

今回は霧箱での飛跡を観察することでエネルギースペクトルを評価できる可能性について触れたが、実用上は多数の飛跡の評価のためAIなどによる画像処理が必要であり、校正のための線源なども必要になってくる。今回はより現実的に実施可能なサーベイメーターを用いたエネルギー評価について紹介する。

クルックス管からの低エネルギーX線はパルス状に放出されていることもあり、正しい線量率の測定には電離箱や積算型の固体線量計を使用する必要があるが、今回のスペクトル測定では線量率の絶対値については問題としておらず、実際の線量率に対してリニアに応答していればそれで構わない。これまでに、パンケーキGM管を用いているS. E. International社製Rangerでは 2.5×10^5 cpm程度まで、「らでい」で無料で借りることが出来るプラスチックシンチレーターを用いたKind-miniでは 2.5×10^4 cpm程度まではリニアな測定が可能である事が確認できている。

当然、一回の測定だけではこれらのサーベイメーターでエネルギーの評価を行うことは出来ない。しかし、線減衰係数のエネルギー依存性が既知の材料、例えばアルミ板を用いて遮蔽を行い、遮蔽体の厚さと計数率の関係を対数プロットしてその傾きから線減衰係数を求めることで、表1に示す線減衰係数のエネルギー依存性からおおよそのエネルギーを知ることが出来る。

図1は放電極の距離を30mmとして放電出力を変化させた場合の遮蔽実験結果である。測定はRanger GMサーベイメーターを使用し、アルミ板は0.1mmから様々な厚さの物を組み合わせてクランプで挟み、0.1mm刻みでの測定を行った。なお、本来純アルミ

板を使用すべきであるが、A5052等の一般的なアルミ合金板でも有意な差は見られなかった。実験結果を指数関数でフィッティングすることにより線減衰係数を求めた(表2)。放電極で放電が起こるまでは放電出力の上昇と共に線減衰係数は小さくなりエネルギーが上がっていることが分かるが、放電が起こっている出力3と4ではほぼ同じ値となった。

さらに、単一エネルギーでなくスペクトルの広がりがある場合でも、いくつかのエネルギーに対する既知の線減衰係数 μ_n と、遮蔽体厚さ t に対する計数率の変化を $\sum_n (a_n \times \exp(-\mu_n t))$ 関数でフィッティングすることにより、エネルギー成分 n に対する強度 a_n を評価することが出来る。

図2は放電極距離15mmでの場合の遮蔽実験結果である。赤線で示す単一成分での近似では上手くフィットすることが出来ず、15keVと20keVの二成分でのフィッティングにより上手く測定結果を再現することが出来た。同様に、図1の測定結果を15keV, 20keV, 25keV, 30keVの4成分でフィッティングして、それぞれの成分強度を示したのが図3である。放電出力の上昇と共に高エネルギー側にシフトしていき、放電極で放電が起こる出力3と4ではほぼ同じスペクトルとなっている。

このような形で、非常に簡単な装置を使用して低エネルギーX線のスペクトル評価が可能である。

表 1: アルミの線減衰係数エネルギー依存性

X線エネルギー (keV)	アルミの 線減衰係数 μ (cm^{-1})
10	69.5
15	20.8
20	8.9
30	2.8

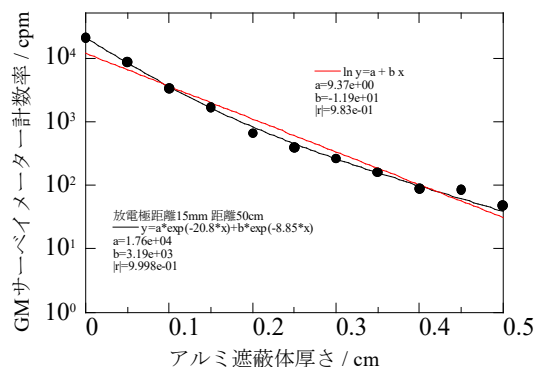


図 2: 放電極距離 15mm でのクルックス管からの X 線に対する遮蔽体厚さ変化に伴う計数率変化。赤線は一成分、黒線は二成分の指数関数でのフィッティング結果。

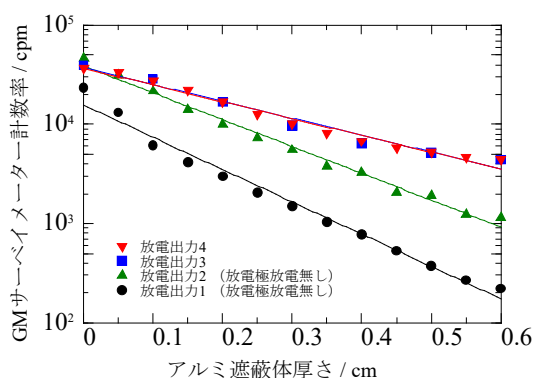


図 1: 放電極距離 30mm でのクルックス管からの X 線に対する遮蔽体厚さ変化に伴う計数率変化

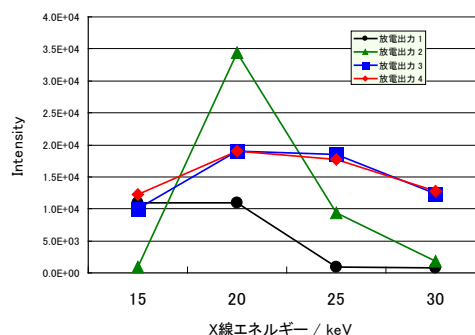


図 3: 図 1 の測定結果を 15~30keV の 4 成分の指数関数でフィッティングした際の各成分の強度スペクトル。

表 2: 図 1 の測定結果を一成分の指数関数でフィッティングして得られた線減衰係数

放電出力 (目盛)	線減衰係数 (cm^{-1})
1	7.50
2	6.05
3	3.92
4	3.89