

EAGLE ID1 試験における溶融燃料プールから構造壁への熱伝達機構に関する検討

Mechanism of Heat Transfer from Molten Fuel Pool to Structural Wall in EAGLE ID1 Test

*守田 幸路¹, 小川 竜聖¹, 劉 曉星¹, 劉 維¹, 神山 健司²

¹九州大学, ²日本原子力研究開発機構

EAGLE 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による構造壁の熱伝達までの一連の挙動に関する粒子法シミュレーションの結果に基づき、構造壁の破損要因と推定される構造壁への高熱流束を生じさせる物理的なメカニズムについて検討した。

キーワード：ナトリウム冷却高速炉，炉心損傷事故，粒子法，溶融プール熱伝達，構造壁破損

1. **緒言** 内部ダクト付燃料集合体（FAIDUS）からの溶融燃料の排出を実証するための炉内試験 EAGLE ID1 では、早期のダクト壁破損の要因となった非常に高い熱流束を伴う溶融プールからの熱伝達は、プール中の液体スチールによって促進されたものと推定されている[1]。本研究では、EAGLE 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2次元多相流粒子法シミュレーション[2]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. **結果・考察** 図1から分かるように、ダクト壁の破損（本解析では4.92 s）直前に、溶融プールからダクト壁への熱流束は局所的に 10 MW/m^2 を超えており、試験後解析[2]と整合する結果が得られている。図2、図3に、それぞれ、熱流束が最大となる4.75 sでの体系内の物質分布、ダクト壁近傍での燃料・スチール体積率の軸方向分布を示す。本解析では、熱流束はダクト壁近傍の液体／固体燃料の割合に応じて増減する傾向を示しているが、液体スチールの影響は小さい。この結果は、試験後解析で得られた知見とは異なり、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高い熱流束が生じることを示唆している。

3. **結論** 本粒子法シミュレーションでは、試験後解析で用いられた多流体モデルが依拠する流動様式マップ等の工学的経験モデルは用いておらず、局所的な熱流動挙動を直接的に模擬することで、従来の知見とは異なるダクト壁破損に関わる熱伝達機構の可能性を示した。

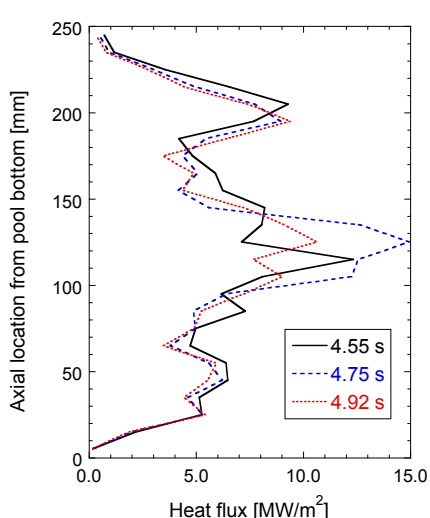


図1 溶融プールからダクト壁への熱流束の軸方向分布の変化

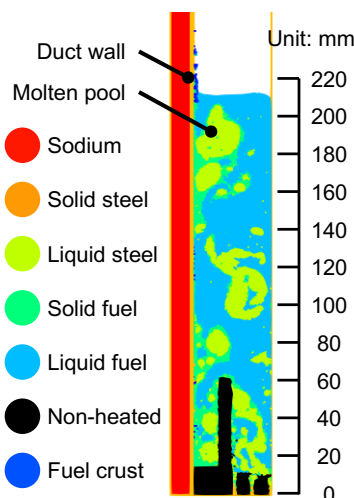


図2 体系内物質分布（4.75 s）

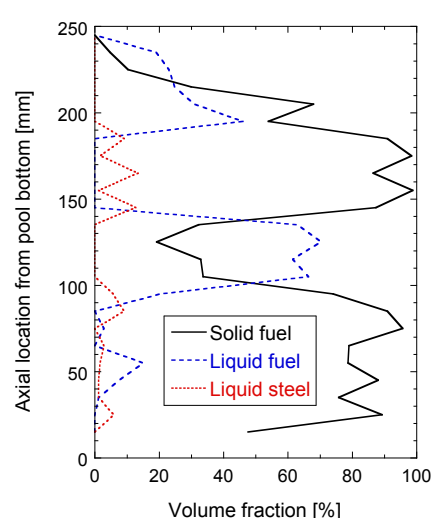


図3 ダクト壁近傍の燃料・スチール体積率の軸方向分布（4.75 s）

参考文献

[1] 豊岡ら, 本会和文論文誌, 12(1), pp. 50-66 (2013) [2] X. Liu et al., Comput. Phys. Commun., 230, pp. 59-69 (2018)

*Koji Morita¹, Ryusei Ogawa¹, Xiaoxing Liu¹, Wei Liu¹ and Kenji Kamiyama²; ¹Kyushu Univ., ²Japan Atomic Energy Agency