

核融合戦略有識者会議(第10回)議事要旨

I. 日時 : 令和7年3月24日(月)10:00~12:00

II. 場所 : 中央合同庁舎8号館8階特別大会議室(オンライン会議併用)

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・デジタルエコノミー推進委員会 委員長 総合科学技術・イノベーション会議 議員
石田 真一	国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構 副理事
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(ITER Japan)
小西 哲之	京都フュージョニアリング株式会社 代表取締役 京都大学名誉教授 一般社団法人フュージョンエネルギー産業協議会 会長
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
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

城内 実	内閣府科学技術政策担当大臣
濱野 幸一	内閣府科学技術・イノベーション推進事務局長
柿田 恭良	内閣府科学技術・イノベーション推進事務局統括官
川上 大輔	内閣府科学技術・イノベーション推進事務局審議官
丸山 史恵	外務省 軍縮不拡散・科学部 国際科学協力室長
堀内 義規	文部科学省研究開発局長
吉田 修一郎	経済産業省イノベーション・環境局イノベーション政策課フロンティア推進室長 (今村 亘 経済産業省大臣官房審議官(イノベーション・環境局担当)の代理)
瀧桐 基皓	資源エネルギー庁電力・ガス事業部原子力政策課長補佐 (畠山 陽二郎 資源エネルギー庁次長の代理)
永森 一暢	環境省大臣官房総合政策課環境研究技術室 室長補佐
上谷 聡太	原子力規制庁 放射線規制部門 総括補佐

事務局

馬場 大輔	内閣府科学技術・イノベーション推進事務局参事官
山崎 久路	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
杉本 宜陽	内閣府科学技術・イノベーション推進事務局参事官付主査
太田 雅之	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(開会挨拶を除き非公開)

1. 開会
2. 議事

- (1) 国家戦略の改定に向けて
- (2) フュージョンエネルギー・イノベーション戦略の推進体制等
- (3) 安全確保の基本的な考え方(案)について
- (4) その他

3. 閉会

V. 配布資料

- 資料1 国家戦略の改定に向けて(内閣府資料)
- 資料2—1 原型炉実現に向けた基盤整備について(石田委員提出資料)
- 資料2—2 体系的な人材育成システムの構築について(吉田委員提出資料)
- 資料3—1 フュージョンエネルギーの実現に向けた安全確保の基本的な考え方(案)について(近藤委員提出資料)
- 資料3—2 フュージョンエネルギーの実現に向けた安全確保の基本的な考え方(案)
- 資料3—3 「フュージョンエネルギーの実現に向けた安全確保の基本的な考え方(素案)」に関する意見募集の結果について
- 資料4 フュージョン産業の促進に関して(小西委員提出資料)

VI. 議事要旨

開会の挨拶

○篠原座長

前回の会議では、特にフュージョンテクノロジーの開発戦略として、ITER計画、BA活動を通じたコア技術の獲得や、原型炉による発電実証の前倒しに向けた検討状況について、またムーンショット型研究開発制度の次回公募の方針について御議論いただいた。本日は事務局からの説明の後、国家戦略の三つ目の柱である推進体制などについて議論したい。具体的には、イノベーション拠点化などの原型炉実現に向けた基盤整備についてQSTの石田委員から御報告いただくとともに、体系的な人材育成システムの構築について吉田委員から御紹介いただく。

また、安全確保の基本的考え方については、3月18日までパブリックコメントを募集し、それに対する提出意見なども踏まえた案について、タスクフォースの主査を務めていらっしゃる近藤委員から説明いただく。引き続き皆様からの活発な御意見を頂くことによって、国家戦略の改定に向けて議論を進めたい。

(1) 国家戦略の改定に向けて

資料1に基づき、馬場参事官より説明。

まず、1ページ目、こちらは8月に国家戦略の改定の議論を開始したとき以来、使っている資料になる。御案内のとおり、1月は左上のフュージョンインダストリーの育成戦略、前回はフュージョンテクノロジーの開発戦略、今回は一番下、フュージョンエネルギー・イノベーション戦略の推進体制として議論を重ねた。

この柱については、2ページ目に内容を書いた。内閣府が政府の司令塔となり、関係省庁がー丸となって推進すること、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を設立すること、将来のキャリアパスを明確化し、フュージョンエネルギーに関わる人材を産学官で計画的に育成すること、国内大学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、国民の理解を深めるためのアウトリーチ活動の実施をすることという形の5項目が設定されている。

実際に今の国家戦略で記載されている内容については、3ページ目、4ページ目にある。こちらを御覧いただいて分かるのとおり、例えば2番目、原型炉開発に向けてQSTを中心に体制を構築す

ること。

また、3番目の柱、QSTにITER計画／BA活動等で培った技術の伝承・開発、イノベーション拠点を設立する形で、QSTを主語にする記載・項目が多いことから、本日は議題(2)において石田委員からプレゼンをお願いしている。

続いて、4ページ目、先ほど申し上げたとおり、人材育成が大きなテーマになっている。こちらについても、今年度、また来年度以降、核融合系において中核的に事業等を実施することから、本日は議題(2)において吉田委員から現在の取組、また今後の予定について御説明いただき、国家戦略の改定を見据えて、どういった項目を重視していくべきなのか、議論いただければと考えている。

5ページ目、これも過去に使っている資料になる。御案内のとおり、1月以降、毎月開催した。本日は③の戦略の推進体制になるが、1月の会議でお示しているとおおり、主な論点として掲げている内容について、最近の取組について3点御報告したい。

まず、一つ目が下から二つ目にある多国間・二国間の連携の強化。また、上にある原型炉実現に向けた基盤整備として、研究開発人材育成などの取組。最後、安全確保に関しては議題(3)で扱うが、全体のパブコメ等々の状況について。また、前回の会議の最後で申し上げたとおり、海外の状況などについても最近の状況として御説明したい。

6ページ目、こちらは既に御案内のとおり、ITER、BAに加えて、G7のコミュニケや日米・日欧声明なども踏まえながら、多国間・二国間の連携を強化していく。

下の世界地図の中で、オレンジがマルチの部分、青色がバイの関係をイメージである。この後、アメリカ、イギリスについて、先月・今月の取組について御紹介したい。

7ページ目、産業協議会とも連携した国際連携として、これは繰り返し御説明している昨年度の取組になる。アメリカの業界団体と連携してイベントを開催し、このときはJ-Fusion発足の節目でもあったことから、大使公邸でこのような形で、政府関係者、業界関係者、お集まりいただいて会議を開催した。

また、今年度、昨年5月においては、日本の英国大使公邸において日英フュージョン・シンポジウムを開催し、日本側、イギリス側の関係者に多くお集まりいただいた。投資家向けのイベントとして、これも産業協議会、J-Fusionとも連携して、Fusion X Investという会合を開催し、国内外の投資家にもお集まりいただいたことについては御報告済みである。

新しい話として、8ページ目、前回の会議の翌週に事務局、またJ-Fusionを含めて、アメリカ、イギリスを訪問するという話をしたが、その報告になる。

まず、一番上、2月27日に開催したワシントンDCの旧大使公邸において、Fusion Nexus: Advancing Japan-US Partnershipと題したイベントを開催した。こちらは昨年4月に日米間で発表した共同声明を踏まえ、サプライチェーンの発展などについて議論した。

実際に、DOEから基調講演に来ていただいたが、実際に来ることが確定したのは数日前であった。DOEのカウンターパートは行きたいが、ヘッドクォーターからの確認が取れず、調整に時間があったよりも取られたというのが率直な感想である。

ただ、最終的にはDOEのヘッドクォーターの確認が取れ、日米連携、またフュージョンについて、新しい政権においても重要視されていることを確認できた。

実際に基調講演、またその後の会談の中でも、新しいDOE長官の最初の長官令にも重要技術としてまずフュージョン、その後にスーパーコンピューター、AI、量子という形で例示されるなど、フュージョンエネルギーに関して引き続きDOEとしても推進していくことを強調していた。

他方、予算等に関しては、御案内のとおり、アメリカの場合は議会が権限を握っていて、この3月から予算を含めていろいろと議論が始まったが、当然予断は許さないという印象だった。引き続き我々政府においても海外、特にアメリカの状況については注視したい、またこの場でも共有したいと考えている。

二つ目、イギリスとの関係。これはアメリカの翌週に開催したが、Japan-UK Fusion Symp

osiumとして、日本の英国大使公邸で開催した。こちらも同様に、日米の関係者が多く参加した。イギリスも試験が変わり、フュージョンに対するスタンスが見えづらかったが、改めて引き続きイギリス政府としても推進していく、特に日英連携について後押ししていきたいと語っていた。

また、イギリスとしては戦略的にフュージョンについてもハブとして、イギリスが日本側の投資や進出を促していきたいということが印象的であった。この辺りもイギリスに対して日本としてもウィン・ウィンの関係を築けるよう、しっかりと関係を構築していくことが重要だと思った。

なお、この3月5日の翌々日には日英経済版2+2として、外務大臣、経済産業大臣との共同プレスリリースが行われた。この中にはフュージョンエネルギーに関する両国企業及び研究機関の協力を歓迎することについても発表されていることを申し添えたい。

一番下、アメリカの業界断定(FIA)の年次総会、これも昨年度に引き続き招待されたこともあり、参加した。2日間にわたって右側にあるような形で行われ、今回は日本の取組を紹介するパネルを開催しており、小西委員と共に登壇した。

FIA加盟の企業に加えて、印象的だったことを申し上げますと、原子力規制委員会(NRC)のライト委員長が出席しており、またちょうど政権交代後ということもあり、共和党、民主党、両党の議員によるパネルディスカッションなどが行われ、超党派でも支援していくことだった。議会のアプロピレーション、予算を担当している委員会の両党の議員が来ているところで、彼らは当然ロビングの要素もあると思うが、政府、議会も巻き込みながら、規制当局を巻き込みながら推進していくような姿勢が見られた。

また、自分もこちらへ出るのは初めてでしたが、多くのスタートアップに加えて、最近できたスタートアップなども数多く参加していたことから、逐次状況を把握しないといけないと改めて思った。

下に書いてあるとおり、2日間にわたって政策動向、官民連携規制の枠組み、サプライチェーン同士の加速について、アメリカのみならず、日本、イギリスなど、多くの国々からも参画をしていたイベントになっていた。

いずれにせよ、日本としても最近の取組を紹介することによって、一定の存在感をこのような場でも発揮することができたと考えている。

続いて9ページ目、研究開発の全体像である。

こちらでも繰り返し御紹介しているが、現在JT-60SA、ITER、また大阪大学のレーザー研、核融合科学研究所などの研究が推し進められている。また上側にあるとおり、スタートアップに対する支援、また前回議論をした未来社会像からのバックキャストによる挑戦的な研究開発を支援するムーンショット型研究開発制度のような取組が進められている中、次のフェーズであるJA-DEMO原型炉に向けた検討をこの後、石田委員からも御説明いただきたい。

10ページ目には原型炉実現に向けた基盤整備として、前回、石田委員からも御説明頂いたが、重要な部分としては、この左上に書かれている前提となる部分、原型炉の設計に加えて、建屋、機器製作等に先立ち決定する必要がある事項として、実施主体、土地調査、サイト選定、また安全規制の具体化についても整理することが重要なメッセージだと受け止めている。

11ページ目。現在の国家戦略においては、原型炉開発の主体のいない現状について、まずは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という記載がある。こちらについても本日、どのような記載に変えていくべきなのかを議論できればと思っている。また原型炉の設計活動と並行して、実施主体やサイトに求められる要件を明確化する必要があると事務局としても認識している。

なお、国家戦略をもともと策定する前の第3回の会議では、原型炉に向けた実施主体として、責任体制の明確化や、保守、管理、運転についても確実に実施できる体制を構築するという議論が行われたので、参考までに御紹介したい。

12ページ目。原型炉実現に向けた基盤整備の人材育成、この後、吉田委員からもプレゼン頂く内容になる。こちら、繰り返しになるが、統合イノベーション戦略2024において、原型炉開発などのフュージョンエネルギーに係る人材を戦略的に育成するため、大学間連携、国際連携による体

系的な人材育成システムを構築することとしている。そのため、現在、内閣府においては右下にあるとおり、Fusion Science School、ITER International School、JT-60SA International Fusion School、また大学間連携や国際連携に人を派遣するように取組を具体化することを目指して、今回の国家戦略の改定にも位置付けていきたい。

その中でも、ITER International School、JT-60SA International Fusion School (JIFS)などについては、今回大きく様々な取組をしているので、改めて御紹介したい。

13ページ目、

これも前回、口頭で申し上げている部分になるが、例えばITER International Schoolについては、昨年12月に名古屋で核融合研の御協力もあり、日本から大体100人、海外からも100人の参加があり、成功裏に終えているところである。

今回、予想よりも多くの方に御参加いただいたことは、事務局としてもうれしい驚きではあったものの、その前の年、フランスで開催したときにはほとんど日本の方が出られていなかったという話を伺った。他方、アメリカなどにおいては、全国で募集して選ばれた方に対して派遣費用などを出しているという話を伺ったことを踏まえ、今年、来年度以降に当たっては日本としても約20名程度、選ばれた方に対して往復の交通費などを支援したいと考えている。

既にITER International Schoolについては募集が締め切られたが、来年はインド、またその次はフランスという形で、毎年行われ続けるので、恒常的に人を送り続けることによって、国際的なネットワークを培っていただきたいと考えている。

また、真ん中のJIFSについては現在は2回、次回は3回目になる。サマースクール的に9月に約2週間掛けて行われるが、日本から10名、欧州からも10名を予定している。参加した日本からの学生、研究者においては、ITERなどに関しての視察、施設訪問も行うことができる形で、プログラムの魅力の向上、実質化に努めているが、これについても現在9月に向けて募集中なので、今回の会議や学会、様々なイベントを通じながら多くの方に参加申込みをしていただけるよう、宣伝していきたい。

ITER機構におけるインターンシップについても、こうしたITERが実施しているもので倍率は高いが、これまで例えば3か月、4か月間を超える長期ではないと交通費が出ないことや、日当、宿泊費が十分ではなくて、間借りするような学生などもあるということを知ったので、今後ITERで選ばれた学生、研究者には、このような費用を国としても支援することによって、多くの方にチャレンジしていただく形で取り組んでいきたいと考えている。

いずれにせよ、国家戦略改定前にこのような取組を既に進めているが、まだまだ認知度が低いので、本日の委員会でも御紹介、御報告させていただいた。

最後、14ページ目、安全確保の状況である。

こちらについては、議題(3)において近藤委員からプレゼンを頂くことを予定しているが、安全確保検討タスクフォースにおいて9回の議論を重ね、また前回の会議開催後にNHK6時のニュースでもすぐに取り上げていただき、その翌日からパブリックコメントを実施した。66件の意見を受け取り、予想していたことではあるが、最終日に30件ぐらいの意見が来た。また最終日に来た意見のうち、実は20件は、FIA、アメリカの業界団体からの意見だった。また、この66件も人1人で、または、一団体で10件程度の意見があったので、66件と申し上げても、むらがある。

内容については、この後、近藤委員から御説明いただければと思うが、安全確保の基本的な考え方として掲げた原則、科学的・合理的なアプローチ、早期の検討、国際協調の場の活用、また今後検討すべき課題等々掲げられているが、基本的には建設的な意見が一部を除いて多かったのではないのかと思っている。

また、安全確保、規制の関係での最近の取組として二つ御紹介したい。

アメリカにおける規制枠組みに係る議論として、毎年3月にRIC、Regulatory Information Conferenceという形でアメリカ原子力規制委員会、NRCが主催した会合が数日にわたって行われた。この中では、昨年度に引き続きいてフュージョンに特化したセッションが行われてた。「The F

uture of Fusion Power on the Grid」と題したセッションを実施しており、下を書いてあるとおり、NRCの委員長、スタートアップシンクタンクなどが登壇し、フュージョン装置の商用化に向けて、柔軟・弾力性のある規制枠組みの在り方について議論が行われた。

こちら、下にあるところをリンクが、もししばらくしたら動画が見えるが、英語でタイトルあるとおり、Building A Flexible, Resilient Regulatory Framework for Commercial Deployment of Fusion Machinesということで、アメリカのスタンスについて、開かれた形で議論が重ねられている。我々においても来年度以降、今回の基本的考え方を踏まえた対応の一つのモデルとして参考にしたいと考えている。

16ページ目、アメリカへ行った帰りにカナダにも立ち寄り、こちらはG7の今年のホスト国なので、現在の検討状況、準備状況、スタンスなどについて確認をしたいと思い、エネルギー省、また規制庁と議論を重ねた。現在、カナダとしてはG7、フュージョンエネルギーワーキンググループ、昨年11月に開催した際に、吉田委員などにも御参加いただき、こちらについては今年も開催する方向で検討していることが確認できた。

また、規制についても実際行ってみたところ、いろいろな議論がカナダ国内においても進んでいるので、簡単に御報告したい。

1番目に書いてあるとおり、イギリス、日本、カナダにおいては、2023年10月にAgile Nations Fusion Energyの枠組みの中で共同勧告を発表した。その後、カナダにおいては2024年にポジションペーパーというものを発行した。こちら、右側に貼り付けたが、フュージョン施設は原子力発電所などの核分裂の施設と原理的に異なっており、連鎖反応が生じる核分裂の施設とは異なるリスク・プロファイルであることから、CNSC、これはCanadian Nuclear Safety Commissionの略であるが、リスクの段階に応じてフュージョン施設や活動を規制することを目指すことがまずパーパスで書かれている。

その中、歴史的にCNSCの規制枠組みが核分裂を主眼にしてきたことから、現在、海外のベンチマーキングなど、CNSCのポジションを明確にするための取組を進めているというペーパーを発行した。

その後、現在のディスカッション・ペーパーの策定を進めているので、この一、二か月の間で正式に公表できるのではないかという説明があった。フュージョンの規制を向上させるために、産業界、コミュニティなどの利害関係者と協議し、ディスカッション・ペーパーを作成しているとのことだった。関係者のフィードバックは規制の枠組みに反映するという。また、印象的だったこととしては、議論を加速するために、このディスカッション・ペーパーの作成に当たってはCNSCの中にフュージョン・コーディネーション・チームというものを新設しており、規制の担当者に加え、環境、法務、国際、安全分析など、様々な専門家17名で構成するチームを組織の中に作って議論をしているということだった。

今後、カナダとしては公聴会などを実施し、規制の枠組みを向上するとともに、このような議論に関して国際協力やテクノロジーキャパシティ、技術的能力を継続して強化するなどの説明があり、これについても日本としても積極的に協力をしていきたいと考えている。

(意見交換)

○篠原座長

産業界から見た場合に、いわゆる国内マーケットだけではとても規模が小さ過ぎてペイできない問題があり、産業界が取り組むからにはグローバルに輸出できるようなものを作らなければならないと思う。

そうなった場合に、日本で炉の全ての技術に同じように力を入れると、国際競争力上の力を持ち得ないので、競争力の高い輸出可能な技術をもっとめり張りをつけて進めていくことが必要ではないかと思っているが、その辺いかがか。

○馬場参事官

その点については、前回の会議でも御指摘いただいた。本日、議題にはないが、その他のところで技術マップや産業マップの部分については小西委員からプレゼンを頂きたいので、後ほど、若しくはこの場でも補足いただければと思う。また、小西委員におかれては、FIAのイベントなども御参加いただいたので、今の御質問について、小西委員からお答えいただいた方がいいかと思う。

○小西委員

最後にお時間が頂けるようなら、産業マップについて、具体的にどういう技術で我が国が特に輸出産業として勝ち筋というか、取っていける部分であるのかについては、結構詳細な分析をしたので、これは次回改めてお時間を頂いたら、まとめて御説明したい。今の篠原座長の御指摘については全くそのとおりであり、我が国が今後、フュージョンの開発をしていく上で、どれだけの企業がどれだけの売上げを、どこを相手に上げていけるかという意味での基本的なコンセンサスというか、調査は今現在、急速に進んでいる。特に今、馬場参事官から御紹介いただいたアメリカのFIA、Fusion Industry Association。これは要するにアメリカの産業界の団体であるし、イギリスでも同様に、産業界の団体と我が国のJ-Fusionの参加企業の間で意見交換をしていて、我が国として取れるところ、逆に弱いところが分かってきているところである。

そういう意味で、座長御指摘のとおり、要はただこの国でたった1個だけ原型炉を造ればいいという話ではなくて、その更に先でどれだけのGDPをこの国の産業として稼ぎ出せるかについては、後で御紹介させていただく。今、馬場参事官から説明があったように、まず全体の流れとして、既に世界市場を世界の産業界が見据えて、その中で陣取り合戦が始まっている。それに対して、私どもどうやって考えていかなければならないかということをこの場で議論していただきたい。

○篠原座長

今、小西委員からおっしゃったとおり、多分、小西委員中心に、J-Fusionの中でいろいろな議論があると思う。多分、QSTがいわゆる民間を巻き込んでいくときに、J-Fusionの意見、または、プライオリティー付けみたいなことも意識しながら、場合によってはQSTとJ-Fusionで議論しながら進めていただきたい。

○柏木委員

カナダの御紹介があるが、今までの資料を見るとカナダがいろいろな会議には参加されているものの、このフュージョンエネルギーの主体的というか、有力な候補として余り今まで話が上がってこなかった国が、急にこういう動きが非常に活性化しているのは、新鮮な感じで聞いていた。カナダがここまで急激に委員会として立ち上がってくるのは、何か背景等を御存じなら教えていただきたい。

○馬場参事官

我々も実際行ってみて学ぶことも多かった、動きがあると思っている。御存じない方もいるので、そもそも経緯から言えば、カナダは元々ITERのサイトについても手を挙げていたが、結局断念した結果、ITERにも加わっておらず、自国だけでいろいろな研究開発を進めてきた。その中で、カナダは、エネルギー需要に向けては、例えば原子力ではSMRやフュージョンに注目しながら研究開発している。

参考になる情報としては、カナダはまだ国家戦略を作っていないが、Canadian Nuclear Laboratories、CNLを中心に、提言などはもう出していて、カナダとしても速やかに国家戦略を作るべきであることを提言したものを今、政府としては受け取っているような段階になっている。その中には、カナダとしてはNuclearに関する技術的な蓄積もあり、また三重水素、トリチウム、CANDU炉もあるので、それも生かしてカナダとしてもしっかり取り組むべきだという提言を受けながら、今、

カナダとしてはどうしていくべきかを考えているという状況である。

Agile Nationsの枠組みに加わったときも、そういった前提がある中で各国とも連携しながらやっていこうという流れの中で、当然我々は2023年10月時点までは知ってはいたが、その後このような形で議論が具体化してきており、またこういったものをカナダとしても武器にしてやっていこうというスタンスが、ある意味明確にはなったのかと思う。

いずれにせよ、カナダの施設を実際に見てきたが、いろいろな蓄積があるので、これまでITER等には参画していなかった中で、各国との協力なども模索しているという段階なのかなと思っている。また、この後、小西委員からもほかの議題としてあるとおり、実際、京都フュージョニアリングとCNLで合併会社なども設立されていると伺ってはいる。ウィン・ウィンの関係がカナダとであれば築けるような気はするので、いろいろな議論を重ねたいと思っている。

○近藤委員

資料の3ページ目の一番上に、EBPMを活用する旨が書かれていて、この点について提案させていただきたい。既に戦略は存在しており、現在ご説明いただいている内容は国際動向中心である。これについてはグローバル競争が今回の戦略の背景になっているので、もっともであると思っているが、今もう既に戦略があり、技術開発やサプライチェーン、資金の動き、人材育成の動きが出てきているので、これについて今の戦略がどの程度施行されているのか、どこに課題があるのかといった進展の傾向も把握していくべきではないかと感じている。

次の改定からEBPMをもとにではなくて、これは既に始めていないと、突然EBPMを掲げて受け手にとっては理解が難しくなってしまうので、次回からは是非、国際動向だけではなくて、そうした戦略の実行状況についても御紹介いただきたい。

取組については御紹介いただいているが、実際に進んでいるのか不明瞭に映る可能性があるので、この戦略がすでに実行されていることが明確に伝わるような資料の見せ方にさせていただきたいと思う。

○篠原座長

ごもっともなので、これからそういう形で進めるようにしたい。

(2) フュージョンエネルギー・イノベーション戦略の推進体制等

資料2—1に基づき、石田委員より説明。

表紙には、原型炉実現に向けた基盤整備と書いているが、この中にはイノベーションの拠点化を含んでいることを申し添えて御報告したい。

2ページ目は以前にも何度か御説明しているが、ここで申し上げたいことは、まずITERのときは10基規模の、ITERのときを思い出すと、工学R&Dというのをしっかりやった、10年かけて。そういうことがあって、トロイダル磁場コイルとか、中心ソレノイド、それからダイバータ、ブランケットの遠隔保守等々、それがうまく調達につながって現在があることを振り返ると、次の原型炉に向けてもしっかり、ここに書いて、右下に書いてあるように、実規模の技術をしっかりやって、それによって調達をしっかりと成功させていくことが不可欠であることを我々は学んだ。

そういう原型炉に向けての一つのR&D、それから幅広いアプローチでプラズマを改良する、計算機シミュレーションを使った原型炉を設計する、それから材料照射のためには、ロングタームになるが、しっかり加速器から開発して材料の試験をしていく。そういうような長期ビジョンに立ちながら原型炉を目指していくことがこの国のロードマップになっている。

次の3ページ目、本題だが、推進体制等については、QSTがいろいろ御指名を受けていることもあり、まとめたが、軸としては二つある。研究開発の体制。これは言葉で言えば原型炉実現に向けた基盤整備をしっかり構築し、実施が始まっているということが1点である。

もう一つは、フュージョンテクノロジーのイノベーション拠点化をご指示頂いているので、その進捗を後ほど御説明したい。

まず、研究開発の体制については、ここにポツで書いているように、今までアクションプラン、ロードマップが決まっていて、アクションプランを続けてきたが、これをQSTを中心とした実施体制にしていくことになり、令和6年度からアクションプランの項目別に公募を実施した。そして大学、それから企業等が更に参加していただく仕組みを導入してきた。これが既に始まったということである。

それから、令和6年度の成果を踏まえて、令和7年度に向けて優先的に実施すべき研究開発の項目をこのタスクフォースで決めた。具体的には、今年の2月にこれが決まり、次の年にブリッジしていくことになっている。

下の左側を御覧いただくと、ここにも繰り返しになるが、基盤整備について、この体制図を見ていただくと、一番上、文科省、その下に核融合科学技術委員会、それからタスクフォースがあって、QSTを中心とした実施体制について、従来NIFSとQST、両輪でやっていくという構図があるが、ここはQSTに一本化され、QSTから原型炉に向けた公募体制とか、そういうことをしていくという整理をされたと認識している。

それから、課題については、アクションプランを順次フォローしていく形で、例えばこの右の表に見ていただくと、令和6年度優先的に実施すべき研究開発項目を書いている、この表は左にはアクションプランの項目、炉設計から社会連携まで書いてある。一番右には大学・産業界への公募。一部QSTも加わる形で、研究開発項目はこのように書いてある。これはアクションプランが決まっていて、それに基づいて項目立てをタスクフォースで議論をして、公募をしていく形で進めていて、これが順調に進んでいるので、令和7年度についてもそのように進めていく体制が整ったところである。

次に、4ページ目、ここからイノベーション拠点化はどうなっているのかという御説明である。もともと国家戦略を踏まえて、ITER/BAで培ったその技術、それを伝えていく、それを産業に展開する、それを担っていく人材を育成するということを見据えて、那珂研と六ヶ所研、それぞれ施設を持っているので、そこでイノベーションの拠点化を始めている。

具体的には、民間企業には核融合の敷居が高く、今まで加わったことがない企業も多いので、まずは令和5年8月にオープンイノベーション総合窓口を、具体的にウェブサイトにも載せて、そこが窓口となり、そこから一旦受けて、そして適切な施設、あるいは研究者、技術者を紹介する形がもう既に始まっている。

またもう一つ、ITER、あるいはBAが非常に大きな機器を開発するときに、民間、あるいは大学には持てないような大きな施設が既にあるので、それを民間企業に供用して使っていただく取組も同時に進めている。

右は一例だが、これはITERでは高周波加熱のジャイロトロンをたくさん必要として、QSTも調達をしてきたが、そうするとその試験設備の活用というのはある意味少し時間ができてくるので、そこに今後核融合のスタートアップとか、核融合の装置、そういうところに、高周波加熱は非常に汎用性の高い技術、それを検証するための水も電力もあるので、この設備を使う供用は既に始めている。

これは那珂研の例であり、六ヶ所研についてもブラケット関係の企業、そこにも今月から供用を開始している。順次そういう供用の体制が進んでいるという状況である。

左にまとめたのは、イノベーション拠点化の全体の構図であり、繰り返しになるが、一つはイノベーション、施設の供用、知財戦略、それから若手リーダーを育成していく、インフラを強化しながら技術の伝承をしていく、それから産業化をする。ここには六ヶ所研と那珂研、両対があり、そこにコーディネーターが真ん中にいて、そして右側の企業、それから研究機関、大学、そことの連携・協力を進めていくような全体の構図になっている。

具体的には5ページ目、これは那珂フュージョン科学技術研究所における拠点形成で、今後の拠点形成に読み替えていただく方がいいかもしれないが、左から、オープンプラットフォームと施設供用するべく設備は準備を進めている。左下は先ほど申し上げた高周波加熱である。この設備についても供用は始まっている。

左の上は超伝導施設があるが、これは原型炉に向けても高磁場化、あるいは高電流化という課題が解決するために造り、それを更に増強する中で、メーカーからこれを使いたいというオファーがあれば、それを供用していく。

プラズマ対向機器、これはダイバータという、非常に高い熱負荷を受ける機器については、この施

設もあるので、これを増力しながら供用も考えていく。

下は中性粒子、これも加熱装置の一つであるが、ビームをプラズマの中に入れる装置であり、これも100万ボルトぐらい、非常に普通の施設ではないような電圧、あるいは電流、そういうものを扱うので、こういう施設を使っていただけるようにも考えていく。

それから、右側に人材育成も一つのキーワードになっていて、特に実規模であり、かつプラントとして動いている世界最大の超伝導装置JT-60SAが那珂研究所の中にあり、その近くにこのような連携をする共同研究棟が人材育成の一つのシンボリックなものになると考えていて、ここをオールジャパンの体制で進め、人々がここに集まる場所を作るため、このような研究棟を構築していきたい。

また、右下、イノベーション拠点のインフラ強化、那珂研究所は1985年から40年もたっていて、非常に強力な中央変電所があるが、高経年化が進んでいて、今は部分的な修理で対応している。この先、JT-60SAとか、あるいはR&Dに向けたものを考えると、是非機会を見付けて強化していきたいと考えている。

次の6ページ、これは前回私が説明したところにも少し載っていて、今申し上げたものを那珂研究所の配置図の中に入れたものである。ほぼ今後の基盤整備の展望としてこのようなものを用意していかなければならないと考えているマップになっている。

次の7ページ、今度は六ヶ所研の拠点形成。これは産業界との連携強化。むしろ那珂研より六ヶ所研の方が産業界とはいろいろとコンタクト、あるいは連携が非常に緊密にやられていると認識している。というのは、要素技術、開発している種類が多くて、そういうものが産業化に非常に密接に関係していると考えている。その原型炉設計の合同特別チームには、二百数十名が参画していて、核融合とは何か、どういう材料が必要なのか、どういう規模なのかということを産業界、あるいは大学にも共有する。そうやっていろいろな意見を頂きながら、この程度の大きさだったらできるとか、難しさや感触もその場で得ながら進めている。このような非常に幅広い分野で技術移転というのが必要であり、可能になる新しい分野となるので、その情報を提供したい。

原型炉設計も今までの従来どおりの設計を、単なる延長というのではなく、そこに価値を与えていくことによって、他国との差別化ができるようになっていく。そこにはイノベーションなり、そういうものも取り入れなければならない。小型化にしろ、高磁場化にしろ、単純に小さくしたり強くしたりするだけではないので、そうした瞬間にいろいろな前提が崩れていくことがある。そういう新技術、新興技術を取り込みながらやる。前回ムーンスロットでいろいろな新しいトライアルを開発に取り入れてほしいという話もあったかと思うが、そういう技術も積極的に取り入れていきたい。

規格基準について、日本は規格基準を作るのが余り上手じゃないと思う。ただ、核融合は今から始めるものであり、産業化するものであるから、是非規格基準、規制を最初から進めていただけると有り難い。

その手始めとしてブリッジプログラムが今年度から始まった。こういうもので国の方針に思いをしっかりとプロジェクトの中に埋め込んでいくことが必要かと思っている。

それから、左の下、フュージョンインフォマティクスセンターである。これは日本語で言えば核融合情報科学センターになり、これは産業界の技術、特に通信系である。情報通信系はビッグデータが出てくるので、正にこのAIが今展開している中で、スーパーコンピューターだけではなく、莫大なデータをAIを使って解析していくことが不可欠になる。こういうところを是非産業界が有する光・デジタル技術と連携しながらやっていきたい。AIを使ったプラズマの解析も着々と進んでいるので、是非こういうところにも展開していきたい。

右はオープンプラットフォーム、これはそれぞれの設備を紹介したもので、供用もしていきたいと考えている。

そして、また右下の出口戦略、知財。これは先ほど申し上げた規格基準、これは標準化ができれば非常によく、特に低放射化フェライト鋼は日本の強みなので、それも含めてブリッジプログラムでコーディネートしていただけると有り難い。

8ページ目は、六ヶ所研の全体像。平面図ではなく立体図である。現在の敷地は赤で囲ってあるが、これが大体13ヘクタールぐらいである。手前側のブルーの部分、これも実は同じぐらいの広さになっているが、3Dだと広く見えてしまう。

六ヶ所研の現在の敷地、既存施設で幾つか予算を頂いて増力していくことがあるが、ここで御紹介したいのは拡張部分である。中心付近には大きな中性子の照射施設、それから材料の照射後施設、これは中性子照射後に機器を持ってきて試験をできるようにする。右の方には燃料システム安全試験装置、これについては後ほど御説明するが、産業連携のベリリウム、産業連携のリチウム建屋、それからあとは大型の大規模な保守技術開発をこのエリアに用意して、原型炉のR&Dを進めていきたい。

9ページ目は基盤整備、先ほど申し上げた燃料システム安全試験装置の概念設計、これは予算を頂いたので、概念設計は今進めているところで、その一端を御紹介する。

ここに書いてあるように、今までは経験がほとんどない、高濃度である三重水素、トリチウム、その処理システムの開発を実施していくこと、それから燃料ペレット、実はこれもまだ開発が遅れている。これは三重水素、それから重水素を燃料として入れたものを氷にしてプラズマ中に入れる。そういう製造技術の検証などをしていくためには施設が必要。国内には今、試験施設がないので、急ぐため挙げさせていただいた。

また、原型炉の法整備のためにも取扱い技術を早期に蓄積していくことが急務だと考えている。

左に書いてあるのは概念図で、緑の部分は、インベントリー管理廃棄物、それからピンクの部分、これは燃料サイクルがあり、真空容器の中に入っている燃料が注入されて、それがヘリウムと一緒に、今度はダイバータから排気されていく、それを精製して、また戻して同位体分離する一つのループと、もう一つはブランケット、オレンジで書いたループである。ブランケットの機器はまたその中で三重水素を回収しているというループが出来上がる。

このようなことを具体的に概念3D図にしたのが右である。左に書いてある言葉は大体ここに埋め込まれていて、中心の真ん中辺に丸く模擬真空容器が書いてある。こういうような2階建てで、1階はどちらかというとインベントリー廃棄物管理、2階は燃料サイクルになっている。こういうような概念設計を進めているところである。

最後に10ページ目、基盤整備として必要であることは、これも繰り返しになるが、ITERサイズの原型炉も技術ギャップがあるので、そこは早期に解消することが必要であり、特に強調したいのはその実規模の技術開発をやるのが、非常にリスクを下げる、将来の建設・調達のリスクを下げるのが不可欠だと考えている。

それから、2番目は30年代の発電実証を実現することは、できるだけ早く着手することが必要になる。その一例が先ほどの燃料システム安全試験施設であるが、このようになぜ必要かという、一つはITER/BAという得られた技術が、調達が終わったのでメーカーは人が違うところに行ってしまうこと、そうするとまた集めるのは大変なので、絶え間なく技術開発を進めることで人を引きつけておくことが非常に重要なことになると考えている。

そして、三つ目のポツ、これは先ほどイノベーション拠点化することで、既に始まっているが、イノベーションの創出をしていただくこと、それから核融合の視点でいえば、科学以外のいろいろなシステムにも要素技術としては関係が深いものがあるので、それにも応用ができる。世界規模で見れば、恐らくマーケットは非常に広がるのではないかと想像している。

最後、これはアカデミア、産業界の人材を結集、人材についてはNIFSが、かなり組織的に総合的に実施しているが、我々としては我々の強みである実規模のもの、それから世界最大のものを軸にして、若手研究者などへのアピール、訴求力を高め、将来に向けた本分野全体の人的リソース・裾野の拡大を継続的に図っていきたいと考えている。

資料2—2に基づき、吉田委員より説明。

それでは、人材育成についての構想と取組について御説明する。

これは全てのプロジェクトに共通するが、プロジェクトの成否を決するのは、言うまでもなく人材である。研究開発を現実性の次元で考えるとき、現実原則の中核は人材育成、すなわちプロの人材を確保できるかが最大の課題であって、しっかりした規模感をもち、クオリティーコントロールができたチームをつくるのが大事である。そのために、フュージョンというプロジェクトに幅広い分野

から人材を巻き込む必要があると考えている。

2ページ目に基本的な考え方をまとめているが、人材育成の考え方の基本は、ピラミッド構造を作ることである。

まず広い底辺を持つ安定性が求められる。同時に深くてしっかりした基礎も必要である。横幅を広げることは学際化、すなわち広い分野との連携を構築することである。それから深さ方向の広がりとは、学部学生など若い年齢層へアプローチをしていくこと。こうした縦横のアプローチを行う必要があると考えている。

技術分野を構成する人材ということを考えると、全ての人がその分野に骨を埋めるというロールモデルではなくて、100%エフォートの人から1%エフォートの人まで、多様な専門性と働き方を持ってコミットする、そういう人たちを組織する必要がある。

これまでは、核融合研究は研究分野という形で進められてきた。研究分野は、その分野に骨を埋めるというロールモデルの人たちが中心で構成されているが、そこから産業型の編成へシフトしていくべきフェーズにあると認識している。

企業で働く多くの人材は同時期に、あるいは時期に応じて複数のプロジェクトに参画する形で働くのが一般的である。アカデミアでも、いわゆる横型の分野の人たちはそのような活動をしている。そのような人たちを巻き込んで連携をつくることを可能にするためには、フュージョン分野の技術課題をできるだけ広い一般性を持つように定式化して示す必要がある。つまり何がそのチャレンジの中心であるのかを広い分野の人と共有することが大事なのである。このことは、人材の囲い込み型から巻き込み型へパラダイム転換することである。

ピラミッドの底辺を広げるためには、国際的な外交とともに、学際的な外交が必要である。我が国のフュージョンエネルギー分野が国際的、あるいは学際的に孤立した村にならないように、積極的かつ賢明な外交を繰り広げて、ネットワークの拡大に努めなくてはならない。そうした中でイノベーションの機運が高まって優秀な人材を巻き込めるというエコシステムの構築が肝要だと考えている。

ネットワークを拡大するためにはシステムの構築だけではなく、頭脳循環・人流を駆動するエンジンとその活動が必要である。具体的には、いろいろなスクーリングを行うとしても、そのスクーリングを単に座学の場合と考えるのではなくて、人脈づくりのきっかけの場と捉える。すなわちネットワークングを中核に置いたオーガナイゼーションが有効であると思う。

私自身の経験から申し上げても、いろいろなワークショップやスクールに参加してきたが、どこで何を教わったのかはほとんど何も覚えてない。しかし、あるときある会合で出会った人はしっかり覚えていて、その後の付き合い、共同研究で人生が大きく変わる。人の成長とはそういうものなので、機会をつくるのが肝要だと思う。

次のページ、フュージョンエネルギーの早期実現が、2024年に統合イノベーション戦略に盛り込まれた。これを実現するためには、人材育成に関して明確なビジョンと規模感を持ちながら早急に取り込まなくてはならない。文科省と核融合研が中心となって2024年度から新基軸の人材育成事業を開始している。その内容については、先ほど馬場参事官から御紹介いただいたとおりである。

人的規模の拡張とレベルアップという二つの課題は、先ほど申し上げたピラミッドをしっかり構築することである。規模感としては年間100人程度、5年間で500人規模の人材をフュージョン分野へ巻き込む計画で取り組んでいる。

高度なスキルと高い意識を持つ人材を育成するためには、スクーリングとネットワークングを通じて、研究の最前線を体験するオン・リサーチ・エデュケーション、具体的にはITERでのインターンシップやJT-60SAで行われるJIFS、さらには海外の研究機関での経験という交流のきっかけをつくることで、レベルアップを図っていく計画である。

次のページ、そういう計画をまとめたものとして、この図は先ほど馬場参事官から説明された文科省で作られたものである。核融合研が築いてきた国際連携のチャンネルがある。その道幅を広げて国際的なネットワークを構築する形で取り組んでいる。また、一般性のあるコンテンポラリー

なテーマでのスクーリングで、他分野の人材も巻き込みながら、学際的なネットワークを構築することに取り組んでいる。例えば昨年実施したITER国際スクールにおいては、データサイエンスと計測という一般性のあるテーマでスクーリングを行って、非常に多くの分野から参加をいただいた。こうしてピラミッドの底辺を広げていくことに取り組んでいく。

また大学共同利用機関である核融合研のリーダーシップで、我が国が有するポートフォリオを編纂・分析して、大学及び研究開発機関、それから企業など、多様なステークホルダーの幅広い協力が得られる人材育成システムを構築しようとしている。

次のページでは、具体的な取組をまとめている。研究開発拠点の求心力を高めること、学際化を進める取組としてITER国際スクールを実施したこと、それから国際的に活躍できる人材を育成するというネットワークの取組を進めている。

6ページ目、最初に述べたように、大事なのは構造をつくるだけではなくてそこにしっかり血を流すという、心臓、エンジンが必要である。その役割をFusion Science School が果たしていくことになる。2024年に実施したITERスクールをプロトタイプとして、毎回他分野と連携をつくれるテーマを掲げて、大学に蓄積されているポートフォリオを集結して、スクーリングとネットワーキングを実施する計画である。

このスクールはITERスクール、インターン、それからJIFS、こういった体験学習などへの入口つまり動機づけの役割も果たしていくという考えである。

海外の大学や研究機関と連携した交換プログラムも、これまでに築いてきた国際連携のネットワークを拡大する形で実施していきたいと考えている。人材育成の対象を学部学生にまで拡大して、国内外の研究開発機関やメーカーでのインターンシップを実施していきたい。

こういう形で駆動力、それから横展開、縦展開の3点セットの事業を計画し、新しい試みとして、走りながら強化していく考え方で活動を始めている。

次のページに、この表で、今御説明したいろいろな事業とそれから対象となる人材の層の関係を整理している。

最後のページ、ここには昨年、馬場参事官からも御紹介があったが、イギリスの大使館で開かれたイベントでイギリス側の資料にあったものから拝借している。

まずアポロ計画の例を示して、これにコミットした人が40万人、そのうち85%が産業界であったという指摘から話が始まっている点が印象的だった。その時の産業界はどのような分野であったか。宇宙開発も非常に総合的な分野で、材料メーカー、通信機器のメーカー、あるいは宇宙服に貢献した繊維のメーカー、宇宙食を作った食品メーカーもあったと思う。そういった幅広い業種の人たちがコミットするようなピラミッド構造をつくるのが、ビッグプロジェクトの人員編成を考える上では非常に重要だと考えている。

イギリスにおいてもカラムセンターで、アプレンティスと称して3年間で1000人規模の教育を行うことを述べていた。これはいわゆるリカレント教育であり、フュージョン分野にいろいろなタレントを巻き込むという戦略で、先ほど御説明した我が国の取組と似たような形で、イギリスでも力を入れている。

(意見交換)

○石田委員

吉田委員の人材育成についての意見であるが、人材育成はいろいろな施策があり、プランニングされているところまでは今日の御説明でよく分かった。

我々として重要なのはその効果で、長年施策が行われて、結局その人たちは核融合にどのように関わっていったのか。中に入り込む人もいるだろうし、あるいはパートタイムの人もいるだろう。施策に対するロングレンジのフォローアップを是非KPIを始めに決めるとか、あるいは定期的な出口調査をすとかをやって、PlanとDoはあるけれども、Check、Actionもしっかり、今後継続的にやっていただきたいと思う。

○小澤委員

三つほど簡単に確認と期待を述べたい。

石田委員から絶え間なく仕事を引きつけるというお言葉があったし、吉田委員からは、抱え込み型ではなく巻き込み型ということだった。若い人に話を聞くと核融合に興味があるとか、非常に関心が高い分野である。一方で仕事があることも重要なので、そういったところが一つの流動化について、活性化する要因だと思う。

確認としては資料1の4ページ目の、既にある戦略文書の中で、4ページ目、「将来のキャリアパスを明確化し、フュージョンエネルギーに携わる人材を産学官で計画的に育成すること」、文科省と書いてあるが、「ポストで活躍するといった人材の流動化が起きよう、所属機関でのポジションを維持したまま派遣する」などが書いてあるが、民間だと普通ではないかと思いつつ、官学も流動化するんだろうなと。当たり前になってきたけれども、ここが何かネックになっていることがあるのかどうかは今後の議論になる可能性があるのも、もし何か障害があるのであれば今後の議論の中に入れていただきたいと思う。

二つ目は石田委員の原型炉に向けたR&Dについて、これもいろいろな要素が必要になるかと思う。一方でJT-60SAの次に、小さめの原型炉相当になると思うが、そこに至るまでにITERの成果がなかなか出てこないようなスケジュールになっていると思う。そこで要素技術だけではなくてJT-60SAでできるシステム型の検証、今だったらプラズマの継続が確認されたことだが、これがどう維持するのか。D-T反応ができるかどうか分からないが、せつかく規制の考え方ができたので、そこも念頭に入れながら、チャレンジしていただきたい。

三つ目は期待について、原型炉のその次の段階、商業炉のイメージを持ちながら検討を進めていきたい。

○柏木委員

全体の話で御提案があり、今回、今年、R6年度はこの安全確保のタスクフォースをつくったことにより、安全確保の話が非常に進んだと認識している。次のタスクフォースを何にすべきかを議論するというのが大事かと考えている。

第7回の有識者会議のときに、最初のイノベーション戦略から何が進んでいて何があまり進んでいないかをまとめさせていただいた。それを見ながら二つほど私の意見を述べさせていただく。一つは、本日の報告にあったフュージョンイノベーション拠点、この文章では、今日の最初の資料に、イノベーション拠点は市場獲得を目指してQSTが保有する技術を早期に民間企業に移転するため、緊急開発から社会実装まで取り組み、フュージョンテクノロジーイノベーション拠点の早期設立と書いてある。これは、今文科省が担当することになっていて、今QSTが中心となっているが、これを社会実装まで取り組むということは一つ上の段階の話になるかと思う。一つの考え方としてはタスクフォースで、もちろんQSTも含む既存の専門家プラス、社会実装するために必要な経済や前例がある原子力がどうやって立ち上げたのかという専門家を含めたタスクフォースとかをつくると、この話が一気に進むのではないかと思う。

もう一点、一つあまり議論されていないのが、経済安全保障上重要な領域を優先的に取り組むという、優先順位をつけるべき宿題があまりできていないと思っている。そのときの議論ではたしか技術マップとかを精査して、どういうものが経済安全保障上重要かというのを議論しようということだったが、こちらについても集中的に専門家を含めてやらないと、危機感としては、中国が既存の技術の特許をどんどん出そうとしている背景があることや、あるいはもう海外メーカーが日本でしかできないような製品の工場を日本国内に建てようとしているという話も伺ったりする。もう既に草刈り場に日本がなっているのではないかという危機感がある。この2点は集中的にやった方がいいのではないかと思った。この委員会でどういう点を次のタスクフォース等で議論すればいいのかということをして1回やるかと思った。

○小西委員

まずQSTのイノベーション拠点のお考えについて、基本的に大歓迎である。とにかく原型炉は、こ

れからのフュージョンの産業化に向けて絶対必要なものであり、かつ研究基盤、インフラとして整備していただくと大変ありがたい。

私は、来週はアメリカの新たな計画の策定会議に呼ばれて参加することになっているが、実は結構方法論が違う。柏木委員の御指摘と同じようなところはあるが、基本的に民間が開発、商品化を目指している部分については国が直接関与しない。つまり商品化、市場化に対しては民間をサポートする形になる。

具体的に言うと国の予算を国の機関100%で配分するのではなくて、国民の税金だから、それをいかに拡大して効果を国に戻すかという、これをレバレッジと言うが、そのような見方である。その意味で、既存の施設の有効活用だけではなくて、現在足りないものを分析して新たに設置することが必要になる。その中で今、柏木委員の指摘されたような戦略的に重要なところが出てくる。

実は最も足りないのはニュークリアテクノロジーである。中性子を発生してそれを制御するブランケットシステムが足りない。それからもちろんトリチウムについても重要なので、これについては歓迎だが、内閣府の資料の3ページにあった話を具体化したければ、プロジェクトの企画段階でJSTと産業界に御相談いただければ幸いと思っている。

原型炉の光学RDに行くことは当然必要なことだが、これファースト・オブ・ア・カインド1個だけ作って終わるのではなくて、ガラパゴス化を避けて、産業化のために重要なものをちゃんと育てる。具体的に言うと、アメリカの場合は複数の民間装置、マイルストーンの八つの概念のサポートを主に考えている。

そういうことを実際にやっていただけないと、せつかくのこの拠点構想、残念ながら産業化に結び付かないおそれもある。

人材育成について一言だけ。これも吉田委員からの御提案、大変すばらしいと思う。基本的に裾野を広げなければ高いところも出てこないんで、これは当然であって大変いい方法だと思うが、では、縦軸になる部分をどうやって充実させていくか。

最後のページでお示しいただいていたイギリスの例、実は私の読み方は全然違う。同じことを見ているが、イギリスはこれをもって、基本的にはワークフォースをつくると言っている。2,000人のSTEPというイギリス版商業炉の原型をつくるための人材を、実際ワークフォースとして育てる。これは学生ではない。産業界をどうやって巻き込むか、85%が産業界ということだが、それをチーム化して組織化して、既に物が作れる段階に入っているプロジェクトの要員として育てる。それが実はイギリスのスタンスであると考えている。

横軸で裾野を広げるのは大賛成だが、同時に縦軸をどうやって充実するかについて、産業界ともう少し密に意見交換をさせていただきたい。

○近藤委員

人材育成について、育成の記述はみられたが、人材確保に関する記述が見当たらない。つまり、人材は十分に足りているのかという質問である。

石田委員の資料の10ページ目にも、将来に向けた本分野の全体の人的リソースに関する記述があった。現時点で問題がないようにも読み取れるため、その点がどうなのか。

一方、小西委員からは原子力技術分野において人材が不足しているのご発言があった。これは研究と開発のフェーズの違いによるものだと感じている。ここについて、国として対応すべき課題と捉えて取り組むのかどうか。具体的な人数に関する議論が一向に示されないことについて、戦略上の疑問だと感じている。

マクロ的にも、積み上げるととても人の算定は難しいので、例えば1,000人足りないのか2030年までに1,000人増やしたいといった大まかな見通しの議論も必要ではないかと感じている。

○富岡委員

資料1も含めてコメントしたい。資料1の9ページの原型炉に、技術的実証と経済的実現性と書かれている。私の経験で言うと、技術の実証と経済の実現の間にはかなり大きなハードルがあるように思う。技術はできても、それが市場に定着する商品にならないものが多い。これは原子力に限ら

ず、世の中一般にそうではないかと思う。

核分裂の世界でも、新しい炉や関連する燃料、サイクル分野も含めて、技術の実証まではいったが市場に定着する商品にするのはなかなか難しいことがある。この技術の実証までは国でやって、あとは民間の力だけというのは、なかなかうまくいかないという経験が多いように思う。

軽水炉の場合には、アメリカで黎明期に10万キロワット以下のものを多く造って商品として定着してきたというところがあって、かなり技術の実証ができた後でも、試行錯誤をして商品にしていくというプロセスが重要ではないかと思う。

先ほどもあったが本日のテーマの体制とか人材にしても、その国の研究機関に必要な人材、大企業、9ページのSmall Business Innovation Research基金があり、個人や中小企業が得意な人材にイノベーションが多く出て、それが商品化には必要になることもあるのかもしれない。こういうところの連携なのか、配分なのか、うまくやっていかないと技術の実証はできても商品にならないことがあると思うので、その戦略をよく考えていくことが重要だと思う。

○篠原座長

それでは最後に吉田委員、もし可能であれば、今近藤委員から御指摘のあった人材確保の観点、それからもう一つあったロングレンジのフォローアップが必要ではないかということに関して、お答えになれる範囲があればお願いします。

○吉田委員

石田委員から御説明のあった基盤整備、それから今まとめていただいたように御質問があったので、そのあたりを踏まえてコメントしたいと思う。

まず、発電実証原型炉について、国のリーダーシップで進めるからには、大きなビジョンの中で考えていく必要がある。これは大きなイノベーションエコシステムをつくることだと思う。

あえて申し上げると核融合ができさえすればいいということではなくて、この核融合研究を進めていくプロセスの中で、またあるいはその結果の中で大きな人流が起きて、大きなイノベーションのエコシステムが構築されるという、大きなビジョンで考える必要があるだろうと思う。

そういった中で、このKPIをどういうふうに考えるか、つまりフュージョンのコミュニティーにはどのくらいの人々が、例えば原型炉開発にコミットする人ができるのか、それも当然のことだが、それ以外にこの事業を進めた結果、どのくらいの技術のネットワークが出来上がるのか、そういうところをしっかりと見ていく必要があるだろうと思う。

そういった問題意識で、現場から見ていると、どうしてもこの分野は延びた補給線という感覚がある。この分野の人材が足りないという近藤委員からの御指摘にもあるように、人材をどのように巻き込んでいくのが課題であって、そのためにはいわゆる徴兵計画のような発想でやるのではなくて、人々がフュージョンのプロジェクトに関心を持ってコミットしてくれないといけない。そこが一番根本だと思う。

核融合分野の研究は、ともすれば試験的・実証的な事柄に重きが置かれがちである。しかし、アカデミアの特性を考えると、もっとイノベティブな挑戦的な研究テーマがしっかり立って、そこに多様な分野のタレントが集まるという形になることが必要。私が広い底辺と申し上げているのはそういうことであって、そういうものがしっかりできた上にピラミッドを構築することだと考えている。

人数についての具体的なプランについては、QSTで原型炉開発に必要な人数の試算がある。そういうものを考えたとき、どのくらいのペースで人材を巻き込み、アプレンティス、つまりリカレント教育をしていくべきかについてしっかりした定量的な規模感を持って、計画を進めていく必要があると考えている。

○篠原座長

石田委員に振りたいが、関連する話が二つあって、一つは小西委員からあったプロジェクトの計画策定段階で、J-Fusionとの議論をもっと深めてほしいこと、また小澤委員からあったようにシステム型、JT-60SAでできるシステム型の検証も必要ではないかという話があったが、それについ

て何か御意見があればお願いする。

○石田委員

もちろん、小西委員からの御提案はウエルカムである。産業界としっかり計画段階から議論する場は、一部は特別チームという形で実施しているが、特別チームはどちらかというとQSTが検討した結果をメーカーに御紹介をして、いろいろなフィージビリティとか御意見をいただくような場になっている。

恐らく小西委員の言われたのは、もっとその前にもう少し相談できる場をという御提案だと思う。そういう方法についてもウエルカムなので、是非議論して、そういう場を設けられないかを検討していきたいと思う。

それからもう一つ、JT-60SAのシステムの検証、ストレートに理解しているわけではないが、非常にシステムというのは大事で、ITERも我々はやっているが、結局パーツ屋がパーツを入れ、あとは部品を入れ、では、全体のシステムがどうなっているのかというのは7極あるので見えにくい。ただJT-60SAは、ITERより一回り、二回り小さいが、全てが隅々まで分かっている。ここで何かあったらそれがどう発展して、どこでどうなるかが全て分かるので、実際にプラントを持っているということは非常に大きな強みである。

このため、この統合試験をやったときには、もちろんITERの研究チームもファーストプラズマのときに来られたし、今後実験をやるときには、今も既に実験計画の議論はしていて、一回コールすると大体二、三百人ぐらいがジョイントして入ってくる体制ができているから、是非このシステムとしての理解を若い人たちに体感していただきたい。そういうシステムで、一部で何が起きたら一部でどういうことが起きるかの体験を重ねることが大事で、単なる部品製作の上達だけではなく、要するに車でも同じだが、バリューチェーンのトップ、つまり川上を取らないと意味がない、という世界になる。それを取れるのはJT-60SAの人たちであり、全体が分かっている人たちが前に出て来るようになると考えているので、是非JT-60SAを活用して、産業界にも活用していただきたいと考えている。

○篠原座長

柏木委員からのタスクフォースの話、2点あったが、これ非常に大切な御意見だと思うので、一遍事務局で引き取って、次回ぐらいにまた御議論いただきたいと思う。

ここで先ほど話題に上ったJ-Fusionによる技術マップ産業マップの作成状況について、小西委員から御説明いただけるか。

○小西委員

お手元の資料で、かいつまんで、ざわりだけであるが、産業マップについては、皆様からの御期待もあり、J-Fusion、まだできて1年で四十数社に参加していただいている。

まず全体を1ページ目に書いたが、自国でフュージョンエネルギーを産業化するためには、まず関係技術が広範にあり、これを更に継続して育てていき、更にこれを統合技術としなければならないということが重要である。

ここで特に統合試験へのシステムインテグレーションが必須と、先ほど石田委員が言われたことと全く同じである。とにかくバリューチェーンのトップを取らなければ、インテグレーションを取らなければ、本当に草刈り場として技術、材料を世界に供給するだけで終わってしまう。それはそれだけでも、相応の売上げは可能ではあるわけだが、一番付加価値として大きいところをこの国が取るためには、また取るだけの素質を我が国、フュージョンについては産業だけではなくて、そもそも科学技術として、学術として世界でもトップクラスなので、これと産業技術を組み合わせることでバリューチェーンのトップを抑えることが必要なのではないかということが一つの結論になる。

そこで具体的には国内でフュージョンプラントをとにかく造ろうという動きを産業界としては既に持っている。これを進めると同時に、経済安全保障、地域振興にも配慮して、特にそのために重要となるような技術は国産化を図る。

具体的には実はこの後の安全の話にも関わってくるが、これも産業界側に今ボールが投げられて

いて、フュージョン装置の立地、具体的にはどこに造って、地元とどのようなコミュニケーションをするかを議論しないと、概論だけで終わってしまう。そういうところが見られるところではないかと思う。

3ページ目を御覧いただきたい。これ非常に色薄くて、元は実は結構カラフルに塗ったが、統合システムとしての核融合フュージョンについて、絵を描いた。いろいろ調べた。大変すばらしいことに、日本にはそれなりにものづくり技術がしっかりできたということが分かっている。

具体的に言うと、このJ-Fusion40社のうちに、ITERの調達に関わった会社は必ずしも多いわけではない。少なくともこのITER、それからJT-60SA、あるいはブロードアプローチ活動、こういったようなものが確実に産業界にテンダーを落としていて、それで産業界の実力が育成されたことは間違いない。

特にITERの委員会の貢献ではしっかり、ITERのコンポーネントレベルではあるが、これをしっかりつくってITERに、他国と比べても十分な精度で、完成度で、かつ期限内に持ち込めたということ。JT-60SAについても、とにかくあれだけのものを完成して、若干トラブルがあって対応しているところであるが、こういった経験自身が日本のフュージョン産業としては非常に重要なものを培ってきたと思う。

具体的に言うと素材であり、加工技術であり、品質管理などあるがプラズマであり、加熱であり、閉じ込め、燃料供給、廃棄あるいはプラント技術、こういったようなものができているわけである。そういったものは今後、草刈り場にならないで、我が国の財産としてこれをフュージョンとしての統合技術として高めていくというのが、今後10年の課題ではないかと思う。それをやらなければ世界に取られてしまう。

残念ながら、一方では実はITERへの貢献はガラパゴス的な技術もあり、今後もしかすると産業化ができないかもしれないものもあったりする。またITER後の需要がなくて、技術、人材、製造技術が既に失われつつあるようなケースも実は散見されている。これについてはここでも入れが必要であると見ている。

実はこの産業マップ、3ページは4ページにももう少し詳細に書いてある。強いところは実は人がいて、こういうところがあることを示していて、しかも会社があることは分かっている。問題は、この産業マップの最大の課題は実はここにリストされたものではない。ここにはないものになる。つまり、ITERをつくったが、ITERが日本に来なかったのも、日本に来なかった産業分野がある。当たり前である。そういう技術分野がある。研究者もいない。こういうところがあったら当然産業マップにのらない。さらに石田委員からもあった、アクションプランで出てきている技術、これも基本的には技術課題がずらっとあるわけで、ここにリストされてこない技術が実は問題である。

ITERが来なかったことで何が起きたかというと、建設であり、インテグレーションであり、足元のハイテクだけではなくミッドからローテクだけれども核融合固有というものが、実はみんな外国に行ってしまった。特にITERが委員会のコントリビューションのフェーズが終わって、今度はITER機構に日本からキャッシュ・コントリビューションして、それでテンダーが出てくる。これに対して残念ながら日本のJ-Fusionの会員企業でも、実は受注した例がほとんどない。危機的な状況にある。ITERの重要さは間違いないが、その使い方、その役に立て方を我が国としては考え直すところにあると思っている。

具体的に言うと、実際組立てであり、運転でありに、もう少し日本から何とかして入っていかなければならない、これが課題になると思う。

具体的に言うと、どこが取っているかということ、ソースとサイトであるEUと、それから、なぜか中国がいっぱい取っていると。

これはテンダーのプロセスで、日本のDAが日本が得意なところを取る、これ非常に重要なことで、J-Fusionの企業がどのぐらいできるか、応札する能力を高める方にもう少しDAの能力と人材とリソースを使っていただきたい。これをやらなければこの貴重なITERという資源を、残念ながら日本は取り残すことになってしまいます。

さらに原型炉、これも同じことで、国内産業育成の場と捉えるならばこの統合システムとしての産業マップ、技術マップの中で、日本が本当は弱いやらなきゃいけない部分を充実しなければならないところは出てくる。これは今までの、先ほどこれは富岡委員からもあったが、原型炉を国主導

で造って、その技術を民間に払い下げていく、そんな発想では残念ながらできないだろうと思っている。

産業マップを考えたとき、日本の強みが分かったと同時に弱みが、さらにフュージョン産業が求めるものはもう少し違っていて、もう少し幅の広い、端的に言えばいかにGDPをフュージョンで稼ぎ出すために足りない部分が見えてきたということが、実はここで分かったことである。

詳細については次回お説明させていただく。

(3) 安全確保の基本的な考え方(案)について

資料3—1に基づき、近藤委員より説明。

お手元の資料の2ページ目、パブリックコメントの結果について説明させていただく。

2月21日から3月18日までの約1か月間で、66件のご意見を頂戴した。おおよそ6種類の内容を頂戴している。

まずは安全確保の原則のコメントである。コメントの中にはもう「フュージョン装置」という言葉を使ったコメントなども見られた。

その中ではRI法に加えてといったところや、あと必要な現行法規、新たに制定される法規などを組合せにすることが科学的・合理的であるよといった御意見。それから安全性とは関係なく、核融合技術や炉の研究・開発・利用には反対するご意見。自然・再生エネルギーを使うべきであるといったご意見をいただいている。

それから、科学的な合理的なアプローチについてのご意見もあった。中には今回、取り組んでいるリスクの大きさに応じたグレーデッドアプローチ、これについても賛同する意見が多く、反対といった意見はなかった。

国際協調の場を活用していくことについても、これもよしとする意見が多いが、ただ企業の国際的な展開を考慮すると、国際基準を整備し、それに準拠する形で制定すべきではないかといった意見も見られた。この点は今後の課題になると考える。

それから、法的な枠組みについてである。まずRI法に基づく規制の継続に関しては、当面の対応としては妥当であるという意見。それから炉規法の規制対象でないことを改めて明示したことについても、今後の事業化に向けて大きく寄与する。私たちも今回の骨子案についておいては、できるだけ明文化を心掛けた。分からない形で書いていくと、それは実効性ある骨子にはならないと考えていたが、このあたりについても前向きな受け止めのコメントをいただいた。大変ありがたく思う。

それから、安全確保の枠組みを検討する体制についてである。新しい技術の核融合については、規制当局も設計技術に精通しているわけではない。一方で事業者側の説明も、鵜呑みするわけにはいかない。なので産業界を含めて核融合炉安全設計専門家による意見具申、若しくは第三者機関を設置することが有効ではないかという御提案をいただいた。

それから最後に、知見の蓄積について、三重水素は専ら燃料として使用される、想定する技術であるが、三重水素は半減期が12年程度と短い。フュージョンエネルギーを実用化するためには、三重水素の増殖に関する研究も必要であると、このようなご提案もいただいている。

これらのコメントを通じて、いただいたコメントに対して回答すること、そして骨子に反映していくことも重要であるし、先ほど触れたフュージョン装置の定義に対する受容の姿勢についても大変ありがたく感じている。

次の3ページ、安全確保の基本的考え方、タスクフォース自体もこれで終了になるが、今後の展望についてまとめた。以下のような取組を加速していく必要があるのではないかと。

まず一つ目が、原子力規制委員会の動きについて、先月、委員会で中期目標を策定され、発効された。その中では核融合についても規制を検討していくことが書かれていたし、2月26日の原子力規制委員会では規制庁から説明があり、それにおいては今後情報収集していく。それから、原型炉等研究開発を進める事業者から今後の見通し等を公開の場で聴取していくといったお話もあった。規制当局側における大きな動きであると思う。

J-Fusionにおかれては活動開始からまだ1年足らず、非常に精力的にされていて、国内外で情

報発信されているので、引き続きここについてはフュージョンエネルギーの意義、それから安全確保に関わる取組について積極的な情報発信を期待している。

3点目、原子力学会からもタスクフォースの中でも説明いただいたが、今いろいろな動きが出てきている。それで三重水素や放射性廃棄物に関わる技術開発動向や、研究開発の進展を含めた議論を実施、是非報告いただきたいと考えている。

内閣府においても、原子力規制庁や委員会に丸投げでは解決できない問題、それから周辺の課題がいろいろあると思う。先ほど篠原座長からも輸出入の話があった。政府と事業者主体等が継続的に情報共有し、対話を行う場を設置して、いろいろな課題をこの中で話していける、このような積極的な協働を促進する仕組みも検討していく必要があると感じている。

最後に、各組織において国際動向の動きも踏まえて、国際協調の場を積極的に活用していくべき旨を申し上げて締めくくりとしたい。

(意見交換)

○小澤委員

大変いい議論だったと思う。

今後は規制委員会と対話が始まるので、そこは真正面から議論を闘わせていただきたいと思っている。前回は「闘う」と短く説明してしまったが、議論を闘わせるという意味である。

これはこの有識者会議のクレジットで出ていくことになると思うので、この資料3-3の部分でどうかと思うところを申し上げたいと思う。

1ページの「はじめに」の2つ目の四角の中、これ反対意見がズバツと書いてあるが、これに対する答えが、「フュージョンエネルギーは」から始まって、「人類の持続化可能な発展を可能とし」、云々かんぬんと。最初の丸のところまでが、何か「自然・再生エネルギーを求めている」に対する二項対立的な答えに見えてしまうので、ここはエネルギー基本計画に書いてある、あらゆる可能性を追求するような言い方にした方がいいかと思う。その二つ目の丸のところまでが安全について書いてあるが、安全性に関わりなく反対する方に安全性を言っても、ここでは仕方ないと思っているので、ここはもう少し工夫して、上手な言い方があるのではないかと思う。

二つ目は、2ページ目の一番上のカラム、ここで答えていることが、RI法の放射性同位元素の使用や放射線発生装置の使用等を規制対象としており、と書いてあって、これは正にRIそのものの使用と、例えば加速器、大型の加速器とかエックス線を発生させるようなSPRING-8とかいろいろな装置があると思うが、そういうものまでが対象に見える。その次の行、「燃料として三重水素を使用し、放射線を発生することが想定される」とこう書いてあって、あたかも三重水素から発生するガンマ線のような話かと思ったら「燃料として」と書いてあって、これは明らかにD-T反応のことを言っているような気がするが、そこで「放射線を発生する」というこの弱い言い方に戻ってしまっているところが分かりにくいので、この辺は正面から答えるという意味では、もっとズバリ言ってもいいのではないかと思う。この辺は分かりにくいので、工夫された方がいいと思う。

○篠原座長

それではただいまいただいた御意見については、近藤主査とも御相談の上、座長預かりとして修正の上、年度内に決定したいと思うので、御承認いただきたい。

それでは、本日いただいた御意見を踏まえて、国家戦略の改定に向け議論を更に進めたい。ただ今日も途中で近藤委員から御紹介があった、この戦略をしっかりと動くのかどうかを検証していくモニタリングが必要であるとか、タスクフォースの件とか、今回の戦略を改訂することだけで終わりではなくてその先も、今日いただいた御意見を踏まえて、あと各国の状況とか日本の開発状況を見ながら継続的にモニタリング、若しくはプランニングできることも是非、事務局で考えていただければと思っているが、いかがか。

○事務局(馬場参事官)

事務局で今の御指摘を踏まえながら考えていきたいと思う。

安全確保についてもこれからは一般の方、事業者も含めて理解を得ながら進めていくことが末永く重要かと思う。これから具体化に向けて引き続き主査、もちろん委員方と御相談させていただきたい。

○小西委員

安全確保の話で、今の座長の取りまとめについて確認させていただきたい。この安全確保の考え方が、我が国の現在でのフュージョンエネルギーの規制の、あるいはそのための、申請のための基本方針として、これで今年度末をもって正式に発効することで理解させていただいてよろしいか。

そうすると当然のことながら、J-Fusionというか産業界側としては具体的にこういう施設を造りたいんだ、こういう施設を造っていいですかというようなお話を地元の自治体にしたり、サイトをここに考えるが、あるいは規制当局とお話をさせていただけるという状況になったと理解しているので、産業界としては頑張っただけにそれに取り組んで、まず規制庁に、これでは見るに耐えないと言われなようなものをしっかりつくってお持ちしたいと思っている。

戦うわけではなくて穏やかに、かつ中身をしっかりと出していくのが我々の責務と考えている。

○原子力規制庁(吉川安全規制管理官)

おっしゃられたとおり、産業界の御意見を賜りたい。我々のスタンスとしてはできる方法もよく産業界と話し合いをして、理想があれば、こういう方法でやればそれはクリアできるのではないかなということも含めて対応したい。

閉会の挨拶

○城内科学技術政策担当大臣

本日最後の議題であった安全確保の基本的な考え方については、2月21日から3月18日までの約1か月間パブリックコメントを行い、その結果、合計で66件の御意見をいただいた。

これらの御意見も踏まえた修正を行ったが、本日追加でいただいた意見を更に反映いたして、遅くとも今月中には決定・公表させていただきたいと思う。

いずれにしても、有識者会議及びタスクフォースの委員の皆様方のこれまでの御尽力に、改めて敬意と感謝を申し上げたい。

今後はこの基本的考え方を踏まえて、科学的に合理的な国際協調の下でのフュージョン装置の安全確保を目指して、政府と事業主体の皆様との間で継続的に情報共有や対話を行っていくことも含めて、引き続き、今必要な取組をしっかりと取り組んでいく。

また、国家戦略の改訂に向けては、世界に先駆けた2030年代の発電実証の実現を目指して、これまでの有識者会議において御議論いただいたフュージョンインダストリーの育成戦略、フュージョンテクノロジーの開発戦略、そして国家戦略の推進体制といった、この三つの柱の内容につきて、新しい国家戦略に反映させていくことが重要と考えている。

これまで、本年夏めどの国家戦略の改訂を目指し、御議論いただいていたが、先週17日に開催された総合科学技術イノベーション会議におきいて、石破総理から、この春には戦略を改訂するよう御指示があったことも踏まえて、議論を更に加速していただければと思う。

有識者の皆様においては、引き続き活発な御議論をしていただくようお願い申し上げて、私からの挨拶とさせていただきます。

○篠原座長

それでは、第10回核融合戦略有識者会議、これにて終了する。

以上