

総合資源エネルギー調査会 電力・ガス事業分科会
原子力小委員会 革新炉ワーキンググループ 第3回会合
議事要旨

日時：令和4年7月1日（金） 9：40～12：00

場所：オンライン

議題：革新炉開発の課題について

出席者 ※敬称略

座長	黒崎 健	京都大学複合原子力科学研究所教授
委員	遠藤 典子	慶應義塾大学グローバルリサーチインスティテュート特任教授
委員	小野 透	（一社）日本経済団体連合会 資源・エネルギー対策委員会 企画部会長 代行
委員	小伊藤 優子	国立研究開発法人日本原子力研究開発機構高速炉・新型炉研究開発部門
委員	斉藤 拓巳	東京大学大学院工学系研究科原子力専攻 准教授
委員	高木 直行	東京都市大学大学院総合理工学研究科共同原子力専攻教授
委員	高木 利恵子	エネルギー広報企画舎代表
委員	田村 多恵	株式会社みずほ銀行産業調査部参事役
委員	永井 雄宇	（一財）電力中央研究所社会経済研究所主任研究員
委員	松久保 肇	原子力資料情報室事務局長
委員	山口 彰	公益財団法人原子力安全研究協会理事
専門委員	大島 宏之	日本原子力研究開発機構理事
専門委員	大野 薫	日本原子力産業協会情報・コミュニケーション部課長
専門委員	中熊 哲弘	電気事業連合会原子力部長

プレゼンター	Mohamed Shams	米国原子力規制委員会（NRC）副所長代理
	Marcus Nichol	米国原子力エネルギー協会（NEI）シニアディレクター
	古塚 伸一	日本原子力産業協会企画部長
	高橋 光俊	助川電気工業株式会社取締役技術本部長
	榎村 英孝	株式会社 TVE 執行役員営業本部長

（事務局）

経済産業省 遠藤 量太 電力・ガス事業部 原子力政策課長

（オブザーバー）

外務省 播本 幸子 軍縮不拡散・科学部 国際原子力協力室首席事務官

文部科学省 新井 知彦 研究開発局 原子力課長

議事概要

<事務局より資料3「エネルギーを巡る社会動向を踏まえた革新炉開発の課題」説明>

<プレゼンターより資料4「革新炉の今後の見通し」説明>

<プレゼンターより資料5「革新的な原子力技術」説明>

(委員)

- 革新炉の審査にあたって規制側の作業は多数あると考える。審査を行うスタッフは何人いるか、予算はどの程度か。また、事前の相談から認可までの審査全体に要する時間はどれくらいか。

(プレゼンター)

- スタッフ数について、私の部門で100名であるが、全てのスタッフが規制に携わっているわけではない。規制だけで考えると約10名がフルタイムで対応している。私の部門の年間予算は3,500万ドル程度である。
- 審査時間について、NRCは堅牢なパブリックプロセスを作成しており、規制そのものは時間がかからないが、審査プロセスにおける公聴会で時間がかかる。審査全体に要する時間は5年くらいである。さらに審査プロセスにおける規則作成に要する時間の短縮に取り組んでいるところであり、目標として審査全体に要する時間を4年とすることを挙げている。

(委員)

- 革新炉は安全性向上が技術的に確立されているが、UPZの考え方を教えて頂きたい。
- HALEU燃料の開発に関する産業界の対応状況を教えて頂きたい。

(プレゼンター)

- 従来、EPZは大型炉を想定してサイト中心から半径10マイルと設定されていた。革新炉は出力やインベントリが様々であり、EPZもスケールラブルである必要がある。このため、個々の炉型のソースタームや事故影響等を考慮して革新炉のEPZを設定している。
- HALEUに関しては、現状、ロシアのみが製造できる。ロシアによるウクライナ侵攻により、米国がロシアからHALEU燃料を入手することはできない。このため、短期的にはHALEU燃料調達の選択肢がない。米国燃料サプライヤも現時点ではHALEU製造に投資する意向がなく、米国における商業的な生産も難しい。このような状況を解決する必要がある。2027年から米国で少量のHALEU燃料を生産するプロジェクトを計画している。しかし、このプロジェクトでの生産量では将来的な需要を満たすことはできない。このため、抜本的な解決策はまだない。

(委員)

- 小型炉はUPZを縮小できるとのことであるが、日本への小型炉の導入を想定すると、複数の小型炉を建設する必要が生じると考える。複数の小型炉を同一サイトに建設する場合、UPZのサイズはどう考えるべきか。

(プレゼンター)

- EPZ のサイズの根拠は、一般公衆への放射線影響である。しかし、小型炉が同一サイトで複数基設置される場合（一例として、NuScale は最大 12 モジュールを同一プラント内に建設することができる）、EPZ のサイズはプラントのオーナーと立地地域の地元コミュニティとの間で決める問題であると考えられる。

(委員)

- 革新炉の発電以外の利用で、例えば水素製造のような化学プラントに接続する場合、化学プラント側での不具合の原子炉への波及やその逆といった新しい種類のリスクをどう考えているか。

(プレゼンター)

- 現在まさに検討中の課題である。従来の炉でも、爆発や飛行機の墜落といったオフサイトハザードを考慮していた。影響の程度とそれに対処するかを考える必要がある。これからの新しい技術においては発電と発電以外の両方において、化学反応についても考える必要があり、規制の中で織り込んでいく予定である。

(委員)

- 革新炉開発の初期の段階から規制側が関わっていくことの重要性を指摘していただいたと思います。具体的にどの段階から、どのような形で規制側に関わっていくのが適切と考えるか。
- 規制を改革・改善することが重要とのことであるが、規制の効率化は現行の規制からダウングレードになる可能性があるという慎重な意見もあると思う。この点について考えを聞かせて頂きたい。
- 国立研究機関はどのような形で革新炉開発や規制に関わっているか。

(プレゼンター)

- 申請前の折衝は歓迎している。NEI は事前折衝に関するガイドラインを作成している。NuScale は申請前から 8 年ほど NRC と事前折衝を行っていた。逆に 6 ヶ月程度であった事業者もいた。事前折衝には、NRC が当該設計について理解を深めることができる、NRC の考えを申請者と共有できる、といったメリットがあるが、コストがかかるといった制限もある。8 年という時間は必要以上と考えるが具体的に何年が適切であるかは分からない。大切なのは、NRC はコンサルタントではなく、独立した規制機関なので、NRC が申請者に対して何をすべきかを全て教えてくれるわけではない。事業側と規制側それぞれの仕事をするにはお互いが必要となるので、両者間での協力が重要である。
- 申請前審査は、進化中のプロセスである。NRC と申請者との間でパートナーシップが必要であるが、適切な独立性を維持しながらやる必要がある。ただ、革新炉は新規の技術であり、新規のリスクがあるので、なるべく我々の専門知識を共有して明確な答えをベンダーに出すのが大切であると考えられる。
- 現行の規制からのダウングレードという懸念について、規制の改定は決して安全基準を下げるということではなく、規制の柔軟性を申請者に提供することが目的であり、設計の安全性の強化を認識

することである。公衆の安全性を確保するという認識を大前提として、ダウングレードさせない要件を設計のリスクに合わせて考えるということである。

- 国立研究所は、NRCに対する設計審査のサポートや審査に必要な研究やソフトの開発といった重要な役割を果たしている。産業界に対しては、①開発者の設計活動を直接支援するDOEのGAINプログラム、②成熟段階の設計を支援する国立原子炉イノベーションセンター(NRIC)という2つの大きな支援枠を提供している。

<プレゼンターより資料6「サプライチェーンの課題と海外展開 アンケート調査と実務者聴取」説明>

<プレゼンターより資料7「当社における原子力関連の取組みについて」説明>

<プレゼンターより資料8「原子力バルブ事業の現状と課題」説明>

(委員)

- 事務局資料の「2050年CNに向けた革新炉開発のポートフォリオ」では、高速炉とガス炉について日本の革新炉として開発を進めていくという説明があった。しかし、高速炉(リサイクル)とガス炉(ワンスルー)は資源の有効活用と廃棄物有害度低減について異なる性質がある。このため、高速炉、ガス炉が並列開発とされている点について、原子力開発の持続性とバックエンドの観点で不整合が生じている。
- しかし長期的にみれば、高速炉の高い「増殖性」は平衡期には不要(「維持増殖」のみで良くなる)なため、高速炉の余剰中性子をガス炉用の燃料生成・廃棄物消滅に活用することが考えられる。高速炉とガス炉の両者が両立できるサイクルシナリオを作成し、市場性確保につなげる必要がある。

(委員)

- 人材育成支援について、デジタル化してノウハウを蓄積していくにしても現在の職人の技能がベースとなる。このため、個人や組織の技術力が評価される仕組みが必要と考える。それにより個々の技術者の技能向上に向けたモチベーションが高まり、技術力向上がいっそう促進されると考える。
- サプライヤの海外進出支援について、事務局資料で挙げられた原子力固有の技術力のある企業400社のうち、まだ海外展開の実績がない小規模企業もあると考える。実績がない小規模企業にも海外進出を促すのであれば、企業の強みである技術面に注力できるように、進出の段階だけではなく、進出後のアフターケアまでのサポートも重要であると考えます。

(委員)

- 2006年に政府が原子力立国計画をとりまとめたが、この時点でも、国内での新設需要が2030年ごろまで低迷するとされており、サプライヤは輸出で事業をカバーすると計画していたが、輸出計画はすべて失敗した。一方で、福島事故後は、サプライヤは事故対策で受注がカバーできた。このような状況を踏まえると、事務局資料は前提が間違っている。
- OECD/NEAの報告によると、1974年から2021年の日本の原子力分野の研究開発費用は10.8兆円とされている。ここまで投資されているにもかかわらず、まだ国による原子力分野への投資が必要と

議論することに違和感を覚える。

- 革新炉開発に関して、多様な炉型の審査には多大な時間とコストを要する。米国では審査費用は事業者側の負担となるが、国内では審査料金はあるが全体をカバーするようなものではなく、審査費用の大部分が税金で賄われている。規制の迅速化を主張するのであれば、企業側による負担を考える必要がある。また、現状、大部分が税金で賄われている審査費用について、透明化が必要であると考ええる。
- 事務局資料で、海外の原子力市場の拡大が説明されているところであるが、これまでに公表されている原子力開発の予測は大幅に外れている。IAEAでも予測を外している。このような予測を前提に議論することが間違っているのではないかと考える。

(委員)

- 国内原子力発電所の停止が長期化し、新設プロジェクトもない中、サプライチェーンの大部分や高い技術力を国内に保持していることに安堵した。しかし、このまま国内で原子力の開発が進まなければ技術や人材が失われていく。英米に比べ新設停止の期間が短い今のうちに、早急な対策が必要と考ええる。
- IEAが2022年6月30日に発表した報告書では、2050年のカーボンニュートラルの達成には、世界全体で現状の2倍の原子力発電容量が必要としている。また、ウクライナ情勢もあり、世界的に原子力の重要性が再認識されている。さらに、現下の円安傾向は、日本が保有する原子力関連技術の海外展開の可能性を高めると考える。
- 革新技術を海外に積極的に輸出することにより、世界の気候変動対策やエネルギー安全保障だけでなく、国内のサプライチェーン維持にも貢献できる。戦略的な政府支援の拡充を期待する。一方で、日本のエネルギー安全保障の強化のためには、日本の技術を日本で使用することが重要である。技術開発に向けた民間のモチベーション維持のためにも、政府が新增設・リプレースを含めた原子力に関する明確なメッセージを発信することが不可欠であると考ええる。

(委員)

- 革新炉に関する開発投資の成果が我が国の社会経済活動に還元され、国民が成果を享受できる見通しを立てるために、運転開始時期を明確化した開発工程が必要と考ええる。開発工程は、経済安全保障やクリーンエネルギー成長戦略と整合性を図ることが望ましいと考えるが、そうすると、産業界のカーボンニュートラルの達成度を踏まえて開発工程を見直す必要も生じるだろう。また、海外の動向をみると革新炉開発は外交手段になりつつあるため、国家安全保障戦略の中での位置づけも検討する必要があるのではないかと考える。
- 革新炉開発はハイポリテクスの課題になりつつある。本WGでの議論を、政治の意思決定プロセスにいかに関わり込んで認識共有を図るかについて検討する必要がある。その際には、国際関係や経済安保の関係者や専門家も交えて、開発ポートフォリオの評価軸のウェイトの置き方について、国内外の情勢を踏まえた意見交換を定期的かつ継続的に行うことが望ましい。

(委員)

- ガス炉で得られる付加価値と廃棄物処分の問題のバランスや高速炉の廃棄物低減能力について検証する必要がある。そういった点も踏まえて、サイクルの観点から高速炉を見ることが重要である。
- 研究の体制に関して、プロジェクトマネジメントを強化するのはいいことであるが、司令塔組織のリーダーシップが重要である。リーダーシップがないと寄せ組織になる懸念があり、今後の検討課題であると考えている。
- 実感として、国内における原子力の研究開発の体力が落ちている。研究施設の活用方法、施設の共通化や開放、人材の質と量を整備していくためのロードマップが必要であると考えている。

(委員)

- 事務局資料において実験炉、原型炉、実証炉、商用炉といったこれまでの開発工程が述べられていた。しかし、モジュール方式で大量生産していくことが計画されている小型軽水炉などもあるため、革新炉の場合はこれまでの開発工程に囚われない開発工程を考えることが必要である。また、技術ロードマップについても継続的な改訂が重要である。
- 研究開発の促進に関して、研究開発の評価基準等を事前に作成し、その結果に基づく優先順位付けや予算配分の見直しを行っていくべき。
- 海外の需要をもとにサプライチェーンを維持しようということであるが、国内の建設時期を明記したうえで、研究開発と一体化したサプライチェーン戦略が重要になると考える。

(委員)

- 本日の NRC と NEI のプレゼンターの説明から、規制と産業界の対話によりイノベーションが生まれていくと理解した。また、TVE と助川電気の説明に関して、サプライヤの技術継承の取り組みに対して敬意を表す。
- 革新炉の開発プラットフォームができたとしても、建設時期が明示されなければサプライヤは動くことはできない。過去の WG においても米国革新炉メーカーが商用化の必要性について言及していた。
- 本 WG の成果を国家安全保障の政策の枠組みに入れていくべきである。

(委員)

- プラントメーカー、サプライヤが技術開発に取り組んではいるが、今の日本の原子力の状況を見ると危機意識を感じているのではないかと考える。プラントメーカー、サプライヤのビジネス機会を拡大するにしても、民間企業単独での展開は難しいと考える。今後の取り組みに期待したい。
- ファイナンスの観点や発電事業者の投資判断の上でも、投資回収の予見性のみならず、工事期間の延長、コスト拡大や技術のリスク、政策変更のリスクなど、多様なリスクが存在する。

(委員)

- カーボンニュートラルとエネルギー安全保障上の両方において原子力あるいは革新炉の役割が認識されている。過去 50 年間、世界では原子力 50%、水力 40%がカーボンフリー電力を供給していたことを踏まえると、確立された信頼性の高いエネルギー源として原子力を持続的に活用する一つの方

向性として、革新炉をどう使っていくかという点が重要である。

- サプライチェーン事業の継続性と持続性が重要であることが示されている一方、検討の範囲が2030年～2050年あたりに限られている。原子力発電所は60年間運転するものであるため、2050年を超えた先に対しても予見性、持続性が見えるような政策、サプライチェーンが持続的に受注できるような工夫が必要である。

(専門委員)

- 産業基盤の維持は、電力事業者にとっては、足元の発電所の運営の観点でも大きな課題である。その維持のためにも、革新炉の開発を国の政策として積極的に進めて社会実装するという姿を社会に見せることが、若い世代が興味を持つきっかけになると思う。
- ただし、革新炉の国内実装は時間かかるので、海外プロジェクトへのサプライチェーンの参画はぜひ進めてもらいたい。
- 革新炉開発のポートフォリオに関して、炉型ごとに特性・成熟度がそれぞれ異なるため、今後開発に注力する炉型を早めに絞ってもらいたい。
- 社会実装に向けて、国と民間で進めていくには、国による開発予算の確保、規制基準の整備による予見性の向上が必要。また、事業者の導入インセンティブ確保のために、投資環境だけではなく、バックエンドを含めて環境整備が重要。

(専門委員)

- 革新炉の技術維持そして開発において、開発目標の明確化が最も重要。カーボンニュートラル、経済安全保障、廃棄物の問題等様々な社会ニーズを、いつ、どの程度満たすべきかを考えつつ各種シナリオを検討して、必要時期とスペックを明確にすることでロードマップを検討できる。並行して、投資リスクの緩和、規制の予見性の確保が重要。
- 電力自由化の中で、事業者が長期的な視点で投資できる環境にないため、投資リスクを下げるメカニズムが必要である。公益性が高い課題に関して、社会実装は必ずしも民間主導ではなく、国主導で進める選択肢があってもよいと考える。
- 規制の予見性確保としては、例えば高速炉に関しては日本が国際標準化を進めているが、このような活動を支援するとともに、日本の規制サイドが効率的な運用のためにこのような国際標準を積極的に取り入れていくような働きかけも必要。

(専門委員)

- 欧米諸国では、開発負担の大きさと国民が受益者であることを踏まえて、技術開発、規制対応、資金補助等、あらゆる面で革新炉の開発を支援している。
- わが国においても、実証までの資金補助、規制・審査の効率化等、あらゆる面での国の支援を検討すべきである。
- サプライチェーン維持・強化に関して、革新軽水炉やSMRは大型炉の既存のサプライチェーンを活用できる。
- 運転、保守、新設に関わる企業で需要が減少している現状を踏まえると、サプライチェーンの維持

強化を図るためにもまずは早期再稼働が必須で、さらに新增設・リプレースについて早期に検討を開始する必要がある。合わせて自由化された電力市場においても、新增設・リプレース事業に予見性を持って取り組むことができるよう、投資環境の整備も必要である。

- 原子力産業の海外売り上げが震災以降、1000億円を超える減少となっている。当協会としてもバイヤーズガイドの作成やビジネス交流の機能・中身を充実させて、国と連携しながらサプライヤ支援に取り組んでいきたい。
- 海外進出において、各企業の個別案件で、政府支援に対するニーズが多様になる可能性が高くなると思うため、政府がニーズに対して柔軟な対応していくことが必要である。

(座長)

- 米国の発表からは、開発が最も進んでいる米国の方でも、燃料の調達や化学プラントと連結する際の規制の考え方などの課題があることが分かった。また、国内のサプライヤについて、バルブや液体金属などの現状についてもよく分かった。事務局資料に関して、p.6の「悪循環」というところが現時点で直面している課題を端的に表していると思う。
- 次回は、原子力小委員会への中間とりまとめ案を議論する。今回、委員から頂いた様々な意見を事務局で整理し、反映していく。

(事務局)

- 次回は、原子力小委員会への中間とりまとめ案を議論する。次回以降の開催日程について、事務局から各委員に個別に連絡する。

以上