

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9回会合

日時 令和7年10月3日（金） 16:00～17:58

場所 本館 17 階国際会議室及びオンライン

議題 次世代革新炉の開発の道筋の具体化について

1、開会

○宮下原子力技術室長

定刻となりましたので、ただいまより総合資源エネルギー調査会原子力小委員会第9回革新炉ワーキンググループを開催いたします。

委員及び専門委員の皆様におかれましては、御多忙のところ御出席いただきまして、誠にありがとうございます。本日の会議ですが、対面とオンラインとのハイブリッドで開催させていただいております。また、本日の会議の様子はY o u T u b eの経済産業省チャンネルでライブ配信させていただいております。よろしくお願いいたします。

まず最初に、事務局の異動の御紹介であります。原子力技術室長の多田が原子力政策課長に移りまして、私、宮下が本年7月から原子力技術室長に着任しております。滞りなくワーキンググループの議論を支えたいと思いますので、今後ともよろしくお願いいたします。

それでは、ここから斉藤座長に議事進行をお願いしたいと思います。よろしくお願いいたします。

○斉藤座長

東京大学の斉藤です。改めまして、本ワーキンググループの座長を務めさせていただきます。よろしくお願いいたします。

前回の開催が昨年の10月22日ということで、おおむね1年ぐらいたったの開催となっております。その間、第7次のエネルギー基本計画も閣議決定されております。革新炉に関わる状況も着実と変化してくる状況の中で、このワーキンググループの重要性もますます大きくなってきていると思っております。ぜひ委員の皆様におかれては本日も活発な御議論をよろしくお願いいたします。

それでは初めに、事務局から本日の委員の出欠状況について報告をお願いします。

○宮下原子力技術室長

ありがとうございます。

本日のワーキンググループにつきましては、小野委員、大島専門委員が欠席と伺っております。また、遠藤委員が途中参加と伺っております。また、田村委員と遠藤委員、途中退席と伺っております。いずれにせよワーキンググループの定足数は満たしておりますので、御報告させていただきます。よろしくお願いいたします。

○斉藤座長

ありがとうございます。

2、議事

○斉藤座長

それでは、議事に移りたいと思います。

本日のワーキンググループでは、事務局より資料1及び資料2に基づき説明をした後、革新軽水炉や小型の革新炉の開発を手がけるメーカー各社から開発状況などを御発表いただきます。

それでは、まず、事務局から説明をお願いいたします。

○宮下原子力技術室長

それでは、事務局から資料1及び資料2について、簡単に説明させていただきます。

資料1を御覧ください。お手元のiPadで見ただけであればと思います。次世代革新炉に関する動向ということで、2ページ目にありますとおり、次世代革新炉を巡る政策動向について御紹介させていただきます。

3ページ目、御覧ください。第7次エネルギー基本計画の抜粋をつけさせていただいております。今年の2月に政府の方針として閣議決定をされております。3ページにあります4ポツ、2040年に向けた政策の方向性の中で、例えば上から3つ目のポツの最後のほうを見ていただければ、「再生可能エネルギー、原子力などエネルギー安全保障に寄与し、脱炭素効果の高い電源を最大限活用する」という記載が決定をされております。

次に、4ページでございます。特に次世代革新炉についての記載部分について、御紹介させていただきます。エネルギー基本計画の6ポツ、脱炭素電源の拡大と系統整備（原子力部分）というものの中に、次世代革新炉についても記載がございます。一番下のポツを見ていただきますと、次世代革新炉（革新軽水炉・小型軽水炉・高速炉・高温ガス炉・フェージョ

ンエネルギー)の研究開発等を進めるとともに、サプライチェーン・人材の維持・強化に取り組むという大きな方針が示されております。

続きまして、5ページ目、6ページ目を御覧ください。具体的に、それぞれの次世代革新炉についての詳細な記述について御紹介させていただいております。5ページ目の上には革新軽水炉についての記載をまとめさせていただいております。

次の6ページ目を見ていただきますと、高速炉、高温ガス炉、フュージョンエネルギーについてそれぞれまとめております。詳細はここでは割愛させていただきますけれども、第7次エネルギー基本計画の中でも、次世代革新炉について、それぞれの記載がなされている、大きな方向性が示されているという状況になっております。

次のページ、7ページ目を御覧ください。次世代革新炉の開発の道筋の具体化に向けた検討ということで、今年の6月25日に開かれまして原子力小委員会での議論を御紹介させていただければと思います。次世代革新炉については、我が国の炉型開発に係る技術的な道筋を示すため、研究開発を進めた上での目標時期として技術ロードマップが策定をされているという状況になっております。7ページ目の下半分が技術ロードマップの全てをまとめたものですが、このような技術ロードマップが策定をされているという状況になっております。

他方、高速炉・高温ガス炉実証炉開発事業の開始や、海外での小型軽水炉の開発の進展など、様々な進展、状況変化があったことを踏まえた上で、次世代革新炉の開発の道筋の具体化をしていくことが求められるのではないかと。今後、革新炉ワーキンググループにおいて次世代革新炉の開発の道筋の具体化に向けた検討を行うこととしてはどうかという論点が提示されております。この論点、ポイントを受ける形で、今回、革新炉ワーキンググループ、第9回以降、今年度のシリーズを開催させていただき運びとなっております。

続きまして、8ページであります。本ワーキンググループの大きな進め方について、御説明させていただければと思います。次世代革新炉の開発の道筋の具体化に向けた検討の進め方ということでもあります。1ポツ目に、先ほど御紹介させていただいたとおり、本ワーキンググループにおいて、次世代革新炉の開発の道筋の具体化、簡単に言えばこの技術ロードマップの具体化、改定の検討を進めさせていただければと考えております。

8ページ目の2つ目のポツですが、まず今回のワーキンググループでは、革新軽水炉と小型軽水炉について、国内メーカー各社さんから開発の進捗、技術開発の課題などをプレゼンテーションしていただく予定となっております。プレゼンテーションしていただい

た後にフリーディスカッションしていただきまして、今回、第9回のワーキンググループでは、革新軽水炉と小型軽水炉にフォーカスを当てて議論を行えればと考えております。

次回以降のワーキンググループで、高速炉・高温ガス炉について検討をさせていただきたいと思っております。その次のワーキンググループで、フュージョンエネルギーについても議論をしたいと思っているんですけども、こちらは内閣府において社会実装に向けた検討タスクフォース、フュージョンの社会実装に向けた検討タスクフォースが開催をされておりますので、この議論を受けて反映をするような形で、このワーキンググループでも議論をさせていただければという形を考えております。最後に、ロードマップの改定、見直しを行った上で原子力小委員会に報告をさせていただきたいと、このような形で本ワーキンググループ、今年度のシリーズを進めていきたいと考えております。

続きまして、原子力、特に技術的な革新原子炉に関する国際動向について御説明させていただきます。

10ページ目です。世界における原子力の活用に向けた動きということで、各国における動向の具体例を紹介させていただいております。それぞれの国で原子力の活用に向けた動きが進んでいる大部分が見られると思っております。

続きまして、11ページ目です。特にASEAN地域に目を向けますと、ベトナム、フィリピン、マレーシア、インドネシア等で導入の予定、具体的な動きが見られるというような状況になっております。

続きまして、12ページ目でございます。アメリカの動きです。トランプ大統領ですが、2025年、今年の5月に原子力に関する大統領令を4本公表しております。例えば、一番上の青いところにありますけれども、原子力産業基盤の再活性化のための大統領令を出したり、一番下ですけれども、先進的な原子炉技術の導入についての大統領令を出すなど、アメリカにおいても原子力について前に進めるような動きが出てきております。

続きまして、13ページ目でございます。日米首脳共同声明であります。今年の2月に日米の間で共同声明が出されております。その中で、原子力についても、その下のポツにあるように、「先進的な小型モジュール炉及びその他の革新炉に係る技術の開発及び導入に関する協力の取組を歓迎した」という共同声明が出されております。このように、日米間でも、新たな革新原子炉について協力体制が進んでいるという状況になっております。

続きまして、14ページ目でございます。英米が原子力エネルギー協定の締結を発表ということで、こちらも9月に英米における新規原子力発電所の建設の迅速化のためのMOUが

締結されていると承知をしております。

最後、15ページですけれども、こちらも9月、韓国とOECD原子力機関（NEA）の共催によって、「新しい原子力へのロードマップ2025」閣僚会合が開催をされまして、原子力の新設に向けたファイナンス支援、人材育成、サプライチェーン、核燃料サイクル等の論点について議論が行われているということで、国際社会においても原子力の推進・導入に向けて動きが出てきているという状況にあります。

16ページ以降、関係審議会での議論を紹介させていただければと思います。

17ページを御覧ください。つい先日、10月1日に原子力小委員会が開催をされておりますけれども、その中で、今回議論を深めるべき課題についても各種上がってきております。

18ページ目を見ていただくと、例えば核燃料サイクルについては、技術的、専門的な観点から議論をするということで、「核燃料サイクルの実効性向上に向けた枠組み検討ワーキンググループ」も新たに設置されて、検討が進んでおります。

続きまして、19ページです。先ほど申し上げました原子力小委で、原子力発電の見通し・将来像についても議論が開始されております。一定の定量的な原子力の見通し・将来像を示すことが、サプライチェーンや人材確保に向けた指標になるということで、こちらも原子力小委のほうで議論が進んでおります。

20、21、22ページには、原子力小委で議論が進んでおります原子力サプライチェーン支援や、人材育成についての資料を参考としてつけさせていただいております。

23ページ、24ページには事業環境整備ということで、電力システム改革の検証を踏まえた方向性ということで、こちらも資源エネルギー庁の中の検討、ワーキンググループで議論が進んでおります。

このように各種様々な議論が進んでいる中で、この革新炉ワーキンググループでは、一番最初に申し上げたとおり、技術ロードマップの見直しをメインのタスクとして、いろいろ御議論いただければと考えております。

続きまして、資料2に移らせていただきます。今回のメインの議題であります革新軽水炉／小型軽水炉に関する論点について簡単にまとめさせていただいております。

1枚めくっていただいて革新軽水炉／小型軽水炉の最新動向についてです。

3ページを御覧ください。革新軽水炉に関する民間事業者の横串の取組について御紹介させていただいております。電力・メーカー等からなります原子力エネルギー協議会は革新軽水炉の導入に向けて規制基準との関係性を含め、課題検討・整理を進めております。特に、

規制の予見性が十分でないと考える事項について議論すべく、昨年の10月から、原子力規制庁で実務レベルの技術的意見交換会を設置しまして、これまで5回実施をされております。このように、技術開発と並行するような形で、規制基準との関係、規制の予見性について、規制当局と技術的な意見交換会を開催しているという状況になっております。

続きまして、4ページ目でございます。小型軽水炉についての資料を、その後4ページ目、5ページ目、6ページ目とつけさせていただいております。4ページ目にはIAEAが分析をしている世界のSMR設計の最新動向がまとめられたレポートも出されております。上から2つ目のポツを見ていただくと、約70件のSMR設計が世界各国で導入・開発中であるというレポートとなっております、SMR、Small Modular Reactorsですけれども、発電のみならず、熱利用、海水の淡水化など、多様な用途が想定をされているということでございます。

5ページ目も国際機関による小型軽水炉の用途分析ということで、こちらはOECD/NEAが出したレポートでございます。同じように、74件の具体的なSMRプロジェクトについて、進捗状況の分析・評価をしているという状況になっております。こちらも多様な用途が想定をされているという分析になっております。

6ページ目には、参考として、海外の軽水型SMRの導入計画について載せさせていただいております。

次に7ページ目を御覧ください。小型軽水炉に係る論点について、まとめさせていただいております。海外で具体的なプロジェクトが進む小型軽水炉ですけれども、例えば、経済性に係る論点、日本特有の自然条件への適合の必要性に関する論点もあるのではないかとこの形でまとめさせていただいております。

例えば、経済性については、初期投資費用についてはSMR、小型軽水炉は抑制が期待される場所はあるんですけれども、繰り返しの習熟効果によって、初号機以後の量産機への移行、習熟効果による経済性の向上が必要という大きな論点があります。また、下半分ですけれども、日本特有の自然条件への適合ということで、海外ではプロジェクトが進んでいて、SMR標準設計が完了している炉型も存在しますけれども、海外と日本では、例えば地震・津波などの自然条件が異なるということで、こうした違いを踏まえた炉の設計、仕様の適合性を検証していく必要がございます。将来のSMRを日本のニーズに合わせて、SMRをオプションとして日本で考えていくためには、このような経済性の話、日本固有の適合の必要性も論点として考えていかなければいけないと考えております。

続きまして、次のページ、開発の道筋の具体化に係る論点ということで、本日のワーキンググループでこういうポイントを意識していただきながら御議論いただきたいものを上げさせていただきます。

9ページ目には、昨年10月に開催されたワーキンググループのポイントを紹介させていただきます。赤枠の中が革新軽水炉と小型軽水炉の説明になっておりますけれども、革新軽水炉については、建設案件の具体化を進めることが必要ではないか、また、将来の建設に対する政府の具体的な意思表示によって民間企業の不安や懸念が緩和され、サプライチェーン、人材の維持・強化につながるのではないかとという論点が示されております。これはまさに原子力小委員会での議論につながっていると承知をしております。また、小型軽水炉については国内メーカーの技術力を生かした海外案件への参画に向けて、引き続き支援が重要ではないかとという論点が示されております。

ということで、最後のページ、10ページ目ですけれども、本日御議論いただきたいポイント、このような方向性で議論いただければというものを示させていただきます。革新軽水炉／小型軽水炉の開発の道筋の具体化に関して、技術ロードマップの見直しに向けて、例えば、この4つのポイントを中心に御議論いただきたいと考えております。

1つ目のポツです。現状の技術ロードマップは、研究開発を進めていく上での目標時期として策定されたものとなっております。他方、その革新軽水炉／小型軽水炉につきましては、民間事業者において、具体的なプロジェクト、実用化に向けた取組の進展が見られるという状況になっています。こうした状況変化を踏まえて、技術ロードマップはどうあるべきかと。技術ロードマップをもう卒業するような形の時期に来ているのかもしれないと、政府、官民を挙げて、どういうところにポイントを置いて、実用化に向けて支援なり、進めていけばいいのかというのを御議論いただきたいと考えております。

2つ目のポツであります。特に、例えば実用化に向けて官民で引き続き取り組むべき技術開発課題、また、技術開発以外でも引き続き取り組むべき事項。そこに書いてありますように、例として、規制との対話、事業環境整備、サプライチェーン・人材の維持・強化などを挙げさせていただきますけれども、ポイントとして、こういうことにフォーカスをしてプロジェクトを進めていくことが必要じゃないか、官民共同で引き続き取り組むべき事項は何かということをお議論いただければいいかなと思っております。

3つ目のポイントであります。小型軽水炉につきましては先ほど御紹介させていただいたとおり、将来のニーズを念頭に置いた選択肢確保の観点から進めているところがありま

す。具体的に、日本企業の海外プロジェクトへの参画が具体的な動きとして出てきている中で、技術ロードマップはどうあるべきか、どういうところに力を入れていくべきかというのを御議論いただけるとありがたいと考えております。

その上で、先ほど御紹介させていただいたとおり、小型軽水炉につきましては、地震・津波など日本特有の自然条件に適合する設計とする必要がありますけれども、そのほかにも考慮すべき事項があれば御紹介いただければと考えております。

すみません、駆け足でしたけれども、私からの説明は以上でございます。

○斉藤座長

ありがとうございました。

続きまして、三菱重工の神崎セグメント長代理から、資料3について御説明いただきます。

○三菱重工業株式会社 神崎セグメント長代理

三菱重工の神崎と申します。よろしくお願いたします。弊社で対応しております革新軽水炉の開発状況を説明いたします。

次のスライドです。

このスライドに示しておりますのは、弊社で開発中の革新炉のラインナップになっております。本日のテーマであります革新軽水炉は左上にありまして、当社で開発中のものはSRZ-1200という名前をつけております。それ以外の炉型は、将来の社会ニーズですとか、原子力エネルギー利用の多様化に対応するために将来炉と位置づけて、経済産業省さんの事業の下で開発しているものでして、高速炉、高温ガス炉、マイクロ炉、小型軽水炉とあります。

次のスライド、お願いします。

ここから、革新軽水炉のSRZ-1200のことについてお話しさせていただきます。

ヘッドラインに書いておりますけれども、SRZ-1200は設計段階から組み込んだ安全対策と革新技術の採用によって、世界最高水準の安全性の実現を狙っております。基本的には、プループンなPWRの技術を基にしております。ただ、プループンなPWRの技術といいますと、具体例で言いますと、再稼働を果たした既設のPWRがあるわけなんですけれども、既設のPWRですと、新規基準に対応するために設備の追加ですとか、改造工事などをいろいろ行う必要がありましたので、現時点で設計する炉としましては、既設であれば追加で必要になった対策を設計段階から組み込むということで、合理的な設計ができることがみその一つになっております。少し具体的に説明してまいります。

次のスライドをお願いします。

特徴の一つとしましては、外部ハザードへの対策を強化しております。具体的には地震、耐震性の向上です。原子炉建屋を頑健化しているのですとか、低重心化しているということがあります。これで耐震性を向上しているわけなんですけれども、これは既設では対応しづらくて、新しく設計するからこそできる特徴の一つであります。また、同じく、津波の耐性としてしましては、完全ドライサイト設計ということで、立地から考えて、想定される津波の高さよりも高い敷地レベルにするということを想定しております。右側を御覧いただきますと、大型航空機衝突対策も強化しております。右の図面で御覧いただけますように、二重の構造になっておりまして、外側の外部遮蔽壁で航空機の衝突に耐えます。内側の格納容器で、万が一の事故時の押し潰しによる漏えいを防ぐという対策になっております。

次のスライド、お願いします。

新しい技術の導入の例としましては、ここには熔融炉心対策としてコアキャッチャを挙げております。万が一の炉心熔融時に原子炉容器から熔融炉心が落下したとしまして、そこを専用ピットで受け止めて、専用の拡散槽と呼んでいるところに薄く広げるということで、薄く広げることで冷やしやすくして、最終的には水で冷却するということで、熔融炉心を格納容器内で保持するような新しい仕組みを取り入れております。

次のスライド、お願いします。

S R Z - 1200の開発の進捗状況を示しております。左側に表で簡単にまとめておりますけれども、現在、標準プラントの基本設計を実施中でして、基本設計としてはおおむね完了しております。これはPWR 4電力さんと共同で標準プラントを開発しているものです。

②として実証試験と書いておりますけれども、これも計画どおり進捗しております。これは許認可向けのデータの拡充ですとか、あとは設計の確認のための試験になります。こういった状況でして、基本設計はもう終わっていることもありまして、立地サイトが決まりましたら、そこに合わせた基本設計のチューニングとか詳細設計をしまして、それから製作・建設に入っていくといった準備ができているという状態にあります。

そういった活動と並行しまして、③のところに規制庁との意見交換ということで、先ほど事務局さんからも御紹介ありましたけれども、NRAとの意見交換をやっておりまして、これまでに5回実施して、予見性を向上しているということでございます。これもそれぞれ簡単に御紹介します。

次のスライド、お願いします。

標準プラントの基本設計の状況ですけれども、先ほど申し上げましたように、基本設計としてはおおむね完了しております。設計が進んでいるというのをお示しするのはなかなか難しいんですけれども、サンプルとして基本仕様を設定しているとか、パラメーターはたくさんあるわけなんですけれども、代表的なものを書いております。左下、御覧いただきますと、主機の設計ということで、原子炉容器とか蒸気発生器など、機器の設計をしております。こういった形状ですとか寸法なんかは決まっております。右側を見ていただきますと、系統設計ですとか配置設計などをやっております。図面の例をサンプルでお示ししております。

次のスライド、お願いします。

実証試験の取組なんですけど、先ほどSRZ-1200は、ブルーブンのPWRのデザインに基づいていると申し上げたんですけど、じゃ、何も変えていないんですかということとはそんなことはなくて、いろんなところで改良をしております。原子炉容器の中に入っています炉内構造物についても改良を加えておりますので、若干流況が変わりますので、そこら辺は試験をして、許認可のデータを取ったりですとか、あとは解析の妥当性を検証するとか、そういったことをしております。御覧いただけますように、原子炉容器の下部プレナムと呼んでいるところの試験をこれまでに実施を完了しております。

次のスライド、お願いします。

最後、規制庁さんとの意見交換です。設計段階から組み込んだ安全対策で、合理的な設計ができるかと先ほどは申し上げたんですけど、別の言い方をしますと、既設の認可されたプラントとは一部設計が異なるということにして、その部分が確かに規制にあって、規制の要求どおりですよというのを確認したく、そういった対話を規制当局としている状況です。論点としては3つ挙げておまして、ちょっと細かいので中身は御説明しませんが、この3つの論点を、それぞれ規制当局と議論をさせていただいているところです。それはこれまでに5回実施しておまして、今月とか来月にも次回を実施しようと調整しているところです。

次のスライド以降は論点を補足でつけておりますけれども、御参考までにお読み取りください。

説明は以上になります。

○齊藤座長

ありがとうございました。

続きまして、日立GEバルノバニュークリアエナジーの松浦主管技師長より、資料4につ

いて説明をお願いします。

○日立GEベルノバニュークリアエナジー株式会社 松浦主管技師長

日立GEからは、革新軽水炉に加えて、小型軽水炉の実現についての取組状況を説明いたします。

次、お願いいたします。

この目次にしたがって説明いたします。次、お願いします。

将来の環境上の変化を踏まえた上で、社会ニーズに対応して、ステップバイステップで多様なソリューションを提供したいと思っています。この線表の上半分は、今世紀の前半ということで軽水炉時代、安定な電源としてカーボンニュートラルへの貢献ということを考えますと、まずは既設をしっかりと安全対策を施して再稼働を進めるということと、この1F事故の教訓自体を設計段階から取り入れて、新たな安全メカニズムを取り入れた大型革新軽水炉HI-ABWR、これを安定的な設備容量の確保ということでラインナップしたいと思います。一方で国際連携の下で、BWRX-300、小型炉ですけれども、これを開発しておりまして、これをラインナップすることによって、例えば、廃炉後のリプレース等の対応などにこれを使うということで、多様な選択肢を提供したいと思っていますし、また、再エネとの共存でプラントの性能も高度化したいと考えております。下半分につきましては、50年以後のエネルギー自給率の向上として、プルトニウムのフル活用、そして有害度低減等のバックエンドの負荷低減等、高速炉に関わることでありますのでこれは割愛いたします。

次、お願いいたします。

まずは、大型革新軽水炉HI-ABWRの全体概要ということで、サイズ的には島根3号機のABWRと同等で、135万キロワット級です。福島第一事故の教訓をしっかりと反映をして、そしてあらたな安全メカニズムを組み込んでおります。この安全メカニズムにつきまして、色で少し示しております。まず、ブルーで示しておりますWalk Away Safeということで、これは運転員の初期動作をミニマム化するという概念です。これを静的炉心冷却システムということで、運転員の操作や外部電源を不要にする安全システムによって、例えば24時間、運転員は何もしなくても炉心が冷却する、そういったシステムでございます。さらに、希ガスフィルタをグリーンで示しております。これは、万一の重大事故に発展した場合に放射性物質を大幅に低減するものでございまして、現在のベントシステムから、さらにその敷地境界での線量を100分の1に抑えるシステムでございます。オレンジで示していますのは、テロ・ハザードへの耐性強化することで、事故への進展を防ぐ設計と

しております。

次のページをお願いします。

次は、小型革新軽水炉ということでBWR X-300です。世界最高水準の優れた安全性を確保しつつ、経済性・建設性・柔軟性に優れた小型炉の実現を目指しております。ちょうど中央部に示してございますのが原子炉の建屋部分となっております。ブルーで示しているところが原子炉圧力容器であり、自然循環に対応した設計としております。それを囲う形で格納容器、そしてリアクタービル（原子炉建屋）という形になります。この円筒形の原子炉建屋を地下にほぼ埋設することで、航空機衝突等の外部事象に対して耐力を向上させております。

それでは、それぞれの特徴を簡潔に説明いたしますが、左上の安全システムについては、原子炉と一体型になっております隔離弁を採用することによって、冷却材喪失事故を抑制。そして、炉で発生する熱については、自然循環力を活用した徐冷システムを採用することによって、電源、あるいは運転操作なしに7日間の冷却を可能にしております。

右の経済性です。こういった革新的な安全システムを導入することによって、動的な安全設備、あるいは非常用電源といったものが不要になりますので、物量が大幅に低減することを可能にしました。左下の建設ですけれども、これは国内で実績を蓄積してきましたモジュール工法、小型炉がゆえの特徴をうまく活用して適用範囲を広げることによって、短期間で確実な建設を実現します。柔軟性につきましては、再エネと共存するような負荷追従性、そしてEPZと書いてありますけれども、これは緊急時の計画範囲で、この範囲を敷地内に縮小することで、社会的受容性を増す設計にしたいと考えております。

次は、BWR Xの海外プロジェクトの状況でございます。カナダのオンタリオ州の電力会社のほうでBWR Xを建設することが決定しました。そのニュースリリースの状況をそこに書いております。BWR Xは西側諸国で初のSMRの実用炉建設がこれで決定したという状況でございます。これに続く形で、米国のTVAも建設許可を申請しておりますし、欧州におきましては、イギリス、エストニア、そして、ポーランドが導入並びに許認可の取得に向けた動きがあります。こういった世界各国のプロジェクトに対応するために、世界標準設計の構築ということで、右のほうに示しておりますけれども、写真に写っているのは、GE日立、TVA、OPG、そして、SGE、これはポーランドの企業ですけれども、これで技術提携を組織しまして、共通設計を進めております。そこに日立GEベルノバも本取組に協力しております。

次、お願いいたします。

Darlingtonサイトの準備の状況ということで、これにつきましては説明を割愛いたします。

次をお願いいたします。

ここで規制の予見性ということで、海外での規制の取組状況を紹介いたします。米国並びにカナダにおきましては、電力会社が建設決定をする前に、規制局が審査をするという枠組みがございます。米国におきましては、その下の線表で説明しますが、例えば隔離弁一体型原子炉ということで、これはBWRXの重要なコンセプトでございます。これを事前に審査して認可いただくことで、革新技術に対する規制予見性が向上するというのと、米国とカナダにおいては、審査で協力するということを署名しておりまして、こういった形で審査を協力すると設計標準化が可能になるということで、国内導入に向けても、こういった規制予見性を高めることが重要であるのではないかと考えております。

次、お願いいたします。

主な技術開発の1つということで、希ガスフィルタを進めております。右のほうにフィルタベントシステムを示しております。この従来のフィルタベントシステムで、ヨウ素、セシウム等の放射性物質を1000分の1ぐらいに低減します。これに希ガスフィルタを導入することによって、今まで希ガスは不活性でなかなか捕捉することができなかったのですが、そこを分子サイズに着目して、分子が小さい水素や水蒸気は出しますが、分子が大きい希ガスはホールドするという、こういった分子ふるい膜等を使いまして、これによって左側のグラフに示しておりますけれども、敷地境界での被ばく線量をさらに100分の1まで低減することで、過酷事故時の住民避難、そして、作業員退避の回避を目指しています。また、水素とか水蒸気を放出することによって格納容器の圧力を下げることができますので、水素燃焼リスクを低減したいと考えています。

次をお願いいたします。

次は、自然循環評価というBWRXのコア技術でありますけれども、これは開発が完了しております。そして、さらに国内導入を考えて隔離弁の軽量化を図り耐震性を向上させるための開発を進めております。また、機器の性能向上も進めておりますけれども、時間の都合上、御説明は割愛いたします。

最後にまとめます。カーボンニュートラルに向けて、大型革新炉と小型革新炉BWRXの実用化を図り、多様な選択肢を提供したいと考えております。BWRXは、カナダのOPG

で初号機運転の開始に向けて建設をスタートしました。少し線表で説明いたしますと、OPGにつきましては2030年度中に運転を開始して、その間に2号機も着工して、2036年には4号機まで完了を目指します。また、米国のTVAにつきましても、2030年初頭の運転開始を狙って、この間、日本も規制等の予見性を高めながら、国内導入を図っていければなど考えております。

以上でございます。

○斉藤座長

ありがとうございました。

続きまして、東芝エネルギーシステムズの松永原子力技師長より資料5の説明をお願いします。

○東芝エネルギーシステムズ株式会社 松永原子力技師長

東芝エネルギーシステムズ原子力技師長を務めております、松永でございます。本日は、当社の革新軽水炉 iBR の開発に関する取組を御説明いたします。

本日の内容はこのとおりですが、1と2は時間も限られておりますので簡単に飛ばして、3以降をしっかりと御説明いたしたいと思っております。

次のページへ行っていただいて、ここでは簡単に、当社は今年創立150周年を迎えております。来年4月には、今、分社化しておりますエネルギーシステムズが、株式会社東芝のほうに統合する予定であることを御紹介いたします。その次のページは、当社の幅広い事業内容展開を示した図になっております。

次に行っていただいて、ここからが本題でございます。左の絵が、当社で開発している革新軽水炉 iBR のイメージ図となっております。これは、今後22世紀でも運転を続けている原子炉というのはどういうものだろうということ、若手からベテランまでが集まっている議論して、こんなイメージだろうということを出したイメージ図になっております。右側がそれ以外で進めている革新炉のラインナップになりますが、本日は iBR を中心に御説明いたします。

次をお願いします。

iBR の安全概念を示したものになります。まず何といても最初に考えなければいけないのは、福島第一原子力発電所の事故からの教訓でございます。福島の原子力発電所で起こったことというのが左上に書いてありますが、巨大地震、巨大津波、それから、全交流電源喪失が起きてシビアアクシデント、炉心溶融、長期避難というところに発展していったと

ということになります。これらに対する教訓というものをしっかり取り入れていく必要があります。左下にありますが、その後の国内外の動向でございます。日本では新規規制基準が適用されて、シビアアクシデント対策・テロ対策が強化されていると。海外に目を向けますと、運転員操作不要期間とか、緊急時の計画区域といったところの議論が進められておりますので、こういうところを取り入れていこうということでございます。

右側に示してあるのが、iBRで目指しています安全に関する目標で、ポイントとなるところが3つございます。1つ目が、長期の全交流電源喪失を含むシビアアクシデント時でも、最大7日間の運転員操作不要期間を確保するというところでございます。これは、後ほど説明する静的安全系の採用ということで達成しようと考えております。2点目が、炉心溶融事故時、万一の炉心溶融事故時でも公衆被ばく線量を抑制しようということでございます。これはコアキャッチャ、二重円筒格納容器、静的フィルタシステムといったものを導入することで達成いたします。3つ目が、プラントの安全設備の頑健性を強化ということで、厳しい自然事象や航空機衝突にも耐える頑健な建屋の採用ということで、格納容器と、その中の安全設備を防護するというようにしております。

次のページをお願いします。

今述べたようなことを鳥瞰図に示したのが、この図になります。左上の航空機衝突防護屋根というところで、ここで頑健な建屋構造を採用しております。鋼板コンクリートという鉄板の間にコンクリートを流し込む構造を採用することで、航空機衝突にも耐えられる頑健な屋根構造にしております。この中で、中の安全システムを防護することを考えております。右上にありますのが、静的安全系のシステム、原子炉と格納容器を冷却するシステムですが、これの動作原理については次のページで御説明します。その下にありますが、静的フィルタシステムで、一番下にコアキャッチャ、左下に二重円筒格納容器というふうにご覧いただけます。これも次のページで御説明いたします。

次のページ、お願いします。

これが静的安全システムの動作メカニズムを示したものになります。静的安全システムと申しますのは、温度差、あるいは重力といったような自然力を使って、動的なポンプのようなものを使わずに冷却するシステムになります。まず見ていただきたいのが、右上の静的原子炉冷却系というところで、これは万一事故が起きたときに、原子炉の中の蒸気を冷却するものです。オレンジで示したものが蒸気を示しておりまして、蒸気は軽くなりますので、その上のプールのほうで冷却されて、水になって炉心を冷却するというのを、これを循環

させることで炉心を冷却することを目指しております。

それでも万一、炉心溶融が起きてしまった場合の対応として、溶けた炉心を受け止めるコアキャッチャーというものを下につけております。コアキャッチャーでは、まず、溶けた燃料デブリを受け止めて、その後、溶融弁を開けることによって、その横にあるサプレッションプールの水を注入して、デブリを下面と上面、両方から冷却することができるようになっております。

そのときに格納容器の中の熱をどういふふうに逃がすかということ考えたものが、静的格納容器冷却系という左上のものになります。こちらも動作原理は先ほどと同じで、蒸気を上で引っ張って、プールで冷却して戻すというものでございます。そのときに、蒸気に非常に含まれる放射性物質や水素といったものを除去するために、緑のラインを使って、静的フィルタシステムというところを介して二重の円筒部にため込むことによって、外部への放射性物質の放出を避けるということを目指しております。

次、お願いします。

iBRは、建設実績が豊富なABWRをベースとしておりまして、建設においてブルーベンチマークのものを使っておりますが、さらにもう一つ、負荷追従性についてもABWRの特徴を継承しております。ここに示してありますのが、iBR、ABWRのようなBWRプラントでは、炉心流量を制御することによって、炉内で発生する泡を変化させて、その泡の量で出力を制御することが可能でございます。これを使うことによって、再生可能エネルギーの負荷変動に俊敏に追従することが可能になって、それとの共生が可能になるというふうを考えております。

次、お願いします。

現在の開発状況でございます。一番上が開発のスケジュールになっておりまして、こちらは、経済産業省さんのGX経済移行債を中心とした資金を活用させていただいて開発を進めております。現在、基本設計とか確認試験というものが進められておりまして、2020年代後半までにこれを完了して、その後の詳細設計、さらにその先の製作・建設というところにつなげていきたいと考えております。

中段にありますのが、学会での活動でございます。これも後ほど御説明いたしますが、原子力学会で、次期軽水炉技術要件ワーキンググループが行われていまして、そのBWRに関する議論が行われておりますので、後ほど御紹介いたします。一番下が、規制等の関係でございます。これは先ほど来、御説明ありますように、意見交換会がPWRを例に行われて

おりますので、それにも参画させていただいて論点を確認しているところでございます。

次のページ、お願いします。

開発の状況で、主に3点、ここで示しております。右上にあるのが、静的格納容器冷却系の実証試験ということで、現在までに事故シナリオを考慮した評価項目、試験計画を立案して、今年度から実証試験を開始するというところでございます。真ん中にありますのが溶融弁の開発です。溶融弁の設計、製造というものを完了して、今年度から耐環境性能保証試験を実施しております。一番下が解析コードの開発で、熱流動解析コード、GOTHICというコードを使って、iBRモデルの構築、それを使って事故後の短期解析というものを完了しております。今後は、長期条件での評価を実施していく予定にしております。

次のページ、お願いします。

これが原子力学会での活動でございまして、フェーズ1、フェーズ2において、次期革新軽水炉の重要コンセプト、技術要件と、さらにそれにPWRを例とした検討が実施されておりますが、昨年からそれに引き続いて、BWRブランチというものを立ち上げて、BWR固有の設計特徴を踏まえた適合性というものを議論させていただいております。

活動のまとめとして、BWR固有の特徴を考慮したコンセプトというものを整理して、そのコンセプトが、このワーキンググループでまとめていただいた次期軽水炉の技術要件に適合していると。そして、新たに抽出すべき課題がないことを確認させていただいたところでございます。これについては、近々、報告書が発行される予定になっております。

最後にまとめでございまして。我々、当社では、福島原子力発電所事故の教訓、グローバルな目標というものを考慮して、先ほど申し上げた3点の特徴を持った革新軽水炉を開発しております。これらの開発を進めて、早期建設の実現を目指していきたいと考えております。以上でございまして。

○斉藤座長

ありがとうございました。

それでは最後に、IHIの小池主査、日揮ホールディングスの柳澤グループマネージャーより資料6の説明をお願いします。

○株式会社IHI 小池主査

IHIの小池と申します。よろしく願いいたします。IHIと日揮のほうから米国のNuScaleという会社で開発をしております小型炉、NuScale SMRの事業の取組について紹介させていただきます。

次のページ、お願いいたします。

最初に、NuScaleのSMRの概要を御紹介させていただきます。この絵の右側のところが、NuScale SMRのメインのコンポーネントになります原子炉モジュールになります。この容器としましては、径としては4.5メートル、高さが23メートルで、大型の二重の容器になってございます。外側が格納容器、内側が圧力容器になってございます。圧力容器の中に加圧器ですとか、蒸気発生器といったものが一体化されているところが特徴でございます。

左下に示すのが、原子炉建屋の断面になってございますが、原子炉建屋内に原子炉プールという大きなプールを有しております、こちらに原子炉モジュールを浸すような形で設置をします。最大、この原子炉モジュールを12個、1つのプラント中に設置することが可能です。断面図になっておりますので、現在、6個見えておりますけれども、これが2列並ぶというのが最大のプラントということになります。

次のページをお願いいたします。

NuScale SMRの主要諸元、特徴をまとめてございます。炉型としましては、一体型のPWRということになります。特徴としましては、軽水炉型になりますので、基本的には、既存の技術を最大限流用可能というところになります。冒頭御説明したとおり、一体型の原子炉モジュールを採用しておりますので、繰り返しの工場生産というところで、コストの低減ですとか、建設リスクの低減が図られているところになります。

最大、原子炉モジュールを12基、設置可能でございますが、バリエーションとして、4基、6基のパターンというものもラインナップしておりますので、様々な需要に対応が可能というところも特徴でございます。また、12個のモジュールは、それぞれ独立してタービンを有しておりますので、一個ずつ止める、動かすことが可能でございますので、調整電源としての機能も有してございます。また、炉心の冷却、安全系も全て自然循環で行っておりますので、安全性を向上させているというところと、それに伴う形で、事故時の影響範囲を縮小しているというところで、立地選択性の向上を図っているところが特徴でございます。

次、お願いいたします。

革新的な設計の部分について示してございます。原子炉モジュールの一体設計というところで、これによって大型の原子炉冷却材配管が不要となってございますので、こういった配管の破断のシナリオというもの自体も排除可能になります。炉心の冷却ですとか、安全系のシステムは受動的なものを使っておりますので、1次冷却材ポンプというものは存在し

ませんし、事故時、外部電源の必要性といったところも排除してございます。

NuScaleの格納容器も若干、従来の炉とは異なっておりまして、ほぼ压力容器に近い構造で高設計圧力になっております。健全性を維持するということと、放射性物質の放出の可能性を最小化していくということ、そして運転中は、格納容器内を真空にするということになりますので、水素等の非凝縮性ガスの発生ですとか、運転中の酸素量を最小化することで、こういった事故のシナリオを排除していくということになります。原子炉建屋内には、原子炉プールが設置されておりますが、これは最終ヒートシンクを原子炉建屋内に有しているということで、長期間、受動的な冷却を継続できることが特徴となっております。

○日揮グローバル株式会社 柳澤グループマネージャー

ここから日揮の柳澤が説明させていただきます。

まず、NuScale SMRを取り巻く環境について御説明をさせていただきます。まず、SMR全般として、NuScaleだけではなくて、日本、世界のエネルギー方針の中にSMRが取り上げられるようになってきております。御承知のとおり、米国を中心としたFIRSTプログラムは、米国の国務省主導のプログラムでございますけれども、原子力発電所、特にSMRに関して、パートナー国における確実安全な原子力基盤の整備を目的に、これらの国際的技術協力を含めたプログラムとなっております。このFIRSTのパートナー国は、こちらに示してあるとおりです。

日本も、アジア・ゼロエミッション共同体ということで、原子力の利用を志向する国々のために、SMRを含む各国の異なる状況に合わせた脱炭素化の手法を取る必要性を認識して、支援をしているというふうにも認識をしております。日本国内だけで見ますと、先ほど来、経産省さんの御説明にもありましたが、エネルギー基本計画、GX2040ビジョンに基づきまして、軽水炉以外の小型炉に関する海外プロジェクトへの参画、それから研究開発、サプライチェーンの支援という観点で、SMRの支援もいただいているというふうにも理解しております。

次のページ、お願いします。

NuScale SMRに特化しますと、大きく米国、欧州、それから東南アジア、アフリカで動きがございまして、米国は御承知のとおり、NuScale社がSMRとして初の設計認証、こちらは50メガワットのモジュールですけれども、取得をしております。その後、出力増強版の77メガワットについても標準設計が承認されてございます。これによって、原

原子力発電所のクリティカルパスにある許認可の大幅なステップが踏まれたというふうに認識してございます。それから、米国の中でTVA社とENTRA1社による最大6ギガワットのSMR展開の協力を合意ということで、NuScale社の機運も高まっているというふうに理解をしてございます。

欧州を見ますと、ルーマニアで現在、NuScale社のSMR事業に関して、FEED、Front-End Engineering Designという基本設計のフェーズ1、それから続いてフェーズ2というのを米国DOS、貿易開発庁の支援を受けて実施してございます。東南アジア、アフリカも、先ほど申し上げたFIRSTの文脈において、インドネシアやガーナ等でフィージビリティスタディーが推進されております。それから、先ほど申し上げた貿易開発庁、米国国務省では、海外輸出に関する財政支援も行っているというふうに理解をしてございます。

次のページをお願いします。

この中で、特に米国の支援によるインドネシアでのフィージビリティスタディーが非常に大きなステップでございます。日揮グループもこの中に一部、スコープを持って参画してございます。左上に当社スコープを一部、記載をしてございますが、サイト選定評価、プロジェクト計画、コスト評価、リスク分析という観点で、米国のエンジニアリング大手であるFluor社、NuScale社と協業して、このインドネシアの中で、先ほどIHIさんから御説明がありました77メガワットの6基タイプのプラントについて成立性の評価をしてございます。

次のページをお願いします。

ここからNuScale SMRの実証に向けた技術開発の説明をさせていただきます。IHIさんと当社の中で経済産業省さんに補助事業という形で御支援いただきながら、技術開発を進めてございます。NuScale社とも連携して、NuScale SMRのフィージビリティスタディー、技術実証に加えて、国内原子力サプライチェーンと連携した原子力発電所の合理的建設技術の開発を実施してございます。

こちらの右手にお示ししておりますのは、原子炉建屋をモジュール化した場合の開発についてお示しをしております。こちらが原子力発電所のクリティカルパスになる1つとして、原子力発電所の原子炉建屋の建設工程がございまして、こちらを合理的に進め、仕向地によらず、高品質で届けるといった観点で、原子炉建屋をモジュールにして、これらが成立するのかということについて現在、技術実証という形で確認をしてございます。

次のページ、お願いします。

こちらにも経済産業省さんの補助事業の取組の一環でございますが、こちらは原子力発電所の要求事項管理に関する取組でございます。特に原子力発電所では、一般課題としてレギュラトリーコンプライアンスが当然求められますので、海外原子炉の将来の日本適用も見据えながら、まずは米国を対象として、特に重要度分類の切り口から要求事項管理ができるように検討してございます。この検討をもって、こちらにも仕向地によらず、原子力発電所に求められる要求事項を適切に管理し、届けられるように、我々は技術開発を日々進めてございます。

次のページ、お願いします。

○株式会社 I H I 小池主査

このページは、NuScale SMRの建設プロジェクトの取組というところで、ルーマニアのDoiceștiプロジェクトということで、ルーマニアの石炭火力の跡地で今、NuScale SMRの建設に向けた活動が進められているという状況です。現在は、基本設計業務のフェーズ2というところを進めております。2030年頃、最初の運転を開始するというところで、弊社としては、機器供給といったところでの協力で、各種モックアップの製作等を通じて、現地企業と連携をした供給モデルの検討といったところですか、基本設計のほうへ反映をしていくといったところで協力をしているところでございます。

次のページをお願いいたします。

大型機器ですとか、高耐震化に関する取組というところで左側になりますが、こちらはNuScaleの格納容器、外側の容器になりますけれども、こちらは原子炉プールの中に設置されるというところで、耐食性の観点で、少し特殊なステンレス鋼が使われているというところになっております。こういったところに適用する溶接技術ですとか、検査の技術といったものの確立というところも実施をしてございます。現在、基礎的な試験を終わらして、実規模サイズへスケールアップをしていくというところの試験を進めている状況でございます。

右側は高耐震化に向けた取組というところで、米国の標準設計でNuScaleは設計されてございます。今後もちろん国内もございまして、将来、東南アジアといったようなところに適用していくという観点で、高耐震版のNuScale炉の開発というところで、高耐震化した原子炉建屋のコンセプトですとか評価を進めている状況でございます。

最後、NuScaleの今後というところで、紹介してきたところでは、米国ですとか欧

州といったところがまずは先行してSMRの建設計画が進んでいるという状況かなと理解をしております。我々としては補助金事業等を活用させていただきまして、こういった発電所のEPCプロジェクトに必要な技術開発といった取組を進めさせていただいております。将来的には、この実証プロジェクトに主要プレーヤーとして、我々だけではなく国内のサプライヤーさんも含めて参画、貢献といったところを目指して活動を進めていくというところで考えてございます。

将来、国内に入れていく上での課題、規制ですとか耐震といったところもちろん並行して進めていくということで、海外で先行した後、国内に入っていくための準備といったところも並行して進めている状況でございます。

以上でございます。

○斉藤座長

ありがとうございました。

それでは、自由討論並びに質疑応答に移りたいと思います。資料2の10ページの本日の論点を横目に見ながら御意見をお願いしたいと思います。オンライン参加の方につきましては、会議システムの手を挙げる機能で発言表明をお願いします。順次、こちらから御指名させていただきたいと思います。また、会場にいらっしゃいます皆様については、目の前のネームプレート立てていただくと、こちらから当てさせていただきます。会場の皆様は机上のマイクを活用していただきたいと思います。手前のところにボタンがございますので、これをオンすると赤くなってオンになります。もう一度押すとオフになりますので、御利用ください。指名順については事務局で整理させていただきますが、挙手した順番と前後することがありますので、御承知おきください。発言時間については、できるだけ多くの方が発言いただきたいと思いますので、恐縮ですが、お一人3分を目安にお願いしたいと思います。一通り、皆様から意見をお伺いした後に、質問に対して事務局やプレゼンターの皆様から御回答をいただいた後、もし時間があれば2回目の発言をお願いしたいと思います。

本日、欠席の小野委員から頂戴した意見書については、資料配付及び後日ホームページへの掲載予定の議事録の中に内容を記載いたします。

それでは、まず、途中退席される委員の皆様がいらっしゃいますので、田村委員、次いで遠藤委員という順番でお願いしたいと思います。田村委員、お願いできますか。

○田村委員

みずほの田村です。ありがとうございます。

本日は、各事業者の皆様、御説明くださりましてありがとうございます。それぞれの皆様の安全性に対するお取組であったり、技術の進捗、または、海外におけるお取組など、それぞれの工夫した状況についてお伺いすることができ、よく理解することができました。

その上でのコメント2点ということをございまして、1点目は技術のロードマップについてでございます。技術ロードマップは革新炉の、種類ごとに技術の成熟度や特性が異なるということだと思いますので、やはり定期的な見直しは必要だと考えます。カーボンニュートラルの潮流の中で、需要サイドが求める原子力の用途、本日も途中で資料にありましたけれども、必ずしも発電だけではなく、大規模な熱の需要であったり、水素の製造だったり、様々、多様なものになっていくということで理解をしております。需要サイドのニーズに合わせて、各炉型、どのような時間軸で活用していくのか、この辺りも技術ロードマップにおいて定期的に見直していくことが必要だと思います。

2点目ですけれども、海外でプロジェクトが進む小型軽水炉を日本に設置する場合ということについてのコメントをいたします。資料2の7ページにもありましたけれども、日本特有の自然条件への適合の必要性というのは非常に重要な観点だと思っておりますし、地震が多い国であるということも考えますと、耐震というところは多くの人々の理解を得る上でも重要なところだと思います。また、日本の軽水炉は機器の国産比率が高く、機器自給率が高いということも特徴だと思っております。機器の自給率というものをしっかりと確保していく、この辺りの観点も必要なことではないかと思っております。

以上です。

○斉藤座長

ありがとうございました。

続いて、遠藤委員、お願いします。

○遠藤委員

まず、次世代革新炉ということで、SMRもMMRでもいいのですが、サイズがどうであれ、国内に標準炉を建設していく見通しを立てることが第一条件であろうと思えます。その後に海外市場を模索していくということが必要になるということは原子力小委のほうでも申し上げました。原子力発電所だけじゃなくて、宇宙環境のコンピューティングの電源であるとか、商船の動力であるとか、そういったところに非常に期待されているのが原子力であるということ踏まえて、技術を高めていく必要があるんだろう、これはサプライ

チェーンの維持も含めてあるんだろうと思っています。

せっかくの機会なので、各社に質問させていただきたいのですが、もしよろしければ、おります間に回答をいただけるとありがたいです。

まず、三菱重工業には、SRZは最も建設が間近の炉になってくると思うんですが、こちらの既存の匠の技で一基一基造った現行炉と比較したとき、標準性の割合というのはどのぐらいになるのかということが1点と、もう一つ、マイクロ炉も常に開発ラインナップの一つとしてご紹介されますが、現在ではどういうアプリケーションを見通して開発をされているのか、その2つを伺いたいです。

日立製作所には、SMRの中では一番実現性が確実で早いと見られている炉だと思いますが、恐らく国内の事業者の中にもそちらのSMRを建てたいというところが多分出てくるのだらうと思います。地震動との差は設計で埋められるものなのか、規制側が逆に歩み寄るものなのか、これはどのようにお考えなのかを伺いたいです。

東芝には、これはABWRの改良型と思っているのですが、例えば東電の東通をイメージしたときに、工事認可をもう一度取り直さなくても良い設計だと思ってよいのかどうかを教えていただければと思います。

NuScaleには、米国の1号機の場合がなかなか決まらないことが投資家の皆さんの一番の不安のもとだと思っています。現在どう進んでいるのか、それがなぜここまで滞っているのか、それは技術上の何か問題があるのかどうかというのが1つ。もう一つは、経産省からの資金が入っているということは、国内への建設も一応見通しを立てているはずだと思うのですが、どういう認識で進めておられるのかということも併せて伺いたいです。

○齊藤座長

ありがとうございます。どうしますかね。

では、簡単に各社からお願いします。

○三菱重工業株式会社 神崎セグメント長代理

三菱重工です。SRZの標準化、まさに4電力さんと標準プラントの設計をしているところでして、標準プラントの基本設計が完了しました。ただ、サイト固有の地震動ですとか自然環境がありますので、そこの固有のチューニングは必要になってまいりますので、基本的には標準プラントでやっておりますというのがお答えになると思います。

あと、マイクロ炉ですけれども、もともと想定していましたが、持ち運びができるとい

う利点がありますので、災害時に電力が必要になったところに持っていくとか、離島とか、そういったものをアプリケーションとして考えておりましたけれども、最近では例えば月面とか、そういったチャレンジングなアプリケーションの例も出てきておりますので、今後そういった観点で開発を継続していきたいと思っております。

○遠藤委員

ありがとうございます。

○日立GEベルノバニュークリアエナジー株式会社 松浦主管技師長

やはり耐震条件は、日本に導入する上において極めて重要な条件です。ということで、このBWR Xの国内導入に向けて、国の支援を得ながら設計も進めております。そのなかで、日本のほぼ全てのプラントの耐震条件が包絡させる、例えば1300ガルの条件での評価、あるいは一部、2000ガル相当のもっと大きい地震動の場合について、設計として成り立つかどうかという評価をしております、そこについては成り立つという評価を得ております。そういう形で、規制側へのチャレンジも当然一部ありますけれども、基本的には今の規制の中で対応できる評価となっております。

○遠藤委員

それは大幅な改変になるのでしょうか、日本向けに出すと。

○日立GEベルノバニュークリアエナジー株式会社 松浦主管技師長

いえ、基本設計は変わりません。例えば壁厚を変えるとか、梁をどこに持たせるとか、そういうところの対応です。

○遠藤委員

分かりました。ありがとうございます。

○東芝エネルギーシステムズ株式会社 松永原子力技師長

東芝の松永でございます。東電さんの東通1号機は設置許可が出ているところですが、この後、設工認のほうはこれからになりますので、もし採用されるということになれば、それに応じて対応していくということになるのかなと考えております。

○遠藤委員

分かりました。

○日揮グローバル株式会社 柳澤グループマネージャー

御質問ありがとうございます。NuScaleに関しまして、技術的な問題がというような御指摘かと思いますが、御承知のとおり、もともとの米国1号炉案件がアイダホ州で計画

されておりまして、これは残念ながら、電力を購入するオフテーカーが十分に集まらないというところで中止になったんですけれども、その後、何らかの技術的な問題があって進んでいないというような認識はしておりませんで、先ほどの資料の中でも御説明差し上げましたけれども、安全性という観点で米国の許認可はかなり大きな部分が整っておりますので、あとはユーティリティーさんの意思決定を促せるように我々も取り組んでいくというところで、1号炉の実現に向けて進めていきたいと考えてございます。

○株式会社 I H I 小池主査

2点目の国内導入のところで、補助金事業を活用させていただいているというところももちろんございますけれども、まずは先行するところで、我々としては確実に技術を維持していくですとか、サプライチェーンを連れて組成をつくっていくというところで、海外を先行するというふうに進めておりますけれども、もちろん国内への取組とも並行しておりますし、規制等の取組というのは革新軽水炉のほうが先行しているかと思っておりますけれども、そういうところでも小型炉の議論もぜひ取り込んでいただいて、国内導入に向けての取組というのは継続をしていきたいと思っています。

○遠藤委員

ありがとうございます。

○斉藤座長

ありがとうございました。

それでは、会場あるいはオンラインの皆様から質問を受けていきたいと思えます。挙手の機能、あるいはネームプレートを挙げるということで。

それでは、最初にオンラインの黒崎先生、お願いします。

○黒崎委員

黒崎です。私のほうから2つありまして、1つが技術ロードマップの在り方のところです。さっき田村委員もおっしゃっていましたが、5つの炉型で1つのロードマップということに落とし込まれているんですけれども、それぞれ炉型ごとにステージが違うというのは明らかだと思います。本日の資料で、例えばMH IさんのSRZ-1200なんかは、プループンなPWR技術をとというような話で、もちろんこれから研究開発というはあるにはあるんでしょうが、ほぼほぼ技術開発の成熟度はすごく上がってきてると。他方で、核融合みたいな話もあるわけです。なので、この5つの炉型について、同じ枠組みで示すと、見る人によっては要らぬ誤解を与えてしまうこともあるのかなと思っていますので、実情に合わせた

ような形でロードマップを表現するのがいいんじゃないかなと思っています。これが1つ目です。

2つ目が、技術開発以外で取り組むべき事項というところがありました。たしか規制との対話とか事業環境整備、サプライチェーン・人材というようなことが書かれていまして、もちろんこれらについては当然やっていったほうがいいと思うんですけども、追加でこれをやったらというのがありまして、それは、国民の皆様からのご理解をいただくこと、立地地域との信頼を醸成すること、この2つはどうしてもといたしますか、確実にやっていかなければいけない話だと思います。

どちらも革新炉のことを知ってもらうということが非常に大事なのかなと思っています。例えばその安全性が格段に向上してるというような話であるとか、あるいは、海外では革新炉、特にSMRの導入というのが進んでいるというような話もそうですし、あるいは、国内でいうと、これから革新軽水炉、SMRというのがどれぐらいの時期に、どれぐらいの規模感で導入されていくのかなみたいな、そういった未来像みたいなのも国民の皆様にご覧いただくというのが重要なのかなと思っています。

その意味では、前半の話のロードマップの精緻化とか、ロードマップを実情に合わせて書き換えていくというのは非常に大事なんじゃないかなと思っています。

私のほうからは以上です。

○斉藤座長

ありがとうございました。続いて、いかがでしょうか。

それでは、オンラインの松久保委員、お願いします。

○松久保委員

ありがとうございます。いろいろ御説明いただきました。いろいろ勉強になりました。

本日御紹介のあったIAEAのSMRカタログ2024年のバージョンに掲載されているSMRは全部で70種類以上あると理解しています。一方、国際エネルギー機関が予測している2050年における世界の電力供給に占める原発シェアは10%に満たないという状況です。老朽化した原発の建て替えとか一部新規建設があったとしても、それらの原発の大半は大型軽水炉であろうということが想定できます。つまり、ニッチな市場に多くの炉型が提案されているということになるわけです。熟度はそれぞれ異なっていますが、始まっていないのに既にレッドオーシャンになっているというのがSMR市場だと理解しています。この市場に日本が政府資金を投じることにどれだけ意味があるのかは、もっと冷静に議論

するべきだと思います。今ブームだから、頑張っただけ日本も乗り込んでいくんだということではないんじゃないかと思います。

例えば、データセンター用SMRといった議論がありますけれども、10年以上先に建設されるSMRにどれだけ意味があるのかはよく分かりません。また、途上国ニーズがあるという議論もありますけれども、電力需要のさほどない国に1地点SMRを導入するとして、これから法制度の整備とか規制当局を育てたりするということになるわけです。10年単位の時間が当然必要になると思います。そこにかかる行政コストとか機会コストなどを考えたときに、それは途上国のためになるのでしょうか。日本の産業維持のために、途上国を債務のわなに落とすのかといった話にもなりかねないと思います。

2点目です。SMRは大量生産によりコスト低下をするというコンセプトだと理解しています。一方、例えばフランスでは標準化された原発をたくさん造ったわけですが、標準化された原発で欠陥が見つかった結果、水平展開をすることで複数基が停止するという状況に至った状況があります。原発のライフサイクルは非常に長く、すぐに欠陥が見つかるとは限らないわけです。大量に導入された後に欠陥が見つかったとして、対処できるのでしょうか。例えば電力需要が大きい国にSMRを導入した場合、オンラインで修正できればいいですが、できなかつたら、停電という事態すらあり得ると思います。メーカーとしてはリスクが大き過ぎるんじゃないかなと思います。

3点目です。事務局資料の2の7ページの指摘、特に日本特有の条件への適合の必要性という論点は非常に重要だと思います。ぜひ深掘りしていただきたいと思います。

4点目です。本日、事業者からいろいろな炉型を御説明いただきました。複数の炉型で再エネの負荷追従性の機能が追加されているという御説明をいただきました。ただ、機能として追加されていても、この機能の実用性というのはあまり理解できません。原発は、高い建設コストを長期安定運転することでコスト回収するというビジネスモデルだと思います。原発比率があまりに高いフランスでは、やむを得ず一部原発で負荷追従運転を行っていませんけれども、日本において優先給電ルールの下、原発を優先して給電するということを認められています。ほかの国でも基本的には負荷追従運転をしないとします。再エネと競合しないと強弁したいだけなんじゃないかなという疑念が浮かびます。

5点目です。私は原発建設に反対している立場ですが、学習曲線という観点では、例えば大型軽水炉、今回いろいろ説明いただきましたが、たくさんの炉型を少しずつ建設するよりも、1つの炉型を建設したほうが絶対効率的だと思います。現状、全ての炉型を支援

していますけれども、そろそろ絞り込んでいく必要があるんじゃないかなと思います。

最後に、三菱重工さんに御質問をさせていただきます。今回御説明いただいたSRZ-1200は建設費をいくらぐらいと想定されているのかなというところを疑問に思いました。教えていただければ幸いです。

以上になります。

○斉藤座長

松久保委員、ありがとうございました。

そのほかいかがでしょうか。どうでしょうか。会場の委員の皆さん、ぜひよろしくお願ひします。では、澤委員、お願ひします。

○澤委員

すみません。2点コメントなんですけれども、ロードマップに関しては、規制予見性の話が出たんですけれども、特に今回はどういうニーズで造るかにもよると思うんですけれども、例えばこれが規制側に認められなかったらコスト的にペイしないとか、あるいは成立性が炉として成り立たないみたいな、そういったものというのはあるのかどうか。例えばEPZみたいなものを見直せなかったら、ニーズ的に合わないというユーザーがいるとか、そういったところをどこかの段階でフィードバックをかける必要があるのかなというのが1点目、思いました。

それからもう一つは、今のもちよつと絡むんですけれども、例えば材料とか使用条件が変わってくる炉が、特に小型炉はあると思うんですけれども、規格基準みたいなものはロードマップの中で考慮されているのかなというのが2点目、気になったところです。

もう一つ、PAというか、一般の人の話は黒崎先生の話と全く同じです。

以上です。

○斉藤座長

澤委員、ありがとうございました。

そのほかいかがでしょうか。どうでしょう。それでは、高木利恵子委員、お願ひします。

○高木（利）委員

座長、ありがとうございます。また、皆様、御説明いろいろとありがとうございました。

資料の2の本日の議論の内容としてというところで、技術開発以外で引き続き取り組むべき事項として、規制との対話というものが例示の一つとして挙げられておりました。また、同じ資料の3ページ目のところや三菱重工さんの説明などでも、民間事業者と規制委員会

が革新軽水炉の導入に向けた意見交換を行っているということで、現在、鋭意議論・検討が進められているという状況がよく分かりました。ありがとうございます。

このような議論を経て、許認可のプロセス、例えばどの段階でどれくらいの時間を要するのかというのが今後具体化されていくのだと思いますが、それについても、ロードマップやほかのところでもよいのですが、記載するなどして、見える化を図っていくのがいいのではないかと考えます。

というのも、最近、とある原子力発電所の立地地域の方から、六ヶ所の再処理施設の審査の進捗状況についての不満に近い声を聞く機会がありました。御自身の地域の施設ではないのにそのようにおっしゃるのは、日本の原子力政策全般に関心を持っていただけているということで、それはありがたいことだと思っています。

ただ、一方、審査については、昼夜を問わずというか、事業者の方も規制側の方も注力されているところだと思いますが、その実態がなかなか届かないということがもったいないというか、残念な思いを持ちました。

今せっかく次世代革新炉の導入という新たな機会なので、事業者やエネ庁はもちろんのこと、規制も含めた関係者全体の姿や役割というのを国民に見えるようにしていくということは、それぞれの立場に一層の緊張感を与えたいと思いますし、それとともに、先ほど黒崎先生からもありましたように、国民からの信頼を醸成していくという上でも必要であると考えますので、ぜひ御検討いただきたいと思います。

以上です。

○斉藤座長

高木委員、ありがとうございました。

続いて、永井委員、お願いします。

○永井委員

どうもありがとうございます。こんにちは。電中研の永井です。

本日、革新軽水炉や小型軽水炉の実用化に向けた各社の取組、進展についての御報告、どうもありがとうございました。技術ロードマップの見直しに向けて必要となる貴重な情報だと感じました。本日の発表を受けて、私のほうからは2点コメントさせていただきます。

まず1点目は、事務局の本日御議論いただきたい内容の2点目に当たるところになりますけれども、技術開発以外で引き続き取り組むべき事項についてです。本日、御発表では、各社さんから経産省の補助金などを活用して様々な具体的な技術の開発に取り組んでいる

というような御紹介がありましたが、その一方で、技術開発以外の事項については、規制との対話については言及があったんですけども、それ以外の項目については限定的な言及しかなかったと感じました。原子力の新設が世界的に重要なことが示された上で、海外では革新軽水炉や小型軽水炉の計画が進んでいます。その一方で、日本ではまだ計画もなければ導入も進んでいない。技術的に日本が劣っていないという前提に立ちますと、やはり供給側技術視点から作成した技術ロードマップだけでは導入までは至らないのかなと、そうではないと考えるべきではないかと思えます。

具体的に導入に向けて前進するためには、進まない要因をまず特定し、明らかにした上で、それについて深掘り議論をする必要があると考えております。例えばですが、7次エネルギー基本計画のほうでは、立地地域との共生に向けた政策や国民各層とのコミュニケーションの深化、充実を挙げていますけれども、委員会などではその活動の報告にとどまっているのが現状だと思います。重要なのは、実施することだけではなくて、その取組、活動の効果を分析評価し、さらにそれをどういうふうに改善していくかということを考えることだと思っています。本日御紹介いただいた各社さんの技術開発が社会実装されるためにも、技術ロードマップとともに、ソフト面の目標やマイルストーンなどについても作成されることを期待したいと思います。

次に2点目ですけども、こちらは革新軽水炉の技術ロードマップについてになります。本日の発表で、三菱や日立GEベルノバから革新軽水炉の高い経済性というところが紹介されておりました。ただ、自由化が済んだ国において、建設費が抑えられたとしても、新規の大型プロジェクトを推進するための資金調達であったり、投資回収スキームには多くの課題があるというのが現状です。また、長期において新設がなかった場合ですと、様々な技術継承などの課題が影響して、建設が大幅に遅延して、とあるプロジェクトは結果、ファイナンス関連が費用の半分以上となったようなケースもありました。なので、今後、日本でF i r s t - o f - a - K i n dのようなチャレンジングな革新軽水炉を実現するとなれば、やはり費用回収リスクが発電事業者などに偏らない仕組みを、規制や制度を通じて政府がしっかり構築する必要があると思っています。

さらに、技術ロードマップでは、30年代に革新軽水炉の商用炉の建設を始めるとしています。この時間軸で考えると、やはり技術面の開発や建設費削減はもちろんですけども、規制・制度面に加えて、建設に向けて必要のある人材の確保や育成などについても、アクションプランの検討、作成を進めることが必要ではないかなと思うため、そのようなプランが作

成されることを望みます。

私のほうからは以上になります。

○齊藤座長

永井委員、ありがとうございました。

そのほか、いかがでしょうか。それでは、オンラインの浅沼委員、お願いします。

○浅沼委員

ありがとうございます。御説明ありがとうございました。

私からは、今日、御説明を聞いていて、革新軽水炉に関しては既に商用炉の段階の開発を進められているということなので、今後、新增設、リプレースのタイミングで順次導入を進められるように、開発を進めていただければいいのかなと思っております。

もう一点、小型軽水炉のほうなんですけれども、先ほど黒崎先生からも御指摘あったとおり、開発段階としては実証炉であるということで、この先、商用炉として稼働させるには一体どれくらいの時間がかかるのかというのが、現状、技術ロードマップではなかなか見えない。ただ、革新軽水炉と並べた線表を見る限り、実証の段階でも、小型炉であることで、開発のスピードというんですか、技術ロードマップに関しては短いスケールで建設が可能であるというふうに見えました。そう考えると、実証炉段階でも十分に実用化を見込める技術なのかどうかというのが気になります。

また、モジュール化されることで、建設にかかるリードタイムも短縮できるということであれば、もしかすると日本国内で導入することも検討することで、利点が見えるのではないかと今、思っております。その利点として、私は今2点ほど挙げられるのではないかと考えていて、その1点目は、今回、各社、御説明の中で、使用する燃料についてはお話がなかったんですけれども、もし小型炉のほうで使用する燃料を全てMOX燃料、プルトニウムを利用できるということであれば、燃料サイクルへの寄与が大きくなるのではないかと考えております。もしプルトニウムの消費に非常にうまく活用できるのであれば、MOX燃料を利用する場合の安全性だとか、さらに検討すべき事項がほかにも出てくるような気はしております。

2点目としては、大型炉に比べて小型炉は比較的早い段階で導入できるというのであれば、今後サプライチェーンを維持、強化するにも、非常に有効に考えられるのではないかと考えております。

一方で、利点と言いましたけれども、規模感だとかがつかめていないので、もしかすると

小型炉なので、実際にはプルトニウムの消費量なんていうのは限定的で、もしくはまた、小型炉と大型炉では燃料のスペックが大分違うんだという話になってくれば別の話になってしまいますし、サプライチェーンについても、大型炉とSMRでは根本的に機器構造物が違うというふうになってくると、あまり利点にはならないかもしれないので、この辺がもう少し整理されて、日本にもし技術導入する、リプレースのタイミングで小型炉を導入するとした場合に、この辺の利点が活かせるかどうかというのが整理できるとよいのかなと感じました。

私からは以上です。

○斉藤座長

浅沼委員、ありがとうございます。

続いて、そのほかの委員、いかがでしょうか。小伊藤委員、お願いします。

○小伊藤委員

座長、ありがとうございます。小伊藤でございます。

私からは、小型炉の事業環境整備について御意見申し上げたいと思うんですけれども、制度について検討する前に、経済安全保障ですとかエネルギー安全保障の観点から、どういった産業を重視するのかについて、優先順位を明確にすることが重要ではないかと考えます。そうすることにより、技術仕様ですとか制度設計も、より合理的に導かれるのではないかと考えます。

制度設計については、今後の日本においては、多様な企業がそれぞれのニーズ、用途ですとか使用環境、出力というものに応じて原子力を選択し、開発や建設、運転のための資金調達を可能にすることが、将来のエネルギー政策の柔軟性と持続可能性をも確保することにつながると考えます。

実際に、データセンターのように安定供給を求める企業に加え、直近では、防衛省の有識者会議において、「次世代動力」ということで、原子力を動力とした艦船の建造が提案されるなど、ユーザーや使用目的、使用環境というのは多様化しています。

日本にとっての意義や戦略的価値をカーボンニュートラル以外の観点からも整理することが不可欠であり、これらの整理と併せて、用途の議論と事業環境整備の議論を同時並行で進めることにより、戦略的かつ現実的で実効性のある制度設計が可能になると考えます。また、こうした議論をすることは、国民の皆様の御関心にもかかなうのではないかと考えます。

小型炉は、“原子力を私たちはどう使うのか”を問いかけてくるものであり日本の未来か

ら逆算して考える時期に来ているのではないかと思います。

私からは以上です。

○斉藤座長

ありがとうございました。

そのほかいかがでしょうか。大塚委員、お願いします。

○大塚専門委員

電気事業連合会の大塚でございます。今日は各メーカーさんの開発状況の説明など、ありがとうございました。その説明などを受けまして、私のほうから数点コメントさせていただきます。

まず、革新軽水炉の研究開発関係でございます。何度か説明がございましたけれども、革新軽水炉はプルーブな技術をベースにして安全性向上を図られたものでございまして、次世代革新炉5炉型の中では断然に成熟度は高いのですが、そうはいいながら、各メーカーさんから説明もございましたように、まだ新技術や新設計の採用をしておりますので、それに伴って技術的な研究開発が依然として必要な段階であって、まだ実用化に向けて解決すべき課題というのは残っているのかなと考えたところでございます。

次に、規制の予見性向上関係でございます。これも何度か出しましたが、革新軽水炉については既にATENAと規制庁の実務者でも意見交換が進んでおります。その一方で、海外でプロジェクトが進んでおりますSMRにつきましては、本来であれば海外と国内の規制基準の違いの議論などが必要なところなのですが、現状そういったところには至っていないところでございます。

また、本日の議題ではございませんが、高速炉につきましてもSMRと同様の状況でございます。新技術や新設計を導入する次世代革新炉の設計については、許認可の段階で初めてこういった設計の議論をいたしますと、設計の手戻りのリスク、時間のリスク、費用の上振れリスクというものにつながり得ます。そのため、規制の予見性を向上させるというプロセスは、次世代革新炉のロードマップを検討する上で極めて重要な観点と考えております。

次に、国に主導でやっていただきたいと考えている事業環境整備でありますとか、原子力発電の将来像といったところについてのコメントですが、次世代革新炉を導入するに当たっては、投資コストの早期回収予見性に加えて、事業収益性を確保するとともに、円滑なファイナンスが可能となる資金調達環境といった事業環境整備について必要だと考えてございまして、これもロードマップを検討する上で重要な観点となります。

また、先日の10月1日の原子力小委で電事連から訴求しましたが、今後の設備容量の低下も踏まえた中長期的な継続的かつシリーズでの開発・設置に向けた具体的な原子力発電の見通し・将来像を国が掲げることも、産業界の事業予見性の向上、それに伴う業界全体の活性化、技術伝承、人材確保の観点から重要と考えてございます。

最後になりますが、本日の論点として挙げられている技術ロードマップでございますが、現状のロードマップにあります設計をどのように進めるかといった観点は当然重要ではございますが、先ほどから私が述べました規制の予見性向上、事業環境整備、サプライチェーン、人材の維持・強化、原子力発電の見通し・将来像、そういったものについても整合・連動させていくという、社会実装を見据えたロードマップといったものに発展させていくことが必要なのではと考えてございます。

私からは以上です。

○斉藤座長

大塚委員、ありがとうございました。

そのほかいかがでしょうか。小西委員、お願いします。

○小西専門委員

まず、軽水炉の着実な開発の取組につきまして御説明いただきまして誠にありがとうございました。大変心強く感じております。私、フュージョンエネルギーの開発の業界を代表する立場としてというところなのですが、2点申し上げたいことがございます。

1点目は、リプレース炉の候補というか、当然出てくる問題として、革新軽水炉というのは非常に穏当であり、かつ技術的な成熟度を有効活用する意味で大変意味があることなので、ぜひこれは積極的に進めていただきたいと思っております。基本的には、今の最先端にありますPWR、BWRにコアキャッチャとフィルタベントがついたところが特に大きな違いである以外は、基本的に今の技術の成熟の上にあるという意味で非常に信頼性は高いと思っております。

ただ、これが実は2つ、かえって弱点になる部分があると思う。1つは今、技術ロードマップという課題で出てきている中で言いますと、サプライチェーンであったり、あるいは人材とか技術の継承であるとかといったときに、新規性が少ないということで、新しい産業、新しい企業の参入が難しい。したがって、サプライチェーンを今後さらに拡大、発展させていくという余力には乏しいというところは覚悟しなければいけないという問題があると思っております。それについては、基本的には、ある産業をちゃんと維持していくという上で意味が

あるわけですが、この場合には、それなりの需要が確保されていなければ、当然、事業の継続がなかなか難しいという問題が発生していると考えております。

同じ問題として、今度はワークフォースであったり、エクスパティーズの継承であったり育成という問題があると思います。残念ながら、軽水炉の技術につきましては、炉物理あるいは炉工学の部分で、残念ながら、大学で既にほぼほぼ研究開発の地盤が消失しております。そういう意味で、新しい学生さんが入ってこれるようなところがまずない。それから、今度は技術の健全性を常に担保しながら、場合によってはトラブルが起きたときに即応するような形の、今現在ある研究開発インフラとしてあります、例えば実用燃料の照射とか、照射後試験施設であったり、それを運営するような研究インフラがいよいよもって老朽化していると。それから、当然そういうものを運営する研究機関のほうも、今後そのような活動の維持がなかなか難しいという問題があります。

当然のことながら、我々、今後数十年、少なくとも軽水炉技術に頼って生きていかなきゃいけないということはほぼ間違いないと思いますので、これは民間の大企業さんの活動だけではなく、官が示すべき方向性というんですか、研究技術インフラの維持であったり、あるいは大学がやるべき人材育成については、まだもう一回り必要な対応があるのではないかと考えております。

一方では、新しい革新性を持ったSMRについてでございますが、残念ながら、私は2つの問題を指摘させていただきたいと思います。

1つは、SMRは日本で積極的に今まで開発がされてこなかった炉型でございます。そういう意味で、特に興味を持って、あるいは国産技術としてこれから開発して、それをこの市場に投入しようというような技術基盤が乏しいという問題があります。そういう意味で、せっかく外国から入ってくる技術として、ビジネスチャンスがあるとしてインベストメントを行うのは結構なんですけれども、残念ながら日本のサプライチェーンを生かすという方向になかなか行きづらいのではないかと考えております。そういう意味で、やはりこれは技術として今後特に重要視すべきものであるかについては、特に今後の原子力産業の発展という意味では少々疑問が残るかと考えております。

SMRのもう一つの問題は、先ほど浅沼委員からも御指摘がありましたけれども、燃料サイクルの問題です。残念ながら、今の私ども、日本の軽水炉の燃料サイクルはそれなりにちゃんと健全に機能しているものではございますが、この技術体系にSMRはないと私は考えております。そういう意味で、たとえSMRの炉が世界で普及していくような局面があっ

たとしても、その燃料サイクルに我が国は残念ながら寄与することができない。それは、もしかすると私の誤解かもしれないんですけども、誤解であればぜひ御指摘いただきましたんですけども、燃料を供給し、あるいはそれを引き取って再処理をして、あるいはバッグエンドまで構築するということは、残念ながら、SMRについては我が国のスコープには入っていないと思います。そういう意味で、燃料サイクルの問題は、ここでまず、軽水炉をベースとした燃料サイクルに注力して行くべきであるということを考えると、SMRに対する注力部分とは、逆に言うと、かなり限定的になるのではないかと、特に産業界の視点で言えば考えております。

小西からは以上でございます。

○斉藤座長

ありがとうございました。

そのほか、オンラインの大野委員、お願いします。

○大野専門委員

ありがとうございます。本日は御説明をいただきましてありがとうございました。

私からは3点申し上げたいと思います。

1点目は事業環境整備についてです。ロードマップに技術開発以外に取り組むべき事項といたしまして、事業環境整備、そしてサプライチェーン・人材の維持・強化などの例示をいただきました。いずれも投資決定に際して重視される事項でありますので、ロードマップで明示的に取り上げていただくことを産業界としては希望しております。さらに、環境影響評価や設置許可・審査など、開発、設置に必要な行政手続きにつきましても、標準的なタイムラインを示すということも必要ではないかと考えます。

2点目は、小型軽水炉のロードマップについてです。まず、国内での開発動向や新たな知見を踏まえたアップデートが必要でございます。また、海外小型軽水炉プロジェクトに、本日、御説明いただきました日本企業様が参加しておられます。そうした先行する実証済みのプロジェクトから国内導入炉を選択する可能性もございますので、ロードマップで取り上げる必要があると考えます。

最後の3点目でございますけれども、GX予算支援事業についてです。GX予算支援事業につきましては、革新性がある技術に焦点が当てられておりますけれども、サプライチェーン企業からは必ずしも革新性がなくとも、製品を作る製造基盤整備への支援がますます重要、そういった声が聞かれます。製造基盤の維持強化に係る政府支援の継続ということも、

革新炉建設の成功要因の1つと考えております。

私からは以上です。

○斉藤座長

ありがとうございました。

それでは、最後、高木委員になりますか。

○高木（直）委員

SMRに関して意見を述べさせていただきます。

SMRの意義に関しては今いろいろ議論があつて、聞いていて面白かつたんですけども、まず、SMRを今開発していくことに日本が協力することについては、なかなか新規建設が進まない中で、日本の技術力を上げる、サプライチェーンを維持していくという意味で一定の意味があると考えます。

一方で、もっと大きな目で見なくてははいけません。何か新しい炉が開発できればいいというのではなく、政府はカーボンニュートラルという大きな目標を掲げています。安全保障の問題がありましたけれども、まずはカーボンニュートラルとのリンクでこれを考えていかなくちやいけない。具体的に言いますと、敷地効率です。今日のNuScaleの資料で40ヘクタールという数字がありました。それで1ギガワット出ないんですが、柏崎6・7号機はそれより小さい面積で2ギガ以上出ています。だから、簡単な比較でも、相当に敷地効率というのは違ってくる。

日本は、「例えばSMRであれば安全だから、もっと都心に近いところに造らせてもらえる」なんてことが許されるとは想像しがたいです。サイトの数が増えないとしたら、今あるサイトの敷地内にSMRを入れていくことになります。BWRX-300は0.05平方キロメートルという数字がどこかでありましたが、違っているかもしれません。私の簡易計算では、その敷地効率は大型炉と比べて数倍から10倍以上違うことになります。

ということは、これからの20ギガワット相当の原子炉をリプレースしていかなくてはいけないんですけども、今ある敷地の中にそれを全部入れるとしたら、それはできるのかということ、早い段階で各電力が評価する必要があります。実はもう既にやられていると思いますが、そういった意味で、広い視野を持って、カーボンニュートラルとの整合を考えながら、SMRは日本にとってどういう意味があるのかということ、早く見る必要があると考えます。ただ、海外の輸出とか海外での建設に協力するというのは、ぜひ積極的に進めていっていただきたいと思います。

もう一つ、炉物理の観点から、SMRは資源利用率が良くありません。濃縮ウランを大食いします。将来的には濃縮度も高めなくてはいけない。日本では濃縮度5%以上の燃料を作ることには今はできない。HALEU燃料が必要となってくる。燃やした後は、残留するウラン235の量も多いんですね。そうしたら、ウラン回収したほうが経済的にいいぞということになる。燃料サイクル側ではウラン回収を真面目に考えなくてはいけなくなる。HALEUの準備、回収ウラン、そういったサイクルとの整合も再構築していく必要が生じます。こういうものを全部含めて、日本におけるSMR導入というのはどういう意味があるのかを考えなくてはいけないと思います。

以上です。

○齊藤座長

ありがとうございました。

それでは、皆様からコメント、御意見をいただきましたので、まず事務局、各社さんからそれぞれ回答や追加の御説明があればお願いします。

○宮下原子力技術室長

事務局、宮下でございます。

まず、小野先生から意見をいただいていますので、資料7を見ていただきまして、簡単に一言だけを御紹介させていただければと思います。小野委員からは、革新軽水炉、小型軽水炉以外にも高速炉とかの意見をいただいているんですけども、革新軽水炉、小型軽水炉に絞れば、ポイントとしては、規制との対話の重要性の話、あとは事業環境整備の話、あとは技術、人材の話のポイントとして挙げられております。

小野先生、次回以降も御出席いただける際には、高速炉の話とかを直接聞きたいと思えますけれども、軽水炉の関係ではこのようなコメントが出ております。

事務局からは以上です。

○齊藤座長

続いて、三菱重工さん、お願いします。

○三菱重工業株式会社 神崎セグメント長代理

三菱重工の神崎です。幾つか弊社関連のコメントをいただいております、ありがとうございます。

黒崎委員から、国民の理解を得るべきじゃないかというコメントもいただいておりますし、大塚委員からは、関連しますけれども、人材確保とか、そういった観点のコメントをい

いただきました。

こういった観点で、メーカーでこういったことができますかということを考えてきたときに、我々メーカーは技術を開発しておりますので、開発している技術を国民の皆様に分かりやすく説明するという責任があると思っております。 どういう場で説明する機会があるかといいますと、例えば文科省さんのほうで企画していただいている高校生向けのイベントとかオープンキャンパスなどがありますので、そういった場で高校生の皆様に説明したりとか、あとは学会関係とか、大学で企画されているイベントでも、特に原子力を専門にやられていない方に対しても、例えば小学生や中学生が参加するような場もありますので、そういった方々に対して原子力の技術、あるいは我々が開発している技術を分かりやすく説明する。そういったことを通して御理解を得ていただけるようにしていきたいと思っております。

あと、松久保委員から建設費が幾らですかというお話をいただきましたけれども、建設費に関しては、我々、機電メーカーだけが担当しているところではなくて、事業者さんですとか、土木工事とか、いろいろありますので、それは今後、事業者さんのほうで算出されていくことになると思いますので、メーカーの立場からはお答えを差し控えさせていただきたいと思えます。

以上です。

○斉藤座長

ありがとうございます。

続いて、日立GE、お願いします。

○日立GEベルノバニュークリアエナジー株式会社 松浦主管技師長

小西委員のほうから、SMRに対する問題点として、まず燃料サイクルの観点から、これは多分SMRを世界展開したときに、再処理する手段が難しいということだと思います。それに関しては、ロシアの例を出すと、良いのか悪いのか分からないですけれども、やはりサイクルというか、バッドエンドまで考えた対応を取っています。西側のほうも、いわゆる自国以外のところで展開する場合においては、サイクルまで一応考えた上で議論するというスタンスではあるのではないかなと思います。

もう一つは、小伊藤委員から、燃料自体は小型でも同じかどうかという点ですが、BWR Xの場合には、今の軽水炉と全く同じ燃料で、GNF 2 というのも採用することにしております。それと、MOXについてですけれども、これはプルサーマルのMOXと理解しました

けれども、それについても適用できる炉心の設計にしております。そこについては、制御棒の設計とともに、フルMOX化に対応することができるようになっていきます。

まずは以上でございます。

○斉藤座長

ありがとうございました。それでは続いて、東芝さん、お願いします。

○東芝エネルギーシステムズ株式会社 松永原子力技師長

東芝、松永でございます。いろいろ御議論いただきありがとうございます。

我々の観点からすると、まず燃料については、今のBWRと同じ燃料を使いますので、もちろんMOXも使えますので、そういう点では燃料サイクルには適合すると考えています。

そのほかの人材、サプライチェーンに関しましては、建設が実現するという予見性が立つことが、サプライチェーンにとっては非常に重要なこととなりますので、そういうところを早期にできるよう目指して、これからもやっていきたいと思っております。

以上でございます。

○斉藤座長

ありがとうございました。

それでは、最後、IHIさん。

○株式会社IHI 小池主査

いろいろコメントありがとうございます。SMRの導入の意義のところでもいろいろコメントもいただいたところかなと思います。我々としても、まずは海外で進んでいるところにきちっと取り組んでいくというところは進めていきたいと思っておりますし、もちろん国内に入ってくるところで、燃料の点も含めて、燃料リサイクルといったところはきちっと検討の中に入れなければいけないというところで理解をいたしましたので、その辺についても検討は進めていきたいと思っております。ありがとうございます。

○日揮グローバル株式会社 柳澤グループマネージャー

日揮でございます。SMRに関していろいろと厳しい御意見も頂戴しましたし、海外プロジェクトに関しては、進めていいのではないかという前向きな御意見も頂戴したと理解してございます。特にサプライチェーンに関しましては、原子力発電所を構成するあらゆる機器、設備を、我々のようなコントラクターが中心となって、日本のサプライチェーン維持というところと一緒にやっていきたいなと思っておりますので、この点、引き続き御支援頂戴できればなと思っております。

燃料に関しましてもいろいろな御議論がございますが、特にNuScaleに関して申し上げますと、ウランの濃縮度は5%未満ということで、これまでの一般的な軽水炉の燃料とほぼ同等のものを使ってございますので、たちまちこの点に関しては問題はございませんが、おっしゃるように燃料サイクルを含め、あるいはMOX燃料の採用を含めたところについては、これから議論を深めていく必要があるかなと思われました。

どうもありがとうございました。

○齊藤座長

ありがとうございました。

それでは、そろそろ時間も参っておりますので、本日は貴重な御意見をたくさん頂戴しまして誠にありがとうございました。私のほうで簡単に少しまとめというか、振り返りをさせていただきますと思いますが、最初、やはり難しいなと思ったのは、SMRという小型炉でして、一口に小型炉といってもいろいろな炉型が、それこそIAEAの70種類ということでありまして、それぞれ皆様、思い浮かべる炉型が少しずつ違いながら話している部分があるんだろうなと思っております。

ですので、そういった意味でもロードマップをこれからアップグレードしていくという段階で、小型炉については、現状の燃料が使えるような小型軽水炉なのか、あるいはそうじゃないのかは大分違うと思うんですね。ですので、そういったところをもうちょっときめ細やかにロードマップとしてやっていくというのが必要なんだろうなと思っております。

同時に、革新軽水炉については既に今日議論があったように、かなり詳細な議論が実際できる状況になっておりまして、永井委員が言われておりましたが、それが例えば2040年代となってくると、バックキャストをして、具体的にどういうリソースをどういうタイミングで入れていくのかというのは、人的予算もそうですが、もうそういったところに来ているんだと思っておりますので、そういった違いが炉型ごとにあるんだというのが今日、浮き彫りになったところだと思います。

そういった中で、皆様からいろいろ寄せられたところとして、これから開発をどうやっていくか、官民の関係というところが少しあったかと思えます。非常に共通性の高いような技術開発もまだまだあるというのが各社さんのほうから出てきたところではある一方で、具体的に場所が決まれば詳細設計できるんですよという話もありましたので、その辺りのめり張りがロードマップの中で見えてくるのが本来あるべき姿なんじゃないかなと少し感じたところがあります。

全体を通して、これから環境整備、国民の理解というところがバックボーンとして必要になってくるというのが出てきたんだと思いますので、今日は革新軽水炉あるいは小型軽水炉ということで、次回以降また別の炉型が入ってきますので、そこで大分状況が違っているところが出てくると思いますので、ぜひ事務局においては分かりやすい資料を作っていたくとともに、委員の皆様におかれては、炉型がかなり大きく変わっていくので、ぜひキャッチアップしていただいて、活発な御議論をお願いできればと思います。

私からは以上になります。

最後、事務局からお願いします。

3、閉会

○宮下原子力技術室長

本日は皆様の皆様、活発な御議論ありがとうございました。

次回以降ですけれども、次回のワーキンググループの開催は、委員にも個別に御連絡しましたが、12月を予定しております。まだ候補日、何点か御提示させていただいておりますけれども、確定したらまた御連絡をさせていただきたいと考えております。何とぞよろしくお願ひ申し上げます。

以上です。

○斉藤座長

それでは、これをもちまして第9回の革新炉ワーキンググループを閉会いたします。本日はありがとうございました。

原子力小委員会 革新炉ワーキンググループ 第9回会合」に対する意見

2025年10月3日

一般社団法人 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 小野 透

現下の国内外のエネルギー情勢に鑑みれば、次世代革新炉の開発と実装をはじめ、原子力の積極的活用は、わが国の持続的発展の基盤となるものである。諸外国に劣後することなく、国が前面に立ち、バックエンドプロセス含め取り組んでいただきたい。次世代革新炉の開発と実装に向けては、各炉型の特性や開発状況に応じたロードマップの具体化と、技術開発にとどまらない国の支援体制の構築が必要である。具体的には次の通り。

(1) 革新軽水炉、小型軽水炉

DXやGXによる電力需要の拡大が見込まれる中、技術的にはすでに実装可能な段階に達している革新軽水炉、小型軽水炉の建設具体化に向けた条件整備が必要である。2040年代以降に既設原子力の設備容量が急減することを勘案すれば、それまでに革新軽水炉や小型軽水炉の着工を可能とすることが求められる。そのためには、新設に向けた規制基準の制定が必要となるが、検討に時間を要し、規制当局と事業者の対話の成果が設計に反映できなくなることは避けなければならない。将来の電力需給想定からバックキャストした、革新軽水炉や小型軽水炉建設に向けた工程表の策定と、その工程表に基づく実行が必要である。

併せて、自由化のもとでも大型電源への投資意思決定を可能とするための事業環境整備に時間的猶予はない。制度の具体化を急ぐとともに、ファイナンスの面においても、財政投融資を活用した政策金融のような手段も含め、不足する資金量を補完する公的支援を検討すべきである。

また、技術はデジタル化や教育で補っていける部分があるものの、溶接などの技能は机上演習では継承できず、現場での経験がなければ引き継いでいけない。これまで日本で培

ってきた原子力産業に係る技能が断絶してしまう前に手を打つことが重要である。

(2) 高速炉

高速炉については、核燃料サイクルの確立に不可欠であり、技術確立に向けた取り組みの加速が望まれる。また、わが国が大部分を輸入に頼る医療用RI（放射性同位元素）供給の観点からも高速炉の活用が期待される。実証段階から産業・医療利用をも視野に入れたロードマップ整備が肝要である。

(3) 高温ガス炉

高温ガス炉については、発電以外の分野でも、産業用の熱供給や水素製造など幅広い用途への活用が期待されている。昨年3月に実施されたHTTRの炉心流量喪失試験によって、理論的安全性を実証確認できたことは、高温ガス炉を実装に近づける大きな一歩であった。一方で、2050年のカーボンニュートラルからバックキャストで考えると、2040年までには実証炉による大量かつ安定した水素製造の実証が必要となり、速やかに実証炉の立地や事業体制を決定する必要がある。さらに、将来の実用化に向けては、バックエンドプロセスの確立とともに、より実装時に想定される課題に関する研究開発も進めることも重要である。

(4) 核融合

核融合については、究極のエネルギー供給システムとして大きく期待されるが、研究開発のステージとしては、他の革新炉技術に比べれば、いまだ黎明期と言わざるを得ない。国としての長期的なビジョンとコミットメントの下、国内において核融合技術に係るサプライチェーンを構築すべく、核融合を構成する各要素技術の確立に向けた着実な歩みが必要である。

以 上