

MPS 法を用いた実機規模での燃料デブリ水中落下シミュレーションによる臨界安全解析

Criticality safety analysis in fuel debris falling down simulation using MPS in real scale geometry

*文元 太郎¹, 村本 武司², 西山 潤², 小原 徹²

¹東京工業大学 環境・社会理工学院 融合理工学系 原子核工学コース,

²東京工業大学 科学技術創成研究院 先導原子力研究所

本研究は、実機規模体系での燃料デブリ水中落下シミュレーション臨界性評価の可能性を明らかにすることを目的としている。実機規模体系での計算速度向上とサーバーのメモリサイズ等による制約の可能性について考慮して MPS 法（粒子法）によるシミュレーションを行ったのち、シミュレーションの結果を用いてモンテカルロ法による臨界計算を行った。解析の結果、実機規模体系でのシミュレーションと臨界計算が現実的な計算時間で可能であることが明らかになった。

キーワード：福島第一原子力発電所事故，臨界安全，燃料デブリ，粒子法，モンテカルロ法

1. 緒言

福島第一原子力発電所の燃料デブリ回収作業中では燃料デブリが水中に落下し、水と最適な混合率となることで臨界事故が発生することを未然に防ぐ必要がある。すでに、MPS 法によるデブリ粒子水中落下シミュレーションと中性子輸送モンテカルロ計算の結合による燃料デブリ水中落下時の臨界性評価手法が開発されている[1]。本研究では、実機規模体系での MPS 法と中性子輸送モンテカルロ計算の結合による燃料デブリ水中落下シミュレーション臨界性評価の可能性を明らかにすることを目的としている。

2. 方法

MPS 法による燃料デブリ水中落下シミュレーションを行うために 3D-CAD を使用して燃料デブリ、漏斗、容器のモデルを作成した。作成した容器内径は、2.0m、3.0m、5.4m(2号機ペDESTAL内径)とした。容器内径 2.0m の場合における燃料デブリ水中落下シミュレーションを行い、シミュレーション結果から、実機規模体系(内径 5.4m)での計算速度向上のためのパラメーターの設定について検討した。次に、容器内径 3.0m、5.4m のシミュレーションを行った。

3. 結果

2号機ペDESTALの容器に水深 30cm の水が溜っている状態で直径 5cm の 5000 個の燃料デブリ水中落下シミュレーションを行った。内径 2.0m の結果から、実機規模体系での計算速度を向上させるためには、適切な音速(圧力計算)と衝突距離の算出・設定、粒子の最大速度、時間刻み変化を考慮に入れて、適切に時間刻みを設定することが有効であることが明らかになった。

これらのパラメーターを最適化してすべての解析を行ったところ、総粒子数における計算所要時間は、 $y=2.1 \times 10^{-6}x + 25.5$ で表され、粒子数に比例して計算所要時間がかかることがわかった。容器内径 5.4m での計算所要時間は 144.6 時間となり、現実的な計算時間で計算可能であることが明らかとなった。

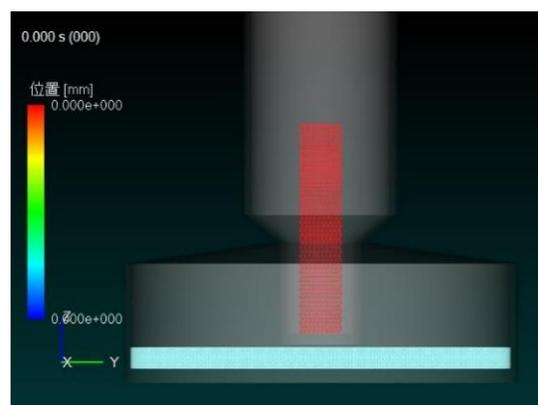


図 1. 燃料デブリ水中落下シミュレーションの全体図（下の容器内径 5.4 m）

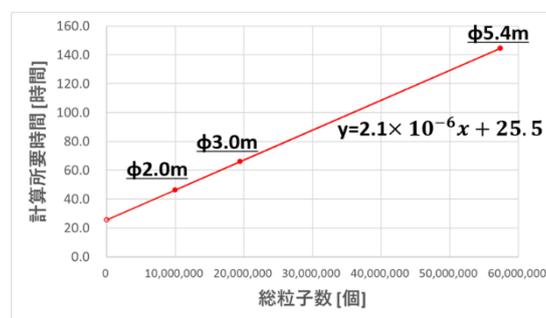


図 2. 総粒子数における計算所要時間

謝辞 : 本研究は、廃炉国際共同研究センター／国立研究開発法人 日本原子力研究開発機構の「英知を結集した原子力科学技術・人材育成推進事業」による研究費支援の下で実施されました。

参考文献 : [1] Takeshi Muramoto et al., *Annals of Nuclear Energy*, Vol. 131, pp. 112-122 (2019)

*Taro Fumimoto¹, Takeshi Muramoto², Jun Nishiyama² and Toru Obara²

¹ Graduate Major in Nuclear Engineering, Tokyo Tech, ² Laboratory for Advanced Nuclear Energy, Tokyo Tech