

電子線線量測定における固体ファントムの 深さ - スケーリングの検討

小島 徹, 齋藤 秀敏¹⁾, 片寄 哲朗²⁾, 河内 徹²⁾
東京都立保健科学大学大学院, 1) 首都大学東京 保健学部,
2) 首都大学東京大学院

2002年に全面的に改訂された『外部放射線治療における吸収線量の標準測定法(標準測定法01)』の吸収線量評価の基準条件においては、光子および電子ともにファントムは水に限定されている。しかし、線質指標 $R_{50} < 4 \text{ g/cm}^2$ (平均入射エネルギー10 MeV以下)の電子線については水中での位置再現性に問題がある場合、および耐水性電離箱を準備することができない場合に限定して固体ファントムの使用を認めている。標準測定法01より、固体ファントム厚 d_{pl} は、以下の式により深さスケール法によって水等価厚 d_{water} へは深さスケール係数 c_{pl} を用いて算出できる。

$$d_{water} = c_{pl} \cdot d_{pl} = \frac{z_{av}^{water} \cdot \rho_{water}}{z_{av}^{pl} \cdot \rho_{pl}} \cdot d_{pl}$$

ここで、 z_{av} は各ファントム中での平均到達深度(cm)であり、モンテカルロシミュレーションにより下式を用いて算出できる。

$$z_{av} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N z_{abs,i}$$

平均到達深度は平面に垂直に入射した一次電子が減速し、運動エネルギーを失って停止した深さ $z_{abs,i}$ (cm)を各ヒストリーについてサンプリングし、その平均値を計算したものである。この $z_{abs,i}$ を新たなバージョンとなったEGSnrc ver.4.0を用いて算出した。ヒストリー数については齋藤ら(2002)の報告と比較し10倍の 1×10^6 、カットオフエネルギーは同様に0.01 MeVとした。

また、この深さスケール法の精度を実測によって評価した報告は少ないので、臨床用リニアックを用いて測定を行った。行った。測定は、リニアック(Varian Medical Systems、Clinac 2100C)が発生する6および9 MeVの電子線を用いて、SSDを100 cm、照射野を10 cm × 10 cmの照射条件で、深部電離量百分率(PDI)を測定した。線量計はMarkus型(PTW FREIBURG)およびNACP型(Scanditronix, NACP-02)の二つの平行平板形電離箱を用いた。使用した固体ファントムはWE211(Tough Water、京都科学)とRMI-457(Solid Water、GAMMEX RMI)である。結果は、深さスケール法による補正を採用したPDI曲線においても、深部電離量半価深 R_{50} の相違が見られた。正確な深部電離量半価深を求めることは、線質変換係数、校正深さらには水/空気の制限質量衝突阻止能比などを決定するために重要であり、深さスケール法のより高い精度が必要であると考えられる。また、治療計画装置は水中での吸収線量分布を基礎データとしているため、人体を模擬した固体ファントムを用いて線量検証を行った場合、計算値と異なる結果を生ずる可能性があり、より精度の高い深さスケール法の必要性があると思われる。