

静的デブリ冷却システムの開発 Phase II

(1) 全体概要

Development of Passive Debris Cooling System Phase II

(1) Outline of the Project

* 鬼塚 洋一¹, 山本 泰¹, 塚田 圭祐¹, 堀江 英樹¹, 西岡佳朗¹, 窪谷 悟¹, 高橋 優也¹,
田原 美香¹, 藤井 正², 吉川 拓巳³

¹東芝エネルギーシステムズ, ²日立 GE ニュークリア・エナジー, ³日本原子力発電

本研究では、高温のデブリを受け止める耐火材の選定に必要な材料特性の明確化、耐火材の多層化を含む敷設構造の最適化、およびこれらのデータ・手法を反映した耐火材浸食・伝熱評価手法の整備を行うとともに、静的注水システムを有する静的デブリ冷却システムの実証に係る試験を実施する。その研究概要について発表する。

キーワード：シビアアクシデント、熔融炉心-コンクリート反応 (MCCI)、デブリ、耐火材

1. 背景

原子力プラントの十分な安全性を確保するためには、シビアアクシデント対策を考慮する必要があり、その一環として格納容器破損の要因の1つである熔融デブリによる熔融炉心-コンクリート反応 (MCCI) を抑制する対策も必要となっている。このため、デブリへの注水に加えて、デブリと接触すると想定されるペダスタル底部や円筒部に高融点の耐火材を敷設することにより、デブリ落下時にコンクリート浸食を防止し、静的にデブリを冷却するシステムを開発する。2011年度から2016年度にかけて実施したフェーズI研究[1]では、ZrO₂耐火材が優れた化学的安定性および熱的な衝撃への耐性を確認した。本研究では、メーカーごとに異なる ZrO₂耐火材の材料特性に対する要求仕様の明確化、多層化等を含めた合理的な耐火材の組合せによる耐火材敷設構造の最適化、静的デブリ冷却システムによる MCCI 抑制効果の試験での実証を目指す。

2. 研究概要

(1) 耐火材選定のための材料特性の明確化

国内の物性値や気孔率が異なる ZrO₂耐火材に対して、模擬デブリを用いた浸食試験として共晶試験や相互作用試験、熔融金属と浸食させる化学浸食試験等を行うとともに、組成分析および組織評価など、耐火材の諸特性を併せて把握することで、高温のデブリと接触した際に必要となる、化学的安定性、耐浸食性、耐熱性の比較評価の実施を計画した。これら試験の成果から、原子力発電所に用いる耐火材の選定ガイド案を作成する。

(2) 耐火材敷設構造の最適化

MCCI 抑制効果と経済性に優れた静的デブリ冷却システムを実現するために、格納容器床面のコンクリート上に Al₂O₃耐火材、ZrO₂系耐火モルタルなどの目地材、ZrO₂耐火材のように多層構造の敷設を検討している。このような異種耐火材間での共晶反応の影響評価に向けて共晶温度試験および共晶反応速度試験、接触熱抵抗試験を計画し、異種耐火材間の共晶反応および接触熱抵抗に関する基礎的な知見を取得する。

(3) MCCI 抑制効果の実証

BWR プラントの体系を模擬したコンクリート試験体に ZrO₂耐火材を敷設し、その上に模擬デブリを落下させる実証試験を実施する。取得すべき項目を整理し、格納容器底部及び側壁に対する MCCI の抑制効果が確認可能な試験を計画した。

さらに、フェーズ I で開発したデブリ冷却評価手法を高度化して、実証試験の結果と比較することで手法の検証を実施する。

なお、本件は日本原子力発電㈱、東北電力㈱、東京電力ホールディングス㈱、中部電力㈱、北陸電力㈱、中国電力㈱、電源開発㈱、(一財)エネルギー総合工学研究所、東芝エネルギーシステムズ㈱、日立 GE ニュークリア・エナジー㈱が実施した共同研究の成果の一部である。

参考文献

[1] 栗田智久, 他, “静的デブリ冷却システムの開発 (1) 耐熱材”, 日本原子力学会「2014 年春の年会」, N15, 2014.

* Yoichi Onitsuka¹, Yasushi Yamamoto¹, Keisuke Tsukada¹, Hideki Horie¹, Yoshiro Nishioka¹, Satoru Kuboya¹, Yuya Takahashi¹, Mika Tahara¹, Tadashi Fujii² and Takumi Yoshikawa³

¹Toshiba Energy Systems & Solutions Corporation, ²Hitachi-GE Nuclear Energy, Ltd., ³The Japan Atomic Power Company