



## - 高速増殖炉サイクルの研究開発 - 高速増殖炉サイクル実用化戦略調査研究

### 1. はじめに

高速増殖炉（FBR）サイクル実用化戦略調査研究は、安全性を前提に、FBRサイクルが本来有する長所を最大限に活用した実用化像を創出し、軽水炉サイクル及びその他の電源と比肩する経済性を達成して、FBRサイクルを将来の主要なエネルギー供給源として確立する技術体系を整備することを目的としている。本研究は、電気事業者（財）電力中央研究所（電中研）及び日本原子力研究所（原研）など、関係機関の参画・協力を得てオールジャパン体制で1997年7月から開始し、革新技术を採用した幅広い技術選択肢の検討評価を行い、有望な実用化候補概念を抽出するフェーズ（1999～2000年度）を経て、現在は5年間の予定でフェーズ（2001～2005年度）を実施している。フェーズ（2）では設計研究によるプラント概念の具体化を通じた開発課題の抽出、工学的試験による技術的成立性の評価を踏まえて、FBRサイクルとして技術的に整合した実用化候補概念の明確化を図るとともに、実用化に至るまでの研究開発計画を立案することとしている。

2004年度第1四半期では、2003年度までのフェーズ（1）研究成果の中間取りまとめ<sup>1)</sup>について、核燃料サイクル開発機構（JNC）内の各事業所（東海、敦賀、大洗）での報告会を実施し、関係部署との情報共有を図るとともに、プロジェクトの進捗状況を確認した。また、中間取りまとめについて、JNC内に設置している「研究開発課題評価委員会」での外部評価（岡芳明委員長＝東京大学教授ら13名の委員）を受けた。この課題評価委員会では、「FBRサイクルはエネルギーの安定供給を可能にする技術選択肢の中で可能性が最も大きいもののひとつであり、実用化像を明確にし、技術体系を整備するこの研究は着実に開発を進めることが重要である。フェーズ（2）のシステム設計、要素

技術開発などは順調に進んでいる。実用化候補概念の技術レベルに差があるため、最終的取りまとめにあたっては技術的な不確定性を考慮する必要がある。」などの指摘を受けた。さらに、中間取りまとめの終了を受けて、実用化戦略調査研究のパンフレットの見直しを行っている。

### 2. 高速増殖炉システム

2004年度第1四半期は、フェーズ（2）の最終取りまとめに向けて、各FBRシステム（図1参照）の設計研究と要素技術開発を進めた。以下に、各概念ごとの進捗状況を概説する。

#### (1) ナトリウム（Na）冷却炉

2004年度においては、昨年度までに得られた中型モジュール炉での検討結果（Na - 水反応対策の強化などを考慮した二重管蒸気発生器（SG）の採用、Na漏えい対策など）、炉上部プレナム内流動試験の要素試験成果などを大型炉の設計研究に反映する。また、保守・補修方針を考慮して、大型炉の機器配置などの全体レイアウトを検討することとしている。炉心設計では、熔融燃料排出性を改良した再臨界回避概念の成立性検討及びその炉心の性能評価を行う。

第1四半期においては、直管二重管SGを採用したプラント概念を構築するための作業計画を策定するとともに、高クロム鋼の物性値（ヤング率、熱膨張率）の変更を反映した崩壊熱除去系の検討を行った。

要素技術開発では、ナトリウム冷却炉のポンプ組込型中間熱交換器に関する開発について、2005年度に実施予定の流動試験に向け、ポンプと試験ループの製作を開始した。また、原子炉容器のコンパクト化に関する技術開発では、流動適正化の代案構造である炉上部構造の胴体部を多孔とした体系での流動試験結果を取りまとめた。

● 開発目標適合性の追求 ● 革新技術の導入 ● 技術的課題の検討

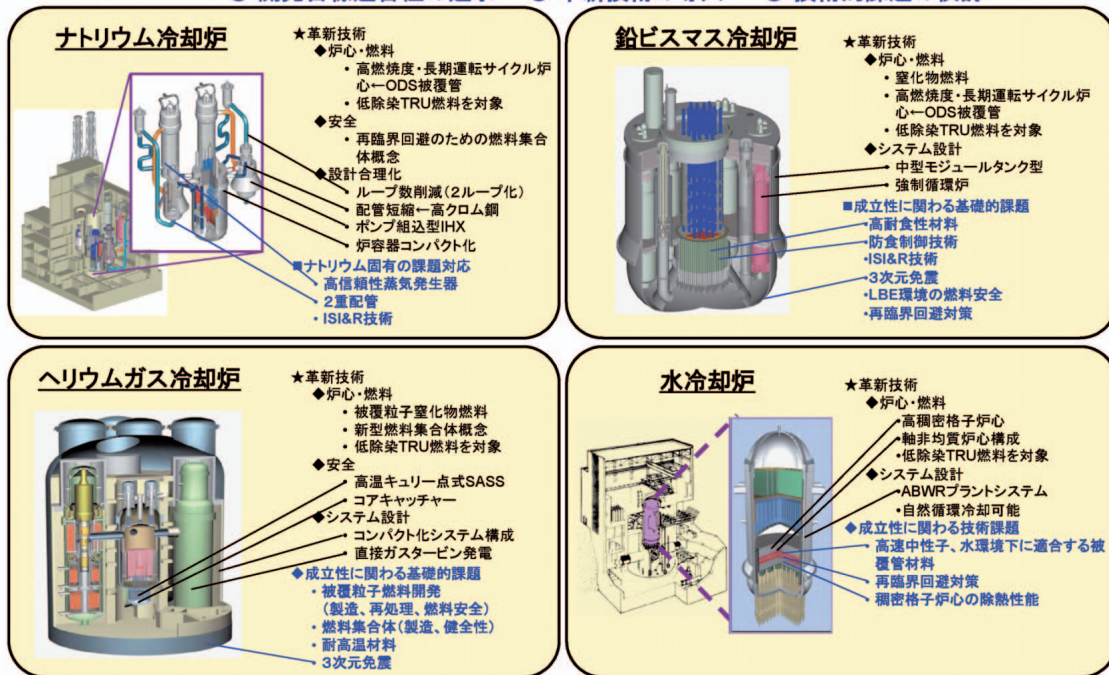


図1 各冷却材のFBRシステムのプラント概念

## (2) 鉛ビスマス冷却炉

2004年度の設計研究では、崩壊熱除去系の主要仕様を設定すると共に、鉛ビスマス冷却炉の特徴を考慮した保守・補修方針に基づいたプラント概念の見直しを実施する。炉心設計では、鉛ビスマス-被覆管共存性試験の結果を反映した被覆管腐食式を用いて、被覆管最高温度570℃を制限目安として炉心燃料仕様を再検討する。

第1四半期においては、崩壊熱除去系の検討として、ドップラ反応度などの固有の安全性のみで高温整定を追及可能な見通しを得た。また、安全評価の内容について検討を行った。SGの伝熱管破損時に炉心への蒸気侵入による正の反応度投入が懸念されることから同時事故の評価を行うこととした。

## (3) ヘリウムガス冷却炉

2004年度の設計研究では、フェーズ最終まとめに必要な設計データを整備する観点から、プラント出力増加時のコストを評価する。炉心設計では、六角ブロック型集合体炉心について、炉心性能と減圧時除熱特性の改善を図る。また、ガス冷却炉の限界事象として「減圧事故+スクラム失敗+強制循環冷却失敗」時の過渡解析を行い、炉心溶融防止の対策について検討する。

第1四半期においては、六角ブロック型集合体

炉心の安全特性向上のために径方向ピーキング係数や燃料体積比などに着目し、プルトニウム(Pu)富化度分布や冷却管径などの炉心設計改善方針について検討を行った。

## (4) 水冷却炉

2004年度は、昨年度までの検討に引き続き、炉心成立性と安全性について評価する。

第1四半期においては、炉心損傷時の影響緩和対策、燃料被覆管材料開発のロードマップの見直し、自然循環炉の運転制御性について検討を行った。

## (5) 小型炉

2003年度は、長期燃料無交換、運転保守性の簡素化、多目的利用、燃料サイクルに対する柔軟性に配慮しながら、電気出力165MWeで安全性と経済性(建設単価35万円/kWe)の目標を達成可能な小型炉概念を構築した。2004年度は、前年度の検討結果を踏まえ、電気出力300MWe程度の経済性追求型概念及び長寿命炉心を用いた電気出力50MWe程度の極地利用型概念の2概念を対象として検討する。経済性追求型概念は、炉心のコンパクト化を目指すとともに、ループ型で燃料交換機を工夫することにより原子炉容器の軸長を短縮するなどの経済性向上を追及する概念である。一方、極地利用型概念は、プラント寿命中の燃料交換を不要とすることにより核拡散抵抗性を高めな

が、可能な範囲で経済性の向上を図る概念である。

第1四半期においては、極地利用型概念として30～60年の長期燃料無交換を可能とする炉心概念と、原子炉容器の軸長短縮などによる物量削減を可能とするプラントシステムの概念検討を行った。

### 3. 燃料サイクルシステム

中間取りまとめ結果を踏まえ、フェーズ 後半の設計研究と要素技術開発を開始した。

#### 3.1 再処理システム

##### (1) 先進湿式法

システム技術開発では、先進湿式法について、昨年度までに取得した技術データを反映して、工程ごとの詳細な設計見直しを開始した。また超臨界・直接抽出法について、昨年度までの試験研究で得られた情報を踏まえた主工程条件などの設計検討を開始した。

高レベル放射性物質研究施設（CPF）においては、昨年度の第2キャンペーンとして実施した単サイクル共抽出試験及びSETFICS法によるマイナーアクチニド（MA）回収試験で採取した試料の分析を継続している。

##### (2) 乾式法（酸化物電解法，金属電解法）

酸化物電解法については、ウラン（U）による絞り電解試験，熔融塩中での吸光度測定試験を実施した。また，電気事業者がロシア・原子炉科学研究所（RIAR）に委託して実施する実使用済燃料試験の条件などの検討を行った。

金属電解法については，電中研との共同研究に基づきCPFに設置したPu試験用グローブボックスにおいて，酸化物Uの金属への還元，電解槽での金属Uの回収，回収されたUの蒸留精製の一連のウラン試験を行い，Pu試験実施のための装置操作性などの確認を終了した。

電中研と原研との共同研究においては，カドミニウム（Cd）陰極を用いた小規模電解精製試験で得られたU-Pu合金インゴットからCdを蒸発除去する試験が行われた。これにより，1g程度と少量ではあるが，高純度のU-Pu合金を得ることに成功した。

#### 3.2 燃料製造システム

##### (1) 簡素化ペレット法

システム技術開発では，小規模施設の経済性向

上を目指した設計検討を開始した。またMAの発熱の燃料製造への影響評価に関して，温度評価，安全対策の具体化など，より詳細な検討を開始した。

ショートプロセス製造技術については，混合酸化物を用いた成型・焼結試験を進めるとともに，MA含有燃料ピン照射に向けた燃料の性能確認試験を進めている。またMA含有燃料の物性測定試験を実施した。

##### (2) 振動充てん法

スイスポール・シェラー研究所（PSI）及びオランダエネルギー研究機構（NRG）との共同研究において，オランダHFR炉での振動充てん燃料照射試験で照射した試験ピンの照射後試験を継続した。また，微焼結粒子充てん体の熱伝導度測定試験を継続している。

##### (3) 鋳造法

電中研と原研との共同研究において，U-Pu-Zr合金スラグ鋳造装置（射出成型装置），ナトリウムボンディング装置及びこれらを据え付けるアルゴン雰囲気グローブボックスなどからなる金属燃料製造試験設備の製作を完了し，模擬合金（鋳鉄及び純銅）を使用した射出鋳造試験などを実施して，試験設備の基本性能を確認した。

### 4. 統合評価

実用化候補概念の明確化のための評価については，昨年度のFBRサイクル総合評価技術検討会での検討結果，中間評価における開発目標に対する適合度の試算結果などを踏まえ，フェーズ 最終取りまとめに向けた評価手法，評価対象とするFBRシステムと燃料サイクルシステムの組み合わせ，FBRシステムと燃料サイクルシステムの整合性などに関する課題の抽出とこれらへの対処方針について検討を進めた。並行して，課題評価委員会への対応として，多面的評価結果（試評価）の取りまとめ作業なども実施した。また，FBR導入の具体化を図るうえで重要となる軽水炉からFBRへの移行シナリオを検討している。移行期のFBRサイクルの経済性を評価し，合理的な移行シナリオの構築を目指して検討を進めている。

FBRサイクルに対する社会的受容性向上への取組みに関しては，実用炉導入までのステップのなかで，研究開発から工学実証試験施設の立地までの中期活動を念頭におき，当面の取組みとして研究者層と一般国民を対象とした意識調査や受容性

向上のための活動の手法・素材の整備などに関する計画の立案を行った。

原研との研究協力「核燃料サイクルに係わる環境負荷低減に関する検討」については、FBRサイクル候補概念に対する環境負荷低減性に関する中間取りまとめの評価結果に基づき、評価の視点や判断基準に関する検討を行った。また、LLFP分離・核変換サイクルを含めたFBRサイクルの経済性の試算結果や導入効果に関する検討を行った。

今後、フェーズ 最終取りまとめに向けて、設計研究と要素技術開発の最新の成果を採り入れ、

社会的ニーズへの適合性の高いFBRサイクルの概念を明確にするとともに、実用化に至るまでの研究開発計画を立案していく。

#### 参考文献

- 1) 核燃料サイクル開発機構, 日本原子力発電株式会社, “高速増殖炉サイクルの実用化戦略調査研究 - フェーズ 中間報告書 - ”, JNC TN1440 2004 004 (2004)

( 本社：経営企画本部  
FBRサイクル開発推進部 )