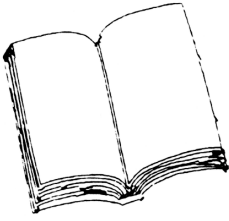


## 【概況報告】



2000年10月～12月

## 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

燃料集合体内での異常拡大防止に関する研究については、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過渡状態を模擬したナトリウム試験のデータ分析を進めた。また、高燃焼度燃料集合体内の熱流動現象を把握する上で重要な変形バンドルに対する試験の準備として、複雑形状流路内の速度場計測に関する筑波大との共同研究により、球充填層内の速度場計測を実施した。

起因過程解析コードSAS4Aを仏国原子力安全防護研究所（IPSN）、独逸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、コンパイルエラー、実行時エラーの抽出、修正を行い、仏独各国へ送付した。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。さらに、CABRI-RAFT計画で実施された3本ピン体系での試験を対象としてSAS4Aコードの適用解析を実施した。

炉心崩壊過程解析コードSIMMER-<sub>1</sub>については、実用化戦略調査研究で必要とされる再臨界回避方策の評価、重金属冷却炉及びガス冷却炉の炉心安全解析を行うことを目的に、径方向非均質炉心解析を可能とするためのSAS4A-SIMMER-<sub>1</sub>接続システムコードSAME-<sub>1</sub>の改修を実施した。FZKと共同で開発している3次元コードSIMMER-<sub>3</sub>については、第1版を改良したVersion1.Bの整備を行い、SIMMER-<sub>3</sub>コードの最新版とともに仏独各国へ送付した。さらに九州大学との共同研究（先行基礎工学協力研究）を通じて、SIMMER-<sub>3</sub>の蒸発・凝縮モデルに関して、これまでに開発した凝縮実験用画像解析システムにより、凝縮実験データ解析を実施している。

炉心物質移行挙動試験については、熔融移動挙動大型模擬試験装置（MELT-<sub>1</sub>）を用いた融体

放出移行挙動にかかわる低温試験のうち第1シリーズ試験を終了し、融体プール近接型の第2シリーズ予備試験の準備を進めた。さらに、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、遷移過程に関わる過渡試験の一つであるTPA2試験の試験条件選定を完了した。

異常時の燃料破損限界に関する研究については、CABRI試験等で得た燃料ピン過渡挙動に関する知見に基づき、照射条件依存の過渡挙動を適切に評価するためのモデル改良課題を抽出した。燃料損傷・拡大防止に関する研究については、CABRI-RAFT試験で実施した試験結果の分析評価を継続するとともに、過渡時燃料挙動解析コードPAPAS-2 Sによる解析を実施している。

自然循環による崩壊熱除去に関する研究については、これまでの研究のまとめに向けて、崩壊熱除去時の熱流動現象の特徴であるインターラッパーフロー現象と評価手法に求められる集合体間ギャップ機能を抽出した。また、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（集合体ギャップを通る流れ）について、鉢巻きパッド体系の水流動試験準備を進めた。

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、炉外試験の検討を進めた。

ソースターム評価手法の開発については、 $UO_2$ 試験試料の温度勾配部のサンプリング管及び焼結金属フィルタ等の定量分析（ICP-AES分析）を開始した。また、照射済MOX燃料試験として、供試材を用いて加熱試験を実施した。

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試験方法の具体的な検討を継続した。また、格納施設安全解析コードCONTAINを用いたコンクリート中水分移動計算モデルの透水係数の数値計算不安定に関する

検討を継続した。

ナトリウム燃焼実験関係では、小規模プール燃焼試験に関して、燃焼学会シンポジウムでの発表を行った。

ナトリウム燃焼挙動基礎試験については、落下液滴燃焼試験の準備に着手した。また、ナトリウム燃焼挙動計測技術を開発するために、予備試験結果の評価及び計測条件適正化の検討を継続している。

ナトリウム燃焼の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終了した。また、ナトリウム燃焼解析コードSPHINCSの開発成果を原子力分野における計算科学国際会議（SNA2000）及び日韓熱流動と安全の国際会議で発表した。流体力学の試験研究に関する成果を米国機械学会に投稿した。原子炉容器内の熱過渡評価については、圧損係数の最適化の結果を原子力学会にて発表した。

蒸気発生器のナトリウム - 水反応実験関係では、SWAT-1試験装置を用いた音響データ測定試験の準備を進めている。また、高温ラプチャ評価手法に関して反応ジェットモデルLEAP-BLOW及びブローダウンモデルLEAP-JETについて、SWAT-1試験データを用いた検証を継続している。SWAT-3R試験装置については、ナトリウム充てんのためのチャージ設備の製作を終えた。並行して装置マニュアルの整備と詳細試験計画の作成を進めている。

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、CORDSへ登録すべき「もんじゅ」工学設計情報の入力データの再チェックを終了し、機器運転時間等を算出するデータ作成に着手した。

## 1.2 炉心の開発

核特性評価手法の開発については、Pu燃焼、MA消滅処理等を目的とした多様な高速炉の核特性解析に利用できる次世代炉定数を作成・利用するためのシステム整備を継続した。「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。遮へい特性評価手法の開発については、遮へい設計解析システムの整備作業を実施している。

「常陽」の炉心管理・照射技術については、これまでのドシメトリー試験結果をデータベースと

して整理し、炉内及び炉容器周辺まで含めた「常陽」MK-炉心の中性子照射量評価の集大成としてまとめている。モンテカルロ計算による高速炉用MOX燃料の線出力評価について米国原子力学会（ANS）主催の「モンテカルロ国際会議（MC2000）」で発表した。使用済の「常陽」MK-

燃料の崩壊熱を測定し、炉心管理計算や燃焼計算コードの検証を行っている。低濃縮ウラン（高Pu富化度）燃料を用いたMK-取替炉心の核設計及び熱設計を行っている。

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、系統熱過渡～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平行3噴流水試験について、壁面近傍での温度変動挙動に関する結果について取りまとめた。また、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について、壁温測定試験を実施し、その結果を取りまとめた。

長時間領域材料特性試験については、316FR、Mod. 9 Cr-1 Mo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継続した。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解析及び破損試験片の冶金解析を実施した。ナトリウム環境効果評価試験については、316FR鋼の長時間ナトリウム中クリープ疲労試験を再開した。高純度鉄基合金については、クリープ試験を継続した。

構造物熱過渡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、機器・配管の製作設計がほぼ完了し、機器製作の検討に着手した。

信頼性評価技術の開発について、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、模擬冷却材漏えい試験は、直管試験体による予備試験結果と試験モデルの解析結果の比較検討を実施している。

構造材料腐食機構の研究として、二次系床ライナ材の腐食進展機構を解明し、安全設計に反映するためにNa-Na<sub>2</sub>O系環境下での炭素鋼腐食生成物の分析、Na<sub>2</sub>O<sub>2</sub> - NaOH系環境下の900 ~ 1,000腐食試験を実施した。微少ナトリウム漏えい時の構造材料の腐食機構の研究成果を原子力学会にて報告した。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>の熱分析及び種々の高純度NaFe複合酸化物の合成を継続した。

寿命・余寿命評価手法の開発に関して、材料損傷定量化に関する研究については、クリープ損傷の磁気特性変化を検出する技術開発のための試験を実施した。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に着手した。公募型研究で実施しているマルチレベルモデリングによる微細組織変化を考慮した高温変形解析法の開発については、不連続要素による延性破壊モデル開発に着手した。

構造解析技術については、汎用非線形解析コードFINASのソルバ更新による高速化の検討を実施した。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継続している。

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継続している。また、エルボ配管についての予備試験を終了し、本試験に向けた試験計画を検討している。

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継続している。また、低振動数免震要素による改良免震要素試験の水平動試験の取りまとめに着手するとともに、上下+水平動試験を開始した。

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評価手法の取りまとめを実施した。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た。全炉心熱流動解析手法については圧力境界の取扱い手法を改良した。変形燃料集合体熱流力評価手法については、

有限要素法コードSPIRALへの乱流モデルの組み込みを行うとともにサブチャンネル解析コードASFREとバンドルダクト相互作用(BDI)評価コードBAMBOO組合せのためのインターフェースを作成した。燃料集合体局所異常事象解析については、解析条件の検討を実施中である。

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手法によりナトリウムと水あるいは酸素の反応経路と反応熱の評価を行い実験結果と比較した。反応を伴う多成分混相流の解析コードの開発に関しては、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た解析を実施するとともに境界層熱伝達の評価実験を計画した。

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を継続した。また、レーザ式微小漏えい検出法についての感度評価試験の取りまとめを継続している。さらに、ナトリウム中流動現象計測手法開発について、流速分布計測水中試験の準備を実施している。

#### 1.4 燃料・材料の開発

酸化物分散強化型(ODS)フェライト鋼開発については、マルテンサイト系ODS鋼では強度試験を開始した。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継続中である。

ODS鋼、高Ni鋼及び改良オーステナイト鋼(14Cr-25Ni鋼)については、Na中/Ar中内圧クリープ及び腐食試験を実施し、評価データを取得している。Na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、2,000時間までの拡散挙動データを取得した。PNC1520のNa中での長時間域試験を継続している。

「常陽」で照射したPNC316鋼被覆管のスエリング促進の原因調査を継続実施している。日米(JNC/ANL)共研で進めている低はじき出し損傷材料の強度及び組織評価については日米技術会議を開催し、試験の総合評価を行った。また、SVIR-1で照射したODSフェライト鋼のリング引張試験を継続実施している。

「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、集合体の非破壊照射後試験を実施している。また、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光学顕微鏡観察を行い、組織変化の評価を行った。

照射後制御棒材料の熱伝導度測定については、低燃焼度 $B_4C$ の測定を行い、データの解析を実施している。

「もんじゅ」長寿命制御棒の開発について、ポラスプラグのナトリウム中保持圧特性データを取得した。

## 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次系機械設備点検、Ar廃ガスコンプレッサ点検等及び安全対策工事を実施している。

MK-II計画については、その改造工事を継続中であり、制御棒移設を終了した後、中間熱交換器(IHX)、主冷却器(DHX)搬出のための準備作業として2次系送風機の撤去、ナトリウム配管切断を開始した。

## 3. 関連施設の設計・建設

### 3.1 FBR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FBRサイクル技術のブレークスルーを目指すために、FBR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FBRサイクル国際研究開発センターを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FBR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

延床面積：約7,000

収容人員：最大250名

#### (3) 進捗状況

建家内各階の建築内装・空調・衛生・電気設備工事及び外壁工事を実施している。

### 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

敷地面積：約3,000

延床面積：約2,500

#### (3) 進捗状況

2000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。

茨城県内の小中高生に科学館名称を公募し、審査の結果「大洗わくわく科学館」と決定した。

(大洗：開発調整室)