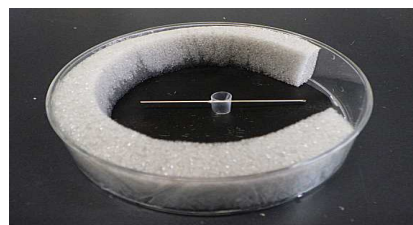


【霧箱による放射線の観察】

学習指導要領(理科)では中2から放射線について扱う。

1. 放射線の性質と利用

- 放射線 … α 線(Heの原子核)、 β 線(電子)、 γ ・X線(電磁波)
- 放射能 … 放射性物質が放射線を出す性質(能力)のこと。
- 放射性物質…放射線を出す物質。ウランなど。
- 性質 … 目に見えない。物質を通りぬける能力がある。
物質の性質を変える。等々



ドライアイスとシャーレで作る霧箱(線源: Th入り溶接棒)

2. シャーレで作る霧箱(250円程度/個)

- (1) 目的 簡単で安価な拡散形霧箱を制作して放射線(α 線)の飛跡を見る。
- (2) 材料
- プラスチックシャーレ(ϕ 9cm, 2cm)
 - 黒い画用紙(ϕ 8.4cmの円)
 - スポンジテープ(1.5cm \times 22cm)
 - エチルアルコール
 - スポイト(洗浄瓶で代用可)
 - 懐中電灯(小さいものでよい)
 - ドライアイス 5cm \times 5cm \times 5cm (厚さは任意、手袋使用、1kgで10cm四方500円)
※プラスチックシャーレの裏面縁には突起がある。ドライアイスは、その内側に入るようにしたい。縁があたると空気層ができ温度が下がらない。
 - 塩ビパイプ、キッチンペーパー等(静電気摩擦用)
 - 新聞紙(発泡スチロールやウレタンフォーム等の板等でもよい)
 - 放射線源(モナズ石*1、ダストサンプラー*2、Th入り溶接棒*3等)

*1 モナズ石: 天然の鉱石。日本では、岐阜県や福島県などで採取される。中に少量含まれているトリウムやウランから放射線が出ている。参考までに、教材会社からは、モナズ石(約4000円/5g)、モナザイト焼結体(約2000円/8粒)として販売されている。

*2 ダストサンプラー: 空気中のほこり(ダスト)には、ラドンの放射性崩壊によって生じたPo-218、Pb-214、Pb-212、Bi-214、Bi-212等が含まれている。そのため、掃除機や黒板消しクリーナー等で、ろ紙などに1時間程度吸い込んで集めたものを線源として使うことができる。

*3 Th(トリウム)が2%程度含まれている溶接棒:

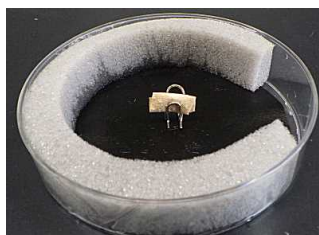
商品名にトリウム入りと明記されており、1.0mm ~ 1.6mm \times 150mm、10本で2,000円程度である。放射線量は小さいが、ペンチで5cm程度(容器に入る長さ)に切断し、霧箱に入れると、棒から放射線が飛び出る様子が手軽に観察できる。



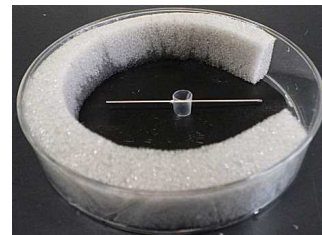
参考. TIG溶接用 タングステン電極棒 トリタン WT20 L150mm トリウム 10本セット! (ϕ 1.6mm)



モナズ石



ダストサンプラー



トリウム入溶接棒

(3) 霧箱の作り方と実験

- ①プラスチックシャーレ(φ 9cm)の底に黒い紙(φ 8.4cm)を敷く。
※アルコールを染みこませたとき紙が伸びて広がるため。
- ②内部の壁面にスポンジモールを貼る(22cm)。
- ③スポンジと底にアルコールをかけて黒い紙を底に密着させ蓋をする。※アルコールが底にたまるほどかけてはいけない。
- ④放射線が出るものシャーレ内に置く。
- ⑤新聞紙等(机を保護する目的)の上にドライアイス置き、その上にシャーレを水平に乗せる。部屋を暗くして、シャーレの側面から懐中電灯で内部に光を当てる。
- ⑥塩ビパイプをキッチンペーパーで擦り静電気をおこし、塩ビパイプをシャーレの蓋近くに移動させ、シャーレ内部の雑イオンを除去する(雑イオンがあると飛跡が出ない)。
- ⑦シャーレの底付近にあらわれた無数の数センチほどの白い飛跡を観察する。これがα線の飛跡である。



3. 補足

(1) 霧箱内で放射線が見える理由

霧箱内では、気温とドライアイスとの急激な温度差によってアルコールが過飽和状態になっている。放射線源から出る放射線(α線・β線など)は、容器中のいろいろな分子とぶつかってイオン(電離作用)をつくり、そのイオンが核となって霧の筋をつくる。この飛行機雲のような霧の筋を放射線の「飛跡」と呼んでいる。

(2) 霧箱の歴史

イギリスの物理学者チャールズ・ウィルソン(1869 ~ 1959)は、イギリスで最も高い山、ベン・ネビス(1,344m)にある気象観測所で観察した雲や霧に感動したことをきっかけに、霧についての研究をはじめた。その後、空気を減圧(断熱膨張)することによって霧が発生するしくみ「霧箱」を発明した。これにより、放射線は、直接見ることができないが霧箱を利用することで見えないものが飛跡として見えるようになった。その後、霧箱は放射線や核物理学などの研究者にとって非常に重要なものとなり、この功績によりウィルソンは、1927年にノーベル物理学賞を受賞した。

(3) 線源

2010年頃までは、キャンプなどで使うランタン(ランプ)の芯にかぶせるマンテルが線源としてよく用いられていた。当時のマンテルには、少量のトリウムが練りこまれていたためである。しかし、2011年の東日本大震災の原発事故以降、人々の放射線に対する関心が高まり、危険だからと拒否する人々が増えたこともあり、マンテルは非放射性へと改良された。今日、市販されているマンテルには放射性物質はほぼ入っていない(現在でも購入する方法がある。後述)。



そこで、線源としてモナズ石やダストサンプラー、トリウム入り溶接棒を用いる方法がある。モナズ石（モナザイト）には微量のトリウムやウランが含まれている。

ダストサンプラーは、身のまわりのほこり（ダスト）に放射性物質が含まれていることを知るよい教材である。ダストサンプラーの採取には、1～2 日間空気の入替えがなく壁面がコンクリートやコンクリートブロックがむき出しの部屋（雑庫や機械室など）がよい。掃除機や黒板消しクリーナーなどろ紙やキッチンペーパー等を取り付けて、1 時間程度吸い込んだものを使用する。ろ紙やキッチンペーパーにはコンクリート中の岩石から崩壊して出てきたラドンが吸着されている。また、ゴム風船を膨らませて、上記の部屋に数時間貼り付けておく方法もある。ゴム風船の静電気が埃を吸い付けることから線源として利用できる。ダストサンプラーは採取後、放射線量が時間とともに減少するため、1 時間以内に使用することが望ましい。

なお、ダストサンプラーをそのまま霧箱内に置くと、アルコールが付いてしまうため、ゼムクリップなどを曲げ、設置用器具を作る。



トリウム入りの溶接棒は、細いもの（φ 1mm 程度）が扱いやすい。霧箱の中に線源として入れる場合は、ストローなどを短く切り、そこに 5cm 程度にカットした溶接棒を刺して置くとよい。光の方向に対して並行に置くと、溶接棒の左右から放射線が飛び出る様子がよく分かる。



<トリウム入りマンツルの入手方法>

通販サイトでは、さまざまなマンツルが販売されているが、現在ではトリウム入のものを入手することは困難である。希にサイトの書き込みに「放射線源として利用できる」などがあるが、同じ型番でもロットによってトリウムが含まれていたり、いなかったりしている状況であり購入はお勧めしない。

そこで、大阪府立大学 放射線研究センターの秋吉優史准教授がその状況を打開するため、自分で大量に仕入れて、検品して販売する仕組みを構築しているので紹介する。

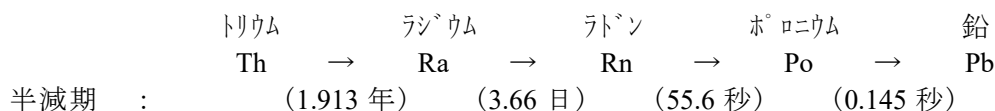
<http://bigbird.riast.osakafu-u.ac.jp/~akiyoshi/Works/ペルチェ霧箱リーフレット.pdf>

（秋吉優史先生の HP <http://bigbird.riast.osakafu-u.ac.jp/~akiyoshi/Works/>）

※ランタンには全体にトリウムが練り込んであるため、1 枚のマンツルを小さく切れば数十個の線源が確保できる。

(4) 放射性崩壊

放射性物質は、時間と共に放射線を出し崩壊して別の物質へと変化していく。一例としてトリウムの α 崩壊の様子を示す。



霧箱では、Rn から Po になるときに 1 度アルファ線を出す、Po から Pb へ α 崩壊するときの時間が非常に短いので、飛跡をよく観察すると左右反対方向、または V 字形に飛跡が飛ぶように見える場合がある。

放射性崩壊には α 崩壊と β 崩壊がある。 α 崩壊は原子核から陽子 2 個と中性子 2 個（ヘリウムの原子核）が出ていく現象のため、原子核は質量数が 4、原子番号が 2 だけ小さい原子核に変わる。一方、 β 崩壊は原子核中の中性子が陽子と電子に分かれ、電子が出ていく現象であるため、質量数は変化しないが、原子番号が 1 だけ大きな原子核に変わる。

(5) 寒剤

寒剤として、ドライアイスを用いる方法はよく知られている。本実験の場合は、1kg（500円程度、10cm 角程度の大きさ）のドライアスを購入時にカットしてもらった。購入店によっても異なるが、10cm × 10cm のドライアイスであれば、5cm 角のブロックが 8 個とれる。なお、ドライアイスは長期保存ができないため、実験当日の朝に配達してもらうか、自分で店に取りに行く必要がある。実験当日に購入が困難な場合は、ドライアスを余分に購入し、目張りした保冷箱で保管すれば 1～2 日程度は保管が可能である。

現在、理科教材会社からは、ペルチェ素子を使って電氣的に温度を下げるのもや、冷凍庫で凍らせるコールドプレート式の霧箱が販売されている。いずれの場合も 1 台、数万円以上と高額である。その他、融雪剤などに使われている塩化マグネシウム ($MgCl_2 \cdot 6H_2O$) などを用いた霧箱が知られている。参考文献によれば、ジッパー付き袋の中で寒剤となるかき氷 100g と塩化マグネシウム 83g ～ 85g を混ぜ合わせ、その袋の上に霧箱を密着するように置くと霧箱の底面温度は $-30.0\text{ }^\circ\text{C}$ まで低下し、 α 線や β 線の飛跡の観察が可能となる。寒剤については塩化ナトリウム ($NaCl$) や塩化カルシウム ($CaCl_2 \cdot 6H_2O$) があるが、塩化マグネシウム ($MgCl_2 \cdot 6H_2O$) が最も低温になるようである。なお、この方法はドライアイス ($-78.9\text{ }^\circ\text{C}$) に比べると温度が高く、薄いシャーレ式の霧箱ではアルコールの過飽和状態をコントロールするのが難しいため、生徒実験での利用はあまりお勧めしない。

参考文献：「S 霧箱を使用した教員研修の取組」、柚木朋也、北海道教育大学紀要・教育科学編、67(2)：135-143、2017-02

4. 資料

(1) 放射線に関する実験機器の貸出等 [放射線教育支援サイト “らでい”]

(公財)日本科学技術振興財団では、平成 24 年度より放射線教育支援サイト “らでい” を運営しており、簡易放射線測定器 “KIND” の貸出、放射線出前授業、放射線教育の教材開発などを行っている。

<https://www.radi-edu.jp/>

教育用放射線測定器 “KIND”	測定試料セット	特性（自然放射線測定、距離、遮へい）実験セット	演示用特性実験セット
10台まで	10セットまで	10セットまで	1セットまで
			

(2) 文部科学省－放射線教育－

文部科学省では、児童生徒等が放射線に関する科学的な知識を身に付け、理解を深めるための一助となるよう、放射線副読本を作っている。次の URL からダウンロードできる。

https://www.mext.go.jp/a_menu/shotou/housyasen/index.htm