

霧箱の製作法と放射線の検出法に関する研究

中里勝平

1はじめに

平成元年3月に告示された中学校学習指導要領理科第1分野「(6)運動とエネルギー」の中項目「エ 科学技術の進歩と人間生活」では、エネルギーの利用にかかわって、原子力に関する部分で放射線にも触れ、放射線は医学や農業などに利用されていること、自然界にも放射線があることに触れることになっている。

また、高等学校学習指導要領理科の「総合理科」をはじめ、「物理IA」、「物理IB」、「物理II」では、放射能や原子核などにかかわって放射線の性質や利用について扱うことになっている。さらに、「物理IB」では、「霧箱を用いて放射線の観察、実験が考えられる。」となっている。また、「物理II」では、「物理IB」との関連を考慮にいながら、課題研究として霧箱の製作と放射能の観察が考えられる。」となっている。

放射線について、現行の学習指導要領の中でも一部扱われてはいるが、放射線の性質や利用について、生徒が正しく理解をするためには、放射線に関するいろいろな観察、実験を通して学習させることが大切である。

このようなことから、手作りの霧箱などを用いて簡単に放射線の飛跡を観察し、放射線を検出できる方法について述べる。

2 霧箱(きりばこ)の原理

放射線粒子をとらえる実験装置としては、ガイガーカウンター、原子核乾板、霧箱、泡箱などいろいろあるが、その中でも放射線粒子の飛跡を直接眼でとらえられるものを霧箱という。この霧箱には、2種類のタイプがあり、それを比較すると表1のようになる。

表1 2種類の霧箱の比較

	ウイルソン霧箱	拡散霧箱
構造	複雑	簡単
原理	過飽和にして低温を得るために断熱膨張を利用	低温にして過飽和にするために冷却剤を利用
動作	断続的1/60秒動作	連続的
放射線	強くてもよい	あまり強いと不感

霧箱の中で霧(飛跡)が見えるのは、「箱の中の放射性物質から放出された放射線粒子が空気中を通過するとき、衝突して電離作用を起こし、その通路にイオンを残す。あらかじめ過飽和状態にしたアルコールなどの蒸気が、イオンを中心として凝結を始め、各イオンのまわりに小さなしずく(滴)を生じ、一筋の雲状の飛跡を作る。」からである。

3 拡散霧箱の製作と放射線の実験

拡散型の霧箱は、ドライアイスなどで冷却を続けると、長い時間過飽和状態を維持でき、放射線粒子の飛跡を連続観測できる。また、装置の構造も簡単なので製作しやすいことなどが特徴といえる。したがって、ここではいろいろな拡散型の霧箱の製作の仕方と放射線の実験方法を紹介するが、主な共通の材料、試料は次のとおりである。

- ・放射線源(硝酸トリウム、硝酸ウラニル、硫酸トリウム、硫酸ウラニル、棒状線源の5種)
- ・冷却剤(ドライアイス)
- ・アルコール(エチル、メチル、イソプロピルの3種)
- ・底に敷くもの(黒のビロード布、黒紙の2種)

実験1 ピーカーを用いた拡散霧箱

準備

放射線源、ビーカー（300cc以上もの）、黒い布（黒紙）、エチルアルコール、ゴム栓、セロテープ、スポット、はさみ、カッターナイフ、透明なビニール、電気テープ、ドライアイス、発泡スチロール板、白熱電球付きスタンド方法

- (1) ビーカーの底に等しい大きさに黒い布をはさみで切り取り、ビーカーの底に敷く。
- (2) 図1のように、ゴム栓の側面を底面から5mmくらいのところをカッターナイフで一部切り取り、そこに放射線源を載せこぼれないようにセロテープで止める。

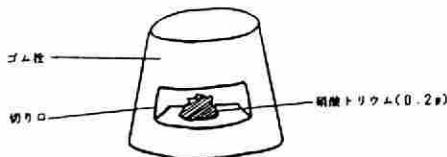


図1 放射線源の台

- (3) (1)のビーカーの黒い布が湿る程度に、スポットでエチルアルコールを注ぐ。
- (4) 放射線源の台をビーカーの底に置く。
- (5) 透明なビニールでビーカーの上部を覆い、電気テープで密封する。
- (6) (5)のビーカーを上面の平らなドライアイスの上に載せる。
- (7) 図2のようにして、ビーカーの底面を冷却し、前面から光を当てビーカーの真上もしくは斜め横から飛跡を観察する。

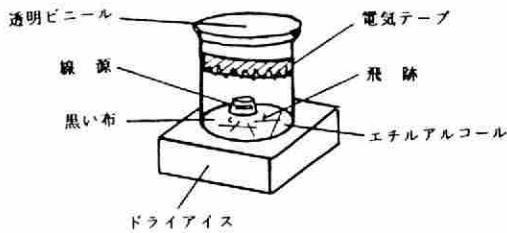


図2 ビーカーの拡散霧箱

結果と考察

- (1) 冷却し始めてから、10～20分くらいで放射線粒子の飛跡を観察できる。室温程

度でも可能であることが特徴である。

- (2) 直線的な飛跡が多く、放射線源の台から放射状に出ているものやいろいろな角度のものも観察できる。これは、物質によって散乱を受ける程度は少なく、ほぼ直進することから、いわゆるアルファ線である。
- (3) 漏のように円形状の飛跡を観察できる。アルファ線に比べると数も少なく観察しにくい。これは、物質によって散乱されやすいベーターラインである。
- (4) 飛跡を観察できるのは、布の表面から数mmくらいの高さの範囲である。
- (5) 飛跡を観察しやすい状態にあるのは、布の表面でエチルアルコールの小さなしづくが雲のように沸きあがるように激しい運動しているときである。
- (6) (5)の状態にするためには、ビーカーの中の温度差が重要である。棒状温度計では測定しづらいが、サーミスターなどを使用すれば測定しやすいので、上部の温度が過ぎてエチルアルコールが蒸発しにくい場合には、電球を用いて暖めるとよい。
- (7) ビーカーの底面が大きい方が観察しやすい。この方法であれば、生徒でも実験可能である。
- (8) 完全に密封してしまうので、放射線源を交換する場合には不便であるが、エチルアルコールの量を増やしたいときには、ビニールに穴を開けて注いだ後、セロテープで穴をふさぐこともできる。

実験2 大型ペトリ皿を用いた拡散霧箱 準備

放射線源、大型ペトリ皿（直径10～20cm一組）、黒紙、エチルアルコール、ゴム栓、コルクボーラー、ピンセット、セロテープ、スポット、はさみ、カッターナイフ、電気テープ、ドライアイス、発泡スチロール、白熱電球付きスタンド、毛皮
方法

- (1) 一組のうち大きい方のペトリ皿の底に等

しい大きさに黒紙をはさみで切り取り、ペトリ皿の底に敷く。

- (2) 図3のように、ゴム栓の側面にコルクボーラーで穴を開けて、そこに放射線源をピンセットで詰めこぼれないようにセロテープ止める。

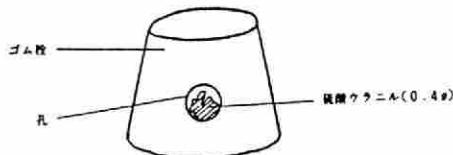


図3 放射線源の台

- (3) ペトリ皿に敷いた黒紙が湿る程度にスポットでエチルアルコールを注ぐ。
(4) ゴム栓の穴をペトリ皿の中心に向けて放射線源の台をペトリ皿の端に置く。
(5) 小さい方のペトリ皿を大きい方のペトリ皿にふたをするようにして、上からかぶせる。
(6) 電気テープで密封する。
(7) 上面の平らなドライアイスの上にペトリ皿を載せる。
(8) 図4のようにして、ペトリ皿の底面を冷却し、前面から光を当ててペトリ皿の真上もしくは斜め横から飛跡を観察する。

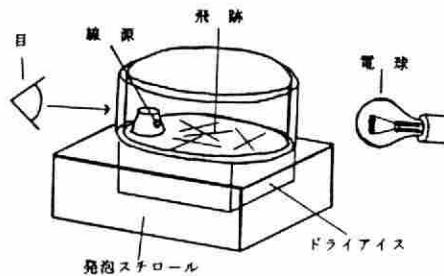


図4 大型ペトリ皿の拡散霧箱

結果と考察

- (1) 冷却剤であるドライアイスの大きさや底面の保温状態にもよるが、ペトリ皿の大きさくらいのドライアイスを使用すれば、大体5~10分程度で放射線粒子の飛跡を観察できる。

(2) ビーカーとは違い底面が平らで広いことから、飛跡を観察しやすい。

- (3) ビーカーのときより飛跡が多く、また連続して発生するので観察しやすい。容器の深さの違いによる温度差（温度勾配）が影響している。

(4) 飛跡の数が減少したならば、ペトリ皿の上部を毛皮などで摩擦し、内部の余分なイオンを除去してやると、飛跡が増加する。

- (5) 取り扱いが簡単なので、線源の種類や位置、高さ、またエチルアルコールの量などを変えるなどして多様な実験が可能となる。

実験3 アクリル板を用いた拡散霧箱

準備

放射線源、透明アクリル板（厚さ2mm）、黒紙、エチルアルコール、ゴム栓、セロテープ、スポット、はさみ、カッターナイフ、電気テープ、温度計、油粘土、ドライアイス、発泡スチロール、毛皮、白熱電球付きスタンド、アクリル用カッターナイフ、注射器、スチール製ものさし、ジクロロメタン

方法

- (1) アクリル用カッターナイフで切り、ジクロロメタンで接着して箱を作る。
(2) 図5のように、アクリル製の箱の底に等しい大きさに黒紙を切り取り、底に敷く。

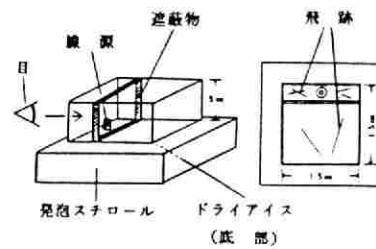


図5 アクリル製の霧箱

- (3) 箱の側面の穴に温度計を差し込み油粘土で固定する。
(4) 箱の黒紙が湿る程度にスポットでエチルアルコールを注ぐ。
(5) 放射線源を詰め込んだ台を、箱の中心に

- 向けて置く。
- (6) 箱にアクリル板のふたを載せ、電気テープで密封する。
- (7) アクリル製の霧箱を、上面の平らなドライアイスの上に載せる。
- (8) 霧箱の側面の穴を利用するなどして、次の項目について調べる。
- ア 霧箱内の温度の変化により、黒紙上の様子がどのように変わるか。また、飛跡にどのような違いが見られるか。
- イ 放射線源の種類、量、黒紙からの高さなどの違いにより、飛跡にどのような違いが見られるか。
- ウ 放射線源をアルミニウムはくで覆い包むと、飛跡にどのような違いが見られるか。
- エ 放射線源を厚さ5mmくらいの木片や鉛板などで遮蔽すると、飛跡にどのような違いが見られるか。
- オ 強力な磁石を用いた場合、飛跡にどのような違いが見られるか。
- カ エチルアルコールの量を変えると、飛跡にどのような違いが見られるか。
- (9) 飛跡が現れにくくなった場合には、アクリルのふたを毛皮などで摩擦してみる。

結果と考察

- (1) 黒紙の上はしづく状の小さな粒がたくさん発生するようになり、それが雲のようになって下から沸きでてくるように見える。これは、ドライアイスによって霧箱の底から徐々に冷却されるので温度が下がり、エチルアルコールの蒸気が不飽和から飽和、さらには、過飽和へと状態が変化するからである。過飽和状態の位置及び深さは装置の幾何学的及び温度差（温度傾斜）できまる。
- (2) 使用する放射線源の種類によって、発生する放射線の種類や量に違いがみられるので、飛跡にもその違いが現れる。また、使用する量を多くすれば、放射線の発生する

量も多くなり飛跡の数が増える。この装置で飛跡を見ることができるのは、黒紙から数mmくらいの高さのところであるから、放射線源を底面から垂直に離していくと、飛跡の発生する面を通過する放射線の数が減少するので飛跡の数は減る。

- (3) 放射線源をアルミニウムはくで幾重にも包み変えていくと、直線的な飛跡（アルファ線）は段々減少するが、渦形の小さな飛跡（ベータ線）を見付けやすくなる。これは放射線の透過力の違いによる。
- (4) 遮蔽物の置き方によっても異なるが、発生する飛跡の数は極端に減少することから、鉛などは遮蔽物として有効であることが分かる。アルファ線の物質に対する透過力は弱いが、ベータ線の透過力はかなり強い。
- (5) 磁力の強い磁石を使うと、N極の近くで渦形の飛跡を示すベータ線をより多く見付けることができる。負の電気をもつているベータ線がN極に引き付けられる。
- (6) エチルアルコールの量は、飛跡を発生できるような過飽和状態を作ることができる範囲内であればよい。
- (7) 霧箱の穴の数や大きさを変えるなどの工夫をすれば、いろいろな条件のもとでの飛跡を観察することができるので、便利な装置である。

4 おわりに

ここでは、中学生や高校生でも、放射線の飛跡を簡単な装置で容易に観察できる方法を工夫し、そのことを中心に述べてきた。

しかし、放射線に関する研究課題がたくさん残っているので、今後も継続して取り組んでいただきたい。

参考文献

藤岡由夫 (1979) 物理実験事典 講談社

(なかさと しょうへい 物理研究室研究员)