

# 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

佐藤 大

当センターの化学研究班では、探究的な活動の充実をめざし、教員からのニーズに基づく観察・実験の教材や学習プログラムの開発に取り組んでいる。今回、ラミネートシートを用いたマイクロスケール実験の方法を開発し、「酸化還元反応」の指導に活かす実験について検討した。また、北海道釧路湖陵高等学校より、弱酸・弱塩基の遊離反応についての理解を深める実験教材の検討について依頼があり、開発した方法を活用した学習プログラムの開発について連携して取り組んだ。

[キーワード] マイクロスケール実験 酸・塩基反応 酸化還元反応 探究活動 学校との連携

## はじめに

「マイクロスケール実験」は、使用する試薬の量を大幅に減らし、廃液量の大幅な削減も可能なことから、学校における化学分野の実験方法として広く用いられている<sup>\*1)</sup>。当センターにおいても、実験を小スケール化することによって、個別に観察、実験を行うことができる点や、実験時間を短縮できる点を探究活動や問題演習を行う時間に活用できる利点を生かした教材及び学習プログラムの提案を行っている。

今回、化学基礎の「酸化と還元」の単元において、ラミネートシートを用いた簡便な実験方法を開発したので報告する。また、化学基礎の「酸・塩基と中和」の単元において、北海道釧路湖陵高等学校の白山悟教諭より、弱酸・弱塩基の遊離反応についての理解を深める実験教材について要望があり、ラミネートシートを用いた方法を活用し、生徒の主体的・協働的な学びを取り入れた授業プログラムが検討できるのではないかと考え、連携して実験教材の検討と学習プログラムの開発に取り組んだ。

本報では、実験方法の開発と検討について報告し、学習プログラムの開発については、本紀

要p98～p101に白山悟教諭の報告として掲載した。

## 1 ラミネートシートを用いたマイクロスケール実験の方法の概要

ラミネートフィルムは、ポリエチレンテレフタレートを主成分とする、耐薬品性に優れた素材である。このラミネートフィルム内に、必要な情報等を印刷した用紙を、ラミネーターを用いて封入し、実験操作用ラミネートシートを作成する。シートの上から点眼ボトルを用いて試薬を滴下すると、試薬自身の表面張力により5～6滴程度までは容易に液体を保持し、試薬同士を反応させることができる(図1)。反応後は、ラミネートシート上の試薬を除去し、軽く水洗いするだけで、次の実験にすぐ活用することができる。このことにより、安価で簡便な実験系を組み立てることが可能となる。



図1 ラミネートシート上での反応

## 2 ラミネートシートを用いたマイクロスケール酸化還元反応

### 準備

0.01mol/L過マンガン酸カリウム溶液，5%過酸化水素水，0.1mol/Lヨウ化カリウム溶液，2mol/L硫酸，デンプン溶液，実験操作ラミネートシート，点眼ボトル

### 方法

- ① 反応の経過が一目でわかるように工夫して記載した実験記録用紙と，その用紙と同じものを封入した，実験操作ラミネートシートを作成する。
- ② 試薬をそれぞれ点眼ボトルに入れ用意する。
- ③ 実験操作ラミネートシート（図2）のAの領域に，使用する試薬をそれぞれ1滴ずつ滴下し，使用する溶液の色を記録する。
- ④ 実験操作ラミネートシート（図2）のBの領域に，過マンガン酸カリウムと硫酸を混合するようにそれぞれ1滴ずつ滴下してから，反応後の位置に過酸化水素水を1滴滴下する。
- ⑤ ④と同様に，硫酸酸性過マンガン酸とヨウ化カリウムの反応，および硫酸酸性過酸化水素とヨウ化カリウムの反応を，それぞれ反応の経過がわかるように試薬を滴下する。ヨウ素の遊離については，デンプン溶液を滴下して確認する。
- ⑥ 実験記録用紙に，色や気泡の有無などに着目させながら，実験結果を記録させる。

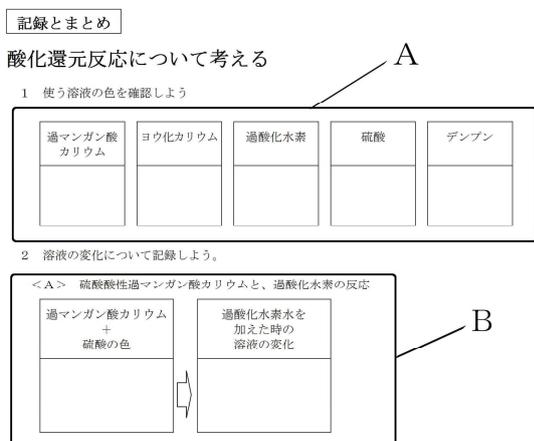


図2 実験操作ラミネートシート（一部）

### 理科教育センターにおける講座での実習

今年度，高等学校理科研修講座（化学基礎）と，初任段階教員研修，10年経験者研修において，この実験を実施した。化学基礎の授業では，時数の関係から教科書等に記載されている実験結果を実験の代替とし，実際に実験をせずに電子の授受や酸化数など理論的な展開を優先しがちである。しかし，中学校までの学習では酸化還元反応を主に酸素の授受として学んでおり，それ以外の反応については体験していないことから，高校で学ぶ酸化還元反応について，実験を実施することにより実感をもった理解に結びつける取組は欠かせないと考ええる。

この実験は，当センターで開発した酸化還元マイクロスケール実験<sup>\*2)</sup>をベースに，ラミネートフィルム内に封入する用紙を実験プリントと同一にする工夫によって，操作と記録の指示を明確にし，実験結果の整理を容易にする狙いで構成した。指示や記録が容易であることから実物投影機等を活用して実験の様子を例示したり，実験結果の記載例を共有したりすることも可能である。こうした活動を通じ，生徒一人一人が，物質の変化を納得するまで観察し，得られた知見を互いに共有しながら深く考察する取組を進めることができる。

また，シートの空いたスペースを活用し，試薬の組合せを変えて，生徒が主体的に物質の性質にせまる取組を行うことができる。例えば，過マンガン酸カリウムと過酸化水素水を反応させる際に，ラミネートシートの空いたスペースを使い，硫酸を加えずに行うとどのような変化の相違があるか調べることにより，硫酸の水素イオンの働きについて考察することができる。また，過マンガン酸カリウムに水酸化ナトリウムを加え，ろ紙片を浸すと， $Mn^{7+}$ （赤紫） $\rightarrow Mn^{6+}$ （緑色） $\rightarrow Mn^{4+}$ （茶色）の変化が観察できる<sup>\*3)</sup>ことから，学習内容から一步踏み込み，反応の仕組みについて調べさせる取組も考えられる。講座受講者によるアンケート結果からも，「授業で是非活用したい」と，概ね高評価であった。

### 3 ラミネートシートを用いたマイクロスケール酸・塩基反応

#### 準備

酸の水溶液（1 mol/L塩酸，0.1 mol/L塩酸，1 mol/L酢酸），塩基の水溶液（1 mol/L水酸化ナトリウム，0.1 mol/L水酸化ナトリウム，1 mol/Lアンモニア），塩の水溶液（1 mol/L酢酸ナトリウム，0.1 mol/L炭酸水素ナトリウム，1 mol/L塩化アンモニウム），フェノールフタレイン溶液，メチルオレンジ溶液，点眼ボトル，実験操作用ラミネートシート

#### 方法

##### 【実験の導入】

- ① 酸の水溶液（3種），塩基の水溶液（3種），塩の水溶液（3種）の9種類の試薬を，点眼ボトルに入れ，溶液の名称をビニルテープで隠し，未知試料とする。
- ② 図3のような表を印刷し，実験操作用ラミネートシートを作成する。

指示薬	未知試料	A	B	C	D	E	F	G	H	I
フェノールフタレイン										
メチルオレンジ										

図3 酸・塩基の強さを調べるための実験操作用ラミネートシート

- ③ 調製したフェノールフタレインは，エタノールを含むため表面張力が弱く，滴下すると散ってしまうため，フェノールフタレインで性質を確認する部分については，あらかじめラミネートシート上に滴下し，十分乾燥させておく。
- ④ ラミネートシート上に，未知試料をそれぞれ1滴ずつ滴下する。その後，図3の下段にメチルオレンジをそれぞれ滴下する。
- ⑤ 指示薬の色の変化から，3グループに分類する（図4）。

指示薬	未知試料	1M塩酸	0.1M塩酸	1M酢酸	1M NH <sub>4</sub> Cl	0.1M酢酸Na	1M重曹	1M NH <sub>3</sub>	0.1M NaOH	1M NaOH
フェノールフタレイン		無色	無色	無色	無色	うすい赤色	うすい赤色	赤	赤	赤
メチルオレンジ		赤	赤	赤	橙	橙	橙	橙	橙	橙
		酸性領域			ほぼ中性領域			塩基性領域		

図4 指示薬の変化によるグループ分け

##### 【未知試料の同定】

- ① 白紙を封入したラミネートシートと黒紙を封入したラミネートシートを用意する。
- ② フェノールフタレイン試験を行う白紙のラミネートシートには，あらかじめフェノールフタレイン溶液を滴下し，乾燥させたものを別に用意する。
- ③ 実験の導入で分類した各グループの試薬を，グループごとそれぞれ相互にラミネートシートに滴下し，見た目の変化と官能試験（臭い），指示薬を加えた状態での変化から，未知試料を同定する。このとき，指示薬を含めて5滴を超えないようにする。
- ④ 実験結果は次のように整理できる。

##### A 酸性領域試料に塩基性領域試料を加える

後から加えた先に入れた未知試料	1mol/L NaOH	0.1mol/L NaOH	1mol/L NH <sub>3</sub>
1mol/L 塩酸	無色→赤 1滴では変化しないことがある。	変化なし	無色→赤 2～3滴まではうすい赤
0.1mol/L 塩酸	無色→赤	無色→赤 1滴では変化しないことがある。	無色→赤
1mol/L 酢酸	無色→赤 1滴では変化しないことがある。	変化なし	無色→うすい赤 2～3滴加えないと変化しない。

※フェノールフタレイン指示薬

後から加えた先に入れた未知試料	1mol/L NaOH	0.1mol/L NaOH	1mol/L NH <sub>3</sub>
1mol/L 塩酸	赤→橙 1滴では変化しないことがある。	変化なし	赤→橙 1滴では変化しないことがある。反応が鈍い。
0.1mol/L 塩酸	赤→橙	赤→橙 1滴では変化しないことがある。	赤→橙
1mol/L 酢酸	赤→橙	赤→橙 1～2滴で変化する。	赤→橙 1滴では変化しないことがある。

※メチルオレンジ指示薬

##### B 塩基性領域試料に酸性領域試料を加える

後から加えた先に入れた未知試料	1mol/L 塩酸	0.1mol/L 塩酸	1mol/L 酢酸
1mol/L NaOH	赤→無色 1滴で変化しないことがある。	変化なし	赤→無色 1滴で変化しないことがある。
0.1mol/L NaOH	赤→無色	赤→無色 1滴で変化しないことがある。	赤→無色 1滴で変化しないことがある。
1mol/L NH <sub>3</sub>	赤→無色	赤→うすい赤 4～5滴ほどで変化する。	赤→無色 1滴で変化しないことがある。

※フェノールフタレイン指示薬

後から加えた 未知試料 先に入れた 未知試料	1mol/L 塩酸	0.1mol/L 塩酸	1mol/L 酢酸
1mol/L NaOH	橙→赤 1滴では変化しないことがある。	変化なし	変化なし
0.1mol/L NaOH	橙→赤	橙→赤 1滴では変化しないことがある。	橙→うすい赤 酢酸を多く加えても酢酸のみの時より赤がうすい。
1mol/L NH <sub>3</sub>	橙→赤	橙→赤 4~5滴で変色域にかかり、6滴以上で変色。	変化なし 10滴以上加えても変化しない。

※メチルオレンジ指示薬

## C 中性領域試料と酸性領域試料の反応

後から加えた 未知試料 先に入れた 未知試料	1mol/L 塩酸	0.1mol/L 塩酸	1mol/L 酢酸
1mol/L NH <sub>4</sub> Cl	変化なし	変化なし	酢酸自体の酢酸臭
0.1mol/L 酢酸Na	酢酸臭	かすかな 酢酸臭	酢酸自体の酢酸臭
1mol/L 炭酸水素Na	CO <sub>2</sub> の発泡	かすかな CO <sub>2</sub> の発泡	CO <sub>2</sub> の発泡 酢酸自体の酢酸臭

## D 中性領域試料と塩基性領域試料の反応

後から加えた 未知試料 先に入れた 未知試料	1mol/L NaOH	0.1mol/L NaOH	1mol/L NH <sub>3</sub>
1mol/L NH <sub>4</sub> Cl	強いアンモニア臭	かすかな アンモニア臭	アンモニア自体の アンモニア臭
0.1mol/L 酢酸Na	変化なし	変化なし	アンモニア自体の アンモニア臭
1mol/L 炭酸水素Na	変化なし	変化なし	アンモニア自体の アンモニア臭

## 【同定手順の一例】

試薬自体の官能試験から、酢酸とアンモニアの同定が可能である。酸性領域と塩基性領域を反応させるAとBの実験結果から、酸に塩基を加えた場合と塩基に酸を加えた場合のpH変化の有無によって、酸及び塩基の濃度の違いがわかる。中性領域と、酸性領域及び塩基性領域を反応させるCとDの実験の、官能試験では酢酸ナトリウムと塩化アンモニウムが、発泡の有無からは炭酸水素ナトリウムが同定できる。

## 実験教材の授業への活用について

今回開発したラミネートシートを用いたマイクロスケールの酸・塩基実験教材は、短時間に探究の過程を繰り返し実施し、すべての未知試料を同定する取組を通じて、主体的・協働的な学びを育成する観点で構成した。この観点を達成させる方策の1つとして、知識構成型ジグソー法<sup>\*4)</sup>を参考とした授業プログラムの開発を北

海道釧路湖陵高等学校と連携して行った。

また、この実験教材では、生徒が「何を知っているか」だけではなく、探究型・課題解決型の取組を通じて「知っていることをどう使うか」というエッセンスを加え、どのようにして「できるようにする」かを、学校事情に応じて柔軟に対応し、展開することが可能である。例えば、酸と塩基のみの組合せに限定し、使用する物質も明示しながら、実験結果からわかることを整理し、使用する指示薬の選択について考えさせる従来型の授業プログラムや、4単位の化学の内容を含め、酸・塩基の分野だけでなく化学平衡や無機化学等の内容も包括し、多くの既習事項を踏まえた上で、より探究の要素を加えた展開などが考えられる。

## 4 まとめ

ラミネートシートを用いた新規のマイクロスケール実験の方法については、ほぼ構想通り構築することができた。また、実験の活用方法を模索していく過程において、観察、実験を通じて生徒に思考させる観点等が明確になった。今後は、得られた知見を活かし、学校事情に応じた授業プログラムの開発及び普及に向けて取り組んでいきたい。

## おわりに

今回、連携を図り、検討した実験教材を授業で実践していただいた、北海道釧路湖陵高等学校の白山悟教諭に感謝いたします。

## 参考文献

- 1) 芝原寛泰・佐藤美子 マイクロスケール実験 オーム社 p iii
- 2) 村田一平 マイクロスケール実験による酸化剤・還元剤の反応 北海道立教育研究所附属理科教育センター 22 p38-39 2010
- 3) 杉山剛英編著 わかる！なるほど理科実験 p13 裳華房 2006
- 4) 三宅ほなみ 他 協調学習授業デザインハンドブック 一知識構成型ジグソー法を用いた授業づくり p14-p17 大学発教育支援コンソーシアム推進機構 2015

(さとう ひろし 化学研究班)