フォーラム理科教育　No.4　2002

小容量セルによる金属イオン反応実験の教材化
―環境問題を意識した廃液の少量化と資源の有効利用を目指して―

山口幸雄[1)]、芝原寛泰[2)]、山根良行[3)]

1）京都教育大学附属高等学校　yyukio@kyokyo-u.ac.jp
2）京都教育大学　理学科　shiba@kyokyo-u.ac.jp
3）京都教育大学　理学科

キーワード：小容量セル、環境問題、金属イオン反応実験
（受付：2002年4月10日）

Ⅰ．はじめに

理科は系統的な知識の習得だけでなく、実験・実習を通した体験学習的な要素も重要である。しかし、生徒にとって化学実験をすると生じる廃液の量や、その後の処理についてまで意識して実験をすることは少ないのではないだろうか。もし仮に、今まで何気なく試験管で行っていた実験と同じ結果が少量の試薬で行えるとすれば、その後に生じる廃液も少量で済み、その処理にかかる物質やエネルギーについても節約できる。さらに資源の有効利用にも繋げることができると考えられる。そこで、化学実験を行う生徒達が日頃あまりその存在を意識していない廃液について再認識させ、例え扱う量が少量であってもしっかりと観察をすれば実験目的を達成することが可能であることを感じさせることをねらいとした。

実験のスケールを小さくして環境に対する負担を軽減する教育的活動は世界的な流れとなっている。わが国でもいくつかの実践報告がある。マイクロあるいはスモールスケール実験と呼ばれ、一般化学だけでなく中高校の化学実験にまで広がっている。提唱者の一人である荻野氏は、この実験手法のメリットとして、①試薬と経費の節減、②実験廃棄物の少量化、③事故防止、④実験環境の改善、⑤省資源、省エネルギー、⑥実験時間の短縮、⑦高価あるいは希少な試薬の使用が可能　などをあげている（荻野、2001）。電気分解実験など多数の実践例を示しているが、いずれも環境問題への配慮と化学実験の改善をねらいとしている。

今回の教育実践においては、マイクロ/スモール実験の考えを高校化学実験の基礎である金属イオンの反応実験に応用し、限りある貴重な資源を有効に利用することや実験による廃液の量を極力減らすことをねらいとした。特に廃液量の少量化により、処理にかかるエネルギーを少なくできることを生徒に喚起した。

Ⅱ．授業の実践例

１．学習の展開計画

対象生徒：高等学校第三学年文科系の生徒　２２名

授業内容：化学ＩＢ　2単位
・非金属元素（無機化合物）の反応・・・12時間
・金属元素（無機化合物）の反応・・・・20時間
〔その内、小容量セルを用いた主な金属イオンの反応・・2時間（本時）〕
・課題研究として水溶液中の金属イオンの定性分析・・4時間(含事前説明2時間)
課題研究では9種類の中から5種類の金属イオンを混合した未知試料を与え、事前に各班で考え提出させたフローチャートに従って実験させた（これは通常の試験管で行った）。

２．本時の展開計画
１）生徒に本実験の主旨説明を行う。
今回は水溶液を用いた金属イオンの沈殿生成反応や溶解反応を観察する。従来までは試験管で行っていたが、少量の水溶液でも同じような結果が観察できれば廃液の量も少なくなり、無駄なく効率よく行うことができる。そして、具体的な内容として、参考までに廃液処理にかかる費用を従来の廃液タンク18ℓ当たりの金額として次のように示した。この金額自体を多いと見るか少ないと見るかは各自の判断となるが、試験管の場合と比べて今回用いる小容量ＰＰ(ポリプロピレン)セルは約1/20の容量で済み、その分廃液も少なくなることはポイントとして押さえておく。

廃液処理にかかる費用の一例
（平成12年、南山城地区公立高校を担当の業者の場合）

有機溶媒（引火性）	3780円／18ℓ	安い
有機溶媒（難燃性）	4725円／18ℓ	
無機重金属（無害）	5670円／18ℓ	
無機重金属（有害）	6615円／18ℓ	
シアン	9450円／18ℓ	
水銀	13230円／18ℓ	高い

尚、本実験で使用する小容量ＰＰセルは、図1のように、１×12個の結合セルとなっており、全体の長さ12cm、幅9mm、高さ12mmである。１つのセル容量は約0.25ml程度である。通常はバイオ関係の実験で用いられているものである。スポイトやピペットの１滴分の体積が約0.05ml程度であることからだいたい4～5滴分は入る。このＰＰセルは熱には弱いが、強酸・強塩基には強く、通常の溶剤にも不溶である。本実験では、金属イオンと試薬を混合して反応させ沈殿の生成や錯イオン生成による溶解を観察するのが目的であり、加熱は要しないので実験容器としては適している。使用後も綿棒などを使用して少量の水で洗浄でき再利用も可能である。

尚、用いた図１のＰＰセルは、生化学実験用に市販されているもので、価格、メーカを以下に示す。

GeNuncモジュール250
420個入り　25000円
ナルジェヌンク　インターナショナルK.K



図１　小容量セルの概観

２）次に本実験の説明プリント（資料1）と結果のまとめプリント（資料2）を配布して実験の操作・注意事項等を説明する。

３）小容量ＰＰセルを表１に基づいて配置させ、実験を始めさせる。支持台については、ティッシュ箱の底を 利用し、その上に表1の小容量セル配置一覧表をはめ込んだ。影のかかった部分にＰＰセルを置き、行と列がずれないように注意しながら固定させた。

実験は、まず10種類の金属イオン水溶液を指示されたセルに指示された量を正確に入れるところから始まる。少量の金属イオン水溶液を試験管に入れ、ＰＥ（ポリエチレン）製スポイトで図3～図6のようにリズミカルに入れ結果をまとめていく。その後、各試薬を指示されたセルに一定量を入れて反応させる。その際、完全に反応させるために、爪楊枝を使って撹拌する。

実験後の様子を図2に示す。結果は一覧表（資料2）にまとめていく。

表1　小容量セル配置一覧表

	Ag^{+}	Pb^{2+}	Cu^{2+}	Cd^{2+}	Fe^{2+}	Fe^{3+}	Al^{3+}	Zn^{2+}	Ba^{2+}	Ca^{2+}	
	1列	2列	3列	4列	5列	6列	7列	8列	9列	10列	試薬
1行											HCl
2行											K_2CrO_4
3行											NH_3少量
4行											NH_3過剰
5行											NaOH少量
6行											NaOH過剰
7行											Na_2CO_3
8行											H_2SO_4
9行											KSCN
10行											$K_4[Fe(CN)_6]$
11行											$K_3[Fe(CN)_6]$
12行											H_2S酸性
13行											H_2S塩基性



図2　実験後の小容量セルの様子

＜実験授業風景＞



図3　セルに滴下しているところ

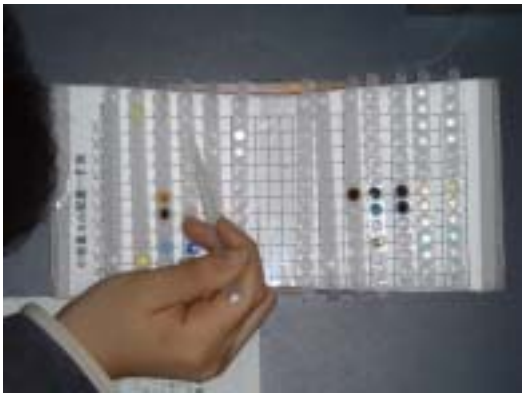


図4　セルを上から眺めたところ



図5　試薬立て



図6　結果をまとめているところ

4）アンケートの内容と結果

実験終了後、次に示す内容で生徒全員にアンケート調査を実施した。

アンケートの設問内容

小容量ＰＰセルを使った金属イオン反応に関する事後アンケート

（3）年（　）組（　　）番　氏名（　　）

Q1．あなたは以下の地球環境問題についてどの程度関心がありますか？

	+2 特にある	+1 少しある	0 普通	-1 ほとんどない	-2 全くない
①大気汚染					
②水質汚染					

③酸性雨

④オゾン層の破壊

⑤地球温暖化

⑥砂漠化

Q2. 今回は、<u>廃液の量を少なくすること</u>で、できるだけ地球環境にやさしい実験ということを考え、小容量のＰＰセルを用いて行いました。なお、ＰＰセルを使用すると通常の試験管を使った実験と比較して1/20～1/12の量で可能です。

	+2 かなりよい	+1 よい	0 普通	-1 よくない	-2 かなりよくない
①ＰＰセルの使いやすさ					
②ＰＰセルを用いた時の実験結果の分かり易さ					
③ＰＰセルを用いた時の環境に配慮した点					
④ＰＰセルを用いた本日の実験の総合評価					

Q3. 今回のＰＰセルを用いた実験について、環境問題も含めて思うことを述べてください。

事後アンケート集計結果を示す。（対象　22名）

（Q1）

項　目	講座平均
①大気汚染	＋1.05
②水質汚染	＋1.14
③酸性雨	＋0.68
④オゾン層破壊	＋1.14
⑤地球温暖化	＋1.36
⑥砂漠化	＋0.91

（Q2）

項　目	講座平均
①使いやすさ	＋0.24
②分かり易さ	－0.19
③環境配慮	＋1.76
④総合評価	＋0.81

（＋2≧講座平均≧－2）

良い　　悪い

Q3. の自由記述のまとめ

・ＰＰセルの長さより短いため土台の箱が使いにくかったが、改良すれば結果も見やすくてよい。
・小さいので沈殿かイオンで溶けているのかわかりにくかった。
・面白かったがちゃんと反応しなかった。でもセルを使って環境に配慮したのはよい。
・少々実験しにくくても環境に優しければいいと思った。
・再利用できるのがよい。後かたづけが楽。作業がちまちまして大変。
・とてもすばらしい試みだと思う。来年も続けてほしい。
・見やすくてよかった。
・結果が見にくかったが、環境に優しければいいかなと思った。
・こういう小さな実験でも環境汚染を考慮したもので良いと思った。
・環境にはいいと思うけど、結果が見にくいので、もう少し大きい容器の方がいいかもしれない。
・環境を意識した点がすごいと思う。
・環境にやさしい実験をと考えた先生は地球にやさしい人です。
・私的には実験がわかりにくい。
・悪い気分はしなかったというかよかった。今回は受け身だったので皆で考えていきたいと思う。
・見やすくてよかった。地球を大切にしてよかった。
・専用の台を使えばもっとやりやすかった。
・たくさん実験があると、どれがどれかわかりにくく、セルがこけやすいのが困った。でも薬品は非常に少なくすんでよいと思う。
・使用する量が少ないのはいいことだけれど、実験結果がわかりにくかった。もうすこし大きめのものの方が実験しやすい。
・実験の時、いつもたくさんの薬品を使い少し心を痛めていたから、こういう小さいのができるとわかりやすいしかわいい。
・何より環境に優しそうで、うれしい。ただ、白と変化なしの区別がつかない。台紙を黒にするとか工夫がいる。

３．本実験の評価・まとめ

本実験のねらいの一つとして、廃液の量を減らしても同じような実験結果が得られるのかということがある。さらに、日常ほとんどその存在を意識していない実験後の多量にでる廃液について考えさせることも重要な評価のポイントである。

前者については、事後アンケートからもわかるように、廃液の量が少量になるが、いままで以上に注意深く観察しないと充分な結果が得られにくいことがわかる。そのため観察しにくいという結果は付きまとう。しかし、実際に実験してみると、試験管で行ったものと比べてほとんど同じ実験結果であった。生徒達に物事を注意深く観察させる必要性・重要性を考慮すると今回の実験は意義のあるも

のと考える。

後者については、廃液の量を減らすことがどのような効果があるかを考えさせる機会を与えることである。事後アンケートから、「実験の時、いつもたくさんの薬品を使い少し心を痛めていた」という生徒もおり、言葉に出さないまでも実験の際には貴重な資源の有効利用や廃液の少量化について感じていることがわかった。今回はその後の廃液の処理がどのようになされていくのかについては学習しなかったが、このような実験を契機に身の回りの様々な物質の変化や処理について考えるようになることを期待する。

実験装置の面では、支持台としてティッシュ箱を使用したが、やや安定が悪く操作しにくい。専用の木製の枠を作成して実施することで操作面での欠点は解消されそうである。また、本実験で用いた小容量ＰＰセルを用いた他の実験についても今後、検討していきたと考えている。

文献

荻野和子（2001）マイクロスケール実験の広場（その1）． 化学と教育.
49(2)：110

尚、本研究では、京都教育大学大学院の授業（物理化学特別演習他）で教材開発を行い、その後、附属高等学校において授業実践を行った。また関西電力K.K.の援助を受け実施した。謝意を表する。

資料１　配布したプリント

資料2　結果のまとめを記入する用紙

