

空冷時における燃料デブリ熱挙動推定技術の開発 (1) 全体概要と JUPITER へのポーラスモデルの組込

Development of Numerical Simulation Method to Evaluate Heat Transfer of Fuel Debris in Air Cooling

(1) Project Overview and the Porous Model Implementation to JUPITER

*山下 晋¹, 上澤 伸一郎¹, 吉田 啓之¹

¹JAEA

圧力容器内外に存在する燃料デブリの空冷時並びに間欠注水時における原子炉格納容器内の詳細な熱挙動の予測を目的として、多相多成分詳細熱流動解析コード JUPITER に燃料デブリを表現するモデルとしてポーラスモデルの組込を実施した。

キーワード：ポーラスモデル，自然対流，燃料デブリ，空冷，1F

1. 緒言

福島第一原子力発電所の格納容器内の燃料デブリの熱挙動を推定するため、空冷時の燃料デブリ熱挙動の解析手法の開発を進めている。本報では、解析手法の開発に係わる全体概要を述べると共に、多相多成分詳細熱流動解析コード JUPITER[1]に対し、燃料デブリをポーラス体として扱うためのポーラスモデルの導入を実施した。

2. プロジェクト全体概要

福島第一原子力発電所の PCV 内の燃料デブリの熱挙動をより精緻に推定する技術の開発を行うため、格納容器内の状況把握が最も進んでおり、推定結果の検証が実施しやすい福島第一原子力発電所 2 号機を対象に、PCV 内の状態を模擬した発熱挙動と冷却状態を解析評価する手法を開発する。解析手法としては、長時間大規模空間スケール解析が可能な二流体モデルに基づく ACE-3D 及びその解析結果の補完を目的とした詳細解析手法 JUPITER から構成される。また、模擬燃料デブリを用いた流動試験結果と解析結果を比較することにより解析コードの妥当性検証を行う。

3. JUPITER へのポーラスモデルの導入

圧力容器内外に存在する燃料デブリの形態は、一様ではなく内部に空隙を有するポーラス体と仮定することが妥当である。そこで、ポーラス体と仮定する燃料デブリ内部及び周囲の詳細な熱流動挙動を解析することを目的として、多相多成分詳細熱流動解析コード JUPITER に、ポーラスモデルとして用いられている Darcy-Brinkman 式[2]を導入した。Darcy-Brinkman 式は Navier-Stokes 方程式にポーラス体の気孔率とポーラス体を流動抵抗として表すための外力項を加えるのみで流体とポーラス体を表現できる。従って、ポーラス体相と流体相を別々に解く必要がなく、JUPITER で用いられている一流体モデルとも親和性が良く導入しやすいのが特徴である。熱伝導方程式に関しては、局所体積平均理論[3]に基づく 1 及び 2 エネルギーモデルを導入した。これらにより、流体相及びポーラス体相が混在する熱流動挙動が評価可能になった。

参考文献 [1] S. Yamashita, et al., Nucl. Eng. and Design, vol. 322, pp. 301-312 (2017). [2] M.L. Bars, et al., J. Fluid Mech., vol. 550, pp. 149-173 (2006). [3] P. Cheng, Advances in Heat Transfer 14, Academic Press, New York (1978).

謝辞 本研究は、経済産業省「廃炉・汚染水対策事業費補助金（燃料デブリの性状把握のための分析・推定技術の開発）」の研究の一部として実施したものです。本研究の実施に当たって協力を得た、東京電力 HD 岩田様、井上様に感謝いたします。本研究成果の一部は、JAEA のスーパーコンピュータ「HPE SGI8600」を利用して得られたものです。

*Susumu Yamashita¹, Shinichiro Uesawa¹ and Hiroyuki Yoshida¹

¹JAEA