

1991年のサイエンスショー

舟越正宣・寒川隆・斎藤吉彦

大阪市立科学館理工課

概 要

1991年度にサイエンスショー(約20分の演示用実験)として「低温の科学」「NとSの世界」「気体の科学」の演示用実験を作成し実施した。ここにその内容を報告する。

1. はじめに

1991年サイエンスショーは

- (1) 液体窒素温度の世界を見る「低温の科学」(6~8月)
 - (2) 磁石の原理を紹介する「NとSの世界」(9~11月)
 - (3) 大気圧の大きさを体感する「気体の科学」(12~2月)
- を実施した。以下にそれぞれの演示内容を紹介する。

2. 「低温の科学」

[1] 主な内容

- ①物体の三態(気体、液体、固体)が、温度によって変化することを理解する。
- ②液体窒素(-196℃)を用いて様々な物が超低温になった時の様子を観察する。

[2] 実験内容

- (1)物体の三態変化を温度を中心に、パネルを使用して解説する。
- (2)液体窒素をビーカーに取り、紹介する。
- (3)生花(主にカーネーション)を液体窒素によって凍結させ、見学者に握りつぶしてもらう。
- (4)ゴムボールを液体窒素によって硬化させ、下に落として割る。
- (5)ゴム風船を液体窒素に入れ収縮させる。また、外に出して膨らんでくる様子を見る。
- (6)試験管に液体窒素を少量入れ、ゴム風船で蓋をし、風船を膨らませる。
- (7)30mの銅線を巻いたコイルを液体窒素によって温度を下げ、その時に電気抵抗も小さくなることを銅線に接続した豆電球の点灯状態によって見る。
- (8)超伝導材料(*1)を液体窒素に漬けて超伝導状態を作り、その上に強力磁石(*2)を乗せ、マイスナー効果を見せる(写真1)。

[3] 解説内容

- (1) 物体の三態（気体・液体・固体）における分子・原子の状態（熱振動・運動）を説明
- (2) 実験(2)で液体窒素が常温において沸騰することを説明
- (3) 実験(3)(4)で低温での花・ゴムの硬化を説明
- (4) 実験(5)で気体（空気）の温度による体積変化を説明
- (5) 実験(6)で液体と気体の体積変化を説明
- (6) 実験(7)で温度による電気抵抗の変化を説明
- (7) 実験(8)で超伝導について説明

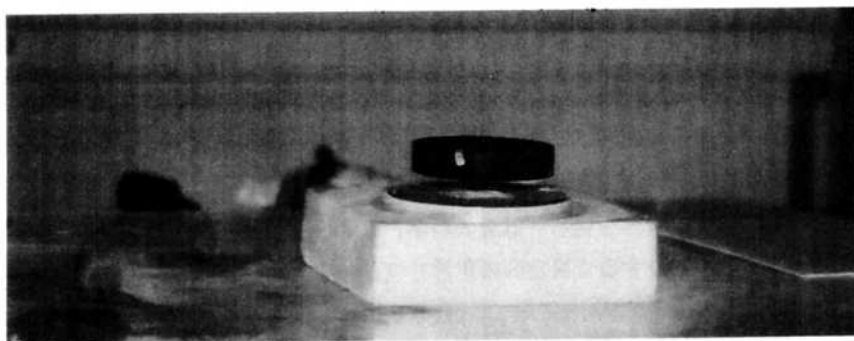


写真1. マイスナー効果の実験

[4] 感想・考察

- (1) 液体窒素という日常生活では見慣れない物を使った実験で興味付けを行いながら、物体の三態変化について説明をしたかったが、実験内容と三態変化が直接むすびつきにくいものとなっているため、三態変化の説明が難しくなってしまった。
- (2) ゴムボールの実験では、ボールを冷やしすぎると、液体窒素の中で割れてしまうため注意が必要であった。（ボール内の空気が収縮するため）
- (3) 液体窒素をステンレス製の容器に入れ実験したが、容器内の様子を観察し易いようにガラス製の物が望ましい。しかし、科学館で探し求めた中では購入先が見つからなかった。
- (4) 超伝導実験では、マイスナー効果を紹介した。市販の超伝導材料では効果が小さく、来館者が観察しにくいいため、光洋精工（株）の協力を得て、効果の大きな資料を使って演示した。来館者の関心は大きかったが、毎日何度も使用するため超伝導材料の破損（割れる）が目立った。

3. 「NとSの世界」

[1] 主な内容

- ①粉末磁石を入れたビーカーの磁性を考察することから強磁性体は微小磁石の集合体であることを学ぶ。
- ②磁石の運動に対する常磁性導体の応答の存在を知ることを動機として電磁誘導の原理を学習する。

[2] 実験概要

- (1) ホワイトボードについた強力磁石(*2)を来館者が取ろうとするが取れない。
- (2) ドーナツ状の強力磁石を鉄尺に付け転がし、ヨーヨーの様な運動をみせる。
- (3) 1本の塩化ビニールのパイプに数個のドーナツ状の強力磁石を数個反発するように並べ、上下に揺すり、強力磁石があたかもばねで反発し合うような運動をみせる。
- (4) 手を2つの強力磁石ではさむ。
- (5) 粉末にしたフェライト磁石を入れたビーカーは磁石につくがクリップをつけない。
- (6) 粉末にしたフェライト磁石を入れたビーカーの底を強力磁石で擦り粉末磁石の方向をそろえると着磁されクリップを相当数つけるが、ビーカーを揺すり粉末磁石の方向をばらばらにすると退磁されクリップをつけない。
- (7) ドライバーの先を磁石で擦ると着磁され、消磁用コイルで消磁される。
- (8) ニクロム線が通電することにより熱せられると磁石に付かなくなる（キュリー温度）。
- (9) 強力磁石をビール缶（3000cc）の上で回せばビール缶が回りだす（写真2）。
- (10) 1円硬貨、10円硬貨をアクリル盤の上のせその下で強力磁石を動かせば硬貨が動き出す。（1円、10円硬貨以外は動きにくい。）
- (11) 棒磁石を発電用コイル内に入れし検流計によりコイル内の電流を確かめる。
- (12) 強力電磁石を見学者と演者が引き合うことで離そうとするが離れない。



写真2. 強力磁石によりアルミ缶が回転する

[3] 解説内容

- (1) 実験(1)～(4)で磁石の基本的性質の整理。
- (2) 実験(5)～(7)で粉末磁石の集合体と鉄との類似性から強磁性体が微小磁石の集合体であることを説明。
- (3) 実験(6)(8)で熱振動とキュリー温度の関係を説明。
- (4) 実験(9)(10)で学習の動機を与え、実験(11)で渦電流の発生、実験(12)で渦電流による磁界の発生を説明し、実験(9)(10)の原理を説明。

[4] 感想、考察

- (1) 強磁性体の磁性の本質は強磁性体内の分子間相互作用、及び磁区が存在と磁壁の移動にある。今回の演示では磁区が存在を説明できるが、「磁区が運動する」というような誤解を与えたと考える。実際そのような質問もあった。正確に表現する工夫が必要である。しかし、この実験から強磁性体内の微小磁石の存在の予想すら難しいと感じた。適当な映像ソフトの必要性を痛感した。
- (2) 実験(8)で鉄以外の強磁性体の存在と通電による熱の発生の説明が必要なため、本題のキュリー一点の説明を不鮮明にした。直接、鉄を火で熱する方法をとるべきである。
- (3) 実験(11)で検流計を使用した。ここで検流計の説明が必要であった。また、検流計内の磁石が棒磁石に反応し検流計の針がまぎらわしい動きをすることがあった。電球を灯すなど直接的な道具を工夫する必要がある。
- (4) 実験(9)(10)は意外性もあり効果が大いだが、小学生には、その原理の理解が難しいようであった。機会があれば、(9)(10)を予想させる様に実験順序を代えて試したい。

4. 気体の科学

[1] 主な内容

- ① 吸ばんの着脱実験、水で満たし、薄い紙でふたをしたコップの逆立て実験、水蒸気の凝縮による噴水・ビール缶つぶし実験を考察することにより、大気圧の存在とそのはたらきかた、その大きさについて学ぶ。
- ② 水蒸気の凝縮を利用し、フラスコ内の気圧を低下させ、お湯を100℃以下で沸騰させることにより、水の沸点と大気圧の関係について学ぶ。

[2] 実験概要

- (1) お腕に熱湯を注ぎ、よくあたためてから水で濡らし、傾けたガラス板の上に伏せるように置く。するとお腕内部の空気があたためられ体積膨張し、ガラス板上を滑る。
- (2) ホワイトボードや平面ガラスにくっつけた吸ばん（アクセサリー用：φ20、およびタチバナ製資材運搬用：φ200）を来館者はずそうとするがなかなかはずれない。また、吸ばんの中に空気を入れると、すぐにはずれる様子を見てもらう。
- (3) コップに水差しを使っていっぱいまで水を入れ、薄い紙でふたをし、コップを逆さまの状態にしても中の水が流れ落ちない様子を見てもらう。

- (4) (3)と同様の実験を2リットルの平底フラスコを用いて実験する。
- (5) 「1気圧」の大きさを、パネルを用いて説明し、人間の体全体にかかっている力の大きさをクイズ形式にて予想してもらう。
- (6) 2リットルの平底フラスコを水蒸気で満たすため、あらかじめ沸騰させておいた少量の湯をすて、フラスコにガラス管を通したゴム栓をはめる。そして、ガラス管の先端を、あらかじめ準備しておいた色付きの水の中に入れる。するとまもなく水がフラスコの方に上がる。
- (7) 3リットルのアルミ製ビール缶内を、少量の水を十分に沸騰させることによって水蒸気で満たす。このビール缶の口にしっかりとゴム栓をし、水差しを使って水をかける。すると、ビール缶は大きな音を立てて一瞬のうちにつぶれてしまう（写真3）。
- (8) 2リットルの三角フラスコに約1リットルの水を入れ、あらかじめよく沸騰させて内部の空間を充分水蒸気で満たしておく。このフラスコにしっかりとゴム栓をし、水差しを使って水をかける。すると、中のお湯が沸騰しはじめる。

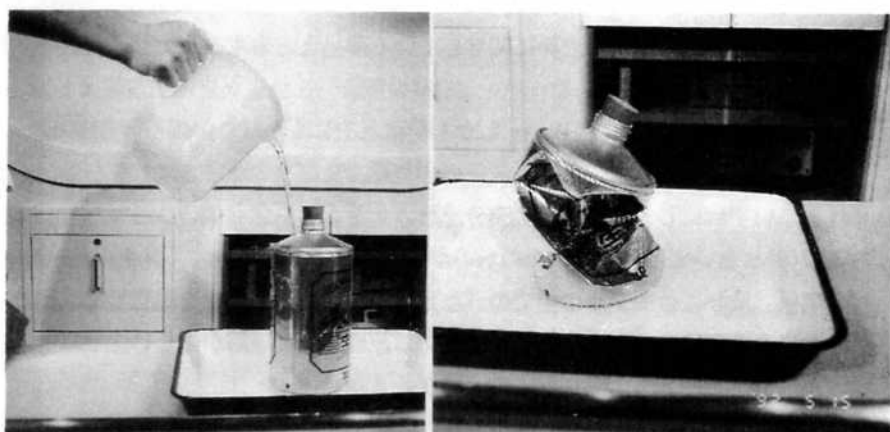


写真3. 水をかけるとアルミ缶が一気に潰れる様子

[3] 解説内容

- (1) 実験(1)で「気体」の基本的性質（体積の熱変化）を整理。
- (2) 実験(2)～(5)で大気圧を説明。
- (3) 実験(5)では地上での平均気圧が1気圧であること、そしてその大きさを説明。
- (4) 実験(6)～(7)では視覚体験を通して「大気圧」の大きさを説明。
- (5) 実験(8)においては、「水で冷やすと沸騰する不思議なお湯」という視覚的特異体験を動機付けに、水の沸点と大気圧の関係（水の沸点：水蒸気圧と大気圧のつりあい点）を説明した。

[4] 感想、考察

- (1) 今回演示した実験は、特殊な装置等を使用したおおがかりなものではなく、吸ばん・

コップ・アルミ缶等、きわめて日常性の高い器具であり、サイエンスショーでの演示がそのまま家に持ち込めるものであった。それゆえ、目の前で起こる「大気圧」現象を容易に追体験できる内容にまとめることができた。

- (2)実験(1)は、現象として明瞭な結果がでにくいいため、途中でとりやめた。しかし、気体の体積の熱変化は、基本性質として重要性が高いため、使用する器具も含めてさらに工夫する必要がある。
- (3)実験(3)・(4)で、大気圧とつりあう水柱は「学」として「10m」とよく言われるが、実際は蒸気圧のため多少短くなる。この「理論」と「実際」の相違がわかりにくいようだったので、パネル等を作成し視覚的に訴える必要がある。
- (4)(5)については3cm方眼図を用いて説明した。クイズの実施に関して言えば、来館者の予想が実験結果として見せられない内容であるので、必ずしもクイズ形式がベストではないと思われる。さらに選択支を動物の体重にしたことは、多少難解さを助長したようなので、今後の実施に際してはより良い方法を追求する必要がある。
- (5)実験(6)についてはアンモニアとフェノールフタレンで赤紫色の液体を使用した、「色付きの液体」が液の上昇に関与している薬品ととらえる節が若干見受けられたので注意が必要である。
- (6)実験(7)の効果は非常に大きい。しかし、潰れ方にもかなりのばらつきがあり、これにはアルミの一様性、缶内の水蒸気の含有量、及び水のかけ方にも左右されると思われる。いずれにしても実験前に充分沸騰させることを怠らないことである。
- (7)実験(8)においては「沸騰」そのものがやや難解であるため、「沸点」と「大気圧」の関係、及びこのモデルの中での「水蒸気圧」とのつりあいを説明したに留まる。意外性のある実験ではあるが、小学生等には原理として理解が難しい。それゆえ、説明方法・演示方法等、工夫を凝らす必要がある。

(*1)イットリウム系(光洋精工(株)提供)

(*2)NEOMAX(住友特殊金属(株)製の主相Nd₂Fe₁₄Bの焼結磁石)φ60×φ30×12

謝 辞

「低温の科学」では、光洋精工(株)から開発途中の高温超伝導材料を提供して頂きました。ここに、感謝申し上げます。