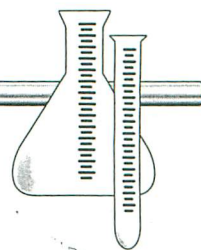


金属イオンの反応に関するいくつかのスモールスケール実験

Some Small Scale Experiments on Properties of Metal Ions



はじめに

私たちは、高校化学指導要領の範囲のテーマをとりあげて、スモールスケールの生徒実験を開発している¹⁻⁴⁾。

前報では「酸と塩基」の実験について報告した⁴⁾。本報では、化学I Bの「金属イオンの反応」について主としてセルプレートを用いた実験をとりあげる。いろいろな金属イオンと種々の試薬の反応は、生徒にとって混乱しやすい部分である。これらを整理して、知識として定着させるのに、セルプレートを用いるスモールスケール実験は適している。1枚のセルプレートに、平面的に多種の反応を展開できるからである。

適切な試薬濃度と量について検討してマニュアルを開発し、実際の授業で実践したいいくつかの例について報告する。

なお、授業は平成6年度に宮城県多賀城高等学校において3年生を対象に実施したのをはじめ、筆者らの所属する高校で行った。また、スモールスケール試行実験でも、いくつかの高校に実験キットを配付して行った³⁾。さまざまなバリエーションがあるが、ここではいくつか代表的な例を示す。

金属イオンと水酸化物イオン、アンモニア水との反応

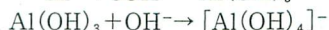
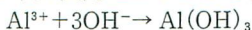
実験器具：12-あるいは24-ウェルセルプレート⁴⁾あるいはプラスチックフィルム⁵⁾、スポイトびん。

試薬：0.1 mol/l Zn(NO₃)₂、0.05 mol/l Al₂(SO₄)₃、0.15 mol/l CuSO₄、0.15 mol/l AgNO₃、1 mol/l NH₃、1 mol/l NaOH

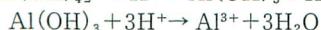
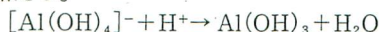
アルミニウム、亜鉛、銅、銀の各イオンは類似のシートで実験できるので、ここではアルミニウムイオンの例をあげる。複数種の金属イオンを1枚のプレートで扱うこともできる。

1) アルミニウムイオンとアンモニア水、水酸化ナトリウム水溶液との反応

アルミニウムイオンの実験シートとして図1のようなものをもちいた。12ウェルプレートのA、B2列の8個のウェルに5滴ずつAl³⁺の溶液をとる。1 mol/l NH₃とNaOHの水溶液を指定されただけに加え、プレートを揺すってよく混ぜる。試薬滴下に0滴のウェルを設けたのは、もとの試薬がどのようなものかを記録させるためである。白い沈殿の観察のためには黒い紙や下敷を下に敷くとよい。結果をシートの対応する枠に記録し、これらの変化が次の反応によることを考察させる。



発展：Cの4個のウェルにAl³⁺溶液5滴と1 mol/l NaOHをそれぞれ4滴ずつとる。1 mol/l HClを左から順に1, 2, 3, 5滴加える。透明な液から、まず白沈を生じ、HClをさらに加えると白沈は消える。白沈を塩化アルミニウムではないかと考える生徒がいるときは、次の反応が起こるためであると説明を加える。



ここで、ユニバーサルpH試験液⁶⁾などですべてのウェルのpHを調べると、沈殿の生成はpHに関係する、すなわちアルミニウムイオンは中性付近の水には溶けないことを示すことが

アルミニウムイオンとアンモニア水、水酸化ナトリウム水溶液との反応

A, Bの8個のウェルにAl³⁺溶液5滴ずつをとる。A行には1 mol/l NH₃を、B行には1 mol/l NaOHを指定された滴数だけ加え、揺すって混ぜる。沈殿の有無、量を調べ記録する。下に黒いシートを入れると見やすい。

加える試薬	滴数	0	1	2	3	4
1 mol/l NH ₃	A					
1 mol/l NaOH	B					
発展 Al ³⁺ +5滴、 NaOH 4滴 ずつ	C					
1 mol/l HClの滴数			1	2	3	5

発展

Cの4個のウェルにそれぞれAl³⁺5滴、1 mol/l NaOH 4滴をとる。1 mol/l HClを指定された滴数加えて混ぜ、沈殿の有無を調べよう。また12個のウェルのpHを調べよう。

図1 単独のイオンの反応を調べるシートの例。

できる。

亜鉛イオン、銅(II)イオンおよび銀イオンとアンモニア水、水酸化ナトリウム水溶液との反応も同様に実験できる。これらのイオンについては水酸化物あるいは酸化物の沈殿、アンミン錯イオンの生成にともなう沈殿の溶解を示すことができる。

2) まとめの実験として

種々の金属イオンの水酸化物イオンとの反応、アンミン錯イオン生成の有無等を、整理して知識として定着させるために盛岡第一高校では、3年次の総復習として、語呂合せと組み合わせたまとめの実験を行った。2つの語呂合せは次のものである。

「あ (Al³⁺) あ (Zn²⁺) すん (Sn²⁺) なり (Pb²⁺) と銀 (Ag⁺) 河鉄 (Fe³⁺) 道 (Cu²⁺) は、水酸化物イオンで沈殿する」

「安 (Zn²⁺) 藤 (Cu²⁺) 銀 (Ag⁺) さん、臭いアンモニアに雲隠れ」⁷⁾

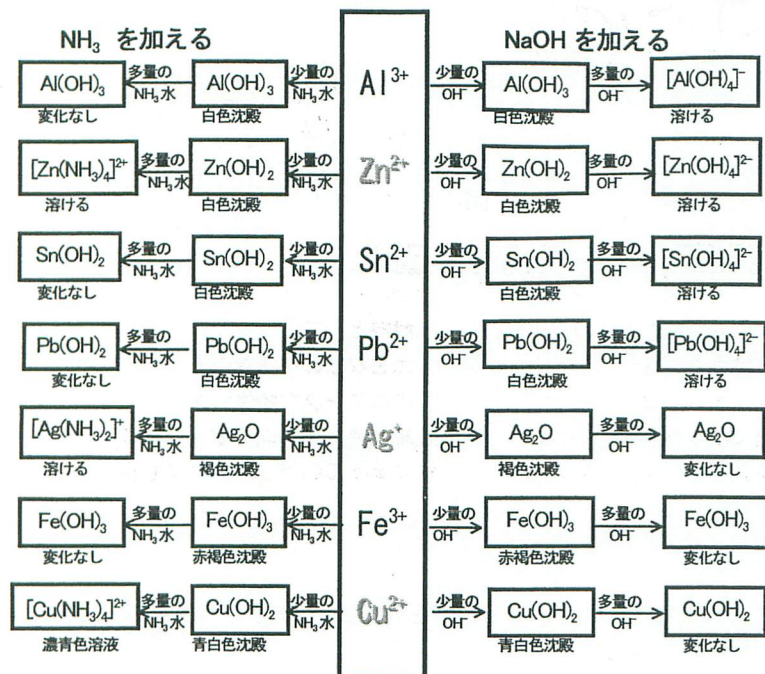
ここで括弧内に対応するイオンを示した。語呂合せに対応した図2のワークシート(生徒には□内とその下の実験結果を空欄のまま与える。図2では結果が記入されたものを示してある)により、少量の試薬と過剰の試薬を加える実験を24ウェルプレートを用いて行わせ、結果を図2に記入させる。

Fe²⁺ と Fe³⁺ の反応

セルプレートを使い、いろいろな金属イオンを各行に、試薬を各列にとって反応をみる実験はいろいろ考えられる。Fe²⁺とFe³⁺の違いを示す以下の実験はその1例である。

鉄イオンに2価と3価があること、それらの性質の違いをいろいろな試薬との反応で示すには、プレートやフィルムは適している。12ウェルプレートを使うときに適当な試薬の濃度の

あすんなりと銀河鉄道は水酸化物イオンで沈殿する



安藤銀さんくさいアンモニアに雲隠れ

図2 金属イオンの反応についての総復習用ワークシート。

例は以下の通りである。

Fe²⁺ 溶液：0.1 mol/l FeSO₄·(NH₄)₂SO₄·6H₂O (モル塩)

Fe³⁺ 溶液：0.1 mol/l FeCl₃·6H₂O

反応試薬：1 mol/l アンモニア水, 0.1 mol/l K₄[Fe(CN)₆]·3H₂O, 0.1 mol/l K₃[Fe(CN)₆], 0.1 mol/l KSCN

手順：セルプレートの1行目の4ウェルに Fe²⁺ 溶液を, 別の行の4ウェルに Fe³⁺ 溶液をスポイトで5滴ずつ入れる。上記の4種の反応試薬を各列に1滴ずつ入れ, 変化の様子をみる。多くの教科書に記載されている呈色が, 多彩な表の形に現れる。

考 察

本報のセルプレートを用いる実験では, 通常の試験管を用いる実験に対し次の特色があった。

- 試験管では試薬を加えていく途中の現象, たとえば, いったん生じた沈殿が溶ける際の一連の変化を「静止画面」としてとらえることは困難であるが, セルプレートを用いることで, 一連のセルのなかに残すことが可能である。しかも, 他の金属イオンとの比較も容易に行うことができる。
- スポイトで1滴ずつ加えていくことで試薬の入れすぎを防止できる。

ウ. 試験管の実験ではかきまぜが不十分だと, 試薬をいっぺんに加え過ぎて途中の現象を見落とすことがあるが, 本法ではそのような失敗がない。

エ. 実験器具が小さいために, 実験室ではなく通常の教室の机で効率よく実験できる。

オ. 実験は固定されたセルプレート上で行うため, 試験管の取り違えがない。

カ. 実験時間の短縮の点で効果的であった。50分の授業時間内に授業と実験を同時に行えるため, 授業内容をその場で確認することができる。また, 試験管を使う実験に比べ実験廃棄物は激減した。

キ. 1枚のプレート上で効果的にいろいろな実験を行うためには, 試薬の濃度を適切に設定する必要がある。

最後に, 生徒の感想をいくつかあげてみたい。

- ・色がとてもきれいだったので色の変化に目を奪われた。
- ・たった1滴の差でこれほど変化するとは思わなかった。
- ・とても簡単な実験でわかりやすかった。
- ・試験管でやると, きっと入れすぎて沈殿ができたかどうかわからないと思う。
- ・Zn²⁺ と Al³⁺ の違いがよくわかった。
- ・Fe²⁺ と Fe³⁺ の検出法の違いがわかってよかった。もう, バッチリかもしれない。
- ・図2のワークシートを使った実験とまとめは受験勉強に役立つ。

謝 辞

本研究は文部省科学研究費 06680166 および 09680184 により行ったものである。

文 献 と 注

- 1) 荻野和子, 化学と教育, 46, 516 (1998).
- 2) 荻野和子, 東海林恵子, 化学と教育, 46, 742 (1998).
- 3) 荻野和子, 東海林恵子, 金和宏, 田嶋智子, 藤川卓志, 高橋匡之, 化学と教育, 49, 169 (2001).
- 4) 荻野和子, 田嶋智子, 東海林恵子, 金和宏, 化学と教育, 49, 348 (2001).
- 5) 荻野和子, 熊野ひろみ, 菊池順子, 化学と教育, 49, 111 (2001).
- 6) アンモニア水を使う実験では, 時間がたつとアンモニアが気化するために, いったん消失した沈殿が現れたりすることがある。このときはアンモニアを再度加えればよい。
- 7) こちらの語呂合わせは, 筆者らの創作ではない。出典は不明であるが, 岩手県の複数の教員が使っている。

金 和宏 Kazuhiro Kon (宮城第三女子高校)

高橋 匡之 Masayuki Takahashi (盛岡第一高校)

東海林 恵子 Keiko Shoji (仙台育英学園高校)

田嶋 智子 Tomoko Tajima (聖ドミニコ学院高校)

藤川 卓志 Takuji Fujikawa (仙台第一高校)

荻野 和子 Kazuko Ogino (東北大学医療技術短期大学部
名誉教授 理学博士)

[連絡先] 981-0944 仙台市青葉区子平町16-30 (自宅)。

E-mail: oginok@inorg.chem.tohoku.ac.jp

