



資料1

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
原子力研究開発・基盤・人材作業部会（第11回）
R4.3.16

「もんじゅ」サイトにおける新たな試験研究炉の 検討状況について

令和4年3月16日

日本原子力研究開発機構

● 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

- 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**

● 経緯・背景

“「もんじゅ」の取扱いに関する政府方針”

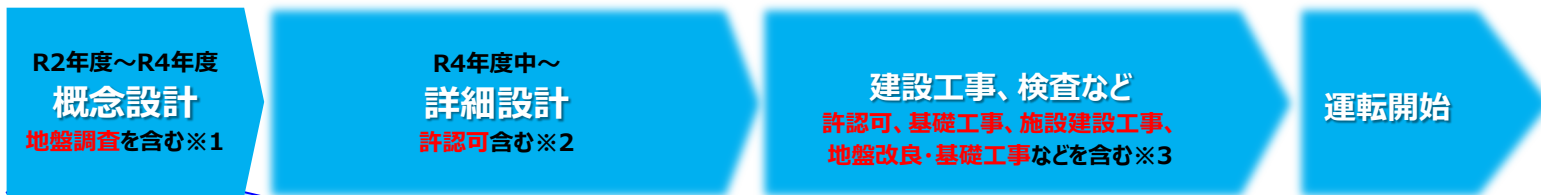
- 平成28年12月の原子力関係閣僚会議において、「もんじゅ」を廃止措置し、**「もんじゅ」サイトに将来、新たな試験研究炉を設置することを決定。**

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。

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年度中に詳細設計を開始予定）



※1 予備的調査(1年目)
本格調査(2年目、3年目)

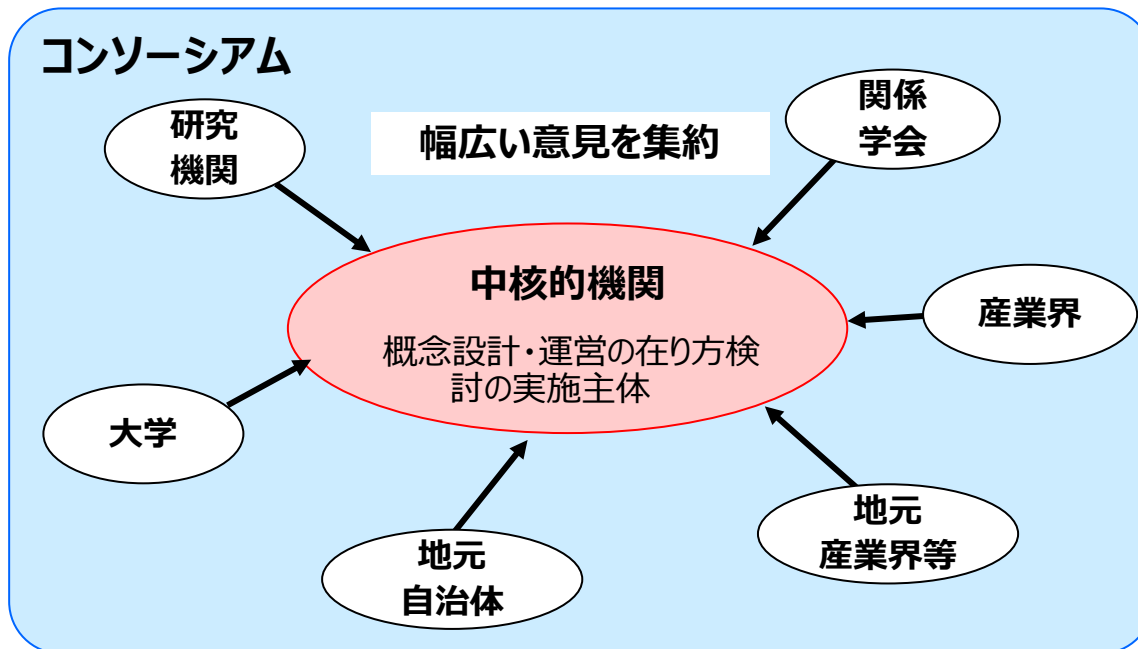
※2 設置許可取得及び建設のための
設工認取得に向けた詳細設計

※3 設工認を段階的に取得しつつ建設着手
建設後、運転開始に向けた使用前検査を実施

文科省委託事業の期間

項目	R2年度	R3年度	R4年度	R5年度～
1. 概念設計		炉心の検討 →	設備・施設レイアウトの検討 →	
2. 地質調査	予備的調査 →	本格調査 →		詳細設計 (R4年度中に開始)
3. 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 →		

中核的機関(原子力機構、京都大学、福井大学)に加えて、本試験研究炉の利用ニーズを有する学术界、産業界、地元関係機関等からなるコンソーシアムを構築し、幅広い意見を反映しながら概念設計及び運営の在り方検討を実施



※中核的機関の役割と体制

原子力機構：「試験研究炉の設計・設置・運転」

- 試験研究炉の設計やもんじゅサイトの知見を活かし、主に概念設計と地質調査を担当
- 体制：理事長直下の組織として新試験研究炉準備室を設置

京都大学：「幅広い利用ニーズ集約とサービス提供」

- 利用ニーズの整理、及びKURの利用運営経験を活かした利用運営の在り方検討を担当
- 体制：KURの利用運転の実績を活かす、複合原子力科学研究所全所的な対応体制として、京大新型研究炉開発・利用センター(KNRR)を設置

福井大学：「地元の大学、研究機関、企業等との連携構築」

- 地元産業界との橋渡し活動、地元関係機関との連携構築に向けた制度の検討を担当
- 体制：学長を長とするタスクフォースのもとに、産学官連携本部も加わる体制を構築

1. 概念設計

- 炉心の検討：設計目標を設定し、炉心の構成を検討。設計目標を達成できる炉心構成に絞り込み
- 設備・レイアウトの検討：幅広いコミュニティからのニーズを整理し、実験装置群の構成案を検討。冷中性子源の性能予備検討、ビーム実験装置整備案、照射実験装置案、付帯施設・実験支援環境、ホットラボラトリ等の検討を実施

2. 地質調査

- ボーリング調査(R2(100m)、R3(200m))を実施、設置に支障となる脆弱な地層構造の有無を確認
- 地表地質踏査、ボーリングコア分析を実施

3. 運営の在り方検討

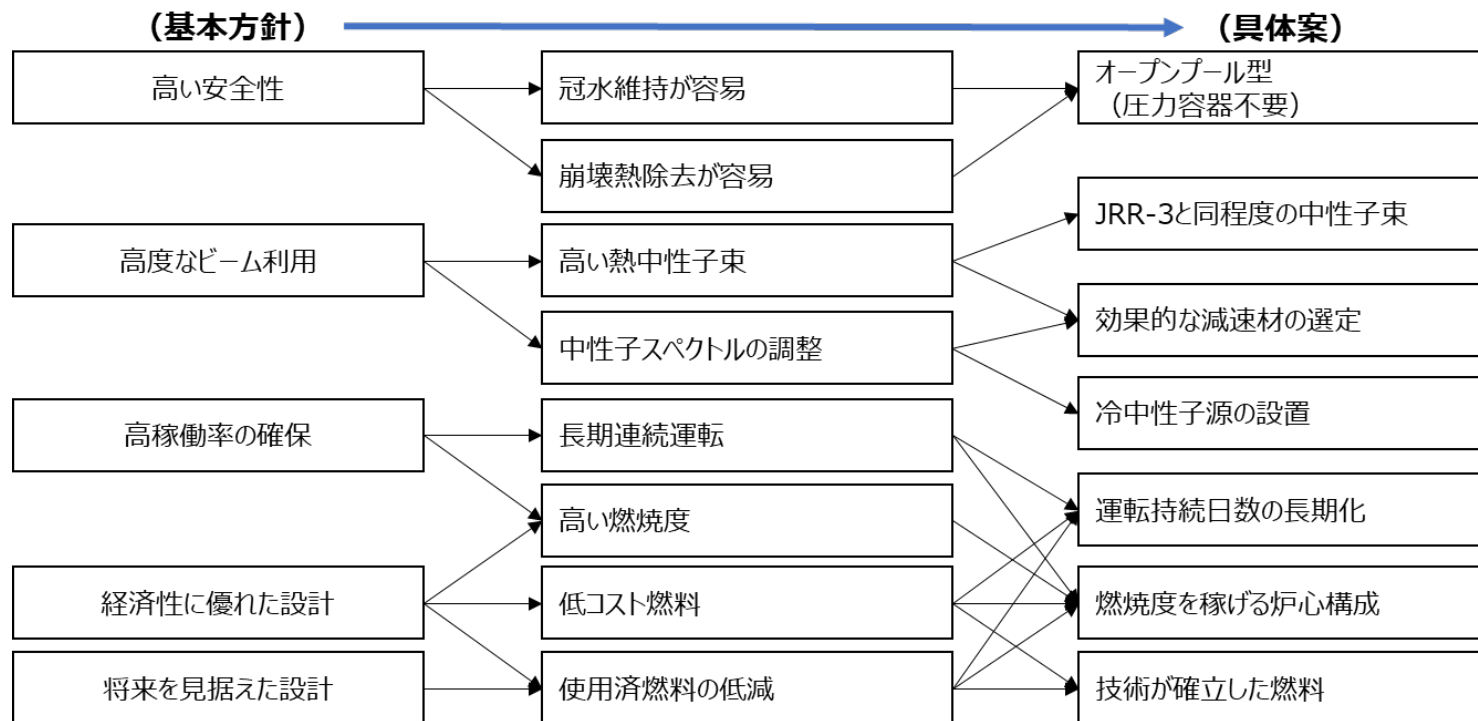
- 運営体制の検討課題の抽出を実施

4. 地元関係機関との連携構築に向けた検討

- 伴走型連携：産業利用技術としての中性子利用経験、地元企業・機関との交流として、中性子利用の情報提供や利用可能性について対話を実施
- 新試験研究炉への地元企業等の関与を促進する仕組みの検討
- セミナー等による福井大学における学内教育、県との連携での講習会開催

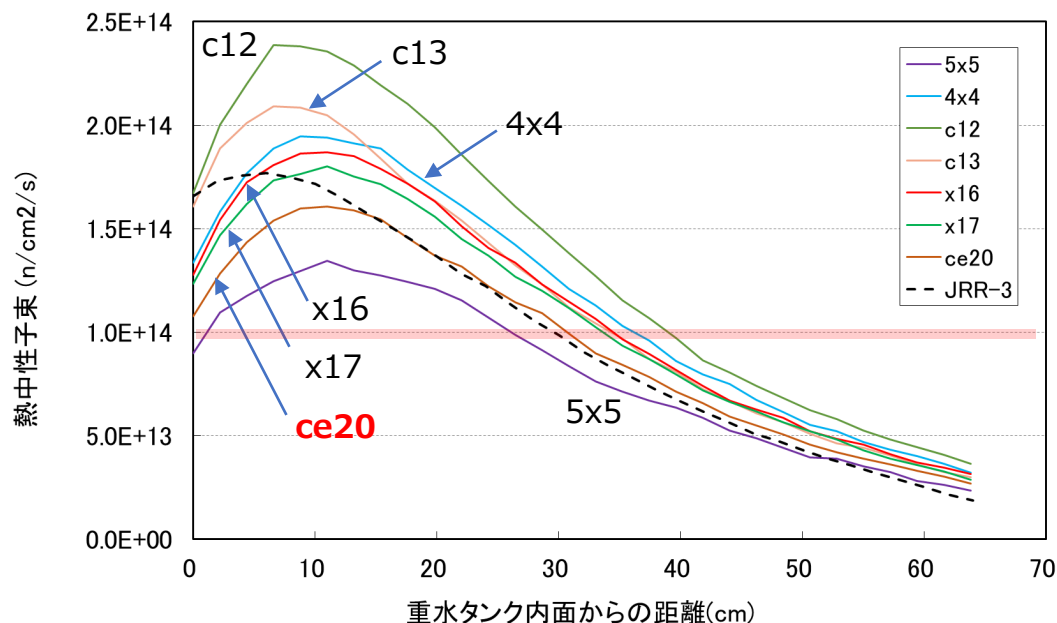
1. 概念設計 炉心の検討 設計目標の設定

基本方針を定め具体的な設計目標を設定し、これを満足する炉心を計算により検討



項目	現状の目標	現状の達成見通し	備考 (JRR-3参考値)
・ 熱中性子束	10^{14} (n/cm ² /s) 以上	達成見込み	$1.0 \sim 2.0 \times 10^{14}$ n/cm ² /s
・ 運転持続日数	400日以上	達成見込み	約370日
・ 燃焼度 (燃料要素1体)	80 GWd/t以上	達成見込み	約100 GWd/t
・ 燃料表面最高温度	60℃以下 (通常運転時)	達成見込み	58℃ (平均)

1. 概念設計 炉心の検討 炉心構成検討

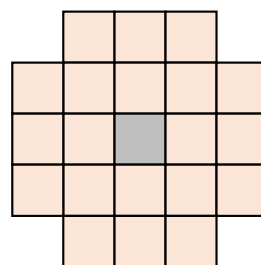


中性子束分布・燃焼特性解析結果

- どの集合体配置もすべて目標とした熱中性子束(1E+14)をクリアしている。
- ce20炉心, 5x5炉心は400日以上にわたり臨界を維持している。



• 今後、ce20炉心（燃料集合体20体）をベースに、制御棒や反射体等の配置を検討。

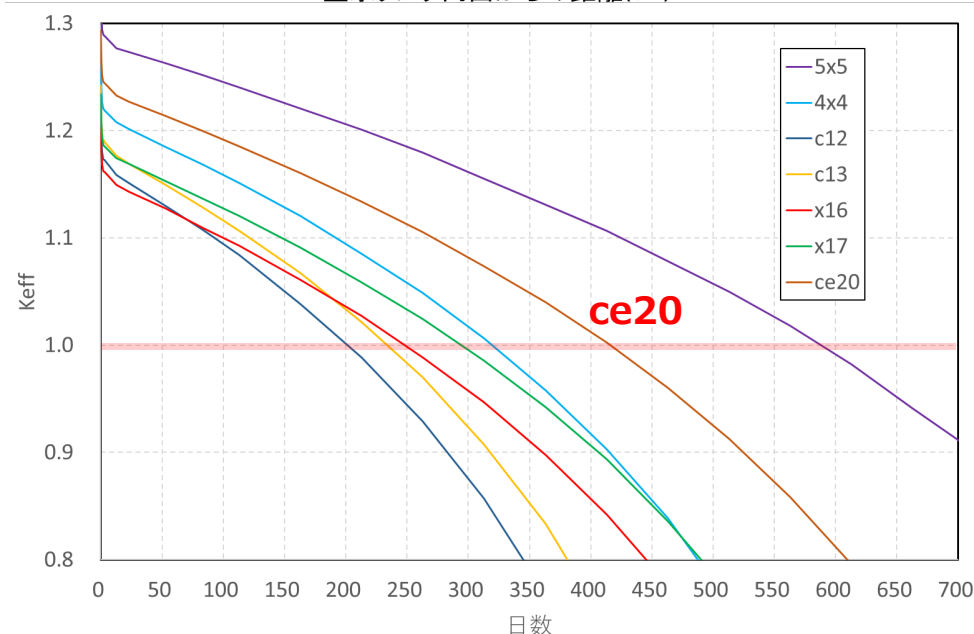


- 燃料要素体
- アルミニウム (照射孔を想定)

ce20炉心

燃料領域の周囲に重水を配置

※熱出力10MWにて計算 (JRR-3は20MW)



京大複合原子力科学研究所で新型研究炉開発・利用センター(KNRR)を設置

- 幅広いコミュニティ(日本中性子科学会、日本放射化学会、日本原子力学会材料部会等)・専門家との意見交換・収集からニーズを整理し、魅力的な実験装置群の構成案を検討

世界に誇れるビーム利用には冷中性子源が重要

- 冷中性子を得る冷減速材として水素、重水素の性能を評価：重水素が水素よりも優れた性能を有することを確認

ビーム実験装置整備：コミュニティとの議論に基づき汎用性や利用頻度が高い装置で最優先で設置すべきものを特定

- 小角散乱装置(冷)、イメージング(熱、冷)、回折計(熱)、反射率計(冷)
(冷)：主に冷中性子利用、(熱)：主に熱中性子利用
- 上記に加えて今後ますます多様化する学術研究や産業利用のため整備すべき装置も検討

照射実験装置整備:放射化分析装置に加え検討

- 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
- RI製造**： $^{99}\text{Mo}/^{99\text{m}}\text{Tc}$ や ^{177}Lu 等の医療用RI製造(開発含む)
- 材料照射**：精密温度制御等自由度の高い中性子照射場
- 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)
- 生物照射**：BNCT基礎研究を中心に生物的照射効果基礎研究

付帯施設・実験支援環境:利用者にとって利便性が高く効率的な実験が可能になる設備や環境を検討

- 資料準備室、機器分析、情報処理環境、自動操作・遠隔操作

ホットラボラトリ(HL)等の検討:試験研究炉に隣接し照射後試料の扱いを可能とするHLの検討

- 放射化分析・トレーサ製造、治療・診断用途のRI製造、材料照射、生物照射

地質調査の目的：試験研究炉の設置を直ちに阻害するような候補地の地下構造の有無の確認

- 岩盤は、どれだけ掘れば出てくるか？
- 岩の種類や硬さはどうか？
- 大規模な破砕帯やすべり面となるような脆弱部は存在していないか？

地質調査の内容

- ボーリング調査（R2年度:100m、R3年度:200m、検層：ボーリング孔を利用した測定）
- 地表地質踏査（候補地周辺）
- コア分析

令和2,3年度調査の結果等

- コア観察、BTVの結果から、深度200mの範囲には小規模な破砕帯が分布するものの、大規模な破砕帯やすべり面となるような脆弱部は確認されていない（但し、確認された破砕帯の特性については確認中）
- 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
- 岩級区分やPS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
- 地質調査のデータ分析や調査計画に関して、外部の専門家による技術的レビューを開始

令和4年度（以降）の課題

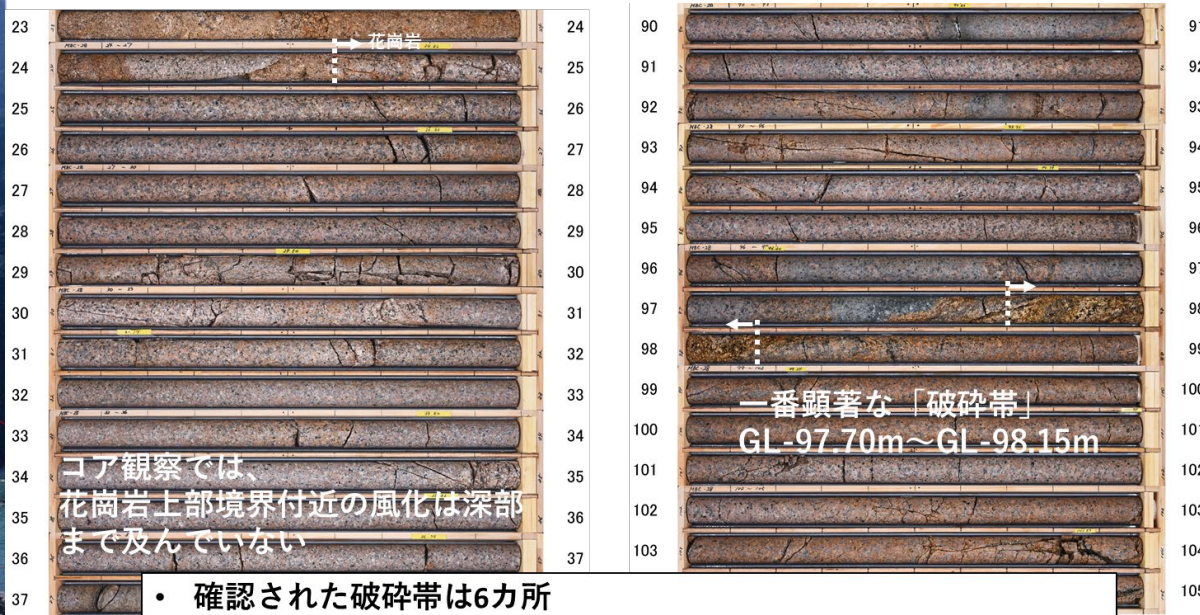
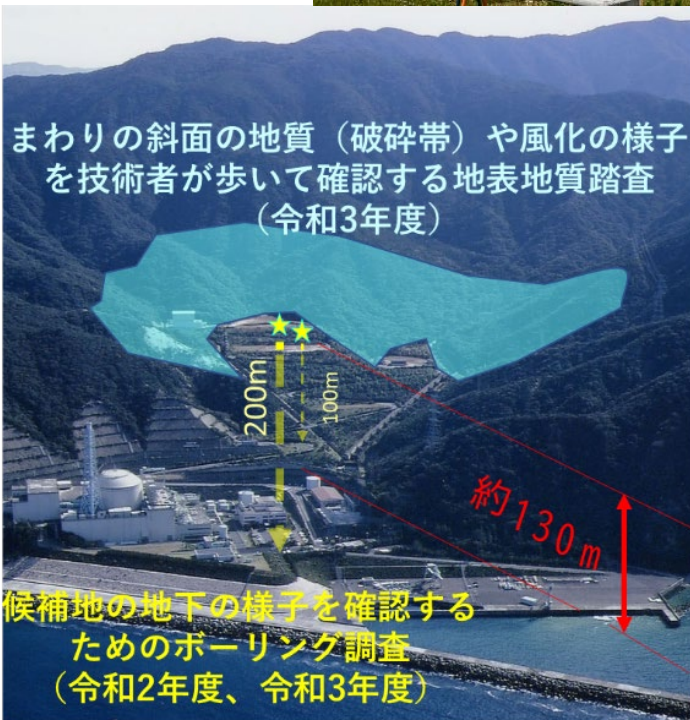
- 高角度の破砕帯、割れ目の調査（斜め方向のボーリング実施等）
- 花崗岩風化部厚さの空間分布の把握（物理探査実施等）
- 土石流に関するリスク評価が必要

ボーリング調査
の状況(R2)



ボーリング調査地点

まわりの斜面の地質（破碎帯）や風化の様子を技術者が歩いて確認する地表地質踏査（令和3年度）



コア観察では、
花崗岩上部境界付近の風化は深部
まで及んでいない

一番顕著な「破碎帯」
GL-97.70m~GL-98.15m

- 確認された破碎帯は6カ所（ちなみに、R2年度ボーリング孔は8カ所）
- いずれの破碎帯も規模は小さく、R2年度に確認された破碎帯との連続性は確認されなかった
- 著しい粘土化を伴う破碎帯は確認されなかった

R3年に採取され
たボーリングコア

施設利用に関するユーザーの声を収集するとともに、下記の検討範囲で調査分析。以下を今後検討すべき項目として抽出した。

○組織運営

- ▶ 効率的運営を実現し全体統括調整機能を有するコンソーシアム体制の検討
- ▶ 中性子利用に関するユーザーへの全国的サポートを行う大学等の連合体の検討
- ▶ 中性子利用人材育成組織の検討

○利用設備(設備保守・技術運用)

- ▶ 余裕ある実験環境、DX対応(自動化、遠隔化)の検討

○利用制度(課題審査、共同利用)

- ▶ ユーザーフレンドリーな利用の運営環境、安全管理優先との両立

○ユーザーサービス(施設体制)

- ▶ 滞在環境、交通、市街中心部オフサイト拠点の検討

○新試験研究炉の運用開始に向けた準備活動を行う体制

- ▶ 運用開始までの既存施設を用いた実験装置開発や人材育成
- ▶ 中性子利用経験が少ない地元企業が積極的に利用できるような準備活動(トライアルユース)等

令和3年度の取組

1. 伴走型連携

1) 産業利用技術の検討

- 中性子ビーム利用とRI製造について専門家意見を聴取
- 産業利用経験と地元企業意見の聴取(JRR-3利用、中性子回折利用、放射光利用)、試験研究炉利用人材の育成
- 産業利用参画連携のしくみ：茨城県の中性子産業利用取組の聴取

2) 地元企業・機関との交流

- 福井県の地元企業と金属・機械加工、樹脂加工、化成品、セラミックス材料製造・加工といった多岐にわたる技術分野において、中性子利用の情報提供や利用可能性について対話を実施
- 企業からの意見：大学と連携による技術支援・サポート体制の充実、柔軟な利用運営、地元企業の利用促進と広範囲での活用策、トライアルユース制度の充実等

3) 地元企業・機関の参画と連携のしくみ検討

- 専門知識を持つ大学教員が企業と連携して課題に取り組む「伴走型連携」を、トライアルユース検討を通じて進めていくところ
- 連携構築のための取組：試験研究炉の計画と利用内容の周知、利用の講習会・技術支援、トライアルユース、他施設との連携、県内外の産業・経済界との連携、複数企業による勉強会

令和3年度の取組 (続き)

2. 学内教育等

1) もんじゅサイトの試験研究炉セミナーの開催

- 講演：医療用RI製造、BNCT、反射率法による薄膜評価等、セミナー終了後アンケートを実施
- 参加者:37名(第1回), 29名(第2回)

大学生、大学院生の他、医学系大学教員、医学系企業、薬学系大学教員も参加

2) 福井県との共催講習会・セミナー

- 日本原子力学会若手連絡会 **Young Generation Network** 若手勉強会：福井県からの参加も含め、メーカー、大学・研究機関等の若手を中心に約50名が参加
- 講演：中性子散乱、RI製造

第23回 YGN 若手勉強会

医療・生命科学に貢献する原子炉の役割。

—新たな試験研究炉がもたらす産業イノベーションの可能性—

主催： 日本原子力学会 若手連絡会

共催： 国立大学法人 福井大学 福井県 公益財団法人 原子力安全研究協会




杉山 正明 氏 (京都大学) 新居 昌至 氏 (原子力機構)

3. 福井県による嶺南Eコースト計画に基づく取組との連携

- 福井県の試験研究炉に関する取組状況を共有し、コンソーシアム委員会で紹介

1. 概念設計

- 炉心の検討：
 - フォロワ型燃料の導入の場合の制御要素や反射体等の材質や配置
 - RI製造を行う能力を付与する可能性について、計算を行いJRR-3での製造と比較し検証する
 - 冷中性子源に関する設計の実施
- 設備・レイアウトの検討
 - 炉室、ガイドホール、ビームラインや大型実験装置について遮へい等も考慮したレイアウトの具体化
 - ホットラボラトリ等使用施設の仕様の絞込み（取扱う放射性物質、廃棄物管理も考慮）

2. 地質調査

- 現在の候補地での建設へ判断を行うための各調査の推進
 - 高角度の破碎帯、割れ目の調査（斜め方向のボーリング実施等）花崗岩風化部厚さの空間分布の把握（物理探査実施等）
 - 土石流に関するリスク評価
- 以上から詳細設計の前提となる仕様等を明らかにするとともに科学的見地から建設候補地としての妥当性を確認**

3. 運営の在り方検討

- 学術利用と産業利用の双方を調和させた開放的な運営体制の検討
 - 安全確保を最優先とした原子力施設の建設・運転と中性子ビーム利用、照射利用を行うのに適切な体制について検討着手
 - ビームラインや実験装置の維持管理、利用の促進について別の主体となる法人設置に関する実現可能性の検討

4. 地元関係機関との連携構築に向けた検討

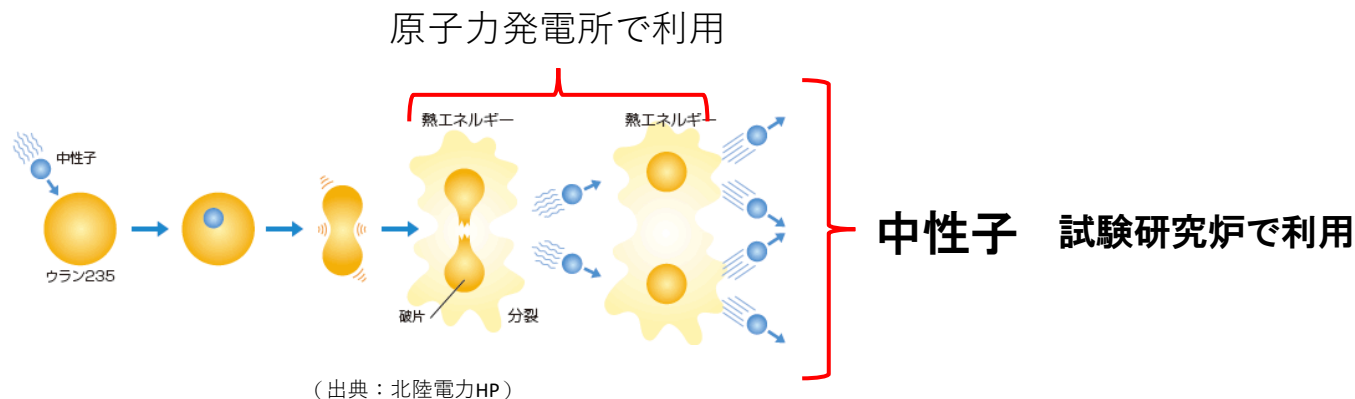
- 伴走型連携による潜在的な中性子利用需要の掘り起こし、将来のユーザーの育成のため、セミナー等の開催。トライアルユースを促進する制度や関心のある企業を支援する窓口となる主体の整備に関する検討
- 人材育成拠点とするための大学の役割や中性子利用の専門教員の配置等の検討
- 新試験研究炉の設置による経済的効果の評価

→ 以上から運営の在り方（利用運営、地元連携の在り方）について提案

以上の取組が着実に進捗し、完了を見込める状況が整った時点で、地元自治体の了解を得た上で、令和4年度中に詳細設計に着手予定。

試験研究炉：

- 中性子を利用した研究開発及び教育を利用目的とし、利用目的に適した中性子を発生させるよう設計されている



試験研究炉での中性子利用：

- 中性子散乱・微量元素分析・陽電子消滅分光は、物質の機能発現の本質に迫ることができ、高機能高分子・高性能磁石・半導体等の新材料開発イノベーションにつなげることが可能である
- 放射性同位元素 (RI) の製造や利用による医薬品 (治療薬・診断薬) の開発に貢献する
- 中性子散乱・中性子イメージングの活用による物質のミクロからマクロまでの多層階層構造の特質究明は、リチウム電池開発・燃料電池開発・インフラ長寿命化・熱交換器高性能化等へとつながる
- 中性子照射による粒子線がもたらす物質・生命構造の改変はホウ素中性子捕捉療法 (BNCT) のようながん治療 の発展に寄与する
- 中性子散乱はタンパク質の機能解明から生命の本質に迫ることが期待される

コンソーシアム委員

- 地元機関：福井県、敦賀市、福井県商工会議所連合会、敦賀商工会議所、
- 地元企業（日華化学、東洋紡）、地元研究機関（若狭湾エネルギー研究センター）
- アカデミア：日本原子力学会、日本中性子科学会、近畿大学
- 産業界：日本原子力産業協会、日本アイソトープ協会、放射線利用振興協会、中性子産業利用推進協議会
- 中核的機関の専門家

開催実績

- 第1回 令和3年3月23日 附属国際原子力工学研究所（敦賀市内）+ オンライン
- 第2回 令和3年10月22日 附属国際原子力工学研究所（敦賀市内）+ オンライン

第1回 コンソーシアム委員会における主な意見

【地元自治体】

- ・人材育成のみならず産業利用の推進を。地元企業に優先的に利用させる仕組み等を検討。
- ・KURが2026年で運転停止であり、早期の運転開始が重要。
- ・嶺南Eコースト構想の1つであり、県としても組織的に支援。
- ・経済面でどの程度地元貢献するか教えてほしい。企業の研究所等の誘致につなげたい。
- ・KURの利用実態など今後の検討の参考として詳細を知る必要がある。

【地元産業界】

- ・中性子利用は地元企業にとって未知であり、伴走型支援が重要。
- ・人材育成面では、地元企業の若手社員の育成にも役立てたい。
- ・敦賀市の地元企業は下請が多く、企業育成が重要。
- ・アクセスが悪い点について、市街地にラボを置いてリモート利用等の工夫を。
- ・原子力への若い世代の人气が下降しており、魅力の発信が必要。

【アカデミア（関係学会）】

- ・関係学会でも期待が大きく、利用の検討やセミナー開催により関心を高めたい。
- ・新規の研究炉新設は久々であり、使い勝手良く長く使われる炉にすることが重要。
- ・地域振興では、地元と共生するモデルケースにすることが重要。
- ・シンボリックな成果をどう創出するかが重要。

【原子力・放射線利用関係の産業界】

- ・先端分野だけでは支持は広がらず、医療・産業など幅広い利用が重要。
- ・利用スケジュール策定など運用の透明性確保、企業のタイムリーな利用ができる仕組みが重要。
- ・医療の裾野は広く、医療での地域振興の検討も必要では無いか。
- ・輸入に頼る医療用RI製造への期待が高く、それに適した設計が重要。
- ・合理的な規制の在り方を本格的に検討すべき。

第2回 コンソーシアム委員会における主な意見

【地元自治体】

- 産業利用のために多くの研究者が訪れていただくことが地域振興として重要な要素である
- RI製造に対する期待が高いが、価格的にメリットがある仕組みを十分検討することが重要
- 研究炉によって付加価値の高い産業を如何に作っていくかが振興には非常に重要。どんな産業が研究炉に合うか考えてほしい
- 工夫して可能な限りビームライン、ホットラボ、研究管理棟等に面積が割けるように検討してほしい
- 国の原子力政策での研究炉設置に関する位置付けを示した上で、研究炉による人材育成、経済の活性化、放射性医薬品取扱い安全性に関する正確な情報発信等をお願いしたい

【地元産業界】

- 研究炉の利用は、ビームの活用とRI製造の照射がポイント
- 研究炉を利用する場合の技術的レベルは高くないので、福井大学と連携して利用していけるようにしてほしい
- 経済界としては、研究炉を活用する以上、地域を盛り上げたいとの強い思いがある。
- ボーリング調査では、他で破砕帯で揉めている状況があるので、しっかりと調査して欲しい。

【アカデミア（関係学会）】

- 中核的機関の各WGの連携（特にWG1とWG2）は重要
- 冷中性子源としての役割が重要でJRR-3で検討されたノウハウを活かして行くと、その上回る性能をもつ研究炉が期待できる
- 産業利用の推進のため、中性子利用のベースとなる人材育成、専門家を育成できる環境を整備して伴走型支援を可能にしてほしい。冷中性子の利用の人材育成も必要
- 研究炉は原子力学会としても悲願の一つで必要性、魅力があるものとして企画していただきたい。一方、学会では、研究炉の認知度はまだ高くないため、ニーズを聞き、知恵を出してもらおう取組も必要。協力は惜しまないので是非行って欲しい。
- 大学教育の中で研究炉の計画が進んでいることを教材、講義の中で広めることが、これから関わってくる人達に必要な

【原子力・放射線利用関係の産業界】

- 物質構造解析には、中性子回析に加えてX線回析が使われている。X線や放射光の利用を薦めることも考えて欲しい
- 計画段階から廃止措置あるいはリプレースを考慮して進めるべき
- RI精製等を考えた場合、建物・付属施設も必要。
- 沢山のビーム実験孔を挿入できるように考えてほしい

