

# 新試験研究炉の検討状況

日本原子力研究開発機構

令和5年 6月 2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活動
3. 建設候補地に係る検討
4. 新試験研究炉に求められる利用設備
5. 今後の詳細設計に向けて
6. まとめ

# 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**実施主体に日本原子力研究開発機構を選定し、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（文部科学省提案）

✓ **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 の5点  
を高い次元で満足すること  
を目標として設定

✓ **基本仕様を策定**  
 ・燃料要素と配置  
 ・冷却材、減速材等の仕様を決定し、  
原子炉の基本的な構成を決定

ce20炉心  
燃料要素

性能目標を設定  
基本仕様を策定

✓ **敷地内地質調査**  
 ・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

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  
 ・JRR-3の半分の出力で同等の性能が得られる見通しを得た

| 項目       | 現状の見通し   |
|----------|----------|
| 炉内熱中性子分布 | JRR-3と同等 |
| 運転持続日数   | JRR-3と同等 |

✓ **原子炉の成立性を検討**  
 ・原子炉を発熱の除去の視点から解析し、成立性を確認  
 ・今後、原子炉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種類の方法を検討  
 (フォロー型燃料／平板型)  
 ・今後、工学的に成立するかを踏まえて選定

通常の燃料  
上下方向に可動  
吸収体  
燃料部  
フォロー型燃料 (JRR-3の模型)

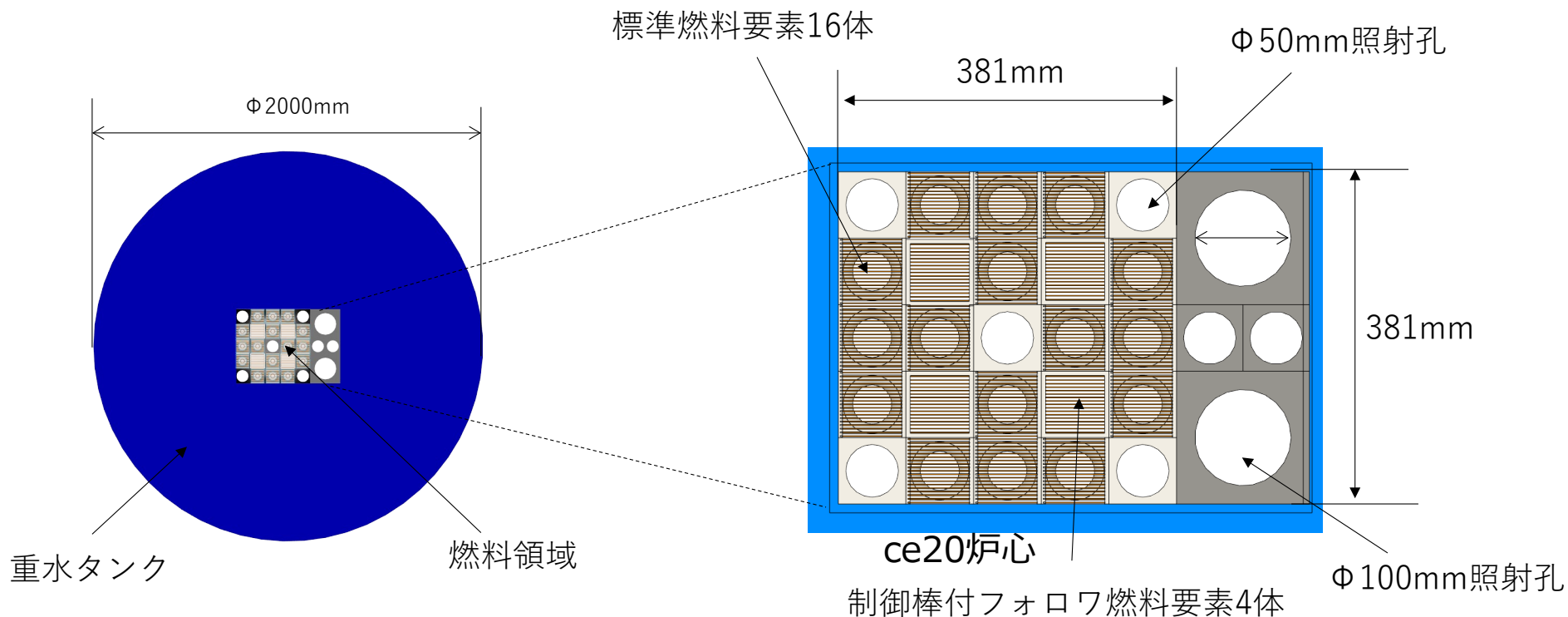
原子炉の成立性を検討  
制御手法を検討



原子炉設置許可申請に向け、  
 専門企業の協力を得て、今後より詳細な設計活動へ

## 2-2 概念設計活動の成果【核的評価】

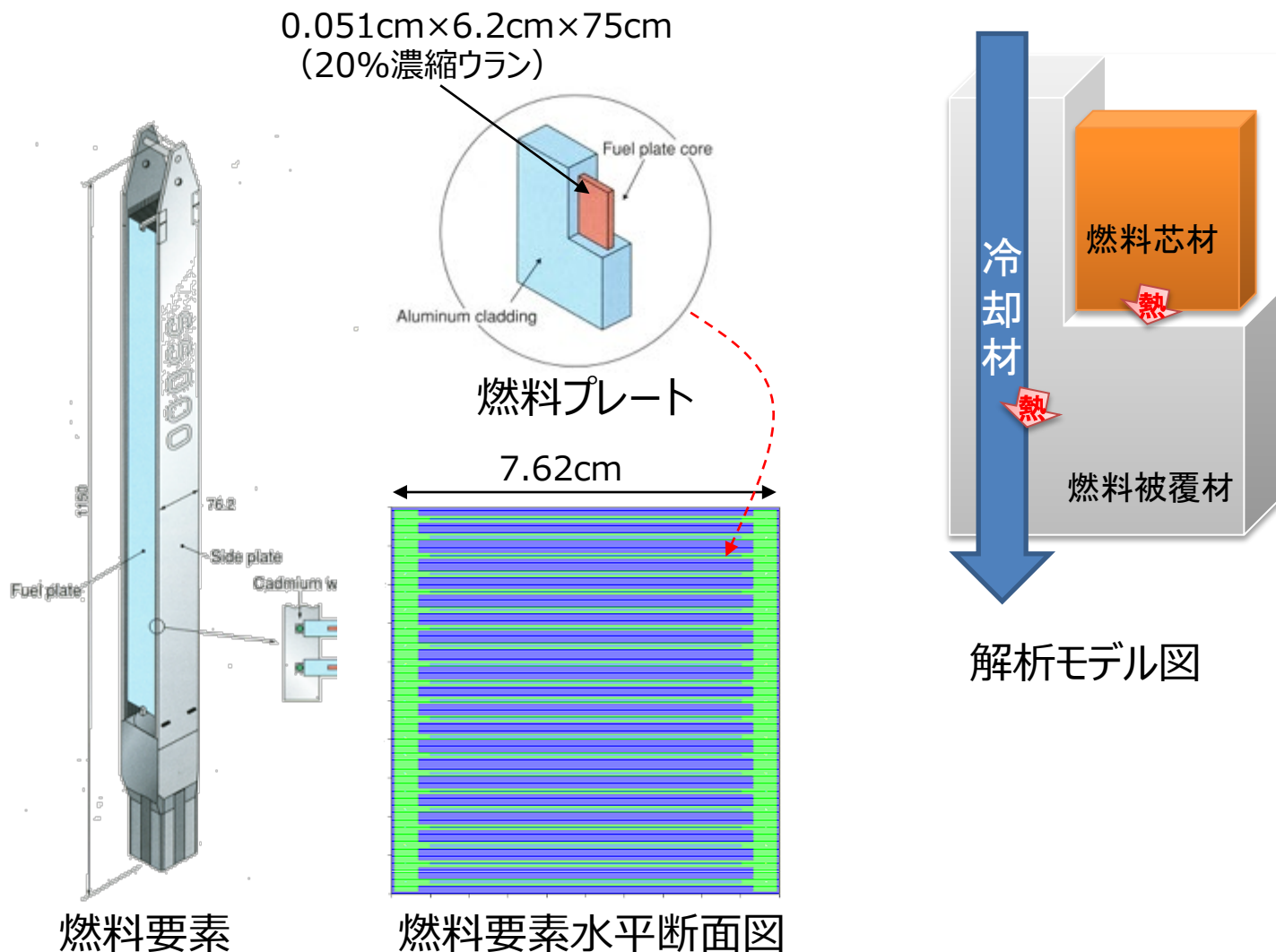
燃料要素、制御棒、照射孔等の炉心構成について、中性子束分布や燃焼特性等の解析を行い、核的評価（臨界性、出力ピーキング係数等）の成立性を検証。



- ✓ 燃料領域の周囲には重水タンクを配置。
- ✓ 燃料領域は5×5格子に標準燃料16体、フォロー燃料4体、照射孔5体を配置。
- ✓ 燃料領域の脇に大口径(φ100mm)の照射孔を設ける。

## 2-3 概念設計活動の成果【熱的評価】

燃料要素について、温度分布の解析などを行い、熱的評価（限界流速、燃料芯材温度等）の成立性を検証。



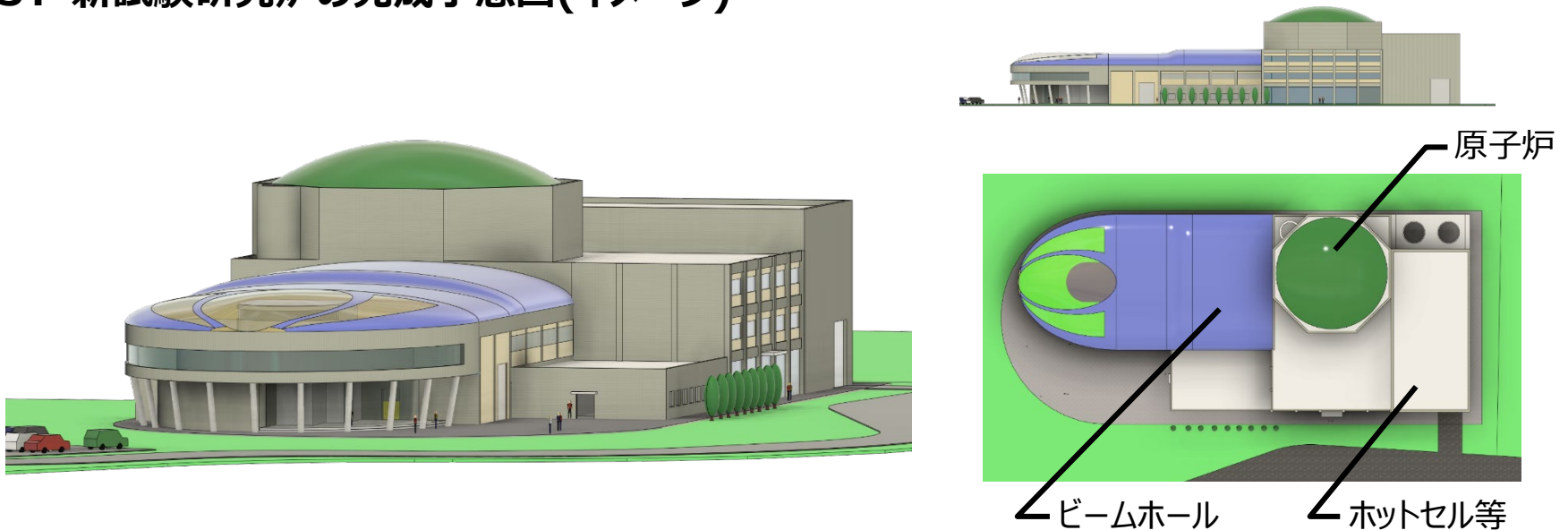
## 1. 炉心概念検討

- ✓ 核的評価（臨界性、出力ピーキング係数等）、熱的評価（限界流速、燃料心材温度等）の成立性の検証を行い、制限値を満足する設計であることを確認した。
- ✓ 制御手法においては、フォロー型と平板型をそれぞれ使用した場合の配置等を構築した。
- ✓ 原子炉の安全解析に向けて、反応度係数の解析を実施した結果、冷却材温度係数、冷却材ボイド係数、ドップラ係数は、全て負の値であり、全ての反応度効果が負の反応度フィードバック特性を持つという設計条件を満たしていることを確認した。

## 2. 運転計画検討に向けた予備検討

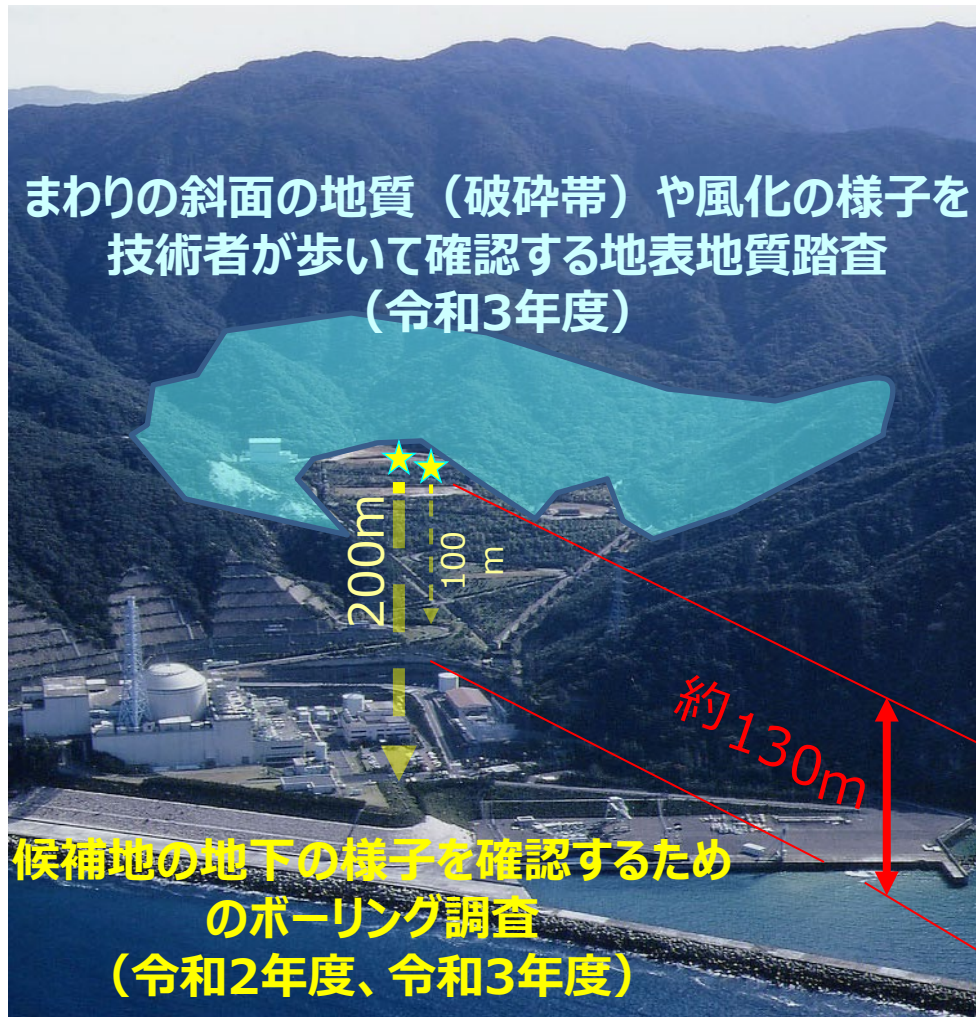
- ✓ 燃料シャッフリングによる炉心寿命の延長効果を検討した結果、炉心寿命の延長と燃料の効率的な使用が可能な結果を得た。
- ✓ 運転計画立案のために、JRR-3を参考にメンテナンスに必要な期間等を整理した。

## 3. 新試験研究炉の完成予想図(イメージ)





# 3-1 もんじゅ敷地内地質調査



調査位置

実施内容

- ・地表地質踏査
- ・ボーリング調査（深度100m、深度200m）を実施
- ・ボーリングコアの分析を実施



## 3-2 もんじゅ敷地内地質調査等

### 令和2年度及び令和3年度を通じた現候補地（資材置場）地質調査結果

- ✓ コア観察、BTV（ボーリング孔の内壁のカメラ観察）の結果から、深度200mの範囲には小規模な破碎帯が分布するものの、大規模な破碎帯やすべり面となるような脆弱部は確認されていない
- ✓ コア観察の結果から、花崗岩風化部の厚さは数m程度の可能性
- ✓ サンプルングによる岩級区分やP S 検層の結果から、候補地の岩盤は、構造物の支持地盤となり得る性能（硬さ）を有している可能性が高い



専門的知見による妥当性確認

- ✓ もんじゅサイトに設置される新たな試験研究炉の建設候補地における地質調査等に関する技術検討会（R4/1/17設置）

【目的】：原子力機構が文科省から受託する事業の一環で実施している、もんじゅサイトに設置される新たな試験研究炉の建設候補地において実施した地質調査データの分析及び今後の地質調査計画に関して、学識経験を有する者による評価を行うことにより、その科学的妥当性を確認するとともに、事業の適切な実施に資する助言を得る

【専門分野】：地盤工学、地質学、変動地形学、地震工学



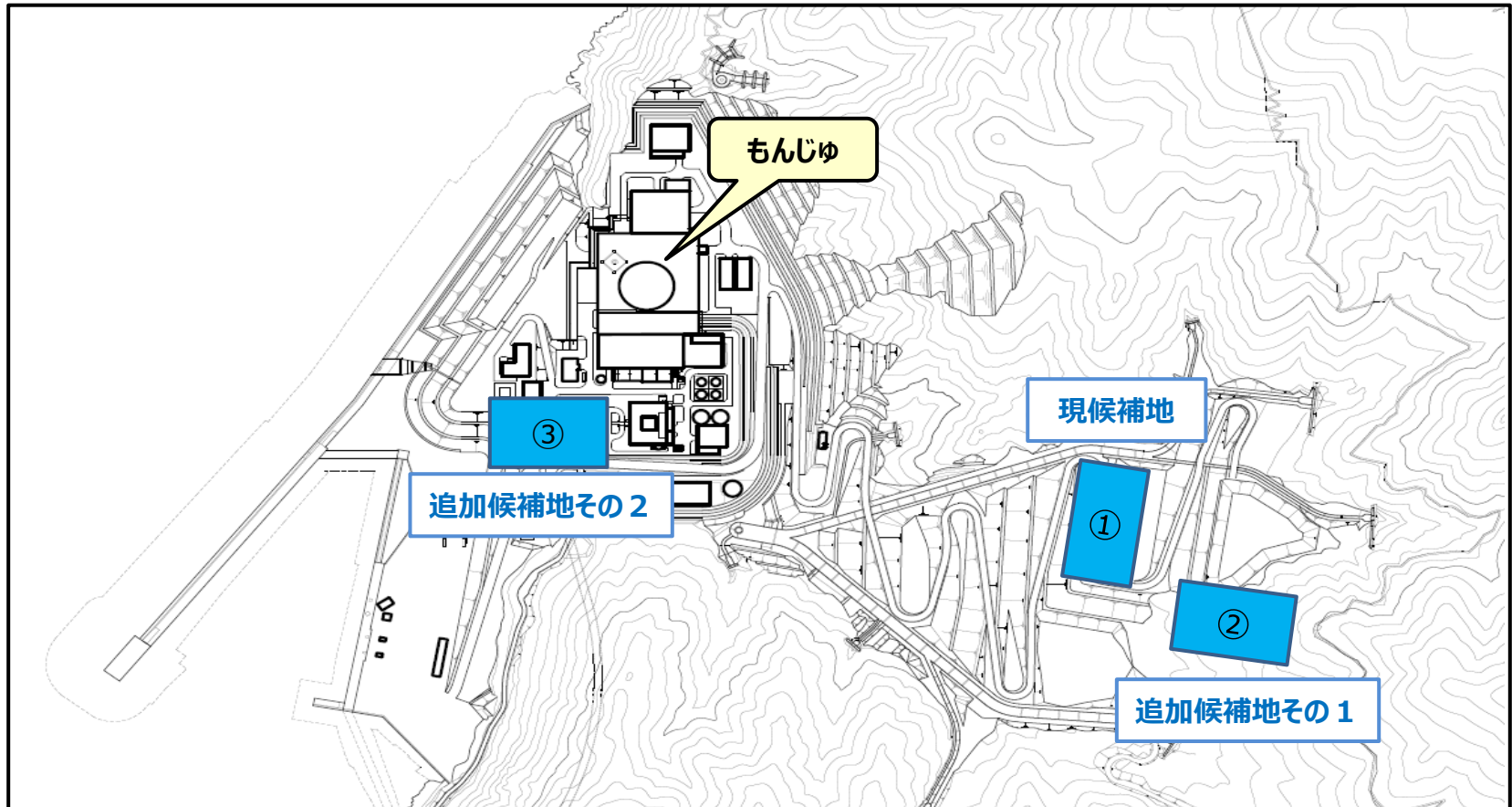
技術検討会の結果を受けた対応

- 追加的なボーリング調査等に先立ち、地すべりや土石流についての調査や工学的対策、その技術的成立性や所要コスト等を検討
- 万一、建設候補地が適当ではないとの判断に至る場合に備え、もんじゅサイト内で追加的な土地造成工事を行うこと等により用地が確保できるかの予備的検討も並行して行う

# 3-3 建設候補地の位置

| No. | 位置       | 名称   | 特徴                      | 必要な対策                             |
|-----|----------|------|-------------------------|-----------------------------------|
| ①   | 現候補地     | 地点A  | 山側盛土部（炉の設置場所は資材置場）      | 盛土斜面の安定性対策、液状化対策、土石流対策、建屋背後斜面補強対策 |
| ②   | 追加候補地その1 | 地点A' | 山側盛土部（炉の設置場所は尾根）        |                                   |
| ③   | 追加候補地その2 | 地点B  | もんじゅ近傍（炉の設置場所はもんじゅ建屋近傍） | 土石流対策、地下埋設物対策、敷地拡幅                |

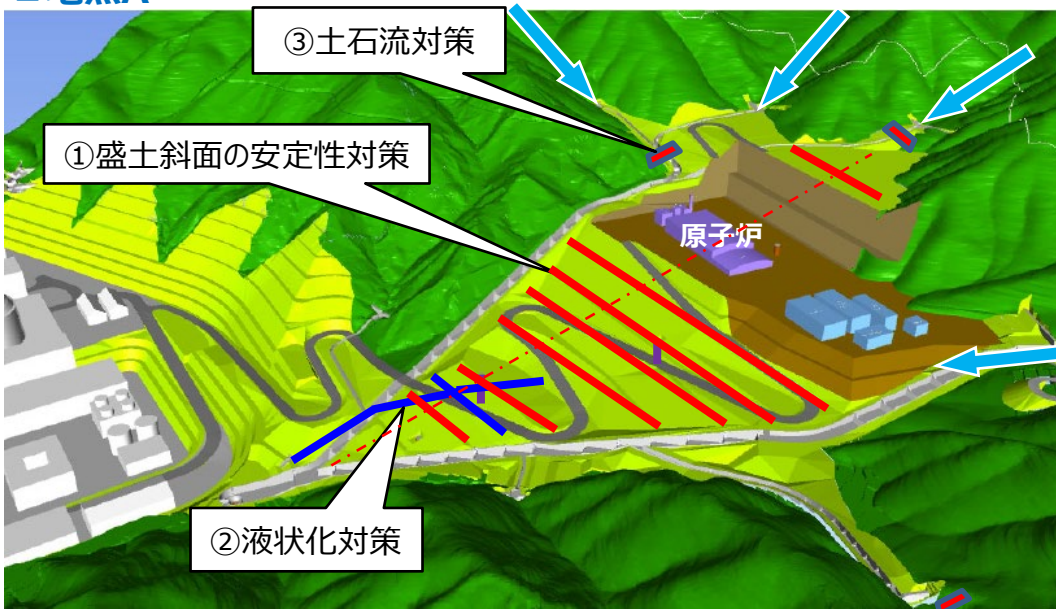
## 新試験研究炉 建設候補地案



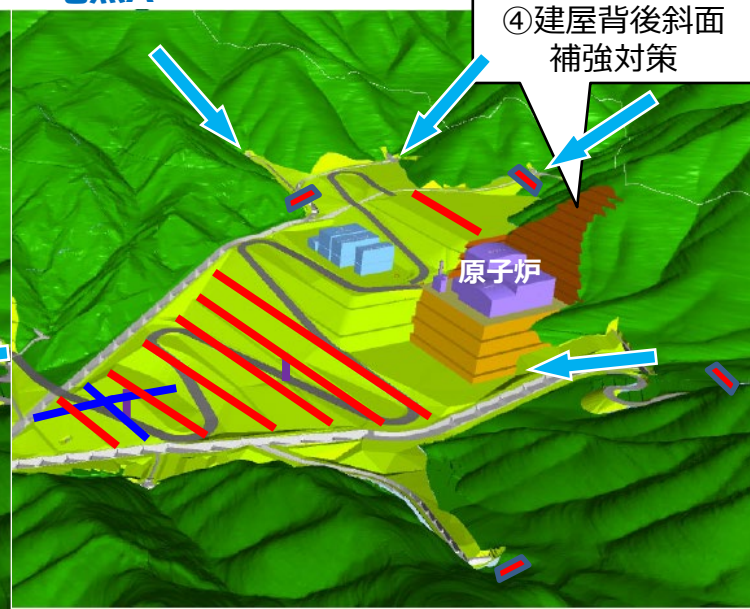
### 3-4 敷地造営及び建屋基礎掘削工事に係る工法とコスト（地点A及びA'）

下図に示す通り、地点A、地点A'に対して①盛土斜面の安定性対策、②液状化対策、③土石流対策、④建屋背後斜面補強対策を行う。

#### ■ 地点A



#### ■ 地点A'



| 地点A（資材置場案）       |               |        | 地点A'（尾根案）        |          |        |
|------------------|---------------|--------|------------------|----------|--------|
| 項目               | 工法等           | 総額     | 項目               | 工法等      | 総額     |
| ① 盛土斜面の安定性対策     | コンクリート置換      | 約180億円 | 盛土斜面の安定性対策       | コンクリート置換 | 約200億円 |
| ② 液状化対策          | 地下排水補強        |        | 液状化対策            | 地下排水補強   |        |
| ③ 土石流対策          | 砂防ダム4基        |        | 土石流対策            | 砂防ダム4基   |        |
| ④ 建屋背後斜面補強       | 盛土斜面の安定性対策に含む |        | 建屋背後斜面補強         | ロックアンカー等 |        |
| 敷地造営 + 道路 + 基礎工事 |               |        | 敷地造営 + 道路 + 基礎工事 |          |        |

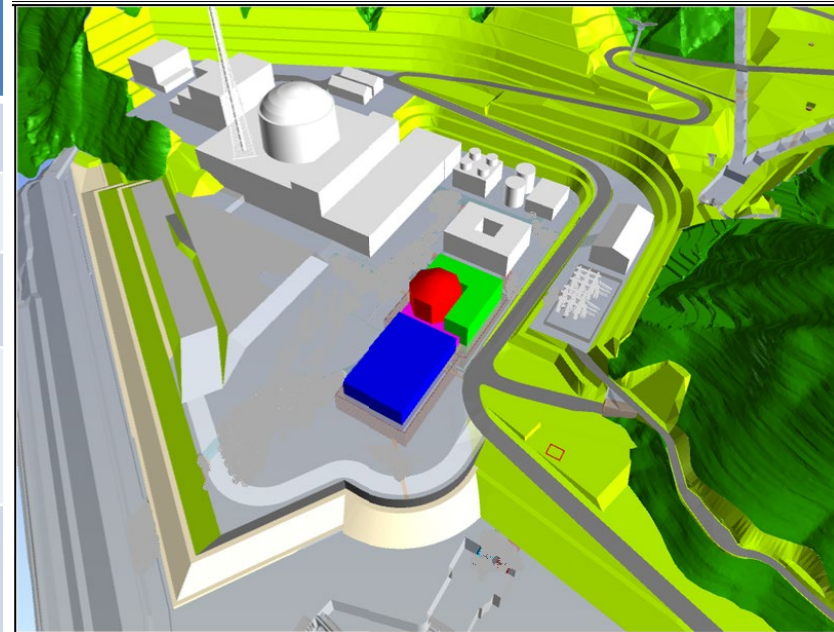
#### <補足>

- ・盛土斜面の安定性対策は、基準地震動を1,000Galと想定した場合の盛土斜面安定性評価を反映したものの
- ・コンクリート置換では、斜面に沿って掘削し、コンクリートを流しこみ、残土を処分する
- ・土石流対策は、今後行う土石流シミュレーションの結果を受けて費用の増減あり
- ・地点Aについては、背後斜面補強ないと想定。補強が必要な場合は更に費用が増加



地点B：約130億円（※土木工事（砂防ダム4基含む）のみ。）

| 項目             | 地点B案   |
|----------------|--|
| 原子炉・ホットラボ・付属建屋 | 既設駐車場の位置   |
| ビームホール（BH）     | 既設道路～海側拡張盛土付近  |
| 主要な地下埋設物への影響   | 主要な地下埋設物への影響なし   |
| 考慮を要する事項       | <ul style="list-style-type: none"> <li>・海側への拡張工事が必要</li> <li>・BHは、ナトリウム搬出路と干渉する可能性があるが、工程の調整等によって回避することは可能</li> <li>・現候補地と同規模の敷地を確保できる見通し</li> </ul> |
| 評価／課題          | <ul style="list-style-type: none"> <li>・原子炉、BHともに重要な埋設物を避けることが可能と見込まれる</li> <li>・ナトリウム搬出路の調整が必要</li> <li>・詳細な地質、基礎地盤安定性は今後要調査</li> </ul>             |





## 3-6 もんじゅ敷地内における建設候補地の検討結果まとめ

- 「もんじゅ」サイト内の想定される設置場所については、令和元年度までに実施した文科省調査を踏まえ、文科省の委託事業において、山側資材置場等として使用されている高台の土地を候補地として、令和2年度からの概念設計段階において地質調査を進め、詳細な情報を収集してきたところ。
- 原子力機構では、有識者による技術検討会での検討を踏まえ、盛土斜面の安定性や土石流についての調査や工学的対策、その技術的成立性や所要コスト等の評価に関する検討をサイト内の複数地点について実施するとともに、もんじゅサイト内で追加的な土地造成工事を行うこと等により同規模の用地が確保できるかの検討を並行して進めてきた。
- その結果、地点Bを建設候補地として追加し、これを含め検討を進めることが妥当と判断した。当該地点は当初の建設候補地である盛土斜面上の地点Aよりも、敷地造営及び建屋基礎掘削工事における盛土斜面の安定性対策のコストや技術的成立性等の観点から有利である。また、当初建設地と同規模の敷地を確保できる見通し。なお、この場合も、より詳細な地質調査、追加的な土石流対策の必要性の検討及びもんじゅの廃止措置に干渉しない工程策定が必須である。
- 令和5年度以降は、追加候補地を含めた地点を中心に、より詳細な地質調査等を実施する。

# 4-1 ビーム実験装置の検討結果

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し、新試験研究炉の存在意義のアピールが重要

## ①中性子小角散乱装置 (Small Angle Neutron Scattering)

試料に入射した中性子ビームが散乱する角度と強度の関係から、**原子や分子の集合構造のサイズ・形状を解析**する実験装置

高分子・ゲル、**新素材、電池、エネルギー材料**  
タンパク質・核酸、**薬剤開発**  
金属、**鉄鋼、金属工業**



JRR-3 SANS-U

SANS: <https://kmayumi.issp.u-tokyo.ac.jp/equipment/tokai/>

## ③中性子反射率計 (Neutron Reflectivity)

斜めに入射した中性子ビームが反射したときの角度と強度の関係から、**試料表面や界面の密度や粗さを解析**するための実験装置

接着・界面活性、**素材産業、化学産業**  
摺動・潤滑、**機械工業、自動車産業**  
多層膜、**磁性材料、センサー**



JRR-3 MINE

## ②中性子イメージング装置 (Neutron Imaging)

入射した中性子ビームの透過率の違いにより、**機械や配管、植物などの内部の構造や現象を可視化**するための実験装置

**機械、自動車産業、宇宙航空産業**  
**熱流動、原子力産業**  
素子・合金、**電池、エネルギー材料**  
植物、**農業**



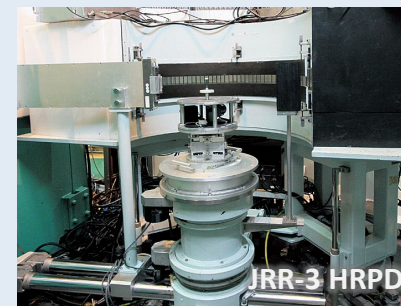
JRR-3 TNRF

NI&ND: <https://jrr3uo.jaea.go.jp/about/>

## ④中性子回折装置 (Neutron Diffraction)

試料によって散乱された中性子ビームの回折パターンから**結晶構造等を解析**するための実験装置

金属・セラミックス・ガラス  
**金属工業、素材産業**  
構造材料・部材  
**プラント、自動車産業**  
電極材・素子  
**電池、エネルギー材料、磁性材料**



JRR-3 HRPD

【注】CNS(Cold Neutron Source) : 冷中性子源装置

# 4-2 照射利用の検討結果

- ①放射化分析設備を最優先で設置
- 10MWの新試験研究炉の性能を最大限活かすため、②～⑤の設備も重要

- ①放射化分析: 非破壊で(貴重な試料の高確度な)微量元素分析
- ②RI製造: 特に<sup>99</sup>Mo製造や<sup>177</sup>Lu等の医学利用RI製造(開発含む)
- ③材料照射: 精密温度制御等自由度の高い高速中性子照射場
- ④陽電子ビーム: 原子空孔(欠陥)探索等(ビーム利用との相乗効果)
- ⑤生物照射: BNCT基礎研究を中心に生物的照射効果基礎研究

## ①中性子放射化分析

環境試料、宇宙・地球化学的試料、生体試料等进行分析のために広く利用されている。非破壊的方法で多元素分析が可能である。

重金属・不純物  
 化学・繊維産業、資源、環境  
 コンクリート  
 土木、建設  
 半導体  
 電子産業



KUR 圧気輸送管・Ge検出器

## ②RI製造

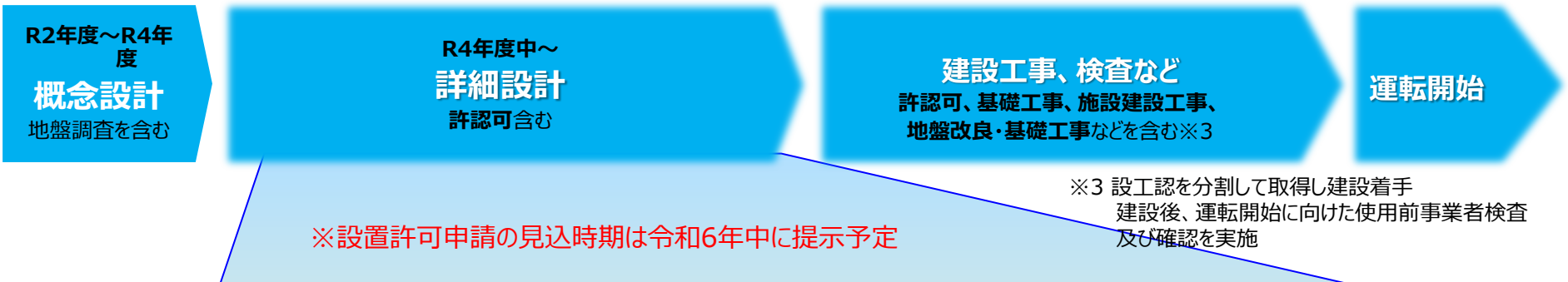
医薬利用RI製造は強いニーズがあり、研究炉の特長も活かす。どのレベルまで実現できるのか、今後の詳細な検討が必要。

医療用RI  
 核医学診断、核医学治療  
 工業用RI  
 非破壊検査、滅菌  
 農業用RI  
 食品照射、害虫駆除



照射場だけではなく、ホットラボラトリ(ホットラボ)や分析装置等の付帯設備が必須。今後ビーム利用、照射利用間で建設を念頭に優先順位をつける必要がある。

# 5-1 原子炉施設の詳細設計のスケジュール



| 項目                         | 詳細設計 I   | 詳細設計 II   |
|----------------------------|--|---|
| 許認可<br>手続                  |  | 設置許可申請<br>規制当局による審査<br>設置許可取得<br>設工認申請 (分割申請)<br>規制当局による審査<br>設工認取得                             |
| 設置許可申請の<br>ための設計           | 炉心構成、利用施設、全体配置等の基本設計<br>成立性評価、施設重要度分類、安全設計方針策定等<br>自然事象評価 (基準地震動策定等)、事故時評価、対応方針策定等 |   |
| 設工認取得の<br>ための設計<br>(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<br>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<br>詳細設計<br>一般構造設計、耐震設計、耐津波設計等 |
| 管理棟・<br>敷地造成工事<br>(設工認対象外) |  |   |

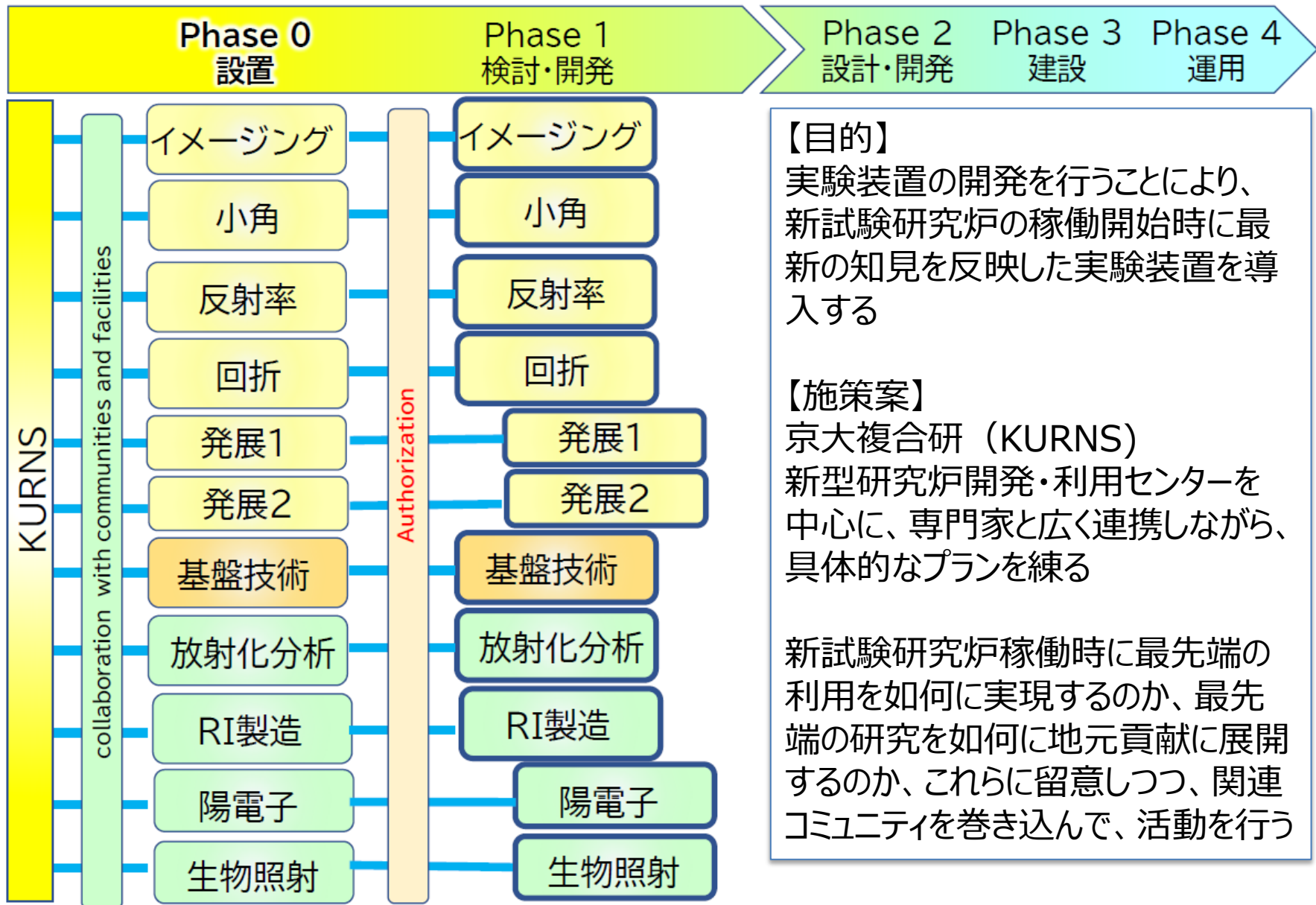
設工認取得できたものから  
製作・工事着手

(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**

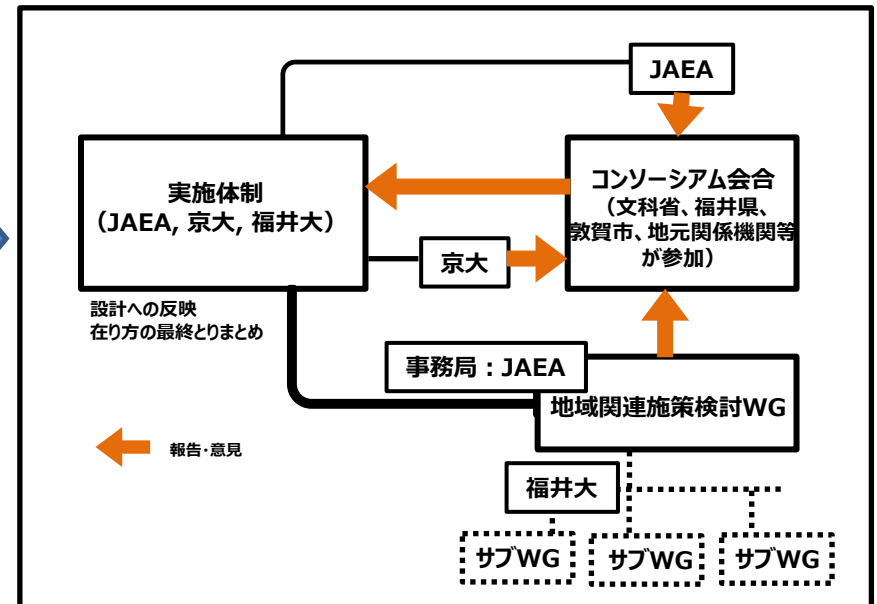
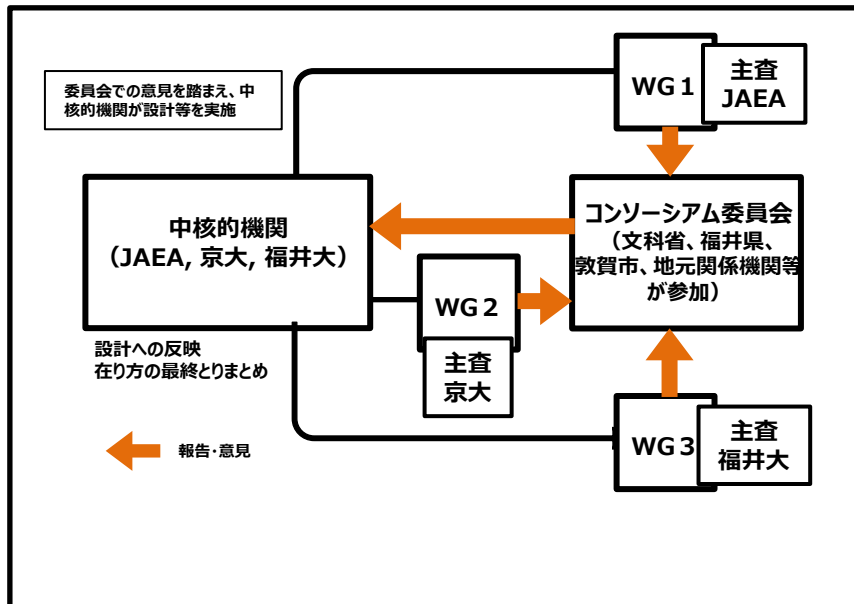


# 5-2 利用装置の詳細設計に向けて



## 5-3 令和5年度以降のステークホルダーを交えた検討の在り方

- 文部科学省の委託事業において、ステークホルダーに検討の進捗状況を報告し、事業の進め方の意見を伺う場としてきたコンソーシアム委員会については、令和5年度以降、原子力機構への補助事業とされた後も、「**コンソーシアム会合**」として引き続き開催する。
- これまでのワーキンググループ（WG）は事業の進捗に伴って改組し、「伴走型連携」や人材育成のあり方の検討のみならず、新試験研究炉の利用に向けた複合的な研究拠点整備、利用促進体制の検討などをより具体的に検討するため「**地域関連施策検討WG**」を新たに設ける。
- 原子力機構、京都大学、福井大学に加え、地元自治体からの参画を要請し、また、県内の教育・研究機関や企業等にも必要に応じ参加を要請し、利用促進法人の決定後には当該法人も加える形としたい。
- 地域関連の施策については、本WGからコンソーシアム会合に検討状況の報告を行う。WGの下には、論点に対応して、関係機関の担当者によるサブグループを適宜設けて議論を積極的に進める。



【令和5年5月8日(月)】

新試験研究炉の計画を着実に進め、我が国の今後の原子力研究や人材育成を支える基盤となる中核的拠点として整備していくため、国立大学法人京都大学及び国立大学法人福井大学との連携を目的とした協力協定を、三法人の長の立ち会いの下、締結

【代表的な協力分野】

○京都大学－原子力機構

新試験研究炉に係る計画・設計・建設

○福井大学－原子力機構

新試験研究炉の利用(特に中性子ビーム及び照射)に係る人材確保と育成

○京都大学－福井大学

原子力研究や中性子利用に係る学部・大学院学生の教育



福井大学 京都大学 原子力機構  
上田 学長 湊 総長 小口 理事長



三機関 署名者含む

- 炉心設計の概念設計が終了し、詳細設計 I に移行した。
- 汎用性や利用頻度、社会的ニーズを踏まえ、新試験研究炉に最優先として設置すべき利用装置を検討した。
- 今後は機構とともに詳細設計を進める企業を選定して、設計活動を進めるとともに、必要な地質調査等を進めていく。
- 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4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、関連コミュニティを巻き込んで、実施主体として活動を行っていく。
- また、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、学术界、産業界、地元関係機関等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ていく。