



大阪公立大学
Osaka Metropolitan University

第4回日本保健物理学会・日本放射線安全管理学会合同大会

2022年11月24～26日 九州大学伊都キャンパス 椎木講堂 発表者番号：1B2-3

Kind-miniを用いたクルックス管からのX線の スクリーニング法の高度化

Advanced screening method for X-rays from Crux tubes using KIND-MINI

吉永直樹¹⁾、秋吉優史¹⁾、掛布智久²⁾

1)大阪公立大学工学研究科量子放射線系専攻

2)日本科学技術振興財団

背景

- 中高の学校教育現場で使用されるクルックス管に関して、保険物理学会の専門研究会などの活動によって使用上の注意点が取りまとめられている¹⁾
- 使用上の注意点を守っても確実に安全が確保出来るかは保証されていないため、実際にクルックス管を使用するときに安全かどうか教員自身で線量評価をすることが望まれている
- しかし低エネルギーX線の正しい線量は、普通のサーベイメーターでは測定が困難であり、電離箱や固体線量計は学校教育現場の予算や知識で運用することは困難

そこで、簡易な線量計が示す計測値を目安として**スクリーニング**が出来ないかを検討している。

免除レベルである年間 $10\mu\text{Sv}$ (実効線量)以下に抑えることを目標とする

1回の実験を10min→線量率に直すと $60\mu\text{Sv/h}$

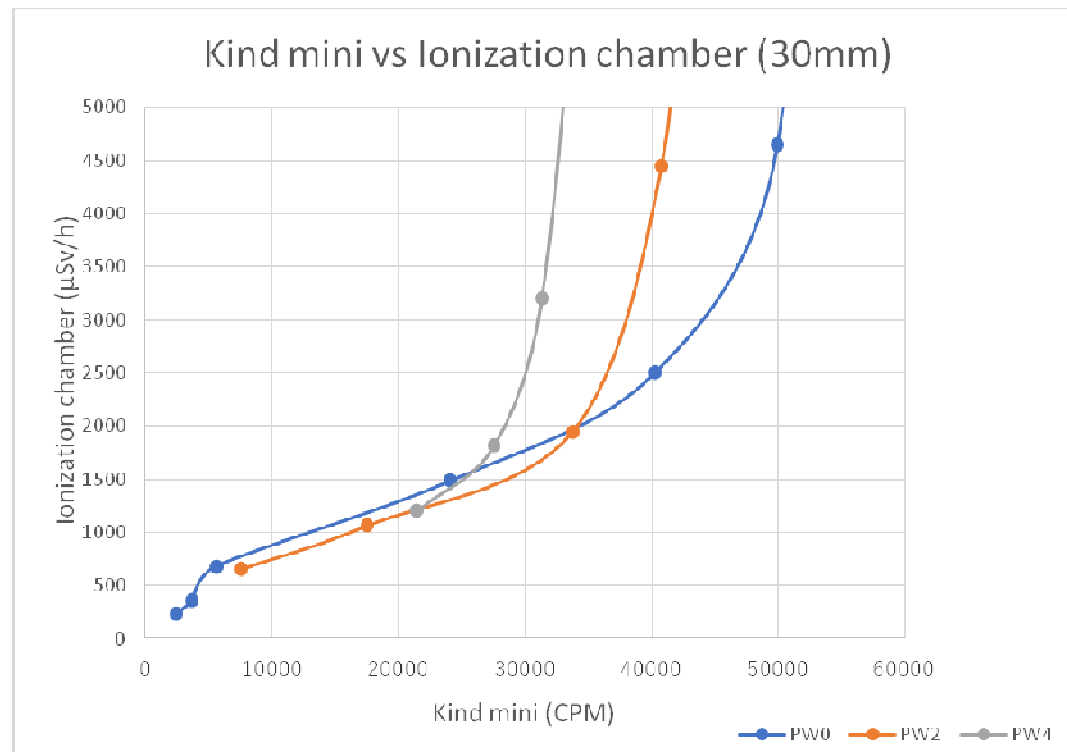
水1cmに対する透過率から、1cm線量当量と $70\mu\text{m}$ 線量当量で比はおよそ2程度となり、20keVでは実効線量と1cm線量当量で比はおよそ5程度となるので、実効線量と $70\mu\text{m}$ 線量当量で比は10程度となる

よって、 $70\mu\text{m}$ 線量当量で **$600\mu\text{Sv/h}$** が**スクリーニングの目安**となる

1) 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.

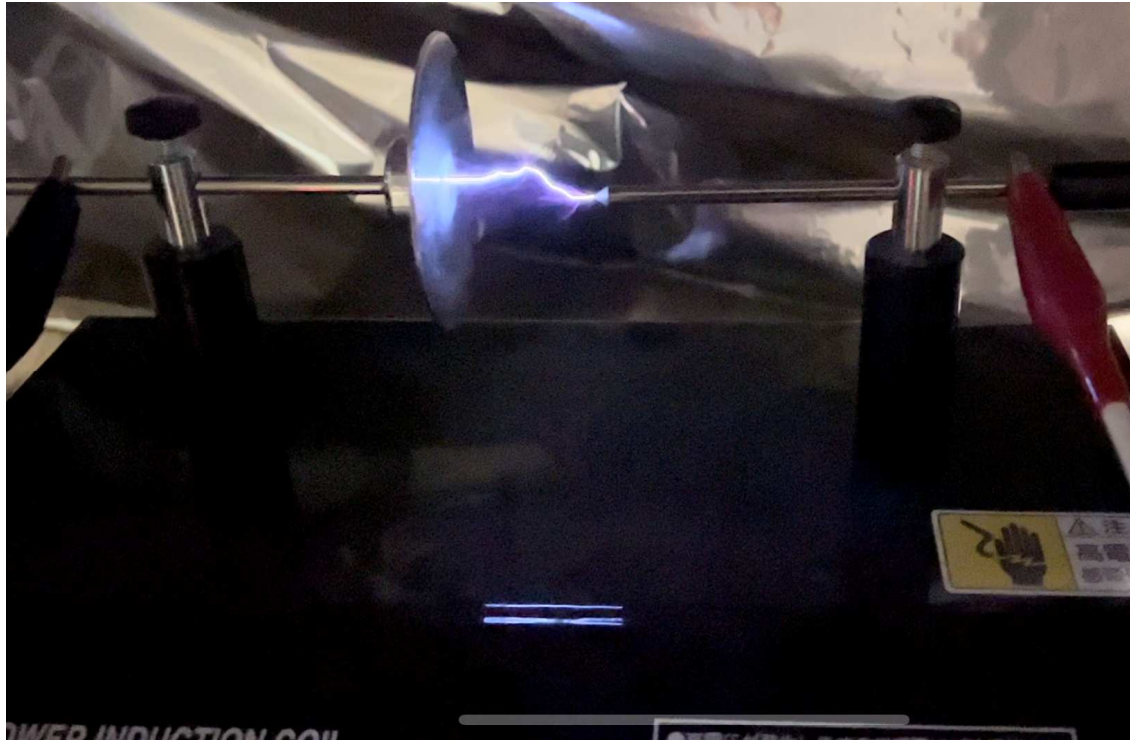
Kind-miniの概要

- プラスチックシンチレーターを利用した簡易放射線計測器 Kind-mini は科学技術振興財団の放射線教育サイト「らでい」から無償の貸し出しが行われている
- Kind-mini単体では、クルックス管からのX線の線量を**正確に測定**することが困難（表示される1cm線量当量率は実際の線量率と大きく異なる）
- 先行研究(Khiem,2019)によって、kind-miniの計数率と実際の線量率に相関があるがある程度の線量率まで上がると飽和してしまうことが分かっている
- また、X線のエネルギーによって検量線の傾きがどう変化するかまだ分かっていない



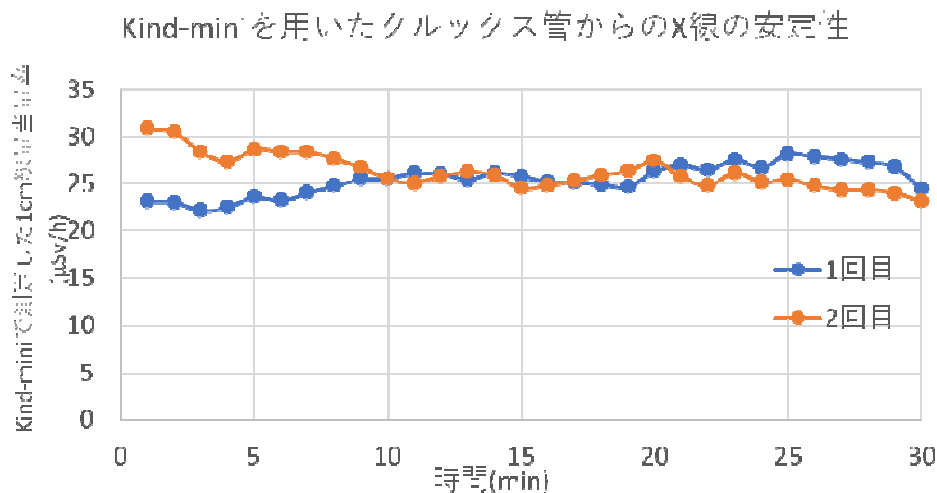
無償で貸し出しが行われている、プラスチックシンチレーターを使用した簡易放射線計測器であるkind-miniを利用して、自分たちで線量評価できる目安の作成を行うことが目的である。

誘導コイルについて



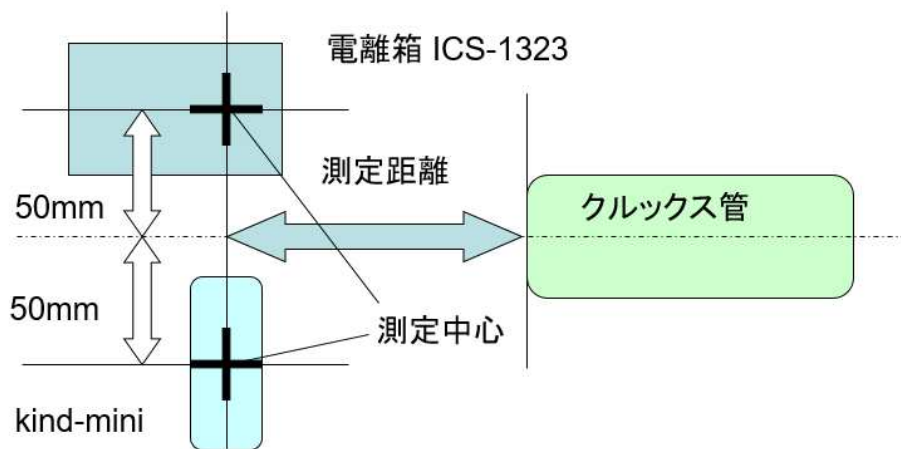
- 放電極の距離はクルックス管にかかる最大電圧を決めており、放電極の距離1mmは約1kVに相当する。
- 放電極の距離を20, 25, 30mmと変化させ、放電出力の目盛りを稀に放電が起こる程度に調整することで、**クルックス管にかかる最大電圧が20, 25, 30kV**になるようにして実験を行った
- 放電極からの放電で、電磁ノイズが発生するので、アルミホイルでシールドボックスを作成し、電磁ノイズ除去した

Kind-miniを用いたクルックス管からのX線の安定性について



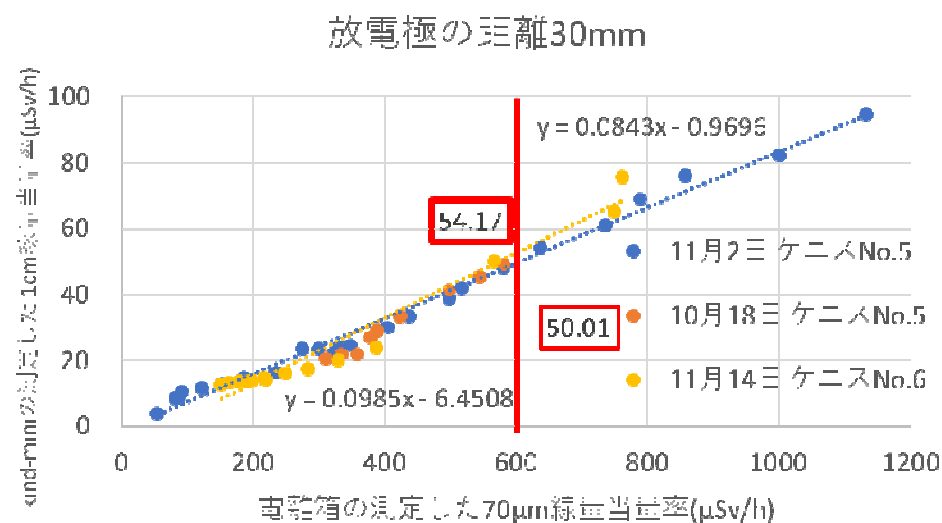
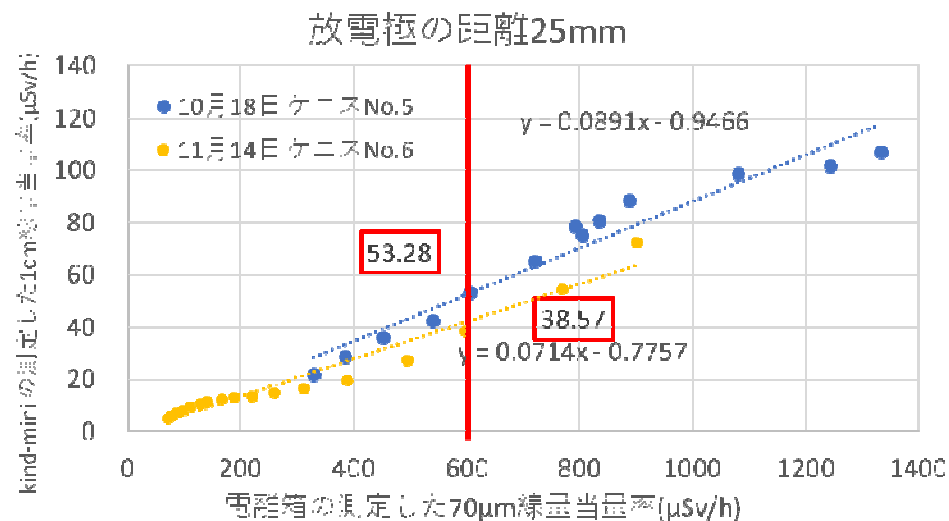
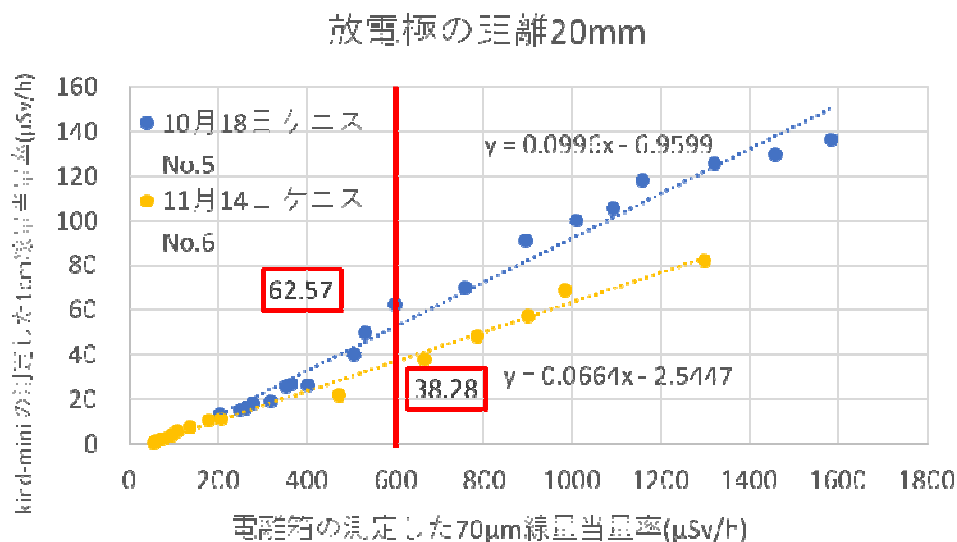
- クルックス管からのX線をkind-miniを用いて測定し、時間に対する安定性を調べた。クルックス管からの測定距離が30cmになる地点にkind-miniを置き、1分の積算値を測定した
- 左図のように同条件で実験を行ってもこれだけの変動があり安定性に欠けるため、今まで電離箱とkind-miniとは別々に線量計測を行っていたが、同時に計測する必要がある

同時に計測する実験の概要



- 同じ測定距離となるようにクルックス管の軸線上から50mmずつずらしてそれぞれの測定中心を置いて同時に測定を行った（事前に、それぞれの位置で同じくらいの線量率となることを電離箱で確認した）。
- 測定距離を変化させることで異なる線量率でのkind-miniの測定値を評価した。
- ケニス社製の十字入りクルックス管（研究室内での管理番号No.5とNo.6）と誘導コイルID-10を使用した。

線量率の関係の実験結果



- 電離箱で測定した70µm線量当量率が1000µSv/h辺りで直線から外れている
- 赤線は電離箱で測定した70µm線量当量率600µSv/hを示し、スクリーングレレベルに相当する。赤枠はその時のkind-miniが示した1cm線量当量の表示値である
- エネルギーによって傾きはさほど変わらないが、条件によっては変化することが分かり、今後の実験で詳しく調べたいと考えている

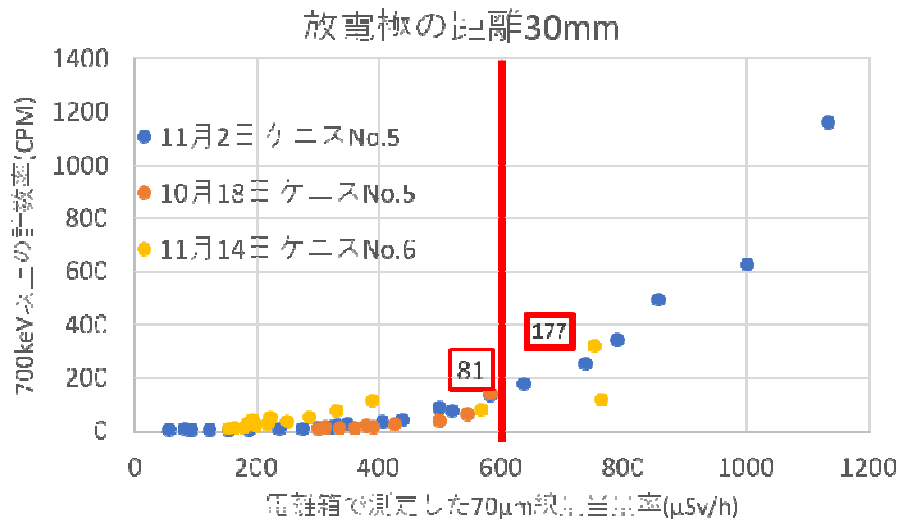
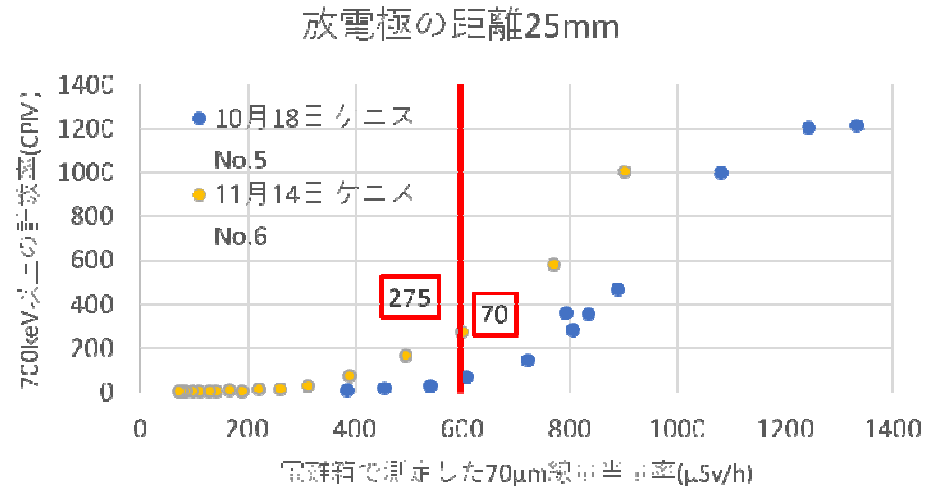
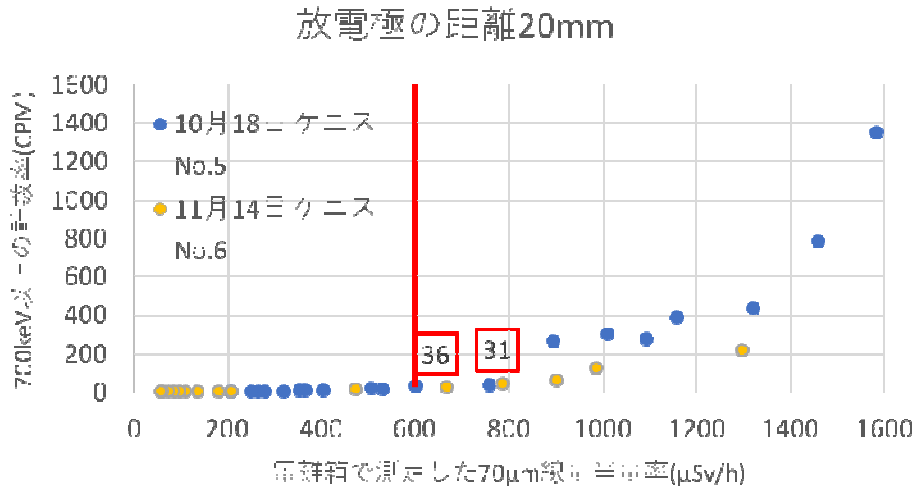
700keV以上の計数をスクリーニングに活用

- Kind-miniは 1cm線量当量を測定する際に、700keV以下と700keV以上の2chで計数を行い評価している
- クルックス管からのX線のエネルギーは約20keV付近だが、クルックス管からのX線がパルス状であるから、一定の線量率以上ではパイルアップによる**700keV以上**の計数が見られることがある



普通は見られないパイルアップによる700keV以上の計数をスクリーニングに活用できるのではないかと考えた

計数率と線量率の関係の実験結果



- 赤線は電離箱で測定した70 μ m線量当量値が600 μ Sv/h付近となるスクリーングレベルを示し、赤枠はその付近のkind-miniで測定した計数率である
- 計数率はエネルギーによって変化することが分かった
- 実際の教育現場では放電極距離20mm以下を推奨しており、**20mmの30CPMをスクリーングレレベルとしておけば安全側である。**

まとめと総括

- **線量率でのスクリーニング**
 - 漏洩するX線のエネルギーを変化させてみたが検量線の傾きが変化する蛍光は見られなかった。しかし、使用するクルックス管の違いや当日の天候などコントロールできていない条件の違いによって検量線の傾きが変化することが明らかになった。
- **700keV以上の計数率でのスクリーニング**
 - 放電極距離20mmでの30CPM付近が安全かどうかの目安になる

今後の課題

実験回数を増やして精度を上げ、どの程度の範囲で誤差が生じるか、
どう言った場合に違いが出るのかを他のクルックス管も使用して確認
する