

核融合戦略有識者会議(第5回)議事要旨

- I. 日時 : 令和5年2月28日(火)16:30~18:00
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
石川 勝利	外務省軍縮不拡散・科学部国際科学協力室 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(閉会挨拶を除き非公開)

1. 開会
2. 議事
 - (1) 核融合戦略案について
 - (2) 意見交換
 - (3) その他

3. 閉会

V. 配布資料

資料1 核融合戦略案(内閣府資料)

資料2 核融合戦略案の概要(内閣府資料)

VI. 議事要旨

(1) 核融合戦略案について

資料1に基づき、覺道審議官より説明。

資料1の戦略案は、前回の有識者会議にて骨子案を議論して、その骨子案に肉付けをし、あるいは具体的な記載を追記したもの。タイトルの核融合戦略案の下に、副題として、「産業化によるフュージョンエネルギーイノベーションの加速」という副題を付けた。

「はじめに」では、背景や問題意識について記載。「我が国におけるエネルギー問題、環境問題」では、最近の我が国、国内外のエネルギー問題、あるいは環境問題、エネルギー安全保障をめぐる状況を具体的に記載した。

「解決策としての核融合エネルギー」では、核融合エネルギーの特徴を記載。発電過程においてはCO₂を発生しないカーボンニュートラル、燃料は海水中に豊富にあるため豊富な燃料、燃料の供給や電源を停止することにより反応が止まるという固有の安全性、低レベル放射性廃棄物だけが発生するという点で相対的に環境保全性が高い。こうした特徴を有するという点で、エネルギー問題と地球環境問題を同時に解決する次世代のエネルギーとして期待されていることを記載。さらに、資源の偏在性が解消されるということで、エネルギーの覇権が資源を保有する者から技術を保有する者へ移る、技術の獲得によるエネルギー安全保障の確保が重要となる。

他方、当面のエネルギー安全保障の脱炭素電源としては原子力発電の活用という方針が示されているところ、原子力発電の推進は核融合の開発においても人材輩出等、いろんな意味で効果がある。核融合と核分裂は、原理の相違、特徴の違いがあるため、米国、英国においてはニュークリアフュージョンというよりはフュージョンという言葉を使っている。ここは正に今日議論いただきたいところ。この戦略の中では、核融合反応の一般的な意味での核融合は核融合という呼称であるが、エネルギー利用をしていく中で、核融合エネルギーを融合エネルギーという表現で記載。

「新たな産業としての核融合産業」ということで、ITERの最新の状況を記載するとともに、昨年末のレーザー核融合についての米国ローレンスリバモア研究所での発表も記載。諸外国において民間投資が増加しており、この民間投資を受けて、スタートアップが米国、英国等で出てきて、国の計画よりも早い野心的な発電時期を掲げるなど、研究開発競争が加速をしていることを記載。スタートアップに投資された資金が様々な企業に共同研究、機器調達という形で投じられて、海外でサプライチェーンが構築されつつあることを記載。

各国とも国家戦略を策定し、自国技術の囲い込みを開始し、発電の実現を待たずして産業化への競争が起きていることを記載。日本としては、技術的な優位性、ものづくり産業における信頼性を有しているため、他国にとって有力なパートナー候補であるとともに、他国と連携することで相乗効果が得られる。一方で、その技術を提供するだけでは産業化に遅れてしまうということで、その意味での国際的な市場競争のリスクにさらされている。また、核融合の技術群は、技術安全保障を基盤とした経済安全保障の確保にも重要であり、融合エネルギーを最短距離で実用化するには、基本的にはまずは原型炉を早期に建設することが肝要である。そのためにはITER計画／BA活動、原型炉開発というアプローチを引き続き推進する。これをしっかりと据えた上で、核融合を新たな産業として捉え、構築されつつある世界のサプライチェーンに時機を逸せずに参加すること、こうした多面的なアプローチが必要であることを記載。そのために、将来的な核融合産業のエコシステムの基盤を今から構築をし、融合エネルギーの実現を加速する方策が必要。

「国家戦略のビジョン」は、この先10年を見据えた戦略として、我が国の次世代エネルギーであ

る融合エネルギーの実用化に向け、技術的優位性を活かして市場の勝ち筋を掴む“核融合の産業化”、これをビジョンとして掲げて、民間投資の呼び水となる具体的なアクションを盛り込んだ国家戦略を策定する。

3ポツ以降は「ビジョン達成に向けた基本的な考え方と具体策」として、前回の骨子の段階では、3ポツとして基本的考え方、4ポツとして具体策で章を分けていたが、ひとまとめに整理した方が分かりやすいと考え、構成を変えたもの。基本的考え方としては、これまで議論してきたように、核融合産業の育成戦略、核融合技術の開発戦略、核融合戦略の推進体制、この三つを一体的に取り組むことを掲げている。

具体策として、3-1「産業の育成戦略」では、昨今の世界の民間企業や大規模な投資の動きを踏まえて、核融合市場に我が国も時機を逸することなく展開することが重要であること。そのために我が国の原型炉開発への民間企業の参画を見据えて、必要な技術の獲得を促し、核融合産業のエコシステム確立を目指して、基盤を構築することが必要。そのためには、「見える、繋がる、育てる」、この三つのキーワードで取組を進めていくことが必要。

「見える」では、戦略の対象の可視化により、産業の予見性を高めて、核融合産業に参画する民間企業を増やしていく。核融合発電の社会的位置づけを明確にすることについて、内閣府を中心に取り組み、我が国の将来のエネルギーミックスからバックキャストをする形で核融合発電の位置づけを明確にする。関係省庁と協力しながら、社会的・経済的有用性やコスト目標等の検討を進める。発電実証時期を早期に明確化することについては、ITER計画の進捗あるいは諸外国で掲げられている野心的な目標、これも踏まえた上で研究開発の加速により原型炉を早期に実現する。

技術成熟度も記載した核融合発電に関する技術マップ及び産業マップを作成し、経済安全保障の視点も踏まえて取り組むところでは、核融合産業のサプライチェーン、担い手を整理し、民間企業の参画を促進する。そのため、産業ニーズの見える化、他分野へ波及が期待される技術の見える化、それを目的とした技術マップ、産業マップを内閣府が中心になって策定をする。

また、リソースに限られる中で全てに満遍なく取り組むというのではなく、必要な領域にリソースを投入することが求められる。その際には、経済安全保障の視点も踏まえる必要があり、大きく三つ領域を分けて記載。まずは核融合発電システムのコアとなる領域で、市場規模や日本の強み、弱みに関係なく取り組むべき分野であり、経済安全保障の観点からも重要。特に日本が強みを有する技術は、他国に産業として輸出する観点から押さえるべき。また、同志国が強みを有する領域は戦略的な国際協調をしながら押さえる。さらに、他国に押さえられると逆に支障が生じ得る分野はサプライチェーンの観点からも押さえるべき。

二つ目の領域として、核融合技術の他分野への波及が期待される領域で、ここも日本の強み、弱み、発電システムの位置づけに関わりなく、様々な核融合炉で共通的に活用できるなど、市場が期待されるために取り組むべき領域。資源エネルギー分野、医療分野、安全保障分野等の幅広い産業へのスピナウトが期待される領域であるため重要。

三つ目の領域として、逆に、その他の分野から統合が期待される領域で、核融合発電の社会実装のために、例えばAI、シミュレーション、大量データ通信等の、技術を統合していくことが重要になり、こういう分野も取組が必要。このように、大きく三つの領域を意識しつつ、リソースの重点的な配分をしていくことが必要。

「繋がる」では、核融合の要素技術を他の要素技術や他分野の技術とマッチングをすることで新しい核融合産業の種を作るため、育成を目的とした場を作っていくことが必要。そのため、現在、産学官の緩やかな協力である核融合エネルギーフォーラムを発展的に改組して、より確固たる場を作る。一般社団法人核融合産業協議会(仮称)の令和5年度内の設立を目指すことを内閣府及び関係省庁で取り組む。民間企業が組織として参画する形とし、新たな民間企業の参画を促すという意味で、核融合以外の分野の民間企業も意識した組織構成を目指す。

「育てる」について、これは核融合開発の成果として開花をさせ、製品・サービスを社会実装でき

るようなイノベーションが生まれる環境を構築するということ。1点目がスタートアップを含めた民間企業が保有する技術シーズ、産業ニーズのギャップを埋める支援。社会実装に適したニーズまで更なる研究開発を後押しするために、核融合産業を担う民間企業の研究開発を支援する。特に、スタートアップ支援については令和5年度から強化する。今年度の補正予算等でもスタートアップの支援策を充実させているので、そうしたものの活用も念頭に置く。

二つ目のポツは規制に関することで、既に海外、特に米国、英国等で安全規制の議論が先行している。国際協調で規制の策定あるいは標準化、そうしたものを意識して、アジャイルネーションズという既にある枠組みに参画して、国際的な核融合規制へのアプローチに関する議論を行うワーキンググループ等に参画をし、令和5年度には議論をまとめる。また、安全確保の基本的な考え方を内閣府が中心となり作っていくことで、民間企業の参画を促進するために早期に安全規制を検討する。内閣府に、技術者、規制専門家等から成るタスクフォースを設置して、関係省庁の協力を得ながら基本的な考え方を整理する。規制の体制なども含めて検討を行う。

3-2、「核融合技術の開発戦略」について、ITER計画／BA活動がコアとなるが、これに加えて未来の可能性を開く挑戦的な研究も支援する。ゲームチェンジャーとなり得るような小型化・高度化をはじめとした独創的な新興技術の支援を強化することで、非常に先進的な技術、多様な炉型にも取り組まれているため、核融合の技術群に幅を持たせ、将来のリスクヘッジを図る観点からも、こうした独創的な研究の支援というのを令和5年度から進めていく。

ITER計画／BA活動を通じたコア技術を獲得するというので、これまで進めてきているところをしっかりと引き続き推進していく。

将来の原型炉開発を見据えた研究開発を加速するというので、原型炉に向けた設計を加速するため、民間企業の更なる加速を促すための仕組みを導入するとともに、原型炉の研究開発を推進する。また、核融合に関する学術研究は引き続きしっかりと推進する。さらに、スタートアップを含めた民間企業等による新技術を取り込むことを念頭に、原型炉開発のアクションプランを推進。その際、融合エネルギーの早期実現やコストダウン等に貢献する新興技術や国際協力を柔軟に取り組む。また、適切な技術ロードマップを作成して、ステージゲート方式を導入して適切な進捗管理を行う。この技術開発は、基本的には文科省を中心にスタートアップ関係、その他一部内閣府の研究開発スキームも活用を想定している。

3-3「核融合戦略の推進体制」について、今回の戦略を産学官で取り組んでいくための体制としては、内閣府が政府の司令塔となり、関係省庁一丸となって推進していく。そして、原型炉開発に向けてQSTを中心に、アカデミアや民間企業を結集して技術開発を実施する体制、民間企業を育成する体制を構築する。体制構築に向けた議論を令和5年度から開始をし、QSTを中心としつつ民間企業も参加する実施体制を構築するとともに、進展に応じて適切な体制とする。それにより、商用炉の主体となる民間企業を育成する。

さらに、QSTにITER等で培った技術の伝承・開発や産業化、人材育成を見据えた核融合のイノベーション拠点を設立することで、QSTが保有する技術を民間企業に移転する。研究開発から社会実装まで取り組むイノベーションの拠点を早期設立し、令和5年度から検討を開始する。拠点においては、民間企業とつなぐ、技術コーディネーターの設置や、QSTが保有する施設・設備の民間への供用等に取り組む。

続いて、将来のキャリアパスを明確にして、核融合に携わる人材を計画的に育成することで、人材育成を戦略的に進めていく。その際、若手の人材をITER計画やJT-60SA、QST等に派遣をする取組も記載。また、国内大学等における人材育成を強化するとともに、他分野や他国から優秀な人材を獲得することで、核融合人材の母数を増加させる。他分野から、あるいは海外からの人材を獲得して、そうした人材の俯瞰的な教育プログラムの提供を進める。

また、国民の方々の理解を進めるためにアウトリーチ活動をしっかりと進め、そのための体制を強化する。

「おわりに」として、核融合の産業化、あるいはその社会実装、それによる効果の期待を記載し、

戦略については定期的な改訂を行うこととする。

(2) 意見交換

○池田委員：

全体としてはこれまでの議論をしっかり踏まえたものとなっている。サブタイトルの「産業化によるフュージョンエネルギーイノベーションの加速」は、前回の議論を踏まえて、サブタイトルを付けることによってどういう戦略かを明確にすることであり、このサブタイトルは非常にいいと思う。ただし、産業化によって核融合を加速するというのは非常に大事だと思うが、最終目標は核融合原型炉を造ると明確に言った上で、それをやるためには、産業化が非常に大事だというニュアンスが伝わると、より産業界は分かりやすいのではないか。

名称について、QSTでも核融合という名称について検討したことがあるが、今回この戦略の趣旨からすると、今まで核融合に関与していない方に対し新たに参入してもらうという視点では、フュージョンエネルギーの方が分かりやすいと思う。このような名称は、知らない方を巻き込むには非常に効果的。一方、今まで核融合という言葉を使っている方に対しては丁寧に説明する必要がある。今後この戦略が公開され、各所に説明する中で、フュージョンエネルギーという言葉を使っていけばよい。

○尾崎委員：

名称については、フュージョンエネルギーという言葉には賛成する。英語圏でフュージョンという言葉を使っているので、混乱を防ぐこともできる。日本だけ違う言葉を使うよりシンプルである。国内で新しいエネルギーを広げる上でこの言葉は良い。

戦略案の3ページの、「我が国で融合エネルギーを」という箇所、「原型炉を早期に建設することが肝要である」と書かれている。記載内容には賛成だが、単に「原型炉を早期に建設する」という表現では、これまでの計画と変わらない印象を持つ。この有識者会議で、原型炉建設についていろいろな方法を議論して来たが、この文章では従来の計画と変わらない印象を持つ。事業化を想定しているからには予算と時期が重要であり、「予算と時期を早期に明確化する」などの文言を入れてほしい。基礎研究と違い事業化にとっては重要なポイントなので、強調すべき。この有識者会議では、マイルストーン方式で少しずつ開発してリスクを低減させるべきなどの意見が出されたが、そういった言葉も入れることが効果的と思われる。

4ページの「見える」の「産業の予見性を高めるために」以降に、「まずは他国の核融合市場の獲得を目指し」、その次に「我が国における核融合市場の形成も重要である」と書かれているが、他国に輸出するよりも、我が国で実証の場、あるいは市場を作ることがファーストプライオリティと思う。その意味で、この文章は順序が逆の方が良いのではないか。我が国で核融合産業を作れることを、是非強調すべき。

5ページ目、核融合のコアとなる領域について。日本が強みを有する技術は輸出が考えられるが、他国に押さえられると我が国にとって支障がある領域は自国で押さえて軽々しく輸出するべきでない」と書かれている。ただ、この両者を経済安全保障の観点から区別するのは非常に難しい。今のところ、基礎研究あるいは知財が多いので、知財を今の段階で輸出(ライセンスアウト)奨励するべきでないケースがある。もちろん民間企業の判断で、自社製品や技術を輸出することは自由にやるべきだが、国家戦略として書くことはいかがであろうか。今から何十年も経って核融合発電炉が標準化されて、日本に製造技術が蓄積されれば、ASEANや中東に輸出して外貨を稼ぐことができる。その時期が来れば、輸出を強調してもいいと思うが、今の段階で輸出がプライオリティになるのは違和感がある。

○篠原座長：

2点確認したい。融合エネルギーよりもフュージョンエナジーの方がいいか？

○尾崎委員：
そのとおり。

○篠原座長：
特に日本が強みを有する技術は、他国に産業として輸出する観点から特に押さえるべき領域について、この「他国に産業として輸出する観点から」が時期尚早ということか？

○尾崎委員：
そう感じる。

○小澤委員 御説明ありがとうございます。
資料2の概要としてはこういう整理になると思ったが、本文の方を見ていくと若干直した方がいいところもあるので、その辺を集中的に意見したい。
「はじめに」のところ、背景・問題意識が書いてあるが、ここは国家戦略なので、明らかにエネルギーを自立して獲得するところがゴールになる。そういう意味では今、尾崎委員が指摘したとおり、輸出するよりも日本の技術をしっかりと構築していくことが重要。そこが一つのゴールになり、バックキャストが始まる。

2ページ目、当面のエネルギー安全保障で原子力発電を推進と書いてあるが、引用が「GX実現に向けた基本方針」になっており、「当面」という言葉はなかったと思う。エネルギー基本計画に基づき持続的に活用していくという形に直してほしい。

名称について、審議官ご説明のように、核融合は核融合だけでも、ここでは融合エネルギーという議論であれば気にしなくてもいいと思うが、核融合でなじんできた人に対しては丁寧な説明が要る。核分裂と混同しないようにということも本当にそうなのか。ネガティブな印象に対しては、真正面から答えていく必要があると感じる。そうしないと長期の開発が支え切れない、名前を変えたぐらいでは支えきれない。

ローレンスリバモアの国立研究所のすばらしい成果が書いてあるが、ここは技術的に中身を精査して実力を見極めることが重要。浮き足立った気持ちで戦略を練っていくと、方向を誤ってしまいかねないので、技術を知っているQSTをはじめ、専門家に期待したい。

3ページ目、他国にとって有力なパートナー候補とあるが、尾崎委員が指摘したことに賛成。国内をまず固めるということが重要。産業化といっても、世の中どれだけの市場があるのか、どれだけの競争力を持って戦いに挑めるのか、将来のどこにつながるのかというのがいま一つよく分からない。最初に申し上げたエネルギーを国家として自立させるという原則に基づくと、自ずと戦略ではなくて戦術が見えてくるのではないか。

発電実証時期を早期に明確化については賛成。技術成熟度も記載した技術マップ、産業マップについても賛成で、是非とも進めていただきたい。

一般社団法人核融合産業協議会が、令和5年度設立を目指すと書いてあるが、ばらばら感があってはまずいと思う。育成戦略のところは産業協議会が書いてあり、推進体制のところはQSTを中心にアカデミア、民間企業を結集と書いてあり、民間を得るためのアウトリーチというのがまた別に書いてある。長い計画なので、どこかで集う場があり、そこにいろんなことをやる班があってもいい。特に、核融合以外の分野の民間企業を意識したと書いてあるが、システム全体を知るQSTがおらず、核融合の真ん中にいる人はどうするのと分断を起草させるようなイメージを受けたので、そこは若干気になったところ。

○柏木委員：
3点意見を申し上げる。1点目は3ページ目、この国家戦略の中核となっているのが、これまで

の研究開発を通じて培った技術的優位性ともものづくり産業における信頼性があるからこそ、核融合技術を売っていく戦略になると思うが、この技術的優位性ともものづくり産業の信頼性が、“これまでの”と書いてある。“これからも”維持しなくちゃいけないというメッセージもあるといい。どこに書くと適切かと思ったときに、各国から見て既に進んでいるITERとかJT-60SAで実際に日本のものがいいとか、装置が動いているという、デモンストレーションや実績で評価が非常に上がっていると思うので、この技術的優位性を維持していくメッセージのつながりを、3-2のところに入れるのがいい。その筋道をこれからも確保することを分かりやすくすると思う。

2点目、7ページ目の「繋がる」について、新たな民間企業の参画を促す観点から、核融合以外の分野の民間企業を意識した組織構成にするというのは、それはそれでいいが、文章として書いてしまうと、今まで核融合をやってきたところは違和感がある文章になっている。核融合以外の民間企業も巻き込むという文章にするか、従来の組織をはじかないような表現に変えていただいた方がいい。民間企業の方にITERの調達とかに参画していただくように話す中で、思った以上に昔核融合をやっていたとか勉強していたという方はたくさんいる。もし機会があれば何か参加したいという意欲ある方がメーカーに隠れているので、そういう意味では、今、核融合に参加してなくても、いろんな技術の方が参加できそうだなというニュアンスになるのは非常に重要。今やっている会社の方ははじかないような表現にするのがいい。

3点目、令和5年からのアクションが書かれているが、このフォローアップはどんな形でやっていくのかを、この会議の中で確認していく必要がある。

○栗原委員：

今までの議論が集約しており、おおむね大きな異論はない。

3ページ目、この核融合産業や核融合発電の戦略を立てる上での立脚点としては、国内にも技術やこれまでの産業の蓄積はあるが、海外の技術を呼び込んで、世界のサプライチェーンに参入する、そういう国際競争をしていかなないとできないと言っている。先ほどの国内で作っていかねばいけないという反面、国内だけでは今や勝てないのでむしろ海外から技術も呼び込む必要があると書かれているので、我々はどちらに立脚してこの戦略を書くのだろうかと感じた。改めてみんなで目線を合わせた方がいい。

2点目、具体的な考え方と具体策において、前回、核融合発電については、ほかの産業化と峻別して議論した方がいいのではないかと申し上げた。今回そのようにはなっていないが、各所で核融合発電について言っていると理解できることから、これはこれでいいと思う。ただ、発電ではなく広い産業群について言っているところが混在しているので、場合によってはもう少し見やすくした方がいい。例えば推進体制について、QSTを中心にするというのは明らかに原型炉開発であり、またその後の商用についても核融合発電を言っている。一方、その他の人材開発のところは必ずしもQSTに限定されるわけではなく、QSTが中心になるべきか議論の余地があるので、混在していて、少し分かりづらい。

4ページ目の育成戦略のところでは、発電実証時期の明確化を早期にすることと、内容では原型炉の実現時期を早期にすることを言っている。ここで言いたいのは早く明確化しましょうということであり、その時期の前倒しを考えるとということでは必ずしもない。私は両方の早期化を言っていると思うが、実現時期の早期化なのか、実現時期を早期に明確化することなのか、使い分けて書かれているかどうか確認してほしい。

核融合発電に関する技術マップ、産業マップが、より具体化していくことはとてもいいこと。6ページ目に具体的に必要となる産業のメリハリを付けるため、コアとなる領域、波及が期待される領域、統合が期待される領域が示されているが、これからどう議論していくのか。より精緻化していくのか、それともこの戦略で位置づけて終わるのか、今後どうするのか。

7ページ目、「繋がる」について、今の核融合エネルギーフォーラムを発展的に改組して産業協議会にしていく方向性は賛同するが、この中にももちろんアカデミアも入ることを確認したい。やはり

産業と学、もちろん官もそうだが、アカデミア、研究機関が連携するのは大変重要。そういう協議会になるのを確認したい。

推進体制の方に入っているが、人材のことを書き込んだのは大変いい戦略。

○小西委員 どうもありがとうございます。

しっかりとした政策として作ったことについて、核融合で長く生きてきた人間として感謝に堪えない。これだけはっきりした言葉で核融合を我が国の政策として打ち出したのはさすがに初めてだと思う。しかも、内閣府がトップで、各省庁それぞれが戦術を担うというメッセージは非常に強力。

その意味で3点、別の視点から考えて意見申し上げる。一つは、この政策、外国から注目されていると私は感じている。既に幾つかの国から問い合わせがある。真っ先に聞かれるのが、これで日本の核融合政策は変わるのか、どう変わるのか絶対に聞かれる。そこで、こういうことだというのを明確にしたい。

一つには、ITERと原型炉に関する我が国のスタンスは全くぶれないだけでなく、より強かに押し進めるという姿勢を明らかにしたい。そうでなければ、我が国はITERを見限って産業化の方に走り出したという間違ったメッセージを出すことになりかねない。そういう早とちりをされそうな国も若干ある。ITERは今後もまだまだ紆余曲折、困難はあると思うし、まして原型炉までの長い道のり、日本の腰つきがふらつくと世界が揺れる。日本の科学、それから産業に対する信頼は非常に強いものがあるので、是非日本は、より強かに核融合に向けて進むということをまず明らかにしていきたい。特に怖いのは、ITERに入っている幾つかの国から、日本は我が国との協力を背を向けるのではないかと思いかねないような国がある。これについては変わらず仲よくやると言いたいと同時に、ITERとBAとあるわけなので、アメリカはBAに入れてもらえなかったのもう少し日本にこっちは向いてくださいと言っているところがある。イギリスはイギリスでブレグジットしたので、日本との協力が薄くなっているのではないかと心配しているところがある。そこでイギリスとアメリカとの関係は別途バイでより強かに進めるけれども、ITER原型炉は変わらず進めると言わないと、今後はヨーロッパの方の原型炉、デモ計画は、日本がふらついたと思われるヨーロッパも揺れる。こちらでも強かに日本はサポートとしているわけだが、是非我が国は原型炉に向けても強かに進むということは変わらずに言いたい。

その中で、国のエネルギーとして核融合を扱う、これは我々核融合研究者、国内の研究者についても誤解が幾つかあり得るので気を付けておきたい。私は日本原子力学会でも活動していたが、核分裂対核融合という対立構造にはならないようにしたい。その意味で、名前を変えるのは大変有り難いことだが、原子力に背を向けて核融合と取られないようにしたい。我々は決して、核融合研究者の大部分はそんなことを思っておらず、原子力の我が国の積み上げの上に核融合があることは重々承知している。その他にも、リニューアブルとか、新しいエネルギー科学の中で核融合を全体のポートフォリオの中で捉えるような、そういう強調の仕方をしていきたい。

「同志国」というキーワード、非常にインパクトのある言葉だと思っているが、実際、科学技術がデュアルユースであることは論を待たないところはある。核融合は特に機微なところが多い。ここについて、国が適切な管理をされることがメッセージとして出るとは非常に意義が大きい。そういう意味において、外務省あるいは内閣府本体なども含めて、我が国が核融合を押し進めるということはデュアルユースである技術をしっかり管理していくということをメッセージとして出すと、プレイヤーとしては大変有り難い。

二つ目は、産業政策としての見方だが、今度はスタートアップ企業、あるいは核融合を今までやっていた産業から見て一番怖いのは、まだこれからものすごくイノベーションが必要で、まだ実は核融合の実用化というのは、見たことのない技術がいっぱいできないと実用化に至らないということが、まだ過小評価されているかもしれないと思う。リスクを冒すような開発を進めることに対して、国が温かい手を差し伸べるという、そこが正しくエコシステムという言葉で表現されているが、チャレンジして失敗するかもしれない開発を何とか支えるセーフティネットを張るということを、これもメ

メッセージとして出さないと、特に大きな企業は怖くて核融合に手が出せない。小さいところは潰れればよいとは言いたいたいところだが、死活問題になりますので、いわゆる死の谷対策である。

お金の問題として、決して核融合産業というのはものづくりだけではない。投資家がいる、かつ、トレーディングをする会社があって、その一部にもものづくりをする会社があって、ところがそのリスクがひとえに開発者の方にくる。そこで、産業戦略としてセーフティネットをこういうリスク性の開発に張るといふ、そういうメッセージだと思っている。何よりも今まで核融合開発、今まで国の政策としては選択と集中という言葉の下に確実にできることを中心に据えながら、ダイバーシティをあえて削っているところが残念ながらある。そういう機能は、今までは大学の小さな研究にあったわけだが、これから再びダイバーシティに目を向けていくのも重要なメッセージ。学問分野としてはとても活気づくと思う。

3番目、文科省が今までやってきて、これからもやっていく役割について、これもメッセージを明らかに出して欲しい。やはり勉強として、研究として核融合をやる人間が今一番怖いのは、仕事やキャリアがないこと。そこについて、学術としての核融合はまだまだ本当にこれからということ、これから核融合について仕事がちゃんとある、一生懸けていいということ、文科省サイドで言ってもらくと、学生や若い研究者にとって非常に励みになる。逆に言えば、キャリアパスとしての産業界、キャリアパスとしてのスタートアップが残念ながら大学ではまだ軽視されている。私も京都大学発のベンチャー企業として、まだそういう就職先があるということを学生も研究者もなかなか認知していない。そういうところがあると分かっていたら、細い隙間を縫って大学の教職だけを狙わなきゃいけないという核融合の研究者、学生の行き先にもう少し広がりが見える。気が付いてみると、アメリカでもイギリスでも学生は、自分の行先のパスの大きな分野として、もう既にスタートアップを捉えているので、そのところに自分のキャリアパスが見えるようにするのは、大変有り難いこと。

基本的に有り難い政策なので、捉えようによってはどういうことを言っているか分からないと思う核融合の外の人たち、あるいは外国の人たちにとって、大変すばらしい政策ということが見えるように是非表現していきたい。

○近藤委員

今回の核融合戦略案は、産業化に向けて裾野を広げていくことが分かる上、ゲームチェンジャーについても考えられ、今後、戦略の軌道修正も図りやすくなるなど、非常によく考えられている。

8ページの開発戦略について、研究開発を加速させていくということで、概要のページにも重要な事項として書かれているが、具体的な手立てとして、民間参画であるとか、その後は新技術が出てくるが、本当にこの二つがあると加速できるような十分条件なのか。全部をやろうとすると大変なので、ペースダウンしていい技術を特定し、むしろ加速化すべきものを明確にしてそれを進めていくというやり方もあるのではないか。

6ページ目の発電のコアと他分野への波及を優先すると相当程度、技術マップがカバーされてしまい、ここに載っている構成要素や技術、材料、全部やることになり、満遍なくリソースを当ててしまわないだろうか。最優先は安全保障にして技術的脅威の明確化、次に波及効果といった、重み付けの考え方もあるのではないか。

また、今後は産業マップも重要になってくるだろう。先ほど尾崎委員の方から、輸出時に押さえられない領域があるという話があった。確かに技術段階だとなかなか難しいだろうと思う。一方で、明確に商品とかサービスになってしまったものは、手出しがしにくくなるなど、段階に応じた守り方があり、加速化させて、商品をサービス化させていく考え方もあるのではないか。

10ページ目の国民の理解について。国民を理解させることが目的ではなく、核融合は「社会的受容性」を高めながら進めていく社会的技術であると考え。そのために国民の理解が必要であるし、対話やエンゲージメントが欠かせない。今回フュージョンエネルギーというきれいな名前になるとしても、低レベルの放射性廃棄物など丁寧にコミュニケーションを取り、対話をしていかないと、

後で、信じていたものに何か裏切られた、というような気持ちになってしまわないだろうか。いみじくもイノベーションの領域では、遺伝子組換え作物の教訓として、ゲノム編集にたどり着くまでの様々なリスクコミュニケーションの苦労がある。このフュージョンエネルギーについても参考にすべきだと思う。

○富岡委員：

タイトルからして産業化という言葉が入ったので、ポイントだと思うのは3ページのところ。「従来のITER計画／BA活動からの原型炉開発というアプローチ」と、これに加えて、「この機を活かして、核融合を新たな産業として捉え、構築されつつある世界の核融合サプライチェーンに我が国としても時機を逸せずに参加する」とあるが、特に後者のところがより産業化を意識したことと思う。そのとき、前者のITER計画／BA活動、原型炉開発というのは、時期のイメージも含め、比較的どういふふうに進むかがイメージとしてはあるが、後者の産業化の部分のイメージがもう少しあったらいいと思う。

時機を逸せずとのことで、より至近のところでは取組を重点的に進めるということ。内容的には、アクションプランのところには民間企業を増やす、市場を形成する、とあるが、そうだとすると一体今のぐらいのものをどのぐらいに増やすのか、今は市場がないのかもしれないが、どのぐらいの市場か、取引の量か、一体どうなっていればこのアクションプランが成功しているのか、というイメージが、今でなくても早い段階で皆のイメージが合わないと、このアクションプランが成功しているかうまく評価できないと思う。

そういう意味では、数とか金額とかだけでなく、アウトプットの質とか成果とか、そういったこともあるかもしれないし、アメリカやイギリスに比べて劣っているとか、同じぐらいだとか、そういうような評価もあるかもしれない。いずれにしても、どういう状態を目指すのか、あるいはどういう状態であればこのアクションプランが成功と言えるのかを、早い段階でイメージを固めていくことが必要。

それによって、そのイメージとの比較評価で、アクションプランの定期的な改訂も意味をなしていくと思う。

質問だが、分かりにくいと思ったのは、核融合発電システムのコアとなる領域に、「押さえるべき」という表現が出てくるが、「押さえるべき」というのは、リソースを重点的に投入するという意味か。

○吉田委員：

タイトル、「産業化によるフュージョンエネルギーイノベーションの加速」ということで、産業化がこの戦略として出てきた重要なポイントと理解。池田委員が指摘した懸念もあるわけで、産業化によって全てが解決するわけではもちろんないわけだが、私としては産業化ということを通じてリアリティが軸になってくることで進化が進むと感じる。研究の中には、アポリアに迷い込んだものもあり、それらを淘汰し、進化を進める上でも産業化ということが有効。人材育成という意味でも産業化が大事。それらが明確に出ている戦略と思う。文章の中でも、もう少しその点を強調すべきところがあるので、コメントしたい。

核融合をフュージョンエネルギーとすることについて、核融合を名前に冠している研究所の者としては何かコメントしないといけないかもしれないが、これはもちろん学問的には核融合反応によるエネルギーであるということには間違いない。しかし、社会実装するときにはいろいろな戦略があってしかるべき、例えば原子力エネルギーということを使うわけだが、これは実は原子ではなくて原子核。しかしながら原子力エネルギーという形で定着している。私としてはこのフュージョンエネルギーという言い方は海外での使い方とも整合しているし、融合エネルギーというと単に核を隠したというふうには捉えられる面もあるので、フュージョンエネルギーという表現は大変自然ではないかを感じる。

内容については、3ページ目、技術的優位性に関する部分は、前回もコメントしたが、技術的優位性をもう少し具体的に言った方がいいのではないかと感じる。我が国が全ての面で技術的に優位なの

かという、そうでない現実もある。我が国の核融合研究は、長い歴史をもって技術を培ってきており、自他ともに言っていることは、まず一つには、多岐にわたる基礎研究の基盤を持っている点。それから、幅広い人材育成システムを持っている点。これらが我が国の強みであって、その点を生かして今後の戦略を練ることが必要。

ITER計画／BA活動について、小西委員の意見は、やや精神論に偏っていると思う。ITERについては、我々はいろいろなオルタナティブな戦略を持っている必要があると考える。ロードマップを書くときに、しばしば直線的なプロジェクトにマイルストーンを設定したプランを考えがちだが、直線的な一本道ではなくて、いろいろな迂回路を持っているスパイラルな構造で技術開発をしていくことが戦略としては非常に重要。いろいろな可能性を考えて、様々な迂回路を持った柔軟で臨機応変な計画を策定していく必要がある。ITERというマイルストーンがデッドロックになったりしない戦略である。そういう意味でも、産業化していくことが一つの解決策。この記述では、「引き続き推進することに加えて」とある所の「加えるべきもの」は「産業化という視点」だという趣旨が述べられているが、この部分を、もう少し技術戦略としてのありようを多角的に検討したものにするべきではないか。他国のいろいろな戦略もあるなかで、我が国の特徴を踏まえた戦略を考えていく必要がある。

10ページ目、人材育成に関する部分。国内大学等における人材育成強化というところで、一つ重要なキーワードは「学際化」である。イノベーションを生んでいく組織を構築することが必要なので、核融合の内容を学際化して頭脳循環・人流を活発化することが重要。その中で研究の現場、開発の現場において、「実践の場」を創出してリカレント教育を行っていく。そういうことが重要な戦略ではないか。

○篠原座長：

栗原委員からの質問として、自前でやるのか、海外に頼るのかははっきりしないとの意見があった。考え方としては、自前主義だけに頼るのではなく、海外に良い技術があるなら使っていくという、バランスのことを言っており、海外に頼らなくてはいけないということではないと思う。産業協議会はアカデミアも入るので、文章上で分かる格好にしたい。

本戦略のフォローアップをどうするのかについての柏木委員の質問は事務局から回答する。

○事務局（稲田参事官）：

この中で内閣府がフォローしなきゃいけない点は、3点ある。

1点目は技術マップ。技術マップをどのように作っていくかが、どこに戦略の重点を置くかというところにも入るが、当然内閣府で進めていくので、本有識者会議、又は下に分科会を作るとすることも考えられるが、何らかの形で議論をする。その際に、技術と産業が分かっている必要があることを考えると、産業協議会においてどういう技術マップが欲しいのか、デマンド側の状況を見ないといけない。今回の議論を踏まえた上で、どういうふうにするのかについては、早急に作業を開始したい。

2点目は、安全規制。これも内閣府のところで、専門家というよりも広く皆の意見をというところになるので、有識者会議委員の一部は残り、新たなメンバーを加えた上で議論をすると思う。

3点目が、この戦略の改訂。この戦略の改訂は、要素でやった上で、どのタイミングで適切に変わるかということだが、文部科学省によって技術的な検討する核融合科学技術委員会がある。ここにおいて技術的に検討した上で、その結果について、内閣府で適切なものかどうかを判断することになると考えている。

○篠原座長：

2点確認したい。

1点目は名称について、核融合という言葉を残す意見もあったが、フュージョンエネルギーに変え

た方がいいと思っている。これは核分裂エネルギー、核融合エネルギーとはっきり言い分けてくれればいいが、メディアによっては核エネルギーという格好で1個になってしまい、この核分裂と核融合というものの区別がつかないことがある。海外でもフュージョンエナジーという言葉が使われているので、片仮名のフュージョンエナジーという格好で、委員から了解が得られたと考える。

2点目、尾崎委員から指摘があった、まずは海外市場の獲得を目指すを書くのか、それともまず国内でというところを書くのかについてはどういう意図か？

○事務局(稲田参事官):

これは両方あると考える。指摘されている国内については言わずもがな。ここについては、小西委員から指摘されたとおり、ITER計画/BA活動に続いて原型炉を建設する。これは同じ意味として、国内で炉の開発を続けていく意思表示だと理解。この部分を明記しているということで、国内のところを目指していくところを意味している。

一方、短期的に海外で市場ができるのは明確。指をくわえてこれを見ていることは戦略としてはいかなものかというのがあり、きちんと対応する。その際、経済安全保障については安全保障という考え方が非常に重要であり、パートナーを選んだ上で出せるものと出せないもの分けていく。これは経済安全保障の観点の中で概念として整理されるので、適切に各々の技術、これは一般論というよりも1個1個の技術に対して、対応していくことを考えている。

どの技術を強いもの、弱いものにするかについて、質問があったが、これは正に技術マップとか戦略を作る際に、どれが強みで、どれを入れていくのかになるので、概念というよりも実際に見せた上で、この詳細を将来的に詰めていくということになる。

○篠原座長:

「まずは」と書いてあると、日本のことは忘れて「まずは」となるので、単に二つ並べて、海外市場の獲得と我が国における市場の形成の両方が大事だとするべき。

○尾崎委員:

いわゆる「昔ながらの」通産省の輸出政策や、半導体を国内で作って輸出することを連想する人がいないかが気になった。そうではなく、核融合は新しい概念で行われることが発信できればよい。

○篠原座長:

皆の意見を踏まえて、事務局と修正案を調整した後、座長一任として戦略案を取りまとめ、戦略案についてこうやって集まって議論することは本日の有識者会議を最後にしたいと思うがよいか。

○篠原座長:

御了解いただき感謝申し上げます。

(3) その他

核融合戦略案に関しては、委員の意見を踏まえて修正し、追ってメールで確認をする。今後の手続等のスケジュールも併せて連絡する。

高市大臣、篠原座長より閉会の挨拶

○高市大臣:

核融合エネルギー若しくはフュージョンエネルギー、これが実現するとエネルギーの覇権が資

源を有する者から技術を保有する者へと移っていくイノベーションが起こる。そこに向かい、我が国はエネルギー安全保障を確保するだけでなく、これまで培った技術的な優位性を伸ばし、国外市場を野心的に獲得していくチャンスだと考える。

私は週末ごとに地方に講演に出ているが、その中で必ずこのフュージョンエネルギーについて話をしている。最初に核融合と言うと、皆がちょっとどきっとした顔をされるが、重水素と三重水素による発電という話をする。高レベルの放射性廃棄物も出ない、未来への私たちの贈物なのだ、だから今頑張らないといけないと話している。

さらに、日本がITER計画の中でも大変重要な位置を占めていて、様々な新しい産業が近いうちに生まれていく。例えば超電導、これは医療にも使える。動力としては、宇宙船や船舶にも使えるかもしれない。それから、リチウムの技術がこれから私たちにとって大事なリチウムイオン電池などのリサイクルにも使える。将来の発電だけを目指すのではなく、これから出てくる、今まで培った技術から出てくる産業を育てていきたい、できるだけ早くこれらを日本の成長につなげたいという話をすると、とても興味を示してくれる。専門家の方々ではなくて、ごくごく普通の市民の方々が興味を示してくれる、とても夢のある戦略だと私は思っているので、この戦略案を踏まえて、官民が連携して、戦略的にこの核融合を産業化し、しっかりとイノベーションを加速できるように有効的な取組を推進してまいりたい。これまで篠原座長をはじめ、委員にはすばらしい意見をたくさん頂いた。戦略案、まだ完成ではなく少し修正は入ると思うが、いいものを取りまとめることができて心から感謝を申し上げる。

○篠原座長：

非常に熱心で活発な議論を踏まえて、本日この戦略案を取りまとめることができた。核融合戦略は単に次世代の非常に重要なエネルギーの確保という観点だけではなく、この核融合戦略を作ることによって裾野の広い産業育成や、スピナウトの技術も可能になるので、産学官がそろって協力しながら、これを何とか実現する方向に持っていきたい。

以上