

マイクロスケール実験による 小学校理科「もののとけ方」の教材開発 -電子レンジによる加熱方法の検討-

山本理紗子¹⁾，芝原寛泰²⁾

1) 京都教育大学学部学生 r_rark_amra@yahoo.co.jp

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，もののとけ方，電子レンジ，小学校理科，

(受付：2015年2月13日)

I. はじめに

小学校学習指導要領解説 理科編（文部科学省，2008）によると，「第5学年A 物質・エネルギー（1）物の溶け方」において，「扱う対象としては，水の温度や溶かす物の違いによって，溶ける量の違いが顕著に観察できるように，水の温度によって溶ける量の変化が大きいものと変化の小さいものを用いることが考えられる。また，加熱によって分解しにくく，安全性の高い物を扱うようにする。」と明記されている。詳しく見ていくと，「物の溶け方」は，基礎概念の4つの柱のうち「粒子」に属し，またその中でも「粒子の保存性」に分類される。また，この単元は第6学年の「水溶液の性質」，中学校第1学年の「水溶液」の学習につながる。先行研究（十河，2014）の報告では，中学生が「水溶液」の分野を苦手とする多くの理由として，目に見えないものをイメージすることが難しいためとされている。そこで，物が水に溶けて見えなくなっても，物はなくなったわけではなく，水の中に状態を変えて含まれていることを，小学校段階で理解しておく必要がある。本研究では，水に溶けた物が条件により，もう一度析出する「再結晶」に着目した。また「もののとけ方」における実験に，マイクロスケール実験を取り入れることにより，実験操作を簡略化し，さらに個別実験により，溶解に対して実感を伴った理解を図る教材の開発を目的とした。

マイクロスケール実験（芝原ほか，2011）は，今後の化学のあり方に大きな示唆を与えるグリーンサステナブルケミストリー（GSC）の考え方を反映する方法として，注目されている。マイクロスケール実験とは，実験のスケールを従来よりもできる限り小さくした実験方法であり，特徴としては次のようなものがあげられる。

- ① 実験器具のスケールを通常よりも小さくする
- ② 試薬と経費の削減と廃棄物の少量化
- ③ 試薬の少量化に伴い，事故防止に役立つ
- ④ 実験操作の簡略化による実験時間の短縮

- ⑤ 1～2人の個別実験が可能で、グループ実験とは異なる学習効果
- ⑥ 通常の教室でも実験が可能
- ⑦ 理科を専門としない教員も指導と準備が容易

マイクロスケール実験を教材実験に適用した場合、グループではない少人数による個別実験と実験時間の短縮が可能で、新たな授業展開の可能性と学習効果を与えることが期待される（芝原ほか，2011）。

教材開発においては、加熱方法として電子レンジを用いることを検討した。先行研究（中川，2008）では4×6セルプレートを用いたが、実験結果がより観察しやすい3×4セルプレートを観察容器として利用することを検討した。

Ⅱ．実験器具

温度測定には、0.1gの精度を持つデジタル温度計を採用した（図1）。またデジタル温度計の固定器具として、中神（2013）を参考にし、ストローに穴を空けて組み立てた温度計スタンド（図2）を自作した。

攪拌を行うために、図3のようなポリスポイトの先にシリコン製ゴムチューブを付け、さらに先を切った攪拌棒を作製した。ゴムチューブの素材であるシリコンは耐熱性があるため熱によって変形したり、またセルプレートに傷をつけたりすることがない。



図1 デジタル温度計

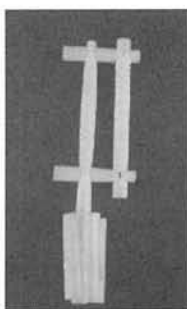


図2 温度計スタンド

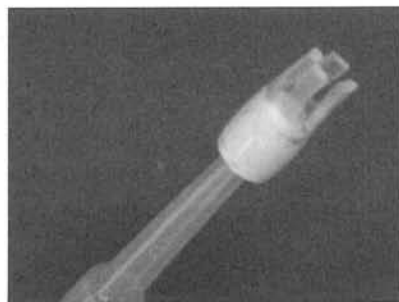


図3 攪拌棒の先の様子

試薬を事前に秤量して入れておく容器として、ミニスーパーチューブ（φ1×4cm）を用いた（図4）。チューブにはシールを張り、試薬の種類により色分けをしてわかりやすくした。

セルに水を入れるために、小学生でも操作しやすいプラスチック製2mLシリンジを利用した。また観察の際、析出する結晶を見分けやすくするため、黒色のフェルト（11×15cm）をセルプレートの下に敷いた。

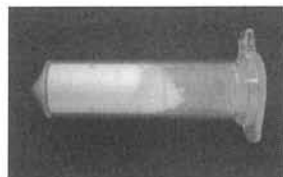


図4 ミニスーパーチューブ

Ⅲ. 教材実験

1. 準備物

3×4 セルプレート, ラップ, ふた, 攪拌棒 (自作), デジタル温度計, 温度計スタンド (自作), 2mL シリンジ, フェルト (黒), 軍手, 電子レンジ, 蒸留水, 氷, 100mL ビーカー

2. 試薬

食塩 (NaCl), ミョウバン ($\text{AlK}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$), ホウ酸 (H_3BO_3)

3. 実験方法

- ① ミニスーパーチューブに入れた所定量の3種類の試薬 (食塩, ミョウバン, ホウ酸) を, 図5の各セルに入れる。

- ② シリンジで蒸留水 2mL を各セルに入れ, すぐに攪拌棒でセル内の溶液をよく混ぜる。

- ③ ラップの上からふたをしたセルプレートを, 電子レンジのターンテーブルに置き, 730W (あたためモード) で約 20 秒間加熱する。

- ④ 軍手を使いセルプレートを電子レンジから取り出し, ラップとふたを取る。

- ⑤ すぐにデジタル温度計を図6のように設置し, 水溶液の温度を測定する。

- ⑥ 各セル内の試料を攪拌し, 水溶液の温度が 60℃になったら結晶の析出の様子を観察する。

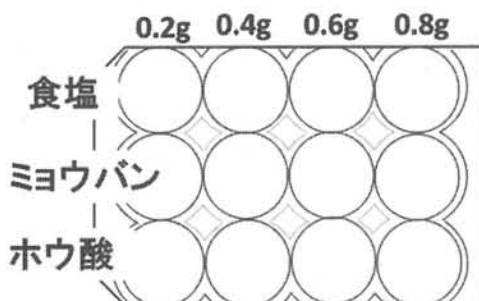


図5 セルプレートへの試薬の入れ方

このとき, 10℃下がるごとにセル内を観察し, 20℃に下がるまでの様子を観察する。溶け残りが観察できたセルの溶質の量 (初期値) と, そのときの温度を記録する。

<注意>

観察中においては, 結晶が析出していないセルの攪拌も十分に行う。また, 途中 40℃まで下がったらセルとセルの隙間に氷水を入れ, さらに温度を下げる。

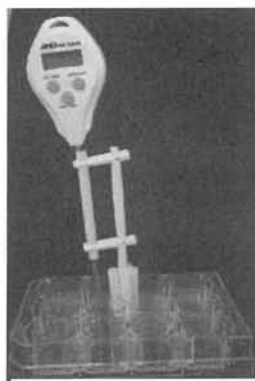


図6 温度計の設置

4. 実験結果および考察

1) 実験結果

文献値（日本化学会，1993）より求めた水 2g に溶ける各物質の質量，および実験結果を図 7，図 8 に示す。

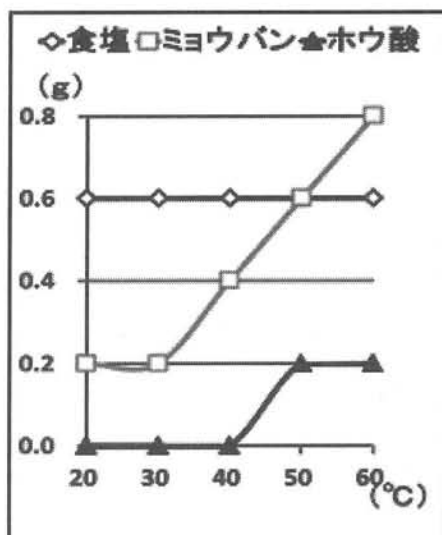


図 7 文献値による水 2g に対する溶解量

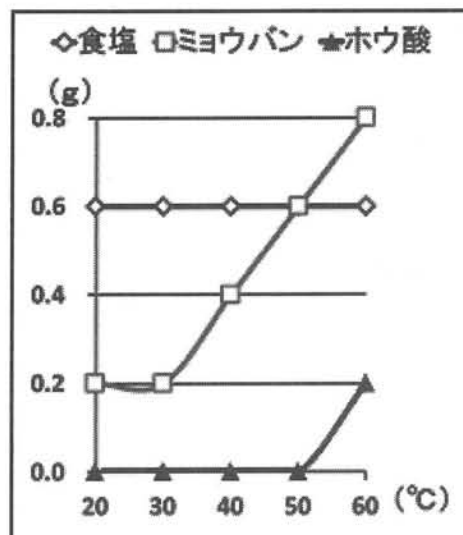


図 8 実験による水 2g に対する溶解量

ミョウバンの 0.2g は，水に完全に溶けるはずであるが，攪拌の時間が足りないと溶け残りがみられることがわかった。また，食塩はミョウバンやホウ酸に比べて水にすぐに溶けた。電子レンジから取り出した直後の水溶液の温度は約 80℃で，攪拌すると約 65℃まで下がった。その後，放冷し 60℃まで水温が下がってから観察を始めた。食塩の場合，最初に溶けた 0.6g のセルは冷却後も変化がなかった。ミョウバンの場合，60℃では全ての質量のセルで溶け，50℃で 0.8g のセルにおいて析出が観察できた。また，50℃から 40℃の放冷時，攪拌をすると 0.6g のセルにおいて結晶の析出が観察できた。40℃で攪拌が終わってから氷水を入れると冷却が進み，ミョウバンの 0.4g のセルからも結晶の析出が観察できた。ミョウバンの 0.2g の場合，20℃まで放冷しても結晶は析出することはないと，文献値と同じ結果が得られた。ホウ酸の場合，電子レンジで加熱し攪拌した後，0.4g のセルでは溶け残りの量は少し減り，0.2g のセルでは全て溶けていた。また 60℃から 50℃の放冷の過程で，0.2g のセルにおいて結晶の析出する様子が観察できた。

2) 考察

図 7 と図 8 を比べると，実験結果は文献値による溶解量とほぼ同じ値を示していることがわかる。

食塩は温度による溶解量の差が小さい物質である。各温度における実験結果と文献値に

よる溶解量とほぼ同じであり、本実験のような冷却による再結晶の様子から、食塩の性質を確認できることがわかった。ミョウバンの場合、放冷の過程で十分に攪拌すれば過飽和状態になることがなく、結晶の析出温度は文献値どおりに確認できた。ミョウバン 0.2g の場合、加熱前の攪拌では完全に水に溶けるのに時間がかかった。実際に授業でミョウバンの溶解を行う際、攪拌に時間がかかり授業時間内に完全に溶かすことができない可能性がある。よって、実験前にミョウバンをすりつぶしておき、水に溶けやすい状態にしておく工夫が必要であることがわかった。ホウ酸の場合、文献値よりも高い温度で結晶が析出している。60℃から 50℃の放冷時に、ホウ酸の結晶が高い温度で析出した理由として、①電子レンジで加熱した際、水が蒸発してしまった、②攪拌棒に攪拌時のホウ酸が付着していた、ことが原因と考えられる。

IV. まとめ

本研究では、物質が水に溶けても溶質はなくなり、状態を変えて水溶液中に存在すること、また物質によって水への溶け方が違うことについて、実験による実感を伴って理解できる小学校理科の教材の開発を行った。本研究の特徴は、加熱方法として電子レンジを用いることである。マイクロスケール実験の導入により、数種類の試薬を対象に、同時に再結晶の実験を行うことが可能となった。また、電子レンジ内部におけるセルプレート配置を工夫することにより、加熱後の温度差を極力なくし、セルプレートの数を増やしても加熱することが可能となった。

実際の学校現場で本研究の教材を活用するには、さらに加熱条件の検討や、再現性の高い実験方法の改善が必要である。また、小学生を対象にして、本教材実験を探究的に活用できる授業展開を考える必要がある。

実用的な教材へ発展するよう、「ものの溶け方」の単位だけでなく、電子レンジを用いたマイクロスケール実験を学校現場に導入するための検討が今後の課題である。

文献

- 文部科学省 2008. 小学校学習指導要領解説 理科編.
- 十河 淳 2014. 小学校理科における「粒子概念」を活用した学習指導の工夫—見えない変化を粒子イメージでとらえ、思考・表現する力の育成—. 平成 25 年度香川県教育センター研究発表会資料, ⑥・1・⑥・12.
- 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
- 中川聡子 2008. 理科実験における電子レンジの活用. 京都教育大学卒業論文.
- 中神岳司 2013. 熱化学分野におけるエネルギー概念に着目した教材実験の開発と授業実践—高等学校化学におけるマイクロスケール実験の活用と授業展開—. 京都教育大学大学院修士論文.
- 日本化学会 1993. 化学便覧 基礎編Ⅱ 改定4版. 丸善