

2017/11/11 科学の祭典 京都大会 交流会
於 京都市青少年科学センター

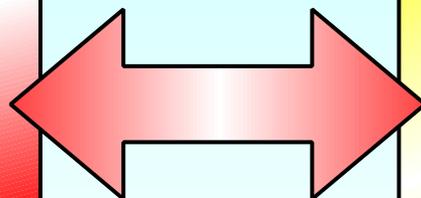
現場に届く
放射線教育コンテンツ
支援プロジェクト

大阪府立大学 放射線研究センター
准教授 秋吉 優史

実際に使える教材とは？

コスト

手間



確実性

教育効果

実施に要する時間

直感的に体感できるか？

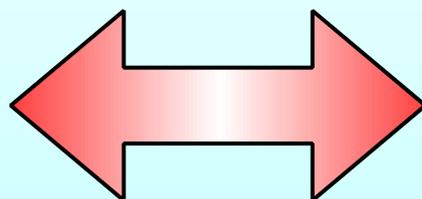
誰でも容易に使える汎用性

他のテーマへの発展性

ほとんどの場合で、お金もないし時間もない……

大学の研究者

実際の教育現場



相互のコミュニケーション
が不可欠

実際の教育現場の状況が分からない

教材開発まで行っている余裕がない
一部の熱心な先生しか実施できない

現在どういう内容について教えているのか知らない

1) ペルチェ冷却式高性能霧箱

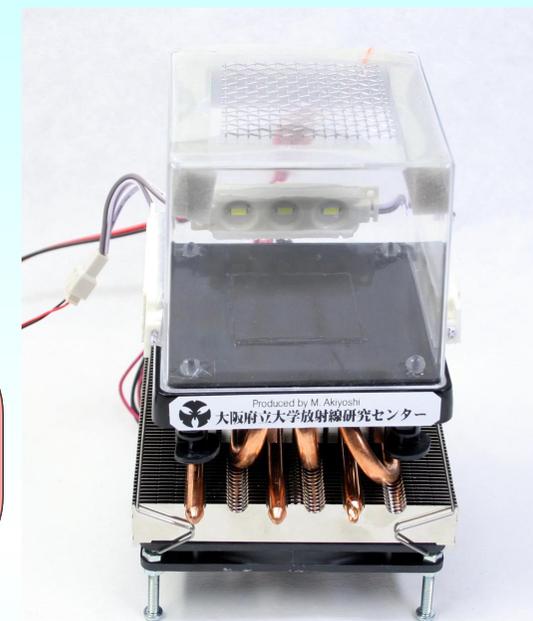
従来型の霧箱の問題点

- ドライアイスの準備、補給が必要で、長時間の連続展示が困難
- アルコールの補給などでチャンバーを開けると復帰まで数分かかる
- 高温型の霧箱は起動に時間がかかり、子供向けにはヤケドの危険
- 市販のペルチェ冷却型は非常に高価
- 天候などにより飛跡が観察できないことも
- α 線の飛跡が見えた、だけに留まっていた

2017年5月出荷分より
高圧電極配置の変更とチャンバー密閉度の向上で大幅に観察効率が上がり、悪天候時でもより確実に使用頂けるようになりました。

本製品の特徴

- ドライアイス不要で長時間安定してクリアな飛跡の観察が可能
- α 線の飛跡の観察に加えて、 β 線の飛跡の観察も可能で、さらには γ 線により弾き出された光電子なども観察可能
- 放射線の種類による物質との相互作用の違いを直感的に学習出来る
- 市販品を使用して安価に押さえており、複数ユニット購入が容易



最新の本体ユニット



コッククロフト型高電圧ユニット

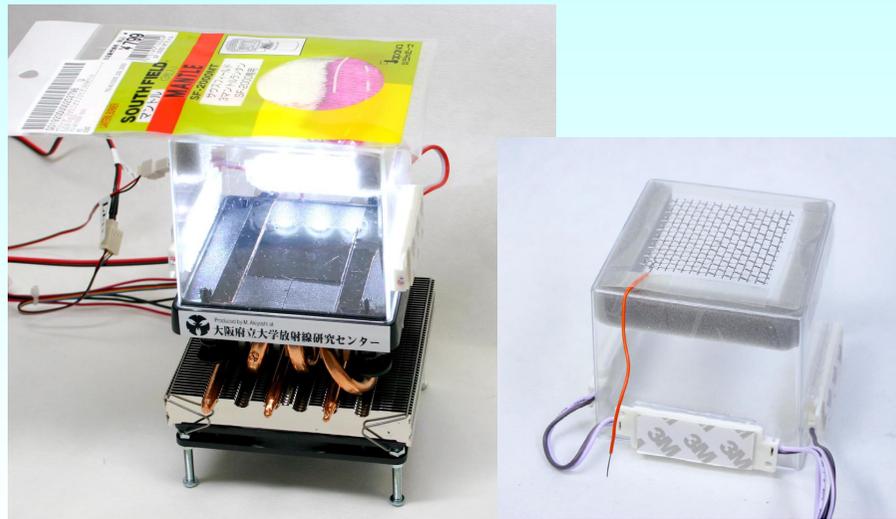
本製品は、大阪ニュークリアサイエンス協会を通じて販売を行っております。大学・官公庁の公費売掛にも対応しておりますので、onsa-ofc@nifty.comまでお問い合わせ願います。

より詳しく本製品のことを知りたい方は、以下のウェブサイトをご覧ください。
<http://bigbird.riast.osakafu-u.ac.jp/~akiyoshi/Works/index.htm>



ホームページQRコード

高性能ペルチェ冷却霧箱運用について

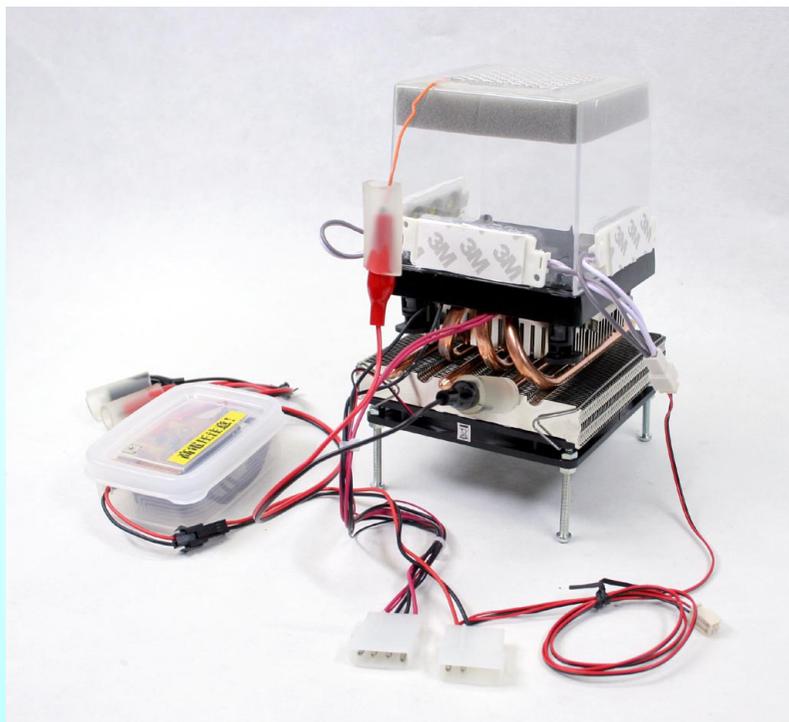


線源としてはランタン用マントルがやはり最適。季節物なので、冬場は入手困難なので注意。
サウスフィールド SF-2000MT, DX-HP マントルは現在トリウム含有が確認されている。

β 線観察時は、線源をチャンバーの上に置いて観察すると良い。上から入射しても β 線は散乱されるため底面に平行に走る電子が観察される。

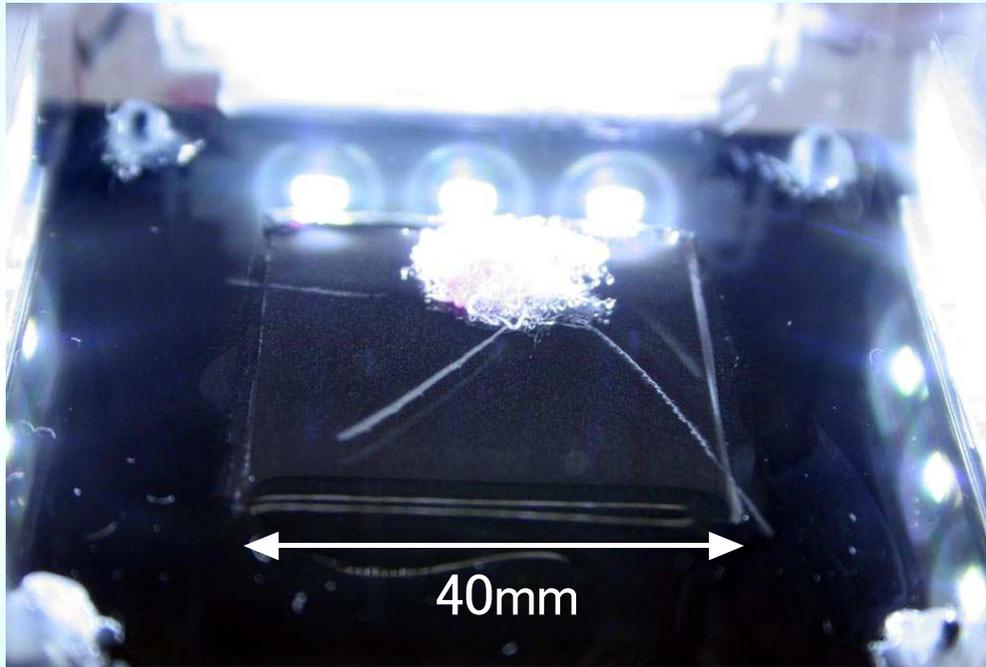
アルコールは試薬用の高純度エタノールでなくても、消毒用の物でも、イソプロピルアルコールが入っている物でも問題無い。しっかりとスポンジにしみこませる事が重要。一度補給すれば丸一日補給無しで内部でアルコールが循環し続ける構造。

適切な高電圧印加により、悪天候時でも明瞭な飛跡を観察可能。しかし依然としてストーブや加湿機を使用している部屋での観察は困難である。



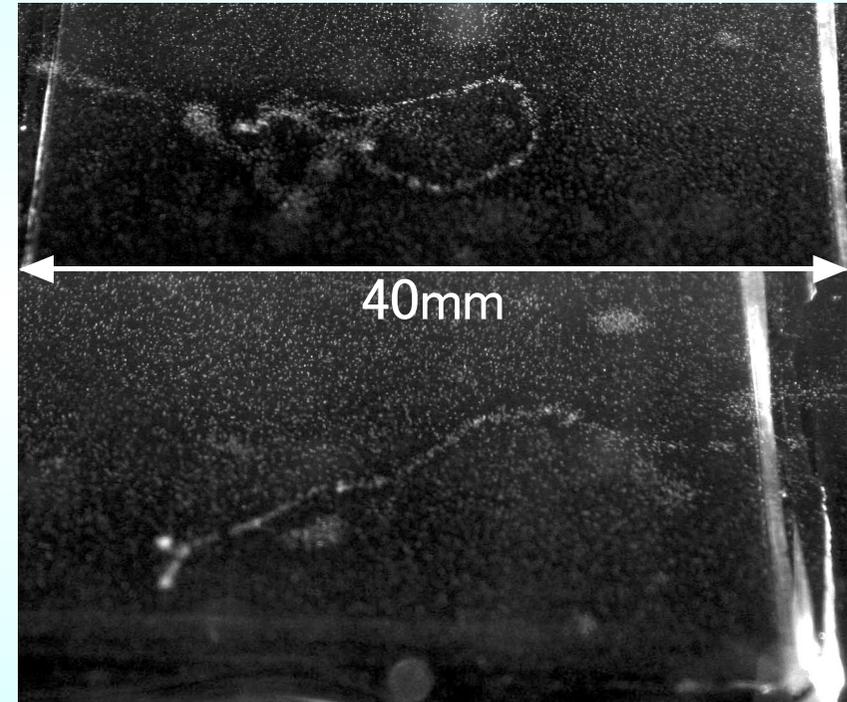
霧箱での飛跡の観察

α 線の飛跡



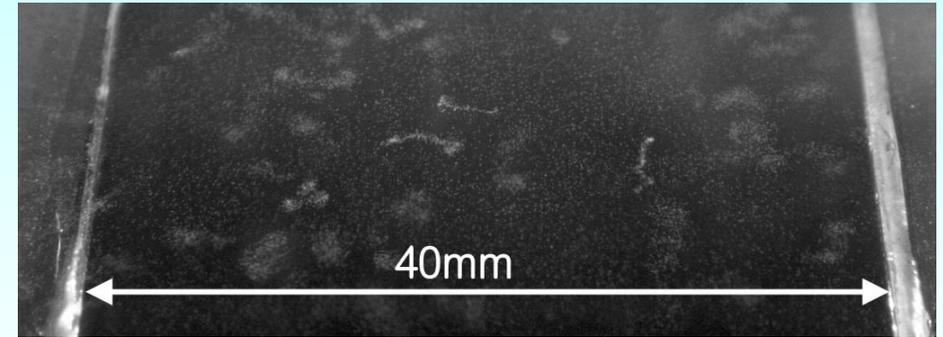
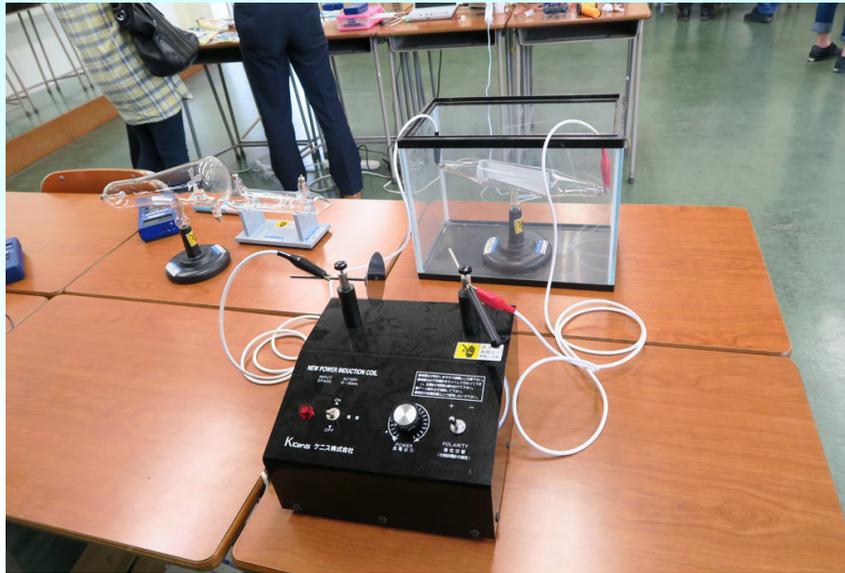
真っ直ぐで、はっきりとしています。
空気中を数cm飛んだだけで
止まってしまいます。

β 線の飛跡



糸くずのよううっすらとした、
曲がりくねった跡を残します。
よく見ないと、見ることはできません。

クルックス管を利用したX線の可視化



クルックス管からのX線によって弾き出された光電子の霧箱観察結果。
同じような見え方の β 線、 γ 線からの光電子に比べて非常に飛程が短く、「エネルギー」が低いという事が分かります。

中学校の理科教育における学習指導要領で「真空放電と関連付けながら放射線の性質と利用にも触れること」と定められています。

電子を弾き飛ばす「電離」と言う現象

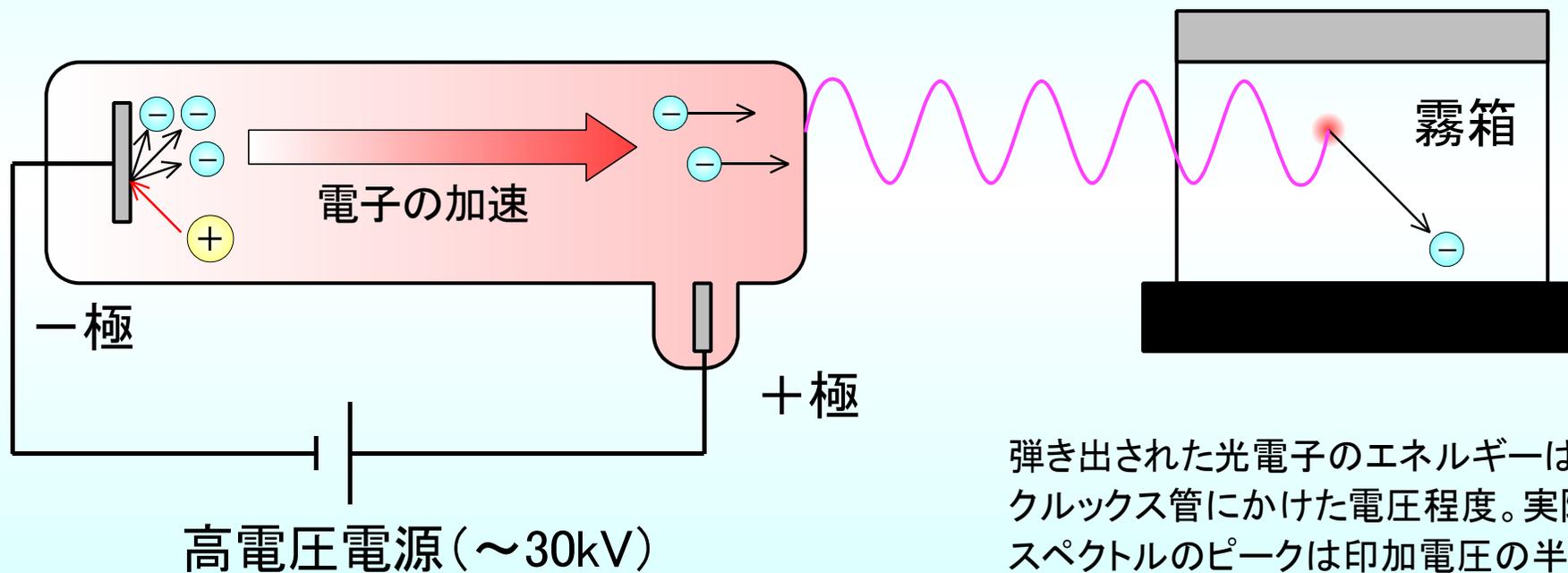
放射線と物質の相互作用の本質

クルックス管の動作原理

＋のイオンが一極に引きつけられて電子を叩き出す
(二次電子放出)

電子がガラス管の壁に衝突するときに、制動放射X線を放出する

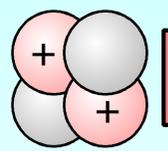
X線は最終的に原子の周りを回る電子を光電効果などで弾き飛ばして(電離作用)、弾き飛ばされた高速電子は β 線と同じように振る舞う。



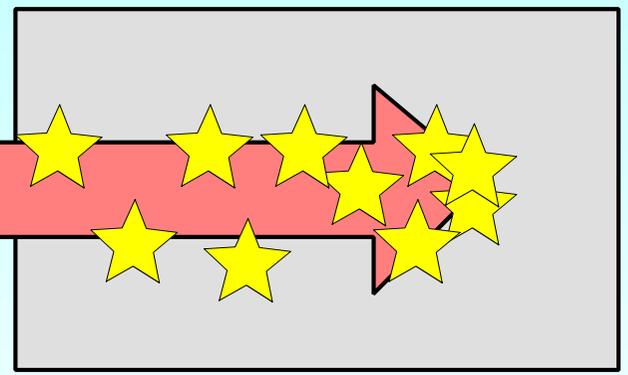
マントル線源の観察などで見られる β 線や、 γ 線からの光電子よりもずっとエネルギーが小さく、飛程も短い。

弾き出された光電子のエネルギーは、最大でもクルックス管にかけた電圧程度。実際には、X線スペクトルのピークは印加電圧の半分程度、光電子のエネルギーはX線のエネルギーから軌道電子の結合エネルギーの分だけ低くなる。コンプトン電子では角度によってさらにエネルギーは低くなる。

アルファ
α線



ヘリウムの
原子核



狭い範囲に一気に
エネルギーを放出します

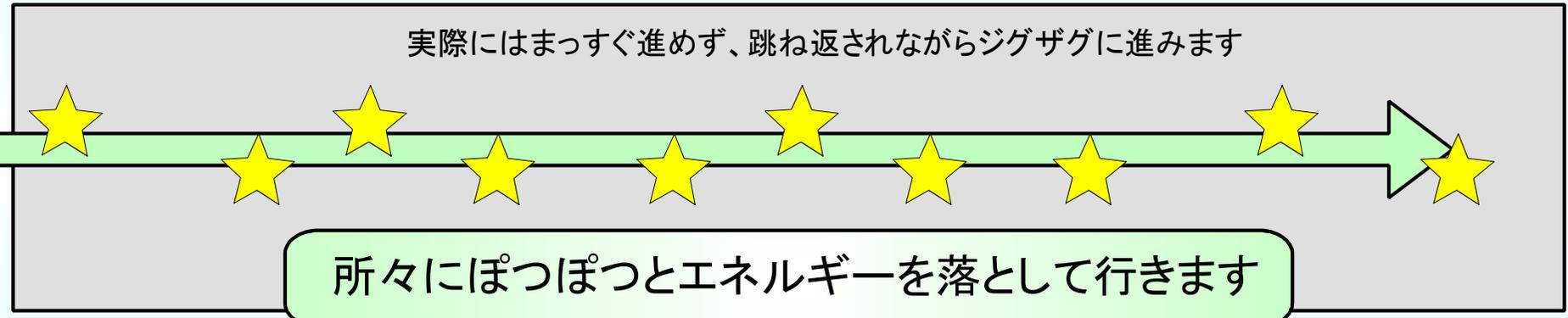
★
放射線がエネルギーを
物質に与えたところ
(電離、励起など)

水の中では数十μm程度、空気の中でも数cmしか飛ばず、紙一枚で止まってしまいますが、その範囲に一気にエネルギーを放出します。

ベータ
β線



電子
ヘリウムの原子核の7000分の1の重さしか有りません



実際にはまっすぐ進めず、跳ね返されながらジグザグに進みます

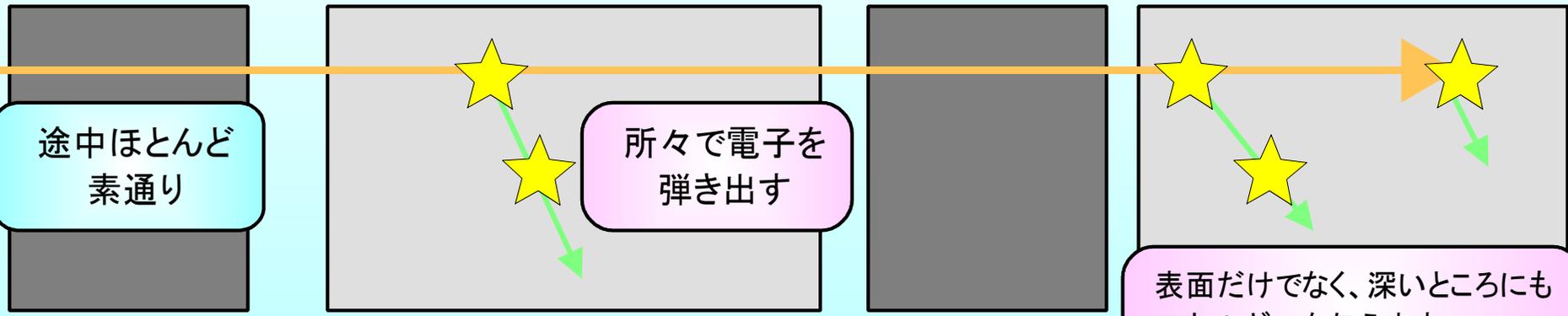
所々にぽつぽつとエネルギーを落として行きます

水の中でも1cm程度、空気の中では数m飛んでいき、少しずつしかエネルギーを落としません。

ガンマ
γ線

波長の短い
光の仲間

プラスやマイナスの電気を
持っていないため、ほとんど
素通りしていきます



途中ほとんど
素通り

所々で電子を
弾き出す

表面だけでなく、深いところにも
エネルギーを与えます。

弾き出された電子は、β線と同じように振る舞います

2) 極めて簡易、安価で確実、高性能な霧箱工作

- ・ダイソーのコレクションケースを使用した霧箱工作
 - ・ポリスチレン製でアルコールに侵されない
 - ・台座が黒く紙などを敷く必要がなく、薄いため短時間で冷却される
 - ・工作は実質スポンジテープを貼るだけ。
短く切っているので貼付けも容易で、説明を除くと15分かからない
 - ・アルコール注入もスポイトを使う必要がない
 - ・確実に全員飛跡を観察できた
- ・極めて安易、高性能、低価格で入手性にも優れており、今後の霧箱製作の標準とすることでノウハウの共有も行う事が出来る。

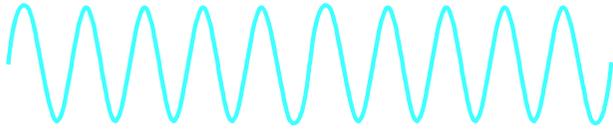


3) UVレジンを用いたアクセサリー工作

- 放射線重合の説明の一環としてUVレジン硬化の実演を実施
- 赤外線、可視光線からX線、 γ 線に続く電磁波の一つとして紫外線を説明
- 手芸コーナーでUVレジンによるアクセサリー工作は人気のジャンル
- Amazon, 100均ショップなどでも必要な資材が容易に入手可能
UVランプはネイル用のものが3000円程度で入手可能。



ガンマ線、エックス線



電離作用

放射線

原子核

電子

モノマー

ポリマー

重合

架橋

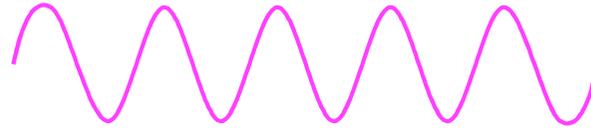
分解

グラフト重合

キュアリング

エネルギーの大きいガンマ線やエックス線は、物体の中を突き抜けていき、その途中の原子の周りの電子を弾き飛ばす働きがあります。この力を使って、注射器などの医療用の器具を滅菌したり、様々な機能を持った高分子化合物を作ったりすることが出来ます。

紫外線



< 太陽光線の種類 >

UVCはオゾン層で吸収されるため地表には届かない。

UVC

UVB

UVA

表皮

真皮

200 290 320 400 760 nm

UVC	UVB	UVA	可視光線	赤外線
短波長紫外線	中波長紫外線	長波長紫外線		
紫外線	紫外線	紫外線		

1nm (1ナノメートル)=100万分の1mm

※イメージ図

高いエネルギーの状態

励起

電子

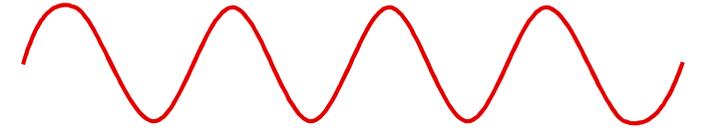
基底状態

紫外線を吸収

可視光線を放出

可視光線よりも少しエネルギーの高い紫外線は、目には見えませんが、物体の中の電子に少しだけエネルギーを与えて「励起(れいき)」させることが出来、日焼けの原因になったり、「UVレジン」という接着剤を固めてアクセサリーを作ったり、ウランガラスなどの蛍光体を光らせることが出来ます。

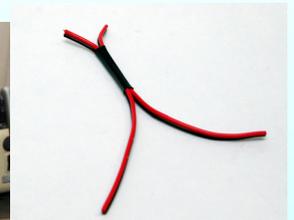
可視光線



目に見える光、可視光線は波長が長くエネルギーの低い赤から、波長が短くエネルギーの高い紫までの間で、虹の七色のように見え方が異なります。光も電磁波の一種ですから少し電子を励起して、写真フィルムを感光させたり、太陽光発電を行ったり、植物の葉緑体の中で光合成を行うなどのパワーを持っています。波長(波の長さ)と位相(波の位置)の揃った光のことを、レーザー光線と言い、強度(波の高さ)がとても強く、遠くまでまっすぐ飛ぶなどの性質があります。

4) 耐熱電線と熱収縮チューブの加熱の実演

- ・放射線による架橋で強化された材料の実例として、耐熱電線に熱収縮チューブをかけてドライヤーでシュリンクさせる実演を行った
- ・株式会社サンルックスより市販されている、放射線橋かけ技術を活用した形状記憶樹脂の実演も行った。
- ・東洋タイヤ製のタイヤ現物の展示も行った。照射前の生ゴムもあると説得力があるか



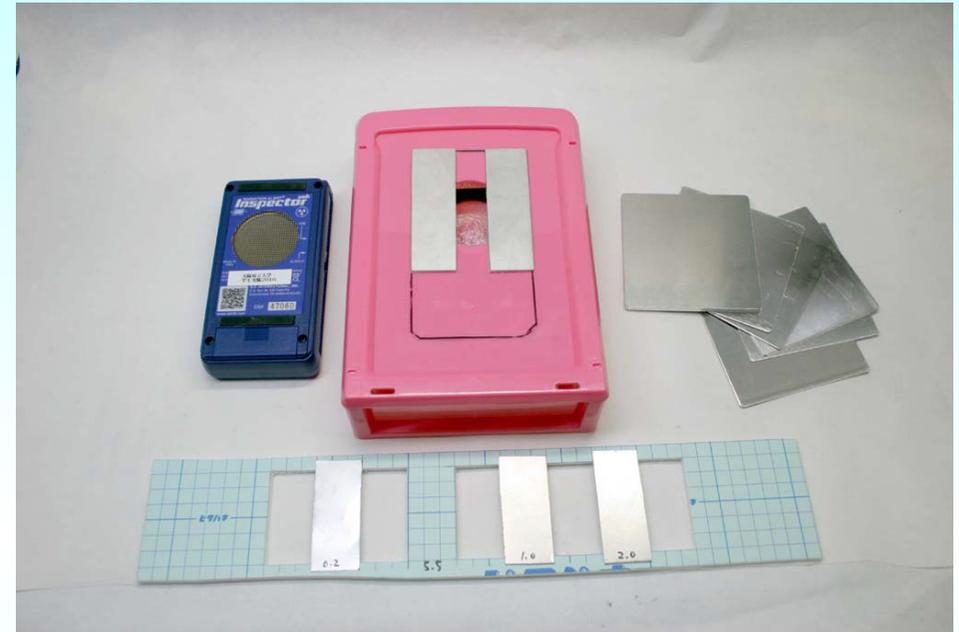
5) 放射線検出器を用いた宝探しゲーム

- ・平たい薄い箱の中にラジウムボールをポリパックに入れ、宝の地図を印刷したフタをして、 β 線を検出可能なサーベイメーターで探させる
- ・目に見えない物を探せる、少し離れると測れない、自然放射線が気まぐれに来るなど、色々な要素を学習可能
- ・ラジウムボールの数で難易度調整が可能
- ・大学生レベルでも、汚染検査の模擬として使用出来る



6) 非破壊検査/厚さ計/密度計 の模擬

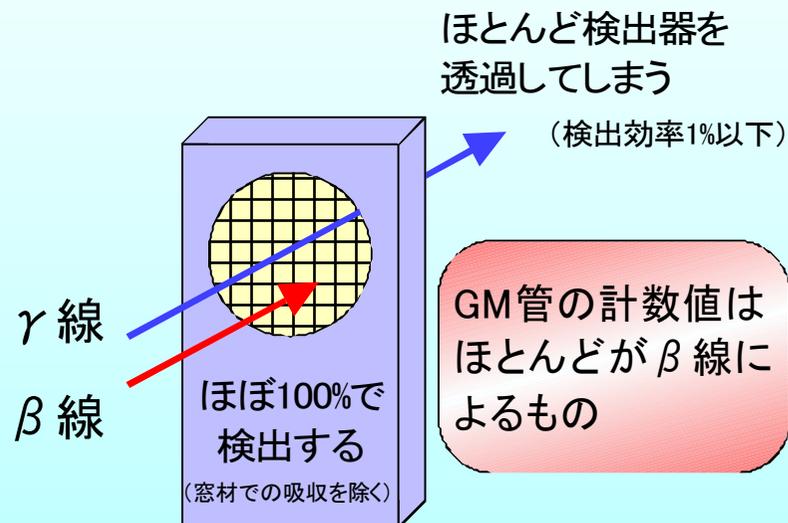
- ・インスペクターUSB GMサーベイメーターを用いた計数率変化の測定システムを開発
- ・複数の厚さのAI板を並べた試料板をゆっくりスキャンすることで、見えない部分の内部が見える非破壊検査と、測定対象の厚さが分かる厚さ計、もしくは材質・密度の違いが分かる密度計の模擬となる。



インスペクターUSB GMサーベイメーター



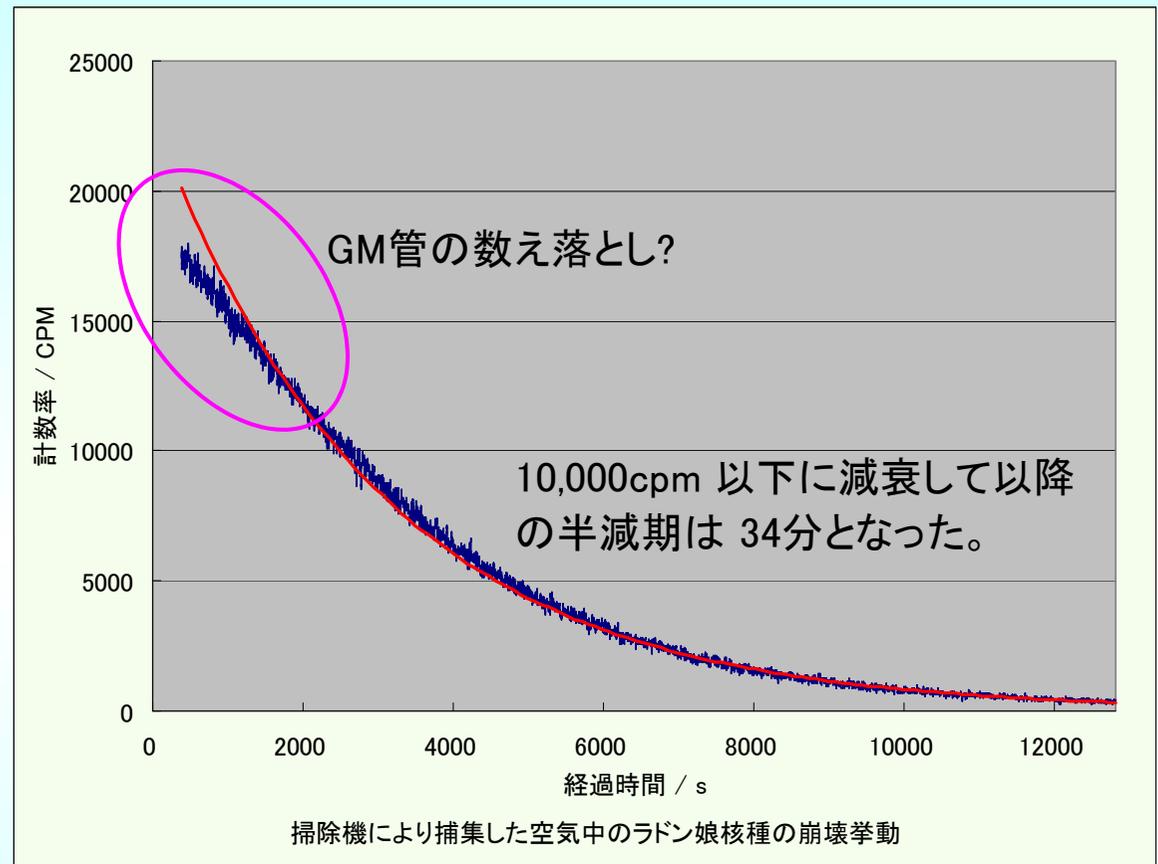
- ・ $\phi 45\text{mm}$ のパンケーキ型(端窓型) GM管を使用しており、高感度で高性能な割に 9万円弱と比較的安価
- ・PCにUSB接続して付属のソフトで連続的に計数率を記録、グラフ表示可能であり、トレンドを追うことができる。
- ・ラドン娘核種の崩壊挙動評価を40分程度の短い実習時間で他の実習をしながら実現可能



計測されるのはほとんどが β 線であることに注意。 $\mu\text{Sv/h}$ の実効線量率を表示するモードもあるが、 β 線は遮蔽されていることが前提。

GM管の計数値はほとんどが β 線によるもの

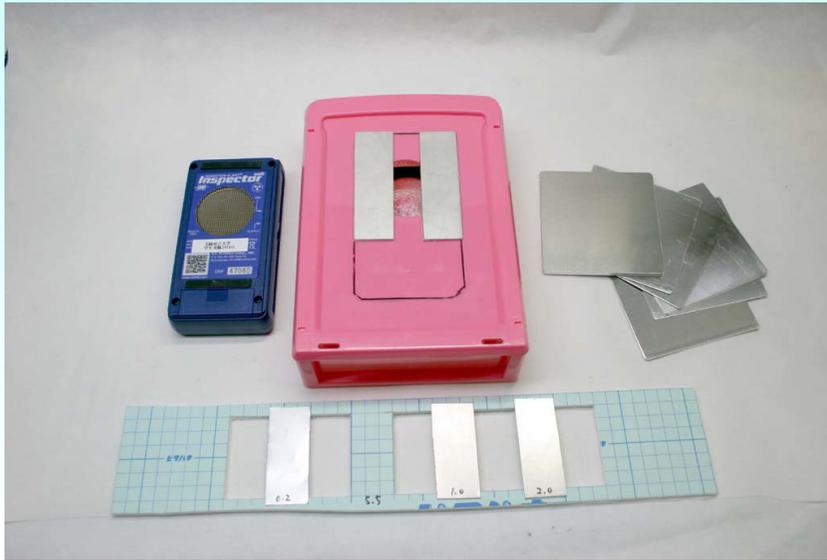
空気中のラドン娘核種の崩壊挙動



半減期30-40分程度で授業時間内での減衰挙動の評価が可能であり、最も身近でかつ強力な線源として使用が可能。多くの方がエアダストサンプラーの模倣から目の詰まったろ紙のようなフィルターを使用しているが極めて効率が悪く、ベンコットのようなガーゼを利用することで5分程度で十分な強度の線源を捕集可能。

極めて条件がよい場合、インスペクターUSBで 17,000cpm 越えという、マントル線源に匹敵する強度の線源を作り出すことも可能である。

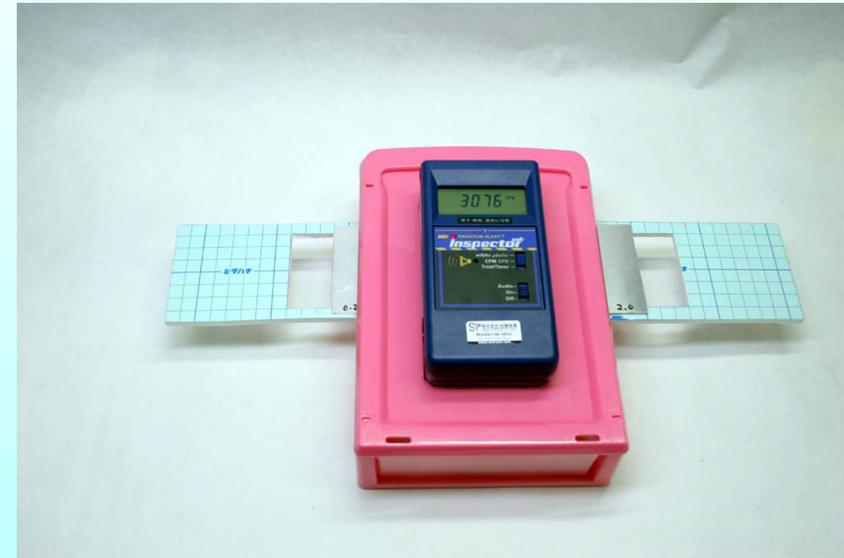
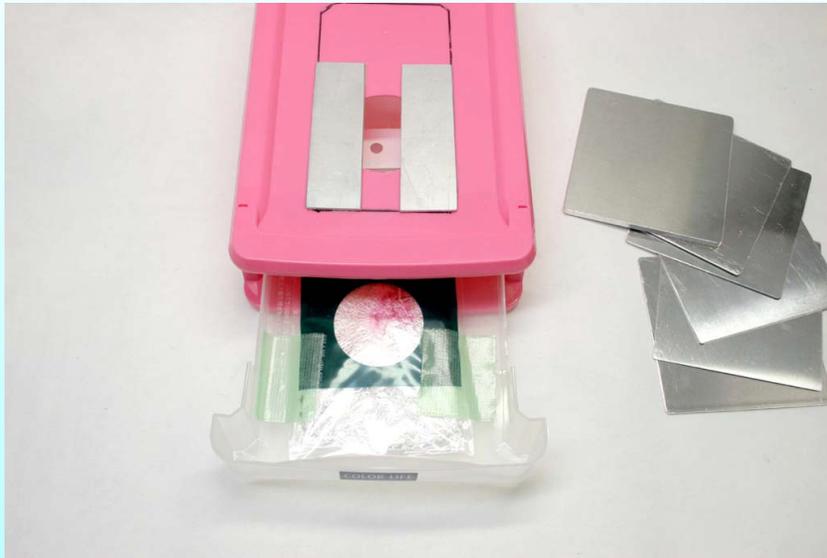
簡易な引出しを用いた遮蔽率測定体系



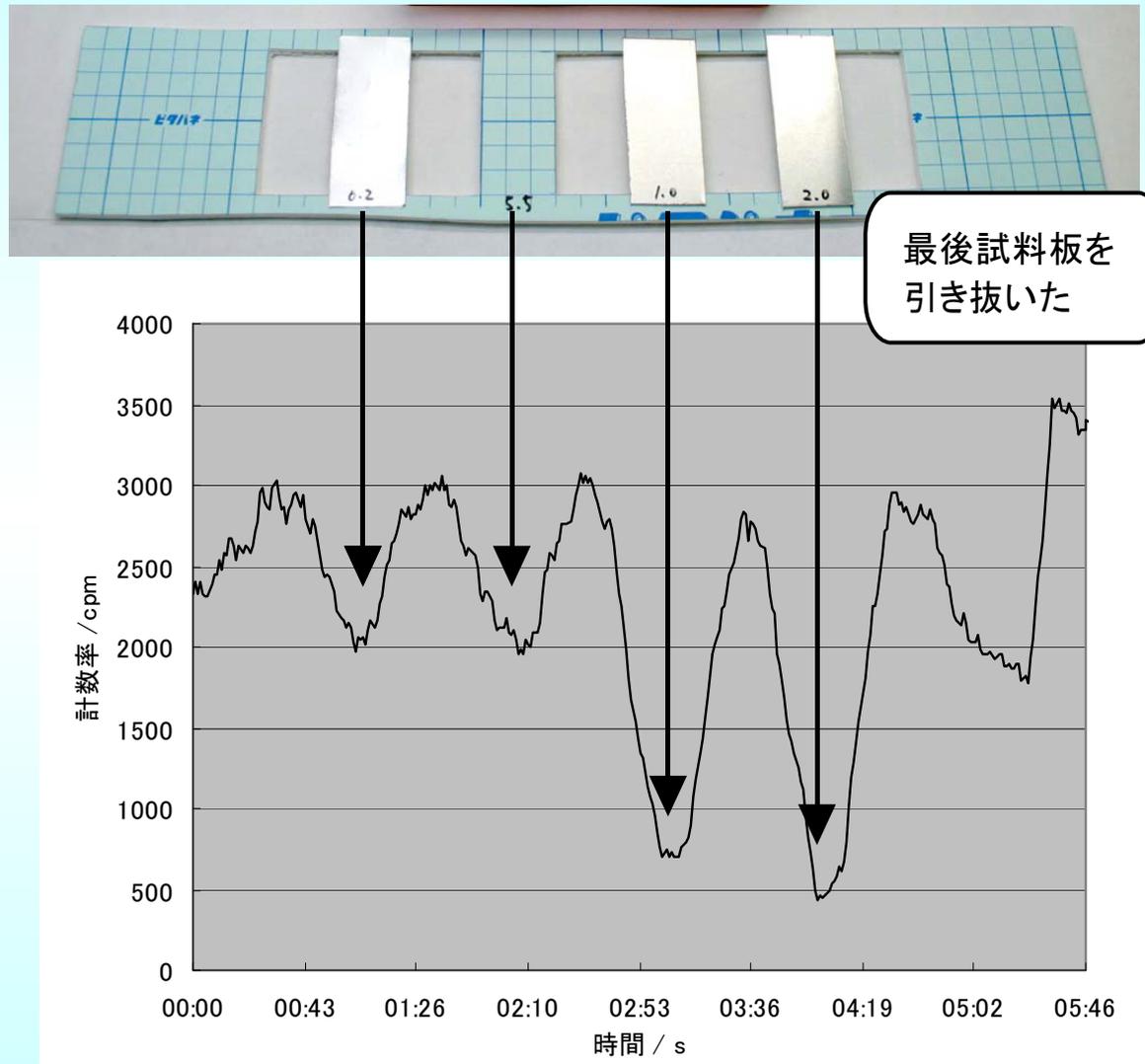
厚さが既知のアルミ板を引出しに入れて測定することで、線源と測定器の位置関係を一定に保ったまま遮蔽条件を変化させられる。



既知の試料を測定後、厚さが未知の試料を並べた試料板を横から差し込んで連続的に遮蔽状態を変化させる。



試料板の移動に伴う計数率の変化



10秒で1cm移動、3cmごとに試料、
ブランクと繰り返している

測定しているのはほとんどが β 線であり、試料の厚さの変化で明確に計数率が変化している。

試料の位置分解能を高めるために2cm幅でコリメートしているが、線源が強ければウインドウ幅を狭くすることで位置分解能の向上は可能。

マントル線源を用いた簡易なシステムではこの程度で十分であるが、線源との距離を近づけることでもう少し計数率を上げることは可能。

この教材から得られる知見

目に見えなくても試料板があるところでは計数率が変化して、その存在を知ることが出来る

**放射線透過検査
の原理**

厚さの異なる試料では
計数率が異なる

厚さ計の原理

密度が異なる試料では
計数率が異なる

密度計の原理

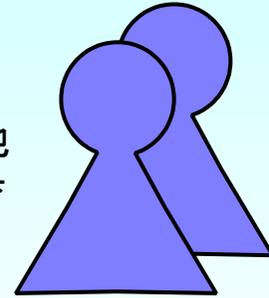
大阪府立大学のつばさ基金制度を 活用した放射線教育振興プロジェクト

全国の教育現場での
放射線教育の実施
(委託)

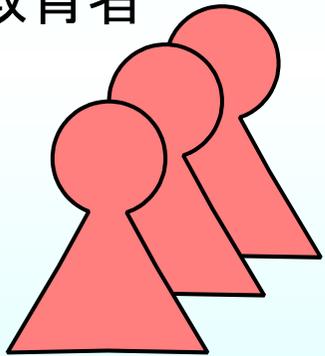
寄附金額の半額分程度を上限に貸与
10万円の寄付で、5万円分の物品

放射線教育用の物品

残額から福島や僻地
校などの放射線教育
現場へ放射線教育
用の物品を貸与



教育者



ふるさと納税
(寄付)

放射線教育振興プロジェクト:
1627200700 に寄付する旨連絡

大阪府

プロジェクト
への分配

13%は大学へ

大阪府立大学
放射線研究センター

物品購入

寄付者の地元
自治体

自己負担2000円以外は翌年の税金控除で
全額(*)帰ってきます

*所得により上限金額があり、
独身で年収600万円の場合
¥77,000の寄付が可能です。

府大からも2000円分相当の
府大グッズが進呈されます

ペルチェ霧箱を貸与する場合は、客観的で透明な経理
を実現するために、大阪ニュークリアサイエンス協会
(ONSA)を通して、直接公費での会計処理を行います。
それ以外の物品は、公費対応でない通販業者などでも、
立替払いで対応可能です。

ペルチェ冷却霧箱の売上利益から、製作のための
学生アルバイトを雇用して社会還元しています。

放射線教育振興プロジェクトにおける寄付金の流れ

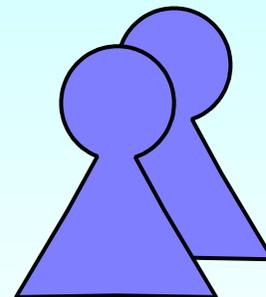
寄付頂いてすぐに物品発注を行う必要はありません。必要に応じて、年度繰り越しも可能です。

50,000円分の物品

放射線教育用の物品

37,000円分

残額から各地への物品貸与など様々な放射線教育振興活動を行う



教育者

WIN - WIN

100,000円
の寄付

大阪府

87,000円
が配分

大阪府立大学
放射線研究センター

13,000円は大学へ

物品購入 87,000円

98,000円
が帰ってくる

寄付者の地元
自治体

「換金性の高い物品」
の貸与は出来かねますので、ご容赦下さい

ペルチェ霧箱の場合は ONSA を通しての購入。そのほか、公費払いの業者の他、Amazonなどの通販業者もこちらの立替払いにて対応可能です。なお、検収の都合で大阪府大への納品が必要で、寄付者への発送は別途送料が必要です

府大からも2000円分相当の府大グッズが進呈されます