

指導資料



鹿児島県総合教育センター

理科 第256号

- 中学校，高等学校，盲・聾・養護学校対象 -
平成18年10月発行

化学実験のマイクロスケール化の工夫

中・高等学校学習指導要領理科の目標には、「…観察，実験などを行い，科学的に調べる（高等学校は“探究する”）能力と態度を育てるとともに，自然の事物・現象についての理解を深め…」と記されている。すなわち，理科教育においては，問題解決的な学習や体験的な学習を通して，自然の中に潜む自然のきまりを発見し，科学的な見方や考え方を養っていくことが求められているのである。

この目標を達成するためには，授業に多くの観察，実験を取り入れることが必要であるが，次のような課題も発生する。

観察，実験の時間や観察，実験後の考察等の時間の確保

実験器具や試薬等の経費の確保

実験後に生じる廃液の処理 など

そこで，本稿では，これらの課題を解決するための一つの方法として，「化学実験のマイクロスケール化」（以下「マイクロスケール化」という。）の工夫について述べる。

1 マイクロスケール化とは

マイクロスケール化の取組は，1980年代アメリカの大学から始まり，日本でも中・高等学校での事例が報告されている。

マイクロスケール化とは，実験スケール（規模）を従来の方法より小さくすることであり，これにより次のような利点が生じる。

実験時間を短縮することができ，授業時間内に考察やグループ討議の時間を確保できる。

実験に使用する器具を，市販されている安価なプラスチック容器等で代用する工夫をすることで，実験器具を多く準備でき，生徒一人一人が実験に参加することができる。

試薬を少量しか使わないので，経費の節減と廃液の少量化が可能である。

実験スケールが小さいので，実験の安全性を確保することができる。

特に，生徒一人一人が自ら実験を行う機会が増えることにより，実験に対する個々のモチベーションが高まり，化学的に探究する方法をよりよく習得することが可能となるなどの効果が期待できる。また，セルプレート（ディスポ反応板など）を使用することで，プレート上で複数のスケールダウンした反応実験を実施できることから，反応結果の比較が容易となる。

2 マイクロスケール化の実際例

ここでは、高等学校化学で取り扱う内容を基に、マイクロスケール化の例を示す。

(1) 鉄イオンの反応

【準備】

点眼ボトル、ディスポ反応板

【試薬】

硫酸鉄(Ⅱ)水溶液：A

硝酸鉄(Ⅲ)水溶液：B

水酸化ナトリウム水溶液：C

ヘキサシアノ鉄(Ⅱ)酸カリウム水溶液：D

ヘキサシアノ鉄(Ⅲ)酸カリウム水溶液：E

チオシアン酸カリウム水溶液：F

各水溶液の濃度は、A, B : 0.2mol/l,

C : 1 mol/l, D, E, F : 0.1mol/l

【方法】

各水溶液を調整し、点眼ボトルに入れる(写真1)。



写真1 点眼ボトルに準備した実験試薬

点眼ボトルは、容量5ml及び10mlのものを使用した。写真1は容量5ml。

A, Bを各3滴ずつディスポ反応板に4箇所取る(写真2)。



写真2 ディスポ反応板(上段:A,下段:B)

写真2のディスポ反応板は、縦81mm×横156mm、セルの直径18mmのもの(中村理科工業)。

Cは5滴、D~Fは2滴ずつディスポ反応板の各セルに左から順番に加え、沈殿生成や色を観察する(写真3)。

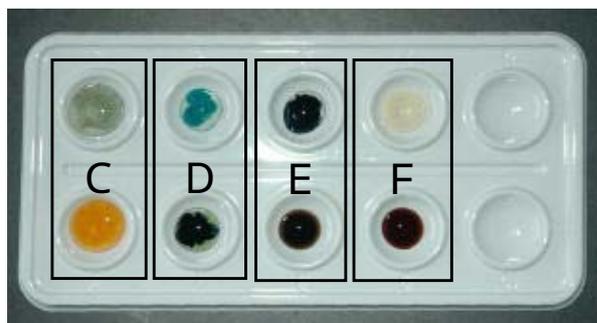


写真3 実験結果

実験結果を基に、上下あるいはクロスでセルを比較することで、加えた試薬に対する鉄(Ⅱ)イオンと鉄(Ⅲ)イオンの反応性の違い(沈殿の生成や色など)を確認することができる。

無機物質の分野では、各イオンの性質や反応を理解することは重要であるが、ややもすると教科書や図説を中心とした取扱いになってしまい、生徒も知識の暗記になりがちである。ところが、マイクロスケール化は、教室でも実施可能なので、授業の中で講義と並行して実験を組み込むことができる。生徒は、実験を通してそれぞれの反応を実感としてとらえることができるので、知識の確実な定着を図れる。

また、マイクロスケール化での試薬の使用量は、教科書で一般に提示されている実験法の10分の1以下である。

(2) ニクロム酸カリウムと過酸化水素の反応(酸化還元反応)

【準備】

点眼ボトル，ディスポ反応板

【試薬】

0.2mol/lニクロム酸カリウム水溶液：G

オキシドール（市販のものを3倍に希釈）：H

6 mol/l硫酸：J

【方法】

ディスポ反応板の各セルにGを4滴ずつ入れる。

各セルにJを1滴ずつ加える。

図1に示す滴数のHを加えて変化を見る。

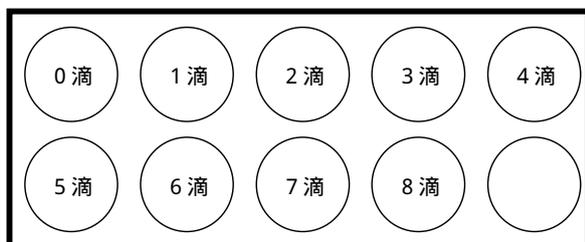


図1 加えるオキシドールの滴数

実験結果は，写真4のようになり，セル内の溶液の色が，ニクロム酸イオンの橙赤色からクロムイオンの緑色に段階的に変化する様子を確認できるとともに，反応による気体の発生も観察できる。

また，オキシドールを滴下した直後は，溶液の色が濃い青色になり，反応が進行するに従って，色に変化する様子も確認できる。



写真4 段階的反応の様子

(3) 過マンガン酸カリウムと過酸化水素の反応（酸化還元滴定）

[予備実験 1]

点眼ボトルの1滴の体積を決定するため，50滴分の体積をメスシリンダーで測定する（写真5）。



写真5 予備実験 1

予備実験1の結果から，1滴の体積は，0.06mlと決定した。

[予備実験 2]

過マンガン酸カリウム水溶液の濃度を，シュウ酸水溶液を用いて正確に決定する。

予備実験2の結果，過マンガン酸カリウム水溶液の濃度は，正確に0.020mol/lと決定された。

[酸化還元滴定]

【準備】

点眼ボトル，反応板（市販のパレットを使用）

【試薬】

過マンガン酸カリウム水溶液

（正確に0.020mol/l）：K

オキシドール（市販のものを10倍に希釈）：L

6 mol/l硫酸：M

【方法】

反応板の各セルにLを10滴入れる。

と同様に各セルにMを1滴加える。

一つのセルにKを1滴ずつ加えていき，過マンガン酸イオンの赤紫色が消えなくなったところを終点とし（写真6），加えた滴数を記録する。



写真6 滴定の終点
～ を3回繰り返し平均をとる。

【実験結果】

	1回目	2回目	3回目	平均
滴数	18	18	17	17.67

平均滴数を、予備実験1で求めた1滴の体積を基に体積換算し、さらに、過マンガン酸カリウムと過酸化水素の反応比からオキシドールのモル濃度を求めると、 0.884mol/l となる。オキシドールの密度を 1g/cm^3 と仮定して質量%濃度を求めると3.01%となり、市販のオキシドールの質量%濃度とほぼ一致する。

過マンガン酸カリウムを用いた酸化還元滴定では、重金属イオンを含む廃液が出るため、生徒実験があまり実施されていない。この方法を用いると廃液を5ml程度に抑えることができる。

(4) ホールスライドガラス上での化学実験

マイクロスケールの化学実験としては、ここに紹介したセルプレートを使用するもののほかに、反応をホールスライドガラス上で行い、ビデオカメラを通して、モニターで観察する方法などもある(写真7)。

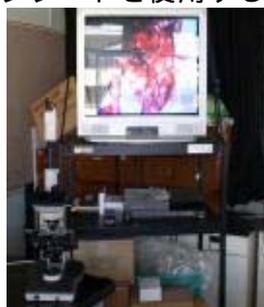


写真7

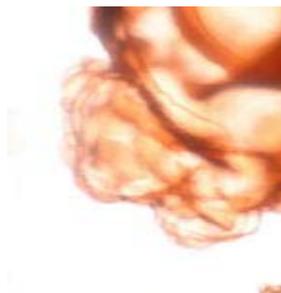


写真8 この方法を用いると、金属樹の生成の様子や硫酸銅()とヘキサシアノ鉄()酸カリウムの反応からヘキサシアノ鉄()酸銅が半透膜を形成する様子(写真8)などを観察することができる。

これまで述べてきたように、マイクロスケール化のよさとしては、試薬の使用量や廃液の量を最小限に抑えることができ、環境への配慮ができる(中学校学習指導要領解説理科編でも、「使用する薬品の量をできる限り少なくした実験の機会を適宜設けることも考えられる」ことが明記されている。)ことや生徒一人一人に実験をさせることが可能であることなどが挙げられる。

理科の学習においては、器具等を正しく操作できることも重要な資質であり、そのためには、生徒一人一人に試験管やビュレットなどの器具等を用いて実際に実験をさせることが有効である。よって、教科書に示されている一般的な化学実験を、一部マイクロスケール化するなど場面に応じて使い分けることで、実験を取り入れた効果的な授業を設計することができ、生徒への知識の確実な定着が図れるとともに、科学的に調べる能力や態度の育成が期待できる。

【参考文献】

日本化学会『化学と教育 マイクロスケール化学実験論文集』(2003年)
(教科教育研修課)