

新試験研究炉の建設に向けた 取組み状況

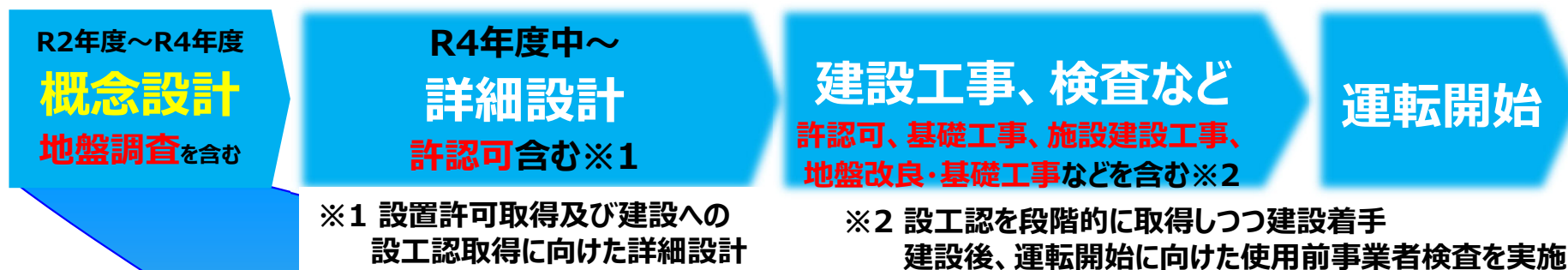
日本原子力研究開発機構
敦賀事業本部
新試験研究炉推進室

令和7年 11月19日

- 1.概念設計について
- 2.詳細設計 I の検討状況
- 3.建設候補地の検討状況
- 4.利用設備の検討状況
- 5.利用促進に係る検討について
- 6.PRO-Xについて
- 7.まとめ

1. 概念設計について

平成2年度～令和4年度：文部科学省公募事業「もんじゅサイトに設置する新たな試験研究炉の概念設計及び運営の在り方検討」



委託事業の期間

項目	R2年度	R3年度	R4年度	R5年度～
概念設計		炉心の検討 設備・施設レイアウトの検討		
地質調査	予備的調査	本格調査		詳細設計
運営の在り方検討		利用ニーズ整理、人材育成・利用運営・地元との連携構築のための仕組みの検討		

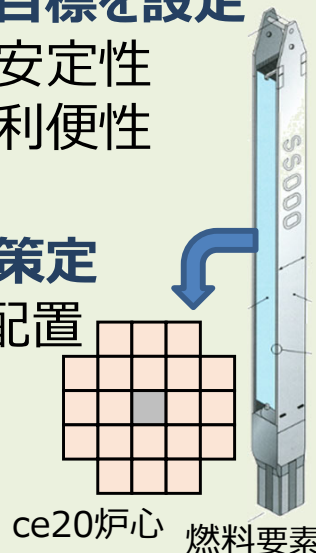
原子炉の出力と利用目的：熱出力10MW級の中性子ビーム炉（R2/9文部科学省が選定）

➤ 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



性能目標を設定
基本仕様を策定

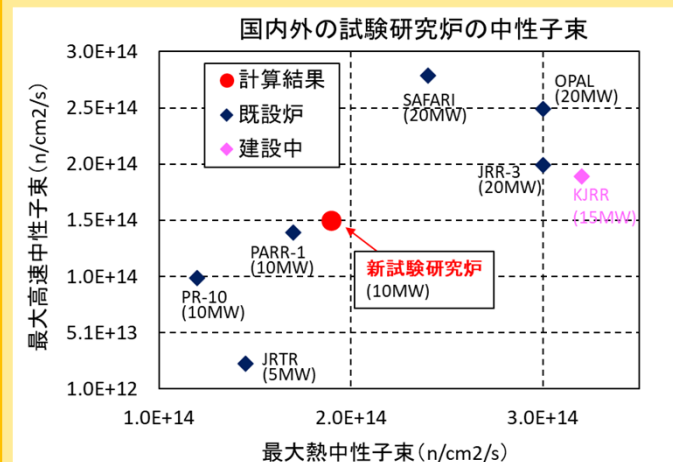
原子炉の性能を検討

原子炉の成立性を検討
制御手法を検討

原子炉施設の基本諸元

➤ 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

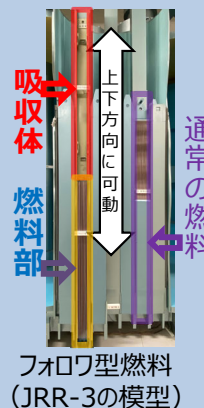


➤ 原子炉の成立性を検討

- ・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

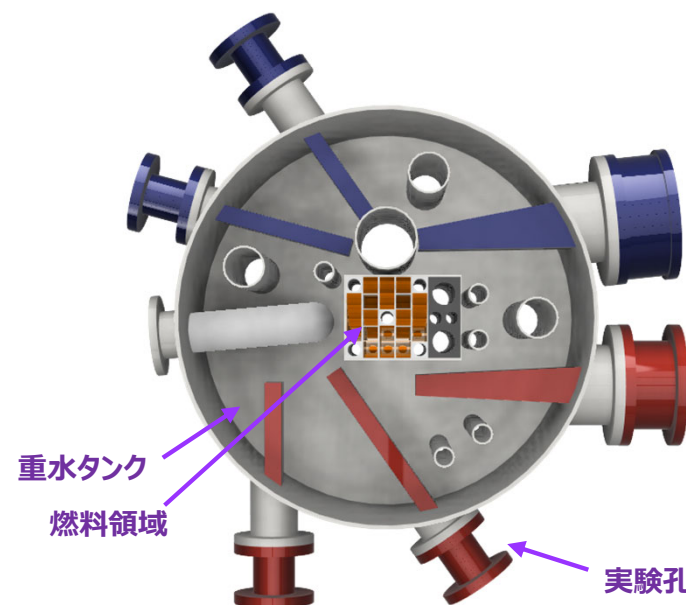
- ・炉の制御手法として、**2種類検討**
(フォロー型燃料／平板型)
- ・今後、**工学的成立性踏まえ選定**



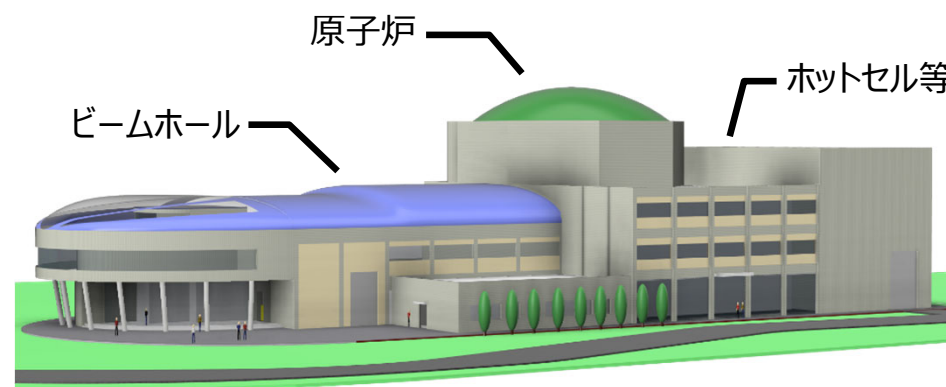
➤ 地質調査等

- ・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

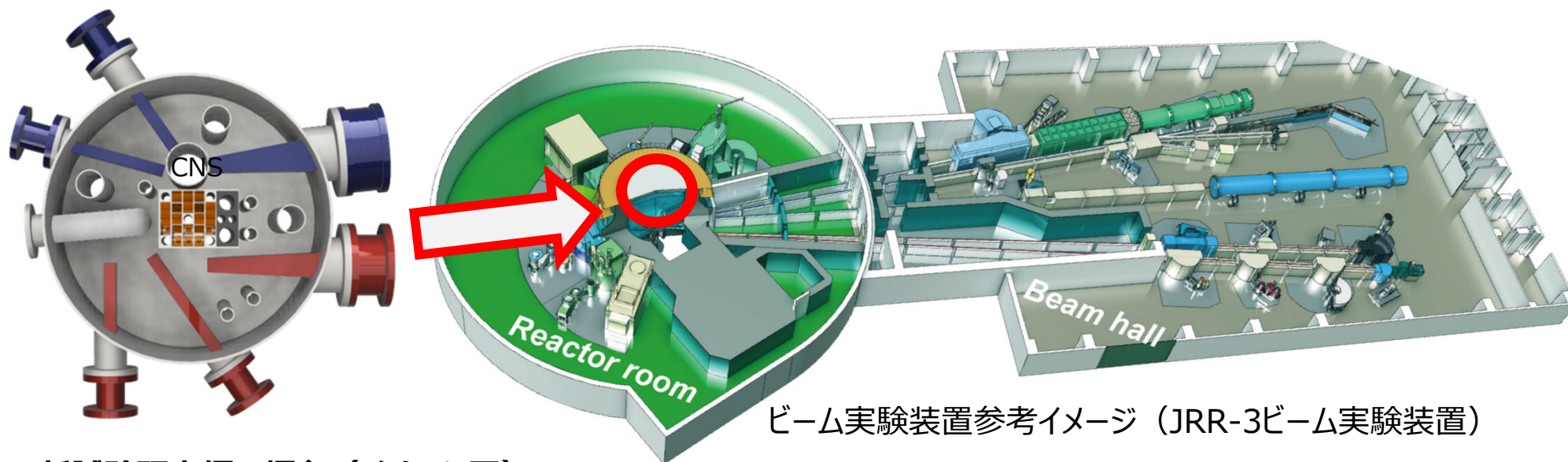
項 目	仕 様
炉型式	軽水減速軽水冷却重水反射体付 スイミングプール型
熱出力	10 MW未満
最大熱中性子束	約 1.5×10^{14} n/cm ² /sec (重水領域)
炉心 形状	角形状
格子数	25
寸法	約40cm×約40cm×約75cm (燃料領域)
燃料要素	20体 (フォロー燃料要素を含む)
照射筒	5体
減速材	軽水
冷却材	軽水
冷却方式	強制循環 (運転中)、自然循環 (停止中)
反射材	重水
制御棒	4体 (フォロー型) または6体 (板状型)
吸収体材質	ハフニウム、ホウ素など
形状	フォロー型または板状型
生体遮へい体	プール内軽水、重コンクリート、 普通コンクリート
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

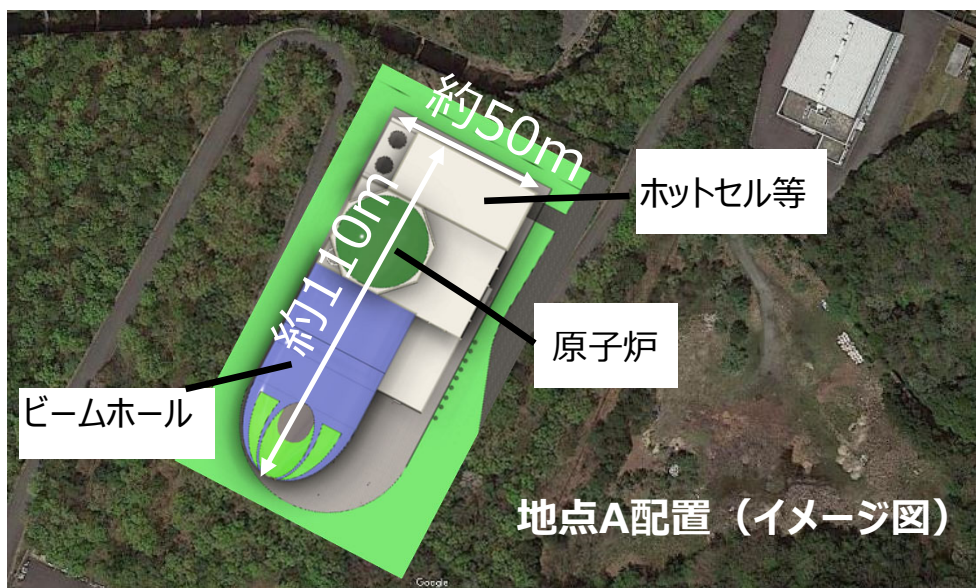


新試験研究炉の完成イメージ



ビーム実験装置参考イメージ（JRR-3ビーム実験装置）

新試験研究炉の炉心（イメージ図）



地点A配置（イメージ図）

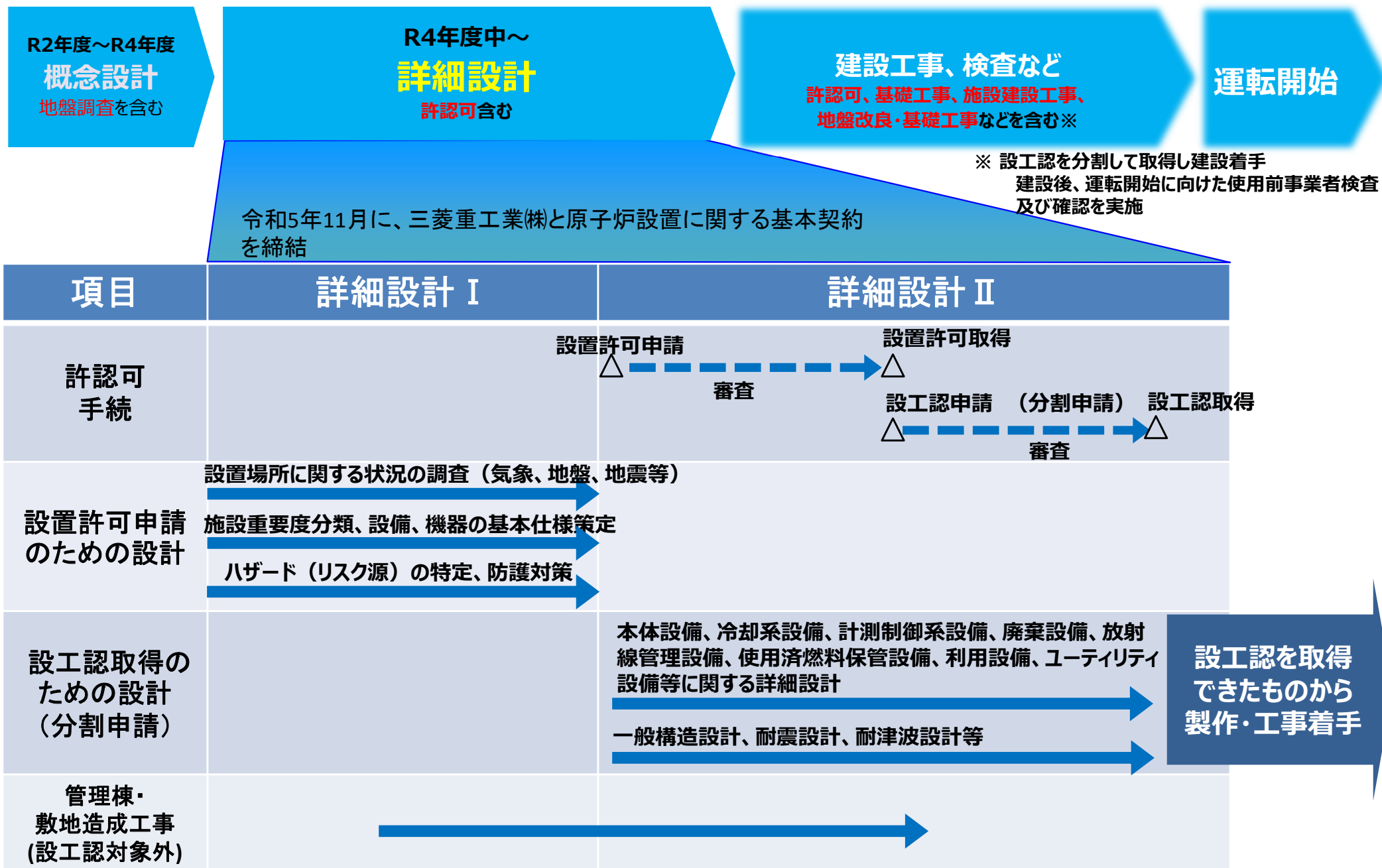


ビームホール内
実験装置の参考イメージ
（JRR-3）



ホットセルの参考イメージ
（ラジオアイソトープ製造棟）

2. 詳細設計 I の検討状況



（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

- 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附属施設の位置、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 及びその附属施設の 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	使用済燃料の処分の方法		
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

原子炉施設の設備・機器に係る設計・開発のインプット情報となる要求事項を明確にするため、下記項目について検討を開始

○実験設備等を含めた炉心構造物の設計

- 炉心構造物（反射体、減速材、水平実験孔、照射孔等）の仕様策定
- 実験設備を配置した場合の核的制限値及び熱的制限値への影響評価
- 実験設備等の損傷その他の実験設備等の異常が発生した場合の評価
- 実験利用設備のための運転計画策定の検討

○通常運転時に加え、運転時の異常な過渡変化時及び設計基準事故時の評価

- 異常な過渡変化及び設計基準事故の選定
- 燃料の健全性評価、環境影響評価

○原子炉設置許可申請に向けた検討

- 炉心の熱流動解析についての検討
- 施設周辺の気象観測についての検討

新試験研究炉に求められる実験利用設備

- 学術研究及び産業利用における多様なニーズに応える中性子ビーム
- 高い性能を持つ冷中性子源（CNS）
- 使い勝手の良い照射設備

□ 炉心構造物の安全設計に影響のある実験利用設備

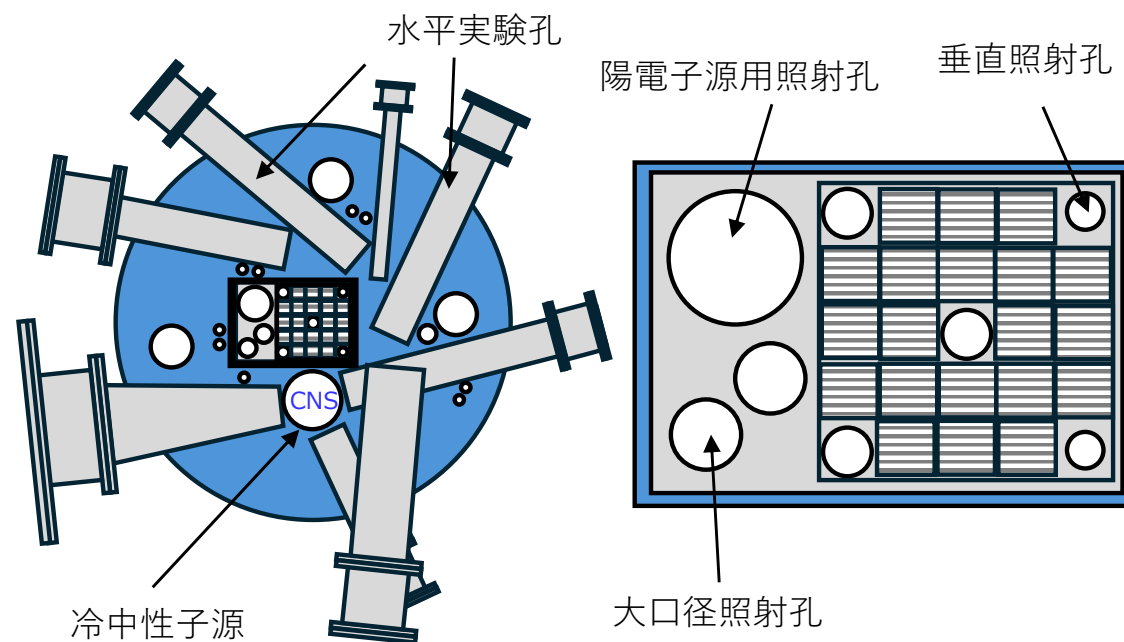
水平実験孔、冷中性子源（CNS）、照射設備

□ 影響する要因

員数、配置、サイズ、材質

□ 想定される影響

- 重水の反射体効果
- 出力密度分布の偏り
- 照射物による反応度変化
- 原子炉の制御
- 燃料の燃焼度、燃料交換
- 実験設備からの発熱
- 中性子、 γ 線の遮蔽
- 実験利用設備のトラブル



重水タンク及び炉心の令和7年度までのイメージ

社会的に意義のある魅力的な試験研究炉を設計するため、タスクフォース*から意見聴取し、まずは炉室に設置される実験利用設備(フルスペック)を配置したモデルで検討。

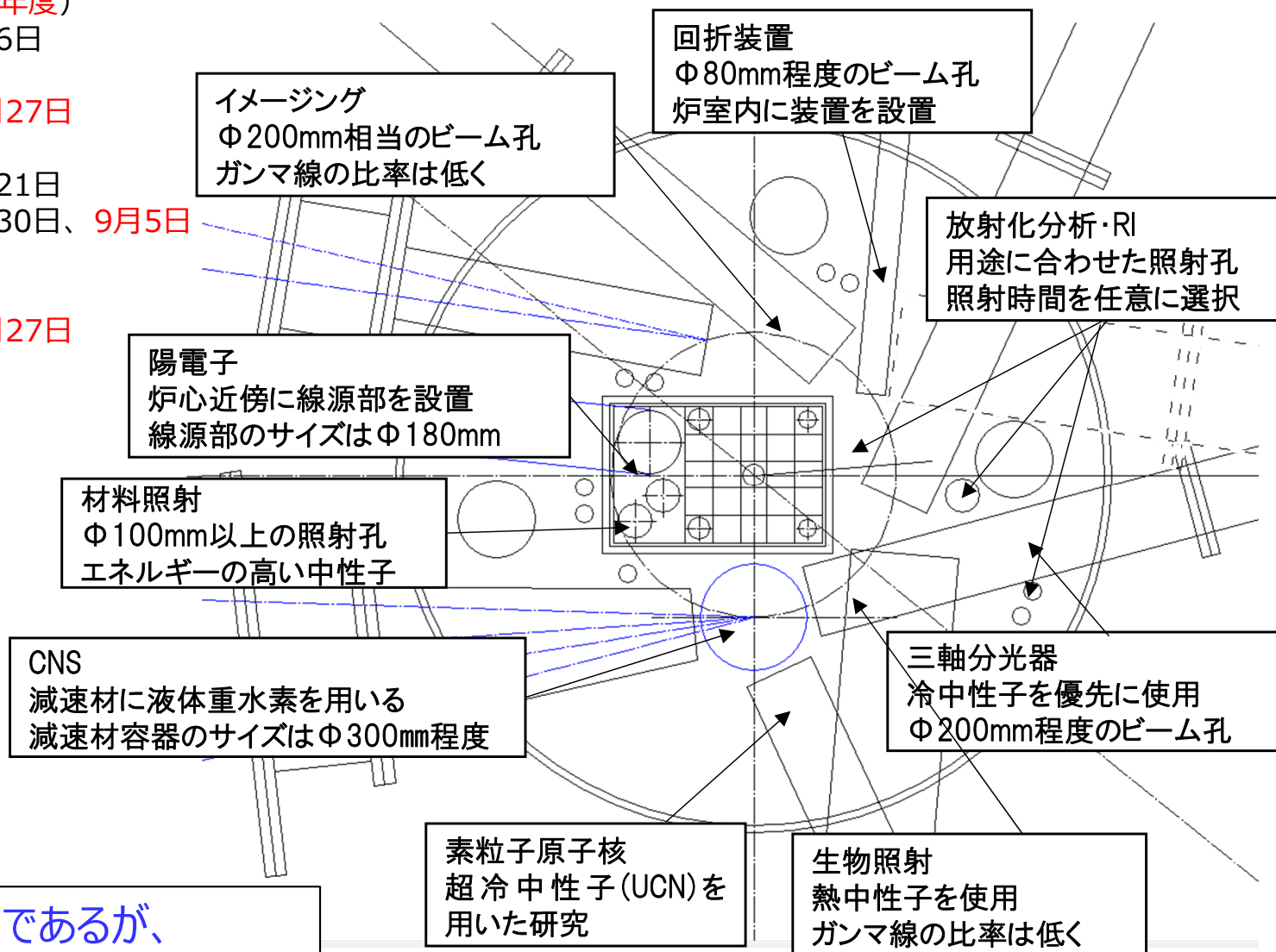
*利用設備検討に係るタスクフォース。P.27にて説明

タスクフォースからの意見聴取（令和6、7年度）

- 陽電子ビーム : 8月9日、8月26日
- 生物照射 : 7月16日
- 素粒子原子核 : 7月16日、5月27日
- 放射化分析 : 7月16日
- 研究用RI製造 : 7月16日、1月21日
- 材料照射 : 7月16日、8月30日、9月5日
- 三軸分光 : 9月30日
- 粉末回折 : 9月30日
- イメージング : 11月8日、8月27日
- ホットラボ : 1月21日

使用条件及び 空間的要件の反映

ユーザーからの要望は様々であるが、
原子炉の安全を最優先に最適化を図る。

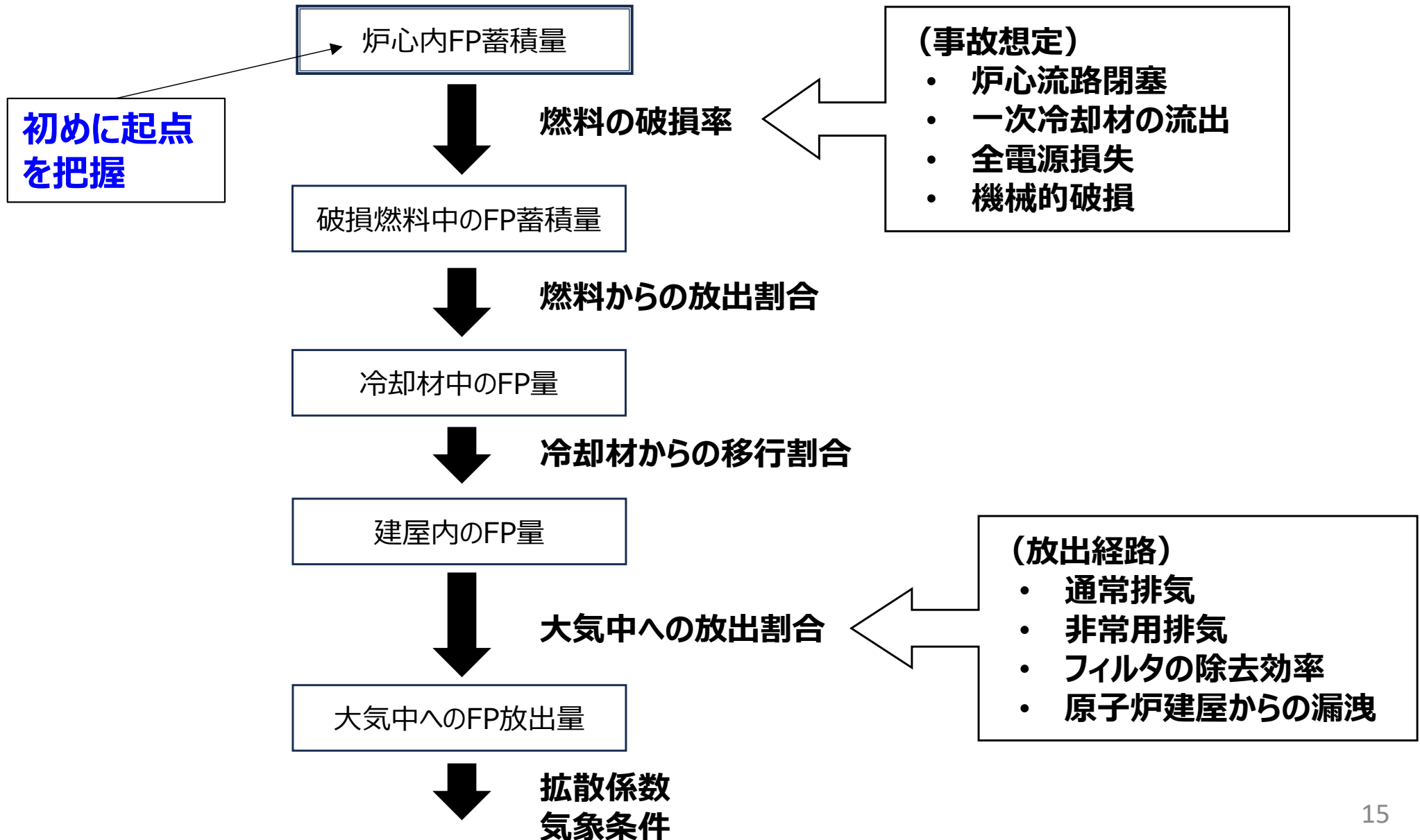


想定される事象

- (1) 炉心内の反応度又は出力分布の異常な変化
 - ・ 制御棒の異常な引き抜き
 - ・ 冷却材の温度低下
 - ・ 実験物の異常等による反応度の付加
 - (2) 炉心内の熱発生又は熱除去の異常な変化
 - ・ 冷却材の流量低下
 - ・ 商用電源喪失
 - (3) その他原子炉施設の設計により必要と認められる事象
 - ・ 重水反射体への軽水流入
 - ・ 実験設備（CNSなど）の故障による温度、圧力等の異常
-
- ・ 炉心構造物の仕様、安全機能を有する機器、原子炉の制御方法等が決まらなければ評価できない事象（黒字）については、プラント設計が進んだ段階で評価する。
 - ・ まずは、青字で示す事象から順次評価を始めている。

設計基準事事故事象として、燃料破損に至る可能性のある事故を想定

(事故シナリオの考え方)



事故発生時の炉内蓄積量は、十分に保守的な評価となるよう、事故発生直前まで原子炉を定格出力10MWで燃料要素平均の最高燃焼度が60%相当になる約400日（399.6日）まで連続運転されたものとして評価

核種 (i) の炉内蓄積量

$$A_i = K \cdot Y_i \cdot (1 - \exp(-\lambda_i \cdot T_0))$$

K : 核分裂数(fission/s)

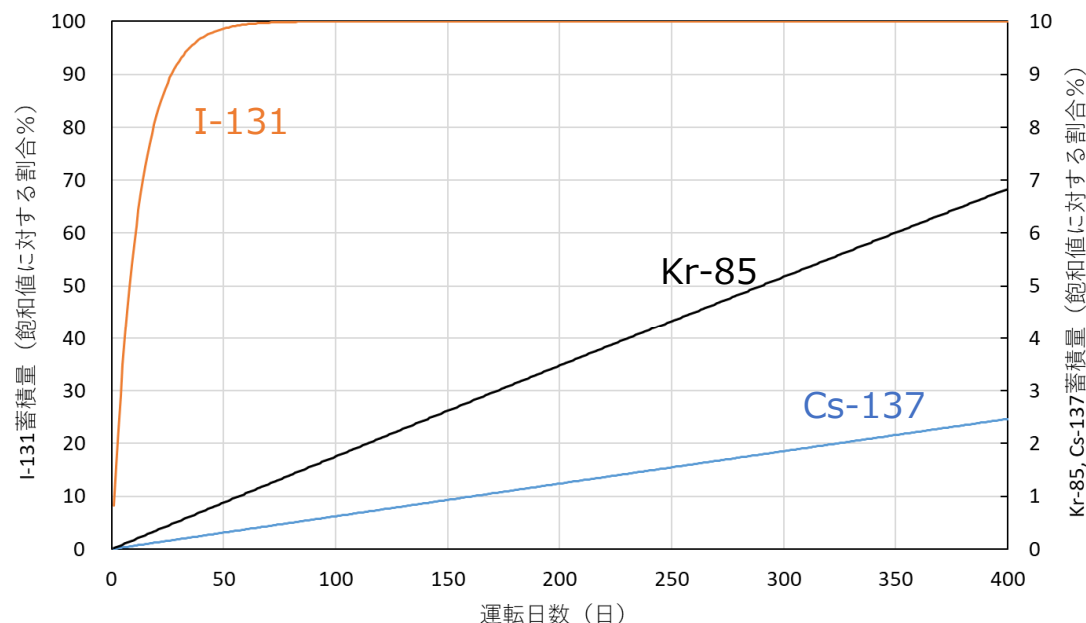
Y_i : 核種iの核分裂収率

λ_i : 核種iの崩壊定数(s^{-1})

T_0 : 原子炉の運転時間(s)

- 核分裂生成物の炉内蓄積量は、核分裂数Kに比例する
- Kは、原子炉熱出力に比例する

半減期の違いによる炉内蓄積量への影響



	新試験研究炉 (10MW)	JRR-3 (20MW)	発電炉 (90万kW級※PWR)
希ガス	1.6×10^{17} Bq	3.2×10^{17} Bq	10^{19} オーダー
よう素	1.0×10^{17} Bq	2.0×10^{17} Bq	10^{19} オーダー
Cs137	4.9×10^{14} Bq	7.0×10^{14} Bq	10^{17} オーダー

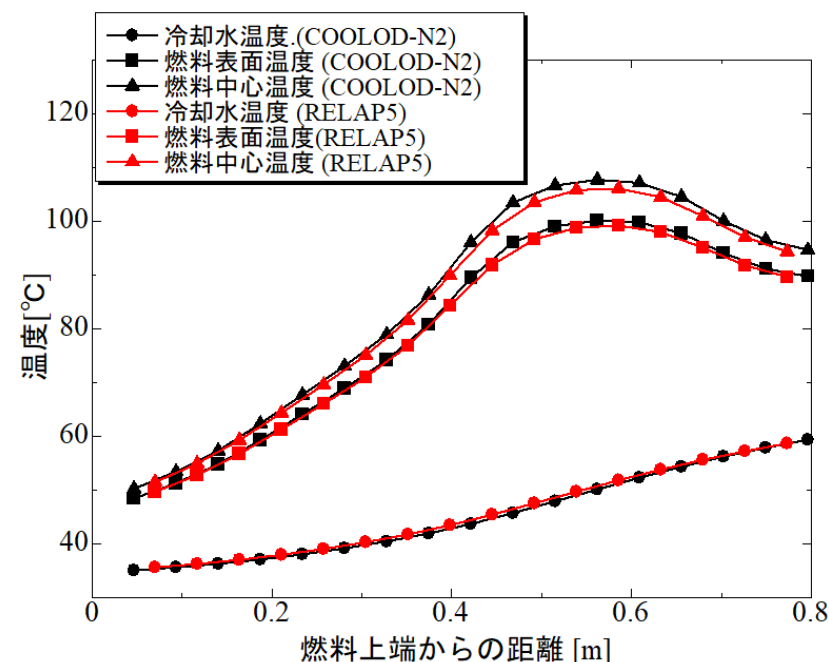
発電炉と比べて二桁以上少ない

※：電気出力

原子炉施設の設置場所を確定せずに実施できる設計検討として、以下の検討を実施

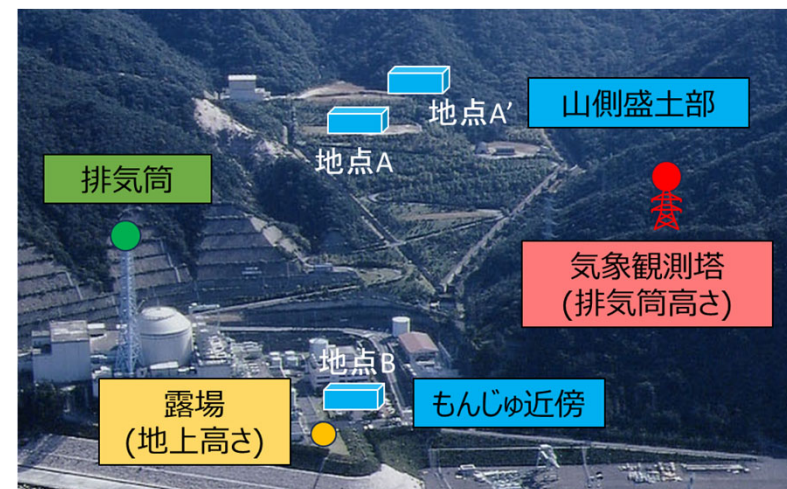
(1) 炉心の熱流動解析についての検討

- 原子炉設置許可申請書に記載する事故解析の準備として、解析に使用する熱流動解析コードのリニューアルと信頼性確認を開始
- COOLOD-N2、THYDE-W、EUREKA2
⇒ RELAP5
- 定常時におけるRELAP5の試験研究炉の条件における信頼性を確認
- 今後は、COOLOD-N2以外のコードとの比較を実施予定



(2) 候補地周辺の気象観測についての検討

- 原子炉設置許可申請書に記載する気象データ取得の準備として、候補地周辺の気象観測の検討を実施
- 気象観測の代表性を確保するために適切な気象観測等の位置、高さを検討



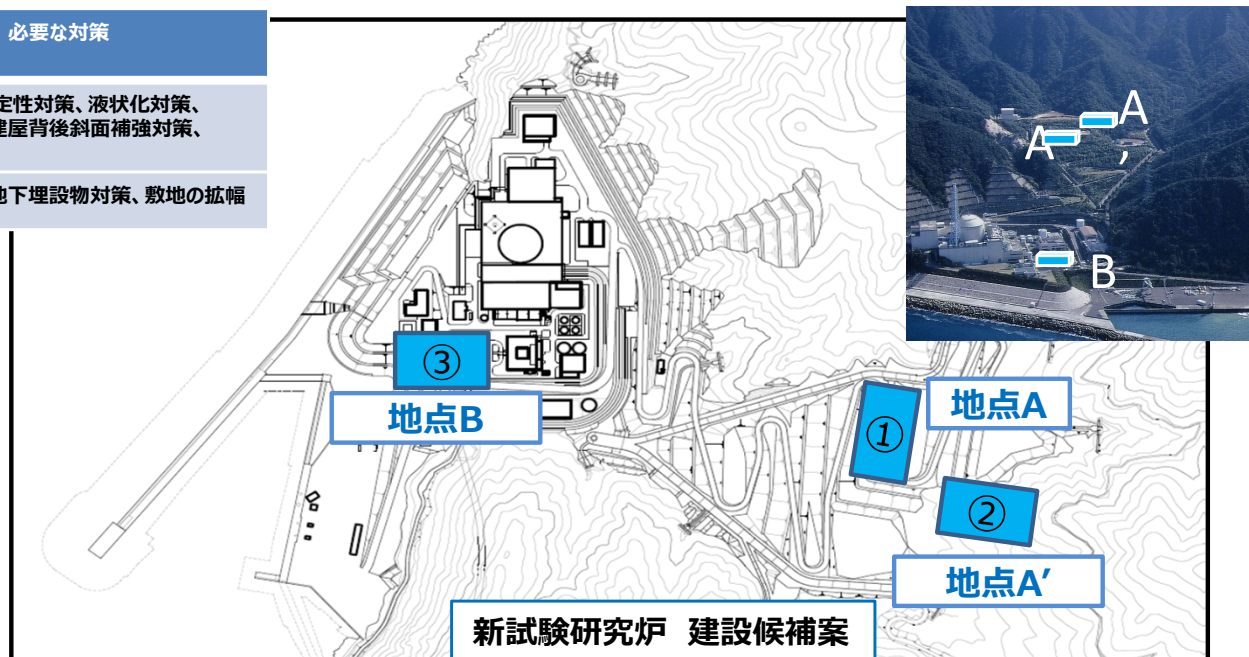
もんじゅ既設の気象観測地点と建設候補地

3. 建設候補地の検討状況

N O.	名称	特徴	必要な対策
①	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	地点A'	山側盛土部（炉の設置場所は尾根）	
③	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、敷地の拡張

地点A

- 文科省は、令和元年度までに実施した調査を踏まえ、「もんじゅ」サイト内の想定される設置場所として、山側資材置場等として使用されている高台の土地を特定した
- 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



原子力機構では**有識者による技術検討会**を設置し、地質調査に関し技術的な観点から検討評価を実施

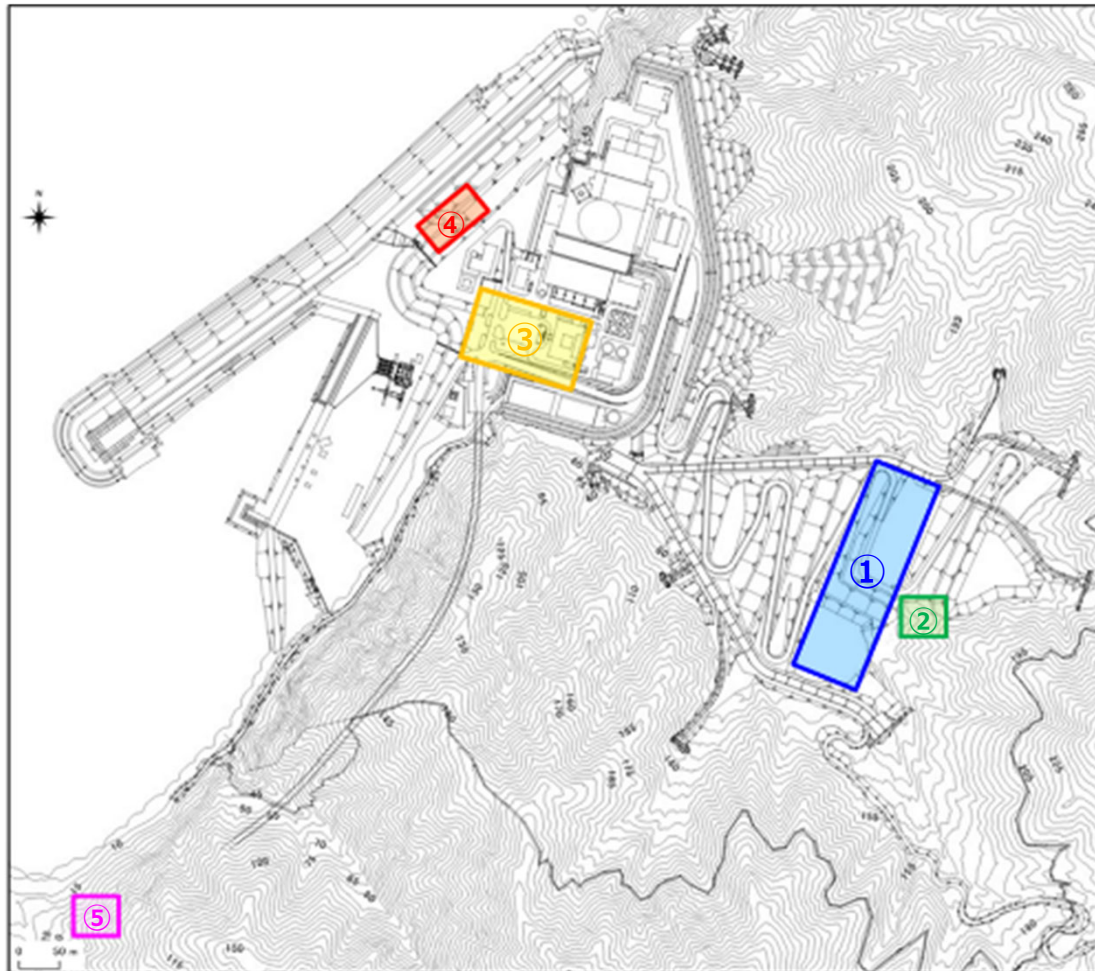
- 今後建設予定地を判断する上では、**地盤についての懸念はないものの、盛土斜面の安定性や土石流に対する調査や対策の検討が必要**との見解に至る
- **盛土斜面の安定性や土石流についての調査や工学的対策、その技術的成立性や所要コスト等**に関する検討を**サイト内の複数地点**について実施



候補地を追加

地点A'および地点B

- 地点A'は、原子炉等の重要施設への土石流を避けるため、地点A後方の尾根を開削してその場に原子炉施設等を設置する案。地点Aを合わせて用いることも可能
- 地点Bは盛土斜面上の地点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。地点Aと同規模の敷地を確保できる見通し。ただし、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



- ① 候補地A周辺：ボーリング調査
(令和2年度、3年度、6年度)
- ② 候補地A'周辺：ボーリング調査
(令和6年度)
- ③ 候補地B周辺：ボーリング調査(令和5年度)
物理探査(令和6年度)
- ④ f 破碎帯の南北延長部確認：
ボーリング調査(令和6年度)
- ⑤ 白木・丹生断層の走向・傾斜データの取得：
ボーリング調査(令和6年度)

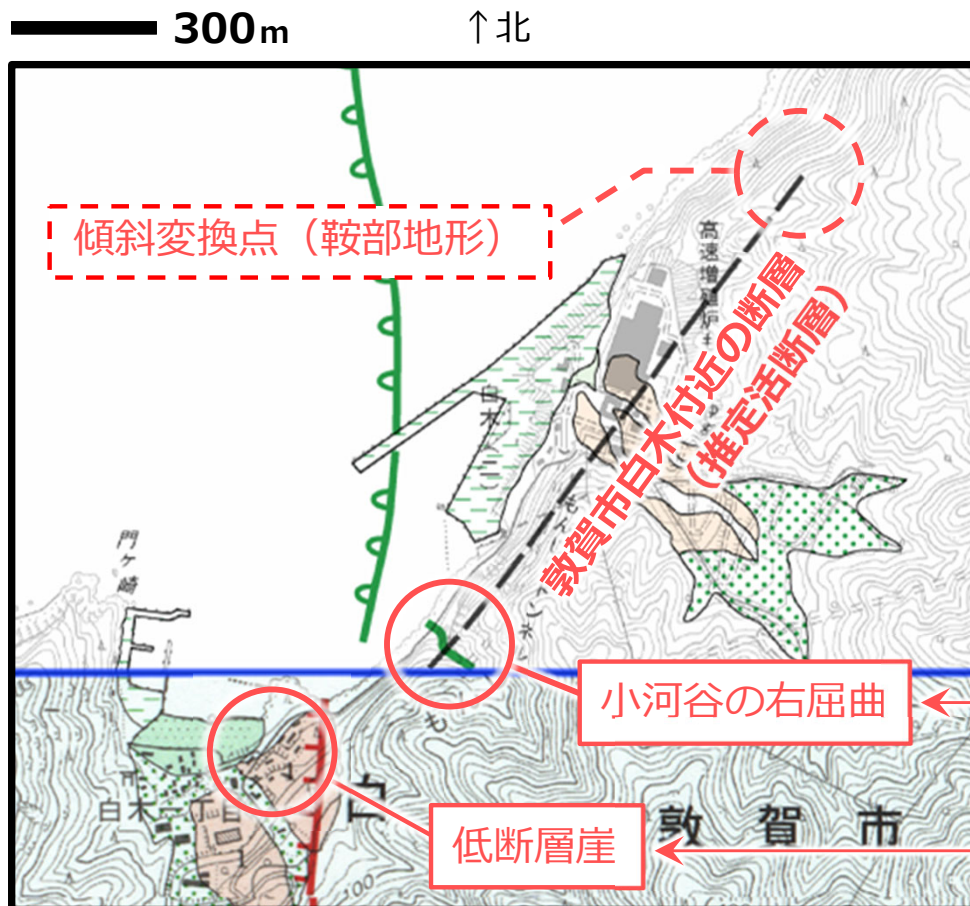
- R6年度までの各候補地でのボーリング調査において、大規模な破碎帯やすべり面のような脆弱部は確認されていない

建設予定地は、従前から以下の主な3つの視点で比較し、総合的に検討し選定する

1. 自然災害に対する安全性：地震や津波の影響の大きさ、自然災害に対する工学的対策の難易度、水理地質環境等の特性
2. 利便性：利用者のアクセス性等の利便性、実験設備の増強等を可能にするための将来的な施設の拡張性
3. 設置までの期間及びコスト：許認可に必要なとなる地質調査、建設に必要なとなる敷地造営等の工事、もんじゅ廃止措置工程との調整、自然災害に対する工学的対策



視点1. には、推定活断層(後述)に関して順次行って得られる調査結果も含める



推定活断層の分布図 文献1) (青線より上部)、文献2) (青線より下部) を引用・赤字加筆

活断層図「今庄」解説書 (文献3) の抜粋

12. 敦賀市白木^{しらき}付近の断層

- ・走向 : 北東-南西
- ・長さ : 約1 km
- ・断層種別 : 推定活断層

(※上記の各諸元については、本図内における計測及び確認結果である)

(1) 概要

敦賀市白木付近を通り、北東-南西に延びる推定活断層で本図には長さ約1 kmの区間が記載されている。

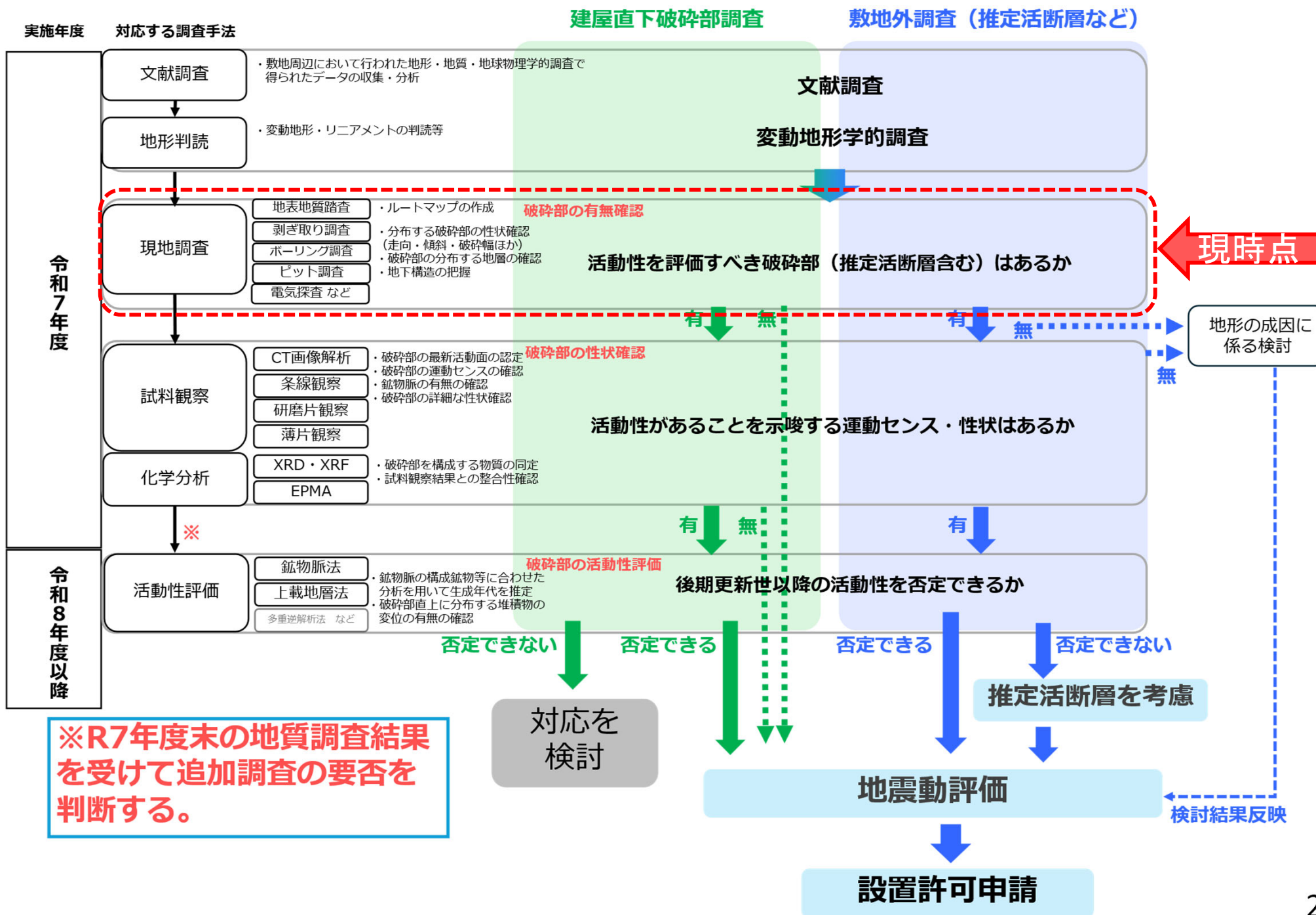
(2) 判断根拠

南東側の山地と北西側の海域の間を限る直線的な地形境界に沿って小河谷の右屈曲が認められるほか、その南西延長上の1:25,000都市圏活断層図「三方」(岡田ほか, 2012)図内には、北東-南西方向で南東側隆起の低断層崖の可能性のある地形が確認されるが(「三方」には未記載)、活断層露頭など新期の活動を示す確実な証拠は確認できないため、本図では推定活断層として記載した。なお、本推定活断層トレース近傍では複数の断層露頭・破碎帯が確認されており(原子力規制委員会もんじゅ敷地内破碎帯の調査に関する有識者会合, 2017のB露頭やa破碎帯)、これらについてはいずれも後期更新世以降の活動はないと評価されているが、本推定活断層とこれらの断層露頭・破碎帯の関係は現時点では不明である。また、「三方」(岡田ほか, 2012)図内では、本推定活断層トレースの南西延長と白木-丹生^{しらき にゅう}断層が交差する付近において、群列ボーリングによって後期更新世の堆積物を変位させる活断層の存在が推定されているが(原子力規制委員会もんじゅ敷地内破碎帯の調査に関する有識者会合, 2017)、本推定活断層との関係はやはり不明である。

文献1) 金田平太郎・石村大輔・堤浩之・中田高・太田凌嘉(2024): 1:25,000 活断層図「今庄」, 国土地理院。

文献2) 岡田篤正・金田平太郎・杉戸信彦・鈴木康弘・中田高(2012): 1:25,000 都市圏活断層図「三方」, 国土地理院。

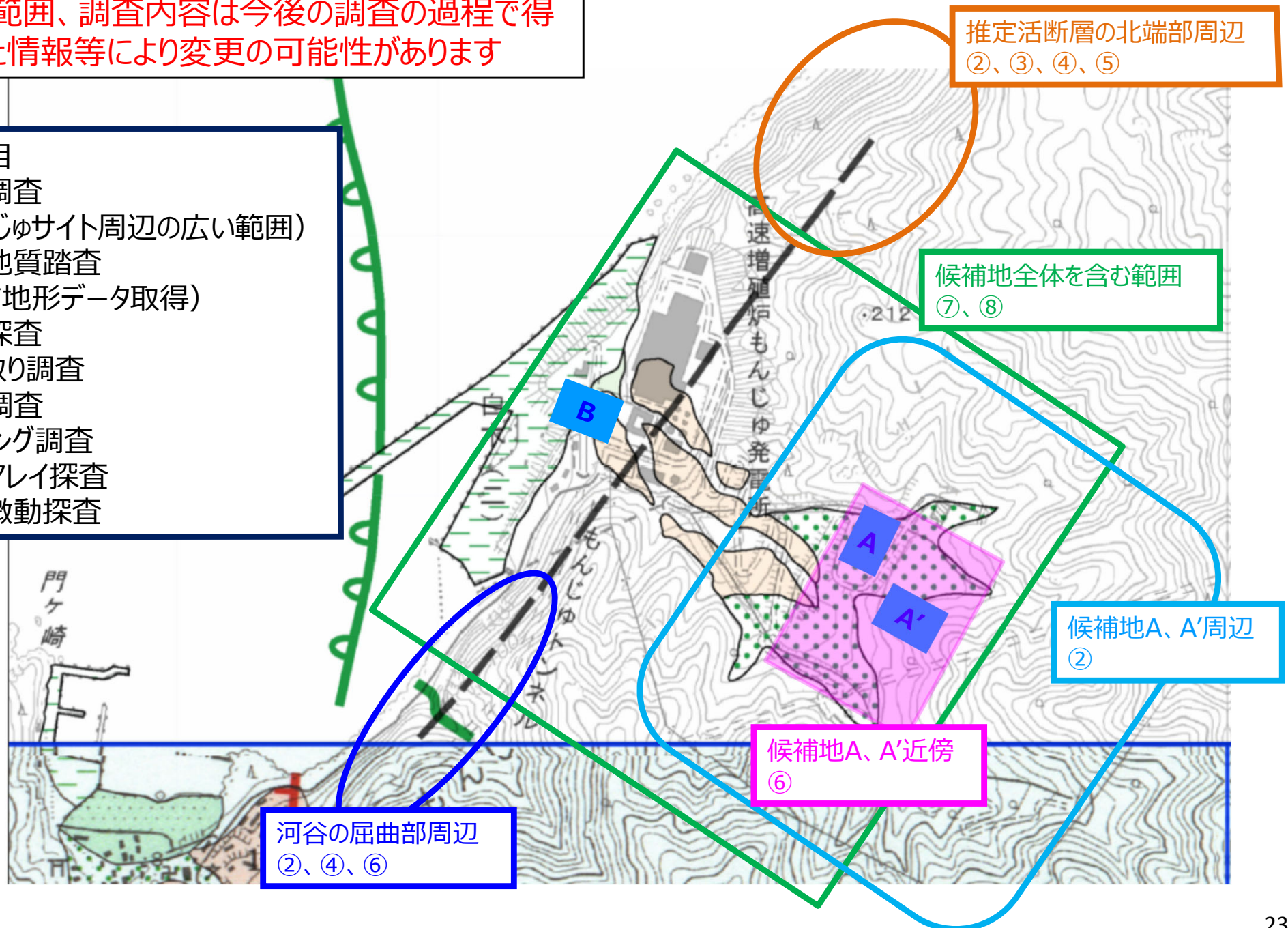
文献3) 金田平太郎(2024): 1:25,000 活断層図 柳ヶ瀬・関ヶ原断層帯及び湖北山地断層帯とその周辺「今庄」解説書, 国土地理院。



- 調査範囲、調査内容は今後の調査の過程で得られた情報等により変更の可能性があります

調査項目

- ①文献調査
(もんじゅサイト周辺の広い範囲)
- ②地表地質踏査
(併せて地形データ取得)
- ③電気探査
- ④剥ぎ取り調査
- ⑤ピット調査
- ⑥ボーリング調査
- ⑦微動アレイ探査
- ⑧単点微動探査



4. 利用設備の検討状況

学術コミュニティ・専門家の意見からニーズを整理し、魅力的な構成案を検討

冷中性子源(※)が重要

※ 冷中性子:1補給が5meV未満 熱中性子より波長が長く高分子や生体分子の構造解析に適する (JRR-3をはじめ世界の多くの研究炉が設置)

中性子小角散乱装置

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**



中性子イメージング装置

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**



中性子放射化分析装置

中性子の照射によって放射化された元素の出す放射線のエネルギーをもとに非破壊で微量元素分析を行うための実験装置



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**

中性子回折装置

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

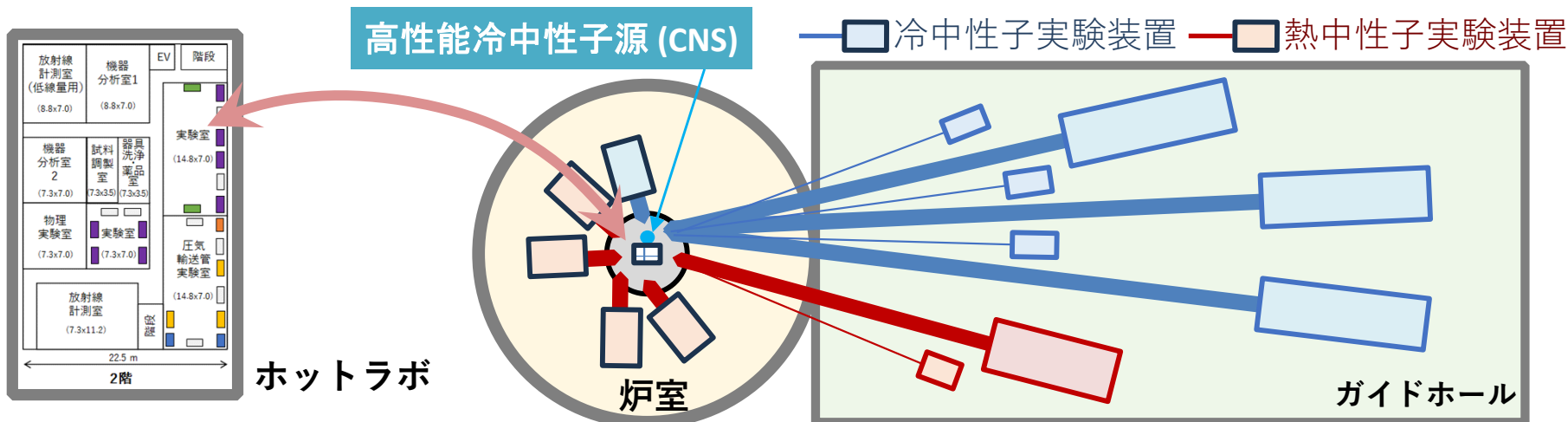


中性子反射率計

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**





炉内照射実験装置	炉室実験装置	ガイドホール実験装置
中性子放射化分析	中性子イメージング 中性子粉末回折	中性子小角散乱 中性子反射率
研究用RI製造 材料照射	陽電子ビーム 生物照射 三軸分光 素粒子原子核物理	中性子イメージング 中性子粉末回折 <u>その他発展装置</u>
炉周辺装置		優先装置

令和7年度より検討開始

- 高分解能装置(非弾性散乱装置)
- 中性子単結晶回折装置
- メスバウアー分光装置
- 中性子ビーム輸送・制御

実験装置の検討や
設計開発に取り組む
専門家チーム

タスクフォース
(TF)*

各装置ごとに編成

実施機関

JAEA・京都大学・福井大学

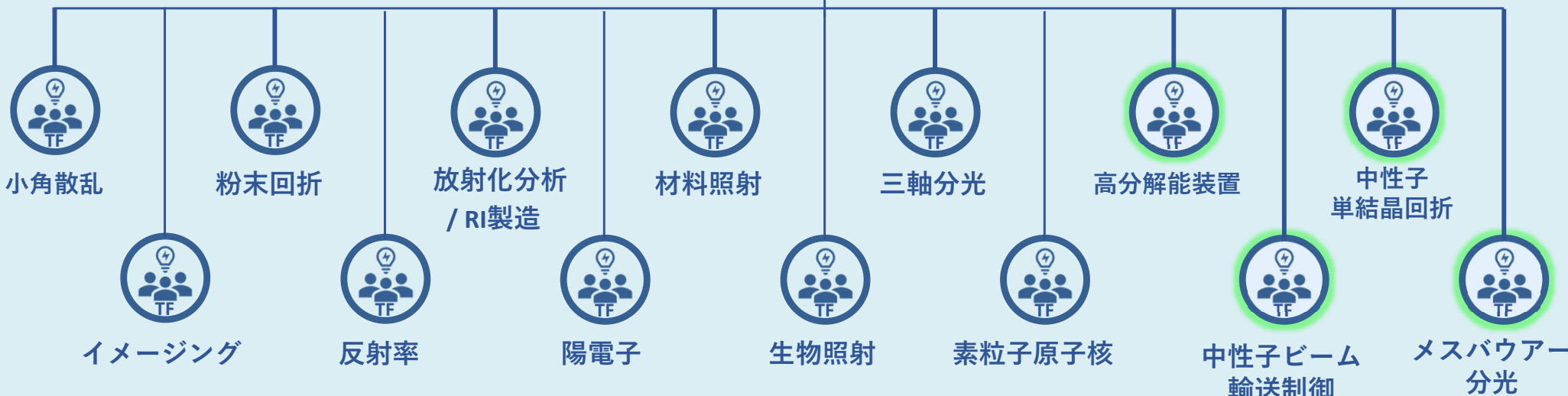
全体統括・体制検討
意見集約・調整

実験装置計画委員会(仮称)

主担当: 京都大学

【京都大学は複合原子力科学研究所に新試験研究炉開発・利用センターを設けて対応】

装置検討・概念設計
付帯装置検討



* タスクフォースのメンバーは国内の中性子利用の第一線で活躍するメンバーで構成

装置提案に
向けた
調査検討



現状調査と課題整理

新装置や新アイデアの提案

学術・産業利用の動向調査

運営体制や他装置との連携

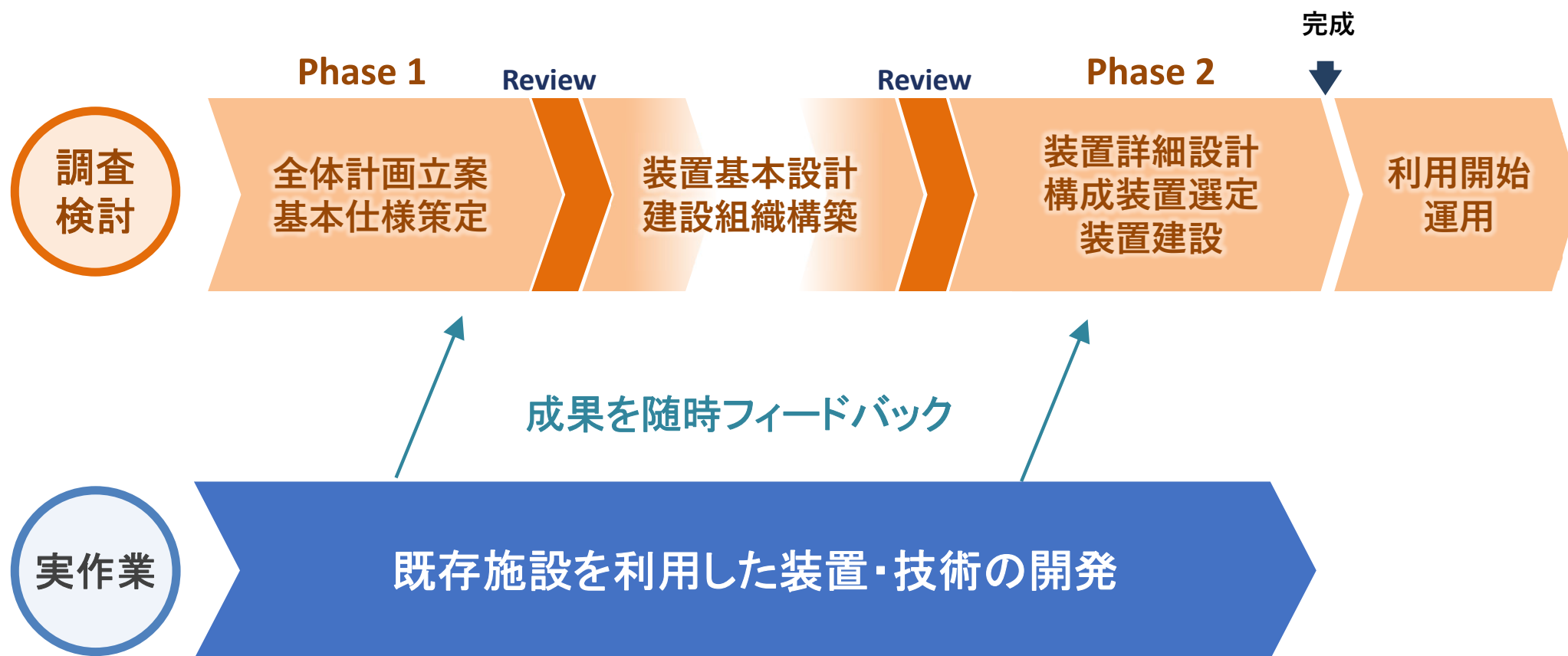
技術継承・
人材育成を
視野に入れた
実作業



実機を用いた技術開発

実機を用いた学術・産業利用

海外派遣・人材交流



活動の2本柱として並行して取り組む

■ 全体概要

- 科学的意義、社会的意義
- コミュニティ形成への貢献、技術継承や原子力人材育成・確保への波及効果

■ 実験装置の概要

- 概念図、予想される性能、革新性、独自性
- 新試験研究炉の必要性、アピールポイント

■ 必要な実験孔のサイズとその理由

- 施設を新設することによる要望やメリット

■ 提案する装置の主な仕様

- 設置場所（炉室/ガイドホール）、装置占有面積、寸法・重量等
- 想定予算額
- 利用波長帯やビームサイズ、またはガイド管の仕様等

■ ユーティリティ

- 冷却水・圧縮空気・液体He・液体N₂・電力・磁場等の種類と概算使用量
- Heガス回収ラインの必要性等、留意事項の記載

■ 建設年次計画

■ 新試験研究炉への要望

装置提案に
向けた
調査検討

▶ 3年を目処に中間報告とりまとめ

新試験研究炉の稼働開始までには長期を要する

課題



中性子利用に関連する学術・技術の確実な継承・発展



実験装置の設置や運用に必要な人材の確保・育成



関連コミュニティからの継続的な関心の喚起

技術継承・
人材育成を
視野に入れた
実作業

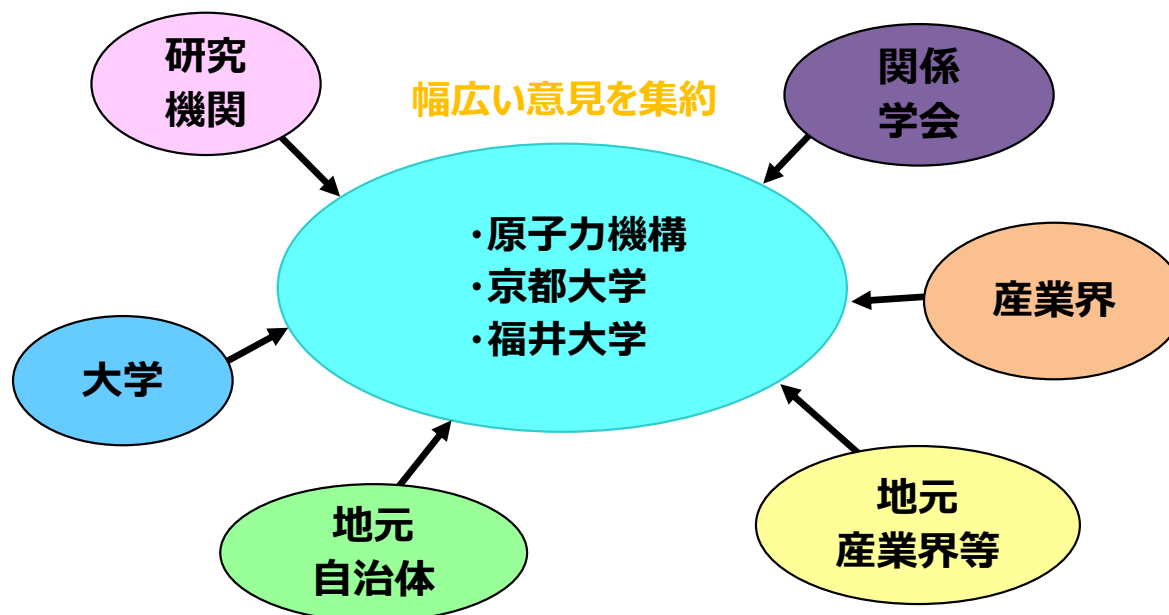
既存施設の協力を得て
新技術やプロトタイプ装置の開発を実施

最新・最先端の技術・装置を新試験研究炉において活用

京都大学主導のもと各TFにおいて装置・技術開発を実施する

5. 利用促進に係る検討について

学术界、産業界、地元関係機関等からなるコンソーシアム会合を開催し、幅広い意見を反映しながら原子炉施設、利用施設、人材育成、運営の在り方を検討



原子力機構が実施主体となり、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、京都大学、福井大学と協力協定を結び連携して新試験研究炉の計画を進めている。

○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

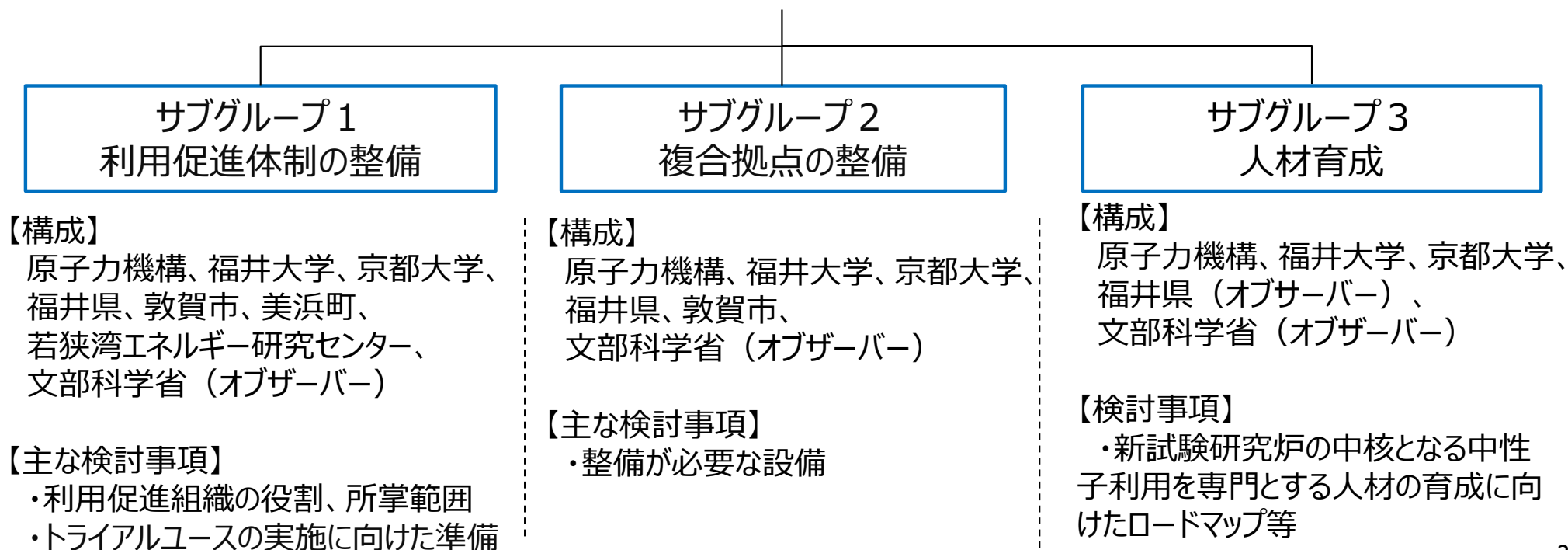
地域関連施策検討ワーキンググループ

➤ 目的

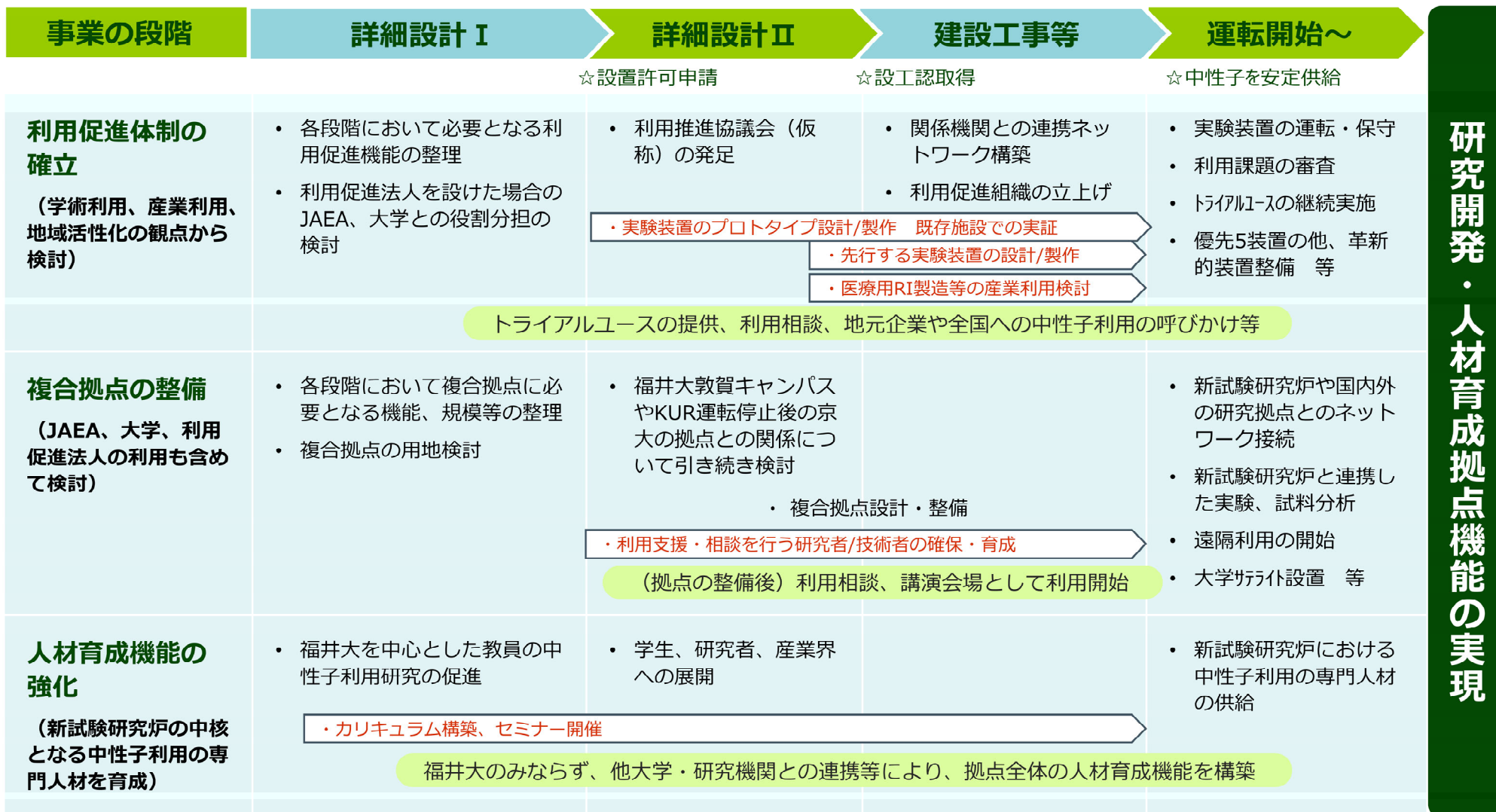
原子力機構が新試験研究炉の詳細設計段階以降の検討に際し、地域との協働及び地域振興の在り方に関する助言を得ることを目的として、「地域関連施策検討ワーキンググループ」を設置する。

○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）



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。



研究開発・人材育成拠点機能の実現

令和6年8月20日科学技術・学術審議会研究計画・評価分科会原子力科学技術委員会決定 中間まとめ概要より抜粋

2025.10.14-15: ヤマウチマテックスHD社(福井市)がJRR-3の熱中性子ラジオグラフィ装置(TNRF)を使用したトライアルユースを実施

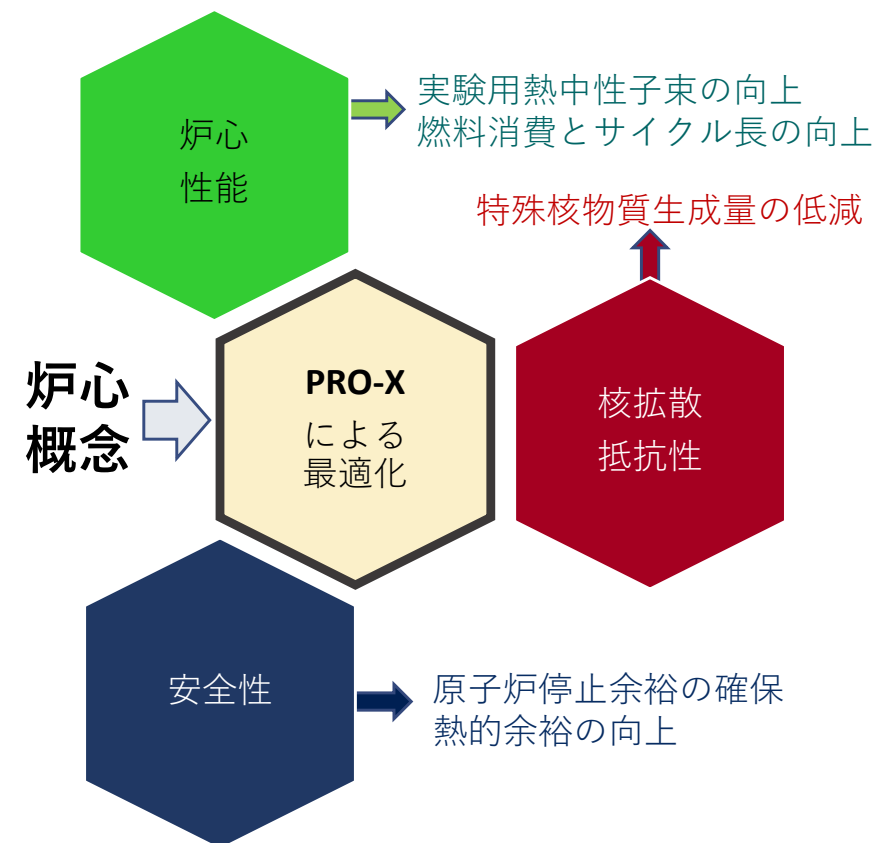
6. PRO-Xについて

● PRO-X計画 (Proliferation Resistance Optimization)

- ✓ 試験研究炉の平和利用のための機能を最大化するとともに、特殊核物質(^{233}U , ^{235}U , Pu)の生成と転用の最小化を目指す

● PRO-Xへの対応

- ◆ 2024年4月、DOE/NNSAと文部科学省が意向表明 (SOI: State of Intent) に署名
 - ✓ 核拡散抵抗性に関する共通認識をもとに「もんじゅ」サイト試験研究炉の設計段階からの核拡散抵抗性を強化
 - ✓ 将来的に核拡散抵抗性の高い試験研究炉のコンセプトをアジア地域を中心に提案していくことを想定
- ◆ SOIに基づきNNSAとJAEAの間でワークプランを策定し、技術協力を実施

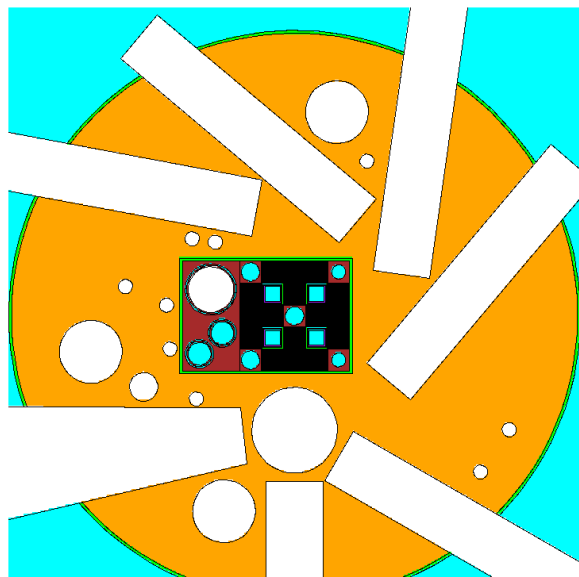


PRO-Xによる炉心最適化のメリット

1. **概念設計**において、**安全性、安定性、経済性、利便性、将来性**を考慮し、様々な炉心候補を比較検討することによって、**10MW級としては世界最高レベルの中性子束を得られる基本仕様を決定し、令和4年度末に詳細設計へ移行**
2. **詳細設計を進める主契約企業を選定し、原子炉設置許可申請**に向けて**詳細設計 I を推進**
3. 地質調査、土石流や斜面安定化等の**安全性**、利用者の**利便性**、廃止措置への干渉等を考慮した設置までの**期間及びコスト**の観点から**総合的に評価し建設予定地**を選定予定
4. **推定活断層**を確認するために必要な検討・調査を行うとともに、早期の設置許可申請に向け、原子炉の設計を着実に推進
5. 10MWの新試験研究炉を最大限活用した有用な施設の実現に向けて国内の第一線で活躍するメンバーで構成したタスクフォースで利用設備の検討を推進
6. **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ていく。**
7. **地元振興に資する研究拠点**を構築するため、**地域関連施策検討WG**で**地元関係機関**とともに新試験研究炉の**利用促進**に向けた検討を推進

参考資料

重水タンク内に大きなビーム孔や照射孔を多数配置した場合の、重水反射体効果への影響を評価した。



ビーム孔を熱中性子束の高い場所に配置



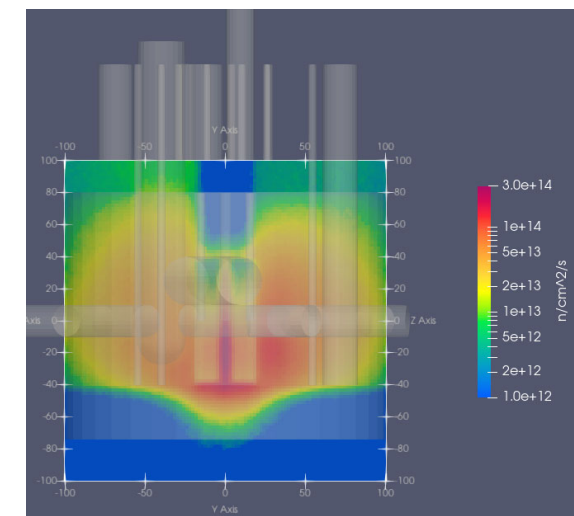
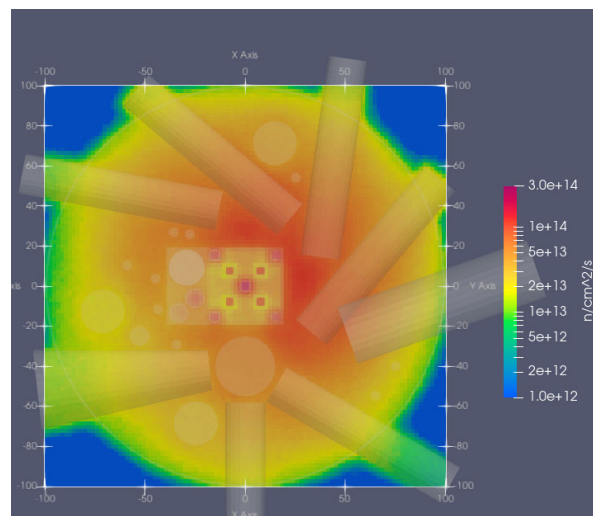
重水による中性子の減速効果に影響

- ・炉心は臨界に達するか？
- ・熱中性子の強度は？

評価結果

臨界調整時の制御棒位置(吸収体引抜位置)

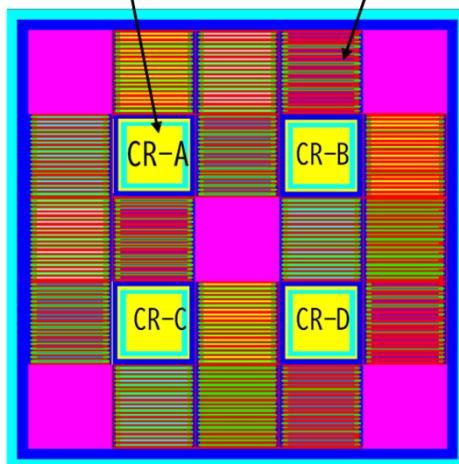
	K-eff	制御棒B2	制御棒B4	制御棒D2	制御棒D4
ビーム孔なし	1.008	33cm	33cm	33cm	33cm
ビーム孔あり	1.001	36cm	36cm	36cm	36cm



熱群中性子束分布(<5E-7 MeV 臨界調整時)

- ・ビーム孔を配置しても十分に臨界に達する
- ・熱中性子の減少も見られない

フォロー型燃料要素 標準燃料要素



(水平方向出力分布)
燃料要素1体あたりの平均出力との比

	0.93	0.97	0.93	
0.93	1.1	1.19	1.1	0.93
0.97	1.19		1.19	0.97
0.93	1.1	1.19	1.1	0.93
	0.93	0.97	0.93	

燃料周辺に照射孔が無い場合

- 出力密度分布は上下左右対称となる。
- 中心部で高く周辺部で低い出力密度分布となる。
- 水平方向出力ピーキングファクタ※1: 1.19
- 出力分布の振れ幅※2: 0.26(0.93~1.19)

※1: ピーキングファクタが小さいほど熱的安全裕度を確保できる

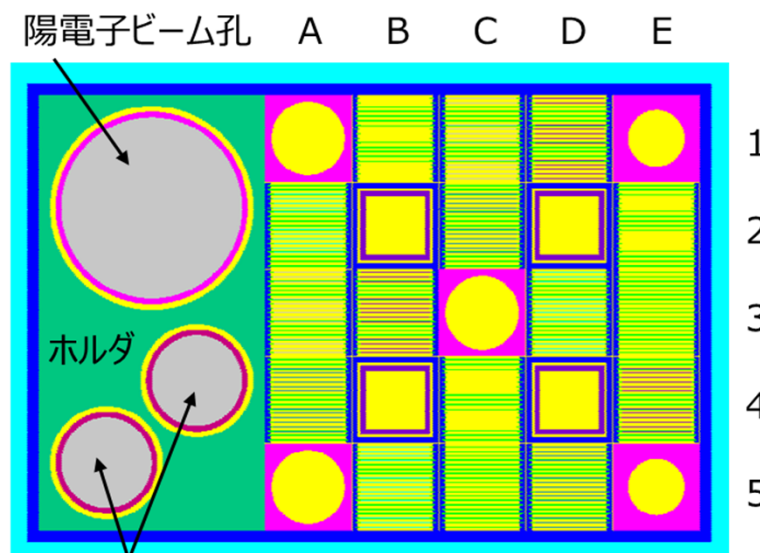
※2: 振れ幅が小さい(平坦化)ほど制御しやすくなる

燃料周辺に照射孔を配置すると、

- 照射孔を配置する側は重水の反射体効果・減速材効果が低くなる
- 出力密度の空間分布の対称性が崩れる



- 出力密度分布が片側に集中しないか？
- 熱的に安全性は確保できるか？
- 原子炉制御への影響は？

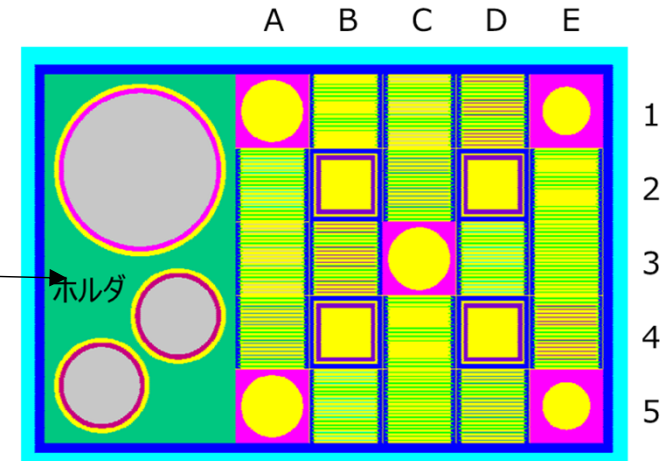


大口径照射孔

水平断面図(炉心中心面)

照射ホルダの材質を以下の3種類で評価

- ・ アルミニウム
 - ・ ベリリウム
 - ・ 黒鉛
- (ベリリウム、黒鉛は重水に近い効果が得られる)



アルミニウム

	A	B	C	D	E
1	0.70	0.98	1.10	1.15	0.70
2	0.70	0.82	1.12	0.95	1.19
3	0.68	0.99	1.16	1.19	1.19
4	0.69	0.83	1.11	0.94	1.19
5	0.70	0.97	1.09	1.14	0.70

出力ピーキング: 1.19
出力の振れ幅: 0.51 (0.68~1.19)

ベリリウム

	A	B	C	D	E
1	0.83	1.01	1.08	1.10	0.83
2	0.83	0.82	1.09	0.88	1.13
3	0.83	1.01	1.11	1.13	1.13
4	0.84	0.83	1.09	0.88	1.12
5	0.83	1.02	1.08	1.11	0.83

出力ピーキング: 1.13
出力の振れ幅: 0.31 (0.82~1.13)

黒鉛

	A	B	C	D	E
1	0.79	1.01	1.09	1.12	0.79
2	0.79	0.81	1.10	0.90	1.15
3	0.77	1.00	1.13	1.15	1.15
4	0.78	0.82	1.10	0.90	1.15
5	0.79	1.01	1.09	1.12	0.79

出力ピーキング: 1.15
出力の振れ幅: 0.38 (0.77~1.15)

出力分布の偏りは解消されないが、ベリリウムや黒鉛を使用することで、

- ・ ピーキングファクターは低く抑えることができる。
- ・ 出力の振れ幅も抑えられ、平坦化も可能である。

実験利用設備の効率的な利用(運用)のために、新試験研究炉の運転計画策定は重要である。

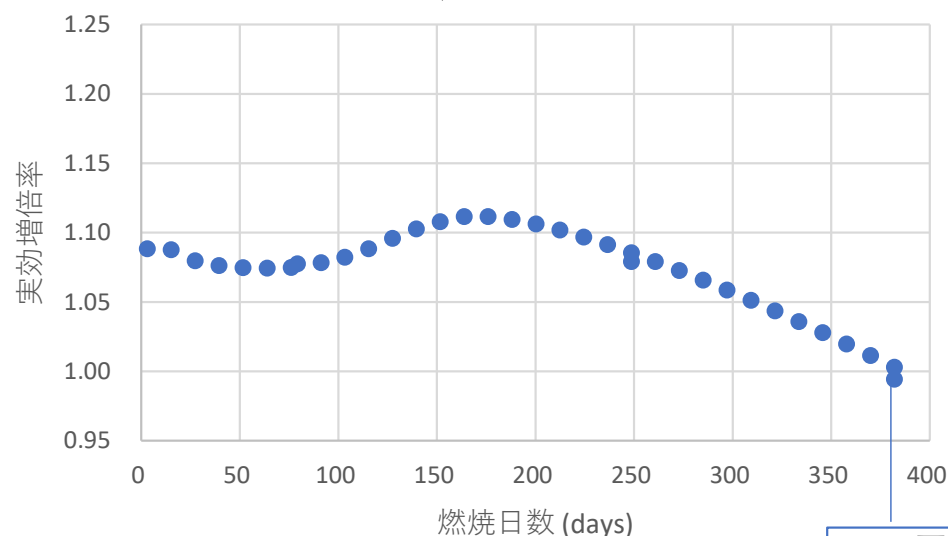
この運転計画策定の検討のため、炉心の燃焼日数及び燃焼度分布計算を実施。
炉心の燃料燃焼の検討については機構で開発されたSRAC2006コードを使用。

- ・ 燃料:既存のJRR-3炉心で使用しているの板状燃料を装荷しての全炉心燃焼計算。
- ・ 4本の制御棒を全引抜きのまま燃焼計算と拡散計算を実行、熱出力は10MWと設定して燃焼計算を継続。
- ・ サイクル終了時で382日が経過していた。
- ・ 右下図:382日が経過時点での燃焼度の分布
 ⇒燃料シャッフリング(位置交換)によって燃焼度向上(燃料寿命の延長)が期待できる

今後の課題

- ・ 制御棒の操作により臨界状態で一定出力の燃焼を継続してより詳細な燃焼解析を実行する。
- ・ JRR-3の燃料だけでなく、JMTRの燃料を対象とした燃焼計算も実施する。

JRR-3燃料要素装荷での全炉心燃焼計算



382日

JRR-3の燃料装荷での燃焼度分布[%]
 (燃焼開始より382日後の時点)

	50.3	48.6	50.3	
50.4	47.8	46.8	47.7	50.4
48.7	46.8		46.8	48.7
50.4	47.8	46.8	47.8	50.4
	50.3	48.6	50.3	

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（令和4年1月17日設置）

－ 目的：

- ・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

－ 所掌業務：

- ・上記の目的を達成するため、次の各号に掲げる事項について、評価を行う
 - ① 機構が事業において実施した試験研究炉建設候補地（以下「候補地」という。）における地質調査のデータ分析の科学的な妥当性
 - ② 機構が候補地について行う地質調査の計画の適正性
 - ③ 機構が地質調査の分析結果に基づき行った試験研究炉の設置に係る判断の妥当性
 - ④ 原子炉設置許可申請に向けた追加的調査の方向性
 - ⑤ その他必要な事項

－ 検討会委員、実施機関有識者及びその専門分野（令和7年11月現在）：

● 検討会委員

- ・大谷 具幸 教授【岐阜大学、地質学（断層破碎帯、地中熱利用）】
- ・隈元 崇 教授【岡山大学、地震地質学（固体地球科学）】
- ・岡田 哲実 副研究参事【電力中央研究所、土木工学（岩盤工学）】

● 実施機関有識者

- ・釜江 克宏 特任教授【京都大学、地震工学】

★設置に係る資金概算の前提条件：

- ・建設予定地の選定、詳細設計実施中であり令和6年6月の段階における資金の規模感を示すもの
- ・設備については、新試験研究炉と同じくビーム炉であるJRR-3とその附属施設の実績をもとにして算出し、現在の物価との違い等のコスト変動を加味
- ・建家の建築工事については、JRR-3の床面積と同等の建家を現時点で建設するとした場合の概算
- ・設計・安全解析にはモックアップ試験などのR&D費も含む
- ・今後の安全対策強化や資材費、人件費等の変動、その他社会的要因により大きく変動する可能性がある
- ・詳細設計Ⅰを進め構築物、系統及び機器の基本設計を終了した段階で資金額の精度を上げる

事業の段階	詳細設計Ⅰ	詳細設計Ⅱ	建設工事等	運転開始～
	☆建設予定地選定	☆設置許可申請	☆設工認申請 約8年を目安*2	
設計・安全解析	設計開発費：約200億円			全体資金： 1500億円規模
地質調査等	調査費：約85億円			
原子炉設備製作・据付			製作・据付費：約600億円	
利用設備開発・製作		設計・製作費：約200億円		
建築工事			建設工事費：約200億円	
土木工事	土地造成・基礎工事費：約200億円			

*：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。

（参考）

- ・PALLAS炉（オランダ、建設予定、25MW、照射炉）の公共投資額（周辺施設含む）：2772億円（16.8億ユーロ（165円/ユーロ））
- ・JRTR（ヨルダン、5MW、ビーム炉）の建設費：250億円（1.61億ドル（155円/ドル）但し、原子炉本体のみ）

詳細設計 I 期間の資金

- ・設計費については、JRR-3改造時に要した設計費のうち新試験研究炉に必要な構築物、系統、機器に関する金額をもとに現時点までのコスト変動を加味して算出した。
- ・金額については、安全対策強化や今後の資材費、人件費等の変動、その他社会的要因により変動する可能性がある。
- ・設計・安全解析には、モックアップ試験等の R & D を含んでいる。

項目		内容	金額
設計・安全解析	詳細設計 I	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）の基本設計を行う。また、設置許可基準規則への適合性を評価し、設置許可申請書を作成する。	約60億円
	中性子利用実験装置整備等	中性子利用実験装置の計画立案と基本仕様検討を推進するとともに、既存施設利用による中性子利用実験装置のプロトタイプ開発を実施する。 産業利用促進活動、トライアルユース支援、中性子利用等に関する人材育成を実施する。	約5億円
地質調査等		原子炉建屋予定地の地下構造の詳細な調査等を行う。	約85億円
土木工事		土地造成、地盤改良（砂防施設含む）に係る設計を実施する。	約10億円
合計			約160億円

○ 運転段階の原子炉運転員等、利用設備を除く原子炉の運転管理に必要な人員数を試算※1

組織	新試験研究炉
組織管理：総括、庶務、計画調整	10人程度
原子炉運転管理：業務、燃料、技術管理等含む	40人程度（※2）
工務技術：特定施設、ユーティリティ等	10人程度
放射線管理	5人程度
保安管理：施設安全、品質保証、安全衛生等	20人程度
原子炉の運転管理に必要な人員数（総数）	80～90人程度

※1 今後の概念設計及び詳細設計の進展に応じて変動し得る。また、研究系職員数及び実験装置管理要員数は本試算に含まず、今後の検討で明らかになる見通し。

※2 5直3交代制のシフト勤務による連続運転を想定する。

○ 実験装置の利用と管理に関与する職員数の試算

新試験研究炉（出力10MW）における実験装置を20台と想定して試算。

推定結果は今後の実験装置に係る詳細検討の進展に応じて変動し得る

職員区分	試算結果（※3）
研究系職員：学術研究の主導及び学術・産業利用の支援	40人程度（2人程度/1台）
技術系職員：装置の維持管理・開発及び実験支援環境の運用・整備	50人程度（1.5人程度/1台、※4）
事務系職員：利用者の受入れと利用支援に係る事務管理	10人程度（※5）
実験装置の利用と管理に関与する職員数（総数）	100人程度

※3 KURでの実績に基づいて試算、 ※4 試料準備環境、放射化試料取扱環境、関連分析装置、データ処理系、遠隔操作システムの各々に4人

※5 スケジュール管理、利用者への連絡、課題募集・採択、利用成果報告、利用経費管理、利用者利便施設の管理等