

－2021 事業年度業務実施結果に対する評価・提言－ (3) 技術開発

■はじめに

評議員会は、2021 事業年度業務実施結果（本資料別紙参照）に対し、評議員会としての評価・提言を取りまとめるよう機構理事長から諮問を受けたことを踏まえ、以下のとおり、機構の技術開発に係る評議員会による評価・提言の内容を報告する。

評価・提言にあたっては、文献調査は技術的な観点と対話活動の観点から評価することとし、独立したカテゴリーとして技術開発の評価から分け、新たなカテゴリーとした。本資料では、技術開発に係る取組みを事業計画書の目次を基に、関連性等を考慮して評価のためのカテゴリー（以下、「評価カテゴリー」という。）を設定し、「Ⅲ1. 「包括的技術報告書」の国際レビューへの対応に関する情報発信を通じた技術的信頼性の更なる向上」、「Ⅲ3. (4) 長期に亘る事業展開を見据えた検討及び情報収集」及び「Ⅲ4. 事業を推進するプロジェクトマネジメント力の一層の強化」の(1)から(5)を一つの評価カテゴリー「技術マネジメント」とした。また、「Ⅲ2. 処分場の設計検討」と「Ⅲ3. (2)安全性と工学的実現性の確保に向けた処分場の設計と工学技術の体系的な整備」を合わせて一つの評価カテゴリー「処分場の設計と工学」とすることにより、以下のとおり評価カテゴリーを技術開発①から④として設定した。

事業計画 目次		評価カテゴリー
Ⅲ 地層処分技術への信頼を高めるための技術開発		
1. 「包括的技術報告書」の国際レビューへの対応に関する情報発信を通じた技術的信頼性の更なる向上	→	技術開発① 技術マネジメント
2. 処分場の設計検討	→	
3. 地層処分事業の安全性に対する信頼獲得に寄与する技術の体系的整備	→	
(1) 地層処分に適した地質環境の選定に関する調査・評価技術及びモデル化技術の高度化	→	技術開発② 地質環境の調査・評価
(2) 安全性と工学的実現性の確保に向けた処分場の設計と工学技術の体系的な整備	→	技術開発③ 処分場の設計と工学
(3) 閉鎖後長期の安全性の評価に関する技術の高度化	→	技術開発④ 閉鎖後長期の安全評価
(4) 長期に亘る事業展開を見据えた検討及び情報収集	→	
4. 事業を推進するプロジェクトマネジメント力の一層の強化		
(1) 事業のリスクと安全確保策に関するコミュニケーション活動の一層の強化	→	
(2) 文献調査、概要調査等の円滑な実施に向けたプロジェクトマネジメントの一層の強化	→	
(3) 中長期的に地層処分事業を進めていくための技術マネジメント力の一層の強化	→	
(4) 技術開発成果の品質・信頼性の更なる向上	→	
(5) 国際連携・貢献	→	

■評議員会による評価・提言（技術開発）

1. 全般的な評価・提言

中期技術開発計画に沿って技術開発を着実に進めているなど、上記4つのカテゴリに関して所定の成果を上げているものと評価する。特に、「技術開発②地質環境の調査・評価」、「技術開発③処分場の設計と工学」及び「技術開発④閉鎖後長期の安全評価」の3つの分野においては、それぞれ連携しながら、文献調査以降の工程を見据えて技術開発に取り組んでいる点は適切である。技術開発の一環として、廃棄体「受入基準」の整備をはじめソフト面での取り組みの強化が図られているが、非常に重要な課題なので一層の注力を期待したい。また、大学との共同研究や職員の力量管理の推進など人材確保及び人材育成の観点から有効な取り組みが行われており、今後も精力的に継続することを期待する。

2022年度は、「地層処分事業の技術開発計画（2018年度～2022年度）」の最終年度にあたることから、2023年度以降の次フェーズの技術開発計画に繋がる成果の取りまとめを行いつつ、技術開発を着実に進めることを期待する。

なお、本委員会の進行において、昨年度と同様に、質疑応答の時間を十分に確保できたことは適切であったが、機構の説明資料については、実施内容に主眼がおかれ、目的や課題を最初に簡潔に明示しているものの、検討の狙いや検討結果からどのように結論を導き出したのか、それら成果はどのような意義を持つのか等について、委員の理解を得るには資料や説明が必ずしも十分なものではなかった。次回の委員会においては、検討の意義や前年度からの進捗等を分かりやすく比較するなど、説明における更なる工夫と改善を期待したい。

2. 評価カテゴリーごとの評価・提言

（1）技術開発① 技術マネジメント

a) 技術対話等を通じた分かりやすい情報発信

幅広い技術的専門家への関心喚起・理解活動のための方法論の検討とその適用を目的とした日本原子力学会特別専門委員会での検討は大変良い取り組みである。地層処分に馴染みのない専門家だけでなく、地層処分に馴染みのある専門家同士でも考え方に相違があると考えられる。例えば、人工バリアは放射性物質を閉じ込める機能においてその重要性は共通に認識されているが、長期的にはその性能は低下し放射性物質が周辺の岩盤中に少しずつ移行する可能性が考えられる。これまでの説明では十分に頑健な人工バリアを前面に説明されている印象を受けるが、天然バリアについても、今後得られるサイト調査の情報を加えながらその重要性を更に強調するなど、説明のバランスを考えて進めてもらいたい。

地層処分技術オンライン説明会で参加者から寄せられたご意見の中に、稀頻度事象シナリオのうちの新規火山の発生に関して参加者が誤解している可能性があるものが見られた。本来であれば、科学的特性マップに示された要件・基準を考慮することを含め、適切なサイト選定を行うことにより、新規の火山が発生し処分場を直撃するような事象が生じることは考えにくいという説明になると思量するが、この参加者のご意見からは機構からこのような説明が適切に行われていない可能性が窺える。稀頻度事象の影響に関する説明においては、発生確率が極めて低い事象が発生したことを仮定しても、著しい影響にはならないことを線量評価によって確認しているという、稀頻度事象シナリオの位置づけや具体的な評価シナリオがどのような考えに基づいて設定されているかを丁寧に解説するとともに、中深度処分に関する規制の議論や、現在進められている概要調査地区選定のために地層処分において安全確保上少なくとも考慮されるべき事項に関する議論の動向などを踏まえ、説明方法をさらに工夫する必要がある。

b) 概要調査等の円滑な実施に向けた準備

ボーリングや弾性波探査などの調査項目やそれらに必要な機器などの資源の調達性についても考慮に入れて概要調査計画の策定に関する検討を進めていることは重要であるが、現時点においても、調査地域の特徴に応じて対応できるように、様々なサイト環境条件を想定して検討を行うことが重要である。

c) 人材の確保・育成

長期にわたる地層処分事業においては、世代を超えて人材を確保することが大きな課題であり、このためには現在進めている人材確保や育成のための活動に加え、若い世代が地層処分に関心を持ち技術的な専門家として参加することを促すような活動を、より積極的に進めることが重要である。この点にも十分配慮して人材の確保・育成を継続して進めることを期待する。

例えば、金属製容器の長期腐食寿命評価において、公益社団法人腐食防食学会に検討委員会を設置するとともに、同委員会によって研究課題を公募で選んでいることについては、人材確保・育成の観点から有効であると考えられ、腐食分野に限らず様々な分野でこのような取組みが検討され実施されることを期待する。また、今後数値解析能力をより高めることが重要であり、これについては、次項で述べる数値解析に係る検証と妥当性確認に関する業務の評価・提言のなかで論ずる。

d) 数値解析に係る検証と妥当性確認

現象解析モデルとシステム評価モデルのように地層処分に関する評価モデルを二階層化し、相互に関連付けて開発するというアプローチは適切であると評価する。原子力発電所等の審査においても、十分に安全側である保守的な条件で設定した計算によって安全性を評価する一方で、最新の科学的知見を踏まえ安全性を過度に保守的に評価しないように注意しつつ、できるだけ実際の現象に近いモデルを適用する努力を続けていることから、それらのアプローチは基本的に共通していると言える。

各種の解析で使用する計算機能力の進歩とともに、機構は自らの計算機利用環境の整備を進め、シミュレーション能力を大幅に向上させてきた。これと併行して機構の活動も進展し、難度の高い課題に対しても意欲的に取り組んでいることを評価する。例えば技術開発④では、核種移行を支配する地下水の流れと核種の移行を、これまでは避けられなかった簡略化技巧を減らしつつ超長期・広域での詳細なモデルによる計算を可能とし、シミュレーション本来の利点を活かせるようになってきている。技術開発②においても、地質環境の長期予測のためのモデル化技術の開発が進んでいると評価できる。この取組みをさらに発展させるためには、得られた計算結果から情報を引き出す人間の側のさらなる能力向上が望まれる。機構の解析業務では力学場や水理場などにおいて三次元の場合を扱う問題が多く、計算出力結果は膨大なデータを成すため、結果を適切に視覚化したうえで、その読解を通じて情報を分析する手法が必要になる。視覚化した計算出力結果の読解は幅広い分野を相手にする技術者に不可欠なリテラシーであり、機構におけるスキル向上にあたっては、個人の努力に加え組織として支援することが望ましい。例えば、数人でチームを編成し、適切な複数の可視化ソフトを同時併用し、全員で読解作業を進めるとより高い効果が得られると期待される。

解析コードの利用については、機構の限られた人的資源の中で、同様の機能を有する複数の解析コードを利用する場合には、その理由や優先順位などを整理しておくことが重要である。例えば、利用者が多く使用方法などの知見が蓄積されている解析コードがあるにも関わらず、機構や国立研究開発法人日本原子力研究開発機構などに適用例が限られる解析コードを利用する場合には、そのコードを使用する理由を明確に説明することが必要である。

数値解析モデルの検証において、異なる数値解析モデルの解析結果を相互に比較検証する場合は、解析結果が異なる場合もあり、検証の観点でその差が生じる理由やどの程度の差であれば安全に関して許容可能なのかについて十分に注意が必要である。機構自らが検証を進めるうえでは、当該の解析コードに関する理解を深め使用に関する習熟度を高めることによって職員的能力を継続的に向上させる具体的なしくみが必要である。検証能力の育成プログラムの一例と

しては、典型的な問題について数値解析の試算を数多く実施し、少なくとも三人以上のチームで解析結果の正誤を分析するような取組みなどが考えられる。

システム評価モデルの妥当性確認は容易ではなく、通常の構造物に対する数値解析の妥当性確認の考え方をそのまま適用するのではなく、地層処分のような数万年スケールの安全評価を目的とした数値解析を対象とする考え方を示す必要がある。システム評価モデルの妥当性確認においては、システム評価モデルの構築にあたって採られる現象解析モデルの保守的簡略化のプロセスやその根拠が重要であり、これらについても知識マネジメントシステムで構築している討論モデルに明示的に記録されることは有効であると考えられる。

数値解析はその基本となる物理現象を記述した物質収支式や熱収支式を満たすように実施されるものであり、例えば物質収支式を解いているケースでは、入力された物質量は、系に蓄積された物質量と系から放出された物質量との合計に当然等しくなっていなければならない。機構では、解析業務において、入力した物質量と出力された物質量が整合していることを常に確認している点は適切である。こうした基本的な検証作業を継続することが解析能力の向上にとっても重要である。なお、数値解析では必然的に誤差を伴うが、こうした誤差について留意し条件設定の妥当性などを確認しつつ進めることが重要である。

既往の国際共同プロジェクト、例えば DECOVALEX で解法が難しいとされている問題が適切に解けるようなレベルに到達していることを実証できれば信頼性はさらに高まる。同プロジェクトではデータが提供されており、示された課題に取り組んで解析能力を確認することも一案である。

(2) 技術開発② 地質環境の調査・評価

地質環境の調査・評価技術に関しては、別紙に示された業務実施結果・自己評価・今後の取組みと本委員会での説明より、概要調査以降の地質環境調査に適用する技術の信頼性向上のための技術開発が着実に進展していると評価できる。なお、以下に留意して今後も継続的に進めることを期待する。

- i) 四次元地質環境モデルについて、地下水の流速が時間的に変化すればそれに伴って、地下水による物資移行も変わることになる。また、隆起・侵食によって流れの経路自体が変わることも想定される。このような変化を考慮した解析やそれに基づく評価は複雑になるため、反映先である処分場の設計や安全評価においてどのような情報が必要になるのかといったことを明確にする等、処分場の設計や安全評価と連携して技術開発を進めることが重要である。
- ii) 人為事象シナリオにおいては、原子力規制委員会の中深度処分に関する議論を考慮すると、何万年にもわたり生活環境からの離隔を確保することが求められる可能性がある。その場合、隆起だけではなく侵食の評価も重要になってくる。この点については資源エネルギー庁の委託事業として国立研究開発法人日本原子力研究開発機構等で実施している技術開発成果を取り入れながら機構としても検討する計画となっており、その方針で進めて行くことは適切である。

(3) 技術開発③ 処分場の設計と工学

取り組むべき課題を体系化し、個別課題の位置づけを明確にしつつ開発を進めている取組みは高く評価できる。なお、個別の業務について、以下に評価や提言の要点を示す。これらに留意して今後の技術開発が進められることを期待する。

- i) 地下施設レイアウトの検討について、より現実的な状況を考慮しながら検討が進められている点は適切であり、引き続きこの方向で検討が進められることが重要である。
- ii) アクセス坑道の検討においては、スパイラル斜坑は、地質などの条件が悪い場所を避けて設計できるなどのメリットがある。ただし、スパイラル斜坑における運搬車両の電動化により火災リスクの低減が期待できる一方で、例えば重量物である PEM (Prefabricated Engineered barrier system Module) を安全かつ効率的に搬送できるのかなど、搬送装置の設計と安全対策を合わせた課題について検討することが必要である。これまでの検討による知見や関連技術における進歩に留意しながら、メリット・デメリットを考慮しつつアクセス坑道の設計オプションに関する検討を進めることが重要である。

- iii) TRU 等廃棄物を対象とした PEM 化の検討と回収技術の検討は、一見するとそれぞれ独立で実施されている印象を受けることから、相互の関係性や検討の妥当性を横断的に検証するといった視点で進めることが重要である。このような横断的な視点は、あらゆる技術開発に常に共通することであり、地質環境の調査・評価、安全性の評価と連携した横断的な取組みをさらに工夫しながら進めることを期待する。
- iv) 科学的特性マップの濃いグリーンで示されるエリアの沿岸部ではほとんどの場所で地下水は塩水系であると考えられるが、塩水系の地下水中においてナトリウム型ベントナイトは人工バリアとしての性能が低下することについては研究事例もあり、よく知られていることである。このため、地層処分の安全性や人工バリアの性能を説明するうえで、塩水系地下水中でのベントナイト緩衝材の性能維持について、包括的技術報告書での設計事例などを丁寧に説明できるような根拠をさらに整備することが必要である。
- v) ベントナイトは天然の鉱産物であることから、将来の安定供給を考慮した対策を現時点より検討しておくことが重要である。日本国内で産出されるベントナイトの埋蔵量や産出量の調査に加え、国内外の様々なベントナイトにおける緩衝材や埋戻し材への適用性を評価するため、材料特性に係る試験を通じて引き続きデータを蓄積するとともに諸外国で示されているデータなどを利用しやすいように知識ベース化しておくことが必要である。
- vi) 原子力規制委員会が幌延深地層研究センターの地下坑道において掘削損傷領域に関する調査研究を実施していると伺っている。このような規制の研究開発も含め、国内外の最新動向を確認しながら対策等を検討していくことが重要である。

(4) 技術開発④ 閉鎖後長期の安全評価

閉鎖後長期の安全評価に係る技術開発については、(1) 技術開発①技術マネジメントで紹介された「数値解析に係る検証と妥当性確認」で示された考え方に基づいて解析モデルの開発を整備しつつ、シナリオや核種移行パラメータ等のデータ整備などを着実かつ精力的に進めていると評価する。一方、成果の説明においては、粒子追跡解析や核種移行解析など、内容が難解であるため、なぜそのような結果となっているかの根拠となる水理場などの背景情報も含め必要な情報を省略することなく、論理的に説明することが必要である。特に、数値解析に関しては、解析の目的とその目的に対応した情報を示さなければ、その解析が適切に実施されていることを判断することができないことから情報の提供の仕方に特別の留意が必要である。説明方法を改善することで、機構が社会に対して分かりやすく情報提供できるようになることを期待する。なお、個別の業務について、以下に評価・提言を述べる。これらに留意し継続して技術開発が進められることを期待する。

- i) 「技術開発①技術マネジメント」及び「技術開発④閉鎖後長期の安全評価」において、ガラス固化体の特性や性能に関する議論がなされており、今後さらに技術開発の進展が期待できる。しかしながら、一般の方にガラス固化体に関する機構の検討成果をご理解いただくためには、日本原燃株式会社の再処理施設等において製造されるガラス固化体が処分場の安全性確保の観点からの要求を満足する特性を有することが前提である。どのようにガラス固化体の健全性を確認して受け入れるのかなどの基準（受入基準）を機構が考えておくことが重要であり、その受入基準に関して具体的な項目と基準の検討を期待する。現在、廃棄体製造者等と情報交換を行いつつ、受入基準を検討しているとのことであり、この点について今後も機構がより積極的に関与することを期待する。
- ii) 室内及び原位置で試験を行う際は、どのように条件を設定したのかなどの基本的な情報が示されなければ、その試験の適切性を判断できず、成果の技術的な価値を評価することができない。また、条件設定において相談、議論できる体制を整えることが重要であり、例えば機構職員のみ、あるいは関係者を固定化した検討だけでは、偏った議論になっていることに気付くことができない可能性がある。体制づくりは難しいと考えられるが、国際的なネットワーク作りも含め、多くの専門家の知識を反映して条件設定や試験結果の解釈を行うことができるように議論の枠を広げることが重要である。

－2021 事業年度業務実施結果等に係る機構からの説明－ (3) 技術開発

<目次>

○業務実施結果・自己評価・今後の取組み	・・・	2～46 ページ
・技術開発①	・・・	2～11 ページ
・技術開発②	・・・	12～21 ページ
・技術開発③	・・・	22～36 ページ
・技術開発④	・・・	37～46 ページ

【技術開発①】 技術マネジメント

2021 事業年度計画	業務実施結果	自己評価・今後の取組み
<p>Ⅲ 地層処分技術への信頼を高めるための技術開発</p>		
<p>1. 「包括的技術報告書」の国際レビューへの対応に関する情報発信を通じた技術的信頼性の更なる向上</p>		
<p>日本原子力学会のレビューを経て修正を行った「包括的技術報告書」に示したセーフティケースについて、OECD/NEAによる国際レビューに適切に対応する。これにより、機構の地層処分技術集団としての信頼やわが国における安全な地層処分の実現に対する技術的信頼性の更なる向上を目指す。</p> <p>また、広く社会の皆さまに地層処分の安全確保の考え方とその技術的信頼性について理解・共有していただけるよう、「包括的技術報告書」やレビュー結果を活用し、様々な分野の専門家や一般の方々との技術対話等を通じて、分かりやすい情報発信に取り組む。</p>	<p>1) 包括的技術報告書の国際レビューへの対応</p> <p>日本原子力学会のレビューを受けて改訂し、2021年2月に公表した包括的技術報告書について英語版の作成を進め、技術アドバイザー委員会の確認を経て、同年11月に包括的技術報告書（本編）の英語版（タイトル：The NUMO Pre-siting SDM-based Safety Case）を公表した。また、8月に経済協力開発機構/原子力機関（以下、「OECD/NEA」という。）に国際レビューを正式に依頼し、9名の専門家からなるNUMOセーフティケース国際レビューチーム（以下、「レビューチーム」という。）が組織され、11月からレビューが開始された。2022年3月現在、レビューチームより寄せられた、日本の地層処分事業の詳細や技術的な検討プロセスの詳細等に関する質問に順次回答を行っている。</p> <p>2) 技術対話等を通じた分かりやすい情報発信</p> <p>地層処分技術に関心の高い方を対象に、包括的技術報告書の内容や改訂の要点などを4つのテーマ、2回シリーズのウェビナー「地層処分技術のオンライン説明会」（5月13日～6月30日、週1テーマ）にて紹介。テーマに関わらず、多岐にわたる分野の専門家など多数参加いただき、包括的技術報告書の概要に対する理解を深めていただいた。各回の参加者数</p>	<p>1) 包括的技術報告書の国際レビューへの対応</p> <p>【中期的視点からの自己評価】</p> <p>計画通り、NUMOセーフティケースを英語版として公表するとともに、OECD/NEAによる国際レビューを開始した。また、レビューチームからの質問に対しては、必要に応じて包括的技術報告書の付属書を英訳して提供するなど、レビューチームが滞りなくレビューを進められるよう、的確な回答を遅滞なく行っている。</p> <p>【今後の取組み】</p> <p>2022年6月に東京で開催されるワークショップにてレビューの結果の概要が提示され、9月にOECD/NEAよりレビュー報告書とその和訳が公表される予定であり、その間、引き続きレビューに的確に対応する。レビュー報告書で示されるコメントを分析し、国際的な最新知見や動向を踏まえて、包括的技術報告書の新信頼性を今後さらに高めるための技術開発や、サイト選定に向けて拡充すべき取組みなどに反映していく。</p> <p>2) 技術対話等を通じた分かりやすい情報発信</p> <p>【中期的視点からの自己評価】</p> <p>包括的技術報告書の技術的内容等について、ウェビナー、企画セッション、学会誌連載講座等を活用し、幅広い分野の専門家等へ情報提供することにより、地層処分への理解促進と信頼関係の向上に努めた。こうした活動を通じて、今後の技術対話における機構職員の説明の仕方や情報発信の在り方等につい</p>

2021 事業年度計画

業務実施結果

自己評価・今後の取組み

は下表のとおりであり、延べ1,239名に達している。

各回の参加者数

シリーズ	総論	地質環境	処分場設計	長期安全評価
第1	171	195	214	221
第2	143	116	97	82

各回20～50問程度、全体で300程度の全ての質問（チャット及び講演後アンケート記載）への回答（機構ホームページ上での回答含む）を、説明会の資料、動画とともにホームページに掲載した。

説明会後のアンケートでは、各回7～9割程度の参加者から「よく理解できた」、「どちらかといえば理解できた」との回答をいただいた。

また、日本原子力学会「2021年秋の大会」の企画セッション「地層処分の安全コミュニケーションの現状と課題」や同学会主催のウィークリーウェビナー「放射性廃棄物の管理」2021の運営に中心的に関わり、ウィークリーウェビナーでは役職員が計6件のテーマで講演を行った。日本原子力学会誌「アトモス」の連載講座「オールジャパンでとりくむ地層処分のいま」（2021年12月号～2022年7月号）においても5回の講座の執筆に携わるなど、地層処分に関わる専門家等への情報提供に取り組み、一層の関係強化を図った。

地層処分と接点の少ない学術分野も含め、幅広い技術的専門家の地層処分への関心喚起・理解促進のための方法論の検討とその適用を目的として、日本原子力学会に「地層処分のセーフティケースに係る様々なステークホルダーを対象とした理解促進に関する方法の検討」特別専門委員会（2021年9月～2024年3月）を設置していただき、その議論に参加・協働して、地層処分の技術や安全性に関するコミュニケーション

で有益な示唆を得た。ウェビナーでは300を超えるご質問やご意見（チャット及び講演後アンケート記載）をいただき、これらにすべて回答（機構ホームページ上で公開）を行ったが、より迅速かつ適切に回答できるよう職員の対話能力向上に取り組むことが重要である。

【今後の取組み】

今年度の技術対話活動を通じて得られた知見や経験を活かし、引き続き包括的技術報告書や冊子「なぜ、地層処分なのか」を利用して、国内外の幅広い分野の専門家を中心とする様々なステークホルダーへの理解促進を目指して、ウェビナー等様々な方法により活動を進める。例えば、主要な技術分野ごとにより専門的に深い議論の機会を設けるなど、ステークホルダーに応じた技術対話を設計し実施する。また、学会やセミナー等への講演・勉強会等に継続的に取り組み、さらに情報発信の機会の拡大を図る。

文献調査の開始に伴う地層処分事業への全国レベルでの関心の高まりを受けて、幅広い層に職員がわかりやすく正確な技術情報の発信を行うことにより、地層処分技術や安全確保の考え方を一緒に考えていただき、社会全体に地層処分事業への関心を広げ、より多くの地域から文献調査に応募をいただくための取組みを継続する。

日本原子力学会の特別専門委員会での活動においては、様々な分野の専門家間の地層処分に関する認識の乖離を埋めるための方法等に関する議論を継続するとともに、こうした方法の適用性について、実際に様々な学術分野の専門家との対話の機会を通じて確認するとともに、地層処分に関する共通的理解の敷衍を図る。

2021 事業年度計画	業務実施結果	自己評価・今後の取組み
	ンの仕方やそのノウハウの整備を進めた。	
<p>Ⅲ 地層処分技術への信頼を高めるための技術開発</p> <p>3. 地層処分事業の安全性に対する信頼獲得に寄与する技術の体系的整備</p> <p>(4) 長期に亘る事業展開を見据えた検討及び情報収集</p>		
<p>長期に亘る事業展開を見据え、国際機関や地層処分事業を進める諸外国によるセーフティケースに関する検討の最新の動向や規制基準の考え方・整備状況、特に規制基準の観点から処分場への人間侵入シナリオや稀頻度事象シナリオの取り扱い等について継続的に情報収集するなど、サイト調査の段階的進展に応じたセーフティケースの更新に向けた準備に取り組む。また、国内における中深度処分をはじめとする廃棄物の廃棄に係る規制基準の整備動向等についても継続的に情報を収集するとともに、必要に応じて関係省庁と意見交換を行うなど、今後の規制対応に備えた知見の整備に取り組む。</p>	<p>各国における規制基準等の情報に基づいて、機構が考慮しておくべき要件を自主的に検討するため、2020年度から3年間の委託を活用し調査を実施している。2021年度は規制要件や廃棄体受け入れ基準及び工学設計要件に関する各国(北欧、西欧、北米各国)の状況を調査し、これまでの検討経緯や背景等を含めて情報を収集している。</p> <p>2022年1月から、原子力規制委員会(以下、「NRA」という。)で地層処分において安全確保上少なくとも考慮されるべき事項(以下、「考慮事項」という。)の検討が開始され、その対象となっている火山については、外部の専門家からの意見聴取会合が開催されている。意見聴取会合での検討状況やNRAの検討状況を適宜把握している。</p> <p>中深度処分に対する規制基準はNRAにより審議され2021年度に概ね取りまとめられている。この中には地層処分の安全確保に関連する事項が含まれており、中深度処分の規制基準についても関係機関との意見交換を通して内容の把握をおこなっている。</p> <p>廃棄物処分の安全確保に関する国際的な検討への貢献及び動向の把握を目的として、国際原子力機関(以下、「IAEA」という。)ドラフト文書に対する日本側のレビュー支援のため、国の委託事業の検討委員会に参画している。また、OECD/NEAが進めている規制者と実施主体との建設的な対話の在り方に関するプロジェクト(RIDD: Expert Group on Building Constructive Dialogues between Regulators and Implementers in Developing Disposal Solutions for Radioactive Waste)に参画し、各国の状況を把握するととも</p>	<p>【中期的視点からの自己評価】</p> <p>各国における規制基準等の調査にあたり外部委託を活用したが、適切な委託管理のもとで計画的に作業を進め、情報の整理を進めている。この調査では、各国における規制上の要件設定や規制の制定に至る経緯や背景情報も含めて整理しており、機構が廃棄体受け入れ基準や工学設計の考え方等を検討するうえで有益なものとなっている。併せて、NRAにおける審議状況についてタイムリーに把握し、規制基準に対する技術的対応について継続的に検討を行っている。</p> <p>また、IAEAやOECD/NEAによる規制基準に関わるプロジェクトに積極的に参加し、海外動向を把握するとともに、機構における規制基準への対応の取組みなど紹介し、国際的な活動に貢献している。</p> <p>【今後の取組み】</p> <p>各国における規制基準等の調査を継続し、機構が考慮しておくべき要件の自主的な検討を進めていく。また、引き続き、IAEAのドラフト文書のレビューやOECD/NEAのRIDDプロジェクトへの参加を通じて諸外国の状況や国際機関の動向の把握を継続するとともに、日本からの情報発信や議論を通じた国際貢献に資する。</p> <p>2022年度は、NRAによる地層処分における考慮事項の検討が具体的に進められると考えられることから、引き続き関係機関とも連携して、その動向を把握し、機構の自主的な検討に反映していく。</p>

2021 事業年度計画	業務実施結果	自己評価・今後の取組み
	に日本の状況を情報提供し、これに関する国際的な議論に貢献している。	
<p>Ⅲ 地層処分技術への信頼を高めるための技術開発</p> <p>4. 事業を推進するプロジェクトマネジメント力の一層の強化</p> <p>(1) 事業のリスクと安全確保策に関するコミュニケーション活動の一層の強化</p>		
<p>文献調査対象自治体やその周辺地域をはじめ広く社会から一層の技術的信頼を獲得するため、事業のリスクと安全確保策に関するコミュニケーション活動を強化し多様な場面で実施する。具体的には、文献調査対象自治体やその周辺地域等の皆さまに地層処分事業のリスクと安全確保策について理解を深めていただくため、「対話の場」やその他の対話活動において、地層処分技術や技術開発状況に関する分かりやすい説明に努め、当該地域に固有の関心やニーズに丁寧に対応する。また、全国各地での多様な対話・広報活動においても地層処分技術等に関して分かりやすく情報を発信し、絶えず技術情報の提供方法を工夫・改善する。あわせて、「対話型全国説明会」等の対話活動への参加や研修等を通じて技術職員の対話力の強化にも努める。</p>	<p>文献調査対象自治体における「対話の場」等において、地域交流部と連携しながら、地層処分事業のリスクや安全確保策について説明するとともに、参加者からの質問について回答を行った。</p> <p>全国各地での対話・広報活動に関しては、対話型全国説明会（18会場）における技術的な質問への対応、大学・学習支援団体等に対する安全確保策等の説明（16回）を行うとともに、参加者から提起された質問への回答を機構内の Q&A データベースシステムに適宜登録を行った。</p> <p>パンフレットの改訂や、ジオ・ミライ号の後継機であるジオ・ラボ号のスクリーン映像や展示物の作成といった広報素材の整備にあたって、技術的な観点から支援を行った。</p>	<p>【中期的視点からの自己評価】</p> <p>「対話の場」等における参加者からの技術的な質問には、地域交流部の確認も得ながら経験豊富な職員が説明資料を作成し、丁寧な説明を心がけているものの、参加者から必ずしも分かりやすいと受け止められていない状況も散見された。これまでの経験から、一つの要因として、どのように安全を確保するかという方法の説明に偏り、なぜその方法をとるのかという理由の説明が欠如しがちであることが挙げられる。こうした分析に基づき、限られた時間内で参加者の疑問点に的確に回答するためのより良い説明方法へと改善を行っていく必要がある。</p> <p>全国各地での対話・広報活動では、若手職員を現場に優先的に参加させて経験の蓄積と説明スキルの向上を図るとともに、機構全体で地層処分の安全性や技術に関する説明を適切に支援できるよう、「対話の場」や【技術開発①】Ⅲ.1.2)に述べたウェビナー「地層処分技術のオンライン説明会」等における参加者からの意見・質問も踏まえて、Q&A データベースシステムの回答に係る技術的な背景情報や根拠情報の記載の拡充を進めている。</p> <p>【今後の取組み】</p> <p>これまで長年にわたって使用している説明資料であっても、基礎知識のない一般の方にとってわかりやすい資料かという観点で慎重に分析を行い、説明方法の向上に継続的に取り組む。また、図と文章では理解しづらい技術分野（例えば、閉鎖後長期の安全評価など）では、動画を活用した視覚的に理解し</p>

2021 事業年度計画	業務実施結果	自己評価・今後の取組み
<p>III 地層処分技術への信頼を高めるための技術開発</p> <p>4. 事業を推進するプロジェクトマネジメント力の一層の強化</p> <p>(2) 文献調査、概要調査等の円滑な実施に向けたプロジェクトマネジメントの一層の強化</p>		
<p>文献調査や将来の概要調査等の円滑な実施に向けた準備として、調査手順や調査手法等の整備及び運用面の高度化を進める。これらの成果は文献調査に適宜反映するとともに、概要調査計画の立案に活用する。あわせて必要となる部門横断的な取組みに応じた体制整備の検討を進める。更に、地域の自然環境や社会環境に対する地層処分事業の各段階における配慮等、環境アセスメント面を踏まえた技術的検討を進め、地域とのコミュニケーション等に活用する。また、事業の進展に応じて関係機関から人的協力を得られるよう連携を強化する。</p>	<p>事業を推進するプロジェクトマネジメント能力の向上の一環として、文献調査の実施及び概要調査の計画策定に係る実践能力の強化に取り組んだ。具体的には、仮想的な地質環境において文献調査で取得できる情報を想定したうえで、これに基づいてサイト環境条件の不確実性を考慮した概要調査計画を策定することを念頭に机上演習を実施し、その成果を踏まえて概要調査の要件と調査項目を整理するとともに、沿岸海底下を対象にした一般的な概要調査計画の試案の作成に着手した。</p> <p>また、地域の自然環境調査に関する業務を行うため、環境調査グループを設置（2021年4月1日）し、自然環境への配慮に関する事例調査と土地利用制限についての考え方の整理に着手した。</p>	<p>【中期的視点からの自己評価】</p> <p>精密調査地区の選定の考え方と進め方、及び概要調査計画策定方法の準備を計画的に進めた。環境への配慮に関する基礎的な情報を整理することができた。</p> <p>【今後の取組み】</p> <p>精密調査地区選定の考え方と進め方に関する検討や沿岸海底下も含めた一般的かつより実践的な概要調査計画の試案の策定に引き続き取り組む。また、国内外における環境への配慮に関する取組みの事例調査を継続する。</p>
<p>III 地層処分技術への信頼を高めるための技術開発</p> <p>4. 事業を推進するプロジェクトマネジメント力の一層の強化</p> <p>(3) 中長期的に地層処分事業を進めていくための技術マネジメントの一層の強化</p>		
<p>中長期的な視点から、科学技術の進歩や社会的要件の変化への確に対応できるよう、関係機関のみならず関連する産業界や大学との連携を強化しながら地層処分技術を維持・強化するための人材の確保に努める。そのため、人材育成の観点からは、現場経験の機会の確保や暗黙知も含めた知見・経験の継承も念頭において、国内外の関係機関との共同研究等を</p>	<p>1) 人材の確保・育成</p> <p>事業の進展に応じた計画的な技術人材の確保（年度で計10名増）を実施するとともに、国の支援を受けた関係5機関（国立研究開発法人日本原子力研究開発機構（以下、「JAEA」という。）、公益財団法人 原子力環境整備促進・資金管理センター（以下、「原環センター」という。）、国立研究開発法人 産業技術総合研究所（以下、「産総研」という。）、一般財団法人 電力中央研究所（以下、「電中研」という。）及び機構）が共同で実施した地層処分技術に関する研修をはじめとする様々な研修</p>	<p>1) 人材の確保・育成</p> <p>【中期的視点からの自己評価】</p> <p>2022年度の技術系新入職員は採用できず、安定的に新規採用を行うことができるような状態に至っていないという認識に立って、地層処分技術の魅力の発信と機構の認知度向上のための方策をさらに強化していくことが必要である。</p> <p>研修の実施及び力量管理による人材育成のPDCAサイクルは計画通りに実施できている。安全文化関係等の研修により、現場管理や技術マネジメント能力を高めることは、新型コロナウイルス</p>

2021 事業年度計画	業務実施結果	自己評価・今後の取組み
<p>通じた実践的研修の拡大を進める。また、機構や関係機関をはじめ地層処分に携わる産業界の若手技術者が将来に亘り活躍できるイメージや目標を持てるように実効的な合同研修会を実施するとともに、地層処分事業に携わることの魅力を広く発信し幅広い分野の技術者が地層処分に関心を持っていただけるよう努める。</p> <p>更に、法令、国際的原則・指針、ステークホルダ等の様々な要求事項を満足しつつ地質環境の調査・評価、処分場の設計、安全性の評価等を展開する仕組みとこれを支援するツールの開発・整備を進めるとともに、機構における技術開発、関係研究機関等から移転された技術、これらを「包括的技術報告書」に統合・集約したセーフティケースとしての知識を一元管理するための方法論の開発に取り組む。</p> <p>加えて、地層処分技術に関する知識・情報・データの品質管理及び品質保証を確保しつつ、「環境適合性」「社会受容性」「経済合理性」の三要素と「安心感」と「納得感」の二つの観点に関連付けて活用していくための知識ベースの開発・整備に取り組むとともに、関係機関間のデータベースの連携について検討を進める。</p>	<p>への参加や共同研究への若手・中堅職員の参画を通じて、実践的能力の向上を図った。また、PDCA サイクルを組み込んだ人材育成計画として 2019 年度から導入した力量管理を 2021 年度も継続して実施し、人材育成を着実に実施するための方策として定着させた。技術部内での安全文化関係の研修等も含め、新型コロナウイルス感染症対策下においても最大限実施し、現場管理や技術マネジメント能力を高めた。</p> <p>2) 知識マネジメントの強化</p> <p>事業に係る要件（法令類、規制要件、社会経済的な制約条件、ステークホルダーからの要請等）について、事業の持続可能性の確保に必要とされる「環境適合性」「社会受容性」「経済合理性」の観点から分析し、これに関係づけて地質環境調査や設計、安全評価などの下位要件を段階的に具体化すること、並びに事業の進展に応じてこれらの階層的な要件の相互の整合性を確保しながら変更管理していくことを可能とする要件マネジメントの考え方について整理を進めた。また、現段階で把握できる国際的な指針や規制要件、法令類等の要件のリスト化を引き続き進めた。</p> <p>概要調査や精密調査の段階における地質環境の調査・評価、処分場の設計、安全評価に係る一連の情報・データについて、追跡性・透明性・取り出し容易性を確保してマネジメントするためのシステムの構築に向けて、地層処分事業が先行するスウェーデン核燃料・廃棄物管理会社（以下、「SKB」という。）からシステム構築における留意点などの情報を把握するとともに、機構としてのデータマネジメントシステムの開発に向けた検討に着手した。</p>	<p>イルス感染症対策下で実施可能な範囲であっても効果的であり技術マネジメント能力向上に貢献している。</p> <p>【今後の取組み】</p> <p>地層処分技術の魅力の発信と機構の認知度向上のためのさらなる方策の強化に関しては、インターン制度の活用、大学との共同研究の実施を通じた取り組みや、4) に具体的に示す技術開発成果の発信をより積極的に進めることで、地層処分に係る技術開発の魅力の発信と機構の認知度向上を進めていく。研修及び力量管理は継続して着実に進めていく。</p> <p>2) 知識マネジメントの強化</p> <p>【中期的視点からの自己評価】</p> <p>事業の進展に応じて具体化あるいは変化する様々な要件に的確に対応した処分場を構築していくうえで、マネジメントすべき知識の範囲を明確にするために、要件のマネジメントが必要である。このため、主に概要調査以降の段階への対応を念頭に、要件マネジメントの実績・経験を有する SKB と知見を共有しつつ、要件の階層的な整理とその変更を統合的に管理する仕組みの構築に向けて実施すべき事項を具体化することができた。また、概要調査や精密調査において取得される膨大な調査データやこれらに基づき実施する処分場の設計及び安全評価に係る一連の情報やデータ、さまざまな意思決定根拠などについて、関係者で共有し、追跡性・透明性・取り出し容易性を確保して管理するシステムの構築の検討を進め基本概念の具体化を図った。</p> <p>セーフティケースの論証構造の可視化は、処分場の安全性の論拠となる知識の整備状況を確認するとともに、論証構造の理解とそこに含まれる暗黙知を表出化することに効果的であった。このような可視化は、技術開発等による知識の拡充や暗黙</p>

2021 事業年度計画	業務実施結果	自己評価・今後の取組み
	<p>包括的技術報告書に統合した知識ベースを全体の整合性を確保しながら効率的・効果的に更新していくこと、並びに安全な地層処分の実現に係る主張とその論拠についてステークホルダーと効果的にコミュニケーションを図っていくための一方策として、JAEA の知識マネジメントシステムに導入された討論モデル (Argumentation model) という立論・反論の連鎖による論証構造を可視化する表現方法を用いて、包括的技術報告書を構成する要件－主張－論拠－根拠情報の相互関係の可視化に関する取組みを昨年度に引き続いて実施した。また、閉鎖後長期の安全評価に係るシナリオ構築からモデル・データ設定までの一連の情報について、相互の関連性を電子的に確保したうえで知識モデルとして整理し、安全評価に関する知識・情報の管理を的確かつ効率的に実施することを可能とする管理ツールのプロトタイプを開発した (【技術開発④】Ⅲ. 3. 参照)。</p> <p>OECD/NEA が実施する知識マネジメントに関する国際プロジェクトに引き続き参加し、長期の事業を見据えた知識・情報・データの継承・保管や、処分場閉鎖後の記憶継承に関する取組みについて国際的な動向を把握した。</p>	<p>知の形式知化等による知識の保存・伝承を進めるための指針となるだけでなく、地層処分分野以外の専門家に対して地層処分の安全性の説明に対する理解を助けるツールともなり得る。この観点から、【技術開発①】Ⅲ. 1. 2) に述べた日本原子力学会「地層処分のセーフティケースに係る様々なステークホルダーを対象とした理解促進に関する方法の検討」特別専門委員会に論証構造の素案を提示し、同委員会で進めているセーフティケースの理解促進に資する語彙基盤の整備において、語彙の位置づけや網羅性を確認するツールとして貢献することが期待されている。</p> <p>OECD/NEA の国際プロジェクトでは、セーフティケースに集約される情報のデジタル化に向けた取組み、事業が先行する低レベル放射性廃棄物処分場を含めた原子力関連施設におけるデータ管理の状況、他産業における知識マネジメントの取組み、国立図書館などにおける永年のデータアーカイブ技術、閉鎖後の記憶継承の在り方といった様々な国際的な事例の共有と関連した議論がなされており、これらのプロジェクトに技術部職員 6 名が参加することで、機構が中長期的に取り組むべき課題に関して諸外国の検討状況を把握しながら着実に進めている。</p> <p>【今後の取組み】</p> <p>要件マネジメントと知識マネジメントを相互に関連付けながら、引き続き国内外の関係機関と連携しつつ、実施主体の観点から必要となる科学技術的知識を新たに生産するとともにセーフティケースに統合し、次世代に継承していく知識ベースとマネジメント手法の整備、並びに先進的な IT を適用したシステム化について、概要調査の段階から活かせるよう、早期に計画を策定して具体化を進め、業務への実務的な反映を図っていく。</p>

2021 事業年度計画	業務実施結果	自己評価・今後の取組み
<p>機構の技術開発成果については、国際会議等で発表するとともに論文投稿等を積極的に進め、技術力に関する信頼性向上に努める。また、今後の事業展開やニューノーマル下での技術開発を中長期的に見据えて、的確かつ効率的に技術開発業務を遂行できる仕組みと体制の構築に取り組んでいく。</p>	<p>3) 品質マネジメントシステム (QMS) の整備</p> <p>技術開発の目的と期待する成果をより明確に提示することや、情報セキュリティの更なる強化を実施上の要求事項に追加するなど、仕様書の作成標準の改善を行った。また、成果を達成するための実施能力や要求事項を満たす能力がある事業者を選定するため、技術審査の振り返りを通じた審査の進め方に関する改善を継続的に行った。さらに、要求事項を満たすためのプロセス管理に対しては、デザインレビューの方法と実施時期を見直し、業務開始前に QC 工程表を作成してホールポイントを明確にするなど、各工程における確認項目、確認方法、管理基準などを明確にして業務プロセスの的確な管理と改善を進めている。</p> <p>一方で包括的技術報告書における解析条件の誤設定や、委託業務における契約変更手続きの不備が指摘される事例の発生など、業務プロセスの設計やプロセス管理方法に課題が残っていることも明らかになった。これらの不適合については原因分析に基づく再発防止策の検討を行い、業務改善を進めている。</p> <p>4) 技術開発成果の発信</p> <p>「中期技術開発計画」に基づき実施した個別の技術開発成果については、国内外の様々な地層処分関連分野の学会等で積極的に公表した (計 42 回)。また、地層処分分野以外の専門家への情報提供を目的として、各種学会やセミナー等で講演・勉強会等を実施し、様々な機会をとらえて情報提供を進めた (計 16 回)。</p>	<p>3) 品質マネジメントシステム (QMS) の整備</p> <p>【中期的視点からの自己評価】</p> <p>技術部業務の計画、実施、検証等のプロセス管理において、各種要領や手順の整備・改善により、業務品質の向上が見られる一方、より実効性の高い管理プロセスの具体化に向けて、設定した目標達成のための要件への適合度を合理的に検証できる仕組みの強化を一層加速させる必要がある。</p> <p>【今後の取組み】</p> <p>品質マネジメントシステム (QMS) の継続的な改善のために、QMS の運用状況を計画的、継続的にモニタリングし、CAP (Collective action Program) 会合を活用しヒヤリハット事象等の収集・分析を行い、業務改善へ反映する取組みを継続する。情報セキュリティについては、機構全体の対応と連携し、管理する技術情報の優先度を考慮したサイバー攻撃対策の強化を継続する。</p> <p>4) 技術開発成果の発信</p> <p>【中期的視点からの自己評価】</p> <p>個々の技術開発成果について、国内外の学会等への発表・論文投稿を積極的に推し進めた中で、包括的技術報告書におけるベントナイトの諸性質に係る研究・技術開発成果の取りまとめが評価され、一般社団法人日本粘土学会から「技術賞」を受賞した (9 月)。</p> <p>【今後の取組み】</p> <p>機構の技術開発成果については、新型コロナウイルス感染症の状況を考慮し、国内外の様々な学会・シンポジウム等にオン</p>

2021 事業年度計画	業務実施結果	自己評価・今後の取組み
<p>III 地層処分技術への信頼を高めるための技術開発</p> <p>4. 事業を推進するプロジェクトマネジメント力の一層の強化</p> <p>(4) 技術開発成果の品質・信頼性の更なる向上</p>		
<p>「中期技術開発計画」に基づく技術開発の着実な推進及びその成果の品質・信頼性の向上を図るため、評議員会及び技術開発評価委員会からの評価・提言、技術アドバイザー委員会からの助言、「対話の場」や様々な情報発信を通じて多様な方々からいただいた意見、OECD/NEAによる国際レビュー等を踏まえて、機構の技術開発における取組みについて継続的に自己評価を行い、改善を進めていく。</p>	<p>評議員会及び技術開発評価委員会からの評価・提言に示された外部委託等を活用した技術開発における品質確保や様々な解析業務の品質確保が重要であるとのこと指摘に継続的に取り組んだ。</p> <p>加えて、数値解析に関する信頼性向上に向け、閉鎖後長期の安全評価で用いる数値解析モデルの整備に関する機構の基本的考え方が国際動向等と照らして適切であることを確認した。また、機構で整備を進めてきた数値解析モデルについて、場の状態変遷や核種移行解析、線量評価といった安全評価のための一連の解析体系として整理し、上記の基本的考え方に基づいた技術開発課題の抽出と対応方法（案）の策定を進めた。</p> <p>技術アドバイザー委員会（6月～8月と12月に開催）でいただいたアドバイスを踏まえて包括的技術報告書の国際レビューへの対応、2022年度以降の技術開発への取組みに関する検討を進めた。</p>	<p>【中期的視点からの自己評価】</p> <p>数値解析モデルの整備に関する基本的考え方の適切性を確認し、これに基づいて技術開発課題を抽出することによって、数値解析の信頼性向上に向けた技術開発業務を効率的・効果的に進めることが可能となった。</p> <p>また、機構が自ら解析を実施しその結果を解釈するためには、品質保証を含めて解析業務の目的や前提条件などを理解し、解析コードの特徴を把握したうえで適切に用いることが重要である。これを支援することを目的として、解析のプロセスにおける品質確認の手順を明確化し、解析業務の品質保証の基礎を構築することができた。</p> <p>【今後の取組み】</p> <p>数値解析モデルの開発状況を継続的に確認し、技術開発課題について柔軟に取り組んでいく。</p>
<p>III 地層処分技術への信頼を高めるための技術開発</p> <p>4. 事業を推進するプロジェクトマネジメント力の一層の強化</p> <p>(5) 国際連携・貢献</p>		

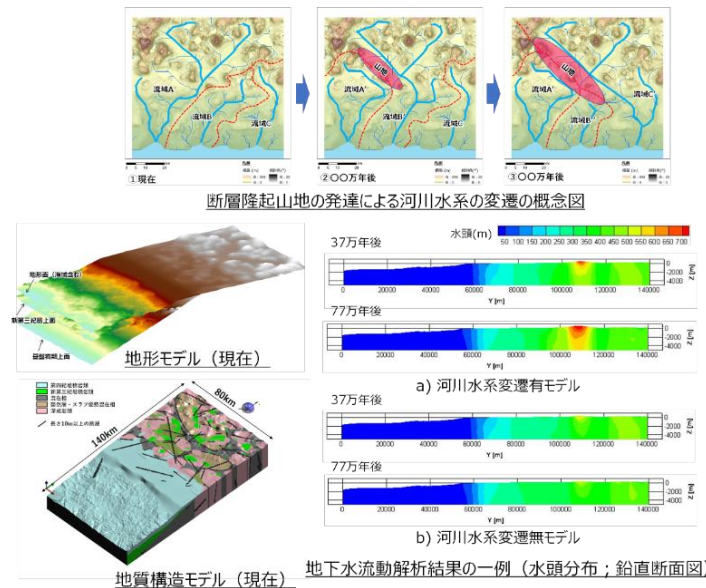
2021 事業年度計画	業務実施結果	自己評価・今後の取組み
<p>OECD/NEA、IAEA、EDRAM等の国際機関の活動に参加し、地層処分事業に関する国際動向を継続的に把握する。また、「最終処分国際ラウンドテーブル」における政府間の国際連携等に関する議論を踏まえて、国際共同プロジェクトへの参画や共同研究の実施を通じて蓄積した知識・経験を各国と共有することにより、世界的なレベルでの地層処分技術の安全性と信頼性の向上に寄与していく。</p> <p>また、国際会議等での発表や論文投稿、海外の専門家との意見交換等を通じて、技術的成果や経験を相互に共有することに努めるとともに、機構の地層処分技術の安全性と信頼性を国際レベルで確認していく。</p> <p>更に、今後地層処分事業に本格的に取り組もうとしている国々に対して、国際機関の活動や国際共同プロジェクトへの継続的な参加等を通じて情報提供するなどの国際貢献に努める。</p>	<p>OECD/NEA等の国際機関が実施する15の委員会やワーキンググループ活動、プロジェクトに引き続き参加し、Web形式で実施された会合等への参加を通じて、国際動向の把握と国際貢献を行った。</p> <p>また、様々な共通のテーマに対して各国の実施主体や研究開発機関等との共同研究を継続し、最新の知見を取得するとともに（詳細は評価カテゴリ【技術開発②】～【技術開発④】を参照）、銅コーティングオーバーパックの連続製造試験（カナダ核廃棄物管理機構（以下、「NWMO」という。）との共同研究（【技術開発③】III3.(2)2参照）では、実スケールの試験体製造等に関する技術習得のために2022年3月より5か月間の予定で機構の若手職員をNWMOに滞在させている。</p> <p>2月には、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国際共同プロジェクト（NEA Joint International Project “Horonobe International Project”）準備会合に参画し、地層処分技術の更なる信頼性向上の観点から同国際共同プロジェクトの活用について検討を始めた。</p>	<p>【中期的視点からの自己評価】</p> <p>新型コロナウイルス感染症対策により海外渡航が不可能な状況であったため、Web会議を積極的に活用することにより、IAEAやOECD/NEA等の国際機関の活動、並びに各国の実施主体との共同研究を当初の計画から大きく遅延することなく進め、国際協力の推進及び地層処分に関する技術的信頼性の国際レベルでの向上に寄与することができた。</p> <p>【今後の取組み】</p> <p>引き続き、国際機関の活動や海外の地下研究所を活用した共同研究や国際共同プロジェクト等に積極的に参加し、地層処分事業に関わる国際動向の把握、国際レベルでの最新の知見や技術、経験の共有を進め、職員の人材育成も含めた技術的能力の向上を図るとともに国際貢献に努める。また、新型コロナウイルス感染症対策により延期となった国際会議等において、技術開発成果等の情報発信を積極的に実施していく。</p>

【技術開発②】地質環境の調査・評価

2021 事業年度計画	業務実施結果	自己評価・今後の取組み
<p>Ⅲ 地層処分技術への信頼を高めるための技術開発</p> <p>3. 地層処分事業の安全性に対する信頼獲得に寄与する技術の体系的整備</p> <p>(1) 地層処分に適した地質環境の選定に関する調査・評価技術及びモデル化技術の高度化</p>		
<p>地層処分に適した地質環境を選定するための調査・評価技術の信頼性をより一層向上させる観点から、地震・断層活動の活動性及びその影響に関する調査・評価技術や、自然現象の長期的な発生可能性及びその影響に関する評価技術の高度化に継続的に取り組む。具体的には、地震・断層活動による将来の断層変位及びそれに伴う水理的・力学的影響をシミュレーションによって評価する技術を整備する。</p>	<p>概要調査以降の地質環境調査に適用する調査・評価技術の信頼性向上のため、優先的課題として、長期的な自然現象が地層処分システムに与える影響に関する調査技術の実証的研究、地表から地下深部の地質環境をその変遷も含め広域的にモデル化する技術の整備、ボーリング孔を利用した孔内試験による地質環境特性の調査技術の実証、調査に用いたボーリング孔による地層処分システムの安全機能への影響を最小化するための閉塞技術の整備、について検討を進めた。以下に、その具体的内容を示す。</p> <p>1) 将来における自然現象の発生とその地質環境への影響に関する予測技術の高度化</p> <p>i) 上載地層がない場合の断層の活動性や地質断層の再活動性を把握するための技術の高度化</p> <p>ボーリング孔や坑道の掘削において遭遇すると想定される断層に関し、その活動性を考慮した工学的対策の検討や、再活動に伴う透水性の変化を考慮した核種移行解析といった安全評価の信頼性向上に資するため、地震に伴う断層の変位とその変位が周辺岩盤に及ぼす水理的・力学的影響を解析的に評価するためのシミュレーション技術の整備を目的として、米国ローレンスバークレー国立研究所（以下、「LBNL」という。）との共同研究を進めた。2021年度は、サンアンドレアス断層を対象としたボーリング孔の掘削とそれをを用いた原位置試験の実施を計画し、既存情報を基に同断層の分布の推定</p>	<p>1) 将来における自然現象の発生とその地質環境への影響に関する予測技術の高度化</p> <p>i) 上載地層がない場合の断層の活動性や地質断層の再活動性を把握するための技術の高度化</p> <p>【中期的視点からの自己評価】</p> <p>新型コロナウイルス感染症対策の影響、及び DOE による原位置試験計画に対する承認手続きや地権者との交渉等に時間を要したことにより、ボーリング孔の掘削や原位置試験の着手が遅延したものの、LBNL の担当者との情報共有を図り、共同研究計画の変更を適切に行った。このような調査における諸条件の変化やそれに対する計画の変更など適切な対応の必要性は、実際の概要調査においても生じる可能性があるものであり、本共同研究における試験計画への適応は、原位置試験の管理に係る経験や知識の蓄積として有益なものである。また、原位置試験</p>

2021 事業年度計画	業務実施結果	自己評価・今後の取組み
	<p>結果や、地権者との合意の容易性等の観点からボーリング孔の掘削候補場所の選定を行った。しかし、新型コロナウイルス感染症対策の影響により場所選定に時間を要したこと、DOEによる原位置試験計画に対する承認手続きや地権者との交渉等に時間を要したことにより、年度内にボーリング孔の掘削に着手できなかった。その間、原位置試験での使用に向けた試験装置の再設計を進め、試作機の製作及び変位計センサー等の計測精度の評価を行って更なる改良を進めた。</p> <p>ii) 長期的な自然現象の発生可能性及び地質環境の状態変遷の評価技術の高度化</p> <p>調査によって自然現象の著しい影響を回避するように選定したサイトに対し、将来 10 万年を超える期間において考慮すべき自然現象が発生する可能性とその地質環境への影響を評価するための手法の技術的信頼性を向上させることを目的とした検討を進めた。2021 年度は、2020 年度技術開発評価委員会（2021 年 3 月 24 日）におけるご意見等を踏まえ、優先課題とした深部流体の流入に係るシナリオの検討のために必要な情報を特定し、関連する文献情報を収集・整理した。</p>	<p>を進めながらさらに改良を行う計画であった試験装置について事前の検討を継続し、再設計と試作機の製作及び変位計センサー等の計測精度の評価を行うことによって、従来の試験装置と比較して計測精度の向上や装置の耐久性の向上を進めた。これによって実際の原位置試験がより円滑に進むための準備を整えた。</p> <p>【今後の取組み】</p> <p>LBNL との共同研究については、サンアンドレアス断層を対象にボーリング孔を掘削し（2022 年 5 月頃）、断層の変位、間隙水圧等を観測するためのモニタリング装置を設置して観測を開始する。また、ボーリング孔を掘削する場所を含む地質構造・水理地質構造モデルを構築し、これまでに整備した水理・力学連成解析コードを用いて断層及び断層周辺の地質環境の変化（水理 - 力学連成現象）に係る解析・評価を行う。さらに、原位置試験で取得したデータを用いて、上記解析コードの妥当性確認を実施する。</p> <p>ii) 長期的な自然現象の発生可能性及び地質環境の状態変遷の評価技術の高度化</p> <p>【中期的視点からの自己評価】</p> <p>自然現象の長期的な発生可能性及び地質環境の状態変遷の評価技術の高度化については、深部流体の流入に係るシナリオの検討に必要な THMC（T:熱環境、H:水理場、M:力学場、C:化学場）に関する具体的なパラメータを特定したうえで、国内で生じた深部流体の流入事例に係るこれらの情報を計画通り収集・整理した。</p>

2021 事業年度計画	業務実施結果	自己評価・今後の取組み
<p>また、過去から現在に至るまでの自然現象の変動傾向の地域的な特徴やその継続性を踏まえて、長期的な自然現象の発生に関するシナリオを設定し、地質環境の状態変遷に関する評価技術を整備する。更に、長期に亘る地質環境特性の時間的・空間的变化を考慮した四次元地質環境モデルの整備に取り組む。</p>	<p>2) 地質環境特性の長期的な変化に係るモデル化技術の高度化 長期にわたる地形の変化や気候・海水準変動等に伴う地表から地下深部までの水理場や化学場といった地質環境特性の変化を考慮した、より現実的な地質環境のモデル化（四次元地質環境モデル）技術の整備を目的として業務を進めた。これは、地質環境の長期的変遷を考慮した、現実 に即したより信頼性の高い処分場の設計や安全評価に資するものである。</p> <p>2021 年度は、これまでに新第三紀堆積岩類、深成岩類及び先新第三紀堆積岩類を対象として整備を進めてきた四次元地質環境モデルの構築技術に係る技術的知見やノウハウ等や、河川争奪などによる地表水系の時間的変遷に関する知見を活用し、河川水系の変遷を伴う広域的な地形変化を考慮した四次元地質環境モデルを構築するための技術開発を進めた。具体的には、河川水系の変遷に寄与する主要河川や断層・山地等を考慮し、現在から将来 100 万年間を対象とした三次元の地形及び地質構造モデルを構築した。これらのモデルに基づき、気候・海水準変動による解析条件の連続的な変化を考慮した非定常状態における地下水流動・物質移行解析を実施して、地形の変化を伴う河川水系の変遷が地下深部の水理場や化学場、及び物質の移行特性に与える影響を整理した（図②-1）。</p>	<p>【今後の取組み】 自然現象の長期的な発生可能性及び地質環境の状態変遷に関する評価技術の高度化については、2021 年度に整理した深部流体の流入事例に関する情報に基づき、深部流体の流入に係るシナリオ及び発生可能性に係る検討を実施する。</p> <p>2) 地質環境特性の長期的な変化に係るモデル化技術の高度化 【中期的視点からの自己評価】 河川水系の変遷に伴う広域的な地形変化を考慮した検討を通じて、地質環境の長期変遷に係るモデル構築及び解析において着目すべき点や留意点などを明確にするとともに、これまでの検討で蓄積した四次元地質環境モデルの構築技術の有効性を確認した。また、四次元地質環境モデルの処分場の設計及び安全評価への適用について、処分場の地下施設設置可能領域の選定やストーリーボード作成に係る検討を通じて、処分場の地下施設設置可能領域から地質圏－生活圏インターフェイス（GBI）までの水理場及び化学場の状態変遷及びその不確実性を処分場の設計や安全評価にどのように反映することができるかを把握するための考え方を明らかにした。さらに、四次元地質環境モデルの構築技術の妥当性確認を行うための方法論と実施計画を作成し、それに沿って事例として検討するための対象地域を選定するとともに、必要となるデータや情報を明らかにした。</p> <p>以上の業務の実施にあたっては、新型コロナウイルス感染症への対策として、Web 会議や電子メールを利用し品質や工程の管理を効率的に実施した。</p>



図②-1 河川水系の変遷を考慮した四次元地質環境モデル構築結果

四次元地質環境モデルを用いた処分場の設計や安全評価を事例的に検討するため、先新第三紀堆積岩類に対する四次元地質環境モデルについて、処分場の地下施設設置可能領域の選定、地層処分システムの状態変遷及びそれを踏まえた安全機能の発揮の仕方等を表現するストーリーボード作成に資するための情報の整理を実施した。

また、四次元地質環境モデルの構築技術の妥当性を確認するための方法論について検討し、それに沿って事例として検討する対象地域を選定し、実施計画を策定したうえで地下水流動・物質移行解析を行うための地形・地質構造モデルの構築に着手した。

【今後の取組み】

引き続き、処分場の設計及び安全評価に適用することを目的として、四次元地質環境モデルに表現する地質環境情報の内容を検討するとともに、地質環境の時間変遷を考慮した地下水流動・物質移行解析結果を、三次元核種移行解析に対する場の条件として設定する方法の検討等を進める。このため、河川水系の変遷を伴う広域的な地形変化を考慮した地質環境の変遷に関する解析結果に基づき、処分場の地下施設設置可能領域からの物質移行解析及びストーリーボード作成に資するための情報の整理を継続する。また、事例検討対象地域を対象とした過去から現在にかけての地質環境の変遷を考慮したモデル化及びそれを用いた解析作業を通じて、四次元地質環境モデルの構築技術の妥当性確認を進める。

以上の検討に基づき、特定のサイトを対象とした、より現実的な処分場の設計や安全評価に反映するための四次元地質環境モデルの構築に必要なデータやそれを取得するための調査項目、着目すべき点や留意事項を含むモデル化の作業手順等を整理し、四次元地質環境のモデル化技術として体系化を図る。

2021 事業年度計画	業務実施結果	自己評価・今後の取組み
<p>また、今後実際にサイト調査を行っていくことを見据えて、わが国の多様な地質環境に応じた調査を的確に実施するため、ボーリング孔の掘削や孔内試験等の実施から長期モニタリング及び閉鎖に至るまでの一連の技術について実証等に取り組み、地質環境の調査・評価技術の体系的整備に資する。</p>	<p>3) ボーリング孔の掘削・調査から閉塞に至る一連の技術の最適化</p> <p>i) 脆弱層を対象としたボーリング孔掘削及び調査技術の整備</p> <p>膨潤性・崩壊性を有する脆弱な地層を挟在する岩盤を対象としたボーリング孔掘削、孔内試験及び関連する室内試験に関する方法論や手法の最適化を目的として、電中研・横須賀地区における大深度ボーリング実証試験を進めた。2021年度は、計画に基づいて深度720mまでのボーリング孔を利用した孔内試験、及び櫓や付帯設備の撤去、試験現場の原状復旧を実施し、すべての現場作業を終了した。</p> <p>これらの作業にあたっては、各作業項目や各試験項目に対して作成した作業手順書及び品質保証計画書に基づき、安全・品質管理項目や手順等に係る適切性を検査し、その結果を作業日報や現場情報共有システム（Web）、定例会議を介して迅速に関係者で共有することによって、作業が適切に進められていることを確認しながら進めた。また、これらの作業に経験の有する職員による指導を通じたOJT等により、現場経験の少ない機構職員も参加して実施することにより人材育成に努めた。</p> <p>特に、孔内試験の一つである水理試験及び地下水の採水では、JAEAの地下研究施設などにおけるこれまでの技術開発によって整備された試験手法の有効性を確認している。例えば、採水した地下水試料の品質確保の観点から、掘削水を揚水によって排水する際に、掘削水に添加したトレーサー濃度が低くなっていることや、採水した地下水の水質の変動が小さくなっていること等を採水前に確認することによって、掘削水の影響が低減されるように地下水を採取した。加えて、サイ</p>	<p>3) ボーリング孔の掘削・調査から閉塞に至る一連の技術の最適化</p> <p>i) 脆弱層を対象としたボーリング孔掘削及び調査技術の整備</p> <p>【中期的視点からの自己評価】</p> <p>大深度ボーリング実証試験においては、海外のサイト調査の事例や幌延深地層研究計画における地質環境調査の事例に係る知見等を参考に選択・適用した掘削方法や試験手法によるデータ取得を通じて、技術の有効性に係る知見を蓄積した。例えば、孔内試験時の試験装置のトラブル発生時の対処に係る経験を通じて得られた概要調査においても可能性のあるトラブル発生時の柔軟かつ迅速な対処方法策定や、データの品質管理計画に反映できる知見などである。これによって、日本の多様な地質環境に適用可能なボーリング孔掘削や孔内試験、関連する室内試験に係る技術を整備することができたといえる。加えて、新型コロナウイルス感染症対策として、Web会議及び現場情報共有システムを活用した現場作業や室内試験の工程・品質管理、現場作業の中断・開始等の協議を実施するとともに、作業日報や危険予知活動に関する情報共有による安全管理を実施したこと等を通じて、オンラインによる効果的な現場管理の進め方に係る知見を蓄積した。</p> <p>以上のような取組みを通じて、担当職員のみならず、部全体として現場作業の品質・安全等に係るマネジメント能力を向上することができた。</p> <p>ボーリング調査における品質管理・品質保証については、スイスの規制機関によって認証されているNagraの手法との比較検討を通じて、概要調査に向けた室内試験の品質管理・品質保証に係る知見を拡充した。こうした知見には、コアの気への露出時間が試験結果に与える影響を最小化するためのコアの</p>

2021 事業年度計画	業務実施結果	自己評価・今後の取組み
	<p>ズが異なる複数の配管やポンプ等を利用することで、工程の短縮及び品質の向上が図られるといった、調査技術の信頼性や合理性の向上に関する知見を得た。</p> <p>採取したコアや地下水を用いた室内試験・分析については、新型コロナウイルス感染症の影響のため当初予定から遅れており、作業終了は2022年5月頃までとなる見込みである。こうした試験及び分析項目のなかには、実施することが可能な機関が限定されるものがあり、新型コロナウイルス感染症の影響だけでなく、装置の故障やマンパワーの不足等により工程が遅延するという事態が生じている。こうした経験から、実際の概要調査における制約条件として考慮することが必要であるという教訓を得た。</p> <p>スイス放射性廃棄物管理共同組合（以下、「Nagra」という。）との共同研究を通じて、電中研・横須賀地区における大深度ボーリング実証試験、及び神流川発電所の地下坑道における付加体堆積岩類に対する地質環境特性データ取得（【技術開発②】Ⅲ3.(1)4参照）のためのボーリング孔で採取したコア試料を用いた室内試験を実施し、スイスの規制機関によって認められている Nagra の品質管理・品質保証手法と機構のそれとの比較検討を行った。また、電中研・横須賀地区におけるボーリング孔を利用した原位置水理試験について、孔壁崩壊を伴う試験区間における試験・評価手法に関し Nagra と意見交換を実施した。</p> <p>ii) 岩盤の力学的・水理学的特性及び地下水の地球化学的特性の変化に関する長期モニタリング技術の高度化</p> <p>サイトの地質環境の初期状態や地下施設の建設に伴う状態変化の把握等に必要な地下水モニタリング技術の開発について</p>	<p>回収から試験に用いるコア試料の選定・採取までの作業手順や、試験に用いるコア試料の選定の考え方（X線CT画像の利用等）、室内試験時の品質管理（間隙水圧や体積ひずみの記録、試料の特性に応じた載荷速度の設定方法等）に関する知見などが含まれる。また、Nagra との意見交換を通じて、孔壁崩壊を伴う区間における水理試験方法及びデータ評価に係る技術的知見を取得した。</p> <p>【今後の取組み】</p> <p>大深度ボーリング実証試験において実施した試験手法の適切性の確認や得られた地質環境特性データの解釈等を総括し、成果を総合的に取りまとめる。原位置水理試験については、品質向上にむけた試験管理方法及び試験装置の改良等を取りまとめることによって明らかにするとともに、概要調査に向け、引き続き技術開発を進める。また、取りまとめにおいては、横須賀地区では化石海水が存在し拡散が支配的な低流動域が存在することから、塩化物イオン濃度を利用した拡散場における調査の考え方についても考慮する。</p> <p>ボーリング調査における品質管理・品質保証については、コア試料を用いた室内拡散試験を機構及び Nagra で独立に実施し、それぞれの品質管理・保証手法に基づく試験結果を比較評価することによって、この試験のための品質管理・品質保証の方法論に関する知見の拡充を図る。</p> <p>ii) 岩盤の力学的・水理学的特性及び地下水の地球化学的特性の変化に関する長期モニタリング技術の高度化</p> <p>【中期的視点からの自己評価】</p> <p>地下水モニタリング技術については、光ファイバセンサケ</p>

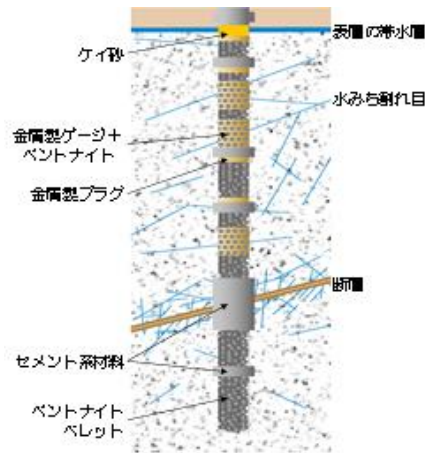
2021 事業年度計画	業務実施結果	自己評価・今後の取組み
	<p>て、数十年規模の耐久性を念頭に、光ファイバセンサケーブルにより地下水の水圧・温度を計測しつつ、地下水の採水が可能なモニタリング装置の設計を終了した。新型コロナウイルス感染症対策の影響により、装置の設計に係る打合せや、装置の製作に必要なパーツの確保等に時間を要し、試作の完了には至っていない。</p> <p>iii) ボーリング孔の閉塞技術の整備</p> <p>国際的な課題となっている、地表から掘削したボーリング孔が地下水・核種移行の短絡経路等とならないように効果的に閉塞するための技術（図②-2）の整備を目的として、2021年度は、ボーリング孔の閉塞材料であるベントナイトペレットの製造方法や充填密度の検討を実施するとともに、実際のボーリング孔の状態を考慮し、閉塞材料の特性を把握するための室内試験を実施した。また、英国放射性廃棄物管理会社（以下、「RWM」という。）及びNagraとの国際協力に係る協定に基づき、RWM及びNagraが保有する閉塞材料（ベントナイトペレットやセメント系材料）の運搬・設置装置（ダンプベラー）に係る技術の情報提供を受け、当該装置（図②-3）を試作して試験を行い、実際にうまく作動することを確認した。一方で、ダンプベラー内を大気圧状態のまま地下深部の高水圧状況下に置くと、ベントナイトペレットを投入するための蓋の開放が困難であり、ベントナイトペレットを運搬するための装置の改良が必要であることが明らかとなった。Nagraとの共同研究により金属プラグ（ブリッジプラ</p>	<p>ーブルや採水ポート等の主要部位の耐圧性能や装置の設置方法に係る技術課題の検討を通じて、耐久性や利便性を考慮した設計の考え方等の知見を拡充した。</p> <p>【今後の取組み】</p> <p>地下水モニタリング技術については、長期モニタリング装置の試作及び性能確認を実施し、その結果を反映しつつ実際のボーリング孔を用いた実証試験に使用する装置の設計を行う。</p> <p>iii) ボーリング孔の閉塞技術の整備</p> <p>【中期的視点からの自己評価】</p> <p>ボーリング孔の閉塞技術については、室内試験計画の策定や、運搬・設置装置の試作・作動確認試験等を通じて、地下深部の高水圧状況下で適用するための設計方法に関する知見を蓄積するとともに、今後取り組むべき課題を明らかにした。また、Nagra技術者との意見交換や国内委託先との協議を通じて、閉塞材料の製造方法や特性に係る知見の蓄積を図った。</p> <p>【今後の取組み】</p> <p>ボーリング孔の閉塞技術については、ベントナイトをペレット状で地下深部までダンプベラーで運搬し、投入できる状態にするため、ダンプベラー及びベントナイトペレットの改良を行う。さらに、ボーリング孔内でブリッジプラグを設置する装置の開発に着手し、Nagraとの共同研究によって実際のボーリング孔の孔径に対応したブリッジプラグ及びその設置機器の製作を行う。また、グリムゼル岩盤試験場における閉塞材の</p>

2021 事業年度計画

業務実施結果

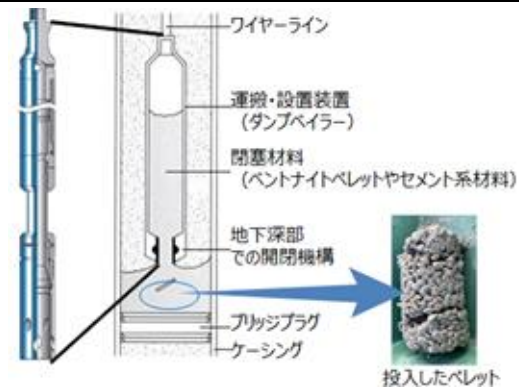
自己評価・今後の取組み

グ) の材料として、耐腐食性や加工・設置の容易さを考慮して銅を選定するとともに、ボーリング孔への設置方法の概念設計及び試設計、試作を実施し、数cm規模での室内試験において、概念設計で採用したメカニズムでの作動を確認した。スイスで製作中の試験装置が新型コロナウイルス感染症対策の影響により遅延しており、グリムゼル岩盤試験場における閉塞材の性能に係る原位置試験の開始は 2022 年 5 月頃になる見込みである。



図②-2 ボーリング孔の閉塞方法の概念図

性能試験に係る計画を検討し、原位置試験に着手する。



図②-3 運搬・設置装置の概念図

4) 地質環境に係る科学的知見や地質環境調査・評価に係る技術的知見の拡充

サイト選定において現実的に想定される地質環境のうち、品質の保証された公開情報が極めて乏しい付加体堆積岩類に対する地質環境特性データの拡充を目的として、神流川発電所の地下坑道を利用したボーリング孔掘削・孔内試験、取得した岩石や地下水の試料を用いた室内試験等を実施し、地質学的特性及び水理学的特性に関するデータを取得した。現場作業は2020年度中に完了し、2021年度は室内試験を実施するとともに、得られたデータを取りまとめた技術報告書の作成に着手した。また、現場作業で得た安全・品質管理に係る経験やノウハウ、人材育成面での成果についても取りまとめを進めている。

本業務においては契約期間や契約金額の変更に係る複数回の契約変更を実施し、その手続き等に不備が生じるなど、プロジェクト管理上の課題が明らかとなり、その原因分析や対策について検討を進めている。

4) 地質環境に係る科学的知見や地質環境調査・評価に係る技術的知見の拡充

【中期的視点からの自己評価】

これまで、先新第三紀の付加体堆積岩類を対象として、同一の地下環境から地質環境特性（地質・熱・水理・力学・化学）について関連付けられたデータを取得した例はなく、特に地層処分の観点から品質保証された地下水水質のデータは存在しないことから、本業務によって取得したデータは、地質環境特性を包括的に理解するうえで学術的に価値の高いものである。また、機構職員が自ら現場管理を行い貴重な経験を得るための機会となり、安全・品質管理に係るノウハウの蓄積に貢献した。一方、この業務において明らかになったプロジェクト管理上の課題に対しては、問題点や原因を分析し、今後の対策について検討を行う必要がある、その作業を進めている。

【今後の取組み】

原位置や室内試験に基づく技術的成果を、安全・品質管理に

2021 事業年度計画	業務実施結果	自己評価・今後の取組み
		<p>係る経験やノウハウ、人材育成面での成果と合わせて取りまとめる。プロジェクト管理上の課題に対しては、機構のリスク管理・内部監査室や経理・資材部門の協力・支援を得ながら、事案の原因分析や対策の検討に関する作業を継続し、今後の業務に反映していく。</p>

【技術開発③】 処分場の設計と工学

2021 事業年度計画	業務実施結果	自己評価・今後の取組み
<p>Ⅲ 地層処分技術への信頼を高めるための技術開発</p> <p>2. 処分場の設計検討</p>		
<p>「包括的技術報告書」で提示した人工バリア及び処分施設の設計検討をもとに、安全確保を最優先に、処分場の建設・操業・閉鎖や人工バリアの製作・施工に関する合理化について考慮した処分施設の設計検討に取り組む。また、「包括的技術報告書」で提示したのもも含め、処分場の設計上の選択肢（設計オプション）について、安全性の更なる向上や建設・操業の合理化の可能性、技術的な実現性、回収可能性の確保といった観点から、それぞれの特徴を勘案しつつ信頼性の向上に努め、処分場の設計の柔軟性を高める。</p> <p>具体的には、後述する3.（2）の検討成果を反映し、調達の多様性や経済合理性を考慮した人工バリアの様々な代替材料、高レベル放射性廃棄物の搬送定置作業の効率的な実施に向けて合理化した人工バリアの仕様、TRU廃棄物に対する閉じ込め性能をより一層高めた廃棄体パッケージ等を考慮して、処分場の建設・操業・閉鎖に関する一層の合理化を考慮した処分場の設計検討や、設計オプションの準備に取り組む。</p> <p>これらを踏まえて、今後、サイト選定</p>	<p>地質環境情報の段階的な増加や事業を取り巻く社会的な条件の変化等に対して柔軟に対応しつつ、処分場を最適化する考え方を整備することを目的として、昨年度に引き続き、設計オプションに係る情報の整理、事業の進展に応じて処分場設計の最適化を図るための方法論について検討を進めた。具体的には、包括的技術報告書において提示した設計オプションや【技術開発】Ⅲ3.（2）の検討における設計オプション（銅コーティングオーバーパック、ベントナイト代替材料など）等について、それぞれ必要となる設計項目において取り得る選択肢のリスト化を進めた。また、各設計オプションの特徴を比較するため、設計因子（閉鎖前安全性、閉鎖後長期安全性、工学的実現性、環境適合性、経済的合理性、回収可能性など）に関連する要求事項に対して設計オプションの適合性を評価するための指標の設定や、多岐にわたる要求事項間の関係を踏まえて設計を技術的に最適化するための問題を定義する方法に関して具体化を進めた。</p>	<p>【中期的視点からの自己評価】</p> <p>安全性や環境面、経済社会的側面などに配慮した「最適な処分場の設計」を事業者がステークホルダーに提示することは、処分場の社会的受容性を高め、事業の持続可能性を維持するうえで重要である。このような多岐にわたる因子を総合的に考慮した最適化問題の設定と解法について検討し、今後のサイト選定において、段階的に最適な処分場設計を実施するための基盤整備を着実に進めた。</p> <p>【今後の取組み】</p> <p>地質環境情報の段階的な増加や事業を取り巻く社会的な条件の変化等に対して柔軟に対応して処分場設計を最適化するための具体的な方法論の開発を継続するとともに適用性を確認するための試行などを実施し、2022年度末までにこれらの成果を学会等で公表するとともに以降の技術開発課題を明らかにする。</p>

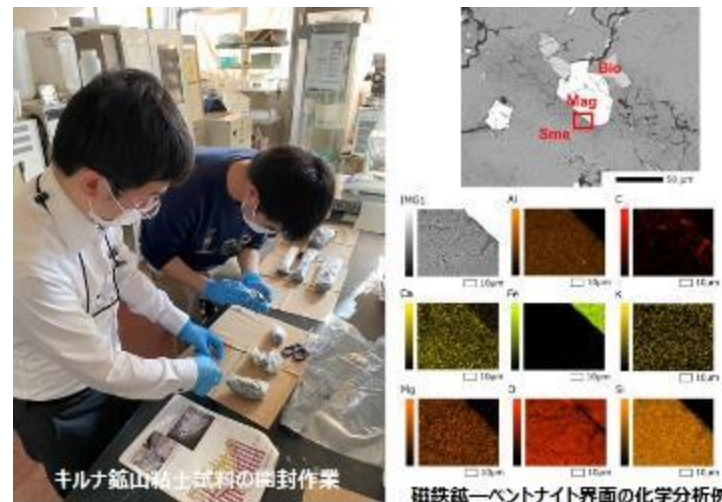
2021 事業年度計画	業務実施結果	自己評価・今後の取組み
<p>の調査の進展に伴う地質環境条件等の具体化・詳細化に応じて段階的に処分場の設計を最適化していく取組みを進め、安全性を最優先に合理的な地層処分の実施を可能にする技術体系の信頼性の更なる向上に努める。</p>		
<p>Ⅲ 地層処分技術への信頼を高めるための技術開発 3. 地層処分事業の安全性に対する信頼獲得に寄与する技術の体系的整備 (2) 安全性と工学的実現性の確保に向けた処分場の設計と工学技術の体系的な整備</p>		
	<p>地層処分の対象となる多様な地質環境条件や放射性廃棄物に対して、安全で技術的に成立可能な処分場について検討するため、包括的技術報告書において設計因子（閉鎖前の安全性、閉鎖後長期の安全性、工学的成立性、回収可能性、経済的合理性）を基軸とした体系的な設計の方法論を適用し、三つの検討対象母岩における処分場の具体的な設計仕様例を提示した。</p> <p>2018年度からは、包括的技術報告書において検討した人工バリア及び地上・地下施設の設計仕様例、設計オプションなどを出発点として、安全確保のための設計の信頼性向上と、サイト調査の進展に応じた設計の詳細化及び最適化に向けた設計体系の整備を進めている。設計因子「閉鎖後長期の安全性」の観点では、オーバーパックの主要材料である炭素鋼及び代替材料である銅、緩衝材の候補として考えている複数のベントナイト製品を対象として、耐食性や材料の長期健全性の評価に必要なデータを室内試験等で取得することに加えて、ナチュラルアナログ事例の適用に取り組んでいる。また、設計因子「工学的成立性」については、人工バリアの製作・施工に必須の要素技術について小規模な試験を開始するなど、</p>	

2021 事業年度計画	業務実施結果	自己評価・今後の取組み
<p>人工バリアの設計・施工に関する技術の信頼性をより一層向上させる観点から、わが国の多様な地質環境条件を考慮した人工バリア材料を合理的に選定し仕様を設定するための科学技術的基盤の整備を継続する。そのため、安全性の確保を前提に人工バリア代替材料（例えば、オーバーパックの製造・製作の方法、緩衝材製作における様々な種別のベントナイト材の使用等）に関する技術的成立性と設計オプションの検討を進めるとともに、その品質管理方法について整備を進める。また、TRU廃棄物の廃棄体パッケージについて閉じ込め性能をより一層高めるための設計オプションの検討を進め、上記2. の処分場の設計検討へ反映させる。</p>	<p>工学的規模での技術の実証に向けた段階的な取組みを計画的に進めている。併せて、遠隔操作化・自動化に関わる最新技術の処分場の建設・操業への適用について検討を進めている。設計因子「回収可能性」、「閉鎖前の安全性」については、包括的技術報告書で課題とした「閉鎖後の安全性」への影響を考慮しつつ、技術の信頼性向上に関する検討を進めている。以下に、これらの取組みの結果を具体的に示す。これらの成果は適宜【技術開発③】Ⅲ2. の検討に反映している。</p> <p>1) 設計体系の整備</p> <p>① 設計の信頼性向上</p> <p>人工バリア設計の信頼性向上の観点から、緩衝材を構成するベントナイトの長期圧密挙動や、金属製処分容器の長期腐食挙動に関して、JAEA との共同研究や国際共同プロジェクトへの継続的な参画を通じて、試験データの蓄積と現象理解のための知見の拡充を進めた。</p> <p>金属製処分容器の長期腐食寿命評価については、金属の腐食防食を専門分野とする公益社団法人腐食防食学会に検討委員会（委員 7 名）を設置していただき、長期的な寿命評価の技術的信頼性向上のための検討を 2020 年度より開始している。2021 年度は長期腐食寿命評価において重要と考えられる課題を整理し、これらに取り組むための体制として、「過渡期腐食評価技術」、「長期腐食寿命評価モデル」、「処分環境下微生物腐食」、「腐食試験技術」の 4 つの分科会（分科会委員総勢 25 名）が設置された。また、これらの課題への取組みに幅広い研究者の参加を促すため、4 つの課題に対する試験研究を同学会より公募し、大学や研究機関から応募された計 6 件の研究テーマが採択された。機構はこれらの分科会における議</p>	<p>1) 設計体系の整備</p> <p>【中期的視点からの自己評価】</p> <p>人工バリア機能の長期健全性の評価に資する試験データの蓄積と現象の理解に関する知見の拡充により、包括的技術報告書で提示した設計に対する信頼性を向上させた。特に、金属製容器の腐食寿命評価については、公益社団法人腐食防食学会に検討委員会を設置していただき、長期的な寿命評価に不可欠な「過渡期腐食評価技術」、「長期腐食寿命評価モデル」、「処分環境下微生物腐食」、「腐食試験技術」の 4 つの課題について、分科会を設置し、多くの専門家の参加を得るなど、信頼性向上に向けた議論の土台を構築した。また、腐食防食学会の公募により、計 6 件の応募が採択されるなど、これまで地層処分事業に直接関与していない大学や研究機関及び研究者の関心を喚起し参加を促したことは技術的信頼性の向上に大きく貢献するものと評価している。</p> <p>同様にオーバーパックの腐食における緩衝材中の微生物影響、鋼製オーバーパックと緩衝材との長期的相互作用、緩衝材の長期的変質や流出現象に関するナチュラルアナログ事例研究においては、国内外の多くの関係機関や大学の協力により、</p>

論に資するため、地層処分に関する技術情報や機構を進めている技術開発の状況などを適宜提供するとともに、議論の内容を技術開発に反映している。

上記検討委員会や分科会におけるテーマにもなっている緩衝材中の微生物影響による金属腐食を抑制するための設計に関し、機構では必要となる知見を拡充するため、候補として考えている複数のベントナイト製品に対して様々な環境条件下（高温、放射線照射、貧栄養など）での微生物活性試験を開始した。

また、緩衝材の流出現象や、鉄とベントナイトの相互作用など、閉鎖後長期において人工バリアの長期健全性に影響を与える現象への理解を深めるため、JAEA との共同研究に加え、月布鉱山及びスウェーデンのキルナ鉱山を対象とした国際共同プロジェクトに参画し、入手した試料の分析を大学との共同研究によって進めた（図③-1）。これらを通じて、鉱物間の長期的な化学的相互作用などに関する知見の拡充を進めた。



図③-1 キルナ鉱山ナチュラルアナログ事例の共同研究

議論を進めている。

ベントナイト緩衝材に関する技術開発においては、包括的技術報告書の取りまとめを通じて、粘土科学に関連する学際的かつ産業的に重要な技術的貢献をなし、粘土科学のさらなる発展への寄与も期待できるとの評価をいただき、日本粘土学会技術賞を受賞した。また、代替材料の適用性検討のためにこれまでに実施した、国内産の6種類のベントナイトを対象とした様々な試験・分析結果については、技術報告書に取りまとめて公表し、地層処分技術に関する情報発信に貢献した。

日本の様々な地質環境特性及び地層処分対象廃棄物の特性に応じて、処分場の設計の詳細化及び最適化に向けて、人工バリア代替材料の適用性、設計オプションの整備を進めることによって、設計の柔軟性や材料の調達可能性を確保できる見通しが得られた。

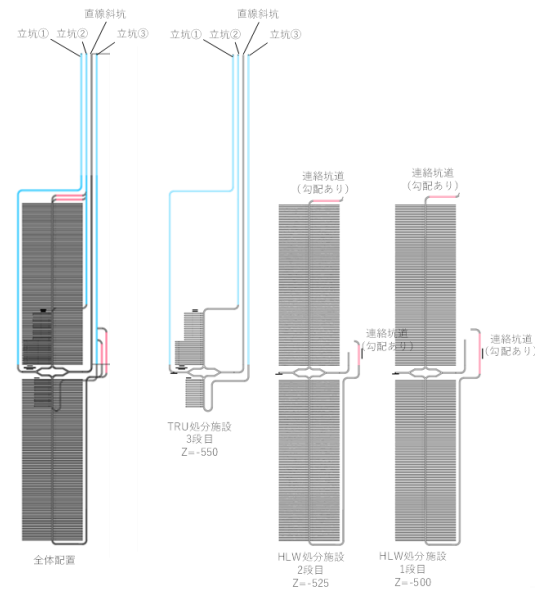
【今後の取組み】

これまでの成果を今後のサイト調査の進展に応じて実施する処分場の設計やセーフティケースの更新に反映するため、設計体系の整備を進める。

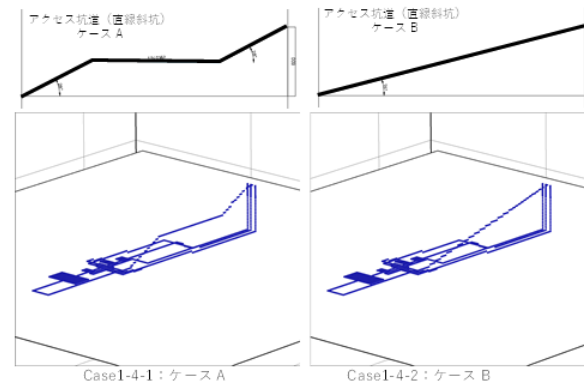
設計体系の整備と設計の詳細化・最適化に向けた技術開発を今後も継続していくとともに、以上の成果を学会発表や、学術論文または技術報告書として取りまとめ公表することによって、地層処分技術の信頼性向上に引き続き努めていく。

2021 事業年度計画	業務実施結果	自己評価・今後の取組み
	<p>②設計の詳細化・最適化</p> <p>将来の科学技術の発展に柔軟に対応して、利用可能な最善の技術（BAT：Best Available Technology）を適用するという考え方への対応も含め、今後サイト調査の進展に応じて実施する設計の詳細化・最適化に取り組んでいく必要がある（【技術開発②】Ⅲ 2. 参照）。この目的に対し、引き続き、材料調達に関する多様性を確保するために、人工バリア代替材料の適用性検討や、設計オプションの整備とともに、包括的技術報告書で課題の一つとして挙げた沿岸海底下処分に適用可能な設計の方法論の整備に取り組んだ。</p> <p>i) オーバーパックの代替材料の適用性に係る取組み</p> <p>オーバーパックの代替材料として、炭素鋼については、鋳鋼品の腐食試験を継続するとともに、板巻鋼管の耐食性評価のための各種試験を開始した。銅-炭素鋼複合材（銅コーティングオーバーパック）については、大阪府立大学との共同研究により、銅コーティング層の耐食性評価のための電気化学試験を通じて純銅品と同等の耐食性を有することを確認した（オーバーパックの製作技術の開発については、2) 段階的な技術の実証を参照）。</p> <p>ii) ベントナイトの代替材料の適用性に係る取組み</p> <p>ベントナイトの代替材料については、2018～2019 年度の技術開発において適用性のある候補材料として検討した 6 種類の国内産のベントナイトの中から、全体の特性分布を代表するような特性を有する 3 種類のベントナイトを対象に 2020 年度より特性評価を進めている。現在、100℃を超える高温環境（最高 200℃）に曝された後の基本特性の変化に関わるデータ</p>	

2021 事業年度計画	業務実施結果	自己評価・今後の取組み
	<p>の取得試験を実施している。これにあたっては、ベントナイト試料を一定の期間、高温環境とするための試験装置の製作、試験条件の設定について専門家による助言を得ながら進めている。</p> <p>iii) 設計オプションの整備に係る取組み</p> <p>設計オプションに関しては、TRU 等廃棄物の人工バリアについて、操業方法と廃棄体回収の容易性を向上する観点から、PEM 方式を適用した場合の処分概念及び設計仕様を具体化する検討を実施した。本年度に実施した応力解析などから、PEM 方式による人工バリアの長期健全性や工学的成立性を見通しを得つつある。</p> <p>地下施設の設計オプションに関しては、調査技術グループで開発を進めている四次元地質環境モデル（深成岩類、新第三紀堆積岩類、先新第三紀堆積岩類、【技術開発①】Ⅲ3. (1)2 参照）を対象とし、沿岸海底下への設置も視野に入れた多段配置を含む地下施設レイアウトについて検討し、連絡坑道及びアクセス坑道の配置、換気設備や排水設備の試設計を行ってオプションとしての適用性を確認した（図③-2）。また、これらの検討を通じて、内陸部の地形の影響や沿岸海底下に設置する場合の留意事項を明らかにし、地下施設レイアウトの設計要件に明示的に反映した。</p>	



(a) 多段配置における各段の坑道配置例 (平面図)

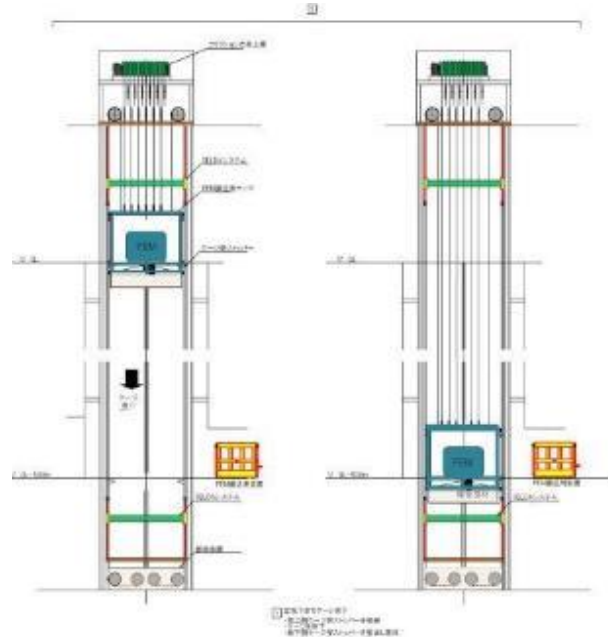


(b) アクセス坑道の線形に関する設計オプション例 (鳥観図)

図③-2 沿岸海底下の地下施設レイアウトの設計例

アクセス坑道の設計においては、立地環境に依存して柔軟に配置や線形を選択できるようにするため、これまでのスパイラ

ル形状の斜坑（緩勾配）による廃棄体搬送に加え、急勾配の斜坑や直線斜坑、あるいは立坑を利用する場合の搬送システムの安全設計について、ドイツ BGE-TEC との共同研究（図③-3）やフランス ANDRA からの情報提供を受けて、検討を開始した。



図③-3 ドイツの立坑搬送システムを参考に実施した立坑搬送システムの例

一方、処分場の建設・操業・閉鎖に関する技術の信頼性をより一層向上させる観点から、人工バリアの施工・搬送定置に関して、PEM方式を対象としたより効率的な技術の実用化や、遠隔操作化・自動化について検討を進め、操業技術の実証試験の準備を進めていく。また、実

2) 段階的な技術の実証

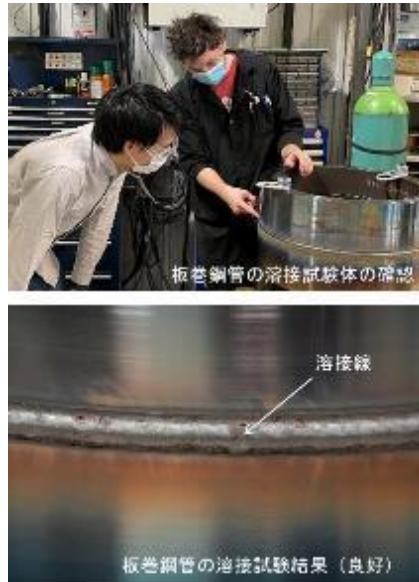
人工バリア代替材料や設計オプションの適用性（【技術開発③】Ⅲ3. (2)1)②参照）については、これまで進めてきた机上検討に加え、関連する要素技術を対象とする実証試験に着手した。実証試験は小規模の系から開始し、処分場の設計検討（【技術開発③】Ⅲ2. 参照）と連携しつつ工学規模での実証試験に段階的に拡張していく計画である。

2) 段階的な技術の実証

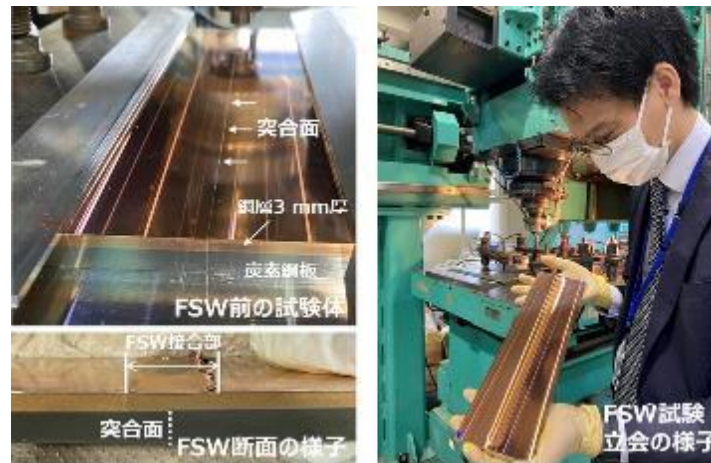
【中期的視点からの自己評価】

設計因子に基づく適用性評価において、工学的成立性の観点では、これまで机上検討や事例調査によるフェージビリティスタディの段階であったが、最終的に精密調査段階に構築する地下特性調査施設でのサイト環境への適合性を確認する実証試験までを視野に入れた段階的な技術の実証に向けた試験計画

2021 事業年度計画	業務実施結果	自己評価・今後の取組み
<p>際の地質環境に応じて処分場の建設・操業と安全の確保とを最適化する観点から、処分パネルのレイアウトや、坑道掘削（建設）や廃棄体定置（操業）時の換気・排水等に関する設計技術の高度化を図る。</p>	<p>i) オーバーパックの製作技術に係る取組み</p> <p>炭素鋼製オーバーパックの蓋接合技術については、これまで基盤研究開発機関を中心として進められてきた TIG、MAG、電子ビーム溶接などを対象とした検討の成果や、最新の技術動向を踏まえ、適用可能性のある溶接技術の得失を比較し総合的な評価を行った。その結果、特に溶接部の選択腐食の抑制、応力腐食割れリスク（残留応力）の低減、及び溶接時間の短縮などの観点で有利と考えられる電子ビーム溶接を対象として溶接試験を実施し、適用性の確認に必要なデータの取得を開始した。</p> <p>銅コーティングオーバーパックについては、NWMO との共同研究（図③-4）による連続製造試験を通じて、内側の炭素鋼容器を溶接し、外側の銅コーティング層を銅電気メッキ及び銅冷間溶射を組み合わせて製作する方法について製作技術の改良と品質管理手法の構築に取り組んだ。また、代替技術として蓋接合についても検討し、蓋接合に要する時間の短縮、銅冷間溶射部の不純物（酸素）と欠陥量の低減、及びガラス固化体の再取り出しの容易性の観点から、内側の炭素鋼容器を機械接合し、銅電気メッキ層を外側から摩擦攪拌接合（FSW；Friction Stir Welding）するという方法の開発を進めた（図③-5）。機械接合技術については、原子力施設、プラント、土木構造物の工事及び資源開発などで実用化されている技術を調査し、遠隔操作による作業性、長期の構造健全性確保の見通しの観点からネジ接合を選定し、適用性の確認に必要な接合部の設計と試作を開始した。FSW については、大阪大学、秋田大学との共同研究により、回転速度、温度条件などの接合パラメータの設定に関わるデータを取得し、円筒形の銅コーティング材の接合試験計画を立案した。</p>	<p>を立案し、実験室レベルの試験や小規模の工学試験に着手することができた。</p> <p>【今後の取組み】</p> <p>遠隔操作化・自動化技術の適用も含めた様々な技術オプションを考慮し、それらの工学的成立性について、机上検討から、工学規模でのモックアップ試験など、段階的な技術の実証のための計画の具体化・詳細化を継続する。こうした検討に基づき、技術オプションの実証試験を体系的に実施していく。</p> <p>技術開発の成果については、学会発表や学術論文の投稿、機構の技術報告書の公表などによって、地層処分技術の信頼性に関する情報発信に引き続き努めていく。</p>



図③-4 銅コーティングオーバーパック製作技術の共同研究に係る機構職員の現地立会いの様子

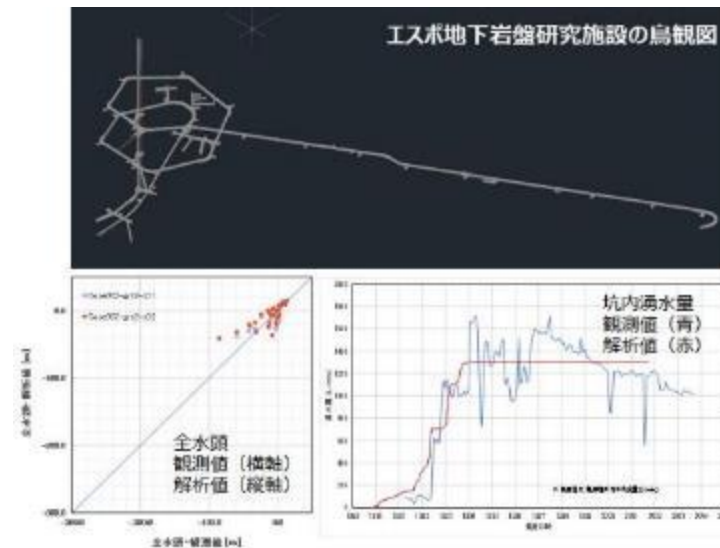


図③-5 銅コーティング材摩擦攪拌接合試験の様子

2021 事業年度計画	業務実施結果	自己評価・今後の取組み
	<p>ii) PEM の製作技術に係る取組み</p> <p>高レベル放射性廃棄物を対象とした PEM の製作技術に関しては、製作方法の効率化や様々な緩衝材材料への適用性を確認するため、包括的技術報告書で示した製作方法（動的締固めによる緩衝材製作方法、鋼殻リング結合方式による PEM 容器の組み立て）の代替方法として、大型プレス機を用いた PEM 容器内での緩衝材の製作方法、遠隔操作による PEM 容器蓋部のネジ接合あるいは接着剤による結合方法の検討を進めた。</p> <p>緩衝材の製作方法に関する実証については、【技術開発③】III3. (2)1)②のベントナイト試験で使用しているものと同じ3種類のベントナイトを対象に、プレス機の能力設定に必要なパラメータとして、緩衝材の厚さ、直径（300mm、600mm）に着目した要素試験の準備を進めた（試験は2022年度に実施する計画）。製作のための諸条件の設定にあたっては、これまでに実験室規模（直径50mm、厚さ10mm程度）で実施した広範な締固めエネルギー条件でのベントナイトの締固め試験の結果を参考にした。</p> <p>PEM 容器の組立方法については、蓋部のネジ接合方法について、ロボット技術の適用可能性に関する検討を開始した。</p> <p>iii) 遠隔操作化・自動化技術の適用に係る取組み</p> <p>要素技術に関する実証試験を通じた工学的成立性の検討と並行して、様々な産業分野での技術革新が目覚ましい遠隔操作化・自動化技術について、OECD/NEA のロボット及び遠隔技術の原子力バックエンドへの適用に関する専門家グループ会議（EGRRS : Expert Group on the Application of Robotics and Remote Systems in the Nuclear Back-end）への参加や国際シンポジウムへの参加などを通じて、情報収集と地層処</p>	

2021 事業年度計画	業務実施結果	自己評価・今後の取組み
<p>更に、廃棄体の回収可能性について、合理的かつ実現性の高い回収技術の整備に取り組むとともに、回収可能性を確保する期間において処分場の地下環境に与える影響を低減する観点から適切な処分坑道の維持方策の検討を進める。</p>	<p>分事業への適用性について検討を進めた。特に、これまで人によって作業が実施されていた分野（例えば、処分場の建設）に着目し、実際のトンネル建設に適用されている自動化された機械装置の稼働状況の見学（写真③-6）や、先行して自動化技術を提供している海外の建機メーカーなどへのヒアリングを実施した。</p>  <p>写真③-6 全自動化されたドリルジャンボによるトンネル切羽の削孔作業の状況</p> <p>3) 回収可能性に関する技術的検討</p> <p>i) TRU 等廃棄物の回収技術に係る取組み</p> <p>包括的技術報告書で示した TRU 等廃棄物処分場の設計例で回収を行う場合、廃棄体パッケージ容器間の 150 mm の隙間に充填されたモルタルを遠隔で除去する工程を実現するための技術的検討が課題として挙げられている。この課題に対応するため、廃棄体回収の容易性を向上させる観点から PEM 方式による TRU 等廃棄物処分場概念や設計仕様の検討（【技術開発③】Ⅲ3. (2)1)②参照）と関連付けて回収技術の検討を進めた。この概念では、廃棄体パッケージ容器間モルタル充填材は使</p>	<p>3) 回収可能性に関する技術的検討</p> <p>【中期的視点からの自己評価】</p> <p>回収可能性の検討においては、回収可能性を確保するうえで重要となる技術的課題や、想定される措置による処分場の状態変化を定量的に把握するための解析技術の開発や改良に引き続き取り組み、着実に進めることができたと評価している。回収可能性を確保するための技術的課題への対応としては、TRU 等廃棄物処分への PEM 方式の適用といった概念レベルでの検討も含めた柔軟な取組みを行っている。また、解析技術の開発・改良にあたっては、検証と妥当性確認を実施し信頼性を確認し</p>

2021 事業年度計画	業務実施結果	自己評価・今後の取組み
	<p>用せず、処分容器に封入した TRU 等廃棄物を緩衝材とともに PEM 容器内に一体化したモジュール (TRU-PEM) を処分坑道に設置したのち、坑道壁面と PEM 容器の間の隙間をベントナイト系材料で埋め戻すため、高レベル放射性廃棄物の回収技術として開発が進んでいるウォータージェットなどによる埋め戻し材除去技術の活用が可能であることの見通しを得た。このほか埋戻し材除去技術を含め、TRU 等放射性廃棄物の回収に必要な装置、回収手順の検討に取り組んだ。</p> <p>ii) 回収可能性を維持することに伴う処分場閉鎖後の水理場や化学場に及ぼす影響の評価技術の整備に係る取組み</p> <p>建設・操業から閉鎖までの間の処分場の管理の在り方を検討するため、閉鎖までの期間に回収可能性を維持することを目的として取られる措置が閉鎖前及び閉鎖後長期の処分場の安全性や周辺環境に及ぼす影響を定量的に評価する技術の開発に継続して取り組んだ。</p> <p>このような技術として、建設・操業期間中の坑内湧水量、坑内湧水に伴う施設周辺の水理場の変化、坑道周辺の酸化還元環境などの化学場の変化、処分場閉鎖後の水理場や化学場の回復過程を定量的に評価するための解析コードの整備を進めている。これまでに既存の地下水流動解析コード HydroGeoSphere と一次元反応輸送解析コード QPAC を組み合わせ、処分場の建設・操業から閉鎖後の過渡的期間における水理－化学連成現象を取り扱うための解析手法を開発した。また、この解析手法について、類似の解析コードを用いた解析結果との比較による検証作業、及び国内外の地下研究施設における観測データを用いた妥当性確認作業に取り組んだ (図③-7)。</p>	<p>ながら実施している。</p> <p>また、整備した解析技術を回収可能性の維持に関する評価のみならず、地下施設レイアウトの検討、建設・操業時の環境への影響評価と負荷低減のための対策の検討などに利用することで、設計技術の信頼性向上に貢献するとともに調査から閉鎖後長期の安全性評価までの横断的検討に資するものとして評価している。</p> <p>【今後の取組み】</p> <p>回収可能性の維持のための可能性のある様々な技術について、処分概念レベルでの検討も含め、最新の知見を考慮して検討を継続する。また、これまでに開発した解析技術を適用し、処分場の建設から操業を経て閉鎖後の過渡的期間までの処分場及び周辺の地質環境の状態変化を定量的に把握することによって、上記回収可能性の維持のための可能性のある様々な技術の利点や問題点を明らかにし、最適な技術の選択のための材料を整える。</p> <p>技術開発の成果については、学会発表や学術論文の投稿、機構の技術報告書の公表などによって、地層処分技術の信頼性に関する情報発信に引き続き努めていく。</p>



図③-7 海外地下研データを利用した坑内湧水量
解析技術の妥当性確認

開発した解析手法を適用し、【技術開発③】Ⅲ3. (2)1)②に述べた地下施設レイアウトの設計オプションを対象として、回収可能性の維持を含めた建設・操業・閉鎖のプロセスの最適化に関する検討を行った。検討対象母岩の種類、地形、地下施設の設置位置（内陸、沿岸海底下など）及び地下施設レイアウト（平面配置と多段配置）などの設計オプションと、建設・操業・閉鎖に伴う坑内湧水量とそれに伴う水理場や化学場の変化などとの関係を解析的に調べ、湧水量や場の変化に対して高い感度を有する設計要素を特定し、【技術開発③】Ⅲ3. (2)1)②に述べた地下施設レイアウトの設計技術に反映した。以上の検討は、地質調査モデルの構築に関わるグループ、閉鎖後長期の安全性を評価するグループとの分野間連携を図りながら進めた。

2021 事業年度計画	業務実施結果	自己評価・今後の取組み
<p>閉鎖前の処分場の安全性の一層の向上を図る観点から、建設・操業期間中に発生する可能性のある火災・水没・電源喪失等の異常事象について、国内外の原子力施設や関連する施設等での事例を分析し、事故対応策及び復旧対策について網羅性を高め、処分場の設計に継続的に反映するとともに、こうした対策が閉鎖後長期の安全性に与える影響について検討を進める。</p>	<p>4) 閉鎖前の安全性評価</p> <p>処分場閉鎖前の安全性の評価に対する信頼性をより高めるため、包括的技術報告書において今後の取組みとして示した地震や津波などの自然現象を起因とする評価シナリオの整備に取り組んだ。これにあたっては、機構も参加している OECD/NEA の EGOS (EGOS : Expert Group on the Operational Safety) で進めているハザードデータベースの開発のための調査などを通じて、自然現象に対する安全対策に関する海外の検討事例や、類似の原子力施設に対する学会標準あるいは評価事例に関する情報を収集した。</p> <p>こうした情報に基づき、処分場で放射性物質を扱う施設(高レベル放射性廃棄物の受入・検査・封入施設及び TRU 等廃棄物の受入・検査・封入施設など)において、自然現象(地震・津波)を起因として放射性物質が漏えいする可能性のある事象(内部事象)を特定し、自然現象と内部事象とが複合的に発生する可能性を考慮した様々な評価シナリオを網羅的に作成した。</p> <p>また、作成した評価シナリオを対象とし、設計への反映を目的とした原子力施設への適用例がある確率論的リスク評価を、地層処分施設に適用することについて検討を進めた。</p>	<p>4) 閉鎖前の安全性評価</p> <p>【中期的視点からの自己評価】</p> <p>閉鎖前の安全性評価においては、放射線安全上重要な放射性物質を扱う施設(高レベル放射性廃棄物の受入・検査・封入施設及び TRU 廃棄物の受入・検査・封入施設など)に対して、自然現象(地震・津波)を仮想的に想定し、放射性物質が漏えいする恐れがある事象を選定したうえで、自然現象と内部事象の複合事象などの評価シナリオを網羅的に整備するといった実践的な検討を通じて、閉鎖前の安全評価をより精緻化し今後の課題及び設計への反映事項を整理することができたものと評価している。また、確率論的安全評価の適用に関する検討に着手したことは、シナリオの発生可能性をより現実的に考慮して影響を評価するための方法論の構築に向けた重要なステップであると考えている。</p> <p>【今後の取組み】</p> <p>閉鎖前の安全性評価に関わる技術については、設計の最適化検討と連携して評価シナリオの詳細化と事象の発生確率の付与に関する検討を引き続き進めるとともに、確率論的リスク評価のための具体的な方法として他の原子力施設で適用されている方法の適用性に関する検討を継続する。また、こうした検討によって整備するシナリオや安全評価技術を具体的な設計仕様に対して適用し、有効性を確認する。</p> <p>技術開発の成果については、学会発表や学術論文の投稿、機構の技術報告書の公表などによって、地層処分技術の信頼性に関する情報発信に引き続き努めていく。</p>

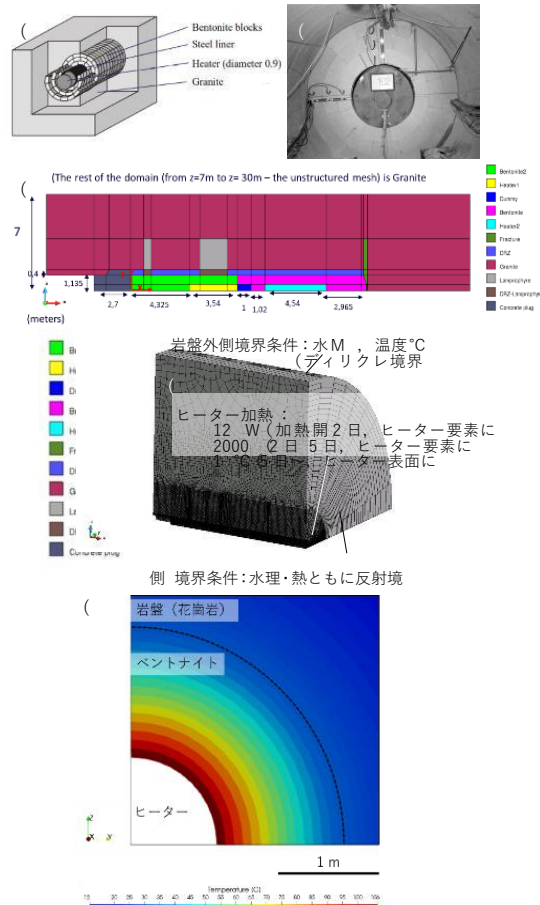
【技術開発④】 閉鎖後長期の安全評価

2021 事業年度計画	業務実施結果	自己評価・今後の取組み
III 地層処分技術への信頼を高めるための技術開発 3. 地層処分事業の安全性に対する信頼獲得に寄与する技術の体系的整備 (3) 閉鎖後長期の安全性の評価に関する技術の高度化		
	<p>閉鎖後長期の安全性の評価（以下、「安全評価」という。）に関する技術的な信頼性をより高めていくためには、閉鎖後の長期間にわたる処分システムのふるまいに関する科学的理解を恒常的に深化させ、これに基づいて安全評価上の保守性をより合理的に設定することを可能とするシナリオの詳細化や評価モデルの高度化、データセットの拡充を図っていくことが必要である。この目的に沿って、安全評価上重要な現象やプロセスに関し、国内外の関係機関や大学との共同研究を通じた実験室や原位置における試験を進めて知見を蓄積するとともに、これらから得られる結果を表現するための数理モデル（現象解析モデル）や処分システム全体の評価のためのモデル（システム評価モデル）の開発やデータの整備に継続して取り組んでいる。</p> <p>現象に即したシナリオやモデル、データを、不確実性に配慮してより直接的に安全評価に適用していくことで、安全評価における過度の保守性を排除し処分システムの安全機能をより現実に即してとらえることにより信頼性を高めていく。</p> <p>これによって、より好ましいサイトの選定や安全機能の高い処分場の設計に貢献する。</p> <p>また、安全評価ではシナリオの作成から解析ケースの設定、適用するモデルの選定と境界条件の付与、パラメータの設定、解析結果の評価・検討といった相互に関連する多様な作業を、品質を確保し一貫性をもって整合的に進める必要がある。こ</p>	

2021 事業年度計画	業務実施結果	自己評価・今後の取組み
<p>処分場の閉鎖後長期の安全評価に資するシナリオ設定に関して、地層処分システムの状態変遷を予測評価する解析技術の信頼性を一層向上させる。具体的には、処分場に生じる熱-水理-力学-化学的な連成現象について、共同研究等による原位置試験や室内試験を通じた数理モデルの開発とその妥当性の検討を継続的に進める。</p>	<p>うした一連の複雑な作業を適切に行うため、知識マネジメントへの取組み（【技術開発①】Ⅲ4. (3)2) 参照)の一環として、安全評価に関する作業を支援するための情報管理システムの開発を進めている。</p> <p>以下では、上記安全評価に関する主要な技術要素として、</p> <p>1)シナリオ構築、2)核種移行解析モデル開発、3)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、4)安全評価情報管理ツールのプロトタイプの作成について実施した結果について述べる。</p> <p>1)シナリオ構築</p> <p>シナリオの構築に資するため、以下のような様々な現象について実験的検討を進めている。</p> <p>i) 廃棄体からの核種溶出モデルの高度化</p> <p>ガラスの溶解現象について、JAEA との共同研究に加えて大学との共同研究を推進し、ガラスに接触する溶液の組成を制御して溶解挙動を調べるために室内試験を実施してデータを取得した。また、変質層によるガラスの溶解挙動への影響に関する根拠情報の整備を目的として、分子動力学シミュレーションにより変質層の分子構造を推定する手法の開発を進めた。ガラスの溶解挙動の評価に関する取組みについてはその成果を、米国セラミクス協会主催の国際会議（GOMD (Glass & Optical Materials Division) ANNUAL MEETING、2022年5月開催予定）に発表する予定である。</p> <p>ii) 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</p> <p>ニアフィールドの構成要素を対象とした変質挙動（鉄-ベ</p>	<p>1)シナリオ構築</p> <p>【中期的視点からの自己評価】</p> <p>シナリオをより現実的に構築するうえで重要なニアフィールド構成要素の相互作用による長期変質などを考慮した処分場の状態設定及び現象解析モデルの妥当性の確認に資する室内及び原位置試験データを蓄積し、安全評価の信頼性の向上に資する成果が得られたものと考えている。</p> <p>原位置実験のデータを用いた熱-水連成解析モデルの妥当性の確認を通じて、現在の緩衝材の設計上限温度（100℃）を超える条件における状態変遷を推定するための技術の整備を進め、処分場設計の柔軟性の向上に貢献することが期待できる。</p> <p>【今後の取組み】</p> <p>ニアフィールドを対象とした処分場の状態変遷に係る現象の理解に資する試験データを継続的に蓄積するとともに、これを反映したシナリオの構築と実データに基づく現象解析モデルの妥当性の評価を進める。</p> <p>処分場の閉鎖後からニアフィールドの再冠水に至るまでの</p>

2021 事業年度計画	業務実施結果	自己評価・今後の取組み
	<p>ントナイト相互作用、セメント-ベントナイト相互作用)に関する現象の理解を深めるために、JAEA との共同研究による長期の室内試験(試験期間:10年以上)を継続した。また、これらの変質挙動を取り扱うための現象解析モデルで考慮する必要があると考えられるプロセスについて、個別プロセスごとにそのモデル上の取り扱いに関する妥当性を確認するための取組みを進めた。</p> <p>セメント-ベントナイト相互作用については、変質鉱物の生成プロセスに関する室内試験データとモデルによる解析結果を比較し、試験方法と解析モデルの両面から改良を行いながら検討を進めている。</p> <p>鉄-ベントナイト相互作用については、【技術開発③】Ⅲ3.(2)1)①で述べた、スウェーデンのキルナ鉱山における国際共同プロジェクトと連携して検討を行っている。</p> <p>また、スイスのグリムゼル試験場(Grimsel Test Site, 以下「GTS」という。)において、ベントナイト緩衝材の温度を最高200℃とする条件で実施する原位置試験に基づき熱-水-応力-化学(以下、「THMC」という。)連成挙動に関する評価研究を行う国際共同プロジェクト HotBENT (High Temperature Effects on Bentonite Buffers) に引き続き参加し、処分場の閉鎖後から再冠水に至るまでの過渡的な期間を対象としたニアフィールドの THMC 状態変遷を取り扱うための解析技術の高度化に取り組んだ。2021年度は、原位置での加熱実験を開始し、原位置の温度やベントナイト中の水分量等のデータの取得を行った。また、HotBENTの実験結果を用いて、最高温度が100℃を超える THMC 連成現象の解析モデルの妥当性に関する検討を行う準備として、100℃以下の条件で実施された既往の原位置実験の結果を用いて TH 連成解析モデルの妥当</p>	<p>過渡的な期間を対象とした THMC 連成解析モデルの高度化については、2021年度に緩衝材の最高温度が100℃未満の条件における熱-水連成現象への適用の妥当性を確認した解析モデルについて、熱-水-化学連成現象に適用できるよう拡張するとともに室内及び原位置実験データを用いた妥当性の確認と必要に応じた改良を行う。また、GTSにおける HotBENT プロジェクトの原位置試験から得られるデータを用いて緩衝材の最高温度が100℃を超える条件における熱-水連成解析モデルの妥当性の確認と必要に応じた改良を行う。</p>

性の確認を実施した (図④-1)。本成果は米国原子力学会主催の国際会議 (International High-Level Radioactive Waste Management、2022 年 11 月開催予定) において発表する予定である。

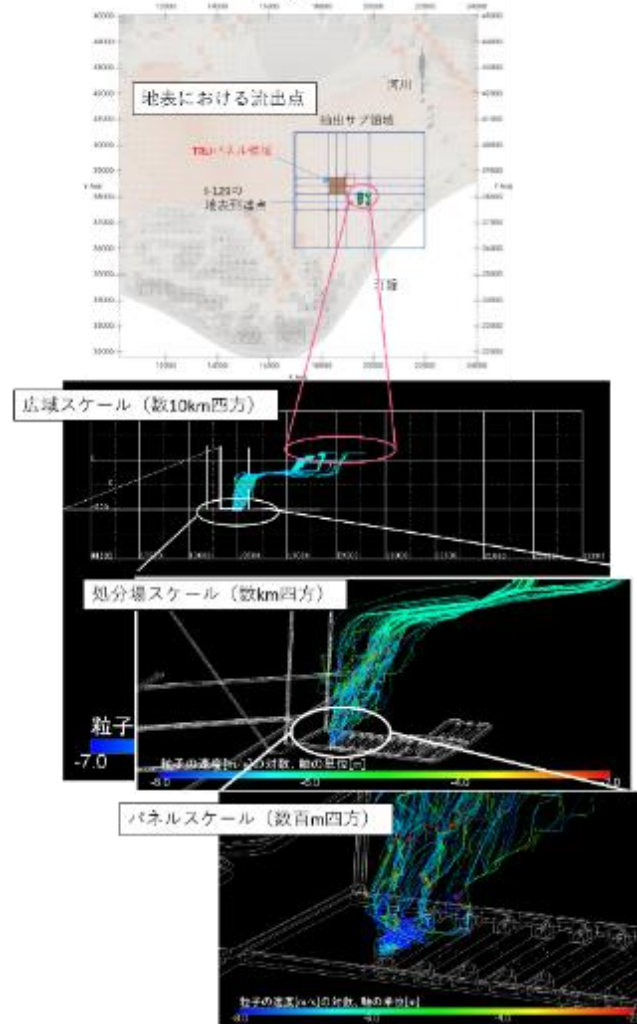


(a) FEB 原位置試験ヒーターレイ、(ヒーター配置写真 (試験
 { 三次元モデル材料配 (三次元モデルメッシュ
 (e) 連成解析例 (加熱 6 日時点の温度

図④-1 FEBEX (正式名称) 原位置試験を対象とした TH 連成解析の例

2021 事業年度計画	業務実施結果	自己評価・今後の取組み
<p>また、地下深部環境における核種移行評価技術の信頼性を一層向上させる観点から、原位置試験や室内試験を通じて、セメント系材料の影響によって緩衝材や処分場周辺の岩体に変質した場合の核種の移行挙動に関するデータを拡充する。更に、岩体の水理構造に関する様々な情報を反映した核種移行モデルの高度化に継続的に取り組むとともに、地下深部から生活圏に至る広域での核種移行評価技術の高度化を進める。</p>	<p>iii)コロイドの影響評価手法の高度化</p> <p>核種移行挙動に影響を及ぼす可能性のあるベントナイトコロイドのふるまいに関する理解を進めるために、JAEA との共同研究において、室内でのベントナイトコロイドの生成試験を継続し、生成条件の把握に資するデータを取得した。また、GTS において、ベントナイトコロイドの生成・移行挙動評価に関する国際共同プロジェクト CFM (Colloid Formation and Migration) に引き続き参加し、原位置試験によるベントナイトコロイドの移行に関するデータを取得した。</p> <p>2)核種移行解析モデル開発</p> <p>i)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構築</p> <p>現象の理解に基づき、地質環境条件や設計仕様を反映して、核種移行解析モデルをより現実的なものとして高度化するための技術開発を継続した。その一環として、TRU等廃棄物処分場における廃棄体近傍のセメント系材料の状態変遷を考慮したモデル開発を進めるため、室内試験により、溶脱及び温度の影響によりトバモライトに変質したセメント系材料中の物質移行挙動に関するデータを取得した。また、GTS におけるセメント系材料中の核種移行挙動評価に関する国際共同プロジェクト CIM (Carbon-14 and Iodine-129 Migration in Cement) に参加し、原位置における放射性同位体を用いたトレーサー循環試験の準備を進めた。</p> <p>ii)水みちの微細透水構造等を反映した核種移行解析モデルの高度化</p> <p>母岩基質部におけるマトリクス拡散挙動に関して、GTS で実</p>	<p>2)核種移行解析モデル開発</p> <p>【中期的視点からの自己評価】</p> <p>処分場構成要素とニアフィールド母岩中の地下水との相互作用による THMC 条件の変化やそれを考慮した核種移行現象に関する、より現実的なモデル化を進めるための知見を蓄積し、技術的信頼性の向上に資することができた。特にTRU等廃棄物処分場における廃棄体近傍のセメント系材料について、これまで保守的に単純化していた核種移行解析モデルを、より現実的な状態を反映したものとするための室内試験データを蓄積し、モデルの改良の準備を進めた。</p> <p>微細構造を考慮し詳細化した割れ目の核種移行モデルの妥当性の検討に用いる原位置試験データ (LTD) の取得準備を進めるとともに、割れ目ネットワークモデルについて既存の原位置試験データを活用した妥当性の検討を行うため、原位置試験の体系に沿った割れ目ネットモデルを作成し、モデルの解析結果と実測データの比較・評価の準備を整えた。これらにより、母岩中の核種移行解析モデルの妥当性確認の方法論の構築に向けて、計画通りに作業を実施している。</p>

2021 事業年度計画	業務実施結果	自己評価・今後の取組み
	<p>施される予定の原位置拡散試験に関する国際共同プロジェクト LTD (Long-Term Diffusion) に参加し、2020 年度に JAEA との共同研究により当該試験を対象とした予察解析を通じて設定した条件の下での新規の原位置トレーサー実験の実施に向けて、装置の設置を完了した。</p> <p>また、地下水流動解析モデルの妥当性確認のための方法論の構築を目的として、瑞浪超深地層研究所で取得された公開データに基づき、坑道周辺岩盤を対象に百 m 規模の空間スケールの割れ目ネットワークモデルを作成し、これを用いた地下水流動解析結果と実測値との比較を行った。一連の試行を通じて、坑道やボーリング孔で測定された調査データに基づく割れ目ネットワークのモデル化の考え方や方法の具体化を進めるとともに、割れ目による岩盤の水理学的な不均質性の再現性を向上させることができた。</p> <p>iii) 施設設計等を反映した核種移行解析モデルの高度化</p> <p>処分場の形状や母岩の不均質性を考慮しニアフィールドにおける現実的な核種移行評価のために開発し、包括的技術報告書で適用した三次元水理・物質移行解析モデル Partridge を用いて、地表を含む広域スケール (数十 km×数十 km 程度) に対応可能な解析手法を開発し、【技術開発】①Ⅲ3. (1)2) で開発を行っている四次元地質環境モデルに対して、廃棄体から地表に至る物質の移行について解析評価を実施した (図④-2 参照)。</p>	<p>地表を含めた広域スケールを対象とした、地質環境の時間変遷を考慮可能な核種移行解析モデルの構築に向けて、Partridge で取り扱うことのできる空間スケールを広域スケールまで拡張するとともに、別途開発している四次元地質環境モデル (【技術開発①】Ⅲ3. (1)2) 参照) や処分場閉鎖前・後の坑道周辺の水理場や化学場の変遷を取り扱うモデル (【技術開発③】Ⅲ3. (2)3) 参照) との統合について検討を進めており、サイトスペシフィックな安全評価を進めるための技術開発を計画通り実施している。</p> <p>【今後の取組み】</p> <p>処分場スケールに拡張した Partridge と、開発を進めている四次元地質環境モデル及び処分場閉鎖前の状態変遷に関するモデルを統合し、処分場の閉鎖前から閉鎖後の状態変遷を考慮した核種移行解析を実施可能とするように開発を進める。</p> <p>核種移行解析モデルの基礎となる個別現象やプロセスに関し、引き続き共同研究や国際プロジェクトへの参加等を通じて、室内及び原位置試験のデータを拡充するとともに、これを用いてモデル化の方法の妥当性に関する確認を進める。</p>



図④-2 処分施設の特徴を反映し、TRU等廃棄物グループ1の処分坑道から地表まで領域を対象とした粒子追跡解析（I-129の特徴を有するトレーサーを使用、最上段：地表、上から2段目：広域スケール、上から3段目：処分場スケールの一部を拡大、最下段：パネルスケールの一部を拡大）

2021 事業年度計画	業務実施結果	自己評価・今後の取組み
<p>加えて、核種移行評価を行うために必要となる核種の溶解度、吸着・拡散等の核種移行パラメータに関しては、データの拡充に努めるとともに、サイト調査の結果を踏まえた特定の地質環境条件においてこれらのパラメータを適切に設定する手法の構築に継続的に取り組む。</p>	<p>また、核種移行解析におけるパラメータ設定の前提条件となる化学場の変遷について、処分場で用いられるセメント系材料に含まれる高アルカリ成分による、母岩中の地下水の化学組成への影響を評価するために、上記の核種移行解析モデルと同様に処分場の形状や母岩の不均質性を考慮可能な反応輸送解析手法を開発した。</p> <p>3) 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</p> <p>i) 廃棄体の放射能インベントリの推定手法の高度化</p> <p>使用済み燃料の燃焼履歴や再処理プロセスの運用状況等を考慮した廃棄体の放射能インベントリ分布推定のための方法論の構築を開始し、ガラス固化体と TRU 等廃棄物グループ 2 (ハル等圧縮体) を対象として放射能インベントリの分布の推定に関する試行を進めている。</p> <p>ii) 想定される様々な地質環境を対象とした核種移行パラメータの設定に資するデータの拡充</p> <p>地下水の化学的条件により吸着性が影響を受けやすいアクチノイド元素等について、核種移行解析において地質環境の不均一性や時間変遷を反映したパラメータの設定が可能となるような吸着分配係数モデルの検討に取り組んだ。また、包括的技術報告書で課題として抽出された、高炭酸化学種濃度条件の地下水に対して適用可能なウラン (U) の吸着分配係数モデルを大学や JAEA との共同研究を通じて改良した。</p> <p>JAEA との共同研究において、処分環境 (温度状態やセメント系材料に起因する高アルカリ環境など) を反映した溶解度や吸着分配係数などの核種移行パラメータ設定に関する信頼性を向上させるため、室内試験によるデータの拡充を行った。</p>	<p>3) 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</p> <p>【中期的視点からの自己評価】</p> <p>廃棄体の放射能インベントリについて、使用済み燃料に関する諸情報のばらつきを考慮して、実態に即した放射能インベントリの分布を設定する手法の整備を進めることにより、処分場閉鎖前及び閉鎖後の安全性評価の前提条件の信頼性向上に資することができた。</p> <p>核種移行パラメータについて、共同研究における室内試験データを拡充し、包括的技術報告書で課題となっていた高炭酸化学種濃度条件の地下水に対するウラン (U) の吸着分配係数モデルを改良し、安全評価における過度の保守性を排除するうえで有益な成果であると評価している。</p> <p>共同研究を利用し、想定される様々なサイト環境条件の空間的不均質性や時間的変遷を反映して核種移行パラメータを設定する方法論を構築するためのデータを取得し、より現実に即した安全評価の信頼性向上に寄与する成果が得られた。</p> <p>生活圏評価において重要となる土壌の分配係数について、量研機構との共同研究により引き続きデータ取得を行うとともに、2020 年度に作成した試験のための手順書について専門家のレビューを受けその妥当性が基本的に確認された。これにより、品質を確保して必要なデータを取得することが可能となる</p>

2021 事業年度計画	業務実施結果	自己評価・今後の取組み
<p>また、こうしたモデルを適用した地層処分システムの状態変遷の予測結果やその発生の可能性等の根拠情報に基づくシナリオの設定プロセスを支援するためのツールの整備に取り組む。これによって、シナリオの設定に関する追跡性を高め、現象に関連する様々な専門分野の専門家の協働によるシナリオ設定の信頼性向上</p>	<p>これらの取組みについては、日本地球惑星科学連合 2022 年大会（2022 年 5 月開催予定）の招待講演にて発表する予定である。</p> <p>iii) 様々な生活圏の評価に係るデータの拡充</p> <p>国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構放射線医学総合研究所（以下、「量研機構」という。）との共同研究において、生活圏評価で重要となる核種に対し、移行パラメータである土壌の吸着分配係数の取得を継続した。さらに、2020 年度に作成した、土壌の吸着分配係数を取得するための試験手順書について、保健物理学会に設けていただいたレビュー委員会で検討した結果、基本的に妥当なものであるとの結論を得た。</p> <p>4) 安全評価情報管理ツールのプロトタイプ作成</p> <p>閉鎖後長期の安全評価に関する知識・情報の確かつ効率的な管理の実施、及び安全評価の作業の品質管理の支援を目的として、閉鎖後長期の安全評価に係るシナリオ構築からモデル・データ設定、解析評価に係る一連の情報や知識について、相互の関連性を電子的に捉えたいうえで知識モデルとして整理し、それらの情報・ノウハウの利用、変更管理を的確かつ効率的に実施することを可能とする管理ツール（以下、「安全</p>	<p>とともに、複数の機関で分担して取得する際にも品質をそろえることが可能となることから、安全評価の信頼性に貢献する成果であると評価している。</p> <p>【今後の取組み】</p> <p>ガラス固化体の放射能インベントリについて、設定に用いる使用済み燃料のデータを拡充するとともに設定の試行を進め、2021 年度に作成した手法を引き続き高度化する。また、TRU 等廃棄物グループ 1（廃銀吸着材）、グループ 3（硝酸塩含有廃棄物）、グループ 4（雑固廃棄物）を対象とした放射能インベントリ設定手法の開発を行う。</p> <p>JAEA との共同研究における核種移行パラメータに関するデータ取得については、安全評価において算出される線量への寄与が大きい元素の優先度を上げ、不確実性の把握も含めて試験を継続する。</p> <p>土壌の分配係数の取得に関しては、量研機構との共同研究によってデータの拡充を継続するとともに、データ取得試験の手順書に関する専門家のレビューコメント踏まえ、手順書を改善し品質保証の観点から技術的な信頼性の向上を図る。</p> <p>4) 安全評価情報管理ツールのプロトタイプ作成</p> <p>【中期的視点からの自己評価】</p> <p>安全評価情報管理ツールのプロトタイプを作成したことにより、安全評価に関する知識管理や品質管理を支援するための方法を具体的に実現するとともに、モデルの改良やデータの拡充に応じた適切な変更管理を実施していくための基盤として寄与することが期待できるものと評価している。</p>

2021 事業年度計画	業務実施結果	自己評価・今後の取組み
<p>に資することが可能となる。</p>	<p>評価情報管理ツール」という。)のプロトタイプを開発した。</p> <p>閉鎖後長期の安全評価に関する情報・知識の構造化にあたっては、①処分場の長期的状態変遷を記述したストーリーボード作成と、②解析モデルやそれに関連する情報を表現した評価フローを中核とし、それぞれに適した知識表現を検討したうえで、安全評価に関する知識・情報が整理されるよう設計した。また、知識モデルに組み込まれている知識や情報の変更管理及び関連する情報の追跡が可能となるように設計している。</p> <p>上記ツールを用いて、包括的技術報告書の安全評価に関する知識・情報を相互に結び付けた知識モデルの構築を進めた。</p>	<p>【今後の取組み】</p> <p>作成した安全評価情報管理ツールのプロトタイプを用いて、包括的技術報告書で実施した閉鎖後長期の安全性評価に関する知識・情報を知識モデルに整理する作業を継続して進めながら、必要に応じて機能拡張等の改良を行う。</p>

以上