

## 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 (32)適用性評価(その5)

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

(32) Evaluation of applicability of nanofluid to FBR plant (5)

\*市川 健太<sup>1</sup>, 吉岡 直樹<sup>1</sup>, 栗田 晃一<sup>1</sup>, 神田 大徳<sup>2</sup>, 永井 桂一<sup>2</sup>, 斉藤 淳一<sup>2</sup>, 荒 邦章<sup>2</sup>

<sup>1</sup>三菱 FBR システムズ, <sup>2</sup>原子力機構

ナトリウム冷却高速炉における蒸気発生器 (SG) 伝熱管破損時のナトリウム-水反応事象を対象に、ナノ流体の反応抑制効果を導入することで期待される安全性向上効果について報告する。

**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-水反応

### 1. SG 概念の検討

ナノ流体の適用を想定し、SG 概念を検討した。ナノ粒子の分散は、ナトリウムの伝熱流動特性に大きく影響しないため、伝熱性能要求を満足するための特別な設計対応は不要である見通しを得た。

### 2. ナノ流体をプラントに適用した場合の予測解析

SG 伝熱管破損を想定すると、ナトリウム又はナノ流体中への水リークにより、高温腐食性の反応ジェットが形成され、隣接伝熱管の破損伝播に至る可能性がある。伝熱管の破損伝播を放置すると、大規模なナトリウム-水反応により系統内の圧力が上昇し、格納容器 (CV) バウンダリや 2 次主冷却系バウンダリの健全性に対して脅威となる。また、事故後のプラント再使用等の資産保護の観点からも課題となる。

本研究では、ナノ流体固有の凝集エネルギー増大現象に基づく反応抑制モデルを反映した伝熱管破損伝播解析手法を用い、SG 伝熱管破損事象の予測解析を実施した。解析対象は、ナトリウム又はナノ流体を適用した実プラント規模の大型 SG として、SG 水ブロー失敗等の設計基準を超える厳しい事象を想定した。

#### (1) 反応ジェット温度

本研究にて整備した評価手法を適用し、反応ジェット温度分布を評価した。図 1 に示す通り、ナノ流体の適用により、反応ジェット温度が低下し、高温領域が縮小する結果となった。

#### (2) 伝熱管損傷規模

伝熱管破損伝播のメカニズムであるウェステージや高温ラブチャは、反応ジェット温度に依存する。ナノ流体の適用による反応ジェット温度の低下により、これらの現象が緩和されることで、隣接伝熱管の損傷は大幅に抑制され、更に、高温領域の縮小により、伝熱管の損傷本数も軽減される結果となった。

#### (3) 系統内の発生圧力

ナノ流体の適用による伝熱管損傷規模の縮小に伴い、SG 内の破損伝熱管の合計水リーク率が大きく低減し、系統内に発生する圧力上昇も抑制される結果となった。

### 3. ナノ流体の適用による安全性の向上

水リーク検出が不利な大型 SG において、設計基準を超える事象を想定しても、ナノ流体の適用により、水リーク対策設備を増強することなく、CV バウンダリや 2 次主冷却系バウンダリの健全性を確保できる見通しが得られた。これにより、格納機能喪失等の深刻な事象を回避でき、安全裕度が拡大すると評価した。また、伝熱管損傷の規模が軽減され、事故後処理やプラント再使用のために補修が必要な設備も限定されることから、資産保護の観点でも有利であると評価した。

ナノ流体の適用により、SG 伝熱管破損時の CV バウンダリ確保に関する安全シナリオのロバスト性を向上させながら、SG のみならず水リーク対策設備への安全設計要求が緩和され、設計自由度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] 神田他、日本原子力学会「2015 年 春の年会」、G24

[2] Kanda et al., ICAPP (2015) 15248

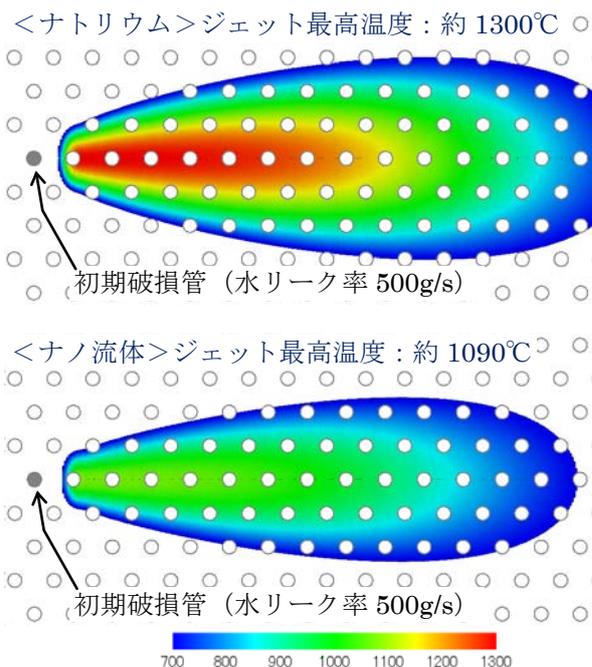


図 1 反応ジェット温度の評価結果

\*Kenta Ichikawa<sup>1</sup>, Naoki Yoshioka<sup>1</sup>, Koichi KURITA<sup>1</sup>, Hironori Kanda<sup>2</sup>, Keiichi Nagai<sup>2</sup>, Jun-ichi SAITO<sup>2</sup> and Kuniaki ARA<sup>2</sup>

<sup>1</sup> MITSUBISHI FBR SYSTEMS <sup>2</sup> Japan Atomic Energy Agency.