

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 (33)適用性評価(その6)

Study on safety enhancement of the fast reactor by using nanoparticle suspension sodium

(33) Evaluation of applicability of nanofluid to FBR plant (6)

*松村 篤¹, 井手 章博¹, 栗田 晃一¹, 斉藤 淳一², 荒 邦章²

¹三菱 FBR システムズ, ²原子力機構

ナトリウム漏えいに伴う燃焼・腐食事象を対象に、実験的に確認されているナノ流体の燃焼・腐食反応の反応抑制を考慮した場合に、プラントの安全性向上について期待される効果を報告する。

キーワード：液体ナトリウム, ナノ流体, 高速炉プラント, ナノ粒子, ナトリウム燃焼反応

1. 緒言

本研究では、ナトリウム漏えいに起因する事象を対象に、反応抑制メカニズムを分析・反映したナノ流体の反応抑制評価手法を整備した。また、整備した評価手法を用いてプラント適用解析を行い、ナノ流体を適用することにより格納機能確保の観点で安全性が向上する可能性について評価した。

2. 理論的メカニズムを考慮した燃焼抑制評価手法の整備

ナノ流体の燃焼時には、三元系の安定酸化物が生成されることにより、燃焼界面に供給されるナトリウムフラックスが低減され、特徴的な反応抑制効果である自己終息に至ると想定される。

上記のメカニズム想定に基づき評価モデルを整備した。また、図1に示すプール燃焼実験の実験解析により、評価手法の妥当性を確認した。以上により、実現象に即したナノ流体の燃焼評価が可能となった。

3. ナノ流体をプラントに適用した場合のプラント予測解析及びナノ流体の適用による安全性の向上

ナノ流体をプラントに適用した場合の予測解析の一例として、継続的な小規模漏えいにより、ナノ流体(ナトリウム)が漏えい燃焼し、局所的なライナ腐食が生じる場合を想定した解析結果を図2に示す。

ナノ流体を用いた場合は、反応抑制効果により、ナトリウムと比較して床温度が低下する。また、ナノ粒子と腐食源の安定酸化物生成による腐食抑制効果も相乗して、ライナ腐食量が大幅に低減する。

床温度の低下により、ライナへの熱的影響低減の効果が期待できる。併せて、ライナの腐食量が大幅に低減するため、厳しい条件を想定しても、設備の増強を図らずに、腐食貫通破損を防止し、事象を終息できる可能性がある。以上より、ナノ流体の適用により CV ライナ破損防止の観点で、安全性が向上することを評価した。これらのナノ流体の反応抑制効果は、ナトリウムとナノ粒子の原子、分子レベルの結合能力に基づくものである。一般的な漏えい対策設備である緊急ドレンや、窒素注入と異なり設備に依存しないものであり、ナノ流体の適用は、信頼性の高い漏えい対策となり得るポテンシャルを有することを示した。

4. 結言

燃焼・腐食に係るメカニズムを分析・反映したナノ流体の反応抑制評価手法を整備し、プラントに適用した場合の予測解析を実施した。この結果、ナノ流体をプラントに適用した場合、ナノ流体固有の反応抑制効果による燃焼の温度低減及び腐食抑制により、ナトリウム漏えい・燃焼の影響は総じて大幅に低減する。この安全裕度の向上により、よりロバスト性の高い安全シナリオの構築が可能となった。この結果、格納機能への影響緩和による安全性向上やナトリウム漏えい対策設備の負荷軽減のいずれにもメリットがあり、プラント設計における選択肢が拡大する見通しが得られた。

本報告は、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」の成果である。

参考文献

- [1] 松村他、日本原子力学会「2015年 春の年会」、G23
[2] 松村他、日本原子力学会「2016年 春の年会」、2N12

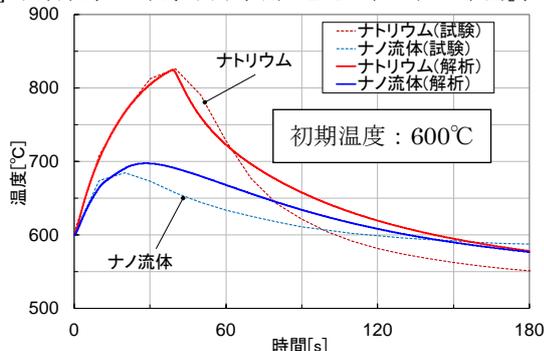


図1 実験解析結果

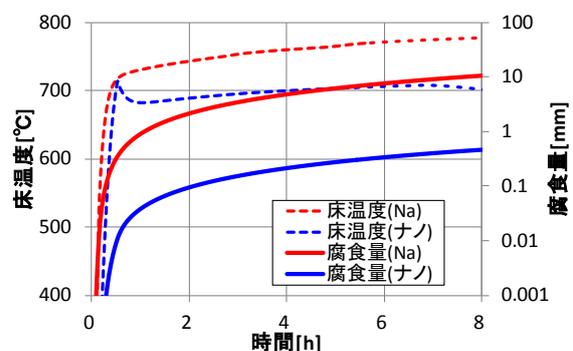


図2 プラント予測解析

*Atsushi MATSUMURA¹, Akihiro IDE¹, Koichi KURITA¹, Jun-ichi SAITO², and Kuniaki ARA²

¹ MITSUBISHI FBR SYSTEMS ² Japan Atomic Energy Agency.