

繰り返し使用できる保冷剤を用いた霧箱の開発と試用

窪田美紀^{*1}・鎌田正裕^{*2}

理科教育学分野

(2015年5月22日受理)

KUBOTA, M. and KAMATA, M.: Development and trial: Simple cloud chamber using re-freezable gel pack. Bull. Tokyo Gakugei Univ. Div. Nat. Sci., **67**: 9-13. (2015) ISSN 1880-4330

Abstract

We have developed a very simple cloud chamber that uses gel ice pack as a substitute of dry ice or liquid nitrogen. The gel can be frozen in normal domestic freezers, and can be used repeatedly by re-freezing. The observed alpha-ray and beta-ray particle tracks are as clear as those in ordinary cloud chambers which use dry ice or liquid nitrogen. The tracks of alpha-ray particles can be observed continuously for over 20 minutes.

The cloud chambers were used in science classes for seventh grade students, and the responses from them were very positive.

Keywords: cloud chamber, radiation education, ice gel pack, junior high school

Department of Science Education, Tokyo Gakugei University, 4-1-1 Nukuikita-machi, Koganei-shi, Tokyo 184-8501, Japan

要旨： 本研究では、ドライアイスや液体窒素の代わりに、保冷剤を使用した簡易な霧箱を開発した。保冷剤は家庭用の冷凍庫で凍らせて繰り返し使用することができる。観察された α 線や β 線は、ドライアイスや液体窒素を使ったこれまでの霧箱で観察されたものと同じくらい鮮明で、 α 線の飛跡は連続して20分以上観察することができる。本霧箱を中学校1年生の理科の授業で使用したところ、生徒からの反応はとても肯定的なものであった。

* 1 東京学芸大学大学院 教育学研究科 理科教育専攻 平成25年度修了生

* 2 東京学芸大学 基礎自然科学講座 理科教育学分野 (184-8501 小金井市貫井北町4-1-1)

1. はじめに

平成20年に改訂された中学校理科学習指導要領に、「放射線については、その性質と利用についてふれること」とある¹⁾。放射線教育に用いられる教材はいくつかあるが、その中でも霧箱は見えない放射線を「飛跡」として可視化することのできる大変優れた道具である。放射線がどこを通ったのかを実際に観察することで、学習者がより放射線をイメージしやすくなるという効果が期待できる。

現在一般的に学校教育で使用されている拡散型霧箱は、ペルチェ素子を使用した市販されているもの、またはドライアイスや液体窒素を冷却剤として使用する簡易型の霧箱が主流である。しかしながら、ペルチェ素子を使用した霧箱は高価であり、またドライアイス等を使用する霧箱は、実験毎に冷却剤を入手する必要があることや冷却剤が長期間保存できないことが問題点として上げられている。そこで筆者らは、ドライアイス等のかわりに一般的な家庭用冷凍庫で凍結させることのできる低温保冷剤を用い、繰り返し凍結させることのできる「コールドプレート」を用いた簡易霧箱を開発した²⁾。しかし、報告したコールドプレートは構造が複雑であり作製に時間がかかるという問題点があった。そこで本論文ではその問題点を解消し、より容易に作製が可能になったコールドプレート式霧箱を、中学生を対象に行った授業実践の報告と併せて紹介する。

2. 霧箱の動作原理

気体が液体に変化する物理的条件が揃っているにも関わらず、即座に液体とならず気体のまま存在する場合がある。この時気体はわずかな刺激で液体となり得る、非常に敏感な状態である。このような状態を「過飽和状態」と呼ぶ。電離作用を持つ放射線 (α ・ β 線) が空気中を通過する際、空気分子や原子と衝突しその電子をはぎ取りながら進む。電子をはぎ取られイオン化した空気分子や原子を核に、霧箱内で過飽和状態となっているアルコール蒸気が凝集し、微小液滴を生じる。霧箱は、 α 線・ β 線の通過した跡に連続して生じるイオンを核にして凝集したアルコールの微小液滴を、一本の飛跡として観察することができる装置である。

エタノール蒸気の過飽和状態を作り出す際に拡散型霧箱では霧箱内の温度差を利用する。霧箱底部を低温、上部を高温に保ち続けることによって、上部で蒸発し

たエタノール蒸気が底部付近で過飽和状態となる。底部から1~2cm程度が過飽和領域であるため、この領域内を通過した α 線・ β 線について飛跡を生じさせることができる。

3. 保冷剤を使用した霧箱

本霧箱では、図1のように低温保冷剤を用いた、簡易型の「コールドプレート」を開発しこれを使用した。霧箱は、観察槽とコールドプレートの2部分で構成されている。



図1 冷却装置「コールドプレート」

コールドプレートに使用する低温保冷剤は、Ruckstone フローズンシート -18℃である。本製品は家庭用冷凍庫で凍結させることができ、-18℃を保つことのできる保冷剤である³⁾。常温においては液状であり、凍結させると固体となる。この保冷剤を2枚の100 mm × 200 mm 大のアルミ板で挟み、両側を51 mm 幅のダブルクリップで留める。アルミ板は2枚とも、片面が黒色になっているものを使用すると飛跡が容易に観察できる。

この方法で作製したコールドプレートは、室温にて約20分間、表面温度を-18℃以下に保つことができる。発泡スチロール製の箱に入れておくことでその時間はさらに長くすることができる。図2にコールドプレートの表面温度変化を示す。

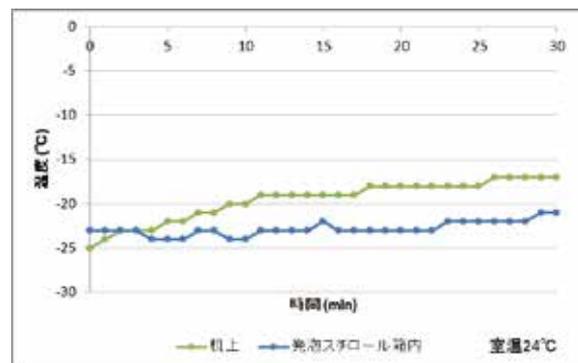


図2 コールドプレートの表面温度

霧箱の観察槽部分には、透明なプラスチック製のコレクションボックスを使用する。80 mm×80 mm×95 mm程度のもを使用し、具体的な作り方は図3に示す通りで、はじめに、コレクションボックスの天井部分に正方形の穴をあけ、その部分にアルミテープでフェルトを固定する。この上にステンレス製の容器を置き、アルミテープで固定する。図4に示したように、観察槽をコールドプレートの上に置き、観察槽内に放射線源を置いて実験を行う。

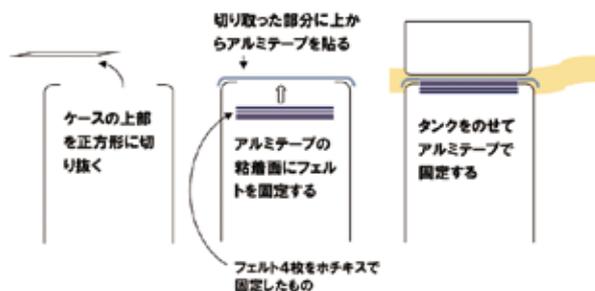


図3 霧箱観察槽の作り方



図4 霧箱の実験の様子

4. 霧箱の仕様方法

本霧箱を用いて、 α 線と β 線の飛跡を観察することができる。コールドプレートを冷蔵庫にて完全に凍結させ、その中央に放射線源を置く。霧箱のフェルト部分にエタノールを10 mL程度しみこませ放射線源に被せるように置く。上部のステンレス製容器に60℃以上のお湯を注ぐと1分ほどで飛跡が見え始める。飛跡を観察する際には部屋を暗くし、LEDライトなどで底部を照らしながら観察するとよい。 β 線を観察する場合はエタノール量を増やし、明るい光源を使用し逆光の位置から観察すると飛跡を観察することができる。

霧箱内には、放射線が通過した際の飛跡生成を妨げ

る「雑イオン」が存在している場合がある。帯電した塩化ビニルの棒などを霧箱本体に近づけ、静電気によって雑イオンを除去することで飛跡をより明瞭に観察することができる。本霧箱を用いて、適宜雑イオン除去を行いながら観察を行った場合、25分程度飛跡を確認し続けることができる。

5. 霧箱を用いて確認できる飛跡

本教材を用いて観察できた飛跡を示す。どちらも α 線で、図5はCaptain Stag社のマントル(M-7910)を線源とし、図6はNaRiKa社のモナザイト⁴⁾を使用したものである。

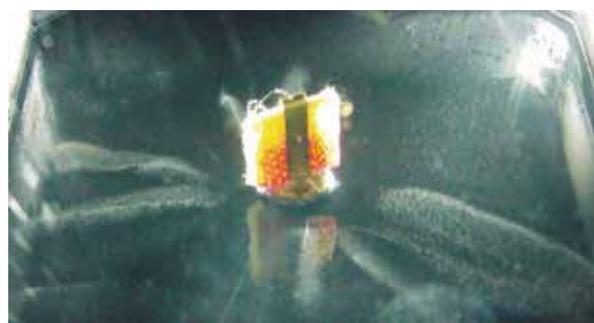


図5 α 線 (ガスランタンのマントル)



図6 α 線 (NaRiKaモナザイト)

本霧箱を用いて β 線やコンプトン散乱も観察することもできる。観察された飛跡を図7、図8に示す。

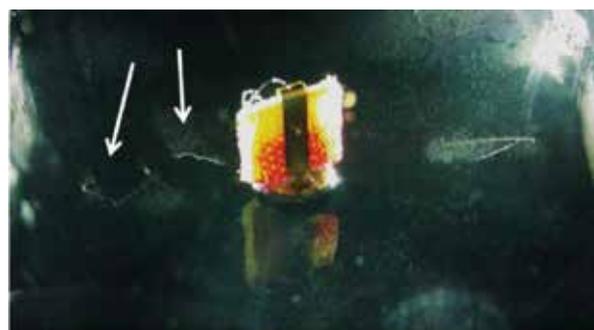


図7 β 線の飛跡

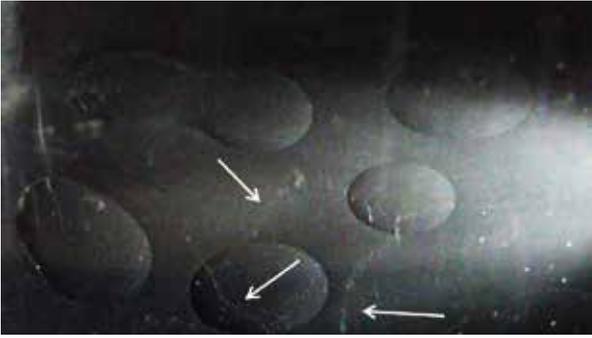


図8 コンプトン散乱

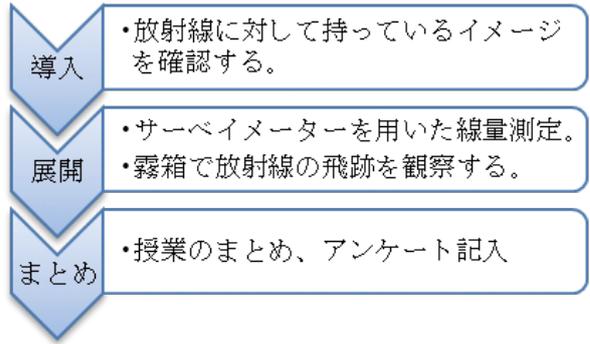


図9 授業の流れ

6. 霧箱を用いた授業実践

日時：2013年9月4日，6日

対象：東京学芸大学附属小金井中学校第1学年

中学生を対象に本霧箱を用いた授業実践を行った。中学校第1学年，計119名を対象としたため，実践対象者は放射線に関しては未習である。2013年9月4日及び6日に3クラス，各クラス50分の実践を行い，授業後のアンケート調査を行った。中学生にとって霧箱の操作が可能かどうか，また，霧箱の実験を通して放射線に関する興味を持たせることができるかどうかを調査した。

中学校第一学年の生徒は学校教育において放射線についての授業を受けていないため，まず現在の放射線に対する印象を発表してもらい，放射線は目に見えないということを全体で確認した。その後シンチレーション式サーベイメーター“Radi”⁵⁾を用いて，カリ肥料，ガスランタン用マントル，トリウムレンズ，タングステン溶接棒などから放射線が出ていることを数値の上昇を見て確認する実験を行った。ここでは，具体的な数値そのものには着目せず，「近づけると何もない時よりも数値が上がる」ということに重点を置いた。ここで「放射線は目に見えないが，機器を用いると数値として確認することができる」という簡単なまとめを行った。

次に，霧箱を「放射線がどこを通ったか確認することができる装置」として紹介した。班毎に霧箱を用いた実験を行い，放射線の飛跡を確認した。生徒たちは，放射線を気になるトピックとして認識しており，非常に興味をもって実験に取り組んだ。霧箱の実験では，飛跡が見え始めると生徒たちの興味が一層増し，静電気をかけて雑イオンを取り除いたり，LEDライトで照らしたりしながら何度も霧箱の中を覗き込む様子が見られた。

授業の様子を図10，図11に示す。



図10 サーベイメーターを用いた測定の様子

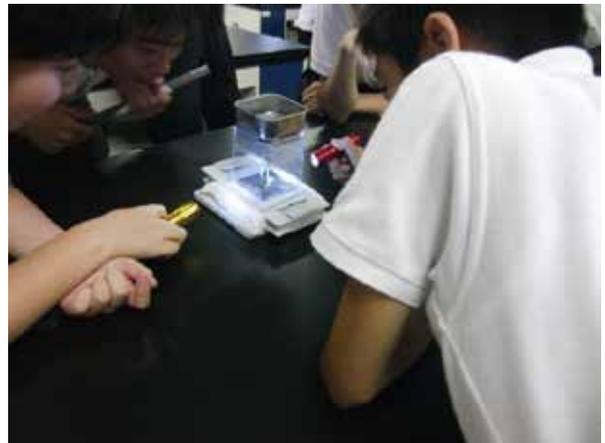


図11 霧箱で飛跡を確認している様子

7. 実践結果（アンケート結果）と考察

授業中，およびアンケートにて生徒たちが“放射線”に対して抱いているイメージをたずねたところ，「がん」「原発事故」「レントゲン」や，「危険」「危ない」という単語が多く聞かれた。やはり，原発事故についての報道関連で得た知識が多いことがうかがえる。一方で，アンケートには「吸うと危険」や「雨に含まれて

いる」という記述も見られ、放射線と放射性物質との混同も見られた。生徒たちの回答の一部を表1に示す。

表1 生徒たちのもつ放射線のイメージ

原発の事故があったため「怖い」「危ない」というイメージがあり、近づいてはいけないというイメージ。
沢山吸うととてもきけん。
とても危険なイメージがある。福島第一原子力発電所のことが心配。
触れただけで病気になるようなイメージ。
白血病になる危険がある危ないものや、がんの治療に使う良いもの。
人体が受けると、悪影響を及ぼす。雨の中に含まれていたりする。
原子力発電に使われている。震災から急に増え、恐れられている。
多く体中に入ると危険なので、あまり近づきたくはないイメージ

放射線の飛跡に関しては、119人中118人が観察できたと回答した。1人未回答であったが、中学生でもこの霧箱を用いて十分に飛跡を観察することができることがわかった。

“今まで放射線の飛跡を観察したことはありますか？”の問いには、119人中12%にあたる15人が「はい」と答え、88%にあたる104人が「いいえ」と答えた。「はい」と回答した生徒たちが放射線の飛跡を確認した場所として挙げたのは、科学館や理科実験教室などであった。テレビで見た、という回答をした生徒もいた。

「霧箱を操作することは難しかったですか？」の問いには、「難しかった」と回答した生徒が20人、「簡単だった」と回答した生徒が62人、「とても簡単だった」と回答した生徒が34人であった。3人の回答が対象外（「簡単だった」と「難しかった」の間）であった。結果を図12に示す。結果より、本研究で開発した霧箱は、授業において中学生自らが操作することができるということがわかった。

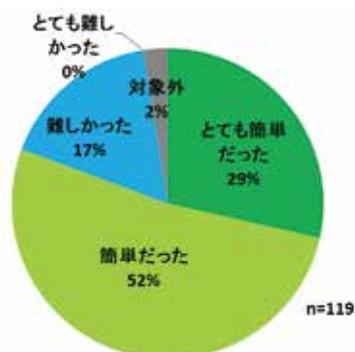


図12 “霧箱を操作することは難しかったですか？”

アンケートの自由記述の一部を以下に示す。

- ・普段あまり気にしないので、目で飛跡を見たり、数値を見れたりしてとても参考になりました。
- ・霧箱の仕組みを知りたいと思った。
- ・飛跡には感動しました！またやってみたいです！！
- ・なぜ霧箱を使うと飛跡が残るのか。どうやってそれを発見したのか知りたい。
- ・今回調べたもの以外で放射線を出しているものを見てみたいと思った。

自由記述からは、飛跡について初めて見た、感動したといった意見や、また実験をしたいという意見が多く聞かれた。また、危険なものなのになぜ治療に使用することができるのか、という疑問をもった生徒や、霧箱の仕組みを知りたいという生徒も複数見受けられた。

生徒たちは、主にテレビなどのメディアを通して放射線についての情報を得ていると考えられるが、霧箱を用いて放射線の飛跡を確認することで放射線をより身近にとらえさせ、さらに興味を持たせることができたと考えられる。

8. おわりに

保冷剤を冷却に用いることで、実験毎に霧箱用のドライアイス調達する必要性がなくなり、より実験が行いやすくなった。本教材は1台1000円以下で作製することができることに加え中学生にとっても操作が容易であり、 α 線・ β 線の飛跡もはっきりと観察できることから、授業時において少人数での生徒実験を可能にし、「見えない」放射線に対してより実感を伴った理解を期待することができる。

参考文献

- 1) 文部科学省「中学校学習指導要領解説 理科編（平成20年9月）」大日本図書（東京）、pp. 52-53, (2008)
- 2) Masahiro Kamata 1 and Miki Kubota, “Simple cloud chambers using gel ice packs”, Phys. Educ. 47 pp. 429-433, (2012)
- 3) 株式会社ラックストーン <http://www.tsubetec.jp/>, (2014年1月14日現在)
- 4) 株式会社ナリカ（放射線実験用線源 モナザイト カタログ No: L55-4110）, http://www.rika.com/product/prod_detail1.php?catalog_no=L55-4110, (2014年1月14日現在)
- 5) 株式会社レックス（環境放射線モニター PA-1000 Radi）, <http://www.rex-rental.jp/tik/pa-1000.html>, (2014年1月14日現在)