

身のまわりの物質を題材とした探究活動 — 高等学校第1学年における実践報告 —

三好 美織

今年度から、高等学校においても新学習指導要領が実施されるようになり、各学校の特色を活かした実践が行われるようになってきている。新指導要領は「ゆとり」ある教育を目指して改訂されたが、学習内容の厳選などにより、「学力低下」を危惧する声も聞かれる。このような状況の中で、理科において確かな学力、確かな科学的思考力を育成するための取り組みが求められている。本稿では、問題解決力や科学的思考力を高める理科授業の取り組みとして、高等学校第1学年における、身のまわりの物質を題材とした探究活動の実践について報告する。

1. はじめに

自ら学び、自ら考える力などの「生きる力」を育成することをねらいとした平成11年度告示の高等学校学習指導要領が今年度より実施された。この改訂により、理科では、「基礎理科」、「理科総合A」、「理科総合B」のうちの1科目と、「物理I」「化学I」「生物I」「地学I」をあわせた科目から2科目を必修とするよう改められた。当校では高等学校第1学年において、「理科総合A」および「化学I」をあわせて3単位実施している。

「理科総合A」の目標としては、「自然の事物・現象に関する観察・実験などを通してエネルギーと物質の成り立ちを中心に、自然の事象・現象について理解させるとともに自然と人間との関わりについて考察させ自然に対する総合的な見方や考え方を養う。」とある。さらにその内容として「物質と人間生活」で、「身の回りの物質は原子、分子、イオンからなりたち、それらの粒子の結びつきの変化で物質の性質が変わることや、エネルギーの出入りがあることを理解させる」とある。また、「化学I」では、「化学的な事物・現象についての観察、実験などを行い、自然に対する関心や探求心を高め、化学的に探究する能力と態度を育てるとともに基本的な概念や原理・法則を理解させ、科学的な自然観を育成する。」とある¹⁾。これらの目標にそって、高等学校第1学年においてどのような内容をもって学習活動を展開していくべきかを検討し、さらに学習内容について深く理解していくために、身のまわりの物質を題材とした探究活動を設定することとした。

2. 探究活動の実施に至る学習の状況

高等学校において化学を学習していくにあたり、どの

ような知識を身につけておくべきかについて、高等学校3年間を見通して検討を進め、まず“物質についてのみかた”を養うため、物質を構成する粒子の結合を含めて学習活動を展開することとした。学習内容は以下のとおりである。

1. 物質と原子

(1) 物質の成分

- | | |
|------------|-----------|
| A. 混合物と純物質 | B. 混合物の分離 |
| C. 単体と化合物 | D. 同素体 |
| E. 原子と原子説 | F. 分子と分子説 |
| G. 化学式 | |

(2) 原子の構造

- | | |
|----------|--------|
| A. 原子の構成 | B. 同位体 |
| C. 電子配置 | D. 価電子 |

(3) 元素の相互関係

- | | |
|-----------|-----------|
| A. 元素の周期律 | B. 元素の周期表 |
| C. 元素の分類 | |

(4) イオン

- | | |
|--------------|------------|
| A. イオンの生成 | B. イオンの大きさ |
| C. イオン化エネルギー | D. 組成式と化学式 |

2. 物質を構成する粒子の結合

(1) イオン間の結合

- | | |
|----------|----------|
| A. イオン結合 | B. イオン結晶 |
|----------|----------|

(2) 原子間の結合

- | | |
|----------|---------|
| A. 共有結合 | B. 構造式 |
| C. 配位結合 | D. 共有結晶 |
| E. 分子の極性 | |

(3) 分子間の相互作用

- | | |
|---------|---------|
| A. 分子間力 | B. 水素結合 |
|---------|---------|

(4) 金属の結合

- | | |
|----------|---------|
| A. 金属結合 | B. 水素結合 |
| C. 結晶の比較 | |

学習を進めるにあたり、実験・観察として次のものを実施した。

○物質の成分元素

- ・物質の観察、加熱時の変化、炎色反応、硝酸銀水溶液との反応

○イオンの関与する反応

- ・硝酸銀水溶液による塩化物イオンの検出
- ・塩化バリウム水溶液による硫酸イオンの検出

○分子結晶・・・分子結晶の昇華の観察

○溶解と極性・・・溶液への溶解性の違いの観察

私たちの身のまわりにある物質がどのようなものからできているか、物質のなりたちについて学び、さらに物質を構成する粒子の結合について学習を行ったことで、物質の粒子性、結合についての知識については、ある程度生徒に定着しているものと考えられる。しかし、学習して得られた知識や実験の内容はそれぞれ細切れであり、物質の見方として総合的にそれらの知識を用いるといった経験を生徒はしていない。そこで、これまでの学習において得た知識とともに、個別に行われてきた実験を総合し、生徒自身が物質の性質を調べるための実験・観察を計画した。実験・観察を実施することで、生徒それぞれが、物質に対する興味・関心を一層高め、身のまわりの物質を科学的な視点で捉えることができるようになることを期待し、また、実験・観察の結果から物質を分類し、物質を構成する粒子の結合の視点から考察を加え、物質の性質との関係を実感させることをねらいとして探求活動を設定した。

3. 探究活動の単元構成

物質を構成する粒子の結合と物質の性質との関係についてより深く理解させるため、身のまわりにあるいろいろな白色粉末を試料として用い、物質の性質を調べる次のような探究活動を設定した。

(1) 単元

身のまわりの物質を題材とした探究活動

(2) 対象学年

高等学校第1学年

(3) 単元の目標

- ①物質を構成する粒子の結びつきと物質の性質との関係について、より深く理解させる。
- ②身のまわりにある物質の性質を調べる実験・観察を行い、その結果を科学的に考察することで、物質に対する興味・関心を喚起する。

③実験・観察の結果を考察することにより自らの考えを導き出し、表現する能力を育成する。

(4) 単元計画

第1時限 テーマの提示及び実験・観察計画の立案、準備

第2時限 グループによる実験・観察 その1

[試料：食塩、砂糖、炭酸水素ナトリウム]

第3時限 前時の実験・観察についての考察、および次時の実験・観察計画の立案、準備

第4時限 グループによる実験・観察 その2

[試料：ミョウバン、デンプン、ナフタレン、各班で選択した試料]

第5時限 実験・観察結果の総合的考察、およびレポート作成

4. 探究活動の実践報告

2003年9月、高等学校第1学年・5クラスを対象として、「身のまわりの物質を題材とした探究活動」の実践を行った。

(1) 指導過程

第1時限 テーマの提示及び実験・観察計画の立案

1. テーマ「身のまわりにある物質の性質を調べよう」

○物質のなりたち

○物質を構成する粒子の結合

○物質の性質 について想起する

2. 身のまわりの物質の性質を調べるための実験にはどのようなものがあったか。これまでに行った実験を想起させる。

○物質の成分元素

○イオンの関与する反応

○分子結晶（昇華の観察）

○溶解と極性 など

3. それぞれの班（4人）で実験計画を立てる。

[試料：食塩、砂糖、炭酸水素ナトリウム]

4. 実験・観察に必要な器具・薬品などを準備する。

5. 実験計画書を作成し提出する。

(実験に必要な道具、および実験手順の確認。実験における安全への配慮。)

<準備物> これまでに学習したプリント、実験・観察用プリント、実験計画書

第2時限 グループによる実験・観察 その1

前時に各班で立案した実験方法で、3つの白色粉末について性質を調べ、判別を行う。

[試料：食塩、砂糖、炭酸水素ナトリウム]

- ・実験器具は前時準備しておいたものを用いる。
- ・安全への配慮を行う。
- ・進みぐあいを確認し、適宜指示を与える。
- ・結果の記録、考察のしかたについて指導を行う。

<準備物>実験器具、薬品、試料、実験・観察用プリント

第3時限 前時の実験・観察についての考察、および次時の実験・観察計画の立案、準備

1. 各班の結果から前時の実験・観察についてまとめ、考察を行う。
2. 前時の実験・観察を振り返りながら、次時の実験計画を立てる。

[試料：ミョウバン、デンブン、ナフタレン、各班で選択した試料]

3. 実験・観察に用いる自由選択の試料を決定する。
4. 実験・観察に必要な器具・薬品などを準備する。
5. 実験計画書を作成し提出する。

<準備物>これまでに学習したプリント、実験・観察用プリント、実験計画書

第4時限 グループによる実験・観察 その2

新たに3つの白色粉末について性質を調べ、判別を行う。さらに、各班の選択した試料についても、同様の実験を行い、性質を調べる。

[試料：ミョウバン、デンブン、ナフタレン、各班の選択した試料]

- ・実験器具は前時準備しておいたものを用いる。
- ・安全への配慮を行う。
- ・進みぐあいを確認し、指示を与える。
- ・結果の記録、考察のしかたについて指導を行う。

<準備物>実験器具・薬品、試料、実験・観察用プリント

第5時限 実験・観察結果の考察およびレポート作成

1. 各班で実験・観察結果を発表する。
2. 実験結果をもとに、物質を性質により分類する。
3. 物質を構成する粒子の結びつきと物質の性質との関係について考察を加える。
4. レポートの作成および自己評価を行う。

(2) 生徒による実験計画の例

第1回目 [試料：食塩、砂糖、炭酸水素ナトリウム]

- ・観察する、触る
- ・水溶液をつくる
- ・水溶液の液性を調べる

(リトマス紙、BTB溶液、フェノールフタレイン溶液)

- ・pHを調べる
- ・電気伝導性
- ・ベネジクト溶液を加える
- ・蒸発皿で加熱する
- ・硝酸銀水溶液を加える
- ・加熱し試験管で気体を捕集し、石灰水に通す
- ・炎色反応
- ・溶解度

第2回目 [試料：ミョウバン、デンブン、ナフタレン、各班で選択した試料]

- ・観察する、におい
- ・水溶液の液性を調べる
(リトマス紙、BTB溶液、フェノールフタレイン溶液)
- ・炎色反応
- ・塩化バリウム水溶液を加える
- ・昇華させる
- ・電気伝導性
- ・ヨウ素液を加える
- ・ベンゼンに溶かす/水に溶かす
- ・3つの物質にパラジクロロベンゼンを加えて振る
- ・加熱する

(3) 指導上の留意点

探究活動では、用いる試料として生徒の身近にあり、よく知っているものを取り上げて実験を行うこととしたが、それらの物質を構成する粒子の結合と物質の性質との関係についてより深く理解させることを目標としている。そのため、調べている白色物質が何であるかを同定することのみに終始するのではなく、物質がどのような性質を持ち、どのような化学結合が考えられるかに生徒の目が向けられるよう、指導を行った。

実験の実施にあたっては、生徒を主体とした実験計画立案のため、実験計画に無理がないか、実験を実施する上で危険な行為がないかについて、実験計画の立案および事前準備の段階から把握し、細心の注意を払った。また、各班で異なる実験を行うため、事前準備の段階で、班ごとに専用のかごを用意し、その中に実験に必要な道具や薬品等を収めることとした。

生徒どうしの意見交流のきっかけとして、他の班でどのような実験が行われるのか参考とすることができるよう、クラス全班の実験計画をまとめたプリントを配布した。このプリントの配布により、自分達の班で計画していた方法以外の方法にも目を向け、それを実際に取り入

れて実験を行う生徒も見られた。このような生徒に対処するため、あらかじめ必要と予想される道具を教卓上に準備した。

また、第1回目の実験において、それぞれの班で計画した実験方法が調べる試料に対して適切なものであったかどうかを検討するために、第3時限において前時の実験・観察についての考察の時間を設けた。この時間の実施により、単元の目的を再確認するとともに、より深く理解し、次時の実験・観察計画の立案、準備に活かすことができるよう指導を行った。

(4) 評価

本学習における評価活動として、自己評価を行った。評価の項目としては次の5点を設定し、それぞれ5段階で評価を行った。

- ① テーマに対して計画した実験方法は適切であったか。
- ② 共同実験者と協力することができたか。
- ③ 実験の内容や方法について十分理解することができたか。
- ④ 実験により得られた結果について十分考察することができたか。
- ⑤ 実験を行う過程で生じた疑問を解決する努力ができたか。

さらに、探究活動を通しての気づき、感想、さらに勉強してみたいことなどについて自由記述の欄を設けた。

(5) 生徒の反応

あるクラスでの自己評価の結果は以下のようになった。

- ① テーマに対して計画した実験方法は適切であったか。
全く適切でなかった 1 2 3 4 5 大変適切である
0名 0名 12名 39名 28名 (79名)

(理由)

予想していない反応が起こってしまった (3)。
意味がない実験をしていた (3)。
物質をきちんと見分けることができた (5)。
物質をみわけることができたが、意味のない実験もあったから (3)。
それぞれの物質のもつ特徴を先に考察し、必要な実験を対策できた (5)。

- ② 共同実験者と協力することができたか。

全く協力できなかった 1 2 3 4 5 よく協力できた
0名 1名 12名 24名 42名 (79名)

(理由)

みんなで協力することができた (5)。

みんなで協力して、準備、実験、片付け、計画の話合いが能率よくできた (5)。

誰かが困ったときアドバイスすることができた (5)。

- ③ 実験の内容や方法について十分理解することができたか。

全く理解できない 1 2 3 4 5 よく理解できた
0名 1名 11名 25名 42名 (79名)

(理由)

化学反応など、なぜそのような結果が得られるのかについて理解できた (5)。

どの実験を行えば見分けることができるか、わかりながら実験できた (4)。

いままで少しあやふやだったところが、今回の実験でいろいろな面で鮮明になって、よく理解できた (5)。

- ④ 実験により得られた結果について十分考察することができたか。

全く考察できなかった 1 2 3 4 5 よく考察できた
0名 3名 22名 31名 23名 (79名)

(理由)

自分なりに結果を考えることができた (5)。

いろいろな実験ができたので、判断材料は豊富だった (5)。

今までに学習した知識を使ってよく考察できた (4)。
どのように書いたらよいかわからなかったし、どのようなものを考察というのかがよくわからなかった (2)。

それぞれの物質を特定できたから (5)。

- ⑤ 実験を行う過程で生じた疑問を解決する努力ができたか。

全く努力できなかった 1 2 3 4 5 よく努力できた
5名 11名 29名 27名 7名 (79名)

(理由)

硝酸銀水溶液の実験で、予想していない反応がおきてなぜなのかわからなかった (3)。

図説を使って調べることができた (4)。

実験を付け加えたりした (5)。

疑問が残っているのに調べないままだった (2)。

そのままどんどん何も考えずに実験を進めていってしまった (2)。

また、生徒の気づき・感想、さらに勉強してみたいこととして、次のようなものが挙げられた。

・他の班の実験などを見て、自分が思いつかなかったよ

うな方法で見分けていたのに驚いた。

- ・私たちがやった実験以外にも、まだまだたくさん調べる方法があって驚いた。
- ・自分達で実験方法を決めてやるのは決まっているのをやるのよりも大変だけど、楽しくできたので、これからも取り入れてほしい。
- ・自分で実験のやり方を考えるのは、とても難しかったです。でも、実験がうまくいったときは、嬉しかったです。この実験で学んだことをもとに、いろんなことに役立てたいです。
- ・実験内容を考えたり、実験器具を準備したりと、ほとんど自分たちでやって、すごく大変だった。でも実験結果がきちんと出たときは、大変さ以上になんだか達成感みたいなものが感じられた。
- ・実験結果が思い通りにならなかったこともあって、それが逆に勉強になった。
- ・実験は自分達の計画どおりにはなかなか進まないものだということがよくわかった。また、うまく進まなくても、あきらめずに実験を続けることも大切だと思った。
- ・自分達で実験の方法を考える場合、その方法は何種類もあるが、どれを選んで組み合わせるかを間違ったら結果が出てこないこともありそうだと思った。
- ・どういう実験をすれば物質を見分けることができるかということのを的確に判断できるようになりたいと思った。
- ・かなりの知識がないと物質を見分けることはできないと思った。
- ・いままでにある知識だけでなく、資料を見たりしながらやれば、さらにわかりやすくてきたかなと思った。
- ・様々な物質の電気伝導性について調べてみたい。
- ・実験の途中でできた物質について詳しく調べてみたい。
- ・ヨウ素液はなぜデンプンがあると青紫色になるのか調べてみたい。もうすこし、化学反応式に注目した実験にすればよかった。

これらの感想から、生徒にとって探究活動は、自分で実験方法を考え、それを実際に行って結果を導くという一連の手順を行うことでの達成感を与えるとともに、生徒にこれまでの学習を振り返る機会を与え、さらに今後の学習に対する意欲、動機付けとなっていることが伺える。

5. 今後の課題

探究活動の実施して、自分達の考えている結果どおりにならなかった場合、計画した実験が「失敗した」と感じている生徒が多く見受けられた。裏返せば、これまでの授業において生徒達の予想する結果どおりに結果が得られる実験ばかり行ってきたとも考えられる。実験で予想した結果が出ないこともひとつの結果であることを認識させ、その「失敗した」という予想どおりではない結果を、生徒自身が結果として受け入れ、そのような結果に至った原因がどこにあるのかを追及するという姿勢を、日頃の実験活動の中で実につけさせていく必要があると感じた。

また、教員の生徒へのなげかけがこの探究活動の実践の方向性を大きく左右する一因である。ともすると調べている白色物質が何であるかをあてることのみに興味が移ってしまいがちであるが、物質がどのような性質を持ち、どのような化学結合が考えられるかということに生徒の目が向けられるようにするには、教員がいかなるなげかけをするべきか、その指導方法について検討を要する。

今回の探究活動では、実験・観察計画の立案とグループによる実験・観察のサイクルを、試料を変えて2回行った。探究活動という学習活動自体はじめてであったため、第1回目にはどのように実験・観察計画を立ててよいのか、どのように実験を進めていくべきか、生徒には戸惑いが見られた。しかし、第3時限において、その活動を振り返る時間を設定することで、学習目標を再認識し、第2回目に向けて、よりよい方法の検討を行うことができた。このような活動の中で、自分のもっている知識を班員に説明し、説明することによって自分の考えが明確化され、また、班員の他の考え方を聴き、受け入れることで、自分の考えの修正を行うなど、科学的思考力の育成が期待される。探究活動を計画する際には、現在行っている活動を振り返り、活動内容を生徒自身が検討する時間を効果的に設定していく必要があると考えられる。

6. おわりに

今回の探究活動において、生徒はこれまで学習によって得たさまざまな知識を用いて活動に取り組んだ。実験操作などは未熟な点もあったが、これは経験により克服されるものであるし、なにより、一連の探究活動の過程を経ることで、これまで学習してきた知識をもとに、物質を構成する粒子の結合と物質の性質との関係についての科学的思考、および科学的理解につながったものと感じ

じる。今後も単元のまとめなど、機会があるごとにこのような探究活動を計画し、取り組んでいきたいと考えている。

<引用・参考文献>

1) 文部省、高等学校学習指導要領解説 理科編 理数編、平成11年、大日本図書

○ 柏原林造他、「遷移金属元素の単体と化合物に関する

課題研究の授業実践」、広島大学附属福山中・高等学校、中等教育研究紀要、第30巻、1990、pp. 35-44.

○ 丸本浩、「新教育課程における探究活動のあり方について」、広島大学附属福山中・高等学校、中等教育研究紀要、第33巻、1993、pp. 121-130.

○ 丸本浩、「化学ⅠBにおける探求活動について(I)」、広島大学附属福山中・高等学校、中等教育研究紀要、第34巻、1994、pp. 43-52.