

高等学校化学 「酸化と還元」における 実験教材の工夫

近藤 浩文

高等学校化学 「酸化と還元」において、酸化剤と還元剤の概念と電池の原理をスムーズに結びつけ、生徒の理解を深めるための実験教材として、セルプレートを用いたマイクロスケール実験を検討した。

[キーワード] 酸化剤 還元剤 電池 セルプレート

はじめに

中学校理科 1 分野下の教科書の一部に、電池は「電流を通すことができる水溶液、あるいはうすい酸に 2 種類の金属を浸したもの」という表現がある。また、高等学校化学 「酸化と還元」の単元における電池の原理の説明では、主にボルタ電池やダニエル電池など 2 種類の金属からなる電池を用いている。これらのことから、生徒にとって電池は「金属の反応性と関わりがあるもの」とのイメージが強くなってしまい、単元の前段で、酸化と還元が電子の授受による反応と定義づけて、酸化剤と還元剤の理解へと発展させてきた概念が、電池の原理へとスムーズに結びつかなくなってしまうことが懸念される。

ここでは、酸化剤と還元剤間の電位差を測定して電子の授受を明らかにすることにより、電池の原理について生徒の理解を深めるための実験教材について検討した。

1 実験教材の工夫

デジタルマルチメーターを用いて酸化剤と還元剤間の電位差を測定し、電子の移動を実感させる既存の実験¹⁾を参考にし、次のように、マイクロスケール実験にするための工夫をした。

(1) 12-ウェルセルプレートの利用と工夫

ア マイクロスケール実験にすることによる

メリット

- (ア) 少量の試薬で実験することで、試薬の節約と廃棄物の少量化を図ることができる。
- (イ) 1 枚のプレート上で複数の反応を行うことにより、反応の比較やそれぞれの関連について理解しやすくなる。

イ 効率よく実験を行うための工夫

- (ア) 図 1 のように、セルプレートのふたのそれぞれのウェルの中心部に、電気ドリルを用いて直径 5 mm の穴を開け、直径 5 mm、長さ 25 mm の炭素棒を差し込むことにより、炭素棒がウェルの中心部に固定され、測定の際に端子の接続等がしやすくなる。



図 1 セルプレートのふたに穴を開け炭素棒を差し込む

(1) 図2のように、試薬の配置を工夫することにより、反応の比較がしやすくなる。

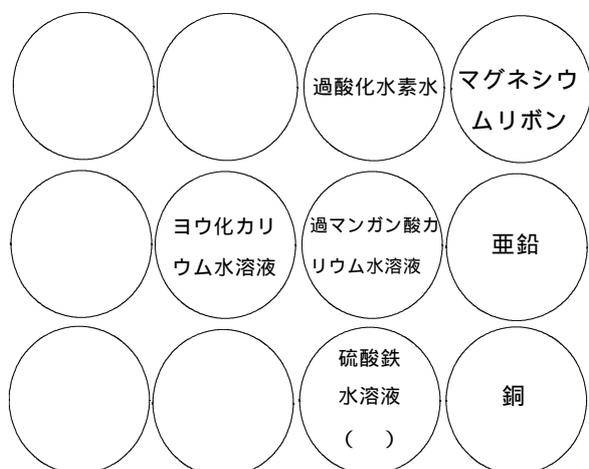


図2 試薬の配置を工夫する

(2) 電池であることを実感させるための工夫

電位差や電子の授受については、デジタルマルチメーターの数値やその符号により理解させることができるが、酸化剤と還元剤間で電子の授受が行われる状態が電池であることを実感させるために次のような工夫をした。

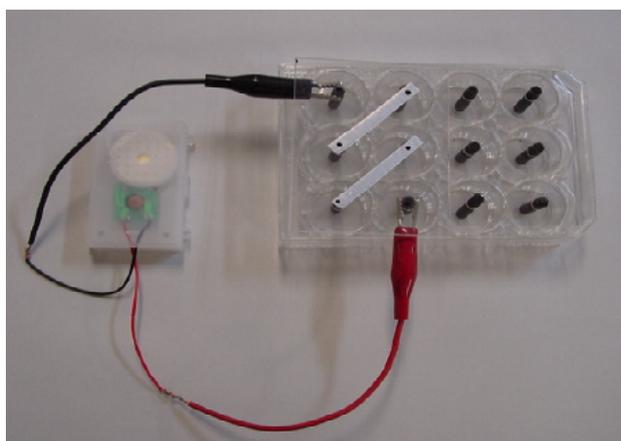


図3 電子メロディーにミノムシクリップ付導線取り付け

(1)

ア 電子メロディーを接続し音が鳴ることを確認する。電子メロディーには、図3のようにミノムシクリップ付導線を取り付け、炭素棒や金属板と接続しやすくなるように

する。

イ 電位差の小さい組合せの場合は、図4のようにアルミニウムテープを貼ったプラスチック板を利用して、2つのウェルからなる電池3組を、直列につなぎ、電子メロディーの音が鳴ることを確認する。



図4 アルミニウムテープを貼ったプラスチック板

(3) 酸化剤、還元剤の選択

数社の教科書に取り上げられている酸化剤と還元剤の中から、安全性や準備の容易さに配慮し、次の物質を選択した。

- ア 酸化剤：過マンガン酸カリウム水溶液，過酸化水素水
- イ 還元剤：過酸化水素水，ヨウ化カリウム水溶液，硫酸鉄()水溶液，マグネシウム

さらに、ボルタ電池，ダニエル電池に共通する金属として亜鉛と銅を選択した。

2 実験例

A 電位差の測定による酸化剤と還元剤の確認準備

0.1mol/℄ ヨウ化カリウム水溶液，5%過酸化水素水，0.1mol/℄ 過マンガン酸カリウム水溶液，3 mol/℄ 硫酸，10%食塩水，マグネシウムリボン(30mm)，亜鉛板(5 mm × 25mm)，銅板(5 mm × 25mm)，12-ウェルセルプレート，デジタルマルチメーター，炭素棒，ろ紙，駒込ピペット，ペトリ皿

方法

(1) 12-ウェルセルプレートに、図2の配置で水溶液を2℄ずつ入れ、過マンガン酸カリウム水溶液と過酸化水素水には、3 mol/℄ 硫酸を0.5℄加えて酸性にする。

また、マグネシウムリボン，亜鉛，銅のウ

- エルには10%食塩水を2ãずつ入れる。
- (2) 10%食塩水をペトリ皿に入れ，その中に短冊状に切ったろ紙を入れて食塩水をしみ込ませる。
- (3) 図5のように，方法2のろ紙を塩橋として用い，ウェル間をつなぐ。

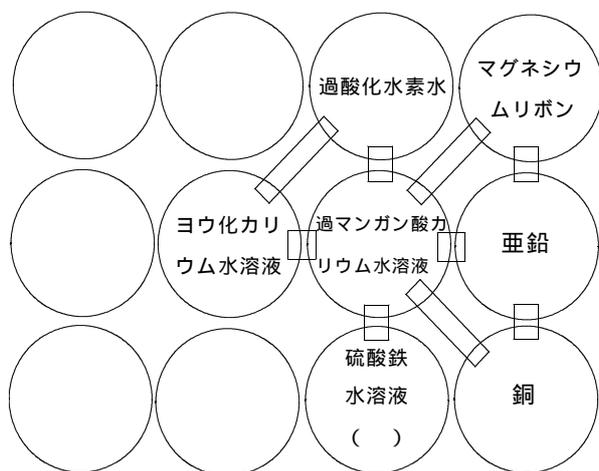


図5 ろ紙を塩橋としてウェル間をつなぐ

(4) セルプレートにふたをして，炭素棒及び金属板を差し込む。

表1 電位差測定の結果

赤の端子+	デジタルマルチメーターの数値 (電子が移動する方向)	黒の端子-
過酸化水素水 (酸化剤・還元剤)	-0.71 (←・→)	過マンガン酸カリウム水溶液 (酸化剤・還元剤)
過酸化水素水 (酸化剤・還元剤)	0.35 (←・→)	ヨウ化カリウム水溶液 (酸化剤・還元剤)
ヨウ化カリウム水溶液 (酸化剤・還元剤)	-1.06 (←・→)	過マンガン酸カリウム水溶液 (酸化剤・還元剤)
過マンガン酸カリウム水溶液 (酸化剤・還元剤)	0.89 (←・→)	硫酸鉄(II)水溶液 (酸化剤・還元剤)
過マンガン酸カリウム水溶液 (酸化剤・還元剤)	2.91 (←・→)	マグネシウムリボン (酸化剤・還元剤)
過マンガン酸カリウム水溶液 (酸化剤・還元剤)	2.21 (←・→)	亜鉛 (酸化剤・還元剤)
過マンガン酸カリウム水溶液 (酸化剤・還元剤)	1.42 (←・→)	銅 (酸化剤・還元剤)

- (5) 表1の組合せに従い，デジタルマルチメーターの赤と黒の端子を炭素棒に接触させて電位差を測定する。
- (6) 表1における全ての組合せについて測定し，数値の符号により電子の移動する方向

の矢印を で囲む。そして，その結果から，それぞれの組合せにおいてどちらが酸化剤か還元剤かを考える。

実験の成果

この実験により，次のような成果が考えられる。

- (1) デジタルマルチメーターの数値の符号から電子が移動する方向を考えることにより，電極と電子の関係について確認することができる。
- (2) 電子が移動する方向から，それぞれの組み合わせにおいてどちらが酸化剤か還元剤かを考えることにより，酸化と還元の見分け，酸化剤と還元剤の見分けについて確認することができる。
- (3) この実験では酸化剤と還元剤の強さを定量的に扱うことが目的ではないが，副次的にその数値の大小から，酸化剤，還元剤の強さには違いがあることを理解させることができる。
- (4) 過酸化水素水や亜鉛の結果から，同じ物質が相手の物質によって酸化剤にも還元剤にもなる場合があることを理解させることができる。
- (5) 溶液と金属を同様に扱うことで，酸化剤と還元剤を広く理解することができる。

B 電子メロディーを用いた酸化剤・還元剤間の電子の流れの確認

準備

実験Aで使用したセルプレート，ミノムシクリップ付導線，電子メロディー，炭素棒，ろ紙，駒込ピペット，ペトリ皿，プラスチック板，アルミニウムテープ

方法

- (1) 実験Aの結果から，図5の組み合わせにおいて，酸化剤を正極，還元剤を負極とし，ミノムシクリップ付導線で電子メロディーを接続して音を比較し，表2にまとめる。結果から，電子の移動の程度に違いがあることや，酸化剤と還元剤の組み合わせにより電池がで

きることを確認する。

表2 電子メロディーの音の鳴り方

酸化剤	還元剤	音	酸化剤	還元剤	音
過マンガン酸カリウム	過酸化水素水	×	過マンガン酸カリウム	亜鉛	◎
過酸化水素	ヨウ化カリウム	×	過マンガン酸カリウム	銅	○
過マンガン酸カリウム	ヨウ化カリウム	△	亜鉛	マグネシウム	×
過マンガン酸カリウム	硫酸鉄水溶液	△	銅	マグネシウム	○
過マンガン酸カリウム	マグネシウム	◎	銅	亜鉛	△

◎：曲が速いテンポで流れる ○：曲がはっきりわかる、△：音が鳴る程度
×：音が鳴らない

(2) 電子メロディーの音が鳴らなかった組合せの中から過酸化水素水とヨウ化カリウム水溶液を選び、図6のように左端に同じ組合せを3組配置する。次に、図4のアルミニウムテープを貼ったプラスチック板を炭素棒に押し当てて直列につなぎ、電子メロディーを接続して音が鳴ることを確認する。

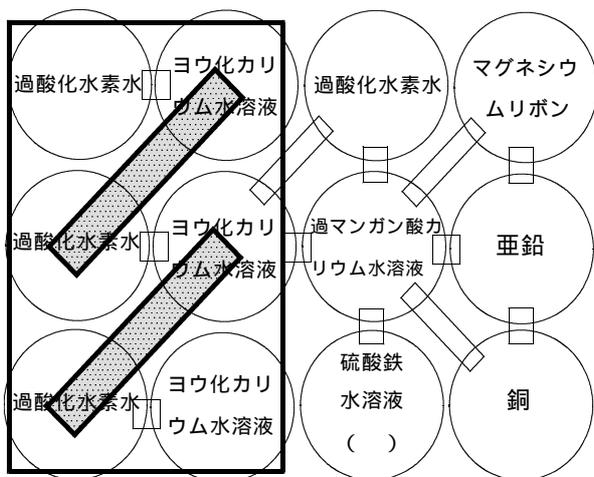


図6 直列つなぎにする

実験の成果

この実験により、次のような成果が考えられる。

- (1) 電子メロディーの音が鳴ることで、電子の移動について実感させることができる。
- (2) 電子メロディーが鳴らなかった過酸化水素とヨウ化カリウムの組み合わせは、3組を直列につなぐことで音を鳴らすことができた。

このことから、酸化剤と還元剤の組み合わ

せによっては電子の移動の程度に違いがあることを実感させることができる。

- (3) 電池は、2種類の金属に限らず、酸化剤と還元剤の組み合わせによるものであることを実感させることができる。

C 酸化剤と還元剤の反応

準備

実験Bで使用したセルプレート、0.1mol/lチオシアン酸カリウム水溶液、デンプン水溶液、駒込ピペット

方法

- (1) 実験Bのセルプレートから塩橋と炭素棒を取り除く。
- (2) 酸化剤を駒込ピペットで吸い取り還元剤に注いで反応させ、化学反応を確認する。
- (3) 反応により生成する物質を、それぞれの検出反応によって確認する。

参考

- (1) 少量の試薬で十分な反応を示し、廃液も少量である。
- (2) 化学反応と生成物を事前に考えさせたり、検出反応について予想させてから行うことで、より強く印象づけることができる。

おわりに

マイクロスケール実験は試薬や廃棄物の少量化、安全性、実験時間の短縮等がメリット²⁾と言われているが、コンパクトな実験であることから操作が慎重になり、自ずと意識も集中してくるなどの効果があることも実感することができた。今後は、化学「酸化と還元」の単元全体について、効果的な実験教材、ワークシート、デジタル教材等を活用して組み立てる系統的な授業プランについて考えていきたい。

参考文献

- 1) 吉田 工 定番！化学実験（高校版）8 pp.560 化学と教育 49巻9号 2001
- 2) 荻野和子 マイクロスケール実験の広場(その1) pp.110 化学と教育 49巻2号 2001

(こんどう ひろぶみ 化学研究室研究員)

近藤