

核融合戦略 中間的整理



令和4年12月
科学技術・イノベーション推進事務局



1. 背景

エネルギーの重要性
が
増加

- 気候変動の深刻化により、国際的にカーボンニュートラルの重要性の高まり。
- ロシアのウクライナ侵攻等により、化石燃料への過度に依存するリスクが顕在化。
- 安定的に確保可能なクリーンなエネルギーの重要性が増加。

環境問題の解決と
経済成長への貢献

- 核融合は、我が国のエネルギー問題と環境問題を根本的に解決することができる未来のエネルギー。
- さらに、核融合関連産業の創出により経済成長へも貢献。
(海外の核融合開発への技術展開、核融合国際市場の形成、スピンアウト型の産業創出)

国際競争の時代
に突入

- 主要国は、核融合への政策的重要性の高まりやITER計画等の技術進展を踏まえ取組を一斉に加速するとともに、核融合ベンチャーへの投資も拡大するなど、国際競争の時代に突入。

技術的優位性の確保
産業競争力強化

- 我が国としても核融合戦略を策定し、核融合発電に必須な機器の研究開発を加速し、諸外国に対する技術的優位性を確保するとともに、産業競争力強化、将来の人材確保につなげる必要

2. 論点

核融合産業の育成戦略

- ITER計画等で培われた産業技術・人材を確保・育成していくために必要な取組は何か。
- 核融合開発にベンチャー含む産業界の参画を促すためにどのように取り組むべきか。
- スピンアウト型の核融合関連技術産業群の振興、核融合国際市場への挑戦に向けた方策は何か。
- 核融合の技術特性を踏まえた上で、安全規制についての検討の進め方。

核融合技術の開発戦略

- ITERの進捗や、諸外国政府・核融合ベンチャー等の動向を踏まえた上で、核融合発電実証に向けて我が国は中長期的にどのように取り組むべきか。
- 核融合発電の実証時期について、核融合科学技術委員会における前倒しの技術的検討に加え、産業界における予見性の向上、環境エネルギー政策、経済安全保障上の観点なども加味し、国家戦略としてどのように位置づけるべきか。
- ITER計画の経験・技術蓄積の優位性を最大限活用しつつ、原型炉を我が国で実現するために取り組むべき課題は何か。
- ITER計画で解決できない技術開発課題にどのように取り組むのか。
- 小型炉や新世代の核融合等の独創的な新興技術についてどのような戦略で取り組むのか。

核融合戦略の推進体制等

- 核融合エネルギー（固有の安全性、環境保全性）への国民理解の増進。
- 発電実証や産業育成の観点を踏まえた国内の推進体制をどのように構築するべきか。
- 中長期にわたっての人材確保にどのように取り組むべきか。

3. これまでに議論した内容

3-(1) 核融合産業の育成戦略

核融合産業
の育成戦略

技術・人材
の確保・育成

産業界
の参画促進

関連技術
産業群の振興

安全規制

a. ITER計画等で培われた産業技術・人材の確保・育成について

- 原型炉前倒しの議論は産業界としては期待。一方、世界の原型炉の動向やITERの進捗を反映して進める必要。

b. 核融合開発にベンチャー含む産業界の参画促進について

- 原型炉の前倒しにより、新たな時間軸で参画できる企業もいる可能性。
- 原型炉の短い周期のマイルストーンを設定し、投資を呼び込む必要。
- 国内の原型炉開発と核融合産業の国際展開は分けて考えるべき。
- 国際市場も視野に入れ、我が国のサプライチェーンと担い手を明確にする必要。特に技術が必要なところを集中的に押さえる。
- 自国でどの技術が不可欠とするのか、技術マッピングの整理が必要。
- 日本が核融合技術輸出国となるためには、我が国の段階的核融合炉計画とは別に主体となる者を育成することが必要。一方、アクションプランに基づく着実な原型炉技術の開発と進展はわが国の競争力確保と原型炉実現に不可欠。
- ITER計画等にもっと積極的に民間企業を参画させるため、産業の予見性を高める必要あり。
- 自国の産業の活性化を重視し、インセンティブの仕組みを作るべき。
- リスク分担も含めたイノベーションに関する国とベンチャーの役割分担の整理が必要。
- 研究機関と企業の技術ニーズ・シーズのマッチングを広めるための入り口の明確化が必要。機能・目的ごとに産学官のグループを作って知見を共有する場が必要。
- 日本には原型炉の発注主体がないので、実証の場が他国に取られてしまう。
- QST拠点として産業界との連携強化を進めることが必要。これまでに整備したインフラ施設の共用化においては、双方のメリットを生かした発展的な協力が必要。

c. スピナウト型の核融合関連技術産業群の振興について

- 核融合などに幅広く適用できるもの作り技術を掘り起こして、技術の産業化や派生のため、原型炉開発においては、要素技術を有する者の産業化へのインセンティブ分析や、製品化に向けた技術統合の可能性の総合的な評価等、産業育成の視点を持つべき。
- 技術力・人材・サプライチェーンを確保するため、核融合の要素技術を支える産業構造の構築が必要。特に、共通な技術基盤を有する核融合・加速器・原子力等の共通な技術基盤に着目して研究開発を幅広く推進。

d. 安全規制について

- ITER調達の経験から、規制は技術と費用に大きく関わるため、早急に合理的な規制を整備することが必要。
- 規制の目的及び設計、運用等の基本的な考え方が各論より先決。
- 核融合の輸出産業化には、国際標準を先導することが鍵であり、規制の在り方を議論する際には、国際標準を取る観点から、核融合の安全性の専門家や国際標準化の経験を有する専門家等を入れて議論することが必要。

3. これまでに議論した内容

3-(2) 核融合技術の開発戦略

核融合技術の開発戦略

総論として、我が国のエネルギー開発における核融合発電の位置づけを明確にした上で、社会実装を戦略的に進めることが必要であり、明確な意思表示と合意形成が必要。

- 核融合発電の実証時期を明確にした上で、技術開発の戦略、体制を議論することが大事。
- 我が国の原型炉開発と核融合の産業化は時間軸等が同じではないため、目的を意識しながら複眼的な技術開発戦略を検討することが必要。

a. 実証時期について

実証時期について、原型炉の前倒しによる社会的・経済的な有用性、コストや実施体制を検討すること。

- ものづくりの技術や人材を維持・向上する観点から原型炉の前倒しは非常に期待されることに加え、核融合発電世界初というのろしを上げて、世界の開発競争の中で優位性を確保しアピールすることは、産業育成とともに国民の理解を得るためにも重要。
- 核融合は非常に多様な技術のインテグレーションであることから、発注主体となる司令塔が重要であるとともに、マイルストーンの設定と評価も必要。

b. 研究開発戦略と体制について

- 原型炉の炉に加えて発電システム（機器、燃料調達）も含めた全体を俯瞰した上で戦略を描くこと。その構成するコンポーネントを技術マップで明確化することで民間企業の関わり方も明らかになる。また、技術安全保障の観点から、戦略的自律性及び不可欠性という観点から議論し、整理すること。
- 日本独自の技術志向は、この国の技術をガラパゴス化にしてしまう。自国で不可欠な技術と他国に任せてもいい技術を考慮した戦略が必要。一方、わが国の技術を他国に供給することも有効。
- サプライチェーンとその担い手を整理すること。その際、ITER計画やBA活動で構築されたサプライチェーンの維持も重要であり、他産業への展開も含めた継続的かつ発展的な海外も含めたサプライチェーンが重要。
- ITER計画で培った経験、課題を整理すること。また、プロジェクトマネジメントを始めとした成果や学びを反映させるタイミングも重要である。
- 機器ごとの開発サイクルを踏まえた戦略立案をすること。

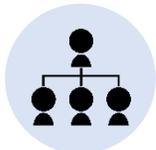
c. 独創的な新興技術の推進方策について

- 時間軸上の様々なスケールでそれぞれの意味を持つ多様な基礎研究については、引き続き幅広く推進し、未来の可能性を拓く先駆的な挑戦を支援することも重要。
- 研究の成果を原型炉開発に取り入れるためには、開発のスケジュールを参照し、具体的な原型炉プランにとって有用な科学的選択肢を広げるという視点が重要。
- 基礎研究の現場で破壊的イノベーションの創出を担う優秀な人材を育成し、我が国の研究力強化に核融合研究を役立てるという大局的観点が必要。

3. これまでに議論した内容

3-(3) 核融合戦略の推進体制等

a. 推進体制について



- 原型炉の推進体制はQSTを中心として民間も参画する体制が基本。他方、産業化のためには輸出産業、核融合プラント建設の主体の育成が必要。予め最高の推進体制をとることは困難なため、柔軟に最適な推進体制をとることが必要。



- 核融合は引退技術者が多い。原型炉では原子力商用炉の経験者が必要。産業界からの人材をもらうべきであり、人員確保計画の策定・実施のためには、原型炉に向けた実施体制の形の見える化が必要。



- 産業界が具体的にないと人材育成はできない。産学官連携を戦略性をもってやるのが課題。
- 産官学が協力して事業化のための技術や知恵を集約させる「オール日本」のコンソーシアム作りの必要。コンソーシアムには核融合システムを組み立てるための機別別の分科会を作る。



- 原型炉運転期第1, 2期の体制の検討が必要。国と民間、リスクを誰がとり実行するかを考える必要。マイルストーンで成果が上げれば買取方式の場合、民間がついていける環境にしないといけないが、その環境醸成ができるかが不安。民間側もリスクを取ってやっていく魅力を感じていく必要。従来の官民連携から一歩出たこのやり方をやっていく必要。

b. 人材育成、アウトリーチについて



- 人材育成、人材確保のために大学、研究機関との連携が必要。企業から研究機関に人の派遣など必要。
- 国際的な人材マーケットからいかに優秀な人材を我が国が確保するかが重要であり、新しいベンチャーや事業体を作ると、国境を越えて人がやってくるのでよい。
- 人材育成確保問題解決のためには、核融合科学を学際化、頭脳循環が必要。
- 先の長いポストがなく核融合業界へ入ることに不安があるため、原型炉に向けた長期ポストが必要。補助金で人を雇うことができるが、原型炉に向けた人材確保はできない。国際場で活躍できるという核融合の魅力を活用し、雇用の安定性を確保した若手人材集めが必要。
- 国内では産学官連携あるが、人材不足なのでアジアからの人材流動も必要。インフラ輸出、国際貢献を見据えた海外人材の受け入れ。
- 国際人材の確保及び頭脳循環のため、日本からITERへの人員派遣を促進するとともに、帰国したあとの離散防止が重要。
- 核融合発電世界初というのろしを上げて、世界の開発競争の中で優位性をアピールすることは国民の理解を得るためにも重要。



4. 今後の検討の方向性

4-(1) 核融合産業の育成戦略

核融合産業
の育成戦略

見える

- ① 原型炉に向けて細かなマイルストーンを設定し、産業の予見性を高めて、核融合への参画を促進できる計画の策定
- ② 技術マッピングによる技術安全保障の戦略及び産業ニーズの見える化
- ③ 他分野への波及が期待される核融合技術の見える化

繋がる

- ① 継続的かつ本格的に産学官が連携できる活動の場（実施主体、試験施設、枠組み、技術移管の仕組み）の構築
- ② 研究機関と企業の技術ニーズ・シーズのマッチングを広めるビジネス機会の構築
- ③ 核融合協議会のような、企業間での技術情報交換の場の構築

育てる

- ① ニーズ・シーズのギャップを埋める補助金やインセンティブによる核融合産業の活性化
- ② 戦略的な国際標準化等の規格化による市場創造・拡大
- ③ 海外需要・海外人材の確保に向けた国際競争時代の新たな国際協調の検討と技術安全保障体制の構築
- ④ 加速器・原子力等も含めた共通技術基盤の継続的な育成
- ⑤ 核融合産業の育成、原型炉開発の促進も念頭においた規制の在り方を、技術のわかる者や規制及び国際標準化の専門家を構成員とし、適した場にて産業化に乗り遅れないように検討
- ⑥ その際、ITER計画誘致の際の議論も参考にしつつ、科学的・合理的な規制を検討
- ⑦ 米国や英国等での議論が先行していることから、有志国と連携して規制の国際標準化を目指すべき
- ⑧ 国際的な産業競争を勝ち抜くために、技術力で優位にある我が国の立場を活かし、国際標準化を主導すべき

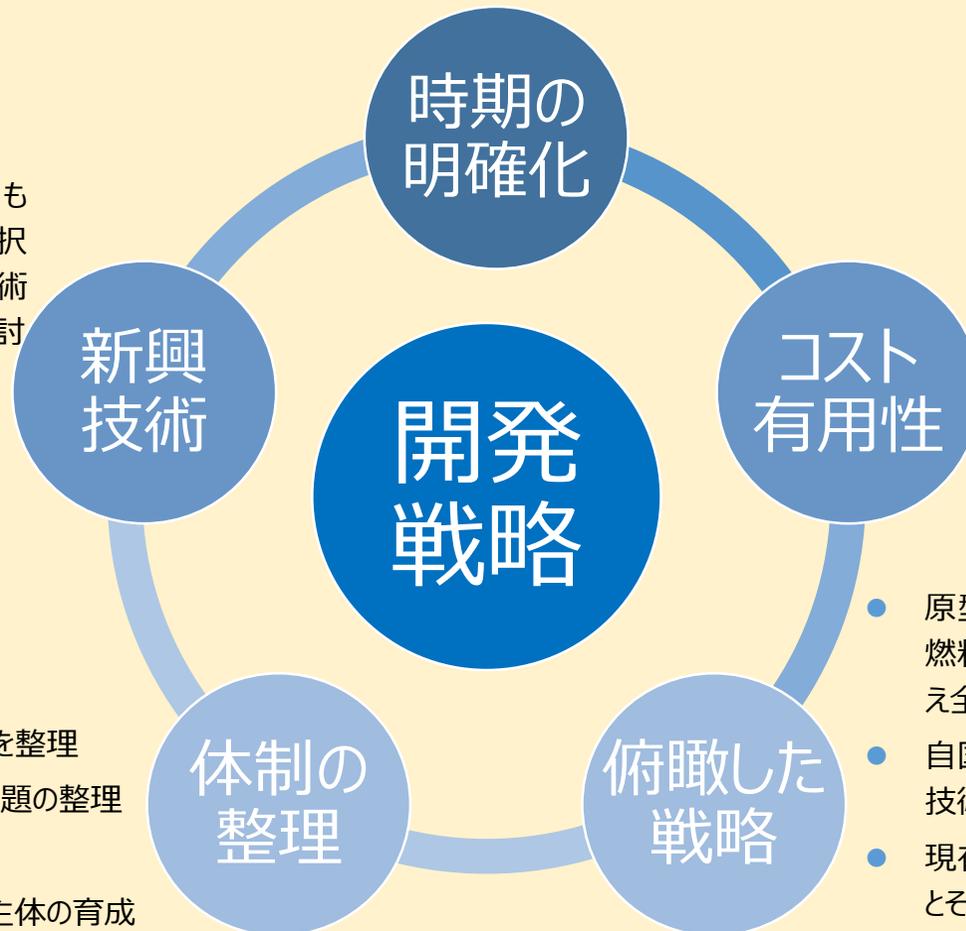
4. 今後の検討の方向性

4-(2) 核融合技術の開発戦略

核融合技術の開発戦略

- 核融合発電の実証時期の明確化

- 独創的な新興技術についても原型炉開発計画の代替選択肢となりうるため、核融合技術群として研究開発の強化を検討



- 原型炉の社会的・経済的な有用性、コスト目標の検討

- 原型炉の炉に加えて発電システム（機器、燃料調達）、機器ごとの開発サイクルを踏まえ全体を俯瞰した上で戦略を描く
- 自国で不可欠な技術と他国に任せてもいい技術を考慮した戦略が必要
- 現在進行している核融合世界市場の形成とその中でわが国産業の育成振興が必要

- サプライチェーンとその担い手を整理
- ITER計画で培った経験、課題の整理
- 原型炉実施体制の検討
- 様々な核融合事業の推進主体の育成

4. 今後の検討の方向性

4-(3) 核融合戦略の推進体制等 ~推進体制

核融合戦略の 推進体制等

核融合開発のための知見を集約できる場の設置

場の設置



誰が検討し、決定するのかを要検討

- 産官学が協力して核融合開発のための知見を集約できる場の設置を誰が検討し、決定するのかを要検討。

実施体制及びその妥当性の判断

QSTを中心とした産学官の実施体制



実施体制の妥当性の判断

- 原型炉のスペック（目的）を決め、主体がない現状においては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ことで、主体となりうる民間企業を育成すること及びその妥当性の判断が必要。
- ITER計画の実績に根差した着実な原型炉開発路線の推進とともに、急速に変化する世界の核融合計画の展開については、民間企業を中心に柔軟に対応。

4. 今後の検討の方向性

4-(3) 核融合戦略の推進体制等 ～人材確保の方策、アウトリーチ

核融合戦略の
推進体制等

人材確保の方策、アウトリーチ



長期的、安定的な
人材確保

研究開発のみならず原型炉に必要な人材を、長期的、計画的に確保し、育成するためにも、

教育機関や産業界とも連携し、必要な人材を計画的に採用し、育成を行う仕組みづくりが必要。



他分野展開を
アピール

核融合炉は多岐にわたる分野の技術で構成されるため、他分野から研究者を引き付けるためにも、

他分野と連携した研究を行うとともに、核融合技術が他分野に展開できることをアピールする必要。



海外人材の確保
及び頭脳循環

将来の核融合技術の輸出を見据え、様々な分野の人材、核融合人材を確保するため、

海外人材の受け入れ、日本からITER等の海外機関への派遣及び国内への還流を促進。



企業から
研究機関への
人材派遣の活発化

原型炉では原子力商用炉の経験者等が必要。

企業から研究機関への人材派遣の活発化。



目に見える成果の
創出

目に見える成果の創出を通じた国民への理解促進。