格子-粒子法連成計算による混合粒子堆積挙動の数値シミュレーション

Numerical simulation of mixed particle sedimentation using a particle-grid coupled method

*河田 凌[1]，大原 陽平[1]，藤本 拓矢[1]，西田 智[1]，守田 幸路[1]，郭 連城[2]，田上 浩孝[3]，鈴木 徹[3]
[1]九州大学，[2]カールスルーエ工科大学，[3]日本原子力研究開発機構

高速炉の炉心損傷事故時に炉心外に流出しデブリとなって堆積する炉心物質の移行挙動を解析するために、多流体モデルに個別要素法を組み込んだハイブリッド解析手法を開発し、混合粒子堆積挙動の解析によってモデル化手法の基本的な妥当性を検証した。

キーワード：高速炉，炉心損傷事故，ハイブリッド法，多流体モデル，個別要素法

1. 緒言　高速炉の炉心損傷事故では、制御棒案内管等を通じて流出した溶融物質が冷却材との相互作用により固化・微粒化し、デブリとなって炉容器下部構造物上に堆積する。このデブリの冷却性は炉心物質の炉容器内保持の達成において重要であり、一連の物質再配置挙動を評価する必要がある。本研究では、粒子-格子法を連成するハイブリッド法[1]を用いて混合粒子堆積実験[2]の解析を行い、その妥当性を検証した。

2. 解析手法　本研究で用いたハイブリッド法では、固体粒子間の相互作用を個別要素法で計算し、流体運動を多流体モデルで計算する。図 1 に示すように体系全体を直交座標 3 次元（格子数 15×15×40）でモデル化し、ホッパーから固体粒子（嵩体積 5L、粒子数 31,568 個）を円筒水プール（直径 375 mm）中に落下させる。混合粒子にはステンレス（SS）球及びアルミナ（Al_2O_3）球（直径 6 mm，体積比 1：1）を用いた。

3. 結果・考察　図 2 に示すように本解析では、山型のベッドが形成される現象を再現できた。また、図 3 に示す通りデブリベッド内部の粒子分布についても実験の傾向を精度よく解析できた。一方で、プール中の粒子の落下挙動については、SS 粒子が実験に比べ左右に大きく分散した。今後は落下挙動と粒子分布の関係を分析し、実機条件の模擬性に優れた粒径の小さい混合粒子についての適用性検証を進める。

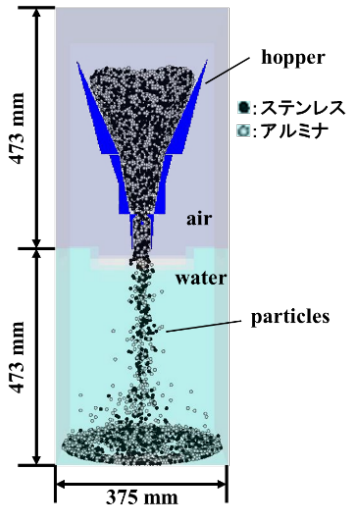


図 1　3 次元計算体系

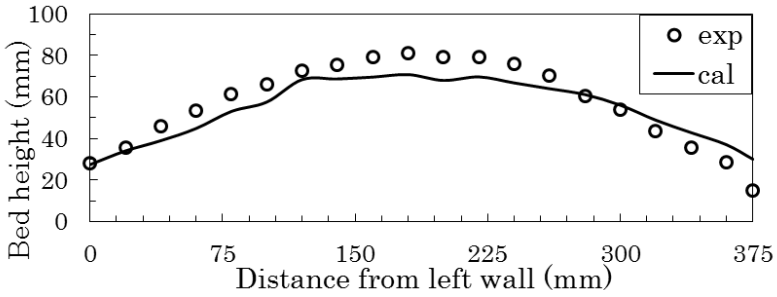
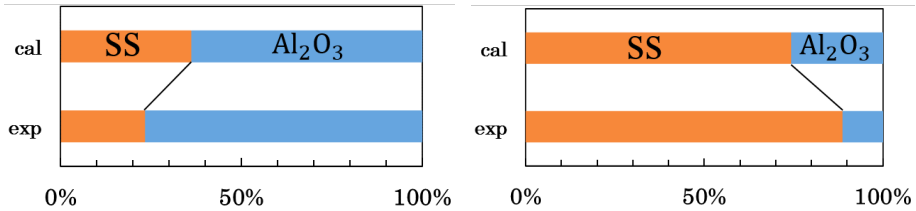


図 2　SS-Al_2O_3 混合粒子のデブリベッド形状比較



(a) ベッド高さ 68 mm　　(b) ベッド高さ 34 mm

図 3　ベッド水平断面での粒子分布の比較

本報は、原子力機構との共同研究「燃料デブリの堆積挙動特性に関する基礎的研究」の成果の一部を含む。

参考文献　[1] L. Guo et al.: Mech. Eng. J., 1(4), TEP0024 (2014).　[2] M Shamsuzzaman: PhD Thesis, Kyushu Univ. (2014).

*Ryo Kawata[1], Yohei Ohara[1], Takuya Fujimoto[1], Satoshi Nishida[1], Koji Morita[1], Liancheng Guo[2], Hirotaka Tagami[3] and Tohru Suzuki[3]
[1]Kyushu Univ., [2]The Karlsruhe Institute of Technology., [3]Japan Atomic Energy Agency