

燃料デブリ収納缶の核物質計量を目指した非破壊測定技術の課題

Issues of non-destructive assay technology aiming at nuclear material accountancy of fuel debris in canister

*奥村啓介¹, 寺島顕一¹, 長谷竹晃¹, 米田政夫¹, 芝知宙¹, 名内泰志², 高田映³, 小菅義広³

¹原子力機構, ²電中研, ³NESI

福島第一原子力発電所(1F)から取り出される燃料デブリの計量管理に資するため、デブリ収納缶中の核燃料物質の定量を目指した非破壊測定技術の開発を行っている。本発表では、1F燃料デブリの非破壊測定技術開発に係る課題とその対応方策について報告する。

キーワード：福島第一原子力発電所, 燃料デブリ収納缶, 非破壊測定, 計量管理

1. 非破壊測定法の候補技術と課題 これまで、1F燃料デブリ収納缶を対象とする非破壊測定法の課題を抽出するとともに、有望な候補技術として、1)パッシブ中性子法(パッシブ中性子同時計数法)、2)パッシブガンマ法((随伴 FP γ 線測定法)、3)アクティブ中性子法(高速中性子直接問いかけ法)、4) アクティブガンマ法(NIGS 法)を採り上げ、モンテカルロシミュレーションによる性能評価を行ってきた[1]。1F燃料デブリの多様性と特殊性から、従来の非破壊測定装置を1F燃料デブリに適用することは困難であり、以下のような数多くの課題を解決する必要がある。

【放射線計測に係る課題】：1) ^{137}Cs や ^{60}Co 等によるバックグラウンド(BG)ガンマ線レベルが非常に高く、ホットセル内遠隔操作により BG からデブリ特有放射線の弁別が必要、2) BG ガンマ線やデブリ特有放射線の強度範囲が広く、計測システムの最適化が困難、3) 収納缶径が大きくなるほど、ガンマ線の自己遮蔽は大きく、中性子透過率は小さくなる、4) 中性子吸収材(^{10}B , 可燃性 Gd, 投入臨界防止材)が多く含まれる場合には、熱中性子の計測が妨げられる、5)デブリ取出が長期化するとパッシブ放射線を検出できなくなる可能性がある、6) 高ガンマ線と低中性子線の混合場による試験フィールドの準備が容易でない、7) 性状や組成が多様な燃料デブリに対する検量線の作成方法の検討、8) 手法に依存して核燃料物質がある場合でもそれを検出できない場合がある。

【測定量から核物質評価に係る課題】：1) 使用済燃料と異なり収納缶中の総ウラン量の把握が困難、2) 収納缶毎のサンプリング分析による組成把握は期待できない、3) ^{244}Cm 実効質量などの測定量から間接的にウランやプルトニウム量を評価する手法の開発が必要、4) 平衡サイクル炉心の燃料が熔融混合しており、燃焼度範囲が広い(0~50GWd/t)、5) 汚染 Cs の BG により、従来の Cs 核種を含む燃焼度関連の利用は期待できない、6) 回収デブリの組成が炉心平均組成の周りに分布しない可能性が高い、7) 基礎的な実証試験でも核燃料物質取り扱い施設を利用する必要がある。

2. 対応方策 各非破壊測定法の特性評価の結果[1]、それぞれの手法に一長一短があり、単独の手法では上記の課題を克服することは困難と判断された。そこで、短期的な対応として簡易なパッシブ法による核燃料物質量の暫定評価と収納缶の相対ランキング付けを行い、長期的な対応として、収納缶貯蔵施設において大型のアクティブ法を含む複数手法を組み合わせた統合型非破壊測定装置と複数の燃焼度相関式を用いた核燃料物質量の評価を行うことを提案する。

参考文献 [1] 長谷, 能見, 米田, 芝, 名内, 奥村他, “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, 日本原子力学会 2017 年春の年会(2D18~2D23)、2017 年秋の大会(3L14~3L17)

*Keisuke Okumura¹, Kenich Terashima¹, Taketeru Nagatani¹, Masao Komeda¹, Tomooki Shiba¹, Yasushi Nauchi², Akira Takada³, Yoshiriro Kosuge³

¹Japan Atomic Energy Agency (JAEA), ²Central Research Institute of Electric Power Industry (CRIEPI), ³NESI