

サイエンスショー「水, 空気, いろいろ大変身」の実施について

齋藤 吉彦*

概要

相転移を紹介するサイエンスショーを企画し, 2007年6月から8月まで実施した。水と空気の三態変化, 強磁性体のキュリー温度における転移, 超伝導体と磁石の相互作用, を観察するものである。

1. はじめに

大阪市立科学館では, 「低温」というテーマで液体窒素を用いたサイエンスショーを数多く実施してきた^{1,2}。液体窒素による低温の現象は迫力があり常に好評であるが, 液体窒素の本質を理解する見学者はまれである。つまり, 液体窒素の派手な現象に興味を示すものの, 三態変化の一状態として理解することはほとんどない。液体窒素は極めて低温の特殊な物体であるという印象を与えてしまうのである。そこで, 今回のサイエンスショーは, 相転移を紹介することを目的とし, これまで実施してきたサイエンスショーから抽出した演示と新たに考案したものを組み合わせ, 液体窒素は三態変化の例示として使用する新しい流れで展開した。主な構成は次のとおりである。

水と空気の三態変化を見せ, 三態変化を一般的な現象として納得させる。

強磁性体のキュリー温度と超伝導状態を例にして, 三態変化より広い概念として相転移を紹介する。本稿では, 2章で演示内容を, 3章でまとめを与える。

2. 演示

次のような流れで演示を組み立てた。

- (1) 水の三態変化を確認し, 既知の事実を定着させる。
- (2) 空気も水と同様に三態変化することを観察し, 三態変化を一般的な現象として理解させる。
- (3) 三態変化を拡張した概念として相転移を導入し, その例として強磁性体から常磁性体への転移と

超伝導体と磁石との反応を観察する。

主な演示実験を表1に与えた。各演示実験の詳細は次に与える。

表1. 主な演示実験

(1) 水の三態変化	
凝固	過冷却水が凍る。
液化と蒸発	風船で閉じたフラスコで, 水蒸気 水の転移を観察する。
湯気	湯気と水蒸気の違いを観察する。
雲	ペットボトル内に雲を生成する。
(2) 空気の三態変化	
気化	液体窒素の蒸発。
液化	液体窒素で空気を冷却し液化する。
凝固	液体窒素を蒸発させ, その気化熱で液体窒素を冷却し固化する。
(3) 相転移	
キュリー温度	熱した鉄は磁石に着かない
超伝導	超伝導体が磁石を反発したり, 両者の相対位置が固定されたりする。

2-1. 水の三態変化

凝固

過冷却水に衝撃を与えると一気に凍る様子を観察する。意外性のある現象を導入とする³。

蒸発

笛吹きヤカンの笛の音で水蒸気を導入。蒸気機関車や火力発電に言及する。

液化と蒸発

フラスコで水を沸騰させ, 風船で蓋をする。膨

* 大阪市立科学館 学芸課
E-mail: saito at sci-museum.jp

らむ風船から気化すると体積が劇的に増加することを知る(図1左)。次にフラスコ内の湯を捨て風船で蓋をする。風船がフラスコ内に膨らみ、底に水が生成する(図2右)。この水を蒸発させると風船が外に出る。また冷やすと風船がフラスコ内に膨らみ、底に水が生成する。



図1. 水蒸気で膨らむ風船(左)と水蒸気の液化により中に膨らんだ風船(右)。底に少量の水が溜まる。

湯気

コイルを熱して湯気が消えることで(図2), 湯気と水蒸気の違いを確認し, 湯気と雲が同質のものであること理解させる。

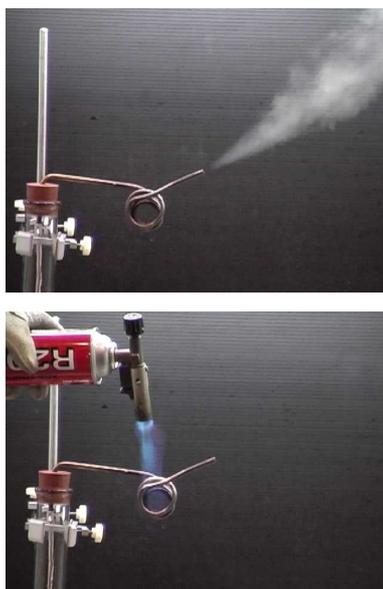


図2. コイルから噴出する湯気(上)。コイルを熱すると湯気が消えて高温の水蒸気が噴出する(下)。

雲の生成

ペットボトル内で, 加圧した湿度の高い空気を断熱膨張させて雲を生じさせる。と関連させ, 見学者が日常見る雲と同質であることを納得させる。

2-2. 空気の三態変化

液体窒素の導入

液体窒素を床にまくなどしながら, 液体窒素が

空気の液化したものであることを紹介する。

気化

液体窒素を笛吹きヤカンに入れ, 笛を鳴らす。次にペットボトルに液体窒素を入れ, 風船で蓋をし, 風船を膨らませる(図3)。2-1 と比較する。



図3. 液体窒素の蒸発で膨らむ風船

液化

透明のビニール袋に空気を入れ, 液体窒素で冷却すると, ビニール袋が収縮し液化した空気が観察できる(図4)。その後, 液化した空気が蒸発し, ビニール袋が膨らむ。2-1 と比較する。



図4. かさ袋の底に出来た液体空気。

凝固

真空鐘内に液体窒素を入れ, 減圧する。気化熱で液体窒素が冷え固化する(図5)。

一般化

三態変化はほとんどの物質で起こることを説明する。

2-3. 相転移



図5. 液体窒素の固化。表面で凍った固体窒素がときどき飛び上がる。

キュリー温度

磁石に着いたクリップをガスバーナーで熱すると、磁石に着かなくなることを観察する(図6)。ここで、鉄も三態変化することを説明し、液化する前に常磁性に転移することを説明する。

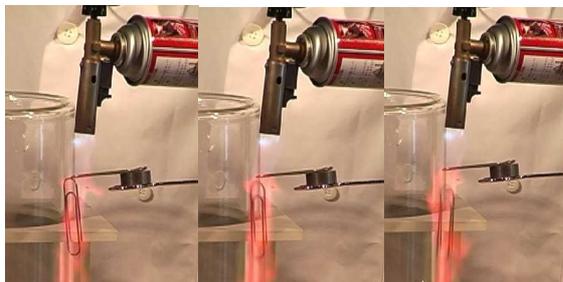


図6．着いたクリップを熱すると、磁石に着かなくなる。

超伝導

常温では磁石に反応しない高温超伝導材料⁴が液体窒素温度で磁石を反発する(図7)。また、図8のように磁石の近傍でこの高温超伝導材料を液体窒素で冷却すると、超伝導体内に磁力線がピン止めされ磁石と高温超伝導材との相対的位置が固定される(図9)。

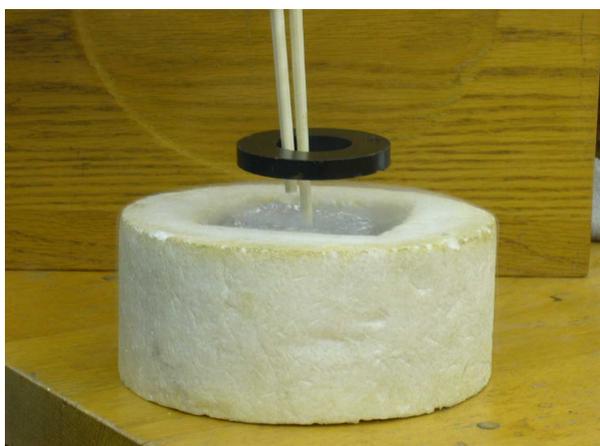


図7．超伝導現象。磁石を反発する超伝導体。

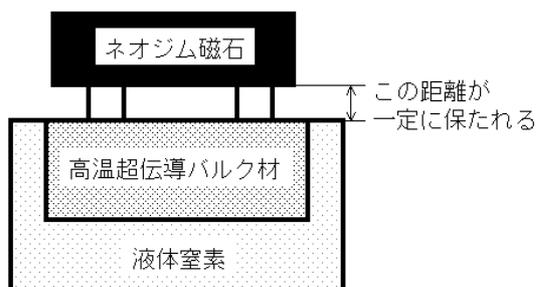


図8．磁力線のピン止め効果を与える冷却方法

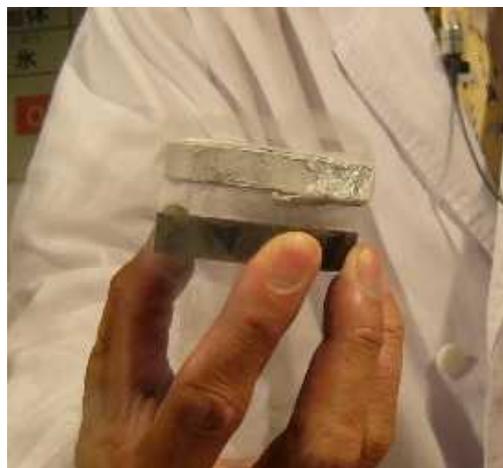


図9．超伝導現象。磁力線のピン止め効果により磁石との相対距離を保つ超伝導体。

3.まとめ

今回のサイエンスショーは相転移を紹介することが目標であった。見学者にとって身近な概念である水の三態変化を導入とし、空気の三態変化から相転移へと展開した。導入から見学者にとって初めての現象が続き、多くは派手なもので感嘆の声があがった。水の三態変化、空気の三態変化、相転移、と3部構成となっていて、それぞれが一つのサイエンスショーのテーマとしてもよいものである。演示実験は2章に示したように全てが相

転移による現象である。数多くの相転移現象を見せることで、相転移の帰納的理解を促すことを期待した。ただし、原子分子の概念のない小学生には、相転移と化学的变化との違いを理解させるのは不可能で、「大变身」という概念を代用することにした。演示者が相転移を常に意識して展開した場合、目標は達成されたと思われる。

ただし、雲の生成の解説やキュリー温度では見学者に退屈な様子が見受けられた。一方で、超伝導現象はあまりにも強烈な印象を与えるものであった。やだし、相転移という概念で超伝導現象を観察する余裕のない見学者も多くいたようである。そして、超伝導現象を観察を続けたいがために、起承転結の結の言葉が耳に入らない様子が見受けられた。

今回の演示で、湯気と水蒸気との違いに初めて気づいた見学者は多く、またその時の驚きや喜びも大きかったようである。今後、このような誤解を正す演示をサイエンスショーに取り入れることを検討したい。

超伝導に関しては、磁力線の観察を準備していたが⁵、磁力線概念の説明するのがサイエンスショーの構成上困難なため、今回は割愛した。機会を改めて超伝導現象における磁力線をテーマとしたサイエンスショーを企画する予定である。

今回のサイエンスショーは実験数が多すぎたようで、一回のサイエンスショーで全ての演示について十分に観察や考察を行うことは、時間的にも見学者の体力からも無理があった。そのため、雲の生成実験は省くこともあった。また、液体酸素の生成も準備していたが、割愛した。ただし、複数回連続のサイエンスショーや学校授業には適していると思われる。

謝辞

本サイエンスショー企画のきっかけは、板橋隆久先生の意見です。以前実施していたサイエンスショー「マイナス 200 の世界」²について「液体酸素は特別な物体ではなく、三態変化の一形態であることを言うべき。」との意見をいただいたのです。この意見を検討するうちに、相転移をテーマとするサイエンスショーで、これまでにない新しいものが完成しました。板橋先生にこの場を借りて感謝します。

新日本製鐵(株)先端技術研究所新材料研究部には、著者の演示構想に理解いただき高温超伝導バルクを提供いただきました。特に同社の手嶋英一氏には様々な相談に快く応じていただきました。厚く御礼申し上げます。

-
- ¹ 齋藤吉彦:大阪市立科学館研究報告 10,107(2000)
 - ² 大倉宏:大阪市立科学館研究報告 16, 117(2006)
 - ³ 大倉宏:大阪市立科学館研究報告 14, 163(2004)
 - ⁴ 新日本製鐵(株)の CuBaDyO 高温超伝導材
 - ⁵ 齋藤吉彦:「超伝導現象における磁力線観察」本誌, 「マイナス効果が見える磁力線観察」近畿の物理教育第 14 号, 「超伝導現象を含む磁力線ダイナミクス」の大型演示, 物理教育 56-2(2008)