

ナノ粒子分散ナトリウムによる高速炉の安全性向上に関する研究 (27) 理論検討 (9)

Study on Safety Enhancement of the Fast Reactor by Using Nanoparticles Suspension Sodium

(27) Theoretical Study (9)

* 畠山 望¹, 三浦 隆治¹, 鈴木 愛¹, 宮本 明¹, 斉藤 淳一², 荒 邦章²

¹東北大学, ²原子力機構

ナトリウムに金属ナノ粒子を分散させたナノ流体の反応抑制メカニズムについて、適用性評価への反映を目的として、ナトリウムとナノ粒子の原子間相互作用の観点から実験融合マルチスケール・マルチフィジックス計算化学を用いて、プール燃焼の自己終息現象や落下液滴の燃焼抑制効果を理論的に解明した。

キーワード: ナノ流体, 計算化学, 超高速化量子分子動力学法, 人工知能, 適用性評価

1. 緒言

高速炉のナトリウム冷却材は、金属ナノ粒子を分散することによって、化学的に劇的に安定化する。これを原子レベルから理論的に解明し、適用性評価に必要な基礎知見を整備するために、実験融合マルチスケール・マルチフィジックス計算化学によって、プール燃焼および落下液滴燃焼の検討を行った。

2. 計算方法

原子レベルでは、人工知能融合超高速化量子分子動力学法によりナノ流体の凝集エネルギーを計算した。プール燃焼については、パーコレーション理論に基づくナトリウム酸化物粒界の閉塞を考慮しながら、プール面に垂直な一次元移流酸化還元反応方程式系を構築し、差分法によって解いた。落下液滴燃焼は、原子レベル計算により算出された物性情報を取り入れながら、化学反応連続体方程式系を差分法で解いた。

3. 計算結果

プール燃焼シミュレーションにより、ナノ流体における自己終息現象の再現に成功した(図 1(a))。また、液滴落下燃焼では、液滴の温度上昇を適切に模擬しながら、ナノ流体の温度抑制効果を定性的に再現した(図 1(b))。これらの結果を適用性評価モデルに反映することにより、ナノ流体の評価が可能となった。

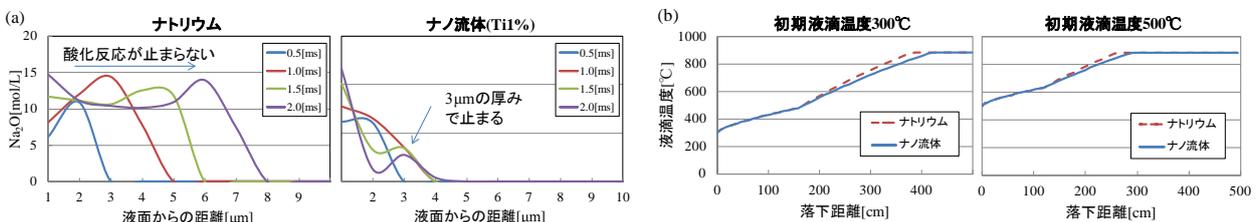


図 1 (a) プール燃焼における酸化被膜成長、(b) 落下液滴燃焼における温度上昇(初期液滴径 3.5mm)

本研究は、特別会計に関する法律（エネルギー対策特別会計）に基づく文部科学省からの受託事業として、日本原子力研究開発機構が実施した平成 28 年度「ナノ粒子分散ナトリウムによる高速炉の安全性向上技術の開発」の成果です。

*Nozomu Hatakeyama¹, Ryuji Miura¹, Ai Suzuki¹, Akira Miyamoto¹, Junichi Saito² and Kuniaki Ara²

¹Tohoku Univ., ²Japan Atomic Energy Agency