

## 静的デブリ冷却システムの開発 (7) 耐熱材の適用性評価

### Development of Passive Debris Cooling System

#### (7) Applicability evaluation of Heat Resistant Materials

\*西岡 佳朗<sup>1</sup>, 堀江 英樹<sup>1</sup>, 窪谷 悟<sup>1</sup>, 高橋 優也<sup>1</sup>, 田原 美香<sup>1</sup>, 藤井 正<sup>2</sup>, 辻 隆文<sup>3</sup>  
<sup>1</sup>東芝, <sup>2</sup>日立 GE, <sup>3</sup>中部電力

静的デブリ冷却システムは、圧力容器から落下した熔融炉心（デブリ）を格納容器底部に敷設した耐熱材により安定的に保持・冷却できる手段を提供する。本報では、耐熱材の各種要素試験をもとに構築したデブリー耐熱材相互作用モデルと、それを用いて評価した耐熱材の実機適用性について述べる。

**キーワード**：熔融炉心，耐熱材，相互作用，ジルコニア

#### 1. 緒言

原子炉の過酷事故においても、格納容器の破損による放射性物質の環境への放出を防ぐために、MCCI(Molten Core Concrete Interaction)を抑制する安全系として静的デブリ冷却システムの開発に取り組んでいる[1]。静的デブリ冷却システムは、耐熱材を用いることで、熔融炉心による浸食から格納容器を防護する。本報では、既往知見及び本開発における要素試験による知見に基づきデブリー耐熱材相互作用モデルを構築し、実機条件での耐熱材浸食・熱伝達挙動を評価した。

#### 2. 解析モデル

図1に解析体系を示す。側壁と底壁方向のそれぞれについて、1次元伝熱方程式を解いた。デブリ内部から耐熱材への自然対流熱伝達は、Mayinger 相関式[2]で与えた。耐熱材間の接触熱抵抗、および物性値は、試験で取得した高温域データをもとに温度の関数として与えた。耐熱材の固-液相線温度は、熔融炉心成分（ $UO_2$ 、 $ZrO_2$ 、 $Zr$ ）について熱力学平衡解析にて得られた状態図をもとに与えた。デブリ落下後、耐熱材1層あたりの厚さは、要素試験で使用した $ZrO_2$ 耐熱材と同じ65mmとし、耐熱材層数、注水遅れ時間等をパラメータに、格納容器壁面温度を評価した。

#### 3. 結言

BWR5/Mark-II型の格納容器底部に $ZrO_2$ 耐熱材を3層敷設し、熔融デブリ落下5分後に注水したケースの耐熱材、および格納容器壁面温度（3層目初期外面位置）の時間変化を図2に示す。解析開始後、各領域の温度は上昇するものの、耐熱材の敷設により、格納容器壁面温度をコンクリート成分分解温度（ $CO_2$ 放出開始温度）である $727^\circ C$ 以下に維持できる見込みを得た。

なお、本件は中部電力㈱、東北電力㈱、東京電力ホールディングス㈱、北陸電力㈱、中国電力㈱、日本原子力発電㈱、電源開発㈱、(一財)エネルギー総合工学研究所、(株)東芝、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

[2] G. A. Greene et al. “Advances in HEAT TRANSFER,” Volume 29 (1997)

\*Yoshiro Nishioka<sup>1</sup>, Hideki Horie<sup>1</sup>, Satoru Kuboya<sup>1</sup>, Yuya Takahashi<sup>1</sup>, Mika Tahara<sup>1</sup>, Tadashi Fujii<sup>2</sup>, Takafumi Tsuji<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Toshiba Corporation, <sup>2</sup>Hitachi-GE Nuclear Energy, Ltd., <sup>3</sup>Chubu Electric Power co., Inc.

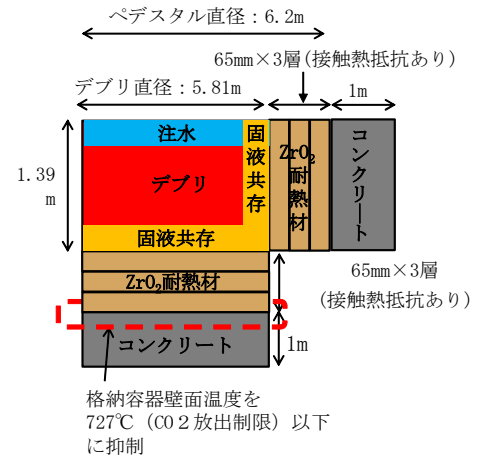


図1 解析体系

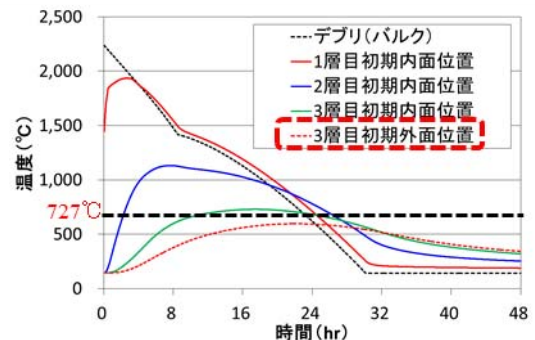


図2 側壁方向温度挙動