

デブリベッドのセルフ・レベリング挙動に関する実験的研究 ：混合粒子ベッド高さに対する予測式の検討

Experimental Study on Self-leveling Behavior of Debris Bed

- Development of empirical correlation for bed high of mixed particles -

*三浦 亮, 松岡 史也, Ngo Phi Manh, Phan Le Hoang Sang, 松元 達也, 劉 維, 守田 幸路

九州大学

高速炉の炉心損傷事故時の崩壊熱除去過程において重要なデブリベッドのセルフ・レベリング特性について、固体粒子ベッド底部からのガス吹き込みにより冷却材沸騰を模擬した実験を実施し、粒子径や密度、球形度の異なる粒子を混合したベッドのレベリング特性を明らかにするとともに、ベッド高さの時間変化を予測する実験式について検討した。

キーワード：高速炉，炉心損傷事故，崩壊熱除去過程，デブリベッド，セルフ・レベリング

1. 緒言 高速炉の炉心損傷時における炉心物質再配置過程に形成されるデブリベッドは、燃料の崩壊熱により冷却材沸騰を引き起こす可能性がある。この沸騰によって引き起こされるデブリベッドの自己平坦化（セルフ・レベリング）挙動の特性を解明することは、デブリベッドの冷却性向上、臨界性緩和の観点から重要である^[1]。本研究では、固体粒子ベッド底部からの気相吹き込みによって冷却材沸騰を模擬したセルフ・レベリング挙動実験を実施し、粒子径や密度、球形度の異なる粒子の混合がセルフ・レベリング特性に与える影響とベッド高さの時間変化に関する実験相関式について検討した。

2. 実験 内径 (D) 310 mm の円筒水槽内に頂部が円錐形状になるように固体粒子（嵩堆積 7 L）を堆積させ、初期水位 180 mm の条件で水槽底部の多孔質板を通じて窒素ガスを一様に吹き込み（体積流量 (Q_g) 約 20～500 L/min）、固体粒子ベッドが平坦化する挙動を観察した。固体粒子には体積相当直径 (d_p) 0.51～6.1 mm、球形度 0.58～1.0 の Al_2O_3 、 ZrO_2 及びステンレス鋼 (SS) 粒子を用い、特性の異なる 2 種類の粒子を嵩体積比 1:1, 1:3, 3:1 で混合した。実験では、密度の異なる混合粒子では分離効果によりベッドは比較的低く、粒径の異なる混合粒子では空隙率が小さくなることでベッドが崩れにくくなる挙動が観察されている^[2]。

3. 実験相関式 固体粒子ベッドの円錐部高さの時間変化 $H_m(t)$ を予測する実験相関式について、従前の単一特性の固体粒子ベッドに対する相関式^[1]に混合粒子の効果を含めることでこれを改良した。図 1 に改良した実験相関式による $H_m(t)$ の予測値と実験値を比較する。ここで、(a) 密度の異なる混合粒子（球形 Al_2O_3 及び SS 粒子： $d_p = 2.0$ mm；混合比 1:3, 3:1； $Q_g \sim 100$ L/min）、(b) 粒径の異なる混合粒子（非球形 SS 粒子： $d_p = 2.0$ 及び 4.0 mm；混合比 1:1； $Q_g \sim 200$ L/min、球形 ZrO_2 粒子： $d_p = 1.0$ 及び 2.0 mm；混合比 1:1； $Q_g \sim 50$ L/min）である。改良式は、単一特性の固体粒子を含む 74 ケース、666 点の実験データの約 85% を実験値の 20% 以内の誤差で相関しており、密度の異なる混合粒子に対する適用性が向上した。今後、セルフ・レベリング挙動のベッド径への依存性についても実験的に確認し、より広範な条件に適用可能な相関式として整備する。

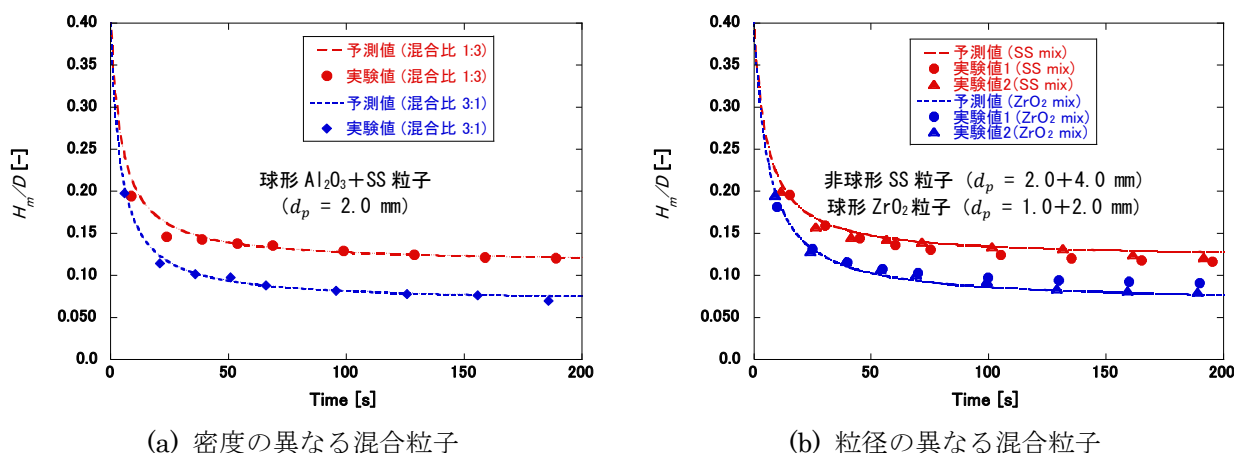


図 1 固体粒子ベッドの円錐部高さの時間変化に関する予測値と実験値の比較

参考文献 [1] K. Morita et al., JNST, 53, 713-725 (2016) [2] 松岡ら他 4 名, 本会「2016 年春の大会」, K17 (2016)

*Ryo Miura, Fumiya Matsuoka, Ngo Phi Manh, Phan Le Hoang Sang, Tatsuya Matsumoto, Wei Liu, Koji Morita; Kyushu Univ.