

サイエンスショー「マイナス 200 度の世界」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 25 年夏、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、そして 2006 年にも行われている。

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、温度を戻して元に戻したり、また超電導など、定番の実験がいくつもある。当初は電気抵抗の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行った。

2. 実験内容

液体窒素とはどんな液体かから始まって、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、超電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. 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。

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のだが、別の実験でやるのでそこまではご覧いただけなかった。



保存用のデュワー瓶から演示用の透明デュワー瓶に液体窒素を移し、ゴボゴボと激しく沸騰する様子も見ていただいた。また、デジタルで温度を表示できる熱電対があったので、液体窒素の温度を測った。

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温度になったというサインである。観客のこどもに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



*大阪市立科学館(中之島科学研究所)
ohkura@sci-museum.jp

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冷やした。十分冷えたゴムボールを床に置いた水槽のようなものに落とすと硬化したゴムボールは割れた。

以前は、塩化ビニル製のボール(特にノダロンボールという名前のボールが良かった)を用いていたが、粉々に砕けた時破片が飛び散ると危ないということで、軟式テニスボールより少し硬めのゴムボールを使うことになった。逆に割れにくい部分もあったが、水槽にブロックを置き、そこに落とすようにすると確実に割れた。

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シャ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、割れたり破れたりはしなかった。

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。

2-5. 花火 in 液体窒素

火の付いた花火(スパークと言う種類の花火を用いた)を液体窒素にいれても火は消えない。花火は激しく燃焼しているので、液体窒素が気化し、燃焼部分は気体で覆われ冷えないからである。



また、火薬の中には酸化剤があるので、雰囲気の中に酸素がなくとも花火は燃え続けることができる。

液体窒素は水よりもずっと気化しやすい液体で

あることを示した。

2-6. 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)に液体窒素を入れたら、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。



灰皿に固く丸めたティッシュペーパーに火を付けると熾火のように燃える。そこにこの液体を滴らせると激しく燃焼することから、液化した酸素であることが確認できる。

2-7. 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、焼き物(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(冷えるまで別の実験を行う)。

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)。



割りばし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、超伝導体の上にスパーサーを置き、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)。この状態でスパー

サーを外しても、同じ距離で超電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、スパ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)。

3. 考察

3-1. 超伝導体

超伝導体は2種あった。ひとつは、円盤状の強力なもの(A)だが、クラックが入るのを予防するためグリスを塗り、アルミホイルで覆っていた。この超伝導体では、上記の実験ができた。

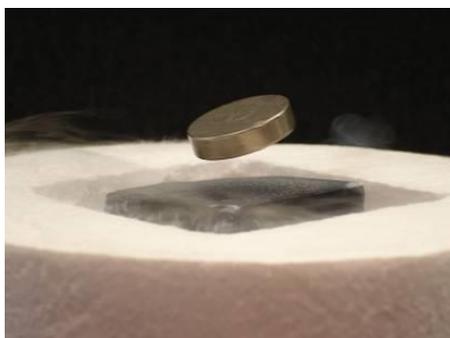
もう一つは、四角い超伝導体(B)で、この超伝導体は、Aより弱かったが、後に述べる理由からこのサイエンスショーではこの超伝導体をメインに使おうとしていた。しかし、何年も使っているうちにクラックがいくつか入り、角のひとつは欠けてしまっていた。



そこで予備に少し小さいが 50φの超伝導体を購入した。サイエンスショー

では、離れたところからも見えるようそれなりの大きさの磁石を浮かせられなければならないが、しかしこの超伝導体は小さな磁石しか浮かず、大きな磁石を使うと浮かなかった。またフィッシングもできなかった。業者にクレームを出し、別のものと変えてもらったのだが結果は同じだった。そのためAかBを使うこととなった。

Bを冷やして超電導状態にし磁石を押しつけると、磁力線が中に入りいわゆるピン止め状態になり、磁石はBの上で浮く。しかしAでそれをやるとマイスナー効果



が強く磁力線が押し出され、容易に貫入しないため磁石ははじき出されてしまう。

そのため

Aでやるときは前述のように割りばしをガイドにしてその上でドーナツ型の(ネオジウム)磁石を浮かべた。しかし割

りばしが邪魔に思えた。Bは磁力線が貫入するため簡単にフィッシング(磁石でBを釣り上げる)の実験ができたが、Aでやるときは、前述のようにスパーサーを使って冷やしなおし、磁力線を貫入させなければならなかった。

Aの上面から貫入した磁力線は下面から出る。Aをひっくり返し、やはりひっくり返した磁石を上から近づけると磁石はAの上で浮いた。磁力線の入り方のせいか、ひっくり返す前の時より高い位置で磁石は浮く。磁力線が貫入した状態のAは磁石とは違うが、一方の面から磁力線が出、もう一方の面から磁力線が入っているのだから磁石と似ていて、鉄とも反応し引きつけた。

3-2. デュワー瓶と液体窒素

前は高さ50センチほどの演示用透明デュワー瓶を使っていたが、今回の演示では女性が多く、重いデュワー瓶から液体窒素を注ぐ時少し怖いという意見もあり小さめの高さ30センチ程の透明デュワー瓶を使った。

前は、演示に使用した液体窒素は1回当たり1リットル弱であったが、今回あまり実験内容が変化してないにも関わらず、1リットル強使った。

小さめの透明デュワー瓶は2つあり交代で使った。使用したデュワー瓶は曇るため、休ませている間に扇風機で風を当てて乾かし、その次の演示で使った。

空気に触れた液体窒素には少しずつ酸素が混入するので、花火の実験もあるので演示で残った液体窒素は元のデュワー瓶に戻さず捨てていた。しかし、花や風船では使えるのだから、別の魔法瓶に移して区別して使えば節約できた。花火の実験には小さなコンカルビーカーを使いその中で花火を燃焼させるので、コンカルビーカーにだけは、その都度デュワー瓶から出したばかりの液体窒素を注ぐようにすれば良かった。

魔法瓶は、液化ガス保存用に1881年フェルディナントが壁間の空気を抜いた二重ガラスの瓶が原型だと言われている。1891年デュワーは金属製の二重壁容器、ついで内側を銀メッキした二重ガラス容器を製作した。

今回の実験で使ったデュワー瓶と魔法瓶は同じルーツなのである。国産第一号の魔法瓶は1909年の大阪にあった日本電球の製品だと言われ、現在でも大阪には、象印マホービン、タイガー魔法瓶、ピーコック魔法瓶工業など大手企業があり、魔法瓶は大阪の地場産業でもある。ちなみに社名にある動物は輸出される主に東南アジアで人気のある動物なのだそうである。



その
ようなこ
ともあ
って、
今回象
印魔法
瓶から
魔法瓶
のカッ

トモデルをお借りし、演示用魔法瓶と並べ、サイエンス
ショーコーナーで展示した。

平成 25 年 6 月 7 日から 9 月 2 日までに本サイエン

スショーは、290 回演示し、28,317 人の観客にご覧に
なっていた。

謝辞

期間中、卓上用マホウビン(花柄)のカットモデルをま
ほうびん記念館からお借りし、展示いたしました。まほうび
ん記念館に感謝します。

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))