

フュージョンエネルギー

①フュージョンエネルギー

1. 現状認識と目指す姿【目標】

(1)現状

- ① 現状
- ・フュージョンエネルギーは、①カーボンニュートラル（発電の過程で二酸化炭素を発生しない）、②豊富な燃料（燃料（重水素）は海水中に豊富に存在し、ほぼ無尽蔵に生成可能な上、少量の燃料から膨大なエネルギーを発生可能）、③安全性（燃料供給や電源停止により反応が停止）、④環境保全性（発生する放射性廃棄物は低レベルのみで従来技術による処分が可能）の特徴を有し、エネルギー問題と地球環境問題を同時に解決し得る次世代のエネルギーであるが、世界的にも未だ発電は実現されておらず、研究開発段階（科学的・技術的実現性の確認段階）。
 - ・米国では、多くのスタートアップが設立され、一部は多額の投資を集め、実証プラントの建設を行うなど、民間主導で様々な取組を進めているが、技術的実現性は今後判断される。これらの中には、超伝導線材など日本製の製品が多数使われている。
 - ・英国は、政府主導で発電実証に向けた取組（「STEP」プログラム）を進めているが、未だ設計段階。
 - ・中国は、政府主導で実証プラント（他国の実験炉と同様の規模とされる「BEST」）を2027年完成を目指して建設中。
 - ・我が国は、ITERやJT-60SAなど国立研究機関や大学において長年にわたり研究開発を進め、プラズマ対向機器や加熱装置などを含めて、重要なコンポーネントの多くを自国で開発・製造する能力を有するなど、世界的にトップレベルの技術力を有している。
- ② 取り巻く環境と構造変化
- ・2020年頃から、米国を中心に、多くの民間資金を集めてフュージョン発電の実用化を目指す民間企業が出現。中国など各国が研究開発を加速している。
 - ・我が国でも、大学等における研究開発成果をベースに、複数のスタートアップが設立されるなど、民間ベースの取組が拡大しつつある。
- ③ 経済的・戦略的な重要性
- ・戦略的重要性：将来的に主要なエネルギー源の一つとして広く活用されると予想され、技術的な自立性の確保が必要。エネルギー安全保障の観点からも重要。また、フュージョンエネルギーの研究開発成果は、マテリアル、宇宙、防衛など他の分野へも波及。
 - ・経済的重要性：IAEAの試算では、フュージョンエネルギーによる全世界のGDP押し上げ効果が、長期的には最大約700兆円超に上る。

(2) 目標

- ① 国内外で獲得を目指す市場
- ・中長期的には、全世界のフュージョンエネルギー市場の約3割。
（日本企業が海外においてもフュージョン発電所を受注：シェア約3割）
 - ・主要コンポーネントのいくつか：シェア100%
考えられる例：超伝導コイル、加熱装置、ダイバータ
- ② 達成すべき戦略的な目標
- ・世界に先駆けた2030年代の発電実証の実現

2. 勝ち筋の特定と官民投資の具体像【道筋】

(1)基本戦略

① 勝ち筋

- ・現状、我が国は、プラズマ対向機器（超高温下でも耐えられるダイバータ等）や、高出力・高信頼性の加熱装置などを含め、重要なコンポーネントの多くを自国で開発・製造する能力を有し、それを支えるサプライチェーンが存在するなど、世界的にトップレベルの技術力を有している。
- ・こうした技術力をベースに、今後さらに技術開発・実証を加速することにより、残された技術課題を世界に先駆けて克服し、競争力のある（低コストな）フュージョン発電システムを世界に先駆けて確立する。
- ・これにより、新たなエネルギー源として環境問題の解決や、エネルギー安全保障の強化を実現するとともに、システム輸出及び主要コンポーネント輸出を通じて海外市場を獲得する。

② 我が国として構築すべき機能

- ・競争力のあるフュージョン発電所を設計・建設・運用できる企業と、それを支える、コンポーネントや材料等の強固なサプライチェーンを、我が国に構築する。サプライチェーンの構築に向けては、経済安全保障上の観点も考慮して研究開発等を推進。
- ・さらに、確実な安全確保とスピーディな開発を両立するため、科学的に合理的で国際整合性を確保した安全規制を、技術の不確実性も考慮しつつ、開発状況に応じて段階的に検討・整備。

(2)官民投資の具体像

① 投資内容

- ・フュージョンエネルギーの実現に向けた研究開発及び実証

② 投資額

2040年度までで3.1兆円と想定

※フュージョン発電実証プラントが一つであると仮定した試算。2030年代の発電実証以降は、研究フェーズの進展に伴う産業界の予見性の高まりに応じて、投資額の増加が見込まれる。

③ 定量的インパクト：投資による経済波及効果

2040年度までで9.4兆円と想定

3. 官民投資促進に向けた課題と政策パッケージ【政策手段】

(1)投資促進に向けた課題

<必要な要素技術の確立に向けた研究開発フェーズ（今後5年間程度）>

○不確実性の要因

- ・技術開発の不確実性が最大の課題（プラズマ制御、炉材料、燃料サイクル、信頼性・保守性など、必要な要素技術の多くが未確立）
- ・多額の研究開発費を要する上に、現時点ではリターンの見通しを得ることは困難
- ・トリチウムの扱いなど、民間企業では研究開発が困難な課題も存在

<発電実証フェーズ（2030年代）>

①リソース制約

- ・多額の費用、多くの人材が必要
- ・用地、燃料物質の確保

②不確実性の要因

- ・技術開発の不確実性
- ・多額の費用を要する上に、リターンが予測困難
- ・社会受容性・地域の理解
- ・安全対策や放射化物の処理に関する技術や費用の不確実性

(2)講じるべき政策パッケージ

<必要な要素技術の確立に向けた研究開発フェーズ（今後5年間程度）>

- ・フュージョンエネルギー実現に必要な要素技術の研究開発を国が中心となって強力に推進するとともに、実現可能性があると考えられるフュージョン発電システムの技術開発を広く支援（QSTが中心となって進める実績のある方法で実現を目指す技術開発、スタートアップ等が進める様々な野心的な発電システムの実現に向けた技術開発、共通的に必要な要素技術の開発（※）・確立・基盤整備）
※要素技術の開発については、フュージョンエネルギーの実現に必要なだがどの国も解決できていない技術課題を我が国が先行して解決し、技術の不確実性を低減するとともに、優位性を確保。また、SBIR制度を念頭に、フュージョンエネルギーの実現に重要となるコンポーネントや材料等の実用化を目指すスタートアップの技術実証等を支援する制度への拡充を検討。
- ・数年後を目途に、各取組の技術開発の進捗、民間を含めた組織・体制整備の状況及び海外の動向を踏まえ、勝ち筋として、早期の発電実証に向けて国が支援するフュージョン発電システムを決定し、そのシステムの実現に向けた研究開発を集中的に推進。なお、その他のシステムの技術開発も引き続き支援し、その中からさらに勝ち筋として期待されるものが出てきた場合には、それも発電実証に向けて支援。
- ・こうした取組を推進するため、NEDOを念頭に資金供給機能の強化を検討。
- ・並行して、科学的に合理的で国際整合性を確保した安全規制を、技術の不確実性も考慮しつつ、開発状況に応じて段階的に検討・整備し、随時更新。確実な安全確保とスピーディな開発を両立。
- ・あわせて、研究開発プロジェクトやITER計画への戦略的参画を通じ、その後の発電実証や商用化を担う人材を長期的な視点から育成（関係企業・国研・大学等における女性活躍の推進を含む人材育成や大学等における社会人のための教育プログラムの開発等を通じたり・スキリングを支援するとともに、ITERへの邦人増加等を支援）。
- ・さらに、将来の市場獲得をにらみ国際標準化等を主導する。

<発電実証フェーズ（2030年代）>

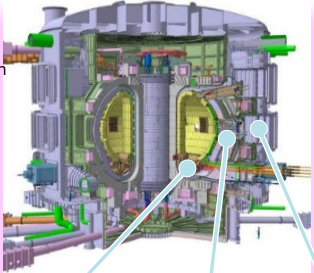
- ・早期の発電実証に向けて国が支援するフュージョン発電システムについて、官民連携で発電実証プロジェクトを推進。具体的には、官民の連携により人材・資金を集中的に投下することにより、競争力のあるフュージョン発電システムの発電実証を2030年代に実現。
- ・その際、地域企業を巻き込んで地域の経済発展にも寄与するよう、国は自治体とも連携して、人材育成等を含めて支援。
- ・並行して、商用化に向けた技術開発を推進し、発電実証の成果を競争力のある発電システムの実現に速やかにつなげる（信頼性・保守性等の向上に向けた技術開発など）。

方向性

- ITER計画等での長年にわたる研究開発で培った世界トップレベルの技術力をいかして、必要な要素技術を全て速やかに開発・確立し、競争力のあるフュージョン発電システムを世界に先駆けて確立することにより、新たなエネルギー源として環境問題の解決・エネルギー安全保障の強化を実現。また、システム輸出及び主要コンポーネント輸出を通じて海外市場を獲得。
- 当面は、国による実績ある方法で実現を目指す技術開発及びスタートアップ等による野心的な発電システムの実現に向けた技術開発等を推進する。数年後をめどに、各取組の技術開発の進捗状況や海外の動向等を踏まえ、勝ち筋として、早期の発電実証に向けて国が支援するフュージョン発電システムを決定し、そのシステムの実現に向けた研究開発を集中的に推進して、2030年代の発電実証を実現する。

国際熱核融合実験炉ITER

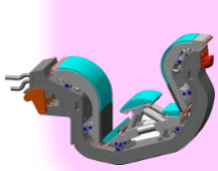
©ITER
Organization



我が国が強みを持つ技術の例

プラズマ対向機器

加熱装置



ダイバータ



中性粒子入射加熱装置



高周波加熱装置

