

GM計数管を比例計数管のように使用してエネルギー分析が可能か

■放射線はエネルギー

放射線の計測実験では、「放射線が数えられる」ことを教えるが、「放射線はエネルギーである」ことを教える機会は少ない。シンチレーション式放射線計測器は γ 線のエネルギーを測定できるが、教育現場では実施の機会がない。

GM計数管は放射線のエネルギーを測定できないとされるが、同じガス電離を利用した比例計数管では放射線のエネルギーを知ることができる。その違いはガス増幅率の大小であり、GM管の構造はそのままでも、印加電圧を下げればガス増幅率が低下して比例計数領域となり、比例計数管のように動作することが期待できる。

既に、プログラミング言語 Python を使用したパルス波高分析の方法について報告したが、放射線のエネルギー分析がどうすれば可能かは触れていない。いろいろと制約があって、放射線教育に適用できるかは微妙だが、ここではこれまでに分かったことを報告する。

■パルス波高について

理想的には、電離に起因して電極に集められた総電荷と出力電圧＝パルス波高は比例する。放射線のエネルギーが高ければ、より多くの電離が起こってパルス波高が高くなることになる。印加電圧とパルス波高の関係においては、放射線のエネルギーとパルス波高が比例する領域があって、比例計数領域と呼ばれる。比例計数管は、この領域で動作させることにより放射線のエネルギーを知る計測器である。さらに印加電圧を高くすると、総電荷が飽和するGM計数領域に達する。この領域で放射線の有無を知り、計数するのがGM計数管である。この総

電荷の飽和は、一般的なGM計数管においては放電が芯線の長手方向に伝播して、芯線全体に広がった状態とされるが、「大気圧GM管」では放電がアノード先端付近に限定されるため、芯線全体への伝播はない。ただし、いわゆるプラトー曲線が得られないことなどから、「大気圧GM管」では放電が局所に集中することによる空間電荷効果が飽和の原因となっていると推測される。

■印加電圧とパルス波高の実験

「大気圧GM管」で印加電圧を低くすると、多発パルスとならずに単発パルスになる領域がある。パルス波形を観察すると、パルス波高が必ずしも一定でないことが分かる。

図-1は「大気圧GM管」(内径3cm)で測定した例であるが、印加電圧を下げていくとほぼ比例してパルス波高が低下していく。

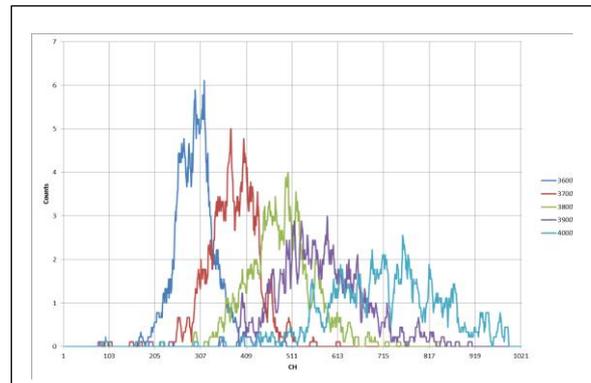


図-1 「大気圧GM管」の例

図-2は市販のGM管(LND社製#723)で測定した例で、推奨印加電圧900Vに対して580V以下では傾斜が急になり、比例計数領域に近づいていると考えられる。

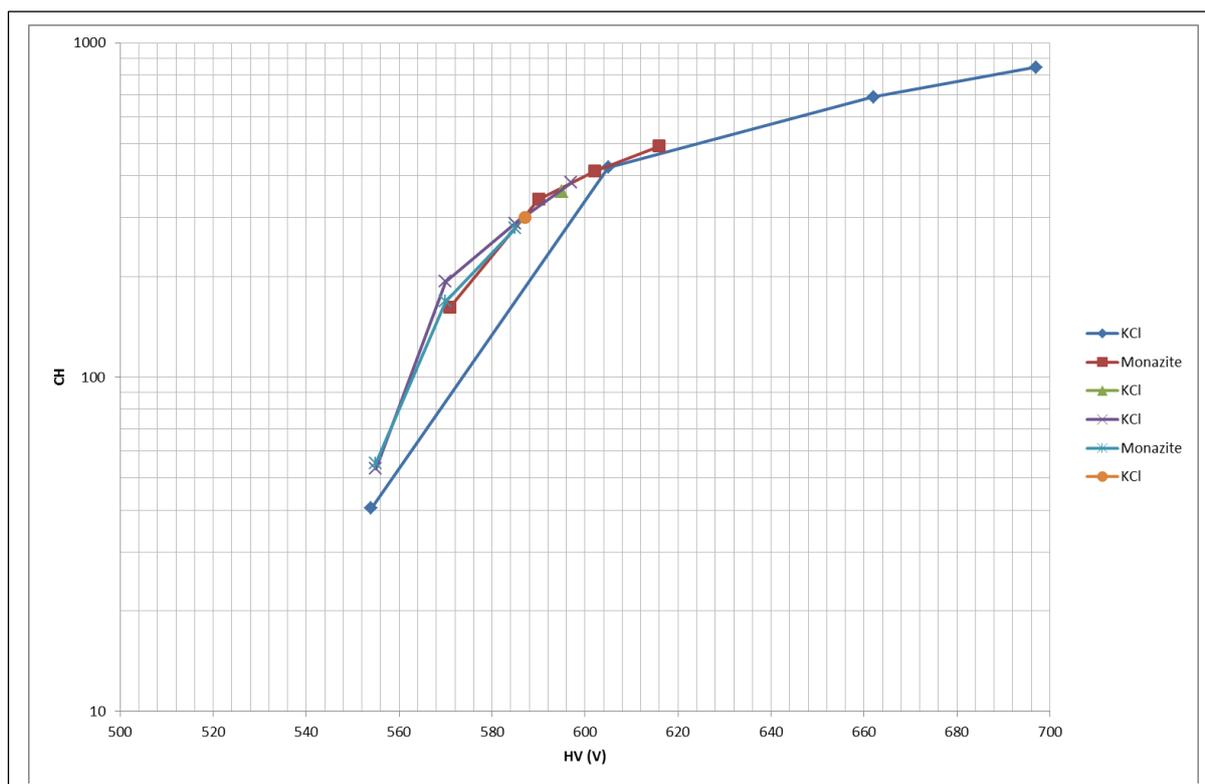


図-1 市販GM管の印加電圧とパルス波高

この580Vは推奨印加電圧の900Vの約64%であり、「大気圧GM管」でも図-1の内径3cmクラスでは4000Vの64%である2560V以下では放射線のエネルギーの違いが分かるかもしれないが、実は簡単ではない。

■エネルギーの同定は難題 (①から⑤)

まず、印加電圧が低くなるとパルス波高も低くなるので、①電圧増幅をしないと検出が難しい。GM計数管は出力電圧が1V程度と電圧増幅なしでも簡単に検出できるが、10倍から100倍程度の増幅が必要となる。増幅回路自体は難しくはないが、②低波高の領域では装置の高圧電源からのノイズが邪魔をする。このノイズをできるだけ減らす必要がある。

さらに、図-2でも見られるように、比例計数領域では傾斜が急で、印加電圧のわずかな変化がパルス波高の測定精度を悪化させる。③精密な印加電圧のコントロールと安定化が必要になる。

装置上の問題をクリアしたとしても、さらに線源の問題がある。④一般的な自然放射線源の場合は難しい。まず、 γ 線源の場合は、 γ 線は「大気圧GM管」では検出されにくい。 β 線源の場合は、 β 線の最大エネルギーからゼロまでエネルギーが分布するため、得られるパルス波高の意味が分かりにくい。 α 線源の場合は、単一エネルギーであっても、空気中で容易に減衰するので、GM管内でエネルギー分布ができてしまう。

また、比例計数管に特有の現象もある。それは、⑤線量率依存性で、同一核種で同一エネルギーであっても線量率が違うとパルス波高が異なる。この機構を説明できる有力な仮説はなく、原因不明であるが、線量率が高いほどパルス波高が低くなる。したがって、異なる2線源の比較は同じ線量率でなければできない。

現状では、自然放射線源の場合は、パルス波高分布を見て、放射線のエネルギーの側面を感じてもらえないようだ。