

密度制御熱蛍光体から成る人体模型線量計の理論的検討

Theoretical examination of human-phantom dosimeter

based on bulk-density-controlled thermoluminescent phosphors

首都大¹, 量研機構放医研² ○柳澤伸¹, 真正浄光¹, 古場裕介², 福田茂一²

Tokyo Metro. Univ.¹, QST-NIRS², °Shin Yanagisawa¹, *Kiyomitsu Shinsho¹, Yusuke Koba², Shigekazu Fukuda²

*E-mail: shinsho@tmu.ac.jp

[緒言] 現在、光子線治療における品質保証として、水等価の均質ファントムを用いた線量分布検証が行われているが、実際には人体内の線量分布を3次元的に検証することが望ましい。そこで我々は人体組織に等価な熱蛍光 (thermoluminescence: TL) 素子のみを用いた人体模型線量計の開発を目指している。光子線治療領域における光子と物質との相互作用は物質の電子密度に依存したコンプトン散乱が支配的である。電子密度は物質の嵩密度に比例するため、嵩密度を調整することにより人体組織と等価な TL 素子と製作することができると考えられる。これまでに $\text{Al}_2\text{O}_3:\text{Cr}$ セラミックスの嵩密度 (3.7 g/cm^3) を 50%に制御した TL 素子の製作に成功している。今回、密度制御 $\text{Al}_2\text{O}_3:\text{Cr}$ セラミックスの人体組織等価性をモンテカルロ計算により評価した。

[方法] モンテカルロ計算を用いて、臨床用直線加速器の 4, 6, 10 MV X 線に対する、各密度の Al_2O_3 セラミックスまたは人体組織で構成された一辺 30 cm の立方体の深部線量百分率 (percentage depth dose: PDD) を取得し、 $\text{Al}_2\text{O}_3:\text{Cr}$ セラミックスの人体組織等価性を評価した。放射線輸送計算コードとして PHITS¹⁾ version 3.00 を用いた $\text{Al}_2\text{O}_3:\text{Cr}$ セラミックスの密度制御率は 0-70%とし、人体組織は ICRU44 に記載された組成を使用した。

[結果・考察] Fig. 1 に各密度制御率の $\text{Al}_2\text{O}_3:\text{Cr}$ セラミックスの PDD を示す。PDD は密度制御率が高くなるほど、つまり電子密度が小さくなるほど緩やかに減衰することがわかる。Fig. 2 に密度制御率 50, 70%の $\text{Al}_2\text{O}_3:\text{Cr}$ セラミックスと骨 (下顎骨) 及び水 (軟部組織) の PDD を示す。密度制御率 50%と骨の PDD は表面付近では僅かに差が生じるものの、1 cm 以降の深さではよく一致した。また密度制御率 70%と水の PDD においても同様に 1 cm 以降の深さでよく一致した。以上から、複数の密度制御率の熱蛍光体から成る人体模型線量計は光子線治療領域において、表面付近を除く人体線量分布の取得が可能であることが示唆された。現在、密度制御率 70%以上の $\text{Al}_2\text{O}_3:\text{Cr}$ セラミックスを製作中である。

1) T. Sato et al., J. Nucl. Sci. Technol. 50:9, 913-923 (2013)

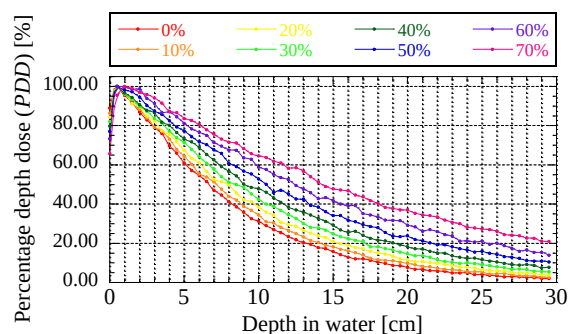


Fig. 1 PDDs of each of bulk-density-controlled $\text{Al}_2\text{O}_3:\text{Cr}$ ceramics for 6 MV X-ray.

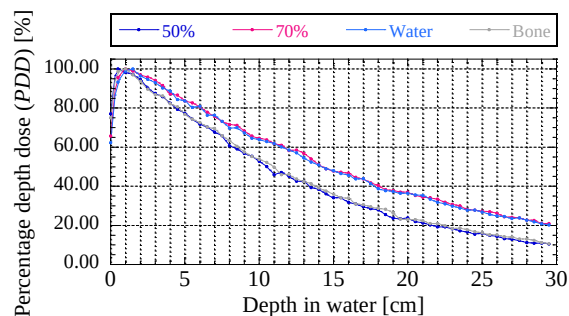


Fig. 2 Comparisons of PDDs of bulk-density-controlled $\text{Al}_2\text{O}_3:\text{Cr}$ ceramics and body tissues for 6 MV X-ray.