

14 MeV 高速中性子を用いた遅発中性子の検出による 燃料デブリ中のウラン量評価のシミュレーション

Simulation on the Amount Estimation of Uranium in Fuel Debris
with Detecting Delayed Neutrons Induced by 14 MeV Fast Neutrons

*松村 太伊知¹, 奥村 啓介¹, 神野 郁夫¹, Eka Sapta Riyana¹, 寺島 顕一¹, 坂本 雅洋¹,
佐藤 若英²

¹JAEA, ²NESI

福島第一原子力発電所（1F）の廃炉において、回収物中の核燃料物質の有無また含有量を把握することは重要である。核燃料物質として中性子によって誘導核分裂を起こす U（MA を含む）を想定し、14 MeV 高速中性子の照射で発生する遅発中性子（DN）を用いて U 量の評価が可能な手法を提案する。

キーワード：福島第一原子力発電所、燃料デブリ、14 MeV 高速中性子、遅発中性子

1. 緒言 1F からの燃料デブリは水分を含んでおり、また、臨界防止のためユニット缶格納時に Gd₂O₃ や B₄C が投入される可能性があるため、従来の熱中性子による ²³⁵U の核分裂を用いた評価方法では回収物中の U 量の評価は困難と考えられる。そこで高速中性子で ²³⁸U を主体とした U、Pu 同位体や微量の MA を核分裂させ、放出中性子を測定し、U 量との相関を検討する。即発中性子を測定する方法[1]もあるが、本研究では DN を測定する方法に着目した：バックグラウンド線源としての照射中性子、(α, n) および自発核分裂(SF) 由来の中性子と DN を分離して評価することが可能である。D-T 反応 14 MeV 高速中性子を様々な組成の燃料デブリが格納されたユニット缶の外側から照射し、U 量と燃料デブリから放出される DN の相関関係より U 量の評価を計算により行った。

2. 計算方法 燃料デブリは以下の(1)~(2)より 3 ケースを想定し、合計 35 種類を対象とした。また、積算 DN の評価は(3)~(5)の条件にて行った。(1)組成：検査線用のベースケースは 1F2 号機炉心平均燃焼度 U (²³⁵U /U が約 2%、水を 1wt%含む)、重量範囲 0.1kg~43.1kg の 11 種類。燃料デブリはそれぞれ、ケース A（熔融デブリ、17 種類）、ケース B（MCCI、15 種類）、ケース C（金属デブリ、3 種類）。(2)燃焼度（GWd/t）：低燃焼度（1.3）、炉心平均燃焼度（23）、高燃焼度（51）。(3)照射中性子：14.06 MeV の点線源（1×10¹⁰ (n/s)）をユニット缶の表面 5cm、4 方向から計 4×10¹⁰ (n/s)。(4)照射・冷却時間：照射 60 秒、冷却時間 15 秒。(5)測定時間：120 秒。(6)DN の計算フロー：ステップ(i) 放射化計算による DN 先行核の導出、ステップ(ii) 先行核 105 種類の中性子強度とエネルギースペクトルの計算、ステップ(iii) ³He 検出器応答 ((α, n) と SF 中性子も含む) の計算より、U 量と検出された積算 DN の相関を求め、予想される U 量の評価を行った。

3. 結果 一例として、図 1 に U 量と ³He 検出器応答による DN の関係を示す。水や Gd₂O₃、B₄C を多量に含む燃料デブリにおいても、ベースケースと良い一致が確認された。熱中性子領域で反応断面積が大きい ¹⁵⁷Gd や ¹⁰B に影響されにくい事が分かる。また、燃焼度が異なるケースでも同様であり、これは中性子エネルギーが ≥10MeV で ²³⁸U の核分裂が劇的に起こりやすくなり ²³⁵U/²³⁸U や ²³⁹Pu/²³⁸U の核分裂断面積比が小さくなるためと考えられる。本発表では 3 号機 MOX 燃料のケースも報告する。

参考文献 [1] 前田他、“高速中性子による核分裂を利用した核物質非破壊計測技術の開発”、日本原子力学会 2023 年秋の大会、2I09、2023

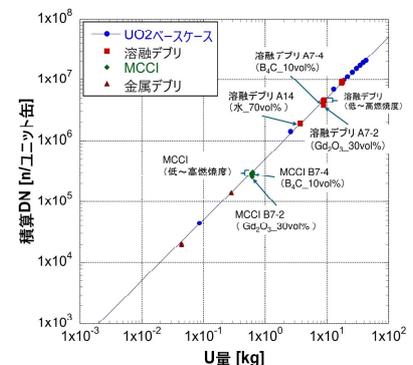


図 1 U 量と DN との相関関係

*Taichi Matsumura¹, Keisuke Okumura¹, Ikuo Kanno¹, Eka Sapta Riyana¹, Kenichi Terashima¹, Masahiro Sakamoto¹, and Wakaei Sato²

¹Japan Atomic Energy Agency (JAEA), ²NESI.