

－2020 事業年度業務実施結果に対する評価・提言－ (2) 技術開発

■はじめに

評議員会は、2020 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、機構の技術開発と文献調査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）を設定し、「Ⅲ 1. (4) 長期に亘る事業展開を見据えた検討及び情報収集」、「Ⅲ 2. 「包括的技術報告書」のレビューへの的確な対応を通じた技術的信頼性の更なる向上」、「Ⅲ 4. (1) 技術マネジメントの一層の強化」及び「Ⅲ 4. (2) 諸外国との連携を通じた技術力の強化、国際貢献」を一つの評価カテゴリー「技術マネジメント」として分類した。また、「Ⅲ 1. (2) 処分場の設計と工学技術の開発・改良」と「Ⅲ 3. 処分場の設計検討」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①から⑤を設定した。

それぞれの評価カテゴリーに属する業務毎の実施結果と自己評価を参考に、昨年度同様、中期的な視点に立って評価・提言を実施するとともに若手職員の説明機会を設けたうえで、状況の変化に応じた業務の拡大に伴う評価対象の多様性や深化に対応するため、技術開発評価委員会（以下、「評価委員会」）の開催にあたり改善点として、

- ・十分な時間をかけた情報・意見交換（3月24日（昨年度詳細な情報交換が必要と判断した課題を若手が説明）と4月14日（各課題の全体像をマネージャークラスが説明）の二回開催）
- ・双方向の対話を重視（議論のための十分な時間の確保）

に留意した。

| 事業計画（変更） 目次 | 評価カテゴリー | |
|---|---|---|
| I 文献調査対象自治体における文献調査の円滑な実施に向けた取組み | 評価カテゴリー① 「文献調査計画」の提示と調査の着手 評価カテゴリー② 技術マネジメント 評価カテゴリー③ 地質環境の調査・評価 評価カテゴリー④ 処分場の設計と工学 評価カテゴリー⑤ 閉鎖後長期の安全評価 | |
| 1. 「文献調査計画」の提示と調査の着手 | | → |
| Ⅲ 地層処分技術への信頼を高めるための技術開発 | | → |
| 1. 「中期技術開発計画」に基づく計画的な技術開発を通じた技術力の一層の充実 | | → |
| (1) 地層処分に適した地質環境の選定及びモデル化技術の高度化 | | → |
| (2) 処分場の設計と工学技術の開発・改良 | | → |
| (3) 閉鎖後長期の安全性の評価 | | → |
| (4) 長期に亘る事業展開を見据えた検討及び情報収集 | | → |
| 2. 「包括的技術報告書」のレビューへの的確な対応を通じた技術的信頼性の更なる向上 | | → |
| 3. 処分場の設計検討 | | → |
| 4. 業務品質の向上、効果的な人材育成等に係るマネジメントの一層の強化 | → | |
| (1) 技術マネジメント力の一層の強化 | → | |
| (2) 諸外国との連携を通じた技術力の強化、国際貢献 | → | |

■評議員会による評価・提言（技術開発）

1. 全般的な評価・提言

北海道の2自治体における文献調査の計画を提示して調査に着手するとともに、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、5つのカテゴリーに関して所定の成果を上げているものと評価する。特に、地質環境の調査・評価、閉鎖前の安全評価を含む処分場の設計・工学技術、及び閉鎖後長期の安全評価の技術開発においては、分野間の連携の仕方や目標に向けた成果の統合の進め方を明確にしながら取り組んでいる点は適切である。

昨年度の経験を踏まえ、本年度は評価委員会における質疑応答に十分な時間をとれるように設定されたことは妥当なものといえるが、評価委員会における機構の説明については、技術的な議論の質を一層向上させるため、簡潔な骨子を手短に紹介した後で詳細を説明するなど、さらに工夫と改善を期待したい。

改訂された包括的技術報告書を活用しつつ地層処分技術に係る情報や技術開発成果を社会に一層発信していく際には、簡潔なフローチャートやスケジュール表なども活用しつつ、俯瞰的なプレゼンテーションを心掛けるとともに、各分野のリーダーは、広い視野と重厚な技術力を養成することが重要である。実績を積み重ね説明能力を向上させることにより、機構技術部門が“学習する組織”から“対話する組織”へさらに進化することは、今後の全国各地での説明や文献調査対象自治体などでの説明において大変重要である。

2015年度の評価委員会において、地下水シミュレーションの精度検証が課題であると評価されたことを受けて、機構は委託を活用することに加え、自前の計算機器と国際的に実績のある解析コードを導入し、職員自らが解析業務を実施する能力の向上に取り組んだ。2019年度の評価委員会に加え、今年度の第1回評価委員会において、その取り組み状況を確認し今後取り組むべき課題を議論することができた。今後の評価委員会において、引き続き取り組み状況を確認することが重要である。こうした課題の詳細については、「2. 評価カテゴリーごとの評価・提言」の「（3）評価カテゴリー③」の「3）機構職員による地下水流動・物質移行解析（PFLOTRAN）の実践」及び「4）機構の地下水シミュレーション」に示す。

2. 評価カテゴリーごとの評価・提言

（1）評価カテゴリー① 「文献調査計画」の提示と調査の着手

北海道の2自治体における文献調査の初動あるいは立ち上げについては順調に行われたものと評価する。これは、文献調査開始以前に、日本全国を対象としたジェネリックな準備を周到に行っていた成果であると評価する。評価委員会は、現在までの機構のこれらの進め方を支持する。

調査当初に決めた基本的な進め方や個別の実施内容など、これまでの機構の進め方には、検討に必要な柔軟性や多面的な視野などがうかがえ、高く評価する。今後は、これまでの機構の進め方に沿いつつ、個別地点の状況を踏まえて、適切に対応していくことが必要になると考えられる。

委員会で示された多くの文献情報は既存の一般的なデータから抽出したものであり新規性はない。学術論文も含め、公開され、広く利用されている情報・データを文献調査の目的に沿って適切に抽出・整理することが重要である。そのプロセスについては、第三者のレビューを受けるといったことも有効と考えられる。

文献調査から次の概要調査に移行する際の評価について、考え方などを整理しておくことが重要である。この際、最終処分法に定める文献調査で評価する要件に加え、技術的な観点や経済社会的な観点からの検討結果がどのように考慮されるのかを、文献調査で得られた知見をもとに説明することは、対話を進めていくうえで重要であると考えられる。

寿都町、神恵内村に「対話の場」を設置、現地に拠点を開設して職員が勤務しているとのことであるが、最前線の経験豊富な職員と若い職員と一緒に

活動を行って次世代に経験・能力を引き継ぐように活動を進めてほしい。現地での対応にあたっては、住民との長い信頼関係を築くことが重要であり、経験豊富な機構や関係研究機関のOBの協力を得るということも一案ではないか。

(2) 評価カテゴリー② 技術マネジメント

外部レビューに対応して改訂した「包括的技術報告書」を公表するとともに、様々な機会を利用し技術開発成果の公表を積極的に行っており高く評価する。学会やセミナーなどで情報提供した際にどのような意見をいただいたかは評価・提言を行ううえでも参考になることから、それら意見の要約を評価委員会においても提示されることを期待する。

包括的技術報告書は専門家を対象としていることを考慮して、地層処分の安全性を説明するための考え方やそれが国際的に確立されてきた経緯、包括的技術報告書の役割などについて、平易に解説した冊子「なぜ、地層処分なのか」を同時に公表しており、今後の取組みに的確に活用できるものと期待できる。ただし、「なぜ、地層処分なのか」の中では、わが国の検討状況については第2次取りまとめ以降の記述が中心に説明されているが、それ以前の検討状況も含めて整理しておくことが望ましい。

サイトを特定しない段階の取り組みとしての包括的技術報告書は、全国を対象とした自治体の新たな応募に向けた理解促進においても情報源や技術的根拠として重要な役割を果たすものである。文献調査における現地での対話活動や、全国各地での対話型説明会でも、冊子「なぜ、地層処分なのか」の活用も含め、安全確保の核心を平易にわかりやすく示す手法の検討を進めてほしい。その際、知識マネジメントの活動の一環として取り組んでいる討論モデルについても、機構内部の整理ツールとしてだけでなく、外部への情報発信のツールとしての活用も視野に入れて検討してほしい。

一昨年度導入した中期技術開発計画における各取り組みの相互関係図を活用し、中期的な視点から事業の展開に即した情報収集が進められている。それらは業務の品質管理や中長期的な事業展開を見据えた人材確保・育成に効率的に反映され、現場での安全管理や品質管理のスキルを習得する実体験の機会を増やすなど適切に進められていると評価する。ただし、外部に委託・発注する作業の品質管理においては、管理の空洞化をまねかぬよう、絶えず“質”への目配りに留意することが重要である。

技術マネジメント力については、一層の強化が図られていると認める。特に、暗黙知の形式知化は重要であり、これまでの日本原子力研究開発機構（以下、JAEA）等の成果を踏まえ、現状において適切に進められている。また、環境への配慮に関する取組みについても、自主的に進めており、高く評価できる。地域との対話を進め、また、他の公共事業での実施方法やその課題を踏まえてそれらに携わった他機関の協力を得るなど、地域に根差した事業を、限られた人員の中でも効率的に進めるように努力してもらいたい。海外情勢についても大変参考になる事例があるので、段階の進んだ国の国際レビューを収集し検討してほしい。

(3) 評価カテゴリー③ 地質環境の調査・評価

中期技術開発計画に対応した、自然現象の発生とその地質環境への影響の予測、ボーリング掘削や調査に係る一連の技術、地質環境特性に係る知見の拡充について、若手の育成にも配慮し適切に進められており、今後も引き続き継続していくことを期待する。処分場設計と安全評価との連携を念頭に置いて技術開発を進める考えを明確に持っている点は非常に良い。なお、閉鎖後安全評価の「地質環境及びそれに伴う生活圏の変遷」を考慮することについて、「生活圏」という言葉は、将来の人間の生活様式を踏まえた線量評価の対象となるものであり、四次元地質環境モデルの開発では人間の生活様式は取り扱っていないことから、生活圏の意味について混乱のないように用語については注意することが必要である。

自然現象の将来予測については、概念モデルの作成と、解析ツールの整備という2つの側面があり、後者は結果が判りやすいが、前者は概念であるた

め、なかなか成果が見えにくい面がある。しかし、重要なのは前者であり、地質環境のデータは前者の概念を支える基盤である。この基盤情報が、上述の知識マネジメントシステムを活用して、整理されることを提言する。また、地形や気候変動を考慮した地下水流動解析の初期条件・境界条件の設定に関する妥当性を示すことが重要である。

一般に、可能であれば、地下水の動きに基づく物質の移動が移流・分散で支配されている場所や岩体よりは、拡散場となっている場所や岩盤に処分することが放射性物質の閉じ込め能力という観点では望ましいと考えるが、その場が拡散場であることを確認するための技術や評価法（動きが極めて緩慢な条件）を開発するとともに、塩水環境であったらどのような問題が生じるかを考え、それに対応できる処分方法を検討し、必要な技術開発を優先的に行うことが重要である。特に、地下水モニタリング技術やボーリング孔の閉塞技術、ボーリング孔での断層変位・間隙水圧・地震波等の観測技術等の機器開発に係る検討については、開発の目的や日本への適用性、開発成果の妥当性等について、明確に説明できるように準備しておくことを提言する。

～情報・意見交換（3月24日実施）における詳細な情報提供に基づく意見・提言～

1) 地質環境から生活圏への放射性物質の流出点（GBI）としての河川とその変化

このテーマは、特定地域の将来予測ではなく、一般論として、地殻変動（地質構造発達史）などによる将来にわたる地表環境への影響を河川のふるまいの観点から検討することを目的としたものである。既往の多くの関連研究領域の境界であるものと理解し、地層処分事業に伴う環境の問題への取り組みや生活圏の評価の課題にも関連させつつ今後の検討を進めることを期待する。

最終的には、候補地点における将来予測を行うことになるはずであるから、それに備えて、解析上不可欠な入力情報は何かを事前に把握し、それを文献調査や概要調査で確実に入手できるかどうかを意識することが重要である。例えば、平均侵食速度は、河川争奪を含む地表水系の変遷では重要な入力パラメータと考えるが、概要調査で具体的に数値を得るには、どのような手法（例えば、宇宙線生成核種 Terrestrial Cosmogenic Nuclides：TCN、ダム堆砂速度等）があるのか整理して、グループ間で情報共有して備えておくことを提言する。

2) 自然現象に関する確率論的評価

包括的技術報告書などで示されているように、これまでの確率論的評価では、例えば、活断層の発生頻度はわが国の全国スケールの情報から評価していた。処分場の長期間における安全性に著しい影響を与える可能性のある自然現象に対する発生確率の必要性は理解するが、その影響を包括的技術報告書で適用している線量/確率分解アプローチによって評価するのであれば、機構としては確率そのものを、どこまで評価するのが妥当なのか、より深い議論をすべきである。また、火山、活断層に加え、深部流体の流入にも着目したのは良い判断である。

火山や断層、さらには深部流体に関係して、想定外の事態あるいは稀頻度事象シナリオという非常に観念的な問題を考えなければならないことから、確率論的アプローチの検討は今後も粘り強く議論を続けることが重要である。

長期的に可能性の低い事象が仮に発生した場合の技術的対応可能性についても、今後も粘り強く議論を続けることが重要である。

3) 機構職員による地下水流動・物質移行解析（PFLOTRAN）の実践

計算コード（PFLOTRAN など）を実際に動かし、そのコードの特性に精通することは非常に重要なことであり、計算の品質確保上からも不可欠と考える。その際、コードを動かすことと同時に、コードの入力データをどう考えるのか、という観点も重要である。

机上演習で実施している沿岸部立地の検討にあたって重要になる密度流の解析は多くの成果が期待されるものであり、評価委員会も関心をもっている。また、各パラメータ間、各パラメータと評価指標の間の相関を求めて、重要因子を抽出し、調査にフィードバックすることを解析の目的としているが、具体的にどのように利用するのかさらに検討を続けてほしい。

4) 機構の地下水シミュレーション

機構が技術開発を行ううえで、過去の経緯や成果を十分に把握し、また関連する分野の技術開発の状況を俯瞰することが重要であり、これは解析による評価においてもそうである。

一般論として、シミュレーションに関する技術開発では出力結果の読解能力が適正化や効率化の重要な鍵であり、個人としての能力を高めるとともに「チームでの対話」の仕組みを利用することも有効である。こうした対応により、問題の早期発見・早期解決に導くことも可能となる。例えば、専門家とのコミュニケーションをチームとして進めることによって、着目すべき論点を明確にしつつ課題に対処することが期待できる。読解能力を高めるためには、シミュレーション全体（仮定やモデル化の考え方、パラメータの設定など）を俯瞰した理解とそれに基づく出力の説明を行う能力を養成することが重要である。

複数のコードの比較計算によって、並列化など機構が開発したコードの精度の確認を行う場合には、誤差評価が行われており様々な分野で実績を有する計算コードを可能な限り利用することを提言する。こうした地下水シミュレーションのコードの比較計算では、コードによってモデルの考え方や計算の仮定の仕方、パラメータや境界条件の与え方などが異なることがあることから、予め十分に確認することが重要である。

(a) 精度保証の重要性の認識

機構が取り組む安全性の評価では、さまざまな現象に地下水が関与する。一般的には地下深くに設置された処分施設の近傍では、地下水の動きは遅く、また、割れ目のような空隙を選択的に流れていると考えられる。この領域では、こうした地下水の流れを律する相対的に規模の小さい空隙を適切に取り扱う必要がある。また、処分場を構成する人工バリア材などと地下水の化学的相互作用により、水理学的な変化と地下水の地球化学的变化の関連性にも注意する必要がある。こうした水理と化学の複雑な連成現象については、条件に応じて実験によりデータを補充することなども可能であり、これまでに進められている技術開発を継続し精度の向上を図っていくことが重要である。空間的に大領域のシミュレーションでは、解析モデルや入力データに含まれる仮定と近似に伴う計算上の不確実性を適切に扱うことが非常に重要である。

将来想定される許認可などにおいては、多数の使用実績と徹底した情報開示に加え、国際的な信用を確立したコードが適用されることも考慮し、事業者自身が十分に準備することが必要である。

(b) “流れ”の計算結果に関する説明の重要性

核種移行の場を与える地下水流動の計算では、核種移行解析結果を理解するうえで“流れ”がどのようなになっているのかを理解することが重要である。このため、地下水の流れの計算結果を水頭分布だけでなく、流れベクトル図などを用いて十分に説明することを提言する。

(4) 評価カテゴリー④ 処分場の設計と工学

安全性、工学的成立性、経済的合理性といった設計上の因子に基づく目標設定が明確に示されたうえで技術開発が行われ、着実に進展している。例えば、オーバーパックスの代替材料の検討では、上記3つの目標のうち、後者2つについてはこれまでに確立している工学技術の分野における設計の方法論や、コスト評価の方法論を適用することが基本的には可能である。これに対し、安全性、特に閉鎖後の長期安全性については、これまで経験のない長期間にわたる腐食速度の評価法が不可欠であり、これは科学的専門知識に基づき十分な客観性をもったものとして確立されることが求められる。このため、腐食に関する学会に検討をお願いして進めるとするのは非常に良いアプローチである。

長期腐食速度に関する評価法を確立する一方で、こうした評価に基づけば処分場に埋設したオーバーパックスの腐食が現実的にはどのように進むかにつ

いて理解を深めることが必要である。これにより、安全評価において、すべてのオーバーパックが処分場閉鎖後 1,000 年で同時に物理的な閉じ込め機能を失うとしている極端に保守的と考えられる仮定についても、より実際に即して一般の方々に説明できるようにしておくことが重要である。

微生物影響に関する技術開発については、自然界では硫酸還元菌のような独立栄養細菌の周囲には従属性の細菌も存在し、ローカルな生態系を作っていることから、栄養塩の供給（物質移動）なども含め、微生物活動を律速する過程を整理しておくことも必要となる。また、処分坑道の閉鎖にあたっては、好気性細菌と嫌気性細菌が存在すると考えられるが、閉鎖後、場の状態が時間的に変化することを考慮して、これらの細菌の存在可能性や活動可能性に関する知見を増やしていくことが望まれる。

工学技術の技術開発における検討項目は、多岐にわたる多数のものとなっていることから、これらに関する多大な成果を俯瞰的に把握することができるように、過去の開発経緯も含めて整理することを提言する。過去行われた研究の理解が希薄にならぬよう、過去の資料もたえず最新の知見と照らし合わせて確認することが重要である。特に国内独自の技術検討のうち現時点でも活用可能な成果は貴重であるから知識として蓄積・管理・継承することを提言する。カテゴリ②技術マネジメントにおいて作成している中期技術開発計画における各取組みの相互関係図を基礎として、過去の成果の蓄積を開発テーマの由緒とともに技術開発の流れとして見える化することで、今後の技術開発の方向性も理解が容易となり、説明力が増すと考えられる。

(5) 評価カテゴリ⑤ 閉鎖後長期の安全評価

本カテゴリにおいてもカテゴリ④で提案した過去の開発経緯の整理を行うことを提言する。こうした技術開発の経緯は、様々な機会に、国際的にも発信していくべきと考える。

閉鎖後長期の安全評価業務の性質上、コンピュータによる数値解析が大きな比重を占めるため、機構職員が自ら解析業務の根幹となる部分の理解を深めるといふ活動は非常に有意義であり、品質確保の観点からも望ましい進め方である。

技術開発の目的として、処分場設計の最適化を行うために、より現実的な核種移行解析に基づく安全評価を目指すとの考え方は理解できる。しかし、こうした現実的な核種移行解析では解析自体が複雑になり、不確実性への頑健性の低下や結果の解釈が容易ではなくなる可能性がある。このため、複雑な解析結果の本質を見極め、安全性との関連性を明確にして説明できるようにすることが必要である。こうした説明に対する信頼性を向上させるには、高度な解析と併せて現象の概要を端的に把握できる簡易なモデルなどを活用するといった多面的な議論が重要となる。そのための技術開発にも注力することを提言する。

解析コードの結果を比較する場合は、各々のコードの結果の違いが何に依るかを分析すること、このために現象を取り扱うモデルの考え方の違いを十分に理解することが重要である。

関係研究機関や大学などとの共同研究などを活用して、個々の技術開発項目について、最新知見が着実に得られつつある。それらを俯瞰し統合する立場にある機構は、個々の研究テーマの相互の関連性を考慮し、横断的な視点で今後の研究開発をリードしていくことが重要である。例えば、セメント・ベントナイト相互作用、ガラスの溶解挙動及びベントナイトコロイドの挙動など、近傍に存在する地下水を介して密接に関連していることに着目することが重要である。なお、緩衝材の再冠水の評価における気液二相流の解析については、気相の押し流し効果に加え、溶存過程を考慮している。ここで、溶存過程については、上流の地下水の溶存ガスが溶解度以下になっていることも、その温度及び共存塩の影響とともに留意する必要がある。

～情報・意見交換（3月24日実施）における詳細な情報提供に基づく意見・提言～

1) 委託を活用したランダムウォーク粒子追跡解析（Partridge）モデルの高度化と解析モデルの妥当性の確認に向けた計画

Partridge は、拡散場である緩衝材を含む人工バリアと割れ目媒体の母岩から構成されるニアフィールドシステムにおける物質移動を一体的に解析することを可能とするため、ランダムウォーク法を適用して分子拡散を取り扱っているが、解析結果を、物理量として計測される多孔質体中の分子拡散現象に関する試験データと比較することなどによって確認しておくことが重要である。ランダムウォーク法については、亀裂媒体中の非収着性トレーサーの物質移行解析ツールとして利用することは良いとしても、広く物質移行モデルに適用する考えがあるならば、この方法の限界、例えば、非線形な収着を取り扱えない、解析しようとする場が既に汚染している場合には、それを初期条件として計算を行うためには数値計算上の手続きが煩雑になる、などを踏まえたうえで、上記 Partridge 開発の目的に照らしたモデル開発戦略上の得失を説明することが重要である。

また、これまでの研究例で示されたデータや知見に基づいて、割れ目ネットワークにおける物質移動メカニズムとして移流・分散、マトリクス拡散及び岩盤への収着（線形）を考慮してモデルを構築することが妥当であることを説明できるようにしておくことが必要である。

解析スケールをニアフィールドスケール、パネルスケール、処分場スケールと拡大するとしているが、そのスケール間でどのように水理・物質移動の解析結果を接続するのか、その妥当性を説明できるようにしておくことも重要である。

以 上

－2020 事業年度業務実施結果等にかかる機構からの説明－ (2) 技術開発

<目次>

| | |
|---------------------|-----------|
| ○業務実施結果・自己評価・今後の取組み | ・・・ 2～32 |
| ・評価カテゴリー① | ・・・ 2 |
| ・評価カテゴリー② | ・・・ 3～10 |
| ・評価カテゴリー③ | ・・・ 11～17 |
| ・評価カテゴリー④ | ・・・ 18～25 |
| ・評価カテゴリー⑤ | ・・・ 26～32 |

【評価カテゴリー①】「文献調査計画」の提示と調査の着手

| 2020 事業年度計画 | 業務実施結果 | 自己評価・今後の取組み |
|---|--|---|
| I 文献調査対象自治体における文献調査の円滑な実施に向けた取組み | | |
| 1. 「文献調査計画」の提示と調査の着手 | | |
| <p>調査の手順、収集する文献、評価の概要のまとめ方等を「文献調査計画」として取りまとめ、文献調査対象自治体の皆さまにご協力をいただきながら、最終処分法に定められた断層活動、火山・火成活動等に関する要件についての調査・評価等を行う文献調査を実施する。この際に、「対話の場」等を活用し、地層処分事業や文献調査の結果等に関する分かりやすい情報提供及びきめ細かな対話活動を進める。</p> <p>また、文献調査対象自治体の周辺地域や所在都道府県においても、地層処分事業に関して更に深く知っていただけるよう、地域の声を踏まえつつ、情報提供及び対話を行う。</p> <p>なお、事業の進展等に伴い必要となる場合は、本事業計画を改定する。</p> | <ul style="list-style-type: none"> • 文献調査への応募あるいは申し入れ受諾を受けて、寿都町及び神恵内村における文献調査の実施見込みを 2020 年 10 月に確認した。 • 寿都町及び神恵内村について、「文献調査計画」を作成し、年度事業計画変更の認可日（11 月 17 日）を以て文献調査を開始した。 • 「文献調査計画書」を基に、文献調査結果を報告書として取りまとめるまでの作業の構成、全体の工程を検討するとともに、膨大な文献・データの幅広い収集、多量の情報の効率的な整理を通じて機構作業を支援するために委託を発注した。 • 主要な文献・データを順次収集し情報を整理して、最新知見の概要の把握を進めるとともに、委託を活用して収集すべき文献・データの詳細な候補リストを作成した。 • 機構ホームページ「文献調査の状況」頁のコンテンツ作成や「対話の場」等での分かりやすい技術資料案の検討を進めている。 | <p>【自己評価】</p> <ul style="list-style-type: none"> • 文献調査の開始に向け、強化を図ってきた専任グループ体制に速やかに移行するとともに、必要な資料作成や手続きを、品質を確保した上で、関係各所と調整しながら実施し、正式に文献調査に着手（年度事業許可）することができた。また、文献調査開始後に、必要な委託を発注することができた。 • 文献調査全体を俯瞰して、作業の構成や全体の工程を整理し、調査を進めるための準備を整えることができた。 <p>【今後の取組み】</p> <ul style="list-style-type: none"> • 2021 年度前半に「文献・データの収集と情報の抽出」を実施し、後半においては「最終処分法に定められた要件に照らした評価に必要な基礎資料の作成」、引き続き「要件に照らした評価」、「報告書の作成」に関する作業を、活断層、噴火などの分野ごとに並行して進める。 • 「文献・データの収集と情報の抽出」においては作成した詳細な収集候補リストを用い、機構作業で把握した最新の知見の概要を核として、「要件に照らした評価」に必要な情報を明確にしたうえで、その抽出、整理を進める。 • 引き続き、ニーズを踏まえた、適時、適切な情報の発信、技術資料の作成などを進める。 |

【評価カテゴリー②】技術マネジメント

| 2020 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 | | |
| 1. 「中期技術開発計画」に基づく計画的な技術開発を通じた技術力の一層の充実 | | |
| (4) 長期に亘る事業展開を見据えた検討及び情報収集 | | |
| <p>今後のサイト調査段階におけるセーフティケースの更新に向けた準備として、地層処分事業の先進諸国のセーフティケースの最新状況や規制基準の整備状況等に関する情報収集を行う。また、OECD/NEAが進めている規制基準の情報収集に関するプロジェクト（RIDDD: Expert Group on Building Constructive Dialogues between Regulators and Implementers in Developing Disposal Solutions for Radioactive Waste）への参加を通じて、処分場の立地要件や工学設計要件等の規制基準設定に関する情報を収集する。更に、国内における中深度処分事業に関する規制基準の整備動向等についても継続的に情報収集を行い、必要に応じて関係省庁との情報交換を通じて今後の規制対応に関わる環境整備に取り組む。</p> | <p>先進諸国のセーフティケースの最新状況に関する情報収集については、「4. 業務品質の向上、効果的な人材育成等に係るマネジメントの一層の強化」の「1) 知識マネジメントの強化」を参照。</p> <p>各国における規制基準等の情報収集について、機構の自主的要件検討のため、3年間の委託を活用し調査を開始した。2020年度は北欧における規制要件や廃棄体受け入れ基準及び立地要件に関する各国（北欧、西欧、北米各国）の状況を調査し、これまでの経緯や背景等を含め情報を収集している。</p> <p>また、原子力規制庁で進められている中深度処分の規制基準の検討については、電気事業連合会等との情報交換等を通して状況把握を実施している。原子力規制庁から募集された中深度処分に関する科学的・技術的意見に対しては、検討されている要件が地層処分にも関連していることから、機構自身の検討課題と捉え、8月及び3月に、考え方や根拠を確認するための情報交換を関係機関と行った。経済協力開発機構/原子力機関（以下、「OECD/NEA」という。）のRIDDDについては新型コロナウイルス感染症対策の関係で延期され、2020年度は実質的な活動はなかった。</p> | <p>【中期的視点からの自己評価】</p> <p>委託を活用した規制基準等の調査は新型コロナウイルス感染症対策の関係で仕様検討に遅れが生じたが、作業を加速し工程遅延の影響は生じていない。各国における立地や安全確保のための要件設定や規制制定に至る経緯や背景については、従来十分な調査を行っておらず、こうした情報が機構におけるサイト選定や廃棄体受け入れ基準、セーフティケース作成の考え方の妥当性を確認するうえで有益であることを確認しつつ調査を進めている。また、原子力規制委員会の検討状況はタイムリに把握できている。</p> <p>【今後の取組み】</p> <p>委託を活用した調査を継続し、機構の自主的要件の検討を進めていく。引き続き原子力規制委員会の検討状況を地層処分にも適用可能な基準の考え方として把握するとともに、RIDDDへの参画を通じて各国の規制者と実施機関の対話のあり方、両者で共有すべき情報や課題認識などに関する国際的な動向の把握を継続する。</p> |
| 2. 「包括的技術報告書」のレビューへの的確な対応を通じた技術的信頼性の更なる向上 | | |
| <p>報告書については、日本原子力学会特別専門委員会によるレビュー結果を踏まえて技術的根拠の補強等を行った「包括的技術報告書」について OECD/NEA</p> | <p>1) 包括的技術報告書の改訂・公表及び国際レビューへの準備</p> <p>包括的技術報告書（レビュー版）の日本原子力学会特別専門委員会（以下、「レビュー委員会」という。）によるレビュー報告書（2019年12月受領）に示されたコメント、並び</p> | <p>1) 包括的技術報告書の改訂・公表及び国際レビューへの準備</p> <p>【中期的視点からの自己評価】</p> <p>国際機関によるレビューを受けることを念頭に、国際的な最新の技術動向も考慮しつつ、レビューコメントに対応して本編</p> |

| 2020 事業年度計画 | 業務実施結果 | 自己評価・今後の取組み |
|--|---|---|
| <p>による国際的専門家のレビューを受け、技術的信頼性の更なる向上を目指す。</p> <p>また、日本原子力学会によるレビュー結果等を踏まえて見直した「全体計画」を踏まえ、8月に「中期技術開発計画」を改訂した。これに基づき、安全性の確保を前提に、計画的かつ効率的に地層処分技術の信頼性を高めるための技術開発を進める。</p> | <p>に機構の技術アドバイザリー委員会や2019年5月に開催した外部専門家説明会などさまざまな機会を通じて頂いたコメントを受け、科学的・技術的根拠の補強や、幅広い技術分野を統合した検討内容を適切に伝えるための説明の拡充など、包括的技術報告書をより良くするための改訂を行い、2021年2月にホームページに公表した。あわせて、地層処分に関心をお持ちの幅広い層に向け、地層処分の安全性を説明するための考え方やそれが国際的に確立されてきた経緯、包括的技術報告書の役割などについて、平易に解説した冊子「なぜ、地層処分なのか」を公表した。</p> <p>機構が地層処分技術集団として国際的な信頼を得るために、国際機関であるOECD/NEAによるレビューを受けるため(2021年10月頃開始予定)、包括的技術報告書の英語版の作成を進めた。技術アドバイザリー委員会に確認・助言をいただくための本編英語版のドラフト版を9割程度作成した。</p> <p>2)「中期技術開発計画」の改訂と次年度計画への反映</p> <p>包括的技術報告書(レビュー版)のレビュー委員会によるレビュー結果や国内外の研究開発動向等を踏まえ、地層処分研究開発調整会議(以下、「調整会議」という。)による「地層処分研究開発に関する全体計画」(以下、「全体計画」という。)の改訂(2020年3月)を受けて、機構は全体計画の改訂内容のうち機構の取組みに関わる範囲を反映し、2020年8月に「中期技術開発計画」を改訂・公表した。</p> <p>この計画に基づき、地層処分の事業者として、安全性の確保を前提に、計画的かつ効率的に地層処分技術の信頼性を高</p> | <p>及び付属書の記載を拡充したことにより、2018年11月に公表した包括的技術報告書(レビュー版)に比べ、セーフティケースとしての説明性・論証性を高めた包括的技術報告書を社会に提示することができた。</p> <p>【今後の取組み】</p> <p>OECD/NEAによる包括的技術報告書のレビューに向けて英語版の完成度を高めるとともに、想定される技術的な議論や質問に対応できる準備を進め、国際レビューを受ける。</p> <p>2月に公表した包括的技術報告書は、サイトを特定しないセーフティケースとして、最新の知見や技術開発成果を反映して適切なタイミングで継続的にアップデートし、機構ホームページから最新情報を常に閲覧可能な状況を維持することによって、技術に関する情報発信を強化する。また、これによって、特定のサイトを対象としたセーフティケースを作成するうえで、その基本形として活用できるよう技術的な信頼性を常に高めていく。</p> <p>2)「中期技術開発計画」の改訂と次年度計画への反映</p> <p>【中期的視点からの自己評価】</p> <p>2020年度は新型コロナウイルス感染症対策により国内外関係機関との共同研究等の一部に遅延が生じたが、中期技術開発計画に関連づけて個々の取組みの関係を図式化した資料も活用しつつ、中期技術開発計画への影響を確認し、対応を検討し、技術開発を実施することができた。現時点で新型コロナウイルス感染症対策の影響による中期技術開発計画の変更は生じていない。</p> |

| 2020 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、報告書や原子力学会のレビュー結果を活用して、地層処分の安全確保の考え方やその技術的信頼性について社会の皆さまにご理解いただけるよう、様々な分野の専門家や一般の方々を行う「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>めるための技術開発を進めるとともに、概要調査及びそれ以降に必要な優先的に開発すべき技術等を整理し、2021年度の技術開発計画を策定した。</p> <p>3) 様々な分野の専門家や一般の方々への情報発信 包括的技術報告書の作成意義や主要メッセージ、主な検討成果については、岩の力学国内シンポジウム特別セッションに掲載するなど、地層処分に関わる専門家等への情報提供等を実施し一層の関係強化を図った。</p> <p>地層処分分野以外の専門家への情報提供を目指した、学会やセミナー等への講演・勉強会等を実施し、様々な機会を活用して情報提供を進めた（30件）。</p> <p>個々の技術開発成果については、国内の様々な学会や国際会議等で講演や論文投稿（6件の査読付きを含む約23件）を行った。</p> <p>対話活動において、地層処分の安全性や技術について機構職員が適切な説明ができるよう、機構大のデータベースシステムに登録する技術的なQ&Aの内容拡充や見直しを引き続き行った。特に、一般の方からの多様な質問に職員が正確な知識をしっかりと回答できるよう、各回答の技術的な背景情報や根拠情報の記載を拡充した。</p> | <p>【今後の取組み】 引き続き新型コロナウイルス感染症対策の影響に注意しつつ、中期技術開発計画に関連づけて、目標に対する各業務の連携・統合を強く意識しつつ進捗を管理していく。</p> <p>また、2022年度の全体計画改定に向け、2018～2022年度で計画している技術開発成果の進捗・到達レベルを確認し関係研究機関と協働しながら成果を取りまとめる。</p> <p>3) 様々な分野の専門家や一般の方々への情報発信 【中期的視点からの自己評価】 包括的技術報告書の「要約」と冊子「なぜ、地層処分なのか」を追加し、全ての付属書を公表できたことは、様々な分野の専門家に対する情報発信として有効なものとなったと考える。</p> <p>個々の技術開発成果については、国内外の学会等への発表・論文投稿を加速する中で、成果の科学技術的価値を高めるために査読付き論文数の増加を図ることができた。</p> <p>【今後の取組み】 包括的技術報告書や冊子「なぜ、地層処分なのか」を活用し、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、特に新型コロナウイルス感染症対策として、分野ごとのWebinarを複数回開催するとともに、Webinarを通じて得られた知見やフィードバックを学会やセミナー等への講演・勉強会等に活かしながら、情報発信の機会をより拡大していく。</p> <p>文献調査の開始に伴う地層処分事業への全国での関心の高まりを受けて、幅広い層からの多様な質問に職員が丁寧で正確な知識に基づく情報発信を行うことにより、一般の方々に、地層</p> |

| 2020 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。</p> |
| <p>4. 業務品質の向上、効果的な人材育成等に係るマネジメントの一層の強化 (1) 技術マネジメント力の一層の強化</p> | | |
| <p>文献調査や概要調査等、事業の進捗を踏まえてセーフティケースを円滑に更新するため、知識マネジメントの強化に継続して取り組む。具体的には、報告書で示した地質環境モデルの設定、処分場の設計、安全評価に関する論拠とそれらを支えるデータ・解析モデル・解析コード・参考文献までの一連の根拠情報の連関、報告書には表出されない暗黙知（ノウハウ）を含めた知識及び技術検討の意思決定に関わる背景情報等に関して、サイトの調査結果や技術開発成果を反映した拡充・更新、世代間の継承を的確に行う観点から、知識を変更管理する方法の具体化やデータベース等のツールの整備に継続して取り組む。これらのツール整備にあたっては他の原子力関係機関との幅広い連携等を進め、関連する技術情報が広く社会と共有されるよう努める。</p> <p>また、処分場の記録を保存する方法について、処分場閉鎖後の「将来世代の処分場への接近・侵入行為の抑制」及び「将来世代の周辺地域の利用に関する意思決</p> | <p>1)知識マネジメントの強化 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。）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ツールを用いて、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を試み、この方法の有効性を確認した。また、これらの連関性を維持しながら、要件・主張・論拠に係る一連の知識・情報・データの追跡性を確保して保管し、整合的に変更管理することを支援するIT ツールの調査を進め、特に英国やスウェーデンで導入されているツールの概要を把握した。</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」・「社会」・「経済」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していくための手順の検討や情報の体系的な整理に着手した。具体的には、諸外国の規制要件の調査（Ⅲ 1.（4）「長期に亘る事業展開を見据えた検討及び情報収集」参照）を含めて、現段階で把握できる国際基準や規制要件、法令類等の要件をリスト化するとともに、下位要件を整合的に変更管理するための方法の検討を進めた。さらに、スウェーデン核燃料・廃棄物管理会社（以下、「SKB」という。）との共同研究や OECD/NEA が実施する国際共同プロジェクトへの参加を通じて、長期の事業を見据えた知識の継承・保管や処分場閉鎖後の記憶継承に関す</p> | <p>1)知識マネジメントの強化 【中期的視点からの自己評価】 4000 ページ以上に及ぶ包括的技術報告書の文書群を本編・付属書として階層的に整備し、電子化して公表したことによって、地層処分技術の全体像を幅広く普及し、様々な方々に利用していただくことが可能となった。包括的技術報告書を中核とする技術的知識をマネジメントするための効率的・効果的な方法として、包括的技術報告書をベースにセーフティケースの論証構造を討論モデルによって可視化することを試みた。これにより、セーフティケースに統合した膨大な知識を適切に管理し、セーフティケースの信頼性をさらに高めていくための知識生産の戦略や技術開発計画に反映するとともに、共有すべき暗黙知の形式知化、知識の保存・伝承を進めるための指針を示すうえで、論証構造の可視化が有効であることを確認した。また、事業を規定する様々な要件のマネジメントに向けて、主に概要調査以降の段階への対応を念頭に、要件の階層的な整理とその変更を整合的に管理する仕組みの具体化に着手することができた。知識マネジメントは国際的にも課題となっており、上記のような検討にあたっては、スウェーデン SKB との共同研究や OECD/NEA の国際共同プロジェクトへの参加を通じて諸外国の検討状況を把握しつつ進めることができた。</p> <p>【今後の取組み】 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</p> |

| 2020 事業年度計画 | 業務実施結果 | 自己評価・今後の取組み |
|--|--|--|
| <p>定に資する情報提供」の観点から国際的な検討状況に関する情報収集にも取り組む。</p> <p>更に、文献調査や概要調査の円滑な実施に向けて必要となる技術の準備と習得、「対話の場」等での分かりやすい技術情報の提供に関する検討、これらに対応するための部門横断的な体制づくりや関係機関からの人的支援等に関する検討を進める。こうした取組みにより、文献調査と概要調査の円滑な実施に向けて一貫したプロジェクトマネジメントを一層強化する。</p> | <p>る取組みについて国際的な動向を把握した。</p> <p>2) 文献調査と概要調査の円滑な実施に向けたプロジェクトマネジメントの強化 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、文献調査での情報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、その成果をふまえ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、サイト選定段階に応じた環境への配慮に関する取り組みの考え方を整理するとともに、技術部を主体とする機構全体の体制構築に向けた検討を実施した。</p> <p>解析業務に対しては、数値シミュレーションで用いる解析コード及びデータの品質保証の仕組みを整備すること、機構が自ら解析を実施できるだけの力量を獲得することを目的として、解析業務の品質管理に関する手順書の整備を進めるとともに、解析コードの品質管理の留意点を整理した。</p> <p>品質マネジメントにおいては、昨年度から是正処置プログラム（CAP：Corrective Action Program）の運用を本格化し、ヒヤリハットを含めた期待事項からのギャップがある事象の収集・分析が定着してきた。</p> <p>また、設計管理、調達管理、不適合管理を重要な管理項目として位置づけ、これらの要領書の運用状況をモニタリング</p> | <p>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マネジメント手法の整備と先進的なITを適用したシステム化を進めて、概要調査の段階から活かせるよう、早期に業務への実務的な反映を図っていく。</p> <p>2) 文献調査と概要調査の円滑な実施に向けたプロジェクトマネジメントの強化 【中期的視点からの自己評価】 精密調査地区の選定方法及び概要調査計画策定方法の準備を計画的に進めることができた。また、概要調査段階からの環境への配慮に関する方針を整理した。その方針は、地域との対話において有益になると期待できる。</p> <p>機構が自ら解析を実施できるだけの力量を獲得するためには、品質保証を含めて解析業務の本質を理解し、解析コードを適切に用いることが重要である。これに対して、解析のプロセスにおける品質確認の手順を明確化したことから、機構内の解析業務の品質保証のベースを構築することができた。</p> <p>品質マネジメントにおいては、CAPの運用を本格化し定着させたことによって、品質マネジメントシステムを構成する要領書等の改善に関するフィードバックを得るうえで有効であった。これら一連の取り組みを通じて、着実にマネジメント力を強化することができた。</p> <p>また、これまでの品質マネジメントシステムの総括を通じて、特に設計管理における業務の重要度等に応じた有効なデザインレビューの仕組みを構築・運用し、実践を通じて課題を抽出することの重要性を認識した。</p> <p>【今後の取組み】 精密調査地区選定のための方法論に関する検討を継続すると</p> |

| 2020 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、中長期的視点から、各事業段階で必要となる技術者の専門性や要員数を考慮した新卒・キャリアの計画的採用に継続して取り組むとともに、現場経験の機会取得も含めた実践的研修の実施、関係機関及び関連する産業界の連携・協力のもとに開催される合同研修会への参加を通じて、地層処分に関連する幅広い技術の習得と向上を図る。</p> <p>更に、「中期技術開発計画」に基づく技術開発の着実な推進や成果の品質・信頼性の向上を図るため、評議員会による評価・提言、技術アドバイザリー委員会からの助言を踏まえて機構の技術開発における取組みの改善につなげていく。</p> | <p>しつと継続的改善に取り組んだ。さらに、品質マネジメントシステムの総括を行い、より実効性のある仕組みとするための文書体系の見直しの方向性を整理した。</p> <p>3) 長期的事業展開を見据えた人材確保・育成 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（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）の協力による地層処分技術に関する研修をはじめとする様々な研修への参加や共同研究への若手・中堅職員の参画によって実践的能力を向上させた。また、PDCA サイクルを組み込んだ人材育成計画として2019年度に導入した力量管理の第2サイクルの実施により、人材育成方策が定着した。</p> | <p>ともに、国内外における環境への配慮に関する取組みの事例の調査や沿岸海底も含めた一般的な概要調査計画の試案の策定に取り組む。</p> <p>解析業務については、解析コードの品質保証の考え方に基づいて業務に取り組むにつれ、品質保証の仕組みを定着させることを目指すとともに、運用状況をモニタリングしつと継続的に改善を図り、解析業務及び解析コードの品質を確保することにより信頼性の向上を図る。</p> <p>品質マネジメントシステムの整備については、引き続きこれまでに整備した要領書類の運用状況に関するモニタリングを行い継続的改善に努める。特に、課題である有効なデザインレビューの仕組みの構築とその定着に取り組む。</p> <p>3) 長期的事業展開を見据えた人材確保・育成 【中期的視点からの自己評価】 文献調査の実施にあたり、電気事業者及び JAEA との協力のもと6名増員した。これによって事業の進展に対してタイムリーに体制を整えることを可能とするとともに、これからの技術開発課題等の取組みに必要な要員確保のための採用を進めている。また、機構外部における技術的な教育研修は新型コロナウイルス感染症対策のため、2020年度はその機会が減少したが、原環センター主催の関係5機関による実践的な応用研修、安全文化関係の研修等、可能な範囲で最大限実施し、現場管理や技術マネジメント能力を高めることができたものと考えている。さらに、力量管理の第2サイクルを実施することにより、仕組みとしてより定着することができた。</p> <p>【今後の取組み】 2021年4月には技術系新卒職員5名及びキャリア採用職員2名が新たに加わることから、2020年度に未実施となっ</p> |

| 2020 事業年度計画 | 業務実施結果 | 自己評価・今後の取組み |
|--|--|--|
| | | <p>た一部の研修の補強も含め、新型コロナウイルス感染症対策下にあるという状況も踏まえつつ、2021 年度は研修へのリモート参加なども含め、効果的で確実な育成を計画的に進める。また、事業の進展に柔軟に対応したタイムリーな要員計画について検討を進め、事業を推進する体制を確実に整備する。さらに、力量管理の仕組みをより効果的なものとするための改善を継続する。</p> |
| <p>4. 業務品質の向上、効果的な人材育成等に係るマネジメントの一層の強化 (2) 諸外国との連携を通じた技術力の強化、国際貢献</p> | | |
| <p>OECD/NEA、IAEA、EDRAM等の国際機関の活動に参加し、地層処分事業に関わる国際動向を把握するとともに国際貢献に努める。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も踏まえて、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への参画を通じて、国際機関が有する最新の知見・経験や効果的な技術開発を共有し、職員の人材育成を図る。</p> <p>また、機構の技術開発成果を国際学会等で積極的に発表して海外の専門家から意図開発成果を国際学会等で積極的に発表して海外の専門家から意見を聴取することで、機構の技術の国際的なレベルについて確認するとともに機構見を聴取することで、機構の技術の国際的なレベルについて確認するとともに機構の技術的信頼性を海外に向けて発信する。</p> <p>更に、今後地層処分事業に本格的に取</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、プロジェクトに参加し、Web 形式で実施された会合への参加を通じて、国際動向の把握と国際貢献を行った。また、様々なテーマで各国の実施主体や研究開発機関等との共同研究を継続するとともに（詳細はカテゴリ③～⑤を参照）、国際原子力機関（以下、「IAEA」という。）主催の専門家会議への参加、米国のサンディア国立研究所との新たな共同研究開発について、課題の具体化のための検討等を行った。また、日本のベントナイト鉱床を対象とした、地下水との長期相互作用に関するナチュラルアナログ研究の国際共同プロジェクトに参加し試験の準備等を進めた。</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捗させ、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、国際機関の活動に積極的に参加し、地層処分事業に関わる国際動向を把握するとともに国際貢献に努める。また、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への参画を通じて、国際的レベルでの最新の知見・経験や効果的な技術を共有し、職員の人材育成を図るとともに、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> |

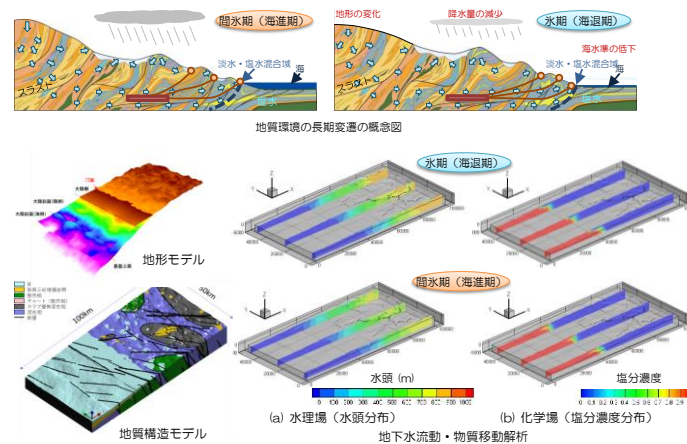
| 2020 事業年度計画 | 業務実施結果 | 自己評価・今後の取組み |
|---|--------|-------------|
| <p>り組もうとしている国々に対する情報提供、意見交換等を通じて国際貢献に努める。</p> | | |

【評価カテゴリー③】地質環境の調査・評価

| 2020 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 | | |
| 1. 「中期技術開発計画」に基づく計画的な技術開発を通じた技術力の一層の充実 | | |
| (1) 地層処分に適した地質環境の選定及びモデル化技術の高度化 | | |
| <p>地層処分に適した地質環境を的確に選定するため、地質環境の調査・評価技術の信頼性を一層向上させる観点から、地震・断層活動の活動性や自然現象の長期的な発生可能性とその影響の予測・評価、地質環境特性の長期変遷のモデル化等の技術の高度化に加え、サイト調査を的確に実施するための大深度のボーリング孔における調査・モニタリング・閉塞に関する技術の体系的な整備等に継続的に取り組む。</p> <p>また、実際のサイト調査を見据えて、わが国の多様な地質環境特性や陸域及び海域を対象とした調査・評価技術に関する情報の拡充を進めるとともに、ボーリング域を対象とした調査・評価技術に関する情報の拡充を進めるとともに、ボーリング調査等で得られた各種データの品質マネジメントに関わる手法の整備に取り組む。調査等で得られた各種データの品質マネジメントに関わる手法の整備に取り組む。</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の予測技術の高度化</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学的・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。2020 年度は、断層に関する一般的な地質学的、水理学的特徴を整理するとともに、その特徴に応じた断層の変位に伴う周辺岩盤の水理・力学連成挙動の解析を目的として開発しているコードの妥当性確認及び改良に必要なデータを取得するために以下を実施した。</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ サンアンドレアス断層を対象として掘削するボーリング孔を用いた原位置試験計画及び採取するコア試料を用いた室内試験の計画策定に係る検討 ・ 日本の断層の幾何形状や水理地質構造に係る公開データの収集・整理 <p>また、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。2020 年度は、包括的技術報告</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の予測技術の高度化</p> <p>【中期的視点からの自己評価】</p> <p>サンアンドレアス断層を対象とするボーリング孔を用いた孔内試験及びコア試料を用いた室内試験の計画策定において、機構がこれまでに実施したボーリング孔掘削・孔内試験等の経験に基づいて検討した品質管理の方法等（後段の3）項参照）を反映することができた。また、解析に必要な日本の断層に係る既存データの収集・整理は計画通り実施している。新型コロナウイルス感染症対策の影響による LBNL での活動制限により、ボーリング掘削場所の選定が遅延しているため、活動制限解除後、直ちに各作業に着手できるよう、定期的な Web 会議による作業の進捗状況等の共有や調整事項の確認を行うことによって、業務への影響を低減するための方策を講じている。</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、計画していた委託業務を機構内部における検討に変更し、サイト調査や安全評価の担当者との議論を継続的に実施することによって、考慮すべき自然現象の発生可能性に係る当該手法の適用性を明確にするとともに、その手法を用いた評価結果を考慮した自然現象の将来予測に係る方法論を整理したうえで、これに応じた優先課題を特定し、確率論的評価手法の課題解決策に対する実施計画案を策定することができた。</p> |

| 2020 事業年度計画 | 業務実施結果 | 自己評価・今後の取組み |
|-------------|--|---|
| | <p>書（レビュー版）に対するレビュー委員会のコメントや評議員会の評価・提言等を踏まえて今後の技術開発課題を整理するとともに、自然現象に係る現状の調査・評価技術の適用可能性のレベルを整理した。それらの結果を踏まえて、技術開発課題への対応方法を機構内部で検討した。</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技術の整備を目的として業務を進めた。これによって、より信頼性の高い、現実に即した処分場の設計や安全評価に資する。</p> <p>2020 年度は、これまでに新第三紀堆積岩類及び深成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を活用し、先新第三紀堆積岩類を対象として四次元地質環境モデルを構築するための技術開発をさらに進めた。具体的には、他の岩種と同様、先新第三紀堆積岩類が分布する地域の地形や地質構造に係る最新の科学的知見を全国規模で収集したうえで、沿岸域を含む地形及び地質構造に対する将来 100 万年間の時間変化を概念化した。これに基づき、時間変化を含む地形、地質構造、</p> | <p>【今後の取組み】</p> <p>LBNL との共同研究については、新型コロナウイルス感染症の状況を踏まえつつ、2021 年度から本格的に実施する予定である原位置試験を通じて、これまでに整備した試験装置の有効性確認及び高度化を実施する。また、原位置試験で取得したデータを用いて、これまでに整備した水理・力学連成解析コードの妥当性確認を実施する。</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に関する評価技術の高度化については、2020 年度の検討結果を踏まえて、自然現象の将来予測に係る方法論を整理したうえで、優先的に取り組む課題を特定し、これらに取り組むことによって評価手法の検討を進める。</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】</p> <p>先新第三紀堆積岩類が分布する地域の四次元地質環境モデルを構築する際に考慮すべき自然現象や地形・地質構造、水理地質構造の抽出及びモデル化の方法を明確にすることができた。また、沿岸域を含む広域スケールにおける地下水流動・物質移行解析においては、解析の負荷が極めて大きいことから、試行錯誤を繰り返しながら時間ステップやメッシュ等の解析条件等の最適化を図った。以上のような作業プロセスを通じて、特定のサイトを対象とした四次元地質環境モデルを構築する際に必要な技術的知見やノウハウ等を蓄積することができた。また、処分場の設計及び安全評価との連携を図りながら、処分場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資するための情報の整理を実施し、四次元地質環境モデルを処分場の設計や安全評価に具体的に適用する方法を検討する</p> |

水理地質構造の三次元モデルを構築したうえで、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、モデル化・解析手法の適用性を確認するとともに、パラメータや解析条件設定の考え方を整理した(図③-1)。



図③-1 四次元地質環境モデル構築結果
(先新第三紀堆積岩類を対象とした検討例)

これまでに開発を行ってきた新第三紀堆積岩類及び深成岩類の四次元地質環境モデルについては、処分場の設計や安全評価へ具体的に反映するため、処分場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。

2021 年度以降の検討に反映するため、2019 年度の河川争奪などによる地表水系の変化に関する知見の整備に引き続き、2020 年度は、地表水系の時間的変遷に関する知見を整備した。

ことができた。さらに、2021 年度に実施する地表水系の時間的変遷を伴う広域的な地形変化を考慮したモデル化技術の整備に必要となる、長期的な地形変化や地表水系の変遷に係る知見を整備することができた。これらの検討においては、新型コロナウイルス感染症の影響を考慮して、Web 会議や電子メールを用いた各作業の品質や工程の管理を実施し、こうした手段の有効性を確認することができた。

【今後の取組み】

引き続き処分場の設計及び安全評価との連携に基づき、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の条件として設定する方法の検討等を進める。具体的には、これまでに整備した技術を活用して地表水系の変遷を伴う広域的な地形変化を考慮した地下水流動・物質移動解析に基づく、処分場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資するための情報の整理を継続する。また、これまでに整備してきた四次元地質環境モデル化技術の妥当性確認に係る検討を実施する。さらに、上記の検討結果に基づき、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、モデル構築の際に着目すべき点や留意事項を含む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の体系化を図る。

| 2020 事業年度計画 | 業務実施結果 | 自己評価・今後の取組み |
|-------------|---|--|
| | <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>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・室内試験手法の最適化を目的に電中研・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。2020 年度は、深度 720m までのボーリング孔の掘削、孔内試験及び採取したコア試料を用いた室内試験を実施した。その際、ボーリング孔掘削やそれぞれの孔内試験等の作業項目ごとに作成した作業手順書及び品質保証計画書に基づいて、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）、定期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た。また、こうした作業を、経験者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含めて実施することにより、人材育成に努めた。さらに、本ボーリング孔掘削により遭遇すると予測していた三浦層群が確認されない理由について考え方を整理し、これを踏まえて今後の掘削・孔内試験計画の変更を実施した。孔内試験時に孔壁崩壊に起因した試験装置の抑留（移動が困難な状態）が発生したため、事前に準備していた対策に基づいて試験装置を回収し、孔壁崩壊状況を踏まえた孔内試験区間の再設定を行った。</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で実施する試験方法と Nagra の試験方法の比較を行い、室内試験に使用するコア試料等の準備を開始するとともに、孔壁崩壊を伴う試験区間における水理試験データの品質確認方法の有効性の評価を開始した。なお、</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>【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することができた。例えば、地質（岩相）やコア回収率、掘削速度を確認しつつ、それに応じた適切な掘削泥水や掘削水の送水量、掘削ビットの回転数等を設定することにより、これまでに当該サイトで実施したボーリング孔掘削と比較してコア回収率が大幅に向上したことに加えて、孔径拡大が抑制できた。また、予測と異なる地質の状況を考慮した掘削・孔内試験計画の変更や、トラブル発生時の対処に係る経験を通じて、概要調査においても可能性のある掘削長の変更に応じた孔径や保孔のためのケーシングサイズの変更やトラブル発生時の柔軟かつ迅速な対処方法策定に反映できる知見を蓄積することができた。これらのことから、日本の多様な地質環境に適用可能なボーリング孔掘削・孔内試験・室内試験に係る技術を蓄積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による安全管理を進めたこと等を通じて、オンラインによる現場管理の進め方に係る知見を蓄積することができた。以上のような取り組みを通じて、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>また、Nagra との共同研究を通じて、現在スイスにおいて</p> |

| 2020 事業年度計画 | 業務実施結果 | 自己評価・今後の取組み |
|-------------|---|--|
| | <p>この検討に用いることとしていた大深度ボーリング実証試験におけるコア試料の採取が上記の計画変更に係る影響などで遅延したことに伴い、Nagra での室内試験の着手が遅れることになり、工期を延長した。</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は、最先端の光ファイバセンシング技術を応用しつつ、数十年スケールの耐久性を念頭に置いた高度化を目的として、2020 年度は、横須賀でのボーリング孔掘削時に実施した光ファイバセンサケーブルの設置時に蓄積した知見を踏まえて、耐圧性能や装置の設置方法を再検討したうえで、委託業務を開始した。</p> <p>図③-2 ボーリング孔の閉塞方法の概念図</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③-2)の整備を目的として、2020 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</p> | <p>実施中のサイト選定調査を実例として、水理的・化学的・物理的・力学的特性データの品質管理・保証の手法等に係る知見を蓄積することができた。</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、モニタリング技術に係る知見を拡充した。</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等を通じて、試験方法及び試験装置に係る知見を蓄積することができた。また、Nagra 技術者との意見交換や国内委託先との調整を通じて、閉塞材料の製造方法や特性に係る知見を蓄積することができた。</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適用した試験手法の選択や地質環境特性データの解釈等に関する妥当性を確認することを目的とした国内外の専門家との技術検討会議を開催するとともに、その結果を踏まえて成果を取りまとめ試験手法の最適化に資する。</p> <p>地下水の長期モニタリング装置の各部位の設計・試作及び性能確認を実施し、試作機を製作したうえで、実際のボーリング孔を用いた実証試験を実施する。</p> <p>ボーリング孔の閉塞技術については、プラグ材としての金属材料の腐食及び閉塞材の運搬・設置装置の設計に係る室内試験を継続するとともに、ボーリング孔内でのプラグの拡張・設置方法に係る検討を進める。</p> |

| 2020 事業年度計画 | 業務実施結果 | 自己評価・今後の取組み |
|-------------|---|---|
| | <p>トの製造方法や充填密度の検討を実施するとともに、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、プラグ材の候補材料である金属材料の腐食及び閉塞材の運搬・設置装置の設計に係る室内試験や情報交換を継続している。なお、新型コロナウイルス感染症対策の影響により RWM 及び Nagra での業務進捗が遅延したため、工期を延長した。</p> <p>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</p> <p>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、情報量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取得を目的として、既存の地下坑道を利用したボーリング孔掘削・孔内試験等を実施し、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。その結果、当該地点の先新第三紀の付加体堆積岩類においては、ほとんどの亀裂は、密着又は鉱物で充填されており、透水性が低いことを確認した。データ取得においては、作業項目ごとの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現場に駐在した現場管理者や担当者により現地において検査し、また、その結果を、作業日報を用いて現場駐在者以外の部職員へ共有することを通じて、作業が適切に進められていることを確認した。ボーリング孔掘削時の掘削水のトレーサー濃度管理や地下水の採水に係る作業については、実施要領書や作業マニュアルの策定から実施に至る一連の作業を機構内部で実施し、ノウハウや経験の蓄積を行った。特に、トンネル湧水の採水においては、電源や通信設備のな</p> | <p>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</p> <p>【中期的視点からの自己評価】</p> <p>付加体堆積岩類の地質環境特性データ取得においては、実施計画書及び実施要領書の確認や、現場管理、ボーリング孔掘削時の掘削水のトレーサー濃度管理、地下水の採水に係る作業を、処分場の設計及び安全評価の各分野の担当者を含めた分野横断のチームによって機構自ら、安全に実施した。これらを通じて、安全・品質管理に係る経験やノウハウ等を蓄積するとともに、マネジメント能力の向上を図ることができた。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事例はなく、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。</p> <p>【今後の取組み】</p> <p>採取したコア試料を用いた室内試験や、地下水の分析を実施</p> |

| 2020 事業年度計画 | 業務実施結果 | 自己評価・今後の取組み |
|-------------|--|--|
| | <p>い狭長なトンネル内での安全性を確保したうえで、品質管理の観点からグローブバックを用いた採水及び、有機物及びコロイド分析に必要な大量の採水（200L 程度）を併用した作業を実施するために、複数回の現場確認と計画策定から実施までを機構内部で実施した。</p> | <p>し、その結果を取りまとめて、学会発表や論文投稿等により公表する。また、現場作業を通じて得られた安全・品質管理に係る経験やノウハウを文書として取りまとめる。</p> |

【評価カテゴリー④】 処分場の設計と工学

| 2020 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. 「中期技術開発計画」に基づく計画的な技術開発を通じた技術力の一層の充実</p> <p>(2) 処分場の設計と工学技術の開発・改良</p> | | |
| <p>人工バリアの製作・施工技術の向上の観点から、高レベル放射性廃棄物を対象とした炭素鋼オーバーパックの製作方法や、銅コーティングを施したオーバーパック、TRU廃棄物に対する閉じ込め機能をより一層高める廃棄体パッケージ、複数のベントナイト材等の設計及び長期性能に関するデータを拡充して、人工バリアの設計及び適用性評価の信頼性向上を図る。また、放射性廃棄物及びTRU廃棄物の搬送・定置の操業工程を考慮した人工バリアの構築技術の合理化について継続的に検討を進める。</p> <p>また、処分場の建設・操業・閉鎖の各段階の作業に遠隔操作化・自動化を適用した場合の安全性と効率性について検討を進めるとともに、閉鎖前の安全性の評価に係る技術の向上を図る。更に、廃棄体の回収可能性については、これを合理的かつ効果的に維持するための処分場の状態の検討や維持することに伴う地質環境特性の変化を評価する技術の整備に取り組む。</p> | <p>サイト調査の進展に応じた処分場設計の合理化・最適化に向けて、包括的技術報告書等で提示した処分概念や人工バリアの仕様例、地下施設の設計例等を出発点として、安全性の更なる向上と工学的成立性の確保、経済的合理性の導入の観点から成果を取りまとめ、設計体系の整備を進めている。「中期技術開発計画」では、設計体系の整備に向けた取り組みを人工バリア、地上・地下施設、回収可能性、閉鎖前の安全性評価に分類して整理しているが、人工バリア代替材料や設計オプションの整備等、具体的な技術開発を進めるうえでは、これらの分類間相互の関連性を考慮している。また、個々の取組みに応じて、地質環境の調査・評価、閉鎖後長期の安全評価に関する技術開発との関連性について留意しつつ、連携して実施している。</p> <p>1)人工バリアに係る技術開発</p> <p>高レベル放射性廃棄物のオーバーパックとして用いる金属製処分容器や TRU 等廃棄物の廃棄体パッケージ容器及び緩衝材について、わが国で想定される地下深部における人工バリアの設置環境の多様な条件（熱環境、水理環境、力学環境、化学環境）に対して、所要の安全機能を備える人工バリアの設計、また、安全性を最優先としつつ、人工バリア材料の調達の多様化、経済的合理性の向上を目的として、代替材料を複数整備することを目標に、候補となる材料の調査、材料特性試験や試設計を実施し、設計因子に基づく設計要件に対す</p> | <p>【中期的視点からの自己評価】</p> <p>人工バリア代替材料と設計オプションの整備等を通じて、安全確保を最優先とした、わが国の地層処分で想定される環境条件に応じた設計の柔軟性を確保するとともに、材料調達の多様性や経済的合理性の向上に関する見通しが得られている。これらの技術開発の成果は、安全性の更なる向上と、設計合理化の観点で反映されるものであり、設計体系として統合することで、サイト調査の進展に応じた処分場設計の合理化・最適化に向けた準備を進めることができた。</p> <p>安全性の更なる向上の観点からは、人工バリアの安全機能の確保をより確かなものとするため、緩衝材中の微生物による金属製処分容器の腐食に対する影響を再評価した結果、緩衝材の密度を技術的な実現性に無理のない範囲で高めることで、金属製処分容器の腐食に対する影響を無視できる程度に抑制できる見通しを得ることができた。緩衝材の安全機能を満足する設計に対する信頼性が向上する成果である。オーバーパックや廃棄体パッケージ容器の長期腐食寿命の評価に関する信頼性を向上するための課題については、公益社団法人腐食防食学会に技術委員会を設置し、専門家との議論や検討を開始している。</p> <p>処分場の建設、操業時等の閉鎖前の安全性については、新型コロナウイルス感染症の影響でこれまでのような現地を訪問しての調査や意見交換などはできなかったが、国際会議やシンポジウムにオンラインで参加するなどして遠隔操作化・自動化に係る最新技術の情報を収集するとともに、商業的規模で操業</p> |

| 2020 事業年度計画 | 業務実施結果 | 自己評価・今後の取組み |
|-------------|--|---|
| | <p>適格性を確認するためのデータや知見の拡充を進めた。</p> <p>オーバーパックの代替材料として、鍛鋼製に加え、鋳鋼製、板巻鋼管（電炉材）など製造方法の異なる炭素鋼や銅コーティング材を対象に、設計要件の一つである耐食性の評価に資する室内試験を大学との共同研究や国際共同プロジェクト MaCoTe において実施した。また、製作性については、銅コーティング技術の改良、板巻鋼管の試作により、その実現性の確認を行うとともに、溶接による蓋部接合の代替技術として、摩擦攪拌接合技術（FSW；Friction Stir Welding）の適用性を確認するため、大阪大学・秋田大学との共同研究による試験に着手した（写真④-1 参照）。</p> <div data-bbox="853 756 1126 963" data-label="Image"> </div> <p>(a) 製作した板巻鋼管（委託先工場にて）</p> <div data-bbox="728 1021 1254 1236" data-label="Image"> </div> <p>(b) FSW による銅継手接合試験の様子（共同研究先研究所にて） ※大阪大学・秋田大学との共同研究</p> <p>写真④-1 オーバーパックの製作技術開発の実施状況</p> <p>オーバーパックや廃棄体パッケージ容器として使用する金属製処分容器の長期腐食寿命評価について、金属腐食の専門</p> | <p>が行われている鉱山を事例としてヒアリング調査を実施し、坑内での避難の考え方、火災発生時の対応などに関する実践的な情報を得ることによって、地層処分場の安全対策などをより具体的に設計するための基盤の拡充を行っている。</p> <p>閉鎖前の安全性の評価については、原子力施設の安全評価に（例えば、津波評価の学会標準）に関する最新の手法などの調査を行うことにより、地層処分事業における自然現象のスクリーニング方法の確認を実施し、セーフティケースの信頼性を今後さらに高めていくための準備を進めることができた。</p> <p>処分場の建設・操業・閉鎖による坑内湧水などに伴う水理場と酸化還元環境等の化学場への影響に関しては、処分場の設計における閉鎖前の安全対策や閉鎖後長期の安全性の評価における初期条件の設定などを目的とした解析技術の整備を進めることによって、閉鎖前と閉鎖後の安全性に関する一貫した評価を可能とし、セーフティケース全体の信頼性を向上させるための技術の構築に寄与することができた。併せて、国内外の地下研究施設での観測データを整理し、坑内湧水量評価技術で用いる解析コードの検証及び妥当性確認の作業を開始している。</p> <p>設計における経済合理性の観点から、オーバーパックの代替材料として、鋳鋼、銅コーティング炭素鋼に関し、日本の多様な地質環境への適用性を評価するため、耐食性に係るデータの拡充、銅コーティングに関する製作技術の改良による品質の向上、電炉材を用いた板巻鋼管の製作、また、溶接による蓋部接合の代替技術として摩擦攪拌接合技術の適用性検討について取り組み、それぞれ実現性の見通しを得ることができた。ベントナイト材料については、国内3種類のベントナイト（クニゲル V1®を含む）を対象として、微生物影響も考慮して密度を高めた緩衝材を設計するための締固め特性、高温の熱影響を受</p> |

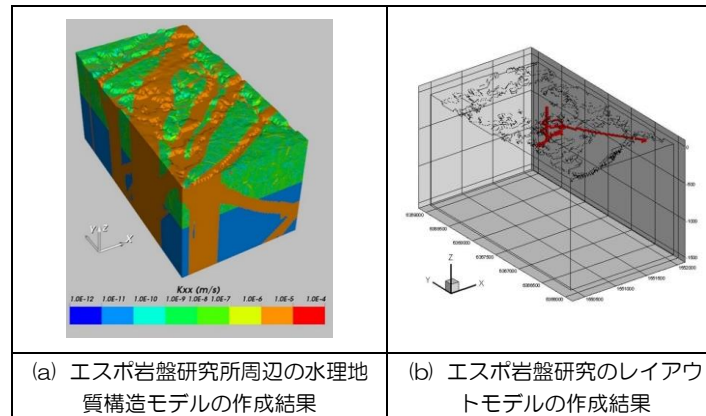
| 2020 事業年度計画 | 業務実施結果 | 自己評価・今後の取組み |
|-------------|--|--|
| | <p>家が多数在籍する公益社団法人腐食防食学会に技術委員会を設置し、評価の技術的信頼性向上のための検討を開始した。委員会での議論を進めた結果、2021 年度より、腐食寿命評価に必要となる地層処分特有の環境条件（放射線、温度、微生物共存等）における腐食現象の科学的理解の深化に向けて取り組むこと及びこれらの条件を考慮した腐食試験に関する学会規格の整備を進めること等について委員会での合意が得られた。</p> <p>ベントナイトの代替材料に関しては、これまでに多くの試験が行われ知見やデータが蓄積されているクニゲル V1[®]に加え、2019 年度までに基本物性や調達性の観点から緩衝材として処分場への適用性について見通しが得られた 5 種類のベントナイトの中から透水性や膨潤性を比較して、性能及びイオン型の異なるベントナイト（Na 型ベントナイト A、Ca 型ベントナイト B）2 種類を加えた計 3 種類のベントナイトを対象に、現在考慮している緩衝材の設計上の上限温度を超える熱影響（最大 200℃）を受けたベントナイトの性能に関する試験・分析（透水試験、膨潤変形試験など）に着手した。</p> <p>人工バリアの安全機能に影響を与える可能性がある緩衝材中の微生物によるオーバーパックの腐食を抑制するため、上記ベントナイトの性能に関する試験で対象としている 3 種類のベントナイトに加え、比較用としてこれまで海外で多くのデータが取得されたベントナイトである MX-80 を加えた計 4 種類を対象に、生息する微生物の種類・量、活性の有無について、試験を通じた調査を行い、微生物影響の抑制に必要な緩衝材の条件を検討した結果、緩衝材の密度を 1,400kg/m³程度に高めることで、金属製処分容器の腐食へ</p> | <p>けたベントナイトの性能に係るデータ取得を開始している。</p> <p>設計オプションに関しては、高レベル放射性廃棄物及び TRU 等廃棄物に対する PEM 方式について、設計因子（閉鎖後長期の安全性、閉鎖前安全性、工学的成立性、回収可能性、経済的合理性）を考慮した総合的な概念検討を実施することができた。設計因子への適格性を確認することで、設計オプションとしての実現性の見通しを得るための知見が整備するとともに、今後の検討課題を明らかにして、段階的な実証に向けた準備を進めることができた。</p> <p>これらの技術開発の成果を土木学会等における講演や学術雑誌への投稿を通じて外部に発信することで、技術的信頼性の向上にも努めることができた。</p> <p>【今後の取組み】</p> <p>引き続き、人工バリアに関する代替材料と設計オプションの整備等を通じて、安全性の更なる向上と、経済的合理性の観点から検討を進め、技術開発の成果を設計体系として整備し、更新、拡充することで、サイト調査の進展に応じた処分場設計の合理化・最適化に向けた準備を整えるとともに、成果の文書化を進める。</p> <p>安全性の向上に関しては、人工バリア機能の健全性など安全性について、特に、国際的な取り組みや専門家との議論を踏まえた緩衝材中の微生物による金属腐食を抑制するための対策の整備、緩衝材の長期沈下挙動の不確実性に係る現象の解明と不確実性の把握、ナチュラルアナログ事例などの検討をさらに進め、セーフティケースの信頼性の向上を図る。</p> <p>建設・操業時の安全性向上を目的として、遠隔操作化・自動化技術の地層処分事業への適用性を検討するために、最新動向</p> |

| 2020 事業年度計画 | 業務実施結果 | 自己評価・今後の取組み |
|-------------|---|--|
| | <p>の影響を無視できるレベルまで抑制できる見通しを得た。</p> <p>また、スウェーデンのキルナ鉄鉱山で発見されたベントナイト鉱床を調査する国際共同プロジェクトに大学と共同研究体制で参画し、現地採取試料（写真④-2 参照）の鉱物学的分析を実施して鉄-ベントナイトの長期にわたる化学・鉱物学的相互作用に関する現象の理解とナチュラルアナログ事例の拡充を進めた。</p> <div data-bbox="629 547 987 927" data-label="Image"> </div> <div data-bbox="996 655 1355 874" data-label="Caption"> <p>地下 1,200m 程度の深さで、50-120℃の条件で1億年近くにわたり、マグネタイト鉄鉱床（写真、黒色部）と接触したにも関わらず、鉱物変質の形跡は確認されず、ベントナイト（写真、白色部）は膨潤性を有している。</p> </div> <p>写真④-2 スウェーデンのキルナ鉄鉱山で発見されたベントナイト原鉱</p> <p>人工バリアシステムの設計オプションの整備については、高レベル放射性廃棄物の横置き・PEM方式（Prefabricated Engineered Barrier System Module）に対して、操業時の安全性や作業効率化の観点から取り扱いが容易となる軽量化を検討し、定置後の再冠水過程における緩衝材の均等な膨潤を実現するための有孔 PEM 容器の設計を実施した。有孔容器の効果を確認するため、熱-水-力学の相互作用を考慮した連成解析により再冠水過程を評価し、地質環境に応じた PEM 容器の有孔率を設定するための情報を整理した。TRU 等廃棄物の設計オプションとして、回収可能性の容易性を高める</p> | <p>の調査を継続するとともに、引き続き廃棄体取り扱い時に発生が想定される火災や、廃棄体の落下などの異常事象に対する施設・設備の設計など安全対策のより詳細な検討を勧め、閉鎖前の安全性評価手法の信頼性向上を図る。</p> <p>湧水評価技術については、複数の既存の解析コードによるベンチマークも含め、引き続き地下研究施設等における観測データを用いた妥当性確認を進める。また、回収可能性の維持等に伴う処分場周辺の地下水化学環境の変化と閉鎖後の回復過程を評価可能な解析技術の開発をさらに進め、閉鎖後長期の安全性への影響を評価するための技術として整備する。</p> <p>設計における経済的合理性についてさらに検討を進めるため、オーバーパック代替材料の耐食性を評価を目的とした、鋳鋼の長期腐食試験（室内及び原位置）、銅コーティング材の腐食試験の継続に加え、2020 年度に製作した電炉材の板巻鋼管の溶接継目部に着目した腐食試験を開始し、データを拡充する。また、製作性に関しては、引き続き国内外の共同研究を通じて、溶接技術の合理化、摩擦攪拌接合技術やねじ接合技術などの蓋接合部の代替技術の開発とともに、銅コーティングオーバーパックの生産性の向上や品質確保に向けた改善を進め、日本のガラス固化体に対応した実規模での製作性に係る技術開発を進める。</p> <p>ベントナイト材料については、引き続き高温の熱影響を受けたベントナイトの性能に係るデータの取得と試験試料の鉱物学的な分析を進め、専門家と議論を踏まえながら高温環境下における変質挙動について理解を深めるとともに、設計要件への反映について検討を行う。</p> <p>設計オプションの整備については、PEM 方式についてこれまでの概念検討で明らかにした課題に対し、高レベル放射性廃</p> |

| 2020 事業年度計画 | 業務実施結果 | 自己評価・今後の取組み |
|-------------|--|--|
| | <p>PEM 方式について、人工バリアの安全機能を満足する設計要件の明確化、処分坑道及び地下施設レイアウトの設計、定置方法や回収方法に関する概念検討を実施した。</p> <p>2) 地上・地下施設に係る技術開発 建設・操業時の安全性の向上に資するための遠隔操作化・自動化技術に関しては、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、各国の適用事例を収集したほか、これまでに収集した諸外国及び他産業における適用事例など、最新の技術情報を取りまとめた。</p> <p>また、実際に商業的規模で操業が行われている鉱山を事例としてヒアリング調査を実施し、坑内での避難の考え方、火災発生時の対応等、地層処分場の安全対策の設計において参考となる情報を得た。これらの成果に基づき、2021 年度に実施する坑道搬送システムの設計と安全対策の計画を具体化した。</p> <p>3) 回収可能性に係る技術開発 処分場の閉鎖までの間の廃棄物管理の在り方を具体化するため、地下施設の建設・操業から閉鎖までの期間における岩盤から坑道への湧水量の評価、湧水に伴う坑道周辺の水理場や酸化還元環境の化学場の変化等に関する解析技術の開発を実施し、回収可能性維持を含めた建設・操業・閉鎖のプロセスが閉鎖後長期の安全性への影響評価と、影響を最小化する</p> | <p>棄物の PEM 方式においては、PEM 容器内での緩衝材の締め固めや PEM 容器の製作に係る品質確認を、TRU 等廃棄物の PEM 方式に関しては、PEM 容器の設計、回収装置の設計及び性能評価グループと連携した閉鎖後の安全性の評価を実施し、それぞれ設計オプションとしての実現性の見通しを得るための知見を取りまとめる。</p> <p>処分場の最適化に向け、人工バリア代替材料としての適用性評価及び設計オプションの選定を設計因子に基づき総合的に実施するため、引き続き設計因子から導出される設計要件に対する知見やデータの拡充を進める。</p> <p>以上の技術開発成果を基に、サイト環境条件に適合し所要の安全機能を確保した最適な処分場の設計の考え方、手順及び方法を手引書や検討書の形で体系的に取りまとめるとともに、今後の主要な課題である、品質保証体系の整備、実証試験に向けた計画の具体化を着実に進める。</p> <p>また、技術開発の成果は、引き続き技術報告書や学術論文などに取りまとめて外部に積極的に発信し、技術的信頼性の向上に取り組む。</p> |

ための対策の検討を進めた。具体的には、湧水量及び地下水位低下の解析結果を用いて、酸素を含んだ地表水が地下深部に浸入する可能性を明らかにし、侵入経路を特定し、地下深部に到達するまでに消費される酸素量を推定するための解析手法を開発し、既存の解析コード HydroGeoSphere と QPAC を用いて連成解析を可能とした。また、解析に適用する解析コードの検証と妥当性の確認に関する取組みとして、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の作業に着手した（図④-1 参照）。また、本検討においては、地質調査モデルの構築に係るグループ、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。

1)で述べたように、TRU 等廃棄物については、回収可能性の容易性を考慮した PEM 方式の検討を、設計オプションの整備の一環として検討を実施した。



図④-1 地下研究施設の湧水量観測データを用いた解析技術の妥当性の確認に関する取組みの状況

| 2020 事業年度計画 | 業務実施結果 | 自己評価・今後の取組み |
|--|--|---|
| | <p>4)閉鎖前の安全性の評価に係る技術開発</p> <p>閉鎖前の安全性の評価の信頼性を高めるため、地震や津波等の自然現象を起因とする評価シナリオの構築方法の整備に取り組んだ。整備においては、海外実施主体の検討事例や、類似の原子力施設に対する学会標準あるいは評価事例の調査に基づいて、シナリオ構築方法のうち、自然現象のスクリーニング方法の確認を行った。</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>3. 処分場の設計検討</p> | | |
| <p>報告書で提示した様々な処分概念や設計オプションをもとに、安全確保を最優先に、処分場の設計・建設・操業・閉鎖に関する合理化・最適化について検討を進める。</p> <p>具体的には、事業の持続可能性の観点から調達多様性や経済合理性にも着眼して、多様な代替材料を人工バリア材に適用した場合の技術的成立性の評価、放射性廃棄物の搬送や定置を効率的に行うための人工バリアの仕様の合理化等、技術開発による知見の集積に応じた処分場の設計最適化の検討を進める。また、処分場の建設・施工技術の品質や安全性、効率性の向上を指向した遠隔操作化・自動化の見通しを得るための検討を進める。</p> <p>更に、処分場の性能として不可欠な閉鎖前の安全性、閉鎖後長期の安全性、回</p> | <p>以上、Ⅲ 1. (2) 「処分場の設計と工学技術の開発・改良」の 1)から 4)の成果を集約・統合し、処分場の安全機能に係る設計要件の変更に伴う技術的成立性の検討（例えば、緩衝材が安全機能を発揮する制限温度の緩和）、代替材料の適用性検討、及び設計オプションの拡充を通じた体系的な設計手法の整備を進めた。整備した設計手法は、段階的に進めるサイト調査に応じて実施する各段階の設計業務にて活用する。</p> <p>処分場の最適化に向けては、安全性や経済的合理性などの様々な設計因子に係る性能の向上、及び多様なサイト条件や事業を規定する制約条件への柔軟性の確保といった観点から、代替的な処分概念も幅広く視野に入れて設計オプションを準備しておくことが重要である。また、各設計オプションの特徴を比較・評価し、段階的な事業の進展にあわせて最適なオプションを選定していく方法論が必要である。このための準備として、Ⅲ 1. (2) において検討した、高レベル放射性廃棄物処分における PEM の軽量化や緩衝材制限温度の緩和などを考慮した設計オプションを含め、現段階で考え得</p> | <p>【中期的視点からの自己評価】</p> <p>「最適な処分場が設計されていること」を事業者がステークホルダーに説明することは、処分場の社会的受容性を高めるため及び将来の規制要求に対応するために必要と考えられる。この観点で、段階的な調査から事業の許認可に至るまでの期間を見据えて、設計オプション案の整理と処分場の最適化に関する方針案を整理することができた。また、安全確保や技術的成立性の見通しを得ている包括的技術報告書の処分概念をベースとして、更なる合理化を図った処分場概念案の具体化を進めた。これらは、段階的に詳細化・具体化する処分場設計と地質環境調査・評価及び安全評価との連携や、処分場の最適化に向けた技術開発課題を具体化するうえで有効に活用できる。</p> <p>【今後の取組み】</p> <p>多様な設計オプションの特徴についてさらに整理を進めるとともに、これらを比較・評価するための指標を準備する。</p> <p>今後の処分場設計の基軸となる高レベル放射性廃棄物及び TRU 等廃棄物の処分場概念として、安全確保を最優先に、経</p> |

| 2020 事業年度計画 | 業務実施結果 | 自己評価・今後の取組み |
|--|--|---|
| <p>収可能性、工学的成立性、経済的合理性等、様々な設計因子を軸に処分場の設計要件や基準を見直し、一層の合理化・最適化を目指した処分場の概念を検討する。</p> | <p>る設計オプションとその特徴について概括的な整理を進めた。また、段階的な調査の進展に伴う地質環境情報などの拡充や要件の具体化、技術開発の進展に応じて、様々な設計因子を考慮しながら、設計オプションの選定及び処分場設計の最適化を進めるための方針案を作成した。この方針案は、Ⅲ4. (1)「技術マネジメント力の一層の強化」に述べた概要調査計画の試案作成における処分場設計の検討に反映している。</p> <p>上記方針案に沿って、処分場の最適化に向けた今後の技術課題を効果的に特定すること、またサイト調査段階における地質調査・評価や安全評価の計画を早期に立案することに資するため、設計の基軸となる処分場概念案を提示する。この準備として、昨年度から検討を進めている包括的技術報告書で示した処分場概念に対する経済合理性や施工効率性の向上を図った処分場概念案の設計の具体化を進めるとともに、処分場の設計因子に影響を与え得る変動要因（地質環境特性、立地条件等）の把握を進めた。</p> | <p>済合理性や施工の効率性などに着目して地上施設設計、地下施設へのアクセス方式等を含めた検討を進め、事業費への影響を把握することで、その合理化の有効性を評価する。また、設計の前提条件の変更や、将来のリスクや不確実性に対する影響について概略評価を実施する。さらに、緩衝材制限温度緩和等の条件変更の可能性を検討し、成立性が見込まれる場合は概略的な設計を試行するとともに、今後の技術開発において取り組むべき課題を抽出する。</p> <p>以上の成果を踏まえて、サイト調査の進展に応じて実施する設計の最適化の準備として2021年度中に「設計検討書」として取りまとめる。</p> |

【評価カテゴリー⑤】 閉鎖後長期の安全評価

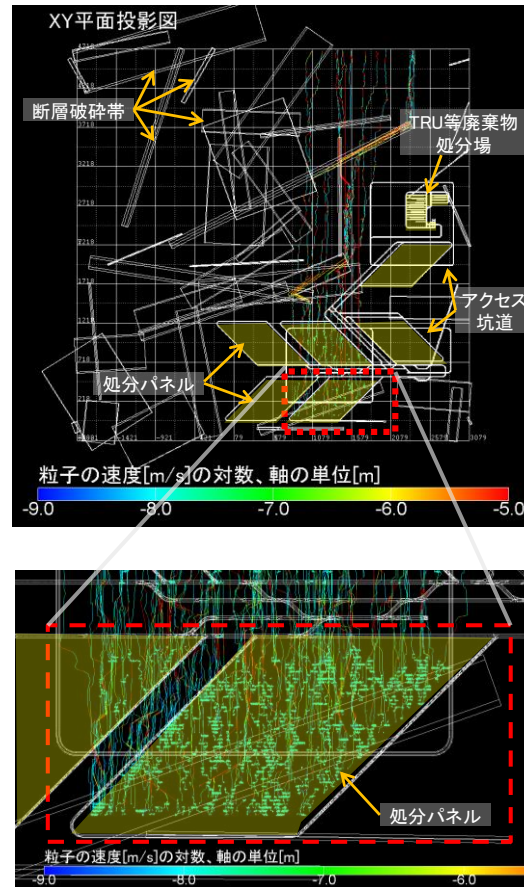
| 2020 事業年度計画 | 業務実施結果 | 自己評価・今後の取組み |
|--|---|---|
| <p>Ⅲ 地層処分技術への信頼を高めるための技術開発</p> <p>1. 「中期技術開発計画」に基づく計画的な技術開発を通じた技術力の一層の充実</p> <p>(3) 閉鎖後長期の安全性の評価</p> | | |
| <p>処分場の閉鎖後長期に亘って処分場に生じる状態変遷について、熱-水理-力学-化学に係るデータを実験等によって拡充するとともに、得られたデータと現象を表現する数理モデルによる解析結果との比較・評価を通じて妥当性の確認を継続的に進める。</p> <p>また、これらの実験データや解析結果をはじめとする閉鎖後長期の安全性の評価に係るシナリオ構築の論拠情報を体系的に管理するためのツールの整備に継続的に取り組む。</p> <p>更に、地下深部の環境下での核種移行評価の信頼性をより一層高める観点から、処分場の設計、処分場の状態変遷、処分場周辺の岩盤の水理地質構造等に関する様々な情報を核種移行モデルに反映する手法や地下深部から生活圏に至る核種移行経路を特定する手法の高度化を進める。また、現実的な地質環境条件のもとで核種移行評価を行うために必要となる収着・拡散等のパラメータ設定手法の高度化と設定に用いるデータの拡充に継続的に取り組む。</p> | <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）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>併せて、サイトの地質環境条件や処分場の設計の違いをシナリオやモデル、データにより忠実に反映して、処分システムとしての安全性能の相違をより明確に示すことで、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。サイトの地質環境条件が明らかになり、処分場の仕様が設定される概要調査の段階においては、この点は特に重要である。このような安全性に係る現象や、サイト及び処分場の設計の特徴をより忠実に反映した安全評価を進めていくため</p> | <p>【中期的視点からの自己評価】</p> <p>1) シナリオ構築</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試験データを蓄積することができ、安全評価の信頼性の向上に資する成果が得られた。</p> <p>熱-水連成解析モデルの解析ソフトウェアへの実装行うことにより、処分場閉鎖後から再冠水にいたるまでの過渡的な期間の状態設定のための情報を得るための準備を整えることができ、また、これを内部実施で行ったことにより技術力の向上を図ることができた。さらに、モデル開発を通じて、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を整備し、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>包括的技術報告書の安全評価で適用したモデルやデータを一元的に管理するための情報管理ツール概念設計を行うことにより、中期技術開発計画で設定した 2022 年度末までに開発を完了するという最終目標に対し、安全評価の品質管理を支援するための具体的な方法を明らかにするとともに、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を整えることができた。</p> |

| 2020 事業年度計画 | 業務実施結果 | 自己評価・今後の取組み |
|-------------|---|--|
| | <p>に、処分システムに関するモデルの高度化やより実際の条件に即したデータの整備を進めている。</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一貫性をもって統合的に進める必要がある。こうした一連の複雑な作業を間違いなく適切に行うために、その品質管理には格別の注意が必要である。専門家によるこうした作業を支援し、安全評価の品質確保を支援するための技術開発を併せて進めている。</p> <p>以上のような観点に立って、安全評価の主要な技術要素である、1) シナリオ構築、2) 核種移行解析モデル開発及び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について実施した技術開発結果について述べる。</p> <p>1) シナリオ構築</p> <p>JAEA との共同研究でニアフィールドの構成要素を対象とした変質挙動（ガラスの溶解、鉄 - ベ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てシナリオの構築に反映するために、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複数のプロセスについて、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り組みを推進した。ガラスの溶解については、JAEA との共同研究に加えて大学との共同研究を開始し、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の室内試験系を用いてデータの取得を開始した。鉄 - ベントナイト相互作用及</p> | <p>2) 核種移行解析モデル開発</p> <p>ニアフィールドを対象として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、これまで保守性を確保して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推進した。</p> <p>地表を含めた広域スケールまでを対象とした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 の取り扱うことのできる空間スケールを処分場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や処分場閉鎖前の坑道周辺の水理場や化学場の変遷を取り扱うモデル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>また、沿岸域をも含めた地質環境を事例として、概要調査に対し安全評価の観点からのニーズを提示するための方法を検討し、概要調査への準備を進めた。</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>共同研究における室内試験データに基づき、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) の収着分配係数モデルを作成し、安全評価における過度の保守性を排除することが可能となった。</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を反映した核種移行パラメータを設定するためのデータを取得し、安全評価的信頼性の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</p> |

| 2020 事業年度計画 | 業務実施結果 | 自己評価・今後の取組み |
|-------------|---|--|
| | <p>びセメント - 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。鉄 - ベントナイト相互作用については、Ⅲ 1. (2) 1「人工バリアに係る技術開発」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も連携して検討を行っている。</p> <p>また、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、室内試験による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、スイスのグリムゼル試験場（以下、「GTS」という。）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 に引き続き参加し、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。GTS でベントナイト緩衝材の温度を最高 200℃とする試験条件で実施する、熱-水-応力-化学（以下、「THMC」という）連成挙動評価に関する国際共同プロジェクト HotBENT 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 THMC 連成現象によるニアフィールドの状態変遷を取り扱う解析技術の高度化を推進した。2020 年度は、原位置での試験条件の設定に他の参加機関とともに取り組んだ。また、HotBENT の試験結果に対してモデル解析が可能となるよう、気液二相流を取り扱う熱-水連成解析モデルを汎用解析ソフトウェア（COMSOL Multiphysics®）に実装し、異なる解析ソフトウェアによる計算結果と比較することにより検証を行った。整備した解析モデルは、Ⅲ 1. (2) 1「人工バリアに係る技術開発」で</p> | <p>研機構により引き続きデータ取得を行うとともに、試験のための手順書を作成した。これにより、必要なデータを複数の委託先で、同一の品質により取得することを可能とするための準備を進めている。</p> <p>【今後の取組み】</p> <p>1) シナリオ構築</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が再冠水に至るまでの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、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> <p>安全評価情報管理ツールの開発に関しては、概念設計に基づいて基本設計を行ってプロトタイプを製作し、これを試用しながら必要な改良を進める。</p> <p>2) 核種移行解析モデル開発</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一貫して設定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</p> |

| 2020 事業年度計画 | 業務実施結果 | 自己評価・今後の取組み |
|-------------|--|---|
| | <p>述べた、現在の設計上限温度を超える高温条件で熱的影響を受けた緩衝材の性能試験にも適用し、試験条件の検討や解析モデルの妥当性の確認のための作業を開始している。</p> <p>安全評価における品質管理を支援するための技術開発として、包括的技術報告書で実施した安全評価に使用しているモデルとデータを一元的に取り扱うための情報管理ツールの概念設計を行った。</p> <p>2)核種移行解析モデル開発</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、室内試験に基づき、溶脱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。GTSにおいて、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。また、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に参加し、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行い、効率的にデータの取得が可能な試験条件を検討した。</p> <p>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については、解析評価の対象スケールについて地表を含む広域スケール(数十km×数十km程度)に適用するために、Ⅲ 1.(1)2「地質環境特性の長期的な</p> | <p>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ついて確認を進める。</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 引き続き共同研究を進め、これまでに作成したウラン(U)の収着分配係数モデルに関して、原位置のボーリングデータ等を用いて適用性の確認を行う。</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レビュー委員会を設け、専門家のレビューを受けることにより品質保証の観点からの技術的な信頼性の向上を図る。</p> |

変化に係るモデル化技術の高度化」で開発を行っている四次元地質環境モデルとの接続方法等について検討を行うとともに、処分場スケール（数 km×数 km 程度）における物質移行解析を可能とするための改良を実施した（図⑤-1 参照）。



図⑤-1 処分場スケールの粒子追跡解析結果の例

（上段：処分場スケール，下段：処分パネルの一部を拡大）

* 赤枠で囲った処分パネルから放出した非収着性の粒子の軌跡を粒子の速さで着色し表示

| 2020 事業年度計画 | 業務実施結果 | 自己評価・今後の取組み |
|-------------|--|-------------|
| | <p>併せて、Partridge で物質移行解析を行うための割れ目ネットワークモデルのリアライゼーション数について、ランダムサンプリングに基づく方法との比較により、包括的技術報告書で適用した層別サンプリングによる方法の妥当性を検証した。</p> <p>また、2022 年度までに成果を統合することを目標として、四次元地質環境モデル、Ⅲ 1. (2) 3 「回収可能性に係る技術開発」で進めている地下施設の建設・操業から閉鎖までの期間における坑道周辺の水理場や化学場の変化に関する解析技術、上記 1) で述べた HotBENT に関連した連成解析モデルなどに係る担当者と統合の方法やデータの受け渡しに係る検討を進めた。</p> <p>2019 年度に引き続き、概要調査計画策定の机上演習（Ⅲ 4. (1) 2 「文献調査と概要調査の円滑な実施に向けたプロジェクトマネジメントの強化」参照）で作成した水理地質構造モデルを用いて、地下水流動に関する感度解析を試行し、地質環境調査に安全評価の観点からのニーズを提示するための方法論を検討するとともに海水準の変動を考慮した非定常解析を実施した。また、流出点の時間変遷に対応した生活圏評価モデルの高度化について検討を進めた。これらの検討についても、上述した成果の統合において考慮していく。</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 地下水の化学的条件により収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収着分配係数モデルの検討を進め、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</p> | |

| 2020 事業年度計画 | 業務実施結果 | 自己評価・今後の取組み |
|-------------|---|-------------|
| | <p>に対して適用可能なウラン（U）の収着分配係数モデルを大学や JAEA との共同研究を通じて作成した。</p> <p>また、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）を反映した溶解度や収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>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、生活圈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収着分配係数の取得を継続するとともに、これを取得するための試験手順書を作成した。</p> | |

以 上