

日本物理教育学会近畿支部 第50回物理教育研究集会  
2023/12/2 @ 大阪教育大学 天王寺キャンパス

クルックス管に対する放射線安全管理と、  
「みんなの暮らしと放射線展」の紹介

大阪公立大学 放射線研究センター  
秋吉 優史

E-Mail: [akiyoshi-masafumi@omu.ac.jp](mailto:akiyoshi-masafumi@omu.ac.jp)  
<https://housyasen-fukyu.com/event/>



# 放射線教育を行う上での大転換点

2017年3月に改正告示が公示された新・中学校学習指導要領

p65 (3) 電流とその利用 ア(ア)電流 ○エ 静電気と電流

「異なる物質同士をこすり合わせると静電気が起こり、帯電した物体間では空間を隔てて力が働くこと及び静電気と電流には関係があることを見いだして理解すること。」

↓「内容の取扱」

p71 アの(ア)の ○エ については、電流が電子の流れに関係していることを扱うこと。また、**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。**

2019年度 教科書検定  
2021年度 全面実施

2017年6月に告示された中学校学習指導要領解説 理科編

雷も静電気の放電現象の一種であることを取り上げ、高電圧発生装置（誘導コイルなど）の放電や**クルックス管などの真空放電の観察**から電子の存在を理解させ、電子の流れが電流に関係していることを理解させる。

その際、真空放電と関連させて**X線にも触れる**とともに、**X線と同じように透過性などの性質をもつ放射線が存在し、医療や製造業などで利用されていることにも触れる。**

放射線に関する記述は2008年3月に公布された旧・中学校学習指導要領には記載がなかった。

クルックス管自体に関しては2008年版の学習指導要領解説にも記載されていた。

放射線の利用、応用が広く認知されると期待される

# 先生、ご存じですか？

理科の授業で使っているクルックス管からは  
高い強度のX線が漏洩している場合があります！



現行の教科書にも記載されているクルックス管は、製品によっては 15cmの距離で、 $70 \mu\text{m}$ 線量当量率が  $200\text{mSv/h}$  にも達する高い線量率の低エネルギーX線が放出されている場合があります。知らないで近付いたりすると非常に危険です。

・20keV程度とエネルギーが低いので普通のサーベイメーターは役に立ちません

**でも、心配はいりません！**

・ごく基本的な誘導コイルの設定と、距離を取って時間を短くするなどの簡単な運用法の改善で、劇的に線量を小さくすることができます。

本当に大丈夫なのか心配・・・

暫定ガイドラインで本当に問題無いか、実証試験を行っています。ガラスバッジを用いた簡単な測定を各学校で行うことができます。詳しくはホームページをご覧ください ↓



# クルックス管プロジェクトについて

## Task 1: 線量計測

放射線計測の専門家

大学・国研

ユーザーとしての学校教員

中・高

教材・測定手段の提供者

民間企業

実際に現場で使えるシステムの開発

低エネルギーX線  
測定技術の標準化

## Task 2: 運用方法の検討

学校教育現場の教員

Task1 で開発した評価手法

様々な製品の評価

教材メーカー

大学研究者、OB

開発した教育コンテンツの評価

実態評価に伴う問題点の抽出

遮蔽体など  
解決策の提示

## Task 3: 線量評価とガイドライン

保健物理・放射線防護の専門家

低エネルギーX線による  
(実効・等価)線量評価モデルの構築

Task1で測定  
した線量・  
スペクトル情報

国内外の規制実態を踏まえた  
上限線量の検討

Task2で検討  
した運用方法

教育現場における放射線安全管理  
ガイドラインの作成

学会標準化

## Task 4: 放射線教育プログラム普及

放射線教育の専門家

新規放射線教育プログラムの開発

全国の拠点でのシンポジウム、オープンスクール、  
モデル校での授業、教育学部での講義など  
での放射線教育プログラム普及

小中高大民国 オールジャパンの  
放射線教育ネットワークの形成

放射線知識の  
国民的普及

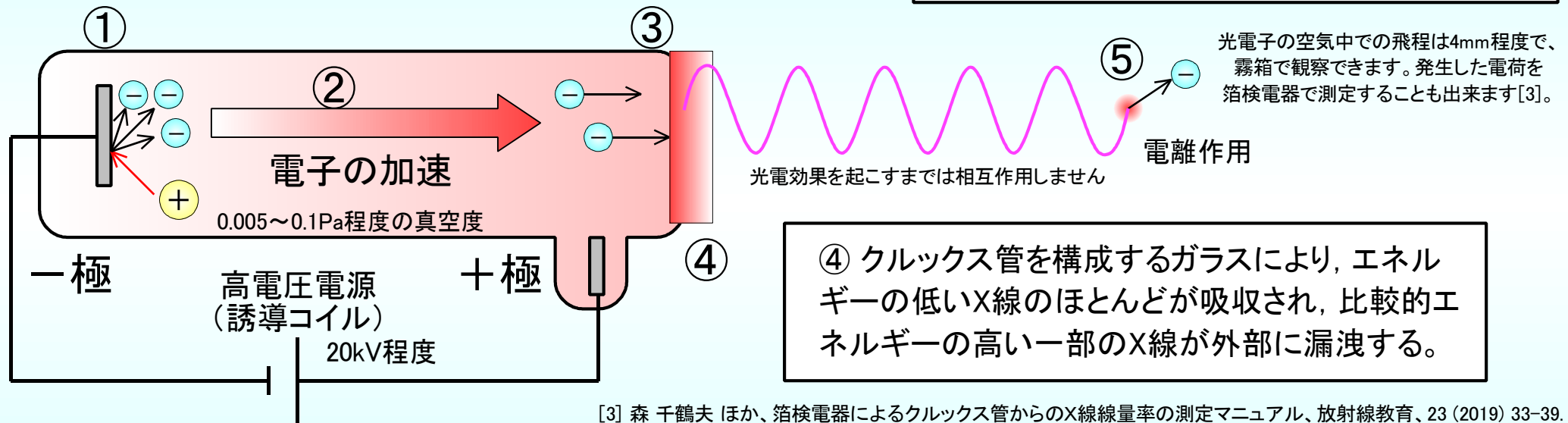
# クルックス管のしくみ

① +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)。

③ 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。

電子自体は完全に遮蔽され外に出てきません。

⑤ X線は最終的に原子の周りを回る電子を光電効果で弾き飛ばす(電離作用)。弾き飛ばされた光電子は $\beta$ 線と同様であり、体内ではラジカルの生成、DNA鎖の直接切断などにより放射線障害の原因となりうる。



④ クルックス管を構成するガラスにより、エネルギーの低いX線のほとんどが吸収され、比較的エネルギーの高い一部のX線が外部に漏洩する。

クルックス管に封入されているガスの量がガラスに吸着するなどして少なくなると、①で陰極に衝突するイオンが少なくなるため、二次電子の量が少なくなり、電流が流れにくくなります。その結果十分な二次電子が出てくるまで意図せずして高い電圧が印加されてしまい、④で漏洩する線量が大きくなってしまいます。

→ 20keV前後ではわずかなエネルギーの違いで透過率が大きく異なるためです (15keV→30keVで100倍大きくなる)

この状態となったクルックス管は、放電極距離を20mmにすると空中放電が激しい一方で、クルックス管に流れる電流は少なく観察が困難です。放電極距離を広げると高い線量が漏洩するため、買い換えが推奨されます。

**放電極で最大電圧を抑えることが重要**

# クルックス管安全取扱のガイドライン（暫定）

## ・低電圧駆動の製品に買い換える

絶対安全なので  
何も考えなくても良い

経済的理由などで困難な場合は ↓ 以下の点に注意を払う必要がある

- ・放電極を必ず使用し、放電極距離は20mm以下とする。
- ・放電極表面は清浄にした上で、円板電極側を-極にする
- ・誘導コイルの放電出力は、電子線の観察ができる範囲で最低に設定する。
- ・できる限り距離を取る。生徒への距離は 1m以上とする。
- ・演示時間は年間10分程度に抑える。

より詳しくは、クルックス管プロジェクトのウェブサイト

<http://bigbird.riast.osakafu-u.ac.jp/~akiyoshi/Works/index.htm> を参照。



# 暫定ガイドラインの検証



暫定ガイドラインで本当に安全が確保できるのかを、全国の教育現場の実際に使われる様々な装置で検証。

・放電極距離 20mm、放電出力は観察できる範囲で最小という暫定ガイドライン準拠の条件で線量測定を行ってもらう。

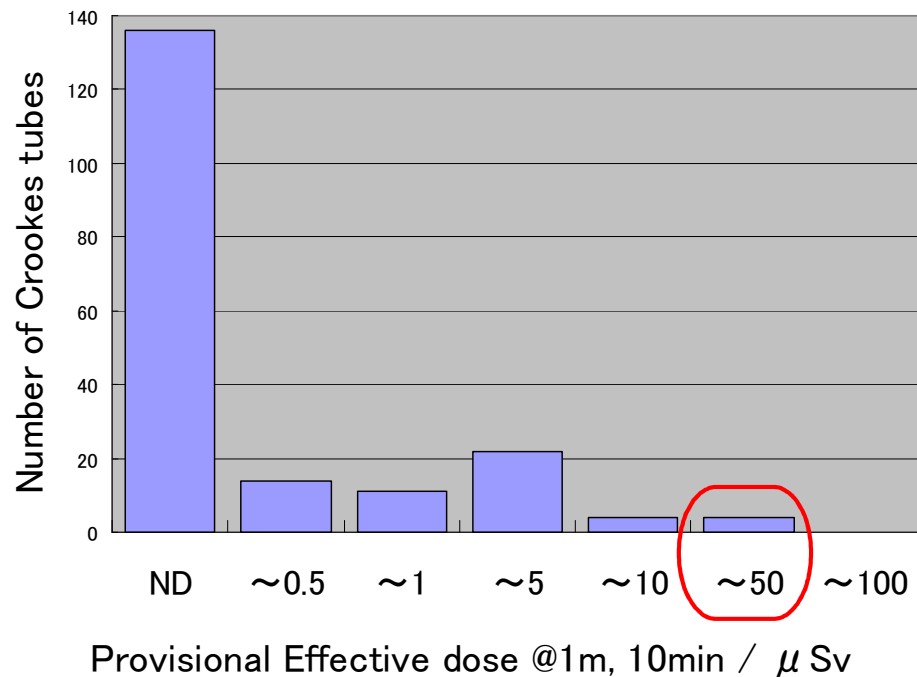
- ・クルックス管から 20cm の位置で、測定は10分間など統一したプロトコルで測定。
- ・ガラスバッジは大阪府大と各学校とを郵送でやりとりし、現場の先生の手により測定。BGの影響を抑えるために1月ごとに取りまとめて評価を行う。

大阪府立大学倫理委員会の承認を得て実験を行っています。

# 第二期実態調査結果（最終版）

GBでの測定  
生データ

- 測定を行った距離 20cm → 実際の生徒は 1m 以上離れるため 1/25 に減衰,
- Hp(0.07) @ 20keV → 実効線量への換算は暫定値で 1/10
- 観察時間は年間で10分としているためそのまま



測定を行った 191本中 187本の装置については 1m 距離、10分間の実効線量が国際的な免除レベルである  $10 \mu$ Sv (IAEA BSS など) 以下に抑制されていることが確認された。4本だけ  $10 \mu$ Sv を超えると評価されたが、3本は  $20 \mu$ Sv 以下、1本だけ  $42 \mu$ Sv に相当すると評価された。

2018年の暫定ガイドライン適用前の実態調査では、37本中6本が距離 1m、10分間での実効線量が  $10 \mu$ Sv を超える可能性があり、 $93 \mu$ Sv と評価された装置もあった。

やや高い値を示した装置については、何故高くなったのかの調査を行うため実機を借用中。  
高くなると分かれば、観察時間や距離、ガラスの水槽での遮蔽などで十分防護が可能。

ICRP Pub36「科学の授業に於ける電離放射線に対する防護」では、古い単位である実効線量当量での記載であるが年間の線量限度を0.5 mSv、個々の授業ではその 1/10 ( $50 \mu$ Sv) としており、観察時間の考え方から最も線量の高かった装置についても十分にこの指標を下回っていると言える。



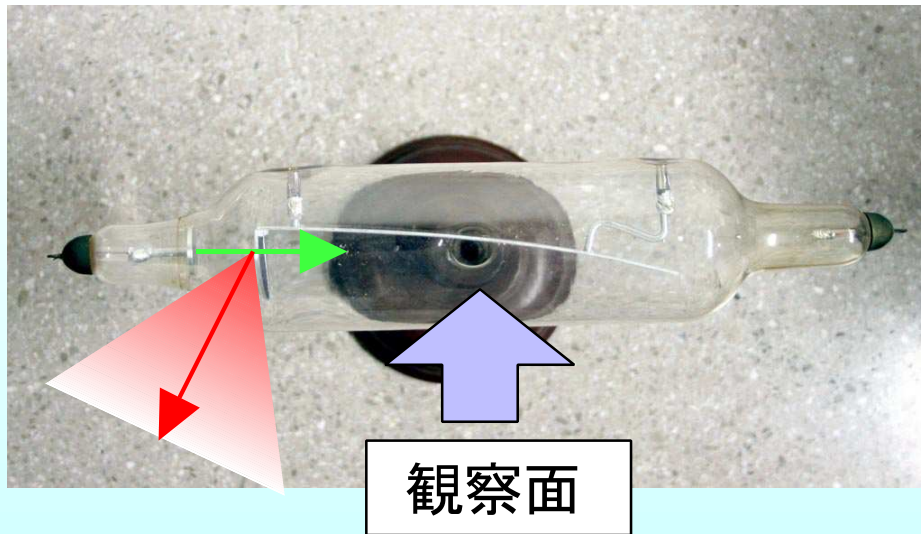
# 遮へいの有効性



○計算上20keVではアクリル1cmで半分に、5mmのガラスで1/50程度に減衰しますが、重くて安全な運用が困難と考えていました。

○実際はもう少しエネルギーが低いため、アクリル3mmで約半分、1cmで1/3に減衰しました。

厚さ1.9mm程度の軽量(1.5kg)のガラスの水槽でも、1/20 ~ 1/50程度に減衰しました。軽くて取り回しが良く、持った感じがガラスとは思えないほどであったため、実際の教育現場でも十分実用的に運用可能であると考えられます。



スリット入りのクルックス管は、スリットより陰極側(ビームの上流側)が最も線量が高いため、この部分を適当な金属板などで遮蔽すると効果的です(ここは観察しないため)。

暫定ガイドラインの遵守で十分安全だと考えていますが、さらに少しでも線量を下げたい場合のオプションとして非常に有効です。

放電出力	Hp(0.07) ( $\mu$ Sv/h)		透過率 (%)
	遮へい前	遮へい後	
0	600	11	1.8
1	620	12	1.9
2	1300	60	4.6
3	3000	160	5.3

測定距離 15cm, 放電極距離 20mm  
厚さ1.9mm ガラス製水槽で遮へい。わずか1356円でした。  
<https://www.amazon.co.jp/gp/product/B00W5DSU0C>

# 箔検電器を用いたX線の線量測定手法の開発

12

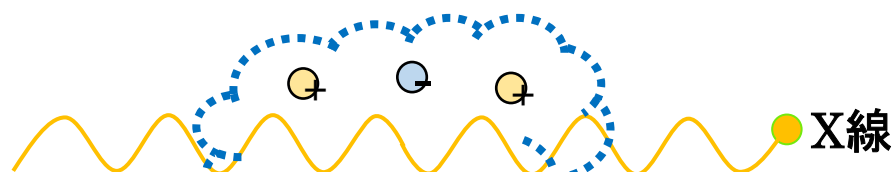
## ➤ 箔検電器について

箔検電器の箔の閉じる時間は、放射線が空気を電離することによって生成されるイオンの量に依存する。

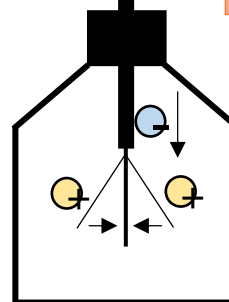


使用した箔検電器  
(はく検電器EA)

X線が空気を電離してイオンを生成



逆極性のイオンを収集



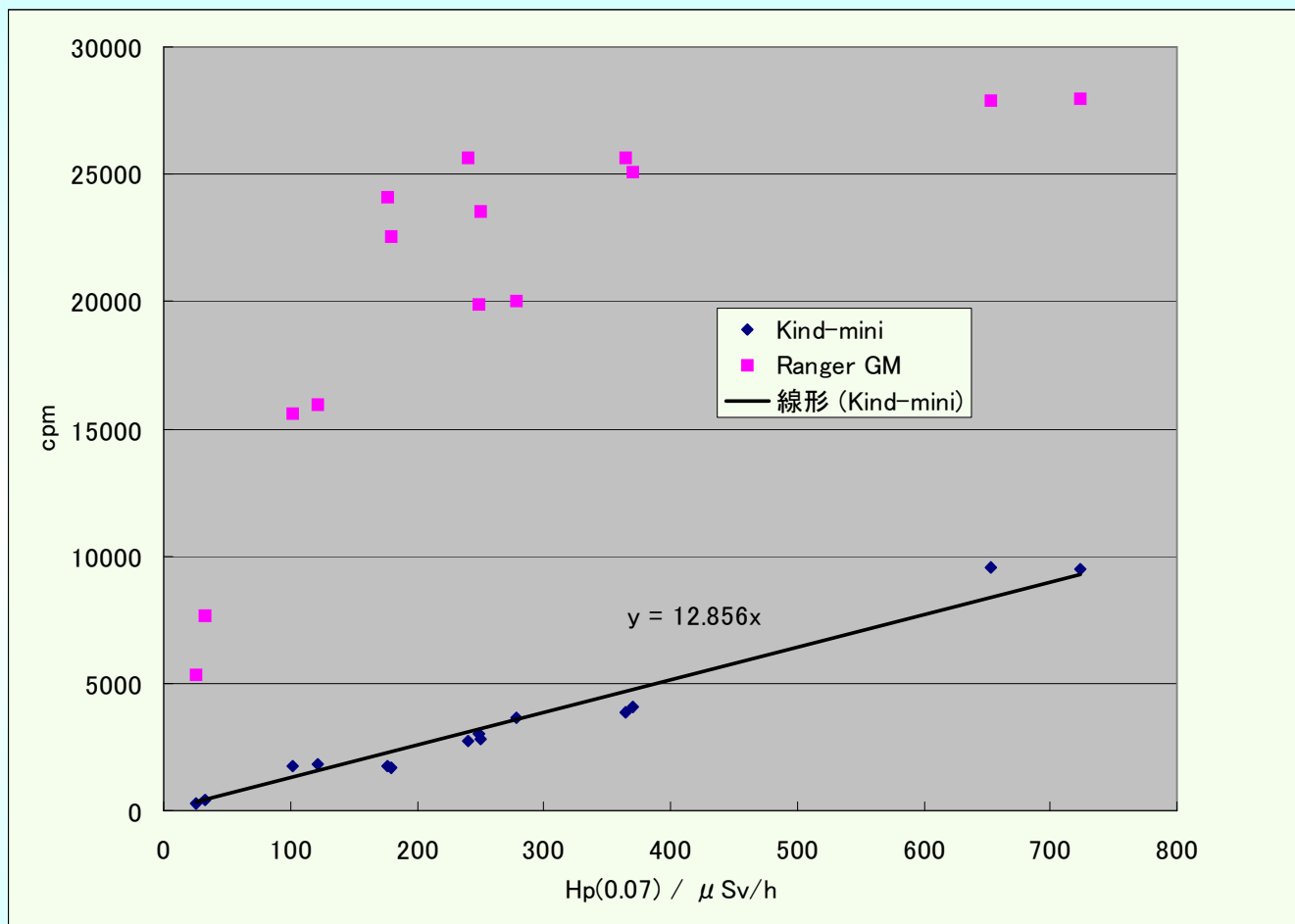
箔が中和して閉じていく



※箔検電器と同様の原理を用いた線量計として、ポケットチェンバーという携帯型の線量計が

古くから使われていた。

# 簡易なサーベイメーターによるスクリーニングの可能性



横軸は低エネルギー測定対応の電離箱 日立 ICS-1323 で測定した  $70 \mu\text{m}$  線量当量。時間変動があるため、簡易測定器での測定の前後で測定し、平均を取った。



Kind-mini

プラスチックシンチレーターを用いた簡易測定機。放射線教育支援サイト「らでい」から借りることが出来る。

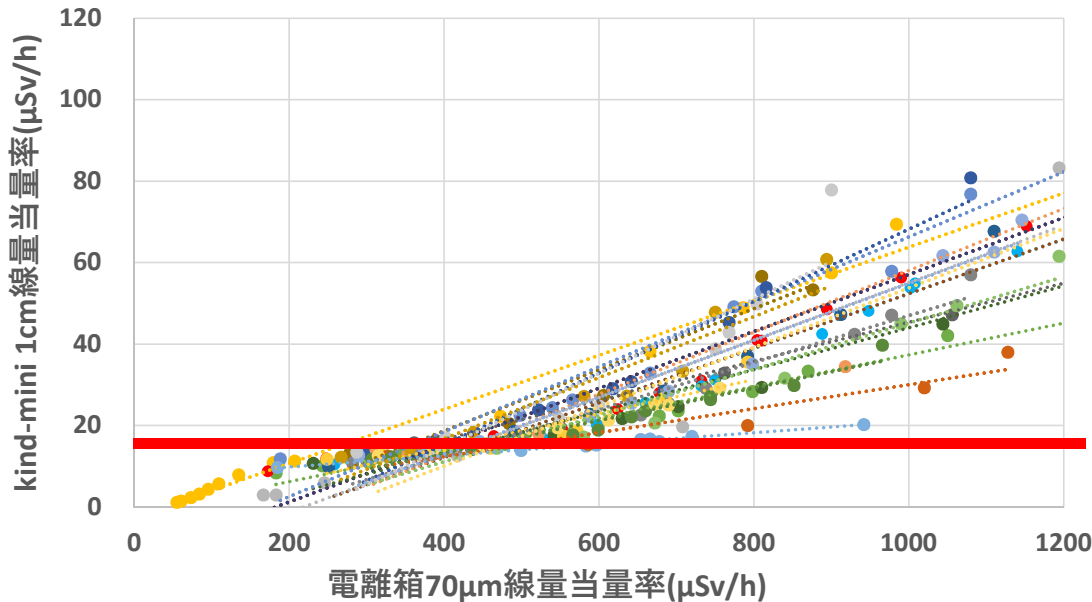


Ranger

米国 S.E.International 社製のパンケーキ型広窓GMサーベイメーター。Inspector USB の後継機。不感時間  $100 \mu\text{s}$  程度であり、理論上の計数率の上限は、 $600\text{kcpm}$ 。

Kind-miniが表示する線量率によるスクリーニングレベルの平均と標準偏差

放電極の距離20mm



平均値	26.7 $\mu\text{Sv/h}$
$\sigma$	5.4 $\mu\text{Sv/h}$
2 $\sigma$	10.8 $\mu\text{Sv/h}$

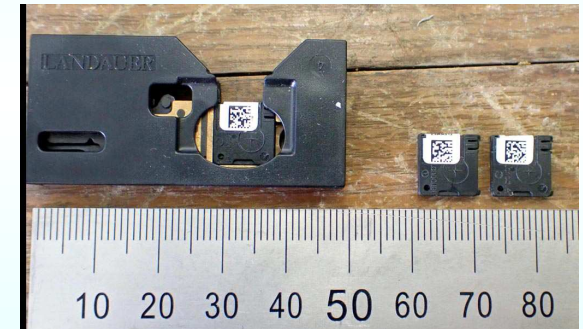
- 一つ前のグラフで600 $\mu\text{Sv/h}$ の時の kind-miniが表示する1cm線量当量値が極端に大きいもの3点を除くことで、平均値は小さくなり、**分散を小さくすることが出来る**。(スクリーニングレベルが低い方が安全側)
- 2 $\sigma$ で約95%の標準偏差は16.0～37.5 $\mu\text{Sv/h}$ の範囲となり、kind-miniが表示する1cm線量当量値が**16 $\mu\text{Sv/h}$** 以下の時安全だといえる。

# nanoDot 線量計を用いたX線測定サービス

○ 簡単な実験上の注意点を遵守し、さらにガラスの水槽などで遮蔽する事で大幅に線量を低減可能であると期待できるが、全国全ての装置の組み合わせ、様々な気象条件などの状況で確実に安全を保証する事は出来ない。

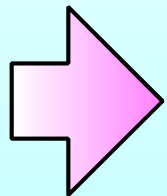
○ 確実な測定を行うには低エネルギーで校正された電離箱や、蛍光ガラス線量計、OSL線量計、TLD線量計などの固体測定素子による測定が必要でありが、計測システムの導入は非常に高価であり、ガラスバッジやルミネスバッジなどの測定サービスは契約が必要などでハードルが高い。

○ 簡易な計測器や箔検電器を用いたスクリーニング法も開発されているが、測定にはそれなりの技術と時間が必要であり、精度についても十分ではない。



固体測定素子である OSL 線量計による計測を可能としたパッケージである microStar システム(長瀬ランダウア社)を、ふるさと納税を活用した大阪公立大学つばさ基金での「放射線教育振興プロジェクト」によって 2021年に導入。

1cm角にも満たない小さな nanoDot 線量計を郵送し、第二次実態調査時と同じプロトコルで測定、線量計を返送してもらう事により、安価で継続的な線量評価が可能。



# プロジェクトの着地点

## Task 1: 線量計測

研究室では低エネルギーで校正された電離箱を用いて、また教育現場においてはガラスバッジを郵送しての測定により、正確な測定が可能。  
箔検電器及び Kind-Mini の貸出しによる教員自身によるスクリーニング法を開発。

## Task 2: 運用方法の検討

2018年夏に実際の教育現場における漏洩線量の実態調査を実施し、かなり高い線量を漏洩する装置が発見された。追加の検証により暫定ガイドラインを策定し、2019年度の実態調査でほとんどの装置で安全な事を確認できた。

## 暫定ガイドラインの策定

中学理科の教科書会社5社中4社の教師向け指導書に実験上の注意点を掲載

暫定ガイドラインを遵守した場合の安全性の更なる検証(今後も継続)

## Task 3: 線量評価とガイドライン

日本保健物理学会において、専門研究会を設立(2019-2020年度)。法令上の問題点やエネルギーが低く透過力の小さい低エネルギーX線の実効線量評価を行う。2022年度を目標として学会標準として運用ガイドライン、測定法、Q&A等を取りまとめる。

電圧、電流などの測定だけでは単純に危険性を判断できなかった。このためスクリーニング手法の開発を行い、ある程度高い線量が漏洩している恐れがある場合は、大阪府大に2020年度に導入した nanoDot 線量計により信頼できる測定を継続的に行える体制を確立中。

## 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。



# みんなの暮らしと放射線展とは

「みんなの暮らしと放射線展」は、大阪公立大学 放射線研究センターが中心となり(2023年度からは、事務局業務を大学の受託事業として位置づけを明確化)、様々な放射線関係の団体(\*)の協力を得て「みんなの暮らしと放射線」知識普及実行委員会により運営され、昭和58年から40年以上にわたり開催され、延べ50万人以上の一般市民に放射線に関する知識普及活動を実施してきた(以前はデパートの催事場などで1週間実施されるなどの非常に大規模な運営が行われていた)。

近年は大阪科学技術センターに於いて8月第一週の週末にイベント開催を行っており、2日でのべ2千人以上の来場を得ていた。

\*2023年度の協賛:(国研)日本原子力研究開発機構、(一財)電子科学研究所、(一財)日本原子力文化財団、(一社)大阪ニュークリアサイエンス協会、(公社)大阪府診療放射線技師会、(公社)日本アイソトープ協会、(一社)日本原子力学会関西支部、関西原子力懇談会





# 放射線教育コンテンツ

展示内容は放射線の基礎知識、人体影響、放射線計測、霧箱観察などに加えて、農業利用、工業利用、医療利用と、放射線の利用という側面に重点を置いた物としており、関西近隣の放射線関連の大学研究所の紹介も行い、幅広い層への知識普及を行ってきた。霧箱を含む様々な工作教室、放射線クイズ大会、放射線ビンゴ大会などを通じて楽しく学習できる集客イベントも実施し、平行して別会場での高校生による放射線に関連した研究成果のプレゼン大会である、高校生サマークラスなども実施してきた。

展示内容は直感的に放射線の性質が理解できるよう、従来に無い最新のコンテンツを開発してきており、極めて安価で準備も工作も簡単でありながら高性能な霧箱工作、ペルチェ冷却式霧箱を用いて $\alpha$ 線、 $\beta$ 線、 $\gamma$ 線の比較、放射線のアナログとしての紫外線を用いたコンテンツの開発(UVレジンを用いたアクセサリ工作など)、宝探しゲームなど現在では多くのイベントで行われているコンテンツも先んじて取り入れている。2019年に行われた特設展示では放射線による細胞損傷の修復過程を取り扱い、がん化した細胞を攻撃する免疫細胞についても取り上げたが、現在のコロナ禍に於いて獲得免疫の仕組みを理解する良いコンテンツとなった(次ページ)。



それぞれの役割を持つ免疫細胞達は、体の中に入ってくるさまざまな細菌やウイルス、そしてがん細胞と、毎日戦い続けて、健康な体を守っています。

## 免疫細胞たちの活躍



学校の授業、身体の中のことを教える機会、医療施設での各種説明、及びそれらに類似する場などで、「はたらく細胞」で擬人化された細胞たちや細菌等の画像の一部を無償で利用することが出来ます。

### 白血球 (好中球)



外部から体内に侵入した細菌やウイルスなどの異物を食べて排除する(貪食)。好中球は血液中の白血球の半数以上を占めており、最前線で真っ先に侵入者と戦う自然免疫の細胞。多種類の異物、病原体の分子に反応することができるが、特定の病原体に繰り返し感染しても、自然免疫能が増強することはない。

### ナチュラルキラー NK細胞



全身をパトロールし、がん細胞やウイルス感染細胞などを見つけ次第攻撃する自然免疫細胞。自分でがん細胞を判別することができるためがん細胞への攻撃力が特に強い。笑うことによって生じる神経ペプチドによって活性化する一方で、ストレスによるホルモンで活性が低下する。

### マクロファージ



細菌などの異物を捕らえて殺し、抗原や免疫情報を見つけ出す。がん細胞を発見すると、それを食べて確認して、ヘルパーT細胞に伝える。殺傷能力が高く、死んだ細胞や細菌を片付ける役割も有している。

### 樹状細胞



体内に侵入してきた細菌や、ウイルス感染細胞などの断片を抗原として提示し、他の免疫系の細胞に伝える役割を持つ。その名の通り周囲に突起を伸ばしている。

抗原情報の提示

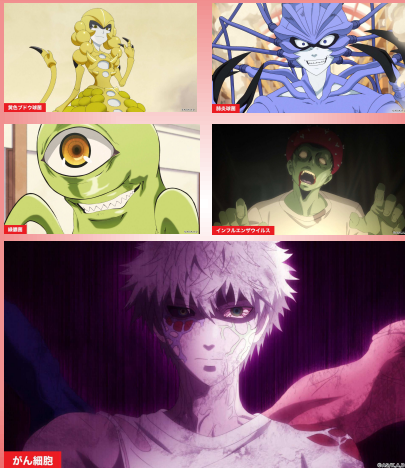
### ヘルパーT細胞



外敵侵入の知らせを受け、敵の情報をもとに、的確に攻撃できるように戦略を決める司令官。マクロファージや樹状細胞からもらった抗原情報を基に、キラーT細胞やB細胞をその抗原に合わせて活性化する。

初めて対応する抗原に対しては、抗原情報の獲得、分析、活性化、抗体の生産までに、2~3日かかってしまいます。一度対応した抗原は記憶されており、次回から素早く反応します。

毎日これらの敵と戦っています!



### キラーT細胞



ウイルス感染細胞、がん細胞などの異物を認識・破壊する殺し屋。抗原情報を受け取ったヘルパーT細胞の命令(サイトカインの分泌)によって活性化して出動する。一度出動したあとは、記憶T細胞が残り次回素早く反応する。

### B細胞



細菌やウイルスなどそれぞれ異なる抗原に対し、抗原特異的な抗体(免疫グロブリン)というオーダーメイドの武器を作って戦うリンパ球の一種。一度抗体を作ると記憶B細胞が残り次回の侵入時に素早く抗体を作ることができる(いわゆる免疫の獲得)。

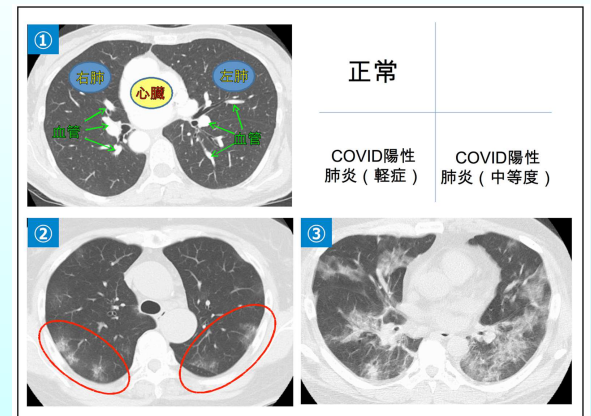
活性化

# オンラインコンテンツ

2020年度に引き続き2021年度もCOVID-19の蔓延のためオンラインでの開催を行っている(<https://housyasen-fukyu.com/event/>)。2020年度は、「放射線キャラ図鑑」「放射線の基礎知識」「放射線の歴史」といった基礎的内容と、「あなたに身近な放射線を探せ!ゲーム」「放射線ハンドブック」、COVID-19診断で使われる放射線を解説した「社会で役立つ放射線」と言ったコンテンツにより、身の回りで利用される放射線について取り上げた。



新型コロナによる肺炎像～胸部CT画像～



画像提供:りんくう総合医療センター

# 2020年度オンライン講演会

さらに、オンラインであることを活かして、全国の中学、高校の生徒と先生方に、X線発見の歴史、クルックス管と霧箱による放射線教育の実演と、クルックス管からのX線の安全管理について、Zoomによるウェビナー形式で2020/11/18と12/10に1時間のオンライン講演会を行い、55名の参加者を得た。



2017年に制作したレントゲン博士によるX線発見の歴史の資料のページ



ガラスの水槽でX線を遮蔽した状態のクルックス管の実演。



クルックス管からの低エネルギーX線をペルチェ霧箱EX型を用いて観察した。

## 主な参加団体

東京都世田谷区立千歳中学校、名古屋市立長良中学校、京都光華高等学校、京都府立桃山高等学校、大阪府立泉北高等学校、兵庫県立尼崎小田高等学校、兵庫県立加古川東高等学校、放射線教育フォーラム、ケニス株式会社、株式会社島津理化、コミュタン福島 など

# 放射線アカデミア

2021-2022年度は、一般の大人や学生達に向けて知識を深めるコンテンツとして、「放射線アカデミア」と題して、「放射線研究レポート」と「プロフェSSIONALの声」の作成を行った。「放射線研究レポート」は11報が掲載されている。「プロフェSSIONALの声」は放射線に関連する分野に就職する学生を意識し、放射線を利用する分野の会社、医療機関の方々の声を取り上げ6報が公開されている。その結果、広く全国からアクセスを得ていると共に、当初の予想を遙かに上回って、高い年齢層の方々からのアクセスを得ていることが3022件のアンケート結果から明らかになった。

## プロフェSSIONALの声

患者さんの笑顔を守るため

放射線で命を救うプロフェSSIONALたち

りんくう総合医療センター  
放射線技術科 科長  
中前 光弘 さん  
放射線技術科 技術管理主査  
中平 修司 さん  
放射線技術科  
入西 健太 さん



りんくう総合医療センター放射線技術科の皆さん

## 放射線研究レポート コンテンツ一覧

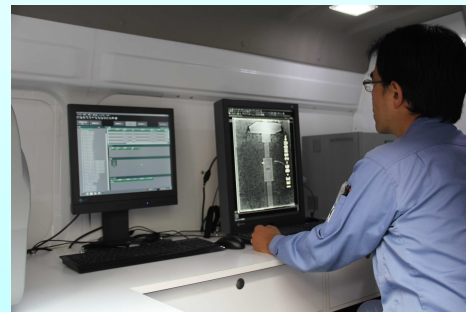
- 1: 病気の診断・治療における「医療被ばく」の健康影響と安全管理
- 2: 医療で役立つ放射線X線撮影による画像診断の今
- 3: クルックス管を用いた実験の注意点 クルックス管とX線
- 4: 医療で役立つ放射線血管造影検査が可能とする早期治療
- 5: 岩石から出る放射線で温泉が沸いている？
- 6: 福島第一原子力発電所事故の健康影響に関する国連科学委員会の2020年報告について
- 7: 地上に太陽を～日本で進む核融合研究～
- 8: 量子ビームによる材料の微細加工
- 9: 放射線活用による滅菌/食技術と放射線
- 10: 放射性炭素が明かす気候変動
- 11: 放射線治療は“がん治療の三本柱”の一つ



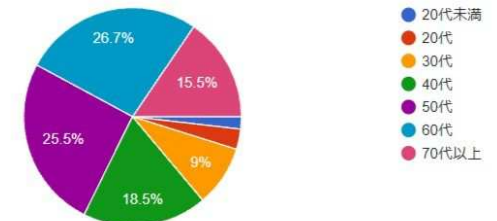
核医学検査装置である、Single Photon Emission Computed Tomography(SPECT)



コーガイイトープ社の Co-60 ガンマ線源からのチェレンコフ光



非破壊検査株式会社の車載コンピュータッド・ラジオグラフィ検査システム (FCR)



3022件のアンケート結果(7/21～10/20)による、回答者の年齢構成グラフ

# 2023年度放射線教育座談会

2023年度も「放射線教育オンライン意見交換会」を8月5日(土)13:00～16:30に実施した。これまでと異なり感染症の制限がなくなったため、工作教室のイベントと同日に同じOSTEC 7階の702号室に於ける対面と、zoomウェビナーによるオンラインのハイブリッド形式で実施した。2名の演者による基調講演と5名の中学・高校の先生による実践事例発表、ディスカッションに、全国からオンライン40名、対面20名の参加を得た。その後懇親会も実施し、非常に充実した意見交換を行うことが出来た。

## 基調講演

- ・文部科学省 国立教育政策研究所教育課程研究センター  
小林 一人先生  
「放射線教育と学習指導要領」
- ・加速キッチン合同会社 / 早稲田大学 田中 香津生先生  
「中高生の放射線探究ネットワーク」

## 実践事例発表

- ・京都教育大学 附属京都小中学校 野々山 康弘先生  
「放射線のリスクとベネフィット～福島復興11年の変遷～」
  - ・筑波大学 システム情報工学研究群 羽田野 祐子先生  
「霧箱による大学公開講座について」(オンライン)
  - ・福島県立郡山萌世高等学校 石井 伸弥先生  
「福島で学ぶ福島 ～課外活動による福島学の実践報告～」
  - ・大阪高校 谷脇 鉄平先生・松長 瞬先生  
「本校初の化学基礎・地学基礎における放射線に関する  
科目横断型授業の教育実践」
  - ・広島市立福木中学校 森島 浩一先生  
「生徒に自然放射線を実感させる授業実践例」
- 話題提供 大阪公立大学 秋吉 優史  
「クルックス管からの低エネルギーX線測定サービスのお知らせ」



小林先生



田中先生



羽田野先生



野々山先生



石井先生



谷脇先生



松永先生

基調講演では文科省の小林一人先生から、学習指導要領における放射線教育のあり方についての講演を頂き、単なる知識の詰め込みでは無い、考える力を養い、「子どもたちの『何ができるようになるか』という環境を授業の中で作る事が大切」と語った。続いて、独自の中高生の放射線探究ネットワークを構築し、極めて活発な中高生と大学のコラボレーション研究を行っている、加速キッチン合同会社を運営する田中 香津生先生から、これまでの3年間の活動で論文(6本)や学会賞(19回)、学会発表(108回)という成果をあげている中高生に対する放射線教育支援の先進的な取り組みについて紹介をいただいた。

実践事例紹介での質疑応答や、意見交換会では非常に活発な意見交換が行われ、広島市の森島先生の発表などに関連して、「放射線の(負の)イメージ」をいかに払拭するかという議論が行われた。福島県でも全員が放射線について学習しているはずなのに高校で聞くと6割程度しか印象に残っておらず、影響についてはよく分かっていないなど、より効果的で繰り返しの学習が必要であることが確認された。

# 2023年度 工作教室イベント

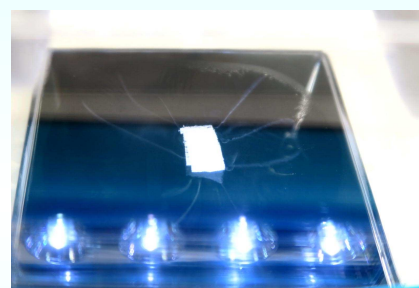
2023年度は COVID-19 に関する取り扱いが5類に変更となり行動制限が解除されたため、飛沫除去などの感染症対策を行った上で OSTE C 701室に於いて対面での工作教室イベントを開催した。霧箱工作と、UVレジン工作は一回12名、30分を10ステージ実施して、それぞれ51名、82名+飛び入り数名の参加を得た。

ダイソーのコレクションケースを使用して安価で非常に簡単ながらも確実に観察が出来る霧箱工作では、線源として空気中のラドン娘核種を使用することで、身の回りにも放射線と放射性の物質が飛び交っていることを学べるようにした。なお、実施には日本原子力学会関西支部からの実演者の協力を得た。

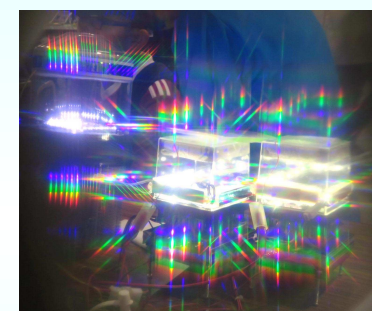
UVレジン工作では、分光シートで虹を見ることで光の波長について理解させたあと、目に見えない紫外線の存在をスパイペンやウランガラスなどを用いて実演して認識させ、可視光でも太陽光発電や光合成が、そして紫外線では殺菌や今回工作で使うような化学反応を起こす力があり、もっとエネルギーの高い放射線は透過して物の中の殺菌や、架橋や重合と言った反応で暮らしの中の役に立っていることを説明した。

測定コーナーでは自然放射線源をGMサーベイメーターで測定して身近な物からの放射線の放出を実感し、ラジウムボールとGMサーベイメーターを用いた宝探しゲームでは、目に見えなくても放射線によって中の様子が分かり、気まぐれで自然の放射線が来る、少し距離が離れると放射線は弱くなる、測定器を早く動かすと見つからないなど様々なことを学習出来る。また、診療放射線技師会からの展示も行って頂いた。

## 霧箱工作教室



## UVレジンアクセサリー工作教室



## 放射線測定体験、展示コーナー



**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!

探知機は何も無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からないぞ!

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います。自然放射線は数多く出てくるので、ゆっくり、じっくり探しましょう。

# 2023年度 工作教室イベント



UVレジニアクセサリー  
工作教室



放射線測定体験



診療放射線技師会展示



放射線教育教材展示



霧箱工作教室



放射線基礎知識パネル  
と各種配布物



工作教室参加者には、  
UVスパイペンを配布



# 2023年度 ハイスクールラジエーションクラス

2022年度に引き続き「ハイスクールラジエーションクラス」を、10月29日(日) 13:00~16:30 に大阪公立大学 I-Site なんば C1 ホールでの対面と、zoom によるオンラインのハイブリッドで実施した。なお、高校生のプライバシーの関係から聴講は対面のみとし、オンラインは発表者と直接の関係者に制限した。全国の7校から8グループの参加を得ることが出来、大学院生も顔負けの極めてレベルの高い研究が発表された。また、特別講演として、名古屋大学アイソトープ総合センター 杉田亮平先生から「農業と放射線」と言う演題で講演を頂いた。

## (オンライン参加)

・秋田県 秋田高校 藤井 駿、渡辺 利玖、稲見 颯大(藤井 翼先生)

ミュオグラフィによる校舎内構造の把握

・秋田県 秋田高校 金田 康希、斎藤 怜、佐々木 莉胡、佐藤 一進(藤井 翼先生)

モンテカルロシミュレーションによる一次宇宙線遮蔽材の検討

・千葉県 渋谷教育学園幕張高等学校 内田 彩尊、St. Mary's International School Tokyo 林 忠誉(田中 香津生先生)

Webカメラを用いた放射線の測定と画像解析

・栃木県 國學院大學栃木高校 田母神 菜乃(田中 香津生先生)

距離と遮蔽の変化と放射能の関係性

## (対面参加)

・東京都 女子学院高等学校 松下 千穂里、中井 莉世、永田 仁紀(田中 香津生先生)

Cosmic Watch を用いた超高エネルギー宇宙線探索

・福島県 郡山萌世高等学校 石川 明日香(石井 伸弥先生)

なんとなくの福島II ~報道の変遷から見る処理水海洋放出の社会的認知~

・大阪府 高槻高校 岸田 和士、奥野 裕太、長方 龍之介、國貞 昂聖、瀧井 誠司、田中 圭伴(銅 優香先生)

$\alpha$ 線最大飛程測定による遮蔽能力の数値化

・大阪府 豊崎中学校 佐々木 柚榎(田中 香津生先生)

身近なカメラを用いたシンチレーション光の観察

当日は、対面・オンライン合せて21名の発表者と、同校教員や聴講者、放射線展関係者で合計50名の参加となった。放射線について広く考え、高校生ならではの視点で研究・調査した成果が発表された。

オンラインでの発表が4チーム、対面で4チームの発表が行われ、各発表ごとに学生や教員も交えて活発な質疑応答が行われた。放射線測定などの実験的なアプローチの発表がほとんどであったが、昨年に続き2回目出場の福島県の高校生からの、福島での処理水放出を切り口に報道と社会的認知の関係を考察する社会的なアプローチでの発表もあった。

審査にあたったみんなのくらしと放射線知識普及実行委員会委員長(大阪公立大学 放射線研究センター)の古田雅一教授は「意欲的な発表でエキサイティングなひとときだった。優劣つけがたく審査結果は僅差で、しかたなく順位をつけさせていただいた。」と振り返り、「全体が本当に僅差で、入賞された方以外の方にもまたお目にかかることを期待している。研究にあたっては、ベーシックな知識がキーになる。教科書からもう一歩進んだ専門書などを読むと新しい科学的な意味が見えてくる。皆さんの今後のさらなる発展に期待したい」と呼び掛けた。

# 2023年度 ハイスクールラジエーションクラス

秋田県 秋田高校 藤井 駿、渡辺 利玖、稲見 颯大

「ミュオグラフィによる校舎内構造の把握」

本研究の目的は、構造物の有無や構成する物質の種類による宇宙線が構造物を通過する際の減衰から、小型の宇宙線検出器(CosmicWatch)によるミュオグラフィが可能かどうか検討することです。そのために現在、2台のCosmicWatchを本校物理室に設置し、 $\mu$ 粒子を観測しています。本研究で成果が得られれば、小型で移動性に優れているCosmicWatchでのミュオグラフィが可能になるため、ミュオグラフィや構造物の内部構造の把握についての研究が、さらに発展すると予想しています。

秋田県 秋田高校 金田 康希、斎藤 怜、佐々木 莉胡、佐藤 一進

「モンテカルロシミュレーションによる一次宇宙線遮蔽材の検討」

本研究の目的は、一次宇宙線遮蔽材として使用できる、放射線量の低減に有効な素材を検討することである。現在、宇宙機に用いられているアルミニウム合金は線量低減効果が低い。また、線量低減効果が高いポリエチレンは耐久性が低い。そこで、線量低減効果と耐久性が高いと考えられる水素貯蔵材料について、モンテカルロシミュレーションを使用するソフト(PHITS)を用いて線量の低減を計算する。本研究で成果が認められれば、JAXAによる先行研究の補足として有人ミッションでの安全性を高めることに貢献できる。

千葉県 渋谷教育学園幕張高等学校 内田 彩尊、St. Mary's International School Tokyo 林 忠誉

「Webカメラを用いた放射線の測定と画像解析」

我々は家庭用Webカメラで放射線の測定、そしてさらに、 $\alpha$ 線、 $\beta$ 線、 $\gamma$ 線の定量的な識別を行った。可視光が遮断されるように改造したWebカメラで長時間露光を行い、放射線の測定を可能にした。先行研究で分かった放射線の特徴をもとに、改造したWebカメラによって得られた、線源( $^{152}\text{Eu}$ 、 $^{241}\text{Am}$ 、 $^{90}\text{Sr}$ )測定画像を解析し $\beta$ 線、 $\gamma$ 線の識別をした。さらに改造を加えたWebカメラによるモナズ石の測定画像からは $\alpha$ 線の軌跡も検出した。そして、最終的に放射線が残した軌跡の円形性、直線性、輝度を用いた放射線の定量的識別をした。

栃木県 國學院大學栃木高校 田母神 菜乃

「距離と遮蔽の変化と放射能の関係性」

本研究では、放射線源からの距離および遮蔽の有無や厚さによって、 $\gamma$ 線の放射能がどのように変化するかを明らかにすることと3つのピークの減少率の比較を目的とした。 $\gamma$ 線の阻止能が高いCsIシンチレーション検出器を用いてモナズ石を距離とアルミ板の厚さを、

0.5cmから2.5cmまで0.5cm間隔および0枚から5枚に変えて測定した。元素同定では $\text{Co}60$ と $\text{Cs}137$ を用いた。測定データは①ピーク値、②面積計算、③正規分布の3つの方法で分析した。結果として、2次元グラフでは、特に①で②と③の2次元グラフと異なる特徴を持つグラフになった。3次元グラフにおいては、②のグラフが①と③と大きく異なった。これらの理由として、カウント数のみの減り方とピーク全体のカウント数の変化の仕方は異なることや面積計算による分析方法は誤差が大きい可能性があることが考えられた。結論として1つ目は、距離の変化と遮蔽の厚さの変化を同時に行ったときは大方減少傾向のグラフになるが、距離が大きくなるに伴いアルミ板の枚数の変化による放射能への影響が小さくなり、距離が小さい時と比べて減少率が小さいグラフになると考えられる。そして、2つ目は、分析方法により違いが見られたが、3次元グラフによって放射線の危険範囲を視覚的に示すことができた。今後の展望として、3次元グラフの放射線から身を守る際の視覚的な指標としての応用を目指したい。

東京都 女子学院高等学校 松下 千穂里、中井 莉世、永田 仁紀

「Cosmic Watch を用いた超高エネルギー宇宙線探索」

本研究では小型宇宙線検出器Cosmic Watchを用いて大気シャワーを測定し、間接的に超高エネルギー宇宙線を観測することを目指している。現段階では、大気シャワー検出の手法を検討している。予備実験では、2つのCosmic Watchを重ねてコインシデンスしたものを2セット使用し、それらに同時に来たイベントが大気シャワーであると仮定して解析を行った。この実験の結果大気シャワーらしきものは観測されたが、データ数が非常に少ない上、大気シャワーであるという確証は得られなかった。現在は大気シャワーだという確証が得られる新しい実験方法を模索中である。

福島県 郡山萌世高等学校 石川 明日香

「なんとなくの福島II ～報道の変遷から見る処理水海洋放出の社会的認知～」

昨年発表させて頂いた『なんとなくの福島』の“なんとなく”が形成される要因を掘り下げました。その要因の一つにマスメディアの報道があるのではないかと考え、12年間の新聞報道調査を行いました。長期間社会的課題であった福島の水汚染・処理水問題に着目し、「汚染水」「処理水」のキーワードを見出しに用いた新聞記事数の推移を全国紙5紙、地元紙2紙の新聞社別、月別に記録しました。それらの結果とTwitterのツイート数および世論調査の結果を組み合わせたとこ、社会的認知の形成と新聞報道の記事数には関係がみられることを明らかにしました。

# 2023年度 ハイスクールラジエーションクラス

大阪府 高槻高校 岸田 和士、奥野 裕太、長方 龍之介、國貞 昂聖、瀧井 誠司、田中 圭伴  
「 $\alpha$ 線最大飛程測定による遮蔽能力の数値化」

私たちは、 $\alpha$ 線を遮蔽する遮蔽物の密度と $\alpha$ 線の遮蔽される度合いに関係があるのではないかと考え、実験を行った。初めに、 $R=0.318E^{\frac{3}{2}}$ ( $R$ は $\alpha$ 線の最大飛程)の式に遮蔽物と空気の密度の倍率をかけることによって遮蔽物内の $\alpha$ 線の飛程距離を予測できると仮説をたて、実験によって実際の飛程距離を求め、様々な物質から得られた数値と遮蔽物の密度との関係を調べた。次に、遮蔽物を厚くしていくとだんだん最大飛程が短くなっていくという考察から、遮蔽物を通り抜けた時に消費したエネルギー量と、遮蔽物の密度との関係を調べた。

大阪府 豊崎中学校 佐々木 柚榎

「身近なカメラを用いたシンチレーション光の観察」

目に見えず、通常、観測には専用の検出器を使用する必要がある放射線を、より身近に感じたいと考えた。そこで、シンチレータ(放射線が入射すると発光する物質)の発光強度・分布を身近なカメラで手軽に捉えようと実験を行った。Webカメラを用いた測定では発光は捉えられなかったが、デジタルカメラを用いた実験でシンチレータの横に放射線源を置いて30秒の長時間露光で撮影したところ、シンチレータが放射線のエネルギーを受け取ることにより発せられた光を捉えることができた。また、シンチレータ内の発光の分布も観測できた。

○特別講演 講師 名古屋大学アイトープ総合センター 杉田亮平先生

「農業と放射線」

放射線は私たちの日常生活や産業において様々な場面で使われています。放射線の身近な利用例として、レントゲン写真や空港での荷物検査を思い浮かべるのではないのでしょうか。農業分野においても、放射線は品種改良や害虫防除など多くの場面で活躍しています。放射性物質を追跡することで物質の移動や分布を調べる RI トレーサー実験は、高い定量性と検出感度を強みとする解析手法であり、RI トレーサー実験を用いた研究も農業を支えています。そこで今回は農業分野における放射線の利用例や放射線の可視化による RI トレーサー実験を行った研究例を紹介したいと思います。



- 最優秀賞: 渋谷教育学園幕張高等学校 内田 彩尊さん、St. Mary's International School Tokyo 林 忠誉さん  
「Webカメラを用いた放射線の測定と画像解析」
- 優秀賞: 大阪市立豊崎中学校 佐々木 柚榎さん  
「身近なカメラを用いたシンチレーション光の観察」
- 審査員特別賞: 福島県立郡山萌世高等学校 石川 明日香さん  
「なんとなくの福島Ⅱ ～報道の変遷から見る処理水海洋放出の社会的認知～」