

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

軽水炉の弛まぬ安全性向上のためには、原子炉システム安全に関する信頼性を維持・向上する技術や事故防止および発生した場合の影響緩和技術が重要である。本課題では、これらの技術の基盤を支える熱流動およびリスク情報活用に関する研究開発を行う。

■ 米国原子力規制委員会(NRC)が開発し、各国の規制活動で標準的に使用されている原子炉安全解析コードTRACEの高度化に関する共同研究をNRCと行っている。熱出力と冷却材流量が急速に減少する過渡事象を模擬した試験を実施し、TRACEを用いた解析によって、出力が異なるチャンネル間の流量再配分が精度良く再現できることを確認した。これにより、TRACEコードが過渡現象を十分に高い精度で再現できていることを示した。

■ 過酷事故時に原子炉容器内の水位が低下して露出した燃料棒の冷却特性を明らかにするため、燃料集合体を模擬した試験体を用いて冷却試験を実施した(図1)。大気圧条件下で、流速、熱出力、水温が冷却材の流動特性(気泡割合や気泡速度、気泡径など)や燃料温度変化に及ぼす影響を明らかにし、大気圧下で燃料露出から燃料溶融に至るまでに要する時間を正確に把握することを可能とした*1。

■ 過酷事故時の格納容器減圧設備として有望なフィルタベント装置の設置にあたっては、多様な事故状況における同装置の性能を把握し、様々な条件下での除染性能に関するデータベースを構築しておく必要がある。そのため、実サイズの実験装置を用いて大気圧条件下のエアゾル、ヨウ素(I_2)、有機ヨウ素(CH_3I)に対する除染性能を評価するとともに、実機条件下で試験が可能な大型試験体系(図2)を構築した*1。

■ 原子力発電所のリスク評価の実施に向け、その支配要因の一つである共通原因故障(CCF)の分析結果を原子力安全推進協会(JANSI)のNUCIAシステムにデータベース化した。また、JANSIの機器一般故障率パラメータの国内プラントリスク評価への適用において生じた故障率分布計算の収束性に関する技術上の課題について解決策を提示した。

燃料・炉心

原子力発電の安全性を向上させるため、燃料被覆管の腐食・劣化機構の解明、事故時の核燃料の化学的特性と熱的・機械的挙動の解明、炉心の燃焼特性の解析技術の高度化などを進める。また、溶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。

■ 軽水炉の過酷事故時の未臨界を確実に維持するため、燃料棒より先に溶融せず、燃料棒の溶融後も溶融した核燃料物質と共に存在し、従来の制御棒と同様の運用が可能な「事故耐性の高い制御棒」*2の概念を考案した。それに適した材料の選定に向け、炉心解析と材料試験を行い、適切な中性子吸収材候補と基本構造を得た[L13005]。

■ 福島第一原子力発電所の燃料デブリ取り出し準備に向けて、模擬燃料デブリを製造する「超高温加熱装置」を燃料の溶融に必要な2700℃以上まで加熱できるように改良し、燃料デブリに近い融点を持つジルコニウム-カルシウム混合溶融酸化物(ZrO_2-CaO)を作製した*3。

燃料サイクル

六ヶ所再処理工場の早期竣工に向け、新規規制基準に適合するために必要な試験や、過酷事故時の汚染拡大防止技術として、汚染水処理技術の改良等を行う。また、炉心溶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、これまで開発した乾式再処理に関する技術基盤を維持する。

■再処理工場の過酷事故のひとつである高レベル濃縮廃液の蒸発・乾固時に放出される放射性核種の挙動を解明するため、実廃液を用いた蒸発・乾固試験を実施し、リスクの支配的な核種であるRuの放出率を明らかにした。さらに、再処理工程の不溶解残渣(Mo、Ru、Rh、Pd、Te合金粒子)が事故時に想定される高温に晒されても、Ruはほとんど放出しないことを確認した。

■炉心溶融事故により発生した破損燃料の処理への乾式再処理の適用に向け、溶融塩化物中における模擬デブリ燃料(U、Pu、Zr)O₂の電気化学的特性、還元挙動に関する特性を評価した。さらに、TMI事故で発生したデブリ燃料の還元処理試験を実施し、適用性判断のための基礎データを得た。

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生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。

■平時・緊急時の状況に係わらず必要な安全行動の定着化・遵守を促すため、文献調査ならびに模擬実験を通じて、安全行動に対する作業者心理*4に影響する作業条件(切迫、面倒などの作

業特性・体制)などを明らかにした。これら条件の影響を考慮した安全ルールを導入することで、作業者の自律的な安全行動の促進が期待できる[L13001][L13004]。

- *1 経済産業省 平成25年度発電用原子炉等安全高度化技術基盤整備事業で実施。
- *2 「事故耐性の高い制御棒」は日米政府間の民生用原子力協力枠組み(CNWG)の協力項目である。
- *3 日本原子力研究開発機構からの受託研究として実施。
- *4 「危険の主観評価」、「安全行動によるポジティブな結果の想定(リスク回避、満足感)」、「安全行動によるネガティブな結果の想定(効率低下、負担増大)」により、安全行動選択の是非が決まるプロセス。(例:リスク回避可能で負担感の低い安全行動は、リスクがわかりにくい場合でも実行される。)

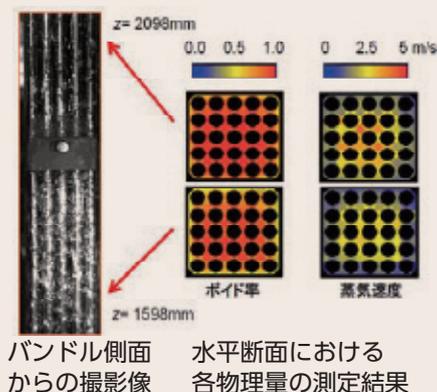


図1 5×5バンドルの模擬燃料集合体中の沸騰二相流の可視化結果
(入口流速 0.3m/s、入口サブクール度 1K、バンドル熱出力 37.5kW)

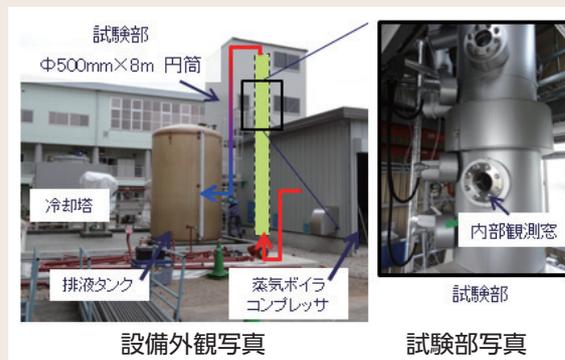


図2 実条件フィルタベント試験設備
(内径500 mm高さ8 m円筒、最大圧力1.6 MPa)