FNTD 中性子線量計の単色中性子に対する応答評価

Response of FNTD neutron dosimeter to mono-energy neutrons

橋詰 拓弥 ^{1, 2)} 萩原 雅之 ^{1, 3)} 佐波 俊哉 ^{1, 3)} 飯島和彦 ³⁾ 西野 翔 ⁴⁾
Takuya HASHIZUME Masayuki HAGIWARA Toshiya SANAMI Kazuhiko IIJIMA Sho NISHINO

1) 総合研究大学院大学 2) 長瀬ランダウア (株) 3) 高エネルギー加速器研究機構
4) 日本原子力研究開発機構

蛍光飛跡検出器 FNTD (fluorescent nuclear track detector) は、中性子個人被ばく線量計としての利用が期待される。本課題では、単色中性子を照射した FNTD 線量計から飛跡画像を取得し、飛跡密度、飛跡の角度分布を解析することで、飛跡撮像能を調べた。

キーワード: FNTD, 単色中性子, 反跳陽子飛跡

<u>1.</u>目的

FNTD 中性子線量計は FNTD 素子($A1_20_3$: C, Mg)とコンバータで構成される。高速中性子と PE コンバータ内の水素原子との弾性衝突で生じた反跳陽子は FNTD に入射し飛跡を形成する。素子の励起・発光特性を利用し、ある深さ(数 μ m)平面を専用リーダーでスキャンすると、蛍光箇所として飛跡が検出される。蛍光箇所を数えることで FNTD に入射した飛跡数が分かる。これまでに中性子線量と飛跡密度 [tracks/mm²] には直線関係があると報告されている。しかし、①飛跡が角度・エネルギーに依らず撮像されているか、②撮像された飛跡が漏れなく検出されているか、は検証されていない。また飛跡の撮像限界から測定誤差を算出する、といった試みもなされていない。

本課題では、反跳陽子の飛跡が FNTD 画像上で漏れなく撮像されるか検証するため、FNTD 線量計に単色中性子を照射し、得られた飛跡画像の飛跡密度と角度分布を計算値と比較した。

2. 方法

日本原子力研究機構放射線標準施設 (FRS)_単色中性子照射室にて、5 MeV 単色中性子 (2 H(d, n) 3 He) を FNTD 線量計に照射した。照射は Free Air にて、線量は 13.52 mSv (Hp(10))、照射個数は 8 個とした。照射した線量計から素子を取り出し、PE コンバータ下領域をリーダーでスキャンし (2 μ m 深さ)、反跳陽子の飛跡画像を取得した。取得した飛跡画像を解析し、飛跡密度 [tracks/mm²] と飛跡の角度分布を計測した。

一方、放射線挙動解析計算コード PHITS (ver. 3.02) を用い、FNTD 線量計に 5 MeV 中性子を照射した際、スキャン深さで得られる飛跡密度と飛跡の角度分布を計算し、実測との比較を行った。

3. 結果及び考察

得られた反跳陽子の飛跡密度は、 1 mm^2 あたり 8線量計の平均値 \pm 標準偏差で、y 一 第二値が 323 ± 13 個、目視によるカウント値が 351 ± 12 個、PHITS 計算値が 501 ± 5 個、であった。目視カウント値を撮像された飛跡の絶対数としたとき、y 一 ダーは 8 %の飛跡を読み落とした。一方、PHITS 計算値を理想的に得られる飛跡数としたとき、実際に撮像された飛跡は全体の 70%であった。

撮像された/されなかった飛跡の性質を明らかにするため、飛跡の角度分布を実測と計算で比較した。ある1素子(ID: J0339)で得られた飛跡画像から、飛跡の短長径比を計測し、406飛跡の分布を得た。短長径比は1.5をピークにおよそ7まで分布した。これは0°から60°以上の角度を持つ飛跡まで画像化されたことを示唆した。一方、計算によって得られた飛跡の角度分布は、0-30°: 82%,30-45°: 15%,45-60°: 3%,60°以上: 0.2%、であり、実測画像の飛跡角度分布と類似した。このことから、飛跡角度に依存した撮像能の違いは得られなかった。今後、エネルギーに依存した飛跡撮像能の違いを検討する。

4. 引用(参照)文献等

Sykora, et al., Radiat. Meas. 44, 988-991 (2009), Akselrod, et al., Radiat. Meas. 46, 1671-1679 (2011), Sato, et al., J. Nucl. Sci. Technol. 55, 684-690 (2018)