

## 小学校理科「ものの溶け方」の学習における教材の紹介

森下浩史，持丸裕美，市瀬智嗣（長崎大学教育学部）

### 1. はじめに

学習単元「ものの溶け方」では，現行の小学校学理科習指導要領<sup>1)</sup>によると小学校第5学年で溶解現象について学習することになっている。「ものの溶け方」の学習内容は，①ものが溶けてできた水溶液は透明である，②水溶液は均一である，③水溶液中の溶質は保存されている，④ものが水に溶ける量には限度がある，である。第5学年ともなると，日常経験から砂糖や塩が水に溶けると水溶液が「透明や均一になる」ことを知っている児童は多くなる。次の学習課題として，「どうして水溶液は透明や均一になるのか」が児童の興味の対象となる。

溶解現象は初め見えていた溶質が，水に溶けて見えなくなる視覚的な変化を伴う。目に見えないものを理解するために，一般的には自分なりの溶解イメージを思い描いて，それから何らかのモデルを創り上げることが行われる。児童の溶解現象についてのイメージ創りは，①水の中で溶質粒子が次第に小さくなっていくこと，②溶解時にシュリーレン現象を示すこと，③水溶液から溶質を結晶化することができること，などの観察を通して行われると考える。

本報告では児童の目線に沿った形で，物質を構成する微小粒子に対する粒子概念のイメージ化をスムーズに行うことを目的に，溶解現象に関連した教材を検討したので紹介する。

### 2. 教科書から見た「ものの溶け方」の学習内容

小学校理科「ものの溶け方」の学習展開については，現在使用されている第5学年の理科教科書を調べることによって概ね知ることができる。現状として，教科書に記載されている学習内容に沿って，溶解現象の教授は理科授業を担当する教師の創意工夫により進められる。

表1に，現在小学校理科で使われている東京書籍・教育出版・大日本図書・学校図書・啓林館の5社の教科書に記載された「ものの溶け方」の学習配列を示した。また，表2には東京書籍社の教科書の「ものの溶け方」の学習における具体的内容を示した。

各社の教科書の内容を比較すると，学習内容の配列や採用した実験に多少の違いはあるものの，シュリーレン現象の観察や，ものの溶解前後の重さを天秤により確かめる定量的実験を取り入れたり，また，再結晶についても蒸発乾固法と冷却法の2種類の方法が何れの教科書でも紹介されている。

実験操作については，メスシリンダーによる容積測定方法や溶液のろ過の仕方

も記載されている。児童は本単元を学習することで、水溶液の性質を理解すると共にこれらの実験操作ができるようになることから、物質科学における探求方法の幅を大きく広げることになる。

表1 教科書会社別「ものの溶け方」の教授展開

|        | 東京書籍                   | 教育出版                   | 大日本図書           | 学校図書             | 啓林館                   |
|--------|------------------------|------------------------|-----------------|------------------|-----------------------|
| 単元名    | もののとけかた                | もののとけ方                 | もののとけ方          | もののとけ方           | もののとけ方                |
| タイトル名1 | 食塩を水にと<br>かそう          | ものを水にと<br>かす           | 水よう液の重<br>さ     | ものを水にと<br>かしてみよう | 水にとけたも<br>ののゆくえ       |
| タイトル名2 | ものによつて<br>とけ方はちが<br>うか | とかしたも<br>のとり出す         | 水にとけるも<br>のの量   | 水にたくさん<br>とかすには？ | ものが水にと<br>ける量         |
| タイトル名3 | ホウ酸が出て<br>きた液を調べ<br>よう | ものを水にと<br>かしたときの<br>重さ | とかしたも<br>のとり出し方 | 水よう液の重<br>さは？    | 溶かしたも<br>のを取り出すに<br>は |

表2 「東京書籍」における「ものの溶け方」の学習内容

| タイトルなど                  | 問題提起   | 実験方法  | 材料・器具   |
|-------------------------|--|---|---|
| 導入                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>・食塩の粒の観察</li> <li>・調理用の食塩</li> <li>・海の塩水</li> </ul>             |   | ルーペ   |
| 食塩を水にと<br>かそう           | <p>(1)食塩は、水にどれくらいとけるのだろうか。</p> <p>(2)食塩の重さは水にとけると、どうなるのだろうか。</p> <p>(3)水の温度を上げると食塩の溶ける量は多くなるのだろうか。</p> | <p>・シュリーレン現象</p> <p>①水に溶ける食塩の量を調べる。</p> <p>②食塩水を蒸発させて溶けている食塩はどうなるか調べる。</p> <p>③はかりを用いて食塩を入れる前と後の重さを比べる。</p> <p>④水を温めて温度を 30℃, 50℃ にすると食塩はそれぞれ何杯溶けるか調べる。</p> | 食塩<br>メスシリン<br>ダー<br>ピペット<br>はかり<br>温度計<br>アルコール<br>ランプ |
| ものによつて<br>とけかたはち<br>がうか | (4)ホウ酸も食塩と同じようなとけ方をするのだろうか。  | ⑤これまでの①～④の実験を同じようにホウ酸で行う。   | ホウ酸   |
| ホウ酸が出て<br>きた液を調べ<br>よう  | (5)ホウ酸が出てきたあとの液にホウ酸が溶けているのだろうか。  | ⑥ホウ酸が出てきた液をろ過して、ろ過した液を氷水で冷やし、ホウ酸が出てくるか調べる。  | ホウ酸<br>ろ紙<br>ろうと  |

### 3. 「ものの溶け方」単元における教材の検討と模索

#### 3-1. 「溶解」教材

「ものの溶け方」の学習では、まず水に溶かすことができるいろいろなもの(砂糖・角砂糖・黒砂糖・中双糖・金平糖・氷砂糖・食塩・岩塩)を水に溶かし、児童にこれらが溶ける様子をじっくりと観察させることを望む。

方法 1) 角砂糖や黒砂糖の溶解：これらの溶質から勿論シュリーレン現象も観察できるが、それよりも水の中でこれらの固体自体の形が崩れていくこと(写真 1, 2, 3) や、崩れて小さくなっていく様子を観察させて欲しい(写真 4)。

方法 2) コーヒーフィルターの中に入れた砂糖や塩の溶解：写真 5, 6 に示したように水底方向にシュリーレン現象のもやもやの様子が比較的広い範囲ではっきりと観察できる。ただし、この操作では、コーヒーフィルターの紙の目を通して砂糖や塩がもやもやの状態を示すため、砂糖や塩がコーヒーフィルターの細かい穴を通過できるほど小さな粒になっていることを、児童に分かってもらう必要がある。

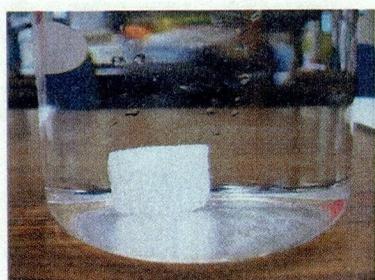


写真1 水に入れて直後の角砂糖

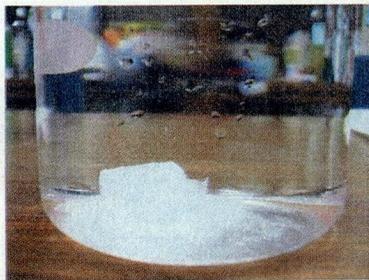


写真2 角砂糖が崩れていく様子



写真3 崩れてしまった角砂糖

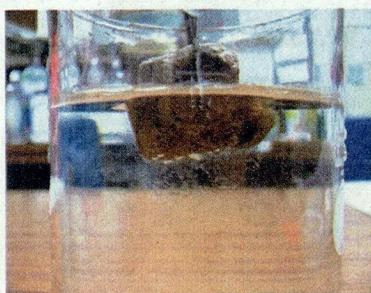


写真4 黒砂糖の溶解

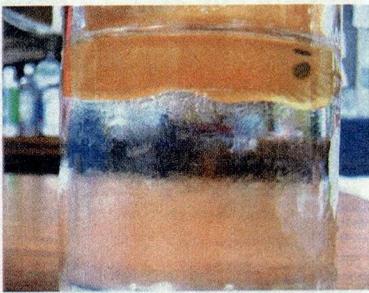


写真5 フィルター中の食塩の溶解状況

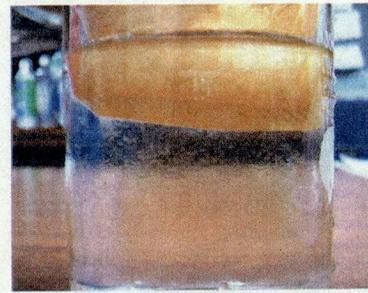


写真6 フィルター中の砂糖の溶解状況

方法 3) 氷砂糖、金平糖や岩塩の溶解：これらの大きな溶質固体から溶出物がシュリーレン現象を示しながら直接「唾液のように」(長崎市科学館での実験中に観察していた児童が発した言葉をそのまま引用)水中に溶けこんでいくので、視覚的に「ものが水に溶ける」ことを観察させる教材としては一番適している。

方法 4) 着色された中双糖や色付きの金平糖の溶解：これらの表面の色が剥げる

ところを観察させればより「水がものを溶かす」現象について理解が得易い。「ものと水と接触している箇所が水に溶かされる」といった観点から考えると、水道の蛇口にゴム管付きの先端を細くしたガラス管を取り付け、細くした水を平らな飴に当て、穴あきの飴を作らせて遊ぶことも面白いであろう。

### 3-2. 「ものの溶解」とシュリーレン現象<sup>2)</sup>

シュリーレン現象の観察から「もの」が水に溶け込む様子をダイナミックに、しかもシンプルに視覚的に捉えさせることができる。「ものの溶け方」の学習の導入にはシュリーレン現象の観察は不可欠な実験項目である。

方法 1) 着色した溶質によるシュリーレン現象：この現象を見易くする目的で色付きの溶質を幾つか検討した。この中で、飽和食塩水に食紅を加えたものから水分を蒸発させて食紅で着色させた食塩塊を作成した。写真7には、作成した着色食塩を溶質として用いた場合の色付きのシュリーレン現象を示す。鮮やかなシュリーレン現象が観察できる。他方、色を付けた水溶液中での透明な岩塩のシュリーレン現象はそれほど見易いというものではなかった。

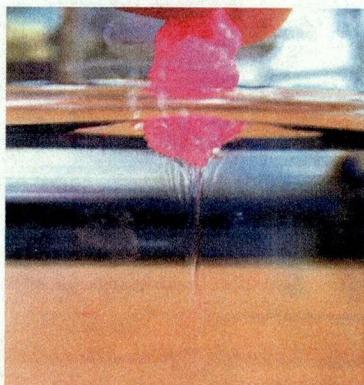


写真7 着色岩塩のシュリーレン現象

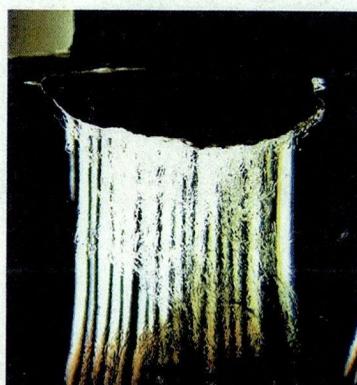


写真8 岩塩のシュリーレン現象



写真9 食塩析出のシャツ

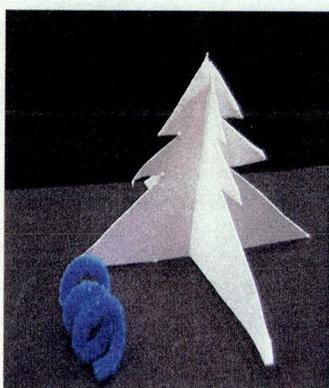


写真10 食塩結晶前のろ紙で作ったオブジェ



写真11 食塩結晶化後のろ紙で作ったオブジェ

方法 2) 光量絞り用のスリットを用いた場合のシュリーレン現象：シュリーレン現象は透明な媒体の中で場所により屈折率が異なるときに観察できる。「ものが見える」ためには当然ながら光が関与する。シュリーレン現象を観察し易くするために光の条件を整える必要がある。このことから、光の入射方向や光量の条件を検討した。光源（普通の蛍光灯電気スタンドを使用）方向としては後方入射が良く、光量の絞りの条件としては縦長の1~2mm 間隔のスリットが適していた。写真 8 には光源とシュリーレン現象を起こしているビーカーとの間に、黒画面紙に縦長のスリットを入れた衝立を挿入した時のシュリーレン現象を示す。これによりシュリーレン現象をより明瞭に観察できる。

方法 3) 気体が溶解する場合のシュリーレン現象：学習指導要領では第 6 学年の理科で、「水溶液には気体が溶けているものがあること」を取り扱うことになっている。気体の溶解現象を学習する際のレディネスとして、この学習場面でもシュリーレン現象を取り扱うことに意味があると考えられる。

溶質に二酸化炭素(酸性)を、溶媒に約 1mol/濃度の水酸化ナトリウム水溶液(アルカリ性)を用いて、この水酸化ナトリウム水溶液の上方から穏やかに二酸化炭素を吹き付けると水面直下でシュリーレン現象が観察できる。<sup>3)</sup> 透明な気体と透明な水溶液によるシュリーレン現象の観察を通して、児童には溶質および溶媒の微小粒子の存在と、ダイナミックな粒子の動きを想像させて欲しい。

### 3-3. 再結晶（結晶化）について

「ものの溶け方」に対する幼児や児童の意識調査の結果<sup>4)</sup>では、一度水に溶かしたものは取り出すことができないと考える幼児や児童の割合が圧倒的に高いことを示した。そこで、児童が興味をもってくれそうな再結晶の例を幾つか模索してみた。以下、これらの方法を紹介する。

方法 1) アルミホイルの上に食塩水をこぼし、ヘアードライヤーの熱風を用いて水分を蒸発させ、アルミホイル上で食塩の結晶化を行う。この方法では、熱風により食塩水が広範囲に動き回り踊るようにして食塩が析出してくる。この結晶化の瞬間の様子を子ども達に観察させて欲しい。

方法 2) T シャツを飽和食塩水に 45 分間ほど浸し、一日日干しにして乾燥させて水分を蒸発させ、T シャツ上に食塩の結晶化を行う。結果は、写真 9 に示すようにシャツ全体が真っ白になり、部分的には目に見えるほどの大きな結晶を確認することができる。

写真 10, 写真 11 には、飽和食塩水に浸す前のろ紙とモールで作ったオブジェと、飽和食塩水に浸して結晶化させた後のそれを示す。時間経過と共に食塩の析出による結晶化が進む。日々刻々と変化していく作品の様子から食塩粒子の存在を実感させて欲しい。

方法 3) 水溶液からいろいろなものの結晶を作成し、結晶の観察を行う。

・食塩の結晶（写真 12）、・砂糖の結晶（写真 13）、・尿素の結晶（写真 14）、

・酢酸ナトリウム 18g に水 10ml を加え 80℃まで熱し、室温まで放冷して過飽和状態から析出させた結晶(写真 15), ・チオ硫酸ナトリウム (写真 16), ・ミョウバン(写真 17)

水溶液から結晶化させた綺麗な形をした結晶を観察させることで、児童に結晶に興味をもたせながら、水に一度溶かしたものをもう一度取り出すことができることをより強く認識させて欲しい。

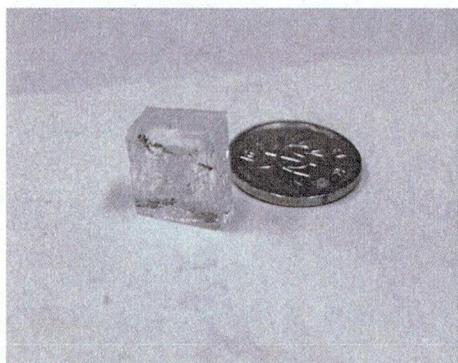


写真 12 食塩の結晶



写真 13 砂糖の結晶

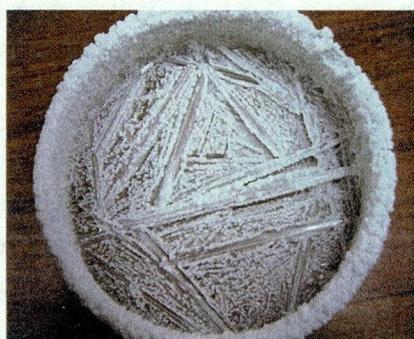


写真 14 尿素の結晶



写真 15 酢酸ナトリウムの結晶



写真 16 チオ硫酸ナトリウムの結晶



写真 17 ミョウバンの結晶

方法 4) 飽和食塩水にアルコールを加えて強制的に食塩の析出を行う。飽和食塩

水 500ml にエタノール 40ml を静かに注いで、暫くすると食塩の結晶が析出してくる様子を示す（写真 18，写真 19，写真 20）。



写真 18 飽和食塩水  
(透明)



写真 19 飽和食塩水へ  
エタノール添加直後



写真 20 食塩結晶の析出  
(全体的に白濁)

#### 3-4. 質量の保存について

現行の学習指導要領では、第 5 学年で「ものが水に溶けても、水とものを合わせた重さは変わらないこと」を理解させることが目標とされている。この質量の保存則について各教科書では、溶質を水に溶かす前後での水溶液全体の重さを、上皿天秤を用いて確認させるようになっている。ただし、ものが水に溶ける前後で増加するのは、質量だけでなく体積も同様である。この 2 つを同時に実験できて、なおかつ児童に身近な材料を用いた例を以下に記す。

手順 1) コカコーラとコカコーラ・ゼロ（写真 21）を同じ量（100ml）だけ量り取り重さを比べた。100ml でコカコーラ・ゼロの方がコカコーラよりも約 5g 軽かった（写真 22）。

手順 2) コカコーラ・ゼロの中に 5g の砂糖を溶かし、その時の体積を調べた（写真 23，写真 24）。体積の増加が認められた。



写真 21 コカコーラ（左）と  
コカコーラ・ゼロ（右）



写真 22 コカコーラ（左）と  
コカコーラ・ゼロ + 5g の砂糖

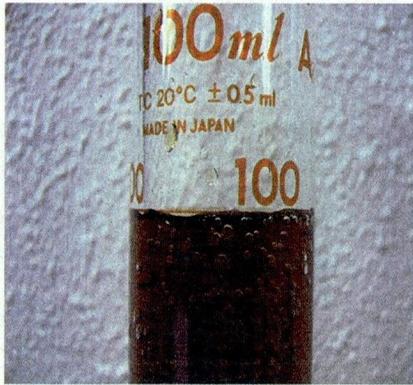


写真 23 5g の砂糖を加える前の  
コココーラ・ゼロ

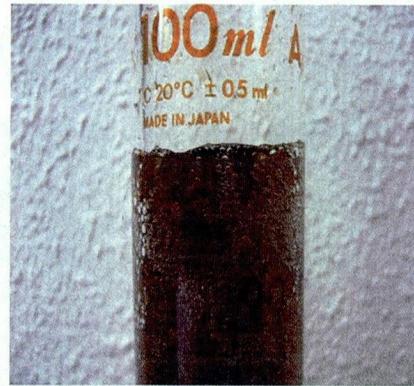


写真 24 5g の砂糖を加え、質量と体積が  
増加したコココーラ・ゼロ

上の例の類の実験は、質量保存則の成立に加えて、視認できる体積増加を微粒子の溶質の混入によるものとして確認する場合に、利用して欲しい。

#### 4. むすびに

今回紹介した「物の溶け方」の教材例では、新規なものは何もない。これまで一般に知られている事象をただ羅列的に取り上げたに過ぎない。身の回りにあるもので、少し工夫すると学習教材として利用できるものが沢山あることを知ってもらいたい。教材として授業に用いる場合、児童に少しでも楽しんでもらえる教材作りを考慮して欲しい。これにはまず教授する側の遊び心が必要である。そもそも自然科学という学問は、昆虫好きや植物好きや実験好きなどの“自然遊びオタク”の中から発生したものである。教師自身の遊び心はきっと児童の科学する心に通じると考える。

溶解現象として初めて学習する「ものの溶け方」の単元において、児童がものの溶け方と規則性を楽しみながら自分のこれまでの経験を活かし、しかも自発的に探究できるように、今回紹介した教材例を参考にしてもらえれば幸いである。質の高い知識は体験を通して得られると信じている。

#### 引用・参考文献

- 1) 小学校学習指導要領解説 理科編 文部省 東洋館 平成 11 年 5 月
- 2) フリー百科事典「ウィキペディア(Wikipedia)」など
- 3) 市瀬智嗣, 長崎大学教育学部大学院教育研究科修士論文 (2008)
- 4) 持丸裕美, 長崎大学教育学部卒業論文 (2008)