

# 原型炉に関するこれまでの検討の経緯について

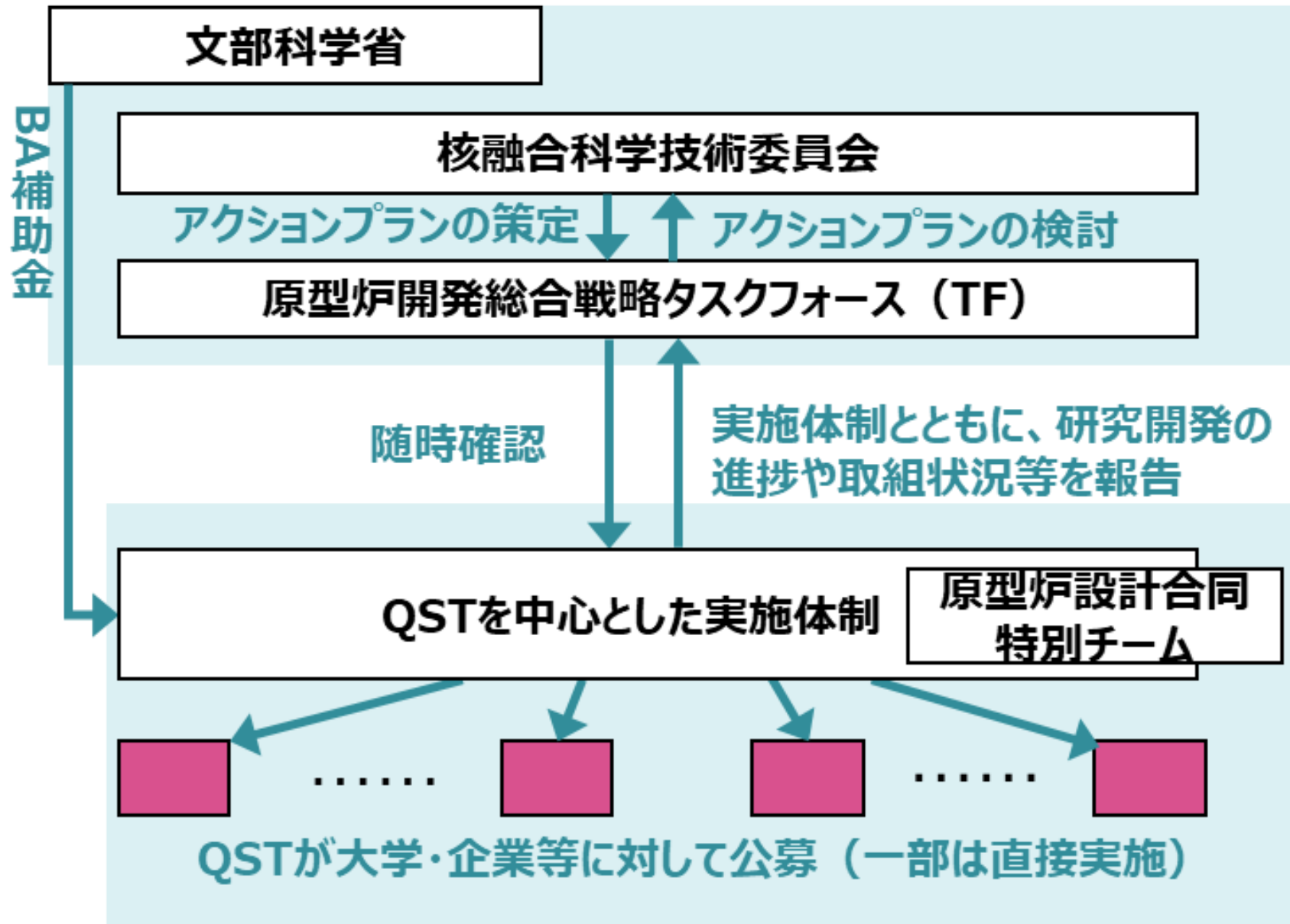
核融合科学技術委員会  
原型炉開発総合戦略タスクフォース  
第12期主査 坂本 瑞樹

# 目次

---

- 1． 原型炉に係る推進体制
- 2． 原型炉に関するこれまでの検討の経緯
- 3． 原型炉開発総合戦略タスクフォース  
における議論

# 原型炉に係る推進体制

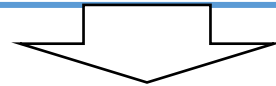


# 原型炉に関するこれまでの検討の経緯①

- 第三段階核融合研究開発基本計画等、これまで原型炉に向けた方針を策定し、研究の進展や国内外の状況の変化に応じ、適宜見直しを実施

## 第三段階核融合研究開発基本計画（平成4年6月原子力委員会）

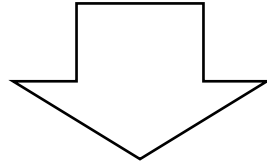
- ✓ 第三段階の研究開発は、自己点火条件の達成及び長時間燃焼の実現並びに原型炉の開発に必要な炉工学技術の基礎の形成を主要な目標として実施
- ✓ 第三段階の研究開発は、平成4年度から開始し、実験炉による研究開発が終了し、かつ、次期中核装置と考えられる原型炉による研究開発が開始される段階、又は第四段階核融合研究開発基本計画の策定が行われた段階のいずれか早い時点において完了



## 今後の核融合研究開発の推進方策について（平成17年10月原子力委員会核融合専門部会）

- ✓ トカマク方式において、一定の経済性を念頭においた原型炉に向けての開発研究をITERと並行して進めることが妥当。
- ✓ 原型炉は、ITER 程度の炉心寸法と百万kW レベルの発電能力を持つことが想定。
- ✓ 原型炉は、1年程度の連続運転が可能であるとともに、高いプラント効率や送電端での高い出力安定性、及び1を超える総合的なトリチウム増殖率（TBR）が必要。

# 原型炉に関するこれまでの検討の経緯②



平成27年：核融合科学技術委員会、  
原型炉開発総合戦略タスクフォースの設置

## 核融合原型炉研究開発の推進に向けて（平成29年12月核融合科学技術委員会）

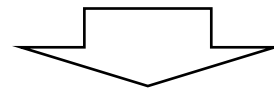
- ✓ トカマク方式を炉型とし、第四段階への移行条件を満足させる技術課題の達成を、産学官の核融合研究開発コミュニティ全体の共通目標
- ✓ ①数十万kWを超える定常かつ安定した電気出力、②実用に供し得る稼働率、③燃料の自己充足性を満足する総合的なトリチウム増殖を実現することを原型炉の目標
- ✓ 原型炉への移行判断は、ITERの核融合運転(DT)が見込まれる2030年代に行う。  
原型炉段階に移行する際には、実用炉段階で経済性を達成できる見通しを得ておく必要。
- ✓ 中間C&Rを見直し、2回に分けて実施する。
  - (1)JT-60SA の運転が開始する2020年頃
  - (2)ITER のファーストプラズマが予定される2025年から数年以内  
(原型炉に必須のコンポーネントの工学開発活動の開始の適否も判断)
- ✓ アクションプランの時系列展開、及び中間チェックアンドレビュー項目と時期は、コミュニティ内外での議論のもと、ITER計画の進捗状況やBA活動の成果を踏まえて随時タスクフォースが見直してゆくこと

# 原型炉に関するこれまでの検討の経緯③

## 核融合原型炉研究開発に関する第1回中間チェックアンドレビュー報告書

(令和4年1月核融合科学技術委員会)

- ✓ **核融合発電の実現時期の前倒しが可能かどうか技術的に検討を深めることは重要な課題。**何らかの前倒しを行う場合、C R 2で期待する達成目標自体を見直すことや、原型炉に向けた研究開発に関する優先順位を再検討することも課題

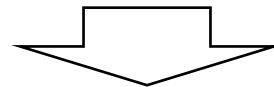


## 核融合発電の実現時期の前倒しに関する検討を踏まえた原型炉開発に向けたアクションプランの検討について (令和4年10月原型炉開発総合戦略タスクフォース)

- ✓ 前倒しでは、**2040年代の原型炉運転開始を仮定し、そこから概念設計、工学設計、建設、組立の期間をバックキャストして設定**
- ✓ 2035年のITER燃焼実験の直後から、原型炉建設に着手、10年後に原型炉による発電実証を目指すことが可能となり、**現在の計画から5年程度の前倒しの可能性**

表1 前倒しにおいて設定した原型炉の第1期及び第2期の目標

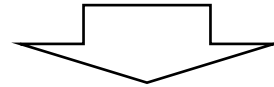
	第1期目標	第2期目標
概要	ITERからの技術ギャップが小さい『低出力&パルス運転』による早期発電実証 (BLK 発電の早期実証)	商用炉段階に向けた『定格出力&連続運転』による発電実証
電気出力	・パルス運転 (電子サイクロトロン共鳴加熱 ECH が主加熱) ・正味 (パルス中) の電気出力の実証	・連続運転 (中性粒子入射加熱 NB による電流駆動&高自発電流割合) ・数十万キロワットの安定した電気出力
稼働率	保守シナリオの実証	実用に供し得る稼働率
TBR	三重水素自己充足性 (TBR $\geq$ 1) の確認	三重水素自己充足性 (TBR $\geq$ 1) の実証



## 原型炉に関するこれまでの検討の経緯④

### 核融合科学技術委員会における今後の対応案（令和5年2月核融合科学技術委員会）

- ✓ 技術的な検討の結果及びアクションプランの更新案については、核融合科学技術委員会で受け入れ
- ✓ 「核融合発電の実施時期の変更」については、現在、ITER のベースラインの見直しが行われており、**ベースラインの検討状況等を総合的に勘案した上で判断**する必要があることから、決定を保留

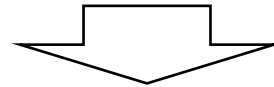


### フュージョンエネルギー・イノベーション戦略（令和5年4月統合イノベーション戦略推進会議）

#### ●産業の予見性を高めるため、**発電実証時期を早期に明確化**すること【文】

海外市場の獲得を目指すこととともに、国内市場の形成も重要である。文部科学省の原型炉研究開発ロードマップ（一次まとめ）においては発電の実現時期を2050年頃としており、また、文部科学省の原型炉開発総合戦略タスクフォースにおいて技術的には前倒しが可能という検討結果が示された。

**ITER計画の進捗及び諸外国で掲げられている野心的な目標も踏まえ、発電実証時期を出来るだけ早く明確化**するとともに、研究開発の加速により原型炉を早期に実現する。





## 原型炉に関するこれまでの検討の経緯⑤

### 統合イノベーション戦略2024（令和6年6月閣議決定）

- ✓ 特に、国としてのコミットメントを明確にする観点から、**世界に先駆けた2030年代の発電実証の達成に向けて、必要な国の取組を含めた工程表を作成するなど、フュージョンエネルギーの早期実現を目指す。**
- ✓ 民間企業やアカデミアの予見可能性を高めるため、米国や英国等のスタートアップが掲げる野心的な発電時期も踏まえつつ、**ITER計画/BA活動の知見や新興技術を最大限活用し、バックキャストに基づくロードマップを策定する。**

### 新しい資本主義のグランドデザイン及び実行計画2024年改訂版（令和6年6月閣議決定）

- ✓ **2030年代の発電実証を目指す**とともに、産業化までも見据え、現行戦略を早期に改定する。



# 原型炉に関するこれまでの検討の経緯（参考①）

## チェック・アンド・レビュー項目（平成29年12月核融合科学技術委員会※令和5年4月改訂）

項目	第1回中間C&Rまでの達成目標	第2回中間C&Rまでの達成目標	原型炉段階への移行判断
① ITERによる自己加熱領域での燃焼制御の実証	・ITERの技術目標達成計画の作成。	・ITER支援研究のITER技術目標達成計画への反映。	・ITERによるQ=10程度以上の(数100秒程度以上)維持と燃焼制御の実証。
② 原型炉を見据えた高ベータ定常プラズマ運転技術の確立	・ITER支援研究と定常高ベータ化準備研究の遂行とJT-60SAによる研究の開始。	・JT-60SAによる高ベータ非誘導電流駆動運転の達成。 ・ダイバータを含む統合シミュレーションのJT-60SA等による検証。 ・JT-60SAによる原型炉プラズマ対向壁と整合したダイバータ研究計画の作成。	・ITERによる非誘導電流駆動プラズマの実現、及びITER燃焼制御の知見を踏まえた統合シミュレーションにより、非誘導定常運転の見通しを得る。 ・JT-60SAによる原型炉プラズマ対向壁と整合した無衝突領域での安定な高ベータ( $\beta_N = 3.5$ 以上)定常運転領域の実証。
③ ITERによる統合化技術の確立	・ITER超伝導コイルなど主要機器の製作技術の確立とJT-60SAの建設による統合化技術基盤の確立。	・ITERの運転開始に必要なITERの機器製作・据付・調整に関わる統合化技術の取得。	・ITERの運転・保守を通じた統合化技術の確立。安全技術の確認。
④ 原型炉に関わる材料開発	・低放射化フェライト鋼の原子炉照射データを80dpaレベルまで取得し、核融合と類似の中性子照射環境における試験に供する材料を確定。 ・核融合中性子源の概念設計の完了。	・原子炉照射による低放射化フェライト鋼の重照射データの検証を完了。 ・原子炉照射によるブランケット及びダイバータ機能材料の初期照射挙動の評価、及びトリチウム確保技術の原理実証。 ・核融合中性子源の建設に向けた研究開発の実施、及び材料照射データ取得計画の作成。	・構造設計基準策定 ・パイロットプラント規模でのリチウム確保技術の確立。 ・核融合中性子源の建設開始、及び核融合中性子源による低放射化フェライト鋼、並びに、ブランケット及びダイバータ機能材料の照射データ取得計画の作成。
⑤ 原型炉に関わる炉工学技術開発	・ダイバータ開発指針の作成。 ・超伝導コイル要素技術等、原型炉に向けて早期着手を必要とする炉工学開発計画の作成。 ・コールド試験施設によるブランケット設計に必要なデータの取得。	・JT-60SA、LHD等によるプラズマ対向材特性を含むダイバータ関連データの取得。 ・超伝導コイル、ダイバータ、遠隔保守、加熱・電流駆動、燃料システム、計測・制御等の中規模またはプラント規模の炉工学開発計画の作成、並びに、これらの開発試験施設の概念設計の完了。 ・発電ブランケットの基盤技術整備、並びにITER-TBM1号機製作と実機での安全性確認試験の完了。	・開発試験施設での成果およびITER、JT-60SA等の実績を踏まえた、超伝導コイル、ダイバータ、遠隔保守、加熱・電流駆動、燃料システム、計測・制御等の原型炉工学設計を裏付ける炉工学技術の確立。 ・ITERによるトリチウム回収及び核融合中性子源によるトリチウム挙動評価技術の検証。
⑥ 原型炉設計	・原型炉の全体目標の策定。 ・原型炉概念設計の基本設計。 ・炉心、炉工学への開発要請の提示。	・炉心、炉工学技術の開発と整合をとり、高い安全性を確保し経済性を見通しにも配慮した原型炉概念設計の完了。 ・工学設計の技術基盤確立に向けた炉心、炉工学開発課題の確定と開発計画の作成。	・社会受容性と実用化段階における経済性を見通しを得て、炉心・炉工学技術の開発と整合をとった原型炉工学設計の完了。 ・安全規制・法令規制の方針策定。
⑦ 社会連携	・アウトリーチヘッドクォータの設置。 ・アウトリーチ活動推進計画の立案	・アウトリーチ活動の推進と社会連携活動の実施。	・原型炉建設・運転に向けた社会連携活動の実施。

# 原型炉に関するこれまでの検討の経緯（参考②）

## 原型炉研究開発に向けたアクションプラン（平成29年12月核融合科学技術委員会※令和5年7月改訂）

### ●経緯・概要

- ・アクションプランとは、原型炉を実現するために必要な開発項目ごとに、具体的な技術課題に対する実施内容や各々のマイルストーン及び実施が期待される機関・組織を網羅的に列挙したもの
- ・核融合科学技術委員会の「核融合原型炉研究開発の推進に向けて」（2017年12月）に基づき、アクションプランを策定
- ・「炉設計」、「超伝導コイル」などの項目別に、各段階で実施すべきアクション、完了しなければならないアクションを示した「構成表」と、補足説明を記載した「項目別解説」で構成

### ●アクションプラン構成

0. 炉設計 1. 超伝導コイル 2. ブランケット 3. ダイバータ 4. 加熱・電流駆動システム  
5. 理論・シミュレーション 6. 炉心プラズマ 7. 燃料システム  
8. 核融合炉材料と規格・基準 9. 安全性 10. 稼働率と保守 11. 計測・制御  
12. サイト整備 13. 社会連携 14. レーザー方式

現行のアクションプラン：

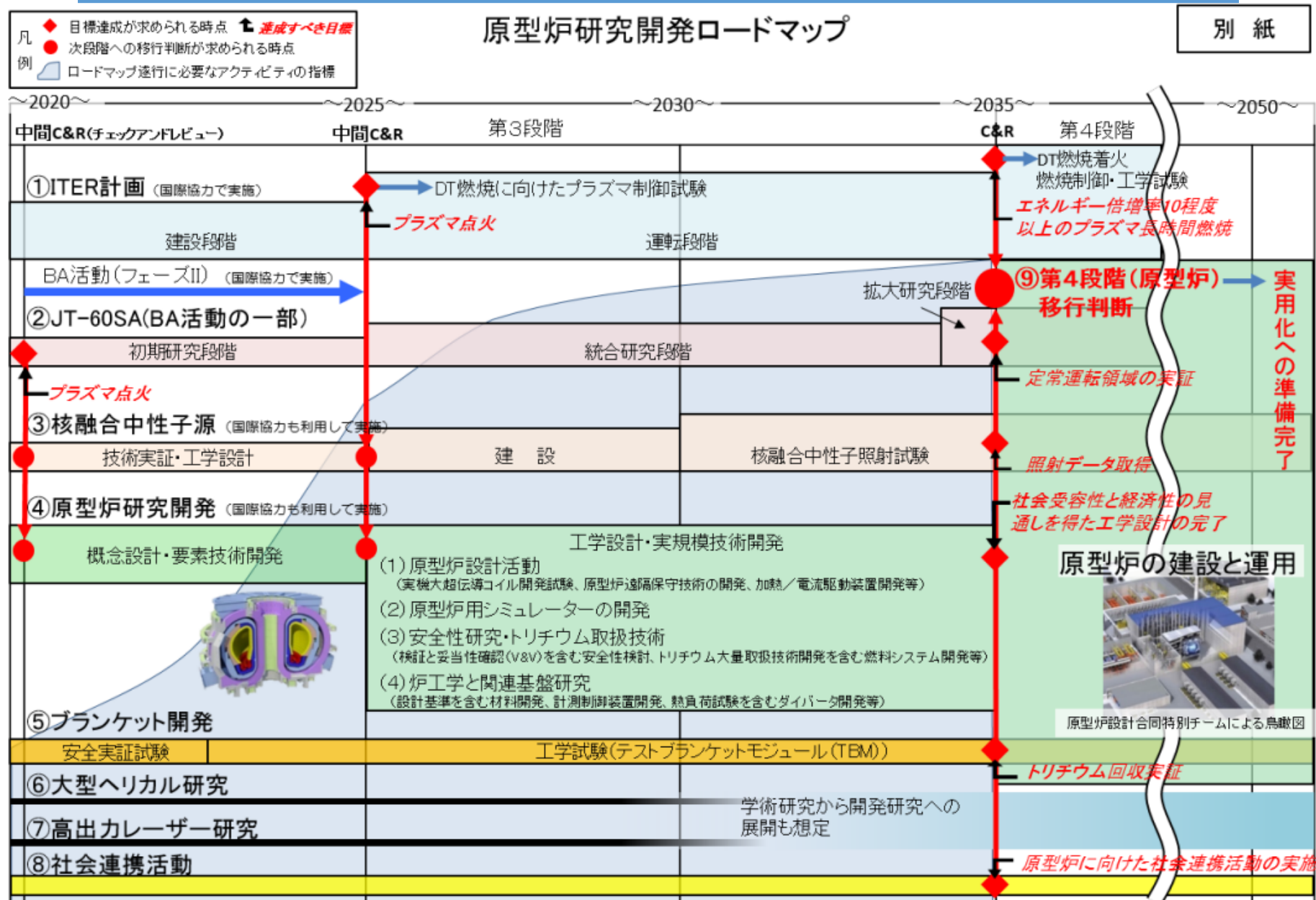
[https://www.mext.go.jp/b\\_menu/shingi/gijyutu/gijyutu2/074/houkoku/1412800.htm](https://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/gijyutu/gijyutu2/074/houkoku/1412800.htm)

### ●改訂歴

- ・第1回中間チェック・アンド・レビューを受けて、2023年7月に改訂。記載内容のうち、第2回チェック・アンド・レビュー以降の内容については、ITER機構のベースラインの見直し等を踏まえて、再度検討

# 原型炉に関するこれまでの検討の経緯（参考③）

## 原型炉研究開発ロードマップ（一次まとめ）（平成30年7月核融合科学技術委員会）



## フュージョンエネルギーの早期実現に向けて

第38回核融合科学技術委員会・  
第35回原型炉開発総合戦略TF  
資料 令和6年7月10日

- フュージョンエネルギーの早期実現に向けては、原型炉を早期に建設することが肝要。

※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）（抜粋）

「我が国でフュージョンエネルギーを最短距離で実用化するためには、原型炉の発電実証時期とコスト等を明確化し、原型炉を早期に建設することが肝要であるため、従来のITER計画/BA活動からの原型炉開発というアプローチを強力に推進する。」

- 第三段階核融合研究開発基本計画等、これまで原型炉に向けた方針を策定し、研究の進展や国内外の状況の変化に応じ、適宜見直しを実施。

- ITER計画の進捗状況や諸外国で掲げられている野心的な目標も踏まえ、以下の観点に留意しつつ、原型炉に向けた方針を見直してはどうか。

- ✓ 社会実装に繋がる、科学的・技術的に意義のある発電実証を、可能な限り早期に実現すること
- ✓ 原型炉目標※や原型炉段階への移行判断を見直すこと
  - ※ 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を実現すること
- ✓ ITER計画/BA活動の知見や新興技術を最大限活用すること
- ✓ 原型炉実現に向けた基盤整備(研究開発、人材育成、アウトリーチ活動、拠点化)を含めた、バックキャストに基づくロードマップを策定すること



## 本日の原型炉開発総合戦略TFの議論

第36回原型炉開発総合戦略TF  
資料 令和6年8月19日

前回の議論を踏まえ、原型炉開発総合戦略TFでは、以下の点について議論。

### ① 原型炉研究開発ロードマップの見直しに向けた検討 ⇒ 「本日の議題 2」

- ・ITER計画のベースラインの改定も見据え、原型炉研究開発ロードマップの見直しに向けた議論
- ・ITER計画/BA活動の知見や新興技術を最大限活用し、バックキャストに基づくロードマップを策定

### ② 原型炉実現に向けた基盤整備 ⇒ 「本日の議題 3」

- ・QSTやNIFS等における取組(研究開発・人材育成・アウトリーチ活動・イノベーション拠点化等)の具体化

本日の議題 2 では、QSTにおいて前頁の方針や「2030年代の発電実証を目指す」とした閣議決定を踏まえて検討を行っており、以下の事項について議論。

### 1. 原型炉移行判断の見直しについて

ITER計画のベースラインの改定も見据えた、見直し案を議論。

### 2. 発電実証の更なる前倒しの可能性について

スケジュールを更に前倒しすべきとの方針を踏まえ、原型炉目標・設計の変更について検討。

例えば、以下の変更の方向性が考えられることから、各プランの概要、想定されるスケジュール、増加するリスクや技術的課題についても発表。

- ・プランB (ITERサイズの原型炉) cf. 原型炉設計合同特別チームでの議論
- ・プランC (発電実証を主目的とする装置の建設) cf. 第34回 原型炉開発総合戦略タスクフォースでの説明
- ・プランD (原型炉の第1期目標を「発電実証」として、後に多段階で改造)

# 発電実証の早期実現にむけて、ITERサイズ の原型炉が技術的に成立するかを検討を開始

第36回原型炉開発総合戦略TF 資料(「発電実証のさらなる  
前倒しの可能性」について) 一部改訂 令和6年8月19日

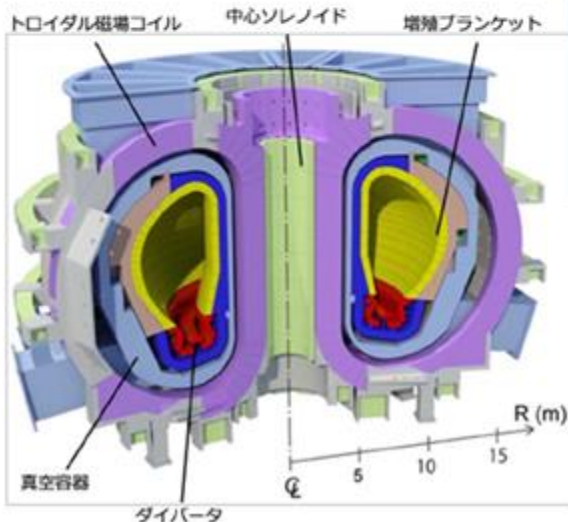


核融合科学技術委員会の提示した原型炉の目標

- ①数十万kWの電気出力
  - 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JA DEMOはITERの1.4倍のサイズ



運転開始時から核融合科学技術委員会の目標①～③の同時達成を目指すのではなく、0.1GWクラスの発電実証を原型炉の第1期目標として定めることで移行判断の前倒しが可能ではないか、ということ念頭に、ITERサイズの原型炉が技術的に成立するかを検討を開始



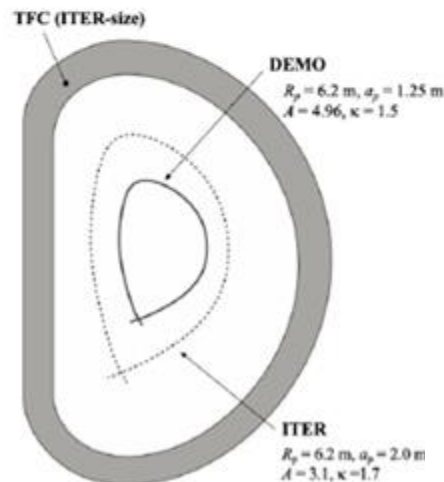
## JA DEMO

主半径: 8.5m  
小半径: 2.42m  
核融合出力: 1.5GW  
発電端出力: 0.64GW

## 検討例 (第1期)

主半径: 6.2m  
小半径: 1.25m  
核融合出力: 0.17GW  
発電端出力: 0.07GW

- ITERと同じサイズのトロイダル磁場コイルや真空容器に、JA DEMOで設計が進められている増殖ブランケットを導入した場合、JA DEMOの1/10程度の発電量が見込める
- 主要機器を段階的にアップグレードする(第1期～第3期) ことで性能向上をめざす







## 発電実証のさらなる前倒しの検討に向けて（２）

4



- 前倒しを行うためには、建設の早期着手と建設期間の短縮が必要である。
- 実験炉ITERの建設経験を踏まえると、ITERよりも大型化しているJA DEMOの建設工期を短縮するのは容易ではない。特に、トロイダル磁場コイルは既存の大型装置で加工できないだけでなく輸送が困難なために、原型炉建設サイト内で製作する必要がある。
- そこで、令和4年にタスクフォースが示した原型炉計画をさらに前倒しするには、トロイダル磁場コイルの製作実績があること及び燃焼プラズマ（高エネルギー増倍率）を見通せることからITERサイズを最大（同一）とする原型炉において、運転開発フェーズの目標を設定し、まず早期に発電を実証し、その後段階的に機器を改良することで、商用化を見据えた技術開発を行うアプローチが考えられる。
- また、早期発電実証に必要なR&Dを先行して実施し建設に着手し、定期交換する炉内機器（ブランケットやダイバータ）の高性能化や加熱装置（NBI, EC）の定常化・高効率化に関するR&Dを建設と並行して行うことが前倒しに有効である。なお、これらは社会実装に向けて原型炉計画と並行して開発すべき技術であり、民間活用も導入することで核融合機器産業や核融合発電産業への展開を見込むべき。
- 第36回TF会合において、ITERサイズのトロイダル磁場コイルや真空容器に増殖ブランケットを導入した場合の発電規模（プランB）や、多段階で改造する計画案（プランD）を報告した。
- 本日は、これらの改定更新について報告する。





## 原型炉計画のさらなる前倒しの考え方

5



- ITERサイズの原型炉により発電を2030年代に実証
  - ✓ ITERと同じ炉心機器 → 設計、R&D、試作等を大幅に簡略化
  - ✓ 機器製作（ITER調達）、統合化技術（JT-60SA建設） → 日本の優れた技術力
  - ✓ 核融合科学技術委員会の提示した原型炉の目標を達成するために必要な技術を原型炉建設と並行して開発 → 戦略的R&D
- 「発電実証」の目安は、発電のために消費する電力を賄う／上回る発電端出力（正味電力>～0）
  - ✓ 設備の高効率化に必要な技術開発も並行して実施 → 商用炉段階に正味電力を増大
- 多段階の運転開発期の目標を設定し、機器を段階的に改良することでプラント規模の発電を目指す
  - ✓ 同じ装置で複数の役割を担う → リソースを合理化
- 商用炉に必要な新技術をも原型炉建設に並行して開発、後期に導入することで性能を段階的に向上
  - ✓ 商用化への技術ギャップを最小化 → 早期の社会実装

建設に最短  
で着手



## ITERサイズ原型炉の発電規模

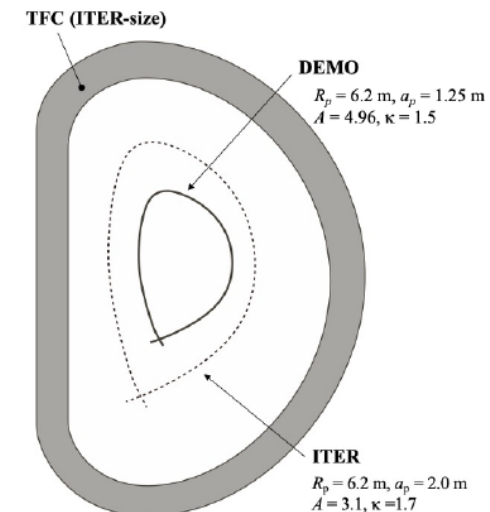
6



- さらなる前倒しのため製作実績のあるITERと同一のトロイダル磁場コイル(TFC)を想定
- 原型炉と同等の増殖ブランケット(0.5m)&遮蔽領域(0.6m)を確保した場合、プラズマ断面はITERよりも大幅に小さく、JA DEMOで想定するプラズマ性能を仮定しても、発電端出力  $P_{gross} < 100$  MWは得られるものの正味電力  $P_{net} < 0$  となる。

正味電力を得るためには以下の方策がある。

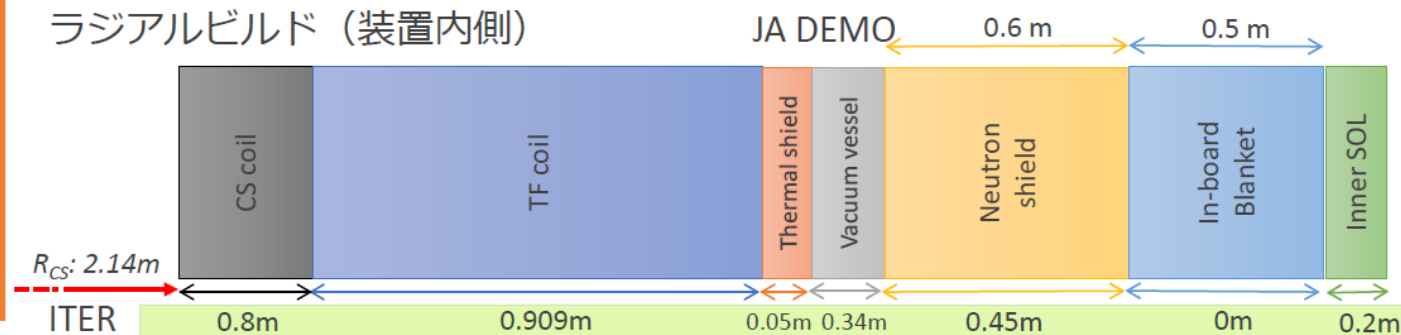
- 増殖領域を $\sim 0.2$ m薄くすると、 $P_{gross} \sim 100$  MW,  $P_{net} > 0$ に見通し  
✓ TBRの12%減少とのトレードオフ
- さらに遮蔽領域を $\sim 0.2$ m薄くすると、 $P_{gross} \sim 200$  MW,  $P_{net} > 50$  MWに見通し  
✓ TFC絶縁材の寿命とのトレードオフ
- あるいはITER遮蔽ブランケットと同サイズの発電ブランケットを設置



正味電力ゼロを当初目指しつつ、その後ITERやJT-60SAに加え各種R&Dの成果を踏まえ、フュージョンエネルギーによる100MWクラスの発電実証を目標として定めることには十分な意義があるのではないかと。

(正味電力はプラズマ性能向上やシステム効率の改善で増大可能)

ラジアルビルド (装置内側)



# 原型炉開発総合戦略タスクフォースにおける議論⑥

第37回原型炉開発総合戦略TF  
資料 令和6年11月1日



## 多段階運転期における目標と装置仕様（例）<sup>7</sup>



	第1期 システム統合運転期（ <b>発電実証</b> ）	第2期 BLK機能試験期（ <b>+燃料増殖実証</b> ）	第3期 拡張運転期（ <b>+定常運転実証</b> ）	第4期（オプション） 社会実装に向けた開発期
目標の概要	<ul style="list-style-type: none"> <li>短パルス運転（数分）</li> <li>発電端出力 &gt; 200MW</li> <li>正味電力 ~ 0</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>長パルス運転（数時間）</li> <li>正味電力 &gt; ~0</li> <li>三重水素自己充足性の確認</li> <li>保守シナリオの確認</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>定常運転</li> <li>正味電力 &gt; 0（~100MW）</li> <li>三重水素自己充足性の実証</li> <li>保守シナリオの確認</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>フュージョンエネルギーの多面的な活用による社会実装に向けた開発</li> </ul>
装置仕様	<p><u>発電実証：</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>ITERベースラインシナリオ                             <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 核融合出力：500MW</li> <li>✓ Q値：10</li> <li>✓ パルス幅：~400秒</li> </ul> </li> <li>発電ブランケット                             <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ ITER遮蔽ブランケットと同サイズ</li> </ul> </li> <li>加熱・電流駆動装置                             <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 電子サイクロトロン加熱のみ</li> </ul> </li> </ul>	<p><u>発電実証：</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>JA DEMOシナリオ</li> <li>核融合出力：~500MW</li> <li>Q値：~10</li> <li>加熱・電流駆動装置                             <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 電子サイクロトロン加熱／中性粒子ビーム加熱</li> </ul> </li> <li>蓄熱システム（オプション）</li> </ul> <p><u>燃料増殖実証：</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>JA DEMO増殖ブランケット</li> <li>ブランケット占有領域増大                             <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ 計測器合理化</li> <li>✓ ダイバータ小型化</li> </ul> </li> </ul> <p><u>保守シナリオの確認：</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>多段階運転期の移行時に遠隔操舵でのブランケット交換手順・時間の確認</li> </ul>	<p><u>発電実証：</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>JT-60SAシナリオ</li> <li>核融合出力：&gt;500MW</li> <li>加熱・電流駆動装置の高効率化</li> </ul> <p><u>燃料増殖実証：</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>改良型増殖ブランケット</li> </ul> <p><u>保守シナリオの確認：</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>多段階運転期の移行時に遠隔操舵でのブランケット交換手順・時間の確認</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>先進ブランケット（例：高温）</li> <li>先進ダイバータ（例：液体金属）</li> <li>水素製造</li> <li>無尽蔵核融合エネルギーステーション（海水Li回収を併設）</li> </ul>

# 原型炉研究開発ロードマップの見直しに向けた今後の議論の方向性(案)

第40回核融合科学技術委員会 資料 令和6年11月12日

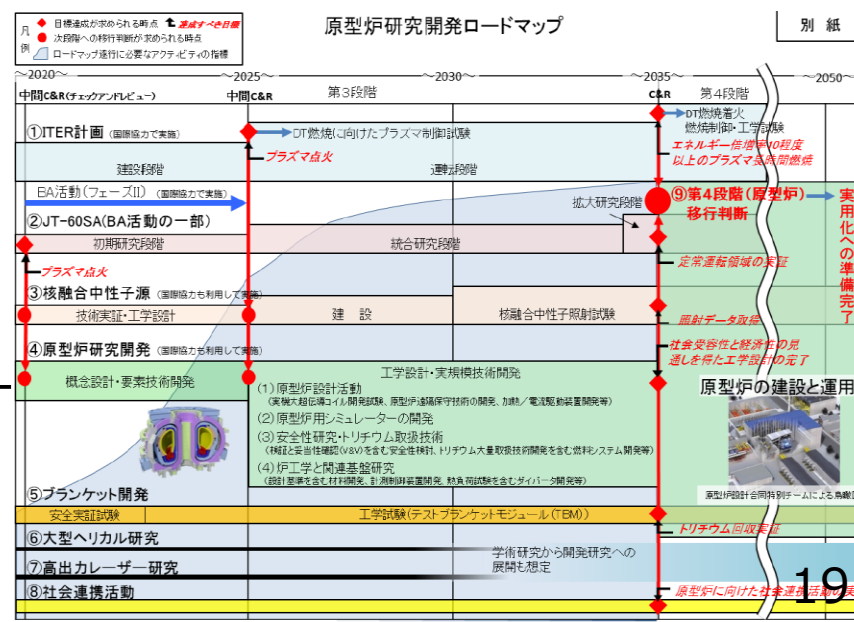
- 原型炉の早期建設の肝要性、ITER計画の進捗状況などを踏まえ、「発電実証のさらなる前倒しの可能性」について検討。
- 原型炉の第1期目標を「発電実証」として、**後に多段階で改造する計画案(プランD)の技術的実現可能性が示された**ことを踏まえ、原型炉目標の見直しや技術的課題のさらなる検討、現実的な工程表の作成などが必要との方向性を得たところ。

＜さらなる検討を行う必要がある技術的課題の例＞

- ▶ 発電実証に伴う真空容器内の放射化・廃棄物対策、開発設計段階における遠隔保守の研究開発
- ▶ 原型炉の製造・電源などの国産化の精査・国内技術の開発・技術的優位性の確保
- ▶ 核融合中性子源による研究開発との相補性 ▶ 加熱方策におけるJT-60SAの研究開発との相補性
- ▶ 中性粒子ビームの開発が遅延した場合の方策 ▶ 高いアスペクト比を小さくするための方策

- また、ITER 計画のベースラインの見直しによる影響は、トロイダル磁場(TF)コイルなど、ITERで得られた知見を活用(ITERと並走で原型炉研究開発を実施する相補的なリアルツインの手法)することで、軽減でき得るのではないかな。

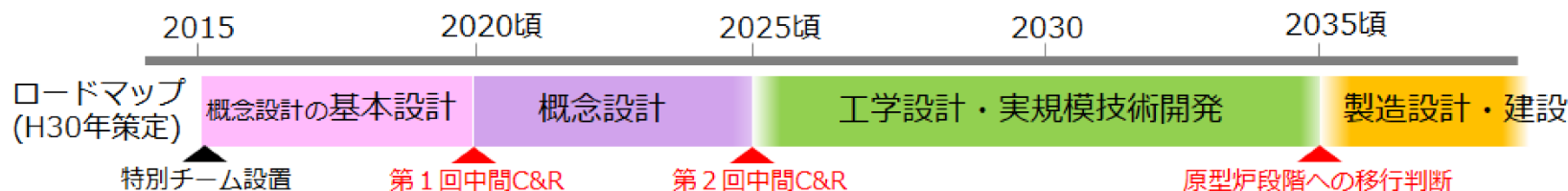
- 今後、原型炉研究開発ロードマップの見直しに向け、**ITER計画やJT-60SA以外の核融合中性子源や安全性研究・トリチウム取扱技術、ブランケット開発、人材育成や社会受容性などについて審議**を行い、バックキャストに基づくロードマップの策定や国家戦略の改訂の議論に結び付ける予定。



## ITERサイズの原型炉で段階的に目標を達成するアプローチ

4

文科省 第37回原型炉開発総合戦略タスクフォース（2024年11月1日）配布資料一部改訂



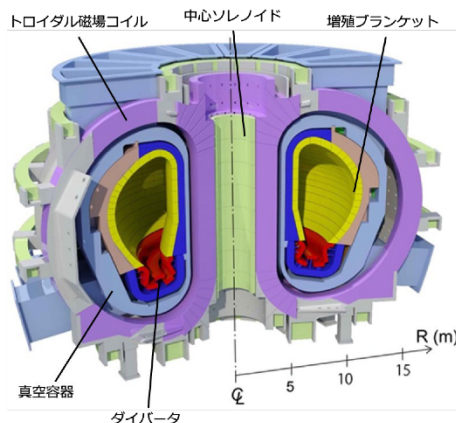
核融合科学技術委員会の提示した原型炉の目標

- ①数十万kWの電気出力
- 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JA DEMOはITERの1.4倍のサイズ



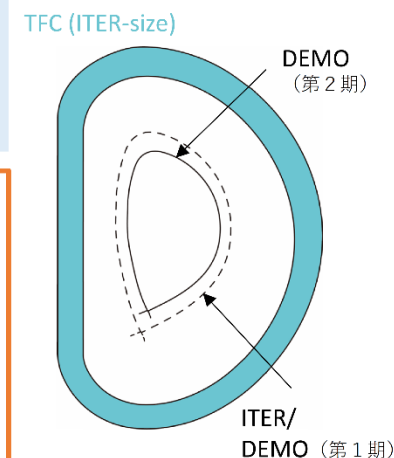
運転開始時から目標①～③の同時達成を目指すのではなく、ITERサイズのトロイダル磁場コイルを用いた原型炉において0.2GWクラスの発電実証を原型炉の第1期目標として定めることで移行判断を前倒すとともに、**主要機器を段階的にアップグレードすることで段階的に性能を向上するアプローチ**



**JA DEMO**  
主半径：8.5m  
小半径：2.42m  
核融合出力：1.5GW  
発電端出力：0.64GW

**検討例（第1期）**  
主半径：6.2m  
小半径：2.0m  
核融合出力：0.49GW  
発電端出力：0.18GW

- 第1期：発電に特化したブランケットを装着することでITER程度のプラズマ体積を確保し、数分間の短パルス運転にて正味電力～0規模の発電を実証
- 第2期：燃料増殖も行うブランケットに交換するとともに、数時間の長パルス運転にて燃料増殖を実証
- 第3期：加熱・電流駆動装置の高効率化やプラズマ性能を向上し、定常運転にて～100MW（正味電力＞0）規模の発電を実証





(5)

