

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

(2) 全体概要と MPS 法による Spreading 解析の高度化

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

(2) Overview and Progress on Spreading Analysis by MPS Method

*山路 哲史¹, 古谷 正裕², 大石 佑治³, 段 広涛¹

¹早稲田大学, ²電力中央研究所, ³大阪大学

粒子法の一つである MPS 法による計算機実験、模擬溶融物流下試験、 UO_2 流下試験により、原子炉過酷事故時の Ex-Vessel 溶融物挙動の機構論的な予測に取り組んでいる。

キーワード : MPS 法, 粒子法, Spreading, MCCI, ex-vessel, コリウム

1. 緒言

既存の解析手法では原子炉過酷事故時に格納容器床面の sump pit 等の凹部にデブリが集中して安定冷却が困難となる問題の正確な評価や対応策の検討が困難である。そこで本研究では、伝熱・流動・相変化を伴う原子炉容器外 (Ex-Vessel) 溶融物挙動の理解の深化に取り組んでいる。粒子法の一つである MPS 法による計算機実験、模擬溶融物流下試験、 UO_2 流下試験により、機構論的な Ex-Vessel 溶融物挙動の予測を目標としている。本発表では全体概要と MPS 法による spreading 解析の高度化について報告する。

2. 研究内容

2-1. MPS 法による Ex-Vessel 溶融物挙動の理解の深化 (早稲田大学)

MPS 法による解析により、溶融物の広がり (spreading) 停止機構および MCCI によるコンクリートの非等方浸食機構の解明に取り組んでいる。解析対象には本事業で実施する模擬溶融物流下試験と、過去に仏国で実施された模擬コリウムの spreading 実験 (VULCANO VE-U7)、溶融炉心・コンクリート反応 (MCCI) 実験 (VULCANO VB-U7) を選んだ。従来の MPS 法のアルゴリズムを用いると、流体の粘性増大に伴う流動停止が模擬できないことが明らかになった。そこで、新たなクラストモデルを開発し、重力/粘性支配の流動において、流動先端に形成されるクラストと流動の固液相互作用の結果、クラストが次第に発達し、やがてバルク流動をせき止めて流動停止に至る一連の溶融物 spreading 挙動を正確に予測できることを示した。

2-2. 模擬デブリ流下試験による MPS 解析結果の妥当性の検証 (電力中央研究所)

BWR Mark-I 型格納容器を模した実験体系を用いて模擬デブリ流下試験を実施する。試験パラメータに、デブリ滴下位置、流量、流体粘性係数等を選定し、デブリの三次元流下挙動を可視化すると共に、サンプルピットや搬出口流出量の時間変化を計測する。異なる縮尺で試験し、スケール効果を定量化する。

2-3. UO_2 流下試験による基礎データ取得 (大阪大学)

ガス浮遊させた UO_2 試料を CO_2 レーザーで照射加熱し、落下する溶融 UO_2 試料の挙動をハイスピードカメラで撮影することで可視化する。試料の組成や温度等をパラメータに系統的なデータを取得する。

3. 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。

*Akifumi Yamaji¹, Masahiro Furuya², Yuji Ohishi³ and Guangtao Duan³

¹Waseda Univ., ²Central Research Institute of Electric Power Industry, ³Osaka Univ.,