

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

研究開発戦略官付
(核融合・原子力国際協力担当)

目次

1. 国家戦略を踏まえた最近の取組
2. 原型炉実現に向けた基盤整備
3. 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

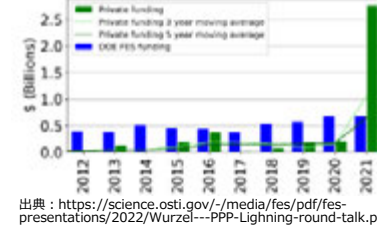
- ・2050年カーボンニュートラルの実現
- ・ロシアのウクライナ侵略により国際的なエネルギー情勢が大きく変化
- ・エネルギー安全保障の確保

- ・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



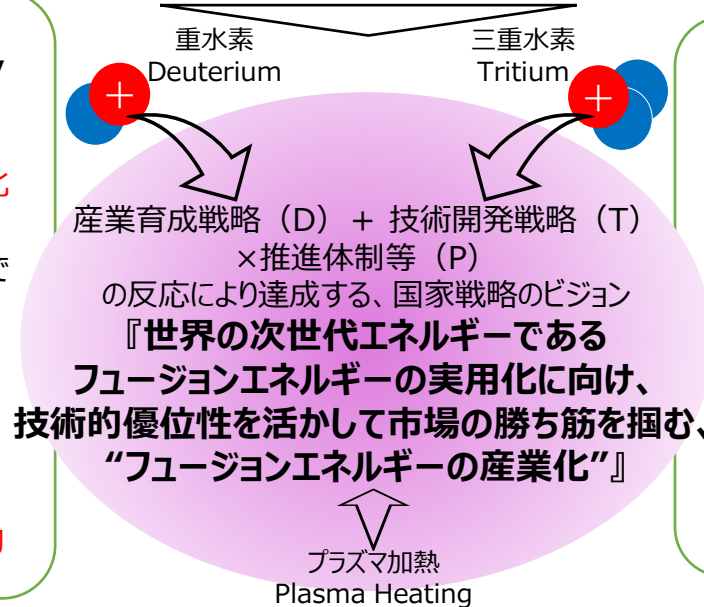
新たな産業としてのフュージョンエネルギー

- ・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

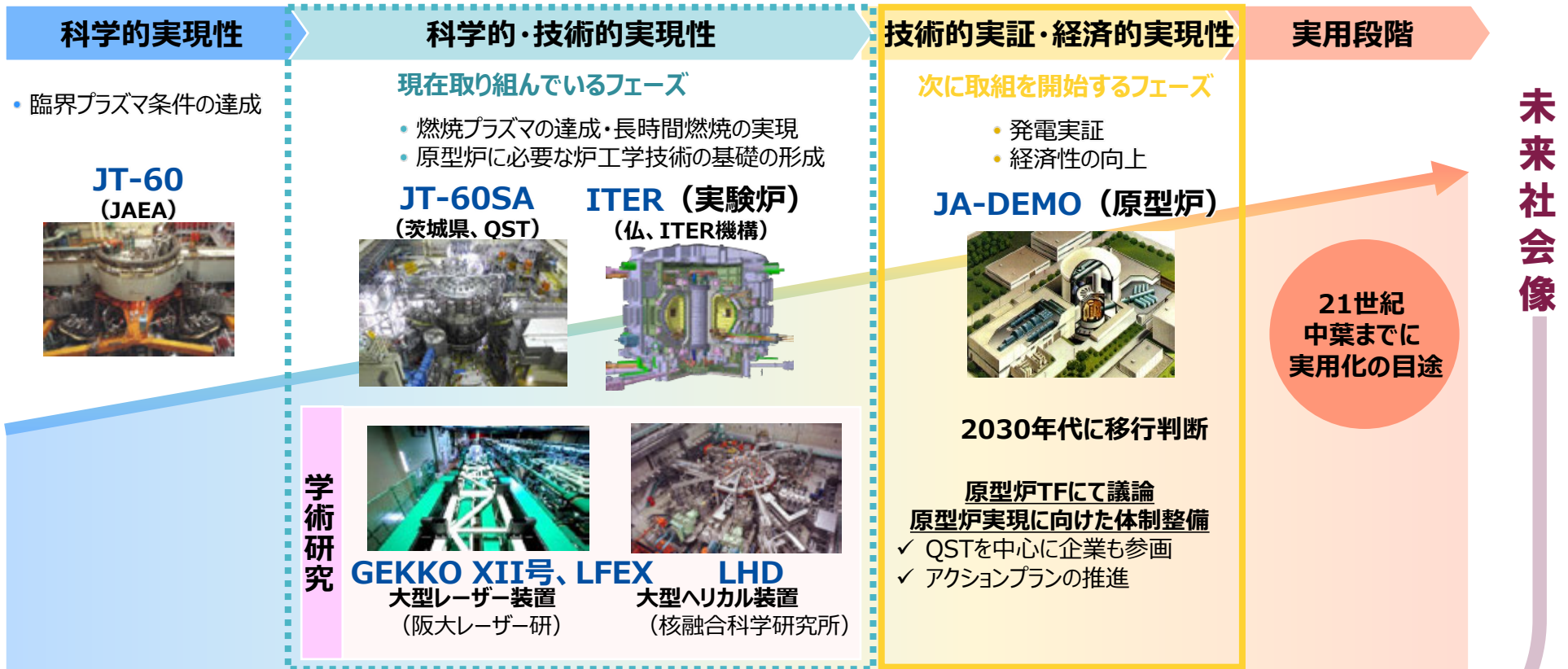
- ・内閣府が政府の司令塔となり、関係省庁と一丸となって推進
- ・原型炉開発に向けて、QSTを中心にアカデミアや民間企業を結集して技術開発を実施する体制 (**フュージョンテクノロジー・イノベーション拠点の設立**)
- ・将来のキャリアパスを明確化し、フュージョンエネルギーに携わる人材を産学官で計画的な育成
- ・国内大学等における人材育成を強化するとともに、他分野や他国から優秀な人材の獲得 (**フュージョンエネルギー教育プログラムの提供**)
- ・国民の理解を深めるためのアウトリーチ活動の実施

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



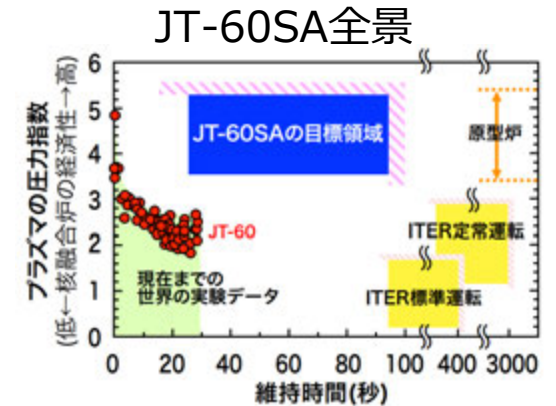
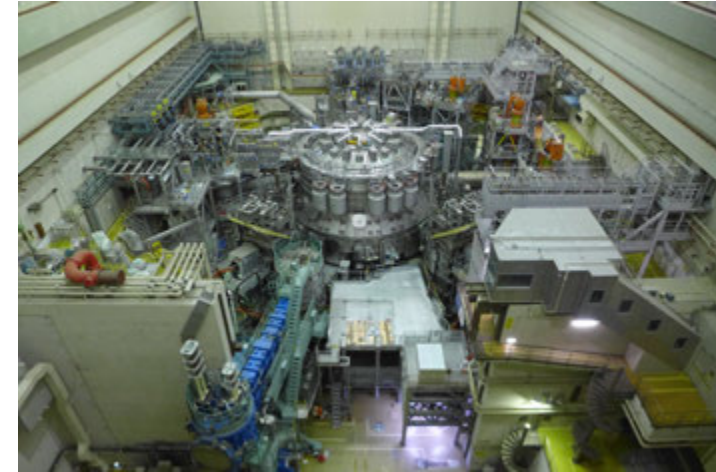
核融合の挑戦的な研究の支援の在り方に関する検討会

✓ 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

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**JT-60SA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。 6

(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)

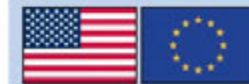
- ・参加者: 約50企業・団体(12月25日時点)
- ・業 種: メーカーだけでなく商社やスタートアップなども参加予定
- ・設 立: 2024年3月を予定
- ・目 的: 核融合産業やビジネスの創出

- ・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

核融合産業協議会の設立に向けた発起人について

発起人会への参加を希望する企業を令和6年1月11日まで募集したところ、以下の企業から登録。

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
日揮株式会社	株式会社フジクラ
株式会社Helical Fusion	古河電気工業株式会社
住友商事株式会社	京都フュージョニアリング株式会社
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	

掲載は申込順（1月15日時点）

目次

1. 国家戦略を踏まえた最近の取組

2. 原型炉実現に向けた基盤整備

3. ムーンショット型研究開発制度

ITER計画・BA活動等のフュージョンエネルギー研究開発の推進

令和6年度予算額(案) 213億円
(前年度予算額 213億円)
令和5年度補正予算額 249億円



背景

- 世界各国が人類共通の課題としてカーボンニュートラルに向けた目標に取り組むを加速する中、我が国も2050年のカーボンニュートラル実現を掲げて、様々な取組を進めている。
- 国際的なエネルギー情勢が大きく変化する中、エネルギー安全保障の確保が重要な課題。
- フュージョンエネルギーは、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環境保全性といった特長を有することから、エネルギー問題と地球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。
- 国際協力を進めてきたITER計画の進捗も踏まえながら、各国独自の取組が加速し、スタートアップへの投資も増加。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に我が国としても時機を逸せずに参加すること等の多面的なアプローチが必要。

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。

政府文書等における関連の記載

- 半導体、バイオ、フュージョンエネルギー、AI(人工知能)など、年末に向けて、予算、税制、規制のあらゆる面で、世界に伍して競争できる投資支援パッケージをつくってまいります。
※岸田内閣総理大臣 第211回通常国会閉会時記者会見(令和5年6月21日)
- OI、量子技術、健康・医療、フュージョンエネルギー、バイオものづくり分野において、官民連携による科学技術投資の抜本拡充を図り、科学技術立国を再興する。
※「経済財政運営と改革の基本方針 2023」(令和5年6月16日閣議決定)
- 戦略的に取り組むべき基盤技術(5)フュージョンエネルギー「今後の取組方針」
 - ・ ITER計画/BA活動を通じてコア技術を獲得する。【文】
 - ・ 将来の原型炉開発を見据えた研究開発を加速する。【文】※「統合イノベーション戦略 2023」(令和5年6月9日閣議決定)

概要

フュージョンエネルギーの実現に向け、「フュージョンエネルギー・イノベーション戦略(令和5年4月 統合イノベーション戦略推進会議)」を踏まえ、国際約束に基づき核融合実験炉の建設・運転を行うITER計画、ITER計画を補完・支援する研究開発を行う幅広いアプローチ(BA)活動、原型炉実現に向けた研究開発及び人材育成等の基盤整備や、ムーンショット型研究開発制度を活用した独創的な新興技術の支援を、長期的視野に立って実施。

ITER計画

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

- 協定 : 2007年10月発効
- 参加極 : 日、欧、米、露、中、韓、印
- 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、ITER機構が全体の組立・据付を実施
- 計画 : 【運転開始】2025年12月、【核融合運転開始】2035年12月

- ※新型コロナウイルスや「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、現在、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。

- 進捗 : 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コイル(TF)コイルが搬入されるなど、我が国に調達責任のある機器の製作や納入が着実に進展。

- ITER機構の活動(分担金) 3,604百万円 (5,412百万円)
- 量子科学技術研究開発機構(QST)における、ITER機器の製造等(補助金) 10,702百万円 (11,329百万円)



BA活動等

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

- 協定 : 2007年6月発効
- 実施極 : 日、欧
- 実施地 : 青森県六ヶ所村、茨城県那珂市
- 進捗 : 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「JT-60SA」が令和5年10月に「初プラズマ」を生成。
- プラズマ制御装置など、運転本格化に必要な経費を計上するとともに、原型炉実現に向けた研究開発及び人材育成等の基盤整備を実施。



- QSTにおける、日欧共同による「幅広いアプローチ(BA)活動」の推進(補助金)
 - ①超伝導プラズマ実験装置「JT-60SA」の運転・整備 3,293百万円 (1,945百万円)
 - ②材料照射施設に関する工学実証・工学設計活動 657百万円 (640百万円)
 - ③国際核融合エネルギー研究センター等 2,117百万円 (1,722百万円)
- 原型炉実現に向けた基盤整備(研究開発・人材育成等) 526百万円 (246百万円)

ムーンショット型研究開発制度

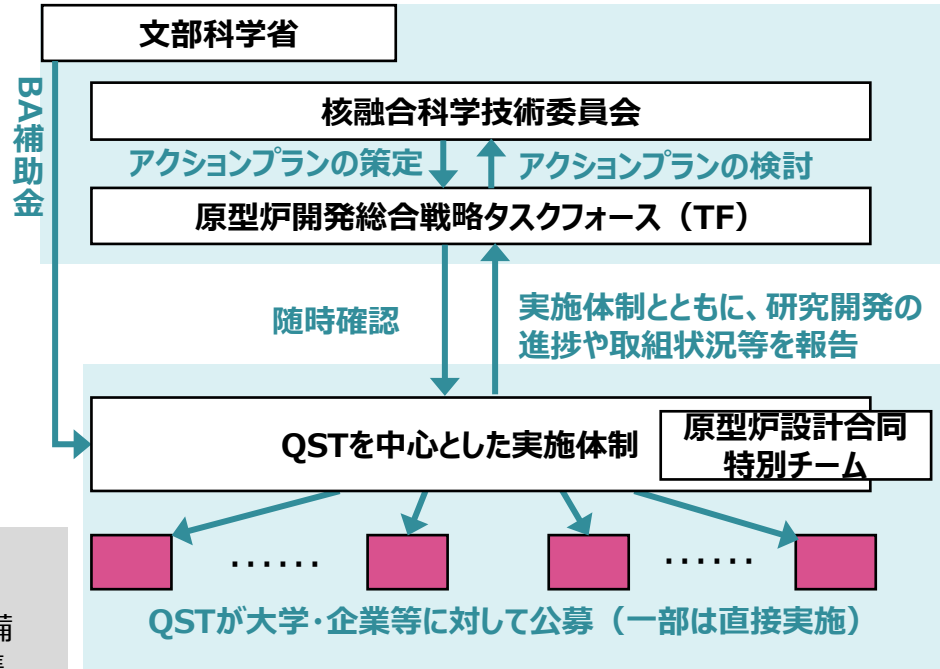
令和5年度補正予算額 : 20,000百万円

- ITER等で培った技術も活かし、多様な社会実装に向け、小型化・高度化等の独創的な新興技術の支援策を強化するため、ムーンショット型研究開発制度を活用し、フュージョンエネルギーが実現した、未来社会からのバックキャスト的なアプローチによる挑戦的な研究の支援を強化。

原型炉実現に向けた基盤整備(研究開発)

- ◆ フュージョンエネルギーの早期実現に向け、「フュージョンエネルギー・イノベーション戦略」を踏まえ、量子科学技術研究開発機構(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を構築し、**将来の原型炉開発を見据えた研究開発を加速**する。
- ◆ 原型炉開発に向けて、QSTを中心としつつ、大学や企業等も参加する実施体制を構築するため、「原型炉開発に向けたアクションプラン(令和5年7月改訂版)」に基づき、項目別に公募を実施するなど、**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。
- ◆ 研究開発の進捗や取組状況については、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等において、随時確認。

<体制図>



(参考) 原型炉開発に向けたアクションプラン(令和5年7月改訂版)項目

- | | | |
|-----------|----------------|-----------------|
| 0. 炉設計 | 4. 加熱・電流駆動システム | 8. 核融合炉材料と規格・基準 |
| 1. 超伝導コイル | 5. 理論・シミュレーション | 9. 安全性 |
| 2. ブランケット | 6. 炉心プラズマ | 10. 稼働率と保守 |
| 3. ダイバータ | 7. 燃料システム | 11. 計測・制御 |
| | | 12. サイト整備 |
| | | 13. 社会連携 |
| | | 14. レーザー方式 |

【参考】フュージョンエネルギー・イノベーション戦略(令和5年4月14日 統合イノベーション戦略推進会議決定)

- **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。
- **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。
- **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、民間企業を育成する体制を構築すること【文】**
 原型炉への移行判断の後に体制を構築しては産業化に乗り遅れるため、体制構築に向けた議論を令和5年度より開始する。ただし、原型炉開発の主体のいない現状においては、まずはQSTを中心としつつ民間企業も参加する実施体制を構築するとともに、進展に応じて適切な体制とする。それにより、商用炉の主体となりうる民間企業を育成する。

原型炉実現に向けた基盤整備（人材育成）

令和6年度予算額 526百万円の内数（案）
※BA補助金「原型炉実現に向けた基盤整備」の内数

- ◆ フュージョンエネルギーの実現には、長期にわたる研究開発が必要であり、そのためには**連続的かつ長期的な人材育成・確保**が必須。「フュージョンエネルギー・イノベーション戦略」を踏まえ、原型炉開発などに携わる**人材を戦略的に育成**するとともに、**関連人材の母数を増加**させるため、BA補助金に「原型炉実現に向けた基盤整備」を新たに措置。
- ◆ 原型炉研究開発に必要な人材確保に向け、「核融合エネルギー開発の推進に向けた人材の育成・確保について（核融合科学技術委員会）」の議論も踏まえ、大学共同利用機関である核融合科学研究所(NIFS)を中核機関として、共同研究ネットワークや各国との協力事業の枠組みなども活用し、**大学間連携による総合的な教育システム**を構築する。併せて、大学院教育と国内外の大型研究装置との連携を促進するため、量子科学技術研究開発機構(QST)等とも連携し、**JT-60SA/ITER等を活用した人材育成**を実施。
- ◆ 人材育成の進捗や取組状況については、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等において、随時確認。

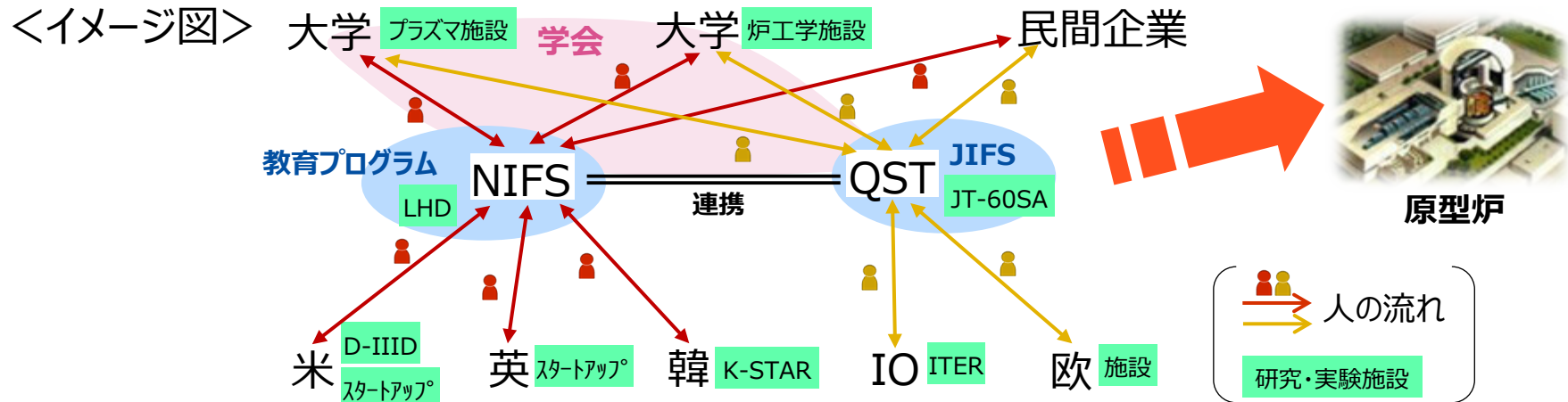
【参考】フュージョンエネルギー・イノベーション戦略（令和5年4月14日 統合イノベーション戦略推進会議決定）

・ 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に育成すること【文】

原型炉開発などのフュージョンエネルギーに携わる人材の戦略的な育成のため、原子力分野等を含む産業界やアカデミアからの若手人材を、ITER計画やJT-60SA等の国内外の大型計画に対して派遣する取組を推進する。その派遣された人材が、継続的にフュージョンエネルギーのポストで活躍するといった人材の流動化が起きるよう、所属機関でのポジションを維持したまま派遣するなど、キャリアパスに配慮する。

・ 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を獲得する取組を行うこと【文】

少子化により人材が不足している日本において、フュージョンエネルギー人材の母数を増加させるため、核融合科学の学際化を進めて幅広い頭脳循環を実現することで、他分野や海外から人材を獲得する。複数大学からの学生や若手研究者、海外からの人材等が参加し、フュージョンエネルギーに関して俯瞰的に学習できる教育プログラムの提供に向けた検討を進める。



核融合エネルギー開発の推進に向けた人材の育成・確保について(概要)

(核融合科学技術委員会 平成30年3月28日)

本提言書の目的

- 核融合エネルギーの実現には長期にわたる一貫した研究開発が必要であり、そのためには連続的かつ長期的な人材育成・確保が必須であり、係る課題を整理し、喫緊及び長期的に取り組むべき具体的取組みを提言。

人材育成を取り巻く現状

- 将来必要とされる人員数と、現在主に核融合開発に携わる人員数に大きな隔たり。
- 大学でのプラズマ研究に占める核融合研究のウエイトは減少。博士課程進学率は、平成18年と比較して、低下傾向。
- ITER計画に関して、わが国は国際的に大きな貢献が期待される一方、ITER機構における日本人職員数割合は、約3%という低い割合。

人材に求められる能力

- 個々の技術を開発する基礎力、課題解決に導く高い専門性、それらを実践する技能
- 全体を俯瞰する広い視野、個々の技術を統合する能力
- ITER計画等の国際プロジェクトでリーダーシップ、国際共創力
- 社会への分かりやすい説明を行うアウトリーチ能力、対話能力
- 社会の情勢を的確に分析する人文社会科学の知見

整備が望まれる環境

- 長期的な計画に基づいて、原型炉開発を担う人材を継続的・安定的に育成・輩出し、その人材を確保してさらに育成する環境を整えることが必要。

大学院教育

博士課程学生を増加させるため、学術研究を推進し、基礎研究環境の維持・充実が必要。

人材流動性

ITER計画・BA活動と国内研究開発を連携させ、知の循環システムとして発展させることが必要。

アウトリーチ

子供を含む広い世代に対する、核融合研究開発への興味喚起と相互理解が必要。

課題

広範で多様な専門を習得する教育プログラムの構築や、ものづくりやシステム統合を経験するための産学の連携

ITER機構を含む、産学で広範囲な人材流動性構築と、魅力的なキャリアパスの確立

即戦力・将来の人材の確保、並びに核融合の社会受容性向上の観点から、アウトリーチなどの社会連携活動

具体的取組み

- 大学間連携による総合的な核融合教育システムの構築
- 大学院教育と国内外の大型装置研究との連携促進
- 大学院教育や若手育成と連携した原型炉開発研究
- 産業界と連携した大学院教育
- 学生・若手向けの研究会等の企画
- 企業・大学院生のマッチングの機会創出
- 長期的な取り組みとして、
 - 組織横断的な大学院教育の推進
 - 他分野も想定したカリキュラム設定

- ITER機構への、院生、若手、シニア等の階層ごとの人材派遣制度の設計
- ITER機構派遣前の国内ポジションを維持するなどの柔軟な派遣制度
- ITER機構職員公募の効果的な広報
- 国内でのクロスアポイントメント制度等の整備
- 原型炉設計合同特別チームに参画する企業の拡大
- 長期的な取り組みとして、
 - 関連分野、関連プロジェクトとの連携
 - キャリアパスの追跡調査

- アウトリーチヘッドクォーターの設置と活動推進計画の立案
- 長期的な取組として、
 - アウトリーチ活動を推進する人材育成・確保
 - アウトリーチ活動の実施
 - 教科書や副読本へ核融合エネルギーの掲載の働きかけ

○具体的な取組の方向性

（1）大学間連携による総合的な教育システムの構築

- ✓ 核融合は複数分野に跨る学際的な分野であり、原型炉開発を担う人材を継続的・安定的に育成・輩出するためには、フュージョンエネルギーに関して、**俯瞰的に学習できる教育プログラムを提供**することが重要。また、**大学院教育と国内外の大型装置との連携を促進し、国内外の大規模研究施設での研究・実験に参画する機会**を拡大することにより、専門性の向上や普遍的な技術力の獲得、人脈の形成なども期待される。
- ✓ そのため、大学共同利用機関である**核融合科学研究所(NIFS)を中核機関**として、**共同研究ネットワークや各国との協力事業の枠組なども活用し、国内外の大型装置研究や関連学会、核融合産業協議会等との協調**により、**総合的な教育システム**を構築。その際、大学等の履修制度や参加者の関心、技術の動向等に配慮し、教育プログラムの設計段階から大学等と密に調整を行う。

【参考】核融合エネルギー開発の推進に向けた人材の育成・確保について（平成30年3月28日 核融合科学技術委員会）

・ 大学間で連携した総合的な核融合教育システムの構築（大学）

日本では世界的にも第一線の著名研究者が各大学等に在籍する一方、それらの大学等が日本全国に分散しているために各大学等の核融合研究・教育は比較的小規模に行われていることが多い。そのような状況の下でも、各大学等で強みや特色のある研究教育を打ち出し、これまで多くの人材が輩出されてきた。しかし、原型炉は総合工学であるため、その開発を牽引する人材は核融合技術を俯瞰的に見ることが、これからは必要となってくる。そのような幅広い知見の基礎となる大学院教育を実施するには、各大学等の強みや特色は活かしつつ日本全国の研究者が連携して実施する、質の高い総合的な核融合教育システムの構築が期待される。

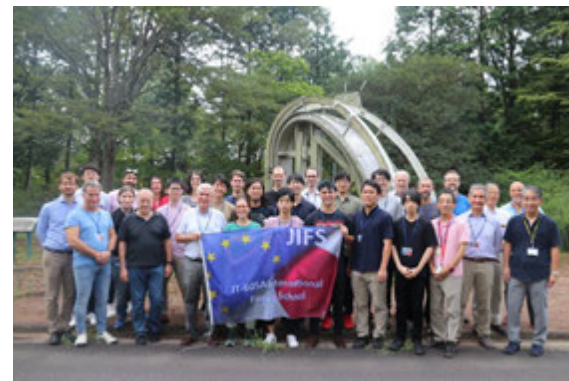
・ 大学院教育と国内外の大型装置との連携促進（大学、研究機関、JADA）

LHDやJT-60SA、激光XII号などの国内大型装置、ITER等の海外大型装置と、大学の連携促進を期待する。NIFSでは大学共同利用研究員制度、連携大学院制度、大阪大学レーザー科学研究所は共同利用・共同研究拠点としての制度が既に整備されており、必要に応じてより有効に利用されるための制度の見直し・拡充を実施することが望まれる。QSTでは共同研究、実習生や連携大学院生の受け入れなどの制度があり、これらを通じたさらに柔軟な大学院受け入れのための環境整備が望まれる。これらの装置では、共同利用のほか、実習受け入れ等も学生にとって貴重な経験の機会となる。また、共同研究ネットワーク等を利用した、大学・研究機関の枠を超えた強固な連携の枠組みを構築するための制度整備を、全日本的に推進することが望まれる。ITER計画では学部学生、修士課程学生、博士課程学生それぞれに応じたインターンシップ制度があり、定期的に大学生・大学院生への周知を行い、積極的な利用を促すべきである。

所属する組織外で研究開発をすることは、専門性を高める点や充実した設備を使えるなど環境や技術的な点でメリットがあるだけでなく、多くの人との議論や交渉をすることで、他者を理解する能力や、置かれた状況の判断能力、調整・交渉能力、議論の運び方など、組織の中でリーダーシップをとるために必要な能力を養うことにも繋がる。更に、若いうちに海外の組織で経験を積むことで、グローバルな視点を養うことも期待される。

原型炉実現に向けた基盤整備 (人材育成)

○具体的な取組の方向性



(2) JT-60SA国際核融合スクール(JIFS)の強化

- ✓ **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**。昨年10月23日、**初めてプラズマを生成**。
- ✓ 2023年9月、将来の核融合研究開発を担う人材の育成、国際ネットワークの構築を目的として、日欧の学生や若手研究者を対象とした「**JT-60SA国際核融合スクール(JIFS)**」の第1回を開催。

1st WEEK (4-6 Sept.)					
Time	Monday 4 Sept.	Tuesday 5 Sept.	Wednesday 6 Sept.	Thursday 7 Sept.	Friday 8 Sept.
8:30	Primary	Primary	Primary	Primary	Primary
10:00	Welcome & Logistics	Magnets and Thermal Shields	Power Exhaust systems	Tokamak System Optimisation	Experimental scenarios
10:30	Break	Break	Break	Break	Break
11:30	Introduction - tokamak overview	Plasma physics 1	Diagnostics - general	Refracting & Assembling a Tokamak	Questions & Discussions
12:00	Lunch	Lunch	Lunch	Lunch	Lunch
13:30	Inauguration ceremony	Plasma physics 2	Visit 1	Operating a Tokamak	Diagnostics 1
14:30	Break	Break	Break	Break	Break
15:00	Vacuum Systems and Cryogenics	Heating Systems	Loading Conditions, Safety, Standards	From JT-60SA to ITER, DEMO & Fusion reactors	Diagnostics 2

2nd WEEK (13-15 Sept.)					
Time	Monday 13 Sept.	Tuesday 14 Sept.	Wednesday 15 Sept.	Thursday 14 Sept.	Friday 15 Sept.
8:30	Primary	Primary	Primary	Primary	Primary
10:00	Visit 2	Plasma Wall Interaction 1	Optional topic: Introduction to Practicals	Optional topic: Practicals 4	Presentations by students 1
10:30	Break	Break	Break	Break	Break
11:30	Plasma Wall Interaction 1	Scenario 1	Optional topic: Practicals 1	Optional topic: Practicals 5	Presentations by students 2
12:00	Lunch	Lunch	Lunch	Lunch	Lunch
13:30	Operations 1	Visit 3	Optional topic: Practicals 2	Optional topic: Practicals 6	Presentations by students 3
14:30	Break	Break	Break	Break	Break
15:00	Operations 2	Scenario 2	Optional topic: Practicals 3	Presentations by students preparation	Closing

【参考】第1回JT-60SA国際核融合スクール(JIFS)の概要


主 催：QST、EUROfusion

日 程：2023年9月4日～15日 (2週間)

参加者：日欧、各10名 (博士及びポスドク)

講師陣：日欧、ITER機構から第一線の研究者24名の講師で構成


内 容：プラズマ物理・核融合工学に関する講義や実習等を実施



- ✓ 2023年12月1日、JT-60SA運転開始記念式典の際に、盛山文部科学大臣とシムソン欧州委員が署名した「**共同プレス声明**」に従い、実習内容等を強化する。

【参考】フュージョンエネルギーに関する文部科学大臣とエネルギー担当欧州委員の共同プレス声明 (仮訳) (2023年12月1日)

最後に、両者は、若手科学者及び技術者を訓練するとともに、将来フュージョンエネルギーを実現するために必要な人材を育成するために、2023年9月に成功裡に開校したJT-60SA国際核融合スクール (JIFS) を共同で強化していく意思を表明した。



○具体的な取組の方向性

（3）ITER機構との連携による人材育成・流動性向上

① ITER計画に参画する人数の増加

- ✓ 世界最大の核融合炉を建設中のITER計画に参画する人数を増加させることで、将来の原型炉建設に向けた知見を手に入れる。
- ✓ そのため、ITER機構が整備している人材派遣制度の更なる活用を含め、**学生や若手研究者・技術者をより多くITER機構に派遣するための仕組みを設計**。また、他極と比べて相対的に少ない日本人のITER機構職員等の数を増やすための取組を実施。

【参考】ITER機構で学ぶ／働くための既存制度等

- インターンシップ（2024年応募期間：**2/1～2/29**）
＜2023年の例＞
対象：中高生、学部、修士、博士 ・2ヶ月未満～4年 ・理工系、事務系 ・手当・旅費
- ITERポスドク研究員（不定期公募、任期2年、ジョブ型公募、10名程度）
- モナコ公国ITERポスドク（2024年応募期間：**1/15～2/29**）
- ITER機構職員（不定期公募、任期5年・更新可能性あり、ジョブ型公募）
- ITERプロジェクト・アソシエイツ(IPA)（不定期公募、任期最大4年、出向制度）



② ITER国際スクール(IIS)の開催

- ✓ 「**ITER国際スクール(IIS)**」は、2007年以降、各極の学生や若手研究者を対象に、南仏または各極において、計12回を開催。ITER機構やエクス＝マルセイユ大学、各極の大学・研究機関が連携し、ITER計画の成功に不可欠な幅広いテーマを議論。
- ✓ **2024年のIISのホストは日本**が務め、大学共同利用機関である核融合科学研究所(NIFS)が大学等と連携して実施予定。**ITER参加7極の学生や若手研究者が日本に集結**し、合宿形式で核融合の専門分野について学ぶとともに、国際的な人脈を形成。

【参考】前回の日本開催時（2008年7月22日～25日）の概要

- 開催場所：九州大学
 - 参加学生：10ヶ国から136人（うち日本98人）
 - 講師：5ヶ国と1国際機関から15人
 - テーマ：「プラズマからトリチウムの閉じ込めまでを総括するトカマクの科学」
- ※プラズマ・核融合学会の「プラズマ若手夏の学校」との合同開催

原型炉実現に向けた基盤整備 (アウトリーチ活動)

令和6年度予算額 526百万円の内数 (案)
 ※BA補助金「原型炉実現に向けた基盤整備」の内数

- ◆ フュージョンエネルギーの実現には、社会との情報の共有と不断の対話が必要。そのため、「核融合原型炉研究開発の推進に向けて」に基づき設置された**アウトリーチヘッドクォーター**について、「フュージョンエネルギー・イノベーション戦略」を踏まえ、**体制を強化**するとともに、**アウトリーチ活動の充実**を図る。社会的合意を形成するまでの活動内容を、ターゲット層と共に段階的に整理し、戦略的に推進する。
- ◆ アウトリーチ活動の進捗や取組状況については、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等において、随時確認。

【参考】フュージョンエネルギー・イノベーション戦略 (令和5年4月14日 統合イノベーション戦略推進会議決定)

- ・ **国民の理解を深めるアウトリーチ活動を実施すること【文】**
 社会的受容性を高めながらフュージョンエネルギーの実用化を進めていくためアウトリーチヘッドクォーターの体制を強化し、フュージョンエネルギーへの国民理解を深める活動を推進する。

(参考)アウトリーチヘッドクォーターの概要

項目	内容
設立	2019年2月
目的	大学及び研究機関が個別に実施しているアウトリーチ活動を集約させ、一体となって戦略的な活動を実施すること
構成	以下の機関の若干名をもって組織 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(TF) ②文部科学省研究開発戦略官付 ③量子科学技術研究開発機構(QST) ④核融合科学研究所(NIFS) ⑤大阪大学レーザー科学研究所 ※必要に応じ、その他の関係者の協力
運営	<ul style="list-style-type: none"> ・研究開発戦略官付の協力を得て、QST及びNIFSが共同で運営の庶務 ・検討状況は適宜委員会及びTFへ報告

(参考)年度別のターゲット層と重点度

原型炉開発に向けたAP		AP12.サイト整備 (立地条件検討等)										
年度		FY2023	FY2024	FY2025	FY2026	FY2027	FY2028	FY2029	FY2030	FY2031	FY2032	
年度別の目標	国民との対話の手法の確立	国民との対話の手法の確立			国民との対話の場の構築				国民との社会的な合意形成			
	<ul style="list-style-type: none"> ●コンテンツの整理 ●ツールの構築 	<ul style="list-style-type: none"> ●構築したツールを活用して、国民との合意形成に向けた対話の実施 			<ul style="list-style-type: none"> ●核融合エネルギーの社会実装に向けて、社会的な合意を形成 							
活動内容	組織整備	組織整備			実態把握				実態把握			
	実態把握	実態把握			実態把握				実態把握			
ターゲット層と重点度	小中高生	○			◎				◎			
	大学・院生	◎			○				◎			
	社会人 (非関係者・教育関係者)	○			◎				◎			
	社会人 (産業界)	◎			◎				◎			
		投資家やステークホルダーとの対話を通じた交流・イベントの開催										

目次

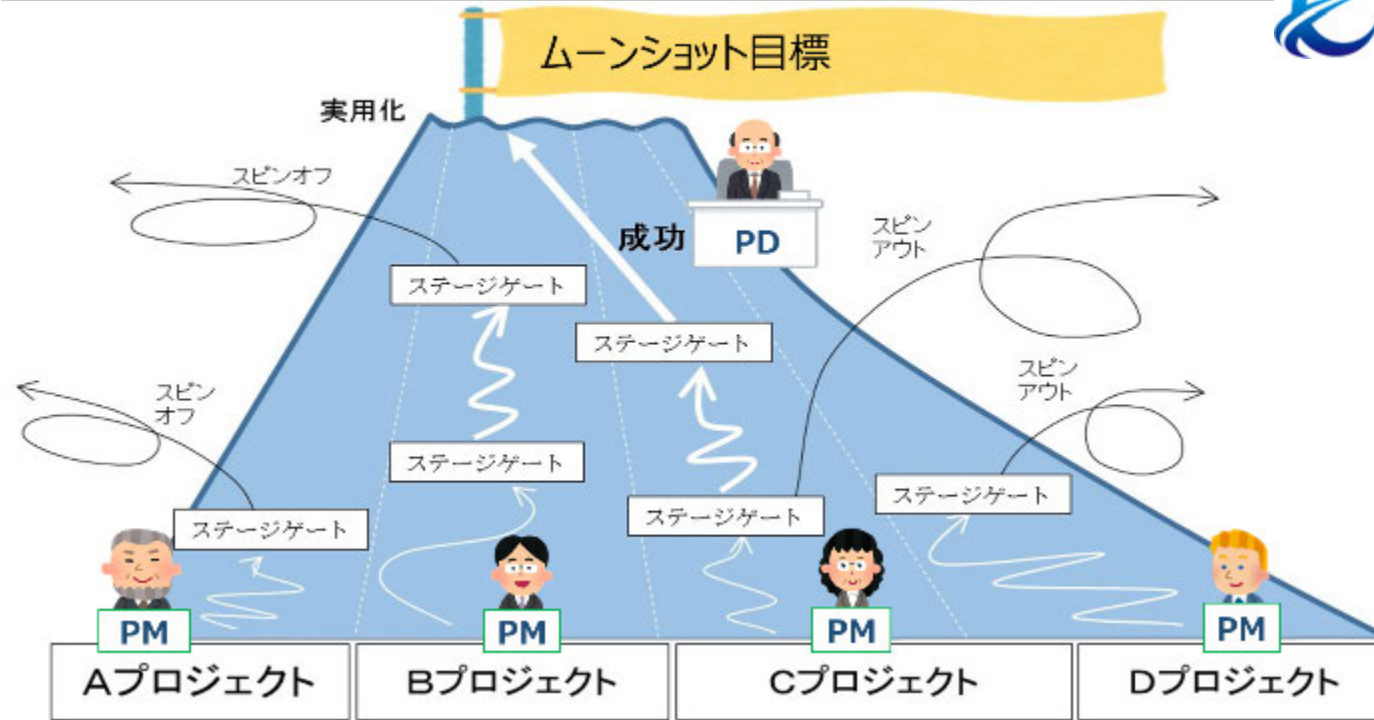
1. 国家戦略を踏まえた最近の取組

2. 原型炉実現に向けた基盤整備

3. ムーンショット型研究開発制度

ムーンショット型研究開発制度

【PDによるポートフォリオ運営】



- 未来社会を展望し、困難だが実現すれば大きなインパクトが期待される社会課題等を対象として、人々を魅了する野心的な目標(**ムーンショット目標**)及び構想を国が策定
- 各ムーンショット目標において、複数のプロジェクトを統括する**PD(プログラムディレクター)**を任命し、その下に国内外トップの研究者を**PM(プロジェクトマネージャー)**として採択
- 研究全体を俯瞰したポートフォリオを構築し、我が国の基礎研究力を最大限に引き出す挑戦的研究開発を積極的に推進し、失敗も許容しながら**挑戦的な研究開発**を推進
- ステージゲートを設けて**ポートフォリオを柔軟に見直し**、将来における社会実装を見据え派生的な研究成果のスピノアウトを奨励

ムーンショット型研究開発制度

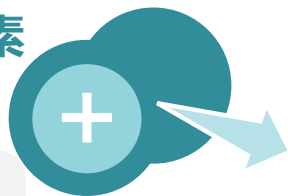
<p>目標1 身体、脳、空間、時間の制約からの解放</p> 	<p>目標2 疾患の超早期予測・予防</p> 	<p>目標3 自ら学習・行動し人と共生するAIロボット</p> 
<p>目標4 地球環境の再生</p> 	<p>目標5 2050年の食と農</p> 	<p>目標6 誤り耐性型汎用量子コンピュータ</p> 
<p>目標7 健康不安なく100歳まで</p> 	<p>目標8 気象制御による極端風水害の軽減</p> 	<p>目標9 こころの安らぎや活力を増大</p> 

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！



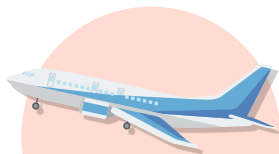
=



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！

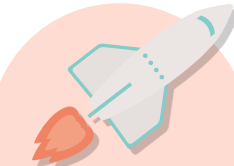
少量の燃料で長期間移動が可能に



小型動力源

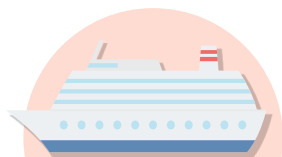
フュージョンエネルギー

未知の領域への挑戦が可能に



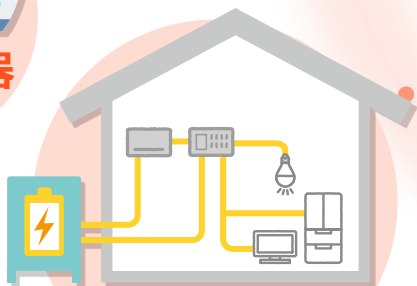
宇宙推進器

海洋推進器



水素製造
合成燃料製造

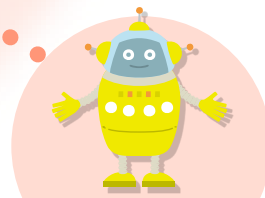
オフグリッド



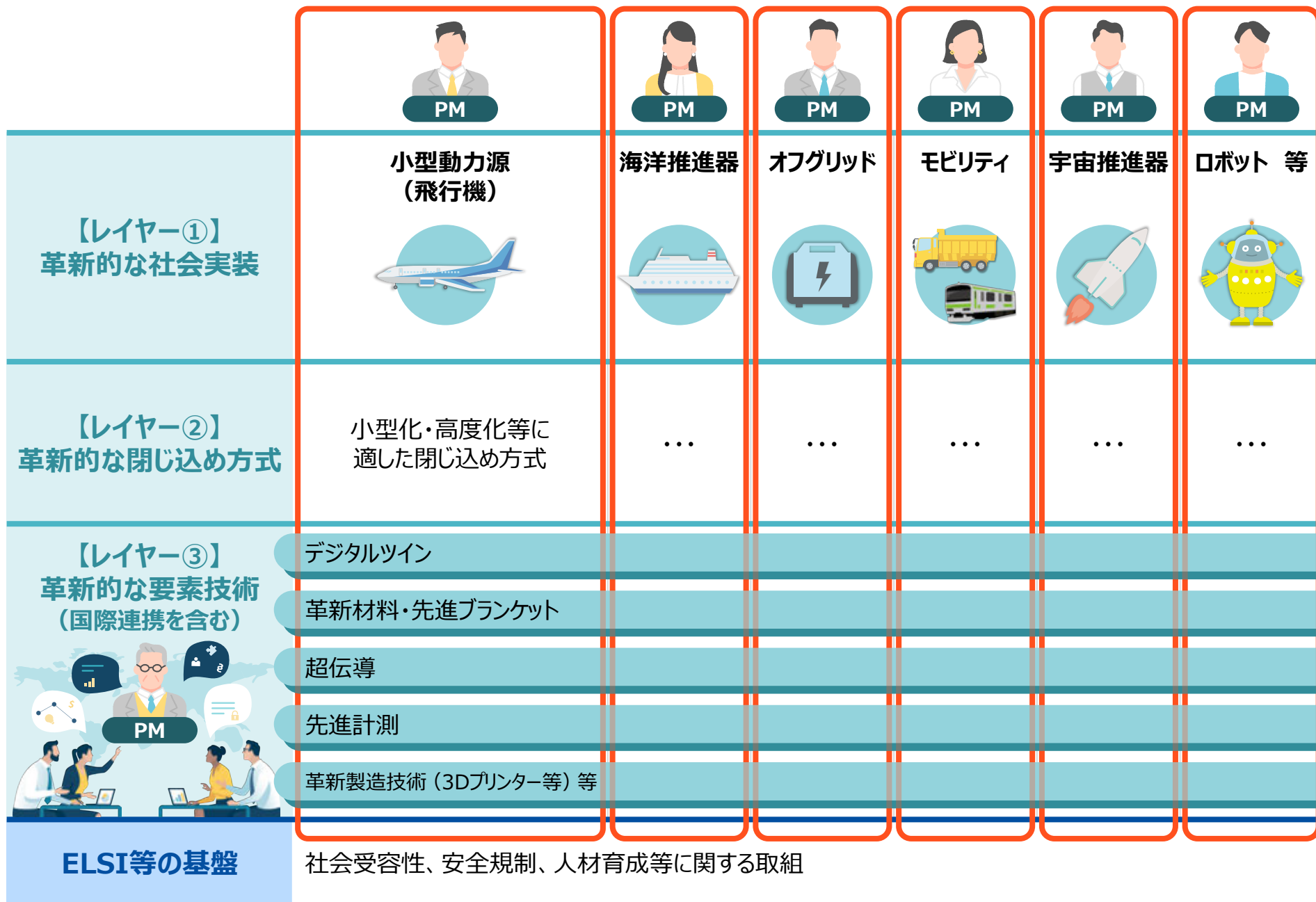
日常の様々な
場面で活用



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

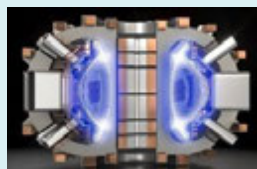
世界各国で、多様な炉型による取組が進展

磁場閉じ込め型

トカマク型



(日) JA-DEMO



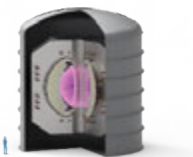
(米) Commonwealth Fusion Systems
2,800億円以上を調達
ビルゲイツ、Googleなど

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



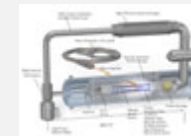
(英) First Light Fusion
130億円以上を調達



(米) Zap energy
260億円以上を調達

その他

ミュオン触媒



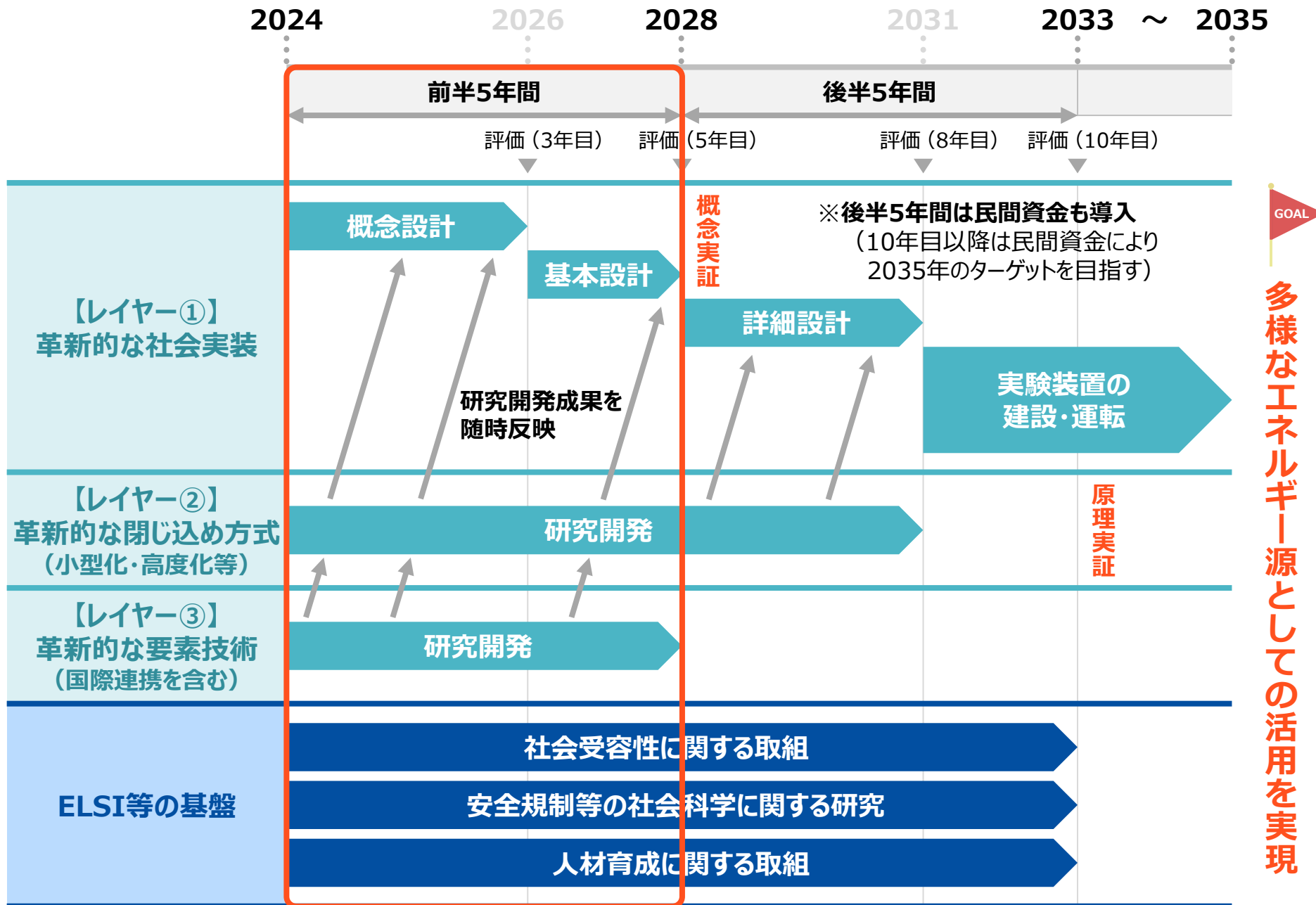
(日) 中部大学
ミュオンの特徴
● 強い結合力→核融合
● 高い透過力→構造物イメージング等

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）



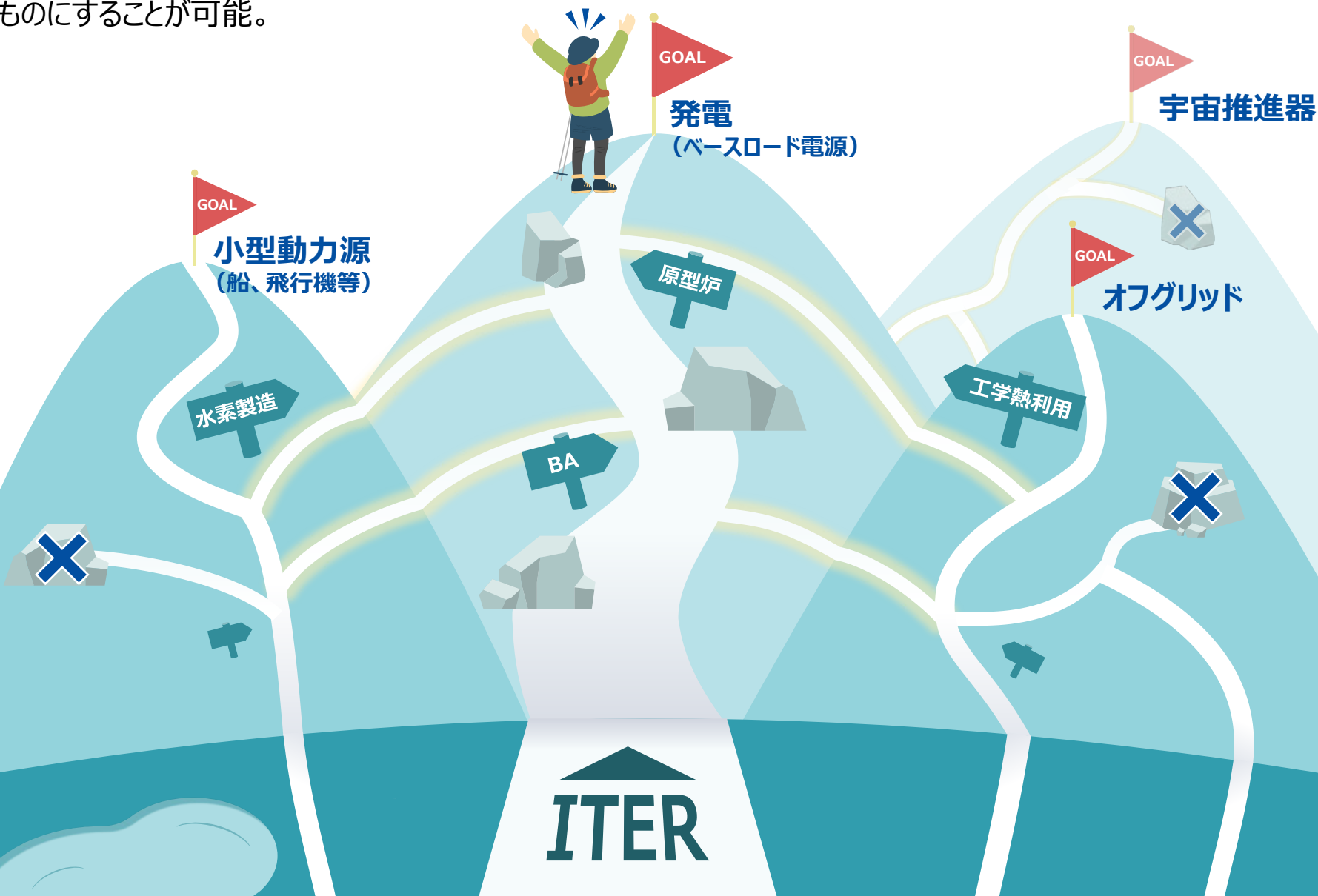
ムーンショット型研究開発制度との 協働がない 場合

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。



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

日時：2024年1月31日 13時～16時（オンライン）

概要：政策動向の紹介、諸外国の政府関係者による招待講演、パネルディスカッション

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。

※1月31日の国際ワークショップでの議論、本日の核融合科学技術委員会での審議も踏まえ、3月中に公募開始予定