し、生徒の興味・関心を喚起し、学ぶ意欲を引き出すようにした。また、生徒による回折格子レプリカの作製・作製したレプリカの顕微鏡による観察・簡易分光器の製作・スペクトルの観察・格子間隔の測定など、自ら手を動かして行う実習・観察・実験主体の指導計画を立案した。

化学では、身近な材料物質であるガラスを取り上げ、その基本的性質や結晶性物質との違いを、実験を通して探究的に理解できるような指導計画を考えた。更に、色ガラスづくりを行い、試薬の調合・るつぼでの熔融といった作業の体験を通して、科学に対する親しみを感じさせ、発展的な学習に取り組む意欲を引き出すよう工夫した。

## 2 自ら学ぶ意欲を引き出し、探究する能力・態度を育てるため、学習者に科学の方法を習得させ、自学自習できる力をつけるよう、指導計画を立案する。

生物では、酵素の実験を取り上げ、基礎実験の結果から、課題発見→実験計画の立案→実験の準備と実施→実験結果の整理と考察→報告書の作成といった探究の過程を生徒が自力で意欲的にたどっていけるよう、探究活動の総合的な指導計画と各種実験用プリントを作成し、工夫した。

### Ⅲ 研究を進める上での留意点

以下の3点に留意して研究を進めた。

- ◎自然に対する関心，自ら学ぶ意欲，探究しようとする態度を積極的に評価する。
- ◎アンケートやワークシートによる生徒の自己評価などをフィードバックする。
- ◎生徒の実態に応じた指導法・教材の改善に努める。

物理では、回折格子の格子間隔・回折光の方向・波長の関係を与える数式の導出や、数式による説明は可能な限り避け、定量的な関係は実験から帰納的に発見できるようにした。また、回折格子で光路が分かれる理由や波長によって光路の分かれる方向が異なることを考察する際には、OHPシートを用いて視覚的・直観的に理解できるよう工夫した。更に、実習や実験の手順は、イラスト中心のプリントにより、見ただけで分かるように工夫した。

化学では、安全性に配慮しながら、生徒が自発的な体験を通して探究的にガラスの性質を調べる実験を計画した。次に、物質の融解・凝固の状態変化を観察・比較することにより、ガラス状態が理解できるよう工夫した。また、色ガラスづくりでは、ガスバーナーで熔融でき、宝石のように美しいガラスができるよう、原料の選択及び配合等の研究を行い、生徒に感動を与えられる手法を開発した。更に、興味本位で終わらせることのないように、まとめの時間を設定し、図表等を用いてガラスの本質を理解させる配慮をした。

生物では、基礎実験の結果から無理なく課題発見が行われるよう、記録用紙を工夫し、実験結果の記入、データ解析ができるようにした。更に考察から、課題発見、実験計画の立案がスムーズに行われるよう、考察シートを作成した。また、どうしても課題発見ができない生徒に対しても、課題のリストを工夫して、学習に対する意欲を引き出すよう配慮した。

## IV 研究内容

### 1 レーザー光を用いて、回折現象を視覚的・直観的に探究してゆく教材と指導法の工夫

#### (1) はじめに

新学習指導要領における高等学校理科の目標の一つは、「自然に対する関心を高める」ことである。しかし、実際の授業においては、生徒の物理学に対する興味を喚起し、様々な自然現象についての関心を高めているかといえば、必ずしもそうではない。

本研究の目的は、生徒の興味・関心を重視し、「楽しく学びながら、自然に対して親しみを抱かせる」教材と指導法の工夫である。学ぶ意欲を損なわず、物理学の楽しさを実感させるため、以下のような点を重視した。

- ①視覚的に興味を引く内容を取り上げる。
- ②数式的取扱いをできる限り避け、直観的・定性的に理解できるよう工夫する。
- ③生徒一人一人が、直接体験できるような実験・実習中心の授業展開をする。

#### (2) 指導計画

レーザー光により回折現象が美しく観察される「回折格子」を取り上げ、生徒の興味・関心を喚起する授業展開を工夫し、実践研究を行った。

物理ⅠAでは、光の反射・屈折についての基礎的な知識を学習し、回折及び干渉現象の例などを示した後、半導体レーザー装置と回折格子のレプリカを用いた実験・実習を4～6時間行う指導計画を作成した(表1-1)。各時間は、一連のつながりを持つように配慮されているが、2～3時間だけ取り出して行うことも可能である。

物理ⅠBにおいては、それらの実験・実習を、「光波」の導入部分、又は、全体のまとめとして実施できる。また、発展的な展開として、回折の数式的扱いや格子間隔・波長の測定など、定量的な内容を取り入れることも、十分可能である。

授業展開においては、以下のような点に留意した。

- ①基礎から応用という従来の授業の流れにこだわらず、はじめに格子の実物を与え、様々な現象から帰納的にその構造を考察させるという、探究的要素も取り入れた。
- ②実験・実習の手順は、イラスト中心のプリントを作成し、見ただけで分かるよう工夫した。
- ③生徒の興味・関心を調べるために、自己評価カードによるアンケート調査を行い、結果を集計・検討した。



図1-1 生徒の実験風景

表1-1 「回折格子」の指導計画

学習事項	時間	学習内容及び留意点
①回折格子によるレーザー光の回折(実験)	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>レーザー光について、簡単な説明と取扱い上の注意を与える。</li> <li>回折格子のレプリカを配布し、観察させる。</li> <li>煙箱式光路観察器を使って、レーザー光の回折を観察させる。できるだけ時間を取って、じっくりと光路や輝点の観察を楽しませる。</li> <li>演示用の光路観察器を使って、回折の様子を再度確認させる。</li> </ul>
②回折格子による回折の原理	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>シングルスリット、ダブルスリットにレーザー光を当てた時の様子を観察させる。結果について班ごとに話し合わせ、回折格子との共通点から、格子に当たったレーザー光がいくつかに分かれるのはなぜかを類推させる。</li> <li>光が波の性質を持っていることを説明し、スリットから水面上に波紋が広がるように波が進行していく様子を、OHPを使ってイメージさせる。</li> <li>同心円の印刷されたOHPシートを重ね合わせていくときの様子を見せ、回折の原理について生徒同士で話し合わせた後、説明を行う。その際、数式は導入しない。</li> <li>回折格子の構造について、話し合わせる。</li> </ul>
③回折格子レプリカの顕微鏡観察と作製(実習)	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>前回予想させた回折格子の構造について発表させる。</li> <li>配布したレプリカとガラス製の回折格子を光学顕微鏡で観察させ、表面の細かい溝の存在を確認させる。</li> <li>アセトンを使って、各自レプリカを作製する。</li> <li>作製したレプリカにレーザー光を当て、今まで見たものと同じ現象が観察できるか確認させる。</li> <li>太陽光、蛍光灯、ナトリウムランプ等の光を観察させる。</li> </ul>
④簡易分光器の作製とスペクトル観察(実習・実験)	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>前回作製したレプリカを使って、簡易分光器を作製する。</li> <li>太陽光、蛍光灯、ナトリウムランプ、水銀ランプ等のスペクトルを観察させる。</li> <li>スリットの前に色セロハンを置いて白色光を観察し、補色に当たる色の光が吸収されていることを確認させる。</li> <li>炎色反応実験器(市販)を用いて、各色の炎を観察させる。</li> <li>異なる波長に対応する2種類の同心円シートを使って、回折格子による光の分散の原理を説明する。</li> </ul>
⑤身の回りの回折現象(実験)	1	<ul style="list-style-type: none"> <li>布、塩ビ板表面の傷、半透明のポリ袋、ニワトリの羽根、茶こしなどにレーザー光を当て、透過光の光路が分かれることを観察させる。</li> <li>CD、車用ウインドーフィルムに白色光を反射させると、スペクトルが観察されることを確認させる。また、回折格子のレプリカにレーザー光を当て、反射光にも回折が生じていることを確かめさせる。</li> <li>大型の演示用光路観察器にCD、車用ウインドーフィルムを入れ反射光がどのように回折しているか観察させる。</li> </ul>
⑥回折光の方向と格子間隔(発展)	1~2	<ul style="list-style-type: none"> <li>格子間隔が1/500cm、1/1000cm、1/2000cmのレプリカを用いて、光路観察器のスクリーン上の1次回折光の輝点位置が、格子間隔とほぼ反比例していることに気づかせる。</li> <li>格子間隔が未知のレプリカについて、1次回折光の輝点位置を求め、その格子間隔を計算させる。</li> <li>格子間隔d、入射光の波長λ、回折光が現れる角度θの間の関係式 <math>d \sin \theta = n \lambda</math> を提示し、説明する。</li> </ul>

### (3) 開発した教材

#### ① 半導体レーザー光源装置 (図1-2)

市販のレーザーポインタキット (電源電圧 5 V、出力 5 mW、波長 635 nm) を組み立て、焦点調節が可能となるように改造をした。安価に、高出力で焦点調節可能な装置が得られるのが利点である。

#### ② 円筒形レンズ

直径 6 mm の透明アクリル丸棒で作った、円筒形レンズ (シリンダリカルレンズ) である。レーザー光源装置の集光レンズの前に取り付けて使用する。

#### ③ 煙箱式光路観察器 (図1-3)

牛乳パックを利用して作製した光路観察用の箱で、中に線香の煙を入れて使用する。

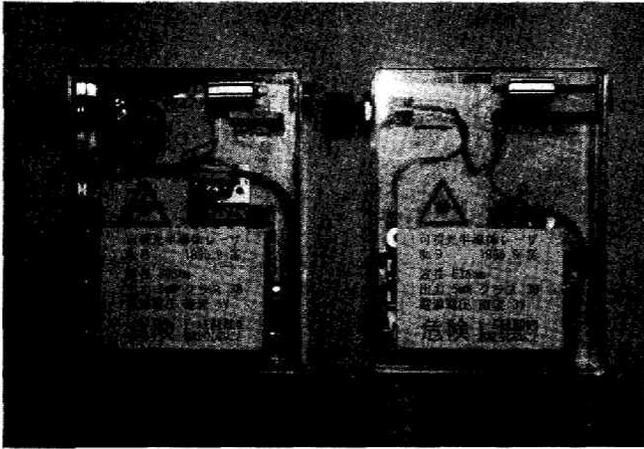


図1-2 半導体レーザー光源 (左5V用、右3V用)

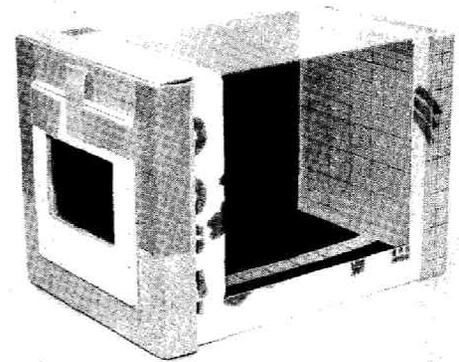


図1-3 煙箱式光路観察器

#### ④ 演示用光路観察器

- ア. 塩ビ板で作製した煙箱式の大型光路観察器 (長さ 90 cm、高さ・奥行き約 30 cm)
- イ. 段ボールに白紙を貼り、L字型に立てて用いるスクリーン型観察器
- ウ. 箱の上面及び側面に厚手のトレーシングペーパーを貼った行灯型観察器

#### ⑤ 回折格子レプリカ

塩ビ板とアセトンを用いて、A (片面平行、500 本/cm)、B (両面直交、500 本/cm)、C (両面斜交、500 本/cm)、D (片面平行、1000 本/cm)、E (片面平行、2000 本/cm) の 5 枚セットを作製した。

#### ⑥ 同心円シート (図1-4)

回折現象を直観的に理解させるための教材である。『実験で学ぶ物理 2 歌うワイングラス』(1995年発行) 所収の同心円パターン

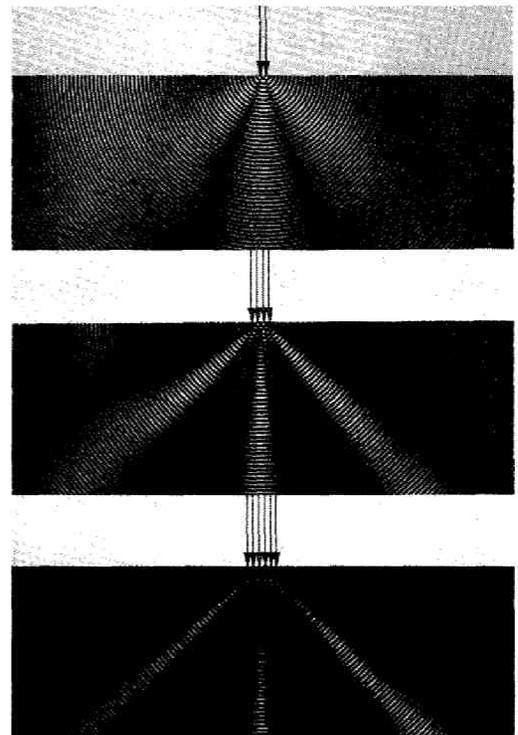


図1-4 同心円シートによる回折のシミュレーション

を2等分したものを、OHPシートにコピーして使用した。拡大コピーすることで、波長の異なる場合についても考察できる。

#### ⑦ 簡易分光器 (図1-5)

フィルムケース (黒)、OHPシート、黒ラシャ紙を用いて作製する。きわめて簡単な分光器である。生徒が作ったレプリカを貼り付けて観察する。

#### ⑧ 身の回りの回折格子

ア. 鳥の羽根を塩ビ板の間に挟んだもの  
鳥の羽根は、小羽枝 (しょうし) と呼ばれる細かい毛どうしが、鈎状の突起で互いに絡み合った格子状の構造をなしている。

イ. 車用のウインドーフィルム

ウ. CD (コンパクトディスク)

エ. 茶漉

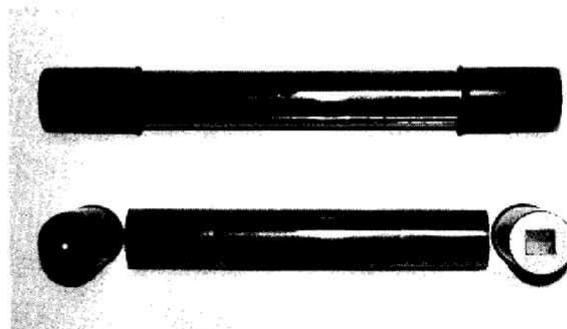


図1-5 簡易分光器

#### (4) 実験・観察の方法

##### ① 回折格子レプリカによるレーザー光の回折の観察

煙箱式光路観察器に線香の煙を入れ、端面に取り付けたスライドマウントに、自作の回折格子レプリカを挟み込む。箱から30cm程度離れた位置に半導体レーザー光源装置を置き、レーザー光を入射したときの様子 (図1-6、図1-7) を、生徒に側面の窓とスクリーンで観察させた (図1-1)。

また、演示用光路観察器による観察も、併せて行った。

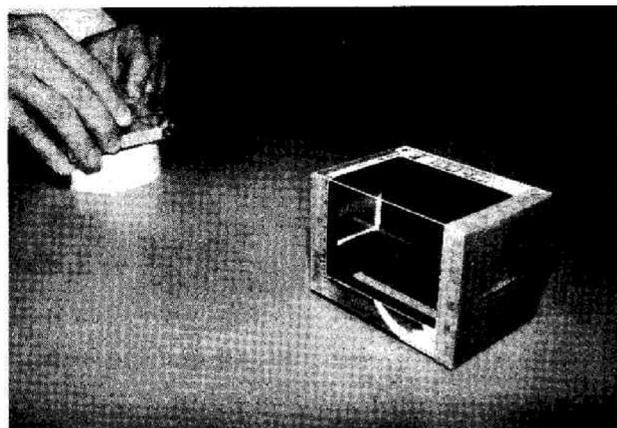


図1-6 レーザー光照射中の光景

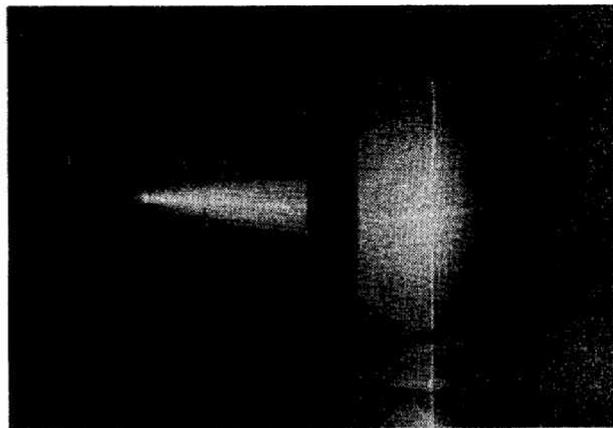


図1-7 レーザー光の回折 (レプリカB)

##### ② 回折格子レプリカの顕微鏡観察

光学顕微鏡を用いて、ガラス製の回折格子やレプリカの表面を観察させる。100~600倍の倍率で、ガラスや塩ビ板の表面に平行に並ぶ刻線が確認できる。演示用として、マイクロメーターを使った測定の様子を撮影したビデオテープを作製し、格子間隔も確認させる。

##### ③ 同心円シートを用いた回折現象の説明

同心円シートを一定間隔 (格子間隔に相当) でずらしながら順次重ねてゆき、各波源か

ら出た光が強め合う方向がしだいにシャープになってゆく様子を、OHP、写真パネル、ビデオで提示する。1.5倍に拡大コピーしたものを同じ格子間隔で重ねると、1次の強め合いの方向が変わり、波長（色）による回折光の方向の違い、即ちスペクトル分解の原理の説明にも用いることができる。

#### ④ 回折格子レプリカの作製

回折格子のレプリカを、生徒一人一人に自作させる。厚さ0.3~0.5mmの塩ビ板を、縦4cm、横5cm程度の大きさに切っておく。ガラス製回折格子の表面にアセトンを数滴たらし、塩ビ板を密着させ、2~3分たってからはがす（図1-8）。従来はOHP用のシートが用いられていたようであるが、現在のものはアセトンに溶解しない材質となっている。格子の方向をずらして塩ビ板の両面に刻線すると、直交格子や斜交格子も作製可能である。型になる格子は、表面に機械的に溝が刻まれているものを用いる方がうまくできる。蒸着で作られた回折格子では、レプリカを作製しても、回折光の強度が弱くなってしまう。この実習では、レプリカが驚くほど簡単に作製できるため、生徒が回折現象や回折格子を、身近なものとしてとらえることが期待できる。



図1-8 レプリカの作製

#### ⑤ 簡易分光器の作製とスペクトルの観察

フィルムケースの底面に、カッターでスリットと接眼部の穴をあける。鏡筒部は黒ラシャ紙とOHPシートを重ねて丸めるだけで、きわめて簡単に作製できる。各自が作ったレプリカを接眼部に貼り付け、太陽光や蛍光灯などの白色光が、スペクトルに分解される様子を観察させる。ナトリウムランプや水銀ランプなど、白色光以外の光源も用意し、生徒に自由に観察させる（図1-9）。また、色セロハンによるスペクトル吸収や炎色反応の観察なども、それほど容易ではないが可能である。



図1-9 スペクトルの観察

#### ⑥ 身の回りの回折格子と回折現象

鳥の羽根・布・ストッキング・コンパクトディスク（CD）・車のウインドーフィルム・茶漉など、我々の周囲には、探せば意外に多くの回折格子や回折現象を見つけることができる。鳥の羽根は、レーザー光を当てると斜交格子のつくるような回折像を生じる。また、CDでは、反射光の回折をはっきりと観察することができる。これらを生徒に提示

し、自由に観察させる。

なお、塩ビ板では、表面の微細な傷等の方向によって、回折光の現れ方が異なる。こうした現象を、表面状態の検査などに利用できることも示唆する。

(5) 自己評価カードの集計結果とその分析

一連の授業が終了した時点で記入させた、自己評価カード（図1-10）の集計結果を、表1-2に示した。

### 自己評価カード

\_\_\_\_年 \_\_\_\_組 \_\_\_\_番 氏名 \_\_\_\_\_

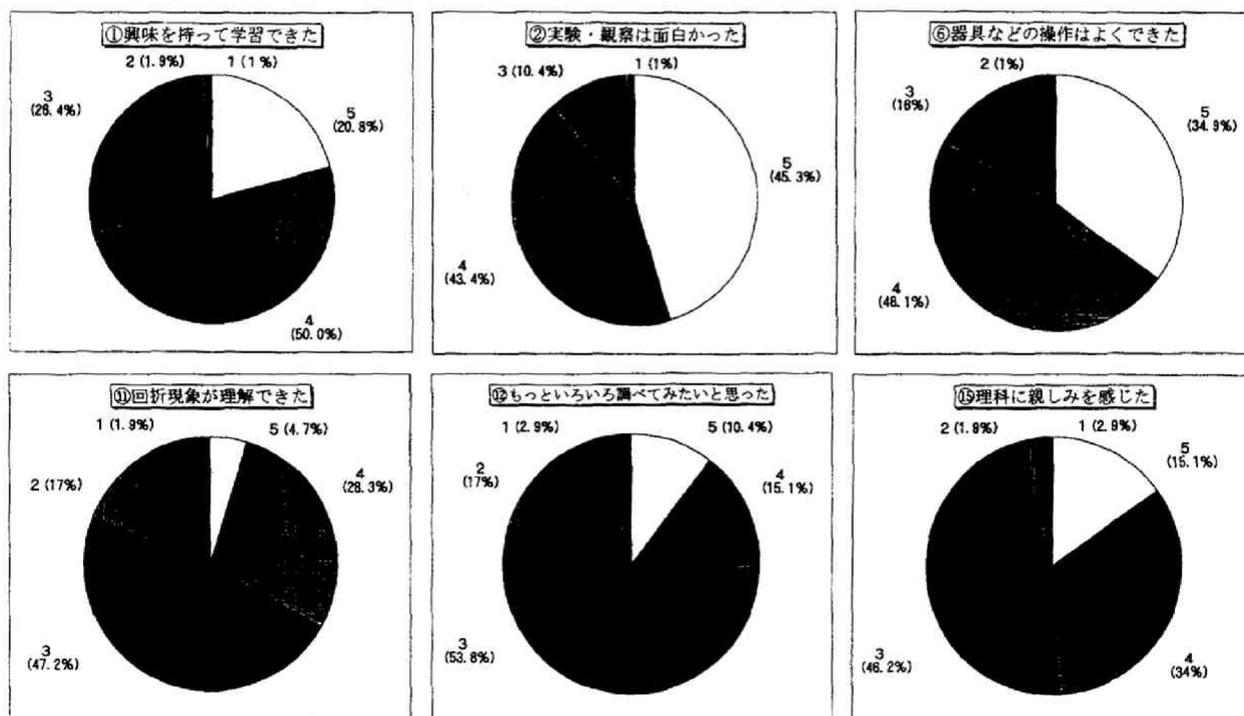
回折格子についての授業を振り返って、5段階で評価してみてください。（該当するものに○をつける。）

①興味を持って学習できた	できた	5	4	3	2	1	できなかった
②実験・観察は	面白かった	5	4	3	2	1	面白くなかった
③実験・観察時の態度は	積極的だった	5	4	3	2	1	消極的だった
④実験・観察の目的は	理解できた	5	4	3	2	1	理解できなかった

図1-10 自己評価カード

実施した実験・実習に対して、多くの生徒が、興味をもって学習し、内容も面白かったと回答しており、積極的に授業に参加した様子がうかがえる。実際の授業で我々が受けた印象も、この結果とほぼ一致し、普段よりも活発に活動する様子が見られた。

表1-2 自己評価カードの集計結果



生徒の感想には、レプリカが簡単に作製できることへの驚きと、分光器で色々な光源を観察した際の、スペクトルの美しさについて書かれたものが多かった。特に、太陽光や蛍光灯の観察では、「何種類もの色が含まれていることを、初めて知って感動した」といった内容もあり、自然に対する興味・関心を、ある程度喚起することができたと言える。

各種の器具等の操作についても、「よくできた」と答えた生徒が非常に多かった。取扱いをできるだけ容易にして、「実験そのものを楽しませる」という当初のねらいに近づけたのではないだろうか。イラスト中心の、『見て分かる』手順説明書の効果も大きいと思われる。

全体を通して約半数の生徒が「理科に親しみを感じた」と回答しており、指導計画の成果が認められた。しかし、「回折現象が理解できた」「もっと調べてみたいと思った」という回答は必ずしも多くはない。これは、回折現象の直観的説明や身近な回折格子の実験等に、更に改善が必要であることを示していると思われる。

#### (6) 今後の課題

授業実践の結果明らかになった、指導計画の問題点は以下の通りである。

- ①光路観察の記録（スケッチ等）に手間取る生徒がいた。
- ②顕微鏡の操作に不慣れな生徒が多かった。
- ③レプリカの作製に時間がかかった。
- ④刻線品の回折格子でないと、よいレプリカが作れず、分光器を作製した際、観察されるスペクトルの強度が弱くなってしまった。
- ⑤同心円シートを用いた説明では、シートを重ね合わせたときに現れる模様の意味を、直観的につかめない生徒がいた。

実験結果の記録については、記録用紙の改善や回折像の写真撮影などの方法を検討していきたい。また、レプリカの型となる回折格子は、刻線品を数多く用意する必要がある。

回折現象の説明の方法については、円形波の立体模型を用いるなど、様々な改善の余地が残されており、今後更に検討していかなければならない。

総じて、光の回折に対する生徒の興味・関心を引き出すことには成功した。しかし、これらを探究する意欲や態度にまで深めるという面では、不十分な点が残ったといえる。「学ぶ意欲を引き出す」という観点から、学習内容や指導方法を更に検討する必要がある。

#### (7) おわりに

本研究において重視した3点については、以下のような結果が得られた。

- ①視覚的に美しい回折光やスペクトルの実験・観察を行い、生徒の興味・関心を十分喚起することができた。
- ②回折現象の説明では、同心円シートを用いることで、ある程度直観的・定性的な理解を促すことができた。しかし、数式の取扱いも含めて、指導方法には改善が必要である。
- ③直接体験を重視してレプリカや分光器を全員に作製させることで、積極的に授業に取り組む姿勢を引き出すことができた。

今後は、授業によって喚起された生徒の回折現象への興味・関心から積極的な探究活動にまで深められるよう、自ら学ぶ意欲を更に引き出す指導計画を工夫していきたい。

## 2 ガラスづくりを通して、ガラスの性質や状態を探究する指導法の工夫

### (1) はじめに

ガラスの起源は一説では紀元前7千年頃といわれるほど古い。日常生活でもその用途は広く、生活上欠かせない物質である。主原料のケイ酸を構成する酸素とケイ素は地殻における元素の存在量で、第1、2位を占め、最も身近な元素と言える。最近では、新素材としてガラス繊維などに応用されているほか、ガラスを作る元素の原子配列と同様なアモルファス金属の開発も注目されている。このような観点から、生徒にガラスの本質を理解させることは、大変意味深いものと考えられる。

しかし、ガラスの原子配列や状態の研究は、歴史がまだ浅いうえに課題も多く、それらを生徒に理解させるのは困難であった。そのためか、高校の化学の授業ではあまり扱われてこなかったのが現状である。

そこで私達は、ガラスづくりという生徒が親しみを感じるような実験などを行うことで、ガラスの性質や状態などについて興味・関心を持ちながら、探究的に活動できるような授業を次のように計画して実施した。

### (2) 授業計画及び留意点

本授業計画は原則として化学ⅠAで実施するものであるが、工夫しだいで化学ⅠBや化学Ⅱでも実施できる。授業計画を実施するに当たり、初めに事前アンケートを実施した後、次の3回の実験を連続して行うことにした。また、各実験での重要点を再度確認させ、実験全体を通して整理させるために、まとめの時間を最後に設定した。

- ア. 事前アンケート、及び、実験1「ガラスの性質を探る」…1時間
- イ. 実験2「ガラス状態を調べる」…1時間
- ウ. 実験3「色ガラスづくり」…1時間
- エ. まとめ「ガラスについて」…1時間

アでは、身の回りのガラス製品を挙げ、ガラスについて知っている性質や特徴をまとめさせた。更にガラスについて知りたいことや疑問点を整理させ、学習意欲を引き出すことを試みた。そして、なるべく生徒自らが考えながら作業することにより、ガラスの多様な性質（透明、硬い、割れやすい、非反応性、不透過性、電気絶縁性、耐熱性、耐水性、アルカリ性、熱可塑性）に気付くような実験を計画した。

イでは、試験管の中で結晶性固体と無水ホウ砂との融解・凝固の状態変化が観察できる実験法を開発し、両者の状態変化の比較を通してガラス状態を理解できるよう計画した。また、遷移金属イオンによりガラスの着色ができることに気付かせ、その色の鮮やかさから感動が味わえるよう工夫した。

ウでは、実際に原料からガラスを製作する実験を計画し、ガラスについて一層親しみを感じさせるようにした。そのために、学校のガスバーナーでも熔融できる原料の選択と配合割合を研究し、るつぼとマッフルを利用して宝石のように美しいガラス製作の技法を開発した。そして、生徒がガラスづくりの感動に浸る中にも、原料の役割や熔融中にガラス化していく様子について考察する機会が得られるよう工夫した。

エでは、興味本位で終わらせることなく、資料を作成して生徒に配布し、特に図表を用い

てガラスの原料・ガラス状態・ガラスの原子配列・ガラスの着色法などについて解説を加えた。そして、学習前にもっていたガラスについての認識が、どのように変化したかを整理させた。更に、ガラス繊維などの新素材やガラスを作る元素の原子配列と同様なアモルファス金属の紹介などにより、さらに深く探究しようという意欲を引き出すよう試みた。

### (3) 授業内容

授業内容について、生徒用の実験プリントから抜粋した概要を紹介する。

#### ア-1 事前アンケート 「ガラス」の授業を始めるに当たって

この実験学習を始めるに当たって、皆さんがガラスについてもっている知識を知りたいので、以下の事柄について簡単に教えてください。

- ① ガラスの性質や特徴にはどんな点がありますか。
- ② ガラスはどのようなものに使われていますか。
- ③ ガラスは何からできていると思いますか。
- ④ ガラスについて知りたいこと、疑問などを書いてください。

#### ア-2 実験1 「ガラスの性質を探る」

<目的> ガラスの観察と簡単な実験を通してガラスの性質や特徴を調べる。

<操作>

##### ① ガラスの観察

ガラス片（特に割れた面）を観察し、気付いた点を挙げよ。

##### ② ガラスを切る（割る）

以下の操作を軍手をつけて注意をして行う。

操作をしながら気付いた点を記入せよ。

- (ア) スライドガラスをわら半紙で3重に包んだ後、折ってみよ。
- (イ) 別のスライドガラスの中央部に傷をつけた後、同様に折ってみよ。
- (ウ) ガラス管の中央に羽やすりで傷を付け、ガラス管を切ってみよ。

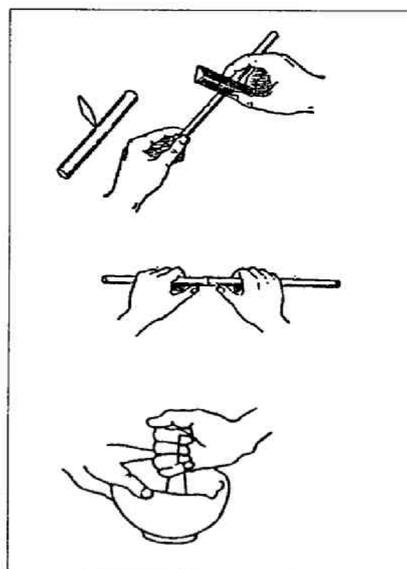


図2-1

##### ③ 用意してあるガラスの破片を乳鉢に入れ、乳棒

で細かくする。得られたガラスの粉末を試験管に少量入れ約5 mlの水を加える。よく振った後、フェノールフタレイン溶液を1、2滴加えた時の変化を観察せよ。

##### ④ ガラス管の先端をガスバーナーで加熱し、水の入ったビーカーの中に入れてみよ。

##### ⑤ ガラス管をガスバーナーで加熱し、観察せよ。その中では、自由にガラスを操作してよい。（加熱された部分は非常に熱くなるため火傷しないように十分注意すること。）

<考察>

- (1) 実験①から⑤までの結果をもとに、ガラスの性質や特徴をまとめてみよ。
- (2) ガラスについて、この実験を行って疑問に思うことがあれば書いてみよ。

#### イ 実験2 「ガラス状態を調べる」

<目的> 結晶性固体と無水ホウ砂との融解・凝固の状態の比較を通してガラス状態を調べる。又、ガラスの着色法を知る。

<操作>

① 3本の試験管に、次の物質をそれぞれ薬さじ一杯程度入れ、ガスバーナーの強火で加熱し、変化を観察せよ。また、各物質の融解状態の時にガラス棒を差し込み、引き出すとどうなるかを試してみよ。

(ア) 鉛 (イ) 硝酸ナトリウム (ウ) 無水ホウ砂

○ この実験で、無水ホウ砂と鉛、硝酸ナトリウムとの融解状態に着目し、気付いた点をまとめよ。

注意：安全のために、無水ホウ砂を扱った試験管は、加熱操作が終わって放冷するときは、必ずコニカルビーカーに入れておくこと（以下同様）。

○ 無水ホウ砂を扱った試験管は放冷していくと、どのようなことが起こるか。この理由について考えよ。

② 大きじ一杯の無水ホウ砂を薬包紙3枚の上に取り、それぞれにスパチュラで極少量の酸化銅(Ⅱ)、酸化コバルト(Ⅱ)、クロム酸カリウムを加え、よく混ぜた後、試験管に入れて加熱する。

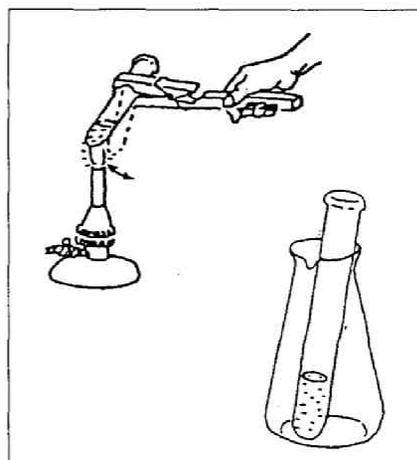


図 2 - 2

<考察>

(1) 融解した状態から、冷却していくときにどのような変化が観察されるか。

(2) ホウ砂ガラスへの着色で、わかったこと、疑問に思ったことを記入せよ。

### ウ 実験3 「色ガラスづくり」

<目的> ガスバーナーを使って、原料からガラスを製作し、ガラスの組成・性質・特徴について学ぶ。又、ガラスの着色にも挑戦し、美しい色ガラスを製作する。

<薬品> 「ガラス原料」鉛丹(四三酸化鉛)または酸化鉛(Ⅱ)、無水ホウ砂  
無水ケイ酸(二酸化ケイ素)

<着色剤とその色>

酸化銅(Ⅱ)	青～緑	酸化コバルト	紺
酸化マンガン(Ⅳ)	ピンク～紫～茶	酸化鉄(Ⅲ)	黄
クロム酸カリウム	黄～橙	酸化クロム(Ⅲ)	緑

<操作>

① 鉛丹(または酸化鉛(Ⅱ)) 10.0 g、無水ホウ砂6.0 g、無水ケイ酸2.0 gを乳鉢に入れ、乳棒ですりつぶしながら均一に混ぜる。(4個分)

② ①の混合物の約半分を、るつぼの中に入れる。

③ スタンドのリングにマッフルをのせ、②のるつぼを中に置く。

④ マッフルの下からガスバーナーで強熱する。

⑤ 完全に混合物が均一に熔融したら、熔融物をステンレスの皿の上に流し出す。このとき2個分を作る。

- ⑥ 徐冷する。熔融物を急冷すると割れたり、ひびが入ったりするので、熱いマッフルのふたをかぶせるなどしてゆっくり冷却すること。
- ⑦ 着色剤を一つ選び、その極少量を残りの半分の混合物に加え良く混ぜた後、先のるつぼに入れる。あとは③から⑥までの操作を同様に繰り返す。

#### <考察>

- (1) どのような作品ができたか、説明せよ。
- (2) この実験を通して気付いたこと、考えたことをまとめよ。

#### エ まとめ「ガラスについて」

ガラスについて、今までの実験と図表・モデル、先生からの説明を通して、わかったことをまとめてみなさい。

- ① ガラスの性質をもう一度まとめてみなさい。(実験1参照)
- ② 学習の前後においてガラスについての知識に変化があった点についてまとめてみなさい。(実験1・2・3参照)
- ③ ガラスを加熱すると形を変えられるのはなぜですか。(実験1・2・3参照)
- ④ ガラス化するものとしめないものでは、融解状態でどのような点の違いがありますか。(実験2参照)
- ⑤ ガラスと他の結晶性固体との違いで、重要なことは何だと思えますか。図やモデルを参考にしながら、構造上の観点から説明しなさい。
- ⑥ ガラスを着色するにはどうすればいいですか。(実験2・3参照)
- ⑦ ガラスの原料について説明しなさい。また、実験3で酸化鉛を使ったのはなぜですか。
- ⑧ 今回の実験を通して興味深かった点、疑問に思った点を述べなさい。更に知りたいこと、やりたいことを挙げなさい。

#### (4) 生徒の活動

3回の実験はいずれも高温に加熱するため火傷をしないよう、またガラスの破片にも注意を払いながら実施した。

実験1では、生徒が実際に作業することで、ガラスの性質を理解できるように、ここでは生徒が自由に楽しく実験できるようにした。

最初に、割れた色ガラスの断面を観察させた。蛍石を用いて比較させたところもあったが、生徒は断面を注意深く観察していた。また、生徒はガラスを自分の手で割ることやガラス管を切るといった経験がほとんどなく、恐る恐る実験をしていた。羽やすりを使う時は、ほとんどの生徒がナイフのように使っていたのに驚かされた。いかに道具などを使った経験が少ないかをかいま見る場面でもあった。それでも実際に割れたり切れたりするたびに歓声をあ

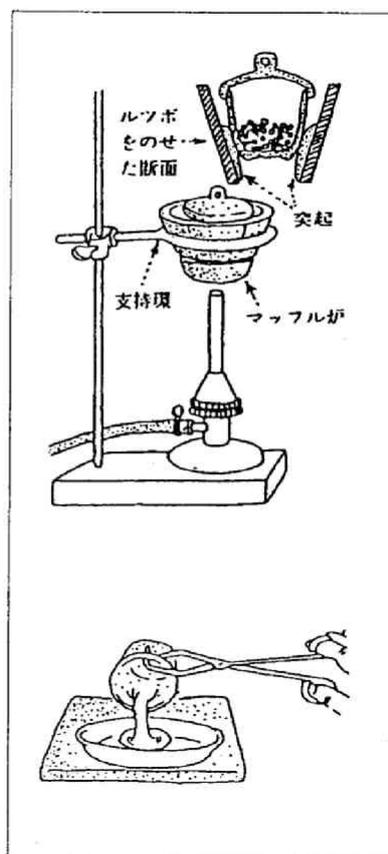


図2-3



図2-4 生徒の実験風景(実験1)



図2-5 生徒の実験風景(実験2)

げ、喜んでた。また、乳鉢でガラスを粉々にする操作ではビニール袋をかぶせることにより、周囲に破片が飛ばずに安全に行うことができた。生徒は、粉末になったガラスは水に溶けて、しかもそれがアルカリ性を示したことに驚いていた。

熱したガラス管を水の中に入れた時、ガラスが粉々に割れたことにびっくりしていた。また、ガラス管を自由に熱する実験では、初めは消極的であったが、いざ熱し始めると、細長く伸ばしたり、一端を融かして反対側から吹いて膨らましたり、ガラス管どうしをくっつけたり、楽しみながら活動していた。特に素手でやっていた生徒は、ガラス管があまり熱くならないことに気付き、熱を伝えにくい性質があることを理解したようであった。

実験2では、生徒は結晶性物質とホウ砂の融解状態での違い、すなわちガラス状態でのネバネバとした強い粘性に注目するかどうか重要なポイントである。生徒はそれをガラス棒を引き出すときの感触で実感した。鉛が融ける様子に興味をひかれる生徒も多かった。また、ホウ砂を融かした試験管を放冷すると試験管にひびが入り、割れることにも興味を持っていた。主として金属酸化物を用いてガラスを着色する操作では、様々な色が付けられることに生徒は新たな感動を覚え、ガラスの不思議な世界に引き込まれたようであった。着色剤を入れ過ぎ、ガラス全体が黒っぽくなった班もいくつかあった。

実験3は、色ガラスづくりを体験するものであるが、生徒は予想以上に興味・関心をもったようである。普段の実験で消極的な生徒でも、この実験は積極的に実験に参加していた。オレンジ色の酸化鉛が融解時に真っ赤になり、冷えると無色透明になることに興味を覚えたようであった。更に、おはじきのような色ガラスを手へのせながら、自分達の班の物が最もきれいだと言わんばかりの表情は見ていて面白かった。生徒の中には、指輪などの七宝焼きの型を買いに行った者もいた。また、自分達で作った作品を文化祭で展示した学校もあり、大変好評であった。

最後のまとめの時間では、資料をもとに学習前後の認識の変化を整理させた。今まで知らなかったガラスの性質や特徴を理解できた生徒が多かった。しかし、ガラス状態の理解できたものの、原子配列の違いから性質の違いを理解することができた生徒は少なかったようであった。

#### <生徒の感想>

実験1 ガラスのいろいろな性質や特徴などを理解することができた。初めてわかったこ

ともあり勉強になった。また、加熱することによってガラスが融ける様子は不思議で、すごく面白かった。

実験2 ホウ砂を加熱したものにガラス棒を入れた時、ネバネバしていてガラス棒が試験管の底にくっついて困った。放冷しておいた試験管が割れた時、私が割ったのかと思って責任を感じた。また、着色する実験は、色の変化がすごく楽しかった。見ていてすごくきれいだった。

実験3 ガラスを作る実験はとても楽しかったし、すごく勉強になった。自分達の班のガラスのできぐあいが一番すばらしいと思った。また機会があったらガラス作りに挑戦したい。

まとめ 身近にありすぎて特に何も

ないだろうと思っていたガラスにこんなにかくさんの不思議なことや知らなかったことがあったのにはびっくりした。また今から五千年くらい前にはすでにガラスの容器や装飾品の職人がいたというのに、ガラスについての研究の歴史が浅いのに驚いた。ガラスっておもしろい。

#### (5) 指導結果とその分析

授業実践の評価は、報告書の分析及び終了後のアンケート調査により行った。

実験1では、身近な物質であるガラスの性質を追体験したり、時には意外な事実を発見したりすることで興味を起こさせながら学習することができた。また、比較的自由にガラスを取り扱うことにより様々な実験の方法を生徒それぞれが考えることができた。更に、ふだんから抱いている様々な疑問を挙げさせ、ガラスについて考えさせることによりガラスという物質についての学習意欲を喚起することができた。

実験2では、ホウ砂と他の結晶性物質と比較させたが、ホウ砂を融解させたときのネバネバした感触は、ガラス状態を実感する上で大変有効であった。

これら2つの実験に生徒は積極的に取り組んでいた。生徒の自己評価はそれを裏付けている。これは、ガラスが身近で親しみのある物質であり、かつ何か興味を感じたためであろう。又、切ったり割ったりと体感することのできる親しみやすい実験だったからでもであろう。

実験3では、ほとんどの生徒が楽しくガラスづくりをすることができた。中でも、遷移金属イオンによるガラスの着色に大変興味を持ち、もっと違う色や形を作ってみたいという感

#### 実験1「ガラスの性質を探る」

1. 目的  
ガラスの観察と簡単な実験を通してガラスの性質や特徴を調べる。
2. 準備  
【器具】 ガラス片、スライドグラス2枚、軟質ガラス管(直径6mm)20cm×3本、ガスバーナー、乳鉢、乳棒、軍手、羽やすり、ピンセット、試験管、試験管立て、燕匙、ビーカー  
【薬品】 フェノールフタレイン溶液、純水

#### 3. 操作

##### ①ガラスの観察

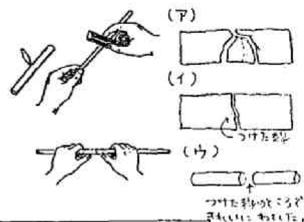
ガラス片(特に割れた面)を観察し、気がついた点を挙げよ。

つらつらしていてもきれいなとがってない  
一定方向にすじがある。

##### ②ガラスを切る(割る)

以下の操作を軍手をして注意して行う。操作をしながら気ずいた点を記入しなさい。

- (A) スライドグラスをわら半紙で3重に包んだのち、折ってみる。
- (B) 別のスライドグラスの中央部に傷をつけた後、(A)同様にしてスライドグラスを折ってみる。
- (C) ガラス管の中央にやすりで傷を付け、ガラス管を切ってみる。



(A)も(B)も(C)も 断面はつらつらして  
傷つけたところが簡単に割れた。

- ③用意してあるガラスの破片を乳鉢に入れ、乳棒で細かくする。得られたガラスの粉末を試験管に少量入れ約5mlの水を加える。よく振った後、フェノールフタレイン溶液を1、2滴加えた時の変化を観察せよ。

すぐに赤管色になった。  
試験管をふったら全体に色あまった。



- ④ガラス管の先端をバーナーで加熱し、水の入ったビーカーの中に入れてみる。

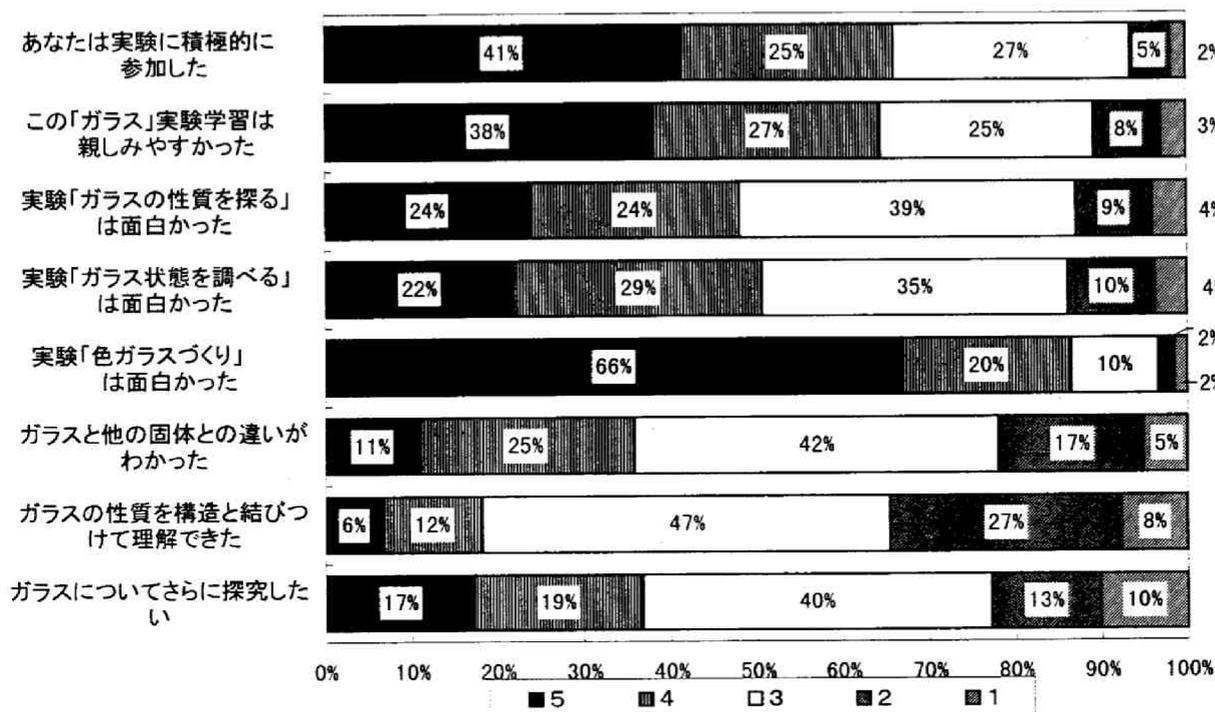
「ジュッ」という音がして、あっという間にこぼれなくなった。

図2-6 生徒の実験プリント例

想が多かった。

以上の実験とまとめの授業から、ガラスが非結晶状態で、金属や塩のような結晶状態と性質が異なることを生徒は理解できたが、更に原子配列の状態からその性質を理解するためには、三態変化を十分に理解した上で、ガラス状態との比較を考えたり、直観的にわかるような粒子モデル等を利用したりする工夫が必要であると考えられる。

生徒のガラスの性質についての記述の変化を見ると、学習の前では、「割れやすい」、「透明である」、「形が変えられる」、というような経験的な知識であったものが、学習の後には、「過冷却液体である」、「主成分はケイ素と酸素である」、「原料が豊富である」などの知識も加わっていた。これらは実験を通して、実感できる知識となったものであろう。



質問についてYesを5、Noを1として5段階で答えさせた。

図2-7 アンケート結果

アンケートは質問項目について5段階で答えさせた。この結果から、積極的に参加したと答えた生徒は66%、親しみやすかったと答えた生徒は65%、実験1が面白かったと答えた生徒は48%、実験2が面白かったと答えた生徒は51%、実験3が面白いと答えた生徒は86%であった。実験を重ねるにつれて、ガラスの性質や状態を探究的に理解させることができたとともに、生徒の興味・関心が高まり、ガラスについて更に探究したいという意欲を引き出すことができた。その点でこれらの実験の組み立て方は適切であったと考える。

#### (6) おわりに

ガラスに対する興味・関心から、物質の状態としての「ガラス」についての考察へと発展させることができた。更に、原料からガラスを作ること、ガラスについての総合的な理解を深めることができた。又、生徒の体験を重視し、事実を自らの体験を通して学ぶことができたと考える。

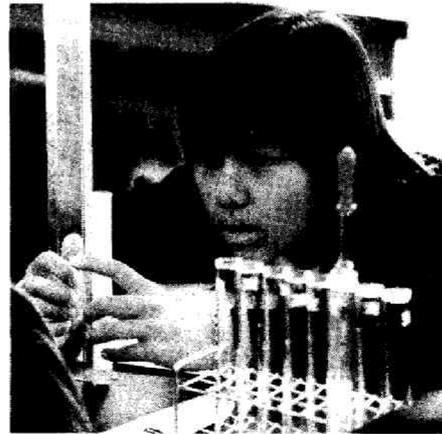


(2) 授業実践について

生物 I B の代謝の分野は、定量的な実験を行うのに適した学習項目である。ここでは新しい教材の開発は行わず、教科書にあるカタラーゼの定性的な実験を定量的に行い、測定値の数的処理、実験データの解釈、対照実験の理解、仮説の設定等を各種シートを利用しながら探究させていくことを主眼として、全 6 時間の指導計画 (表 3-1) を考えた。

① 基礎実験 (3 時間目)

基礎実験では、図 3-2、図 3-3 のシートを生徒に配布する。基礎実験は 3 つのサブ実験によって構成されている (図 3-2)。実験 1 においてはカタラーゼの活性の大きさを、発生した酸素の泡の高さによって計測する方法を体得させ、同時に対照実験の必要性を理解させる。実験 2 では、カタラーゼの温度に対する働きの違いを、実験 3 では、カタラーゼの酸性・アルカリ性に対する働きを理解させるのが目的である。基礎実験で得られたデータは、基礎実験の記録シート (図 3-3) に記録させる。記録したデータはすぐにグラフ化させるようにし、数値をグラフにする方法を練習させる。また、この時間の終了時には、次の課題発見の時間に使用する考察シートを配布し、次回までにできるかぎり記入してくるよう指示する。



基礎実験風景

基礎実験 動物実験 (カタラーゼ) の学生実験

実験 1. カタラーゼのはたらき

1. 目的 カタラーゼは、生物体でできる有機の過酸化水素を、無機な水と酸素に分解する酵素をもつ。ほとんどの動物の組織に含まれている。そこで、ジャガイモの組織中に過酸化水素の分解を促進させるはたらきがあること、つまり、ジャガイモにカタラーゼが含まれていることを確かめてみる。

2. 器具・材料・薬品 ジャガイモの組織碎屑、シリンジ、試験管、綿棒、ライター、5%過酸化水素水、純水、2%、ストップウォッチ

3. 方法

- ジャガイモをきれいに洗った後、二重に包んだガーゼで包み、こめすり付の組織碎屑 (約 2g) とした。
- 1-7 の試験管には過酸化水素水を 2ml ずつ入れ、試験管には純水を 2ml 入れる。
- ジャガイモの組織碎屑を、シリンジで 1ml 取り、試験管 1 に加える。ただちに、ストップウォッチを計測し、15 秒ごとに測定した泡の高さを測定して、記録する。(記録は 3 分間、泡が試験管からあふれるまで行なう)
- 試験管 2 には純水を 1ml 加え、試験管 3 にはジャガイモの組織碎屑を 1ml 加えて、それぞれ測定をみる。特に気泡の発生しやすさを記録する。
- 3本の試験管に、火のついた綿棒を入れ、火のようすを燃らし、記録する。
- 試験管 1 の気泡の発生を完了後、試験管 2 と比較し、測定を繰り返す。(目的達成がむかひ)

実験 2. カタラーゼの温度に対するはたらきの違い

1. 目的 ジャガイモの組織碎屑を用いて、カタラーゼの温度の影響についても調べてみる。

2. 器具・材料・薬品 ジャガイモの組織碎屑、シリンジ、試験管、ビーカー、純水、綿棒、ライター、5%過酸化水素水

3. 方法

- シリンジにジャガイモの組織碎屑を 1ml 取り、試験管 3 に加える。
- 試験管 1 に、室温の水を加えて 2ml 入れる。
- この試験管に、同じ量組織碎屑を加えて測定を繰り返す。
- 特に、気泡の発生しやすさを記録する。
- 試験管 2 に、火のついた綿棒を入れ、火のようすを燃らし、記録する。

実験 3. カタラーゼの酸性・アルカリ性に対するはたらきの違い

1. 目的 反応薬 (過酸化水素) を酸質や中性、アルカリ性にしたとき、カタラーゼのはたらきが変わるようになるかを調べる。

2. 器具・材料・薬品 ジャガイモの組織碎屑、シリンジ、試験管、綿棒、ライター、5%過酸化水素水、2%硝酸ナトリウム (NaNO<sub>2</sub>)、3%過酸化水素水、10%炭酸ナトリウム (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>)、純水、ストップウォッチ、2%

3. 方法

- 1-7 の試験管に、過酸化水素水を 2ml ずつ入れる。
- それぞれ、試験管 1 には純水を 2ml 入れ、試験管 2 には硝酸 (HNO<sub>2</sub>) を、7 には炭酸ナトリウム (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) を 3滴ずつ加える。
- それぞれジャガイモの組織碎屑を、シリンジで 1ml ずつ入れ、ただちに、ストップウォッチを計測し、15 秒ごとに測定した泡の高さを測定して、記録する。(記録は 3 分間、泡が試験管からあふれるまで行なう)
- 3本の試験管に、火のついた綿棒を入れ、火のようすを燃らし、記録する。

図 3-2 基礎実験法 (生徒用シート)

基礎実験 動物実験 (カタラーゼ) の学生実験

実験 1. カタラーゼのはたらき

1. 目的 カタラーゼは、生物体でできる有機の過酸化水素を、無機な水と酸素に分解する酵素をもつ。ほとんどの動物の組織に含まれている。そこで、ジャガイモの組織中に過酸化水素の分解を促進させるはたらきがあること、つまり、ジャガイモにカタラーゼが含まれていることを確かめてみる。

2. 器具・材料・薬品 ジャガイモの組織碎屑、シリンジ、試験管、綿棒、ライター、5%過酸化水素水、純水、2%、ストップウォッチ

3. 方法

- ジャガイモをきれいに洗った後、二重に包んだガーゼで包み、こめすり付の組織碎屑 (約 2g) とした。
- 1-7 の試験管には過酸化水素水を 2ml ずつ入れ、試験管には純水を 2ml 入れる。
- ジャガイモの組織碎屑を、シリンジで 1ml 取り、試験管 1 に加える。ただちに、ストップウォッチを計測し、15 秒ごとに測定した泡の高さを測定して、記録する。(記録は 3 分間、泡が試験管からあふれるまで行なう)
- 試験管 2 には純水を 1ml 加え、試験管 3 にはジャガイモの組織碎屑を 1ml 加えて、それぞれ測定をみる。特に気泡の発生しやすさを記録する。
- 3本の試験管に、火のついた綿棒を入れ、火のようすを燃らし、記録する。
- 試験管 1 の気泡の発生を完了後、試験管 2 と比較し、測定を繰り返す。(目的達成がむかひ)

実験 2. カタラーゼの温度に対するはたらきの違い

1. 目的 ジャガイモの組織碎屑を用いて、カタラーゼの温度の影響についても調べてみる。

2. 器具・材料・薬品 ジャガイモの組織碎屑、シリンジ、試験管、ビーカー、純水、綿棒、ライター、5%過酸化水素水

3. 方法

- シリンジにジャガイモの組織碎屑を 1ml 取り、試験管 3 に加える。
- 試験管 1 に、室温の水を加えて 2ml 入れる。
- この試験管に、同じ量組織碎屑を加えて測定を繰り返す。
- 特に、気泡の発生しやすさを記録する。
- 試験管 2 に、火のついた綿棒を入れ、火のようすを燃らし、記録する。

実験 3. カタラーゼの酸性・アルカリ性に対するはたらきの違い

1. 目的 反応薬 (過酸化水素) を酸質や中性、アルカリ性にしたとき、カタラーゼのはたらきが変わるようになるかを調べる。

2. 器具・材料・薬品 ジャガイモの組織碎屑、シリンジ、試験管、綿棒、ライター、5%過酸化水素水、2%硝酸ナトリウム (NaNO<sub>2</sub>)、3%過酸化水素水、10%炭酸ナトリウム (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>)、純水、ストップウォッチ、2%

3. 方法

- 1-7 の試験管に、過酸化水素水を 2ml ずつ入れる。
- それぞれ、試験管 1 には純水を 2ml 入れ、試験管 2 には硝酸 (HNO<sub>2</sub>) を、7 には炭酸ナトリウム (Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>) を 3滴ずつ加える。
- それぞれジャガイモの組織碎屑を、シリンジで 1ml ずつ入れ、ただちに、ストップウォッチを計測し、15 秒ごとに測定した泡の高さを測定して、記録する。(記録は 3 分間、泡が試験管からあふれるまで行なう)
- 3本の試験管に、火のついた綿棒を入れ、火のようすを燃らし、記録する。

II. データ解析

(1) 試験管 1 の、時間と泡の高さをグラフで表せ。(実行したことグラフ上に記載)

泡の高さ (cm)

時間 (秒)	15	30	45	60	75	90	105	120	135	150	165	180
試験管 1												
試験管 2												
試験管 3												
試験管 7												

(2) 試験管 5・6・7 については、同じグラフ上に表せ。(実行したことグラフ上に記載)

泡の高さ (cm)

( ) ( ) ( ) ( )

図 3-3 基礎実験記録シート

## ② 基礎実験の考察、課題発見（4時間目）

基礎実験の考察、課題発見の時間の指導計画は表3-2である。この時間では、基礎実験において定量的に得られた実験結果を基に、考察シートの空欄を埋めていくことによって、班ごとに各自が発見した新たな疑問点や課題を出しあい、本実験での研究課題を決定させる。

以上①、②の授業の目標は、生物Ⅱで行われる「課題研究」のトレーニングとして、実験器具の取扱い方、仮説の立て方、測定によって得られたデータの解析の仕方、対照実験の意味等について、探究活動を行わせると同時に、新たな疑問点を出させ、本実験の研究課題を発見させることである。この作業をスムーズに行わせるための指導上の工夫として、考察シートを利用した。

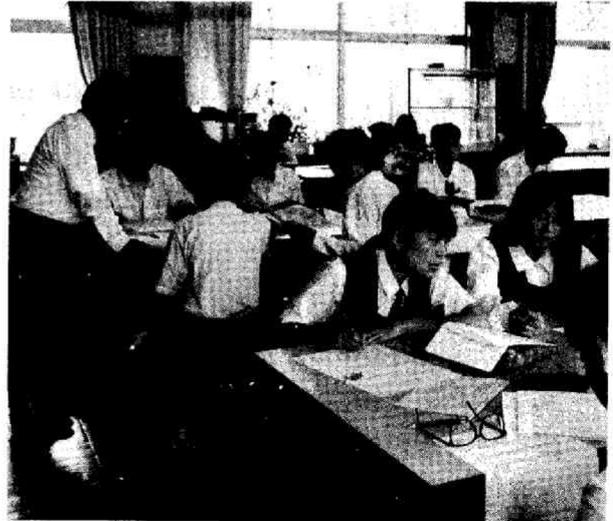
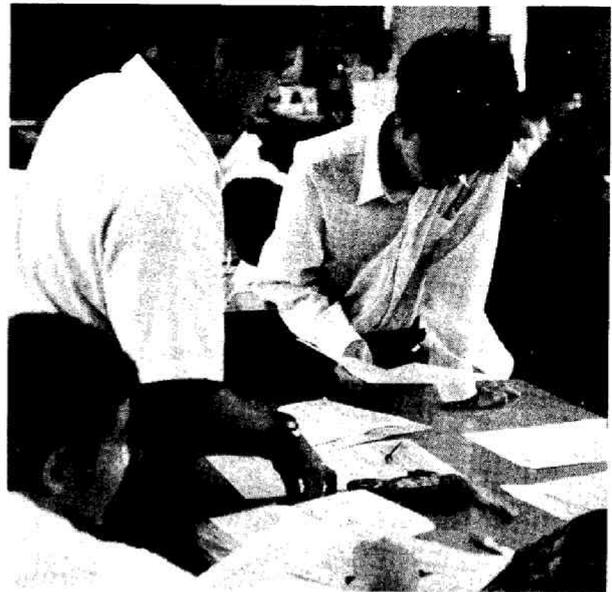


表 3-2 基礎実験の考察、課題発見の指導計画

指導過程	生徒の学習内容・活動	教師の活動・指導上の留意点	時間
1. 導入	考察シートを開ける。		
	宿題の確認	前回指示した、考察の記入について、各自できるだけ記入してきたかどうか確認する。	5分
2. 課題発見	考察シートの空欄をすべて記入し、完成させる。	対照実験の必要性および意味についても理解させる。	15分
	考察シートを通して、新たに疑問に思ったこと、不思議に思ったこと、もっと突っ込んで調べてみたいことを書き出す。	この間、机間巡視による指導、援助。 どうしても何も思いつかない班ができた場合は、具体的なアドバイスを与える。なるべく生徒自身に考えさせるようにギリギリまで我慢し、突き放す。	20分
3. 課題決定	班ごとに、各自で発見した課題を出しあい、班の研究課題をしぼり、決定する。	決定した研究課題を、考察シートに記入させる。	
	研究課題の決定した班は、その課題解決の目的・具体的な実験方法などについて考えておく。	研究課題が早く決定した班には、引き継ぎ、実験方法、それにもなって必要な器具などをまとめさせる。  【評価】 基礎実験を十分に生かした課題発見ができるか。  班ごとに、各自の意見をまとめ、研究課題をしぼれるか。	
4. 終わり	各班で立案した研究課題が無理のないものか最終チェックを行う。	2～3の班に研究課題を発表させる。 基礎実験の記録シート、考察シートを回収する。	10分



スムーズな課題発見、綿密な実施計画立案のために、班毎の真剣な話し合いがもたれた。

## ③ 実施計画立案及び仮説（5時間目）

この時間は実験計画書（図3-4）を配布し、考察シートによって各班で決定した、研究課題を解決するための実験内容を班員で話し合いながら計画し、計画書に記入させる。同時に自分達で計画した実験を行った場合、無理のない実験かどうかを検討し、その結果を予想し、仮説を立てさせる。時間の最後に2～3の班に立てた計画を発表させる。

④ 本実験（6時間目）

この時間は各班で立案した実施計画書に基づいて、課題解決のための実験を行わせる。実験で得られたデータは、「実験記録」（図3-4）に記録させるとともに、時間の余裕がある班には自分達で立てた仮説と比較させ、「実験記録」に記入させる。また、実験終了後、レポートの書き方（図3-4）を配布し、研究報告書を後日提出させる。

### 実験計画書

研究課題

I. 実験、研究の目的  各班で決定した研究課題を何のために行なうのか、なるべく簡潔に記せ。

---

II. 仮説  実験の結

---

III. 実験、観察材料・器具

---

IV. 実験方法  班ごと

---

先生からのアドバイス

---

担任   
共同研究者氏名 (  )

### 実験記録

よい実験報告書（レポート）を書くためには、実験結果をきちんと記録しておくことが大事である。

I. 研究課題

II. 実験結果  実験結果を下の余白に整理して記録する。分かりやすく記録する方法はいろいろあるが、簡潔書き、実験区ごとに表にする方法、グラフ化する方法、図入りの説明などの方法がある。

---

#### レポートの書きかた

I. はじめに  
実験・観察や野外調査などの実験を行なった場合、ただ単純に、結果を記録して終わりでなく、その結果をもとに実験レポートを作成することで、さらに生物の学習を深めることができる。また、将来の進路先で、論文やレポートを書かされる時の練習にもなるのでぜひ、よいレポートが書けるように努力してほしい。ここでは、レポートを書くのがどうも苦手、という人のために、今回の授業の実験についての書き方を、特別にガイダンスします。

II. レポートの書きかた  
まず、B5判（このプリントの半分の大きさ）のレポート用紙をまず買いなさい。ノート、ノートを破ったもの、ルーズリーフ、そのほかの紙はレポートとして認めません。必ず、どのメーカーのものでもかまわないから、各自購入すること。

①表紙 1枚目は表紙をつくる。ここには実験題目、実験をした年月日、クラス、出席番号、氏名、共同実験者を書く。右図を参考に。

ネットキスでとめること。

カクラーゼの温度効果について

平成8年10月吉日（土）

1年2組 番号 氏名  
共同実験者

②実験題目 2枚目の一番最初に、1. 実験題目 と書き、その日に行なった実験の題目を書く。今回の実験題目は、各班で決定したもの（実験計画書に書いてあるもの）を書く。

③実験目的 次に、2. 目的 と書き、その実験はどんなことを調べる（確かめる）ために行なうのかを簡潔にわかりやすく書く。今回は、計画書のものそのまま写せばよい。

④実験材料・器具・薬品 次に、3. 材料・器具・薬品 と書き、その実験で使った材料、器具、薬品については、すべてをもらさず全部書くこと。実験で使う材料、器具、薬品はたくさんあるので、忘れないようにしっかりメモをとっておくこと。今回は計画書の器具・薬品を参考にすが、班によって、実際に使った器具、薬品は異なるので注意すること。

⑤実験方法 次に、4. 方法 と書き、その実験のやり方（方法）を、わかりやすいように簡潔書きにする。方法についても、班によって違うので注意。実験計画書で書いた方法をもとにして、実際に班で行なった手順を詳しく書く。計画書の丸写しではなく、第三者がわかりやすいように図やイラストなどを入れるなど工夫をして、オリジナリティーを出す。

⑥実験結果 続いて、5. 結果 と書き、その実験で得られた結果を書く。たとえば、顕微鏡での観察であれば、ここにスケッチを貼りつけなければいけません。量や数値で結果が得られる場合も考えられるので、その結果が第三者にもわかりやすいように、表やグラフにするなど工夫をする。このとき、説明や気付いたことを文章で添えるようにする。ここで注意してもらいたいのは、得られた結果をそのまま書き、もし失敗したと思っても、うそや、自分の勝手な推測は、決して書かないことである。まして、実験を真面目にやらずに人の結果を写さないこと。

⑦実験考察 続いて、6. 考察 と書き、その実験の考察を書く。考察とは、実験で得られた結果について、次のようなところに注意して書く。この考察のよし悪しでレポートの点数が決まる。真実に書くこと。  
○実験結果と計画のところで立てた仮説と比較してどうか。  
くい違いがある場合は、その原因を考える。（仮説の予測が正しいか、方法・手順に問題があるか、結果の処理が不適切か、など。）  
○対照実験があれば、その意味やわかったことなどを書く。  
○実験結果からどんなことが言えそうか。（実験の結論につながる）  
○それはどうしてか。  
○文献で調べた知識と、自分の結果と比較する。くい違いがある場合は、原因を考える。  
○うまくいった班は、具体的にどこがよかったのか。  
○うまくいかなかった班は、具体的にどこが悪かったのか。  
○成功するためにはどんなことに注意すればよいか。  
○その他気付いたこと。

⑧結論 続いて、7. 結論 と書き、この実験から得られた結果をもとに、考えられる結論を簡潔にまとめて書く。（考察のところで触れたことよい。）

⑨感想 8. 感想 と書き、その実験の自分の感想を書く。ただ面白かったとか、薬品が臭かったなどという簡単な感想でなく、どういうところが面白かったのかなどを具体的に書くこと。たくさん書けば書くほど点数はUPする。

⑩参考文献 最後に、9. 参考文献 と書き、何かを調べるためなど、このレポートを書くにあたって、使用した教科書、図鑑、参考書などの書名、著者名を必ず記入しておくこと。

レポートの一頁

図 3-4

### (3) 指導内容の検討

表3-3のように、全日制普通科の2年生6クラス3グループに対して、課題発見を3通りの方法で行わせた実践例を基にして、以下の3点を検討する。

- ① データ処理と考察の仕方
- ② 課題の発見と予想
- ③ 実施計画と報告書

#### ① データ処理と考察の仕方

実験データの処理において、生徒の多くは定量的な取扱いを苦手とし、グラフの作成や読取りに苦労をしている。したがって特にグラフ作成と読取りに関しては、基本的な事項について指導が必要である。時間を有効に使うにはデータの処理で授業外の時間の活用を図ると良い。

考察をシートに記入させることで、生徒は容易に基礎実験で理解すべきことを確認できる。班別の話し合いや教師の指導により、未確認事項が疑問点として浮かんでくる。しかし、シートに記録せず、穴埋めを行っただけという生徒が多い場合には、教師は考察した内容をあらためて解説せざるを得ない。これは生徒が考察の仕方を理解していないためであるが、解説は過度にならぬように注意しなければならない。解説が詳細にわたることで教師主導的になり、生徒の探究心を刺激しなくなるからである。

#### ② 課題の発見と予想

表3-3によると、課題例を考察シートに直接「表示」した場合に、生徒は「簡単なものはどれか」という視点で課題を選ぶ傾向がある。これでは生徒の内なる探究心の発露になるとは言い切れない。また、課題例を「虫食い」にすると生徒はその穴埋めに集中し、正解にのみ執着して、実験全体を見据えて課題を発見するというより、自分達の見いだした虫食いの正解の中から課題を選択しようとしている。では「非表示」の場合はというと、各シートの解説で例示した事項の印象が強くなってしまふ。トレーニングの初期において、生徒は指示待ち状態にあり、教師の指導の仕方でも課題に集中させることも可能になる。実験は生徒が結果を容易に予想できるものが多い。その中で、単に探究の道筋を紹介し実験させるのであれば、班数分の課題を用意し班別で選択させることでも、「主体的に探究させる」という目的は達成できる。また、結果をクラスで発表、集計することで、内容を深く理解させることもでき、本実験後は自主的に探究活動を行った気分を味わうことができる。これも探究活動のトレーニングとして位置付けることもできるが、本研究では生徒の自由な発想を容認しつつマネジメントすることが、より「主体的」になると判断した。つまり、課題発見は生徒に示すリストを最小限に押さえ、班の話し合いや教師の班別の指導に力点を置き、生徒が独自の課題を設定できる授業展開とした方が、生徒には良いトレーニングになると考えた。図3-5に考察シートの記入例を示す。

表3-3 リストの表示の仕方による課題例件数

発見課題例	リスト表示	リスト非表示	虫食いリスト	
温	最適温度	2	3	2
	失活曲線	2	2	1
度	処理時間			1
材	他の生物比較	3	2	4
	部位別比較	1	1	
料	形態比較	2		1
	最適pH		1	1
	酵素量・基質量	1	1	
保 存	乾燥		1	1
	低温処理			2
その他	油で炒める 炭化させる		油で揚げる 線香・死細胞	

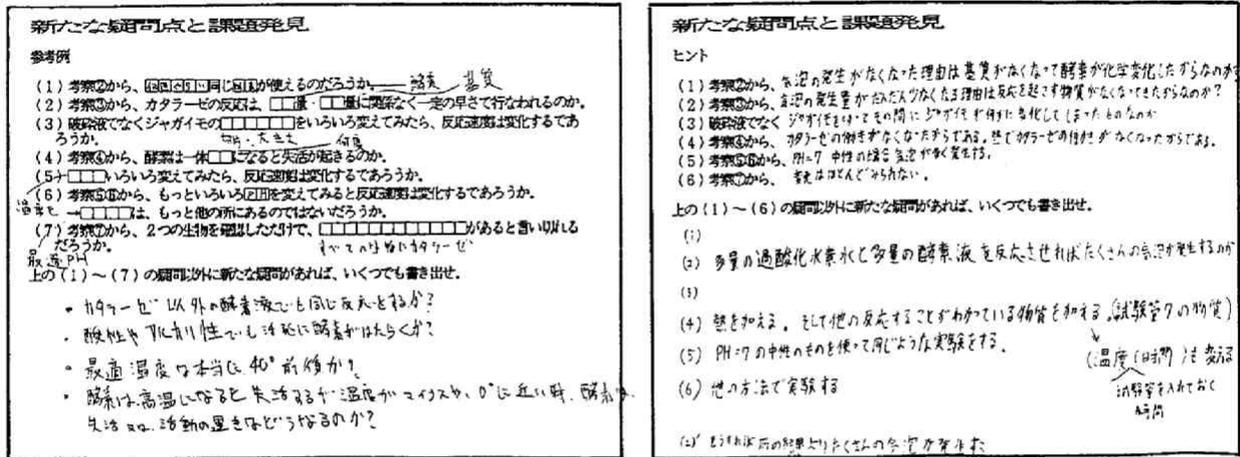


図 3-5 考察シート（一部）の記入例（左：虫食いの場合 右：非表示の場合）

ところで、表 3-3 のその他の欄で「線香」という課題が記載されている。これは基礎実験中に線香が落ち気泡が発生したという事実から設定された課題である。酵素の性質というテーマからはそれであり、考えれば意味のない実験になることは予想し得る。しかし、生徒の「確認したい」という欲求を満たすことに意義を見いだせばこの課題も意味を持っている。内容を精選した基礎実験から自主的に課題設定することに目標を置くことで、彼らは、「本当にそうなのか確認したい」という欲求をもち、意欲を高め、探究の出発点に立っているからである。

### ③ 実施計画と報告書

計画書の記入は、基礎実験書が流用できることもあり粗雑なものが多かった。頭の中で組み立てられている計画であっても文章にすることについては経験の乏しい生徒にとっては難しさがある。当然、添削と再提出を繰り返さなければならない。これは生徒が実験方法、試薬の性質、器具の使用法等を知らないことにも原因がある。年間の指導計画で学年の初めから考慮する必要があるが、各学校の実状に応じた展開が可能である。少なくとも今回の題材については、時間はかかったが十分に対応できた。

報告書の基礎実験部分は実験書等を用いて簡単に書くことができる。さらに本実験の分が加わるので最終的にはかなりのページ数のものを作成することになる。これにより生徒に充実感、達成感を持たせることができ、同時に資料検索の重要性も指導できる。

また、先の「線香」の班の結果は「反応なし」であった。しかし、前回の再現を指示した後「熱による反応」という結論に達し、計画書にはない「火を消した直後の線香の投入」「暖める」といった操作を行っていた。このことは彼らが仮説を設定し、検証していることになっている。多くの班が本実験において予想と違う結果となった。そこで生徒達は細部にわたる観察を行い、実験結果を客観的にまた率直に判断することで、「それはなぜか？」を考えることになり、その上で疑問を持ち、それが未解決であることに「焦燥感」を持つようになった。つまり、今回の一連の授業で探究活動の出発点である、意欲を引き出し、探究する態度の育成を図ること、さらに「課題研究」の流れを体験させることができたことと判断でき、これらの点で本指導法は十分な効果があったと考えられる。

#### (4) おわりに

本実験の終了後、対象生徒全員に線結びアンケートを実施した。これは、生徒が授業で特に印象に残った項目を左側から3つ選び、意味が通じるように線で結ぶというもので、授業の様子をつかむために用いる。図3-6はこのうち、探究活動に関係の深い項目を取り上げて集計したもので、引かれた線の太さが人数を表している。

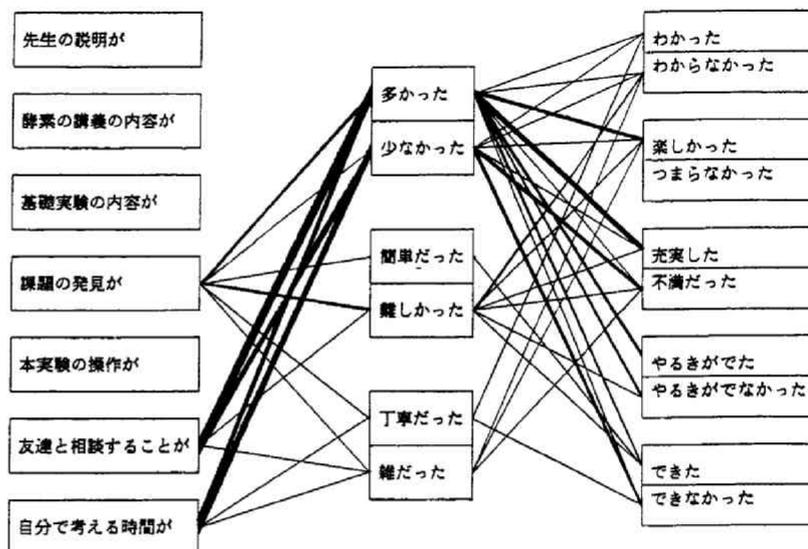


図3-6 線結びアンケート

この結果をみると、「自分で考える時間」「友達と相談することが」が「多かった」生徒は、「楽しかった」「充実した」「やるきがでた」と答えている。また、「やるきがでた」には「多かった」からのみ線が結ばれているので、自ら学ぶ意欲を引き出すためには自分で考えたり、生徒どうしが相談したりする時間の確保が必要と考えられる。

本研究の実践から、探究活動は一連の授業展開の流れの中で次第に生徒に定着してくるものと考えられる。まず、導入方法の工夫が大切である。例えば、生徒が身近に感ずるものを題材とする場合、言葉だけで説明するのではなく実物を見せたり、演示実験を行ったりすること等がある。次に、生徒の活動の様子や考察シートの作業内容を評価し、これを生徒に対してフィードバックすることが大切である。生徒が主体的に探究活動を進めるに当たって、途中で適切な評価が与えられないと、活動を進めていくことに興味・関心を失ってしまうこともある。したがって、教師が毎時間ごとに生徒の学習状況を適切に把握して学習のアドバイスをし、生徒のやる気や興味を学習意欲につなげる必要がある。仮に生徒が現実的に無理のある課題設定や実験計画を立ててしまっても、これを全面的に否定するのではなく、なるべく生徒の欲求を満足させてやるようにアドバイスを与えるようにしたい。つまり、生徒が自発的に考えたり、友達と相談したりする活動を教師が支援するような授業展開とすることが、探究活動の定着の基本となるのである。

今回の研究では、生徒を考察シートにより探究活動へ導くことを主眼とした。この考察シートによるトレーニングを繰り返すことによって、シートに頼らず、生徒が自主的に探究活動を行うことができるようになってくる。これこそが課題研究に取り組む姿勢を育成することになり、本研究の最終的な目標でもある。

今回のような探究活動を中心とした学習では、生徒がまだ不慣れなせいか、課題発見、実験計画の立案においてとまどいがみられた。しかし、生徒の中には、植物の根や花卉等を材料にしたり、油で炒めたジャガイモで実験を行うなど、様々な創意工夫を行う者もいた。このような発想をこれからどのように伸ばしていくのかも今後の課題の一つであろう。