

Multi-physics モデリングによる Ex-Vessel 溶融物挙動理解の深化

(5) ペDESTAL床複雑構造に拡がる溶融物の三次元流動

Deepening Understanding of Ex-Vessel Corium Behavior by Multi-Physics Modeling

(5) Three-Dimensional Melt Spreading behavior in Complex Structure of Pedestal Floor

*古谷 正裕¹, 山路 哲史², 大石 佑治³

¹一般財団法人 電力中央研究所, ²早稲田大学, ³大阪大学

BWR 格納容器床のサンプルピットや搬出口の複雑構造を付加造形技術によりスケラブルに三次元造形し、模擬溶融炉心としてシリコン油を流下させて三次元流動を三方向から可視化した。VOF 法による数値混相流体力学解析では三次元流動や液膜厚さ分布、流出重量の時系列が精度良く再現できることを確認した。

キーワード：原子炉過酷事故、炉容器外コリウム挙動、コリウム広がり挙動、可視化、VOF 法

1. 緒言 BWR の過酷事故において炉容器から流出した溶融炉心が格納容器床のサンプルピットに流下すると効率的な冷却が困難となり、コンクリートの浸食が顕著となる可能性がある。格納容器床上での三次元流動挙動を正確に把握することはコリウムシールドの配置計画など安全対策の有効性を把握することや福島第一原子力発電所の溶融炉心の状態推定のためにも重要である。本研究では格納容器床面に模擬溶融炉心を流下させ、実験と解析により三次元流動挙動を把握することを目的としている。

2. 実験装置及び方法 BWR Mark-I 格納容器床の 2 箇所矩形サンプルピットおよび搬出口を三次元造形により再現した付加造形技術を用いて縮尺率 1/50 と 1/100 にて三次元造形した。円筒床面には矩形サンプルピットを 2 箇所、搬出口を 1 箇所配置した。試験溶液は粘性率が異なる 4 種類のシリコン油とした。試験条件は構造縮尺率、シリコン油粘性率、流下位置、流下流量、構造体表面濡れ性である。シリコン油の三次元流動を三方向からビデオ撮影し、サンプルピットと搬出口への流出量を重量計測し、同時にレーザーで厚さ分布を時系列計測した。数値混相流体力学(CMFD)計算には商用コード StarCCM+ v13.02 を用い、Volume of Fluid (VOF)法で計算して得られる流出形状や重量を実験結果と対比した。

3. 実験結果及び考察 Fig. 1 に縮尺率 1/100 における動粘性係数 5000 mm²/s のシリコン油を中心から 15 mm 南側に流量 40 ml/min で流下させた可視化画像を示す。三方向からの流動様相を比較した結果、床面衝突後のシリコン油の広がりや厚さ分布、サンプルピットへの流下形状、搬出口への流出流量が実験と解析で精度良く一致することが確認された。

4. 結論 BWR ペDESTALのサンプルピットや搬出口の複雑構造を付加造形技術によりスケラブルに三次元造形し、模擬溶融炉心を流下させて三次元流動を三方向から可視化した。縮尺やシリコン油の粘性率、流下位置、流量をパラメータに実験を行い、流出重量や床面上の液膜厚さ分布を時系列計測した。VOF 法による数値混相流体力学シミュレーション結果は実験結果を精度良く再現できることを確認した。

謝辞 本研究は、「文部科学省英知を結集した原子力科学技術・人材育成推進事業」により実施された「Multi-physics モデリングによる Ex-Vessel 溶融物挙動理解の深化」の成果である。

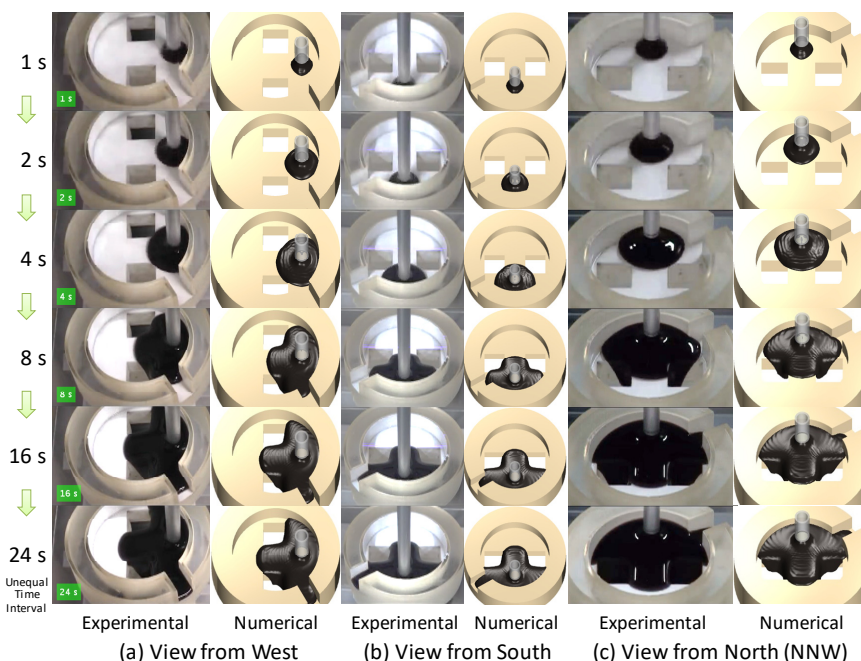


Fig. 1 Spreading behavior on pedestal floor with no sump pits and doorway

*Masahiro Furuya¹, Akifumi Yamaji² and Yuji Ohishi³

¹CRIEPI, ²Waseda Univ., ³Osaka Univ.