

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1回会合

日時 令和4年4月20日(水) 12:30～15:00

場所 オンライン

議題 革新炉開発について

1. 開会

○遠藤原子力政策課長

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1回革新炉ワーキンググループを開催いたします。委員および専門委員の皆さま方におかれましては、ご多忙のところご出席いただき、ありがとうございます。

本日のワーキングの開催方法につきましては、現在の状況を鑑みまして、オンラインにて行わせていただきます。また、本日の会議の様子はYouTubeの経産省チャンネルで生放送させていただきます。

オンライン開催ということで皆さまには事前にメールで資料をお送りしてございますが、WebExの画面上でも適宜、投影させていただきますので、よろしくお願いいたします。

資料3をご覧ください。資料3にお示しをしておりますが、先日、原子力小委員会にて革新炉ワーキンググループを設置いたしました。設置については総合資源エネルギー調査会運営規則第13条に基づき、本ワーキングの上部組織である原子力小委員会委員長の山口先生に事前にご了承いただいております。また、本ワーキンググループの座長として、黒崎先生にご着任をいただくことにつきましても、ご本人からご了解をいただいております。

それでは、まず黒崎座長から一言ごあいさつをいただきたいと思います。よろしくお願いいたします。

○黒崎座長

ありがとうございます。京都大学複合原子力科学研究所の黒崎と申します。今回、このワーキンググループの座長を仰せつかっております。よろしくお願いいたします。

私の専門は核燃料とか材料科学となっております。それでこのワーキンググループのタイトルは、革新炉ですけれども、これからの原子力を考えていく上で非常に重要なキーワ

ードになると思っております。注目度も非常に高いと認識しております。委員の皆さまから、いろんご意見やお考えをお聞かせいただくことになると思っておりますが、うまくまとめていきたいと思っておりますので、どうかよろしく願いいたします。

以上です。

○遠藤原子力政策課長

どうもありがとうございました。

続いて委員のご紹介をさせていただきます。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、遠藤典子様。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、小野透様。日本原子力研究開発機構高速炉・新型炉研究開発部門、小伊藤優子様。東京大学大学院工学系研究科原子力専攻准教授、斉藤拓巳様。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、高木直行様。エネルギー広報企画舎代表、高木利恵子様。みずほ銀行産業調査部参事役、田村多恵様。電力中央研究所主任研究員、永井雄宇様。原子力資料情報室事務局長、松久保肇様。公益財団法人原子力安全研究協会理事、山口彰様。続きまして専門委員でございます。日本原子力研究開発機構理事、大島宏之様。日本原子力産業協会情報・コミュニケーション部課長、大野薫様。電気事業連合会原子力部長、中熊哲弘様。以上 13 名の皆さまに、ご就任いただきます。

それでは委員の皆さまから一言ずつ、簡単にごあいさつを賜ればと存じます。まず遠藤委員、お願い申し上げます。

○遠藤委員

慶應義塾大学の遠藤でございます。原子力小委員会から、このワーキンググループができて、革新炉、新型炉につきまして議論できますことを大変貴重な機会だと思っております。どうぞよろしく願いいたします。

○遠藤原子力政策課長

ありがとうございます。続きまして小野委員、よろしく願いいたします。

○小野委員

経団連の小野です。私は産業界の立場から、この会議で発言させていただきます。どうかよろしく願いします。

○遠藤原子力政策課長

ありがとうございます。続きまして小伊藤委員、お願いいたします。

○小伊藤委員

原子力機構の小伊藤と申します。私の専門は安全保障で、現在、原子力ガバナンスの研究に取り組んでおります。どうぞよろしくお願いいたします。

○遠藤原子力政策課長

ありがとうございます。続きまして斉藤委員、よろしくお願いいたします。

○斉藤委員

東京大学原子力専攻の斉藤と申します。私の専門は核燃料サイクル、特に廃棄物処分になります。革新炉に関しても、そういったサイクルあるいは廃棄物処分に、少し大きな視点から貢献できたらと考えております。よろしくお願いいたします。

○遠藤原子力政策課長

ありがとうございます。続きまして高木直行先生、よろしくお願いいたします。

○高木直行委員

東京都市大学の高木と申します。専門は炉物理、新型炉の設計とか核変換です。われわれの学科では先日、新生を迎えまして、50人ぐらいの1年生が入ってまいりまして。先日、フレッシュャーズキャンプとしてディスカッションする機会がありましたが、入ったばかりの1年生も、革新炉、SMRというのに非常に興味を持っているというのを感じた次第です。よろしくお願いいたします。

○遠藤原子力政策課長

ありがとうございます。高木利恵子委員、よろしくお願いいたします。

○高木利恵子委員

エネルギー広報企画舎の高木利恵子と申します。出前授業や実験教室などを通じて女性層や次世代層を主な対象として原子力やエネルギー、放射線についてのコミュニケーション活動を行っております。また、近年では国際原子力機関によるアジアでの原子力科学技術教育の普及活動にも少し携わっております。そういった視点から少しでもお役に立てればと思っておりますので、どうぞよろしくお願いいたします。

○遠藤原子力政策課長

ありがとうございます。続きまして田村委員、よろしくお願いいたします。

○田村委員

みずほ銀行産業調査部の田村と申します。業界の調査を担当しております。今回こちらの委員ということで、できるだけ産業界全体も含めて考えながら発言できればと思っております。よろしくお願いいたします。

○遠藤原子力政策課長

ありがとうございます。続きまして永井委員、お願いいたします。

○永井委員

電力中央研究所社会経済研究所の永井と申します。これまでに私はエネルギーシステムの分析、特にモデルなどを活用した定量的な分析を行ってきたのと、あと再生可能エネルギー普及の政策に携わっております。去年開催された発電コスト検証ワーキンググループでは、電源の経済性評価手法や、最適な電源構成の考え方などについて発表しております。本ワーキンググループでは 2050 年カーボンニュートラル実現を目指す中で、革新炉の役割や価値について考えていきたいと思っております。どうぞよろしくお願いいたします。

○遠藤原子力政策課長

ありがとうございます。続きまして松久保委員、お願いいたします。

○松久保委員

原子力資料情報室の松久保肇と申します。私は原子力の利用に批判的な立場から、この委員をさせていただきますので、よろしくお願いいたします。

○遠藤原子力政策課長

ありがとうございます。続きまして山口委員、よろしくお願いいたします。

○山口委員

原子力安全研究協会の山口でございます。専門は原子力工学、原子炉工学です。どうぞよろしくお願いいたします。

○遠藤原子力政策課長

ありがとうございます。続きまして専門委員の大島委員、お願いいたします。

○大島専門委員

日本原子力研究開発機構の大島でございます。高速炉サイクルの技術開発、それから高温ガス炉の技術開発に関します担当理事を務めております。本ワーキンググループでは専門委員として参加させていただきます。よろしくお願いいたします。

○遠藤原子力政策課長

ありがとうございます。続きまして大野委員、お願いいたします。

○大野専門委員

原子力産業協会の大野と申します。原産協会では、海外の原子力動向の調査を主に担当しております。どうぞよろしくお願いいたします。

○遠藤原子力政策課長

ありがとうございます。続きまして中熊委員、お願いいたします。

○中熊専門委員

電気事業連合会原子力部の中熊でございます。私どもは電気事業者の立場でいろいろと発言させていただければと思っております。よろしくお願いいたします。

○遠藤原子力政策課長

ありがとうございます。それでは、ここからは黒崎座長に議事進行をお願いいたします。

2. 議事

- ・革新炉開発について

○黒崎座長

ありがとうございます。それでは配布資料2。議事の運営について（案）をご覧ください。本会合の実施にあたり議事の運営については、会議の公開など、こちらに記載のとおり進めさせていただこうと思っておりますが、まずこれでよろしいでしょうか。特にご異論はないと思います。それでは本会合の運営は、この規定に従って進めさせていただきますのでよろしくお願いいたします。

それでは早速ではございますが議事に移りたいと思います。本日のワーキングではエネルギーをめぐる社会動向を踏まえた革新炉開発の価値について議論していただくということになります。まず事務局より資料をご説明いただいたあと、日本原子力研究開発機構、三菱重工業、日立製作所、東芝エネルギーシステムズの4社からそれぞれの取り組みについてご説明いただき、議論という流れにしたいと思います。つきましては資料4から6につきまして事務局のほうからご説明をお願いいたします。

○遠藤原子力政策課長

事務局からご説明を申し上げます。投影させていただいています資料の4でございます。先般の原子力小委員会におきまして、革新炉に関する議論をさせていただきました。簡単に、かいつまんでご紹介をさせていただきます。1ページをご覧くださいと、まず「革新炉開発における価値」ということで、熱利用や水素利用等の付加価値。安全性を高めた軽水炉の新增設。それからSMRに対するニーズといったことを意見をいただきました。一方で、国が支援をしなければならないという議論が出てくること自体が非常におかしい。

それから失敗についての検証も必要といったご意見もいただいております。

1枚おめくりをいただきまして2ページをご覧くださいますと、エネルギー供給面での安定性補完の観点から期待の声が大きくなっている。社会ニーズに対してさまざまなポテンシャルを有する技術であり、それを使っていくといった議論もいただいたところでございます。

さらに1枚おめくりいただきまして3ページ以降でございます。今後の革新炉開発における道筋といたしまして、どの程度が革新炉の規模になっていくか。それからR&Dの成果を踏まえたリソース配分の具体的な議論が必要。それから規制の環境整備が必要といった議論もいただいております。一方で、議論を進める上で、希望的観測が多すぎる、過去の反省もまったく見えないというところが問題というご意見もいただいております。

1枚おめくりいただきまして、4ページをご覧くださいと、社会的な受容性も予見をしておく必要があるということ。それからエネルギー安全保障の観点から、さまざまなオプションをしておくべきだということ。それから研究開発においては、過去の失敗からさまざまな教訓を得ることが必要。ロードマップや技術マップといったものが、明確に共有されることが重要といった意見もいただきました。

最後のページでございますが、同様に道筋につきまして小型炉が例えばどのような形で存在するか。セキュリティー担保やコスト負担等、非常に深刻な問題があるので、そうしたことも考える。それから当面は既存の軽水炉技術の活用、技術的に確立している高速炉の技術の活用を進めることが必要。それから高温ガス炉を活用した水素製造といったようなイノベーションを同時並行的に進めることが必要。限りあるリソースをどう活用していくのか議論整理が必要といったようなご意見を賜っております。

それを踏まえまして資料の5。革新炉ワーキンググループの進め方（案）という資料を1枚紙で準備しております。今回が第1回でございますが、革新炉開発を進めるにあたって、今、申し上げたような重視をする価値、評価軸。それから革新炉開発における価値とは具体的にどのようなものが考えられるかということで、1つ目は安全性。水素、熱利用、非エネルギー分野等、これらにつきまして事業者の方々、JAEAの方々を含めてご説明をいただく。

第2回につきましては続きでございます。価値のうち、系統安定化、廃棄物問題解決、安定供給、経済安全保障等の議論をさせていただき、また革新炉開発の海外動向、国際連携につきましても、議論をさせていただければと思っております。

第3回以降でございますが、こうした価値を踏まえまして今後、開発を進める上での課題、予算、組織、サプライチェーン、制度的課題等についても議論させていただき、各炉型の主な研究開発課題、今後の革新炉開発における道筋等を議論させていただいた上で、夏ごろに中間取りまとめを行った上で、原子力小委員会に報告をするというスケジュールで考えてございます。

私からのご説明はいったん以上でございます。

○黒崎座長

どうもありがとうございました。特に資料5の進め方ですね。本ワーキングはこちらに記載のとおり進めさせていただこうと、思っているのですが、それでよろしいでしょうか。いかがでしょうか。よろしいですか。こういう形で進めていくということで考えております。ありがとうございます。では本ワーキングはこちらに従って進めさせていただくということで。

続きまして、資料6について引き続き事務局のほうからご説明をお願いいたします。

○遠藤原子力政策課長

時間の都合もございまして恐縮でございますが、かいつまんでポイントをご説明させていただきます。資料の6でございます。何枚かめくっていただきまして、カーボンニュートラルに向けた社会変革といった全体論を整理してございますが、まず6ページをご覧くださいますと、1の例といたしまして2050年カーボンニュートラルに向けたエネルギー構造の変革ということで、電力部門での脱炭素電源の拡大。それから産業・民生・運輸部門での脱炭素電源による電化、水素化、メタネーション、合成燃料。さらにデジタル化に伴う電力消費拡大による電力需要の増大。いったん、全体の潮流、今後の見通しを書いてございます。

1枚おめくりいただいて7ページでございます。1-1、2050年の電力需要予想の例ということで電力需要の増大に触れてございます。例えば、運輸部門、EVですとか。それからデジタルを踏まえた電化率の上昇、水素生産用の需要増に伴いまして、2050年は資源エネルギー庁の計算でございますと1.3兆~1.6兆kWhとなるという試算を示してございます。その後ろのほうに、電動化、自動車の目標、それから消費電力量の将来予測例。それからあるいは脱炭素電源ニーズへの高まり等も書いてございますが、詳細なご説明は割愛をさせていただきます。

11 ページをご覧くださいと設備容量が減少していく火力発電の代替の必要性というこ

とを書いてございます。現在建設中の火力設備、これを考えても、将来に向けて、こちらの代替が必要になってくる。

12 ページをご覧くださいと、特に東南アジア、これから需要増大が見込まれる東南アジアでは火力頼みという現状も書いてございます。

13 ページをご覧ください。このうち具体論に入りまして、1 - 2 の製造業のカーボンニュートラルに向けた変革ということで、特に水素還元製鉄ですとか、あるいは熱・電力のカーボンフリー化、こうしたものが求められてくるということで、CO₂を排出しない大量安価かつ安定的な水素・熱・電力の供給が求められるということを書いてございます。

14 ページをご覧くださいと製造業における非電力、熱・燃料需要の実態ということで書いてございまして、水素をこれから使っていくと、今、申し上げましたが、左下のグラフをご覧くださいと、水素パリティコスト、既存の燃料や原料と同じ費用となるような水素価格が、どのような形であれば、このパリティが実現できるかというところを見ると、例えば水素発電で言うと 14.3 円、製鉄で言うと 8.0 円ということで、非常に高いハードルを達成していかなければならない。

ということで 15 ページ、16 ページ、詳細は割愛をさせていただきますが、世界各国も具体的にこうした大量で安価な水素をどのように安定的に環境負荷をかけない形で作っていくかという取組を進めてございます。

わが国も、17 ページをご覧くださいと、グリーン成長戦略の中で水素産業の成長戦略「工程表」というものを作っておりますが、ここでの目標は、2050 年コスト 20 円以下というところを掲げてございます。実際こうした目標を達成していく、さらにはその先、パリティコストの実現に向けては、まだハードルはございまして、例えばでございますが、18 ページに書いてございますメタン水蒸気改質、それから水の熱化学分解法、高温水蒸気電解法、メタン熱分解法、といった形での、さらにCO₂を排出しない形での研究開発も進めているという状況でございます。

それから 1 - 3 をご覧ください。再エネの導入拡大に伴う電力ネットワークの変革ということで書いてございます。再エネ洋上風力、それから太陽光、さまざまな形で需要地と適地が偏在をしている。こうした中で分散型ネットワーク、変動再エネにどのような形で対応していくかということが課題になってございます。詳細は割愛をさせていただきます。

21 ページをご覧ください。そうした中で、電力レジリエンスへのニーズの高まりということで、自然災害、さまざまな安定供給に対する、対外的なハザードに対する支障。これ

に対する備えをどのような形でもっていくかということで、その後ろ、例えば主な自然災害の例ですとか、突発的なトラブルが生じた際の安定的な電源構成といったものにも触れてございます。

1-5、25 ページをご覧くださいと、さらに地政学リスクへの対応という形で論点を提起させていただきました。日本で太平洋ベルト等の臨海部を中心としてエネルギー多消費産業が集約をしておりますが、こうしたものが今、石油・天然ガス等の化石資源の安定供給や価格のボラティリティーといったリスクを内在しております、地政学リスクが昨今のロシアによるウクライナ侵攻等もございますが、今さらに顕在化をしてくている。こうした中で、地政学リスクによらず、安価、安定的かつカーボンフリーなエネルギーの供給が必要になってきているということで、26 ページには簡単に、ウクライナ情勢の影響も、まとめさせていただいているところでございます。

27 ページに進んでいただきますと、さらに循環経済への移行という論点も提起をさせていただいております、世界的な人口増加・経済成長に伴う資源需要の増加、それからグローバルでの廃棄物処理システムの機能不全といった問題を踏まえて、一方通行の経済モデルからサーキュラーエコノミーと言われる循環型の経済への移行というものが求められているということでございます。

以上、社会的な構造変革全体の動きを書いております。

それから次の 28 ページをご覧くださいと、これに続きましてエネルギー分野以外へのイノベーションの波及。こういうことでも、例えば工業、医療・医学、農業など、さまざまな多岐にわたる分野での利用を想定して、放射線技術も含めたさまざまなイノベーションの波及といったものが期待をされるという論点を挙げてございます。

駆け足でご説明申し上げましたが、30 ページをご覧くださいと、今申し上げたようなカーボンニュートラル実現に向けた社会全体の変革というものを左側に整理をさせていただきました。これらの価値、社会的な構造変革の中で追求をしていくべき、実現すべき価値に対して、革新炉がこれからどのような形で貢献をしていけるかという可能性を右側に表としてまとめさせていただいております。これから、またこれも駆け足で恐縮でございますが、ざっとご説明をさせていただきます。

2-0、31 ページ以降をご覧くださいと、安全対策についてまとめさせていただいております。特に 33 ページをご覧くださいと、東京電力、福島第一原子力発電所事故を教訓にしまして、私ども資源エネルギー庁の予算も活用しまして、ご覧いただ

ございますようなコリウムシールド、免震システム、シビアアクシデント対策、そういった事故耐性燃料も含めまして、研究開発を進めてございます。

34 ページには特に安全性を大きく高める燃料の開発といたしまして、事故耐性燃料の開発、国内外で進んでいるということを示してございます。

参考でございますが 35 ページをご覧くださいますと、EUタクソミーの議論で原子力がある。これは、原子力小委本体でもご紹介をさせていただきましたが、このEUタクソミーの中でも、原子力の条件として事故耐性燃料というものが位置付けられてございます。

それから 36 ページをご覧くださいますと、これは福島事故前から開発をしていたものも含めまして、受動的な安全システムによる革新的な安全性向上。例えば中ほどには重力や蓄圧を使って注水をするということで、今、研究開発が具体的な実機への導入も視野に進められているということで示させていただきました。

38 ページをご覧くださいと、さらに、炉型の革新による外部ハザードへの対応強化ということで、地震、津波、それに加えて航空機衝突、竜巻といったような外部ハザードへの対応強化に向けた炉の設計そのものの見直しというものも付けてございます。

さらに 39 ページをご覧くださいますと、炉型の革新によるシビアアクシデント対策の強化ということで、冷却機能がなくなるような場合に備えてコアキャッチャー、それから先ほどご紹介申し上げた事故耐性燃料、あるいは放射性物質の放出防止のための取組といった、さまざまな設計、研究開発が、今、進められているところでございます。

参考例といたしまして次の 40 ページをご覧くださいますと、今あるその軽水炉、PWRでございますが、これをベースといたしまして、革新的な軽水炉を導入して、先ほども申し上げた炉型の革新による安全性等の向上を取り組むというものを、事業者さんで進められてございますので、参考でご説明をさせていただきます。

薄い水色のところが、先ほど申し上げたようなさまざまな外部のハザード。それから左側をご覧くださいと青字で書いてございますが、シビアアクシデントへの対策。さらには右側の下のほうにございます再生可能エネルギーとの共存、カーボンフリー水素への供給といったような今までにないような価値も追求していくという新たなコンセプトで、設計がなされている。これが革新軽水炉のご紹介でございます。

それから 1 枚おめくりを賜りまして、高温ガス炉でございます。特徴といたしましては、冷却材を喪失した場合においても炉心溶融が生じない。自然冷却ができると。水を使わな

いので水素爆発が起きない。黒鉛の構造材があるので温度が上がりすぎない。極めて燃料溶解がしにくいという利点がございしますが、後ほどご説明申し上げますが、こうした高温だということを使いまして、大量の水素を安定的に作るができるという利点もあるということでございます。

それから 43 ページをご覧くださいますと、こちらに高速炉を載せてございます。サイクルの有効性を高めつつということで、高レベル放射性廃棄物の減容化・有害度低減といったメリットに加えまして、そもそも自然に冷える、受動的崩壊熱除去系ということを書いてございますが、革新的な安全性、自然に止まる、冷える、閉じ込めるという特徴もあるということでございます。こうした形でさまざまな安全性に対する研究開発が今、革新炉に導入されようとしているということでございます。

それから 2-1 につきましては、これは申し上げるまでもなく電源の脱炭素化への貢献ということで、エネルギー密度が非常に大きい原子力が将来の脱炭素電源の有力な選択肢になっていくだろうということを書いてございます。

47 ページを少しご覧くださいますと、原子力技術の熟度ということで、模式的に段階を右側に「炉の開発の流れ」と書いてございます。例えば今、HTTR、「常陽」という形で JAEA で高温ガス炉、それからナトリウム炉を研究開発していただいている。それから世界中で協力をして、ITER、核融合を進めてございしますが、これはまだ実験炉の段階でございます。そこから原型炉、実証炉という段階に進みまして、将来的に商用炉。このラダー、はしごを登っていく必要があるということでございます。

48 ページをご覧くださいますと、石炭火力の発電廃止を念頭に大型軽水炉導入する動きも、オランダ、ポーランドなど、そうしたところであるということのご紹介をさせていただきました。

それから 49 ページ以降が水素でございます。先ほども申し上げましたとおり産業界での、特に製造業での水素の利用、これを安定的に少ない敷地面積で、できるだけ効率的に大規模かつ安定的に、どのような形で作っていくのかということが問題になってくるわけございまして、50 ページに簡単にグラフを付けてございしますが、原子炉の温度が高い炉型は発電効率が高く、水素製造等の熱利用のポテンシャルを持つということを模式的に示させていただきます。

具体的には 51 ページ以降をご覧くださいますと、51 ページに先ほど申し上げました高温ガス炉の水素製造システムの経済性ということを書いてございまして、水素の製造コス

トを右側に付けてございますが、先ほど申し上げた産業界でのパリティ、経済性が乗ってくるよりのコストに乗せるようなポテンシャルを高温ガス炉は秘めているということで、52 ページ以降に、こうした研究開発も今、進めているという紹介をさせていただいてございます。

さらに 53 ページ、54 ページをご覧くださいますと、こうした高温ガス炉に加えまして、さまざまな炉の中で水素をどのような形で原子力を使って作っていただけるかというのを一覽的に示してございますが、特に 55 ページの具体例で申し上げますと、2018 年から中国 CNNC が高温ガス炉を活用した水素製造・熱利用も既に検討しているということでございます。

56 ページをご覧くださいますと、さらには米国が 2020 年からアメリカエネルギー省 DOE の原子力エネルギー局が、こうした技術開発支援を行ってございます。具体的には、低温電気分解、それから高温水蒸気電解の実証といったことで、さまざまな手段を研究開発が世界でも進んでいると。

57 ページをご覧くださいますと、再掲でございますが、先ほど申し上げたような水素の開発に向けたさまざまな手段がある中で、特に CO₂ を出さないものの研究開発が 2 つ目、3 つ目、4 つ目で、熱化学分解法、高温水蒸気電解法、メタン熱分解法と書いてございます。こうした取組も、世界で研究開発が進んでいるということでございます。

58 ページ以降に、具体的な製造方法を参考までに付けさせていただいてございますが、ここでのご説明は割愛をさせていただきます。

61 ページをご覧くださいますと、熱利用プロセスと各炉型の温度範囲ということで、いろんな産業界と、どのような熱利用をしていく上で、どの程度の熱の温度のニーズがあるかというのを、上段に熱利用プロセスとして書いてございます。それに対して、原子力の発電所の種類ごとにさまざまな熱利用のニーズ、温度ごとにどのような対応が取り得るかということで、地域暖房や製鉄等の幅広い産業プロセスの熱に適用する可能性があるということを示してございます。

62 ページをご覧くださいますと、先ほど申し上げました米国エネルギー省では、全体、原子炉も含めた統合エネルギーシステムを提唱していると。この中には、再エネも入ってございまして、それに対する変動性の補完、それから今、申し上げました産業部門における熱・水素供給といった、さまざまな目的に原子力を使っていくという形で社会システムを志向する動きも出てきているということでございます。

63 ページは、今申し上げました、負荷追従による系統安定化・再エネ導入への貢献という事で系統安定化の具体例を載せてございます。例えばフランスの軽水炉では、もう今既に出力調整運転を行ってございます。それからアメリカのNuScale、それからTerraPowerといったところでは、モジュールの個別の起動ですとか、あるいは蓄熱システムとの組み合わせによりまして、こうした負荷追従を行っていくという概念も提唱されているところでございます。

64 ページをご覧ください。次に分散型・可搬型エネルギーの供給としまして、例えば僻地、それから電力需要の分散・多様化をした場合におけるさまざまな使い方のあり方として、マイクロ炉、それから系統から分離された可搬型電源としての船舶搭載炉等にも脚光が当たっているという紹介をさせていただいてございます。

それから駆け足で恐縮でございしますが、2-4をご覧くださいますと、電源が脱落した場合の電力系統内の慣性力の維持という形で、右側にインバータ電源として太陽光ですとかさまざまなものを書いてございますが、左側に同期電源といたしまして、電子力も基本は汽力発電と同じ仕組みでやってございますので、これを系統につなぐことによって電源脱落時のリスクへの対応力を高めるということを書いてございます。

2-5をご覧ください。これも原子力小委でご紹介をさせていただいてございますので、詳細は割愛いたしますが、技術自給率、国内でどれだけ作れるかということと言うと、日本のサプライチェーンは非常に国内で作ることができるという強みを持っているということでございます。そうした国内の強みを背景にいたしまして、国際的な連携プロジェクトにおける貢献ということも68 ページに書かせていただいております。

率直に申し上げまして、さまざまな地政学リスクがございします。それから安定供給のリスクがございしますが、そうしたさまざまな要素を勘案しながら、日本が持つ国内のサプライチェーンの強み、これを海外とどのような形でうまくコラボレーションしながら、国際的な連携に生かしていくかということを考えていく必要があるということでございます。

69 ページ、次のページをご覧くださいますと、廃棄物・資源問題への貢献といたしまして、核燃料サイクル、資源の有効利用につきまして、ご紹介をさせていただいてございます。それから次が、非エネルギー分野への貢献ということで、医療分野を例にとりましてご説明をさせていただいてございます。

70 ページでございしますが、原子炉はエネルギー利用のみならず、医療分野で利用される放射性同位体、RI、ラジオアイソトープの製造に活用することが可能ということで、既

に J A E A の試験研究炉、高速実験炉において R I 製造が可能な形で整備が進んでいるということでございます。

それから 71 ページにも世界の医療用 R I 製造の状況等を書かせていただいておりますが、このような形で世界的に供給がひっ迫をしていくということもございまして、これからニーズがどんどん高くなっていくということでございます。

72 ページ以降には医療分野以外でのさまざまな他分野へのスピルオーバー、波及効果を書いております。例えば 72 ページに書いてございますのは三次元免震ということで、建築・建設のほうにも原子力で培った技術、免震技術を生かせるということでございます。

73 ページをご覧くださいますと、高速炉で燃焼可能な高放射線量のマイナーアクチノイド、これを含有する燃料の取り扱い技術。これが回り回しまして、宇宙船外の活動等の過酷な環境下における遠隔技術の他分野への応用可能性。場合によっては福島事故の処理もあると思いますが、さまざまな分野に、こういう形で対応することができる。

それから 74 ページで申し上げますと、危険物質を閉じ込めるということによって、例えば自己修復機能を有するグローブの開発。これもさまざまな医療、医薬品、生物、毒物等のさまざまな分野に活用することが期待されてございます。

それから次のページをご覧くださいと、非エネルギー分野への貢献ということで、断熱材料の製造。それから構造部材への導入といったことも書いてございます。

駆け足でございましたが以上、社会から期待される価値軸と、それに対してどのような形で貢献をしていくかということ、ざっと整理をさせていただきました。この先、革新炉開発に求められる価値の評価軸ということで、現状整理をさせていただいておりますので、最後にご紹介を申し上げます。

3-1、79 ページをご覧ください。このような形で価値、それに対する貢献の可能性ということで、アメリカそれからイギリスは、それぞれの視点においてさまざまな形で革新炉がどのような形で貢献をしているかという技術をもちまして、ある種のスケジュール観の設定と重み付け優先順位といった議論をしているということでございます。

詳細が 79 ページ、80 ページに書いてございますが、ここでは割愛をさせていただきます。イギリス、アメリカ、それぞれそうした形で革新炉、高温ガス炉、そういったところに優先順位をおいて、研究開発を進めるということをやっております。

82 ページをご覧くださいますと、オランダの例を載せてございまして、市場調査の結果、実証済み、プループンということで、今の技術から、より連続性が高い大型の軽水炉、こ

の革新炉、第3世代炉プラスということですが、これを導入していくと。こうした判断が行われた国もございます。

83 ページをご覧くださいますと、フランスの例も載せてございます。直近、マクロン政権が R T E に対して 2050 年、カーボンニュートラルに向けた電源シナリオ分析を要請という形で、昨年 2021 年 10 月に結果を公表されました。これで言うと、今、導入されている E P R、そこからさらに革新的に設計を高めた E P R 2 を 14 基建設をすると。S M R の導入とも組み合わせて 2050 年の原子力比率を 50% とするシナリオが、経済面という観点から最も優位という結論が出されたというのが、フランスの議論でございました。

3-4、日本における国内炉型の技術開発における評価基準を、現段階でございまして、ご紹介をさせていただきます。85 ページをご覧くださいと、少し詳しく書いてございまして、日本国内でも先ほど申し上げました米国の例におけるような評価軸を参考に、技術の成熟度、それから市場性等を評価軸として民間の炉型の開発を支援させていただいてございます。

審査項目といたしまして現在の経産省の補助事業の項目でございまして、(1) 技術の成熟度と必要な研究開発、(2) 実用化された際の市場性、(3) 具体的な開発体制の構築と国際的な連携体制。(4) 実用化する際の規制の対応。それから、その他といたしまして、非エネルギー分野での貢献。こうした形でさまざまな評価軸を設けて、われわれも補助事業にあたって議論をしてきたわけですが、86 ページをご覧くださいと、今後、評価項目について具体的に議論をしていくべきとも考えてございまして、例えばの論点といたしまして、前の 85 ページにお示ししてございました評価項目につきまして、これに過不足はないのか。さらに明確化が必要な項目はないのか。例えば時間軸の観点、それから評価項目ごとの重み付けをどのようにしていくのか。それから評価項目ごとの基準をどのように設けるのかといった議論で、これから具体化、掘り込みが必要だと考えてございます。

こうした観点も踏まえて、これから革新炉が求められる価値、実現していける価値、それを踏まえてどのような基準で評価をしていくか、そういうものをこのワーキングで議論させていただければと思っております。

駆け足で恐縮でございましたが、私からのご説明は以上でございます。

○黒崎座長

ありがとうございました。それでは続きまして、資料 7 について、日本原子力研究開発

機構の大島理事のほうからご説明をお願いいたします。

○大島専門委員

それでは私のほうから国内の新型炉技術開発の現状ということで、原子力機構が進めております高温ガス炉と高速炉を例としまして、その技術開発の現状を説明させていただきたいと思います。

ページをめくっていただきたいと思います。既に先のご説明でもさまざまな社会ニーズが示されておりますけれども、ポイントとしましては、やはりエネルギー産業としての地球温暖化を抑制すること、それから安定で長期に持続可能なエネルギー供給システムを提供すること、そして地政学的リスクへの対応力、今こういったものに集約されるのではないかと思います。これらのニーズを満たすべく、原子力、そして新型炉に求められる要件を、ここでは評価軸としてまとめてございます。

安全性はもちろん大前提としまして、再エネとの共存や多目的といった柔軟性、それから安定供給、資源循環性、といったものが挙げられます。安定供給の中に、技術自給というワードが入っておりますけれども、資源確保に加えまして、エネルギーを生み出す技術、コア技術は、やはり自国で持っているということが地政学的リスクを抑える点では非常に重要と考えます。また、原子力ゆえに高レベル廃棄物問題の解決にも貢献していくことが重要となります。どこに重点を置くかによりまして、炉としましては、ベースロード電源としての大型炉、より柔軟さを有する小型炉（、SMR）、プルトニウムマネジメントや廃棄物減容に重点を置いた燃焼炉・専焼炉といった選択肢が考えられますけれども、高温ガス炉、それから高速炉は、これらに対応可能な革新技術と言えると思います。

次をお願いします。この表はグリーン成長戦略とか、高速炉戦略ロードマップの記載に基づけば、高温ガス炉と高速炉の開発の目標とその達成時期はこうなるという1つのイメージを示したものでございます。

高温ガス炉につきましては、2030年ごろにブルーではありますけれども水素製造実証と、それから蒸気供給の実証を経まして、2050年ごろにはガスタービン発電と水素製造のハイブリッドとなる実用炉の運転開始を、それから高速炉につきましては2050年ごろに中規模の実証炉としての初号炉の運転、それから、ここがSMRであれば調整電源としての実用炉1～2基運転、そして21世紀後半には複数基導入のイメージとなります。

次をお願いします。ここからは、高温ガス炉の技術開発について概説したいと思います。左の図は、大洗研究所にございます高温工学試験研究炉、HTTRの概略図となります。

被覆燃料粒子が 1,600°C、実力としましては 2,000°C 程度でも被覆が破損しないこと、それから黒鉛の熱容量と熱伝導率が非常に大きいということ、このような特徴から非常に高い安全性を有しておりますけれども、さまざまな設計基準外事象に対しまして、炉心溶融は発生しないことが規制庁の新規制基準の適合性確認においても認められております。

次をお願いいたします。こちらのシートは高温ガス炉の機動性、それから柔軟性を示したものでございます。既に先ほどの事務局のご説明にもありましたけれども、細かい説明は省略しますが、高温を利用することでコジェネとしましては 80% 近い高い熱利用率を得ることができますし、水素製造、熱源、それから再エネの変動発電量の調整、こういったさまざまなニーズへの対応が可能となります。

次をお願いいたします。このシートは、原子力機構で現在進めております高温ガス炉関連の技術開発をまとめたものでございます。一番左側ですけれども、炉心冷却の喪失試験を含みます安全性実証試験を OECD/NEA、原子力エネルギー局ですけれども、こちらの国際プロジェクトとして進めてございます。こちらの図は、30% 出力状態から冷却材であるヘリウムガスの循環器を停止しまして、スクラムも入らない、こういった状況でも燃料温度は下がり安定することを示した試験結果でございます。100% 出力運転状態から同様の試験を行いまして、自己制御性に優れた固有の安全性の実証をさらに進めていきます。

また、水素製造に関しましては、原子炉の熱を利用するために水素製造施設とその接続が必要となりますけれども、その接続技術を開発するとともに、実用化に向けて安全確保の考え方、基準を策定する技術開発を進めてございます。

また、グリーン水素の製造法としましては、IS プロセス法と呼ばれる、高温と化学反応を利用しました製造法の開発を進めておりまして、実用工業材料で製作しました試験装置によりまして、150 時間連続水素製造の運転を達成してございます。

このような技術開発の成果に加えまして、HTTR は運転時の出口温度 950°C という世界記録も有していることから、高温ガス炉の技術は、現時点では世界のフロントランナーであると言えます。イギリスやポーランドからも注目されておりました、具体的な技術協力を検討してございます。

次をお願いいたします。高温ガス炉開発の取り組みでございますけれども、グリーン成長戦略の工程表に基づきまして、2030 年までに HTTR を用いて、固有の安全性の確証、熱利用のための炉と水素製造設備の接続技術の確立、そしてカーボンフリーの水素製造技術

の開発を進めまして、それ以降にそれぞれの要素を結合しまして、カーボンフリーの水素製造の実現につなげていくこととなります。課題としましては、やはり予算、そして人材の確保ということが大きな問題となります。

次をお願いいたします。次は高速炉技術開発についてです。こちらの図は、これまでの開発の経緯をまとめたものでございます。ご存じのとおり、原子炉の開発は、実験炉、原型炉、実証炉、そして実用炉というステップを踏みますけれども、実験炉「常陽」、原型炉「もんじゅ」建設運転、そして実証炉に向けたF a C Tプロジェクトというように進んでまいりましたけれども、東日本大震災のときにこのF a C Tが凍結ということになりました。その後、日仏、日米など国際協力によりまして、そのポテンシャルを維持してきました。新規制基準対応をめぐる「もんじゅ」の廃止措置が決定しましたけれども、その決定に合わせて高速炉の開発方針が示されまして、その後 2018 年には高速炉の戦略ロードマップが策定されております。

昨年、グリーン成長戦略、さらには第6次エネルギー計画におきまして高速炉の開発を着実に推進することが明記されております。これらの記載に基づきまして技術開発が展開されてございます。

次をお願いいたします。実験炉「常陽」につきましては現在、西側で唯一の高速炉となりますけれども、これまでに高速増殖炉としての基礎・基盤の技術を実証するとともに、照射炉としまして、燃料や材料の開発に貢献しております。特に福島第一発電所と同様の事故が仮に発生しましても、高い自然循環崩壊熱除去能力で原子炉が安全に冷やせるというのを「常陽」でしっかり実証したということは大きな実績でございます。

「もんじゅ」につきましては40%出力の運転を最後に、廃止措置が決まりましたけれども、それまでに設計・建設ノウハウ、高速増殖炉システムとしての発電の実証。そしてさまざまな評価手法の開発・確立など多くの成果を得ました。残念ながら長期運転による運転保守の合理化、それから経年劣化のデータの取得には至っておりません。これらの貴重なデータやノウハウは、ナレッジベースとしまして集積され、今後の革新炉の開発に活かされていくこととなります。

次をお願いいたします。こちらのシートは実証炉・実用炉に向けての技術開発の概要を示したものでございます。実証炉・実用炉に向けましては、高速炉サイクルの実用化研究「F a C T」と呼んでいますけれども、このプロジェクト、それから1F事故のあとは日仏A S T R I D協力、こういったものを通じまして研究活動を着実に進めてきてございま

す。1F事故のあとは特に安全性向上の技術開発に力点を置いた技術開発を進めておりまして、その成果をプラント設計技術に反映し、安全性と経済性を両立するプラント概念の構築を行っております。

また社会実装に不可欠な安全設計基準策定とその国際標準化を目指しまして、新型炉の開発国で構成されております第4世代炉国際フォーラム、「G I F」と称しますけれども、このフォーラムにおいて日本主導でSDCと呼ばれる安全設計基準を取りまとめるとともに、IAEAの基準としても採用されて国際標準化を達成すべく活動を進めております。

次をお願いいたします。燃料サイクルに関する技術開発の成果例を示したものでございます。原子力の利用を継続するためには、やはり放射性廃棄物の問題の解決が必須となります。そのためには高レベル廃棄物となりますマイナーアクチニド、MAとわれわれは称しますけれども、これを燃料サイクルの輪から出さない。すなわち使用済み燃料からMAを分離抽出しまして、再び燃料として高速炉で燃やすことが有効だと考えております。これを実証すべくSMARTサイクルと称した研究を進めております。ここでは「常陽」で照射した燃料からMAを分離しまして、これをMA含有のMOX燃料として再び「常陽」に装荷しまして燃焼させるものです。ここでは既に、2グラムではありますけれども世界最高レベルのMA回収を達成してございます。

次をお願いいたします。こちらは戦略ロードマップに記載されております高速炉開発の時間軸と、それから開発課題を示したものでございます。原子力機構におきましては、キーとなる要素技術開発、それから評価ツール・規格基準類の整備、そしてプラットフォーム機能としまして、各種試験インフラ等、試験技術の整備を進めております。

やはり課題としましては、限りあるリソースをいかに効果的に活用していくかということとあります。そのためには、開発対象をなるべく早いうちに絞り込んで示していく必要があるということ、また優秀な人材の確保、それから施設を含む技術維持・伝承、さらには規制の予見性の確保といったところが、やはり大きな課題として挙げられます。

次をお願いいたします。最後にまとめたいと思います。カーボンニュートラル達成やエネルギーセキュリティー確保には、電力供給に既に実績を有する原子力技術は現実的な選択肢です。次世代炉は再エネをサポートするとともに、産業、輸送部門のカーボンニュートラルにも貢献できる柔軟性を有していると思います。その原子力を維持して進める以上は、プルトニウム管理であるとか放射性廃棄物の減容・有害度低減、ウラン資源の飛躍的利用効率のアップ、これらを実現し、高い安全性を有する高速炉サイクル、すなわちク

ロードサイクルの実用化が不可欠と考えます。

技術レベルとしましては、高温ガス炉につきましては、水素製造技術とともに現在トップランナーでありまして、高速炉につきましては、ロシア、中国が実用化レベルに達しつつありますけれども、日本も実証レベルまで達成していると考えます。しかしながら、実用化に向けた計画の具体化が進んでいないということ、結果としてサプライチェーンの維持、それから優秀な人材の確保が非常に困難になりつつあります。技術レベルの維持・伝承が危ぶまれるところまで来ていると思います。

やはり実用化に向けた計画を具体化するとともに民間の投資環境を改善するためにも、次世代炉に対する安全規制、基準の構築、予見性の確保、そして国内開発や国外開発の参入に対する国の支援施策が重要と考えます。

私からの報告は以上となります。ありがとうございました。

○黒崎座長

ありがとうございました。それでは、続きまして資料8について三菱重工業原子力セグメント長の加藤様からご説明をお願いいたします。

○加藤三菱重工業常務執行役員原子力セグメント長

三菱重工の加藤でございます。どうぞよろしく申し上げます。

○黒崎座長

よろしく申し上げます。

○加藤三菱重工業常務執行役員原子力セグメント長

次のシートをお願いします。原子力はCO₂を出さない大規模安定電源であるということから、カーボンニュートラル達成に向けては必要な電源であるというふうに考えてございます。そういう考え方のもと、当社としての原子力事業の取り組みをこのシートにまとめてございます。

当社は既設プラントの再稼働の支援、それから再稼働後の安全安定運転の実現等、プラントの安全性向上に努めていくとともに燃料サイクルの確立に取り組んでいきたいと。さらに、世界最高水準の安全性を実現する次世代軽水炉の実用化で脱炭素社会の実現に貢献していくというのが基本的な考え方でございます。

下のほうに、短期、中期、長期ということで大まかな工程表をまとめてございますが、まず短期的には、何と言っても、早く再稼働させて安全安定運転を実現していく。さらに特定重大事故等対処施設の設置の推進、燃料サイクルの確立についても貢献していきたい。

その上で次世代軽水炉による発電分野のCO₂排出を大幅削減するというこで、2030年代半ばぐらいをめどに次世代軽水炉を市場投入するということを考えていきたい。中期的には多様化する社会ニーズに応じて小型炉、高温ガス炉、高速炉等の開発実用化を進めていく。長期的には、恒久的な夢のエネルギー源である核融合炉の実用化について世界先進7カ国と協調しながら開発を進めていきたいというふうなことで考えております。

次のシートをお願いします。本日は三菱の革新炉を中心にご説明したいと思います。当社が取り組んでいるのは上のほう、次世代軽水炉、小型軽水炉、これは小型、革新型の軽水炉についてでございます。下のほう、高温ガス炉、高速炉、マイクロ炉については軽水炉以外の方式ということで、将来炉として開発を進めているものでございます。以下、これらのものについて少し詳しくお話しさせていただきたいと考えます。

次のシートをお願いします。まず、革新型軽水炉についてでございますが、冒頭に言いましたようにカーボンニュートラル達成のためには将来にわたって原子力の活用が必須であろうと。そのためには、いつかはプラントの廃炉になりますので、それに耐え得るリプレース、あるいは新設ということも必要になるであろうと。そういう観点のもと、当社としては軽水炉の革新炉シリーズとして次世代軽水炉、その先に小型軽水炉ということで取り組んでいきたいというふうに考えております。

あと次世代軽水炉については、基本的にはプルーブナ技術をベースに、さらに追加としてさまざまな安全性向上対策を入れて、サプライチェーンを維持するためにも、次世代軽水炉を早く市場投入することを考えていきたい。そこで培った技術をベースに、将来の多様化するニーズに応じて分散化電源としての小型軽水炉についても取り組んでいるところでございます。

基本的な理念については右に書いてございますような、さらなる安全性の向上、カーボンフリー、大規模な電気を安定供給というキャッチフレーズでございます。

次のシートをお願いします。まず次世代軽水炉についてですが、ここにさまざまな安全性向上対策を記載してございます。大型航空機衝突対策であるとか耐震性、耐津波性の向上、そういったことに加えて、左側に書いてございます世界最新技術である放射性物質放出防止装置、熔融炉心対策等提供していきたい、安全性向上に努めていきたいと。右側の緑色で示してございますが、今後のエネルギーの多様化を考えると、やはり再生エネルギーとの共存というのも必要であるし、将来の水素社会に備えてカーボンフリー水素の供給ということについても挑んでいきたいというふうな考え方でございます。

次のシートをお願いします。安全性向上対策としては、主なところだけご説明いたしますが、左側に書いてございますように世界最新技術であるコアキャッチャーを設置して熔融炉心対策をより高度化する対応でやっていくと。さらに左下に書いてございます、これは世界初の当社の独自技術でございますが、放射性ガスの放出防止システムを採用して、ガス、放射性物質を敷地内にとどめるといふような対応を取るといふことを考えていきたい。右下でございますが、出力調整機能についても強化も図っていきたいと考えております。

簡単な表でまとめていますが、現状に比べてまいりますと、やはり、再エネが今後増えていくと。一方で、調整電源である火力はやはりCO₂を出す以上減っていくであろうと。そうなりますと、変動電源である再エネの変動分を吸収する調整機能を火力だけに頼るのではなく、原子力についてもそういう機能を付加して積極的に負荷調整を行うといふような技術も次世代軽水炉については提供していきたいといふふうに考えております。

次のシートをお願いします。こういった技術、技術開発、それからプラントの設計、建設を行うためには原子力の技術を支えるサプライチェーンの維持も極めて重要といふふうに考えております。震災以降、左下のグラフに書いてございますが、サプライヤーで原子力から撤退している会社もだんだん増えてきております。プラントメーカー3社のうち、原子力特有の技術を持って対応しているのが400社ありますが、それらのプラント、メーカーについても、少しずつ撤退といふような話も出てきております。

現状は撤退したメーカーについては、すぐさま代替メーカー等見つけるよう対応してございますが、右の工程にございますように、今、計画開始するとしても、実際サプライヤーに仕事が降りてくるのは6、7年後ということもありますので、そのサプライチェーンを維持する観点からは新設、あるいはリプレースについて明確なメッセージ等が必要になってくるのではないかといふふうに考えております。

次のシートをお願いします。次に小型炉についてもご説明申し上げます。下のほうの表に書いてございますが、一般的に小型炉というのは30万kW以下といふふうに言われていますが、若干その境界は少し曖昧になりつつありますけれども、右に行くほど中型炉、大型炉ということで出力は大きくなる。小型の場合は初期コストは当然安くなるといふような面もございますけれども、一方で、スケールメリットが小さいということから建設単価、発電単価が高くなる傾向があります。大規模グリッド、小規模グリッド、各々の状況に合わせて、大型炉、中型炉、あるいは小型炉を適用すると。そのためのラインナップをそろ

えるということで当社は取り組んでいるというふうなことでございます。

次のシートをお願いします。当社が取り組んでいる小型炉については、下の絵で書いてございますが、従来炉については原子炉容器と蒸気発生器、あるいはポンプ等を配管でつないでおりましたが、それを中央の絵にあるように、主機一体型にして配管自体をなくするというふうなコンセプトでございまして。したがって配管の破断による冷却材喪失事故等考慮する必要がないというところがメリットとなります。

また、工場等で一体物で製作できるというふうなところもメリットになると。そういった冷却材喪失事故を考慮しなくて良いというふうなことから、パッシブの安全系システムの適用も可能というふうな概念でございまして。

次のページをお願いします。この小型炉については、当社は 2001 年ぐらいから検討を進めてきてございます。福島事故のあと、いったん中断いたしました。経産省の N E X I P というプロジェクトの中で、革新炉を検討していくというふうな話が始まりまして、改めて、今の日本の新規制基準にマッチさせるということも考慮しながら、開発を続けてきているものです。基本的な左下に書いているような、自然循環の冷却試験、あるいはパッシブ安全系システムの検証試験、こういったところについては要素試験を終了して、フィージブルな技術であるということは確認できているものでございます。

次のシートをお願いします。次からは軽水炉以外の革新炉についてお話し申し上げます。先ほど大島さんのほうからも話したやつと少し被るところがございますけれども、高温ガス炉の核熱利用を特徴とした原子力エネルギーを高熱電源として利用するという発想でございまして。日本の高温ガス炉の技術は世界最高の 950℃も達成できるということで、他国に比べても優位な技術であると。

当社といたしましては、高温ガス炉の固有の安全性を最大限活用いたしまして、大量に安定的な水素を必要とする、例えば製鉄分野等に、高温ガス炉で作った水素を供給するというふうなコンセプトで検討を進めているものでございます。将来的には水素還元製鉄を実現するというふうな発想であります。

次のシートをお願いします。左下に書いてございますが、原子炉容器で出た熱を、中間熱交換器で高温に熱分解した状態で水素を製造するというふうなシステムで、今後 H T T R での水素製造実証試験等も今年度からスタートする予定になってございます。

右側に高温ガス炉のプラントの主要目と書いてございますが、例えば中国については高温の上限が 750℃ということで、当社 950℃。そうすると水素の発生量が 200℃の差で 2

倍近く差が出るということで、やはり高温状態をうまく活用して、大量に安定的に水素を作るということを考えていきたいというふうな状況でございます。

次のシートをお願いします。高速炉についても、先ほど JAEA さんからお話がございましたが、基本的に資源が少ない日本において、右側にご書いてございますような高レベル放射性廃棄物の減容化、あるいは有害度低減、そういった観点からも高速炉の活用は極めて重要であろうと。当社は高速炉開発の中核企業に選定されまして、MOX 燃料ナトリウム冷却高速炉の開発を進めているところでございます。

左側の工程にご書いてございますが、一昨年のロードマップで 21 世紀半ば、実証炉運転を開始というふうなことになって、それに向けて、概念設計とフランスとも協力しながら取り組んでいるところでございます。そういう状況で、米国のほうが、JAEA さん、あるいは三菱の技術に着目して、ビル・ゲイツさんが最大出資者の Terra Power 社と一緒に開発を検討していきたいというお話しいただきまして、今現在 Terra Power 社との間でも、どういうスキームで、何を一緒に開発するかということをお話しているところでございます。

次のシートをお願いします。ここについては、簡単に高速炉をまとめてございますが、当社対応しているのは、タンク型の高速炉ということを目指してございまして、経産省の NEXIP 事業の中において、ナノ粒子を分散させることによって、事故時等のナトリウム-水反応を抑制するというふうな新たな技術を開発中で、そういったものも実機に適用していきたいというふうに考えております。

次のシートをお願いします。それからマイクロ炉というものについても開発中でございます。これは離島、あるいは僻地、災害地用の、例えば非常用電源みたいなイメージで、多目的利用を可能とするコンテナにも収容可能なポータブルな原子炉というものについて開発中です。一部米国企業とも協調しながら開発を進めているものでございます。燃料交換不要で、長期間の遠隔自動運転、メンテナンスフリーを実現、それと水あるいはガスによる冷却等自体考慮する必要のない、全固体原子炉という従来にない全く新しい発想で、熱伝導で熱を伝えて発電するという技術でございますが、これらについても、今現在開発を進めているところであります。

次のシートをお願いします。以上、当社が検討してございます革新炉について、お話しいたしましたけれども、まとめのところ、冒頭にもお話ししましたが、原子力は、確立したカーボンフリーかつ大規模安定電源であると。安全性確保を大前提に、将来にわたっ

て活用が必須であろうというふうに考えております。国内プラントメーカーはビジネスパートナーとともに、叡智を結集して、今までプラントの高度な技術、品質を支えてまいりました。これは長期にわたって培ってきた日本にとっての貴重な財産であるというふうに考えております。裾野も広く、原子力や技術自給率維持の点からも重要であろうと。

こういったサプライチェーンを絶やさないためにも、将来にわたって原子力活用していくということで早期のプラントの新增設、リプレースが必要なのではなかろうかというふうに考えております。2050年のカーボンニュートラル達成に向けて、既設プラントの再稼働と特重、燃料サイクル確立と、そういったものに取り組むとともに、今日ご説明いたしました、さまざまな革新炉について、しっかり開発を進めていきたいというふうに考えております。

以上で私の説明を終わらせていただきます。

○黒崎座長

ありがとうございました。それでは続きまして、資料9について、日立製作所執行役常務原子力ビジネスユニットCEOの久米様よりご説明をお願いいたします。

○久米日立製作所執行役常務原子力ビジネスユニットCEO

日立で原子力事業を管掌しております久米です。よろしくお願いいたします。

○黒崎座長

よろしくお願いいたします。

○久米日立製作所執行役常務原子力ビジネスユニットCEO

新型炉の開発の取り組みについてご説明いたします。1ページをお願いいたします。本日は当社の考える原子力の未来と価値についてご説明させていただき、次に現状の課題について少し触れた上で最後にまとめと、そういう順番でご説明いたします。

2ページをお願いいたします。これまで大型炉ABWRを多数建設してきました。現在3基が建設中であり、中国電力殿の島根3号機、電源開発殿の大間1号機は、原子炉設置変更許可を申請し、地震・津波の審査中となっています。東電殿東通1号機については、計画段階から新規制基準に基づき、設計を検討しています。下段に示しましたとおり、新規制基準に基づいて安全性を強化し、事業者とともに建設を継続していきたいと考えております。

3ページをお願いします。原子力に期待される価値として、新型炉の開発を通してカーボンニュートラルに貢献する安定電源の供給、およびエネルギー自給率の向上に貢献して

いきたいと考えております。安定電源の供給としては、安全性向上を継続的に進めて大型炉を活用すると。これとともに多様な出力ニーズへの対応、それから廃炉後のリプレース、これへの適用を可能とする小型炉 BWR X-300 の開発を進めております。

エネルギー自給率の向上として高速中性子を活用することで、プルトニウムを効率的に燃焼し、プルトニウムの再利用を可能とする軽水冷却高速炉 RBWR、金属燃料ナトリウム冷却高速炉 PRISM の開発を進めております。なお、これらの高速炉開発においては長期間の管理が必要となる長半減期核種を燃焼し、有害度低減を図り、保管期間を短縮すること、これも合わせて検討しております。次ページ以降で開発中の 3 つの原子炉についてご説明いたします。

4 ページをお願いいたします。小型炉 BWR X-300 についてご説明します。電気出力 300MW、大型炉の約 4 分の 1 の出力の小型炉で、米国 GE 日立社と共同開発しております。隔離弁を原子炉と一体型にすることで冷却材喪失事故の影響を実質的に排除し、静的安全系により、電源、運転操作なしで、崩壊熱の除去が可能となる安全システム、これを採用しております。

これらの概念は、米国規制委員会 NRC の認可を受けております。また冷却材喪失材事故の影響を排除したことで建屋の小型化が可能となり、一般的に小型炉が大型炉に比べ不利となる経済性、これを向上しております。原子炉の大部分を地下に配置することで航空機衝突など外的事象への耐性を向上しています。

現在基本設計を GE 日立社と実施しております。この一環として、原子炉の重要技術である自然循環特性、これを当社の試験設備で実証し、北米での許認可に活用する、こういう計画でございます。

海外プロジェクトとしては、カナダの電力会社 OPG 社のダーリントンサイトで建設が計画されております。また米国 TVA 社からクリンチリバーサイトでの許認可、事業性評価を実施することが発表されております。このほか、ポーランド等の国での活用をご検討いただいているような状況です。

5 ページをお願いいたします。軽水冷却高速炉 RBWR についてご説明します。既存の BWR プラントを活用し、燃料と炉心の構造を変えることで、プルトニウムをわが国の資源としてより有効に活用し、合わせて長半減期核種を燃焼し、有害度低減を実現する原子炉として開発をしております。

開発は 2 段階に分けて進めております。まずは早期実用化を目指し、既設炉の燃料を四

角格子燃料と入れ替えRBWR化し、現行のMOX燃料、これよりもプルトニウムの利用量を向上します。次に、他の高速炉の実用化の状況を踏まえた上で、炉心の構造を六角格子として、プルトニウムの多重リサイクルと、長半減期核種の燃焼による有害度低減、これの実現を目指していきます。

6 ページをお願いいたします。金属燃料ナトリウム冷却高速炉PRISMについてご説明します。左の図にPRISMの標準的な原子炉モジュールを示します。自然循環の空気冷却によって崩壊熱除去が可能な安全システムを備えております。原子炉はタンク型で1次系の配管はなく、タンク内の中間熱交換器で2次系に伝熱します。この構造を採用することで冷却材喪失のリスクを低減できます。金属燃料を採用することで熱的な安全裕度が大きく、コンパクトな原子炉を実現しております。

PRISMは高速炉ですので、RBWRと同じく、プルトニウムの有効利用や長半減期核種の燃焼など、有害度低減が可能となります。米国GE日立社と開発を進めており、米国では政府支援によるデモンストレーションプログラムARDPに選定されたN a t r i u m、多目的試験炉VTRの炉心として採用されております。

7 ページをお願いいたします。以上のような新型炉の開発に加え、原子力の利用拡大として出力変動の大きい再生可能エネルギーに対する調整力を提供する負荷追従運転や、原子力発電所の電気と熱を活用した水素製造システムについても検討しております。また、電気系統の安定化について広域シミュレーターを製作し、原子力発電所稼働時、非稼働時の電力系統安定性を評価することで、原子力発電所が稼働することによる価値を評価いただけるような取り組みも進めてございます。

8 ページをお願いいたします。新型炉開発など原子力事業を進める上での課題についてご説明します。1つは人材の育成です。左上のグラフは当社の設計者のプラント建設経験の有無を年代別に示したものです。現時点で建設経験者が45歳以上となっており、経験を伝承する人材が高齢化し減少すること、若手が実務経験を得られないことが課題となっております。右上の図に示しますように安全対策工事のような改造案件だけでは、技術伝承機会として制約がございます。国内でのプラント建設の機会を継続的に作っていただくことで今後の原子力事業を牽引する若手を育成したいと考えております。

9 ページをお願いします。2つ目の課題はサプライチェーンの維持です。当社と原子力事業で取引があるサプライヤーの中から、原子力特有の対応が必要なサプライヤー約140社に原子力事業の継続を判断する際に考慮する影響要因や課題をアンケートで確認しまし

た。この結果を図に示しております。人員・設備を維持できる受注規模があること、継続的な受注があること、これらがないと技術伝承は困難であることが主要な要因として挙げられており、当社の人材育成と同様な課題を抱えていることが分かります。

10 ページをお願いします。まとめとして3点ご説明いたします。1つは原子力の役割の明確化、新規建設の方向性の議論により、事業予見性を向上し、既設炉、建設炉の有効活用を継続的に進め、これらの活動を通して技術の伝承や、サプライヤーを維持していくことが必要だと考えております。

次に新型炉、革新炉の開発力向上として、技術を実証する機会の創出が必要だと考えております。国際協調による開発や実証炉規模での開発への支援など、実現機会の創出をお願いしたいと思います。

最後に軽水炉活用を進めた上で、使用済み燃料を資源として活用し、エネルギー自給率を向上し、合わせて有害度低減技術による廃棄物処理の課題解決など、長期にわたる技術開発にご支援いただき、原子力の将来価値向上に努めたいと考えております。

以上でご説明を終了いたします。

○黒崎座長

ありがとうございました。それでは続きまして資料 10 について、東芝エネルギーシステムズ取締役薄井様より、ご説明をお願いいたします。

○薄井東芝エネルギーシステムズ取締役／原子力技師長

東芝エネルギーシステムズの薄井です。どうぞよろしくお願いいたします。

○黒崎座長

よろしくお願いいたします。

○薄井東芝エネルギーシステムズ取締役／原子力技師長

それでは説明いたします。東芝エネルギーシステムズの革新炉への取り組みについて説明いたします。本日は開発方針、それから各炉の追求について、それから非エネルギー分野への貢献などについて整理してお話しをいたします。

最初に開発方針です。こちらの絵は電力需給のイメージを示しております。電力市場における需給バランスへの対応として、やはりベースロード電源については大型の原子力が有効であろうと考えており、さらに電力の需給、電力の変動ですね、対応するためには、例えばここに書いてあるような高温ガス炉のようなものを活用して、蓄熱システムによる柔軟な対応により、再エネと共存するといったところを考えております。このような次世

代炉によりベースロード電源の確保、それから需給調整に対応するということを考えております。

それからもう1つは、産業セクターへのカーボンニュートラル、産業セクターのカーボンニュートラルへの貢献として、ここに書かれている3つの炉は、われわれが取り組んでいる、開発を進めてきている炉なんですけれども、マイクロ・リアクター、これはかなり小さいですが、高温の温度、熱を供給できるもの、それから先ほどの高温ガス炉、それから小型の高速炉。いずれももちろん発電はできるんですけれども、熱を供給することにより産業セクターやいろいろな貢献ができるのではないかというふうに考えております。

ちょっと戻りますが、本日はこの高温ガス炉と次世代の大型のBWRについて内容を説明させていただきます。まず大型の軽水炉について。われわれが目指すところのコンセプトは、緊急避難不要を実現するもの。過酷事故時でも、格納容器ベント不要を目指すといったコンセプトであります。

具体的には7日間のグレースピリオドを有しており、そのために二重円筒格納容器、それから静的安全系を採用するということです。

それからベースはABWRをベースにしておりまして、それに二重円筒格納容器とか、静的安全系を付加するというものでありまして、実績のあるABWRをベースにしておりますので、耐震性とか、実績のある工法を活用することができるものであると考えています。

それから高い経済性とありますが、こちらの航空機落下対策を格納容器に対して、これ航空機に耐えるようなものにすることで、特重施設をかなり合理化すると。大幅に合理化するといったことを目指しております。地域社会と共生し経済性に優れた革新的な安全炉を目指して今開発を進めております。ちなみに、名前はiB1350って名前を付けています。

静的安全系の概要について紹介します。二重円筒格納容器の部分を今示しておりますが、上部には水源を有しており、静的安全系のための水源です。左上はiPCCSですね。こちらは格納容器サブチャン冷却と水源です。右上に書いてあるのは、これはIsolation Condenserですね。原子炉を冷却するためのものです。それから下に、iCore Catcher、溶け落ちたデブリも自動で冷却するようなシステムを備えます。それから二重円筒格納容器の一次と二次の間のスペースですが、こちらには格納容器内蔵型のフィルターベントというものを設置しておりまして、この部分をOuter Wellと呼んでいますが、ここにFPを閉じ込めるといったコンセプトであります。大

規模な自然災害時、過酷事故時、炉心と格納容器を静的な安全系で、自動で冷却するというシステムを考えております。

それから要素技術ですが、これは i B 1350 の大型の軽水炉だけではなくて、いろんな原子炉に活用できるものなんです。炉心材料に SiC を採用して過酷事故時の水素発生を抑制するといったことでこの開発を進めています。特徴としてはもちろん水素発生を抑制するということと、それから中性子経済性向上と高燃焼度化により使用済燃料体数の低減を図ることができる。それから SiC は金属に比べて軽いので、炉心の大幅な軽量化ができるということで耐震性向上にも寄与するということです。現時点で、現在良好な材料・機械特性を確認しております。これから米国での照射試験にも参加していく予定であります。

次にもう 1 つの炉であります高温ガス炉になります。こちらのこれまでも皆さんお話されているとおり、耐熱性に優れたセラミック被覆燃料を用いて、燃料溶融がほとんどしないという。それから黒鉛の減速材による事故時の緩慢の温度操作、温度変化ですね。事故時の早急な対応がいない。それからもちろん水を使わないヘリウム冷却材。ヘリウムで冷却するというので燃料との化学反応が起きないといった優れた安全性を持っています。

それから高温の熱を発生するというので、発電はもちろん水素製造などにも活用できるということと、左下の図は、われわれは蓄熱タンク、熔融塩を用いた蓄熱タンクと組み合わせることで、出力変動、電力の需要の変動に柔軟に対応するといったことも考えております。以上、固有の安全性を有しているということと水素にも活用できると。水素社会との共生もできるというなど、多種多様な要求へ対応できるものとして開発を進めています。

それからこの高温ガス炉の燃料なんです、TRISO 燃料ですが、こちらわれわれの子会社である NFI、こちらが作った実績があります。この NFI によってこの高温ガス炉の燃料の製造実績を活用してより開発を進めることができるというふうに考えております。

それから先ほどの蓄熱槽を付けた高温ガス炉のシステムのイメージになります。原子炉の熱出力は一定で、蓄熱槽のところに熱を貯めるといったことで、必要なときに必要な電力を供給することができるということです。こちら他の発電方式でも実績のあるもので、実績のある 2 タンク構成というものを今、検討しております。

こちらは概念図、鳥瞰図になります。先ほどの原子炉、高温ガス炉の収まる原子炉建屋とタービン建屋、それから蓄熱槽はかなり大きなものになりますが、こういったものを今、検討をしております。

続きまして、水素製造です。原子力の熱の利用、直接、間接の利用により効率よく水素製造するといったことができると考えております。高温ガス炉の場合、非常に高温の700℃を超えるような熱を使うので、効率よく水素を作ることができます。われわれのSOEC水素製造システムというものを、開発を別にしておりまして、これの実証に向けた開発を推進していきたいというふうに考えております。

続きまして、この非エネルギー分野への原子力の技術の貢献ということで1つ、一例だけですけれども紹介いたします。こちらは超電導ソレノイドコイル、検出用のものなんです。原子力で培った精密加工技術や溶接技術などの活用によりこのヒッグス粒子のための、貢献のためのコイルですね。こういったものを供給させていただいております。ほかにもわれわれの原子力で培った技術の活用ができるものがあれば積極的に対応していきたいと思っております。

最後になります。まとめですが、大容量電力の安定供給、それからカーボンニュートラルに貢献する柔軟性の高いプラントを提供することを目指していきたいと考えています。

i B 1350 は大型の軽水炉、安全性の高い大型の軽水炉ということで、大規模電源を安価、安全に供給。高温ガス炉のほうは、水素製造、蓄熱による出力調整などさまざまな活用の仕方を考えていきたいと。それから今日は紹介しませんでしたけれども、小型炉です。超小型炉であるMoveLuxとか、高速炉4S、こちらもさまざまな産業セクターへ熱の利用についても活用する方法があるんじゃないかというふうに考えています。

それからもう1つは先ほどの水素の話ですけれども、高温水蒸気電解、SOECです。この技術開発を進めて高温ガス炉などとの、高温の熱源との組み合わせによる高効率の水素製造システム、こういったものも開発を進め、産業分野全体のカーボンニュートラルに貢献していきたいというふうに考えております。

以上で終了です。ご清聴ありがとうございました。

○黒崎座長

ありがとうございました。それではこれから自由討論および質疑応答に移らせていただきます。ご発言もしくはご質問をご希望される場合は、オンライン会議システムの手を挙げる機能にて発言表明していただくようお願いいたします。順次こちらから指名させてい

たきます。

なお、ご発言時間に関しましてですけれども、少し時間が押しております、最大お一人様4分ということでお願いいたします。あと時間の目安としましては、3分が経過しました段階と、4分が経過しました段階で、チャットボックスでお知らせをいたします。それと専門委員の方もご発言のご希望があれば、お時間許す限りご発言いただければと思っています。全部で13人、4分だと52分になってしまいますので本当に端的にお願いしたいと思っています。ひととおり皆さまからのご意見をお伺いした上で、もし時間に余裕があれば事務局からのコメントや希望がある場合の再度のご発言をいただきたいというふうに思っております。

では、まず遠藤先生お願いいたします。

○遠藤委員

本日のテーマは革新炉の社会的価値とのことですが、原子炉オペレータおよび原子炉部品メーカーというのは民間企業でありますため、民間企業が経済価値を創出することがまず大前提であって、それを受けて、政策議論においては民間企業の事業予見性を確保するための制度設計が大きな検討課題になると思っております。原子炉関連技術にも当然イノベーションが期待されるわけであり、実際に起きているということが各社のプレゼンテーションでよく理解できました。

米国を中心に西側諸国の革新炉開発に対する政策支援などを見てみると、既存炉における中露の寡占状態を転換するために革新炉を通じて新しいビジネスモデルの確立を図っていると考えざるを得ません。米国政策に関わった有識者のヒアリング調査でも、その戦略性を明かしてくださいませ。

日本政府が革新炉において民間企業をサポートする場合、何のために日本の政府として革新炉を必要とするのか明確な提起が必要であるというふうに思います。まず民間の経済価値を考えた場合、巨大なイニシャルコストを軽減するための投資採算性を検討した結果、小型化、モジュール化が必要であるということ。安全性を担保することによって社会的コストの軽減が必要であるということです。それが2点目ですね。

第1点目については、具体的にはイギリスで導入が検討されている早期投資回収モデル、RABモデルが、日本においても大いに検討に値すると思っております。2点目の社会的コストについては、安全性向上について事業者が運用責任を持つことと同時に、UPZの設定など規制当局との連携が欠かせないことは、これは小委員会でも繰り返し申し上げてい

るところでございます。

そもそも、エネルギー基本計画もしくはそれに類する諸政策の閣議決定において、リプレースが明記されなければ、原子炉関連産業は衰退、もっと言えば消滅を余儀なくされるわけです。次のリプレースは当然現行炉と異なる次世代炉と考えるべきであると思うのですが、まだ小型モジュール炉が日本に導入されるまでには、現行炉の適合審査の長期化、地元同意の難易度などを考えれば現実的にまだまだ時間を要すると思います。米国との連携を深めてグローバル市場の開拓においてまずは実績を上げられるように、民間の企業の皆さまの活力、政府の支援に期待をしたいところでございます。

1点最後に、今後のワーキンググループの議論のあり方において、東芝薄井様のほうからご提示があったのですが、小型炉の燃料についても議論を深めるべきであると考えております。

私のほうからは以上です。

○黒崎座長

遠藤委員、どうもありがとうございました。ほかに、先生方いかがでしょうか。それでは斉藤先生、よろしく願いいたします。

○斉藤委員

ご説明ありがとうございました。東京大学の斉藤です。私から全体に関わることを1点と、2点目はちょっと論点をもう少し明確化したほうがいいという点についてお話をさせていただきたいと思います。

まず1点目の全体に関わる場所として、本日は初回ということもあって、特に事務局のご説明資料は総論的に革新炉でこういったことができますよというところだったかと思えます。ただ、その反面ちょっと異なる革新炉の炉型ごとに何が得意で何が苦手かということは非常に見えにくくなっていた感じがあります。必ずしも全ての革新炉と言われていたもので、全てのものがカバーできるわけでは当然ないですし、得意、不得意あると思えます。ですので、2回目、3回目以降は、そういったところを少しちょっと比較できるような資料構成と言いますか、工夫があってもいいかなと思います。

例えば安全性に関して言えば、原子力エネルギーシステム全体に共通する部分と炉固有の部分というのが明確に分かれておりますし、水素製造に関しても電気分解でやるのか、それであればどのシステムでもできますし、例えばISとか高温熱利用を考えているのか、それによっても変わると思えます。そういったところがやはりもうちょっと分けられてく

ると、リソースをどうこれから分配していくのかという議論が深まっていくんじゃないかと思いました。

それと関連して革新炉をどう定義するのかというのは、人によってかなり違うところだと思います。本日事務局資料の 78 ページですか、こういった中で革新炉ってこういうものですよという定義がありました。当然革新的な設計を入れた軽水炉を革新炉と呼ぶというのはもちろんあると思います。ただ個人には、軽水炉型とそうでないものというのは少し分けて考えていったほうがいいんじゃないのかなという気がします。

というのは、先ほど遠藤委員からもお話もありましたとおり、開発のリードタイムを考えたときに、軽水炉型というのは、次期に入れられる炉としての当然ポテンシャルを持っていますし、既にビジネスとして走っている部分もあると思います。一方、本日も出ましたが、ガス炉や高速炉というのは、より付加価値を備えた炉という見方もできますので、この辺をどう考えてくのかというのはある程度切り分けが必要かなというふうに感じました。

続いて2点目なんですが、特に論点です。恐らく次回の委員会のところで、ワーキングのところで少し議論になるようですが、廃棄物の話。本日は少し出ました。あるいはもうちょっと広く取ると、サイクルとの接続性というのはあまり具体的に今まで議論されてないような気もします。先ほどの話にもありましたとおり、燃料の話ですね。低濃縮のままいけるのか、そうじゃないのか、あるいはTRISOのような材料を使う必要があるのかという、その燃料供給の話ですとか、あるいは廃棄物。本日の資料だと、かなり廃炉の有害度がかなり低減されるという話で、それ自体を否定するものではないんですが、当然それには前提条件ございますし、さまざまな二次廃棄物も発生します。あるいはその炉自体の廃止措置のしやすさ・しにくさなんかもあると思いますので、やはり原子力の持続性というのを考えたときに、サイクル全体の中での位置付けというのをやはり論点にしていただけるといいのかなというふうに感じております。

私からは以上です。

○黒崎座長

どうもありがとうございました。それでは、続きまして松久保委員よろしくお願いたします。

○松久保委員

ありがとうございます。私のほうから4点お話しさせていただきたいと思います。まず

時間軸とインパクトの観点からです。日本では、温室効果ガス排出量について 2030 年に少なくとも 46%削減。2050 年にはカーボンニュートラルという目標を掲げています。この時間軸で革新炉が一体どういう役割を果たすのかというところが非常に疑問だと思っています。諸外国の状況を考えると、2030 年時点で考えれば、革新炉はほぼ何の役に立たない、貢献しないということは明らかだと思います。また小型炉は、一応 30 万 kW 以下というふうにされていますけれども、日本国内で考えたときに 2050 年時点で、これを一体何基建設できるのかというところも冷静に見るべきだと思います。

日本国内の原発の歴史振り返ると、1980 年以降で浮上した原発建設計画で稼働に至っているものは存在しないわけです。2050 年時点での新規立地もあり得ないということを前提に考えるべきだと思います。既存サイトに増設するとしても最大限楽観的に見ても数基程度というふうなレベル感だと思います。

革新炉開発について各国ともかなり多くの炉型が提案されています。熟度もかなりの差があるということもご指摘があったとおりに思います。例えば高速炉に関して、日本は長年多額の研究開発費をつぎ込んできましたけれども、実用化 2050 年ごろと。今日の発表でもありましたけれども 2050 年以降という話になっています。過去の経緯を鑑みれば、これも疑わしいと言わざるを得ないと思いますが、仮に高速炉が 2050 年に実用化できたとして、この時点で高速炉を実用化する意味がカーボンニュートラルという観点においてどこにあるのか理解ができないというふうに思います。

また水素についても、高温ガスを安価に製造できるというご説明いただきました。可能性があるという話を説明いただきました。ですが、実証できたとして、例えば出力 60 万 kW の高温ガス炉 1 基当たりの水素製造量って一体何トンぐらいだというふうになるかという、だいたい 2 万トン以下だというふうに思います。2050 年段階で予想される水素需要量が 2,000 万トンというふうになっていますけれども、これは社会的なインパクトというふうなことを考えれば、非常に微量としか言わざるを得ない。技術的にできるということと社会的なインパクトというところを全く別の問題だというふうに考えるべきだと思います。

カーボンニュートラルのためにあらゆる選択肢を考えるという話をしましても、ごくごくわずかの貢献度の電源に対して巨額の補助を与えるということは合理的な政策とは言えないというふうに思います。どの程度の貢献ができるのかというのは、国が根拠を持ってきちんと示すべきところだというふうに思います。

2点目は、海外市場についてです。海外展開について、革新炉、小型炉を開発している国々が当然各国ともに国産化率を上げたいということを考えているわけです。ご説明にあったとおり中国なんかでも国産化率が上がっているというふうなことを指摘されています。一方、SMRの多くは大量生産を前提にしている、その大量生産とコスト削減の観点から多くのパーツはコモディティ化、一般化していくということが前提になるわけです。

こうした中で、日本の強みとしてうたわれていた大型軽水炉向け技術がどの程度求められているのかというところを、もうちょっときちんと見るべきだというふうに思います。原発輸出を推し進めたときに先進的な日本の軽水炉技術を海外展開するなどというふうに主張されていたわけですがけれども、相当国が力を入れて原発のパッケージ数を試みたにもかかわらず失敗してきたわけです。で、パーツの輸出にせよ、事業者の支援ではなくて、もう少し客観的な市場分析が必要だというふうに思います。

3点目は、コストの観点です。原子力の民生利用開始当初は原発の導入によって将来電気代を計算する必要がなくなるぐらい安くなるというふうに主張されていきました。でも実際には原発のコストは上昇の一途をたどってきたわけです。革新炉についても企業側は習熟によって、他電源と競争的な価格まで下げられるというふうに言っているわけですがけれども、現実にそうなるのか定かではないわけです。

例えば革新炉の売りであるところのモジュール工法というものの、ウェスティングハウスのAP1000でもこれは売りだったんですけれども、生産されたモジュールの品質が悪かった結果として、むしろコスト増の要因になってしまった。ウェスティングハウス規模のメーカーでさえそうだったというところは、革新炉メーカーの見解というところをもう少し客観的に見る必要があるということの根拠の1つになるんじゃないかなというふうに思います。

4点目に核セキュリティーの問題です。国際法上、原発、一定の例外があるものを攻撃対象としてはならないということになってはいますがけれども、今回、ロシアのウクライナ侵攻では、民生の原子力施設が攻撃対象になりました。これまでもイスラエルがイラクやシリアの研究炉を攻撃したわけです。大型小型問わずに原子炉は攻撃のターゲットになり得るということが現状だと思います。

そういった現状で懸念されるのは核物質の防護、また、原発攻撃されたりすると。ウクライナで起きているように原発が占領されてしまうということも問題だというふうに思います。これは、どこまで原発のセキュリティーに費用をかけるのかという話になってくる

わけだと思えます。そのコストを誰が払うのかというところも非常に重要な問題になります。

例えばウクライナでは、国営企業が原発を保有しているわけです。警備も国家警備隊という準軍事組織が警備を行っていたわけです。日本の原発は民間の電力会社を保有しているわけですね。そのセキュリティコストに関しては当然、複数ある電源の中からあえて原発を選択している民間企業が負担するべきだというふうに思います。今回の経産省の資料の43ページに、小型分散型・可搬型電源としての活用という可能性が指摘されています。ですが、分散して各地に小型モジュール炉が散らばっているという状況が、本当にリアリティーのある選択肢なのかというところを、今回のウクライナ侵攻で改めて検討する必要があるんじゃないかというふうに思います。

○黒崎座長

松久保さん、すみません。4分経過しているので、そろそろ切り上げていただきたいと。

○松久保委員

すみません。分かりました。以上になります。

あと、1点だけ追加させてください。斉藤委員がご指摘されていたんですけども、サイクル全体の持続性については私も改めて検討すべき課題ではないかというふうに思います。以上になります。

○黒崎座長

ありがとうございました。それでは、続きまして小野委員、よろしく願いいたします。

○小野委員

近年の社会動向を踏まえた革新炉開発の可能性および貢献のあり方について整理いただき感謝します。エネルギー安全保障の強化や、2050年カーボンニュートラルの実現に向けて、原子力にはさまざまな強い期待が寄せられています。本ワーキンググループにおいて、原子力が追及すべき新たな社会的価値を再定義すべく議論を開始することは、時宜を得ており歓迎します。

革新炉開発に求められる価値の評価軸に関して、スライド85に革新技術開発における評価基準が列記されております。必要なキーワードはそろっていますが、スライド86に提起されているプライオリティーやタイムラインは考えていく必要があります。

例えば安全性に対する懸念を払拭することが、わが国のこれからの原子力の活用に向けて、鍵となることを踏まえれば、安全性の確保・向上は最も重要な評価項目となるのでは

ないでしょうか。また今後の廃炉を円滑に進める観点からは、放射性廃棄物の最終処分を含むバックエンドへの対応も重要な評価軸と考えます。これらは一見地味な開発テーマかもしれませんが、わが国にとってのプライオリティーは相当高いと考えます。また、安全性やバックエンドは既に日本が直面しているニーズであり、スピード感を持った取り組みが必要だと思えます。

加えて、再生可能エネルギーの補完や水素社会への貢献などは、従来になかった原子力の新たな価値であると考えます。とりわけ産業界としては、電力分野での原子力の貢献はもとより水素製造に関わる役割を大いに期待しています。この点、高温ガス炉や核融合はHTTRやITERで開発の時間軸は異なるものの、わが国に技術的な優位性があると認識しており、着実に取り組みを前進させていただきたいと思えます。

最後に、本ワーキンググループの管轄ではないかもしれませんが、スライド 11 に示された将来の火力発電設備容量を見て、強い危機感を覚えました。資料を見ると、2050年には石炭火力とガス火力を合わせて設備容量が50GWを切る見通しですが、仮に既設原子力の20年間の運転延長があった場合の数字を足しても、70GW程度にしかありません。これでは、スライド7に示された将来の電力需要を賄えるとはとても思えません。もちろん再エネの拡大余地はありますが、最近の需給ひっ迫の実態を見ても、安定電源である火力や原子力が相当規模なければ電力の安定供給を担保できないことは明らかです。将来の電力の安定供給確保の観点からも、革新炉が早期に実装されることを期待します。

○黒崎座長

どうもありがとうございます。それでは、次は山口先生、よろしく願いいたします。

○山口委員

どうもありがとうございます。今日のテーマとして、原子力のポテンシャルが何があるのかと。それから日本はどのような社会を目指していくのかという観点で、革新炉のことを少し考えてみたいと思えます。

恐らく日本の目指す姿というのは、日本の産業構造から言えば安定的に安価なエネルギーを供給できるということ。まずこれが1つですね。それからエネルギー基本計画の中では技術自給率ということが書かれていて、エネルギー産業を育てて技術の自給率を高めていくと。これが2つ目だと思います。3つ目に、こういった姿が長期的にわたって実現できるよう持続性を与えてあげること。この3つなんだと思えます。

まず、安定的に安価なエネルギーを供給するということは、今の軽水炉をしっかり再

稼働して実現できるというところだと思います。それから技術の自給率というところでは、やはりサプライチェーンの維持ですとか、あるいは雇用ですね。実はOECDの評価でも、原子力発電所1基があると、プラントライフサイクルで20万人年の雇用を生むと。直接雇用、間接雇用含めるとですね。そういうふうに言われているわけですし、これはやはりリプレースをしていくということによって、エネルギー産業が育ち技術持久力が高まりということになると思います。

しかしながら、3点目ですね。これは長期にわたって実現していった持続性をもたらすということ、それを脱炭素と両立させるということは、それほどやさしいことではなくて、現実には化石燃料を日本は16兆円以上輸入しているわけですし、昨今ウランの値段も毎年のように倍倍と上がっていった、今はもう60ドルを超えていて、たぶん1990年ぐらいの一番高いころの水準にもう近づきつつあるような状況だと思います。そういった中で軽水炉は発電ということで、力学的なエネルギーを使って発電をしていた。

ところが今、新しいパラダイムで革新炉を使うとその熱のエネルギーを使って水素を取り出して、あるいは熱供給をして、そういう使い方が出てきたわけです。さらに言えば中性子をもっと使えと。これがまさに高速炉なわけですが、それが燃料を増殖したり高レベル廃棄物を減容したり、あるいはアクチニウムのような医療用のRIを作ることによって持続性のある社会、クオリティ・オブ・ライフを向上させるということが出来る。ですから、そういう姿という位置付けで革新炉をちゃんと見ていくべきであるというふうに思います。

以上になります。

○黒崎座長

どうもありがとうございました。それでは、続きまして永井委員、よろしくお願いいたします。

○永井委員

どうもありがとうございます。電力中央研究所の永井です。私のほうからは、今後ワーキンググループで議論していただきたい3つの論点について述べたいと思います。

まず、1点目は、革新炉開発の時間軸についてです。2020年10月に政府が宣言を行って以来、社会的な要請が高まっているのは2050年カーボンニュートラルの実現だと感じております。本日の発表でもありましたように、将来的にはさまざまな炉型が社会的な要請に応える可能性を秘めていると思います。しかし、技術開発は不確実性を伴うことを考

慮すると、2050年という時間軸において貢献が可能な炉型というのは、限られてしまいます。

電中研が昨年度の基本政策分科会で発表した、ネットゼロ実現に向けた再エネ導入シナリオの推計結果では、地域住民や農業などの重要性を考慮した場合に期待できる再エネの発電量というのは6,500億kWhぐらいとなっております。その一方で、2050年の国内電力需要は、多くの研究機関等から発表されている数値を見ると、1.3兆kWhを超える推計となっております。2050年までに期待される脱炭素電源の拡大に向けて、どの炉型がどの程度貢献できるかということも念頭に置きながら、革新炉開発について議論を進めることが必要だと考えております。

第2の点はカーボンニュートラル社会における革新炉のビジョンについてです。グリーン成長戦略において、日本政府は原子力産業を重点分野に指定して、6つの炉型については今後の取り組みという形で開発計画について一定の方向性を示しております。しかし、持続的に活用していく原子力の必要な規模などの具体的な設定は行われておらず、予見性を高め事業者が投資に踏み込むような環境整備としてはまだ不十分な側面があります。

本日、事務局のほうからの紹介された、米国や英国を見てみると、国が既存炉を含む原子力技術に対して戦略を立てて、それに基づく形で予算、法律面などの環境整備を進めております。また原子力技術の開発に対して国が支援を行うという場合であれば、国民に対して、その支援が長期的に国の目標と整合が取れており、公益性が高いということを示すことも重要になります。事業者が革新炉を含む原子力に対して投資を行うためにも、技術開発支援に対する国民の理解を得るためにも、長期的なビジョンと具体的な目標の設定は、革新炉開発について議論を進める中で重要な課題だと感じております。

3つ目の点は、原子力の社会的価値についてです。本ワーキンググループでは、原子力発電の新たな社会的価値を再定義するということが求められております。本日の革新炉開発における価値の紹介では供給側、特に革新炉からの価値観が主に取り上げられておりました。しかし、同じ価値を供給できる競合技術も開発が進められており、実際に社会貢献がどうつながるかというところに対しては、他の選択肢も比較しながら検討することが必要になります。LCOEなど、技術単体の評価だけでは、システムとして価値評価ができないというのと同じで、革新炉以外の選択肢による貢献の可能性も踏まえた上で社会的価値を考えていきたいと考えております。

また、将来目指す社会における価値を評価するためには、その社会におけるニーズに

についても検討する必要があります。革新炉から製造された水素や熱が、需要の場所や熱需要の温度帯なども考慮した上で、どの程度有効活用が見込めるのかなど、需要側の話も含めた上で社会的価値を考慮した議論が進むことを期待しております。

私のほうからは以上になります。

○黒崎座長

ありがとうございました。今のところ6名の委員からいろんなご意見をいただいて、ちょうど半分ぐらいということになっておりまして、さまざまご意見いただきましてどうもありがとうございます。それでは引き続きまして、次は田村委員です。よろしくお願いいたします。

○田村委員

ありがとうございます。まず最初にですけれども、今回ワーキングの中で、エネ庁さんからお示しされている資料のほうで、革新炉の定義付けがありました。これに関しまして、定義の内容についてはさまざまご意見があるかもしれませんが、世の中に対して発信していくということは重要であろうというふうに認識しております。

次に、評価基準に関して2点コメントいたします。革新炉という話でもございますので、技術の成熟度というところに関しましては、今までやってきた研究開発による技術成熟度が高いかどうかということのみならず、これからいつまでにどれくらいの費用をかけると実用化まで進めるのかと。こういったことを踏まえまして将来の技術の成熟度合、こういったことを考えた総合判断ではないかなというふうに思っております。

また、評価基準に関する2つ目のコメントといたしましては、日立製作所様が今回ご用意された資料にも、サプライヤーさんのアンケートございました。その中で、人員や設備を維持できる事業規模があるということは、事業者の原子力事業の継続において不可欠な要素であるということがお示しあったかと思えます。それだけに、やはり評価基準における市場性という話に関して申し上げますと、世界の市場規模ということが含まれているのではないかなというふうに思っております。

一方で、技術開発をされる、本日プレゼンをされていらっしゃるような企業の皆さまからしてみれば、事業継続に必要な不可欠な市場規模というものが、それぞれお考えあるのではないかなと思っております。世界の革新炉市場の何パーセントぐらいを日本企業が取ることを目標とするのか。そしてその市場規模を獲得する蓋然性を示すということのために、革新炉間のコンセプトの比較であったりですか、または同じ炉型内では各企業間の比較

であったりですとか、そういった競争力の分析というものを実施する必要があるのではないかと考えております。

最後にですけれども、原子力による産業界への熱源供給、水素供給という話に関しまして、大変興味深く拝見いたしました。資料の 49 ページ目に記載されているような、鉄鋼業務系の高炉 1 基の必要な水素ということになりますと、高温ガス炉であれば、太陽光の 1,600 分の 1 の敷地面積で足りるというところまでございまして、日本のような資源国でもなく、また国土も狭く、再エネ資源にも恵まれないというような国にとっては、電力のみならず、社会全体のカーボンニュートラルに向けて、こういったことが現実的な策なのかということを考える上で、こうした示し方というのは非常に分かりやすいのではないかと考えております。今後革新炉の認知度を高めるためにも、安全性の訴求も合わせて誰が見ても分かる資料というものの提示を今後もお願いしたいと思っております。

以上です。

○黒崎座長

どうもありがとうございました。それでは、次は小伊藤委員です。小伊藤委員、よろしくをお願いいたします。

○小伊藤委員

座長、ありがとうございます。原子力機構の小伊藤でございます。私からは安全性についてご意見申し上げたいと思っております。

これまで、わが国においては、原子力平和利用の 3 S、皆さまご存じのとおり、セーフティー、セーフガード、セキュリティー、これらのもとに、特に最初の S、事故を防止するというセーフティーに重きが置かれてきたと思っております。このセーフティーというのは、今後も変わらず重要ですが、ロシアのウクライナ侵攻に伴うサボリージャ原子力発電所への攻撃を目の当たりにした今、やはりセキュリティーとリスクというものへの意識が高まっているのではないかと、この原子力安全というものについて、価値観のパラダイムシフトが起きていると言えるのではないかとこのように思います。

そのため革新炉開発に際しましては、リスクをも前提といたしまして、セーフティーのみならず、先ほど説明資料の中にもございましたけれども、外部ハザードへのセキュリティーにもウェイトを置きつつ、例えば 3 S R と言ったようなもののもと、地政学的リスクをも克服するような革新的な安全というものを考えることが求められているのではないかと考えております。

また、技術的にゼロリスクにできないということについては、リスクを軽減するような制度や方策というのを合わせて検討することが重要だと考えます。制度につきましては、例えばサボリージャ原子力発電所への武力攻撃以降、わが国では原子力発電所へ武力攻撃を受けた際には、自衛隊を活用するというようなことが話題に上っていますけれども、ほかにも国際的なタスクフォースを作るですとか、基金を作るという選択肢もあるでしょうし、今後検討していく意義があるのではないかというふうに思います。

最後に、なぜ革新炉を開発しなければならないのか、そしてそれを国が支援すべきなのかというのは、原子力小委員会のほうでもコメントがあったというご紹介がございましたけれども、その答えというのは1つではないと思うんですけれども、少なくとも市場のシェアですとか、グローバルサプライチェーンに変化をもたらして、われわれが今日まで共有してきた、例えば核不拡散の規範ですとか、そういった価値観の変化をも促し得るのがこの革新炉なのではないかというふうに思います。その結果、国際的な原子力ガバナンスを変え得るものになるという可能性を秘めているのではないかと思いますので、こうした認識を共有して検討を今後進めていく必要があるのではないかというふうに思います。

私からは以上です。

○黒崎座長

どうもありがとうございました。それでは続きまして、中熊専門委員、ご発言よろしくお願いたします。

○中熊専門委員

ありがとうございます。電事連の中熊でございます。事業者目線で発言させていただきたいと思います。

いろんなところで議論されていますけれども、わが国のエネルギーのあり方というのを検討していくにあたっては、やはりSプラス3Eという観点は非常に重要だと考えておりました。原子力技術というのは、エネルギー安全保障だけでなく電源の脱炭素化への貢献ですとか、カーボンニュートラルの実現に向けてさまざまな社会ニーズに対応し得るポテンシャルを有していると考えてございます。将来にわたってこの原子力技術を持続的に活用していくことが重要であると考えておりました。そういった意味でも革新炉の開発にあたっては、社会実装という現実的な目線というのをしっかり持ちながら前に進めていくことが大事だというふうに考えてございます。

エネ庁さんの資料の85、86に評価基準の議論ありましたけれども、やはりわれわれ事

業者目線で申し上げても、第一には安全性の担保というところが一番大きな評価軸になるんだらうというふうに考えてございます。加えて、これと並んで事業の予見性といったところが重要だというふうに考えてございまして、事業の予見性を確認していくには、技術成立性、それから今後その炉型ごとに規制要求、どのような規制要求があるのかといった見定め、そういったことを経て、確度良く経済性が評価できなければいけないというふうに考えてございます。加えて、投資回収の担保という観点も非常に重要だというふうに考えてございます。さらには、建設、運転していく上ではやはりサプライチェーンというのが重要でございますので、国内の産業基盤という視点も重要な評価軸だというふうに考えてございます。

こういったことを総合的に評価いたしまして、社会実装していくにふさわしい炉型が選ばれていく仕組みというのが重要でございますけれども、その際には炉型によって、その導入判断が可能となる時期というのはさまざまだと思っておりますので、そういった時間軸というのは意識することが重要だと思っております。

私どもは今、発電所では軽水炉を運営してございますけれども、この既設の軽水炉も、福島第一の事故の反省を踏まえまして、安全性の向上を一生懸命図っているところでございます。こういった取り組みの延長線上で開発される炉型というのは、われわれユーザーの立場からいたしますと、規制ですとか経済性の予見性は他の炉型に比べて非常に大きいというふうに考えてございますので、先ほどの資料の 82 ページですか、オランダの事例もご紹介ありましたけれども、こういうのはそういう予見性の大きさを踏まえて判断をされたというふうに受け止めてございます。

また一方、革新炉の開発という観点では、その価値という意味では発電だけではないというふうに考えてございまして、85 ページの評価基準にも書いていただいておりますけれども、放射性廃棄物の減容・有害度低減といった、その炉の持つ固有の優位性をきちんと評価することも大事だというふうに考えてございます。足元では予見性が比較的高くないというものであっても、その技術が成熟すること、あるいは社会実装されることで、他に代え難い価値を生むようなものに関しましては長期的な目線で評価していく必要があるかなというふうに考えてございます。

いずれにいたしましても技術自給率が高いという日本の持つ強みを維持しながら、産業基盤を毀損することなく、さらに発展していくよう時間軸を意識しながら評価がなされることを期待いたします。

以上でございます。

○黒崎座長

どうもありがとうございました。ありがとうございます。それでは高木利恵子委員ですか。ご発言よろしく申し上げます。

○高木利恵子委員

ありがとうございます。高木のほうから少し視点が変わるんですけども、立地地域との関係性といったところから申し上げたいと思います。

本日はカーボンニュートラル実現に向けた社会全体の変革に対して原子力発電が果たせる役割というのを示していただいたんではないかと思います。ご説明いただいた内容から炉型によるものもありますが、負荷追従とか水素製造、廃棄物減容といったような革新炉としての特性。それから災害時のレジリエンスとかサプライチェーンの国産率といったような原子力発電としての特性と、そういうのがあるということ。そして革新炉というのは、原子力発電としての1つの将来の形であって、技術面では革新的な進化があるものの、ベースは今の原子力発電であり、その延長に革新炉があるというふうに理解いたしました。

立地地域からしますと、これからの原子力発電というのがこのようなさまざまな役割を担うようになって、安全性が高くなるといったことは、それに越したことはないわけで、特に安全性の向上については大前提であり、当たり前だとしてお願いしたいことだと思います。その上で将来的に革新炉を導入していくに当たり、立地地域に受け入れられるにはともに歩む、ともに成長するという、姿勢も大事だと思いますので、それについて2点申し上げます。

1つは原子力小委員会ですとか本日の他の委員の意見とも重複するんですけども、今ある技術を守るということ。再稼働の遅れ、廃炉などから運転しているプラントの数が減ってきて、事業者だけでなく今までそれを支えてきた地元企業の技術力の継承も厳しい環境にあるというのは皆さまご指摘されているとおりにかと思えます。地元企業というのは国産技術力の下支えであり、その技術力の維持・向上というのも日々の積み重ねでありますので、将来の革新炉導入に備えた素地づくりとしても途切れないだけではなく、リプレースや新設などを含めた新たな経験の蓄積というのが重要になると考えます。

そしてもう1つは、途切れずに仕事があるということのも大事なんですけども、加えて人が育つという人材育成の貢献ということのも重要な要素になるんではないかと考えます。革新炉を含めたこれからの原子力発電というものが、原子力技術というものが地元企業の技術

力、例えば他の産業への応用力や展開力といったものですとか、子どもたちの科学技術への関心というものに貢献するようになっていけば、その地域に人が定着し、さらに集まってくるということにも期待できると思います。

そこに集まってほしいのは、原子力関連の科学技術に強い人だけではないです。文学や社会学、経済ひいては芸術の分野といったようなさまざまな分野の人材に関心を持っていただき、いかに巻き込んでいけるかということです。さまざまな分野の人材が携わるようになっていけば、国民的な理解、これから必要ですけれども、そこからの、そういった分野の方々からのドミノ的な波及効果というものにも期待ができるのではないかと考えております。地元で人材が育ち、地元の人材が誇りを持って何らかの形でそこに携わっていたり、誇りを持って地域の方が受け入れていると、そういった形を目指していただきたいと思っております。

以上です。

○黒崎座長

どうもありがとうございます。それでは続きましては大野専門委員、ご発言よろしくお願いたします。

○大野専門委員

ありがとうございます。幾つか申し上げさせていただきます。

わが国は 2050 年カーボンニュートラルを達成するために S + 3 E の観点からも原子力を持続的に活用することとしております。優れた原子力技術を保有するわが国が、将来を見据えて革新炉に取り組むことは必要と考えております。革新炉開発が、技術立国を目指すわが国が世界をリードすべき分野の 1 つであり、ひいては日本の技術・産業基盤の維持・発展や、人材の確保・育成にもつながるものかと思っております。成熟した信頼性の高い技術をベースに安全性とコストパフォーマンスを追求していくことと、発電以外の用途に使えるような新しい技術を追求していくこと、そのどちらも重要かと思っております。

以上のようなことを踏まえまして、革新炉開発を検討するに当たっては、ユーザーの視点を踏まえつつ、革新炉に対する具体的なニーズを把握し、2050 年 C N の実現を踏まえた時間軸やリソースを勘案しつつ、開発に優先順位を付けることが必要だと考えております。

また開発を進めるに当たりましては、評価項目に関連して申し上げますと、原子力の価値、革新炉の価値を、例えば S D G s の 17 項目のような形で社会に積極的に示していくという観点も、社会の理解を得ながら進めていく上で非常に重要になってくるかと思っております。

おります。

最後に事務局の資料の 81 ページにもございましたように、アメリカやイギリスでは大型軽水炉の既設、および新設への支援をしつつ、積極的に革新炉開発も進めております。またフランスも同様と伺っております。革新炉開発には時間がかかるかと思っております。実際に社会実装をするまでに技術や人材、サプライチェーンが散逸しては国産技術での建設がままならないことが非常に懸念されます。したがって、技術・産業基盤維持の観点から、わが国におきましても、原子力を最大限活用できるような、足元の事業環境をしっかりと整えることが革新炉開発を円滑に進めていく上で非常に大切なことだと考えております。

以上です。ありがとうございました。

○黒崎座長

ありがとうございました。それでは続きましては大島専門委員です。よろしくお願いたします。

○大島専門委員

大島でございます。専門委員ですので、時間があまりない中で発言するのはどうかと思ったのですが、少しだけ言わせていただきます。

皆さん評価視点という観点でいろいろご議論いただきまして、基本的には共通なのですが、やはり私が今注目したいところは持続性でありまして、先ほど山口先生からも出ましたけれども、安全性は当然として、社会実装という観点からは経済性も当然だとしまして、やはりその先に持続性まで考えていくべきだと思っております。

特にエネルギーの超長期の安定的な確保というところについてどういうふうに考えていくのか、技術自給をどうやって維持していくのか、そして何より原子力である以上は廃棄物、環境負荷低減という言い方もあると思いますけれども、もちろんCO₂削減も含み、その上で原子力が持つ課題、プルトニウムバランスであるとか、高レベル廃棄物であるとか、これらをきちんと処理していくという視点が大事ではないかと考えます。

さらにもう1つ。先ほどの国際情勢を見たときに、核拡散抵抗性というのはその昔、私どもFACTというプロジェクトの中でも検討していたのですが、このような視点も今後はさらに重要になるのではないかと考えるところでございます。

こういったものを、時間軸は先ほどから皆さん強調されていますけれども、できればよいということではなくて、時間軸をよくよく考えた上で優先順位を付けて考えていく必要

があると思っています。

軽水炉についてはある程度維持できているのではないかと、相対的にですけれども、今やっている高速炉、高温ガス炉という革新炉については、サプライチェーンはますますひどい状況になってきているところもありますので、こういった技術を本当にどうやって維持していくのかということについてもやはりご議論いただければというふうに感じます。国研としてやっている立場から、これは死活問題というところもありますので、ぜひこの辺りも注目していただければと思います。

また、人材確保もそうです。原子力全般もそうですけれども、軽水炉、それから各炉型の中で何が優先されていくべきか、その中で必要な人材をどうやって確保していくかということについても、これも 2050 年のずっと手前で結構クリティカルな状態になるのではと考えておりますので、この辺りも 1 つの視点としてご検討いただければと思います。

私からは以上になります。

○黒崎座長

どうもありがとうございます。それではあと最後、高木直行委員ですね。高木先生、何かご発言はございますでしょうか。

○高木直行委員

ありがとうございます。都市大の高木です。委員の皆さまのお話を聞いていて思ったのは、これは革新炉ワーキングなんですけれども、やっぱり原子力の意義とか価値というところをしっかりと議論する場だなというふうにちょっと感じた次第です。

申し上げたいのは、まず SMR、革新炉ワーキングですから SMR についてちょっと触れさせていただきませうけれども、サプライチェーン維持には数十年に 1 基しか造れない大型よりかは数年に 1 基造れる小型炉がいいですし、そういった意味でそういうのが注目されているというのは、特に欧米では、アメリカではそういった事情があるかと思えます。

一方で松久保委員がご指摘されたとおり、若干ここで議論されていることは風呂敷が広げ過ぎで、いっぱい議論することがあるということと、時間的、時間スケールを考えるとカーボンニュートラルの目標時期には間に合わない、そういった新しい炉、革新炉というのは。ということもやはりあると思います。ですので、そういったことをちょっとずつ整理していきながらやっていかななくてはいけないのではないかと。

特に SMR に関しては、日本の場合の、日本への適性を考えなくちゃいけないと思います。最初に申し上げたように学生とかが言わせたら、ネットで調べるとまずこういう話題

が出るし、これいいんじゃないかってなるんですけども、それは本当に日本に合うのか、またはカーボンニュートラルの目標に間に合うのかという視点でもう1回見て、そういった特性は本当に小型炉、SMRでないと達成できないのか、受動的安全が。そういった観点で大型炉ももう1回見ていく必要があると思います。このワーキングの目的ですね。

評価項目、原子力の社会的価値を測る評価項目についてなんですけれども、事務局から説明のありました資料の85ページにはその評価基準というのがありまして、その他、非エネルギー分野での貢献というのが小さく書いてあるんですけども、私はここについてちょっと申し上げたいんですけども。原子力の多目的利用ということだと思います。現時点においてカーボンニュートラルで発電できるのは原子力だけじゃない、むしろ太陽・風力でできるぞというのが社会的風潮です。要は核エネルギーって何で必要なの、革新炉って何で必要なの、そういったことが社会にどう役立つかというのを分かりやすく示さないと、原子力というのはやっぱり認められてもらえないんじゃないかと思います。

原子力がエネルギー業界、原子力産業だけにとどまらない汎用性を持つということが大事であるということが、原子力小委員会のほうで言われているんですけども、この評価軸の右下の「その他」で、「その他」をもうちょっと拡充してはいかがでしょう、というのは私の提言です。

工業、社会インフラ提言、これは首都高速とか古くなって、そういった点検に放射性物質が使われます。それから医療の診断治療、農業においてRIというのは必要です。特に医療に関しては半減期が短いものが多いので、海外から飛行機で輸送していて供給不足になることもしばしばあります。原子力は、電気を作るのは一番有効な使い方ですけども、核反応を使わない限り逆立ちしてもできないようなものは、やはり放射性同位元素を作るということで、これは医療分野にもものすごく大きな寄与をするので、原子力発電所プラス医療RI製造所みたいに原子力発電所の役割を、多目的に役立っているんだぞということをもっと社会に伝えていく、またはそういった応用をするための規制も考えていくということがこれから必要なんじゃないかということで、評価項目として安全、廃棄物、NPT、発電外利用、先ほどありました、高木委員ですか、立地の問題もありました、そういった視点、それに発電外利用ということでRI製造とか多目的利用という評価軸も入れて、それを時間依存性で見ているんな炉型を比較してみるということが必要なんじゃないかと思いました。

以上です。

○黒崎座長

どうもありがとうございました。ただ今の高木先生のご発言をもちまして13名の委員、それと専門委員の先生方からもひととおりに全てご発言いただきました。

私のほうでもメモをしているのですが、幾つか重要なご示唆をたくさんいただきまして、キーワードだけざっと順不同で述べていきます。例えば廃棄物とか核燃料サイクル、燃料の話もありました。それと時間軸という言葉はすごくたくさん出てきたというふうに覚えています。あとインパクトであったりとか、あと評価軸のプライオリティーというような話もありました。それとあと持続性という言葉。これが非常に重要であるということを再認識しています。あと長期的ビジョンとか革新炉の定義付けとか、あとセキュリティの話なんかもありました。もちろん安全最優先でというような話、それとニーズをきちんと把握するとか技術立国として世界をリードするとかですね。あと立地地域の話とか、最後の多目的利用という言葉もありました。あとSDGsみたいな形で分かりやすくというような話もあって、ちょっとすみません。全部をカバーできてないかもしれないのですが、本当にいろいろなお考えをいただいたというふうに思っています。どうもありがとうございました。

それで時間がもう来ておりますので、本日の議論はここまでというふうにさせていただきたいと思っています。本日は革新炉開発の価値とか評価軸というようなことをテーマとしまして、事務局のほうからの状況の説明のあと、4社様から開発状況というのをご説明いただきました。4社4様で非常に興味深く拝見させていただきました。革新的な安全の話であったりとか、水素製造、熱利用、再エネとの連動の話というのもありました。それと本当にさまざまな炉型の研究開発がなされているということで、軽水炉、もちろん大型のもの、安全性を高めた大型のものから小型のもの、それとかガス炉、高速炉ということで、日本の技術力の高さを再認識いたしました。これが本当に強みになるのではないかなというふうに思っております。

そういったことを踏まえて本日、委員の皆さまから大変貴重なご意見を数多くいただきました。委員の先生方からいただいたさまざまなご意見については、事務局のほうできちんと整理をしていきます。次回以降の議論へと反映してもらいたいと思っております。

それでは最後、事務局のほうから何かご発言あればよろしく願いいたします。

○遠藤原子力政策課長

遠藤でございます。どうもありがとうございました。本日さまざまなご指摘を委員の先

生方から賜りました。全体のストーリーをどういう形でやっていくのかという全体の構図を示すとか、それから数字、できれば他の炉型、あるいは他の手段も含めてどういう貢献がどういう時間軸ではまっていけるのかと。規模も含めて具体化をしろというご意見。それから環境差、サイクル、燃料、立地地域、リスク、そういったものについて。

○黒崎座長

何か声が聞こえなくなったような気がするのですが、僕だけかな？

○山口委員

聞こえておりません。

○高木直行委員

聞こえていません。

○黒崎座長

聞こえていないですよ、よかった。よかったって、よかったじゃないか。ちょっと事務局のほうからの声が今、途切れている状態です。

○遠藤原子力政策課長

別のパソコンから発言させていただきます。すみません。

○黒崎座長

そうですね、はい。

○遠藤原子力政策課長

申し訳ございません。聞こえてございますでしょうか。

○黒崎座長

よく聞こえております。

○遠藤原子力政策課長

大変失礼申し上げました。ちょっとこのようにネットで接続をしてございまして。すみません。声が聞きづらいような状況もございましたので、今日皆さまにいただいたご意見につきましては、議事録で改めてしっかりどの先生から、どのようなご意見いただいたのかというのを、整理をさせていただいて、また各委員にお届けをさせていただき、またご説明・公開もしっかりとさせていただこうと思います。すみません、技術的な問題もございまして申し訳ございませんでした。

次回以降のテーマでございまして、本日ご説明申し上げた社会動向を踏まえた革新炉開発の価値において提起されている論点、今日、委員の皆さまからいただいたご指摘も踏

まえまして、座長とご相談の上、今後の議論のテーマを設定させていただきまして、委員の皆さまに事務局から個別にご説明を申し上げます。

また次回以降の開催日程につきましては事務局で調整の上、委員の皆さまに個別にご連絡を申し上げますので、何とぞよろしくお願い申し上げます。

以上でございます。

3. 閉会

○黒崎座長

ありがとうございました。それではこれもちまして、第1回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。