

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6回会合
議事要旨

日時：令和4年11月2日（水） 10：30～12：00

場所：オンライン

議題：革新炉開発について

出席者 ※敬称略

座長	黒崎 健	京都大学複合原子力科学研究所教授
委員	遠藤 典子	慶應義塾大学グローバルリサーチインスティテュート特任教授
委員	小伊藤 優子	国立研究開発法人日本原子力研究開発機構高速炉・新型炉研究開発部門
委員	斉藤 拓巳	東京大学大学院工学系研究科原子力専攻教授
委員	高木 直行	東京都市大学大学院総合理工学研究科共同原子力専攻教授
委員	高木 利恵子	エネルギー広報企画舎代表
委員	田村 多恵	株式会社みずほ銀行産業調査部参事役
委員	永井 雄宇	（一財）電力中央研究所社会経済研究所主任研究員
委員	松久保 肇	原子力資料情報室事務局長
委員	山口 彰	公益財団法人原子力安全研究協会理事
専門委員	大島 宏之	日本原子力研究開発機構理事
専門委員	大野 薫	日本原子力産業協会情報・コミュニケーション部課長
専門委員	中熊 哲弘	電気事業連合会原子力部長
プレゼンター	吉村 真人	原子力人材育成ネットワーク戦略ワーキンググループ 主査
	新井 知彦	文部科学省研究開発局 原子力課長
	(事務局)	
経済産業省	遠藤	電力・ガス事業部 原子力政策課長
	(オブザーバー)	
内閣府	實國	原子力政策担当室 参事官
外務省	永吉	国際原子力協力室長

議事概要

＜事務局より資料3「革新炉開発に関する検討の深掘りについて」及び資料4「カーボンニュートラルやエネルギー安全保障の実現に向けた革新炉開発の技術ロードマップ（案）」説明＞

＜プレゼンターより資料5「産業界における原子力人材育成に関する現状と課題について」説明＞

＜プレゼンターより資料6「文部科学省における原子力分野の人材育成の取組」説明＞

（委員）

- 大学での人材育成について。東京都市大の実態として、原子力安全工学科を2008年に設立している。授業科目数も減らさず、大学院では早稲田大学とも連携して進めている。しかし都市大の本学科は、開設以降、工学部の7学科の中で偏差値は常に最下位。原子力を学びたくて選択した学生は半数程度で、残り半分は学科選択の段階で、消去法で選択した学生。
- 東海大学では一度原子力学科を復活させたものの、定員割れが続いたため昨年3月で募集を終了している。原子力関係の学科を志望する受験生についても、親になだめられて志望を変えるケースもあると聞いている。
- 炉物理に忌避感をもっている学生も多く、単位の取りやすい科目に流れてしまっている。原子力に係る上では炉物理を学ばなくてはならないため、将来の原子炉主任技術者の確保にも懸念がある。
- 工学部の全学科及び4工大（芝浦、電機、工学院、都市大）を対象とした1学年向けの原子力の一般的な講義について、これまでは原子力学科の学生しか受講していなかったが、今年夏のGX実行会議で総理から原子力活用方針が示されたあとは、他学科・他大学の学生も受講してくれるようになり履修生はほぼ倍増した。予見性ある原子力ビジョンが示されないと産業界が成り立たないが、それは大学も同じ。政府が計画を示すことの影響力がいかに大きいのか、ということ伝えておきたい。

（委員）

- 資料3の3ページ目について。2つのグラフがあるがどちらも恣意的ではないか。左側のグラフについては、原産協作成の「原子力産業動向調査」で1990年以降30年ほどの鉱工業他の原子力関連従事者数を見ると、1992年頃から2005年頃にかけて減少しているが、その後は微変動しながら、現在はむしろ増加している。右側のグラフについては、2009年から2010年の間は、リーマンショック後の就職氷河期の真っ只中であり、説明会には学生が積極的に参加していたと推測できる。これが、福島第一の事故を受けて急減したということだが、あのような事故を見れば原子力の将来に悲観的になるのも当然である。また、将来性のない業界の説明会への参加者が減ることも合理的である。このような資料では現状把握すら困難。
- サプライチェーンの喪失について。中間論点整理では、サプライチェーンの維持・強化策について触れられているが、維持すらおぼつかないのでは。日本の原子力の實力を見据えるべき。日本では2011年以降、新設の経験をあまり積めていないということを考えると、本ワーキンググループで示されている2030年には約20年ぶりの新設となる。日本には3つの原発メーカーがありそれぞれがサプライチェーンを抱えているが、プラント新設の従事者数は減少している。今から10年後に新

設工事となると、それまで人材を維持・増加させるのは現実的ではないのでは。

- 供給途絶や事業承継の対策として海外輸出や既存の補助金・税制の制度を用いるとあるが、その多くは原子力のためだけの制度ではなく、原子力だけを重点的に補助するのは正当化しづらい。これから新設が続いていくという絵姿が見えないと、サプライチェーン問題は延々と繰り返されるのでは。新設は極めて困難であり、増設・リプレースについても廃炉作業や敷地の問題から限定的であるのが現状。仮に1基または数基建設できたとして、それが日本のエネルギー政策にどれだけ貢献できるか。本ワーキンググループでは日本の原子力のサプライチェーンを維持することが前提になっているが、維持コストとその価値はより現実的に比較・考慮する必要がある。
- 技術ロードマップについて。資料4の19ページ目で事業環境整備について言及されているが、現状の日本に導入されている容量市場や脱炭素電源オプション、初期投資の平準化制度なども、現状を踏まえるためには記載が必要ではないか。

(委員)

- 人材育成の取り組みとして ANEC などの取り組みがあるが、将来の専門家を育成するうえで大変有効。原子力小委の議論でもあったが、初等・中等教育との連携も有効と考える。原子力関連分野を学ぼうとする学生を増やすため、あるいは原子力関連分野を専攻せずとも将来別の専門家として原子力事業に参画する人材を増やすため、基礎的な教育課程でエネルギー問題を学ぶことは重要。
- エネルギー教育に関しては、エネ庁にて副教材を制作し現場の先生を支援する各種事業も手掛けているが、実践にあたっては一部の熱心な先生方に頼っている面があると感じる。その熱心な先生方は、さらなるカリキュラムの発展に尽力しつつ、エネルギー教育の輪を広げていくことにも努力されている。ここに文科省の初等・中等教育との連携を深化できれば、教育現場での浸透・拡大が大いに期待できる。こうした取り組みは、アジアの国々で実績がある。
- IAEA の取り組みの一つとして、中高生向けの原子力科学技術教育を支援するプログラムがあり、日本の専門家チームも参画。このプログラムの支援を受けるには、原子力・放射線利用を推進する省庁だけでなく教育を所管する省庁が連携して応募することが必須条件。2018 年から 2 年間の実績で、200 名以上の教員を育成し、中高生 100 万人に原子力科学技術を届けることができています。日本の専門家チームは、原子力の優位性だけでなくリスクや課題にも目を向けたバランスの良い安定的な教育を追求するよう提言。日本でも、福島事故やその反省を踏まえたバランスの良いエネルギー教育のため様々な方が努力されていると思うが、そこに初等・中等教育との連携をさらに深化させることで、諸外国にとっても良いモデルになる。
- 今後、より国民の理解を得る効果を高めていくためには、教育機関との連携と同時に、発信型から、共考や合意形成のためにコミュニケーションをする姿勢への変容、そうした資質を備えたコミュニケーターの育成も必要。一見時間がかかりそうではあるが、国民との合意形成に着実に繋がると考える。

(委員)

- コミュニケーションの目的とターゲット層の明確化について。様々な媒体での情報発信や新たな取り組みの試行は評価できる。一方、コミュニケーションはターゲット層とコンテンツに応じ目的を

明確にして取り組むことが重要。今回は、取り組みの内容が媒体や活動主体でまとめられており、原子力小委でも指摘されているように情報発信の目的が精査されていない。コミュニケーションの質・量の強化だけでなく、目的とターゲット層に応じた内容や媒体について議論が進められることを期待。

- 革新炉の開発状況に適したコミュニケーションの再検討について。今回は立地地域や周辺地域についての説明がメインで、既設炉に対して行われていた取り組みがまとめられていた印象。しかし、革新炉に重要なのは、政府が支援をしながら開発を続けるべきかのコンセンサスを得ていくようなコミュニケーションを促していくことである。建設ありきの国民理解から始めるのではなく、革新炉の開発状況に応じた効果的なコミュニケーションの在り方について考えていくプロセスが、信頼獲得に不可欠。英国は、パブリックエンゲージメントを重視する政策へ転換しており、公共プロジェクトに資金やノウハウを提供する仕組みもある。原子力分野でも、新設炉の設計評価や SMR についてのプロジェクトがある。我が国の第 6 期科学技術イノベーション基本計画では、人文・社会科学に加えた総合知でのイノベーション創出を柱に掲げている。今回の資料は原子力小委のコメントに対しても対応不足。新技術に着目したコミュニケーションの在り方についても議論が必須。
- 参考資料について。戦略ロードマップ改訂案では、原子力事業者が主体的に、国が主導するプロジェクトに参画するように求められている。原子力事業者はエンドユーザーであり、事業化の見通しを判断する立場。原子力事業者が炉型システム全体を設計するプロジェクトに参画するニーズは基本的でない。原子力事業者の経験やプロジェクトマネジメント能力は重要だが、あくまで司令塔の要請に応じて協力するという立場で参画を検討するべきではないか。事業化が確約されていないプロジェクトに原子力事業者が、どういうニーズやメリットがあって主体的に参画するのか、事務局の考えを聞きたい。

(委員)

- サプライチェーン維持について、資料 3 の 10 ページには、プラントメーカー、サプライヤからの意見のヒヤリング内容がまとめられている。生の声のヒヤリングが重要で、この中で海外のプロジェクト参画支援について、価格競争力が劣る理由を過剰品質とし、日本の基準に合わせると欧米には勝てないという記載がある。これを見ると海外プロジェクトへの参画は、世界一厳しい水準である日本の規制基準に対応した日本の原子力の維持につながるか疑問を持った。
- サプライチェーンならびに技術の維持のために新設が必要としているのは、一度技術が断絶すると製造能力の回復が困難であるということと認識していますが、広く多くの方々の理解を得るのは容易ではないと思う。一部の関係者だけの論理で動いているのではないかと、自分達には関係ないと思われるのは本末転倒である。安全性を大前提に日本のエネルギーを取り巻く環境を整理した上で、エネルギーセキュリティの観点からも原子力は長期的に必要な電源であるという国の判断があって、原子力の新設がなければ設備容量、発電量は長期的に低下していく話があり、新設を実施する場合の課題の中にサプライチェーンや人材育成があるのではないかとといった筋道のある説明が必要であると思う。

(委員)

- 研究開発と教育の面でコメントする。開発体制の枠に関する議論も重要であるが、研究開発の底上げが必要である。JAEA や大学でも施設の管理や廃止措置でかなりリソースが割かれているため、余裕を持って研究開発を進めていく上で底上げが必要である。具体的には学生の質と数の変化を実感している。教員の中でも原子力分野のすそ野の広がりに応じて、原子炉物理や原子炉設計といったコアにかかわる教員の数が減ってきている印象がある。これについては交流制度や戦略的な育成が必要である。どう学生を惹きつけるかは重要なポイントだと思う。欠けている論点としては、少子化が進む中で、他産業との人材の取り合いがこれから激化していくと思う。その中で、各大学には優秀な留学生がいる。安全保障上の問題があるが、留学生がキャリアとして原子力産業をどのように考えているのか、どこかの段階で議論すべきである。
- 施設面について、今後どのようなタイプの研究炉がどの程度必要か認識した上で、その先の展開についても検討していくべきと思う。ホットラボと呼ばれる核燃料施設についても、研究炉と同様に高経年化が進んでいるものがあり、廃止措置に入っているものもある。これまでのように各大学にホットラボがあるといった状況ではない。ある程度、施設の共有化・拠点化が必要と考える。

(委員)

- 骨子案について事業環境整備、司令塔機能、研究開発体制やサプライチェーン維持強化といったポイントを適切に記載しており、骨子案で提示いただいた文言には賛同する。英国の RAB モデルを見ると、エネルギーは時間軸が長く、規模が大きいことを実感する。すなわち初期投資が大きく、投資回収の期間が長いから、そういった点の配慮が必要である。一方、原子力は長期にわたって安定安価に電力供給できるため、十分回収できる。世界的にも事業環境的に配慮している国が原子力をうまく活用できている状態である。
- サプライチェーンについては、きめ細かい支援が必要で、スピード感を持って政策を遂行してほしい。これから 60 年間軽水炉を運転しても、2040 年から毎年 1GW ずつ設備容量が減っていく状況に入っていく。そういった状況の克服を担うのは人材とサプライチェーンで、長期的な視点で人材育成の仕組みをどうすべきか、サプライチェーンのすそ野を広げて関連業界が自立していくための政策が求められる。これらをどうしていくかをこれから具体的な政策につなげる必要がある。

(委員)

- 原子力の人材やサプライチェーンが問題となったのは、政府のエネルギー政策が定まらなかったことに尽きる。政府の方針が明確でない状態で、民間投資が集まるはずもなく、産業も人材も育たないと思う。まずは新增設の道筋を明確にして、それに必要な施策を実行に移すことが解決策である。原子力発電産業の収益性が確保される電力事業政策が実行されるのであれば、サプライチェーンが潤い、人材も集まると思う。
- 支援プログラムについて、資料 3 の 10 ページ目に列挙されている中で、海外事業の支援が最も重要である。海外市場を取り込むことが必須である。日本はタービン等の国際競争力がある企業が多くある。現在、サプライチェーンから中国やロシアを排除する動きがある中で、安全保障の観点からも売り込みは欠かせないと思う。今回の資料で触れられていないが、財源はどうするのかといった問題がある。原子力の価値をカーボンニュートラルに寄与するものと何度も定義されてきたが、

それならばカーボンニュートラルに関連する予算を原子力に投じるべきである。グリーンイノベーション基金は原子力に使われなかったが、GX 予算ではその議論を深めてほしい。

(委員)

- 人材育成について1点質問がある。資料6の7ページ目、「産業界や他分野との連携・融合」とあるが、具体的にはどのような取り組みがなされているのか。また、連携に際して課題などあると思うがどのように対応しているのか。
- 国民理解の促進について。国は従来の説明会や意見交換会に加えて、新たにメディアミックス事業を試行するなど、理解醸成に向けて努力を重ねていると理解。今後の取り組みについては、建設が射程に入ってきていることから、情報を発信して終わるのではなく、得た情報をもとに思考を深められるような機会を提供することも重要ではないか。例えば、施設見学を含めた体験型学習の機会を提供してはどうか。原子力文化財団がこうした取り組みを支援しているが、観光需要喚起策の一環として行われると、立地地域の営みにも関心が向けられて良いのではないか。また、誰を対象とするかについては、原子力に触れ合う機会を失ってきた方を対象にするのはどうか。電力消費地に住んでいる方が対象に挙げられると思うし、革新炉の建設を判断する時期に社会の中核を担っているであろう40代以下の社会人も対象に入ってくるのでは。社会人の中にも、原子力に触れ合う機会を失ってきた方は多いのではないか。
- 原子力小委では、初等教育や中等教育の一環としてエネルギーについて学ぶのが重要としているが、それと併せて、学ぶ機会や触れる機会を失ってきた方にも意識を向けて取り組むことを期待したい。

(委員)

- 人材育成について。原子力発電の継続的な利用には、前提となる人材や技術、サプライチェーンの国内維持・強化が不可欠。特に、高い技術を持つ人材の減少は由々しき事態で、早急な対応が必要。プラントの建設や実際のオペレーションの経験を踏まなければ身につかない技術・技能が多くある。まずは政府として、革新炉の開発・建設にかかる明確な方針を出すことが重要。そのうえで、資料3の20ページの記載にあるように、新設計画が開始するまでの間、海外の実機プロジェクトへの参画を進める対策は人材育成の観点からも意義がある。大学での原子力工学分野の底上げはもとより、機械工学、電気工学、材料化学等の幅広い分野の人材が原子力産業で活躍できるよう、産学官連携のコンソーシアムなどを通じ、教育から就職も含めて環境整備を推進してほしい。
- 国民理解について。エネルギー政策全般の中での原子力政策や位置付けや価値について関心を喚起する必要があり、まずは政府によるわかりやすい説明が重要。電力の安定供給確保のためあらゆる選択肢を取る必要があること、中長期の視点も踏まえ、脱炭素電源である原子力の必要性・意義について国民にわかりやすく提示する必要がある。大前提となる安全性については、政府による説明と共に、事業者自らが、新規基準に適合したプラントの安全性がどれだけ向上したか、立地住民や国民の安心につながる情報発信を丁寧に行うべき。今後も、政府や事業者による情報発信の工夫を継続することが重要。
- 資料4の中間報告改訂案については、前回指摘した効果的なプロジェクトマネジメント体制に関

し、PDCA サイクルの実施等を加筆いただいた。加えて、各省庁に分散する関連の取り組み全般にわたり、予算を効率的・効果的に配分を行う機能が重要である点も反映いただきたい。

- 技術ロードマップの改訂案について、国際競争力の維持・強化の観点から、これまでも実証炉の建設目標時期の更なる前倒しが不可決と指摘してきたが、各炉型の目標時期を含む記載に変更はない。
- 例えば、高速炉の実証炉の運転はすでにロシアで 2015 年に開始され、中国でも 2023 年とされている。日本はもんじゅの建設経験を持ち、技術優位性があるにもかかわらず、実証炉の運転目標は 2040 年半ば頃。諸外国が先行する世界市場において、日本の原子力産業の競争力の優位性が維持できるか危惧している。こうした観点から、目標時期を前倒しし、それが実現できるような体制・リソース配分を検討すべきではないか。
- 繰り返し指摘している通り、我が国に必要な原子力のポートフォリオについては、技術のみならず人や資金についても何が必要か、商用化の目標時期からバックキャストしてロードマップとして明確に時期を示すべき。現案では、革新軽水炉のみ商用炉の目標時期が示されているが、他の革新炉型は実証炉の目標時期を示すだけに留まっている。革新炉の開発だけでなく、建設についての政治判断に資する検討が求められている中、核融合炉も含め商用炉の目標時期を明確に示すことが必要ではないか。

(専門委員)

- サプライチェーンについて。他の委員も言及されているように、国のエネルギー戦略の中で確固たる建設・運転目標を提示することが重要。そのうえで、それに見合った事業環境が整備されれば、人材確保・育成、技術維持・整備が計画的に進められるようになるのでは。確固たる目標が定められた場合も、建設までの空白期間はあるため、今回示された施策を着実に進めていただきたい。とりわけ空白期間が長くなる炉型については、特にスケールモデルやモックアップなど、今後の機器信頼性向上につなげられるものづくりプロジェクトを効果的に進めていただきたい。
- 本ワーキンググループで中間的にまとめられた開発ポートフォリオでは既に実用化された技術をベースとするゆえ革新軽水炉を最優先としているが、一方で、開発段階にある高速炉・高温ガス炉についてはいわば一品ものであり、すでに建設から 20 年以上が経過し、プラント建設経験者もほとんど残っていない。常陽についても、残っている運転経験者は数年以内に定年を迎える。プラント建設だけでなく、プラント運転についても、十分な継承がなされない可能性がある。例えば医療用 RI の製造など多目的に利用可能なスケールの小さな炉を、国の研究開発の共通基盤インフラとして整備・運転することも、ものづくりプロジェクトの一つの候補になるのではないか。
- 今後の軽水炉のリプレースが進むとした場合に必要となる人材の確保・維持、さらには着実な技術伝承の観点から、難しいかもしれないが、複数のリプレースの時期を平準化して、ピークや谷を作らないということも検討に値するのではないか。
- 理解促進については、闇雲な情報発信ではなく、ある程度対象をカテゴリ化し、各カテゴリに対して、効果的な伝達方法と適切なコンテンツを組み合わせた戦略が必要である。JAEA でも公開 HP を一新し、社会との双方向のコミュニケーションに向けてコンテンツの充実を図りつつある。各種解説や外部有識者のコラムなども掲載している。発信者間でノウハウや知見を共有する仕組み、専門

家のコンサルを受けられる仕組みなどもあれば、効率的・効果的に進められるのではないかと。

- 理解を深めるためのエネルギー教育も、学校教育の中に適切に取り込むことが必要であると考えられる。

(専門委員)

- サプライチェーンや人材の確保については、新規建設のみならず、発電所運営の観点からも重要。新設を含む持続的な原子力活用が政策と示されて、そのうえで現実的な社会実装に向けて革新的な技術開発が進められているという姿が若い世代や関連企業に示されることが、人材育成や基盤維持につながると考える。ロードマップに基づいて環境が整備されることを期待しているが、現状のロードマップでは、規制基準の確立、立地、あるいはコマーシャルベースに載せていくための事業環境整備についてはまだ記載がないため、今後深掘りしながら精度を上げていく必要があると考える。
- 事業者の立場としては、まずは既設炉に対して自主的・継続的な安全性向上に努め、国民から理解を得るのが重要と考えている。並行して、革新炉開発についても、事業者の立場から協力したいと考えている。

(専門委員)

- 中等高等教育でのエネルギーに関するリテラシー向上施策の重要性が指摘されたが、日本原子力産業協会では国民理解促進の一環として、全国各地の大学や高等専門学校に講師を派遣し、出前講座を行っており、これまで2万5千人近い学生が受講した。授業の前後で比較すると、エネルギー問題への理解度は向上し、効果を感じている。しかし、同時に中等高等教育におけるエネルギー問題に関するリテラシーが大きく不足しているといったことも実感している。人材確保において最も効果的な方策の1つとして、大学進学や就活を考える時にエネルギー分野やエネルギー産業に関心を持ってもらうことであり、そのためには中等高等教育の段階でいかにリテラシーを高められるかが重要である。
- エネルギー問題に関心の高い教師がいる学校や教育機関にしか受け入れられない実情や、講師や教材などのリソースの限界といった課題もある。政府には教育におけるエネルギー問題の取り上げ方を強化していただき、こうした草の根の活動への支援も検討していただきたい。産業界の人材確保は将来の事業性を見通して行われることから、原子力の将来像を明確に示すことが必須である。日本が2050年カーボンニュートラルを実現、維持するためには、原子力を持続的に開発することが不可欠である。産業界としても原子力産業にはやりがいや夢がある、魅力的な産業であることをアピールしていくことも重要であるが、併せて、原子力産業が重要な産業で、将来において一定の役割を担い続けるといった国の方針を明確に打ち出してほしい。原子力の将来展望を描けるような環境醸成が重要である。

(プレゼンター)

- ANECにおける産業界との連携の取組の課題についての御質問に回答する。大学が研修や業界研究セミナーを行う中で、原産協会、電力会社やプラントメーカーなどと連携して取組をしている。課題

としては、こういった取組は点と点であるため、産業界全体の将来性やニーズを踏まえた活動について検討する必要がある。

(事務局)

- 電力事業者のユーザーとしての関わり方について御質問いただいたが、こちらの認識とは違う。原子力事業者は自由化をされて電源選択が自由になった中で、エンドユーザーである。しかし、高速炉、特にプルトニウムの低減、放射性廃棄物の低減を考えると、発電事業者は更に責任を負っていると理解。また、炉規法や立地する地域との関係について、責任がないというわけではない。引き続き責任を果たしていく意味では、関わり方は重いと思っている。一方で、なぜ自由化したのか、それで責任を果たしていけるようにシステムの検証と事業環境整備を行っていくべきという御意見はしっかりと受け止めて、検討していくべきと考えている。

(座長)

- 骨子案の深掘りと人材育成について議論した。前者についてはこれまでのワーキンググループでの議論がうまく反映され、ワーキンググループのメンバー間で概ね共通認識が得られた。人材育成については3点あり、1つ目は経産省と文科省の連携、2つ目は持続性をどう考えるか、3つ目は学生への原子力の必要性や魅力の発信が重要である。
- 各委員からいただいた御意見は事務局で整理し、今後の議論に反映していく。

(事務局)

- 今回までの議論を踏まえ、座長に相談のうえ、原子力小委に本ワーキンググループの議論の状況を報告する。
- 次回以降の本ワーキンググループについては開催時期が未定だが、開催方針が決まった際には、日程調整のうえ、各委員に連絡する。

以上