

もんじゅサイトに設置する新たな試験研究炉 について

令和5年3月

日本原子力研究開発機構

【H28.12】新たな試験研究炉の設置

- 原子力関係閣僚会議において、「もんじゅ」を廃止措置に移行する旨の政府方針を決定した際、将来的に「もんじゅ」サイトを活用し、新たな試験研究炉を設置することとされた。

【R2.5】炉型候補の選定

- 文部科学省は、新たな試験研究炉に関する調査を実施(H29～R1)。炉型候補を複数選定。

【R2.9】中出力炉への絞り込みと概念設計等の公募

- 文部科学省は、地元福井県・敦賀市の意見聴取、文科省の審議会での議論を経て、中性子ビーム利用を主目的とした試験研究炉に絞り込んだ。
 - 西日本における原子力の研究開発・人材育成の中核的拠点としてふさわしい機能の実現と地元振興への貢献の観点で絞り込み
 - 2020年度より概念設計に着手し、2022年度中に詳細設計を開始

【R2.11】概念設計等の開始

- 原子力機構、京都大学及び福井大学が文部科学省委託事業の中核的機関として採択され、概念設計及び運営の在り方検討を開始した。

【R4.12.23】実施主体の選定

- 文部科学省は、「もんじゅ」サイトに設置する新たな試験研究炉の詳細設計段階以降の実施主体に、京都大学及び福井大学と連携して進めるものとして、原子力機構を選定した。

【R5.1.26】説明会の開催

- 「もんじゅサイト試験研究炉の企画競争方式による調達に向けた説明会」を開催。

【R5.3.24】第5回コンソーシアム委員会の開催

- 第5回コンソーシアム委員会を開催し概念設計状況を報告
 - 資料公開中：<https://www.jaea.go.jp/news/newsbox/2023/032401/s01.pdf>



※1 予備的調査(1年目)
本格調査(2年目、3年目)

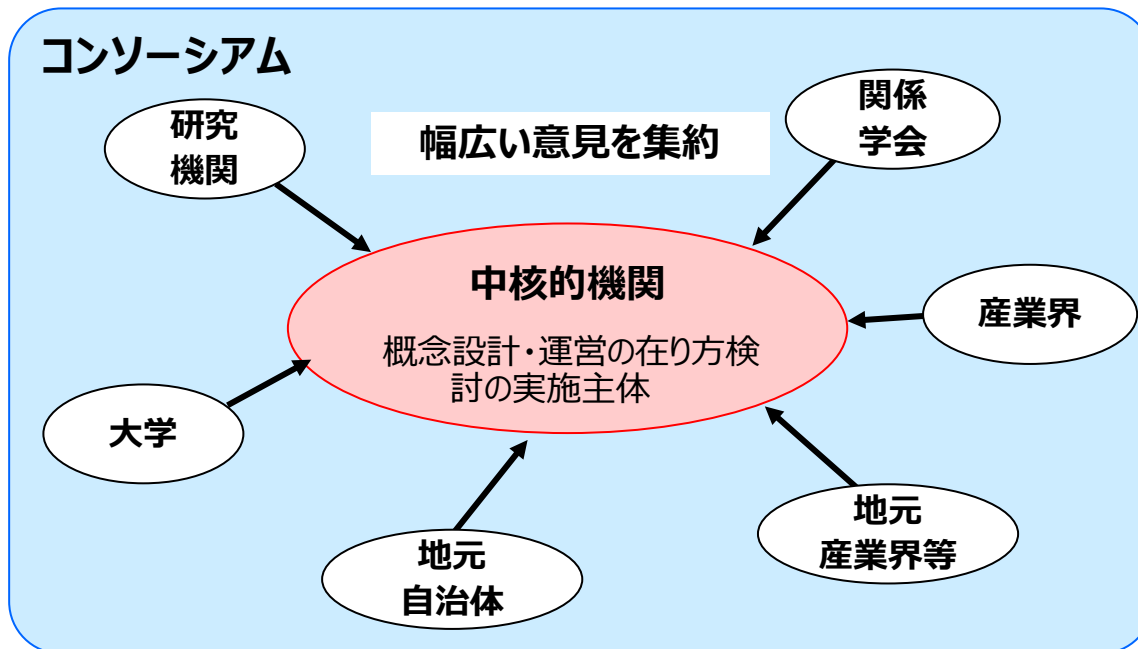
※2 設置許可取得及び建設のための
設工認取得に向けた詳細設計

※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

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	詳細設計 ・R4年度中に詳細設計を開始すべく取組む ・コンソーシアムを通して利活用に関するニーズや意見を集約
地質調査	予備的調査	本格調査		
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

(R2~4の概念設計段階における体制)

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



第5回コンソーシアム委員会 議事次第

1. 日時 令和5年3月24日（金） 12：30～14：30
2. 場所 福井大学附属国際原子力工学研究所(第1講義室) ZOOM会議室
3. 出席者

コンソーシアム参画機関委員（五十音順）

新井史朗 委員、池澤俊之 委員、石塚博英 委員、稲継崇宏 委員、奥井純子 委員、加倉井和久 委員、川村慎一 委員、畑澤順 委員、船城健一 委員、森井幸生 委員、山西弘城 委員、吉岡研一 委員、吉川幸文 委員

中核的機関委員（五十音順）

宇埜正美 委員、杉山正明 委員、辻本和文 委員、中島健 委員、早船浩樹 委員、日野正裕 委員、福元謙一 委員、米沢晋 委員

その他の出席者

新井知彦 原子力課長（文部科学省）

峯尾英章 新試験研究炉準備室長、松本英登 同次長（JAEA）

4. 議題

- (1) 開会挨拶
- (2) 各委員の紹介、及び配付資料の確認
- (3) 中核的機関の活動状況について

・新試験研究炉の設計・設置・運転及び地質調査（WG1）活動報告

・新試験研究炉における幅広い利用運営（WG2）活動報告

・地元関係機関との連携構築（WG3）活動報告

・令和5年度以降のコンソーシアム委員会及びWGの取扱いについて

- (5) 閉会挨拶

コンソーシアム参画機関委員 (五十音順・敬称略)

新井 史朗 日本原子力産業協会 理事長
池澤 俊之 敦賀市 副市長
石塚 博英 若狭湾エネルギー研究センター 理事長
稲継 崇宏 日華化学株式会社 取締役執行役員CTO
界面科学研究所長
奥井 純子 敦賀商工会議所 専務理事
加倉井 和久 日本中性子科学会 会長
川村 愼一 日本原子力学会 会長
嶋田 浩昌 福井県商工会議所連合会 専務理事
畑澤 順 日本アイソトープ協会 専務理事
船城 健一 東洋紡株式会社 総合研究所
分析センターリーダー
森井 幸生 放射線利用振興協会 中性子利用技術部
部長
山西 弘城 近畿大学 原子力研究所 所長
吉岡 研一 中性子産業利用推進協議会 運営委員会
委員長代理
吉川 幸文 福井県 地域戦略部長

中核的機関委員 (五十音順・敬称略)

宇埜 正美 福井大学 附属国際原子力工学研究所 所長
杉山 正明 京都大学 複合原子力科学研究所 教授
辻本 和文 日本原子力研究開発機構 原子力科学研究
部門 原子力基礎工学研究センター
副センター長
中島 健 京都大学 複合原子力科学研究所 所長
早船 浩樹 日本原子力研究開発機構
高速炉・新型炉研究開発部門 副部門長
日野 正裕 京都大学 複合原子力科学研究所 教授
福元 謙一 福井大学 附属国際原子力工学研究所 教授
米沢 晋 福井大学 産学官連携本部 本部長

新試験研究炉の設計・設置・運転 及び地質調査(WG1)活動報告

日本原子力研究開発機構
辻本 和文・峯尾 英章

文科省委託事業「もんじゅサイトに設置する新たな試験研究炉の
概念設計及び在り方検討」に係る
第5回コンソーシアム委員会

令和5年 3月 24日
福井大学附属国際原子力工学研究所

1. 炉心概念検討の現状報告

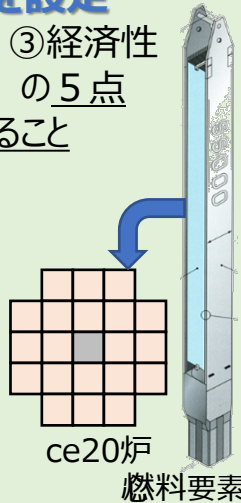
- ✓ 反応度効果の解析結果
- ✓ 運転計画検討に向けた予備検討

2. 地質調査及びもんじゅ敷地内における建設候補地の検討結果

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
 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



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

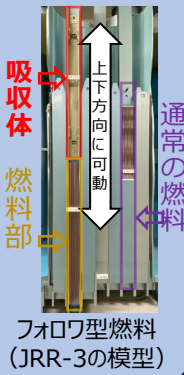
原子炉の性能を検討

✓ **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

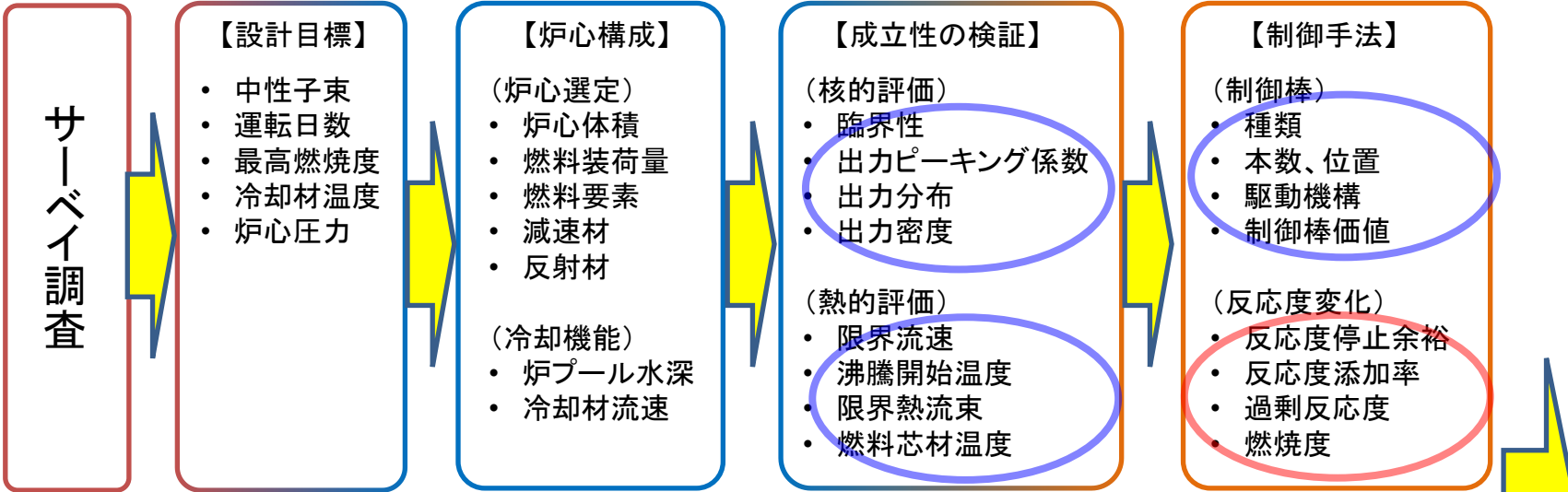
✓ **制御手法を検討**
 ・炉の制御手法として、
2種類の方法を検討
 (フォロー型燃料／平板型)
 ・今後、工学的に成立す
 るかを踏まえて選定



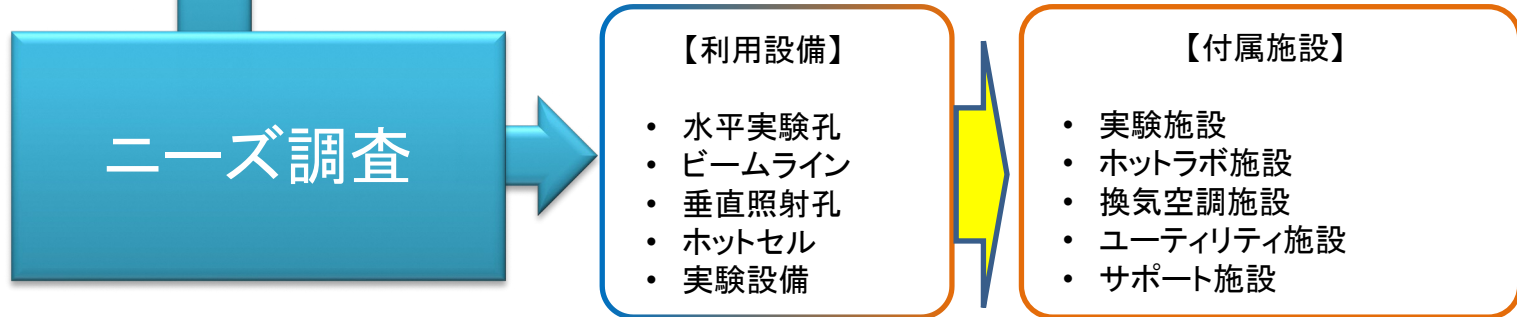
原子炉の成立性を検討
制御手法を検討



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

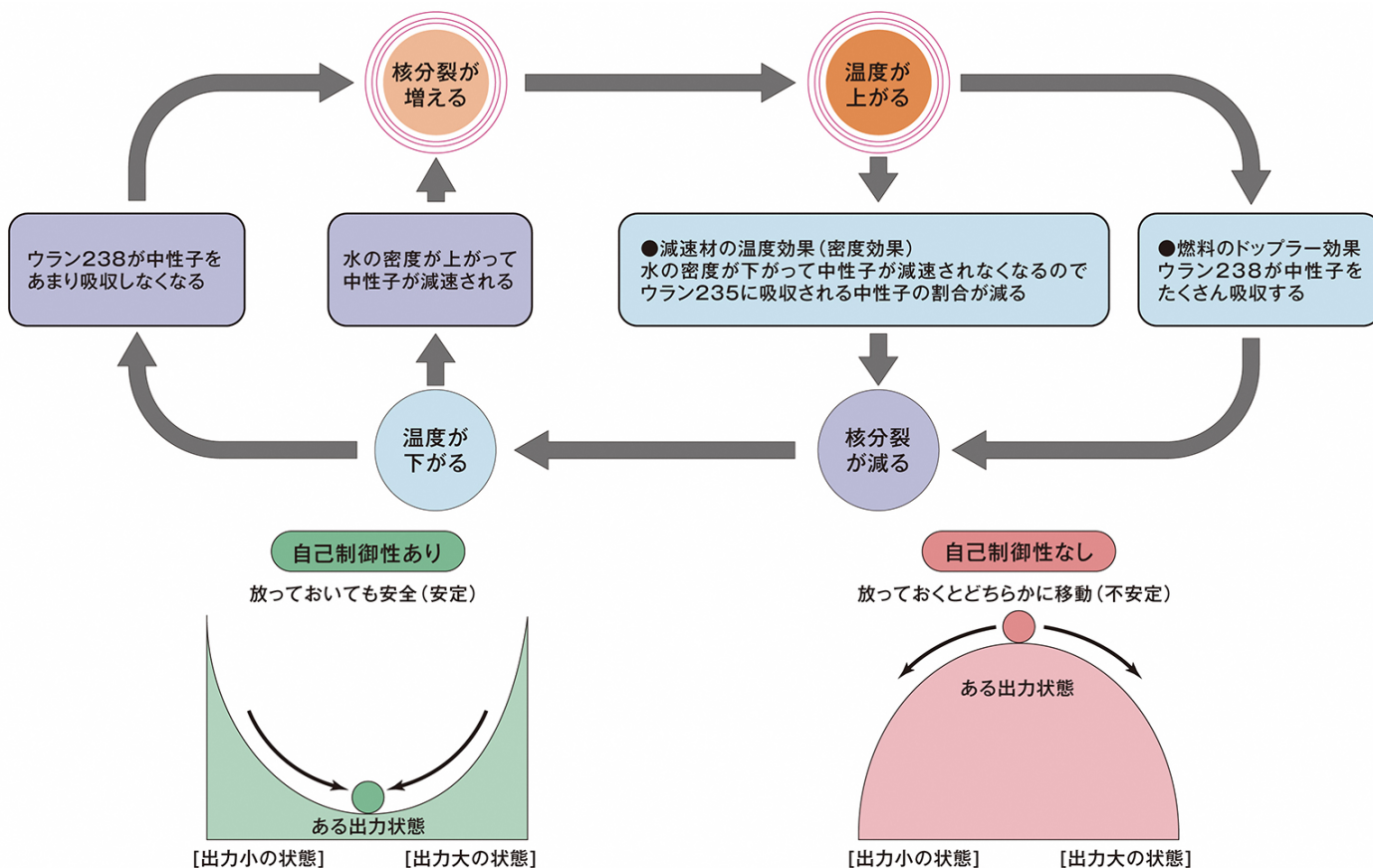


※ R4年度前半実施、R4年度後半実施



設計仕様・全体レイアウト

目的：出力抑制特性を有することの確認（原子炉の出力が変化した時に、それを抑える特性を有している）。



原子炉の固有の安全性(自己制御性)

(出典:原子力・エネルギー図面集(日本原子力文化財団))

原子炉の反応度効果とは？

原子炉内で何らかの変化が起こったときに、原子炉出力が変化する効果。反応度係数は、原子炉出力の変化の割合を示す指標。

減速材温度係数

減速材(炉心燃料の冷却水)の温度変化(密度変化、中性子との反応率の変化)による原子炉出力の変化する割合を示す指標。

減速材ボイド係数

減速材(炉心燃料の冷却水)中に気泡が発生したときの原子炉出力の変化する割合を示す指標。

ドップラー係数

燃料温度の上昇(中性子との反応率の変化)による原子炉出力の変化する割合。

例えば、JRR-3の原子炉特性の基本方針に関する設計条件では、以下のように設計方針が定められている。

原子炉の炉心及びそれに関連する原子炉冷却系は、全ての運転範囲で急速な固有の負の反応度フィードバック特性を有する設計とする。

原子炉は、出力運転中に何らかの原因で出力が上昇することがあっても、**減速材温度効果**、**減速材ボイド効果**、**ドプラ効果**等による固有の負の反応度フィードバック特性により、出力上昇を抑制する設計とする。このうち、**減速材温度効果**及び**ボイド効果**は、それぞれ温度上昇及びボイド発生に伴う減速材密度の変化を介して得られる反応度フィードバックであり、これらがいかなる状態においても負の反応度フィードバック特性を有するように設計する。

また、**ドプラ効果**は、燃料温度の変化に対する反応度変化の割合であり、急激な反応度増加があった場合も十分な出力抑制効果を有するように常に負になるように設計する。

…（後略）

- ce20炉心を対象として、JRR-3の解析条件を参考に、**冷却材温度係数**、**冷却材ボイド係数**、**ドップラ係数**を評価した。今回の検討で得られた反応度係数とJRR-3の安全評価で用いられている反応度係数と比較して以下に示す。

	新試験研究炉	JRR-3安全評価
冷却材温度係数 ($\times 10^{-4}$ dk/k/ $^{\circ}$ C)	-2.1 ~ -2.5	-1.7 ~ -2.6
冷却材ボイド係数 ($\times 10^{-3}$ dk/k/%void)	-2.7 ~ -5.9	-2.1 ~ -3.8
ドップラ係数 ($\times 10^{-5}$ dk/k/ $^{\circ}$ C)	-1.8 ~ -2.6	-1.4 ~ -2.7

- 今回の検討の結果、想定される通常の運転条件では、上記の反応度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。
- 今回の検討結果は、JRR-3の安全評価で用いた数値とほぼ一致しており、今回の評価が妥当であると推測できる。

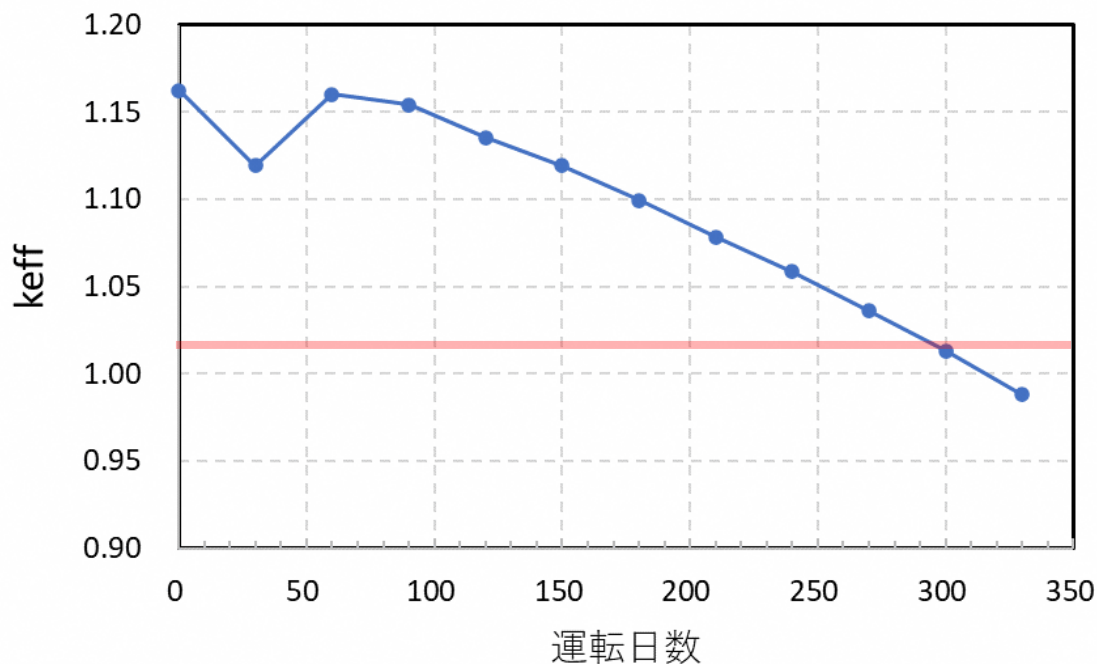
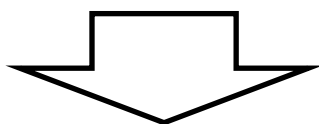


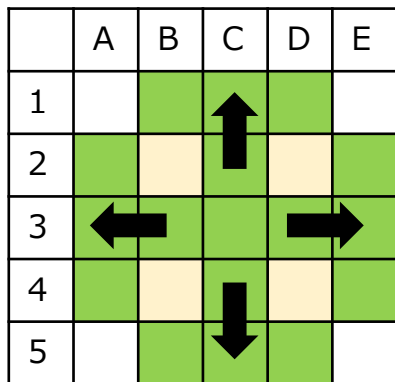
表 300日目でのU-235変化率
(300日目/初期時)

	A	B	C	D	E
1		0.57	0.58	0.57	
2	0.57	0.54	0.52	0.54	0.57
3	0.58	0.53		0.53	0.58
4	0.57	0.54	0.52	0.54	0.57
5		0.57	0.58	0.57	

- 新燃料で構成された炉心は、約300日運転することができる。
- 燃料要素体によっては、約60%の²³⁵Uが残っており（燃焼度約40%）、燃料要素ごとの位置交換（シャフリング）によって燃焼度向上が期待できる。



特にC2, B3, D3, C4の燃焼度が高く、この4本を新燃料に置き換えることを検討



C2 ⇒ C1
 B3 ⇒ A3
 D3 ⇒ E3
 C4 ⇒ C5

(旧C2, B3, D3, C4には新燃料を装荷)

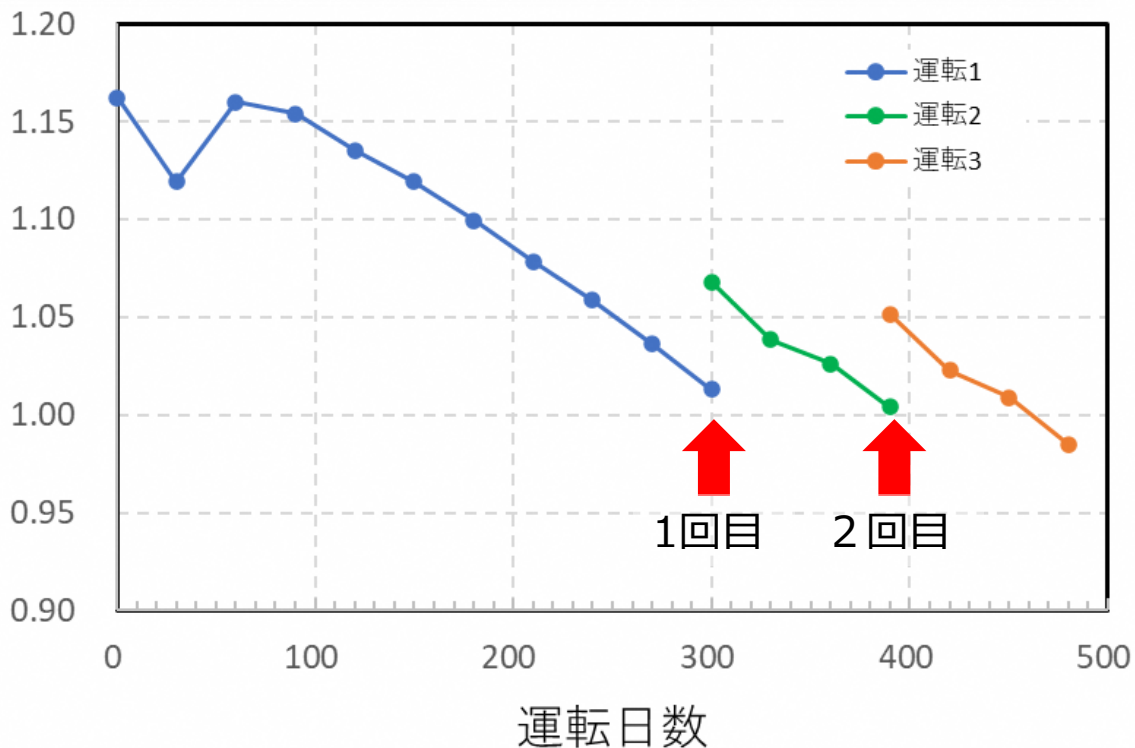


表 450日目でのU-235変化率 (450日目/初期時)

	A	B	C	D	E
1		0.39	0.72	0.39	
2	0.39	0.35	0.87	0.35	0.39
3	0.72	0.87		0.87	0.72
4	0.39	0.35	0.87	0.35	0.39
5		0.39	0.72	0.39	

- 2回のシャプリングによって運転可能日数を450日に増加 (150日増加) 可能。実質6本の追加(4×1.5)で150日増加しており、全てを新燃料で置き換えるより燃料効率が良い (150日は10本相当)。
- ²³⁵Uは39%まで減っており(燃焼度61%)、燃料の有効活用に役立っている。

試験研究炉の定期検査は、法に基づき約一年に一回運転を停止し、機器に応じた必要な点検、検査を行うこととなっている。点検箇所によっては分解や取替え等の工事を行い、また、運転停止しているときのみ工事ができるような安全対策等もあわせて行う場合があるため、ある程度の期間を要する。

【主要な定期検査対象検対象】

系統	対象機器	点検期間
冷却系	1次冷却材ポンプ	1ヶ月
	2次冷却材ポンプ	3週間
	浄化系設備	1ヶ月
制御系	制御棒駆動装置	1ヶ月
計測系	計測制御装置	2～3ヶ月
	安全保護系	2～3ヶ月
	プロセス放射能監視設備	1ヶ月
換気空調系	給排気設備点検	1ヶ月
非常用系	非常用電源設備	1週間
	非常用排気設備	2週間
利用系	利用設備	1ヶ月
	CNS設備	3ヶ月
その他	地震計	2ヶ月

- 点検は設備・機器ごとに並行して行うことはできるが、3か月の点検期間を要する。
- 点検期間の他に自主検査（2週間）及び定期事業者検査（2週間）を要する。
- 1年間のうち4か月は原子炉を停止する必要がある。

○定期検査間隔の適正化

(試験研究の用に供する原子炉等の設置、運転等に関する規則)

第三条の八 定期事業者検査は、試験研究用等原子炉施設について、**定期事業者検査が終了した日以降十二月を超えない時期** (**判定期間が十三月以上であるものとして原子力規制委員会が別に指定した場合は、その指定した時期**) ごとに行うものとする。

- 新試験研究炉の定期検査間隔については、安全機能を有する機器の技術的評価により最適な保全方式、点検間隔を検討し、機器の特性に応じた点検間隔を設ける。

○高稼働率の確保

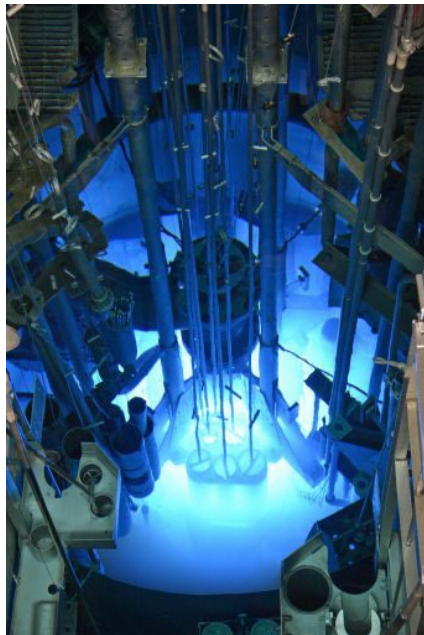
利用者からの需要を満たし安定した学術利用及び産業利用に供するには、新試験研究炉の高稼働率を確保して利用時間を十分に確保することが重要となる。

- 利用設備の異常が原子炉の運転に影響を与えない仕組みとし、原子炉が計画外停止するリスクを最小限にする。
- 汎用性の高い機器の使用と共に、維持管理及び交換の容易な機器を開発するなど、計画外停止しても安全かつ円滑に再稼働できる仕組みを取り入れる。

新試験研究炉の利用率（稼働率）向上にあたっては、使用済燃料の年間発生量が増えることを考慮する必要がある。

ミズーリ州立大学研究炉(MURR)

- ✓ 熱出力10MW、軽水冷却高濃縮ウラン燃料。
- ✓ 1966年運転開始、2017年に今後20年間の運転許可取得。
- ✓ 高稼働率運転実績(6.5日/週、52週/年)。例えば、2021年は約90%の稼働率(※11回の計画外停止)。
- ✓ 人件費を含めた運営費の85%が自己資金(照射利用等)。



Month	Full Power Hours	Megawatt Days	Full Power (% of total time)	Full Power (% of scheduled*)
January	681.34	283.94	91.6	102.5
February	602.71	251.23	89.7	100.5
March	653.48	272.36	87.8	98.3
April	563.24	234.77	78.2	87.7
May	662.00	275.93	89.0	99.6
June	655.80	273.33	91.1	102.1
July	682.55	284.45	91.7	102.7
August	656.29	273.56	88.2	98.8
September	655.59	274.06	91.1	102.1
October	669.15	278.87	89.9	100.7
November	614.26	256.11	85.3	95.7
December	622.35	259.40	83.6	93.7
Total for the Year	7,718.76	3,218.01	88.11	98.71

1. 炉心概念検討

- ✓ 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。

2. 地質調査及びもんじゅ敷地内における 建設候補地の検討結果について

まわりの斜面の地質（破砕帯）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）

候補地の地下の様子を確認するた
めのボーリング調査
（令和2年度、令和3年度）



調査位置

実施内容

- ・地表地質踏査
- ・ボーリング調査（深度200m）もんじゅの協力を得て、外注で実施
- ・ボーリングコアの分析 東濃地科学センターの協力を得て、直営で実施

第3回コンソーシアム委員会（令和3年3月22日）での報告

○第1回技術検討会(※)の結果を受けた対応として

- 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

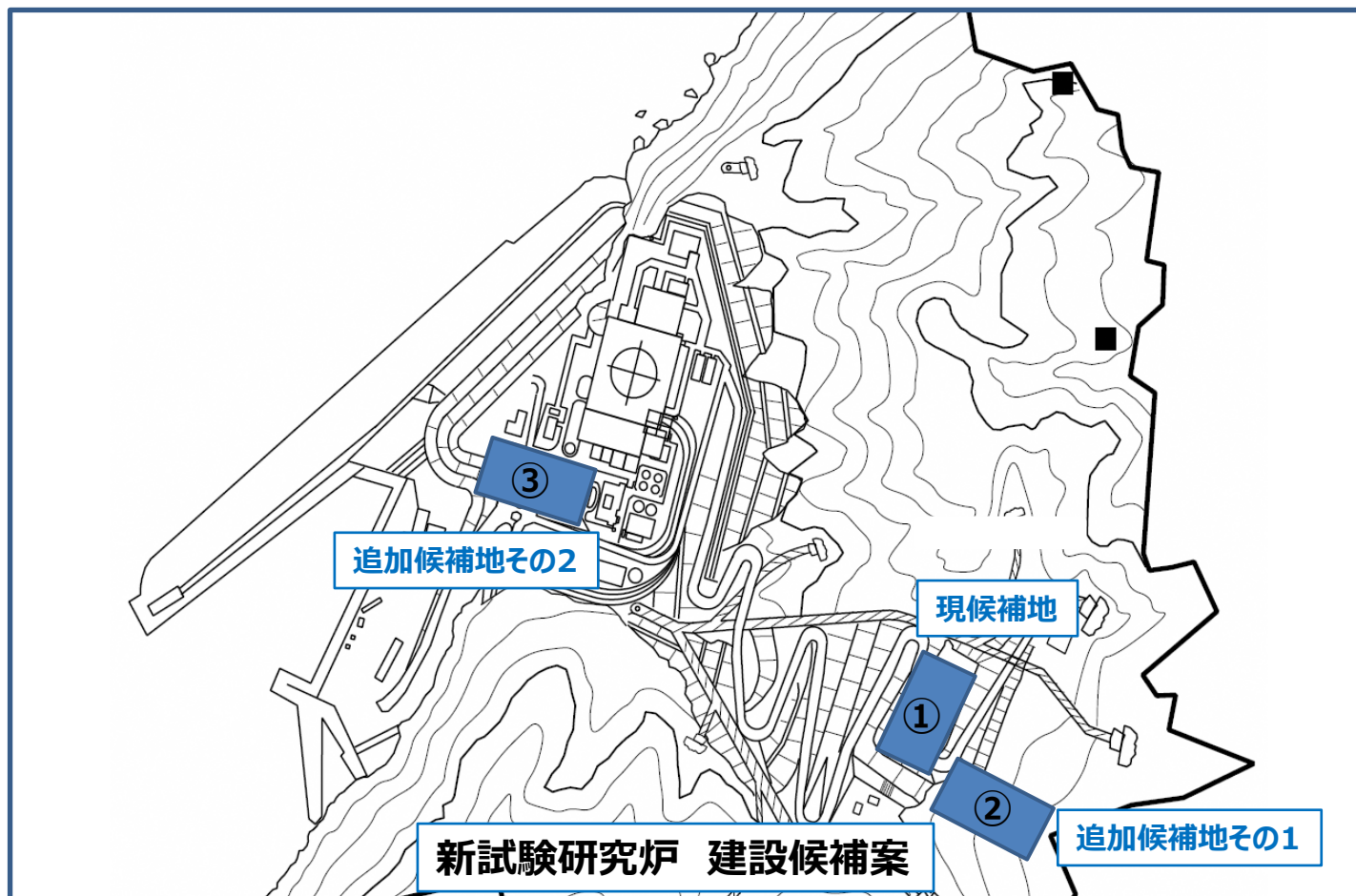
※：原子力機構が文科省から受託する事業の一環で実施している、もんじゅサイトに設置される新たな試験研究炉の建設候補地において実施した地質調査データの分析及び今後の地質調査計画に関して、学識経験を有する者による評価を行うことにより、その科学的妥当性を確認するとともに、事業の適切な実施に資する助言を得る

令和4年度における調査

- 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の評価に関する予備的検討をもんじゅサイト内の複数の地点について実施
- 第5回コンソーシアム委員会にて検討結果を報告

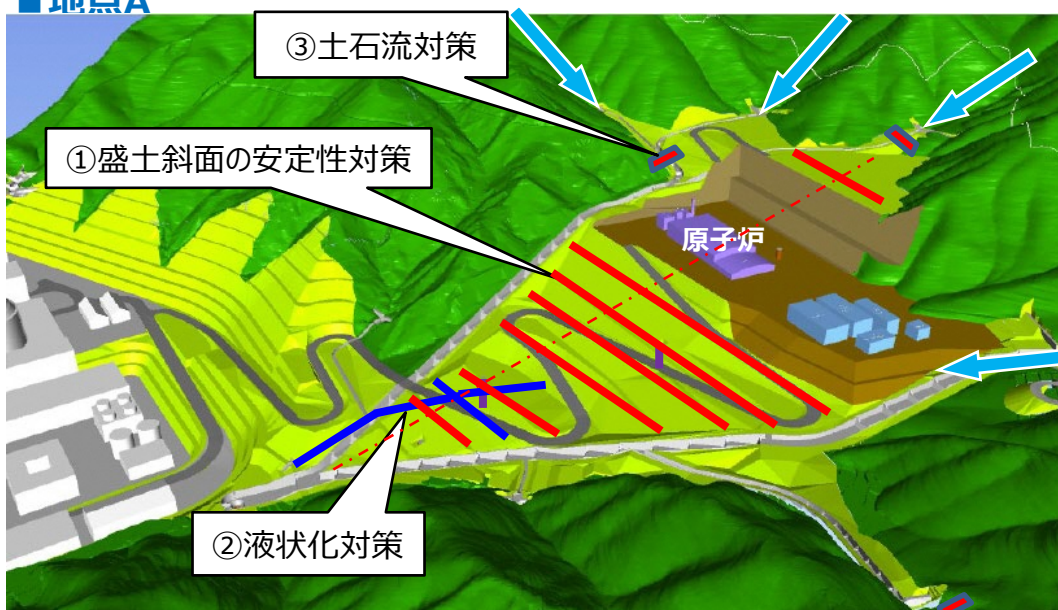
建設候補地の位置

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

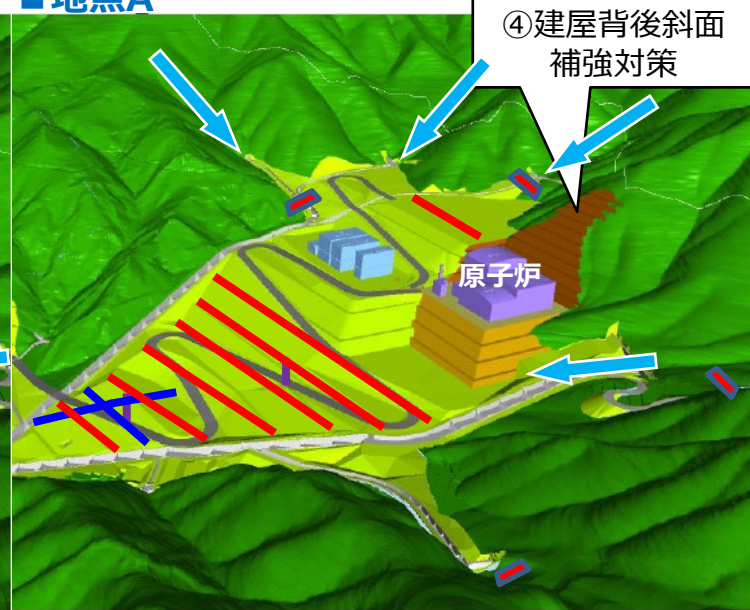


下図に示す通り、地点A、地点A'に対して①盛土斜面の安定性対策、②液状化対策、③土石流対策、④建屋背後斜面補強対策を行う。

■ 地点A



■ 地点A'



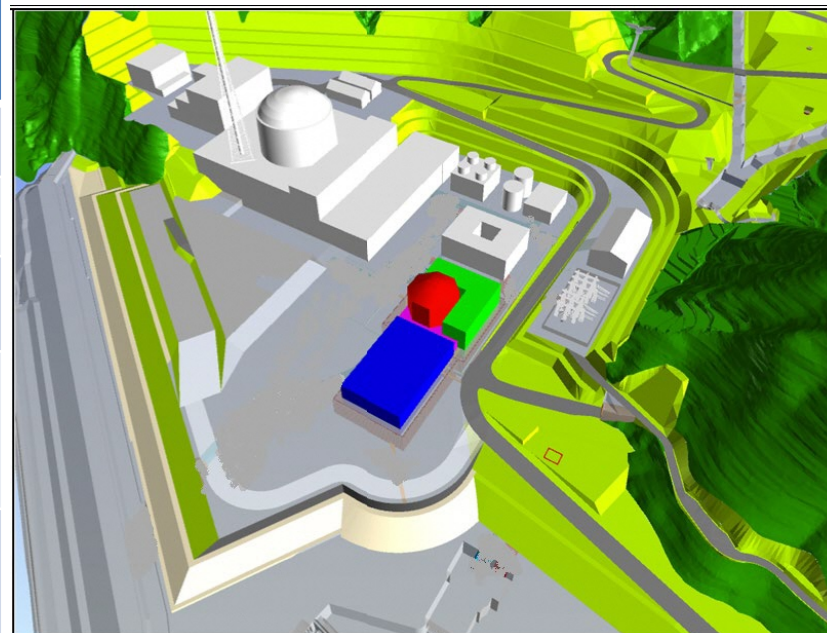
地点A（資材置場案）		億円	地点A'（尾根案）		億円
項目	工法等	総額	項目	工法等	総額
盛土斜面の安定性対策	コンクリート置換	約180億円	盛土斜面の安定性対策	コンクリート置換	約200億円
建屋背後斜面補強	上記、盛土斜面の安定性対策に含む		建屋背後斜面補強	ロックアンカー等	
土石流対策	砂防ダム4基		土石流対策	砂防ダム4基	
地下排水補強			地下排水補強		
敷地造営+道路+基礎工事			敷地造営+道路+基礎工事		

<補足>

- ・盛土斜面の安定性対策は、基準地震動を1000Galと想定した場合の盛土斜面安定性評価を反映したもの。
- ・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"> ・海側への拡張工事が必要 ・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 ・現候補地と同規模の敷地を確保できる見通し
評価／課題	<ul style="list-style-type: none"> ・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 ・ナトリウム搬出路の調整が必要 ・詳細な地質、基礎地盤安定性は今後要調査



- 「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レビュー**など、専門的検討を行ってきた。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**が示された。
- これを受け、**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月以降、文科省の審議会において、委託事業の成果報告と合わせて、上記の検討結果について報告予定。

令和5年度以降のコンソーシアム委員会 及びワーキンググループ（WG1-3）の取 扱いについて

日本原子力研究開発機構
松本 英登

文科省委託事業「もんじゅサイトに設置する新たな試験研究炉の概
念設計及び在り方検討」に係る
第5回コンソーシアム委員会

令和5年 3月 24日
福井大学附属国際原子力工学研究所

令和5年度以降のコンソーシアム委員会及びワーキンググループ（WG1-3）の取扱いについて

- 令和5年度以降も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、本委員会を「コンソーシアム会合」として引き続き開催したいと考えており、現在の構成員の皆様にはご協力をお願いしたい

- 本会合に進捗状況を報告する枠組みであったワーキンググループ（WG1-3）の取扱いは、以下のようにしたい
 - WG1 機構と専門企業による詳細設計Ⅰのステージに入ることを踏まえ、今後は原子力機構から設計作業等についての進捗を報告する形とする

 - WG2 京都大学が中心となって実験装置の開発を進めていく体制が取られることを踏まえ、今後は京大から進捗を報告する形とする

 - WG3 「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」に改組し、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。今後、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の事務局機能については、原子力機構が担う。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