

高校化学「無機物質」における 実験教材のマイクロスケール化

－ハロゲンや金属イオンに関する実験教材の工夫－

近藤 浩文

高校化学「無機物質」の単元における，有毒な気体に関する実験や金属イオンに関する実験について，安全性の確保，廃液の少量化及び個人実験の導入を図るため，教材のマイクロスケール化について検討した。

〔キーワード〕 ハロゲン 金属イオン 個人実験 マイクロスケール化

はじめに

高校化学「無機物質」の単元の主なねらいは，日常生活や社会とかかわりのある代表的な無機物質について観察，実験を行い，その性質及び反応を理解させることである。

具体的には，高等学校学習指導要領解説理科編において，「典型元素」で扱う実験として，ハロゲンの単体及び化合物の性質や反応性を調べる実験，「遷移元素」で扱う実験として，典型元素及び遷移元素の金属イオンを分離する実験などが例示されている。

ここでは，これらの実験について，安全性の確保，廃液の少量化を図るとともに，探究的に実験に取り組ませるためには個人実験が有効である^{*1)} ことに注目し，実験教材のマイクロスケール化について検討したので報告する。

1 塩素の性質や反応性を調べるマイクロスケール実験

A サンプル管を使った反応装置の作製 準備

さらし粉，サンプル管（10mL），シリコン栓（2号），銅線，赤色サインペン，ろ紙，千枚通し，ピストンスポイトセット（プリンターインク等詰め替え用のシリンジ（5 mL）と注射針のセット），マイクロパーテル

方法

- (1) 千枚通しを使って，シリコン栓の中央部に注射針を通すための穴をあける。
- (2) ろ紙を短冊状（長さ3 cm，幅1 cm程度）に切り，赤色サインペンで色を付ける。次に，ろ紙の端に千枚通しを使って穴をあけ，5 cm程度に切った銅線の一端を穴に通して短冊がぶら下がるようにする。
- (3) サンプル管に，マイクロパーテルで一杯程度のさらし粉を入れ，図1のように，(2)のろ紙をサンプル管の内部にぶら下げ，銅線を挟み込むようにして(1)のシリコン栓をはめ込む。さらに，シリコン栓の穴にピストンスポイトの注射針を差し込む。

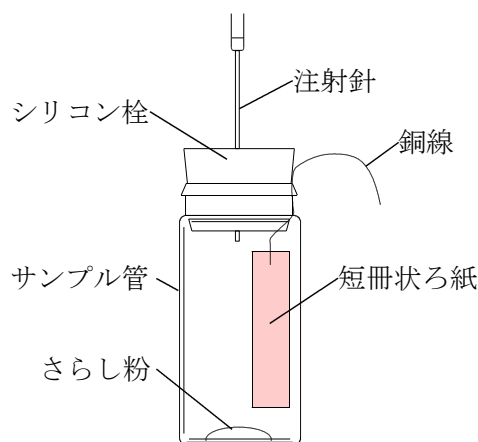


図1 サンプル管を使った反応装置

B サンプル管スタンドの作製

準備

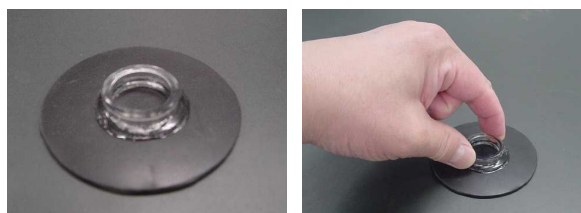
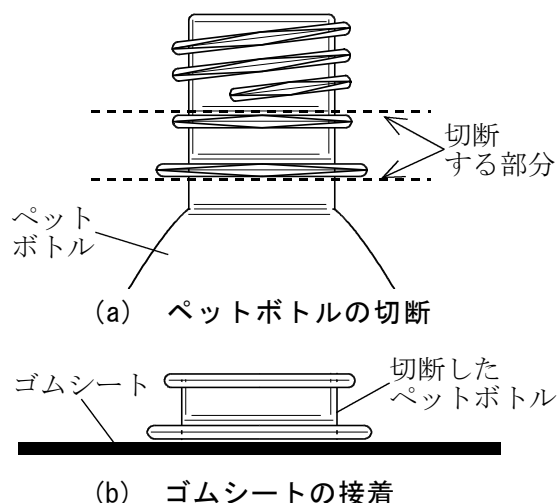
ペットボトル、ゴムシート（天然ゴム・厚さ2mm）、片刃鋸（プラスチック用）、接着剤

方法

- (1) プラスチック用の片刃鋸を用いて、ペットボトルの口の部分を、図2(a)の点線部で切断する。
- (2) ギュムシートを直径70mm程度の円形に切り取り、(1)で切断したペットボトルの口の部分を、図2(b)及び(c)のように接着剤を用いて中央部に接着させる。

結果

ペットボトルの口径がサンプル管の太さに合っていることからスタンドの作製に利用した。高さを可能な限り低くすることで、内部の反応を見やすくすることができた。また、円形に切り取ったゴムシートは実験台などの平らな面に押しつけると、大気圧の作用により、図2(d)のように引き離しにくくなるこ



(c) スタンドの完成 (d) 大気圧の作用

図2 サンプル管スタンド

とから、転倒しにくいスタンドを作製することができた。

C 塩素の性質や反応性を調べる実験

準備

6 mol/L塩酸、0.1 mol/Lヨウ化カリウム水溶液、0.1 mol/L硝酸銀水溶液、純水、10%チオ硫酸ナトリウム水溶液、スクリー管（10 mL）、万能試験紙

方法

- (1) ピストンスポイトに塩酸を少量(数滴分)取り、注射針をシリコン栓の中央にあけた穴に差し込む（図3）。



図3 反応装置の全体像

- (2) ピストンを押して、さらし粉に塩酸を1滴ずつ落とし、発生した塩素によりろ紙に付けた色が漂白される様子を観察する。
- (3) スクリー管を3本用意し、ヨウ化カリウム水溶液、硝酸銀水溶液、純水をそれぞれ2 mLずつ取る。
- (4) ピストンスポイトをシリコン栓から引き抜き、中に残った塩酸を排出し、純水で洗浄した後、再び差し込んでサンプル管の中の塩素を吸い上げる。
- (5) (4)の塩素を、スクリー管に取ったヨウ化カリウム水溶液と硝酸銀水溶液にそれぞれ吹き込み、反応を観察する。

- (6) さらに、塩素をスクリー管に取った純水に吹き込んだ後、その中に万能試験紙を浸して液性を確認する。
- (7) ピストンスポイトにチオ硫酸ナトリウム水溶液 5 mL を取り、塩素の入ったサンプルびんに加えてよく振り、塩素を還元させて実験を終了する。

結果

- (1) 塩酸を 1, 2 滴滴下しただけで観察に十分な量の塩素が発生し、サンプル管の下部が黄色みを帯びた。また、同時に、漂白作用により短冊状ろ紙に付けた色が薄くなる様子を観察することができた。
- (2) ピストンスポイトに吸い上げた塩素は、ヨウ化カリウム水溶液、硝酸銀水溶液にそれぞれに 1, 2 mL 程度吹き込むだけで反応を確認することができた。
- (3) シリコン栓は弾力性に富んでいることから、注射針を抜いても塩素はもれにくく、発生直後にわずかに塩素臭を感じた程度であった。

2 金属イオンの分離・確認のマイクロスケール実験

A ろ過の方法の工夫

準備

セルプレート（12ウェル：穴径22.1mm、深さ17.5mm）、ろうと（口径30mm）、シリコン栓（No. 6：上径23mm、下径20mm、長さ26mm）、カッターナイフ、コルクボーラー（内径4mm、外径5mm）

方法

- (1) シリコン栓の図4(a)の波線部分（上から3分の1程度）から下を切り取る。
- (2) コルクボーラーを用いて、図4(b)のようにシリコン栓の両端に穴をあけ、実線部分にカッターナイフで切れ目を入れる。
- (3) 図4(b)の一方の穴に、図5のようにろうとを差し込み、ろうとの脚がセルプレートのウェルの内壁に接触するようにして、

図6のようにシリコン栓をウェルにはめ込み水溶液のろ過を行う。

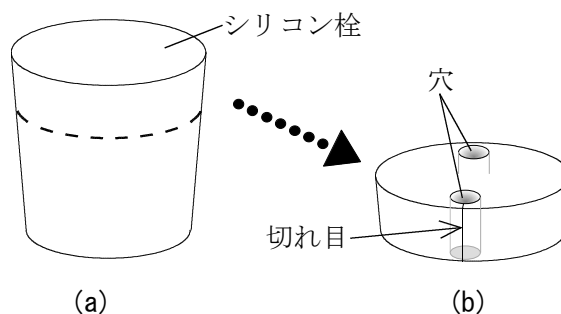


図4 シリコン栓の加工

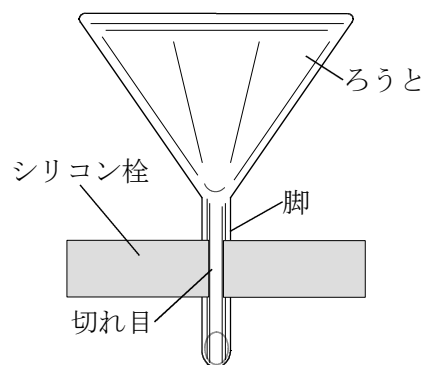


図5 ろうとを差し込んだシリコン栓



図6 シリコン栓をはめ込んだセルプレート

B 陽イオンの分離・確認実験（例）

準備

硝酸銀、硝酸バリウム、硝酸銅(Ⅱ)、硝酸鉄(Ⅲ)の0.3mol/L水溶液をそれぞれ等量混合した水溶液を未知試料とする。

飽和食塩水、0.5mol/L硫酸ナトリウム水溶液、3mol/Lアンモニア水、0.1mol/Lヘキサ

シアノ鉄(II)酸カリウム水溶液, 3 mol/L硝酸。^{*2)} (5種類の水溶液はプチボトルに入れて使用する^{*3)}。) 12ウェルセルプレート, 駒込ピペット, ろ紙(直径55mm)

方法

- (1) 未知試料 1 mLを図 7 (a)の①に入れる。
- (2) ①に飽和食塩水を10滴加え, 塩化銀の白色沈殿を生じさせる。
- (3) (2)の溶液を駒込ピペットで吸い上げてろ過し, ろ液は②に取り, 沈殿はろ紙ごと⑥に置く。
- (4) ②のろ液に硫酸ナトリウム水溶液を10滴加え, 硫酸バリウムの白色沈殿を生じさせる。
- (5) (4)の溶液を駒込ピペットで吸い上げてろ過し, ろ液は③に取り, 沈殿はろ紙ごと⑦に置く。
- (6) ③のろ液にアンモニア水を, 沈殿が生成し, 溶液が深青色になるまで加える。
- (7) (6)の溶液を駒込ピペットで吸い上げてろ過し, ろ液は④に取る。
- (8) (7)のろ紙上の沈殿に硝酸を少しずつ加えて溶かし, 溶液を⑤に取る。次に, ヘキサシアノ鉄(II)酸カリウム水溶液を数滴

加え, 濃青色沈殿を生じさせる。

結果

- (1) 1 mLの未知試料とそれぞれ10滴程度の水溶液で十分に反応をさせることができ, 使用する薬品及び廃液の少量化を図ることができた。
- (2) シリコン栓を用いてろうとを支持する工夫により, ろうとの脚がウェルの内壁に接触するため, 短時間で効率よくろ過を行うことができた。
- (3) 図 7 (a), (b)に示すように, 1枚のセルプレート上に沈殿反応やろ過の経緯を残すことができることから, 実験後に結果を順に辿り, 振り返ることができる。

おわりに

当センターの高等学校理科研修講座(化学)の中でこれらの教材を紹介したところ, 受講者の感想は次のとおりであった。

【塩素の性質や反応性を調べる実験】

塩素の発生実験は危険なため演示実験のみ行っていたが, 実験をマイクロスケール化することで, 生徒一人一人に安全に行わせることができることを学んだ。

【陽イオンの分離・確認実験】

実験をマイクロスケール化することで, 個々の生徒が主体的に実験に取り組むことができる。マイクロスケール実験の有用性をあらためて感じた。

今後は, 高等学校と連携して授業実践を行い, 教材の有効性を検証するとともに改善を図っていきたい。また, 探究活動に活用するための学習プログラムについても検討したいと考える。

参考文献

- 1) 松原静郎 高校化学における個人実験導入とその影響に関する調査研究 pp.18-21 国立教育研究所内化学実験研究プロジェクト 1993
- 2) 松岡雅忠 金属イオンの系統分離 化学と教育 58巻5号 pp.222-223 日本化学会 2010
- 3) 伊藤崇由 金属イオンの系統分離 理セン化学の部屋 http://exp.ricen.hokkaido-c.ed.jp/tobira/htdocs/?page_id=360

(こんどう ひろぶみ 化学研究班)

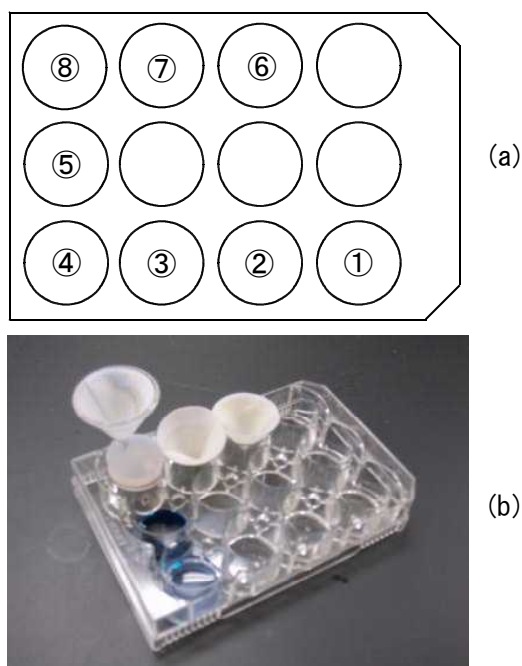


図 7 セルプレートのウェルの配置