

フュージョンエネルギーの早期実現に向けて ～フュージョンエネルギー・イノベーション戦略の加速～

研究開発戦略官付
(核融合・原子力国際協力担当)

目次

1. 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
2. 各国におけるフュージョンエネルギーに関する最近の取組
3. フュージョンエネルギーの早期実現に向けた取組の加速

フュージョンエネルギー・イノベーション戦略概要

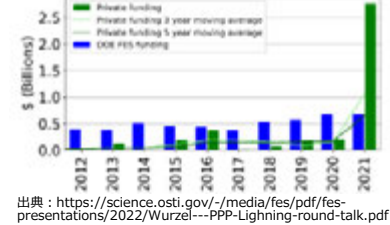
- ✓ **フュージョンエネルギーを新たな産業として捉え、構築されつつある世界のサプライチェーン競争に我が国も時機を逸せずに参加。**
- ✓ **ITER計画/BA活動、原型炉開発と続くアプローチに加え、産業化等の多面的なアプローチによりフュージョンエネルギーの実用化を加速。**
- ✓ **産業協議会の設立、スタートアップ等の研究開発、安全規制に関する議論、新興技術の支援強化、教育プログラム等を展開。**

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

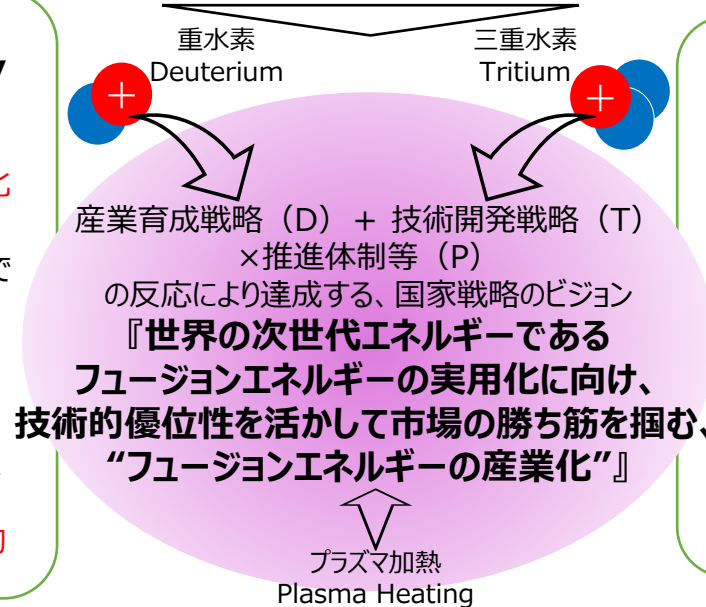
新たな産業としてのフュージョンエネルギー

- ・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

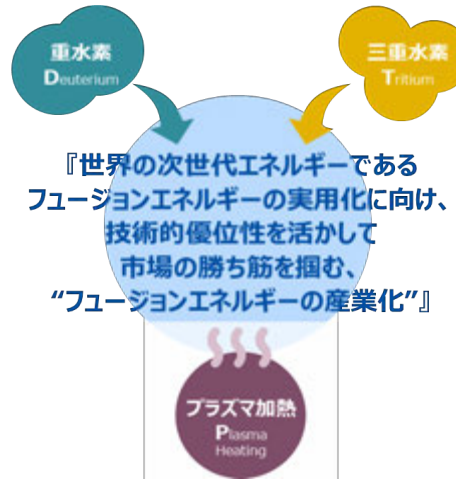
第71回 総合科学技術・イノベーション会議 資料抜粋
(2024年2月20日)

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フォーラム（仮称））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。


フュージョンエネルギーの国際競争の激化


1. 諸外国の状況

①各国が国策としてフュージョンエネルギー開発を推進

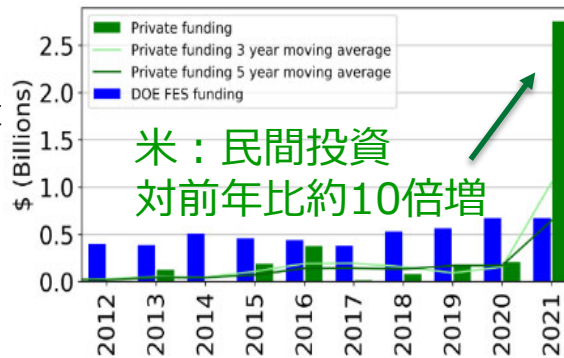
 商業フュージョンエネルギーの実現を加速するための10年戦略を策定することを宣言(2022.3)
2024年予算として過去最大(1ビリオンドル以上)を要求

 フュージョンエネルギー国家戦略発表(2021.10)
2040年代に核融合発電炉の建設を目指す
野心的な新しいR&Dプログラムを立ち上げるため、
2027年までに追加で650ミリオンポンドを投資予定

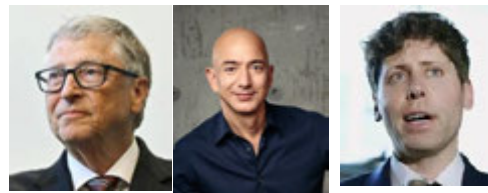
 ITERと同規模の工学試験炉を建設し、2030年代までに発電炉(原型炉)に改造する計画を推進中

 連邦教育研究大臣が核融合の新しいプログラム(5年間で370ミリオンユーロ)を開始すると宣言。

②フュージョンエネルギー関連スタートアップへの投資額が急増



米：民間投資
対前年比約10倍増



(出典) ホリエモンYouTubeチャンネル



(NHK)アメリカの核融合 いつ実現？スタートアップ企業の開発加速
<https://www3.nhk.or.jp/news/html/20231222/k10014294961000.html>

Comprehensive Research Facility for Fusion Technology (CRAFT) in Hefei, east China's Anhui Province

目次

1. 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
2. 各国におけるフュージョンエネルギーに関する最近の取組
3. フュージョンエネルギーの早期実現に向けた取組の加速

各国におけるフュージョンエネルギーに関する最近の取組

<米国> NHK 2023年12月22日

「アメリカの核融合 いつ実現？スタートアップ企業の開発加速」



投資が集まるスタートアップ企業の開発はどこまで進んでいるのか。私はここ1年ほどの間で約2億5000万ドルの資金を集めた、カリフォルニア州の「TAEテクノロジーズ」を訪ねました。



この会社には日本人が幹部として勤務しています。 科学部門の責任者を務める、田島俊樹 チーフ・サイエンス・オフィサーです。自社の核融合開発を次のように話していました。「我々は、発電に使える『核融合炉』を、いかに安全に、かつ、限りある時間に、限りあるお金でできるか、という観点で、できる方法を探しています。投資家から見れば、お金を投じていれば『いずれモノになる（実現する）』と思ってもらえるから資金が集まるのだと思います。」

アメリカで資金が集まる理由を探ると、大学で優秀な研究者が育っていること、そして挑戦する企業に資金を提供する出資者の存在が見えてきました。大学で核融合を研究してきた人たちが大学を飛び出して会社をつくる。それに対し、将来の大きなリターンを想定して出資するベンチャーキャピタルなど民間からの資金が、挑戦を支えています。

業界団体の代表は、核融合をめぐる今の状況をこのように例え話で語りました。

核融合産業協会（FIA） アンドリュー・ホランド代表「核融合が難しいことは認めます。しかし、いま我々は、核融合において、ライト兄弟が最初の飛行機を飛ばしたのと同じ瞬間にいます。民間企業のスペースXがいまや、ロケット打ち上げの主役になっているのと同様、民間では不可能と考えられていたことが、これから実現しようとしているのではないのでしょうか」



【参考】米国核融合産業協会(Fusion Industry Association)のメンバー

会員



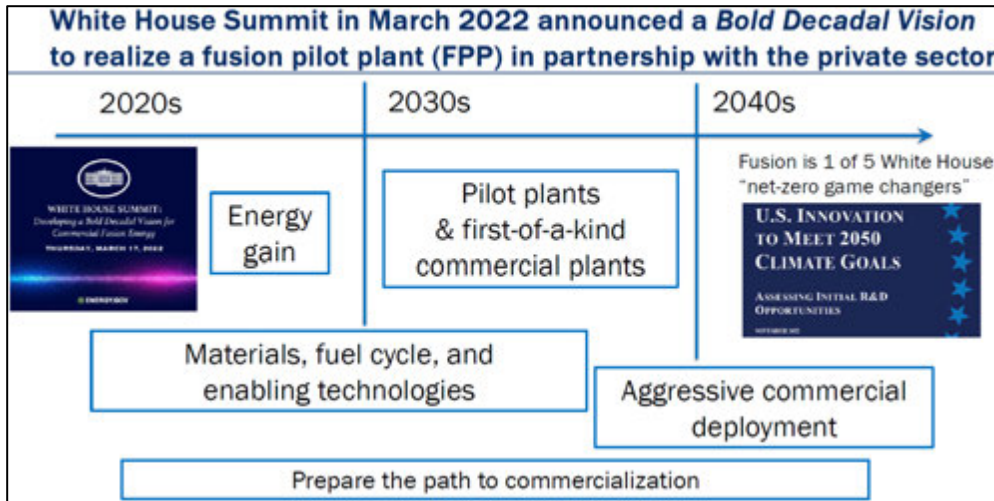
準会員



各国におけるフュージョンエネルギーに関する最近の取組

<米国>

- 2030年代終わりまでにパイロットプラントの運転を開始するため、Public-Private Partnershipsでスタートアップ8社に対し、合計46ミリオンドルを措置。
スタートアップには「America First」ポリシーにより、米国内調達を課している。
- 2023年4月、米・原子力規制委員会(NRC)は、核融合施設を原子力施設(核分裂)の規制とは異なり、加速器等に適用する規制を基にする方針を公表。
2024年秋に、規則の改訂提案をNRCに提出予定。



Bold Decadal Visionにおけるタイムライン



採択されたスタートアップ8社

【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）

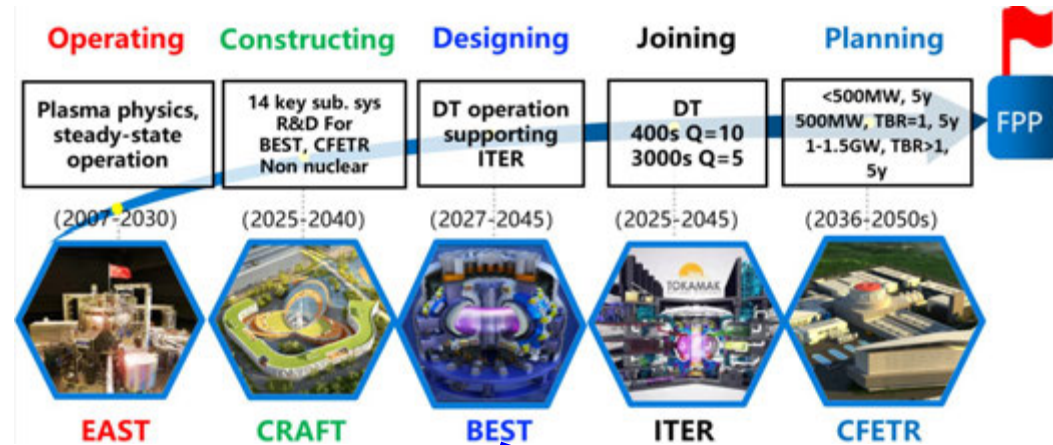
⑤ 公教育と公衆関与の改善（国際機関や多国間会合等を活用した**理解増進**など）



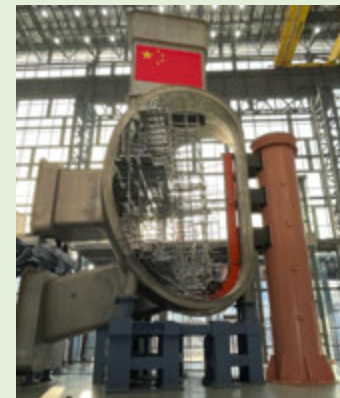
各国におけるフュージョンエネルギーに関する最近の取組

<中国>

- 2050年代の発電実証に向け、圧倒的な予算を投じ、政府主導で計画を進めている。
- 2023年12月、核融合技術開発に焦点を当てた、国営企業25社によるコンソーシアム「中国核融合エネルギー社」を設立。



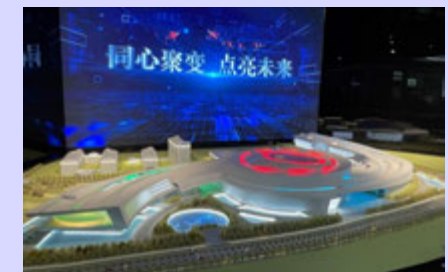
核融合の要素技術を獲得するための大規模試験施設群「CRAFT」を2019年に建設開始し、2025年の完成を見込む。既に14の建屋があり、核融合に必要な機器ごとに大規模試験を実施。土地・建屋の資金については地元自治体が、試験設備は国が負担。



真空容器のモックアップ (実物大模型)

ITERに先立ってDT運転を行うトカマク型核融合実験炉「BEST」を2023年に建設開始し、2027年に運転開始を見込む。

ITER完成までの間、DT運転を行う装置は中国にしかなく、核融合の実現に必要な人材を世界中から招聘する計画。



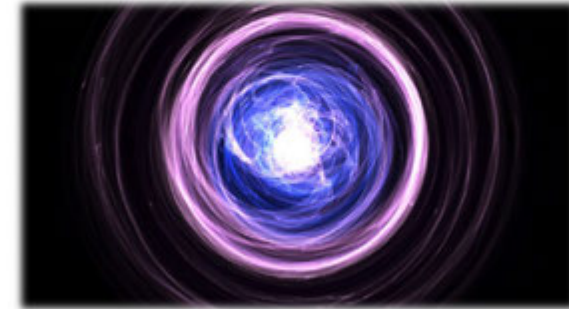
各国におけるフュージョンエネルギーに関する最近の取組

Towards Fusion Energy 2023

The next stage of the UK's fusion energy strategy

<英国>

- 2023年10月、2021年に策定した戦略を更新。
- 2040年までに、原型炉に相当するSTEP (Spherical Tokamak for Energy Production) を建設するため、実施主体 UKIFS (UK Industrial Fusion Solutions) を設立。建設地を選定するとともに、2024年までの予算として、2.4億ポンドを措置。
- 原子力施設(核分裂)の規制を核融合施設には適用しない旨を記載する法律が2023年10月26日に成立。今後、規制の枠組みの構築に向けて、専門家とともに、フュージョン特有のガイドライン、規制の大綱、損害賠償、輸出管理等を含む、ワークプログラムを制定する予定。
- EURATOM(欧州原子力共同体)からの離脱とともに、2027年まで6.5億ポンドの予算パッケージを公表。
 - up to £200 million for a Fuel Cycle Testing Facility
 - up to £200 million for vital R&D
 - up to £50 million for growing and improving the Culham campus
 - up to £55 million for a Fusion Skills Programme
 - up to £35 million additional funding for the Fusion Industry Programme
 - up to £25 million to enhance international collaborations
 - up to £18 million for a Technology Transfer Hub
 - up to £11 million to further support the STEP programme



October 2023



STEP概念図



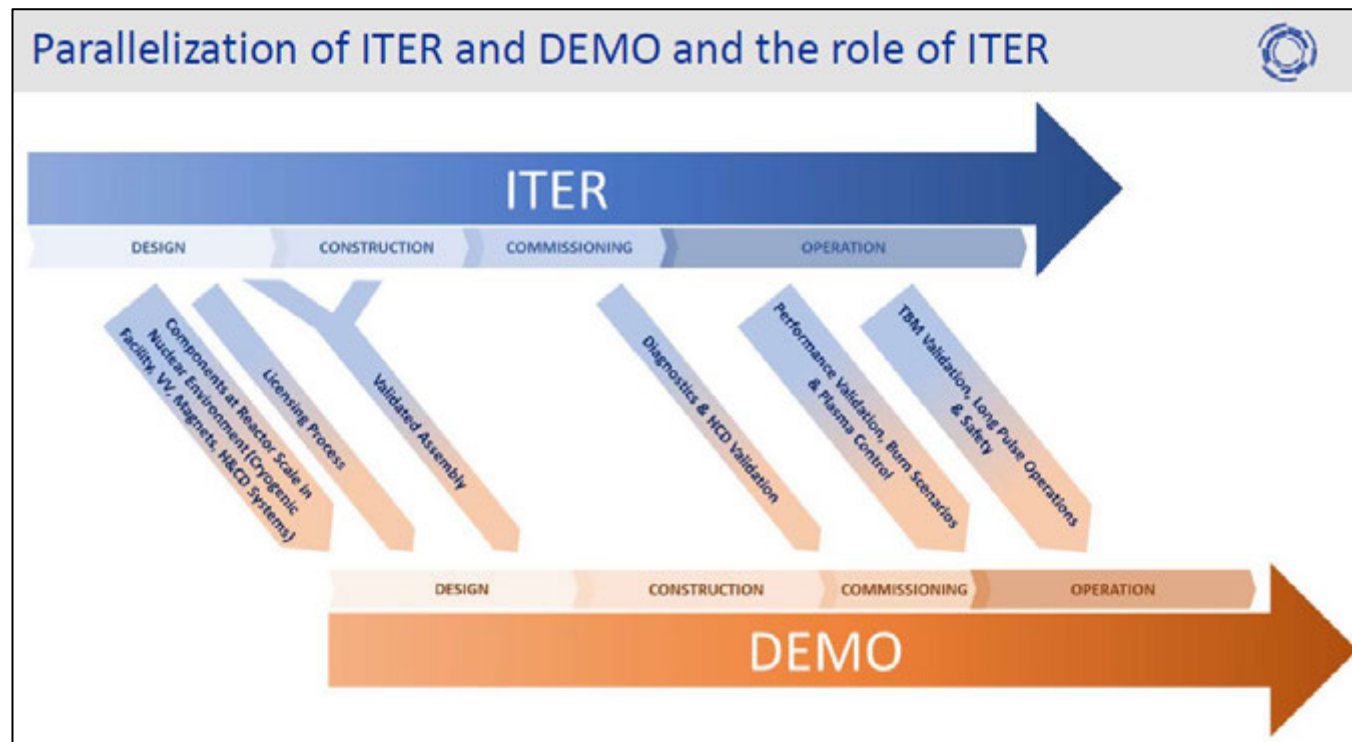
建設予定地

ウエストバートン火力発電所跡地

各国におけるフュージョンエネルギーに関する最近の取組

<欧州>

- 核融合発電に向けたロードマップを改訂中(EUROfusion)
- ITER計画とDEMO(原型炉)の意思決定の接続性を減らすため、並行化を指向。



- 2023年12月1日、盛山文部科学大臣とシムソン欧州委員（エネルギー担当）が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。JT-60SAの高度化を支援するとともに、将来の人材育成に向けた取組を強化する意思を表明。



目次

1. 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
2. 各国におけるフュージョンエネルギーに関する最近の取組
3. フュージョンエネルギーの早期実現に向けた取組の加速

(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。

フュージョンエネルギーの早期実現に向けた取組の加速

現在、世界各国が大規模投資を実施し、自国への技術・人材の囲い込みが更に加速している。日本の技術・人材の海外流出を防ぎ、世界のハブとなるため、我が国のフュージョンエネルギー・イノベーション拠点化を推進するなど、**エコシステム構築**に向けた取組を強化するべきではないか。

＜必要な取組例＞

- 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)
- 大学間連携による人材育成
(体系的な人材育成システムの構築と育成目標の設定)
- 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踏まえ、知見活用)
- 国民の理解を深めるアウトリーチ活動の実施
(リスクコミュニケーションによる国民理解の醸成)
- QST、NIFS、ILE等のイノベーション拠点化
(原型炉開発等に必要となる施設・設備群の整備・供用)
- 安全確保の基本的な考え方の策定
(学会等と連携し、国際協調による規制の策定及び標準化)
- 核融合産業協議会との連携
(国際標準化、サプライチェーンの構築、事業化支援)
- 国際活動の戦略的推進
(ITER計画・BA活動含めた、多国間・二国間の連携強化)