

ダイヤモンド検出器を用いた極限放射線環境下における 中性子センサーの実験的研究

Feasibility Study on Neutron sensor under Extreme Radiation Environments Using a Diamond Detector

*萩原 雅之^{1,2}, 徐 秀清², 大山 隆弘¹, 八島 浩³, 鎌田 創⁴

¹KEK, ²総研大, ³京大, ⁴海技研

福島第一原子力発電所（1F）の炉内状況の把握に資するため、燃料デブリから放出される自発核分裂中性子の計測に狙いを定め、高 γ 線環境下でも安定に動作する小型ダイヤモンドセンサーと中性子コンバータからなる中性子検出用センサーの開発を進めている。高レートの γ 線イベントと中性子イベントとの弁別性能が最適となる素子サイズを、厚さの異なるダイヤモンド検出器に対する実測やPHITSによるシミュレーション計算等によって検討した。

キーワード：放射線混合場、燃料デブリ、高レベル γ 線、熱中性子、シミュレーション、パイルアップ

1. 緒言

福島第一原子力発電所（1F）の廃炉を加速するためには、燃料デブリがどこにどのような状態で存在するのか等の炉内状況を十部に把握し、通常の原子力発電所にはない放射性物質に起因するリスクを、継続的、かつ速やかに下げながら、廃炉工法を決定する必要がある。国際廃炉研究機構（IRID）が公表している1F原子炉格納容器内部の線量環境（数10 Gy/h）下において燃料デブリから放出される中性子を検知することで、その位置の特定が可能な燃料デブリセンサーの開発を行うため、熱中性子コンバータ付きのダイヤモンド検出器を中性子検出素子として採用し、その中性子感度や γ 線影響を実測結果との比較によって検証した汎用粒子輸送計算コードPHITS[1]のシミュレーションモデルを作成し、高レートの γ 線イベントと中性子イベントとの弁別性能が最適となる素子サイズを検討した。

2. 実験と結果

熱中性子コンバータ付きのダイヤモンド検出器として、Cividec社の2種類の有感層厚さ（140 μm 厚と25 μm 厚）で1.9 μm 厚の⁶LiF付きCVDダイヤモンド検出器（B6-C）を用いて、1）エネルギー分解能、2） γ 線感度、3）中性子感度の測定を行った。 γ 線イベントはダイヤモンド検出器やその周辺の構造物と γ 線が相互作用し発生するコンプトン電子のエネルギー付与によって生じ、中性子イベントは中性子コンバータから生成された荷電粒子のエネルギー付与によって生じる。これらのエネルギー付与の大きさの差が隔たっているほど γ 線・中性子イベントの弁別性能は高くなる。1）ダイヤモンド検出器自体のエネルギー分解能については、3種混合 α 線源（¹⁴⁸Gd、²⁴¹Am、²⁴⁴Cm）を用いて評価し、FWHMで ~ 57 keV@5.49 MeVであり双方とも十分なエネルギー分解能を持っていることが分かった。2）については京都大学複合研のコバルト60ガンマ線照射装置で照射試験を行い、100 Gy/hの高 γ 線環境下においても十分な波高弁別能を持つことが分かった。3）については、KEKの黒鉛パイルにて熱中性子の検出効率を測定した。また、PHITSコード（Ver. 3.20）を用いてシミュレーション計算を実施し、中性子や γ 線に対する検出感度の実測値と比較することで、シミュレーションモデルの検証を行い、弁別性能が最適となる素子サイズを評価した。

参考文献

[1] T. Sato et al., J Nucl Sci Technol. 55 (2018) 684–690.

*Masayuki Hagiwara^{1,2}, Xiuqing Xu², Takahiro Oyama¹, Hiroshi Yashima³ and So Kamada⁴

¹KEK, ²SOKENDAI, ³Kyoto Univ., ⁴NMRI