

氏名(本籍)	かわのたかおの河野孝央(東京都)			
学位の種類	博士(工学)			
学位記番号	博乙第874号			
学位授与年月日	平成5年3月25日			
学位授与の要件	学位規則第5条第2項該当			
審査研究科	工学研究科			
学位論文題目	Studies of Radioactivity Measurements by the Sum-peak Methods (サムピーク法による放射能測定に関する研究)			
主査	筑波大学教授	理学博士	森	茂樹
副査	筑波大学教授	工学博士	奥田	重雄
副査	筑波大学教授	工学博士	井上	多門
副査	筑波大学教授	工学博士	谷川	庄一郎
副査	筑波大学助教授	理学博士	海老原	寛

論文の要旨

本論文はサムピーク法による放射能強度の測定に関する研究で、NaI(Tl)検出器を用いて ^{60}Co 線源の強度を決定する際に、線源の形状による測定精度に対する影響や、線源強度とバックグランドの関係、 ^{60}Co の崩壊によって生じる1173keVと1332keVの2本のガンマ線のフォトピーク及びサムピークの計数の算出法に関して、種々の角度から検討を行っている。サムピーク法は放射核の崩壊で2本以上のガンマ線をカスケード状に放出する線源の放射能強度を決定する方法で、G. A. Brinkman等によって開発された。この方法では、標準線源を用いる必要がなく、又、検出器の検出効率などの情報なしに放射能強度を決定できる長所がある。更に、線源と検出器の位置の関係や、遮蔽体の影響などを考慮する必要がない。この方法では、2本のカスケード・ガンマ線のフォトピークの計数を A_1 、 A_2 とし、そのサムピーク(2本のガンマ線が同時に検出され、フォトピークの和に対応するピーク)の計数を A_{12} とすると、放射能強度 N は

$$N = T + A_1 \cdot A_2 / A_{12} \quad (1)$$

と与えられる。ここに T は全計数値である。

この関係は、点線源で、2本のガンマ線の間に関角相関が存在しない場合に厳密に成り立つ。しかし、線源が点状でなく有限の大きさをもつ場合や、ガンマ線が角度相関をもつ場合には厳密には成り立たない。線源の各部に対して検出器が等しい検出効率をもつ場合にのみ、この関係式が正しいと言える。

以上の原理上の問題点の他に、実際の計測に当たっては、 A_1 、 A_2 及び A_{12} の正確な計測が行われな

ければならない。

本論文は、はじめに ^{60}Co の点線源 ($\sim 10^4\text{Bq}$) を用いて、線源とNaI (T1) 検出器 (直径50mm, 長さ50mm) の間の距離 (0~100mm) の関数として線源強度を実験的に求めた。次に、線源と検出器の間に鉛の吸収板を置いて、求められる線源強度と厚さ (0~12mm) の関係を検討した。この2種類の測定では、原理上、正確な値を与えるはずであるが、最初の測定では距離が50mm以上になると、計測値が真の線源強度より相当に小さい値になることが判明した。これは、後で考察されるように、2505keVのサムピークのところに ^{208}Tl からの2614keVガンマ線のバックグラウンドが重なるため、 A_{12} が過大評価されるためであることが解明された。従って、単位時間当たりの計測数が小さい場合は、 A_{12} の測定に十分注意する必要がある。本論文では、 A_{12} のより正確な決定法を考案して成功している。また、線源強度の過少評価の原因として ^{60}Co の場合、2本のガンマ線のフォトピークが多少重なり合うため、 A_1 と A_2 の計数が小さく見積もられることが上げられる。本論文では、 ^{22}Na からの1275keVのスペクトルを基にして、正確な A_1 と A_2 の計測法を提案し、満足な結果を得ている。

次に、体積をもつ線源に対してサムピーク法が与える誤差について考察を行っている。誤差の生じる原因は、線源の各部から生じるガンマ線に対して検出器が異なる検出効率をもつことに起因している。体積線源を分割して、 i 番目の部分が点線源と近似できる場合は、全体の線源強度 N_t は次式で与えられる。即ち、

$$N_t = \sum_i N(i) = \sum_i \{T(i) + A_1(i) \cdot A_2(i) / A_{12}(i)\} \quad (2)$$

ここに、 $N(i)$, $T(i)$, $A_1(i)$, $A_2(i)$, $A_{12}(i)$ は i 番目の部分の線源強度などに対応する。上述した測定上の誤差がない場合には、上式は正しい値を与える。しかし、実際の計測で測定できる量は、個々に積分した $\sum_i T(i)$, $\sum_i A_1(i)$, $\sum_i A_2(i)$, $\sum_i A_{12}(i)$ である。従って、近似的に線源強度は次式で求められる。即ち、

$$N_m = \sum_i T(i) + \sum_i A_1(i) \cdot \sum_i A_2(i) / \sum_i A_{12}(i) \quad (3)$$

(2), (3)で与えられる強度の差、 $N_t - N_m$, が誤差に対応する。本論文では2つの点線源を用いて、種々の分布状態に対して実験的に誤差の算定方法を検討している。その結果、Oderkerk-Brinkmanによって解析的に求められた誤差の上限値より、丁度2倍だけ小さい誤差の上限値を与える式の導出に成功している。

また、2本のガンマ線の間角度相関がある場合に、サムピーク法がどのような誤差を持つかを考察している。一般に、カスケード状に生じるガンマ線は、スピンの大きい励起状態の核から生じるため強い角度相関をもつ。 ^{60}Co の場合は、2本のガンマ線の間角度相関が理論的にも、実験的にも良く知られている。この関係を使って、線源に対する検出器のもつ立体角とサムピーク法による影響を考察している。有効立体角が小さいほど角度相関による影響が大きくなるが、本研究で行われた測定条件では、その影響が10%以下であることが示された。

審 査 の 要 旨

著者はアイソトープ・センターの技官として放射線に関連した業務を担当しており、核医学分野

で生じる放射性廃棄物の取扱いの問題、放射線施設の放射線安全管理など幅広く放射線に関する問題に取り組んでいる。本研究ではサンプイク法の問題点を ^{60}Co の点線源を用いて、種々の角度から実験的に究明している。サンプイク法はカスケード状に2本以上のガンマ線を放出する放射線源の強度測定に適用され、点線源と見なされ、ガンマ線の間に関角がない場合は原理上正確な値を与える。しかし、実際の測定では、線源の計数率が低くなるとバックグラウンドの影響を受けたり、 ^{60}Co の2本のフォトピークが重なることによる計測エラーによって測定強度を過少評価する問題が生まれる。本論文ではこれらの問題点を同定・理解し、その解決法を考案して成功している。体積をもつ線源に対してサンプイク法は原理的な誤差をもつが、本研究では2つの ^{60}Co の点線源を用いて考察して、これまで得られている誤差の上限値を2分の1だけ下げること成功している。ガンマ線の角度相関による影響を計算して、当研究で行われた測定条件では10%以下であることを示した。

著者が本研究を通して行ったサンプイク法の問題点の解明は高く評価され、数多くの論文として既に発表されている。又、著者はアイソトープ・センターの業務に関しても高く評価され、平成2年度財団法人筑波学都資金財団教育研究特別表彰を受賞している。

よって、著者は博士（工学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。