

新型炉開発の動向

Current Status of Development Program for Advanced Reactors

現在我が国で開発が進められている次世代の原子炉，すなわち動力炉・核燃料開発事業団を中心とする高速増殖実験炉「常陽」，同原型炉「もんじゅ」及び動力炉・核燃料開発事業団と電気事業連合会を中心とした実証炉(タンク型も含む)並びに動力炉・核燃料開発事業団を中心とする新型転換炉「ふげん」及び実証炉，更に日本原子力研究所を中心とする高温ガス炉に関し，最近の開発動向について述べ，日立製作所の果たしている主要な役割と具体的活動状況などを紹介する。

和嶋常隆*
小林弘昌**

Tsunetaka Wajima
Hiromasa Kobayashi

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げられる。高速増殖炉は，発電に伴い核燃料を増殖すること，及びプルトニウムの利用による核燃料資源の有効利用を特徴としており，また新型転換炉は，核燃料資源の有効利用を図るとともに余剰プルトニウムを利用することを特徴として開発された我が国独自の重水炉であり，共に主として動力炉・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950℃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。

これらの新型炉の開発計画を図1に示す。
本稿は，日立製作所ほか国内原子力メーカーが，主として動力炉・核燃料開発事業団，電気事業連合会及び日本原子力研究所に協力して進めているこれら新型炉の開発状況と，日立製作所が果たしている役割など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)は，昭和52年4月に臨界に達したが，その後順調に出力上昇試験が行なわれ，昭和56年12月に増殖炉心(MK-I)の最大出力75MW運転がすべて終了し，積算運転時間は約1万3,000時間となった。

これに続く高速増殖原型炉「もんじゅ」(電気出力：280MW)は，福井県敦賀市白木地区に建設が予定されており，第一次安全審査が終了し，昭和57年5月14日には閣議でその建設が了解された。これにより「もんじゅ」は着工に向けて大きく前進するとともに，設計の詳細化が鋭意行なわれつつある。

「もんじゅ」に続く高速増殖実証炉については，電気事業連合会及び動力炉・核燃料開発事業団でその概念設計が進められている。
また，これらのプラントの設計とともにR&D(Research and Development：研究開発)も「もんじゅ」を中心に従来から多数実施されてきており，更に最近の実証炉に関するR&Dも開始されて，各プラントの設計にそれぞれ有効に反映されている。

次に，これらの高速炉開発計画で，日立製作所が実施している主要な活動について紹介する。まず「常陽」では，75MW運転の最後に実施された全電源喪失想定其自然循環試験に参加し，本プラントの自然循環能力を確認した。その後，約1年間の予定で実施される最大出力100MW照射炉心(MK-II)試験を目指して行なわれている燃料交換作業の時間を利用して，日立製作所が納入した一次主循環ポンプの健全性の確認，及び内部に取り付けられたサーベイランス用試験片の検査のため，インペラを含む内部構造物の引き抜き作業を行なって，これらがいずれも健全であることを確認した。また，保守性の向上を目的として，一次主冷却系配管用の防振器を油圧式からメカニカル式に交換した。

また，「もんじゅ」では，第一次及び第二次安全審査に係る設計を他社とともに分担し，更にプラントのかなめとなる制御棒駆動機構，一次冷却系及び蒸気発生器などのシステム設計・機器設計を担当している。R&Dとしては，微調整棒駆動機構の耐震試験・機能試験・耐久試験，中間熱交換器の水流動試験・熱衝撃試験，一次主循環ポンプの耐震試験・熱衝撃試験，蒸気発生器の耐震試験，配管の耐震試験・耐衝撃試験をはじめ，高温ナトリウム中の健全性にかかわる各種材料試験・構造強度試験などを実施した。また，供用期間中検査装置やガスサンプリング型微量ナトリウム漏洩検出システムの開発試験，蒸気発生器用水漏洩検出システムの開発などを実施したが，それらの詳細については本特集号の論文を参照されたい。

次に，実証炉の開発では，「常陽」，「もんじゅ」と同型であ

年度(昭和)		41	50	51	60	61	70
プラント							
高速増殖炉	「常陽」						
	「もんじゅ」						
	実証炉						
新型転換炉	「ふげん」						
	実証炉						
高温ガス炉	実験炉						

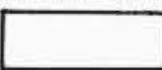
注：  は稼動中を，  は建設計画中を示す。

図1 新型炉の開発計画 高速増殖炉，新型転換炉，多目的高温ガス炉の開発建設計画の大工程を示す。

* 日立製作所原子力事業部 工学博士

** 日立製作所日立工場

るループ型と並んで、欧州で実績のあるタンク型炉も取り上げられ、商用炉への展開を見越した実証炉の炉型選定に向けてその日本への適合性が検討されている。

まず、ループ型炉の概念設計研究では、日立製作所は炉心設計のほか、プラントレベルの安全設計、原子炉構造主要部、冷却系及び関連機器を中心に他社と協力して設計研究を進めている。

一方、タンク型炉の概念設計研究では、原子炉本体構造、一次冷却系システム・機器の設計研究と並行して、我が国でのタンク型炉のフィージビリティを検討するR&Dに参画し、原子炉本体システムの耐震、構造及び原子炉内熱隔離壁評価を分担している。本R&Dは、昭和56年から3年計画で進められており、昭和57年からモデル試験に入る予定である。また、日立製作所のアイディアで大型高速炉に適した炉心システムの開発を進めており、その一部である大型軸方向非均質炉心の成果については本特集号の中でも紹介している。

このような高速炉の研究開発には、「常陽」、「もんじゅ」を主な対象とした動力炉・核燃料開発事業団からの委託研究、実証炉を対象とした電気事業連合会、電力中央研究所及び動力炉・核燃料開発事業団からの委託研究及び社内開発研究・試作試験、軽水炉の建設・運転経験の反映、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れを支える強い基盤となっている。

3 新型転換炉

重水減速・沸騰軽水冷却型の新型転換炉の開発は、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って着々と進められてきた。

我が国初の新型転換炉である原型炉「ふげん」(電気出力: 165MW)は、昭和45年12月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月から本格運転を開始し、昭和54年度の設備利用率は72.4%と高稼働率を達成している。昭和55年2月～5月の第1回定期検査、昭和56年4月～11月の第2回定期検査を経て、安定な運転が行なわれている。

また、新型転換炉実証炉(電気出力: 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、更に昭和57年3月からは合理化設計を実施している。その間、昭和54年2月からの電気事業者と動力炉・核燃料開発事業団による「ATR合同委員会」あるいは昭和55年1月の原子力委員会決定に基づき設置された「新型転換炉実証炉評価検討専門部会」で技術面や経済面での評価が行なわれ、昭和56年8月に同専門部会から原子力委員会に対して、実証炉建設が妥当であることが答申されている。

次に、上記の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、日立製作所は他社と共同でその建設に当たり、プラントの全体的観点からみた系統間又は各社間のシステム、計測制御、配置の調整を行なう主務会社業務を遂行したほか、プルトニウム燃料を使用した炉心設計、動特性解析、安全性解析、安全評価などのエンジニアリング業務を実施した。また設備関係では、原子炉本体、炉心への入口管、炉心からの上昇管、制御棒及び同駆動装置、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、他社とともに動力炉・核燃料開発事業団に協力し起動試験を遂行した。

また、「実証炉」STEP-1、及びSTEP-2の概念設計では、日立製作所がプラント基本計画を提示し、その後は国内原子力メーカーが分担して詳細化を進めた。昭和57年度の実証炉設計では、日立製作所は取りまとめ会社として各社間の相互調整を行なうとともに、炉心設計、動特性解析、安全性解析などのエンジニアリング業務と、原子炉本体、制御棒及び同駆動装置、ポイズン急速注入系、遮へい冷却系、換気空調設備、希ガスホールドアップ設備、電気設備、計測制御設備などの設備設計を担当している。

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・試験などによって、圧力管集合体の材料試験やプルトニウム燃焼炉心核計算コードなど、新型転換炉に特有な技術の開発研究を続けている。

4 多目的高温ガス炉(VHTR)

電力以外のエネルギーが、消費エネルギー全体に占める割合は約70%(昭和55年度)と大きい。多目的高温ガス炉は、その有力な代替エネルギー源候補として注目され、日本、米国、西独の各国で開発が進められている。

我が国では、日本原子力研究所を中心に、炉心出口ヘリウムガス温度約950℃を目標にした実験炉(VHTR)の開発が、昭和60年代前半の着工を目標に進められており、現在詳細設計が実施されている。一方、高温ガス炉に接続される熱利用系としては、原子力製鉄の研究開発が通商産業省工業技術院の大型プロジェクト(昭和48年～昭和56年)としてERANS(原子力製鉄技術研究組合)の手により実施されたが、現在所期の目標を達成し、一段落の状態である。また、民間でも高温ガス炉共同研究会、JANP(高温ガス炉エネルギー有効利用システム研究会)などが設立され、米国、西独の海外諸団体と情報交換をしながら各種利用系の調査研究を続けており、石炭ガス化が有力な候補の一つとして注目されている。

日立製作所では昭和48年からVHTRの設計、研究開発に参加協力し、また熱利用系については「サンシャイン計画」で蓄積した技術を基にして、高温ガス炉共同研究会及びJANPに参画して調査研究を続けている。

日本原子力研究所では、実験炉の高温構造機器の基本的性能確認と安全性実証のために、HENDEL(大形構造機器実証試験ループ)の建設が進められており、日立製作所もこの設計製作に参加している。HENDELは実験炉の実証だけでなく、将来の熱利用系の開発にも利用されることが期待されている。

5 結 言

本稿では、現在我が国で開発が進められている新型炉、すなわち、高速増殖炉、新型転換炉、多目的高温ガス炉の開発の現況とそのなかでの日立製作所の役割について概要を説明した。

新型炉技術については、今後なおいっそうの研究開発を要すると考えられているが、我が国の自主技術開発に対する動力炉・核燃料開発事業団、電気事業連合会、電力中央研究所及び日本原子力研究所の関係各位のなみなみな熱意と懇切な御指導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鞭撻をお願い申し上げる次第である。

参考文献

- 1) 和嶋, 外: 新型原子炉の最近の動向と日立の役割, 日立評論, 62, 10, 699～700(昭和55-10)