

燃料デブリの臨界管理技術の開発

(33) Feynman- α 法の Y_∞ 相関式によるデブリ未臨界度推定への適用性

Criticality control technique development for Fukushima Daiichi fuel debris

(33) Study on Application of Y_∞ Correlation Equation of Feynman-alpha Method to Sub-criticality

Estimation of Fuel Debris

*渡嘉敷 幹郎¹, 加納 慎也^{2,3}, 和田 怜志^{2,3}, 菊池 茂人^{2,3}

¹原子燃料工業, ²IRID, ³東芝

ファインマン α 法の Y_∞ と実効増倍率 k との相関式により未臨界度を推定する手法を福島第一原子力発電所 1-3 号機の燃料デブリ取り出しにおいて適用することを目的として検討した内容について示す。

キーワード：福島第一原子力発電所事故、臨界安全、未臨界度測定

1. 緒言 燃料デブリ取り出し作業における臨界管理の観点から、燃料デブリを対象とした未臨界度測定技術の検討が必要と考えられるが、組成等、体系の詳細な情報の把握が難しい燃料デブリに対し、適用できる未臨界度測定手法は限られている。本報では中性子の測定過程を詳細にモデル化した MVP コード^[2]を用いたシミュレーション結果について示す。

2-1. 飽和 Y 値に基づく未臨界度推定 未臨界度の推定手法として、前報^[1]と同様、「燃料デブリの測定状況を模した多数の炉雑音シミュレーションを予め実施し、計算固有値に基づく ρ と Y_∞ の関係から相関式 $\rho = f(Y_\infty)$ を作成、実際の測定にあたっては左記相関式から ρ を算出することで未臨界度の推定を行う」手法を適用した。この手法の利点は、不確かさの大きいデブリの即発中性子寿命 l に依存しないことである（従来手法では、増倍体系の組成や形状から l を推定して使用）。

2-2. 炉雑音シミュレーション 前報^[1]ではシミュレーションの際、MCNP を使い、中性子測定過程に関し、測定器に入射した中性子を 100% カウントするなど、簡易的な取扱いを行っていた。本報では MVP コード^[2]を用い、前報^[1]で得られた良好な相関を有す相関式 $\rho = f(Y_\infty)$ が得られるか確認した。シミュレーション体系として、これまで IRID で検討してきた燃料デブリを模した単純円柱均質体系をベースに、図 1 に示す検出器配置で評価を実施した。検出器は B10 比例計数管を仮定した。なお、相関式 $\rho = f(Y_\infty)$ を作成するため、多様性のある複数体系が必要となることから、体系半径を 40 ~ 80cm、高さを 3.5 ~ 30cm、デブリ混合率を 0.03 ~ 0.38、水混合率を 0.01 ~ 0.68 まで変化させた計 12 ケースの評価を実施した（実効増倍率は 0.4 ~ 0.96）。

2-3. 評価結果 図 1 に示す解析体系の計算固有値に基づく ρ と Y_∞ の関係から相関式 $\rho = f(Y_\infty)$ を作成した。当該相関式による推定 k と計算固有値の比較結果を図 2 に示す。体系周辺に位置する検出器 No.1 と 8 では、他の検出器との挙動が異なるものの、体系直上に配置された検出器 No.2-7 の結果は、比較的 ρ と Y_∞ の間に良い相関があるように見える。したがって、燃料デブリに対する検出器の配置位置をある程度、把握することができれば、本手法により、深い未臨界度領域においても未臨界度の推定が可能と示唆される。

3. 結論 燃料デブリを対象とした未臨界度測定法として、「計算固有値に基づく ρ と飽和 Y 値の相関式を事前に作成し、実際の測定にあたって当該相関式を用いて未臨界度を推定する方法」の成立可能性について中性子の測定過程を詳細にモデル化した MVP コード^[2]により検討した。結果、検出器配置への依存性があるものの、深い未臨界体系に対する測定可能性が示唆された。なお発表では、本手法に対し、ブラインドテスト（体系の詳細な情報を知らせることなく、炉雑音測定シミュレーションの時系列データのみから未臨界度を推定）の結果についても示す。

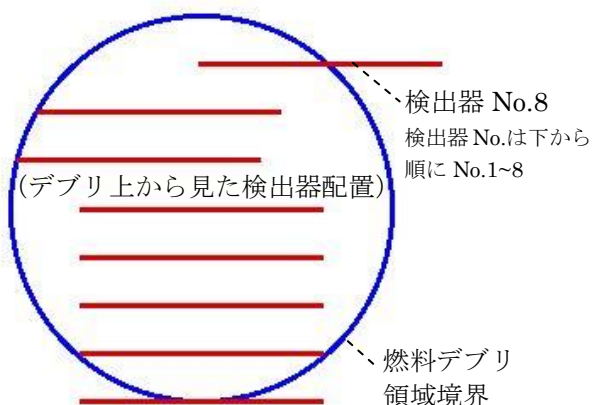


図 1 相関式作成に用いた解析体系

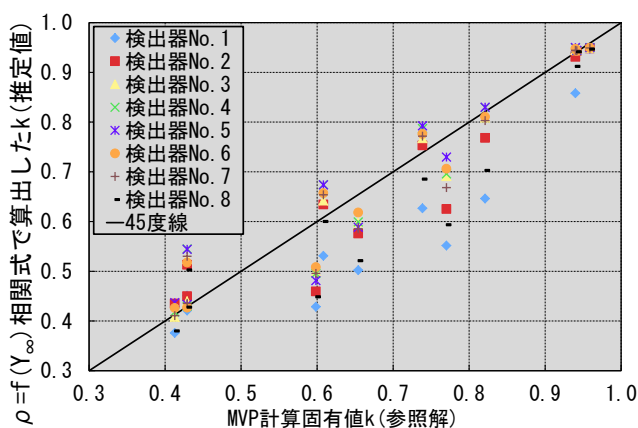


図 2 相関式 $\rho = f(Y_\infty)$ の計算固有値再現性

参考文献 [1] 渡嘉敷 幹郎、2017 年春の年会、1F03. [2] Y.Nagaya, et al, JAERI 1348(2005).

謝辞 本件は、資源エネルギー庁『平成 26 年度補正予算「廃炉・汚染水対策事業費補助金（燃料デブリ臨界管理技術の開発）」』の成果の一部を取りまとめたものである。

* Mikio Tokashiki¹, Shinya KANO^{2,3}, Satoshi WADA^{2,3} and Shigeto KIKUCHI^{2,3}

¹ Nuclear Fuel Industries, Ltd., ²IRID, ³TOSHIBA Corporation