愛媛県総合科学博物館研究報告　Bulletin of Ehime Prefectural Science Museum, No.29（2024）, p. 35－51

事業報告

サイエンスショー「酸・アルカリのカラフル色変化」実施報告

三木　綾乃 *

A Report on the science show “Is the liquid acidic or alkaline? Let's identify it by its color after mixing it with the liquid from the red cabbage”

MIKI Ayano

Abstract：The Ehime Prefectural Science Museum has held the science show “Is the liquid acidic or alkaline? Let's identify it by its color after mixing it with the liquid from the red cabbage” from October 14, 2023 through January 8, 2024. The purpose of the science show was to inform visitors about that the properties of acids, and bases and the scientific phenomenon of neutralizing acidic and basic substances by mixing them are used all around us. This paper describes the contents, experimental methods, and innovations of this science show. It also discusses how to make the science show more effective, based on the results of an audience questionnaire and feedback from participants of all ages.

キーワード：サイエンスショー，実験，酸，アルカリ，中和，紫キャベツ
Key words：Science show, Experiment, Acid, Base, Neutralization, Red cabbage

はじめに

愛媛県総合科学博物館（以下，当館）では，2023 年 10 月 14 日から 2024 年 1 月 8 日の期間，酸とアルカリ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色変化」を実施した．また，サイエンスショーに対する観覧者の感想および意見や，ショーの目的の達成度を調査するために，当館が通常実施している土曜，日曜，祝日のサイエンスショーの観覧者を対象にアンケート調査を行った．このアンケート調査の回答者のボリュームゾーンは，未就学児～小学生の児童を含む親子連れであった．さらに，通常開催しているサイエンスショーの枠以外に，中学生の団体の来館時や「教員のための博物館の日」事業内で行う機会があったため，中学生や教員からも本サイエンスショーに対する感想を聞くことができた．本論では，このサイエンスショーで実施した実験の詳細や注意点および工夫点について紹介するほか，アンケート調査の結果や中学生および教員からの感想，サイエンスショーの演示を担当しているスタッフからのコメントを踏まえて，未就学児～小学生の児童を含む親子連れ，中学生，教員それぞれに対して効果的なサイエンスショーの見せ方について考察する．

本サイエンスショーについて

概要

身の回りのものは，酸性，中性，アルカリ性に分けることができ，様々な判別方法がある．紫キャベツの液を指示薬として使用し，食品，調味料，医薬品，洗剤等，観覧者にとって身近な製品の液性を判別する様子を実演するほか, 酸性やアルカリ性とはどのような性質なのか，その性質が身の回りではどのように役立てられているのかを伝える．さらに，酸性のものとアルカリ性のものを混ぜると中和反応が起きること，中和反応が起きることで新しい物質ができることを紹介する．

目的およびその達成のための工夫

酸およびアルカリの性質や中和反応が，身近で日常的に活用されていることの紹介を目的とした．そのため，塩酸や水酸化ナトリウムといった授業等で扱われる試薬の使用をなるべく避け，観覧者にとって身近な製品を用いた．また，ショーを構成する各トピックスに，生活している中でみられる事例を紹介する実験や解説を入れるようにした．

* 愛媛県総合科学博物館　学芸課　科学・産業研究グループ
Curatorial Division, Ehime Prefectural Science Museum

広報物

サイエンスショーの開催にあたり，ポスター（図1）と宣材用の画像（図2）を制作し，美しい変色と日常性を楽しむ実験内容を表現した．そのため，紫キャベツ液の色が美しく変化する様子の画像を使用し，身近な製品による化学反応を強調するために製品を画像に写りこませた．ポスターと宣材用の画像を別で制作したのは，各種SNSに掲載したときに，画像をクリックすることなく全体が見えるようにしたいという考えに依る．

ショーの構成および各トピックスで行う実験の詳細

当館は指定管理者制度を導入しており，サイエンスショーは，企画および制作を県の学芸員が行い，演示は指定管理者が行うという体制で実施している．演示スタッフごとに実験の選択は任されているため，ここに記す全ての実験を常に行うわけではなく，担当スタッフによって内容には多少の違いが生じる．なお，観覧者の身近にある製品の液性を調べるというアイデアと，トピックス2「紫キャベツ液による色変わり実験」の内容は，2022年12月2日から2023年2月26日にかけて大阪市立科学館で実施されたサイエンスショー「酸・アルカリのカラフル実験」（宮丸，2023）を参考にした．

1 イントロダクション

(1) 概要

酸性，中性，アルカリ性の3つの無色透明な溶液を用意する．見た目には違いがない3つの溶液に紫キャベツ液を加えると，赤色，紫色，青色の3色に変化する（写真1）．アントシアニンとは紫キャベツ等に含まれる天然色素であり，色調がpHにより変化するという特徴がある（津久井，1998）．そのため，アントシアニンの色の変化から液性を判別できる．赤色のものは酸性，紫色のものは中性，青色のものはアルカリ性と判別すると紹介し，酸性，中性，アルカリ性という概念を示した．また，アントシアニンの色の変化を利用したお菓子として，知育菓子として販売されている「ねるねるねるね」（ねるねるねるね・ブドウ味，クラシエ株式会社，東京都）を紹介した（クラシエ株式会社，2019）．

(2) 実験方法

水を半分程度入れた3つのコップに，クエン酸5g，砂糖3g，重曹5gを溶かしておく．その状態で観覧者の前に置き，「これからマジックを見せます」と前置きをしたうえで紫キャベツ液を各グラスに注ぎ入れる．クエン酸を溶かした水は赤色，砂糖を溶かした水は紫色，重曹を溶かした水は青色になる（写真2）．

2 紫キャベツ液による色変わり実験

(1) 概要

観覧者の身近にある製品を用意し，観覧者に選択させる（写真3）．紫キャベツ液を半分ほど注いだコップに観覧者が選んだものを加え，酸性，中性，アルカリ性のいずれになるかを調べる（写真4）．この作業を繰り返して色の違いを比較することで，同じ酸性，アルカリ性でも色味が違う場合があると示し，酸性，アルカリ性の強さに関係すると解説する．これにより，酸性のもの，中性のもの，アルカリ性のものが身近にあるということや，酸性，アルカリ性の中でも強さに段階があることを伝える．

(2) 実験方法

275 mLのプラスチックカップ半分程度に紫キャベツ液を入れる．そこに観覧者が選んだものを入れ，紫キャベツ液の色の変化を見せる．使用した材料とその液性の一覧を表1，使用量の目安の一覧を表2に示す．あくまでも目安であり，いずれについても，入れた時に色が十分に変化しない場合は追加で入れて構わない．

3 酸性の性質の紹介

(1) 概要

近年，パリ協定や持続可能な開発目標（SDGs）の採択を受けて環境問題への意識が高まっていることを受け，酸性雨の問題を取り上げた．化石燃料を大量に使用すると，大気中に多くの硫黄酸化物や窒素酸化物などが放出される．これらは光化学反応などにより酸性物質（硫酸，硝酸）に変化する．硫酸や硝酸が水に溶けると，水素イオン，硫酸イオン，硝酸イオンに電離する．この水素イオンが雨水に取り込まれることが，雨が強い酸性になる仕組みである（国立環境研究所編集委員会，2004）．強酸が持つ非常に強い酸化力を示すため，塩酸に厚さ1mmのアルミ片が溶ける映像を見せた．また，塩酸に入れる前のアルミ片と入れた後のアルミ片を見比べさせた．さらに，食べ物が腐る過程を紹介し，酸には菌の繁殖を抑える効果があることを伝えた．具体的には，長持ちする酸っぱい食べ物として，ピクルスや南蛮漬け，酢飯等を紹介したほか，食品の保存料として酸性の物質が使われることがあると実際の食品パッケージを示しながら説明した．

4 アルカリ性の性質の紹介

(1) 概要

タンパク質とは，多数のアミノ酸がペプチド結合により結合した高分子化合物である．そして，強アルカリは，ペプチド結合を加水分解してタンパク質を変性させる性質がある．パイプ洗浄剤には強いアルカリ性を示す薬品である水酸化ナトリウムや次亜塩素酸ナトリウムが使用されており，それらの働きによって髪の毛等を溶かすことを，実際のパッケージを示しながら説明した．

5 中和の実験

(1) 概要

2 の実験で用いた酸性の液体とアルカリ性の液体を混ぜて，ピンク色（青色）→紫色→青色（ピンク色）という色の変化を見せ（写真 5），酸性の液体とアルカリ性の液体の中和反応を示す．生活している中でみられる事例として，胃薬と色が変わるスティックのりを紹介する．さらに，発泡入浴剤から発生する二酸化炭素は化学反応によるものであると説明し，フィルムケースに水と発泡入浴剤を入れてフィルムケースのふたを打ち上げる実験（以下，フィルムケースロケットと記載）を行う．

(2) 実験方法

・中和の様子を示す実験（写真 5）

2 の実験で用いた酸性の液体とアルカリ性の液体を混ぜ，溶液の色の変化の様子を見せる．

・色が変わるスティックのりの仕組みを紹介する実験（写真 6）

色が変わるスティックのりは，pH 指示薬を配合することによってつくられている（株式会社トンボ鉛筆）．製品自体はアルカリ性に調製された青色だが，紙に塗ると，空気に触れて二酸化炭素を吸う，紙の持つ酸性成分と反応するといったことが起こり中性化されて無色透明になる（株式会社トンボ鉛筆）．その性質を利用して，次の比較実験を行った．紙にのりを塗布し，プラスチック（クリアファイルを使用）を密着させて空気に触れにくい状態をつくると，のりはしばらくアルカリ性の状態を保つため，青色から変色しない様子を見せることができる（横山, 2020）．逆に，のりの上に酢やレモン汁といった酸性の液体を塗ると，中和されることで，一瞬のうちに無色透明になる様子を見せることができる．

・フィルムケースロケット

フィルムケースに粒状の発泡入浴剤を 6 ～ 7 粒入れ，そこに水を半分程度加えてふたを閉めて来館者に渡す．数秒～数分程度でふたが勢いよく飛んでいく．事前に，ふたを手で押さえないこと，ふたを自分や誰かの顔に向けないことを注意喚起した．

ショーの工夫点

1 イントロダクション

「酸性，中性，アルカリ性の液体に紫キャベツ液を加えると，各溶液の液性により異なる色に変化する」という現象を，手品のように行い，観覧者をショーに引き込むことを狙った．透明な溶液がカラフルに変化する様子は美しく，観覧者からはよく歓声があがっていた．また，「それぞれの溶液には何か別のものが溶けているのではないか」と“タネ”に気づく観覧者も多く，色の違いは各溶液が異なる性質を持つことを表すという説明につながりやすかった．クエン酸，砂糖，重曹の水溶液ではなく，粉体をコップの底に忍ばせて紫キャベツ液を注ぐという方法を採ったスタッフもいた．遠目からは空のコップに見えるため，より手品らしく不思議という面白さがある．しかし，濃度調整が難しく，紫キャベツ液の変色後の色の違いが分かりにくい場合も生じた．透明な水溶液を用意する方が，確実に実験が成功した．

紫キャベツ液は，理科実験機器として販売されているムラサキキャベツパウダーを使用して作った．調液が簡便で，よく知られている紫キャベツを煮だす方法に比べて手間と時間の面で有用である．色の変化が非常に鮮やかで美しく（写真 2），変色する際の美しさは観覧者からも好評であった．本サイエンスショーでは，株式会社ナリカから販売されている「ムラサキキャベツパウダー（pH 指示薬）」という製品を使用した．製品の説明書には「水 50 mL あたり，付属の薬さじ 1 杯（筆者注：0.1 g）のパウダーを溶かす」と記されているが，この割合では色が濃いものを加えたときの色の変化が分かりにくいと感じたため，水 200 mL に 0.1 g のパウダーを溶かす割合に変更して紫キャベツ液の色を薄くした．これにより，色の変化が分かりやすいと思われた．

2 紫キャベツ液による色変わり実験

同じ形状のコップが複数個必要であることから，100 円ショップで販売されているプラスチックの使い捨てコップを使用した．275 mL の大きさのものを使用したが，後述のアンケート結果において，色の変化がよく見えたという回答が 9 割以上を占めた．当館のサイエンスショーコーナーの広さは，横幅約 7.3 m，縦幅約 7.35 m であり，ステージから最後列の椅子までの距離は約 6.2 m である．この程度の広さであれば，275 mL 以上のサイズのカップを使用すれば良いと判断できる．

完全な液体でないものを混ぜて溶かす際にはガラス棒を用いた．ガラス棒は材料ごとに使い分けず，酸性用，中性用，アルカリ性用の 3 本のみの用意に省略したが，実験結果に影響を与えることはなかった．ただし，異なる液性のものと取り違えると結果が変わってしまうため，目印をつけて判別ができるようにした．なお，待機中のガラス棒は，水の入ったビーカーにさしておいた．

背景が白でないと色の変化が分かりにくい．そのため，コップは白の背景の前に置き，演示者は白衣を着用する必要がある．当館は，各コップに入れた製品が何かが分かりやすいように，コップおよびコップに入れた材料を置く台について，コップと製品の両方の背景が白になるように制作した（写真 4）．

3 中和の実験

胃液は強い酸性を示すということが大人には広く知られていると想像したため，胃薬はその仕組みを考察しや

すいのではないかと考えた．大人が観覧者にいたときは「胃薬は何性か考えてみてください．ヒントは，胃液の液性です.」と問いかけを行い，観覧者自ら答えを出す流れにした．胃液が何性かを聞いたときに大きくうなずく観覧者が多く，自ら気づいたようであった．色が変わるスティックのりは，多くの人が使ったことがあっても，その仕組みまでは広く知られていない印象があったため,興味深いのではないかと考え,紹介した．スティックのりが酢やレモン汁により一瞬で無色透明になる様子に驚く来館者が多かった.後述のアンケート結果からも，狙い通り興味深く思ったことが伺えた.

観覧者からの感想や意見

通常開催のサイエンスショーの観覧者

当館のサイエンスショーは，毎週土曜日・日曜日と祝日に，1日2回（13時からと15時から）上演している．観覧者からの感想や意見を聞くため，ショーの目的の達成度を調査するためにアンケート調査を行った.

1 アンケートの目的

今後のサイエンスショー作成に活かすために，観覧者の印象に残った実験およびその理由や，ショーの構成に対する意見を調べる．また，サイエンスショーの目的が観覧者に伝わっているかを調べる.

2 実施期間および回答数

2024年1月6日（土）から8日（月・祝）の3日間における計6回を対象にした．得られた回答数は合計71で，内訳は表3のとおりである.

3 実施方法

サイエンスショー終了後,紙のアンケートを配布した．回答後のアンケートは回収ボックスで回収した.

4 アンケート内容

アンケートの質問事項は図3のとおりである．ショーの目的が達成されているかを調査するために，設問5を用意した．選択肢④が選ばれていれば，ショーの目的が伝わったととらえた.

5 結果と考察

(1) 設問1 回答者の年齢層

結果を表4と図4に示す．回答者のボリュームゾーンは，未就学児～小学校の児童であった．アンケートの筆跡や回答時の様子から，この層は大人の保護者と一緒に来場したと判断できた．大人の一部は個人の来場者であった．また，調査時の小学生は，低学年が多い印象を受けた．この結果は特別なものではなく，通常のサイエンスショーの客層と同じ印象である.

(2) 設問2 面白かった実験・お話

結果を表5と図5に示す．また，自由記述欄への回答を表6に示す．一番人気だったのは，選択肢7「フィルムケースロケット」であった．次いで，選択肢1「グラスに紫のジュースを入れると，赤・紫・青に変身！」，選択肢2「お酢，歯磨き粉，ソースなどで色変わり大実験」，選択肢6「身のまわりの中和，胃薬とスティックのり」の3つがほぼ同数であった．自由記述欄への回答数計41のうち，色の変化がおもしろかったという趣旨のものが8，フィルムケースのふたが高く飛び上がったことがおもしろかったという趣旨のものが16を占めた．色が変わる，ふたが高く飛び上がるという派手な現象が印象に残ったと考えられる．派手な現象や分かりやすい現象は観覧者の心を掴みやすく，ショーの構成にそのような実験を取り入れる必要性を実感した.

演示担当スタッフから，観覧者に色の変化を予想させると，混入する製品のパッケージの色から類推して回答されたとの報告を受けることがあった．例えば，製品のパッケージが青色ならば青色に変わり，赤色ならば赤色に変わるといった回答である．また，観覧者から，液性と変化する色との関係が分かりにくかったとの回答があった．液性とそれに対応する色をまとめて示すなど，情報を整理して，直観ではなく科学的な予想を促す仕組みづくりが必要だと感じた.

選択肢6については,「身近なものだが仕組みを考えたことがなかったため,なるほどと思った」「勉強になった，特にスティックのりに驚いた」という感想があったことから，身近なものの仕組みについて実験を通して紹介したことが評価されたと伺える.「身近なものを使っていて面白かった」という趣旨の回答が複数あったことからも，身近にあるものの科学的な仕組みについて実験を通して知ることは，観覧者にとって興味深い体験であると推察できる.

一方，選択肢3「身のまわりの酸」，選択肢4「身のまわりのアルカリ」，選択肢5「酸とアルカリを混ぜると，中和する」を選んだ回答者は比較的少なかった．原因として，2つの理由を考えている．まず，これらのトピックスで見せたかった内容は，いずれも継続的な演示の困難さから，映像の上映やスライドを用いての説明という演出を選択したため，実験に比べると目を引きづらく，印象に残りにくかったようだと考えられる．また，このトピックスで話題に挙げた「酸性雨」「保存がきく食材」「パイプ洗浄剤」は，通常開催時のボリュームゾーンである未就学児および児童にとって認知度が低いテーマであるため印象に残りにくかったと考えられる．酸性雨は，昨今環境問題に関する教育が盛んだというイメージ

を持っていたため，知らないという回答は作り手として意外に感じた．そこで，ショーの運用上，酸性雨の話題を削り，食べ物がなぜ腐るのかという仕組みから話したところ観覧者のうなずき行動等から良い手ごたえを感じた．食べ物が腐るという認識は多くの観覧者が持っており，ショーの解説には話題への認知度が印象の深さを左右することを実感した．当館のサイエンスショーは，今回の調査の回答者に親子連れが多かったように，未就学児および児童と大人という幅広い年代が同時に観覧者になる機会がある．そのため，未就学児や児童が認識している事柄であると同時に，大人にとっても理由が自明なことではない，当たり前だと思っていたが考えてみると理由は分からないと思われるような事柄をテーマとして選択することが望ましいとも思われる．

印象的な回答として，「自分が選んだものが実験に使用されたから」「参加できたから」があった．ショーという形態上，希望者全員が実験を体験することは難しいが，少しでも多くの観覧者に「ショーに参加した」と感じてもらえるように，実験の方法や見せ方を検討するべきと感じた．

(3) 設問 3 色の変化はよく見えたか

結果を表 7 と図 6 に示す．93% の回答者が，よく見えたと回答した．本サイエンスショーの本番前にはリハーサルを 2 回行い，同僚や観覧者モニターから出た意見を参考に，演出や装置，器具類の改良を行った．例えば，コップと製品を置く台について，背景の白面積を増やしてコップと製品の両方の背景を白にするという工夫は，この取り組みによるものである．色の変化が起こるコップだけでなく，実験に使用した製品についても見やすさの観点から背景を白にする必要があることは，観客役がいて初めて気づく視点だと言える．リハーサルを行い，改善すべき点を見つけて改良する取り組みは，番組の品質を向上させ，ショーの目的を観覧者に伝えるうえで重要だと考えられる．

見にくかったという回答（表 8）の理由は，「目が悪いから」「席が端だから」「席が後ろだから」であった．この回答があったのは，いずれも 1 月 8 日 13 時からの回である．この回は，観覧者数約 60 人と人数が多かった．そのため，ほかの回に比べて，より端や後ろの位置に観覧者がいたと考えられる．どこにいても実験結果が見やすいように，より後方や端に観覧者がいることを想定したリハーサルを行う，実験で使用するものを大きいものにする等の工夫をすべきだと感じた．

(4) 設問 4 実験と解説の割合

結果を表 9 と図 7 に示す．59% が「実験をもっと見たい」，21% が「ちょうどいい」という回答であった．後述する設問 6 の自由意見欄に，実験が楽しい，好きなのでもっと見たいというコメントが見られたことから，楽しい実験を数多く見て満足したいという観覧者の欲求が読み取れる．動的な科学現象を生で見ることができることはサイエンスショーの大きな魅力である．今後，どのような実験の選定や演出が当館の来館者にとって効果的か引き続き検討していきたい．

(5) 設問 5 今日のショーでどこが一番心に残ったか

この設問について，回答者には 1 つの選択肢のみ選んでもらうことを想定していたが，13% にあたる 11 名の回答者が複数の選択肢を選んでいた．アンケートの文言について，1 つの選択肢を選んでほしいという意図から「一番」という言葉を入れたが，これだけでは伝わりづらかったと思われる．1 つの選択肢を選んでほしいときは，その旨を明示するようにしたい．様々な事柄が印象に残ったということは企画者としては嬉しいことであるが，重複回答および無回答は，分析の対象からは除外することとした．重複回答および無回答を除外した結果を表 10 と図 8 に示す．このとき，全回答数は 56 であった．また，参考までに，重複回答および無回答も含んだ結果を表 11 と図 9 に示す．このとき，全回答数は 86 であった．

以下，表 10 と図 8 重複回答および無回答を削除した場合のデータをもとに結果と考察を述べる．選択肢 1「紫キャベツのジュースに酸を入れると赤やピンク，アルカリを入れると青や緑になる．」が 29%，選択肢 4「酸とアルカリの性質は身の回りのいろいろなところでかつやくしている．」が 32% と比較的多かった一方，選択肢 2「酸は金属を溶かしたり，食べ物を長持ちさせたりする．アルカリは髪の毛や皮ふを溶かす．」が 16%，選択肢 3「酸とアルカリを混ぜると中和する．」が 23% と比較的少なかった．

アンケート内容を記載した項目で先述したとおり，選択肢 4 が選ばれていたら，サイエンスショーの目的が達成されたと判断することとしていた．そこで，選択肢 4 の回答の割合である 32% が平均値である 25% と比べて有意に異なるか，仮説検定をもとに判定することとした．両側検定で，有意水準は 5% とする．帰無仮説を「選択肢 4 の回答の割合である 32% は平均値である 25% と差がない」と置き，母比率を 25%（0.25）とする．母比率は 0.25，標本数を 56 として，式 $P-1.96\times\sqrt{\frac{1-p}{n}} \leqq P \leqq P+1.96\times\sqrt{\frac{1-p}{n}}$ に代入して 95% の区間を求めると，$0.14 \leqq$ 母比率 $P \leqq 0.36$ という結果になった（小数点第三位を四捨五入）．そのため，帰無仮説を採択する結果となり，選択肢④の回答の割合はほかと比べて突出してはいなかったと言える．設問 2 や設問 6 の記述に，身近なものを使用していたことが面白かったという回答が複数見られたことから，酸性やアルカリ性のものや，酸やアルカリの性質や中和反応を応用したものが身の回りで見られるということは強く認識されたのではないかと考える．しかし，酸やアルカリの性質や中和反応が活用され

ている事例自体は口頭で多く説明していたものの，実験を通じて示すことが少なかったため，酸やアルカリの性質が活躍しているという印象を突出して与えることができなかったのではないかと推察している．また，色が変化するという現象の分かりやすさや美しさが好評であったことから，選択肢①が印象に残った観覧者が多くいたこともある．ショーの目的について実験を通して伝える，その実験は観覧者の印象に残りやすい演出で行う等の工夫を行っていきたい．

(6) 設問6　サイエンスショーへのお願いやメッセージ

全回答を表12に示す．全36のコメント中，楽しかった・面白かった・分かりやすかった・勉強になった・また来たいといったポジティブなメッセージが27（表12-1），サイエンスショーや演者への応援メッセージが4（表12-2），実験に関するものが2（表12-3），サイエンスショーへの期待が1（表12-4），意見が2（表12-5）であった．以上のコメントからは，ショーが概ね好評だったことが伺える．また，ポジティブなメッセージの中には，勉強になった，分かりやすかった，酸性・中性・アルカリ性の性質が生活に役立てられていると分かったといった言葉があり，楽しい体験はもちろん，教育的な効果も提供することにある程度成功したと考えられる．「酸性，中性，アルカリ性の性質が生活に役立てられていると分かった」「身近なことでおもしろかった」といった，ショーの目的を記載してくれる観覧者もいた．意見に分類した「長かった」「スライドの説明が園児には退屈」という指摘はどちらも未就学児もしくは未就学児の子供を持つ親からであった．一方，ポジティブなメッセージの中に，「20分という時間が子供にとって適切であった」というコメントがあった．先述したように，演示する実験の選択はスタッフに任せているため，回によって多少実演時間が前後することがある．指摘を受けた回が何分程度の実演を行っていたかは記録がなく不明だが，20分以内という時間設定が未就学児にとっては見やすいものである可能性がある．多くの未就学児にとっても同様であるかを今後検証する必要がある．

中学生

職場見学学習で当館を訪れた中学生の団体に向けて本サイエンスショーを行う機会が3回あった．団体の人数は，1回目が18人，2回目と3回目が40人である．内容を中学生向けにする工夫を行い，参加者からは先述した通常開催のサイエンスショーの観覧者とはまた違った反応が得られた．

酸性・中性・アルカリ性を最初に習うのは小学校6年生の時であり，中学生は今回のショーのベースとなる基本的な知識を持っていると考えられる．そこで，実験結果の予想機会をより多く設けた．また，酸性雨や保存のきく食材，パイプ洗浄剤といったテーマについてもしっかり取り扱った．さらに，塩酸や水酸化ナトリウムといった試薬を実験や説明に用いたほか，「強酸につける前と後の金属片の様子の違いの観察」や，「中和点の水溶液の液性が必ずしも中性ではないという説明」など，学校での学習内容と深く関連付けた内容で実演した．その結果，いずれの内容にも強い興味を示し，実験に積極的な参加があった．特に，塩酸につける前と後の金属片の実物に興味を示した生徒が複数人いたが，これは通常開催時のサイエンスショーや教員が対象の実演では見られないことだった．塩酸をはじめとした強い酸は金属を溶かすことがあるという知識はあっても，実際にその様子を見たことがないため，反応後の金属の様子に強い興味を示したと思われる．また，中和点の水溶液の液性が必ずしも中性ではないという説明に納得した様子の生徒が多く見られ，学校で習う内容への中学生の強い興味を実感した．ショーの内容や解説は，対象者の知識や認知度に左右されることをここでも確認できた．

ショー中に体験の希望者を募った際には多くの生徒から手が挙がった．また，演示終了後に，ショー中に体験できなかった生徒を対象に実験を体験できる機会を設けたところ，大半の生徒が体験を希望したことで列ができるほどであった．生徒の一人は，理科が難しいと感じていたが，様々な実験や体験を通じて，改めて理科を楽しいと思ったとコメントした．新型コロナウイルス等の影響もあり，学校の授業で実験を実際に行う頻度が減っているという報告がある（山本，2022）．そのため，写真や動画でしか見ていない実験を生で見られること，文章だけではイメージがつきにくい事柄について実験を通して学ぶことができるのは，生徒にとって興味深い体験のようだ．また，生徒の様子を見ていて，動的な科学現象を生で見ることや自分の手で体験することは，理科を楽しいと感じる一つのきっかけになりうると感じた．近年，学習指導要領において，学校と博物館の連携が推奨されている．平成29年に告示された小学校学習指導要領では，指導計画の作成にあたって配慮すべき事項として，博物館や科学学習センターなどと連携，協力を図りながら，それらを積極的に活用することと記されている．（文部科学省，2018a）また，中学校学習指導要領（平成29年告示）において，内容を取り扱う上で配慮すべき事項として同様の記載がなされている（文部科学省，2018b）．博物館側でも，令和4年度の博物館法の改正において，地域の多様な主体との連携や協力を行い，地域の活力の向上に寄与することが努力義務化されている（文化庁，2022）．以上の背景もあり，学校との連携は今後重要なポイントの一つになってくると思われる．その際の取り組みとして，中高生が校外学習等や職場体験等で博物館を訪れた時に中高生向けのサイエンスショーを

実演する，生徒が実験を自分の手で体験できる機会を設けるといったことを，一つのアイデアとして提案したい．

教　員

学校の先生に，博物館に親しみを持ってもらうこと，博物館の学習資源を知ってもらうことを目的とした「教員のための博物館の日」という事業が全国の博物館施設で展開されており（国立科学博物館 学習課），当館でも毎年開催している．令和5年度は42人の参加者があった．プログラムの一つとして教員向けの内容で本サイエンスショーを行った際（写真7）の取り組みを報告する．

このショーの目的は，授業で扱う内容について，教科書には載っていないような博物館ならではの話題や実験の見せ方を提供することとした．酸性雨ができるまでの流れや，発泡入浴剤を水に溶かしたときに二酸化炭素ができる仕組みなど，酸やアルカリに関係する身近な現象についてどのような反応が起こっているのかを詳しく説明したほか，酸やアルカリの性質や中和という化学現象が身近で活用されている事例を多く紹介した．事業の特徴として，実際に実施するための情報，すなわち詳細な手順や材料の入手法，予算等を開示した．参加者はその場での実演の体験を希望し，演出上の問いかけに対しても積極的に発言や質問を行う様子が見られた．実験で紹介した生活の中で見られる事例には，熱心にメモをとる様子が見られた．イベントのアンケートに，「サイエンスショーなど授業に使えるアイデアを見つけることができた」「サイエンスショーは参加者がいろいろ選べて実験していたのが良かった」といったコメントがあり，本テーマへの強い興味関心が伺えた．

サイエンスショーは，教科書に載っているものとは少し違う博物館ならではの実験や話題の提供も行うため，教員の興味を引く研修として有効かと思われる．学習内容の認知が深いため，博物館の演出や工夫に強い興味を持つことが伺えた．

まとめ

本サイエンスショーは，概ね観覧者からは好評であったことが伺えた．中でも，色が変わる，ふたが高く飛び上がるという印象的な現象が起こる実験や，身近にあるものの科学的な仕組みについて実験を通して知ることができるという今回の構成は，観覧者に興味深い体験を提供することができたということが示唆された．また，小学生，中学生，教員のいずれに対しても，日常的に認知される話題を扱うことで興味や積極性を引き出せることが確認できた．一方で，企画者の意図を観覧者の印象に残すための取り組みが不十分な部分も確認できた．また，観覧者に実験結果の予想をさせる際は，直観ではなく科学的な考えのもと行わせる工夫が必要であると分かった．より幅広い年代にとってなじみが深い話題を選定することが望ましく，今後はそのような話題のストックを増やしていく必要がある．

また，今回のテーマは，中高生の校外学習や教員の研修でも活用できることが確かめられた．写真や動画でしか見ていない実験を生で見せることで強い興味が引き出せるということ，文章だけではイメージがつきにくい事柄について実験を通して学べ，科学現象を自身の手で体験できるといった内容が教育的であるということが示唆された．また，教員の研修では，教科書に載っているものとは少し違う博物館ならではの実験や話題の提供をすることが効果的な研修項目であると参加者に支持された．観覧者は，楽しい実験を生でより多く見て，自身の手で体験したいという強い欲求を持っている．今後，サイエンスショーを活用する場面や有効な演出方法の知見を増やし，サイエンスショーがより多様な年代・立場の人々への興味を充足するものになっていくことを期待したい．

謝　辞

大阪市立科学館元学芸スタッフで現在は酒ミュージアム（白鹿記念酒造博物館）学芸員の宮丸晶様ならびに大阪市立科学館学芸員の上羽貴大様には実験の詳細を教えていただいたほか，多くのアドバイスをいただきました．また，当館学芸課長，科学・産業研究グループの皆様，企画普及グループの皆様には，サイエンスショーおよび観覧者の感想調査の実施に当たり多くのご意見やご協力をいただきました．心より感謝申し上げます．

参考文献

津久井亜紀夫，1998：食品中のアントシアニン色素について．日本食生活学会誌，Vol.9，No.1，p.9-14

宮丸晶，2023：サイエンスショー「酸・アルカリのカラフル実験」実施報告．大阪市立科学館研究報告，第33号，p.135-138.

クラシエフーズ株式会社（現　クラシエ株式会社 フーズカンパニー），2019：リニューアル記念！"ねるねるねるねではじめて知育"動画を公開！．https://www.kracie.co.jp/release/10156101_3833.html（2024.5.29 参照）

国立環境研究所編集委員会（編），2004：コラム「酸性雨 ①」．地球儀．2004，No.12，p.5

トンボ鉛筆株式会社，消えいろピットの色が消える仕組み．https://www. tombow. com/mamechishiki/g89/（2024.5.29 参照）

横山玲子，2020：文房具で実験．http://www2.tokai.or.jp/seed/seed/minna19.html（2024.5.29 参照）
山本知佳，2022：中学の理科，コロナで実験減少「経験ないと…」教員が抱く危機感．朝日新聞デジタル．
文部科学省, 2018：小学校学習指導要領（平成 29 年告示）．東洋館出版社，p.111
文部科学省, 2018：中学校学習指導要領（平成 29 年告示）．東山書房，p.97
文化庁，2022：令和 4 年度博物館法改正の背景
国立科学博物館 学習課：教員のための博物館の日を開催しませんか？

写真 1
イントロダクションの様子

写真 2
紫キャベツパウダーを使用して調製した紫キャベツ液を使用して実験したときの色の変化

写真 3
身近にある様々なものの液性を調べる

写真 4
紫キャベツ液による色変わり実験の様子
台は，コップと実験に使用した製品両方の背景が白になるように制作した

写真 5
中和の実験の様子
酸性の液体とアルカリ性の液体を混ぜ，色の変化を見せる

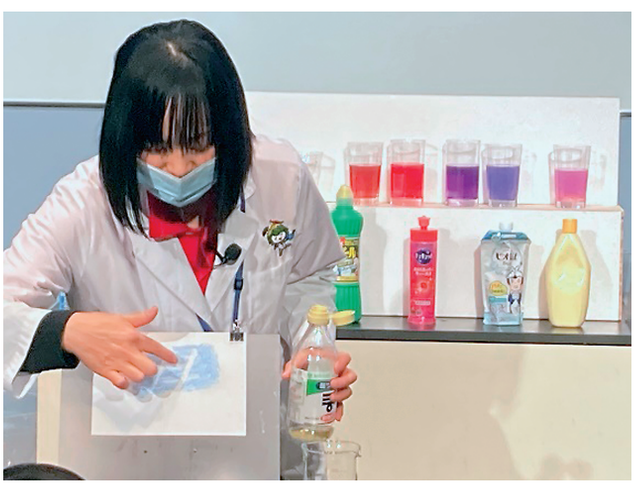

写真 6
スティックのりの実験の様子
青色ののりに酢を塗ると，中和されて無色透明になる

写真 7
教員のための博物館の日での実演の様子

図１　ポスター

図２　宣材用の画像

表１　使用した材料とその液性

液性	色	材料
より強い酸性	赤色	レモン汁　トイレ用洗剤（サンポール）　酢　ソース　クエン酸
より弱い酸性	ピンク色	炭酸飲料（三ツ矢サイダー）　スポーツドリンク（アクエリアス）　マヨネーズ ソープ（ビオレ *）
中性	紫色	砂糖　食塩　中性洗剤
より弱いアルカリ性	青色	石鹸　重曹　歯磨き粉（クリアクリーン）
より強いアルカリ性	緑色	虫刺されの薬（キンカン）　胃薬（パンシロン）
非常に強いアルカリ性	黄色	パイプ洗浄剤（パイプハイター）

* ほぼ中性の酸性であった.

表２　使用量の目安

材料	使用量の目安	注意点
パイプ洗浄剤	色が変わるまで入れる	
酢	色が変わるまで入れる	
ソープ	底に少し溜まる程度の量を入れてよく混ぜて溶かす	溶けないと色が変化しないためよく混ぜる必要がある
虫刺されの薬	色が変わるまで入れる	
トイレ用洗剤	色が変わるまで入れる	
クエン酸	5 g（約スプーン１杯分）を入れてよく混ぜる	
重曹	5 g（約スプーン１杯分）を入れてよく混ぜる	
砂糖	3 g を入れてよく混ぜて溶かす	
ソース	少量入れる	入れすぎるとソースの色になるため注意
胃薬	粉を 1/3 包程度入れてよく混ぜる	溶けないと色が変化しないためよく混ぜる必要がある
食器用洗剤	底に少し溜まる程度の量を入れてよく混ぜて溶かす	
塩	5 g（約スプーン１杯）入れてよく混ぜて溶かす	
歯磨き粉	2 ～ 3cm ほど入れてよく混ぜて溶かす	溶けないと色が変化しないためよく混ぜる必要がある
レモン汁	色が変わるまで入れる	
炭酸飲料	色が変わるまで入れる	炭酸が抜けると色が変化しなくなるため，その際は新しいものに交換する
スポーツドリンク	色が変わるまで入れる	
石鹸	おろし金でおろして入れる	溶けないと色が変化しないためよく混ぜる必要がある

表３　回答数の内訳

日付	時間帯	回答者数	観覧者数
2024/1/6	13 時～	14	50
2024/1/6	15 時～	7	30
2024/1/7	13 時～	13	60
2024/1/7	15 時～	14	50
2024/1/8	13 時～	8	60
2024/1/8	15 時～	15	記録なし

2023秋冬サイエンスショー ☆ 酸・アルカリのカラフル色変化 アンケート

1. あてはまるものにまるをつけてください。

① ようちえん ② しょうがくせい ③ 中学生 ④ 高校生 ⑤ 大人(□ 文系 □ 理系)

2. おもしろかった実験やお話に○をつけてください(回によっては行っていないものもあります)

○はいくつつけてもよいです。

① グラスに紫のジュースを入れると、赤・紫・青に変身！

② お酢、歯磨き粉、ソースなどで色変わり大実験

③ 身のまわりの酸　酸性雨、酸は食べ物を長持ちさせる！

④ 身のまわりのアルカリ　ハイター

⑤ 酸とアルカリを混ぜると、中和する

⑥ 身のまわりの中和　胃薬、スティックのり

⑦ フィルムケースロケット

おもしろいと思った理由はなんですか？

(　　)

3. 色の変化はよく見えましたか？

① よく見えた！　②よく見えなかった…　理由(　　)

4. 実験をもっと見たい？詳しいお話がもっとききたい？

① 実験をもっと見たい！　② 今がちょうどいい！　③くわしいお話をもっと聞きたい！

5. 今日のショーでどこが一番心に残りましたか？

① 紫キャベツのジュースに酸を入れると赤やピンク、アルカリを入れると青や緑になる。

② 酸は金属を溶かしたり、食べ物を長持ちさせたりする。アルカリは髪の毛や皮ふを溶かす。

③ 酸とアルカリを混ぜると中和する。

④ 酸とアルカリの性質は身の回りのいろいろなところでかつやくしている。

6. サイエンスショーへのメッセージやおねがいをどうぞ！

(　　)

ありがとうございました！！

図3　調査に使用したアンケート

＊問2「おもしろかった実験やお話に○をつけてください」の選択肢③において，筆者としては「酸性雨」と「酸は食べ物を長持ちさせる」を並列として書いたが，「酸性雨，酸は食べ物を長持ちさせる」と一文で捉えた回答者もいたことが，アンケート配布時の回答者のコメントから推察された．そのためこの文章は不適切であったと思われる．

表４　アンケート設問１「回答者の年齢層」結果

設問１	回答数	%
幼稚園	25	35
小学生	27	38
中学生	1	1
高校生	0	0
大人	14	20
無回答	4	6

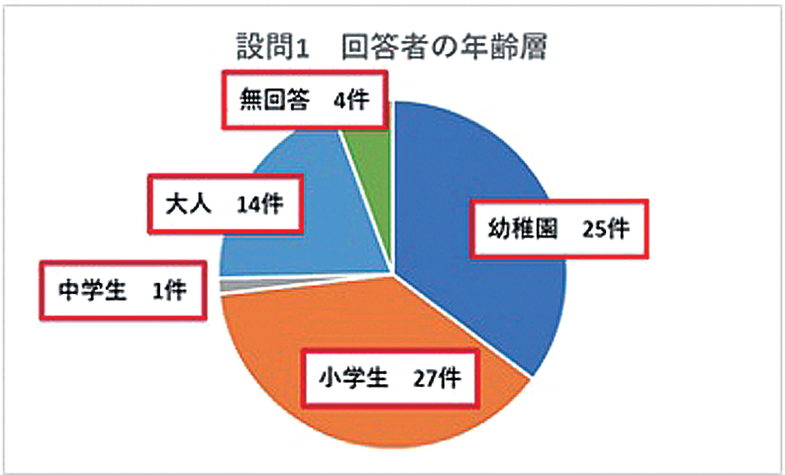

図４　アンケート設問１「回答者の年齢層」結果

表５　アンケート設問２「面白かった実験・お話」結果

設問２	回答数	%
① グラスに紫のジュースを入れると、赤・紫・青に変身！	34	16
② お酢、歯磨き粉、ソースなどで色変わり大実験	36	17
③ 身のまわりの酸　酸性雨、酸は食べ物を長持ちさせる！	12	6
④ 身のまわりのアルカリ、ハイター	16	8
⑤ 酸とアルカリを混ぜると、中和する	20	10
⑥ 身のまわりの中和　胃薬、スティックのり	32	15
⑦ フィルムケースロケット	58	28

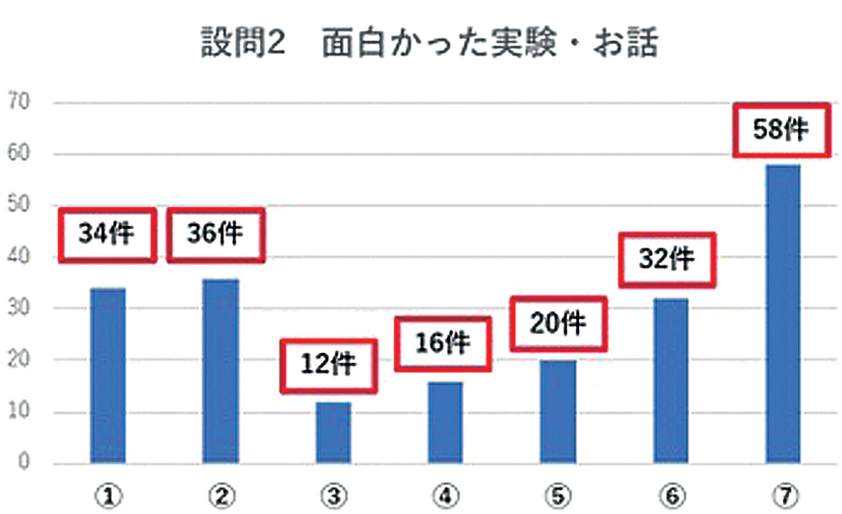

図５　アンケート設問２「面白かった実験・お話」結果

表6　アンケート設問2「面白かった実験・お話」自由記述欄

設問2回答	面白いと思った理由
2	食べ物や身の回りのものを使っているのが良い。
2	ハイターが白色になるのがおもしろい。
12567	色の変化がカラフルできれいだった。
12567	食べ物が特に身近でおもしろかった。
157	フィルムケースのふたが飛んで行ったこと。
7	フィルムケースのふたが高く飛んだこと。
6	色が変わったことが楽しかった。
1234567	入れるものによって別々の色に変わること。
12567	不思議だった。
12567	フィルムケースのふたが飛んだことがおもしろかった。
267	身近なものだけど考えたことがなく、なるほどと思った。
126	勉強になった、特にスティックのりに驚いた。
47	物が飛んだから。
127	自分が選んだものが色が変わっておもしろかった。
1234567	びっくりした。
7	すごかったから。
47	色が分かりやすく変化したところを見れたから。
7	フィルムケースロケットに驚いた。
7	音が出てびっくりした。
2	色が変わってびっくりした。
125	色が変わったのがおもしろかった。
7	音が出るのがおもしろい。
157	昔そう習ったんだ！
267	フィルムケースロケットに驚いた。
2	色が変わったから。
1234567	体験をしたのが楽しかった。
1234567	いろんな色に変わったから。
14567	フィルムケースの実験が面白かった。
167	飛んで行って不思議だと思いました。
4567	色が変わるから。
124567	いろいろな色に変わったから。
1234567	色が変わったから。
7	はでなので子供の記憶に残りそう。
1267	ふたが高く飛んだから面白かった。
7	ふたがとんでいった。
7	やらせてもらった。
7	パンとなるのがおもしろかった。
7	パンとなるのがおもしろかった。
137	ロケットのダイナミックな実験に興味をそそられた。
1257	身近なものを使っているから。
1237	あんなに蓋が飛ぶと思わなかった。

表７　アンケート設問３「色の変化はよく見えたか」結果

設問３	回答数	%
よく見えた	66	93
見にくかった	3	4
無回答	1	1

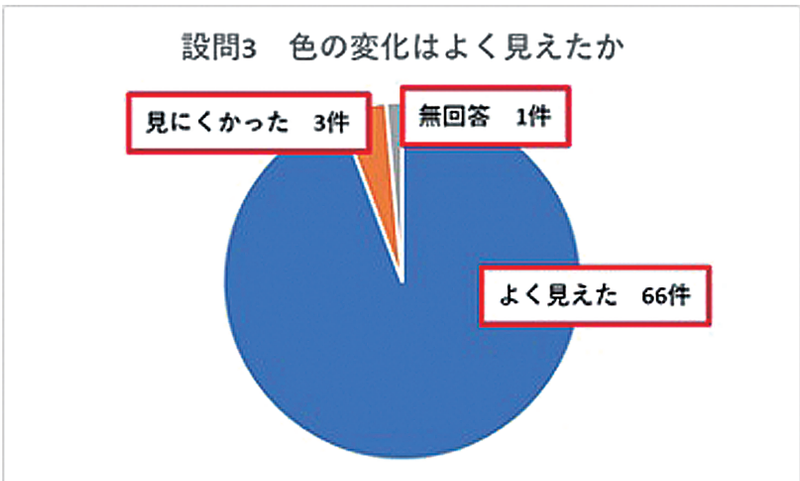

図６　アンケート設問３「色の変化はよく見えたか」結果

表８　アンケート設問３「色の変化はよく見えたか」見にくかった理由

日付	時間帯	見にくかった理由
2024/1/8	13 時～	目が悪いから
2024/1/8	13 時～	席が端だから
2024/1/8	13 時～	席が後ろだから

表９　アンケート設問４「実験と解説の割合」結果

設問４	回答数	%
もっと実験が見たい	42	59
ちょうどよい	21	30
もっと詳しい話が聞きたい	5	7
無回答	3	4

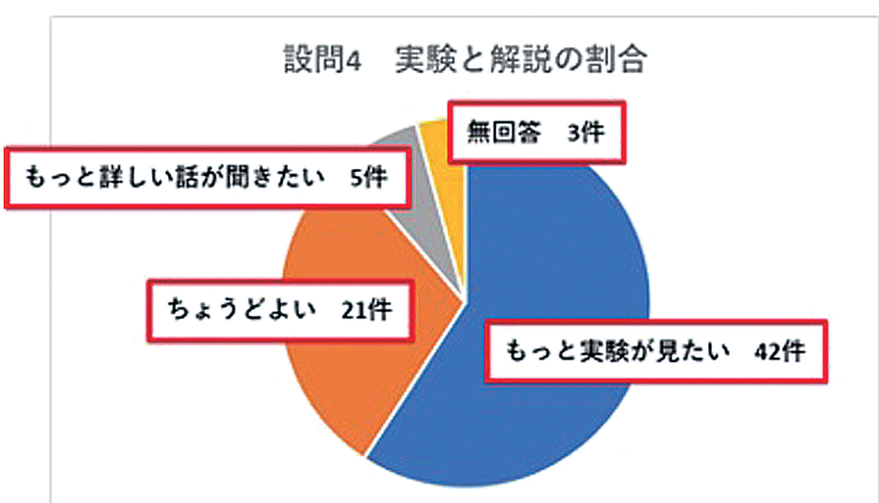

図７　アンケート設問４「実験と解説の割合」結果

表 10　アンケート設問 5「サイエンスショーで一番心に残ったこと」結果

設問 5	回答数	%
① 紫キャベツのジュースに酸を入れると赤やピンク、アルカリを入れると青や緑になる。	16	29
② 酸は金属を溶かしたり、食べ物を長持ちさせたりする。アルカリは髪の毛や皮ふを溶かす。	9	16
③ 酸とアルカリを混ぜると中和する。	13	23
④ 酸とアルカリの性質は身の回りのいろいろなところでかつやくしている。	18	32

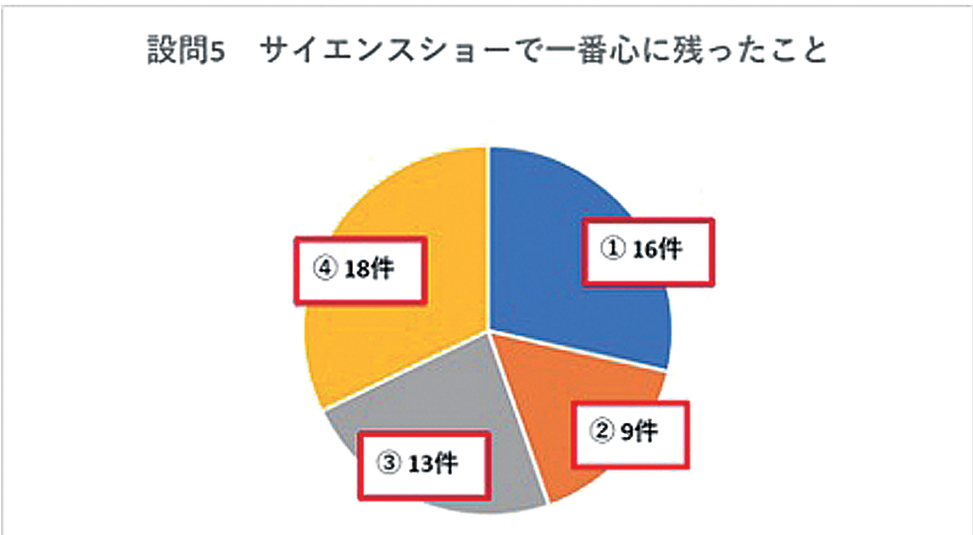

図 8　アンケート設問 5「サイエンスショーで一番心に残ったこと」結果

表 11　アンケート設問 5「サイエンスショーで一番心に残ったこと」結果 重複回答および無回答含む

設問 5	回答数	%
① 紫キャベツのジュースに酸を入れると赤やピンク、アルカリを入れると青や緑になる。	23	27
② 酸は金属を溶かしたり、食べ物を長持ちさせたりする。アルカリは髪の毛や皮ふを溶かす。	15	17
③ 酸とアルカリを混ぜると中和する。	18	21
④ 酸とアルカリの性質は身の回りのいろいろなところでかつやくしている。	26	30
無回答	4	5

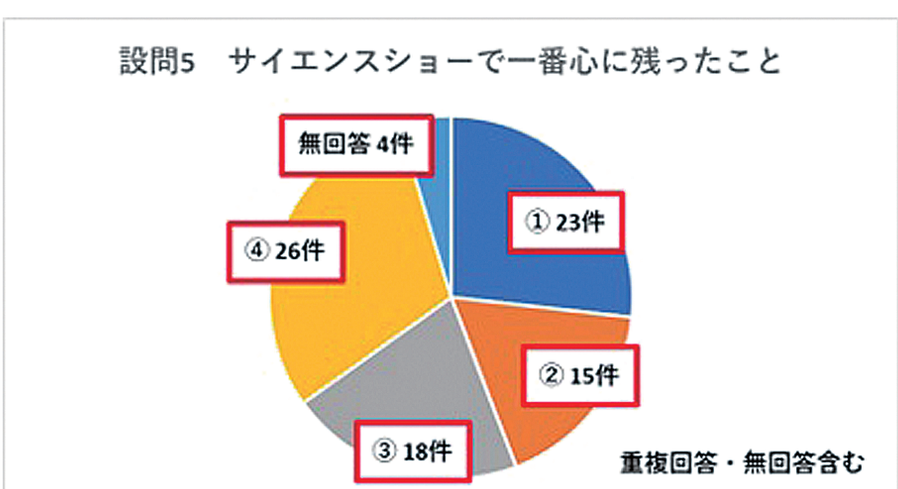

図 9　アンケート設問 5「サイエンスショーで一番心に残ったこと」結果　重複回答および無回答含む

表 12　アンケート設問 6「サイエンスショーへのお願いやメッセージ」回答

設問 6 回答の分類	設問 6 回答	年齢層
表 12-1 ポジティブなメッセージ	20 分程度という時間が子供にとって適切。	幼稚園
	参加型の実験で楽しく体験させていただきました。ありがとうございました。	幼稚園
	おもしろかった！	幼稚園
	おもしろかったです。	幼稚園
	実験がおもしろかった。	幼稚園
	わかりやすかったです。	幼稚園
	おもしろかった。	幼稚園
	勉強になりました。	小学生
	また実験を見せてください。	小学生
	楽しくて勉強になる。	小学生
	とても分かりやすかった。	小学生
	酸性、中性、アルカリ性の性質が生活に役立てられていると分かった。	小学生
	今日のショー楽しかった！また次も見てみたい。	小学生
	いろいろな実験があっておもしろかったです。	小学生
	参加型の実験で楽しく体験させていただきました。ありがとうございました。	小学生
	楽しませてくれてありがとうございました。	中学生
	楽しく見ることができました。ありがとうございました。	大人
	中学の理科の実験を思い出してワクワクしました。	大人
	楽しいショーありがとうございました。	大人
	身近なことでおもしろかったです。	大人
	楽しかった。また見たい。	大人
	マジックが好きになって嬉しかった。	大人
	面白かったので次回も見学させていただきます。	大人
	とても楽しかったです。	大人
	楽しかった。また見に行きたいです。	無回答
	学校で習いそうだったから予習ができた。	無回答
	楽しかった。また見に行きたいです。	無回答
表 12-2 サイエンスショーや演者への 応援メッセージ	おねえちゃんがんばってね。	幼稚園
	がんばってください。	幼稚園
	もっといろんな実験見させてね。	小学生
	もっといろいろな実験をして楽しませてください。	無回答
表 12-3 実験に関するもの	全部混ぜてみたいです。	小学生
	色が変わるのがきれいだった。	大人
表 12-4 サイエンスショーへの期待	学校ではやらない実験が見たい。	小学生
表 12-5 意見	長かった。	幼稚園
	スライドの説明が園児には退屈だった。	幼稚園