

燃料デブリの臨界管理技術の開発

(51) チゼル加工によるデブリ破碎に及ぼす非溶解性中性子吸収材散布の影響

Criticality control technique development for Fukushima Daiichi fuel debris

(51) Effect of dispersing insoluble neutron absorber on fracturing fuel debris using chisels

*竹生 諭司^{1,2}, 石橋 良^{1,2}, 森本 裕一^{1,2}

¹IRID, ²日立 GE

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、チゼル加工によるデブリ破碎に及ぼす影響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，中性子吸収材，臨界防止，デブリ破碎

1. 緒言

1F-1/2/3 号機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中性子吸収材を用いた臨界防止技術を検討している^{1,2)}。燃料デブリ取り出し作業の中で燃料デブリを破碎する工程で、臨界防止のため事前散布された非溶解性中性子吸収材（以下、吸収材）が、破碎作業自体に及ぼす影響、ならびに、破碎によって生じた空隙内に混入して未臨界を維持する機能の確認が課題である。

本研究は、チゼル加工により模擬燃料デブリを破碎した際の吸収材散布の影響、および、破碎した燃料デブリ内の吸収材の混入性を評価することを目的とする。

2. 検討方法

ペDESTAL下での溶融炉心-コンクリート相互作用デブリを模擬した試験体（以下、模擬デブリ）に対して、水深約 300 mm の水中に設置して、鋼製チゼルにより破碎試験を実施した。模擬デブリは内径 530 mm の増埧内で原料を溶解後冷却したもので、その高さは増埧の底から約 250 mm である。平行に 200 mm 離れた 2 本のチゼンを、模擬デブリ表面に対して垂直に立てて、送り込み量を 30 mm に設定し空気圧により駆動させた。模擬デブリ表面の領域 350×300 (mm) において、チゼルの位置を 50 mm ずつ移動して計 56 箇所に対してチゼル加工を施工した。

吸収材散布条件では、破碎試験に先立って、粒状の B₄C/ステンレス鋼焼結材および B・Gd 入ガラス材（粒径 0.2～1.0 mm）それぞれ重量 9.0 kg および 1.3 kg（かさ体積 4.5 L および 1.3 L）を、凹凸のある模擬デブリ表面に散布した。散布量は、破碎する模擬デブリの平均深さを 38 mm 程度と想定し、吸収材それぞれの B および Gd の含有量を踏まえて解析により保守的に求めた核的必要量の 2 倍に設定した。

3. 結果と考察

3-1. チゼル加工の作業性に及ぼす影響

吸収材散布なし、および、2 種類の吸収材散布の 3 条件について比較した。一連のチゼル加工に費やした時間は 600～700 s、その差異は±8%以内であった。破碎領域 350×300 (mm) の頂点、中心、中間点の 9 点を計測した平均破碎深さは 9～19 mm で標準偏差 9～11 mm を考慮すると誤差範囲であった。いずれの条件でも破碎した模擬デブリは 10～50 mm の寸法範囲が最も多く、類似の分布を示した。これらのことから、吸収材散布による作業性の低下はほとんどないと考えられる。

3-2. 非溶解性中性子吸収材の分布と保持性

チゼル加工後の試験体は上層から、1)吸収材堆積層、2)吸収材と破碎デブリとの混合層、3)非破碎デブリ層に概ね分類できた。いずれの吸収材においても、2)吸収材と破碎デブリとの混合層には未臨界を維持するために必要な量以上の吸収材が含まれていた。散布量が多い場合（B₄C/ステンレス鋼焼結材）、2)吸収材と破碎デブリとの混合層において、破碎デブリの隙間に吸収材が侵入し保持されていることを確認した。一方、散布量が少ない場合（B・Gd 入ガラス材）、1)吸収材堆積層がほとんどなく、吸収材散布時に凹凸のため模擬デブリ表面の一部が露出していた場所で破碎デブリの隙間に吸収材が侵入していない数十 mm の領域を観察したが、この領域は小さく臨界に至ることはないと考えられる。吸収材の侵入性を保守的に確保するためには、散布量設定において凹凸のあるデブリ表面すべてを被覆することが指針として得られた。

謝辞 本件は、資源エネルギー庁『平成 29 年度補正予算「廃炉・汚染水対策事業費補助金燃料デブリ・炉内構造物の取り出し工法・システムの高度化（臨界管理方法の確立に関する技術開発）」』の成果の一部を取りまとめたものである。

参考文献

[1] R. Ishibashi, T. Fujita, K. Ishii, and Y. Harada, Proc. ICAPP 2017, 17279, (2017).

[2] 石橋良, 進藤雄太, 石井一弥, 森本裕一, 原田康弘, 日本原子力学会 2017 年秋の大会予稿集, 3G01, (2017).

*Satoshi Takeo^{1,2}, Ryo Ishibashi^{1,2}, and Yuichi Morimoto^{1,2}

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