

機関番号：51101

研究種目：若手研究 (B)

研究期間：2009 ～ 2010

課題番号：21700794

研究課題名 (和文) ドライアイスを使用しない霧箱による放射線飛跡の可視化

研究課題名 (英文) Development of a cloud chamber for observing the track of radiation

研究代表者

濱田 栄作 (HAMADA EISAKU)

八戸工業高等専門学校・総合科学科・准教授

研究者番号：20413718

研究成果の概要 (和文)：中学校「理科」の新学習指導要領に、放射線が約40年ぶりに記述されたにもかかわらず、教育現場で自由に利用できる放射線教育用の教材は、少ないのが現状である。身近な材料で製作できる霧箱も、放射線の飛跡を観察する際には、ドライアイスなどの冷却材が必要となり、学校現場において、必ずしも使い勝手の良い教材ではない。本研究では、教育現場の教員が継続的にかつ柔軟に利用できる放射線教育用教材の開発を実施した。

研究成果の概要 (英文)：Radiation has been described in the new course of study for lower secondary schools in science, after a break of forty years. However, there are fairly few numbers of teaching materials used at any time in schools. For example, in order to use the cloud chamber can be made of simple materials for observing the track of radiation, teachers should prepare a coolant (e.g. dry ice). Thus, conventional materials for radiation education are not convenient. In this study, we have developed useful educational materials for teachers.

交付決定額

(金額単位：円)

|        | 直接経費      | 間接経費    | 合計        |
|--------|-----------|---------|-----------|
| 2009年度 | 900,000   | 270,000 | 1,170,000 |
| 2010年度 | 700,000   | 210,000 | 910,000   |
| 年度     |           |         |           |
| 年度     |           |         |           |
| 年度     |           |         |           |
| 総計     | 1,600,000 | 480,000 | 2,080,000 |

研究分野：理科教育，放射線教育

科研費の分科・細目：科学教育

キーワード：科学教育，放射線教育

## 1. 研究開始当初の背景

エネルギー・環境教育を実施するにあたり、風力発電や太陽光発電などの自然エネルギーの利用については、地球温暖化対策やクリーンエネルギーとしての良いイメージが定

着しているため、児童・生徒への導入は比較的容易である。一方で、二酸化炭素の排出問題に対し有効な手段と言われている原子力エネルギーについては、その必要性に加え、利用に伴うリスクについても説明しなけれ

ばならない。特に、原子力関連施設が立地する地域では、放射能・放射線に関する正しい知識を身に付ける必要がある。

放射線教育の導入として、身の回りに存在する自然放射線に気づくことが重要である。しかしながら、放射線を五感で感覚的に認識することはできず、何かしらの装置を用いなければならない。

一般に使用される簡易型の放射線測定器や霧箱は、教育現場で実際に利用するとなると不都合な点も多い。例えば、簡易型の放射線測定器は、様々な対象物を測定できるので、発展的な実験教材としても利用できるが、装置が高価なため、専門機関から期限付きで借用しなければならず、継続的、柔軟な利用は困難である。

安価な材料で作製でき、視覚的に放射線を確認できる霧箱も、観察時には、冷却材、例えばドライアイスを使用しなければならない。これまで、小・中・高の教員を対象にしたセミナーで、霧箱の製作指導を実施し、参加者から、「授業で児童・生徒たちにも、霧箱を見せたい・作らせたい」という意見が多く寄せられた。しかしながら、ドライアイスを用いて授業で使用するには、その保管性から綿密な授業計画が必要となり、カリキュラムや学校行事などが過密化する教育現場で、自由に使用することは困難、との意見もあった。

このように、従来の放射線教育用教材は、教育現場において、必ずしも使い勝手の良いものではなかった。平成 24 年度から、中学校理科（第三学年）で放射線教育が本格的にスタートすることを考慮すると、新しい教育教材の開発が急務である。

## 2. 研究の目的

新学習指導要領の実施にともない、エネルギー・環境教育の実施が教育現場に求められ、放射線教育に対するニーズが高まっているにもかかわらず、教育現場で自由に利用できる教材は、ウィルソンが 1911 年に開発した霧箱しかないのが現状である。しかも、この霧箱にも、ドライアイスという“生もの”が必要であり、教材として利用するには制限が残る。

本研究では、教育現場の教員が、継続的にかつ柔軟に使用でき、放射線の存在を視覚的に確認できる新しい放射線教育用教材の開発に取り組んだ。

## 3. 研究の方法

### (1) 放射線発光を利用した放射線観察教材の開発

ある特定の物質に放射線が入射すると、物質内の原子・分子が励起される。その後、安定な元の状態（基底状態）に戻る際に、シンチレーション光と呼ばれる光（蛍光）が発せられる。この光は大変微弱なもので、われわれが直接見ることは極めて難しい。一般のシンチレーション型の放射線測定器では、シンチレーション光を光電子増倍管などの様々なデバイスを使って電氣的に増幅し、信号として取り出すことで、放射線を計測している。

一方で、原子核研究の黎明期では、 $\alpha$ 線を蛍光板に照射し、発生したシンチレーション光を拡大レンズで数えることで、 $\alpha$ 線の強度を測っていた。本研究でも、シンチレーション光の肉眼による観察を試みた。

### (2) 霧箱に関する教材開発

霧箱は、雲を調べる装置として、イギリスのウィルソンにより 1911 年に開発（断熱膨張型霧箱）され、レントゲンによるエックス線の発見以来、様々な放射線研究に利用されてきた。断熱膨張型の霧箱は、急激な膨張に伴う温度の低下を利用したもので、膨張後の僅かな時間のみ、放射線を観察できる。放射線教育用教材として、一般的に使用されているドライアイスとアルコールを組み合わせた拡散型の霧箱は、1951 年にニールセンが開発したもので、箱内における霧化の条件を満足している間は、放射線の飛跡を観察することができる。

現在、放射線の研究分野において、霧箱が利用されることはないが、現在もなお教育現場で使用されているという事実は、霧箱の教材としての有用性を示すとともに、霧箱の開発が長い間行われなかったことも意味している。霧箱は眼には見えない放射線を見るという科学的な喜びを、児童・生徒に与える。また、霧箱はアンダーソンやコンプトンなど、多くのノーベル賞受賞者を生み出した装置でもある。このように、歴史上の優れた装置を手作りしたという経験は、科学に対する興味・関心を高揚させる強い動機付けになる。

従来の霧箱は、ドライアイス冷却による温度勾配を用い、過飽和状態にある空間内に入射した放射線が気体分子をイオン化、水滴化することで、放射線の軌跡を霧として観察していた。本研究では、霧箱について、

- ① 新しい冷却方法の試み
  - ② 霧発生器を利用した放射線飛跡の視覚化
- を実施した。

## 4. 研究成果

### (1) 放射線発光を利用した放射線観察教材の開発

原子核研究の黎明期と同様に、シンチレーション光の肉眼による観察を試みた。蛍光体（シンチレーター）には、シンチレーション光を効率よく発生することができる硫化亜鉛に銀を混ぜた銀活性化硫化亜鉛 ZnS(Ag)を用いた（三菱化学）。

透明なガラス製容器（又は、プラスチック製容器）の底に、放射線源と、銀活性化硫化亜鉛を数ミリグラム入れる。線源には、微量のトリウムを含浸させたマントルを使用した（キャンプなどで照明として使用されるガスランタンの芯で、市販品の一部には、発光効率を高めるためにトリウムが含まれている）。図 1 のように、底面からシンチレーション光を観察するために、線源と銀活性化硫化亜鉛が平面上で均等に混じり合うように配置した。また、線源と銀活性化硫化亜鉛の固定と、飛散を防ぐために、容器内の空間には紙粘土を挿入・固定し、容器を封じた（図）。

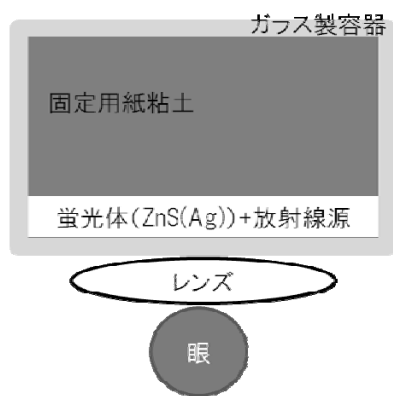


図 蛍光体の放射線発光を利用した放射線観察教材

シンチレーション光は、非常に微弱であるので、観察する際には、以下の工夫が必要となる。暗室に 5~10 分間、眼を慣らした後、ルーペ（×10 以上）またはガラス玉（直径 30 mm 程度）を覗き込むようにして観察すると、放射線による点状の発光が、線香花火のように確認できる。ただし、発光は極めて微弱であるので、市販のデジタルカメラでは感度が低く、撮影は困難である。教材の作製では、蛍光体粉末と線源の飛散に注意を要し、マスクおよび手袋の着用が必要である。

市内の中学校の理科教員の協力をいただき、教材の製作と観察を体験していただいた。作製については非常に簡単なので、参加者からも喜ばれたが、観察にはコツを必要とした。点状の発光を確認できるまでに、数分程度時間がかかったが、全員観察することができた。また、慣れると短時間で観察することができ、放射線の肉眼による観察に、大きな興味と関心をいただいた。なお、本教材は、一度製作

したら無期限で使用できるものである。ただし、学校によっては、暗室の環境が十分ではない実験室もあり、さらなる改良も必要と考えられる。

## (2) 霧箱に関する教材開発

### ① 新しい冷却方法の試み

拡散型霧箱では、ドライアイス等の冷却材を用いることで、放射線の飛跡を観察するために必要な過飽和領域を生成している。例えば、ドライアイスを使用した場合、霧箱の上面は室温 (20°C) であるのに対し、底面（冷却面）は -79°C に冷却され、箱内には急激な温度勾配が生成される。一方で、放射線飛跡の観察には、50°C 程度の温度差があれば十分であるので、-30°C の冷却材があれば、放射線の飛跡を観察することができる。最近では、ペルチェ素子を用いた霧箱も、高価ではあるが市販されている。

本研究では、市販の不燃性冷却用液化ガス（テトラフルオロエタン HFC134a）による冷却を試みた。冷却性能は約 -50°C であったが、容器の底面全体を継続して冷却することが困難であり、放射線飛跡を観察することはできなかった。

次に、スターリング冷凍機（ツインバード工業 80W 型 FPSC モジュール）による冷却を試みた。冷却性能は、0°C ~ -100°C（周囲温度 25°C）であり、冷却温度を自由に設定することができる。冷却温度を -30°C に設定したところ、箱内に過飽和状態の領域が生成され、放射線の飛跡を観察することができた。本研究では、市販品を使用した。スターリング冷凍機は身近な材料を用いて自作することも可能である。既に、30°C の温度降下を達成した例も報告されており、周囲温度と構造を工夫することで、放射線飛跡の観察が十分に期待できる。また、熱機関であるスターリングエンジンは、熱分野の学習用教材としても活用できるものであり、複合的な教材の製作も可能と考えられる。

### ② 霧発生器を利用した放射線飛跡の視覚化

超音波振動子（発振周波数 2.4 MHz、霧化能力 250 ± 50 ml/h）を内蔵する霧発生器を利用して、粉末状の蛍光体（銀活性化硫化亜鉛）を混合した液体を霧化し、その雰囲気中で、放射線の相互作用により発生するシンチレーション光を利用した放射線飛跡の可視化を試みた。しかしながら、発光量が極めて微弱であるため、飛跡を観察することはできなかった。

そこで、エタノール - 水混合溶液を超音波振動子により霧化させ、放射線飛跡の可

視化を試みた。市販の加湿器でも使用されている超音波霧化のメカニズムについては、キャピラリ波（表面波）の波頭の破断や、超音波キャビテーションの圧壊により生じる衝撃波にもとづく説があり、未だ明らかにされていない現象ではある。

近年、エタノール水溶液を超音波霧化すると、生成された液滴中のエタノールが濃縮化されているとの報告もある。また、高濃度のエタノール水溶液については、ナノメートルサイズの液滴の生成が指摘されている。このようなナノサイズの液滴が充満した空間に、放射線が入射すると、イオン化により表面張力が低下し、肉眼で確認できるサイズ（～10 マイクロメートル）に、液滴が成長する可能性がある。

今回は、放射線飛跡の観察にはいたらなかったが、今後、霧化の条件を精査することで、冷却材を必要としない放射線飛跡の観察教材になることが十分に期待できる。さらに、従来の霧箱の観察領域が、厚さ～1 cm 程度に限られていたのに対し、新しい方式では、超音波振動子により発生した霧で充満された全ての空間が観察領域となる。つまり、従来の霧箱では不可能であった放射線飛跡の3次元観察も期待されるものである。

## 5. 主な発表論文等

（研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線）

〔雑誌論文〕（計3件）

- ① 濱田 栄作，環境放射線モニタリングの教材としての活用，日本エネルギー環境教育学会第5回全国大会論文集，2010，207-208
- ② 濱田 栄作，放射線教育を目的とした放射能分布測定装置の開発，KEK Proceedings，査読有，2009-8，16-18
- ③ 濱田 栄作，放射線教育教材の開発，日本理科教育学会第59回全国大会発表論文集，査読無，2009，352

〔学会発表〕（計2件）

- ① 濱田 栄作，環境放射線モニタリングの教材としての活用，日本エネルギー環境教育学会第5回全国大会，2010年7月31日～8月2日，長崎大学
- ② 濱田 栄作，放射線教育教材の開発，日本理科教育学会第59回全国大会，2009年8月18・19日，宮城教育大学

〔その他〕

- ① 濱田 栄作，眼には見えない放射線の可

視化，青い森しんきん経済レポート  
No.374，2009年12月号

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

濱田 栄作 (HAMADA EISAKU)

八戸工業高等専門学校・総合科学科・准教授

研究者番号：20413718

### (2) 研究分担者

無し

### (3) 連携研究者

無し