

素粒子を見よう：霧箱の簡単な作り方

はじめに

最近では、東海村の臨界事故や東京電力の原子力発電所の停止など、放射線が日常の会話にも登場することがしばしばあります。ところで、**放射線**とはいったいどのようなものでしょうか？

放射線には、大きく分けて2種類あります。第一は波長の短い**電磁波**です。いわゆる電波も電磁波の一種ですが、電磁波の中では波長が長いものです。例えばFM放送の電波で数メートルあります。放射線の一種としての電磁波の波長は電波の波長よりも、非常に短くて原子の大きさ程度、あるいはさらに短いものです。身近なものでは、レントゲン撮影に使われるX線が挙げられます。第二は高速に飛行している**粒子**で、**粒子線**と言われます。粒子としては電子、陽子、中性子などが考えられます。

粒子線はその粒子の種類によって、名前がつけられます。高速に飛行している粒子が電子の場合は電子線などと呼びます。粒子線の中には、特別な名前をつけられたものもあります。例えば、電子線は**ベータ線**とも呼ばれます。また、中性子2個と陽子2個が結合した粒子（電子がない裸のヘリウムの原子核）が飛行すると、**アルファ線**と呼ばれます。

放射線というとなんとなく怖いものというイメージがあると思います。これは見えないものがあると、なんとなく不安になるせいです。暗い夜道では、柳も幽霊に見えますね。放射線が遺伝子に作用して生命の進化に影響を与えたように、放射線は生命にとっても重要なものです。また、レントゲン写真のように有用なものでもあります。よく理解され制御された放射線は怖いものではありません。でも、逆によく理解されずに制御されていない放射線は怖いものです。ここでは、放射線をまず「見る」ことから、理解を深めることにしましょう。

今回は、目に見えない放射線を観測するための装置として**霧箱**を作成します。霧箱の中をアルファ線が通過すると、その飛跡(飛んだ跡)に沿って液滴が凝結します。その液滴の集まり(霧ですね)は見えるので、アルファ線がどこを通過したか**見る**ことができるわけです。実際に作ってみると、こんなに簡単に放射線を捉えることができるのかとびっくりすることでしょう。(私はびっくりしました。)そして、実際に放射線を観測してみましよう。なお、霧箱の詳しい原理は最後に説明します。

用意するもの

- (1) **容器** - タッパー等，家庭にあるプラスチック製の弁当箱で OK です。ドライアイスに接触させるので，冷凍庫に入れても OK なものを選ぶと良いでしょう。100円ショップで購入できます。
- (2) **黒い紙** - 飛跡を見やすくするために，容器の底に敷きます。アルコールで色落ちしないものを選んでください。黒い折り紙や厚紙などです。別に黒にこだわらなくても，色が濃く背景になって白いもの（飛跡）がはっきり見えるのなら，どんなものでも OK です。タッパーそのものが濃い色ならば，それでもいいでしょう。
- (3) **マントル** - ランタン(ガソリン燃料のランプ)を明るくするためにマントルと言うものを使います。マントルの発光効率を向上させるために，一部の製品にはごく微量のトリウムが含浸させてあります。トリウムは放射線（アルファ線）を放出します。今回はこのマントルを放射線源として使います。放射線源として使用可能なマントル製品は CaptainStag（パール金属）と EPIGAS（ユニバーサルトレーディング）から販売されています。アウトドア用品店やホーム・センターのキャンプ用品売場で購入できます。
- (4) **サランラップ** - 容器の中の空気が乱れないように透明なふたとしてかぶせます。
- (5) **ティッシュ** - アルコールをしみ込ませます。綿などでも OK です。
- (6) **セロテープ** - ティッシュを容器の壁に固定するために使います。
- (7) **無水アルコール** - 薬局で購入できます。
- (8) **発泡スチロールの板** - ドライアイスの温度は低いので，直接机の上においてはいいけません。いわゆるお弁当シートでスポンジの薄いシートになっているものを何回か折りたたんで敷いても OK です。ホームセンターなどで，購入できます。
- (9) **ドライアイス** - 八洲薬品（京阪奈営業所の電話は 072-870-2711）などの薬品会社で取り扱っています。多少割高になりますが，アイスクリーム屋でも分けてくれます。
- (10) **厚い手袋** - ドライアイスの温度は低いので，直接接触すると凍傷の恐れがあります。スキー用の手袋でも使えます。ただし，スキー用の手袋を使う場合は，十分**注意**してください。

ドライアイスとマントルを除いてすべて家庭で日常的に使用するものばかりです。ドライアイスもアイスクリーム屋で手に入れることができますし，マントルもアウトドア活動の好きな方ならすでにお持ちかもわかりません。また，費用もあまりかかりません。

作り方

(1) 使用するタッパーです。



(2) 適当な大きさに切った黒い紙を底に敷きましょう。



(3) 容器の壁に帯状にたたんだティッシュをテープで貼り付けます。



(4) マントルをはさみで切って、黒い紙の上に置きます。



(5) 貼り付けたティッシュに無水アルコールを浸み込ませます。



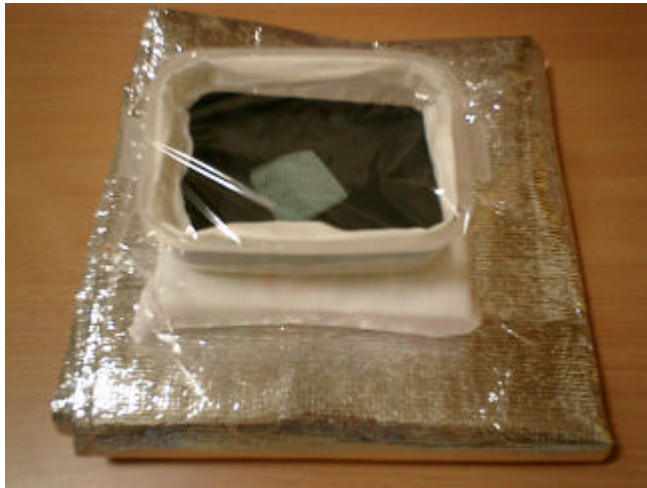
(6) サランラップでふたをします。



(7) 発泡スチロールの板の上にドライアイスを置きます。ここでは「お弁当シート」を使いました。



(8) ドライアイスの上に容器を置きます。



(9) 完成です。簡単ですね。

しばらくして容器の温度が下がると、マントルから霧が放射状に線になって現れます。この線状の霧こそがアルファ線の飛跡なのです！！

注意

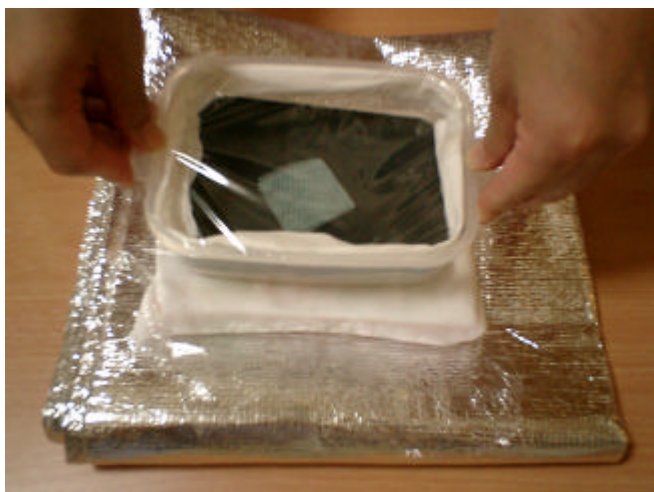
ドライアイスは凍傷のおそれがあるので直接手で触れてはいけません。
アルコールは皮膚についたらすぐに水で洗い流してください。
今回作った実験セットは各自お持ち帰りください。

凍傷について

凍傷は皮膚が極端な低温にさらされた場合に起こり、火傷と同じような症状を示します。火傷は皮膚が高温にさらされたために、その細胞が死んでしまうことです。同様に、凍傷は皮膚の細胞が低温にさらされたために死んでしまうことです。実験ではドライアイスを使います。ドライアイスは2酸化炭素を固体にしたもので、通常 conditions で摂氏 - 78 . 9 度の低温になっています。取り扱いにはくれぐれも注意してください。

製作、実験時の工夫

- (1) ティッシュとセロテープの代わりにスポンジテープ（冬に窓についた水滴を受けるために売られている「結露テープ」です。また、隙間風防止用のテープも使えそうです。）でも、実験できます。要するに液体のアルコールを容器の上のほうに保持できれば良いのです。
- (2) 容器とドライアイスの間がうまく触れていないと容器の底が十分に冷えず、うまく飛跡が見えません。容器をドライアイスにぎゅっと押し付けるか、細かく砕いたドライアイスを発泡スチロールのクーラーボックスに入れて、その上に容器を置くなどの工夫が必要です。



- (3) 無水アルコールの代わりに、非常にアルコール分の高いウォッカやブランデーなども使用できると思います。子供相手には良くないと思いますが、大人が遊ぶには良いかもわかりませんね。

(4) うまく見えない場合もあります。そのときは、サランラップのふたをちょっと開けてすぐ閉じると見え出すことがあります。これは、わずかな空気の乱れを導入するのです。ただし、容器の中の空気を乱しすぎるとだめです。

霧箱の原理

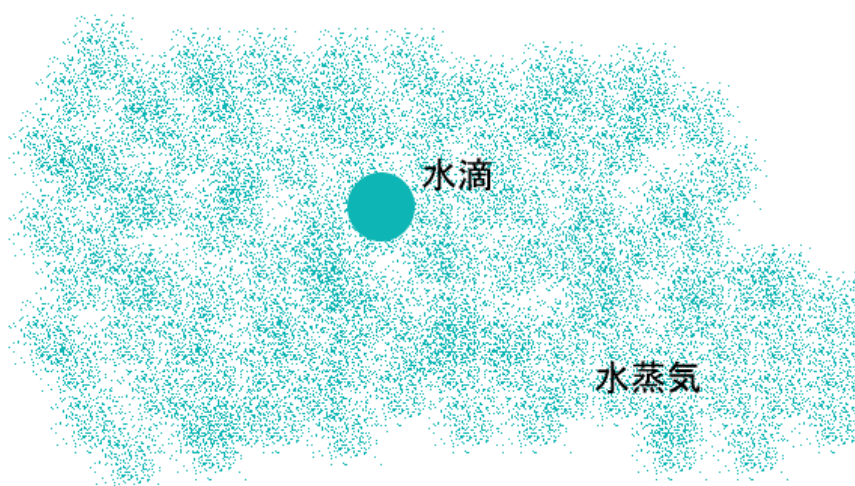
アルファ線の飛跡ができる理由は、飛行機雲ができるのと同じです。まず、過飽和という現象を理解しましょう。

水蒸気の中に小さな水滴があると想像してください。水滴の表面には**表面張力**が働いています。(表面張力のおかげで、アメンボは水に乗ることができるのでしたね。)表面張力のために水滴は表面積を小さくしようとします。すなわち、水滴は縮まろうとします。言い換えると、**小さな水滴**は表面張力のために**蒸発しやすい**のです。このために、温度をゆっくり下げていくと、本当なら水蒸気から水に変化する温度になっても水蒸気のままであることがあります。このような状態を**過飽和状態**と言います。

このような過飽和状態の水蒸気の中にホコリを入れるとどうなるでしょうか。ホコリの粒の表面には水分がついて、ホコリの粒はまるで**大きな水滴**のようになります。小さな水滴ならば蒸発してしまって過飽和状態になってしまったのですが、今は大きな水滴なので

蒸発できません。というわけで、ほこりの粒を中心(**核**と言います)として、大きな水滴ができます。**大きな水滴が集まったもの全体**は霧(空中ならば、雲)ですね。ジェット機が飛ぶ高空では、ホコリがなく水蒸気は過飽和状態になっています。ここを、ジェット機が飛行するとエンジンから出る噴煙の粒を核として雲ができます。これが飛行機雲なのです。

さて、今回作った霧箱の場合はどうでしょうか。容器の上の方に保持されたアルコールが蒸発して、低温の容器の底の方に拡散します。その過程で、**アルコールの蒸気**がある領域で過飽和状態になります。ここで、なんらかの刺激があると、高空で飛行機雲ができるように、アルコールの霧ができます。さて、アルコールの霧ができる様子をもう少し詳しく考えて見ましょう。アルファ線が通過すると、空気中の窒素分子や酸素分子の中にある電子を蹴飛ばしてしまうことがあります。電子を蹴飛ばされてしまった分子は**正に帯電**



することになります。このように帯電した分子がアルコールの蒸気が過飽和になっている領域にあると、アルコールの分子を引き付けて**大きなアルコールの液滴**(大きいと言っても、勝手に蒸発してしまわない程度に大きいだけで、小さなものです)を作ります。このようにアルコールの液滴が帯電した分子を中心(**核**)としてできます。帯電した分子はアルファ

線の通過した跡にできますから、アルコールの液滴はアルファ線が通過したところに並ぶことになります。すなわち、霧がアルファ線の通過した跡にできるのです。アルコールが過飽和になっているところを霧箱の有感領域と言います。これは、ここをアルファ線が通過すると、飛跡ができてアルファ線を検出できるからです。

初めて作られた霧箱は、気体の断熱膨張を利用して温度を下げて過飽和状態を作っていました。そのために、機械的な機構が必要で手軽に作ることができる装置ではありませんでした。今回、作成した霧箱には機械的に動く部分は一つもなく簡単に実験できるようになっています。

また、インターネットで「霧箱」を検索すると、様々な情報が得られます。子供と一緒にインターネット検索を行うのも良い総合学習のテーマになると思います。

