

**2021年 6月 21日**

**日本保健物理学会 企画シンポジウム @ Online**

**教育現場における低エネルギーX線を対象とした  
放射線安全管理に関する専門研究会活動報告と、  
今後**

**主査：秋吉 優史（大阪府大）**

秋吉 優史: [akiyoshi@riast.osakafu-u.ac.jp](mailto:akiyoshi@riast.osakafu-u.ac.jp)

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



# 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 ↓



# 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。

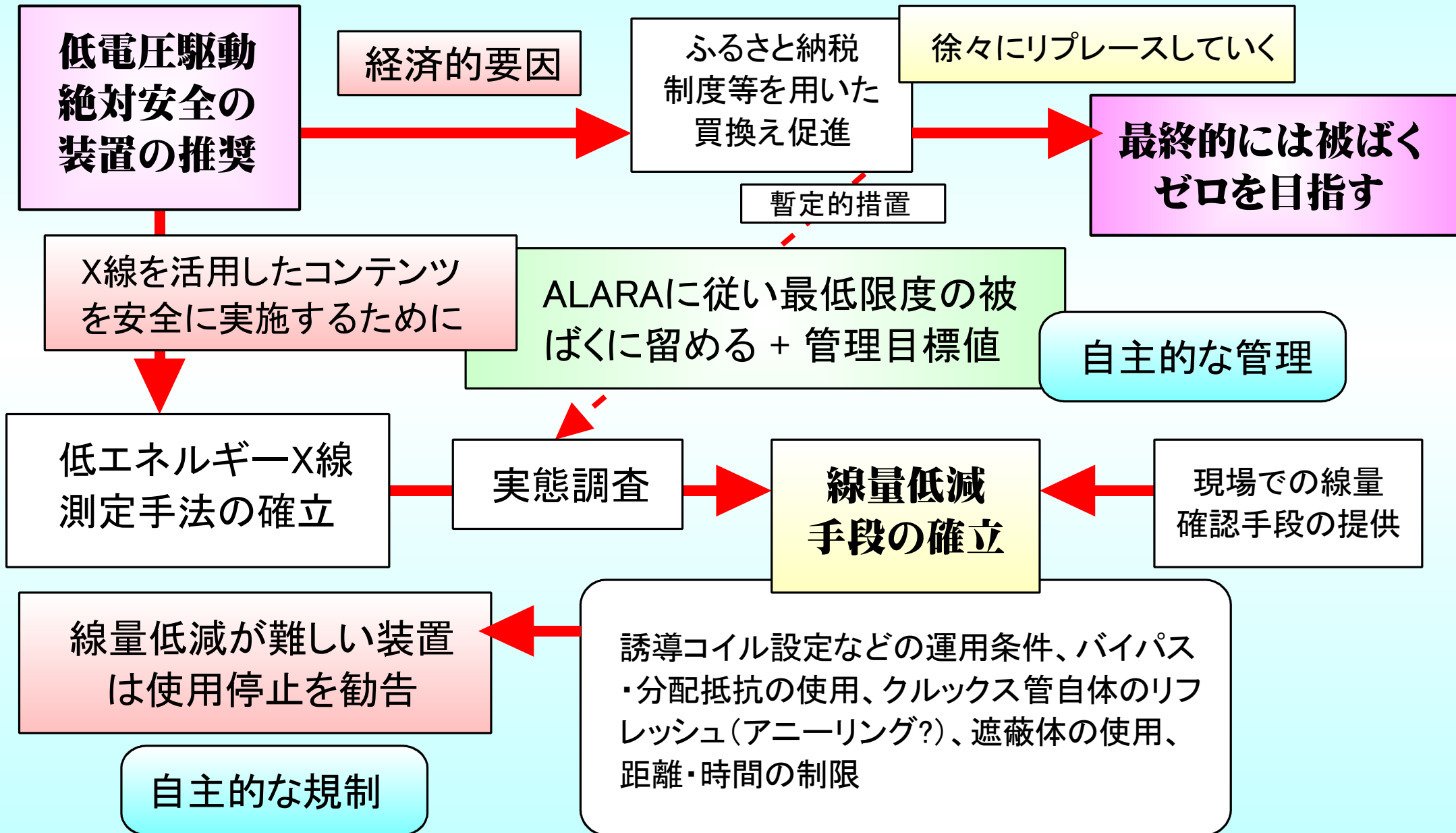
その際、真空放電と関連させて**X線にも触れる**とともに、**X線と同じように透過性などの性質をもつ放射線が存在し、医療や製造業などで利用されていることにも触れる。**

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

# 今そこにあるリスクを低減するために



# ICRP 放射線防護の基準を決める三つの原則からの検討

**正当化** Justification: リスクを上回る利益がなければならない

→ クルックス管を用いた実演は極めて教育的効果が高く、将来的な放射線教育コンテンツとしても非常に価値が高い。

**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

→ 電子線の観察だけであれば低電圧駆動の絶対安全の装置を使うことで被ばくをゼロに出来るためこれを推奨する。が、経済的要因により直ちに全ての学校に要求するのは困難であるため、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い被ばくを最小化する。必要に応じて遮蔽などの防護措置も行う。

**線量限度** Dose Limit: 線量限度を超えてはならない

→ 放射線取扱業務従事者ではない教員や、さらに労働者でもない生徒に対する被ばく管理目標値を、国内外の規制状況から議論する。低エネルギーX線による不均等被ばくと水晶体への等価線量についても考慮する。

# 一般公衆に対する線量限度が法体系に取込まれていない

## IAEA の GSR part3

計画被ばく状況として教育での放射線曝露を明示(3.1(e))

労働者への規制の範疇に16-18歳の**職業訓練**に伴う線量限度を提示(**実効線量** 6mSv/y, 眼の水晶体等価線量 20mSv/y, 末端部等価線量 150mSv/y) クルックス管が使われるのは一般的な理科の授業であり、これらとは切り離されるものとして考える必要がある。

## ICRP Pub36 科学の授業に於ける電離放射線に対する防護

1983年の物であり実効線量当量での記載で **0.5mSv/y**、目や皮膚のような単一の臓器・組織の線量当量5mSv/yとなっており、**個々の授業**ではその **1/10** とされている。

## ICRP-Pub101a 公衆の防護を目的とした代表的個人の線量評価

教育に伴う放射線曝露での線量評価でも代表的個人の考え方を導入する。

## ICRP-Pub64 潜在被ばくの防護: 概念的枠組み 及び IAEA BSS

ICRP 1990年勧告(Pub60)では**免除**の要件として線量が trivial であること、防護が最適化されていることとされており、具体的には個人線量が **10  $\mu$  Sv/y** のオーダーとしている。

## NCRP Report No.180 “Management of Exposure to Ionizing Radiation: Radiation Protection Guidance for the United States”

**無視可能個人線量**として線源か行為あたり実効線量で **10  $\mu$  Sv/y** を勧告。



# 装置としての免除レベル

## IAEA の GSR part3

### 発生装置の免除レベルの要件

(c) Radiation generators of a type approved by the regulatory body, or in the form of an electronic tube, such as a cathode ray tube for the display of visual images, provided that:

- (i) They do not **in normal operating conditions** cause an ambient dose equivalent rate or a directional dose equivalent rate, as appropriate, exceeding **1  $\mu\text{Sv/h}$  at a distance of 0.1 m** from any accessible surface of the equipment; or
- (ii) The maximum energy of the radiation generated is no greater than **5 keV**.

となっており、装置としてのクルックス管は、**表面から 10cmでの線量当量(1cmか70  $\mu\text{m}$ か示されていない)が  $1 \mu\text{Sv/h}$  という免除レベルよりもはるかに高い線量を漏洩しうる**。個人線量同様に国内法には取り入れられておらず、法的な問題はないと考えられるが、免除レベルを超える装置であるからこそ、**ガイドラインなどにより自主的な管理、規制を行う必要がある**、と考えている。

GSR Part 3 requirements の発生装置の免除レベルは、ホリゾン製の低電圧クルックス管のような、固有の安全性を持つ装置に対して適用されると考えられ、これらの装置に対しては放射線安全管理については考えなくても良い。一方で通常のクルックス管については、「in normal operating conditions」に対する解釈で、暫定ガイドラインのような方針に従うことを前提とすれば、免除レベルを満たしうる。いずれにしても、免除レベル以上、法令での規制値以下と言う線量を、これまで考えられてこなかった領域として、どのように取り扱っていくか今後考えていく必要がある。

厚労省は、2003年9月に行われた「全国規模での規制改革要望に対する見解の確認」では、法令上の「X線装置」に対して線量による明確な線引きを避けている。「現在、放射線審議会において、放射線を発生する装置における規制の免除の要件について検討されている状況にあることから、その検討を待ちたいと考えている。」とあるが、その後進展はない。

# 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



# 誘導コイルを用いた高電圧印加について



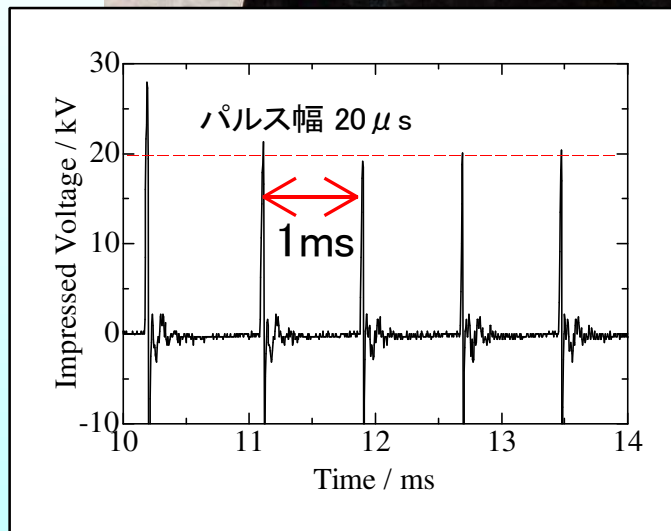
Distance of Discharge Electrodes  
**DDE**

**PW**

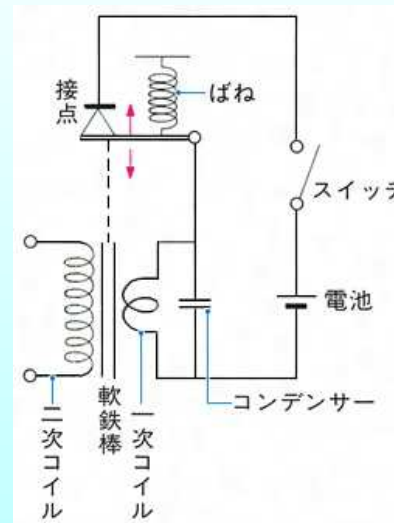
放電出力

放電出力ダイヤルによりトランスの一次側に印加する電圧を変えることで連続的に出力電圧をコントロール可能。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。

→ 20mm にしておくとも 20kV 以上かけようとしても空中放電で電流が流れるためそれ以上電圧が上がらない、安全装置となる。



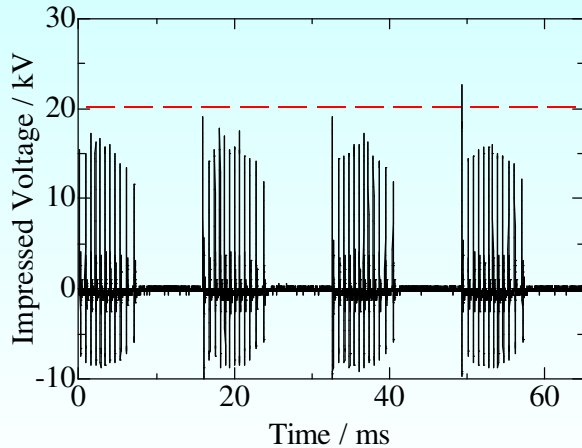
放電極距離 20mm, 放電出力4, 平均電流 80 μA



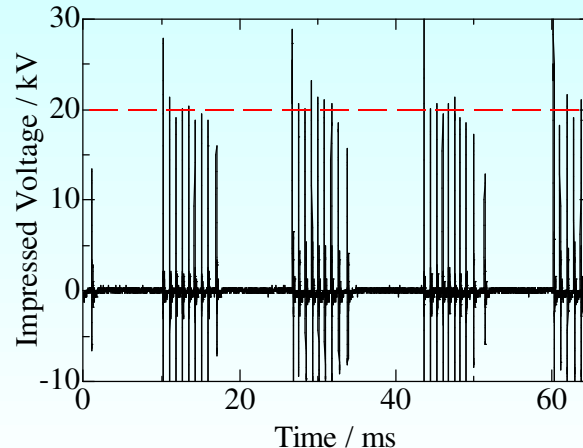
ブザーの回路で、一次側に断続的な電圧のパルスが発生させ、トランスで二次側に高圧を出力する。一次側の電圧を変化させると二次側の電圧も変化する。半導体回路で一次側のパルスが発生している装置もある。



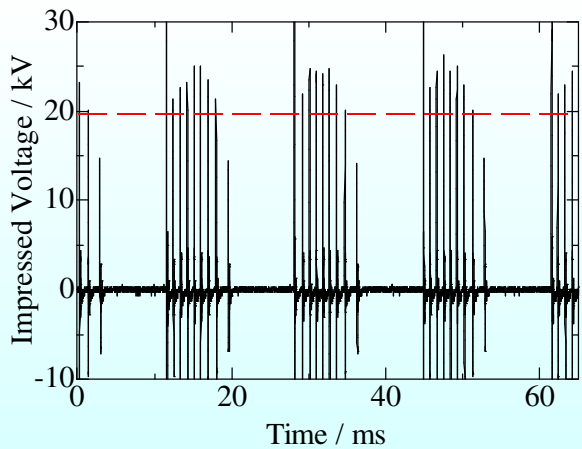
# 誘導コイル設定による出力パルスの変化



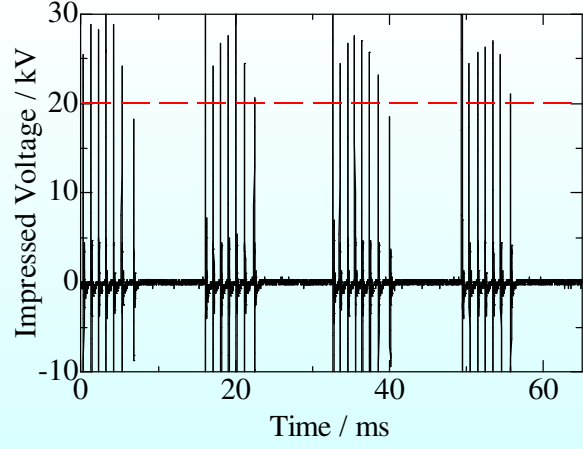
DDE=20mm, PW0, 40  $\mu$  A, 120  $\mu$  Sv/h



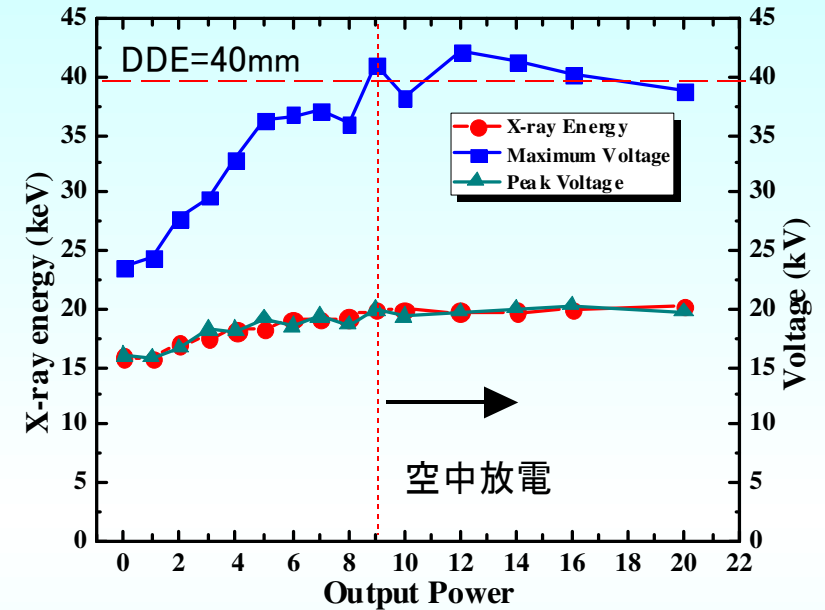
DDE=20mm, PW4, 80  $\mu$  A, 1.25mSv/h



DDE=30mm, PW4, 80  $\mu$  A, 1.56mSv/h



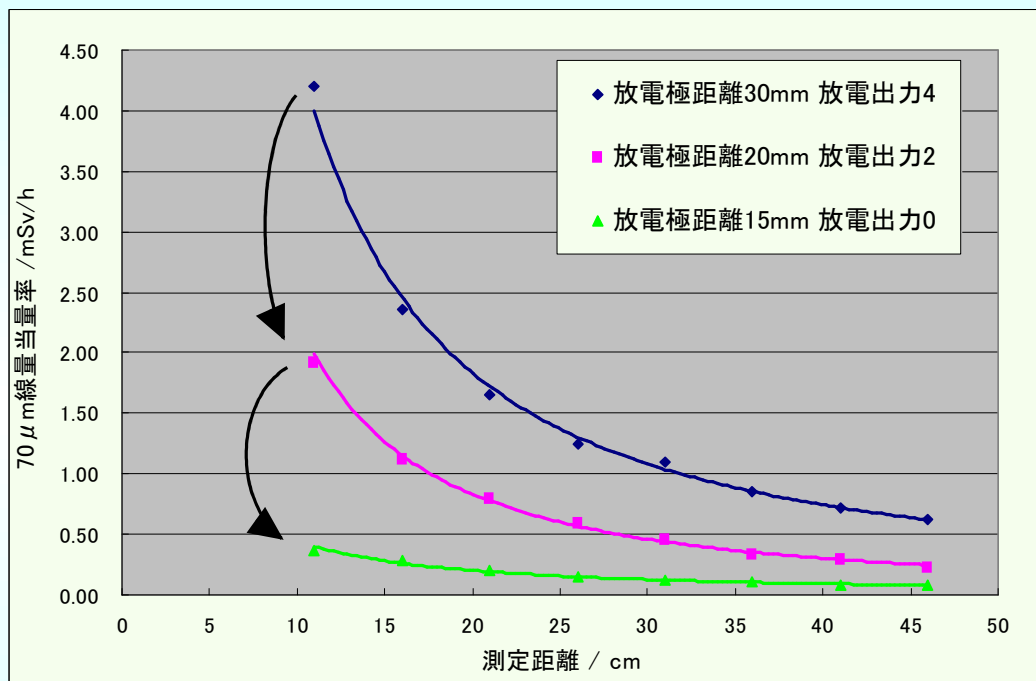
DDE=30mm, PW7, 96  $\mu$  A, 3.50mSv/h



- ・放電出力を上げていくと次第に出力電圧が上昇し、電圧のヒストグラムのピークと、X線エネルギースペクトルのピークは良い一致を示した。
- ・放電極距離によって規定される以上の電圧に上げようと放電出力を上げても、空中放電によって電流が流れて電圧がドロップし、それ以上クルックス管に印加される電圧が上がらなくなる。

# 漏洩線量の印加電圧、電流、距離依存性

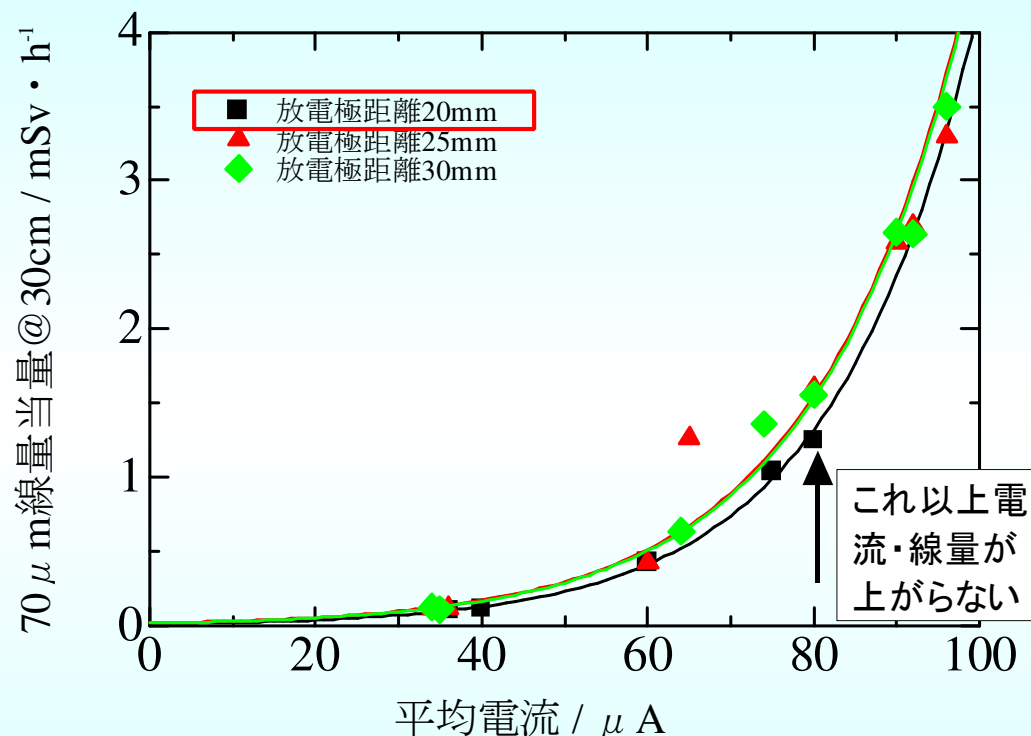
放電極距離 30, 20, 15mm でギリギリ  
放電が起こる出力に合わせて測定



・電圧を低く抑えると極端に線量は小さくなる  
放電極距離は20mm以下に留めて下さい。

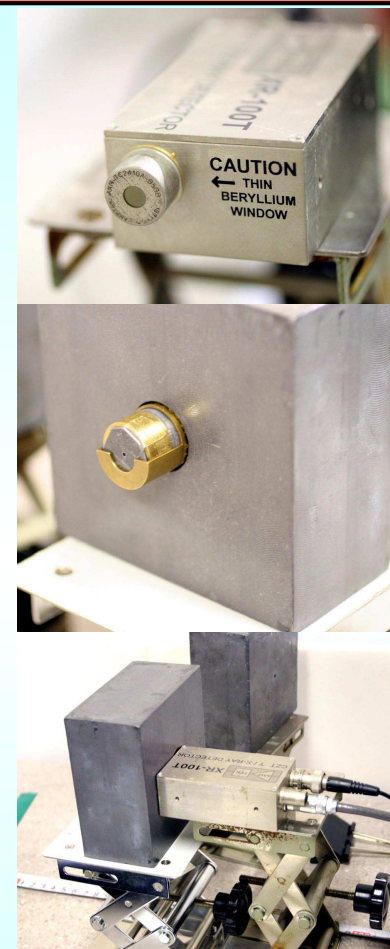
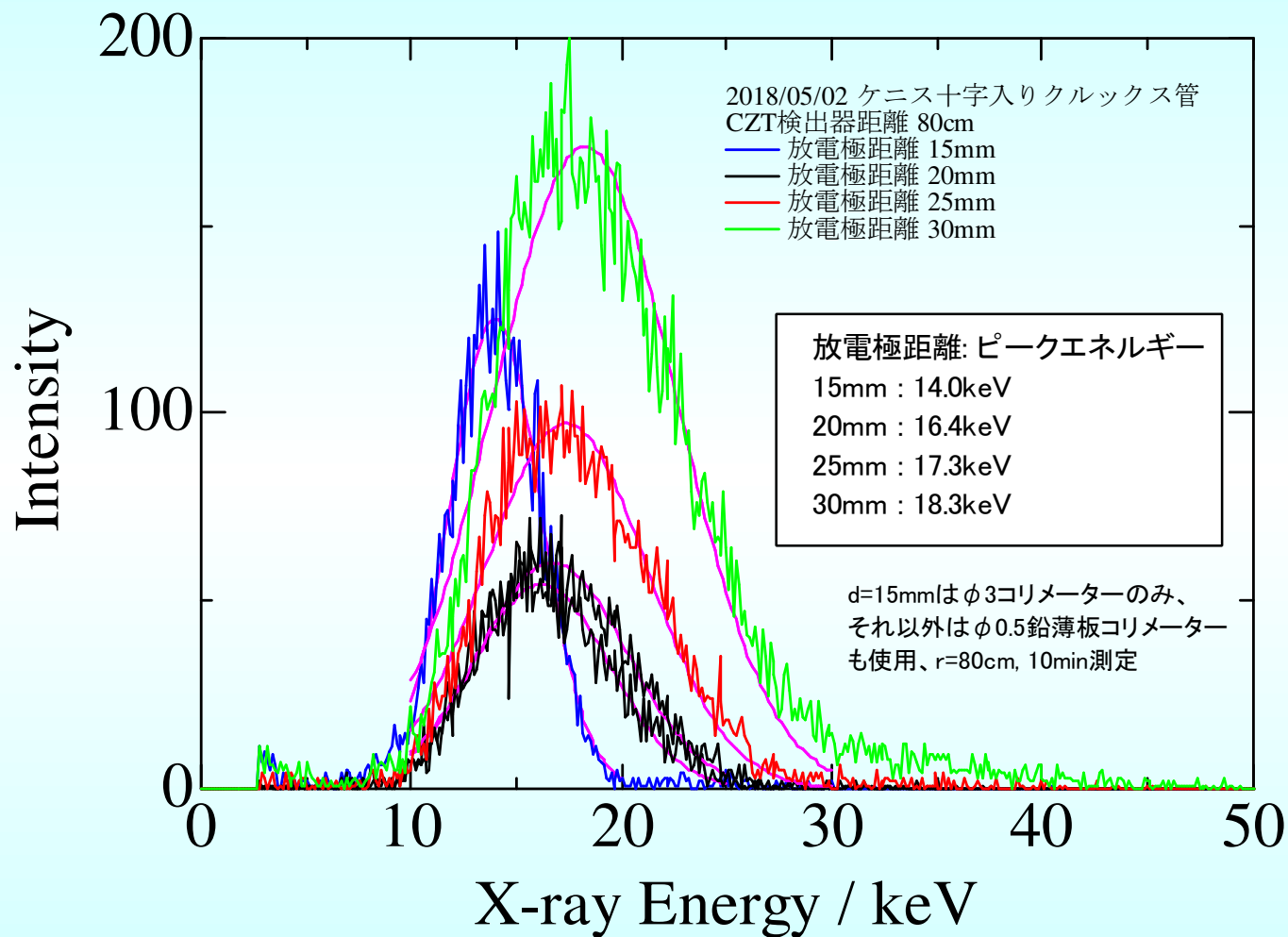
・距離の二乗に反比例して線量は小さくなる  
1mの距離では10cmの距離での線量の1/100になります。  
逆に、1mから50cmに近付いただけで線量は4倍になります。

放電出力変化に伴う平均電流を  
アナログ電流計で測定



・電流上昇に従い指数関数的に線量が上昇  
放電出力上昇で電圧も電流も同時に上昇するため、  
電子線が観察できる必要最小限の出力に留めて下さい。  
その上で、放電極は一定以上に電圧を上げないための  
安全弁の役割を果たしています。

# CZT半導体検出器によるスペクトル評価



Amptek XR-100T-CZT  
CZT(Cd<sub>0.9</sub>Zn<sub>0.1</sub>Te)検出器  
Be窓、ペルチエ冷却



φ3同軸鉛コリメーター  
φ2同軸黄銅コリメーター  
φ1.0鉛薄板コリメーター  
φ0.5鉛薄板コリメーター

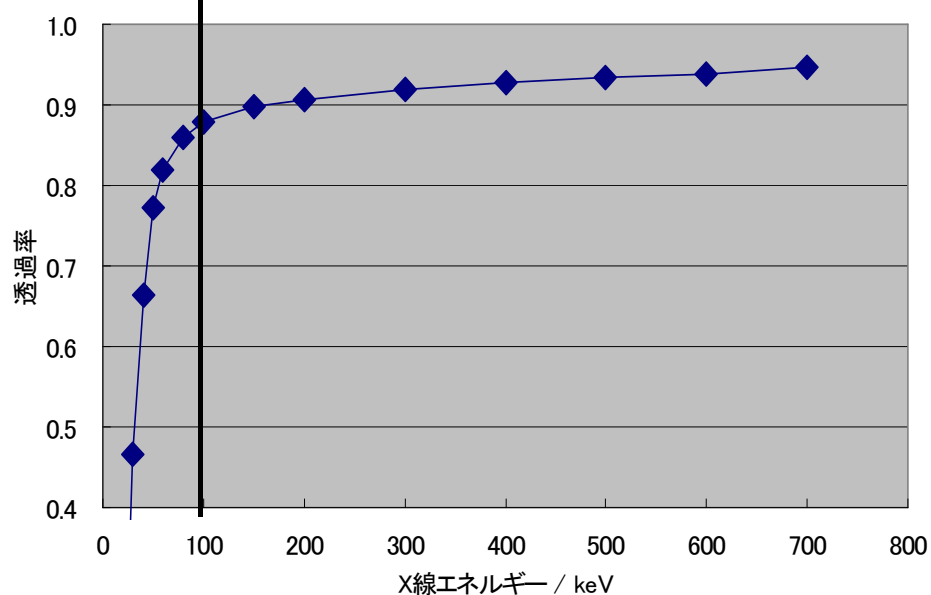
φ0.5mm鉛コリメーターにより数cps程度まで下げること、  
ようやくパイルアップせずに測定できるようになった



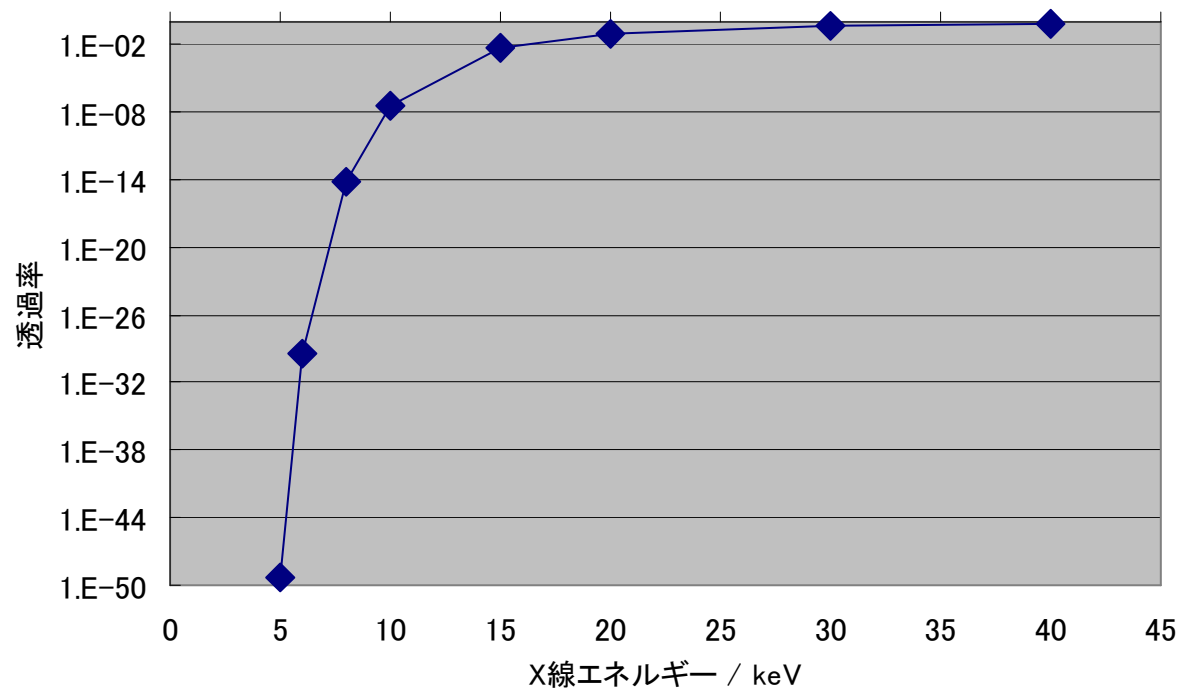
# わずかな印加電圧低下での大きな線量の変化

20keV 前後のX線は僅かなエネルギー変動により、クルックス管自体を構成するガラス管の透過率が何桁も変わる。

100keV 以上のエネルギーでは  
余り大きく変わらない



30keV と 15keV で約100倍違う。



3mmのガラスに対するX線の透過率

# 実際の現場での事例



全国の37本のクルックス管について、ガラスバッジという線量計を配布することにより教員の手で線量測定を行ってもらった。

37本を測定した。10分間の測定での70  $\mu$ m線量当量\*:  
25本で < 50  $\mu$ Sv @ 1m (外挿により評価) \*実効線量はさらに1/10以下。  
18本で < 50  $\mu$ Sv @ 15cm (検出限界以下)

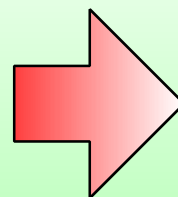
ペットボトルに貼付けたガラスバッジに15, 30, 50cmの距離で10分間X線照射して返送してもらい、線量評価を行った。X線計測専用タイプの物で、同時にエネルギー評価も出来る。

その一方で高い線量を示した装置も存在した

放電出力最低で距離1mでも600  $\mu$ Sv以上が検出された装置を現地調査。

管内のガスが枯れていて電流が流れにくい個体であった

最低出力、30cmの距離で  
放電極距離30mm: 2mSv/h  
放電極距離50mm: 30mSv/h



放電極距離を20mmに縮めると、  
40  $\mu$ Sv/h にまで落ちた。

距離1m、10分間では、0.6  $\mu$ Svに過ぎない



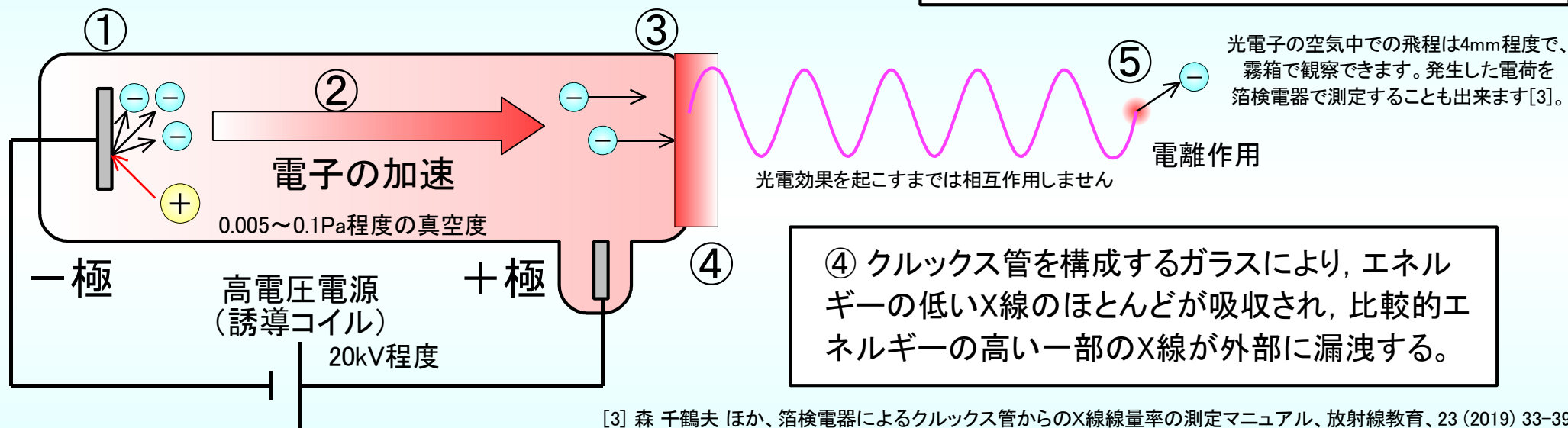
# クルックス管のしくみ

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。

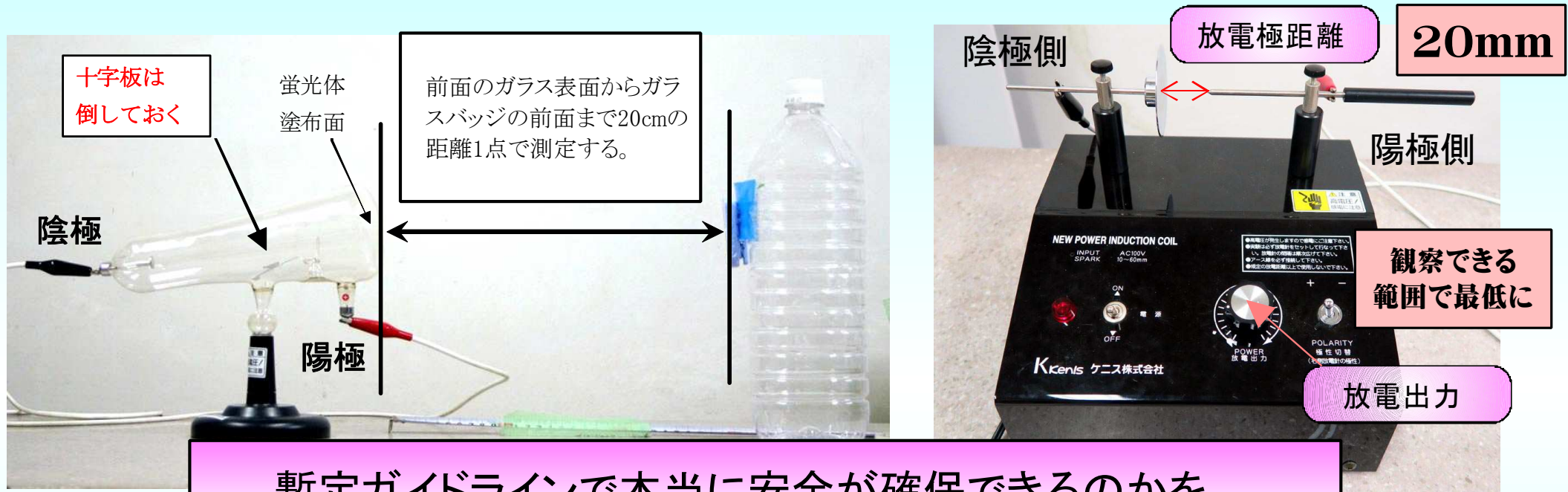
クルックス管に封入されているガスの量がガラスに吸着するなどして少なくなると、①で陰極に衝突するイオンが少なくなるため、二次電子の量が少なくなり、電流が流れにくくなります。その結果十分な二次電子が出てくるまで意図せずして高い電圧が印加されてしまい、④で漏洩する線量が大きくなってしまいます。

→ 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**

# 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。

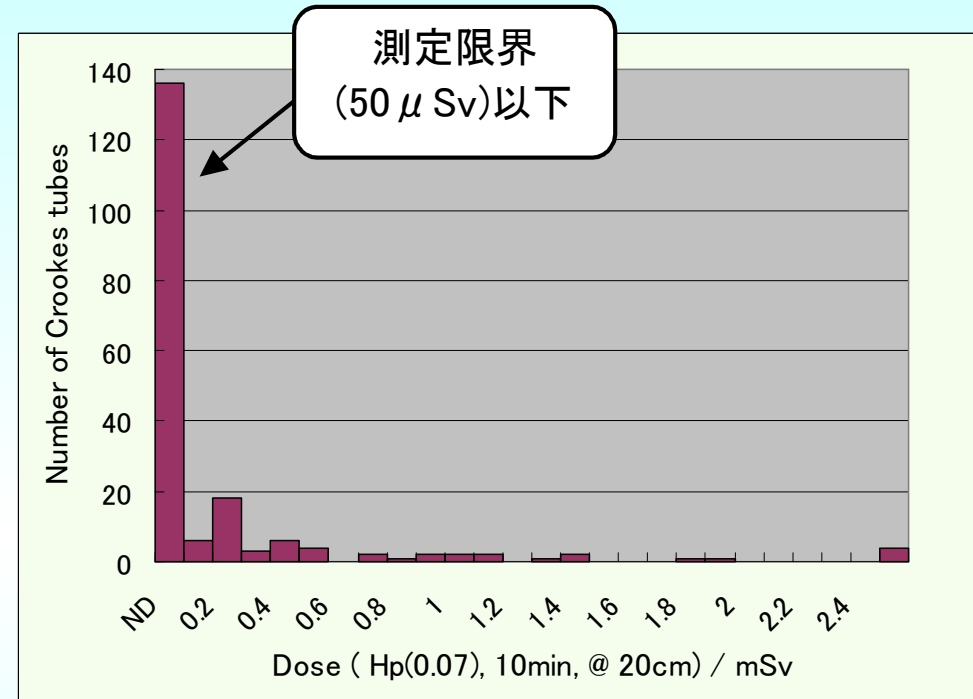
大阪府立大学倫理委員会の承認を得て実験を行っています。

## 第二期実態調査結果（最終版）

暫定ガイドラインを遵守することでどこまで線量を下げることが出来たのかを検証するために、2019年8月～11月に第二期の実態調査を行った。

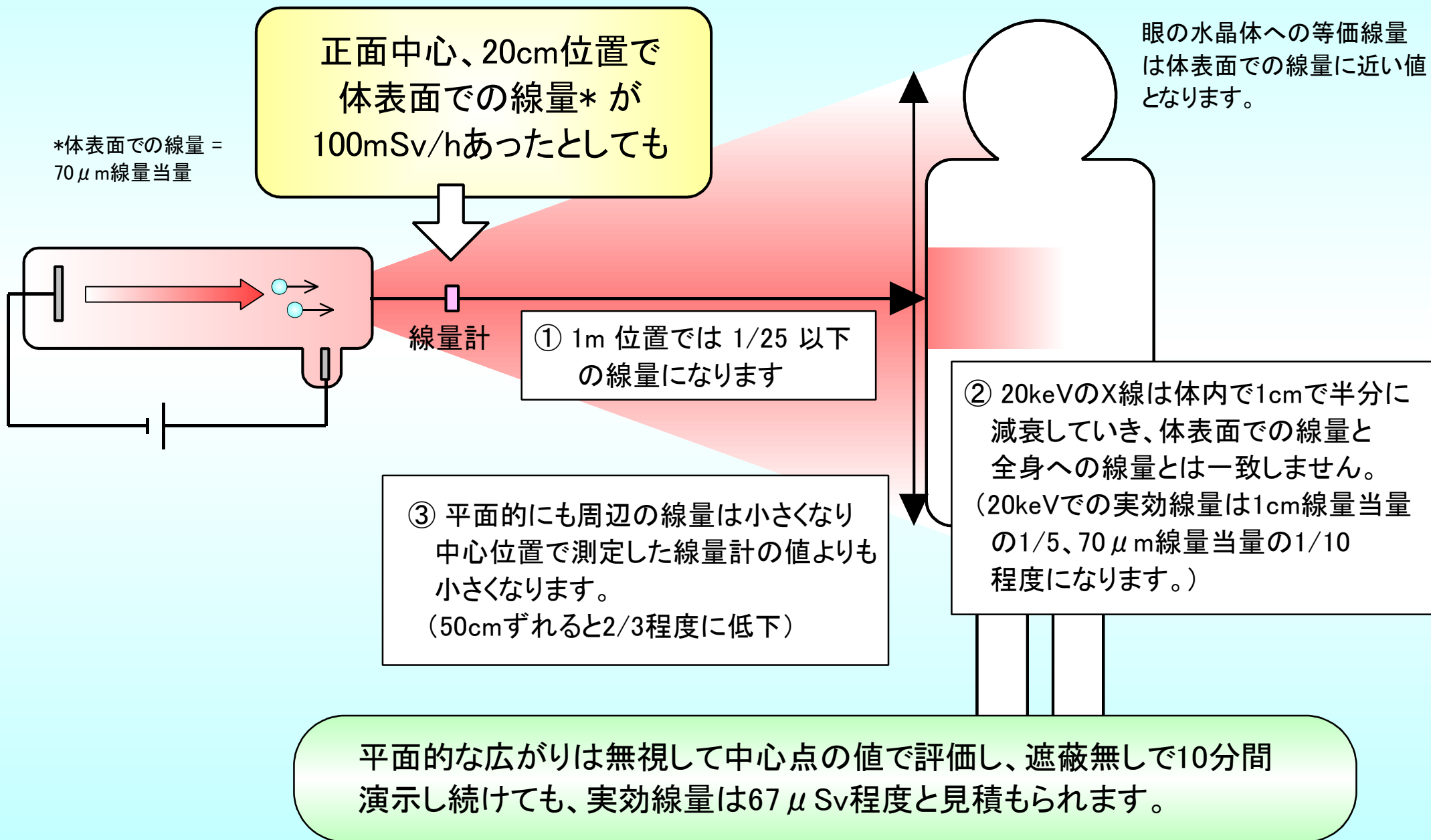
8月期は、27校からの95本、9月期は8校からの18本、10月期は18校からの67本、11月期は4校からの11本、合計191本のクルックス管について「暫定ガイドライン準拠」での測定を行った。

191本中 136本に於いては、距離 20cm 10分の測定で Hp(0.07) が検出限界である  $50 \mu\text{Sv}$  を下回っていた。有意な値が出た 55本の装置についても、暫定ガイドライン適用前に比べて低い線量に抑えられているが、最大で  $10.4\text{mSv}$  を示した装置も存在した。



10分間、20cm の距離でのガラスバッジによる Hp(0.07) での評価結果で有り、ここから実際の生徒の被ばく量を見積る必要がある。

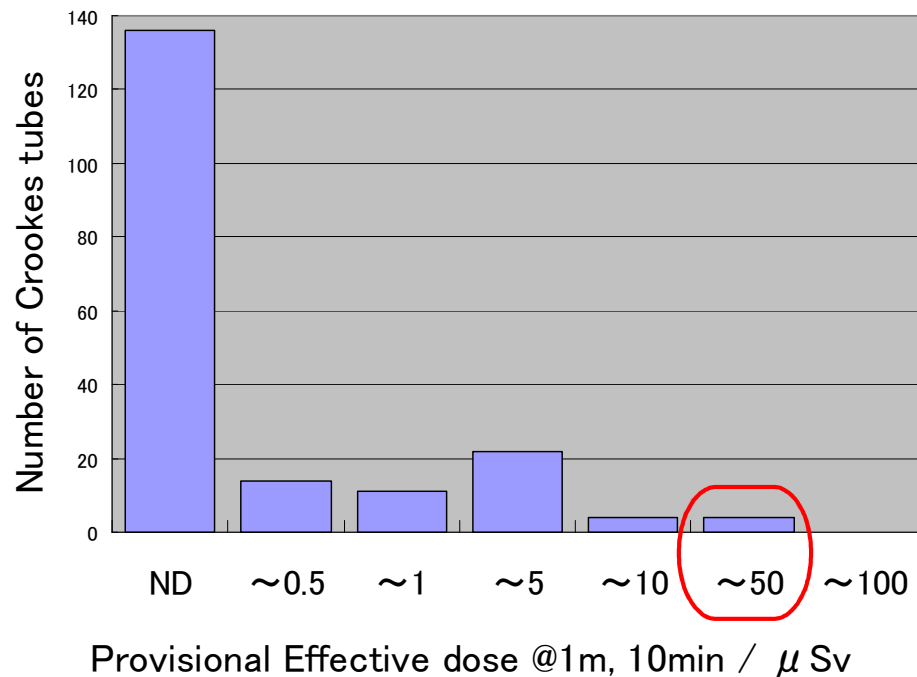
# クルックス管からのX線測定値からの実効線量の評価



# 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  $0.5 \text{ mSv}$ 、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。



# 箔検電器を用いたX線の線量測定手法の開発

12

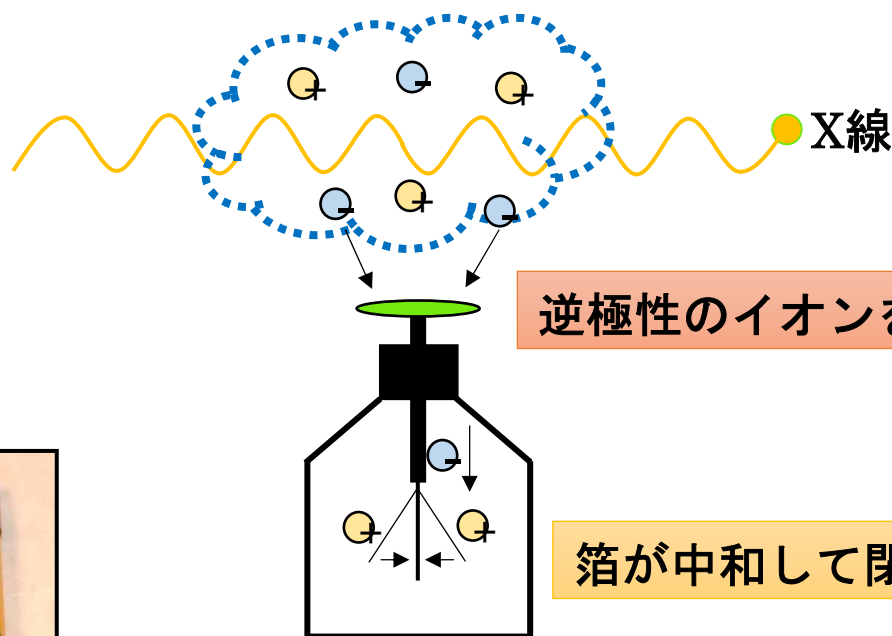
## ➤ 箔検電器について

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



※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。



# 箔検電器に

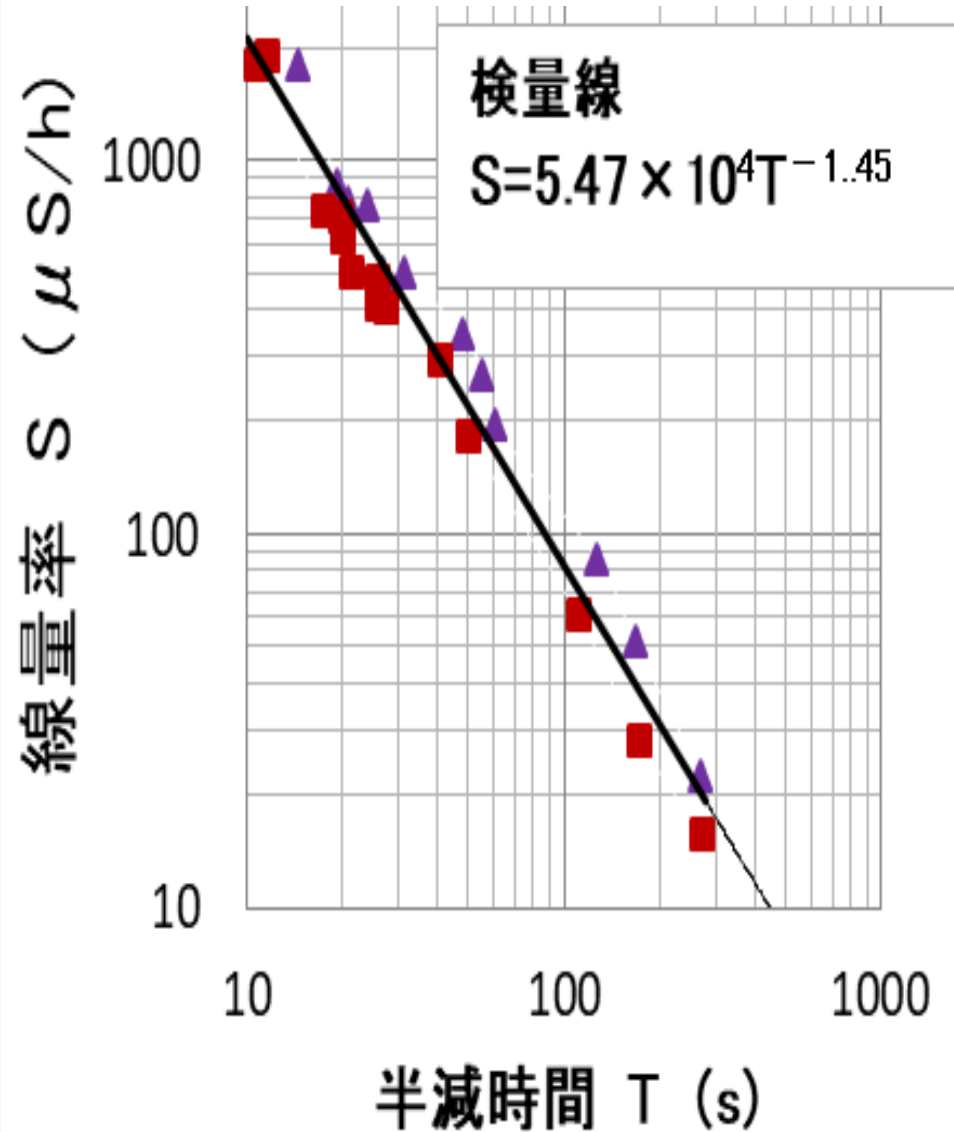
正の電荷を荷電した場合の半減時間(箔の開き角が60度から30度になる時間) $T_+$ と

負の電荷を荷電した場合の半減時間 $T_-$ の幾何平均値 $T$ を求める。

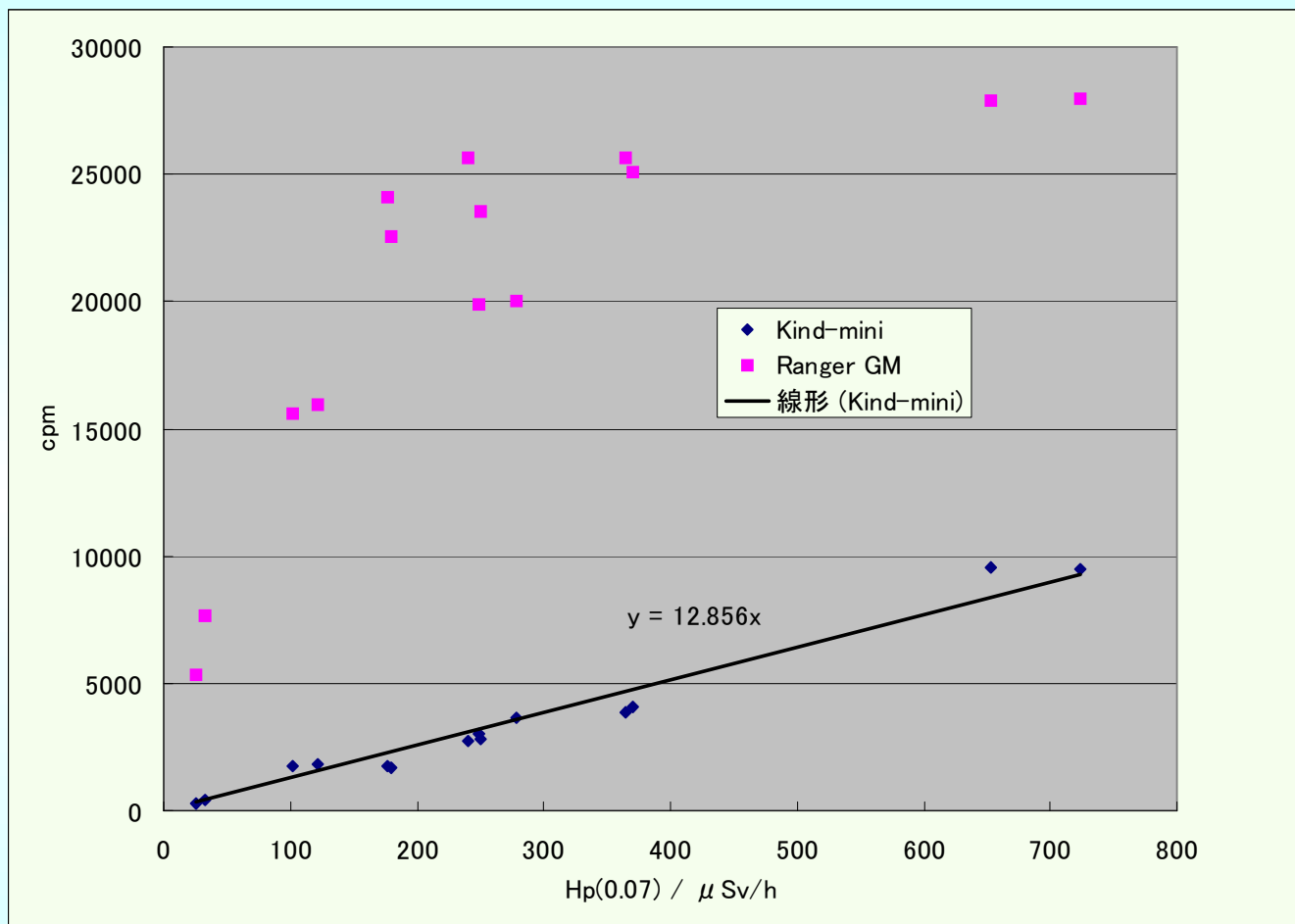
$$T = (T_+ \times T_-)^{0.5}$$

右図の検量線から線量率を求める。

検量線は電離箱で校正している。



# 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、 $600\text{kcpm}$ 。

# 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。

# 成果

## ☆令和 3 年度の中学理科教科書教師向け指導書において、5 社中 4 社に特集記事が掲載された

- ・未来へひろがるサイエンス 別冊安全ハンドブック, 巻頭特集 クルックス管の安全管理, 新興出版社啓林館 (2021) 8-11.
- ・新しい科学 中 2, クルックス管の安全な取扱いについて, 東京書籍 (2021) 454-457.
- ・理科の世界 2 指導・解説編, 参考 クルックス管の安全な取扱いについて, 大日本図書 (2021) 342-343.
- ・中学理科 2 学習指導編 (学習評価/観察・実験), クルックス管を用いた実験の注意点, 教育出版 (2021) 150-151.

## 査読付き論文

- ・ Radiation Safety Exploration Using RPL Dosimeter for Crookes Tubes in Junior and Senior High School in Japan, Masafumi Akiyoshi, Duy Khiem Do, Ichiro Yamaguchi, Tomohisa Kakefu, Toshiharu Miyakawa, **Journal of Radiation Protection and Research**, In Press.
- ・ Measurement of low energy X-rays in pulse from crook tube using BaF<sub>2</sub> scintillator, Hirokazu Ando, Do Duy Khiem, Masafumi Akiyoshi, RADIATION DETECTORS AND THEIR USES - Proceedings of the 34th Workshop on Radiation Detectors and Their Uses in KEK, (2020) 65-74.
- ・ 箔検電器によるクルックス管からの X 線の測定, 森 千鶴夫, 緒方良至, 秋吉優史, 臼井俊哉, 村上浩介, 羽澄大介, 中村嘉行, 渡辺賢一, 瓜谷 章, 神谷 均, 宮川俊晴, 田中隆一, 掛布智久, **Radioisotopes**, 69 (2020) 1-12.

・ Investigation of Low-energy X-ray Radiated from the Crookes Tube Used in Radiological Education, Do Duy KHIEM, Hirokazu ANDO, Hiroto MATSUURA, Masafumi AKIYOSHI, **Radiation safety management**, 18 (2019) 9-15. (日本放射線安全管理学会 研究奨励賞受賞)

・ Measurement of dose distribution from a Crookes tube using thermoluminescent dosimeter, Duy Khiem DO, Hiroto MATSUURA, Masafumi AKIYOSHI, **Radiation Measurements**, 134 (2020) 106312.

・ クルックス管からの低エネルギー X 線評価手法の開発, 秋吉 優史, 谷口 良一, 松浦 寛人, 宮丸 広幸, Do Duy Khiem, 神野 郁夫, 濱口拓, 野村 貴美, 谷口 和史, 小林 育夫, 川島 紀子, 佐藤 深, 森山 正樹, 宮川 俊晴, **放射線化学**, 106 (2018) 31-38.

## 査読無し総説等

- ・ クルックス管からの低エネルギー X 線に対する安全管理の必要性, 秋吉 優史, **放計協ニュース**、放射線計測協会、No. 65, p2-5, 2020 年 4 月.
- ・ 学校教育現場におけるクルックス管の安全管理とその活用, 秋吉 優史, **放射線教育**, 23 (2019) 23-32.
- ・ 箔検電器によるクルックス管からの X 線線量率の測定マニュアル, 森 千鶴夫, 緒方良至, 秋吉優史, **放射線教育**, 23 (2019) 33-39.
- ・ 低エネルギー X 線の放射線安全管理-線量測定と線量拘束値-, 秋吉 優史, **日本放射線安全管理学会誌**, 18 (2019) 46-48.
- ・ クルックス管プロジェクト第二期実態調査による暫定ガイドライン実効性の検証結果報告 ~生徒、教員の安全確保に向けて~, 秋吉 優史, **放射線教育フォーラムニュースレター**, No.76, 2020 年 3 月, p4-5.
- ・ クルックス管の安全な取扱いとその課題, 秋吉 優史, **放射線教育フォーラムニュースレター**, No.71 (2018) 10-11.

# 周知活動 (2020年度)

- ・日本保健物理学会大会 (2020年6月29-30日、WEB開催)  
秋吉優史、松本 亮の2件
- 福井理科教育研究会 (2020年7月22日、WEB開催)
- ・ 第37回みんなのくらしと放射線展オンライン講演会 (2020年11月18日、12月10日、Web開催)
- 放射線教育フォーラム 勉強会 (2020年11月29日、Web開催)
- 保物セミナー (2020年12月1日～20日、Web開催)
- 福井県高等学校教科教育研究会 理科部会 物理化学分科会 嶺南地区 学習会 (2021年2月16日、Web開催)
- ・日本放射線安全管理学会 第19回学術大会 (2020年12月9日～11日、Web開催)  
秋吉優史、松本 亮、山口 一郎のポスター三件と Do Duy Khiem氏 研究奨励賞受賞講演

## 論文

- ・ Transmission properties of X-ray radiated from the Crookes tube through shielding materials, Do Duy Khiem, Hiroto Matsuura, Masafumi Akiyoshi, Japanese Journal of Health Physics, 投稿中
- ・ Measurement of low energy X-rays in pulse from crook tube using BaF2 scintillator, Hirokazu Ando, Do Duy Khiem, Masafumi Akiyoshi, RADIATION DETECTORS AND THEIR USES - Proceedings of the 34th Workshop on Radiation Detectors and Their Uses in KEK, In Press.
- ・ クルックス管からの低エネルギーX線に対する安全管理の必要性, 秋吉 優史, 放計協ニュース, 放射線計測協会、No. 65, p2-5, 2020年4月.
- ☆ 中学理科教科書への教師向け指導書5社中4社でクルックス管安全管理について執筆済

令和2年11月26日 (木) 電気新聞 (5面)

### エックス線の歴史解説 関原 慈がウェブで講演会

関西電力関係者は、放射線教育関係者など約30人が参加。エックス線の歴史について、関原氏の講演が好評だった。

秋吉准教授が放射線について分かりやすく解説したオンライン講演会

関原氏は毎年、大阪市の大塚科学技術センターで放射線教育に関するイベントを開催している。今年度は新型コロナウイルスの影響で、オンラインで開催された。

関原氏は毎年、大阪市の大塚科学技術センターで放射線教育に関するイベントを開催している。今年度は新型コロナウイルスの影響で、オンラインで開催された。

関原氏は毎年、大阪市の大塚科学技術センターで放射線教育に関するイベントを開催している。今年度は新型コロナウイルスの影響で、オンラインで開催された。



# 周知活動 (2019年度)



アイソトープ・放射線研究会  
公開パネル討論  
(2019年7月5日、東京大学)



全国中学校理科教育研究会  
(2019年8月8-9日、秋田 アトリオン)



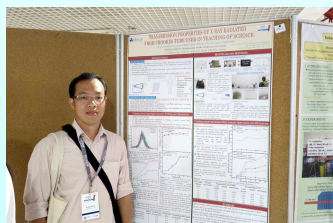
大阪府立大学 友好祭 オープンラボ  
(2019年5月25日、大阪府立大学)



●中学理科で使える高校理科の技術講座講師  
(2019年8月29日、名古屋経済大学市邨中学校・高等学校)



19th International Conference  
on Solid State Dosimetry  
(SSD-19)(Hiroshima,  
Sep. 15-20, 2019)



3rd International Conference on Dosimetry and its  
Applications(ICDA-3)(Lisbon, Portugal, 27-31 May 2019)



- 放射線安全フォーラム第60回放射線防護研究会「X線源を考える」(2019年4月21日、東京大学)
- 日本放射線安全管理学会 6月シンポジウム(2019年6月27-28、東京大学)
- ☆中学理科の教科書を出版する全5社への要領書への暫定ガイドライン掲載依頼(2019年7月2日、大阪、7月5日 東京)
- ☆大阪府知事秘書長及び教育総務企画課長へ、教育現場における放射線安全管理について説明(2019年7月26日、大阪府庁本館知事室)
- 中部原子力懇談会 エネルギー・環境研究会 セミナー(2019年7月27日、名古屋商工会議所)
- 近畿大学原子炉実験・研修会 放射線教育の実践例照会・意見交換(2019年7月30日、近畿大学)
- ・日本エネルギー環境教育学会 第14回全国大会(2019年8月5-7日、高知工科大学)
- ・日本原子力学会 2019年秋の大会(2019年9月11-13日、富山大学)
- ・大阪府立大学 放射線研究センター 共同利用報告会(2019年11月5日、大阪府立大学)
- 大阪府高等学校理化教育研究会 物理研究集会(2019年11月20日、大阪府立茨木高等学校)
- 放射線教育フォーラム第2回勉強会(2019年11月24日、東京慈恵会医科大学)
- ☆日本放射線安全管理学会・日本保健物理学会合同大会(2019年12月5-7日、東北大学) 企画セッション 教育現場での低エネルギーX線に対する安全管理
- 高校物理基本実験講習会(兵庫会場)(2019年12月15日、兵庫県立神戸高等学校)
- 教員研修(2019年12月26日、島根県出雲科学館)