

新型炉部会セッション

高速炉戦略ロードマップ検討会報告

Report from Fast Reactor Strategic Roadmap Committee

(3) 短期的視点からの検討：技術継承と東電福島第一事故を踏まえた安全性向上

(3) Short-Term Perspective: Technology Succession and Safety Improvement Based on TEPCO Fukushima Dai-ichi Accident

*堺 公明¹¹ 東海大学**1. はじめに**

我が国は、資源の有効利用、高レベル放射性廃棄物の減容化・有害度低減等の観点から、使用済燃料を再処理し、回収されるプルトニウム等を有効利用する核燃料サイクルの推進を基本的方針としている。その方針の下、「第5次エネルギー基本計画」（2018年7月閣議決定）[1]では、『高速炉開発の方針』（2016年12月原子力関係閣僚会議決定）に基づき策定されるロードマップの下、米国や仏国等と国際協力を進めつつ、高速炉等の研究開発に取り組む」とされており、我が国は今後も技術開発を推進していくこととされている。新型炉部会は、長期的視点から検討した結果、「資源の有効利用」と「環境負荷低減」を両立できる高速炉を、必要性が高まる可能性のある21世紀半ばには高速炉を実用化できる技術基盤を整備すべきと考えている。一方、東京電力福島第一原子力発電所事故、電力自由化の進展および2016年末の「もんじゅ」廃止措置決定といった情勢の大きな変化を踏まえる必要がある。このため、短期的視点からの検討として、現在の情勢を考慮して向こう20年から30年間に取り組むべき事項の観点について検討する。

2. 社会的合意形成に向けた取組み

「高速炉開発の方針」[2]において、「今後の我が国の高速炉開発は、世界最高レベルの技術基盤の維持・発展を図りつつ、高い安全性と経済性を同時に達成する高速炉を開発し、将来的な実用化を図り、もって国際標準化に向けたリーダーシップを最大限に発揮することを目標に掲げる。」こととされているが、開発のステークホルダーをはじめ、規制機関を含む政府の関係省庁、都道府県、関係市町村、国民の各層において本決定が十分に浸透し、理解を得た状態で開発を推進することが重要である。特に、高速炉開発は、向こう50年から100年程度の長期的な取組みが必要となることから、エネルギー安全保障等の重要性、確保すべき安全性の目標、得られる便益及びコスト等の視点を長期間にわたって共有できるように、社会的な合意形成に取り組むとともに、その維持に努めることが重要である。

3. 安全性の向上（リスク低減）

東京電力福島第一原子力発電所事故により、我が国では安全性に対する考え方が見直され、新規規制基準では、より過酷な自然災害への対策や様々なシビアアクシデント対策等を確実に行うことが要求されるようになった。一方、第4世代炉国際フォーラム（GIF）では、高速炉開発国の政府間協力として、ナトリウム冷却高速炉（SFR）に対する国際的な安全設計要件である安全設計クライテリア（SDC）と安全設計ガイドライン（SDG）の構築が進められている[3]。

そこでは、自然災害を起因とする事象を含めて炉心損傷を受動的に（物理現象を利用して）防止できる機構や、仮に大規模な炉心損傷に至った場合にも、その影響を原子炉容器内で終息させ、最終障壁である格納容器内に放射性物質を閉じ込め、周辺公衆の避難を不要とできるほど安全性を高めるための技術開発が重要となっている。これまでは、炉心損傷に至る事故を起こさないことに重点が置かれていたが、それだ

* Takaaki Sakai¹¹ Tokai Univ.

けではなく、今後は、炉心損傷が発生しても、敷地外への放射性物質の拡散を実質的に防ぐためのリスク低減努力を重視していく必要がある。そのためには、実用発電用原子炉（軽水炉）とは異なる高速炉の特徴を考慮したリスク低減を図る必要がある。また、こうした技術は、先行して開発された技術がデファクトスタンダード化することから、国際的な開発状況に遅延することなく、実用化を進めることが重要である。

4. 技術継承

我が国の高速炉開発は原型炉「もんじゅ」の設計・建設から30～40年経過している。このため「もんじゅ」経験者の引退により次期炉の設計にその経験を生かしていくことが困難な状況になってきており、世代間での技術伝承や人材育成は急務である。机上の設計研究と要素技術開発だけでは、高速炉の実用化に必要な機器の開発、プラント建設、運転保守等の能力は涵養されない。先行炉の経験知があるうちに、次世代を担う若手研究者・技術者と共に我が国の高速炉技術を維持・発展させるべきである。このためには、今後数十年かけて、安全性を向上させたプラント設計と技術開発、そして機器・構造物の製造・建設、運転という一連の経験を積む必要がある。

人材育成の観点からは、原子力エネルギーの役割、その安全な利用のための種々の対策等に関する丁寧な説明に継続的に取り組むとともに、原子力について正しく理解し、社会に対して伝えていくことのできる人材の育成が重要である[4]。特に、高速炉に関する正確な知識と情報に基づく教育がモチベーションを有した人材の育成につながることから、大学における原子力エネルギー利用に関する幅広い教育を強化するとともに、研究開発機関、規制機関等と大学間の高速炉サイクル技術に関する具体的な研究連携を推進し、研究開発人材に関するシームレスな育成を図ることが重要である。

5. 不確実性への備え

エネルギー安全保障と環境負荷低減のいずれがどの程度要求されるか不確実性が高いことから、両者に柔軟に対応できる計画とすることが重要である。また世界の技術開発の方向や市場の動向と整合できるように、炉型や燃料などに柔軟性を確保しておくことが望ましい。

現状の世界の高速炉開発に関する趨勢は、ナトリウム冷却と酸化物燃料あるいは金属燃料を組み合わせた高速炉サイクルである。我が国で蓄積されている技術は、酸化物燃料とナトリウム冷却炉の技術に厚みがあることから、ナトリウム冷却高速炉サイクルから優先的に開発していくのが合理的である。

一方、国際的には、萌芽的なものを含めて、様々な冷却材、燃料形態の革新的な高速炉概念の研究開発も行われている。これらの研究開発の動向については、常にアンテナを高くし、革新炉における研究開発から酸化物燃料ナトリウム冷却高速炉へ適用できる技術が開発される可能性に常に注意を払っていく必要がある。我が国はナトリウム冷却高速炉等の基幹技術の実用化に向けた技術開発とともに、革新炉技術の多様性確保の両者を達成できる研究開発環境を整備し、自由な発想ができる大学等が中心となって、幅広く多様な概念検討や基礎研究に取り組み、革新技術の創出と人材の育成を進めていくことが期待される。

6. 国内資産の活用

国際的にも貴重な施設である「もんじゅ」は廃止措置に移行するが、廃止措置期間中においても燃料取り出し時の燃料取り扱い技術知見蓄積や廃止措置過程における点検経験に基づく高速炉保守管理技術知見の蓄積や、解体過程において長期間ナトリウムを内包した機器の経年特性データ取得・設計検証を行うなど重要な技術成果を取得することができる。また、地震時のプラント安全性の評価構築に向けた「もんじゅ」の主要機器や構造物を活用した耐力限界の把握、次期炉設計に必要な技術開発成果の集約、運転シミュレータ、ナトリウム取扱い訓練施設等を活用した高速炉技術者の人材育成にも活用できる。さらに、既存及び今後「もんじゅ」で得られる知見・経験とシミュレーション技術を組み合わせた新たな設計最適化手法を開発することにより、「もんじゅ」で期待された成果に匹敵した知見を得ることも期待できる。このため、廃止措置期間中においても国際的な視野で「もんじゅ」を最大限に活用した技術開発、知見・経験の蓄積を実施するべきである。

実験炉「常陽」は、現在、新規制基準への適合性審査に対応しているところである。「常陽」は世界最高レベルの高速中性子束を有しており、多様なニーズに対応可能なように工夫がなされている。また、高速炉研究や人材育成のみならず、核融合や非原子力分野からの基礎基盤研究や多目的利用が期待されている。さらに、照射後試験施設が近接しており、インフラが充実していることから、研究の発展性に期待できる。このような期待に応えるためにも、「常陽」は早期に再稼動して最大限活用していくべきである。

7. 国際協力

フランスとのASTRIDの共同開発や、ロシアの運転経験の習得など、海外と積極的に知識共有を図るべきであるが、国際協力にはギブアンドテークが要求される現実を考えると、国内技術の維持・向上が前提であることを忘れてはならない。また、ASTRID計画の規模縮小など資本主義国におけるプロジェクトはその時代の経済に大きく左右されることから、過度な海外依存は安定性を損なう可能性もある。

したがって、国内での開発と技術維持が基本であり、国際協力はそれを補うものであり、有効に活用しつつも、肩代わりするものではないと認識すべきである。

8. 結論

高速炉開発は、数十年オーダーの長期的な取組みが必要となることから、社会的合意形成に向けた取組みが必要である。また、東京電力福島第一原子力発電所事故を踏まえて安全性を高める技術開発を推進していくとともに、先行炉の経験知があるうちに、次世代を担う若手研究者・技術者と共に我が国の高速炉技術を維持・発展させるべきである。このためには、今後数十年かけて、安全性を向上させたプラント設計と技術開発、そして機器・構造物の製造・建設、運転という一連の経験を積む必要がある。将来の不確実性への備えとして、基幹技術のみならず多様な技術開発にも取り組み、革新技术の創出を推進して、柔軟性を確保しておくことが望ましい。また、次期炉に役立つ知見を蓄積するため、「もんじゅ」、「常陽」といった国内資産を有効に活用すべきである。国際協力は有効に活用しながら、国内での開発と技術維持を基本的に推進していくべきである。

参考文献

- [1] 経済産業省、第5次エネルギー基本計画（案）（2018年7月閣議決定）
- [2] 原子力関係閣僚会議、「高速炉開発の方針」（2016年12月決定）
- [3] Gen-IV International Forum, https://www.gen-4.org/gif/jcms/c_93020/safety-design-criteria
- [4] 文部科学省原子力人材育成作業部会、「中間取りまとめ」（2016年8月）