

新試験研究炉の開発・整備の 推進に関する当面の課題 （作業部会における議論の状況）

(1) もんじゅサイトを活用した新試験研究炉の開発・整備－1

<背景・経緯>

- 平成28年12月の原子力関係閣僚会議において、「もんじゅ」の廃止措置を行い、同サイトに新たな試験研究炉を設置することを決定。
- 大学等を含め、国内の試験研究炉等が施設の高経年化や新規制基準対応等で減少する中、研究開発・人材育成を支える基盤として新試験研究炉の開発・整備に対する期待は大きい。また、原子力機構として約40年ぶりの研究炉建設であり、技術の維持・向上の観点からも重要。
- 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、地元振興への貢献の観点から、熱出力10MW級の照射機能を有する中性子ビーム炉を選定。
- 令和2年度から、原子力機構・京都大学・福井大学が中心となり、新試験研究炉の概念設計・運営方法等を検討。令和5年3月から原子力機構が実施主体となり詳細設計段階に移行し、同年5月には同3機関の間で協力協定を締結。
- 学术界、産業界、地元関係機関等、試験研究炉の利用ニーズを有する機関等でコンソーシアムを形成し、幅広い意見を反映しながら新試験研究炉の開発・整備に向けた検討を実施。
- 令和5年11月、原子力機構は三菱重工業を新試験研究炉の設計、製作および据付を実施する主契約企業に選定し、基本契約を締結。令和6年中に設置許可申請の見込時期を提示予定。

(1) もんじゅサイトを活用した新試験研究炉の開発・整備ー2

<当面の課題①>

1. 詳細設計の着実な推進

- 令和6年中の設置許可申請の見込時期の提示に向け、**原子炉設置に向けた全体計画の策定**。
- 設置許可申請に必要となる**試験研究炉及び付属施設に関する安全規制要求に適合する基本仕様の策定等**を進める。

2. 設置場所に関する検討

- 安全の確保を最優先に、もんじゅ廃止措置への影響、将来的な利便性・拡張性等の観点から**総合的に評価した上で設置場所の選定**を行う。
- ボーリング調査、土石流シミュレーションに加え、気象、津波、火山等の影響評価を実施。
- 設置許可申請に先立ち、設工認の対象外となる**敷地造成工事等**を進める。

3. 実験装置の検討

- 優先5装置※については、タスクフォース（TF）において**装置整備の検討・整備計画を行うとともに、その他の実験装置についても、学会・コミュニティ、産業界との意見交換等を踏まえ、幅広いユーザーのニーズに合致したものとなるよう検討**を進める。
- **医療用RI製造**に関する設備については、ニーズと課題を整理した上で**今後詳細な検討**を進める。
- 新試験研究炉への実験装置の導入に向けて、**JRR-3を用いたテスト導入**などを検討。

※汎用性や利用頻度が高いとされる、
中性子ビーム実験装置（小角散乱、粉末回折、イメージング、反射率測定）
中性子照射実験装置（放射化分析）の5装置を優先的に設置する予定。

(1) もんじゅサイトを活用した新試験研究炉の開発・整備－3

<当面の課題②>

4. 建設フェーズを見据えた総工費・予算推計

- 主契約企業の協力を得つつ、**総工費・予算推計の策定に向け、原子炉施設の設置費用見積**を行う。
- 建屋、実験装置等に加え、土地造成、地盤調査にかかる経費の試算についても検討を進める。

5. 人材育成拠点の形成、地域への経済波及効果

- 地域関連施策検討WG等を通じて、
 - ①**利用促進体制**（利用促進法人の検討、トライアルユースの実施に向けた準備等）
 - ②**利便性向上のための複合拠点**（フェーズに応じた必要な機能・設備、場所、規模感等の検討）
 - ③**人材育成**（中性子利用の専門人材の育成、カリキュラム構築等）に係る検討を進める。
- 地域振興にも資する**新試験研究炉を核とした敦賀エリアでの原子力研究・人材育成拠点の形成に向けたロードマップ**を検討。
- 原子炉設備等の建設費の算定をもとに、**地域への経済効果**の試算を行う。

(2) JRR-3の安定的運用・利活用の促進－1

<背景・経緯>

- JRR-3は昭和37年に我が国初の国産研究炉として臨界に達した後、原子力の黎明期を支える多くの研究に活用。
- 平成2年には、性能向上を目指した改造を行い、出力20MWの高性能汎用研究炉として利用を開始した。その後、新規制基準適合審査を経て令和3年2月に運転再開。
- 現在も、中性子ビーム実験（中性子散乱実験、中性子ラジオグラフィ等）や燃料・材料の照射、RI製造の他、冷中性子による高分子の構造解析による生命現象の解明等に活用。
- 平成18年の施設供用制度開始やトライアルユース制度の導入により、外部利用者からのニーズが拡大。
- 令和3年の運転再開以降、継続的・安定的な運用を達成しており、大学等のアカデミアのみならず企業による産業利用等も着実に増加。
- 現在、大部分を輸入に頼る医療用RIの原料であるMo-99等の国内製造に関する期待も大きく、JRR-3を用いた研究開発等を推進。
- 今後、「もんじゅ」サイトを活用した新試験研究炉の設置を進めるに当たり、試験研究炉としてのJRR-3の位置づけや今後の利用方策等について再検討が必要。

(2) JRR-3の安定的運用・利活用の促進－2

<当面の課題>

1. JRR-3の安定的な運転、人材育成機能の強化

- 運転に必要な体制（ビーム・照射実験へのサポート体制も含む）を確保するとともに、関連施設を含めた高経年化対策に取り組む。
- 大学等における試験研究炉が減少する中、JRR-3における人材育成機能の充実を図る必要。

2. 医療用RI（Mo-99等）製造に関する研究開発の推進

- 「医療用等ラジオアイソトープ製造・利用推進アクションプラン」（令和4年5月）に掲げられた目標に基づき、JRR-3を用いたRI原料（Mo-99等）の製造に向けた技術開発、出荷先となる製薬メーカーとの協力体制の構築に取り組む。

3. 中性子利用、他施設との連携の促進

- JRR-3での学術・産業利用の成果事例を積極的に発信し、中性子利用の更なるユーザー発掘を進める。
- 利用窓口の一元化等により、大学や産業界にとって利用しやすい体制づくりを検討。
- J-PARCをはじめとする他の加速器や放射光施設との連携を深める。

4. 新試験研究炉への技術的知見の提供等

- KURの運転停止後、新試験研究炉の運転開始に向け、JRR-3等への機能移転等について検討。
- 今後、新試験研究炉への実験装置の導入に向けてはJRR-3の知見提供・利活用が必要不可欠であり、JRR-3を用いたテスト導入などを行うことを検討。

新試験研究炉の概要

1 新試験研究炉の設置の経緯等について

● 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**。

2-1 概念設計活動の成果～どのような原子炉を作るのかの基本案を検討～

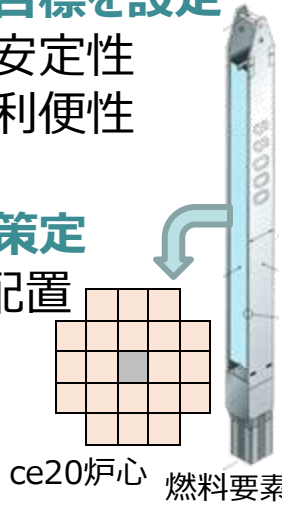
原子炉の出力と利用目的：熱出力10MW級の中性子ビーム炉（R2/9文部科学省が選定）

➤ **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



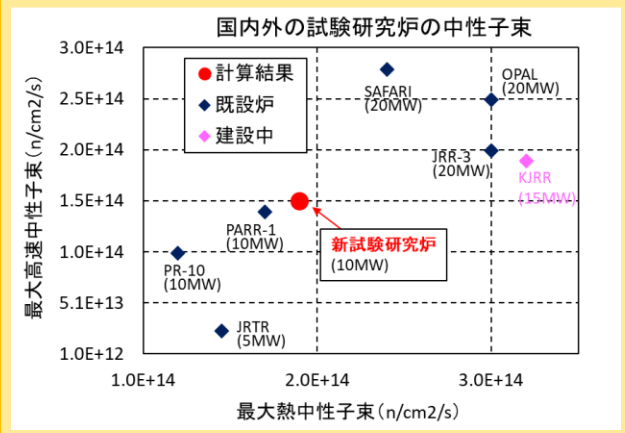
ce20炉心 燃料要素

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

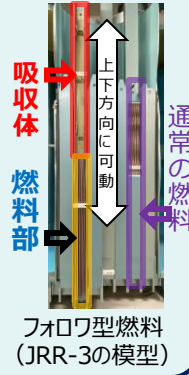


➤ **原子炉の成立性を検討**

- ・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

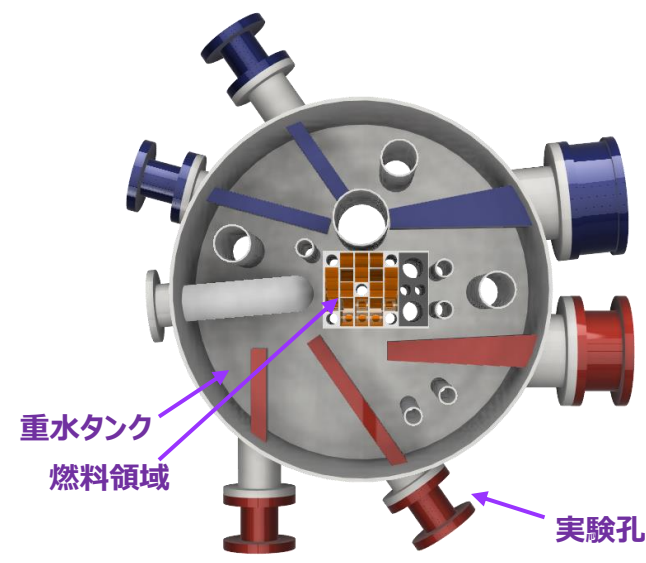
原子炉施設の基本諸元

➤ **地質調査等**

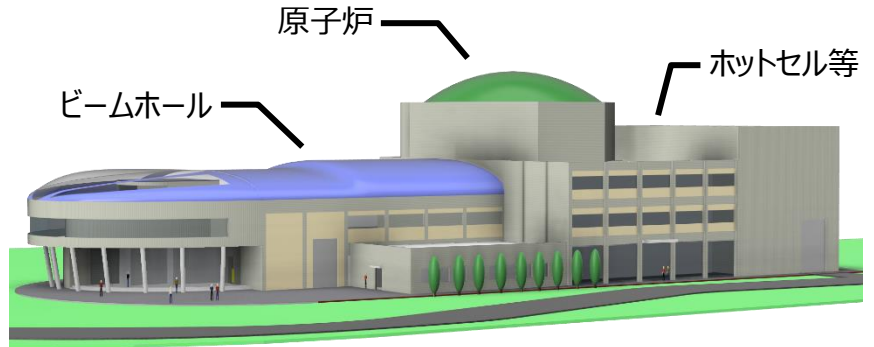
- ・もんじゅサイト内の候補地点の地質調査を行い、原子炉設置の妨げとなる要因の有無や土地の性状等を調査
- ・土石流/地すべりリスク・対策コスト評価

2-2 新試験研究炉の基本仕様等

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)、自然循環 (停止中)
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

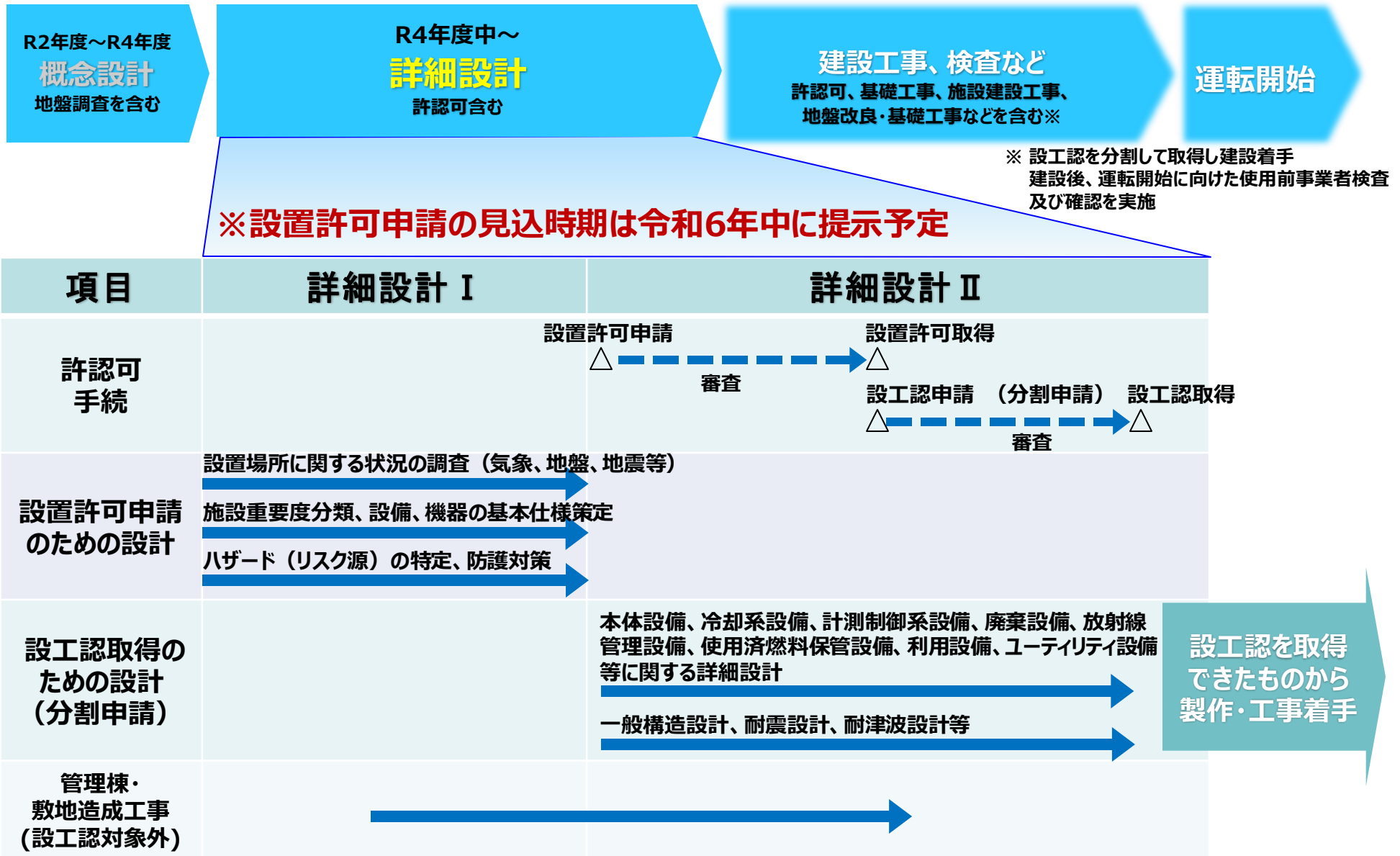


炉心部のイメージ



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

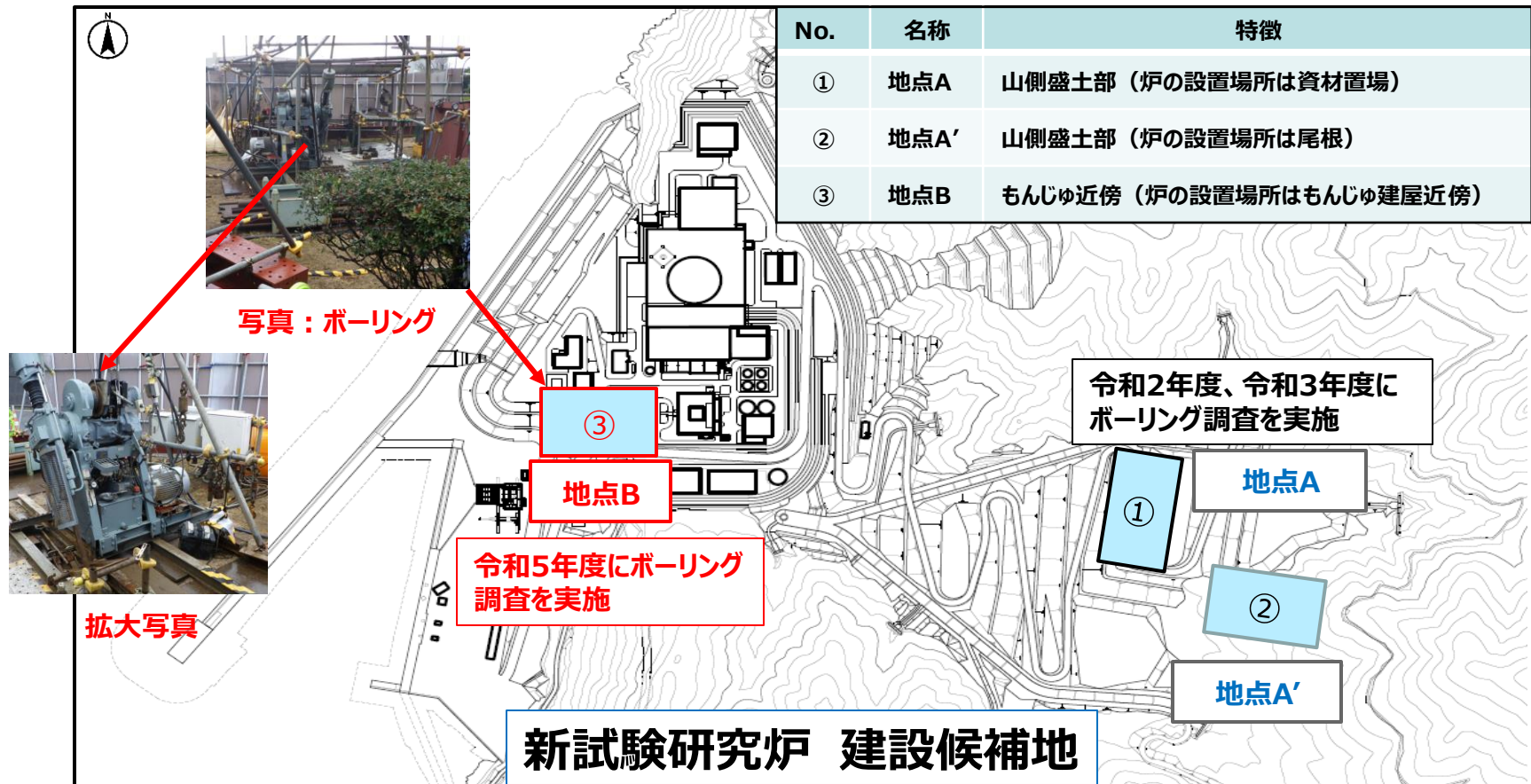


(参考) 旧規制基準下において設置許可申請から建設終了までに、HTTR (高温工学試験研究炉) では約 8 年、STACY (定常臨界実験装置) では約 7 年を要している。

設工認：設計及び工事の計画の認可

3-2 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

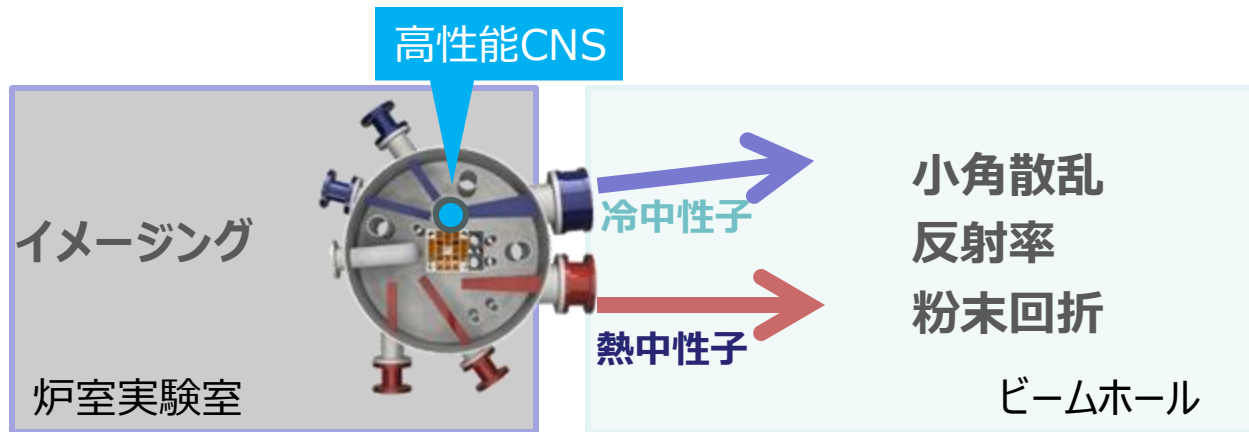


4-1 中性子ビーム実験装置について

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

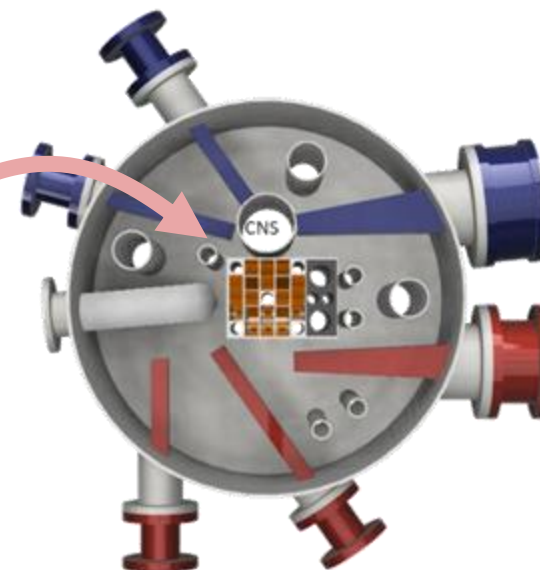
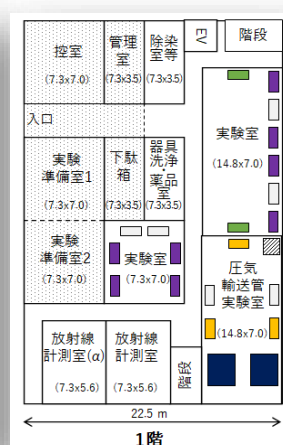
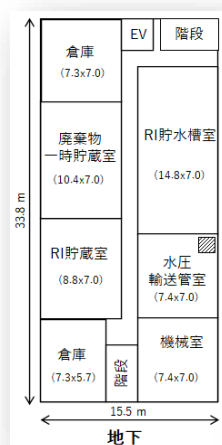
後続整備を検討する実験装置の例

- 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)



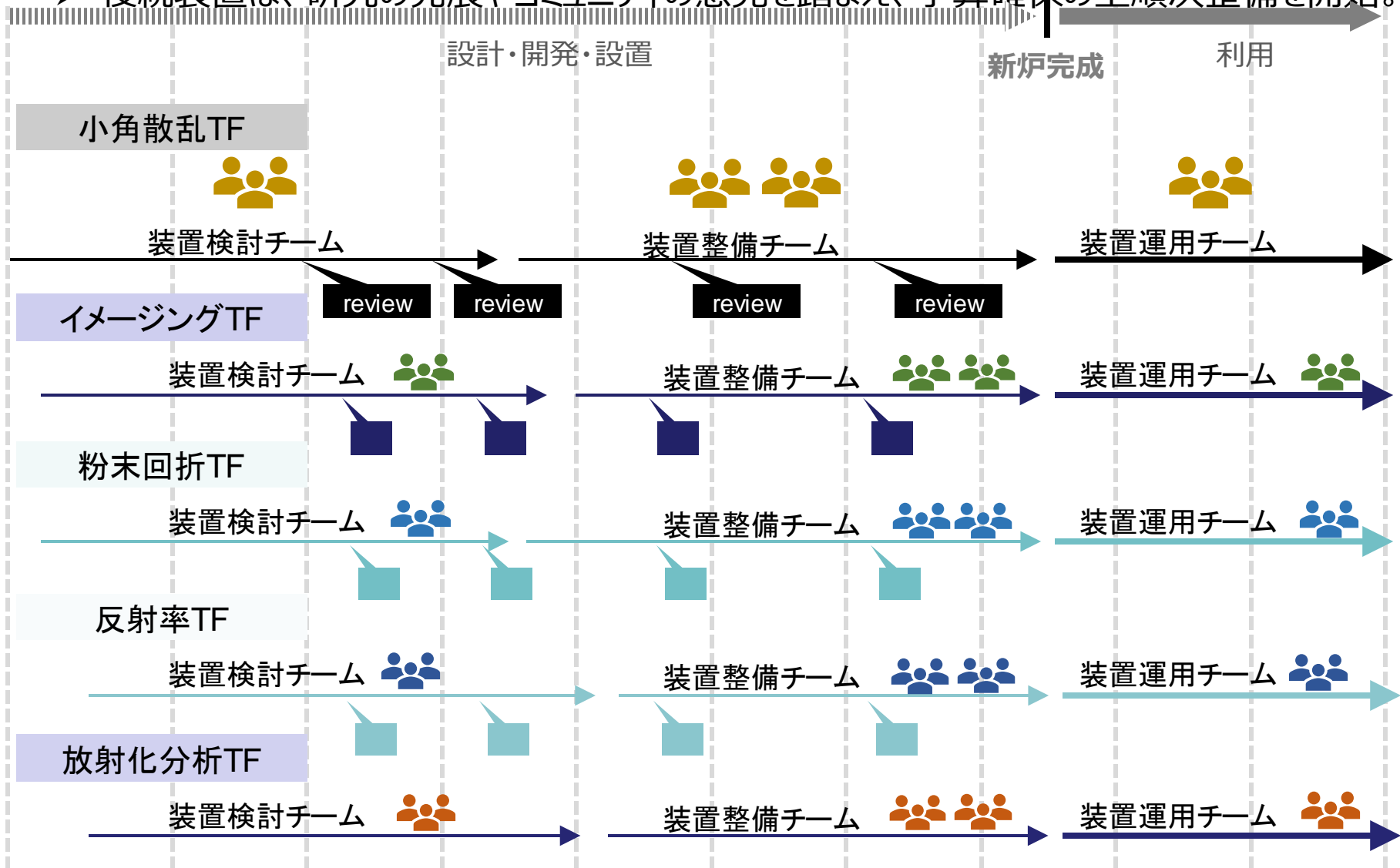
後続整備を検討する装置 — 多様化・高度化

- 研究用RI製造
- 材料照射
- 陽電子ビーム
- 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

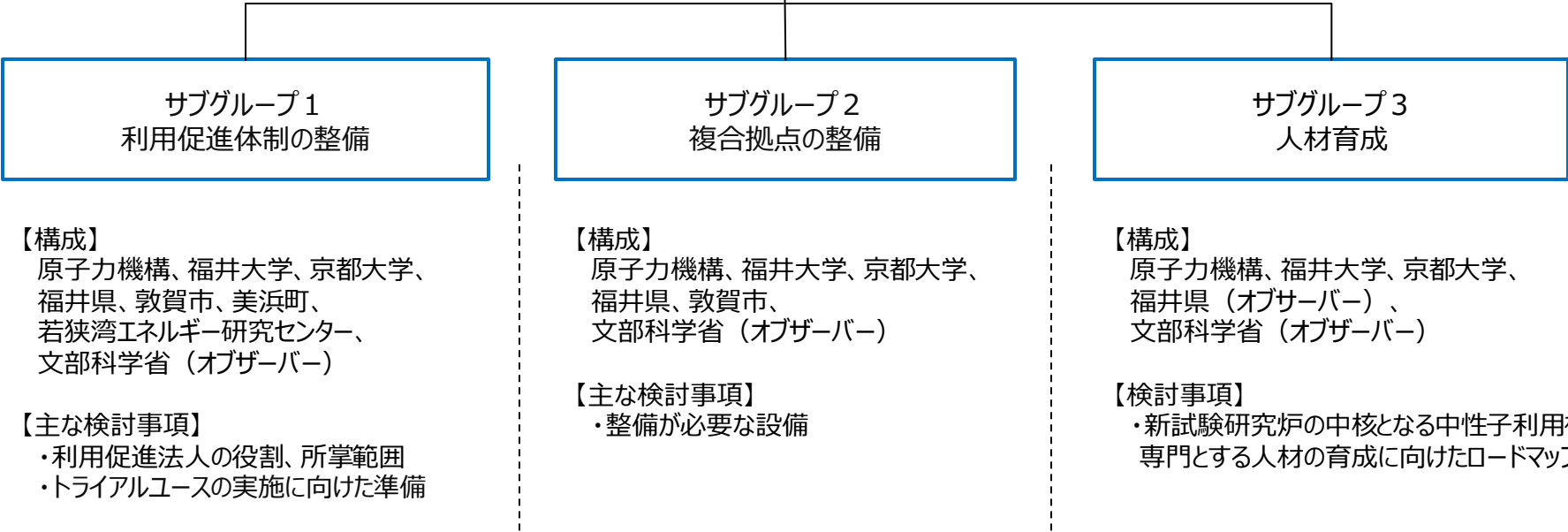
地域関連施策検討ワーキンググループ

○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、京都大学、福井大学）、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

6 原子力研究・人材育成の拠点形成に向けたロードマップ（素案）

新試験研究炉の設置に向けては、同事業の地域関連施策検討WG等の場を通じて**我が国の研究開発・人材育成を支える中核的拠点としての機能の実現**や**地元振興への貢献**の観点から、①**利用促進体制の確立**、②**複合拠点の整備**、③**人材育成機能の強化**に関する検討を行い、事業の段階に応じて計画的に進めていく必要がある。

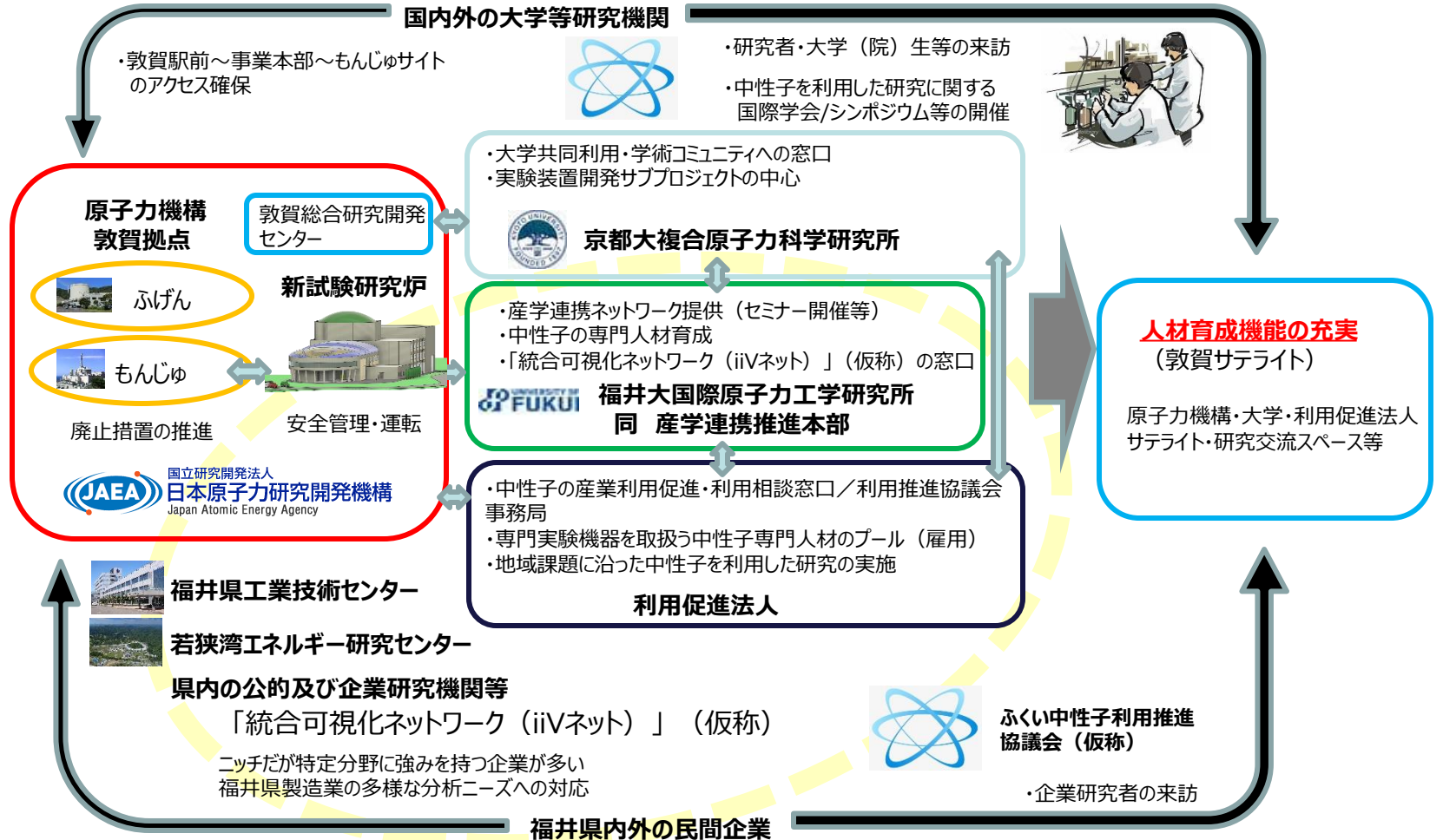
事業の段階	詳細設計 I	詳細設計 II	建設工事等	運転開始～
		☆設置許可申請	☆設工認取得	☆中性子を安定供給
利用促進体制の確立 (学術利用、産業利用、地域活性化の観点から検討)	<ul style="list-style-type: none"> 各段階において必要となる利用促進機能の整理 利用促進法人を設けた場合の原子力機構、大学との役割分担の検討 	<ul style="list-style-type: none"> 利用推進協議会（仮称）の発足 	<ul style="list-style-type: none"> 関係機関との連携ネットワーク構築 利用促進組織の立上げ 	<ul style="list-style-type: none"> 実験装置の運転・保守 利用課題の審査 トライアルユースの継続実施 優先5装置の他、革新的装置整備 等
		<ul style="list-style-type: none"> ・ 実験装置のプロトタイプ設計/製作 既存施設での実証 ・ 先行する実験装置の設計/製作 ・ 医療用RI製造等の産業利用検討 		
<p>トライアルユースの提供、利用相談、地元企業や全国への中性子利用の呼びかけ等</p>				
複合拠点の整備 (JAEA、大学、利用促進法人の利用も含めて検討)	<ul style="list-style-type: none"> 各段階において複合拠点に必要な機能、規模等の整理 複合拠点の用地検討 	<ul style="list-style-type: none"> 福井大敦賀キャンパスやKUR運転停止後の京大の拠点との関係について引き続き検討 		<ul style="list-style-type: none"> 新試験研究炉や国内外の研究拠点とのネットワーク接続 新試験研究炉と連携した実験、試料分析 遠隔利用の開始 大学サテライト設置 等
		<ul style="list-style-type: none"> ・ 複合拠点設計・整備 ・ 利用支援・相談を行う研究者/技術者の確保・育成 <p>(拠点の整備後) 利用相談、講演会場として利用開始</p>		
人材育成機能の強化 (新試験研究炉の中核となる中性子利用の専門人材を育成)	<ul style="list-style-type: none"> 福井大を中心とした教員の中核となる中性子利用研究の促進 	<ul style="list-style-type: none"> 学生、研究者、産業界への展開 		<ul style="list-style-type: none"> 新試験研究炉における中性子利用の専門人材の供給
		<ul style="list-style-type: none"> ・ カリキュラム構築、セミナー開催 		
<p>福井大のみならず、他大学・研究機関との連携等により、拠点全体の人材育成機能を構築</p>				

研究開発・人材育成拠点機能の実現

(参考) 新試験研究炉を核とした敦賀エリアでの原子力研究・人材育成拠点形成 (構想イメージ)

- 試験研究炉の価値を最大化するためには、周辺研究基盤整備と官民関係者のネットワークが重要
- 官（国、自治体）民の幅広いリソースの組み合わせを検討

医療用RI製造機能



※素案であり、名称が記載されている各機関・組織との調整や了解が済んだものではなく、責任・費用負担主体を確定したものではない



文部科学省