

# 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における 核融合発電の実施時期の前倒しの検討状況

原型炉開発総合戦略TF  
主査 笠田 竜太

# 原型炉開発の技術基盤構築を進めるための体制

第1回核融合戦略有識者会議 資料3より抜粋

## 核融合科学技術委員会

- ・原型炉開発に向けた技術基盤構築のための体制整備について
- ・トカマク方式以外の核融合研究の在り方について
- ・原型炉開発ロードマップの策定

政策提示・評価

活動方針提示・  
各要素技術の状況把握

原型炉概念設計

### 原型炉合同特別チーム

@QST六ヶ所研究所

QST, NIFS, 大学, 企業

- ・関連学協会と連携しつつ、原型炉概念に必要な様々な技術要素の基盤構築を目指す

## 原型炉開発総合戦略TF

- ・原型炉開発に向けたアクションプランの策定
- ・原型炉設計合同特別チーム等の進捗状況の把握・助言等
- ・技術基盤構築の進捗状況及び課題解決への取組の取りまとめ

情報共有・要請等

公募テーマの提案・了承

原型炉に向けた共同研究

### 共同研究ワーキンググループ

TF, QST, NIFS, 大学, 特別チーム

- ・原型炉研究開発体制強化のための大学等の連携強化

連携

アクションプランの策定・承認

# 1. TFにおける検討の経緯

- 平成29年12月 「**核融合原型炉研究開発の推進に向けて**」において以下を提示
- ・核融合原型炉の開発に必要な戦略
  - ・原型炉に求められる基本概念と技術課題解決のための開発の進め方
  - ・原型炉段階への移行に向けた考え方
- 平成30年7月 「**原型炉開発に向けたアクションプラン（AP）**」を作成
- 平成30年7月 「**原型炉研究開発ロードマップ（一次まとめ）**」を作成
- ・開発の重要度と緊急性、国際協力の観点に基づきAPのうち優先的に実施すべき課題を整理
- 令和4年1月 「**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（CR1）報告書**」で以下の課題を列挙
- ・CR2に向けて**核融合発電の実現時期の前倒しが可能か検討を深めること**
  - ・前倒しを行う場合、CR2時点での**達成目標や原型炉研究開発の優先順位を再検討すること**



令和4年度のTFで検討

## 2. 原型炉計画の目標について

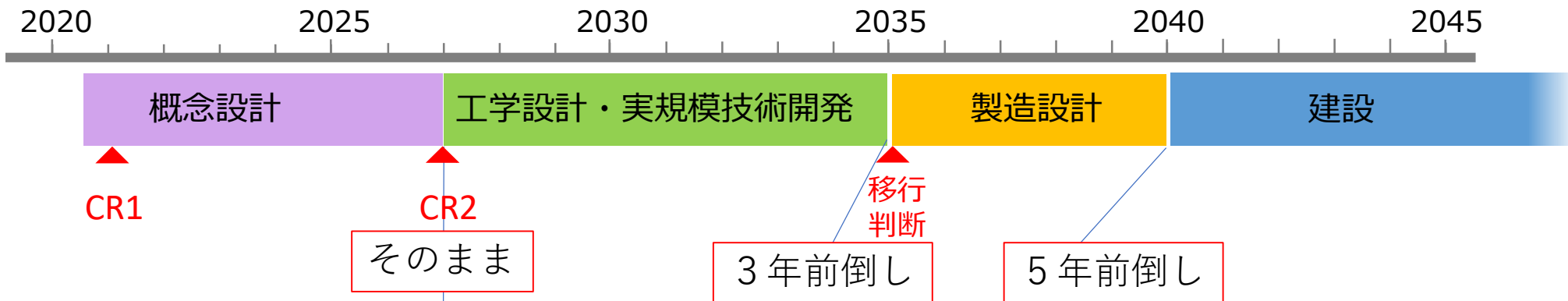
- APに沿ったJT-60SA及びITERから原型炉への統合戦略を基に、原型炉による発電の実施時期の前倒しを検討。
  - 段階的に原型炉の性能を上げる（運転領域を広げていく）として、第1期（発電実証）と第2期（定格発電実証）を定める。
  - 第1期は、第2期目標を速やかに達成できるようにしつつ、増殖ブランケット（BLK）による発電を早期に実証する「マイルストーン」として設定。

	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	<ul style="list-style-type: none"><li>• パルス運転（電子サイクロトロン共鳴加熱ECHが主加熱）</li><li>• 正味（パルス中）の電気出力の実証</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 連続運転（中性粒子入射加熱NBによる電流駆動&amp;高自発電流割合）</li><li>• 数十万キロワットの安定した電気出力</li></ul>
稼働率	<ul style="list-style-type: none"><li>• 保守シナリオの実証</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 実用に供し得る稼働率</li></ul>
TBR	<ul style="list-style-type: none"><li>• 三重水素自己充足性（<math>TBR \geq 1</math>）の確認</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• 三重水素自己充足性（<math>TBR \geq 1</math>）の実証</li></ul>

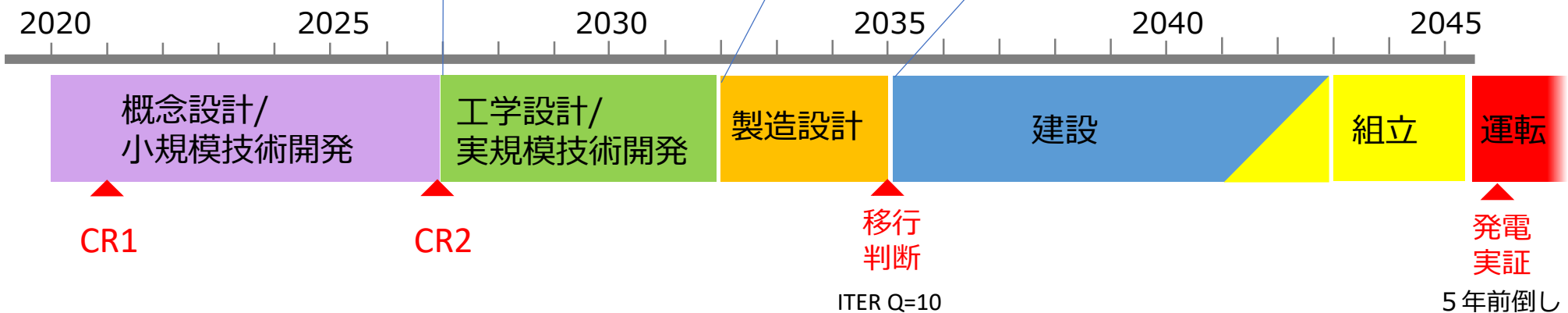
# 3. 核融合発電の実施時期の変更について

- 『低出力&パルス運転』に必要な技術開発を加速・重点化。
- 2035年のITER燃焼実験の直後から、原型炉建設に着手、10年後に原型炉発電実証を目指すことで、現在の計画から5年程度の前倒し。

## 従来スケジュール



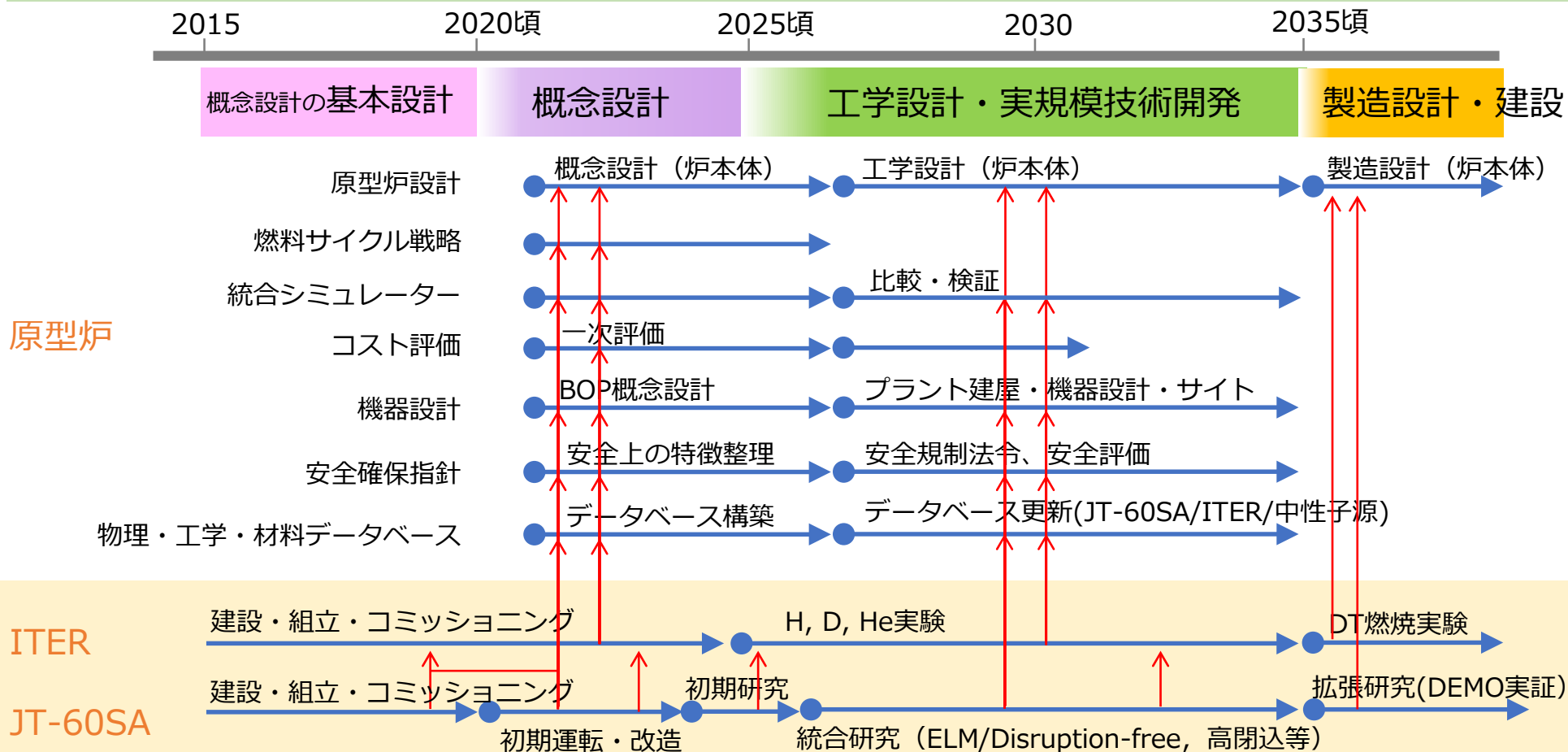
## 前倒しスケジュール



以下、参考資料  
APの項目別の検討状況

# 統合技術開発戦略「0.炉設計」

- JT-60SAやITER用に開発された技術基盤の延長に概念を構築。それぞれの機器の運転を通して検証し、原型炉設計に資する。炉心プラズマについては、JT-60SA及びITERの想定成果に基づいた概念を構築。
- 原型炉のための発電プラントや遠隔保守については、産業界の技術基盤及び運転経験を取り入れた概念を構築し、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設計を実施する。

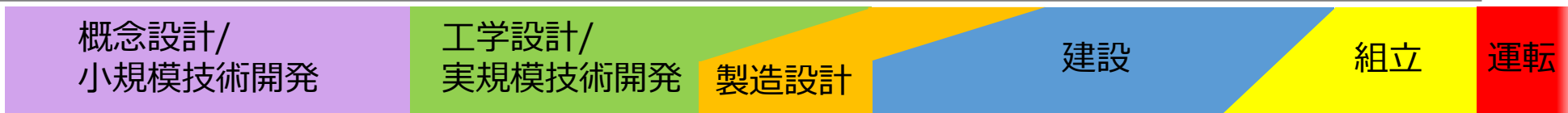


# 「0.炉設計」前倒し案

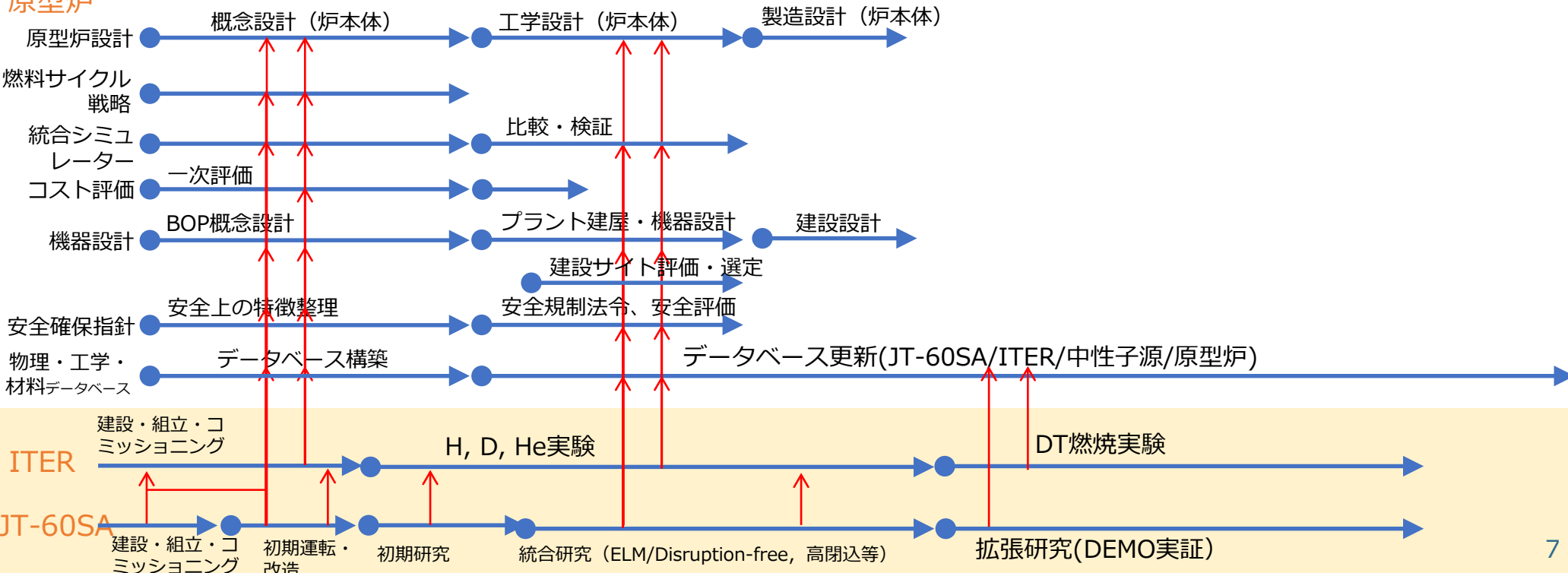
前倒し案のポイント：

- 移行判断までに製造設計を完了するため、炉本体設計を3年短縮。←ITER技術ベースにCDA段階で高水準まで進める
- コスト評価、候補地選定、建設サイト評価・選定を2-3年前倒し。←製造設計の開始前に完了
- 安全規制法令及び安全評価についても3年前倒し。←サイト評価に必要なため
- 第1期（パルス運転）にデータベース更新を継続。←運転しながら中性子照射データを取得

2020頃                      2025頃                      2030                      2035頃                      2040                      2045



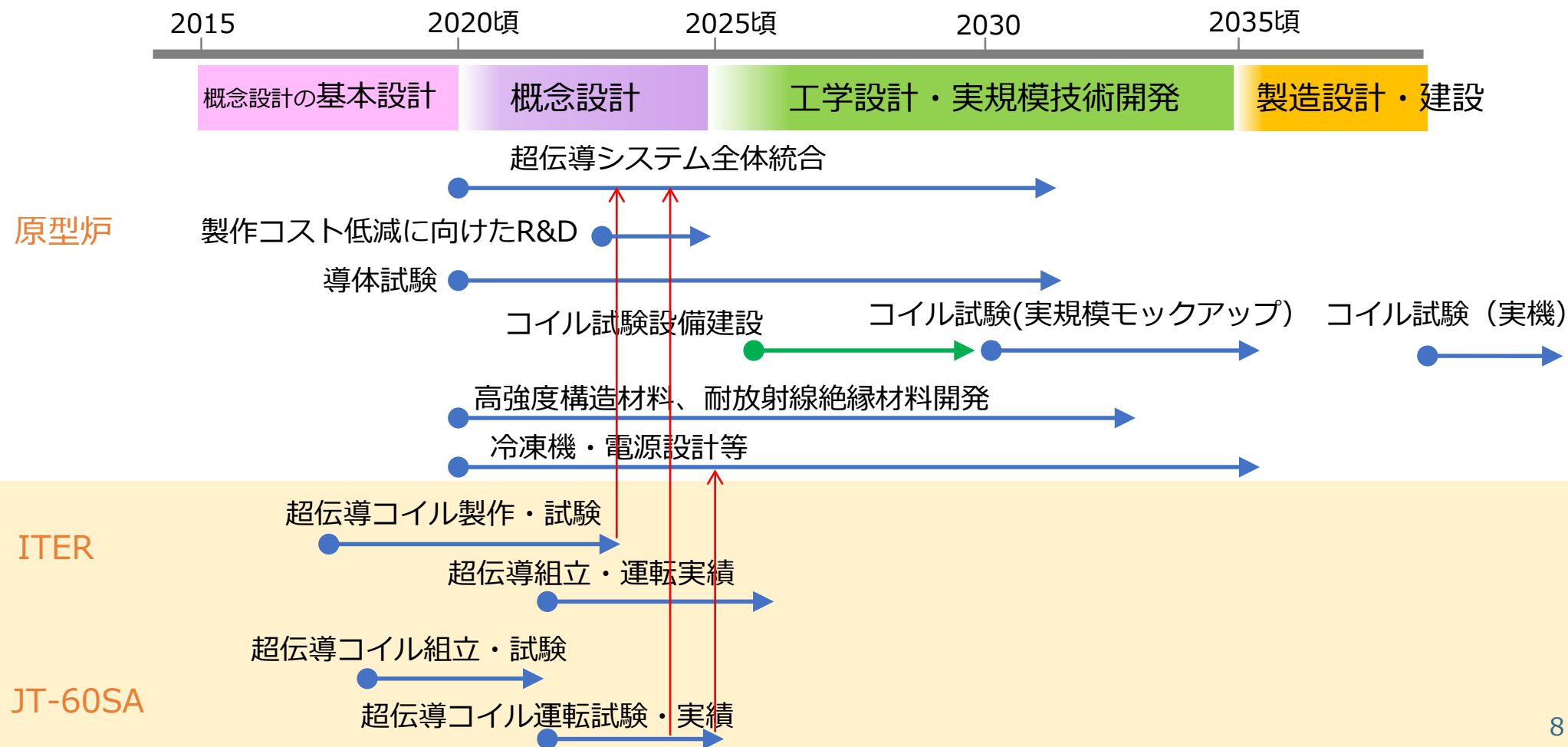
原型炉





# 統合技術開発戦略「1.超伝導コイル」

- JT-60SAやITER用に開発された超伝導コイル統合技術（設計、製作、組立）を、それぞれの機器の運転を通して検証し、原型炉設計に資する。
- 原型炉のために、構造材の高強度化やコスト低減に通じるコイル製作技術を新規に開発する。試験設備を新規に建設し、コイル性能を確認する。

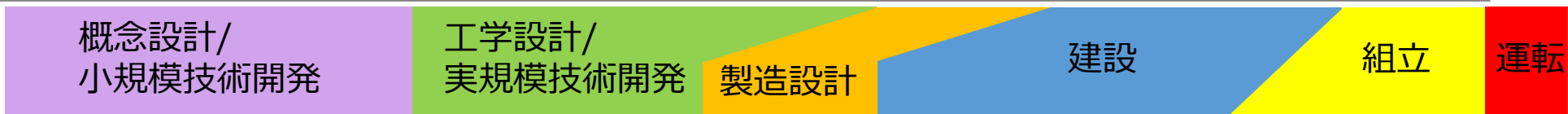


# 「超伝導コイル」前倒し案

前倒し案のポイント：

- 第1期から定格仕様が必要なため、全体的に前倒し（概念設計1年、工学設計3年短縮）。
- コイル試験設備建設、コイル試験（1/3スケール）を短縮。
- 製造期間の短縮が困難な場合、コイル製造設備の立ち上げ、材料の調達について（製造設計と並行して）早期着手が必要。←製造設備を拡充して製造期間を短縮して対応

2020頃                      2025頃                      2030                      2035頃                      2040                      2045



原型炉

SC概念設計

SC工学設計

SC製造設計

コイル製造設備立ち上げ 3年

材料の調達 3年

導体製造 4年

TFC製造 6年

導体試験

コイル試験設備建設 2年

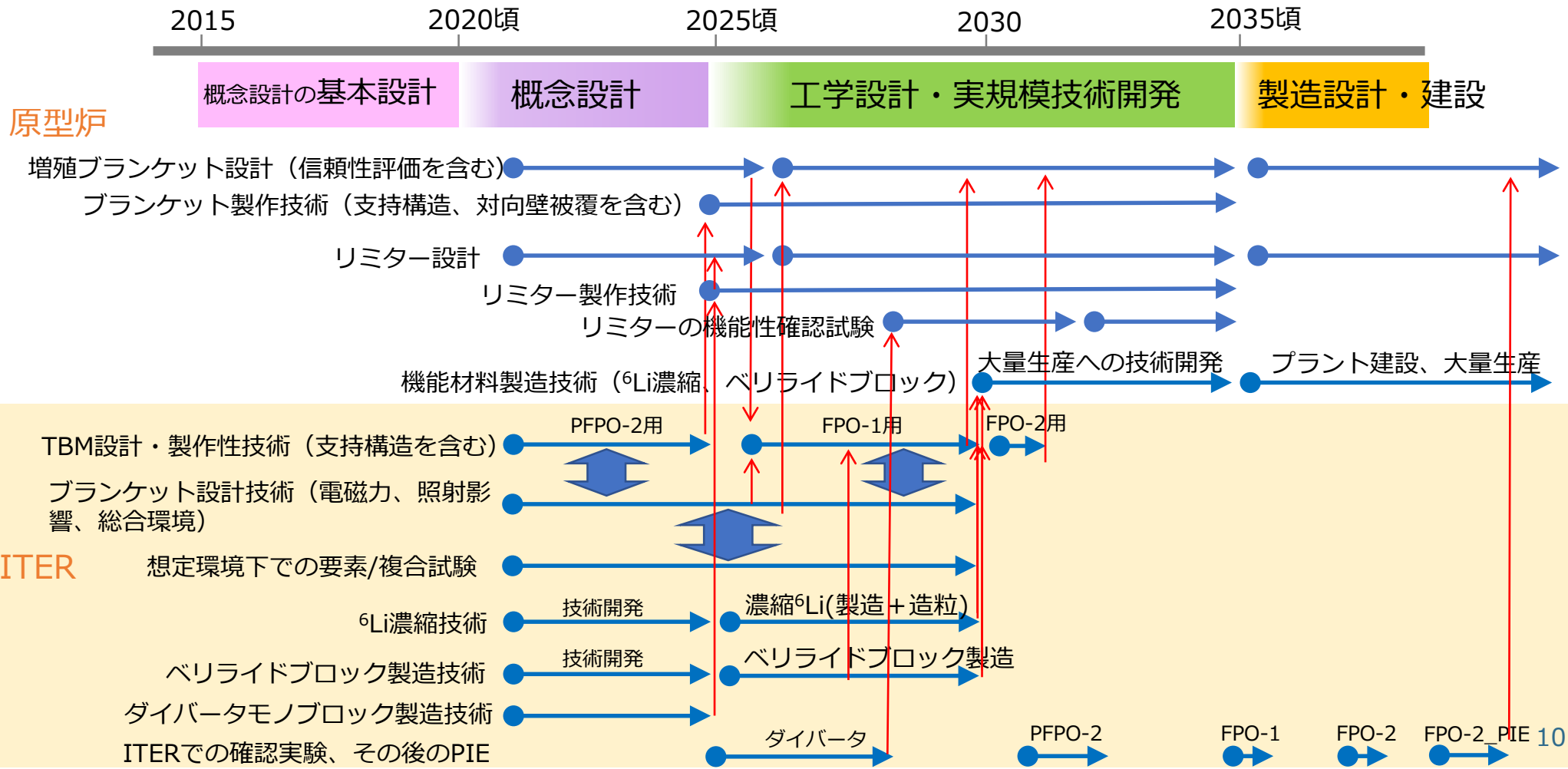
コイル試験(1/3スケール)

コイル試験 (実機)

高強度構造材料、耐放射線絶縁材料開発

# 統合技術開発戦略「2.ブランケット」

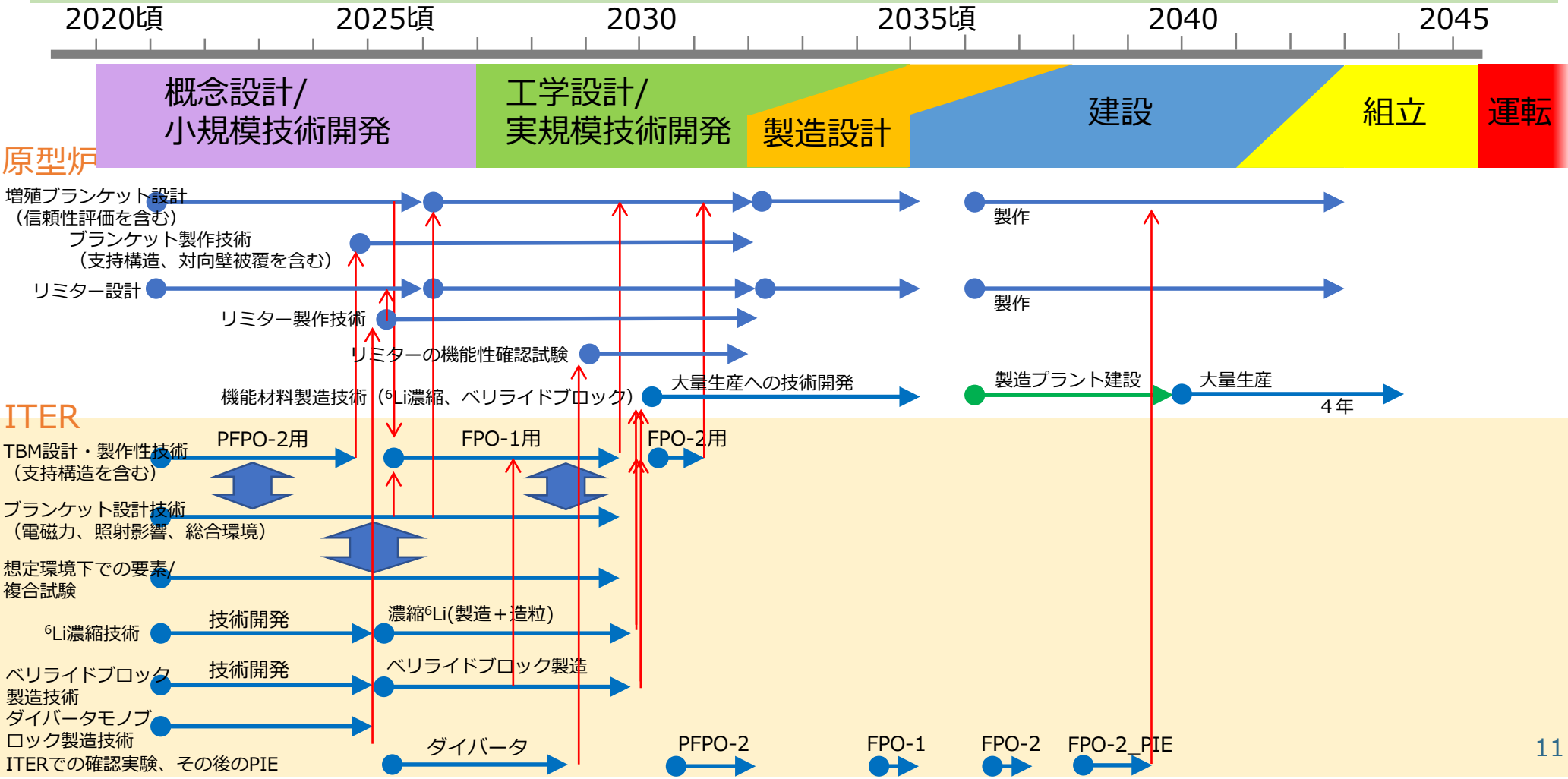
- ITER-TBM用に開発されたブランケット統合技術（設計、製作、組立）を、ITERの運転を通して検証し、原型炉設計に資する。
- 原型炉のために、複数のモジュールを一体化したセグメントの製作技術を新規に開発する。強磁場環境下での性能試験（構造物負荷試験）を実施する。



# 「ブランケット」前倒し案

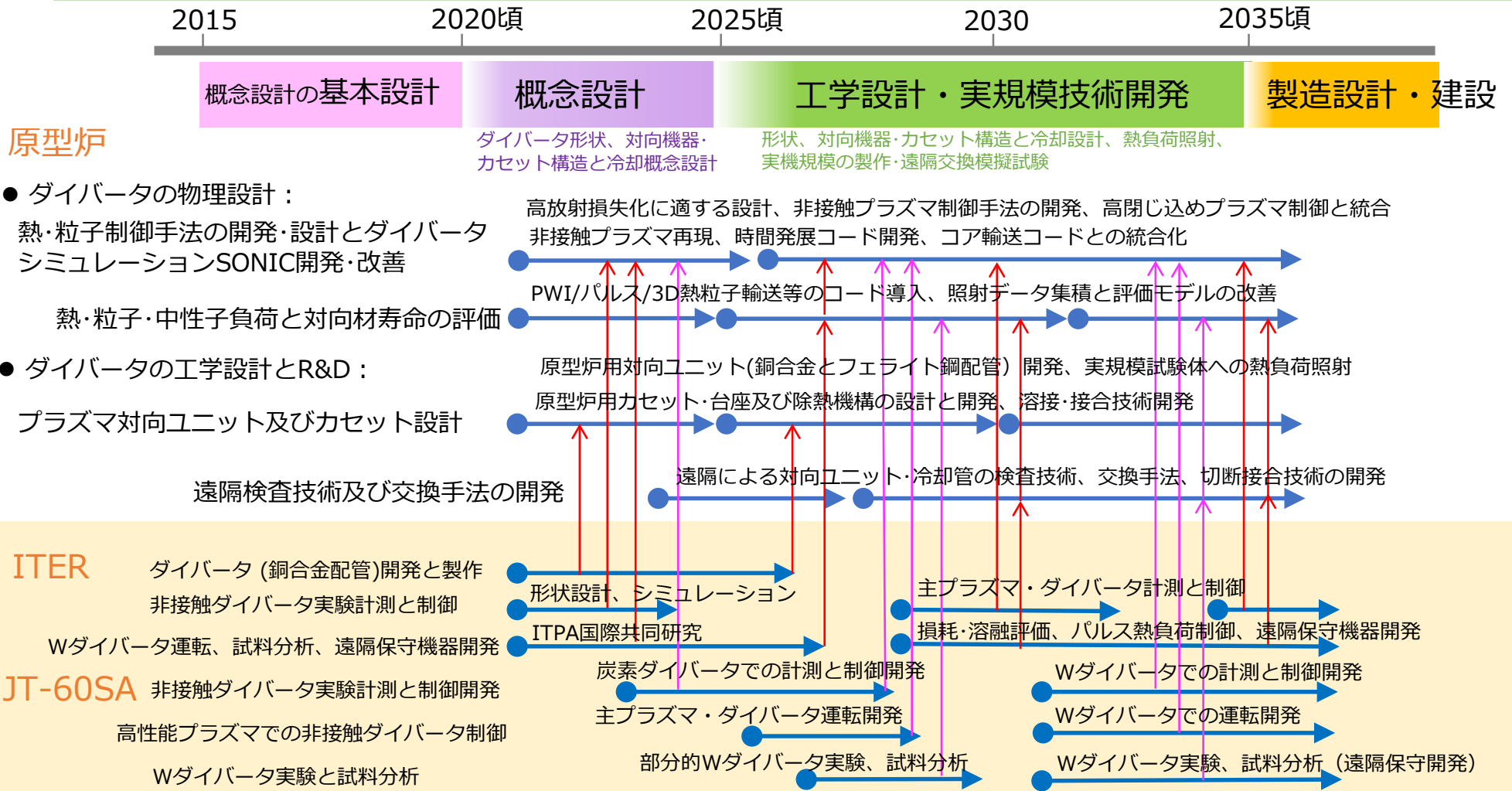
## 前倒し案のポイント：

- ITER-TBM開発スケジュールを軸に、移行判断までに製造設計を完了するため、概念設計を1年短縮、工学設計を2年短縮。
- 移行判断後に機能材製造プラントを建設し、組立に間に合うようにプラントの生産能力を高めて生産期間を2年短縮（6年→4年）。



# 統合技術開発戦略「3.ダイバータ」

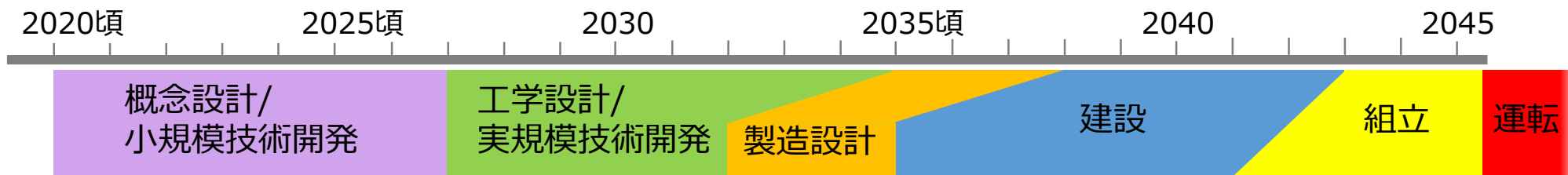
- JT-60SAやITER用に開発されたダイバータ統合技術（設計、製作、組立）を、それぞれの機器の運転を通して検証し、原型炉設計に資する。
- 原型炉のために、低放射化フェライト鋼配管を使用した冷却ユニットを新規に開発し、高熱負荷試験を実施する。



# 「ダイバータ」前倒し案

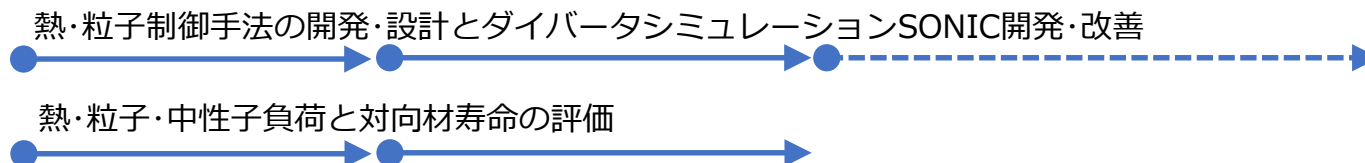
前倒し案のポイント：

- ITER技術基盤からギャップの小さい銅合金系の冷却ユニットを前倒して開発。
- F82H系の冷却ユニットの開発・高熱負荷試験は、第2期(2050年以降に導入)に向けたR&Dとして、移行判断後に実施。

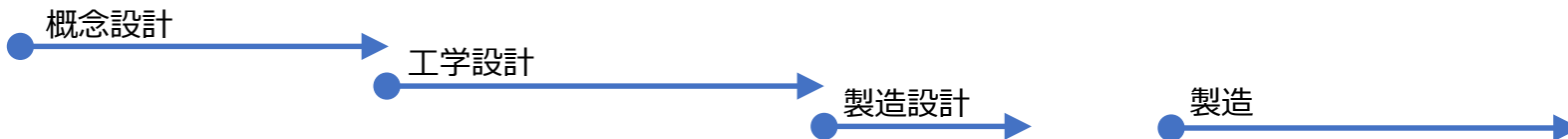


## 原型炉

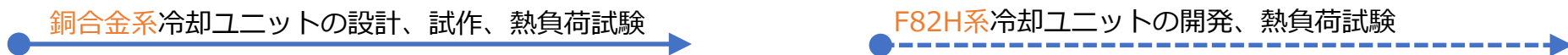
- ダイバータの物理設計：



- ダイバータの工学設計とR&D：



プラズマ対向ユニット及びカセット設計：

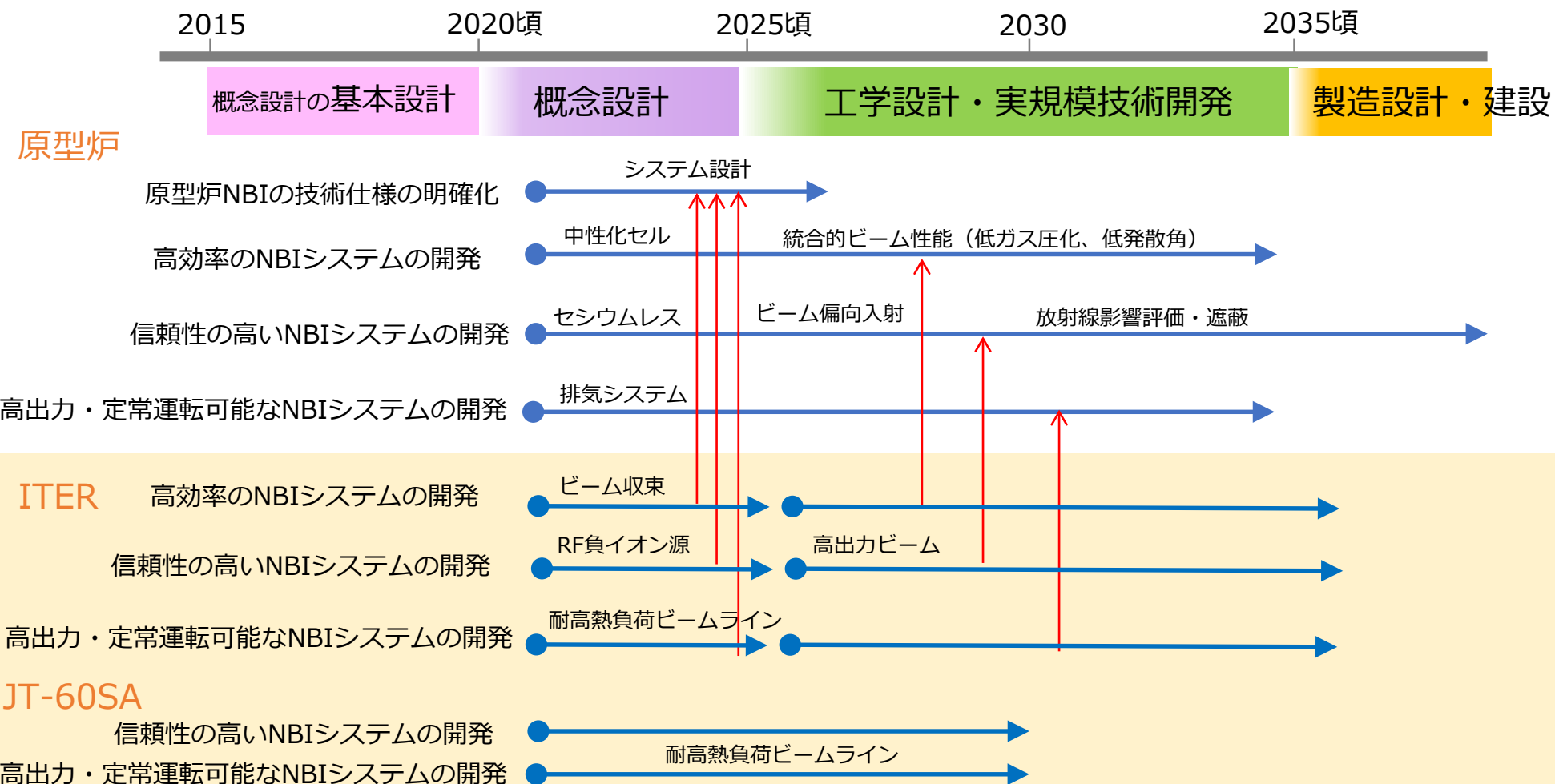


遠隔検査技術及び交換手法の開発



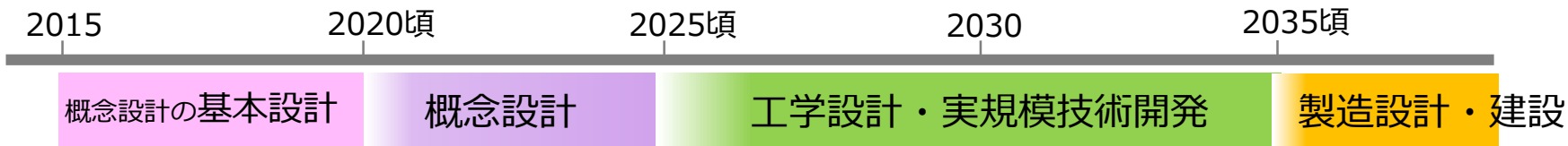
# 統合技術開発戦略「4.加熱・電流駆動（NBI）」

- JT-60SAやITER用に開発されたNBIによる加熱・電流駆動統合技術（設計、製作、組立）を、それぞれの機器の運転を通して検証し、原型炉設計に資する。
- 原型炉のために、セシウムレスの負イオン源、高効率の中性化セル、定常運転可能な排気システムの技術開発を新たに行う。



# 統合技術開発戦略「4.加熱・電流駆動（EC）」

- JT-60SAやITER用に開発されたECを用いた加熱・電流駆動統合技術（設計、製作、組立）を、それぞれの機器の運転を通して検証し、原型炉設計に資する。
- 原型炉のために、高周波数ジャイロトロン、ランチャー、伝送系システムの技術開発を新たに行う。



原型炉における物理仕様の明確化、  
技術仕様の提示（基本設計・検討）

ジャイロトロン開発

電源制御システム

ランチャー開発

伝送系システム開発

遠隔保守システム

ITER/SAのジャイロトロン  
設計手法、設計技術

ジャイロトロンの運転技術

電源制御システムの検証

遠隔保守システム

高周波数化、高パワー化、多周波数化、高効率化（既存設備を利用）

高速変調、自動運転、マルチステージコレクター

リモートステアリング、位相アレイ

高速切替機、プリユースター窓、ビームコンバイナー

概念設計

工学設計

ITER/SAでの運転実績

ITER/SAでの運転実績

ライフタイム情報

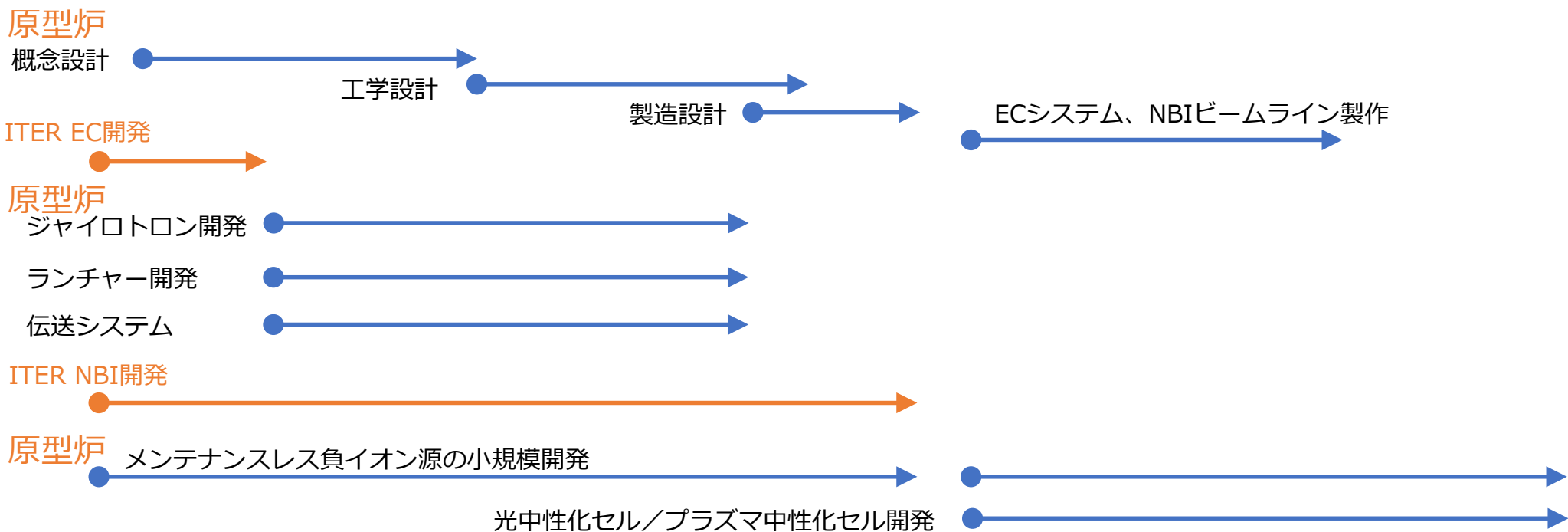
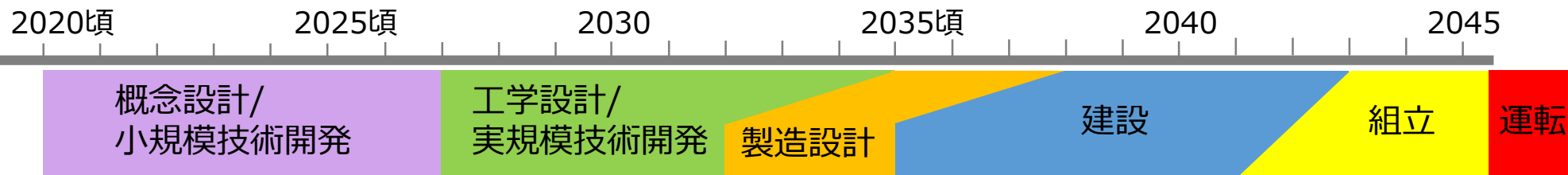
ITERでのランチャーの情報



# 「加熱・電流駆動」前倒し案

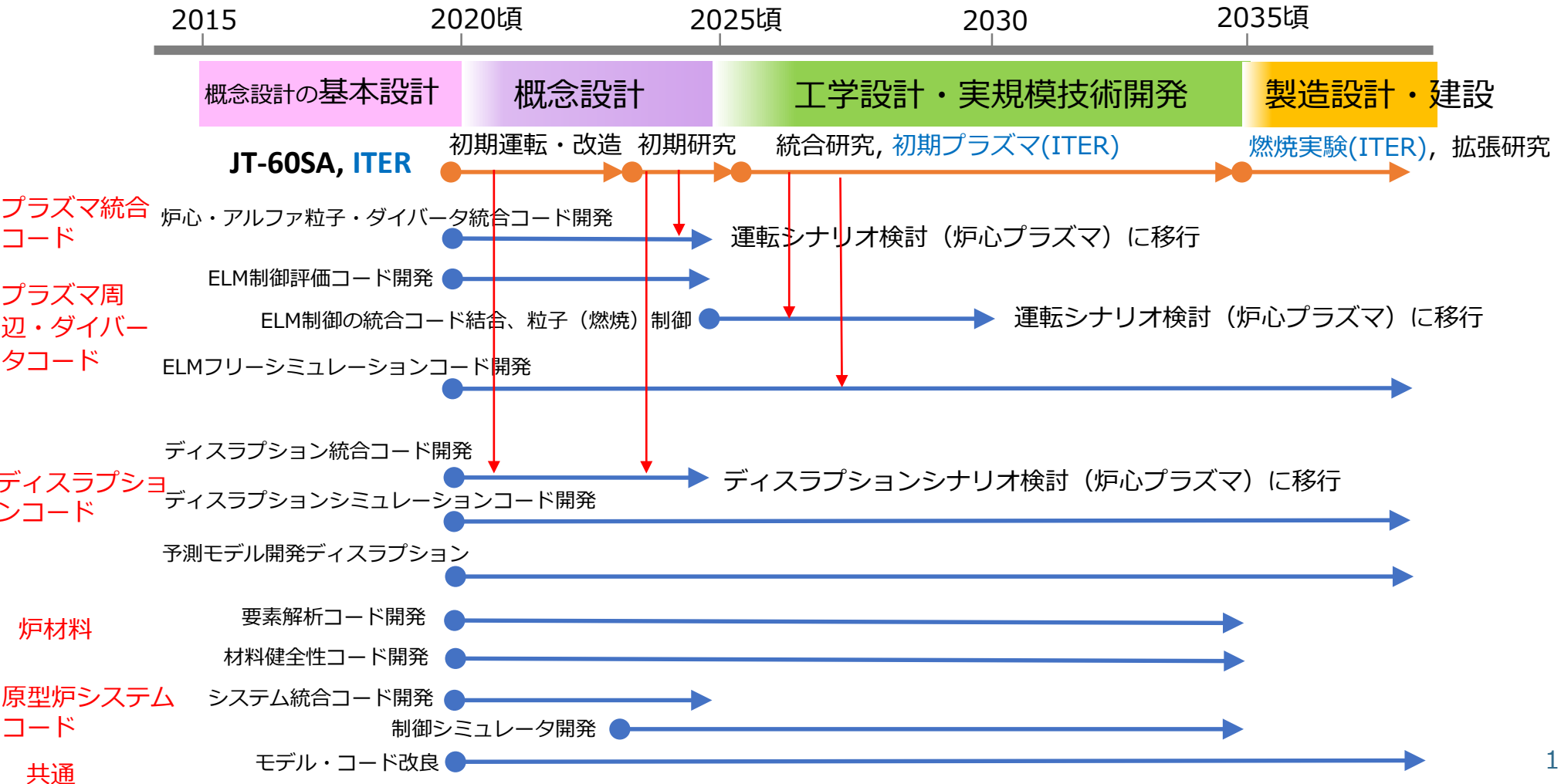
前倒し案のポイント：

- 第1期に使用するECシステムの開発を前倒し。
- NBIのビームラインの設計は行うが、セシウムレス定常RFイオン源、光中性化セル、1.5MeV加速の本格的な技術開発は、第2期に向けたR&Dとして移行判断後に実施。



# 統合技術開発戦略「5.理論・シミュレーション」

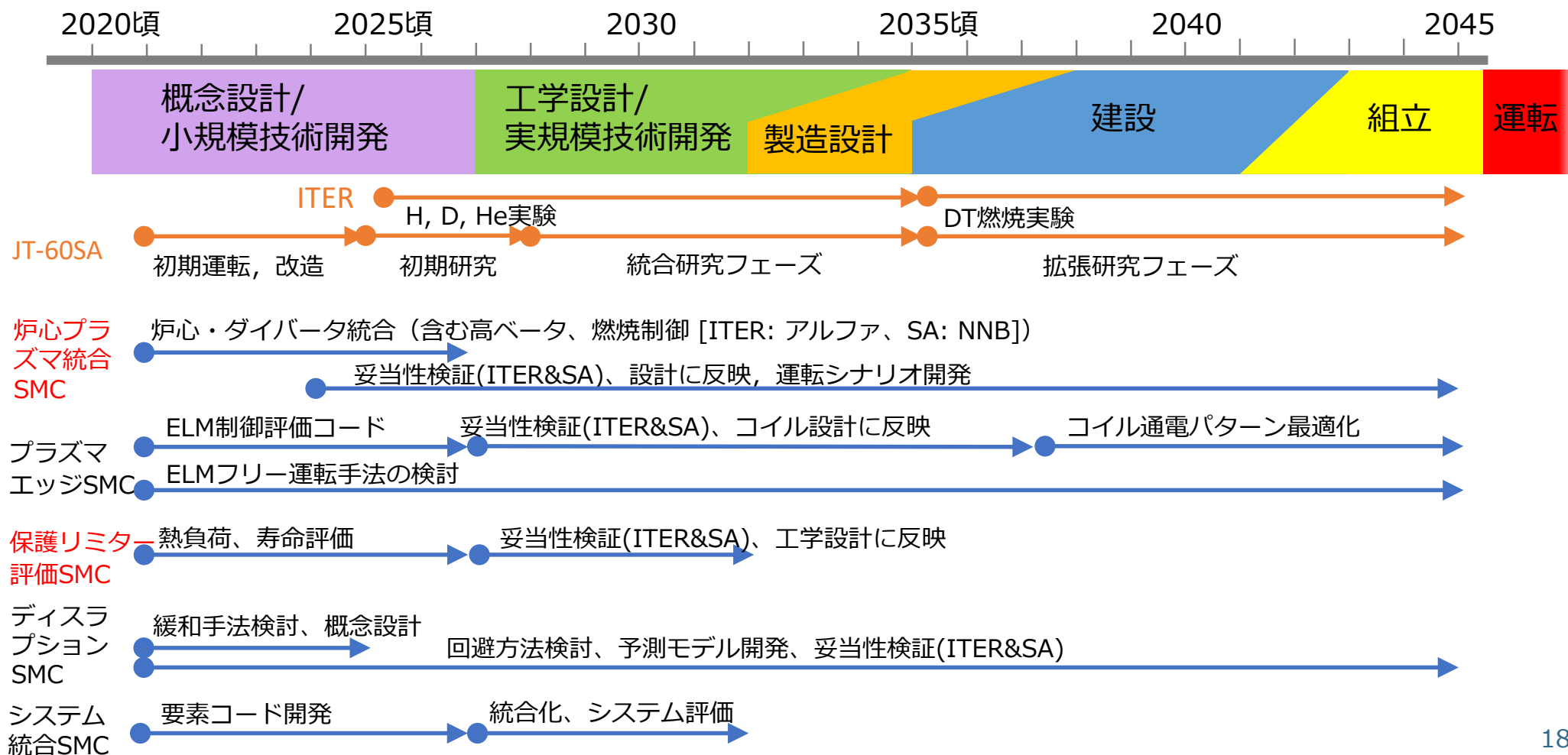
- JT-60SAやITER用に開発される計算コード群の検証と拡張を行うとともに、それぞれの装置での実験を通して、プラズマ周辺・ダイバータ（ELM・非接触ダイバータ）、ディスラプションの解決に向けたモデル考案・コード開発、パルス運転，定常運転に必要な運転シナリオ構築や統合コード開発等を行い、原型炉プラズマ設計に供する。



# 「理論・シミュレーション」前倒し案

前倒し案のポイント：

- パルス運転に必要な運転シナリオ構築や統合コード開発等を優先し、第一壁・保護リミター熱負荷の影響評価コード開発を追加し、これらを前倒し。
- 高ベータ定常運転に向けた統合コードの妥当性検証は、第2期に向けたJT-60SA & ITER実験で実施。



# 統合技術開発戦略「6.炉心プラズマ」

- JT-60SAやITERから得られるパルス運転・定常運転に必要なELM・ディスラプション制御手法、非接触ダイバータプラズマ制御手法、高総合性能プラズマ制御技術等を、原型炉プラズマ設計に供する。

2015                      2020頃                      2025頃                      2030                      2035頃

概念設計の基本設計      概念設計      工学設計・実規模技術開発      製造設計・建設

ITER

JT-60SA

H, D, He実験

DT燃烧実験

初期運転・改造      初期研究      統合研究 (ELM/Disruption-free, 高閉込等)      拡張研究 (DEMO実証)

(60SA, 国外装置)                      (ITER)

平衡制御手法確立

原型炉模擬実験

1) 加熱・電流駆動

2) 燃料・灰・不純物循環

3) 燃烧プラズマ

4) 総合性能 (高密度、高閉込め、高ベータ等)

(60SA, ITER, 国外装置)

(ITER, 60SA)

(国外装置)

(60SA, 国外装置, ITER)

(ITER)

(国外装置)

(60SA, 国外装置, ITER)

(ITER)

(国外装置)

(60SA, 国外装置)

(ITER, 60SA)

(ITER, 60SA, 国外装置)

(国外装置)

(国外装置)

(60SA, 国外装置)

(ITER)

(国外装置)

(60SA, ITER, 国外装置)

(国外装置)

(60SA, 国外装置)

(ITER, 60SA)

(ITER)

(国外装置)

(60SA, 国外装置)

(ITER, 60SA)

(ITER)

予測・回避方法の確立・実証

コードによるシナリオ検討 (実験に基づく改良を含む)

(平衡・炉心・ダイバータ)

(ELM・disruption抑制, 総合性能)

(シナリオ改善)

運転シナリオ (研究開発)

ELM制御 (非接触ダイバータとの両立)

ディスラプション回避・緩和

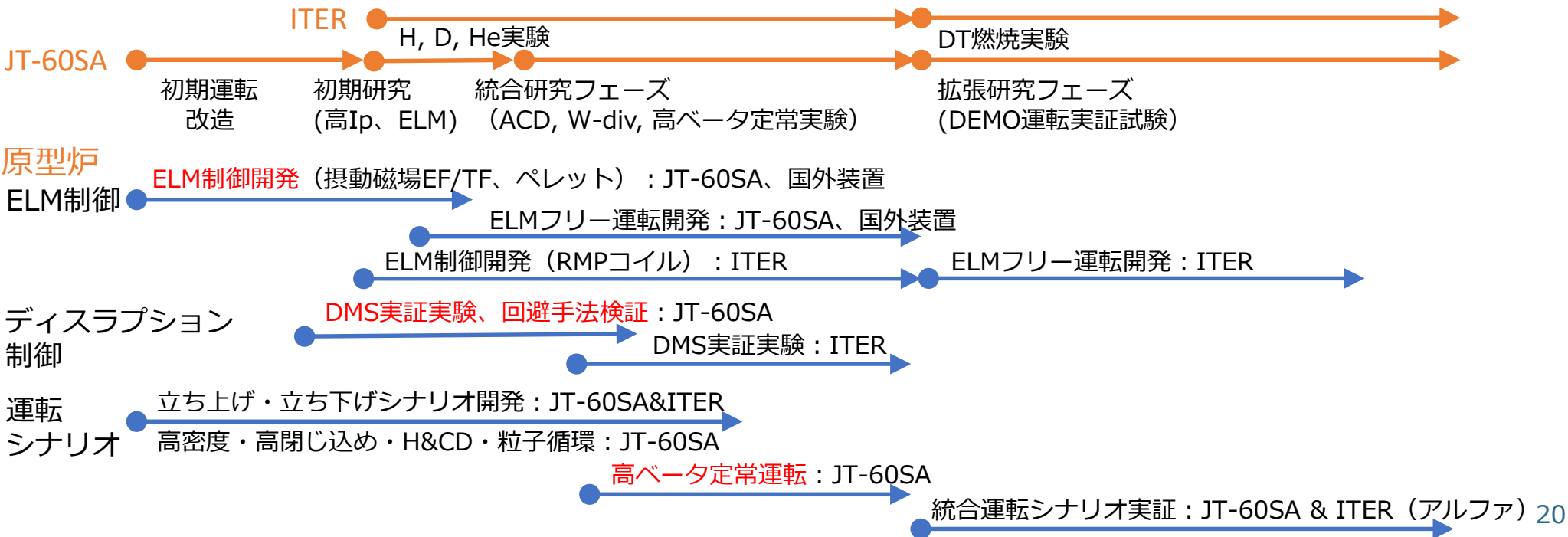
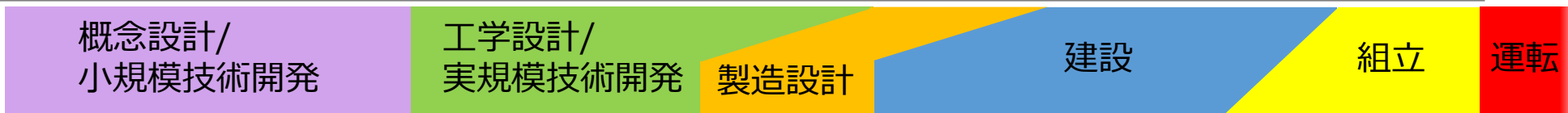
原型炉運転シナリオ検討

# 「炉心プラズマ」前倒し案

前倒し案のポイント：

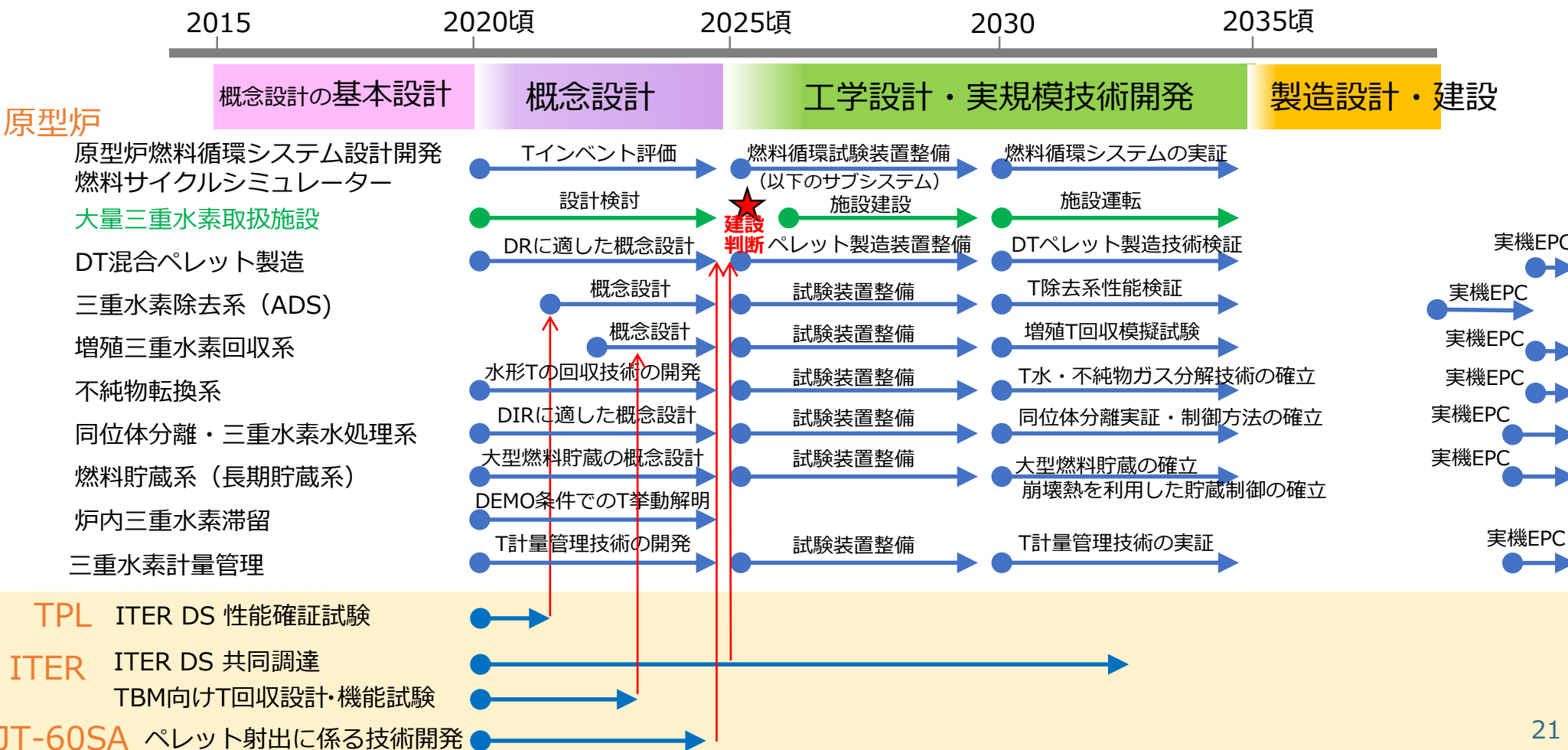
- パルス運転に必要なELM制御手法、ディスラプション制御手法、高密度・高閉じ込めプラズマ制御、粒子循環実証等をJT-60SAで優先して実施。
- ELM・ディスラプション制御、CD効率改善、電子主加熱プラズマの高性能化に注力。
- 高ベータ定常運転に向けた技術開発は、第2期に向けたR&Dで実施。

2020頃                      2025頃                      2030                      2035頃                      2040                      2045



# 統合技術開発戦略「7.燃料システム」

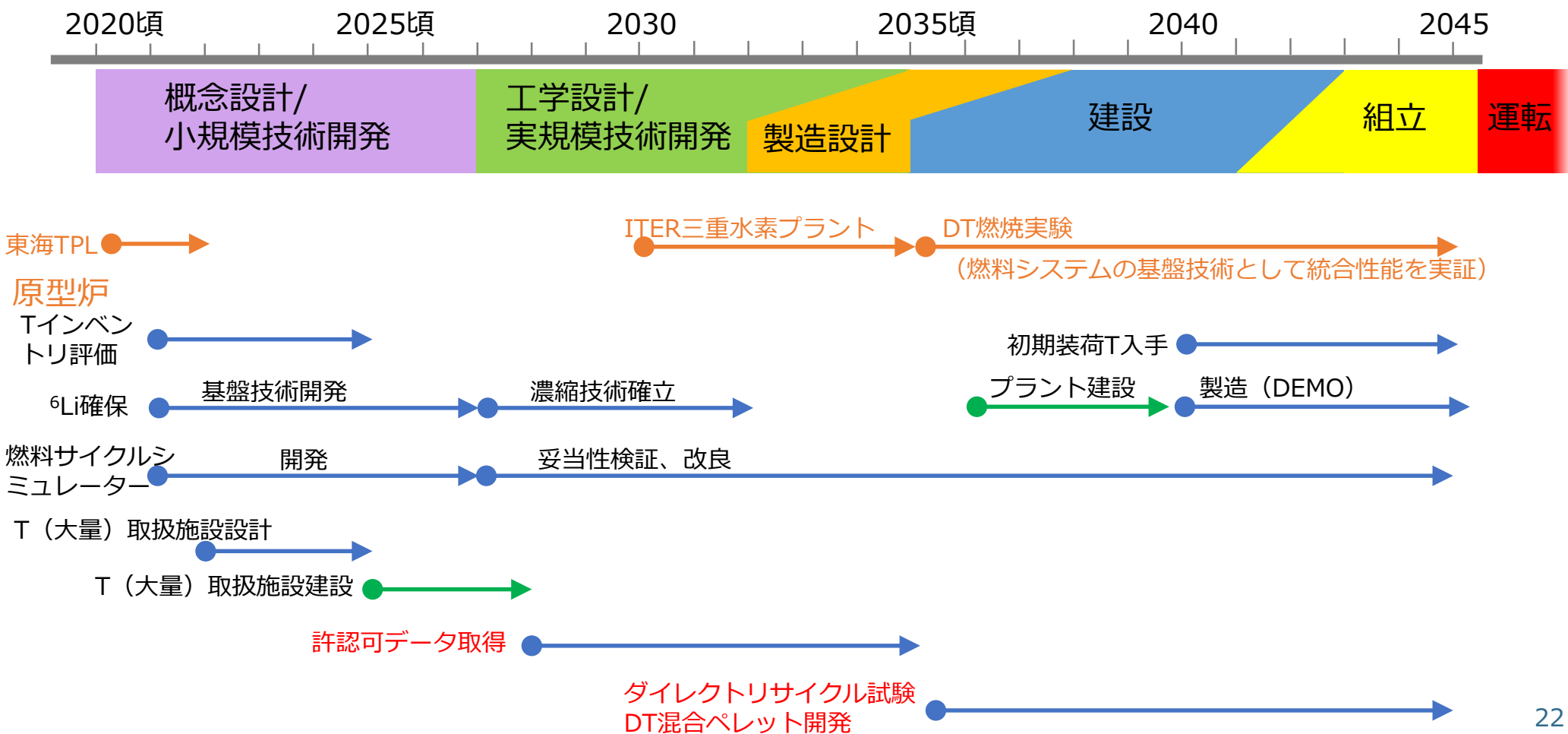
- JT-60SAやITER用に開発された燃料システム統合技術（三重水素除去系、ペレット射出）を、それぞれの機器の運転を通して検証し、原型炉設計に資する。
- 原型炉のために、許認可取得に向けた大量三重水素の取扱技術開発を実施する。またDT混合ペレット製造技術や燃料サイクルシミュレーターを開発する。



# 「燃料システム」前倒し案

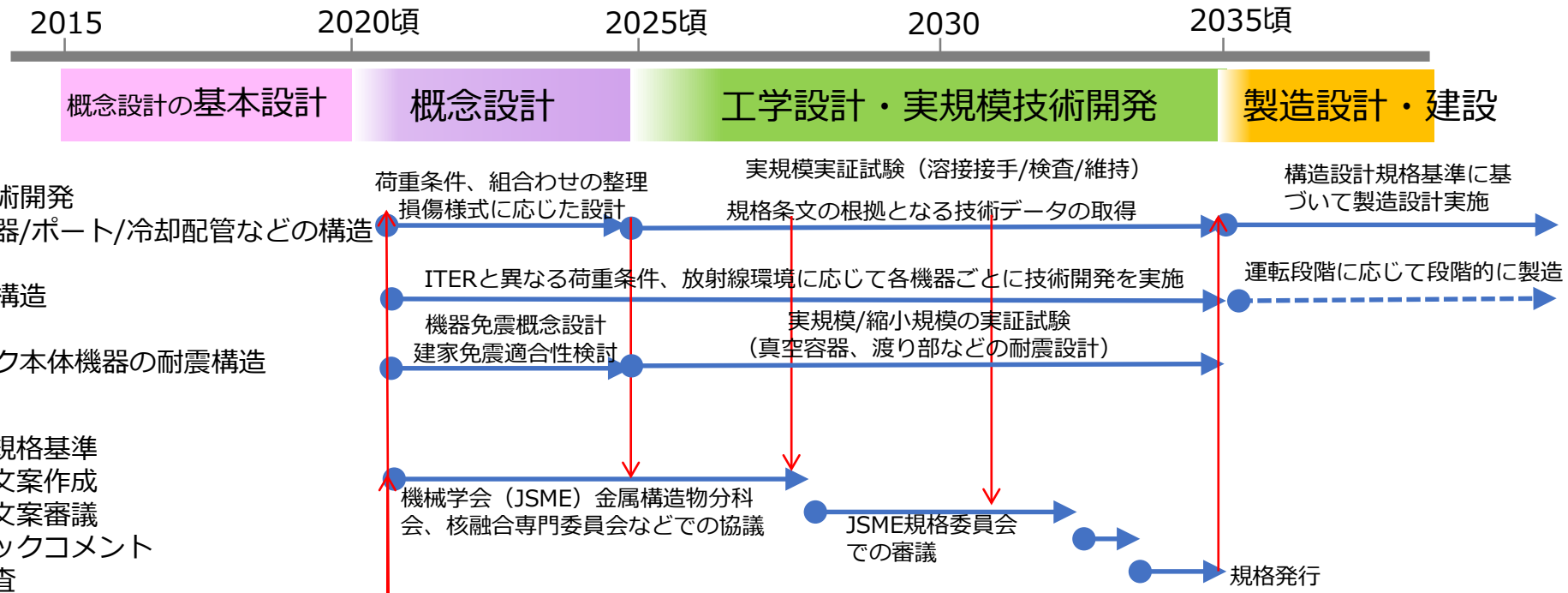
前倒し案のポイント：

- 許認可取得に必要なデータ取得を優先して実施。
- 三重水素大量取扱施設を段階的に整備。
- ダイレクトリサイクル燃料システムに必要なDT混合ペレットの技術開発は、第2期に向けたR&Dで実施。



# 統合技術開発戦略「8.炉材料と規格・基準（構造）」

- 三重水素境界を形成する真空容器については、ITERやJT-60SAで培った統合技術を検証し、原型炉設計に資する。
- 原型炉のために、主要機器の設計コードの整備や規格化を行う。



**ITER**

1992～2002

- ・ITER EDA（L3：実規模真空容器セクターモデル技術開発

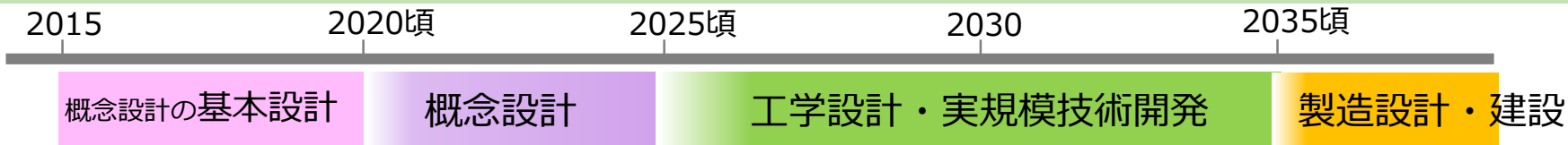
1999～2005の誘致活動

- ・核融合の構造設計基準案の検討
- ・耐震/免震設計基準案の検討



# 統合技術開発戦略「8.炉材料と規格・基準（材料）」

- ITER-TBM用に開発した要素技術（大規模溶解・製作・溶接・検査技術）について、フランス規制に応じた機器調達を通じて技術検証を重ね、原型炉設計に資する。またITER-TBM用に蓄積した材料データベースを拡充（特に照射）し、原型炉設計に資する。
- 原型炉の主要機器の設計コードの整備や規格化のために、新規に炉構造材料の試験を実施する。



## 原型炉

原型炉における材料スペックの明確化、技術仕様の提示

大量製造技術・構造体製作技術

炉内機器品質管理・保全技術

データベース・ハンドブック

接合被覆部・環境影響

原子炉照射データ

簡易構造体照射試験

核融合中性子源照射

He影響理解の進展、核融合中性子照射影響の解明、照射劣化モデルの構築

規格・基準

微小試験片技術

材料規格

構造設計規格・基準、ACP評価コード

## ITER

TBMにおける材料スペックの明確化、技術仕様の提示

大量製造技術・構造体製作技術

データベース・ハンドブック

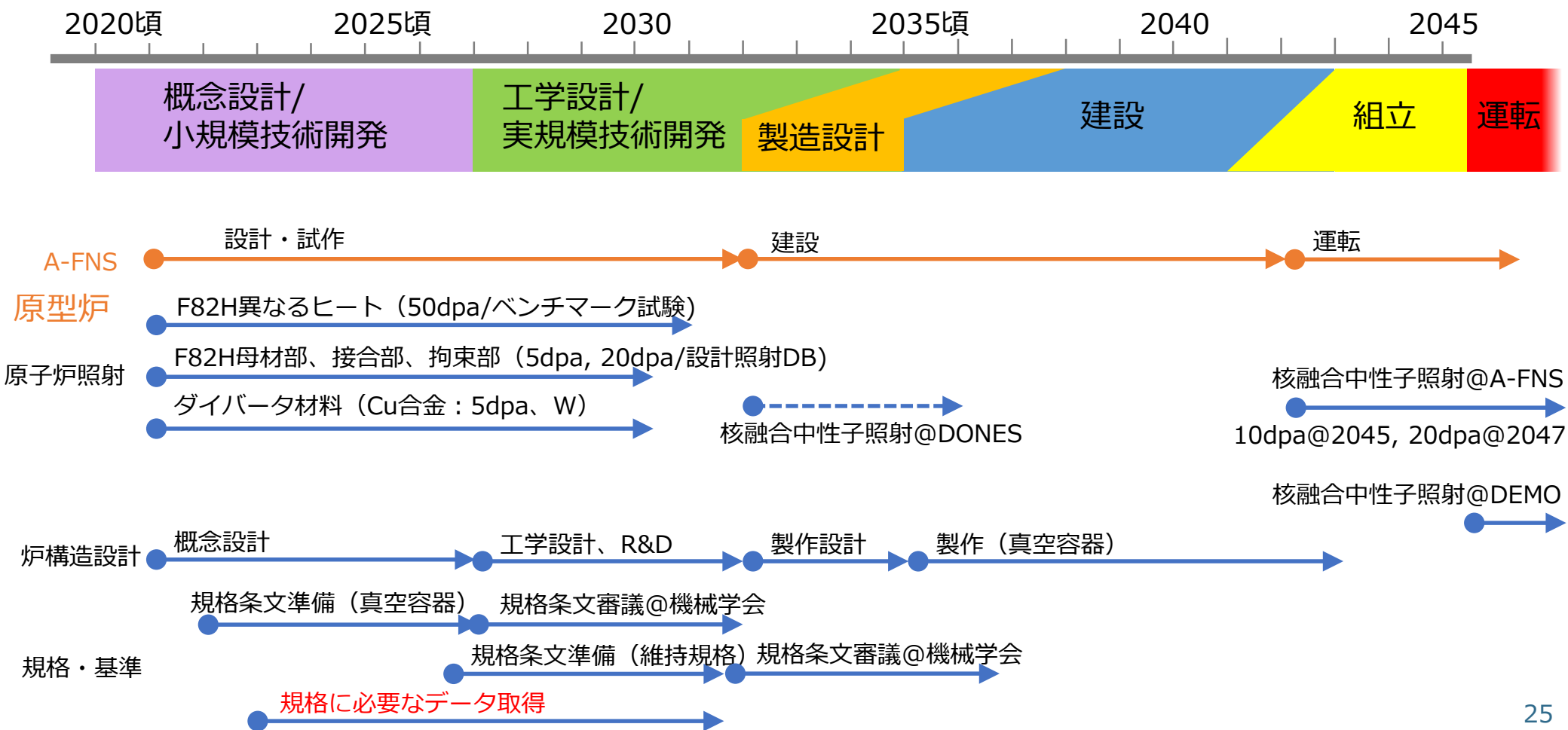
適格性確認

主に非照射データ

# 「核融合炉材料と規格・基準」前倒し案

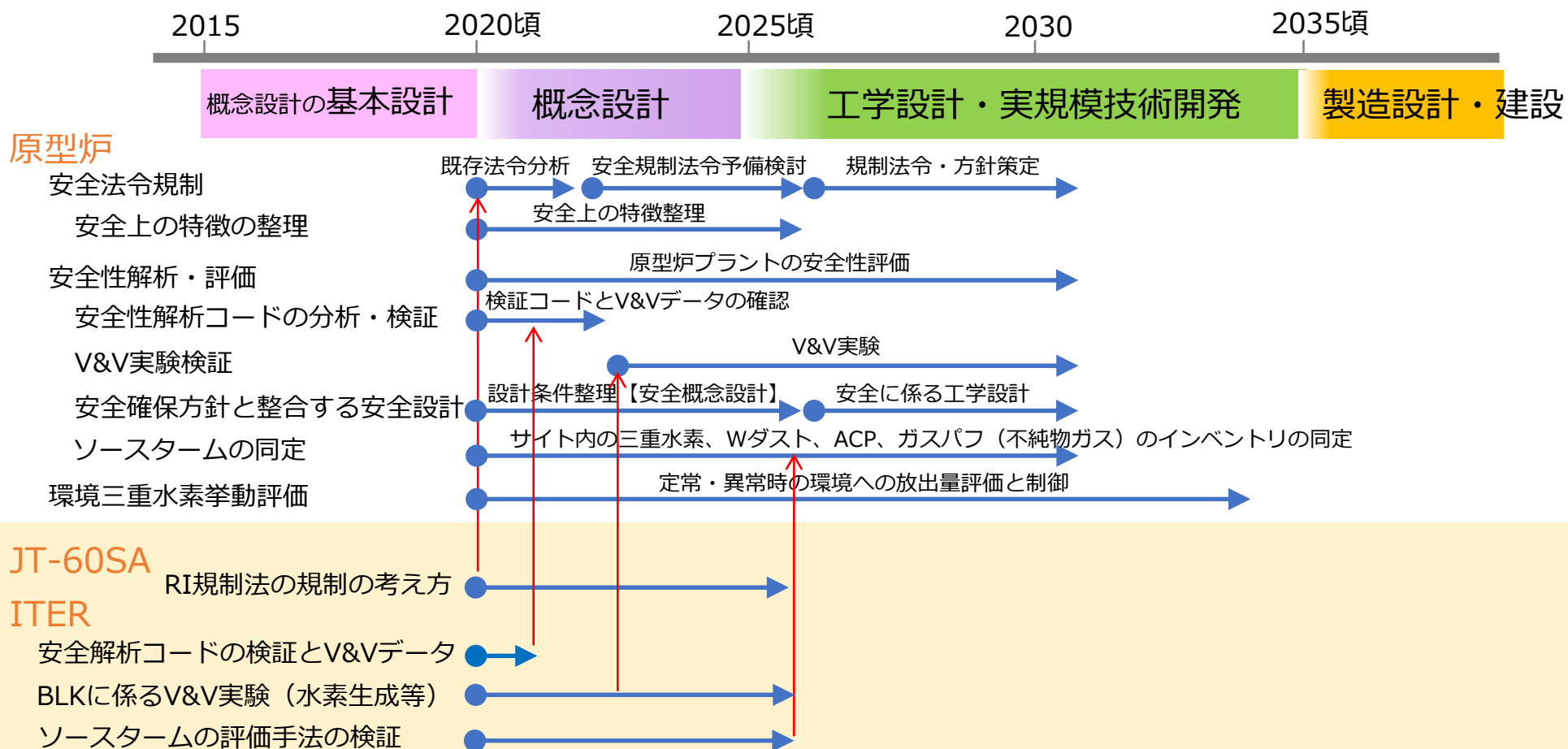
前倒し案のポイント：

- 原子炉照射試験の約3年前倒し（重点化）、核融合中性子照射による検証を後送り。DONESの利用も要検討。
- 規格策定完了を前倒しするため、規格・基準策定に必要なデータ取得を、機械学会での規格条文審議と並行して実施。



# 統合技術開発戦略「9.安全性」

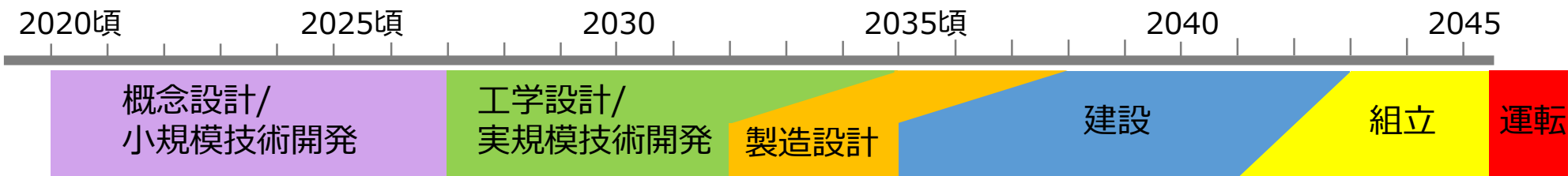
- JT-60SAやITER用に開発された事故分析手法及び解析コードを用いて、原型炉の安全設計と安全評価や対策のための技術開発を実施する。
- 原型炉のために、原型炉安全確保方針と整合する安全設計と安全規制法令を検討し、許認可に必要な安全評価コード群を整備する。



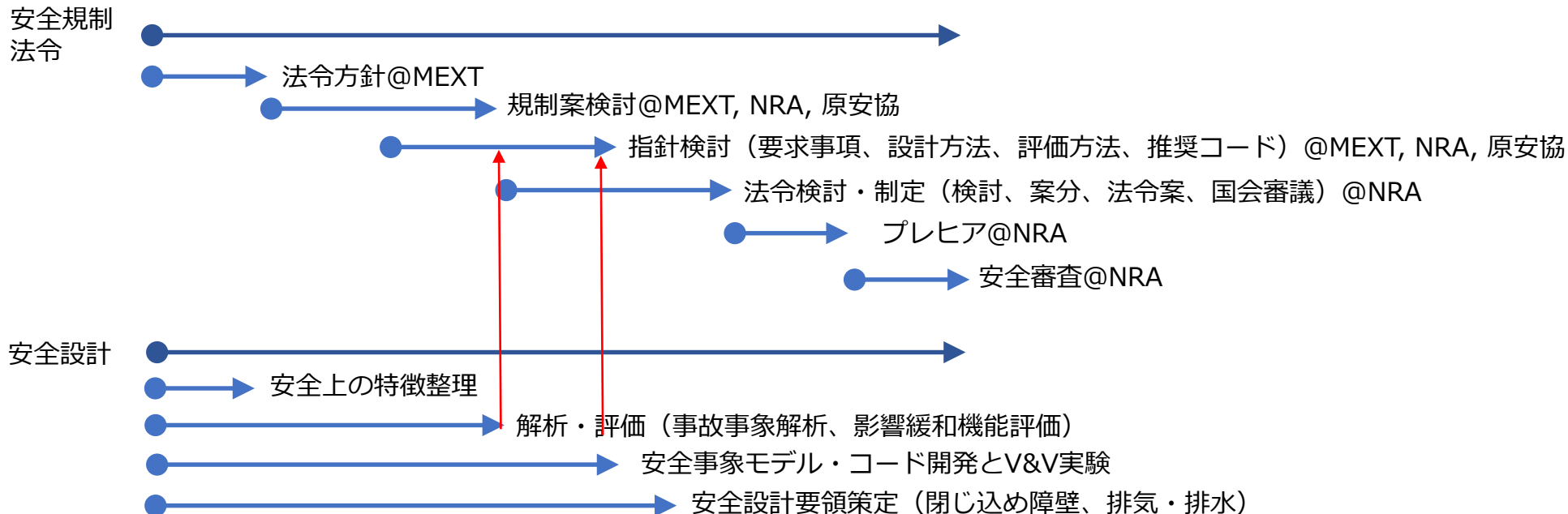
# 「安全性」前倒し案

前倒し案のポイント：

- 安全規制法令については、制定に向けた検討と安全評価を前倒し。
- 安全設計については、モデル・コード開発及びV&V（検証と妥当性確認）実験を前倒し。

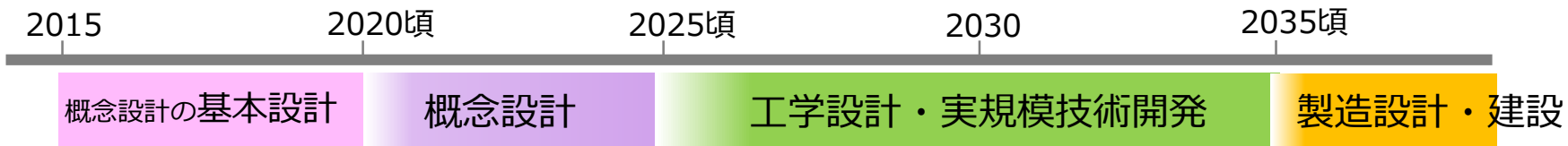


## 原型炉



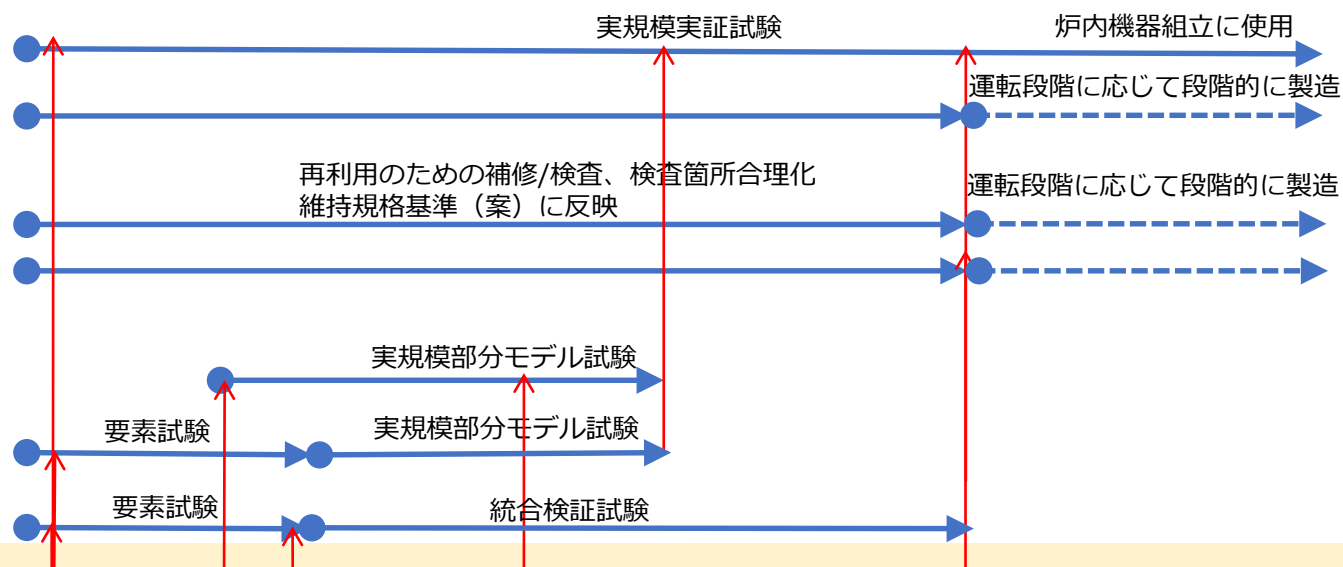
# 統合技術開発戦略「10.稼働率と保守」

- ITER用に開発した遠隔保守機器の統合技術を検証し、原型炉設計に資する。
- 原型炉のために、長尺大重量のブランケットセグメント（10m, 100t）の遠隔保守機器の開発、許認可を考慮した機器設計の開発を実施する。



## 原型炉

- 炉内機器(ブランケット、ダイバータ、冷却配管)用遠隔保守機器開発
- 炉外機器 (NBI、ペレットインジェクターなど) 用遠隔保守機器開発
- ホットセル (炉内機器の保全技術開発)
  - ・除染/再利用/補修/検査
  - ・T回収/解体/減容
- 要素技術開発 (小規模、中規模試験)
  - ・大重量(最大80トン)・大型(約11m)炉内機器の高精度搬送技術
  - ・高温高压配管の遠隔溶接・検査・切断技術
  - ・耐放射線機器 (10MGy) 開発



## ITER

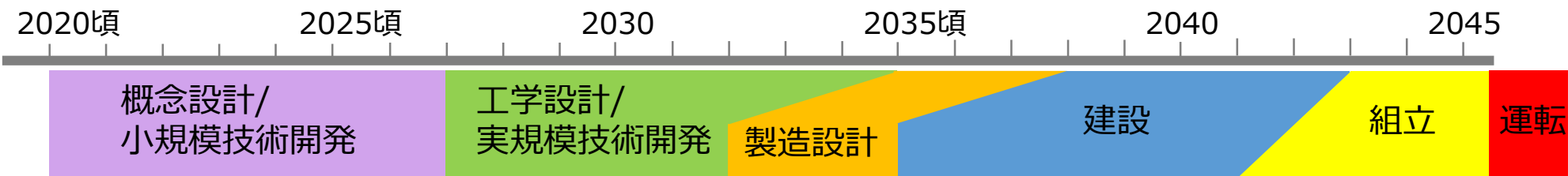
- 機器免震
- 耐放射線機器(3 MGy) 開発
- ロボット制御、故障時対策
- 保守保全技術



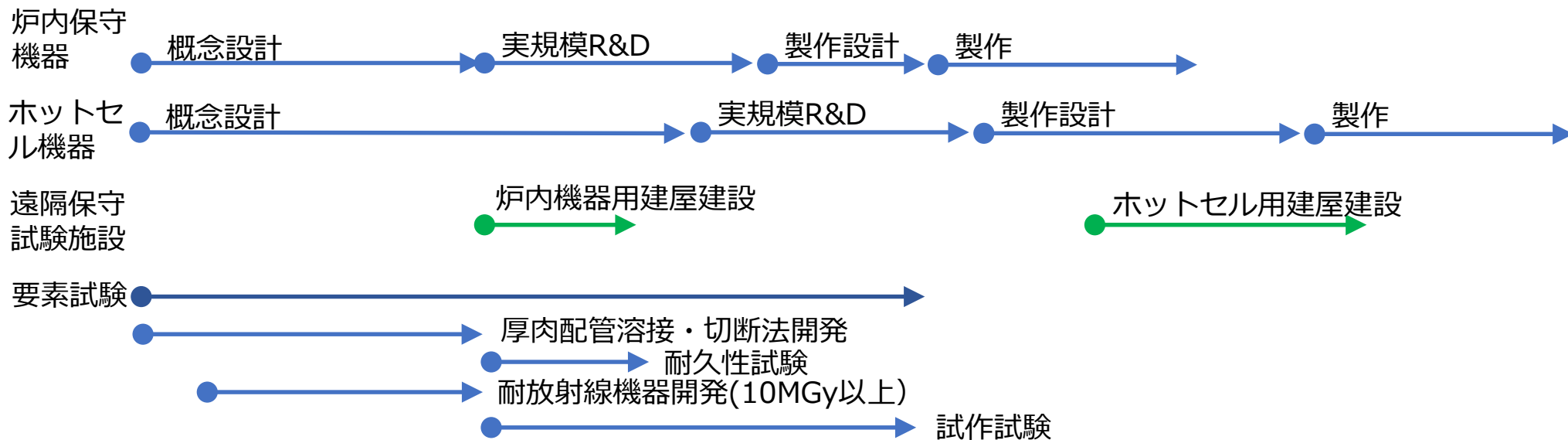
# 「稼働率と保守」前倒し案

前倒し案のポイント：

- 炉構造への影響が大きい炉内機器の遠隔保守試験は前倒して実施し、ホットセルでの遠隔保守試験は後送り。
- ホットセルに関する技術開発は、第2期に向けたR&Dで実施。

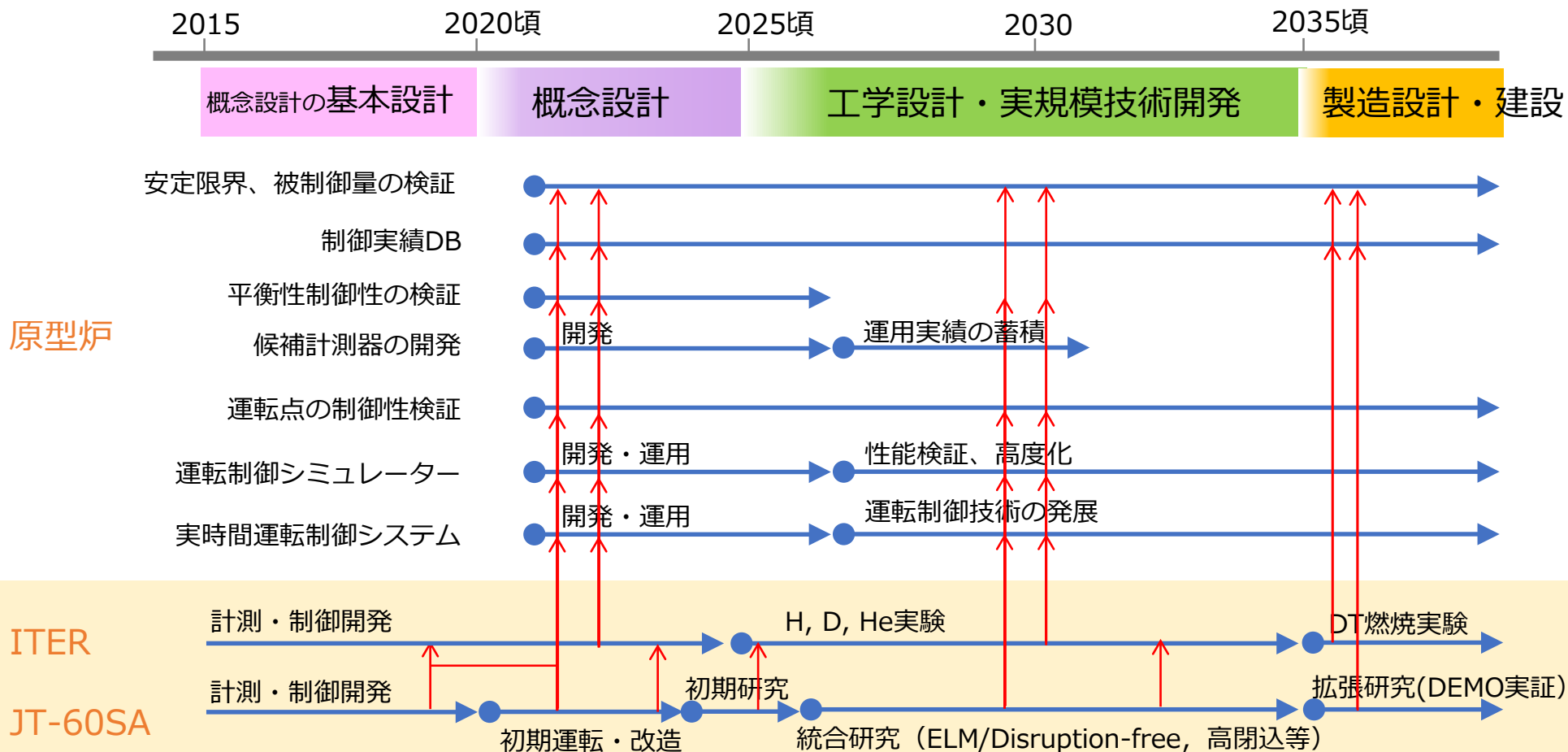


## 原型炉



# 統合技術開発戦略「11.計測・制御」

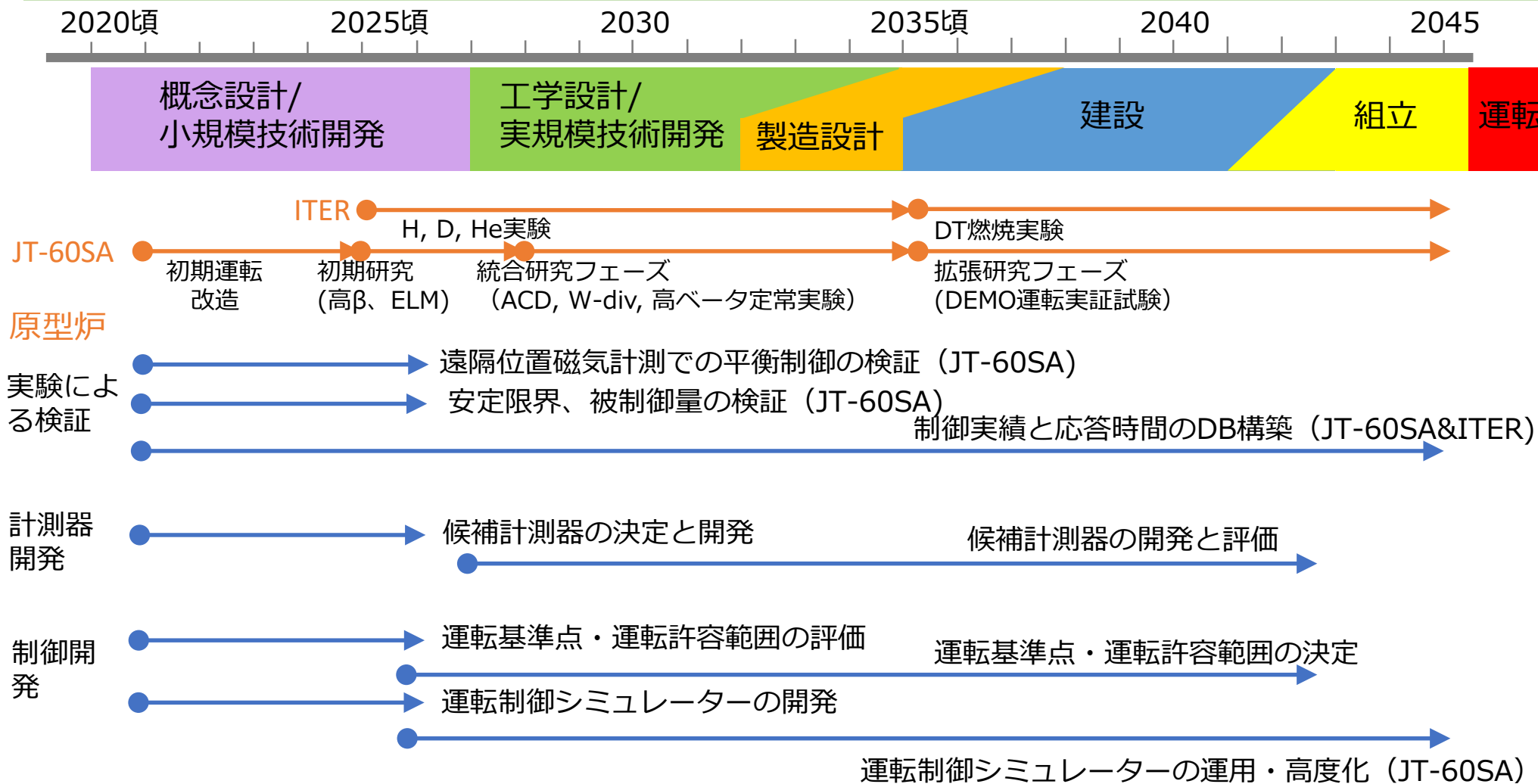
- JT-60SAやITER用に開発された計測・制御技術を、それぞれの機器の運転を通して検証し、原型炉設計に資する。
- 原型炉のために、ITERやJT-60SAにおいて開発される機械学習・推定ツールをベースに、制御技術を開発する。



# 「計測・制御」前倒し案

前倒し案のポイント：

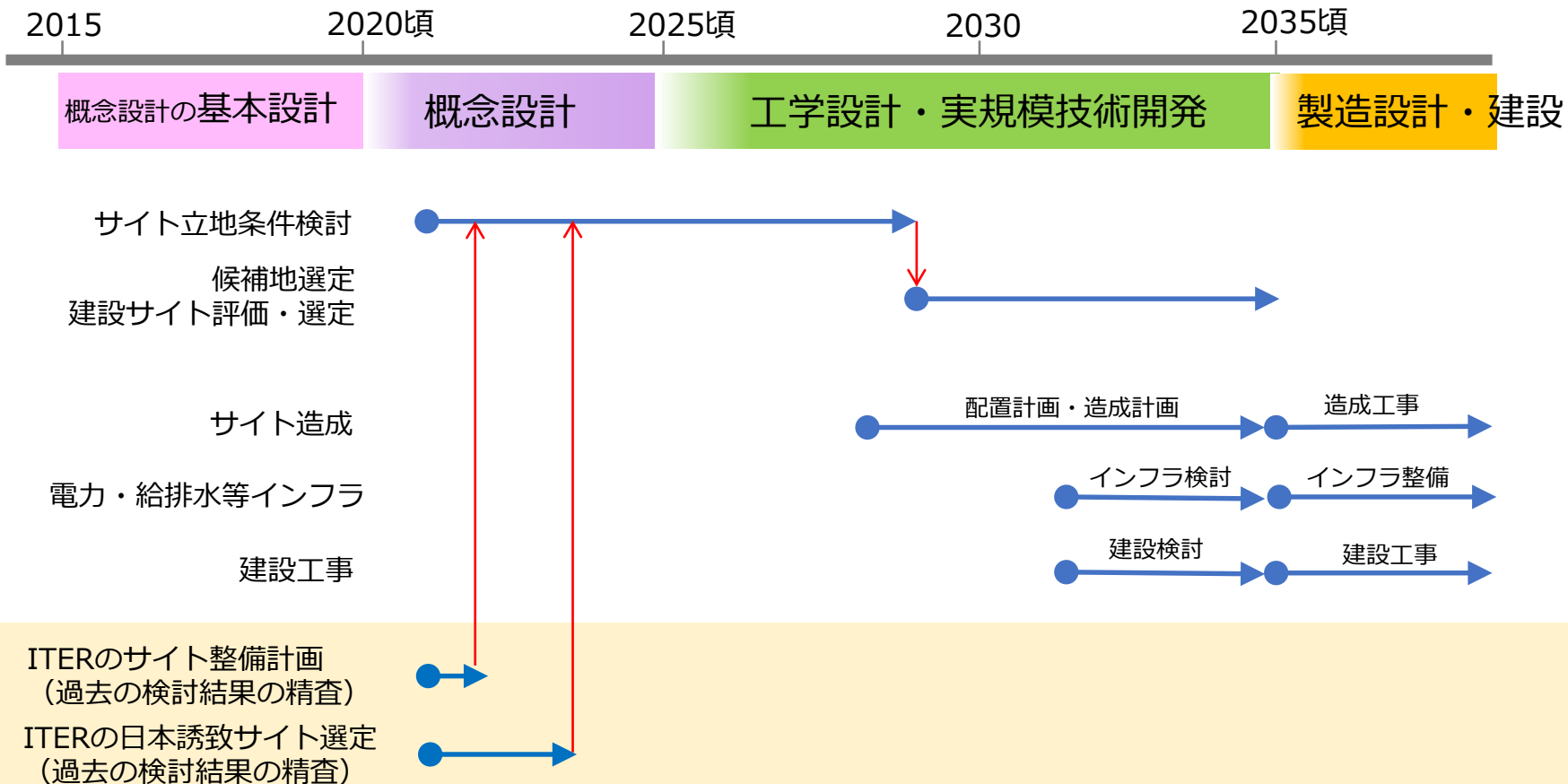
- JT-60SA & ITER実験との連携した開発計画が重要。
- 「実績DB構築」、「計測器・制御開発」は、JT-60SA&ITER実験に合わせて期間延長。





# 統合技術開発戦略「サイト整備」

- JT-60やITER誘致の際に得られたサイト整備の知見（サイト整備計画、配置計画、手続き等）を検証し、原型炉設計に資する。
- 原型炉のため、サイト選定と造成、許認可手続、電力・給排水等のインフラ整備を行う。



# 「サイト整備」前倒し案

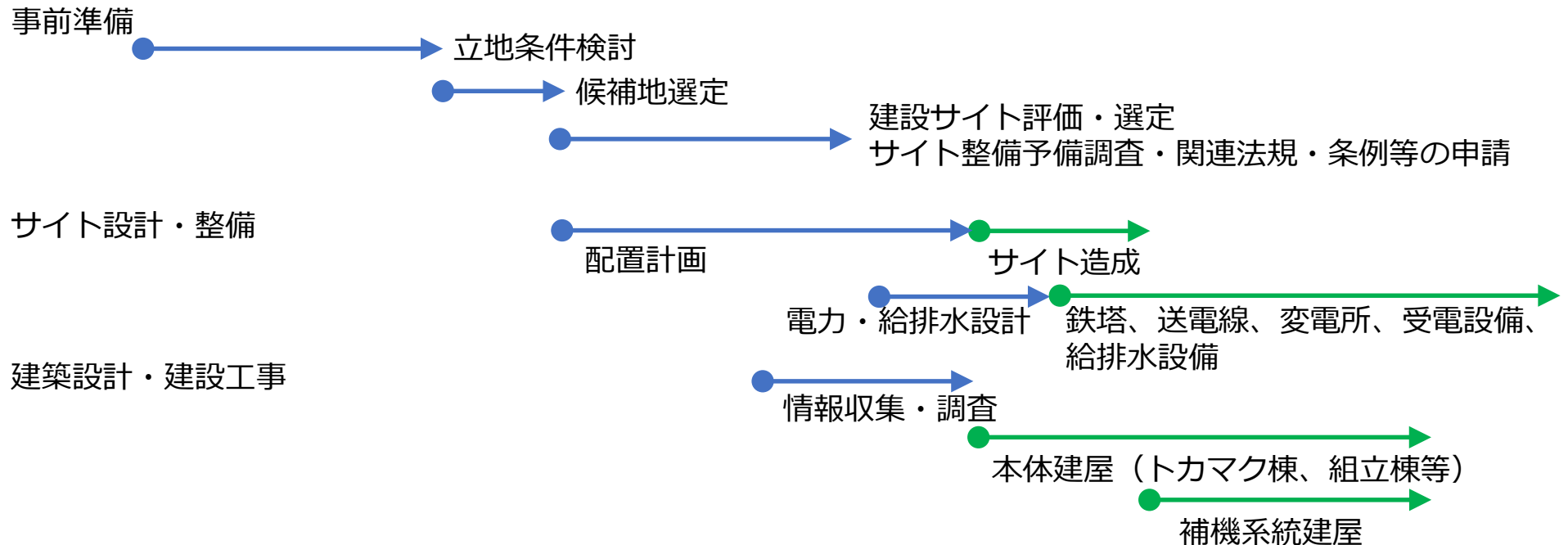
前倒し案のポイント：

- サイト関連工事（鉄塔、送電線、変電所）に必要な期間を考慮して、移行判断直後からサイト造成に着手。
- それまでに許認可手続きを完了するため、立地条件検討を早急に開始し、候補地選定を前倒し。

2020頃                      2025頃                      2030                      2035頃                      2040                      2045

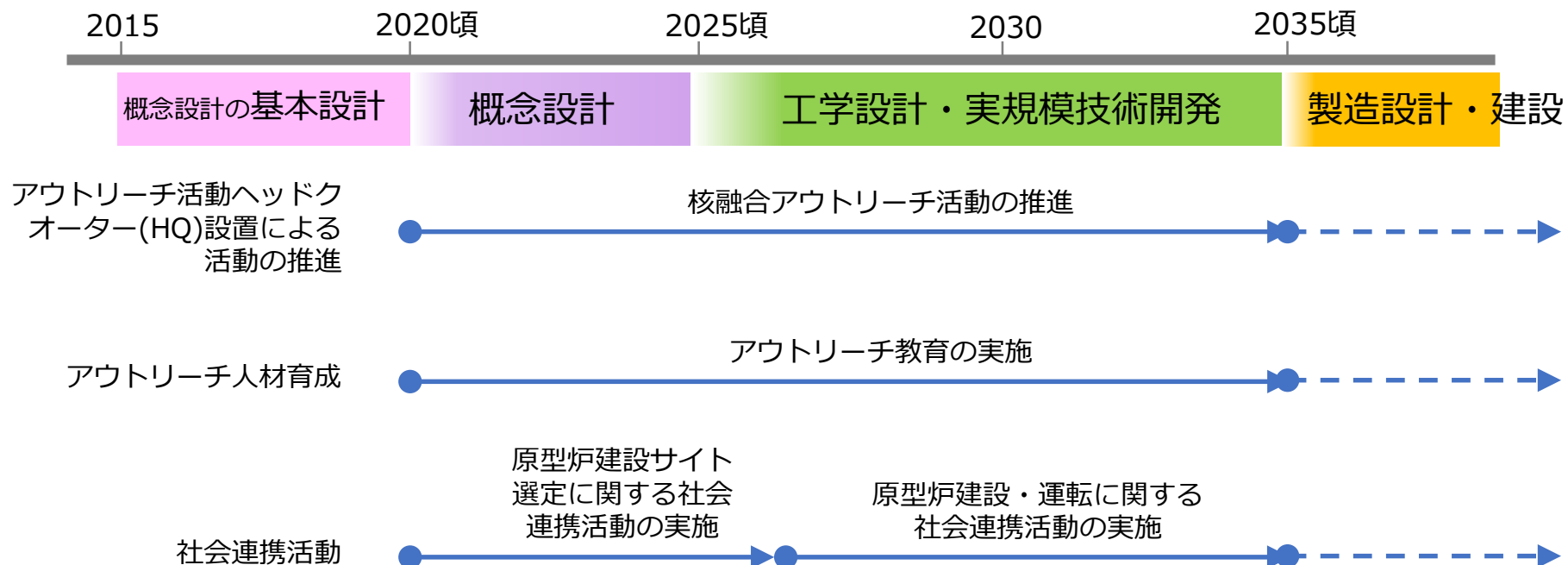


## 原型炉



# 統合技術開発戦略「12.社会連携」

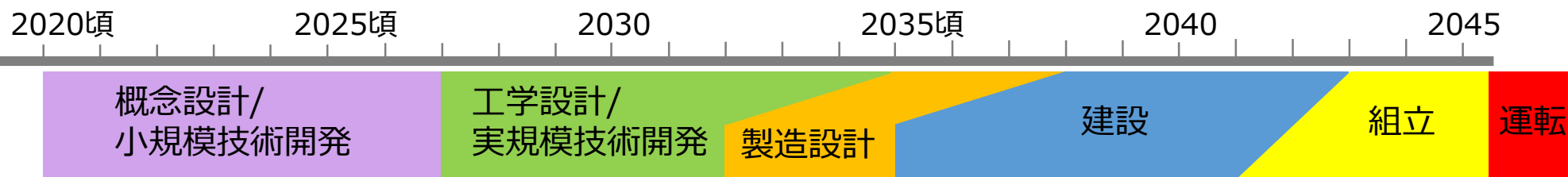
- 核融合研究開発活動に関するアウトリーチ活動の司令塔であるアウトリーチヘッドクォーター(HQ)が立案したアウトリーチ活動推進計画に基づき、各機関・組織が機動的に活動を推進する。
- HQ主導の下、各機関・組織が連携してアウトリーチ人材育成を実施する。
- 核融合エネルギー開発のロードマップ全体について、世界のエネルギー需要やその他の環境条件なども踏まえ、科学界、経済界、そして市民など、立場の異なる多様な視点から評価する社会連携活動を行う。



# 「社会連携」前倒し案

ポイント:

- 原型炉への移行判断に向けて、科学界、経済界、そして市民など、立場の異なる多様なステークホルダーに対して活動するものであり、発電時期の前倒しによる変更はない。
- 原型炉への移行判断が近づくにつれて、活動の実施主体が変わって行くと思われる。



アウトリーチ活動ヘッドク  
ォーター(HQ)設置による  
活動の推進

核融合アウトリーチ活動の推進

アウトリーチ人材育成

アウトリーチ教育の実施

社会連携活動

原型炉建設サイト  
選定に関する社会  
連携活動の実施

原型炉建設・運転に関する  
社会連携活動の実施

# JA-DEMO (設計概念設計の基本設計が終了)

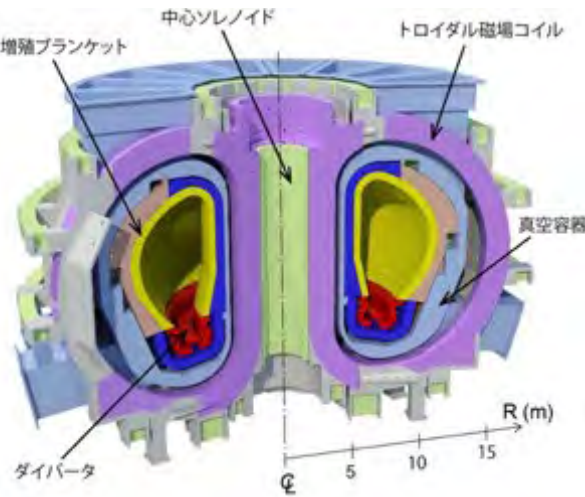
核融合科学技術委員会のいう原型炉の目標 (①数十万kWの電気出力、②実用に供し得る稼働率、③燃料の自己充足性) に見通しを得る基本概念で構築

## 基本パラメータ

## 概念の特徴

主半径：8.5m  
小半径：2.42m  
核融合出力：1.5GW  
発電端出力：0.64GW  
中心トロイダル磁場：6T  
プラズマ電流：12.3MA  
加熱入力：< 100MW  
規格化ベータ値：3.4  
規格化密度： $n_e/n_{GW}=1.2$   
閉じ込め改善度：1.3  
冷却水：PWR条件  
稼働率：~70%  
運転方式：定常運転  
三重水素増殖率：1.05

- 誘導電流駆動によるIp立ち上げ： $R_p=8.5m$
- ダイバータ熱負荷低減： $P_{fus}=1.5GW$
- 運転柔軟性：定常運転&パルス運転
  - ✓ 高密度・非接触プラズマとの整合性の観点から、定格のIpでパルス運転  
→十分なCS磁束を確保
  - ✓ プラズマ性能要求（ベータ値、閉じ込め改善度）を緩和したパルス運転  
→初期の調整運転  
→早期の発電実証



2015

2020頃

2025頃

2030

2035頃

ロードマップ

概念設計の基本設計

概念設計

工学設計・実規模技術開発

製造設計・建設

特別チーム設置

第1回中間C&R

第2回中間C&R

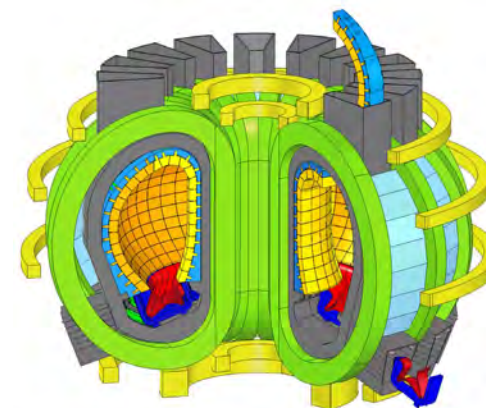
原型炉段階への移行判断

→原型炉開発に向けたアクションプラン、原型炉研究開発ロードマップに従って、着実に進捗している。

# 第1期及び第2期で目指す装置性能

Size & Configuration			Absolute Performance				Normalized Performance			
Para.	Steady state / Pulse (2hr)	Ref. ITER	Para.	Steady state	Pulse (2hr)	Ref. ITER	Para.	Steady state	Pulse (2hr)	Ref. ITER
$R_p$ (m)	8.5	6.35	$P_{fus}$ (MW)	1462	1085	356	$HH_{98y2}$	1.31	1.13	1.57
$a_p$ (m)	2.42	1.85	$P_{net}$ (MWe)	303	185	-	$\beta_N$	3.4	2.6	2.95
A	3.5	3.43	Q	17.5	13	6	$f_{BS}$	0.61	0.46	0.48
$\kappa_{95}$	1.65	1.85	$P_{alp}$ (MW)	293	217	71.2	$f_{CD}$	0.39	0.32	0.52
$\delta_{95}$	0.33	0.4	$P_{ADD}$ (MW)	83.7	83.5	59	$n_e/n_{GW}$	1.2	1.2	0.82
$q_{95}$	4.1	5.3	$T_e$ (keV)	16	12.9	12.3	$f_{He}$	0.07	0.07	0.04
$V_p$ (m <sup>3</sup> )	1647	831	$n_e$ (10 <sup>19</sup> m <sup>-3</sup> )	6.6	6.5	6.7				
$I_p$ (MA)	12.3	9.0	$W_{th}$ (MJ)	786	630	287				
$B_T$ (T)	5.94	5.18	$\tau_E$ (s)	2.67	2.66	3.1				
$B_T^{max}$ (T)	12.1	11.8	NWL (MW/m <sup>2</sup> )	1.0	0.74	0.35				

**第1期目標** : 表中の「Pulse (2hr)」  
**第2期目標** : 表中の「Steady state」  
**ITER定常運転** : 表中の「Ref. ITER」



# チェック・アンド・レビュー項目

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	<ul style="list-style-type: none"> <li>ITERの技術目標達成計画の作成。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ITER支援研究のITER技術目標達成計画への反映。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>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。</li> </ul>
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	<ul style="list-style-type: none"> <li>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。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>JT-60SAによる高ベータ非誘導電流駆動運転の達成。</li> <li>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。</li> <li>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。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>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。</li> <li>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(<math>\beta_N = 3.5</math>以上)定常運転領域の実証。</li> </ul>
③ ITERによる統合化技術の確立	<ul style="list-style-type: none"> <li>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。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>ITERの運転開始。</li> <li>ITERの機器製作・据付・調整に関わる統合化技術の取得。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>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。</li> </ul>
④ 原型炉に関わる材料開発	<ul style="list-style-type: none"> <li>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。</li> <li>核融合中性子源の概念設計の完了。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>原子炉照射による80dpaまでの低放射化フェライト鋼の重照射データの検証を完了。</li> <li>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、及びリチウム確保技術の原理実証。</li> <li>核融合中性子源の建設開始、及び材料照射データ取得計画の作成。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>構造設計基準策定</li> <li>パイロットプラント規模でのリチウム確保技術の確立。</li> <li>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初期照射データを取得。</li> </ul>
⑤ 原型炉に関わる炉工学技術開発	<ul style="list-style-type: none"> <li>ダイバータ開発指針の作成。</li> <li>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。</li> <li>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。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>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。</li> <li>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。</li> <li>発電ブランケットの基盤技術整備、並びにITER-TBM 1号機製作と実機での安全性確認試験の完了。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>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。</li> <li>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。</li> </ul>
⑥ 原型炉設計	<ul style="list-style-type: none"> <li>原型炉の全体目標の策定。</li> <li>原型炉概念設計の基本設計。</li> <li>炉心、炉工学への開発要請の提示。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>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も見通しにも配慮した原型炉概念設計の完了。</li> <li>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。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>社会受容性と実用化段階における経済性も見通しを得て、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。</li> <li>安全規制・法令規制の方針策定。</li> </ul>
⑦ 社会連携	<ul style="list-style-type: none"> <li>アウトリーチヘッドクォータの設置。</li> <li>アウトリーチ活動推進計画の立案</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>アウトリーチ活動の推進と社会連携活動の実施。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>原型炉建設・運転に向けた社会連携活動の実施。</li> </ul>