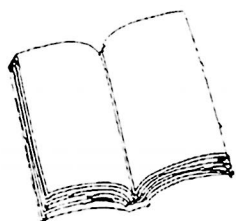


## 【概況報告】



## —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

燃料集合体の異常の拡大防止に係る研究については、ワイヤスペース型燃料集合体の冷却材流路にポーラス状閉そくが形成された状態を模擬し、過渡条件の閉そく物周りの熱流動現象に着目したバンドル体系ナトリウム試験を実施した。

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コードの解析チャンネル数拡張の改良、後処理プログラムの最新版対応を完了し、3次元核動特モデルの組み込み作業を継続している。また、CABRI-FAST試験における破損後燃料崩壊・分散挙動へのSAS4Aコード適用解析の評価結果を取りまとめた。仏独と計算結果の状況について情報交換を行い、計算安定化のためのコード改良・修正を実施した。

炉心崩壊過程解析コードSIMMER-<sup>+</sup>については、安全評価にかかわる主要現象に着目した第2期検証研究の結果について、総合評価の取りまとめを行った。また、実用化戦略調査研究の解析で必要とされる再臨界回避方策の評価、重金属炉及びガス炉の炉心安全解析を行うためのモデルの修正と改良を実施し、SIMMER-<sup>+</sup> Version 2. Hの取りまとめを行っている。FZKと共同で実施している3次元コードSIMMER-<sup>+</sup>については、第1版を改良したVersion 1. Bの取りまとめを行っている。さらにSIMMER-<sup>+</sup>の蒸発・凝縮モデルに関して凝縮実験用画像処理システムの開発を進めるとともに、先行基礎工学に係る共同研究を通じて凝縮実験の解析とコードの検証を行っている。

炉心物質移行挙動試験については、MELT-<sup>+</sup>試験装置を用いた低温試験のデータ分析を進めるとともに、分析結果を基に蒸気泡の発生挙動に着目した基礎試験を実施した。また、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、今後予定される試験の試験条件選定を進めた。

異常時の燃料破損限界については、TREAT、EBR-<sup>+</sup>における既存の過出力試験データの再整理を行い、CABRI試験データにも共通な過渡挙動の概念としてまとめた。燃料損傷・拡大防止については、CABRI-RAFT試験で実施した試験結果の分析評価を実施するとともに、今後の総合評価の進め方についてIPSNとの協議を行った。

受動的安全性については、自然循環による崩壊熱除去時の炉心部温度に影響が大きいと考えられるインターラッパーフロー現象（集合体間ギャップを通る流れ）について、ボタン型パッド体系の水流動試験結果を取りまとめた。

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、再臨界問題の排除に向けた試験研究（EAGLEプロジェクト）については、炉外予備試験、炉内準備試験の仕様具体化を実施した。また、NNCとの契約締結に向けた準備を進めた。

ソースターム評価手法の開発については、UO<sub>2</sub>試験試料の定量分析のための準備作業を継続実施している。また、照射済MOX燃料の試験準備として、試料調整手法確立のための試験を開始した。炉内ソースターム挙動解析コード（TRACER）のマニュアルを作成した。

格納施設安全評価手法の開発については、ナトリウム-コンクリート反応試験の予備試験として、水素バブリング試験を計画し、試験方法の具体的な検討を進めた。また、格納施設安全解析コード（CONTAIN）のコンクリート中水分移動計算モデルの数値計算不安定に関する再検討を行っている。

ナトリウム燃焼実験関係では、小規模プール燃焼試験の最終実験であるFRAT-1 Run F7-4試験（今までで最も小さい漏えい率 5 kg/hrの試験）の試験後処理、試験後解析を実施した。また、既

実施の小規模プール燃焼試験Run F7-3, F8-1試験について取りまとめを行った。ナトリウム燃焼解析コード (ASSCOPS) については、最新バージョンの公開手続きを実施中である。また、検証結果の取りまとめを実施している。

ナトリウム燃焼挙動基礎試験については、落下液滴燃焼試験について予備試験を実施した。また、ナトリウム燃焼挙動計測技術を開発するために、予備試験結果の分析と計測条件の適正化検討を実施している。

ナトリウム燃焼の現象論的考察のため、プール燃焼火炎部の伝熱流動・燃焼解析コードの開発を実施し、燃焼解析コード (SPHINCS) の検証を終了した。ナトリウム燃焼時の断熱火炎温度の評価を行い、燃焼時の温度上限の評価を実施した。

蒸気発生器のナトリウム - 水反応実験関係では、中リーク規模での管外熱伝達率とリーク音響測定を目的としたSWAT-1 HT2試験を実施するとともに関連する解析を行った。また、高温ラプチャモデル (TRUEコード) の報告書を作成した。SWAT-3R試験装置については、6月末の本体部分の製作据付完了を受けて、ガス系、水系等付帯設備の整備を実施している。

確率論的安全評価 (PSA) については、統合型レベル-1 PSAプログラムの実用化戦略調査研究等への試用を通じて改良を継続している。信頼性データベース (CORDS) の開発・整備に関しては、運用マシンのリース替えに伴う移植作業を実施した。また、「常陽」のPhase23データを登録し、「もんじゅ」工学データの作成に着手した。

## 1.2 炉心の開発

核特性評価手法の開発については、多様な高速炉に対応でき断面積共鳴領域の精度を向上する次世代炉定数システムのプロトタイプコードを用いての解析に着手した。「常陽」の性能試験及び運転特性データの最新解析結果をまとめ、JUPITER臨界実験解析との炉物理的整合性の評価を継続している。遮蔽特性評価手法の開発については、詳細実施計画を作成し、遮蔽設計解析システムの整備作業に着手した。

「常陽」の照射技術の高度化については、核熱計算法を詳細化したMK-炉心管理コードシステム (HESTIA) 用のユーティリティプログラムの作成を実施している。また、崩壊熱の実測データを拡充するためにMK-第5次取替燃料集合体の崩壊熱測定を実施した。また、製造上の条件も踏まえた低濃縮度ウラン炉心の燃料仕様の検討を實

施している。

アクチニド燃焼炉心の核特性評価に関しては、MA組成変化と炉心燃焼特性との関係を分析し、メカニズムを解明した。実用化戦略調査研究の一環として、多様な炉心概念間のMA変換特性を評価し、その結果を原子力学会で報告した。

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及びロシアのBN-600を用いた3体の燃料集合体照射試験を継続している。さらに、BN-600ハイブリット炉心化のために必要な炉心燃料設計、安全解析、照射試験について、ロシア側と実施計画の検討を実施している。

## 1.3 高温構造システムの研究

構造強度評価法については、系統熱過度～構造健全性統合評価技術開発の一環として、サーマルストライピングを対象に構造応答の周期特性に着目した評価法に関する検討を実施した。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水流動試験の解析結果を取りまとめた。流体の混合特性及び構造物への温度ゆらぎの伝達過程を明らかにするためのナトリウム試験を開始した。

長時間領域材料特性試験については、316FR, Mod.9Cr-1Mo鋼等の母材及び溶接部材の長時間域・低ひずみ域におけるクリープ及びクリープ疲労試験を継続している。また、SUS304の $10^8$ サイクルを目標とした高サイクル疲労試験を一部着手した。さらに、疲労寿命に及ぼす重畳波形効果について重畳波形疲労特性データの取得・解析を進めた。高純度鉄基合金については、耐腐食性試験に着手した。

構造物熱過渡強度試験装置に高サイクル疲労機能を追加する改造については、製作設計をほぼ終了した。

高速炉のLBB (破断前漏えい) 評価法の高度化に資するデータ取得を目的とした熱クリープ疲労き裂進展試験を継続している。また、模擬冷却材漏洩試験について、直管試験体による予備試験結果のまとめを実施している。

「もんじゅ」ナトリウム漏えい事故に関連して提示した材料腐食機構については、Na-Na<sub>2</sub>O系環境下での腐食量及び腐食速度の時間依存性及び温度依存性を把握した。Na/Na化合物の熱力学基礎物性について、Na<sub>4</sub>FeO<sub>3</sub>の熱分析と他の高純度NaFe複合酸化物の合成及び蒸気圧測定に着手した。

寿命・余寿命評価手法の開発については、クリ

ープ損傷の磁気特性変化による検出技術開発の予備試験を行い、本試験に着手した。また、材料データベースシステムSMATに追加する損傷組織データベースの構築案を作成した。

構造解析技術については、炉心変形解析コード(PRECISE)の機能拡張のための仕様を検討した。炉心変形挙動評価については、「もんじゅ」タイプ形状のラップ管についてのパッド及びダクト部の面間圧縮剛性試験結果の取りまとめを行っている。

耐震構造健全性評価法については、直管配管耐震試験結果の成果取りまとめを行っている。また、エルボ配管についての本試験準備を行っている。

荷重緩和技術の開発については、応答低減を図る鉛ダンパを用いた減衰要素付加試験の成果の取りまとめを行っている。また、低振動数(1 Hz級)免震要素試験に関する水平動試験を実施している。

耐震・免震設計評価技術については、直管の静的座屈及び動的強度試験データに関する解析を行い、評価手法の見通しを得た。また、エルボの静的試験データの解析により、ラチェット解析技術の適用性を評価した。

伝熱・流動については、熱流動・構造連成解析コード、全炉心の熱流動解析コード、流力振動解析コードの開発と検証を実施し、全炉心解析手法の検証結果を学会に報告した。燃料集合体局所異常事象解析条件の検討を実施中である。実炉データによる熱流動解析コードの検証については、フローホール周辺の直接シミュレーションにより圧損係数を評価し、その成果を原子力学会に報告した。

伝熱流動数値実験研究として、分子軌道法と反応管実験を用いて、それぞれでナトリウムの反応速度定数を評価している。また分子動力学法を用いてナトリウムと水あるいは酸素の反応速度評価を実施中である。また、反応を伴う多成分混相流の解析コードを開発し、検証解析を実施している。熱流動構造連成に関しては高速炉の枝管を対象として実機解析を実施中である。

監視・計測技術については、熱伝導逆算法による配管内ナトリウム温度推定プログラムの作成に係る取りまとめを行っている。また、レーザ式微小漏えい検出手法についての感度評価試験の取りまとめを行っている。さらに、ナトリウム中流動現象計測手法開発について、高温用超音波トランスデューサ単体の特性試験結果を取りまとめた。

#### 1.4 燃料・材料の開発

ODS鋼開発については、マルテンサイト系ODS鋼では強度試験片の作製を実施した。フェライト系ODS鋼では、4回冷間圧延による数十本レベルの製管試験を開始した。

ODS鋼、高Ni鋼及び改良オーステナイト鋼(14Cr-25Ni鋼)について、ナトリウム中/Ar中内圧クリープ及び腐食試験を継続している。ODS鋼のクリープ特性等の中間結果をまとめた。ナトリウム中におけるODS鋼の表面Ni拡散に伴う相変態や組織変化の現象解明のため、Ni拡散試験を継続している。PNC1520の約4万時間の長時間破損データを取得した。

「常陽」で照射したPNC316鋼被覆管のスエリング挙動評価式の策定を終了した。また、スエリング促進の原因調査、FFTFで照射した燃料集合体照射材の引張強度特性評価試験、低はじきだし材料の強度及び組織試験の総合評価の実施するとともに、SVIR-1で照射したODSフェライト鋼のリング引張試験を開始した。

「常陽」による仏製改良オーステナイト鋼被覆管燃料を使った日仏交換照射については、照射後試験について基本計画(案)を作成した。

MA-MOX燃料ペレットの遠隔作製装置については、ウラン試験を継続している。

照射後制御棒材料の熱伝導度測定のため、照射後のB<sub>4</sub>Cによる適用性確認試験を実施している。

「もんじゅ」長寿命制御棒の開発について、ポラスプラグのアルコール中保持圧特性をまとめ、ナトリウム中保持圧試験に着手した。

BDI挙動解析コード(BAMBOO)と熱流解析コード(ASFRE)との連成解析に必要な両コードの改良作業に着手した。

照射後試験技術の開発では、X線CT装置による断層画像について、解析プログラムの改良に着手した。

#### 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。燃料交換により、照射後試験用集合体を炉外に搬出した。

MK-1計画については、その改造工事を継続中であり、制御棒下部案内管移設作業、力率改善コンデンサー設置、遮蔽コンクリート冷却系隔離工事等を実施した。また、工事の安全性の確保、工事進捗の管理を行うために現地工事推進本部を発足させた。

### 3. 関連施設の設計・建設

#### 3.1 高速増殖炉サイクル国際研究開発センター

##### (1) 施設の目的

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になって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を大洗工学センターに建設するものである。

##### (2) 施設の概要

本施設は、各種分野の研究者の居室、多彩な映像システムを備えたセミナー室及び高速増殖炉技術の効率的な研究開発を支援する数値実験シミュレーター室等を有するインテリジェント研究棟である。

建家構造：鉄骨造 5 階建（一部、6 階建）

延床面積：約8,000m<sup>2</sup>

収容人員：最大250名

##### (3) 進捗状況

建家の鉄骨組立て作業及びフロア張りを終了した。外壁設置及び耐火被覆の吹付塗装作業を開始

した。

#### 3.2 大洗わくわく科学館

##### (1) 施設の目的

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するものである。

##### (2) 施設の概要

本科学館は、海に関連した科学テーマとして、幼児から小学生までが遊びながら科学する心を育むことができる活動の場を提供するとともに、魅力あるゾーンの設置やイベント開催ができる施設である。

建設地：茨城県東茨城郡大洗町港中央

建家構造：鉄筋コンクリート造 2 階建

敷地面積：約3,000m<sup>2</sup>

延床面積：約2,500m<sup>2</sup>

##### (3) 進捗状況

2001年3月末竣工、同年7月開館を目標とし、現在建家建設及び展示物の製作を実施している。

（大洗：開発調整室）