

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

- ①国際連携(日欧・日米・G7)
- ②ムーンショット型研究開発制度
- ③実規模技術開発のための試験施設・設備群の整備

(参考)フュージョンエネルギーの早期実現に向けて

- ①統合イノベーション戦略 2024
- ②新しい資本主義のグランドデザイン及び実行計画2024年改訂版
- ③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

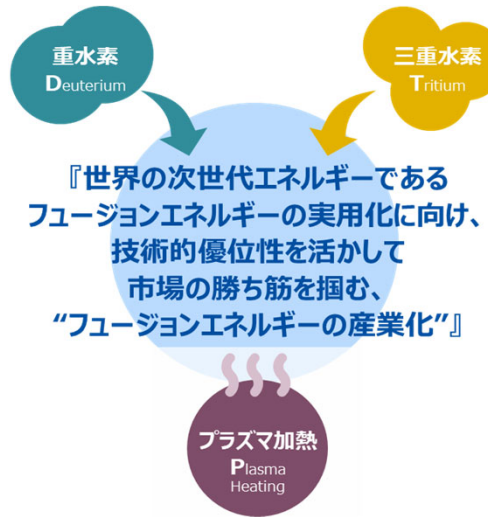
第71回 総合科学技術・イノベーション会議 資料一部改訂
(2024年2月20日)

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。

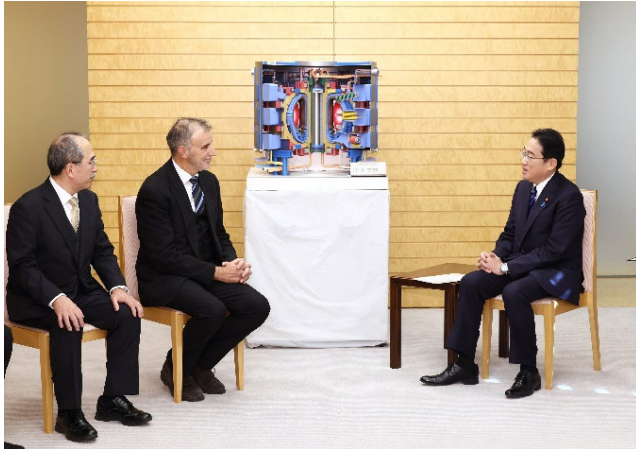
フュージョンインダストリーの育成戦略 Developing the Fusion industry

- フュージョンエネルギー産業協議会(通称: J-Fusion)の設立
- 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。

フュージョンエネルギーにおける国際戦略

- 世界7極で取り組む**ITER計画**及びそれを補完・支援する日欧協力の**BA(幅広いアプローチ)活動**を推進。 As Is
 - あわせて、米国、中国、韓国と、学術的な共同研究、人材交流等の**二国間協力**を推進。
- ⇒G7プーリア首脳コミュニケや日米共同声明、日欧共同プレス声明も踏まえつつ、**多国間・二国間の連携を強化** To Be

イギリス

2023年12月、日英原子力年次対話において、今後の連携について議論。

欧州

世界最大のトカマク型超伝導プラズマ実験装置JT-60SAなど、日本でBA活動を推進。2023年12月、JT-60SA運転開始記念式典で、「日欧共同プレス声明」に署名。

カナダ

2024年5月、日・カナダ科学技術協力合同委員会において、今後の連携について議論。

アメリカ

日米核融合調整委員会(CCFE)を通じて、1979年以来、共同研究や人材交流等を実施。2024年4月、「実証と商業化を加速する戦略的パートナーシップに関する共同声明」を発表。

韓国

2004年に締結した「日韓核融合協力に関する実施取決め」に基づき、日韓核融合協力調整役会合(JCM)を開催。

中国

2007年に締結した「日中核融合協力に関する実施取決め」に基づき、日中合同作業部会(JWG)を開催。

多国間

- 2024年6月、G7プーリア・サミットの首脳成果文書で、フュージョンエネルギーに関して記載。G7作業部会の設立。
- 2024年11月、IAEA World Fusion Energy Groupの創立閣僚級会議を開催。IAEAを通じた国際連携。

ITER



ITER

準ホスト国として、必要な機器の調達や人員派遣等を実施。



— バイ
— マルチ

G7プーリア・サミットの成果文書(フュージョンエネルギー関連)



- 2024年6月13日～15日、イタリア・プーリアで開催された、**G7プーリア・サミットの成果文書**において、フュージョンエネルギーに関する記載が盛り込まれた。
- 4月28日～30日の**G7気候・エネルギー・環境大臣会合**及び7月9日～11日の**G7科学技術大臣会合**を踏まえ、フュージョンエネルギーが、将来的に気候変動とエネルギー安全保障上の課題に対して永続的な解決策を提供する可能性があることを認識。
- 民間投資と公衆関与を促進し、**開発と実証を加速するため、国際協調を促進。**

<G7首脳の成果文書(G7プーリア首脳コミュニケ)>

- フュージョンエネルギーに関する**G7作業部会の設立**を約束する。
- フュージョンの**規制に対する一貫したアプローチ**に向けて取り組む。
- フュージョンエネルギーにおける協力を促進するため、**世界フュージョン・エネルギー・グループ“World Fusion Energy Group”の創立閣僚級会議をローマで主催する**という、イタリアとIAEAの意思決定を歓迎する。

世界フュージョン エネルギー グループ(WFEG)創立閣僚級会議

- 2024年11月6日、**G7首脳の結果文書**において言及された、**世界フュージョン・エネルギー・グループ “World Fusion Energy Group” の創立閣僚級会議**がイタリア・ローマで開催。
- グロッシー国際原子力機関(IAEA)事務局長等の開会挨拶の後、シムソン欧州委員や政府代表から、各国の声明。日本からは、今枝文部科学副大臣や小安量子科学技術研究開発機構(QST)理事長等が参加。**今枝副大臣より、国家戦略を踏まえた取組を紹介するとともに、国際連携強化の意志を表明。**
- 午後は、**研究開発、官民連携、産学連携に関する3つのパネル**を実施。J-Fusionの小西会長や住友商事の兵頭取締役会長、バラバスキITER機構長に加え、各国の研究機関やスタートアップのCEO等が登壇。
- 11月4日には、フュージョンエネルギーに関する**G7作業部会の初会合**が開催。内閣府の川上審議官や核融合科学研究所(NIFS)の吉田所長等が参画し、早期実現に向けて、G7として優先的に取り組むべき事項等について議論。





IIS2024

13th ITER International School

~Magnetic fusion diagnostics and data science~
December 9-13, 2024 Nagoya Prime Central Tower, Nagoya (Japan)

<https://iis2024.org/>

目 次

1. 国家戦略を踏まえた最近の取組

- ①国際連携(日欧・日米・G7)
- ②ムーンショット型研究開発制度
- ③実規模技術開発のための試験施設・設備群の整備

(参考)フュージョンエネルギーの早期実現に向けて

- ①統合イノベーション戦略 2024
- ②新しい資本主義のグランドデザイン及び実行計画2024年改訂版
- ③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



「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」

ムーンショット型研究開発制度



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



ムーンショット目標10 プロジェクトマネージャーの公募について

●経緯

- ✓ これまでに9つのムーンショット目標において、全体の責任者であるプログラムディレクター(PD)のもと、各研究開発プロジェクトを推進するプロジェクトマネージャー(PM)により、研究開発を推進。
- ✓ 昨年12月の総合科学技術・イノベーション会議(CSTI)において、新たなムーンショット目標を決定。国際ワークショップを開催するとともに、文部科学省が研究開発構想を策定。

●公募

- ✓ 科学技術振興機構(JST)において、新たなムーンショット目標についてPDを任命し、目標達成に向けて研究開発プロジェクトを推進するPMの公募を実施(3月29日～6月4日)。
- ✓ 47名の応募があり、書類選考・面接選考を経て、**3名を採択**(10/18)。



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 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 センター長	多様な革新的炉概念を実現する超伝導基盤技術
星 健夫	自然科学研究機構 核融合科学研究所 教授	次元状態エンジニアリングによる未来予測型デジタルシステム

※ 研究開発プロジェクト名は、採択後の作り込み(提案した研究開発プロジェクトの見直し及び具体化)を経て変更される場合があります。11

＜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)

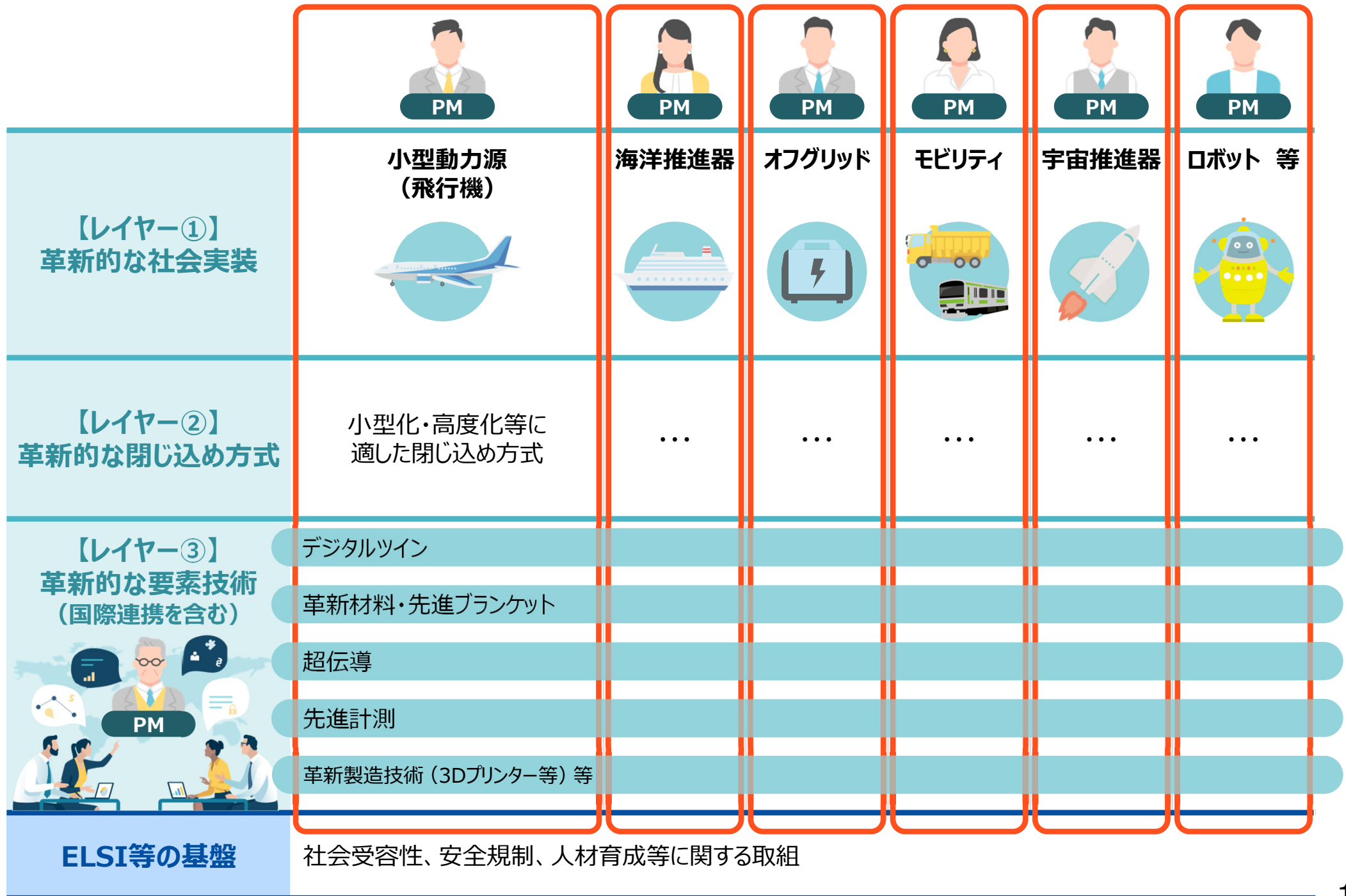
2050年という私たちの未来が、地球環境と調和しながら活力ある社会であるために、フュージョンエネルギーという新しい技術を手に入れる—このことを目指して、ムーンショット目標10(以下、「MS10」)が2023年度に策定されました。フュージョンエネルギーの実用化は、70年余りにわたって世界の研究者が結集して挑戦してきた大きな夢です。その早期実現が求められる中、MS10は、研究開発を加速できる破壊的イノベーションを生み出す役割を担っています。この重要な任務を遂行するために、幅広い専門分野に協力を呼びかけ、新しい血(知)を入れた研究チームを編成して取り組みます。

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。

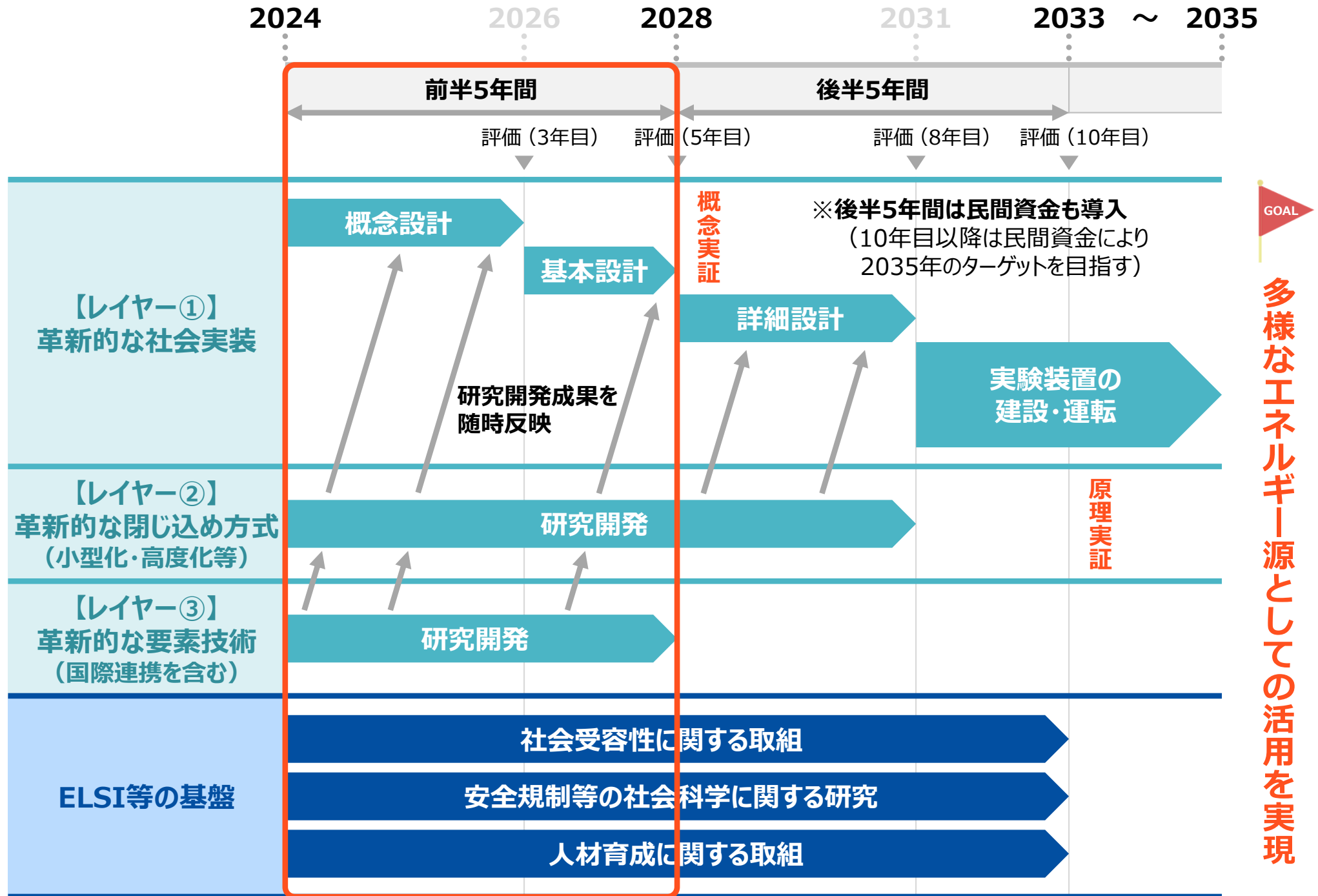
採択された3件は、いずれも、2050年までにフュージョンエネルギーの多面的な活用を目指すMS10の趣旨に適った計画であり、マイルストーンの具体性が高い優れた提案でした。他方、今回採択に至らなかった提案の中にも、フュージョンエネルギーの実用化に資する挑戦的で魅力的な要素研究が数多くありました。ムーンショット型研究開発事業の特徴として、個別の要素研究を束ねた「パッケージ」をプロジェクトとして募集することから、プロジェクト全体の挑戦性、国際的競争力、自己無撞着性などの観点から採択に至らなかったことは残念でした。ポートフォリオを俯瞰する中で、必要な要素研究の取り込みを検討して行くつもりです。

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。

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)

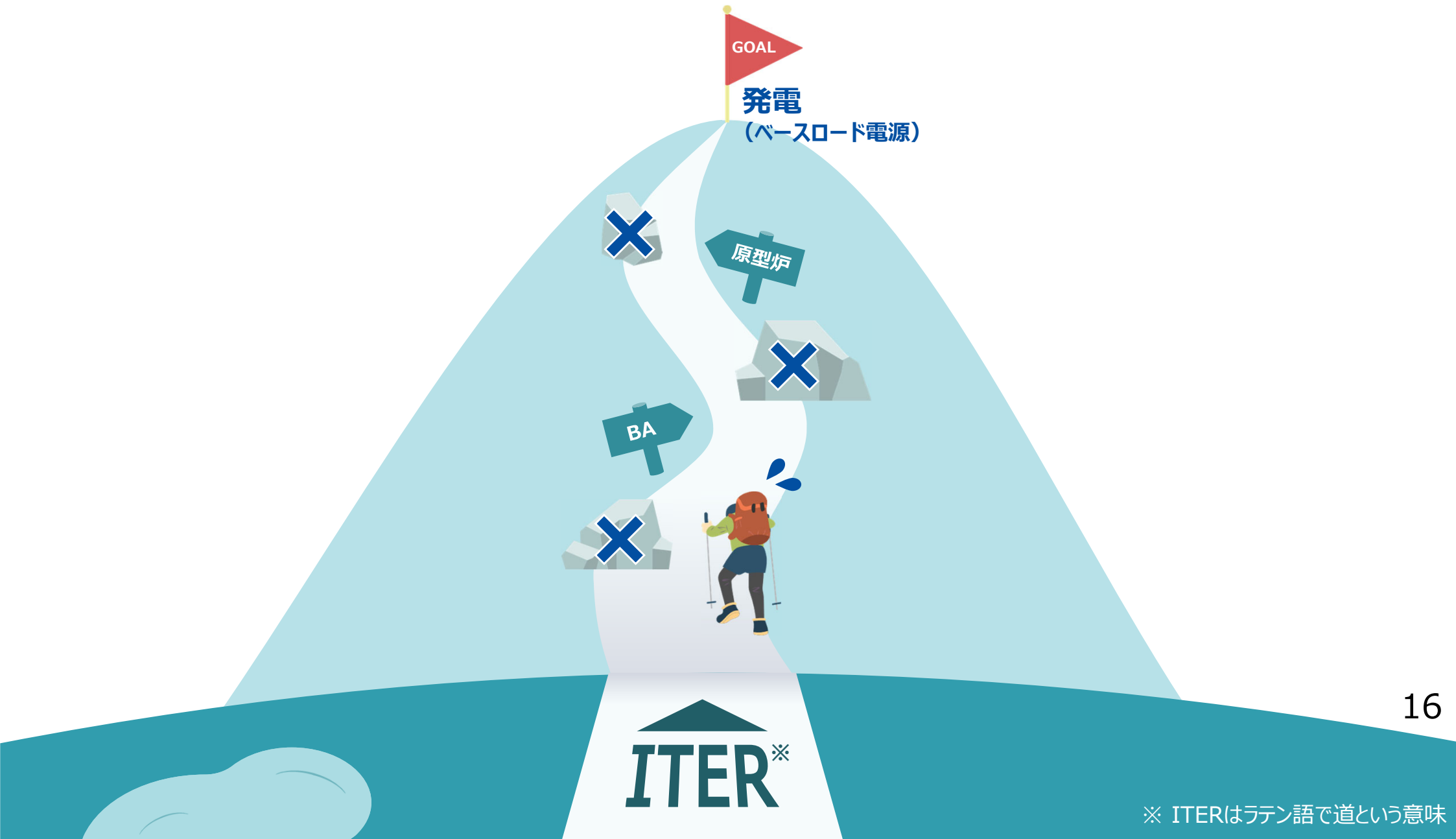
一定の資金と期限を設定し、マイルストーンの達成状況に応じて絞り込み

③ FAと国研等との連携 (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

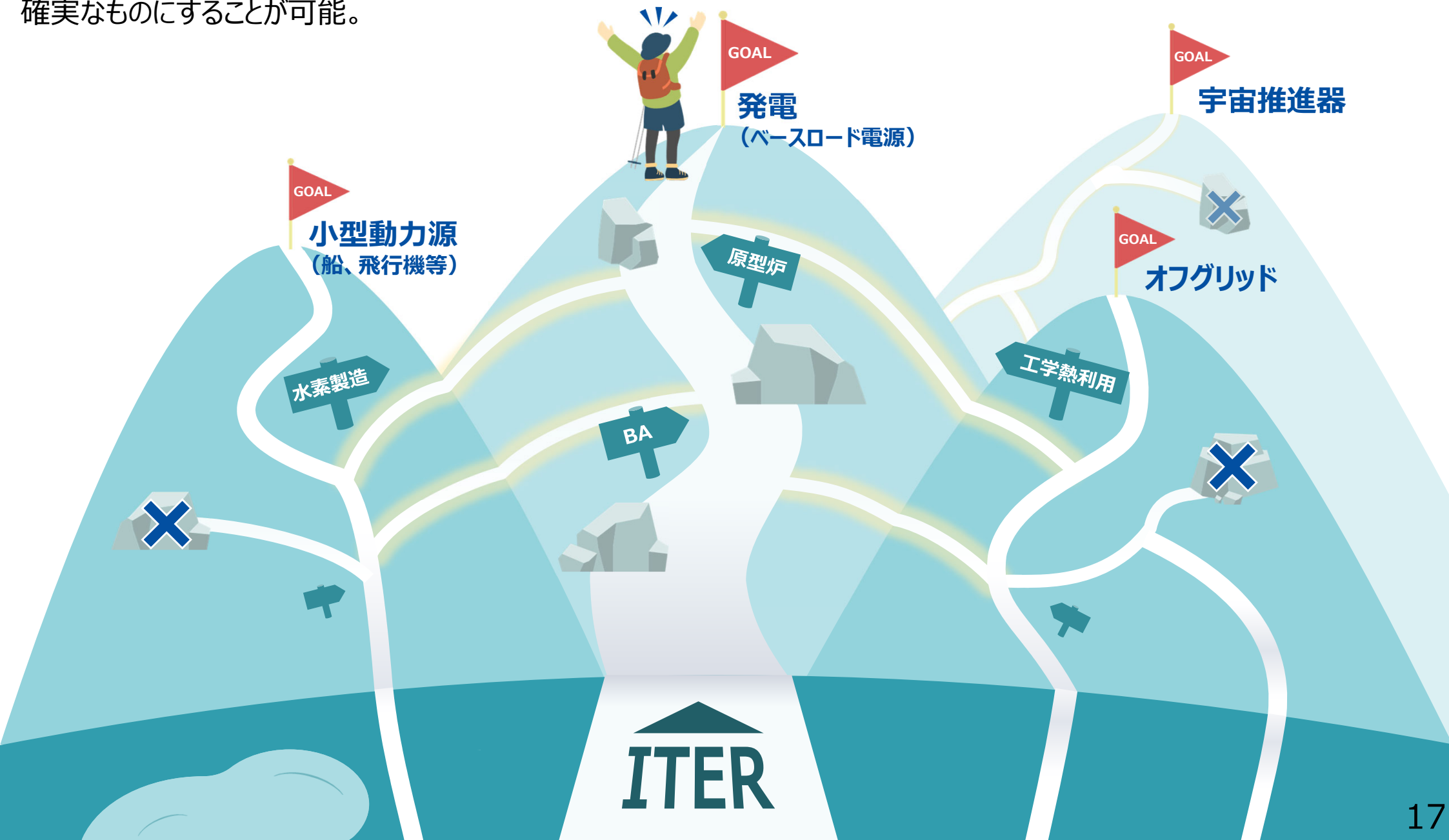
ムーンショット型研究開発制度との 協働がない 場合

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



ムーンショット型研究開発制度との 協働がある 場合

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



目次

1. 国家戦略を踏まえた最近の取組

- ①国際連携(日欧・日米・G7)
- ②ムーンショット型研究開発制度
- ③実規模技術開発のための試験施設・設備群の整備

(参考)フュージョンエネルギーの早期実現に向けて

- ①統合イノベーション戦略 2024
- ②新しい資本主義のグランドデザイン及び実行計画2024年改訂版
- ③フュージョンエネルギー・イノベーション戦略の加速案

原型炉実現に向けた基盤整備（イノベーション拠点化）

- ◆ 現在、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、中国の大規模試験施設群(CRAFT)や英国のカラムセンター(CCFE)等も参考に、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。
- ◆ ITER計画やBA活動で得られた技術や人材が散逸する前に研究開発を加速すべく、**工学設計・実規模技術開発に不可欠な大規模施設・設備の整備**にできるだけ早く着手することが必要。また、試験施設・設備群の整備は、ITER計画からの切れ目ない新たなアンカーテナンシーとしての役割も合わせ持つため、**これまで培った技術・人材を活用した産業育成としても重要**。
- ◆ 核融合研究では、大型の実験設備や安全面の管理が必要であるため、QSTやNIFS等の研究機関が、スタートアップ等の産業界に供用することで、**スタートアップを含めた官民の研究開発力強化**につながる。なお、今後の基盤整備に向けては、大型設備に加えて、既にある大学等の基盤を活用するシステムを構築することで、既存の設備を含めて、効率的に運用していく。



<中>CRAFT



<英>Culham Centre for Fusion Energy

【参考】新しい資本主義のグランドデザイン及び実行計画2024年改訂版（令和6年6月21日閣議決定）

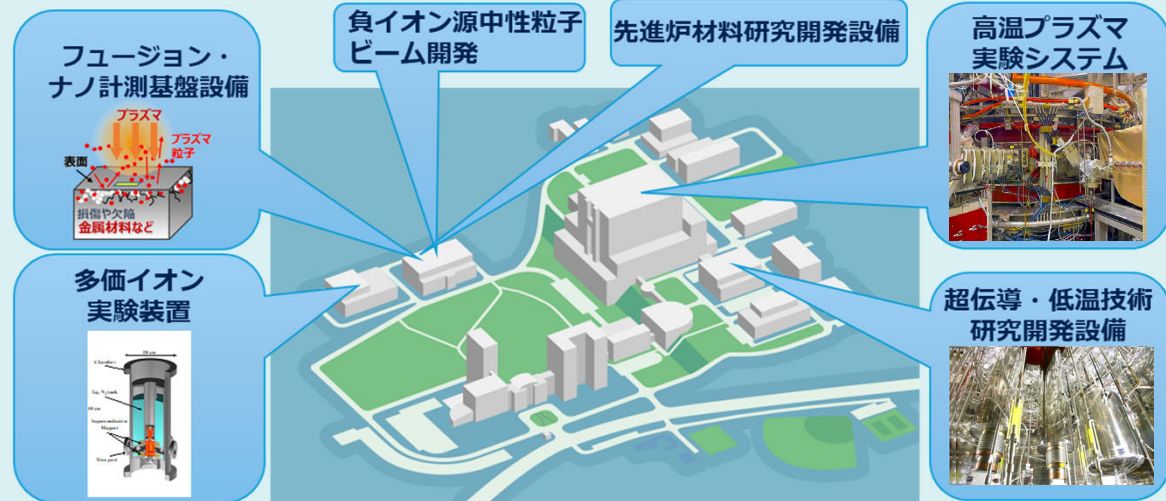
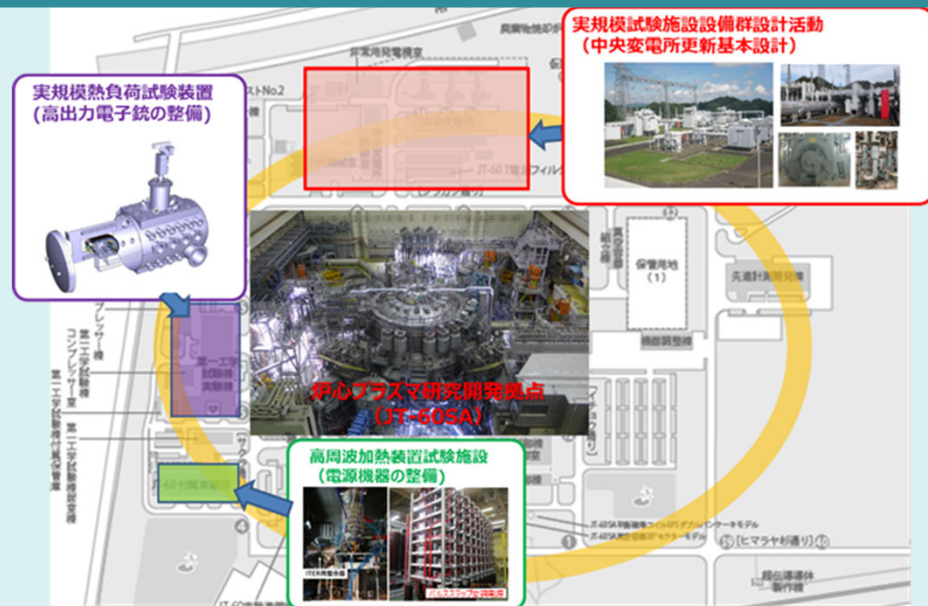
フュージョンエネルギーの早期実現と産業化を目指し、実証試験施設群の整備によるQST等のイノベーション拠点化や、スタートアップを含めた官民の研究開発力を強化する。



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。

磁場閉じ込め型



慣性閉じ込め型

① 高効率レーザー核融合燃焼模擬試験装置

- 1-1. 核融合燃焼模擬試験装置
- 1-2. 核融合燃料高密度圧縮装置

② 繰り返しレーザー核融合試験装置

- 2-1. 繰り返し核融合試験用レーザー装置
- 2-2. 繰り返し核融合反応試験装置

③ デジタルツイン高効率レーザーフュージョン試験装置



目 次

1. 国家戦略を踏まえた最近の取組

- ①国際連携(日欧・日米・G7)
- ②ムーンショット型研究開発制度
- ③実規模技術開発のための試験施設・設備群の整備

(参考)フュージョンエネルギーの早期実現に向けて

- ①統合イノベーション戦略 2024
- ②新しい資本主義のグランドデザイン及び実行計画2024年改訂版
- ③フュージョンエネルギー・イノベーション戦略の加速案

統合イノベーション戦略 2024①

- ・フュージョンエネルギーは、次世代のクリーンエネルギーとして、環境・エネルギー問題の解決策としての期待に加え、国際プロジェクトで建設が進められているITERや、米国ローレンスリバモア国立研究所などにおける政府主導の取組の科学的・技術的進展もあり、諸外国における民間投資が増加している。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・人材の囲い込みを強める中、日本の技術・人材の海外流出を防ぎ、我が国のエネルギーを含めた安全保障政策に資するため、「フュージョンエネルギー・イノベーション戦略(2023年4月14日統合イノベーション戦略推進会議決定)」に基づく取組を加速する。特に、国としてのコミットメントを明確にする観点から、**世界に先駆けた2030年代の発電実証の達成に向けて、必要な国の取組を含めた工程表を作成するなど、フュージョンエネルギーの早期実現を目指す。**
- ・民間企業やアカデミアの予見可能性を高めるため、米国や英国等のスタートアップが掲げる野心的な発電時期も踏まえつつ、**ITER計画/BA活動の知見や新興技術を最大限活用し、バックキャストに基づくロードマップを策定する。**

統合イノベーション戦略 2024②

- ・ 原型炉実現に向けた基盤整備を加速するため、産学官の研究力を強化するとともに、国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構(以下「QST」という。)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。また、トカマク型、ヘリカル型、逆磁場配位型、ミラー型などの磁場閉じ込め方式、レーザー型のような慣性閉じ込め方式などの様々な方式の研究開発が進められている中で、2024年3月に設立された「一般社団法人フュージョンエネルギー産業協議会(J-Fusion)」等の産業界と連携し、国際標準化を戦略的に主導することや、小型動力源等の多様な社会実装に向けた用途を実証すること等により、サプライチェーンの発展や投資の促進を支援するなど、エコシステム構築に向けた取組を推進する。また、ITER計画のベースラインの改定も見据えつつ、ITER計画/BA活動を通じたコア技術を着実に獲得するとともに、日米共同声明や日欧共同プレス声明も踏まえつつ、多国間・二国間の連携を強化する。さらに、民間企業の参画や原型炉開発を促進するため、内閣府の安全確保検討タスクフォースにおいて、関連学会やG7などの同志国と連携し、2024年度中に、科学的に合理的で国際協調した基本的な考え方を策定する。あわせて、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を戦略的に育成するため、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、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を一体的に推進する。

新しい資本主義のグランドデザイン及び実行計画2024年改訂版

6. 官民連携による科学技術・イノベーションの推進

科学技術・イノベーションには、感染症・地球温暖化・少子高齢化等、世界が直面する様々な社会的課題を解決する力がある。官民が連携して科学技術投資の拡充を図り、令和の時代の科学技術創造立国を実現する。

(2) フュージョンエネルギー・イノベーション戦略

フュージョンエネルギー(核融合エネルギー)の実現は、わが国の自律性の確保、産業振興を通じた国富の増大およびエネルギーを含む経済安全保障全般の強化に資することから、**戦略、法制度、予算、人材面での強化が必要**である。

フュージョンエネルギーの早期実現と産業化を目指し、**実証試験施設群の整備によるQST等のイノベーション拠点化**や、**スタートアップを含めた官民の研究開発力を強化**する。また、**日米・日欧等の国際連携を戦略的に推進**するとともに、**安全確保の基本的な考え方**を示す。**2030年代の発電実証を目指すと共に、産業化までをも見据え、現行戦略を早期に改定**する。その上で、

- i)** 他国に劣らない資金供給量を確保し、トカマク型のみならず様々な型の事業者間競争を促す支援、
- ii)** 大規模試験施設・設備群の拠点化、
- iii)** 原子炉等規制法の対象にはならないとの政府解釈の更なる深化、
- iv)** 新エネルギー・産業技術総合開発機構、科学技術振興機構、量子科学技術研究開発機構等の資金供給機能の強化、
- v)** 輸出管理や投資規制に関する外為法上の取扱いを含めた、技術管理の在り方、
- vi)** 推進体制の強化等を目的とする基本法の制定、

について早急に検討し、措置を講ずる。次期エネルギー基本計画において、エネルギー政策上の位置づけを高めるとともに、世界に先駆けた発電実証に向けて検討を加速する。

フュージョンエネルギー・イノベーション戦略の加速案

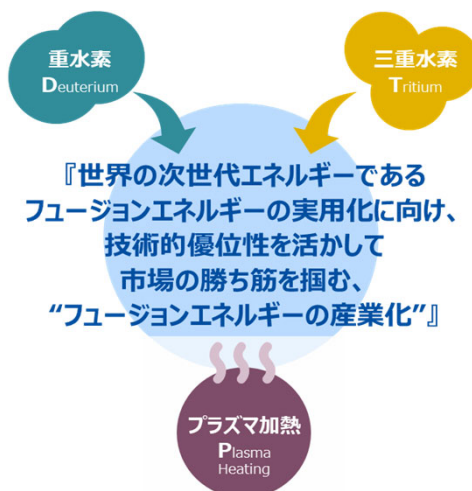
～フュージョン産業エコシステム創出ビジョン～

- ✓ 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となる大規模施設・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