

# 平成 17 年度における出前授業の実践報告

古川万寿夫\*

## A Report of the Delivery Seminar Carried Out in 2005

FURUKAWA Masuo

キーワード：出前授業，地域貢献，小学校，中学校，工作，実験，科学体験

### 1. はじめに

長野高専においては、自然科学や技術の楽しさと面白さを知ってもらうこと、地域への貢献、地域との連携を推進することなどを目的とした出前授業が平成 14 年 10 月から実施されてきている<sup>1)</sup>。

筆者は工作や実験を中心とした出前授業を平成 14 年度から実施し、文献 2), 3), 4), 5) において報告した。これらの報告以降、平成 17 年度には 24 件の出前授業を実施した。本報告では、平成 17 年度に実施した出前授業の実施実績とその中の 1 テーマである「びっくり！超低温実験ショー」の実践内容について報告する。

### 2. 平成 17 年度の出前授業

筆者は平成 17 年度において出前授業のテーマとして次の 7 つを用意した。

- 1) びっくり！超低温実験ショー
- 2) めざせ！技術者・科学者 あなたの進路は？
- 3) たのしい科学工作や実験をしてみよう
- 4) 移動技術科学館
- 5) コンピュータで電車を運転してみよう
- 6) ふしぎ？科学マジック
- 7) 飛べ！ペットボトルロケット

上記テーマの 2) および 5) は新しく設けたテーマである。しかし、2) および 5) は依頼がなく、実際には実施されなかった。平成 17 年度に筆者が実施した出前授業の実施実績を表 1 に示す。実施回数は合計 24 回である。

### 3. びっくり！超低温実験ショー

本報告では、実施した出前授業の中から「びっくり！超低温実験ショー」についてとりあげて詳細を述べる。この授業は液体窒素を用いて花やバナナなどを凍らせる実験、ふくらませた風船を液体窒素に出し入れして物質の 3 態変化を観察するような実験を演示するものである。演示するだけでなく、参加人数によって方法はまちまちだが、参加者が実験を実際に体験してもらうよう努めている。このテーマは本校の出前授業の中で最も実施回数が多いテーマでもある。

液体窒素は無色透明の液体で、沸点が $-195.8^{\circ}\text{C}$ であり、常温においては気体である。気体窒素は空気中に約 78%含まれており毒性はない。用途は工業・医療用冷却材や爆発物の処理などに用いられている。液体窒素は大気中の窒素を分別し圧縮・冷却をして製造される。本校には液体窒素製造機がないため、業者から 1 回につき 10 リットル程度を購入して使用している。

ショーの内容は、後藤道夫氏の実験ショーなどを参考に構成している。ショーの所要時間は 30 分から 90 分程度の時間が必要である。実験道具として液体窒素を運搬するための保温容器、透明ガラスでできているデュワービン、液体窒素中から物体を引き上げるために使用するトング、手の凍結を防止するための皮手袋などが最低限必要となる。

実験項目は全部で 17 項目あり、ショーの開催時間や対象者の年齢に応じて実施する実験項目を選択して行っている。次の (1) ～ (17) に各実験項目に分けて詳細を述べる。危険でない場合には参加者に実験を体験してもらっている。参加者に対して説明する原理は参加者の年齢に合わせてその都度分かりやすくアレンジをしている。

\* 電気電子工学科 助教授

原稿受付 2006 年 5 月 19 日

表1 平成17年度に実施した出前授業

| 実施日            | テーマ               | 出前先              | 内 容   | 講師                         | 対象者                 |
|----------------|-------------------|------------------|---|----------------------------|---------------------|
| 平成17年7月11日(月)  | びっくり!超低温実験ショー     | 長野市立朝陽小学校        | 液体窒素を用いた様々な低温実験の実演と参加者による実験   | 古川                         | 小学4年生・46名(参観日)      |
| 平成17年7月14日(木)  | びっくり!超低温実験ショー     | 松本市立菅野中学校        | 液体窒素を用いた様々な低温実験の実演と参加者による実験   | 古川                         | 小学3年生・46名           |
| 平成17年7月19日(火)  | びっくり!超低温実験ショー     | 佐久市立高瀬小学校        | 液体窒素を用いた様々な低温実験の実演と参加者による実験   | 古川                         | 小学5年生・37名(参観日)      |
| 平成17年7月25日(月)  | たのしい科学工作や実験をしてみよう | 栄村立東部小学校         | 液体窒素を用いた様々な低温実験の実演と参加者による実験   | 古川                         | 小学1~6年生・32名         |
| 平成17年7月25日(月)  | ふしぎ?科学マジック        | 栄村立東部小学校         | 液体窒素を用いた様々な低温実験の実演と参加者による実験   | 古川                         | 小学1~6年生・32名         |
| 平成17年8月4日(木)   | びっくり!超低温実験ショー     | 長野市立古里小学校        | 液体窒素を用いた様々な低温実験の実演と参加者による実験   | 古川                         | 小学1~6年生・30名         |
| 平成17年9月22日(木)  | ふしぎ?科学マジック        | 松川村立松川小学校        | 科学の原理を用いたマジックの実演  | 古川                         | 小学3年生・28名           |
| 平成17年9月29日(木)  | 移動技術科学館           | 長野市立朝陽小学校        | 1) 超低温実験ショー<br>2) ドライアイスで遊ぼう<br>3) 電池を作ろう<br>4) 回るものの不思議<br>5) 太陽電池を作ろう   | 古川<br>永藤<br>鈴木<br>奥村<br>渡辺 | 中学4年生・107名          |
| 平成17年10月1日(土)  | ふしぎ?科学マジック        | 立科町教育委員会         | 科学の原理を用いたマジックの実演  | 古川                         | 小学1~2年生・20名         |
| 平成17年10月11日(火) | ふしぎ?科学マジック        | 辰野町立辰野東小学校       | 科学の原理を用いたマジックの実演  | 古川                         | 小学3年生・35名           |
| 平成17年10月12日(水) | びっくり!超低温実験ショー     | 飯山市立飯山小学校        | 液体窒素を用いた様々な低温実験の実演と参加者による実験   | 古川                         | 小学3年理科クラブ・32名       |
| 平成17年10月25日(火) | ふしぎ?科学マジック        | 上田市立豊殿小学校        | 科学の原理を用いたマジックの実演  | 古川                         | 小学5年生・65名           |
| 平成17年11月4日(金)  | びっくり!超低温実験ショー     | 小諸市立坂の上小学校       | 液体窒素を用いた様々な低温実験の実演と参加者による実験   | 古川                         | 理科クラブ・14名           |
| 平成17年11月5日(土)  | 飛べ! ペットボトルロケット    | 長野市立徳間小学校<br>PTA | ペットボトルを用いた水ロケットの製作  | 古川<br>柄沢                   | 小学3年生・47名           |
| 平成17年11月12日(土) | びっくり!超低温実験ショー     | 長野市立徳間小学校        | 液体窒素を用いた様々な低温実験の実演と参加者による実験   | 古川                         | 小学1~6年生・120名        |
| 平成17年11月13日(日) | 移動技術科学館           | 阿南町立新野学校PTA      | ■サイエンスショー<br>ふしぎ?科学マジック<br>■体験屋台コーナー<br>1) クリップモーターをつくらう<br>2) びっくり!超低温実験ショー<br>3) 回るものの不思議<br>4) 動く汁椀の秘密<br>5) 水を吸うふしぎな粉・人工イクラ | 古川<br>大澤<br>板屋<br>奥村<br>渡辺 | 小中学生・127名<br>保護者78名 |
| 平成17年11月18日(金) | びっくり!超低温実験ショー     | 佐久市立浅科小学校        | 液体窒素を用いた様々な低温実験の実演と参加者による実験   | 古川                         | 小学5~6年生・143名        |
| 平成17年11月20日(日) | たのしい科学工作や実験をしてみよう | 立科町教育委員会         | びりびり感電実験  | 古川                         | 小学3年生~<br>中学3年生・20名 |
| 平成17年11月28日(月) | たのしい科学工作や実験をしてみよう | 開田村立開田中学校        | 液体窒素を用いた様々な低温実験の実演と参加者による実験<br>針金モーターを作ろう   | 古川                         | 中学1~3年生・42名         |
| 平成17年12月4日(日)  | たのしい科学工作や実験をしてみよう | 立科町教育委員会         | ペットボトルロケットの製作   | 古川                         | 小学3年生~<br>中学3年生・20名 |
| 平成17年1月21日(土)  | ふしぎ?科学マジック        | 須坂市立仁礼小学校        | 科学の原理を用いたマジックの実演  | 古川                         | 小学6年生・27名           |
| 平成17年1月21日(土)  | たのしい科学工作や実験をしてみよう | 須坂市立仁礼小学校        | 液体窒素を用いた様々な低温実験の実演と参加者による実験   | 古川                         | 小学6年生・27名           |
| 平成17年1月21日(土)  | ふしぎ?科学マジック        | 長野市男女共同参画センター    | 科学の原理を用いたマジックの実演  | 古川                         | 小学1年生~3年生・父兄・27名    |
| 平成17年2月4日(土)   | たのしい科学工作や実験をしてみよう | 立科町教育委員会         | 明るくなると鳴る電子オルゴールを作ろう。<br>びっくり「さそりの標本」を作ろう。   | 古川                         | 小学3年生~<br>中学3年生・20名 |

### (1) 液体窒素ってなに？

液体窒素を透明デュワービンに注いで、どんなもののなかを目視してもらう。室温になっているデュワービンが液体窒素で十分に冷えるまでは沸騰状態が続く。液体窒素にとってはデュワービン温度が沸点以上であるため、液体窒素が沸騰して気化して空気中に戻っていくことを説明する。

また、冷たさを感じてもらうために、デュワービン内の気化した気体窒素部分へ参加者に手を入れてもらう。これは液体窒素中には手を入れないよう充分に注意を与えてから行っている。手を入れる際の恐怖感を解くために演示者が、一瞬、液体窒素中に手を差し入れて見せて、一瞬であれば手の周りの液体窒素が体温により気化して手を保護するので凍ることはないことを示す。

その他、窒素が空気中に約 78%存在すること、毒物でないことおよび液体窒素の温度について説明する。

### (2) 花がばらばらに

液体窒素で花を十分に凍らせた後、外に出して手で揉んでみてバラバラにする実験である。厚さが薄い花びらは 10 秒程度で凍結し、手で揉むとガラスのような音を立てて割れることを体験する。また造花は凍らないことを演示し、水分が含まれないと凍らないことを説明する。材料として用意できる花の数に限りがあるので、参加者が多いときは代表者複数名に体験をしてもらうこともある。

### (3) バナナがかなづちに

バナナを十分に凍らせて、凍ったバナナでかなづちの様に釘を叩いて木片に打ちつける実験である。代表者にバナナを液体窒素に投入してもらい、凍ったら取り出して釘を叩いてもらう。バナナは 3 分ほどでほぼ芯まで凍る。完全に凍らせるとバナナにひびが入ってしまったり、釘を叩いたときにバナナが割れてしまうことが多いので、2 分以下程度がちょうど良い。凍ったバナナを割り、バナナ同士をぶつけてカチカチになっている音を聞いてもらう。また、演示者がバナナを持って見せて回り、断面の色が生バナナに比べて白いこと見てもらったり、触ってみてもらってカチカチであることを参加者に体感してもらう。

### (4) ボール爆弾

ゴムボールもしくはビニールボールを冷却して硬化させる。冷却硬化させたボールを指先で叩いて音をたてて、カチカチになっている様子を知らせる。その後、床上に放り投げると「ポン」と音を立てて碎け散る様子を見る実験である。

実験は 1~2 名の代表者に体験をしてもらうことがある。

### (5) カチカチスーパーボール

スーパーボールを冷却して硬化させる。硬化したスーパーボールは中心が空洞でないで床に落としても割れることがない。また弾性が失われているのでガラス玉のように

なっていて弾まない。

実験は 1~2 名の代表者に体験をしてもらうことがある。

### (6) カリカリマシュマロはいかが？

マシュマロを液体窒素で冷却して、取り出したものをすぐに口に入れて食べてもらう。注意点としては液体窒素が付着したマシュマロを口に入れると危険なので、十分に気化したことを確認して渡すようにしている。参加者全員に食べてもらい、液体窒素で冷却したものを口に入れても冷たくないという意外性と、カリカリとした食感を感じてもらう。冷たくない理由としては、細かな気泡の集まりであるマシュマロは、気泡中の空気が断熱材となり短時間で液体窒素温度までに冷却されないからである。

### (7) 消える風船

空気でふくらませた細長い風船を液体窒素中に入れて冷却すると、気体が体積を減じて風船が縮む実験である。液体窒素中へ完全に風船を入れると、空気が液化してぺちゃんこになってしまうことを見せる。このとき風船の中にあった空気はどこに消えたのか質問を参加者に投げかけてみる。参加者が多いときは代表者複数名に体験をしてもらう。

### (8) あれれ？ふくらむぞ

実験項目 (7) でぺちゃんこになった風船を空気中に取り出すと、液化していた空気が気化して容積が増え再び風船がふくらむ実験である。参加者が多いときは代表者複数名に体験をしてもらう。風船のふくらみ具合によって破裂して大きな音を立てることがあるので、その旨を口頭で前もって知らせておく。

### (9) なにもないふくら袋の中に

実験項目 (7) および (8) において何がおきているのかを確認してもらうために、透明なビニール袋を用いて風船の場合と同様の実験を演示してみせる。原理を説明するために、この実験は演示者が行う。

まず、手に皮手袋をはめて、空気をビニール袋に入れて袋の入口をねじって空気が漏れないように手でつまんでおく。これを液体窒素の中に手を使って沈める。風船と同様にぺちゃんこになることを確認してから、外へ取り出す。取り出した袋の中に白濁した液体があることを参加者に見せて回る。そしてまた、温まってくると白濁した液体の量が減って、袋がふくらんでいく様子も観察してもらう。

この実験を見せながら、気体の温度による容積変化および気体と液体の状態変化を説明する。

### (10) 火をつける水

実験項目 (9) において袋の中にたまった液体の一部の正体を説明する実験である。ステンレスカップに液体窒素を注ぐ。するとステンレスカップの外側に触れている空気が冷却されて、沸点が約 -183℃である酸素が液化されてカ

ップの淵からしずくとしてたれ落ちる。点っている線香をこの水に近づけると炎が燃え立つ。このことから、実験項目(9)において袋の中にたまった液体の一部は酸素が冷却されて液化したものであることを説明できる。

#### (11) さっと消える白い粉

これも実験項目(9)において袋の中にたまった液体の一部の正体を説明する実験である。二酸化炭素ガスのみをビニル袋に入れて(9)の実験と同様の実験をする。すると、冷却された二酸化炭素ガスはドライアイスの白い粉に昇華する。また、白い粉は常温で加熱をすると二酸化炭素ガスに昇華する。

この様子を演示し、実験項目(9)の液体が白濁していた理由および昇華という現象について説明する。

#### (12) フィルムケースの命は

液体が気化すると体積が急増することを確かめる実験である。フィルムケースに1cc程度の液体窒素を入れて、フタをする。液体窒素は常温で急激に気化されて体積を増す。その結果、フタが「ボン」と音を立てて勢いよく吹き飛ぶ。蛍光灯やガラス等の割れやすいもののおよび人が、フタの吹き飛ぶ方向に存在しないことを確認してから行うことが必要である。また、フィルムケースに水滴がついているとフタが凍り付いて吹き飛ばずに、フィルムケース本体が粉々に破裂することがあるので注意が必要である。この実験は危険が伴うので演示するだけにとどめている。

液体窒素がフィルムケース内で気化していることと、気化すると体積が約700倍になることを説明する。

#### (13) エジソン電球のひみつ

白熱電球ではフィラメントを燃やさないために、ガラス管の中から酸素が排除されていることを説明する実験である。実験ではフィラメントの代わりにシャープペンシルの替芯を用いる。替芯はスライダックで10~20Vの交流電圧を印加して電流を流すと赤く発光する。一旦、空気中で発光させてみて、替芯が燃え尽きることを見てもらう。次に、液体窒素中で替芯を発光させると、酸素が存在しないため燃えないで長時間発光することを見てもらう。空気中ではすぐに燃え尽きるが、液体窒素中では白色で明るく発光させることができる。この実験は1名の参加代表者に実験をしてもらう場合もある。

#### (14) 超伝導の一步手前

金属を冷却すると抵抗が減ることを示す実験である。エナメル線を500回程度巻いた直径5cm程度のコイルを電気抵抗にして、乾電池および豆電球と直列に接続して豆電球を発光させておく。コイルを液体窒素中で冷却すると電気抵抗が減り、豆電球が少し明るく発光することを演示する。

#### (15) 超伝導

超伝導物質を液体窒素で充分冷却し、超伝導物質の上で小型の永久磁石がマイスナー効果により浮上することを観察する実験である。どちらかと言えば中学生向きである。

#### (16) 爆発物処理ってどうやるの?

時限爆発物を処理する際に、起爆装置を液体窒素で冷却することがある。この1つの理由として起爆装置の乾電池を冷却することにより起電力を失わせることが挙げられる。

この実験では豆電球に乾電池を接続して発光している状態で、乾電池を液体窒素中に投入し徐々に豆電球が消えていく様子を観察する。乾電池内部の化学反応が冷却によってしだいに鈍っていき、しまいに化学反応がおきにくい状態になっていることを説明する。

#### (17) アイスクリューム3分クッキング

アイスクリュームを作って食べてもらう実験である。約30名分の材料は牛乳約500ml、生クリーム約200ml、卵2個、砂糖約100gである。すべての材料をパイレックス製のガラスボールに入れて泡だて器でよく攪拌する。2分程度攪拌したら、液体窒素を材料の中に少しずつ注いで混ぜていく。材料が冷やされて固まりアイスクリュームとなる。液体窒素は気化されて空気中に戻っていく。また、液体窒素は毒性はないので食べるものに直接注入しても大丈夫である。出来上がったアイスクリュームはクラッカーなどにつけて食べてもらう。

## 4. まとめ

現在まで、50回を超える出前授業を実施してきた。出前授業は、未来の技術者・科学者の卵を発掘するために、とても重要な意味を持つ事業である。今後も継続していくべきである。またさらに良い出前授業にするために、参加者に対して内容評価のアンケート調査を行い、改善に役立てていきたい。

## 参考文献

- 1) 「長野高専出前授業」のご案内：長野高専パンフレット
- 2) 古川万寿夫、他：科学体験を中心とした出前授業の実施報告、長野工業高等専門学校紀要、第38号、pp. 121~124(2004.6)
- 3) 古川万寿夫、他：工作や実験を中心とした小中学生向け出前授業、高専教育、第28号、pp. 737~742(2005.3)
- 4) 古川万寿夫：平成16年度における出前授業の実践報告、長野工業高等専門学校紀要、第39号、pp. 119~122(2005.6)
- 5) 古川万寿夫、他：移動する科学博物館をイメージした屋台形式と授業形式による出前授業「移動技術科学館」、高専教育、第29号、pp. 683~688(2006.3)