

## - 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

実用化戦略調査研究は、軽水炉サイクル及びその他の基幹電源と比肩する経済性を達成し得るよう、高速増殖炉（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、あわせて、将来社会の多様なニーズに柔軟に対応できる開発戦略を提示することにより、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ことを目的としている。

フェーズ（2001～2005年度）では、フェーズ（1999～2000年度）で抽出された炉、再処理、燃料製造の個々の概念に対し、要素技術の工学的試験等を含めた検討評価を行い、FBRサイクル全体としての整合性を図りながら、経済性を含めFBRサイクルが本来有する長所を最大限発揮できるような実用化候補概念を2～3程度に絞込むこととしている。また、2015年頃の実用化を目標とした技術体系の整備を図るべく策定したフェーズ以降の開発計画（ロードマップ）については、研究開発の進展、社会のニーズの変化等、FBRサイクルの研究開発に係る状況の変化に応じて適宜見直すこととしている。

フェーズの開始にあたる2001年度の第4四半期では、第3四半期に受けた研究開発課題評価委員会の答申及び平成14年度予算概算要求等の様々な状況を踏まえ、現行のロードマップのうち、有望な概念を絞り込むためのフェーズ研究計画（年度展開）の見直しに着手した。

### 2. 高速増殖炉システム

魅力あるプラント概念構築のための設計研究について、フェーズの初年度の成果を取りまとめるとともに、2003年度終了時点で予定されている中間取りまとめに向けて、2002年度以降に検討すべき課題を抽出した。また、プラント概念の成立

性を左右すると考えられる重要な要素技術について、試験計画の具体化、試験装置の設計及び予備試験等を継続している。第4四半期の主要な進捗を、炉概念ごとに概説する。

ナトリウム冷却炉（アドバンスド・ループ型炉）については、大型炉概念及び中型モジュール炉概念について、安全性や構造健全性等の鍵となる課題の検討を進めた。また、中型炉心について、長期連続運転等、高速炉の魅力を引き出せる概念のサーベイを実施した。2002年度以降は、ナトリウム冷却炉の魅力追及方策及び弱点克服方策の検討を重視しながら、技術的成立性評価を深めることとしている。アドバンスド・ループ型炉概念成立の鍵となる主要な要素試験として、大口径・高流速配管の流動試験については試験計画と装置の基本設計を、炉内上部ブレナムの流動試験については1/10縮尺水流動試験の予備試験を、合体機器開発に関しては試験装置の設計、解析評価モデル作成と要素試験の実施に向けた準備を、3重管型SGについては中間媒体である鉛ビスマスとナトリウムとの反応に係わる予備試験を進めている。

鉛ビスマス冷却炉については、自然循環型炉及び強制循環型炉の概念検討を実施し、両概念とも、フェーズで提示した概念と比較して、経済性及び炉心性能の向上（増殖比の向上、燃料装荷量の低減）を実現できる見通しを得た。2002年度以降は、両概念に共通な課題とともに各概念の重要な課題について検討を進め、中間取りまとめまでに技術的な成立性を見通しを得ることとしている。なお、システム概念構築の上で最も重要な課題である鉛ビスマスの材料腐食特性把握のために実施している独国カールスルーエ研究所（FZK）との共同研究については、停留鉛ビスマス中での316FR鋼、12Cr鋼、ODS

鋼の耐腐食性試験の短時間データを取得し、現在、その評価を実施している。

ガス（炭酸ガス及びヘリウム）冷却炉に関しては、有望なガス冷却炉概念として、高温熱源としての活用の可能性が高いこと等から、ヘリウムガス冷却炉を抽出した。炉心燃料形態としては、被覆粒子型と耐熱ピン型の比較評価を行った。その結果、炉心性能と過酷事故に対する安全裕度の面からは被覆粒子型がより優れた傾向を示すことが判った。このため 2002年度は、被覆粒子型を検討対象とし、2001年度に検討した集合体概念以外の他の被覆粒子燃料集合体概念案や複合材料型燃料概念も視野に入れながら、この燃料形態に特有の課題を中心に、成立性の検討を行うこととした。

小型炉については、ナトリウム及び鉛ビスマス冷却炉を対象に炉心性能や経済性の向上を目指した概念検討と安全性に係わる評価を進めている。また、水素製造等への多目的利用のニーズ及びシーズ調査結果に基づき、小型高速炉の多目的利用の可能性を整理した。

炉型に共通な技術開発として、高性能被覆管（ODS 鋼）の開発（実用規模製造法の開発、材料強度試験、ロシア BOR 60 炉での照射試験準備）、12Cr 鋼の材料データベースの整備等を進めている。

### 3. 燃料サイクルシステム

燃料サイクルシステムにおいてシステム設計と要素技術開発とを統合させ重要な開発項目を抜けなく確実に実施するとともに候補技術の絞り込みの方法やそのプロセスを明確にするために、再処理システム（先進湿式、酸化物電解法、金属電解法）、燃料製造システム（ペレット、振動充てん、鑄造法）それぞれについて、その設計に必要な項目と実施すべき要素技術開発とを整理した。

整理に際してはシステム設計側からは、

- 設計パラメータの抽出とシステム設計上重要な項目の明確化
  - その設計根拠（設計における設定の考え方）の明確化と詳細化
- を行う。

一方、要素技術開発側は、その要求項目に対し、

- プロセス成立性をみるための R&D 項目と技術

の比較評価のための R&D 項目の仕分け

- 試験計画から提供しうるデータの内容（試験規模、取得データ、スケジュール等）の明確化を行う。

これにより、要素技術開発成果を最大限に活用した精度の高いシステム設計を行うための道筋を明らかにし、かつ絞りこみの方法やプロセスを見える形で示していく。

また、燃料開発については、照射計画まで含めた金属燃料、TRU MOX 燃料の開発計画についての検討を継続した。

新概念リサイクル技術創出のための検討会では、従来の再処理における「必要なもの（核燃料物質）だけを回収する」という考え方から「 unnecessary なものを取り除く」、換言すれば「できるだけサイクルの中に閉じ込め環境への負担を最小限にする」という発想の転換を基に、新リサイクル技術の検討を行った。使用済み燃料に含まれる主要な元素について炉心・燃料、再処理、燃料製造、廃棄物処理・処分の多岐にわたる観点から整理を行い、使用済み燃料を理想的に分離した姿と現在取組んでいる各種再処理システム、検討している新分離システムの比較を行った。さらに検討している新分離システムにおける炉心成立性を評価した。

また、これらの検討結果を報告書としてとりまとめた。本成果の公表については、燃料サイクル国際ワークショップで報告を行うと共に、10月に開催される国際学会等においても報告する予定である。

東海事業所内高レベル放射性物質研究施設（CPF）においては、先進湿式法に関する試験を行うためのセル内や実験室の改造工事並びに（財）電力中央研究所との共同研究に基づく金属電解法 Pu 試験設備の設置工事等を継続した。終了後、直ちに供用を開始する予定である。

### 4. 統合評価

「第 2 回 FBR サイクル総合評価技術検討会（外部有識者を交えた社内委員会）」を開催し、社会的受容性の評価方法、受容性促進のための広報素材、FBR サイクルの特徴と導入効果などの検討状況について審議した。また、敦賀地区の原子力関係者と意見交換を行い、地元とのコミュニケーションに関する最近の動向を調査した。

原研との研究協力として「核燃料サイクルに係

「わる環境負荷低減に関する検討会（第2回）」を開催し、分離変換など関連研究の進ちょく状況、開発課題と研究計画、OECD/NEAの動向、FBRサイクルと軽水炉サイクルとの特性などについて情報交換及び討議を行った。また、JNC/CEA会議においてFBR導入効果、投資対効果、FBRと他電源との比較などについて仏国側と意見交換を行った。導入効果や投資対効果について（図1及び図2参照）は、原子力学会発表や原子力eyeへの投稿も行った。

環境負荷低減に係る研究計画については、TRU燃焼、FP分離変換及び廃棄物処理・処分のそれぞれの分野に対する技術課題を抽出するとともに、フェーズの中間評価と最終評価における達成要件を設定し、研究開発の具体的年度展開を検討している。

計算評価手法については、多面的評価システムの機能拡張、設計情報データベースとの連携、操

作性向上などの整備・改良を実施し、FBRサイクル評価のプロトタイプシステムを作成した。また、外部コスト、社会的リスク評価、他電源との比較や小型炉の評価指標、社会的受容性などに関する調査について取りまとめるとともに、評価システムへのそれらの反映方法について検討している。

湿式燃料サイクル施設のリスク源分析作業を終了し、同施設の放射能インベントリの分布及び施設外への放射性物質放出シナリオを整理した。これにより、放出量が大きいと考えられる溶液系の沸騰事象、溶媒の漏えい火災事象及び臨界事故を起因とする放出放射エネルギーとその発生確率の概算値を把握できた。ナトリウム冷却炉のリスク評価については、設計情報を基にPSA手法を活用して炉心損傷シーケンスを整理した。

（本社：経営企画本部  
FBRサイクル開発推進部）

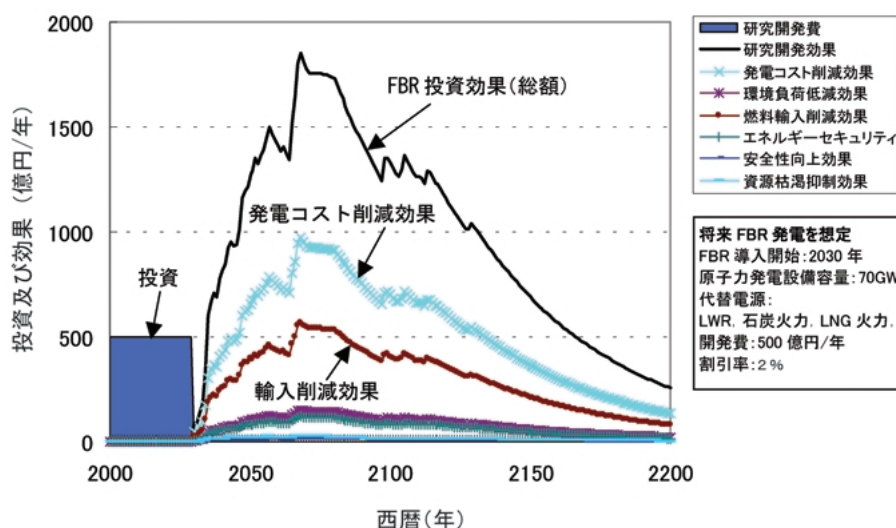


図1 FBR投資対効果の試算例

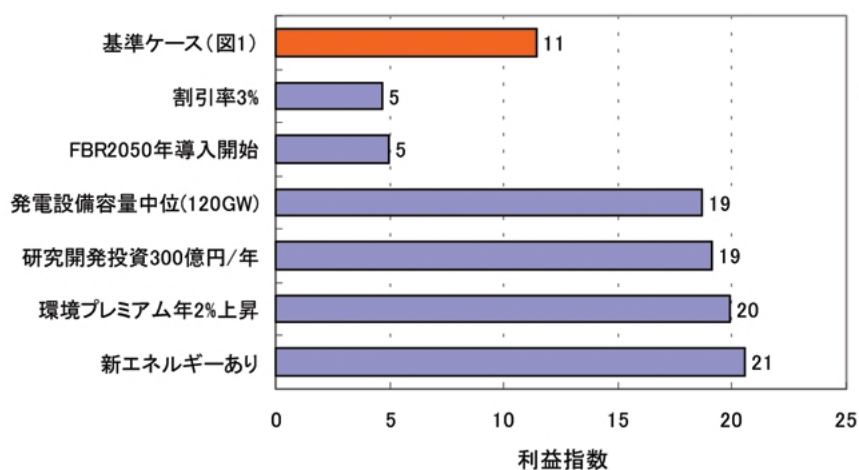


図2 感度分析