

生徒の主体的・協働的な活動を支援する ジグソー法を用いた化学の実験授業

～弱酸・弱塩基の遊離反応についての理解を深める～

白山 悟

酸・塩基の分野における弱酸・弱塩基の遊離反応は、無機物質や有機化合物の分野においても登場頻度の高い反応の一つであり、化学反応の結果を予測する上で重要である。本実践では酸・塩基及び塩を3種類ずつ未知試料として提示し、エキスパート活動及びジグソー活動を通して同定させた。その過程で重要な役割を果たすのが弱酸・弱塩基の遊離反応であり、仮説の設定、実験操作及び結果の考察を通して、この反応の原理についての理解を深めることを目的の一つとして位置付けた。

[キーワード] 酸・塩基 弱酸の遊離反応 エキスパート活動 ジグソー活動 ルーブリック

はじめに

本校ではSSH導入と新課程のカリキュラム再編成により、学校設定科目「SS化学探究」等が設置され、アクティブ・ラーニングやルーブリック評価の導入など、授業改善を推し進めている。

筆者の担当するSS化学探究（2単位）では、実験を主体としたオリジナル教材の開発や、座学だけでは理解しにくい内容や印象付けたい重点的な単元を効果的に学習させるための実験やグループ学習の方法などを模索しながら、授業改善に取り組んでいる。その一環として、「弱酸・弱塩基の遊離反応」をテーマに教材開発に取り組んだ。この反応は酸・塩基から始まり、無機物質、有機化合物の分野においても頻出であるものの、その原理をなかなか理解できない生徒が多いと実感していたためである。

また、知識構成型ジグソー法を一部に用い、生徒が主体的・協働的に取り組むことによる理解の深化、知識の定着を図ったので報告する。

1 授業展開

(1) 概要

酸・塩基の強弱を復習し、弱酸・弱塩基の遊離反応についての基本事項を1時間で学習する。

その後2時間で実験・観察及び考察を行い、知識の定着と理解の深化を図る。以下に2時間の観察・実験に関わる授業の構成と、それぞれの内容について簡潔に説明する。

(2) 準備

A5ラミネートシート白、A5ラミネートシート黒、フェノールフタレイン（PP）・メチルオレンジ（MO）用ラミネートシート、試薬の点眼びんを収納する12セルプレート、つまようじ（※試薬は(3)に示す）

(3) 実験の展開

ア 実験の説明（7分）

生徒に実験概要を説明するとき、弱酸の遊離反応がメインテーマであることを伏せ、マスキングした9種類の酸・塩基および塩についての同定実験であると説明した。これは、確認実験よりも仮説を立て試行しながらの操作の方がより理解を深められると考えたからである。さらに、ここでルーブリック評価を提示し、到達目標を意識させた。

イ 酸・塩基・塩の分類実験（18分）

以下の9種類の水溶液を点眼びんに入れ、A～Iのラベルを貼りマスキングして用意した。

【酸】1 mol/L塩酸、0.1 mol/L塩酸、1 mol/L

酢酸

【塩基】 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】 1 mol/L塩化アンモニウム, 0.1 mol/L酢酸ナトリウム, 1 mol/L炭酸水素ナトリウム

始めに, これらを3つのグループに分ける実験を行った。方法は以下の通りである。

- (ア) 専用のラミネートシート(表1)にA~Iの各試薬をマス目ごとに1滴ずつ滴下する。
- (イ) PP指示薬とMO指示薬を一滴ずつ加え, 色の変化を観察する。
- (ウ) 色の变化から酸・塩基・塩の3つのグループに分類する。
- (エ) さらに, ろ紙に溶液をしみ込ませ, における官能試験で分かるものはここで同定する。

※結果の注意点

- ・官能試験では点眼びんの先端ではなく根元を開けて直接嗅ぐか, 小さく切り取ったろ紙にしみ込ませて嗅ぐ。
- ・アンモニアは放置しておくとも揮発してPPの色が薄くなる。
- ・炭酸水素ナトリウムは薄いPPの赤色を発色するが, 薄いものは塩に分類するようあらかじめ指示をしておくといよい。
- ・空気中の二酸化炭素の影響も考慮して, 色を記録したら速やかに廃棄するのが好ましい。また, ラミネートが薄いと劣化する恐れもある。ここではあくまでも, 3種類に分類することを目的としていることを強調する。

ウ エキスパート活動(20分)

(ア) 班員の振り分け

班内の4~5人を①~④のエキスパート活動

表

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
PP									
MO									

グループに振り分けた。

【エキスパート実験の種類】

- ① 酸に塩基を加える…PPやMOを加えその色の变化を観察する。
- ② 塩基に酸を加える…PPやMOを加えその色の变化を観察する。
- ③ 酸と塩を反応させる…炭酸の発泡の観察や酢酸の遊離による官能試験などを行う。
- ④ 塩基と塩を反応させる…アンモニアの遊離による官能試験などを行う。

(イ) 仮説の設定

エキスパート活動のメンバーで仮説を立て, 「分かること」と「分からないこと」を整理して実験を行う。この際, 各グループに予め仮説の立てる際のヒントとなる資料を用意しておく。

(ウ) 実験操作

用意したラミネートシート(③は黒いラミネートを用いる)をフリースペースとして用い, 各自で仮説を立てて実験を行った。なお, 試薬の使用量は一回につき最大5滴までとした。

(エ) 結果のまとめ

エキスパート活動の結果を元の班に戻って伝えるため, ここでしっかり議論しながらまとめる。

エ ジグソー活動(班考察)

(5分: 1時間目+15分: 2時間目)

それぞれのエキスパート活動の結果を班で考察し, 未知試料A~Iを同定した。このとき, ①~④のエキスパート活動の結果を追試して, 班員が共有できるように指示した。

オ 全体共有(5分)

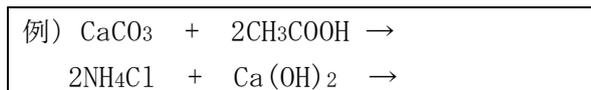
黒板に各班の結果を書き込み, 全体で結果を共有した。

カ 弱酸・弱塩基の遊離反応の解説(10分)

ここで今回の実験の根底にあるテーマは「弱酸・弱塩基の遊離反応の理解」であることを伝え、問題演習に備えさせるため、既習事項である遊離反応のしくみを再度解説した。

キ 問題演習 (10分)

酸や塩が本実験と異なっている場合、生成物が予測できるように、生成物を予想し書き込む問題演習を行った。なお、反応しないものに関しては×と記すこととした。



ク グループ学習 (5分)

答えを共有し教え合う時間として設定した。本校では、この作業は学年が上がるほど熟練しており、本授業は2学年で実施したため活発にグループ学習が行われた。

ケ ルーブリック評価とまとめ (5分)

以下のルーブリック評価を確認し、自己評価を行う。最後にまとめとして、弱酸の遊離反応が、無機物質や有機化合物の分野においても頻出の反応であることを説明した。

コ 実験の結果

全ての班でA～Iの未知試料を同定することができた。

2 ルーブリック評価の結果

【ルーブリック観点①知識・理解】

	知識・理解
S	弱い酸(弱い塩基)の遊離反応のしくみを理解し、化学反応式を正確にかつ、物質が変わってもしくみを応用して書くことができる。(例えば、この実験にない硝酸と酢酸ナトリウムの反応などをかけるかどうかということ)
A	弱い酸(弱い塩基)の遊離反応のしくみを理解し、今回の実験で扱った物質についての化学反応式は正確に書ける。しかし、物質が変わると正確に化学反応式が書けない。
B	酸・塩基の強弱が身についており、塩の表現のしかたも理解できるが、遊離反応のしくみがわからない。
C	酸・塩基の強弱を覚えておらず、塩の表現(弱酸の塩や強酸の塩など)ができない。

ルーブリック観点①の結果は以下の通りである。

S : 6 A : 11 B : 3 C : 0

【ルーブリック観点②思考・判断】

	思考・判断
S	エキスパート活動で 仮説を立て 、「わかること」「わからない」ことを整理できた。その結果をグループに持ち帰って未知試料を論理的に同定できた。
A	エキスパート活動で、「わかること」「わからない」ことを整理できた。その結果をグループに持ち帰って未知試料を論理的に同定できた。
B	エキスパート活動で、「わかること」「わからない」ことを整理できたが、グループに持ち帰って未知試料を論理的に同定できなかった。
C	エキスパート活動が不十分であった。

ルーブリック観点②の結果は以下の通りである。

S : 10 A : 11 B : 0 C : 0

3 生徒のアンケート結果 (一部抜粋)

Q1 「弱酸の遊離反応」について、知識や理解は深まりましたか？

- A : 大変深まった(8) B : 深まった(11)
- C : あまり深まらなかった(2)
- D : 授業のみで十分(0)

Q2 「弱酸の遊離反応」について、この実験は知識や理解を深めるために有効でしたか？

- A : 大変有効である(7) B : 有効である(13)
- C : あまり有効ではない(1)
- D : 授業のみで十分(0)

Q3 エキスパート活動について、いつもより思考判断が求められましたか？

- A : 大変求められた(7) B : 求められた(13)
- C : 特に変わらない(1)

Q4 今回の実験で実感できた点など自由に書いてください。

- ・エキスパート活動が面白かった。遊離反応のしくみが理解できた。
- ・自分が理解していないと班員に伝えられないので上手く説明できたときに、自分がちゃんと理解できていることを実感できた。

- ・いつも実験は見ていることが多かったけれど、エキスパート活動があったので自分でもっと考えようとする気持ちになった。
- ・同じ二酸化炭素が発生する反応でも（濃度によって）程度が違うということが分かった。
- ・試料を混ぜるとにおいが発生するのが興味深かったです。
- ・実験の前まで弱酸の遊離反応に関して理解が浅かったのですが、体験したことにより完全に理解できました。

4 ルーブリック評価およびアンケートの分析

(1) 弱酸の遊離反応の理解について

この実験の目的の一つは弱酸・弱塩基の遊離反応について理解を深めることであるが、この点に関して、「ルーブリック観点①の知識・理解」ではS評価とA評価を合わせて17/21と高評価ではあるものの、S評価のみ、いわゆる「物質が変わってもしくみを応用して書くことができる」とした生徒の数は6/21と少なかった。3時間を配当し、短時間ではあるが演習も組み込み定着を図ったにも関わらずこの評価は、課題が残る結果となった。

(2) エキスパート活動に関して

ルーブリック評価、選択式アンケート、及びQ4の自由記述欄の内容はいずれも高評価と言える。実際に教員側の手ごたえとしても、普段より「自らが主体となって思考しながら実験する」という緊張感をもって臨む生徒が多いように見受けられた。よく考え実験を行うプロセスの充実という観点では十分な成果が得られた。

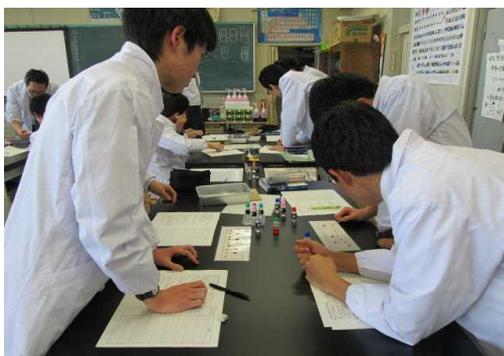


図 生徒の実験の様子

5 実験教材の工夫

本実験教材の最大の工夫は、単なる確認実験ではなく、遊離反応の再発見を促すことにより理解の深化を意図するため、「弱酸・弱塩基の遊離反応」を未知資料を同定するツールとして組み込んだところにある。

もともと筆者は、弱酸の遊離反応をテーマにした実験をプランニングして実践をしていたが、その内容は酸や塩基を塩と反応させ生成物を予測し、結果を官能試験や発泡、沈殿生成などもって確認するシンプルなものだった。より効果的な授業プログラムを模索し実践するにあたり、北海道立教育研究所附属理科教育センター化学班と連携し、協働して行った。

6 これからの展望

この実験授業のポイントの1つがエキスパート活動における資料の提示である。簡単に結果を導けるような資料ではエキスパート活動の意味が消えてしまうので、どこまで詳細を提示するかがこの実験の成否を握っていると考えている。本校は理数科と普通科があるため、それぞれの学習到達段階を考慮して、複数のパターンを作成していきたい。また、他クラスの結果を併せて分析し、3時間目の演習の時間や内容を検討し、理解から定着までのより効果的な方法を検討していきたい。

おわりに

最後に、本校化学担当佐藤友介教諭、近藤美樹実習助手には、実験協力および準備に多大なご協力をいただきました。心よりお礼申し上げます。また、実験方法の開発について、多大なご協力とご指導をいただきました、北海道立教育研究所附属理科教育センター化学研究班の佐藤大研究研修主事に厚くお礼申し上げます。

(しらやま さとる 北海道釧路湖陵高等学校)