

# EAGLE ID1 炉内試験における溶融プール／ダクト壁熱伝達に関する 3次元粒子法シミュレーション

3D Particle-Based Simulation of Molten Pool-to-Duct Wall Heat Transfer in EAGLE ID1 In-Pile Test

\*坂口 和也<sup>1</sup>, 船越 寛司<sup>1</sup>, 加藤 正嗣<sup>1</sup>, 劉 曉星<sup>1</sup>, 劉 維<sup>1</sup>, 守田 幸路<sup>1</sup>, 神山 健司<sup>1</sup>,  
<sup>1</sup>九州大学, <sup>2</sup>JAEA

高速炉の炉心損傷事故における再臨界回避方策として内部ダクト付き燃料集合体 (FAIDUS) が提案されている。本研究では、FAIDUS の早期燃料排出機能を実証するために実施された EAGLE ID1 炉内試験を対象に 3次元粒子法シミュレーションを行い、燃料ピン束の崩壊による溶融燃料／スティールの混合プール形成後の溶融プールからダクト壁への熱伝達機構を明らかにするための解析的検討を行った。

**キーワード**：高速炉, 炉心損傷事故, 内部ダクト付き燃料集合体, 粒子法シミュレーション, 溶融混合プール

**1. 緒言** EAGLE ID1 試験の試験後解析では、溶融プール中の液体スティールによって促進された溶融プールからの熱伝達が早期のダクト壁破損の要因となったものと推定されている<sup>[1]</sup>。一方で、これまでに実施した有限体積粒子 (FVP) 法を用いた 2次元多相流粒子法シミュレーション<sup>[2]</sup>では、核発熱を伴う液体燃料がダクト壁に直接接触することでもダクト壁に高い熱流束が生じることが示唆された。本研究では、これを 3次元に拡張した粒子法解析を実施し、溶融プールから構造壁への熱伝達機構について解析的検討を行った。

**2. 解析結果** 本解析は、ID1 試験における燃料ピン束の崩壊から溶融燃料プール形成までの一連の挙動を対象とした 3次元シミュレーションであり、2次元解析で模擬できないピン束間での流動や溶融プール内での 2液相の混合・分離挙動の再現性が向上している。解析では溶融プール形成後、0.72 秒でダクト壁温度が破損に十分なスティールの融解温度 (1,666 K) に達しており、ダクト壁破損時間に関する実験結果 (溶融プール形成後 0.7 秒) との一致は良い。この時点でのダクト壁近傍の溶融プール内の物質分布と溶融プールからダクト壁への熱流束の軸方向分布を図 1 に示す。核発熱を伴う溶融燃料からの熱が液体スティールを介してダクト壁へ輸送されることで 10 MW/m<sup>2</sup> を超える熱流束が局所的に発生していることが分かる。

**3. 結言** 局所的な多相流熱流動挙動を直接的に模擬した本 3次元粒子法シミュレーションでは、ダクト壁破損に関わる熱伝達機構に関して、試験後解析で得られた従来の知見を裏付ける結果が得られた。

## 参考文献

- [1] 豊岡ら, 本会和文論文誌, 12(1), pp. 50-66 (2013)  
 [2] K.Morita et. al, NUTHOS-12, 954 (2018)

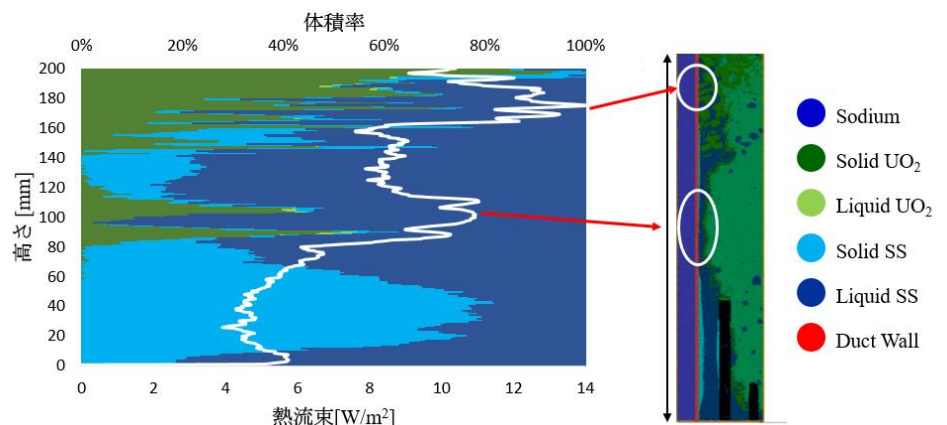


図 1 ダクト壁近傍の物質分布とダクト壁軸方向の熱流束分布 (溶融プール形成後 0.72 秒)

\*Kazuya Sakaguchi<sup>1</sup>, Kanji Funakoshi<sup>1</sup>, Masatsugu Kato<sup>1</sup>, Xiaoxing Liu<sup>1</sup>, Wei Liu<sup>1</sup>, Koji Morita<sup>1</sup> and Kenji Kamiyama<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Kyushu Univ., <sup>2</sup>Japan Atomic Energy Agency.