

ボランティアによるサイエンスショー「野菜ロケットを飛ばそう！」制作報告

吉岡 亜紀子*、木村 友美*、林 ゆりえ*、林 陽一郎*、上羽 貴大**

概要

サイエンスショーを実演するボランティアの有志が酵素の働きに関するサイエンスショーを制作・実演した。酵素を持つ微生物を顕微鏡で観察し、分子模型を用いて酵素の代表的な役割を説明した後、アミラーゼ、プロテアーゼ、カタラーゼの働きをそれぞれ実験で紹介した。異なる酵素の異なる現象を通して「酵素」について理解してもらうため、紙製の高分子模型とハサミを使って酵素の働きを視覚化し、1億分の1の大きさの世界を想像しながら見学してもらえるよう工夫した。

1. はじめに

サイエンスショーを実演するボランティア「科学デモンストレーター」の有志によるチーム「大阪市立科学館ボランティア SCIENCE de DOYA(サイエンスでヤ)」(以下、単に「DOYA」とも称する。)はこれまでに「手作り電気の大実験！」のサイエンスショーを制作・実演していた^[1]。

一方、2024年度には、化学実験ワークショップ「のぞいてみよう！発酵の世界」を実施した^[2]。このワークショップでは、イースト(酵母)、カビ(麹)、乳酸菌といった発酵食品に欠かせない微生物の働きと、発酵とは微生物がエネルギーを作る過程であることと、その際にできる微生物にとっては不要な二酸化炭素やアルコールを人間は利用していることについて、様々な体験を通して親しんでもらうことを目的とした。しかし、ワークショップを実施してみて、「酵母」による発酵と「酵素」の働きを分けて別個のワークショップにした方が、時間に余裕ができ、内容も単純になり理解しやすくなるだろうと思われた。

そこで、上述のワークショップで扱った様々な実験のうち、酵素に関する部分を抽出して、他の実験も加え、サイエンスショーとして組み立て直した。多種多様な酵素のうち、本サイエンスショーでは代表的な3つの酵素、すなわち、アミラーゼ、プロテアーゼ、カタラーゼに絞って実験に組み込んだ。3種類の異なる酵素の異なる現象を通して、「酵素」の共通の働きについて理解しても

らうため、紙製の高分子模型とハサミを使って酵素の働きを視覚化し、1億分の1の大きさの世界を想像しながら見学してもらえるよう工夫した。

制作したサイエンスショーは2025年2月9日に当館で開催された科学実験大会で上演した。

2. 全体の構成

サイエンスショーを構成する実験は次の流れで組み立てた。上演時間は、見学者に実験を手伝ってもらう場合には約30分間、実演者がひとりで完結させる場合には約20分間である。

(1) はじめに

演題である「野菜ロケット」について、野菜を燃料にしてフィルムケースをロケットのように飛ばすこと、野菜を燃料に変えるものは「酵素」であることを説明する。

(2) 酵素とは

紙の分子模型とハサミを使って、酵素の働きを視覚化する。

(3) アミラーゼ

アミラーゼによるデンプンの分解を、味噌、胃腸薬、片栗粉で作ったデンプン糊を用いて見せる。

(4) プロテアーゼ

プロテアーゼによるタンパク質の分解を、胃腸薬と脱脂粉乳を用いて見せる。

*大阪市立科学館 科学デモンストレーター

**大阪市立科学館 学芸員

(5) カタラーゼ

カタラーゼによる過酸化水素の分解を、野菜とオキシドールを用いて見せる。

以下、各セクションについて詳細に説明する。

3. 各項目の詳細

3.1 はじめに

演題である「野菜ロケット」について、野菜を燃料にしてフィルムケースをロケットのように飛ばすこと、野菜を燃料にするものは「酵素」であることを説明する。

3.2 酵素とは

酵素とはタンパク質の仲間、例えば私たちの口の中にもあり、食べ物を細かくして消化するのを助けてくれることを手短かに伝える。「タンパク質」「消化」といった用語が出ただけで顔を背ける見学者もいる。ここで、細かくするというのはどのくらい細かくするのか、お米1粒を何個に分けるくらい細かくすると思うか問かけると、会場から元気な声がたくさん返ってくる。会場の声を拾いながら、お米1粒を1億個に分けるくらいに分子レベルで細かくするのが酵素であることを説明し、小さな世界を想像してもらう。

1億倍に拡大するとペットボトルの水やお米の中のデンプンがどのような姿であるか、分子模型で見せる。デンプンは手作りの紙製の長い分子模型（高分子模型）を絡まらせて見せる。

そしてハサミで紙製の高分子模型を短く切って見せ、酵素は、デンプンの長い鎖を短く切って、生き物がエネルギーを作りやすくすることを説明する。この後も度々、長い高分子模型とハサミを使って、見学者が分子の世界を想像しながら見学できるようにする。

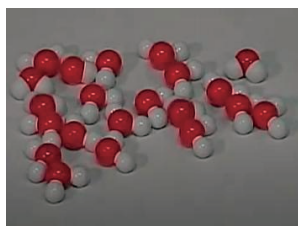


写真1 左：水の分子模型、右：高分子の紙製の分子模型

今日のサイエンスショーでは見学者の口の中で実験する代わりに、他の生き物を使う、ということを伝え、生き物として味噌を紹介する。味噌の中のカビ（麹）の顕微鏡写真をプロジェクタで投影し、味噌の中には大豆の細胞の他に、カビがたくさんいることを観察してもらう。カビがはっきり見える塩麹の顕微鏡写真も紹介した。



写真2 味噌の顕微鏡写真

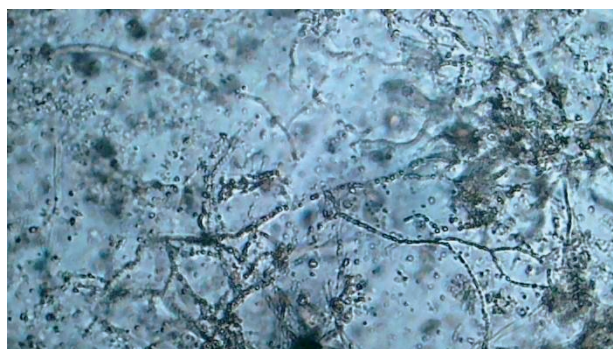


写真3 塩麹の顕微鏡写真

3.3 アミラーゼ

アミラーゼはデンプン（糖質）を糖に分解する消化酵素である。私たちの唾液の中にも含まれている身近な酵素であるし、消化を助ける胃腸薬に含まれていることもある。

アミラーゼは、カビ（麹）にも含まれている。例えば日本酒の製造に使われる麹は、米に含まれるデンプンを分解して糖にする。イースト（酵母）がこの糖をエネルギー源にしてアデノシン三リン酸を作るときにアルコールや二酸化炭素も生成され、酒ができる。

このショーでは味噌に含まれる麹を使って、カビの酵素が実際にデンプンの長い鎖を短く切ることを見せる。まずデンプン糊を作製する。



①フライパンに片栗粉（馬鈴薯デンプン）を入れ、紙の高分子模型を見せて、この中ではデンプンの分子が折りたたまれて固まっていることを説明する。



②水を加えて混ぜるとデンプンの分子が水の中で分散するが、まださらさらしている。



③加熱しながら混ぜ続けると折りたたまれていたデンプン分子が広がり、水分子がデンプン分子にくっつき、糊状になる。

写真4 デンプン糊の作製

得られたデンプン糊を3つの透明なプラスチックカップに分け、うちわであおいで冷ます。見学者から3名、前に出てもらい、①何も加えないデンプン糊、②味噌を加えたデンプン糊、③胃腸薬「新タカジア錠」を砕いたものに加えたデンプン糊をそれぞれ割りばしで混ぜてもらふ。

1分間ほど混ぜた後、カップをバットの上で逆さにする。①何も加えていないデンプン糊はカップから落ちない。一方、②味噌または③新タカジア錠を加えたデンプン糊は粘り気を失っており、カップからバットにさらさらとすべて落ちてしまう。

紙の高分子模型とハサミを使って、長くて絡まっていたデンプンが、味噌の酵素（アミラーゼ）によって短く切られて絡まらなくなり、粘り気を失ったことを説明し、アミラーゼの項を終える。

3.4 プロテアーゼ

プロテアーゼはタンパク質を分解する消化酵素である。プロテアーゼの働きを見せるために、プロテアーゼの含有量が異なる複数種類の果物を使ってゼラチンゼリーを作り、固まり方の違いを調べることも考えた。しかし、ゼリーを固めるのに時間がかかるので、サイエンスショー中での実演には向かない。そこでプロテアーゼも含まれている胃腸薬の新タカジア錠を用いて、脱脂粉乳溶液をプロテアーゼによって透明化する実験^[3]を組み込んだ。脱脂粉乳にはタンパク質のカゼインが含まれている。プロテアーゼによってカゼインの長い鎖が短く切られると、白濁している脱脂粉乳溶液が透明化する。

実演は次のように行った。

①水に脱脂粉乳を溶かしたものをペットボトルを2本分用意する。

②1本だけ、粉末状に砕いて水に溶かした新タカジア錠を加えてよく振る。

③2本とも 50～60℃の湯につけて温める。

④10分程度経過後、室内を暗くし、下から懐中電灯の光で照らして、光の散乱の違いから透明度の変化を観察する。

サイエンスショーでは10分経つのを待つ間に次のカタラーゼの実験と野菜ロケットの打ち上げを行う。

3.5 カタラーゼ

カタラーゼは過酸化酸素を水と酸素に分解する。私たちの赤血球の中にも含まれているとても身近な酵素である。

このサイエンスショーでは野菜に含まれるカタラーゼとオキシドール（薄い過酸化水素水）を使ってカタラーゼの働きを見せる。

実演は次のように行った。

①500mLの集気びんにマイタケを入れて割りばしでよくつぶす。

②オキシドールを加えてふたをして1分間ほど置く。

③火のついた線香を集気びんの中に入れると激しく燃える。酸素が発生したことがわかる。

3.6 野菜ロケットを飛ばそう！

最後に、野菜のカタラーゼとオキシドールを使って酸素を発生させ、フィルムケースのフタをロケットのように飛ばす。上述の集気びんの中で起きた反応を、フタを閉めたフィルムケースの中で起こし、密閉したフィルムケースの中に酸素をためてフタを吹き飛ばして見せる。

実演は次のように行った。

①ニンジン、ピーマン、ブロッコリー、マイタケを小さくちぎったものを別々のフィルムケースに入れておく。

②フィルムケースの中の野菜を割りばしで、見学者につぶしてもらふ。つぶし終わったら、安全のため、次の工程に移る前に見学者には座席に戻ってもらふ。

③フィルムケース中の野菜にオキシドールを大さじ2杯加え、素早くフタをして、アクリルの筒とお菓子の空き缶をかぶせる。フィルムケースのフタが飛んで空き缶に当たると大きな音がする。

最後に、酵素はタンパク質であること（生き物ではないこと）、それぞれの酵素に特有の働きがあることをおさらいして、サイエンスショーを終える。

4. 今後の課題

大阪市立科学館のサイエンスショーでは伝統的に、見学者が現象を観察すること、見学者が主体的に疑問を持つこと、見学者が自分の力で疑問に答えようとすること、これらを楽しみながら体験することが重視されている^[4,5]。本サイエンスショーでも、酵素の種類や働きを単に知るところをゴールにするのではなく、つまり、酵素についてわかりやすく伝えることをゴールにするのでは

なく、見学者が能動的に知りたいと思い、能動的に考えることを楽しむことを重視して、問いかけと応答を重ねながら進めるようにしたい。これを実現するためには、3種類の酵素を扱うのではなく、1種類の酵素に絞ってもよいかもしれない。例えば、酵素をカタラーゼに絞って、カタラーゼによって過酸化水素が分解されて酸素が発生することを、異なる実験で繰り返し見せながら、酵素(カタラーゼ)は何でできているか、どのような働きをするのか、過酸化水素が分解されるのであれば次に何が起きるのか、その予想は正しかったか、といったことを見学者が繰り返し楽しむことができるように構成し直す余地があるように思う。

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、試行錯誤も失敗もいつも楽しみながら一緒に取り組んでくれる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. 参考文献

- [1] 吉岡亜紀子、林ゆりえ、木村友美、上羽貴大「科学館ボランティアによるサイエンスショー「手作りでんきの大実験！」制作」大阪市立科学館研究報告 33, 143 - 146 (2023)
- [2] 吉岡亜紀子、木村友美、林ゆりえ、林陽一郎、上羽貴大「化学実験ワークショップ「のぞいてみよう！発酵の世界」実施報告」大阪市立科学館研究報告 35 (2025)
- [3] 丸山虎徹，富岡寛顕「プロテアーゼの作用を短時間で視覚的に示す実験法の開発」化学と教育 65 巻 8 号 (2017)
- [4] 斎藤吉彦「自然が語るサイエンスショー」大阪市立科学館研究報告 26, 7-10 (2016)
- [5] 斎藤吉彦、上羽貴大、吉岡亜紀子「自然現象と対話するサイエンスショー」博物館学雑誌 46(1), 143-154 (2020)