

2016/12/26

2016年度 第1回放射性廃棄物処分動向調査委員会

**関西地区における一般人への
放射線に関する知識普及活動の紹介**

**大阪府立大学 放射線研究センター
秋吉 優史**

K-ASK での放射線知識普及活動

講演者は、2004年に京都大学着任以降、
かんさいアトムサイエンス倶楽部において
霧箱工作教室を中心とした、主に子供向けの
放射線教育活動を継続的に実施



主に科学の祭典京都、みんなの暮らしと放射線展併催、
京大宇治キャンパス公開などで活動



K-ASK とは

K-ASK(かんさいアトムサイエンス倶楽部)は、当初原子力学会関西支部の下部組織として活動しており(現在でもその頃のホームページが残されている)、関原懇からも密接な支援を受けて放射線知識普及活動を行ってきた。

講演者が K-ASK に加入した2004年当時は、京大宇治キャンパス公開、京大炉OS、近大原子力展、科学の祭典 滋賀(彦根、高島)・大阪・京都・奈良、福井 サイエンスワールド、サイエンス・サテライト「アトムサイエンスデー」、あちこちからの講師派遣依頼への対応、高校への技術協カイベントなど非常に多岐にわたり、また精力的に活動を行っていた。2007年度は、色々合わせて23回もオープンスクールを実施していた。

予算に関しては例えば2007年度は140万円となっていた。

2011年以降の放射線知識普及活動

2011年の東京電力福島第一原子力発電所事故の少し前に、原子力学会の法人化に伴う改革が行われ状況が大きく変化。従来のような子供向け霧箱工作教室などは継続が困難に。その一方で、一般の大人向けの放射線知識普及活動が重要となる。サーベイメーターによる身の回りの放射線の測定、線量による影響の大きさなどの解説が中心となり、より幅広い知識、理解してもらうための展示物の工夫が必要となった。



K-ASK の組織改革

原子力学会の法人化に伴い、2010年終わり頃からオープンスクール活動の実施形態が大幅に変更となり、それまで関西支部の組織である K-ASK 独立で動いていたが、経理上の問題などで独立した活動が出来なくなった。

イベントごとに各大学が資材の管理等を行うマネージャー制などが2010年中に提案されているが、明確な方針が定まらないまま2011年3月の東日本大震災、東京電力福島第一原子力発電所事故が発生、オープンスクールどころではなくなり、混乱期に突入した。

その後も、K-ASK は原子力学会からは切り離された完全な任意団体として存続していたが、活動は低迷していた。

原子力学会オープンスクール小委員会

一方、原子力学会におけるオープンスクール活動は学会本部のオープンスクール小委員会に集約され、各支部に幹事を置いて実際の活動を行う、という形となった。予算なども支部経由ではなく全て本部の管轄下に置かれており、電事連からの委託事業という色合いが強い。

2016年には講演者が原子力学会関西支部のOS担当幹事になっており、事務手続を行っているが、OSを実施する事前に1円単位での予算申請が必要など、制約が非常に大きく、自由なOS活動を行う事が出来る状況にはない。なお、平成28年度の関西支部でのOS予算額は15万円であり、ここから旅費、学生アルバイト代、消耗品費を計上する。

K-ASK の再始動

K-ASK と原子力学会関西支部、OS小委員会、さらには関原懇との関係まで含めた現状確認と、今後の活動を活性化させていくために、2016/6/8 に各大学からの代表的な関係者を集めて打合せを行い、以下の様な活動方針を決定した。

- ・旅費などの経費は各個人持ち
- ・消耗品なども各主催大学持ち(支部OS主催の場合は除く)
- ・線量計などの機材は必要に応じて融通し合う
- ・各大学のイベント情報などをメンバー間で共有し、全体で周知を図る
- ・各イベントの運営は主催大学が責任を持ち、メンバーは自由参加の形で応援する
- ・イベント運営実績が無く新規に立ち上げる場合は、メンバーが協力して指導を行う
- ・参加者は原子力学会への加入者に限らず、医療系など広い範囲のメンバーを募る
- ・関西支部で実施を計画するオープンスクールに対し、必要に応じてグループとしてオープンスクール活動の実施・支援を行う。

2016年度関西地区放射線教育活動実績

京都大学

2016/04/03 KUR 一般公開 科学実験体験コーナー、
2016/10/22-23 宇治地区キャンパス公開、
2016/10/30 KUR アトムサイエンスフェア

大阪府立大学 放射線研究センター

2016/04/03 花(さくら)まつり 放射線セミナー、
2016/04/16 中学生対象の未来の博士育成ラボ 放射線セミナー、
2016/05/28 友好祭 オープンラボ、
2016/06/03 大阪府立高等専門学校専攻科1年生による訪問研修、
2016/06/16, 07/21 木(も)っと府大Day 施設見学・放射線セミナー(合計80名程度)、
2016/06/25 関西大学、大阪医科大学、大阪薬科大学の三大学医工薬連環科学・双方向講義での訪問研修、
2016/08/05-07 みんなの暮らしと放射線展、
2016/08/18 福井県若狭高校からの訪問研修 56名、
2016/09/05-10 ベトナム・ダラット大学からの訪問研修(さくらサイエンス)、
2016/11/01 奈良県吉野郡上北山村立上北山中学校へ訪問しての教師向け講習
2016/12/13, 15 京都府立桃山高校からの訪問研修 2日間 160名、
2016/12/20 学部1回生への学生実験

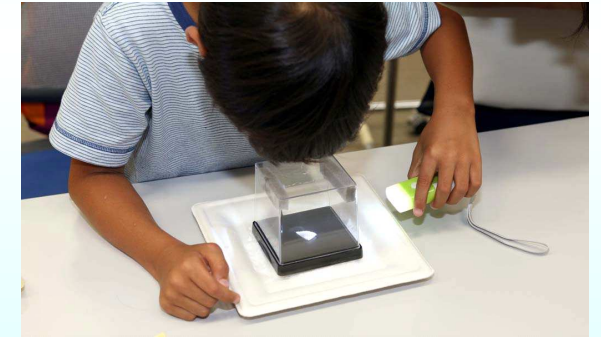
原子力学会関西支部

2016/08/06-07 みんなの暮らしと放射線展での霧箱工作、
2016/10/22-23 科学の祭典滋賀大会(彦根会場)、
2016/11/12-13 科学の祭典京都大会

関西支部第1回OS「みんなの暮らしと放射線展」 における霧箱工作教室(2016/08/06-07)

例年「みんなの暮らしと放射線展」に併催イベントという形で霧箱工作教室を出展してきたが、本年度より放射線展本体と一体となった運用をするべく、ワークショップブースでのイベントの一つとして霧箱工作教室を実施した。OS参加者には放射線展でのイベント内容を知ってもらう機会となり、また大阪府大を中心とした放射線展参加者から関西支部活動を知ってもらう、相互交流の大変良い機会となった。

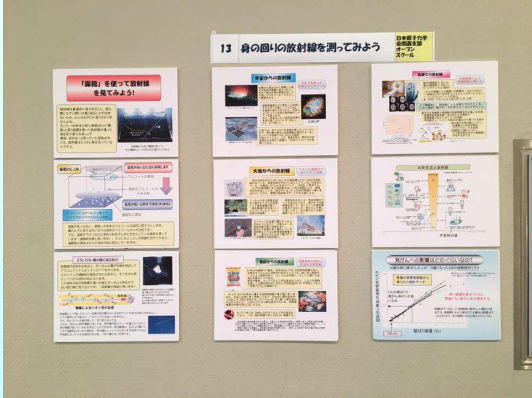
出品内容としては、ダイソーのコレクションケースを用いた霧箱工作を今回初めて実施し、かき氷機以外は、全て自前で調達を行った。工作は、短く切ったスポンジテープを貼付けるだけで、ドライアイスをならしてエタノールを注ぐまで入れても10分もかからず、その分説明に時間を割くことが出来た。



関西支部第2回OS「科学の祭典滋賀大会彦根会場」 における放射線教育セミナー（2016/10/22-23）

サーベイメーターによる自然放射線源の測定、宝探しゲーム、ペルチェ冷却式霧箱の3つを小ブースのように展開して説明を行った。参加者については常時10人程度がブースの前にいる状況で、全く人が途切れる瞬間がないという状況であった。

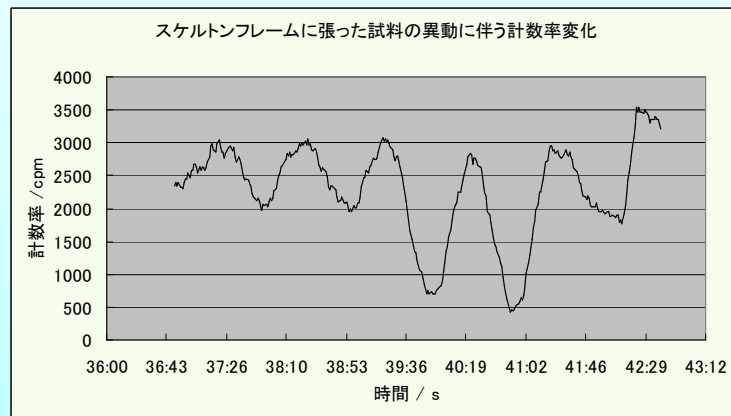
サーベイメーターとしてφ45mmのパンケーキ型GM管を使用したインスペクターUSBを主に使用。コンパクトで高性能、子供による取扱も容易。8万円程度。



関西支部第3回OS「科学の祭典京都大会」における放射線教育セミナー(2016/11/12-13)

- ・コンテンツは滋賀大会とほぼ同様だが、掃除機を使用してのRnTn線源の作成、インスペクターUSBをPCに接続して、模擬非破壊検査/厚さ計のデモも行った。
- ・府大、京大の両参加学生共に、とても良く動いてくれ、様々なコンテンツを通じて良い学習機会になったと思われる。

- ・空気中の埃の吸塵にはエレクトロラックス社の超静音型の掃除機を使用した。
- ・インスペクターUSBは標準でPC接続が可能。計数率のトレンドを追えるためおもしろがってもらえた。

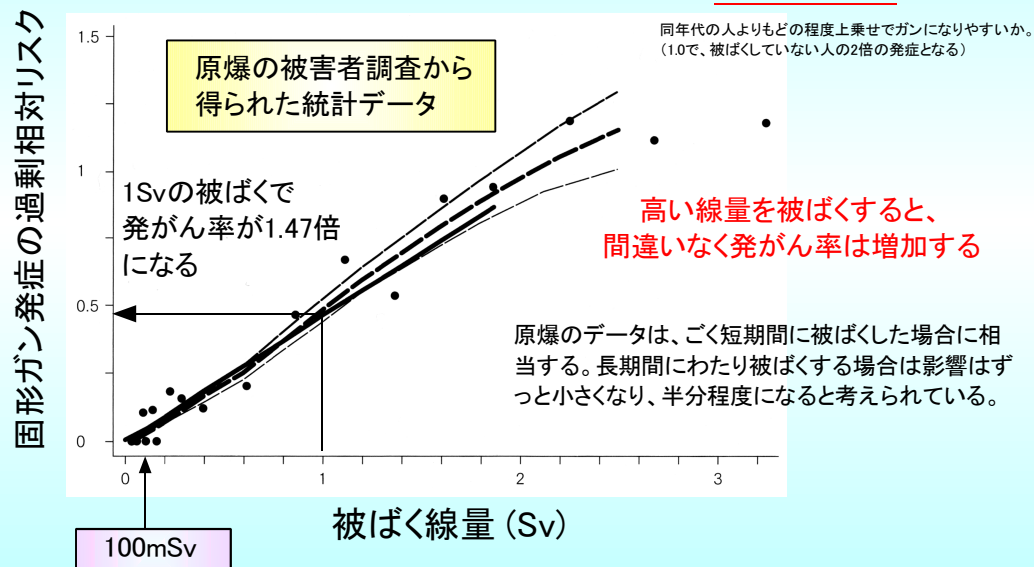


「みんなの暮らしと放射線展」親子セミナー (2016/08/06-07)

様々なイベントが詰め込まれている「みんなの暮らしと放射線展」の中で、親子と一緒に丸一日放射線学習を行う「親子セミナー」。子供達がフィールドワークに行っている間、親向けの講義を行った。
ある程度放射線・放射能という物に関心がある層を対象、と言う前提で、放射線の人体への影響を中心に、良くあると思われる疑問をベースに解説。極めて好評でもっとやって欲しいとの声があった。

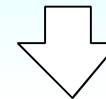
発がんへの影響はどのぐらいなの？

30歳の時に被ばくした人が、70歳になったときの過剰相対リスク



内部被ばくはずっと体内で放射線を出すから危ないんじゃないの？

内部被ばくによる影響



- どんな放射線の種類か (α 、 β 、 γ)
- どのぐらいのエネルギーか
- 物理的な半減期
- 排出されやすさ(生物学的半減期)
- どんな臓器に蓄積されやすいか
- 蓄積される臓器の感受性

50年間にわたる影響を積算して、摂取した時点でいっぺんに被ばくした物として管理する(預託線量)

実際には、少しずつ長い期間に被ばくするのと、同じ量をいっぺんに被ばくするのでは、損傷修復のメカニズムがあるため、ゆっくり被ばくした方が影響は小さい。

様々な放射性核種(Sr-90, Cs-137, Pu-239 など)に対して、1Bq 摂取すると何mSv内部被ばくするかという、実効線量係数が求められている。(Cs-137 では 1.3×10^{-5} mSv/Bq)

精米された状態で1kg あたりCs-137 を100Bq 含む米を、一食あたり1合(精米で150g、炊きあがりでは330g)食べるものとし、一日三食、365日毎日食べたとして1年間でどの程度内部被ばくするでしょうか? → 答えは 0.21mSv

大阪府立大学での活動

大阪府立大学の放射線研究センターでは、様々な学内のイベントに合わせて施設公開と放射線オープンスクールを実施している。また近年訪問研修の数も非常に増えてきている。

特徴的なのは、全学組織である生涯学習推進室主催で、木曜日に府大での一般公開イベントを開催し楽しんでもらう「木(も)っと府大Day」を実施しており、参加者のほとんどが高齢者という状況で、試験的に放射線教育 OS を行ってみた。

4週に渡る府大Dayのうちの日だけであったが、極めて好評で、心配された反対派などが来ることはなかった。

年齢層からか、特に医療被曝、治療に対する関心が高かった。



ペルチェ冷却式高性能霧箱を用いた放射線教育

- 2015年に本格的な開発を始めたペルチェ冷却式高性能霧箱は、2016年度から試験的に販売も開始しており、順調に普及活動を続けている
- 生産するごとに改良も進み、ハードウェア的にはほぼ完成形に到達した
- 様々なオープンスクールでの展示に加えて、本製品を用いた教育プログラムを開発した。2016/8/18 に福井県立若狭高校からの56名、2016/12/13,15 には京都府立桃山高校からの160名の高校一年生の生徒に対して実習を行った。



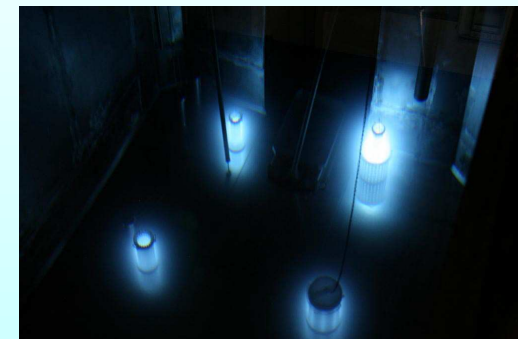
全体でのセンターの施設説明と
安全講習



Co-60 線源棟の見学



放射線利用に関するパネル説明



日本の研究施設で最高の線量率が
得られる Co-60 水中線源

ペルチェ冷却式高性能霧箱

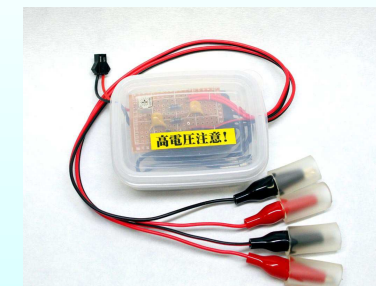
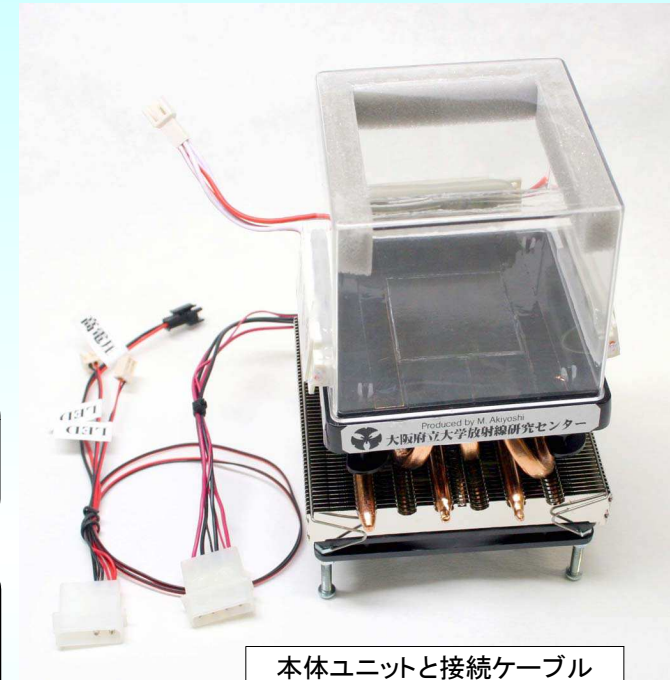
従来型の霧箱の問題点

- 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

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!

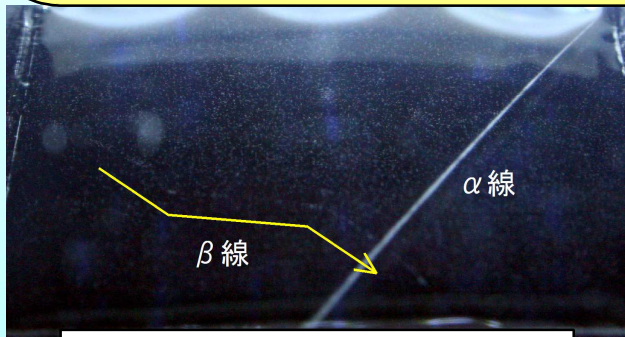
本製品の特徴

- 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
- 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



ふるさと納税制度を用いて、ほぼ無償で入手できます!

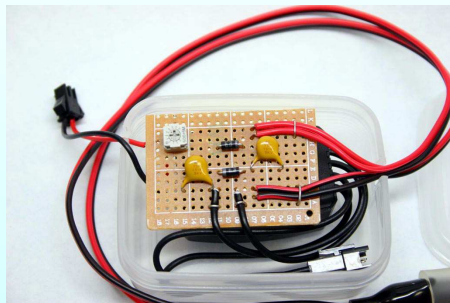
本製品は、大阪ニュークリアサイエンス協会を通じて販売を行っております。大学・官公庁の公費売掛にも対応しておりますので、onsa-ofc@nifty.com までお問い合わせ願います。より詳しく本製品のことを知りたい方は、以下のウェブサイトをご覧ください。
<http://bigbird.riast.osakafu-u.ac.jp/~akiyoshi/Works/index.htm>



ホームページQRコード

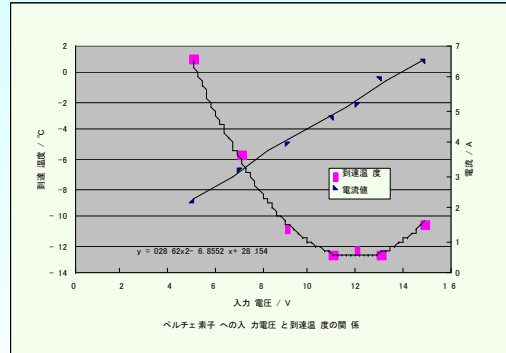
技術的特徴、改良点

- ・ペルチェ素子を2段重ねのカスケード接続することで、到達温度は -30°C 以下とした。
- ・市販の高性能CPUクーラーを使用
強烈な廃熱を処理
- ・チャンバーはポリスチレン製でアルコールに侵されない
- ・電圧可変の高電圧ユニットにより空気中の雑イオンを低減させ、クリアな飛跡を観察可能
(500V前後がもっとも観察しやすい)
- ・素子表面、高圧テープは温度変化、アルコールに対する耐性のために、2液混合ウレタン塗装とした
- ・高輝度LED 9灯使用で、明るい環境でも観察可能



インバーター回路に入力する電圧を半固定抵抗で落とすことで、出力電圧をコントロール可能。
最適なセッティングでの出力電圧を測定すると、500V程度であった。

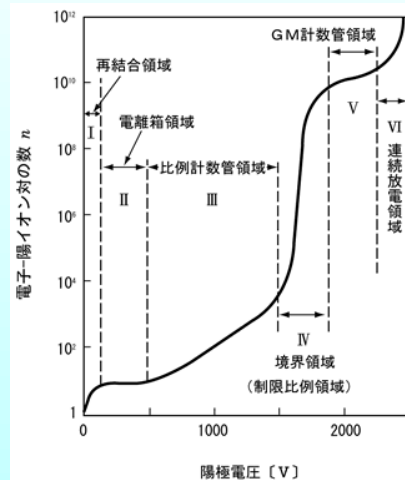
素子への印加電圧の最適化



TEC1-12708 ペルチェ素子1枚をShuriken Rev.Bクーラーに載せて(銀ペーストはMX-4)、電圧を変えたときの表面温度の変化。

ペルチェ効果は電流に比例し、ジュール発熱は電流の二乗に比例する。

雑イオン除去電圧の検討



印加電圧とイオン電流の関係

素子の組み合わせの最適化

カスケード接続したペルチェ素子の組み合わせによる到達温度の違い

素子	なし	下段(12V)							
		なし	12703	12705	12706	12708	12709	12710	12715
上段(5V)	なし	25	-13	-15	-14	-15	-10	-9	4
	1 2703	0	-20	-22	-24	-25	-24	-22	-4
	1 2705	0	-17	-23	-21	-26	-21	-20	-4
	1 2706	0	-17	-23	-20	-25	-21	-17	-4
	1 2708	-2	-12	-19	-17	-23	-17	-12	0
	1 2709	0	-12	-22	-18	-25	-19	-14	-1
	1 2710	1	-6	-15	-13	-19	-13	-7	-6
	1 2715								

使用クーラー: Scythe Shuriken B (制御端子カットにより常時フルパワー)
使用銀ペースト: Arctic MX-4
RT: 25°C

上段は TEC1-12705、下段は TEC1-12708 の組み合わせが最適

素子表面の塗装の強靱化

従来品: 高耐久性ラッカースプレー

→ 現行の塗装プロセス
シリコンオフ(ヘプタン)で表面の脱脂、
密着プライマーで下地処理、
2液混合ウレタンスプレーで塗装

温度変化でも剥離せず、エタノール、イソプロパノールに侵されない強靱な塗膜が得られた

実習メニュー

午前中に1時間の講義、安全講習の後、

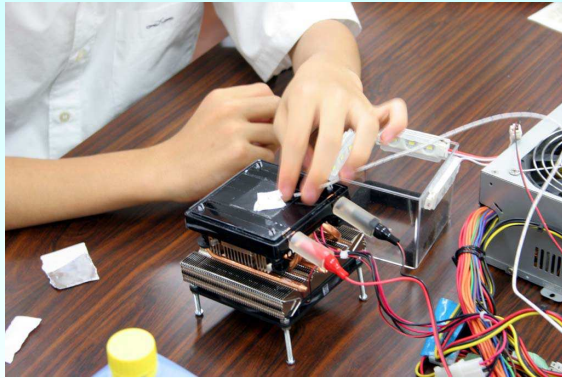
3班に分けて各テーマ(40min + 移動 10min)で実習を実施

- 1) 放射線研究センター 線源棟での 水中 Co-60線源等見学, パネル説明
- 2) ペルチェ冷却式高性能霧箱による α ・ β ・ γ 線の観察
- 3) サーベイメーターを用いた自然放射線の測定、空气中Rn娘核種の減衰評価

ペルチェ冷却式高性能霧箱による α ・ β ・ γ 線の観察

- ・熱電対を用いたペルチェ素子表面温度の測定
(ペルチェ効果とゼーベック効果の簡単な説明)
- ・ポリパックに入れたマントル線源を入れた霧箱と、空の霧箱の観察
- ・ポリパックから取りだしたマントル線源を入れた霧箱での α 線の観察
- ・空の霧箱の上にマントル線源を置いての β 線の観察
- ・空の霧箱とマントルの間に5mmのアルミ板を載せての γ 線
(からの光電子など)の観察
- ・霧箱の原理、 α 線、 β 線、 γ 線の物質との相互作用との違いと、
生体影響の違いを説明

熱電対を用いたペルチェ素子表面温度の測定



アルミテープによる熱電対の素子表面への貼付け

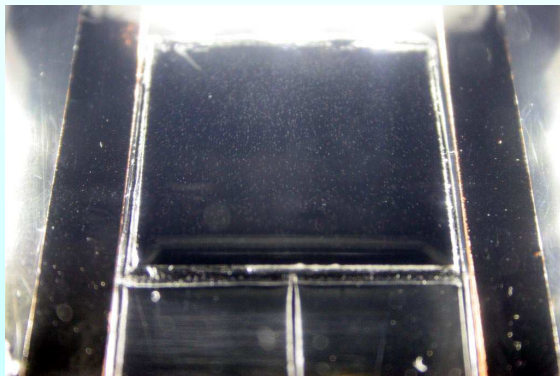


素子上面が冷やされる半面、裏面に放熱しているのを体感

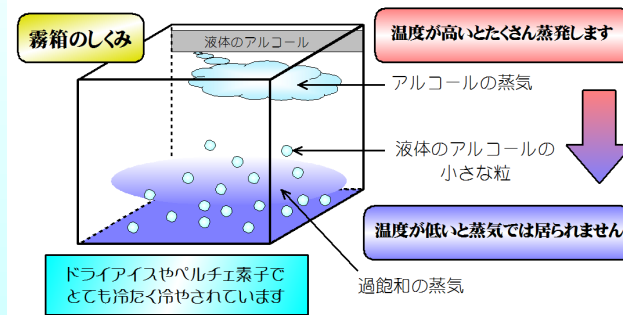
熱電対式のデジタル温度計により霧箱表面温度(-30°C程度)を測定する。

- ・熱電対とは温度差があると電流が流れる、ゼーベック効果を利用している
- ・ペルチェ素子は逆に電流を流すと温度差が発生する。吸熱している訳ではなく熱を裏面に輸送している
- ・点接触では正確な温度測定は出来ず、アルミテープでしっかりと熱接触を取って測定する

ポリパックに入れたマントル線源を入れた霧箱と、空の霧箱の観察



正常な状態の霧の状態。極端に悪天候下では霧の量が多くなり観察できない。



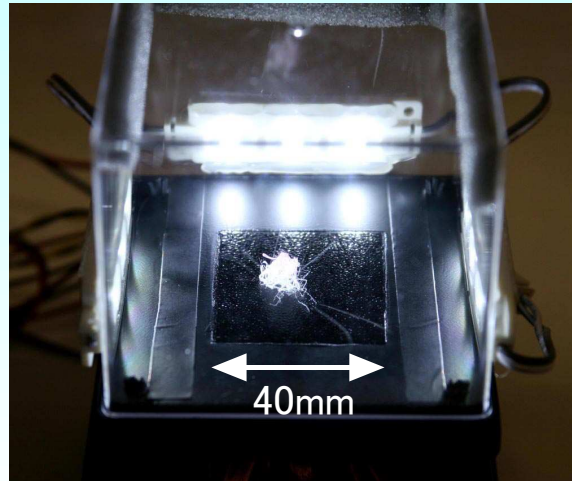
温度が低くなると、蒸発した気体のアルコールは液体に戻ろうとします。霧のように見える白い点々は液体のアルコールの小さな粒です。でも、温度が下がったのに液体の粒を作らずにためらっている蒸気も漂っています(過飽和状態と言います)。そこにちょっとした刺激を加えてやると、過飽和の蒸気は次々に液体の粒に変化していきます。

- ・スポンジテープへエタノールを注入してチャンバーを閉じ電源を入れる。IPA入りの消毒液で構わない。
- ・空の霧箱中にうっすらと霧状の液滴が生成していることを確認
- ・アルコールの気体が冷やされることにより過飽和蒸気となり、空気中の雑イオンなどにアルコール分子が集まって核生成している
- ・ポリパックに入れたマントル線源からは α 線は放出されておらず、ビニール一枚で遮蔽されていることを確認

ポリパックから取りだしたマントル線源を入れた霧箱での α 線の観察

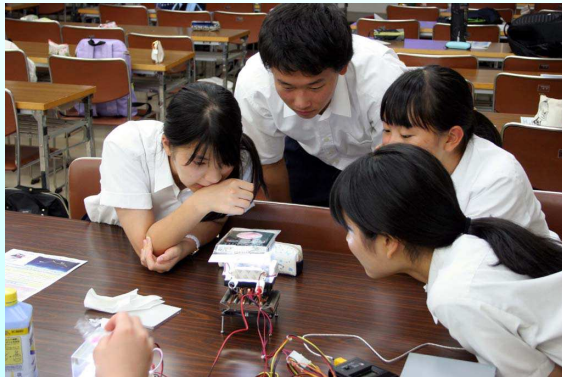


飛跡観察の様子

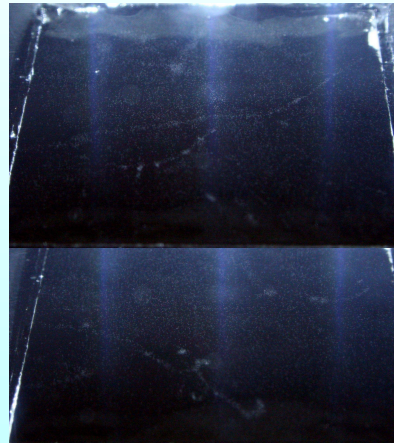


- ・マントルからの α 線の飛跡を観察
- ・飛行機雲と同じく、粒子自体は見えなくても飛跡が見えている
- ・空気中での飛程はせいぜい数cm
- ・はっきりと、直線的に飛ぶ。
- ・上下方向にも飛んでいるが、過飽和層が層状になっているため水平方向に飛んだ α 線だけが観測できている。

空の霧箱の上にマントル線源を置いての β 線の観察



チャンバートン板の上にマントル線源を置いての β 線飛跡観察の様子。



- ・ α 線は天板のプラスチック板を透過できない
- ・ β 線は薄いプラスチック板程度は透過できる上に、非常に軽く散乱されやすいので、上から入射しても空気や素子表面で散乱されて素子に平行に走る電子線が観察できる。
- ・相互作用は α 線よりもずっと小さく、うっすらとしか観察されない
- ・平行に走っている間にも散乱されて糸くずのように曲がりくねる様子が観察できる。

空の霧箱とマントルの間にアルミ板を載せての γ 線 (からの光電子など) の観察

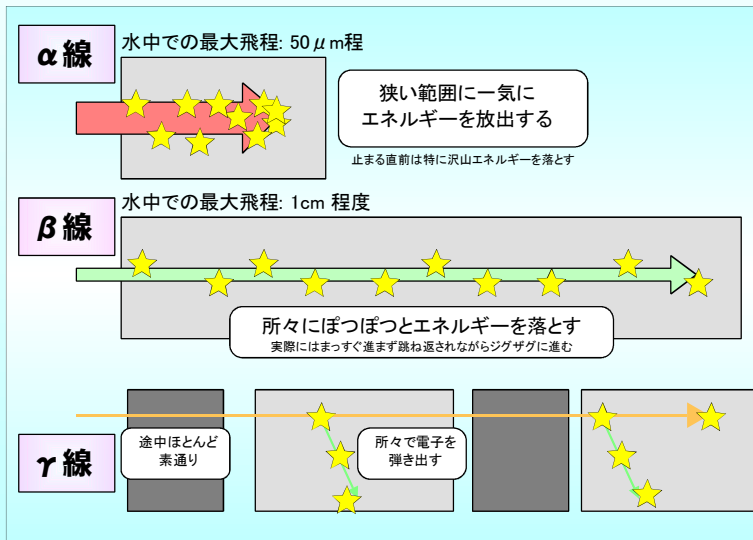


γ 線により放出された光電子などの δ 線の飛跡

入射電子線のエネルギー E (MeV),
 最大飛程 R (g/cm³) とすると、
 $R = 0.542 E - 0.133$ ($0.8 < E$)
 ウラン系列核種からの β 線のアルミ
 中での最大飛程は、Bi-214 からの
 3.27MeV による6.1mm。

- ・トリウム系列核種からの β 線が透過できない6mmのアルミ板を、マントル線源とチャンバー天板の間に入れて β 線を遮蔽し、 γ 線のみをチャンバー内に入射する。
- ・非常にイベント数は落ちるが、 γ 線によって放出された光電子などが電離作用を示す、 δ 線が観察される。
- ・見た目は β 線と同様であり、 γ 線が最終的には β 線と同じような作用を示すことが分かる。
- ・チャンバーの状態が非常に良くないと観察されない。また、バックグラウンドが強い場所では何も線源が無くても β 線が観察されてしまうので注意。

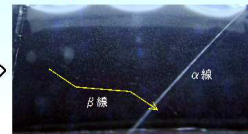
α 線、 β 線、 γ 線の物質との相互作用との違いと、生体影響の違いを説明



放射線加重係数の説明

実効線量(Sv) = 吸収線量(Gy) × 放射線加重係数 × 組織加重係数
 → α 線: 20, β 、 γ 線: 1

この相互作用の違いから直感的に理解



体内の放射能 *体重60kgの日本人 年間に被ばくする実効線量

K-40: 4,000Bq

170 μ Sv/年

β ・ γ 線のみ

Po-210: 20Bq

800 μ Sv/年

α 線を放出

空気中のラドンロンも α 線を放出 → 世界平均で 1.26mSv/年
 日本は木造建築が多く比較的被ばく量は少ない(0.48mSv/年)

*そもそも吸収線量、組織加重係数なども異なる

- ・ α 線、 β 線、 γ 線それぞれ物質との相互作用が異なり、それによって霧箱での見え方が異なる。
- ・何発出たかのベクレルだけでは生体影響は評価できない。 α β γ の種類の違いやエネルギーの違いも考えなくてはならない。

サーベイメーターを用いた自然放射線の測定実習

- ・様々な自然放射線源の測定
- ・空気中のラドン娘核種の捕集とインスペクターUSB GMサーベイメーターによる連続測定での崩壊挙動評価
- ・アルミ板を用いて遮蔽した際の β 線と γ 線の透過能力の違い、検出効率の違い
- ・パネルを用いて自然放射線源からの被ばくについて説明



様々な自然放射線源

- ・KCl試薬、昆布、カリ肥料、やさしお
- ・花崗岩、コンクリート片、ジルコンサンド、マグカップ
- ・ランタンのマントル、トリタン溶接棒、ラジウムボール、ウランガラス

- ・空気中のラドン娘核種は掃除機先端にベンコットを輪ゴムで装着して吸引することで捕集できる。その場での捕集には、超静音型のエレクトロラックス社 エルゴスリーが最適。
- ・ラドン娘核種の崩壊挙動評価を40分という短い実習時間で実現するため、 $\phi 45$ のパンケーキ型GM管を使用しており高感度なインスペクターUSBをPCに接続して連続的に計数率を記録、トレンドからおおよその半減期を評価した。
- ・2mm程度のアルミの遮蔽の有無で、GMサーベイメーターでは大きく値が変わるが、NaIシンチレーターでの γ 線の測定ではほとんど変わらないことから、 β 線は2mmのアルミ板程度でほとんど止まってしまう、GM管はほとんど β 線をカウントしている、と言う事が分かる。



測定の様子



ラドン娘核種の崩壊を連続的な測定で評価



桃山高校からの実習では、遮蔽実験も実施

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器具の開発
- ・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。



オープンスクール実施時の注意点

- ・放射線被曝に関して「このぐらいは大丈夫、問題無い」と絶対に言わない
- ・様々な場面で被ばくする線量を具体的に示し、どの程度の線量だとどの程度の影響があるか示して、その上でどう捉えるかは個人の判断に委ねる。
- ・実効線量係数など様々な数値は確定的な物ではないが、いずれも非常に安全側に考えている(影響を大きめに見積っている)ということを説明する。
- ・子供だましでなく大人でも面白がれる奥の深いコンテンツを作成

関西の放射線関係者ネットワーク

関西には、他の地域にはない非常に密接なネットワークが築かれており、人的交流、情報交換が行われている。様々な面で今後さらに交流を深め、独自のネットワークを強化していくとともに、全国との交流も考えている。

2016年度は OS 時期が重なることが多かったが、今後各大学での独自のOS活動などをより効率的にリンクできないか検討する。

学生への教育、さらに若手研究者への教育に非常に有効

