

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3回)議事要旨

I. 日時 : 令和7年11月7日(金)15:00～18:00

II. 場所 : 中央合同庁舎4号館8階 1214特別会議室

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
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

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
岡田 融	電気事業連合会 原子力部長

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
井上 諭一	内閣府科学技術・イノベーション推進事務局統括官
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 原子力技術室 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
梶谷 秀樹

内閣府科学技術・イノベーション推進事務局参事官補佐
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

発表者

議題2:

坂本 瑞樹 核融合科学技術委員会 原型炉開発総合戦略タスクフォース
第12期主査
坂本 宜照 国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構
核融合炉システム研究開発部 次長

議題3:

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

議題4:

坂本 宜照 国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構
核融合炉システム研究開発部 次長

議題5:

大山 直幸 国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構
フュージョンエネルギー推進戦略室 室長
山田 弘司 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
兒玉 了祐 大阪大学レーザー科学研究所 所長

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) 原型炉に関するこれまでの検討の経緯について
 - (3) 安全確保に関する検討状況
 - (4) バックエンド対策について
 - (5) 発電実証に向けた共通基盤について
 - (6) 社会実装に向けて必要となる取組について
 - (7) その他
3. 閉会

V. 配布資料

- 資料 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 2-1 核融合科学技術委員会 原型炉開発総合戦略タスクフォース
坂本主査提出資料
- 資料 2-2 QST 提出資料
- 資料 2-3 原型炉に関する我が国の過去の検討状況
- 資料 3 原子力規制庁提出資料
- 資料 4-1 QST 提出資料
- 資料 4-2 J-Fusion 提出資料
- 資料 4-3 英国及び米国におけるバックエンドに関する取組について
- 資料 5-1 QST 提出資料
- 資料 5-2 NIFS 提出資料
- 資料 5-3 ILE 提出資料

VI. 議事要旨

1. 開会の挨拶

○尾崎主査

第3回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を開催いたします。

本日もお忙しい中お集まりいただきまして、ありがとうございます。

前回と同様、今回も検討項目がたくさんありまして、3時間の開催になっております。途中、前回と同様に休憩時間を入れます。一応議題4と5の間を想定しております。

まず、委員に変更がございます。電気事業連合会で異動があり、大塚委員が原子力部長を御退任、今月より岡田様が御着任されました。つきましては、岡田様に本タスクフォースの委員もお願いすることになりましたので、御了承をお願いいたします。

なお、今回委嘱手続が未了ということで、主査の権限でオブザーバーとして御参加いただきます。

まずは岡田様、一言御挨拶をお願いします。

○岡田委員

大塚の後任で電気事業連合会から参りました岡田と申します。くしくも名前は核融合の融と書いて「とおる」と読みます。

私、バックグラウンドとして原子力発電所の運転員、また、電気計装設備のメンテナンス関係、あと、人材育成といったところに係る業務を経験してきております。本日はオブザーバーとしての参加となりますが、今後ともよろしくお願いいたします。

○澤田参事官

本日、岡田融オブザーバーを含め9名の委員に御出席いただいております。

続けて、議事及び資料の確認をさせていただきます。

まず、お手元の議事次第に記載のとおり、本日は文科省の核融合科学技術委員会の原型炉開発総合戦略タスクフォース第12期の主査である坂本主査、量子科学技術研究開発機構より坂本核融合炉システム研究開発次長、大山フュージョンエネルギー推進戦略室長、NIFSより山田所長、阪大レーザー研より児玉所長、そして、原子力規制庁より上谷補佐に御発表者としてお越しいただいております。

次に、提出資料として、資料2-1及び2-2、資料3、資料4-1、資料5-1から5-3までがございます。欠落等がございましたら、いつでも事務局までお申し付けください。

資料4-2は、J-Fusion提出資料ですが、後ほど事務局から御説明予定です。

資料4-3は、本タスクフォースの論点に関する国内外での状況について、内閣府から委託調査を実施しておりまして、受託されましたMRI、三菱総合研究所の御担当者様から御説明を頂く予定です。

本タスクフォースの議事は非公開ですが、資料及び議事要旨は会議後に内閣府のウェブサイトにて公表いたします。非公開資料は公開版を後日作成いたしまして、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。また、本日18時10分から事務局により記者ブリーフィングを実施予定です。

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に基づき説明

資料1、前回の会合における主な御意見と今後の検討の進め方という横の資料でございます。

1ページ目、前回振り返りとあります。前回10月15日の第2回タスクフォースにおきましては、以下の四

つについてヒアリング及び御議論を頂きました。ITER計画／BA活動の現状、今後とその課題、海外でフュージョンの社会実装を目指すCFS社の動向について御発表いただきました。また、我が国スタートアップ5社からのヒアリングを行いました。

次の2ページは非公開としております。こちらは各社とQSTの資料に基づいて事務局が取りまとめたものです。後ほど回収させていただきますが、こういったものがあつたということで、本日の御議論で横に置いて御覧いただきたいと思っております。

3ページ目としてスタートアップ等から政府への期待として寄せられたものを箇条書きにしております。

上の青い四角については、資金面での要望でございます。四つボツがあります。1番は多様な炉型・技術アプローチを国に支援してほしいということです。2番は飛ばしまして、3番は国研・大学・民間の混成コンソーシアムの参加も可能としたマイルストーン達成で段階的に選択・集中していく仕組みをつくってほしい。4番目が事業者では採算困難な土地・建屋・バックエンドについては公的な資金が必要ということです。

二つ目の項目は資金と資金以外が混ざっていますけれども、資金のみならず施設利用や装置建設用地への支援、アンカーテナンシーとなることを通した支援も期待しているということです。

下の緑色の四角ですけれども、資金以外の要望です。キーとなるコンポーネントについて国研・大学等の支援・試験設備等の施設利用を期待している。あと、民間による対応が困難な共通的な技術課題に対して、アカデミア・民間を結集して技術開発を実施する体制を構築してほしいということです。3番目は、国研の施設において電力などのインフラが整備された状態の施設を貸与してほしいということです。4番目は特にトリチウムの扱いについて規制の明確化や国の支援によるコンサルティングを求めているということです。

次のページは、委員の皆様からメールでいただきました御意見を、主査と御相談の上、記名式で載せております。

まず、社会実装に向けた取組全般に関する御意見ということで9点ほど載せております。

1つ目、民間が自ら行うプロジェクトは当然あってもよく、排除されるべきではないという御意見。

2つ目、事務局から前回お示したロードマップは、本タスクフォースの議論のイメージを合わせていくために大変重要であるという御意見。

3つ目、将来の商用化と産業競争力確保に向けた取組が発電実証であるので、民間プレーヤーの関与を明確にすべきである。

4つ目、QSTの原型炉計画も別扱いとせず、このフレームワークで議論していくことが適当ではないか。

5つ目、人材も重要であるということで、ロードマップ策定においてはそういった観点、特に時間軸だと思いますが、そういった配慮が要するという御意見。

6つ目は、誰がどのフェーズでエネルギーを供給する責任主体として機能を担うかを具体的に整理していくことが必要。

7つ目は、発電実証の定義をどう定義するかが重要であるという御意見。

8つ目は、タイムスケジュールの設定が重要であるという御意見。

9つ目は、フュージョンエネルギーの研究開発における技術課題の中身や実現可能性を考慮して社会実装への進め方を判断すべきであって、その際、炉全体と炉工学のサブシステムの各々の観点から課題を認識すべきであるという御意見でした。

1枚おめくりください。スタートアップに対するマイルストーン型の支援についてのコメントです。

1つ目はマイルストーンとゲート通過基準は民間企業ごとに最適化する必要があるので、横並びの評価は難しいのではないかと御意見です。

2つ目も同様に、社会実装を見据えた発電実証の目標とそれに向けたマイルストーンの設定について検討が必要であるという御意見です。

3つ目は、商用炉の定義を明確化した上で、QSTや民間それぞれから商用炉に至る道筋及び主要なマイルストーンを提示してもらい、それぞれに適したマイルストーン、スケジュールを設定することが望ましいのではないかと御意見です。

これらの御意見をもう一度見返すと、1番目はスタートアップにもマイルストーンを示してもらい、2番目は国からマイルストーンを示す、3番目はスタートアップと国との両方がマイルストーンを示すというコメントで

した。

4つ目です。フェーズ間の進捗や主体ごとの成熟度の違いも踏まえて、支援範囲や手法は柔軟に設計していくことが大事であるという御意見です。

ページの最後、資金以外の支援について、研究機関、大学、民間のプレーヤーによる共同プロジェクトや複数の発電実証プロジェクトを集約するハブ、拠点の構築を行うべきではないかという御意見です。

これらを踏まえて、6ページです。本日の進め方として、以下についてヒアリングを行う予定です。その1、原型炉に関する検討の経緯です。その2、安全確保に関する検討の状況です。その3、バックエンドについてです。その4、発電実証に向けた共通基盤についてです。

次回、以降は、本日の御意見、御議論も踏まえまして、社会実装に向けたロードマップについての御議論、実施主体の在り方、サイト選定の進め方、その他といった点について御議論いただきたいと思いますと考えております。

以降は参考資料です。8ページは前回事務局がお示したロードマップでございます。9ページ、10ページは第1回の御意見をもう一度載せております。12ページは今回の新作資料で、先月の半ばに新たにDOEが示したロードマップを事務局で仮訳したものです。ビルド、イノベート、グロウという3段階に分けてマイルストーンを定めていくということを書いてございますし、次の13ページにはこのタスクフォースでも御議論いただいています②番のマイルストーンプログラムのほかに、③番のPFR、④番のフュージョンブリッジという新しい施策をアメリカが進めようとしているといった紹介をしております。

最後の14ページは、第1回で御説明したドイツに関して、2040年をターゲットにしておりますが、それに向けて新たな行動計画を示したということです。研究支援強化に約17億ユーロ、研究インフラと技術実証に約7.6億ユーロを投入するという行動計画を発表したということです。

資料1は以上でございます。

今般、政府で新たに決定した事項がありますので、参考資料1を御覧いただきたいと思いますと考えております。事務局から御紹介します。

日本成長戦略本部の設置についてというタイトルです。報道等で皆さん御存じかと思いますけれども、高市総理が発表されたものです。

この本部はリスク、社会課題に対して官民連携の戦略的投資を促進するもので、本部長は高市総理大臣、副本部長は木原内閣官房長官と城内成長戦略担当大臣、本部員はその他全ての国務大臣ということになっております。

1枚めくっていただきまして、日本成長戦略会議の開催を決定するということで、11月4日に第1回が開かれました。

次のページ、成長戦略の検討課題ということで、1ポツ、2ポツに分かれています。1ポツに我々フュージョン関係がございます。具体的にはもう一枚めくっていただきますと、項目ごとに担当大臣が定められており、1ポツ、危機管理投資、成長投資の戦略分野の12番目がフュージョンエネルギーで内閣府特命担当大臣(科学技術政策)である小野田大臣が指名をされているといったところです。

最後のページですけれども、官邸ウェブサイトから高市総理の御発言を引用しています。いわく、強い経済をつくる、責任ある積極財政を行う、不安を希望に変えていく、危機管理投資をしていく。リスク、社会課題に対して先手を打って供給力を抜本的に強化していく。各戦略分野の供給力強化策として、複数年度にわたる予算措置のコミットメント、投資の予見可能性につながる措置を検討するようにという御指示です。研究開発、事業化、事業拡大、販路開拓といったフェーズを念頭に調達や規制改革などの事業の創出、拡大策を取り入れることという御指示です。

これらの措置を通じて実現される投資の内容、その時期、目標額などを定めた官民投資ロードマップを策定することという御指示です。その中で、成長率、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こと。技術、人材育成、スタートアップ、金融などの課題についてもそれぞれ担当大臣を指名し、早急に日本成長戦略会議を開催するというものであります。

これらを踏まえまして、本社会実装タスクフォース事務局の中でも検討しておりますし、また、日本成長戦略本部事務局とも打合せを始めていますけれども、このタスクフォースで定める予定のロードマップを日本成長戦略本部のロードマップにも入れ込んでいくといった連携を取っていこうと考えているところでございます。

我々の社会実装タスクフォースでは、この年度末までにロードマップや取りまとめを予定していますが、

日本成長戦略本部は来年6月を目途にロードマップを策定というふうに聞いておりますので、時間軸的にはこちらの方が先行していくのではないかと考えております。

(2) 原型炉に関するこれまでの検討の経緯について

① 核融合科学技術委員会原型炉開発総合戦略タスクフォース第12期の坂本主査より資料2-1に基づき説明

第12期の主査を承っております坂本でございます。どうぞよろしくお願いいたします。

この目次に従って、時系列でこれまでの経緯を御説明いたします。

まず、最初に原型炉に係る推進体制ということで、3ページ目に今の体制が書かれております。これは令和6年度に補正予算で原型炉に向けた基盤整備事業が開始されまして、そのときにこのような体制に変わっております。それ以前は原型炉合同特別チームがタスクフォースの直下にありましたが、現在はこのような体制になっております。この趣旨としましては、原型炉開発に向けてQSTを中心として、大学や企業等も参加する実施体制を構築することを目指すものです。補正予算もつきましたので、そういう補正予算をQSTのみならず大学や企業等も公募によって参加する。その原型炉の開発に向けたアクションプラン、後でまた御説明しますが、これに基づいて項目別に公募を実施して大学や企業等の更なる参画を促すための仕組みを導入する、こういう趣旨でこのような体制に変わっております。

それまではタスクフォースの直下にあった原型炉設計合同特別チーム、ここで原型炉の概念設計をしてまいりました。現在は23大学、6研究機関、44企業、メンバー総数219名とかなり大きな組織として活動しております。

次に、原型炉に関するこれまでの検討の経緯を時系列で御説明します。

平成4年6月、1992年ですが、原子力委員会において第三段階核融合研究開発基本計画が定められました。この計画に基づいて自己点火条件の達成及び長時間燃焼の実現並びに原型炉の開発に必要な炉工学技術の基礎の形成を主要な目標として活動を進めてこられました。平成17年、2005年には今後の核融合研究開発の推進方策についてということで、原子力委員会の核融合専門部会において、トカマク方式において一定の経済性を念頭に置いた原型炉に向けての研究開発、あと、幾つか原型炉の目標が定められました。そして、このときにチェック・アンド・レビュー項目、これもまた後で御説明しますが、原型炉開発に係るチェック・アンド・レビュー項目も策定されております。

その後、平成27年に核融合科学技術委員会と原型炉開発総合戦略タスクフォースが設置され、アクションプランの見直しやチェック・アンド・レビュー項目の見直しの検討が始まりました。あわせて、この年に特別チームが設置されました。当時は52名でスタートしておりますので、この10年間でかなり特別チームが発展してきたことが分かります。

平成29年の核融合科学技術委員会において、原型炉開発の目標が具体的に三つの項目として定められました。一つ目が数十万キロワットを超える定常かつ安定した電気出力、2番目が実用に供し得る稼働率、3番目が燃料の自己充足性を満足する総合的なトリチウム増殖を実現すること、この三つが目標として定められました。そして、中間チェック・アンド・レビュー、前の核融合部会で設定されたものも見直されて、原型炉移行の前に2回チェック・アンド・レビューを行うこと、それはJT-60SAの運転が開始される頃とITERのファーストプラズマが予定されるタイミングということでございます。

中間チェック・アンド・レビューも見直されまして、ちょっとページは飛びますが、9ページにその改訂されたチェック・アンド・レビュー項目があります。1番から6番までは先ほどの平成17年に策定された項目と同じであります。今回この改訂が行われたのは、原型炉開発においては国民の理解が非常に重要であるということで、⑦の社会連携ということが加えられ、さらに、その時期に合わせた項目が具体的に何をチェックすべきかということがここで定められました。その後、また令和5年に改訂されたのですが、それについてはまた後ほど御説明いたします。

続きまして、令和2年、2020年10月だったと思いますが、2050年カーボンニュートラル宣言というのが政府から発出されて、その辺りから更に前倒しの議論ということが進んでまいりました。それと併せてアクションプランのチェック・アンド・レビューが進められて、令和4年1月の核融合科学技術委員会でそのチェック・アンド・レビューの報告書を提出しております。これはもともとのJA-DEMOと呼ばれる大きな装置ですが、それと同時期に、今6ページ目ですが、核融合発電の実現時期の前倒しが可能かどうか技術的に検討を深めることが重要であるという流れに沿って、原型炉開発の方のタスクフォースにお

いてその検討を行いました。

当初は2050年頃ということでしたが、5年前倒しをするための検討を行って、そのために第1期目標と第2期目標という目標を二つに分けて、第1期目標ではこれまでの定常運転から2時間のパルス運転、あと、トリチウムの増殖率についても少し条件を緩和するというので、まずは発電実証を行う、第2期に当初の目標を達成する、これによって発電実証を5年間前倒しできるという検討を技術的に行いました。

この件に対して令和5年、次の7ページ目ですが、2月の核融合科学技術委員会に御報告して、この内容については認めていただきました。ただし、ロードマップ等の改訂についてはITERのベースラインの見直しがまだできていないということで保留となっております。その保留されたロードマップが11ページの参考③に書いてありまして、これは当初の平成29年に策定されたものと同じものとなっております。

その後、フュージョンエネルギー・イノベーション戦略、統合イノベーション戦略2024、新しい資本主義のグランドデザイン、こういう形で更に前倒しの議論若しくは政府の戦略が進み、2030年代の発電実証を目指すということが決まりまして、それに伴って12ページであります。フュージョンエネルギーの早期実現に向けては、国家戦略に基づき原型炉を早期に建設することが肝要であるということとなりまして、原型炉に向けた方策を策定して、研究の進展や国内外の状況の変化に応じて適宜見直していかうとなりました。原型炉に向けた方針も見直してはどうかということで、先ほど三つありました原型炉の目標、この二つ目のチェックマークですけれども、2030年代に発電実証するためにはこれを見直すことが必要であるという結論になりました。

これを受けて、こちらのタスクフォースにおいてはいろいろな発電実証の前倒しの案が出まして、プランAからDまで出ました。AというのはもともとJA-DEMOで、より早めるというB、C、Dが出ましたけれども、まずはこのD、原型炉の第1期目標を発電実証として、後に他段階で改造する、こういうところから進めていこうという形になって検討を進めました。

それが次の14ページにある発電実証の早期実現に向けてITERサイズの原型炉が技術的に成立するかの検討開始ということで、ここで今横にいる坂本宜照グループリーダーが特別チームの検討結果をタスクフォースで御報告いただいて、いろいろと検討してまいりました。その内容はこれからまた詳しくお話いただけたと思いますので、少し飛ばさせていただきます。18ページまではそのような内容が書かれております。

その検討を行って、タスクフォースではこの多段階方式の技術的な妥当性というところを検討し、その結果を第40回の19ページにある核融合科学技術委員会で御報告して、技術的な可能性が示されたということを御報告しました。

ただ、この核融合科学技術委員会とタスクフォースにおいても、更なる検討を行う必要がある技術的課題があるのではないかと議論が進められました。ここに書いてあるように幾つかありますが、二つ目のところの原型炉の製造・電源などの国産化の精査・国内技術の開発・技術的優位性の確保というところは皆様委員の中でも懸念事項があったところで、例えばITERサイズにしてしまうということで、そういう超伝導コイルの開発技術が停滞してしまうのではないかと、より大きなものを目指すという民間の企業の活力が止まってしまうのではないかと。そうなってしまうと、海外にその技術、今私たちに優位性のある技術が抜かれてしまうのではないかと、そういうような懸念もありまして、ただ、サイズをITERと同じにするだけではなくて、やはりより開発するような、より上を目指すような超伝導コイルの開発というのにも必要であろうと、そういうような意見もいろいろ出されて、そういう検討をしてまいりましょうということになっておりました。

最後、ITERサイズのところは第1期、第2期、第3期という目標で、最初の目標であった①、②、③の全てを達成するのではなくて、第1期には発電実証、このときにはトリチウム増殖率には少し目をつぶる、ただし、技術的なところは見る。第2期においては増殖率についてもしっかり見ていく。第3期には発電の100MWの正味の電力を得る、こういう多段階で行うということでもとまっております。

さらに、これを進めるに当たって最後のページですが、2039年に発電実証を行うというところを決めて、バックキャストで計画を練ったものというのが21ページになります。タスクフォースではここまでの議論をしたところまで行っている次第です。

○尾崎主査

坂本主査、どうもありがとうございます。議題2に関しましては御発表者が複数いらっしゃいますので、後でまとめて御質問等をお受けします。
続きまして、坂本次長から今御説明のあったITERサイズの原型炉について御説明をお願いします。

② 国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構核融合炉システム研究開発部の坂本次長より資料2-2に基づき説明

私、現在、原型炉設計合同特別チームのリーダーを務めております坂本と申します。本日はこのような機会を頂き、誠にありがとうございます。

それでは、2ページ目を御覧ください。

まず、QSTがこれまでシンクタンクに調査いただいたフュージョンエネルギーの将来像について紹介させていただきます。

まず、上側に示した調査では、フュージョンエネルギーの導入シナリオについて、ITERよりも少し小型で100万KWクラスの商用炉第1号機を2050年に導入すると、日本では脱炭素オプションが限られているということもございまして、2100年には日本の電力量の30%以上をフュージョンエネルギーが担うと分析されているところです。また、水素製造の役割も担うと更に促進されるという分析がされております。

次に、下側に示しております調査では、フュージョン炉を中核としたエネルギーシステムにおいて、大都市向けの安定なベースロード電源としての役割が期待されているということです。

それでは、3ページ目を御覧ください。

このような将来像において重要な役割を担うフュージョンエネルギーの社会実装に向けましては、従来の道筋としては青い矢印で示しているように実験炉、ITER及び幅広いアプローチ活動により原型炉を建設、発電を実証してから商用炉の段階に移行するというアプローチでございました。原型炉としてITERサイズ原型炉を採用すると、ITERと原型炉の技術ギャップは当然小さくなるので、2030年代に発電実証が可能になると考えております。

一方、商用炉との技術ギャップが大きくなってしまいうという側面はございます。これに対して、一昨年に策定されたフュージョンエネルギー・イノベーション戦略では、社会実装に必要な技術を先取りして開発することにより、すなわち縮がった技術ギャップを縮めることが可能であり、また、原型炉の途中段階に新しい技術を導入することも可能なので、社会実装をより加速できると考えてございます。

それでは、4ページ目を御覧ください。

2030年代発電実証に向けたITERサイズ原型炉の特徴と意義を整理しております。

まず、ITERサイズ原型炉では、ITERとJT-60SAの技術に基づいた設計とすることで、特に製作に時間を要する超伝導コイルについては、ITERと同じにすることで低リスクかつ最短で建設に着手することができるということです。

次に、ITERサイズ原型炉ではDT核融合反応で発生するアルファ粒子による自己加熱が主体になる、いわゆる燃焼プラズマかつ発電のために消費する電力を賄う電気出力を得られることができ、科学的・技術的に意義のある発電実証が可能となります。

そして、ITERサイズ原型炉では、大は小を兼ねるということから、炉内機器の技術開発に利用可能な例えば小型の体積中性子源としての活用やシステム統合装置など、そういった役割を担うことができるので、トータルには資金あるいは人材のリソースを合理化できるのではないかと考えてございます。また、ITERサイズ原型炉では独創的な新興技術や高効率化技術を運転後期に導入することで商用炉へのギャップを縮小することができ、早期の社会実装に貢献できる特徴がございます。

次に、5ページ目を御覧ください。

このページには、炉心プラズマ性能やブランケット性能を段階的に向上させるITERサイズ原型炉の多段階の運転期における目標と装置の仕様をまとめてございます。

第1期は、発電に特化したブランケットを装着して、ITERの $Q=10$ 、いわゆる標準シナリオのプラズマを発生し、短パルス運転で正味電力ゼロ規模の科学的・技術的意義のある発電を実証します。第2期は、燃料増殖も行うブランケットに交換し、正味電力ゼロに加えて燃料増殖も実証します。第3期は、改良型増殖ブランケットなど建設と並行して実施する研究開発の成果を反映しまして、定常運転にて100

MW規模の発電を目指しております。

最後、6ページ目を御覧ください。スケジュールです。ポイントは次のとおりです。発電実証は赤い印で2040年直前のところに設定してございます。原型炉の建設から発電実証までは産業界の力を結集することと、ITERの各段階での成果を反映することで、効率化や期間短縮が可能になります。発電実証後はプラズマ計測装置がたくさん備わっているITERのDT実験とのリアルツインでリスクを低減した原型炉の運転を行うことができます。JT-60SAについては、原型炉のプラズマ運転シナリオに貢献する役割を担います。

さらに、重要なことは下側の緑色の部分のところで建設と並行して研究開発を行うための基盤整備に早急に着手するとともに、ムーンショット目標10や産業界との連携によりフュージョン機器産業につながる技術開発を推進し、原型炉の成果と合わせてフュージョンエネルギー利用産業に向けた商用炉へつなげることです。

③ 事務局の澤田参事官より資料2-3に基づき説明

ただいま資料2-1、資料2-2についてお二人から御説明がありましたけれども、更に遡って1990年代、2000年代に行われた検討を2点、原子力委員会と電力中央研究所で行われた検討について御紹介したいと思います。

1ページ目は90年代の原子力委員会での御検討です。最初のポツ、核融合研究開発の推進についてというタイトルの取りまとめを平成4年、92年5月に示していただいていたしまして、今後フュージョンエネルギー研究開発は3段階を設定して展開することが妥当であると示されております。これは商用炉以外で三段階、まず1が実験炉段階、2が原型炉段階、3が実証炉段階となっております。

そして、同じ年の翌月である6月に第3段階核融合研究開発基本計画が示されており、聞くところによると関係者の間ではいわゆるバイブル的な扱いだったようですけれども、1)の実験炉段階の研究開発の中核を担う装置としてトカマク型の実験炉を開発することが決定されております。

さらに、3ポツ目、2005年の原子力委員会の専門部会の報告で、今後の核融合研究開発の推進方策において、1)でITERを我が国の第3段階核融合研究開発基本計画における実験炉と位置づけて開発することが適切であることが明示されています。

同報告書においてITER計画の進展、トカマク方式における定常運転の原理実証が行われたこと、発電に向けた炉工学の基礎が進展したことを踏まえて、フュージョンエネルギーを早期に実現する観点から、2)の原型炉段階においては高いエネルギー増倍率を持つ定常炉心を実現、同時にプラント規模での発電実証を一定の経済性を念頭に置いて実現することを目標とすることが妥当と示されました。2)の原型炉に3)の実証炉の課題要素が組み込まれ、原型炉と実証炉が統一的に検討されるようになったということです。

2ページ目を用いて電中研で行われた過去の検討経緯を御紹介いたします。

財団法人電力中央研究所で2005年に取りまとめられた、核融合発電実用化に向けた開発ステップと実験炉ITERの役割というレポートです。将来のユーザーの視点から以下の提言が行われております。1から4までの段階という分け方をしております。1)が工学的実証段階(実験炉)、2)が発電システム実証段階、3)が経済性・安全性実証段階、4)が実用化段階ということでございます。この1)から3)まではさきの原子力委員会の実験炉段階、原型炉段階、実証段階と類似していると考えられますけれども、ただし、炉で区切っていないということが一つ特徴として挙げられるかと思えます。

2つ目の四角、高速増殖炉の開発の例では、各段階において出力の規模を大きくしていく必要がありましたが、フュージョンの場合はその熱出力は実験炉、実用炉、それぞれで大きく変わらないため、各段階に必ずしも中核装置を一つずつ建設する必要はないということが述べられております。例えば一つの中核装置において、まず発電システム実証段階ミッション、要は2)だと思いますけれども、2)を達成した後に、それに改良を加えて3)の経済性・安全性実証段階のミッションを達成する開発という計画もあり得るとされています。

これを踏まえて、電中研においては、発電実証のためのDemo-CREST、要は2)と3)を一つにしたもの、実用炉CREST、これは4)に相当するものの概念設計をそれぞれ検討されたという経緯でございます。

電中研ですので、コストに関しても提言を頂いていまして、もしフュージョンエネルギーの導入時期を2

050年とした場合には、その発電の単価は、現在のレートで換算すれば、1KW当たり約10円から20円の間にする必要性が見込まれるということも示していただいております。

要はこれまでの二つの検討から分かることは、商用炉まで含めて3段階でできるのではないかということが示されたということでございます。

(意見交換)

○服部委員

二つばかり質問させていただきます。

一つは原型炉・実証炉という形でその後の商用炉につなげるとなると、非常に重要なパラメーターの一つに設備稼働率というものがあると思います。この資料の中では割と実際に意味のある数値に扱われていますけれども、現実的には何割ぐらいを想定されていて、また、その数字を実現するためにはいろいろな技術課題があると思いますけれども、どのようなものがある又はどれぐらい難しいとお考えでしょうかというのが一つ目です。

二つ目は、このときの計画の中でコストダウンしていくためにはメンテナンス及び部品交換ということも重要になるとは思いますけれども、その内容とか期間に関してはどのような前提又は構想ということをお考えになったのか教えていただけないでしょうか。

○坂本次長(QST)

稼働率に関してですが、今我々がいわゆるJA-DEMO、ITERサイズDEMOでも考えていたのは、まずは7割ぐらいをターゲットにして、将来的には8割以上というのを目指す、いわゆる軽水炉と同等レベルを目指すのが妥当だろうと。そのために大事なものは、炉内機器でありますブランケットとかダイバータとものを定期的に交換するという事で課題は二つありまして、一つは交換する期間をいかに短くするか。特に放射線環境が厳しい中での遠隔保守技術なので、そういった技術を開発する。もう一つは中性子照射による材料の劣化を抑えて機器を長期間運用できるようにする、そういう二つの方向の技術開発を進めることで稼働率というのを上げることができると考えてございます。

○服部委員

そのとき交換の期間はどれぐらいと想定されたのでしょうか。それとも今後の検討ということでしょうか。

○坂本次長(QST)

大きいサイズ、JA-DEMOについては産業界とともに検討しまして、そのとき16セクターがございまして、一つのセクターをやるのに2か月の期間がかかると。それを単純に16セクター全部やるとすごく長い保守期間がかかってしまうので、4セクター同時にすることで、1年間で作業が終わるというようなことを検討しています。

○服部委員

それはどれぐらいのフリーケンシーで行うのでしょうか。

○坂本次長(QST)

想定していたのは5年間のサイクルで回すということを想定しています。

○服部委員

5年やって1年ということですね。分かりました。ありがとうございました。

○寺井委員

国の方針として、年を経るに従ってどんどん変わってきているというのはよく理解ができました。それで、結局原型炉の位置づけというのが大分今は変わりつつあるかなという気がしていて、もともと原型炉というのは発電実証で、先ほどあった3項目ですよね、それを達成するという話だったのが今はコンパクト

ト化してITERサイズ原型炉という形に変わってきているので、その中で、3段階でそれぞれを達成していく、そういう方針になっていると思います。

それは国の方針がそのように変わってきているので、それをフォローしようとしたらこういう形になるというので、そこはよく理解ができます。ただ、発電実証といった場合に、これは前からずっと言っておりますが、何をもって発電実証とするかというところで、今日の資料で坂本さんの資料2-2の中では、第1期、第2期、第3期とあって、発電実証というのは最初に書いてあると。これが2039年ということなので、2030年代の発電実証達成というのが一応これでカバーできるという話ではあると思います。ただ、短パルスなので、その後、長パルスをやって定常まで持っていくというところでまだ時間がかかるという話かなという理解をしております。

ブランケットにつきましても、発電ブランケットというのはいわゆる増殖ブランケットではないので、例えば遮蔽ブランケットに近いのかなという印象を持っていますけれども、中性子による核発熱で遮蔽体加熱されて、それを水等で冷却して熱を取り出すという話に多分なるだろうと思いますけれども、実際にパルス幅400秒でやろうとしたときに、炉そのものの熱容量がかなり大きいので、400秒パルスだけで定常的に熱を取り出せて発電まで持っていけるかというところはややちょっと疑問ですが、この辺りはどうお考えでしょうか。

○坂本次長(QST)

それにつきましては今いろいろと検討しているところで、幾つか考え方があって、まず冷却水の温度は、冷却水のポンプを回し4時間ぐらいで300度近くまで上がるので、そこまで冷却水の温度はポンプで上げます。その後、核融合反応が起きて冷却水がおっしやるように遮蔽体の核発熱等で温度は上がりますが、それがどのぐらいの時間で上がるかということを今評価しているのと、あとは、それでタービンを回すためにはタービンをレディ状態にしないといけないので、追加の予備加熱、ボイラー等で回すか、あるいは蓄熱システムみたいなものを備えて発電にそれを組み合わせることで利用する、それで何とか意味のある発電実証というのを示せていけないかと検討しているところです。

○寺井委員

分かりました。核融合反応で出てくるエネルギーを熱に変えて取り出すというところにはいろんな工夫が多分あって、400秒パルスでやろうとしたときには暖機運転みたいなことをやっておいて、それは多分電気ヒーターか何かで加をして、ある程度熱的なバランスで定常になっているところで核融合反応を起こして、それでプラスの出力が出てきます。そのところで出た電力が核融合発電の電力ですと、この場合は、そういう定義になるという理解でよろしいですかね。

○坂本次長(QST)

はい。今はそういうのが一つ主要なオプションと考えています。

○寺井委員

分かりました。

そうすると、やっぱり長パルス化しないとそこは解決できないし、最終的には定常化していかないといけないので、そうすると、プラズマ閉じ込めの性能をもっと上げていくとか、あるいは磁場を強くするとか、何かそういう方策が当然必要になってきますが、そのところは第2期、第3期の中での開発課題だと理解をしておりますけれども、その辺りの勝算というか、具体的な方策みたいなところはこれからということかもしれませんけれども、その辺りはいかがでしょうか。強磁場にして圧力を上げるとか、それから、閉じ込め性能をどの程度上げられるとか、この辺のところがポイントになると思いますが、そこはどうお考えですか。

○坂本次長(QST)

そういう意味で第1期の炉心プラズマについては、ITERの標準シナリオということでもかなり確度の高い実証のできる性能です。第2期については、例えばJT-60SAの装置等いわゆる先進プラズマといって、実績の高いシナリオを想定しています。第3期については、更にそれを越えるような領域のプラズ

マの性能が必要になるので、そのときは炉心プラズマの性能だけではなくて、増殖ブランケットを改良して、薄いけれども増殖機能もちょうんと持つような、そうすると薄くなった分プラズマの体積を大きくすることがあるので、それでプラズマの性能を上げてやると、そういったことが第3期でできないかなと考えています。

○寺井委員

分かりました。ありがとうございます。もう一点、いいですか。

先ほどのリアルツインというのが面白いアイデアだなと思ったのですが、ITERと同じサイズのものをつくって走らせて、それでよくデジタルツインという話は聞きますけれども、リアルツインというのは初めて聞いた言葉ですが、ITERと同じサイズのもの、同じスペックのものをつくって、それでITERの方である程度特性が見えてきたところで、いわゆるITERサイズ原型炉の方もそこからデータがかなり出てくるので、そのデータをうまく使いながら改良していくとか、そういったアイデアという理解でよろしいですか。

○坂本次長(QST)

そのとおりです。特にITER規模になると、プラズマは慎重にシナリオを組み立てていく必要があります。2030年代に発電実証しようとする、装置を完成してから短期間あるいは今想定している1年半の間にいわゆるQ=10の高性能プラズマを達成しようと思うと、ITERで例えばプラズマ電流が半分で調整運転をして、フルカレントのプラズマ電流にしたプラズマをつくる、そういった知見をそのまま持つてくることで短期間にプラズマを達成できると。そういう意味でリアルツインと。さらに、その後ITERでDTプラズマの燃焼試験をやった成果、あと、ITERサイズ原型炉でやったプラズマでも起こった現象が何でこういう現象が起こったのだらうというときに、ITERでは計測器でいろんなプラズマの温度とかパラメーターを測定しているので、それと比べることで一緒になって困難を乗り越えていくということもできるだろうと考えています。

○寺井委員

その辺りの類似性というのは担保できるのかしら。ちょっとその辺りはプラズマというのが相手だから、やっぱりかなりある意味得手が知れないようなもので、そのところをどの程度しっかりと計測してプラズマ像を明確に示して、それでいわゆるITERサイズ原型炉の方にそれを適用していくというその辺りはやっぱりITとかAI技術がないとなかなか難しいような気がしますけれども。

○坂本次長(QST)

そのとおりです。やっぱり原型炉の次の更に社会実装まで見据えたときには、ここは今リアルツインとだけ強調しましたが、いわゆるデジタルツインとリアルツインを組み合わせることで次のステップに向けて見通しをよくするような、そういったことができるのではないかと考えています。

○寺井委員

ちょっとこれはコメントですが、当初の原型炉の実証内容、それから、発電実証という今回使われている言葉にやや乖離があるので、ずっと前から申し上げていますが、発電実証というものを明確に、これはむしろ再定義なのか、あるいは今回初めて発電実証というものを定義するのか、そのところは重要なポイントだと思いますから、スタートアップの方々も発電実証という言葉はかなり簡単に使われていますが、その辺りの定義を国の文書としてしっかりとやっておかないといけないのかなという気がしております。

○栗原主査代理

幾つか質問を致します。1点目は原型炉と実証炉が実質第1段階、第2段階、第3段階のような形になっていて、この発電実証の第1期は日本も2030年代にできますということだと思いますが、他国も同じような定義で発電実証や発電に成功したということなのか、そして他国と比べて進捗は遅いのか早いのか、お伺いしたいです。

2点目はそれと関係しますが、今2050年ぐらいに多分第3期まで終えて実用炉に移っていくという絵なのではないかなと思ったのですが、2050年までに第3期までやるというスピード感が本当にそれでいいのか、そこすらも前倒しをしなければいけないのか。

3点目が系統につながれるのは結局この第3期までが終わったその後になるのでしょうか。それとも途中の段階で系統につながれるようなものになると考えてよいのでしょうか。

4点目が、いろいろなマイルストーンでプロジェクトを進めていこうという発想がありますが、この第1期、第2期、第3期のようなマイルストーンの設定の仕方は、わが国の独自のものなのか、それともグローバルに見ても普遍的なマイルストーンというか、標準化できるマイルストーンなのかという点について、お答えいただける範囲で結構ですけれども、お願いできればと思います。

○坂本次長(QST)

順番にお答えしたいと思います。

他国に比べてですけれども、他国はかなりアグレッシブだと思っていて、我々が今第3期と言っているものが2040年までにやりますというような、そういったものの言い方をしています。例えばイギリスもSTEPという装置ですけれども、あれは2040年に発電を実証すると言っていますが、ただ、装置ができてすぐにといったプラズマの性能とか運転ができるというわけではないので、そこからはある程度の試行錯誤をしながら運転を立ち上げていくということだと思っています。

一方、アメリカについては相当アグレッシブで、2030年代前半に商用炉をつくると言っていますが、最近学術論文は余り表に出てこないで、詳細はちょっと分からないところがございます。

二つ目の2050年でのよいのかという点については、もともと文部科学省の核融合科学技術委員会で議論していた発電実証が今世紀中葉、2050年ということだったので、今回戦略ができて2030年代に発電実証となったときに、それよりも遅くなるということは考えられないだろうということで、第1期、第2期、第3期は、第1期も発電が実証できたらすぐに次の第2期に移る。第2期の増殖ブランケットですぐにトリチウム増殖が実証できたら、すぐに第3期に移るということで、そこは原型炉の建設と並行した技術開発をすぐに導入できるように前倒し、前倒しでやっていくことがとても大事だと考えています。

三つ目の系統につなぐことですけれども、これは系統につなぐのはやっぱり系統を運用している側からはなかなか敷居が高いと思っておりまして、可能性があるのは第2期のところにちょっと書いていますけれども、蓄熱システムを使って定常的に外に電気を小さいながらも出せるようなシステムが運用できるようになれば系統につながらせてもらえないかということが相談できるのかなと。第3期は定常運転をするので、是非定常運転でしっかり電気をつくることが示せば、それで系統につながらせてほしいなと考えているところです。

四つ目のマイルストーンについてですけれども、先ほどちょっと言ったみたいに例えば2040年までに装置をつくったら、どの装置もまずプラズマの性能をだんだん上げていく。炉内機器であるブランケットとかダイバータというのは交換機器なので、交換するタイミングでそれまでに改良したものを導入できるので、そういう意味ではほかのところはこういう1期、2期、3期ということは言っていないですけれども、実際運転していくときには同じようなステップを踏むことになるのではないかなと思います。

○近藤委員

中間のチェック・アンド・レビューについて質問させていただきたいと思います。20ページの資料を見ていると、例えば概念設計は2020年頃に第1回、2025年頃に第2回の中間チェック・アンド・レビューというのがあると。これは企業で考えると中長期計画1フェーズ分に該当しますよね。非常に長いスパンだということですが、これだけのスパンで1回だけレビューが行われるということのベネフィットといえますか、それを伺えないでしょうか。あるいはもうちょっと刻んでマイクロマネジメントにもらった方が進めやすいとか工程管理しやすいのか、あるいはこのぐらいのフェーズで行われた方がかなり裁量を任されるのでやりやすい等を伺えますでしょうか。

○坂本主査

この第1回から第2回まで5年程度を想定しておりました。ITERの進捗で少し今延びていますが、全体としてチェック・アンド・レビューをやるのはこの時期でありますけれども、各々の項目については特別

チームでずっと検討しながら進めていますので、今おっしゃっていただいたマイクロマネジメントのところは項目ごとにやりながら、ただ、全体としてタスクフォースとして見るのはこの時期というような形で進めております。

なので、各々の項目については特別チームの方で進捗を見ながら随時やっているというような形で進めております。年間どれぐらい特別チームを開きましたかね。

○坂本次長(QST)

特別チームの会合は年2回でやっていますが、タスクフォースには毎年報告する機会がございますので、そこでチェックしてもらっています。

○坂本主査

ですので、チェック・アンド・レビューの報告書としてまとめるのはこの段階で一括して進めております。

○近藤委員

追加になりますが、報告作業をすることによって、もちろん国からすればそれというのは説明責任が発生するので、報告を受けるということになりますが、報告する側にとっては何か適切なコンサルテーションが得られるとか、何かプラスのものがあったら教えていただけますか。特になければいい結構です。

○坂本主査

このタスクフォース委員は半分ボランティアみたいな形で各専門家が入っておりますので、自分の関係するところはメリットがありますけれども、それ以外のところを全部見ていくというのはかなり労力を感じているところではないかというところが正直なところでございます。

○井上委員

工程の方を見させていただいて、産業界の力を結集せよと書いてありますので、産業界としては非常に胸が高まる思いはしますが、39年までの発電実証というのは非常に厳しいチャレンジングな工程と見受けられます。

これを見ますと、25年から始まっていて、ものづくりもすぐ始まるというような状況にあります。チェック・アンド・レビューも含めて準備状況は整っているのでしょうか。坂本先生の工程表を見ますと、建設に際しては原型炉建設の実施主体を決めなきゃいけないと書いてありますが、産業界のスタートアップの方はやる気満々で、実施主体も自分がやるということを宣言しています。是非皆さんもその辺の心意気には負けないように進めていただきたいと思います。まず、着手準備と時期について教えてください。

○坂本次長(QST)

では、私の方から。準備については、今回ITERサイズ原型炉にしたことで、装置についてはほぼ同じものがフランスに建設されています。そういう意味で、今まで概念設計、工学設計、大規模R&D、試作とかR&Dとかの部分もそこをある意味スキップして、すぐにものづくりに入れると理解しております。

○井上委員

チェック・アンド・レビューをいつされるのでしょうか。いつゴーが出るのでしょうか。

○坂本次長(QST)

チェック・アンド・レビューでいつゴーが出る。私の理解は、実施主体をこういうふうにやろうと決まることで、もうゴーが出るのではないかと理解をしていますけれども。

○井上委員

いつ始まるのかはまだ分からないということでしょうか。さっきも申しましたとおり、すぐ始めないと聞

に合いませんよと言っているのです。やる気満々の人に負けますよと。

○坂本次長(QST)

私の心意気としては、今すぐにでもその辺を決めていただく必要があると考えております。井上委員からも御指摘がありましたけれども、あれだけ大きな装置をこの短い期間につくろうとすると、実施主体のこと、あとは規制のこと、そういったもの、あとサイトのことをクリアして、それを一日でも早くとは言いませんけれども、本当に一日でも早く決まることが大事だろうと。また、そういったことで、ITERで培ってきた技術開発がロストテクノロジーにならないということが非常に大事ではないかなと思っているところです。

○桑原委員

2点伺いたいことがございまして、一つは設計について2030年代の発電実証に向けて間に合うように進めていただいているということだと思いますが、実際第1期を始めるために必要な工学的な検証というところ、例えばITERではやらないような発電に向けた必要な技術要素の開発状況というのを教えていただきたいというところと、あと、スタートアップの中ではやはりマグネットについて高温超伝導体を使うという話がよく出てくるわけですが、この原型炉の設計を検討するに当たってHTSというのはどういう位置づけにされているのか、この辺りについて教えてください。よろしくお願いいたします。

○坂本次長(QST)

発電プラント部分については、そこに新たな技術課題を核融合で生じないように軽水炉で十分知見が蓄積されている技術を適用しようと。いわゆるPWRとかで採用されている発電システムを持ってくるということを考えています。

HTSについては、HTSは魅力的で、将来的には核融合をやっぱりHTSでやるべきだろうと思っておりますけれども、今からこの規模のHTSを使った装置をつくるのは、私としては非常にリスクが高いだろうと。実績もないし、強度に対する導体の特性ですとか耐中性子に対するデータとか、まだそれが十分にそろっていないと考えておりますので、今はITERサイズ原型炉には、この期間でそれはちょっとまだ早いだろうと。ただ、将来、次の装置をつくるときには是非HTSの技術もしっかりデータもそろえて、導体も開発して原型炉の次の段階にはHTSで装置をつくるというのが社会実装には必要かなと思います。

○桑原委員

そうすると、商用段階ではやっぱりHTSになるだろうというお見立てという理解は合っていますか。

○坂本次長(QST)

そうですね。そのように考えています。やっぱり磁場閉じ込め装置ですので、磁場を上げるということ是非常にメリットが高いです。あともう一つ、液体ヘリウムです。低温の超伝導体は液体ヘリウムをITERですと20トンとか物すごい量を使うことになるので、そういったことも踏まえると、やっぱりHTSというのが重要なかなと思います。

○桑原委員

どこかでリスクを取ることは必要だけれども、今ではないという判断をされたということですか。

○坂本次長(QST)

はい。そうです。

(3) 安全確保に関する検討状況

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の上谷管理官補佐より資料3に基づき説明

それでは、早速原子力規制庁における安全規制に係る取組状況について御説明させていただければと

思います。

まず、1ページ目でございます、一番上に内閣府が設置したタスクフォースにおいて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が決定されました。こちらは規制庁もオブザーバーとして参加しておりまして、こちらで現存するフュージョン装置と同程度のリスクであれば、当面は現行のRI法、このRI法というのは原子力規制庁が所管しております放射性同位元素等規制法という法律でございまして、トリチウムなどを規制している法律になりますが、このRI法の対象として、RI法に基づく放射線防護の観点からの規制を継続することが適当との見解が示されております。

これを踏まえて、今の規制庁のタスクとしましては、現在QSTだったりとかスタートアップだったりとかが開発を進めているフュージョン装置というのが今現存しているJT-60SAと比較したときにどれぐらいリスクが上回っているのか、越えているのか、越えているなら越えている部分に関して現行のRI法で対応できるのかどうかというところを分析していくというのが今の原子力規制庁のタスクになってございます。

こういった動きを踏まえまして、規制庁としても精力的にいろいろ検討の方を進めてございまして、具体的には規制庁としても国内外に実際に直接足を動かしていろいろ情報収集の方に取り組んでございまして、例えばこの表の青色のところです。基本的な考え方が決定された翌月にはアメリカの方に赴きまして、アメリカの原子力規制委員会、NRCと意見交換をしたり、先々週も2週間ほどかけてヨーロッパの方、イギリス、フランス、ドイツの方を回ってきまして、各国の規制当局であったりとか、あとはITER機構だったりとかと意見交換の方を重ねまして、各国の規制だったりとかの情報収集をするとともに、各国規制当局との人脈の方をつくってまいりまして、日本に戻ってきてからもメール等で意見交換の方をしている次第でございます。

あとは黄色に塗っているところとしまして、原子力規制委員会では今年の6月に事業者との意見交換会合の方を設置するということについて了承いただきまして、今年度末を目途にこの意見交換会合の結果を踏まえて、現在開発が進められているフュージョン装置に係る規制上の論点を整理し、原子力規制委員会に報告するということを決定しております。

ここに載っている第1回から第4回からの意見交換会合以外にも今日来ていらっしゃるQSTの方々だったりとか、あとはスタートアップの皆さんとも毎週のように面談の方を対面だったりオンラインで重ねてみっちり議論をしております、規制が推進の足かせになっていると言われてしまわないように、規制庁としても精力的に取り組んでいる次第でございます。

これまでの意見交換会合で具体的に何が議論されてきたのかというのを御紹介させていただければと思います、2ページ目、第1回の意見交換会合では、まず規制庁から本会合の目的とRI法の規制体系を説明ということで、一方的に事業者の皆さんから情報を聞くということだけではなくて、規制庁からもまずRI法とはそもそも何なのかとかいう情報をこちらからも積極的に共有させていただくことによって、双方向で情報をためていくというような取組を進めてございます。

また、二つ目として各事業者の皆様から計画しているフュージョン装置と開発スケジュールについての説明を受けまして、※書きで書かせていただいているとおり、皆様御存じのとおりフュージョン装置についての形式についてはトカマク・ヘリカル・レーザー・FRCミラーハイブリッド、反応式もD-D・D-T・p-Bなど非常に様々なものがあることを確認されておまして、更に同じトカマク装置であったとしてもサイズが違っているだけで非常にリスクも変わってくるということで、正にそれぞれの装置についてスケジュール感も全然違ってきているということが現状でございまして、正直我々としてもこういった装置を基にどのようなスケジュール感で規制を考えていくのかについて、なかなかちょっと頭を悩ませているというのが正直なところでございます。

第2回意見交換会合では、各事業者の皆様からフュージョン装置の燃料サイクルシステムの概要について説明を受けまして、特に規制時に制御できなくなる可能性のあるトリチウムについて議論ということで、フュージョン装置のリスクとしてはトリチウムだけでなく、例えば高エネルギーの中性子が出ますということや、高い線量の放射化物が大量に生成されますといったところで様々なリスクが想定されますが、我々規制庁としてまずは優先順位をつけて、一番安全の観点から大事になってくるトリチウムの挙動について重点的にヒアリングの方を実施しております、具体的にはトリチウムが例えば実際に事故が起きたときに公衆にどれぐらい被害を及ぼすのかといったような観点でのアセスの方を第2回会合の方で行っているという次第でございます。

4ページ目になります。意見交換会合での主な確認事項としまして、ちょうど来週、第3回の意見交換会

合がありますが、規制を検討する上で最も大事になってくると言っても過言でないハザード分析及び安全対策、あとは従業者・公衆の被爆の線量評価、これを今後行っていった、最終的に規制上の論点を洗い出していくというようなことを想定しております。

例としていろいろここにも書かせていただいておりますが、例えば上のところの例で内部ハザード、高磁場とありまして、いきなりフュージョン装置が止まったときに、フュージョン装置はかなりの磁場を内包しておりますので、フュージョン装置が止まったときにそれが下に書かれている応力がかかって真空容器の破損につながるかもしれないと。破損してしまうと、当然トリチウムが漏れる可能性があるというところで、更にその下に書いているトリチウムの透過・漏えい防止というのをやらなきゃいけないよねと。あるいはハザードのところでは自然現象と書いていますが、地震が起きたと。その下の電源装置とか例えば起きたとしたら、安全対策として非常用電源を設けないといけないですよといったような形で、ハザード、起因事象、安全対策という一連の流れの方を確認していこうと考えておりまして、更に例えばトリチウムの漏えい防止が必要ですねと。何重にも防護壁をつくって漏れないようにする必要がありますよねというふうに仮になった場合には、現状RI法では多重性というのを規定しておりませんので、多重性を安全対策に求める必要があるなら、例えばそれを新たにRI法に規定する必要がありますよねとか、あるいは非常用電源も現状RI法で特に求めているものではないので、RI法にこの部分も新たに規定しなきゃいけなくなりますよねといったような形で、まず安全対策を網羅的に抽出して、それをどうRI法に反映させていくのかといったようなプロセスで検討を進めている次第でございます。

さらに、その下の従事者・公衆の被爆線量評価というところで、まず安全対策まではトリチウムの漏えい防止のために何重にも防護壁をつくりましようとなったときに、それが実際に従事者・公衆を守れるのかといったようなところを当然定量的に評価する必要がありますがございまして、それがその下の従事者・公衆の被爆線量評価というところになっておりまして、参考としてRI法の技術上の基準というところで公衆被爆、敷地境界 $250\mu\text{Sv}/3\text{か月}$ 、1年を通して 1mSv というところで、例えばこのRI法の基準に当てはめるのであれば、仮に安全対策をやっている、でも事故が起きてしまいました。1mSvを被爆で超えちゃいましたというのであれば、その安全対策は足りないよねというところで更に上乗せの安全対策が必要になってきますよねといったような形で検討を進めていくということを想定しております。

最後、まとめというところで具体的な取組が見込まれている段階での規制の枠組みや、更に先を見通した規制についての検討の在り方などについて、開発等の進捗状況に応じて原子力規制委員会における議論を順次行っていく予定というところで、端的に申し上げて規制庁としましてステップ・バイ・ステップでやっていくことを想定しておりまして、事業者の皆様からまず情報を聞いて、可能な範囲で規制をまず検討して、その上で当然成熟している技術じゃなくてこれからというところでございますので、新しい情報が入ってきたら、それをまた規制に反映させてという形でのステップ・バイ・ステップの検討というのを規制庁としても行っていこうと考えている次第でございます。そうすることによって過剰な規制にならないように、とはいえ、きちんと安全も確保できるような合理的な規制というのを確立することを目指して検討の方を引き続き進めてまいりたいと考えてございます。

(意見交換)

○近藤委員

1年で検討していると思えないような充実した検討だという印象を持ちました。最初に感想ですけども、JT-60SAをベースラインにして、それに対して上回るリスク、下回るリスク、上回るものはどういうものなのかということを考えるために、確認事項を明示されているということについては非常に工夫されていると思いました。新しい検討なので、かみ合ったディスカッションというか対話をしていくというのはたやすいことではないと思いますので、こういった検討というのは非常に価値があると感じました。

それで、私から1点質問ですけども、各国に様々な視察をされているということですけども、恐らく制度設計やリスク対応についても参考になられた内容があったのではないかと思います。日本の制度設計に生かせそうな点あるいはその国の事情ゆえ日本ではちょっと取り入れにくいとお感じになったことがありましたら、紹介していただければ幸いです。お願いいたします。

○上谷補佐(原子力規制庁)

まず、参考になったところとしては、最後に申し上げさせていただいたとおり、やはり各国ともステップ・

バイ・ステップで事業者と密に意見交換をしながら規制の方に落とし込んでいくというようなアプローチの仕方をしておりまして、正にそれは規制庁としても見習っていかなければならないなと考えた次第でございます。

あと、ちょっと取り入れにくいというところについては、今後議論ではありますが、どうしても日本特有の自然現象がいろいろと地震なり津波なりあるというところがありまして、そこがどうしても海外とは事情が違うというところもありますので、その部分については日本オリジナルのところをどう考えていくかというのが正直頭を悩ませているところでもございまして、そこはQSTの皆様をはじめ、みっちり意見交換しながら考えていきたいと考えてございます。

○寺井委員

規制が先行しながら事業者と検討していくというのは非常にすばらしいやり方だなと私は改めて思っております。これまで申請が出て初めて議論が始まるというところだったと思いますので、そういう意味では海外並みになってきているのかなと思います。

それで、御質問の一つは、ITERの国内誘致のときかなり、当時は科技庁だったと思いますが、そこで安全性についての検討を多分されているのですけれども、そういった情報というのは適切に事業者あるいは今はQSTですか、そこから入っていますでしょうか。いかがでしょうか。

○上谷補佐(原子力規制庁)

もちろん参考にさせていただいているところでございます。ただ、まず組織が違ったというところで、正直申し上げると、結構集めるのに苦労しているところもあって、当時調査していた事業者に個別に連絡してちょっと報告書をくださいみたいな形でいただき、一応可能な範囲で情報の方は収集しているというところと、ただ、あれは震災前の検討というところもあって、なので、ちょっとあれは参考にしつつ新しくいろいろと制度も変わってきておりますので、最新の制度を踏まえた上でまた考えていかなければと考えております。

○寺井委員

JT-60SAはD-Dですから、そんなに中性子量も多くないし、ましてやトリチウムもそんなに発生しない、結果的には出ますけれども。それに対してITER誘致のときはD-Tを前提に考えていましたから、大分JT-60SAよりはトリチウムという観点からリスクかなと思いましたが、ちょっとその辺のところ、もちろんかなり昔の検討の状況なので直接参考になるとは思いませんけれども、耐震ぐらいのところを抜きにすれば、ある程度トリチウムの安全評価みたいなところは参考になるのかなと思いましたが、ちょっとコメント差し上げました。ありがとうございます。

○上谷補佐(原子力規制庁)

ありがとうございます。

○服部委員

一つ質問です。社会実装ということを想定しますと、まずは電力会社からのユーザーリクワイアメントというのが重要なものとしてありますけれども、恐らく核融合炉も核分裂を想定すると許認可案件になるということが想定されますが、その場合、どのような許認可の内容又は重要性、シビアさということになると、核分裂よりかはもちろん小レベルのものとなりますけれども、今日書かれたようなものの中から重要なものを条件化していくというように理解していいでしょうか。

○上谷補佐(原子力規制庁)

御理解のとおりでございまして、一応我々としてもさすがに核分裂炉ほどのがちがちのものにする必要はないよねというのはある程度の共通認識としてございまして、とはいえ、現存するRI施設と比べると、またそれも随分リスクは違うよねというところが認識としてございまして、なので、おっしゃっていた許認可をどういうふうにするかといったところは、うまく中庸を取れるように、そこを念頭に置きつつ検討の方を進めていきたいと考えております。

○服部委員

分かりました。ありがとうございます。

(4)バックエンド対策について

① 国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構核融合炉システム研究開発部の坂本次長より資料4-1に基づき説明

それでは、原型炉で発生する放射化物量についてということで説明させていただきます。

2ページ目を御覧ください。これまでITERよりも大きい主半径8.5メートルのJA-DEMOで詳細な評価をしておりましたので、まずはJA-DEMOでの評価に基づいて核融合炉で発生する放射化物の特徴を御説明させていただきます。

まず、核融合炉は炉心サイズが大きく、JA-DEMOの場合、直径約45メートル、重量が約5万トンございますので、最終的に発生する放射化物の量は非常に多いということがあります。ただし、高レベル放射性廃棄物は発生しないという特徴がございます。さらに、真空容器の内部に設置するブランケットやダイバータは中性子照射による材料劣化のため、数年ごとに定期的に交換する必要があります。交換のたびにそれらが放射化物ということになります。これら定期的に交換する機器をワンスルーで廃棄する場合には、20年間フルに運転するとしますと、放射化物の量は5.6万トンとなりますが、トリチウム増殖するための機能材、リチウムとベリリウム、これらをリサイクルして、かつ構造材料の一部をリユースするということをしますと、1.1万トンまで減らすことができます。

一方、真空容器ですとか超伝導コイルなどは廃炉まで使い続ける機器ですけれども、これらも放射化するということで、これらの重量は2.7万トンあります。したがって、廃炉までに発生する放射化物としては、リサイクル・リユースしない場合には8.3万トンですけれども、リサイクル・リユースすることで半減させることができるので、そういう意味でリサイクルですとかリユースするための技術開発というのが非常に重要になると考えております。

次のページを御覧ください。次に、発生した放射化物の埋設区分について御説明させていただきます。核融合炉で発生する放射化物は低レベル放射性廃棄物の範疇にありますが、低レベル放射性廃棄物でも放射能レベルによってコンクリートピットを設けた浅い地中に埋設する処分方法と地下70メートル以上に埋設する中深度処分というものがございます。発生した放射化物の埋設区分を評価するために、中段の図に示すように各機器の誘導放射能というのを評価しております。その中で最も誘導放射能が高いブランケットで生成される放射性核種に対してピット処分を仮定した埋設処分後の地中での核種移行解析というのをこれまで行っております。その結果、左下の図に示すように生物圏での線量率がトータルで $3.4 \mu\text{Sv/year}$ となり、ピット処分の埋設基準の $10 \mu\text{Sv/year}$ を下回ることから、ピット処分が可能であるということが分かってございます。

また、100年程度保管するとリモートハンドリングでの対応になりますけれども、リサイクルやリユースが可能になるということでございます。

では、次のページを御覧ください。これは最後のページですけれども、ITERサイズ原型炉で発生する放射化物量について説明いたします。

ITERサイズ原型炉では先に説明しましたように段階的な目標を設定して運転します。第1期と第2期はパルス運転のため、材料劣化による機器の寿命で交換するということにはならないのですけれども、各段階で異なる構造の機器を使用するために、先ほど申したようなリユースとかそういったことは想定せずに、ワンスルーで廃棄するとしますと、それぞれの段階で1セットずつの放射化物が発生することになります。一方、第3期は連続運転で中性子の発生も多いために、材料の寿命による交換を想定して2セット使用するというのを想定しました。そうすると、交換機器については合計4セット分と交換しない機器と合わせて廃炉までに発生する全放射化物は3.5万トンという評価になりました。

② 事務局の澤田参事官より資料4-2に基づき説明

事務局からスタートアップ個社にバックエンドについて照会したところ、J-Fusionとしてお答えしたいということだったので、この紙を頂いておりますので、代読という形で私の方から御説明いたします。

フュージョンプラントにおけるバックエンドということで、1ポツ目、バックエンドの対象は燃料サイクル

であればヘリウム、固体であればDT核融合反応(中性子照射)により発生する放射化物であるということです。DT核融合反応以外にも放射化物は発生し得ますが、これ以降、基本的にDT反応を中心に説明します。

2ポツ目です。バックエンドプロセスは核分裂施設と異なり、その多くが施設内で実施されます。まず、核分裂においては、使用済燃料の冷却は施設内で行いますが、その後、異なる施設(中間貯蔵施設や再処理施設等)に移送され、再処理工程(まだ使用可能な燃料取り出し等)が行われます。他方、DTフュージョンでは燃料の生産がブランケット、再処理は燃料循環系によって行われます。したがって、バックエンドプロセスで燃料処理を行うことなく、通常運転プロセスにおいて施設内で完了することになります。したがって、燃料の処理ではなく、フュージョンでは放射化物の処理と保管管理がメインプロセスになります。

3ポツ目、安全確保の「止める」、「冷やす」、「閉じ込める」の視点において、バックエンドでは放射化物の処理が可能になるまで施設内で「冷やす」、そして、処理や保管管理において作業員被爆防護のために「閉じ込める」ことが重要です。

「冷やす」段階では、核分裂の使用済燃料の冷却管理と同様に、初期は放射化物の熱除去ですが、ほぼ自然放冷、施設内で確保することになります。

「閉じ込める」段階では、核分裂のレベルと比較して数十年の保管管理によって施設外の再処理施設等に放射化物を移送する必要はなく、施設内で放射化物の処理を完結できる。そのため、安全確保の観点からは施設における除染や解体処理における遠隔保守技術の構築が重要な視点になります。再処理再利用が必要で、一方、放射化物は減衰によりクリアランス可能な部分も多くなりますということを述べております。下にそれを図示したものが書いてございます。

③ 三菱総合研究所より資料4-3に基づき説明

三菱総合研究所でございます。資料4-3について御説明いたします。

1ページめくっていただきまして、まず、米国のバックエンドに関する動きについて御説明いたします。米国においては、バックエンドも含めた規制の枠組みは提案されておりますが、更なる情報が必要としてございます。米国に関しては、DOE(エネルギー省)とNRC(原子力規制委員会)で推進側と規制側、両者ございますけれども、まずエネルギー省の方です。DOEの方がさきのバイデン政権のときですけれども、2024年6月にFusion Energy Strategy 2024というのを発表しております、この中でフュージョンは放射化及びトリチウム化された廃棄物を生み出すが、これら廃棄物は長期的な地質学的貯蔵を必要とするとは予想されていない。つまりこれは先ほども御説明ありましたけれども、地層処分が必要となるような廃棄物はないと予想されているということでございます。また、出てくる廃棄物は最小化した費用対効果の高い廃棄物の分離、リサイクル及び処分方法を開発するための研究開発が必要であるというふうにしてございます。

トランプ政権になりまして、2025年10月、つい先月ですけれども、Fusion Science & Technology RoadmapというのがこれまたDOEから発表されました。この中でDOEは廃棄物の課題に対応する革新を通じた投資を行うということを宣言しております、この理由といたしまして、初期のフュージョン発電所では内部構造物の寿命が限られておりまして、定期的に交換をする必要がございますので、大量の低レベル放射性廃棄物の発生が不可避となる可能性があるということを指摘してございます。また、高度なトリチウム除去技術というのが規制遵守と長期的な持続可能性に不可欠であるということを指摘してございます。

一方、規制側、NRCでございますけれども、フュージョン廃棄物を廃棄する条件として10CFR Part 61、これは右側にPart61の廃棄物のクラス分類を載せておりますけれども、これについて、このクラスに適合するようであれば処分ができます。また、侵入評価を行って偶発的な侵入者の予測線量が年間0.5レム、5mSv未満であれば廃棄ができますということを明確化しております。

他方、この結論に至った経緯として、実はNRCに助言機関がございまして、ACRSという原子炉安全諮問委員会というのがございますけれども、ここからは10CFR Part61、右側の表のクラス分類をフュージョンの特性に合わせて見直した方がよいのではないかと指摘があったのですけれども、NRCスタッフの結論としてはどのような放射性核種がフュージョン装置の廃棄物のリスクの重要性を左右するか判断するための十分な情報がまだ得られていないということで、この表についてはまだいじらず、先

ほど説明したような基準を今は案として提示して、この規制は枠組みの提案だけでして、まだ規制の枠組みはセットされたものではございません。

米国については以上でございます。

続きまして、次のページにまいりまして、今度は英国のバックエンドに関する動きについて御説明申し上げます。

CoRWM、これは下の方に点線の枠組みで書いておりますけれども、これは政府から独立した立場で放射性廃棄物の処理とか管理方針を監視したり提言したりする組織でございますけれども、放射性廃棄物管理委員会と申します。このCoRWMがフュージョンに伴って発生する廃棄物について予備的な見解というのを2021年11月に公表してございます。

この予備的な見解の中でフュージョンシステムから発生が予想される放射性廃棄物は次のとおりとしておりまして、ここに青丸で5個ございますけれども、例えば生体遮蔽です。鉄筋コンクリートなど、そういったものは100年後に規制解除、要は規制する必要がないレベルまで放射能が低減しているということを想定している。また、放射化した構成部品については、100年たった後にLLW、低レベルの放射性廃棄物というのを目指しますが、もしかしたら一部は中間レベルの廃棄物の可能性もあるということが指摘されております。また、トリチウムに汚染された機器については、トリチウム除去技術が必要となってくるのですが、これがもし経済的に成立しない場合には大量の減衰保管施設、要すればトリチウムの放射能が減衰するまで一時的に保管しておく施設が必要になることを記載しております。あと、ほかには再利用可能な材料とかリサイクルとかそういったことでございます。

また、長半減期核種、例えば炭素14とかニオブ94といったものについては、浅地中処分の取扱いでは一部制限がされるべきではないかということも指摘をされてございます。

この下の方の左側は英国における放射性廃棄物の分類を示しておりまして、右側は予備的な見解の中で特に懸念される主な核種ということで、トリチウム、ニッケル63、炭素14、ニオブ94といったものが挙げられてございます。

続きまして、同じく引き続き英国の状況ですけれども、次のページに進んでいただきまして、UKAEAという英国の原子力公社がございまして、今ここがJETと呼ばれるトカマク型の実験装置の廃止措置をしてございます。もともとこの実験装置はヨーロッパ協働で運営をしていたものでございますけれども、それが2023年12月に運転を終了しましたので、現在は廃止措置に移行しているという状況でございます。

2040年頃に一応廃止措置完了を予定していますが、その中でも幾つか研究開発をしていくということで、下の方に四つボツを書いておりますけれども、遠隔ロボットであるとかトリチウムの除去であるとか輸送とか保管の削減の方法であるとか、そういったことが課題として挙げられてございます。なので、こうした課題に対応するために左下の方にある四つの軸に基づいた計画をつくって、実施を進めているということになってございます。

右上の方ですけれども、長期的な廃棄物戦略として確実なトリチウム除去のために以下の三つの取組が必要としてございます。技術的な実現可能性の検証、それから、運用条件の最適化、廃棄方法の費用対効果の評価といったものでございます。

その三つ目の矢羽根のところですが、廃止措置とトリチウム除去の間のギャップを埋めるために中間廃棄物(ILW)の保管施設が必要になるかもしれないといったことも指摘をされてございます。

右下の方は放射性廃棄物の将来見積りということで、先ほどQST様からも見積りの量がありましたけれども、イギリスのJETにつきましても、2022年4月の段階で廃棄物の発生量を見積もられておりまして、ILW、中間レベルが479立米、LLW、低レベルが4,140立米ということになってございます。ちょっとこの右側に参考で日本の原子力発電所の廃棄物の発生見込みを書かせていただいたのですが、ちょっとこれは量を比較するというよりは、日本の原子力発電所も一応このように見積もられておりますということ参考までに記載したものですので、何かこれがJETの廃棄物量と比較するという意味ではございません。ですけれども、先ほど来、指摘がいろいろありましており、これからの技術開発に沿って最終的な廃棄物発生量というのは変化をいたしますので、こうした廃棄物発生量を追いながら技術開発を進めていくということが必要ということではないかと考えているところです。

(意見交換)

○小泉委員

このJ-Fusionからの回答が、ITERとかで聞いていた話からすると、結構軽いというか簡単に聞こえていて、これは仮定している照射量が違うのではないのでしょうか。このJ-Fusionが仮定しているもの、例えばQSTが仮定しているもの、ITERで仮定しているものとかが何か違うものをベースに議論されているように思えたので、そこら辺は確認できないのですかね。

○澤田参事官

資料4につきましては、この場で私がこれ以上お答えするのは難しいですけれども、J-Fusionに確認はしたいと思います。後ほど先生とお話しさせていただいて、こういったことを確認してほしいというのがクラリファイできればより良いかと思っています。

○寺井委員

多分坂本次長がお話されたのはJA-DEMOですよね。だから、いわゆるITERサイズ原型炉ではないというところが大きな違いだと思います。それから、スタートアップの方はそこまで多分考えていなくて、やっぱりJA-DEMOサイズのいわゆる発電実証するための原型炉と、そういうことかなと個人的には理解しているのですが、ちょっと正確に詳しくまたそこは御確認いただければと思います。

○服部委員

JA-DEMOに関することで質問です。大変定量的な分析をされて助かります。ただしこれは一つのケースに関する御説明と思います。先ほどの別の説明で2050年から2100年にかけて日本の発電の30%を核融合で占めるという考え、構想がありますが、仮にそれぐらい3割を占めるとなると数十台か100台近くになると思われます。今の分裂炉のレベルに相当近いと思います。そうすると、これの数十台分ぐらいは100年間ためるということになるので、恐らくスペース的に大変な量になると思いますが、それを想定したときにこれらの産業廃棄物の廃棄ないし貯蔵スペースについては、現実的に近場を探せば何とかできるだろうというレベルなのでしょうか。それともそれなりにシリアスな問題なのでしょうか。

○坂本次長(QST)

今回御紹介させていただいたのは原型炉の段階でありまして、商用炉、例えば最初のRITEの分析のように30%ぐらいにいくときには、そのときまでにはもっと廃棄物が余り出ない材料を構造材料にして、そういった技術開発というのが今後並行してやることになるので、単純に今お示したものの50倍とか100倍とかにはならないと考えています。

○服部委員

では、例えば50倍掛ける5分の1でも10倍ですよね。それは量的、サイズの的にはどれぐらい大変なのでしょうか。何とかできるレベルなのでしょうか。

○坂本次長(QST)

そういう意味では、基本的に建設サイトの建物に収まっているものなので、何とかできるのではないかと。何とかすると余り安易に言うのもどうかと思いますが、お示したように100年ぐらいするとリモハンの機器を使ってですけれども、リサイクル、リユースということが可能になるので、原型炉とか商用炉も40年ぐらい運転するというような仮定をしたさっきのシナリオの分析だったので、そういった時間スケールで考えれば何とかしたいと思っています。

○服部委員

多分アンダーコントロールだろうということですね。分かりました。ありがとうございました。

○尾崎主査

三菱総研でそういった分析はされていますか。

○三菱総合研究所

弊社では発生する廃棄物の量とかは分析できていませんが、先ほどちょっと説明の中にもありましており、そういった将来発生する廃棄物の量が非常に中間貯蔵しなきゃいけないところのスペースが必要であるとか、そういったところが今日の説明資料にもありましており英国では指摘がされているというところがございます。

○栗原主査代理

QSTで出していただいた数量に対して、例えば英国とかを見ると、建屋などもはいつていると思いますが、これは低レベル放射性廃棄物だと思いますが、日本の場合はそういうことまで考えなくてよいのでしょうか。そこまで考えた上でトンではないかもしれませんが、どれくらいの体積が必要なのかという辺りをお聞きしたいと思います。

それから、今回の海外のバックエンドで英国と米国を調べていただきましたが、ITERが存在するフランスは、日本でいうところのRI法ではなく炉規法の方で規制しているので、多分全然考え方が違っていると思います。このフランスの場合のバックエンドはどうなっているのかということをもし分かったら教えていただければと思います。

○三菱総合研究所

三菱総合研究所でございます。すみません、今回のフランス、最初から英国と米国の状況ということでしたので、意図的に排除したわけではございませんので、今後またその辺りも引き続き調査をしていただければと思っております。

○尾崎主査

もし追加で分かるようであれば、事務局宛て御回答いただければと思いますので、お願いします。

○三菱総合研究所

承知いたしました。

○坂本次長(QST)

QSTですけれども、建屋については正確な量をちょっと私、今数値が頭に入っていないんですが、もちろん廃炉についても建屋のコンクリートとかそういったものも検討はしております。「ふげん」とかあの辺のところから情報をもらって検討しているところです。すみません、数値についてはちょっと今答えられないです。

○井上委員

先ほど規制庁の方からお聞きしましたが、まずはトリチウムだということで検討を始めていただいているようですが、忘れてならないのは、核融合炉というのはものすごく強力な中性子源であることです。それを止めることが重要で、またモノを放射化させてしまうという根源にもなりますので、その評価は非常に大事なことになります。

ITERの話をされましたが、ITERでは放射線の生体遮蔽のために3メートルのコンクリートで炉を覆っています。ですから、間違えないでいただきたいことは、炉を小さくしてもプラントが小さくなるわけではないということだと思います。その中性子がどれだけ発生するかは、人類が経験したこともない中性子源でもあるので、シミュレーションなり計算でしか評価のしようがありません。出てきた中性子を遮蔽するだけではなく、先ほど言いましたように、モノを放射化させてしまいますので、これはその量を決める大事な計算になります。

そこで質問ですが、そういった中性子が出てきてどのぐらいの線量になるか、遮蔽をどうしたら設計できるのかというような決定の仕方は標準化されているのでしょうか。それとも標準した方法があり、それで決めているのでしょうか。そこが質問です。

○坂本次長(QST)

そういった計算はいわゆるMCNPというコードを使ってやっていますが、そこで使う核変換のデータベースというのは国際的に蓄積されているデータベースを使ってそういった評価をしているという理解です。

○井上委員

それは十分にベンチマークされたものと思っていいますか。

○坂本次長(QST)

すみません、ちょっとそこは専門ではないので、正確にはちょっと答えられません。

○井上委員

おそらく、規制庁がお考えになるソースタームを決定するときには非常に大事なになりますし、さきほど申しましたとおり、それを実験で示すことができないので、非常に大事なプロセスになりますので標準化が必要です。先ほどJ-Fusionと考えが違うのではないかという議論もありましたので、その辺をしっかりとやっていただけたらと思います。

○宮下室長(資源エネルギー庁)

資源エネルギー庁でございます。

参考的な情報ですが、放射性物質の出る廃棄物の量については今論点になっているところがあるかと思いますが、例えば通常の軽水炉です。原子力発電所で廃止措置をするときに出てくる放射性廃棄物、高レベル放射性廃棄物は除いた低レベル放射性廃棄物ですが、このQSTの資料にある例えば中深度処分とかになるものは、多分数十トンから数百トンぐらいのオーダーで、浅地中処分みたいなピット処分になるものも数千トンぐらいのオーダーなので、核融合で出てくる放射性廃棄物は、これで放射性廃棄物みたいなものは出てこないというのはそうだと思いますが、量的には多分析の違う量が出てくるというのはファクトとしてそうなのだろうと思います。

○尾崎主査

J-Fusionの資料には放射化物ということで廃棄物については言及していないわけですが、ちょっと議論が食い違っているということがありませんか。

○宮下室長(資源エネルギー庁)

私が言ったのはQSTの資料のベースで言っているのですけれども。

○澤田参事官

補足ですが、資料4-2の案の作成段階でJ-Fusion側と事務局とで議論しました。放射化物という用語についてJ-Fusionなりの考え方があるようですけれども、ここで披露することは差し控えます。J-Fusionも気を使って資料4-2をまとめているので、相談して、今後できる限り先生方にお示ししたいと思います。

○上谷補佐(原子力規制庁)

ちょっと私の説明がよろしくなかったかもしれないですが、まずはトリチウムからということではあるのですが、当然放射化物についても規制庁としては認識をしております、参考資料の最後にもつけさせていただいており、その他の事項ということで放射性廃棄物の管理処分というところを書かせていただいております、事業者の皆様から情報を頂きながら適切な規制についての検討ももちろんしてまいりたいと考えてございます。

(5) 発電実証に向けた共通基盤について

- ① 国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構フュージョンエネルギー推進戦略室の大山室長より資料5-1に基づき説明

フュージョンエネルギー開発のための基盤整備について、QSTより報告させていただきます。

次のページを御覧ください。

フュージョンエネルギー・イノベーション戦略においてフュージョンテクノロジー・イノベーション拠点の設置が求められたことを受け、QSTでは令和5年度にオープンイノベーション総合窓口を設置するとともに、那珂フュージョン科学技術研究所と六ヶ所フュージョンエネルギー研究所の施設・設備の供用を進めております。本ページでは、J-Fusion会員の各社、また、青森県・六ヶ所村の産業界へのアンケートなどに基づいてフュージョンテクノロジー・イノベーション拠点に対する産業界における基盤整備のニーズについてまとめたものでございます。

産業界からQSTに期待されている施設・設備としましては、トリチウム取扱い施設、遠隔保守技術開発・試験施設、中性子照射施設、高周波加熱装置試験施設、NBI開発・試験施設、照射後試験・ホット試験施設、超伝導導体開発・試験施設、ダイバータ開発・試験施設、那珂サイト及び六ヶ所サイトの既存設備の拡充などが挙げられております。

また、六ヶ所サイトに新たに設置することを検討しております産業界連携ラボにつきましては、得られた要素技術を民間企業にも継承する人材育成機能や訓練設備、薬品取扱い試験が実施できる設備や備品、各種分析装置、放射線、放射化物、RIを扱った研究ができるホットエリア、30名程度の常駐者と30名程度の短期滞在者の居室等、400平米程度の共有ラボなどのニーズが寄せられました。

次のページを御覧ください。先ほど御紹介した産業界における基盤整備のニーズ、また、ITER計画やBA活動で培った技術と経験、QSTが保有する施設・設備の現状も踏まえ、フュージョンテクノロジー・イノベーション拠点としてQSTに整備するべきと考える施設・設備は以下のとおりでございます。燃料システム安全試験施設、ブランケット開発・試験施設、遠隔保守技術開発・試験施設、核融合中性子照射試験施設、加熱・電流駆動システム開発・試験施設、照射後試験・ホット試験施設、超伝導コイル開発・試験施設、ダイバータ開発・試験施設などがございます。

これらの基盤整備により、この下の図に示しております前回のタスクフォースで御説明した核融合発電炉に向けた技術課題の解決に貢献するだけでなく、産業界における新たなフュージョンテクノロジー創出やトカマク以外の方式の研究開発にも貢献可能であると考えております。

次のページを御覧ください。こちらの資料では、それぞれの技術課題の解決のために必要な施設・設備をまとめております。燃焼プラズマ維持・高圧力運転実証に対しては、拠点を支える中央変電所等のインフラ更新、各施設を利用する産業界等への供用等に必要なインフラ整備、産学共同研究棟の新設、計測装置研究開発拠点増強など那珂サイトにおける基盤整備と六ヶ所サイトにおけるフュージョンインフォマティクスセンター構築でございます。

加熱装置の高効率化・高出力化に対しては、1MW以上のジャイロトロン開発や1.5MeVまでの加速器開発ができるよう、那珂サイトにおける高周波加熱装置試験施設の増強ですとか原型炉用ビーム加熱装置試験施設の新設でございます。

燃料システムにおける三重水素取扱い技術やペレット生成技術に対しては、六ヶ所サイトに新設する各施設のためのインフラ整備、燃料システム安全試験施設新設、既存実験室設備の更新でございます。

超伝導導体性能確認に対しては、那珂サイトにおける超伝導導体試験装置などの既存設備をより高磁場で超伝導導体の性能試験ができるよう、試験施設の増強あるいは新設をするというものでございます。

ブランケットにおける燃料増殖技術に対しては、六ヶ所サイトにおけるコールド施設及び産業界連携ラボの新設、分析装置等の増強、中性子照射施設の新設、照射後試験・ホット試験の施設建設と試験設備の整備でございます。

放射化したブランケット・ダイバータの遠隔保守技術に対しては、六ヶ所サイトにおける大規模保守技術開発棟の新設と試験設備の整備でございます。

最後のダイバータ除熱性能向上に対しては、那珂サイトにおけるダイバータ開発・試験施設の建設と熱負荷試験装置改造又は新設でございます。

これらの基盤整備につきましては、段階的に整備するということになろうと考えてございますけれども、中でも早期の供用を目指す設備というものがございまして、こちらにつきまして次のページで説明させていただきます。

燃料システムにおける三重水素取扱い技術やペレット生成技術においては、DT混合ペレット生成を含む各種トリチウム取扱い技術の研究開発や性能試験を実施するための数十グラム規模のトリチウムが使用できる燃料システム安全試験施設を六ヶ所に新設したいと考えております。

ブランケットにおける燃料増殖技術においては、発電用ブランケットの開発のためのブランケット開発・試験施設として、材料分析装置の整備に加えて、大面積熱負荷試験装置・安全実証試験装置等を増強するとともに、実規模試験に向けたコールド試験施設と機能材料等の開発に向けた産業界連携ラボを六ヶ所サイトにおいて建設したいと考えております。

ダイバータ除熱性能向上におきましては、スタートアップ等も利用可能な産学共同研究開発施設等として、核融合炉の出力限界を決めるダイバータの除熱性能の向上を目指した熱負荷試験設備の整備を那珂サイトにおいてしたいと考えてございます。

最後に、燃焼プラズマ維持・高圧力運転実証においては、JT-60SA等のビッグデータとスパコンを活用し、スタートアップ等の計画を含む原型炉やITER等のための高精度予測・解析研究を実施するためのフュージョンインフォマティクスセンターを六ヶ所サイトに構築するとともに、計測装置開発のための設備を含む産学共同研究開発施設等の整備により、那珂サイトの既存設備を活用した炉心プラズマ研究の加速とスタートアップ等を含む産業界の総合技術力の向上を実施したいと考えてございます。

② 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の山田所長より資料5-2に基づき説明

大学共同利用機関である核融合科学研究所がどういった組織であるかということは委員の先生方は知ってくださっているとして、今日はこの社会実装検討タスクフォースのミッションを担っている委員の方々が恐らくお知りになりたいあるいはお聞きになりたいと思われることを私どもなりに考えまして、資料を用意しました。

表紙がゼロページになっております。

一言で申し上げまして、フュージョンエネルギー研究開発の新たな時代に取り組むためということで、これまではいわゆる基礎的な学術研究と核融合炉そのものをつくっていかうとする開発研究、これに産業化あるいは事業化という視座が加わったという新しい時代に対応すべく、核融合科学研究所はこの数年、組織改革などを進めております。NIFSが培ってきた技術基盤と知識基盤を産業界の利用に供し、フュージョンイノベーションを共創してまいります。これによってNIFSの本分も発展していけるものと考えています。施設・設備のリノベーション、アップグレードによってこういった拠点機能整備を進めるとともに、大学共同利用機関としての国内外の幅広い学術ネットワークを通じて涵養された専門知、これは私どもの研究所には研究者と技術者が合わせておよそ170名程度いますが、その後ろというか、一緒にやっている共同研究者というものが約1,700名、研究所の職員の約10倍います。こういった方々の専門知を合わせてインテグレーションすることによって課題解決を図っていきたいというのが核融合科学研究所の強みだと考えております。

右下1ページになります。今申し上げたことを写真で見ていただくという形になります。大学共同利用機関として1989年に創設以来、長年にわたって多くの大型装置を開発あるいは共同利用に供してきた実績がございます。

2ページ目、これが研究所の一つの骨子となる組織図であります。上にあるユニットというものについては、これが研究者、いわゆるプレーヤーの集まりになりまして、これは後で御説明するとして、ここではこのプレーヤーであるユニットの活動を開発フロンティア、学術フロンティア、そして、この産業界との技術フロンティアというものをつなぐ役割を果たすために学際連携センターというのを設けている。この学際連携センターはプレーヤーではありませんけれども、こういったフロンティアとの間のプロデュースと支援を行うという組織です。特に産学連携においては、契約であるとかあるいは特許の申請等の手続等もここで扱うということで、ユニットの研究活動をうまくフロンティアと組み合わせるような形を考えています。

3ページ目、もう一つの産学連携の組織として用意しているのが左の上にありますフュージョンエネルギー産学連携研究室です。これは上にあります研究者の集まりである研究部とは独立に企業との共同研究・協業を専門とする所内組織として設けてあります。これによって利益相反等を解消して、迅速・円滑な運用を可能にしているということで、第1号としてはHF、ヘリカルフュージョン社の間でヘリカルフ

ュージョンHF共同研究グループというのが設けられています。このHFグループにつきましては、核融合研からのスピノフであるということで、核融合研の上部組織である自然科学研究機構のNINS発ベンチャー称号授与というのをこの9月に行っている次第です。こういった研究所の取組強化あるいは社会の求め、特に民間企業からの求めが変わってきているということで、右上にありますように共同研究・受託研究数は右肩上がりです。相当程度の勢いで増えてきています。このヘリカルフュージョン以外にも京都フュージョニアリングあるいはEX-Fusion等と協力体制を構築しつつあります。

4ページ目、フュージョンスタートアップとの協力例のハイライトとして二つだけ御紹介いたします。

一つ目が京都フュージョニアリング株式会社、KFとのジャイロトロン開発共同研究で、これはKFが英国の研究所に納めるジャイロトロンという高周波電子管を核融合研の電源等の設備を用いて実証試験を行ったという例です。

下がHF共同研究グループの活動でありまして、左が我々の施設を用いて高温超伝導体に対する新しい試みの試験を行っているであるとか、左から二つ目の写真というのは核融合研の中の専用スペース、これは相当程度の天井高であるとか電源であるとか、あるいはクレーンというものを備えたような実験室を借り受けていただきまして、そこで金属ブランケットの試験をされているという様子です。

海外との協力というのを一つ例として示しているのが5ページ目です。

これはTAEというスタートアップの老舗、1998年から創業されたもので、既に13億ドル以上の民間資本を集めているという組織です。ここTAE社が構想しているのは、いわゆるトカマクとかそういう方式ではなくて、逆転磁場配位というユニークな配位を持っておりまして、ここでは中性子を発生しないプロトンとボロンの反応を目指しているということで、非常に先進的な試みをされています。一方、このプロトンとボロンの核融合反応を実際実証するということを探求されておりまして、核融合研だけがそれできると。一つには超高温プラズマを生成して閉じ込めができる装置を持っているということと、このプロトン・ボロン反応の片一方のプロトンですね。陽子の方に当たる負イオン源の高エネルギー中性粒子ビームを持っている。もう一つは国際共同研究によって真空容器の壁の調整のためにボロン粉末というのを落とすという装置を持っておりますので、この三つを組み合わせることによってプロトン・ボロン反応というのを世界で初めてプラズマの状態で起こすということを実証したというもので、これについてはネイチャーコミュニケーションズで非常にサイテーションの大きな論文になっている。こういったことは閉じ込め方式によらない、いわゆる自負しますけれども、サイエンス、科学におけるプロならではの成果であると考えております。

6ページ目、これはNIFSが有する様々な研究試験設備がございますが、ハイライトとして超伝導体試験設備の利用について御紹介いたします。

現在、世界で、稼働中で50キロアンペア以上通電できる超伝導の導体試験設備は世界に三つしかなくて、そのうち二つが核融合研、NIFSにございます。この施設を用いて右側にありますように世界の代表的な磁場閉じ込め装置の超伝導の試験です。ITERの導体、JT-60SAの導体あるいは米国のコモンウェルス・フュージョン・システムズのSPARCという高温超伝導体、更にはヘリカルフュージョン社が開発している高温超伝導体、こういったものを全て我々の施設を使って実証試験されているということです。利用いただいています。

7ページ目、今まで相当程度ハードウェアの話をさせていただきましたけれども、ここは核融合研の取組として学際的な展開を図っているということに留意していただきたいと思って設けたページです。

ここでは核融合の研究開発を長期にわたり、これは今まで以上に様々な人あるいは分野を巻き込んでいかなければいけないということで、そのためには我々の研究グループを広く通じる学術的な用語に定式化し直して、それらの名前を冠したユニットという学際的な共同研究チームで研究部を再編しております。こうしたことによって他分野との間でつながるということです。ですので、核融合炉そのものをつくっていくという垂直統合についてはスタートアップであるとかQSTが担っていかれると思いますけれども、我々の役割というのはこういった人と知識の水平展開と大きな巻き込みを図っていくことが大事な役割だと考えています。

一方、こういった学際的展開においては、産業との協力というのが非常に大きな鍵となっていくと認識しております。そういった課題解決を図るという意味では、この学際的なアプローチが必要であると考えております。

8ページ目、もうそろそろ終わりになりますけれども、今申し上げたようなことを大きな構図の中で核融

合研は構想しているということを申し上げたいと思います。

グランドプランとしてフュージョンサイエンスヒルズ構想と名づけて、ここにあるようなプラットフォームを整備していきたいと考えています。国際的なイノベーション拠点の形成を目指したいと。

こういったここにありますが、言葉や抽象的なものにとどまらないということが次の9ページ目でごさいます。発電実証に向けた共通基盤整備として、ここに挙げましたような内容を具体的に検討して早期に整備すべく計画を進めているところです。

③ 大阪大学レーザー科学研究所の児玉所長より資料5-3に基づき説明

大阪大学の児玉です。このたびはこのような機会を頂きまして、ありがとうございます。

私の方からは少しレーザー核融合、レーザーフュージョンというのは磁場核融合と研究開発方法が、様々なところで異なりますので、ロードマップを軸にどういう基盤を整備すれば産学連携がより進むのかというところを紹介させていただきたいと思います。

その前に、2ページ目です。先ほど来、議論がありました発電実証、この定義をまずしっかりします。レーザー核融合の場合は未臨界の状態から発電ができます。繰り返しさえできれば。そういう意味では、未臨界炉による発電実証がTRLの5から6の段階でできます。そうすると、この段階で材料開発あるいはトリチウム増殖、そういったものができますので、いろんな方が使えるようになります。その後、実証炉、実証炉もこれは後で言いますが、レーザーを一つ備えれば、その後、独立して一つずつ炉を増やすことができます。ということはレーザーの繰り返しをどうするかにもよりますが、レーザーさえ準備すれば比較的シンプルな炉を一つ、二つと増やすことによってここにあるように発電実証から商業試験までシームレスに実施することができると考えられます。そういう意味では、発電実証といえるものが何段階かごとにあるということでここに挙げさせていただいております。

その次の3ページ、これは全体のロードマップでございまして、上側に示しているのがフォアキャストで、現在の取組を基に2035年まで確実にできるものを示させていただいております。後で詳細は報告させていただきます。下にあるのはバックキャストです。大体2040年から45年の間で実証炉から商業試験炉まで行くと、そういう計画の下で立てた場合には、レーザーをいつまでに構築しないといけないかということで、これは2040年前後ということの一つの目標にしています。やり方によっては5年前後に動くと考えられるというバックキャストでのロードマップでございまして。

次に行く前に、先ほどの3ページの上のフォアキャストのところのグレーのところ。これが現状です。現状何ができていてかというと、高効率の核融合で欧米に比べると10倍の効率で炉心プラズマを生成できています。それから、繰り返しレーザーのモジュールがもう既にできておりますという段階で、次にどうするかということで4ページを開けていただければと思います。

現在、赤のところですが、令和6年度の補正予算で整備させていただいているのが核融合模擬燃焼実験、いわゆる燃焼プラズマを実現できるということを数年以内に実証しようとするものです。これがうまくいけば、実は欧米の100倍以上の効率で炉心プラズマを生成できるということです。2021年にNIFが出した状態と同じような状態を100分の1のレーザーでできる可能性があるということで、様々な方が、この燃焼プラズマを利用できるはずだと考えております。

それからもう一つは、トリチウムを我々の施設では扱うことができます。核融合燃焼プラズマ実験や発電実証では大変重要なポイントです。そのため、令和6年度の補正予算でも一部改修を進めているところでございます。

その次に5ページを開いてください。これまでは、シングルショットベースの進捗を報告しましたが、シングルショットベースで炉心プラズマの高効率化に関する原理実証は多分今回でもうほぼ終わると思います。その次にやはり求められるのは繰り返し核融合反応です。レーザーの繰り返しに関しましては、先ほど言いましたように、技術的にできております。今できているモジュールを段階的に増やさないといけないということで、まず現在の10倍程度に増強することによって、繰り返しの核融合反応を起こすということを次に考えております。同時にトリチウムの施設の改修を始めています。現時点で、トリチウム取扱量としては十分ですが、繰り返しということでもう少し余裕を持たせるということで、関係する多方面の方々とも相談しながら、既存の施設の改修を進める予定です。現在の許可された取扱量は、量としては全く問題ないのですが、繰り返し運転では、よりゆとりを持った状態になればと思っております。

これがうまくいきますと、その次に考えておりますのが6ページ目です。

現在の激光XⅡ号というレーザーと同じ出力エネルギーレベルである10キロジュールですけれども、そのレベルのエネルギーで繰り返しを10ヘルツ程度にするとということを考えています。このときにやはり求められるのが燃料を繰り返してインジェクションするということが必要になります。この技術を今スタートアップが開発しておりますので、そういうものを取り入れながら1ヘルツから10ヘルツ繰り返しレーザーを照射することによって発電ができます。大体1ヘルツだと1時間ぐらい連続運転すれば発電が確実にできると評価できています。この評価では、先ほど申し上げた最新の高効率の核融合反応というのは想定しておりません。まだ実証できていない高効率のスキームではなくすでに確立しているターゲットデザインを考えています。それでも、2035年ぐらいまでには未臨界による発電実証というのができて、同時にトリチウムの増殖ということも実証できていきます。その結果として、いろんなステークホルダーの方がこの未臨界炉を利用できるのではないかと考えております。

7ページでは、上段にフォアキャストに基づき2035年までに可能な取り組みを示しています。ただし後ほど述べるように、TRL(技術成熟度レベル)5～6に入る段階では、市場ニーズを踏まえた目標設定が必要であり、バックキャストの考え方を取り入れることが重要です。具体的には、目標とする炉あるいはプラントの概念設計はすでにある程度できています。先ほど言いましたように約300キロジュールで、アメリカが想定している10分の1以下でゲイン100を達成できる見通しです。さらに、単にそれを実証するだけでなく、炉を繰り返し運転も検証します。この場合、約16ヘルツの繰り返し頻度を想定しており、これを4ヘルツごとに切り出すことで、合計4基の炉を構成できる計画です。

この「切り出し」の技術も、大型装置でほぼ実現の見通しが立っています。これを用いることで、16ヘルツ動作を4ヘルツ単位に区切れるようになります。4ヘルツとした理由は、排気速度に対する安全係数を考慮したもので、本来は10ヘルツでも可能ですが、安全性を優先して4ヘルツと設定しています。この4ヘルツごとの区分により、合計4基の炉を配置できます。これらは、トリチウム増殖用や自給用電源など、用途に応じて柔軟に組み合わせることが可能です。こうした構成を前提にすれば、工学試験から商業試験までを短期間で進められるというシナリオになります。

こうした取り組みには、先ほど述べたフォアキャストとバックキャストの考え方を統合することが重要です。そのためにも、両者を一体的に検討できる幅広いイノベーション・プラットフォームが必要だと考えています。8ページに示しているのは、その概念図です。この図にあります青い丸で示している部分は、既にエコサイクルが形成されている領域です。資料6、7で示しておりますが、我々はレーザーを軸に多くの産学連携を進めています。基幹部門は4部門ですが、産業界主体の部門は現在9部門あり、数としても倍以上になっています。その中には核融合に関する部門も当然入っております。

このように、青の循環矢印示した領域では財政面だけでなく、人材や知識も含めたエコシステムがすでに形成されています。しかし、核融合の実現には、これらの要素を統合し、バックキャストとフォアキャストを組み合わせる効率的に進めることが重要な段階にもう来ているのではないかと思います。そのためにも既存の枠を超えた「グランドエコシステム」を創出していくことが必要だと考えています。

最後に、9ページが現状の整理になります。ここでは、現在、一般的に世の中で使われているNASA基準のTRLを示しています。商業試験炉を見据えた際、我々は現在TRL4～6の段階へ進もうとしているところです。恐らくTRL7以上は大学では扱いが難しい領域になります。この段階(TRL5～6)で求められるのは、市場ニーズを踏まえたバックキャストによる開発目標・戦略目標の設定です。その観点から、我々が現時点で想定している用途は「ベース電源」ではありません。まず目指すのは、データセンター向けの小型電源です。これは、高効率のレーザー核融合炉であれば実現可能と考えており、今後この方向性を重点的に進めていきたいと考えています。

(意見交換)

○桑原委員

私も日々スタートアップと接する立場からコメントさせていただくと、やはりスタートアップ単独では時間の面、それから、資金の面、人員の面でそれぞれがこういった設備を単独で用意するというのは現実には不可能というのを日々感じておりますので、そういった観点で、このような形で基盤として皆さんが整備していただいているのは非常に意義のあることだなと思ってお話をお伺いしました。

QSTの資料にありましたけれども、実際1ページ目ですか、産業界からどのようなことを期待されているかというのを把握して取り組まれるというのは、これは非常にすばらしいなと思っておりまして、是非こ

れをせっかく整備したのに誰も使わないという状況にならないように、J-Fusionというものがありますので、J-Fusion側からしっかりとニーズを取りまとめていただいて、この場で報告していただくとか、そういったことも含めて検討いただいてもいいのではないかなと思っていますし、実際項目としてはこういうものがあると思いますが、具体的にどういう性能のものがどれぐらい必要なのかということも含めて考えていただくといいのではないかなと思います。

もう一方で、これは民間が既にやっていることを改めてこういった形でやるというのは、それはお金の使い方として重複があると思いますので、そういったことは避けるべきだなと思いますし、むしろ産業化という観点では、逆に先行して民間が投資しているところをビジネスとして阻害してしまうということにならないように、この点は注意していただく必要もあるのではないかなと思いますので、まとめていうと、産業界としっかり連携いただくところをより進めていただくといいのかなと思います。

○大山室長(QST)

まず、項目としては挙げているとおりですけれども、具体的な仕様をどうしていくのかということについては、今後このタスクフォースの中でも恐らく議論される最終的なゴールが決まってきたときに、そのギャップを埋めるために必要な試験施設・設備ということになりますので、そこでこういった仕様のものが求められるのかということも我々はやっぱり一丁目一番地としてフュージョンエネルギー開発のために必要なもの、それを産業界の意見も含めながら供用していくというような形になりますので、最終的に何が必要なスペックなのかというのが最初に決まった上で、その上で産業界からの意見も取り入れられるところは取り入れさせていただくという形で合理的な基盤整備を進めていきたいと考えてございます。

○尾崎主査

すごく重要な視点で、せっかく共有施設を作ったが、実証炉を開発することに余り役に立たなかったということは絶対避けなければいけません。これは大変な作業になると思いますが、是非お願いします。この問題はQSTだけでなくNIFS、ILEも同様ですけれども、この点についてお二人から何かコメントございますか。

○山田所長(NIFS)

核融合研が設けた施設を使ってくださいと、そういう上から目線では全然なくて、産業界との、まさに協業ですよ。だから、我々が主になって産業界が従になる場合もあれば、逆に産業界が主になって私たちがお手伝いをする従になる、様々な協業の在り方があると思いますので、こういった形でも取り組めるように考えていきたいと思います。

○兒玉所長(ILE)

レーザー核融合についてですけれども、先ほどの参考資料7をご覧ください。皆様にお配りした資料では企業名は控えさせていただいていますが、既に共同研究を行っている主要な企業を含めフュージョンを実現させるためスタートアップを中心にまとめています。

ここで挙げているスタートアップ8社のうち5社は日本のスタートアップですが、5件のうちフュージョンを前面に出しているのは2件だけです。材料関係とかデバイス関係のスタートアップは核融合以外の分野にも出口があるためです。ただし、それらの企業も核融合への貢献意欲を持っています。一般的には、核融合といったら核融合スタートアップというのが注目されがちですけれども、核融合というのは御存じのとおり総合技術であり、一つの要素だけで成立するものではありません。多様な技術や企業を取り込んで進められるようなシステムづくりが必要だと考えています。

○桑原委員

まさにおっしゃるとおりで、スタートアップだけではなくていろんな属性の民間企業がこういったものが必要としているかなと思いますので、是非そういった動いていただくといいかなと思いますし、先ほどNIFSから御説明のあった、例えば超伝導体の試験の装置ですとかといったところは非常にスタートアップからニーズがあると聞いていますので、その辺りも引き続き、先ほど御説明のあったフュージョンサイエンスヒルズ構想というのはすごく興味深いなと思ひまして、量子コンピュータで産総研にG-QuA

Tというものがあって、そこにいろんなスタートアップの量子コンピュータが置かれていると思いますけれども、ああいった形も含めて考えてみていいのかなと感じましたということで、コメントまででございます。ありがとうございました。

○近藤委員

少し関連する質問になるのですが、スタートアップはこれから現れるという印象を持っています、そうなったときにこういう基盤整備がどれくらいされているのかというのが非常にそこに影響するのかなと話を伺っていて感じました。

それですけれども、今まではもととミッションとして研究を行うとか研究開発を行うというものがあったのに対して、今はフュージョン戦略といった名の下に産業界に対して支えていくというか、プラットフォームをつくっていく、そういう役目にシフトしていくという節目に来ているのかなとも感じます。それでいうと、附帯事業として行うというだけではなくて、もうちょっと産業界を見ていく、産業界のニーズに耳を傾けていくというようなことにもなっていくのかなと感じるのですが、その辺りはどのようなお考えでいらっしゃるのか。やっぱりそうではなくて、御自身のミッションがあるので、そこに対して産業界はできる範囲でやっていくということなのか、もう少し場合によっては投資というか予算を取って取り組んでいくということなのか、その辺りの今後についてお話を伺えたらと思います。繰り返しのところがあるかもしれませんが、お願いいたします。

○大山室長(QST)

まず、QSTは国立研究開発法人ということになりますので、QSTでどういう業務をするのかということろは所管官庁であります文科省の御指導も受けながら、ということになってくるかと思います。御指摘のとおり新しい国家戦略の改定もありましたし、もし政府の方でQSTの業務としては今後新たにそういった供用みたいなものも本来業務の一つとして位置づけるべきだというようなことになった場合は、当然今我々のリソースというのはITER計画／BA活動、それを踏まえた上での原型炉開発というところをやっておりますけれども、QSTの方にリソースプラス業務の指示というものが来た場合には、それを法人としてやっていくことになろうかと思います。

○山田所長(NIFS)

核融合研は本分として研究というのはもちろんございますが、最初に私が申し上げましたように、近藤委員がシフトとおっしゃいましたけれども、シフトとかよく言われるのがトランジション・フロム・リサーチ・ツー・インダストリーみたいなのをIAEAが言ったりしています。ああいう考え方は、私自身はミスリーディングだと思っていて、成熟した科学技術の分野を見れば、学術研究と開発あるいは産業界、事業化というのがうまくカップルしたときに初めてイノベーションというのは生まれます。ですので、我々自身、三つ目の軸が加わったものだと思って取り組んでいます。

ですので、もちろんそれで現場ではいろいろ使われるとかという話はあるのですが、我々が考えている学際的展開というのは何も学術的なものだけではなくて、産業界が持っている問題を解決するというのがまさに我々の本分の一つであると思っていますので、新しい取組として励んでいきたいと考えています。

○兒玉所長(ILE)

実は私、昨年スタートアップを立ち上げました。研究側と事業側の両面を理解する必要性を強く感じたためです。大学など学術の世界では、さまざまな要素を積み上げて将来を予測し、「確実にこうなる」というフォアキャスト型のアプローチを取ります。その過程で、興味深いテーマに研究が寄っていくこともあります。一方、スタートアップでは市場性やタイムラインを重視するため、どうしても将来像を大きく描きすぎて「明後日の方向」に話が向くことがあります。両者のギャップを埋め、共通の基盤の上で「そこは違う」と率直に指摘し合いながら、最も効率的な道筋を探ることが重要だと、実際に起業してみて実感しています。

○清浦審議官

今、QSTの方から言及がありましたので、文科省ですけれども、認識としてお話ししますと、国研でプラットフォームの機能をこれまで以上に果たしていくというのは、これはむしろ今のフュージョン戦略そのものに一部包含されておりますし、今回の議論で更にその機能がより重要だという話になってくると思います。特にフュージョン全体のコア技術であって、かつ民間だけでやるのはすごく難しいもの、その基盤の機能というのは強めていくべきというのが現段階でも文科省としてはそう認識しております。

○尾崎主査

例えばQSTとNIFSは共通テクノロジーを持っていますが、そこで二重投資が起きないようにしていただきたい。ILEは技術基盤が違いますが、ご検討ください。手を挙げそうなスタートアップだけでなく、他の企業もこれから大企業を含めて手を挙げてくると思いますので、最初から予定調和的なプランをつくっても、なかなか機能しないと思います。これは内閣府か文科省に調整していただく機能が必要だと思いますので、それも検討をお願いします。

○寺井委員

今までの議論で大体私の質問も尽きていますが、一つ思いますのは、やっぱり国研なり大阪大学は大学ですけれども、文科省傘下のそういう組織ですよ。それがやはり研究オンリーではなくて、プラットフォームといいますか、共通基盤的なところの役割を持つというのは、これからのことを考えますと、これは必然だと思います。だから、そこはそういう形でしっかりと進めていただきたいですし、それから、社会実装と基盤研究との関連の話とか、そういうところも非常に重要だと思いますが、片や設備の増強はよいのですけれども、人の増強ですよ。実際に結局文科省がこの場合には出資元に多分なるのですけれども、なかなか今の実態の中で人をつけるというのは難しい。もちろん研究所内あるいは組織内の人のリロケーションというのはあるかもしれないですが、そこがどの程度それぞれの組織でやれるか、ここは結構重要なポイントかなとは思ってまして、この辺りは文科省とそれぞれの機関の間のいろいろな折衝ごとというのか、調整事項かなと思います。この辺りのところは、技術を持っている人がどんどん変わっていくというのもあったり、技術継承の話もあったり、いろいろ悩ましい問題はいっぱいあると思いますので、設備だけではなくて、それを管理する人とか実際にそれを動かす方とか、その辺りのところの検討もしっかりとやっていただきたいと思います。

○兒玉所長(ILE)

まさにその点が、現在私たちが直面している課題です。レーザー技術は応用範囲が広いので、スタートアップなどでも人材を増やしやす分野です。しかし最も難しいのは、核融合燃料であるトリチウムの扱いです。ここは企業だけでは対応が難しい領域です。ただし、トリチウムは閉じ込め方式に関わらず核融合に取り組む全ての手法でとり扱う必要があります。そのため、核融合燃料については「3機関」だけでなく、ぜひオールジャパン体制で取り組んでいただけると大変ありがたいと考えています。

○尾崎主査

DOEの新しい計画に載っていますが、DOEもそういうファンクションをつくりましたので、これは事務局に検討事項として入れていただくことが良いと思います。

○栗原主査代理

今回お話いただいた機関は、自分の機関に留まらず、複数の機関の技術と技術のマッチング機能も果たせるとよいのではないかと思います。それから、今はニーズのある企業が例えばQSTで研究するという機会があると思いますが、一方で、まだそこまで行かず、ある技術が欠けているような場合に企業の人材を受け入れて育成していただくような、そういう人材受入れ機能もあるかもしれませんが、そのような基盤機能というのはあり得るのでしょうか。

○大山室長(QST)

QSTは現状でも共同研究という形で企業の人と一緒に研究開発を行うというような形でやっています。また、今日私の資料のところでも下のニーズのところには書いてありますけれども、得られた要素技

術を民間企業にも継承する人材育成機能や訓練設備なども基盤整備で新たに整備してほしいというようなニーズも出てございますので、そういったことも踏まえながら、どこまでできるかというところはございますけれども、そういったニーズがあるということは認識してございます。

また、企業同士といいますか、マッチングのお話も出てきたかと思いますが、今日まさに午前中から午後にかけて茨城県が主催しております企業とのマッチングのイベントが那珂研の中で開催されておまして、年に1回やっていますが、県内の企業様方が那珂研に来て、それぞれの技術を持ち寄りつつITER計画／BA活動にそれぞれの会社の技術が役に立つのかというところのニーズの意見交換なども定期的にやっております。こういったことは六ヶ所研でもやっておりますので、そういった今やっている取組なども活用しつつ裾野を広げていきたいとは考えてございます。

○服部委員

先ほどのトリチウム関係のことで質問ですけれども、1960年前後のアメリカにおける核分裂炉の実用化における状況では、ウランウムの燃料を米国原子力委員会マターとして、アルゴンヌ研究所が実務を担い、寡占的に扱っていたらしいですね。もちろん以前のマンハッタン計画からのリソースやアセットの活用がありましたが、それによって集中的にリソースを投下して、核分裂炉の社会実装において、PWR、BWRに燃料を供給したという話があります。それは何を意味するのかというと、そろそろMETIの出番ではないかという気がします。そこら辺の協力関係はいかがなのでしょう。

○宮下室長(資源エネルギー庁)

そういう意味では、このタスクフォースでの議論もいろいろ踏まえながら我々は何ができるのか、ヘッドクォーターであるこの会議もありますし、しっかり考えていかなきゃいけない段階には来ているかなとそこは思っています。

○井上委員

スタートアップ支援を中心にお話しいただいていますけれども、今はスタートアップのランプアップの時期であって、どちらかというインキュベーションとかサポーター的な気持ちでみなさんお話しされていると思うのですが、忘れてならないのはこれらがビジネスであるということです。ビジネスの場合に重要なのは、スタートアップにとってはIPです。共同研究する皆さんにとっても大事なIPですので、その辺はきちんと国益になるように成果を残していただきたいと思います。そうしなければ支援する皆さんのモチベーションは上がらないと思います。今は、教えてあげようという気持ちでサポーターに、あるいはモチベーションを持ってくださるのかもしれないけれども、ビジネスにつながるということであれば、それによって自分たちに、あるいは国にロイヤリティが入ってくるとか、そういったふうになれば非常に国益にもなりますので、その辺を注意しながらやっていただきたいなと思います。

○尾崎主査

大学の場合は知財のロイヤリティなど仕組みは確立していますけれども、核融合の国研の場合はどうなのでしょう。

○大山室長(QST)

QSTの方もQST全体で同じルールの下に核融合だけじゃなくて、ほかの量子ビームとか医学の方も含めて同じ制度の中で決まっております。

(6) 社会実装に向けて必要となる取組について

事務局の澤田参事官より資料6に基づき説明

資料6は、フュージョンエネルギーの社会実装に向けた取組の基本的考え方のたたき台をお示したものです。ちょっとすみません、話題変わりますけれども、先ほど桑原委員からお話のあった、スタートアップと国研、大学のニーズとシーズを合わせようという件については、今回我々事務局からスタートアップにヒアリングをして、資料1の3ページにスタートアップから国研、大学への要望をまとめておまして、この要望のまとめ方の粒度が先ほどの国研・大学のお三方の発表と合っていないと思われたかもし

れませんが、我々事務局としてはスタートアップからより詳細を聞いていますので、それを大学の皆様に伝えていきたいと思っておりますし、あと、先ほどQSTの大山室長から多分謙遜されて、文科省の「指導」という言葉がありましたが、指導ではなく、独立行政法人の制度でQSTには文部科学大臣が中長期目標を与え、それに基づき7年間の中長期目標期間の間は理事長のリーダーシップにより研究活動を行っていただく仕組みになっています。QSTの中長期目標の中に「フュージョンエネルギー・イノベーション戦略に基づいて」という記述がございますので、QSTにはイノベーション拠点として、理事長のリーダーシップの下で活動していただくということです。

その関連ですけれども、資料6で長期的には政策的に視座の高いところから委員の皆様コメントいただいたことをまとめておりますし、中期的には3月の取りまとめに向けてこういった文書を出していきたいと。短期的に言えば政府部内で経済対策、補正予算案の協議もしておりますので、そういったところにもインプットしていくということで、資料をまとめております。

1パラグラフ目はバックグラウンドです。フュージョンエネルギーは2030年代の発電実証を目指して強力に進めていく。なぜならば、それは実際のクリーンエネルギーであるし、環境エネルギー問題の解決策として大きく期待されている。

それに向けた当面の取組ということで2パラ目ですけれども、我が国はこれまでITER/BAなど国研、大学が中心となり研究開発を進めてきた。加えてスタートアップが近年複数設立され、多様な方式によってR&Dを進めていると。これらの中には国の支援を受けて早期に発電実証を行いたいという計画を有する企業もあるということです。

3パラ目、これらスタートアップの中には世界に先駆けた発電を実現できる可能性を有していると考えられるものもあるが、いずれも現時点ではその段階には至っていない。また、開発リスクが大きいため、自らの資金調達だけでは研究開発を十分に加速できない状況にあるであろう。

その次のパラ目ですけれども、そういったスタートアップの取組は成功した場合に我が国経済社会に与え得るインパクトが大きいことを考慮し、国が支援することによってその研究開発を加速することが重要ではないか。その際、これらの技術開発は不確実性が高いことから、マイルストーン型の支援によって実現可能性を見極めつつ支援していくことが適当ではないか。その際、注意書きですけれども、このタスクフォースでその評価を行うものではないということに留意しましょうということを書き添えております。

2ページ目には、他方、スタートアップの取組はいずれも野心的であって不確実性が高いので、実績ある方法でこれまでやってきたITER/BAは引き続き重要である。また、ITER/BAから得られる知見はスタートアップの構想を実現する上でも有用なので、その観点からも引き続き重要であるということを書いております。

次のパラ目では、共通的な課題のうちのトリチウムの取扱いですとかブランケット、ダイバータの開発、炉材料の開発などの課題については、国研、アカデミア、スタートアップ等が協力して取組を進めることが重要である旨の記載。

1行飛ばして、スタートアップ等への供用も可能とする実規模の技術開発のための試験施設・設備群を整備することが重要とうたっています。このようにQST、NIFS、ILE、今御発表いただいた3者の方々から共通的な技術的課題の解決に向けた研究開発を実施する拠点になることが必要ではないかと結んでいます。

なお、更にQSTについては、ITER/BAなどのこれまでのプロジェクトを通じて技術の蓄積を有しているので、その技術をスタートアップ移転するなどプラットフォーマーとしての役割を担うべきではないかということを書いております。

この当面の取組を経て、更に発電実証に向けた取組については、今後また事務局で記載を追加してまいりますけれども、本年6月に改定されたフュージョン戦略において2030年代の発電実証を目指すということでございますし、その他の課題については、本日のヒアリングも踏まえまして、安全確保、バックエンド、共通的な基盤などについて今後また記載をしていこうと思っております。

(意見交換)

○小泉委員

ちょっと解釈を間違っているのかもしれませんが、今でも一応ITERとBA計画を主に、スタートアップ

のところでチャレンジングなところを試していくという、言葉はよくないのかもしれないのですが、リスクを負いながらそこにチャレンジしていくという考えなのですか。

○澤田参事官

その御認識で合っています。

○小泉委員

そうすると、スタートアップの方、民間の方で、ちょっと僕の場合はITERの方でスタートアップとはある意味対局側にいる経験からお話をさせていただきますが、やっぱりリスクが高くて、うまくいく場合も当然あり得るし、そうなってくればいいと思いますが、うまくいかなかったときにはやっぱり追加資金とかどんどん入らなきゃいけないのですが、それはマイルストーンで足切りをしていくというか、無限にお金をつぎ込むということはないようにするということなのですね。

○澤田参事官

前回の資料にもございましたように、議論はあると思いますが、スタートアップ側も国からの支援を受けることに関して、ある程度絞り込みといいますか、徐々に数を減らしていくことについては同意をしています。

○小泉委員

分かりました。

それで、少し個人的な心配として、悲観的な考えなのかもしれないのですが、そういう形である程度以上のリスクとなった場合、民間側に投資できないとしたときに、やっぱり核融合開発は結構リスクが高くて、最終的に全部がこけた場合には、我々は例えば10年後に核融合の開発は失敗しましたということになります。例えば今中国はすごい投資をしていて、どんどん試作とか進んでいます。そうすると、もう取り戻せない10年というのがそこにできちゃうような気もしますが、そういうところはどうお考えですか。リスク管理みたいな話なのかもしれませんが。

○澤田参事官

我々はITER/BAの活動ですとかQST、NIFS、ILEの活動を抑えてスタートアップに支援を振り分けると言っているわけではなくて、そういったこれまでの活動は継続していくように進めていきたいと思っています。

○尾崎主査

今の点、これは私見になりますけれども、確かに成功が保証されているものではありません。ただ、通常の企業活動のように外部からブラックボックスで実行できるものとは違います。当然ながら企業に政府に対して説明責任が発生します。成功に至らなくてもそこからノウハウや知財をしっかり確保して、次世代に役に立てることが重要と思います。澤田参事官のお話に付け加えます。

○井上委員

僕もきつとんちんかなことを言うかもしれないのですが、この紙を見てやっぱり違和感があるのは原型炉が出てこないことです。表題が社会実装に向けた取組の基本的な考え方、とあるのに。今言われたな話もありますけれど、この文書はQSTの方はモチベーションを持つためにITERとBAをやって、あとはスタートアップを応援しなさい、としか読めない。だから、やはり原型炉というものをきちんと書いていただかないと、間違ったことを世の中に伝えてしまうのではないかと思います。その辺はどうですか。

○尾崎主査

事務局でまとめておりますが、この紙が完成形とは思っておらず、最初は1枚だったのが今はいろいろ議論して2枚に増えて、今後も増やしていこうと思います。原型炉の記載については確かにご指摘の

通りで、追加を検討します。

○恒藤審議官

まさに原型炉をどうしていくのかということを皆さんとこの場で議論していただきたいと思っております。一応たたき台としては事務局からこれを出していただいていますけれども、じゃあ本当に国として税金を使って原型炉にどれぐらいのお金を使い、何をこのタイミングでやっていくのかということは是非皆さんとこの場で議論をしていただきたいということでございます。

○井上委員

それは初めて聞いた話ですし、これまで議論したこともないことです。ならば、これらを支援することと原型炉をどうしていくかというのを同じ土俵で考えるのだったら、ここにちゃんと書くべきです。

○恒藤審議官

そうですね。書くべきという御意見は、そういう御意見があるというのは分かりましたけれども、それを皆さんの議論、御意見も聞きながらどのように書いていったらいいのかというのは考えていきたいということでございます。

○井上委員

分かりました。しかしこの文書ではいきなりスタートアップ支援とかQSTの名前が出てくるので、非常に分かりづらい。今言われたことも全然分からないし、私にはそうは読めないということです。

○尾崎主査

原型炉をどう位置づけるかはすごく重要な問題ですから、今は定刻を過ぎており、短時間で話をするのでなく、次回の議題に入れるか、あるいは事前に皆さんの御意見をお聞きするか、それは事務局と相談します。何らかの方向性は出すべきだと思います。

○近藤委員

ちょっと話が変わりますが、次回もこのたたき台の議論になると思っております。今回はたたき台なので、案というよりも本当にドラフトを出してくださったと思っております。

それで、今回が3回目、「社会実装が何なのか」という議論が大分進んできたのかなと思っております。そういう観点でこのたたき台を見ると、2030年代の発電実証を想定した技術的・手続的な整理に重きが置かれているのかなと感じました。社会実装という言葉を使う以上は、技術の成立だけではなくて、それをささえる制度や市場、社会の仕組みをどう整えていくのかという視点が欠かせないと思っております。核融合戦略の改訂においてもエコシステムという言葉を使っていて、どういうふうに産業化していくのかという議論をしたと思っております。

ですので、今のものだけですと国の支援の手続とかマイルストーン評価、といった言わばプロジェクト運営の枠組み中心に読めてしまうので、もう少し言葉を選ばずに言うと、ビッグピクチャーというんですか、そういうものがあるといいのかなと思います。例えばですけども、提案ですけども、例えばフュージョンエネルギーが社会に根づくまでの全体像、それがすなわち技術、制度、市場というものがどうつながり、そこに対して誰がどういう部分を担うのかということを示すような姿があるといいのかなと思っております。

ちょっとこんな図もつくってききましたが、本当はこういった3層の技術的な実装、制度的な実装、社会的市場の実装というものがあって、ここが縦串というか横串で関わってきたものが今回社会実装という言葉に込められているのかなと感じております。

ただ、もちろん技術実装がないと制度、市場というものをつくっても崩れてしまうので、技術というのが非常に重要だということはもちろんですけども、ただ、それだけだと今回のミッションには到達できないのかなと思っておりますので、同時に制度、社会、市場について誰がどう担っていくのかということも併せて考えていけたらと思います。

○尾崎主査

このタスクフォースでは、どこまでご指摘のようなポイントを明らかにするか、最初から合意を取って始めているわけではありません。ただ、限られた時間でどこまで議論するかと、タスクフォースの親委員会と話して、そこでいろいろ決める必要もあります。ご指摘の点を全て網羅できるか分かりませんが、重要な御指摘だと思います。そこは今後の議論で生かしていきたいと思います。

○栗原主査代理

私も同様な感触を持ちまして、題名が社会実装ですけれども、今回2030年代の発電実証にかなりフォーカスしているように思われます。発電実証に留まらない社会実装まである程度視野に入れつつ、発電実証を深掘りしたという形でないと発信の方が良いのではないかと思います。それから、発電実証のところでも今回様々なスタートアップ企業のお話を聞いて、そういうところをより伸ばしていくことが本当に重要だと思いますが、そこは全く否定しないのですが、他方、スタートアップ企業が場合によっては既存の企業の傘下に入り、そこで実証が進むというシナリオも十分あると思われまます。今の案ですと、スタートアップにフォーカスしたものになっているようなので、スタートアップ企業と既存企業が融合や連携していくことも支援すべきではないか。そこに関しては、これから考えられるマイルストーンでは中立であるべきだと思うので、その辺が少し入っているといいなと思います。

それから、次回以降の議論にはなと思いますが、社会実装を考える際に、かつ今日お聞きしたところでは最初の実証炉が改良を加えていくということだとすると、最初にどういうところに立地して、どうサプライチェーンをつくっていくかが非常に重要になってきますので、そういった立地とサプライチェーン、そして地域のコンソーシアムというような観点も重要だと思います。今後考慮すべき課題とか、あるいは全体の中に、そういうところも入れていただいた方がいいのではないかと思います。

○澤田参事官

資料の作りが近視眼的だったかもしれないと反省していますけれども、先生方の御意見ありがとうございます。最初のパラグラフでは理念を書いているので、ここをちょっと膨らませた方がいいかなと思います。今後それは事務局でも検討していきたいですし、先生方からもコメントをお待ちしております。

2パラ目以降が当面の取組で、今回はこれにフォーカスして書いておりました。

その次のページの下から2番目のところもう少し中長期的な取り組みです。発電実証に向けた取組、最後のパラグラフがその他社会実装というまさに発電実証の先にある社会実装です。こういったところまで見据えて本当は記載を膨らませていくべきものだと思いますので、今先生方からいただいた御意見はそちらの下最後のパラですとか最後から2番目のパラグラフのところに今後付け加えていきたいと思っています。御意見ありがとうございます。

また、メール等でもコメントいただけましたら、事務局でそれをこちらの取りまとめに加えていきたいと思っています。

○尾崎主査

これは最初に説明された日本成長戦略本部のロードマップの横に書く文章ということで宜しいですか。

○澤田参事官

それについては、議題1の参考1で申し上げました日本成長戦略本部の取りまとめも意識しそちらの御関係者のお考えも踏まえながら、こちらのタスクフォースの文章も書いていきたいと思っています。

ロードマップについても定める予定とされていて、その具体的な様式等はこれから決まっていくと聞いていますけれども、そちらも我々で情報収集しながら進めていきたいと思っています。

○尾崎主査

では、メールで意見を頂くとすれば、このたたき台を基にいただくということですね。

○澤田参事官

はい。ありがとうございます。

3. 閉会

開会の挨拶

○尾崎主査

それでは、第3回社会実装検討タスクフォース、これで終わります。

以上