

化学 I B における探究活動について (I)

——無機物質の性質に関する探究活動の実践例——

丸本 浩

いよいよ新教育課程がスタートする。前報では化学 I B における探究活動のあり方や、望ましいテーマ例、探究活動を行なうときのさまざまな課題やその解決方法等について考察した。¹⁾ここでは、化学分野における無機化合物の学習での探究活動の実践例について具体的に報告する。すなわち、「水溶液を判別する」というテーマにもとづいて探究活動をおこない、生徒の化学に対する興味・関心を高めるための取り組みをおこなった。その結果をふまえて、今後の探究活動をより効果的に実施するための提言や今後の課題について報告する。

1. はじめに

新教育課程における探究活動や課題研究の重要さは、もはや、いうまでもないことである。すなわち、理科の授業における実験の占める重要性やその意義が今まで以上に増大し、さらに、生徒に「探究」させて、その結果を「報告書」のかたちで表現する能力を身につけさせることが要求されていることになる。一方、従来の実験では、生徒は実験書の指示のとおりにより操作するだけで、実験の意義や目的、なぜそのような操作を行なうのかといった、実験の本質にかかわることを軽視して教師の示した実験の結果と一致することが最大の目的であるかのごとく行なっているのではなからうか。このような反省にもとづいて、探究活動を積極的に実践する必要があると考えられる。

しかし、前報でも示したように、大がかりな実験装置や設備を必要とする実験や、準備に多大な時間と労力を必要とする実験はなかなか実行できないのが実状である。そこで、今回は、用いる器具・装置や薬品は最小限にとどめ、なおかつ生徒に十分に探究させることができる効果的な実験例を示し、その実験について本校での実践報告をおこなった。

2. 無機物質の性質に関する探究活動

無機化合物の学習では、とかく物質名や性質・反応などをまる暗記するだけの学習になりやすく、生徒の興味や関心を高めることができず、無味乾燥な授業になりがちである。そこで、できるだけ多くの生徒実験を取り入れたり、単元の理解を深めるために探究活動を行なう等の対策が考えられる。

ここでは、「4種類の無色・無臭の水溶液を生徒に与え、その水溶液だけを用いた化学反応により水溶液を判別する。」という探究活動を実施した。このようなクイズ形式の実験を取り入れることによって、生徒の化学に対する興味・関心を高め、化学的な思考力や判断力を高めることが期待できる。

3. 単元計画

(1) 非金属元素の性質 (10時間)

- ① 水素と希ガス…………… 1時間
- ② ハロゲンとその化合物…………… 2時間
- ③ 酸素・硫黄とその化合物…………… 2時間
- ④ 窒素・リンとその化合物…………… 2時間
- ⑤ 炭素・ケイ素とその化合物…………… 2時間
- ⑥ 周期表と非金属元素…………… 1時間

(2) 金属元素の性質 (12時間)

- ① アルカリ金属とその化合物…………… 2時間
- ② 2A族元素とその化合物…………… 2時間
- ③ アルミニウム・亜鉛とその化合物…………… 2時間
- ④ 遷移元素とその化合物…………… 3時間
- ⑤ 金属イオンの分離・確認 (定性分析) …… 2時間
- ⑥ 周期表と金属元素…………… 1時間

(3) 探究活動 (2時間) …………… (本時はその第1時限)

4. 実施状況

	日 時	ク ラ ス	生徒人数
第1回	1993年10月1日(金) 第1時限	5年 Ⅲ群	32名
第2回	1993年10月6日(水) 第6時限	5年 Ⅳ群	46名

5. 準備 (生徒実験用)

原則として2人1組で1クラス分 (24セット) ほど準備する。

(ただし、使用する試験管の本数が不足すれば4人1組で実施しても良い。)

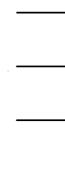
器 具：試験管 (最大12本), 試験管立て (1)

薬 品：硝酸銀 (AgNO_3) 水溶液 (0.1mol/l)

塩化バリウム (BaCl_2) 水溶液 (0.1mol/l)

炭酸ナトリウム (Na_2CO_3) 水溶液 (0.2mol/l)

希硫酸 (H_2SO_4) (1 N)




各10mlずつ

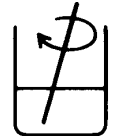
6. 授業展開過程 (学習指導案)

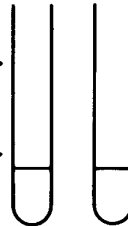
導入 (5分) : 化学クイズ であること。

< 演示実験 >

A, B 2種類の水溶液を調製し, その水溶液を判別する方法を考える。

NaCl (大さじ1) →  A

ショ糖 (大さじ1) →  B



どちらがA, Bなのか
区別はできない。

(発問) どうやって判別したら良いか?

…………生徒に問いかける。

★予想 (期待) される生徒の解答例

- ① なめる。
- ② 蒸発乾固→結晶を観察。
- ③ 電流を通じる。(電解質と非電解質)
- ④ 炎色反応→黄色。(Naの検出)
- ⑤ $\text{AgNO}_3 \rightarrow \text{AgCl}$ の白沈。(Cl⁻の検出)

展開 (40分) : プリント配布 → 問題提起 (課題の説明)

テーマ: 水溶液の判別

4種類の無色・無臭の水溶液A~Dがある。
これらの水溶液は, 炭酸ナトリウム (Na_2CO_3), 塩化バリウム (BaCl_2),
硝酸銀 (AgNO_3), 希硫酸 (H_2SO_4), のいずれかである。水溶液A~Dが,
それぞれどの溶液かであることを, 実験により決定せよ。
ただし, 実験で使用する器具は試験管 (最大12本) のみで, 各水溶液は10ml
しか与えないものとする。

●考えさせるポイント●

- (1) この実験ではどのような変化が生じると予想されるか。
- (2) このときの変化をイオン反応式等で示せ。
- (3) 実験方法について簡単にまとめよ。(実験計画の立案)

★以上の項目について生徒が5～10分程度考える。

☞場合によっては教科書等を調べたりお互いに相談させても良い。

ともかく、短い時間ではあるが、生徒自身に実験の方針や計画を立てさせて、十分に考えさせることを主眼とする。

★2人1組となって(または一人でおこなっても良い)実験に取りかかる。

☞実験および結果のまとめと考察の時間は最低でも約30分程度は与える。

★ヒントやアドバイスの与え方。(与えすぎでは探究活動にならない。)

☞まったく手付かずの生徒の個別指導をどのように行なうか。

★4種類の水溶液を判別するときのポイント

炭酸銀 (Ag_2CO_3) の沈殿の生成……淡黄白色 (AgCl よりはやや黄色い。)
炭酸ナトリウムに希硫酸を加える……弱酸の塩が強酸により分解。

まとめ(5分) : プリント配布……説明

●結果をプリントにまとめさせて提出……その場で手を揚げさせても良い

★次回までの課題を提案する。

☞リターンマッチをやりたいという生徒のために、今度は生徒からの出題を募集する。

実際にその問題を実験により解決することができるのか?

さらに探究活動を重ねよう。

7. 考えさせるポイントおよび実験の結果と考察

(1) この実験ではどのような変化が生じると予想されるか。

- (a) 沈殿の生成……量, 色, 粒の大きさ, ねばりけ (さらさらorずるずる)
- (b) 沈殿の時間的变化……日光 (紫外線), 酸化 (空気中の O_2 や CO_2)
- (c) 気体の発生……気泡の量, 持続時間, 加えた瞬間と攪拌したときの状態
気体の匂い, 色? (おそらく無色であろう。)

(2) 予想される変化とイオン式

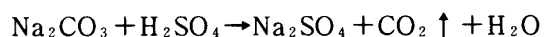
(a) 銀イオン (Ag^+)

- ① $Ag^+ + Cl^- \rightarrow AgCl \downarrow$ (白色沈殿) ……日光で紫色に変色する。
- ② $2 Ag^+ + CO_3^{2-} \rightarrow Ag_2CO_3 \downarrow$ (黄白色沈殿) ……少し黄色味を帯びた白沈

(b) バリウムイオン (Ba^{2+})

- ① $Ba^{2+} + CO_3^{2-} \rightarrow BaCO_3 \downarrow$ (白色沈殿)
- ② $Ba^{2+} + SO_4^{2-} \rightarrow BaSO_4 \downarrow$ (白色沈殿) ……最もきめ細かい白色沈殿

(c) 炭酸イオン (CO_3^{2-}) ……二酸化炭素の気泡が発生する。



(d) 硝酸イオン (NO_3^-), 硫酸イオン (SO_4^{2-}), ナトリウムイオン (Na^+) は安定。

(3) 実験方法について (実験計画の立案)

- (a) 使用する試験管の本数………溶液を混合するために必要な本数は6本。
- (b) 結果をわかりやすく表現する方法…表の作成。(重複の防止)

(4) 判別の結果 (今回の場合)

	記号	A	B	C	D
記号		硝酸銀 $AgNO_3$	炭酸ナトリウム Na_2CO_3	希硫酸 H_2SO_4	硫酸バリウム $BaCl_2$
A	硝酸銀 $AgNO_3$		$Ag_2CO_3 \downarrow$ 黄白沈	—	$AgCl \downarrow$ 白沈
B	炭酸ナトリウム Na_2CO_3	$Ag_2CO_3 \downarrow$ 黄白沈		$CO_2 \uparrow$ 気体発生	$BaCO_3 \downarrow$ 白沈
C	希硫酸 H_2SO_4	—	$CO_2 \uparrow$ 気体発生		$BaSO_4 \downarrow$ 白沈
D	硫酸バリウム $BaCl_2$	$AgCl \downarrow$ 白沈	$BaCO_3 \downarrow$ 白沈	$BaSO_4 \downarrow$ 白沈	

8. 生徒の感想・意見等（有効解答数66名）

今回の探究活動を実施した直後の生徒の感想等を以下のとおりに集約した。

(1)おもしろかった，興味がある。（20名，30%）

- ①普通にやる実験よりおもしろいし，ためになった。
- ②最初はどうなることかと思ったが，やってみると楽しかった。一口に沈殿といってもいろいろあることがわかった。
- ③混ぜ合わせただけで，判別できるのはすごいと思った。
- ④今までやった反応式などはけっこう忘れていたものが多かったけどこういう実験をすると，ただ覚えているだけじゃあなくて，生きてくるなあをつくづく感じました。
- ⑤難しかったけどおもしろかった。こういった実験ならすこしは頭に残りそうだ。
- ⑥この実験は今まで習ったことを活用してやる実験だったので，おもしろくもあり大変でもあった。白沈の少しの違いを観察できてよかった。
- ⑦わかっていることからわからないところを考えていくのがおもしろかった。 BaCO_3 と BaSO_4 の見分け方はわからなかったけど，他の反応と合わせて考えると，どの薬品か決めることができてるおもしろかった。
- ⑧最初に反応式を書いておいたので，それがとても役に立って，短時間でできた。わかったときはうれしかったし，とてもおもしろかった。

(2)考えるよりどんどん実験をおこなった方がよかった。（8名，12%）

- ①実験する前はとまどったけど，やってみると簡単だった。
- ②一通り溶液を混合させた後，反応を見て溶液を分けた方が簡単に終わる。
- ③全部で6とおりの組合せができるのがわかっていたので，結果を考えるより，どんどん実験すればよかったと思った。
- ④ AgCl はすぐ気づいた。案外表をうめていけばすぐに決まっていた。なかなかおもしろかった。
- ⑤頭の中で考えているより，やってみた方がはやいと思った。「案ずるより生むがやすし。」

(3)ヒントでわかった。（7名，11%）

- ①ヒント（ $\text{Ag}_2\text{CO}_3 \downarrow$ ）でわかった。
- ②塩化バリウムと硝酸銀は自分達の力でできたけど，それからどうやろうかと迷ってしまった。先生の全部でくみあわせが6つあるというヒントで無事解答にたどりつけた。
- ③白沈のなかで BaSO_4 は最もきめ細かいということに気づけなかった。そのことがわかっていたらもっと確信をもてたと思う。
- ④先生が黄色いのは～だとか教えてくれるまで，何もわからないものが多かった。おもしろかった。自分が何も覚えてないのがわかった。

(4)間違えた、難しかった。(31名、47%)

- ①実験はもっと正確に計画性をもって行った方がよかった。
- ②方針が途中で変わった。色だけでは判断できなかった。
- ③イオンのことをすっかり忘れてて、反応式しか考えなかったので上手くいかなかったような気がする。
- ④沈殿するかしないかをしっかり覚えていなかったなので、難しかった。
- ⑤混ぜ合わせたときに、ほとんど白沈または白濁になるので、むずかしかった。
- ⑥他の薬品を使えない、というのはつらかった。
- ⑦希硫酸に水を加えて発熱させようとしたが、失敗した。
- ⑧むずかしかった。沈殿ができてても何かわからないし、はじめは教科書などを見なかったからAgClの白色沈殿以外は予想できなかった。
- ⑨気体発生がどれか迷った。化学反応も最初は、 $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{CO}_3$ と書いていたので気づかなかった。
- ⑩思ったより難しかった。KeyはAgCl, Ag_2CO_3 だったが Ag_2CO_3 についての知識がないのは痛かった。

9. 取り組みの成果と反省および今後の課題

今回おこなった探究活動は、試験管と水溶液だけで簡単に実行できるという非常に大きな利点があった。そのために、準備も簡単であった。また、生徒の感想からも伝わってくるように、探究的な要素が十分にそなわっているテーマであった。したがって、探究活動を実施する際の教師の負担も、このようなテーマであれば、軽減することが可能であり、しかも探究活動としての効果が期待できるので、授業にすんなりと取り入れやすい。このように、無理なく探究活動を実践できるような工夫をさらに続けることが重要である。

生徒の感想にみられるように、実験の方針や結果の予想などを自分達で考えて、実行することの難しさがよくあらわれていた。しかし、結果の予想やいろいろな試行の段階で、いままでの単なる知識が、いかに実験や観察の裏付けに乏しいものであるか、ということを生徒に自覚させることができた。また、ひとくちに白色沈殿といっても、詳しく観察すると様々なことがわかり、それらの観察の結果からその白色沈殿が何であるかを類推することができる。このように、従来の実験や観察よりも、はるかに強い印象を生徒に与えていることがわかる。

しかし、化学があまり得意でない生徒は、知識の不足から、このような実験を大変難しく感じている。事実、全体の約50%の生徒は、今回の探究活動が難しかったという感想を抱いている。これは、授業を進めていく段階での生徒に与えたアドバイスは適切であったか、または、この実験のレベルが高すぎたのではないかなどの観点について、十分に検討する必要がある。

10. おわりに

今回の探究活動の続きとして、さらに、時間的なゆとりがあれば、生徒自身が出題者となって問題を作り、その問題が実験によりうまく解決できるかどうかを考えさせることもできる。

さらに、お互いに調製した水溶液をお互いに判別しあうことによって、探究活動の中身を深めることができる。(資料Ⅱ参照)このような取り組みの経過を、実験報告書にまとめることによってこそ、生徒自身による真の探究活動を実践したことになる。今回の取り組みは、教師が出題した問題を生徒が解決するというレベルであり、本当の意味での探究活動ではないという意見もある。しかし、このような少しずつの取り組みを積み重ねてゆくことが、科学的な思考能力や実験 観察の能力、さらに報告書作成能力等を高めるための近道であると確信している。

なお、今回のテーマのアドバイスをいただいた、元広島県立広島井口高等学校教諭の山田足穂先生に深く感謝いたします。

参考文献

- 1) 丸本 浩 : 広島大学付属福山中高等学校 中等教育研究紀要 第33巻、1993年、P. 121

＜資料 I＞生徒に配布したプリント（I）

5 年生 化学選択者

1993年10月1日(金)実施
10：00～10：50(50分)

無機物質に関する探究活動 テーマ：水溶液の判別

4 種類の無色・無臭の水溶液 A～D がある。
これらの水溶液は、炭酸ナトリウム (Na_2CO_3)、塩化バリウム (BaCl_2)、硝酸銀 (AgNO_3)、
希硫酸 (H_2SO_4)、のいずれかである。水溶液 A～D が、それぞれどの溶液かであることを、実
験により決定せよ。

ただし、実験で使用する器具は試験管（最大12本）のみで、各水溶液は10mlしか与えないも
のとする。

- (1) この実験ではどのような変化が生じると予想されるか。
- (2) このときの変化をイオン反応式等で示せ。
- (3) 実験方法について簡単にまとめよ。(実験計画の立案)
- (4) 実験をおこない結果・考察・気づき・疑問等をまとめよ。

＜実験の結果と考察＞

＜結果＞ A () B ()
C () D ()

＜感想・反省・気づき・疑問など＞

5 年 () 組 () 番 氏名 ()

<資料Ⅱ>生徒に配布したプリント (Ⅱ)

(1) 予想される変化とイオン式

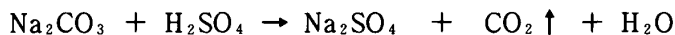
(1) 銀イオン (Ag^+)

- ① $\text{Ag}^+ + \text{Cl}^- \rightarrow \text{AgCl} \downarrow$ (白色沈殿) ……日光で紫色に変色する。
- ② $2\text{Ag}^+ + \text{CO}_3^{2-} \rightarrow \text{Ag}_2\text{CO}_3 \downarrow$ (黄白色沈殿) ……少し黄色味を帯びた白沈。

(2) バリウムイオン (Ba^{2+})

- ① $\text{Ba}^{2+} + \text{CO}_3^{2-} \rightarrow \text{BaCO}_3 \downarrow$ (白色沈殿)
- ② $\text{Ba}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} \rightarrow \text{BaSO}_4 \downarrow$ (白色沈殿) ……最もきめ細かい白色沈殿。

(3) 炭酸イオン (CO_3^{2-}) ……二酸化炭素の気泡が発生する。



(4) 硝酸イオン (NO_3^-), 硫酸イオン (SO_4^{2-}), ナトリウムイオン (Na^+) は安定。

(2) 判別の結果

記号	記号	A	B	C	D
記号		硝酸銀 AgNO_3	炭酸ナトリウム Na_2CO_3	希硫酸 H_2SO_4	硫酸バリウム BaCl_2
A	硝酸銀 AgNO_3		$\text{Ag}_2\text{CO}_3 \downarrow$ 黄白沈	—	$\text{AgCl} \downarrow$ 白沈
B	炭酸ナトリウム Na_2CO_3	$\text{Ag}_2\text{CO}_3 \downarrow$ 黄白沈		$\text{CO}_2 \uparrow$ 気体発生	$\text{BaCO}_3 \downarrow$ 白沈
C	希硫酸 H_2SO_4	—	$\text{CO}_2 \uparrow$ 気体発生		$\text{BaSO}_4 \downarrow$ 白沈
D	硫酸バリウム BaCl_2	$\text{AgCl} \downarrow$ 白沈	$\text{BaCO}_3 \downarrow$ 白沈	$\text{BaSO}_4 \downarrow$ 白沈	

無機物質に関する探究活動 (Part 2)

5年 () 組 () 番 氏名 ()

課 題

前回実験した4つの試薬の組み合わせ以外に、異なる3種類または4種類の試薬を用いて、お互いの試薬を混合するだけで判別できる組み合わせを考えてみよう。

また、このときの試薬をお互いに判別する反応を説明せよ。

次に、考えたとおりに判別できるかどうか、実際に試薬を作って実験により検証しよう。

① あなたの考えた試薬の組合せ (アイデア)

A () B () C () D ()

② このとき生じる変化と反応式 (予想)

③ 実験を行なうときの留意事項 (実験計画)

④ 実験が予想どおりに行えたか。(結果と考察)

*うまくいかなかった場合はその原因について考えよう。……相談にのります。

<感想・反省・気づき・疑問など>