

**2017/03/28 日本原子力学会 春の年会 2C17  
於 東海大学 16号館 16-203教室**

**放射線透過検査/厚さ計/密度計の概念を  
学習可能な放射線教育用教材の開発**

**大阪府立大学 放射線研究センター  
秋吉 優史**

## 従来の放射線教育コンテンツの限界・問題点

これまで長年にわたって様々な教育・研究者が放射線教育に従事してきており、霧箱や自然放射線の測定などのコンテンツが開発・改良されてきた。しかしながら、従来のコンテンツでは以下の様な限界がある。

- ・霧箱で飛跡が見えた、に留まっている
- ・自然界に放射線・放射能が存在する、を確認するに留まっていた
- ・機材や消耗品が高価であり、調達が困難である
- ・教員自身でのプログラムの作成が困難である

そこで、従来の放射線教育のその次を目指し、高性能な機材の開発、また極めて安価で実施可能なコンテンツの開発、パッケージングした教材の開発を行っているので、紹介を行う。

# これまでに開発してきた放射線教育コンテンツ

これまで関西各地でのオープンスクールや「みんなの暮らしと放射線展」において、様々な新規コンテンツによる放射線教育を実施してきた。

- 1) ペルチェ冷却式高性能霧箱と、簡易型大型霧箱による放射線観察
- 2) 極めて簡易、安価で確実、高性能な霧箱工作
- 3) UVレジンを用いたアクセサリ工作
- 4) 耐熱電線と熱収縮チューブの加熱の実演
- 5) 放射線検出器を用いた宝探しゲーム

(2016/12/02 日本放射線安全管理学会 第15回大会に於いて報告済)

それに加えて新たな放射線教育コンテンツを開発したので報告する。

# 1) ペルチェ冷却式高性能霧箱

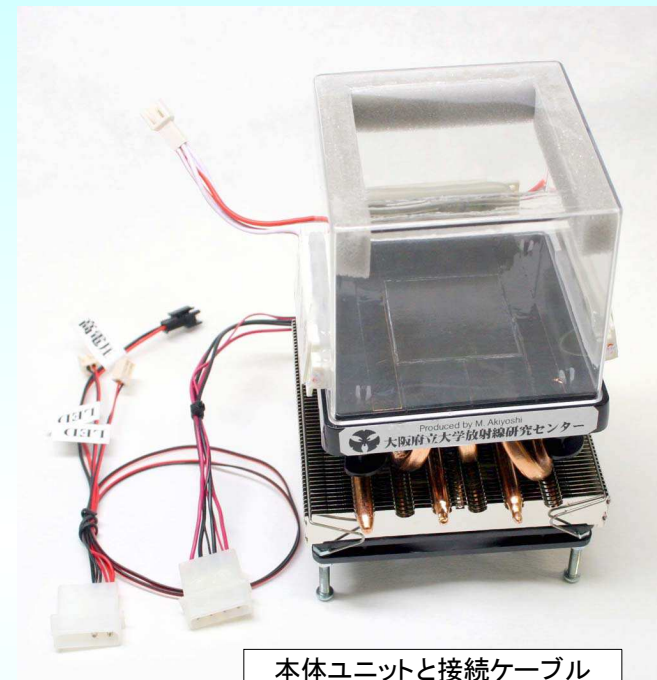
## 従来型の霧箱の問題点

- 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
- $\alpha$  線の飛跡が見えた、だけに留まっていた

2016年9月出荷分より  
素子の組み合わせ最適化で  
到達温度がより低くなり、塗  
装の強靱化でアルコールへ  
の耐性をアップさせました!

## 本製品の特徴

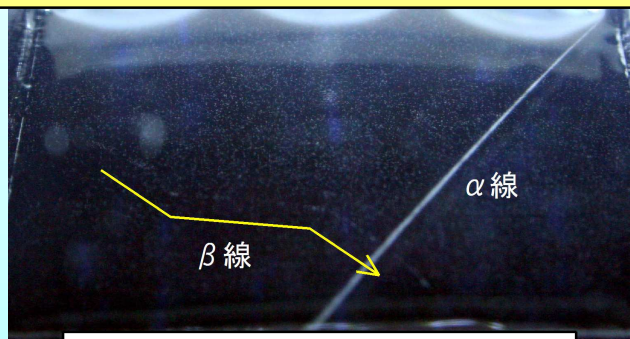
- ドライアイス不要で長時間安定してクリアな飛跡の観察が可能
- $\alpha$  線の飛跡の観察に加えて、 $\beta$  線の飛跡の観察も可能で、さらには  $\gamma$  線により弾き出された光電子なども観察可能
- 放射線の種類による物質との相互作用の違いを直感的に学習出来る
- 市販品を使用して安価に押さえており、複数ユニット購入が容易



本体ユニットと接続ケーブル



コッククロフト型高電圧ユニット



$\beta$  線の飛跡と  $\alpha$  線の飛跡の比較

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>

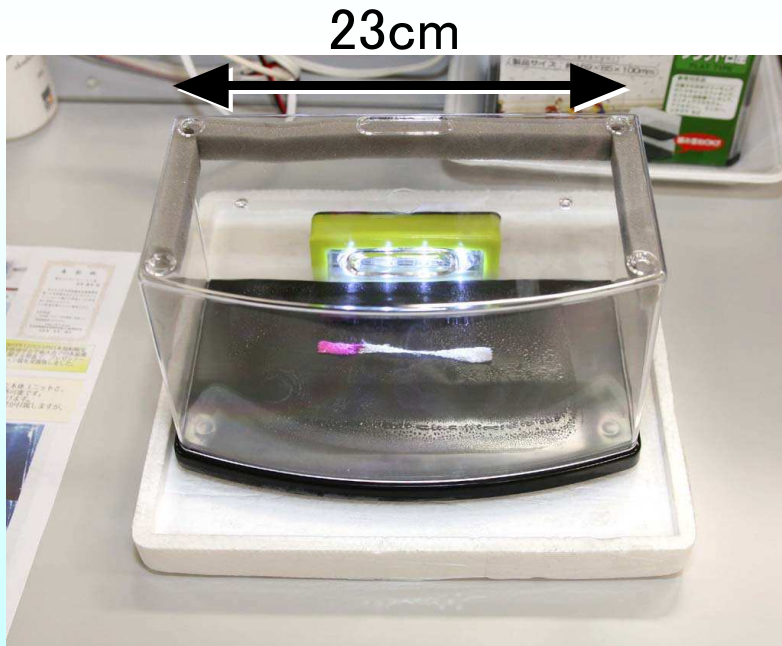


# 様々な霧箱展示



## ペルチェ冷却式高性能霧箱の展示

- ・2ユニットで3万円と安価なため、多数のユニットの展示が可能
- ・ $\alpha$ 線と $\beta$ 線の飛跡を別のチャンバーを見て比較できる
- ・一度しっかりアルコールをスポンジに含ませると、チャンバー内でアルコールが循環して一日ノーメンテナンスで観察が可能。  
(素子の周辺部はファンからの廃熱で暖められている)



・ダイソーの大型コレクションケース(300円)とLED ブロックライトで製作した霧箱。

・ドライアイスを底面に敷き詰めることで、大面積の霧箱が極めて容易に作成可能

・100円の横長タイプ(約17cm)のコレクションケースでも同様に製作可能

## 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教室を実施
- ・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。  
短く切っているため貼付けも容易で、説明を除くと15分かからない
- ・確実に全員飛跡を観察できた



### 3) UVレジンを用いたアクセサリー工作

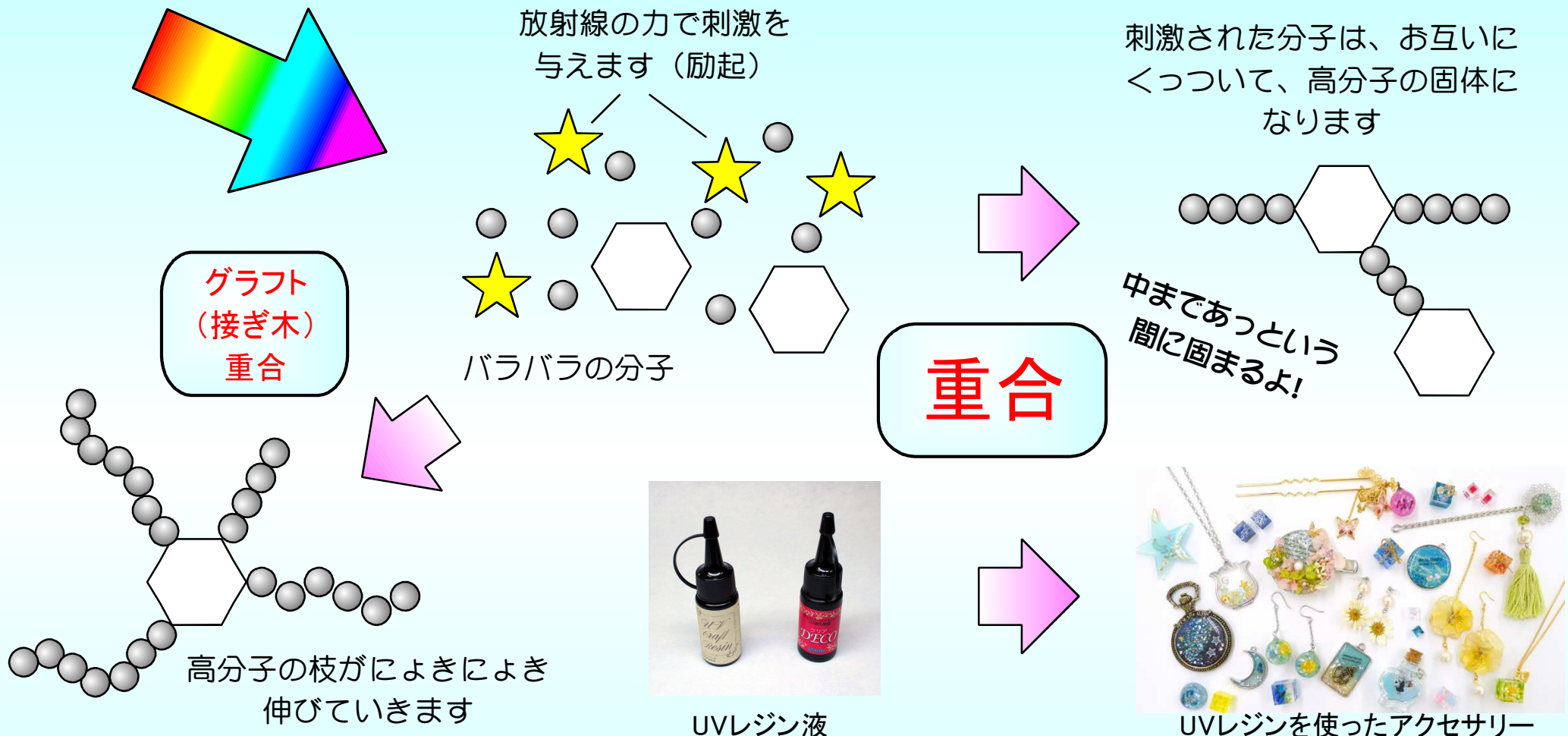
- 放射線重合の説明の一環としてUVレジン硬化の実演を実施
- 赤外線、可視光線からX線、 $\gamma$ 線に続く電磁波の一つとして紫外線を説明
- 手芸コーナーでUVレジンによるアクセサリー工作は人気のジャンル
- Amazon, 100均ショップなどでも必要な資材が容易に入手可能  
UVランプはネイル用のものが3000円程度で入手可能。





# X線、γ線、電子線 などの放射線

シンナーなどの薬品を使わないので、  
体と環境に優しいよ!



UVレジン液



UVレジンを使ったアクセサリ

伸ばした枝の性質を上手くコントロールすると、海水中の金属を集めるような機能を持った高分子を作ることができます。

UVレジンにはX線やγ線よりもエネルギーの低い、紫外線でも重合して固体に変わります。

UVレジンを使って、オリジナルアクセサリを作ってみよう!

海の中のお宝を取り出せるかも?!

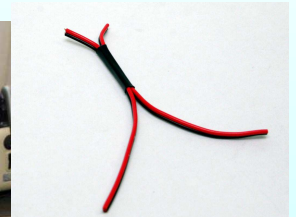


目に見える光じゃ固まらないよ!

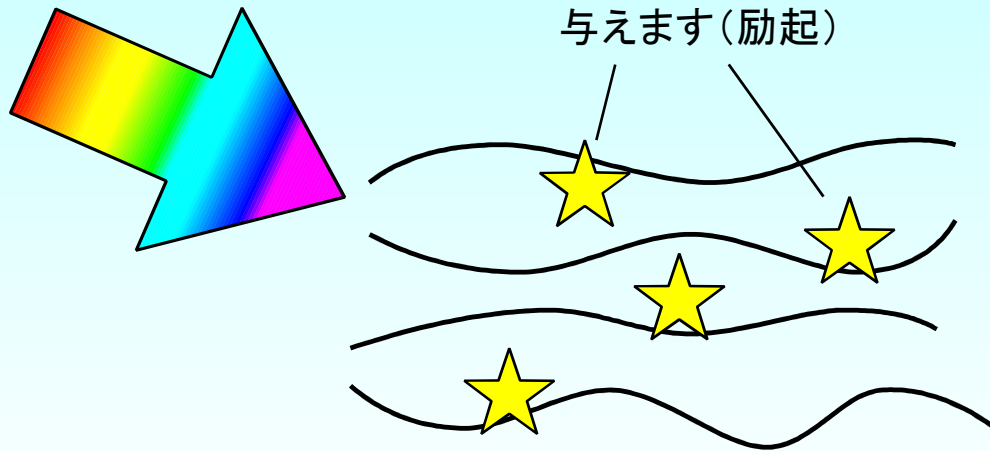


## 4) 耐熱電線と熱収縮チューブの加熱の実演

- ・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

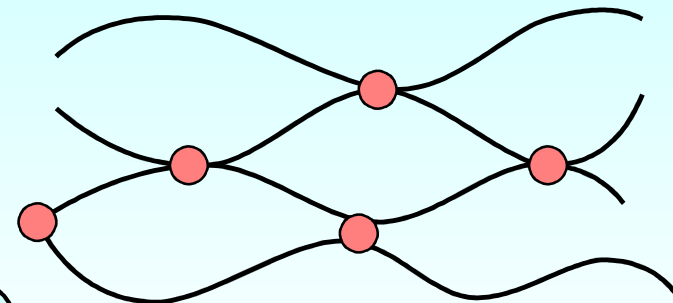
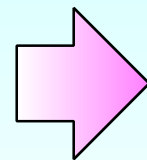


# X線、 $\gamma$ 線、電子線 などの放射線



お互いに連結されていない  
長い高分子の鎖

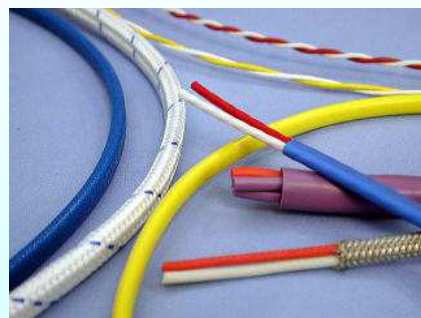
刺激されたところがお互いにくっついて、  
網目状になり、強い高分子になります



橋かけ



タイヤのゴムは、放射線  
で架橋することで引  
っぱり強度などを高め  
ています。



電線の被覆材も、放射  
線で架橋することで熱  
に強くしています。

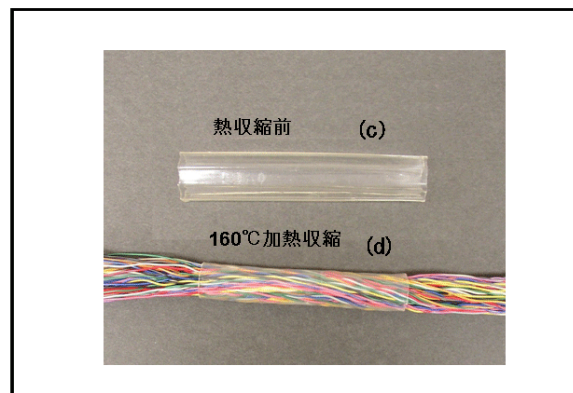
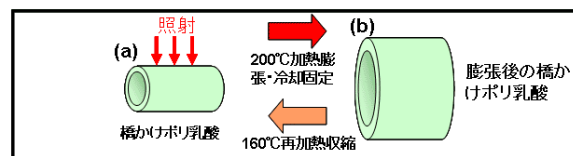


図8 橋かけポリ乳酸による熱収縮チューブ

[出典]長澤尚胤、吉井文男:デンブから開発した透明な耐熱型生分解性熱収縮材、プラスチック、57(No.2)、56-59(2006)

熱収縮チューブは、放射線  
で架橋して強くしたあとに  
引っ張って伸ばしてしま  
すが、ドライヤーで暖めると縮  
んで元に戻ろうとします。

電線をハンダ付けした後、  
絶縁するためのチューブと  
して利用されています。

## 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、 $\beta$ 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





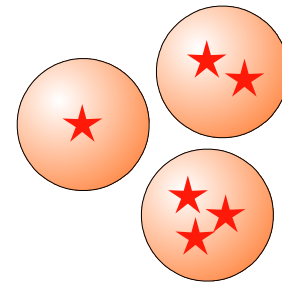
# 探知機を使って 宝の玉を探し当てよう!



宝の地図に隠された目に見えない玉を、放射線の力を使って探し当てよう!

探知機は何もないところでもきまぐれに反応するので、ゆっくり探さないとなかなか見つけれないぞ!

Pi..PiPiPi..



箱の中に隠してある、弱い放射線を出す「ラジウムボール」を、放射線検出器(GMカウンター)を用いて探し出します。ボールから少し離れると、急に弱くなるため、自然放射線と区別できなくなってしまいます。自然放射線は気まぐれにやってくるので、ゆっくり、じっくり探しましょう。





# 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



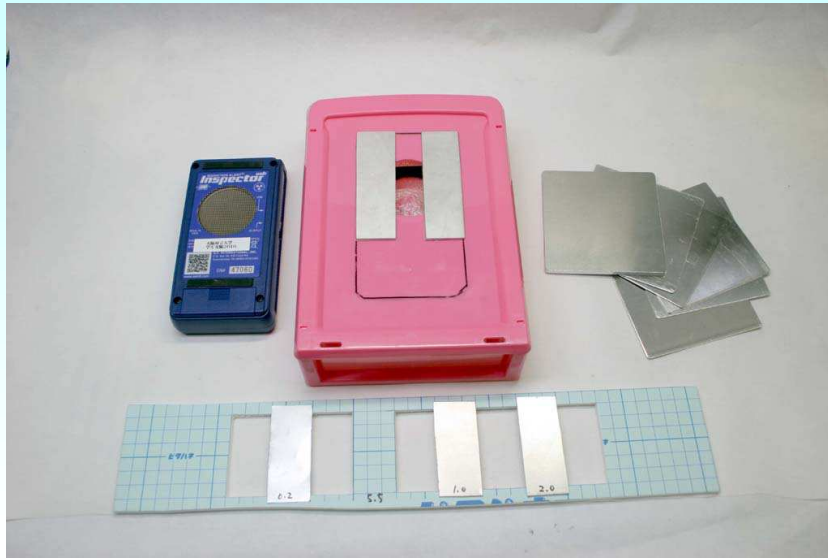
- ・ $\phi 45\text{mm}$  のパンケーキ型(端窓型) GM管を使用しており、高感度で高性能な割に 9万円弱と比較的安価
- ・PCにUSB接続して付属のソフトで連続的に計数率を記録、グラフ表示可能であり、トレンドを追うことができる。
- ・ラドン娘核種の崩壊挙動評価を40分程度の短い実習時間で他の実習をしながら実現可能



掃除機とガーゼで容易に空気中のラドン娘核種を捕集可能。  
(目の詰まったろ紙では極めて効率が悪い)  
エレクトロラックス社 エルゴスリーなど超静音型の掃除機が有用。



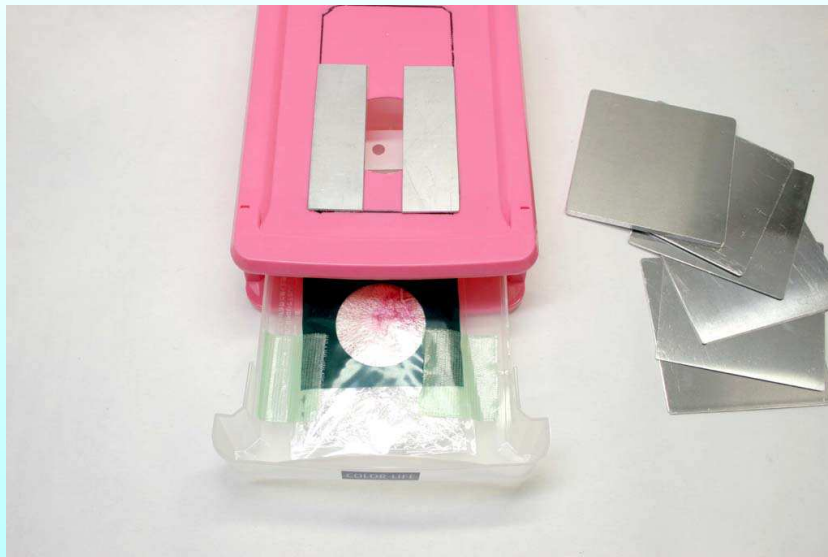
# 簡易な引出しを用いた遮蔽率測定体系



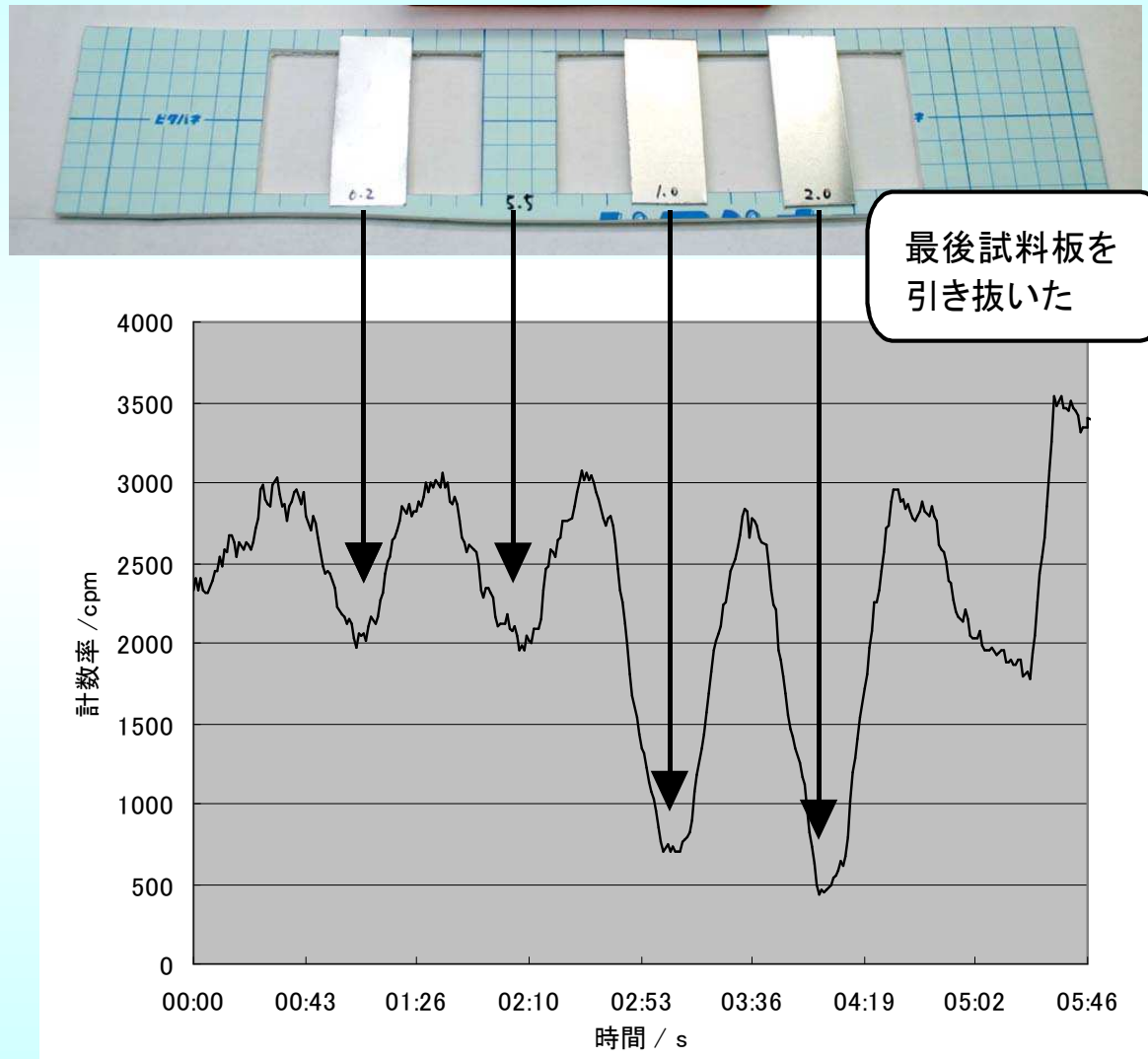
厚さが既知のアルミ板を引出しに入れて測定することで、線源と測定器の位置関係を一定に保ったまま遮蔽条件を変化させられる。



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 $\beta$ 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**

## これまでに実施してきた中での問題点

- ・試料板の幅がやや狭く試料を保持するポリスチレンの影響で何も無いところでも計数率が下がる
- ・その影響で厚さ既知の試料角板の透過率と異なってしまった
- ・PCに表示される細かい計数値の変動にとらわれて、測定に非常に時間がかかった学生が居た(学部1回生の学生実験)
- ・やや内容が高度であり、自然放射線源の測定などを行った後の発展的学習とすべき。  
(オープンスクールでは子供もお母さんも面白がって遊んでくれていた)
- ・インスペクターUSBは台数が多いとやや高価。



# 大阪府立大学のつばさ基金制度

大阪府立大学は「**公立大学**」であるため、**ふるさと納税制度**を活用した「つばさ基金」での放射線教育振興プロジェクトを設立しています。

この制度を活用することで、大学教員であれば一人10万円程度の寄付を、**自己負担2000円のみ**で行う事が出来ます。そして寄付戴いた財源から、**ペルチェ冷却高性能霧箱や、インスペクターUSB などの放射線教育振興のための機材や消耗品**を購入し、**寄付者の所属先を含めた全国の教育現場に貸与**することが出来ます。

ふるさと納税制度は自分の税金の用途を決めることが出来る制度、ということで、全国の特産品を個人的にもらうのも良いですが、**放射線教育のために活用して戴ければ幸いです。**

