

中学校理科における演示実験の活用

村上 篤男

1 はじめに

教科教育法Ⅲ・Ⅳ（理科）の授業は、模擬授業を中心に構成している。模擬授業の後の研究討議でよく聞かれるのが、メイン実験とは別に「科学に対する興味・関心を引き出せるような実験を入れたかった。」「導入で学習課題を提示するような実験を入れたかった。」「思考を引き出すような実験を入れたかった。」「理解を深めるような実験を入れたかった。」などの声である。

そこで、1単位時間の授業の流れの中に挿入でき、そのような効果をもった演示実験の可能性を探ってみた。

2 演示実験の具体例

授業に挿入する演示実験の条件としては次のようなことが考えられる。①ねらいが明確であること。②5分以内に演示が終了すること。③繰り返しの演示が容易であること。④事前準備にあまり負担のかからないこと。

このようなことに留意しながら、前述の「興味・関心を引き出す」、「学習課題を提示する」などの期待に応えられる演示実験の可能性を探ってみたので、以下にその成果を示したい。

(1)「力学的エネルギーの保存」に関する学習

3年の物理領域で「力学的エネルギーの保存」について学習する。ここでの学習の流れは、既

習の「斜面を下る台車の運動」を台車の速度と位置を、力学的エネルギーの視点で考察させ、エネルギー保存の法則に気づかせるのが一般的である。

したがって、多くの教科書が、このための実験を準備していない。「斜面を下る台車の運動」が既習事項であるため、斜面を下る台車の運動（図1）を板書し、それをもとに考察を進めていく授業が多い。

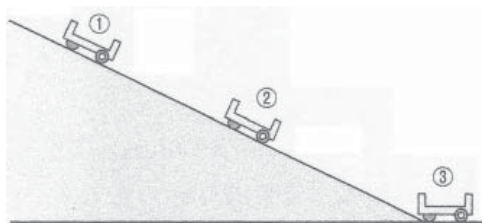


図1 斜面を下る台車の運動

そこで図2、図3で示す演示実験を取り入れた授業展開を試みた。図2は振り子の運動であり、図3は斜面を上り下りする鉄球コースターである。

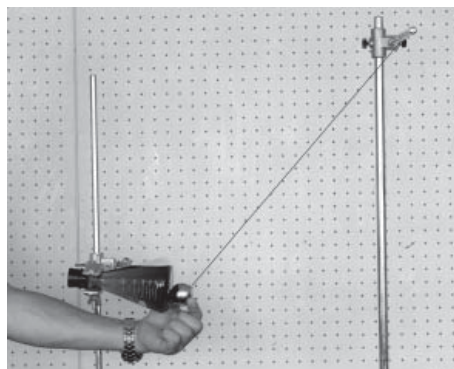


図2 振り子の運動

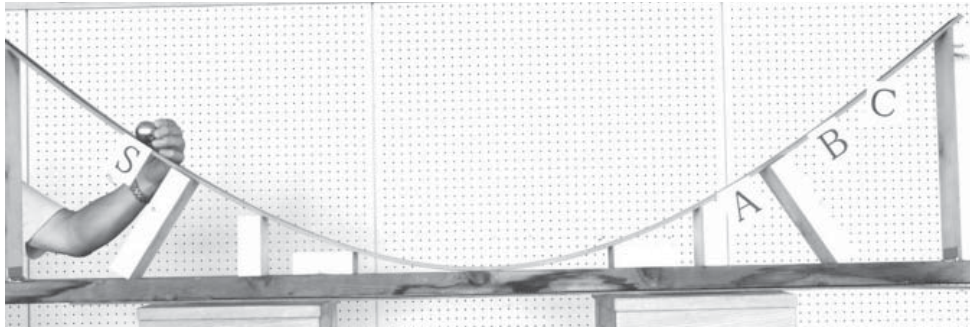


図3 鉄球コースター

授業展開例は次の通りである。はじめに図2の振り子の実験装置を登場させる。おもりの鉄球をフラスコに接触させた状態で開放したとき、戻ってきた鉄球はフラスコを割ることができるかどうか考えさせる。

鉄球はフラスコすれすれで引き返し、フラスコを割ることはできない。「なぜ鉄球はフラスコ割ることができなかったのか？」という明確な課題を与えた後、図3の鉄球コースターを示す。

鉄球をS点で開放したとき、鉄球は反対側の斜面をA, B, Cのどの地点まで上れるかを実験する。

鉄球の位置(高さ)に着目し、運動エネルギーと位置エネルギーの視点での考察を引き出し、「力学的エネルギー保存の法則」に到達させるのである。

(2) 炎色反応

炎色反応は2年の化学領域「物質の成り立ち」の中で「金属原子の特性」とし取り上げられる。

この炎色反応の実験は、生徒にとっては大変興味を引く実験であるが、残念なことに生徒実験として取り上げられることは少なく、発展学習として写真資料等を使って説明される程度で終わってしまうことが多い。

炎色反応は中学生にとって極めて興味深い実験の一つで、化学に対する興味・関心を引き出すに最適な教材である。

学習指導要領解説は、「原子は質量をもった

非常に小さな粒子として取り扱い、その際、周期表を用いて、原子には金属や非金属など多くの種類があることにふれる」と述べている。種類の異なる原子の性質の違いを実感させ、原子・分子への理解を深め、化学に対する興味・関心を引き出すためにも、演示実験で実際の炎色反応を体感させたい。

一般的な炎色反応は、細いステンレス線の先に金属化合物の水溶液を付け、これをガスバーナーの炎に入れ色の変化を観察するのであるが、この方法では、炎も小さく発光時間も短いため演示にはあまり適していない。

そこで、炎を大きく発光も持続する方法を工夫したので紹介する。

燃料用アルコールを使用した例

20mm×50mm程度のステンレス網を準備し、両端を折り曲げコの字型にしたものを蒸発皿にのせる。網の上に塩化銅などの金属塩の結晶をのせる、蒸発皿に3ml～5mlの燃料用ア

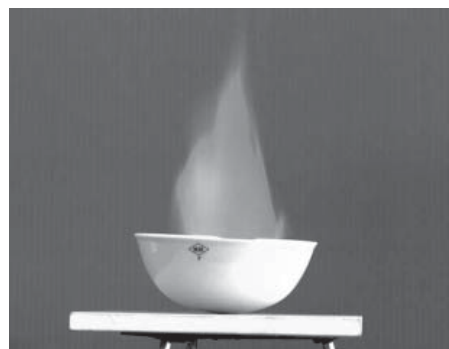


図4 燃料用アルコールによる炎色反応

ルコールを注ぎ点火する。

アルコールの炎が鮮やかに発光し（図4）、炎色反応が観察できる。アルコールがなくなるまで発光するので観察しやすい。

また、同時に異なる複数の炎色反応を提示し、色の違いを比較・観察できる利点もある。

ガスバーナーを使用した例

短冊状（20mm×150mm）に切ったステンレスの金網（100メッシュ程度）先に金属塩の結晶を少量とり、ガスバーナーの炎にかざす。炎があざやかに発色し炎色反応が観察できる（図5）。燃料用アルコールを使用した場合より炎が大きくインパクトが強い。



図5 ガスバーナーによる炎色反応

(3) 気体の密度や溶解度

1年の化学領域の学習に「気体の発生と性質」がある。この学習のねらいは、気体の発生や捕集などの実験を通して、気体の種類による特性の違いを見出すところにある。

気体の特性には、化学的特性のほかに、溶解度（水に溶けやすいか）や密度（空気より重い）などがあり、指導要領解説でもきちんと扱

うことを求めている。

しかし、気体の化学的性質についての学習に重きが置かれ、気体の密度や溶解度に関しては、資料提示で終わることが多い。

そこで、気体の密度（空気より重い）や溶解度（水に溶けやすい）を実感させる演示実験を試みたので紹介する。

上皿天秤で空気とCO₂の密度を比べる

一般的に、この単元で取り上げられる気体の密度（2リットル当たりの質量）は、表1のとおりである。窒素をのぞけば空気との差が0.1g/2L以上あり、感量100mgの上皿天秤でも十分検知可能なのである。

気体／密度	密度(g/2L)	空気との差(g/2L)
二酸化炭素	3.96	1.37
酸素	2.86	0.27
窒素	2.5	-0.09
水素	0.18	-2.41
空気	2.59	

表1 気体の密度

2Lサイズのペットボトルを2本準備する。このとき、ペットボトルは変形しにくいしっかりしたタイプで同じものを揃えるとよい。

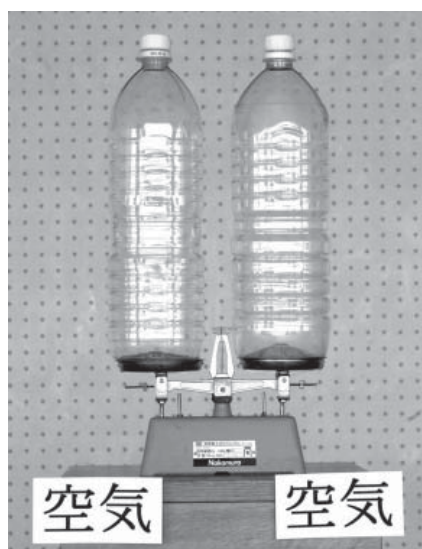


図6 平衡補正

上皿天秤の左右に空のペットボトル（空気）のをせ、調節ねじで平衡補正する（図6）。

次に一方のペットボトルに、実験用ボンベから二酸化炭素を吹き込み、ボトル内の空気と入れ替える。キャップで栓をして空のペットボトル（空気）と重さを比較する。

結果は、図7に示すように密度の違いをはっきりと示すことができる。

二酸化炭素－酸素、酸素－窒素、空気－酸素でも試みたところ、すべて密度の違いを明確に示すことができた。

しかし、さすがに窒素－空気では明確な密度の違いを示すことはできなかった。

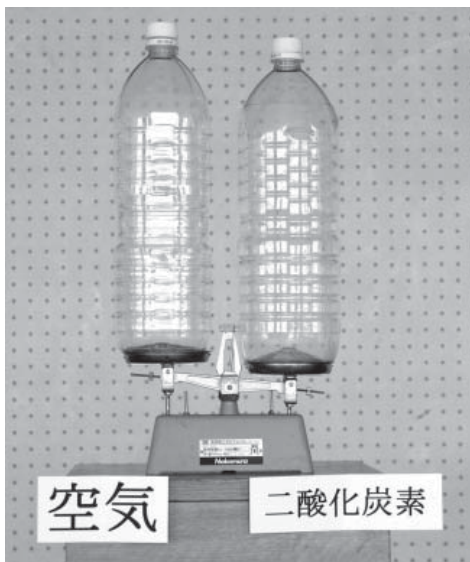


図7 二酸化炭素の密度

二酸化炭素の溶解度

気体の溶解度を示す実験はアンモニアの噴水が定番である。二酸化炭素はアンモニアほど溶解度は大きくないため、噴水実験はできない。

二酸化炭素の溶けやすさを示す実験は、水と二酸化炭素の入ったペットボトルを激しく振り、減圧状態になったペットボトルがつぶれるのを見せるのが一般的である。

ここでは、もう少し溶ける現象を直接的に見せる方法を試みた。

21φ18×1000mm程度の透明な硬質樹脂製の

パイプを2本準備する。パイプの片端をゴム栓で塞ぎ、水上置換法で気体を捕集する要領で水を張った水槽に立てる。

一方のパイプにディスポシリンジで空気50mLをゆっくりと吹き込む。同様に、もう一方のパイプには二酸化炭素を吹き込んでやる。

図8が実験結果である。空気と二酸化炭素の溶解度の差がはっきりと読み取れる。パイプに目盛り（体積）をつけてやると、空気はほとんど溶けないことも読み取ることができる。

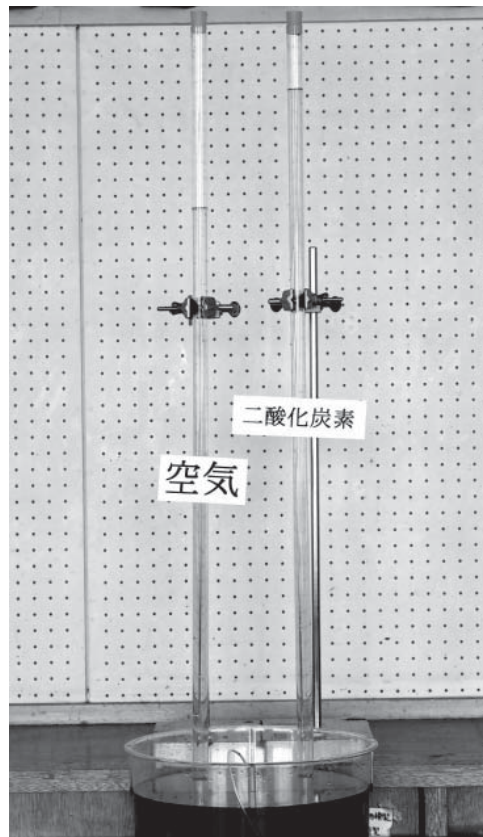


図8 二酸化炭素の溶解度

この実験では、気泡をできるだけ小さくし、水との接触面積が増えるよう、ディスポシリンジの先にエアーストーンを装着するとよい。

また、ディスポシリンジへの二酸化炭素の充填は、下方置換でディスポシリンジに直接吹き込んでやるか、500mL程度のペットボトルを利用し、石灰石と塩酸で二酸化炭素を発生させな

がら、ディスポシリンジで吸い込んでやってもよい。

(4) 万能指示薬による中和反応の追跡

3年の化学領域の「中和と塩」では、中和反応の実験を行い、中和反応によって水と塩が生成することを学習する。

指導要領解説は、塩酸と水酸化ナトリウム水溶液の中和反応を例に取り、「中性にならなくとも中和反応は起きていることにも触れる。」と述べている。

中学校理科ではBTBを用いて中和反応を追跡するのが一般的であるが、BTBでは中和点付近の極めて狭い範囲しか示すことができない。

「中性にならなくとも中和反応は起きていること」を示すにはBTBだけでは不十分である。

そこで、中和反応の進行に伴って段階的に色を変える万能指示薬を用いて中和反応を追跡する方法を試みた。

万能指示薬による中和反応の追跡

1 L ビーカーに約800mlの水をとる。これを2つ準備し、それぞれに1 mol/Lの塩酸を10ml 加え酸性にしてやる。

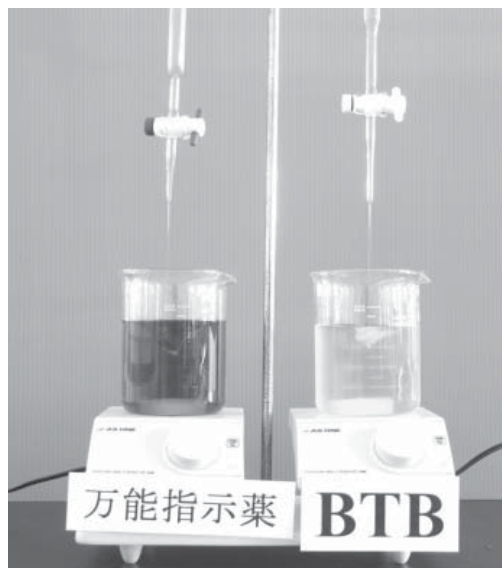


図9 万能指示薬による中和反応の追跡

一方には万能指示薬を、もう一方にはBTBを適量加える。

2つの水溶液をマグネチックスターラーで攪拌しながら1mol/Lの水酸化ナトリウム水溶液約20mLをビュレットでゆっくり滴下し、指示薬の段階的な色の変化で中和反応を追跡する(図9)ものである。

万能指示薬の代わりにムラサキキャベツ液を用いても同様の結果が得られる。

(5) スチールウールの燃焼における質量保存

2年時の「化学変化と質量保存」では、沈殿生成反応と気体発生反応を生徒実験として取り上げるが、スチールウールの燃焼のような質量の増加を伴う反応については、実験として取り上げていない

この章に先行する「金属の燃焼(酸化)」では、開放系でスチールウールを燃焼させ、反応後の質量増加を測定している。

質量保存の法則の学習で、閉鎖系でのスチールウールの燃焼を実験として取り上げないのは配慮不足であろう。

「質量の減る反応」、「質量の増える反応」、「質量の変わらない反応」の三つを扱ってこそ質量保存の法則への理解も深まるというものである。

閉鎖系でのスチールウールの燃焼

図10のように、丸底ラスコのゴム栓にL字ガラス管とステンレス電極を通し、電極の先にスチールウールを取り付ける(電極の先にミノムシクリップを装着しておく、スチールウールの脱着が容易)。

単巻可変変圧器で電圧をかけ、スチールウールを燃焼させれば、閉鎖系でスチールウールを簡単に燃焼させることができる。

反応前後の質量の測定も簡単にでき、フラスコにガラス管(空気の流れを示す寒天マーカーを挿入)を接続し、ピンチコックを開けば、外の空気がフラスコ内に流れ込む現象を寒天マーカーが示してくれる。

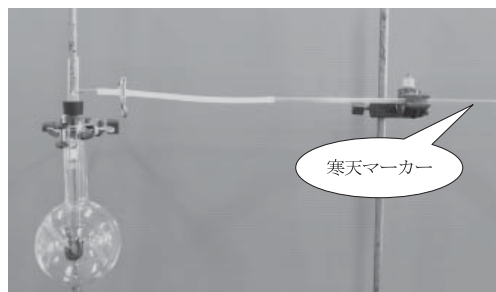


図10 閉鎖系でのスチールウールの燃焼

この演示実験により、「化学変化に伴う質量変化と物質の出入りの関係」への理解を一段と深めることができる。

3 おわりに

1単位時間の中に挿入することで、「本時の学習課題が明確になったり」、「考察が円滑に進んだり」、「思考や理解が深まったり」、そんな効果が期待できる演示実験の可能性を探った研究を進めた結果、二酸化炭素の密度や溶解度は予想以上に明確な結果が得られ、生徒実験で取り上げることも十分可能であった。また、鉄球コースターなどは大がかりな装置に見えるが、材料はホームセンターで容易に入手することで、製作もいたって簡単である。

ここに紹介した演示実験は、台車に準備さえしておけば、5分以内での演示が可能であり、1単位時間の授業に十分挿入できる。

今回提案した実験はオリジナルなものであるが、教科書に資料として紹介されている実験なども演示で示してやれば、大きな学習効果が期待できると思われる。

これからも、演示実験の活用を積極的に進めて行きたいと考える。

【参考文献】

- 「中学校学習指導要領解説 理科編」
文部科学省 平成20年
中学校理科用教科書
「サイエンス 1・2・3年」 啓林館
「理科の世界 1・2・3年」 大日本図書
「新しい科学 1・2・3年」 東京書籍