

燃料デブリの臨界管理技術の開発 (37) 非溶解性中性子吸収材の適用方法

Criticality control technique development for Fukushima Daiichi fuel debris

(37) Methodology for Applying Insoluble Neutron Absorbers

石橋 良^{1,2}, 進藤 雄太^{1,3}, *石井 一弥^{1,2}, 森本 裕一^{1,2}, 原田 康弘^{1,4}

¹ IRID, ² 日立 GE, ³ 東芝, ⁴ 三菱重工

福島第一原子力発電所(1F)-1/2/3号機での燃料デブリ取り出し時における臨界管理技術の一つとして、非溶解性中性子吸収材を用いた臨界防止技術を開発しており、適用方法を検討した結果を報告する。

キーワード：福島第一原子力発電所事故，燃料デブリ，臨界防止，中性子吸収材，必要量

1. 緒言

1F-1/2/3号の燃料デブリを安全に取り出すため、炉内作業時の臨界管理技術としてほう素(B)、ガドリニウム(Gd)等の熱中性子吸収断面積の大きな元素を含んだ非溶解性の固体、固化体又は粘性体(非溶解性中性子吸収材)を用いた臨界防止技術を検討している¹⁾。想定される臨界リスクの高い状況に対して適切な非溶解性中性子吸収材を適用することを目的に、種々の形態の非溶解性中性子吸収材の特徴を踏まえて、燃料デブリ形態に応じて適用可能な非溶解性中性子吸収材を整理するとともに、臨界防止に必要な量を検討した。

2. 検討方法

臨界管理方法を検討するベースとなる臨界シナリオ及びリスク評価結果²⁾に基づき選定された臨界リスクの高い状況に対して、想定される形態の燃料デブリに有効に機能する非溶解性中性子吸収材を、その特徴を踏まえて整理した。また、代表的な燃料デブリ取り出し方法を仮定し、臨界を抑制するのに必要な非溶解性中性子吸収材の量を評価した。

3. 結果と考察

3-1. 適用方法

非溶解性中性子吸収材の形態ごとに期待する性能を表1にまとめた。混入性はデブリの隙間に入り込む性能、形状変化追従性はデブリの形状変化に追従して隙間に回り込む性能、付着性は斜度のあるデブリに対して付着する性能である。これらの性能を踏まえて、場所と状況ごとの臨界リスクに対応する非溶解性中性子吸収材形態の検討結果を表2に示す。微粉状デブリの巻き上がりや取り出し位置から遠い小循環ループへの使用を除いて、適用が可能と考えられる。

表1 非溶解性中性子吸収材形態ごとに期待する性能

形態	期待する性能			候補材
	混入性	形状変化追従性	付着性	
固体	○	○	-	B ₄ C金属焼結材
				B, Gd入ガラス材
				Gd ₂ O ₃ 粒子
液体→固体(固化材)	○	-	○	セメント/ Gd ₂ O ₃ 造粒粉材
				水ガラス/ Gd ₂ O ₃ 造粒粉材
				水中硬化樹脂/ Gd ₂ O ₃ 粉末材
粘性体	○	○	○	スラリー/ Gd ₂ O ₃ 粒子材
				B ₄ Cゲル材

表2 場所と状況ごとの臨界リスクに対応する非溶解性中性子吸収材形態の検討結果

場所	状況	デブリ形態と臨界リスク	形態別適用性		
			固体	液体→固体(固化体)	粘性体
炉心 RPV下部	取り出し位置 (かけ流し)	未溶融破損燃料の堆積	×	○	○
		塊状デブリの水との混合	○	○	○
塊状デブリの水との混合		○	○	○	
塊状デブリの落下		○	×	○	
ペDESTAL	水没	細粉状デブリの巻き上がり	×	×	×
		塊状デブリの落下	○	×	○
小循環ループ	取り出し位置以外 水没	細粉状デブリの流出・堆積	○	○	○
		細粉状デブリの流出・堆積	×	×	×

3-2. 必要量

一例として、塊状燃料デブリを取り出した際に、取り出した領域(一辺20cmの立方体)で球状デブリと水とが最適に混合した状態を仮定し、球状デブリと非溶解性中性子吸収材(粒径1又は10mm)を均質に混合させた場合の必要量を評価した。3プラントすべての酸化ウラン量292tに対する必要量は、

1~15m³であることがわかった。さらに、粒径が小さいほうが必要量は小さくなることがわかった。

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。

参考文献

[1] 石橋, 藤田, 石井, 原田, 日本原子力学会 2016年秋の大会予稿集, 2H20, (2016)

[2] 中野, 原田, 林, 丸山, 日本原子力学会 2016年秋の大会予稿集, 2H14, (2016)

Ryo Ishibashi^{1,2}, Yuta Shindo^{1,3}, *Kazuya Ishii^{1,2}, Yuichi Morimoto^{1,2}, and Yasuhiro Harada^{1,4}

¹International Research Institute for Nuclear Decommissioning (IRID), ²Hitachi-GE Nuclear Energy, Ltd., ³Toshiba, Co.,

⁴Mitsubishi Heavy Industries, Ltd.