

サイエンスショー「酸・アルカリのカラフル実験」実施報告

宮 丸 晶 *

概 要

2022 年 12 月 2 日(金)から 2023 年 2 月 26 日(日)まで、身の回りの物質の液性をテーマにしたサイエンスショー「酸・アルカリのカラフル実験」を実施した。これまで同様のテーマの演目は紫キャベツの汁を用いていたが今回は紫芋パウダーの水溶液を用いるなど、いくつか実施にあたり工夫した点があるため、本稿にて報告する。

1. はじめに

2022 年 12 月 2 日(金)から 2023 年 2 月 26 日(日)まで、サイエンスショー「酸・アルカリのカラフル実験」を実施した。アントシアニンの色変わりから身の回りの物質の液性を調べる内容のショーは「紫キャベツの大実験」(2001 年)、「むらさきキャベツで大実験！」(2008 年)、「むらさきキャベツの大実験！」(2017 年)とこれまでに 3 度実施されており、あざやかな色変わりが楽しい人気の演目である。過去作ではタイトルにもあるように紫キャベツから作った液を使っていたが、今回は紫芋パウダーを水に溶かした液(以下、紫芋ジュース)で実験をすることにしたため、タイトルから「紫キャベツ」の単語をなくした。「カラフル実験」という言葉を使うことで、タイトルを聞いただけでも様々な色が出てくる実験だろうと想像できるように工夫した。

2. メインビジュアル

館内に掲示するポスターや広報紙に掲載するための素材として制作したメインビジュアルを図 1 に示す。サイエンスショーは子供向けだと思われがちだが、大人の来館者にも見てもらいたいという気持ちから、全体的にシックでおしゃれな雰囲気になるよう意識した。5 色の紫芋ジュースを一行に並べ、部屋を暗くして一方向から白色のライトを当てて撮影した。グラスだけが並んでいるのではなく、左上にガラス棒で溶液をかき混ぜている手を配置することで、手を動かして実験をするサイエンスショーのメインビジュアルであるということが伝わるようにデザインを決定した。

ロゴマークはネオンサインのように見えるイメージで作成し、英語のタイトル「Acid-Base Color Change」も併記した。酸塩基の色変わりという直訳であるが、シンプルでわかりやすいタイトルであるということで採用した。写真撮影から画像の編集、ロゴマークの作成まで上羽学芸員の協力のもとで完成したこのメインビジュアルは、個人的にお気に入りのデザインになっている。



図 1. 「酸・アルカリのカラフル実験」メインビジュアル

3. ショーの流れ

本章では、ショーの一連の流れを記す。この演目の特徴として、色変わりの実験において加えるものに決まった順番がなく、演示者が観客と対話をしてリクエストを聞きながら実験を進め、観客と共に作り上げていくという点が挙げられる。マストで実験すべきものはあるものの、用意したものの中からどれを加え、どれだけの数の実験をするかなどはその時の演示者だけでなく観客によっても変わる。どのような展開になるのが毎回楽しみなショーであった。

*大阪市立科学館 元技術職員

3-1. 紫芋ジュースの作成

紫色の野菜といえば何を思い浮かべるかと尋ねる。紫キャベツやナス、サツマイモなど様々な声上がるが、紫芋という回答もちらほら見受けられる。そこで市販の紫芋パウダー(図2)を取り出し、小さじ1杯程度を目盛りのついたピッチャーに入れる。水道水を1Lほど加えて泡立て器でよくかき混ぜると、あっという間に紫芋ジュースができる。きれいな紫色になるのは、紫芋に含まれているアントシアニンという成分のおかげであるということを経験で説明する。



図2. 紫芋パウダー

本演目では紫芋パウダーを事前に3kg用意したが、1kgの袋をちょうど使い切ったところで期間を終えた。生ものである紫キャベツとは違って紫芋パウダーは保存期間が長く、実験1回あたりのコストも低いことから、この演目に適した材料だといえるだろう。

大きなピッチャーがない場合はペットボトルに水を入れ、紫芋パウダーを加えてキャップをしてよく振るという方法でも溶液を作ることができる。ショーの計画当初はその方法で調製しようと考えていたが、かき混ぜて溶かしているということが伝わりやすい上にプラスチックカップにも注ぎやすいため、ピッチャーと泡立て器を使うことにした。

3-2. 身近なもので色変わり実験

プラスチックカップに100mL程度の紫芋ジュースを注ぎ、まずはレモン汁を数滴加える。紫色のジュースに薄い黄色のレモン汁を加えるとどうなるかを予想してもらおう。マドラーでかき混ぜると鮮やかなピンク色になり、予想外の色が出てくることに驚く観客が多かった。

では他にも試してみましようと言って、後ろ向きのひな壇を乗せたキャスター付き演示台を回し、用意していた身近なもの(図3)を見せる。カメラを用いてステージ両側のスクリーンにひな壇を大写しにすることで後ろの席の観客にも見やすくし、気になるものを気軽にリクエストできるように工夫した。



図3. 用意したもの

プラダンでひな壇を作り、家庭用品を並べた。

この演目のために用意したものは以下の通り。

【酸性】トイレ用洗剤、レモン汁、穀物酢、ウスターソース、サイダー、ボディウォッシュ、クエン酸

【中性】食器用洗剤、砂糖、食塩

【アルカリ性】パイプクリーナー、虫刺されの薬、歯磨き粉、蚊取り線香の灰、石けん、重曹、胃薬

虫刺されの薬はコップの底に塗り、上から紫芋ジュースを注ぐことで緑色への色の変化が楽しめる。また、歯磨き粉はスプーンの背に少しつけ、カップの内壁に擦り付けながらしばらく混ぜると次第に青色に変わる。紫芋ジュースの元の色が濃すぎるとアルカリ性の色の変化が分かりづらくなるため、紫芋パウダーの量を調節して、濃度が高くなりすぎないように注意した。

上記のほか、ソースとどちらかだけでいいだろうということでマヨネーズ(酸性)を取りやめたり、小さいため客席から見ても何かわからずあまり選ばれなかった青色スティックのり(アルカリ性)を取りやめたりと、混ぜる物品は実演期間中で適宜変更した。

3-3. 出てきた色を仲間分け

観客のリクエストを受けて実験を行い、色の規則性が見え始めたところで、一度実験結果を整理してグループ分けをしようと呼びかける。赤系・紫系・青緑系の3つのグループに分けられることを確認し(図4)、酸性・中性・アルカリ性という名前がついていることを紹介する。さらに、それぞれにはイオンという目に見えない小さな粒が入っていて、酸性のものには水素イオン(H^+)、アルカリ性のものには水酸化物イオン(OH^-)が含まれており、それらと反応することでアントシアニンの色が変わるということも解説する。



図4. 実験結果の一例

左から、加えたもの(色)の順に示す。

トイレ用洗剤(濃いピンク色)、サイダー(薄いピンク色)、紫芋ジュース(紫色)、歯磨き粉(青色)、蚊取り線香の灰(緑色)。

混ぜるものの液性によって色が変わることを学んだうえで、いくつかリクエストに応える。今度は色の変化から液性を推測してもらい、グループに分けていく。そしてすべての実験結果を並び替えて、酸性として分類されるものでも色に少し違いがあることに気付いてもらう。酸性やアルカリ性には強さがあり、含まれるイオンの量によって色が決まることを伝える。

3-4. 中和反応

3-4-1. 蚊取り線香の灰とレモン

紫芋ジュースに酸性のものを加えた赤い液と、アルカリ性のものを加えた青い液を混ぜると、何色になるだろうと呼びかける。例として紫芋ジュースに蚊取り線香の灰を溶かした濃い緑色の溶液に、レモン汁を加えた薄いピンク色の溶液を加えていくと、次第に緑色→青色→紫色→ピンク色へと変わっていく様子が観察できる。紫色になる場面を共有することで、途中で中性になったということに気付いてもらい、酸性のものとアルカリ性のものを混ぜると中性になることを説明する。また、この反応を中和反応と呼び、酸性のものに含まれる水素イオン(H^+)と、アルカリ性のものに含まれる水酸化物イオン(OH^-)が結合した結果、水(H_2O)ができていくということも紹介する。

3-4-2. 重曹とクエン酸

中和反応では、水素イオンと水酸化物イオンが反応して水ができるだけではなく、他にも反応が起きている。水の他に生成する物質がわかる実験として、重曹とクエン酸をそれぞれ加えた紫芋ジュース同士を混ぜる実験を取り上げた。この実験では二酸化炭素が発生し、激しく泡が出る様子が観察できる(図5)。

分量としては100mL程度の紫芋ジュースを入れた2つのカップにそれぞれ重曹とクエン酸をスプーンに山盛り3杯ずつ入れるのがよい。それぞれの溶液をよく混ぜてから合わせると、ボコボコと激しく泡が出る。また、片方に中性洗剤を加えておくと、できた泡が消えにくくなって反応が見やすくなる。

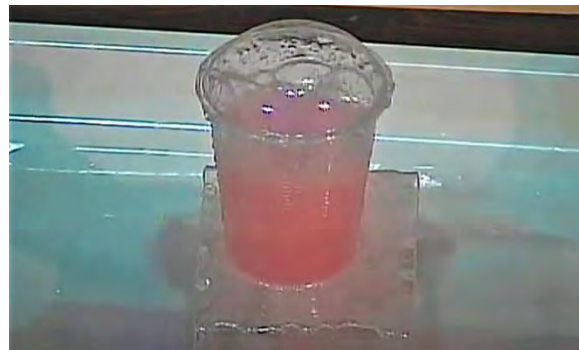


図5. 重曹とクエン酸による中和

二酸化炭素の激しい泡を出して反応が進む。

ここで身近な中和反応の一例として、発泡入浴剤を紹介した。ちなみに発泡入浴剤の箱の成分表示を見ると、炭酸水素ナトリウム(重曹)と、クエン酸ではなくフマル酸が含まれていることがわかる。

中和反応では紫芋ジュースの色が変わっていく様子が観察できることから色々と混ぜてみたくなるが、絶対に混ぜて遊んではいけないものがあることを伝えなければならない。パッケージに「まぜるな危険」と書いてある洗剤を混ぜると、塩素という人体に有害なガスが発生する。この演目では、容器に「まぜるな危険」の表示があるトイレ用洗剤(強酸性)とパイプクリーナー(強アルカリ性)を用意し、絶対に混ぜて使ってはいけないということを強調した。

3-4-4. ドライアイスで色変わり

これまでの同演目では最後の大きな実験として、発泡入浴剤の粉末をフィルムケースに入れて水を注いで蓋をする「入浴剤ロケット」を行なっていた¹⁾。中和反応に伴って生成した二酸化炭素の圧力で蓋が吹き飛び、勢いで飛ぶという仕組みである。本演目も開始直後はその実験を行なっていたが、このショーで一番伝えたいことは何なのかを検討した際、「中和反応の結果、気体が発生する」ことではなく、重要なのは「アントシアニンが液性によってその色を変える」ことであると考えた。そこで、期間の途中からドライアイスを用いた新しい実験に変更した。

虫刺されの薬を加えて緑色にしておいた紫芋ジュースを1Lメスシリンダーに注ぐ。上部に穴をあけたプラダン製の台の上にメスシリンダーを置き、色が見やすくなるように下からライトで照らす。そして上からドライアイ

スのかけらを投入すると、ドライアイスが昇華して気体の二酸化炭素が発生する。二酸化炭素が水に溶けることで液性が酸性に変わるため、次第に色が変わっていく(図6～8)という実験である。

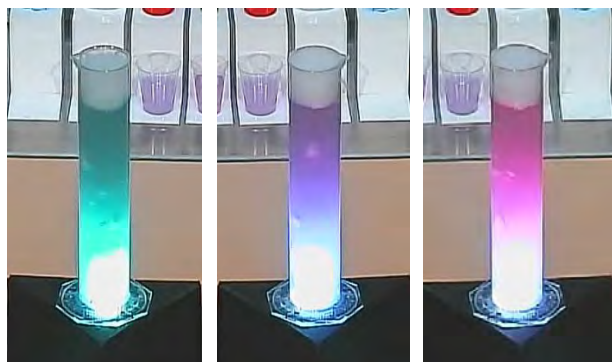


図6～8. 実験中の色変化

左から、ドライアイスを加えた直後(緑色・アルカリ性)、42秒後(紫色・中性)、44秒後(ピンク色・酸性)。中性になっている時間はとても短い。

ドライアイスは粒状のものをを使うと液面に浮かんでしまて長い棒で全体を混ぜなければならず、色の変化が分かりづらい。逆に塊が大きすぎる場合は二酸化炭素の発生量が多く、すぐに色が変わってしまう。検討の結果、4 cm 角程度の大きさの塊を一つ入れるとドライアイスがメスシリンダーの底に沈んで泡が上へとのぼっていく様子が見られたほか、緑色の紫芋ジュースが青色から紫色になり、やがてピンク色になるという色の変化をゆっくりと観察することができた。

ドライアイスは5 kgの塊を週に2回購入し、実施日の朝に塊を小さく砕いて小分けにして冷凍庫に保存しておき、その都度取り出して実験に使用した。

3-5. 追加の実験

上記の実験が基本の流れであるが、期間中に追加の実験も考案され、演示者が自分で実験を選んで流れを組み立てながら実施していた。追加の実験の内容について記す。

① 酸性雨

水を入れたガラスの底に粒状大理石を入れておく。強酸性のトイレ用洗剤をたらすと、大理石が溶けて細かい泡が出てくる。酸性の物質が雨に溶けた酸性雨は、屋外に設置している大理石のオブジェなどが傷んでしまう原因になっていることを紹介する。

② 十円玉のさび

さびた十円玉に酸性の液体(ウスターソースなど)をたらして暫くおくと、酸化銅(さび)と酸が反応し、十円玉がきれいになる。これも酸の働きの一つである。

4. おわりに

このサイエンスショーは、2022年12月2日から2023年2月26日の上演期間で計193回実演し、見学者数は約9,700人であった。

ショーの中でキーワードとなる語句はパネルを作成し、適宜ホワイトボードに貼り付けた(図9)。漢字にはふりがなをつけ、多言語対応のため英語・中国語・韓国語も記載した。



図9. 終了後の実験台の様子

各溶液の色に対応した色のパネルを用意した。

詳細な実験方法や注意点などをまとめた「サイエンスショー『酸・アルカリのカラフル実験』おうちでやってみよう！実験レシピ」というA4サイズ両面1枚の資料を作成し、科学館のホームページにアップした。各回のショー終了後に二次元コードを掲示し、スマートフォンで読み取ってアクセスできるようにした。色変わり実験を自分でもやってみたいという声も多く聞かれ、自宅でも科学を楽しむきっかけになればと思っている。

本報告では色の変化が分かるようにカラー画像を使用しているが、紙面印刷時は白黒になるためキャプションにおいて文字での色の表現も併記した。ホームページ上ではカラー版のPDFファイルが掲載される予定である。是非そちらもご参照いただきたい。

5. 参考文献

1) 岳川有紀子、『サイエンスショー「むらさきキャベツで大実験」実施報告』、大阪市立科学館研究報告12, 111-113 (2002).