

課題名	蒸気発生器伝熱管破損伝播に係る マルチフィジックス評価システムの開発			
参画機関	大阪大学、徳島大学、日本原子力研究開発機構、北海道大学			
事業規模	期間	平成22～25年度	総額	647百万円

【研究代表者】

大島 宏之 日本原子力研究開発機構 部長
(次世代高速炉サイクル研究開発
センター 高速炉計算工学技術開発部)



【研究概要】

高速炉は、長期的なエネルギー安定供給と地球温暖化対策に貢献する次世代型原子炉で、冷却材に液体ナトリウム (Na) を用いるという特徴を有します。蒸気発生器 (SG) の伝熱管が破損すると、Na 中に高圧の水・蒸気が噴出し化学反応を伴う高速高温のジェットを形成、隣接する伝熱管に損耗 (ウェステージ) や内圧破裂 (高温ラプチャ) を引き起こす可能性があることから、安全設計上この現象を精度よく予測評価することが重要です。旧来の実証的な実験による評価では高価で且つ汎用性に欠けることから、本研究では様々な運転条件や設計オプションに対応すべく、メカニズム解明に基づく解析評価システムの構築に取り組みました。

現象解明と解析手法検証用のデータ取得のため、体系的な複数の実験を実施しました。その一つとして、実機条件での Na 中水蒸気噴出実験を実施し、ウェステージ環境やターゲット管損耗状況に関するデータを取得しました。また、反応ジェット、伝熱管、伝熱管内の3領域に対して解析手法を整備し、これらを組み合わせた解析評価システムを構築しました。その一つである化学反応を伴う圧縮性多成分多相流解析コード (SERAPHIM) により Na 中水蒸気噴出実験を解析し、実験結果を再現できることを確認しました。このように実験科学と高精度な機構論的解析手法を組み合わせることで、合理的な SG の安全設計評価を可能としました。

【その後の取り組み】

本研究は、実規模模擬試験の繰り返しから「シミュレーションと最小限の試験」へ安全設計アプローチを変革しました。私達はこのようなアプローチをさらに活用し、高速炉プラント全体挙動を数値解析から評価するバーチャルプラント (VP) の開発に着手しました。本研究で構築した解析評価システムも、将来この VP へ組み込む準備を進めています。プラント挙動すべてをコンピュータ上で再現することを目指して取り組みを進めています。

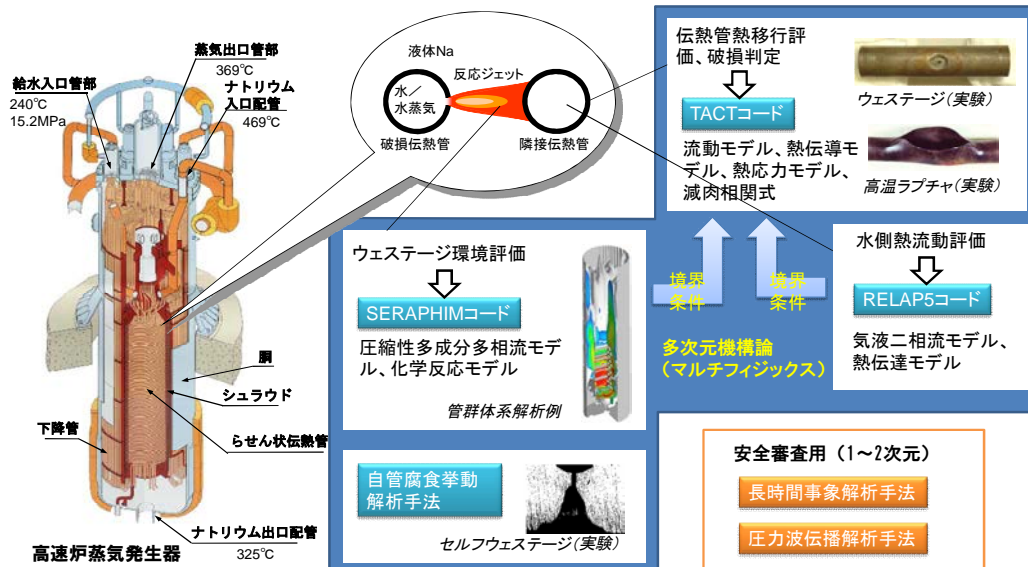


図1 SG 伝熱管破損時事象の解析評価システム

高速炉蒸気発生器で伝熱管が破損したとき発生する Na-水反応現象を再現できます。

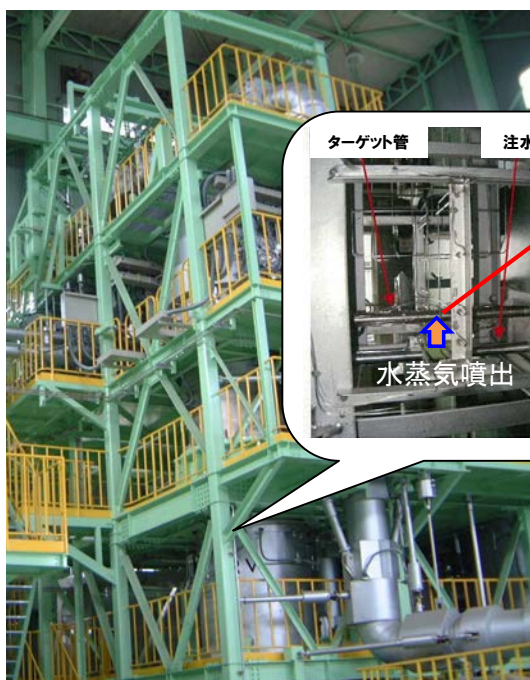


図2 Na 中水蒸気噴出実験装置

蒸気発生器と同じ条件で実験を行い、解析手法の検証データを得ました。



試験結果 (ターゲット管損耗状態)

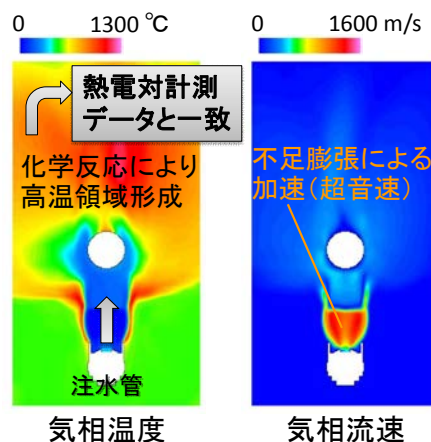


図3 数値解析の結果

数値解析が実験結果を高い精度で再現できることが分かりました。

代表的な
特許、論文
受賞など

【発論文等】

1. 内堀昭寛, 菊地晋, 栗原成計, 浜田広次, 大島宏之, “高速炉蒸気発生器の伝熱管破損時事象に対する解析評価手法の開発,” 日本機械学会論文集(B編), 79巻, 808号, (2013).
2. Shin KIKUCHI, Hiroshi SEINO, Akikazu KURIHARA and Hiroyuki OHSHIMA, “Kinetic Study of Sodium-Water Surface Reaction by Differential Thermal Analysis,” Journal of Power and Energy Systems, Vol.7, No.2 (2013).
3. 栗原成計, 梅田良太, 下山一仁, 阿部雄太, 菊地晋, 大島宏之, “高速炉蒸気発生器伝熱管周りに形成されるナトリウム-水反応ジェットの熱伝達特性,” 日本機械学会論文集(B編), 79巻, 808号, (2013).

【受賞】

1. 第18回動力・エネルギー技術シンポジウム優秀講演表彰、2013年、内堀昭寛、「高速炉蒸気発生器の伝熱管破損時事象に対する解析評価手法の開発」