

酸・塩基・塩等の未知試料を同定する 学習プログラムの開発

佐藤 大

当センターの化学研究班では、高等学校における探究的な活動の充実をめざし、観察・実験の教材や学習プログラムの開発に取り組んでいる。今年度、平成27年に開発した「酸・塩基」未知試料同定^{*1)}における素材を発展させ、探究の過程における「見通し」に焦点をあてた、多様な生徒の実態に応じた学習プログラムの開発について研究に取り組んだので報告する。

[キーワード] 酸・塩基 探究の過程 マイクロスケール実験 学習プログラムの開発

はじめに

平成28年12月に中教審の答申^{*2)}に示されたように、次期学習指導要領においては、学習の内容と方法の両方を重視し、子供の学びの過程を質的に高めていくことが示されている。このとき、単元や題材のまとまりの中で、子供たちが「何ができるようになるか」を明確にしながら、「何を学ぶか」という学習内容と、「どのように学ぶか」という学びの過程を重視することとなる。とりわけ理科においては、自然の事物・現象について「理科の見方・考え方」を働かせて資質・能力を獲得するために、観察・実験をどのように位置付けるかという視点が重要となる。

化学研究班では、児童生徒に化学の有用性を感じさせるとともに、科学的な思考力を育むための、観察・実験及び探究活動に関する教材や学習プログラムの開発を行っている。今年度、昨年度まで取り組んできた「酸・塩基」の未知試料同定に係る素材を発展させ、「理科の見方・考え方」を働かせて生徒の資質・能力を育む視点で新たに教材開発を行った。また、多様な生徒の実態に応じた学習プログラムの開発を視野に入れ、思考のために必要となる知識・理解の程度を変化させ、思考・判断・表現の活動が学校事情に合わせて

選択できるよう、複数の内容で検討を行った。

本報では、開発した3種類の学習プログラムについて紹介する。また、これらの学習プログラムを教員研修に活用した事例と、実際に高等学校で活用した例についても、併せて紹介する。

1 研究の概要

化学基礎の物質の変化の単元では、酸、塩基の性質や中和反応について学ぶ。そして、中和反応については、酸、塩基の価数と物質量との関係について学ぶとともに、生成する塩の性質にも触れることとなっている^{*3)}。しかし、教科書に示されている内容について、実際の物質と対比させながら、質的・量的な科学的な視点で捉えることができているかどうかや、比較したり、関係付けたりといった科学的に探究する方法を用いて考える力が身に付いているかどうかについて課題があると筆者は考えている。

本実験プログラムでは、酸・塩基の基礎的・基本的な知識を活用し、未知試料の性質を調べる実験数をできるだけ少なくするような実験計画を立案し、その仮説に従って未知試料の同定に取り組むことにより、上記の課題を解決できるのではないかと考え構成した。

実験は、使用する試薬の量を少なくし、複数の実験を簡便かつ短時間に行うために、マイクロスケールによるものとした。このことにより、実験結果から、未知試料を同定する試みを通して、得られる知見について、互いに共有する時間を確保することができる。

また、実際に同定の実験を実施する前に、酸・塩基・塩等の性質について既習事項をまとめるなどして検討に必要な基礎的・基本的な知識を整理し、それらの知識と理科の見方・考え方を活用して、未知試料の性質を調べる実験数をできるだけ少なくするような実験計画を、個人検討及びグループ検討を通して対話的に計画立案できるよう留意し学習プログラムを構成した。

2 酸・塩基等の未知試料同定実験（5種）

(1) 未知試料水溶液及び指示薬の調製

未知試料は、下記の強酸2種、強塩基2種、及び水の計5種類を準備した。指示薬としては、フェノールフタレイン溶液を用いた。

0.1mol/L塩酸、0.1mol/L硫酸、水、0.1mol/L水酸化ナトリウム、0.1mol/L水酸化バリウム

未知試料はいずれも、それぞれ上記の濃度に希釈して5mL点眼ボトルに入れ、A～Eのラベルを付けて用いた。水酸化バリウムについては、溶解度が小さいこと及び空気中の二酸化炭素と反応して炭酸バリウムを生成することから、あらかじめ用意しておいた飽和水酸化バリウム水溶液（約0.25mol/L）と、煮沸して二酸化炭素を除去した蒸留水を、2：5の割合で実験直前に希釈して用いた。

また、指示薬として用いるフェノールフタレイン溶液は、通常の滴定操作で用いる濃度である、市販の1%溶液5mLに蒸留水を195mL加えてから溶液が透明になるまでエタノールを加えて希釈した。予備実験の際には、塩基領域における変色の様子を確認し、色が薄いようであれば、適宜1%フェノールフタレ

イン溶液を少量加えて見やすいように調節し、プチボトルに入れて用いた。

(2) 学習プログラム

- ① 未知試料とフェノールフタレイン溶液及びセルプレート（24セル）を用意する。
- ② 図1のような表を用いて、既習内容を整理する。

1 次の酸・塩基等について性質をまとめてみよう

試料	0.1mol/L 塩酸	0.1mol/L 硫酸	水	0.1mol/L NaOH	0.1mol/L Ba(OH) ₂
性質					
強酸					
強弱					
pH					
酸・塩基 との反応					

図1 既習内容の整理1

- ③ 予備実験として、未知試料を、それぞれセルプレート（24セル）に1滴滴下し、フェノールフタレインを加えた実験結果から、実験でわかることとわからないことを整理する。
- ④ 2種類の未知試料の混合及びフェノールフタレインを用いて、色の変化と臭いから未知試料の同定を行うことを伝える。
- ⑤ 未知試料を混合した際に起こることについて、図2のような表を用いて既習内容を整理する。

(1) 予備知識：2種類の未知試料を混合して、溶液の色が変化するなど、変化を確認できると考えられるものに○をつけよう。

試料	0.1mol/L 塩酸	0.1mol/L 硫酸	水	0.1mol/L NaOH	0.1mol/L Ba(OH) ₂
0.1mol/L 塩酸					
0.1mol/L 硫酸					
水					
0.1mol/L NaOH					
0.1mol/L Ba(OH) ₂					

図2 既習内容の整理2

- ⑥ 未知試料を識別するための実験手順が最も少なくなるよう、③の予備実験や整理した既習内容を踏まえて、個人で実験計画を立案する。

- ⑦ 個人の実験計画をグループで検討し、互いの計画を評価・選択し、グループとしての実験計画を立案する。
- ⑧ 各グループで作成した実験計画について、クラス内で共有する。
- ⑨ 各グループで作成した実験計画に従い、セルプレート（24セル）上で実験を行う。見通しと異なる結果が得られた場合には、その理由と科学的根拠について検討の上、グループ内で追加の実験を行っても良いものとする。
- ⑩ 各グループで実験のまとめを行う。

(3) 講座等での活用について

この学習プログラムは、生徒が既習事項を整理し、「何を知っているか」を確認した上で、「見通しを持って実験計画を立てる」ことによって「知っていることをどう使うか」という要素を盛り込むことを意図し、酸塩基の基本的な性質を実感を持って理解できる難易度で構築した。

今年度、高等学校理科研修講座及び教育課程改善研で、この学習プログラムを用いたワークショップ形式での教員研修（図3）を実施した。研修では、実際に先生方に予備実験等を踏まえて、個人で考え、グループで実験計画を立案する部分までを体験していただき、受講者の満足度としても高い評価であった。受講者からは「実験計画の立て方を通して様々な知見を深めることができた」、「推理できる楽しさ、最小手順という問いが良かった」などの声の他に、「目の前に実験器具があるに



図3 研修における話し合いの様子

もかかわらず計画するだけで研修が終わったので残念」という意見もいただいた。

3 酸・塩基・塩等の未知試料同定実験（7種）

(1) 未知試料水溶液

0.1mol/L塩酸，0.1mol/L硫酸，1mol/L塩化アンモニウム，水，1mol/L酢酸ナトリウム，0.1mol/L水酸化ナトリウム，0.1mol/L水酸化バリウム

未知試料は、上記の強酸2種、強塩基2種、塩2種及び水の計7種類を準備した。指示薬としては、フェノールフタレイン溶液を用いた。

(2) 学習プログラム

2の酸・塩基等の未知試料同定実験（5種）と同様に、学習プログラムを構成した。異なる点は、セルプレートを48セルのものにした点と、塩の同定を臭いで識別するために細く切ったろ紙を用いる点である。

(3) 講座等での活用について

この学習プログラムは、2の学習プログラムに加えて、塩の性質についても考えながら実験計画を立案すること、臭いを識別する要素を含むため個人差の出やすい実験結果をグループで判断すること、化学基礎では溶液の緩衝作用について学んでいないため実験結果の予想及び結果の解釈が困難であることの3つの要素を増やし、より探究的な要素を高めて構築した。今年度、この学習プログラムを用いたワークショップ形式での教員研修を北海道理科学研究会十勝支部化学部会の研修会で実施した。主に高等学校化学を専門とする先生方への研修であり、充実した研修成果と示唆に富むご意見を得ることができた。研修後のアンケートでは、「理科は実験にALの要素が入っている。実験をただやるだけになっている部分もあるので、もう少し思考学習を取り入れることで、よりALの理念に近づくのではないか」等の意見をいただいた。

4 酸・塩基等の未知試料同定実験（4種）

前述の未知試料同定実験の授業プログラムを基に、帯広南商業高等学校の佐藤友介教諭に、自校で実施する場合における教材の工夫と改善をお願いし、実施していただいた。

(1) 未知試料水溶液

0.3mol/L塩酸, 0.1mol/L塩酸, 0.1mol/L水酸化ナトリウム, 水

未知試料は、上記の濃度の異なる同種の強酸2種、強塩基1種、及び水の計4種類を準備した。指示薬としては、フェノールフタレイン溶液を用いた。

(2) 学習プログラム

- ① 既習内容の整理後、4種類の未知試料を、それぞれビーカーに入れ25mLずつ配布する。
- ② 2mLホールピペット、試験管、フェノールフタレイン溶液を用い、配布した未知試料の分量以内で未知試料を同定する実験計画の立案を、定性的、定量的観点を意識させながら、個人検討及びグループ共有の形で実施する。
- ③ 各グループで作成した実験計画に従い、結果と考察をまとめる。

(3) 講座等での活用について

この学習プログラムにおいて、定性的な観点で同定できるのは水酸化ナトリウムのみであり、残り3種の未知試料は定量的に判断することになる。佐藤教諭は、「先生の説明がわかりやすい授業」から「生徒ができるようになったと実感できる授業」への転換をめざして実践を積み重ねており、今回の取組においても、生徒の実態や教材等の学校事情に合わせてながら、酸塩基の量的な概念形成に焦点をあて、生徒の実感を持った理解を促すプログラムとなっており、生徒からも、「言われたことだけをやるのではなく、自分たちで考えたことが、実験で行えるのがよかった」等の意見があったとの報告を受けている。

この実践におけるプログラムは大変簡潔であり、通常スケールで実験器具の取扱いも含

めて授業で実施することや、マイクロスケール化による更なる時間の短縮、試薬の組合せを変えることによる新しい教材開発のきっかけとなるなど、学校事情に合わせた教員側の教材開発を検討するベースとしても大変すぐれた取組である。実際に、当センターにおいても、この教材を基に、初任段階研修や、中学校理科講座における探究的な教材開発紹介の講座を実施しており、受講した教諭からも、「どのような結果になるかを予想させてから実験させるのは、かなり有効だと思う」などの感想をいただいている。

5 まとめ

今回、酸・塩基・塩等の未知試料を同定する学習プログラムを、学校事情に応じて構築することができた。学習プログラムの活用方法を模索していく過程においては、次期学習指導要領改訂に向けた教員研修における、観察、実験の探究の過程における「見通し」の観点等が明確になった。今後は、学校における実践を踏まえた教員研修講座へのフィードバックと、酸・塩基以外の単元についても学校事情に応じた学習プログラムの開発に努めていきたい。

おわりに

今回、連携を図り、検討した実験教材を改善し授業で実践いただいた、北海道帯広南商業高等学校の佐藤友介教諭に感謝いたします。

参考文献

- 1) 佐藤大 ラミネートシートを用いたマイクロスケール実験教材の開発 北海道立教育研究所附属理科教育センター研究紀要第28号 pp34~37, 2016
- 2) 中央教育審議会 幼稚園、小学校、中学校、高等学校及び特別支援学校の学習指導要領等の改善及び必要な方策等について（答申）中教審第197号 p8, 2016
- 3) 林誠一 他 高等学校学習指導要領解説 理科編 理数編 文部科学省pp56~57, 2009

（さとう ひろし 化学研究班）