

フランスにおける高速炉開発

フランス原子力・代替エネルギー庁(CEA)長官付顧問

ジャック・ブシャール

高速炉は、開発初期から原子力発電の将来像であると考えられていた。最初の原子力発電は、1950年代に米国のアイダホに建設された小型の高速炉によってなされた。それ以来、世界の多くの国により経済的、政治的状況に応じていろいろな速さで、多くの開発プログラムが実施されてきた。そして、第4世代原子力システム開発計画とこれを実施するために必要になった国際協力は、より野心的な要求条件と21世紀中ごろまでに実用化することを目標とする、原子力開発の第2ステップを踏み出すこととなった。

このような巨大技術開発の基本的な必要性は、単純で、高速炉が現在の軽水炉に比べて100倍多くのエネルギーをウランから取り出すことができるということである。さらに、高速炉は、(原子力発電によって発生した)長半減期の放射性物質を燃焼することにより、我々がしなければならない廃棄物管理を単純化する手段をも提供する。

フランスにおいて高速炉開発の第一期は、1950年代に開始し複数の原子炉の建設で節目を迎えた。実験炉の1号機となるラプソディー(RAPSODIE)は、熱出力25,000kWから40,000kWに増強されたが、1967年に開発が開始されて1983年に廃止された。それから、フェニックス(PHENIX)は電気出力25万kWの原型炉で1973年から2009年にかけて運転され、たいへん良好な運転実績を収め、燃料開発、供用期間中検査、マイナーアクチノイドの燃焼等の主要課題に対して幅広い知見をもたらした。工業的原型炉であるスーパーフェニックス(SUPERPHENIX)は電気出力120万kWで、欧州協力の枠組の下で建設され、1985年に運転開始し、主として政治的な理由により1998年に廃止された。

スーパーフェニックスの設計、建設、試運転および数年間の運転は、まずは欧州高速炉計画に反映される多くの知見をもたらした。この欧州高速炉計画は、スーパーフェニックスの廃止とともに終了するが、設計分野において目覚ましい進歩が見られた他、大型高速炉の投資コストについて、現在においても、もっとも実績にもとづく推算を提供するものである。

数年間の逡巡の後、第4世代原子力システムの要求条件に到達するため、ナトリウム冷却炉とガス冷却炉の両炉型において高速炉開発を追及することを目指して新しい開発段階が始まった。廃棄物管理に関する新しい法律にもとづく作業の枠組のもと、アクチノイドを燃焼させる可能性に若干の優先度を与えることを決定し、立法者は2020年までに実証することを求めた。これら双方の目標を結合して、フランス政府は、フランス原子力・代替エネルギー庁に対してASTRIDという新しいプロトタイプ炉の準備を指示した。

ASTRIDは、ナトリウム冷却高速炉の原子力発電プラントのプロトタイプとなるものであり、電気出力50万kWから60万kWで、技術上及び設計上の技術革新の実証を目指すとともにアクチノイドの燃焼を段階的に実証するものである。ASTRIDは、フェニックスに近接するマルクールサイトに建設される見込みである。

第4世代原子力システムの要求条件に対応して、強化された安全性がASTRIDの設計の主要な目的であり、その設計は初めから、あるいはその後の段階においても、投資コストを低減させつつ信頼性を向上させる技術革新を包含するものである。

産業界は、すでにこのプロジェクトに参画しており、国際的な協力にも開放されている。

ガス冷却高速炉は、現在にいたるまで実現されたことはなく、ガス冷却高速炉の開発は、あきらかにより長い期間が必要である。研究開発は継続されており、実験炉の初号機の建設が欧州の数カ国によって検討されている。

「もんじゅ」と日仏間の協力について述べる前に世界をとりまく状況について概観してみたい。中国、韓国、インドは、このセミナーに代表を送られていることから、私はただ、中国が中国高速実験炉(CEFR)の試運転を再度お祝いし、インドで大型の原型炉が完成間近であることを述べるにとどめて、講演者からそれぞれの計画についての報告を伺うこととしたい。

ロシアの原子炉 BN600 は、1980 年に運転を開始し、現在においても世界で最大の運転中の高速炉である。ロシアのこの分野における計画は長い歴史を持ち、BOR60, BN350, BN600 に象徴されるように、多くの開発ステップを踏んできた。振動充填法による燃料製造技術に関する独自の開発がなされているが、ロシアはウラン-プルトニウム混合酸化物燃料の工業的な経験を有していない。

BN800 の新規建設は、約 20 年前に開始され、経済的な理由によって何度か遅延していたが、現在、完成を目前にしている。

ロシアは、海軍での利用の枠組みの下で開発された鉛冷却高速炉についても独自の経験を有している。将来のプロジェクトにむけた研究が多数進行中であり、ナトリウム冷却高速炉の分野では BN1200、鉛冷却高速炉の分野では BREST が特筆すべきものである。

米国においてはすでに述べた EBR1 及び 40 年以上運転された実験炉の EBR2 によって黎明期を先導した。米国政府は 1970 年代末に、プルトニウム利用に関連するすべての開発を停止させたが、当時、米国では、クリンチリバーでの大型実用炉の計画が強力に進められていたのである。

1980 年代、米国のアルゴンヌ国立研究所は、金属燃料と乾式再処理を利用した高度化高速炉の概念を開発した。EBR2 は実証試験のために精力的に利用されたが、10 年前にその計画は終了した。

最近では、GNEP 計画の中で高速炉はその重要な部分となっていたが、GNEP 計画も見直されることとなった。その後、使用済み核燃料及び放射性廃棄物管理に関する政策への提言を任務とするブルーリボン委員会においても、高速炉の概念について長期的に検討することを勧告している。

日本とフランスは、長期にわたって高速炉開発の分野で協力してきた。両国の協力は、実験炉常陽の建設の前から開始され、複数の原型炉の開発については、全期間を通じての協力がなされている。現在、両国は工業的な実績を伴う最も先進的な技術を持ち、第 4 世代原子力システムの要求条件に対して共通の認識を持っている。両国は、第 4 世代原子力システム国際フォーラムの特にナトリウム冷却高速炉の分野において重要な役割を果たしている。

フェニックスは、過去 20 年間にわたって基幹装置として機能してきたが、この役目は将来 ASTRID 等の新しいプロトタイプ炉に受け継ぐことができるまでの間、「もんじゅ」が果たすべきである。フランス原子力・代替エネルギー庁と日本原子力研究開発機構は、ともに必要な技術的な革新を実証するために共有できるかもしれない重要な研究開発施設を持っている。私は、今こそより緊密な協力を展開すべき時だと考える。

結論になるが、高速炉は、依然として、原子力の持続可能性を実現する鍵となるものである。ウランの低価格は未来永劫続くものではなく、プルトニウムを購入することについてもよい展望は得られない。

日本は、これまで高速炉開発に大きな投資をしてきた。「もんじゅ」や多くの研究開発施設は、特長あるものである。フランスや国際社会は、日本が将来の原子力の共通の目標にむけて貢献し続けることを期待する。