

化学変化の経過を重視した化学実験の開発

—探究的態度の育成を目指して—

渡部 智博

1 はじめに

小学校、中学校、そして高等学校の学習指導要領の改訂があり、2020（令和2）年度、2021（令和3）年度、2022（令和4）年度に全面实施¹⁾されることになっている。前回の学習指導要領の改訂²⁾では、小中高を通した4本の柱があった。エネルギー、粒子、生命、そして地球などの科学の基本的な見方や概念を柱として、子どもたちの発達の段階を踏まえ、小中高を通じた理科の内容の構造化が図られた。今回の学習指導要領³⁾の改訂では、基本的な4つの柱に変わりはない。育成を目指す資質・能力を三つの柱「知識及び技能」、「思考力、判断力、表現力等」、「学びに向かう力、人間性等」に沿って整理し改善を図ることになっている。具体的な授業の実践方法⁴⁾なども提案されている。

本報では、化学実験の途中経過をしっかりと観察し、三つの柱に沿って資質・能力を育成するための実験を提案することを主たる目的とした。

例えば、中学校の段階で実施される教科書の実験は、ほとんどが定番実験である。そして、化学系の実験を行うときには、薬品を混合させ、その結果のみに着目させることが多い。生徒自身、途中経過をじっくり観察するというよりは、最終的な結果に関心を寄せることがほとんどである。次期学習指導要領の目標³⁾には、“物質やエネルギーに関する事物・現象に関わり、それらの中に問題を見だし見通しをもつ

て観察、実験などを行い、その結果を分析して解釈し表現するなど、科学的に探究する活動を通して、規則性を見だしたり課題を解決したりする力を養う。”とある。すなわち、「探究する活動を通して」という意味は、「探究の過程」なども重視されると解釈できる。これからの将来を担う生徒に望まれているのは、学習の結果だけでなく、その過程であると考えられる。

“化学変化”と言った場合、その最初と最後の状態の違いだけでなく、途中の経過を含めて理解することが必要であると指導していた。しかし、最初の状態と最後の状態は、その時々の様子をじっくり確認しながら観察してレポートに記すことができるが、途中の経過は、一瞬で終わってしまうことも多く、中学生らの観察力では追従しきれないことがある。このため、どうしても途中経過を楽しむことができず、最初と最後の結果に注意を注ぐことになる。また、反応の途中経過を重視せずに実験を行なうと、結果のよし悪しのみに関心が注がれることとなり、プロセスを重視するという探究する態度が養われることは難しいという問題点がある。

途中経過をしっかりと観察できる化学実験を工夫できれば、生徒らは自然に実験を楽しむことができるようになり、自ずと科学的に探究する態度が養われるのではないかと考えられる。実験の最初と最後の結果だけでなく、途中経過を観察することの重要性に気づくことができるよ

うになれば、さらに高次の学習につながる可能性がある。また、学習全般にわたり、答だけでなく、学習活動の面白さに気づき、総合的な学習の改善につながる。このような、根本的な学習方法の見直しができる力を育成することが大きな目的である。

2 実験方法と結果

中学校では、一般に「拡散」の実験が行われることはない。しかし、「拡散」の現象は日常的に体験する現象でもあるので、本研究の中核を担う課題とした。今回は、中和反応などを行わせる際、「拡散」の現象を背景に盛り込ませることから始めた。基本的には、あらかじめ高濃度(20%, 40%, 60%等)のスクロース水溶液を準備しておき、被検液に加えることで粘稠な水溶液として実験を行なった。また、スクロース水溶液の代わりに純水を加えることで比較対照した。以下に、主たる実験の操作、そして結果と考察について記す。

2-1 酸性と塩基性

[操作] (1) 各試験管に、0.1 mol/L 塩酸、0.1 mol/L 硫酸、0.1 mol/L 酢酸、0.1 mol/L 水酸化ナトリウム水溶液、石灰水(飽和水酸化カルシウム水溶液)を準備する。(2) (1)の各水溶液に、スクロース水溶液を加えたものと、純水を加えたものを作る。(3) 各試験管にBTB溶液を加えて観察する。

[結果・考察] BTB溶液を加えた時の色の変化は、スクロース水溶液の場合と、純水を加えて希釈した場合とでは最終的な結果は全く同じであったが、変化の速度が異なった。本実験を

行うに当たり、思わぬ効果があることに気づいた。それは、60%スクロース水溶液を各被検液に加えたときのことである。粘稠なスクロース水溶液は、純水などより密度が大きいため、後から加えることで、混合させやすくなる考えた。水とスクロース水溶液の屈折率の違いから、よく混ざっているかどうかを確認することができるが、そのような過程そのものに興味をそそられる。BTB溶液を加えると、油滴をはじくような感じの水滴ができることがあるなど、単純な実験でありながら、じっくり観察できることがわかった。

2-2 中和反応と拡散

当初は、塩酸と水酸化ナトリウム水溶液の中和反応のように、液体同士を混合させることを考えていた。しかし、いずれも粘稠な溶液同士であると、問題点のあることがわかった。例えば、粘稠な溶液どうしであると、生徒らにとって混合させるのがたいへん難しいということである。そこで、スクロース水溶液のような粘稠な液体を先に試験管に入れ、後から通常の水溶液を加える実験を行った。この場合は、徐々に拡散して中和することがわかった。しかし、1時間の中で終わらせることが難しかった。次に、粘稠な水溶液をベトリ皿に入れ、中心部分に固体を加えることで中和反応を行った。比較的良好な結果であったので、下記に記す。

[操作] (1) 0.2 mol/L 塩酸を用意し、純水で2倍に希釈した溶液と、60%スクロース水溶液で2倍に希釈した溶液を用意する。(2) 各水溶液をベトリ皿(直径9 cm)に注ぎ、BTB溶液で黄色く着色させる。(3) 水酸化ナトリ

ウムの固体1粒を、ペトリ皿の中央に置き、時間を測る。

[結果・考察] 水溶液が徐々に中和されるため、青色の占める面積が広がった。純水で希釈した場合は、3～4分程度でペトリ皿全体に青色の部分広がった。一方、60%スクロース水溶液を加えた場合は、4分で1.5 cm、6分で2 cm程度の広がり方であった。強酸・強塩基の反応であり、中和点付近の範囲が狭いので、黄色と青色の境目が明確であった。

2-3 電気分解

塩酸の電気分解は、定番実験として教科書に記載がある。粘性の大きな溶液を混合して実験を行った。

[操作] (1) 2つのビーカー (50 cm³) に、0.1 mol/L 塩酸を20 cm³ ずつ入れる。(2) 一方のビーカーには、さらに純水20 cm³ を加えて希釈する。他方のビーカーには、60%スクロース水溶液20 cm³ を加える。(3) 炭素棒を電極として、それぞれのビーカーの水溶液を電気分解する。

[結果・考察] 純水で希釈した0.1 mol/L 塩酸の場合は、陽極、陰極で激しく電気分解する様子が観察された。ところが、スクロース水溶液で粘稠な水溶液とした場合、陽極の変化が特徴的であった。初めは何の変化も見られないが、しばらく電流を流し続けると、電極表面に小さな泡が集まる様子が見られた。さらに続けると、泡が大きく変化した。ここまでの段階では、塩素の臭いはわからないが、電極を少しゆらすと気体が空気中に出てくるので、この段階で塩素の刺激臭を確認できた。このため、臭いに敏感

な生徒にとっては、安心して実験できる。このことは、予想外のことであった。今後、臭いの実験を伴うような場合は、本実験のように、ゆっくり反応させることは重要な視点ではないかと考えた。

2-4 金属樹

金属樹の実験は、高等学校「化学基礎」の定番実験として教科書に記載がある。

[操作] (1) 0.1 mol/L 硝酸銀水溶液を用意し、純水で2倍に希釈した溶液と、60%スクロース水溶液で2倍に希釈した溶液を用意する。(2) 各水溶液をペトリ皿 (直径9 cm) に注ぐ。(3) 亜鉛の固体1粒を、ペトリ皿の中央に置き、観察する。

[結果・考察] 金属樹の成長する過程を観察することができた。スクロース水溶液を加えた方がゆっくり拡散するので、ルーペで観察しやすかった。さらに、数日放置して観察させた。純水で希釈した場合は、細長い銀樹とともに、硝酸銀が析出した。一方、60%スクロース水溶液の場合は、水分がほとんど蒸発しないので、硝酸銀が析出することはほとんどなかった。肉眼またはルーペで観察すると、茶褐色の酸化物が生成している様子が見られるが、実体顕微鏡で観察すると、緻密な銀樹の成長が見られた。このように、肉眼との違いが鮮明であった。

2-4 発展的な実験

熱運動による拡散の一般的な実験としては、液体の臭素を集気瓶に入れ、気体に変化した臭素が少しずつ拡散する様子を観察させる方法がある。また、ペトリ皿に入れたグリセリンに赤

インクを滴下し、少しずつ拡散する様子を観察する方法⁵⁾がある。後者の実験は、定性的な実験として教科書に紹介されているが、今回は、高等学校の化学部の実験として発展させることができたので、その一例を紹介する。テーマは、「熱運動による拡散の実験」である。

[操作] (1) ペトリ皿 (直径9 cm) にグリセリンを入れる。(2) 0.2% の色素溶液を (1) のペトリ皿に滴下する。そして、色素の広がった面積と時間を測定する。なお、赤色の食用色素はタートラジン、青色はブリリアントブルー、黄色はタートラジンとする。

[結果・考察] 色素の拡散速度は、グリセリン水溶液の濃度や温度に依存することがわかった。また、色の異なる食用色素の拡散速度は、色素の分子量や極性と相関関係のあること^{6,7)}がわかった。なお、面積を解析する際には、フリーのソフトウェアである ImageJ⁸⁾ を使用して解析した。

3 おわりに

いくつかの実験を通して、じっくり観察させることができることがわかった。しかし、中学段階では、少しでも早く結論を知りたいという生徒もいるので、全ての実験をじっくり観察させるというよりは、早く終わる実験と、時間のかかる実験とを組み合わせ、途中の重要性を認識させ、そして変化のスピードのバランスを取ることが重要である。また、観察した時には、それを文字で丁寧に表現するという課題⁹⁾がある。興味が喚起され、自分の言葉で表現できるように授業の方法などの改善を図ることも合わせて実践していくことが大切であると考えてい

る。また、上記に挙げた実験例は、中学校と高等学校のいずれにも共通する実験テーマでもある。「深い学び」に着目し、「探究の過程」「探究学習」を中心に据えた一貫カリキュラム¹⁰⁾を編成する上でも活用できる実験と考えている。

4 謝辞

公益社団法人武田科学振興財団より、中学校理科教育振興奨励を頂いた。感謝申し上げます。

5 参考文献

- 1) 今後の学習指導要領改訂に関するスケジュール
http://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/_icsFiles/afieldfile/2019/09/30/1421692_3.pdf (2019年10月) .
- 2) 高等学校学習指導要領(平成21年3月告示) 解説 理科編, 文部科学省, 平成21年3月 .
- 3) 高等学校学習指導要領(平成30年告示) 解説 理科編 理数編, 文部科学省, 平成30年7月 .
- 4) 後藤顕一, 飯田寛志, 野内頼一, 西原寛, 渡部智博, 「「資質・能力」を育む高校化学 - 探究で変える授業実践 -」化学同人, 2019年 .
- 5) 竹内敬人他, 「改訂 化学基礎」東京書籍, p.35, 平成30年 .
- 6) 私学文化祭(主催:埼玉県私立中学高等学校協会), 第44回(2015年11月3日), 第45回(2016年11月5日~6日), 第46回(2017年11月4日~5日) .
- 7) 化学クラブ研究発表会(主催:日本化学会

- 関東支部), 第33回(2016年3月29日),
第34回(2017年3月28日), 第35回(2018
年3月27日) .
- 8) <https://imagej.nih.gov/ij/> アメリカ国立
衛生研究所 (National Institutes of Health,
NIH)
- 9) 岡本尚也, 「課題研究メソッドーよりよ
い探究活動のためにー」啓林館, 2017年 .
- 10) 学校種間連携の今日的意義: 児島邦宏, 教
育展望, p.4, 10月号, 2019年 .