

新試験研究炉の建設に向けた 取組み状況

日本原子力研究開発機構

令和6年 2月 9日

1. 新試験研究炉の設置の経緯等について
2. 新試験研究炉概念設計について
3. 新試験研究炉詳細設計 I の検討状況
4. 新試験研究炉の利用設備の検討状況
5. 利用促進に係る検討について
6. まとめ

● 経緯・背景

“「もんじゅ」の取扱いに関する政府方針”
➢ 平成28年12月の原子力関係閣僚会議において、「もんじゅ」を廃止措置し、**「もんじゅ」サイトに将来、新たな試験研究炉を設置することを決定。**

我が国の試験研究炉に係る状況
➢ **施設の高経年化や新規制基準への対応等により多くが廃止の方針**となっており、東日本大震災後に再開した試験研究炉は6施設のみ。
➢ **我が国の研究開発・人材育成を支える基盤がぜい弱化**している状況。

● 試験研究炉の役割

・ **カーボンニュートラル実現へ向けた取組が世界規模で加速**
・ **エネルギー安全保障の確保に対する期待**
・ 安全確保を大前提とした原子力の安定的な平和利用の推進
・ 今後増加する原子力施設の廃止措置への着実な対応
➢ **試験研究炉を利用した高度な原子力人材の継続的な確保・育成強化が重要**

中性子利用技術は学術のみならず、産業利用でも発展
➢ **中性子利用需要に対応した研究基盤(試験研究炉)の維持・整備が重要**

人材育成・中性子利用の基盤として試験研究炉の重要度が増加

- 「もんじゅ」サイトに設置する新たな試験研究炉の在り方について、文科省審議会等を通じて検討を行った結果、**①我が国の研究開発・人材育成を支える西日本における中核的拠点としての機能の実現、②地元振興への貢献の観点から、中性子ビーム利用を主目的とした中出力炉に絞り込み。**
- 令和2年度より概念設計及び運営の在り方検討を開始
- 令和4年12月に詳細設計段階以降の**実施主体として日本原子力研究開発機構が選定され、原子力機構は引き続き京都大学、福井大学の協力を得つつ、設計検討を推進。**

原子炉の出力と利用目的：熱出力10MW級の中性子ビーム炉（R2/9文部科学省が選定）

➤ **5つの性能目標を設定**

- ①安全性 ②安定性
- ③経済性 ④利便性
- ⑤将来性

➤ **基本仕様を策定**

- 燃料要素と配置
- 冷却材
- 減速材

ce20炉心 燃料要素

性能目標を設定
基本仕様を策定

原子炉の性能を検討

➤ **原子炉の性能を検討**

- 原子炉の基本的構成をもとに、運転期間や原子炉内の中性子の分布等の性能の検証を実施
- 中出力炉（10MW未満）では最大熱中性子束は世界最高レベルの性能**

国内外の試験研究炉の中性子束

炉名	熱出力 (MW)	最大高速中性子束 (n/cm ² /s)	最大熱中性子束 (n/cm ² /s)
PR-10	10	~1.0E+14	~1.0E+14
PARR-1	10	~1.4E+14	~1.8E+14
JRTR	5	~1.0E+12	~1.0E+14
新試験研究炉	10	~1.5E+14	~2.0E+14
JRR-3	20	~1.9E+14	~2.8E+14
SAFARI	20	~2.4E+14	~2.5E+14
OPAL	20	~2.5E+14	~3.0E+14
KJRR	15	~1.8E+14	~2.8E+14

➤ **原子炉の成立性を検討**

- 発熱の除去の視点から解析し、炉の成立性を確認
- 今後、システムの視点から成立性を検討

➤ **制御手法を検討**

- 炉の制御手法として、2種類検討（フォロー型燃料／平板型）
- 今後、工学的成立性踏まえ選定

吸収体 燃料部

上下方向に可動

通常の燃料

フォロー型燃料 (JRR-3の模型)

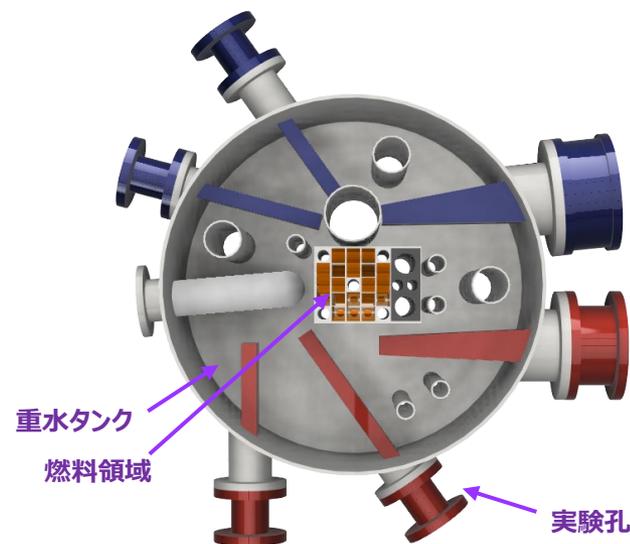
原子炉の成立性を検討
制御手法を検討

原子炉施設の基本諸元

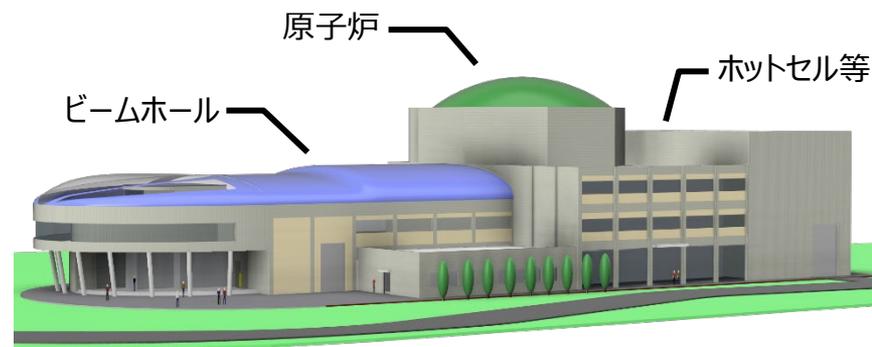
➤ **地質調査等**

- もんじゅサイト内の候補地点の地質調査を行い、原子炉設置の妨げとなる要因の有無や土地の性状等を調査
- 土石流/地すべりリスク・対策コスト評価

項目	仕様
炉型式	軽水減速軽水冷却重水反射体付 スイミングプール型
熱出力	10 MW未満
最大熱中性子束	約 1.5×10^{14} n/cm ² /sec (重水領域)
炉心 形状	角形形状
格子数	25
寸法	約40cm×約40cm×約75cm (燃料領域)
燃料要素	20体 (フォロワ燃料要素を含む)
照射筒	5体
減速材	軽水
冷却材	軽水
冷却方式	強制循環 (運転中)、停止中 (自然循環)
反射材	重水
制御棒	4体 (フォロワ型) または6体 (板状型)
吸収体材質	ハフニウム、ホウ素など
形状	フォロワ型または板状型
生体遮へい体	プール内軽水、重コンクリート、 普通コンクリート
ビーム利用	中性子ラジオグラフィ、中性子散乱実験、中性子 即発γ線分析、小角散乱実験など
照射利用	放射化分析、RI製造など

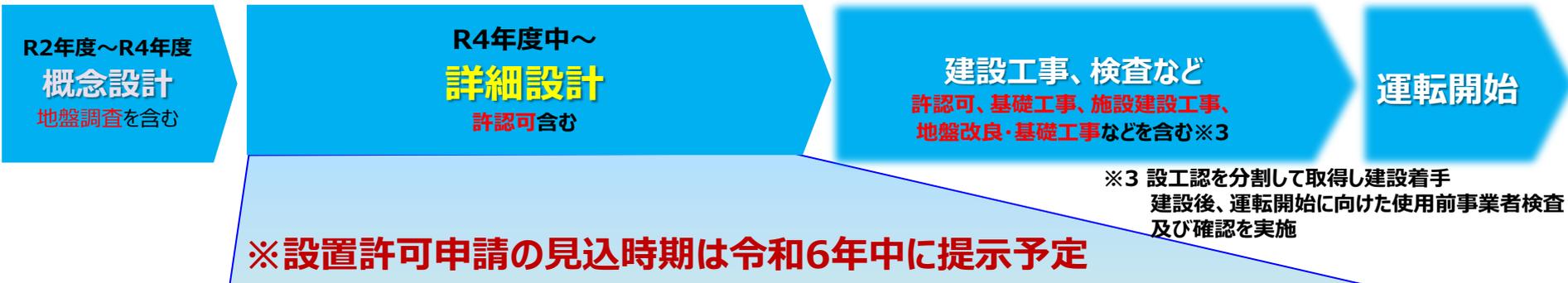


炉心部のイメージ



新試験研究炉の完成イメージ

3-1 詳細設計検討スケジュール



項目	詳細設計 I	詳細設計 II
許認可 手続		設置許可申請 △ → 審査 → △ 設置許可取得 設工認申請 (分割申請) → 審査 → △ 設工認取得
設置許可申請 のための設計	設置場所に関する状況の調査 (気象、地盤、地震等) 施設重要度分類、設備、機器の基本仕様策定 ハザード (リスク源) の特定、防護対策	
設工認取得の ための設計 (分割申請)		本体設備、冷却系設備、計測制御系設備、廃棄設備、放射線管理設備、使用済燃料保管設備、利用設備、ユーティリティ設備等に関する詳細設計 一般構造設計、耐震設計、耐津波設計等
管理棟・敷地造成工事 (設工認対象外)		

設工認を取得
できたものから
製作・工事着手

(参考) 旧規制基準下において設置許可申請から建設終了までに、HTTR (高温工学試験研究炉) では約 8 年、STACY (定常臨界実験装置) では約 7 年を要している。

設工認：設計及び工事の計画の認可

3-2 試験研究炉に対する安全要求

新試験研究炉は熱出力10MW未満の中出力炉に分類されるが、高出力炉と同様の安全要求となる。

【実用発電炉】

【中・高出力試験研究炉】
熱出力500kW～50MW水冷却炉

【低出力試験研究炉】
熱出力500kW未満

内部溢水に対する考慮
自然災害に対する考慮 (火山、竜巻、森林火災等)
火災に対する考慮
電源の信頼性
その他の設備の性能
耐震・耐津波性能 (Sクラスの設備・機器なし)

多量の放射性物質等を放出する事故の拡大防止※1
内部溢水に対する考慮
自然災害に対する考慮※1 (火山、竜巻、森林火災等)
火災に対する考慮※1
電源の信頼性
その他の設備の性能
耐震・耐津波性能※1 (耐震重要度分類Sクラスの設備・機器は、基準地震動及び基準津波の策定が必要)

重大事故	意図的な航空機衝突※2
	放射性物質の拡散抑制対策※3
	格納容器破損防止対策※3
	炉心損傷防災対策※3
内部溢水に対する考慮	
自然災害に対する考慮 (火山、竜巻、森林火災など)	
火災に対する考慮	
電源の信頼性	
その他の設備の性能	
耐震・耐津波性能 (耐震重要度分類Sクラスの設備・機器は、基準地震動及び基準津波の策定が必要)	

※1：次の事項を適切に考慮したグレード分けを適用することが望ましい

- ✓ 施設、設備、機器の重要度及び複雑さの程度
- ✓ 原子力安全に係るハザード（リスク源）及びリスクの大きさ
- ✓ 施設、設備、機器の故障若しくは通常想定されない事象の発生により起こる影響

※2：テロ対策

※3：シビアアクシデント対策

3-3-1 詳細設計 I の概要

- 詳細設計 I では、原子炉設置許可申請に向け、試験研究用等原子炉及びその付属施設の位置、構造及び設備が安全規制要求に適合していることを確認し、その基本仕様を策定する。
- 本文五、添付書類六、八、九及び十の作成が主となる。

(本文) 試験炉規則第1条の3 第1項第2号

一	名称及び住所並びに代表者の氏名	
二	使用の目的	
三	試験研究用等原子炉の型式、熱出力及び基数	
四	試験研究用等原子炉を設置する事業所の名称及び所在地	
五	試験研究用等原子炉及びその付属施設の位置、構造及び設備	イ 試験研究用等原子炉施設の位置
		ロ 試験研究用等原子炉施設の一般構造
		ハ 原子炉本体の構造及び設備
		ニ 核燃料物質の取扱施設及び貯蔵施設の構造及び設備
		ホ 原子炉冷却系統施設の構造及び設備
		ヘ 計測制御系統施設の構造及び設備
		ト 放射性廃棄物の廃棄施設の構造及び設備
		チ 放射線管理施設の構造及び設備
		リ 原子炉格納施設の構造及び設備
		ヌ その他試験研究用等原子炉の附属施設の構造及び設備
六	試験研究用等原子炉施設の工事計画	
七	試験研究用等原子炉に燃料として使用する核燃料物質の種類及びその年間予定使用量	
八	使用済燃料の処分方法	
九	試験研究用等原子炉施設の保安のための業務に係る品質管理に必要な体制の整備に関する事項	



(添付書類) 試験炉規則第1条の3 第2項

一	試験研究用等原子炉の使用の目的に関する説明書
二	試験研究用等原子炉の熱出力に関する説明書
三	工事に要する資金の額及び調達計画を記載した書類
四	試験研究用等原子炉の運転に要する核燃料物質の取得計画を記載した書類
五	試験研究用等原子炉施設の設置及び運転に関する技術的能力に関する説明書
六	試験研究用等原子炉施設を設置しようとする場所に関する気象、地盤、水理、地震、社会環境等の状況に関する説明書
七	試験研究用等原子炉又はその主要な附属施設を設置しようとする地点から二十キロメートル以内の地域を含む縮尺二十万分の一の地図及び五キロメートル以内の地域を含む縮尺五万分の一の地図
八	試験研究用等原子炉施設の安全設計に関する説明書
九	核燃料物質等による放射線の被ばく管理及び放射性廃棄物の廃棄に関する説明書
十	試験研究用等原子炉の操作上の過失、機械又は装置の故障、地震、火災等があった場合に発生すると想定される原子炉の事故の種類、程度、影響等に関する説明書
十一	試験研究用等原子炉施設の保安のための業務に係る品質管理に必要な体制の整備に関する説明書
十二	定款又は寄付行為、登記簿の抄本並びに最近の財産目録、貸借対照表及び損益計算書
十三	業務を行う役員に係る精神の機能の障害に関する医師の診断書

地質調査、所要費用、もんじゅ廃止措置への影響等、総合的評価の結果から設置場所を選定し、下記状況等に係るデータを収集する。

○気象、水理、社会環境

- ✓もんじゅ敷地及び敷地周辺のデータを利活用する。
- ✓排気筒高さ付近の風向、風速については、排気筒高さを設定しデータを収集する。

○地盤

- ✓敷地周辺及び敷地近傍について、もんじゅの過去の調査結果に加え、文献調査、変動地形学的調査、地表地質調査、地球物理学的調査等から新たな知見を収集する。
- ✓敷地内については、上記に加えボーリング調査によりデータを収集する。

○地震

- ✓敷地周辺における活断層の性質や、敷地周辺における過去の地震発生状況等を考慮して、「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」及び「震源を特定せず策定する地震動」を評価する。
- ✓「敷地ごとに震源を特定して策定する地震動」及び「震源を特定せず策定する地震動」の評価結果に基づき、基準地震動 S_s を策定する。

○津波

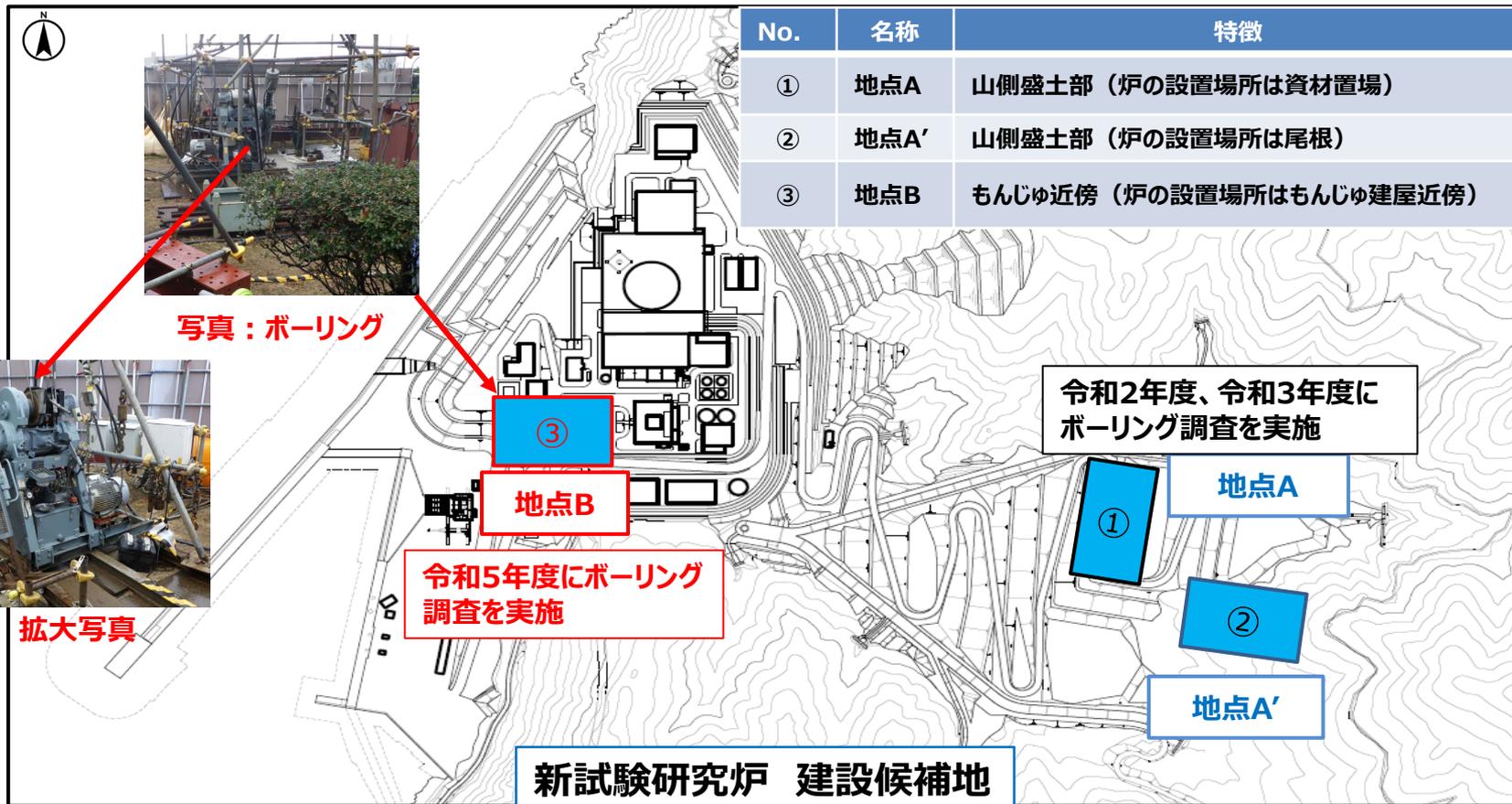
- ✓施設の立地的特徴を踏まえて、文献調査等により既往津波の遡上評価を実施する。
- ✓「地震による津波」及び「地震以外の要因による津波」について解析評価を実施する。

○火山

- ✓文献調査等により、施設に影響を及ぼし得る火山を抽出する。
- ✓施設に影響を及ぼし得る火山について、事象の影響評価を実施する。

3-4 令和5年度における地質調査等

- ボーリング調査等
 - 地点Bについて、大規模な破砕帯やすべり面となるような脆弱部の有無
- 土石流シミュレーション
 - 土石流に関し、現状の砂防施設の有効性の確認
 - 追加的な砂防施設等の必要性



3-5 新試験研究炉の調達について

- ✓ 原子炉の性能や安全性を担保するためには、**設計から施工までを一貫して進めていくことが重要**となる
- ✓ そこで、今回の試験研究炉の新設に対する技術提案(プロポーザル)を求め、比較評価した上で契約を取り交わす「**企画競争方式(RFP: Request For Proposal)**」を採用し、**原子炉設置にあたり炉心等の枢要部の設計・製作を一貫して担当する受注者(主契約企業*)を選定**した

主な技術審査要件

- ✓ 構想する試験研究炉の概要及びこれに適用する独自技術・手法の提案
- ✓ 提案者の組織体制、設計・開発体制
- ✓ 情報管理体制（設計秘密・核物質管理情報など）
- ✓ 品質管理・想定されるリスクとその管理
- ✓ 国内外の研究炉/発電炉の開発実績
- ✓ 運転後の保守管理、部材調達の体制構築

● 審査方法

- ✓ **令和5年6月に要求仕様・審査基準を公開し、募集を開始、関連する説明会を令和5年1月、7月に実施**
- ✓ **外部委員を含む機構内の審査委員会**を立ち上げ、ヒアリングの後に公表済みの**審査基準**をもとに審査を実施

● 審査結果

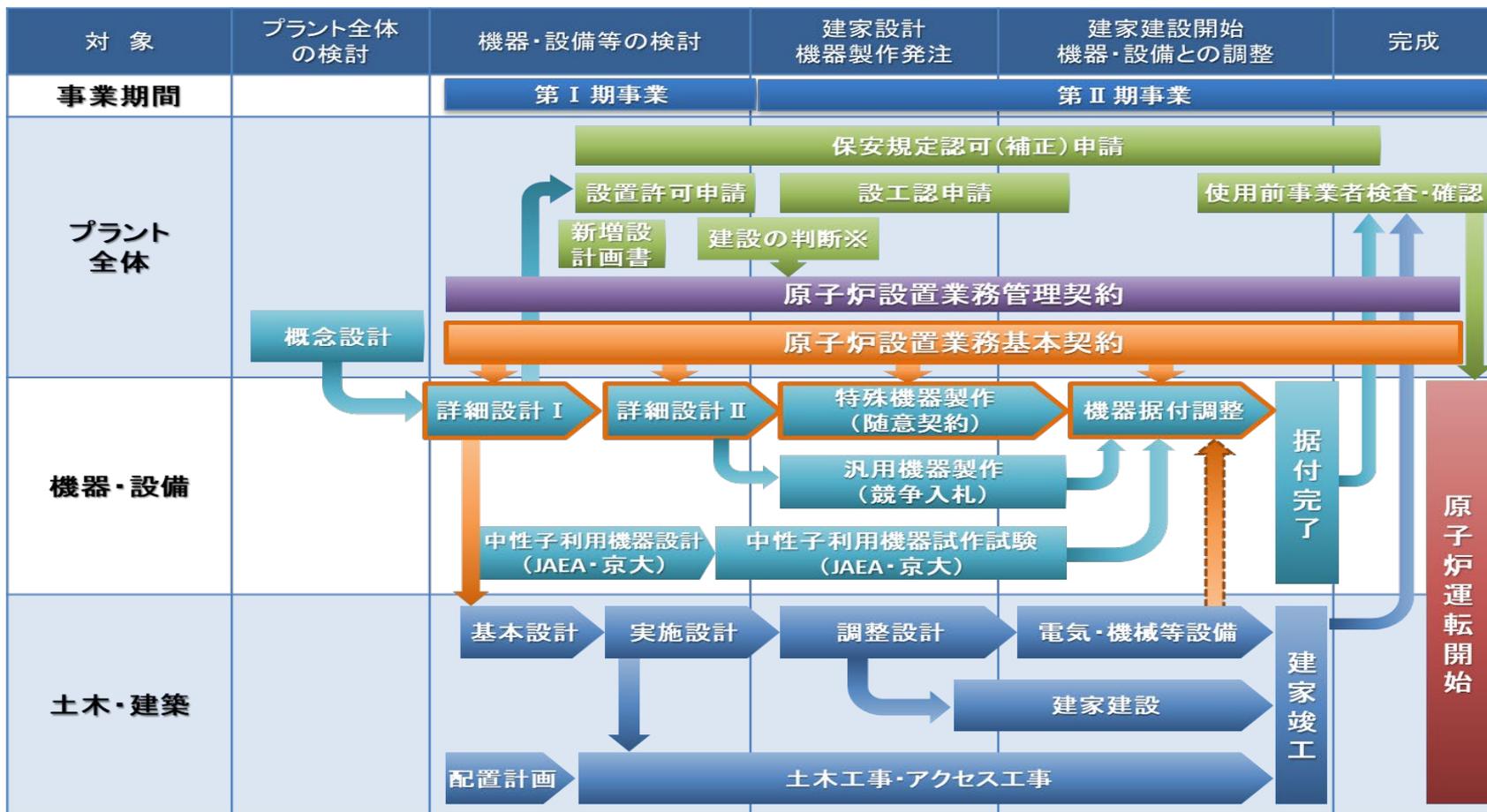
- ✓ 審査の結果、三菱重工業(株)の提案を選定したことを公示
- ✓ **令和5年11月に、三菱重工業(株)と原子炉設置に関する基本契約を締結**

● 今後の予定

- ✓ 三菱重工業(株)と協力して、原子炉施設の完成までの工程を明らかにするとともに、新規制基準に沿った安全設計方針を作成し、これに適合する原子炉施設（原子炉本体設備、冷却系統設備、計測制御系統設備等）の安全設計を進める

3-6 原子炉設置業務の主な流れ

- 原子炉設置に係る基本契約に基づき、主契約企業とともに詳細設計 I から原子炉施設の使用前事業者検査・確認終了までの長期に亘る各取組を節目節目で国のレビューを受けつつ遂行する
 - ✓ 詳細設計 I では新規制基準への適合性を確認のためのデータ取得に向け、原子炉施設の安全解析評価を進める。
 - ✓ 詳細設計 II では設備・機器の実機製作に先立ち、構造の健全性、作動の信頼性及びシステムの安全性をモックアップ試験等により確認する。
 - ✓ 中性子利用機器（研究用機器）については、TFによる諸検討を進め、JRR-3等の既存施設を活用して新試験研究炉ビーム装置用プロトタイプの開発を進め、最新の装置を整備する。

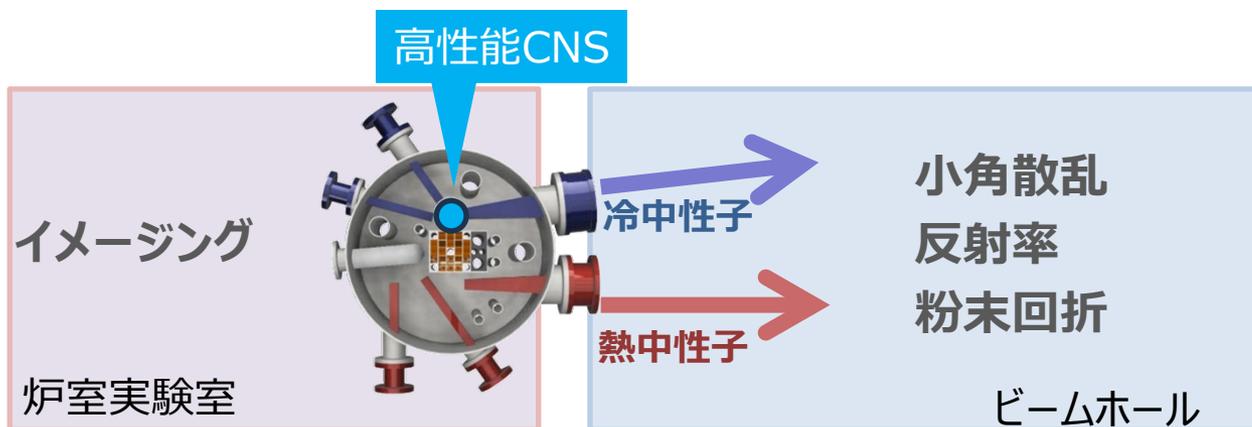


4-1 中性子ビーム実験装置について

汎用性や利用頻度が高い以下の4つの装置を最優先で設置

優先設置装置 — まずはこれから

中性子小角散乱	中性子粉末回折
中性子イメージング	中性子反射率測定



後続整備装置 — 多様化・高度化

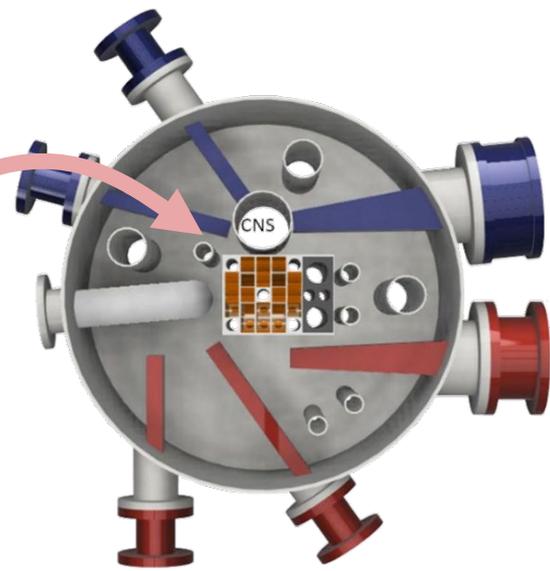
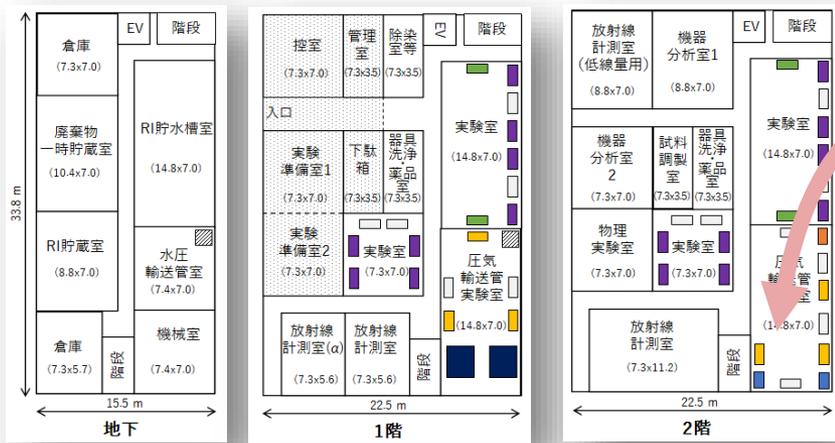
後続整備を検討する実験装置の例

- 偏極小角散乱装置、極小角散乱装置
- 冷中性子イメージング装置
- 中性子回折装置(残留応力、単結晶)
- 偏極中性子反射率装置
- 即発ガンマ線分析装置
- 大強度三軸分光装置
- 中性子技術開発装置
- TOF型非弾性散乱装置
- 研究者や企業が独自に設置する装置

優先設置装置 — まずはこれから

中性子放射化分析

ホットラボ (例)



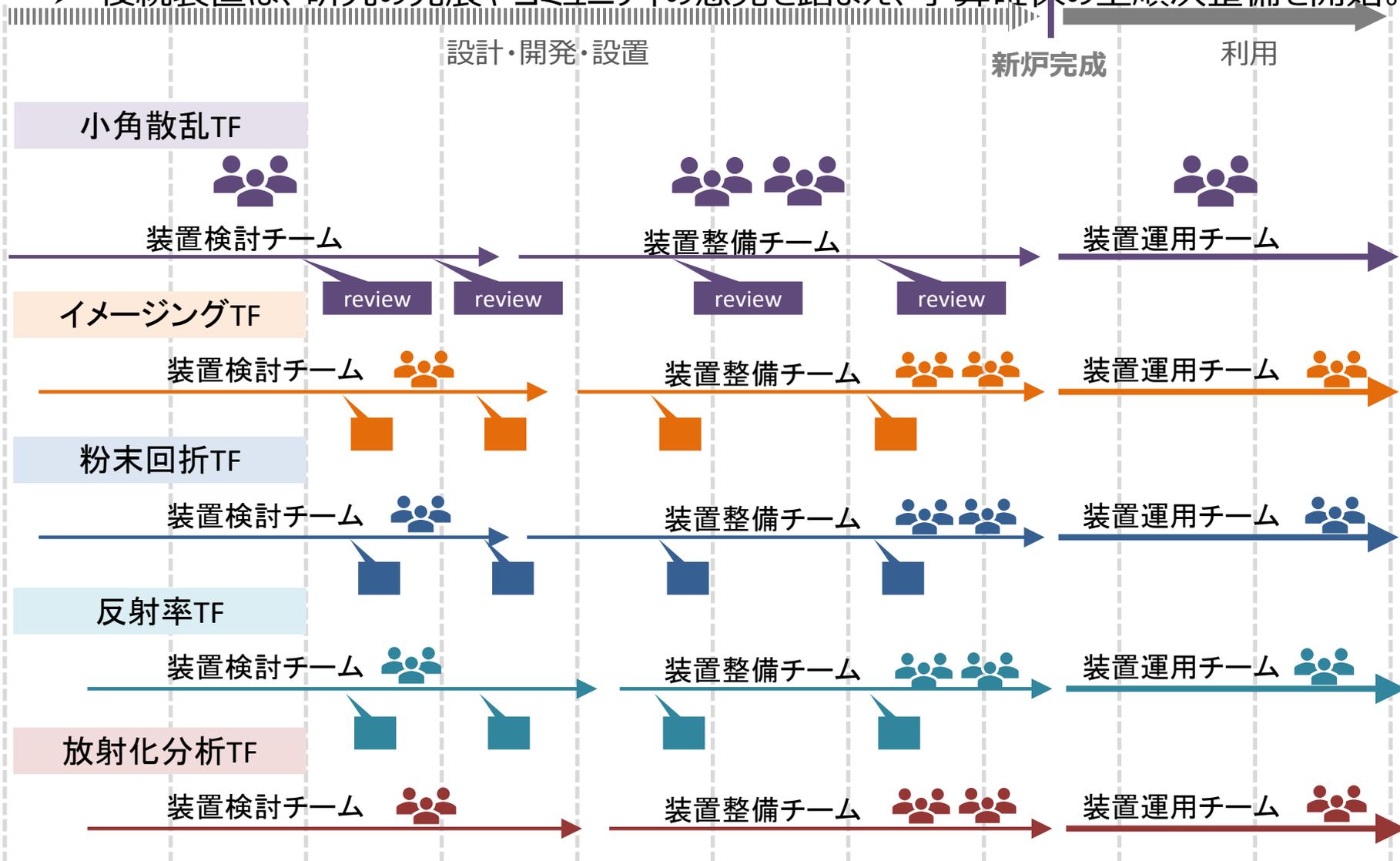
後続整備を検討する装置 — 多様化・高度化

- 研究用RI製造
- 陽電子ビーム
- 材料照射
- 生物照射

※医療用RI製造に関しては、ニーズと課題を考慮しながらどのレベルまで実現するか今後の詳細な検討を進める

4-3 実験装置の検討体制

- 装置整備の検討・整備計画を練るタスクフォース(TF)を実験装置毎に編成。
- 優先 5 装置については、利用開始に向けて着実な整備を実施。
- 後続装置は、研究の発展やコミュニティの意見を踏まえ、予算確保の上順次整備を開始。



5 利用促進に係る検討について

地域関連施策検討ワーキンググループ

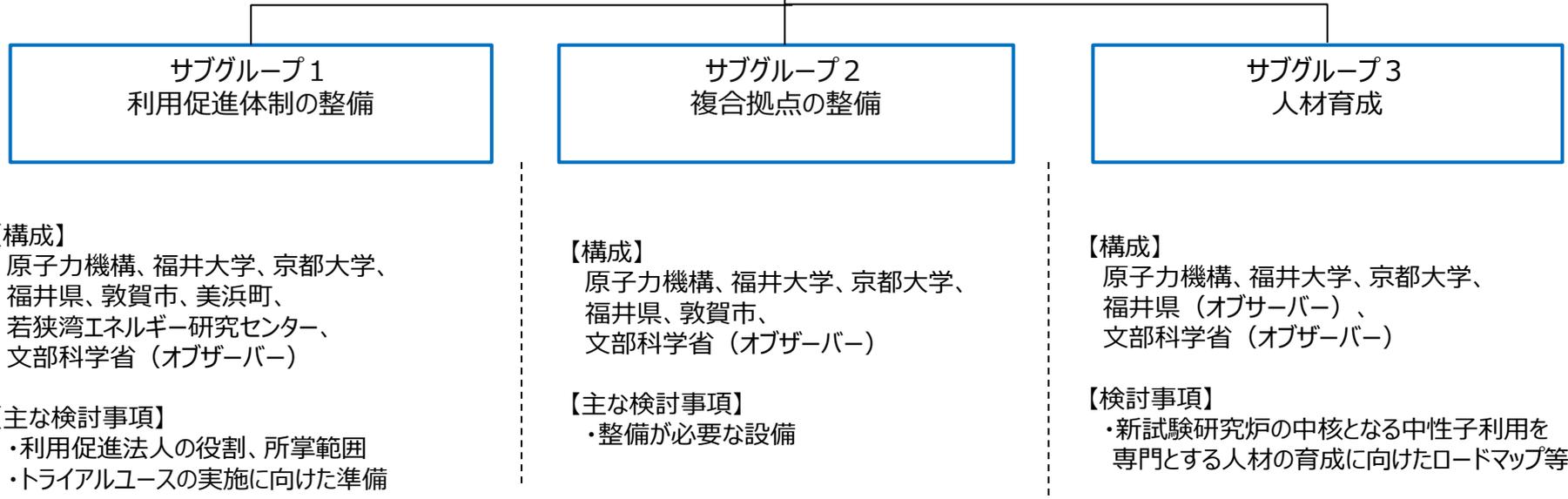
○サブグループでの検討内容をとりまとめ、コンソーシアム会合※に報告するとともに、国や県の施策として明確にすべき事項は「嶺南 E コースト計画」へ反映

【構成】原子力機構（事務局）、福井大学、京都大学、福井県、敦賀市、美浜町、若狭湾エネルギー研究センター、文部科学省（オブザーバー）、資源エネルギー庁（オブザーバー）

【目的】

試験研究炉の設置に向けた地域との協働及び地域振興の在り方に関する助言を得る

※：中核機関（原子力機構、京大及び福井大）、本試験研究炉の利用ニーズを有する学术界、産業界、地元関係機関等のメンバーで構成し、幅広い意見を反映しながら詳細設計 I 及び運営の在り方検討を実施する組織



○令和5年度の取組

- サブグループ1: 利用促進に必要な機能の検討、トライアルユースに向けた地元企業との対話等
- サブグループ2: 複合拠点に必要な機能等の検討
- サブグループ3: 福井大におけるカリキュラム準備等

1. 炉心設計の概念設計が終了し、詳細設計 I に移行した。
2. 詳細設計を進める主契約企業を選定し契約を締結した。原子炉設置許可申請に向けて詳細設計 I を推進するとともに、原子炉施設の完成までの工程を明らかにしていく。また、詳細設計 I での検討結果を踏まえた原子炉建家を設計するために、原子炉建家に関する検討を進める。
3. 建設場所の決定に向けて、地質調査の分析等を継続する。地質調査の分析結果、土石流や斜面安定化等の対策、廃止措置への干渉等の観点から総合的に評価し設置場所を選定する。
4. 地域関連施策検討ワーキンググループでは、利用促進に必要な機能や複合拠点に整備すべき機能等について、アカデミアや地域の関係機関と協力し、運転開始前の準備段階の期間も含め検討し、その整備に向けて取り組んでいく。
5. 中性子利用装置については、アカデミアのコミュニティとともに、J R R - 3 等の既存施設を活用して、プロトタイプを開発していき、最新のビーム装置の整備を図っていく。
6. 10MWの新試験研究炉に高性能冷中性子源装置と広いビームホール、優先 5 装置と関連先端装置で研究のコアとなり、産業利用展開を目指す等、最先端の研究が如何に地元貢献に展開できるかに留意しつつ、学术界、産業界、地元関係機関等の関連コミュニティから幅広く意見を聴取し、意見を取り入れながら事業を進め、今後もコンソーシアム会合において、活動を報告するとともに実施主体として活動を行っていく。