

## サイエンスショー「マイナス 196°Cの世界」実施報告

上羽 貴大\*1, 大倉 宏\*2

### 概要

2021年6月22日から8月22日の期間において、低温での物性変化を主題とした、液体窒素を用いたサイエンスショーを実施した。液体窒素の沸騰や瞬間的な蒸発を観察した後、液体窒素温度下では生花などが瞬時に凍結する様子、空気の収縮、空気中の酸素の液化を紹介した。最後に超伝導体を冷却して、超電導状態でのピン止め効果による浮揚の実験を行った。

### 1. はじめに

2021年6月22日から8月22日の期間において、大阪市立科学館にてサイエンスショー「マイナス 196°Cの世界」を実施した。このショーは6月4日から上演の予定であったが、4月25日から6月21日まで、新型コロナウイルス感染症拡大防止のための緊急事態措置にかかる大阪府からの要請により全館休館したため、再開館した6月22日からの上演となった。

低温での物性変化を主題としたこのショーは、液体窒素を用いる。液体窒素を用いたショーは人気の高い演目であり、全国の科学館でも定番となっている。当館でも2017年「マイナス200°Cのふしぎ」、2013年「マイナス 200°Cの世界」、2005年「マイナス 200°Cの世界」、1995年「低温の世界」、1993年「低温の科学」、…、と不定期に再演してきた。扱う実験はこれまでと変わらない。タイトルはこれまでは「マイナス 200°C」としていたが、今回はマイナス 196°Cとした。この温度を冠したアルコール飲料もあり、「-196°C」の方が液体窒素を想起させるのでは考えたためである。

2020年より、非日本語使用者のため、サイエンスショータイトルには英語題を添えるようにしている。「Caution Extremely Cold」は注意書等の典型表現である。

### 2. メインビジュアル

本サイエンスショーのメインビジュアルを写真1に示す。液体窒素の冷気の広がる様子と、凍った生花が

砕ける定番の実験の様子を配置した。

液体窒素の冷気を魅力的に撮影するためには、工夫を要した。この写真は、照明を消し暗幕で外光を遮断した室内において、被写体である液体窒素の左右から、異なる2色の照明をあてて撮影した。自由に色調調整できる手ごろな照明を持っていなかったため、代わりにプロジェクターを用いて、PCで適当な色を表示させ、冷気に照射した。



写真 1. 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。ショーを効果的に演じるには、何の実験を見せるかだけでなく、どのような問かけをどのタイミングでおこなうかが、同程度に重要と考える。台詞をくどく記しているのはそのためである。なお、演示者により、実験の見せ方は異なり、また扱う実験にも多少の違いがある。

大阪市立科学館

\*1 ueba@sci-museum.jp,

\*2 ohkura@sci-museum.jp

### 3-1. 液体窒素の登場

金属製の液体窒素容器をあらかじめ卓上に置いておき、「今回の主役はこの中に入っています」と期待感を持たせ、ガラス製デュワー瓶に勢いよく液体窒素を注ぐ。「入っているのは何ですか？」「煙だけですか？これは何でしょう、どうなっていますか？」と聞き、冷気と、沸騰している液体に注目させる。「これは液体窒素と言います。窒素というのは空気の中にもあるガスです。それが集まってできたのがこれです。」



写真 2. デュワー瓶の中の液体窒素と白いもや

「もくもくと出ているのは湯気ですか？ということは、熱いのでしょうか？」と言い、お玉で液体窒素を1杯、笛付きのやかんに入れる。軽く振ると一気に蒸発し、ピーッと音を鳴らす。「まるでお湯が沸いたようです。やっぱり熱いんじゃないですか？」それでも「冷たい」という観客に「熱いか冷たいか、見ただけでわかりますか？」と問い、やかんの様子に注目させる。やかんの側面がくもり、次第に白く凍り付く。「そういえば、アイスが入ったカップもこんな感じになりますね」と言い、冷たいのだろう、という予想をさせる。さらに、やかんから噴き出す白い湯気のようなものは、上昇せず下方に向かうのに気付かせ、冷たいことがわかる。

やかんを開けると、いつの間にか空になっている。「どこにいったのでしょうか？」



写真 3. やかんから噴き出すのは湯気？

「温まってあっという間に蒸発してしまったんですね」と言い、ペットボトルに少量の液体窒素を入れ、ゴム風船で蓋をすると、風船がみるみる膨らむ。ふくらむ風船を指さし「この中には何が入っているんですか？そう、蒸発してガスになった窒素です」と言い、どんどんと気体になる様子が見える。



写真 4. みるみる膨らむ風船

ここで、熱電対温度計で温度を測り-200℃近いことを見せる。「これほど冷たいもの、触ったらどうなるでしょう？」と問いかけ、素手にお玉で液体窒素を掛ける。「液体窒素に比べて、手はとても熱いのです。なので、すぐに蒸発して、手は何ともありません」

ダメ押しで、テーブルに敷いたカーペットにこぼしても濡れない。「どうしてですか？すぐに空気になってしまふからです。」そして、宙に向かって液体窒素を撒いても、液滴はほとんど落ちてこない様子を見せる。この実験は、観客席に液体窒素が飛ばないように注意する必要がある。



写真 5. 空中での瞬間的な気化

### 3-2. 低温での物性変化

#### 3-2-1. 生花

「この冷え冷えの世界を、お花に体験してもらいましょう。」生花(カーネーション)を取り出す。「普段は

25℃で生きているお花です。とても冷たい世界でお花はどうなってしまうのでしょうか。」しばらく浸けて取り出す。冷え冷えになると、まるでガラスみたいにパリパリになってしまふ。

### 3-2-2. ゴムボール

では、このボールではどうでしょう。25℃では、やわらかいゴムのボールです。液体窒素につけているときにボールをお玉でたたくと、ゴムとは思えないコツコツという固い音が聞こえる。そして、へこんでいる様子に注目させる。たたきつけると割れる。まるでボールじゃないみたいですね。何みたいですか？と尋ねると、卵みたい、ガラスみたい、などと声上がる。「このように、お花もボールも、冷たい世界では、ものの様子は全然変わってしまうのです。…」

### 3-2-3. 超伝導体の登場、実験準備

「…その中でも特に面白いのが、冷えると宙に浮かぶものです。」と言い、超伝導体を取り出す。黒い外観から、観客からは磁石と声上がる。それを受けて、磁石を近づけるが、くっつきも反発もしないことから磁石でないことがわかる。「超伝導体と言います。セラミックスの一種です。これがなんと冷やすと宙に浮かぶらしいです。割れないようにゆっくり冷やすので、準備をしておきます」と言って、発泡スチロール製の容器に入れて液体窒素を入れていく。

「その間に次の実験をしたいのですが、ところで先ほど割れたゴムボールのかけら、どうなっているのでしょうか。もうすっかり温まって、0 度くらいに戻ってきました。」もと通り、やわらかいゴムに戻っている。「温度が変わればもの様子はこんなに変わるのでですね。」

### 3-2-4. ゴム風船

ゴム風船を膨らませて口を結び、液体窒素に浸ける。「どうなるのでしょうか。割れるんですか？」と、大袈裟に恐る恐る液体窒素に浸すことで、注意を引き付ける。「それともさっきのゴムボールのようにへこむ？」実際はどんどんとしぼんでいく。「中の空気はどうなったんですか？ 抜けちゃったんですか？ かわいそうな風船です。」取り出して卓上に置くと、みるみる膨らむ。「中の空気は？ いったん抜けてまた帰ってきたということですか？ でも、口はちゃんと結んでありますよね。ということは、-196℃の世界では、空気はどうなったということでしょうか？」小さくなった、という声上がる。「中の空気がどうなったのか、見てみましょう。」

### 3-2-5. 傘袋

細長い透明の傘袋を膨らませて口を縛り、液体窒素

に浸す。どんどんとしぼむ。「中の空気はどんどんと小さくなって、最後はどうなるんですか？ 消えてしまうんですか？」「空気は冷えると、なんと液体になってしまうんです。見てみましょう」と言い、袋を取り出して、袋の底に注目させる。液化空気の量はわずかで非常に見えにくいので、あらかじめ液体になっていることを伝える。

「この液体が温まるとどうなるのでしょうか？」と言いながら、袋を振りながらあたためると、みるみる元の大きさに戻る。液体がふたたび空気となったのである。「このように、-196 度の世界は、空気も液体になってしまう不思議な世界なんです。実はこうやって作ったのがこちらの液体窒素ということです。」



写真 6. 傘袋の底にたまる液化空気

### 3-2-6. 液体酸素

ステンレス製のマグカップに液体酸素を注ぐ。「こんな風にコップに冷たい飲み物を入れておくと、コップの周りがどんどんびしょびしょになったこと、ありませんか？ なぜですか？ コップに穴が開いているんですか？ 空気の中にある水蒸気、水のガスが、コップで冷えて、水に戻ったのです。液体窒素では、冷えすぎて凍ってしまうほどです。」「そのまま待っていると、だんだんと何かがぼたぼた垂れてくるんです。」と言い、目では非常にわかりづらいので、ピンマイクにその液体を垂らして、ポツ、ポツという音を聞かせる。「これは何でしょう。お水ですか？」

灰皿を取り出して丸めたティッシュペーパーを置き、火をつける。したたる液体をこの火に垂らすと、消えるどころか火が大きくなる。「この垂れる液体は何でしょう。」と問いかけ「ものを燃やすはたらきがあって、空気の中にあるもの、酸素です。空気の中にあるガスのうち、酸素がいちばん冷えて液体になりやすいのです。」と説明する。最後に液体窒素を掛けて灰皿の火を消す。窒素は酸素と違い、ものを燃やすはたらきはないことがわかる。



写真 7. 液体酸素が燃焼を促す

### 3-2-7. 超伝導体

冷やす前は磁石に反応しなかったことを思い出ししてもらいながら、液体窒素に浸けたままの超伝導体に、磁石を近づける。ドーナツ型の磁石を、筒に通して落とすと実験が見やすい。磁石は超伝導体に反発する。「では、磁石の向きを変えたら？」と磁石の極性を反転させると、こちらも反発する。「磁石になったのでは」という観客の予想を裏切る結果である。

「この超伝導体はとても冷えた世界では、超伝導という不思議な状態になってしまいます。超伝導状態では、磁石を嫌がる、正確に言うと、磁力線を外に押しつけてしまうのです。」

液体窒素中から取り出して卓上で磁石の反発を観察すると、徐々に磁石の反発が弱くなるのがわかる。「超伝導は冷えているときにしか起こりません。」



写真 8. 超伝導体の上で徐々に反発を弱める磁石

「最後に超伝導で宙に浮かぶ様子をご覧くださいませしょう。」と言い、再び超伝導体を冷やし始めるが、超伝導体の上に割りばしで作ったスペーサーを置き、その上に磁石を置きながら冷却する。この間にピン止め効果について説明する。スペーサーを抜き、磁石を手

に持つと、上下左右に向けても、超伝導体が落ちず、一定の間隔を保ったままついてくることを見せる。無理やり超伝導体を引きはがして再び近づけると、再び元の位置に飛び込む。



写真 9. ピン止め効果で宙に浮かぶ超伝導体

超伝導体が再び温まったら、超伝導体を半分ずつ極性を変えてピン止め効果を起こすことで、写真 10 のような極性のレールの上を、はみ出さずに滑らせることができる。



写真 10. ピン止め効果でレールの上を滑る超伝導体

超伝導という名称の由来や、超伝導の応用研究などについて紹介したのち、最後に残った液体窒素で、在空中での気化を楽しんでもらい、ショーを終える。

## 4. おわりに

このサイエンスショーは、2021年6月22日から8月22日の上演期間で計148回実演し、見学者数は約6,910人であった。

この期間で液体窒素は650リットル購入したが、最終的には50リットルほど余裕を持って会期を終えることができた。残った液体窒素は動画制作に使用した。およそ毎週50リットル強消費した。