

基盤技術課題

原子力技術研究所

概要

原子力技術研究所は、軽水炉の再稼働、安全・安定運転および福島第一原子力発電所事故の着実な収束に向けた活動を支える基盤技術開発を推進し、原子力エネルギー利用が社会に受け入れられることを通じて、エネルギー問題や地球環境問題の解決に貢献することを目指している。

課題毎の概要と主な成果

原子炉システム安全

軽水炉の継続的な安全向上のためには、事故防止方策および発生した場合の緩和技術、緊急時における原子炉システム安全に関する信頼性向上技術、および運転時の高い信頼性を保つための技術が重要となる。そこで、関連する熱流動およびリスク情報活用に関する基盤技術を構築する。

■原子炉の過酷事故緩和策として要求されているフィルタベント装置について、ヨウ素除染性能試験を実施し、実機の運用範囲において高い除染性能が得られることを確認した(図1)。

■過酷事故時の炉心冷却特性を明らかにするため、模擬燃料棒を正方格子に組立てたバンドル試験体を用いて沸騰二相流動試験を実施した。大気圧条件下でのバンドル内流動(気泡の径や割合など)を径方向熱出力分布や、流速、水温の関数として数式化することで定量的に評価することを可能とした。

■原子力安全推進協会(JANSI)の国内機器一般故障率パラメータならびに起因事象発生頻度のベイズ推定手法において、事象件数が稀な場合に

生じるモンテカルロ計算の収束性の問題を改善する方法を開発した。JANSIは国内機器一般故障率を29ヵ年データに更新する予定であり、その更新に本ベイズ推定手法が適用されることとなった。

■実機プラントで想定される湿り蒸気中の圧力脈動による機器配管の振動疲労評価のため、脈動源の一つである配管分岐部の音響共鳴について、湿り蒸気中の液滴が共鳴周波数に及ぼす影響を定量化した。その結果、湿り度が数%以上で共鳴周波数が数百Hz以下の場合には、液滴による共鳴周波数の低下が機器配管の振動疲労評価において無視できないことが明らかとなった[L14006]。

燃料・炉心

軽水炉の燃料と炉心の安全性を向上させるため、被覆管の腐食・劣化機構の解明、事故時の燃料の特性と挙動の解明、炉心解析技術の高度化などを進める。また、熔融燃料の特性評価や未臨界度測定技術開発などを進め、福島第一原子力発電所の廃止措置に貢献する。

■大型放射光施設SPring-8の高強度マイクロビームX線を用いて、被覆管表面の酸化膜内部の応力分布を測定した。酸化膜の結晶の向きが揃っている場合は、高応力状態での酸化膜の破壊、酸素や水素の被覆管表面への侵入が抑制される結果、被覆管の耐食性が維持されることが明らかとなり、酸化膜の結晶の向きを制御すれば、被覆管の効果的な改良が可能となる見通しが得られた。

■炉心熔融事故における熔融物の層状化や構造材の破損に関わる現象の解析を目指して、物

体を粒子の集合として取扱う解析手法(粒子法)に熱伝達、表面張力、熔融・凝固等のモデルを組入れた大変形や分裂飛散、熔融凝固等の相変化を計算できる解析コードを開発した。燃料棒と制御棒の熔融・落下や熔融燃料の炉内の挙動などの複雑な現象を忠実に再現できる見通しを得た。

■使用済燃料の反応度低下を考慮して使用済燃料貯蔵施設等の設計合理化を図るためには使用済燃料の燃焼履歴情報を確認する方法が必要となる。そこで、約56GWd/tの高燃焼度使用済燃料

棒から発生するγ線を測定し、核分裂生成物の放射能比¹³⁴Cs/¹³⁷Csおよび¹⁵⁴Eu/¹³⁷Csを求めた。これらの測定値は燃料棒の燃焼履歴を考慮した解析値と概ね一致したことから、γ線測定に

基づく放射能比を用いた燃焼履歴情報の確認方法は、高燃焼度使用済燃料でも適用できることが明らかになった[L14003]。

燃料サイクル

六ヶ所再処理工場の早期竣工や新增設に向けて必要な試験等の実施や、過酷事故時の汚染拡大防止技術の開発を行うとともに、炉心熔融事故により発生する破損燃料の処理への乾式再処理技術の適用性評価等を実施することで、核燃料サイクルの実現に貢献する。

■再処理工場の使用済燃料溶解工程で発生し、ハル廃棄物(燃料被覆管の廃材)等に付着するモリブデン酸ジルコニウムに関し、付随する結晶水等の蒸発挙動を解明した。さらに、保管容器内のハル廃棄物が高温に晒された場合に発生する水蒸気による内圧上昇を評価し、廃棄物保管時の安全性評価に必要な知見を得た。

■福島第一原子力発電所の汚染水処理システムの運転を支援するとともに、港湾内の除染を目的とし、ゼオライトによる放射性核種の吸着・除去と、ゼオライトの再生および再生液からの放射性核種の沈殿分離の組合せにより、海水から効率よく放射性核種を回収する技術を考案した。

ヒューマンファクター

平時のみならず緊急時においても適切に行動できる組織の構築に貢献するため、個人やチームの特性を活かしたヒューマンエラー未然防止方策、安全文化醸成方策などを開発する。

■良好事例調査を通じて、危険感受性向上手法の体系化を図り、いくつかの手法を組合せることで、「危険の恐怖」、「自己評価と現実の歪」、「他者からの評価」の3点を作業者に気づかせることが重要であることを明らかにした。これらに留意した教育訓練を行うことで、危険感受性向上教育の実効性向上が期待される。

■過度に詳細な安全ルールは結果に対して自信を与える一方で時間的負担感を誘発させるなど、作業者の心理プロセスに与える影響を考慮に入れた事象対策立案時の安全ルール導入方策体系を提案した。これにより、エラー対策として導入する安全ルールの過剰な導入の抑制が可能となる。

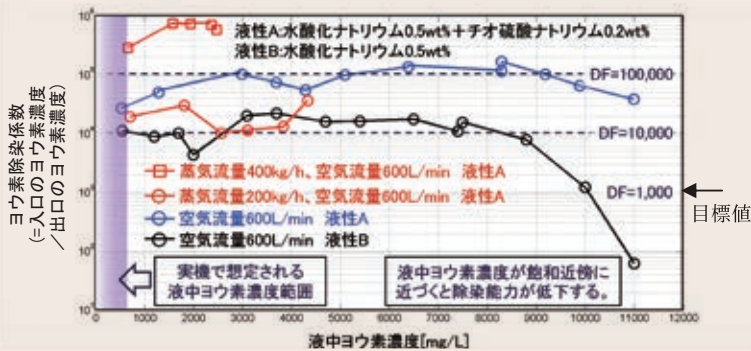


図1 ヨウ素のフィルターベントによる除染係数の実験結果

実高フィルターベント試験設備を用いてヨウ素の除染性能(縦軸)を溶液中のヨウ素濃度(横軸)に対して示す。図中左側の実条件(600mg/L)を超えた範囲でもヨウ素を1/1000以下に低減できることが示された。