

# フュージョンエネルギー・イノベーション戦略

## ～国家戦略の改訂に向けて～

---



内閣府

科学技術・イノベーション推進事務局



# フュージョンエネルギー・イノベーション戦略の加速案

～フュージョン産業エコシステム創出ビジョン～

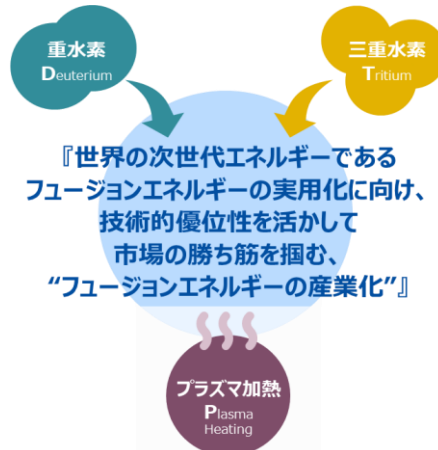
資料2  
核融合戦略有識者会議  
令和6年8月20日

- ✓ 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。
- ✓ 世界各国が大規模投資を実施し、自国への技術・人材の囲い込みが強化。
- ✓ 発電実証時期を明確化するとともに、次期エネルギー基本計画への位置づけ等、**国としてのコミットメントの明確化が必要。**

ITER/BA活動の知見や新興技術を最大限活用し、**バックキャストによるロードマップを策定**するとともに、**QST等のイノベーション拠点化を推進し、エコシステムを構築**

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

- **産業協議会(J-Fusion)との連携**  
(国際標準化、サプライチェーンの構築、知財対応、スピノフも含めたビジネスの創出、投資の促進等)
- **科学的に合理的で国際協調した安全確保の基本的な考え方を策定**  
(学会等とも連携し、安全確保検討TFで議論)



## フュージョンテクノロジーの開発戦略 Technology

- 原型炉実現に向けた**基盤整備の加速**  
(QST等の体制強化、アカデミアや民間企業の結集)
- スタートアップを含めた**官民の研究開発力強化**  
(NEDO、JST、QST等の資金供給機能の強化の検討)
- ITER/BA活動を通じた**コア技術の獲得**  
(「ベースライン」の改定も見据え、知見活用)

## 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
- QST、NIFS、ILE等の**イノベーション拠点化 “フュージョン版シリコンバレー創成”**  
(スタートアップや原型炉開発に必要な大規模施設・設備群の整備・供用)  
※QST:量子科学技術研究開発機構、NIFS:核融合科学研究所、ILE:大阪大学レーザー科学研究所
- 大学間連携・国際連携による**体系的な人材育成システム**の構築と育成目標の設定
- **リスクコミュニケーション**による国民理解の醸成等の環境整備

## 第7・8回 核融合戦略有識者会議における主な指摘①

### 【フュージョンインダストリーの育成戦略】

- ✓ フュージョンエネルギーは、**非常に裾野が広い産業**を抱えている。産業界がしっかりと付いてくる、引っ張っていくような形作りはやはり大事。産業界に対する強烈なリーダーシップを政府に期待。
- ✓ 日本には技術的優位性があり、何を守るべきなのか、**技術マップを使って早く特定することは重要**。ただし、各国の取組が進展する中、守るべきものが変わっていくため、戦略の適宜アップデートは不可欠。
- ✓ **技術成熟度も記載した技術マップ及び産業マップ**を作成することが、日本にとっての強力なアドバンテージになる。モノづくりの機会、開発品の性能確認や製品へのフィードバック等、時間軸の明確化が重要。
- ✓ フュージョンエネルギーは、**統合技術が主導権を握る**。時間軸での視点では、官と民は大きく異なるから、公的基盤に加えて、新しい民間活力を使い、早く、効率的に、国内で進める実証計画が必要。
- ✓ 日本においても、民主導の産業技術開発活動が始動する中、どのように国として育てていくかというところに勝負がある。**民間主導の開発計画への支援**が求められる。
- ✓ 「社会的・経済的有用性やコスト目標等の検討を行う」ことが**産業化の肝**になる。明確にされるべき。
- ✓ スタートアップやサプライチェーンの議論に当たり、**産業化として目指すべきものを具体的に**する必要。
- ✓ フュージョンエネルギーが電力供給の一翼を担う想定を予めすべき。**発電実証が終わってから、電力供給を考えるようでは、社会が取り残されてしまう**のではないかと懸念がある。

### <サプライチェーンの構築>

- ✓ 産業として成立するために、**サプライチェーンの構築が不可欠**。スタートアップに加え、既存企業が競争力を持って存続できるよう、事業承継や合併連捷を支援することも有効。
- ✓ **我が国のモノづくり技術が世界的に非常に注目**され、また期待されている。一方で、他国から見た時に、サプライチェーンを埋めるのに絶好の材料として、草刈り場になりつつあることを懸念。
- ✓ **フュージョンのサプライチェーン**をいかに自分の国の支配下に置いて、将来やってくるフュージョンマーケットで優勢を確保するかということに、世界の政策が変わってきた。
- ✓ 統合技術の主導権を握るためには、**バリューチェーンの構築が重要**。各国やスタートアップにおいて、様々なアイデアが出される中、国際競争力のあるもの、バリューのあるものを出していかないといけない。
- ✓ それぞれの技術領域は強化できると思うが、チェーンは自然に作られていかない。J-Fusionも大きな存在になるが、国の働きも必要。国家戦略の改定において、どうしていくのかという**デザインが非常に重要**。
- ✓ 民間を生かして産業化をする政策については、サプライチェーンをこの国で作ることを考えて、**経済安保、科学技術安保の観点**でも、この国の産業としてフュージョンエネルギーを育てていくことが重要。

## 第7・8回 核融合戦略有識者会議における主な指摘③

### 【フュージョンテクノロジーの開発戦略】

- ✓ グローバルな連携が必要にはなるが、単に連携すればいいというものではなく、**戦略的不可欠性の技術や戦略的自律性の技術が何か**、日本自身がしっかりと認識した上で、戦略的に取り組むことが大事。
- ✓ **国として着実な技術開発が重要**。技術マップに基づき、国際協力を含め、したたかな開発を行う必要。
- ✓ **技術について相対的にどこが優位になっているのか、劣後はどこなのか**、確認すべき。諸外国と比べて、**現状の認識を具体的に整理**し、その上で目指すべき姿に向けて、戦略を固めていくのがいい。

### ＜原型炉実現に向けた基盤整備＞

- ✓ 民間企業の参入モチベーションという意味で、**原型炉の存在は非常に重要**。産業界のためにも、具体化することが、国家戦略としては非常に重要なポイント。ロードマップの見直しや開発体制の構築は必須。
- ✓ 将来の核融合発電の商業化の予見性をより高めるため、国内の関連産業の維持、国際競争力の強化に長期的視点で取り組めるような環境が必要。原型炉による発電実証の時期の前倒しを検討し、**ロードマップを極力早期に明示**することが望ましい。
- ✓ 2030年代の発電実証に向けて、従来の高い目標を掲げた炉を目指しすぎて世界に乗り遅れないよう、**世界の動向を調査し、具体的な目標を決定する必要**がある。
- ✓ 優秀な人材をフュージョンの研究開発に巻き込むことが重要であり、産業界がスタートアップを含めて目標に向かって上っていく縦展開のみならず、**産業界とアカデミアが協調する横展開**も重要。
- ✓ **工学設計を見据えた概念設計を通じて、原型炉の形をより具体的に**することが、論点の中心になる。

## 第7・8回 核融合戦略有識者会議における主な指摘④

### <ITER/BA活動を通じたコア技術の獲得 >

- ✓ ITERの新ベースラインを踏まえ、DD核融合反応が2035年維持とあるが、様々な確認が先送りになっている背景もあるので、**ITERの実績を原型炉などに反映する時期を考慮する必要**。
- ✓ ITERと原型炉の間の技術的ギャップを埋めるため、ITER計画/BA活動で得られた知見に加え、原型炉工学設計・実規模技術開発段階における**工学R&Dに早く着手**することが非常に重要。
- ✓ ITERの工程改定があり、計画が大幅に見直し。DD核融合運転開始時機に影響を与えないが、工程が密になっている。コア技術の獲得には大きな影響はないが、**ITERに対する戦略の再確認は必要**。
- ✓ ITER計画のベースライン変更や国際競争の激化など、**これまでの前提が崩れているところを再認識**した上で、原型炉の形やロードマップを固めないと、全体的な整合が取れない。
- ✓ **ITERの積み上げた技術を過小評価するべきではなく**、ITERの技術があるからこそ今作れるものがある。ただし、ITERの成果を取り込んでそれを使うという流れにはならず、別途技術開発することも必要になる。

## 第7・8回 核融合戦略有識者会議における主な指摘⑤

### <スタートアップを含めた官民の研究開発力強化>

- ✓ 長期かつ広範な技術開発を要し、実装が先になる産業を育成するために、**時間軸を入れた技術の開発計画やマップを策定**することが有効。その中に、スタートアップの参入を促すための支援が重要。
- ✓ 日本の強みは、**JT-60SAがあることと、ITERとJT-60SAを通じ、直ちにある程度の炉を建設開始できる技術を有していること**。スタートアップやムーンショットで革新的技術を期待しつつ、確実技術に基づく路線を有効利用することで、世界に先駆けた2030年代の発電実証を目指すことなどが考えられる。
- ✓ 2030年代を目標とした場合、現在最も進捗しているトカマク炉の早期実現と、革新的技術の育成、2050年代のより高度な炉を目指す**3本柱とするのか、戦略を整理し、仕掛けの見直しが必要**。
- ✓ 民間が中心となる取組を、国の計画にいかに関与し支援することができるのか、あるいは、民間の責任とリスクによって、どこまで自由に任せるべきなのか、**官と民との役割分担が重要なテーマ**になる。

### <ムーンショット型研究開発制度>

- ✓ 米国NASAのISSへの輸送サービスでの成功体験を基に、フュージョンでも、マイルストーン方式の開発に資金を投入している。日本においても、**マイルストーン方式を具体的に議論する時期**に来ている。
- ✓ **今回のムーンショットの応募内容を分析**し、フュージョンエネルギーへの期待、シーズ、ニーズ等から、2030年代の実現に貢献しうる技術、産業界へ広がる技術を抽出することは非常に有益。
- ✓ ムーンショット的な技術革新創成においても、費用対効果を高めるため、**共用施設の利用提案型**を検討するのはどうか。ただし、共用施設の利用については、既存プロジェクトの予算的・人的な補強が必要。

## 第7・8回 核融合戦略有識者会議における主な指摘⑥

### 【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】

- ✓ 国際環境が大きく変化する中、国内の技術開発と、組織化や人を含めた産業化の加速、戦略的な国際連携を一層推進することが必要。**社会実装に近づけるための戦略の改定**が今、求められている。
- ✓ 原型炉の開発、施設整備については、QSTなどが主体となっていくことが有力な案として考えられる一方、成果の民間移転・利活用、人材育成は民間を巻き込んで行う必要。**仕組みを構築することが肝要**。
- ✓ 原型炉「ふげん」「もんじゅ」の事例を参考にすると、動力炉・核燃料開発事業団が責任を持ってやっていたということもあるので、**QSTが原型炉開発等の中核として役割を果たすべきではないか**。
- ✓ 人材不足や資金不足を乗り越えて、イノベーションの生存競争を勝ち抜くためには、**分野の壁を越えた、学際連携や他分野の巻き込みが有効**。囲い込み型から巻き込み型へパラダイム転換することが必要。
- ✓ QSTにおいては、これまでの実績を踏まえ、フュージョンの反応、それからエネルギーの提供まで、**しっかりと体制を組んでやっていただきたい**。
- ✓ QSTの原型炉設計合同特別チームで議論が重ねられているが、意思決定機関ではない。今後、原型炉を具体化するに当たっては、**組織的に意思決定できる体制や仕組み**が求められる。
- ✓ 各国の勢いが非常に早く、日本が取り残されかねない印象。日本がどうやったら世界の先頭に立ち上れるのかということを考えないといけない。**投資額の問題に加えて、日本の特色を活かした戦い方が重要**。
- ✓ 国家戦略の改定に当たっては、取組を加速するため、やるべきことを具体的に書きこんでいくことが必要。
- ✓ 安全については近未来の**国内立地に対して対応方策**を考えて、地元との話もしなければならない。

## 第7・8回 核融合戦略有識者会議における主な指摘⑦

### <イノベーション拠点化>

- ✓ **安全試験施設などの実規模技術開発のための基盤を整備**することにより、産業界による新たな技術の創出や様々な炉型の研究開発にも貢献可能。
- ✓ 各国が独自の研究開発計画を推進する中、国際協力を視野に入れつつも、国際競争の観点から日本の優位性を確保するために、**自国に試験施設を保有することが重要**。
- ✓ 放射性物質を扱う施設など、人材や知見も含めて、有効に活用することが重要。試験サイトを公募するなど、**広がり・夢のあるフュージョン産業の地域的拠点**があれば、我が国が十分リードすることができる。
- ✓ 国際的・学際的な世界でのリーダーシップは、求心力のある拠点があって、初めて実現可能。**研究基盤をリノベーション・アップデート**することで、リーダーシップを維持・発展させることが可能。
- ✓ JT-60SAがあることを、**どう強みとして発揮させることができるのか**、議論が必要。
- ✓ **国立研究機関の施設を民間に開放するという計画は、意義がある**。ハード面だけでなく、ソフト面、さらに廃棄物処理や地域住民との信頼関係などでも重要になってくる。
- ✓ 国内スタートアップは、様々な方式のフュージョン装置を日本で作り、発電実証を目指している。日本には、**原子力に関する伝統と知識と技術の蓄積**があり、その活用が不可欠。
- ✓ 日本の特色を生かした戦い方として、**既にある大きな施設を有効活用**して、世界に立ち向かうことができるのか、議論する価値がある。

# 核融合戦略有識者会議の今後の予定

例年6月の「統合イノベーション戦略」の閣議決定のタイミングを見据え、有識者会議を、1月以降、毎月開催する方向で検討。

- ① フュージョンインダストリーの育成戦略
- ② フュージョンテクノロジーの開発戦略
- ③ 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

の柱ごとに議論することとし、1月は①産業育成の観点で、国内外の動向やJ-Fusionの取組や「安全確保の基本的考え方」について議論。

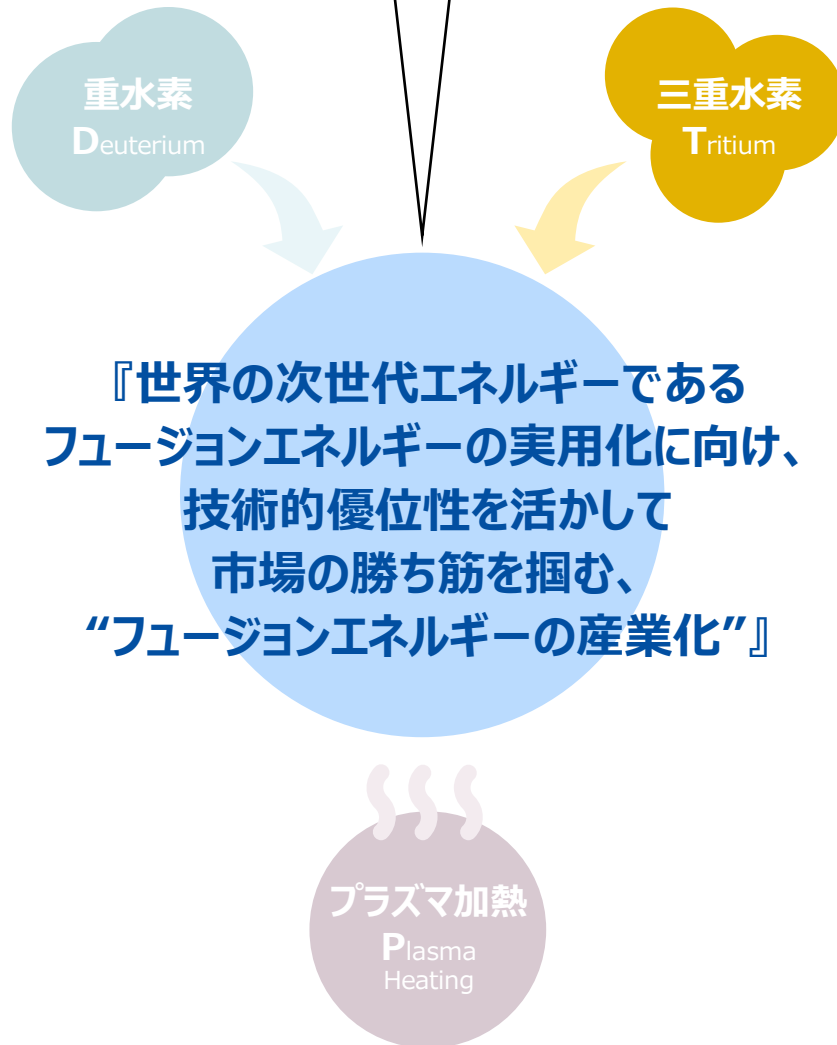
2月は②技術開発戦略、3月は③推進体制の観点で議論。

## 【主な論点】

- ・2030年代の発電実証を目指し、バックキャストによる工程表を策定
- ・原型炉実現に向けた基盤整備の加速（実施主体も要検討）
- ・ムーンショットの第2期公募でマイルストーン型プログラムを創設（官民の研究開発力強化）
- ・研究基盤の活用によるイノベーション拠点化（地方創生や産業拠点の観点も重視）
- ・日米共同声明や日欧共同声明も踏まえつつ、多国間・二国間の連携強化
- ・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（技術安全保障等にも留意）

# フュージョンエネルギー・イノベーション戦略の概要

**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

## ②フュージョンテクノロジーの開発戦略(1/2)

将来の不確実性に備えて、戦略的自律性及び不可欠性を踏まえたフュージョンテクノロジーのポートフォリオを描くため、ITER計画/BA活動及び関連する国内研究開発を通じてフュージョンエネルギーのコアとなる技術開発の推進に加えて、未来の可能性を拓く挑戦的な研究も支援する。

### ・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【内、文】

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。

### ・ITER計画/BA活動を通じてコア技術を獲得すること【文】

我が国はITER計画において主要機器を担当しているとともに、BA活動を通じて原型炉開発に必要な取組を行っていることから、フュージョンエネルギーに必要なコア技術を獲得するため、両活動を引き続き推進する。

# フュージョンエネルギー・イノベーション戦略

## ②フュージョンテクノロジーの開発戦略(2/2)

### ・将来の原型炉開発を見据えた研究開発を加速すること【文】

将来の原型炉に向けた設計を加速するため、民間企業の更なる参画を促すための仕組みを導入するとともに原型炉の研究開発を推進する。

### ・フュージョンエネルギーに関する学術研究を引き続き推進すること【文】

フュージョンエネルギーは多様な技術の集合体であり、更なる広がりを持ちうることに加えて、多くの未解決課題を持つがゆえのイノベーションの不確実性から、引き続き、幅広い分野の知的創造活動である学術研究を推進する。

### ・スタートアップを含めた民間企業等による新技術を取り込むことを念頭において原型炉開発のアクションプランを推進すること【文】

ITER計画等の研究成果を基に作成したアクションプランは合理的であるため、それをベースにする一方、フュージョンエネルギーの早期実現やコストダウン等に貢献する新興技術や国際協力を柔軟に取り込むべきである。

また、原型炉開発に必要な技術ニーズが民間企業には不明確なことから、自社の技術レベルとのギャップを測ることができず、参画に足踏みされる。加えて、長期かつ困難な技術開発を伴うプロジェクトであることから、その開発において適切な技術ロードマップを作成の上、ステージゲート方式を導入し、適切な進捗管理を行う。

## 2030年の 発電実証 に向けて

従来の高い目標を掲げた炉を目指し過ぎて世界に乗り遅れないよう、世界の動向を調査し、具体的な目標を決定する必要がある。  
日本の強みは、JT-60SAがあること、ITERとJT-60SAを通じ、直ちにある程度の炉を建設開始できる技術を有していること。  
スタートアップやムーンショットで**革新的技術**を期待しつつ、**确实技術**に基づく**路線を有効利用**することで、世界的に先駆けた2030年代発電実証を目指すなど。

### 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确实なものにすることが可能。



# 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



## ムーンショット型研究開発制度 (目標10)

✓ 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

「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」

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7年度予算額(案)

139億円

(前年度予算額)

143億円

令和6年度補正予算額

51億円



文部科学省

**【概要】** エネルギー問題と環境問題を同時に解決する次世代のエネルギーとして期待されるフュージョン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、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。

● **ITER協定** 2007年10月24日発効

## ● 経緯

1985年11月 米ソ首脳会談(ジュネーヴ サミット)が発端  
 1988年～2001年 概念設計活動・工学設計活動(日欧米露)  
 2001年～2006年 政府間協議(建設サイト選定等)  
 2006年11月 ITER協定署名式典(パリ)

● **参加極** 日、欧、米、露、中、韓、印

● **建設地** 南仏(サン・ポール・レ・デュランス)

## ● 進捗

技術的に最も困難な機器であるトロイダル磁場(TF)コイルの全機納入など、各極及びITER機構において、機器の製造や組立・据付が進展。

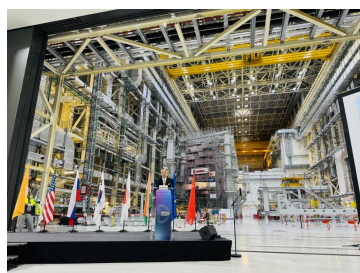
※ITER計画の日程・コスト等を定める基本文書「ベースライン」の更新について、2024年11月の理事会は、全体的なアプローチを支持。ITER機構に対して、リスクの低減やコストの最適化のための努力を継続することを要請。

## ● 各極の費用分担(建設期)

欧州(ホスト極) 45.5%

日本他6極 9.1%

※各極が分担する機器を調達・製造し、ITER機構が全体の組立・据付を実施。

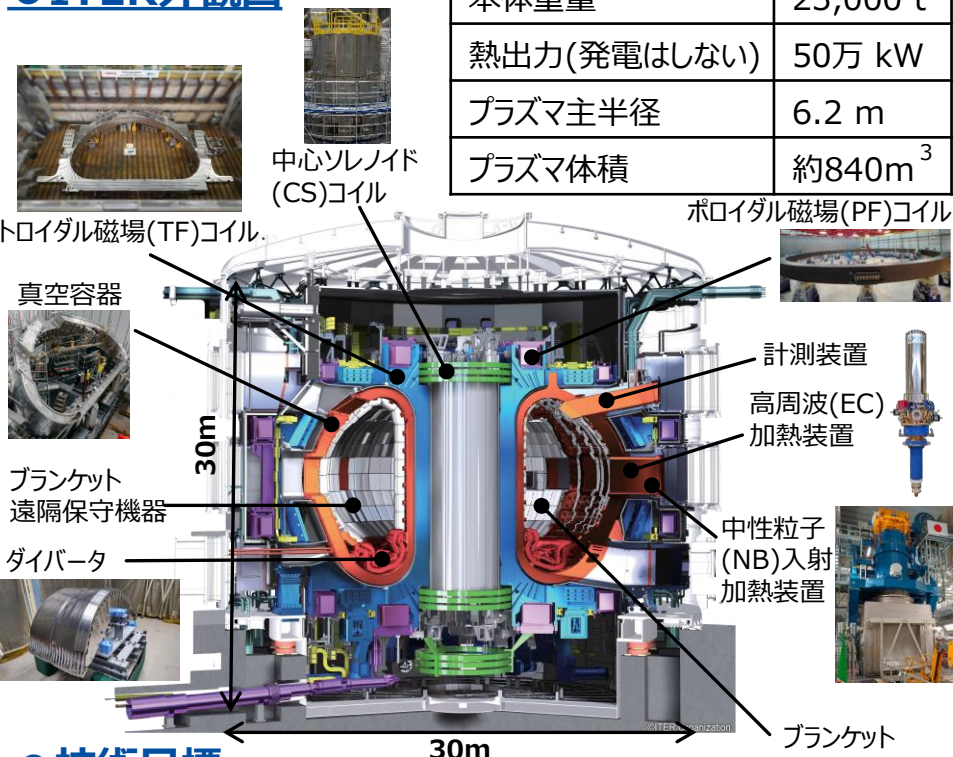


ITERトロイダル磁場コイル  
納入完了記念式典



ITERサイトの建設状況

## ● ITER外観図



## ● 技術目標

### ① 核融合燃焼の実証

実際の燃料で核融合反応を起こし、入力エネルギーの10倍以上の出力エネルギー(Q $\geq$ 10)を300～500秒維持する。

### ② 炉工学技術の実証

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による燃焼に必要な工学技術・安全性を実証する。

### ③ エネルギーの取り出し試験

核融合で発生するエネルギーを熱として取り出す試験や燃料の自己補給を行うための試験を実施する。

(担当：研究開発局研究開発戦略官(核融合・原子力国際協力担当)付)

- ITER機構の活動(ITER分担金) 8,903百万円( 3,604百万円)
- 機器の調達・製造等(ITER補助金) 5,043百万円(10,702百万円)

# ITERトロイダル磁場コイル納入完了記念式典(7/1)

## ●概要

日時：令和6年7月1日(月)

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))

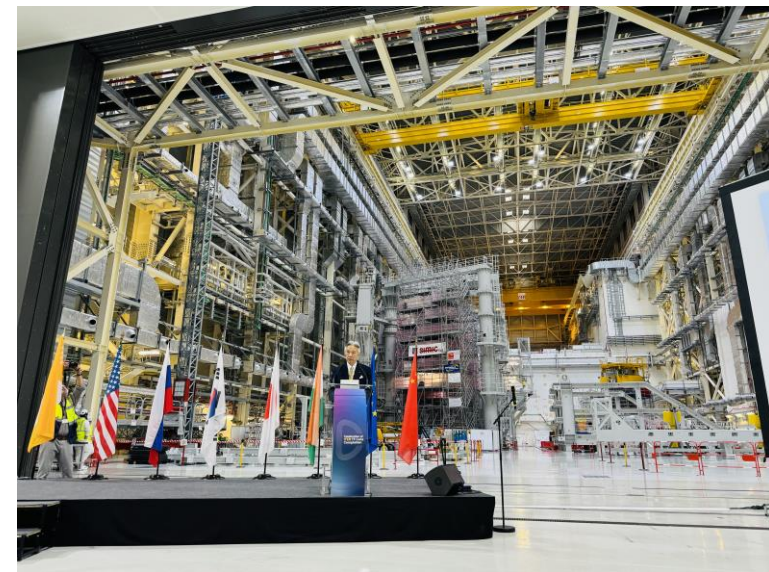
趣旨：最重要機器の一つである超伝導トロイダル磁場(TF)コイルが、全機納入されたことを記念して開催。

※日欧がTFコイル計19機を調達。2023年までに全数の製作及びITER機構への納入が完了。

出席者：盛山文部科学大臣、ジルベルト イタリア環境・エネルギー安全保障大臣、シムソン欧州委員(ビデオ) 他

✓ 我が国は、ITER計画に当初から参画し、主要機器の開発・製作を進めて参りました。その中でも、トロイダル磁場コイルについては、プラズマを安定的に閉じ込めるため、求められる製作精度が非常に高く、数多くの技術開発が必要であったと承知しております。**技術的困難を乗り越え、トロイダル磁場コイルを完成に導いたというのは、日本のものづくりの力が存分に発揮されたことの証左**であり、関係者の皆様に心から敬意を表します。

✓ 現在、ITER計画は、ベースライン更新という重要な局面にあります。巨大な機器を統合するこの複雑なプロジェクトは、世界初のことが多く、挑戦を伴います。このような状況の中、完成式典を迎えられたことは、**ITER計画は確実に進展していることを示すもの**だと思います。我が国としても、ITER計画がさらに進展するよう、引き続き、ITER機構や各極と協力してまいります。



✓ 併せて、ITER機構職員の子弟が多く通う**PACA国際学校**※を訪問。

※ITER協定等に基づき、各極のITER機構職員の子弟に教育を提供するため、フランスがマノスク市に設置した公立の国際学校。各言語セクション(英独西伊中日、母国語授業50%目標)と欧州セクション(英語授業80%、中高のみ)で構成。

※この度、文部科学大臣告示を改正し、PACA国際学校の欧州セクションの卒業により得られる「ヨーロッパ・バカロレア資格」を、日本の大学入学資格に追加。



## BA(幅広いアプローチ)活動

【概要】 日欧の国際約束に基づき、フュージョン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

※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

●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1億円(2023年現在)

●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)



## ●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。



|                             |                    |
|-----------------------------|--------------------|
| ➢ BA活動の推進                   | 6,004百万円(6,066百万円) |
| 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 | 584百万円(657百万円)     |
| ②国際核融合エネルギー研究センター等          | 2,226百万円(2,117百万円) |
| ③サテライト・トカマク計画               | 3,194百万円(3,293百万円) |

## 原型炉実現に向けた基盤整備

【概要】 「統合イノベーション戦略2024」等を踏まえ、原型炉実現に向けた研究開発、人材育成、アウトリーチ、イノベーション拠点化等の基盤整備を加速する。

➢ 原型炉実現に向けた基盤整備 727百万円(526百万円)

➢ QST等の体制を強化し、他の国研等とも連携しつつ、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やスタートアップ等への供用も可能とする実規模技術開発のための試験施設・設備群を整備する。  
➢ 大学間連携・国際連携による体系的な人材育成システムを構築するとともに、国民理解の醸成等の環境整備を一体的に推進する。

# JT-60SA ギネス世界記録贈呈式(10/19)

## ●概要

日時：令和6年10月19日(土)

場所：QST 那珂フュージョン科学技術研究所 (茨城県那珂市)

趣旨：日欧共同で茨城県那珂市に建設したトカマク型超伝導プラズマ実験装置JT-60SAにおいて **プラズマ体積160立方メートルを達成し、ギネス世界記録「最大のトカマク型装置」に認定。**

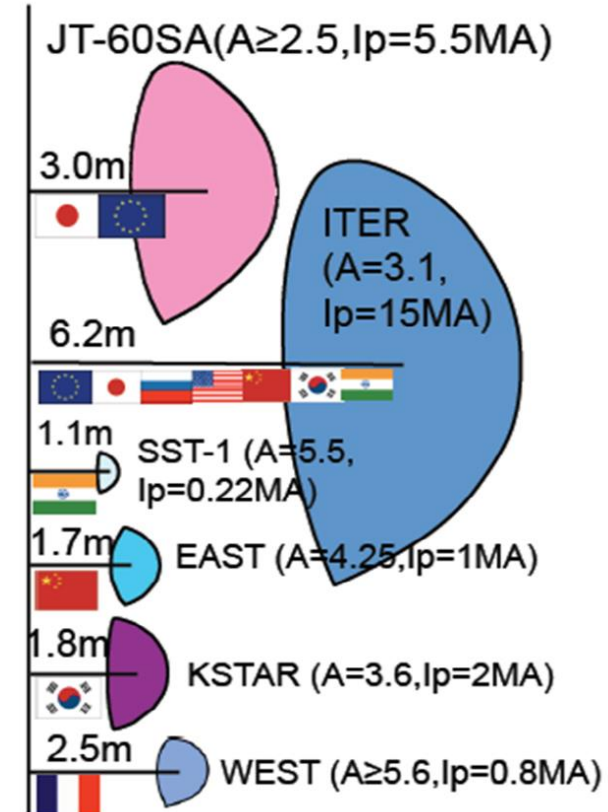
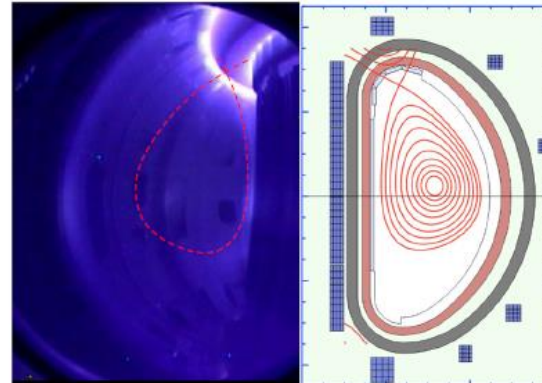
出席者：QST小安理事長、那珂市長、サム・デビスSTPプロジェクトリーダー 他

※文部科学省からも祝辞を發出



## ●JT60-SAとは

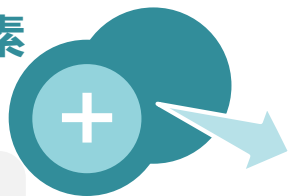
- ✓ JT-60SAは、フュージョンエネルギーの早期実用化を目指し、イーター計画と並行して日欧が共同建設した**世界最大のトカマク型超伝導プラズマ実験装置**。令和5年10月23日に**初めてプラズマを生成**し、運転を開始。今後、ITER計画の技術目標達成のための**支援研究**や、**原型炉に向けた補完研究**、**人材育成**等に取り組み、将来の核融合炉の信頼性・経済性の実証に貢献することが期待されている。
- ✓ 今回JT60-SAは中国のEASTや韓国のKSTARなどと比較しても非常に大きなプラズマ体積を達成。**プラズマの主半径は約3m**にもなる。
- ✓ プラズマ電流120万アンペア（超伝導トカマクの世界最大級）まで上昇。



# 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！



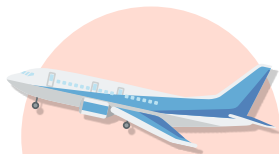
=



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

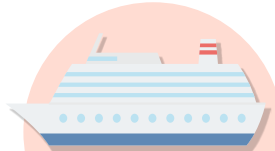
未知の領域への挑戦が可能に



宇宙推進器

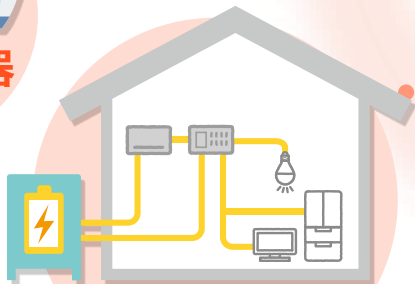
フュージョンエネルギー

海洋推進器



水素製造  
合成燃料製造

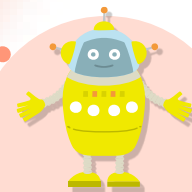
オフグリッド



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・公募結果

## ●開催概要

**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、令和6年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。

## ●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
- ③ パネルディスカッション

## ●プロジェクトマネージャー(PM)の決定(10/18)

科学技術振興機構(JST)が公募を実施したところ、47名の応募があり、書類・面接選考を経て、3名を採択。

| PM氏名  | 所属・役職                                 | 研究開発プロジェクト名                          |
|-------|---------------------------------------|--------------------------------------|
| 奥野 広樹 | 理化学研究所 仁科加速器科学研究センター<br>核変換技術研究開発室 室長 | 革新的加速技術による大強度中性子源と<br>超高温プラズマ維持装置の開発 |
| 木須 隆暢 | 九州大学 超伝導システム科学研究センター<br>センター長         | 多様な革新的炉概念を実現する<br>超伝導基盤技術            |
| 星 健夫  | 自然科学研究機構 核融合科学研究所<br>教授               | 次元状態エンジニアリングによる<br>未来予測型デジタルシステム     |



ムーンショット目標10

## キックオフシンポジウム

～未来社会を支えるフュージョンエネルギーの早期実現に向けて～

2025年2月14日(金) 13:00～15:30

アキバプラザ セミナールーム1およびオンライン開催 (Zoomウェビナー)

## <総評> PD : 吉田 善章(自然科学研究機構 核融合科学研究所 所長)

2050年という私たちの未来が、地球環境と調和しながら活力ある社会であるために、フュージョンエネルギーという新しい技術を手に入れる—このことを目指して、ムーンショット目標10(以下、「MS10」)が2023年度に策定されました。フュージョンエネルギーの実用化は、70年余りにわたって世界の研究者が結集して挑戦してきた大きな夢です。その早期実現が求められる中、MS10は、研究開発を加速できる破壊的イノベーションを生み出す役割を担っています。この重要な任務を遂行するために、幅広い専門分野に協力を呼びかけ、新しい血(知)を入れた研究チームを編成して取り組みます。

プロジェクトマネージャー(PM)及び研究開発プロジェクトの募集に対して47件の応募がありました。選考にあたっては、プラズマ・核融合学、物理学、化学、数理科学、天文学、経済界など幅広い分野から10名の有識者にアドバイザー(選考委員)として協力いただき、多角的な視点から、研究の挑戦性と確実性のバランスを慎重に評価しました。特に、従来の研究の延長線上にはない意欲的な挑戦であること、研究計画が緻密で筋が通っている(論理矛盾や中心的課題の置き去りが無い)こと、実力のある研究開発チームが提案されていること、社会実装に向けた具体的な戦略を有することを選考のポイントとしました。一次選考によって8件を選択し、これらに対しては質問・コメントを伝達して計画書のブラッシュアップを求めた後、二次選考を実施しました。最終的に、3件のPM及び研究開発プロジェクトの採択に至りました。

採択された3件は、いずれも、2050年までにフュージョンエネルギーの多面的な活用を目指すMS10の趣旨に適った計画であり、マイルストーンの具体性が高い優れた提案でした。他方、今回採択に至らなかった提案の中にも、フュージョンエネルギーの実用化に資する挑戦的で魅力的な要素研究が数多くありました。ムーンショット型研究開発事業の特徴として、個別の要素研究を束ねた「パッケージ」をプロジェクトとして募集することから、プロジェクト全体の挑戦性、国際的競争力、自己無撞着性などの観点から採択に至らなかったことは残念でした。ポートフォリオを俯瞰する中で、必要な要素研究の取り込みを検討して行くつもりです。

フュージョンエネルギーの多面的な応用を目指すMS10の目標達成のためには、未だ十分な研究実施体制が完成したとは言えません。広く分野やセクターを超えた連携が必要となるため、積極的な情報発信やワークショップ等を行い、幅広い科学技術分野、産業界、行政、海外の研究開発機関や企業などのステークホルダーとオープンに議論しながら、PIの選定、PM・研究プロジェクトの追加などを行うことが必要だと考えています。世界の動向を見極めつつ、プログラムの一層強化に努めて参ります。

# MS10への期待

**【第1回公募】**※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(2024.1.31)

**① 革新的な社会実装** ( Big picture, Vision with Action)

既存の枠組みにとらわれない発想や革新的な要素技術をシステムとして統合、社会システム

**② 挑戦的な研究開発** ( Moonshot for Fusion Energy)

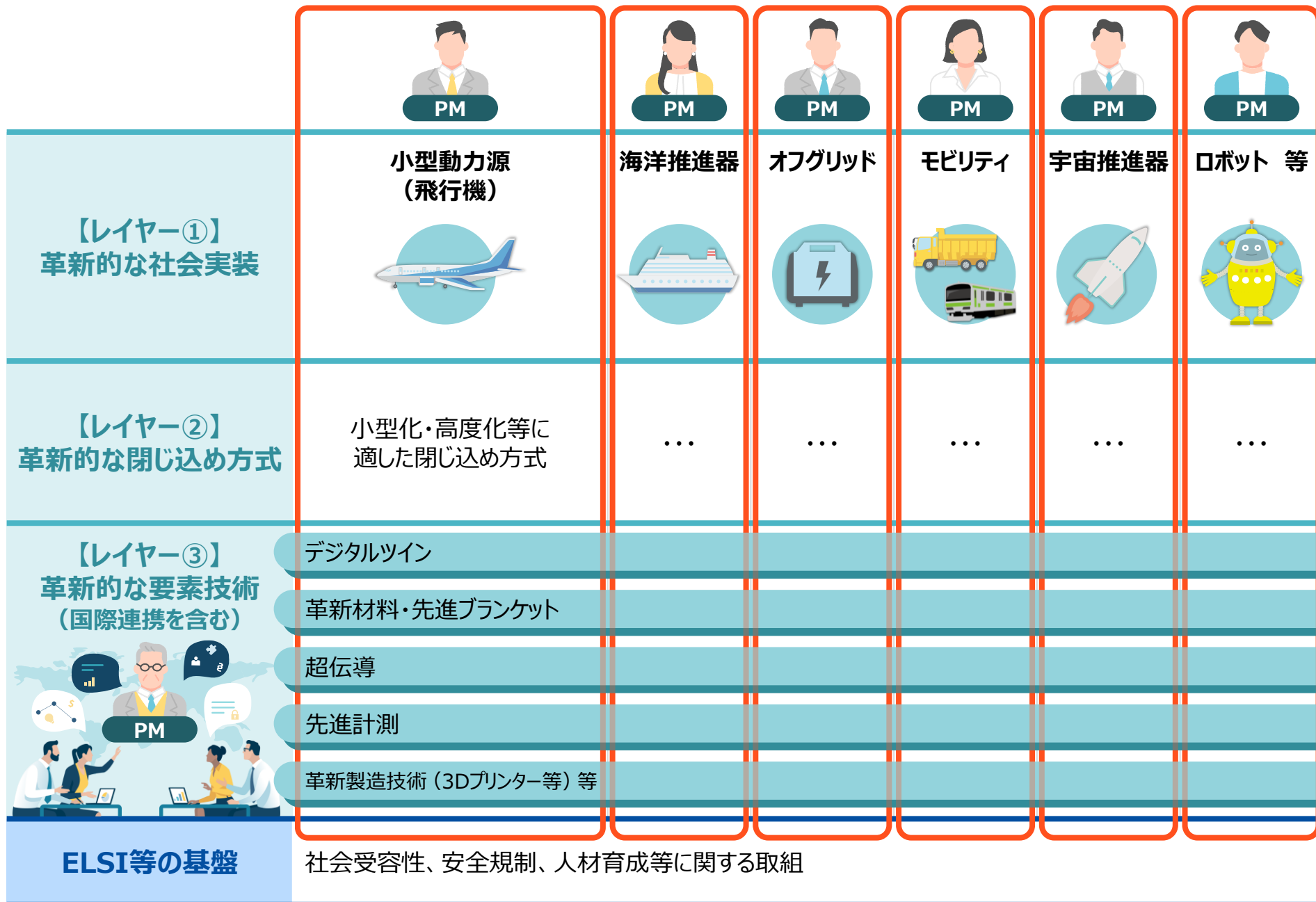
果敢な挑戦でありつつも明確な結論が導かれる客観性、方法論の妥当性、民間資金の導入

**③ 仲間を集める** ( If you want to go far, go together.)

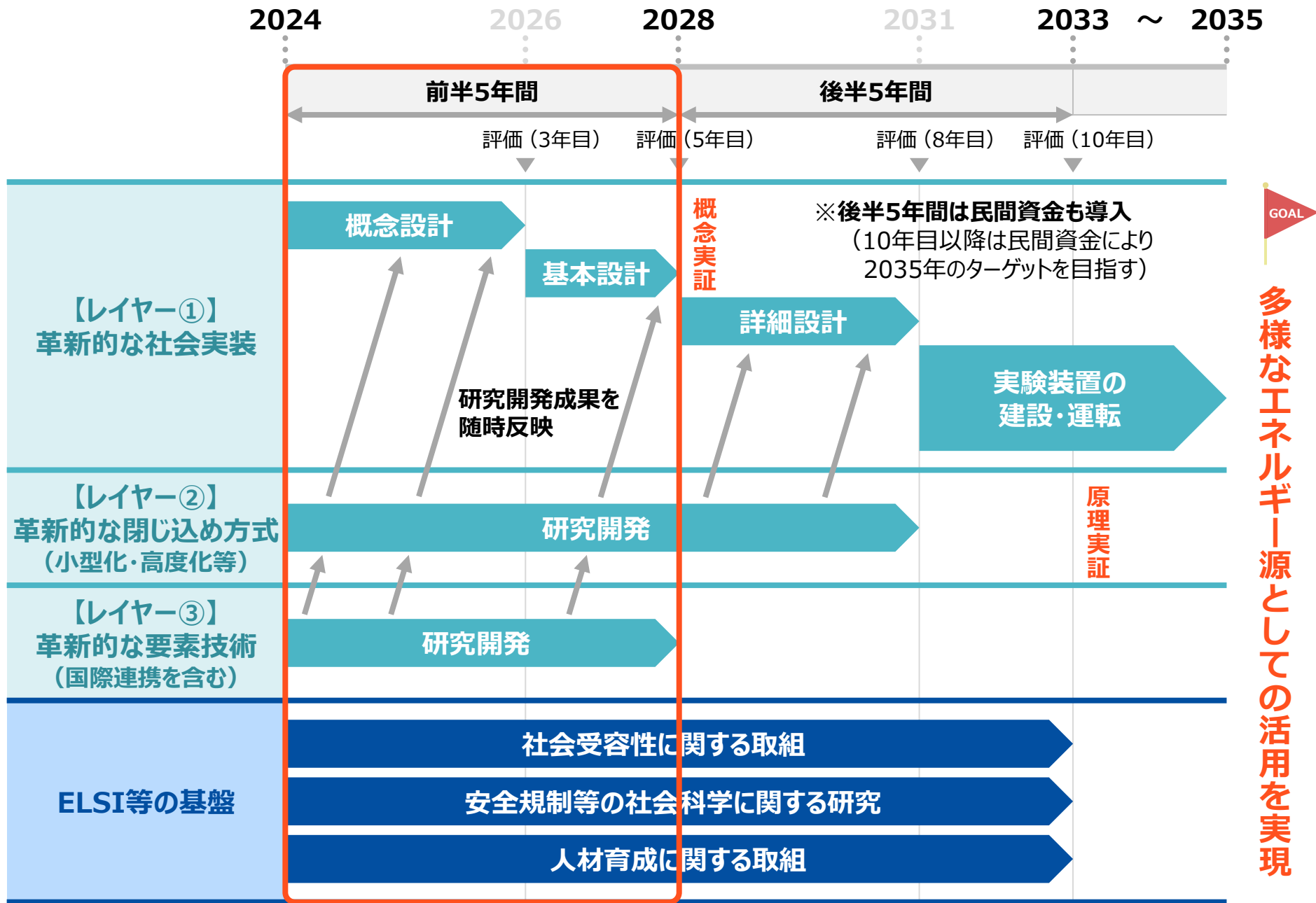
世代を超えた研究開発、関連人材の巻き込み、技術の蓄積・連結、国際連携の促進



# 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）



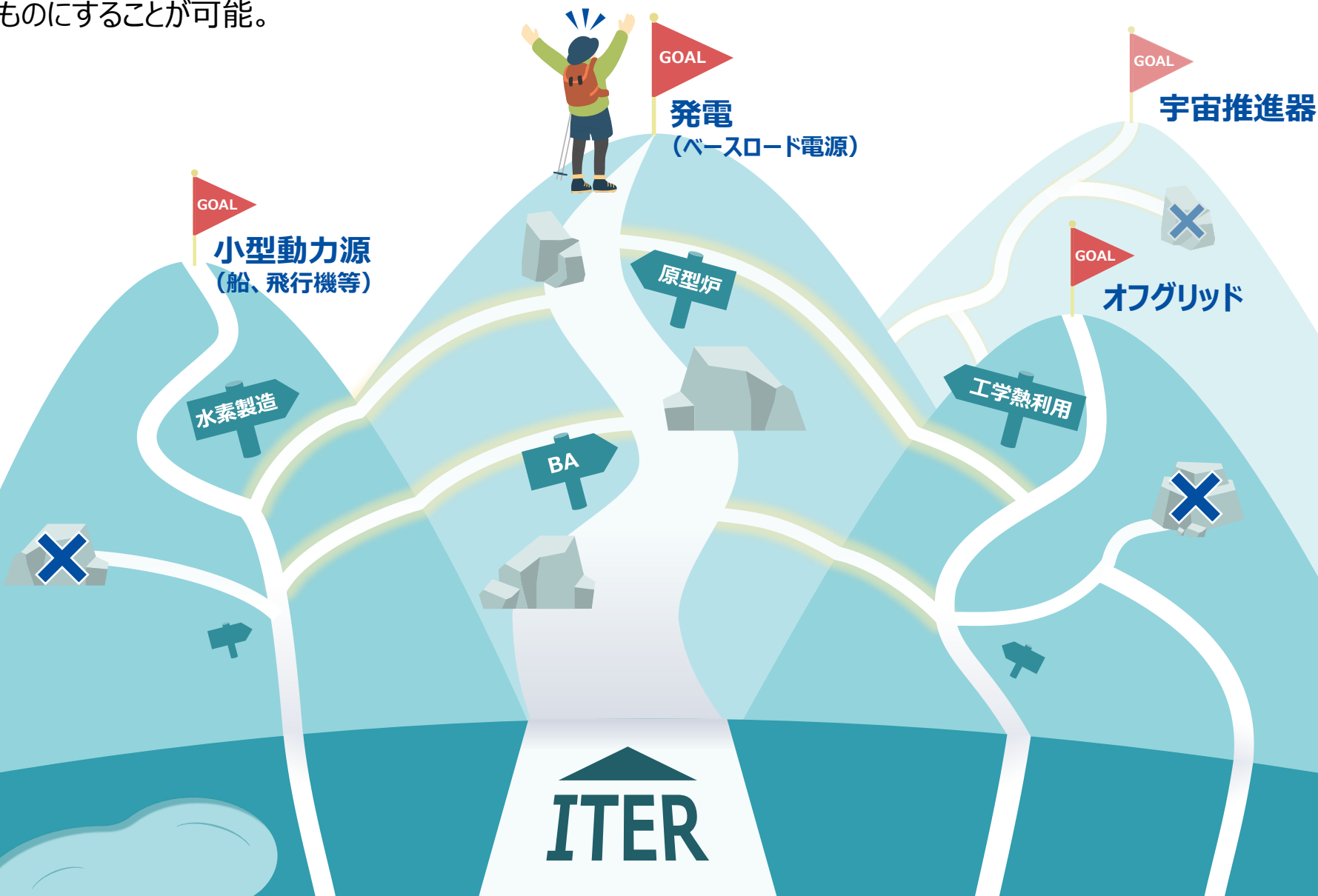
# ムーンショット型研究開発制度との協働がない場合

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。



# MS10への期待

**【第1回公募】**※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(2024.1.31)

**① 革新的な社会実装** ( Big picture, Vision with Action)

既存の枠組みにとらわれない発想や革新的な要素技術をシステムとして統合、社会システム

**② 挑戦的な研究開発** ( Moonshot for Fusion Energy)

果敢な挑戦でありつつも明確な結論が導かれる客観性、方法論の妥当性、民間資金の導入

**③ 仲間を集める** ( If you want to go far, go together.)

世代を超えた研究開発、関連人材の巻き込み、技術の蓄積・連結、国際連携の促進



**【第2回公募に向けて】**※国家戦略の改定も見据え、検討

**① 実証に向けた技術の統合** ( Big picture, Vision with Action)

2030年代の発電実証の達成や、小型動力源等の多様な社会実装に向けた用途の実証

**② マイルストーンの設定** ( Moonshot for Fusion Energy)

一定の資金と期限を設定し、マイルストーンの達成状況に応じて絞り込み

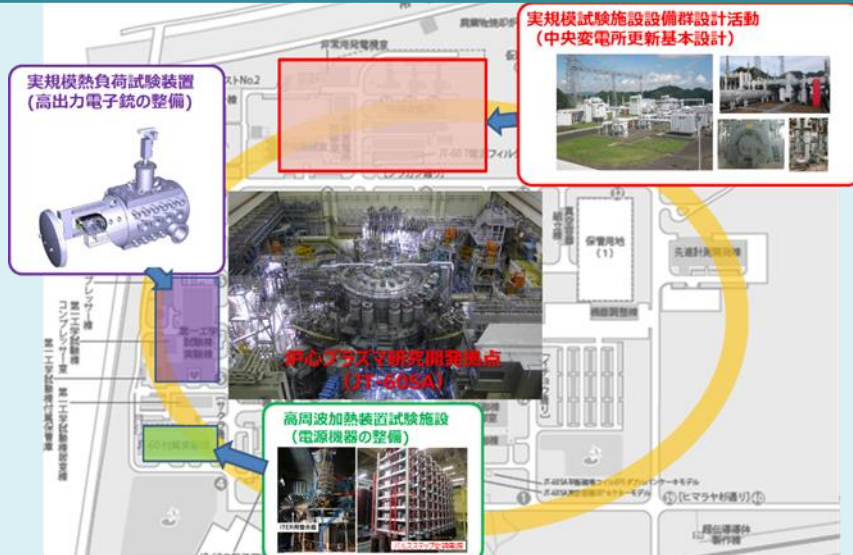
**③ 国研等との連携** ( If you want to go far, go together.)

研究開発費に加え、共用施設・設備の使用料・共同研究費を合わせて措置

# 実規模技術開発のための試験施設・設備群の整備

▶ 実証試験設備については、国際競争が激化する中、**発電実証への寄与**が高く、特定のユーザーの用途だけでなく、アカデミア・民間企業等からの**幅広く活用される設備**を優先して整備。⇒**令和6年度補正予算に100億円を計上**

## 磁場閉じ込め型



## 慣性閉じ込め型



# 実証試験施設・設備群の整備

- 世界各国が大規模投資を実施し、国策として自国への技術・人材の囲い込みが更に加速する中、日本の技術・人材の海外流出を防ぎ、量子科学技術研究開発機構(QST)や核融合科学研究所(NIFS)、大学等の体制を強化し、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やスタートアップ等への供用も可能とする**実規模技術開発のための試験施設・設備群を整備**する。
- 実証試験設備については、国際競争が激化する中、**発電実証への寄与**が高く、特定のユーザーの用途だけでなく、アカデミア・民間企業等からの**幅広く活用される設備**を優先して整備。

## ヘリカル型

### プラズマ反応の解明

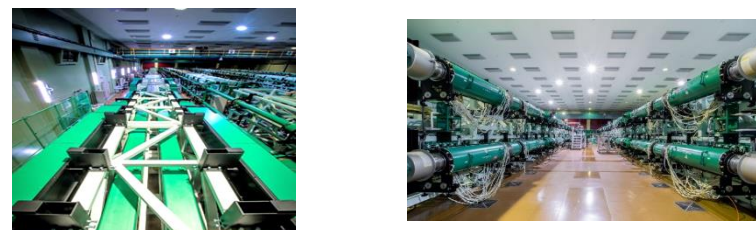


高温プラズマ実験システム      フュージョン・ナノ計測基盤設備

- **プラズマ反応の解明に必要な供用可能な試験設備群**を核融合科学研究所(NIFS)に整備。
- プラズマの独特な揺らぎの原因と影響を解明するとともに、プラズマ対向材料との相互作用をナノスケールから解明。

## レーザー型

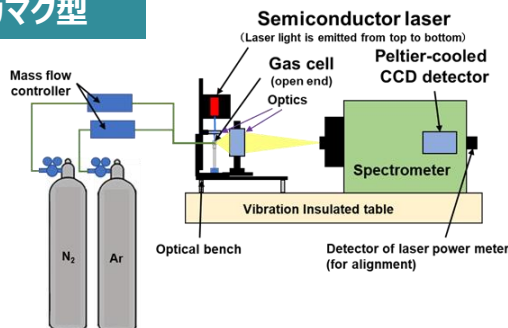
### 核融合燃焼の効率化



核融合燃焼模擬試験装置      核融合燃料高密度圧縮装置

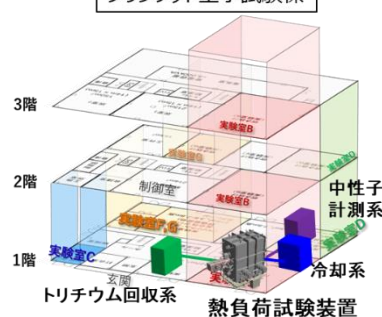
- **核融合燃焼の効率化に必要な供用可能な試験設備群**を大阪大学レーザー科学研究所(ILE)に整備。
- 世界最高の光エネルギー密度のレーザー光による高効率加熱や、安定した核融合燃料の高密度圧縮を実現。

## トカマク型



核融合燃料分析設備

### ブランケット工学試験棟



発電ブランケット用熱負荷試験装置



フュージョンインフォマティクス用計算機冷却設備

- **核融合燃料システムの安全な取扱い、実規模のブランケット等の熱負荷試験や耐久性の確認、大規模ストレージ等の各種設備の高稼働率運転に必要な供用可能な試験設備群**を量子科学技術研究開発機構(QST)に整備。

# 日本における核融合装置(Fusion Device)一覧

| FusDIS                        | Tech Data                             | Country Stats                             | Org Stats                         | FEC2023 IDX                         | FECs IDX                   | Search Device Name<br>No items highlighted |  | Country Profiles  |
|-------------------------------|---------------------------------------|---|-----------------------------------|-------------------------------------|----------------------------|--|--|---|
| <b>Total</b><br><b>26</b>     | <b>Tokamaks</b><br><b>13</b>          | <b>Stellarators/Heliotr..</b><br><b>4</b> | <b>Laser/Inertial</b><br><b>2</b> | <b>Altern. Concepts</b><br><b>7</b> | <b>Exp</b><br><b>24</b>    | <b>Plant</b><br><b>2</b>                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Tokamaks</li> <li>Stellarators/Heliotr..</li> <li>Laser/Inertial</li> <li>Altern. Concepts</li> </ul> | <b>Country</b><br><b>United States</b> 41<br><b>Japan</b> 26<br>China 14<br>Russia 13<br>United Kingdo.. 8<br>Germany 6<br>France 5<br>Italy 4<br>Pakistan 4<br>Sweden 4<br>Brazil 3<br>Canada 3<br>India 3<br>Iran 3<br>Republic of K.. 3<br>Costa Rica 2<br>Czech Republic 2<br>Spain 2<br>Switzerland 2<br>Ukraine 2<br>Australia 1<br>Denmark 1<br>Egypt 1<br>European Uni.. 1<br>Israel 1<br>Kazakhstan 1<br>Libya 1<br>Portugal 1<br>Thailand 1 |
| <b>Operating</b><br><b>22</b> | <b>Under construction</b><br><b>1</b> | <b>Planned</b><br><b>3</b>                | <b>Public</b><br><b>24</b>        |                                     | <b>Private</b><br><b>2</b> |  |  |   |
| Country                       | Organization                          | Device Name                               | Device Configurati..              | Device Type                         | Device Status              | Design                                     | Ownership  |   |
| Japan                         | Helical Fusion                        | Helical Fusion Po..                       | Stellarators/Heliotr..            | Heliotron                           | Planned                    | Plant                                      | Private  |   |
|                               | Hiroshima University                  | HU-Heliac                                 | Stellarators/Heliotr..            | Stellarator                         | Operating                  | Exp  | Public   |   |
|                               |                                       | PHIX                                      | Tokamaks                          | Conventional Tokamak                | Operating                  | Exp  | Public   |   |
|                               | Japanese Consortium                   | JA-DEMO                                   | Tokamaks                          | Conventional Tokamak                | Planned                    | Plant                                      | Public   |   |
|                               | Kyoto Institute of Technology         | RELAX                                     | Altern. Concepts                  | Reversed Field Pinch                | Operating                  | Exp  | Public   |   |
|                               | Kyoto University                      | Heliotron J                               | Stellarators/Heliotr..            | Heliotron                           | Operating                  | Exp  | Public   |   |
|                               |                                       | LATE                                      | Tokamaks                          | Spherical Tokamak                   | Operating                  | Exp  | Public   |   |
|                               |                                       | PLATO                                     | Tokamaks                          | Conventional Tokamak                | Planned                    | Exp  | Public   |   |
|                               | Kyushu University                     | QUEST                                     | Tokamaks                          | Spherical Tokamak                   | Operating                  | Exp  | Public   |   |
|                               |                                       | HU-CTI                                    | Altern. Concepts                  | Spheromak                           | Operating                  | Exp  | Public   |   |

# 日本の主なフュージョン装置(Major Fusion Research Devices)



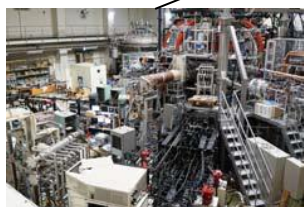
量子科学技術研究開発機構(QST)  
JT-60SA, Tokamak



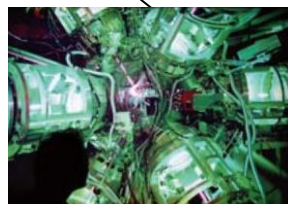
京都大学  
Heliotron J, Helical



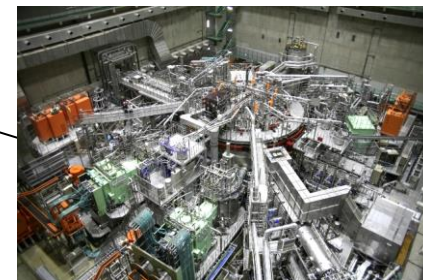
筑波大学  
GAMMA 10/PDX,  
Tandem Mirror



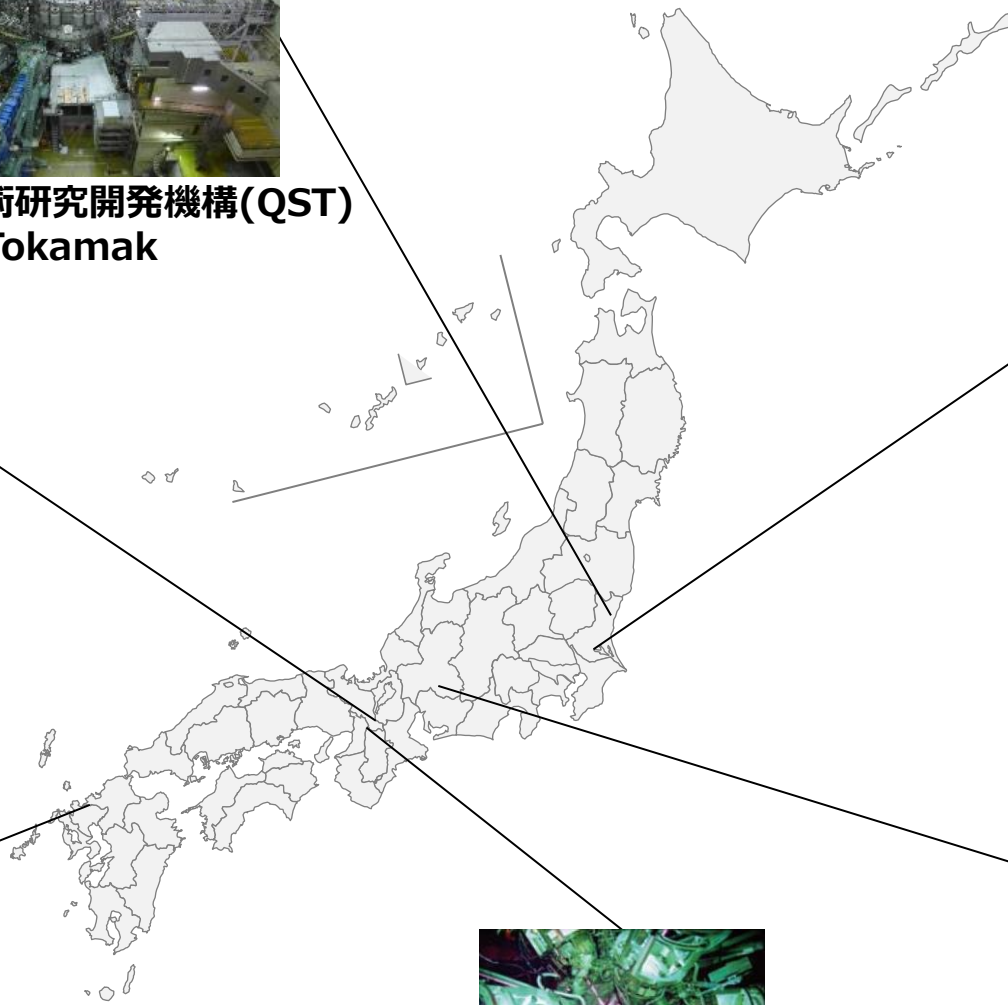
九州大学  
TRIAM-QUEST, ST



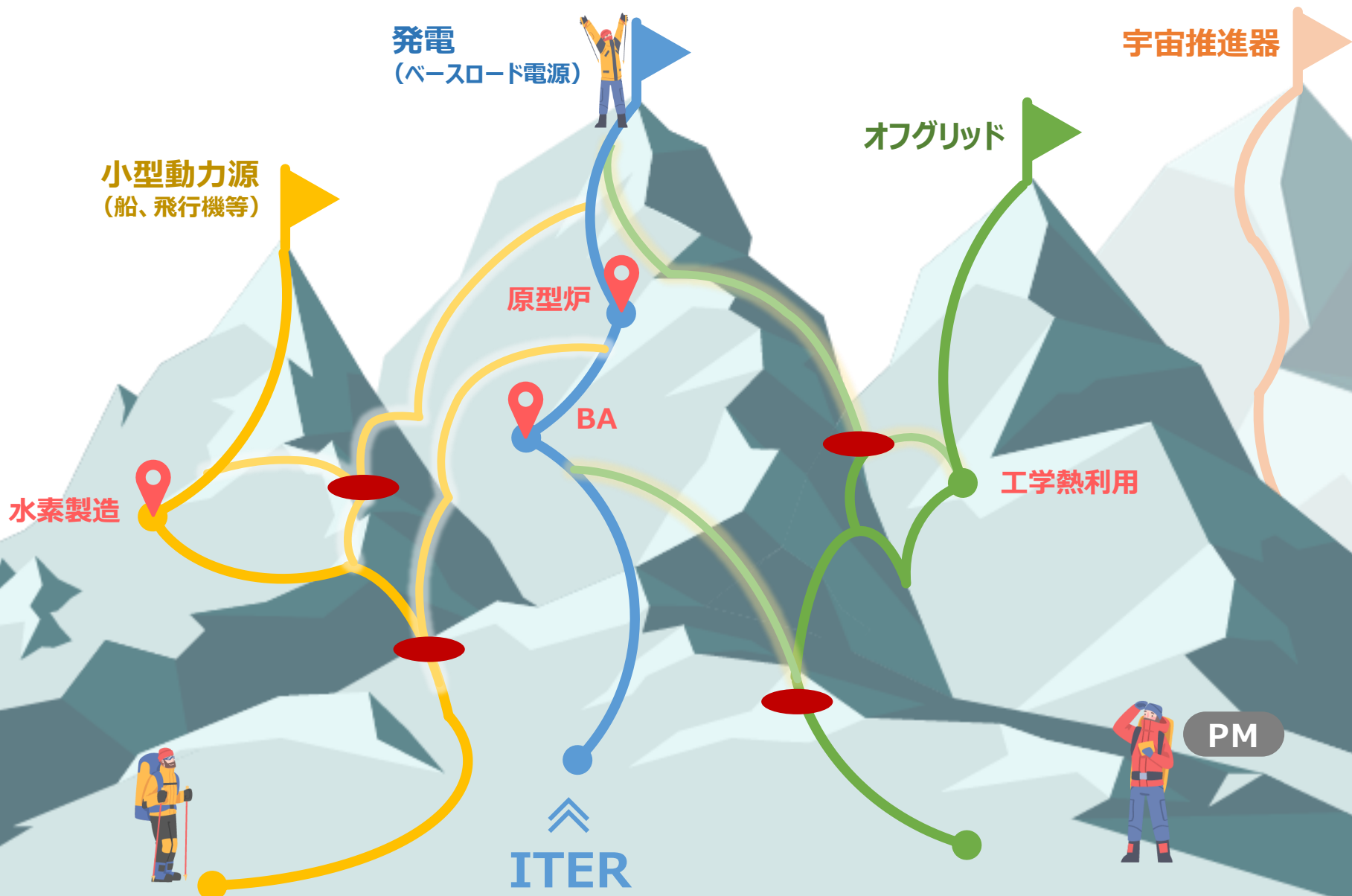
大阪大学  
GEKKO-XII, Laser



核融合科学研究所(NIFS)  
LHD, Helical



# ムーンショット型研究開発制度において、**国研等との連携がない** 場合



# ムーンショット型研究開発制度において、**国研等との連携がある** 場合

アカデミア・民間企業等からの幅広く活用される実証試験設備を優先して整備することにより、国研等との連携を促進し、2030年代の発電実証の達成や、小型動力源等の多様な社会実装に向けた用途の実証を目指す。

