

科学デモンストレーターによるジュニア科学クラブ

「生分解性プラスチックを作ろう！」実施報告

吉岡 亜紀子* , 上羽 貴大**

概要

小学5・6年生が対象のジュニア科学クラブで生分解性プラスチックを作る教室を実施した。教室内では洗濯のりからスーパーボール、牛乳または豆乳から箸置きを作り、持ち帰って使い終わった後は土に埋めて観察するよう促した。液体の洗濯のりがよく弾むスーパーボールになる不思議、牛乳や豆乳から塊を取り出すことができる不思議から、プラスチックの科学的な正体への興味を引き出し、合成プラスチックと天然プラスチックそれぞれの長所と短所に関心を持ってもらうことを目指した。

1. はじめに

小学5・6年生が対象のジュニア科学クラブで生分解性プラスチックを作る教室を実施した。企画と準備、運営、ファシリテーションは、学芸員の助言と監督の下、大阪市立科学館でサイエンスショーの実演を担当しているボランティア「科学デモンストレーター」が担った。

プラスチックは非常に身近な素材で、例えばかばんの中を見ると、プラスチックが使われていない物品を探す方が難しいほどである。大阪市立科学館で2022年に上演されたサイエンスショー「なが〜い分子！ポリマーであそぼう」¹には楽しみながらプラスチック（ポリマー）の正体を解き明かすことができる実験が多数組み込まれている。また牛乳や豆乳からプラスチックを作る実験は自由研究の題材として知られている²。

この教室では、小学生が体験を通して身近なプラスチックの正体を知り、目に見えない化学的構造への興味を持つこと、プラスチックがどのように環境問題に関わるのか考えるきっかけを提供することを狙った。

2. 構成

2.1 全体の構成

ジュニア科学クラブ会員50名を約25名ずつ2組に分けた。アレルギー対策として、牛乳を使用する日と豆

乳を使用する日を分けた。参加者に牛乳アレルギー・大豆アレルギーがあるかどうか、保護者に尋ね、事前に組分けをした。

各回の教室は次の流れで組み立てた。時間は約60分間であった。

- (1) 合成洗濯のりからスーパーボールを作る
- (2) プラスチックの正体
- (3) 牛乳／豆乳から箸置きを作る
- (4) おうちでやってみよう

2.2 用意するもの

1人分の材料と道具は次の通りであった。

＜スーパーボール作り＞透明なコップに入れた合成せんたくのり(50mL)、食塩(大さじ3杯)、スプーン、わりばし、チャック付き袋、色水(赤、青、緑、黄の食用色素を水に溶かしたもの。箸置き作りと共通)。

＜箸置き作り＞牛乳または豆乳(120mL)、アルミ皿、クエン酸水溶液(100mL)、紙コップ、キッチンペーパー10枚程度、チャック付き袋。

この他、人数分の牛乳／豆乳を沸かすために、鍋とガスコンロや電熱器、豆乳を分配するためにレードル、雑巾が必要である。

*大阪市立科学館 科学デモンストレーター
akiko.osaka.science@gmail.com

**大阪市立科学館 学芸員
ueba@sci-museum.jp

3. 各セクションの詳細

3. 1 合成洗濯のりからスーパーボールを作る

合成洗濯のりにはポリビニルアルコール (PVA) が含まれている。PVA は水溶性の生分解性高分子である。塩析を利用して洗濯のりから PVA を取り出し、丸めるとスーパーボールができる。液体の洗濯のりがよく弾むスーパーボールになる不思議を体験してもらう。その後、プラスチックについて模型を使って説明する。

最初にコップの中の合成洗濯のりの様子を観察する。わりばしで混ぜて、同じ透明な液体である水と比べて粘性があることに注目する。

次に合成洗濯のりに食塩を少しずつ加えてはよくかき混ぜることを繰り返す。初めのうちは白っぽく濁ったように見えるだけであるが、次第に洗濯のりのとろみがなくなり、さらさらになったように感じられる。そのまま食塩を加え、かき混ぜ続けると、塊が分離する。

塊を取り出す。コップには色の薄い液体が残る。塊をキッチンペーパーでくるんで、水気を切りながら丸めると、スーパーボールの完成である。強めに床にたたきつけると、よく弾む。

一体どうしてこのような変化が起きるのだろうか。参加者に興味を持ってもらったところで3. 2の説明をする。

拡大すると写真2のような粒々がぎっしりつまっている様子が見えてくこと、粒の1つ1つは水分子であることを説明した。次に、PVA の分子模型を紙に印刷したものを広げて見せ、このような長い分子 (ポリマー) の仲間であることを説明した。洗濯のりに含まれている PVA を実際に1億倍にすれば 200m 程度になると思われるが、取り扱いの便宜上、10m 程度の長さの模型を作った。たった 10m でも水分子との違いは一目瞭然である。長い紙分子模型を丸めて、PVA でスーパーボールを作る様子を再現して見せた。



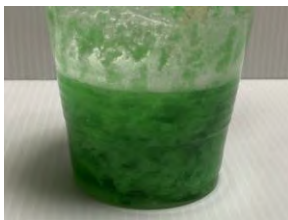
写真2. 水分子の模型。



(1)洗濯のりを観察する。
好みの色を付ける。



(2)食塩を少しずつ加え、よくかき混ぜる。



(3)塊が液体から分離する。



(4)塊を取り出して丸める。
弾ませて遊ぶ。

写真1. 洗濯のりからスーパーボールを作る。

3. 2 プラスチックの正体

この段階では、目には見えない小さな構造を想像してもらうことをねらった。

プラスチック製品とは、ポリマーを集めて、用途に合わせて成型したものである。スーパーボール作りでは洗濯のりから PVA を取り出し、集めて丸く成型した。

ではポリマーとは何か。まず、コップの水を1億倍に



写真3. 手作りの紙製の PVA 模型。長さ 10m。



写真4. PVA を丸めてスーパーボールを作る様子。

ここで次のことを紹介した。

- ・PVA は石油から作られたポリマーである。洗濯のりだけでなく、工作用のり、木工用ボンドにも石油から作られたポリマーが含まれている。

- ・この後に使う牛乳にはカゼイン、豆乳には大豆たんぱく質、ゼラチンにはコラーゲンが含まれており、これらは天然のポリマーである。

- ・身近な食品の中には、紫芋、こんにゃく、いも、片栗粉等、様々なものに食物繊維やデンプンといった天然のポリマーが含まれている。

- ・ポリマーを取り出すことができれば、身近なものからプラスチック製品を手作りすることができる。

さらに、ポリマーやそれを成型したプラスチックは、原料の違いによって、天然、合成、バイオマスなどに分けられること、微生物が分解できないものと微生物が分解できるもの（生分解性）に分けられることを紹介した。生分解性ポリマー／プラスチックは、微生物が、単に細かくするだけではなく、分子レベルで分解して環境に無害な低分子になること、今回の教室で扱う PVA も牛乳／豆乳から作るプラスチックも生分解性であることも紹介した。

3.3 牛乳／豆乳から箸置きを作る

牛乳／豆乳からたんぱく質の等電点沈殿を利用してたんぱく質を集め、成型して箸置きを作る。

牛乳／豆乳を鍋で沸かし、沸騰したらすぐに火を止める。たんぱく質の変性を防ぐためである。アルミ皿に1人分ずつよそって配布し、受け取った参加者は熱々のうちにクエン酸全量を加える。手で触れる程度に冷めるまで、かき混ぜないで待つ。かき混ぜると細かい沈殿ができてろ過が難しくなる。冷めたら、紙コップにキッチンペーパーを入れてろ過する。ろ過物を新しいキッチンペーパーで受けて、しっかり押さえ、水気をできるだけ取り除く。成型前に水気を取り除いておくことで、乾燥中のひび割れを低減させることができる。

クエン酸の代わりに酢やレモン汁を用いることもできる。この教室では、無臭であることを理由にクエン酸を選んだ。大豆たんぱく（グリシニン）またはカゼインが等電点沈殿するようクエン酸水溶液の濃度を調整する。



(1)牛乳／豆乳を沸かし沸騰したら火を止める。



(2)クエン酸に好みの色を付ける。



(3)牛乳／豆乳にクエン酸全量を一度に加える。かき混ぜない。



(4)塊が分離する。



(5)ろ過する。



(6)水を落とす。



(7)よく水気を切る。



(8)成型して乾かす。

写真5. 牛乳／豆乳から箸置きを作る工程。



写真6. 柔らかい粘土のように自由に成型できる。

3.4 おうちでやってみよう

おうちでできる自由研究のヒントを以下のように示し、教室を締めくくった。

(1) スーパーボールを数日間置いておくと、水分が抜けて固くなり、さらによく弾むようになる。PVA は水溶性なので、作ったスーパーボールを水に入れると再び溶けてしまう。ポリマーから水が抜けてゴムのようなったり、ポリマーが水に溶けたりする様子を観察しよう。

(2) 箸置きは写真7に示すように、数日で縮んで色が

濃くなり、固くなる。このとき箸置きの中では、単に洗濯物が乾くように水分が蒸発して乾くのではなく、分子レベルで水分子が抜けてたんぱく質の分子どうしがつながり合う化学反応（脱水縮合反応）が起きている。化学反応が進む様子を観察しよう。



写真7. 上から順に、成型直後、1日経過後、2日経過後、3日経過後の様子。

(3) 箸置きを土に埋めると、数週間で微生物が分解し、なくなってしまったり、真っ黒に変色したり、クリーム状になったりする。季節や土壌の環境によって、どのような変化が起きるのか異なるようである。試してみよう。

(4) 牛乳から作った箸置きは、豆乳から作った箸置きよりも、乾燥後に表面がつやつやし、肌理が細かく、触ると油のようなものがつくようになる。また、豆乳は、牛乳よりも、たくさんの塊を取り出すことができる。牛乳と豆乳は何が違うのだろう。沈殿した塊の中には、たんぱく質以外のものも入っているのだろうか。考えたり調べたりしてみよう。

(5) 牛乳や豆乳からでもプラスチックを作ることができた。ではどうして多くのプラスチック製品が石油から作

られているのだろうか。考えたり調べたりしてみよう。

(6) 生分解性プラスチックには短所はないだろうか。考えたり調べたりしてみよう。



写真8. 土に埋めると微生物が分解する。

4. 結び

参加者は五感を総動員して体験を楽しんでいるようだった。スーパーボール作りでは、どんな変化も見逃さないというような真剣な表情で洗濯のりに食塩を加えていた。箸置き作りでは、牛乳／豆乳の中に沈殿が現れた瞬間、驚きの声が上がっていた。大切そうに持って帰った箸置きのその後の化学変化もおうちで楽しんでくれたらと思う。プラスチックを手作りすることなど考えたことがなかったかもしれないが、この教室をきっかけに化学への興味が増し、ご家庭でもプラスチックの化学が話題になったことを願っている。

5. 謝辞

ボランティアの活動を支え続けて下さっている大阪市立科学館の皆様と、試行錯誤も失敗も準備や後片付けも楽しみながら一緒に取り組んでくれた科学デモンストレーターの皆様に心から感謝申し上げます。

6. 引用文献

- [1] 上羽貴大「サイエンスショー「なが〜い分子！ポリマーであそぼう」実施報告」大阪市立科学館研究報告 33 (2023)
- [2] 「生分解性プラスチックの生成効率についての研究 ―牛乳及び豆乳からの生成―」大阪教育大学附属天王寺中学校自由研究(第44集 2019) <https://f.osaka-kyoiku.ac.jp/tennoji-j/wp-content/uploads/sites/4/2020/09/44-14.pdf>