

フュージョンエネルギー・イノベーション戦略

～国家戦略を踏まえた最近の取組～



内閣府

科学技術・イノベーション推進事務局



目次

1. フュージョンエネルギー・イノベーション戦略
2. 研究開発の全体像
3. 戦略を踏まえた最近の取組
 - ①JT-60SAの初プラズマ生成
 - ②フュージョンエネルギー産業協議会
 - ③中小企業イノベーション創出推進事業(SBIRフェーズ3)
 - ④規制枠組み構築に関する共同勧告
 - ⑤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・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

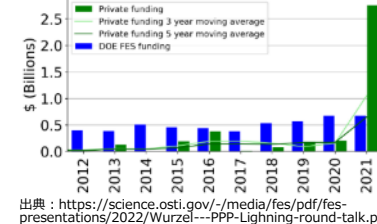
- ・2050年カーボンニュートラルの実現
- ・ロシアのウクライナ侵略により国際的なエネルギー情勢が大きく変化
- ・エネルギー安全保障の確保

- ・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



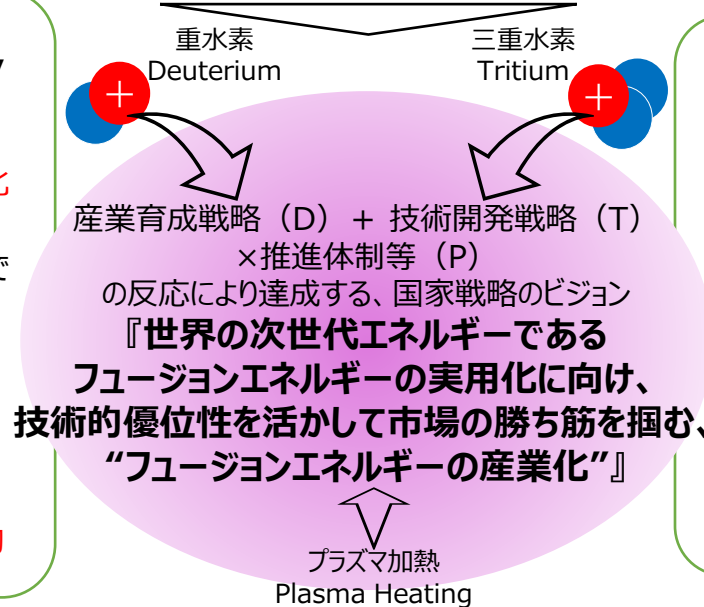
- ・諸外国におけるフュージョンエネルギー開発への民間投資の増加
- ・米国や英国政府はフュージョンエネルギーの産業化を目標とした国家戦略を策定 (= 自国への技術の囲い込みを開始)
- ・技術的優位性と信頼性を有する我が国が、技術で勝って事業で負けるリスク
- ・他国にとっては有力なパートナーであり、海外市場を獲得するチャンス

新たな産業としてのフュージョンエネルギー



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

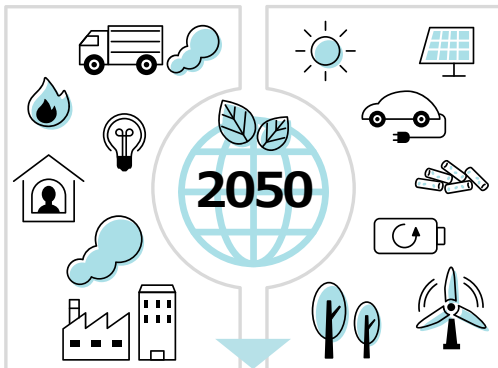
- ✓フュージョンエネルギーを新たな産業として捉え、構築されつつある世界のサプライチェーン競争に我が国も機会を逸せずに参入。
- ✓ITER計画／BA活動、原型炉開発と続くアプローチに加え、産業化等の多面的なアプローチによりフュージョンエネルギーの実用化を加速。
- ✓産業協議会の設立、スタートアップ等の研究開発、安全規制に関する議論、新興技術の支援強化、教育プログラム等を展開。

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

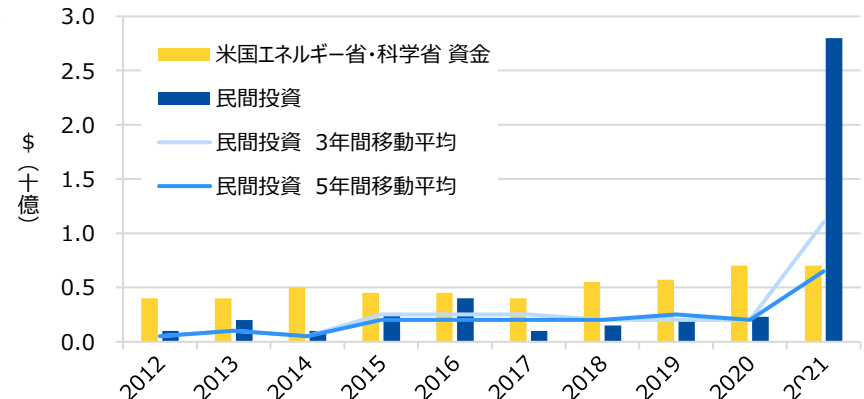


- 諸外国におけるフュージョンエネルギー開発への民間投資の増加
- 米国や英国政府はフュージョンエネルギーの産業化を目標とした国家戦略を策定（＝自国への技術の囲い込みを開始）
- 技術的優位性と信頼性を有する我が国が、技術で勝って事業で負けるリスク
- 他国にとっては有力なパートナーであり、海外市場を獲得するチャンス

●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

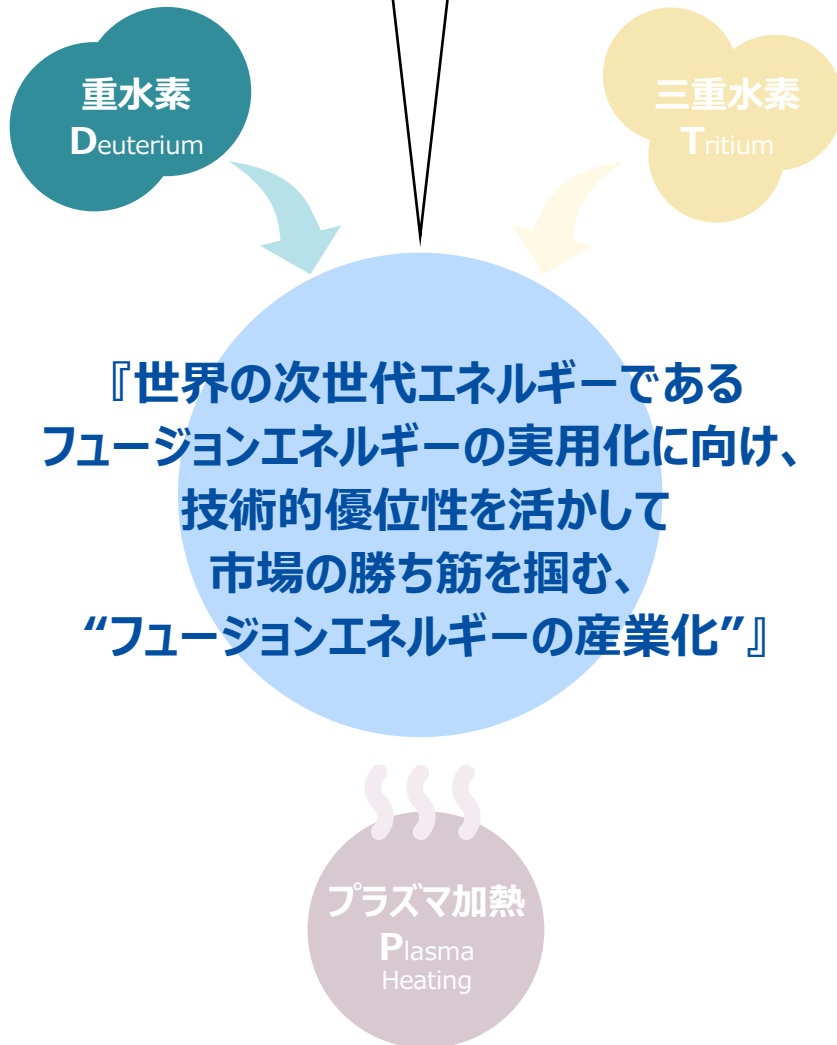
- エネルギーの覇権が資源から技術を保有する者へとパラダイムシフト



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

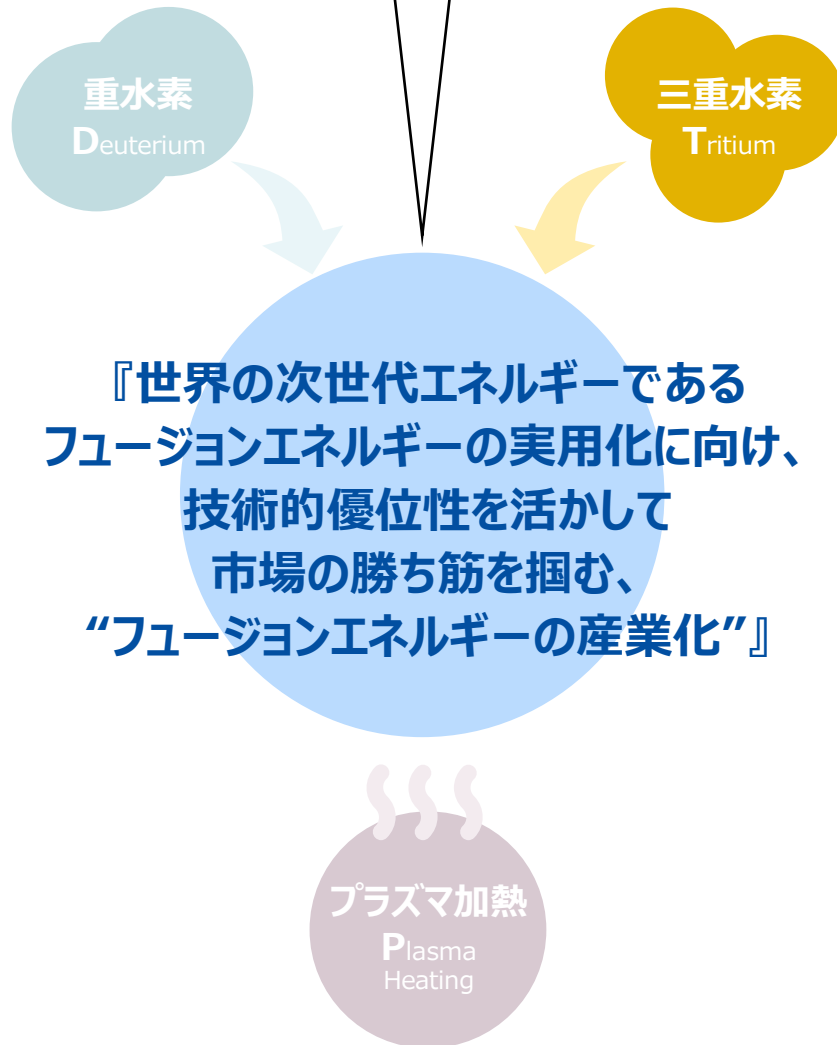


T 技術開発戦略



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

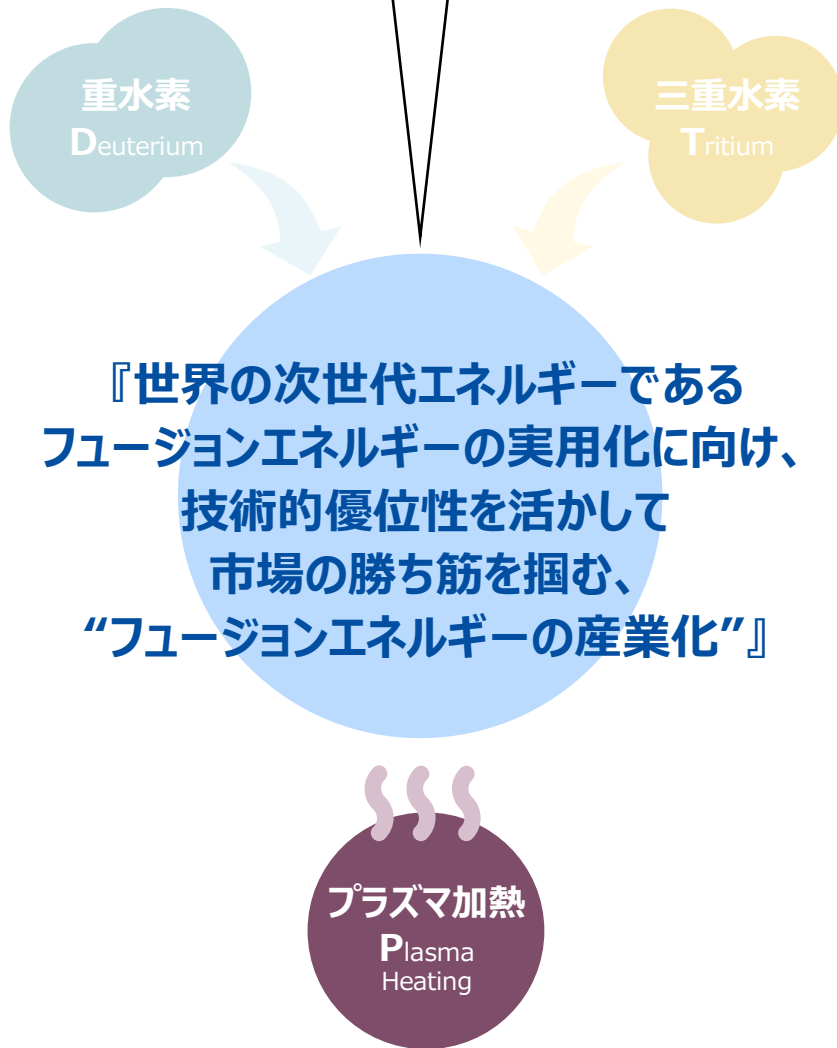


フュージョンテクノロジーの開発戦略 Technology

- 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

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取組

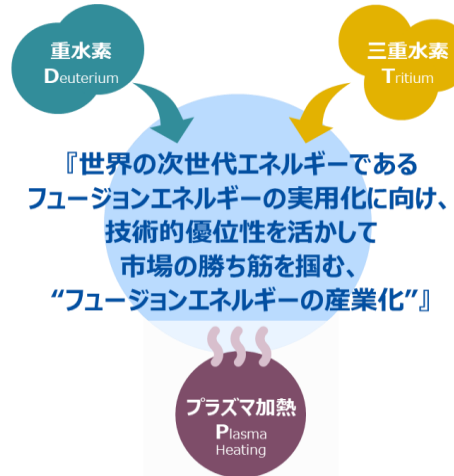
第71回 総合科学技術・イノベーション会議 資料一部改訂
(2024年2月20日)

2023年4月に初の国家戦略として、「**フュージョンエネルギー・イノベーション戦略**」を策定。

- ✓ 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、実用化を加速。

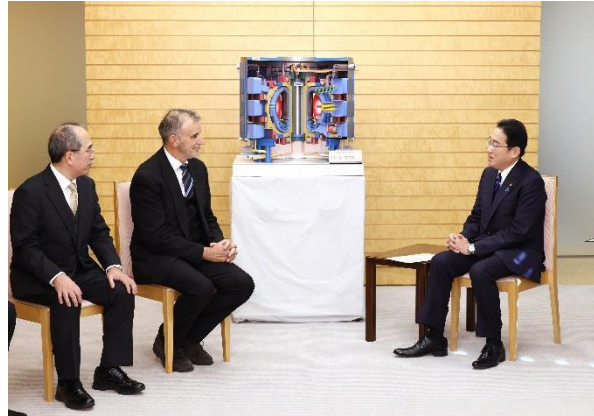
フュージョンインダストリーの育成戦略 Developing the Fusion industry

- 核融合産業協議会（フュージョンエネルギー産業協議会）の設立準備
- SBIRフェーズ3基金を活用し、**スタートアップ**の有する先端技術の社会実装を促進



フュージョンテクノロジーの開発戦略 Technology

- 小型化・高度化等の独創的な新興技術の支援策の強化(**ムーンショット目標**の決定)
- 世界最大のトカマク型超伝導プラズマ実験装置 **JT-60SA**の初プラズマ生成



ITER機構長の総理表敬(2023年11月30日)

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

- QSTを中心にアカデミアや民間企業が参加する**実施体制の構築**
- 大学間連携による**教育プログラムの提供**、ITER / JT-60SA等を活用した**人材育成**



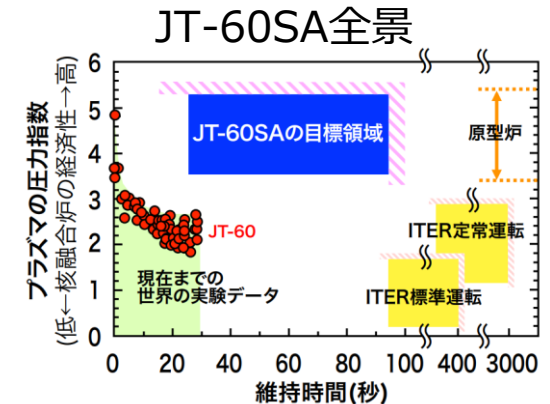
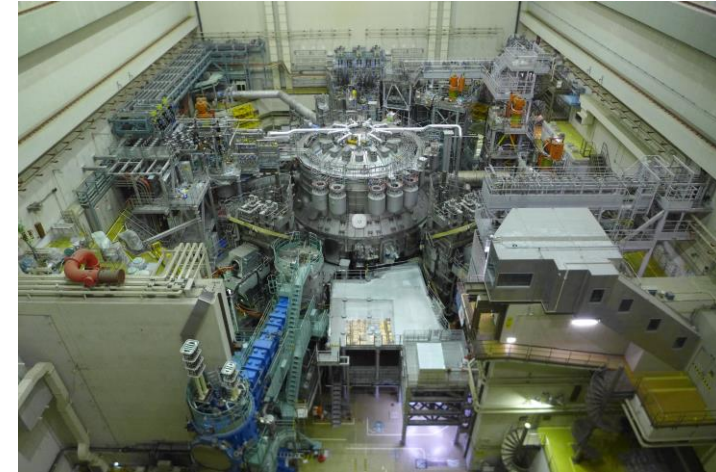
JT-60SA 運転開始記念式典(2023年12月1日)

今後の方針

ITER、JT-60SA等で培った技術や人材を最大限活用して、国際連携も活用し、**原型炉に必要な基盤整備**を加速。**産業協議会とも連携**して、**安全確保の基本的な考え方**を策定するなど、**フュージョンエネルギーの早期実現**、**関連産業の発展**に向けた取組を加速。

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) 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。

目次

1. フュージョンエネルギー・イノベーション戦略

2. 研究開発の全体像

3. 戦略を踏まえた最近の取組

①JT-60SAの初プラズマ生成

②フュージョンエネルギー産業協議会

③中小企業イノベーション創出推進事業(SBIRフェーズ3)

④規制枠組み構築に関する共同勧告

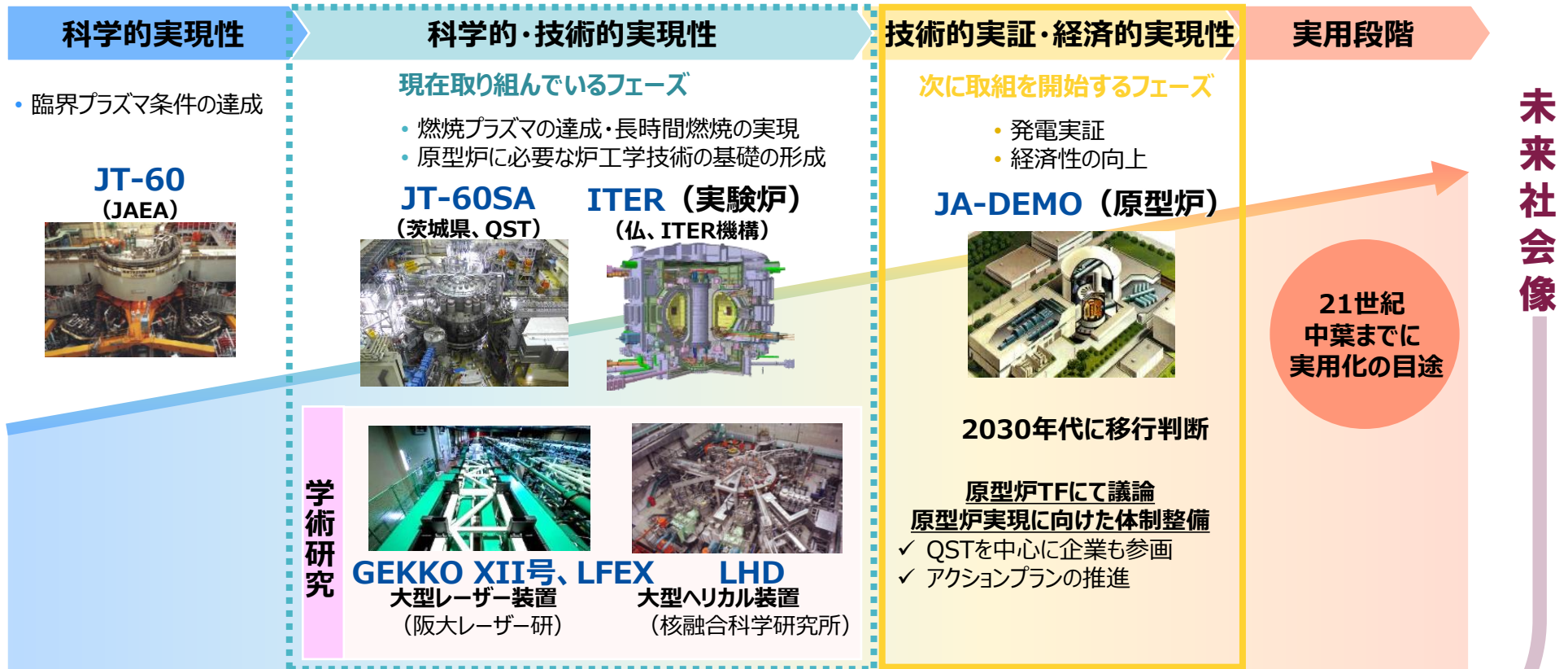
⑤ムーンショット型研究開発制度

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

ITER (国際熱核融合実験炉) 計画

令和6年度予算額 : 14,306百万円
 (前年度予算額 : 16,742百万円)
 令和5年度補正予算額 : 3,800百万円

【概要】 エネルギー問題と環境問題を根本的に解決するものと期待される核融合エネルギーの実現に向け、国際約束に基づき、核融合実験炉 ITERの建設・運転を通じて、核融合エネルギーの科学的・技術的実現可能性の確立を目指す。

● **ITER協定** 2007年10月24日発効

● 経緯

1985年 米ソ首脳会談が発端
 1988年～2001年 概念設計活動・工学設計活動(日欧米ソ)
 2001年～2006年 政府間協議
 2007年 ITER協定発効、ITER機構設立

● **参加極** 日、欧、米、露、中、韓、印

● **建設地** 仏、サン・ポール・レ・デュランス市 (カダラッシュ)

● 計画スケジュール

運転開始 : 2025年12月

核融合運転開始 : 2035年12月

※現在、スケジュール・コストを規定する基本文書 (ベースライン) の見直しを図っている。

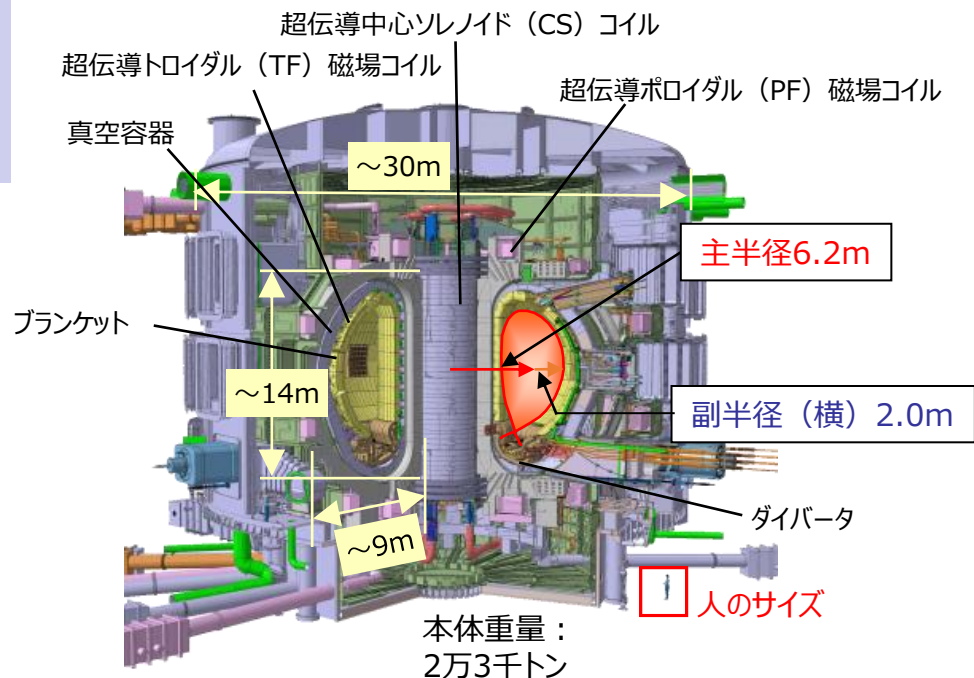


● 各極の費用分担 (建設期)

欧州、日本、米国、ロシア、中国、韓国、インド
 45.5% 9.1% 9.1% 9.1% 9.1% 9.1% 9.1%

※ 各極が分担する機器を調達・製造して持ち寄り、ITER機構が全体を組み立てる仕組み

● **ITER機構執行部** ピエトロ・バラバスキ機構長 (伊)
 鎌田 裕 副機構長 (日)



● 技術目標

- ◇ 入力エネルギーの10倍以上の出力が得られる状態を長時間 (300～500秒間) 維持する。
- ◇ 超伝導コイル (磁場生成装置) やプラズマの加熱装置などの核融合工学技術を実証する。

● 主要パラメータ

熱出力 (発電はしない)	50万 kW
入力エネルギーに対する出力の割合	10以上
プラズマ体積	約840m ³

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。13

幅広いアプローチ (BA: Broader Approach) 活動

令和6年度予算額	: 6,592百万円
(前年度予算額)	: 4,554百万円
令和5年度補正予算額	: 1,138百万円

【概要】 日欧の国際約束に基づき、核融合エネルギーの早期実現を目指して、ITER計画を補完・支援するとともに、ITERの次の段階として発電実証を行う**原型炉(DEMO)**に向けた必要な**技術基盤**を確立するための先進的研究開発を実施する。

●参加極 日、欧

●BA協定※ 2007年6月1日発効

(日、欧いずれかが終了を提起しない限り、自動延長)

※核融合エネルギーの研究分野におけるより広範な取組を通じた活動の共同による実施に関する日本国政府と欧州原子力共同体との間の協定

●実施拠点

青森県六ヶ所村、茨城県那珂市



●経緯

2005年6月 モスクワ共同宣言

(ITERを欧州で建設するとともに、BA活動を日本で実施することが決定)

2007年6月 BAフェーズⅠ開始

(主要な研究環境の整備)

2020年4月 BAフェーズⅡ開始

(フェーズⅠで整備した研究環境を活用しつつ、装置の性能等を所期の目標に向けて高め、ITER計画を補完・支援する研究成果を創出)

●費用分担 (フェーズⅡ)

日欧はそれぞれ、年間50kBAUA※を上限とする額を貢献する。
日本は更にホスト国として、日本側貢献総額の2/3以上を貢献。

※1kBAUA(BA会計単位)=約1.2億円 (2022年4月現在)

●実施機関

日本：量子科学技術研究開発機構 (QST)

欧州：Fusion for Energy (F4E)

●各事業における具体的な取組内容

①国際核融合材料照射施設に関する工学実証・工学設計活動 (IFMIF/EVEDA) <青森県六ヶ所村>

- 核融合炉における高い中性子照射に耐久する**材料の開発を行う施設** (核融合中性子源) の建設に向けて、原型加速器の性能実証や、中性子源の工学設計を実施。



②国際核融合エネルギー研究センター (IFERC) <青森県六ヶ所村>

- 原型炉の概念設計、原型炉に向けた研究開発、ITERの遠隔実験、核融合計算シミュレーション研究**を実施。



③サテライト・トカマク計画 (STP) <茨城県那珂市>

- 臨界プラズマ試験装置JT-60を超伝導化改修した、世界最大のトカマク型超伝導プラズマ実験装置「**JT-60SA**」を建設・運転。
- JT-60SA は、令和5年10月23日に**初めてプラズマを生成し**、運転を開始。今後、ITER計画の技術目標達成のための**支援研究**や、**原型炉に向けた補完研究、人材育成等**に取り組み、将来の核融合炉の信頼性・経済性の実証に貢献することが期待されている。



※このほか、日本独自の取組として、原型炉の基盤整備に向けて、各種の取組(研究開発の加速、人材育成の強化、アウトリーチ活動等)を実施。

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。

学術研究の大型プロジェクトの推進に関する基本構想（ロードマップ2023）

◆ 学術研究の大型プロジェクトについて

- ✓ 「Bファクトリー」、「スーパーカミオカンデ」等の学術研究の大型プロジェクトは、最先端の技術や知識を結集して人類未踏の研究課題に挑み、世界の学術研究を先導する画期的な成果を挙げている ※「スーパーカミオカンデ」によるニュートリノ振動の発見（2015年ノーベル物理学賞受賞）など
- ✓ 一方、大型プロジェクトは長期間にわたって多額の経費を要するため、その推進に当たっては、広く社会・国民の支持を得ながら、国内外の学術研究の全体状況はもとより、公財政支出の現況や将来見通し等にも留意しつつ、**長期的な展望をもって戦略的・計画的に推進していく必要**

国として大型プロジェクトの優先度を明らかにする観点から、「学術研究の大型プロジェクトの推進に関する基本構想（ロードマップ）」を策定

※これまで、2010、2012、2014、2017、2020年に策定

◆ ロードマップ2023の策定

- ✓ 「ロードマップ2023」の対象は、実施期間が5～10年程度、予算規模が概ね数十億から2000億円程度の研究計画
- ✓ 公募の結果、申請のあった47件の研究計画について、科学技術・学術審議会において、幅広い分野の専門家によるきめ細かい審査を実施し、**12計画を掲載した「ロードマップ2023」を策定**
- ✓ 「ロードマップ2023」には、各掲載計画の基礎的な情報のほか、審査の過程で指摘された「主な優れている点」「主な課題・留意点」を掲載

<ロードマップ2023 掲載計画>

- BSL-4施設を中核とした感染症研究拠点の形成*（長崎大学）
- スピントロニクス・量子情報学術研究基盤と連携ネットワーク*（東京大学）
- 多様な知が活躍できるパワーレーザー国際共創プラットフォーム：J-EPoCH計画（大阪大学レーザー科学研究所）
- 極低放射能環境でのニュートリノ研究（東北大学ニュートリノ科学研究センター）
- IceCube-Gen2 国際ニュートリノ天文台による高エネルギーニュートリノ天文学・物理学研究（千葉大学ハドロン宇宙国際研究センター）
- CTA国際宇宙ガンマ線天文台（東京大学宇宙線研究所）
- 強磁場コラボラトリー：統合された次世代全日本強磁場施設の形成*（東京大学物性研究所）
- 30m光学赤外線望遠鏡計画TMT（自然科学研究機構国立天文台）
- 超高温プラズマの「マイクロ集団現象」と核融合科学（自然科学研究機構核融合科学研究所）
- LiteBIRD—熱いビッグバン以前の宇宙を探索する宇宙マイクロ波背景放射偏光観測衛星*（宇宙航空研究開発機構）
- アト秒レーザー科学研究施設*（東京大学）
- 統合全球海洋観測システムOneArgoの構築と海洋融合研究の推進（東北大学）

※カッコ内は実施主体（中核機関）

※ *はロードマップ2020からの継続掲載（5計画）

BSL-4施設を中核とした感染症研究拠点の形成*（長崎大学）



BSL-4施設を中核とした世界トップレベルの感染症研究拠点を形成し、感染症の病態解明、診断・治療法の確立、有効な予防法の構築による国民の安全・安心の確保、WHO等による国際的な感染症管理体制への貢献を通じ、世界の保健向上に資する。

スピントロニクス・量子情報学術研究基盤と連携ネットワーク*（東京大学）



将来の量子科学・量子情報技術の中核となる分野である「スピントロニクス」について、卓越した研究機関のネットワークによる国際共同研究拠点を形成・強化し、革新的省エネルギーデバイス、古典・量子情報融合デバイスなどの新しい情報処理技術の実現に向けて不可欠の科学技術基盤を提供する。

多様な知が活躍できるパワーレーザー国際共創プラットフォーム：J-EPoCH計画（大阪大学レーザー科学研究所）



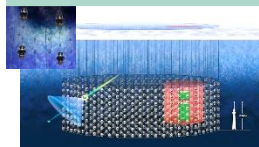
我が国の強みを活かした世界一の高繰り返し大型パワーレーザーによる国際共創プラットフォームをオールジャパン体制で構築し、量子真空の探査（場）、核融合エネルギーの探求（プラズマ）、超高压新奇量子物質の創生（固体）を通して、エネルギー密度の高い極限的な量子科学の開拓で世界を先導する。

極低放射能環境でのニュートリノ研究（東北大学ニュートリノ科学研究所）



神岡地下に建設したカムランド実験装置の高性能化により、素粒子原子核研究の最重要課題に挙げられる二重ベータ崩壊研究や、地球内部の組成や活動様式解明に挑む地球ニュートリノ観測、特徴的な低エネルギーニュートリノ天文学等を展開する。

IceCube-Gen2 国際ニュートリノ天文台による高エネルギーニュートリノ天文学・物理学研究（千葉大学ハドロン宇宙国際研究センター）



南極点直下に設置したIceCube検出器を世界15か国の連携により高度化し、世界最大のニュートリノ観測装置により高エネルギー宇宙ニュートリノの高感度観測を行う。電波からガンマ線まで分布する電磁波及び重力波との統合観測によるマルチメッセンジャー天文学を展開し、宇宙線の統合的理解、遠方宇宙や天体内部の探求に貢献する。

CTA国際宇宙ガンマ線天文台（東京大学宇宙線研究所）



次世代の国際宇宙ガンマ線天文台CTAにより、超高エネルギーガンマ線領域の世界唯一の天文大型施設として、極限宇宙の姿を捉え、ブラックホール、宇宙線の起源、暗黒物質などの解明を目指す。さらに、従来の電磁波・宇宙線観測に加え、重力波やニュートリノ観測と連携し、マルチメッセンジャー天文学の重要な一つの柱となる。

強磁場コラボラトリー：統合された次世代全日本強磁場施設の形成*（東京大学物性研究所）



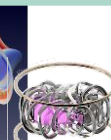
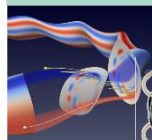
全日本的な強磁場施設の連携の下で世界最高性能の設備を組み合わせた独自の戦略により、我が国が強みを持つ物質・材料科学-とりわけ、半導体、磁石、超伝導材料などの研究で世界を先導する。情報、エネルギー、医療等の課題解決に貢献するとともに、1200テスラ超強磁場下の学際的研究により宇宙、生命、化学などにおける未知現象を発見する。

30m光学赤外線望遠鏡計画TMT（自然科学研究機構国立天文台）



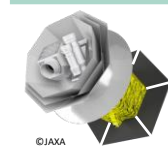
ハワイ島マウナケア山頂域に口径30m光学赤外線望遠鏡TMTを建設し、すばる望遠鏡の広域探査と連携して地球型系外惑星や宇宙の初代星等の観測を行う。膨張宇宙における星、銀河、元素生成等の全貌を理解し、惑星の形成や生命誕生という人類究極の課題に挑む。

超高温プラズマの「マイクロ集団現象」と核融合科学（自然科学研究機構核融合科学研究所）



超高温プラズマを高精度で制御・操作し、世界最高の分解能で計測する実験システムを構築することで、核融合炉のみならず宇宙・天体にも共通するプラズマに独特な揺らぎの発生原因とその影響を解明する。計測と理論・シミュレーションを連携し、核融合イノベーションを駆動する科学的指導原理の構築を目指す。

LiteBIRD—熱いビッグバン以前の宇宙を探索する宇宙マイクロ波背景放射偏光観測衛星*（宇宙航空研究開発機構）



熱いビッグバン以前の宇宙に関する最有力仮説である「インフレーション宇宙理論」を検証するため、LiteBIRD衛星による宇宙マイクロ波背景放射の全天偏光観測から原始重力波を探索する。代表的インフレーション宇宙理論を検証することで、宇宙創生の謎に挑む。

アト秒レーザー科学研究施設*（東京大学）



我が国で長年にわたって培われてきた先端レーザー技術と自由電子レーザー技術を集約し、アト秒レーザー科学研究施設を建設する。物質中の電子の動きを実時間で捉えることにより、物理学、化学、生物学、工学、薬学、医学等の幅広い分野でイノベーション創出を目指す。

統合全球海洋観測システムOneArgoの構築と海洋融合研究の推進（東北大学）



全球海洋の深度2000mまでの水温・塩分を常時計測する現行のArgoフロート観測網を、海底まで、かつ、生物地球化学変数の計測にまで拡張する統合全球海洋観測システムOneArgoを構築する。海洋全層における気候変動シグナルの検出や、海洋酸性化・貧酸素化の実態把握と生態系の応答の解明等により、海洋融合研究を推進する。

目次

1. フュージョンエネルギー・イノベーション戦略

2. 研究開発の全体像

3. 戦略を踏まえた最近の取組

①JT-60SAの初プラズマ生成

②フュージョンエネルギー産業協議会

③中小企業イノベーション創出推進事業(SBIRフェーズ3)

④規制枠組み構築に関する共同勧告

⑤ムーンショット型研究開発制度

産業協議会の概要①

●名称

一般社団法人フュージョンエネルギー産業協議会
(通称：**J-Fusion**)
(英名：Japan Fusion Energy Council)

(参考) フュージョンエネルギー・イノベーション戦略(抜粋)

●フュージョンインダストリーの育成を目的とした場の設立【内（関係省庁）】
民間企業におけるフュージョンエネルギーに関する情報交換やビジネスマッチング等を促進し、フュージョンインダストリーを育成するため、産学官の場である核融合エネルギーフォーラムを発展的改組し、一般社団法人核融合産業協議会(仮)の令和5年度設立を目指す。なお、民間企業が組織として参画する形とし、意欲ある民間企業の新たな参画も促す。更にアカデミアやQSTの参画による産学官連携も促進する。

●目的

フュージョンエネルギー産業の創出により、我が国と世界のエネルギーシステムに革新をもたらし、将来の安定でクリーンなエネルギーによる人類の発展に寄与すること

●役員

会長：京都フュージョニアリング株式会社
副会長：住友商事株式会社、株式会社Helical Fusion
常任理事：古河電気工業株式会社、日揮株式会社
理事：株式会社アトックス、大和合金株式会社、株式会社EX-Fusion、三井物産株式会社、株式会社フジクラ、三井不動産株式会社、日本電信電話株式会社、株式会社LINEAイノベーション、三井住友海上火災保険株式会社、株式会社IHI、三菱重工業株式会社、東芝エネルギーシステムズ株式会社、株式会社INPEX、三菱商事株式会社、Blue Laser Fusion合同会社、清水建設株式会社

計21社

●今後の予定

3月22日（金） 米国の業界団体等と共催で、米国ワシントンDCの**大使公邸**でイベントを開催
4月1日（月） ホームページの開設、**会員募集の開始**
5月以降 **設立総会**の開催

●会員種別・年会費(案)

- ▶ 特別会員(法人) : 100万円
議決権あり。理事を推薦可(選任は総会の決議)。
本会の活動に参加可。うち、作業部会等の設立、運営、部会長への就任が可。
- ▶ 正会員(法人) : 50万円
議決権あり。本会の活動に参加可。うち、作業部会等に参加可能。
- ▶ 賛助会員(法人) : 25万円
議決権なし。本会の活動に参加可。ただし、作業部会等に参加不可(部会長の許可の上で参加可)。
- ▶ アカデミア会員(法人) : 12万円
議決権なし。本会の活動に参加可。ただし、作業部会等に参加不可(部会長の許可の上で参加可)。
- ▶ 連携会員(法人) : 無料
議決権なし。正会員の許可の上で本会の活動に参加可。
- ▶ サポーター会員(個人) : 無料
議決権なし。正会員の許可の上で本会の活動に参加可。

●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

産業協議会の活動

●米国の業界団体(Fusion Industry Association:FIA)等と共催でイベントを開催(3月22日)

- 米国ワシントンDCの日本国大使公邸で開催
- 産業協議会の発起人や米国FIA加盟等の企業や、米国エネルギー省等の政府関係者、総勢約100名が参加
- 発起人代表から産業協議会の設立が発表されるとともに、我が国の国家戦略の取組状況を説明
- 企業ブースの設置や意見交換会等により、日米間のネットワーキングを実施



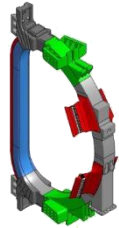
<参考> FIA年次総会の参加(3月20/21日)

- 米国エネルギー省(DOE)、英国エネルギー安全保障・ネットゼロ省(DESNZ)、ドイツ連邦教育研究省(BMBF)とともに、官民連携に関するパネルディスカッションに内閣府より参画



ITER先端機器は、日本企業が製作に貢献

トロイダル磁場(TF)コイル



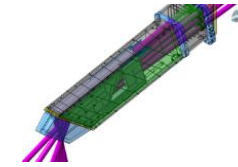
極低温-269℃でも十分な強度を持つ窒素含有鍛造ステンレス材の最高強度部は日本製鋼所のみ製造可能。

日本分担

TFコイル導体	33導体 (25%)
TF構造物	19機分 (全数)
TFコイル巻線・一体化	9機分 (47%)

- 三菱重工
- 三菱電機
- 東芝エネルギーシステムズ
- 日鉄エンジニアリング
- JASTEC
- 日立金属ネオマテリアル

プラズマ計測装置 (一部)



日本分担

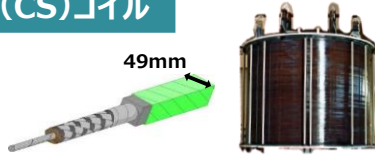
電子温度・密度計測、中性子計測など
5つの計測装置 (約15%)

- 東芝
- 三菱重工
- トヤマ
- 岡崎製作所
- 清原光学

中心ソレノイド(CS)コイル

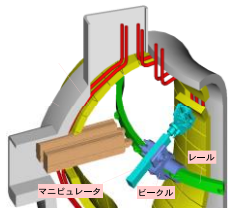
日本分担

CSコイル導体 (全数)



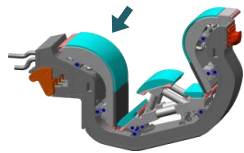
- 日鉄エンジニアリング
- 日立金属ネオマテリアル
- JASTEC
- 古河電気工業

ブランケット遠隔保守機器

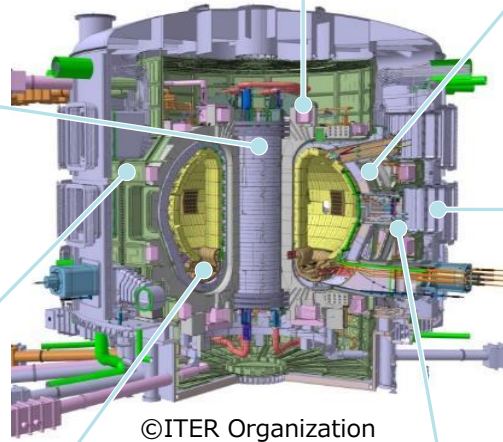


- 東芝
- エーテック
- スギノマシン
- 愛知産業

ダイバータ外側ターゲット



- 金属技研
- アライドマテリアル
- 大和合金・三芳合金工業



高周波(EC)加熱装置

日本分担

ジャイロトロン8基 (全体の1/3)
水平ランチャー (ポートプラグを含む)

- キヤノン電子管デバイス
- 東京電子



中性粒子入射加熱装置



日本分担

1MV電源高電圧部	3機 (全数)
高圧プッシング	3機 (全数)
加速器	1機 (33%)

- 日立製作所
- 京セラ

トリチウムプラント



日本分担

トリチウム除去系

- 日揮

核融合技術マップ

ITER ITERで分担
JA 過去を含め独自に実施

BA BAで分担

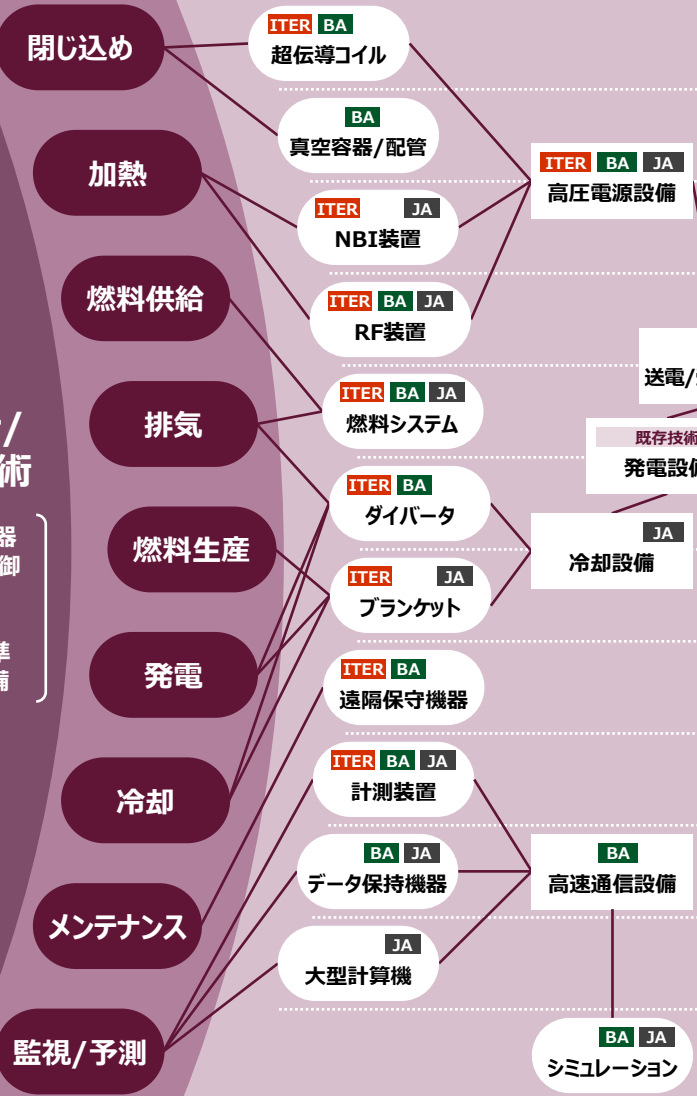
必要な技術は網羅できており、日本が弱い技術分野は特にないが、核融合分野での層が薄いことが弱みである

資料3
核融合戦略有識者会議
令和4年12月6日

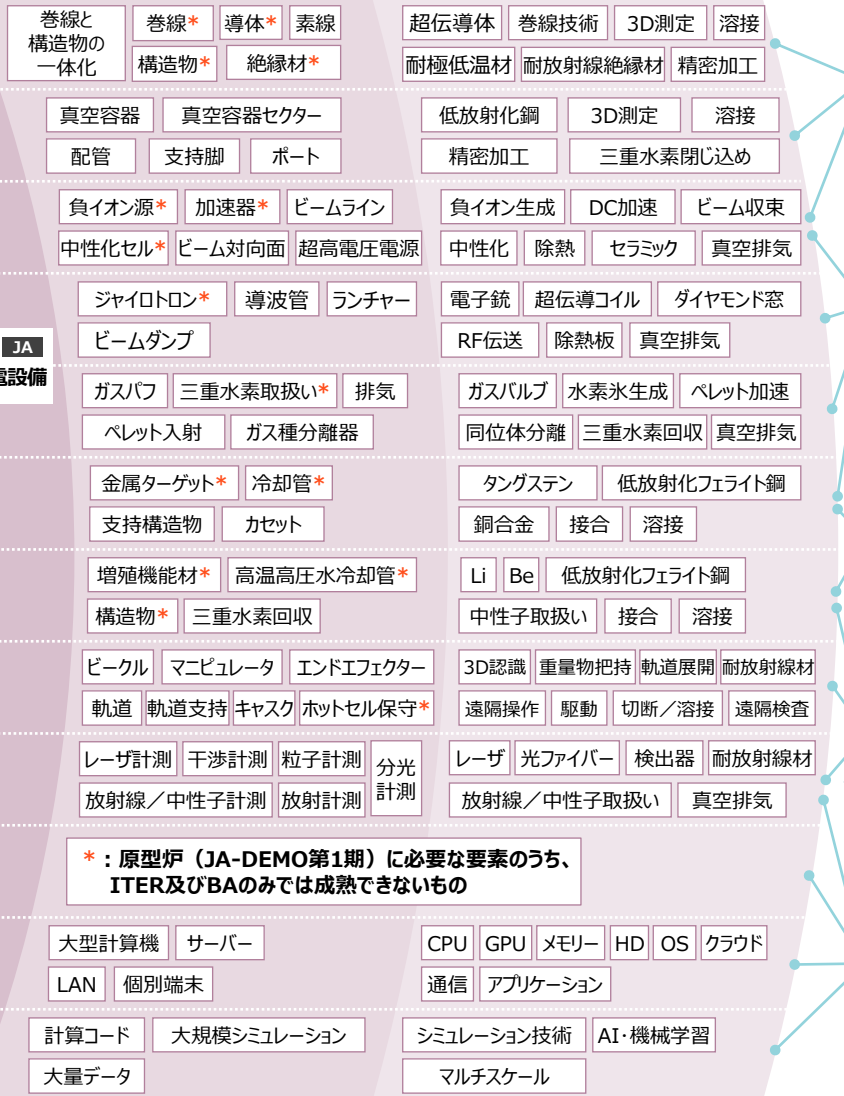
核融合炉

炉設計/統合技術

核融合機器
プラズマ制御
安全性
保守性
規格・基準
サイト整備



*中性子照射データ取得



* : 原型炉 (JA-DEMO第1期) に必要な要素のうち、ITER及びBAのみでは成熟できないもの

超伝導技術の
応用
(分析・解析、
加速、蓄電等)

加工及び
電力伝送
技術の応用
(大型構造物、
超精密加工等)

資源回収・
精製技術の
応用
(Li回収、レアメタル
精製、CO₂削減等)

メンテナンス
技術の応用
(遠隔操作、
仮想空間、ロボット等)

監視/予測
技術の応用
(空間把握、
AI解析、
シミュレーション、
通信等)



機能

機器

構成要素

技術・材料

産業展開

※国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構の資料を文部科学省にて改変

核融合技術の産業展開事例

核融合研究開発で培われた技術成果は医療、環境関連産業や各製造業等の産業基盤として様々な分野で応用

高精度加工技術：従来にない高精度で大型加工が可能な汎用技術を確立

- 超大型のITER超伝導コイル(14mx9m、300トン)を1mm以下の高精度で製作する技術を開発。
- 電子ビームによるひずみの非常に少ない溶接方法、高精度の3次元曲げ加工：三菱重工、東芝などで開発

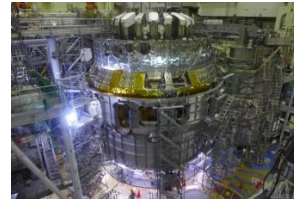


超大型超伝導コイル用構造物

- 大型構造物（宇宙船の外壁、海洋調査船の耐圧殻、軽水炉のタンク等）の精密加工が可能に。

大型機器組立技術：超高精度組立技術により世界をリード

- 18機のJT-60SA超伝導トロイダル磁場コイルの設置を組立精度 $\pm 1\text{mm}$ （要求値 $\pm 3\text{mm}$ ）という非常に高い精度で実施。
- 組立を担当した東芝に高精度な組立技術のノウハウが蓄積。
- 新興国には真似のできない大型構造物の超高精度組立が可能になり、我が国の産業技術基盤を支える。



組立中のJT-60SA本体

高電圧・大電力技術：電力送電、交通機関の電力施設に応用可能

- 100万ボルトの高電圧を絶縁する技術、大電流を5千分の1秒という高速で制御する技術を開発。
- ITER加熱装置用の超高電圧用絶縁変圧器：日立製作所との共同開発
- 半導体素子を用いた大電流高速変調技術：IDXで商品化
- 100万ボルト級直流送電、電車や電力設備等への応用が期待される。



超高電圧用絶縁変圧器

超伝導コイル技術：開発した絶縁テープが欧州でも採用

- ITER超伝導コイル用に従来の10倍の耐放射線特性を有する絶縁テープを開発。
- 同テープの高い性能が国際的に認められ、欧州が製作を担当する超伝導コイルにも採用。共同開発した有沢製作所が受注。
- 核融合分野以外でも、放射線環境下で運転される電気機器の電気絶縁にも応用が期待される。



開発した絶縁テープ

計測技術：CO₂レーザーモニター装置が商品化

- 常時精密な調整が必要なJT-60SAの長距離（約240m）レーザー伝送システムにおいて、レーザー光束モニター法を開発するとともに、その長寿命化に成功。
- 同技術を活用して、サンインストゥルメントが波長とビームプロファイルを1台で測定できる装置を商品化。

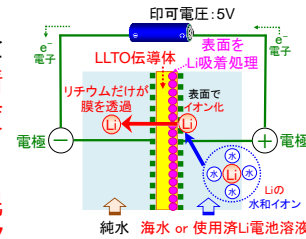


商品化されたCO₂レーザーモニター装置

サンインストゥルメント株式会社webページから
<http://www.sun-ins.com/lineup3/co2monitor/>

リチウム回収技術：性能向上とプラント規模の実証を目指す

- イオン伝導体を用いて海水等からリチウム（Li）を回収する世界初の技術を開発。
- イオン伝導体の表面を酸処理することでLi吸着性能が出現。回収速度が大幅向上。
- 社会実装を目指し、民間企業とのQSTアライアンスを設立。
- Li電池リサイクルや、塩湖Li回収の実用化試験を開始。



リチウム回収技術の原理



イオン伝導体

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

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調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。

ムーンショット型研究開発制度

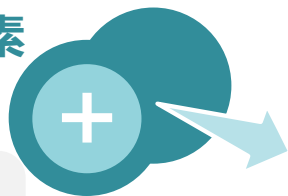
<p>目標1 身体、脳、空間、時間の制約からの解放</p> 	<p>目標2 疾患の超早期予測・予防</p> 	<p>目標3 自ら学習・行動し人と共生するAIロボット</p> 
<p>目標4 地球環境の再生</p> 	<p>目標5 2050年の食と農</p> 	<p>目標6 誤り耐性型汎用量子コンピュータ</p> 
<p>目標7 健康不安なく100歳まで</p> 	<p>目標8 気象制御による極端風水害の軽減</p> 	<p>目標9 こころの安らぎや活力を増大</p> 

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(ムーンショット)を推進する国の大型研究プログラム

ムーンショット型研究開発制度における新しい目標（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！



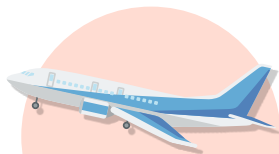
=



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

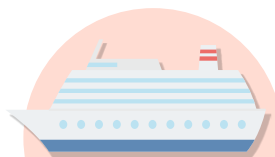
未知の領域への挑戦が可能に



宇宙推進器

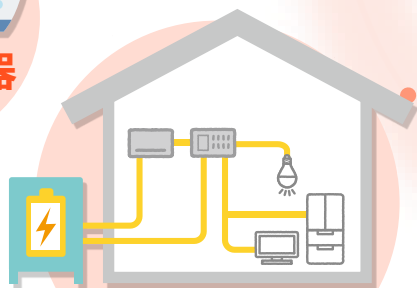
フュージョンエネルギー

海洋推進器



水素製造
合成燃料製造

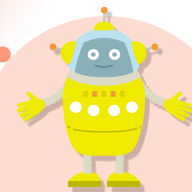
オフグリッド



日常の様々な
場面で活用



ロボット



ムーンショット目標10 フュージョンエネルギー国際ワークショップ

●開催概要

12月にCSTIで決定したムーンショット目標10を広く周知し、産学官の研究者の参画を推進するとともに、期待等について議論することを目的として、1月31日に開催。国内外から、**500名以上の視聴申し込み**があり、常時400名以上が視聴。
※高市大臣、今枝副大臣より、開会・閉会の挨拶

●次第

① 政策の紹介

戦略に基づく取組やムーンショット目標10の紹介など

② 招待講演

諸外国の政策や研究開発の紹介、国際連携など

- 米国エネルギー省(DOE)
- 英国エネルギー安全保障・ネットゼロ省(DESNZ)
- ドイツ連邦教育研究省(BMBF)

③ パネルディスカッション

- 近藤 寛子 (有識者会議委員)
- 吉田 善章 (核融合科学研究所 所長)
- 森井 孝 (京都大学 エネルギー理工学研究所 所長)
- 山崎 泰規 (理化学研究所 客員主幹研究員)
- 服部 健一 (SBIRフェーズ3 核融合分野プロジェクトリーダー)



⇒ 科学技術振興機構(JST)が公募を開始(3月29日～6月4日)

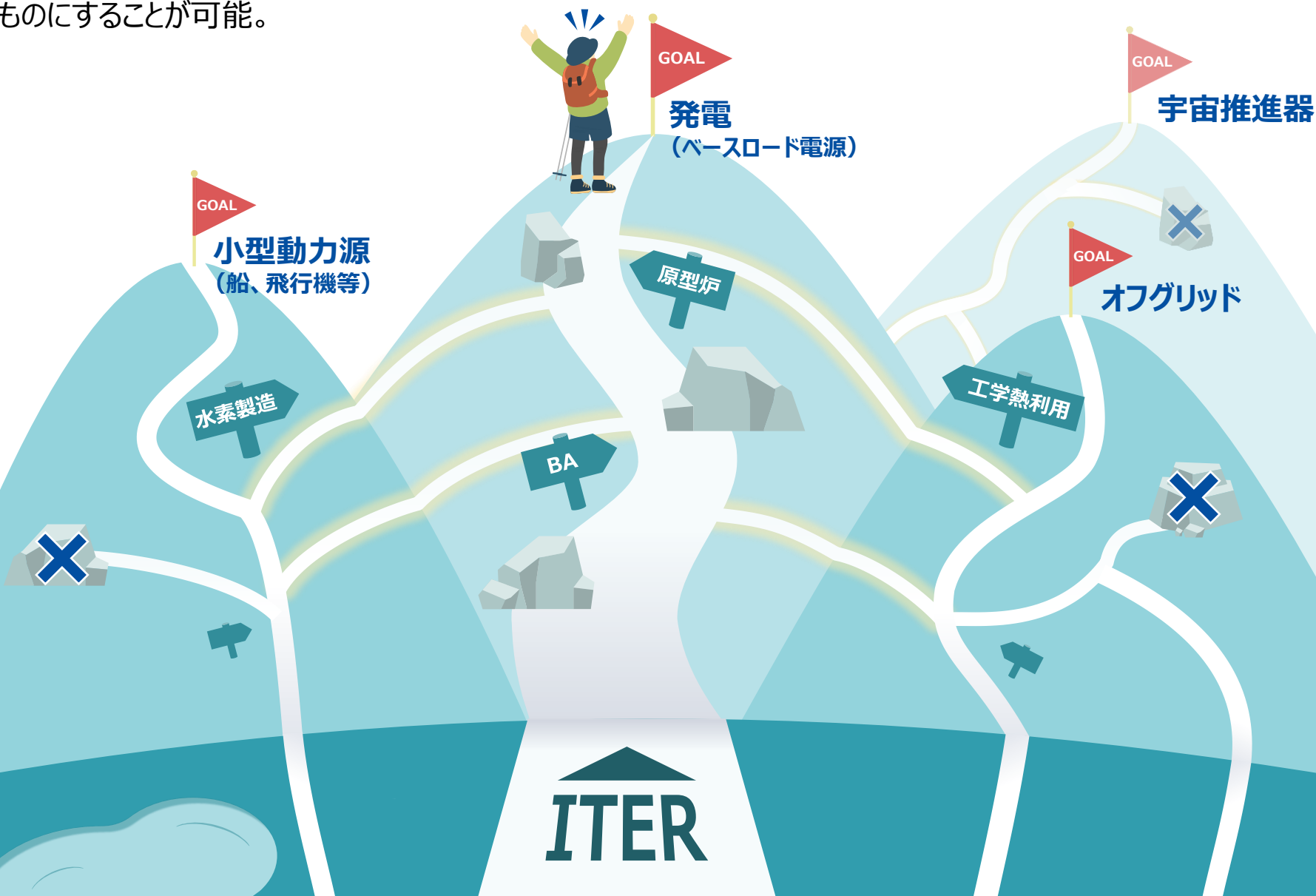
ムーンショット型研究開発制度との協働がない場合

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。



(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

最後に（フュージョンエネルギーの早期実現に向けて）

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

1 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、エコシステムの形成

2 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

3 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



第213回国会 岸田内閣総理大臣施政方針演説(1月30日)

バイオ、量子、**フュージョンエネルギー**などの技術についても中長期的視点をもって取り組み、投資促進、規制改革を進めます。