

高速増殖炉サイクル実用化戦略調査研究
フェーズⅡ中間とりまとめの評価について

平成16年8月31日
文 部 科 学 省

1. 実用化戦略調査研究の意義

現行原子力長期計画にも謳われているとおり、エネルギー資源小国であるわが国としては、エネルギーの長期的安定供給に向けて資源節約型のエネルギー技術を開発し、将来のエネルギー問題の解決を目指し、その技術的選択肢の確保に取り組んでいくことが重要であり、高速増殖炉サイクル技術はその技術的選択肢の中でも潜在的可能性が大きいものであるため、その研究開発を着実に進めていく必要がある。

研究開発に当たっては、社会的な情勢や内外の研究開発動向等を見極めつつ、長期的展望を踏まえ進める必要があり、本技術が多様性を備えていることに着目し、選択の幅を持たせ研究開発を柔軟に行うことが重要である。

このような考えから、核燃料サイクル開発機構は、電気事業者等関連する機関の協力を得つつ、高速増殖炉サイクル技術として適切な実用化像とそこに至るための研究開発計画を提示することを目的として、炉型、再処理法、燃料製造法等、高速増殖炉サイクル技術に関する多様な選択肢について、「実用化戦略調査研究」を実施しているところ。

2. これまでの経緯

原子力委員会の下『高速増殖炉懇談会』は、「高速増殖炉を将来の非化石エネルギー源の一つの有力な選択肢として、実用化の可能性を技術的、社会的に追求するために、その研究開発を進める」ことを妥当とした（平成9年12月）。これを受け、核燃料サイクル開発機構と日本原子力発電株式会社は「高速増殖炉システムの実用化戦略調査研究に関する協力協定」を締結し、平成11年7月に『高速増殖炉サイクルの実用化戦略調査研究』を開始した。

本研究は、平成11、12年度をフェーズⅠ、平成13～17年度をフェーズⅡと位置付け、サイクル機構の課題評価委員会等によるチェック＆レビューを受けつつローリングプランで進められている。

3. フェーズⅡの中間とりまとめの意義

フェーズⅡの目的は、FBR サイクルの実用化概念の絞込みと、実用化に向けて必要な研究開発テーマの特定である。このため、フェーズⅠで抽出した有望概念について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行うとともに、比較評価に必要なデータの取得のための試験、設計評価技術の整備等の技術開発も実施している。

フェーズⅡでは、平成13～15年度の前半3年間をひとつの区切りと考え、各候補概念の設計研究やキーとなる要素試験等を踏まえ、中間的なとりまとめを行いチェック&レビューを受け、その結果を踏まえ、今後の実施内容の見直し、実用化概念の絞込みを行う予定である。

なお、この考え方は、平成14年12月の原子力二法人統合準備会議においても示され、「国レベルの評価を実施することが適当」とされている。

4. フェーズⅡ中間とりまとめに関する評価

(1) 中間取りまとめの評価

フェーズⅡ中間とりまとめについては、サイクル機構「研究開発課題評価委員会」において技術的に詳細な外部評価がなされた結果、研究計画と研究成果について妥当との評価を受けている。

この評価結果を踏まえ、平成16年7月27日に開催した科学技術・学術審議会の「原子力分野の研究開発の評価に関する委員会」の下「核燃料サイクル研究開発ワーキンググループ」において、中間取りまとめの成果と本研究の平成17年度実施計画を併せて報告し、技術的な観点から議論した結果、中間取りまとめに対するいくつかの意見をいただき、平成17年度については計画通り進めるべきとの評価を得た。8月23日には同委員会において、ワーキンググループの結果について報告、確認されている。

なお、ワーキンググループにおける中間取りまとめ及び今後の進め方に関する主な意見は以下の通りである。

- ・本調査研究で培われた研究成果は、わが国の核燃料サイクル全体に展開、反映させることができるようにすることが重要である。
- ・国際協力プロジェクトである Generation-IV とのマッチングについて戦略を立てて対応していく必要がある。
- ・本調査研究における「もんじゅ」、「常陽」等を活用した研究の方策をよく検討整理する必要がある。
- ・将来実用化される炉型以外の炉型概念に関しても、その研究成果の活用、反映を見据えておく必要がある。

(2) 今後の対応

今後は、これらの意見等を踏まえつつ、本調査研究及び関連研究開発を進めることとする。

(参考1)

○高速増殖炉サイクル実用化戦略調査研究フェーズⅡ中間とりまとめに関する
科学技術・学術審議会における実績

平成16年7月27日 核燃料サイクル研究開発ワーキンググループ

平成16年8月23日 原子力分野の研究開発の評価に関する委員会

○原子力分野の研究開発の評価に関する委員会 委員

秋 山 守	財団法人エネルギー総合工学研究所理事長
井 上 信	立命館大学客員教授
岡 芳 明	東京大学大学院工学系研究科教授
小野田 武	日本大学総合科学研究所教授
木下 富雄	甲子園大学学長
小宮山 宏	東京大学副学長
田 中 知	東京大学大学院工学系研究科教授
田中 治邦	電気事業連合会原子力部長
知野 恵子	読売新聞解説部次長
中西 友子	東京大学大学院農学生命科学研究科教授
藤本 弘次	日本電機工業会専務理事
松田美夜子	生活評論家（廃棄物とリサイクル）
本 島 修	核融合科学研究所長

○同委員会核燃料サイクル研究開発ワーキンググループ 委員

岡 芳 明	東京大学大学院工学系研究科教授
田 中 知	東京大学大学院工学系研究科教授
田中 治邦	電気事業連合会原子力部長
藤本 弘次	日本電機工業会専務理事
榎田 洋一	名古屋大学工学研究科環境量子リサイクルセンター教授
代谷 誠治	京都大学原子炉実験所長
山中 伸介	大阪大学大学院工学研究科原子力工学専攻教授

科学技術・学術審議会原子力分野の研究開発の評価に関する委員会資料

「FBRサイクル実用化戦略調査研究」

1. 事業の概要

高速増殖炉（FBR）サイクルの実用化に向けて、軽水炉と比肩する経済性・安全性を達成するとともに、資源有効利用、環境負荷低減、高い核不拡散性等を有するFBRサイクルの実用化像及びそこに至る研究開発計画を提示する。（平成11年度開始、第1期：平成11年度～平成12年度、第2期：平成13年度～平成17年度）

2. 期待される成果・これまでの成果

FBRサイクルの実用化によって、ウラン資源の利用効率が飛躍的に向上し、我が国のエネルギーの長期的な安定供給が図られるとともに、高レベル放射性廃棄物中に長期（数10万年程度）に残留する放射能を少なくして、環境負荷を低減することが可能となる。

第1期を通じて炉型と燃料サイクル（燃料と再処理方法）の組み合わせの実現可能性を体系的に評価・整理するとともに、有望な概念を抽出した。第2期では、第1期に抽出した概念に新たな革新技術を取り入れて、複数の実用化候補概念の明確化と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。

平成13～15年度までの3年間を一つの区切りと考え、中間とりまとめとして、各候補概念の技術的課題の明確化や開発目標に対する適合度評価などの技術総括を行い、それぞれの概念の特徴並びに潜在的能力を明確にした。また、それぞれの候補概念の今後の技術課題に対して、「もんじゅ」等の既存の研究施設を活用した研究開発計画（案）を検討した。

3. 事前評価・中間評価の有無及びその評価内容

本研究は核燃料サイクル開発機構（サイクル機構）の「研究開発課題評価委員会」で、これまでに4回の外部評価を受けており、研究計画と研究成果について妥当との評価を受けている。

なお、評価結果は原子力委員会にも報告し、妥当との評価を受けている。

- ①第1期の事前評価
- ②第1期の中間成果と今後の研究計画
- ③第1期の研究成果と第2期の研究計画
- ④第2期の中間成果と今後の研究開発の展開

4. 平成17年度内容

第2期の最終年度である平成17年度は、最終とりまとめを実施する。そのため、中間とりまとめで摘出した課題やチェックアンドレビュー等で指摘された課題解決のための設計検討を重点的に行うとともに、炉と燃料サイクルの整合がとれた最適化設計を実施する。また、複数の有望な候補概念の明確化並びに第2期終了以降の研究開発計画を具体化するために必要な定量的データを取得するための要素技術研究を実施する。

5. 必要性

(1) 国が関与する理由

長期的なエネルギーの安定供給の確保は国の存立基盤にかかわることであり、かつ、長期的取り組みが必要であること等から、FBRサイクル技術開発は、国が電気事業者とともに行うことが適当である。

(2) 我が国の科学的・経済的・社会的ニーズの反映

エネルギーの長期安定供給と環境負荷低減のため、原子力エネルギーを将来にわたり継続的に利用してゆくにはFBRサイクル技術の実用化が必要である。実用化のためには経済性の一層の追求が社会的に要請されており、また高い安全性、核拡散抵抗性の面でも社会的な要求がある。FBRサイクル技術の実用化を目指した研究開発に当たっては、軽水炉や他電源と比肩しうる経済性の達成をはじめ、上記のニーズを満足するための目標を設定している。

(3) 国際的視点からの必要性：世界的研究動向、知的財産の形成、国際市場の創造等

国際的な枠組みとして、米国等10ヶ国と1機関（欧州原子力共同体）の参加で進められている第四世代原子力システム（GEN-IV）において、米、仏等国際協力の下で次世代原子力システムの研究開発が進められており、これを積極的に活用して最小限の開発資源で効率的な開発を行うよう努めている。また世界の共同作業とすることで、グローバルスタンダードの概念構築を目指している。

(4) 各種政府方針との整合

「原子力の研究・開発及び利用に関する長期計画」（平成12年11月24日）に基づいて事業を進めている。

6. 計画性

(1) 具体的な目標の明示

本研究の第1期では5つの開発目標（安全性、経済性、資源有効利用性、環境負荷低減性及び核拡散抵抗性）に基づき、有望な実用化候補概念を抽出し、第2期では、実用化候補概念の明確化と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。その後の研究開発については、5年程度毎にチェックアンドレビューを受けつつ柔軟に進め、競争力あるFBRサイクル技術体系を2015年頃までに提示することを目標としている。

(2) 推進体制の適切性：研究・制度を総括する責任者産学連携等

本研究は、サイクル機構が電気事業者とともに、研究機関、大学等との連携の下にオール・ジャパン体制で実施している。さらに、研究資源の有効活用を図ること等のため、GEN-IV等の国際的枠組みも積極的に活用することとしている。また、サイクル機構内における体制については、FBRサイクル開発推進部を中心に関係する事業所（大洗工学センター、敦賀本部、東海事業所）と連携し研究開発を実施している。

(3) 関係府省との分担・連携、類似又は関連する施策・業務との分担・連携

「常陽」での革新技術の実証成果をサイクル機構が電力と共同で実施しているFBRサイクル実用化戦略調査研究に反映させていく。

(4) 実施方法の妥当性：フィージビリティスタディを行うべきではないか等

研究開発成果と計画については、適宜、チェックアンドレビューを受けつつ必要に応じて計画の見直しを行うこととしている。加えて、サイクル機構において「研究開発課題評価委員会」の評価（外部評価）を受け、成果及び今後の計画に係る目的・意義、目標、研究開発計画、実施体制、研究開発成果、今後の展開の観点から審議され、総合的に適切であるとする評価を得ている。

7. 有効性

(1) 達成すべき目標の妥当性

本研究では、実用化に際して達成すべき5つの開発目標（安全性、経済性、資源有効利用性、環境負荷低減性及び核拡散抵抗性）を設定して研究開発を進めている。国際協力プログラムであるGEN-IVにおいても同様な開発目標を設定し、またナトリウム冷却高速炉、ガス冷却高速炉、鉛冷却高速炉の各サイクルについて2015年から2025年頃の実用化を目標としており、技術体系を整備する目標時期（2015年頃）も国際的に妥当な目標である。

なお、「目標」に関しては、サイクル機構において「研究開発課題評価委員会」の評価（外部評価）を受けており、妥当であるとする評価を得ている。

(2) 必要経費・投資計画の妥当性

本研究の必要経費は、GEN-IVのロードマップ策定（2002年12月23日）に際してシステム概念毎に積算された開発経費とも概ね整合しており妥当なものと考えられる。計画の遂行にあたっては、国際協力の積極的な活用を図るとともに「研究開発課題評価委員会」による事前評価、中間評価を受けながら、ローリングプランとして適宜見直しつつ実施する予定である。

（３）基礎技術の成熟度

FBRサイクル技術開発の中核と考えられるナトリウム冷却炉と湿式サイクル技術については、それぞれ原型炉の運転及び工学規模試験段階に移行しつつある。ガス冷却、鉛冷却の両炉型についてはナトリウム冷却炉に比べ基礎的な段階にあり、また乾式サイクル技術は日本に技術ベースが少なく海外協力が必要であり、湿式に比べ基礎的な段階にある。

８．効率性

（１）費用対効果

FBRサイクルが実用化すれば、現在の60年程度といわれるウラン資源を数千年にわたって利用することが可能となる。また、廃棄物低減にもつながることから、十分な費用対効果を有している。

現在FBRサイクルの研究開発に対する費用対効果の定量的評価システムの開発が進められており、投資対効果比（利益指数： $\text{FBRサイクル導入効果額}^* / \text{研究開発投資額}$ ）が少なくとも数倍以上となる概略試算結果が得られている。試算は今後、評価条件等を精査する必要があるが、FBRサイクルの実用化はその投資に十分見合う利益が得られることが期待できる。

* FBRサイクル導入効果額：

FBRサイクルを導入した場合とFBR以外の電源で構成した場合の経済的価値の差

（２）代替案との比較検討

「原子力の研究・開発及び利用に関する長期計画」（平成12年11月24日）にも同様な記載があるように、将来のエネルギーシステムとしての持続性と経済性を同時に満たす潜在的可能性が最も大きいものはFBRサイクル技術である。

（３）当該プロジェクトが実施されなかった場合の損失

FBRサイクルの実用化に影響を与え、資源に乏しい我が国にとって、エネルギーの長期的安定供給のための将来の有力な選択肢を失うこととなる。また、電気事業者とともに、研究機関、大学等との連携の下にオール・ジャパン体制で実施している研究開発に対して影響を与える。

（４）期待される成果の科学的・経済的・社会的影響

FBRサイクルの実用化によって、ウラン資源の利用効率が飛躍的に向上し、我が国のエネルギーの長期的な安定供給が図れる。同時に、炭酸ガス放出の削減はもとよ

り、軽水炉サイクルに比べても長期に放射性毒性を有するマイナーアクチノイドを効率良く消滅させること、さらには長半減期の核分裂生成物核種を核変換により短寿命化させることが可能なことから環境負荷の低減も図ることができる。

また、本研究で培われた技術は将来エネルギーの技術的選択肢の拡大につながるとともに、現行軽水炉サイクルの技術基盤の支援・向上にも資するなど、我が国全体の核燃料サイクル技術へ反映が可能である。

さらに、研究開発の途上で得られる知見は先例のない先進的な技術であることから、大学等での基礎研究の推進や、その成果の蓄積によって、原子力以外の科学技術の分野に対しても先導的かつ創造的な貢献が期待できる。

(5) 成果の波及性

持続的なエネルギー源の確保は、世界的な主要課題であることから、FBRサイクル開発において国際的な技術競争力を保ち続けることにより、国内産業のみならず、今後アジア地域等の国際的なマーケットの開拓及び技術波及を通じて世界規模の産業への発展性が見込まれる。

9. 情報公開・社会的受容促進活動

研究開発成果については、国際会議などで100件以上の発表をするとともに、雑誌への投稿、パンフレット作成、ホームページの開設など積極的に情報公開に取り組んでいる。社会的受容性促進活動については、世論合意を進めるための効果的なメディア利用、受け手のニーズ・関心に訴えかけるポイントを絞った主張、草の根的な活動を展開する集団を介しての国民へのアプローチ等を行うべきとの意見を有識者より聴取した。これらに基づき、本研究の成果を効果的に社会に発信し、実用化に向けた受容性を向上していくための方策を、検討すべきである。特に一般国民への広報が重要であり、これをさらに加速すべきである。

10. 平成17年度における優先度

(1) 緊急性・重要性

FBRサイクル技術は、我が国のエネルギーセキュリティを確保する上で重要であり、着実にその研究開発に取り組むことが重要である。

(2) 緊急性・重要性を踏まえた優先度及びその理由

FBRサイクル技術は、原子力エネルギーの持続的利用と地球環境保全の同時達成を可能にするとともに、我が国のみならず、世界のエネルギー問題の解決にも寄与することからも、その研究開発の優先度は高い。また基礎段階の研究ではなくプロジェクト研究であり、産業界を巻き込んで開発すべきものであることから、一貫した方針・計画の下に推進する必要がある。