

## 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いに於いて「**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**」と言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 $\beta$ 線と $\gamma$ 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を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值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。

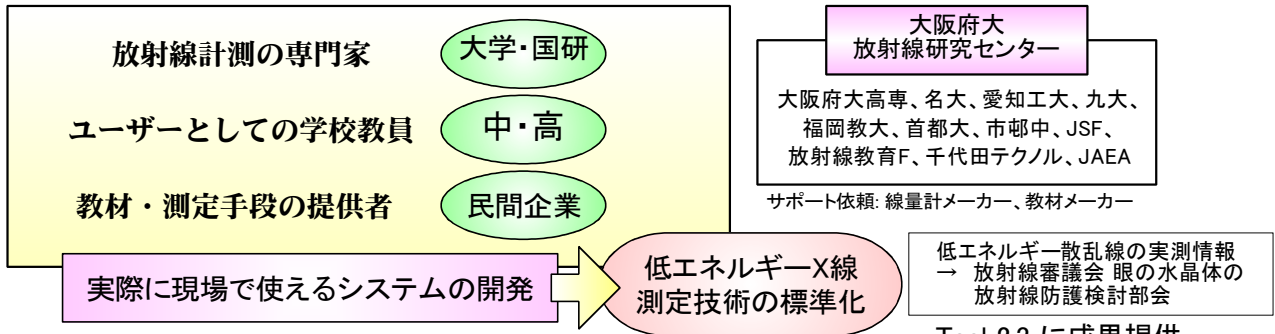
### 4-c: 新規教育プログラムの普及

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。

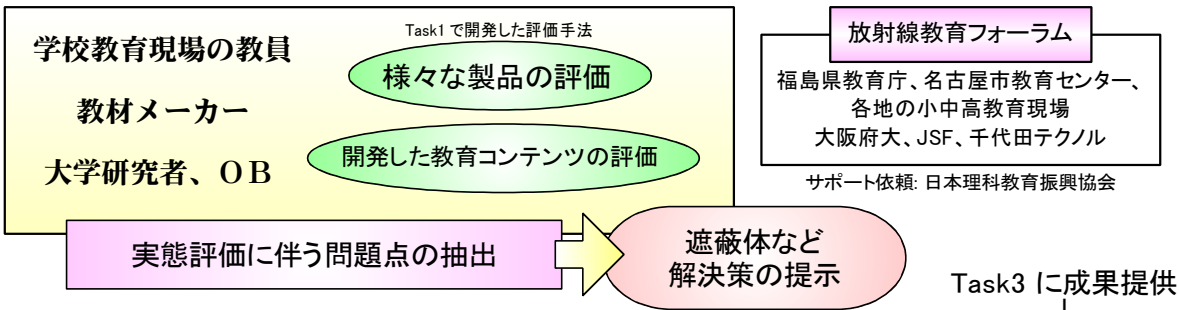


「教育現場などにおける低エネルギーX線を対象とした放射線安全管理体制の確立」プロジェクト 体制図

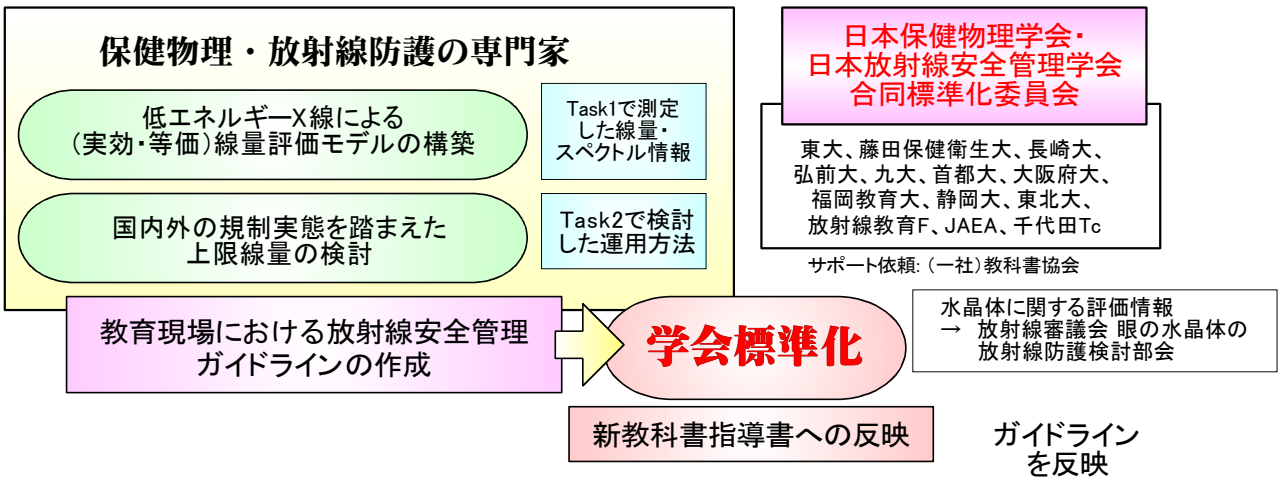
### Task 1: 線量計測



### Task 2: 運用方法の検討



### Task 3: 線量評価とガイドライン



### Task 4: 放射線教育プログラム普及

