

化学分野における実験による実力テストの試み（Ⅰ）

丸本 浩

当校の理科教育における重要な柱のひとつとして生徒実験の重視という点があげられる。

平素の授業ではできるだけ多く生徒実験を取り入れ、さらに中・高の各学年の状況に応じて探究活動や課題研究などが積極的に実施されている。さらに、当校での「校内実力テスト」では、高校1年理科選択者を対象とした「実験によるテスト」の試みがなされてきた。ここでは、化学実験による実力テストの実践とその評価を行なった。今回のテーマは生徒にとって少し難しかったようであるが、実験によるテストに真剣に取り組んだ結果、理科に対する興味・関心を今まで以上に高めることができたことを実感した生徒が多く見られた。生徒の理解度や学習の進度に応じた適切なテーマを選定すること、評価目標についての様々な観点からの検討、実験を行なうために必要な器具や薬品等の充実を図ることなどの課題が明確になり、今後の取り組みの指針が得られた。

1. 実施状況および課題（テーマ）

実施日：1992年11月12日（水）

対象生徒：高校1年理科選択者（全員必修で理科Ⅰを5単位履修中であった）

参加人数：29名

実施場所：化学教室および化学準備室（生徒一人ずつに実験のスペースを与えた）

課題(テーマ)：実験により5種類の白色粉末物質の判別をすること

5種類の白色の粉末A～Eがある。これらの粉末は、塩化アンモニウム(NH_4Cl)、水酸化カルシウム($\text{Ca}(\text{OH})_2$)、グルコース($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$)、塩化ナトリウム(NaCl)、炭酸水素ナトリウム(NaHCO_3)のいずれかである。粉末A～Eが、それぞれどの物質であるかを実験をおこなって決定し、その結果を詳しくレポートにまとめよ。ただし、実験を行なう前に、次の事項についてよく考えてから取りかかること。

- ① 物質を確認する原理・方法などをよく理解し整理すること。
- ② 実験の方法・操作の手順をよく考えること。（粉末は1gしか与えない。）
- ③ 実験に必要な器具・薬品類のリストを作成すること。
- ④ 他人のマネをせず、自分なりの方法を工夫すること。
- ⑤ 安全に実験するように十分注意すること。（危険な行為をしない。）

制限時間：実験ならびにレポート作成時間を含めて 80分

2. 実験の原理・方法

(1) 粉末を詳しく観察する。

色、粒子の大きさ、形、結晶か非結晶か、臭い、潮解性、風解性など

(2) 固体を少量試験管に取り加熱する。

固体の融点を調べる、イオン結晶、黒くなったら炭素を含んだ有機物

- (3) 少量の蒸留水に溶かしてみる。
溶解度は大きいか小さいか、水溶液は透明か、気体は発生しないかなど
- (4) 水溶液の液性を調べる。
リトマス試験紙、フェノールフタレイン溶液、BTB溶液、万能pH試験紙
- (5) 炎色反応をおこなう。
Na・・・黄色、Ca・・・橙色、など
- (6) 酸やアルカリを加える。
◎HClでCO₂を発生する→炭酸塩(CO₃²⁻)、Ca(OH)₂水溶液に通じると白濁
◎NH₄ClにNaOHなどを加えて少量の水滴でアンモニアが発生する。
- (7) 硝酸銀水溶液を加える。・・・Cl⁻の検出

以上のような操作方法によって、A～Eの白色粉末の判別ができる。そのためには、化学物質に関する正確な知識と正しい実験操作の方法ならびに実験・観察によって得られた結果を科学的に考察する能力等が要求される。また、今回は時間的な制約もあり、結果をわかりやすくレポートにまとめることも要求されている。

3. 実験に必要な器具・薬品類

- (1) カゴに入れて生徒一人ずつに配布したもの
試験管(10)、ガラス棒(1)、試験管立て(1)、薬さじ(1)、こまごめピペット(1)
試験管ばさみ(1)、マッチ(1)、蒸留水(1)、A～Eの白色粉末の包み
- (2) 教卓に置いた器具・薬品
ステンレス線、ルーペ、リトマス試験紙(赤・青)、BTB溶液、フェノールフタレイン溶液
希HCl (6mol/l)、希HCl (2mol/l)、硝酸銀水溶液 (0.01mol/l)
- (3) 生徒が要求して追加で教卓に置いた器具・試薬
薬さじ(薬品の数だけ)、金網、沸騰石、メートルガラス (20ml)、蒸発皿 (小)、ストロー
ビーカー (50ml)、三脚、気体誘導管、ゴム栓、石灰水

4. 板書事項および留意点

- (1) 薬品をなめてはいけない。
- (2) 実験に取り組む態度等をしっかりと評価する。
- (3) タイムテーブル 12:13～12:15 実験の方針を記入させる。
12:15～13:20 実験・レポート作成
・・・13:30まで延長・・・13:50 終了
- (4) 生徒に配布した試料につけたA～Eの記号は、一人ひとりの生徒で替えており生徒どうしの情報交換ができないよう配慮した。また、必要な器具や試薬はカゴに入れて一人ずつ配った。追加で使用する器具や試薬は教卓上に準備しておいた。

当日の実施状況を以下の写真で示した。



写真1: 配布した試薬の包み



写真2: 教卓の様子



写真3: 実験の方針を考える



写真4: 実験の様子①



写真5: 実験の様子②



写真6: レポート作成の様子

5. 評価基準および評価方法

(1) 実験について (5点満点)

- ア, 積極的にとりくんでいるか。 (積極性)
- イ, 安全上の配慮がなされているか。 (安全性)
- ウ, 実験に計画性があるか。おもいつきで実験していないか。 .. (計画性)
- エ, 正しい実験の操作をおこなっているか。 (操作性)
- オ, 注意深く観察をしているか。 (観察能力)

(2) レポートについて (5点満点)

- ア, 読みやすいレポートになるように配慮されているか。 (平易度)
- イ, レポートの流れはしっかりしているか。 (流れ)
- ウ, 実験の方法や操作をわかりやすく記述しているか。 (記述力)
- エ, 実験の結果を正しく評価して結論を導いているか。 (論述性)
- オ, データーの処理の方法などに工夫がみられるか。 (独創性)

以上の評価基準に基づいて、化学担当者(3名)が巡回しながら実験操作等について評価した。

(3) 実験終了後、提出されたプリント(B4版1枚)を評価した。

- 結果 (5点満点) 5種類の化合物を正しく確認したか。(正確さ)
- 以上の総合評価(合計15点満点)を5段階(5, 4, 3, 2, 1)で示した。

6. 実力テストの結果と評価

5種類の白色粉末の正答率を以下の表で示す。

物質(化学式)	NaCl	NaHCO ₃	C ₆ H ₁₂ O ₆	NH ₄ Cl	Ca(OH) ₂
正答率 (%)	86	45	79	41	55

塩化ナトリウムとグルコースの正答率が高かったのに対して、炭酸水素ナトリウムや塩化アンモニウムに対する性質の理解が不足していたために正答率が低くなったと思われる。塩化ナトリウムは結晶の形や液性から推定し、硝酸銀によるCl⁻検出から確認をおこなった生徒が多く見られた。また、グルコースは少量の粉末を試験管に取り、加熱すると黒くなることから炭素の存在を確認する方法が多かった。このような方法は、元素の検出・確認の方法として授業で取り扱っており、生徒はスムーズに実験方法を確立できたようであった。以上のような理由で、塩化ナトリウムとグルコースの正答率が高かったと考えられる。

炭酸水素ナトリウムや塩化アンモニウムに関する知識は、高校1年の11月における化学分野の履修状況(進度)からは、無機非金属化合物に関する知識が十分ではなく、また、酸や塩基の性質および塩の加水分解などを履修した後でないとpHに関する理解が不十分であった。このような理由で、残りの3種類の物質の正答率が低かったと考えられる。

また、レポート作成時間を含めて80分という時間設定から考えると、試料物質が5種類というのは少し多すぎたようであった。4種類くらいが妥当と思われる。

評価は3名の化学の教員で机間巡視を行い、一人ひとりの生徒の操作の様子や実験に取り組む態度や操作の安全性などを記録・集計し、評価基準として取り上げた5つの視点から実験の評価を行った。多くの生徒は積極的に取り組んでいたが、実験に計画性が見られない生徒や、間違った実験操作を行っていた生徒も見られた。レポートではどのような実験操作を行なったのか明確にされていないものや、結果のみで途中の考察がはっきりしないものもあったが、中には、一覧表ですっきりとまとめられたものや論述性の高い優れたものも多く見られた。実験とレポートの評価を総合して、最終的に15点満点で評価し、これを5段階で表示したが、手際よく実験し正答にどりついても化学的根拠に乏しくレポートの表現力が低い場合や、逆に、しっかりと実験計画を立てることができたが、操作方法が未熟なため正答が得られなかった例が見られた。

今回のテストを実施した後、生徒へのアンケートを実施した。その結果、今回の課題は生徒にとって少し難しかったようである。しかし、実験によるテストに真剣に取り組んだ結果、理科に対する興味・関心を今まで以上に高めることができたことを実感した生徒が多く見られた。

7. 今後の課題

今回の取り組みを通じて、次のような課題が明確になった。

- (1) 生徒の理解度や学習の進度に応じた適切なテーマを選定すること。
- (2) 評価方法や評価目標の設定を明確にすること。
- (3) 実験を行なうために必要な器具や薬品等の充実を図ること。

以上の課題をうけて、今後の取り組みをすすめることが重要である。今回のような取り組みを通じて生徒の知的好奇心や探究心を育てることが可能であり、かつ理科に対する興味・関心を高めるためにも大変有効な方法であることがわかった。今後も継続して取り組みを進めたい。

8. 資料 アンケート調査集計結果 (29名)

1. 理科を選択したことについて、どう思っていますか。

- ① よかった。 14人
② 後悔している。 9人
③ どちらとも思わない。 6人

2. 内容について

(7) 実験(粉末を調べること)について

- ① 難しい。 23人
② やさしい。 0人
③ ちょうどよい。 5人
④ わからない。 1人

(4) レポートについて

- ① どの程度書いていいのかわからない。 5人
② 書き方がわからない。 3人
③ 書くことは苦手である。 10人
④ この程度が手ごろである。 11人

3. 時間について

- ① ちょうど良い。 8人
② 80分では短すぎる。 21人

4. この実験をおこなうために必要と感じた器具は？

電流を流す装置(テスター等), 二酸化炭素, 塩化コバルト紙など

5. 今回の実力テストで理科を選択した理由はどれですか。(複数解答可)

- ① 理科(実験)が好きだから。 18人
② 楽しそうだったから。 10人
③ 他に興味のある科目がなかったから。 2人
④ やさしそうだったから。 1人
⑤ その他(こんなチャンスはあまりないと思った。) 1人

6. その他(なにかあれば書いてください)

- ・おもしろかった。(2人) ・思ったよりも楽しかった。とても楽しかった。(4人)
- ・非常に難しかった。大変だった。(2人) ・疲れた
- ・授業できめられた実験をするのでなく、このような実験をしたい。
- ・一人でおこなう実験はさみしかった。
- ・もう少し基礎知識を身につけていればもっと楽しかったはず。
- ・自分の化学に対する知識のなさを反省している。