

クルックス管からの低エネルギーX線スペクトル評価

Spectrum evaluation of low energy X-ray- from a Crookes tube.

*秋吉 優史¹, 谷口 良一¹, 宮丸 広幸¹, 松浦 寛人¹, Do Duy Khiem¹, 安藤 太一¹,
神野 郁夫², 濱口 拓², 掛布 智久³, 谷口 和史⁴

¹大阪府大量子放射線系専攻, ²京都大原子核工学専攻, ³日本科学技術振興財団, ⁴千代田テクノ

クルックス管から放出されるX線は、20keV程度とエネルギーが低いため通常のサーベイメーターでは測定出来ない。さらに、誘導コイルからの高電圧出力がパルス状であるため発生するX線についてもパルス状であり、半導体検出器などではパイルアップにより正常な計測を行う事が出来ない。このため、線量測定にはガラスバッジなどの積算線量計か、電離箱などの電流モードでの測定が適している。本発表では非常に小さい絞りをを用いて線量を絞ることにより、CZT(Cd_{0.9}Zn_{0.1}Te)検出器や、Be窓のGe半導体検出器を用いてスペクトル計測を行い、アルミ板を用いた遮蔽法による線減衰係数からのエネルギー評価との比較を行う。

キーワード：放射線教育、クルックス管、低エネルギーX線、エネルギースペクトル評価

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おいて「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、指導要領の解説からもクルックス管の活用が不可欠である。ところが多くの製品で、エネルギーは低い直近で10mSv/hを大きく超える非常に高い強度のX線が放出されていることが明らかになってきている。

印加電圧のコントロールや遮蔽体の使用により線量率を下げ、安全に教育を行うためのガイドライン策定を有志によるプロジェクトで実施しているが、正確な線量評価、エネルギー評価が安全評価のためには不可欠である。

2. クルックス管から漏洩したX線のエネルギースペクトルの評価

まず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、ガラスバッジによる線量評価を行った。その結果、放電極距離20mmで僅かに放電が起こる放電出力の場合、20keV強程度の有効エネルギーであることが確認できた。ガラスバッジは内部に複数のフィルターが入っているため、同様にそれらに対する応答からエネルギー評価が可能であり(FX型の場合)、有効エネルギーは18keVと評価された。

本研究ではそれらの測定に加えて、CZT(Cd_{0.9}Zn_{0.1}Te)検出器や、Be窓のGe半導体検出器を用いてスペクトル計測を行った。測定を行う上で、数十cps程度の低い計数率に於いてもパイルアップが起こってしまい、高エネルギー側に長く尾を引くスペクトルとなった。このため、φ0.5mmの鉛薄板を用いたコリメーターにより、入射X線量を極端に減らすことによって10cps以下での測定を行い、パイルアップの少ないスペクトルを取得した。コリメーターの向きなどによって大きく線量やスペクトルが異なるため、非常に測定は困難であったが、慎重な測定により誘導コイルの設定によって僅かにスペクトルがシフトしていることが確認された。印加電圧のパルスは誘導コイルの設定によって一定の電圧が出力されているのではなく一定のばらつきを有していたため、ヒストグラム評価した上で、発生するX線スペクトルの評価と、ガラス管壁による遮蔽を考慮した、放出X線スペクトルの検証を行う予定である。

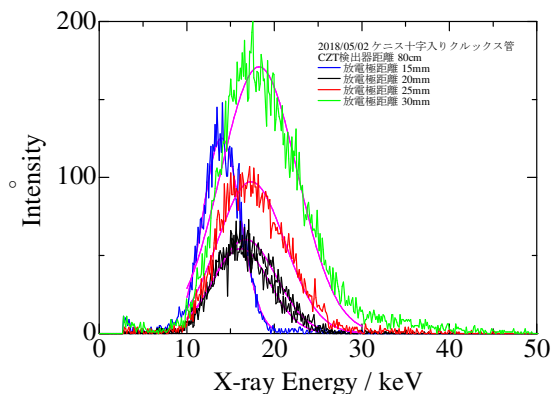


図1. CZT検出器で測定した低エネルギーX線のスペクトル。放電極距離15mmのみアパーチャー径3mm

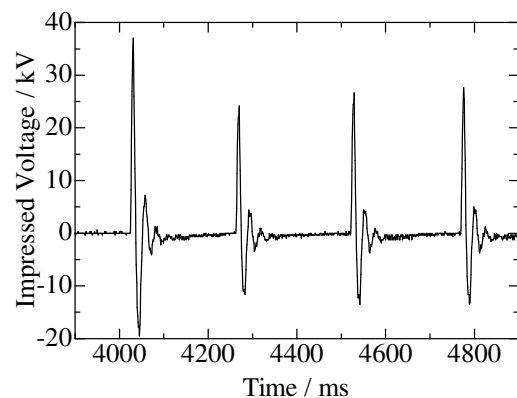


図2. 放電針距離30mmでの誘導コイルからの出力電圧パルスの一例。30kVを超えるパルスが確認できる。

*Masafumi Akiyoshi¹ (akiyoshi@riast.osakafu-u.ac.jp), Ryouichi Taniguchi¹, Hiroyuki Miyamaru¹, Hiroto Matsuura¹, Do Duy Khiem¹, Hirokazu Ando¹, Ikuo Kanno², Takumi Hamaguchi², Tomohisa Kakefu³, Kazufumi Toniguchi⁴

¹Graduated School of Engineering, Osaka Prefecture University, ²Kyoto University, ³JSF, ⁴Chiyoda Technol.