

BNCTにおけるHP-Ge半導体検出器を用いた放射化反応率測定に関する基礎的検討

南東北がん陽子線治療センター ○原田 崇臣 (Harada Takaomi)

加藤 貴弘 新井 一弘 本柳 智章

成田 優輝 大内 久夫 武政 公大

住友重機械工業株式会社

菊地 雄司 密本 俊典

【背景・目的】

ホウ素中性子捕捉療法(Boron Neutron Capture Therapy; BNCT)における熱中性子束の測定には、一般的に放射化法が用いられている。BNCTにおいては、熱中性子に対し高い感度をもつ金が放射化検出器として用いられ、高純度ゲルマニウム半導体検出器(以下、HP-Ge検出器)にて放射能強度が計測される。今回は、放射化検出器として金線を用いる際に、加速器BNCTの熱中性子束測定の一連の過程における不確かさが、放射化反応率測定の測定結果にどの程度影響を及ぼすのかについて検討した。

【方法】

加速器BNCT、HP-Ge検出器にはそれぞれ、HM-30(住友重機械工業)、GEM20P4-70(ORTEC)を用いた。熱中性子束分布を得るために、裸の金線とカドミウムのチューブを着けた金線の2種類を放射化検出器として用いた。照射体系の最下流に位置するコリメータに近接して水ファントムを配置し、用意した2種類の金線をアクリル板に貼り付けて、金線がビーム軸に一致するように水ファントム中に設置した。陽子ビーム電流1 mAにて発生する熱外中性子ビームを約5分間照射した。測定後の金線を一定の長さで切断し質量測定をした後、丸めて測定用アクリル板に貼り付け、HP-Ge検出器にて計測した。同様の測定を8回実施することでその再現性を評価し、測定系の不確かさについて考察した。

【結果・考察】

Fig.1に金線の放射化反応率を示す。測定結果のバラつきは深さ20 mm付近で顕著に見られるが、測定深が深くなるにつれてバラつきが小さくなる結果となった。また、金線の放射化反応率から熱中性子の深部線量分布を求めたが、放射化反応率と同様の傾向が見られた。この原因としては、ピーク深付近の線量分布がやや急峻であることから、金線を切断する際の正確性の影響が大きく表れたためであると考えられる。

そこで、金線を意図的に1 mmずらして切断して測定した結果を、前述の8回の測定結果の平均値と比較した。その結果をFig.2に示す。Fig.2より、金線を1 mmずらして切断した結果は、深さ20mm付近にて平均値からの乖離が見られた。このことより、金線の切断の正確性は、深さ20 mm付近の測定結果の不確かさに影響を及ぼすと言える。

その他に測定系の不確かさに影響する因子として、HP-Ge検出器の検出効率が考えられる。検出効率は検出器と試料の幾何学的条件に依存するが、測定時の金線の形状を完全に再現することは難しいため、その影響が懸念される。しかしながら、今回は具体的な検討には至っておらず、また、実測ベースで検証するには限界があると考えているため、今後は、モンテカルロシミュレーションによる計算結果も利用することで、不確かさに対する影響を評価していく予定である。

【まとめ】

加速器BNCTの熱中性子束測定において、熱中性子量の少ない深部よりもピーク深付近の測定結果の方が不確かさは大きいことがわかった。これには、金線の切断の正確性が影響を及ぼしていると言えるが、これは原因のひとつにすぎなく、その他の因子についてはモンテカルロシミュレーションによる計算結果も含め、今後さらなる検討をしていく必要があると言える。

【参考文献】

1) H. Tanaka, et al. : Experimental verification of beam characteristics for cyclotron-based epithermal neutron source (C-BENS). Applied Radiation and Isotopes, 69 (2011), 1642-45

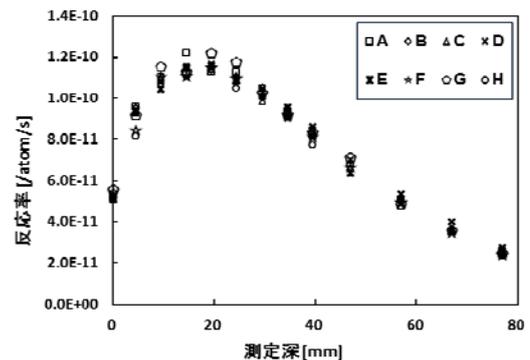


Fig.1 金線の放射化反応率

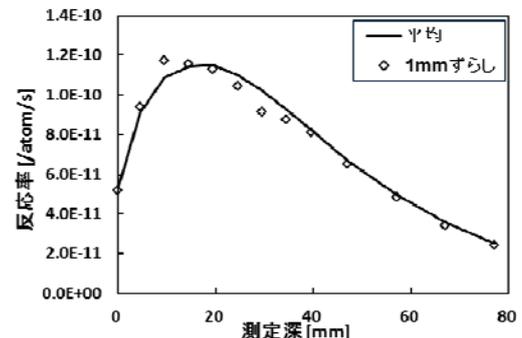


Fig.2 平均(実線)と1mmずらした結果