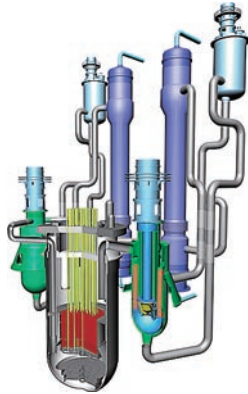


Mitsubishi Activities for FBR
Commercialization Development本岡直人^{*1}
Naoto Motooka佐藤裕之^{*2}
Hiroyuki Sato伊藤隆哉^{*3}
Takaya Ito國嶋茂^{*4}
Shigeru Kunishima

ウランを半永久的資源として有効利用できる高速増殖炉（以下 FBR と略す）サイクルは“国家基幹技術”に位置付けられ、国家プロジェクトとして開発されている。当社もこの国家プロジェクトに積極的に参画してきており、平成 18 年 10 月には FBR 実用炉の主概念に当社提案の Na 冷却ループ型大型炉が選定され、さらに平成 19 年 4 月にはこれまでの実績が評価され FBR 開発を担う中核会社を選定された。これを受け当社は FBR 開発を推進するため“三菱 FBR システムズ株式会社”（略称：MFBR）を設立した。今後も中核会社として 2025 年に計画されている実証炉運開に向け重点的かつ加速的に研究開発を推進し、FBR の早期の実用化を目指していく。

1. はじめに

FBR サイクルは、ウランを有効利用することにより他のエネルギー源と比べ 10 倍以上のエネルギーを発生させる潜在能力を有している（図 1）ため、“半永久的な資源⁽¹⁾”と期待されている。また CO₂ 発生量も化石燃料に比べ 1/100 程度に抑制され、地球温暖化対策にも大きく寄与する。これまで FBR は、国家プロジェクトとして（独）日本原子力研究開発機構（以下 JAEA と略称）が中心となり研究開発が行われており、2006 年 3 月には総合科学技術会議において、“FBR サイクル技術は我が国のエネルギー安定供給に大いに貢献し、産業の発展と国民生活の向上に資する技術であり、その開発には国家による大規模かつ長期的な支援が必要”として、国家基幹技術⁽²⁾に位置付けられた。さらに、原子力委員会によりまとめられた

FBR 開発の基本方針⁽¹⁾，などを受け 2025 年頃までの実証炉の実現（運転開始）、2050 年以前の商業ベースでの FBR 導入と言う具体的目標が設定された⁽³⁾。当社もこの国家プロジェクトに初期段階から積極的に参画し、原子力プラントメーカーとして Na 冷却炉特有の使用条件に対応した設計、製造、検査などの技術を蓄積・向上させてきた。

2. 当社の FBR 開発への取り組み

我が国の FBR 開発は、高速実験炉「常陽」、高速増殖原型炉「もんじゅ」と段階的に進められてきており、現在「もんじゅ」では運転再開に向けプラント確認試験が行われている。当社はこれらのプラントエンジニアリングや主要機器の設計、製作、現地工事を担当するとともに、「常陽」MK-Ⅲ改造工事（出力アップに伴う 2 次系設備の改造）や Na 漏えい対策のための「もんじゅ」改造工事にも参画し、プラント全般にわたる設計技術、製作技術、現地工事技術のみならず、Na 機器、配管の改造技術も高めてきた。

また、「もんじゅ」に続く炉として、電気事業者などで取り組んだ電力実証炉の設計や技術開発にも参画してきた。さらに、これを発展させ経済性を有する実用化像とそこに至るまでの研究開発を明確にするために、JAEA を中心として電気事業者、メーカーなどで実施された“高速増殖炉サイクルの実用化戦略調査研究”（以下 FS と略称）（平成 13 年度～17 年度）に参画し、各種要素試験・設計実施を通しその概念の成立

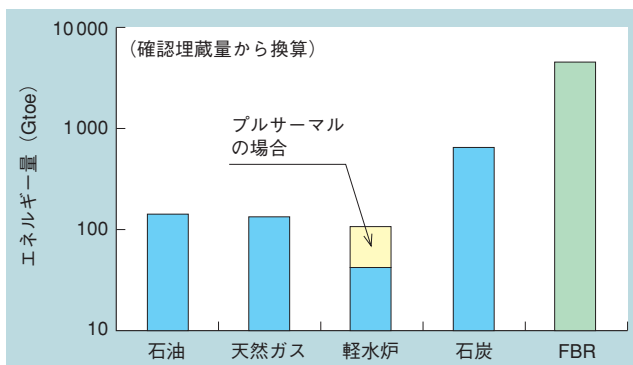


図 1 主なエネルギー源の発生能力量

^{*1} 原子力事業本部原子力技術センター原子力技術部新製炉・新製品技術課長

^{*2} 原子力事業本部原子力技術センター原子力技術部新製炉・新製品技術課主席

^{*3} 三菱 FBR システムズ株式会社企画・プロジェクト部長

^{*4} Mitsubishi Nuclear Energy Systems Inc. General Manager

性を確認してきた⁽⁴⁾。その結果、平成18年10月に当社提案概念は国により“主として開発すべき炉（主概念）”として選定された⁽⁵⁾。

主概念の開発を推進するため、“高速増殖炉サイクル研究開発プロジェクト”を開始するに当たり国は、明確な責任体制の下で効率的に推進できるよう、中核会社1社に責任と権限及びエンジニアリング機能を集中する体制を構築することを決め、平成19年2月に中核会社の公募を行い⁽⁶⁾、当社はこれに応募し、同年4月に中核会社を選定された⁽⁷⁾。これを受けFBRの開発やエンジニアリングを集中して実施するために当社は三菱FBRシステムズ(株)(MFBR)を設立（7月から事業開始）し、JAEAとの連携の下、FBR実用炉及び実証炉の概念設計研究、研究開発を推進している。

3. Na冷却ループ型大型炉のプラント概要

FBR実用炉は将来の軽水炉や他電源に比肩する高い経済性が求められており、当社はFSの概念募集において、安全性、信頼性及び経済性向上のための革新技術を取り入れた斬新なNa冷却ループ型大型炉概念を提案した（図2）。本概念は、従来考えられていた実用炉に比べ出力アップするとともに、ループ数の削減、低膨張率で高温強度に優れる高Cr鋼の採用、上部流出入配管システムによる配管の短縮化、中間熱交換器へのポンプの組み込み（ポンプ組み込型 IHX）などの革新技術を採用し、物量を可能な限り低減することを目指したもので、FBR自身が高い経済性を有する

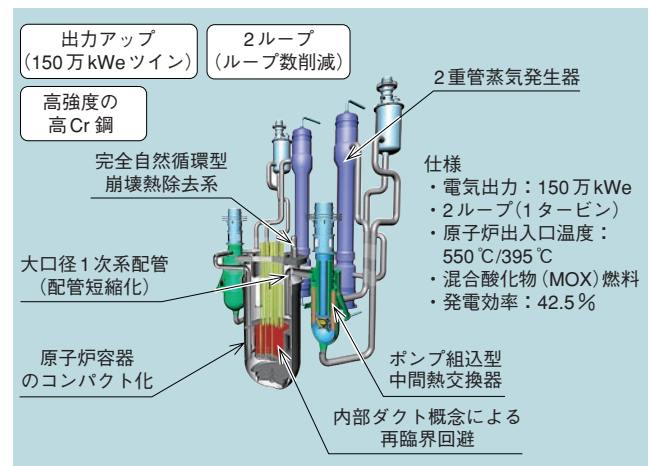


図2 Na冷却ループ型大型炉⁽⁴⁾

ポテンシャルがあることを示した⁽⁴⁾⁽⁵⁾。

4. 実用炉までの道筋

2050年までにFBR実用炉を導入し、FBRの商業化を目指すためには、設計と並行して、要素研究、工学規模試験を行った上で、段階的な開発を行うため実証炉の建設が必要となる。当社としては、この建設に当たり、主要な革新技術を取り入れた実用炉コンセプトを炉システムとして実証するための開発試験炉（50～60万kWe：2025年頃までに運転開始）、スケールアップの確認並びに目標達成の確認（特にサイクルを含めた経済性）のための商業導入炉（75～100万kWe：2035年頃に運転開始）の2ステップによる開発が必要と考えている（図3）⁽⁸⁾。また、2050年頃の

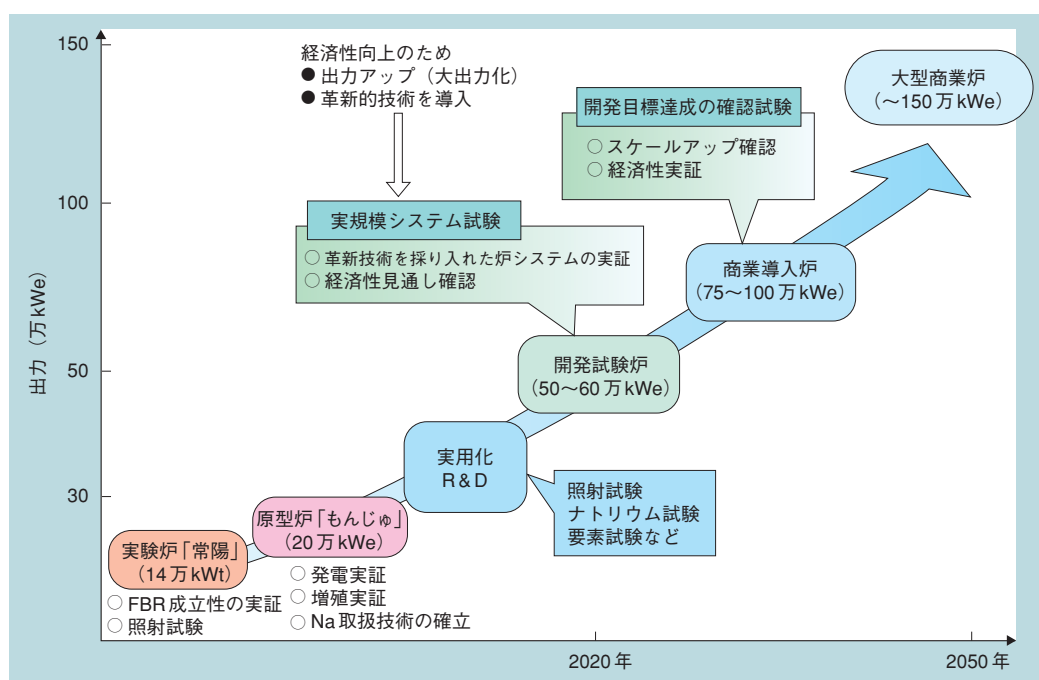


図3 商業炉までの開発の道筋⁽⁸⁾

FBR の商業化に向けて、技術力の長期にわたる維持・伝承や人材育成は必須であり、2ステップ方式はこういった観点からも意義の深い開発方法といえる。

5. 国際標準化への取組み

近年、ウラン資源の有効利用や放射性廃棄物の低減などの観点から日本のみならず世界的にも FBR 開発の必要性が高まっている。

10 カ国と EU とが参画する国際プロジェクトである第4世代炉計画において FBR サイクルが有力候補に挙げられている。また、ロシアでは実証炉 BN-800(80 万 kWe) が、インドでは原型炉 (50 万 kWe) が、中国では実験炉 (2.5 万 kWe) がそれぞれ建設中であり、2030 年頃の商用炉運転開始を目指して、国策として FBR サイクルの開発を積極的に進めている⁽⁹⁾。

一方、米国においても“国際原子力エネルギーパートナーシップ”(GNEP)構想が平成 18 年にエネルギー省(DOE)から発表され、高速炉(先進リサイクル炉)の必要性が示されている⁽¹⁰⁾。DOE は GNEP 構想の具体化を図るため、技術的コアとなる先進リサイクル炉と使用済燃料を再処理するための統合核燃料取扱センターの一括提案を募集した⁽¹¹⁾。当社は AREVA、日本原燃株式会社と共同で GNEP 構想の提案を行い、採用された。当社は先進リサイクル炉の設計・開発リーダーとして、日本の主概念である Na 冷却ループ型大型炉の国際標準化を目指し、これをベースとした先進リサイクル炉の検討を行っている。

FBR 開発は今後国際的な共同研究・開発として進められることが考えられ、国、JAEA、電力のご指導の下、国際協力を推進していく。

6. ま と め

当社は“国家基幹技術”である FBR サイクルの重要性を認識し、開発の初期段階からこの国家プロジェクトに積極的に参画し、「常陽」、「もんじゅ」、電力実証炉などを通して FBR プラント全般の技術を培ってきた。また、これらの技術をベースに実用炉概念の主概念に選定された Na 冷却ループ型大型炉の提案を行うとともに、国が募集した FBR 開発のエンジニアリング機能を集中させた中核会社の公募に選定された。これを受け当社は本プロジェクトを推進するために MFBR を設立した。

FBR 開発の推進に当たっては、「もんじゅ」の早期

の運転再開とともに、実証炉の基本仕様、建設に向けたロードマップ、サイト選定などを早期に決定するのが重要である。中核会社として当社は MFBR と一体となり、JAEA との連携のもと急務な課題である技術の維持・伝承や人材育成・増強も図りつつ、FBR の実用化を推進し、産業レベルの技術の確立、社会の進歩に貢献していく所存である。

参 考 文 献

- (1) 原子力委員会、原子力政策大綱 (2005)
- (2) 総合科学技術会議、分野別推進戦略 (2006)
- (3) 総合資源エネルギー調査会 電気事業分科会 原子力部会、報告書～“原子力立国計画”～ (2006)
- (4) (独) 日本原子力研究開発機構、日本原子力発電(株)、高速増殖炉サイクルの実用化戦略調査研究フェーズⅡ最終報告、JAEA-Evaluation 2006-002 (2006)
- (5) 文部科学省 原子力分野の研究開発に関する委員会、高速増殖炉サイクルの研究開発について－“高速増殖炉サイクルの実用化戦略調査研究フェーズⅡ最終報告”を受けて－ (2006)
- (6) 文部科学省、経済産業省、電気事業連合会、日本原子力研究開発機構“高速増殖炉(FBR)実証炉の基本設計開始までの研究開発体制に係る方針決定について” (2006)
- (7) 文部科学省、経済産業省、電気事業連合会、日本原子力研究開発機構“高速増殖炉開発のエンジニアリング等を行う中核企業の選定について” (2007)
- (8) 伊藤、佐藤他“FBR 実用化に向けた取組み”、三菱重工技報 VOL.43 NO.4 (2006)
- (9) 第 52 回原子力委員会定例会議“高速増殖炉サイクル技術の研究開発に関する参考資料” (2006)
- (10) 米国エネルギー省 GNEP のホームページ、<http://www.gnep.energy.gov/>
- (11) 米国エネルギー省“FOA FINANCIAL ASSISTANCE FUNDING OPPORTUNITY ANNOUNCEMENT” (2007)



本岡直人



佐藤裕之



伊藤隆哉



國嶋茂