

## クルックス管からの低エネルギーX線の測定、評価手法の開発

Development of measurement and the evaluation technique for low energy X-rays from a Crookes tube.

\*秋吉 優史<sup>1</sup>, 掛布 智久<sup>2</sup>, 谷口 和史<sup>3</sup>

<sup>1</sup>大阪府立大学 工学研究科, <sup>2</sup>日本科学技術振興財団, <sup>3</sup>千代田テクノロ

クルックス管から放出される低エネルギーX線は、通常のサーベイメーターで測定出来ない「ステルス」であり、知らぬ間に高い線量を被曝する恐れがあるため、全国の教育現場で実現可能な評価手法の開発が必要である。

**キーワード：**放射線教育、クルックス管、低エネルギーX線、エネルギー評価、中学学習指導要領

### 1. クルックス管による理科教育と漏洩X線

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、全国の学校教育現場において全ての中学生に対して放射線教育を適切に実施することが喫緊の課題となっている。特に、「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10mSv/hを大きく超える非常に高い強度の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[1,2]、低エネルギーX線の評価が極めて不完全である。20keV以下の低エネルギーのX線は透過率が低いため、**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不可能である**一方で、20keVでは1cmの水で半分程度にしか減衰せず、1cm線量当量は無視する事が出来ない量となる。測定自体が困難であることに加えて、ごく僅かな印加電圧の変動や、管壁のチャージの状態などによっても何桁も透過率が変わるため(図1)、ガラス管外部へ漏洩するX線量が測定の度に極めて大きく変動し、同一の装置を同一の条件で運用しても放出される線量を保証することが出来ない。このため、全国の(予算のない)中学の教育者が、使用する現場で線量の評価を行う必要がある。

### 2. クルックス管から漏洩したX線のエネルギー評価

本研究では、GMサーベイメーターと遮蔽体を用いた応答から大まかなエネルギーを評価した上で、ガラスバジによる線量評価を行った。また、ペルチェ冷却式高性能霧箱による低エネルギーX線からの光電子の飛程観察(図2)を行う事でエネルギースペクトルの評価を行うことも検討した。図2はAl板をクルックス管とGMサーベイメーター(インスペクターUSB, GM管径45mm)の間に入れて遮蔽を行った際の減衰挙動である。アルミ板からの光電子は20mm以上ギャップを開けてGM管に到達しないよう配慮した。誘導コイルの放電針距離は20mmであり、印加電圧は20kV強と見積られる。クルックス管前面からGM管測定中心までの測定距離は50cmで、遮蔽無しで40kcpm程度と飽和していない程度の計数率である。近似曲線から得られる線減衰係数は $7.55\text{cm}^{-1}$ で、アルミの20keVでの線減衰係数は $8.85\text{cm}^{-1}$ 、30keVでは $2.82\text{cm}^{-1}$ であり、20keV強という値は印加電圧と極めて良い一致を示している。より低エネルギー側にX線エネルギーのスペクトル分布があり、3成分程度に分けて解析を行う予定であったが、1成分で十分な近似が得られた。クルックス管自体のガラス管壁を透過する際に低エネルギーの成分は吸収され、元のスペクトルは反映されない事が明らかとなった。

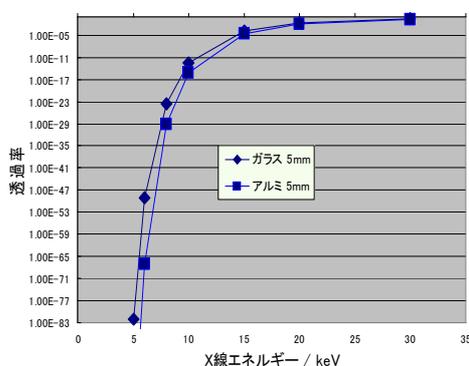


図1. 低エネルギーX線の透過率

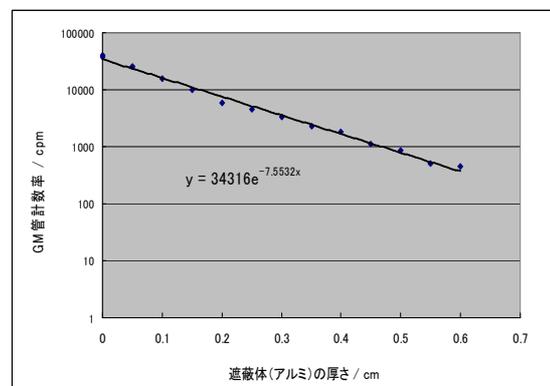


図2. 放電針距離20mmでのクルックス管からのX線をAl板で遮蔽した測定結果

#### 参考文献

- [1] 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.  
 [2] 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.

\*Masafumi Akiyoshi (akiyoshi@riast.osakafu-u.ac.jp), Tomohisa Kakefu, Kazufumi Toniguchi

<sup>1</sup>Graduated School of Engineering, Osaka Prefecture University, <sup>2</sup>JSE, <sup>3</sup>Chiyoda Technol.