

ナトリウム中における溶融炉心物質の微粒化距離に対する 実験相関式の適用性検討

Applicability assessment of empirical correlations to the prediction of the distance for fragmentation of
molten core materials in sodium

*松場 賢一¹, 磯崎 三喜男¹, 豊岡 淳一¹, 神山 健司¹, V. Zuev², A. Kolodeshnikov²

¹ 日本原子力研究開発機構, ² カザフスタン国立原子力センター

ナトリウム冷却高速炉の炉心崩壊事故時に原子炉容器下部プレナムへ流出する溶融炉心物質の微粒化挙動を評価するため、溶融炉心模擬物質（溶融アルミナ）をナトリウム中に流出させた試験の結果に対し、微粒化距離に関する実験相関式を適用し、その妥当性を検討した。

キーワード：ナトリウム冷却高速炉、炉心崩壊事故、溶融炉心物質、微粒化、実験相関式

1. 緒言

ナトリウム冷却高速炉の炉心崩壊事故時に原子炉容器下部プレナムへ流出する溶融炉心物質の微粒化挙動を評価するため、液柱状の溶融炉心物質が微粒化によって崩壊し、急速な冷却が開始されるまでの侵入距離（以下、微粒化距離）に関する実験相関式を開発している。前報[1]では、溶融炉心物質と冷却材の熱的相互作用（以下、FCI）に伴う冷却材の沸騰及び蒸気膨張に関連する物理量を実験相関式に取り入れることで、ナトリウム冷却条件の特徴である溶融炉心物質とナトリウムの接触境界面に安定な蒸気膜が形成されない条件を模擬した基礎試験[2,3]で測定された微粒化距離を従来の代表的な実験相関式[4]よりも適切に評価できることを報告した。しかしながら、実験相関式の適用範囲が大気圧相当条件に制限される等、実燃料物質条件への適用性が課題となっている。本報では、基礎試験で把握されたメカニズムに基づき実験相関式を改良するとともに、実燃料物質相当条件での微粒化距離に対する適用性を検討する。

2. 実験相関式の導出及び実燃料物質相当条件への適用性検討

ナトリウム冷却条件を模擬した基礎試験[2,3]では、溶融炉心模擬物質（以下、融体）の液柱と冷却材の接触境界面近傍での冷却材の沸騰と蒸気泡の膨張と同時に、粒子状の融体が液柱本体の周囲に急激に分散する挙動が可視化によって確認されている。すなわち、FCIに伴い局所的に発生する冷却材の蒸気圧が融体の微粒化を促進するとともに、微粒化された融体は蒸気泡の膨張によって分散させられていると考えられる。この推定メカニズムに基づき、従来の物理量（密度比等）に加え、冷却材の蒸気圧を取り入れた次元解析及び基礎試験で得られたデータ[2,3]を用いた重回帰分析を行った結果、以下の実験相関式を得た。

$$L/D = 6.5(\rho_m/\rho_c)^{0.5}(v^2/gD)^{0.20}((P_v - P_0)/\rho_c gD)^{-0.25}$$

$$P_v = P_{\text{sat}}(T_i)$$

ここで、 L は微粒化距離、 D は液柱直径、 ρ_m は融体密度、 ρ_c は冷却材密度、 v は液柱の初期流速、 g は重力加速度、 P_v は冷却材の蒸気圧、 P_0 は冷却材の初期圧力、 P_{sat} は飽和蒸気圧、 T_i は接触境界面温度の理論値を表す。

図1に示すとおり、実燃料物質相当条件で得られている試験結果[5,6]の傾向は実験相関式による予測傾向と一致したが、予測値に対し過大評価傾向となった。

3. 結言

実験相関式を改良し、実燃料物質相当条件で得られている試験結果の傾向と一致することを確認した。今後、実験相関式による予測との差の原因について考察を深める。

参考文献

[1] 松場他, 2014 年秋の大会, I39 [2] 松場他, 2013 年秋の大会, H27 [3] 磯崎他, 2014 年秋の大会, I38 [4] M. Saito et al., ANS Proc. Nat. Heat Transf. Conf. Vol.3, pp.173-183 (1988). [5] K., Matsuba et al., Mech. Eng. Jour., Vol.3, No.3, pp. 15-00595_1-8 (2016). [6] D. Magallon et al., Nucl. Technol., Vol.98, pp.79-90 (1992).

*Ken-ichi Matsuba¹, Mikio Isozaki¹, Jun-ichi Toyooka¹, Kenji Kamiyama¹, Vladimir A. Zuev² and Alexander A. Kolodeshnikov²

¹Japan Atomic Energy Agency, ²National Nuclear Center of the Republic of Kazakhstan

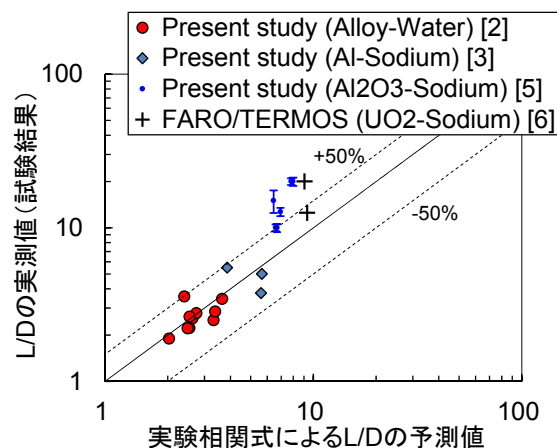


図1 微粒化距離の実測値と実験相関式の比較