

マウスを模擬したファントム内⁹⁰Y β線の吸収線量の計算による検証

佐藤 裕一¹、山林 尚道¹、中村 尚司^{1, 2} (¹千代田テクノロ 大洗研究所、²東北大サイクロトロン・ラジオアイソトープセンター)

【背景・目的】核医学で用いられる内部被ばく線量計算法 (MIRD法) では、β線エネルギーは、線源となる臓器内で完全に吸収されると仮定している。しかし、RI内用療法の基礎試験で用いられるマウスの臓器は、高エネルギー放出核種⁹⁰Yの飛程と比べ小さい。そのため、線源臓器を透過したβ線エネルギーが、その隣接した臓器の線量を増大させてしまうことが知られている。マウスの臓器線量を正確に推定するためには、CTスキャンから得られるボクセルファントムのような幾何学的にリアリスティックな線量評価モデルが必要とされ、また、その際に、モンテカルロ計算コードを用い、小さな領域内のβ線のエネルギー吸収を的確にシミュレーションすることが重要となる。

そこで、我々は、小領域内の高エネルギーβ線とそのβ線と物質との相互作用により発生する制動放射線とを識別してエネルギー吸収をサンプリングする EGS5 ユーザーコードを作製し、その妥当性の検証を試みた。

【方法】(1) モンテカルロ計算は、EGS5 β版 (2006年3月30日配布) を使用した。(2) EGS5用ユーザーコードは、マウスを模擬した物理ファントム内構造 (図1) と同じジオメトリにて、β線直接からの電子によるエネルギー吸収と制動放射線発生後の光子の振る舞いによるエネルギー吸収とを識別し、吸収線量を算出できるものを作製した。(3) ファントム内線量分布は、物理ファントム (Tough-Water; 30mm x 30mm x 42mm) の中心部に、⁹⁰YCl₃溶液 (照射開始時放射線量; 6.6 MBq、溶液量 267.7mg) を封入した同材質のカプセルを線源として埋め込み、小型ガラス線量計 (Dose Ace) をその線源周囲 24カ所に埋め込んでその測定値により把握した。小型ガラス線量計は、β線、制動放射線を弁別して測定することはできず、それら放射線の合計として測定され、β線寄与分を識別した EGS5 ユーザーコードの妥当性を直接に検証することはできない。そのため、本研究では、EGS5 による計算部分について、物理ファントム内の測定位置と同じ位置におけるガラス素子吸収線量のβ線寄与分と制動放射線寄与分の合計値を求め、それら合計値と実測値 (¹³⁷Cs換算による読み取り値) の比較に主眼を置いた。

【結果】小型ガラス線量計で測定したファントム内線量分布の傾向は、大方、EGS5 計算値により推定が可能とわかった。しかし、実測値 (ガラス線量計読取値) に対するその計算値 (β線寄与分・制動放射線寄与分合計吸収線量) の比では、1.04~4.86 倍と大きくばらついている。この原因は、主に、実測値を¹³⁷Cs換算による読み取り値で表したためであり、また、小型ガラス線量計の特性に関係しているのではないかと考え、現在、β線の基準照射による適切な校正定数の適用を検討しているが、ユーザーコードに関しても、更に推定精度を上げるための条件設定を検討中である。

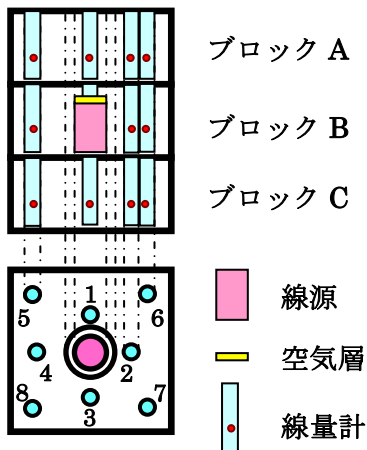


図1. ファントムブロックと線量計配置

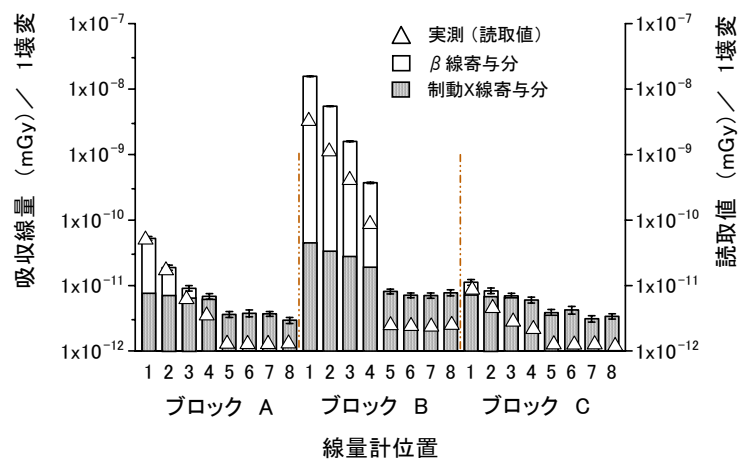


図2. EGS5によるファントム内⁹⁰Y溶液線源からのβ線と制動X線のファントム内吸収線量 (ガラス素子) 分布と実測値