

第 191 回 エネルギー問題に発言する会 座談会議事録

議事録作成 早野睦彦

演題：SMR を巡る国際動向とそのインパクト

講師：田中隆則 原環センター専務理事

日時：平成 30 年 9 月 20 日 16 時～17 時半

場所：JANSI（原子力安全推進協会）会議室（田町ジュベルビル 13F）

座長：坪谷隆夫

参加者：会員約 40 名

【講演趣旨】

小型モジュール炉（SMR）の利点は炉心が小さいゆえに安全ポテンシャルが高い点である。また単位出力あたりの建設コストは高くなるが、炉が小さいことによる建設総コストの低下、モジュラー化によるコスト低減も期待できる。事故以来安全対策コストなどによりプラントコストが高騰し、原子力に大きな逆風が吹く昨今、SMR がその突破口となる可能性があるのか、SMR の国際動向に詳しい田中隆則氏にご講演いただいた。

【講演内容並びに質疑応答】

1. 講演内容

□革新炉の検討状況と第 5 次エネルギー基本計画における SNW の位置づけ

- ◇ 革新的原子炉は第 4 世代炉として GIF（国際フォーラム）等の枠組みの中で議論されているが、SMR は安全性向上、自由化市場への対応、原子力産業の活性化の観点から別途、米国、英国、カナダを中心に取組みられ、その炉型は軽水炉、熔融塩炉など様々である。
- ◇ 第 5 次エネルギー基本計画では、海外での取組みを踏まえつつ長期的ビジョンをもって戦略的柔軟性をもって進めるという表現で明確な方針を示したものはなっていない。

□SMR の期待するところと課題

- ◇ SMR の特性と期待
 - 安全性・レジリエンス性
 - 工場組み立て生産方式
 - 総コストが低く、建設期間が短いことによる投資リスクの低減
 - 運転・保守管理の容易性
 - 電力グリッド未発達な地域での対応（スタンドアローン）

- ロードフォロワー、コジェネへの対応

◇ SMR の課題

- 単位出力あたりの経済性低下（スケールメリットがない）
- 現行の炉型と異なることによる許認可負担が大
- 新たなサプライチェーンの構築

□SMR に関する各国の取組

◇ 米国（政府関連）

- 2017 年 1 月に新型原子炉技術の研究開発促進法案を上院が可決（下院で審議中）、DOE と NRC が連携して取り組むことを求めている。
- NRC は軽水炉の場合 30 万 kWe 以下を SMR とし、NuScale の軽水炉 SMR の設計認証を受理して 2020 年 9 月に審査終了の予定で進んでいる。NuScale はアイダホ国立研究所内に建設予定。
- TVA がクリンチリバーに複数の SMR を設置することで Early Site Permit を申請。

◇ 米国（産業界等）

- 2016 年 1 月に SMR の産業化に向けて米国内企業 14 社が「SMR START」を創設。SMR の製造技術については先進的原子力製造センター（CANM）を発足させてここで対応する。NuScale の SG 開発もここで担う予定。
- 原子力イノベーション連合（NIA）は原子力分野の革新を提唱する団体で技術者、学者、投資家、環境保護団体の連合組織で、報告書を取りまとめ政府にアピールしている。
- NuScale 以外に、non-LWR である ARC、TerraPower、TransatomicPower（熔融塩炉）などベンチャー企業（既存大手ベンダーとの提携例もあり）が取り組んでいる。

◇ 英国

- 産業界、特に原潜向け原子炉の主役であるロールスロイスは積極的。国立原子力研究所（NNL）は SMR の FS を報告書に取り纏め、4 種類の SMR（ACP100、NuScale、mPower、WH SMR）を有望としている。
- ビジネス・エネルギー・産業戦略省は英国がリーダーシップを発揮すべきとして SMR コンペ（フェーズ 1）を行い 33 件を的的としたが、その後の SMR の計画が明らかになっていない。（なお、第 IV 世代炉を含む革新炉の支援措置は発表されている。）
- 2017 年 7 月に原子力先端製造研究センター（Nuclear AMRC）が開設されて製造技術の開発に取り組んでいる。
- 但し、脱 EU を受けて全体として流動的である。

◇ カナダ

- CNL (Canadian Nuclear Lab.) が SMR を研究支援し、CNSC (規制) に多くのベンダーから設計の事前審査申し込みがあつて活発な動きがある。
- CNL は 2026 年までに SMR を商業炉としての成立性を示すことを目標にしている。CNSC は SMR の規制上の課題を整理、審査ガイドを策定中。また許認可手続きとは別にベンダーに対する原子炉設計事前審査制度を設けており、現在 10 件が評価中または評価に向けて調整中になっている。
- 天然資源省が 2018 年秋に SMR に関する戦略ロードマップを作成することになっている。

◇ その他の国と国際機関の取組

- フランスは 2018 年 6 月に EDF が SMR 開発を進めていることを発表、但し詳細は不明である。
- ロシアは SMR として浮揚式原発 (軽水炉 KLT-40S) を建設中。
- 中国は多様な原子炉を開発中であるが、SMR としては精華大を中心とするペブルベッド HTGR 型のガス炉の開発に力を入れている。(なお、出席者から、最近の国際会議において、中国は一带一路構想に沿って関係国に SMR を多数設置するため、SMR (炉型は不明) の安全審査を行っているところとの発表があつた旨、指摘があつた。)
- アルゼンチンは、PWR 型 SMR を建設中。その他、韓国では SMART の計画がある。
- IAEA は RCF (Regulatory Cooperation Forum) において SMR に特化した許認可プロセスに関して議論している。
- OECD/NEA は SMR の市場性に関する報告書を取りまとめたが、その後はあまり activity なし。

□ SMR の経済性と投資リスク

- ◇ SMR はスケールメリットを損なうことに対して設計の簡素化、工場生産化、建設期間の短縮化、メンテナンス・運転の合理化で補おうとする。配布資料の 13 ページの図によれば建設費が 5000USD/kWe 以下であれば O&M や燃料費などの変動コストに依存するものの概ね大型軽水炉と発電コストで競合できる。
- ◇ 投資リスクについては、大型炉に比べ投資額の縮小と設計確定期間 (英国の GDA 期間) の短縮で最終投資判断のリスクを下げるができる。

□ SMR の安全規制

- ◇ SMR は革新的な技術を採用するので従来の大型軽水炉に比べて規制上の許認可の見通しが不透明になる。このため SMR に積極的な米国、カナダ等で審査の合理化が検討されている。
- ◇ 米国の NuScale については 2018 年 4 月に安全審査第 1 フェーズ終了、2020 年 9 月に審査を終了するスケジュールを公表した。DOE の構想としては 2035 年に SMR 商用炉の運転開始のためには 2020 年までに規制対応として審査を終了する必要があるとしている。（配布資料 16 ページ）
- ◇ カナダは前出の CNSC によるベンダーに対する原子炉設計の事前審査に注力し、IAEA も RCF による安全基準の共有化を図って安全規制の合理化を目指している。これは SMR で大量生産型標準炉を目指す場合に期待される国際的な原子炉設計認証システムにも資すると考えられる。

□電力市場における SMR の位置づけ

- ◇ 大型炉と競合する限りでは SMR の適用範囲は限定的であるが、昨今の電力市場の変化、すなわち高い安全性、地球温暖化対策要請などを考慮するとその役割も見えてくる。
 - 再生可能エネルギーの調整力（SMR の方が大型炉より出力調整で有利）
 - 熱電併給システム
 - 小規模グリッドや遠隔地電源（途上国向け）
- ◇ エネルギーミックスにおける SMR の位置づけ
 - ガス火力、石炭火力、大型原子力と SMR の比較を、年間稼働時間に対する年間運転コストで行うと、年間稼働時間が少ない場合はガス火力のコストが低く、年間稼働時間が多い場合は大型原子力のコストが低くなる。そのような視点でみると SMR が他電源より有利になる範囲は年間 5000 時間～6500 時間の比較的狭い領域である。（配布資料 23 頁）
 - Nuclear Innovation Alliance の報告によれば、SMR は風力発電との組み合わせで電力需要と上手くマッチできるとの評価があるし、ガスコンバインドサイクル 33%と SMR 67%の組み合わせが天然ガスの価格変動リスク対策に適するという分析もある。（配布資料 24 頁&25 頁）
 - OECD/NEA の報告によれば、部分負荷 60%～85%で SMR(成熟機)が安価であり、将来、火力発電に代わる調整電源としての利用が考えられる。2035 年の世界で考えると原子力割合が High ケースの場合 SMR の新規建設の余地はあるが Low ケースになると限定的である。
 - 孤島などのスターンアローンだけでは SMR の普及は限定的（ニッチな市場対応）であるが、大型炉と競合できるレベルまでコストを低減するとともに、再生可能エネルギーの調整電源として利用することで価値が生まれる。

□まとめ

- ◇ SMRの可能性はNuScaleの今後の動向に注目しつつ、以下の課題を克服することが肝要である。
 - 経済性において大型炉と競合できること
 - 各国のSMRの安全審査・検査を国際標準化すること
 - 再エネとの組み合わせでの有効性を示すこと
- ◇ SMRは次世代を担う若者たちに夢を与える。NASAの宇宙開発と超小型原子炉（深宇宙向け）の例もある。

以 上