

フュージョンエネルギー・イノベーション戦略 ～核融合に関する初の国家戦略～

Fusion Energy Innovation Strategy ～Japan's First National Strategy for Fusion Energy～

研究開発戦略官／内閣府参事官
馬場 大輔
Daisuke Baba (MEXT/CAO)

目次

1. フュージョンエネルギー・イノベーション戦略の概要
2. 戦略を踏まえた最近の取組
 - ①JT60-SAの初プラズマ生成
 - ②ITER計画/BA活動
 - ③核融合産業協議会
 - ④ムーンショット型研究開発プログラム

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

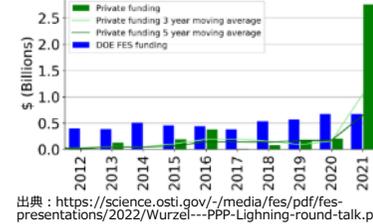
- ・2050年カーボンニュートラルの実現
- ・ロシアのウクライナ侵略により国際的なエネルギー情勢が大きく変化
- ・エネルギー安全保障の確保

- ・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



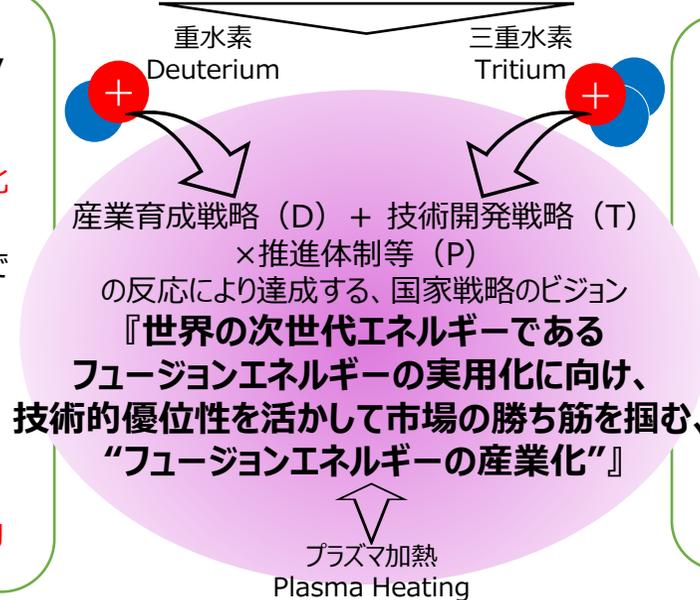
新たな産業としてのフュージョンエネルギー

- ・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・イノベーション戦略の概要①

- ✓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機会を逸せずに参入。
- ✓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



新たな産業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

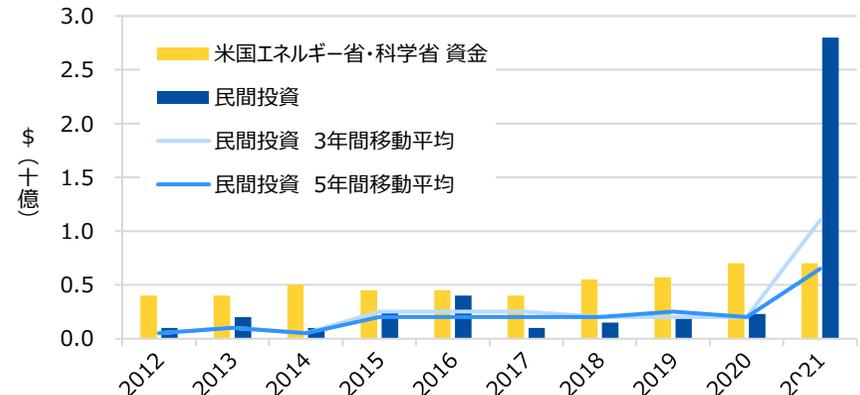


- 諸外国におけるフュージョンエネルギー開発への民間投資の増加
- 米国や英国政府はフュージョンエネルギーの産業化を目標とした国家戦略を策定（＝自国への技術の囲い込みを開始）
- 技術的優位性と信頼性を有する我が国が、技術で勝って事業で負けるリスク
- 他国にとっては有力なパートナーであり、海外市場を獲得するチャンス

●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

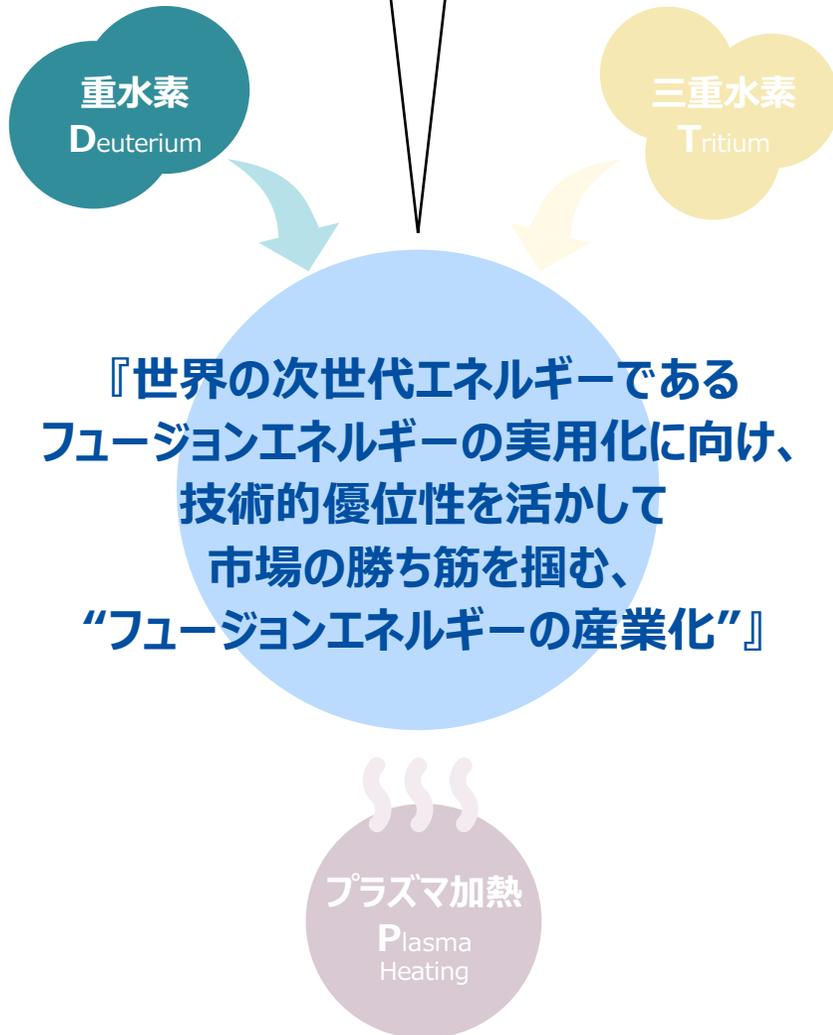
- エネルギーの覇権が資源から技術を保有する者へとパラダイムシフト



出典：<https://science.osti.gov/-/media/fes/pdf/fes-presentations/2022/Wur.PPP-Lightning-round-talk.pdf>

フュージョンエネルギー・イノベーション戦略の概要②

D 産業育成戦略 **+** **T** 技術開発戦略 **×** **P** 推進体制等 の反応により達成する、国家戦略のビジョン



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

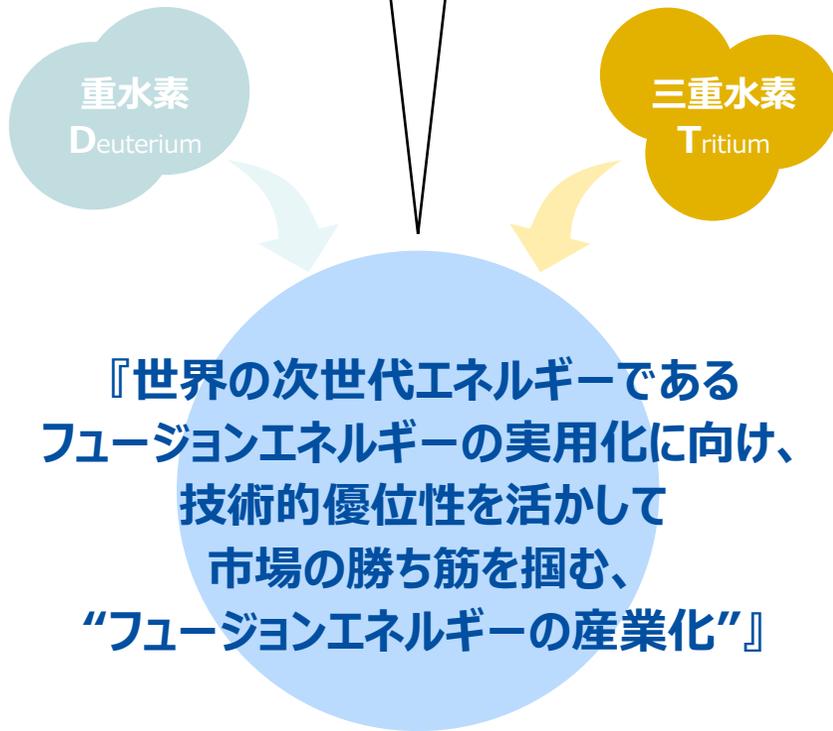
- R5年度の設定を目指す核融合産業協議会でのマッチング

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

フュージョンエネルギー・イノベーション戦略の概要③

D 産業育成戦略 **+** **T** 技術開発戦略 **×** **P** 推進体制等 の反応により達成する、
国家戦略のビジョン

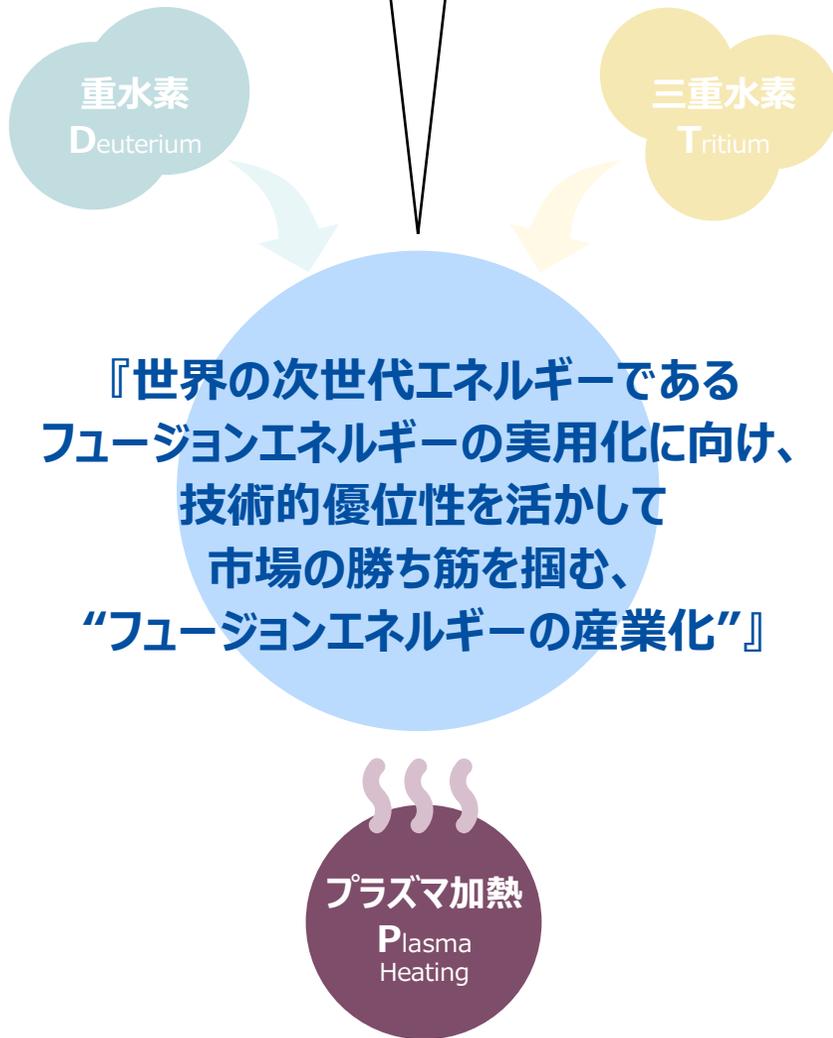


フュージョンテクノロジーの開発戦略 Technology

- 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概要④

D 産業育成戦略 **+** **T** 技術開発戦略 **×** **P** 推進体制等 の反応により達成する、
国家戦略のビジョン



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

目次

1. フュージョンエネルギー・イノベーション戦略の概要

2. 戦略を踏まえた最近の取組

① JT60-SAの初プラズマ生成

② ITER計画/BA活動

③ 核融合産業協議会

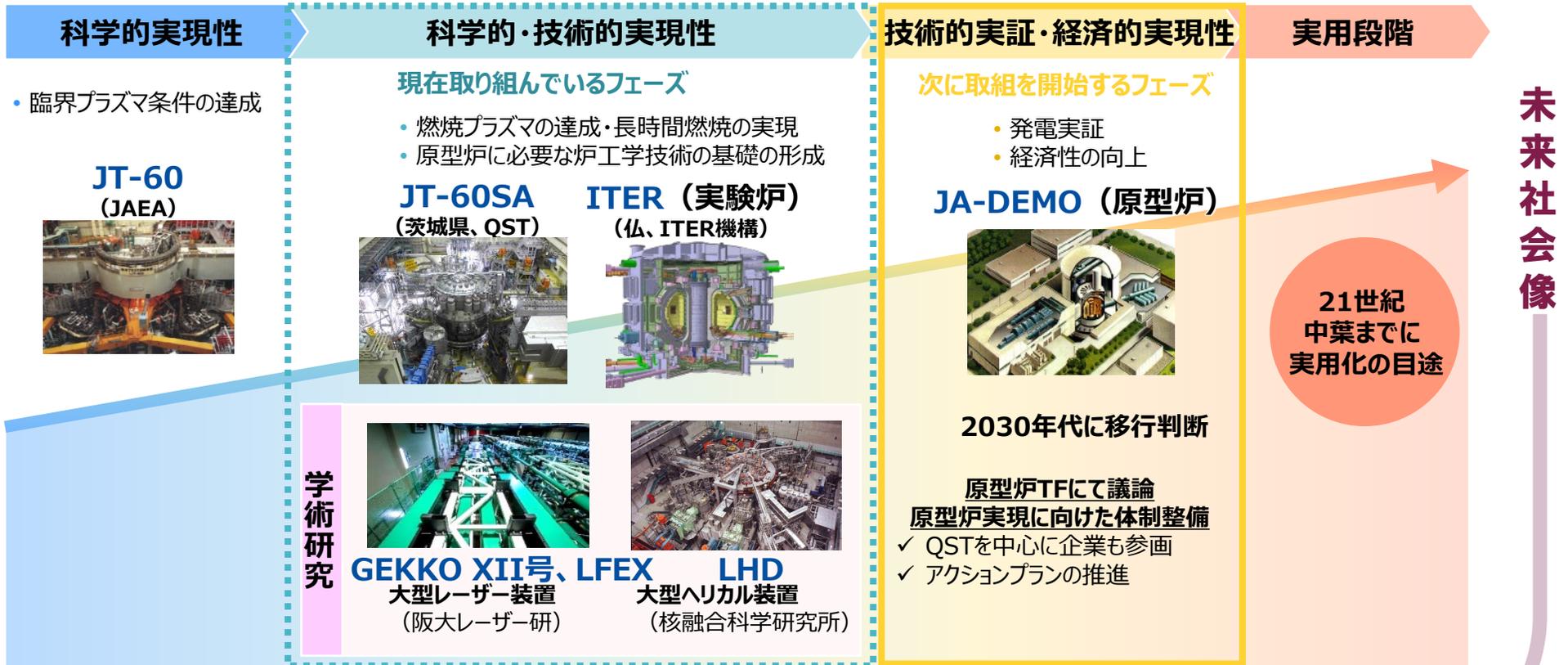
④ ムーンショット型研究開発プログラム

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



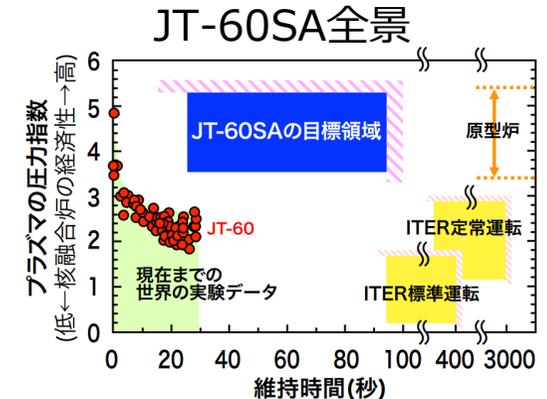
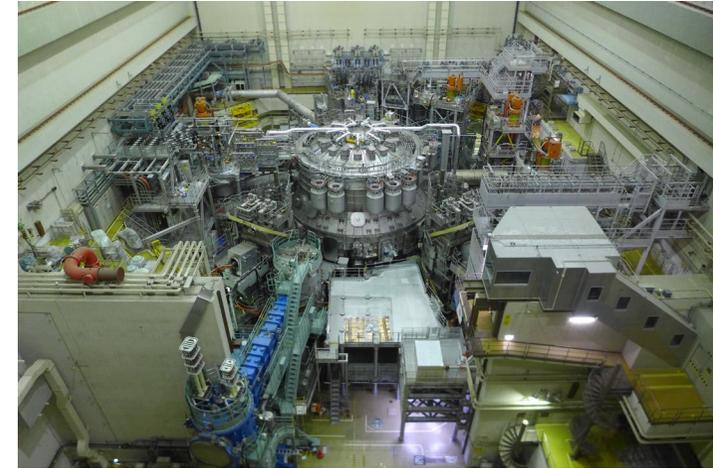
核融合の挑戦的な研究の支援の在り方に関する検討会

✓ 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

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。**昨年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。



(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。

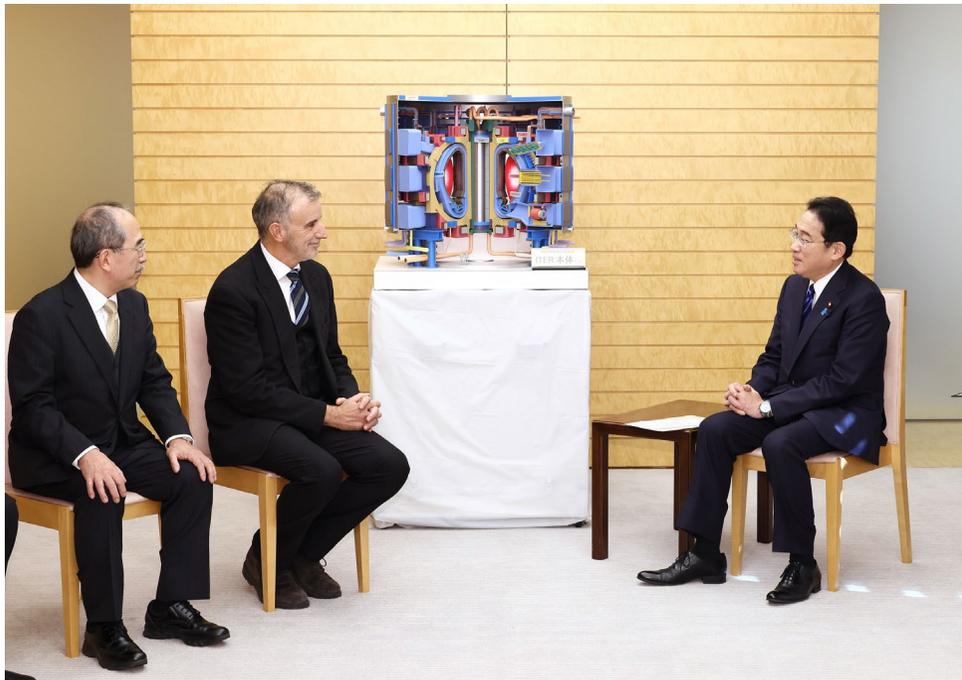
(参考) ITER機構長の総理表敬(11/30)



令和5年11月30日、岸田総理は、総理大臣官邸でピエトロ・バラバスキITER機構長による表敬を受けました。

(出典)

https://www.kantei.go.jp/jp/101_kishida/actions/202311/30hyokei.html



核融合実験炉**JT60-SA**の初プラズマ達成、心からお喜び申し上げます。

我が国においては、4月に策定した「**フュージョンエネルギー戦略**」に基づいて、フュージョンエネルギーの産業化を進めています。

「イーター計画」等で培った技術や人材を最大限活用して、**産業界との協働**や、**安全規制に関する検討**など、**フュージョンエネルギーの早期実現に向けた取組を加速**していきたいと考えています。

バラバスキ機構長の下、「イーター計画」が前進していくことを心からお祈りし、そして是非日本も貢献していきたいと考えています。

第33回ITER理事会について

1. 概要

日時：令和5年11月16日(木)～17日(金)

場所：ITER機構本部（フランス サン・ポール・レ・デュランス市(カダラッシュ)）

出席者：ITER理事会議長、各極首席政府代表、ITER機構長 他

※日本の首席政府代表：増子 文部科学審議官

※ITER理事会は、ITER計画の最高意思決定機関。原則、年2回開催。



2. 議事のポイント

(1) 計画の進捗状況

- 各極及びITER機構において、**機器の製造や組立・据付が進展**
 - ✓ **日本からの最後のトロイダル磁場(TF)コイルを搬入**
 - ✓ 欧州からの最後のトロイダル磁場(TF)コイルは出荷中
 - ✓ 真空容器(VV)、熱遮へい板(TS)の修理を実施中
- フランス原子力安全当局(ASN)との建設的な対話の継続を要請**



日本製のTFコイル最終号機の輸送

(2) ベースラインの更新

- ITER計画の日程・コスト等を定める**基本文書「ベースライン」の最適化に向けて、更新中。**
 - ✓ ITER機構は、**新型コロナウイルス感染症**や「**世界初**」の**機器製作の技術的挑戦**により発生した**遅延からの回復**、**将来のリスク緩和**を考慮に入れつつ、**ITERの核融合運転開始に向け、より良い組立工程を検討。**
 - ✓ ベースラインの更新は、**2024年、ITER機構から提案があり、各極による検証**が行われる予定。

(3) JT-60SAの初プラズマ

- 2023年10月23日に**JT-60SAで初プラズマを達成**した日欧のBA活動による協力に対して、各極から祝意。1/1

(参考) 盛山大臣の記者会見要旨(12/1)



茨城県に出張し、先日初めてプラズマの生成に成功したJT-60SAの運転開始記念式典に参加するとともに、同式典に出席予定のシムソン欧州委員、バラバスキ機構長と会談を行い、日欧の研究開発の見通し等について意見交換を行う予定です。

文部科学省としては、昨日の総理の発言も踏まえ、**国際連携も活用し、原型炉に必要な基盤整備を加速**するとともに、**小型化・高度化等の新興技術の開発支援を実施**することで、フュージョンエネルギーの早期実現に向けて、取り組んでまいります。



シムソン欧州委員(エネルギー担当)とともに、フュージョンエネルギーに関する共同プレス声明に署名



高市内閣府科学技術政策担当大臣、シムソン欧州委員と共にプラズマ生成のボタンを押す様子

第32回BA運営委員会について

1. 概要

日時：令和5年12月14日(木)

場所：CIEMAT (スペイン マドリード)

出席者：【日本側】 林 大臣官房審議官 (研究開発局担当) ほか
【欧州側】 ガリバ 欧州委員会エネルギー総局副総局長 ほか

※ BA運営委員会は、BA活動の最高意思決定機関。原則、年2回日欧交互に開催。



2. 議事のポイント

(1) 各事業の進捗状況

① 国際核融合材料照射施設の工学実証・工学設計活動(IFMIF/EVEDA)

- 高周波四重極(RFQ)加速器の開発において、連続運転に向けて、多くの進展。

② 国際核融合エネルギー研究センター(IFERC)

- 計算機シミュレーションセンター(CSC)、ITER遠隔実験センター(REC)において、ITER機構との協力が順調に進展。

③ サテライト・トカマク計画(STP)

- JT-60SAは、2023年10月23日に初プラズマが達成され、すべてのシステムが正しく統合されていることを実証。
- JT-60SAの初プラズマを記念して、12月1日に那珂市で執り行われた式典が成功裡に終わったことに謝意を表明。式典には、シムソン欧州委員会エネルギー担当委員、盛山文部科学大臣、高市内閣府科学技術政策担当大臣らが出席。シムソン委員と盛山大臣は共同プレス声明に署名し、BA活動を推進するコミットメントを再確認。



(2) その他

- 運営委員会は、欧州側の研究者・技術者・家族への支援に対する青森県・六ヶ所村の多大なる尽力に謝意。
- 次回、第33回BA運営委員会は、2024年4月18日に青森県六ヶ所村にて開催予定。

(参考) 高市大臣の記者会見要旨(12/1)



今年4月に策定した「フュージョンエネルギー・イノベーション戦略」の状況について、お話しいたします。

昨日、ITER機構のバラバスキ機構長が岸田総理を表敬された折に、総理からは「フュージョンエネルギーの早期実現に向けて取組を加速していく」との御発言がございました。

内閣府としましては、産業育成に関する取組を進めておりますので、その動きをお話しいたします。

1点目は、産業協議会の設立についてでございます。

既に、幅広い業種の企業から問合せが寄せられておりますが、この度、関連産業の育成を目的として、新たに一般社団法人の今年度中の設立を見据えまして、来週中を目途に内閣府のホームページに登録窓口を掲載いたします。関心のある企業におかれましては、積極的な参加をお願い申し上げます。

2点目は、安全規制に関する検討についてでございます。

民間企業の参画を促進するためには、早期に安全規制を検討する必要があります。既に米国や英国では、核融合については核分裂とは異なる規制を適用する方針を示しております。我が国においても産業化に乗り遅れないように、今後設立される産業協議会とも連携して、安全確保の基本的な考え方を策定します。

なお本日、茨城県にあるJT-60SAの運転開始記念式典に出席することといたしております。国家戦略を踏まえて、フュージョンエネルギー及び関連産業の発展に向けて取り組んでまいります。

核融合産業協議会の概要 (イメージ)

●名称

フュージョン エネルギー フォーラム (仮)

●目的

フュージョン産業・ビジネスの創出(スピンアウトを含む)

●会員構成

- ・多様な技術群の集合体であるフュージョンの広がり意識
- ・サプライヤー企業、エネルギーのユーザー等、スタートアップ、アカデミア

●事業概要

協議会に参加した企業間で新たなビジネスネットワークを形成し、

- ①国内外のフュージョンの動向や情報を把握でき、
- ②国内のフュージョン関係者と知り合え、
- ③フュージョンへの参画の第一歩を踏み出せる環境を構築

●主な取組

- ・国内外のフュージョン産業の動向調査(技術マップ・産業マップの作成)、会員企業との情報共有
- ・フュージョン技術の標準化活動、安全規制も含めた国への政策提言
- ・地方大学及びその地域企業を中心としたイベント
- ・産業界と若者の意見交換会
- ・産業界ニーズと大学シーズ、フュージョン関連企業間でのニーズとシーズのマッチングイベント
- ・国内外の関連機関と連携した人材育成
- ・海外のフュージョン産業協議会との連携イベント 等

核融合関連産業の裾野拡大を狙う

一般社団法人フュージョン エネルギー フォーラム(仮)

- 参加者: 約50企業・団体(12月25日時点)
- 業 種: メーカーだけでなく商社やスタートアップなども参加予定
- 設 立: 2024年3月を予定
- 目 的: 核融合産業やビジネスの創出

- 核融合産業の動向調査
- 地域の企業や大学とのマッチング



民間企業や大学

- 核融合産業の動向調査
- 関連企業とのマッチング



米国や欧州の企業

- 技術の標準化や安全規制に関する提言



政府

(出典)12/26 日本経済新聞

【米国】フュージョンエネルギーの実現に向けた国際連携強化の戦略

- 2023年12月に開催された、国連気候変動枠組条約第28回締約国会議(**COP28**)の関連イベントにおいて、ケリー米気候問題担当大統領特使が、米国の**フュージョンエネルギーの実現に向けた国際連携強化の戦略**を発表。



◆戦略の概要（12/2 米国ホワイトハウス発表）

フュージョンエネルギーの実現には、国際協力が不可欠。

民間投資が60億ドルに達する中、国際的な関与の必要性が増加。

米国として、国際関与・国際連携を呼び掛ける5つの目標を設定。

① **研究開発**に関する国際協力・国際連携の機会の特定・追求

（主要な実験施設の共同利用や共同開発、知的財産の保護など）

② 将来的な世界市場への成長（世界的な**サプライチェーンの構築**、市場参入の促進など）

③ 安全性を確保する**規制の枠組み**に関する調整（規制や輸出管理の**国際的な調和**など）

④ 多様で世界的な**人材供給力の強化**（教育プログラムの開発、人材交流・流動性の拡大など）

⑤ 公教育と公衆関与の改善（国際機関や多国間会合等を活用した**理解増進**など）



DECEMBER 02, 2023

International Partnerships in a New Era of Fusion Energy Development

OSTP NEWS & UPDATES PRESS RELEASES

デフレ完全脱却のための総合経済対策(抜粋)



岸田内閣総理大臣記者会見(令和5年11月2日)

(1) 科学技術の振興及びイノベーションの促進

ムーンショット型研究開発プログラム²⁸の研究開発を加速するとともに、その成果の社会実装を支援するほか、**新たにフュージョンエネルギーに関する研究領域をプログラムに追加**する。

(2) フロンティアの開拓

フュージョンエネルギーについては、**ITER計画³⁴の着実な実施**に加えて、**世界最大の超伝導トカマク装置(JT-60SA)³⁵の運転開始に向けた機器の整備**を支援する。

28 我が国発の破壊的イノベーションの創出を目指し、従来技術の延長にないより大胆な発想に基づく挑戦的な研究開発を推進するプログラム。

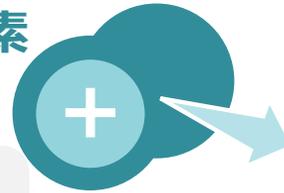
34 世界7極(日・欧・米・韓・中・露・印)の国際協力に基づき、核融合実験炉ITER(国際熱核融合実験炉)の建設・運転を通じて、フュージョンエネルギーの科学的・技術的実現性の確立を目指す国際プロジェクト。

35 日欧協力によるBA活動(幅広いアプローチ活動)の中で、原型炉に向けたITER計画の補完及び支援、人材育成等を目的として、建設された世界最大の超伝導トカマク型核融合実験装置。

ムーンショット型研究開発制度における新しい目標案（フュージョンエネルギー）

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

重水素



三重水素



フュージョンエネルギー

軽い原子核同士(重水素、三重水素)が融合して別の原子核(ヘリウム)に変わる際に放出されるエネルギー。太陽や星を輝かせるエネルギーでもある。

核融合の燃料は海水中に豊富に存在！



燃料1グラムが石油8トン相当

核融合でフュージョンエネルギー発生！

少量の燃料で長期間移動が可能に



小型動力源

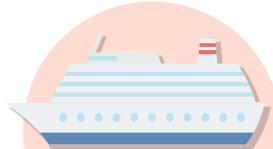
フュージョンエネルギー

未知の領域への挑戦が可能に



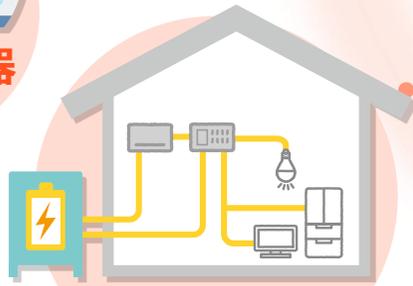
宇宙推進器

海洋推進器



水素製造
合成燃料製造

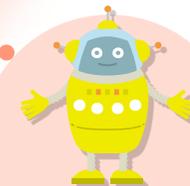
オフグリッド



日常の様々な
場面で活用



ロボット



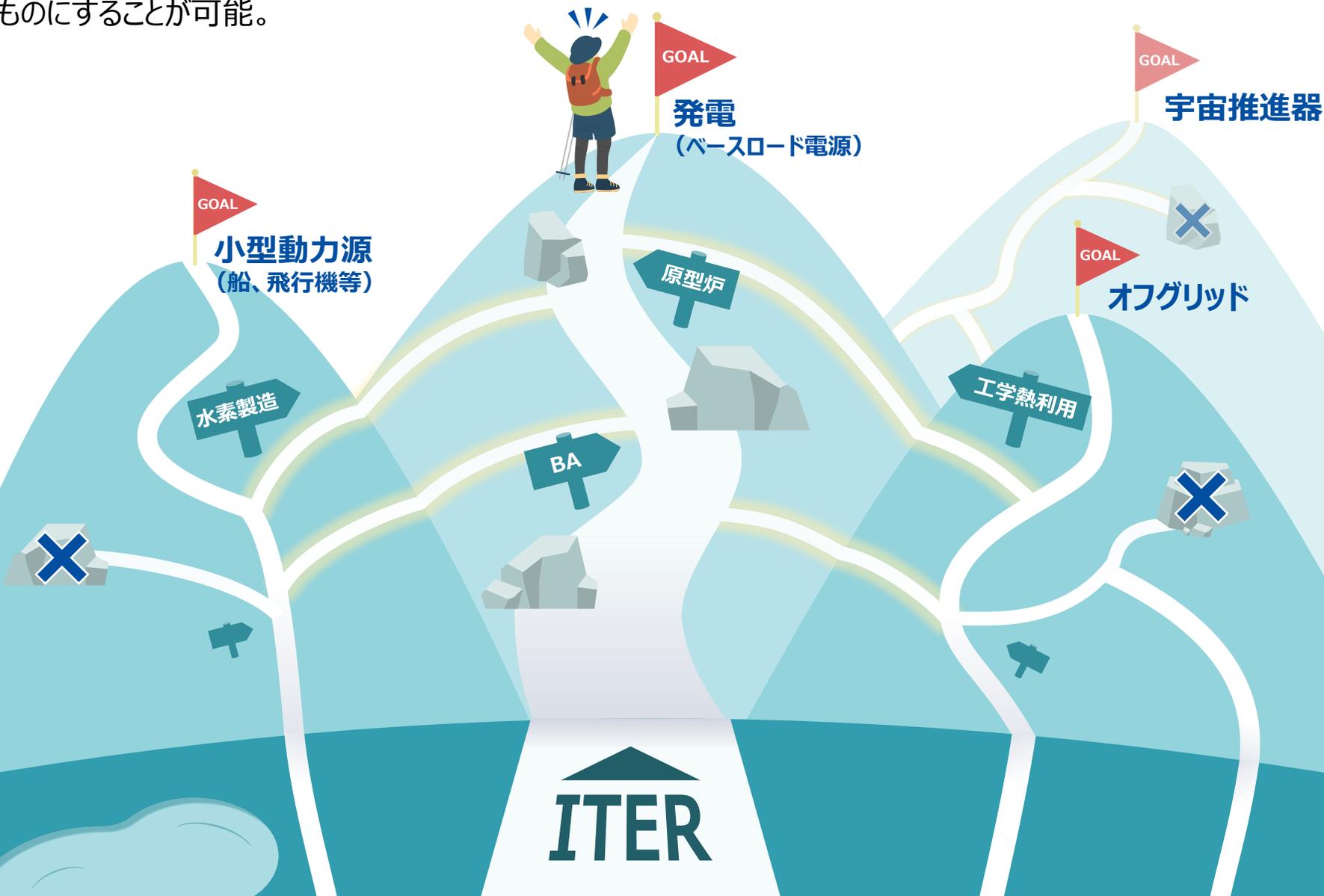
ムーンショット型研究開発制度との協働がない場合

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。



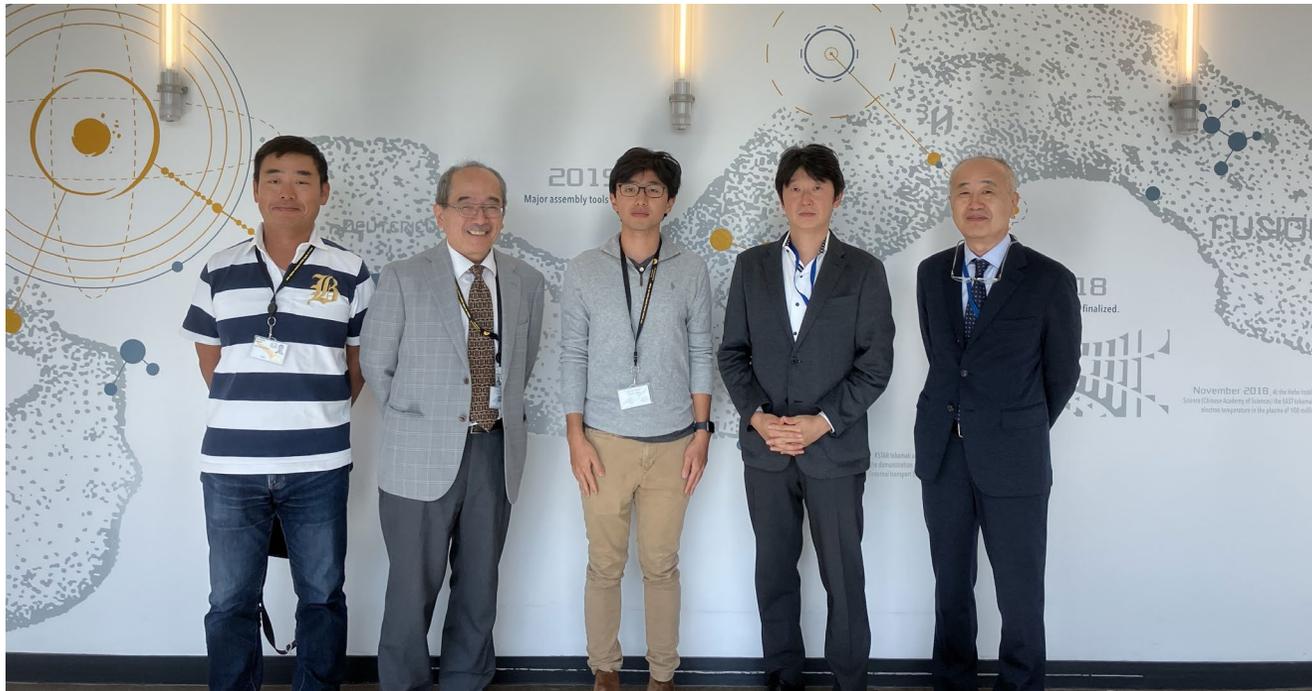
ムーンショット型研究開発制度との協働がある場合

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。



最後に

- 原型炉実現に向けた基盤整備（将来の原型炉開発を見据えた研究開発の加速、人材育成の強化等）
- 産業協議会の設立（スタートアップも含めた意欲ある民間企業等の参画促進）
- 国際活動の戦略的推進（ITER計画・BA活動等、多国間・二国間の連携強化）
- 独創的な新興技術の支援策の強化（ムーンショット型研究開発制度、多様な学術研究の推進）



ご清聴、ありがとうございました。