

(504) 基礎その他

極低温と超伝導現象に関するアウトリーチ活動における一考察

A consideration in outreach activities on cryogenic temperature and superconducting phenomena

野田 優利奈[†] 寒川 太郎[†] 吉田 大将[†] 岡田 秀希^{††} 原田 直幸[†] 崎山 智司^{†††}

Yurina Noda[†] Taro Samukawa[†] Hiromasa Yoshida[†] Hideki Okada^{††} Naoyuki Harada[†] Satoshi Sakiyama^{†††}

[†]山口大学大学院 創成科学研究科 ^{††}山口大学 工学部 ^{†††}山口大学 国際総合科学部

1 はじめに

科学技術立国を目指す我が国にとって科学技術系人材の育成は最重要事項であるが、近年の小中学生の理科離れ・数学嫌いが呼ばれて久しい。このような状況に、政府は第3期科学技術基本計画^[1]から小中学生への科学技術教育にも言及し始めた。これに伴い全国的に科学技術に関するアウトリーチ活動が盛んに行われるようになってきた。

山口県でも県内の産業を支える理系人材の育成が必要であるとの意見が多く出され、山口大学が中心となり県内の産学公民の関連機関と協力しながら、小中学生に理科や数学、科学技術に興味関心を抱かせる事業「長州科楽維新プロジェクト^[2,3]」を立ち上げた。

この事業の大きな特長の一つは、各機関が自らの独自性を生かした実験プログラムを開発し、実施するところにある。筆者らのグループも、プロジェクトの一環として、極低温と超伝導現象を用いたテーマの演示実験プログラムを開発してきた。活動を始めた当初、小学校低学年を対象とする演示実験は試行錯誤であったが、安全面を含めて改良や改善を重ね、現在の演示実験プログラムとなった。そこで、最近の活動で行っている演示実験の内容や構成、実験装置、体験者の感想などをまとめ、考察を行う。また今後の計画について述べる。

2 長州科楽維新プロジェクト

長州科楽維新プロジェクトは、小中学生に科学技術の楽しさを伝え、将来地元の産業に貢献する科学技術系人材を育成することを目的としている。この実現のため、①科楽騎兵隊（出前実験）事業、②科学少年隊事業、③合同イベント事業（サイエンスフェスティバル等）、④インターネットを用いた情報発信事業、⑤科楽ネットワーク構築事業の5事業を県内全域にわたって展開している。現在、参加機関数は142（大学・高専、行政、教育委員会、科学館・博物館、NPO法人、ボランティア、企業等）、年間の平均イベント回数は約150回、2009年の活動開始以来の観客動員数は103万人である。

3 極低温と超伝導現象を用いた演示実験の構成

現在、液体窒素を用いた演示実験や超伝導体を用いた演示実験は、多くの教育・研究機関、自然科学や科学技術をテーマとした博物館^{[4][5]}などで実施されている。筆者ら（崎山、岡田、原田）のグループは、「長州科楽維新プロジェクト」において2009年の活動当初から、液体窒素や液体窒素で冷却した風船やバラの花を用いた実験、磁気浮上装置に乗る体験などを実施し、現在は「見る」「触る」「驚く」で構成される以下の演示実験を行っている。

(1) 「見る」こと

①液体窒素の観察

- ・断熱した透明のガラス製容器に -196°C の液体窒素を入れ、沸騰している様子を観察する。

②液体窒素が蒸発する様子の観察

- ・液体窒素を机の上または床などに撒いてその様子を観察する。

③液体窒素で凍らせたボールを床の上に落として粉々にする実験

- ・実際に参加者にボールを床の上に落とすこと参加してもらう。

④気体を冷却して固体にする実験

- ・二酸化炭素(気体)が入った長風船を液体窒素で冷却して縮ませ、図1に示すように中の二酸化炭素が固体になる様子やその後暖められて気体になり図2に示すように膨らんでいく様子を観察する実験



図1 二酸化炭素が入った風船が縮む実験

表 1 最近の極低温と超伝導現象に関するアウトリーチ活動のまとめ

開催日	開催場所	会場	タイトル	小学生以下の参加者数
2017年11月23日	山口市	公共施設ホール	「親子で楽しくサイエンス -196℃の世界を体験してみよう！」 ^(注1)	26名
2019年7月13日	山陽小野田市	大型ショッピングセンター イベントホール	おもしろ科学教室 「電気と磁石のふしぎ発見」 ^(注2)	約70名
2019年9月28日	長門市	公共施設ホール	「-196度の世界を体験しよう」 ^(注3)	272名 ^(注4)

注1)第8回山口市男女共同参画センターフェスティバル 子育てワークショップ

注2)山口大学工学部創立80周年記念事業「ノーベル賞を受賞した日本の科学者」パネル展同時開催

注3)長門サイエンスフェスティバル

注4)磁気浮上装置の実験を体験した人数

(2)「触る」体験

①凍らせたバラの花を手で砕く実験

- 参加者自身がバラの花を液体窒素中に約 10 秒間入れて凍らせ、図 3 に示すように一人一人手袋をした手で砕く実験

②超伝導体の反発力の体験

- 液体窒素で超伝導バルク体を冷却して、図 4 に示すように 1 個の超伝導体と 1 個の永久磁石との間の反発力を体感する実験

(3)「驚く」体験

①超伝導体を用いた浮上装置に乗る実験

- (2)の「触る」体験を発展させ、図 5 に示すように液体窒素で冷却した超伝導体の上に永久磁石を配置した円盤を浮上させ、その上に参加者が一人一人乗る実験
- さらに、フィギュアスケートのように、腕を広げたり、腕を縮めたりすることで回転速度が変わることを体感する実験

最近では以上の演示実験の構成を基本として、表 1 に示す活動を行ってきた。



図 3 バラの花を凍らせて触って砕く実験



図 4 超伝導体と永久磁石の反発力を体感する実験



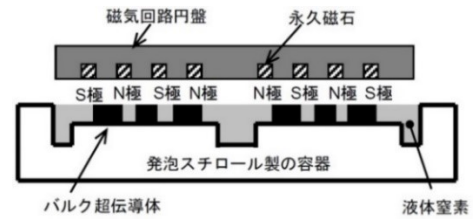
図 2 二酸化炭素の固体が暖められて気体になり、風船が膨らむ実験



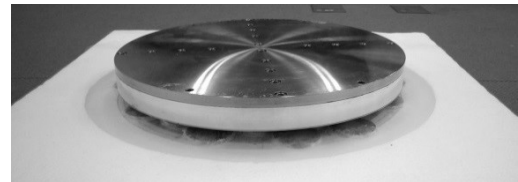
図 5 超伝導体を用いた磁気浮上装置の実験

4 超伝導体を用いた磁気浮上装置

「驚く」体験で用いる磁気浮上装置は、バルク超伝導体の上に永久磁石を配置し、バルク超伝導体の磁束ピンニングを利用したもので、大人の浮上体験も可能である。^[6]磁気浮上装置の構成と概観を図6に示す。加工した発泡スチロールの容器に液体窒素を溜め、ネオジム磁石を同心円状に配置して上部の磁気回路円盤が浮上した状態で回転できるようにしている。この磁気回路円盤は外径 $\phi 340\text{mm}$ 、質量 19kg で、使用しているバルク超伝導体は44個である。製作以来、演示実験での浮上体験の延べ人数は、大学内のイベントなども含めると3400名を越えている。なお、このような超伝導体を用いて人間を浮上させる装置は国内の大学等に複数台あり、低温工学・超電導学会が主催するイベント^[4]や各大学が実施するイベントなどでも使用されている。



(a)



(b)

図6 超伝導体を用いた磁気浮上装置の構成(a)と概観(b)

表2 山口市で行われた2017年11月23日のイベントに参加した子供の感想

- ・液体窒素専用の入れ物があること、液体窒素は最低 -200°C になること。またちょうでんどうがまわるということ。バラの花は液体窒素につけるとかたくなること
- ・玉を投げて割れたこと。
- ・えきたいちっそがころがってきたのがすごかったです。
- ・バラがぐちゃぐちゃになったことです。ちょっとこわかったです。
- ・バラがわれたこと。
- ・バラをさわるときにバリバリおとがしました。
- じしゃくのときにてをひろげたらおそくなって、てをといたらはやくになりました。たのしかったです。じっけんをいちどだけみてみたいとおもったらできてうれしいです。
- ・じっけんしてえきたいちっそにつけたばらをてでつぶしました。はなびらがぱりぱりしていた。えきたいちっそでじしゃくがういてびっくりしました。
- ・液体窒素用の入れ物がある事、液体窒素は最低 -200°C になること。またちょうでんどうがまわるということ。バラの花は液体窒素につけるとかたくなるということ。
- ・まわってたのしかった。くるくるまわってたのしかった。
- ・ちょうでんどうでクルクル回る。
- ・リニアのでんしゃがたのしかった。くるくるまわるのがおもしろかった。
- ・くるくる回って目がまわりそうでした。
- ・じしゃくがまわるのがたのしかったです。
- ・何でじしゃくの上にえき体ちっそをたましてひやしたらのせたものがうくんだらうとふしぎに思いました。
- ・液体窒素がすごかったです。最後のぐるぐる回る実験がすごかったです。おもしろくて楽しかったです。
- ・ちょうでんどうでまわるのがすごかった。

表3 山口市で行われた2017年11月23日のイベントに参加した保護者の感想

- ・科学に興味を持ってもらいたいと参加した。
- ・家庭ではできないことが体験できた。
- ・参加できるので良かった。
- ・触らせてもらって楽しかった。
- ・子どもと一緒に体験できてよかった。
- ・実験の数がもう少しあるとよいのでは。

5 演示実験参加者の感想

2017年11月23日に行われた第8回山口市男女共同参画センターフェスティバル^[7]「親子で楽しくサイエンスー196℃の世界を体験してみよう!」に参加した子供(3才から11才)の感想を表2に、保護者の感想を表3にそれぞれアンケートに記入された表現でまとめる。また、イベントに参加した子供の年齢と人数を図7に示す通りで、イベントに参加した子供は小学校低学年以下がほとんどであった。

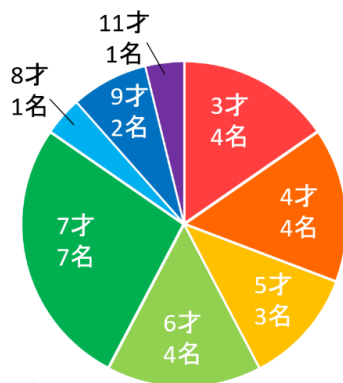


図7 山口市で行われた2017年11月23日のイベント参加者の年齢と人数

6 考察

演示実験後に参加した子供に「びっくりしたこと」、「たのしかったこと」についてアンケートをとると、表2にあるように「凍らせたバラの花を砕く実験」と「超伝導体を用いた浮上装置に乗る実験」についての感想が多く書かれていた。演示実験の中でもこの2つの実験は特に子供たちの反応が大きかった。凍らせたバラの花を砕いた後には、ポテトチップスや薄いガラスが割れたときのようにパリパリとした感覚がしたという感想が挙がり、浮上実験では円盤が浮いたまま回転する現象を不思議そうに見ながら、腕を広げたり閉じたりしながら回転が変化するのを楽しんでいる様子だった。実験を観察するだけではなく、実際に体感できる実験が盛り込まれていると子供たちの印象に残りやすいと考えられる。山口市で行われた2017年11月のイベントは、参加した子供のほとんどが図7に示すように幼稚園児や小学校低学年であることから、「なぜ超伝導現象を用いると永久磁石が浮かぶのか」について、実験の原理をまだ理科の勉強が始まっていない子供に専門用語を使わずにわかりやすく説明するのは非常に難しかった。そこで、その後のイベントでは図4に示すように超伝導体と永久磁石の反発力を事前に体感してもらう実験を加え、その後に図5に示す磁気浮上装置の体験を行うこととした。図4の実験中に、超伝導体と永久磁石の数を増やして大きくすると、人間も浮かせることができることを説明している。さらに、小

学校高学年を対象とするイベントに向けては、超伝導体と永久磁石の反発力を指で押して体感するだけではなく、図8に示すように図4の実験装置の下に「秤」を置き、「秤」の値を見て反発力を測定し、反発力を数値でも確認できる実験を用意している。これらの実験を通して段階的に理解や興味を深めてもらうことが期待される。また、子供と一緒に参加している保護者には、マイスナー効果やピン止め効果について、超伝導体と永久磁石、磁束線の関係が描かれた図を用意し、より理解を深められるようにしている。



図8 反発力を測定する秤を組み合わせた例

7 まとめ

小中学生に理科や数学、科学技術に興味関心を抱かせる事業「長州科楽維新プロジェクト」の一環として、極低温と超伝導現象に関するアウトリーチ活動を行っている。本論文では最近の活動の演示実験内容や構成、2017年11月23日に行われたイベントに参加した体験者の感想と演示実験に関する考察をまとめた。今後は、小学校高学年や中学生を対象として、小中学校で学習する電流や磁界など目では直接見ることができないものを体感や体験ができる実験を加えていく予定である。

謝辞

2017年11月23日のイベントをまとめるにあたり山口市男女共同参画センターにご協力いただいた。

参考文献

- [1] http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/gijyutu/gijyutu4/008/siryo/attach/1342833.htm
- [2] <http://www.kagaku-ishin.org/info.php>
- [3] 崎山智司他:産学連携学会第7回大会講演予稿集, (2009) p.155
- [4] https://www.csj.or.jp/event/2018/yumekikin_0203.pdf
- [5] https://toshiba-miraikagakukan.jp/exhibition/permanent_exhibition/science/index_j.htm
- [6] 原田瑞貴他:第82回春季低温工学・超電導学会講演予稿集, (2010) p.162
- [7] 村上雅人:低温工学 42 巻 12 号, (2007) pp.414-418
- [8] <https://www.y-djc.com/?p=9646>