

福島第一原子力発電所における燃料デブリ中の核燃料物質定量に関する 候補技術の特性研究(5)-アクティブ γ 法-

Characterization Study of Candidate Technologies for Nuclear Material Quantification in Fuel Debris at
Fukushima Daiichi Nuclear Power Station (5) Active γ Method

*名内 泰志¹

¹電力中央研究所

福島第一原子力発電所(1F)における燃料デブリ中の核燃料物質定量技術開発に資するため、中性子照射 γ 線スペクトル測定の数値シミュレーションを行った。燃料デブリ、収納容器、中性子源、遮蔽体とGe検出器からなる測定条件を定め、共通モデルの収納容器、燃料デブリ組成条件に対し検出器応答を評価した。

キーワード：中性子照射 γ 線スペクトル測定、核種同定、数値シミュレーション、燃料デブリ

1. 緒言

1F事故で形成された燃料デブリを回収する際、収納容器毎に核燃料物質定量を行う必要がある。当所では中性子照射 γ 線スペクトル測定(NIGS)で核分裂 γ 線と中性子捕獲 γ 線を計測し、容器内の物質の組成に関係した情報を得ようとしている。本報では共通モデルフェーズI [1]を用い、燃料デブリ組成毎にNIGSのシミュレーションを行い、識別可能な核種や必要な中性子強度について調査した。

2. 数値シミュレーション

図1に測定体系の一例を示す。円筒形の収納容器を水中におき、その10cm外にd-D核融合型中性子源を置く。逆方向にコリメータを配置するとともに、コリメータ出口に相対検出効率100%のGe検出器を配置する。コリメータは収納容器の水平方向断面全体を視野に含むスリット型とし、幅を1.6cmとした。この設計でFP γ 線計数率を10kcps以下に抑えた。計算では収納容器のコリメータの視野に入る箇所を水平方向2cm角のメッシュに区分し、メッシュ毎の物質の核分裂、捕獲反応率をMCNP-5コードの計算で求めた。次に、 γ 線発生スペクトルと発生数を核分裂/捕獲反応について文献[2]/[3]で与え、 γ 線輸送計算でGe検出器へのエネルギー付与を計算した。

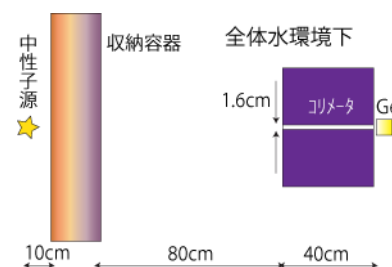


図1 NIGSでの計測体系図

3. 計算結果

先報[4]に新たに追加された3つの燃料デブリ組成条件、#09:Gd含有量大、#10:低燃焼度条件 #11:高燃焼度条件での γ 線検出応答について#01:標準組成との比較を行った。核分裂 γ 線や収納容器構造材料の中性子捕獲 γ 線成分が重畳するものの、図2に示すよう、どのケースでも ^{238}U 中性子捕獲 γ 線を測定できること、 ^{240}Pu は含有量の少ない低燃焼度ケースを除き測定できることがわかった。またGd含有量が多い場合は ^{157}Gd からの6750keV γ 線が識別できることがわかった(図3)。ケース#09で1時間の測定で統計誤差10%で ^{238}U 中性子捕獲反応率を求めようとする場合、必要中性子源強度は $2.4 \times 10^{10}\text{n/s}$ となる。

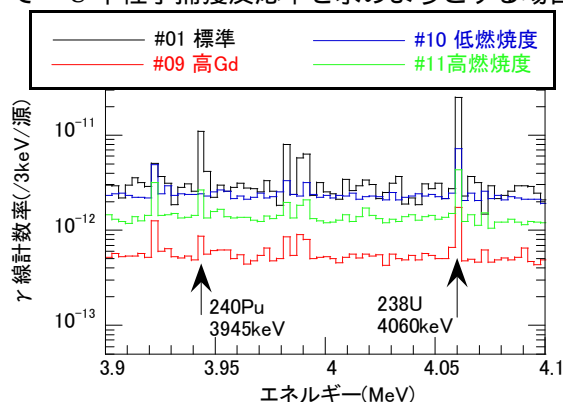


図2 ^{238}U 、 ^{240}Pu の捕獲 γ 線スペクトル

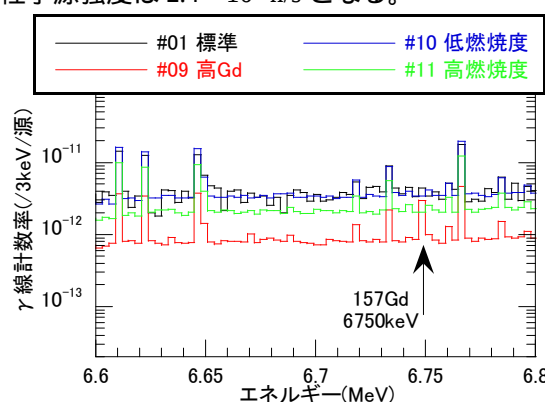


図3 ^{157}Gd の捕獲 γ 線スペクトル

参考文献

- [1] 長谷他、「福島第一原子力発電所における燃料デブリ中の各燃料物質定量に関する候補技術の特性研究(1)全体概要」
- [2] J.M.Verbeke 他 "Simulation of Neutron and Gamma Ray Emission from Fission and Photofission", UCRL-AR-228518
- [3] Thermal Neutron Capture gamma's (CapGam)", J. K. Tuli, <http://www.nndc.bnl.gov/capgam/>
- [4] 長谷、能見、米田、芝、名内他、「福島第一原子力発電所における燃料デブリ中の核物質質量測定に関する候補技術の特性研究(1)~(5)」第37回核物質管理学会日本支部年次大会

*Yasushi Nauchi¹

¹Central Research Institute of Electric Power Industry (CRIEPI)