

核融合戦略有識者会議(第4回)議事要旨

I. 日時 : 令和5年1月30日(月)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
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
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
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) 核融合産業界の取組について
 - (2) 核融合戦略骨子案について
 - (3) 意見交換
 - (4) その他
3. 閉会

V. 配布資料

- 資料1 核融合産業界の取組について(小西委員)
- 資料2 核融合戦略骨子案について(内閣府資料)
- 資料3 有識者説明資料(池田委員)
- 資料4 有識者説明資料(尾崎委員)
- 資料5 有識者説明資料(近藤委員)
- 参考資料 核融合戦略中間的整理

VI. 議事要旨

(1) 核融合産業界の取組について

資料1に基づき、小西委員より説明。

最近の核融合開発について世界の動向が大きく変わりつつあることは報告してきたが、我が国の政策として核融合産業というものを作っていくということについて補足したい。

資料1に「わが国を産融国にするには？」とキャッチフレーズを出したが、一言で言うと問題意識はそういうこと。核融合の早期実用化や開発の推進とは少し違い、我が国がこれから先、国産の核融合原型炉を造るという話には触れない。そこはしっかりと進めて欲しいという強い思いがある。ITERに取組み、その先の原型炉に進むという、国としての開発戦略については、大きな変化は内側にも外側にも基本的にはないと思う。しかし、最近起こっている世界の変化は、とにかく核融合を産業として、例えば石油・石炭、あるいは天然ガスといったエネルギー産業に代わるものとして作っていくには何をやるかということ。主に、アメリカとイギリスを中心に、民間を有効に使う形で核融合産業を作るという動きがある。これに対して、我が国は動きが追いついていないところ。この状況は、ものづくり産業を基盤とする我が国の産業から見ると、核融合は大きなチャンスであると同時に、このタイミングで逃すと非常に大きな損失になりかねない。

もともと原料を輸入して加工し、それを輸出してお金を稼ぐという、我が国の産業構造を見たときに、加工のためのエネルギーが必要。それは国内で作らなければいけないという考え方があった。これに対して、新しい国内産業として、核融合プラント、核融合技術を作って輸出すると見たときに、やり方が違っていく。これは、我が国の中で新しい核融合炉を建設するのは少し違い、国内産業を作るということ。その技術をもって、世界に対して我が国をどう位置付けていくか、あるいはその位置を確保するかという技術セキュリティの問題。

アメリカでは、エネルギーの大きな視点の一つは、エネルギー・ジャスティス。エネルギーを国際的に、あるいは国内的にも、正義と結び付けて議論。その背景では、エネルギーを覇権の材料に使う考え方があり、その犠牲となっている国もある。こういう中で、アメリカは国としてエネルギー問題に対処していくときに、ジャスティスというキーワードを使う。

我が国もこれは考えないといけない立場。その中には、核兵器のない世界を目指す、あるいは気候変動に対して強い世界を作る、新しいエネルギー技術を結び付ける、そういう考えが背後にある。そういう意味での地球環境への世界的貢献、これも核融合を産業化することで我が国としてはできるだろうと考えている。

逆に言えば、我が国が産融国、核融合を作れる国になればそれができるし、もしなれなければ、他国によって世界市場が制覇されたときに我が国の場所がない。それは我が国にとっては、一つの大きな核となりうる産業分野について没落することを意味している、そういう危機的なところもある。

これまで核融合開発に携わってきた人間として、科学技術はほとんどの分野について我が国は最先端を走っていて、技術的・科学的には十分なものがあるが、これは国際競争なので今後抜きつ抜かれつされていくところはある。決定的に足りない部分は、むしろ意思決定や資金、人材あるいはその経験の伝承、育成、あるいは産業技術の開発、その商業化、こういう部分が足りない。一言で言えば、社会的な技術が足りないのが見えてくる。

それを解決するための一つの方策としてスタートアップ企業がある。うまくいくものもあれば、いけないものもあるが、うまくいったものについては確かに情報収集能力があり、かつそれを分析して決断し、その時定数が非常に早い。こここの部分は、我が国の得意とする産業分野では、一言で言えば総合商社機能。必ずしも我が国の中で閉じる市場ではないところで、こういう機能が必要。ものを作る装置が、作る技術が、作る材料がここにあつて、それらを結び付け、ここに持っていけば売れるという、ビジネスの流れを組み立てることについて、我が国の総合商社と言われる企業体は非常に優れている。しかし、我が国の商社は、今のところ核融合を商売の材料としていない。

この機能を持った会社を作ればいいのかと考へたのが、私が起業した動機の一つ。そのような企業があれば、当然企業なので資金、人員と知識を集める。最初は二、三人で作る会社が数十人、数百人、今、世界の核融合会社は大体100人から300人ぐらいの規模に成長。このクラスになると、実際人材流動について一つの大きな流れとなり、固定したところにいる大学とか研究機関と違って定員の制限がないスタートアップは決定的に有利。潰れてしまえば逆に供給源にもなるが、そこで産業技術を寄せ集めて、すりあわせて新しいものを作る、ものづくり発のビジネスモデルができる。

ここで「すりあわせ」という用語を使ったが、サプライチェーンを作るということは、ここにある技術とそこにある技術、これらをすりあわせて新しいものを作っていくという動き。ただの研究開発だけではできない部分があり、この結果としてイノベーションが生まれる。このイノベーションというのが現代社会でスタートアップ企業の重要な機能になっている。大企業でも研究機関でもなく、イノベーションはなぜかスタートアップで起きる。それは高リスクなものを果敢にリスクを取って、失敗したら諦めて、また次をチャレンジするというメカニズム。

今後の核融合開発の新展開として、海外では既に開発主体が民間にシフト。これは産業としての開発が民間、ということ。我が国としては、公的機関の研究や大企業の製造技術は世界レベルであり、原子力産業のしっかりした産業基盤がある。しかし、これが今、国際市場に打って出ようという展開意欲は残念ながら低い。一方で、ものづくり産業がITERの後の核融合について今後也需要があるかということについては、かなり悲観をしている状態。

ここから先の知識、経験、技術の高齢化とか、あるいは継続困難というのが起きている。ここで何とか民間を中心とした機会を有効に活かして、我が国の新しい産業を作るために使っていただきたい。

また、中間的整理の論点について、基本的にいいと思うが、民間としては少し特徴的に違うところがある。装置技術サプライチェーン、生きた市場で今必要とされているものを作って、失敗したらまた直してということをやリ、ファースト・オブ・ア・カインドの装置を作っていくことは、民間の機能。特に必要な分野はエネルギー技術であり、イノベーションが必要になる部分。これは核融合については決定的にほかの産業と違うところ。出てくるエネルギーが中性子というこれまで使ったことない量子エネルギーであり、一方では消費者が必要とするエネルギーは全く違うもの。例えば、電力、熱、あるいは動力である。そこをつなぐものは、新しい技術になるのでイノベーションが必要。そのイノベーションが必要なエネルギー変換技術、基本的にはその目標にはGXがあり、要するに二酸化炭素、あるいは炭素サイクルを経由しないで量子的なメカニズムを使ってエネルギーを変換して消費者の下に届ける、この技術を作る必要がある、それを主体とする企業が育たなければいけない状況。

エネルギー市場は、今までは資源を持った国が押さえていたが、これからはサプライチェーン技術を持った国が押さえる。少なくとも核融合が実用化すると、そういう世界になる。ここでものづくりができる我が国はチャンスを持っていると同時に、この機会を逃してしまうと決定的に後れてしまうという、危機的な状況もある。チャンスとピンチの違いは、技術を使えるか使えないか、これは市場シェア、それから規格と規制。規制は国の機能なので非常に重要だが、研究開発側からするとライセンスと捉えたい。ここを守ればちゃんと作っていいですよというお墨付きのガイドラインを示すということ。

核融合プラント技術、これは社会実装するビジネスモデル、資金やバリューチェーンなどであり、具体的な中身はエネルギー利用プラントの技術。これは核融合反応を起こし制御するという技術とは少し違うところ。そのほかにも、安全設備、環境インターフェース、材料のサプライチェーンなどが必要で、具体的な技術の中身については技術マッピングと呼ばれる形で提示されたものと同じ。違うのは、見方が産業界から見ているか、研究開発から見ているかという、そこだけの違い。

核融合技術の開発のために我が国として必要なことは、優位性のある既存のサプライチェーンを活かすためには、進行形の開発競争にとにかく参入する必要がある。そのためには、こういう装置が必要、こういう技術が必要というリクエスト・フォー・インフォメーションに回答できるような企業体を作っていくことが一つの解答。

今、世界の核融合計画が気付き始めているのは、物を作っていくには人とお金だけでは駄目で技術が要するという。お金を集めた企業がやっとそれに気が付き始めた。そこで我が国の技術が着目されている。逆に言うと、我が国をどうやって取り込もうかというのを、世界の核融合企業が日本に対してはウエルカム、インビテーションを出しているという状態。これに応えたい。

そこで、中間的整理の論点の中で、民間から一つ申し上げたいこととして、スタートアップの役割。これを認めて、国でしかできない形で支援をしていただきたいというところ。

具体的には、まず核融合というエネルギー技術について、我が国が明確にサポートしていく意思決定をして意思表示すること。この有識者会議は正しくその母体だと思うが、まず国家の事業として核融合をやりますと言って欲しい。これは、核融合を我が国の主要産業とするという意思表示。これまでの学術を決して止めることなく、むしろ一つの軸足にしつつ、核融合の産業化を図るという2路線化をしていくことをまず言って欲しい。

次に、プラットフォーム技術を支える資金と予算。これはリスク性の開発を促すという形。核融合の開発は大変なお金が掛かるものと考えられているが、その中で決定的に壁があるわけではない。しかし、細かな形でいろいろなイノベーションが必要。これを促すような形で今後の研究開発を、ここ10年、15年進めていただきたい。

スタートアップとしては、シードを育てるとするのは別の政策になると思うが、核融合は大きな産業になるので、むしろ「死の谷」と言われる、できた会社が成長するときに幾つかの多くの会社が潰れてしまう、ビジネス上の困難がある。大きな装置、技術を使う産業ではそこを克服できるような行政支援が必要。

そこでもう一つ出てくるのが、大きな装置を造る、設備を造る、放射性物質を扱う、放射線を扱うのは民間企業には難しい。国のインフラストラクチャーを、特にこういう研究開発をする大型施設を民間にも使わせていただきたい。

最後に、国際協力とその枠組み作り。新しい国際的な枠組みで核融合産業が今、作られようとしている中で、国としてこういう協力関係はサポートしていきたい、エンドースしていきたいというものを示して欲しい。

「我が国を産融国」、核融合を産業とする国にするために、まず民間からの核融合産業を育てていきたい。その中で「公」の役割があることを提案したい。

(2) 核融合戦略骨子案について

資料2に基づき、覚道審議官より説明。

前回の会合で、それまでの議論の中間整理案を示し、年末に中間的整理という形でまとめた。その内容をベースにして、核融合戦略の骨子案の形に整理。

背景として、気候変動問題が深刻化する中で、我が国として2050年のカーボンニュートラルという目標。それに、ロシアのウクライナ侵略によってエネルギー安全保障がより重要になっている。そうした中で、日本は資源を持たない国であるが、その解決策として核融合エネルギーへの期待が高まっている。あえて言えば、従来からの意義としての一つはカーボンニュートラルのエネルギーであるということ。水素同位体の核融合、言わば水素融合ということで豊富な燃料がある。また、

燃料の供給や電源停止によって反応が停止をするという、固有の安全性を有していること。また、高レベル放射線廃棄物が出ないという環境の保全性。加えてエネルギー安全保障としての重要性がある。

加えて、正に今回の有識者会議を設置した重要な問題意識である、新たな産業としての核融合、言わば新たな意義については、ITER計画によって技術が進展してきている中、諸外国においては民間投資が増加し、核融合スタートアップによる研究開発の競争も加速化。更に米英等では核融合の産業化も進展してきている。他方、技術安全保障あるいは経済安全保障の確保の必要性というのが非常に高まっている。また、核融合技術から他産業への波及効果もあるため、国内の核融合開発を引き続き推進をしていくためにも、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時機を逸せずに参加することが必要。そのため、将来的な核融合産業エコシステムの基盤を今からしっかりと構築をしていくことが必要。これが新たな意義。

国家戦略のビジョンについては、我が国にはITER計画等で培った技術的優位性がある。核融合市場の獲得には、技術に加えて国際競争時代の新たな国際協調、また技術安全保障も考慮した戦略が必要。そのために国家戦略のビジョンとして、我が国の優位性を生かし、国家として戦略的に産業としての核融合市場の勝ち筋をつかむことで、核融合エネルギーを実用化。こうしたビジョンを達成するために、民間投資の呼び水となるような具体的アクションを盛り込んだ国家戦略を策定していくことが必要と掲げた。

続いて、ビジョン達成に向けた戦略の基本的考え方として、核融合産業の育成の戦略、技術の開発戦略、戦略を推進していく体制、大きく三つの柱を一体的に取り組んでいくことが必要。

まず、核融合産業の育成戦略について、三つのキーワードで整理。一つ目は、「見える」ということで、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業界に参画する民間企業を増やしていく。二つ目は、「繋がる」ということで、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することで新しい核融合産業の種を作っていく。三つ目が「育てる」ということで、核融合開発の成果を製品・サービスとして社会実装できるように支援をしていく。

二つ目の柱が、核融合技術の開発戦略。これには、核融合発電の実証時期を改めて明確にしていくことが必要。研究開発戦略と、そのための体制を明確にする必要。また、新興技術を含めたアカデミアや民間の技術の推進方策をしっかりと作っていく。

三つ目の柱である、戦略の推進体制につきましては、推進体制、産学官の推進体制、そのための人材育成、社会・国民等へのアウトリーチが必要。

掲げた柱の各項目の具体策について、核融合産業の育成戦略では、核融合の国際市場に我が国も時機を逸することなく挑戦することが重要。ITER計画から原型炉建設までの空白期間をできるだけ短くするとともに、将来の原型炉開発に民間企業からも参画してもらうことを見据えて、将来の核融合産業エコシステムの確立を目指し、今からその基盤を構築することが必要。そのためには、これまで核融合に携わってきた民間企業に加えて、更にスタートアップを巻き込んでいくことが必要。そのためには、「見える」ということが重要で、それから「繋がる」、「育てる」という各段階での継続的な支援が必要。

「見える」というところでは、核融合発電の社会的位置付けを明確にする。産業の予見性を高めるために、発電実証時期を早期に明確化をすること。産業ニーズの見える化、他分野への波及が期待される技術の見える化のために、技術成熟度も記載したような核融合発電に関する技術マップ、それから産業マップを作成し、それには経済安全保障の視点も踏まえて取り組むことが必要。民間企業の参入を促進するため、原型炉開発のアクションプランの細かなマイルストーンをしっかりと設定。スタートアップを含めた民間企業等が取り組む新技術を取り込むために、アクションプランを定期的に見直し。こうした全体としての見える化を進めて、全体の産業あるいは参画をしていく人に対する予見性をしっかりと高めていくことが重要。

「繋がる」というところでは、産官学が繋がる体制を作っていくためにも、核融合産業協議会といったようなものが必要で、協議会の設立を検討。既に産官学の間である核融合エネルギーフォー

ラムを発展的に改組するということもあり得る。

「育てる」というところでは、スタートアップを含めた民間企業等が保有する技術シーズと産業ニーズのギャップを埋める支援を行うこと。安全確保の基本的な考え方を策定。また、英国等でも議論が始まっている国際的な安全規制等に係る有志国間の議論に参画。

2番目の柱である開発戦略では、将来の不確実性に備えて核融合技術群のポートフォリオを強化する。このためにITER計画／BA活動及び関連する国内研究開発を通じて核融合のコアとなる技術開発の推進。これに加えて、未来の可能性を開くような挑戦的な研究も支援。ゲームチェンジャーとなり得るような小型化・高度化などを始めとする独創的な核融合関連の新興技術の支援を強化。ITER計画／BA活動を通じてコア技術を獲得、将来の原型炉開発を見据えて研究開発を加速。こうしたことが開発戦略として重要。

三つ目の推進体制について、今回策定する国家戦略に推進力を持って産学官連携で取り組むために、推進するための枠組みを構築。まず、内閣府が政府の司令塔となって、関係省庁と一丸となり政府として推進。原型炉開発に向けては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。QSTにITER計画／BA活動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技術のイノベーション拠点を設立。将来のキャリアパスを見据えて、核融合実験炉等の建設・運転に必要な人材を産学官で計画的に育成。国内大学等における人材育成を強化するとともに、他国からも優秀な人材を獲得する取組を行っていく。更に、国民の理解を得るためのアウトリーチ活動をしっかりと実施。こうした具体的政策、具体的な取組として掲げた。

(3) 意見交換

○池田委員(資料3)：

推進体制の規模感について意見を述べたい。資料3は、平成29年に文科省の核融合科学技術委員会で、当時原型炉に向けたアクションプランとして13項目に分類された課題に担当者を設けて、その担当者が大学、研究機関、主に重電関係の産業界に問い合わせて、2035年頃にITERが核融合出力を出すまでの3段階で必要な人員数を示した。当時、ベンチャー企業は無かったので、その議論は考慮されていない。研究機関としては、2015年頃で、QST、NIFS、大学合わせて大体600名弱であったが、原型炉の建設が進む頃には1,100名と倍程度必要としている。

これから推進体制はQSTを中心としても、NIFS、大学、それから産業界から参画頂き、原型炉に向けた推進体制としては倍増ぐらいのイメージを考えないといけない。ただし、必要数に関する産業界の当時の考え方は、研究機関から設計のリクエストに対して、それに応える必要数という発想。今回の議論のように、ある程度ベンチャーがリスクを背負って開発するとの考えではなかった。そういう意味では、今後ベンチャーが研究開発も担うとなると、この総人数の中にベンチャーも含まれてくるが、それは今後の議論。いずれにしろ、原型炉の様々な技術開発に当たっては1,000人規模でやらないと建設段階は難しいという意見である。

一方、2枚目の資料は、QST内部で検討した資料。今後ITERが動いてくると、ITERに人を派遣するだけでなく、その経験を今度は日本の原型炉に反映させるという還流が非常に大事。今までは、ITERの物納として物を作って送るのが中心だったが、今後、ITERの運転にあたっては、人が必要。それから、核融合で発生した熱を取り出すとともに燃料を生成するブランケット開発が始まってきている。そういう分野も新たな開発として必要。

またITERの半分のサイズのJT-60SAでは、ITERを先導するとともに、将来の原型炉のための研究を実施するが、いよいよ今年から運転開始を考えているので、そのための人が必要。

更に原型炉設計活動は、現在、六ヶ所研究所を中心にオールジャパン体制でやっており、そこに産業界に入ってもらいたい。

最後の核融合中性子源についても、核融合の課題である材料の耐久性解明に必要であり、ア

クシヨンプランにも書いてある。

このようにITERの運転が始まると、100名程度の人間を日本としてITERに送り込み、ITERのノウハウを日本が得て、もちろんITERを先導し、そういう人が今度また日本に持って帰る、そういう仕組みを作っていく必要がある。今回の推進体制の中で、大学、産業界一緒になって考えていきたい。

○尾崎委員(資料4):

「育成」・「開発」・「推進」、この3点について、骨子案は非常によくまとまっており、大筋について異論は無い。そこで、細かい点について意見したい。

育成に関して、産業界の「核融合リテラシー」の向上の必要性を強調したい。推進体制に関しては、QST、NIFSに適応した産官学連携、開発については原型炉につながる実証炉(デモ炉)の経営体制が重要だが、当職提出資料3ページに、これら三つの関係を概念的にまとめている。

育成について、協議会の設置検討は歓迎だが、産業界の核融合リテラシーの向上を重点的に考えなければいけない。重電をはじめ、今までITERやJT-60SAに関わってきた企業は核融合に対するリテラシーを持っているが、産業界全体を見ると、そうでない企業の方が圧倒的に多い。そういった業界のリテラシーを高めるためには、白書、コンソーシアム、プロジェクト募集などの方策が考えられる。また、たとえ管理職や若手研究者が核融合を理解しても、経営者が組織として核融合にコミットするかは別問題である。大きな組織が意思決定する場合は、社内コンセンサスを作るために時間がかかる。このようにリテラシーの向上は非常に重要なポイント。今、国が研究プロジェクトを募集しても、核融合を自社戦略にどう位置付けるか分からない企業ばかりでは、新しい企業が手を挙げない可能性がある。

対策として、米国のINFUSE、Innovation Network for Fusion Energyの仕組みが参考になる。

デモ炉の開発・経営体制の決定について、核融合産業の構造の複雑さは日本にとって未知の部分が多く、例えば「もんじゅ」の経営体制を参考にして、同じようにやればよいという結論にはならないと思う。産官学が協働する場合に、実施する組織の経営体制はどうなるのか、官と産業界の責任分担、予算など多くの問題を解決しなければならない。経営体制は今、この時点で議論してもベストの方法は出てこないと考える。今無理して体制を決めるのではなく、時間を掛けてマイルストーンベースで体制を決めることが必要。産官学で作る時限組織でマイルストーンを評価して、ベストな体制を選定していくべきだ。

池田委員ご指摘のとおり原型炉デザインはかなり議論が進んでおり、これまでの議論を御破算にしてゼロから始めるべきと言っているわけではない。原型炉の計画が作られたのが約6年前、そのときは核融合の国家戦略も存在せず、国際的な競争環境も今と違い、今後、民の関与度合いも大きく変わる。しかし、原型炉が商業炉に近いハイスペックなものにするという目標を作って7年経過している。そのまま続けていいのかどうか、これは議論に値するテーマである。原型炉よりロースペックのデモ炉という概念もあるし、アメリカ、イギリスはまずそういうところから始めていくようだ。同時に、基礎研究については、関連技術の実装等、並行して進めていくべき。

米国のMilestone-Based Fusion Development Programは、5年ほど掛けて企業から公募したアイデアを走らせていくものだ。18か月で5,000万ドル、残りの42か月でプラスアルファの研究費を政府はコミットする。国内で公募する場合、このFPPの仕組みが参考になる。

日本版バイ・ドール法は産学連携の大学発ベンチャーを作る仕組みである。この法律によって公費が使われた大学の知財を個別企業に独占的にライセンスすることが可能になった。これは25年前にできた制度であり、その前までは大学知財のライセンスアウトは法律的にグレーだった。今、大学の知財を使ってベンチャーを作る場合は、この仕組みが普及している。

QSTの知財を事業化する場合、事業化を想定していない組織であるQSTは、必然的にベンチャーと提携しなければならない。もともと民間企業が持っている知財を核融合に活用する場合と、QSTの事業化のプロセスは違う。QSTの知財は私の理解によると、民間企業やベンチャーに対し

でライセンスアウトする仕組みが十分に整備されていない。そうであれば、バイ・ドール法のような大学の知財を事業化するような仕組みが必要になるが、大学の知財は大半が特許であるため、ライセンスアウトの構造がシンプルである。これに対して、QSTの場合は、ITERとの関係があり、知財が必ずしも特許化されていない。そうであれば、日本版バイ・ドールと違う方式が必要である。

こういった仕組みを作っても、研究者がプロセスを理解した上で事業化に協力し、そのノウハウが組織内に浸透するまでに、結構時間が掛かる。大学発ベンチャーの場合も、25年前に法律ができて、多くの研究者にノウハウが広がるまで5年ぐらい掛かっている。大学研究者の多くがこれを当たり前のように捉えて、露骨な反対意見が出なくなるまで、さらに数年掛かった。仕組みを作るだけでなく、現場が慣れる時間が必要である。最初、産業界の核融合リテラシーを上げるべきと申し上げたが、QSTやNIFSも事業化リテラシーを高める時間が必要。

○小澤委員：

資料2に対して、総論賛成だが、若干細かい点に対して意見を申し上げる。

水素同位体の核融合(水素融合)について、言い換えは不要と考える。核融合という言葉は、既に教科書に載っている学術用語であり、国語辞典にも載っている正に日本語。水素同位体の融合で別の原子核になることと書いてあるので、誤解のないようにきちんとした日本語でよいと考える。

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ことについて、もったもであるが、海外の核融合開発のところで、例えばバイ・アメリカンのようなところがあると、政府の後押しが必要となる。各国の市場の開放度や制限も見ていく必要がある。

国家戦略のビジョンとして、核融合市場の勝ち筋をつかむこととあるが、この核融合市場の見方、勝ち筋をつかむためにはどうしたらいいのかは、きちんと意識しておく必要がある。これは具体的な議論なので、骨子案とはまた別の話かと思う。

核融合産業の育成戦略について、原型炉建設までの産業の空白期間を減らすことは非常に重要。気になったのは、将来の原型炉開発という「将来」という言葉が適切かどうか。他にも、将来の核融合産業エコシステムの確立、これが時間軸的に異なるものに同じ「将来」という言葉が使われている。

「繋がる」について、核融合産業協議会(仮)の設立は、産官学の発展的改組の説明もあったが、組織を独立して設立すると維持するのも大変。ここは設立ありきというよりは、目的を明確にして検討していくことが重要。

核融合戦略の推進体制等について、原型炉開発に向けてQSTを中心にとあるが、QSTに集まる、結集するのは良いと思うが、研究団体のQSTが一步進んだところに行く必要がある。例えば、調達、マネジメントなど、実験ベースのデータを取るより一步進んで運転管理をするということ。「もんじゅ」「ふげん」の例であるように、動燃事業団が運転管理の責任を持っていたのと同じように、結集するだけではなくて、QST自身が強くなる必要がある。運転とか規制側の話も同様に重要。この点は織り込めるのであれば、骨子案のところにも織り込みつつ、今後の検討課題として意識して進めていきたい。

○柏木委員：

産業界を取り込んでいくというテーマについて、ベンチャー以外のメーカーがどうやったら入っていけるかについて、二つ提案したい。

今回、ベンチャーとか核融合産業を世界に売っていくときに、まずわくわくしてしまうのはQSTの人ではないか。自分たちの技術を例えばこういうパッケージにしたら、他の研究所が買ってくれるかもしれないというアイデアは、普段から技術開発しているので非常に浮かびやすい。もしかしたらベンチャーに向いているのはQSTかもしれない。

今回の国家戦略をメーカーに宣伝してみているが、皆、どうやって参加していくのか分からない。

日本の技術は素晴らしいが、核融合に通じる技術は大体QSTのJT-60とかITERからの発注しか繋がりが無いので、自分たちで参入するイメージが持ちにくいと思う。

国家戦略の体制を作るときに、QSTが初期に中心となることは現実的。QSTが産業界と糊付けをするからこそ、安心して自分たちの技術を核融合に展開するメーカーが出てくる。ただ、いつまでもQSTが中心かという点、商業炉に向けてはそうではない。QSTは研究開発の組織であり、いつまでもそのままでは商用炉にはいけない。そうすると、新しい組織でまず必要なのは、研究開発のレベルから商用炉に向けて体系化していくような新しい部隊が必要。その部隊を構成するのは、一部はQSTの人かもしれないが、やはり商用炉を経験しているメーカーの人。商用炉に展開するためには、品質管理、分かりやすいルール作り、ものづくりのルールなど、核融合に特化したものを作っていくところをQSTとメーカーのつなぎを見ながらルール作りしていく、そういう部隊が必要。

メーカーを巻き込むときには専門家が必要。一つの例として、大学の共同研究では技術分かっているコーディネーターがいて、共同研究のつなぎ先を探す専門職がある。例えば、技術マップに基づいてメーカーが自分の技術をのり付けするときに、コーディネーションする方がいると、つなぎが非常にスムーズになる。現場の負担もなく、メーカーの負担も減らせて、よい道筋を作ることができる。新しい体系の中には、開発研究を実際のものとして売るスタンスに向けた部隊と、メーカーの技術を核融合に引き上げるマッチングする人がいると、メーカーとしては入ってきやすくなり、かつ核融合の設計とマッチした技術がスムーズに進むのではないか。

コーディネーターがいて、小西委員の説明のとおり、国の施設を共用化するとき、どの施設を使うと、その研究ができるかもうまくコーディネートできるので、つなぎをよくする部隊が新たに必要なのではないか。

○小西委員：

先月から今月にかけて、アメリカ、イギリスを回ってきて、この両国の動きが活発と感じた。国の研究機関と民間を積極的に結び付けようと、マッチングの機会をコーディネートして積極的に作っている。そこに呼ばれているが、もう既に囲い込み活動が始まっている。どちらの国も日本には非常に多くの期待をしているが、日本からは誰も来ていない状況。

そうである一方、我が国として日米、あるいは日英の研究をサポートするかと考えると、これまでの日米協力、あるいは日欧協力の枠組みからすると外れた動きになる。既にそれぞれの国が民間を使って、日本の民間技術を何とか吸い上げようとしていることについて、民間の立場では情報とビジネスの枠組みで繋ぎ合わせることをやっているが、もう一歩、国として踏み込んでいただきたい。

その隠れた意味として技術安全保障があり、情報セキュリティと共に、実際サプライチェーンも国際的な囲い込みが始まっている。その中で、資源を武器にするという時代が終わりつつある。その代わりに、知財を使って、技術の流れを使って、世界のしかるべきところと組んでいきたいという意思をもって、アメリカとイギリスが机の上で握手しながら机の下で蹴飛ばし合っている。その中に、日本を取り込めば勝てるという意識がある。

そこで、我が国としてどう動くか。国際的に非常に名声の高い日本の科学技術ではありながら、一方で日本の産業技術も非常に評価が高いところでありながら、日本はどう動くかが今非常に注目されている。ここから先、半年、1年の間に趨勢が決まると思うが、国としての動きを見せて欲しい。

○栗原委員（欠席のため、事務局より意見代読）：

核融合戦略の意義について、背景において核融合の意義を、①エネルギー問題、環境問題の解決としての核融合エネルギーと（従来の意義）、②新たな産業としての核融合（新たな意義）に整理されている。

②の新たな意義として書かれた、核融合技術がエネルギーだけでなく様々な分野で利用され、

産業として発展していく意義は、従前も認識されていたものと思われるが、改めてその意義を明確にし、開発の在り方や戦略的な産業化に向けた方向性を示していく事は重要と考える。一方、①の核融合エネルギー(発電)は、国際競争の時代に入り、我が国でどこまで実証を加速し、社会実装を実現していくかを、今回の戦略でより具体化し、推進(の有無も含めて)していく時期に来ている。

①と②は、共通の取り組みもあるが、時間軸や開発関係者、将来的な出口、市場も異なることから、両者が混在した開発戦略や推進体制は、戦略として不明瞭になるのではないかと。①と②を分けて(共通部分は共通として)、それぞれに則した「戦略の基本的な考え方」「具体策」を描く事が、核融合技術の可能性を広げ、実現にむけた予見可能性を高める事になると思われる。ビジョン達成に向けた戦略の基本的な考え方と具体策についても、核融合発電と核融合産業を分けて示した方が良いと思われる。

既に骨子案にも一部盛り込まれているが、以下をコメントする。1. 核融合発電について、原型炉(実証炉)開発の段階を分けて時期の見直し(前倒し)をし、変更する場合はその目指す時期を今回明示すべきではないか。2. 核融合発電の実証段階の推進体制は、QSTでの開発成果を活かせる体制が必要であると共に、大規模な実証を実施できる組織体制とガバナンスの構築、また、民間企業が商業化できるよう、人の受け入れや成果へのアクセスが可能な仕組みを工夫すべき。3. 人材を絶やさないう、大学、研究所、実施組織等が協力して、次世代の人材を育てる国家プログラムを策定すると共に、ITER計画への人材派遣を拡大する。4. 核融合技術マップに時間軸と技術の相関性を入れた総合技術開発戦略を試行的に作成し、定期的に見直す仕組みを入れてはどうか。5. サプライチェーンを想定し、部品も含めて不可欠な企業、技術が将来を担う産業として承継されるよう、次世代成長技術と位置付けて振興する仕組みも必要ではないか。6. 産業化の予見可能性を高め、非効率な手戻りが発生しないよう、規制(ルール)の方向性を早い段階から示すことが重要であり、その方向性を本戦略で示唆することは可能か。

○近藤委員(資料5):

まず1点目は、核融合戦略文書のプレゼンスについて。今はサブタイトルがないが、いかなる戦略であるかを示すものについて、議論は必要。例えば、核融合発電の実現に向けた新たな方策検討といった会議の趣旨に照らし合わせて考えることできる。他に類似の会議体があり、当然検討のスコープも違うと思うが、明確にする必要がある。

プレゼンスは、核融合戦略に対し、国がしっかり取り組んでいくコミットメントを示していくことである。その方法論として、主要関係者によるシンポジウムを開催するやり方もある。例えば、米国は、「ホワイトハウスサミット」という商業炉、核融合エネルギーの実現を加速するための10年戦略アジェンダのシンポジウムを開いている。核融合のベネフィット、進捗、小西委員から話があったエネルギー・ジャスティス、パブリックエンゲージメント、産業界のビジョンの内容があり、エネルギー・ジャスティスを除くと、日本の検討と似ている項目もある。顕著な違いは、アメリカでは戦略を打ち出す時点で進捗を話していること。核融合の戦略文書が、必要論で終わるのか、その先の話をするのかというのはポイント。

2点目は、フェーズと時間軸の考え方について。核融合には研究開発のフェージングがあり、この研究開発のフェーズを用いて議論が行われる一方で、海外の話を伺うと、産業をライフサイクルでは、幼年期が終わって成長期もしかするとその次に行っている。そして、日本ではまだ幼年期の議論というギャップがある。

海外にはより多くのチャンスがあり、日本企業が出遅れないための育成機会を考えていく必要がある。

3点目は、不確実性に対する戦略の機動的修正について。核融合技術の研究開発、これからの産業化においても、社会の情勢が変化すれば、その度に軌道修正していかなければならない。技術の成立性、国際競争、協調、これらの関係があって多様な不確実性がある。その不確実性と対

応について、今回の戦略の基本的な考え方として2点明文化を提案したい。1点目は、日本の核融合研究開発が世界の中心であり続けることを前提にしている点。そのため、サプライヤーは研究開発をフォローしていけばいい、というように見える。ただし、昨今の議論で、世界で核融合研究開発が進められているとなれば、海外の施設も視野に重要サプライヤーやベンダーの育成策を、日本も産業政策として進めていくか、それともやめておくのかということも考慮すべき。日本においては、ベンチャー支援にとどまらない、核融合の産業政策を示していく必要があるのではないか。2点目、核融合ではないが原子力産業において、今、サプライチェーンの脆弱化が問題。この問題から核融合への学びがあるのではないか。遠い将来も、複雑で高度な技術を維持して、設備を保守していくために必要なことを検討していく必要がある。例えば、一般汎用部品の組合せを試行していくとか、高度な複雑専用品への依存を極力減らす、といった、複数のサプライヤーが供給可能にしていくような設計、知財の扱いなども代替オプションとして示してはどうか、と申し上げる。

○富岡委員：

骨子案について3点コメントしたい。

1点目、核融合産業の育成戦略について、スタートアップを含めた新たな民間企業を核融合に巻き込むところ、小西委員からはイノベーションの機能はベンチャー企業が負っているという説明があったが、確かに同じ民間でもベンチャー企業と大企業では企業の特徴が異なるので、期待される成果や役割は、おのずと違ってくる。イノベティブなアイデアを出すということではベンチャー企業の方が成果を出しやすいという特性があり、ベンチャー企業と大企業で、どういう役割や成果を期待しているのかは、それぞれ分けて考えた方がいい。

2点目、安全規制について、核融合は従来の原子炉とは全く異なる仕組みなので、検討のステップとしては、まずは基本的な設計をしていく初期の段階で、その装置と何が危険かを最もよく知っている設計者が、安全確保の基本的な考え方を整理しながら、安全設計を進めていくことになる。安全規制というと、設計者の考え方を基にして、第三者的な立場から法的側面を踏まえて、その次の段階で検討されていくものなので、まず安全確保の基本的な考え方を策定することでいいと考える。

3点目、推進体制について、核融合の開発はかなり息の長い取組なので、どのフェーズでどういう組織がどういう人材を育てて確保していくのか、維持していくのかは非常に重要な課題。核融合実験炉等の建設、運転に必要な人材という表現があるが、どういう炉かによって、必要な体制とか人材は変わる。例えば高速炉の例だと、実験炉の常陽は研究開発中心の体制。一方、原型炉「もんじゅ」は、プラントの運転管理とか地元の関係も含めて商用炉に近いようなものであった。商用の原子力発電所だと、サイトに働く人員だけでも数百名規模。多くの人は研究者という職種ではない人たちで、運転に携わり、廃炉まで数十年にわたって地元を根を下ろしてサイトで働き続ける方々になる。「もんじゅ」の教訓というのは、このようなプラントを運営する人が出向者で賄われて短期間で交代していたところにあるので、商用炉に近い原型炉ということになると、そういう人材も必要になる。実験炉的な研究開発を中心にするのか、原型炉的な商用炉に近いものかによって、その中核をなす組織がどういう人材をどのぐらい確保していくのかは異なる。開発のステップが進むにつれて、より明確に検討していくべき。

○吉田委員：

骨子案について、もう少し踏み込んで記述したいと思う3点を述べる。

1点目、戦略策定の意義について、技術的優位性があるところからスタートしているが、この優位性は様々な評価軸で考えるべきで、現状認識を正しく持つことが大事。核融合という非常に大きな技術は、技術の階層性を考える必要があり、核融合炉として統合する技術から、それを構成している様々な要素技術がある。その勝ち筋をつかむには、どこの階層を狙っていくのか。日本

はどこが得意で、どこに大きな蓄積があるのかを正確に分析する必要がある。

一般的には、技術の内容を要素化して一般性を確立していくので、その一般化された技術が強いということは、総合的、長期的な優位性を、国として確保する上で非常に重要。他方、統合した技術として核融合炉を早く実現する競争は30年ぐらいの短期的な時間スケールである。そういった時間スケールの違いが重要なポイント。外国、特に英米は、統合技術の部分をベンチャーで行う戦略であり、それに対して、要素の部分をナショナルラボが支えていく構造だが、日本の体制はむしろ、統合する部分をナショナルラボで支える戦略であるならば、その長所・短所を考えていく必要がある。

2点目、ビジョン達成に向けた戦略の基本的な考え方について、「見える」、「繋がる」、「育てる」という、三つの戦略で整理していることは分かりやすくいいと思うが、「育てる」の部分が社会実装という点に力点が置かれている。これからの核融合の研究の中では、この「育てる」という中にイノベーションが重要なファクターになる。その点がもう少し具体的に分析的に記述されるべき。

イノベーションを生むシステムは、基本的には、まず融合性を持っていること。これは学際化し、様々な技術が横に繋がるといこと。核融合を独立した一つの分野ではなくて、幅広く根を張った科学技術として特徴づけることが必要で、その中でイノベーションが生まれるシステム、環境を作っていくことが必要。それから、流動性が必要。これはベンチャーという活動体が果たすべき役割だと思うが、流動性を高めるためには挑戦を支援していくシステム、古い体制を脱構築していくことが必要。

人材育成は、具体的に産業が成立しないとできない。多くの学生がその分野に飛び込んでくるためには、そこに産業がないといけない。そのためにどういった産業を考えるのか。これは核融合という統合技術の一つのフラグを立てるだけではなく、階層化して、多様性をもつ産業構造という形を構築することが必要。

3点目、ビジョン達成に向けた具体策について、推進体制をどのような体制にすべきかについてももう少し具体的に記述する必要がある。この推進体制の中核がいわゆる手配師になっては駄目で、中核的な推進機関が正にイノベーションを作り出すエンジンになる必要がある。統合技術をベンチャーでやる場合は、ベンチャーそのものは、例えば大型の試験設備や、基礎的な実験設備を持たないで、統合だけをやるが、我が国の場合はそうではなく、ナショナルラボでやるとするならば、そこで正にイノベーションが生まれるシステムを構築する工夫が必要。それらの戦略性も含めて記述していくことが必要。

○篠原座長：

多くの委員から推進体制について意見が出た。現在の、研究を中心とした推進体制ではなく、核融合の運転まで含めて、産業界を巻き込む観点を考えた場合、この推進体制に関してはしっかり考えていくべきという意見。池田委員から、本格的なことを考えた場合に、人員がどのぐらい必要か、ITERとの人員管理を含めて意見があった。尾崎委員からは今後深掘りすべき事項として、例えば、QSTの知財など、バイ・ドールだけでは駄目で、それらの枠組みを作っていく必要があるとの意見。小澤委員と柏木委員からは推進体制について、運転も考慮する必要があるとの意見。柏木委員からは、技術コーディネーターについて。例えば、核融合ではなくても、産学連携でも大学側にコーディネーターが配置されているが、いわゆる産業界と核融合の専門家との間のマッチングをするコーディネーターの必要性も指摘された。

小西委員からは、マッチングが既に始まっている、サプライチェーンの囲い込みが始まっているという危機感について意見をもらった。近藤委員からは、研究フェーズと開発フェーズの話が混在して聞こえることや、不確実性への対応の仕方について考えるべきとの意見。富岡委員からは、ベンチャーと大企業に期待することは分けて考えるべき、また、推進体制の意見があった。吉田委員からは、要素技術からインテグレーション技術まで、しっかり階層化して考えて、どこを勝ち筋として考えるのか、それぞれでどういう産業を考えるのか、階層化で考えるべきとの意見。

この核融合戦略をまとめた時、一言で国民に対するメッセージは何かを考えた場合、個人的な考えとしては、日本という国がこの核融合を次世代のエネルギーとしっかり位置付けて、我々これからは日本国として取り組んでいくのが一つ目のメッセージ。二つ目は、単に日本だけがエネルギーを賄えるようにするのではなく、国の産業として育てていくというメッセージを出す必要がある。

そういう観点から骨子案について3点コメントする。

1点目、核融合と核分裂という言葉が、一般の方には違いが分からない。核融合というとアレルギーが始まるとの思いもあり、この水素融合の括弧書きがあると思う。水素融合だと核融合という言葉が近く、何かずいことをやっているなと思われそうな気がする。逆に量子エネルギーとか、全く違う言葉を考えるということも一つの手。海外を見るとフュージョンエネルギーだが、融合エネルギーというと、日本語としてはまらないので、例えば量子エネルギーぐらいの言葉を使った方が、国民との対話はしやすいと思う。

2点目、核融合を次世代の有望なエネルギー源として位置付けることをしっかりと書く。背景のところで、国内の核融合開発を引き続き推進することが目的になっているのは違和感。やはり、核融合の早期実現、また、核融合に関する産業育成のためにも推進する言い方がよい。

国家戦略のところ、我が国の優位性を活かして、まず産業としての勝ち筋をつかむ、2番目として核融合エネルギーを実用化と書いてあるが、逆だと思う。1番目としては、核融合エネルギーを実用化していく気構えがあり、その中で産業として育てていくと書いた方がビジョンとしては分かりやすい。

3点目、「見える」のところに、核融合発電の社会的位置付けを明確にすることと書いてあるが、少なくとも核融合発電の社会的位置付けはもう明確になっている、これから明確にすべきことではない。発電実証時期を早期に明確化するのでは弱いと思い、少なくとも発電実証時期については前倒しを前提に、早期に明確化するぐらいの勢いで書くべき。

核融合技術の開発戦略のところ、核融合技術群のポートフォリオを強化するという意味がよく分からない。例えば、核融合技術群について不可欠性と優位性の観点から技術開発のポートフォリオを描く、ならば分かる。これからの議論になるが、全部自前主義ができなかった場合、どういう戦略でやるのかは不可欠性と優位性という観点から、しっかりポートフォリオを描いていくというのが一つのメッセージ。

○池田委員：

QSTなど国研ではベンチャーへの展開を期待されており、既にQST発ベンチャーが幾つかある。核融合についても、今、正にベンチャーの立ち上げを進めている。加速するための提案は今後、真摯に受け止めたと思うが、QSTとしてベンチャーができないということではなく、強化していきたい。

○篠原座長：

リチウム関係のベンチャーを進めていると思うが、核融合炉全体では規模の複雑性が全く異なる。

○尾崎委員：

公的機関の研究を実用化するときに、組織の現在の目的や構造上できないことが出てくる。そこは交通整理をお願いしたい。

骨子のところで、産業化を前面に出すことがすごく重要と考える。核融合の比較対象として、バイオテクノロジーを挙げる。2000年頃はまだ国際ヒトゲノムプロジェクトも終わっておらず、バイオは産業化するにはあやふやな技術と言われていたが、当時の日本のバイオ研究は国際的にレベルが高いとみなされていた。今の核融合と似た状況であり、技術はレベルが高いから国際プロジェクトへの参加を頼まれる位置付けだった。ところが20年経ってみると、日本のバイオは完全にア

アメリカに負けてしまい、産業的な規模でも完敗した。何故そうなったかは様々な分析があるが、研究から産業を作るのに失敗したと言える。国も様々な支援策を講じたが、ベンチャーキャピタルと製薬会社が大きな投資を続けたことが効果的だった。その後、農業や食品などの業界による投資が続き、バイオは大きな産業になった。核融合エネルギーを作るという最終的な目的を明確にしなが、研究だけでなく産業化が重要なことを強調すべき。

これから民間のコミットメントを増やさなければならないが、民間もリスクが高過ぎる分野には投資しない。では、国の支援を大きくすればいいかというと、今度は民間のアニマルスピリットが下がる。官が先か民が先かはチキンエッグなので簡単な話ではない。ただし、定期的に状況の検証時期を設けて、官から追加で必要な支援を入れていくことが重要。

また、国内に商業化を目指したリアクターがないことは、国内に技術実証の場がないことを意味する。QSTのリアクターは実験設備なので商業化と目的が異なる。実証の場がないので、例えば小西委員の会社もアメリカに行かざるを得ない。国内に実証の場があれば、海外の技術も集めることができる。原型炉の早期化、目標とする時期と予算を明確にすれば、必然的に世界中から情報が集まってくる。国内で実証の場があれば、開発体制を整備する企業が増える。

○小澤委員：

篠原座長から指摘があった、実用化が先という話は全くそのとおり。核融合戦略骨子案の背景の最初は、我が国におけるエネルギー問題から入っているので、明らかに今までの核融合開発ではなく、エネルギーの利用を目指していることが明確。その趣旨であれば、全体の書く順番を調整し、それが分かるようになればいい。

核アレルギー問題について、時々学生と話す機会があるが、学生が核融合研究開発に興味を持っているとキラキラした目で言っているのを見ると、アレルギーはないと感じている。

平和利用の我が国は、もっと堂々と日本語を使っていけばよいのではないか。

○吉田委員：

核融合技術イノベーション拠点について、具体的なイメージが難しい。例えばソフトウェアの場合は、環境の良いところに若手の研究者が集まってディスカッションしているとイノベーションが生まれてくるというイメージが広がっている。核融合技術は重厚長大系の典型的な分野であり、様子が違うだろう。このイノベーション拠点はアンダーワンルーフがいいのか、いろいろなサイトを統合した形なのか。もし後者であるならば、統合の仕方について、イノベティブなシステムを作っていくところが鍵になるのではないか。様々な要素技術のサイトが、実際に活発なイノベーションが生まれていく状況にしていく。「もんじゅ」の例も出てきたが、幅広いスペクトルの研究プラットフォームとして機能したのが反省点。核融合の場合も、スペクトルの広い研究関心を持った人がそのサイトを利用できる、そういうイノベーションの拠点の形で設計すべき。この拠点の在り様が、最終的には鍵になる。この段階でどの程度書き込めるかはあるが、ポイントとしてはそこが重要。

○池田委員：

核融合技術イノベーション拠点のイメージはこれからの議論。ベンチャーの話もそうだが、QSTに足りないのは、QSTの技術を産業界にどう展開するか。技術マップの話があったが、柏木委員からあった技術コーディネーターなど、実質そういうものがない。民間だと知財の問題がシビアな議論になるわけで、QSTにもそういう部隊はいるが、核融合の技術を知らない人なので調整が大変。今後、産業界で展開するにはそういうところを強化しないと、イノベーションと言っても受け取ってもらえない。産業界に丁寧な説明を行い、関心を持って頂くなどの具体的なアクションをとらない限りは、産業展開は難しいと思うので、そういう機能を強化していきたい。

○篠原座長：

産業界との連携のために技術マッチングもあるが、産業界が分かる言葉で話せる人、パブリックリレーションズのようなところも強化し、小澤委員のとおり、核融合にネガティブなイメージがない状況を作っていないといけない。一つ間違えると本当に大きなけがをしてしまうので、QSTの中でも体制強化について考えてほしい。

○松尾事務局長：

具体的に今度の政策を作る次に、アクションに移していかないと意味がないと思うが、そのときに、結局は日本の人材に限度がある。原子力を今再稼働するということになると、この原子力の人材とうまくコラボしなきゃいけないとか、そのものづくりをうまく核融合に持ってくるのかしないといけない。例えば、フィッションとフュージョンのハイブリッドの炉であるとか、完全に原発を核融合に置き換える間のアクション、エネルギー政策を取っていないと人材も動かない。対立する技術ではなくて、うまく使える技術はうまく使っていくことをしないとけない。

おそらく日本の人口は減っていき、海外に頼ることにならないとすると、人材をうまく使う行動計画を作っていないと、実際人材が足りない。作りましょう、育成しましょうって言っても、ポジションとしてなければ育成できない。例えば、原発再生エネルギー、その次に核融合といったときに、スタンドアロンでいくわけじゃなくて、全体の流れでサプライチェーンも考えていくことをしないと、産業という業にならないし、人材育成にならない。今度、リアルな観点でまた相談したい。

○柏木委員：

国家戦略を作るときに名前は大事。様々な意見があるので主張するわけではないが、アウトリーチ活動をやっているときに、分かりやすい言葉が説明しやすく、私の経験からはプラズマという単語が結構分かりやすい。例えば、プラズマの電化製品もあるし、蛍光灯もプラズマ。小・中学生に説明するときにプラズマを使ったエネルギーと言うと、それはエネルギーになるんですねと、話が分かりやすい。言葉を新しく作るとすれば、正確さとかもあるが、どう分かりやすくするかもポイント。

○篠原座長：

ネーミングの問題は非常に大事。これまでの経緯を考えると核融合をそのまま使うというのも一つの案。これからの新しい時代を感じさせるという観点では、柏木委員のとおりプラズマエネルギーとかも考え得る。

○尾崎委員：

核融合のエネルギー産業化よりも関連技術の産業化が上位に位置付けられると、超電導コイルが医療用に使える、リチウムは電池に使えると、エネルギー以外の方向にテーマが拡散しがちである。エネルギーのためには、商業炉、原型炉、実証炉という、明確な道筋を出すのが重要と思われる。

○篠原座長：

今回の戦略の案に明示的には書かれていないが、技術マップで議論が進んだことや、吉田委員からも技術の階層化の話があったので、単に核融合という一つの大きな言葉だけではなく、分割して考える必要があるメッセージも伝わるという。

○近藤委員：

階層化の考え方については大賛成。研究開発に関して考えていく上では、その技術の階層化をして、その深掘りをしていくことが重要である一方で、産業政策において、本当にそこに時間をかける必要があるのか考えている。むしろ、事業セグメントという考え方があるように、核融合につ

いても、例えば小西委員がグループで分けているが、そういう考え方も一つある。

篠原座長から先ほど次世代エネルギーとして位置付けるという話があったが、今回の戦略のタイムスパンをどうするかを考えていて、次世代のビジョンを描きながら、今回の戦略ではどのぐらいの時間軸で考えていくのかを見ると、研究開発についてはやや長めでありながらも、産業に関して、同じような長めで考えていくのかについて確認が必要。

○篠原座長：

絶えず研究開発というのはかなり遠いところを目指さざるを得なくて、産業化はそれより手前だと思う。今回、この議論を始める前に、発電実証の時期を何年と明定できれば一番いいと思ったが、明定できないとしても、我々のウィルとして、できる限り早く発電実証できる環境を作り、その上で産業化もしていくウィルを出せればいいと思う。ただ、それが何年と言えないところが今、歯がゆいところ。

○小西委員：

核融合エネルギーをまずエネルギーと言わないといけませんが、そうだとすると、産業の規模感や構造は明確に分かる。つまり、今の我が国のエネルギー産業は例えば30兆円規模だと思うが、そこにいる人たちは研究者ではない。エンジニアばかりでもなく、むしろビジネスの人の方が圧倒的に多い。トレーディングの方が多い。それこそ、ディストリビューションをやるところ、バルクで運ぶところもあればというサプライチェーン。正しくサプライチェーン全体を見ると、大体構造が分かる。池田委員から、核融合に必要な人間のリストアップを示しており、私もそこにインプットしたが、あそこで挙がっているのは全部、研究者、技術者だけ。実はあの倍の人間がビジネス方面で必要ということは、誰も言っていない。なぜかという、アンケートとして研究者に聞いて、この分野はこれだけ要りますねというのを集めただけだから。

核融合エネルギーを産業と思って見たときには、実はビジネスをやる人、トレーディングやる人、財務をやる人、ヒューマンリソースをやる人が出てくる。松尾事務局長の問題提起に対して明確に言えるのは、誰もまだ核融合エネルギー産業のヒューマンリソースを考えていなかったということ。それで、当社でやってみた結果。毎日のように人が来ていて、1週間に三、四人、面接をする。来る人のプロフィールが非常に面白い。まず外国人が半分、原子力産業の方が大体3分の1ぐらい。既存の原子力の方、原子力といっても原発の運転していた方など、研究者ではない。むしろ、原子力に技術を、あるいは運転を供給している様々な階層の方が来る。実際、ヒューマンリソースの募集を出せば、苦労はするが集まってくる。残念ながら、普通のヒューマンリソース活動をまだ核融合エネルギー産業はやっていない。それはなぜかという、核融合エネルギー産業のイメージをまだ誰も持ってなく、そのような活動をしていないから。

ここは、篠原座長のとおり、エネルギーと言ひ、産業と言え、それなりのプロフィールのある産業イメージができるので、例えば財務も同じで、公費がどのぐらい、あるいは公費でも長めのサイクルの民間資金がどのぐらい、例えば年金資金もあれば、流動性の資金もある、中には暗号資産もあり、どのぐらいのお金を突っ込んだら、産業が成立するのかも大体見えてくる。

司令塔というコンセプトを中間取りまとめで出しているの、是非このような行政的、経営的、ビジネス的な感覚の方を入れて、計画を見直してもらおうと、核融合産業のプロフィール、そこに必要なもの、今まで考えられていないものが見えてくると思う。

○篠原座長：

委員から様々な意見があったので、その意見を基に核融合戦略案として取りまとめ、次回議論したい。

(4) その他

次回の有識者会議では核融合戦略案を議論する予定。

高市大臣、篠原座長より閉会の挨拶

○高市大臣:

昨年末に中間的整理をとりまとめ、今後は具体的なアクションを検討していかなければならない。産業として、核融合産業としての位置付けであると同時に、次の世代のエネルギー安全保障を確立するためにも頑張る。産業界を多く巻き込んでいくことがどれだけできるかによって、成否が分かれてくる。春に何とか戦略を取りまとめたい。

○篠原座長:

本日は昨年のもに取りまとめた中間的整理案を踏まえて、委員からたくさんの意見があった。今回は、本日の意見をベースに核融合戦略の全体像を議論してまいりたい。引き続き、委員のいろいろな知見を頂きながら、何とか最終案まで持っていきたい。

以上