

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 (31) 反応抑制効果 (その 10)

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

(31) Reaction Suppression (10)

*神田大徳¹、永井桂一¹、斉藤淳一¹、荒 邦章¹

¹原子力機構

ナトリウム冷却型高速炉 (SFR) におけるナトリウム-水反応では、高圧の水・蒸気の噴出によりジェット状の反応形態 (反応ジェット) となる。実機評価のためには、この特殊な反応現象を把握することが重要となる。本報では、ナノ粒子分散ナトリウム適用による反応抑制メカニズムの検討結果をふまえて、これまでに構築した水反応評価手法への反応抑制メカニズムの反映について報告する。

キーワード：高速炉、ナトリウム、原子間相互作用、反応抑制、ナノ流体

1. 緒言

SFR におけるナトリウム-水反応の反応挙動は、反応ジェット中での蒸発ナトリウムと水・蒸気との気相反応が支配的である。ナノ粒子分散による反応抑制メカニズムの検討結果をふまえて、水反応評価手法^[1]を改良・整備し、実機評価に供する。

2. 反応抑制メカニズムの水反応評価手法への取り込み

これまでの検討では、反応ジェットにエンブレインされたナノ流体液滴からのナトリウムの蒸発挙動及び蒸発したナトリウムと水・蒸気との気相反応挙動が支配的な挙動であると推定している。反応抑制メカニズムの検討において、ナノ粒子をナトリウムに分散させたことによる凝集エネルギーの増大が、上記の二つの挙動に影響し、水反応を抑制することが示唆されている。以上をふまえて、ナノ流体適用による水反応抑制 (反応ジェット温度低下) の概念を図 1 のように推定した。凝集エネルギーの増大により、表面張力、蒸気圧等の物性の変化とこれに伴う液滴径の増大、蒸発速度の低下が生じるとともに、反応熱量が低下する。これら二つの効果により反応ジェット温度が抑制される。上記の効果をこれまでに整備してきた水反応評価手法 (モデル) に適用した。



図1 ナノ流体適用による水反応抑制概念

による凝集エネルギーの増大が、上記の二つの挙動に影響し、水反応を抑制することが示唆されている。以上をふまえて、ナノ流体適用による水反応抑制 (反応ジェット温度低下) の概念を図 1 のように推定した。凝集エネルギーの増大により、表面張力、蒸気圧等の物性の変化とこれに伴う液滴径の増大、蒸発速度の低下が生じるとともに、反応熱量が低下する。これら二つの効果により反応ジェット温度が抑制される。上記の効果をこれまでに整備してきた水反応評価手法 (モデル) に適用した。

3. 水反応抑制に関する理論推定の実験結果との比較

2. で提案した水反応評価モデルによるジェット状のナトリウム-水反応現象の再現性について、水蒸気注入実験結果との比較により検討した。提案したモデルによる評価結果と実験結果を図 2 に示す。図 2 より、ナノ流体及びナトリウムどちらの場合についても、提案したモデルが実験結果とよく一致する結果となった。また、実験結果においてナノ流体適用時には反応ジェットの最高温度がナトリウムと比較して約 150°C 低下し、反応抑制を示す結果となっており、提案したモデルについてもこの反応抑制効果を模擬出来ることを確認した。以上の結果から、実機への適用性評価においては、本検討結果をふまえて水反応評価を実施する。

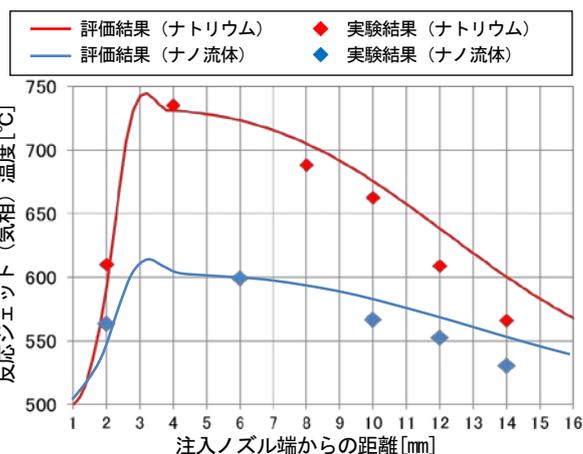


図2 提案するモデルによる評価と実験結果の比較

参考文献

[1] 神田他、日本原子力学会「2015年 春の年会」、G24

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。

* Hironori KANDA¹, Keiichi NAGAI¹, Jun-ichi SAITO¹ and Kuniaki ARA¹

¹Japan Atomic Energy Agency