

浅水中へ侵入する溶融金属の凝固挙動解析のための MPH-LES 法の開発及び比較

Development and comparison of MPH-LES particle method for simulating solidification behavior of molten metal falling into shallow water

*横山 諒¹, 近藤 雅裕², 鈴木 俊一¹, 岡本 孝司¹

¹東大, ²産総研

抄録 福島第一原子力発電所(1F)で発生したPCV上の燃料デブリ分布を推定するためには、溶融物の水中での凝固挙動を評価する必要がある。本研究では、MPH粒子法に乱流解析法の一つであるLESを組み合わせたMPH-LES法を導入した。また、浅い水中へ侵入する溶融物拡散実験との比較を行なった。

キーワード: シビアアクシデント, 燃料デブリ, 粒子法, 乱流, 凝固

1. 緒言

MPH法^[1]は液体と固体を統一的に扱うことが可能な粒子法であり、溶融金属の凝固に関する解析が行われた^[2]。本研究では、溶融金属が水中で急激に凝固する挙動を再現するために、乱流モデルをMPH法へ導入し、相および流れの状態に応じて、エネルギー保存式をモデリングした。計算結果と実験結果を比較した。

2. 計算手法及び結果

2-1. 計算手法

既往研究と同様^[3,4]、LES乱流モデルをMPH法へ導入した。計算体系をFig.1に示す。融点70°Cの低融点合金(U-alloy)を炉内に配置し、水中へ落下させる。本研究では極低水位から高水位まで、異なる水位の条件で行った。乱流モデルの有無による計算結果の比較および実験結果との比較を行った。さらに、高粘性溶融物の条件でも比較を行い、幅広いPr数を有する物質で本手法が適用できることを検討した。

2-2. 計算結果

比較的高水位での乱流の有無による計算結果をFig.2にまとめた。乱流モデルを導入することにより、実験で見られた山のように堆積する挙動を再現することができた。水-溶融金属間での乱流熱流束が大きく働いたことが考えられる。凝固物内部の相分布をFig.3に示す。異種物質界面とは異なり、凝固物内部は液相を維持し、溶融プールを形成していることがわかった。また、プール内部の液相が、隙間から流出する傾向も定性的に一致した。

3. 結論

MPH-LES法を開発し、水中へ侵入する溶融金属の凝固挙動を評価することができた。

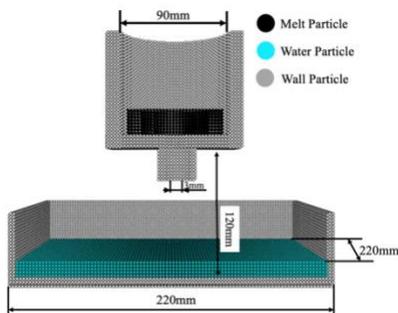


Fig. 1 計算体系

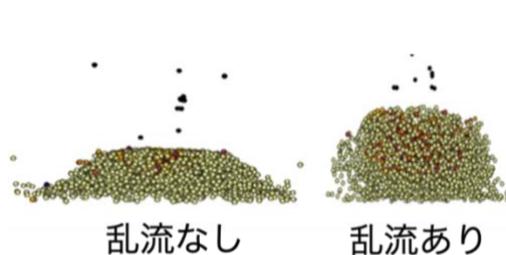


Fig. 2 乱流の有無による計算結果

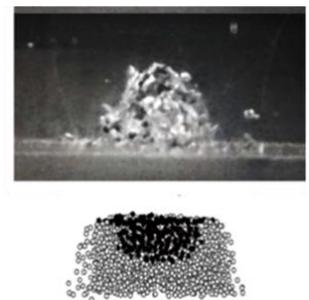


Fig. 3 実験と計算の比較

本研究の実施にあたりご助言を賜りました三菱重工の皆様に感謝を申し上げます。

参考文献

- [1] Kondo M (2021) *Comput. Part. Mech.* **8**: 69–86 [2] Yokoyama R et al. (2020) *Front. Energy*
 [3] Gotoh H et al. (2001) *Comput. Fluid Dyn. J* **9**: 339–347 [4] Shao S et al. (2006) *Coast. Eng.* **53**:723–735

*Ryo Yokoyama¹, Masahiro Kondo², Shunichi Suzuki¹ and Koji Okamoto¹

¹ Univ. Tokyo, ²AIST