

核融合戦略有識者会議(第2回)議事要旨

I. 日時 : 令和4年11月4日(金) 13:30~15:30

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

原型炉開発総合戦略タスクフォース関係者

笠田 竜太	核融合科学技術委員会 原型炉開発総合戦略タスクフォース主査 東北大学金属材料研究所教授
坂本 瑞樹	核融合科学技術委員会 原型炉開発総合戦略タスクフォース主査代理 筑波大学プラズマ研究センター教授

政府関係者

高市 早苗	内閣府科学技術政策担当大臣
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
石川 勝利	外務省軍縮不拡散・科学部国際科学協力室長
千原 由幸	文部科学省研究開発局長
小澤 典明	経済産業省資源エネルギー庁次長
加藤 聖	環境省大臣官房総合政策課企画評価・政策プロモーション室長

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(冒頭挨拶を除き非公開)

1. 開会

2. 議事

(1) 国際協調(ITER計画)から国際競争(各国戦略)へ

(2) 核融合発電実現時期の前倒し可能性について

(原型炉開発総合戦略TFにおける検討状況の報告)

(3) 小型炉等の先駆的取組合む核融合発電実証に向けた我が国の中長期的な開発戦略について

(4) 意見交換

(5) 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 国際協調から国際競争へ(文部科学省説明資料)

資料3 核融合発電実現時期の前倒し可能性について

(原型炉開発総合戦略タスクフォース説明資料)

資料4 我が国の中長期的な開発戦略について(内閣府説明資料)

資料5 有識者説明資料(尾崎委員)

VI. 議事要旨

冒頭、高市大臣、篠原座長より開会の挨拶。

高市大臣の冒頭挨拶:

第1回の議論では、有識者からの説明、意見を伺い、主要国の核融合分野の民間投資の拡大や政府の戦略的な開発の進展など、国際動向についての認識を共有。このような中で、核融合発電に向けた研究開発の加速、経済安全保障の確保、我が国の産業競争力確保のための核融合関連産業の育成、人材育成、これらを推進していく官民の体制整備といった様々な課題がある。課題解決に向けて、日本の核融合戦略の策定ができるように、意見を頂きたい。

篠原座長挨拶:

本日は2回目の会議であり、技術的な観点からの発電実証の前倒しの可能性、ITER計画を踏まえて今後取り組むべき課題、日本の核融合発電実証に向けた中長期的な開発戦略などについて、議論をお願いしたい。

これまで、文部科学省の核融合科学技術委員会原型炉開発総合戦略タスクフォースでは、発電実証の前倒しの可能性について検討してきた。今日は、この検討状況について、本タスクフォースの主査の笠田先生から報告がある。

研究開発の段階から、その次の段階へとステップアップしていくためには、研究開発で培った知見を踏まえて、どのような課題があるのかを把握して、それをどのように乗り越えていくのかということを委員で議論したい。

(1) 国際協調(ITER計画)から国際競争(各国戦略)へ

資料2に基づき、千原局長より説明。

ITER計画については、2007年に協定発効し、国際協調により7極35国の参画で進展。人類初のハイテク機器の製作であるため、設計の遅延や複雑な技術仕様を要因としてスケジュールや想定コストの変更が見えてきた。各時点でスケジュール遅延やコスト増が発生したが、それでも徐々に進展。

2020年からはITER炉心組立が開始し、現在約77%まで建設が進捗。核融合に特有な機器の開発・製作等が進んできて、いよいよマーケットも含めて、世界的に核融合の実現に向けた雰囲気醸成されている状況。早期の産業化を目指す民間の研究開発、又は、主要国の核融合発電に向けた研究開発戦略の動きがあり、国際協調の時代から各国独自の取組あるいはベンチャーによる国際競争の時代へ突入。今回は各国独自の取組を紹介。

イギリスについては、2021年10月に国家核融合戦略を策定。核融合技術を含めて、イギリス政府として電力システムに脱炭素化を目指し、核融合が実現すれば低炭素のベースロード電源になると期待しつつ、その電力網へのエネルギー投入を行う核融合原型炉の建設、商業的実現性の実証、イギリスが世界をリードする核融合産業を構築して世界に打って出ることが目的。2040年までに電力網へのエネルギー投入を行う核融合原型炉の設計・開発・建設というような野心的な目標を持ち、対英国投資を誘引して、核融合の市場で競争力を持つイギリスの企業を育成。

アメリカについては、長年、公的投資でITER含めて核融合研究が進展。国が民をサポートするような形で民間投資も急激に活性化し、多数のベンチャーが育成。エネルギー界で核融合含めてリーダーポジションを得てエネルギー安全保障の確保を目的とし、ITERへの参画とともに新しい取組を推進。2022年3月、「商業核融合エネルギーの実現を加速するための10年戦略」の策定を宣言し、民間セクターとの連携の下で議論しているという状況。論点として、商業用の核融合の実現可能性を高めるためのマイルストーンプログラムの策定、市場リスク・技術リスクを同時に下げるために、原理実証から市場がスケールするまでの時間を短縮、などを議論中。

中国については、国主導で実施しており国家戦略自体は存在しないが、科学技術・イノベーション政策の基本方針である、国家中長期科学技術発展計画綱要等に核融合を位置づけ。これまではITER計画の参画を通じて、キー技術の吸収、人材育成をしてきたが、さらに産業化、国内技術の基盤の強化を狙っている状況。EAST、ITERなどこれまでの装置に加えて、中国独自の取組として、これまでITER計画でできなかった核融合要素技術の獲得のためCRAFT計画を実施。また、JT-60SAと同規模で、DT運転も計画している実験装置BESTを2027年に運転開始。さらに、ITERと同規模で工学試験炉CFETRを2025年より建設して、2030年代までに原型炉として運用し、発電炉に改造していく野心的な計画。

(2) 核融合発電実現時期の前倒し可能性について

資料3に基づき、笠田主査より説明。

原型炉開発の技術基盤構築を進めるための体制として、本タスクフォースは、文科省核融合科学技術委員会の下で、原型炉開発に向けたアクションプランを策定。また、アクションプランを主に実行するオールジャパン体制の原型炉設計合同特別チームの進捗状況の把握や助言等を実施し、技術基盤構築の進捗状況及び課題解決への取組を取りまとめ。

具体的に原型炉の設計等の活動を行っていくのは原型炉合同特別チームであり、QST六ヶ所研究所を中心として、NIFS、大学、企業などが合同して、オールジャパンで進めている。また、共同研究ワーキンググループが形成され、大学等の基盤強化も含めて、原型炉に向けた共同研究を進めており、公募テーマの提案や了承する機能もある。

タスクフォースにおける検討の経緯として、平成29年12月の「核融合原型炉研究開発の推進に向けて」において、核融合原型炉の開発に必要な戦略が示され、原型炉に求められる基本概念と技術課題解決のための開発の進め方がまとめられ、原型炉段階への移行に向けた考え方を提示。それを基に、「原型炉開発に向けたアクションプラン」を作成。それを受けて、平成30年7月には「原型炉研究開発ロードマップ(一次まとめ)」が作成され、開発の重要度と緊急性、国際協力の観点に基づき、アクションプランのうち優先的に実施すべき課題を整理。その後、令和4年1月、アクションプランの下に「原型炉研究開発に関する第1回中間チェックアンドレビュー報告書」がまとめられた。

一方、課題として、第2回チェックアンドレビューに向けて核融合発電の実現時期の前倒しが可

能か検討を深めること、前倒しを行う場合に中間チェックアンドレビュー2時点での達成目標や原型炉研究開発の優先順位を再検討すること、が示され、今期のタスクフォースでこれらを検討。

アクションプランに沿ったJT-60SA及びITERから原型炉への統合戦略を基に、原型炉による発電の実施時期の前倒しとして、段階的に原型炉の性能を上げて運転領域を広げ、第1期(発電実証)と第2期(定格発電実証)を定義。第1期や第2期目標を速やかに達成できるようにしつつ、増殖ブランケットによる発電を早期に実証するマイルストーンとして設定。

第1期目標の概要として、ITERからの技術ギャップが小さい「低出力&パルス運転」による早期発電実証を目標。第2期目標は、それを受けて商用炉段階に向けた「定格出力&連続運転」による発電実証が目標。これらの目標を基に様々な技術項目を検討し、核融合発電の実施時期を変更についてまとめた。

結果として、低出力及びパルス運転、第1期の目標に必要な技術開発を加速・重点化していくという基本的な考え方であり、2035年のITER燃焼実験の直後から原型炉運転に着手、10年後に原型炉発電実証を目指すことで、現在の計画から5年程度の前倒しが可能。

第2回チェックアンドレビューの時期は2027年頃で変わらず、その後、工学設計／実規模技術開発を縮めて3年前倒し。前倒しスケジュールでは、製造設計を2032年頃に開始し、2035年には建設のための移行判断となる。これにより建設時期を5年前倒しし、発電実証時期を結果として5年前倒しする検討結果である。

(3) 我が国の中長期的な開発戦略について

資料4に基づき、覚道審議官より説明。

本日の主な論点である核融合技術の開発戦略について、ITERの経験を踏まえて検討していくべき部分と、小型炉などより革新的な技術の部分の、大きく2つに分かれるとの認識。

まず、ITERの経験を踏まえた論点として、ITERの進捗や諸外国の動向を踏まえて発電実証に向けて中長期的にどう取り組むのか、発電実証時期はいつか、技術・経験の優位性を最大限活用した上で原型炉に向けてITERだけで解決できない課題があるか、などである。これらについては、第1回会議にて主に栗原委員、池田委員、近藤委員から意見があった。

栗原委員の意見は、核融合発電の社会実装に向けて、長期及び巨大なエネルギー開発プロジェクトであり、コミットするためにはより明確な意思表示と合意形成が必要。原型炉については、単に2050年であれば5年早まる、10年早まるということではなく、早まる代わりにスペックが変わり、そのスペックで時期を早めることが有効どうかは検討が必要。また、発電システムと機器、燃料、トリチウムの調達・生成、バックエンドの産業サプライチェーンを明確に描いていく必要。ベンチャー企業の裾野の拡大について議論が必要。

池田委員の意見は、核融合発電の実証時期を明確にして、技術開発の戦略、体制を議論することが大事。

近藤委員の意見は、日本における核融合の活用の仕方が重要であり、活用の姿を実現していくための必要な機能、サプライチェーン、その担い手を明らかにしていくことが必要。ITERを含めた核融合の研究には、進展の成果、うまくいかなかったこと、挑戦や克服と課題があり、将来の財産として振り返ることが重要。さらに、開発サイクルが長い炉本体の開発と、開発サイクルが短い周辺機器の開発、どちらかに考え方を寄せず、その特徴を踏まえて戦略を立案する必要。

総論としては、核融合発電の実証時期を明確にした上で、技術開発の戦略、体制を議論することが必要。実証時期については、原型炉の前倒しによる有用性、コストや実施体制の検討をすべき。研究開発戦略と体制という点では、原型炉の炉に加えて、発電システムの部分も含めた全体を俯瞰した上での戦略を描くことが必要。サプライチェーンとその担い手の整理が必要。ITER計画で培った経験、課題は何か。機器ごとの開発サイクルを踏まえた戦略の立案が必要。

もう一つの大きな論点は、小型炉など新世代の核融合等の独創的な新興技術。

海外では小型炉の開発ベンチャー、様々な炉型で取り組まれおり、それに対応した研究開発は日

本のアカデミアでも実施。例えば、アメリカのカリフォルニアのTAE Technologies社は磁場反転配位型の開発であり、日本大学でも取り組み、研究協力もしている。カナダのGeneral Fusion社は衝撃波磁化標的核融合の開発であり、東京大学や兵庫県立大学で関連する研究に取り組んでいる。英国のTokamak Energy社は球状トカマク型の開発であり、東京大学、京都大学、九州大学、また、核融合科学研究所でも関連する研究が行われている。Lockheed Martin社によるミラー型核融合装置の開発は、筑波大学での取組がある。海外で様々な小型炉の取組、ベンチャーが出てきている中で、日本のアカデミアでも対応するような研究開発の取組が進んでいる。様々な核融合の研究開発で整理をすると、トカマク、ヘリカルといった磁場閉じ込め型以外にも、多様な核融合技術開発が進展。小型炉の研究開発と同様に、これら方式の研究開発は、核融合業界の裾野を広げて、先進技術による相互イノベーション、核融合人材の育成としても重要であり、破壊的なイノベーションの創出や将来のクリーンなエネルギー源確保、サプライチェーンの脆弱性で将来の国民生活が脅かされないようにしないといけない。このような観点から、核融合技術群として、研究開発の強化を検討すべきではないか。磁場閉じ込め型としては、QST、核融合研、京大、慣性閉じ込めとしては大阪大学のレーザーによる取組。発電プラントに関わる部分は、京都フュージョニアリング社での取組がある。さらに革新技術として、ミュオン触媒核融合、凝縮系核反応についても進んできている。これらも含めて核融合技術群として研究開発の強化を検討すべきではないか。

長期戦略における課題解決の方向性の総論として、核融合発電の実証時期を明確にした上で、技術開発の戦略、体制を議論すること。実証時期について、原型炉の前倒しによる有用性、コストや実施体制の検討をする。研究開発戦略と体制について、原型炉の炉に加えて、発電システムも含めた全体を俯瞰した上で戦略を描くこと。サプライチェーンとその担い手を整理すること。ITER計画で培った経験、課題を整理して生かしていく。機器ごとの開発サイクルを踏まえて、戦略を立案していくということ。

独創的な技術については、独創的な新興技術の推進方策について、日本のアカデミアでも取り組んでいる海外の小型炉開発ベンチャーの炉に対応した研究開発や多様な核融合方式は、破壊的なイノベーションの創出や将来のクリーンなエネルギー源確保、サプライチェーンの脆弱性が将来の国民生活を脅かすことがないようにするためにも、核融合技術群として、これらの研究開発の強化を検討すべきではないか。

(4) 意見交換

各委員から意見交換を実施。

○尾崎委員(資料5)：

今日は、NASAの産官学連携システム、NASAを参考にしたJAXAのシステムについて紹介したい。

デモ炉に求められる役割とは、原型炉、商業炉へつなげる実証の場である。これは言うまでもないが、特に「ハイテクの塊」である核融合炉開発について、こういう道筋は非常に重要。

産官学が協力する場ではあるが、官も予算が無尽蔵にあるわけではなく、開発のスピードを上げ、予算をセーブするインセンティブがある。そこで、従来のように官が補助金を出して、民間がものを作るのと違った方法を考え直すべき。それにより、民間の投資を誘引することができる。

本件は研究でなく「事業化」を目的とすることを再認識し、研究プロジェクトの「屋上屋」を作るようなことは避けるべき。商業炉につなげる、あるいは原型炉につなげるデモ炉の場合、研究、知財だけでなく、コスト、効率化、スピード、リスク負担をバランスよく管理しなければならない。研究プロジェクトでは、基本的に研究成果と知財が重要であり、それ以外の項目は重要視されてない。研究・知財以外の項目のプライオリティーを上げなければならない。

また、デモ炉はITERやJT-60SAと異なる構造となり、従来型の官から民へスペックを提示して、ものを調達する方式と異なり、民のアイデアと開発成果の集結が重要。

同時に、核融合特有の事業構造への対応として、非常に多様な技術群のインテグレーションがある。インテグレーションには司令塔が必要だが、この場合司令塔には2つの役割がある。炉を設計して全体を組み立てる役割と、構成されるパーツ(機能)に目配りをして、全体を調整する役割である。必要とされる機能を官が提示すれば、民間のアイデアが集まるだろうが、それだけでは核融合としてインテグレーションされない。ここで参考になるのがNASAの産官学連携システム(COTS)である。これは「商業軌道輸送サービス」であり、ポイントはNASAという官が主導しているプロジェクトであるが、「より早く、より良く、より安く」ということを旗印に政府出資を抑えて、民間投資を誘発している点に特徴がある。例えば開発期間を6、7年というふうに決めて、民間のアイデアを募集し、マイルストーン方式を採用して開発を促す。補助金を出さずに民間に投資をしてもらい、成果を出せばNASAが買い取るというコミットをし、NASAが長期間の輸送契約を提供する仕組みがCOTSである。成功例はSpaceXであり、イーロン・マスク創業のベンチャー企業が、リサイクル衛星のプロジェクトを成功させた。これは、リサイクルによって衛星の開発コストを下げたことが注目されているが、実は新品の衛星を開発したときはNASAが買い取る契約を結んだことがより重要である。その後、SpaceXは衛星をリサイクルして、利益を上げているところがポイントである。

この委員会で、「マイルストーン」という言葉がしばしば使われているが、私が言うマイルストーンは若干意味合いが違うので説明したい。医薬品開発の業界では「マイルストーン契約」という言葉がよく使われている。医薬品開発には、基礎研究から十六、七年の期間がかかり、3,000億~4,000億の資金が必要になるので、ベンチャー企業には負担できない。したがって、製薬会社がベンチャーのパートナーになって資金負担するが、製薬会社もいきなり数千億円という投資資金を出すわけには行かない。したがって、開発のマイルストーン(途中の目標)が達成されたら、製薬企業はベンチャーに少しずつフィーを支払い、次のマイルストーンが達成されたら、追加のフィーを払うのがマイルストーン契約である。

NASAもこれに似た方式を採用しており、マイルストーンを達成すればお金が入るので、民間の投資を促す。

NASAのこの仕組みを分析すると、まず限定的な政府投資が行われ、政府は宇宙機ではなく「切符」を買う。また、政府は物納を受けず、研究成果に対して民間にお金を払う。また、非契約アプローチを取り、煩雑な調達契約を廃して、スピーディーに提携を実行する。ただ、ばら色の話ばかりではなく、NASAの内部でも、「これはハイリスクだ」という反対意見はかなりあったようだ。失敗例も実は複数あるが、SpaceXという成功例がクローズアップされている。

また、大企業だけでなく中小ベンチャーにもチャンスを与え、知的所有権を企業が使いやすくするインセンティブを与えている。NASA側からの技術的な要求を最低限に抑え、企業の独創的な提案を促進する。DOEがNASAのこのやり方を研究して、似た仕組みを核融合に導入しようとしていると聞いている。

このNASAのCOTSを日本で活用した例として、JAXAがCRD2プロジェクトという、宇宙デブリを商業的に除去することを実証しようとしている。宇宙デブリを発生させているのは主にアメリカ、ロシア、中国であるが、これまでデブリを除去しようという提案はこれらの国からなされてこなかった。ただ、世界にとって重要なプロジェクトなので、日本が提案主体となった。JAXAは、COTSと同じような方式でAstroscaleというベンチャー企業に、宇宙デブリの除去実証プロジェクトを委託している。

まとめると、デモ炉あるいは原型炉の前倒しとしてスペックを決定することが必要であり、核融合はインテグレーションが重要なので、その司令塔の組織をどう作っていくのかが課題である。その後、マイルストーンを設定しなければならないが、「2040年に原型炉ができる」という目標では企業は投資をしないが、数年区切りで原型炉に行くまでのマイルストーンを設定すれば、投資が期待できる。また、マイルストーンの設定だけでなく、審査する体制も必要だ。NASAでも専門組織を作って対応している。最終的に、この過程で民間のアイデアを吸収するにはどのような仕組みが最適なのかということが課題である。

○池田委員：

DOEの資料を見ていると、アメリカが活発に民間を入れている動きがあり、興味を持っている。インテグレーションという点で、ITERを活用することと併せて、JT-60SAを建設している。ITERでは、例えば日本はTFコイルを担当しているが、インテグレーションとしての全体の組立てはしていない。ITERでやること、JT-60SAでやることを考えて、全体としてインテグレーションをカバーし、必要な技術を我が国に残すことを考えている。

それ以外の検討項目についても、原型炉に向けて技術をしっかり進めていきたいと思っているが、具体的には今後の議論を進めながらやっていきたい。

○小澤委員：

工業会としても、資源の抜本的解決につながる核融合については、大変重要と認識。

今日の論点の「国際協調から国際競争へ」については、恐らく、常に競争というものは存在しているながらも、ITERという国際協調の場で皆協力してやっていたということが実態で、その次のことを考え始め、競争というものがまた頭を出してきたと感じている。

私たち工業会も、会員企業である様々なメーカーが競争しながらも分担して開発をやってきて、共通的な課題について、工業会の場を通じて議論をしているというのが実態。最終的には、核融合発電がいつできるのかということ念頭に、着実に進めていくことが重要。

核融合発電、装置の話が重要であり、分担している機器が組み上がったところで、どういうパフォーマンス、発電ができるのかということが重要。国民目線だと、エネルギーが核融合から得られるところが重要。エネルギーの供給としては安定性もコストも重要であり、いずれかのタイミングで検討する必要があると思うので、中長期の戦略の中で、こういったことも踏まえて検討すべき。

ものがちゃんと性能を発揮するということでは、新興技術がたくさん出ており、いろんな情報が飛び交っているが、その実力というものがあまりよく分かっていない。そういった実力は、日本国の戦略を立案する中では、情報のあるところで集約しながら、あまり見えていない技術に対して恐れることなく、着実に日本の実力を上げていって、核融合発電の実現に一步步近づいていくということが重要。

前倒しの議論があるが、ものづくりの観点からは、非常に期待しており、我々もかなり注目している。もちろん、議論にも各社メーカーが参加しているところ。

一方で、ITERの成果、うまくいったところ、うまくいかなかったところ、どういうタイミングでどう反映していくのかということも重要。ちゃんと反映できるタイミングで進められるように、メリハリを付けながらやっていく必要があると考える。

○柏木委員：

まず、ITERの進捗や諸外国の動向を踏まえて、中長期的にどのように取り組むべきか、国家戦略としてどのように位置づけるかという論点について、タスクフォースの前倒し案は、定格連続運転の実証は後にして、とにかく発電するという、段階的な建設案。ITERでは、これをstaged approachという言い方で、段階的にマイルストーンを達成し、大型プロジェクトを確実に進めるということをやっている。今回のタスクフォースの案も同様に、非常に現実的な案だと思う。

また、国民の理解を得るために発電という成果が非常に重要。宇宙開発でも、先にロケットを打ち上げるとか月面着陸とか、そういう国際競争で盛り上がった、いい前例がある。核融合としては、日本のチーム感、オールジャパン体制があり、その先駆者であるということで、日本が一体となって発電実証世界初の狼煙を上げて、世界の核開発競争の中で優位性をアピールするということは、国民の理解を得るためにも重要。

また、先に核融合発電を実証したところが安全規制や機器の国際標準化のモデルとなると思うので、世界的な核融合産業の市場をpushしていくためにも、戦略的に最初にやってみるというのは非

常に重要。

次の論点の経済性技術の優位性を最大限に生かしつつ、我が国が取り組むべき課題は何かという点について、技術の観点では、ITER計画やJT-60SAでいろんなサプライチェーンの方が入ってきていて、それをどう維持するかというのが非常に重要。

ITERの運転保守の期間もそういう技術の継続があると思うが、核融合と共通の技術とか加速器とか原子力とかも含めて、継続的なサプライチェーンの広がりを作っていくのがよい。

また、ITERの経験という意味では、ITERは、トリチウムとか安全規制の課題に面しており、研究というよりはプロジェクトマネジメントの観点が成長。これを原型炉の推進体制にも活かすといふと考える。

そして、ITER計画で解決できない問題について、日本はITER計画とBA活動で核融合炉の技術はカバーできているが、発電技術と国内に建設する場合の法規制が課題として残っている。これについては、原型炉特別チームで既に民間の方も巻き込んで進めているが、その活動が研究的になり過ぎず、最短距離で進めるためには、産業界の知見と経験を巻き込んでいくことが必要。

小型炉とか次世代の核融合の新興技術についてどのような戦略で取り組むかについて、核融合は特殊な技術が多く、携わってきた特定のメーカーが参入しているというイメージが強い。しかし、よく見ると、基盤的なものづくりは共通なものが多い。そういう共通技術をうまく掘り起こして、新興技術にも転用し、そこから派生する技術もあると考える。核融合産業の育成に向けて、国内の共通基盤技術を拾っていくと広がっていくと考える。

○栗原委員：

前回、発電システムとして考えたときのサプライチェーンの構築や、エネルギー政策の中できちんと位置づけていくことを申し上げた。

今回、実証時期について5年ほど前倒し、また、第1期と第2期に分けると理解した。その第1期が2045年になるということであって、実証全体でこれまで2050年代中葉と言っていたゴールが短くなったのか、それともその間を第1期と第2期に開発段階を分け第1期が明確になったのか。逆に、第1期が終わってもすぐに商業炉にはならないので、第2期を経る必要があるとすれば、この第2期が早まるのかどうかということも大変重要。今回前倒しをしようという中で、次の第2期の目標もある程度見据えていく必要がある。ただ、第2期が終わらないと目途が立たないということではなく、各期で実現する目標を明確にすることは極めて重要で、マイルストーン方式を進めていく事については賛成。その意味で、第2期というのは、また新しい炉を作るのではなくて、第1期の改良を重ねていくと理解。

第1期をデモ炉と呼ぶと、実証炉とは違うのか、実証までいかななくてもいいのかと受け取れるように感じるため、実証炉としての第1段階、つまり実証炉そのものであるという位置づけを明確に合意しないと、一旦切れてしまう気がする。実証炉としての開発に入るという認識が必要。

それから、第1期、第2期を含めて、その体制を考えた場合、インテグレーションする力、それからマイルストーンの設定とそれを審査していく力が必要。

それを備えた体制において、国と民間、関係者の中で、誰がどういうリスクを持って、どういう責任分担でやっていくのかを考えたときに、アメリカ方式のようにするには、マイルストーンで成果が上がれば、それを採用したり購入することをコミットする人がいることで、民間の企業やベンチャーが付いていける環境にしなければいけない。そこが日本の場合は不安。逆に、民間企業側も手を挙げる際には、そのリスクを取ることで、成果が出なければ採用されないことを認識していく必要がある。ただ、それが達成されれば、採用してもらえろというコミットメントがあるのは大変重要。そこを明確にして、お互いに厳しい条件をクリアして協業していくことが重要。このやり方は、従来の官民連携の仕方から一歩出たやり方だと思うが、そのようにやっていく段階にそろそろ来ていると感じた。

○小西委員：

我が国の原型炉の研究開発計画は、核融合研究を担ってきた日本の研究者の総力を挙げて、総意をまとめて作られている計画。ここで示されたのは、同じような積み上げのITERの延長上の技術で作っていった結果、5年早くなる、逆に言うと、5年しか早くならない。2045年、2050年、もともと我が国としては今世紀中葉と言っていたが、この計画は5年早くできますよ、2045年に発電ができますよというところにしか来ない。なぜかという、最小限の予算的な投資で最大の効果を得ようとしており、ITERの成果を最大限利用する。我が国が担当していない部分の技術についてはITERを介して入手するため、ITERの完成前に原型炉計画が動き出すことはない。

もう一つは、QSTを中心として、核融合科学研究所、大学、産業界、これらの技術を集めて、原型炉技術としてできるものを全部カバーするという事になっているが、残念ながら、大学及び産業界がやらなければいけない課題の幾つかは手つかず。カバーされていない分野があるということは実は明確に摘出されている。なぜかという、ITERでも原型炉の中核的な部分でも使われないように見えるけれども、核融合を産業化するために必要な技術は明確にあり、残念ながら誰もやっていないということが摘出されている。これを何とかしなければいけないということは、文科省、内閣府の資料の中でも摘出されている問題。

結局、原型炉は我が国の純国産の装置であり、我が国では絶対必要なもの、これに向けて我が国の研究開発力は2050年まで絶対途切らせずに不断で持っていなければいけない。

しかし、一方では、既に我が国の産業がこれまで100年以上何をやってきたかという、我が国の内需だけでも持っている、そういう国ではないので、この国の技術をいかに外国に売るかという視点を持たなければいけない。しかし、このアクションプラン、原型炉計画は我が国で原型炉を作るにはどうしたらいいかという視点でのみまとめられており、この視点は残念ながら欠落している。

次に2番目の問題として、外国が一体何をやってきたのかということについて、英米ではこの1か月で更に大きな動きがあった。国際協力が国際競争になったという話がもう一歩出てきて、アメリカはアメリカ、イギリスはイギリスの中で、それぞれの国の計画、そして核融合、自分の国の産業としてやるにはどうしたらいいかということで、明確にかつ強力な策を打ち出してきた。我々、民間の一企業も参加しているが、アメリカの計画もイギリスの計画も非常に強力です。

アメリカでは、DOEの下で、国内にベンチャー企業を育て、その中でいいものは取り込むということで、既にリストアップを始めている。そこに応募してきた企業だけが、アメリカの会社の中では候補者として生き残るメカニズムを使っている。

イギリスは、世界全体に対して、核融合産業を作りますので参加してくださいという公募方式を取った。これは公開公募として、自由に参加してくださいという形である。門戸を開いてはいるが、あくまでもイギリス主導という政策。

特にアメリカの政策については、ダイバーシティという言葉非常に大事にしており、核融合をやってきた人間から見るとどうかというようなコンセプトも含めて、いろんな会社が挑戦。自由に参加して、うまくいったら買ってあげますという言い方で、ダイバーシティとして、前広に広げて公募している形。

イギリスは、球状トカマクというコンセプト一本に絞って、そこに参加するものは来なさいという言い方。

このいずれについても、産業あるいはサプライチェーンという概念は非常に強力に打ち出されている。つまり、産業化というサプライチェーンの構成というのは、実はこの2040年代ではなくて、今から約15年の間に構成が終わって、そして、そのすみ分けが終わる。アメリカもイギリスも明確にこういう認識を持たれている。なぜかという、発電をする前に装置を作るからであり、その装置を作る、可能とする技術はどこかの国が持っている。そこがその技術を持って、国際市場に参加してくる。ここに参加してこない国は不戦敗になってしまうという、そういうメカニズム。

今起きていることは、国際協力から国際競争へと入った、さらにその次の段階。どの単独の国も自分一国だけで全てができるとは思っていないので、新しい国際連携の芽が出てきているし、それ

はITERのような平等な国際協力、国際条約の枠組みではなくて、ビジネスベースのコントラクトだということ。この中では、当然、技術安全保障という概念が明確に入っている。とつまり、アメリカもイギリスも組みたい国とは組むけれども、組みたくない国は入れたくない。自分の国の技術安全保障は、自分の国の中に技術と産業をおいて守る。明確にそういう意識を出している。

そこで、我が国がどうすべきかについて、一つのサジェスションとして申し上げる。まず一つ、ここで行われている核融合原型炉、我が国の原型炉を作るという技術、これは非常に重要な課題なので、是非検討してほしい。しかし、それと、核融合産業、世界を股に掛けて、国際市場が成立するその中で我が国が産業技術として核融合をどのように育てていくのか、売っていくのかという問題とは明確に切り分けて、議論を進めたいと考える。この2つは全然違う技術である。我が国で原型炉ができて、ガラパゴス化するかもしれない。我が国の固有の条件に合わせた核融合技術、それはそれで重要であると思う。しかし、国際的な市場でそれが勝っていくという保証はない。

ITERで得た技術、我が国は非常に大きなものを持っているが、これを次に売るべき相手は、我が国の原型炉はたった1個。ところが、それまでの間に世界中で作られる核融合装置は何十という数になる。そこで、我が国のものづくり技術をどのように、この国の技術安全保障を守りながら、産業として育てて売っていくか。主体となるものは基本的にはものづくり企業であり、新しいいろいろな核融合コンセプトに合わせて、我が国のものづくり技術、核融合技術。もう一つは材料、素材、加工技術はクロスカッピングといって、いろいろな炉型についても適用可能なもの。これを今後5年、10年でどうやって外国に売っていくのか。この問題は、原型炉を我が国でどうやって作っていかうという問題とは切り分けて、別途、考えていきたい。その問題について、一つの提案は用意してあるので次回話したい。

○近藤委員：

マイルストーンに関して、プロジェクトで1つのアウトプットとして、切りがいいところにマイルストーンを設定していくこともとても重要だと思うが、不確実性のためのマイルストーン設定という観点もある。核融合に関しては、今後更に数十年掛かるということで、現在の社会情勢の中で安定的に実行できるのかという観点。

資料を見て、アジャイルに機能的に修正できるプランが考えられていることも理解。他方で、その段階、段階で成果を刈り取っていけることが重要。尾崎委員の資料にも、製薬メーカーのところで記載してある。

今回、前倒しのプランによつての波及効果も着眼点かと思う。今までのプランであると、時間的には今の案よりは後になる。いろいろなベンチャーの方が、このタイムラインだったらとても協力できなかったことが、もしかして3年早まったことで使えるリソースが出てくるかもしれない。単なる仮説なので、実証していく必要があるが、これまでITER、QST、いろいろな研究をしてきて培われたインフラをもついろいろな方が使うこともできると考える。

2点目として、競争という点では、「勝てる分野はどこか」という話ではなくて、「勝ちにいく分野をどこに設定するかという意味とアジェンダ」である。そのための集中と選択のための共通言語を早急に作るべき。尾崎委員の資料にて、核融合特有の事業構造への対応というページにいろいろな技術が書いてある。他産業で見ると、例えばITで議論するときには、ハードウェア、ミドルウェア、ソフトウェア、サービスみたいな切り口で話しているが、核融合に関してどういうコンポーネントで構成されているのか、そこに対してどういうサプライヤーを呼び込んでいくのかという、共通化された機能群の定義がない。SpaceXも、事業化に際して打ち出したのはビジョンだけではなくて、必要な領域、機能を示して、そこにサプライヤーを呼び込んできた。いろいろな日本の企業に参加してもらった環境を作るにしても、そのための共通言語が必要。加えて、どういう産業になっていくのかという規模感を示す、これもいずれは必要。

○富岡委員：

事務局の資料の中で諸外国の核融合戦略の紹介があったが、カーボンニュートラルとかエネルギー安全保障というような国際的機運が高まっている中で、このような各国の明確な政策あるいは方向性の提示が民間の投資を促すことにもつながっていると考え、改めて、国としての戦略の策定が重要だと考える。

そのような中の我が国においては、諸外国の動向も踏まえて、まずは自国の産業の育成、活性化の観点を重視してはと考える。すなわち、核融合の技術開発に対して、インセンティブも含めた上手な仕組みで国が資金提供や補助をすることによって、国内における新規参入のハードルが下がり、国内企業の投資の加速につなげることができるのではないかと考える。

そのときに、ある技術課題に対して、新しいイノベティブなアイデアで解決していくというような観点では、比較的小規模なベンチャー企業の方が適しているという面もあると思う。こうしたことで、国内の産業が活性化して、ひいては、我が国の技術力、国力の向上にもつながると考える。

その次のフェーズとして、原型炉のようなものの開発に向けると、メンテナンス性等も含めたプラント全体のシステム設計を含めて、プラントとして継続的に運転できるということを実証、検証していくというのがゴールにはなるが、そういう意味では、新しい技術に関しては機器レベル、それから機器を組み合わせたシステムレベルで十分な実証試験というようなことを行っていくことが必要。特に、新しい機器とか技術に関しては、適切なスケールアップのプロセスを取ることも肝要。

こうした実証実験は、技術の確立だけでなく、機器メーカー等が試作の経験を積み重ねることで、コスト評価の精度も上げていく意味でも重要。コストについては、特にこういうプロトタイプ段階では、精度よく見積もるとするのは非常に難しく、特に発注者側というよりは、受注者側によるコスト見積りがどれだけ自信を持ってできるかということがコスト精度を上げるという上でも重要。

そうした意味でも、国内のメーカーとか建設会社とか、そういったところが国内外のプロジェクトで十分な経験を積んでいけることが望ましいと考える。

○吉田委員：

本日の主題である前倒しの可能性と、多様な研究のアプローチの2点について、意見を述べる。前倒し案として説明されたものは、マイルストーンを設けて、二段構えで進めるということ。

第1期で原型炉の第1期モデルを作って、それから第2期という位置づけなので、その関係性をきちんと整理することが必要であるが、その第1期のアウトカムをどういうふうにするのか。つまり、何を目的として、それをやるのか。デモンストレーションをするという意義は大きいと思う。確かに、一つのマイルストーンとして、発電してみせるということの意義はあるが、それと同時に、その背景にある非常に重要なことは、ヘゲモニーの戦略。つまり、核融合技術の国際的なリーダーシップをどういうふうに取りうる産業構造を作るのか。各国がいろいろな知恵を出していると思われる。

ヘゲモニーということを考えたときに、技術面では2つの要素があり、1つは核融合プラントを作る統合技術、インテグレーションということ、もう1つはそれを構成している基幹技術、この2つの面がある。ヘゲモニーは統合技術、つまりプラント屋が取るのかということ、実は核融合の場合はそうではないと思う。

核融合炉の設計そのものに決定的な影響を与える根本的な要素技術がある。炉心プラズマの構造が何かということ、それを作る超電導マグネットの技術、それから、ダイバータやブランケット。こういったものが核融合炉の設計そのものを変えてしまうので、これら基幹技術に対する優位性、決定権を持っていることが最終的にはヘゲモニーを持つ。そこを慎重に分析して、明確な戦略を持つということが大事。

ヘゲモニーは究極的には人材確保の問題。優秀な人材をいかに確保するか、このことは鎖国で考えるのではなくて、国際的、さらに学際的に人流を起こせるようなシステムを構築し、それによって優秀な人材を確保するという戦略が必要。

そう考えたときに、ベンチャー企業を作って企業体で活動するというのの一つの有効な戦略と思

われる。企業体を作ると、そこに働く人は国境を越えて動いてくるので、ナショナルラボで実施するのは大分形が変わってくる。イギリスであるとか、アメリカの戦略は多分そういうことを狙っている。いち早く、なんらかの原型炉を作る過程の中で、企業体を作って人材を確保したいというのが戦略の核心と考えられる。

中国はまた違うやり方をしている、原型炉をITERのような国際連携で開発するような形ということで声を掛けているようだが、その中でヘゲモニーを確立しようという戦略だろう。中国は普通の資本主義国家の体制ではないので、違った形で考えている。

このような情勢において、国際競争の意味は国際的な人材のマーケットの中でいかに優秀な人材を我が国が確保するかということ。国際性と同時に学際的な他の関連分野との人流を作ることも重要。そういう戦略をもって、前倒しの原型炉を作っていく過程の中で人流の構造を作り上げていく必要がある。

次に、様々なアプローチの可能性に関して。可能性を幅広く検討することは、特に学术界に求められる役割。学術の本来の役割は、多様な選択の可能性を準備すること。それは様々な時間スケールに広がる。そうしたなかで、この会議で主題となっている原型炉の早期実現という文脈では、時機を得て使える選択可能性を考えることが重要。プラント設計そのものを全部丸替えしないと使えないようなオルタナティブを今示しても役に立たない。普遍性のある技術を開発し、使えるオルタナティブというものを作っていくことが大事。

我が国の核融合研究は、戦後の核融合研究の黎明期から基礎を着実に築いてきた中で、例えば外国で様々な方式の核融合炉を目指すベンチャーが立ち上がっても、それに対応するような基礎研究は、当然我が国でもどこかでなされている。分厚い学術研究の地層があるので、それらの中から、核融合の原型炉を作っていく中で使えるオルタナティブを多く準備している。これが、これからの学術技術基盤の実力となる。

○篠原座長：

尾崎委員の提案は理解するが、例えば核融合の場合には巨大なインテグレーションに対してRFI Iはどのぐらいの単位で競争することになるか？

○尾崎委員：

インテグレーションの司令塔が全体を見て、パーツを「機能」「部品」どちらで分けるかで状況が変わる。

また、パーツもハイテクで国際競争が厳しい技術とコモディティーでコスト削減が重要な技術とに分かれる。RFP、RFIの出し方は、機能、競争力、先進性、コモディティー化というところによって変動する。

○篠原座長：

結局、経済安全保障の議論の中でも不可欠性と自律性があり、不可欠性を持つ技術を持っていると国際的に強くなる。自分のところで持っていないと困るという意味では、自律性の観点の場合、核融合全体を日本でいち早く作ると思うと、全ての技術を日本で持つ必要がある。小西委員によると、アメリカもイギリスも、ITERみたいな国際協力ではなく、特定のライクマインデッドカントリーズと一緒に進める観点。今我々が手掛けている技術の中でも、どこを自律性として見て、どこを不可欠性とするかという議論は必要と思うが、その整理はされているか？

○池田委員：

アクションプランについては参考資料に整理されているが、これを日本としてやるのか国際協力でやるかという話はなされていない。開発主体として、基本のところは我々がやらないといけないと思うが今後検討していきたい。

○篠原座長：

グローバルな競争力の観点と、やろうと思ったときにこれがないとどうしても困る、日本としても困るという観点、吉田委員が指摘する普遍性、他の技術分野でも使える技術は何なのかという整理は必要と考える。

栗原委員と吉田委員からは、第1期と第2期の関係性、目的とかアウトカムも指摘されており、次の段階で議論したい。

○池田委員：

第1期と第2期で、ものを作り直すというのではなくて、まずはエンジンを作って、そこにターボを加える、バッテリーとかモーターを加えていくとのイメージ。単体のエンジンでまず発電し、その性能を上げるために、外部からターボを付けるとかハイブリッドにする。最終的に第2期で目標を達成させる。

○小西委員：

我が国はおそらくRFIを核融合について出したことはないが、今、アメリカとイギリスだけがRFIを出している。核融合に不可欠であって、かつ、自分の国に取り込まないといけない技術特定するために、世界中の専門家や企業にRFIを出している。

会社としては、毎月1個ないし2個に答えている。自分の会社で答えられないところについては、国内の幾つかのメーカー、研究者、国外の専門家を雇ってきて、答えを書いて出している。つまり、アメリカとイギリスは一見競争しているようであるが、実はお互いがお互いのおいしいところを取りたくて連携を始めているということ。

日本の企業から外国にRFIの答えを出すにしても、日本の国の重要な産業技術として出させてほしい。そうでなければ、不可欠であり、かつ自律的に持たなければいけない技術が外国に行ってしまう。我々はそうしたくないので、日本の国に技術は留め置きながらも商売をしたい。結局、一国だけで核融合炉を作ることにはならないので、RFIにまず答えることで参加資格を得たい。その中で、技術マップの中で日本の取れるところに布石を置いておきたい。これが、今現在起きていることであり、我が国はここが出遅れているところ。

○篠原座長：

RFIの粒度はどのぐらいの大きさか？

○小西委員：

小さいものから大きいものまでである。最終的に選ばれると、大体100億オーダーでコンポーネント、サブコンポーネントというところ。

例えば、超伝導コイル、あるいはプラント、プラントの概念設計全部などもある。それは大体数十億のサイズ。トリチウム処理技術も数十億。プラズマ加熱技術は数億だが全部で100億を超える、100メガワットクラスのプラズマ加熱装置。つまり、最終的に10億から100億の規模として、コンポーネントあるいは概念設計の数億程度までが今のサイズ感。これを束ねて、数千億のプラントを作ろうというところにだんだん膨らんでいく。その間で技術を供給できる国、供給できる企業が絞られていく、かつ取り込まれていって、組織化されていく。そういうことが今起きている。

○栗原委員：

ITERは各国が技術を持ち寄ったので、日本が提供した技術も一部。ただ、全体を作れる技術は日本にはある。むしろ、日本ぐらいしか全体の技術を保有している国はないと聞いた。不可欠性と自律性、日本の国産技術の育成と産業として勝てるかということは両立するとは限らないが、日本

ではあらゆる技術をまだ保有しており、それら国産技術を利用して、産業としても勝てるのではないかと思う。そういう立ち位置でいいのか？それとも、もはや技術面でも国際協調しながらでないと勝てないものの、経済安全保障の観点で国産技術を育成することが必要か？

○池田委員：

核融合についての基本技術は、日本が現在押さえていると思う。超伝導技術についても、基本のところは日本が作って、ヨーロッパに納めている。那珂研の装置では、超伝導コイルはヨーロッパが製作し日本に搬入したが、その超伝導の素材は国際入札で日本の企業がヨーロッパのコイルに納めた。加熱装置においても、日本が優秀な技術を持っているので、海外から発注が来ている。

現時点ではキーのところは押さえていると思っているが、それだけでは原型炉はできないので、必要な技術をどう発展させるかにおいて、国でしっかりやった方がいいのか、それとも、この部分だったら民間ができるかという議論が必要。

○栗原委員：

そうだとすると、技術マッピングがあり、国内の企業がどう存在していて、人材も含めてどう戦略的に維持あるいは育てるかということと、今からでも国際的に協調していく部分の整理が必要。

国際協調といったときに、ものを作るだけではなくて、英国のように他国から投資を誘引するということもあるのではないか？その還元としては、単にお金だけではなく、投資をしてくれた国に技術を還元するような、そういうやり方もあると思う。

○篠原座長：

日本の技術は今一番優れているが、それを日本だけが使い、日本ほど優れていないが海外は自分たちの技術で進め、その数が増えると、結局、今後コストという観点では分からない。その様な観点では技術マッピングをしっかり考えて、どうしていくべきかという議論は必要。

○事務局：

事務的な整理が必要なため、技術マッピングについては来年の1月の段階でこういう整理をしましたという形が、スケジュール的には最速。

○吉田委員：

技術における我が国の実力は慎重に分析しないといけない。非常に複雑なシステムを統合して作り上げるということは経験も要し、要素技術だけでは全てが決まらない。

例えば、JT-60SAの建設期に少し事故が起きた。このことは、もんじゅを彷彿とさせる。つまり、小さな計測管のところから、かなり深刻な事故になる。そういうことが起きてしまう。何が教訓としてあるのかというと、様々な要素技術に対するコストの配分、そこの神経の使い方は、マネジメントとして重要。図面で情報交換が十分行われていない、現場任せになっているものがあって、そこから事故になるという例が多い。人類未踏のシステムである核融合炉を作ろうとするとき、そういうことがないように、統合した技術をきちんと貫徹できるシステムを作る実力が日本にあるのかどうかということ、これは慎重に考え、準備しないといけない。

○尾崎委員：

技術の国際競争と安全保障の問題について小西委員に聞きたい。今RFIによって技術を募集するのはアメリカやイギリスの核融合ベンチャー企業が中心だが、日本ではそういう発注主体がない。そうすると、実証の場がアメリカかイギリスにしかないのが現状で、日本の企業がRFIに対応して共同研究をすると、そこで生まれた知財は実証炉を持っている国に帰属することになる。これは日本の安全保障上、非常に問題だと思うが、現状、そこまで深刻になっているのか、まだ日本にと

って対応可能な状況なのか？

○小西委員：

技術に関する知財権の帰属の問題だと理解。結論としては、十分、我が国として確保可能。アメリカが出してくるようなRFIは、こちらからできますよということさえ、言えばいい。その先に出てくるものは、当然、最終的にはコントラクトになるが、この段階で、どのような技術をどこに帰属する形で出していくか。作るものがファーストオブアカインド機器ですから、作ったものについては、当然知財権が発生する。アメリカの今までのやり方だと、バイドール法が適用されて、お金を出したのが国であったとしても、作った会社にはその知財権はあるのが原則。ところが、そこから先、アメリカが自分の国のナショナルセキュリティ上、重要であると思ったものについては強引に召し上げると言っている。極端な話でいうと、応募資格がそもそも、最終的にはアメリカにサブシディアリーがないといけな。したがって、アメリカで作るものだから当然その技術はアメリカになり、技術としてはアメリカに帰属するとの言い方になる。過半数でなければ、日本からの、あるいは他国からの輸入もオーケーということを言われている。

知財権としての帰属についてはその先の契約によるが、当然、ナショナルセキュリティという観点に基づいては非常に厳しい制約が課せられてくる。したがって、特許権以外の背景的知財であるとか、ものづくり技術のノウハウという形、あるいはサプライチェーンの根っこを押さえるという形で、最終的に全体の知財権をどこまで支配できるかということ。これは我が国が、例えばパソコンのCPUは作れないけれども、そのためのステッパーや素材であるというのを確保できたというような形での分配、ある意味での部分の確保というのはできる。つまり、不可欠性、自律性に関して、我が国にある一定量を担保した形で知財権を共有するという枠組みは可能であると考える。

○池田委員：

マイルストーン方式の件について、ロケットの場合は既に飛んでいるのでマイルストーンの設定は比較的しやすい。核融合では、どこまでの技術が本当に民間で受けられるかの議論がこれから進むと考える。私としては、必要な技術を明確に見極めた上で、新しいものを作っていく際、民間が全てマイルストーンでやるのは難しいと思う。

○篠原座長：

SpaceXの場合は、ロケットそのものの様なRFIと思う。核融合炉全体のRFIを書くことは困難で、書けるとしてもそのどこかの部分などがあり得ると考える。

○尾崎委員：

ロケットと核融合は明らかに違うと考える。特にパーツのところ、これは機能なのか部品なのかについては、十分マイルストーンを達成したらお金を払うという形を取れば可能と考える。

○松尾事務局長：

ITERの後、今の炉型戦略であれば、笠田主査の説明のイメージで合、例えばRFIを書こうとしたときに、今の炉型戦略での技術マッピングがあって、今の想定範囲では書けると思う。そうでない戦略、例えば、そういう順番じゃない全く違うストーリーを考えた場合に、どういった形のRFIを書き、どういったコンディションでいろんな人に問うていくか？

今のロードマップ、今の戦略は英知を結集していると思うが、例えば小型炉であったり、違う戦略、バイパスを考えたり、いろんな産業をやろうとしたときに、そうじゃないものでイノベーションなり、ぐっと短くしようとしたときにどう考えたらよいか？

○小西委員：

RFIを発行するのは発注しようとする主体者なので、今日本で原型炉、あるいはパイロットプラント、実験装置でも構わないが、「これを作ります、お金はインベスターから集めてきてあります。発注したいが、どこか作れるところありますか」という聞き方になるので、この国で発注主体がない限り、できない。

私どもの会社は、RFIに相当するものを出したことはないが、自分たちで買物をするので、これ作れますかという質問は、粒度は小さいが世界に出している。もし、この国で原型炉以外の何らかの次の装置を作る場合、外国から参加しますという意味が発生したときにはできるかもしれない。

この原型炉のマップを描いたときに、どうしてもできない技術があるときに、外国から買ってこようという趣旨の議論が、タスクフォースのメンバーから出たことはあるか？日本の英知が存在しない分野については何も書かれていないので、誰もいないが、ここ、できる人いますかという質問が出たのか？

○笠田主査：

タスクフォースの中では、これまでの技術の積み上げで議論しているので、その中で出てこないことに関しては、当然議論はしていない。当然、日本で持つておくべきことというのは、事業の実施主体、期待される実施主体がきちんと明記されていて、そこで技術を積み上げてくださいという提案の形になっている。

その中で、当然、日本ではできない部分というのは、幾つかはタスクフォースの議論の中でも出ている。例えば、私の専門でもある材料分野では、どうしても、最初の核融合炉は基本的に中性子が出てくる核融合炉ですので、その中性子によって炉材がどの程度劣化していくかというのを、核融合は特にエネルギーの高い中性子が出るので、特有の照射環境というのが必要。現在、日本ではその照射環境が、残念ながらほぼない状態。そういったものは海外と協力あるいは海外の計画に乗っかっていかないといけないだろうというような検討は、現在のアクションプランの前倒しのところでも検討が進んでいる。

それ以外の、我が国で持つべきかどうかというのは、タスクフォースでは議論はしていない。以前、核融合エネルギーフォーラムで、技術マップというところまで明確に対象を絞ってはいないが、この技術は日本で持つべき、あるいは、この技術は日本じゃなくても何とかなるかもしれないとか、10年ぐらい前に議論された歴史があると記憶している。

○篠原座長：

日本のお金が無制限にあるならば全部取り組めば良いと思うが、様々な核融合研究ということで、新たに出てきているものも研究開発を強化すべきではないかということについては、私も技術者として、強化すべきだと思う。ただし、ある程度リソースに制約がある中で、どうやってプライオリティを付けていくのか、例えば、この時期になったら、その成果を見て、それより更に先に行くかどうかを決めるなど、ステージゲートの考え方も議論していく必要がある。

○覺道審議官：

そのとおり。ITERをベースにした技術、それからまた新たな技術に対して、内閣府なり、あるいは各省での研究開発あるいは予算のプログラム等があるので、どこの部分をどういう形で手当てをして、また、それぞれのテーマについてどういう形で進めていくのが最も全体最適な形で進められるのかというのは、引き続き、事務局の方でも検討して、必要に応じてこの場でも提示して議論していきたい。

○近藤委員：

重要な機器、技術は何かについては、あらかじめ認識されていると思う。それに関して、今どれぐら

い成熟しているのかについても、調べれば特定は可能と思う。分からないのはポテンシャル。そのコンポーネントが、どれぐらい競争の状況にあるのか、あるいはどこかが覇権的にそこを握ってしまっているのかが分からない。小西委員の話を聞いていると、それがまるで1年どころか、半年で塗り替わっているように感じた。だとすれば、その後、日本がこの部分は国際協調でいくのか、ここは競争でいくのか、ここについては誰かから情報をもらう、RFIを取ってくるのかとか、そこが正に戦略・戦術になると考える。

土台としてはクリティカルテクノロジー、クリティカルな機能。この機能というのは、何も技術的なものじゃなくて、例えば規制、レギュレーションであったりとか、あるいはマネージメントであったりとか、実用を兼ねるために必要なあらゆる機能があると思う。それに対しての成熟度と、それをベースにして、競争、協調、それから何をしていくのかということを議論してはどうかと思う。

(5) その他

本日の意見を踏まえて、事務局において論点や取り組んでいく施策について整理し、次回の会議で議論を進める。

以上