

静的デブリ冷却システムの開発 (5) デブリー耐熱材成分系状態図の検証 (UO₂-ZrO₂-Zr)

Development of Passive Debris Cooling System

(5) Evaluation of phase diagram of debris-refractory layer component (UO₂-ZrO₂-Zr)

*高橋 優也¹, 窪谷 悟¹, 西岡 佳朗¹, 榊 勲², 藤井 正³, 辻 隆文⁴

¹東芝, ²元東芝, ³日立 GE, ⁴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。そのために、高温でデブリの接触到に耐える耐熱材が必要である。これらの開発のためデブリと耐熱材との共晶試験を計画した。この一環として、UO₂-ZrO₂-Zrの状態図の検証を実施した。

キーワード: デブリ, 耐熱材, 状態図, ZrO₂

1. 緒言 原子炉の過酷事故において、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、デブリを安定させ、コンクリート浸食を防ぐ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]。格納容器底部のペDESTAL内壁に耐熱材を敷設することにより、デブリによる格納容器バウンダリの破損や、コンクリート浸食による水素発生などを抑制し、シビアアクシデントの事象緩和を行う。この耐熱材の候補として、Al₂O₃, MgO, ZrO₂等を検討しており、これらの評価に必要な状態図の取得を行っている。デブリ(UO₂, ZrO₂)と耐熱材(Al₂O₃, ZrO₂)の状態図の評価を行っており、状態図解析と良く一致している[2]。本稿ではさらに、金属ジルコニウムを考慮したデブリ(UO₂, ZrO₂, Zr)を想定した状態図の解析及び検証試験を実施した。

2. 実験 耐熱材の有力な候補である ZrO₂を敷設した場合を想定し UO₂-ZrO₂-Zrの状態図解析及び検証試験を実施した。代表的なシビアアクシデント解析結果などに基づき、ZrO₂と 43mol%UO₂-57mol%Zrとを交差する擬似二元系状態図を作成した。状態図解析は熱力学平衡解析コード FactSage6.4の原子力関連データベース(TDnucl)を用い、状態図検証試験では、タングステン坩堝にデブリ成分と耐熱材成分を添加し、昇温試験で観察されたプラトーから液相線、固相線を決定した。

3. 結論 状態図右側では固相線が低温になっており、金属成分に起因する低温化が確認できる。また、ZrO₂割合が多くなると金属成分は酸化物に固溶していき、固相線が高温になってくる。これらの傾向は、金属と酸化物が混合しているにも関わらず、状態図解析と試験結果は良く一致していることが分かる(図1)。本状態図を用いることで、デブリと耐熱材との共晶温度を反映した浸食評価を可能とした。

なお、本件は中部電力(株)、東北電力(株)、東京電力ホールディングス(株)、北陸電力(株)、中国電力(株)、日本原子力発電(株)、電源開発(株)、(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(株)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] 高橋優也, 他, “静的デブリ冷却システムの開発(2)擬似二元系状態図(UO₂-ZrO₂-Al₂O₃)”, 日本原子力学会「2014年秋の大会」, I12,2015

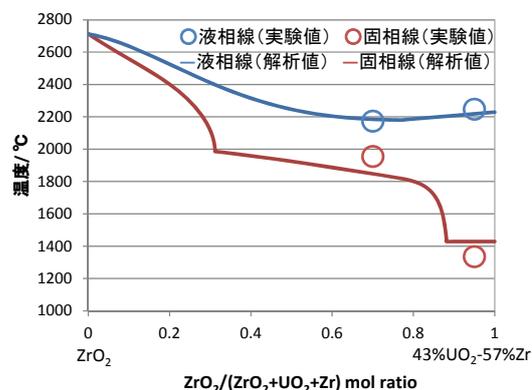


図1 UO₂-ZrO₂-Zrの状態図の解析と試験結果

*Yuya Takahashi¹, Satoru Kuboya¹, Yoshiro Nishioka¹, Isao Sakaki², Tadashi Fujii³ and Takafumi Tsuji⁴

¹Toshiba Corporation, ²Retired Toshiba Corporation, ³Hitachi-GE Nuclear Energy, Ltd., ⁴Chubu Electric Power co., Inc.