

高校化学におけるスモールスケール生徒実験Ⅲ. ルシャトリエの法則

4

(宮城県仙台商高・宮城県第三女子高・聖ドミニコ学院高・東北大医
療短大)○東海林恵子・金和宏・田嶋智子・萩野和子

□ はじめに

我々は高校化学指導要領の範囲のテーマを取り上げて、スモールスケールの生徒実験教材開発を検討している¹⁾。第3報では、化学Ⅱの化学平衡とルシャトリエの法則²⁾の教材の検討結果を報告する。現在出版されている旧課程選択化学および新課程化学Ⅱの教科書のいくつかについて、化学平衡とルシャトリエの法則の実験をしらべてみたところ、温度の影響・圧力の影響を示す教材として $2\text{NO}_2 \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4$ を用いている教科書が多く、温度の影響を示す教材として取り上げられているものはチオシアン酸鉄錯体生成平衡が圧倒的に多く見られた。ルシャトリエの法則の生徒実験として演習はこれまで約20年に亘り、温度・圧力の影響については $2\text{NO}_2 \rightleftharpoons \text{N}_2\text{O}_4$ 系を16cm試験管, 50ml 注射器を用い、濃度の影響についてはチオシアン酸鉄錯体生成平衡を16cm試験管4本, 50ml ビーカーを用いて実施してきた。

今回、実験のスケールを小さくすることを検討した結果、気体を取扱う反応では、スモールスケールにした場合、気体の色の濃淡の変化が観察しにくい³⁾ため平衡移動の方向を判別しにくいことがわかった。従って NO_2 を用いる平衡は従来通り通常スケールの実験が必要であることがわかった。このことから演習らは、気体の平衡は通常スケールで実験を行い溶液中の平衡をスモールスケールで行うことを検討することとした。

チオシアン酸鉄錯体生成に用いる試薬の組合せや、化学式による化学平衡の表現は教科書によって様々である。一般に $\text{Fe}^{3+} + \text{SCN}^- \rightleftharpoons [\text{FeSCN}]^{2+}$ とするものが多いが^{3), 4)} $2\text{FeCl}_3 + 6\text{NH}_4\text{SCN} \rightleftharpoons \text{Fe}[\text{Fe}(\text{SCN})_6] + 6\text{NH}_4\text{Cl}$ と表わしているものも⁵⁾ 見られた。高校学習指導要領解説書⁶⁾にも、この錯体生成平衡が取り上げられており、平衡移動を起させる物質として $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3$ (固), KSCN (固), NaH_2PO_4 (固) を用いるとしている。チオシアン酸鉄錯体の組成については、いくつか表わし方があがるが、我々は Fe^{3+} と SCN^- の組成 1:1 の錯体として取扱うこととして教材化を検討した。

ルシャトリエの法則 濃度の影響 (その2) として、アンモニア水および酢酸の電離平衡を取り上げ、共通イオンの影響を示すための簡単な実験を、普通教室でも行える生徒実験として開発した。ここで報告する実験教材 3-1, 3-2, 3-3 は、平成6年度中に、宮城県仙台商高の2年生4クラスの生徒を対象に授業実践を行ったものである。

□ 実験器具

第1報と同じものを用いる。ほかに固体試薬用として、ファストフット店などで使用される小型プラスチック製サジを、サジ兼攪拌棒として使用した。また実験を行う際にセルプレートと同形にセル穴の位置を用ひ示し、セルに入れるべき試薬の種類と、溶液の滴数を印刷した実験用型紙を各生徒宛1枚を配布し、この型紙の上セルプレートをおいて実験を行い、観察記録をプリントのセル穴の位置に直接記入する記録用紙としても使用させた。

しょうじけいこ, こんかずひろ, たじまともこ, おきの かずこ

③ 実験方法と結果

3-1 4オキサン酸鉄錯体生成平衡と平衡移動

試薬: 平衡の標準溶液調製用として $2.5 \times 10^{-3} \text{ mol/L FeCl}_3$ 溶液, $5 \times 10^{-3} \text{ mol/L KSCN}$ 溶液, 濃度の影響を与える物質として 0.1 mol/L FeCl_3 溶液, 0.1 mol/L KSCN 溶液, KCl 結晶, NaCl 結晶.

操作: 2人1組で行う.

(1) 実験用型紙兼記録用紙(右図)にサンプルートをのせる.

$2.5 \times 10^{-3} \text{ mol/L FeCl}_3$ 溶液 10滴と $5 \times 10^{-3} \text{ mol/L KSCN}$ 溶液 10滴を \odot の 5 箇のセルに入れ, フォートをゆすってよく混ぜる. これか元の平衡状態となる.

(2) 実験用型紙の (イ) (ロ) (ハ) (ニ) に

示したように, 別々のセルに 1つずつの成分を加える. いずれも加えたうづたをして, フォートをゆすって混ぜる. 結晶は小さじでよく撹拌する.

(3) 何も加えなかった元の平衡状態の色と (イ), (ロ), (ハ), (ニ) それぞれの色を比較し, 記録用紙の \odot 内に結果を記入する.

結果: (イ) 赤色が濃くなり, 左辺の Fe^{3+} の濃度を大きくしたことにより平衡が右へ移動したことがわかる.

(ロ) 赤色が濃くなり, 左辺の SCN^- の濃度を大きくしたことにより平衡が右へ移動したことがわかる.

(ハ) 赤色がうすくなり, 平衡が左へ移動したことがわかる. ここで NaCl 結晶の実験も行うと, 平衡移動の原因が Cl^- 濃度の変化によることか更によくわかる. この移動の原因は Cl^- が溶液中の Fe^{3+} に配位して捉えるため Fe^{3+} が減少するという説明が, 生徒には必要となる. KCl の代りに NH_4Cl (固) や NaH_2PO_4 (固) を用いる方法もあるが, NaH_2PO_4 (固) を用いると沈殿が生成するので $0.1 \text{ mol/L NaH}_2\text{PO}_4$ 溶液 1滴を用いるのがよい.

$\text{FeCl}_3 + \text{KSCN} \rightleftharpoons [\text{Fe}(\text{SCN})]^{2+}$ $2.5 \times 10^{-3} \text{ mol/L} \quad 5 \times 10^{-3} \text{ mol/L}$ 10滴 10滴		
(イ) 0.1 mol/L FeCl_3 1滴		
(ロ) 0.1 mol/L KSCN 1滴		
(ハ) KCl 結晶 小さじ1杯		
(ニ) NaCl 結晶 小さじ1杯		

3-2 アンモニア水の電離平衡と平衡移動

試薬: 0.1 mol/L NH_3 水溶液, NH_4Cl (固), $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (固), NaCl (固), フェノールフタレイン溶液

操作 (1) 実験用型紙の \odot の 4 箇のセルに 0.1 mol/L NH_3 水溶液 10滴と フェノールフタレイン溶液 1滴ずつ入れ, フォートをゆすってよく混ぜる.

(2) 型紙の (イ) (ロ) (ハ) (ニ) に示されたように, 結晶を各セルに別々に加え, 小さじで撹拌する.

$\text{NH}_3 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_4^+ + \text{OH}^-$		
(イ) NH_4Cl (固) 小さじ1杯		
(ロ) $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (固) 小さじ1杯		
(ハ) NaCl (固) 小さじ1杯		

(3)各セル内の左-ルフトタレインの星色を元の平衡状態の色と比較してみる。

結果：(イ)赤い星色がうすくなり、平衡が左に移動したことがわかる。

(ロ)赤い星色がうすくなり、平衡が左へ移動したことがわかる。

(ハ)赤い星色は変化しない。(イ)、(ロ)と(ハ)の比較から平衡移動に影響を与えたイオン種が NH_4^+ であることが容易に推定でき、共通イオンの効果に気付かせることができる。

3-3 酢酸の電離平衡と平衡移動

試薬：0.1mol/l CH_3COOH 、 CH_3COONa (固)、 NaCl (固)、メチルオレンジ溶液
操作(1)型紙の④印の3箇のセルに0.1mol/l CH_3COOH 10滴とメチルオレンジ溶液1滴ずつ入れ、プレートをやすってよく混ぜる。

(2)型紙に示された(イ)、(ロ)のように結晶を各セルに別々に加え、小さじで攪拌して溶かす。

(3)各セル内のメチルオレンジの星色を、元の平衡状態の色と比較して平衡移動の方向を判定する。

結果：省略

④ 考察

今回開発した実験方法と従来の方法とのちがいは次のようなものである。

①溶液の色変化を元の平衡と比較して平衡移動の方向を判断する場合、従来方法では、試験管を横から見ると比較するため見えにくい欠点があり、試験管立てから取り出して比較するとき、まちがった位置に戻すなどの失敗が起り、ルシャトリエの法則の判定がうまくいかない場合があったがセルプレートを用いるとセル位置が固定されているのでまちがいない結果が得られる。

②試薬量をスポイトからの滴数で指示するため、試薬を過剰に取りすぎることがなく、どの班でも同じ結果が得られ再現性がよい。

③試薬量を大幅に減らすことができた。3-1の実験で1クラス当りの Fe^{3+} 溶液の使用量は、従来4人1組で1回20ml使うとすれば48人学級で $20\text{ml} \times 12\text{班} = 480\text{ml/クラス}$ となるが、セルプレートを使用し2人1組で行くと1回4滴(2.8ml)使うとすれば、 $2.8\text{ml} \times 24\text{班} = 67.2\text{ml/クラス}$ となる。

④固體試薬を加える場合、試験管の底に沈んだ結晶を溶かすのに手間がかかったが、セルは底が浅く、小さじで容易にかきまぜることが出来る。

第1～第3報を通じて次の特色があることがわかった。生徒の興味を引き、探究心育成に役立つ、基本概念の理解に効果的である、準備、片付けに要する労力、時間の節減、手軽に簡単に実施でき、生徒実験のわずらわしさに対する教師の心理的障壁を小さくする。更に2人1組で実験を行うため生徒一人一人が実験する意識が強まり協力しやすく実験の効率もより、普段とちがった器具を用いることで化学を面白いと感じる効果も見られた。

文献 1) 本要旨集、田嶋智子ほか、「高校化学におけるスモールスケール生徒実験Ⅰ」

2) 本要旨集、金和宏ほか、「高校化学におけるスモールスケール生徒実験Ⅱ」

3) American Chemical Society, Chem Com 2nd Edition P.259 (1993年)

4) 石黒、大塚、改訂高等学校学習指導要領の展開理科編 P.166 (明治図書 1978年)

5) 長倉、猿田、竹内ほか、化学Ⅱ P.23 (東京書籍 1994年)