

第8回内閣府有識者会合（2025年1月28日）資料  
フュージョンエネルギーの早期実現、産業化に向けた世界の動きと我が国

2025. 1. 28

フュージョンエネルギー産業協議会、京都フュージョニアリング（株） 小西哲之

## 1. 世界の動向

### ○民間主導の開発競争はますます明確化

- ・ ITER の新ベースライン：現在の開発タイムテーブル外
- ・ supply chain 構築、国内産業育成が主目的
- ・ 新たな低炭素産業構造での主導権争いが顕著化
- ・ 2030年代エネルギー実証がターゲット
- ・ 投資環境は堅調

### ○Public-Private（民間主導を国が後押し）によるグループ間の連携、分担、競争が顕著化

- ・ 国の計画として企業の事業を織り込み
- ・ 単一国でのサプライチェーン構築不可能という認識は共通化⇒規制基準の共有
- ・ サプライチェーン構築の中での優位争い⇒エネルギー実証前に趨勢は決定
- ・ 公費の有効利用⇒GDP, 雇用創出のための投資、の目標が明確化  
→「次世代産業育成競争」のための合従連衡が進行

### ○再び大型開発計画の時代へ

- ・ 「小型」といっても千億円規模のプラント  
→民間主導、と言っても資金を集められるプレーヤーは限られる  
→今現在、大型計画を持っていないグループは淘汰される運命？  
－民間大型計画もそれぞれの技術困難に直面
- ・ nuclear technology, nuclear facility の必要性が共通認識となった
- ・ 技術課題の多くが共通
- ・ 施設としての ITER の立ち遅れ
- ・ 産業技術の再構築が始まった
- ・ フュージョン産業の育成が技術安全保障、経済安全保障上の重要テーマとの共通認識

## 2. 我が国の状況

### ○官民協力：「公」の計画（ITER→原型炉）と「民」の開発の関連は依然として希薄

- ・ ITER の tender は in kind から運転期の I0 発注中心となったが、我が国の参入は低調
- ・ 原型炉設計チームは官民合同。しかし R&D に民間はほとんど参入していない
- ・ 民間スタートアップは早期実現に向けてそれぞれの研究開発を加速。しかし。。

### ○産業協議会が活動を開始。

- ・ 技術マップ。フュージョンが新たな産業の候補であることが認識され始めた。
- ・ 海外含めた民間の計画参加、投資が始動。
- ・ 安全検討、許認可対応の検討を開始。

### ○フュージョンイノベーション戦略

- ・ 原型炉加速、ムーンショット⇒世界の「民主導での早期実現」とは違う方向

- ・民間のものづくり能力は高い。しかし技術インテグレーションの国際市場では差。

#### ○民間の具体的プロジェクト

- ・TE社へは、**米国、英国政府が資金供与、共同開発**
- ・米国DOEは、ブランケット試験施設、燃料サイクル施設を民間と共同開発の意向
- ・我が国では京都フュージョニアリング社がUNITY-1（ブランケット熱サイクル）、UNITY-2（燃料システム統合サイクル）を建設中。DOEが参加意思。
- ・我が国産学連携でDT 燃焼試験装置FAST プロジェクトを開始。
- ・民間会社それぞれが、2030年代のエネルギー実証を目指して事業を遂行。

### 3. 提案する方策

#### ○「民主導」プロジェクト：米国はmilestoneで公費のレバレッジ効果を狙う

⇒民間は、資金調達、合目的な組織構築、迅速な経営判断で早期実現を指向

- ・民間は、サプライチェーン構築によりその後の産業化に直結できる：  
英国はSTEP計画を民間発注により産業として育成する計画
- ・**民間事業大型化**には「公」の適切な支援が不可欠
- ・産業技術開発プラットフォーム：中国はGRAFTによりサプライチェーン育成
- ・官民の柔軟な資金運用。  
→**国や公的資金による投資、共同事業運営、研究組織構築。**

#### ○「公」の研究レガシーの民間移転

- ・**既存ニュークリア研究施設、大型施設の民間利用への開放**
- ・安全管理、廃棄物管理の適切な支援
- ・原型炉R&D（QR2後）の民間移転
- ・民間計画ではリスク回避が困難な開発課題の共同開発  
→n-NBI, ダイバータ、遠隔保守等、市場化になじまない技術がある
- ・研究成果、試験技術の民間移転
- ・**人的交流**。研究者技術者の育成と、キャリアの自由化。研究者コミュニティ、特に若手人材の産学交流、育成計画の促進。そのための公的支援、セーフティネット。

#### ○許認可と並行した開発

- ・フュージョン開発は**トリチウム、中性子・放射線取扱**が不可欠  
→**中型までの試験は既存の法制で可能**。段階的な安全確認、技術成熟が可能  
**社会による理解の獲得**には国、国際機関の支援が重要。
- ・官民の国際連携活動の支援  
⇒**日米、日英、日加の公的枠組み**は民間への拡張が必要。技術安全保障の観点でも共同のサプライチェーン育成を目指すべき。

### 4. まとめ

#### ○民間投資による世界のフュージョン開発競争は新たなフェーズに入った。

- ・**民間を生かし、産業化政策**に成功した国、国家連合が勝ち筋をつかむ
- ・国による大胆な民間事業への支援策が望まれる。今、**民間が中心となりフュージョン装置を開発中**。これを国の計画に組み込み、支援することが急務。

# 第8回内閣府イノベーション政策強化推進のための 有識者会議「核融合戦略」

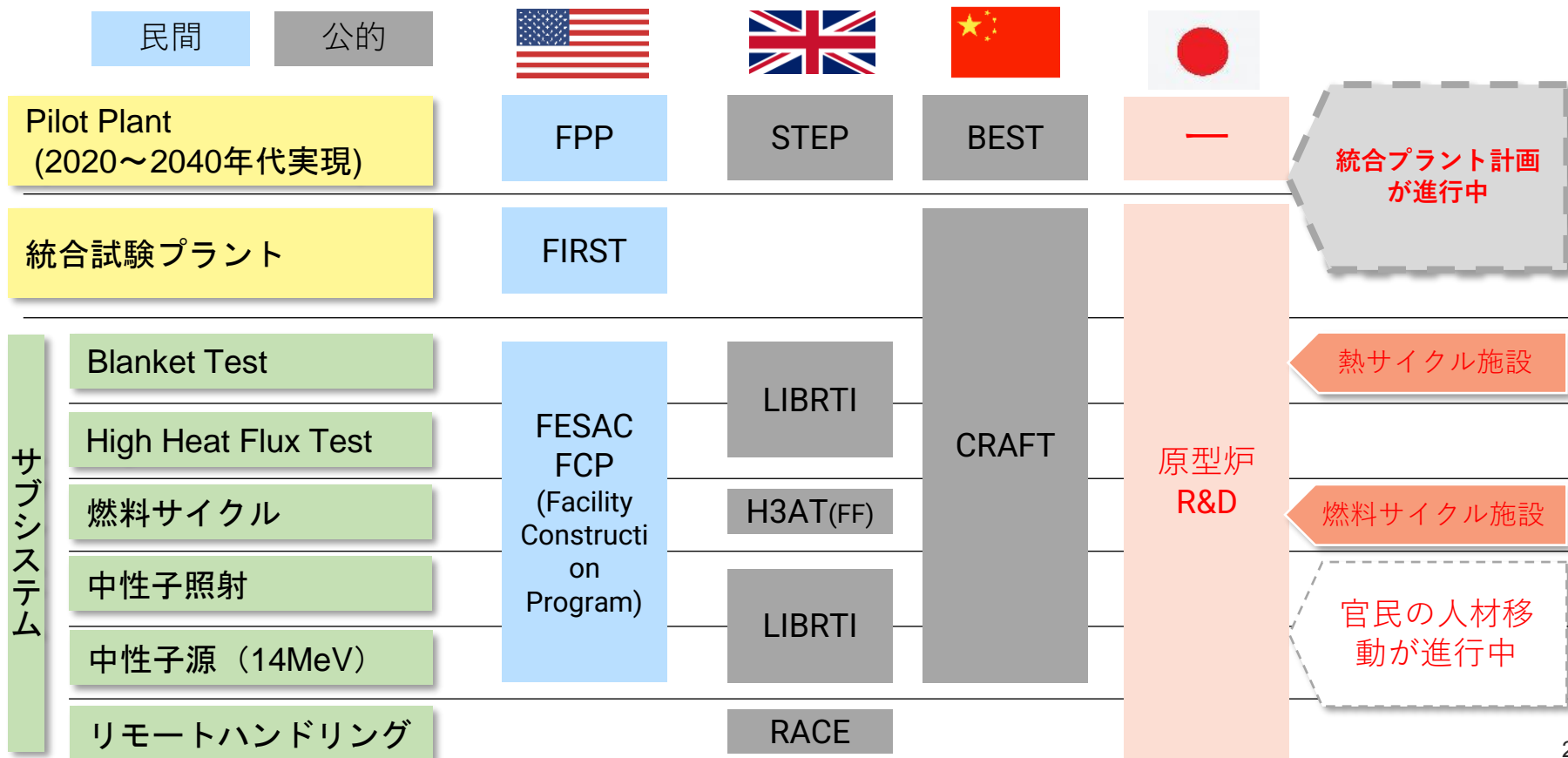
フュージョンエネルギーの早期実現、産業化に向けた  
世界の動きと我が国

令和7年1月28日

フュージョンエネルギー産業協議会、京都フュージョニアリング（株）  
小西哲之

# 各国でフュージョンの産業化に顕著な動き

民間によるフュージョン統合プラントを作る計画が進行

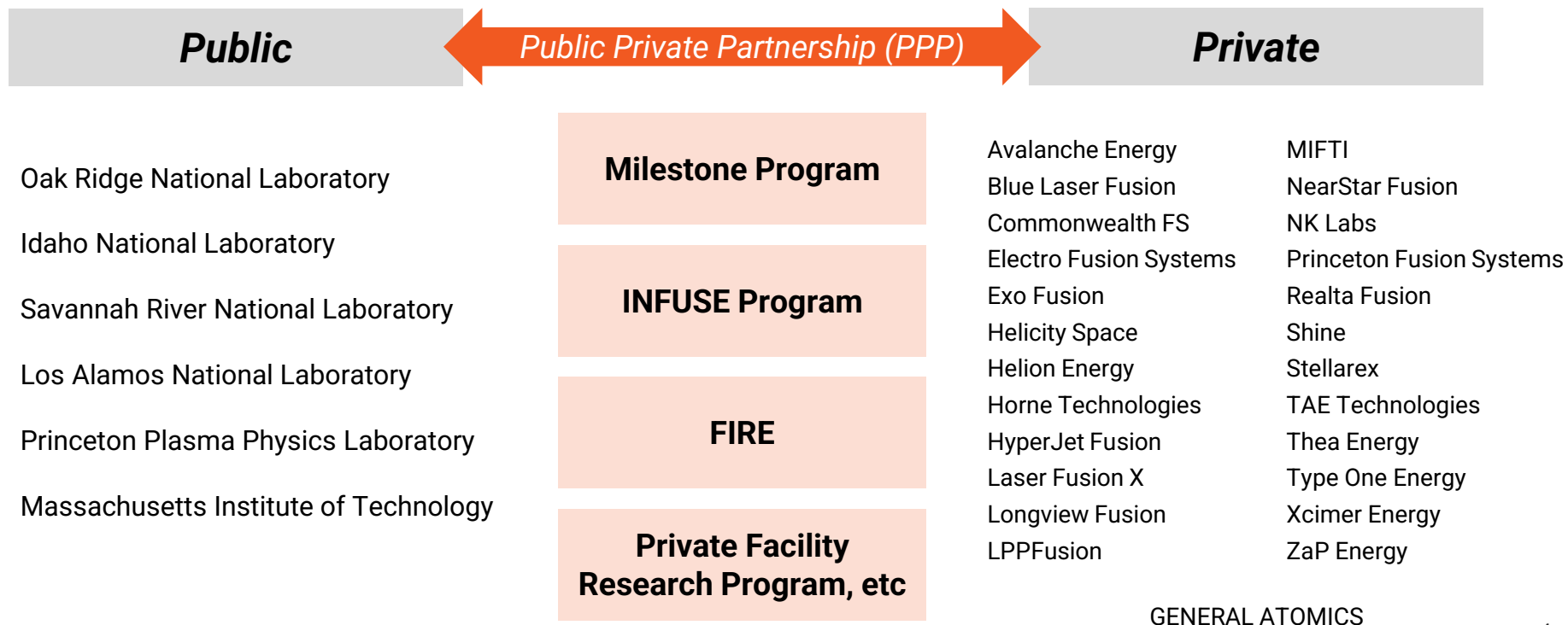


# 各国開発の概要と留意点

- **中国は国家、地域政府主導で一桁違う開発予算で、技術と“産業”を構築**
  - (開発) 合肥に、BEST、CRAFTを圧倒的な速度で拠点開発+別組織で中性子源
  - (産業) 合肥に、製造拠点および産業サプライチェーン構築
  - (学術) アカデミアの顔は変わらず、ITER路線・アカデミア協調は堅持
  - (政策) ITER路線でありつつ、地域政府主導で産業路線
- **英国はUKAEAおよび省庁主導で開発とルールメイキング**
  - (開発) STEP + Fusion Futures
  - (産業) UKへの産業誘導、特に中部産業進展・Oxford科学産業がテーマ
  - (学術) プログラムはUKAEA主導であり、学術的連携は積極的（人的交流等）
  - (政策) 規制他、ルールメイキングを主導
- **米国はPPPを旗印に、民・学ともに導線付けしつつ、米国産業政策**
  - (開発) FPP2028を中心に、S&T Roadmapギャップを埋める目標
  - (産業) 民間主導により速度と資金の両立+SEMATECHを例にした産業政策
  - (学術) 民間眼鏡に適う条件と、Dual Use上の門番、民間技術流出リスクの三点
  - (政策) US Competitive Act、ADVANCE Actで米国中心の輸出産業の道筋

# 米国の開発戦略：民業の育成

## 米国はPrivateと加速的な開発を進める



# 日米プログラム比較

	米国	日本	ITER (7極) / BA (日欧)
基本方針 (プラント計画、 主体)	Public-Private (民間が取り組む領域は“民間に任 せる”)	原型炉計画はありつつ、主体に 関する議論は未定 (見える、繋がる、育てるを標 語とした産業育成育成戦略)	ITER機構による7極協働
政府主体プログ ラム	Bold Decadal Vision	(JA-DEMO)	ITER、JT-60SA、IFMIF EVEDA、IFERC
政府支援プログ ラム	Milestone based INFUSE (NLと連携) ARPA-E FIRE Collaborative	SBIR (民間主体) ムーンショットプログラム (本格的な民間プログラム育成 策はまだない)	ITER/BA (ITER予算→ITER 調達/DA調達)
安全規制	NRC検討→Fusionを分けてBi- product materials approach 予定 (’25 May) Advance ACT上でFusion machine を定義(’24 July)	内閣府安全検討TF検討  NRA単独としては炉規法では“な い”点まで	(フランス原子力規制、放 射性物質による)
産業構築、技術 施策政府施策	S&T roadmap → Gap fill (国際競 技)	産業マップ作成、J-Fusion設立 民間の炉開発計画が始動	
国際	米英、米独、米日 bilateral MOU (米加 予定見込み)	日米 bilateral MOU →CCFE傘下	日欧連携 (BA協定)

# 中国は国家PJで産業・技術を育成

## New CN MCF Roadmap (2020)

### Technical readiness

- EAST  
Steady-state long-pulse physical operation

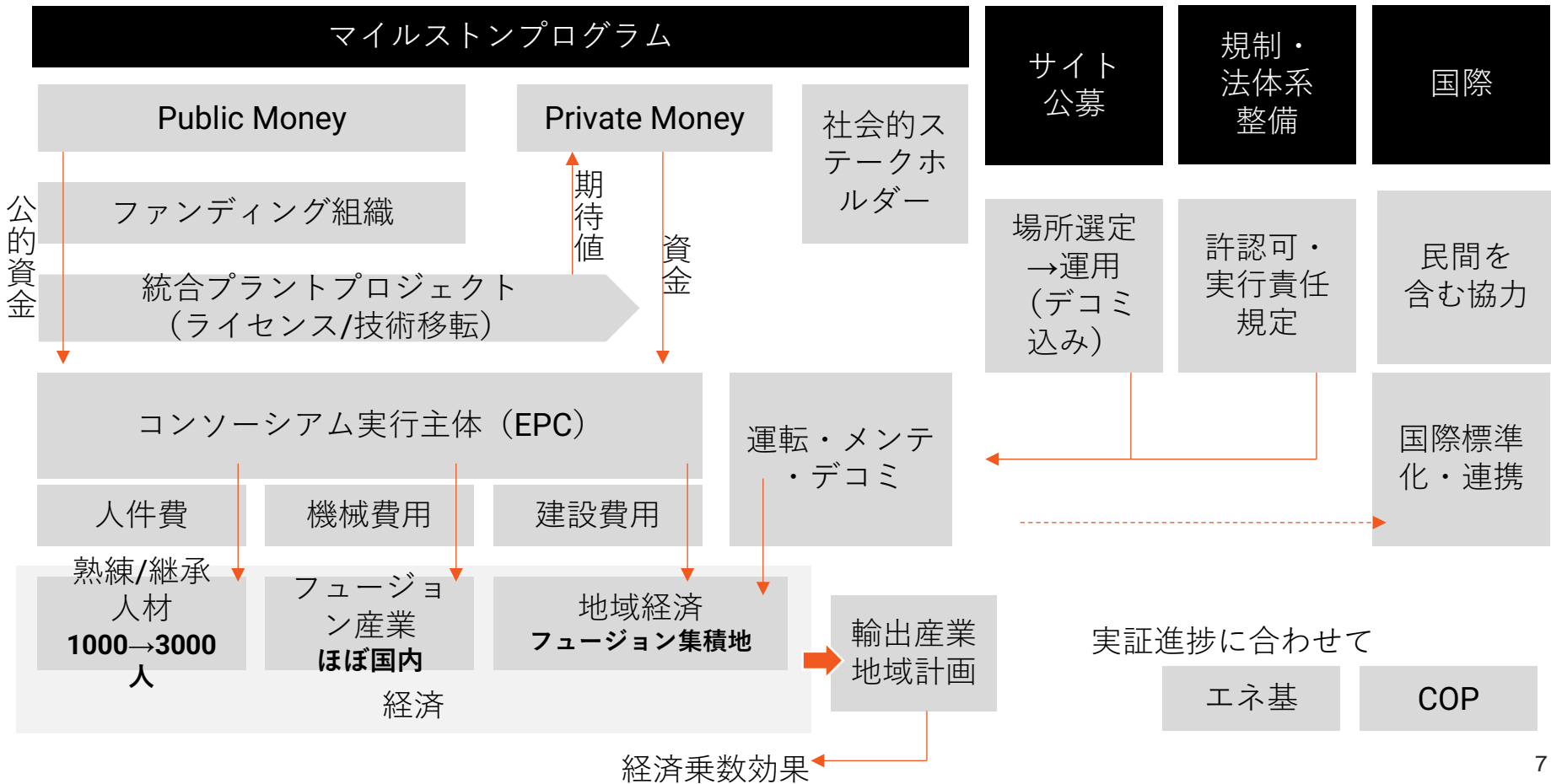
- ITER  
Near 20 years' R&D experience

- CFETR  
The engineering design completed

- CRAFT  
The construction launched in 2019



# 民間主導のフュージョンエネルギー開発（案）



公的資金

マイルストーンプログラム

Public Money

Private Money

社会的ステークホルダー

サイト公募

規制・法体系整備

国際

ファンディング組織

統合プラントプロジェクト  
(ライセンス/技術移転)

期待値

資金

場所選定  
→運用  
(デコミ込み)

許認可・  
実行責任  
規定

民間を  
含む協力

コンソーシアム実行主体 (EPC)

運転・メンテ  
・デコミ

人件費

機械費用

建設費用

熟練/継承  
人材  
1000→3000  
人

フュージョン産業  
ほぼ国内

地域経済  
フュージョン集積地

輸出産業  
地域計画

経済

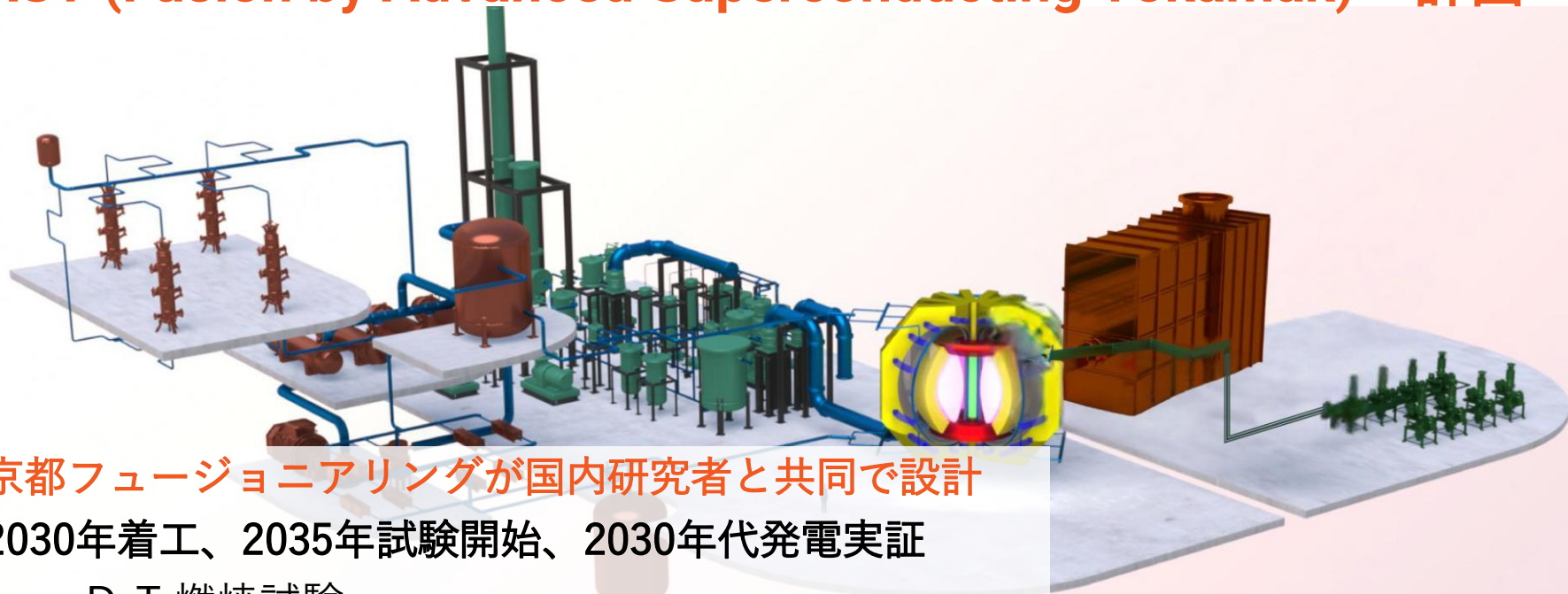
実証進捗に合わせて

エネ基

COP

経済乗数効果

# FAST (Fusion by Advanced Superconducting Tokamak) 計画



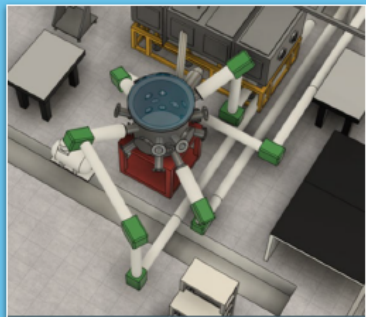
京都フュージョニアリングが国内研究者と共同で設計

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

# EX-Fusionの開発ロードマップ

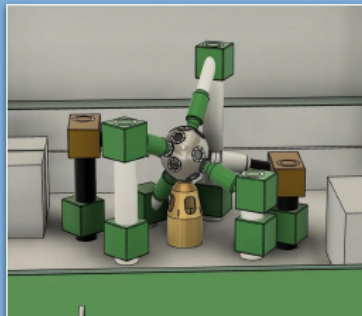
✓ 2024: 24hrs Operation of Laser Reactor



## 要素技術統合検証 (浜松で稼働中)

模擬燃料射出・レーザー制御・  
レーザー照射を統合して、10Hzでの  
連続運転

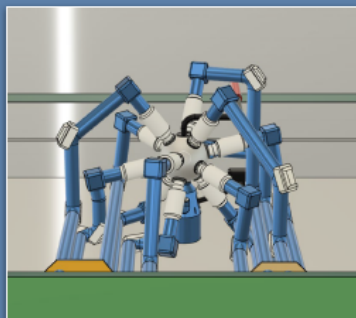
2027: Continuous Neutron Demo



## 連続中性子発生

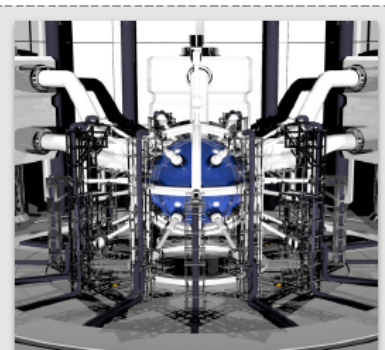
レーザーエネルギーを増強、核融合  
燃料を連続射出、レーザー照射し、  
10Hzで核融合中性子を連続発生

2030: First Light!



## 発電実証

ブランケット技術を統合、核融合反  
応からの熱電変換とトリチウムプリー  
ディングを実証(規制等の整備状況  
を見て徐々に規模を拡張)



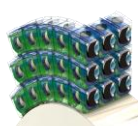
## 2040: 商用炉

規模に応じて  
100MW～数GWまで  
柔軟に設計変更が可能

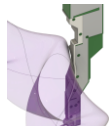
# フュージョンエネルギーの商業化へのアプローチ

LHDの発展型の炉開発を目指す。足元では新技術を実証し、「最終実験装置」にてそれらの統合実験を実証。同実証を踏まえて、2034年に初号機にて発電実証し、2040年以降の本格商業化を目指す。

## ① 新技術実証



超伝導  
マグネット

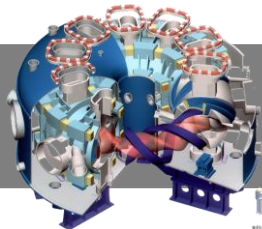


液体金属  
ブランケット

## ② 最終実験装置 “FED” 2020年代後半

## ③ 発電初号機“FPP” 50 - 100MW級 最速2034年

## ④ 本格商用発電炉 100 MW級～ 2040年代

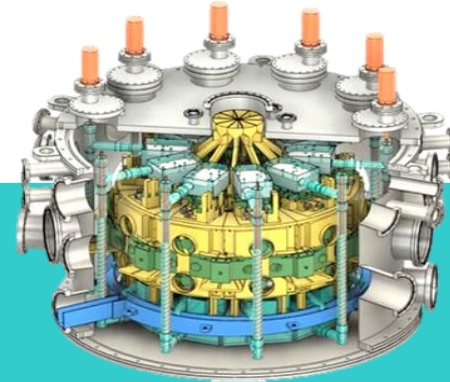
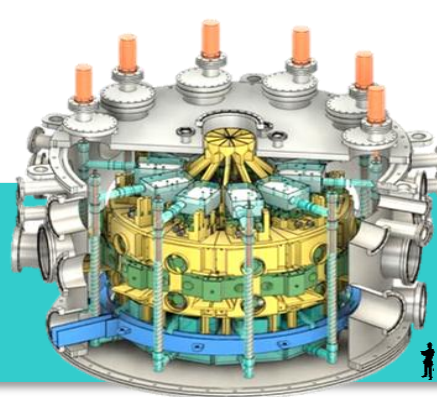


核融合科学研究所

LHD

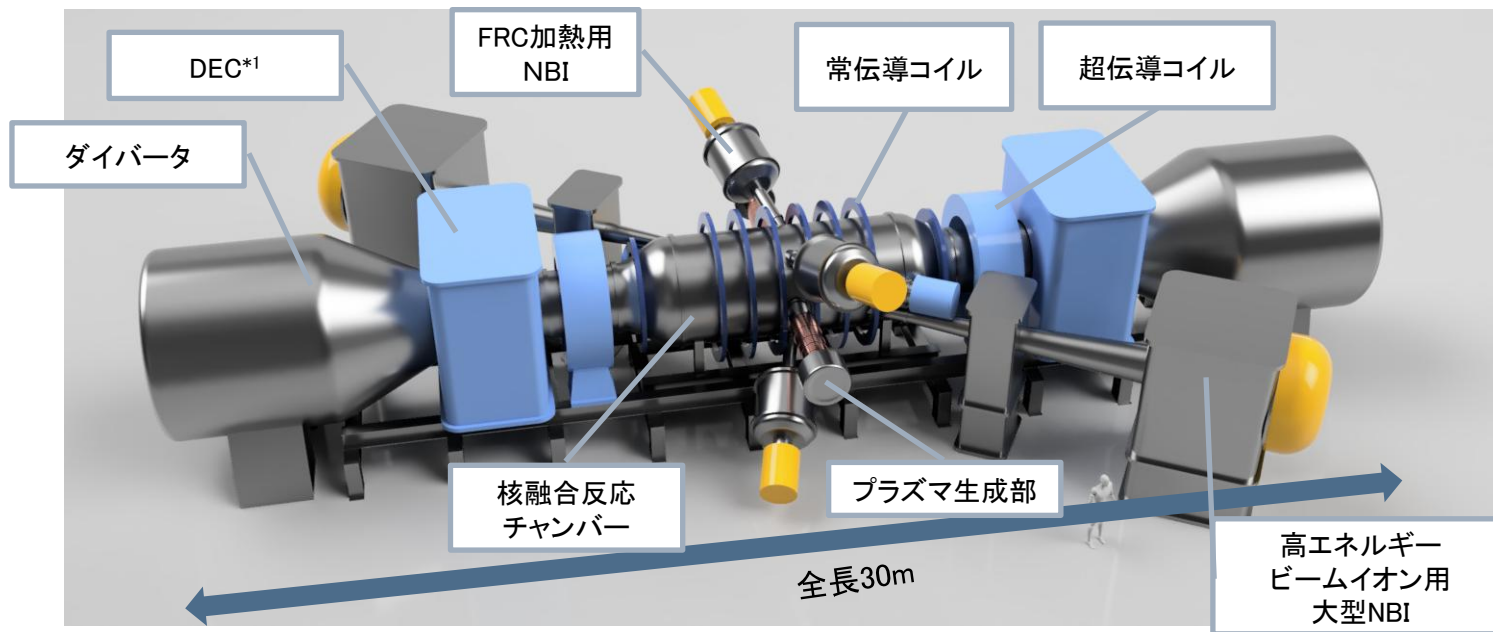
(数千億円の国家プロジェクト)

**Helical Fusion**



- 当社は、FRCとミラーをハイブリッドさせた核融合炉でビーム駆動方式による $p\text{-}^{11}\text{B}$ 反応の実現を目指す

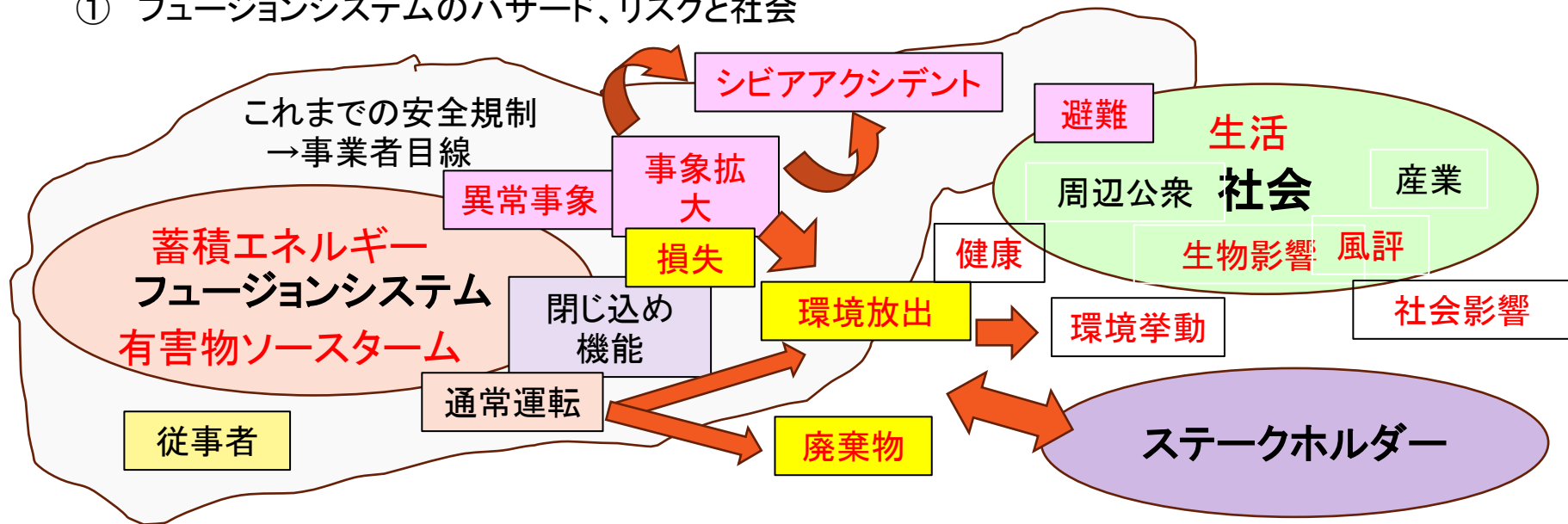
## FRCミラーハイブリッド核融合炉イメージ



\*1) DEC: Direct Energy Conversion(直接エネルギー変換器)

# 現在必要とされるフュージョン・システムの安全と許認可

## ① フュージョンシステムのハザード、リスクと社会



## ② これからの方向性

- ・核分裂システムとは異なるハザードと安全の特性
- ・研究施設から発電プラントまで多岐にわたる施設
- ・社会受容が必須

## まとめ

- 民間投資による世界のフュージョン開発競争は新たなフェーズに入った。
  - 民間を生かし、産業化政策に成功した国、国家連合が勝ち筋をつかむ
  - 国による大胆な民間事業への支援策が望まれる。  
今、民間が中心となりフュージョン装置を開発中。  
これを国の計画に組み込み、支援することが急務。
- 国際協力も官民交えた新たな形態に代わっている。  
官民施設の有効利用による開発加速が必要。