

サイエンスショー「マイナス 200°Cのふしぎ」実施報告

大 倉 宏*

概 要

液体窒素を使った低温実験はサイエンスショーの定番である。平成 30 年秋、液体窒素を題材にしたサイエンスショーを実施したので報告する。

1. はじめに

液体窒素を使った低温実験は人気が高く、夏のサイエンスショーの定番である。記録では、1989 年、1991 年、1993 年、1995 年、1999 年、2001 年、2006 年、そして 2013 年にも行われている。しかし、季節はいつでも夏であり、秋の時期に行うのは初めてであった。

実験も、カーネーションやゴムボールを凍らせたり、ゴム風船を冷やして縮めたり、液体窒素から出して元に戻したり、また超伝導など、定番の実験がいくつもある。当初は液体窒素の中で電球を割って取り出したフィラメントを光らせる実験等も提案したが、最終的には定番の実験に落ち着いていった。

2. 実験内容

液体窒素とはどんな液体から始まって、液体窒素温度に冷やすと物体はどのようになるか、空気の体積はどのように変化するか、超伝導状態ではどのようなことが起こるかなど様々な興味深い現象を見ていただいた。

2-1. 液体窒素の温度

保存用のデュワー瓶から演示用の透明ガラス製 2 重容器に液体窒素を移すと、ゴボゴボと激しく沸騰する。

デジタルで温度



計で温度を測るとたいいマイナス 199°Cであった。液体窒素の沸点はマイナス 196°Cである。容器に移したときはマイナス 196°Cより温度は上がり液体窒素沸騰している。しかし気化熱で温度が下がってくる。温度計を入れるときは、沸騰も落ち着いているので沸点以下のマイナス 199°Cを示すことになる。

しかし、上記のような細かな説明はせず、「約マイナス 200°C。とても冷たいですね。」という説明に留めた。

2-2. カーネーションがバラバラ

液体窒素の中にカーネーションを入れる。するとカーネーションとの温度差が 200 度以上あるので、液体窒素は激しく沸騰する。やがて沸騰が収まるとカーネーションも液体窒素と同じ程度の温度になったというサインである。観客のこどもにも革製の手袋を付けてもらい触ってもらった。

握ると粉々に砕ける。カーネーションの中の水分が凍ってしまったことを説明した。



2-3. ゴムボールもバラバラ

では、水分のないゴムボールはどうなるのかということで、ゴムボールを透明デュワー瓶の中に入れて冷やした。十分冷えたゴムボールを床に置いた水槽に落とすと硬化したゴムボールは割れた。うまく割るために水槽にはレンガブロックを 1 個置き、そこに狙って落とした。

以前は、塩化ビニル製のボールをいくつか試したが、破片が遠くに飛び散ったり、冷やしている最中に割れ

*大阪市立科学館(中之島科学研究所)
ohkura@sci-museum

たりの難点があった。値段としては塩化ビニル製より高くなったが、最終的には安売りの軟式テニスボールに落ち着いた。

2-4. 蘇るゴム風船

膨らませたゴム風船を液体窒素の入った透明デュワー一瓶に入れると、ゴム風船の中の空気が液化し、ゴム風船はデュワー瓶の中でペンションコになってしまう。ゴム風船を取りだすと中の空気は次第に暖まり、ゴム風船は元の大きさに戻って行った。



冷やした時、ゴム風船はある程度硬化するが、割れたり破れたりしなかった。

2-5. 空気の液化、液体窒素の気化

ゴム風船では中が見えないが、膨らませた傘袋を冷やせば、中の空気が液化していることを確認できる。液体は少ししかできないので、カメラに写しモニターで見てもらった。以前は乳白色の傘袋を使っていたが、透明のものに変更した。しかし、やや破れやすいという欠点もあった。



液体窒素は常温では沸騰し、体積は膨張する。液体窒素をペットボトルに入れ、風船をペットボトルの口につけ、気化した窒素で風船を膨らませる実験も行った。この実験は最初プログラムにいれてなかったのだが、後半から追加した。

風船が膨らむので、少しドキドキ感もあり、観客の反応も悪くなかった。

2-6. 凍るやかん

液体窒素を笛付きやかんに入れて様子



を観察していただいた。やかんの中で液体窒素は沸騰し、お湯が沸騰した時のように白い煙が上がり、笛が鳴る。しかし、熱いのではなく、とても冷たい。やかんの外側がやがて凍っていく(空気中の水蒸気がやかんの表面で凝結する)ところまで見てもらった。ものによって沸騰する温度はさまざま、窒素は非常に低い温度で沸騰することをパネルも使って解説した。



実は、さらに冷えると空気中の酸素が液化し、凍ったやかん表面を濡らし、雫となって落ちて行く。

2-7. 空気の液化、燃える液体酸素

ステンレスのカップ(2重になっているものは不可)に液体窒素を入れると、カップ外壁に接した空気が冷やされ、液化してカップ外壁を濡らす。窒素と酸素の沸点はそれぞれ -196°C 、 -183°C であるので、この液体は主に酸素である。



ひっくり返したアルミ缶の底この液体をため、チャッカマンの火を近づけても液体は燃えない。しかし固く丸めたティッシュペーパーに火を付け熾火のようにしておいて、そこにこの液体を滴らせると激しく燃焼した。この液体は、自身は燃えず、燃やすのに使われる酸素が液化したものであることが確認できる。以前は、この実験はステンレス灰皿を使っていたが、蒸発が激しかった。アルミ缶でやる方法はデモンストレーターの方から教えてもらったのだが、劇的に改善した。

また以前はステンレスカップは手持ちだったが、カップをスタンドに固定し、カメラで拡大してモニターに映し出すようにした。

2-8. 浮き上がる磁石

超伝導体を紹介する。一見磁石のように見えるが、磁石ではないこと、焼結したもの(=焼き固めたもの、瀬戸物の仲間)であることを説明し、しばらく液体窒素の中で冷やすし、冷えるまで別の実験を行った。

超伝導体が冷えたらネオジム磁石(以下、磁石)を近づける。冷やす前は磁石は全く反応しなかったが、冷



えて超電導状態になると磁石をはじき出し近づけることができない(マイスナー効果)。

透明アクリルパイプ(以前は割り箸だった)割をガイドにしてやると超伝導体の上でリング磁石を浮かせることができました。磁石の上下をひっくり返しても浮かせることができる。

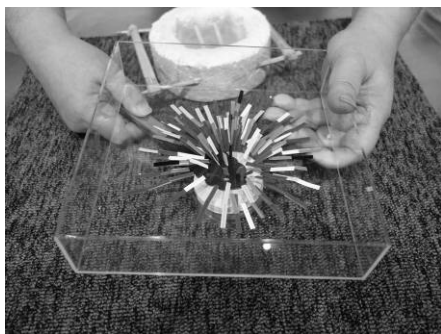
超伝導体を液体窒素から取りだし、この実験を続けると、しばらくすると温もってきて、超電導状態ではなくなり、磁石が浮かなくなる。

ここで、超伝導体の上に割り箸で作ったスペーサーを置き、さらに磁石を置いて超伝導体をもう一度冷やす。すると、磁石の磁力線が一部超伝導体に埋め込まれたような格好で超電導状態になる(ピン止め)。この状態でスペーサーを外しても、同じ距離で超伝導体の上に磁石は浮く。

磁石を超伝導体から引き剥がし、上からゆっくりとその磁石を近づけて行くとある距離で超伝導体は飛び上がり、スペーサーの厚みの距離で磁石にくっつき釣りあげられてしまう(フィッシング)。

今回は、演習スタッフ数が多かったこともあり、分かり

やすいストーリー展開にしたのだが、検討会で超伝導などは多少専門的なことに踏み込んででも詳しく解



説した方がよいという意見をいただいたので、後半ではモールを使って磁力線の変化を観察する実験も行った。

3. 考察

当初、液体窒素の中に割った白熱電球を入れ通電し、フィラメントを光らせる実験なども提案したが没となり、結局今回は定番の実験ばかりになった。

職員 4 人の他に現在では補助スタッフ 2 人、科学デモンストレーター 3 人という大所帯の演者陣になった。

液体窒素が激しく沸騰したり、酸素が液化したりという現象は、日常では決して見ることできないものである。マイナス 200℃付近の特異な現象で、その温度は実感

しにくい。また、スタッフ数も大勢であることから温度のパネルを用意した。海外からの観



客が多くなっているの、パネルは基本的には 4 か国語対応である。結果的にたくさんの数字と言葉が並ぶパネルになってしまった。決して分かりやすいものとは言えない。今回の実験に限らず今後同様の事象が増えていくのだろうが、難しい問題である。

今回は、演習用の小さなガラス製二重容器を用いたが、今回は大きなサイズのガラス製二重容器を用いた。一度使うと次の回が始まるまでに曇りが取れなかった。そこで、2 台のドライヤーで内側と外側とに熱風を当て、曇りを完全に取って演習した。しかしそのため、ガラス容器はしばしば温まった状態であり、液体窒素の使用量を増やした。

演習者にデュワー瓶の重さを開始前後で測り、記録を付けてもらっていた。図 1 のグラフは液体窒素の使用量である。3 か月間この実験をしたが、ひと月毎に集計した。横軸は 1 回に使用した液体窒素の重さ[k

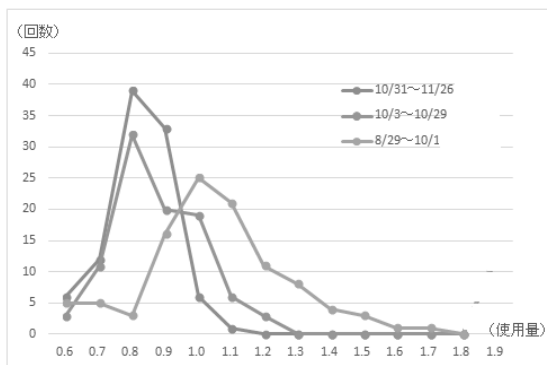


図 1 液体窒素のショー 1 回あたりの使用量。使用量は次第に減っていていることが分かる。

g])(液体窒素の比重は 0.8)、縦軸はその使用量が出現した回数である。習熟度が上がり、液体窒素を効率よく使えるようになったのか、月毎に使用量が減っているのが分かる。記録を付けることで、ジャブジャブ使うことの抑制にもなったのかもしれない。

しかし、それでも液体窒素はかなり使っていた。50 リットルのタンクがあるので、業者から 50 リットル単位で購入し、5 リットルのデュワー瓶に詰め替えて使っていた。10 リットルのデュワー瓶もあったのだが、女性のスタッフが多く使えなかったのである。10 リットルは重く、背の高いガラス製二重容器に移し替えるのが怖いという

ことであつた。

温まったデュワー瓶に入れると液体窒素を入れると蒸発しますよ、と業者に言われ使い切らないうちにつき足したのであるが、果たしてどうだったのだろう。50 リットルから 5 リットルへはポンプを使ったのだが、つき足し回数を多くなり、逆に効率が悪くなった(蒸発させてしまう量を増やしてしまった)かもしれない。1 週間で 50 リットルが 1 週間持たないことが多かった。

1 週間の演示数は、25 回前後であり、仮に 1 回あた

り 1kg(1.2 リットル)使ったとしても演示に使う量は計 30 リットルにしかならないはずである。だいぶロスが多かったと言わざるを得ない。この点は次回実施するときは課題になると思う。

参考文献

大倉宏「サイエンスショー『マイナス 200 度の世界II』実施報告(大阪市立科学館研究報告 16,117-118(2006))