

空冷時における燃料デブリ熱挙動推定技術の開発 (4) 多孔体有効熱伝導率モデルの検討

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

(4) Application of Effective Thermal Conductivity Models of Porous Medium

*上澤 伸一郎¹, 山下 晋¹, 柴田 光彦¹, 吉田 啓之¹

¹ 日本原子力研究開発機構

燃料デブリ熱挙動推定技術に用いる多孔体の有効熱伝導率モデルが自然対流熱伝達に与える影響を把握するため、JUPITERを用いた多孔体の自然対流熱伝達解析を実施し、各モデルの比較を行った。

キーワード：ポラスモデル、自然対流、空冷、燃料デブリ、福島第一原子力発電所

1. 緒言

福島第一原子力発電所格納容器内の燃料デブリ熱挙動を推定するため、JUPITERを用いた多孔体の自然対流熱伝達解析手法の開発を進めている[1]。今回、多孔体の内部構造に応じた有効熱伝導率モデルを用いた解析を実施し、多孔体の有効熱伝導率モデルが自然対流熱伝達に与える影響について検討した。

2. 解析体系

Fig.1のように、加熱面上に円柱多孔体（空隙率0.35）がある体系で解析を実施した。多孔体の内部構造のモデルとして、直列モデル、並列モデル、加重幾何平均モデル[2]を用いた。各モデルの熱伝導率は、 $0.1 \text{ W}/(\text{m}^{\circ}\text{C})$ 、 $10.4 \text{ W}/(\text{m}^{\circ}\text{C})$ 、 $1.9 \text{ W}/(\text{m}^{\circ}\text{C})$ であった。

3. 実験結果と数値解析結果の比較

Fig.2は、各モデルにおける中心軸上の鉛直方向の温度分布を示している。多孔体の内部構造に応じた有効熱伝達率の違いにより、多孔体内の温度分布が大きく異なることがわかる。また、多孔体直下の加熱面表面（Height = 0 mm）の温度も各モデルで異なった。その加熱面温度と解析体系上部（Height = 605 mm）の空気温度を用いて熱伝達率を求めたところ、直列モデル、並列モデル、加重幾何平均モデルの熱伝達率は、それぞれ $7.1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{C})$ 、 $14 \text{ W}/(\text{m}^2\text{C})$ 、 $8.3 \text{ W}/(\text{m}^2\text{C})$ であり、並列モデルの熱伝達率は直列モデルの2倍程度であった。このように、多孔体の内部構造の違いによって、自然対流による除熱量は大きく異なり、多孔体の内部構造も除熱量を把握する上で重要なパラメータであることが本解析により示された。

参考文献 [1] 山下ら, 日本原子力学会 2022年春の年会, 1E06, 2022.

[2] Woodside and Messmer, J. Appl. Phys., 32(9), pp.1688–1699, 1961.

謝辞 本研究は、経済産業省「廃炉・汚染水対策事業費補助金(燃料デブリの分析精度の向上、熱挙動の推定及び簡易分析のための技術開発)」(R3年度開始)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。

*Shinichiro Uesawa¹, Susumu Yamashita¹, Mitsuhiro Shibata¹ and Hiroyuki Yoshida¹

¹Japan Atomic Energy Agency

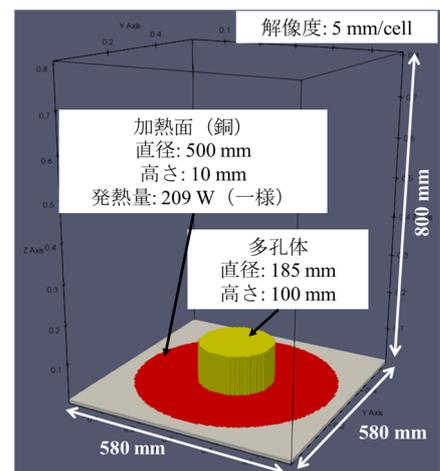


Fig. 1 Numerical configuration

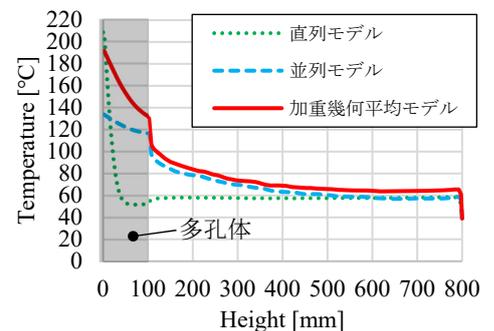


Fig. 2 Temperature distribution for each model