

マイクロスケール実験による中学校理科の熱分解実験の教材開発

柴辻優俊¹⁾，芝原寛泰²⁾

1) 京都教育大学大学院生 syu.0512fmk.kj@gmail.com

2) 京都教育大学理学科 h-shiba@helen.ocn.ne.jp

キーワード：マイクロスケール実験，熱分解，中学校理科，教材開発

(受付 2015 年 2 月 14 日)

I. はじめに

現行の中学校学習指導要領解説－理科編－（文部科学省，2008）において，熱分解の学習は，第1分野の「(4) 化学変化と原子・分子 ア 物質の成り立ち (7) 物質の分解」で扱われる。また「(7) 物質の分解」は，4つの基本的な概念の柱の1つである「粒子」に分類され，その中でも，「粒子の存在」及び「粒子の結合」にまたがって内容が構成されている。「(7) 物質の分解」の単元のねらいでは，「熱や電流によって物質を分解する実験を行い，分解して生成した物質から元の物質の成分が推定できることを見いだすこと」と記述されており，実験観察を通じた物質や化学変化の理解が重要視されている。また現行の教科書²⁾では，変化の様子が明確な酸化銀の熱分解，日常生活との関連のある炭酸水素ナトリウムの熱分解，及び水の電気分解がよく扱われる。

特に熱分解実験のように加熱操作を伴う実験では，学校現場において加熱器具にガスバーナーを用いるのが一般的である。一方，われわれは理科実験の改善を目指して，自作した小型のアルコールランプ（以下，ミニアルコールランプと呼ぶ）を加熱器具に用いた，マイクロスケール実験による化学変化に関する教材開発についてすでに報告した（柴辻ほか，2013；柴辻・芝原，2014）。

マイクロスケール実験とは，GSC（グリーンサステイナブルケミストリー）の理念を理科教育に反映させる実験方法の1つであり，実験器具のスケールを従来よりも小さくする以外の特徴として，

- (1) 試薬と経費の節減
- (2) 実験時間の短縮
- (3) 実験廃棄物の少量化
- (4) 試薬の少量化に伴った事故防止
- (5) 少量しか使わないので，高価あるいは希少な試薬を実験に使うことが可能
- (6) 1～2人の個別実験が可能でグループ実験と異なる学習効果

などがあげられる（荻野，2001；芝原，2006；芝原・佐藤，2011）。以上の特徴から，実験時間の短縮や個別実験を取り入れることで，一人ひとりの生徒が多くの種類の実験に積極的に参加でき，自らの手で実験を行っているという達成感が得られる。さらに，4人グループを2人1組ずつに分けることで，実験後にそれぞれの実験結果を持ち寄り比較検討し，考察を深めることも可能である（佐藤・芝原，2014）。また，器具の小型化及び試薬

の少量化に伴って事故防止の効果が有り、中学校理科では高価な試薬でも実験に用いることができる。

マイクロスケール実験による物質の分解実験として、水酸化ナトリウム水溶液などを入れたポリスポイトに電極としてマチ針を刺し込み、電流を流すことで水素と酸素を発生させる水の電気分解実験が報告されている（坂東ほか，2006）。また，炭酸水素ナトリウムを入れたポリスポイトを 40℃以上のお湯につけて発生する気体の性質について探究活動を取り入れた熱分解実験も報告されている（芝原ほか，2013）。

今回は熱分解実験に着目し，複数の実験（酸化銀，炭酸水素ナトリウム，炭酸水素アンモニウム）を一貫した同じ器具を用いて，かつ短時間で個別実験が可能な教材化を目指した。

Ⅱ．開発した実験器具

熱分解実験に用いる反応容器としてミニ試験管（A：φ1×7.5cm，B：φ1.2×5cm）を採用した（柴辻・芝原，2015）。また，ミニ試験管を安定して固定するために，ヒポクリップにビニル被覆銅線を接続し，ポリスポイトのニップル部分を用いて 12 セルプレートに固定する支持具を作製した（図 1）。

反応容器の加熱のために，PP 製のプッシュバイアル瓶（φ2.0×4.5cm）を容器とし，レーヨン製のロープを通したガラス管を，穴を開けたプッシュバイアル瓶のふたに挿し込んでミニアルコールランプを作製した（図 2）。安定して反応容器を加熱するために，12 セルプレートのセル（φ2.2cm）にミニアルコールランプを固定した（柴辻ほか，2013；柴辻・芝原，2014）。

実験中に発生する気体を確認するために，吉田らの方法を参考に，千枚通しなどで穴を開けたシリコン栓（φ1.2cm，φ1.1cm）にピペットチップの先端を挿し込み，長さ 7cm 程度に切り取ったシリコンチューブを接続した（図 3）（吉田ほか，2011）。



図 1 ミニ試験管を固定する支持具

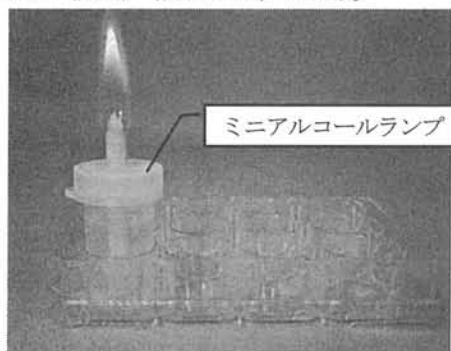


図 2 自作したミニアルコールランプ



図 3 自作した気体誘導管

Ⅲ. 教材実験

1. 準備物

ミニアルコールランプ (自作), 支持具 (自作), ミニ試験管 (A, B), 12 セルプレート, ガスライターまたはマッチ, 線香 1 本, 気体誘導管 (自作), ろ紙 1 枚, アルミニウムはく (3×3cm), サンプリングチューブ (φ0.9cm), プッシュバイアル瓶 (BTB 溶液用)

2. 試薬

酸化銀 (粉末), 炭酸水素ナトリウム (粉末), 炭酸水素アンモニウム (粉末), フェノールフタレイン溶液, BTB 溶液, 石灰水, 塩化コバルト紙

3. 実験方法

1) 酸化銀の熱分解

- ① アルミニウムはくを, サンプリングチューブに巻きつけ, 皿状にする (図 4)。
- ② ①のアルミニウムはくに酸化銀粉末 0.1g をのせ, ミニ試験管 (A) に入れる。
- ③ ミニ試験管 (A) を支持具で挟み, 12 セルプレート上に固定する (図 5)。ミニ試験管 (A) の底部がミニアルコールランプの真上になるように調節する。
- ④ 反応物を加熱し白色に変化したら, 火のついた線香をミニ試験管 (A) 内に入れる。
- ⑤ 加熱及び冷却後, 反応物をろ紙上に取り出し, ミニ試験管 (A) の底などでこすって変化を観察する。

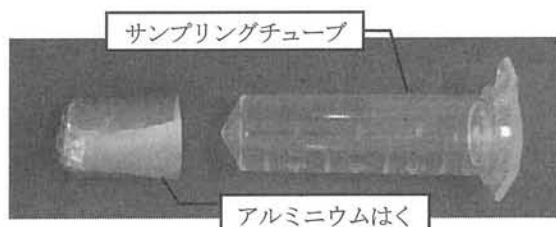


図 4 皿状のアルミニウムはくとサンプリングチューブ



図 5 実験の概観図

2) 炭酸水素ナトリウムの熱分解

- ① 炭酸水素ナトリウム 0.1g をミニ試験管 (B) に入れる。
- ② ①のミニ試験管 (B) に気体誘導管を取り付け, チューブの先端を石灰水に入れ, 図 6 のように器具を固定する。この時, 加熱によって生じた液体が加熱部分に逆流して試験管が割れるのを防ぐため, ミニ試験管 (B) の開口部を少し下に向けて固定する。
- ③ 反応物を加熱し, 反応物や石灰水の変化の様子を観察する。尚, 気体の発生が止ま

れば、石灰水が逆流しないようにチューブの先端を石灰水から取り出す。

- ④ ミニ試験管 (B) を放冷後、開口部にできた水滴に青色の塩化コバルト紙をつける。
- ⑤ 加熱前後の物質をセルに少量ずつ取り出し、水への溶けやすさやフェノールフタレイン溶液を加えたときの色の变化を比較する。

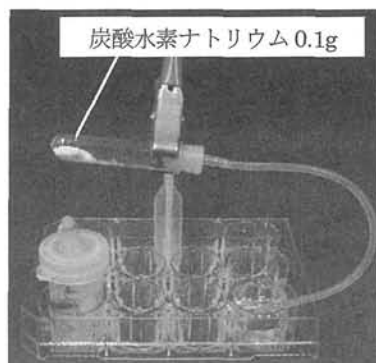


図6 実験の概観図

3) 炭酸水素アンモニウムの熱分解

- ① 炭酸水素アンモニウム 0.1g をミニ試験管 (B) に入れる。
- ② プッシュバイアル瓶とセル内に BTB 溶液 (緑色) を入れ、ピペットチップを 2 本刺し込み、片方のピペットチップにシリコンチューブを接続したふたをプッシュバイアル瓶に取り付ける (図 7)。そして、シリコンチューブの先端をセル内の BTB 溶液にクリップで固定する (図 8)。

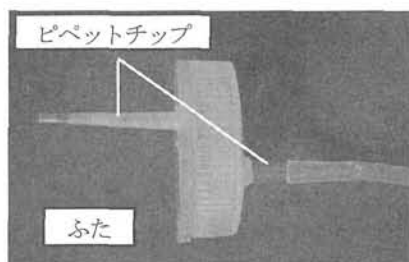


図7 ピペットチップの接続



図8 クリップによるチューブの固定

- ③ 実験器具を図 9 のように固定し、ミニ試験管 (B) に気体誘導管を取り付け、チューブの先端をピペットチップに入れる。
- ④ 反応物を加熱し、反応物及び各 BTB 溶液の色の变化を観察する。
- ⑤ 反応物が少なくなれば、ピペットチップから気体誘導管を抜き、BTB 溶液の逆流を防止する。
- ⑥ ミニ試験管 (B) を放冷後、開口部にできた水滴に青色の塩化コバルト紙をつける。

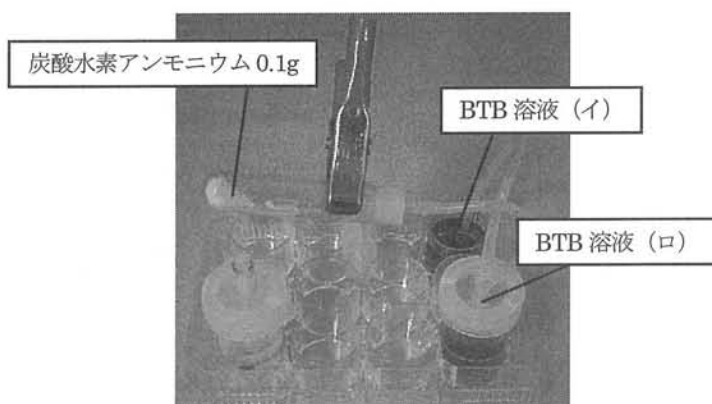


図9 実験の概観図

4. 実験結果・考察

1) 酸化銀の熱分解

酸化銀粉末を加熱することで、次のような熱分解反応が起こり銀と酸素が生成する。



約1分間の加熱で黒色の酸化銀は白色に変化した。また、火のついた線香をミニ試験管内に入れると、炎を出して燃えた(図10)。さらに、反応後の物質をろ紙上に取り出して、試験管の底でこすると、金属光沢が観察できた(図11)。よって、少量の試薬でも酸化銀の熱分解により、銀と酸素が生成する様子を短時間で観察できることが分かった。



図10 線香が炎を出して燃える様子

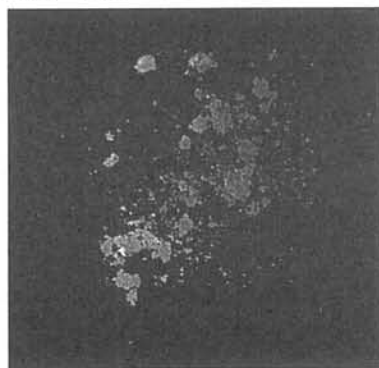


図11 銀の金属光沢

2) 炭酸水素ナトリウムの熱分解

炭酸水素ナトリウムを空气中で加熱することで、次のような熱分解反応が起こり、炭酸ナトリウム、水、二酸化炭素が生成する。



約1分間の加熱でミニ試験管(B)内に水滴が発生し、石灰水が白濁した(図12)。また、ミニ試験管(B)の開口部にできた水滴に塩化コバルト紙をつけると、青色から赤色

に変化した。さらに、加熱前後の物質を比較すると、加熱後の炭酸ナトリウムは水に溶け、さらにフェノールフタレイン溶液を加えると赤色に変化した (図 13)。

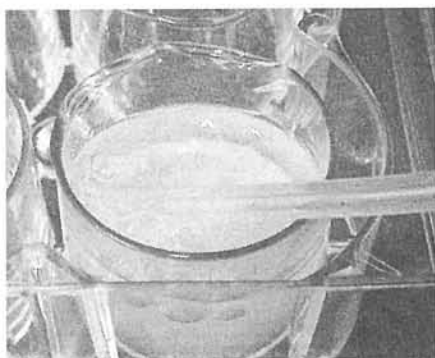


図 12 石灰水の白濁



図 13 水への溶けやすさ及びフェノールフタレイン溶液との反応性

以上より、短時間で炭酸水素ナトリウムが熱分解し、炭酸ナトリウム、水、二酸化炭素が生成する様子や分解前後の物質の性質の違いを明瞭に観察できることが分かった。

3) 炭酸水素アンモニウムの熱分解

炭酸水素アンモニウムを空气中で加熱することで、次のような熱分解反応が起こり、水、アンモニア、二酸化炭素が生成する。



約 1 分間の加熱で、炭酸水素アンモニウム粉末が分解し、ミニ試験管 (B) 内に水滴が発生した。また、プッシュバイアル瓶内の BTB 溶液 (ロ) が発生したアンモニアにより青色に変化し、一方、セル内の BTB 溶液 (イ) は発生した二酸化炭素により黄色に変化した (図 14)。さらに、ミニ試験管 (B) の開口部にできた水滴に塩化コバルト紙をつけると青色から赤色に変化した。

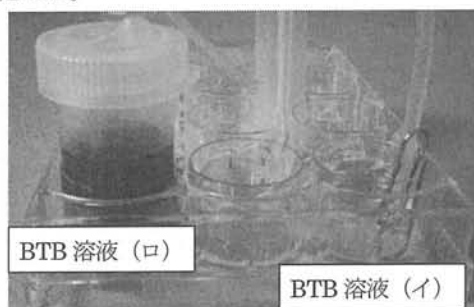


図 14 各 BTB 溶液の色の变化

以上より、短時間で炭酸水素アンモニウムが熱分解する様子を十分に観察できることが分かった。また、BTB 溶液 (イ)、(ロ) が異なる色に変化することから、発生するアンモニアと二酸化炭素の水への溶けやすさの違いや、炭酸水素アンモニウムがどのように熱分解したかについて考察するなど、発展的な課題を設定することができる。

Ⅳ. まとめ

物質の分解を学習することは、微視的な視点で物質を捉え、原子や分子のような粒子から構成されていることを理解するために重要である。このような粒子概念の獲得と定着に向けた学習では、実験観察を通じた化学変化に対する実感を伴った理解が必要である。本研究では、熱分解実験に着目し、分解して生成した物質から元の物質の成分を理解するために、短時間で複数の実験を個別に行うことのできるマイクロスケール実験により、教材開発を行った。その結果、一貫した同じ実験器具により複数の熱分解実験を短時間で行うことが可能になり、また個別実験により生徒一人ひとりが物質の分解を観察することができるようになった。その結果、化学変化に対する実感を伴った理解を促すことができる実験教材となった。今後、本教材実験を用いた授業展開について考案し、生徒の考える力の育成に繋がる授業づくりに役立てたい。

文献

- 荻野和子 2001. マイクロスケール実験の広場へのお誘い. 化学と教育, 49, 110.
- 佐藤美子・芝原寛泰 2014. マイクロスケール実験による実感を高める「気体発生 の性質」の教材開発—個別実験と時間短縮を目指して—. 科学教育研究, 38, 168-175.
- 柴辻優俊・荒木 功・佐藤美子・芝原寛泰 2013. マイクロスケール実験による中学校理科の銅の酸化還元実験. 日本理科教育学会第 63 回全国大会論文集, 180.
- 柴辻優俊・芝原寛泰 2014. 中学校理科における鉄と硫黄の化合の教材開発—安全性に配慮したマイクロスケール実験の活用—. 日本理科教育学会第 64 回全国大会論文集, 219.
- 柴辻優俊・芝原寛泰 2015. 中学校理科における鉄と硫黄の化合実験の教材開発—有毒気体に対する安全性に配慮したマイクロスケール実験の活用—. 京都教育大学教育実践研究紀要, 15. (印刷中)
- 芝原寛泰 2006. 中学校理科におけるマイクロスケール実験の活用. 中学理科通信 秋号, 教育出版, 8-16.
- 芝原寛泰・佐藤美子 2011. マイクロスケール実験—環境にやさしい理科実験—. オーム社, 2.
- 芝原寛泰・佐藤美子・内山裕之 2013. すぐに役立つ研究授業のための学習指導案のつくり方—中学校理科編—. オーム社, 77-80.
- 坂東 舞・川本公二・土田弘幸・芝原寛泰 2006. マイクロスケール実験による水の電気分解実験の定量化. 京都教育大学教育実践研究紀要, 6, 25-34.
- 吉田拓郎・芝原寛泰・川本公二 2011. 高等学校化学のマイクロスケール実験による混合粉末の分離・精製実験の教材開発と授業実践—物質の持つ化学的性質に着目して—. 理科教育学研究, 51, 159-161.