

**2018/03/04 放射線教育フォーラム
第2回勉強会 @ 東京慈恵医科大学**

**クルックス管の安全な取り扱いと
その課題**

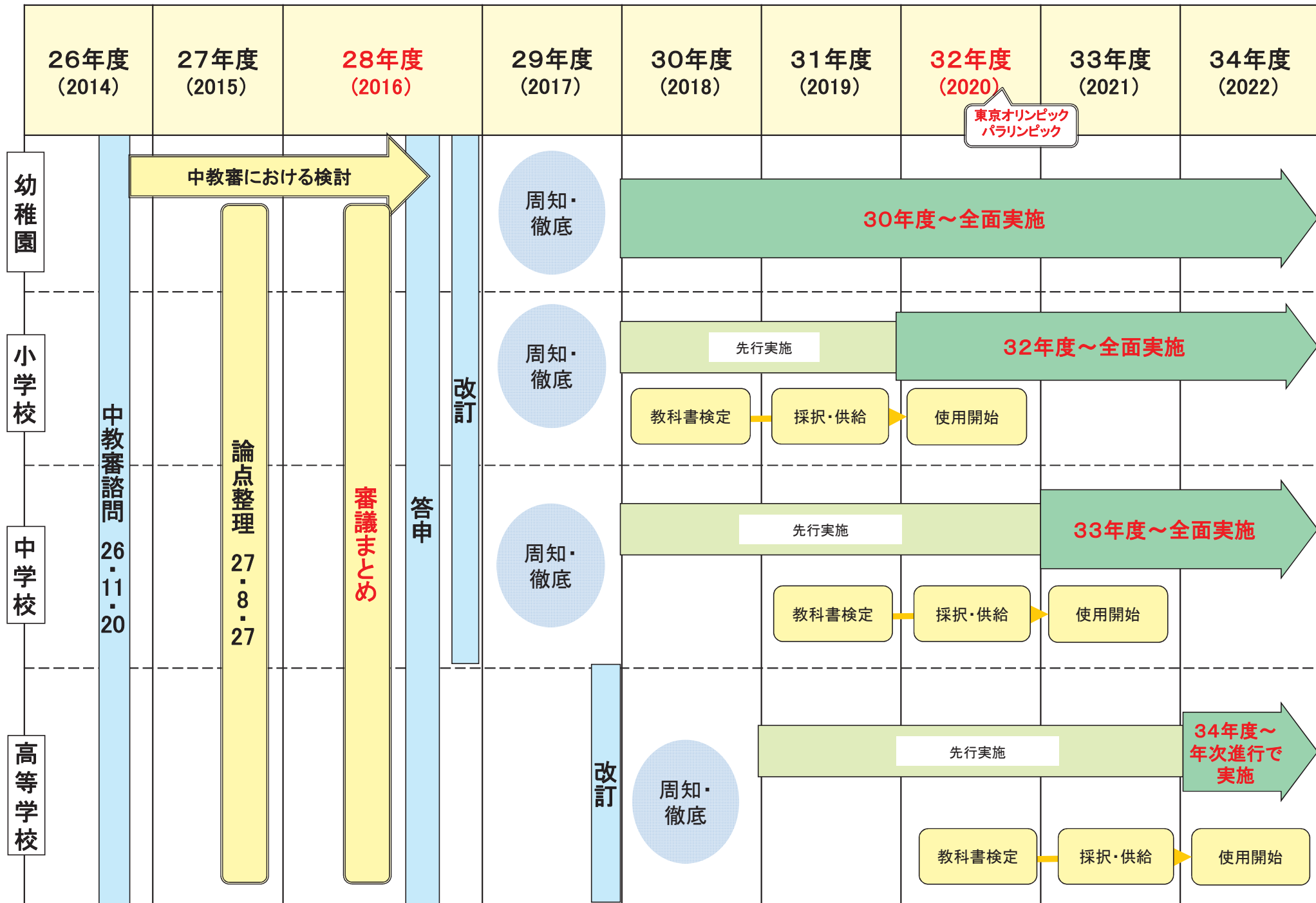
**大阪府立大学 放射線研究センター
秋吉 優史**

秋吉 優史: akiyoshi@riast.osakafu-u.ac.jp

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



今後の学習指導要領改訂スケジュール（現時点の進捗を元にしたイメージ）



本発表の背景

2017年3月に公布された新・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 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。**

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内容

2017年6月に公布された新・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。**

クルックス管を用いた実験を行う際の安全評価が必要

クルックス管からのX線の発生

①

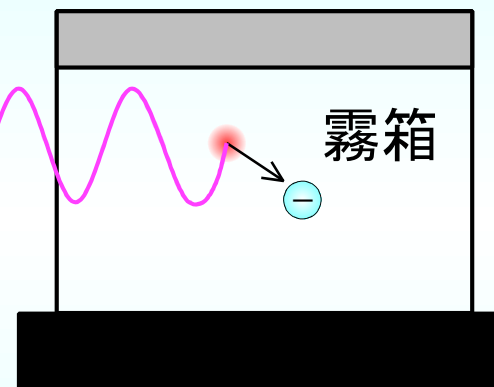
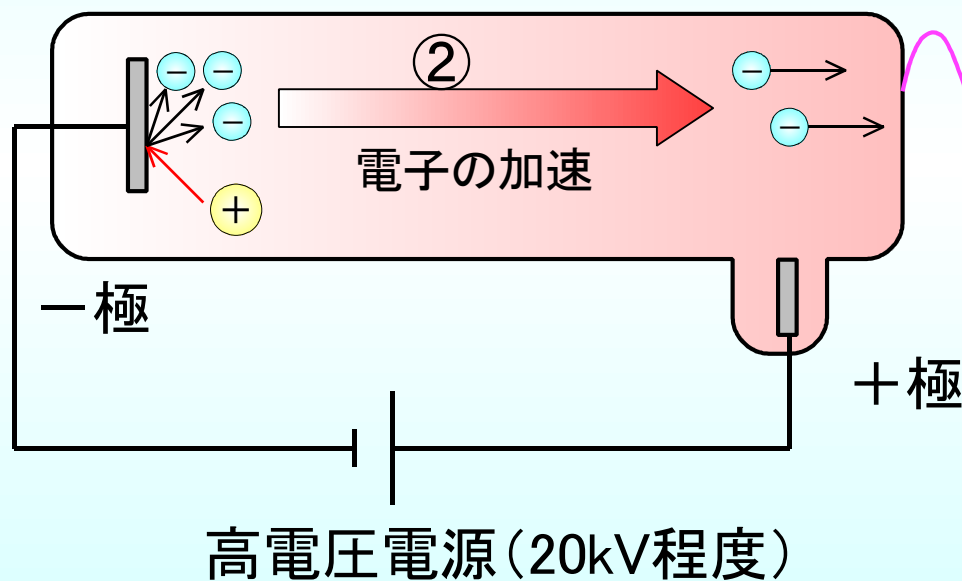
＋のイオンが一極に引きつけられて電子を叩き出す
(二次電子放出)

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

④

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の光電子はβ線と同じように振る舞う。



X線のエネルギーは、最大でもクルックス管にか
けた電圧程度で、発生時のスペクトルのピーク
は印加電圧の半分程度。

**極めて簡単な構造の冷陰極により
電子ビームの発生が可能であるが、
比較的高い電圧が必要。**

実際にはクルックス管自体を構成するガラス管
により発生したX線が減衰するため、漏洩するX
線はエネルギーの高い成分が中心。

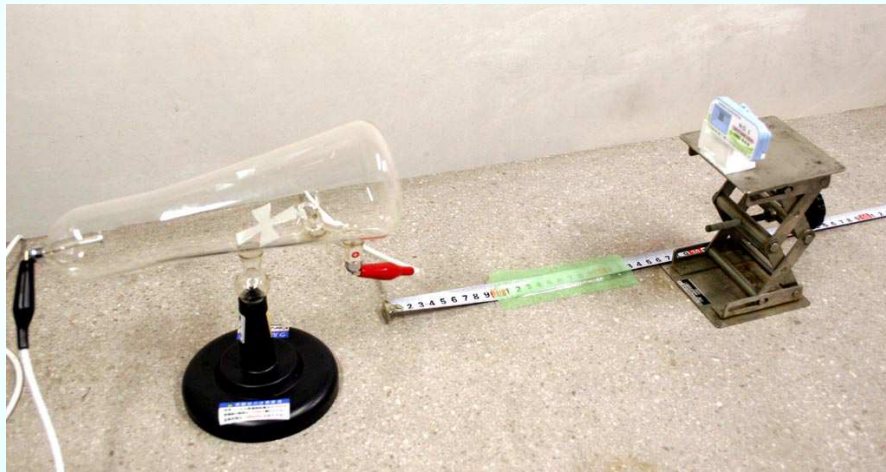
クルックス管に印加する電圧

クルックス管の内部には**わずかに気体分子が封入されており**、陰極に高電圧を印加すると、自然放射線などにより電離した**わずかなイオン**が加速されて陰極に衝突する。その際に多数の二次電子を放出し、この二次電子が加速されて電子ビームとして観察される(蛍光体により観察しやすくしてある)。

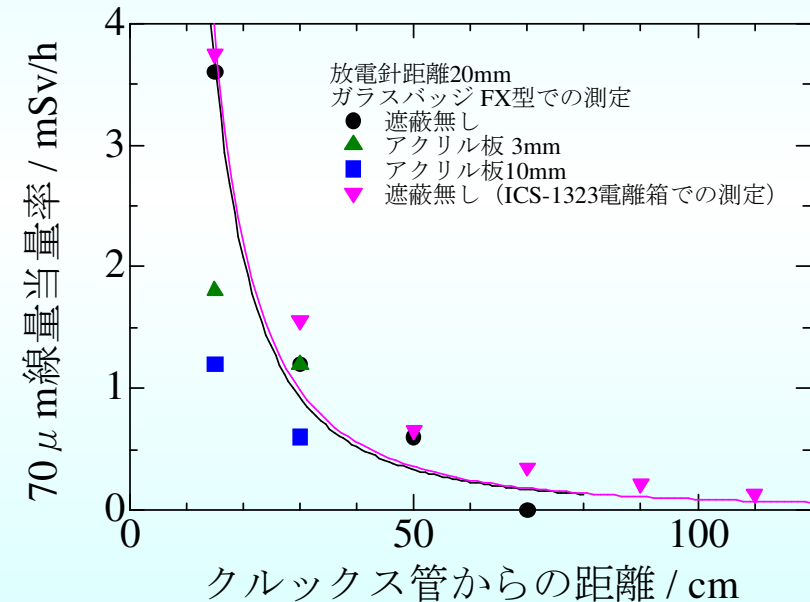
このような動作原理であるため、電子線の観察には管内に**わずかなガスが必要であるが**、**古い製品ではガラス管に吸着されるなどして残存するガスの量が少なくなり**、**より高電圧を印加しないと電子線を観察できなくなる**。実際の教育現場にはこのような古い製品が多数残されており、高電圧を印加することにより**発生する制動放射 X 線のエネルギーが高くなり**、**ガラス管壁に対する透過率が高くなるため**、**放出される線量が高くなる**。

ガラスバッジを用いた線量測定

20keV 程度の低エネルギーX線は、透過力が低く一般的なNaIシンチレーターや、半導体検出器を用いた普及型のサーベイメーターでは測定する事が出来ない。

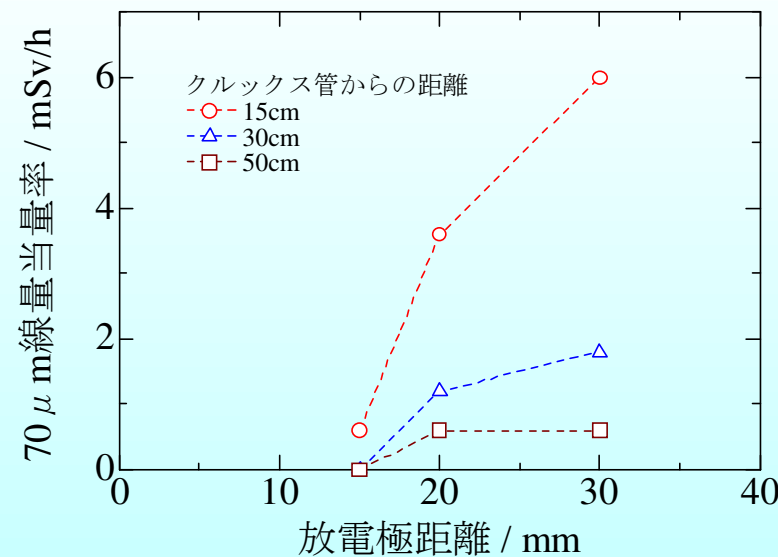
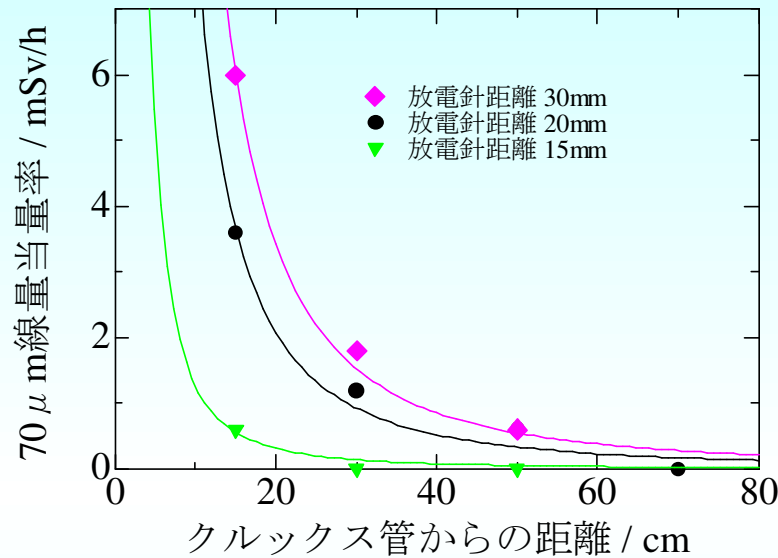


低エネルギーのX線でも測定可能な信頼できる測定手段として、蛍光ガラス線量計を用いた、千代田テクノルのガラスバッジによる環境線量測定サービスを利用した。また、日立の最新の電離箱 ICS-1323もテストした。



ケニスの誘導コイルの放電針距離20mm(20kV強に相当)、放電出力2目盛、十字板付きクルックス管の十字板を下げた状態で測定。照射時間は10分間で1時間あたりに換算(0.1mSv単位の測定のため結果は離散的)。

ガラスバッジを用いた線量測定



・アクリルでの遮蔽は、20keVでの半価層は約10mmの計算だがそれよりもやや遮蔽能が高かった。低エネルギー成分の影響が考えられる。

・放電極距離を変えて印加電圧を上昇させると、ガラスバッジで測定される線量が明らかに増加した。

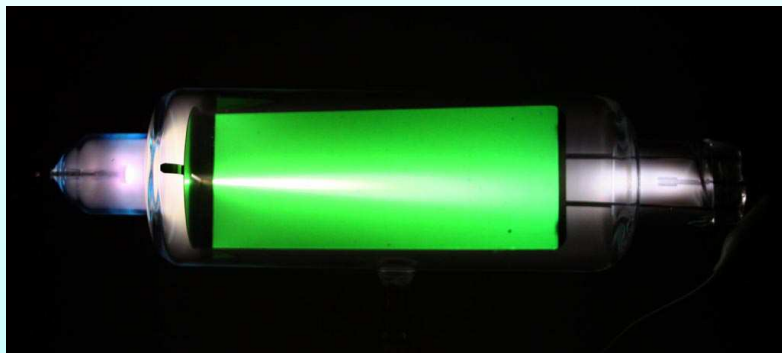
・放電極距離15mmでは30cmの距離で測定下限(0.1mSv)を下回り、かなり安全性が高まることが確認された。

・現在依頼しているガラスバッジの測定精度が0.1mSv単位であるため、より高精度での測定オプションを利用する予定。

クルックス管を安全に使用出来ないか？

クルックス管は従来から放射線教育に用いられているが、低エネルギーX線の被曝線量が想像以上に多い(数10mSv/hに達する)場合があることが明らかになりつつある。

株式会社ホリゾンからは、冷陰極を用いて低電圧で被ばく線量を抑えての陰極線観察を可能としたクルックス管が 22,000円、電源も18,000円と手軽な金額で発売されている。低電圧動作が可能であり、専用の電源での 5kV 程度での動作では全くX線の放出が観測されなかった。さらに、20kV程度と同じ電圧で駆動させても他社製品より X線放出量は少ない。



5kV で動作中のクルックス管



9V電池駆動の
5kV 高圧電源
(CW回路)

Basic Plan

5kV程度の低電圧駆動クルックス管を用いることで、X線の放出は全く考慮せずに済み、学習指導要領の要求を満たす実験体系を極めて安全に構築可能。

ここで話は完結する

Advanced Plan

古い装置を用いざるを得ない場合や、放出されるX線を活用した発展的な実習実施する場合、印加する電圧を一定以下に抑えることで最低限度のX線量に抑えて、特定方向だけにX線を取り出せる遮蔽体を組み合わせた実験体系を構築する。

本研究の目的

測定結果の不安定性

クルックス管からのX線量は様々な測定結果が報告されているが、報告により値がバラバラである。

使用する装置による差異は、クルックス管の内部に封入したガスがガラス管に吸着されて枯れてしまい、高電圧を印加せざるを得なくなった事などが原因と考えられる。
しかしながら、同一の装置で同一の設定を用いても測定する度に測定結果が大幅に変化する。

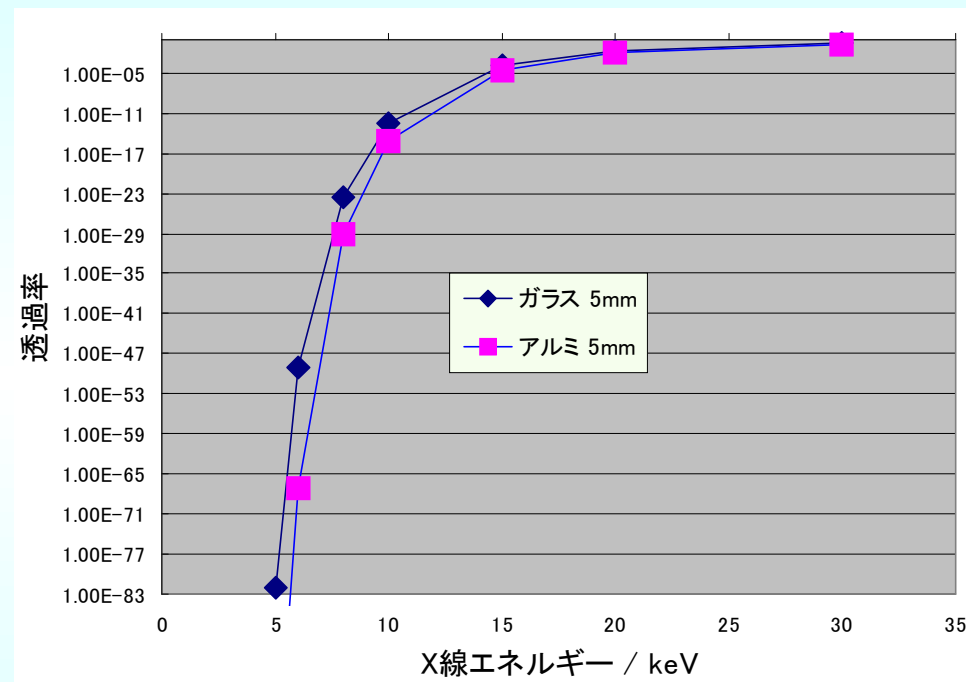
10-20keV 程度のX線は僅かなエネルギー変動により何桁も透過率が変わるためであると考えられる。

様々な装置が全国に存在するため、使用する都度教員が測定を行い線量を確認する必要があるが、10-20keV程度の低エネルギーX線の評価は非常に困難である。

GM管での計数率測定と、霧箱による飛程の観察などの簡易な方法でスペクトル評価を行い、線量当量を求められないか？

低エネルギーX線の透過率

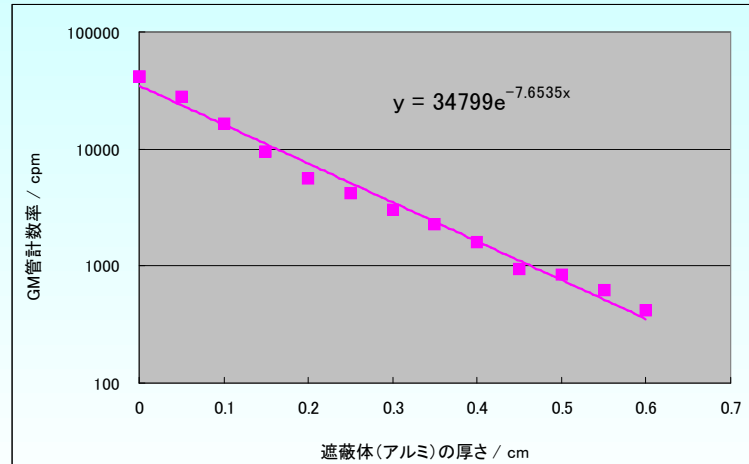
エネルギー (keV)	質量減衰係数 (cm ² /g)	密度 (g/cm ³)	厚さ(cm)	透過率	遮蔽体
5	41.5	1.00	1.0	9.48E-19	水
6	23.85			4.39E-11	
8	9.94			4.82E-05	
10	5.051			6.40E-03	
15	1.546			2.13E-01	
20	0.7505			4.72E-01	
30	0.3455			7.08E-01	
5	146	2.59	0.2	1.43E-33	ガラス (コンクリート 等価として計算)
6	87.29			2.31E-20	
8	42.13			3.33E-10	
10	22.16			1.03E-05	
15	6.809			2.94E-02	
20	2.973			2.14E-01	
30	0.983			6.01E-01	
5	192.4	2.70	0.5	1.57E-113	アルミ
6	114.4			8.46E-68	
8	49.7			7.26E-30	
10	25.75			8.00E-16	
15	7.697			3.07E-05	
20	3.279			1.20E-02	
30	1.045			2.44E-01	



アイントープ手帳 第11版, p154-155

- ・水1cmで遮蔽できるのであれば、1cm線量当量については気にする必要はないが、10keV以上ではそれなりに透過する。
- ・クルックス管を構成するガラス壁によって 10keV 以下のX線はほとんど遮蔽される
- ・15keV 程度から急激に遮蔽率が変化し、わずかな印加電圧の違いにより大きく透過率が異なるため、放出されるX線のフラックスが安定しない。

GMサーベイメーターによるX線エネルギー評価



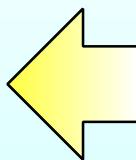
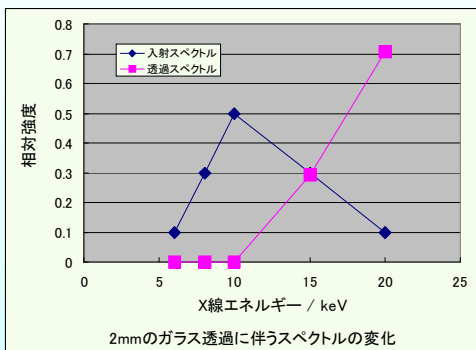
X線エネルギー (keV)	アルミ中の線減衰係数 μ (cm^{-1})
10	69.5
15	20.8
20	8.9
30	2.8

ケニス No.121-122 十字入りクルックス管 3C-B
 ケニス No.120-150 ニューパワー誘導コイル ID-6
 放電極距離 20mm、十字板は倒しての測定
 測定は Ranger GMサーベイメーターで、
 不感時間100 μs として数え落としを補正した

GMサーベイメーターの前にアルミ遮蔽板を置いていき、透過率を測定した。測定結果から線減衰係数を求めると、 7.65cm^{-1} となり、放電針距離の20mm から想定されるエネルギー20keV強でのアルミの線減衰係数と**非常に良い一致を示した**。

当初低エネルギー側に尾を引いたスペクトルを想定しており、遮蔽が薄い領域で計数率が高くなる事が予想されたが、**単一のエネルギーだけで説明できてしまった**。

遮蔽体を用いた測定の前後で、遮蔽無しでの測定値はほぼ一致しており安定していた。また、クルックス管から 30cm位置での評価結果線減衰係数は6.51と若干高いエネルギーを示した。



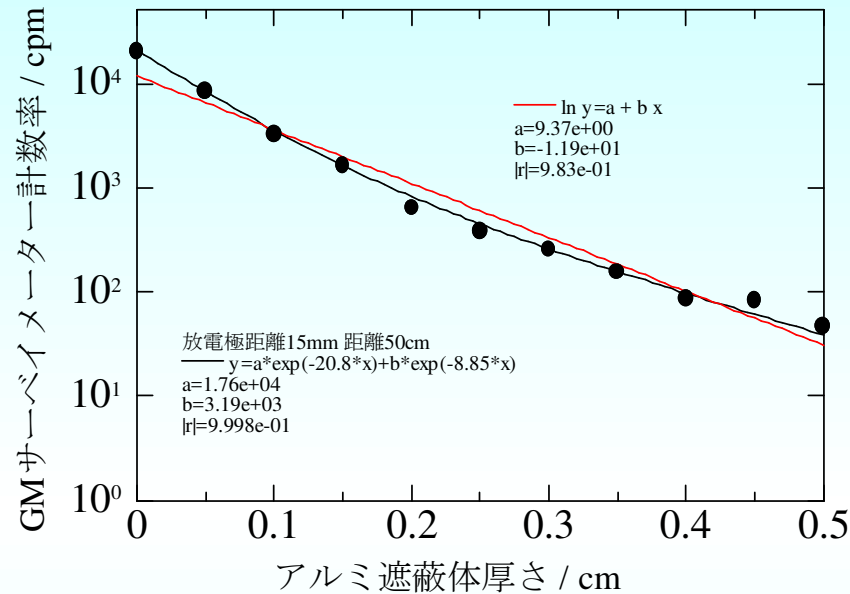
ガラス管を透過する前のX線のエネルギースペクトル(最大エネルギー20keVでその半分の位置にピークを持つ)を適当に決め、2mmのガラスで遮蔽された後の強度を透過率から求めた後、全体の強度が1となるように規格化した。

元のスペクトルよりも透過率が支配的となり、最大エネルギーである 20keV がほとんどを占めるスペクトルとなった。

より高エネルギー側では透過率の変化は緩やかとなるため元のスペクトルや、蛍光体の特性X線のエネルギーに左右されると考えられる。

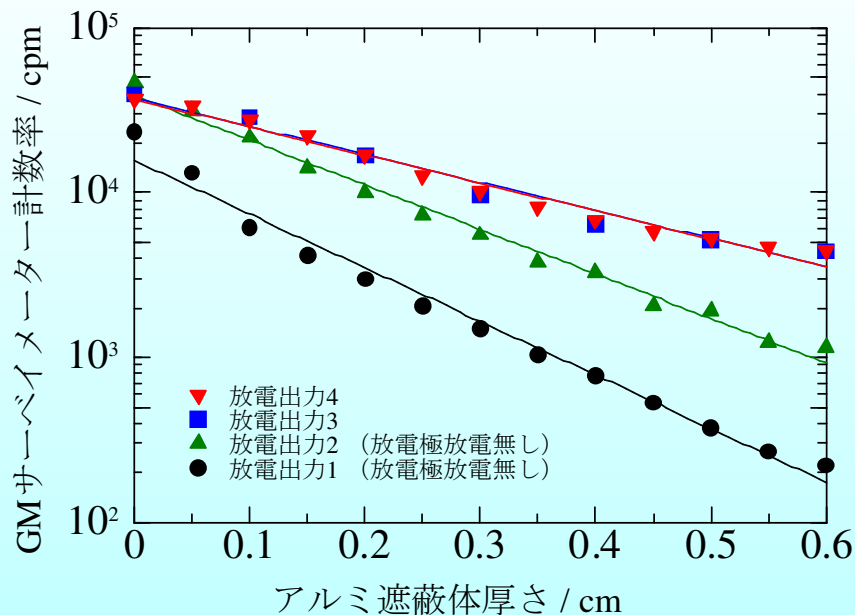
GMサーベイメーターによるX線エネルギー評価

放電極距離15mmでの測定では、15keVの成分だけでは説明できず、20keVの成分との足し合わせで説明された。



X線エネルギー (keV)	アルミ中の 線減衰係数 μ (cm^{-1})
10	69.5
15	20.8
20	8.9
30	2.8

放電極距離は30mmで一定で、放電出力を変化させると線減衰係数が変化していき、放電極で放電が起こる出力3目盛以上で一定となった。

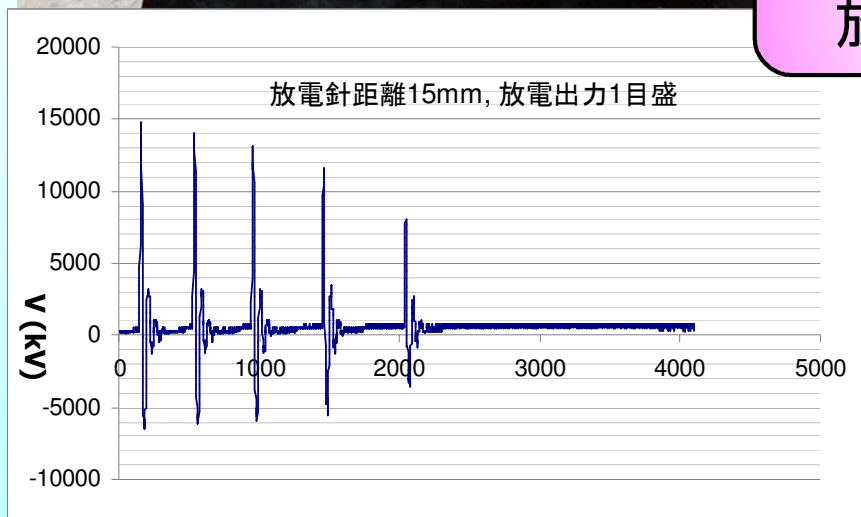


放電出力 (目盛)	線減衰係数 (cm^{-1})
1	7.50
2	6.05
3	3.92
4	3.89

誘導コイルを用いた高圧印加について

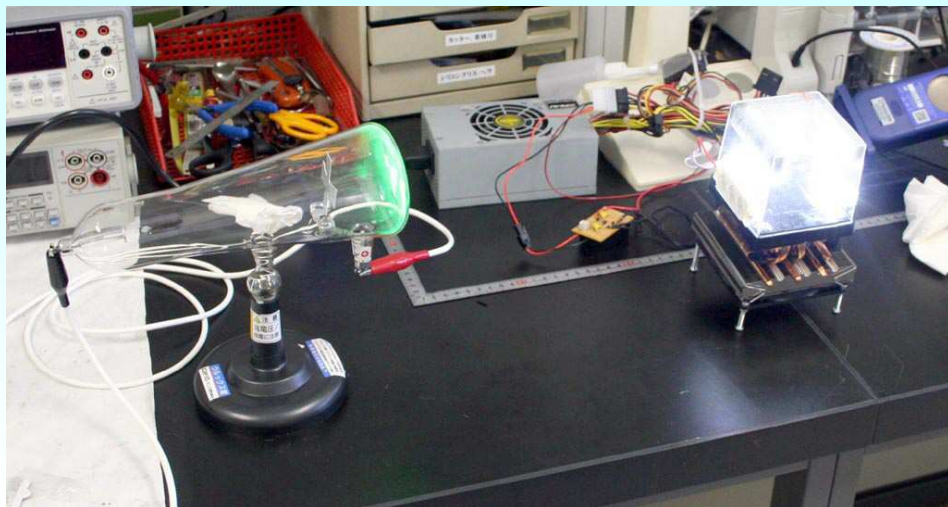


空気中での絶縁破壊電圧が 1kV で 1mm 程度であることから、放電極の距離を変えることで印加する最大電圧を規定できる。放電電圧以下では、放電出力を変えることで連続的に電圧をコントロール可能。放電電圧以上に出力を上げると無駄に放電が激しくなるので、目的の電圧を出力するためには丁度放電が起こり出す出力程度にコントロールする必要がある。

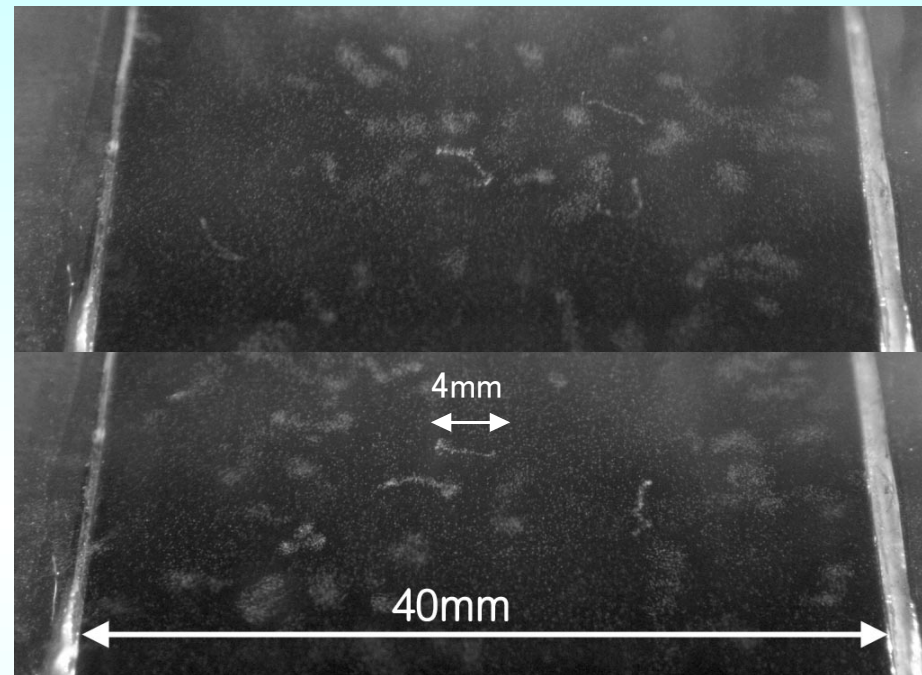


電圧測定時にはガラス抵抗体などの物理的もサイズの大きい、100M Ω 以上の抵抗と、100k Ω 程度の抵抗を組み合わせた分配器を用いて測定するが、アースを取っていないとカソード側も高電圧をパルス的に出しているため、2chのオシロスコープでアノード側との差分を取る必要がある(フローティング測定)。

ペルチェ冷却式霧箱を利用したX線のエネルギー評価



飛跡の長さは4mm程度であり、
空気中での20keV電子線の飛程
4mm程度と良く一致している。



クルックス管からのX線によって弾き出された
光電子のペルチェ冷却式高性能霧箱による
観察結果(放電針距離20mm)。

エネルギー既知のX線・ γ 線を入射して飛跡の長さのヒストグラムを作成し、
エネルギーに拡がりを持つX線のスペクトルが評価できないか?

**霧箱を用いた低エネルギーX線の
エネルギースペクトル評価の可能性**

ペルチェ冷却式高性能霧箱

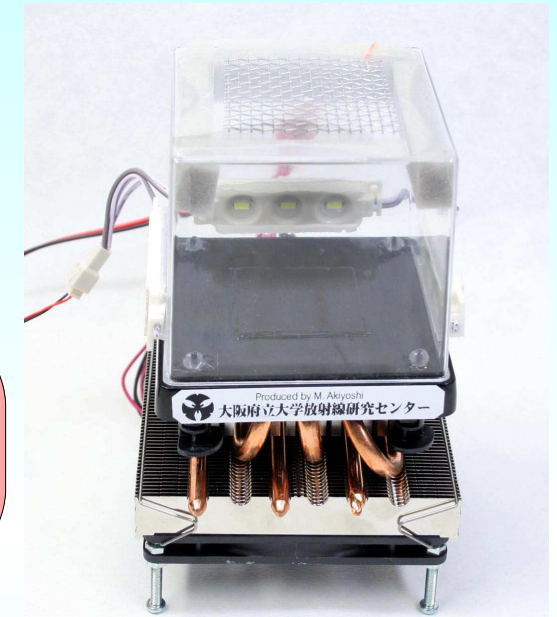
従来型の霧箱の問題点

- 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

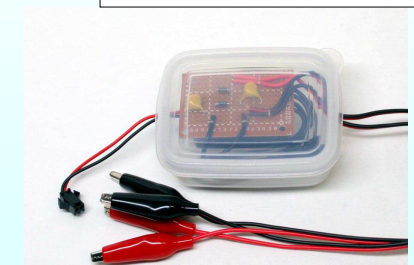
2017年5月出荷分より
高圧電極配置の変更とチャンバー密閉度の向上で大幅に観察効率が上がり、悪天候時でもより確実に使用頂けるようになりました。

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



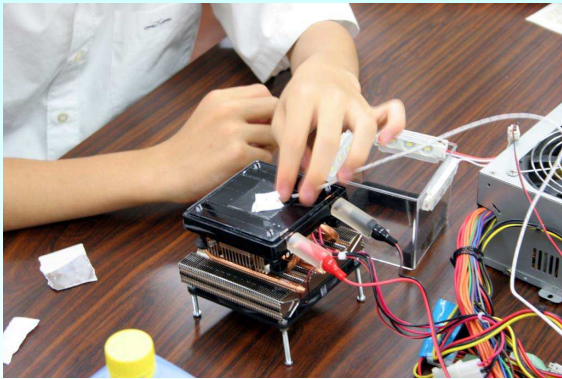
コッククロフト型高電圧ユニット

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

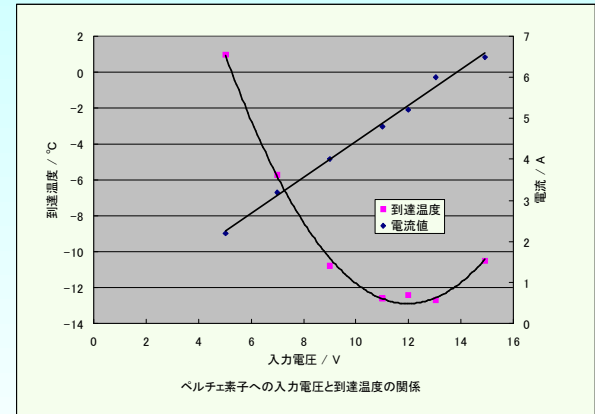
「(7) (ア) エネルギーと物質」単元に即した放射線教育



アルミテープによる熱電対の素子表面への貼付け

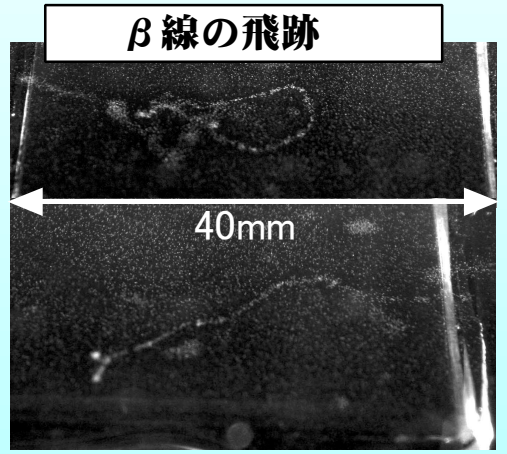
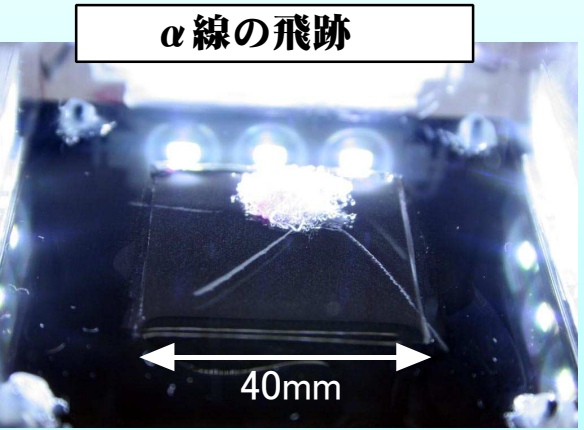
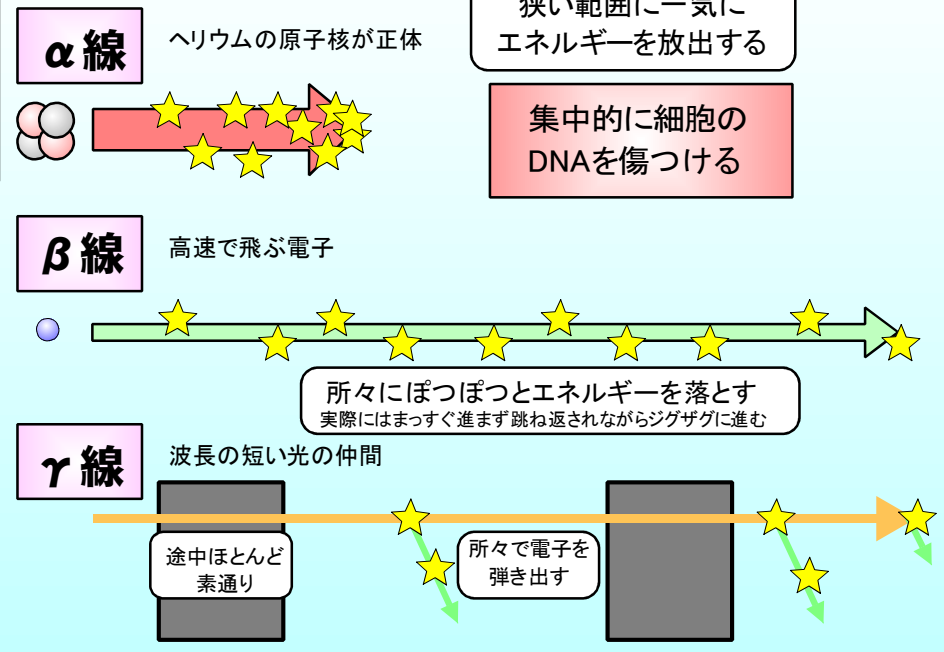


素子上面が冷やされる半面、裏面に放熱しているのを体感



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。

ペルチェ素子は従来からエネルギー教育に於いては多用されており、熱輸送により投入したエネルギー以上の熱を発生する(エネルギー変換効率 COP が1を超える)などの説明が可能。また熱電対と絡めて熱電変換素子としての利用も可能。もちろん、レベルに応じた放射線教育に使用可能である。



今後の課題

・GMサーベイメーターの計数値から線量当量の算出

- ・個体差のある GMサーベイメーターの計数値をどのように取り扱うか？
ガラスバッジで校正は可能であるが、個体毎に実施する事は困難である。
- ・透過率の小さい低エネルギーX線被ばくの考え方
皮膚近傍の局所的な被ばくとなり、従来のX線の取扱とは大きく異なり β 線とX線の間性の性質。
特に、目の水晶体への等価線量が近年注目されており、非常に重要である。
→ 保健物理学会などの専門家に確認する必要がある

・どの程度の線量まで落とす必要があるのか？

- 2002/05 学校におけるエックス線装置を使用した実験等について: 文部科学省
においても明確なガイドラインを示していない。

・どの程度の電圧まで下げれば、許容できる範囲内に線量を落とせるか

- 装置により大きく放出量が異なる事を加味して十分な安全度を取る。
必要に応じて遮蔽体の使用も検討する。
5keVで駆動する装置であれば絶対的に安全であり、ビデオなどの教材を併用した
授業を実施するののも一つの手段(Basic Plan)である。

国際放射線防護委員会 ICRP の勧告 放射線防護の基準を決める三つの原則

正当化 Justification

リスクを上回る利益がなければならない

- 電子線の観察だけであれば5kVの絶対安全な装置の使用を推奨。
X線を活用した効果的な教育コンテンツには利益があり許容される。

防護の最適化 Optimization

できるだけ被ばくを抑える(経済、社会的な要因の考慮)

ALARA(as low as reasonably achievable)の原則

- コンテンツ毎に必要なX線のエネルギーを把握し、出来る限り電圧を抑えて実験を行う。必要に応じて遮蔽も行う。

線量限度 Dose Limit

線量限度を超えてはならない(緊急時と医療を除く)

- 放射線取扱業務従事者でも、労働者でもない生徒に対する被ばく線量限度を、国内外の規制状況から議論する。低エネルギーX線による不均一被ばくと水晶体への等価線量についても考慮する。

「教育現場などにおける低エネルギーX線を対象とした放射線安全管理体制の確立」

これらの諸問題を解決するための研究プロジェクトとして、平成30年度放射線対策委託費（放射線安全規制研究戦略的推進事業費）公募において重点テーマ「科学的根拠に基づく合理的な安全管理の実現に向けた調査研究」に対して申請を行った。

この内容は放射線安全管理学会からの H31 公募での重点テーマとして選出されており、本来は来年度申請すべき物であるが、中学学習指導要領の全面実施を H33 に控えて、出来る限り早く動き出す必要があることから、H30年募集でも重点テーマに適合する内容でもあるため、十分体制が固まっていないものの、大勢の研究者の迅速な協力を得て申請に踏み切った。

採択の可否にかかわらず、本プロジェクトは「教育現場における放射線安全管理ガイドライン」策定を目標として動き出している。

背景

平成29年3月に公布された中学校学習指導要領の改訂に伴い、「電流とその利用」単元の静電気と電流に関する内容の取扱に於いて「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」という内容が新しく追加されており、従来から用いられてきたクルックス管の活用が不可欠である。ところが古い製品の一部には**エネルギーは低いが高強度のX線を放出する**製品が存在する。クルックス管から漏洩するX線についてはこれまでに複数の教育者、研究者が報告を行っているが[1-3]、エネルギーが非常に低く透過率が低いX線という観点からの評価が必要である。

★20keV以下の低エネルギーのX線は一般的なサーベイメーターでは実効線量を評価する事が困難であるため、信頼できる測定方法での評価を行った後に、学校教育現場でも実施可能な安全確認のための**測定手法を開発**する。これらの測定・評価を行うための研究を **Task1** として位置づける。

★使用する装置や印加電圧などの運用条件によって、ガラス管外部へ漏洩するX線量が大きく変動する。実際の教育現場での実態を調査し、様々なコンテンツ毎に必要な印加電圧の検証、安全に使用するための遮蔽体の検証などの、**運用方法の検討を行う**研究を **Task2** として位置づける。

★低エネルギーX線は β 線と γ 線の間程度の性質を持ち、不均一被曝をもたらすため、このエネルギー領域の放射線による実効線量評価を行う必要がある。目の水晶体に対する等価線量評価も重要である。実態調査結果を踏まえた上で教育現場での被曝線量の上限の検討と、それを達成するための運用方法、測定方法などを「**教育現場における放射線安全管理ガイドライン**」としてまとめ、**学会標準として制定する**。これらの内容を、**Task3** で実施する。

★低エネルギーX線を活用した教育コンテンツの開発を行い、ガイドラインを反映した線量測定手段と新規コンテンツを**教育現場に提供**する。これにより、実際の現場からの意見を取り入れ、**ガイドラインにフィードバック**する。これらの内容を **Task4** として事業実施する。

[1] クルックス管から漏洩するX線の実態とその対策, 大森 儀郎, 神奈川県立教育センター研究集録, 13 (1994) 21-24.

[2] イメージングプレートを用いたクルックス管からの漏洩線量分布測定, 藤淵 俊王ら, 放射線安全管理学会誌, 10 (2011) 40-45.

[3] 教育現場における冷陰極管の漏洩X線について, 宇藤茂憲, 福岡教育大学紀要, 66 (2017) 第3分冊, 1-11.

Task 1: 線量計測

1-a: クルックス管からの低エネルギーX線線量評価

カラスバッジ、低エネルギー用電離箱、CdTe 検出器などの信頼できる計測器による線量やスペクトル評価をまず実施する。大阪府大で既に測定を行っている。

1-b: 低エネルギーX線の簡易な線量評価方法の開発

学校教育現場においては高価な線用の検出器を用いた測定は現実的に不可能である。汎用の広窓GMや霧箱の活用などによりエネルギー評価が可能であることが明らかになっており、これによる線量評価を検討する。大阪府大で既に一部の測定が完了しているが、測定値から実効線量への換算について検討する必要がある。先行研究[3,4]の関係者などに協力を要請する。

1-c: より簡易な安全評価法開発

実際の教育現場においては、一定以上の線量率になっていないことが分かれば良いため、より簡便な判定法を用いることで安全確保を行う事が望ましい。既に箔検電器を用いた研究が実施しているためこれらの知見を取り入れる。

1-d: 散乱線を含む照射場での低エネルギー成分評価

廃炉現場や医療用のX線照射の現場など、高エネルギーの成分が存在する照射場に於いて低エネルギーの散乱線の評価するための簡易な測定手法の開発を行い、実際の現場での実態調査を実施する。

[4] エックス線発生装置管理のための低線量評価法, 大久保 徹ら, 日本放射線安全管理学会誌, 15 (2016) 66-73.

Task 2: 運用方法の検討

2-a: 教育現場での実態調査

実際の教育現場で用いられている放射線教育機材について、製造時期や構造の違いなどによる線量の違いを、Task1での測定方法の確立を受けて実態調査する。この実態調査結果を受けて線量の上限値内に収まるように余裕を持った運用条件設定を行う必要がある。これには全国各地の中学校などの教育現場の協力と、教材メーカーの協力が不可欠である。

2-b: 教育コンテンツ実施に必要な印加電圧の検証

ホリゾン社のクルックス管による電子線の放出挙動を観察するだけであれば5Kvで十分であり、絶対安全と言える。しかし他社製の一般的なクルックス管や、透過実験や霧箱による観察、さらに透過像観察を行うために必要な印加電圧を検証する必要がある。これにより不必要な電圧印加を押さえ、漏洩線量を低下させる。また、ある程度高エネルギーのX線が必要である場合、遮蔽体の利用を義務づける必要がある。これは既に様々な教育コンテンツを開発している現場の協力が必要である。

2-c: 遮蔽体の検討

コンテンツによって遮蔽が必要となった場合、20kV印加で1cmのアクリルでは線量が半分にしか落ちないため、取扱いが簡便で実効性のある遮蔽体の開発を行う必要がある。古い装置で電子線を観察するためには鉛含有アクリルなどを検討する。必要な印加電圧や目標とする線量によっても要求される仕様が異なってくるため、他の検討の進捗と合わせて必要に応じて遮蔽体の使用を検討する。

Task 3: 線量評価とガイドライン策定

3-a: 低エネルギーX線被ばくによる実効線量評価、水晶体等価線量評価

10-20keV 程度の領域の中途半端な透過率を持つX線を全身へ被曝した際の実効線量評価と、発生源を注視するというクルックス管の特性上目の水晶体等価線量の評価を行う。

まず不均等被ばくのモデルを構築し、ある程度実際のスペクトルが把握できた後に検討を開始する。

3-b: 線量上限の検討

ICRP での様々なガイドラインや国内法令などを検討し、規制を行うべき線量上限の設定を行う。放射線防護の専門家の先生方に検討して頂く。

3-c: ガイドラインの策定、学会標準化

線量上限の検討結果と、Task1, 2 での検討結果を受けて、最終的に安全な実験を実施するための運用条件(印加電圧、遮蔽条件、距離、時間など)の提示と、各教育現場に於いて安全確認を行うための測定手法なども織り込んだ、「**教育現場における放射線安全管理ガイドライン**」の策定を行う。主な参加者全ての関与が必要である。放射線防護の専門家だけでなく、放射線教育関係者に広く議論を行って頂く。

Task 4: 放射線教育プログラムの普及

4-a: 低エネルギーX線を活用した放射線教育プログラムの開発

クルックス管からのX線を活用して、遮蔽実験や、霧箱による可視化、さらには透過像観察などにより直感的に放射線の本質を理解できる、新規の放射線教育プログラムを開発する。Task3で策定したガイドラインに準拠する必要がある。

4-b: ガイドラインに沿った測定手段の教育現場への提供

ガイドライン策定後に、実際の教育現場での安全確認のための測定手段を提供する。希望者を取りまとめた上で、サーベイメーターの貸出しや、ガラスバッジの送付、回収、測定依頼などの業務を行い、現場からのフィードバックを得る。外部委託により実施を行う。

4-c: 新規教育プログラムの普及

開発した低エネルギーX線を活用した放射線教育プログラムを勉強会、シンポジウム、教員研修、教育大学などの教員教育課程を通じて広く普及させる。全中理、各地の教育委員会、教育大学関係者などに協力を依頼する。また、HATOプロジェクトなど既存の教育プログラムも積極的に取り入れ、幅広いニーズに対応する。現場での実施報告を受けてガイドラインにフィードバックを行う。

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)

大阪府大 放射線研究センター
大阪府大高専、名大、愛知工大、九大、福岡教大、首都大、市邨中、放射線教育F、JSF、千代田テクノル、JAEA、QST

サポート依頼: 線量計メーカー、教材メーカー

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

低エネルギー散乱線の実測情報
→ 放射線審議会 眼の水晶体の放射線防護検討部会

Task2,3 に成果提供
↓

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)
教材メーカー (様々な製品の評価)
大学研究者、OB (開発した教育コンテンツの評価)

放射線教育フォーラム
福島県教育庁、名古屋市教育センター、各地の小中高教育現場
大阪府大、JSF、千代田テクノル

サポート依頼: 日本理科教育振興協会

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

水晶体に関する評価情報
→ 放射線審議会 眼の水晶体の
放射線防護検討部会

新教科書指導書への反映

ガイドライン
を反映
↓

日本保健物理学会・
日本放射線安全管理学会
合同標準化委員会

東大、藤田保健衛生大、長崎大、
弘前大、九大、首都大、大阪府大、
福岡教育大、静岡大、東北大、
放射線教育F、JAEA、千代田Tc

サポート依頼: (一社)教科書協会

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

放射線防護分野の人材育成

大阪府大
放射線研究センター

京大、名大、JSF、学芸大、京都教育大、市邨中、JSF、放射線教育F、福島県教育庁、全中理SC、各地方毎の全国の拠点大学

サポート依頼: 全国中学校理科教育研究会、大阪ニュークリアサイエンス協会、かんさいアトムサイエンス倶楽部、みんなのくらしと放射線展実行委員会、大阪府立大学つばさ基金「放射線教育振興プロジェクト」

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

安全性

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
現在どういう内容について教えているのか知らない

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

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

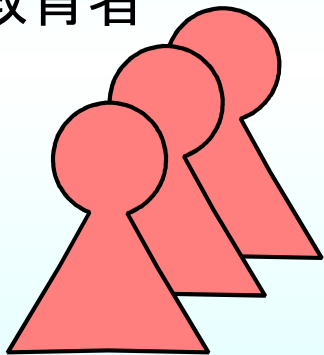
全国の教育現場での
放射線教育の実施
(委託)

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

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。

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。

「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。

府大からも2000円分相当の
府大グッズが進呈されます

最後に

本プロジェクトの目的は放射線安全管理ガイドラインの策定ですが、趣旨としては、放射線教育を抑制、規制するためのものではなく、安心して実験、教育を行ってもらうための専門家によるオーサライズであると考えております。

またこれにより、全国の放射線教育者の相互ネットワーク形成を目指しております。

**出来る限り沢山の皆様の御協力を
よろしくお願い致します。**