

# フュージョンエネルギーの 社会実装に向けた基本的な考え方検討タスクフォース(第5回)議事要旨

I. 日時 : 令和8年1月21日(水) 14:00~16:00

II. 場所 : 中央合同庁舎4号館 1階 全省庁共用 108 会議室(オンライン会議併用)

III. 出席者 : (敬称略)

## タスクフォース構成員

井上 雅彦	三菱重工業株式会社 原子力セグメント 核融合推進室長
岡田 融	電気事業連合会 原子力部長
尾崎 弘之(主査)	早稲田大学 ビジネス・ファイナンス研究センター研究院 教授
近藤 寛子	合同会社マトリクスK 代表
栗原 美津枝(主査代理)	株式会社価値総合研究所 代表取締役会長 兼 株式会社日本政策投資銀行 設備投資研究所シニアエグゼクティブ フェロー/経済同友会 幹事
桑原 優樹	JIC ベンチャー・グロース・インベストメンツ株式会社 ベンチャーキャピタリスト
小泉 徳潔	国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構 ITER プロジェクト部長
寺井 隆幸	一般財団法人エネルギー総合工学研究所 理事長
服部 健一	ヘリシティX 代表
前田 裕二	NTT 株式会社 宇宙環境エネルギー研究所 所長

## オブザーバー

上田 良夫	追手門学院大学 教授 文部科学省科学技術・学術審議会 研究計画・評価分科会 核融合科学技術委員会 主査
-------	---

## 政府関係者

濱野 幸一	内閣府科学技術・イノベーション推進事務局長
恒藤 晃	内閣府科学技術・イノベーション推進事務局審議官
清浦 隆	文部科学省 大臣官房審議官(研究開発局担当)
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 室長
宮下 誠一	経済産業省資源エネルギー庁 電力・ガス事業部 原子力政策課 フュージョンエネルギー室 室長
上谷 聡太	原子力規制委員会原子力規制庁 放射線防護グループ 放射線規制部門 管理官補佐

## 事務局

澤田 和宏	内閣府科学技術・イノベーション推進事務局参事官
-------	-------------------------

内野 隆	内閣府科学技術・イノベーション推進事務局参事官補佐
長澤 幸祐	内閣府科学技術・イノベーション推進事務局主査
梶谷 秀樹	内閣府科学技術・イノベーション推進事務局行政実務研修員

#### IV. 議事(開会及び閉会挨拶を除き非公開)

##### 1. 開会

##### 2. 議事

- (1) 前回会合の議論のまとめと今後の検討の進め方
- (2) 本成長戦略会議フュージョンエネルギーWG について
- (3) その他の論点について
  - ・フュージョンエネルギーによる経済効果・市場規模について
  - ・発電実証への道筋について(マイルストーンの考え方、コストやファイナンスを含む)
- (4) バックキャストによるロードマップについて
- (5) タスクフォースの報告書案について
- (6) その他

##### 3. 閉会

#### V. 配布資料

資料 1-1	前回会合における主な御意見と今後の検討の進め方
資料 1-2	日本成長戦略会議 フュージョンエネルギーWG について
資料 2-1	フュージョンエネルギーによる経済効果・市場規模
資料 2-2	発電実証への道筋について(マイルストーンの考え方、コストやファイナンスを含む)
資料 3	フュージョンエネルギーの社会実装に向けたロードマップ(改訂版)
資料 4	フュージョンエネルギーの社会実装に向けた基本的考え方(たたき台)
委員提出資料	服部委員提出資料

#### VI. 議事要旨

##### 1. 開会の挨拶

###### ○尾崎主査

定刻となりましたので、フュージョンエネルギー社会実装タスクフォース第5回をこれから開催したいと思います。

本日もお忙しい中お集まりいただき、ありがとうございます。今回は、マイルストーンの考え方、コスト、ファイナンスを含めた発電実証への道筋について御議論いただき、バックキャストによるロードマップ及び本タスクフォースの報告書案について御確認いただく予定です。

今回2時間ですので、前回のような途中休憩は挟みません。

それでは、本日の会議について事務局から御説明をお願いいたします。

###### ○澤田参事官

事務局でございます。

本日は10名の委員の皆様全員に御出席をいただいております。改めまして、大変ありがとうございます。

続いて、議事及び資料を確認いたします。

御手元にあります資料1-1、1-2、2-2、3及び4については今後、事務局から説明いたします。資料2-1につきましては、調査結果について三菱総合研究所の御担当から御説明いただく予定です。また、服部委員より提出資料がございますので、資料2-2を事務局が説明した後で、服部委員から御説明いただきたいと思いますと考えております。

本タスクフォースの議事は非公開ですが、資料及び議事の要旨は会議後に内閣府のウェブサイト

て公表いたします。非公表資料は公開バージョンを作成し、議事要旨については、非公開情報を削除の上で公開の予定です。

本日、16時10分から事務局より記者ブリーフィングを実施いたします。  
もし、資料の欠落等ございましたら、お申し付けください。

## 2. 議事

### (1) 前回会合の議論のまとめと今後の検討の進め方

事務局の澤田参事官より資料1-1に基づき説明

資料1-1を御覧ください。前回の御意見です。今回2時間の日程ですので、簡単に御説明させていただきますが、まず前回議論したのは、1ページにございますように、社会実装に向けたロードマップの案、実施主体の在り方、サイトの選定について、といったことございました。

1ページめくっていただいて、2ページ目でございます。

最初のページは社会実装に向けたロードマップに関する御意見ということです。

ロードマップについては定性的には事務局案で良い、時間軸にフレキシビリティを設けて確率論的に30年代までにできることを記載すると、産業基盤・サプライチェーンの構築も目標にするべきではないか、現在地点がどこかを示すことが必要、フュージョン発電実証プラントという一般用語を定義したことは理解、ロードマップの時間軸はQSTの提案されたITERサイズ原型炉の工程がリファレンスになり得る、熱を取り出すなどの別の形のエネルギー取出しやデータセンターに取り付けるなどの応用も考えられるのではないかと、数値的KPI、時間的見込みについてのコメント、フュージョンエネルギーが実現した際の経済的インパクト、ロードマップのゴールは発電という単一のものではない、といった御意見をいただきました。

次のページが実施主体に関する御意見です。

一つ目がナショナルファシリティについて国が予算措置して進めるべきではないか。二つ目、リスクに応じてどうマネーを供給し、自律性の高い企業を残していくか。三つ目が産業競争力を維持するためにどのような主体の在り方とするかは重要である、主体が現れなかった際にどうするのかという検討も必要である、QSTのプラットフォーム化に当たってはQST自身が原型炉開発のプレーヤーでもあることを考慮する必要がある、といった御意見をいただきました。

サイトに関する御意見で下の二つ。

サイト選定検討では、地域の産業につながる事が重要であって、サプライチェーンや人材育成を考えるとという視点が重要であると、フュージョンは低レベル放射性廃棄物が出るため廃棄物の処分地をそれぞれ作るのか、集積させるか、という論点もあるということです。

4ページ目、その他の支援策等に関する御意見。

スタートアップにどれだけの技術的ケイパビリティがあるかは精査するべきである、技術的なリスクを軽視し過ぎると後で大変なことになるので、ITER機構のバラバスキ機構長の危惧も踏まえて、書簡を御説明いただきましたけれども、そういったことも考慮する必要があるということです。あと内閣府、経産省、文科省が連携していく体制を期待したいということ、燃料サイクルやブランケットなどの要素技術への支援も重要であるといったコメントをいただきました。

本日は、諸外国の調査の例についてヒアリングを行います。その後、2030年代の発電実証に向けた道筋について、当面の取組の在り方や絞り込みの考え方、費用負担の在り方について御議論を頂き、最後、3月までに取りまとめを予定していますロードマップの策定と報告書についての御議論を頂きます。

### (2) 本成長戦略会議フュージョンエネルギーWGについて

事務局の澤田参事官より資料1-2に基づき説明

続きまして、資料1-2、日本成長戦略会議のフュージョンエネルギーワーキンググループについて、でございます。

1ページ目です。前回も御説明しましたが、日本成長戦略本部の設置についてということで、昨年11月に閣議決定されております。その要諦としては、1行目、官民連携の戦略的投資、世界共通の課題解決に資する製品、サービス、インフラを提供ということです。そのために本部を設置するということがござ

います。本部長は総理、副本部長は官房長官と日本成長戦略担当大臣、本部員が全ての国務大臣ということです。

次のページです。フュージョンはどこに位置付けられているかといいますと、1ポツの危機管理投資、成長投資による強い経済の実現と、左上に赤く囲んでございます。その下に分野ごとということで、フュージョンが入っているということでございます。2ポツの分野横断的課題への対応の右側にフュージョンがあるということです。

3ページ目、それを検討するための会議体が日本成長戦略会議だということで、こちらにも設置されております。先ほどは本部で閣僚が構成員でしたが、こちらには有識者の先生方も入っていただいているということです。

4ページ目、総合経済対策に盛り込むべき重点施策を11月に決定していきまして、これを踏まえて、フュージョン関係にも経済対策が措置されたということですが、繰り返しですけれども、複数年度にわたる予算措置のコミットメントが(1)に書いていますし、投資の予見可能性につながる供給力の強化策を検討しろといったような指示がございましたし、1ポツの一番下にありますが、「また」以降で、来夏、今年の夏の成長戦略として検討を取りまとめていくということです。(2)はロードマップを盛り込むと。投資内容、時期、目標額を含めた官民投資ロードマップを定めるということを言われていますし、戦略的投資により成長率など国富拡大に与えるインパクトについても定量的な見込みを示すと、これらを成長戦略に取りまとめていくということです。フュージョンについては下にありますが、これ経済対策で一部支援していただいたものでございます。

5ページ目、その日本成長戦略会議の下には分科会という左上の赤い箱で記載されている会議体が置かれまして、これは副長官がヘッドです。関係省庁の局長級で構成されています。その更にワーキングということで、12番にフュージョンエネルギーのワーキングがござります。科技担当大臣が座長をする予定だと承知をしております。

最後、ワーキンググループの体制と予定でござります。ワーキング長、今申しましたが、ワーキング長は科技担当大臣、代理が副大臣及び政務官、構成員として尾崎先生、栗原先生、桑原先生、近藤先生に入っていただいておりますし、ITER機構の大前副建設長、QSTの柏木委員、日本製鉄の橋本委員に参画いただく予定です。

右側、1月の開催は2月になるかもしれませんが、3回程度の議論を予定しています。最初の第1回目では市場予測について、ロードマップについて、関係省庁の取組について、第2回目では産業協議会からの御発表、複数年度にわたる予算措置の在り方、ITER/BA等のサプライチェーンの予見性を議論いただく予定です。3月の最終回で国富拡大に与えるインパクトの検討と、官民投資ロードマップについて提示する予定です。

### (3) その他の論点について

#### ・フュージョンエネルギーによる経済効果・市場規模について

三菱総合研究所より資料2-1に基づき説明

三菱総合研究所よりフュージョンエネルギーによる経済効果・市場規模について、3ページ分の資料がござりますが、主には1ページ目、2ページ目で経済効果・市場規模推計の調査結果を報告させていただければと思います。

まず、1ページ目です。

こちらIAEAのワールド・フュージョン・アウトック・2025から引用させていただきましたフュージョンエネルギーによる経済効果の試算を御紹介させていただきます。こちらの試算では、フュージョンエネルギーによるいわゆる全世界のGDPの押し上げ効果、後ほど定義を御説明させていただきますが、これが大体2100年頃、90年から100年頃に最大約700兆円を超える程度と試算されております。試算の条件としては、こちら後ほど詳細説明させていただきますが、2035年に商用化開始と仮定し、フュージョンエネルギーのいわゆる発電所が建設費、こちらが安い場合、いわゆる価格が低い場合のローケースと、ベースのケース、二つのパターンで分けて計算しているものでございます。

左側のグラフがフュージョンエネルギー普及による年間経済効果予測で、二つのケースごとに年間GDPの便益、いわゆる年間GDPの押し上げ効果を試算しております。こちらどういった試算前提かといいますと、いわゆるフュージョンエネルギー自体が波及しなかった、普及しなかった場合から、実際に普

及して導入が進んだ場合の差分をこちらの黄色とピンクのケースでそれぞれ試算しているものになっております。こちらのもとIAEAのレポートでもいわゆるMITのそもそも試算した経済モデルをベースにリファアしてIAEAのレポートに載っていたものですが、こちらがいわゆる建設費を因子として感度分析を2ケースでしております。一つがキロワット当たり84万円で、もう一つ、ピンクの方がキロワット当たり120万円のケース、こちらは2050年時点での建設費予測のケースとして記載しているものでございます。

右側が試算前提になりまして、先ほど申し上げたとおり商用化開始は2035年で、稼働率は導入初期、いわゆる2030年中盤頃は、まずは稼働率40%、約25年間で段階的に向上していくと仮定し、最終的には85%で安定すると仮定すると報告されておりました。

また、資本コスト、建設費も2030年中盤から2100年にかけて一定に進むというものではなく、技術成熟だったり学習効果、いわゆる設計の標準化だったりなど、そういったところで時間とともにこの資本コストは低下していくということが仮定されております。

また、フュージョンエネルギー自体がどれほど波及するのかということケース別に記載がございまして、まず120万円/kWケースでございまして、2075年に電源シェア15%、2100年に27%をフュージョンエネルギーが占めると仮定しております。一方で84万円/kWケースですと、2075年に電源シェア22%、2100年には38%をフュージョンエネルギーが占めると仮定しております。下の方の注意書きですが、建設費はオーバーナイト・キャピタル・コストをベースに試算したものになっております。こちらの2ケースで大体2090年を過ぎた頃に、GDPの押し上げ効果としては最大で700兆円、ピンクのケースですと300兆円を超えるということを、年間の経済効果予測で試算されておりました。

続きまして、2ページ目でございます。

こちらは民間のいわゆる調査会社等の試算を一つのグラフとしてまとめた資料でございます。こちらは経済効果ではなく、市場規模推計を試算したものになっております。こちら市場規模に関する調査レポートを複数まとめまして、資料に挙げたものではおおむね約6%前後でCAGR、いわゆる年間平均成長率が試算されております。2034年時点、約10年後に90兆円、2040年時点では120兆円ということが予測されているという状況でございます。

一方で、推計Eでは2024年から棒グラフが立っておりまして、33年にかけてかなり右肩上がりに上がり、EだけはCAGR60%、ほかに比べて非常に大きく後半に伸びていくというような試算がなされているので、こちらは平均値の算出対象としては一旦省かせていただいております。こういった試算もあるということをお紹介させていただいている次第でございます。

続いて3ページ目は、各推計がどのような文献に基づくものかを記載しておりますので説明は割愛させていただきます。

(意見交換)

○寺井委員

経済効果につきましては、この後のワーキンググループ、そちらの方で多分もっと重要な話になると思いますので、そこでまた詳しい御紹介があると思います。

今日の御説明に関して2件ほど質問があります。

一つは、1ページ目の2035年から核融合が入ることについて、それは一つの仮定ですからそれで結構ですが、大体84万円/kWと120万円/kWですので、大体100万円/kWで考えるとこの仮定では1兆円ぐらいの感じになりますか。それはそれなりに妥当な数字だと思いますが、そこがやはりかなりチャレンジングだなと思います。

もう一つは、2090年後半ぐらいから減ってきますが、これは何が原因なのかなということがよく分からないのですが、いかがでしょうか。

○三菱総合研究所

前段でおっしゃったとおり、大体1兆円程度になるということです。

また、この90年から下がるどころ、ここに関しましてはIAEAのレポート及びMITのレポートでは、詳細記述はなかったもので、深掘りができるかどうかは少し検討させていただければと思います。

○寺井委員

分かりました。いずれにしても国内とか欧米先進国だけじゃなくて、発展途上国にも広がっていくということが多分仮定として入っているのだらうと理解していますので、その辺りの不確実性等もどうなのかは今後の検討課題なのかもしれません。

それから二つ目は、2ページ目のところで市場規模が、これは市場規模ということですから、兆円単位で増えていくということで、それぞれ調査されている会社によって違うというのは、それはそれで仕方ないのですが、分からないのは、例えば推計Aだと2029年で終わっていて、ここまでしか調査の対象に入っていないということですよ。

また、推計Eの方は、2026年ぐらいから始まっていて徐々に増えていくという、これもある種の仮定があるのだらうと思いますが、もう一つ分からないのは、2024年から既に緑、推計Dと推計Aは40兆円規模だという話ですよ。これは今現在という話だから、実際に例えばITERも含めていろんな機器開発でこれぐらいの市場規模が今ありますということを前提にして調査されていると、そういうことでよろしいのでしょうか。

○三菱総合研究所

今おっしゃっていただいたとおり、現在進んでいるような研究開発や国際プロジェクト、あと実証炉の開発プロジェクトなどもろもろあると思いますが、その中でも売上げ、いわゆる財とか物、サービスに対する売上高を基本として市場形成をしたということがレポートの中で見受けられているところです。ただ、全てのレポートが全部事細かに開示しているものではなかったもので、一部レポートではそのような前提で試算しているという報告がされておりました。

○寺井委員

そういう意味では、2030年代に発電実証ということになってきて、それが世の中でかなり色々なところがスタートアップも含めてできるようになってくると、この6%という増え方がやや少ないのかなという気がします。だから、その辺のスタートアップの今後の見通しや、あるいは実現可能性のようなもの一つのパラメータとしてモデルの中に入れて考えたらいいのかなという気がします。そこも中身はよく分からないということですか。

○三菱総合研究所

今おっしゃっていただいたとおり、いわゆる物の出荷とか売上高だけではなくて、最終的には売電というような話も市場規模の一つに入るかと思います。その売電などについては入っていないということ、スタートアップの伸びについても既存のスタートアップなどがどのように発展していくかの推計は前提になっていませんでした。そのようなところは具体的な話は載っていませんが、今後市場規模を推計する上では必要になってくる事項かなと認識しております。

○寺井委員

分かりました。いずれにしてもある種の不確実性がかなり入った数字だと理解しましたので、それでよろしいですね。

○三菱総合研究所

はい。

○桑原委員

私も今の寺井委員と同じような質問で、2ページですけれども、市場規模の足元が40兆円あるというイメージが余り湧かなくて、例えば核融合分野における民間の投資金額とかと比べると、かなり大きい数字になっていると思うのですが、かなり裾野を広く取って足し合わせるとこういう数字になると理解をすればいいのかどうか、この数字の意味をもう少し詳しくお伺いしたい。

○三菱総合研究所

今おっしゃっていただいたとおり、裾野を広く取ったということをこの市場規模の中では推計されているのかと認識しております。資料の前提条件で、いわゆる物でしたら工場の出荷額等から足し合わせてというような話が前提としてあったので、どこまで入れているかということは私も判断しかねるところではありますが、もしかしら核融合産業も含めて、核融合産業にいわゆる出荷している企業がまた違う産業に出荷しているみたいなのところもしかしら含まれてしまっている可能性もあるかもしれないということも認識しているところでございます。

○桑原委員

分かりました。そうすると、同じ物が色々な事業者を介して使われたときに何度かダブルカウント、トリプルカウントされているような可能性もあると理解してよろしいですか。

○三菱総合研究所

はい、そのような認識をしております。

○近藤委員

1ページ目について質問がございます。今回、IAEAレポートの経済効果の資料を使われていますが、今、私たちが日本の中で検討していることというのは、発電実証が2030年代ということからすると、商用化開始が2035年というのは随分違うなと感じました。今回このデータを選ばれたのは何故なのか、ほかにどのような経済効果のデータを調べる中で今回のIAEAレポートを選ばれたのか、その辺りについて伺えますでしょうか。

○三菱総合研究所

そもそも商用化開始の2035年というのは、かなりチャレンジングな話であるということはおっしゃるとおりだと思っておりますが、一方では、経済効果予測自体が全世界のものを各エリア別、アジアであったり、欧米地域であったりなどで分けているので、この2035年商用化というところは基本的には米国がベースに考えられております。なので、アジアにフォーカスしたときには、もう少し2040年とか、後ろの方になっていくということもございまして。

こちらの資料を選定した理由ですが、色々な経済効果が予測されている中で、今回の目的としては、まずは経済効果の精緻なものを推定、紹介するというよりは、どちらかという将来的な規模感を把握することに少し重きを置いていたので、まずは、MITによる将来的な建設コスト推移試算をリファーシ、地域ごとの分析をしているIAEAのレポートをベースに議論いただくのが適切かと思ったため選定させていただいております。

○近藤委員

もちろん不確実性があるということには分かっているのですが、このデータがIAEAの経済効果、いわゆるグローバルスタンダードというか、世の中ではこれを基にいろいろなことが動いているということで選ばれたと思ったので伺いました。ありがとうございました。

○前田委員

今、御回答の中にありましたが、1ページも2ページも全世界のトータルですが、エリアごとにあるとおっしゃられていたので、日本版はないと思っておりますが、是非、アジアとかEU、米国含めて、もしエリアごとにあれば教えて下さい。もしくは出典を見れば分かるのでしょうか。

○三菱総合研究所

少し語弊を与える表現になってしまいましたが、エリアごとにフュージョンエネルギーがどれぐらいのシェアを取るかというような試算はされていましたが、エリアごとのGDP試算は出典の資料にはなく、不明です。

○前田委員

分かりました。

あともう一点、先程の質問とも同じようなものです。2035年の発電商用化が例えば2040年、2045年に延びたら、グラフは右にスライドしていくようなイメージですか。

○三菱総合研究所

そうです。そもそも前提としては2035年に始まって、そこからそれがいわゆる商用炉のFOAKだと思いますが、それがだんだんNOAKになり、建設コストとしても学習効果、いわゆる設計の標準化等で下がっていくのがベースなので、確実なことは言えませんが、恐らく後ろ倒しになればなるほど、これがだんだん後ろになっていくと考えております。

○前田委員

スライドしていくようなイメージですね。

○三菱総合研究所

具体的な話は少し検討する必要はあると思いますが、そのようなイメージでございます。

○前田委員

分かりました。ありがとうございました。

○栗原主査代理

私も1ページの質問ですが、キロワット当たりのコストによって線が二つあります。この違いはどこから出てくるかという、コストが安いほどフュージョンのシェアが高まるので、投資額が増える。投資額が増えると結果として経済効果が出てくるという考え方で、GDPへの効き方に差が出てくると考えればよろしいのでしょうか。

もう一方で、モデルを回すときには、エネルギーコストがどれぐらいフュージョンによって下がるとか上がるとかによって、経済に対して成長要因になる場合と押し下げる要因になる場合がありますけれども、そういう考慮はされていないのでしょうか。あくまで、建設投資の経済効果という単純なものなのでしょうか。それとももう少し複雑にモデルを組まれているのでしょうか。

○三菱総合研究所

まず前段の御質問に関しましては、おっしゃるとおりいわゆる建設費が下がっていくと導入量も増えるということの一つの仮定としておまして、もちろん投資も増えるかもしれませんが、純粋にフュージョンエネルギー自体の実装の量も増えていくのが、そこがこのGDPのところに効いているのかなと認識しております。

また、後段の方です。どういうモデルをベースにしているのかについて、こちらの試算のそもそも前提となったMITのマクロ経済モデルの試算をベースにしていますが、具体的な数値までは掲載がなく、いわゆるフュージョンエネルギーが実装することによる電力コストの低下や産業競争力強化を通じた、いわゆる間接効果も一応考慮に入れていきますという話はレポート内に記載がありましたので、そういったところをベースにGDPの便益押し上げ効果を試算したものと認識しております。

○澤田参事官

事務局から質問するのはどうかと思いますが、先ほどの前田委員の御質問に関連して、一度御回答いただきましたが、2035年の商用化開始の仮定について、もし例えば2040年とか2050年になったときにはスライドするとおっしゃいましたが、スライドは、単純にピークは700兆円という規模でスライドするのか、スライドしたときにピークは上がるのか、下がるのかというトレンドとしてはどちらが想定されるのでしょうか。もし今分かったら教えていただきたい。

○三菱総合研究所

なかなか答えづらいといいますが、少し難しいところではあるので、今、明確に何かお答えするという事は差し控えさせていただきます。

かなり個人的な予想にはなりますが、やや上がるのではないかと思います。理由としては、電力需要が全体として増えるのではないかと考えておきまして、そうなると、この700兆円のピークは少し全体の電力量が上がっているのが増えます。形としてはそのままスライドですけれども、縦軸の全体量が増えているので、少し増えるのではないかと思います。

○岡田委員

今の話に関連すると思いますが、例えば1枚目のスライドでやろうとしているときには、まず世界のエネルギーの需要がどう変化するかということが基にあり、それに対してフュージョンエネルギーの割合がどれくらいだという予測があって、このぐらいの年度であればこれぐらいの建設の基数が必要であるためコストが乗っていくと、そんなイメージかと思ったのですけれども、ベースは何か計算されているという理解でよろしいでしょうか。

○三菱総合研究所

はい、御認識のとおりベース、需要量が地域ごとにどうなっていくかということを経験として試算されているものになっております。

○岡田委員

そういう意味でいうと、やはり今後の需要とかそういうところで不確定な要素は結構大きいものかと理解しました。ありがとうございます。

○井上委員

私からの質問は、核融合発電のシェアが2075年に22%とか、2100年に38%となっていますが、このときに、それ以前もそうなのですが、コンピートする電源は一体何なのでしょう、というのが一つです。

もう一つは、建設コストにはいろいろと内訳があります。建設コストというと、機電設備のコストを皆さんイメージされるかと思うのですが、実際のプラントでは機電設備は意外に少ないのです。建設費では、土建とか周辺設備とかの方が大きくなります。核融合は、機電設備にボリュームがあるので大きくなってしまふのかもしれないのですが、コストの中の内訳について質問させていただきます。

○三菱総合研究所

まず、前段のどの電源が競合になるかについて、お手元にあるIAEAの資料でいうと、基本的には再生可能エネルギー等がフュージョンと競合すると一つ見てとれるところでございます。精緻な内容は少し検討させていただければと思っております。

また、コストについては今おっしゃっていただいたように、色々な考え方があると思っております。一つ情報としてあったのは、1ページ目の右下のところにあるオーバーナイト・キャピタル・コストで、更に内訳に関しては、記述、記載がなかったのが、把握し切れていませんが、ここも深掘りできるかどうかを少し検討させていただければと思います。

○井上委員

承知しました。

○尾崎主査

私からも1点教えていただきたい。2ページのグラフによると、現在で5、60兆円の市場規模がありますが、これらはどんなセクターで構成されているのか、積上げの根拠資料はありますか。

○三菱総合研究所

積上げの根拠は、今現在、確認できていないところでした、セクター別では記載がないところがございます。

○尾崎主査

となると、今現在の数字の根拠資料はないということですか。

○三菱総合研究所

いわゆる研究開発であったり、あとは最近の個別の市場にはなってくると思いますが、超伝導磁石であったり、いわゆるヘリオン・エネジーとかトクマク型のプラントの売上高がベースになっているというような話はございました。あとは、純粋なフュージョンエネルギーの開発、設計であったり、要素技術ごとのサービス提供によって得られる収益であったりをベースにしているという感じです。

○尾崎主査

今おっしゃったように、積上げの根拠資料はあるわけですね。

これをお聞きする根拠は、フュージョンのような新しい産業の市場規模の推計を定期的に行い、時系列の変化を把握することが、数年たつてすごく重要になると思うからです。これから政府投資や民間投資の効果をマクロでも測定しなければならなくなりますが、その場合、新しい推計方法を作っていくことになると思います。今、各調査機関がどのような方法を採用しているかはすごく参考になります。今、口頭でおっしゃったことを資料で示していただけるのであれば、是非お願いしたい。

○三菱総合研究所

承知いたしました。

・発電実証への道筋について(マイルストーンの考え方、コストやファイナンスを含む)

事務局の澤田参事官より資料2-2に基づき説明

資料2-2を御覧ください。まず、主査からの御紹介のとおり、マイルストーンの考え方とコスト、ファイナンスについての資料でございます。

1ページ目には我が国の現状を載せております。先に項目だけ目出しますと、2ページ目以降に当面の取組について、を記載してございます。途中の部分から発電実証に向けた道筋、発電実証に向けた支援の在り方が10ページ、同じく発電実証の在り方について、が11ページ、12ページが発電実証の実施主体の在り方について、13ページがコストのイメージ、14ページが費用のイメージ、15ページが費用負担の在り方について、といった項目をこの資料に盛り込んでおります。

後ほど資料3、4をお示ししますが、本日2時間の中で資料2-2に頂いたコメントを結果的に資料3や4に反映していきたいと思っていますので、お時間ある限り、資料2-2についての御議論を頂いて、後ほどの資料3と4は比較的短めな時間でできればいいかなと考えております。

それでは、まず1ページ目をお願いします。

我が国の現状ということですが、我が国の状況を示しています。

1ポツ目は、まずこれまでQSTが中心となってトカマク型によってITER/BAをやってきていただき、それをベースに原型炉計画を進めてきていただいております。

その取組で多くの技術的な知見が得られています。企業がITERの主要コンポーネントを製造するといったサプライチェーンが構築されつつあります。今週の月曜もITER/BA成果報告会があって、私、行ってきましたが、大変多くの企業にも参加いただきました。

3ポツ目、大学等でヘリカル、レーザーといったその他の方式についても研究が進められています。

4ポツ目、近年、スタートアップが複数設立されました。これらの幾つかの方式の中には、高温超伝導(HTS)の採用などによって小型化・低価格化の可能性があつて、大きなインパクトが期待されているものもあるが、他方で、不確実性もあるということです。

このように我が国の技術は世界トップレベルにあるが、その実用化には信頼・安全・経済といったところの実現が必要となる場所なので、トカマク、ヘリカル、レーザーいずれの方式もそれを確約することに

は難しいという状況にあると考えています。これが状況の認識です。

2ページ目が当面の取組ということで、その現状を踏まえて取組を以下の方針とすることが適当ではないかという御提案です。

まず、発電実証とその前段階の研究開発には多くのリソース、人的にも経済的にも必要になります。そのため、どこかの段階で方式等を絞り込み、集中的な支援をすることが望ましいのではないかと。しかしながら、現時点での結論は難しいと。

3ポツ目、こうしたことから、共通事項の開発、基盤整備を進めつつ、今後の進展を評価して支援対象を絞り込んでいくとすることで、次の1、2、3の当面の取組をしていきたいと考えております。その1、2、3は後ほど個別の紙で御説明しますので、ここでは割愛します。

3ページ目がその取組1、2、3です。取組1がITERやJT-60SAなどのトカマク型を発展させていくことで、QSTが中心となって加速する原型炉計画ということです。左の上の方です。

左の真ん中の取組2がスタートアップによるもの、中心となっているものですが、イノベーティブな技術を取り入れることで、実現可能性があると考えられるものについての研究開発を加速すると。実現の鍵となる要素技術の研究開発をマイルストーンによって支援によって加速し、できるだけ早期にそれらの方式の実現可能性を見極めるというものです。

取組3が、各方式に共通的に必要となる要素技術、トリチウムとかブランケット、ダイバータといった開発、炉材料、遠隔保守の開発などについて全てが速やかに確立するように研究開発を推進すると。それに研究開発法人、大学が協力するというものでございます。

これが当面の取組のイメージとして、以前お示した図をブラッシュアップして取組1を追記しておるのでございます。

次のページ、取組1をもう少しブレークダウンしたものをお示いたします。ITER計画やJT-60SA計画をはじめとするBA活動、あと原型炉計画を記載しています。

①番、最初のポツですが、ITER計画及びBA活動、原型炉を見据えた研究開発など、そういったものは引き続き推進する、その技術の多くは磁気閉じ込め方式に共通的に必要になるであろうということを書いています。その概念設計が完了した段階で、以下を評価して工学設計・実規模技術開発を含めた今後の取組の在り方を整理したらどうかと提案しています。後ほどでも御説明しますが、項目としては実現可能性、技術が確立された際の市場性、開発体制などでございます。

5ページ目、取組の2についての御説明です。こちらスタートアップを中心とした取組のうち、研究開発を加速するマイルストーン方式の支援に関係するものです。こちらは前回、宮下室長に御説明いただきましたが、令和7年度補正予算においてスタートアップ等の技術開発を支援する補助事業を措置しています。以下、要約ですが、予算額は200億円×3年間、期間はまず2028年度までということで、この春に公募を開始すると聞いております。補助率は3分の2ということです。3年後も目途に進捗状況を確認し、目標達成されているかなどを判断するマイルストーン方式になっておりまして、スタートアップの目指す個々の方式によって、より詳細な目標が異なることに留意するということです。

6ページ目、それらスタートアップにも共通に必要な要素技術があります。例えばトリチウムの取扱い、ブランケット、ダイバータの開発、炉材料、遠隔保守といったところですが、そのための取組として既に措置済みの部分はありますが、今後も必要になってくるであろうというものを書いております。

1ポツ目が、それについては国研、アカデミア、民間企業が適切に分担・協力して進めていく。共通的に必要となる要素技術のうち、TRL、技術成熟度が低いものは国が主導して研究開発を推進するということです。

そのために2ポツ、フュージョンイノベーション拠点、QST、NIFS、ILEにおいて実規模技術開発等のための試験施設・設備を整備し、民間企業に供用する。その際、3拠点が相互連携し、役割分担をして進めていくということです。

下に表がありまして、こちらは2年前、令和6年の補正と令和7年の補正を一覧にしたものでございます。QST、NIFS、ILE同士の連携も進めていきたいと思っておりますし、スタートアップの方々等もこの表を見て、どこの法人に相談すれば、どの技術が相談に乗ってもらえるかということを知ってほしいという意味で、この表を書いております。

なお、グレーにしたのは令和6年の補正予算によるもの、色付き青のものは令和7年によるものでございます。

更に7ページ、少し技術的な表を今回付けております。こちらフュージョンエネルギーの実現に当たって克服が必要となる技術課題と、その対応関係の例です。

一番右が商用プラント及びフュージョン発電実証プラントでございます。この段階に至るまでには全ての要素技術がクリアされていなければならないと考えております。その一つ左の黄色い列がフュージョンエネルギー発電実証推進事業、先ほどの600億円です。経産省が始めようとしている支援によってクリアされるものですが、ここはこれからの提案によりますので、TBDとしています。

左に戻っていただいて、これまで我が国が進めてきましたJT-60SAと国際協力によるITERによって多くの要素技術がクリアされていると考えております。こちらそのピンクの二つがフュージョン装置、フュージョン炉でございます。しかし、発電についてはまだ両者とも達成しておらず、ブランケットについてはJT-60SAではできないであろうし、あと経済成立については実験炉ではできないであろうということで、そこはまだ不足があるのではないかと考えているところでございます。

最後、真ん中の青ですが、これはコア技術のための試験施設・設備で、先ほど御説明しましたフュージョンイノベーション拠点にそれぞれ要素技術の共通の課題を解決するための設備や施設を今後整備していきます。あとDONESについては、こちら委員の中には馴染みのない方もいらっしゃるかもしれませんが、スペインで国際協力によって進められようとしています中性子の照射の計画がございます。こちらに日本政府も今年度から参画しております。こちらを使って炉材料の実験などをしていきたいと考えていて、これによってスタートアップも必要とするデータが取れると考えてございます。

いずれにせよ繰り返しとなりますが、一番右の最後、実用や商用にいくためには最後、全ての要素技術がクリアされ、更にプラントの統合もクリアしなくてはならないという大きな課題がある、技術的な課題があると考えているものです。

こちらのTRLはそれぞれ今後スタートアップについてもQSTの原型炉計画についても適切に評価をしていくことが必要かと思っております。

8ページ目、発電実証に向けた道筋です。先ほどから繰り返しですがけれども、多くの人的・経済的リソースが発電実証には必要となっていきます。そのため、どこかの段階で方式を絞り込んで集中的な支援をすることが望ましいと考えています。その際に評価すべき点は以下ではないかということで、下に三つの点をお示ししています。

一つ目は実現可能性です。二つ目は技術が確立された際の市場性。三つ目は開発体制です。

一つ目の実現可能性については、要素技術の全てについての確立の見込みが得られているか、要は先ほどの表にもある要素技術です。それが全て見込みのあるものかということです。

二つ目、それを統合するシステムの概念は適当であるかということが実現可能性かと考えています。

二つ目、技術が確立された際の市場性です。市場性を獲得できる見込みがあるのか。その技術を民間事業者が採用する見込みがあるのか。例えば、発電コストについては他のエネルギーと比較して競争力があるのか。試算としては10から30円/kWh程度です。あと、海外の競合と比較して競争力あるかということです。括弧書きですが、フュージョンの実用化には経済性も重要であるということで、市場性が見込みがない方式だと成功につながらないということです。

最後、体制ですけれども、組織体制構築できる見込みがあるのか。ビジネス化に向けて自ら一部費用を負担して発電実証を進めようという意欲のある者が参加しているか、あるいは参加する見込みがあるのかということを書いています。

参考として次のページにありますのは、このうち実現可能性、最初の項目については、文科省の令和5年の核融合科学技術委員会で定められたアクションプラン、原型炉開発のアクションプランです。以下、磁場閉じ込めと慣性閉じ込めの両者に分けて、以下の項目が示されているということです。共通する部分もあります。プラズマや炉材料、安全確保、プラントエンジニアリング、メンテナンス、そういったところは共通していますし、磁場閉じ込めに特有のもの、炉設計や超伝導といったものもありますし、慣性閉じ込めにはペレット製造・入射技術、レーザー開発といったところを特出しで書いているという状況です。

続きまして、10ページ目は、発電実証に向けた支援の在り方について、を示しています。発電実証に向けた支援対象を絞り込んだ後は、実用化につながる発電実証を速やかに実施できるように、実施主体の体制整備などを集中的に支援するべきだと書いています。

注書きとして、その後の実用化につなげるため、発電実証の一步手前を含めて次のページに示すよ

うなものであることが必要であるということの後ほど御説明します。

それを速やかに実施できるように技術の確立や実施主体の整備を推進する。その一環として技術の一部を実証する目的で、簡易な発電実証を行う可能性もあると考えております。

11ページ目、後ほどロードマップもお示しますが、ロードマップを考慮すると実用化の一手手前の発電実証は以下について求められるのではないかと考えておりました、以前もお示しましたが、一つ目は商用プラントの建設・運用に必要な技術的知見やノウハウを獲得できることが必要であることです。その必要な技術は全て実証できるものであることが必要であり、その後の商用化を実現する者が参画していることが重要であるということです。

二つ目は、ビジネスとしてフュージョンが成立することを技術的に示せること、三つ目は安全確保と周辺や地元地域の御理解が得られていることです。

続きまして12ページ目、発電実証の実施主体の在り方についてです。こちら以前、第4回の12月の会議でお示した資料を一部更新してございます。実施主体の在り方として以下が重要ではないかと考えております。

一つ目は、フュージョン発電実証プラントを建設・運用できる技術・ノウハウ・組織体制・資金力を有している主体であること。二つ目は、発電実証で獲得した技術・ノウハウをその後の商用プラントの実現に活用できる者であることとしております。

13ページ目、コストについてお示しています。こちらは米国の取組の例を下に引いております。一つ事務局からの提案ということで、発電実証を日本でも実施していくわけですが、そのプラントのコストは合理的な金額に収まっている必要があります。一つの例として、アメリカは60億ドル未満ということを示していますので、それを鑑みますと、国際競争の観点からも日本のプラントについては約1兆円未満に抑える必要があり、大事なのではないかとしてございます。

14ページ目、これは取扱注意の部分を含んでいたものを匿名にしてお示していますが、J-Fusionから提供されました各スタートアップ企業の発電実証プロジェクトに要する費用です。こちらで書いてありますのは各事業者の現在の試算です。1万億円が1兆円とすれば、計画Aは1兆円から1兆3,000億円といった見込みが示され、Bは9,000億円から1.2兆円、C、D、Eとなって段々下がっていきますけれども、5,000億、3,500億、500億といった値が示されてございます。こういったものを今後1兆円以下にしていくことも大事だと思っています。

15ページ目、費用負担です。国と民間の費用負担の在り方については、以下が適当ではないかということです。最初のポツで、フュージョン発電が実証でき成功した場合、事業化につながるので、事業化を進めようとする者が投資をするべきではないか。しかしながら、フュージョンエネルギーは大規模な技術体系です。まだ実現性の確認の段階ですので、現時点ではリスク、リターンの見通しを得ることは困難です。民間のみでの確保は容易ではないということです。

また、フュージョンの実用化は国民が広く裨益するものということで、国が発電実証に対しても一定の支援を行うことが適当ではないかということです。最後、発電実証はフュージョンエネルギーの社会実装、ビジネス化を目指す民間事業者と国が応分の負担により進めることが適当ではないかと結んでいます。

## ○尾崎主査

続きまして、服部委員から同じテーマでマイルストーンの考え方に関する資料を御提出いただいております。今の事務局の御説明と服部委員の御説明を聞いた上で、まとめて後ほど議論いたしますので、まず服部委員からお願いいたします。

### 服部委員より委員提出資料に基づき説明

私が用意したのは、KPIIに関する整理です。目的は発電実証といっても狭い意味もあれば広い意味もありますので、もう一度レベルを整理すると、より正確な議論ができるのではないかと趣旨でございます。

まず、最初のページを御覧いただきたいのですが、これは二つの軸で整理しております。横軸はリアクター及びその構成要素、又はイネープリング・テクノロジーとも思いますが、そういった二つの軸です。縦軸はTRL又はステージに沿ったものでございます。TRLはここでは3から9まで、また飽くまでこれは

例示ですけれども、3大トカマクで科学的なPoCを実施した後、ITERでもプロト、商用炉ということになっておりまして、社会実装という意味ではTRL9の発電送電の商用炉のところに到達することを想定しております。

そして、ここの言葉にありますように、狭い意味の発電実証は、真ん中のデモ、デモンストレーションという解釈もあるということをお伝えしたいと思います。私が以前おりましたソニーでも、この三つに対応いたしまして、下から順番に研究試作、商品試作、それから量産試作という形で呼んでおります。都度、次のステージに行く場合はベリフィケーションテストを行って、それに合格しないと次にはいけないというような解釈がありますので、狭い意味の発電実証と広い意味の製品化、プレコマercialゼーション又はプロトタイプ、これは厳密には全然違うと考えております。

まず、一番上の商用炉のスペック又は要求仕様が何かと申し上げますと、これ飽くまでも例示でございまして専門家による確認は実施しておりません。また、低ベータ磁気閉じ込めシステムを例に取って考えております。まず、QFusionを30程度で、パワーのFusionは3,000メガワット、又は始まりは核分裂のときもそうでしたが、小型の1,000メガワットクラスから始まる可能性はあります。これに対するパワーの電力は1,000メガワット、1ギガワットです。100万キロワット、それからひよつとすると最初はかわいく300メガワットでスタートする可能性もあります。

可用率、これはメンテナンス期間を除く1年間での動いているパーセンテージは7割から8割程度。稼働率、これは可用率の中でのフルパワーで動いている率ですけれども、90%程度と思われます。そして、発電コストは、10円から15円。

それから、左のパラメータを実現するためには、これらの右の構成要素はきちんと働いてくれる必要があります。例えばダイバータ寿命は一、二年。耐照射損傷、それから炉心の汚染がないことみたいなことを保証する。燃料トリチウムサイクルが確立していて、トリチウム・ブリーディング・レシオが1.15。中性子源が確立していて、ブランケットの出口温度、これが理想的には600度と高いものが多いでしょう。保守技術は確立しているというものです。

その次に、では、これを目標といたしまして我々が今、世の中で証明しているのは一番下の科学的なPoCだけということになります。残念ながらITERは建築途中ですから、実は結果という意味では証明されていない。そういう中で、デモ炉をスタートしてどうするのかということを検討しなければいけないということが難しいところです。

例えばQFusion、ゲインですね。3大トカマクでは大体1でしたと。ITERでは10ということらしいです。最小容量は30が目標だということは、デモ炉で15、プロトで20ぐらい置くのが多分いい感じでしょう。それからパワーフュージョンは恐らく3大トカマクで11メガワットぐらいですから、次、ITERが500、デモが150、プロトは300から600、それを通じて1,000にもっていくというような階段ではないかと思われま

す。それから、電力という意味でのパワーの電気的ですが、恐らくデモでは50メガワット、プロトでは100から200、商用炉の初段で300メガワット、フルになって1,000メガワットぐらいの階段と思われま

す。可用率は30%、50%。それから稼働率、設備稼働率に関してはITERから順番に、これはクエスチョンマークが付いていますけれども、仮説として50、60、80%ぐらいと思われま

す。稼働率は非常に重要で、90%パー・イヤーで1年に1回交換するとかメンテナンスをするという意味でも、その前のプロトタイプピングでどういうことだと合格サインもらえるのかと。恐らく3か月ぐらい動かして、その間80%運転できるぐらいの結果を残さないと、恐らく商用炉サービサーから合格はもらえないと思われま

す。それから、発電コストはプロトぐらいになってようやく見込みが出てくるということですね。

ダイバータ寿命は、あと耐照射性、燃料トリチウムはこんな感じでだんだんと段階的に確度が高まっ

ていくと考えております。ここで全体を見てみると、50メガワットの初めての発電実証というのは、これは過去にはなかったものです。これだけでも非常に大きなインパクトがあると思われま

いかと思われます。何でもそうですけれども、ある程度できるということと商品として完全にできる、お金を取って、これなら世の中に使っていいと、特にこういう発電ものというものは止まってははいけませんから、ゼロミスで完成させないといけないということを考えると、全然違うということを経験する必要があります。ソニーでもよく言われたのは、下から順番に掛かる費用は1、10、100という形でプロトタイプングにお金が掛かるという。又は労力もしかりです。というようなことですので、その覚悟の上での計画を見る必要があるということです。

それからもう一つは、このページの最後です。商用炉のリクワイヤメントの電力会社がこのスペックであれば使ってあげるよ、採用しますよということであって、これと表裏一体としてあるのは、それは誰が造るのかということです。メーカーがこのスペック、それから一定のコスト又は売値でもって私はこれで造りますということです。PL、プロダクトリライアビリティをもって造りますと宣言するメーカーが存在して初めて社会実装は成立するということですのでございます。それが広い意味での社会実装です。ここでは狭い意味の発電実証と広い意味の発電実証は違って、非常に大きな覚悟が要るということです。

次のページに懸念点をまとめました。左から順番に現在のJA DEMO又はFASTのスペックを見ますと、QFusionのゲインが約3と言われております。これはエレクトリシティ、電力で言いますとQEイコール1又は1以下でということになりますから、果たしてこれで上までいってプロトまでその延長線上で結果を残したとして、商用炉ユーザーは受け取るだろうかということには甚だ心配です。受け取らないのであれば、ややイタレーションといいますが、調整が必要でしょう。また、もし受け取るのがオーケーであるなら、これをより大型にした場合にでも恐らく壁の単位面積当たりの負荷というものが増えるでしょうから、それでも大丈夫であるという学会からのお墨付き、検討が必要だろうと思われれます。

二つ目は、真ん中にありますように、太いベルトの線の性能保証的なKPIを満たせるのかという本質的な問題がございます。もう一つは誰が製造物責任を持つかという、さっきの問題がございます。1960年にアメリカで原発が開発されたときはアルゴンヌが中心になってGEとウェスチングハウスがそれを引き取ったという典型的なモデルがあるということは前回もお話しました。最近では、例えば自動運転でいうと、テスラはベンチャーながら自分でやっています。それから、グーグルのウェイモは自分たちでソフトウェアをやって、ハードウェアに関しては別の会社ですね、ジャガーのものを使ってそういうチームアップでやっております。

三つ目は、その右にいきまして、第一壁問題を解決できるか。これは非常にシリアスな問題でアメリカが長らく核融合にDOE予算を付けなかったのは、第一壁がもたないから核融合は駄目であるということを経験していたからです。これは単体としてディスプレイメントパーアトムの材料的なものもあれば単体としてテストできると思いますけれども、開発できればオーケーなのですが、相互作用の結合テストを要するプラズマが汚染されて、その結果ディスラプションが起きるかもしれないというようなことは、本体と結合して実験しないと結果が出ないということで非常に難しい問題です。シミュレーションはある程度進んでおりますけれども、やはり結合テストが必要でしょう。

それから、トリチウムの初期必要量を準備できるか、中性子源による部品性能試験・材料開発を行えるか、一番右は巨大商用炉を建設可能か、経済性はどうかということがあります。

これJA DEMOでも諸々の事情でこのようなパラメータなのですが、EU DEMOの設計では9メートル、3メートル、2、400立米というものですから、非常に大掛かりなものです。ここまで大きくなるとみんなが心配しているのは、果たしてこんな大きいものが材料力学的又は構造力学的に大丈夫なのか。それから現実問題として港からの搬入ができるのかとか、いろいろそのような問題も心配されております。

最後に次のページで、懸念点の別のアングルを申し上げます。タイムライン的な側面でございます。2025年から5年おきについて書きましたが、本体、ブランケット、中性子源、トリチウムと書きました。本体が設計、建設、運転の1、運転の2と考えます。ブランケット、あとはダイバータも同じく、開発して製造・検査・搬入して、搬入据付けは運転の数年前と思われるけれども、実は単体としての性能確認テスト、ベリフィケーションテスト、これで性能がオーケーですから搬入して構いませんということは、中性子源の完成を待たないといけない、厳密には、果たしてこれが間に合うのかということがややクエスチョンマークでございます。

それから、トリチウムに関してもシードトリチウムが数キログラムは必要ではないかという計算がありまして、果たしてこれ十分用意できるのかという心配もございます。なぜかといいますと、トリチウムの生産は現在世界的にはCandu炉がやっていて年産一、二キログラムらしいですね。数百億円掛かる。皆

さん、メディカル系とかいろんなところが既に調達して買いの計画になっていますから、すぐに数キロ買いたいといっても売ってはくれないと思います。したがって、少量ずつ10年で購入しないといけなくて、果たしてそれできるのか。あとは、国内の軽水炉応用で開発できるのかという議論があります。したがって、ここら辺は飽くまでコンサーン、懸念点の例ですけども、これらの詳細検討を前のページも含めまして技術専門部会を設けて検討していただくのがいいのではないのかと思います。

以上、雑駁ではございますが、例として申し上げます。

(意見交換)

○寺井委員

私自身は事務局資料についての質問とコメントもたくさんありますが、まず今、服部委員から非常に明快な絵を提示いただきまして、正にこれは基本的にそのとおりで、本質的には思いました。

発電実証してからその後のステップがまだ幾つかあり、要素技術をしっかりやらなくてはならないという指摘は正にそのとおりで、多分この辺りはQSTもいろいろ検討はされているので、しかるべき時期にまたお話を聞いてもいいと思いますが、やはりポイントは、前から言っていますけれども、発電実証をどう捉えるかです。特に2030年代に発電実証を目指すことが国の方針になっているから、そういう意味でどのように定義付けるかというのは極めて大事です。服部委員の発電実証は初発電実証と書いてあり、5万kWぐらいという話です。それ以外の燃料サイクルやダイバータは余り気にしない、とにかく発電、核融合反応から電気を取り出したということです。

多分QSTのITERサイズ原型炉も2039年に同じような話をされていて、遮蔽ブランケットで熱を取り出して発電するという話ですから、それとはある意味整合しているかもしれません。しかし、その次のフェーズまではまだだし、ITERサイズ原型炉は第3期で出力が100MWになるようにという話もありますので、デモとプロトの間ぐらいという気がします。

報告書のスライドの10ページ目ぐらいに実用化につながる発電実証、実用化一步手前の発電実証、それから簡易な発電実証など、幾つかの用語を使い分けていて、この辺りの中身が今、服部委員おっしゃったようなものに多分該当するのだと思います。ここはもう少ししっかりと定義をした方がいいと思います。2039年に2030年代の発電実証ということを経路で掲げるのであれば、発電実証の意味をどのように定義するか。今回は三つ書いてあります。実用化につながる発電実証、それから実用化一步手前の発電実証、それから一部を実証する簡易な発電実証ということなので、この辺を報告書の中で使い分けていただくのは重要なポイントだと思います。

取りあえず服部委員から出していただいた資料に対するコメントはこのとおりで、非常にしっかりと解析をされていると思っております。

○近藤委員

「当面の取組の在り方」に関して、「早期実現する」とか、「早期に」という言葉が出てきますが、「早期の前提は何か」を伺いたいと思います。核融合戦略検討時には海外における競争的な開発、事業化ということがあり、その中で「危機感」ということも考慮していたと思います。今回の資料においてはそのようなものが全て消えていて、ただ、早期実現していこうと書いてあるので、早くできたらいいよねというふうにも見えてしまって、では、それはいつできるのですかという議論にもなりかねないです。その辺りの前提を確認したいということが1点あります。

それからもう一つ、発電実証できた後に商用化になるわけですけども、そこが「神の見えざる手」というか、何となく自動的に商用化に進めるというふうにも読めてしまうというか、そこに非常に難しさがあるということが資料からは余り見えてきません。むしろ事業化準備フェーズといったようなものが必要なのではないかと考えます。服部委員の資料は、巨大商用炉は建設可能か、経済性はといったような話がありましたし、前回のタスクフォースにおいては廃棄物の話などもございました。要は社会的な課題というのが大きくございます。それらを発電実証が終わってから検討するでは遅いと私は考えております。

もともと「技術で勝ってビジネスで負ける」ということはあってはならない」という考えで、核融合の戦略から今回の社会実装を検討してきていると私自身は理解しているのですが、今、書かれているものと、技術では着実に進められていくのかもしれないのですが、「ビジネスでは制度的に負けてしまうリス

ク」を回避できないのではないかなと懸念を持ちました。

#### ○澤田参事官

今回、早期にといった言葉を書いている場所がマイルストーン方式による支援といったパートでしたので、後ほど宮下室長からお話があればと思いますが、マイルストーン方式で当面3年間の予算を措置していただいています。そちらがまず3年間を見極める期間で、その後に早期に次のステップに進むことを考えているということ。ここだけ早期についての言い方は変わってくるかもしれませんが、いずれにせよ国際的な情勢を踏まえるということは必須だと思いますので、報告書本体での書き方の工夫は考えたいと思いますし、今回の資料2-2の最後の方にもあるように、他国の状況を見ていかないといけないと思っています。

いずれにせよマイルストーン方式をやっている3年のうちに他国の状況も変わってくると思いますので、またその時点で見極めが必要になってくると思っています。

宮下室長、何かございますか。

#### ○宮下室長

そういう意味では、フュージョン戦略の中で2030年代発電実証、その発電実証の定義というか、どういものが発電実証なのかというのは、この場で議論していただいていることだと思いますけれども、例えば服部委員から今日出してもらったこの資料の最後のページ、タイムライン引かれていますけれども、これを見てみると、2030年、2040年の前まで実はそんなに時間はなくて、いろんなことを早期に、それこそ早くやっつけていかなければいけないというのは、これは多分この場にいる皆さんの共通認識だろうと思っています。

経産省が取り組もうとしているスタートアップ等に対する支援も2030年代の発電実証、つまり2040年より前に何らかの成果を出さなくてはならないということを考えると、服部委員のスケジュールラインの中身、例えばコンテンツがもっといろいろあるのかもしれないですけれども、やらなくてはいけないことは相当あって、しかもあと15年、14年ぐらいあるとはいっても、実は時間もそんなにないのではないかなという思いも持っています。

我々の事業、スタートアップ等に対する支援事業についても、いち早く前に進むものをなるべく応援をしていく。いち早く前に進むものは何なのかというものを早めに確定をしていくということも考えながら最終ゴールに向けて、色々なスタートアップの皆さんの思いや計画もあると思いますので、選んでいくということが正にマイルストーンの大きな意味付けだと思っています。

他方、越えられない壁を作っても全員駄目でしたというのも、これもまた違うと思うので、実現可能性と最後、目指すべきところというものを意識しながら、その中で早期にやっっていくというのがそういうことなのだと思います。もともとフュージョン戦略では、他国との様子を見ながら2030年代の発電実証をやらなければ多分国際競争にも負けてしまうという趣旨で、この目標が立てられていると思います。まずはこの目標を実現できるよう早期に頑張っていくということを示しているという趣旨かと思っています。

#### ○栗原主査代理

今の質問にも関連しますが、宮下室長がおっしゃったことはそのとおりだと思います。他方、今回服部委員からリアルな項目と数値を例示頂き、これを見ますと、このマイルストーンを達成するのは相当厳しいなと思ひまして、発電実証の目標とする数値を仮にこのような水準に設定したとすると、そこに至るまでに複数のプロジェクトが並列して進むようなフェーズが本当にあるのか。それとも今すぐにでも有力なものを絞って進めないと達成できないのではないかな。そうすると、国の支援を受けられるプロジェクトがなくなるのではないかなということに危惧します。マイルストーン方式で絞り込んでいくということと、達成すべき発電実証のレベル感と時間軸を考えると、この二つがどう両立するのか、クリアにしていけないと、対外的にも説明できないのではないかなと思います。

もう一つは、服部委員にお伺いしたい。今回、発電実証デモとその次にプロトタイプがあり、そのプロトタイプ自体は商用炉ではないわけですね。我々がいう社会実装はどこに位置付けていいのか。最終的な商用炉までの長い道のりには、発電実証デモまでの期間だけでなく、プロトタイプの期間もあり、この期間が10年単位で出てきてしまうということ、そして商用炉は例えば2050年代という、そんな時

間軸になっていく可能性もあると思いますが、そのような工程だと考えてよいのでしょうか。それから、デモの規模を仮置きしていただいたと思いますが、5万キロワットだとすると、先ほどのアメリカのケースですと、このレベルをやるための投資額は1兆円という数字だったと思うので、やはり日本においてもこのデモをこの規模感でやろうとすると、1兆円ぐらいの投資になると試算されるのではないかと思います。その辺はどうでしょう。

#### ○服部委員

今の御指摘は大変重要なもので、結論から申し上げますと、やり方で何か日本風のスマートな進め方ができれば、それがベストです。特に工夫しなければアメリカのCFSのようにスパークで2,000億か3,000億を使い、更に次のARCで1兆円近く使うという計算であり、それを踏襲すると日本でも同じことになるので、恐らく大型のものを2台造るのはなかなか難しそうです。そういうことを鑑みたQSTの計画だと思いますが、ただ、QSTの計画でいうと、あのまま本当にソリューションになるかどうか、まだ少し疑問が残る。

このため、まず方式的ステップ論で言うと、日本での昔の計画はデモを造りプロトを造るという二つに分ける計画であったと思いますが、恐らく時間的・予算的な制限からデモとプロトを一体化した計画になっています。それはそれで悪くないと思います。なぜならば、一つを造るのにとつともなくお金が掛かるので、その中を外側に変えないで中身を進化させていくという、そういう一つのものでデモアンドプロトというシリーズを進めていくやり方は現実的にはあると思います。ただ、今は、QSTの計画でいいますと、コストと時間的な制限からITERのトロイダルコイルをそのまま流用するということですから、それでDT反応をやると中性子のシールドとかブランケットを入れるとかで、どんどんプラズマが細くなってしまい、パワーが出ない計画となって、ラージQでいうと、余り説得力のないことになって致し方がない。何とか制限を緩めて、トロイダルコイルを大きくしてパワーを上げるやり方かもしれませんし、トロイダルコイルはそのまま、ブランケットと中性子シールドをきちんと薄くして何とかやりようを見る。あとはシミュレーションその他でカバーするというようなやり方もありますが、何も工夫しないと、御指摘のとおりとつともなく高いものになるし、時間も掛かる。今の計画で何とか知恵を絞ってプロトアンドデモを一気に、ただしうまくパワーももう少しあるし、中身もきちんと説得力あるものにするという方法が恐らく残されたので、そのために大学も含めた日本の総力を結集するのがよい方向性ではないかと思われま。

#### ○栗原主査代理

そうすると、ハイブリッド的なデモアンドプロトというステージが仮にあるとすると、その中のどこかの段階で政府が言うところの発電実証2030年代後半という点というか線がある、そんな感じになるわけですか。

#### ○服部委員

そうです。ただ、これまでのいろいろな御説明を伺っていると、第1目標と第2目標というのがあり、皆さんが言われている発電実証はスタートアップも含めて第1目標は、ここでいう狭い意味のデモだろうと思っています。ですから、とにかくブランケットを通じて核融合発電ができたということはものすごく大きなインパクトがあります。しかし、それが本当に商用化、コマースャリゼーションのプロトになるのかというと、1年間もつのかという保証は多分ステップ1では得られない。コスト目標も難しい。実は商品として世の中が求めているのは1年間しっかりストップしないで稼働できるものということですから、それには第2目標が必要で、今、余り議論されていないですよ。これからそういう議論をきちんとやるということが必要だと思います。

#### ○寺井委員

今の件で補足を。

第2目標という話で、正にそのとおりです。ITERサイズ原型炉は正にそういうステップでやろうとしていて、おっしゃっている狭い意味での発電実証は第1目標です。第2目標はつまり第2段階、第3段階とあり、そこにはブランケットを付けて普通の王道的な方法で発電しよう、ただ、それが2045年になっているのです。そこでも出力はそれほど出ず、5万とかそんなところ。先程の服部委員の資料でのJA

DEMOがちょうどプロトとデモの間です。本当は両方合体したものを造ろうと考えましたが、2039年の発電には間に合わないということで、先程お話をさせていただいたようなITERサイズの原型炉にして、詭弁的な感じですが、そういう方法でとにかく2030年代に発電実証をやりますという方向に変えつつあるということだと理解しています。そうはいいながらも、国としての方針を出している以上は、それにある程度マッチした計画でいく必要があるので、そこは致し方ないのかなとは思いますが。

そういう意味では、今、QSTを中心に考えるという話になっていますが、スタートアップにどこまで期待できるかは、私はまだ半分サスペンションではありますが、例えばスタートアップがすごく先進的なもので、例えば高温超伝導マグネットなどを使って、これも多分最初の発電実証というのはITERサイズ原型炉の第1段階とはそんなに変わらないと思います。ただ、ブランケットを付けるとは言っているので、それが実現できるかとかも分かりませんが、そういう意味で、少しQSTオンリーではなくて、もう少しスタートアップを支援する、もちろん支援することになってはいますが、もう少し最終的な発電実証まで目指す形で支援できるような格好が大事かと思えます。

ついでながら言わせていただくと、スライドの4ページにQST中心の原型炉計画が書いてありますよね。それを加速、この意味が私はよく理解できていなくて、JA DEMOのことであるのか、あるいはITERサイズ原型炉であるのか、そこが曖昧という気がします。

実際に、これはアクションプランがスライド9に出ていて、これは文科省のアクションプランでしたけれども、そこにやはりJA DEMOの話が書いてあり、その条件をという話になっているので、QSTが中心になった原型炉計画、あるいは今後の国としての原型炉計画というのでしょうか、それをもう一度しっかり定義していただく必要があるかと思えます。

多分、私のイメージは、実施主体と絡みますが、官民連携ではないかと個人的には思っています。どういう形で事業主体を官民連携へ図っていくかというのは、多分、色々な観点からの議論が必要だと思います、そこも含めて検討すべき話かと思えます。

#### ○澤田参事官

今、4ページのQSTが中心となった原型炉計画についてのコメントございました。これは我々、内閣府、文科省がこれまで進めてきましたが、現在、委員の皆さまがおっしゃっていたように、QSTがもし2030年代の発電実証を目指すなら、ということで、彼らも頑張っって色々な計画を作ってくれているという段階だと思います。それはフォアキャスト型で技術を中心に検討されてきたと思いますが、この社会実装タスクフォースでは委員の皆さまに御議論をいただいてバックキャスト、コストの面とかそういった在り方も含めて御議論を頂いたと思っています。この社会実装タスクフォースはまた違う座組になりますけれども、そちらでまたQSTが中心となって、これまで進めてきた原型炉計画に対して、ここで得られた知見というか、バックキャストの考え方をもう一度議論してもらうことが必要かと考えております。加速というか、これまでどおりに単に進めるということではなくて、もう一度コストも含めての見直しが必要ではないかと考えております。

#### ○寺井委員

分かりました。だから、加速と書いてありますけれども、再検討のような感じになりますか。

#### ○澤田参事官

はい、もちろん技術的には信頼できるものではないかと考えておりますが、コストの面で本当にそれが見合うのかという、今、問題提起を頂いたと思っていますので、検討していかなければいけないと思っております。

#### ○寺井委員

それで結構だと思います。低温の超伝導マグネットを使ってという話なので、そこは例えば高温超伝導マグネットが使えれば、また違った描像が見えるという気もしますので、その辺は官民連携で進めていくしかないかと理解しています。

## ○前田委員

今、この話をするのが適切かどうかは分からないが、この①の内容について、QSTが中心となった原型炉計画を加速することは100%アグリーだと以前から思っていた。

一方、QSTとしては③の検討も進めなければいけない。一方、この12ページを見ると、発電実証を実施する主体は二つ項目書いてありますけれども、特に一番下の方です。その後の商用プラントの実現に活用できる者であること。こういったことを勘案すると、ここからは意見ですけれども、QSTが今の体制のまま、この原型炉を検討していくよりは、その部隊を英国方式ではないのですが、QSTから民間に徐々に移してスピアウトするような形に。ベンチャーを作れと言っているわけではないのですが、QSTから原型炉検討する部隊をどんどん民営化に移していきながら、そこを主体にしたほうが良いのではないかと。要は発電実証を全部民でやる。今、官民連携という話がありましたけれども、その方がやりやすいのではないかと気が前々からしておりました。なので、今の体制からもうランク上げて、全部民でやった方が日本の総力を結集するという意味でも効率が良いのではないかと思います。

## ○桑原委員

先ほどの寺井委員がおっしゃっていたことが正にそのとおりでだと思っておりまして、やはり実現に向けて非常に高いハードルがある中で、しっかり民間の力も活用しながら総力を挙げて戦っていくということが必要だと思っています。

そういう意味で、5ページで書いていただいている、これから始まる発電実証に向けたスタートアップ等の技術開発を支援する補助事業というのは、非常に重要な取組だと考えておりまして、このことは幾つか資料の中にも書いてありますけれども、フュージョンエネルギー社会実装に向けて資金面でも人材面でもリソースが不足していく中で、リソースの割り振り方をどこかに集中してやっていくということももちろん大事です。他方、リソースのパイ全体を大きくしていく、民間資金をしっかりと呼び込んでいく、それから、他産業から人材を巻き込んでいく。そういった意味でも、②の取組というのは非常に重要だと思っております。この取組をしっかりと将来のフュージョンエネルギーの産業化に向けた起爆剤として使っていくということが重要なのではないかと考えております。そういう意味で、スタートアップの力を有効に活用していただきたいと思っています。

それから、先ほど近藤委員がおっしゃっていた、技術に勝ってビジネスで負けるというところに関連しますが、8ページ目の絞り込みの方法で、これは当然今後プロジェクトが大型化していく中で何らかの絞り込みを行わなければならないというところは本当にそのとおりでだと思っておりますけれども、果たして「方式」の絞り込みというのが正しい表現なのかというところは少しコメントしたいと思っています。これは、あたかもある一つの優れた技術方式というのが選別できて、それがあれば自然と社会実装されていくといったような評価基準のように見えますが、実際どのように社会実装されていくかということを考えると、どの方式にも一長一短がある中で、その一長一短ある技術方式を担いだ企業が必要な資金ですとか人材といったリソースを調達して事業化を行うという活動を通じてのみ社会実装がなされていくわけですので、この絞り込みというのは「方式」を絞り込むのではなくて、支援対象とする「企業」を絞り込んでいくということが適切なのではないかと考えます。

その観点から評価軸を見直しますと、実現可能性という1ポツ目は、これはあくまで技術的な観点での実現可能性とくらわれるべき項目でございまして、これはこれでももちろん評価軸の一丁目一番地であるべきではあると思っておりますけれども、社会実装を目指すという観点では、事業化の可能性というのも同等に重要だと思っております。そうやって見たときに、例えば「市場性」という表現は少し曖昧だと思っております。技術的に確立された際に市場性を獲得できる見込みはあるかというのは、支援対象とする企業が果たして事業化する能力があるのかですとか、「事業化可能性」という観点で評価すべきではないと思っております。

こういった説得力のある事業計画を策定する能力があるか、事業計画を実行するという経営者のコミットメントがあるか、そのような観点も含めて、どういったところを支援するかということを経り込んでいくべきかと思っております。

類似の事例として、宇宙分野でも宇宙戦略基金という大きな基金があります。その中でもこういった観点、評価軸の中にも含まれているかと思っておりますので、そのような事例も参考にしながら選別していくことを考えていただくとよいと思っております。

また、服部委員から御説明のあったKPIについては、評価対象の項目としてはそのとおりだと思いますが、取り組む方式やアプローチによって進め方が異なってくるのだと思いますので、こういった商用炉に必要な項目というのは意識しながら、それぞれの主体がどのような形で技術を高めていくのか、それが妥当であると専門家の目から見て評価されるのか、まずそのような観点で考えていくのが適切なのではないかと個人的には思います。

#### ○井上委員

まずは炉の大きさですが、だんだん皆さんもお判りになってきたと思いますが、小さくするのはなかなか難しいのです。最初は、炉に高温超伝導マグネットを使ったら小さくなる可能性があるのではないかとか、いろいろな予想とか期待があったと思いますが、皆さんが今ここでご覧になっているとおり、発電炉としてのゴールでは、大きさはITERとほとんど同じになっています。そうすると、幾つかのスタートアップ、トカマク式もヘリカル式もですが、どうやら何か同じものに向かっていってしまう可能性があるということです。今はQSTが技術で圧倒的に進んでいる、持っている、という状況で原型炉を造ろうとしていて、スタートアップがそれに追いつけ、追い越せてやっていくことになるのだと思いますが、何を差別化するのかということがなかなか見えづらい。例えば原型炉より早く造れます、安く造れますとか、小さく造れるとかもあるかもしれませんが、現在の実証された技術の延長ではなかなかそこが見えてこないのではないかと思います。今後には技術のマイルストーンの達成や、具体的に最終的なビジネスをするものとしての素養の評価もあるかもしれないのですが、そういう差別化するところをきちんと見えるようにしていただいてから競争を始めていただいて、その差別化が達成できないのであれば、即刻脱落していただくというぐらいにしないと、ずるずるといってしまうのではないかと懸念します。

今は、サイエンティストがスタートアップを組成しています。QSTもサイエンティスト主体ですので、事業主体になり得ない、なりづらいだろうという意見は自然で、どなたかが話されたように、民間がやるべきだとは思いますが。民間というよりも、どちらかというとエンジニアリングや、ニュークリアプラントをオペレートができる者がするべきではないか、そういうふうにあります。

さらに炉のサイズのことですが、私どもはITERの部品を作った経験がありますので申し上げます。ITERより大きいものを造るのは、今の産業界のリソースではほぼ不可能です。それをしようとするれば、屋根のあるところでは造れないのです。橋のように屋外現地で造っていくことになります。今ある製造リソースではそうなります。買ってくる材料のサイズにも制限があります。例えばここに示されているITERの1.5倍サイズのEU DEMOのようなものを造るとすれば、小さい素材材料の部品をつないでいくぐらいしか造る方法はなく、出来上がったとしても、道路は通れないし、クレーンでも運べませんので、屋根のある工場では造れません。そういうこともあって我々は、QSTさんにはITERサイズでお考えいただく事を提案しています。

その前提の上で、QSTさんは、寺井委員がおっしゃったような、いろいろな技術開発をしながら、高性能化してゆこうとされています。おそらくほかのスタートアップも同じような道を行くのではないかと思いますので、先ほども申し上げましたように、同じところにたどり着いてしまうような強い予感があります。ですので、この点に関しての差別化点をきちんと主張していただき、コストも先ほど言いましたとおり、機械・電機設備のコストの比重がそれほど大きくはないことも踏まえて、安くできますとか、小さくできますとかのリアリティ、そういったものをしっかりと評価していただきたいと思っています。

#### ○岡田委員

我々電気事業者という観点でいうと、正に最後先程の第2目標でありましたけれども、実際に発電して電気を使っていただく、それは最終的にはお客様に停電しないようなるべく良質の電気をお届けすることなので、技術的にしっかりと成立して確立されているものでなくてはならないと思っています。

そういう意味で今、服部委員が用意していただいた資料というのは結構、的を射ているかなと私も思っています。こういった技術的に確認しなければならないものは何なのか。また、実証炉の目指すところはどこなのか。第2目標もあれば第1目標もあればと、そこら辺は今この場でも大分頭が回ってきたのではないかなと感じているところがありますけれども、その上でこういったことは進めていく必要があるのではないかなと思っています。

こういう技術的な目標について、正に資料2-2の9ページのところにも、いろいろな技術的に何か考

えなければならぬことを項目として記載されているかと思っているのですけれども、こういうところも踏まえ必要な要素を出しながら、最後何につながっていくかというところ、ロードマップ右下のところの現状からこれから必要な会社を絞り込んでいくことになるのかと思いますので、この絞り込みのときの判定する評価基準みたいなものになっていくのかと思いました。

結局そういう基準がないと、この先どこを見てやっていこうかというところで、いろいろな関係者、意見があり頭が合っていないところだと思うので、技術的な話をこの場でやるかどうかはまた違うかなというところはあるのですけれども、そういったことは少なくとも必要かと思いました。

あとロードマップ、先程の①でQSTが原型炉をやっていくというところで、その原型炉も今、井上委員からあったとおりで何を狙っていくかというところをしっかりと定義していく必要があると思っています。先ほど民間の方にQSTの技術等を開示していくというようなところもあったかと思いますが、逆にスタートアップとかでQSTの方に来ていただくような、そういうやり方もあると思います。今、正直いろいろな会社があって、それがどんな技術を持っているかをなかなか開示しづらいところもあると思うので分からない部分はありますけれども、短時間でやっていこうという話になると、その辺りをしっかり連携していくような仕組みというのは少なからず必要なのではないかと思った次第です。

## ○服部委員

端的に2点申し上げます。

11ページですけれども、真ん中辺に今後のロードマップの一つの重要な点として、その後の商用化を実現しようとする事業者が参画しているという記述がありますが、私はこれまでのいろいろな議論ともかぶりますけれども、もうステップ踏み込んで、製造責任を持って事業化することを表明することを期待するとか、プロジェクトが終わってから、それがメーカーなのかプラントエンジニアリングカンパニーなのかは分かりませんが、そこら辺の部分を飽くまで目標として書いた方がよいのではないかと思います。

それから二つ目は、最後のページのファイナンスですけれども、ひょっとすると、もう少し後のイシューかもしれませんけれども、広くファイナンス的な協力を産業界から仰ぐと期待するというような観点ですと、恐らく商社とかものづくり以外の方々からも参画していただく方が良く、そうするとポイントは何かというと、ビジネススキームです。彼らが資金を投資してくれることがどういう形でリターンになるのかということを作る、形式化してあげることが重要です。やり方は幾つかありまして、よくやるのはSPCです。スペシャル・パーパス・カンパニーという特別目的企業、会社とか言いますが、そういうところに知財とか、又は最近のやり方でいうと、将来のカーボンの取引権です。そういう売買権を権利化して、そこが行うというような形でしっかりリターンを形にしてあげることが非常に重要ですので、どこかの段階でそういう議論もするといいたいのではないかと思っています。知財の例で言うと、イギリスのARMはそれで大成功していますし、日本でもスケールは小さいですけれども、Suicaの技術を持っているフェリカネットワークカンパニーがソニー、NTTとJRでやっています。幾つかそういう工夫をしていくのがよいのではないかと思います。

## ○桑原委員

今、服部委員がおっしゃったとおりで、そういった事業のプランも含めて考えられるような主体をしっかりと支援するべきかと思っています。

もう一点、ファイナンスの観点でいうと、特にスタートアップを今後選定していくというところもあると思いますが、スタートアップはどうしても資金力が通常の大企業と比べると乏しいところがありますので、過去の資金調達の実績や今後の資金調達計画の信憑性も十分に精査した上で、支援対象を選ぶべきかと思っています。

もう一点、すごく瑣末な点で申し訳ありませんが、8ページ目の評価支援で、発電コストについて10から30円/kWh程度となっているかというところがありますけれども、もちろん長期的にはこういったほかの発電方式との競争力というのは非常に大事だと思いますけれども、例えばベースロードとして使うのか、それとも違う用途があるのかといったところによっても変わってきますし、再生可能エネルギーのように社会実装が進む中でだんだんコストが下がっていくという面もあると思いますので、そういう面も加味した上で目標設定されるのがよいかと思っています。

## ○近藤委員

2点発言させていただきます。安全と知財についてです。

今の資料を見ていますと、核融合分野で国家として何を知財として守っていくのかという観点です。何をオープンしていくのかという基本的なスタンスが入っていても良いのではないかと思います。確かにこれまで研究開発の段階で国際協力や知の共有を重視しているということだったと思いますが、今後は日本の中で生まれた技術や知見をどのように国内につなぎ止めていくのかという、その設計は必要だと思います。実際に商用化を担っていくときに、今、桑原委員がおっしゃったように、スタートアップは欠かせない存在だと思えますし、イノベーションの担い手でもあります。しかしながら、資金や組織面ではやはり脆弱です。なので、合理的な経営判断として、もしかしたら知財や事業の重心が海外に移る可能性等もあるのではないかと私は考えてしまいます。ですので、こうした組織特性を前提に、仮に撤退や移転が起きた場合、知見をどのように社会に残すのかという、そういう観点も今の段階で考えてもよいのかと思います。要は今まで研究段階のオープン性といったものを今後の段階に移ったときに、国際競争をどう切り替えていくのかということについて知財の観点からも整理が必要ではないかと思いました。

それから、安全については発電実証の中では安全という言葉だけで具体的には書かれていなくて、取りまとめ資料の方には書かれているのですが、この場で言うのが適切なのかは分かりませんが、少し原子力とか核に軸足が置かれ過ぎているのではないかと思います。

核融合のプラントということを見ると、やはり複雑で巨大なプラントであるということに変わりはありませんし、電気機械、工作物を扱っていくという観点もありますので、核だけではなくて、そういった「巨大な複雑性のあるプラントの安全性をいかに確保していくのか」という観点も入ってもよいかと思いました。

## ○尾崎主査

私から服部委員にお聞きしたい。マイルストーンについては、このタスクフォースでは理念とか大枠を決めて詳細はエネ庁の宮下室長のところで議論されると認識しています。

今までマイルストーンに関する定量的な目標をこのタスクフォースでは話していませんので、こういう資料は非常に有益です。確かに定量的な目標を出すのは重要ですが、数字が独り歩きして計画が硬直的になり進まなくなるリスクも同時にあると思います。現に米国政府エネルギー省のマイルストーンでは、政府側は定量目標を出さずに事業者側に出してもらって、その目標が適切かどうかを審査している。どちらかの方法だけを取るべきという意味ではありませんが、うまく間を取る必要があると思います。これについてどのようにお考えですか。

## ○服部委員

そこら辺は極めて重要な現実的な問題だと思っていて、私自身こういう数字をエクспリシットに提示しなければいけないということ言うつもりは全くありません。ただ、現実的にどういう形で計画を進めていくのかというのは、最適化して適したスキームで適した段階で作っていくのがいいと思いますので、それにこだわるつもりはなくて、ただ、私がこだわりたいのは、発電実証とは何かといったときに、発電実証すら世の中すぐにバトンタッチして民間にできるのであればと取られてしまうのがやっぱりまずいですよね。なぜならば、世の中がそうやっちゃうと、その後で何でまだできないのかというお叱りを受けることもありましょうし、それから、発電実証の第1目標だった段階で、もうできたかなとみんな思っていて、あとはもういいよね、予算ないよと言われたときに、いやいや第2目標をやらないと実証にならない、コマースャリゼーションにいかない、それにはもっとお金が要りますよといったときに、お金ないよね、じゃ、もう終わりかとか核融合は終わりだというのは、これもまたおかしいです。

したがって、私が今日お出しした一番重要な目的は、発電実証という定義をどのように定義する、きちんと伝えるのかということ議論するためには、ある程度数値的なことも必要ですよということをお出ししました。どう使うかはお任せしますといえますか、適した形で使っていただければいいと思います。

## ○尾崎主査

どうもありがとうございました。

是非、以後お願いいたします。

○宮下室長

5ページ目で説明させていただいていますけれども、マイルストーンの定量的なもの、特に我々の事業で短期的なマイルストーン、最終目標は発電実証について、この場で議論していただいているものになると思いますが、短期的なマイルストーンはスタートアップにいろいろな方式もあるので、これだと定量的に示すのはなかなか難しい部分もあろうかと思っています。

他方、発電実証に向けた大きな目標、これは定性的なものもあれば、もしかしたら定量的なものも入れられるのかもしれないですけれども、そこはしっかりと作った上で、5ページ目の下の方にあるように、米印にありますけれども、発電実証までの計画体制が各事業者、スタートアップも含めて事業者に提案していただいて、それが大きな目標に沿っているかどうかというところでまず判断をしていくというのが大事なポイントだと思っています。もちろんそれが進んでいく中で、このマイルストーンを更に定量化するところだよなというふうな形に、より具体化されていくものもあるかもしれないですけれども、この春の公募はそういうような形で多様な主体から提案をしてもらって、大きな目標に沿うような形でスケジュールを出してもらうというのが今、検討している内容でございます。今日の議論も踏まえながら検討したいと思っています。

○寺井委員

今の宮下室長の話に関連しますが、このような3年ごとに区切ったマイルストーン方式の支援は非常にすばらしいと思います、これまで余りなかったのです。そういう意味で、今後どのように設計していくかは経産省がご担当ということですが、マイルストーンと同時に2030年代の発電実証があります。それを実際に商用化する際のビジョンが多分同時に必要だと思います。だから、ロングタームのビジョン、2030年代の発電実証というターゲットと、そこに向かって幾つかのマイルストーンを設定していくという、そういうことだと思います。

マイルストーンの設定については、どこまで定量化できるかでいろいろな議論が多分ありますが、項目ごとに実施していくようなことも多分あって、こういう項目を実証してくださいとか、そういう方法もあるのではないかと思います。

それから、5ページ、矢印のところから右の方に、令和7年度補正予算においてフュージョンエネルギーの発電実証に取り組むスタートアップ等と書いてあります。スタートアップだけではなくて、例えば大きな企業もありだし、場合によってはQSTもありかもしれないなと読みましたが、もともとQSTは実証炉に関しては特別な予算措置は多分ないのです。QSTを支援するつもりで言っているわけではありませんが、このため、ここの「等」をどう読むか、これも経産省で御議論いただければ良いのかと思いますけれども、いずれにしても発電実証を早期に実現するためのいろいろな取組と理解をしています。

○恒藤審議官

皆さんいろいろ御意見ありがとうございます。

今の議論をお伺いして一つ思ったのは、冒頭に近藤委員がおっしゃっていましたが、発電実証がうまくいった後、ビジネス化していくというところについても、やはりそこも大事なことで、何かしら政策的な対応があったら、それも検討しておくべきだという御意見いただきまして、確かにそれがもし何かある程度整理できるというとは思いますが、とはいえ皆さんから知恵を頂きながら、もし整理できればしていきたいと思っていますので、またメールベースなどでもお知恵を頂きたいと思っています。

それからもう一つは、今日御意見を頂いたところを踏まえて取りまとめに向けて作業していきたいと思っていますが、早期にという言葉が何を具体的にイメージしているのか、また、今、寺井委員からは2030年代、あるいはその後の実用化に向けてある程度の具体的な年数をイメージした絵が描けるとよという御議論も頂きましたけれども、他方で服部委員から出していただいた資料の最後のページを見ると、2030年代の発電実証を真面目にやろうとすると、すぐにでも取り掛からないといけないということをお考えすると、本当のゴールは発電実証自体が目的ではなくて、フュージョンエネルギーを実用化し、実際にそれが普及をして、エネルギー源として使われる、また、新しい産業として海外への輸出ということも出てきていくということなので、そういったものにつながる技術、あるいは発電実証でない意味

がないということもあるので、誰にどういうものを、どういう人を国が集中的に支援するのかというのを拙速に判断することが、結局長い目で見ると国にとってほかのものをやったらよかったねということになり得る可能性もあるので、何を申し上げたかったかという、2030年代の発電実証を目指す国の政策として出しているものの、やはり国として一番いい結論を出していくことが大事だと思います。レポートの書き方については国としていい判断ができるような、その礎を作っていきたいと思いますので、たたき台を作って御相談をしていきたいと思います。どうぞよろしくお願いいたします。

#### (4) バックキャストによるロードマップについて

事務局の澤田参事官より資料3に基づき説明

資料3はロードマップのたたき台を示しております。これを年度末までに取りまとめたいと思っております。

前回から変えたところを赤字で記載してございます。先ほど近藤委員の御質問に答えそびれてしまいましたが、当面の取組というのは、例えば現状から真ん中のフェーズにいくまでが当面の取組と考えております。その後の実用化一歩手前の真ん中の部分から発電実証に至るまで、全く神の手で進むわけではなくて、こういった細かいステップが必要だろうとロードマップ全体版には書いていくつもりでございます。

この前の御指摘を踏まえまして、赤い字の部分を記載ないしは再整理をしてございます。こちらについて時間が迫っていますので、もしコメント等ございましたら、メールでも結構でございますし、次回の委員会で御発言いただいてもいいかと思っております。

#### (5) タスクフォースの報告書案について

事務局の澤田参事官より資料4に基づき説明

最後の資料4でございますけれども、こちら目次がまずございます。バックキャストでこちらも書いていますので、実用化段階から現在に向かって時間が逆転してバックキャストしています。前は2ポツ、3ポツ等の部分が余り書いてありませんでしたが、赤字でぱっと見ていただくと、かなりの量を事務局で記載してございますが、そのベースとなっているのはこれまでお示したパワーポイントの資料ですので、そちらにコメントいただければ、また今後反映したいと思っております。

ただ、1か所だけ、4ページです。4ページに一つ、フュージョン発電実証プラントについてという定義を今回、これまで原型炉なのか、QSTが中心となって計画している原型炉のことなのか、フェーズとしての原型炉なのかといったところの使い分けが曖昧だったところがありましたので、こちら今までの資料になかった部分として米印で1か所、この報告書に追記しようかと考えています。時間はありませんが、これもメール等、又は次回のタスクフォースの場で、こういう定義がより適切ではないかというコメント、又はこの定義でよいのではないかというコメントがありましたら、事務局までお寄せいただければ大変有難いと思っております。

#### ○恒藤審議官

今日の議論を踏まえて、またこれを修正したものをお送りするという事でよろしいですね。

#### ○澤田参事官

はい、そのとおりにお願いいたします。

### 3. 閉会

開会の挨拶

#### ○澤田参事官

本日は活発な御議論をありがとうございました。

議事要旨については非公開の情報を削除した後、議事要旨の案を作成いたします。この議事要旨の案を委員の先生方に御確認いただいた後に内閣府のウェブサイトに掲載予定です。

次回の日程についても詳細は事務局から場所等も含めて御案内したいと思っております。

○尾崎主査

それでは、第5回フュージョンエネルギーの社会実装検討タスクフォース、これで終わります。お忙しいところ、どうもありがとうございました。

以上