

核融合戦略有識者会議(第3回)議事要旨

I. 日時 : 令和4年12月6日(火)16:00~18:00

II. 場所 : 中央合同庁舎8号館8階特別大会議室

III. 出席者 : (敬称略)

有識者委員

篠原 弘道(座長)	日本電信電話株式会社相談役、日本経済団体連合会副会長 (総合科学技術・イノベーション会議議員)
池田 佳隆	国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構 量子エネルギー部門長
尾崎 弘之	神戸大学大学院 科学技術イノベーション研究科 教授
小澤 隆	一般社団法人日本電機工業会 原子力部長
柏木 美恵子	イーター国内機関中性粒子ビーム加熱開発グループリーダー
栗原 美津枝	株式会社価値総合研究所 代表取締役会長 経済同友会副代表幹事(環境・エネルギー委員会委員長)
小西 哲之	京都フュージョニアリング株式会社 取締役、京都大学名誉教授
近藤 寛子	合同会社マトリクス K 代表
富岡 義博	電気事業連合会 理事・事務局長代理
吉田 善章	大学共同利用機関法人 自然科学研究機構 核融合科学研究所 所長

政府関係者

高市 早苗	内閣府科学技術政策担当大臣
大塚 幸寛	内閣府審議官
松尾 泰樹	内閣府科学技術・イノベーション推進事務局長
奈須野 太	内閣府科学技術・イノベーション推進事務局統括官
覺道 崇文	内閣府科学技術・イノベーション推進事務局審議官
川口 健太	外務省軍縮不拡散・科学部国際科学協力室 首席事務官
林 孝浩	文部科学省大臣官房審議官(研究開発局担当)
小澤 典明	経済産業省資源エネルギー庁次長
小森 繁	環境省大臣官房審議官

事務局

稲田 剛毅	内閣府科学技術・イノベーション推進事務局参事官
高橋 佑也	内閣府科学技術・イノベーション推進事務局参事官付補佐
岩元 美樹	内閣府科学技術・イノベーション推進事務局参事官付係長
小島 有志	内閣府科学技術・イノベーション推進事務局参事官付 行政実務研修員

IV. 議事(閉会挨拶を除き非公開)

1. 開会

2. 議事

(1) 核融合技術マップについて

(2) 核融合産業の育成戦略について

- (3) 核融合に関する規制について
- (4) 核融合戦略の推進体制について
- (5) 意見交換
- (6) 中間的整理(案)について
- (7) 意見交換
- (8) その他

3. 閉会

V. 配布資料

- 資料1 本日の議論のポイント
- 資料2 社会実装に向けた研究開発の考え方(内閣府資料)
- 資料3 核融合技術マップについて(量子科学技術研究開発機構資料)
- 資料4 核融合産業の育成戦略について(内閣府資料)
- 資料5 核融合に関する規制について(内閣府資料)
- 資料6 核融合開発の推進体制 過去の事例について(文科省資料)
- 資料7 核融合戦略の推進体制について(内閣府資料)
- 資料8 有識者説明資料(吉田委員)
- 資料9 有識者説明資料(池田委員)
- 資料10 有識者説明資料(柏木委員)
- 資料11 核融合戦略 中間的整理(案)(内閣府資料)
- 資料12 有識者説明資料(小西委員)

VI. 議事要旨

(1) 核融合技術マップについて

資料2に基づき、覺道審議官より説明。

社会実装に向けた研究開発の考え方について、これまでの議論などを踏まえて、改めて核融合発電を社会実装していくに当たっての技術開発、あるいは社会実装の在り方について、大枠を整理した。

核融合発電を社会インフラとして確立するためには、I、II、IIIの3本の流れに整理。中心の柱として、核融合炉のコアとなる技術開発については、基礎技術開発から、ITER計画やBA活動で進めるコア技術開発、更に発電を含めた原型炉の技術実証があり、これらを通じて最終的に社会実装に向かう。この過程で、他分野から既存・新規技術をコアとなる技術開発に統合していくという流れがあり、AI、シミュレーション、大量データ通信、更には量子コンピュータ、あるいは発電、送電、炉工学が考えられる。他方、核融合技術の他分野への波及として、大型建造物の製作技術、マグネット技術などの医療分野への応用、さらにはリチウムの回収技術など資源エネルギー分野への派生の流れもある。これら三つの流れを意識して戦略を作っていく必要がある。これらの検討を行うにあたっては、国際競争を意識する必要がある。このような大枠の考え方の中で、研究開発、産業育成を検討していくのがよいと考える。

資料3に基づき、池田委員より説明。

核融合技術マップについて、核融合炉の機能、機器、構成要素、技術・材料、そこから想定される産業展開の観点で整理し、ITER計画・BA活動での日本の分担、また日本が独自に進めている技術について表示。

核融合には様々な統合技術が必要。まず核融合には高温のプラズマを閉じ込める必要があり、閉じ込めた状態で温度を上げて点火するための加熱が必要。加熱状態に供給する燃料も必要。核融合は燃焼という考えなので、燃えたものを排気する必要もある。核融合の特徴として、運

転しながら自分で燃料を生産することがあり、燃料生産の機能が必要。発生したエネルギーを発電する機能、当然冷却機能も必要。メンテナンス、保守も必要である。また、運転状態を監視、あるいは予測して最適な運転をする機能が必要と考えている。

それら機能のために必要な機器として、例えば閉じ込めに関しては、超伝導コイルが鍵となり、合わせて真空容器、配管などが必要。また、加熱装置は、ビームを使用して加熱する装置、高周波を使う装置が必要であり、そのためには高電圧電源設備が連携される。燃料供給と排気という点では、特に三重水素の燃料システムを供給するとともに、燃えないものを排気しながら再び戻す機能が必要。それを担うのがダイバータやブランケット。ブランケットについては燃料生産して三重水素を作るということと、熱を取り出して最終的に発電に持っていくという大事な機器。当然、これらも冷却装置と絡む。核融合は運転すると中性子が出るので、その直後は遠隔保守でメンテナンスする必要がある。また、監視して、予測するためには測定系が必要。大量のデータを保持してスーパーコンピュータで解析しながら運転するための機器が必要。

構成機器については、具体的にその機器がどういうものからできているかということ。例えば、超伝導コイルについては、ITERではニオブ・チタン、ニオブ3スズを使っているが、それらの素線を巻いて導体にし、それを巻線にして絶縁し、構造物にいれてD型のコイルを形成する。そのような形で構成要素を整理した。星印の位置付けは、原型炉の第1期に必要な要素のうち、ITER計画、BA活動のみでは成熟できないもの。例えば、超伝導コイルはITERよりも更に大きな超伝導コイルが必要であり、導体とか巻線、構造物はITERの技術を延長して開発する必要がある。

次に、どういう技術を核融合に展開しているか、どういう技術が将来的に展開するかという、技術材料を記載。1例として、超伝導体の技術や、精度で巻く巻線技術、それを三次元で測定する技術。全体を溶接する技術など、様々な要素技術、材料が必要。

産業界から核融合に参画してもらうためには、要素技術に置き換えて説明する必要がある。また、技術を更に発展させることによって、例えば超伝導技術の応用や、様々な加工技術、加熱装置の中では、高電圧とかマイクロ波伝送などの技術が派生し、将来に向けて展開できるのではないか。最近注目しているのは、資源回収という観点でのリチウムやレアメタルの精製。これは、ブランケット技術にリチウム、ベリリウムが必要なため、今後の展開が発生しているもの。核融合の技術は将来の産業展開があるということを説明しながら、今後更に展開していきたい。

○篠原座長：

弱い分野は特にないが層が薄いことが弱みであると書かれている。この層が薄いというのはどういう意味か？

○池田委員：

その分野の人が少ないという意味。核融合には様々な技術が必要だが、それをさらに産業界に展開しようと思うとなかなか苦しい。産業界に展開するには、産業化の専門の方も入れていく必要があるのではないか。

○篠原座長：

構成要素と技術・材料について、例えば導波管とかLANとか個別端末などは、既存のものでそのまま流用できるようなものもあるのではないか？

○池田委員：

もちろんそういう技術もある。例えば、導波管だと100GHz帯の高周波であり、コルゲート導波管という、加工が特殊なものを使う。一般の技術を使いたいと思うが、ここではどちらかというとならなくてある程度開発しなければいけないものをリストアップしたつもり。

(2) 核融合産業の育成戦略について

資料4に基づき、覚道審議官より説明。

核融合産業の育成政策について、ITER計画等で培われた産業技術・人材を確保・育成していくために必要な取組は何か、核融合開発にベンチャーを含む産業界の参画を促すためにはどのように取り組むべきか、スピナウト型の核融合関連技術産業群の振興に向けた方策は何か、といった論点に対して、事務局でヒアリングを実施。

ヒアリング対象として、国内企業、海外企業、投資企業、研究機関、海外の政府機関の19団体。ヒアリングトピックとして、技術・人材の確保、人材育成の在り方、核融合に関する取組で波及効果のあった技術、他事業に応用できた技術・ノウハウ、スピナウト型技術の発展に必要な方策など。また、企業の参画促進に関する質問として、国内外の核融合ベンチャー等の他企業の核融合への取組、安全規制の在り方、海外の投資状況等を踏まえた社内の核融合事業の影響、産業界からの更なる参画を呼ぶために必要な取組、原型炉の推進体制、原型炉と企業経営の時間軸の違い、戦略への期待などについてヒアリングを実施。

それぞれの論点について、有識者会議の意見、企業等からのヒアリングで得た意見を整理。

一つ目の論点として、ITER計画等で培われた産業技術・人材を確保・育成していくために必要な取組について、有識者会議の場では、民間企業を参画させるため産業の予見性を高める必要がある、将来のマーケットを考えると海外人材の取組も考慮すべき、QSTなどでこれまでに培ったインフラ施設の共用化は双方のメリットを生かした発展的な協力が必要、国際市場も視野に入れて我が国のサプライチェーンと担い手を明確にする必要、特に技術が必要なところを集中的に押さえる、自国でどの技術に不可欠性があるとするか、技術マッピングの整理が必要、原型炉開発と核融合産業の国際展開は分けて考えるべき、との意見があった。

ヒアリングでは、原子力や加速器等の研究開発プロジェクト等の国からの継続的な支援が必要、QSTからの技術移管も大事、原型炉設計合同特別チームの活動を本格化、ものづくりがなければサプライチェーンも維持できない。新しいことにチャレンジしないと技術が育成できない、国の計画の具体化、ものづくりに対する補助金などの支援も必要、発注の空白期間を埋めるためにベンチャー含む民間同士による受注の活用が期待などの意見があった。

二つ目の論点として、核融合開発にベンチャーを含む産業界の参画を促すためにはどのように取り組むべきかについて、有識者会議では、研究機関と企業の技術ニーズ・シーズのマッチングを広めるための入口の明確化、機能・目的ごとに産学官のグループを作って知見を共有する場が必要、原型炉の短い周期のマイルストーンを設定し、投資を呼び込む必要、自国の産業の活性化を重視し、インセンティブの仕組みを作るべきという意見があった。

ヒアリングでは、海外需要の取り込みには友好国との取引をつなぐなど政府による支援も一助、各社役員レベルが出席する産学官協議会を核融合の分野でも立ち上げてはどうか、研究機関と企業が技術マッチングできる機会や技術マップによる接点の見える化、ニーズとシーズの技術ギャップを埋めてメーカー側の参入リスクを低減、国際標準などで規格化されると評価費用などが減るので参入しやすくなるなどの意見があった。

三つ目の論点として、スピナウト型の核融合関連技術産業群の振興に向けた方策は何かについて、有識者会議では、機能・目的ごとに産学官のグループを作って知見を共有する場が必要、技術力・人材・サプライチェーンを確保するため共通な技術基盤を有する核融合、加速器・原子力に関する研究開発を幅広く推進すべき、核融合など幅広く適用できるものづくり技術を掘り起こして新興技術の産業化や派生に広げるべき、などの意見があった。

ヒアリングでは、核融合で開発した技術を直接製品化するのは難しい、社内で育成した技術と統合して製品化を展開するのがいい、などの意見があった。

核融合の産業育成に向けた検討の方向性として、「見える」「繋がる」「育てる」のキーワードで整理。「見える」ための方向性としては、原型炉に向けて細かなマイルストーンを設定し、産業の予見性を高めて、核融合への参画を促進できる計画の策定、技術マッピングによる技術安全保障

の戦略及び産業ニーズの見える化、他分野への波及が期待される核融合技術の見える化。

「繋がる」ための方向性としては、継続的かつ本格的に産学官が連携できる活動の場、実施主体、試験施設、枠組み、技術移管の仕組みを含めた場の構築、研究機関と企業の技術ニーズ・シーズのマッチングを広めるビジネス機会の構築、核融合協議会のような企業間での技術情報交換の場の構築。こういった場の構築により、「繋がる」ということを推進していくことが必要。

「育てる」ための方向性としては、ニーズ・シーズのギャップを埋める補助金やインセンティブの付与、戦略的な国際標準化等の規格化による市場創造・拡大、海外需要・海外人材の確保に向けた国際競争時代の新たな国際協調の検討、加速器・原子力等も含めた共通技術基盤の継続的な育成などが課題。

(3) 核融合に関する規制について

資料5に基づき、覚道審議官より説明。

現在の核融合装置について、米国・英国・日本では、放射線障害の防止を目的とするRI規制法的な規制を適用。一方、ITERに対して、フランスは原子炉規制法的な規制を適用。今のところ、核融合のみを対象とした規制を持っている国は存在せず、米国、英国、EUでは議論が先行している状況。

米国では、原子力規制委員会に対して、2027年末までに核融合炉を含む先進炉に関して、規制の枠組みを制定することを法律で要求。それを受けて、NRCは作業文書を公表し、原子炉等規制法に近いもの、RI規制法に近いアプローチ、複合あるいは新しいアプローチの三つの選択肢を列挙。原子炉等規制法を実行可能なものとし、産業界としてはRI規制法に近いアプローチが適当だという意見が出ており、引き続き議論を継続している状況。

英国では、2040年までに原型炉の建設を目指すために規制が必要。規制改革に関する諮問機関において、検討が行われている。英国も三つの選択肢を列挙しており、安全衛生庁が安全面を規制するアプローチ、原子力規制局が規制するアプローチ、核融合固有のアプローチ。RI規制法に近いアプローチを推奨しているが、引き続き検討している状況。

EUでは、核融合炉に特化した規制のフレームワークを作る土台を構築するため、欧州委員会の研究・イノベーション総局で議論。昨年、文書が公表され、核分裂をベースにした基準は過剰に保守的になるかもしれないので、規制プロセス及び投資に重荷になる可能性がある。主にトリチウムは核融合実験炉とは異なる規制が必要になると結論。引き続き議論が継続されている。

このようにまだ議論中であるが、従来の原子力技術との違い、産業、社会実装的な点も視野に入れ、各国で検討が進んでいる状況。

日本では、ITERを誘致する際に一定の議論があった。また文部科学省の核融合科学技術委員会の原型炉開発総合戦略タスクフォースでは、検討の方向性が整理されている。安全法令規制に向けた検討を2025年くらいまでに行い、並行的に安全法規制の策定をし、2035年頃に評価ができるタイムフレーム。

産業育成の中の論点として、安全規制についての検討が必要だという中で、規制ルールの基本的な考え方をしっかり描いていく必要がある。規制は技術と費用に大きく関わるので早急に整備すると全体の形が見える、何のための規制なのか、どう設計してどう運用していくのか方針づくりが先決、行き過ぎた保守性がないような合理的な回避をするような言動が必要、規制や機器の国際標準化が重要、などの意見があった。

検討の方向性としては、核融合産業の育成、原型炉開発の促進も念頭に置いた規制の在り方を適した場において、産業化に乗り遅れないように検討すべきではないか、ITER計画誘致の際の議論も参考にしつつ、科学的・合理的な規制を検討すべき、英国・米国等での議論が先行しているので、有志国と連携して規制の国際標準化を目指すべき、国際的な産業競争を勝ち抜くために技術力で優位にある我が国の立場を生かして国際標準化を主導すべき、などの課題に整理。

(4) 核融合戦略の推進体制について

資料6に基づき、林審議官より説明。

核融合開発の推進体制、特に社会実装に向けて今後どんな体制を取っていくかについて、過去の検討状況、過去に行った原子炉プロジェクトから得られた経験、反省を踏まえた考え方を説明。

2008年、核融合エネルギーフォーラムにて、原型炉の開発、建設体制の議論があり、提案がまとめられた。商用炉を見据えて、民間が主体となり建設するためには、ITERの次の原型炉段階においては設計、製作技術を民間に継承していくことが必要。しかし、技術分野は多岐にわたるため、技術継承にも時間が掛かる。開発段階から徐々に立ち上げて、建設段階で最適な体制にすることが必要。一方で、技術継承の観点からは、プライムコンダクターを設定して製作を請け負う企業を定めて、そこに集約させることが効率的だと言いつつも、開発要素が残るため、開発責任まで民間企業に負わせることは難しいのではないか。そのため、開発、建設の責任主体となる実施機関というものを設ける一方で、建設会社の母体となる企業体、総合調整会社を定め、そこに実施機関から構造仕様作成及び総合調整業務を発注するという体制が望ましいのではないか。その上で、R&Dが必要な部分についてはR&D機関が担当する体制が提案されているところ。

一方で、原子力では、原型炉「ふげん」、「もんじゅ」を科学技術庁の時代から造っており、その開発の経緯、体制を示す。当然、建設には多数の会社関わっており、「ふげん」の場合は5社、日立、三菱、東芝、富士、住友の中で、日立が主要会社として基本設計の取りまとめを行った。「もんじゅ」の場合は、四社で、東芝、日立、三菱、富士であり、各社の調整を行う高速炉エンジニアリング株式会社を作って、調整を行っていた。プロジェクトの実施主体は、当時の動燃事業団であった。

「ふげん」、「もんじゅ」の運転時の体制として、「ふげん」は試運転時には電力の経験者が現場のラインについて、その下でプロパー職員が技術を習得。動燃事業団は運転については知見がなかったため、このような体制で始めて、徐々にプロパーが職制に就く体制を作った。「もんじゅ」の場合は、「ふげん」の経験を踏まえて、プロパーと電力から来た方が半々のラインの職制を引いて徐々に変わっていき、プロパー職員がライン職制に就く体制となった。

職員全体を見てみると、「ふげん」の場合はプロパー率が高く、「もんじゅ」の場合は少し低かった。職員について見ると、「ふげん」は試運転時には若手のプロパー職員が大半であり、その人たちが経験を積んで最終的には保守部門で20年以上の経験者が4分の3ぐらいを占めていた。一方、「もんじゅ」は試運転開始時に、「ふげん」や「常陽」から職員を集約して、必ずしも若い人ばかりではなかった。さらに、途中で停止期間が入り、その間に定年退職、異動となる方も多く、途中から要員を大幅に増員したということもあり、経験豊富なプロパーの割合が低かったという体制の違いがある。「もんじゅ」については管理運営体制が一つの大きな問題になり、これらがきっかけで廃止に動いていったと考えられる。

「もんじゅ」の廃止措置決定時に、「もんじゅ」の経験を踏まえた課題と教訓が総括され、保全実施体制、人材育成、責任関係、などのマネジメントに問題があったというのが示されている。こうした検証・総括を踏まえて、政府として今後の教訓として、今後高速炉、実証炉に向けたときに、設計・建設時の縦割りを防ぐとともに、技術的に全体を掌握する幹事会社の特定が必要。また、運転となるとプラントに求められる保守管理が必要になるので、それを外部からの出向者に頼らずとも、確実に実施できる体制の構築が必要。あとは、実現に向けた道筋が具体的に必要。このような教訓を導き出している。

このような過去の経緯を踏まえて、責任体制の明確化が必要、特に運転時については原子力発電プラントに求められる保守管理を外部の人材に頼らずともできる実施体制が必要、ということ意識しながら、ITER計画の国内機関として研究開発を行っているQSTを中心としながらも、将

来の商用炉を見据えて民間に技術継承していくためにも、ITERで培われたノウハウを持つ企業と将来の商用炉建設に携わる可能性のある企業が組織として参加するような実施体制が必要ではないか。

資料7に基づき、覚道審議官より説明。

核融合戦略の推進体制について、最初の論点として、発電実証や産業育成の観点を踏まえた国内の推進体制をどのように構築すべきか、これまで有識者会議で頂いた意見を中心に整理。

推進体制について、核融合は引退技術者が多い、原型炉では商用炉の経験者が必要、産業界からの人材をもらうべき、産官学が協力して事業化のための技術や知恵を集約させる「オール日本」のコンソーシアムづくりが必要、コンソーシアムには核融合システムを組み立てるための機能別の分科会を作るのがいいのではないか、という意見があった。人員確保計画の策定、実施には、原型炉に向けた実施体制の形の見える化が必要、産業が具体的にないと人材育成はできない、戦略性を持って産学官連携することが課題である。また、ITER計画への民間企業からの参画増加、人の確保には産業の予見性を高める必要があるのではないか、第1、第2期の体制の検討が必要ではないか。国と民間、リスクを誰がとり、実行するかを考える必要がある。マイルストーンで成果が上がれば買取方式の場合、民間がついていける環境にしないといけませんが、その環境醸成ができるだろうか。民間側もリスクを取ってやっていく責任を感じていく必要がある。従来の官民連携から一歩出たこのやり方をやっていく必要があるのではないか、などの意見。

これを踏まえて、最初の論点について、検討の方向性を整理。

産官学が協力して核融合開発のための知見を集約できる場が必要だが、どこに設置するのか、設置する場を誰が検討し、決定するのかを検討。原型炉のスペック(目的)を決めた上で、QSTを中心としつつ、ITERで培われたノウハウを持つ民間も参加するような原型炉の実施体制が必要。過去の原子力原型炉の実施主体の教訓も踏まえつつ、その体制の妥当性を誰が判断していくのか、などが更に検討が必要。

残りの二つの論点は、中長期にわたっての人材確保をどのように取り組むべきか、核融合エネルギーへの国民理解の増進については、人材育成、人材確保のために大学、研究機関との連携が必要。企業から研究機関に人の派遣などが必要、国際的な人材マーケットからいかに優秀な人材を我が国が確保するかが重要であり、新しいベンチャーや事業体を作ると、国境を越えて人がやってくるのでよい、また、人材育成確保問題解決のためには、核融合科学を学際化すること。頭脳循環が必要。先の長いポストがなく核融合業界へ入ることに不安があるため、原型炉に向けた長期ポストが必要。補助金で人を雇うことができるが、原型炉に向けた人材確保はできないので、国際場で活躍できるという核融合の魅力を活用して、雇用の安定性を確保して若手人材集めることが必要。また、国内では産学官の連携があるが、人材不足なのでアジアからの人材流動も必要。インフラ輸出、国際貢献を見据えた海外人材の受入れも必要。さらに、核融合発電世界初という狼煙を上げて、世界の開発競争の中で優位性をアピールすることは国民の理解を得るためにも重要などの意見があった。

これを踏まえて、人材確保の方策等の方向性については、原型炉では原子力商用炉の経験者が必要。企業から研究機関への人材派遣の活発化を更に検討すべき。核融合炉は多岐にわたる分野の技術で構成されるため、他分野から研究者を引き付けるためにも、他分野と連携した研究を行うとともに、核融合技術が他分野に展開できることをアピールすることが必要。将来の核融合技術の輸出を見据えつつ、様々な分野の人材、核融合人材を取得するため、海外人材の受入れを促進。研究者の長期ポストをしっかりと増やしていく。また、目に見える成果の創出を通じて国民への理解促進を図っていくべきではないか。こうした論点について、更に検討を深めていくべき。

(5) 意見交換

○吉田委員(資料8):

技術マップ、さらに前回の会議で議論されたアクションプランについても、もう一步踏み込んだ分析が必要ではないか。マップというのは地理学の基礎資料だが、地理学はマップを描いて終わりではなく、それぞれの地域にどういう人が住んでいて、どういう活動をしていて、地域間がどういう関係にあるかを分析して成り立っている。

資料8は、技術相関を分析するということのイメージを描いたものだ。ここに取り上げた超伝導マグネットの例であれば、超伝導マグネットがどういう要素技術でできているか、その要素技術を支える人材はどのような学問分野で育成されているのか、を分析する。例えば、超伝導材料であれば、物性科学、電気工学などの分野がここに関係している。そして、どの企業にその専門家がいるのかを分析する必要がある。

核融合炉用の特殊な超伝導マグネットという形では産業は成立しないため、ほかの関連分野にどのようにそれぞれの要素技術が関係しているか、一般性のある技術としてどのように産業が成立しているのか、そういう分析に基づいて、核融合の原型炉を造っていくプロジェクトが成立するのか、を判断する必要がある。重要なポイントは、それぞれの技術分野のステークホルダーとインセンティブがどうあるのか、そのことを見極めることである。そうでないと産業界が参入することにならない。ステークホルダーのインセンティブまで踏み込んだ分析を行わないと、本当の意味で技術が産業として成立するかどうかのフィージビリティの判断はできない。

そのような分析は、一方でアカデミアが担うべきことであるが、同時に、戦略を考えるときは、学術とデュアルな視点として、ポリティクスとしての観点が必要であり、そのためにとるべきアクションを考えなくてはならない。

○池田委員(資料9):

産業育成、推進体制、規制の三つに分けて意見したい。

産業育成については、一つ目として、発電実証を早くすることが結果的には産業の国際競争力が強くなるということを改めて述べたい。そのために、二つ目には継続が大事。継続するためには、つまり、産業界が入っていくためには、核融合の工学R&Dの規模が大きいものはやはり国の継続的な支援が必要。三つ目は、小西委員の意見のように、現在海外で市場開拓が進んでいるのであれば、その海外市場を国内産業界に情報発信し、進出の機会を増やす必要がある。

四つ目は、産業界の育成ということで、新産業のどれが成長するかは分からないので、重要なことは核融合分野と他の分野をいかに情報交換し、共有化して、その可能性を見いだす、要するにマッチングの機会を増やす必要があるのではないか。QSTは、こういう視点でも今後取り組んでいきたい。

このような視点を考えると、技術実証、オープンイノベーション、知財管理も今後非常に重要になってくる。そのため、QSTに核融合技術イノベーション拠点というものを置き、専門の人を雇いながら進めることが大事。

特許、科学技術の囲い込みなど、どこまでを海外にオープンにしていくのか、例えば、ブランケットは装置の形状関係なく、今後、核融合発電に対してキーになるが、世界と競争している。これは核融合の経済性を決定づけるため、これについては国内のブラックボックス化、海外ではなく国内で進めるべきではないか。

次に、推進体制について、現在は原型炉の概念設計を進めているが、今後、工学設計、建設、運転となると、この延長上に推進・実施体制を発展させることがキー。

現在、QSTでは、全日本体制の設計チームである原型炉設計合同特別チームを設けており、メンバーは産業界を含め140名くらい。しかし、産業界の方は手弁当。今後は、原型炉に向けてしっかり強化していきたい。炉型から発電システムまで全部をやっているのは、世界では日本だけではないか。これは日本の強みであり、今後原型炉に向けて必要な様々な技術の専門家等を入れて設計を強化していきたい。

推進体制としての人材育成について、現在、ITER計画、BA活動が進められており、ITERに人を送り、その人が送りっぱなしではなく、その経験を今度国内の原型炉に還流させる仕組みが大事。QSTでもそれを取り組む必要がある。一方、QSTとしては、人材枠が制限されており、産業界から常勤職員を増やすことが非常に難しい。今後推進体制を作っていく上では、こういうことを踏まえて強化したい。必ずしも、現在のQSTの体制である必要はないが、人員を増やせる体制が必要。核融合技術イノベーション拠点として、QSTの研究所もそういう人材層を増やして、産業界と連携していきたい。

また、今回、有識者会議で様々な議論を踏まえて、国家戦略を策定しているが、その後をしっかり監視して主導する国の司令塔が必要。

規制について、最近の動向として、中国から国際基準を出す動きがある。やはり国際標準化はこれから非常にキーとなる。規制に当たっては、国際規格、国際基準が評価になってくるので、国際標準化の戦略を取る必要があるのではないかと。原型炉特別チームに規制や規格の専門家を入れて、国際標準化を目指していく必要があるのではないかと。

○柏木委員(資料10):

QSTではプロジェクトの規模に対して中堅研究系・技術系の数が不足していることが、今後プロジェクトを展開していく上で懸念。「もんじゅ」の例で、4の長期停止における影響があったという話に近いと感じた。2000年代、ITERの工学設計活動が終わってから、実際にITERやBAの協定調印でプロジェクトが動き出すまでの間がこの停止期間に近いような形。核融合分野の希望者は若手にそれなりにいたと思うが、プロジェクトが始動するまでは、人が採りにくいという時期が続いており、40代辺りの人材が不足。原型炉やITERに向けて日本の優位性を確保していくという点でも、速やかに解決すべき課題。その状況が続いていたためか、大学の先生方や学生とリクルート関係の話をした際に、核融合はポストが少ない業界とされている。そもそも就職先の候補とされていないことが多い。最近、ITER計画の進展とそれに伴って広報の機会が増えており、プロジェクト進捗の見える化が進んでいる。人々の関心が徐々に回復しているといういい傾向は実感しており、例えば、施設公開で幅広い分野の学生が参加したり、派遣会社で核融合をキーワードに人材募集をかけると、それなりに人が集まる。ただし、少子化問題や理工系への進学率など社会情勢もあるので、国内だけの人材確保ではなくて、海外からの若手の優秀な方を受け入れる制度の充実も一つの案。

最近の動向とフィードバックの分析は必要だが、人を引き込むキーワードは、長期ビジョンと成果が見えるプロジェクト、雇用の拡大とその見える化。国家戦略として人材確保を実現するためには、現在ボランティアベースの広報活動になっているところを、戦略的な広報活動のための支援や原型炉実施体制に必要なポストの手当が必要不可欠。

次に、産業技術について、ITERでは、原型炉に向けた主要な技術が実証されて、その中でも日本は主要な難しい技術を担当。ITERで分担していない機器については、図面だけ入手しても、実経験を踏んだノウハウがないと性能を達成するものはなかなか作れない。その点、日本の優位性は、ITERで担当していない点をBA活動で補完できる点で、さらにJT-60SAでは、日本が主体となって核融合実験炉の統合性能を出すという経験を蓄積できる。結果としてITERの運転でも日本の重要性・優位性が高まることが期待。これらを原型炉進体制に取り込むためには、ITERやJT-60SAの運転段階から積極的な産学官の取込みが必要不可欠。それは結果として、日本チームとしてITER機構に人を派遣するという一つの解決策にもなる。

メーカーの参入を促す取組として、国家プロジェクトといえども技術リスクによっては、企業からの参入は躊躇。技術リスクは初号機の問題もあるが、ITERの経験がある場合でも、設計変更や、メーカーの経験・シーズと核融合のニーズのギャップもあり、企業は入りにくいとの感触。前回のJAXAのマイルストーン方式などは、メーカーが得意分野で参入できるし、ステップアップ補助金はニーズとシーズのギャップを埋めるなど特徴があるので、多様な仕掛けを取り組むべき。仕

組みを成功させるため、技術と仕組みの照合、技術ギャップの明確化、メーカーとの技術的接点を抽出するため、技術マッピングによる技術の見える化は重要。このような活動を継続し、核融合にも参画できる企業の数を増やしていくというのが長期的に技術・人材を確保・育成する上では重要。特に、大企業の参画は、サプライチェーンの参画にもつながるので、インパクトとしては非常に大きい。官による国際戦略としての形が見える体制構築が、学术界による必要な技術を抽出する発注者側とR&Dとして参画する受注者側という両面からの支援が必要不可欠。

推進体制について、プロジェクトの主体をQSTにするのは、初期の段階は重要。企業はまだこの母体に入るまでのリスクは背負いにくいだろう。方針を決定する司令塔は絶対に必要で、核融合炉を実現する責任を明確にした実施体制及び産学官連携における適材適所の人材配置が重要。既存の体系を参考にしつつ、核融合分野の特徴を踏まえて国家戦略として官の体制、技術的な事業推進母体の役割分担を設計する必要がある。核融合の特徴として、QSTやNIFSにおいて、核融合実験炉の設計・運転を通じ、原型炉に向けたシステム設計や運転技術が培われていること、ITER計画における日本国内機関QSTは、フランスの厳しい法規制やプロジェクト管理にさらされており、研究開発段階から徐々にプロジェクト推進体制へと移行してきたこと、これらの経験を原型炉に生かすことが重要。

かつては、核融合実験炉を設計、また装置を保有していた企業もあったが、そういう時代から20年は経っており、ITERやJT-60SAでは設計というよりは部品供給という立場になっているので、初期段階の体制はやはりQSTが中心になるべき。適材適所の観点では、事前のプラント建設の経験を生かして、企業に参画してもらうことが重要。核融合炉建設に向けての品質管理、工程管理、許認可対応の強化が必須で、核融合戦略の推進体制検討時には総合管理会社などをどこかのタイミングで作っていくというような、段階ごとの体制を設計する必要がある。

規制については、安全第一を基本とし、核融合炉の特徴を生かした法規制を構築すべきだが、初めての法規制となるので長期の検討や議論が想定される。適切かつ迅速に議論できる場を設けるとともに、炉設計にフィードバックできる時間軸を考慮することが必要。ITERの設計活動を通じて、法規制の整備と原型炉全体で協調の取れた設計方針を早急に構築することが重要。

ITERでは、個別の機器の設計に対しても設計段階で事象解析を行い、事故時にその機器が受ける損傷評価に加えて、原子力安全・周辺機器への影響などを評価し、場合によっては、当該機器に加え周辺機器に対しても設計インパクトが出る。規制の要求レベルによって影響度がかかなり違い、影響が大きい場合は戻り作業やコスト増の要因になるので、協調された設計を初期の段階で作っていくことが大事。このような作業では、ITERやJT-60SAの経験・反省点を抽出・整理し、原型炉について反映していくことができる。

○尾崎委員：

産業育成と推進体制について、意見を申し上げる。

産業育成について資料3を基にお話する。もしこの産業マップを使って幅広い企業の参画を募る場合、核融合に関してある程度の知見を持っている企業であれば、自分たちの戦略を考えることができるが、そうでない企業にとっては、自社戦略を構築するのは容易でない。素材メーカー、エンジニアリングメーカー、自動車メーカーなどに直接話を聞いてみると、そういう点を懸念しているという声が聞かれた。また、各社は自分達が担当するパーツだけでなく、核融合の全体像を理解していないと、有効な戦略を作ることができない。これら懸念を解決する場づくり・情報提供体制が産業界にとって必要ではないか。

産業マップのうち、ものづくり企業が多く知見を持っている分野と、プラズマ、中性子、ビームといったQSTに知見が集中して、企業が解決策を持っていない分野を分別することが必要である。前者については、広く産業界からアイデアを募ればよいが、後者についてはQSTの知財をベンチャー活用によって事業化することが必要である。QST発のベンチャーを作って事業化する場合、技術的に競合するベンチャーが併存してもやむを得ない。特定ベンチャーの存続よりもQST知財

の事業化に成功することの方が重要なので、生き残った方を採用するという考え方が必要。

推進体制について、資料6の核融合開発の推進体制を使ってお話しする。資料の組織図は「もんじゅ」、「ふげん」の経験を基に作られているが、複数の主体が組織に関わると必ず責任の所在が不明確になる。あるいは総無責任体制になり得る。「もんじゅ」の経験を基にプロパー社員の比率を高めることが提案されており、それは重要だが、ガバナンスが機能する体制を作ることがより重要である。もんじゅのように機器の開発を一社に発注できるのであれば、その発注した先に責任が発生するが、核融合のように産業の裾野が広いと、開発責任を単独で負える企業は恐らく存在しない。また、ジョイントベンチャーも同じ理由で難しい。

ただ、体制作りのための議論ばかり続けていると、核融合の国家戦略を作るモメンタムが落ちる。しかし、2040年までこれで続けられればよいというベストの組織図を描くのは現状困難だ。そこで、プランAだけでなくプランBを準備することを提案する。時間の経過によって組織を柔軟に変更できるような推進体制を作るべきではないか。始めてみるとプランAが駄目なのに、そのまま2040年まで駄目な体制が続くことを懸念しており、「これしかない」という意思決定を今しなくてもよいと考える。

○篠原座長：

核融合技術マップについて、企業に知見があるものとQSTにしか知見がないものに区分けができないかということに追加して、核融合が実現できるかどうか、非常にクリティカルな技術なのかどうか、あとはトッププライオリティ、プライオリティが非常に高いとかの色分けもあると、もう少し理解がしやすくなると考える。

体制について、覺道審議官から場の構築、池田委員からはマッチングの場、イノベーション拠点、推進協議会、など連携する体制の話があった。議論をまとめる際に、今の四つを、一つでいいのか、それとも幾つかあるのか、それを作るときにプランA、プランBを考えておく必要があるのか、そのような観点からこの連携の組織体制について検討していきたい。

○近藤委員：

核融合の技術マップ、規制と推進体制について意見を申し上げる。

今回、技術が見える化できたのは技術開発上の大きな進展。今後これをどう使うかという話と、産業の戦略上どうすべきなのかを考えた。

まず、人材不足という議論がかなりあったにもかかわらず、全方位で核融合を進めていくように見えることにはかなり違和感がある。戦略ということであれば、何を中核にしていくのか、重要成功要因は何であるのか、それがQSTに既に存在しているのか、あるいはベンチャーに期待していくというポテンシャルの話なのかという能力の議論になる。

また、技術マップで何がどのくらい進捗しているのかを確認していく必要がある。プロジェクト管理、基本設計、発注、R&Dなど、必要な機能が資料6に「各組織の役割分担」として整理されている。技術マップの各種コンポーネントは、どの段階なのか、今後何が重要になっていくのか、を整理してはどうか。ベリリウム、リチウムなどの資源が非常に重要であるという話を伺ったが、今の技術マップではこれが全く分からない。Key Success Factorならば、資源外交が重要になる。資源外交をいつからどう検討していくのかを考えていく上でも、この技術マップを技術ではなくて本当は産業マップにしていく必要がある。

規制について、今回他国をフォローするだけでなく、我が国における規制の検討状況についても整理していただいた。日本においてはニュークリアに関する議論が、革新炉を含めて始まっている。これらの議論と核融合、核を扱う以上、全く別でいいのだろうか。もちろん研究開発と運転段階においては規制の範囲や安全重要度の考え方は変わってくる。事例に挙げられた米国の例については、実は核融合についてもNRCがグッドプリンシプルと呼ばれる五つのプリンシプルに基づいて考えている。Technology Inclusive Regulatory Framework for Advanced Rea

ctorsといった、新たな技術への規制方針を適用している。議論の積み重ねが重要になるので、この規制をアジャイルに充実化させていくという意味において、日本でも規制について、いつぐらいに規制をどの範囲で検討していくのかをプランニングしてはどうか。

推進体制について、社会の参画についての項目がないと感じた。核融合について、日本ではNPOが存在していない。これは、核融合がまだ研究開発の段階であったことが大きな理由であるが、今後、社会的な技術になっていく以上、社会との対話、透明性をしっかり確保して、市民が核融合を認知するような機会を具体的に考える必要がある。限られた関係者での議論、検討になってしまうと、スピードよく話が進んでいくが、社会が蚊帳の外になってしまうようにしてほしい。

○栗原委員：

技術マップについて、技術要素を整理され俎上に載せたことは意義がある。更に、違う見方をすると、サプライチェーンとしてどうつながるのかという観点がある。また、時間軸も大切で、技術同士の関連性も含めてロードマップが必要。このロードマップができ、時間軸が入ってくると、どの段階で何をマイルストーンにしていけばいいか、企業がどこから参画できる機会があるのか、などが見え始めてくる。そういう予見性を高めながら発展させていきたい。

人材について、民間にどう承継するかといったときに、ものとしての承継と人としての承継があり、民間に承継するときが一番重要なのは人の承継。ITERに人材を送って、そういう方々が日本に戻ってくるときに、企業、大学、研究機関、あるいは今後考える実施組織に戻ってくると思うが、是非離散しないようにしていただきたい。この点は、戦略を書くことも重要であり、そういう方々をどこでどう維持していくかはプロアクティブに進めないと離散してしまう可能性があるのではないか。

規制について、規制やルール化の議論は、原型炉の設計と同時並行で進める必要がある。核分裂炉については同じ技術を利用しても、規制の思想が異なる面がある。核融合について、日本でどういう規制の在り方がいいのかを考える際、同じ物理的な構造であっても各国の水準感は違うかもしれない。どう国際標準と合わせていけるか、更に日本がルール作りでも主導していけるか考えていくべき。

推進体制について、まず原型炉の推進体制という言葉は、推進してゆく枠組みということであれば、国も入るし、事業主体、研究主体も入る。原型炉の実施組織という事であれば、この実施組織の在り方はよく詰める必要がある。この推進体制が意味するところが、実施責任体制なのか、それとも推進していく環境も含めた広い意味なのか明確にする必要がある。あえて原型炉の実施組織に限定して考えると、設計も既に始まっており、設計段階に関わった方々から発展していく形が自然ではないか。QSTを中心としてそこに民間も参画する実施体制が必要ではないか、という検討の方向性の案があるが、これが基本なのではないか。

ただ、この実施組織は、炉だけを開発すればよいわけではなく、周辺の技術も必要。また、実証炉なので、その次に進むために、培った技術情報、データをある程度ほかの方にも利用してもらうとか、オープン化も必要であり、こうした機能をこの実施組織でどう作っていくのかも考えるべき。すなわちこの実施組織では何を担うのか、どういう機能を持つのかを考えた方がいい。

いずれにしても、一つの専門的な組織、チームを作る必要がある、そこに次への承継という意味で、民間から人が派遣されたり、海外からも、今後の国際協力や日本を核とした枠組みを作るためにも人材を受け入れていくことが必要。また、この実施組織では、RFP(Request for Proposal)を書く力、仕様を決定していく力が必要である。更に、それをどう発注していくか、分割発注等も戦略的に考えなければいけない。共同する部分と、複数者への分割発注で技術の広がりや競争も期待できるので、そこを考えていく力も必要。さらに、この組織に対して、民間や研究機関がアクセス可能な仕組みが必要。核融合協議会という話があったが、正に産業界のプラットフォーム、アカデミアも入ったプラットフォームが必要であり、実施組織と情報交換したり、あるいは実施組織に入りたいという場合のゲートウェイになる仕組みも有効かと思う。まだ商業炉ではないこと

もあり、波及するためにはそういう仕組みが必要ではないか。

○小澤委員：

技術的には火を付ければ燃えてしまうとか、制御棒を抜けば反応が始まるというのと違い、核融合はたくさんのエネルギーを注入して、大きなリターンを得るというもの。この分野の人材も同じで、すごくエネルギーを掛けないといつの間にか人が散逸してしまうところがある。ヒアリングの結果、あるいは柏木委員の今相当苦労されている話を聞くと、そういうことだろう。したがって、戦略としては、夢のエネルギーに確固たる国家戦略として、エネルギーを注入し続けられる、息切れしない無理のない計画、戦略を立てていくべき。

技術マップについて、これだけ広く技術を並べたマップを見るのは初めてであり、参入するメーカーからすると、例えば真空、排気と書いてあったら、真空ポンプメーカーが手を上げる可能性はある。そういう意味で意義があるマップ。一方で、プラントメーカーの人たちは、超伝導コイル、真空容器、ダイバータ、そういった中核的な巨大な機器を造っている。ところが、組み上がってどういう性能が本当に達成できるのかは、各メーカー分担しているので不安なこともある。

また、先の長い開発であり、商業炉はこんな性能で、こんな機器イメージについて、確固たるものがあるわけではなく、その手前の原型炉はこんなスペックで設計しようとしている、ITERはこんな設定である、みたいなイメージで想像しているところ。この先にどういう開発が必要なのか、ハードルがどれだけ高いのか、よく分かってないところもある。長い開発の中でそのような整理も必要。

様々な場の提案があり、それぞれ必要であるとは思いますが、資料9で池田委員が意見したように、技術を総合的に有しているのはQSTだという認識、覚悟が見えるような発言もあった。色々な場も機能を持たせてあちこちでできるというよりは、QSTに集うという形がいいと感じる。

○富岡委員：

産業育成について、当面は自国の企業の活性化、受注機会を増やす仕組みづくりに重点を置いてはどうか。そのための国の補助の在り方、あるいは企業の市場参入のインセンティブの作り方を検討することが重要。その前提として、自国で保持すべき技術の整理、その保持の仕方を検討することも必要。技術としてはセキュリティの観点から核となる技術の見極めが重要であり、それを国内でどう開発して維持、発展していくかということが検討事項。一方で、まだ初期の開発の段階では革新的なブレークスルーを可能にする技術開発も並行して視野に入れることは必要。新しいイノベティブなアイデアを生み出すという観点では、ベンチャー企業のようなものが適している面もある。

規制について、新たな炉システムを開発する際は、まずは最も技術の中身が分かった設計者、つまり、裏を返せば危険・リスクも分かっている設計者がどのようにすれば安全を確保できるかについて、炉システムの設計を進める中で一体的に考えていくもの。そうした活動で得られた安全の考え方をベースにして、規制という意味では国民との関係で第三者的にチェックすることを付け加えていくことになる。これらの活動に当たり、国際的に連携を取って国際標準化を進めることも合理的で効果的な基準を作成する上では有効。

推進体制、人材育成について、核融合の開発スケジュールはかなり長期間にわたることが考えられるので、中核となる組織や人材をどう育てて維持していくかが重要な課題。組織については、長期にわたってどういう内容の活動を、どういう資金を得てやっていくかをプランニングしていく必要がある。一方、重要なのは人材であるが、タイムスパンを考えると、多くの優秀な人材が一生涯核融合の開発、実現に情熱をもって携わることができる環境を整える必要がある。こうした人材を多く育てて確保して、そういう人たちが組織の中核を長期間にわたって担っていくようにすべき。原型炉に携わる人材についても同じこと。タイムスパンを考えると、原型炉の運営に生涯携わる人たちが計画的に確保していくことが必要。炉の運営に携わることになると、原子力発電所の例だと、恐

らく数百名規模になるが、立地地域も考慮して、計画的、継続的に要員を採用して、育成していくことが必要。

「もんじゅ」のところで、プラントに求められる保守管理を外部からの出向者等に頼らずとも確実に実施できる体制の構築が必要であること、という教訓があったが、これは非常に共感した。「もんじゅ」の支援の終盤であるが、電力会社の立場から「もんじゅ」で問題が発生したときに、電力会社はどう支援するかの議論に携わったことがあり、痛切に感じた覚えがある。

そういう意味ではやはり、原型炉に携わる人間は研究開発を中心とした組織の人材とは少し違う知識、能力が必要になると思われる。例えば、プロジェクト管理とか原子炉の運営マネジメント、保守管理などについては、中核を担っていく人たちが若い時代から、国内外の他の組織で学ぶ経験を積むことも必要。若い人たちが生涯にわたって原型炉に携わっていける継続的、計画的な人材計画が必要。

(6) 中間的整理(案)について

資料11に基づき、覚道審議官より説明。

年明け以降の更なる深掘りの議論に資するため、中間的な整理という形で整理した。

開発戦略については、主に前回議論での意見を整理。育成戦略及び戦略の推進体制については、今日の議論であるが、前回までの意見を中心に整理。今後の検討の方向性について、それぞれの議論のところで、今後更に必要な検討項目を、事務局で取りまとめるに記載したもの。

技術開発戦略については、核融合発電の実証時期の明確化、原型炉による社会的・経済的な有用性、コスト目標や実施体制を更に検討していくべきではないか。原型炉の炉に加えて、発電システム、機器ごとの開発サイクルを踏まえた全体を俯瞰した上での戦略を描いていく必要がある。サプライチェーンとその担い手の整理、ITERで培った経験、課題の整理。独創的な新興技術についても代替選択肢となり得るため、核融合技術群として研究開発の強化を検討していくべきではないか、ということが技術開発戦略の更なる検討の方向性。

産業育成戦略については、「見える」として、原型炉に向けて細かなマイルストーンを設計し、産業の予見性を高めて核融合への参画を促進できる計画を策定していくべき。技術マッピングによる技術安全保障の戦略、産業ニーズの見える化。他分野への波及が期待される核融合技術の見える化などを更に深掘りが必要。

「繋がる」として、継続的かつ本格的に産学官が連携できる活動の場の構築。研究機関と企業の技術ニーズ・シーズのマッチングを広めるビジネス機会の構築。核融合協議会のような企業間での技術情報交換の場の構築、などが必要。

「育てる」として、補助金インセンティブによる産業の活性化。国際標準化による市場創造。海外人材も含めた人材の確保。核融合産業の育成、原型炉の開発も念頭においた規制の在り方をしっかりと並行して検討していくべき。その際には、ITER誘致の際の議論も参考にして、科学的・合理的な規制を検討すべき、海外での議論も踏まえつつ規制の面でも国際標準化を目指すべき、日本の技術優位性を生かして主導すべき、などが更なる検討の項目。

推進体制について、官学が協力して核融合開発のための知見を集約できる場をどう設定していくのかの検討、原型炉のスペックを決めて、QSTを中心としつつ、民間も参加する実施体制、その妥当性を判断していくということが必要。大きくは、核融合戦略全体を推進していく体制ということだが、その中で一つ、核となる部分はもちろん原型炉を造っていくところ。技術の波及、他分野からの技術を生かしていく部分で、いろいろな形で連携の場が周りに必要ということ。そういう全体を含めて、大きな推進体制についても更に検討していくべき。

人材確保について、商用炉の経験者が必要で、企業から研究機関への人材派遣を活発化させるべき、あるいは他分野からの研究者を引き付けるためにも他分野と連携した研究が必要。あるいはそうしたアピール。海外の人材の受入れの促進、研究者の長期ポストを増やしていくべき、また、国民の理解を促進するため、成果をしっかりと目に見えるような形で発信していくことが必要

ではないか。こうしたことを中間的な整理として、今後更に深めていく論点として整理。

これらの中間的整理をベースに、年明け以降、更に来春の戦略策定に向けて議論を深掘りしたい。

(7) 意見交換

○小西委員(資料12):

中間的整理案を中心に民間の立場からコメントを述べたい。

主に官の立場から見た政策としての部分に対して、民間がどのように対応するか、民間はこのように見ているという話をしたい。

まず、核融合の開発戦略、ロードマップ、技術マップとして出てきているものについて、これまでの技術マップ、ここで書かれている技術マップは全て実は、我が国が全てを、我が国で全部やって、かつ多国間協力はITER、BAなどを一部入れて、我が国技術でやろうとするものとして最適化されている。この合理性はいまだに変わっていない。ただし、そういうバウンダリーを組めばということ。ここでは、特に足りないから外から持ってくる、ITERから持ってくるという技術は別で、網羅されているわけではない。ITERは日本が主体的にやっていて、その成果は取ってこられるという前提になっているので、逆に言うとそれらの技術はITERの成果を待たねばならない、ということ。ITERが終われば必ず手に入るので、ここで無理して一生懸命やることはないということになっており、この立場で日本はやっていて、これ自体は大変技術的には合理的。

今、世界で起こっている核融合開発は少し違っており、その流れではない。世界最先端の技術をどこからでもいいから取り込んできて、一番速いもの、一番安いもの、最もよさそうに見えるものの、危険だけドイノベータティブであるものを集めて自分の国のものとするために、パートナーを選んで適当に組んで、ITERのような多国間ではなくて、自分の好きな人とだけ、好きな相手とだけ組み、自分の国が国際市場で有利に展開できるものを目指す活動であり、少し目的が異なる。

京都フュージョンリアリング社では、核融合の産業化に必要で手薄な分野に注力。エネルギー変換、燃料系、機器、あるいはサプライチェーン、何よりも大事な社会実装、ビジネス化の技術に注力している。なぜかというと、我々が書く技術マップは池田委員の技術マップと似ているところがあるが、ちょっと違う。社会実装、ビジネスモデル、資金、バリューチェーン、どうやってお金を持ってきてどうやってこれを価値として返していくのか。どうやってエネルギーを使ってそれを増やして社会に供給するというプラントにしていく、あるいは社会に対して、環境に対して、どのように資源を取りこんで、ごみをどのように出さないようにするのか、あるいは出すときはどうやって処理をするのか、あるいはそこに材料を持ってくるためのサプライチェーン、産業群をどういうふうに構築するか。こういったようなところまで考えなければ事業ができない。この部分が少し異なる。

私は以前、ITERから原型炉に進む主計画をプランAと呼び、核融合のプランBという、その計画の代替になる開発戦略の研究発表を2006年に行った。そういう意味で、尾崎委員の指摘は鋭いなと感じた。私はプランAの推進者でありながら、常にどんな計画でも、困難な場合に備えたプランBがなければいけないことを言ったことがある。

我々のこの国は、核融合産業の育成戦略として「産融国」になりたいか、という点がオープンクエスト。我が国は油を出しているわけではないので、油を出す産油国にはなれないが、これからの核融合産業を次世代のエネルギー産業として見たときに、これを産する国になりたいと決断するのか、なりたくない、ならなくてもいいやと思われるのかでもって、ここから行き先が変わる。

米国及び英国、場合によっては中国も入るが、自分の国が最初に核融合炉を作って、自分の国がヘゲモニーを取って国際市場に行こうとしており、実は核融合装置市場競争は序盤戦が既に終了しつつある。なぜかというと、ITERを含めて、この装置はこの国から買うということが位置付けられてしまったからで、市場の割当てが終わっている。幸い我が国が枢要なものはITERではほとんど取っている。しかし、今現在、ITERよりはるかに多くのお金が動いている民間核融合機器市場において、我が国の受注額はほぼゼロ。なぜかということ、この国の企業にはRFI、Request

For Informationは来ないし、応えてないので、残念ながら当然売りようがないということ。

学問追及型と考えたときに、我が国の核融合計画は依然として合理的。確実に、着実に成果を出し、絶対に到達すると思われる。しかし、これを突き進んでいったときに、国際市場に足掛かりはあるかというのが質問、疑問である。

知識があれば勝てるというのは、実はその考え方の根底にある。知識がない人が相手であれば、もちろん勝てると思う。しかし、日本単独の技術志向とか原型炉志向というのは、ともすればこの国の技術をガラパゴス化してしまう。残念ながら、我が国が今まで素晴らしい技術を作ったが現在において脆くも破れさっているこの現実を見たときに、果たしてこの国の技術で、知識があれば勝てるということがあるのだろうか疑問。

今起きている民間主体の核融合競争について、既に世界での核融合装置市場が成立しており、そこでは毎年1,000億円程度の予算が使われているが、残念ながら我が国の企業はここに余り売っていない。アメリカとイギリスは、結局核融合炉建設の主体者を創出して育成することが必要ではないかと気づき、現に実施している。

「見える」、「繋がる」、「育てる」について、「民」が考える内容は少し異なる。技術情報の「見える化」について、核融合研究は公開情報であるため、学会や政府間の発表の場、ITERに行けば全部見えるが、見えないものは民間の動き。我々は世界中から、RFI、RFPを見て、テンドーを通じて技術情報を収集し、かつ与えている。そこで投資家は情報を共有しており、ピッチを行って、それに対してお金が投じられる。このような情報は残念ながら国の核融合情報としては入ってこない。「繋がる」について、当然ビジネスなので、お金を払って買う基本的なビジネスのつながり方であるが、この動きも現在のところはわが国にはない。問題なのは「育てる」について、核融合装置を輸出産業として育てるにはどうしたらいいかという問題がある。技術は確かに大事だが、技術のみで勝ちにいこうとしていないか、が疑問。

推進体制について、核融合炉を自ら建設する主体者、これがないのが問題ではないか。「ふげん」、「もんじゅ」の事例分析はよく分析しているが、依然としてお金は国家予算。栗原委員の意見のとおり、結局、総合的に実施する主体は誰なのか、実施組織は何なのかというと、研究者でも技術者でもなく、ビジネスをやる人たち。国からの予算でもいいし、民間資金を集めてきて官民間わず資金を結集して、共通の目的の下に組織を作り、そこで迅速な事業判断をして、サプライチェーンを構築し、自在に世界から情報を集めて最適なものを選ぶ、こういう独立した主体者がなかったので、「もんじゅ」も「ふげん」も技術はできたのに、造ろうと言った会社がなかった。それが問題だと考えた。

そこで、核融合を輸出する自国産業を我が国が目指すには、結局のところ、「うちが造る」という会社を作ればいいということ。実際の問題を解決するための主体になるものとして、例えば許認可を作る方ではなくて、通すような主体が生まれる。ここは考え方の違いではないかと思う。国の政策として、そのための枠組み、あるいはエコシステムを整えることを提案したい。

民を生かすための核融合政策というのは、原型炉計画とは少し違うところにあり、これについてはもう少し具体的な案もあるので、時間を頂いて話したい。

○篠原座長：

小西委員の意見のとおり、どんな世界でも技術のみで勝つことはあり得ない。今日の中間的整理案に対する意見も踏まえて年明けの議論につなげていきたい。

(8) その他

○事務局：

中間的整理案については、委員の意見を踏まえて修正し、メールで確認した上で確定とした。

次回の有識者会議については、中間的整理に基づいて議論を深掘りしていく予定。

高市大臣、篠原座長より閉会の挨拶

○高市大臣：

これまでは、核融合開発に向けた課題の洗い出しや、それを踏まえた開発戦略の方向性について議論し、本日は産業育成、推進体制、規制の話も議論した。核融合を社会インフラとしていくためには産業界の役割が非常に重要。今回の中間的整理案について、委員の意見をしっかりと取り込み、整理し直した上で、年明け以降、更に議論を深めてまいりたい。

○篠原座長：

委員の活発な議論に感謝。多彩な意見があったので、それをベースに年明け以降、しっかり議論ができるように、中間的整理を取りまとめてまいりたい。

以上