



- 高速増殖炉サイクルの研究開発 - 高速増殖炉の研究開発

1. 高速増殖炉固有の技術開発

1.1 安全性の研究

高燃焼炉心での変形ピンバンドル内の熱流動現象を予測する手法の開発については、集合体内の変形に伴うクロスフローが生じる場合の熱流動特性を評価するために必要となる実験計測手法（可視化画像を用いた熱流動特性計測）の開発を筑波大学との先行基礎工学協力研究により実施している。また、集合体内にポラス状の閉塞が生じた場合の熱流動現象把握のためのナトリウム試験に備え、2000年度実施したナトリウム予備試験結果の評価を含め、予備解析を実施した。

全炉心熱流動評価手法の開発については、自然循環による崩壊熱除去に関し、インターラッパフローの炉心部形状に関する依存性、流れの周方向依存性を明らかにするための水試験準備を行った。

起因過程解析コードSAS4Aを仏国原子力安全防護研究所（IPSN）、独国カールスルーエ研究センター（FZK）と共同で開発している。SAS4Aコードの信頼性向上のために、IPSN、FZKとともに専門家会議（SAS4A 専門家会議、2001年6月6～8日開催）を大洗工学センターで開催し、日欧統合バージョン作成に向けた準備を進めた。CABRI FAST 総合評価から得られた中空燃料のULOF（流量減少時スクラム失敗）時破損条件の知見を反映し、PCMI（燃料ペレット/被覆管機械的相互作用）の不確定性低減に向けたモデル改良方策の検討を実施した。金属燃料高速炉の炉心安全性評価については、燃料破損条件の不確定性について検討し、課題を抽出した。

炉心崩壊過程解析手法の高度化については、炉心崩壊過程解析コードSIMMER IIIの検証解析を進める中での物理モデル及び数値解析アルゴリズムの改良に関し、炉心融体の燃料ピン束への進入

固化挙動についてのモデル検証を行うための解析を実施した。多成分多相流の熱流動現象の数値シミュレーションに関する研究については、SIMMER IIIの蒸発・凝縮モデルの検証実験を実施した。高密度比二相流の界面積輸送モデルの研究については、界面積計測試験装置の設計を進めるとともに、試験条件を決定するための予備解析を実施した。燃料冷却材相互作用（FCI）の多相多成分解析モデルの検証研究については、熱的微粒化モデルの定式化を行い、プログラミングを開始した。

炉心物質移動挙動試験については、熔融移動挙動大型模擬試験装置（MELT III）を用いた冷却材逆流型FCI試験を5試験実施し、結果の評価を行った。また、これらの試験の実施に先立ち、SIMMER IIIコードによる予測解析を実施して試験条件の妥当性を確認した。IPSNとの共同研究として実施しているCABRI RAFT炉内試験については、熔融燃料放出挙動試験結果の総合評価を実施した。さらに、熔融燃料のピン内分散挙動確認試験の個別評価に着手し、総合評価に向けた考え方を整理した。

カザフスタン共和国国立原子力センター（NNC）の試験炉IGRを用いた、再臨界回避に向けた試験研究（EAGLEプロジェクト）については、炉内試験で用いる中性子検出器の機能確認試験を実施するとともに、ペレットの不純物ガスの効果を調べるGP試験の模擬試験体を用いた核特性試験を行った。また、GPに続く炉内試験体の設計についてカザフ側と協議を進めた。炉外試験については、ナトリウムを用いない要素試験の準備段階として2種の試験を実施し、試験条件の選定を進めた。また、試験計画の進捗を審議するために、第2回運営委員会及び第14回EAGLEプロジェクト技術会議を大洗工学センターで同時開催（2001

年6月開催)した。

ソースターム評価手法の開発については、前年度実施した照射済MOX燃料試験結果のまとめを完了し、成果報告書を取りまとめた。また、同成果を日本原子力学会(2001年9月開催予定)で報告するための準備を行った。炉内ソースターム総合解析コードTRACERの開発については、非平衡蒸発モデルの組み込みを完了し、実用炉相当体系での適用性解析を行い、モデルや計算機能の確認を行った。

ナトリウム燃焼試験については、燃焼残渣の安定化試験の基礎試験を継続的に実施し、確認試験条件(炭酸ガス濃度等)を決定するデータを蓄積した。ナトリウムコンクリート反応試験については、燃焼ナトリウム中への水素注入試験を実施し、水素の再結合割合を測定した。

蒸気発生器に関する安全技術高度化研究に関しては、ナトリウム水反応試験装置(SWAT 1R)を用いた熱伝達率測定試験について、第4回試験(600g/sec注水条件)の予備解析並びに試験を実施した。蒸気発生器水リーク試験装置(SWAT 3R)を用いた水リーク試験については、ダンクタンクへのナトリウム充てんを完了し、引き続き実施するナトリウム系の機能確認試験の計画を策定した。

高温ラプチャモデルの開発に関しては、SWAT 3R試験計画の詳細化検討のために、反応ジェットモデルLEAP JET並びにブローダウンモデルLEAP BLOWを用いた予備解析を実施した。

確率論的安全評価(PSA)手法については、FBRのPSAにおいて運転員によるアクシデントマネージメントの手順の有効性をイベントツリー/フォールトツリー解析で評価するために、シーケンスカットセットの計算において失敗だけでなく成功シーケンスを適切に取り扱えるよう、統合型レベル-1PSAプログラムを改良した。信頼性データベースの開発・整備については、「常陽」の2000年7月~12月の運転実績を機器信頼性データベース(CORDS)へ登録した。

1.2 炉心の開発

高速炉用統合炉定数の整備については、統合炉定数の検証及び精度評価を実施した。

「常陽」の炉心管理・照射技術として、MK II 炉心特性データベースに、MK III 移行炉心の運転

特性試験データを追加し、炉心管理データを最新の炉定数セット(JENDL 3.2)に更新するための計算を実施した。また、炉心管理計算法の高度化については、炉心管理コードシステム(HESTIA)を用いてMK II 炉心の運転実績に基づく記録計算を行い、過剰反応度や中性子束等の核特性計算の妥当性を確認した。使用済燃料のモニタリング技術開発については、「常陽」MK II 燃料(燃焼度約6.6万MWd/t)の崩壊熱を測定した。

フェニックスにおけるMA及びFPサンプル照射試験(PROFIL R)計画については、フランス原子力庁(CEA)においてMA・FPサンプルの調達、照射用集合体の製作、フェニックス炉への輸送等に係る共同研究の準備を行った。「常陽」において行われたMAサンプル照射試験(Np 237, Am 241, Am 243, Cm 244)の解析準備を実施した。

核兵器解体Pu処分協力として、ロシアのBFS 2臨界実験装置を用いた臨界実験について、ロシア物理発電工学研究所(IPPE)とBFS 2臨界実験に係る技術会議(オブニンスクで2001年6月10~17日開催)を行い、BFS 62 4体系の中央部をMOX燃料で置換してドブラー反応度、核分裂反応率、U238捕獲反応率等の測定方法や測定項目を確認した。また、ロシアのBN 600を用いた3体の燃料集合体照射試験についてもベンチマーク計算についての両機関の結果を示し、情報交換を行った。

1.3 高温構造システムの研究

高サイクル熱疲労の原因となる流体側の温度変動挙動を把握するための並行3噴流ナトリウム試験については、水とナトリウムによる温度変動挙動の違いを把握するためのナトリウム試験運転を開始した。配管合流部のホット/コールドスポットの発生など長周期の温度変動特性を明らかにするための長周期変動水試験では、熱電対ツリーによる配管合流部の温度変動測定を実施した。また、感温液晶による壁面温度測定に関する報告書を作成している。

サーマルストライピングについて、日本原子力学会(2001年9月開催予定)に4件投稿するとともに、機械学会の「熱荷重による構造物損傷に関する研究会(2001年5月開催)」に参画し、評価手法を議論し、解析コードの役割・位置付けなどを検討した。

構造物熱過渡試験装置(TTS)に高サイクル疲

劣機能を追加する改造については、工事に伴って消防申請を行い、高サイクル熱疲労試験装置の機器搬入と据付工事を開始した。また、高サイクル熱疲労試験の試験条件検討を実施した。

高温材料長時間試験については、316FR鋼、Mod. 9Cr 1Mo鋼等の長時間域クリープ試験、低ひずみ域クリープ疲労試験及び長時間ナトリウム中クリープ疲労試験を継続している。また、SUS304の高サイクル疲労試験を継続するとともに、疲労寿命に及ぼす重畳波形効果に関して、追加の重畳波形疲労試験計画を作成した。

溶接部損傷評価法については、溶接金属損傷評価を継続して実施している。

信頼性評価技術の開発については、これまでにを行った疲労き裂試験体の非破壊検査結果の取りまとめを実施している。さらに、フェライト鋼へのLBB適用に関する解析計画と試験計画の検討を実施した。

ナトリウム化合物溶融体中の高温材料腐食研究については、ナトリウム漏えい対策設備の合理化を狙いに、腐食抑制物質の探索試験を開始した。また、ステンレス鋼の腐食速度評価試験を開始した。ナトリウム漏えい挙動腐食試験については、装置運転マニュアルを改訂し、試運転を開始した。

Na/Na化合物の熱力学基礎物性に関する研究については、 Na_2FeO_3 の室温～高温ラマン測定及び蒸気圧測定試験に着手した。また、 NaFe 複合酸化物の比熱測定実施に向けた予備試験を開始した。さらに、制御雰囲気下での蒸気圧データ取得に向けた装置改造について、技術仕様を検討した。

損傷組織定量化技術開発については、損傷定量化に必要な材料試験計画を検討している。また、SUS304のクリープ損傷による磁気特性変化について発表した（ISEM，2001年5月13日～16日及び構造健全性と非破壊検査に関する日独セミナー，2001年5月31日～6月1日）。さらに、SUS304の磁気特性変化とCr欠乏層などの金属組織変化との相関性調査に着手した。実機損傷材の材料試験については、「常陽」のプラグング計の健全性を材料試験結果で確認した。また、新旧配管溶接継ぎ手のクリープ試験を実施している。

構造解析コードの整備については、汎用非線形解析コードFINASのソルバ更新に伴う周辺環境整備項目の検討を実施した。データベースの整備については、材料データベースシステムSMATの

SMAT i（損傷組織画像検索システム）に関するマニュアルを作成した。また、構造物試験データベースシステムSTARのデータベース整備の準備を実施した。

機器上下免震評価法の開発については、免震要素設計法、免震構造設計法の検討、1Hz減衰要素付加試験等の実施内容の詳細検討を実施した。耐震構造健全性評価法の高度化については、エルボ配管の振動特性、弾塑性挙動、限界挙動等を把握するためのエルボ配管耐震試験の予備試験を実施した。

伝熱流動数値実験研究については、微視的シミュレーションの熱流動への適用性研究に関し、ナトリウムの反応速度に関するデータを取得した。また、混相流シミュレーション技術の研究に関しては、混相流シミュレーションコードへの反応モデルの組み込みを実施している。

機構論的ナトリウム燃焼解析手法の開発については、これまでの成果を取りまとめ、学術誌（Nuclear Technology及びJournal of Numerical Heat Transfer）に2件投稿した。

ナトリウム漏えい検出システムの高度化については、ナトリウム燃焼エアロゾルを用いたレーザーブレイクダウン法によるナトリウム微小漏えい検出系の適用性を評価するための試験条件の詳細化を図り、装置仕様を決定した。これに基づき装置改造を準備している。また、LBB論理に関する漏えい検知側からの評価作業の実施計画を立案し、上記試験への要求事項をまとめている。

ナトリウム中流動現象計測手法開発については、2000年度までの試験結果を評価し、課題と対策を整理した。また、高温用超音波トランスデューサの改良仕様をまとめ、試作試験の準備を行った。

1.4 燃料・材料の開発

酸化物分散強化型（ODS）被覆管の製造コスト低減化として、海外メーカーを用いた素管製造試験のための原料粉末製造を開始した。マルテンサイト系ODS被覆管の長時間クリープ試験の継続及び物性データの取得を実施した。また、ODS被覆管のBOR 60での照射試験に係る打合せをデミトロフグランドで行った（2001年4月23～29日）。

PNC316鋼被覆管のスエリング挙動式作成のための評価試験として、C4Fラッパ管の密度測定試料の調整を実施した。「常陽」SVIR 1で照射した

9Cr ODS マルテンサイト鋼のTEM 観察を実施している。

「常陽」における仏製改良オーステナイト鋼被覆管燃料の日仏交換照射については、集合体の非破壊照射後試験を終了し、集合体解体を行いラッパ管の照射後試験を実施している。原研との共同研究で進めている窒化物燃料の照射後試験については、金相試験、SEM 観察及びEPMA 試験を継続実施している。「常陽」照射の燃料集合体のMA 核種分析を終了した。またAm 添加MOX 燃料の熱伝導率調査検討を継続した。

照射試験装置AMIR 6で照射したB4Cペレットの粒度分布測定により、照射ペレットの破片粒径評価を行うため、集合体の解体作業に着手した。また、「もんじゅ」長寿命化制御棒の開発については、制御棒被覆管の塑性歪限界検討のための評価ツールを整備し評価を開始した。

2. 高速実験炉「常陽」

第13回定期検査を2000年6月1日より継続実施している。2次系コントロールセンター盤の点検、チリングユニット点検等を実施した。安全対策工事については、常陽変電所更新、電源系遮断器更新の事前調査を実施した。また、1次系回収ナトリウム処理作業等について文部科学省への設工認申請、使用前検査申請対応を実施した。

MK III計画については、改造工事を継続中であり、新主中間熱交換器2基及び主冷却機4基の据付け、接続配管等の溶接、原安センターの溶接検査及び文科省の使用前検査の受検を実施した。

3. 関連施設の運用

3.1 大洗わくわく科学館

原子力エネルギーをはじめ、科学技術全般の普

及啓発に役立ち、かつ地域交流の場となる施設として、また、サイクル機構の業務等に対する一般の方々からの理解促進、信頼確保のための活動拠点とすることを目的として建設を進めていた「大洗わくわく科学館」が2001年3月末に竣工し、7月11日開館予定で準備を進めている。

同館の会館に先立ち、2001年6月27日から7月2日の期間において、地元周辺自治体、機関、企業、団体等を対象とした内覧会を開催している。

4. FBR 国際シンポジウムの開催準備

国内外の各研究機関及び電力・メーカ等の民間企業の研究者が集まり、サイクル機構の研究者と一緒に高速増殖炉サイクル技術のブレークスルーを目指すために、高速増殖炉サイクルの最適化設計研究及びその要素技術開発を相互に補完・啓発しながら進める場として、高速増殖炉サイクル国際研究開発センターが2001年3月に竣工し、同年4月から運用を開始した。この完成を機に、国内外の研究者や技術者を集め、大洗工学センターをFBRサイクル研究開発の中核とする意気込みや国内外との連携の必要性を訴えていくことを目的としたシンポジウムを開催する計画で準備を進めている。

・開催期日：2001年9月6～7日

・内容：報告及びパネルディスカッションを中心に大洗工学センターの構想、サイクル機構の進める研究開発現状について、報告・討論を実施する。

(大洗：開発調整室)