

DEM-CFD 法の伝熱モデルの妥当性確認と縮約モデルの開発

Validation of the heat transfer model in DEM-CFD method and development of the reduced-order model

今井 宏樹^{*1}, 今谷 俊貴¹, 酒井 幹夫¹

¹ 東京大学

原子力分野において粉体による熱輸送は極めて重要な研究テーマである。原子力分野では過酷環境が対象となるためシミュレーションによる伝熱現象の評価が求められている。他方、既存の計算手法では計算コストが本質的な問題となる。そこで、著者のグループでは粉体の伝熱現象を模擬するための縮約モデルを開発し、妥当性確認を実施した。

キーワード：熱伝導、DEM-CFD、オイラー的解法、固定層、縮約モデル

1. 緒言

近年では高温ガス炉、廃止措置、シビアアクシデント現象など、原子力工学において粉体による熱輸送が研究されている^[1]。それに伴い、シミュレーションによる伝熱現象の評価や理解が求められているが、既存手法では複雑なモデルの導入に伴う計算コストの増大などの問題を抱えている。そこで、著者のグループでは従来よりも簡便な設定により粉体の伝熱現象を模擬する計算手法を開発した。

2. 数値計算

2-1. 妥当性確認

本研究では、著者らのグループで開発した FELMI コードを用いて、DEM-CFD 法による伝熱シミュレーションを実行した。本研究で対象とした体系として高温の鉄球がパッキングされた固定層に低温空気を流入させ、固体粒子の温度が低下する過程を模擬した。その結果、計算から得られた流れ方向の固体温度分布および出口気体温度の時間変化が共に実験結果^[2]と一致した。

2-2. 縮約モデル

前述の計算結果を低次元化し縮約モデルを構築することで伝熱現象の高速な計算が可能となる。本研究では得られた温度分布について固有直交分解を行い、固有値と固有ベクトルを求めた。さらに、その固有ベクトルを基底とし、放射基底関数を用いることで縮約モデルを構築した。少ないモードを用いることによって、構築した縮約モデルが DEM-CFD 法から得られる結果を正しく再現できることを示した。

3. 結論

本研究では著者らのグループが開発した FELMI コードを用いて固定層内の伝熱現象を解析し、その妥当性確認を行った。さらに、計算結果に基づき固有直交分解を行って縮約モデルを構築し、DEM-CFD 法の解析結果を正しく再現できることを示した。

謝辞

本研究は文部科学省光・量子飛躍フラッグシッププログラム (Q-LEAP) JPMXS0118067246 の助成を受けたものである。

参考文献

- [1] R. Li et al., *J. Nucl. Sci. Technol.* **61**, 285–306 (2024).
- [2] J. Yang et al., *Chem. Eng. Sci.* **71**, 126–137 (2012).

^{*}Hiroki Imai¹, Toshiki Imatani¹ and Mikio Sakai¹

¹ Univ. of Tokyo