

夏休み自由研究教室「冷却パックを作ろう」実施報告

上羽 貴大*

概要

2022年8月10, 11日に、小学3年生～中学3年生を対象とし、化学変化に伴う熱反応を主題とした実験教室を実施した。室温の水で濡らした肌の方が、乾いた肌よりも冷えて感じる体験を導入とし、市販の冷却パックを解体して尿素、硝酸、水を確認し、それぞれの溶解による吸熱を体感したのち、冷却パックを手作りました。物質によっては発熱反応も起こることを、塩化カルシウムの溶解実験で確認し、最後に重曹とクエン酸の中和反応による吸熱を体験してもらった。それぞれに分子レベルでの簡単な説明を加えることで、分子レベルで現象を理解する現代化学の導入とすることを意図した。

1. はじめに

小学校高学年を対象として、化学に親しみを持ってもらうことを目的に、夏休み自由研究教室「冷却パックを作ろう」を実施した。概要は次のとおり。

日時 8月10日(水)、8月11日(木・祝)

各日 14:00～15:30

場所 大阪市立科学館 工作室

対象 小学3年生～中学3年生

小学生には保護者(中学生以上)の付き添いが必要。

定員 各日9名(応募多数の場合は抽選)

参加費 500円(付き添いの方は不要)

概要文 「暑い夏を化学の力ですずしく過ごそう! 薬品と水を袋の中で混ぜるだけで、びっくりするほど冷える冷えに。冷えるヒミツを学びながら、冷却パックを作ります。どうすればより冷える冷却パックができるか、工夫してみましよう。」

新型コロナウイルス感染症対策のために工作室の長机1台につき1組(参加者と保護者)ずつ座ってもらうようにした。そのため各日9人と少なめに設定した。

夏休み自由研究教室として、化学実験をさせるだけではなく、実験をもとに参加者が夏休みの自由研究課題の提出物にできるよう、完成品を持って帰れるようにする必要があった。そのため、持って帰っても問題のない成果物として、冷却パックの工作を選択した。ここから、化学変化による吸熱・発熱反応をいくつか体験し

てもらい、化学の面白さを体感してもらうものとして教室を構成した。その他、次のような観点に気をつけた:

- ・ より多くの実験を、参加者自身が体験できること。
- ・ 現象への驚きだけでなく、分子論的なものの見方を提供すること。
- ・ 成果物の工作に達成感をもたせること。

2. 教室に用いる道具、薬品

参加者同士の実験器具の共有を避けるために、各参加者に実験器具をあらかじめ準備して各机に配置した。(写真)用意した器具は次の通り: 三角フラスコ 2個、ビーカー 2個(廃液用と反応実験用)、コニカルビーカー、薬さじ、攪拌用ガラス棒、注射器(使用する水の測量のため)、薬包紙、電子天秤、キムワイプ、温度計、チャック付きビニール袋 5枚、ラベルシール 3枚、レジ袋、色鉛筆、油性ペン各色、アルミホイル、セロハンテープ、うちわ、雑巾、試薬(尿素、硝酸、水、塩化カルシウム、重曹、クエン酸)。薬品はあらかじめ蓋付き瓶に小分けにした。また参加者の記録用にワークシートを作成し配布した(本稿末尾参照)。

3. 教室の流れ

3-1. イントロダクション

濡れた肌がより冷えるのはなぜ 「涼しくなる方法でいちばん手軽なのはうちわですよ」と言って、机の上のうちわであおいでもらう。「簡単に、もっと涼しくなる方法があります」と言って、キムワイプに水を含ませて、腕を

*大阪市立科学館

上羽: ueba@sci-museum.jp,

拭って肌を湿らせてから、そこをうちわであおいでもらう。濡らしていないときよりもより冷えて感じる。「水が冷たいからでしょうか？」と問いかけ、水の温度を測ってもらう。室温においてあった温度計を、室温で放置した水の中に入れても、目盛りは殆ど変わらない。つまり水温は室温と大きく変わらない。「水も部屋の空気もどちらも同じ温度なのに、どうして水のほうがひんやり感じるのでしょうか」と問いかける。

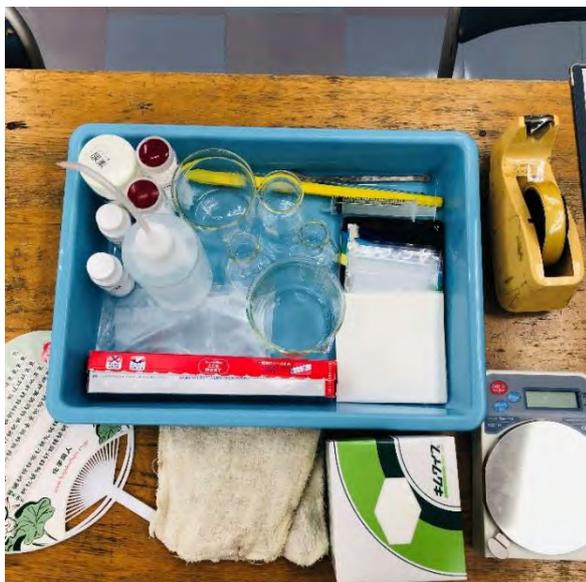


写真 1. 実験器具一式

分子レベルでの説明 「この不思議な現象を考えるため、ミクロの世界を想像してもらいましょう。この水を虫眼鏡で見えます。といっても普通の虫眼鏡ではなく、1億倍くらいよく見える虫眼鏡です。そうすると、こんな物が見えてきます」水の1億倍分子模型を取り出す(写真2)。



写真 2. 水分子模型の入ったビーカー

そののち、水の3つの状態すなわち水蒸気、水、氷を、分子の概念を用いて、かつ「エネルギー」という語を用いず感覚的に、説明しようと努めた。水というのは分子がコップの中にたくさん入っていて、それらがうごめいている状態。それがコップをはなれて空間を飛び回る状態が水蒸気である(図1)。分子は他の分子た

ちに囲まれていたほうが「落ち着く(=安定)」。水蒸気として空間を飛び回っている方が「しんどい(=より不安定)」。そのしんどさの分だけ、肌から熱を奪っている。

なお、水より揮発性の高いアルコールで同様に行えば、蒸発による吸熱をより強く感じられる。アルコールによる参加者の肌のかぶれを懸念し、教室では行わなかったが、水での吸熱と比較してもよいかもかもしれない。

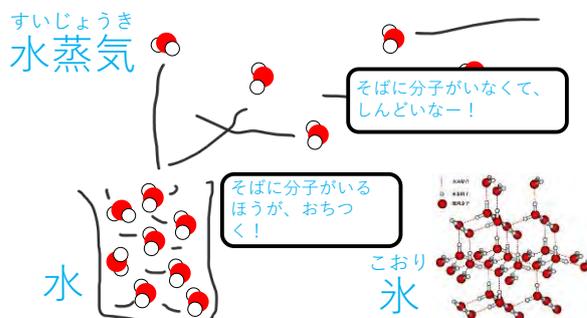


図 1. 水の三態

水だけではなく、どんなものもこのような粒でできていて、現代化学は分子のレベルで物事を考える学問であることを印象付け、冷却パックの実験に進んだ。

3-2. 冷却パック

市販の冷却パックの観察 市販の冷却パックを取り出して見せる。今からこれを作るという目標を共有する。

冷却パックは予算の都合上、全員には配らず、開封した様子は、あらかじめ撮った写真をモニターに映した(写真3)。予算に余裕があれば、各自に開封してもらおうほうが良いだろう。中には白い粉末とパウチされた小袋が入っているのみである。その正体は何か、袋の成分表を見ると、「尿素、硝酸、水」とある。パウチの小袋は水であり、白い粉末は尿素と硝酸(硝酸アンモニウム)の混合物であった。



写真 3. 市販の冷却パックの開封

溶解熱の観察 尿素と硝酸の用途について確認

(図 2)したあとで、それらに冷却の性質のあることを、参加者に確認してもらう。尿素、硝酸アンモニウムをそれぞれ適量とり、それぞれ水に溶かすと、温度が下がる様子を観察した。

なお、この実験で観察されるのは濃厚溶液における吸熱反応のため、その吸熱量は、無限希薄溶液で定義される溶解熱よりも小さくなるのが指摘されており[1]、定量的な取り扱いには注意が必要である。この教室では、あくまで化学変化による熱的現象の紹介のみにとどめた。

尿素 (にょうそ)

尿の成分(きたなくないよ!)
肌のうるおい成分
肥料



しょうさん 硝酸アンモニウム

花火の材料
肥料

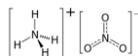


図 2. 各試薬の説明

吸熱の分子論的説明 溶解熱は、固体の格子エネルギーと溶媒和エネルギーとの差により決まる。これを分子論的に理解してもらうため、先の水分子の蒸発と同様、溶解前後の尿素の状態を「落ち着く(=安定)」か「しんどい(=不安定)」という言葉で説明した(図 3)。尿素および硝酸アンモニウムの水への溶解では、それらの水和エネルギーは溶質の格子エネルギーよりも小さい、すなわち溶質分子は溶媒中でより不安定になるために、吸熱的である。

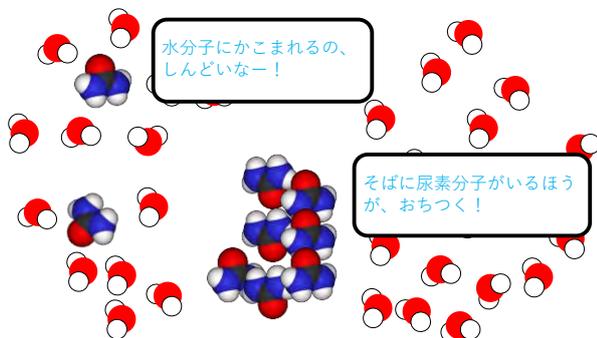


図 2. 尿素の溶解の分子的描像

オリジナル冷却パックの製作 筆者が製作した例(写真 4)を紹介しながら、冷却パックを製作してもらった。まず、試薬と水を分けておくため、水を保持しておくアルミホイルの袋を一斉につくことにした。このアイデア

は文献[2]を参考にした。折り紙でコップをつくるような要領で、端を折っていただけだが(ワークシートに折図を記載した)、水がまったく漏れないようにするのはなかなか難しい。適宜セロハンテープで補強してもらった。補強をしても、後で袋をつぶして水を出すことは可能である。

今回は予算の都合で購入できなかったが、シーラーにより水をビニール袋に封じ込めるのが可能であればその方が良いと思われる[3]。その際は、色水にすれば、使用前にも色を楽しめる。

参加者に水入りのアルミホイル袋をいくつか作ってもらったら、白紙のシールに油性ペンと色鉛筆で自由にイラストを描いてもらった。これが冷却パックのラベルとなる。ラベルが完成したら袋に貼り、尿素を適量と、水入りアルミ袋を同封し、口をセロハンテープで封じて完成とした。このラベルへのお絵描きは冷却パックの化学的本質とは関係がないのだが、参加者のオリジナリティを發揮できる場所として実施した。実際、参加者はみなお絵かきに熱中していた。

なお、参加者が持ち帰る冷却パックの製作には尿素のみを用いることにした。これは、硝酸アンモニウムが危険物第 1 類に分類されるためである。



写真 4. 市販の冷却パックの開封

教室のメインはここで終了であり、ここまでで 1 時間程度である。残りの時間でも化学熱力学に関連した実験を体験してもらうため、以下の実験を行った。

3-3. 溶けて逆に熱くなる

「水に溶けるといつでも冷たくなるのでしょうか?」と疑問を投げかけたのち、塩化カルシウムを水に溶かすときの反応の観察実験を行った。塩化カルシウムを薬さじ 1 杯程度、ビーカーに入れた水に溶かすと発熱する。手で触れないほどに熱くなるために、驚きが大きい。

塩化カルシウムの溶解は発熱的で、水和による安定化が効いている。これも図 3 とともに簡単に説明した。

体験のあと、塩化カルシウムによる反応がどんなところに役立つか考える時間を設け、除雪剤としての利用

を紹介した。他には駅弁の加熱機構としての例もある。

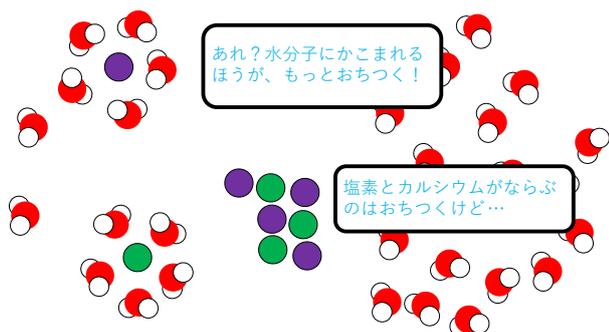


図 3. 塩化カルシウムの溶解の分子的描像

3-3. クエン酸と重曹の中和による吸熱反応

最後に、現象の華やかさを重視した実験を行ってもらうことにした。クエン酸と重曹をそれぞれ適量レジ袋に入れ、そこに水を入れると、中和により炭酸ガスによる発泡が起きる。この中和反応は吸熱的であるため、袋を触るとひんやりする。レジ袋に入れて実験を行うことで、袋の口を軽く手で握れば発泡で袋が膨れ、ガスの発生が感覚的にわかる点が優れている。この方法は文献[4]で行った実験を参考にした。

この反応では関わる分子が多く、反応式を書いても何もわかった気にはさせてくれないため、「中和」という反応が起こって、周りの熱を奪う、とのみ説明した。

4. 扱わなかった実験

食塩を氷にかけて温度が変わる

コップに氷水を入れ、指を付けてもらい、その温度を感じてもらったあと、そこに食塩をいれると、温度が下がっていき我慢できないほどになる。この実験は非常に有名で、かつ台所にあるもので簡単にできるため、わざわざ有料の教室で時間をとるものではないと判断し見送った。

メントールによる冷感実験

ハッカ油を少量水に溶かしたものを肌にスプレーすると、メントールの引き起こす生理作用により、温度が下がるわけではないのに肌に冷感をもたらすことが知られている。この実験も実施は簡単だが、物理的な温度変化ではなく、混乱を招く恐れがあるため、本教室の実験からは除外した。

参考文献

- [1] 日本化学会編、『実験で学ぶ化学の世界 2 物質の変化』、丸善。
- [2] 化学だいすきクラブホームページ。
- [3] 難波他、手作り瞬間冷却剤の製作、神戸高専研究紀要第 50 号。
- [4] 吉岡他、ボランティアによるオンライン教室「身近な科学、再発見」実施報告、大阪市立科学館研究報告 32, 163 (2022)。

大阪市立科学館 夏休み自由研究教室「瞬間冷却バックを作ろう」
2022年8月10日、11日



冷却バックのなかみは...

① _____

② _____

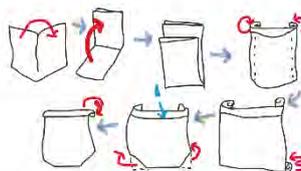
③ 水 _____

① _____ g を、水 _____ ml にかすと、
温度は _____ °C から _____ °C まで下がった。

② _____ g を、水 _____ ml にかすと、
温度は _____ °C から _____ °C まで下がった。

だいじだとおもったことを書いておこう

お水バックをつくる



とかして…あつあつ!?

薬品の名前 _____ g を、水 _____ ml にかすと、
温度は _____ °C から _____ °C まで上がった。

化学反応でひんやり

薬品の名前 _____ g と、薬品の名前 _____ g を、
いっしょに水にかすと、

※冷却バックをつかうときの注意

尿素はどくではありませんが、目などに入れないようにしましょう。
もし、なかがもれたら、手をよくあらいましょう。
つかい終わったら、なかみは水道に流してもだいじょうぶです。
水をじょうはつさせて尿素有とりだせば、またつかうことができます。
また、尿素は肥料につかえます。20gの尿素有6リットルほどの水にかして、
植木などにあたえます。