

ムーンショット型研究開発制度における新目標案 (フュージョンエネルギー) について

研究開発戦略官(核融合・原子力国際協力担当)付

目次

1. 核融合の挑戦的な研究の支援の在り方に関する
検討会について
2. フュージョンエネルギー・イノベーション戦略を踏まえた
最近の取組について

目次

1. 核融合の挑戦的な研究の支援の在り方に関する
検討会について
2. フュージョンエネルギー・イノベーション戦略を踏まえた
最近の取組について

核融合の挑戦的な研究の支援の在り方に関する検討会

(1) 検討会設置の背景

- ✓ フュージョンエネルギー・イノベーション戦略に基づき、実験炉ITERから原型炉そして実用炉とフォーキャスト的なアプローチに加え、従来の延長線上の取組とは異なる発想で、挑戦的な研究の支援の在り方を検討することが必要。
- ✓ フュージョンエネルギーが実現した未来社会を議論し、そこからのバックキャスト的なアプローチで取り組むべき研究テーマを検討するため、本検討会を設置。

(2) 挑戦的な研究例について

- ✓ 世界では、民間企業の挑戦的な研究を牽引するスタートアップは急増。2035年かそれ以前の初送電を見込む。
- ✓ 代表的な閉じ込め方式（トカマク、ヘリカル、レーザー）に加えて、革新的な閉じ込め方式、革新的な要素技術、革新的な社会実装の3軸に沿って取組を推進。
- ✓ 宇宙・海洋推進機、オフグリッド、水素製造、工業用熱供給等の発電用途以外の市場ニーズからバックキャスト的なアプローチで、先進材料や革新的コンピューティング、先進製造技術、工業用部品の採用による、小型化及び高度化を追求。

(参考) フュージョンエネルギー・イノベーション戦略の抜粋

- ゲームチェンジャーとなりうる小型化・高度化等をはじめとする独創的な新興技術の支援策を強化すること
他国や民間企業においては、先進的な技術や多様な炉型等にも取り組んでおり、これら独創的な新興技術はゲームチェンジャーになりうる。フュージョンテクノロジーとして幅を持たせ、将来のリスクヘッジをはかるため、我が国においても未来の可能性を拓くイノベーションへの挑戦的な研究の支援の在り方に関する検討を令和5年度から開始する。その際、産業化や共通基盤技術の醸成を見据えて、研究機関と民間企業の協働を推奨する。

核融合の挑戦的な研究の支援の在り方に関する検討会名簿

| | | |
|------|--------|---|
| 主査 | 足立 正之 | 株式会社堀場製作所 代表取締役社長 |
| | 出雲 允 | 株式会社ユーグレナ 代表取締役社長 |
| | 宇藤 裕康 | 国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構 量子エネルギー部門 六ヶ所研究所 核融合炉システム研究グループ 主幹研究員 |
| | 奥本 素子 | 北海道大学 大学院教育推進機構 オープンエデュケーションセンター 科学技術コミュニケーション教育研究部門 准教授 |
| | 加藤 之貴 | 東京工業大学 科学技術創成研究院 ゼロカーボンエネルギー研究所長・教授 |
| | 近藤 寛子 | 合同会社マトリクスK 代表 |
| | 武田 秀太郎 | 九州大学 都市研究センター 准教授 |
| | 竹永 秀信 | 国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構 量子エネルギー部門 六ヶ所研究所長 |
| | 飛田 健次 | 東北大学大学院 工学研究科 量子エネルギー工学専攻 教授 |
| | 豊田 祐介 | デジタルグリッド株式会社 代表取締役 |
| | 村木 風海 | 一般社団法人炭素回収技術研究機構（CRRA） 代表理事・機構長 |
| 主査代理 | 吉田 善章 | 大学共同利用機関法人自然科学研究機構 核融合科学研究所長 |

ムーンショット型研究開発制度（フュージョンエネルギー）

ムーンショット型研究開発制度における新目標案について

<目標案>

2050年までに、フュージョンエネルギーの多面的な活用により、地球環境と調和し、資源制約から解放された活力ある社会を実現

<ターゲット>

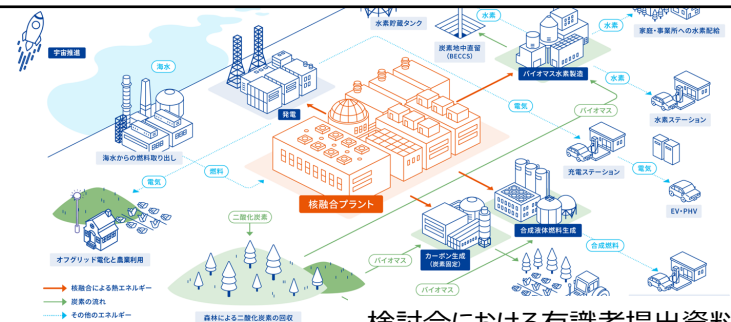
- 2050年までに、社会の様々な場面でフュージョンエネルギーが実装されたシステムを実現する。
- 2035年までに、電気エネルギーに限らない、多様なエネルギー源としての活用を実証する。
- 2035年までに、エネルギー源としての活用に加えて、核融合反応で生成される粒子の利用や要素技術等の多角的利用を促進し、フュージョンエネルギーの応用を加速する。

各国の状況を踏まえたマイルストーン

| 2035年のマイルストーン | 2050年の達成目標 |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> ● フュージョンエネルギーシステムの多様な社会実装に向けた用途の実証（小型動力源等の原理実証） | <ul style="list-style-type: none"> ● 小型動力源等の革新的な社会実装を可能とする革新的なフュージョンエネルギーシステムの実現 |

欧米の核融合ベンチャー

| 2030年代前半 | ~2040年 |
|----------|--------|
| コンパクト炉開発 | グリッド投入 |



検討会における有識者提出資料より抜粋

ムーンショット型研究開発制度（フュージョンエネルギー新目標案）

ムーンショットの新しい目標案が目指す社会

<資源制約の克服への貢献>

- 海水中に豊富にある資源から地上の太陽※を生み出し、エネルギー資源の偏在性から生じる紛争や飢餓が消失する。

※太陽内部で核融合反応により発生している膨大なエネルギー(フュージョンエネルギー)。同様の反応を、地上で人為的に起こすことを目標に、「地上に太陽を作る技術」としてフュージョンエネルギーが研究されてきた。

<エネルギー問題の解決への貢献>

- 安定的で豊富なフュージョンエネルギーを活用し、我が国のエネルギー安全保障に貢献する。

<人類の挑戦への貢献>

- 小型動力源として活用し、宇宙探査・海洋探査等の未知な領域への挑戦を可能とする。

<脱炭素社会の実現への貢献>

- 安全・安心のフュージョンエネルギーシステムを実現し、幅広い産業や一般家庭の炭素排出量を抜本的に改善する。

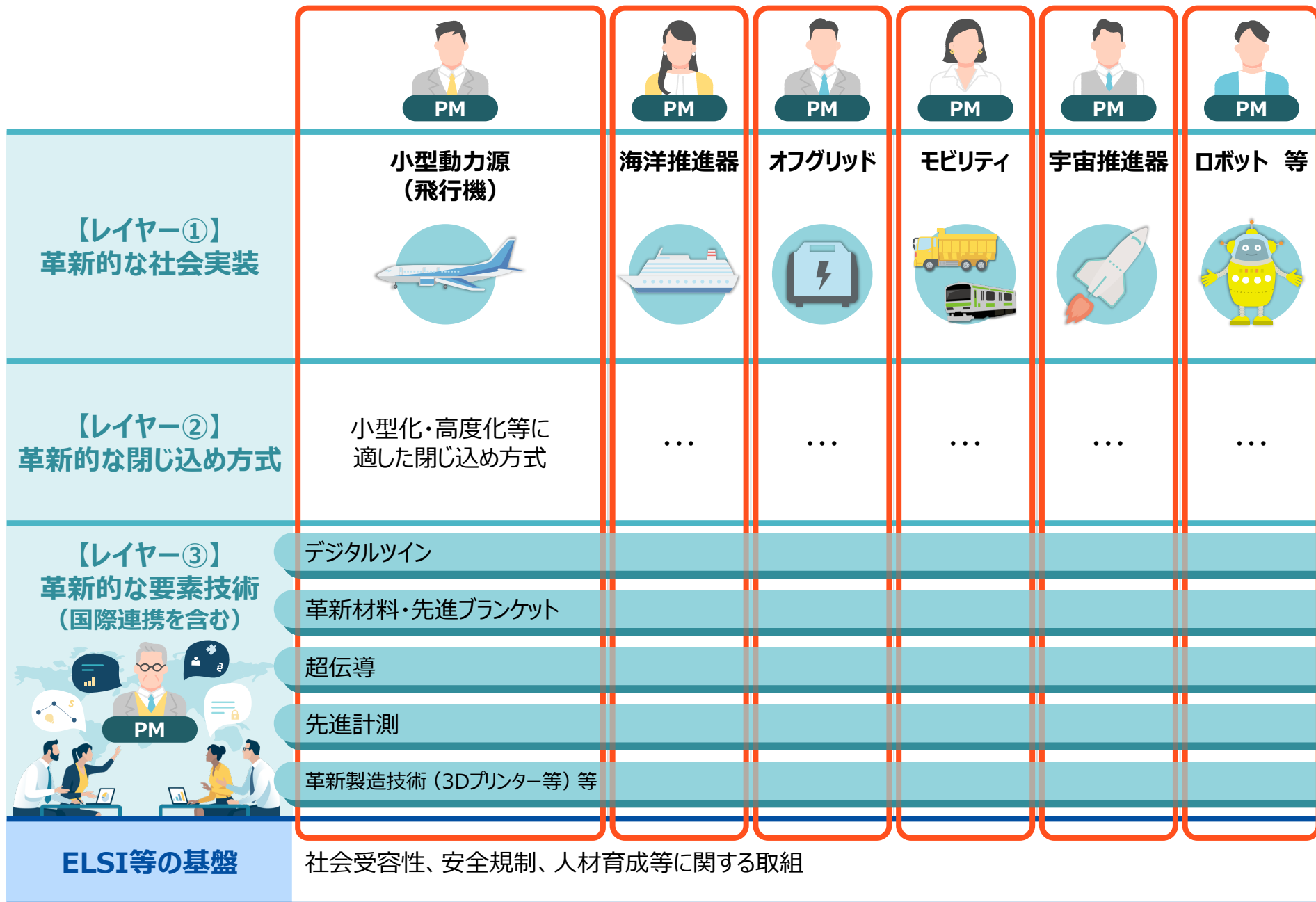
<環境問題の解決への貢献>

- 大気中の二酸化炭素から合成燃料を製造することで、産業革命以来の悪循環を好転させる。

<技術による課題解決への貢献>

- 我が国から輩出されたスタートアップが、世界の課題解決や技術開発を牽引する。

ムーンショット型研究開発制度における推進体制（イメージ）



核融合反応の実現を目指す多様な炉型

世界各国で、多様な炉型による取組が進展

磁場閉じ込め型

トカマク型



(日) JA-DEMO



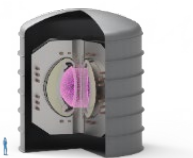
(米) Commonwealth Fusion Systems
2,800億円以上を調達
ビルゲイツ、Googleなど

ヘリカル型



(日) 核融合科学研究所 (NIFS)

球状トカマク型



(英) Tokamak Energy
350億円以上を調達



(中) ENN
260億円以上を調達



(日) Helical Fusion
9億円以上を調達

逆磁場配位型



(米) Helion Energy
800億円以上を調達
サムアルトマンなど



(米) TAE Technologies
1,680億円以上を調達

ミラー型



(米) Lockheed Martin
飛行機や船等の動力源として開発中

慣性閉じ込め型

レーザー型

中心点火方式



(米) ローレンス・リバモア国立研究所

高速点火方式



(日) 阪大レーザー研
(日) EX-Fusion
19億円以上を調達



(米) Blue laser fusion
2,500万ドルを調達

磁化標的核融合



(加) General Fusion
470億円以上を調達
ジェフ・ベゾス

Zピンチ



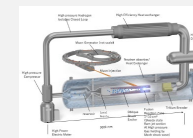
(英) First Light Fusion
130億円以上を調達



(米) Zap energy
260億円以上を調達

その他

ミュオン触媒



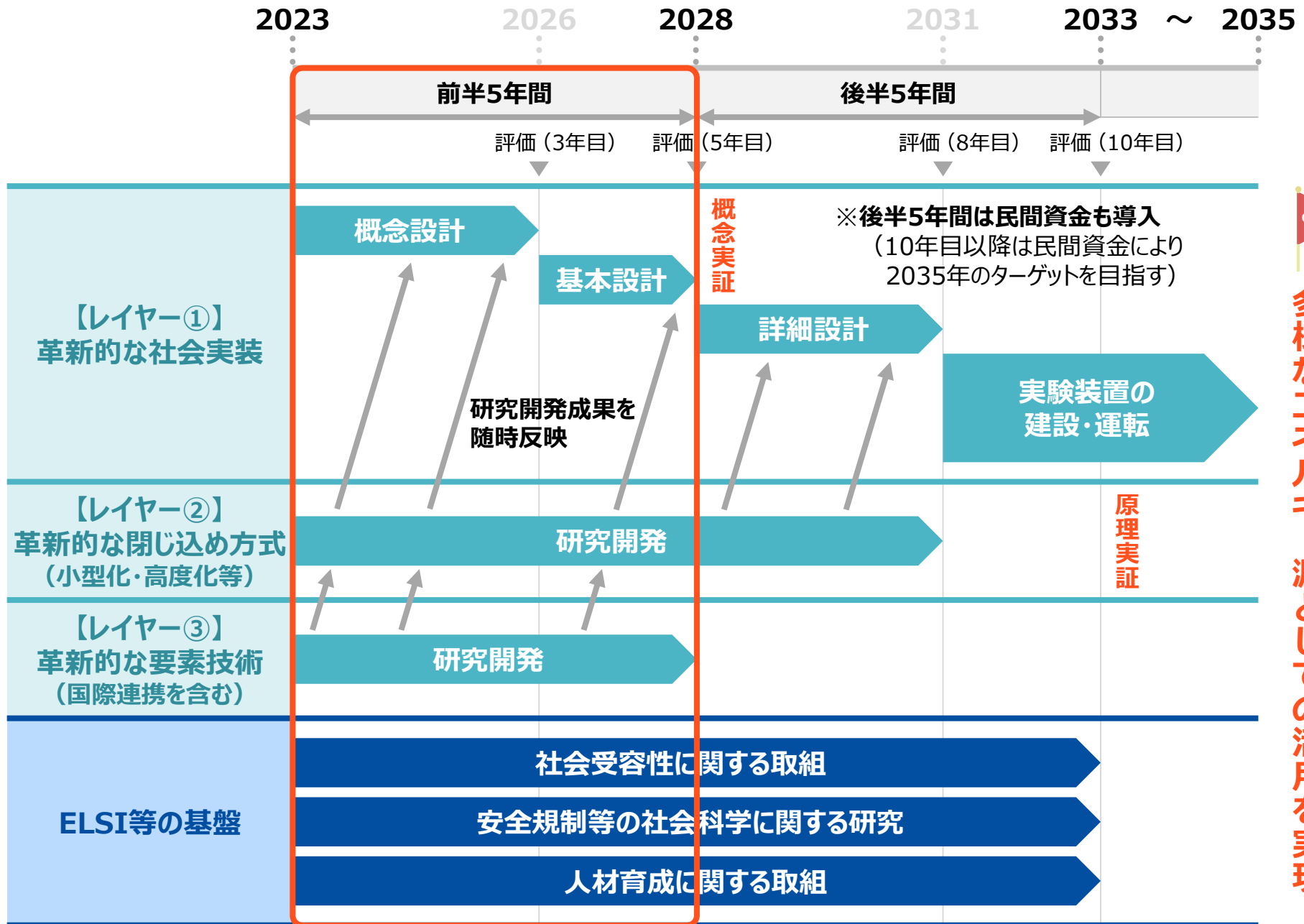
(日) 中部大学
ミュオンの特徴
● 強い結合力→核融合
● 高い透過力→構造物イメージング等

凝縮系



(日) クリーンプラネット
20億円以上を調達

ムーンショット型研究開発制度における推進体制（イメージ）



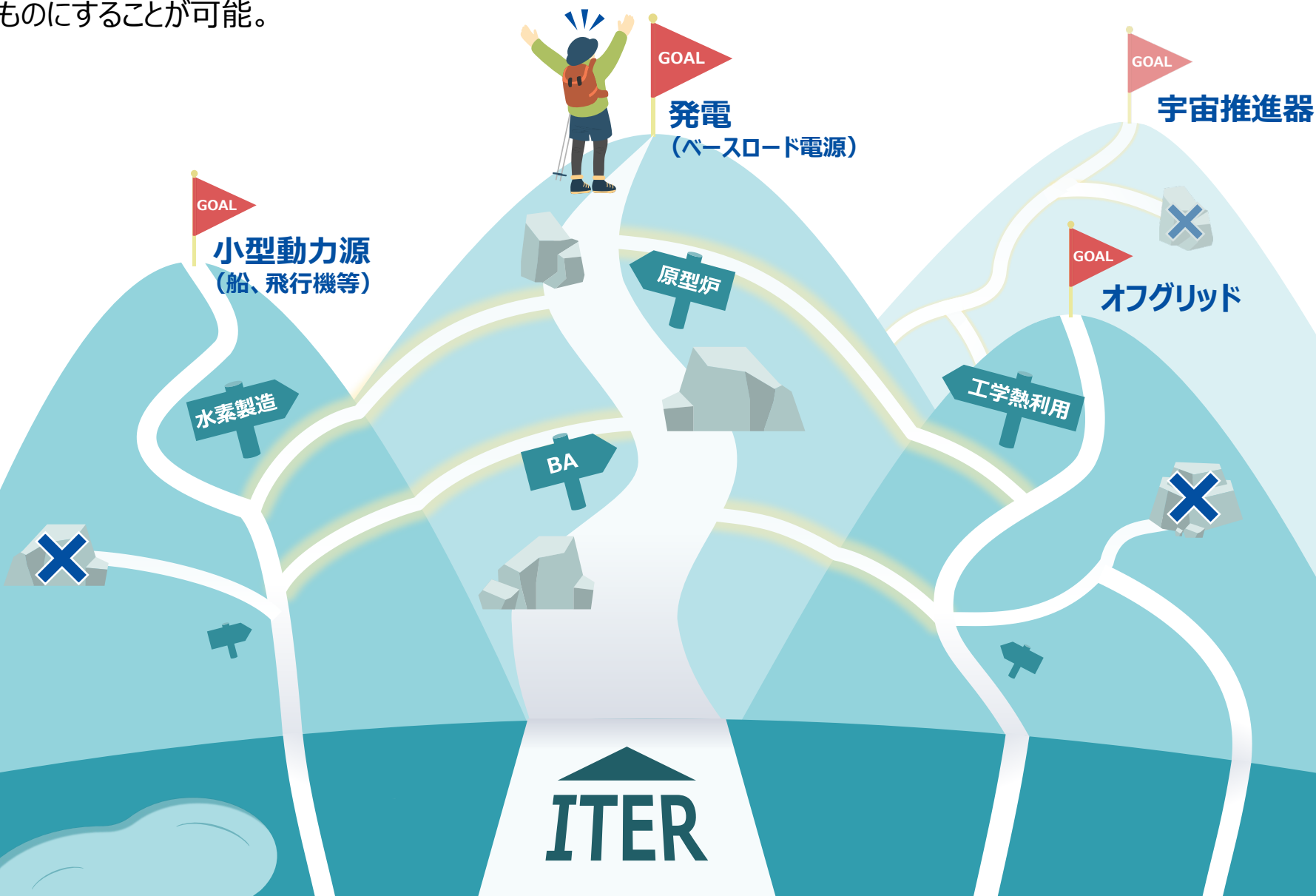
ムーンショット型研究開発制度との 協働がない 場合

ITER※／BA／原型炉から発電へと続く道の途中で困難が生じたときに、代替手段がないため、社会実装が遅れる。



ムーンショット型研究開発制度との協働がある場合

革新的な社会実装を目指す研究が先回りして成果を創出することで、ITER／BA／原型炉から発電へと続く道をより確実なものにすることが可能。



目次

1. 核融合の挑戦的な研究の支援の在り方に関する
検討会について
2. フュージョンエネルギー・イノベーション戦略を踏まえた
最近の取組について

フュージョンエネルギー・イノベーション戦略概要

- ✓ **フュージョンエネルギーを新たな産業として捉え、構築されつつある世界のサプライチェーン競争に我が国も時機を逸せずに参加。**
- ✓ ITER計画/BA活動、原型炉開発と続くアプローチに加え、産業化等の多面的なアプローチによりフュージョンエネルギーの実用化を加速。
- ✓ **産業協議会の設立、スタートアップ等の研究開発、安全規制に関する議論、新興技術の支援強化、教育プログラム等を展開。**

エネルギー・環境問題の解決策としてのフュージョンエネルギー

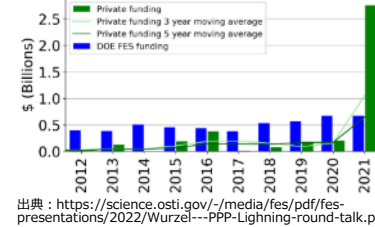
- ・2050年カーボンニュートラルの実現
- ・ロシアのウクライナ侵略により国際的なエネルギー情勢が大きく変化
- ・エネルギー安全保障の確保

- ・フュージョンエネルギーの特徴 (①カーボンニュートラル、②豊富な燃料、③固有の安全性、④環境保全性)
- ・エネルギーの覇権が資源から技術を保有する者へとパラダイムシフト



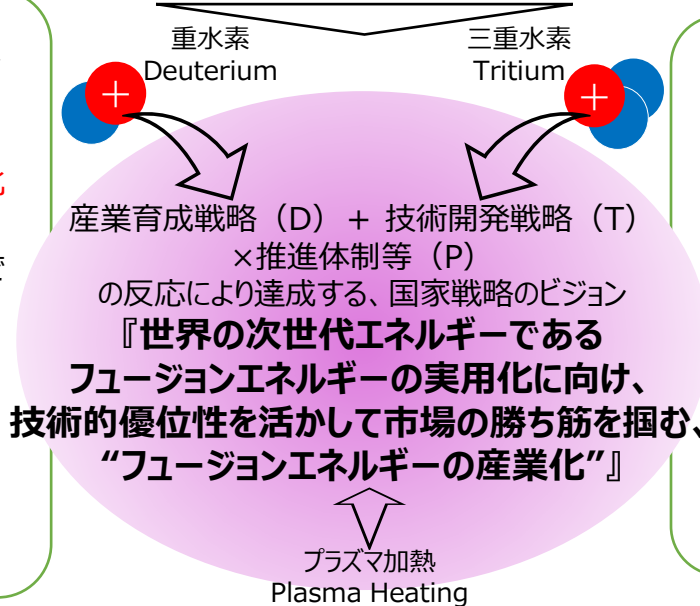
新たな産業としてのフュージョンエネルギー

- ・諸外国におけるフュージョンエネルギー開発への民間投資の増加
- ・米国や英国政府はフュージョンエネルギーの産業化を目標とした国家戦略を策定 (= 自国への技術の囲い込みを開始)
- ・技術的優位性と信頼性を有する我が国が、技術で勝って事業で負けるリスク
- ・他国にとっては有力なパートナーであり、海外市場を獲得するチャンス



フュージョンインダストリーの育成戦略 Developing the Fusion industry

- 【見える】
 - ・研究開発の加速による原型炉の早期実現
 - ・技術及び産業マップ作成による**ターゲット明確化**
- 【繋がる】
 - ・**R5年度の設立を目指す核融合産業協議会**でのマッチング
- 【育てる】
 - ・民間企業が保有する**技術シーズと産業ニーズのギャップを埋める支援をR5年度から強化**
 - ・安全規制・標準化に係る同志国間での議論への参画
 - ・固有の安全性等を踏まえた**安全確保の基本的な考え方の策定**



フュージョンテクノロジーの開発戦略 Technology

- ・**ゲームチェンジャー**となりうる**小型化・高度化等**の独創的な新興技術の支援策の強化
- ・ITER計画/BA活動を通じて**コア技術の獲得**
- ・将来の**原型炉開発を見据えた研究開発の加速**
- ・フュージョンエネルギーに関する学術研究の推進
- ・新技術を取り組むことを念頭においた原型炉開発の**アクションプランの推進**

フュージョンエネルギー・イノベーション戦略の推進体制等 Promotion

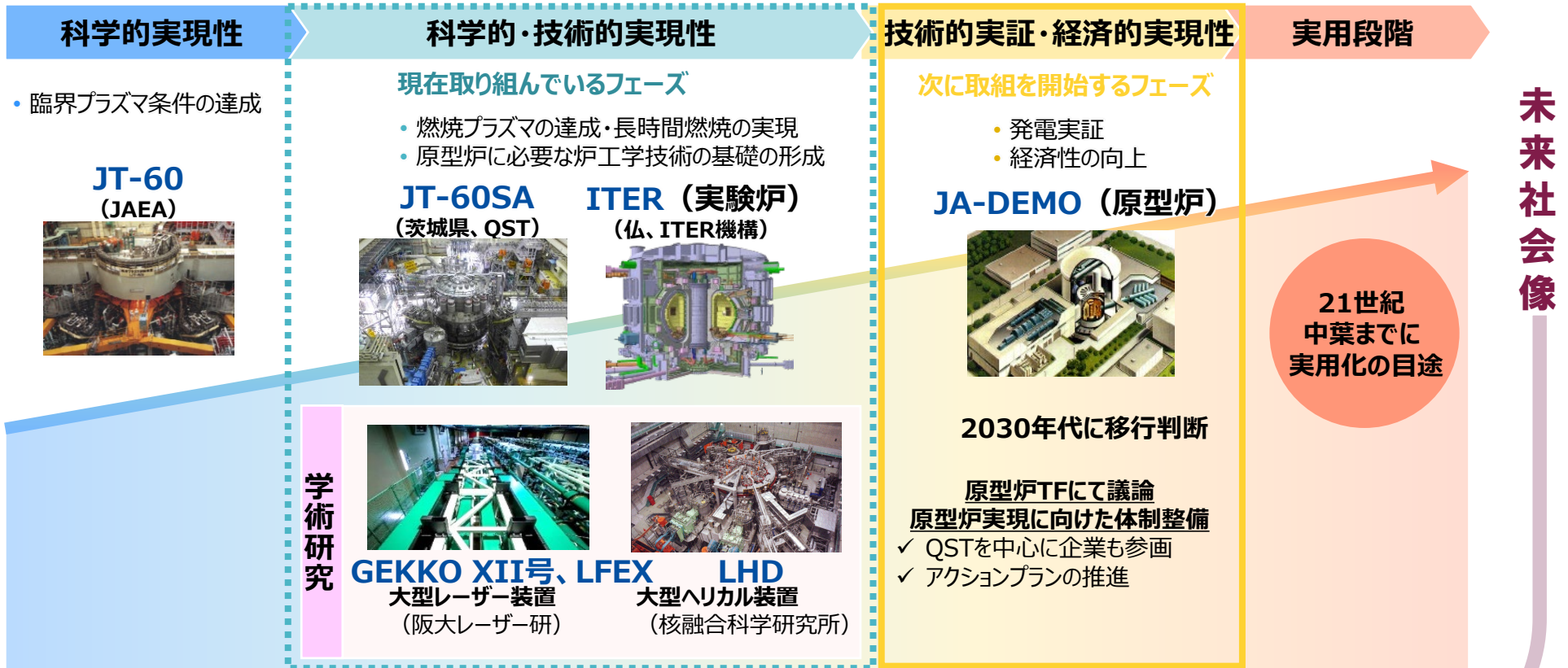
- ・内閣府が政府の司令塔となり、関係省庁と一丸となって推進
- ・原型炉開発に向けて、QSTを中心にアカデミアや民間企業を結集して技術開発を実施する体制 (**フュージョンテクノロジー・イノベーション拠点の設立**)
- ・将来のキャリアパスを明確化し、フュージョンエネルギーに携わる人材を産学官で計画的な育成
- ・国内大学等における人材育成を強化するとともに、他分野や他国から優秀な人材の獲得 (**フュージョンエネルギー教育プログラムの提供**)
- ・国民の理解を深めるためのアウトリーチ活動の実施

フュージョンエネルギー研究開発の全体像

- ◆ ITER計画等への参画を通じて科学的・技術的実現性を確認した上で、原型炉への移行を判断。
- ◆ 科学技術・学術審議会 核融合科学技術委員会等における議論を踏まえ、原型炉に必要な技術開発の進捗を定期的に確認しつつ、研究開発を推進。

SBIRフェーズ3基金 (Small Business Innovation Research)

✓ 中小企業イノベーション創出推進基金を造成し、スタートアップなどの有する先端技術の社会実装を促進



核融合の挑戦的な研究の支援の在り方に関する検討会

✓ ムーンショット型研究開発制度を活用し、未来社会像からのバックキャストによる挑戦的な研究開発を推進

未来社会像からのバックキャストによるアプローチ

中小企業イノベーション創出推進事業(SBIRフェーズ3) 公募選定結果

●事業目的

SBIR制度※において、スタートアップ等が社会実装に繋げるための大規模技術実証(フェーズ3)を実施し、我が国におけるスタートアップ等の有する先端技術の社会実装の促進を図ること

※ SBIR(Small/Startup Business Innovation Research)制度

革新的な研究開発を行う中小企業(スタートアップ等)による研究開発を促進し、その成果を国主導の下で円滑に社会実装し、我が国のイノベーション創出を促進するための制度

●公募概要

【技術分野】 核融合分野（核融合原型炉等に向けた核融合技術群の実証）

【公募テーマ】 将来の核融合原型炉等に向けた核融合技術群の実証

（核融合炉システムを構成するサブシステム、重要技術、重要コンポーネント等）

※技術成熟度(TRL)を原則としてレベル5以上から社会実装が可能となるレベル7まで引き上げる計画である必要

【募集期間】 2023年8月4日～9月8日

●選定結果

| 企業名 | 交付額上限 | 事業計画名 |
|--------------------|-------|-------------------------------|
| 株式会社MiRESSO | 20億円 | 核融合炉用ベリリウム資源安定確保に係る低温精製技術実証 |
| 株式会社Helical Fusion | 20億円 | 核融合炉用高温超伝導導体の開発 |
| LiSTie株式会社 | 15億円 | リチウムの国内安定調達を可能とする革新的LiSMICの開発 |
| 京都フュージョニアリング株式会社 | 10億円 | 核融合炉向け革新的ブランケットシステム開発事業 |

※ 10月13日報道発表。掲載順は応募申請順。16

フュージョンエネルギーの規制枠組み構築に関する共同勧告

●背景

Agile Nations^{※1}のワーキンググループ(WG)^{※2}は、メンバー間で核融合規制に関する協動的で集合的なアプローチ(harmonized collective approach)を策定することを目的として、英国の呼び掛けで設置。4月25日に第1回WGを開催以降、複数回、開催。WGは各国政府の代表で構成され、必要に応じて、各国の技術専門家にも協力を仰いだ。

※1 規制に関する革新的な検討実施策に関する協力を促進するために設立された政府間の規制ネットワーク

※2 メンバー：英国、日本、カナダ オブザーバー：シンガポール、バーレーン

(参考) フュージョンエネルギー・イノベーション戦略(抜粋)

●安全規制に係る同志国間での議論に参画すること【文、外】

米国や英国等では安全規制に関する議論が先行しており、海外市場獲得のためには国際協調による規制の策定及び標準化が必要なため、Agile Nations(アジャイルネーションズ)の枠組みの下で「国際的な核融合規制へのアプローチ」に関する議論を行うためのワーキンググループ等に参画し、令和5年度にはワーキンググループとしての議論をまとめる。

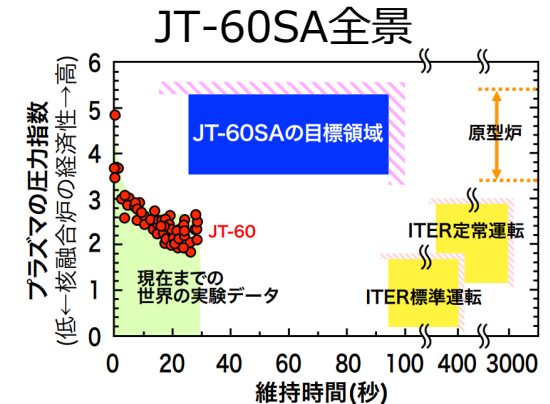
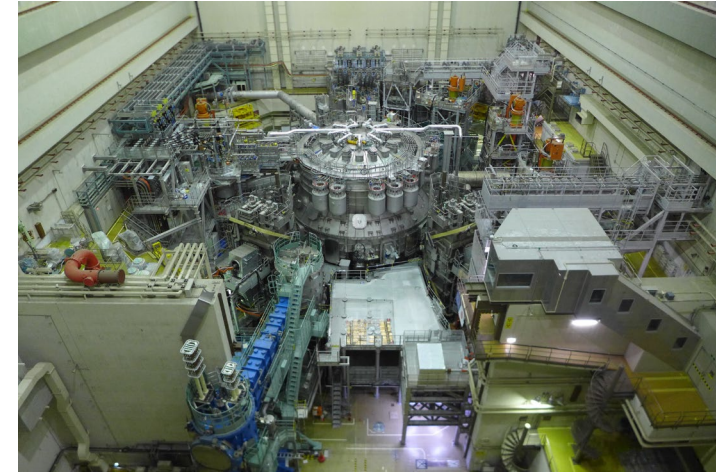
●概要

2023年10月、フュージョンエネルギー施設の規制枠組みをどのように構築するか共同勧告を発表。

1. フュージョンエネルギーが気候変動とエネルギー安全保障という世界的な課題に対して重要な貢献となり得ることを認識すること。
2. フュージョンエネルギー技術とは無関係に、フュージョンエネルギー施設に適用される規制の枠組みの明確化に向けた取組をすべての国が開始すること。
3. 国際協調したアプローチが、複数の国でフュージョンエネルギーの規制において採用されることの利点を各国が認識すること。
4. 透明性を保ち、イノベーションを促進しながら、人々と環境の適切な保護を維持するフュージョンエネルギーに対して、そのリスクに見合った規制枠組みを構築すること。
5. 安全防護レベルが適切であることを国民に十分理解してもらうことの重要性を各国が認識した上で、これを達成する方法を検討すること。

JT-60SAの初プラズマ生成について

- **JT-60SA**は、茨城県の量子科学技術研究開発機構(QST)那珂研究所にある、**日欧が共同建設した、現時点では、世界最大のトカマク型超伝導プラズマ実験装置**。
- JT-60SAの目的は、ITERの技術目標達成のための支援研究、原型炉に向けたITERの補完研究、人材育成。高圧力のプラズマの長時間(100秒以上)維持など、**核融合炉の信頼性・経済性(炉の小型化、高出力化等)の実証に貢献**。
- 平成25年に組立を開始し、令和2年から統合試験運転を開始。**本年10月23日、初めてプラズマを生成**。
- 12月1日には、JT-60SAの運転開始を記念する式典を、那珂研究所において、日欧共同で開催予定。



(参考) 10月27日 閣議後記者会見



盛山文部科学大臣

初プラズマの生成は、複雑な各システムがうまく連携し、装置として運転できたことを意味し、今回の成果を大変喜ばしく思います。この装置に関わってこられた皆様に敬意を表します。

文部科学省としては、**[JT-60SA]を活用し、原型炉開発につながる成果をいち早く創出**するとともに、**将来を担う人材を育成**してまいります。



高市科学技術政策担当大臣

今年の6月のCSTI本会議で、初プラズマに向けて、日欧の研究者が一生懸命取り組まれているお姿を実際に拝見したところでございますので、御努力が実ったことをとてもうれしく思っております。

今回の初プラズマ生成の成功も踏まえまして、**研究開発を抜本的に強化**するとともに、**産業協議会の設立もしっかりと見据えて、産業界も巻き込みながらフュージョンエネルギー及び関連産業の発展に向けて力を尽くしてまいります**と思っております。