

燃料デブリの臨界管理技術の開発

(43) ファインマン α 法と中性子源増倍法を組み合わせた臨界近接監視手法の成立性の検討

Criticality control technique development for Fukushima Daiichi fuel debris

(43) Feasibility study of sub-criticality monitoring method using Feynman- α method and neutron source multiplication method

*加納 慎也^{1,2}, 和田 怜志^{1,2}, 三澤 毅³, 北村 康則³

¹IRID, ²東芝エネルギーシステムズ, ³京都大学

1F 燃料デブリ取出し時に、ファインマン α 法と中性子源増倍法を組み合わせて臨界近接監視を行うことを検討している。本稿では、この臨界近接監視の手法の成立性を検討した結果について報告する。

キーワード：福島第一原子力発電所事故、燃料デブリ、臨界安全、未臨界測定、ファインマン α 法

1. 緒言 燃料デブリ取出し時に、臨界に近接する状態を早期に検知し、臨界の発生を未然に防止するためのシステム(臨界近接監視システム)^[1]を開発している。臨界近接監視システムでは、ファインマン α 法(FA法)と中性子源増倍法(NSM法)を組み合わせて体系の実効増倍率(k_{eff})を監視し、臨界近接を検知する。本稿では、この臨界近接監視の手法の成立性を試験／解析等により検討した結果について報告する。

2. FA法とNSM法を組み合わせた臨界近接監視 燃料デブリ取出し前は、図1の通り、掘削する箇所近傍に、複数の中性子検出器を束ねたユニット(検出器ユニット)を設置し、FA法により、 k_{eff} の絶対値を測定する。この際、併せて、別の離れた場所に中性子検出器を設置し、この k_{eff} に対応した中性子計数率を測定しておく。燃料デブリを取出す際は、検出器ユニットを移動し、その直下の燃料デブリを掘削する。離れた場所の中性子検出器で、中性子計数率の測定を継続し、NSM法により、燃料デブリ取出し前の時点からの k_{eff} の変化(相対値)を求める。 k_{eff} が0.95未満であれば、取出し作業を継続する(ここでは推定臨界下限増倍率が0.95と仮定)。) k_{eff} が0.95に達したら、警報を発生し、取出し作業の停止、中性子吸収材の投入等臨界の発生を防止するための措置を促す。

3. 臨界近接監視の成立性の検討 表1の通り、燃料デブリ取出し前／中において、臨界近接監視を妨げる可能性のある要因を抽出し、KUCA試験等により、その影響を評価した。燃料デブリ取出し中は、FA法とNSM法の両方の k_{eff} の測定誤差が加わるようになるため、頻りに臨界近接を誤検知し、取出し作業を停止することによる作業効率の低下が懸念されたが、KUCA試験で確認された結果から、その可能性は低く、提案する臨界近接監視手法が成立する見通しを得た。

4. 結論 FA法とNSM法を組み合わせた臨界近接監視手法が成立する見通しを得た。今後は、実機で想定される大型の体系での成立性を確認するとともに、臨界近接監視システムの実機への実装に向けた検討を進めていく。

謝辞 本件は、資源エネルギー庁『平成27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。

参考文献 [1] 加納 他, AESJ 2017年秋の大会“2H19”

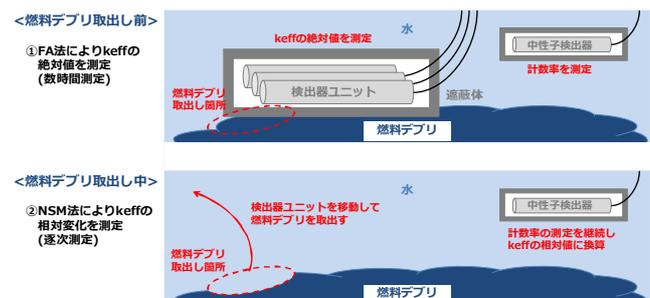


図1 燃料デブリ取出し前／中の臨界近接監視

表1 臨界監視の成立性の検討結果(抜粋)

検討項目	懸念事項	検討結果	
燃料デブリ取出し前	k_{eff} および H/Uの影響	深い未臨界での k_{eff} の推定精度の低下	KUCA試験により、FA法による k_{eff} の推定誤差が、最大8%dk/k程度であることを確認($k_{eff} = 0.7 \sim 0.95$, H/U = 50~300)
	燃料デブリ-検出器間距離の影響	燃料デブリ-検出器間距離による検出効率の低下	KUCA試験により、 k_{eff} の測定に最低限必要となる検出効率が2.0E-5程度であることを確認
	外部中性子源の影響	外部中性子源からの中性子による k_{eff} の推定精度の低下	KUCA試験により、外部中性子源があると、Y値が小さくなり、測定に悪影響を与えることを確認
	中性子計数(=計数率×測定時間)の影響	計数率が得られない場合の測定時間の長時間化	1F燃料デブリ測定時の計数率は予測できないため、サンプリング等で測定した結果(計数率およびY値のばらつき)から、必要な測定時間を予測する方法を策定
燃料デブリ取出し中	中性子吸収材の影響	中性子吸収材による検出効率の低下	CFの測定試験により、中性子検出器と中性子吸収材が数cm以上離れていれば、中性子吸収材の影響は十分小さいことを確認

	k_{eff} および H/Uの影響	深い未臨界での k_{eff} の推定精度の低下	KUCA試験により、NSM法による k_{eff} の推定誤差が、最大7%dk/k程度であることを確認($k_{eff} = 0.7 \sim 0.95$, H/U = 50~300)
臨界近接の誤検知	FA法とNSM法の k_{eff} の推定誤差の重なりによる臨界近接の誤検知	非現実的に少ない取出し回数で、臨界近接が誤検知されることはないことを確認	

*Shinya Kano^{1,2}, Satoshi Wada^{1,2}, Tsuyoshi Misawa³ and Yasunori Kitamura³ ¹IRID, ²Toshiba Energy Systems & Solutions Corp., ³Kyoto Univ.