

核融合の挑戦的な研究の支援の在り方に関する検討会
中間とりまとめ(案)

令和5年8月

文部科学省 核融合の挑戦的な研究の支援の在り方に関する検討会

1. 挑戦的な研究の支援の在り方について

(1) 検討会設置の背景

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)に基づき、「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」して、フュージョンテクノロジーとしての研究開発の幅を持たせるためには、現在、建設中の実験炉 ITER から原型炉そして実用炉と段階的にフォアキャストで研究開発を推進するアプローチとは異なる発想で研究の支援の在り方を検討することが必要。具体的には、フュージョンエネルギーが実現した未来社会を議論し、そこからのバックキャストで取り組むべき研究テーマを検討するため、本検討会を設置。

(参考)フュージョンエネルギー・イノベーション戦略の抜粋

●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

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。

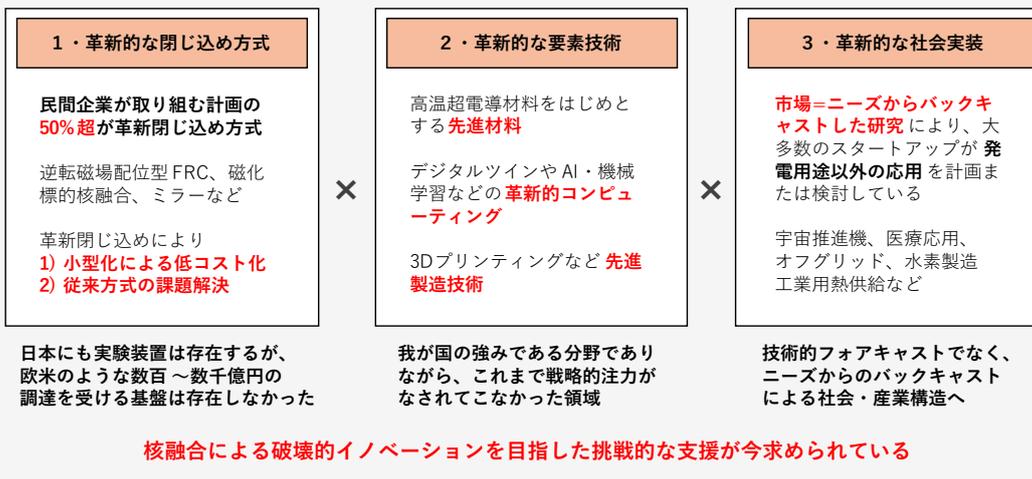
(2) 挑戦的な研究について

世界の核融合スタートアップは、3社に2社が 2035 年かそれ以前の初送電を見込んでおり、革新的な閉じ込め方式(トカマク、ヘリカル、レーザー以外の方式)、革新的な要素技術、革新的な社会実装の3軸に沿って取組を推進。

革新的な閉じ込め方式については、我が国においても6つの装置¹が運用中であり、多様性を確保。革新的な要素技術については、先進材料や革新的コンピューティング、先進製造技術、工業用部品の採用による、小型化及び高度化を追求。一方で、革新的要素技術は、我が国が技術的に可能でありながら欧米と比して注力の弱い領域。また、革新的な社会実装については、発電用途以外の、例えば、宇宙・海洋推進機、オフグリッド、水素製造、工業用熱供給等の市場ニーズからバックキャストした研究開発を実施。また、スタートアップの研究開発のサイクルは早く、早く取り組んで、早く失敗するアプローチ。

¹ IAEA FusDIS (<https://nucleus.iaea.org/sites/fusionportal/Pages/FusDIS.aspx>)に基づきカウント

世界の核融合（フュージョン）スタートアップは、以下の3軸から革新的な研究を実施している。



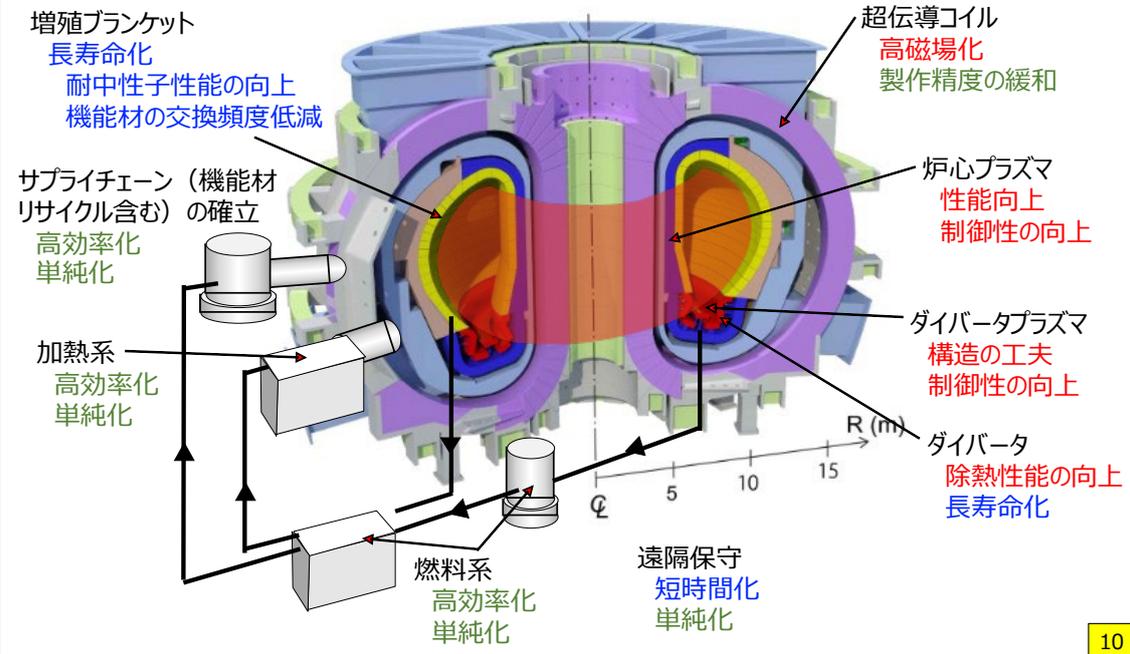
20

第1回 有識者提出資料より抜粋

一方で、ITER、原型炉の閉じ込め方式であるトカマク型でさえ、実用炉に向けて小型化、高稼働率化、簡素化を鍵とした経済性の向上に取り組むことが必要。具体的な開発要素としては、超伝導コイルの高磁場化や炉心プラズマの性能・制御性の向上等による小型化、増殖ブランケットの長寿命化や遠隔保守の短時間化等による高稼働率化、加熱系や燃料系等の単純化による簡素化。

また、これらの研究テーマへの取組方法としては、潜在的なアイデアも取り込むべく、幅広くアカデミアや産業界から研究開発課題を募集し、専門家によるレビューを経て、全体を統括するPD(プログラムディレクター)の下で研究開発を実施することが有効。

原型炉から実用炉に向けては経済性の向上が必要。**小型化、高稼働率化、簡素化**が鍵。



第1回 有識者提出資料より抜粋

(3) 支援の在り方について

- ✓ フュージョンエネルギーは未来社会、人類の発展に貢献する可能性を有することから、明確なビジョンを基に研究開発に取り組むべきであること。
- ✓ 核融合分野は非常に幅広い科学技術分野を巻き込みながらイノベーションを生み出す可能性があること。
- ✓ 社会実装からのバックキャストで研究開発に取り組むスタートアップは、早く取り組んで、早く失敗するアプローチで挑戦的な研究に取り組んでいること。
- ✓ 潜在的なアイデアも取り込むべく、幅広くアカデミアや産業界から研究開発課題を募集し、専門家によるレビューを経て、全体を統括する PD の下で研究開発を実施することが有効であること。
- ✓ 博士号を取得した研究者に限らず、特に若手の核融合の研究者を支援することが、核融合の実現を早める可能性があること。

等の意見を踏まえ、総論として、核融合の挑戦的な研究の支援については、ムーンショット型研究開発制度を念頭に検討することで合意。以下は、ムーンショット型研究開発制度（以下、「MS」という。）において、フュージョンエネルギーに関する新目標案を設定することを前提に議論した内容。

2. フュージョンエネルギーに関する新しい目標案

(1) 目標案

① MS 目標案の名称

2060 年までに、尽きることのない地上の太陽を作り出し、エネルギー資源の制約と温室効果ガスから解放されたダイナミックな社会を実現

② 実現したい 2060 年の社会像

- (総論) ネットゼロ社会を実現する切り札としてフュージョンエネルギーが中心に位置し、人類が消費するエネルギーを持続可能に供給し続ける安全安心なエネルギーシステムが実現した社会
- (マイナスからゼロへ) エネルギー資源の制約と温室効果ガスから解放され、紛争や飢餓の根源的理由の一つが消失した社会
- (ゼロからプラスへ) 活気・活力にあふれ、人類の太陽系外進出やサイバー空間等、未知の空間への展開や新たな価値観を創造する社会

(2) ターゲット (MS 目標の達成シーン。2060 年に何が実現しているか)

① 2060 年の達成シーン

- 安定的で豊富なフュージョンエネルギーによるエネルギーの自給自足を実現 (例えば、海水や森林をカーボンフリー液体燃料へと生まれ変わらせる)
- フュージョンエネルギーによる幅広い産業の炭素排出量の抜本的改善を達成
- 都市部の家庭も、遠く離れた村落部も、フュージョンエネルギーで炭素排出量の抜本的改善
- 大気中の二酸化炭素を回収する、産業革命以来のサイクル逆転をフュージョンエネルギーで駆動 (Beyond Tipping Points)

② 2035 年に実現すること

- 電気エネルギーとしてフュージョンエネルギーを実現

(3) 当該目標達成によりもたらされる社会・産業構造の変化

- エネルギーは“地”政学から、“知”政学へ
- エネルギー限界費用“ゼロ”社会の実現
- 炭素負債 (カーボンデット) の返済へ

(4) 社会像実現に向けたシナリオ

① 挑戦的研究開発の分野・領域及び研究課題

分野・領域

- 「高効率化」「高機能化」「低コスト化」「高知能化」「材料協奏化」のアプローチによりフュージョンエネルギーの利用可能性を高めるため、産業界にとってのインセンティブや他分野への波及効果が高いコア技術
- 実用炉と原型炉の技術ギャップを小さくし、開発期間のギャップを短くするために必要な研究開発

研究課題

- 明確な「結論」が導かれる客観性、学問的水準の高さ、方法論の妥当性、新規制を基に選定(例えば、閉じ込め方式であれば小型トカマクやレーザーを中心にする事等。)

② 2035年、2060年のそれぞれにおける、達成すべき目標(マイルストーン)、マイルストーン達成に向けた研究開発、これによる波及効果

2060年

(マイルストーン)

- 革新的小型炉の実現
- 熱利用技術の実現

(マイルストーン達成に向けた研究開発)

- 革新的小型炉に実装する要素技術
- 核融合炉の量産化を可能とする資源確保、低コスト化

(波及効果の例)

- プラント技術の核融合以外の熱源への応用

2035年

(マイルストーン)

- フュージョンエネルギーの早期実現に向けた革新閉じ込めの実証
- フュージョンエネルギーの多様な社会実装に向けた革新用途の実証(可搬型装置や宇宙推進装置などの新展開が見通せる技術の原理実証等)
- 挑戦を可能とする基盤的革新技術の多角的な応用と同時に産業基盤の構築

(マイルストーン達成に向けた研究開発)

- 革新的小型炉・プラントの概念確立等

(波及効果の例)

- 核融合反応で生成される粒子等を利用した医療技術や環境技術
- 高温超伝導技術の航空機推進用超伝導モーター・発電機等への応用
- 高除熱機器(ダイバータ)の材料や構造の宇宙、ロケットへの応用
- 製作技術の航空機製作等への応用

(5) 目標達成に向けた国際連携のありかた

- 国内機関だけでは核融合のすべての技術開発をカバーできないことや、MSで取り組む研究開発であれば国際協力の中で技術的優位性を確保すべき
- 国際連携のためには「求心力」「吸収力」「持続力」が必要
- 特に、民間企業が関わる際は、企業独自の商取引としての国際連携・協力(知財の管理を含む)の検討も必要

(6) 目標達成に向けた分野・セクターを超えた連携のあり方

- 国が主体となる活動との分担・協力等、産学官による集中的な取組
- 国際連携と同様に、「求心力」「吸収力」「持続力」が必要

(7) ELSI(目標達成に向け取り組む上での倫理・法的・社会的課題及びその解決策)

- 環境アセスメント
- 電源の所有者に競争原理が働く、マーケットルールの確立
- フュージョンエネルギーの認知度の向上
- 規制、規格基準策定の在り方の検討

以上