

- 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

高速増殖炉サイクル実用化戦略調査研究は、安全性を大前提として、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、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抽出し、あわせて将来の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技術体系を整備することを目的とする。

本研究は、フェーズⅠ（1999年度、2000年度）及びフェーズⅡ（2001年度から5年間）と、段階に分けて実施することとし、1999年7月から、サイクル機構、電気事業者、電力中央研究所及び原研などからなるオールジャパン体制で研究開発を開始した。さらに、その後の研究開発については、5年程度ごとにチェック・アンド・レビューを受け、ローリングプランで進め、安全性の確保を前提として競争力のあるFBRサイクル技術を2015年頃までに提示することを目標としている。

フェーズⅡでは、フェーズⅠで抽出したFBRシステム及び燃料サイクルシステムに関する有望概念について、候補概念相互の可能な限り定量的な比較評価を実施できるレベルまで設計研究を深めるとともに、定量的な絞り込みを実施する上で必要となる要素技術開発（データを取得する試験の実施、設計評価技術の整備）を実施し、これらの成果を基にFBRサイクル全体の整合性に配慮しながら実用化候補概念として有望な2～3の候補に絞り込み、合わせて必要な研究開発計画（ロードマップ）を提示することとしている。

フェーズⅡの2年目にあたる2002年度第1四半期では、2001年度の研究成果を本誌技術報告「高速増殖炉サイクルの実用化戦略調査研究 フェーズⅡの2001年度成果」¹⁾にまとめた。また、それに

基づき、サイクル機構内の各事業所（東海、敦賀、大洗）で報告会を実施し、関係各署の情報共有を図るとともに、プロジェクトの推進状況を確認した。

2. 高速増殖炉システム

2002年度第1四半期は、2001年度の成果の取りまとめを行うとともに、2003年度に予定されている中間取りまとめに向けて2002年度の計画を具体化した。以下に、炉概念ごとに進捗状況を概説する。

① ナトリウム冷却炉

ナトリウム冷却炉については、設計研究に関しては、大型炉は2001年度までにシステム概念の検討が進み、技術的成立性を見通すための主要な課題の抽出も進んでいる。一方、中型モジュール炉は、フェーズⅠでは大型炉の成果を基にした検討が主であり、2001年度から本格的なシステム概念検討を開始したが、大型炉と同様なレベルまで設計検討は進んでいない。これらのことから、2002年度の設計研究は、中型モジュール炉を中心に進めることとした。要素技術開発に関しては、2001年度から試験研究の準備を開始しており、2002年度も引き続き準備を進めるが、一部、試験結果が得られる予定である。

中型モジュール炉については、75万kWeに単基出力を増大させて、モジュール概念と共にシングルプラントの経済性目標達成度合いを評価することとした。また、中型炉心の魅力を引き出す設計検討（内部転換比を高めて運転期間の長期化や炉心平均燃焼度の増大を図る）や、ナトリウム冷却炉特有の課題に関する設計検討（蒸気発生器伝熱管でのナトリウム水反応対策強化等）を重点的に進めることとした。大型炉については、経済性向上のための主要な課題（コンパクトな原子炉容器内での熱流動特性、2ループ化に伴う大口徑配管

の高流速条件での配管振動等)について、2001年度に引き続き成立性評価を進める。

要素技術開発では、2001年度に引き続き、原子炉容器内での熱流動特性を把握するとともに、2002年度からは大口径配管の高流速条件での配管振動、IHXとポンプ機器合体の成立性に関する試験の準備を進める予定である。なお、原子炉容器内での熱流動特性については、2002年度内に一部試験データが得られる。

② 鉛ビスマス冷却中型モジュール炉

鉛ビスマス冷却中型モジュール炉については、2001年度の設計検討では、炉心設計、機器設計、機器配置等の見直しを行い、スケールメリットの活用と炉心性能の向上を図ることによって、開発目標をほぼ達成できる見通しのある概念を構築することができた。2002年度は、炉内構造物の具体化、耐震性評価等を実施し、プラント設計の成立性の確認を行うこととした。

要素技術開発では、材料腐食の抑制限界を見極める目的で、2001年度よりドイツカールスルーエ研究所(FZK)との共同研究で炉心材料等の耐食性確認試験を開始しており、2002年度も引き続き停留環境での耐食性確認試験を行うとともに、新たに流動環境での耐食性確認試験を開始する。

③ ガス冷却炉

ガス冷却炉については、2001年度に、今後の検討対象としてヘリウムガス冷却炉を抽出しており、設計研究は、被覆粒子型燃料(被覆層の外側にFP障壁を有する代替集合体概念を含む)・分散型燃料を対象とした炉心、並びに主要設備の高温構造設計の成立性検討等を行うこととした。また、2001年度に引き続き、被覆層形成技術や脱被覆技術等の見通しの調査を進める。

④ 小型炉

小型炉については、2001年度の検討により、ナトリウム冷却炉については出力増大と設計の合理化を追求することにより経済性達成の見通しが得られている。2002年度は、ナトリウム冷却小型炉については、保守補修性等の観点から、実現性の高い1次冷却系システム構成の検討を行うとともに、反応度制御方式及び炉停止方式に関して、反射体の特徴と制御棒の長寿命化等を勘案して検討を進めることとした。鉛ビスマス冷却小型炉については、中型モジュール炉の今年度検討成果を有効に活用して小型炉の課題や見通しを整理する。

⑤ 炉型に共通な技術開発課題

炉型に共通な技術開発の主要な課題の一つとして、高性能被覆管(ODS鋼)の開発については、2002年度に、製造コスト低減を目的とした大型素管及び長尺被覆管製造の評価を行うとともに、長時間クリープ試験、ナトリウム中腐食試験等の基礎試験を継続し、照射試験許認可に向けて材料強度基準を整備する。ロシアBOR60炉での照射試験は、「常陽」での燃料照射ピン照射試験(2006年頃)に先行して2003年度から実施予定であり、照射用燃料集合体の製作を進めていく。

再臨界回避概念の成立性を評価する目的で、カザフスタンで実施している試験研究(EAGLEプロジェクト)については、2002年度に炉外試験としてナトリウムを用いた試験に着手する。炉内試験については、溶融燃料による構造壁の破損挙動を観察するための試験を実施する。

3. 燃料サイクルシステム

燃料サイクルシステムにおける2001年度の研究成果を取りまとめ、再処理、燃料製造の各システムに対する開発の進捗状況並びに2002年度の開発計画についてのチェックを行った。

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整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(先進湿式法、酸化物電解法、金属電解法)、燃料製造システム(ペレット法、振動充てん法、鋳造法)それぞれについて、設計や評価に必要な情報とその確認・実証のために実施すべき要素技術開発との整合性検討を継続した。とりわけ、選定対象となる要素技術開発については、各技術の特長について、定量的な評価が可能となるような手法についての検討を実施した。

また、燃料開発については、金属燃料工学試験計画検討WGを設置し、金属燃料製造における工学・実証規模ホット試験へ繋げる開発ステップについての検討を実施した。その結果、金属燃料製造に関しては、実験室規模の試験に引き続いて、グローブボックスによる工学規模の3元合金(U-Pu-Zr)製造試験を実施することの意義・メリットを確認するとともに、その規模、必要予算、実施上の課題等についての検討を行った。この検討結果については、報告書として取りまとめると

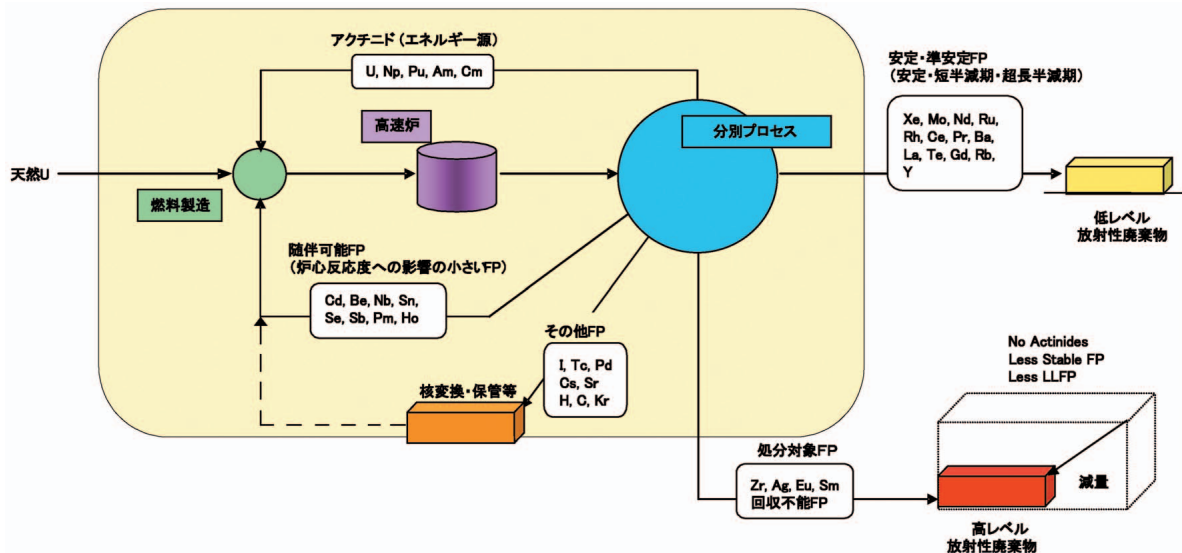


図1 新リサイクル技術 (ORIENT cycle) の概念

もに、関係箇所の説明を行い、実施に向けての調整を行っていく予定である。

新リサイクル技術 (ORIENT cycle) (図1) 検討については、分離核変換技術に関する東工大 / サイクル機構共催セミナーで報告するための準備を行った。

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完了し、供用開始に向けての準備を行った。

4. 統合評価

環境負荷低減に係る研究開発課題と計画に関する報告書を作成し、フェーズⅡの中間報告と最終評価におけるマイルストーンに基づき、5カ年の年度展開の見直しを行った。

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会」については、2001年度活動報告書と2002年度計画書をコーディネータ会議で審議し、コメント反映の上承認された。活動実績としては、長半減期核分裂生成物 (LLFP) ターゲット燃料に関する情報交換会を開催し、設計上の問題点や研究開発における課題について議論し、今後の方策について検討した。

2000～2200年の期間を対象とし、ワンスルー、

プルサーマル、FBR サイクルなどの核燃料サイクルの物質収支解析を実施し、天然ウラン累積需要量、使用済燃料やPuの蓄積量、高レベル廃棄物の処理・処分量などの諸量分析に基づいたFBRの導入効果を示した。検討結果については原子力産業会議の委員会などに報告した。

FBRサイクルの達成度評価に関する多面的評価手法については、手法の妥当性を確認するため、日本オペレーションズ・リサーチ (OR) 学会、階層分析法 (AHP) 研究会、国際会議 (ICAPP: 米国) などにおいて成果報告を行い、学識経験者や専門家のコメントや意見を収集した。

燃料サイクル施設のリスク分析については、金属燃料の乾式燃料サイクル施設を対象として、施設外への放射性物質放出リスクに関する検討に着手した。また、環境中に放出された放射性物質による一般公衆の放射線被曝及びその結果としての健康影響リスクを分析するため、代表的な実用化候補概念について、分析に必要な情報収集と課題整理に着手した。

参考文献

- 1) 野田 宏, 山下英俊, 他: “高速増殖炉サイクルの実用化戦略調査研究 フェーズⅡの2001年度成果”, サイクル機構技報, No. 16, 16 1 (2002).

(本社: 経営企画本部
FBR サイクル開発推進部)