

# フュージョンエネルギー分野の現状について

---



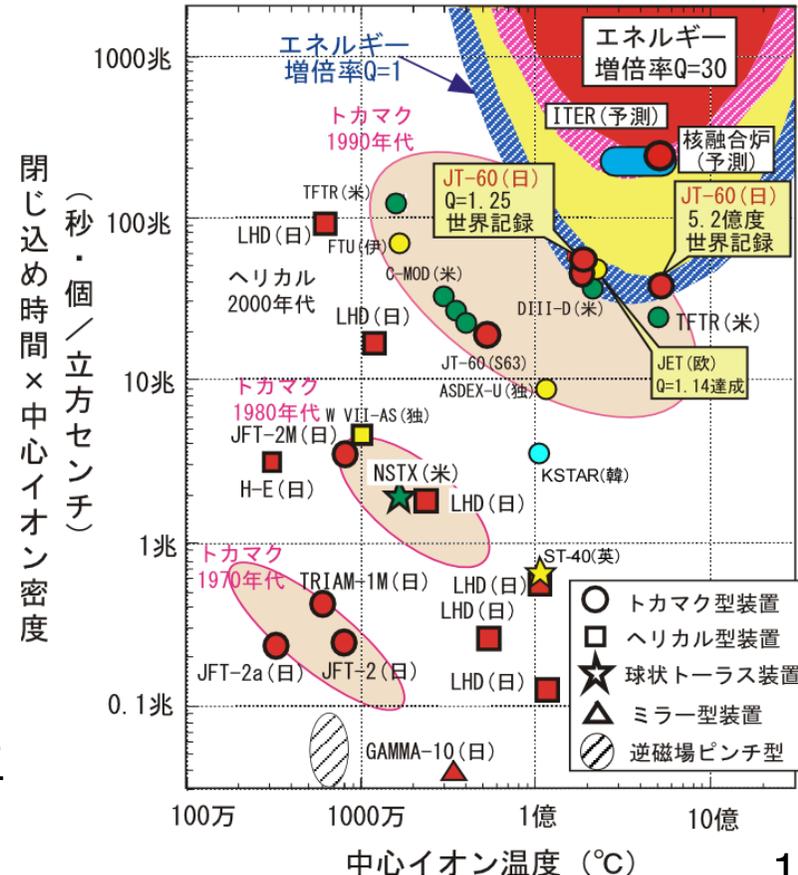
内閣府

科学技術・イノベーション推進事務局



# フュージョンエネルギーの研究開発の歴史

- 1960年代、旧ソ連が開発したトカマク型装置（T-3）において、高いプラズマ性能が報告されたことを発端とし、各国でトカマク型を中心とした核融合の研究開発が進展。
- 日本のJT-60（JAERI Tokamak 60）、欧州のJET（Joint European Torus）、そして米国のTFTR（Tokamak Fusion Test Reactor）において多くの成果が報告され、これらは世界三大トカマク装置と呼称されるまでに至った。
- 2007年、三大トカマク装置後の計画として、日欧米露中韓印の7極でITER計画を開始。現在、フランスにおいて建設中。2035年に運転開始予定。
- 並行して、2007年に、ITERでは実験が難しいチャレンジングな高性能プラズマを実証するJT-60SA計画を日欧共同プロジェクトで開始。2023年10月に初プラズマを達成。（茨城県那珂市）
- これらの国家プロジェクトが進展する中、2020年頃から、米国を中心に、フュージョン発電を目指す民間企業が出現。日本でも複数社が活動を開始。
- 各国で多くの取組が進められているが、現時点でフュージョンエネルギーによる発電を実現した例はない。



# フュージョンエネルギーを巡る諸外国の動向



- 発電実証を目指す様々なスタートアップ企業がフュージョンエネルギーの開発をけん引。これらの企業にVCや投資家が巨額投資。Commonwealth Fusion Systems (CFS) 社が世界で最も資金を集め、実験炉 SPARCを2027年の運転開始を目指し建設中。商用炉ARCについては2030年代前半の運転開始を目指している。
- 米国政府は2024年6月に「フュージョンエネルギー戦略2024」を発表し、「マイルストーンプログラム」によって企業の取組みを支援。



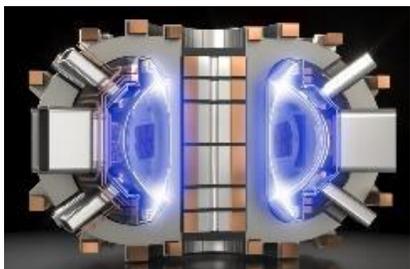
- 2023年10月、国家戦略「Towards Fusion energy 2023」を更新。原型炉に相当するSTEPを建設するため、実施主体 UKIFS を設立。2040年にプロトタイプの実験炉STEPの運転開始を目標としている。2025年6月、フュージョン分野に5年間で25億ポンド（≒0.5兆円）を投資することを決定。



- 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。また、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。2030年代までにDT燃焼を行うITERと同規模の工学試験炉を建設し、2050年代に発電炉に改造を予定。



- 2025年10月、国家戦略「Deutschland auf dem Weg zum Fusionskraftwerk」を発表。研究支援に約17億ユーロ（≒2,770億円）、研究インフラと技術実証の整備に約7.55億ユーロ（≒1,230億円）を投入する。



米国Commonwealth Fusion Systems (CFS) 社  
4,000億円以上を調達  
ビル・ゲイツ、Googleなど



英国STEP概念図



中国大規模試験施設群「CRAFT」



- 米国においては、スタートアップを中心とする民間企業がフュージョン産業をけん引している。
- 政府としては、民間企業に実現に向けたマイルストーンを提案させ、達成した際に支払う形のプログラムによって支援を実施。

## 民間企業の取組の例

### Commonwealth Fusion Systems

#### 【会社概要】

- ・設立：2018年 ※MITにおけるトカマク研究を基盤として設立
- ・従業員数：995人
- ・累計調達額：約30億ドル
- ・特徴：世界最強の高温超伝導磁石によって従来に比べて40分の1の規模のフュージョンプラントが可能になると説明。

#### 【取組】

#### 現在、マサチューセッツ州で実験炉（SPARC）を建設中

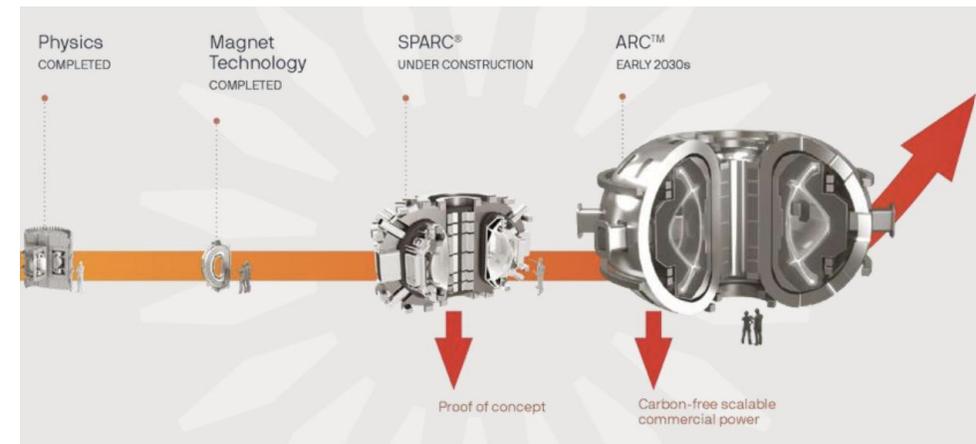
- ・現状進捗：2025年4月にトカマクの組立開始、クライオスタット基盤を設置。
- ・目標：2027年に $Q = 1$ を目指す。

#### その後、商用炉（ARC）を建設し、2030年代前半に運転開始予定。

- ・発電目標：約400MW。
- ・建設地：バージニア州チェスターフィールドに建設予定。
- ・2025年6月、Google、Eniと売電契約締結済み。

## 政府としての支援の例

- フュージョンパイロットプラントの実現に向けたマイルストーンを民間企業に提案させ、達成時に支払いを行うマイルストーンプログラムを実施。
- 2023年に8社の採択発表以降、受賞企業はマイルストーンに対して政府が拠出した4,600万ドルに対し、3億5,000万ドル超の新たな民間資金を集めている。



Commonwealth Fusion Systems社の計画

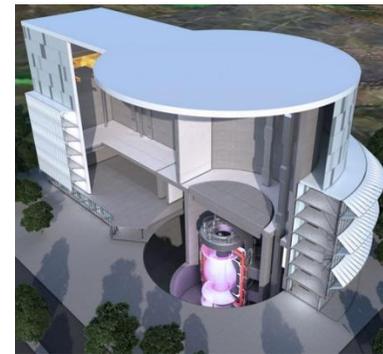
- 英国においては、政府主導の「STEPプログラム」において、2040年をターゲットに、100MWの発電を行うプロトタイプの発電炉の運転開始を目標として社会実装に向けての検討が進められている。

## STEPの設計概要

- 主体：英国原子力公社（UKAEA）の完全子会社である英国産業核融合ソリューション社（UKIFS）がプログラムを推進。
- 予算：概念設計のPhase1において、2.2億ポンド（≒440億円）の予算を投資。2025年6月に、STEP含めフュージョンエネルギー分野に5年間で25億ポンド（≒0.5兆円）を投資することが決定。
- 建設地：ノッティンガムシャー州の石炭発電所があった土地に建設を決定。

## 今後の進展

- 2040年に最初の運転を開始し、可能な限り早期に少なくとも100MWの正味のエネルギーを実証することを目標として進捗。



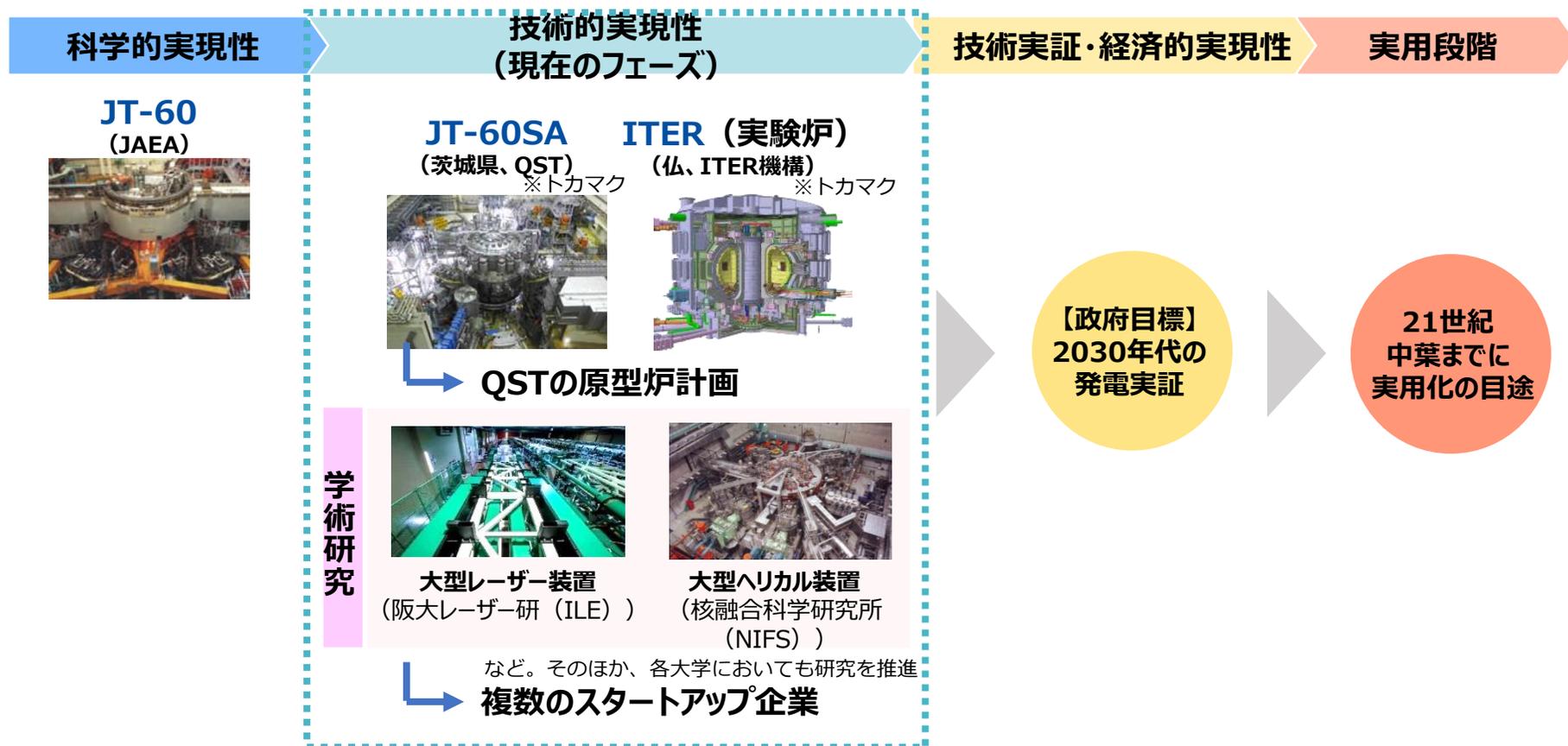
STEP概念図



建設予定地

# 我が国のフュージョンエネルギー実現に向けた取組

- ◆ 我が国は、これまで、実績のあるトカマク型による実用化をめざし、QSTが中心となって、ITER計画・BA活動に参画して研究開発を進めてきており、多くの技術的知見が得られてきている。また、我が国企業がITERの主要コンポーネントを製造するなど、サプライチェーンが構築されつつあり、我が国のフュージョンエネルギー関連技術は、世界トップレベルにあると言える。
- ◆ また、大学等において、ヘリカル式、レーザー式などについても研究を進めてきた。近年では、大学等で開発された技術をベースにスタートアップが複数設立され、フュージョンエネルギーの実現に向けて研究開発を進めている。
- ◆ 政府としては、世界に先駆けて2030年代の発電実証を実現するという高い目標を掲げ、さらに強力に研究開発等の取組を進めているところ。

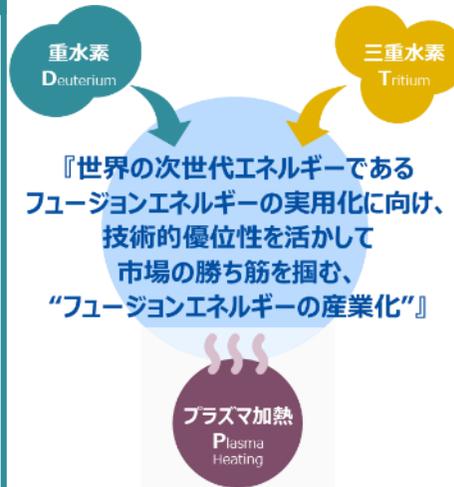


# フュージョンエネルギー・イノベーション戦略(概要) ※令和7年6月4日改定

ITER計画/BA活動の知見や新興技術を最大限活用し、世界に先駆けた2030年代の発電実証を目指し、**バックキャストによるロードマップを今後策定**するとともに、**QST等のイノベーション拠点化を推進**し、**フュージョン産業エコシステムを構築**

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

- ① **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、ビジネスの創出、投資の促進等)
- ② **科学的に合理的で国際協調した安全確保**  
(当面は、RI法の対象として位置づけ。新たな知見や技術の進展に応じて、アジャイルな規制を適用。G7やIAEA等との連携など、国際協調の場も活用)
- ③ **社会実装の促進**に向けたTFの設置  
(現状の技術成熟度の評価に加え、実施主体の在り方やサイト選定の進め方等について検討)



## (2)フュージョンテクノロジーの開発戦略 Technology

- ① 原型炉実現に向けた**基盤整備の加速**  
(工学設計や実規模技術開発等、原型炉開発を見据えた研究開発の加速。ITERサイズの原型炉の検証)
- ② 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。技術成熟度の高まりやマイルストーンの達成状況に応じ、トカマク、ヘリカル、レーザー等多様な方式の挑戦を促進)
- ③ ITER計画/BA活動を通じた**コア技術の獲得**  
(日本人職員数の増加や調達への積極的な参画促進。様々な知見を着実に獲得し、その果実を国内に還元)

## (3)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

- ① **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  
(世界に先駆けた2030年代の発電実証の達成に向けて、必要な官民の取組を含めた工程表の作成)
- ② QST、NIFS、ILE等の**イノベーション拠点化**  
(産学官の研究力強化及び地方創生の観点から、スタートアップや原型炉開発に必要な大規模施設・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 ※(2)①②と連動
- ③ 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  
(核融合科学研究所(NIFS)が中核となり、教育プログラムを実施。ITERをはじめ、海外の研究機関・大学等に人材を派遣)
- ④ **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  
(J-Fusionや関連学会等とも連携し、社会的受容性を高めながら、関係者が協調して活動を推進)

# ITER（国際熱核融合実験炉）計画について

● **目的** 核融合実験炉ITERを建設・運転し、フュージョンエネルギーの科学的・技術的実現可能性を確立する。

● **参画極** 日本、欧、米、露、中、韓、印

## ● **経緯**

1985年 米ソ首脳会談が発端  
1988年～2001年 設計活動（日欧米ソ）  
2001年～2006年 政府間協議  
2007年 ITER協定発効、ITER機構設立

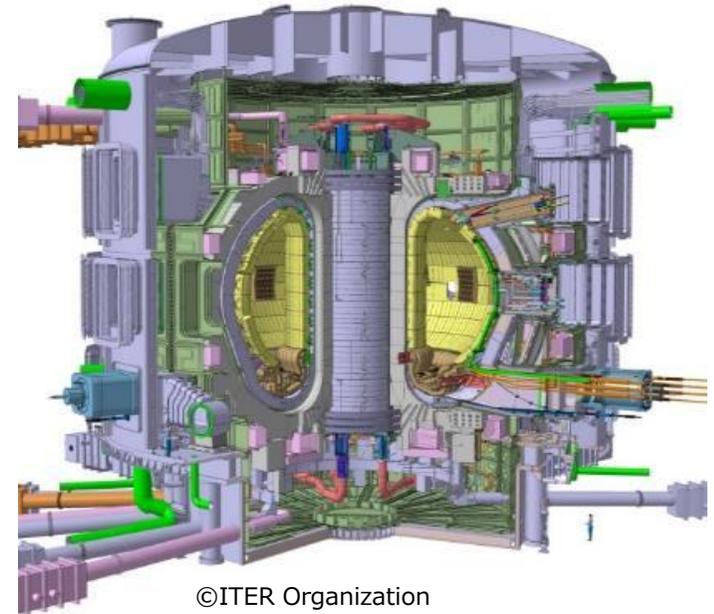
● **建設地** 仏、サン・ポール・レ・デュランス市（カダラッシュ）

## ● **現状及び今後の計画スケジュール**

2020年から組立を開始。現在、真空容器・TFコイル（D型のコイル）4/9セクタの設置まで完了。  
日本の部材も多く活用されている。  
研究運転開始：2034年

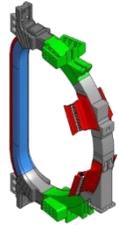
## ● **特徴**

- ◇ トカマク方式
- ◇ 発電はしない実験炉
- ◇ 日本のJT-60の成果も活用



# (参考) ITER計画を通じて、我が国にフュージョンエネルギーのサプライチェーンが構築されつつある

## トロイダル磁場(TF)コイル



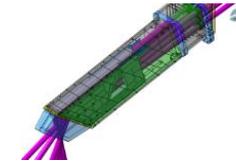
極低温-269℃でも十分な強度を持つ窒素含有鍛造ステンレス材の最高強度部は日本製鋼所のみ製造可能。

### 日本分担

TFコイル導体	33導体 (25%)
TF構造物	19機分 (全数)
TFコイル巻線・一体化	9機分 (47%)

- 三菱重工
- 三菱電機
- 東芝エネルギーシステムズ
- 日鉄エンジニアリング
- JASTEC
- 日立金属ネオマテリアル

## プラズマ計測装置 (一部)



### 日本分担

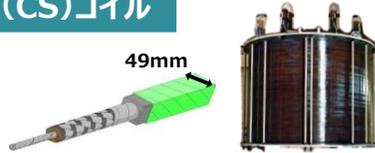
電子温度・密度計測、中性子計測など  
5つの計測装置 (約15%)

- 東芝
- 三菱重工
- トヤマ
- 岡崎製作所
- 清原光学

## 中心ソレノイド(CS)コイル

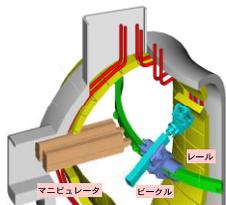
### 日本分担

CSコイル導体 (全数)



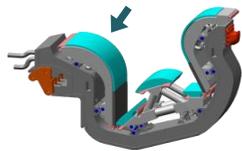
- 日鉄エンジニアリング
- 日立金属ネオマテリアル
- JASTEC
- 古河電気工業

## ブランケット遠隔保守機器

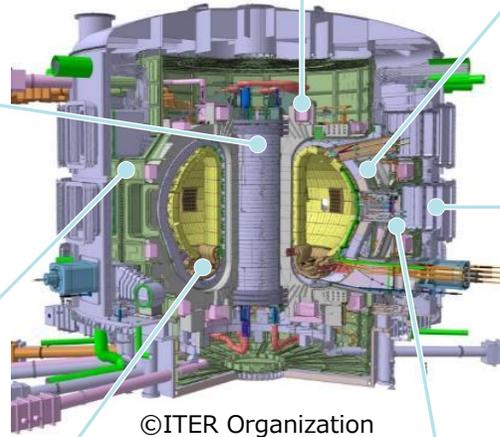


- 東芝
- エーテック
- スギノマシン
- 愛知産業

## ダイバータ外側ターゲット



- 金属技研
- アライドマテリアル
- 大和合金・三芳合金工業
- 三菱重工



## 高周波(EC)加熱装置

### 日本分担

ジャイロトロン8基 (全体の1/3)  
水平ランチャー (ポートプラグを含む)

- キヤノン電子管デバイス
- 東京電子



## 中性粒子入射加熱装置



### 日本分担

1MV電源高電圧部	3機 (全数)
高圧プッシング	3機 (全数)
加速器	1機 (33%)

- 日立製作所
- 京セラ

## トリチウムプラント



### 日本分担

トリチウム除去系

- 日揮

# QSTが検討中の原型炉計画について

## 原型炉設計合同特別チーム

- 戦略策定後、幅広い産業界から参画。2025年11月現在で総数は226名（産業界109、大学等67、QST50）に増加。
- 産学連携のオールジャパン体制で原型炉概念の構築を目指す。

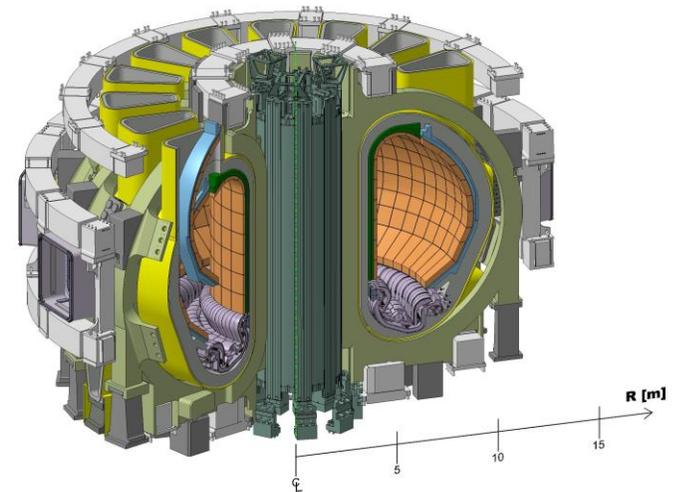
- ① 数十万kWを超える定常かつ安定した電気出力
- ② 実用に供し得る稼働率
- ③ 燃料の自己充足性を満足する総合的なトリチウム増殖



世界に先駆けた2030年代の発電実証の達成に向けて、原型炉計画の加速案を検討。

科学的・技術的に意義がある発電実証： $Q > 10$ が必要

- ITERからの技術ギャップを小さくするため、ITER及びJT-60SAで開発した技術（超伝導、加熱・電流駆動装置、ダイバータなど）を最大限活用。
- 製作実績のあるITERと同一サイズの超伝導トロイダル磁場コイルを想定。
- 段階的にプラズマ性能とブランケット性能を向上。



# 発電実証を目指している民間企業

## FAST (Fusion by Advanced Superconducting Tokamak) 計画



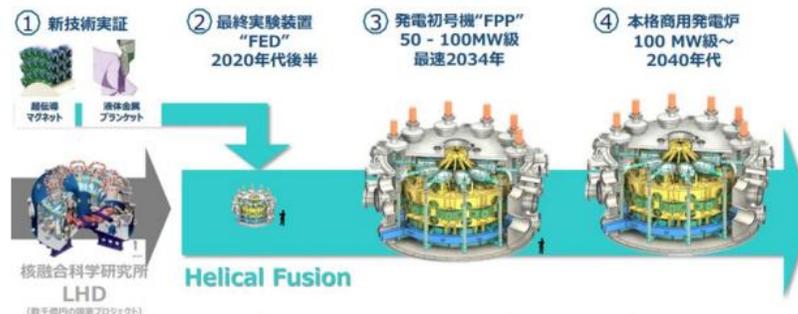
京都フュージョニアリングが国内研究者と共同で設計

2030年着工、2035年試験開始、2030年代発電実証

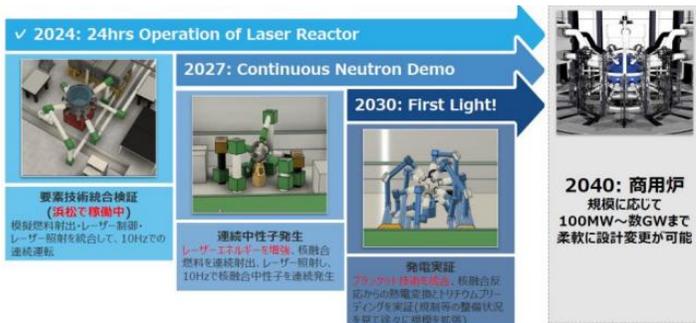
- D-T 燃焼試験
- ブランケット、炉内機器の総合ニュークリア試験
- エネルギー変換システム、燃料循環系総合試験
- 炉心はJT60SA に近い大きさのトカマク型

図 7-1 FAST(Fusion by Advanced Superconducting Tokamak)計画

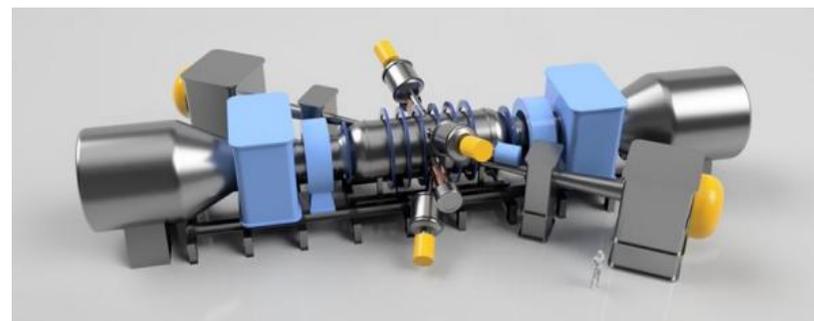
## 京都フュージョニアリング /Starlight Engine 【トカマク型】



## Helical Fusion 【ヘリカル型】



## EX-Fusion 【レーザー型】



## LINEAイノベーション 【その他（ミラー型）】

Coherent Beam Combining(CBC)Laser  
高効率のレーザー

Optical enhancement cavity(OEC)  
レーザーをミラーで閉じ込め増強



OECレーザーをフュージョン燃料に反応させる

- BLP社は世界で初めてOECを用いたレーザー実験を成功(日本特許出願)
- 熱の閉鎖を促進し、高線量、高効率、低コスト



## Blue Laser Fusion 【レーザー型】

出典：J-Fusion「フュージョンエネルギー白書」  
(2025年6月3日版) より

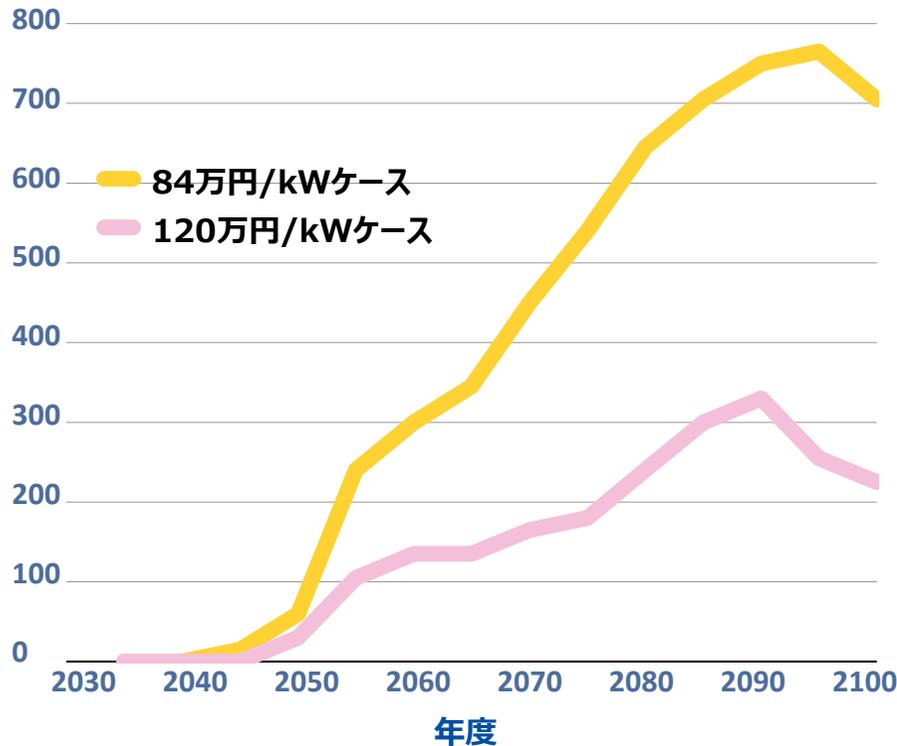
# フュージョンエネルギーによる経済効果（IAEAレポートより）

- 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の押し上げ効果が、2100年頃には最大約700兆円超に上るとしている。
- なお、試算の条件として、2035年に商用化開始と仮定しており、フュージョン発電所の建設費が安い場合と高い場合に、それぞれ分けて計算。フュージョン発電所の建設コストが低くできるほど、GDP押し上げ効果が高いとしている。

## フュージョンエネルギー普及による年間経済効果予測<sup>※2,3</sup>

## 経済効果予測における試算前提及び試算手法

(年間GDP便益、2021年価格・兆円<sup>※3</sup>)



### 試算前提

- 商用化開始：2035年
- 稼働率：導入初期は40%とし、約25年間で段階的に向上、最終的に85%で安定すると仮定。
- 資本コスト(建設費<sup>※4</sup>)：技術成熟および学習効果により、時間とともに低下すると仮定。

### 将来的な需要およびフュージョンエネルギーシェア割合

- 120万円/kW(ベース)ケース：2075年に電源シェア15%、2100年には27%をフュージョンが占めると仮定。
- 84万円/kW(低コスト)ケース：2075年に電源シェア22%、2100年には38%をフュージョンが占めると仮定。

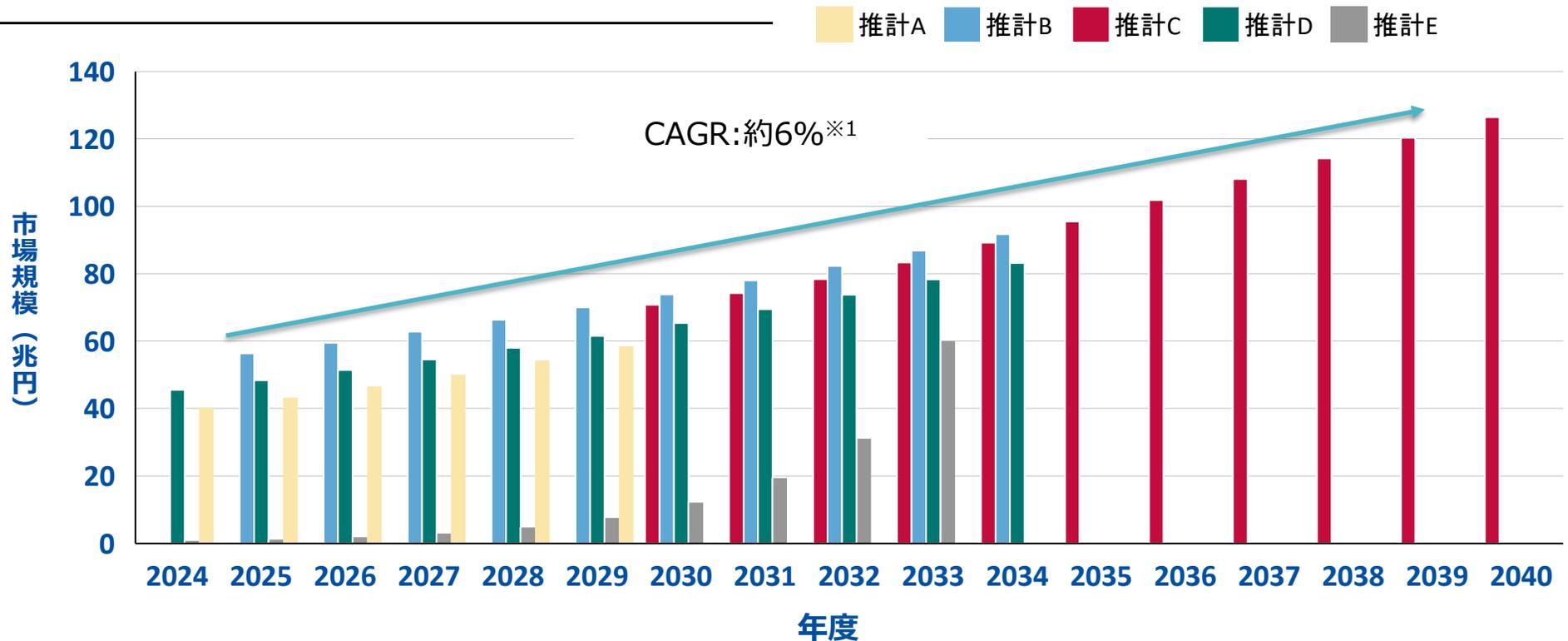
※1 MITが試算した経済モデルをベースに算出したもの。フュージョンエネルギーが世界に普及しなかった場合と、世界に普及した場合の世界GDPとの差分として定義。  
 ※2 建設費を因子として感度分析で2ケース設定。ラベル(84万円/kWなど)は2050年時点のovernight capital cost(2021年実質ドル建て)の到達水準を指す。  
 ※3 金額はすべて2021年実質価格。米ドル建て推計 (IAEA, World Fusion Outlook 2025)。ただし、円換算は1USD = 150円 (2025年平均) で換算。

※4 建設費：Overnight capital cost (金利、建設期間中の資本コスト、遅延リスクを除外した設備建設コスト) をベースに試算

# フュージョンエネルギー市場規模推計（各種レポートより）

- 市場規模に関する調査レポート（次ページ参照）から算出するとフュージョンエネルギー市場のCAGR（年平均成長率）は約6%※1であり、2034年時点で約90兆円、2040年時点では約120兆円にまで市場規模が拡大されると予測されている。  
1ドル=150円換算（2025年平均）

## フュージョンエネルギー世界における市場規模推計



※1 推計EはCAGR60%と他に比べて非常に大きいため、平均値の算出対象とはしていない。

※2 推計Aと推計Eは推計されているCAGR値で内挿してグラフ作成

出典：各調査資料レポートより内閣府作成

# 参考：フュージョンエネルギー市場規模推計の定義（推計Aの場合）

- 推計Aにおける市場価値は、「工場出荷額（Factory Gate Value）」で定義され、製造業者または製品開発者が、出荷・販売時点で得る財およびサービスの価値を指す。

1ドル＝150円換算（2025年平均）

## 推計Aにおける市場規模試算※ 前提条件

核融合エネルギー市場は、以下のサービスおよび製品の提供によって得られる収益から構成される。

区分	分類	内容
サービス	研究開発（R&D）	核融合エネルギーに関する基礎研究および応用研究の実施
	コンサルティング	技術・事業・政策等に関する助言・支援
	フィージビリティスタディ	核融合プロジェクトの実現可能性調査
	発電所開発・エンジニアリング	核融合発電所の設計、開発、エンジニアリング
製品	関連製品（サービス付随）	サービス提供者が販売する関連製品
	サービスに含まれる製品	サービス提供内容に組み込まれる製品
	超伝導磁石	フュージョン装置向けの超伝導磁石
	フュージョン装置	Helion Energy社のフュージョン装置
	プラント	トカマク型原子炉

※市場価値に含まれないもの：サプライチェーン上での再販による収益および他の製品・サービスの一部として計上される収益

出典：Research and Markets「Fusion Energy Global Market Report 2025」より内閣府作成

# 参考：フュージョンエネルギー市場規模推計（参考資料一覧）

No.	主体	タイトル	URL	前頁の推計対応
1	Research and Markets	Fusion Energy Global Market Report 2025	<a href="https://www.researchandmarkets.com/reports/6089929/fusion-energy-global-market-report">https://www.researchandmarkets.com/reports/6089929/fusion-energy-global-market-report</a>	推計A
2	Precedence Research	Fusion Energy Market Size to Hit USD 611.81 Billion by 2034	<a href="https://www.precedenceresearch.com/fusion-energy-market">https://www.precedenceresearch.com/fusion-energy-market</a>	推計B
3	Precedence Research	Nuclear Fusion Market Size, Share and Trends 2030–2040	<a href="https://www.precedenceresearch.com/nuclear-fusion-market">https://www.precedenceresearch.com/nuclear-fusion-market</a>	推計C
4	market.us	Global Fusion Energy Market Size, Share and Trends Analysis Report	<a href="https://market.us/report/global-fusion-energy-market/">https://market.us/report/global-fusion-energy-market/</a>	推計D
5	Global Insight Services (GII)	Fusion Energy Market Analysis and Forecast to 2033	<a href="https://www.gii.co.jp/report/gis1633041-fusion-energy-market-analysis-forecast-type.html">https://www.gii.co.jp/report/gis1633041-fusion-energy-market-analysis-forecast-type.html</a>	推計E