

新型原子炉の最近の動向と日立の役割

Current Status of Development Program for Advanced Reactors in Japan and Hitachi's Role

次世代の原子炉を目指し、我が国が国家プロジェクトなどで現在開発中の原子炉、すなわち動力炉・核燃料開発事業団を中心とした高速実験炉「常陽」、高速増殖原型炉「もんじゅ」、高速増殖実証炉、新型転換炉原型炉「ふげん」、新型転換炉実証炉及び日本原子力研究所を中心とした多目的高温ガス炉に関し、その開発の最近の動向を説明するとともに、日立製作所の果たしている主要な役割、具体的活動状況及び成果について紹介する。

和嶋常隆* *Tsunetaka Wajima*
山内 一** *Hajime Yamanouchi*
畠山 尚*** *Takashi Hatakeyama*

1 緒 言

現在、国家プロジェクトなどで開発が進められている新型原子炉としては、高速増殖炉、新型転換炉及び高温ガス炉がある。高速増殖炉はプルトニウムの利用による核燃料資源の有効利用を主目的としており、新型転換炉は原子炉及び核燃料サイクルの多様化を図るとともに、本格的に高速炉が導入されるまでウラン資源を有効利用することを主目的として、ともに動力炉・核燃料開発事業団を中心に開発が進められている。

一方、日本原子力研究所を中心に、炉心出口 1,000℃程度の高温ヘリウムガス冷却材を、鉄鋼産業、化学工業などのプロセス熱源として利用する、いわゆる多目的高温ガス炉の研究開発が進められている。

本稿は、日立製作所ほか国内原子力メーカーが動力炉・核燃料開発事業団及び日本原子力研究所に協力して進めている高速増殖炉、新型転換炉及び多目的高温ガス炉の開発状況と、これらの開発に当たり日立製作所が果たしている役割及び活動状況について述べるものである。

2 高速増殖炉

我が国初の高速炉である高速実験炉「常陽」（目標最大熱出力：100MW、発電せず。）は、昭和45年、茨城県大洗の動力炉・核燃料開発事業団大洗工学センターで建設に着手され、昭和52年4月24日に臨界に達した。それ以降、熱出力100MWでの照射試験実現に向けて出力上昇試験、各出力レベルでの連続運転試験（現在、熱出力75MW）が行なわれている。

高速増殖原型炉「もんじゅ」（電気出力：280MW）は、建設費の国家予算も認可され、建設着工に向けて鋭意設計の詳細化が行なわれつつある。

高速増殖実証炉は、電力会社連合及び動力炉・核燃料開発事業団で並行して概念設計が進められている。

上記プラントの設計とともに研究開発(R&D: Research and Development)も「もんじゅ」を中心に多数進行してきており、高速増殖炉は着実に我が国独自の手で現実のものとなりつつある。

このような状況に応じて東京芝浦電気株式会社、三菱重工業株式会社、富士電機製造株式会社、株式会社日立製作所の原子力メーカー4社は、高速炉プロジェクトのエンジニアリング業務を一元化し、効率よく円滑にエンジニアリングを進めるために、昭和52年8月に発足させたFBRエンジニアリ

ング事務所を、昭和55年4月に4社合弁の高速炉エンジニアリング株式会社(FBEC)として発展させ、国家プロジェクト協力体制のいっそうの充実を図った。これにより、我が国は技術面だけでなく、開発体制の整備でも、欧米各国のそれに大きく近づいたことになる。

次に、上記高速炉開発の活動の中で、日立製作所が果たしている主要な役割について述べる。まず、「常陽」では、一次冷却系のシステム及び機器すなわち原子炉容器、安全容器、中間熱交換器、機械式ナトリウムポンプ、電磁ポンプなど及び関連電気・計装品の設計・製作を担当した。納入システム、機器及び関連電気・計装品は、良好に運転が続けられている。

また、「もんじゅ」及び「実証炉」では、炉心設計・安全設計を他社とともに分担し、一次冷却系及び蒸気発生器については、システム設計・機器設計を共に担当している。

更に、高速炉の研究・開発課題として、炉心実験解析、燃料ピンバンドルラップ管相互作用試験、配管耐衝撃試験、中間熱交換器に関する一連のモックアップ性能試験、機械式ナトリウムポンプのモックアップ試作、50MW蒸気発生器の製作、「もんじゅ」用蒸気発生器の $\frac{1}{2}$ モデルによる耐震試験をはじめ、高温構造強度にかかわる各種材料試験を実施した。また、供用期間中検査機器の開発、微少ナトリウム漏洩検出器の開発、各種ナトリウム試験施設のナトリウム計装としてNaK封入圧力計、ナトリウム液面計の改良など各種計測技術の開発を実施した。また、多重信号伝達装置の研究及び計算機、CRT(Cathode Ray Tube)を中枢とした運転監視システムの開発を実施した。このように、高速炉に関する数多くの重要なテーマに取り組み技術の開発と蓄積に努めているが、詳細については、本特集号中の論文を参照いただきたい。

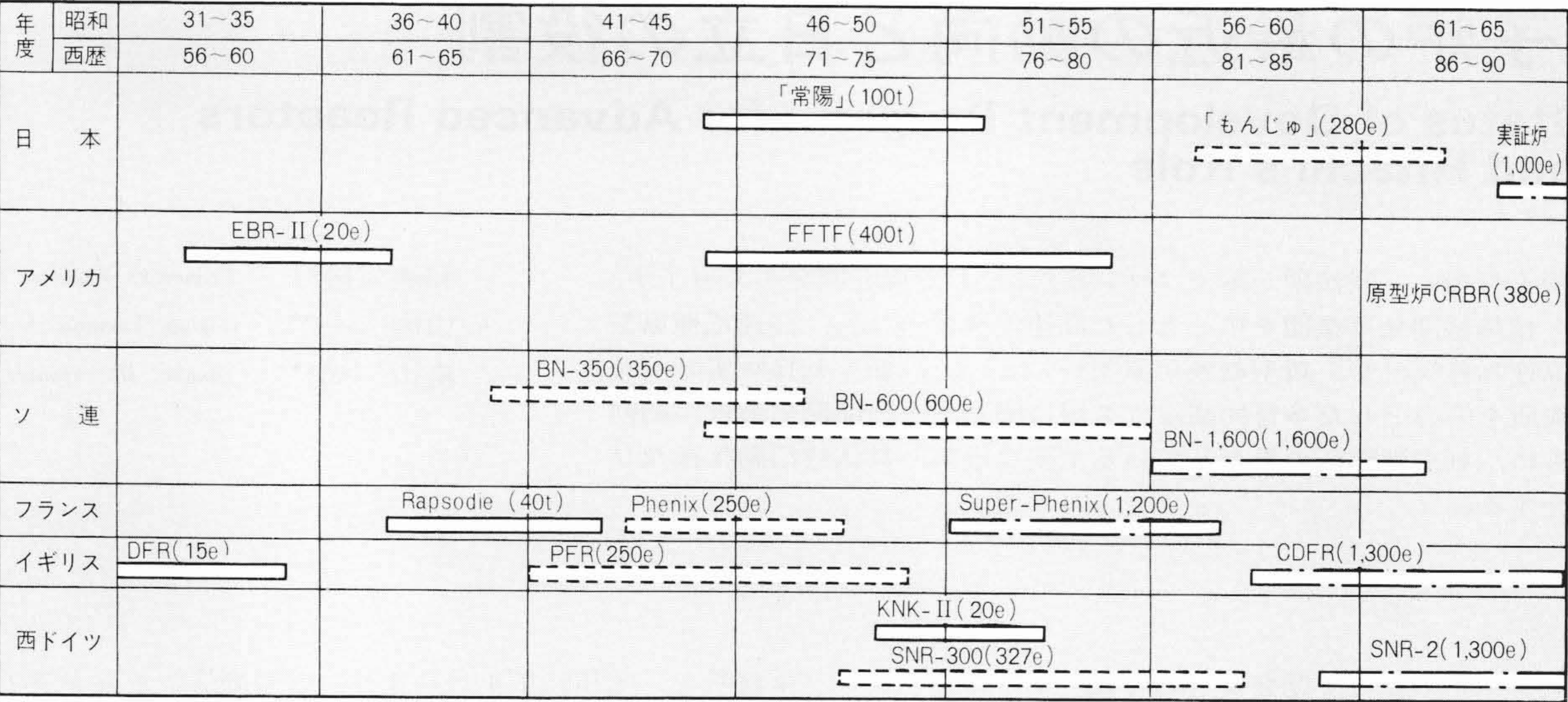
なお、上記新型原子炉につながる様々な設計、製作、検査及び据付をはじめ試験、運転などは、社内開発研究及び試作・試験、軽水炉の建設・運転に関する経験の反映、動力炉・核燃料開発事業団-米国DOE(Department of Energy: エネルギー省)協定などに基づく海外技術情報の有効活用などがその強力な基盤となっている。

図1に、海外の状況と比較しながら、我が国の高速増殖炉の開発計画を示す。

3 新型転換炉

我が国初の新型転換炉である原型炉「ふげん」（電気出力：

* 日立製作所原子力事業部 工学博士 ** 日立製作所日立工場 *** 日立製作所原子力事業部



注：
小括弧内のtは熱出力(MW)を、eは電気出力(MW)を示す。
[] は実験炉，
[] は原型炉，
[] は実証炉を示す。

図1 高速増殖炉の開発計画
世界の高速増殖炉開発に関する実績及び計画の大工程を示す。

165MW)は、昭和45年福井県敦賀市で建設に着手され、昭和52年6月に機器据付を完了し、昭和53年3月最小臨界に到達した。1年間の起動試験を経て、昭和54年3月本格運転を開始し、昭和54年度の設備利用率は72.4%と高稼働率を達成した。昭和55年2月～5月の第1回定期検査を無事終了して、現在運転を継続中である。

また、新型転換炉実証炉(電気出力：約600MW)は、昭和50年度の実証炉構想の確立を目的とした基本構想の取りまとめ〔STEP-1〕から始まり、昭和53年度まで概念設計〔STEP-2～4〕を実施した。引き続き、昭和54年7月から調整設計を実施している。実証炉の設計も原型炉「ふげん」と同様に、動力炉・核燃料開発事業団を中心に日立製作所を含む原子力5グループの協力により推進されているが、昭和55年3月から原子力委員会によるチェックアンドレビュー及び昭和54年初めから電気事業者と動力炉・核燃料開発事業団が合同で設定したATR合同委員会で技術審議が行なわれている。

次に、上記新型転換炉開発の中で、日立製作所が果たしている主要な役割について述べる。「ふげん」では、日立製作所はプラントの全体的観点から、系統間又は各社間のシステム、計測制御・配置などの調整を行なう主務会社業務を担当し、プルトニウム燃料を使用した炉心設計、動特性解析、事故解析、災害評価を含む安全評価などのエンジニアリングを実施した。設備としては、原子炉本体、炉心への入口管、炉心からの上昇管、制御棒、同駆動装置、電気設備、原子炉制御装置、原子炉保護装置などの設計・製作を担当した。更に、各メーカーとともに、動力炉・核燃料開発事業団に協力し起動試験を遂行した。

「実証炉」では、〔STEP-1，2〕の概念設計を日立製作所単

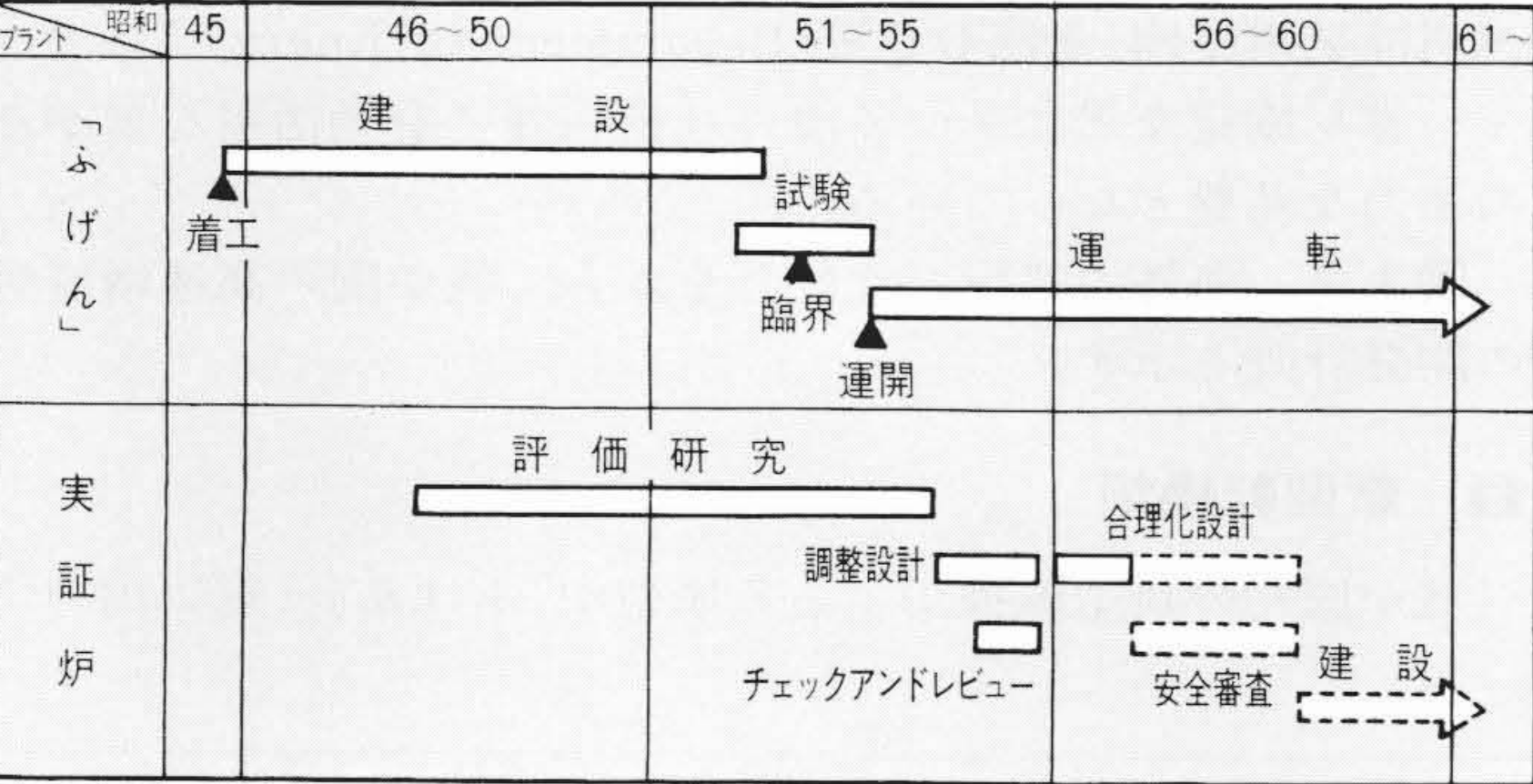


図2 新型転換炉の開発計画
新型転換炉開発のための計画大工程を示す。

独で実施してプラント基本計画を固め、〔STEP-3，4〕では、国内原子力メーカーがそれぞれ分担して概念設計を実施した。日立製作所は主契約会社として、各社間の相互調整、炉心設計、動特性解析、安全評価などのエンジニアリングと、原子炉本体、制御棒駆動装置、ポイズン急速注入系、しゃへい冷却系、換気設備、希ガスホールドアップ装置、電気計測制御設備などの設計を担当しており、引き続き詳細設計に引き継がれる予定である。

なお、動力炉・核燃料開発事業団からの委託研究及び社内研究試作・試験などにより、新型転換炉特有技術の開発研究を行なっている。

図2に新型転換炉の開発計画を示す。

4 多目的高温ガス炉(VHTR)

我が国の長期的エネルギー供給では、原子力の利用は電力の発生だけでなく、諸工業プロセスの熱源として多くの分野で利用することが必要である。このため、国でも高温ガス炉の多目的利用(プロセス熱利用)開発が取り上げられ、炉心出口ヘリウムガス温度1,000℃を目標とした実験炉の建設計画が、日本原子力研究所を中心に進行中である。日立製作所も、当初からこの計画に協力参加し、炉容器、中間熱交換器、炉内構造などを中心とした設計作業に順次従事し、また、最近では高温二重配管試験装置の製作を受注して、高温ヘリウム技術のいっそうの向上に努めている。詳細については、本特集の論文を参照されたい。

日本原子力研究所では、原子炉建設の前段階として、大形構造機器実証試験ループ“HENDEL”の建設計画が実施に移されており、日立製作所もこの設計作業に参加してきた。“HENDEL”の建設により、高温ヘリウム取扱い技術と大形構造機器の開発が、飛躍的に進展するものと期待されている。

5 結 言

新型炉として高速増殖炉、新型転換炉及び多目的高温ガス炉を取り上げ、その開発動向と日立製作所での活動状況の概要について論述した。

新型炉については、更に研究開発を推進し、我が国独自の自主技術による実用炉の実現を念願している。

終わりに、平素から御指導、御協力をいただいている動力炉・核燃料開発事業団殿、日本原子力研究所殿及び各電力会社殿をはじめ、関係各位に対し深謝の意を表わすとともに、今後ともよりいっそうの御指導をお願い申し上げる次第である。