

高レベル放射性廃棄物等の地層処分
に関する技術開発委託費

中間評価報告書

2025年5月

産業構造審議会 イノベーション・環境分科会
イノベーション小委員会 評価ワーキンググループ

はじめに

研究開発の評価は、研究開発活動の効率化・活性化、優れた成果の獲得や社会・経済への還元等を図るとともに、国民に対して説明責任を果たすために、極めて重要な活動であり、このため、経済産業省では、「国の研究開発評価に関する大綱的指針」（平成28年12月21日、内閣総理大臣決定）等に沿った適切な評価を実施すべく「経済産業省研究開発評価指針」（令和7年4月改正）を定め、これに基づいて研究開発の評価を実施している。

経済産業省において実施している「高レベル放射性廃棄物等の地層処分に関する技術開発委託費」は、処分事業の操業開始までの長期的な展開を視野に入れ、具体的な地点を対象とした調査評価のための基盤となる技術を先行的に整備し、処分事業等の円滑化を図ること、また、将来世代が最良の処分方法を選択できるよう、代替オプションに関する技術開発を並行して進めることを目的として、1998年度より実施しているものである。

今般、外部評価者から本事業に係る事業実施の意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋・目標達成状況・マネジメントの妥当性について経済産業省研究開発評価指針に基づく標準的評価項目・評価基準を踏まえて評価いただき、その評価結果としてとりまとめられた「高レベル放射性廃棄物等の地層処分に関する技術開発委託費 中間評価報告書」の原案について、産業構造審議会 イノベーション・環境分科会 イノベーション小委員会 評価ワーキンググループ（座長：鈴木 潤 政策研究大学院大学教授）において審議し、了承した。

本書は、これらの評価結果を取りまとめたものである。

2025年5月

産業構造審議会 イノベーション・環境分科会
イノベーション小委員会 評価ワーキンググループ

【本中間評価の審議経過】

- ◆ 産業構造審議会イノベーション・環境分科会イノベーション小委員会
評価ワーキンググループ 委員

(2025年5月26日現在)

座長 鈴木 潤 政策研究大学院大学 教授

秋澤 淳 東京農工大学大学院生物システム応用科学府 教授

上條 由紀子 九州工業大学社会実装本部未来思考実証センター 特任教授・弁理士

竹山 春子 早稲田大学先進理工学部生命医科学科 教授

徳永 朋祥 東京大学大学院新領域創成科学研究科環境システム学専攻 教授

浜田 恵美子 日本ガイシ株式会社 取締役

渡邊 直子 北海道大学大学院工学研究院 教授

(座長除き、五十音順)

【本研究開発評価に係る省内関係者】

事業担当部署 資源エネルギー庁 電力・ガス事業部 放射性廃棄物対策課長 横手 広樹
評価担当部署 イノベーション・環境局 研究開発課長 大隅 一聡

目次

【事業情報】	1
第1章 評価ワーキンググループ委員からの評価結果	5
1. 評点法による評価結果.....	6
2. 評価コメント	7
3. 評価コメントに対する対処方針	13
第2章 評価対象事業に係る資料	21

【事業情報】

事業名		予算事業 ID : 003823 高レベル放射性廃棄物等の地層処分に係る技術開発委託費 【上位事業：最終処分を含むバックエンドプロセス加速化事業】					
担当部署		経済産業省 資源エネルギー庁 電力・ガス事業部 放射性廃棄物対策課					
事業期間		1998 年度 ～ 2027 年度（予定） 評価時期：中間（2005 年度、2008 年度、2010 年度、2013 年度、2016 年度、2019 年度、2022 年度、2025 年度）、終了時（2028 年度（予定））					
予算額		2020 年度	2021 年度	2022 年度	2023 年度	2024 年度	総額
	（予算）	37.9 億円	37.9 億円	35.0 億円	37.0 億円	36.6 億円	184.8 億円
	（執行）	35.6 億円	36.0 億円	34.1 億円	34.2 億円	35.7 億円	176.5 億円
上位施策及び KPI		・第 7 次エネルギー基本計画：Ⅴ. 3. (3) ②（ウ）(d) 高レベル放射性廃棄物の最終処分にに向けた取組の抜本強化 ・地層処分研究開発に関する全体計画（令和 5 年度～令和 9 年度）：3. 研究開発項目と内容					
事業目的		高レベル放射性廃棄物等の地層処分は、将来世代へ負担を先送りしないためにも、着実に実施する必要がある。そこで、処分事業の操業開始までの長期的な展開を視野に入れ、具体的な地点を対象とした調査評価のための基盤となる技術を先行的に整備し、処分事業等の円滑化を図る。また、将来世代が最良の処分方法を選択できるよう、代替オプションに関する技術開発を並行して進める。					
事業内容		「地層処分研究開発に関する全体計画（令和 5 年度～令和 9 年度）」に基づき研究開発項目を設定し、下記の内容の研究開発を実施。 ① 地質環境長期安定性総合評価技術開発（2022 年度までの地質環境長期安定性評価技術高度化開発の後継事業） 地層処分に適した地質環境の選定及びモデル化に関連して調査・評価が求められる、火山・火成活動、深部流体の移動・流入、地震・断層活動、隆起・侵食といった自然現象の影響について、調査・評価技術の適用可能条件や適用限界の確認を通じた技術的信頼性の工法を図るための研究開発 ② 地層処分施設施工・操業技術確証試験（2022 年度までの地層処分施設閉鎖技術確証試験と回収可能性技術高度化開発を再編） 地層処分の候補サイトの様々な地質環境条件に対して柔軟に処分場の設計を可能とするための設計の最適化及び詳細化に向けた、人工バリア等の個別の地下構成要素を対象とした技術開発とその成果を統合してシステムとして組み合わせた場合の成立性の確認、様々な技術オプションの安全性や実現性の向上に向けた検討 ③ 沿岸部地質環境調査・処分システム評価統合化技術開発（2023 年度までの沿岸部処分システム評価確証技術開発の後継事業） わが国における沿岸海底下の地質環境を対象に概要調査段階に必要な地下環境の調査制度の向上に向けた技術開発、既存技術の有効性の確認、沿岸海底下特有の地質環境を加味した施設設計と安全評価技術を含めた処分システムの統合化にむけた研究開発					

	④ 地層処分安全評価確証技術開発（2022 年度までのニアフィールドシステム評価確証技術開発、TRU 廃棄物処理・処分技術高度化開発、岩盤中地下水流動評価技術高度化開発を再編） サイト選定プロセスの展開を念頭に、実際のサイトの地質環境条件や処分システムの長期変遷等をより現実的に考慮した評価による、複数の候補母岩、工学オプションから最適な組み合わせを選択していくことを可能とするための評価技術の開発 ⑤ 直接処分等代替処分総合評価技術開発（2022 年度までの直接処分等代替処分技術高度化開発の後継事業） 使用済燃料の直接処分に係る人工バリアの成立性の評価の高度化への対応、地質環境条件や使用済燃料の多様性への対応等に係る技術開発、およびその他代替オプション等に係る諸外国の最新の知見の拡充		
アウトカム指標		アウトカム目標 / 目標値	達成状況
短期目標 2024 年度	① 抽出した技術の適用可能条件や適用限界の確認、合理的・体系的にサイト調査を実施するための方法論の検討に必要な延べ検討項目数	要素技術の統合化に向けた筋道立て／11 項目	達成
	② 処分場の建設・操業・閉鎖に係る技術、及び基本方針において示された廃棄体の回収技術に関する工学的成立性の確認に必要な延べ検討項目数	要素技術の統合化に向けた筋道立て／8 項目	達成
	③ 沿岸部固有の地質環境を踏まえた概要調査段階から精密調査段階で必要となる地質環境の調査・工学に関する技術開発に必要な延べ検討項目数	要素技術の統合化に向けた筋道立て／9 項目	達成
	④ ニアフィールドにおける安全性の評価や地質環境～表層環境（生活圏）の特徴を反映可能な安全性の評価に必要な延べ検討項目数	要素技術の統合化に向けた筋道立て／23 項目	達成
	⑤ 直接処分システムの成立性の検討に必要な延べ検討項目数	要素技術の統合化に向けた筋道立て／4 項目	達成
長期目標 2027 年度	① 合理的・体系的にサイト調査を実施するための方法論の整備に関する技術開発の達成件数	構築した要素技術の統合化による、処分事業のプロセスにおける地質環境調査～設計・施工・操業～安全評価の一連の流れの実現性についての総括的に取りまとめ／2 件	達成見込み
	② 処分場の建設・操業・閉鎖に係る技術、及び基本方針において示された廃棄体の回収技術に関する工学的成立性の実証に関する技術開発の達成件数	構築した要素技術の統合化による、処分事業のプロセスにおける地質環境調査～設計・施工・操業～安全評価の一連の流れの実現性についての総括的に取りまとめ／3 件	達成見込み

	③ 沿岸部固有の地質環境特性を考慮した調査・評価技術の体系的な整備に関する技術開発の達成件数	構築した要素技術の統合化による、処分事業のプロセスにおける地質環境調査～設計・施工・操業～安全評価の一連の流れの実現性についての総括的に取りまとめ／2件	達成見込み
	④ ニアフィールドにおける安全性の評価や地質環境～表層環境（生活圏）の特徴を反映可能な実用的かつ体系的な安全性の評価に関する技術開発の達成件数	構築した要素技術の統合化による、処分事業のプロセスにおける地質環境調査～設計・施工・操業～安全評価の一連の流れの実現性についての総括的に取りまとめ／5件	達成見込み
	⑤ 直接処分システムの成立性の検討に向けた技術基盤の整備に関する技術開発の達成件数	構築した要素技術の統合化による、処分事業のプロセスにおける地質環境調査～設計・施工・操業～安全評価の一連の流れの実現性についての総括的に取りまとめ／2件	達成見込み
アウトプット指標		アウトプット目標 / 目標値	達成状況
中間目標 2024 年度	技術開発により得られた成果の外部発表数	目標値設定無し ・研究開発成果を積極的に発信しつつ、査読付き論文の掲載等による信頼性の向上を図る。 ・国際的な情報発信も積極的に行う。	329 件（うち査読付論文掲載数 52 件、国際学会発表 50 件）の外部発表により研究成果を発信し、開発した技術の信頼性向上に務めた。
最終目標 2027 年度	① 処分事業の円滑な推進等に必要な地質環境の長期安定性に関する技術件数	地質環境の長期安定性に関する技術の先行的整備による処分事業の円滑な推進／1 件	達成見込み
	② 処分事業の円滑な推進等に必要な地質環境の長期安定性に関する技術件数	処分場の施工・操業に関する技術の先行的整備による処分事業の円滑な推進／1 件	達成見込み

	③ 処分事業の円滑な推進等に必要な地質環境の長期安定性に関する技術件数	沿岸部での調査・評価に関する技術の先行的整備による処分事業の円滑な推進／１件	達成見込み
	④ 処分事業の円滑な推進等に必要な地質環境の長期安定性に関する技術件数	安全性の評価に関する技術の先行的整備による処分事業の円滑な推進／１件	達成見込み
	⑤ 代替処分オプション技術の整備に必要な技術件数	代替処分オプション技術の先行的整備による処分事業の円滑な推進／１件	達成見込み
マネジメント	外部評価委員会（外部）：研究開発項目ごとに設置。実施内容や今後の方向性について助言するとともに、年度ごとの報告書のレビューを実施。 事業継続審査（外部）：研究開発項目ごとに毎年度実施。外部専門家等で構成される第三者委員会で、事業継続の妥当性を審査。		
プロジェクトリーダー等	① 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 浅森浩一		
	② 公益財団法人原子力環境整備促進・資金管理センター 川久保政洋		
	③ 国立研究開発法人産業技術総合研究所 井川怜欧		
	④ 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 谷口直樹、三原守弘		
	⑤ 国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 平野史生		
実施体制	METI ⇒ 民間企業等（下記）		
	研究開発項目①	〔委託〕国立研究開発法人日本原子力研究開発機構、一般社団法人電力中央研究所	
	研究開発項目②	〔委託〕公益財団法人原子力環境整備促進・資金管理センター、国立研究開発法人日本原子力研究開発機構	
	研究開発項目③	〔委託〕国立研究開発法人産業技術総合研究所、国立研究開発法人日本原子力研究開発機構、一般社団法人電力中央研究所、公益財団法人原子力環境整備促進・資金管理センター	
	研究開発項目④	〔委託〕国立研究開発法人日本原子力研究開発機構、公益財団法人原子力環境整備促進・資金管理センター、一般社団法人電力中央研究所、国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構	
	研究開発項目⑤	〔委託〕国立研究開発法人日本原子力研究開発機構	

第 1 章 評価ワーキンググループ委員からの評価結果

1. 評点法による評価結果

評価項目・評価基準	評価WG委員の評価							評点
1. 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋								
(1) 本事業の位置づけ・意義	A	A	B	A	A	A	A	2.9
(2) アウトカム達成までの道筋	B	A	B	A	B	B	B	2.3
(3) 知的財産・標準化戦略	B	B	A	A	A	B	A	2.6
2. 目標及び達成状況								
(1) アウトカム目標及び達成見込み	B	A	B	A	B	B	B	2.3
(2) アウトプット目標及び達成状況	B	B	B	B	B	B	A	2.1
3. マネジメント								
(1) 実施体制	A	A	B	A	A	A	A	2.9
(2) 受益者負担の考え方	A	A	B	A	A	A	A	2.9
(3) 研究開発計画	A	A	B	A	B	B	A	2.6

《判定基準》

- A：評価基準に適合し、非常に優れている。
 B：評価基準に適合しているが、より望ましくするための改善点もある。
 C：評価基準に一部適合しておらず、改善が必要である。
 D：評価基準に適合しておらず、抜本的な改善が必要である。

（注）評点はA=3、B=2、C=1、D=0として事務局が数値に換算・平均して算出。

2. 評価コメント

本項では、評価ワーキンググループ委員からのコメントを列記している。

(1) 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

【肯定的意見】

- 事業開始後は極めて長期にわたる事業であり、国が責任を持って関与すべき課題である。（秋澤委員）
- 本事業は、公益性が極めて高く、国民全体の利益から見ても重要な課題であることに鑑み、将来や上位のプログラム及び関連する政策・施策での位置づけにつき明確に示されている。（上條委員）
- 経済的価値のみならず、社会課題の解決、公益的にも意義のあるものなので、国が取り組む意義があると思料する。（上條委員）
- 本事業が、国が責任をもって長期的に取り組むべき課題であるとの位置づけには完全に同意する。また、将来世代の負担を極力軽減すべきという方針にも同意する。（鈴木委員）
- 本事業は日本のみならず世界的にも極めて重要な課題を対象としており、その意義やアウトカムの設定は適切であると評価できる。（竹山委員）
- 日本国として責任をもって遂行することが求められている原子力発電所由来の高レベル放射性廃棄物等を地層処分するために必要な技術開発について、地層処分研究開発調整会議での議論を通し、NUMOが作成し、国内外でのレビューを通してその妥当性を確認している NUMO-SC を基盤としながら研究開発要素を抽出し、推進していることは、事業の遂行として適切でありまた優れていると評価できる。（徳永委員）
- 原子力発電によって発生する高レベルの放射性廃棄物の処理方法の確立は極めて重要な課題であり、すでに保持している廃棄物の量を踏まえると時間的にも急がれる。一方、国民の不安懸念を考慮すれば、国として技術確立に取り組む必要性があることは明らかである。（浜田委員）
- 前回評価における指摘事項については、対処方針を定め、対応が取られており、特に「地層処分研究開発に関する全体計画」を策定し、これに基づき研究開発計画を作られていることは、適切な進め方である。（浜田委員）
- 事業の全体構成として研究開発項目を3分野に整理してあるのはわかりやすい。（渡邊委員）
- 研究開発に関しては、着実に進められており、また、その成果を発信することにおいても継続して実施されてきていることがわかる。（渡邊委員）

【問題点・改善点・今後への提言】

- アウトカムの記述は一般的であり、長期的な将来像をどのように達成するかマイルストーンを示す必要があるのではないかと。それを実現するために全体計画が組織されるものと理解される。現状の記述はいつの時点でも成立する内容に思われ、研究開発の長期的進捗を評価するための役割が不十分である。（秋澤委員）
- アウトプットの記述も一般的であり、アウトカムにどのように寄与するのかつながりがよくわからない。（秋澤委員）
- 日本特有の条件への対応を前提とすると、何が標準化できるのか。海外の技術と異なる点が明らか

にされる必要があると思われる。(秋澤委員)

- 評価項目 1. (3) 知的財産・標準化戦略 の判断を行うために必要な情報が十分提示いただいていないように思料する。前提とされる必要な情報を国内外から収集し、知財、オープンクローズ戦略へ対応する基盤を整備されている点は評価されるが、具体的な戦略について提示をいただきたかった。(上條委員)
- 前回の評価 WG で指摘された「幅広い専門家が関わって研究開発を進めること」という点に関して、改善の余地があるように感じる。具体的には、以前には JAEA 等でも検討が行われていた国民対話や理解増進のための「社会技術」や「パブリックコミュニケーション」に関する研究開発や調査が、現在は行われていない、あるいは不足しているのではないかと懸念がぬぐえない。国民対話や理解増進のための具体的なアプローチや方法論について、NUMO 任せにせず、サイエンスコミュニケーションや心理学分野の専門家等にも参画を求め、国としても正面から取り組んで放射性廃棄物処分のプロセスを進める努力が必要であると考え。(鈴木委員)
- 総論賛成・各論反対の Not_In_My_Backyard に相当する課題は、放射性廃棄物処分以外にも多々あるのだから、参考にできる取り組みは多いはずである。「地層処分研究開発に関する全体計画(調整会議)」や「特定放射性廃棄物の最終処分・当面の進め方(総合資源エネルギー調査会)」等で、この種のテーマが取り上げられていないのであれば、次期計画での本事業での取り組みを検討すべきである。(鈴木委員)
- 地震大国である日本において、地質評価技術の開発は喫緊の課題であり、精度の向上を図る上でも、世界の技術動向を注視しつつ、それに柔軟に対応できる基盤の整備のための戦略変更等ができるように努めてほしい。(竹山委員)
- 前回評価時において、評価WGならびに評価検討会で指摘をされている、「処分の安全性を説明していくこと」や「国民理解の醸成を進めていただきたい」という点は、文献調査等が始まった現時点においては、重要性をより増しているものと認識する。セーフティケースに集約して取りまとめていくという方針は、技術開発の観点からは適切であると考えますが、国民への説明や国民理解を進めるためには、さらに研究開発をすべきことがあるのかもしれない。特に、国が前面に立って国民の理解の醸成を進めるべきであるということが言われている中、場合によっては、現在進められている研究の成果を着実に得ていくことに加えて、今回指摘している観点に関して、国としての研究開発項目を検討することも有意義かもしれない。(徳永委員)
- 直接処分等代替処分技術高度化に関しては、着実に研究を進めていることと思われる。適切な時期にとりまとめを行うということについても念頭において事業を進めていただきたい。(徳永委員)
- アウトプット、アウトカムの設定について、技術的な進展とともに、社会からの認知、疑問をフィードバックしながら進めなければ、示された将来像に到達するのは難しいと思われる。全体計画を把握したうえで各方策の課題の解決水準を見極めながら、今後の計画の修正等を意図的に組み入れていただくことを要望したい。(浜田委員)
- 知財・標準化戦略については、考え方に異論はないが、実際に特許出願がほとんどなされていない状況を見ると、本課題において積極的な取り組みがされていないように見受けられる。施工技術の進展なども考えて、出願すべきものがあるのかどうか、意識して進めていただきたい。また、他国との情報交換に基づき、優れた手法があれば、それをサポートしながら実用化を加速することも期

待できる。標準化戦略とはならないかも知れないが、国内の人的資源の拡大が難しいなか、実現性の加速、信頼感の醸成に活かすことを考慮して積極的な活動を計画し、成果とすることにも期待する。(浜田委員)

- それぞれの分野における既往の知見、国際的に共通の事項と、新たに研究開発が必要である事項、日本固有の事象について、処分技術の確立に向けた全体像の中での位置づけが示されていると事業の意義がよりわかりやすくなると思う。(渡邊委員)
- 最終的なアウトカムである「国民の納得感や信頼感の醸成」は、科学的な知見や技術の確立とその発信を継続していくことが必須であるが、それのみでは十分でなく、目指すアウトカムを達成するための基本的な方針、活動など、こちらについても日本特有の状況を踏まえて議論や方法論の開発が必要なのではないか。海外の事例での組織体制やステークホルダー関与の方法、プロセス、また低レベルのクリアランスに関する事業内容が参考になるように思う。(渡邊委員)

(2) 目標及び達成状況

【肯定的意見】

- アウトカム指標・目標値の適切な見直し等が行われていると思料する。(上條委員)
- 計画通りに順調に進捗していると評価できる。(竹山委員)
- 今後の進展が期待される地層処分事業に対して、国が技術を先行的に整備することの意義は極めて高く、また、不可欠な事業である。(徳永委員)
- 設定した目標数はいずれも達成または達成見込みとなっており、当初の計画どおり進められていると思われる。(浜田委員)
- 論文発表件数も十分な水準であると思う。(浜田委員)
- 技術的な側面では、順調に成果があげられている。(渡邊委員)

【問題点・改善点・今後への提言】

- アウトカムは達成すべきマイルストーンが対象であり、技術開発の達成件数は指標として不適当と考えられる。(秋澤委員)
- 規制基準が示されていない状況において、本事業の技術開発の目標や境界条件をどのように定めたのか不明である。本技術開発によって安全性・信頼性が確保できるレベルを示すことは基準の議論にも寄与するのではないか。(秋澤委員)
- アウトプットは具体的な技術的達成度となるべきである。外部発表数や技術件数の指標では技術開発の質的達成状況が把握できない。(秋澤委員)
- アウトプット目標及び達成状況については、一定の評価はできるが、論文発表はなされているものの、特許出願件数などの数値が出ておらず、オープンクローズ戦略に基づいた戦略とアウトプットの関係性が明確に見えていないと思料する。(上條委員)
- アウトカム目標・アウトプット目標ともに「～に関する技術件数」や「～に必要な検討項目数」等が設定されており、「計画通りの件数の検討を実施した」ことによって「達成」や「達成見込み」などの実績が報告されている。これは研究開発目標の達成／未達成の報告ではなく、予算の執行状

況の報告であると言わざるを得ない。研究開発の具体的な目標と、どのようにその達成を評価したのかを明示していただきたい。(鈴木委員)

- 新たなテーマとして取り入れられた「代替処分オプション」については、諸外国の方が検討が進んでいる状況であると思うが、諸外国で得られている知見を前提として我が国で独自に検討すべき課題は何なのかを示し、研究目標を明らかにしていただきたい。また、再処理シナリオからスイッチする時期によって、最終コストがどのように変化するのかなどのシナリオ分析・研究も必要であると考え、取り組み状況を教えていただきたい。(鈴木委員)
- 「国民理解の醸成」を達成するためには、外部発表の件数によって評価するのではなく、実際に理解が得られているかどうかを、バイアスのないアンケート等により適切に評価すべきである。(竹山委員)
- この事業の目的の一つである国民との情報の共有については、本事業がどのように寄与しているのか、また、寄与するためにどのような施策や研究開発を行うことが望ましいのかという観点からの検討があるとより良いと考える。(徳永委員)
- この事業の成果は、地層処分を実施する主体である NUMO に技術移転されることが必要である。いくつかの研究成果が活用されているということではあるが、より実質的な視点からの技術移転を適宜実施し、そのような活動を通じた新しい技術開発要素の検討等が進むことを期待したい。(徳永委員)
- 課題と受け止めたのは、アウトプット、アウトカム目標と達成状況である。計画通り実行されたとしても、それぞれの課題には難易度に違いがあり、実現に近づいたものもあれば、困難が見込まれた技術要素があると推察する。それらの状況をもとに、評価すべきであり、ここに示された情報だけですべて順調と判断するのは難しい。(浜田委員)
- 計画策定時点では、個別の技術についての達成水準を目標にすることが難しかったことは理解できるが、できるだけ早い時点で具体的な技術目標に差し替える必要があると思う。実際、どの水準が達成できれば十分であるかという視点で定量的な目標に決めることは難しいが、実施者がターゲットとすべき技術目標は明示すべきであると考え、仮に想定した方法が実現困難であるとすれば、別の方法を早急に検討する必要がある。(浜田委員)
- 特許出願については、本来出願すべきものが漏れていないか、ぜひ議論いただきたい。公益性の高い領域ではあるが、新規性のある技術も大いに期待される。(浜田委員)
- 技術的な要素のアウトカムは達成が可能であると考えられるが、それを国民の納得感や信頼感につなげる方策については、不明確である。(渡邊委員)
- 「1. 意義・アウトカム達成まで道筋」と関係し、処分技術の確立や国民の納得感や信頼感の醸成のために必要な技術開発分野の全体像(既知のもの、未知のもの、優先順位)などの全体像の中にアウトプットが示されていると、その意義がよりわかりやすくなると思う。(渡邊委員)

(3) マネジメント

【肯定的意見】

- 国の委託事業として進めることが妥当である。(秋澤委員)
- 実施体制、受益者負担の考え方、研究開発戦略については、具体的な内容が示されており、評価基準を満たしていると思料する。(上條委員)
- 2022 年度の全体計画の改定に合わせて研究開発項目を再設定し、審査・評価委員の大部分を変更したことは適切であったと考える。(鈴木委員)
- 評価軸は適切に設定されており、運営マネジメント方針も明確に策定されていると判断できる。また、各事業の目標が計画通りに達成されている点も高く評価できる。(竹山委員)
- 当該分野に関わる日本の主要な研究機関と大学関係者による適切な研究遂行とマネジメントがなされているものと評価できる。(徳永委員)
- 広範な参加者を得て体制構築されており、採択プロセス管理、進捗管理も適切に行われていると認められる。(浜田委員)
- 適切にマネジメントが実施されている。(渡邊委員)

【問題点・改善点・今後への提言】

- 目標管理においては発表件数ではなく、技術的指標の質的・量的なモニタリングが求められる。(秋澤委員)
- 国として、他の機関やプログラムに評価項目 1 で示したようなテーマの設定と外部評価委員会が設置されていないのであれば、本事業内での設置を検討することも必要ではないかと考える。(鈴木委員)
- 各評価委員会において議論され、課題とされている点については、今回は関連する情報が提供されていなかったため、実際に適切に運営されているかどうかを把握することはできなかった。(竹山委員)
- 目的とする高レベル放射性廃棄物地層処分の事業が極めて長期にわたること、また、国が主体として行う技術開発については、国の事業として進めることが期待される中、その体制を継続し、優れた成果をあげるための産官学それぞれにおける人材育成についても、常に意識をしながら研究開発を進めるという視点があることが望ましいと考える。(徳永委員)
- 将来的に必要な技術を先行的に国が研究開発するという姿勢に加えて、事業の段階ごとに課題が認識され、場合によっては、すでに確立したと思われる技術に対しても再検討が必要になることは起こりうると思う。そのような事態に対しても対応ができるような事業のマネジメントを進めていただきたい。(徳永委員)
- 計画については、今回の報告からは新たな修正やブラッシュアップが伺われない。多くのテーマが並行して進められており、関係者も多いため、全体像の把握は難しいと思われるが、「地層処分研究開発調整会議」を有効活用し、また処分地選定作業の進捗とも情報交換しながら、適切にテーマの見直しなど進めていただきたい。すなわち、「日本特有の地質環境、自然事象等」との記述もあ

るとおり、不確実性がどこまで許容できるか、目標の設定がかなり難しい。一方でシミュレーションやAI等技術進歩の著しい領域もあるので、合理的な進め方については十分議論し、また、専門家会議のみならず、社会の受容性の視点から優先順位を見直すことも必要と思われる。（浜田委員）

- 処分地選定作業において、新たな候補地が出てきた場合に、新たに追加の技術開発が必要になることはないかなども併せて検討できる体制構築をお願いしたい。（浜田委員）

3. 評価コメントに対する対処方針

(1) 意義・アウトカム（社会実装）達成までの道筋

問題点・改善点・今後への提言	対処方針（素案）
＜国民理解を進めていくための取り組みについて＞ ● 前回の評価WGで指摘された「幅広い専門家が関わって研究開発を進めること」という点に関して、改善の余地があるように感じた。具体的には、以前には JAEA 等でも検討が行われていた国民対話や理解増進のための「社会技術」や「パブリックコミュニケーション」に関する研究開発や調査が、現在は行われていない、あるいは不足しているのではないかと懸念がぬぐえない。国民対話や理解増進のための具体的なアプローチや方法論について、NUMO 任せにせず、サイエンスコミュニケーションや心理学分野の専門家等にも参画を求め、国としても正面から取り組んで放射性廃棄物処分のプロセスを進める努力が必要であると考え。総論賛成・各論反対の Not_In_My_Backyard に相当する課題は、放射性廃棄物処分以外にも多々あるのだから、参考にできる取り組みは多いはずである。「地層処分研究開発に関する全体計画（調整会議）」や「特定放射性廃棄物の最終処分・当面の進め方（総合資源エネルギー調査会）」等で、この種のテーマが取り上げられていないのであれば、次期計画での本事業での取り組みを検討するべきである。（鈴木委員） ● 前回評価時において、評価WGならびに評価検討会で指摘をされている、「処分の安全性を説明していくこと」や「国民理解の醸成を進めていきたい」という点は、文献調査等が始まった現時点においては、重要性をより増しているものと認識する。セーフティケースに集約して取りまとめていくという方針は、技術開発の観点からは適切であると考え、国民への説明や国民理解を進めるためには、さらに研究開発をすべきことがあるのかもしれない。特に、国が前面に立って国民の理解の醸成を進めるべきであるということが言われている中、場合によっては、現在進められている研究の成果を着実に得ていくことに加えて、今回指摘している観点に関して、国としての研究開発項目を検討することも有意義かもしれない。（徳永委員） ● 最終的なアウトカムである「国民の納得感や	● 高レベル放射性廃棄物の地層処分事業の円滑な実施に向けては、国民の理解と協力を得ながら進めていくことが重要であり、研究開発により得られた成果を、専門家集団のみならず一般の国民にも広く発信していく必要がある。この認識に基づき、国と NUMO が主催し全国で一般の方向けに実施している対話型全国説明会等の資料においても、本事業で開発された要素技術の成果を盛り込む形で資料を作成し、適宜説明に活用している。 ● また、地層処分事業に関心を有する地域及びその関連する地域の関係住民に対しては、地層処分の安全性、処分地選定に係る手続きや、地層処分事業と地域との共生等について、きめ細やかな相互理解促進活動を行うことが重要であるという観点から、総合資源エネルギー調査会、特定放射性廃棄物小委員会にて、社会科学を専門とする委員等のご意見もいただきつつ、NUMO が「地域対話の基本的な検討に向けた留意事項集」を取りまとめている。 ● 他方、地層処分の技術的信頼性について、専門的評価が国民に十分共有されるための手法については、効果的な研究成果の発信と活用に向けて、不断に取り組む必要がある。 ● 令和9年度（2027年度）に再開予定である、次期全体計画を策定するための地層処分研究開発調整会議において、社会科学やサイエンスコミュニケーションの観点から、研究開発課題として設定すべき項目の有無を検討するため、2026年度より、その検討に資する調査（国民理解を獲得するための現状の取組における課題抽出、参考事例の情報収集等）の実施を検討する。

信頼感の醸成」は、化学的な知見や技術の確立とその発信を継続していくことが必須であるが、それのみでは十分でなく、目指すアウトカムを達成するための基本的な方針、活動など、こちらについても日本特有の状況を踏まえて議論や方法論の開発が必要なのではない。海外の事例での組織体制やステークホルダー関与の方法、プロセス、また低レベルのクリアランスに関する事業内容が参考になるように思う。(渡邊委員)	
＜代替処分オプションに関する成果のとりまとめについて＞ ● 直接処分等代替処分技術高度化に関しては、着実に研究を進めていることと思われる。適切な時期にとりまとめを行うということについても念頭において事業を進めていただきたい。(徳永委員)	● 第7次エネルギー基本計画に記載の通り、地層処分を前提に取組を進めつつ、将来に向けた幅広い選択肢を確保する観点から、直接処分等代替処分技術の高度化に向けた研究開発を実施している。 ● 「地層処分研究開発に関する全体計画（令和5年度～令和9年度）」においても、代替処分オプションに関する研究開発について得られた成果は適時とりまとめる方針が示されており、適切な時期にとりまとめを行うことを念頭に、今後も研究開発を進める。
＜アウトカム・アウトプットの設定について＞ ● アウトカムの記述は一般的であり、長期的な将来像をどのように達成するかマイルストーンを示す必要があるのではない。それを実現するために全体計画が組織されるものと理解される。現状の記述はいつの時点でも成立する内容に思われ、研究開発の長期的進捗を評価するための役割が不十分である。(秋澤委員) ● アウトプットの記述も一般的であり、アウトカムにどのように寄与するのかつながりがよくわからない。(秋澤委員) ● アウトプット、アウトカムの設定について、技術的な進展とともに、社会からの認知、疑問をフィードバックしながら進めなければ、示された将来像に到達するのは難しいと思われる。全体計画を把握したうえで各方策の課題の解決水準を見極めながら、今後の計画の修正等を意図的に組み入れていただくことを要望したい。(浜田委員)	● 本事業では、「全体計画」に基づいて研究開発項目を設定し、種々の検討項目を着実に実施することで開発目標が段階的に達成されと考え、各項目の達成件数をアウトカム・アウトプット指標として活用していた。 ● 個別の要素技術に関する開発目標については、研究開発項目ごとに設置された外部評価委員会において、外部有識者や実施主体であるNUMOから、全体計画に基づく進捗状況の評価を受けている。 ● ご指摘を踏まえ、要素技術の段階的な達成と体系化に向けた取りまとめの目標と達成状況を反映可能なアウトプット・アウトカム指標の設定を検討する。 ● また、地層処分研究開発の全体像と各研究開発項目の位置付け、進捗状況等をわかりやすく示すことを念頭に研究開発および次期全体計画の策定にむけた検討を進める。

● それぞれの分野における既往の知見、国際的に共通の事項と、新たに研究開発が必要である事項、日本固有の事象について、処分技術の確立に向けた全体像の中での位置づけが示されていると事業の意義がよりわかりやすくなると思う。(渡邊委員)	
＜日本特有の課題と対応について＞ ● 日本特有の条件への対応を前提とすると、何が標準化できるのか。海外の技術と異なる点が明らかにされる必要があると思われる。(秋澤委員) ● 地震大国である日本において、地質評価技術の開発は喫緊の課題であり、精度の向上を図る上でも、世界の技術動向を注視しつつ、それに柔軟に対応できる基盤の整備のための戦略変更等ができるように努めてほしい。(竹山委員)	● 日本は4つのプレートがぶつかりあう変動帯に属しているため、断層活動や火山活動の影響を避け、好ましい地質環境特性を有する場所を調査・評価し、処分地を選定する必要がある。 ● 地質評価技術について、諸外国で得られた成果も活用しつつ、常に最新の知見を反映した研究開発を進めるよう留意する。
＜知財・標準化戦略について＞ ● 知財・標準化戦略については、考え方に異論はないが、実際に特許出願がほとんどなされていない状況を見ると、本課題において積極的な取り組みがされていないように見受けられる。施工技術の進展なども考えて、出願すべきものがあるのかどうか、意識して進めていただきたい。また、他国との情報交換に基づき、優れた手法があれば、それをサポートしながら実用化を加速することも期待できる。標準化戦略とはならないかも知れないが、国内の人的資源の拡大が難しいなか、実現性の加速、信頼感の醸成に活かすことを考慮して積極的な活動を計画し、成果とすることにも期待する。(浜田委員) ● 評価項目1.(3) 知的財産・標準化戦略の判断を行うために必要な情報が十分提示されていないように思料する。前提とされる必要な情報を国内外から収集し、知財、オープンクローズ戦略へ対応する基盤を整備されている点は評価されるが、具体的な戦略について	● 地層処分事業の実施主体である NUMO が、処分地選定プロセスにおける3段階の調査および処分場の建設・操業・閉鎖を円滑に実施するために、国及び関係研究機関が実施する基盤的な研究の成果は、論文発表等による公知化を進めている。新規性の高い技術開発成果については、円滑な処分事業の実施に資する観点から、特許出願すべき成果がないか改めて確認・議論するとともに、今後も特許出願の可能性を排除することなく、研究・技術開発を進めていく。諸外国の地下研究施設等で得られた成果を活用しつつ、OECD/NEA と JAEA による幌延深地層研究センターの地下研究施設を活用した幌延国際共同プロジェクトなども活用し、成果の最大化と信頼感の醸成に向けた成果発信を念頭に研究開発を進める。また、今後の具体的な知財・標準化戦略については、次期「全体計画」策定にむけて検討を進める。

て提示をいただきましたかった。(上條委員)	
-----------------------	--

(2) 目標及び達成状況

問題点・改善点・今後への提言	対処方針（素案）
<アウトカム・アウトプットの設定について> ● アウトカム目標・アウトプット目標ともに「～に関する技術件数」や「～に必要な検討項目数」等が設定されており、「計画通りの件数の検討を実施した」ことによって「達成」や「達成見込み」などの実績が報告されている。これは研究開発目標の達成／未達成の報告ではなく、予算の執行状況の報告であると言わざるを得ない。研究開発の具体的な目標と、どのようにその達成を評価したのかを明示していただきたい。(鈴木委員) ● アウトカムは達成すべきマイルストーンが対象であり、技術開発の達成件数は指標として不適当と考えられる。(秋澤委員) ● 規制基準が示されていない状況において、本事業の技術開発の目標や境界条件をどのように定めたのか不明である。本技術開発によって安全性・信頼性が確保できるレベルを示すことは基準の議論にも寄与するのではないか。(秋澤委員) ● アウトプットは具体的な技術的達成度となるべきである。外部発表数や技術件数の指標では技術開発の質的達成状況が把握できない。(秋澤委員) ● 課題と受け止めたのは、アウトプット、アウトカムの目標と達成状況である。計画通り実行されたとしても、それぞれの課題には難易度に違いがあり、実現に近づいたものもあれば、困難が見込まれた技術要素があると推察する。それらの状況をもとに、評価すべきであり、ここに示された情報だけですべて順調と判断するのは難しい。(浜田委員)	● 高レベル放射性廃棄物の地層処分にあたり、NUMO が段階的な調査を経て処分地を選定した後に、原子炉等規制法に基づいて原子力規制委員会による審査が行われることとなっており、地層処分の実現に必要な技術基準はいまだ明確になっていない。こうした現状を踏まえつつ、操業開始までの長期的な展開を視野に入れ、常に最新の知見を反映していくことで処分を円滑に進めていくため、今後5カ年で取り組むべき技術的課題が、2023年度に「地層処分研究開発に関する全体計画（令和5年度～令和9年度）」で整理された。 ● 本事業では、「全体計画」に基づいて研究開発項目を設定し、種々の検討項目を着実に実施することで開発目標が段階的に達成される考え、各項目の達成件数をアウトカム・アウトプット指標として活用していた。 ● 個別の要素技術に関する開発目標については、研究開発項目ごとに設置された外部評価委員会において、外部有識者や実施主体である NUMO から、全体計画に基づく進捗状況の評価を受けている。 ● ご指摘を踏まえ、要素技術の段階的な達成と体系化に向けた取りまとめの目標と達成状況を反映可能なアウトプット・アウトカム指標の設定を検討する。

● 計画策定時点では、個別の技術についての達成水準を目標にすることが難しかったことは理解できるが、できるだけ早い時点で具体的な技術目標に差し替える必要があると思う。実際、どの水準が達成できれば十分であるかという視点で定量的な目標に決めることは難しいが、実施者がターゲットとすべき技術目標は明示すべきであると考えている。仮に想定した方法が実現困難であるとすれば、別の方法を早急に検討する必要がある。(浜田委員)	
＜代替処分オプションに関する検討課題について＞ ● 新たなテーマとして取り入れられた「代替処分オプション」については、諸外国の方が検討が進んでいる状況であると思うが、諸外国で得られている知見を前提として我が国で独自に検討すべき課題は何なのかを示し、研究目標を明らかにしていただきたい。また、再処理シナリオからスイッチする時期によって、最終コストがどのように変化するのかなどのシナリオ分析・研究も必要であると考えているが、取り組み状況を教えていただきたい。(鈴木委員)	● 使用済燃料の直接処分に関する研究開発において、わが国で独自に検討すべき課題として、わが国特有の地質環境条件や、想定される使用済燃料の多様性への対応が挙げられる。これらを踏まえ、「地層処分研究開発に関する全体計画（令和5年度～令和9年度）」において、臨界安全評価技術の高度化、使用済燃料からの核種放出挙動の評価技術の高度化、使用済み燃料直接処分のわが国における成立性に関する検討の必要性が指摘され、研究開発に取り組んでいる。 ● また、その他の代替処分オプションとして諸外国で検討が進められてきている深孔処分を対象として、日本での成立性の検討に資する情報の収集・整理を進めている。 ● わが国では、資源の有効利用や放射性廃棄物の減容、有害度低減の観点から使用済燃料の再処理を基本方針としており、現段階において、直接処分等代替処分オプションへの移行シナリオの分析・研究等は実施していない。
＜国民理解を進めていくための取り組みについて＞ ● この事業の目的の一つである国民との情報の共有については、本事業がどのように寄与しているのか、また、寄与するためにどのような施策や研究開発を行うことが望ましいのかという観点からの検討があるとより良いと考え	● 国と NUMO が主催し全国で一般の方向けに実施している対話型全国説明会等の資料においても、本事業で開発された要素技術の成果を盛り込む形で資料を作成し、適宜説明に活用している。 ● 2027 年度（令和 9 年度）に再開予定である、次期全体計画を策定するための地層処分研究開発調整会議において、社会科学やサイ

る。(徳永委員) ● 技術的な要素のアウトカムは達成が可能であると考えられるが、それを国民の納得感や信頼感につなげる方策については、不明確である。(渡邊委員) ● 「1. 意義・アウトカム達成まで道筋」と関係し、処分技術の確立や国民の納得感や信頼感の醸成のために必要な技術開発分野の全体像(既知のもの、未知のもの、優先順位)などの全体像の中にアウトプットが示されていると、その意義がよりわかりやすくなると思う。(渡邊委員) ● 「国民理解の醸成」を達成するためには、外部発表の件数によって評価するのではなく、実際に理解が得られているかどうかを、バイアスのないアンケート等により適切に評価すべきである。(竹山委員)	エンスコミュニケーションの観点から、研究開発課題として設定すべき項目の有無を検討するため、2026年度より、その検討に資する調査(国民理解を獲得するための現状の取組における課題抽出、参考事例の情報収集等)の実施を検討する。 ● また、「国民理解の醸成に対する寄与」を適切に評価する方法についても、今後検討していく。
<NUMO への技術移転について> ● この事業の成果は、地層処分を実施する主体である NUMO に技術移転されることが必要である。いくつかの研究成果が活用されているということではあるが、より実質的な視点からの技術移転を適宜実施し、そのような活動を通じた新しい技術開発要素の検討等が進むことを期待したい。(徳永委員)	● 「地層処分研究開発に関する全体計画(令和5年度～令和9年度)」の策定においては、NUMO も地層処分研究開発調整会議のメンバーとして参画し、研究開発項目の設定を行っている。また、各研究開発項目において設置される外部評価委員会に NUMO もアドバイザーとして参加し、実施主体のニーズを踏まえた研究開発を実施している。 ● 本事業で得られた研究成果は論文発表等による公知化を進めるとともに、各研究機関との共同研究や国際共同プロジェクトの枠組み等を活用しつつ、NUMO への技術移転を進める。
<知財・標準化戦略について> ● 特許出願については、本来出願すべきものが漏れていないか、ぜひ議論いただきたい。公益性の高い領域ではあるが、新規性のある技術も大いに期待される。(浜田委員) ● アウトプット目標及び達成状況については、一定の評価はできるが、論文発	● 地層処分事業の実施主体である NUMO が、処分地選定プロセスにおける3段階の調査および処分場の建設・操業・閉鎖を円滑に実施するために、国及び関係研究機関が実施する基盤的な研究の成果は、論文発表等による公知化を進めている。新規性の高い技術開発成果については、円滑な処分事業の実施に資する観点から、特許出願すべき成果がないか改め

表はなされているものの、特許出願件数などの数値が出ておらず、オープンクローズ戦略に基づいた戦略とアウトプットの関係性が明確に見えていないと思料する。(上條委員)	て確認・議論するとともに、今後も特許出願の可能性を排除することなく、研究・技術開発を進めていく。また、今後の知財に関するオープンクローズ戦略については、次期「全体計画」策定にむけて検討を進めるとともに、その戦略に基づき、要素技術の段階的な達成と体系化に向けた取組の質的・量的な達成状況を反映可能なアウトプット指標の設定を検討する。
--	---

(3) マネジメント

問題点・改善点・今後への提言	対処方針(素案)
＜実施内容の外部評価について＞ ● 国として、他の機関やプログラムに評価項目1で示したようなテーマの設定と外部評価委員会が設置されていないのであれば、本事業内での設置を検討することも必要ではないかと考える。(鈴木委員)	● 令和9年度(2027年度)に再開予定である、次期全体計画を策定するための地層処分研究開発調整会議において、社会科学やサイエンスコミュニケーションの観点から、研究開発課題として設定すべき項目の有無を検討するため、2026年度より、その検討に資する調査(国民理解を獲得するための現状の取組における課題抽出、参考事例の情報収集等)の実施を検討する。事業の実施にあたっては、こうした研究課題についても適切に評価できるように、外部評価委員会についても適宜見直しを検討する。
＜人材育成について＞ ● 目的とする高レベル放射性廃棄物地層処分の事業が極めて長期にわたること、また、国が主体として行う技術開発については、国の事業として進めることが期待される中、その体制を継続し、優れた成果をあげるための産官学それぞれにおける人材育成についても、常に意識をしながら研究開発を進めるという視点があることが望ましいと考える。(徳永委員)	● 地層処分事業は100年規模の長期にわたる事業であり、幅広い専門知識が必要な特異的な分野であることから、地層処分業界全体の人材の確保・育成や技術継承が重要な課題であるため、本事業とは別に、国として人材育成を目的とした事業を実施している。 ● 本事業でも、各研究開発項目の実施にあたり、大学との共同研究や、委託先事業者間で若手研究者を対象としたワークショップなどを実施している。 ● 今後も、人材育成を念頭に常に念頭におき、研究開発を進めていく。
＜処分地選定プロセスの進展を踏まえた研究開発について＞ ● 将来的に必要な技術を先行的に国が研究開発	● 本事業の実施にあたり、研究開発項目ごとに複数名の専門家から構成される外部評価委員

するという姿勢に加えて、事業の段階ごとに課題が認識され、場合によっては、すでに確立したと思われる技術に対しても再検討が必要になることは起こりうると考える。そのような事態に対しても対応ができるような事業のマネジメントを進めていただきたい。(徳永委員) ● 計画については、今回の報告からは新たな修正やブラッシュアップが伺われない。多くのテーマが並行して進められており、関係者も多いため、全体像の把握は難しいと思われるが、「地層処分研究開発調整会議」を有効活用し、また処分地選定作業の進捗とも情報交換しながら、適切にテーマの見直しなど進めていただきたい。すなわち、「日本特有の地質環境、自然事象等」との記述もあるとおり、不確実性がどこまで許容できるか、目標の設定がかなり難しい。一方でシミュレーションやAI等技術進歩の著しい領域もあるので、合理的な進め方については十分議論し、また、専門家会議のみならず、社会の受容性の視点から優先順位を見直すことも必要と思われる。(浜田委員) ● 処分地選定作業において、新たな候補地が出てきた場合に、新たに追加の技術開発が必要になることはないかなども併せて検討できる体制構築をお願いしたい。(浜田委員) ● 各評価委員会において議論され、課題とされている点については、今回は関連する情報が提供されていなかったため、実際に適切に運営されているかどうかを把握することはできなかった。(竹山委員)	会を設置し、外部有識者や実施主体であるNUMOから、全体計画に基づく進捗状況の評価を受けている。また、処分地選定プロセスや技術開発の進展を踏まえたNUMOのニーズについて、適宜本事業の研究開発項目に反映して、研究開発を実施している。 ● 今後も、NUMOのニーズを適切に反映しつつ、具体的な地点を対象とした調査評価のための基盤となる技術を先行的に整備するべく、研究開発を進める。
--	--

第2章 評価対象事業に係る資料

高レベル放射性廃棄物等の地層処分にに関する技術開発委託費
【上位事業：最終処分を含むバックエンドプロセス加速化事業】
（中間評価）
評価用資料

2025年5月26日

資源エネルギー庁 電力・ガス事業部

放射性廃棄物対策課

事業基本情報

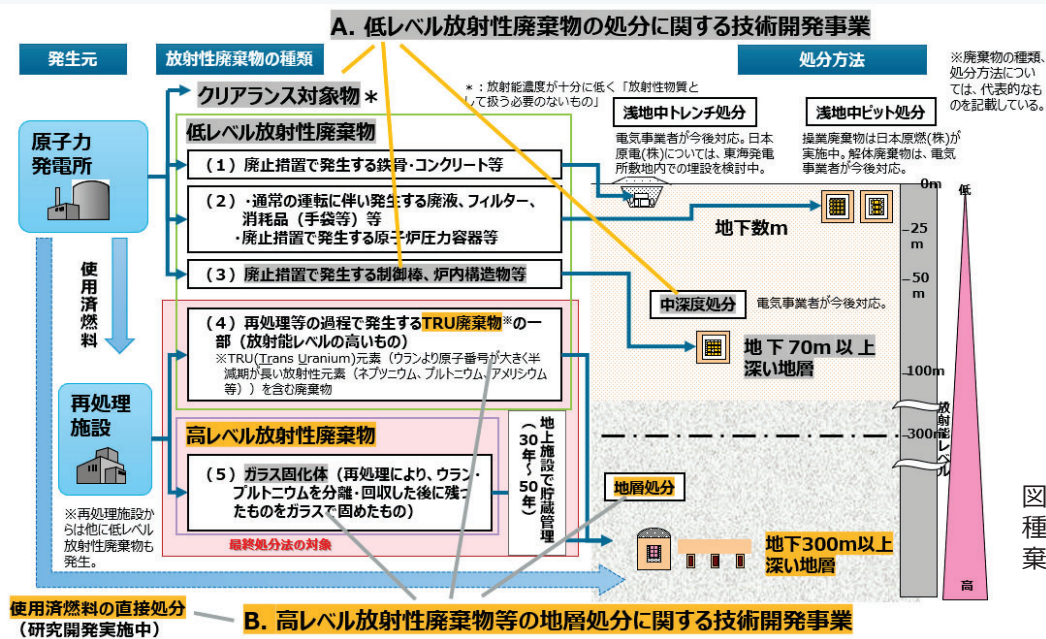
事業基本情報

事業名	最終処分を含むバックエンドプロセス加速化事業のうち、高レベル放射性廃棄物等の地層処分に 関する技術開発事業					
事業期間	1998年度～ 2027年度（予定） 中間評価：2005年度、2008年度、2010年度、2013年度、2016年度、2019年度、2022年度、 2025年度、終了時評価：2028年度（予定）					
予算額	2020年度	2021年度	2022年度	2023年度	2024年度	総額
（予算）	37.9億円	37.9億円	35.0億円	37.0億円	36.6億円	184.8億円
（実績）	35.6億円	36.0億円	34.1億円	34.2億円	35.7億円	176.5億円
実施体制	METI → 民間企業等（委託）					
事業目的	高レベル放射性廃棄物等の地層処分は、将来世代へ負担を先送りしないためにも、着実に実施する 必要がある。そこで、処分事業の操業開始までの長期的な展開を視野に入れ、具体的な地点を 対象とした調査評価のための基盤となる技術を先行的に整備し、処分事業等の円滑化を図る。また、 将来世代が最良の処分方法を選択できるよう、代替オプションに関する技術開発を並行して 進める。 ※産業構造審議会の政策評価との関連： 政策テーマ6①目標4 電源構成について2030年度までに最エネ比率36～38%、原子力比率20～22%、火力比 率41%、水素・アンモニア比率1%を実現（主な関連施策：最終処分の着実な実施）					

2

原子力発電に伴って生じる放射性廃棄物の種類

- 原子力発電によって生じる放射性廃棄物は、原子力発電所の運転などにもない発生する放射能レベルの低い**低レベル放射性廃棄物**と、使用済燃料の再処理にもない発生する放射能レベルが高い**高レベル放射性廃棄物**とに大別される。
- 本事業では、高レベル放射性廃棄物等の地層処分（高い放射能を有する放射性廃棄物を地下300m以上の深さに数万年以上に渡って人間環境から隔離する目的で実施）に関する技術開発を実施している。



3

前回評価時の評価WGでの指摘事項と対処方針

前回評価時（2022年度）
（問題点・改善すべき点） - 地層処分に対する国民の理解や安心感をより深めるためにも、海外において既に処分場を操業している国と日本との状況の違いを認識した上で、研究開発等による検証結果を踏まえて処分の安全性を説明していくこと。 - 幅広い専門家からの意見ともすりあわせをしながら議論を進めることにより、国民への説明にあたってより説得力を持つものであるため、「地層処分研究開発に関する全体計画」の次期計画にあたって幅広い専門家が関わって研究開発を進めることを織り込んでいくこと。
（対処方針） - 地層処分に対する国民の理解や安心感をより深めるために、わが国における地層処分システムの安全性について、既に処分場を操業している諸外国との状況の違いを認識した上で、本プログラム等の研究開発成果を踏まえて説明するなど、引き続き理解促進活動に取り組んでいく。 「地層処分研究開発に関する全体計画」について、幅広い専門家からご意見を賜った上で、令和5年度以降も策定していく。
現在の対応状況
- 地層処分事業が進んでいる諸外国では、国や処分の実施主体が研究開発を実施するとともに、国民理解・地域理解に弛まぬ努力を重ね、10件程度の関心地域から処分地を選定している。わが国でも、国が主導で地層処分に関する国民理解を獲得・促進し、地層処分に対する納得感や安心感を醸成するため、各国の地下研究施設等で得られた成果を活用するとともに、日本特有の地質環境、自然事象等を考慮した地層処分技術の技術的信頼性の更なる向上に向けた研究開発を継続しつつ、その成果を踏まえた理解促進活動を続けている。 2022年度に経済産業省、文部科学省、処分の実施主体であるNUMO、電気事業連合会、日本原燃株式会社、地層処分に関する研究開発機関等の代表者で構成される「地層処分研究開発調整会議」を再開した。外部有識者として、地質や土木、原子力など、幅広い専門分野の9名の専門家からご意見をいただきつつ、地層処分に関する研究開発戦略の明示や、事業の進展に伴う「実証」に向けた内容の充実化を目的に「地層処分研究開発に関する全体計画（令和5年度～令和9年度）」を策定した。

4

【参考】 前回評価時の評価検討会での指摘事項と対処方針

前回評価時（2022年度）
（問題点・改善すべき点） - 学術的及び技術的波及に関連した成果発表や、研究開発の全体像や達成度をわかりやすく国民へ情報発信することにより、国民理解の醸成を進めていただきたい。こうした国民理解の醸成のための情報発信にあたっては、コスト削減的な課題の研究開発も視野に入れて進めることも重要である。 - 地層処分技術は多岐にわたり、その最新の状況を様々なステークホルダーと情報共有するためにもDXの推進は不可欠である。その点も意識して今後の研究開発を進めていただきたい。
（対処方針） - 査読付論文誌への投稿等、これまでも事業者に働きかけを行っているが、今後はそれに加えて、プレスリリース、一般の方々への広報活動等も積極的に働きかけることにより、国民理解の醸成に努めていく。国としても、対話型全国説明会等の一般の方々への情報発信の機会を活用して成果を発信し、理解促進に努めていく。また、ご指摘のコスト削減的な研究課題についても視野に入れて取り組むとともに、現在実施している情報意見交換会を、人材育成の観点も含めてさらに充実させていく。 - 地層処分技術に対するDXの推進は、今後の重要な課題の一つであるため、2023年度以降の研究開発にあたっては、そのような観点も踏まえた事業を展開していく予定としている。また、情報共有に関しては、得られた成果やデータを一元管理できるデータベース、システム構築といったDX化に留意して事業を進めていく。
現在の対応状況
2022～2024年度の3年間で、329件の外部発表（うち査読付論文52件、国際学会発表50件）を行うなど、積極的に研究成果を発信した。また、国民理解の醸成に向けては一般の方々への情報発信も重要であるとの観点から、一般向けの成果発信も行っており、329件のうち16件は一般向け、2件はプレスリリースを行っている。また、複数の研究開発項目において、コスト削減に焦点を当てた技術開発を実施しており、将来の処分場建設において、コストも考慮して最適な設計・施工技術を選定できる技術の整備を進めている。 - 様々なステークホルダーと情報共有するため、一部研究開発項目ではユーザーが利用可能な形のデータベースの整備を進めている。また、全ての研究開発項目において取得された研究開発データおよびそのメタデータは、個別に設定された公開レベルに基づき、第三者への提供が可能である。

5

事業の全体構成 1

地層処分研究開発調整会議について

- 原子力委員会放射性廃棄物専門部会が2016年秋にとりまとめた評価報告書において、**研究開発等における関係行政機関等の間の一層の連携強化等が必要とされた**ことを受け、2017年度に設置され、2018年度からの5年間における「地層処分研究開発に関する全体計画」をとりまとめた。
- 2023年度からの5年間で取り組むべき技術的課題を整理するため、2022年6月に地層処分研究開発調整会議を再開。
- 外部有識者からご意見をいただきつつ、計4回の審議を経て、**原子力発電環境整備機構（以降、「NUMO」と表記）の「包括的技術報告書※1」の作成過程で明らかになった課題等を踏まえ、「地層処分研究開発に関する全体計画（令和5年度～令和9年度）※2」を策定。**

※1 NUMOが2021年にとりまとめた、どのようにサイトの調査を進め、安全な処分場の設計・建設・操業・閉鎖を行い、閉鎖後の長期間にわたる安全性を確保しようとしているのかについて、これまでに蓄積された科学的知見や技術を統合して包括的に説明するもの。
※2 https://www.meti.go.jp/shingikai/energy_environment/chiso_shobun/20230324_report.html

【参考】地層処分研究開発調整会議の役割と構成

【役割】	【メンバー】 下記機関代表者	【外部有識者】
① 研究開発全体計画の策定	・ 経済産業省資源エネルギー庁放射性廃棄物対策課	出光一哉（九州大学） 専門：原子力工学
② 研究開発の連携に関する調整	・ 文部科学省研究開発局原子力課放射性廃棄物企画室	大西有三（京都大学） 専門：地盤工学
③ 成果の体系化に向けた調整	・ 原子力発電環境整備機構（NUMO）	長田昌彦（埼玉大学） 専門：地質学
④ 研究開発の重複排除の調整	・ 日本原子力研究開発機構	小峯秀雄（早稲田大学） 専門：土木工学
	・ 産業技術総合研究所	新堀雄一（東北大学） 専門：バックエンド工学
	・ 電力中央研究所	廣野哲朗（大阪公立大学） 専門：固体地球科学
	・ 量子科学技術研究開発機構	松島潤（東京大学） 専門：地球資源工学
	・ 原子力環境整備促進・資金管理センター	安江健一（富山大学） 専門：地震地質学
	・ 電気事業連合会	
	・ 日本原燃株式会社	

事業の全体構成 2

研究開発項目の設定について

- 「**地層処分研究開発に関する全体計画（令和5年度～令和9年度）**」に基づき、NUMOのリーダーシップの下、下記の三分野を網羅する形で研究開発項目を設定。
- 地質環境の調査・評価**：処分場に重大な影響を与えるおそれのある自然現象を避け、バリア機能が発揮される好ましい地質環境を有するサイトを選定するための技術
- 処分場設計・工学技術**：将来の変化も考慮した上で、所期の閉じ込め性能を達成できるように、人工バリアや処分施設を設計・施工するための技術
- 安全評価**：将来予測の不確実性も考慮し、処分場の放射性物質が将来地表に到達するとした場合の人間にもたらす影響を評価し、地層処分システムの安全性を確認するための技術
- 処分場選定～操業～閉鎖～閉鎖後長期に至る各プロセスへ個別の成果を反映しつつ、三分野間で相互に情報の受け渡しができるよう、各研究開発項目を統合することにより、**俯瞰的に地層処分事業に資する成果を創出。**
- 将来に向けて幅広い選択肢を確保し、柔軟な対応を可能とする観点から、使用済燃料の直接処分など**代替処分オプションに関する調査・研究も着実に実施する。**

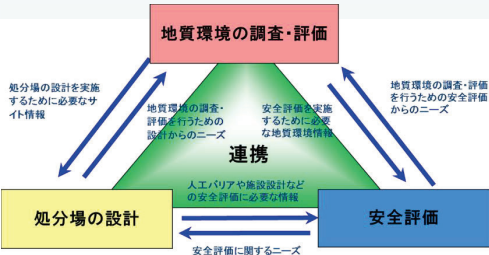


図2 研究開発項目の分野と分野間連携のイメージ

出展：NUMO包括的技術報告書

事業の全体構成 3

2022年度の研究開発項目	実施者	2023年度からの研究開発項目	実施者	
地質環境長期安定性評価技術高度化開発	国立研究開発法人日本原子力研究開発機構（以降、JAEA） 一般財団法人電力中央研究所（以降、電中研）	地質環境長期安定性総合評価技術開発	JAEA 電中研	①
地層処分施設閉鎖技術確証試験	JAEA 公益財団法人原子力環境整備促進・資金管理センター（以降、原環センター）	地層処分施設施工・操業技術確証試験	原環センター JAEA	②
回収可能性技術高度化開発	原環センター JAEA			
沿岸部処分システム評価確証技術開発 ※2023年度まで	国立研究開発法人産業技術総合研究所（以降、産総研） 電中研 原環センター	沿岸部地質環境調査・処分システム評価 統合化技術開発 ※2024年度から	産総研 JAEA 電中研 原環センター	③
ニアフィールドシステム評価確証技術開発	JAEA 原環センター	地層処分安全評価確証技術開発（ニアフィールド長期環境変遷評価技術開発）	JAEA 原環センター 電中研	④
TRU廃棄物処理・処分技術高度化開発	原環センター JAEA	地層処分安全評価確証技術開発（核種移行総合評価技術開発）	JAEA 原環センター 電中研 国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構（以下、量研機構）	④
岩盤中地下水流動評価技術高度化開発	JAEA 電中研			
直接処分等代替処分技術高度化開発	JAEA	直接処分等代替処分総合評価技術開発	JAEA	⑤

地質環境調査

処分場設計・工学技術

安全評価

代替処分オプション

評価項目 1. 意義・アウトカム(社会実装)達成までの道筋

1－1－1. 社会課題と将来像

評価項目 1

高レベル放射性廃棄物の現状と課題

- 原子力発電に伴い必然的に発生する放射性廃棄物の処分は、**公益性が極めて高く、国民全体の利益から見て重要な課題**である。廃炉等に伴って生じる低レベル放射性廃棄物、使用済燃料の再処理に伴って生じる高レベル放射性廃棄物について、処分技術に関する研究開発を進めることは不可欠。
- 原子力発電によって発生した使用済燃料から、再処理工場で再利用できるプルトニウムなどを回収し、残った廃液をガラス固化した**高レベル放射性廃棄物**（ガラス固化体）は、日本では**既に27,000本相当存在**している。
- 廃棄物を発生させた現世代の責任として、将来世代に負担を先送りしないよう、国が主導で最終処分に関する国民理解を獲得・促進し、着実な処分の実施を推進することが重要である。その上で、高レベル放射性廃棄物の最終処分について、現時点で最も安全で実現可能な方法は地層処分であるという国際認識の下、各国において地層処分に向けた取組が進められているが、わが国において**最終処分地はいまだ選定されていない**。
- わが国では、2000年に施行された「**最終処分法**※1」により設立された、**原子力発電環境整備機構（NUMO）が実施主体**となり、高レベル放射性廃棄物の最終処分地を選定し、処分を実施する。**国はNUMOを監督し、最終処分に関する政策を担当する立場である**。
- 我が国における地層処分の技術的な成立性や信頼性は「我が国における高レベル放射性廃棄物地層処分の技術的信頼性」（1999年）にて示されたが、原子力委員会バックエンド対策専門部会において、技術的信頼性の向上に向け、**研究開発を継続し、最新の科学的知見を反映していく必要性**が指摘された。
- 研究開発にあたっては、**国及び関係研究機関が基盤的な研究を実施し、実施主体であるNUMOが実用化研究を担当すること**となっており、深地層の科学研究等の基盤的な研究開発及び地層処分技術的信頼性の向上に関する技術開発等について国による研究開発が必要不可欠。
- 処分事業の操業開始までの長期的な展開を視野に入れ、**先導性と継続性をもって基盤的な研究開発を着実に進めることで、地層処分の基盤となる技術の整備と技術的信頼性の更なる向上を図り、国民の地層処分に対する納得感や安心感の醸成に寄与する**。

※1 特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律（2000年6月公布、2000年11月施行）

<https://laws.e-gov.go.jp/law/412AC0000000117/> 10

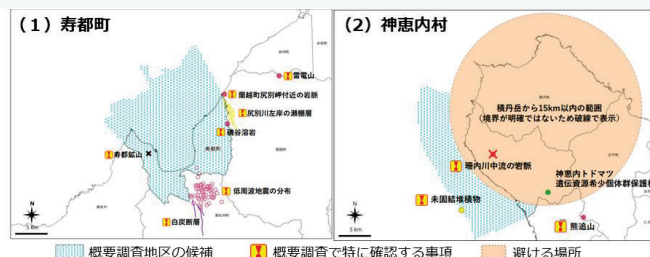
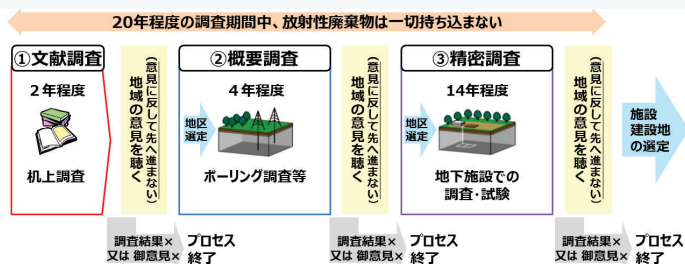
※2 <https://www.meti.go.jp/press/2023/04/20230428007/20230428007.html>

1－1－2. 外的環境の状況（技術・市場・政策・制度動向等） 1

評価項目 1

わが国の処分地の選定にかかる進捗状況について

- 高レベル放射性廃棄物の最終処分地は、処分の実施主体であるNUMOによる、①文献調査（既存データ・文献の整理・評価）、②概要調査（ボーリング調査等）、③精密調査（地下施設における調査等）を経て、選定される。
- 2020年11月には北海道寿都町、神恵内村において文献調査を開始し、2024年11月に調査結果を取りまとめた報告書を寿都町長、神恵内村長及び北海道知事に提出するとともに、4ヶ月間、報告書の公告・縦覧を行った。2024年6月には佐賀県玄海町において文献調査が開始された。
- こうした処分地選定プロセスの進捗状況を踏まえつつ、処分事業の操業開始までの長期的な展開を視野に入れ、**具体的な地点を対象とした調査評価のための基盤となる技術**（例えば沿岸部特有の地質環境特性の評価手法の開発など）を**先行的に整備**することで、**処分事業の円滑化**を図る。
- 地層処分の技術的信頼性の更なる向上に向け、引き続き、国、NUMO、JAEA等の関係機関が、**全体を俯瞰して技術開発を着実に進め、最新知見を定期的に反映**するとともに、その専門的な評価が国民に十分に共有されることが重要である。【第7次エネルギー基本計画（2025年2月18日閣議決定）】



【参考】国民理解に向けた活動の状況

- 地層処分の技術的信頼性の更なる向上に向け、引き続き、国、NUMO、JAEA等の関係機関が、全体を俯瞰して技術開発を着実に進め、最新知見を定期的に反映するとともに、その専門的な評価が国民に十分に共有されることが重要（第7次エネルギー基本計画）。
- 本件研究開発事業とは別に、対話型全国説明会や若年層向け理解活動を通じて理解活動を実施してきており、理解活動において研究開発事業の成果が活用されている。
- 理解活動のありかた、進め方については、社会科学の専門家も参画する特定放射性廃棄物小委員会において審議。

3. 全国的理解の醸成（説明会開催等）について

- 資源エネルギー庁、原子力発電環境整備機構（NUMO）の共催で、全国的な対話活動として、対話型全国説明会を2017年より開始し、2024年度末時点で204回開催。
- 自治体職員向けに、2024年度も自治体説明会を全国ブロック別に開催。
- また、北海道における文献調査の法定理解プロセスにあわせ、全国的にも、マスメディア広報やイベントへの出席等の理解活動を強化（後掲）。

①対話型全国説明会の2024年度開催実績（15回）

日時	場所
5/13（月）	栃木県栃木市
5/23（水）	沖縄県沖縄市
6/11（火）	奈良県生駒市
6/20（木）	群馬県太田市
6/27（木）	佐賀県唐津市
7/10（水）	高知県高知市
7/24（水）	長野県上田市
8/27（火）	宮崎県宮崎市
12/19（木）	大阪府大阪市
1/20（月）	愛知県名古屋市中区
1/23（水）	東京都中央区
2/13（木）	広島県広島市
2/20（木）	島根県大田市
3/6（木）	岐阜県岐阜市
3/13（木）	愛媛県松山市

②自治体説明会の2024年度開催実績（5回）

日時	場所
1/30（木）	東北・関東ブロック
1/31（金）	中部・北陸・近畿ブロック
2/3（月）	中国・四国ブロック
2/4（火）	九州・沖縄ブロック
2/5（水）	北海道ブロック

③マスメディア広報（新聞広告）

対話型全国説明会のイメージ

日本経済新聞 2024年10月3日掲載

4. 若年層向け理解活動

- 国民各層への理解促進の観点から、地層処分に関心がある大学生による大学祭への出展や、エネ庁職員等による個別大学における出前授業を実施。
- 加えて、高校生向けの研修事業も実施しており、より若い世代が、高レベル放射性廃棄物の最終処分に関し、日本と最終処分先進国（スウェーデン）の現状や違いを学ぶ中で、地層処分について考えるきっかけを提供。

①大学祭出展の様子

大学祭出展（2024年度）の実績

大学名	参加者
東京理科大学（横浜キャンパス）	448名
埼玉工業大学	272名
岡山大学	406名
東京理科大学（世田谷キャンパス）	357名
東京大学	731名

②エネ庁職員等による出前授業（2024年度）

日時	大学
9/25（水）①	東京理科大学家政学部
9/25（水）②	東京理科大学家政学部
10/7（月）	宮城教育大学教育学部
11/1（金）	武蔵野大学教育学部
11/7（木）	京都大学経営学部
12/14（土）	東邦大学理学部
1/20（月）	大阪産業大学デザイン工学部

③高校生向け研修事業（2024年度）

・2024年7月下旬から8月上旬にかけ実施。
・国内は青森県六所村及び福島第一原発、スウェーデンでは最終処分予定地や地下研究所等を視察。
・スウェーデンの最終処分予定地近くの高校生との意見交換・交流を実施。

国民理解に向けた活動の状況（第6回特定放射性廃棄物小委員会、2025年4月25日開催 資料3より抜粋）
https://www.meti.go.jp/shingikai/enecho/denryoku_gas/radioactive_waste/pdf/006_03_00.pdf

1－1－2. 外的環境の状況（技術・市場・政策・制度動向等） 2

評価項目 1

諸外国の状況と国が研究開発を実施する意義について

- 高レベル放射性廃棄物の地層処分の実現は、原子力を利用する全ての国の共通の課題。
- 地層処分事業が進んでいる、フィンランド、スウェーデン、フランスなどでは、10件程度の関心地域から長い年月をかけて絞り込み。国や処分の実施主体が、各国の地下研究施設等も活用した研究開発を実施するとともに、国民理解・地域理解に弛まめ努力を重ねてきた。
- 各国の地下研究施設等で得られた成果を活用しつつ、日本特有の地質環境、自然事象等を考慮した地質環境調査・評価技術、処分場設計技術、安全評価技術を開発する必要がある。
- 地下研究施設等の現場を活用した実証的な試験は、実際の概要調査、精密調査や、処分場の建設、操業、閉鎖の基盤となる信頼性を確保した技術を開発するためには不可欠であるが、実施主体であるNUMOが現地調査等を実施する場合、調査地がそのまま処分地になるという地元の懸念を招く恐れも存在。そのため、NUMOが主体的に実施する事が困難であり、国が実施する必要がある。

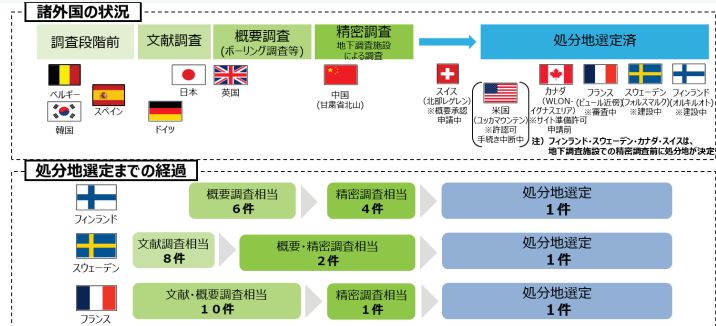


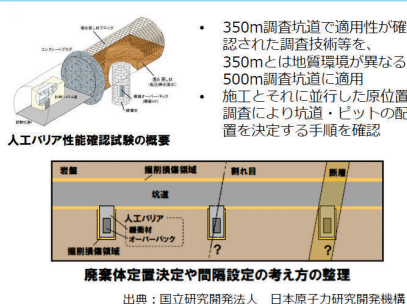
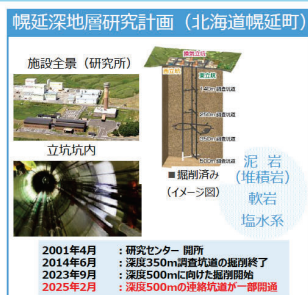
図5 諸外国の地層処分の状況（資源エネルギー庁、2024を編集）



図6 諸外国の地下研究施設（原子力環境整備促進・資金管理センター、2024）

- ・我が国固有の地質環境の理解を深め、地層処分の技術が実際の地質環境で機能することの確認を目的に、瑞浪超深地層研究所（岐阜県瑞浪市）、幌延深地層研究センター（北海道幌延町）にて研究開発を実施してきた。
- ・瑞浪における深地層研究は、坑道の埋戻しまで含めて2021年度に完了（モニタリングは2026年度まで継続予定）。
- ・幌延における地層処分研究は350m調査坑道を主体とした2024年度までの当初目標を達成。今後は、2028年度までに深度500m調査坑道等を活用した技術の体系化を進める予定。

- 法制定以降、国立研究開発法人日本原子力研究開発機構を始めとする研究機関が、**地層処分**の技術的な信頼性の向上等を目的に、研究開発に取り組んできたところ。
- 2つの地下研で実施してきた**地層科学研究**（地質環境の調査・評価に関する研究）については、**令和元年度までに当初の目的をほぼ達成**。その後は、**幌延深地層研究センター**において、**人工バリアの適用性確認や、種々の処分概念オプションの工学的実現性の実証**等の研究開発を継続。
- 特に**350m調査坑道で令和6年度までに実施すべき研究課題は当初目標を達成**。今後は、当該研究成果の**500m調査坑道における適用・確認等**を通じ、技術の体系化を進める。



14

評価項目 1

- ## ①地質環境長期安定性総合評価技術開発

- 将来の火山・火成活動の発生ポテンシャルの推定手法の開発
- 深部流体の移動・流入に係る現象理解及び影響評価技術の整備
- 地質学、地形学、地球物理学、地球化学、地球年代学といった各学術分野における最新の研究を踏まえた技術を適用した事例研究

- 開発してきた調査・評価技術の体系的な整備を進め、技術の適用可能条件や適用限界の確認を通じて、技術的信頼性の向上を図る。

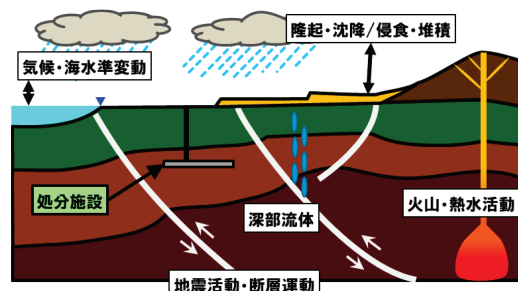


図7 処分場の安全性に影響を及ぼす自然事象

- **地下研究施設やモックアップ施設を活用した処分場の建設及び閉鎖に関する坑道規模での実証的試験等**（止水プラグ、坑道埋戻し材の設計・施工技術、回収技術の開発等）

- 幌延国際共同プロジェクト※の枠組み等を活用して、限られた期間で効率的に研究を進め、**施工技術の成立性を確認し技術オプションとして整備する。**

Figure 1: Cross-section diagram of the test pit. The diagram shows a cross-section of a test pit with a total width of 25m. The left side is labeled '坑口側' (Pit Mouth Side). The right side is labeled '背面側' (Back Side). The pit is divided into three main sections: a 2m wide section on the left, a 6m wide section in the middle, and a 25m wide section on the right. The 2m section contains a '止水プラグ' (Water Stop Plug) and '吹付け+ブロック' (Gunite + Blocks). The 6m section contains '埋戻し材S' (Backfill Material S) and '埋戻し材B' (Backfill Material B). The 25m section contains '埋戻し材B' (Backfill Material B). The diagram also shows a '試験坑道6' (Test Pit 6) and a '背面側' (Back Side) label.

図8 幌延地下研究施設を活用した止水プラグの原位置施工試験



15

1-1-3. 事業概要 2

評価項目 1

③沿岸部地質環境調査・処分システム評価統合化技術開発

実施内容

- 概要調査段階で必要となる沿岸部地質環境の調査技術（ボーリング調査、海底湧水調査、物理探査）やモデル構築方法の高度化
- 沿岸部海底下特有の地質環境を加味した処分場の候補概念／設計案の建設・操業における課題の整理や安全評価手法の構築

今後の展開

- 地質環境モデルを通じた施設設計を含む処分システムの統合化を行い、地層処分技術の信頼性及び安全性の更なる向上を図る。

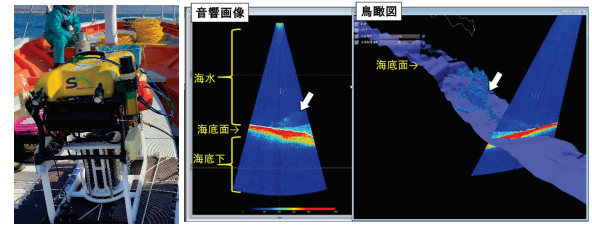


図10 海底湧水調査の例

④-1地層処分安全評価確証技術開発(ニアフィールド長期環境変遷評価技術開発)

実施内容

- 地層処分システムの過渡期から長期にわたる処分場近傍領域（ニアフィールド）の状態変遷評価手法の高度化
- 廃棄体の発熱による100℃超を含む熱影響の評価
- 地下研究施設も活用した、実地下環境で発生する複合現象の理解と評価モデルの確証

今後の展開

- 開発してきた評価モデルの高度化と妥当性確認により、より現実的な評価手法を構築することで、地層処分技術の信頼性向上を図る。



図11 幌延地下研究施設でのヒーターを用いた緩衝材ブロック熱影響評価試験の例
左：緩衝材ブロック内部の色調分布の変化
右：ヒーター接触部に認められた緩衝材のひび割れ

16

1-1-3. 事業概要 3

評価項目 1

④-2地層処分安全評価確証技術開発(核種移行総合評価技術開発)

実施内容

- 実際のサイトの地質環境の特徴や処分システムの長期的な変遷を適切に反映することが可能な核種移行評価技術の開発
- 処分場近傍領域（ニアフィールド）の長期的な環境変遷を考慮した核種移行評価技術開発
- 岩盤中の物質移行・核種移行評価技術開発
- 生活圏における核種移行プロセス及び被ばくプロセスに関する検討

今後の展開

- サイト選定プロセスへの展開を念頭に、実用的かつ体系的な安全性の評価手法を構築し、地層処分技術の信頼性向上を図る。

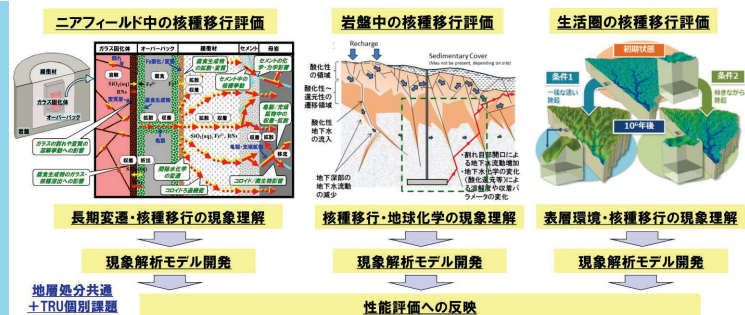


図12 核種移行評価のスケールイメージ

⑤直接処分等代替処分総合評価技術開発

実施内容

- 使用済燃料からの核種の溶出挙動、臨界安全の評価
- 直接処分システムの成立性の検討に向けた技術基盤の整備
- その他代替処分オプションの評価

今後の展開

- 幅広い選択肢を確保する観点から、調査研究を継続する。

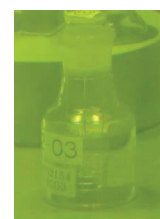


図13 実際の使用済燃料を用いた浸漬試験

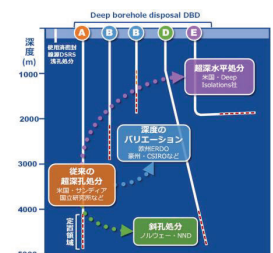


図14 諸外国で検討されている深孔処分のバリエーション

17

1-1-3. 事業概要 4

地層処分事業全体を俯瞰した研究開発項目の状況

- 2022年6月に再開した地層処分研究開発調整会議では、NUMOの「包括的技術報告書」の作成過程で明らかになった課題等を踏まえ、「地層処分研究開発に関する全体計画（令和5年度～令和9年度）」を策定。
- 「全体計画」に基づき、処分事業の操業開始までの長期的な展開を視野に入れ、具体的な地点を対象とした調査評価のための基盤となる技術を先行的に整備するべく、研究開発項目を設定。
- 信頼性の高い技術基盤の整備を進め、処分地選定に係る調査期間中には、着実に地層処分を実現できる技術の確立を目指す。

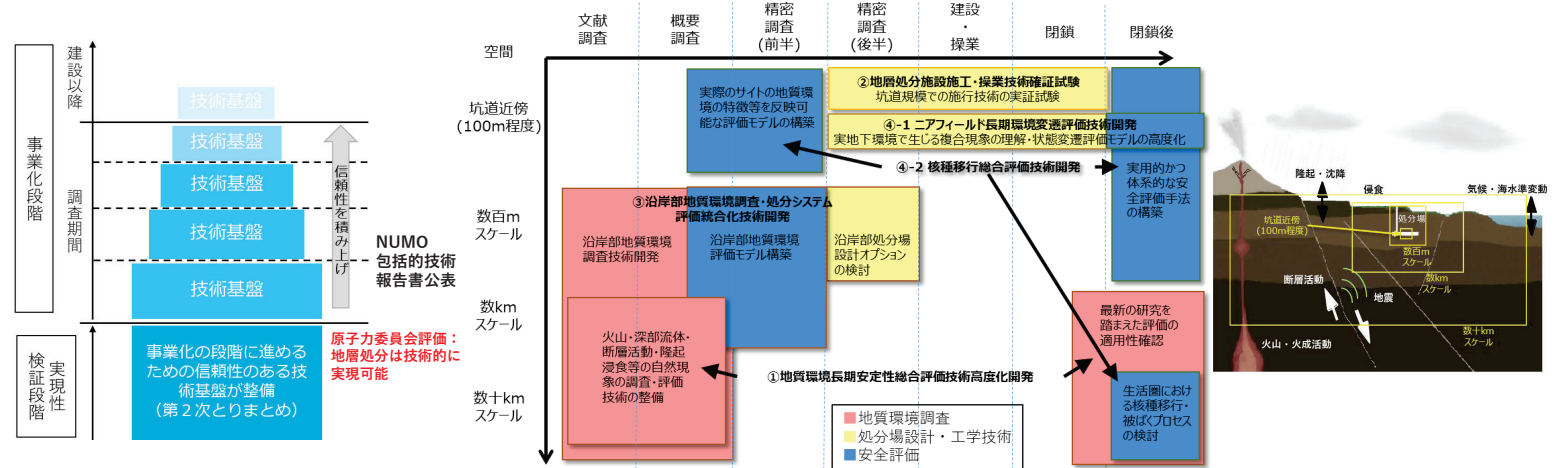


図15 地層処分実現に向けた技術基盤の整備イメージ

※このほかに「⑤直接処分等代替処分総合評価技術開発」を実施

図16 委託事業で構築する技術の反映先（調査段階とスケール）

【参考】直接処分等代替処分オプションの研究開発状況について

- 幅広い選択肢を確保する観点から、2013年度以降、国からJAEAへの委託事業として、調査・研究を開始。
 - JAEAは2013年度末までに得られた成果をとりまとめ、直接処分についての現状の技術レベルと課題について検討した技術報告書「わが国における使用済燃料の地層処分システムに関する概括的評価―直接処分第1次取りまとめ―※」を作成。
 - 現在の主な実施内容は下記の通り
- ① 臨界安全評価技術の高度化
 - ② 使用済燃料からの核種溶出挙動評価
 - ③ 直接処分システムの成立性の検討に向けた基盤情報の整備
 - ④ 深孔処分オプションの成立性の検討

※ <https://jopss.jaea.go.jp/pdfdata/JAEA-Research-2015-016.pdf>

予算額の推移（令和7年度予算までの合計：32.2億円）

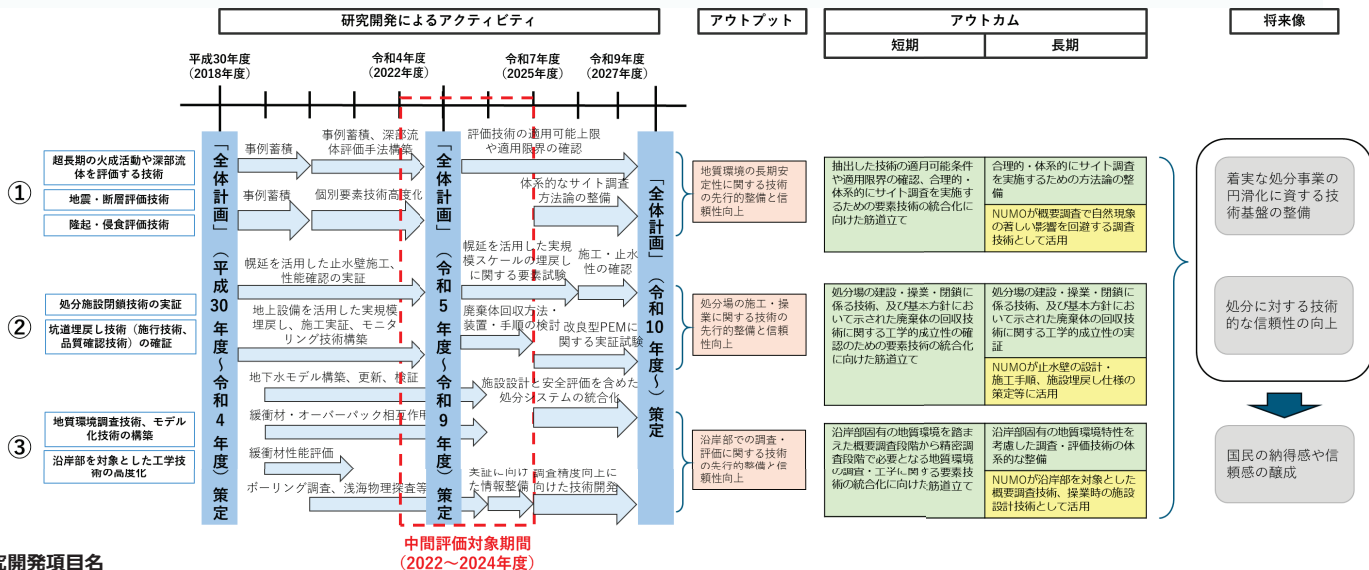
平成25年度	3.0億円
平成26年度	3.5億円
平成27年度	3.7億円
平成28年度	3.0億円
平成29年度	2.4億円
平成30年度	2.0億円
令和元年度	2.3億円
令和2年度	2.3億円
令和3年度	2.2億円
令和4年度	1.8億円
令和5年度	2.0億円
令和6年度	2.0億円
令和7年度	2.0億円

主な成果：処分容器の長寿命化に向けた新材料の開発、ガラス固化体の地層処分と同様の処分システムが概ね利用可能であることの確認、等
課題：銅製処分容器の適用性確認、高炭酸影響評価、等

主な成果：銅製処分容器の腐食挙動評価や核種溶出挙動に及ぼす炭酸影響評価、臨界安全評価の信頼性向上
課題：研究技術開発成果のとりまとめ

1-2. アウトカム達成までの道筋（ロードマップ 1） 評価項目 1

- ・ 現行の研究開発を2027年度まで継続。
- ・ ユーザーであるNUMOが地層処分事業で活用できる成果として技術移転。
- ・ 2028年度以降も更なる信頼性の向上に向けて取り組むため、新たな全体計画の策定を予定。



【参考】研究開発項目名

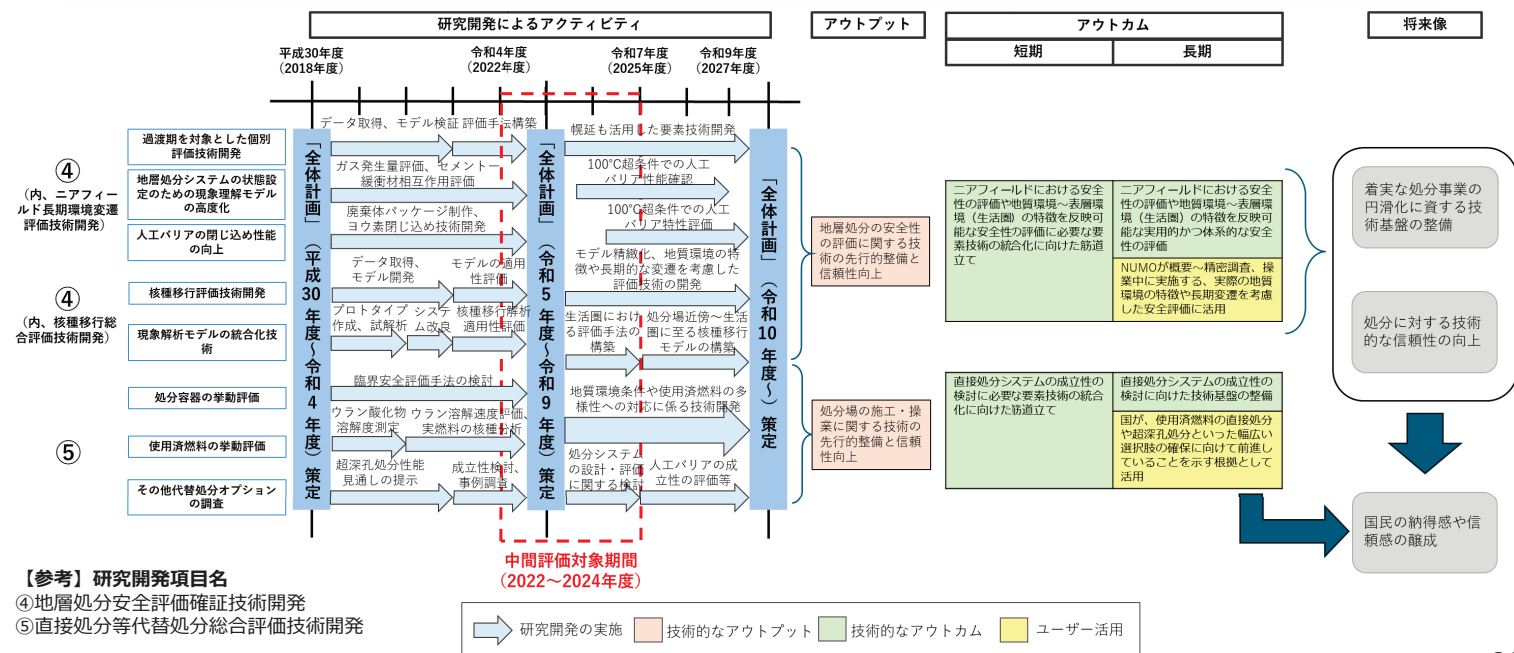
- ①地質環境長期安定性総合評価技術開発
- ②地層処分施設施工・操業技術確認試験
- ③沿岸部地質環境調査・処分システム評価統合化技術開発

図16 研究開発によるアクティビティから目指す将来像までのロードマップ 1

20

1-2. アウトカム達成までの道筋（ロードマップ 2） 評価項目 1

- ・ 直接処分等に関する研究開発については、国が幅広い選択肢の確保に向けて引き続き研究開発を進める必要があるため、2028年度以降も含めてとりまとめを進める。



【参考】研究開発項目名

- ④地層処分安全評価確認技術開発
- ⑤直接処分等代替処分総合評価技術開発

図17 研究開発によるアクティビティから目指す将来像までのロードマップ 2

21

【参考】NUMOへの技術移転の状況

【包括的技術報告書における基盤研究成果の活用】

- NUMOの「包括的技術報告書※」の作成に際して、JAEAの深地層の研究施設計画の成果に加え、地質環境の長期安定性に関する研究、地層処分放射化学研究施設等を活用した研究の成果を含めた技術基盤情報が提供された。また、本報告書では178件に及ぶJAEAの研究開発報告書が引用されている。

※NUMOが2021年にとりまとめた報告書。どのようにサイトの調査を進め、安全な処分場の設計・建設・操業・閉鎖を行い、閉鎖後の長期間にわたる安全性を確保しようとしているのかについて、これまでに蓄積された科学的知見や技術を統合して包括的にまとめた。

【共同研究を通じた技術移転】

- NUMOによる文献調査と概要調査の実施に向けた基盤研究開発機関、電力会社等との連携・協力、地層処分に係る**技術移転を含む共同研究の実施**（JAEA、電中研、量研機構）
- OECD/NEA とJAEA による幌延深地層研究センターの地下研究施設を活用した**幌延国際共同プロジェクト**（NEA-JAEA Joint International Project, “Horonobe International Project”（HIP））の3つの課題（物質移行試験（タスクA）、処分技術の実証と体系化（タスクB）、実規模の人工バリアシステム解体試験（タスクC））にNUMOが参画し、NUMO職員の**技術力向上及び人材育成**に活用されている。



幌延国際共同プロジェクト（HIP）のタスクA（物質移行試験）における現場確認の状況（2023年9月）

22

1－3．知的財産・標準化戦略

評価項目 1

- 地層処分事業の実施主体であるNUMOが、処分地選定プロセスにおける3段階の調査および処分場の建設・操業・閉鎖を円滑に実施するために、国及び関係研究機関が実施する基盤的な研究の成果は、論文発表等による公知化を進めている。
- 地層処分事業が比較的進んでいる諸外国の研究開発成果も活用しつつ、日本特有の地質環境、自然事象等を考慮した地質環境調査・評価技術、処分場設計技術、安全評価技術を開発する必要がある。
- 以上より、下記の実施方針で取組を継続する。

□ 知的財産

- 日本版バイ・ドール制度の目的および本プロジェクトの目的を達成するため、知的財産マネジメントを実施。
- プロジェクト参加者間での知的財産の取扱いについては、「委託研究開発における知的財産マネジメントに関する運用ガイドライン」に基づき、プロジェクト開始（委託契約書の締結）までに合意書を作成。
- 本プロジェクトの実施により得た知的財産権は、下記の事項を遵守することを条件として、国が受託者から譲り受けないものとする

- ① 研究成果が得られた場合は遅滞なく国に報告すること
- ② 国が公共の利益のために必要があるとして求めた場合に、知的財産権を無償で国に実施許諾すること
- ③ 知的財産権を相当期間利用していない場合に、国の要請に基づいて第三者に当該知的財産権を実施許諾すること
- ④ 知的財産権の移転等をするときは、合併等による移転の場合を除き、あらかじめ国の承認を受けること

□ 標準化戦略

- フィンランド、スウェーデン、スイス、フランスなどの地下研究施設等で得られた成果を活用しつつ、日本特有の地質環境、自然事象等を考慮した地質環境調査・評価技術、処分場設計技術、安全評価技術の成果を最大化するとともに、次世代を担う国内外の技術者を育成することを目的に、JAEAが立ち上げた幌延国際共同プロジェクト（Horonobe International Project）を、本プロジェクトでも最大限活用する。

23

評価項目 2. 目標及び達成状況

2ー1. アウトカム目標及び達成見込み 1 評価項目 2

アウトカム指標		アウトカム目標 / 目標値	達成状況
短期目標 2024年度	① 抽出した技術の適用可能条件や適用限界の確認、合理的・体系的にサイト調査を実施するための方法論の検討に必要な延べ検討項目数	● 要素技術の統合化に向けた筋道立て／11項目	2024年度時点での実績：達成（11項目）
	② 処分場の建設・操業・閉鎖に係る技術、及び基本方針において示された廃棄体の回収技術に関する工学的成立性の確認に必要な延べ検討項目数	● 要素技術の統合化に向けた筋道立て／8項目	2024年度時点での実績：達成（8項目）
	③ 沿岸部固有の地質環境を踏まえた概要調査段階から精密調査段階で必要となる地質環境の調査・工学に関する技術開発に必要な延べ検討項目数	● 要素技術の統合化に向けた筋道立て／9項目	2024年度時点での実績：達成（9項目）
	④ ニアフィールドにおける安全性の評価や地質環境～表層環境（生活圏）の特徴を反映可能な安全性の評価に必要な延べ検討項目数	● 要素技術の統合化に向けた筋道立て／23項目	2024年度時点での実績：達成（23項目）
	⑤ 直接処分システムの成立性の検討に必要な延べ検討項目数	● 要素技術の統合化に向けた筋道立て／4項目	2024年度時点での実績：達成（4項目）
長期目標 2027年度	① 合理的・体系的にサイト調査を実施するための方法論の整備に関する技術開発の達成件数	● 構築した要素技術の統合化による、処分事業のプロセスにおける地質環境調査～設計・施工・操業～安全評価の一連の流れの実現性についての総括的に取りまとめ／2件	技術件数：達成見込み
	② 処分場の建設・操業・閉鎖に係る技術、及び基本方針において示された廃棄体の回収技術に関する工学的成立性の実証に関する技術開発の達成件数	● 構築した要素技術の統合化による、処分事業のプロセスにおける地質環境調査～設計・施工・操業～安全評価の一連の流れの実現性についての総括的に取りまとめ／3件	技術件数：達成見込み
	③ 沿岸部固有の地質環境特性を考慮した調査・評価技術の体系的な整備に関する技術開発の達成件数	● 構築した要素技術の統合化による、処分事業のプロセスにおける地質環境調査～設計・施工・操業～安全評価の一連の流れの実現性についての総括的に取りまとめ／2件	技術件数：達成見込み
	④ ニアフィールドにおける安全性の評価や地質環境～表層環境（生活圏）の特徴を反映可能な実用的かつ体系的な安全性の評価に関する技術開発の達成件数	● 構築した要素技術の統合化による、処分事業のプロセスにおける地質環境調査～設計・施工・操業～安全評価の一連の流れの実現性についての総括的に取りまとめ／5件	技術件数：達成見込み
	⑤ 直接処分システムの成立性の検討に向けた技術基盤の整備に関する技術開発の達成件数	● 構築した要素技術の統合化による、処分事業のプロセスにおける地質環境調査～設計・施工・操業～安全評価の一連の流れの実現性についての総括的に取りまとめ／2件	技術件数：達成見込み

2-1. アウトカム目標及び達成見込み

評価項目 2

アウトカム設定理由・根拠	
- 高レベル放射性廃棄物の地層処分にあたり、NUMOが段階的な調査を経て処分地を選定した後に、原子炉等規制法に基づいて原子力規制委員会による審査が行われることとなっている。 - 原子力規制委員会は、2022年8月に「特定放射性廃棄物の最終処分における概要調査地区等の選定時に安全確保上少なくとも考慮されるべき事項」を公開したものの、地層処分場の建設・操業に向けた規制基準・指標はいまだ示されていない。 - 地層処分の実現に必要な技術水準が明確にならない現状を踏まえつつ、操業開始までの長期的な展開を視野に入れ、常に最新の知見を反映していくことで処分を円滑に進めていくため、今後5カ年で取り組むべき技術的課題が、2023年度に「地層処分研究開発に関する全体計画（令和5年度～令和9年度）」で整理された。 - 本事業では、「全体計画」に基づいて研究開発項目を設定しており、種々の検討項目を着実に実施し、開発目標を段階的に達成することで、信頼性のある技術が構築される。よって、各項目で必要な調査・評価技術をアウトカムとして設定している。 （計測方法） - 目標年度までの取組の累積件数	
費用対効果	
2022～2024年度で、104.9億円の国費を投入。 2027年度までに成果を取りまとめることとなっており、2022～2024年度の3年間は、事業の中間に当たる期間ではあるものの、329件の外部発表（うち査読付論文52件、国際学会発表50件）など、十分な数の成果発信をしており、当該分野の国内外の技術者・研究者への理解促進に寄与していると考えられる。 - 国民理解の醸成に向けては一般の方々への情報発信も重要であるとの観点から、一般向けの成果発信も行っており、329件のうち16件は一般向け、2件はプレスリリースを行っている。 - 外部発表の結果として得られるフィードバックにより、技術開発成果が高度化されており、妥当な費用対効果が得られている。	

26

2-2. アウトプット目標及び達成状況

評価項目 2

アウトプット指標		アウトプット目標／目標値	達成状況
中間目標 2024年度	技術開発により得られた成果の外部発表数	- 外部発表数目標値：設定なし ➢ 研究開発成果を積極的に発信しつつ、査読付き論文の掲載等による信頼性の向上を図る。 ➢ 国際的な情報発信も積極的に行う。	329件（うち査読付論文掲載数52件、国際学会発表50件）の外部発表により研究成果を発信し、開発した技術の信頼性向上に務めた。
最終目標 2027年度	① 処分事業の円滑な推進等に必要な地質環境の長期安定性に関する技術件数 ② 処分事業の円滑な推進等に必要な処分場の施工・操業に関する技術件数 ③ 処分事業の円滑な推進等に必要な沿岸部での調査・評価に関する技術件数 ④ 処分事業の円滑な推進等に必要な安全性の評価に関する技術件数 ⑤ 代替処分オプション技術の整備に必要な技術件数	- 地質環境の長期安定性に関する技術の先行的整備による処分事業の円滑な推進／1件 - 処分場の施工・操業に関する技術の先行的整備による処分事業の円滑な推進／1件 - 沿岸部での調査・評価に関する技術の先行的整備による処分事業の円滑な推進／1件 - 安全性の評価に関する技術の先行的整備による処分事業の円滑な推進／1件 - 代替処分オプション技術の先行的整備による処分事業の円滑な推進／1件	技術件数：達成見込み
（目標の設定理由・根拠） - 地層処分事業における処分場選定プロセスに適用可能な要素技術を実証することで、地層処分技術の信頼性を向上させ、処分事業の円滑な推進に資するため、地質環境調査～処分場設計・施工・操業～安全評価に必要な技術件数をアウトプット指標に設定した。 - 加えて、アウトプットを定量的に評価できる指標として、外部発表数を設定した。特に、技術のコンセンサスを得るには、査読付論文の掲載を経て信頼性を向上させることが重要であること、また、国際的な情報発信も重要な位置を占めることから、この2件についても活動指標として活用した。 （今後の見通し） - 国が立ち上げた「地層処分研究開発調整会議」により、取り組むべき技術的課題を「地層処分研究開発に関する全体計画」として整理し、これに沿った技術開発を2027年度まで継続して実施する予定である。今後、処分事業の円滑な推進等に必要な要素技術の実証を着実に進めることで、2027年度にはアウトプット指標を達成できる見込みである。 （計測方法） - 技術件数は外部委員会でレビューを受けつつ実施した委託事業数をカウントする。 - 外部発表数は委託先からの報告数をカウントした。			

27

【参考】全体計画で示された2027年度までの研究開発目標と取組状況 1

①地質環境長期安定性総合評価技術開発

「地層処分研究開発に関する全体計画（令和5年度～令和9年度）」

- （処分地選定プロセスにおける）サイト調査では、我が国のように変動帯に位置すること起因する、地質環境の長期的安定性に影響を及ぼす可能性のある自然現象を理解するとともに、サイト特有の特徴や条件等を考慮し、適用可能な最善の調査・評価技術を適切に利用できることが重要となる。
- 自然現象の発生可能性とその地質環境への影響評価や、我が国の多様な地質環境条件を対象とした長期間にわたる地質環境の変遷についての評価等に係るこれまでの研究開発成果を踏まえ、最新の科学的知見に基づく最先端の調査・評価技術及びモデル化・解析技術について、さらに情報収集を継続するとともに、実際のサイト調査への適用性や妥当性を実証試験等により確認する。
- 地質環境の調査と評価に関する技術の整備にあたっては、原子力規制委員会が示した考慮事項や、関係研究機関における研究開発成果の統合に留意して取り組むこととする。

2024年度までの取組状況

- 最適な調査技術の選択・組み合わせに向けた考え方の検討として、深部流体の化学的特徴の把握、深部流体移行経路の検討、断層の活動性評価、隆起・侵食速度の推定といった項目について、5か年のフェーズの中で、多様な地質環境条件に応じた最適な調査技術の選択・組み合わせに向けた考え方が整理できるよう、計画を策定し、個別技術の開発や事例研究を進めた。火山・火成活動については、各種調査技術の適用事例が相対的に少ない第四紀の古い時期を中心に、既往研究のレビューによる、課題の洗い出しを進めている。
- 考慮事項の策定過程において、将来の新規火山発生時の蓋然性評価に関して更なる研究開発の重要性が議論されたことなどを踏まえ、電磁探査と熟年代学的手法を組み合わせた、地下に熱源を持つ非火山における火山活動への発展性の検討、及び、マンツルの物理解化学条件を推定することによる、新規火山の出来やすさを評価する手法の検討のための事例研究を進めた。
- 地層処分技術 WG における議論（経済産業省、2024）の中でも、2024 年 1 月 1 日の能登半島地震を踏まえた地下流体の研究・評価や、断層運動の影響範囲・地下に伏在する活断層についての言及がなされている。本事業で進めている深部流体の移行経路を調査解析する技術の開発や、活断層地形が不明瞭なせん断帯における活構造の分布や力学的影響範囲を把握する手法の検討は、この議論にも応える内容であり、今後も技術の高度化のみならず、得られた知見の積極的な発信を進めていく。

表 全体計画における5年間の研究開発工程
（地質環境長期安定性総合評価技術開発該当部分）

技術開発要素	令和5年度	令和6年度	令和7年度	令和8年度	令和9年度
(1) 火山・火成活動の発生及び影響に関する調査・評価技術の高度化	調査・評価事例の選定	個々の調査・評価技術の適用可能条件や適用範囲の確認	調査・評価に関する方法論の取りまとめ		
(2) 深部流体の移動・流入に係る現象理解及び影響に関する調査・評価技術の整備	調査・評価事例の選定	個々の調査・評価技術の適用可能条件や適用範囲の確認	調査・評価に関する方法論の取りまとめ		
(3) 地震・断層活動の活動性及び影響に関する調査・評価技術の高度化	調査・評価事例の選定	個々の調査・評価技術の適用可能条件や適用範囲の確認	調査・評価に関する方法論の取りまとめ		
(4) 隆起・侵食に関する調査・評価技術の高度化	調査・評価事例の選定	個々の調査・評価技術の適用可能条件や適用範囲の確認	調査・評価に関する方法論の取りまとめ		
(5) 長期的な自然現象の発生可能性及び地質環境への影響に関する評価技術の整備	地質環境の状態変化に関する安全評価シナリオ構築の方法論の整備	自然現象の発生可能性等に関する確率論的評価技術の整備	確率論的評価の適用に対する理解促進及び知見向上		

28

【参考】全体計画で示された2027年度までの研究開発目標と取組状況 2

②地層処分施設施工・操業技術確証試験

「地層処分研究開発に関する全体計画（令和5年度～令和9年度）」

- これまで取り組んできた人工バリアや地上・地下施設等の処分場を構成する個別要素を対象とした研究開発から、システムとしての成立性により重点を置いた研究開発に移行するとともに、様々な技術オプションについて、サイトの地質環境の特性に留意しつつ、安全性及び実現性を継続的に検討することで、設計の詳細化及び最適化への準備を整える。具体的には、これまで蓄積されてきた、また今後得られる人工バリアに係る材料特性データ、地上・地下施設の施工に必要な要素技術の実証データ並びに回収に関わる要素技術の適用性確認結果等の設計体系への統合と、段階的な技術の実証によってこれを進める。
- 段階的な技術の実証を通じて、処分場の建設・操業・閉鎖に係る技術、及び廃棄体の回収技術に関する工学的成立性を、工学規模試験や原位置での試験を活用しながら確認していく必要がある。特に、精密調査の段階に構築する地下調査施設においては、地質環境等サイト固有の条件に対する各種技術の適合性や施工性・品質管理手法の妥当性の確認等を行うことが考えられている。したがって、今後5年間では、これらの実証試験において検証すべき課題とその確認方法について明確にすることに重点を置く。

2024年度までの取組状況

- 設計及び適用する操業・閉鎖技術の最適化の方法論の具体化を目標に、幅広いカテゴリ・レベルに分布する処分場の設計オプション（選択肢）を処分場の空間スケールで整理し、最適化の評価項目ごとの指標や考え方など課題を抽出・整理した上で、設計の最適化方法を検討した。また、閉鎖の判断に資する地下構成要素の品質保証体系の検討方針の策定するため、フィンランドにおける性能確認に関する規制基準及び実施主体である Posiva のモニタリングに関する取組状況について調査したうえで、オーバーバックや緩衝材などの施工後に生じる変遷を具体例として、性能確認プログラムの具体化のための検討方針を設定した。
- 適用性のある技術オプションの開発と技術選択（最適化）に資する技術情報の整備を目標に、埋戻し材、止水プラグ、緩衝材の施工技術及び廃棄体の回収技術を対象として、技術オプションの選択に資する技術情報の整備を進めた。具体的には、2026 年度以降に幌延 URL で坑道埋戻しと止水プラグ設置の原位置施工試験を計画しており、これまでに埋戻し材の吹付け工法適用のための吹付試験から材料仕様や吹付条件の確認を進めた。止水プラグについては、原位置要素試験によるベントナイト系材料の透水性の評価や、設計に資するデータ取得を実施した。緩衝材の施工技術オプションについては、埋戻しまでの300日間における膨出（膨潤変形）量の予測に基づき、管理方法案とその有効性を確認するための計画案をとりまとめた。回収技術については、緩衝材除去技術の地上での実証試験と処分区画内で運用可能な除去システムの検討を実施した。

表 全体計画における5年間の研究開発工程
（地層処分施設施工・操業技術確証試験 該当部分）

技術開発要素	令和5年度	令和6年度	令和7年度	令和8年度	令和9年度
(a) 人工バリア位置に関する調査・設計・評価技術の適用性確認	事前解析、人工バリア位置条件等の検討	原位置の調査・試験	事後解析、評価技術の適用性評価		
(b) 人工バリア位置に関する工学的対策技術の適用性確認	施工計画、工学的対策技術の検討	関連する要素技術試験	模擬処分坑・対策工施工、緩衝材設置、評価		
(a) 止水プラグの設計・施工技術の開発	試験坑での地質環境特性の調査・試験	設計の詳細化、施工方法の検討、要素技術試験	解体調査		
(b) 埋戻し材の設計・施工技術の開発	埋戻し材の材料特性データベースの整備	工学規模試験（搬出・搬入、貯蔵・搬出、受け入れ工法、スクリーン工法、ブロック工法）	模擬坑道における施工試験		
(5) 廃棄体回収技術の開発	回収方法・手順、回収装置の検討	試験装置設計	要素技術の適用性確認試験		

29

【参考】全体計画で示された2027年度までの研究開発目標と取組状況 3

③沿岸部地質環境調査・処分システム評価統合化技術開発

「地層処分研究開発に関する全体計画（令和5年度～令和9年度）」

- （処分地選定プロセスにおける）サイト調査では、我が国のように変動帯に位置することに起因する、地質環境の長期的安定性に影響を及ぼす可能性のある自然現象を理解するとともに、サイト特有の特徴や条件等を考慮し、適用可能な最善の調査・評価技術を適切に利用できることが重要となる。
 - 沿岸域の陸域から海域を含む多様な地質環境条件を対象として、地層処分の観点から好ましい特性が長期にわたって安定的に維持される地質環境を選定するためのサイト調査をより合理的・体系的に実施するための方法論を整備することに重点を置くとともに、処分場の設計及び安全評価における研究開発の進展を踏まえて開発を進める。
- 2024年度までの取組状況
- 沿岸海底下を想定した地質環境モデルの構築方法の高度化に向けて、日本の沿岸部を対象に地形・地質に着目して情報を収集し、地質環境の特徴を整理して5つの地形グループに類型化することで、沿岸部の地形地質を俯瞰した整理を実施した。また、現在から未来にかけての塩込境界より下位の深部塩水における流動の長期的な変動幅を評価する手法の妥当性を向上させるため、駿河湾沿岸でこれまで実施された2本の大深度ボーリングの実測値を用いた解析等により、超長期の海水準変動が地下水環境に与える影響について詳細な検討を実施し、流動メカニズムの推定に有効な指標の例を提示した。
 - 陸域から海域にかけて効率的に地下環境情報を取得する技術の高度化を目的に、沿岸部ボーリング調査技術の高度化、地下水年代や期限の異なる地下水を区分するための指標の検討、海底湧出地下水の調査技術高度化に向けた現地調査と数値モデルの構築、沿岸海底下を対象とした物理探査技術として、海上音波探査ならびに海域電磁探査手法の高度化に取り組んだ。
 - 沿岸海底下に特徴づけられる地質環境の特性や、その変遷が処分場の設計や安全評価に与える影響を、処分システムの評価として統合的に実施していくための方法論について検討を進め、沿岸海底下の処分場の安全評価に及ぼす影響を検討する課題を整理し、地質環境特性～核種移行評価間のモデル／データフロー図に対応付けした形で課題マップとして視覚化した。

表 全体計画における5年間の研究開発工程
(沿岸部地質環境調査・処分システム評価統合化技術開発 該当部分)

技術開発要素	令和5年度	令和6年度	令和7年度	令和8年度	令和9年度
(a) 沿岸海底下における水理・化学場の評価技術の実証と体系化	評価技術の実証に向けた情報整備と知見の拡充	流動性が異なる地下水の貯留状態や流動特性を評価する方法の適用性確認 水期の降水起源の淡水や化石海水等の貯留状態や形成機構に関する検討 安全評価の観点で重要な不確実性要因の抽出			体系的な調査・評価技術の取りまとめ
(b) 沿岸部陸域・海域を対象とした地質環境特性の長期的な変動幅の評価に関する評価技術の実証	評価技術の実証に向けた情報整備と知見の拡充	沿岸部の地質環境特性の長期的な変動幅の評価手法の適用性確認			体系的な調査・評価技術の取りまとめ
技術開発要素	令和5年度	令和6年度	令和7年度	令和8年度	令和9年度
(2) 地質環境特性の長期変遷に関するモデル化技術の高度化	実際の地質環境データを用いた妥当性・適用性の確認事例の蓄積	不確実性を評価するための感度解析に関する方法論の整備	地殻変動が岩盤の透水性の変化に与える影響の評価に関する事例の蓄積	モデル化技術の取りまとめ	
技術開発要素	令和5年度	令和6年度	令和7年度	令和8年度	令和9年度
(a) ボーリング調査技術・物理探査技術の高度化	ボーリング孔を用いた孔内試験手法の適用性確認	物理探査技術の適用可能条件や適用限界、品質管理の考え方の確認			ボーリング調査及び物理探査に関する方法論の取りまとめ

30

【参考】全体計画で示された2027年度までの研究開発目標と取組状況 4

④ー1地層処分安全評価確証技術開発(ニアフィールド長期環境変遷評価技術開発)

「地層処分研究開発に関する全体計画（令和5年度～令和9年度）」

- 処分場閉鎖後長期の安全性の評価技術に関する主要な構成要素であるシナリオ構築、シナリオに対応した核種の移行挙動を数値解析するためのモデル開発（核種移行解析モデル開発）、開発したモデルによる核種移行解析に用いるパラメータ等に関するデータの整備に資する研究開発を進め、最新の科学的知識を適切に反映するとともに、不確実性に対して合理的な保守性を設定した評価手法に改良していくことによって、安全評価の信頼性の向上を図る。
- 2024年度までの取組状況
- 処分場設計オプションの整備に資する、TRU廃棄物処分における人工バリアの閉じ込め機能の高度化に向けて、廃棄体パッケージの長期的な閉じ込め性能を確保するため、後充填方式によるセメント系パッケージ内充填材の施工方法を検討し、模擬試験体を用いた充填試験により適用可能性を確認した。
 - ニアフィールド構成要素に関する現象解析モデルの高度化について、ニアフィールド構成材料間で生じる相互作用の評価に資する室内試験を実施するとともに、熱影響評価技術を高度化するため、幌延深地層研究センターの地下施設を活用し、100℃超条件下における原位置試験、熱伝導解析等を実施して、100℃超の温度条件下における緩衝材特性の評価、熱履歴を受けた緩衝材特性変化のメカニズム、100℃超条件がオーバーパックの腐食挙動に与える影響評価に資するデータの取得を進めた。また、熱・水・応力・化学連成現象評価モデルの確証のため、長期力学挙動解析コードMACBECEの高度化を進め、令和2025年度に予定されている人工バリア性能確認試験の解体調査の予察的解析を実施し、解体調査によるモデル確証の準備を進めた。さらに、現象解析モデルを核種移行評価に受け渡す際の不確実性とシナリオでの取り扱いの観点から、検討対象とするニアフィールドの状態変遷項目を再整理した。
 - 廃棄体由来のガス発生に関する現象解析モデルに関して、ジオポリマー系固形化材に着目したガス発生量低減のための廃棄物固処理技術の開発を進めるとともに、ガス発生量設定に関する情報整理と、モックアップ試供体を用いたガス移行試験を実施した。

表 全体計画における5年間の研究開発工程
(ニアフィールド長期環境変遷評価技術開発 該当部分)

技術開発要素	令和5年度	令和6年度	令和7年度	令和8年度	令和9年度
(a) 処分場設計オプションの整備	人工バリア代替材料の成立性の検討	新材料の適用可能性に係る情報収集	高レベル放射性廃棄物に対する人工バリアの設計オプション	TRU廃棄物に対する人工バリアの設計オプション	
(b) ニアフィールド構成要素に関する現象解析モデルの高度化	室内/原位置等におけるデータ取得	現象解析モデルの妥当性の評価・確認	不確実性の定量化手法の高度化		
(c) 廃棄体由来のガス発生に関する現象解析モデルの妥当性検討	実データ取得による現象理解の深化	現象解析モデルの開発及び妥当性の評価・確認			核種移行に対する影響評価の方法論の構築

31

【参考】全体計画で示された2027年度までの研究開発目標と取組状況 5

④ー2地層処分安全評価確証技術開発（核種移行総合評価技術開発）

「地層処分研究開発に関する全体計画（令和5年度～令和9年度）」

- 処分場閉鎖後長期の安全性の評価技術に関する主要な構成要素であるシナリオ構築、シナリオに対応した核種の移行挙動を数値解析するためのモデル開発（核種移行解析モデル開発）、開発したモデルによる核種移行解析に用いるパラメータ等に関するデータの整備に資する研究開発を進め、最新の科学的知識を適切に反映するとともに、不確実性に対して合理的な保守性を設定した評価手法に改良していくことによって、安全評価の信頼性の向上を図る。
- #### 2024年度までの取組状況
- 廃棄体からの核種溶出モデルの構築・高度化については、照射済みPWRハルの核種インベントリを評価や未照射試料の腐食試験データを拡充した。
 - コロイド・有機物・微生物影響評価技術の開発として、地下水中のコロイドへの核種の吸着特性に関するデータを拡充するとともに、原位置環境下における吸着挙動の予察試験に着手した。
 - 有機物・硝酸塩等が核種移行に与える影響に関しては、硝酸塩共存下でのヨウ素のセメント系材料への吸着挙動を評価による岩石-セメント接触部の変質状態の差異を比較した。
 - ニアフィールド複合現象評価で用いられる地球化学・物質移行モデルに関しては、圧縮ベントナイトの微細間隙構造を考慮した二重間隙モデルを地球化学・物質移行モデルで適用（運用）するため反応輸送解析コードPFLOTTRANの改良を行った。
 - ニアフィールドにおける状態変遷を考慮した核種移行解析モデルの高度化については、圧縮ベントナイト中での微細間隙構造の取扱いの違い（単一間隙または二重間隙モデル）により、セメント影響に伴う緩衝材の長期的変質挙動の比較例を提示した。
 - 水みちの微細透水構造などを反映した核種移行モデルの構築・高度化については、核種の移行経路となりうる鉱物や間隙を特定するための評価手法の構築と、土岐花崗岩を対象とした浸漬試験を実施した。
 - 地質環境の変遷に応じた生活圏手法の高度化については国内外の沿岸域における生活圏評価でのGBIの取扱いに関する情報収集や、地下水流動・粒子追跡解析による影響の大きさの整理を行った。
 - 被ばくプロセスモデルで扱う環境移行パラメータの整理と最新の知見の集約では、環境移行パラメータデータベースの公開に向けて、詳細設計やパラメータデータの収集を行った。
 - 重要移行パラメータに及ぼす実験条件の影響における土壌・土壌溶液分配係数のデータ拡充では、データが不足している非農耕地土壌について、脱離試験によりKdデータ収集を行った。

表 全体計画における5年間の研究開発工程（核種移行総合評価技術開発 該当部分）

技術開発要素	令和5年度	令和6年度	令和7年度	令和8年度	令和9年度
(a) 廃棄体からの核種溶出モデルの構築・高度化	ニアフィールドの核種溶出を反映した条件下における放射線データ取得				
	不確実性の定量化手法の検討	核種溶出モデルの改良			
(d) コロイド・有機物・微生物影響評価手法の構築・高度化	コロイド	コロイド・コロイド等による核種移行への影響評価手法の高度化			
	有機物	ISAR等の有機物と核種との相互作用に関する現象理解の深化に基づく核種移行挙動への影響評価モデルの開発			
(e) 核種移行の現象解析モデルの妥当性検討	コロイド・有機物・微生物	コロイド・有機物・微生物等による核種移行への影響評価手法の高度化			
	コロイド・有機物・微生物	コロイド・有機物・微生物等による核種移行への影響評価手法の高度化			
(f) 現象解析モデルの統合化技術の構築	現象解析モデルの統合化	現象解析モデルの統合化			
	現象解析モデルの統合化	現象解析モデルの統合化			
(a) ニアフィールドにおける状態変遷を考慮した核種移行解析モデルの高度化	ニアフィールドにおける状態変遷を考慮した核種移行解析モデルの高度化	ニアフィールドにおける状態変遷を考慮した核種移行解析モデルの高度化			
	ニアフィールドにおける状態変遷を考慮した核種移行解析モデルの高度化	ニアフィールドにおける状態変遷を考慮した核種移行解析モデルの高度化			
(b) 水みちの微細透水構造などを反映した核種移行解析モデルの構築・高度化	水みちの微細透水構造などを反映した核種移行解析モデルの構築・高度化	水みちの微細透水構造などを反映した核種移行解析モデルの構築・高度化			
	水みちの微細透水構造などを反映した核種移行解析モデルの構築・高度化	水みちの微細透水構造などを反映した核種移行解析モデルの構築・高度化			
(b) 地質環境の変遷に応じた生活圏評価手法の高度化	地質環境の変遷に応じた生活圏評価手法の高度化	地質環境の変遷に応じた生活圏評価手法の高度化			
	地質環境の変遷に応じた生活圏評価手法の高度化	地質環境の変遷に応じた生活圏評価手法の高度化			
(a) 想定される様々な処分場環境を考慮した核種移行パラメータの整理と最新の知見の集約	想定される様々な処分場環境を考慮した核種移行パラメータの整理と最新の知見の集約	想定される様々な処分場環境を考慮した核種移行パラメータの整理と最新の知見の集約			
	想定される様々な処分場環境を考慮した核種移行パラメータの整理と最新の知見の集約	想定される様々な処分場環境を考慮した核種移行パラメータの整理と最新の知見の集約			
(b) 様々な生活圏に対応可能な評価に係るデータの拡充	様々な生活圏に対応可能な評価に係るデータの拡充	様々な生活圏に対応可能な評価に係るデータの拡充			
	様々な生活圏に対応可能な評価に係るデータの拡充	様々な生活圏に対応可能な評価に係るデータの拡充			

32

【参考】全体計画で示された2027年度までの研究開発目標と取組状況 6

⑤直接処分等代替処分総合評価技術開発

「地層処分研究開発に関する全体計画（令和5年度～令和9年度）」

- 代替処分オプションに関する研究開発については、使用済燃料（集合体）とガラス固化体との違いや、使用済燃料の多様性（炉型、燃料の種類、燃焼度等）を踏まえた上で、引き続き国の基盤研究として実施する。具体的には、使用済燃料の多様性を考慮した臨界安全評価手法や、使用済燃料（集合体）に特徴的な核種放出挙動評価手法等を開発する。さらに、ガラス固化体の地層処分と共通する手法が適用可能な部分の活用を図りつつ、直接処分等代替処分システムの成立性に関する基盤情報を整備拡充する。得られた成果は適時取りまとめる。
- #### 2024年度までの取組状況
- 諸外国での使用済燃料処分後の臨界安全評価への適用事例が確認された装荷曲線の手法を用いて、わが国の多様な UO₂ 使用済燃料を対象とし、かつ、金属材料の腐食等による状態の変化を考慮した臨界安全評価を行うための手法を具体化するための検討を実施した。
 - 使用済燃料からの放射性核種の瞬時放出挙動に関する調査として、ふげん使用済燃料を使用した低酸素雰囲気下での浸漬試験を実施し、核種の瞬時放出挙動に関するデータ取得を進めた。また、使用済燃料の長期溶解速度と溶解メカニズムの評価のため、UO₂ペレットを用いた試験を実施し、試験データを拡充した。
 - 多様な使用済燃料を対象とし工学的に成立しうる直接処分システムの構築に向けて、処分後の発熱の影響に着目した課題の具体化や対処方策の検討等を進めるとともに、閉鎖後長期安全性の論証のための評価基盤の構築に向けた課題などの整理を行った。
 - 使用済燃料の直接処分以外のその他代替オプションとして、諸外国で検討が進められてきている深孔処分を対象として、諸外国における深孔処分についての検討事例および関連技術を調査・整理し、深孔処分成立の可否の判断において重要になると考えられる事項等について、諸外国の検討事例を参考とした整理を進めた。

表 全体計画における5年間の研究開発工程（直接処分等代替処分総合評価技術開発 該当部分）

技術開発要素	令和5年度	令和6年度	令和7年度	令和8年度	令和9年度
(a) 臨界安全評価技術の高度化	国内外の最新情報の調査				
	事例評価等による対象範囲の拡大に向けた短絡的拡充				
(b) 使用済燃料からの核種放出挙動の評価	使用済燃料を用いた溶出データの取得				
	UO ₂ ペレットを用いた溶出データ取得と長期溶解速度評価手法の構築				
(c) 処分システムの設計・評価に関する検討	類似点・相違点の精査、追加的な取組要旨の評価				
	国内外の最新情報の調査				
(2) その他の代替処分オプション	諸外国の動向及び技術情報、地質環境調査技術等の最新情報の調査				
	建設段階を対象とした成立条件の抽出・整理				

33

2－2－2．副次的成果・波及効果

評価項目 2

委託事業成果の波及例について

- 委託事業の成果が活用され、「ふじのくに地球環境史ミュージアム※」でトピックス展が2件開催
 - 委託事業者が依頼を受けて講演を行い、一般の方に研究成果を発信
- ※ <https://www.fujimu100.jp/>
- ① 日本各地の「富士」の地形が語る大地の動き
開催期間：2022年6月7日～8月7日
講演会&ギャラリートーク：2022年7月31日
<https://www.fujimu100.jp/app/files/uploads/2022/06/c6d28ddc171be5c03463e037d52a3331-1.pdf>
- ② 大井川は数十万年間どこを流れてきたのか？
開催期間：2023年12月5日～2024年2月4日
講演会：2023年12月16日
<https://www.fujimu100.jp/app/files/uploads/2023/10/103750e5f16157e790945302ef7e7ee2.pdf>

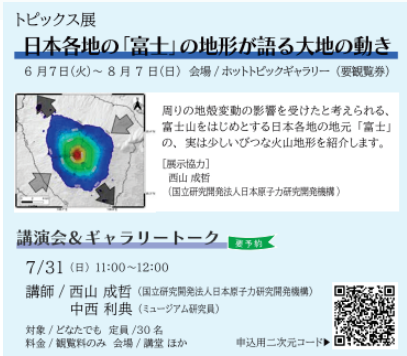


図18 ①のトピックス展リーフレット（抜粋）

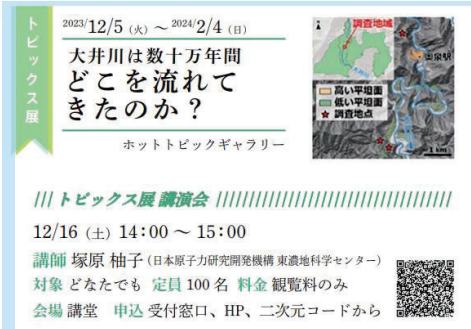


図19 ②のトピックス展リーフレット（抜粋）

2－2－3．特許出願、論文発表等

評価項目 2

年度	論文数	発表	国内特許出願	国外特許出願	PCT出願
2022年度	13件 (うち査読付13件)	91件 (うち国際学会14件)	0	0	0
2023年度	18件 (うち査読付18件)	85件 (うち国際学会15件)	0	0	0
2024年度	21件 (うち査読付21件)	101件 (うち国際学会21件)	0	0	0

【参考】

2020年11月19日に委託事業成果をもとに出願された「透水評価装置」が、2024年8月2日に特許登録（特許7532223号）

評価項目 3. マネジメント

3-1-1. 実施体制 評価項目 3

効率的な成果創出に向けた実施体制の構築

- 2022年度の「地層処分研究開発に関する全体計画」策定を受け、効率的に成果を創出するため、研究開発項目の統合・再編を実施
- 複数名の外部専門家から構成される評価委員会を各研究開発項目ごとに設置
- 評価委員会には処分の実施主体であるNUMOがアドバイザーとして参加。NUMOは国の研究開発成果に関する情報を得ることができ、各研究開発項目担当者はNUMOのニーズを踏まえた技術開発を行うことができる。
- 各研究開発項目のマネジメント体制図は以降に示すとおり。

①地質環境長期安定性総合評価技術開発：2022年度の「全体計画」策定を受け、2023年度から後継事業開始

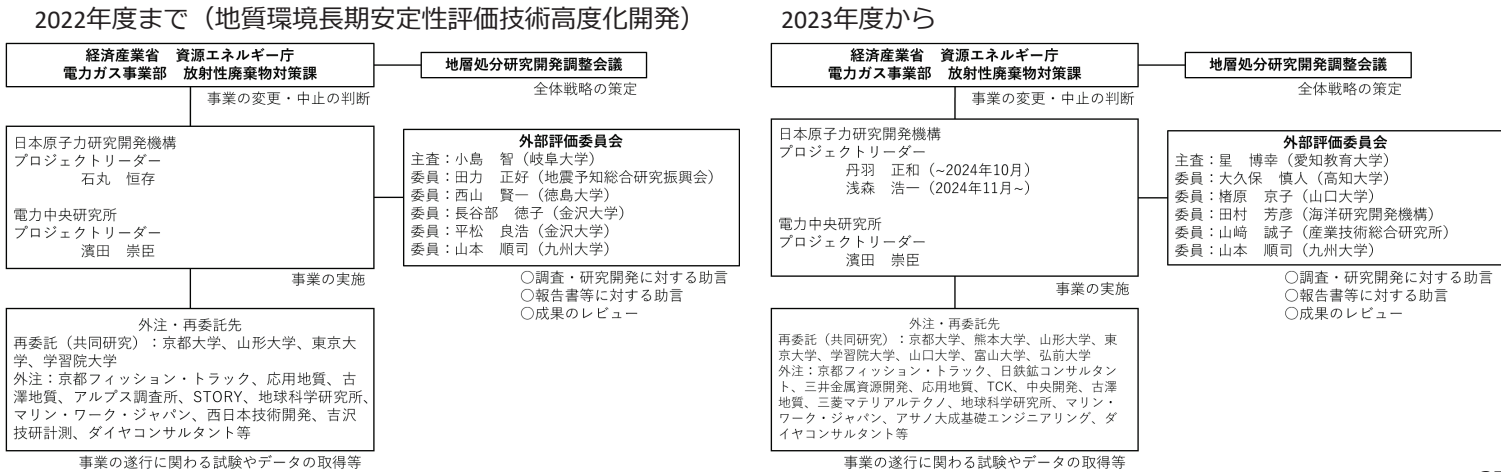


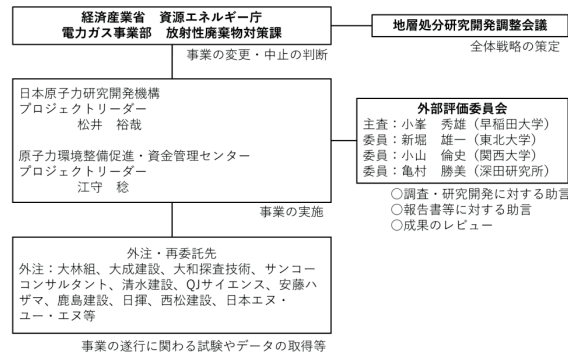
図20 ①地質環境長期安定性総合評価技術開発 体制図

3-1-1. 実施体制

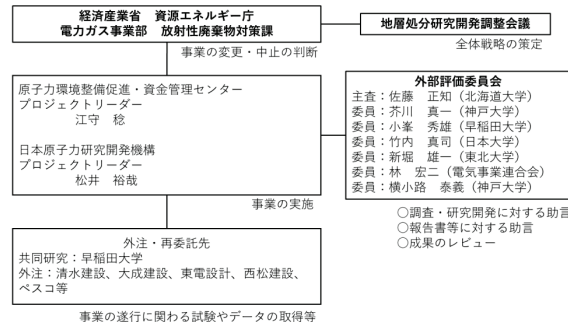
評価項目3

②地層処分施設施工・操業技術確証試験：2022年度の「全体計画」策定を受け、2023年度から統合

2022年度まで（地層処分施設閉鎖技術確証試験）



2022年度まで（回収可能性技術高度化開発）



2023年度から

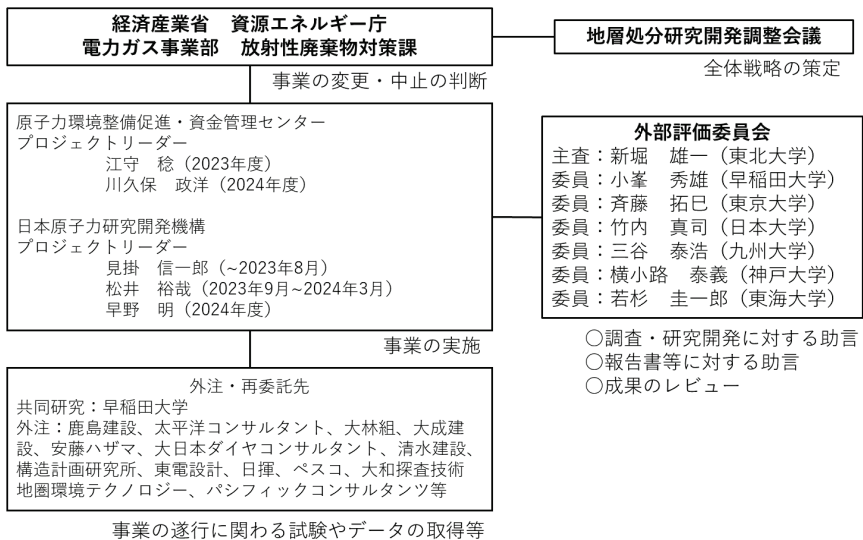


図21 ②地層処分施設施工・操業技術確証試験 体制図

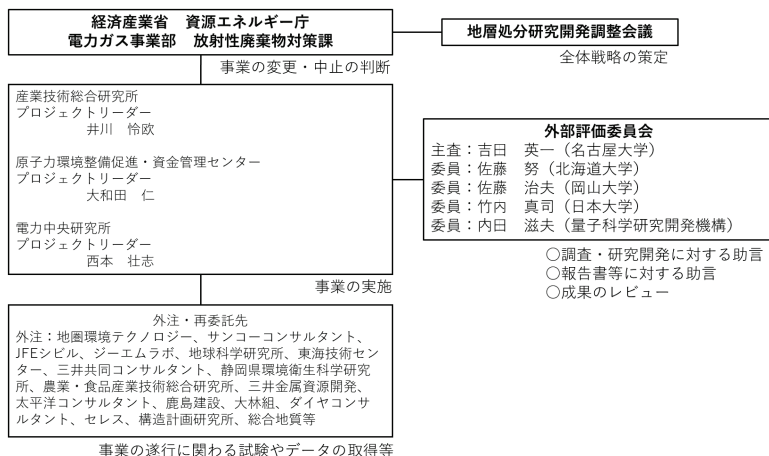
38

3-1-1. 実施体制

評価項目3

③沿岸部地質環境調査・処分システム評価統合化技術開発：2022年度の「全体計画」策定を受け、2024年度から後継事業開始

2023年度まで（沿岸部処分システム評価確証技術開発）



2024年度から

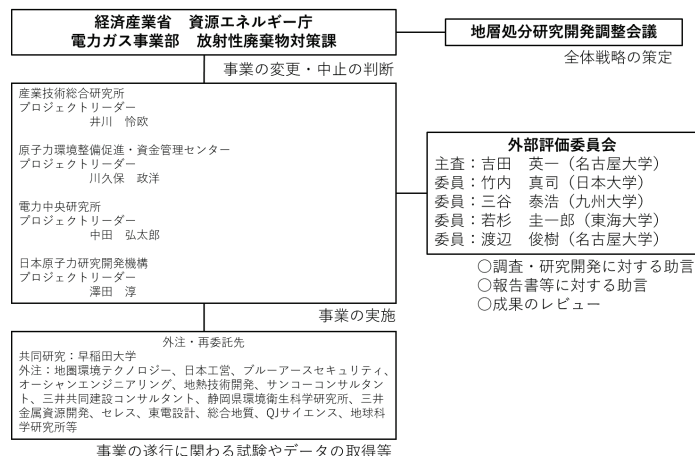


図22 ③沿岸部地質環境調査・処分システム評価統合化技術開発 体制図

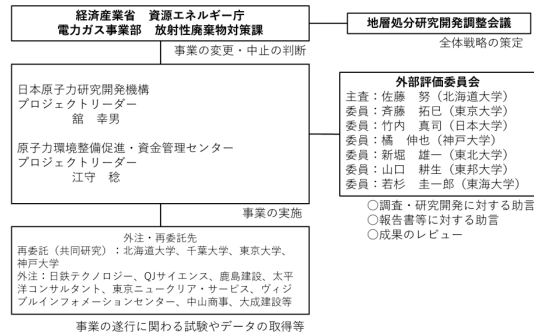
39

3-1-1. 実施体制

評価項目3

④-1地層処分安全評価確証技術開発（ニアフィールド長期環境変遷評価技術開発）:2022年度の全体計画策定を受け、2023年度から再編

2022年度まで（ニアフィールドシステム評価確証技術開発）



2023年度から

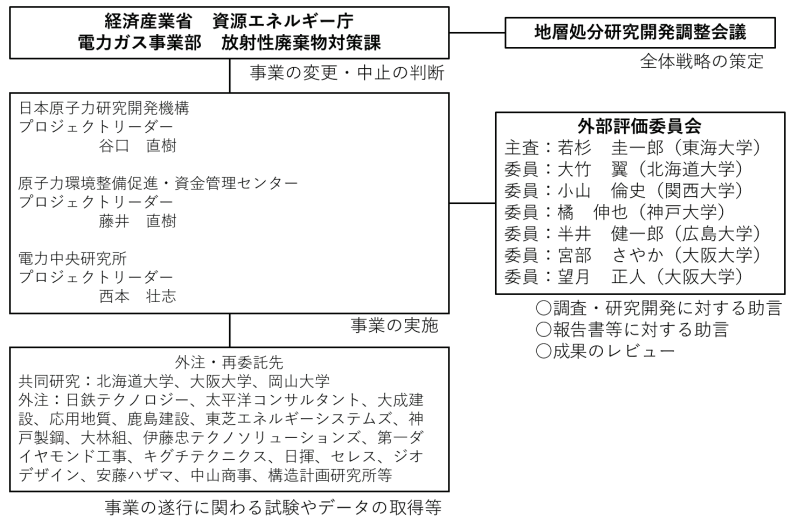


図23 ④-1 地層処分安全評価確証技術開発（ニアフィールド長期環境変遷評価技術開発） 体制図

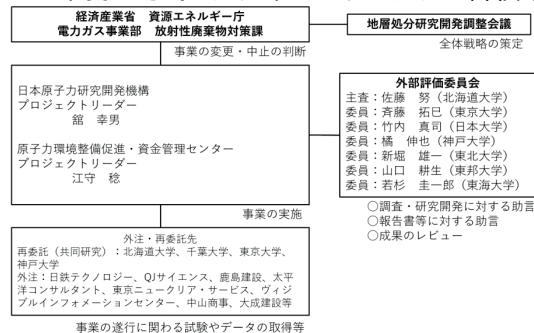
40

3-1-1. 実施体制

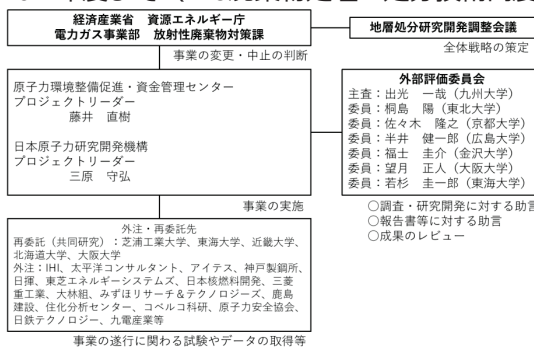
評価項目3

④-2地層処分安全評価確証技術開発（核種移行総合評価技術開発）:2022年度の全体計画策定を受け、2023年度から再編

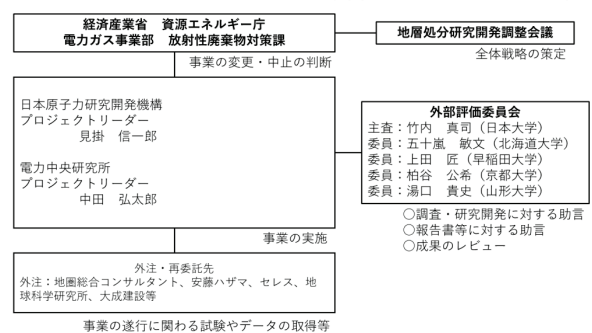
2022年度まで（ニアフィールドシステム評価確証技術開発）



2022年度まで（TRU廃棄物処理・処分技術高度化開発）



2022年度まで（岩盤中地下水流動評価技術高度化開発）



2023年度から

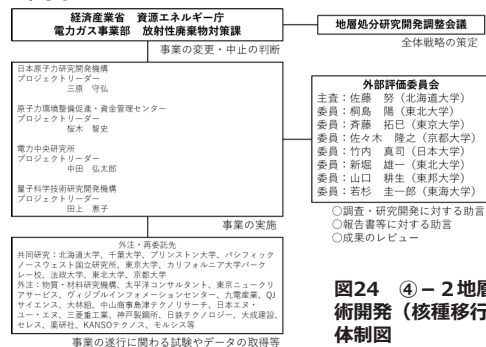


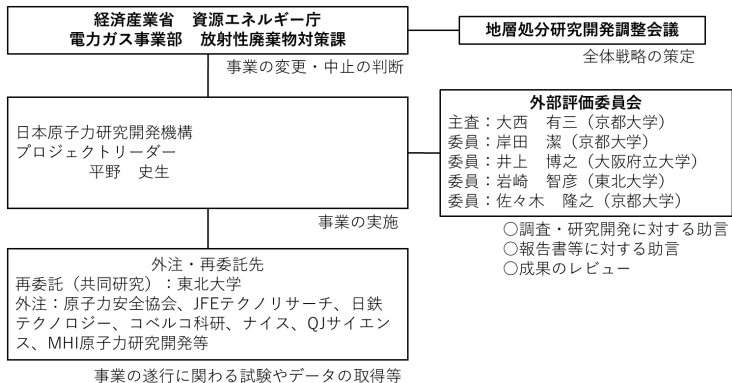
図24 ④-2 地層処分安全評価確証技術開発（核種移行総合評価技術開発） 体制図

41

3-1-1. 実施体制 評価項目 3

⑤直接処分等代替処分総合評価技術開発：2022年度の「全体計画」策定を受け、2023年度から後継事業開始

2022年度まで（直接処分等代替処分技術高度化開発）



2023年度から

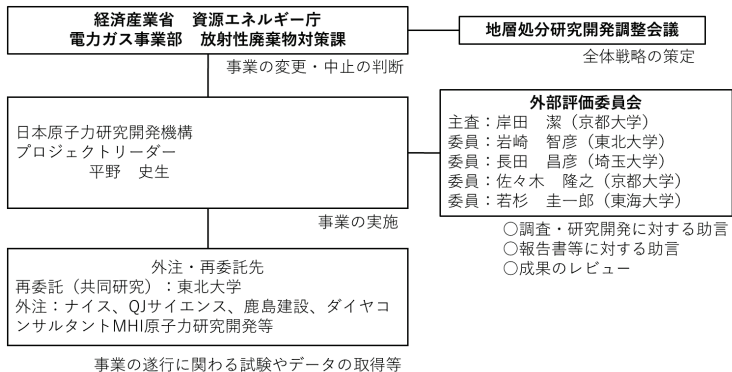


図25 ⑤直接処分等代替処分総合評価技術開発 体制図

3-1-2. 個別事業の採択プロセス 評価項目 3

企画競争による委託先事業者の決定について

- 「地層処分研究開発に関する全体計画」に基づき研究開発項目を設定し、企画競争にて委託先事業者を決定。
【周知方法】資源エネルギー庁ホームページ及びe-Rad（公募期間 1 ヶ月）
【応募資格】日本に拠点を有していること
本事業を的確に遂行する組織、人員等を有していること
本事業を円滑に遂行するために必要な経営基盤を有し、かつ資金等について十分な管理能力を有していること 等
【採択審査の体制】第三者の有識者からなる審査委員（3～4 名）により審査し、必要に応じヒアリング等を実施
【採択通知】事業者名、法人番号を資源エネルギー庁ホームページで公表
- ①、②、④、⑤は、2022年度に事業者を公募し、2023年度以降は実施体制を引き継ぐため新規公募は行わず、第三者委員会による継続審査を実施。
- ③は2023年年度に事業者を公募し、2024年度は実施体制を引き継ぐため新規公募は行わず、第三者委員会による継続審査を実施。

【参考】外部委員会における企画競争提案審査基準

- 事業者が応募資格を満たしているか。
- 提案内容が事業の目的に合致しているか。
- 提案方法、実施スケジュールが現実的か。
- 実施方法等について、事業の成果を高めるための効果的な工夫が見られるか。
- 事業の関連分野に関する知見を有しているか。
- 事業を円滑に遂行するために、事業規模等に適した実施体制をとっているか。
- コストパフォーマンスが優れているか。また、必要となる経費・費目を過不足なく考慮し、適正な積算が行われているか。
- ワーク・ライフ・バランス等推進企業であるか。
- 適切な情報管理体制が確保されているか。また、情報取扱者以外の者が、情報に接することがないか。
- 事業全体の企画及び立案並びに根幹に関わる執行管理部分について、再委託を行っていないか。
- 事業費総額に対する再委託費の割合が50%を超えないか。超える場合は相当な理由があるか。

【参考】研究開発項目名

- ①地質環境長期安定性総合評価技術開発
- ②地層処分施設施工・操業技術確証試験
- ③沿岸部地質環境調査・処分システム評価統合化技術開発
- ④地層処分安全評価確証技術開発
- ⑤直接処分等代替処分総合評価技術開発

3-1-3. 研究データの管理・利活用

評価項目3

知的財産マネジメントの実施について

- ・ 日本版バイ・ドール制度の目的（知的財産権の受託者帰属を通じて研究開発活動を活性化し、その成果を事業活動において効率的に活用すること）及び本プロジェクトの目的を達成するため、本プロジェクトにおいては、知的財産マネジメントを実施する事を原則とする。
- ・ その他契約書に記載のない事項については、本プロジェクトの目的を踏まえ、プロジェクト参加者間の合意により必要に応じて定めるものとする。
- ・ プロジェクト参加者は、原則としてプロジェクト開始（委託契約書の締結）までに、プロジェクト参加者間で知的財産の取扱いについて合意するものとする。
- ・ 委託事業者は「委託研究開発におけるデータマネジメントに関する運用ガイドライン」に基づき、契約締結にあたりデータマネジメントプラン届出書を提出する。
- ・ 委託事業により得られる研究開発データおよびそのメタデータについて個別に公開レベルを設定し、第三者への提供が可能なデータについては、論文発表等の時期を考慮し、プロジェクト終了後3年以降を目途に、経済産業省のWebサイト等を通じて、必要に応じて提供する。

44

3-2. 受益者負担の考え方

評価項目3

国の委託事業として継続することの必要性について

- ・ 原子力発電に伴い必然的に発生する放射性廃棄物の処分は、**公益性が極めて高く、国民全体の利益から見ても重要な課題**である。廃炉等に伴って生じる低レベル放射性廃棄物、使用済燃料の再処理に伴って生じる高レベル放射性廃棄物について、処分技術に関する研究開発を進めることは不可欠。
- ・ わが国では、2000年に施行された「最終処分法」により設立されたNUMOが実施主体となり、高レベル放射性廃棄物の最終処分地を選定し、処分を実施する。
- ・ **国はNUMOを監督し、最終処分に関する政策を担当する立場であり、最終処分地の選定に向けて、政府一丸となって、かつ、政府の責任で取り組んでいく必要がある。**
- ・ 我が国における地層処分の技術的な成立性や信頼性は「我が国における高レベル放射性廃棄物地層処分の技術的信頼性」（1999年）にて示されたが、原子力委員会バックエンド対策専門部会において、技術的信頼性の向上に向け、**研究開発を継続し、最新の科学的知見を反映していく必要性が指摘された。**
- ・ 研究開発にあたっては、**国及び関係研究機関が基礎的な研究を実施し、実施主体であるNUMOが実用化研究を担当すること**となっており、深地層の科学研究等の基盤的な研究開発及び地層処分技術の信頼性の向上に関する技術開発等について国による研究開発が必要不可欠。
- ・ また、**地下研究施設等の現場を活用した実証的な試験は、実際の概要調査、精密調査や、処分場の建設、操業、閉鎖の基盤となる信頼性を確保した技術を開発するためには不可欠であるが、実施主体であるNUMOが現地調査等を実施する場合、調査地がそのまま処分地になるという地元の懸念を招く恐れも存在。**そのため、NUMOが主体的に実施する事が困難であり、**国が実施する必要がある。**
- ・ 処分事業の操業開始までの長期的な展開を視野に入れ、**具体的な地点を対象とした調査評価のための基盤となる技術を先行的に整備するなど、先導性と継続性をもって基盤的な研究開発を着実に進めることで、地層処分の技術的信頼性の更なる向上を図り、国民の地層処分に対する納得感や安心感の醸成に寄与する。**

45

3-3-1. 研究開発計画と進捗状況

評価項目 3

目標達成件数		8
目標未達	遅延のない件数	6
	遅延のある件数	0
合計採択件数		14

【進捗概要】

- 2022年度に再開した「地層処分研究開発調整会議」により、取り組むべき技術的課題を「全体計画」として整理。
- 幅広い分野の外部専門家にもご意見いただき、2027年度までに整備を進めるべき研究開発項目を設定。
- 各研究開発項目の単位で外部専門家等により構成される評価委員会を設置し、研究計画や成果のレビューを受けるとともに、実施内容の抜け落ちや重複がないように調整を実施。
- 評価委員会には実施主体もアドバイザーとして参加することで、ニーズを踏まえた研究開発を実施し、2027年度の成果取りまとめ及びアウトカムの達成に向けて取り組んでいる。

	機関名	研究開発項目	結果／状況	スケジュール								
					R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	
①	JAEA、電中研	地質環境長期安定性評価技術高度化開発	令和４年度終了	予定								
			目標達成	実績								
	JAEA、電中研	地質環境長期安定性総合評価技術開発	令和９年度終了	予定								
			予定通り進捗中	実績								
②	JAEA、原環センター	地層処分施設閉鎖技術確証試験	令和４年度終了	予定								
			目標達成	実績								
	原環センター、JAEA	回収可能性技術高度化開発	令和４年度終了	予定								
			目標達成	実績								
	原環センター、JAEA	地層処分施設施工・操業技術確証試験	令和９年度終了	予定								
			予定通り進捗中	実績								

46

3-3-1. 研究開発計画と進捗状況

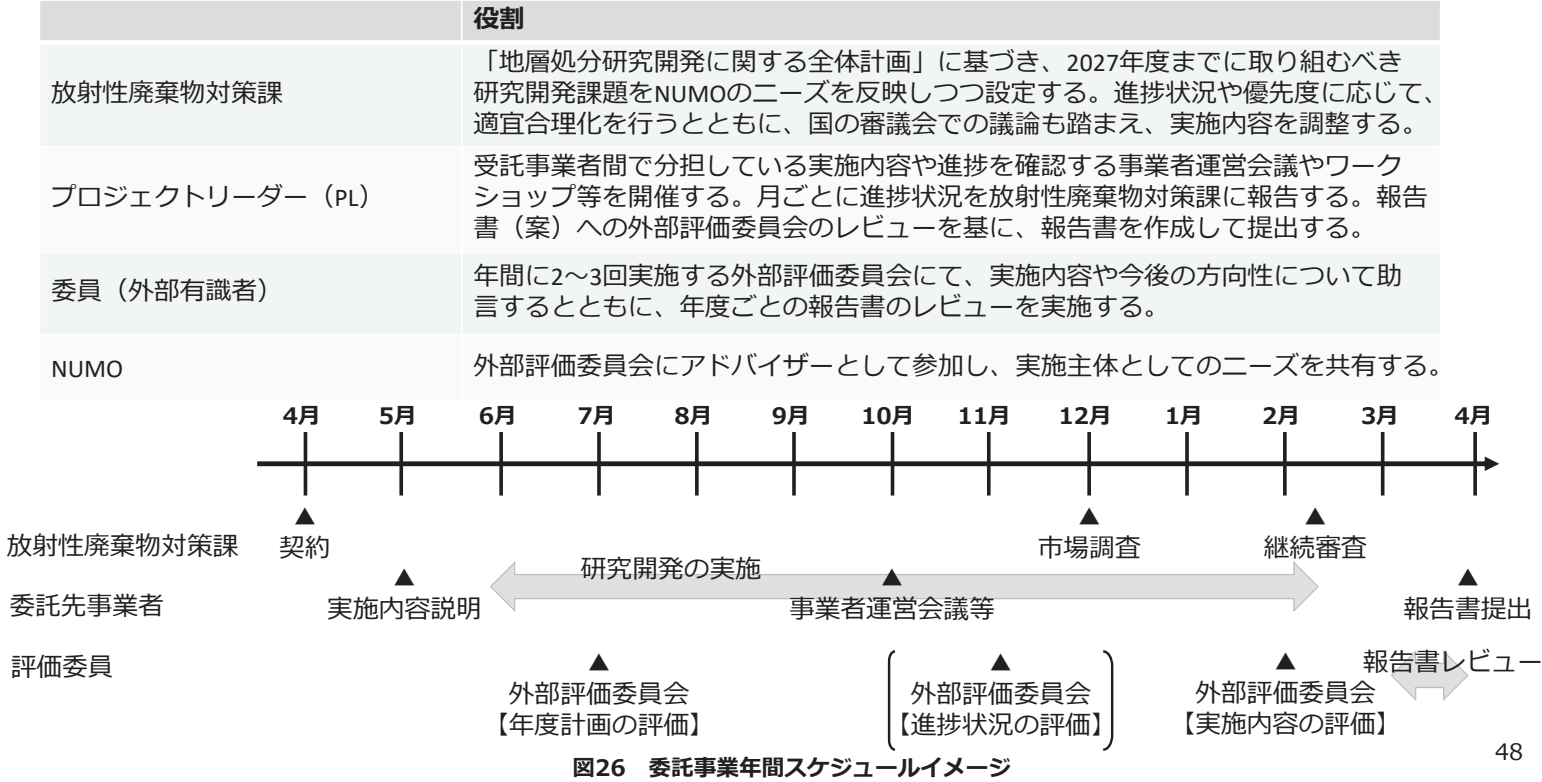
評価項目 3

	機関名	研究開発項目	結果／状況	スケジュール								
					R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	
③	産総研、電中研、原環センター	沿岸部処分システム評価確証技術開発	令和５年度終了	予定								
			目標達成	実績								
	産総研、JAEA、電中研、原環センター	沿岸部地質環境調査・処分システム評価統合化技術開発	令和９年度終了	予定								
			実績									
④	JAEA、原環センター	ニアフィールドシステム評価確証技術開発	令和４年度終了	予定								
			目標達成	実績								
	原環センター、JAEA	TRU廃棄物処理・処分技術高度化開発	令和４年度終了	予定								
			目標達成	実績								
	JAEA、電中研	岩盤中地下水流動評価技術高度化開発	令和４年度終了	予定								
			目標達成	実績								
	JAEA、原環センター、電中研	地層処分安全評価確証技術開発（ニアフィールド長期環境変遷評価技術開発）	令和９年度終了	予定								
			実績									
	JAEA、原環センター、電中研、量研機構	地層処分安全評価確証技術開発（核種移行総合評価技術開発）	令和９年度終了	予定								
			実績									
⑤	JAEA	直接処分等代替処分技術高度化開発	令和４年度終了	予定								
			目標達成	実績								
	JAEA	直接処分等代替処分総合評価技術開発	令和９年度終了	予定								
			実績									

47

3－3－2．進捗管理

評価項目3



3－3－3．継続・中止の判断の要件・ステージゲート方式

評価項目3

随契承認による事業継続・中止の判断基準について

- 「地層処分研究開発調整会議」により策定された「地層処分研究開発に関する全体計画」に基づき、現行の研究開発を2027年度まで継続。「全体計画」策定後に総合評価落札方式で委託先事業者を決定し、以降は2027年度まで単年度ごとに随契契約で事業を実施。
- 年度ごとに各研究開発項目の**継続の妥当性**について、**第三者委員会**（複数名の第三者専門家及び実施主体であるNUMOの技術系職員により構成）が**下記の観点で書面審査**。
 - 事業継続の必要性**（当該年度における事業の成果を基に次年度も継続して事業を行う理由）
 - 同一事業者との競争性のない随契契約による事業継続の妥当性**（事業の全部あるいは一部を分割し、競争性のある調達手続きにより事業者を選定できない理由）
 - 継続事業としての実施計画の妥当性**（効果的、効率的に事業を実施するための取組）
 - 事業費の妥当性**（事業費削減のために実施している取組）
- 事業継続には、**委員全員が全項目妥当であると判断**することが必要。

(2022年度 査読付き論文リスト)

事業名	タイトル	筆頭著者	掲載雑誌
岩盤中地下水流動評価技術高度化開発	Measuring dissolved He diffusion coefficients and ³ He and ⁴ He fractionation during diffusion through sandstone	K. Nakata	Chemical Geology
	割れ目を対象にしたトレーサー試験から評価される収着特性の流速依存性と妥当性	岡本駿一	土木学会論文集
	蛍光染料の濃度低下メカニズムの解明と濃度低下に対する対処方法の提案	杉山歩	地下水学会誌
地質環境長期安定性評価技術高度化開発	地下水溶存物質に着目した深部流体の起源と影響領域の評価手法の検討	富岡祐一	原子力バックエンド研究
	Outlining zircon growth in a granitic pluton using 3D cathodoluminescence patterns, UPb age, titanium concentration, and Th/U: Implications for the magma chamber process of Okueyama granite, Kyushu, Japan	T. Yuguchi	Lithos
	Reconstructing the thermal structure of shallow crust in the Tono region using multi-OSL-thermometry of K-feldspar from deep borehole core	M. Ogata	Earth and Planetary Science Letters
	Solidification pressures and ages recorded in mafic microgranular enclaves and their host granite: An example of the world's youngest Kurobegawa Granite	K. Suzuki	Island Arc
ニアフィールドシステム評価検証技術開発	Evolution of the Reaction and Alteration of Granite with Ordinary Portland Cement Leachates: Sequential Flow Experiments and Reactive-Transport Modelling	K. Bateman	Minerals
	Modelling of the LTDE-SD radionuclide diffusion experiment in crystalline rock at the Äspö Hard Rock Laboratory (Sweden)	J. M. Soler	Geologica Acta
	モンモリロナイトの膨潤挙動に及ぼす層間対イオンの影響：分子動力学シミュレーションによる支配因子の評価	四辻健治	原子力バックエンド研究
	膨潤圧試験中のベントナイトの膨潤圧変化に与える吸水圧縮挙動の影響	高山裕介	原子力バックエンド研究
	New approach to understanding the experimental ¹³³ Cs NMR chemical shift of clay minerals via machine learning and DFT-GIPAW calculations	T. Ohkubo	Journal of Physical Chemistry A
TRU廃棄物処理・処分技術高度化開発	Natural glass alteration under a hyperalkaline condition for about 4000 years	R. Kikuchi	Scientific reports

(2022年度 国際学会発表リスト)

事業名	タイトル	発表者	学会名
岩盤中地下水流動評価技術高度化開発	Inverse modeling on hydraulic conductivity in groundwater flow model using groundwater ages of ⁴ He and ¹⁴ C	S. Okamoto	Goldschmidt2022
	Measurements of diffusion coefficient of dissolved He and fractionation between ³ He and ⁴ He during diffusion through rocks	K. Nakata	Goldschmidt2022
地層処分施設閉鎖技術検証試験	Evaluation of Sealing Performance of Bentonite Materials in Excavated Damaged Zone for Sedimentary Rocks at the Horonobe Underground Research Laboratory	S. Kimura	EAFORM2022
ニアフィールドシステム評価検証技術開発	The impact of cement on argillaceous rocks in radioactive waste disposal systems: an overview of research needs, and ongoing work being undertaken in Japan	J. Wilson	Clay Conference 2022
	Effects of sand-based gap filling on buffer-material erosion	A. Matsumoto	Clay Conference 2022
	Swelling and homogenization of unsaturated bentonite specimen with an initial axial gap - Experimental study	K. Ishii	Clay Conference 2022
	Swelling and homogenization of unsaturated bentonite specimen with an initial axial gap - Numerical investigation	S. Tachibana	Clay Conference 2022
	Natural evidence for the cementation in bentonite buffer based on transmission electron microscopy observation of bentonite ores	R. Kikuchi	Clay Conference 2022
	Se(-II, IV) interactions with Fe(II) species and phases under anoxic and reducing conditions	P. C. M. Francisco	Goldschmidt2022
	Permeability along the shear band of Na-bentonite/sand mixture in ring shear test	E. Yoshikawa	8th International Conference on Clays in Natural and Engineered Barriers for Radioactive Waste Confinement
TRU廃棄物処理・処分技術高度化開発	Hydro-mechanical-chemical analysis of engineered barrier considering the correlation of porosity and swelling index	K. Masaki	Clay Conference 2022
	Effect of bond valence sum on the structural modeling of lead borate glass	M. Nagao	International WS on Exploration of Atomistic Disorder in Long-Range Ordered Systems and of Order in Disordered Materials
	Radionuclide Distribution in Irradiated BWR Tie Plate	T. Sakuragi	MRS2022
	Simulating Distribution of Carbon in Spent Fuel Cladding of Zirconium Alloys	T. Otsuka	MRS2022

(2023年度 査読付き論文リスト)

事業名	タイトル	筆頭著者	掲載雑誌
地質環境長期安定性総合評価技術開発	Field-based description of near-surface crustal deformations in a high-strain shear zone: A case study in southern Kyushu, Japan	M. Niwa	Island Arc
	等高線を用いた地形解析による第四紀火山の山体下の岩脈分布および火道安定性評価	西山成哲	応用地質
	Thermochronology of hydrothermal alteration zones in the Kii Peninsula, southwest Japan: an attempt for detecting the thermal anomalies and implications to the regional exhumation history	S. Sueoka	Earth, Planets and Space
	Reconstruction of the deformation history of an active fault: implications from the Atera Fault, Central Japan	H. Zwingmann	Earth, Planets and Space
沿岸部処分システム評価確証技術開発	Vertical distribution of groundwater age in and around the freshwater-saltwater transition zone determined using noble gases and carbon isotopes	M. Ono	Journal of Hydrology
	Identification of modern meteoric water, glacial meteoric water, and fossil seawater in a deep borehole at the coastal area of Horonobe, north Japan, using groundwater dating and paleoclimatic proxy methods	T. Hasegawa	Chemical Geology
	Microbial methane formation in deep aquifers associated with the sediment burial history at a coastal site	T. Kitayama	Biogeosciences
地層処分施設施工・操業技術確証試験	First-arrival traveltine tomography for monitoring the excavation damaged zone in the Horonobe Underground Research Laboratory	Y. Ozaki	Rock Mechanics Bulletin
地層処分安全評価確証技術開発（ニアフィールド長期環境変遷評価技術開発）	幌延深地層研究計画における人工バリア性能確認試験を対象とした再冠水時の熱的／水理的状态変遷を反映した弾塑性力学解析	伊藤真司	土木学会論文集
地層処分安全評価確証技術開発（核種移行総合評価技術開発）	A predicted CRISPR-mediated symbiosis between uncultivated archaea	S. P. Esser	Nature Microbiology
	Paleoclimatic controls on natural tracer profiles in biogenic sedimentary formations of the Horonobe area, Japan	R. Arthur	Applied Geochemistry
	Predictive and Inverse Modeling of a Radionuclide Diffusion Experiment in Crystalline Rock at ONKALO (Finland)	J. M. Soler	Nuclear Technology
	Origin of Dissolved Organic Matter in Deep Groundwater of Marine Deposits and Its Implication for Metal Binding	T. Saito	ACS ES&T Water
	Evaluation of thermodynamic model of Pd(II) complex formation with isosaccharinic acid	S. Kimuro	Journal of Solution Chemistry
	Determination of Mo-93 inventory in irradiated BWR tie plate using triple quadrupole ICP-MS	S. Tanaka	MRS Advances
	花崗岩中の割れ目を対象とした原位置トレーサー試験と溶質移行特性評価	田中靖治	地下水学会誌
	Identification of groundwater microbes that decrease the concentration of the conservative tracer uranine	A. Sugiyama	Heliyon
直接処分等代替処分総合評価技術開発	A Raman spectroscopy study of bicarbonate effects on UO ₂ x	J. McGrady	Journal of Nuclear Science and Technology

(2023年度 国際学会発表リスト)

事業名	タイトル	発表者	学会名
地質環境長期安定性総合評価技術開発	Reconstructing the thermal structure of shallow crust using OSL-thermometry of K-feldspar from deep borehole core: case studies in the Japanese Islands	M. Ogata	17th International Luminescence and Electron Spin Resonance Dating conference
	Potential for ESR Signal Zeroing of the E1' center by Experimental Fault Slip	K. Tanaka	17th International Luminescence and Electron Spin Resonance Dating conference
	Termination criterion of step-etching in monazite fission-track thermochronometry: Toward the realization of etching of various characteristic monazites	S. Fukuda	18th International Conference on Thermochronology (Thermo2023)
	Intrusion and cooling history of late Neogene granites in the Tanigawa-dake area, central Japan, revealed by geo-thermochronometry and Al-in-hornblende geobarometry	S. Minami	18th International Conference on Thermochronology (Thermo2023)
	Extreme exhumation of the Pliocene-Pleistocene plutons along a high-geothermal zone in the Kurobe area, central Japan, revealed by Al-in-hornblende geobarometry and zircon U-Pb geochronometry	S. Sueoka	18th International Conference on Thermochronology (Thermo2023)
地層処分施設施工・操業技術確証試験	Rapid sealing of bed rock flow paths by a 'synthetic concretion forming solvent': a new technology for sealing boreholes and inflows to underground cavities	H. Yoshida	ENERGY GEOSCIENCE2023
	In situ X ray CT measurement of density distribution and swelling behavior of the buffer material	N. Oosawa	The 17th International Symposium on Water Rock Interaction and the 14th International Symposium on Applied Isotope Geochemistry in Sendai
地層処分安全評価確証技術開発（ニアフィールド長期環境変遷評価技術開発）	Long-term glass alteration and clay formation due to reaction with a hyperalkaline groundwater equivalent to low-alkali cement leachate	R. Kikuchi	Water-Rock Interaction (WRI-17) Conference
地層処分安全評価確証技術開発（核種移行総合評価技術開発）	Se immobilization in pyrite by reaction with Fe(II) and polysulfides: Impacts of aging conditions	P. C. M. Francisco	Water-Rock Interaction (WRI-17) Conference
	Effects of biotite on diffusion and sorption of cations in crystalline rocks by through-diffusion and laser-ablation ICP-MS experiments	Y. Fukatsu	Migration 2023
	Selenium reactions in ferrous and sulfide-rich environments: effects of sulfide speciation	P. C. M. Francisco	Migration 2023
	Trivalent lanthanides sorption onto illite in the presence of carbonate	Y. Sugiyura	Migration 2023
	Retention mechanisms of selenium in deep subsurface sedimentary formations in Horonobe area, Hokkaido, Japan	S. Dei	Migration 2023
	U(VI) sorption on illite in the presence of carbonate studied by cryogenic time-resolved laser fluorescence spectroscopy and parallel factor analysis	H. Mei	Migration 2023
	Determination of Mo-93 Inventory in Irradiated BWR Tie Plate Using Triple Quadrupole ICP-MS	S. Tanaka	MRS 2023–47th Scientific Basis for Nuclear Waste Management (SBNWM)

(2024年度 査読付き論文リスト 1)

事業名	タイトル	筆頭著者	掲載雑誌
地質環境長期安定性総合評価技術開発	Analysis of the stress field around concealed active fault from minor faults-slip data collected by geological survey: an example in the 1984 Western Nagano Earthquake region	N. Nishiyama	Earth and Space Science
	Short communication: Inverse correlation between radiation damage and fission-track etching time on monazite	T. Nakajima	Geochronology
	九州前弧域におけるS波偏向異方性の推定	小川大輝	物理探査
	Crystallization processes of quartz in a granitic magma: Implications for the magma chamber processes of Okueyama granite, Kyushu, Japan	T. Yuguchi	Journal of Asian Earth Sciences
沿岸部処分システム評価確証技術開発	地球表層環境のヨウ素129研究の現状と考察：地質環境長期安定性評価に向けて	三ツ口丈裕	原子力バックエンド研究
	OSL dating of marine isotope stage 5e marine terrace deposits on southeastern Kii Peninsula, southwestern Japan	M. Ogata	Earth, Planets and Space
	Exploratory study of nuclear magnetic resonance well logging technology on the hydrogeological characteristics of deep geological formations	Y. Nakashima	Journal of Nuclear Science and Technology
	地層処分施設施工・操業技術確証試験	菊池広人	原子力バックエンド研究
地層処分安全評価確証技術開発（ニアフィールド長期環境変遷評価技術開発）	地層処分環境での炭酸塩濃度上限を想定した炭酸水素ナトリウム水溶液中における炭素鋼の応力腐食割れ感受性に及ぼす温度の影響	高橋里栄子	材料と環境
	Thermodynamic properties and revised Helgeson-Kirkham-Flowers equations of state parameters of the hydrated and dehydrated monomeric silica species at $t = 0.01\text{--}600^{\circ}\text{C}$, $P = 1\text{--}3000$ bars, $\rho_{\text{H}_2\text{O}} = 0.35\text{--}1.1\text{ g cm}^{-3}$, and $I_m = 0\text{ m}$	C. S. Walker	Applied Geochemistry
	ベントナイトの変形挙動に及ぼす温度の影響	高山裕介	Kansai Geo-Symposium 論文集

(2024年度 査読付き論文リスト 2)

事業名	タイトル	筆頭著者	掲載雑誌
地層処分安全評価確証技術開発（核種移行総合評価技術開発）	簡易密封した土壌試料中のゲルマニウム半導体検出装置による ^{40}K , ^{232}Th 及び ^{238}U の定量と実測の空間線量率との比較	田上恵子	Radioisotope
	U(VI) sorption on illite in the presence of carbonate studied by cryogenic time-resolved laser fluorescence spectroscopy and parallel factor analysis	H. Mei	Applied Geochemistry
	Methanotrophic Methanoperedens archaea host diverse and interacting extrachromosomal elements	L. D. Shi	Nature Microbiology
	Trivalent lanthanide sorption onto illite in the presence of carbonate: A study combining thermodynamic sorption modeling, time-resolved laser fluorescence spectroscopy, and parallel factor analysis	Y. Sugiura	Applied Clay Science
	Characterization of typical transuranic nuclides in a reference fallout material using SF-ICP-MS	B. Yang	Journal of Environmental Radioactivity
	Fundamental study on measurement of soil pH and electrical conductivity in batch tests for the determination of soil-soil solution distribution coefficient	K. Tagami	Nuclear Engineering and Technology
	Diverse microbiome functions, limited temporal variation and substantial genomic conservation within sedimentary and granite rock deep underground research laboratories	Y. Amano	Environmental Microbiome
	亀裂性堆積岩を対象とした地下水流動解析における有効間隙率の与え方：北海道幌延に分布する声問層と椎内層浅部の事例	宮川和也	原子力バックエンド研究
	Evolution of radionuclide transport and retardation processes in uplifting granitic rocks: Part 1 - Key processes, conceptual models and scenario	R. Metcalfe	Science of the Total Environment
	Evolution of radionuclide transport and retardation processes in uplifting granitic rocks: Part 2 - Modelling coupled processes in uplift scenarios	R. Metcalfe	Science of the Total Environment

(2024年度 国際学会発表リスト 1)

事業名	タイトル	発表者	学会名
地質環境長期安定性総合評価技術開発	Behavior of a trapped charge at the E1' center to seismic fault slips with various frictional densities	K. Tanaka	EPRBioDose2024
	Stress Fields Affected Minor Faults around the Concealed Active Fault based on Geological Survey: an example in the 1984 Western Nagano Earthquake region	N. Nishiyama	AGU2024
	Host Rock Thermal Properties on Behavior of Trapped Charges During Coseismic Fault Slip	K. Tanaka	AGU2024
沿岸処分システム評価検証技術開発	Influence of sea level changes during glacial-interglacial cycles on groundwater salinity and residence time distributions,	S. Okamoto	FEFLOW International User Conference 2024
地層処分施設施工・操業技術検証試験	Effects of ionic strength on cation exchange selectivities of Ca(II), Mg(II), K(I) for Na(I) in compacted and dispersed montmorillonite	R. Yasuda	Clay conference 2024
	A study on buffer-material erosion under constant water head condition	K. Ishi	Clay Conference 2024
	Changes in swelling pressure distribution on radially swollen bentonite buffer surfaces	S. Tachibana	Clay Conference 2024
	Overview of the Horonobe International Project (HIP)	K. Aoyagi	ICGR-7
	Prediction of geological characteristics around the experimental galleries at a depth of 500 m in the Horonobe Underground Research Laboratory, Japan - Overview of a part of Horonobe International Project -	N. Sato	ICGR-7
	Transmissivity prediction of the Excavation Damaged Zone fracture around the gallery at 500 m at the Horonobe Underground Research Laboratory	K. Aoyagi	CouFrac 2024
	Variation of electrical resistivity distribution around the opened and backfilled tunnel in the Horonobe Underground Research Laboratory	Y. Ozaki	CouFrac 2024

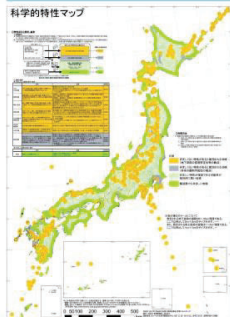
(2024年度 国際学会発表リスト 2)

事業名	タイトル	発表者	学会名
地層処分安全評価検証技術開発（ニアフィールド長期環境変遷評価技術開発）	Numerical Analysis of Fluid Permeability in Compacted Sandstones	O. Miura	ISERME (International Symposium on Earth Resources Management & Environment) 2024
	Cement-Bentonite Interaction with different cement materials at Elevated Temperatures 1: Experiments	R. Kawakita	Clay Conference 2024
	Cement-Bentonite Interaction with different cement materials at Elevated Temperatures 2: Modeling	S. Anraku	Clay Conference 2024
地層処分安全評価検証技術開発（核種移行総合評価技術開発）	Large-scale molecular dynamics simulations of cesium diffusion in systems with clay particles and water molecules	A. Hiraguchi	The 61st Annual Meeting of The Clay Minerals Society
	Machine learning molecular dynamics study of hydrated kaolinite under high pressure	K. Kobayashi	The 61st Annual Meeting of The Clay Minerals Society
	Advancing understanding of biotite weathering reactions: XAFS and Ab initio simulation insights	A. Yamaguchi	The 61st Annual Meeting of The Clay Minerals Society
	Genomic conservation in diverse, distinct but functionally similar microbiomes in deep subsurface sedimentary and granitic environments	Y. Amano	ISME-19
	Radionuclide leaching model for spent BWR tie plate in geological disposal: factors affecting 14C leaching and post-closure safety assessment	T. Sakuragi	ATALANTE 2024
直接処分等代替処分総合評価技術開発	Distribution of Cl-36 in spent BWR tie plate determined using accelerator mass spectrometry	S. Tanaka	ATALANTE 2024
	Release behavior of radionuclides from clad spent fuel segment in bicarbonate solution under oxidizing condition	T. Ohnishi	Global2024

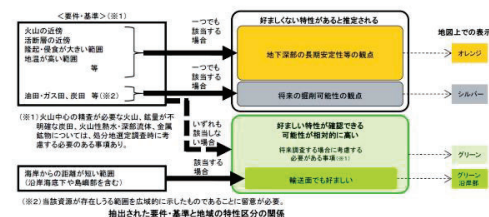
【参考】科学的特性マップの位置付け

科学的特性マップの位置付け

- 「科学的特性マップ」は、地層処分を行う場所を選ぶ際にどのような科学的特性を考慮する必要があるのか、それらは日本全国にどのように分布しているかを大まかに俯瞰できるように示すもの。地層処分に関する国民理解を深めるための対話活動に活用している。
- 「科学的特性マップ」は、地層処分に関する地域の科学的特性を確定的に示すものではない。処分地を選定するまでは、「科学的特性マップ」に含まれていない要素も含めて、法令に基づき、段階的な調査・評価を行う必要がある。



科学的特性マップと特性区分



科学的特性マップの位置付け

(第2回 特定放射性廃棄物小委員会 地層処分技術ワーキンググループ (2024年3月29日開催) 資料4より抜粋)

文献調査における科学的特性マップの位置付け

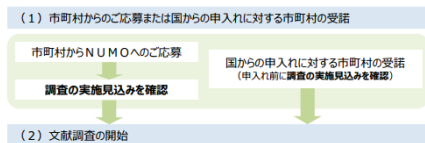
科学的特性マップの特性区分

- 文献調査の開始前、調査の実施見込みの確認で用いる。
- 科学的特性マップに示された特性が確定的ではなく、含まれていない要素もあることを考慮しつつ、概要調査地区を選定できる見込みがない場合以外は、文献調査を開始することとしている。
- このような調査の実施見込みの確認について、文献調査の内容や応募についてのパンフレット「地層処分における文献調査について」において説明している。
- 調査の実施見込みの確認結果は、文献調査計画書、文献調査報告書(案)、同要約書(案)で示している。

科学的特性マップの参照文献

- 科学的特性マップで参照されている全国大のデータ・文献は、文献調査でも収集・分析対象の一部。
- 文献調査では、科学的特性マップの参照文献を他の文献と比較しながら、より多様な情報・データを多角的に分析し、概要調査地区の候補を検討していく。

文献調査の開始プロセス



パンフレット「地層処分における文献調査について」参照
https://www.numo.or.jp/government/oubo/pdfliterature_survey_202306.pdf

P.1

文献調査における科学的特性マップの位置付け

(第2回 特定放射性廃棄物小委員会 地層処分技術ワーキンググループ (2024年3月29日開催) 資料5より抜粋)

【参考】地層処分における人文・社会科学研究的状況

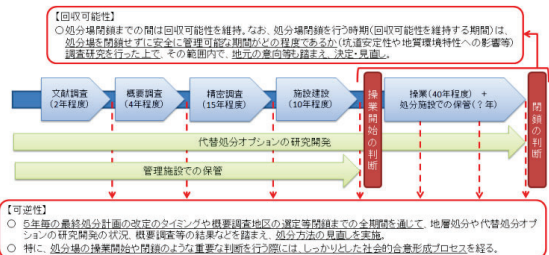
可逆性・回収可能性に関わる人文・社会的研究

- ANDRA (フランスの実施主体) では、2008 年から科学プログラムの中に人文・社会科学的研究を取り入れ、可逆性・回収可能性に関する学際的な研究を開始。その成果がANDRAの処分概念や可逆性・回収可能性の考え方に関わる国際的な議論 (NEA R&R (Reversibility and Retrievability) プロジェクト最終報告書: 2011年) 等にも反映
- こうした国際的な議論も踏まえ、審議会での議論を経て最終処分に関する基本方針を改定 (2015年) し、「最終処分施設の閉鎖までの間の廃棄物の搬出の可能性 (回収可能性) の確保」が盛り込まれる。

国民に信頼される処分プロセスの見直し

- (1) 廃棄物を発生させた現代として、この解決に向けた取組を進めることは不可欠である一方、地層処分の長期安定性については、国民の信頼を確実に得るまでは至っていない。
- (2) したがって、高レベル放射性廃棄物の問題を解決していくためには、以下の観点を踏まえ、取組を再構築することが不可欠。
 - ① 現世代が最終処分に向けた取組を進めることは必要。
 - ② 我が国において、現時点で、科学的知見が蓄積された最終処分方法は地層処分。
 - ③ 可逆性・回収可能性を担保し、将来世代が最終処分に関する意思決定を行える仕組みとすることが不可欠。
 - ④ 代替処分オプションの研究開発を進めることは必要。
- (3) 可逆性・回収可能性を担保した形で地層処分を進めることは一つの解決策になり得る。あわせて、このようなプロセスで取組を進めていくことに対し、社会的コンセンサスを醸成していくことが極めて重要。

【可逆性・回収可能性のある地層処分の具体的なプロセス(案)】



総合エネルギー調査会 基本政策分科会 第11回会合 (2013年11月) 資料

2

地層処分研究開発に関する全体計画 (令和5年度～令和9年度)

「将来に向けて幅広い選択肢を確保し、柔軟な対応を可能とする観点から、使用済燃料の直接処分など代替処分オプションに関する調査・研究を着実に推進する。あわせて、処分場を閉鎖せずに回収可能性を維持した場合の影響等について調査・研究を進め、処分場閉鎖までの間の高レベル放射性廃棄物の管理の在り方を具体化する。」

研究開発へのフィードバック

NUMOによる社会的側面に関する研究支援

- 社会的側面に関する研究支援を2018年度から実施中：地層処分事業に係る技術面・科学的な側面についての研究開発を主導するだけでなく、社会的な側面の研究についても幅広く行われるよう支援する目的で実施中。2024年度～2027年度は7件の研究テーマを採択。



59

アウトカム・アウトプットに関する追加資料

アウトカム・アウトプットの再設定の考え方

- 本事業は、処分事業の円滑化に資する技術の先行的な整備を目的に実施。
- 放射性廃棄物処分の安全性について社会に受け入れていただくために、今後、実施主体が処分システムとしての安全性に関する論拠（セーフティケース）を提示し、社会とのコミュニケーションを積み重ねることによって、処分全体の安全性を説明していく。この手法は国際的な共通認識である（IAEA SSR-5等）。
- セーフティケースおよび「地層処分研究開発に関する全体計画」を軸に研究開発目標を設定することで、目標設定の妥当性（必要な研究・技術開発が実施されているかどうか等）や目標の達成状況（目標に向かってどこまで進んでいるか等）の実質的な評価が可能。

【再設定したアウトカム目標】

【短期目標（2025～2027）】

- セーフティケースの技術的信頼性向上に貢献する要素技術の開発・整備

【長期目標】

- 最新知見を反映した地層処分の基盤となる技術の信頼性向上と体系的な整備

【再設定したアウトプット目標】

- 「地層処分研究開発に関する全体計画」に照らした要素技術開発の適切な進捗

NUMOセーフティケース 構造

①地層処分に適した地質環境の選定およびモデル化

②処分場の設計と工学技術

③閉鎖後長期の安全性の評価



セーフティケース作成・更新の概念

アウトカム・アウトプット再設定理由・根拠

- 2023年度に「地層処分研究開発に関する全体計画（令和5年度～令和9年度）」において、今後5力年で取り組むべき技術的課題が整理された。**種々の検討項目を着実に実施し、開発目標を段階的に達成していく観点から、各研究開発項目における「全体計画」に照らした進捗状況・達成度が適切であることを短期アウトプットとして設定し、その評価を複数名の外部専門家で構成される外部評価委員会を実施する。**
- 地層処分の安全性について社会に受け入れていただくために、**地層処分システムとしての安全性に関する論拠を提示し、社会とのコミュニケーションを積み重ねることによって、地層処分全体の安全性を説明することが必要となる。**この説明文書「セーフティケース」を、事業全体を俯瞰して作成・更新していくための基盤技術を整備する観点から、「包括的技術報告書」で作成された**NUMOセーフティケースへの貢献に必要な項目を長期アウトプットとして設定する。**
- 地層処分の実施に必要な技術基準が明確化されていない現状を踏まえつつ、操業開始までの長期的な展開を視野に入れ、常に最新の知見を反映して技術的信頼性の向上を図ることで処分を円滑に進めていくため、**評価時点において、体系的に構築された地層処分の基盤となる技術が、必要十分性と最新知見に照らした妥当性を満たしていることをアウトカムとして設定する。**

追2

①地質環境長期安定性総合評価技術開発 研究実施項目

①地層処分に適した地質環境の選定およびモデル化

火山・火成活動の発生及び影響の調査・評価技術の整備

- ① 第四紀に活動した火山の活動性に関する評価基盤の提示
- ② 地下に熱源を持つ非火山における火山活動への発展性の検討
- ③ 新規火山の出来やすさを評価する新手法の検討

深部流体の移動・流入に係る現象理解及び影響の評価技術の整備

- ① 深部流体の化学的特徴に基づく起源・影響領域の評価手法の開発
- ② 鉱物脈の微量元素、流体包有物解析による調査・評価技術の整備
- ③ 深部流体の移行経路と空間的広がりに関する調査・評価技術の整備

地震・断層活動の活動性及び影響の調査・評価技術の整備

- ① 活断層地形が不明瞭なせん断帯における活構造の分布や力学的影響範囲を把握する手法の検討
- ② 断層の活動性評価指標を提示するための分析・試験、年代測定による検討

隆起・侵食の調査・評価技術の整備

- ① 熱年代法などを用いた隆起・侵食評価手法の整備
- ② 離水地形のマルチ年代測定に基づく隆起・侵食速度推定技術の高度化
- ③ 地質環境長期変遷のモデル化に反映するための地形解析・総合的調査技術の高度化

②処分場の設計と工学技術

③閉鎖後長期の安全性の評価

追3

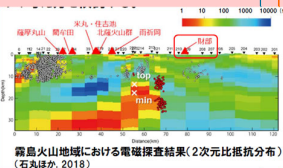
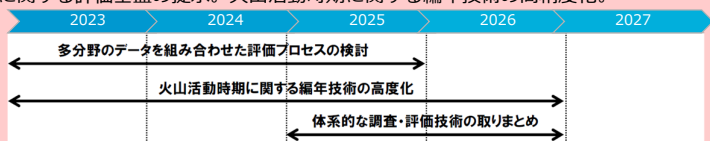
アウトカム・アウトプット設定例（①-1）

①地層処分に適した地質環境の選定およびモデル化

火山・火成活動の発生及び影響の調査・評価技術の整備

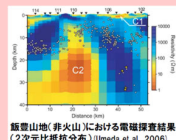
① 第四紀に活動した火山の活動性に関する評価基盤の提示

達成目標：第四紀（約260万年前）の古い時期に活動し、最近の活動履歴が認められない火山の将来の活動性に関する評価基盤の提示。火山活動時期に関する編年技術の高精度化。



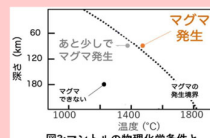
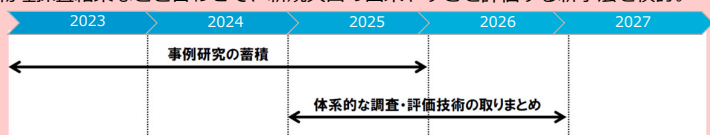
② 地下に熱源を持つ非火山における火山活動への発展性の検討

達成目標：非火山性山地直下のマグマとみられる高温の流体が分布する地域を事例対象として、電磁探査に加え低温領域の熱年代法（(U-Th)/He法等）を山地横断方向に適用し、隆起形態を明らかにすることにより、将来的に火山活動へと発展する蓋然性について提示。



③ 新規火山の出来やすさを評価する新手法の検討

達成目標：マグマの発生領域であるマンツルの物理化学条件を岩石学のアプローチによって推定し、既存の物理探査結果などと合わせて、新規火山の出来やすさを評価する新手法を検討。



アウトプット（2025～2027）

目標

- 火山・火成活動の発生及び影響の調査・評価技術の整備

指標

- NUMOセーフティケースにおける「地層処分に適した地質環境の選定およびモデル化」の技術的信頼性向上への貢献度

アウトカム

目標

- 地層処分に適した地質環境の選定及びモデル化の基盤となる技術の整備と信頼性向上

指標

- 体系的に構築された技術の必要十分性と最新知見に照らした妥当性

追4

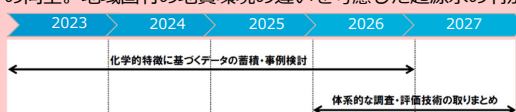
アウトカム・アウトプット設定例（①-2）

①地層処分に適した地質環境の選定およびモデル化

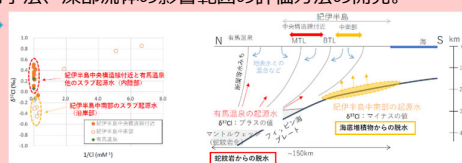
深部流体の移動・流入に係る現象理解及び影響の評価技術の整備

① 深部流体の化学的特徴に基づく起源・影響領域の評価手法の開発

達成目標：これまで開発した深部流体の化学的特徴に基づく起源や影響領域の判別手法の有効性確認および精度の向上。地域固有の地質環境の違いを考慮した起源水の判別手法、深部流体の影響範囲の評価方法の開発。

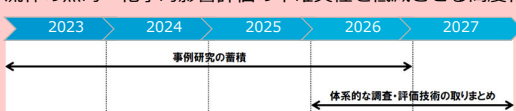


▶ 個別の地域の調査イメージ：温泉等へに溶存する $\delta^{37}\text{Cl}$ から推定される有馬温泉と紀伊半島のスラブ起源水の起源の違い

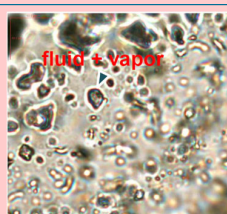


② 鉱物脈の微量元素、流体包有物解析による調査・評価技術の整備

達成目標：鉱物脈の流体包有物分析手法を改良し、温度・時間に加え圧力（＝鉱物脈形成時の深度に相当）も推定。LA-ICP-MSによる微量元素分析を併せて行い、深部流体の熱的・化学的影響評価の不確実性を低減させる高度化した手法を提示。

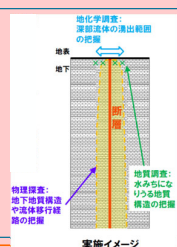
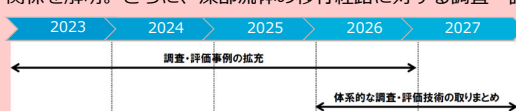


▶ 石英に見られる流体包有物の例



③ 深部流体の移行経路と空間的広がりに関する調査・評価技術の整備

達成目標：断層付近で深部流体が湧出しているフィールドを対象に複数の調査手法を組み合わせた事例研究を実施し、深部流体の移行経路・広がり、それらと地形・地質（構造）との関係を解明。さらに、深部流体の移行経路に対する調査・評価技術を整備。



アウトプット（2025～2027）

目標

- 深部流体の移動・流入に係る現象理解及び影響の評価技術の整備

指標

- NUMOセーフティケースにおける「地層処分に適した地質環境の選定およびモデル化」の技術的信頼性向上への貢献度

アウトカム

目標

- 地層処分に適した地質環境の選定及びモデル化の基盤となる技術の整備と信頼性向上

指標

- 体系的に構築された技術の必要十分性と最新知見に照らした妥当性

追5

アウトカム・アウトプット設定例（①-3）

①地層処分に適した地質環境の選定およびモデル化

地震・断層活動の活動性及び影響の調査・評価技術の整備

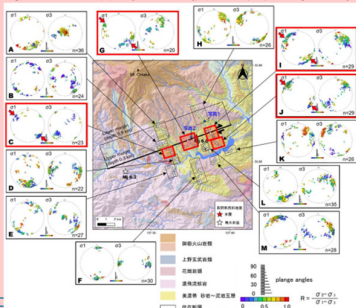
①活断層地形が不明瞭なせん断帯における活構造の分布や力学的影響範囲を把握する手法の検討

達成目標：地形的に不明瞭な活断層の検出について、更なる信頼性向上のため事例研究を蓄積。処分事業におけるサイト選定・設計に反映するための「影響範囲」の提示を念頭に置いた検討も実施（透水性に係る情報の取得など）。



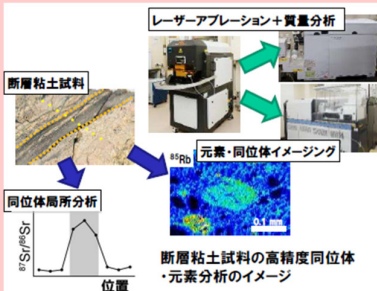
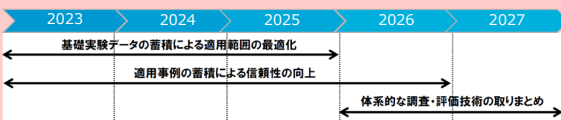
▶1984年長野県西部地震震源域における小断層解析の結果

応力逆解析により検出された応力場が、最近（現在）の広域応力場と調和的であることを確認し、その領域を抽出した。



②断層の活動性評価指標を提示するための分析・試験、年代測定による検討

達成目標：ボーリングや坑道掘削中に新たに遭遇した断層の調査・評価といった、概要調査後半～精密調査段階でのニーズが高いと想定される調査・評価技術について、最先端の科学的知見を取り入れた技術の拡充。



アウトプット（2025～2027）

目標

- 地震・断層活動の活動性及び影響の調査・評価技術の整備

指標

- NUMOセーフティケースにおける「地層処分に適した地質環境の選定およびモデル化」の技術的信頼性向上への貢献度

アウトカム

目標

- 地層処分に適した地質環境の選定及びモデル化の基盤となる技術の整備と信頼性向上

指標

- 体系的に構築された技術の必要十分性と最新知見に照らした妥当性

追6

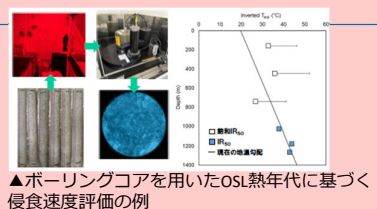
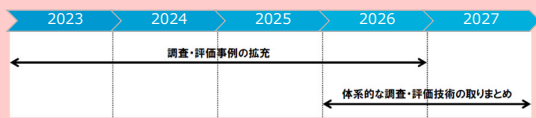
アウトカム・アウトプット設定例（①-4）

①地層処分に適した地質環境の選定およびモデル化

隆起・侵食の調査・評価技術の整備

①熱年代法などを用いた隆起・侵食評価手法の整備

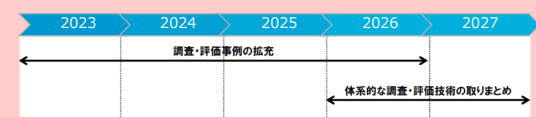
達成目標：最先端の科学的知見を取り入れることによる、更なる適用範囲の拡充や評価の不確実性の低減。



▲ボーリングコアを用いたOSL熱年代に基づく侵食速度評価の例

②離水地形のマルチ年代測定に基づく隆起・侵食速度推定技術の高度化

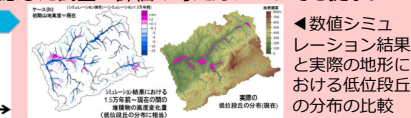
達成目標：段丘堆積物の火山灰編年等の既存手法の適用が困難なケースにおける隆起・侵食速度の推定手法について、手法の信頼性向上のため事例研究を拡充。また、地形・層序に基づく定性的な隆起・侵食に係る情報について、地質環境長期変遷モデルの構築に適切に反映するため、定量化手法の適用事例を蓄積。



◀可搬型OSL装置による測定の例（下：Muñoz-Salinas et al., 2011）

③地質環境長期変遷のモデル化に反映するための地形解析・総合的調査技術の高度化

達成目標：これまでに収集・整備した我が国の段丘対比・編年の基盤情報等も踏まえた上で、同一フィールドにおいて複数手法の適用を試みる事例研究等に基づき、個別技術の適用から地質環境長期変遷のモデル化に至るまでの総合的な調査・評価についても検討。その過程で、最適な技術を選択するための考え方や、隆起・侵食、気候・海水準変動、及び断層運動等との間の相互関係を考慮した調査・評価の考え方についても提示。



◀数値シミュレーション結果と実際の地形における低位段丘の分布の比較

アウトプット（2025～2027）

目標

- 隆起・侵食の調査・評価技術の整備

指標

- NUMOセーフティケースにおける「地層処分に適した地質環境の選定およびモデル化」の技術的信頼性向上への貢献度

アウトカム

目標

- 地層処分に適した地質環境の選定及びモデル化の基盤となる技術の整備と信頼性向上

指標

- 体系的に構築された技術の必要十分性と最新知見に照らした妥当性

追7

アウトカム・アウトプット（①長期安定性） 再設定

アウトカム指標		アウトカム目標	達成状況
● 体系的に構築された技術の必要十分性、最新知見に照らした妥当性		● 地層処分に適した地質環境の選定及びモデル化の基盤となる技術の整備と信頼性向上	2027年度までの達成状況を踏まえて記載
アウトプット指標		アウトプット目標	達成状況
短期目標 (各年度)	● 外部評価委員会における、「全体計画」に照らした進捗状況の評価	火山・火成活動の発生及び影響に関する調査・評価技術の高度化	2027年度までの達成状況を踏まえて記載
		深部流体の移動・流入に係る現象理解及び影響に関する調査・評価技術の整備	
		地震・断層活動の活動性及び影響に関する調査・評価技術の高度化	
		隆起・侵食に関する調査・評価技術の高度化	
長期目標 (2027年度)	● NUMOセーフティケースにおける「地層処分に適した地質環境の選定およびモデル化」の技術的信頼性向上への貢献度	①-1 火山・火成活動の発生及び影響の調査・評価技術の整備	2027年度までの達成状況を踏まえて記載
		①-2 深部流体の移動・流入に係る現象理解及び影響の評価技術の整備	
		①-3 地震・断層活動の活動性及び影響の調査・評価技術の整備	
		①-4 隆起・侵食の調査・評価技術の整備	

追8

②地層処分施設施工・操業技術確証試験 研究実施項目

①地層処分に適した地質環境の選定およびモデル化
②処分場の設計と工学技術
処分場閉鎖技術の開発
①止水プラグの設計・施工技術の開発
②埋戻し材の設計・施工技術の開発
詳細設計・施工技術オプションの開発
①処分坑道横置き・PEM方式
②処分孔縦置き・ブロック方式
③品質保証体系の整備
廃棄体回収技術の開発
①処分孔縦置き・ブロック方式の回収技術の高度化（流体的除去技術）
②処分坑道横置き・PEM方式の回収技術の高度化（機械的除去技術）
③PEM方式に対するオーバーバック回収技術の整備
④回収可能性の維持に伴う影響の定量化技術の整備
処分場の建設・操業技術の高度化
③閉鎖後長期の安全性の評価

追9

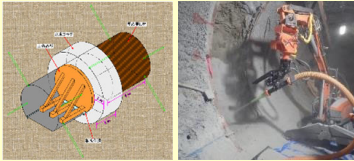
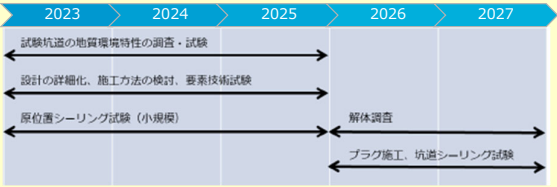
アウトカム・アウトプット設定例（②-1）

②処分場の設計と工学技術

処分場閉鎖技術の開発

① 止水プラグの設計・施工技術の開発

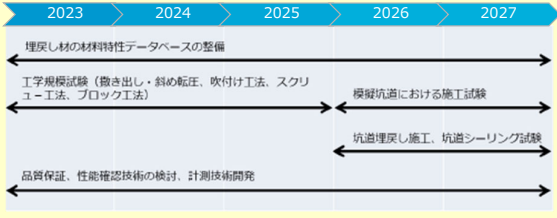
達成目標：幌延堆積岩を例題として堆積軟岩の特性を考慮し、止水プラグの要求性能および詳細設計を具体化。設計した止水プラグについて、地下研究施設での実証的な施工試験を通じて坑道の埋戻しから止水プラグの設置までの一連の施工技術を確認・実証し、技術的課題点への対応策を提示。堆積岩を対象とした止水プラグが実際に施工可能であることを確認。



▲粘土材料を主体とした止水プラグの施工試験 (左:実規模実証試験イメージ, 右:原位置要素試験実績)

② 埋戻し材の設計・施工技術の開発

達成目標：NUMOの検討対象母岩の岩種について、掘削土の化学的性質が埋戻し材の性能に及ぼす影響を把握するとともに、埋戻し材の設計に資するデータを拡充。埋戻し材の施工技術について、課題への対応や施工効率の向上に向けて、施工性や施工品質に関する基盤情報の整備が望まれる工法（スクリー工法、ブロック工法、斜め転圧工法）を対象として、要素試験及び地上・地下施設を活用した施工試験をととして拡充。製造・施工プロセス管理手法の具体化。実証試験等に適用可能な計測技術の高度化。



◀施工技術オプションの例

アウトプット（2025～2027）

目標

- ・ 処分場閉鎖技術（止水プラグの設計・施工技術、埋戻し材の設計・施工技術）の開発

指標

- ・ NUMOセーフティケースにおける「処分場の設計と工学技術」の技術的信頼性向上への貢献度

アウトカム

目標

- ・ 地層処分場の設計・施工・操業の基盤となる技術の整備と信頼性向上

指標

- ・ 体系的に構築された技術の必要十分性と最新知見に照らした妥当性

追10

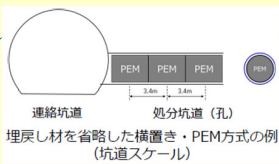
アウトカム・アウトプット設定例（②-2）

②処分場の設計と工学技術

詳細設計・施工技術オプションの開発

① 処分坑道横置き・PEM方式

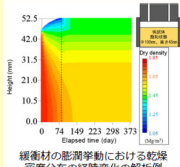
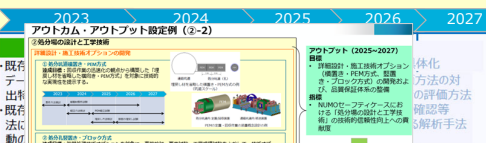
達成目標：回収作業の迅速化の観点から構築した「埋戻し材を省略した横置き・PEM方式」を対象に技術的な実現性を提示する。



PEMの設置・回収作業の装置概念設計の例

② 処分坑道縦置き・ブロック方式

達成目標：隙間処理技術オプションを対象に、事前検討、要素試験、工学規模試験をととして、技術オプションに応じた膨出特性や膨出抑制効果を把握したうえで膨出量の評価方法を開発。さらに、緩衝材の膨出量の評価方法や、整備した流出量の評価方法、許容湧水量の基準値（処分坑道利用の可否判断）の設定方法の適用性を確認。



緩衝材の膨出に関する試験例 (試験開始時の緩衝材:Φ100×50mm)

アウトプット（2025～2027）

目標

- ・ 詳細設計・施工技術オプション（横置き・PEM方式、縦置き・ブロック方式）の開発および、品質保証体系の整備

指標

- ・ NUMOセーフティケースにおける「処分場の設計と工学技術」の技術的信頼性向上への貢献度

アウトカム

目標

- ・ 地層処分場の設計・施工・操業の基盤となる技術の整備と信頼性向上

指標

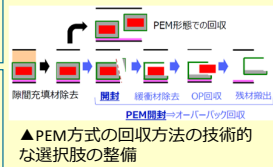
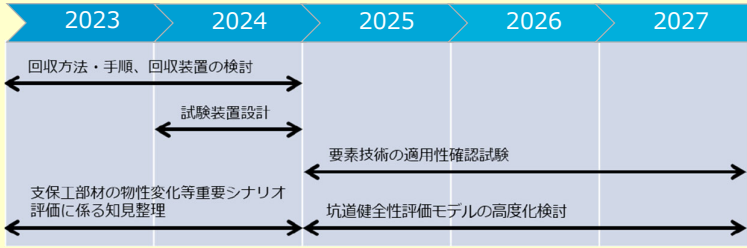
- ・ 体系的に構築された技術の必要十分性と最新知見に照らした妥当性

追11

アウトカム・アウトプット設定例（②-3）

②処分場の設計と工学技術

廃棄体回収技術の開発



アウトプット（2025～2027）

- 目標
- ・ 廃棄体回収技術の開発
- 指標
- ・ NUMOセーフティケースにおける「処分場の設計と工学技術」の技術的信頼性向上への貢献度



アウトカム

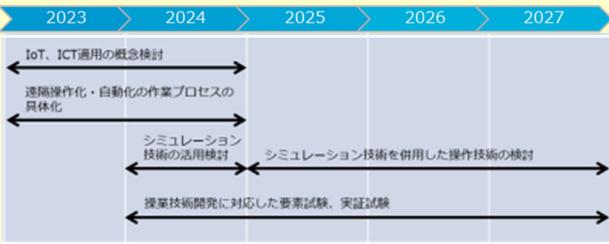
- 目標
- ・ 地層処分場の設計・施工・操業の基盤となる技術の整備と信頼性向上
- 指標
- ・ 体系的に構築された技術の必要十分性と最新知見に照らした妥当性

アウトカム・アウトプット設定例（②-4）

②処分場の設計と工学技術

処分場の建設・操業技術の高度化

達成目標：処分場の建設・操業に係わる作業の更なる安全性と効率性の向上を図る観点から、将来的な技術の進展を見据えて、全ての作業プロセスにおける情報伝達技術及びロボティクス技術の導入、作業の遠隔操作化・自動化による無人化施工の実現性について検討。



坑道埋戻し自動化装置概念例と要素技術

装置	要素技術	用途
情報取得装置	SLAM	・処分場内位置認識 ・作業エリア位置認識
	3次元計測	・作業エリア位置確認 ・プラテン表面状態確認 ・ブロック位置確認 ・ブロック外観確認 ・位置目標位置確認 ・位置目標表面状態確認
管理装置	BIM/CIM	・ブロック位置作業の施工管理
駆動装置	AGF	・処分場内移動 ・位置装置位置調整
埋戻し材 位置装置	AGF	・エンドエフェクタ位置調整



アウトプット（2025～2027）

- 目標
- ・ 処分場の建設・操業技術（ロボティクス技術、無人施工技术）の検討
- 指標
- ・ NUMOセーフティケースにおける「処分場の設計と工学技術」の技術的信頼性向上への貢献度



アウトカム

- 目標
- ・ 地層処分場の設計・施工・操業の基盤となる技術の整備と信頼性向上
- 指標
- ・ 体系的に構築された技術の必要十分性と最新知見に照らした妥当性

アウトカム・アウトプット（②施工・操業） 再設定

アウトカム指標		アウトカム目標	達成状況
● 体系的に構築された技術の必要十分性、最新知見に照らした妥当性		● 地層処分場の設計・施工・操業の基盤となる技術の整備と信頼性向上	2027年度までの達成状況を踏まえて記載
アウトプット指標		アウトプット目標	達成状況
短期目標 (各年度)	● 外部評価委員会における、「全体計画」に照らした進捗状況の評価	人工バリア定置に関わる調査・設計・評価技術の適用性確認	2027年度までの達成状況を踏まえて記載
		人工バリア定置に関わる工学的対策技術の適用性確認	
		止水プラグの設計・施工技術の開発	
		埋戻し材の設計・施工技術の開発	
		廃棄体回収技術の開発	
長期目標 2027年度	● NUMOセーフティケースにおける「処分場の設計と工学技術」の技術的信頼性向上への貢献度	②-1 処分場閉鎖技術（止水プラグの設計・施工技術、埋戻し材の設計・施工技術）の開発	2027年度までの達成状況を踏まえて記載
		②-2 詳細設計・施工技術オプション（横置き・PEM方式、縦置き・ブロック方式）の開発および、品質保証体系の整備	
		②-3 廃棄体回収技術の開発	
		②-4 処分場の建設・操業技術（ロボティクス技術、無人施工技術）の検討	

追14

③沿岸部地質環境調査・処分システム評価統合化技術開発 研究実施項目

①地層処分に適した地質環境の選定およびモデル化 沿岸海底下を想定した地質環境モデルの構築方法の高度化 ①沿岸海底下を対象とした地質環境モデルの構築と類型化 ②沿岸海底下における深部塩水の流動評価技術の開発	
陸域から海域にかけて効率的に地下環境情報を取得する技術の高度化 ①沿岸部地下深部調査技術の高度化 ②地下水年代測定技術および採水・分析技術の高度化 ③海底湧出地下水における調査技術の高度化 ④沿岸海底下を対象とした物理探査技術の高度化	
②処分場の設計と工学技術 沿岸海底下特有の地質環境を加味した工学技術と安全評価技術を含めた処分システムの統合化に向けた研究 ①沿岸部における候補概念／設計案の建設・操業における課題の整理と対応策の具体化 ②確率論的アプローチに基づく安全評価手法の高度化 ③処分システムの統合化に向けた方法論の研究	③閉鎖後長期の安全性の評価

追15

アウトカム・アウトプット設定例（③-1）

①地層処分に適した地質環境の選定およびモデル化

沿岸海底下を想定した地質環境モデルの構築方法の高度化

①沿岸海底下を対象とした地質環境モデルの構築と類型化

達成目標：大陸棚および海底300mという条件のもと、全国の沿岸部を対象に岩質による分類の実施、地形や地質の変化に伴う水理パラメータの変化による超長期の地下水流動変化の評価、さらにそれらを岩質の違い等に着眼した類型化。

2024

2025

2026

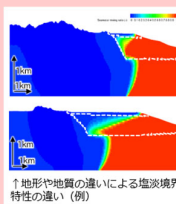
2027

沿岸部の海陸接合地質モデルの分析及び分類および水理模型実験の構築と基礎検討

水理試験に基づく深部塩水流動解析

全国沿岸部の地質環境の類型化

成果のとりまとめと体系化



↑地形や地質の違いによる塩淡水境界特性の違い（例）

②沿岸海底下における深部塩水の流動評価技術の開発

達成目標：ボーリング調査結果を用いた地下水流動解析において、塩分濃度だけでなく地下温度（熱）を含めた塩淡水境界形状の評価手法の確立、地下水年代の評価手法の高度化。

2024

2025

2026

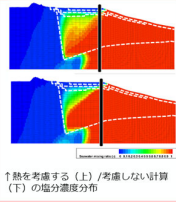
2027

熱が塩水／淡水地下水環境に与える影響評価

深部塩水流動解析技術の高度化

既存研究結果による解析技術の適用と検証

深部塩水流動評価に適用し得る解析技術の体系化



↑熱を考慮する（上）／考慮しない計算（下）の塩分濃度分布

陸域から海域にかけて効率的に地下環境情報を取得する技術の高度化

②処分場の設計と工学技術

沿岸海底下特有の地質環境を加味した工学技術と安全評価技術を含めた処分システムの統合化に向けた研究

③閉鎖後長期の安全性の評価

アウトプット（2025～2027）

目標

- 全国沿岸部の地質環境の類型化と体系化、および深部塩水の流動評価技術の開発と体系化

指標

- NUMOセーフティケースにおける「地層処分に適した地質環境の選定およびモデル化」の技術的信頼性向上への貢献度

アウトカム

目標

- 沿岸部を対象とした地層処分の基盤となる技術の整備と信頼性向上

指標

- 体系的に構築された技術の必要十分性と最新知見に照らした妥当性

アウトカム・アウトプット設定例（③-2）

①地層処分に適した地質環境の選定およびモデル化

陸域から海域にかけて効率的に地下環境情報を取得する技術の高度化

①沿岸部地下深部調査技術の高度化

達成目標：ボーリング調査による物理探査結果の検証に必要な事前調査、物理検層技術、水理試験手法などの、実際の調査孔を用いた検証・整備。

2024

2025

2026

2027

事前調査と技術の検証

調査孔の掘削と試料の採取

調査孔の掘削と試料の採取

調査孔の掘削技術のとりまとめ



沿岸部での連続揚水試験風景

②地下水年代測定技術および採水・分析技術の高度化

達成目標：新しい地下水年代測定技術の開発（ ^{39}Ar 、 ^{81}Kr 、 ^{85}Kr などの放射性希ガスや、希ガス分析を応用した ^3H （ ^3He 蓄積法）、希ガスによる涵養温度推定法の高度化）。脱ガスや空気の混入などを抑制する採水技術や空気混入の評価技術の整備。高塩分試料特有の採取・分析法の整備。

2024

2025

2026

2027

文献等調査

採水・採取技術開発

高塩濃度試料分析技術の開発

成果のとりまとめ

③海底湧出地下水における調査技術の高度化

達成目標：沿岸部特有の地質環境特性である塩淡水境界や断層等の地質構造の影響について、これまでに開発した海域調査手法に最新の科学的知見を取り込み、海底湧出地下水や海底下地下水に関わる調査技術を高度化。

2024

2025

2026

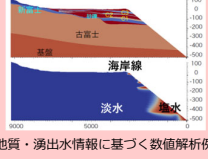
2027

文献収集・海底地形等の基礎情報の取得

湧出水・海底下地下水に関わる調査手法の検証

湧出水・海底下地下水に関わる調査手法の検証

成果のとりまとめ



地質・湧出水情報に基づく数値解析例

④沿岸海底下を対象とした物理探査技術の高度化

達成目標：ボーリング調査との組み合わせを意識しつつ、既存の調査手法について沿岸部における適応条件を整理。最新の科学的知見に基づき、海底面下の地質構造や水理場を効率的に把握するための物理探査手法の確立・高度化。

2024

2025

2026

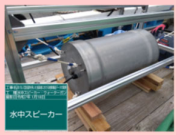
2027

陸域電磁探査手法の整備と音波探査手法の高度化

海域電磁探査手法の構築と音波探査手法の高度化

海域電磁探査手法の実証試験

成果のとりまとめ



音波探査に用いた低周波型水中スピーカー（TU960）

アウトプット（2025～2027）

目標

- 陸域から海域にかけて、効率的かつ適切に地質環境情報を取得するための調査技術の高度化と体系化

指標

- NUMOセーフティケースにおける「地層処分に適した地質環境の選定およびモデル化」の技術的信頼性向上への貢献度

アウトカム

目標

- 沿岸部を対象とした地層処分の基盤となる技術の整備と信頼性向上

指標

- 体系的に構築された技術の必要十分性と最新知見に照らした妥当性

アウトカム・アウトプット設定例（③-3）

①地層処分に適した地質環境の選定およびモデル化

②処分場の設計と工学技術

沿岸海底下特有の地質環境を加味した工学技術と安全評価技術を含めた処分システムの統合化に向けた研究

①沿岸部における候補概念／設計案の建設・操業における課題の整理と対応策の具体化

達成目標：「包括的技術報告書」などの処分場概念や設計について、沿岸海底下における処分場の建設（地下坑道の建設）および操業（人工バリア周り）の観点から課題を抽出。対策を具体化し適用性を確認、高度化。

2024	2025	2026	2027
建設・操業における影響要因の整理、影響を受ける設計要素の抽出、対応策の検討	処分場への影響分析、対策の具体化と最適化評価	技術オプションの整備	成果のとりまとめ

③閉鎖後長期の安全性の評価

②確率論的アプローチに基づく安全評価手法の高度化

達成目標：天然バリア/人工バリアの性能パラメータの確率論的設定方法や線量の確率分布の表示方法の整備。各パラメータの感度解析による確率論的安全評価の適用の含意と有効性の検討。地層処分安全評価結果に含まれる確からしさを定量的に評価する方法の整備。

2024	2025	2026	2027
文献調査、確率論的評価条件設定、試解析	放射線防護概念適用方法論検討、確率論的安全評価	ALARA・BATを具体化した設計の方法論検討	成果のとりまとめ

③処分システムの統合化に向けた方法論の研究

達成目標：沿岸海底下に特徴づけられる地質環境の特性やその変遷が処分場の設計や安全評価に与える影響を、処分システムの評価として統合的に実施していくための方法論について検討。

2024	2025	2026	2027
建設や安全評価に地下環境が影響を与える因子の整理と課題の検討	建設や安全評価に地下環境が影響を与える因子の整理と課題の検討	沿岸海底下の地質環境特性に着目した工学的観点および性能/安全評価の観点からの評価方法の検討	成果のとりまとめ

図：確率論的安全評価
バリア層の性能パラメータを確率論的に設定し、影響の経時変化の確率分布を評価

アウトプット（2025～2027）
目標

- 沿岸海底下特有の地質環境特性やその変遷が、処分場の設計や安全評価に与える影響を統合的に評価していく方法論の構築

指標

- NUMOセーフティケースにおける「処分場の設計と工学技術」、「閉鎖後長期の安全性の評価」の技術的信頼性向上への貢献度

アウトカム
目標

- 沿岸部を対象とした地層処分の基盤となる技術の整備と信頼性向上

指標

- 体系的に構築された技術の必要十分性と最新知見に照らした妥当性

追18

アウトカム・アウトプット（③沿岸部）再設定

アウトカム指標		アウトカム目標	達成状況
● 体系的に構築された技術の必要十分性、最新知見に照らした妥当性		● 沿岸部を対象とした地層処分 ¹ の基盤となる技術の整備と信頼性向上	2027年度までの達成状況を踏まえて記載
アウトプット指標		アウトプット目標	達成状況
短期目標 (各年度)	● 外部評価委員会における、「全体計画」に照らした進捗状況の評価	沿岸海底下における水理・化学場の評価技術の実証と体系化	
		沿岸部陸域・海域を対象とした地質環境特性の長期的な変動幅の評価に関する評価技術の実証	
		地質環境特性の長期変遷に関するモデル化技術の高度化	
		ボーリング調査技術・物理探査技術の高度化	
長期目標 2027年度	● NUMOセーフティケースにおける「地層処分に適した地質環境の選定およびモデル化」の技術的信頼性向上への貢献度	③-1 全国沿岸部の地質環境の類型化と体系化、深部塩水の流動評価技術の開発と体系化	2027年度までの達成状況を踏まえて記載
		③-2 陸域から海域にかけて、効率的かつ適切に地質環境情報を取得するための調査技術の高度化と体系化	
	● NUMOセーフティケースにおける「処分場の設計と工学技術」、「閉鎖後長期の安全性の評価」の技術的信頼性向上への貢献度	③-3 沿岸海底下特有の地質環境特性やその変遷が、処分場の設計や安全評価に与える影響を統合的に評価していく方法論の構築	

アウトカム・アウトプット設定例（④-2）

①地層処分に適した地質環境の選定およびモデル化

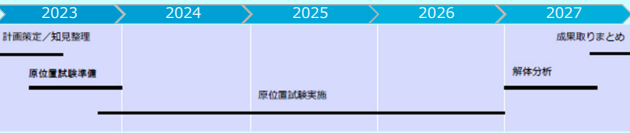
②処分場の設計と工学技術

③閉鎖後長期の安全性の評価

熱影響評価技術の高度化

①幌延地下施設での100℃超条件における原位置試験

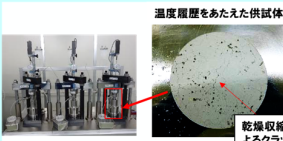
達成目標：工学的規模の原位置試験において、100℃超以上の条件下で緩衝材に生じる現象の理解。100℃超以上の温度履歴を経た緩衝材や岩石への再冠水挙動の把握。



幌延地下施設での100℃超条件下における原位置試験写真
左：緩衝材ブロック内部の色調分布の変化
右：ヒーター接触部に認められた緩衝材のひび割れ

②100℃超を含む温度条件における緩衝材特性の評価

達成目標：試験データ等に基づく100℃超を賦有無温度条件での緩衝材特性の評価と100℃未満の温度条件における温度依存性を考慮した評価モデルの構築。



温度履歴をあたえた供試体の圧密試験イメージ

アウトプット（2025～2027）

目標

- 実際の地下環境で生じる100℃超の温度条件で生じる現象の把握

指標

- NUMOセーフティケースにおける「閉鎖後長期の安全性の評価」の技術的信頼性向上への貢献度

アウトカム

目標

- 地層処分場の閉鎖後長期の安全性をより現実的に評価するための基盤となる技術の整備と信頼性向上

指標

- 体系的に構築された技術の必要十分性と最新知見に照らした妥当性

追22

アウトカム・アウトプット設定例（④-3）

①地層処分に適した地質環境の選定およびモデル化

②処分場の設計と工学技術

ガス発生影響低減技術・評価技術の高度化

①ガス発生量低減のための廃棄物固化処理技術の開発

達成目標：TRU廃棄物の固化処理に関する有効なガス発生量低減対策の提示。



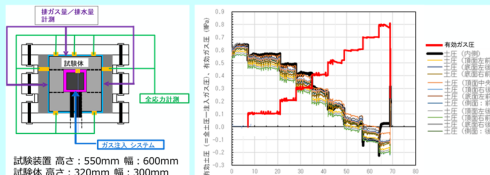
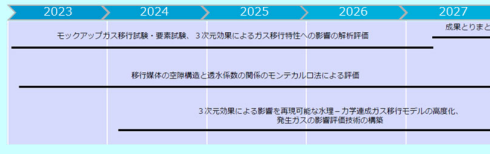
ガス発生量低減に向けた固化材料の改良ポイントの整理

固化方法	主な特徴	改良のポイント
セメント固化 ➢ 高強度高緻密コンクリート	練り混ぜ水が少なく（水和反応で消費され自由水量が少ない）、ガス発生量が低い。 構造が緻密（空隙率低）で高強度かつ低透水性。	ガス発生とセメント中の水和挙動、細孔構造との関係を踏まえた、ガス発生挙動の現象理解
ジオポリマー固化 ➢ 無機添加剤含有ジオポリマー（湿式）	メタカオリ系ジオポリマーホウ酸の添加による可塑時間の向上とガス発生量の低減が見込まれる。	無機添加剤による軽元素化、乾燥処理の最適化、微細構造（比表面積）の改善
➢ 分散剤添加高炉スラグシリンダー（湿式）	高炉スラグ系のジオポリマー分散剤を含む特殊添加剤の添加による練り混ぜ水の低減が見込まれる。	外部添加（湿潤）水等の水分配合の低減、乾燥処理の最適化
➢ 乾式ジオポリマー	アルミナ・水ガラスを乾式で反応・固化したジオポリマー 練り混ぜ水が不要かつ加熱条件の最適化による水分量の低減が見込まれる。	固化体は吸湿特性をもち、含水率が高い。配合の自由度も低いため、練り混ぜ水不要という利点が生かれない。

③閉鎖後長期の安全性の評価

②水理-力学連成を考慮したガス移行評価技術の高度化

達成目標：モックアップ試験での3次元的なガス移行挙動の解析に基づき、ガス移行評価技術を高度化。



左：モックアップ試験装置の仕様
右：ガス注入過程の有効土圧と有効ガス圧の経時変化

アウトプット（2025～2027）

目標

- 放射線分解ガスの発生量を低減させる廃棄物固化処理技術の開発、および水理-力学連成ガス移行評価モデルの高度化

指標

- NUMOセーフティケースにおける「処分場の設計と工学技術」、「閉鎖後長期の安全性の評価」の技術的信頼性向上への貢献度

アウトカム

目標

- 地層処分場の閉鎖後長期の安全性をより現実的に評価するための基盤となる技術の整備と信頼性向上

指標

- 体系的に構築された技術の必要十分性と最新知見に照らした妥当性

追23

アウトカム・アウトプット設定例（④-4）

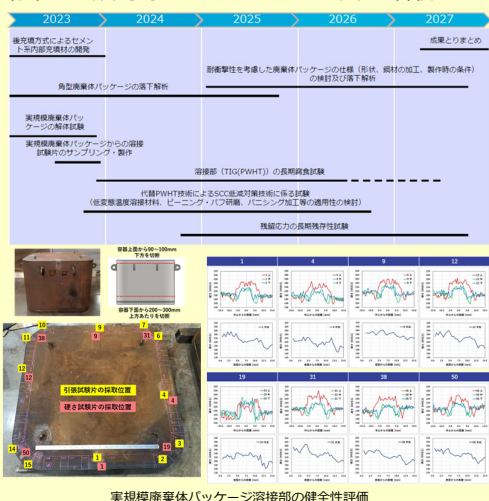
①地層処分に適した地質環境の選定およびモデル化

②処分場の設計と工学技術

人工バリアの閉じ込め機能の高度化

①廃棄体パッケージの閉じ込め性能向上に係る技術開
登

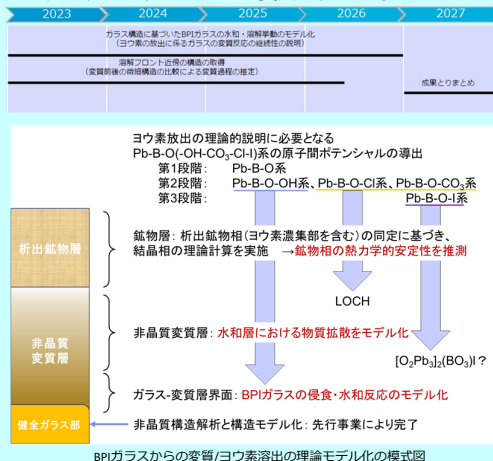
達成目標：TRU廃棄物の廃棄体パッケージの閉じ込め性能に係る溶接品質の確認および長期腐食挙動の評価、溶接後熱処理に向けた応力腐食割れ対策技術の開発、ガス発生量低減に向けた充填材仕様の提示・輸送・定置作業時の落下事象を想定した閉じ込め性能の評価



③閉鎖後長期の安全性の評価

②ヨウ素代替固化体の評価技術の高度化

達成目標：BPIガラス固化体からのヨウ素放出予測モデルの妥当性を裏付けるガラス変質過程の現象理解。



**アウトプット（2025~2027）
目標**

- TRU廃棄物の地層処分における瞬時放出成分の影響抑制に向けた、容器による閉じ込め性の担保に資する工学技術の開発

指標

- NUMOセーフティケースにおける「処分場の設計と工学技術」、「閉鎖後長期の安全性の評価」の技術的信頼性向上への貢献度

アウトカム

目標

- 地層処分場の閉鎖後長期の安全性をより現実的に評価するための基盤となる技術の整備と信頼性向上

指標

- 体系的に構築された技術の必要十分性と最新知見に照らした妥当性

追24

アウトカム・アウトプット設定例 (④-5)

①地層処分に適した地質環境の選定およびモデル化

②処分場の設計と工学技術

③閉鎖後長期の安全性の評価

ニアフィールドにおける核種移行総合評価技術の開発

①ニアフィールドにおける核種移行に係る個別現象解析モデルの開発

達成目標：ニアフィールド環境変遷に伴う核種移行への影響の現象解明と影響評価解析を行うためのモデルとパラメータの提示。



②ニアフィールド複合現象・核種移行の総合評価技術開発

達成目標：最新の知見を反映させた環境変遷と解析評価手法の高度化。現象解析モデルの妥当性確認および性能評価に反映する方法論の提示。



アウトプット（2025~2027） 目標

- 長期的な環境変遷を反映した核種移行評価を可能とする先端的な個別現象解析モデルの構築、および複合現象による長期変遷と核種移行を評価可能な統合的解析手法の構築

指標

- NUMOセーフティケースにおける「閉鎖後長期の安全性の評価」の技術的信頼性向上への貢献度

アウトカム

目標

- 地層処分場の閉鎖後長期の安全性をより現実的に評価するための基盤となる技術の整備と信頼性向上

指標

- 体系的に構築された技術の必要十分性と最新知見に照らした妥当性

追25

アウトカム・アウトプット設定例（④-6）

①地層処分に適した地質環境の選定およびモデル化

②処分場の設計と工学技術

③閉鎖後長期の安全性の評価

天然バリア（岩盤）における核種移行総合評価技術の開発

①岩盤中の核種移行評価技術開発

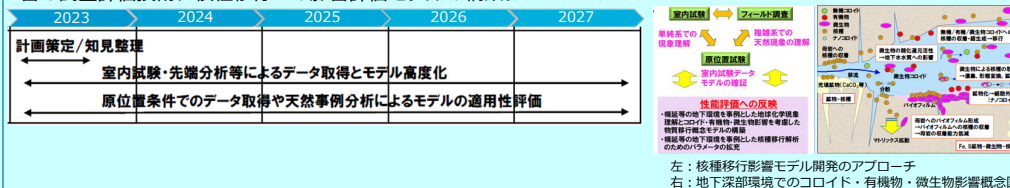
達成目標：最新知見を反映した岩盤中核種移行モデルの構築と、原位置試験等による妥当性確認。実際のサイトが与えられた際の調査・評価技術の提示。



幌延地下施設を活用した原位置トレーサー試験

②岩盤中における地球化学・核種移行の個別現象評価技術開発

達成目標：実際のサイトが与えられた際の長期時間スケールでの地球化学プロセス、コロイド・有機物・微生物影響の調査評価技術、核種移行への影響評価モデルの構築。



左：核種移行影響モデル開発のアプローチ
右：地下深部環境でのコロイド・有機物・微生物影響概念図

アウトプット（2025~2027）
目標

- 物質移行・地球化学を評価するための先端的な個別現象解析モデルの構築、調査・評価技術の原位置での体系的な確認、および核種移行評価技術の提示。

指標

- NUMOセーフティケースにおける「閉鎖後長期の安全性の評価」の技術的信頼性向上への貢献度

アウトカム

目標

- 地層処分場の閉鎖後長期の安全性をより現実的に評価するための基盤となる技術の整備と信頼性向上

指標

- 体系的に構築された技術の必要十分性と最新知見に照らした妥当性

追26

アウトカム・アウトプット設定例（④-7）

①地層処分に適した地質環境の選定およびモデル化

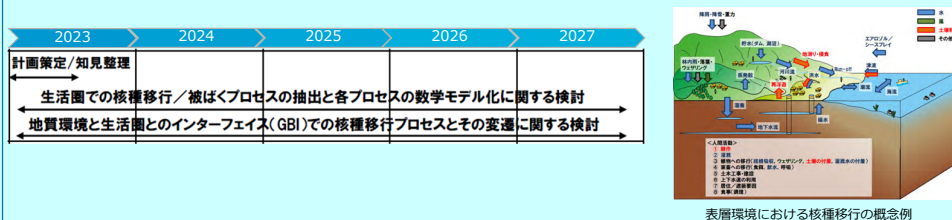
②処分場の設計と工学技術

③閉鎖後長期の安全性の評価

生活圏における核種移行総合評価技術の開発

①生活圏における核種移行及び被ばくプロセスモデルに関する検討

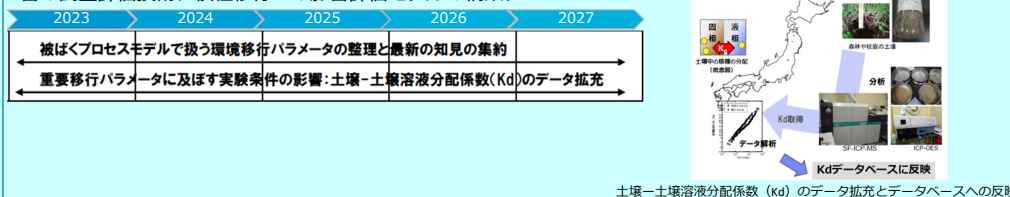
達成目標：最新の科学的知見を反映した生活圏での核種移行及び被ばくプロセスの数学モデルの提示。



表層環境における核種移行の概念図

②生活圏評価のための核種移行パラメータに関する検討

達成目標：実際のサイトが与えられた際の長期時間スケールでの地球化学プロセス、コロイド・有機物・微生物影響の調査評価技術、核種移行への影響評価モデルの構築。



土壌-土壌溶液分配係数 (Kd) のデータ拡充とデータベースへの反映

アウトプット（2025~2027）
目標

- 先端的な核種移行/被ばく評価モデルの構築と妥当性確認、生活圏評価のパラメータ値の設定手法およびデータベースの整備

指標

- NUMOセーフティケースにおける「閉鎖後長期の安全性の評価」の技術的信頼性向上への貢献度

アウトカム

目標

- 地層処分場の閉鎖後長期の安全性をより現実的に評価するための基盤となる技術の整備と信頼性向上

指標

- 体系的に構築された技術の必要十分性と最新知見に照らした妥当性

追27

アウトカム・アウトプット（④安全評価確証）再設定

アウトカム指標		アウトカム目標	達成状況
● 体系的に構築された技術の必要十分性、最新知見に照らした妥当性		● 地層処分場の閉鎖後長期の安全性をより現実的に評価するための基盤となる技術の整備と信頼性向上	2027年度までの達成状況を踏まえて記載
アウトプット指標		アウトプット目標	達成状況
短期目標 (各年度)	● 外部評価委員会における、「全体計画」に照らした進捗状況の評価	処分場設計オプションの整備	2027年度までの達成状況を踏まえて記載
		ニアフィールド構成要素に関する現象解析モデルの高度化	
		廃棄体由来のガス発生に関する現象解析モデルの妥当性検討	
		廃棄体からの核種溶出モデルの構築・高度化	
		コロイド・有機物・微生物の影響評価手法の構築・高度化	
		硝酸塩の現象解析モデルの妥当性検討	
		現象解析モデルの統合化技術の構築	
		ニアフィールドにおける状態変遷を考慮した核種移行解析モデルの高度化	
		水みちの微細透水構造などを反映した核種移行解析モデルの構築・高度化	
		地質環境の変遷に応じた生活圏評価手法の高度化	
		想定される様々な処分場環境を対象とした核種移行パラメータ設定に資するデータの拡充	
		様々な生活圏に対応可能な評価に係るデータの拡充	

追28

アウトカム・アウトプット（④安全評価確証）再設定

アウトプット指標		アウトプット目標	達成状況
長期目標 2027年度	● NUMOセーフティケースにおける「閉鎖後長期の安全性の評価」の技術的信頼性向上への貢献度	④-1 ニアフィールドを構成する材料の相互作用等の複合的な評価技術の信頼性向上	2027年度までの達成状況を踏まえて記載
		④-2 実際の地下環境で生じる100℃超の温度条件で生じる現象の把握	
	● NUMOセーフティケースにおける「処分場の設計と工学技術」、「閉鎖後長期の安全性の評価」の技術的信頼性向上への貢献度	④-3 放射線分解ガスの発生量を低減させる廃棄物固化処理技術の開発、および水理－力学連成ガス移行評価モデルの高度化	
		④-4 TRU廃棄物の地層処分における瞬時放出成分の影響抑制に向けた、容器による閉じ込め性の担保に資する工学技術の開発	
	● NUMOセーフティケースにおける「閉鎖後長期の安全性の評価」の技術的信頼性向上への貢献度	④-5 長期的な環境変遷を反映した核種移行評価を可能とする先端的な個別現象解析モデルの構築、および複合現象による長期変遷と核種移行を評価可能な統合的解析手法の構築	
		④-6 物質移行・地球化学を評価するための先端的な個別現象解析モデルの構築、調査・評価技術の原位置での体系的な確証、および核種移行評価技術の提示	
		④-7 先端的な核種移行/被ばく評価モデルの構築と妥当性確認、生活圏評価のパラメータ値の設定手法およびデータベースの整備	

追29

Abstract

追31

アウトカム・アウトプット設定例（⑤-2）

①地層処分に適した地質環境の選定およびモデル化

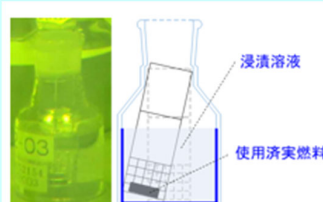
②処分場の設計と工学技術

③閉鎖後長期の安全性の評価

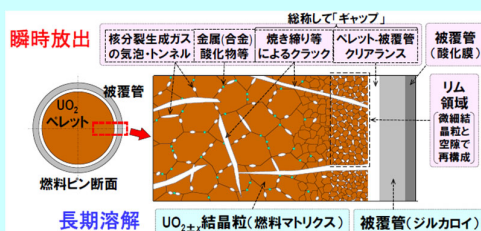
使用済燃料直接処分の調査

②使用済燃料からの核種溶出挙動評価

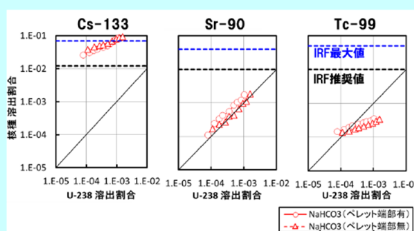
達成目標：使用済燃料を用いた試験やUO₂ペレットを用いた試験等により、わが国の地層処分に想定される条件に対応した瞬時放出率及び長期溶解速度を提示するとともに、設定の根拠となる溶解メカニズムの提示を行う。



使用済燃料を用いた浸漬試験の外観



使用済燃料からの核種溶出挙動の模式図



使用済燃料からの各核種放出率（大気雰囲気下）

アウトプット（2025～2027） 目標

- わが国の地層処分に想定される条件に対応した瞬時放出率及び長期溶解速度を提示、設定の根拠となる溶解メカニズムの提示

指標

- セーフティケースにおける「閉鎖後長期の安全性の評価」の技術的信頼性向上への貢献度

アウトカム 目標

- 処分場の設計と工学技術、および閉鎖後長期の安全性の評価のための基盤となる技術の整備

指標

- 体系的に構築された技術の必要十分性と最新知見に照らした妥当性

追32

アウトカム・アウトプット設定例（⑤-3）

①地層処分に適した地質環境の選定およびモデル化

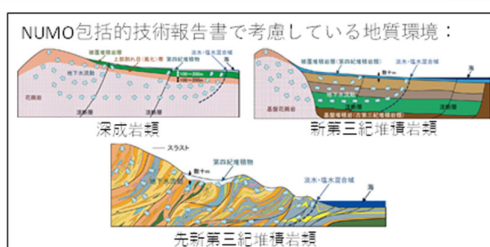
②処分場の設計と工学技術

③閉鎖後長期の安全性の評価

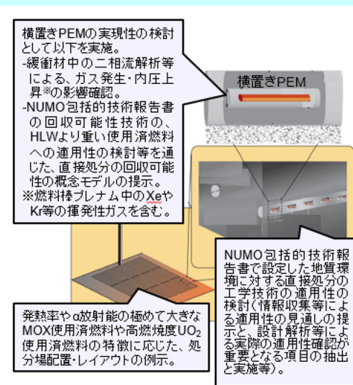
使用済燃料直接処分の調査

③直接処分システムの成立性の検討に向けた基盤情報の整備

達成目標：わが国で想定される地質環境条件や使用済燃料の多様性等に配慮しつつ、直接処分システムの成立性に関する最新の情報を整備し、技術基盤の集約・体系化を進める。



検討で想定する地質環境条件の例（原子力発電環境整備機構（2021）を参考に記載）



優先度の高い課題と実施内容の例

アウトプット（2025～2027） 目標

- 直接処分システムの成立性に關する最新の情報を整備、技術基盤の集約・体系化

指標

- セーフティケースにおける「処分場の設計と工学技術」および「閉鎖後長期の安全性の評価」の技術的信頼性向上への貢献度

アウトカム 目標

- 処分場の設計と工学技術、および閉鎖後長期の安全性の評価のための基盤となる技術の整備

指標

- 体系的に構築された技術の必要十分性と最新知見に照らした妥当性

追33

