

BNCT 照射中性子ビームのリアルタイム絶対量計測

Real-time absolute measurement of BNCT neutron beam intensity

*原田 恭介¹, 上村 晃生¹, 山西 弘城², 志賀 大史², 中村 哲志³,
島田 健司⁴, 中村 勝⁴, 藤井 亮⁴, 高田 真志¹

防衛大学校¹、近畿大学原子力研究所²、国立がん研究センター³、CICS⁴

BNCT 中性子ビームフラックスの絶対量をフッ化リチウム蒸着量で熱中性子感度を調整できる検出器を用いて計測した。近畿大学原子炉内部と国立がん研究センターBNCT 施設の中性子場で±4.1%以内の差異で照射中性子を計測できた。

キーワード：ホウ素中性子捕捉療法，シリコンダイオード検出器，リアルタイム測定，中性子

1. 緒言

ホウ素中性子捕捉療法（BNCT：Boron Neutron Capture Therapy）では、治療中性子ビームを中性子金放射化法により計測することで品質管理を行っている。本研究ではこの金放射化法に置き換わる計測手法として、フッ化リチウム（LiF）蒸着膜とシリコンダイオードを組み合わせた検出器を用いて高精度に熱中性子フラックスを計測した。本検出器の熱中性子に対する検出効率が LiF 蒸着量に比例する特性を利用して中性子校正場に依存せず中性子ビームの絶対強度を導出できる。

2. 実験

これまで採用した熱中性子に対する検出効率の評価手法[1]では、2つの要因で ICRU の治療線量評価の基準(±5%)を満足できない。本研究ではこれらの要因を改善することで検出効率の決定精度を向上させた。1つ目は、LiF 蒸着量の評価を膜密度と厚みの計測から、水晶振動子による LiF 面密度計測に変更した。2つ目は、蒸着膜の形状を半径数 mm の円形にして、⁶Li(n,t)⁴He 反応により生成したトリトンピークの分離精度を向上させた。LiF 蒸着量に対する依存性を、近畿大学原子炉内部と国立がん研究センターBNCT 施設において実測した。

3. 結果

新たな LiF 蒸着膜形状を採用したことで、トリトンピークの分離精度が向上した。水晶振動子を用いた LiF 蒸着面密度の測定により、トリトン計数と LiF 蒸着質量がより良好な比例関係を示した。図1に実験から得られた熱中性子検出効率と LiF 蒸着質量の関係を示す。横軸に水晶振動子で測定した LiF 蒸着質量、縦軸に熱中性子検出効率を LiF 蒸着質量と幾何学的効率で規格化した値を示している。LiF 蒸着膜の厚みは 0.05 ～0.5 μm に相当する。PHITS コードを用いて LiF から生成された2次粒子をシミュレーションして評価した中性子検出効率を水色の実線で示す。この値は、1 回目の近大炉の測定結果と良好な一致を示した。これまでの結果から中性子検出効率を±4.1%のばらつきで導出できた。

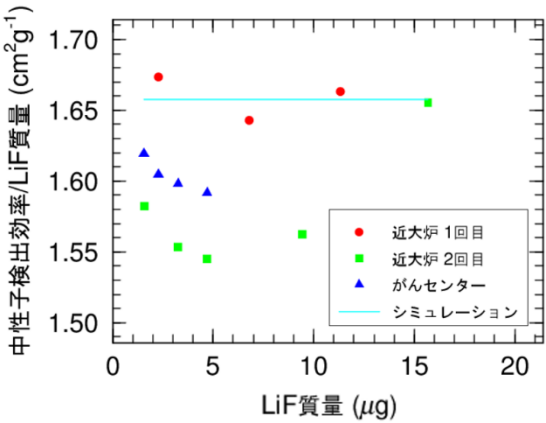


図1 熱中性子に対する検出効率とLiF蒸着量の関係

4. 結論

中性子コンバーターの最適な LiF 蒸着形状と水晶振動子を用いた LiF 蒸着面密度測定により、リアルタイム中性子検出器の熱中性子検出効率を±4.1%の精度で評価できた。今後、更なる中性子検出効率の高精度化を行い、熱中性子フラックスの導出精度を向上させる。

参考文献

[1] M. Takada et al., “Thickness-dependent neutron detection efficiency of LiF-Si-based active neutron detector for boron neutron capture therapy”, Nucl. Instr. Meth., A1064(2024)

*Kyoosuke Harada¹, Kosei Kamimura¹, Hirokuni Yamanishi², Hiroshi Shiga², Satoshi Nakamura³, Kenji Shimada⁴, Masaru Nakamura⁴, Ryo Fujii⁴, Masashi Takada¹

¹Nat'l Defense Acad., ²Atomic Energy Res. Inst., Kindai Univ., ³Nat'l Cancer Center, ⁴CICS