

課題名	崩壊熱除去系に対する自然循環除熱評価手法の開発			
参画機関	一般財団法人 電力中央研究所、独立行政法人 日本原子力研究開発機構			
事業規模	期間	平成22～25年度	総額	397百万円

【研究代表者】

渡辺 収 三菱FBRシステムズ株式会社 炉心・安全設計部 技監



【研究概要】

高速増殖炉は冷却材として液体金属ナトリウムを用い、ナトリウムの沸点が常圧で約 880℃と高いことから、原子炉の冷却材出入口温度は通常 530℃/380℃前後で運転します。停電などが原因で原子炉が緊急停止すると、非常用発電機と崩壊熱除去系が自動起動し、ポンプやブロー等の循環機を使って原子炉内の余熱を強制循環により除去します。一方、原子炉の冷却材出入口温度差が 150℃程度あるため、崩壊熱除去系の熱交換器を炉心より高い位置に適切に配置すれば、冷却材の密度差で発生する自然循環力によって余熱を除去し、炉心を健全な状態のまま冷却することも可能です。

この研究では、非常用電源に頼らない自然循環「壊れない循環機」を崩壊熱除去系に採用した高速増殖炉を対象に自然循環除熱評価手法を開発しました。この手法は、炉心内の高温部に浮力により流量が集中し温度分布が平坦化する効果を取り入れた 1 次元の安全解析手法、安全解析結果の詳細を確認する数値流体解析技術を活用した 3 次元解析手法、そして安全解析用入力データの持つ不確かさを統計処理して解析結果の信頼度を定量化する炉心高温点評価手法から構成されます。同時に、1/10 縮尺のシステム水試験、約 1/7 スケールのナトリウム試験、燃料集合体内の詳細熱流動解析等を行って開発した評価手法を検証し、実炉への適用性を示しました。

【その後の取り組み】

この研究の成果はもんじゅ等の在来炉の評価、今後の高速増殖炉開発及び許認可に非常に役立つものと考えています。特に、この研究で新たに導入した 3 次元解析手法及び炉心高温点に関する統計的安全評価手法は、これまでの高速増殖炉の安全評価技術をステップアップさせるものであり、今後より高いレベルでの安全評価が可能となります。

発電しながら消費した以上の燃料を作り出すことができる高速増殖炉は、資源に乏しい日本の将来のエネルギー需給を安定化させる重要な技術の一つです。これを実現するためには、安全に関わる研究開発を計画的かつ着実に推進し、国民の理解を深めて行くことが最も大切と考えます。

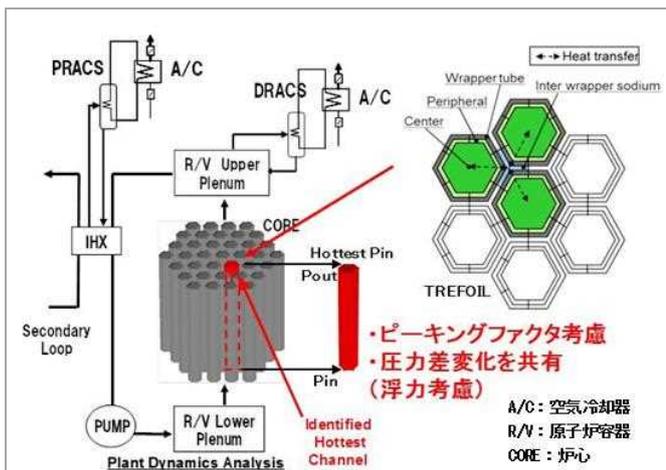


図1 1次元の安全解析モデル

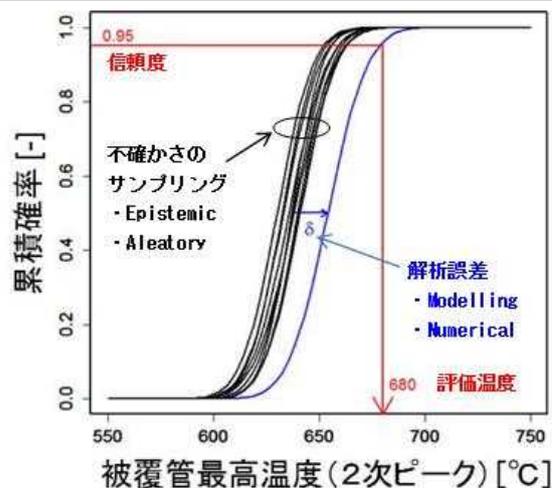


図3 統計的安全評価結果の一例

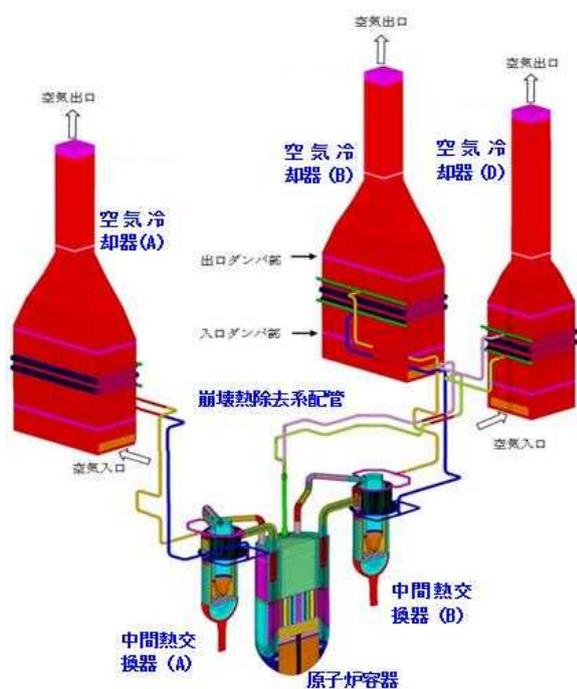


図2 3次元の詳細解析モデル

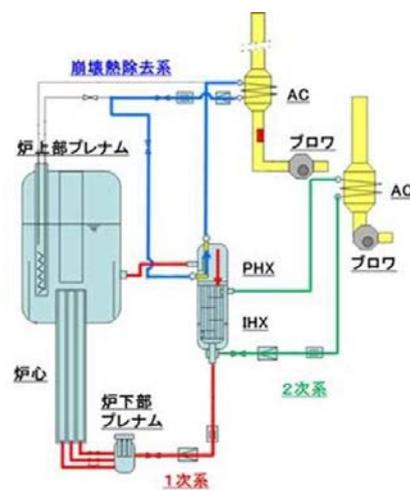
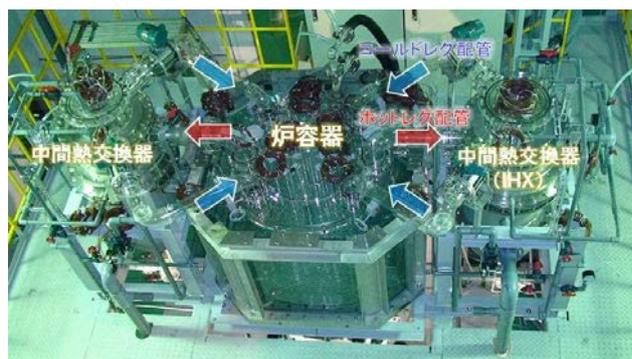


図4 ナトリウム試験装置の概要

図5 システム水試験装置の外観 →



代表的な
特許、論文
受賞など

【発表論文等】

1. Watanabe O, Oyama K, Endo J, Doda N, Ono A, Kamide H, Murakami T, Eguchi Y. Development of an evaluation methodology for the natural circulation decay heat removal system in a sodium cooled fast reactor. J Nucl Sci Technol. 2015; 52: 1102-1121
2. Doda N, Ohshima H, Kamide H, Watanabe O et al. Development of core hot spot evaluation method for natural circulation decay heat removal in sodium-cooled fast reactor. Proc. NURETH-14; 2011; Toronto (Canada). No. 170
3. Murakami T, Eguchi Y, Oyama K, Watanabe O. Reduced-scale water test of natural circulation for decay heat removal in loop-type sodium-cooled fast reactor. Nucl Eng Design 2015;288:220-231
4. Oyama K, Endo J, Doda N, Ono A, Murakami T, Watanabe O. Development of natural circulation analysis methods for a sodium cooled fast reactor. J Nucl Sci Technol. Published online: June 2015
5. Kamide H, Kobayashi J, Ono A, Watanabe O, et al. Sodium experiment on fully natural circulation systems for decay heat removal in Japan sodium-cooling fast reactor. Proc. NURETH-14; 2011; Toronto (Canada). No.179