

シビアアクシデントにおける炉内溶融のための伝熱・流動現象のモデリング

Thermal hydraulics modeling on core melting in severe accidents

*高畑 和弥¹, Pavldis Dimitrios², Pain Christopher², 酒井 幹夫¹

¹ 東京大学大学院工学系研究科

² Imperial College London

炉心損傷事故のようなシビアアクシデントは高温・高放射線量という過酷な環境下で起こるため、直接的なアプローチでの原因説明は非常にリスクが高く困難である。本研究ではラグランジュ的手法の一つであるM P S法を用いて炉内溶融現象のための伝熱・流動現象のモデリング手法を開発した。

キーワード：Heat transfer, Simulation, Core melting

1 緒言

シビアアクシデントの解析において、固相から液相への相変化は自由液面の大変形を伴うため既存の手法では解析が困難であった。ラグランジュ的手法は自由液面の模擬に優れるが、伝熱問題における境界条件はディリクレ境界条件に限られていた。本研究ではM P S法におけるノイマン境界条件の定義手法を開発し、溶融現象の数値解析を行った。

2 数理的手法

支配方程式は連続の式、Navier-Stokes 方程式、熱伝導方程式である。本研究では圧力勾配を陽的[1]に、また高粘性流体を効率的に模擬するために粘性項を陰的に計算した[2]。

3 数値解析

粒子を直方体に配置し、熱伝導率など物性値を上下で変えた。輻射による伝熱として表面粒子にはノイマン境界条件を、底面には融点より低い温度でディリクレ境界条件を設定した。**Fig. 1**に示すように、輻射伝熱によって上部から溶融が始まり側壁を伝って流れたのち、底面で再凝固している様子が確認できた。

4 結論

本手法を用いることで表面粒子にノイマン境界条件として輻射伝熱を直接定義できるようになり、複数の物質が混ざり合った状態での溶融現象を模擬できた。形状の変化に応じて動的に境界条件を定義できるため、既存の手法では困難であった輻射による溶融現象をM P S法によって模擬できるようになった。

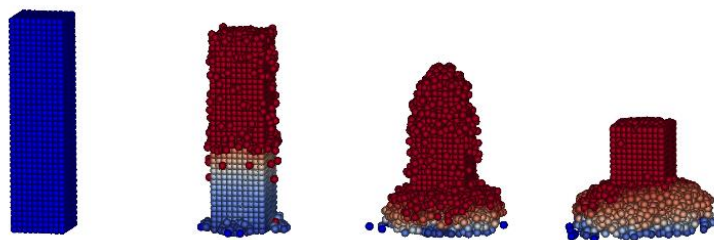


Fig. 1 輻射伝熱による溶融と再凝固のシミュレーション

参考文献

[1] Y. Yamada, M. Sakai, Powder Technol. 239 (2013) 105-114

[2] X. Sun, et al., Nucl. Eng. Des. 248 (2012) 14-21

*Kazuya Takabatake¹, Pavldis Dimitrios², Pain Christopher², Mikio Sakai¹

The University of Tokyo¹, Imperial College London²