

パッシブ中性子線断層撮影法の使用済燃料集合体への適用可能性

(2) Water Rod による断層撮影への影響

Applicability of Passive Neutron Emission Tomography to spent nuclear fuel assemblies

(2) The effect of Water Rod on the tomography

*土屋 克嘉¹, 相楽 洋¹, 韓 治暎¹

¹東京工業大学

本研究では、部分欠損検認のための非破壊測定技術の候補として開発が開始されたパッシブ中性子線断層撮影法に着目し、BWR 使用済燃料集合体の Water Rod の断層撮影へのノイズの程度を数値計算により明らかにした。

キーワード：パッシブ中性子線断層撮影法、非破壊測定、保障措置、使用済燃料集合体

1. 緒言

保障措置において、使用済燃料集合体の部分欠損検認のための高精度でかつ運用が容易な非破壊測定技術が求められており、その候補技術としてパッシブ中性子線断層撮影法 (PNET) の開発が行われている^[1]。PNET では内部線源から自発的に放出される中性子線を用いており、その高い透過性から燃料集合体中心部の情報を明瞭に得ることが期待されている。一方で水による中性子の減速や反射といった特有の阻害因子が考えられ、BWR 使用済燃料集合体においては取り出し後にも Water Rod 内に水が存在するため、中性子の散乱や捕獲・増倍等による断層撮影へのノイズが予想される。本研究では、BWR 使用済燃料集合体の Water Rod が断層撮影に及ぼすノイズの程度を明らかにすることを目的とする。

2. 研究手法

SCALE6.2/ORIGEN-ARP を用いて Step3,9x9(B 型)BWR 使用済燃料集合体の核種組成及び中性子線源情報を取得した。計算モデルとして、気中における BWR 燃料集合体及び中性子検出器と検出器への入射経路を絞るためのスリットを有する吸収体で構成されたモデル (図 1) を作成した。同モデル上で MCNP6.2 を用いて検出器領域に入射した中性子の計数を求め、中性子線の投影データとして取得した。計数は燃料集合体を中心に検出器を回転及び走査して求めた。これによって得られた投影データを用いて最尤推定一期待値最大化 (ML-EM) 法^[2]により中性子線源分布の画像再構成を行った。

3. 結果

作成した計算モデルにおいて、Water Rod 内の水の有無をパラメータとした検出器での中性子スペクトルを図 2 に示す。図 2 より、水の存在が中性子束スペクトルに減速の効果を与えることが分かった。また、このとき発生中性子に対する計算終了時の中性子の増加数を計算すると、発生中性子数を 1 として水がある場合は 0.0200 であったが、水がない場合は 0.0082 であった。これより、減速した中性子により誘発核分裂が起り、中性子数が増加することが分かった。今後、画像再構成を行い Water Rod が画像再構成に及ぼす影響を明らかにする予定である。

参考文献 [1] Tokuda et al., Proc. INMM Ann. Mtg, 2021. [2] 坂口和也ほか, 日保学誌 Vol.8 No.4 2006.

*Katsuyoshi Tsuchiya¹, Hiroshi Sagara¹ and Chi Young HAN¹

¹Tokyo Tech

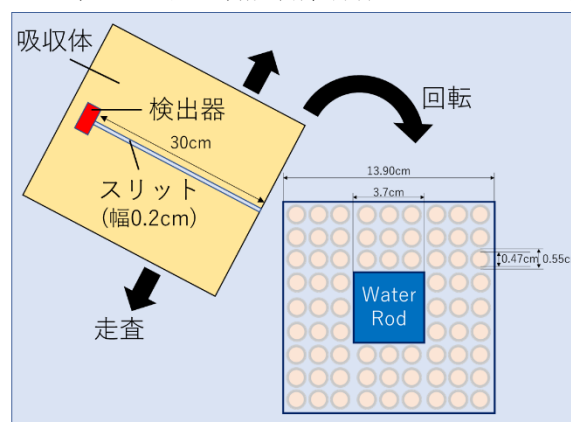


図 1 計算モデル

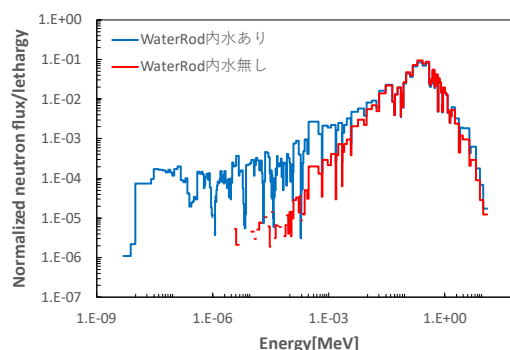


図 2 集合体から漏洩する中性子の
中性子束スペクトル