

## 宇宙線が見える？超簡単・林式高感度ペットボトル霧箱を作って宇宙線を観察しよう（霧箱・入門編）

### 〔宇宙線が見えるの？〕

宇宙線の多くは原子よりもさらに 1000 万倍以上小さい素粒子と呼ばれる電気を帯びた粒子です。とても小さいので、最大の拡大率を誇る電子顕微鏡でも見えません。顕微鏡でも見えない大きさの素粒子ですから、宇宙線そのものは見ることが出来ません。しかし宇宙線が通った跡は見る事が出来るのです。

皆さん飛行機雲を知っていますね。青い空を高高度で飛んでいる飛行機は肉眼ではほとんど見えませんが、飛行機が飛行機雲を引いていると飛行機本体は見えなくても飛んでいる位置がすぐわかります。



宇宙線の飛行機雲をつくる装置が霧箱です。



高感度大型霧箱中を水平に近い角度で通過した宇宙線の飛跡

## [霧箱で宇宙線の飛行機雲が出来るわけ]

飛行機雲は $-50^{\circ}\text{C}$ くらいに温度の下がった高い空で出来ます。温度が低い  
ため、水蒸気が飽和水蒸気の状態を乗り越えて**過飽和状態**（その温度では水蒸気  
が気体で存在できる満杯状態以上に水蒸気が存在する状態）になっている空間  
を飛ぶ飛行機のジェットエンジンから放出された燃焼ガス中の多量の**微粒子**が  
核になって周囲の水蒸気がドバッと集まり、目に見える雲になったものです。

宇宙線の粒子は多くが電気を持っています。物質を作る原子は中心に+の電  
気を持つ原子核があり、原子核から遥かに離れた外側を-の電気を持つ電子が  
雲のように広がって取り囲んでいます。そこへ電気をもった宇宙線がやってく  
ると電気力（引力もしくは斥力）で電子を原子の外へ飛ばしてしまいます。電  
子が抜けた原子は「電離した原子」＝「イオン」となります。

霧箱で宇宙線の飛行機雲が出来る原理は上下が逆さになりますが、上空にで  
きる飛行機雲と似ています。

- ① 霧箱の下部をドライアイス（ $-78^{\circ}\text{C}$ ）で $-50^{\circ}\text{C}$ 以下に冷却します。
- ② 霧箱上部からアルコール蒸気が拡散します。
- ③ 霧箱内を拡散するアルコール蒸気は下ほど温度が低いので、下方に向かう  
途中で飽和状態になり、さらに下がると過飽和状態になります。
- ④ 宇宙線が空気中を通ると、通り道にあった窒素や酸素の原子が電離され、  
イオンになります。
- ⑤ 過飽和蒸気の中で宇宙線によるイオンができると、イオンが核になってア  
ルコール蒸気がドバッと集まり（100 万個以上か）、目に見える大きさの  
アルコールの液滴に一瞬で成長します。
- ⑥ 宇宙線が通過した後がアルコールの小さい液滴の列（飛行機雲）になって  
見えます。

## [1] 林式高感度霧箱の特徴

宇宙線の飛跡が見える高性能の霧箱をペットボトルや100円ショップのPET  
容器と100円ショップのアルミ鍋等で簡単に安く作ります。

宇宙線や $\beta$ 線は空気（窒素や酸素の原子）を電離する作用が $\alpha$ 線より弱く、霧箱内を素粒子が通過するとき出来るイオンの数が $\alpha$ 線に比べて大幅に少ないです。そのため $\alpha$ 線のように簡単に飛跡が見えません。

それを見えるように工夫した重要なポイントが次の4点です。

- ① 霧箱の底をアルコールのプールにして飛跡ができる過飽和層が深く、安定するようにした。
- ② 上面の蓋をアルコール蒸気との相互作用が少なく、外気と霧箱内上面との熱交換も比較的うまくいく薄いポリメチルペン材のラップフィルム（厚さ 11  $\mu\text{m}$ ）にした（無添加ポリエチレンラップも代用できる）。
- ③ ペットボトル材フレームの内側を黒ラシャ紙で覆ってラシャ紙に
  - (a)遮光と反射光を減らす
  - (b)底のアルコール液を上部に運ぶポンプの働き
  - (c)上部でアルコール液を蒸発させる蒸発器の働きの三役をこなさせた。
- ④ 宇宙線の飛跡は液滴の数が少ないので、液滴からの反射光が最大になる観察方向から照明した。また霧箱の底は照明の反射光が少なくなる黒のベルベット布か植毛紙にした。それで淡い飛跡も観察できるようになった。

これらの工夫により高感度状態で安定して観察できる霧箱になりました。この霧箱は放射線源を霧箱内に入れなくても放射線の飛跡が見えます。上空や周囲からやってくる宇宙線や $\beta$ 線を観察できます。



霧箱の製作に用いるペットボトル（20用）や1.50PET容器（ダイソー）

## [ 2 ] 霧箱の製作と観察

### ( 1 ) 必要な材料

- ① ペットボトル (2ℓの清涼飲料水用 PET ボトルでよい)  
1.5ℓPET 容器 (ダイソーで 110 円で購入できる。ペットボトルより大きい霧箱 (幅 10cm) が出来るのでこちらの方を進める)
- ② 黒ラシャ紙 (画材や、東急ハンズ、ホームセンター、インターネットの通販等で購入)
- ③ 黒のベルベット布、もしくは黒の植毛紙 (布の生地専門店、インターネットの通販)
- ④ 直径 20cm 程度 of アルミ鍋 (ダイソー等の 100 円ショップ)
- ⑤ ポリエチレンラップ (ホームセンターで購入)
- ⑥ ポリメチルペンテンラップ (COOP で 20cm、30cm 幅の物、リケンで 45cm 幅の物が購入できる)
- ⑦ アルコール{ネンアル(燃料用アルコール)、エタノール(純度 98%以上、酒税が加算されるので 500ml で 1400 円以上する)、プロパノール (販売している店が少ない) をスギ薬局等のドラッグストアやホームセンターの薬局等で購入できる。注意・消毒用アルコールは使用できない}
- ⑧ 輪ゴム (普通の輪ゴムでよい。長期間の使用だとダイソー等で販売されているライラク使用の 5~7mm 幅のソフトゴムテープが良い)
- ⑨ ドライアイス (都市ではドライアイスの卸やで 1 kg 単位での購入できる。例えば名古屋市内だと小島商会 (052-916-2693 北区)、タカギ産業 (052-331-6551 中区)、昭炭商事 (株) 名古屋ドライアイスセンター (052-381-1200 港区)、株イフエクト (052-331-6821 中区) 等がある。また全国にある葬儀屋には常にドライアイスが用意されているので、分けてもらえるところもある。3~5kg が最小単位になり、送料も含まれるので割高になるがインターネットの通販でも購入できる。また、お持ち帰り冷凍食品用にスーパー等で小売りしてくれる店もあるから利用できる。)
- ⑩ 新聞紙の束
- ⑪ キャンプ用の紙皿 (直径 18~20cm)

### ( 2 ) 組み立てる

①ペットボトルを切る（高さ 12~13cm ほど）

PET 容器（右図）は底の方の曲線部分を少し残した状態で切る



②黒ラシャ紙をペットボトル（PET 容器）の高さの幅で切り、（約 54cm×ペットボトルの高さ）の細長の黒ラシャ紙を作る⇒霧箱を動作させるときに用いる

③アルミ鍋の柄を外す

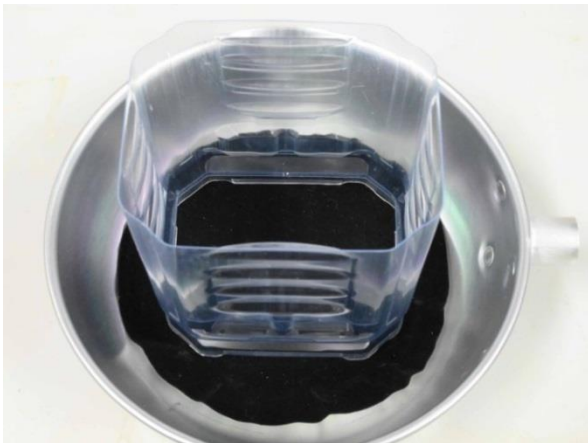


④(a)黒の植毛紙の場合は植毛紙をアルミなべの底の平らな部分より少し大きめのサイズに切る。



(b)ベルベット布の場合は底の大きさより各辺がだいたい4cmほど出っ張る大きさにカットして、作ったペットボトルのわくに蓋をするようにかぶせてしわが寄らないようにピンと張って輪ゴムで止める。

- ⑤ アルミ鍋に植毛紙を入れ、ペットボトルの枠を中央付近に置く。  
(ベルベット布使用の場合はベルベット布側を下にする)



- ⑥ ペットボトルが中央からずれないように、また上に浮かないように注意しながらポリエチレンラップを張力を少しかけてアルミ鍋とペットボトルの枠に同時に巻き付けて両者を一体にする。30cm 幅のラップだと上下がはみ出る。

(a) 鍋の下のはみ出し部分は鍋底の位置でカットする。

(b) ペットボトルの上に出た部分はボトルの上部 1cm くらいの位置でカットする。

- ⑦ 長めの輪ゴムで鍋の下、上のラップを押さえる。



完成した霧箱に黒ラシャ紙を入れた状態



ベルベット布使用の PET 容器霧箱

霧箱本体は完成です

### (3) 宇宙線、 $\beta$ 線、 $\alpha$ 線を観察する

- ① 紙皿にアルコールを 150~200ml 入れる
- ② 製作の②で作った細長の黒ラシャ紙を紙皿のアルコールにくぐらすように浸して黒ラシャ紙に万遍なくアルコールいきわたらせる。
- ③ アルコールに浸した黒ラシャ紙をペットボトル (PET 容器) の内側に貼り付けるように巻く。
- ④ 紙皿に残ったアルコールを霧箱の中にすべて入れる。アルコールの量が不足して、底の植毛紙やベルベット布がアルコールの液面から出るようであればアルコールを補充して液面から隠れるようにする。
- ⑤ ペットボトル (PET 容器) の上面をポリメチルペンテンラップフィルムで蓋をする。この時ラップフィルムの表面にしわが生じないようにピンと張る。ピンと張れたらラップフィルムを輪ゴムで止める。



- ⑥ 10枚以上重ねた新聞紙の束二つを十字に置き、その上に0.5kgほどのドライアイス板（1kgのドライアイス板の半分）を置き、その上に⑤の蓋をした霧箱を乗せる。（注意・ドライアイス板が平らでなく、いびつな形をしたものや、形が不ぞろいのドライアイスの破片の集合体の時は、新聞紙の上でドライアイスを木槌やソフトハンマーでたたいて細かな片にし、集めて平らにしてその上に置く）
- ⑦ 霧箱の下に広がっている新聞紙を霧箱を包むようにたたみ、広がらないように紐等で固定する。霧箱を包んだ新聞紙の下にさらに10枚以上の新聞紙の束を敷き断熱を高めるとよい。（注意・新聞紙で包むとき、包む高さはアルミ鍋の上部までで、霧箱上部は包まずに開けておくこと！）



- ⑧ 冷却を始めて10~15分ほど時間をおいてから高輝度懐中電灯を点灯し、ビーム光を観察している方向からラップフィルムを通して斜め下方に照射する。



- ⑨ ビーム光の中に糸くずのような細かい霧で出来た宇宙線や $\beta$ 線の飛跡が浮かび上がってくる。



$\beta$ 線の飛跡

- ⑩ 曲がっていたり、くねくねした飛跡が $\beta$ 線の飛跡である。宇宙線は細くシュートまっすぐに伸びた飛跡である。



宇宙線の飛跡

- ⑪ 数分間に1回くらいの割合で数 cm の長さの真っすぐな濃い飛跡が見えることがある。これは  $\alpha$  線の飛跡である。空気中のどこにでも微量に存在している放射性物質のラドンが、ラップフィルムで霧箱に蓋をしたときに霧箱内に閉じ込められて、そのラドンが崩壊したときに発生したものである。



$\alpha$  線の飛跡

- ⑫ 照明光の当たり方で飛跡の見え方が大きく変わる。照明方向をいろいろ工夫してみると良い。光のビームを観察方向と逆方向から照射すると飛跡は見えなくなる。