

放射線治療領域における人工ルビー線量計と電離箱線量計の相違について

国際医療福祉大学 保健医療学部 放射線・情報科学科 ○宮入 拓未(Miyairi takumi)
浅川 百恵 岡田 裕樹 桜庭 裕貴 鈴木 康公 添野 美幸 平栗 佳菜子
森 貴野 長尾 拓朗 山口 俊哉 丸山 采華 細貝 良行

【はじめに】

私たちはこれまで診断領域における人工ルビー線量計の有用性および人工ルビー線量計を使用した放射線治療時の高エネルギー光子線に対する応答特性について報告してきた。そこで、私たちはさらなる放射線治療領域における基礎特性について検討した。

【使用機器】

- ・人工ルビー線量計
- ・フotonカウンティングシステム:HAMAMATSU H7421-50及びC8855
- ・一般撮影装置:日立メディコ UH-6GE-3IT
- ・放射線治療装置:MITSUBISHI LINAC EXL-15SP
- ・水ファントム

【検討項目】

- 1.高エネルギー光子線における照射野サイズと散乱線の関連性
- 2.ルビーごとの感度の違い
- 3.人工ルビーの高エネルギー光子線に対する放射線耐性

【方法】

- 1.ここでは、コリメータ散乱係数(以下Sc)と出力係数(以下OPF)を算出することで評価することとした。
照射条件は、10MV光子線、SSD100cm、300MU、300MU/min、測定深は基準照射野10cm×10cmでの線量最大深である3.1cmとその2倍の6.2cm、照射野サイズは、1cm×1cm、3cm×3cm、5cm×5cm、10cm×10cm、20cm×20cm、各深さで2回ずつ測定を行った。測定結果から、照射野10×10cm、測定深3.1cmを基準としたOPFを算出しグラフに示す(Fig.2)。Sc測定では、SSD100cmで空中に固定し測定した(Fig.1)。
- 2.各人工ルビー(日立社製:No.1,2,3,5,6,7,8,9、サンド社製:No.1,2,3,4,5,10,11,12)に対して、管電圧は60kVから10kVずつ上げ120kVまで、各管電圧でmAs値を10mAsから20,50,100,160,200,250,320mAsと変化させそれぞれ測定を行った。測定結果から1番感度が高いもの、1番感度の低いもの、この2つの中間程度の人工ルビー線量計の測定結果をグラフに示す(Fig.3)。
- 3.人工ルビーに⁶⁰Co光子線を約10mGy/sを5時間半、計約200Gyの照射を行った。測定結果をグラフに示す(Fig.4)。

【結果】

Fig.1にScの測定結果を示す。縦軸がSc、横軸が照射野の大きさ(cm)である。グラフから照射野が大きくなるほどガントリからの散乱線が増えていることがわかる。Fig.2に照射野10×10cm、測定深3.1cmを基準としたOPFの測定結果を示す。縦軸がOPF、横軸が照射野の大きさである。青が線量最大深である3.1cm深での測定結果で、オレンジが最大深の2倍の深さである6.2cm深での測定結果を示している。最大深に比べ、その2倍の測定深では減衰により散乱線の寄与が少なくなっていることが分かる。

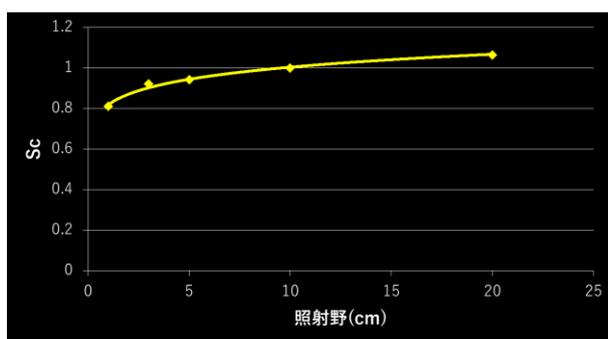


Fig.1 コリメータ散乱係数

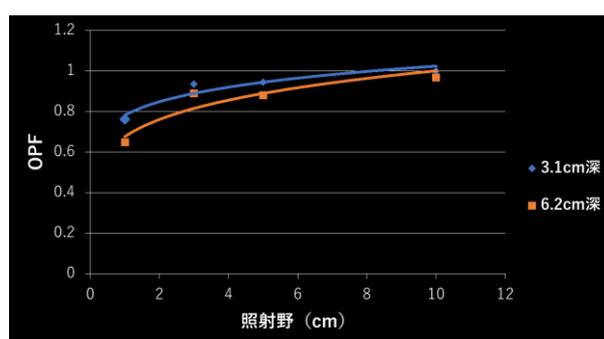


Fig.2 出力係数

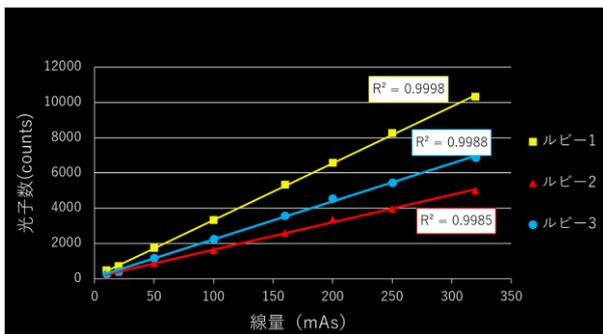


Fig.3 各ルビーの感度の違い

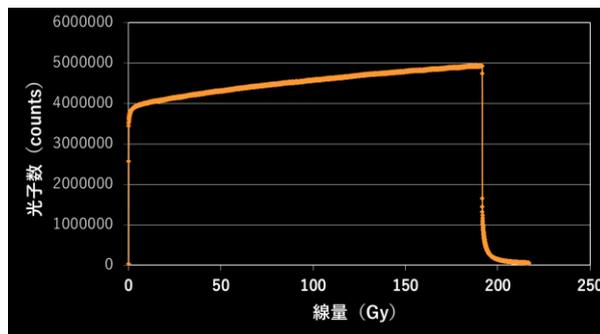


Fig.4 長時間測定

Fig.3に複数個ある人工ルビー線量計のうち、感度が一番高いもの、一番低いもの、その中間の人工ルビー線量計の測定結果を示す。縦軸が発光光子数(counts)、横軸が線量(mAs)である。100kV X線を用いてmAs値を変化させていき照射中の発光光子数を積算した結果である。最大で2倍程度の感度の違いが見られたが、mAs値の増加とともに光子数は直線的に増加しており、有意な相関関係が得られた。

Fig.4に長時間測定の測定結果を示す。縦軸が発光光子数(counts)、横軸が線量(Gy)である。5時間半で計200Gyの照射を行ったが、感度の低下は見られなかった。しかし、徐々にカウントが増加する傾向が見られた。カウントが増え続けているのは人工ルビーの残光特性が関係していると考えられる。この残光特性は一般的な蛍光体にも見られますが、これに対する補正法として、まず残光特性には一次発光と二次発光が関係していると考え、グラフに一次発光成分と二次発光成分の近似曲線を作成し、残光特性への補正を行う方法が考えられる。この他にも人工ルビー製造の際、成分に改良を加えることで改善するのではないかと考える。

【考察】

人工ルビー線量計を使用して治療領域での散乱係数測定を行うことができたが、測定での固定具は電離箱線量計専用のものを使用したため、精度や再現性は担保できないと考える。そのため、人工ルビー線量計専用の固定具を作成し、精度の追求を行うことが必要であると考え。

感度の違いは見られたがすべての人工ルビー線量計でmAs値の増加とともに発光光子数は直線的に増加しており、クロスキャリブレーションすることでどの人工ルビー線量計を用いても発光光子数から放射線量を算出できる。

放射線耐性は確認できたが、残光特性が目立ったため、何らかの補正を行う必要があると考える。

【おわりに】

本研究では人工ルビー線量計が放射線治療領域での散乱線測定が可能であることを確認することができた。またルビーごとの感度の違い、放射線耐性を確認することができた。

本研究の最終目標としては、多数点でのリアルタイムな局所照射線量測定を実施することで、放射線治療の更なる安全性を高めることである。したがって今後、人工ルビー線量計が線量分布に与える影響の確認、人工ルビー線量計専用の固定具等の作成による精度や再現性の追求、残光特性に対する補正法の確立などのさらなる検証をしなければならない。

【参考文献】

- 1) Y.Hosokai et. al.,Development of real-time radiation exposure dosimetry system using synthetic ruby for interventional radiology.,Radiation Protection Dosimetry,Volume175,Issue4,August2017,Pages517-522