



**令和2年度 確認会議
— 第2回確認会議 補足説明資料 —**

令和2年10月16日

**日本原子力研究開発機構
核燃料・バックエンド研究開発部門
幌延深地層研究センター**

有識者2-2

更問1:最大主応力と最小主応力2つの応力の平均応力がダクティリティインデックスだと理解していることから、最大主応力と最小主応力の方位を示していただきたい。

(3) 地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の検証 2) 地殻変動による人工バリアへの影響・回復挙動試験

【令和元年度までの総括】

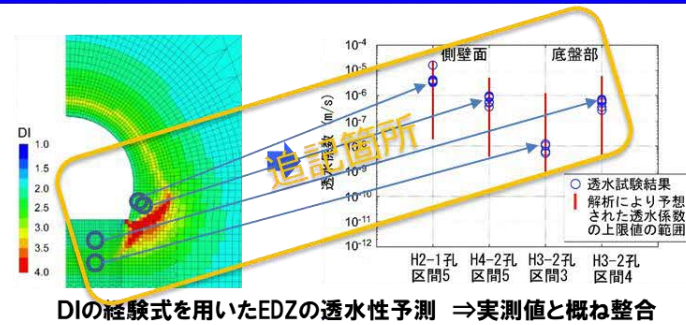
- ① 国内外の関連する研究事例を収集
- ① DIの経験式を用いた掘削影響領域(EDZ)の透水性予測結果は実測値と概ね整合しており、埋め戻し後の予測の見通しが得られた。

【令和2年度以降の取り組み】

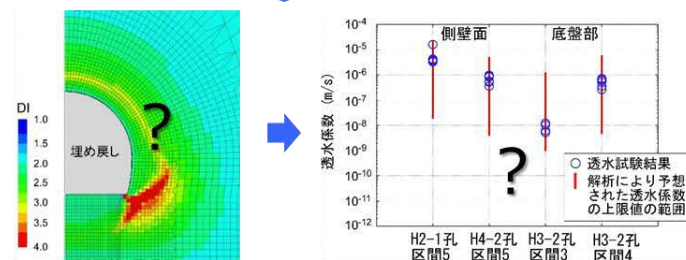
- ②人工バリアの緩衝材や坑道埋め戻し材が掘削影響領域(EDZ)の力学的・水理学的な緩衝能力(自己治癒能力)に与える影響を把握する解析手法の開発
 - ・ DIを用いたEDZの透水性を予測する既存モデルの再検証
 - ・ 坑道埋め戻し後のEDZの透水性を予測するモデルの構築

【令和2年度の取り組み】

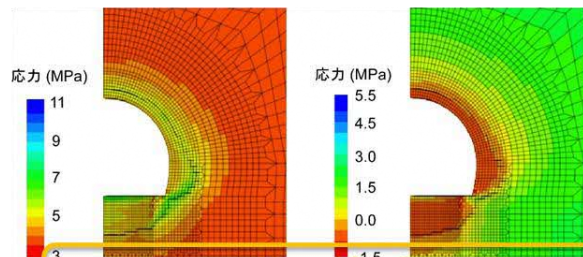
- ②緩衝材や坑道埋め戻し材の膨潤圧が掘削影響領域の亀裂の透水性(あるいは開口幅)に与える影響について亀裂を対象に実施した既往の樹脂注入試験結果の解析



DIの経験式を用いたEDZの透水性予測 ⇒実測値と概ね整合

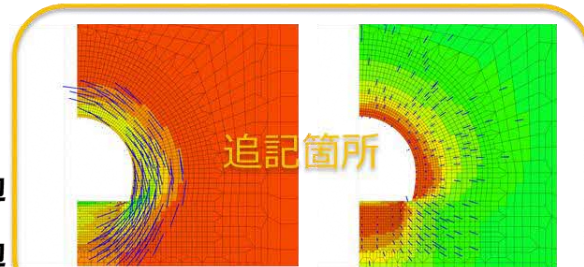


坑道埋め戻し後のEDZの透水性を予測するモデルの構築



(a)最大有効主応力の分布 (b)最小有効主応力の分布

左)掘削直後の坑道周辺の有効応力分布例
右)掘削直後の坑道周辺の主応力方向分布例

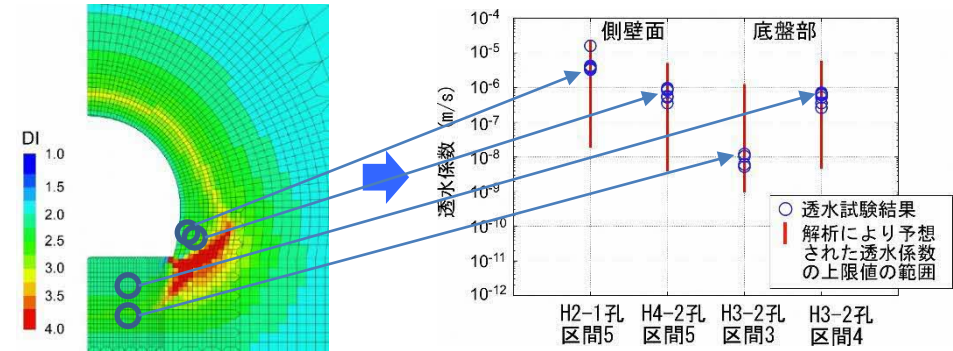
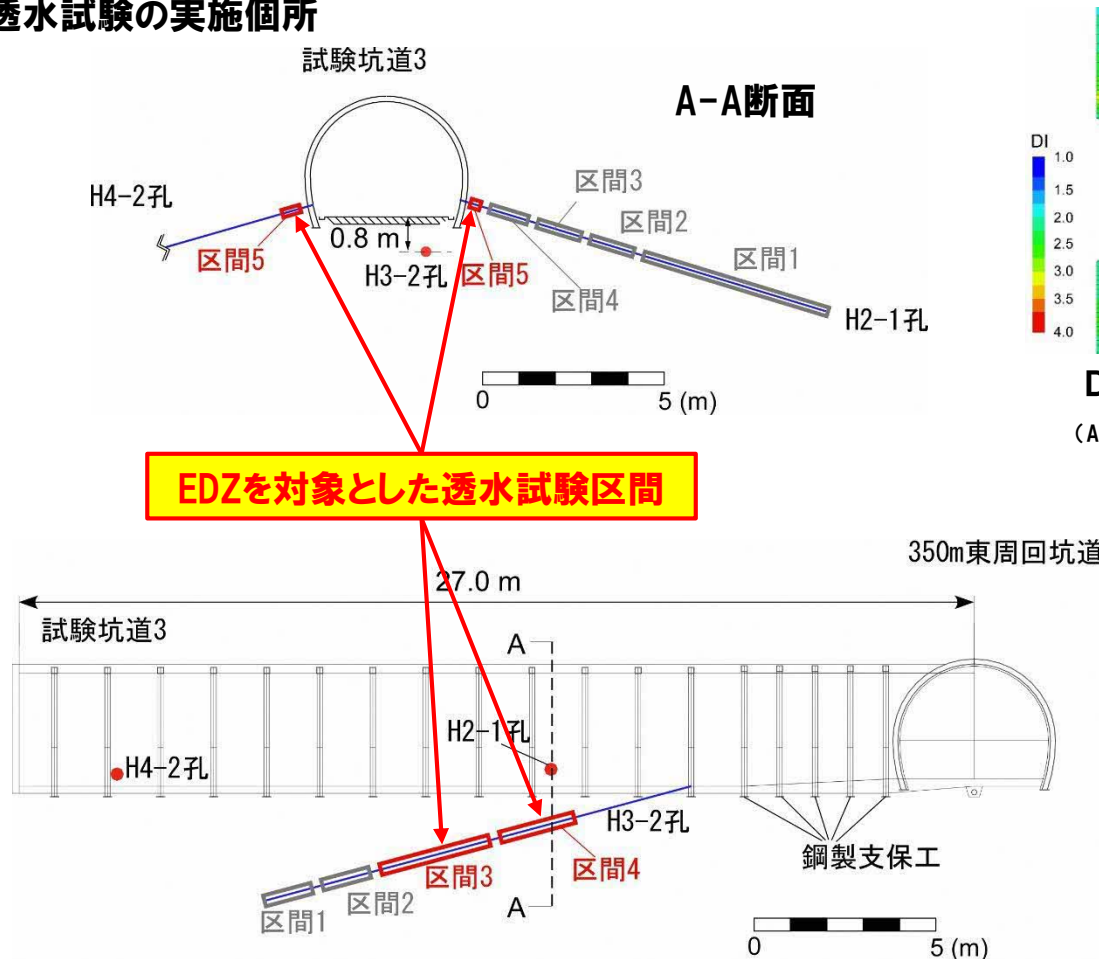


(a)最大有効主応力の方向 (b)最小有効主応力の方向

有識者2-2

更問2: 透水係数に関しては、側壁面と底盤部で例えば2桁ぐらいの非常に大きな差があることから、その透水試験結果のばらつきなどを確認するためにも、透水試験を行った具体的な場所も示していただきたい。

透水試験の実施箇所



DIの経験式を用いたEDZの透水性予測 ⇒ 実測値と概ね整合

(Aoyagi & Ishii, 2019, Rock Mechanics and Rock Engineering, vol.52, pp.385-401に加筆)

透水試験は、3本のボーリング孔の試験区間で実施しました。
EDZの領域に対応する試験区間

坑道の側壁部分:

H2-1孔の区間5

H4-2孔の区間5

坑道の底盤部分:

H3-2孔の区間3、4

これらの4区間の位置は、数値解析結果の絵上では○に相当します。

透水試験は、4年以上にわたって6~7回定期的に行われました。各試験の結果をグラフに示しました。

道1

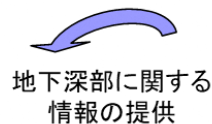
更問:幌延での研究と茨城での研究がどのように関係しているのか。

東海と幌延での試験・研究の役割分担と連携

核燃料サイクル工学研究所(茨城県)
(室内)

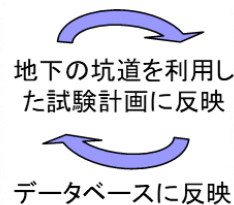
幌延深地層研究センター(北海道)
(地下深部)

- ・ 幌延の環境条件(温度、水質、材料等)も考慮した、幅広い試験条件でのデータ取得や試験装置の開発



- ・ 地下深部の地質環境(不均質な断層の分布、温度・圧力、地下水の水質・動きなど)に関するデータ取得と調査技術の開発

- ・ 汎用性のある各種データベース(DB)の整備
 - 緩衝材の基本特性
 - 放射性核種の緩衝材や岩等への収着データ等



- ・ 実際の地下深部の地質環境における人工バリアや岩盤中の物質移行などの試験の実施

- ・ モデルの構築・改良
 - 個別現象とその発生や進展のメカニズムの把握



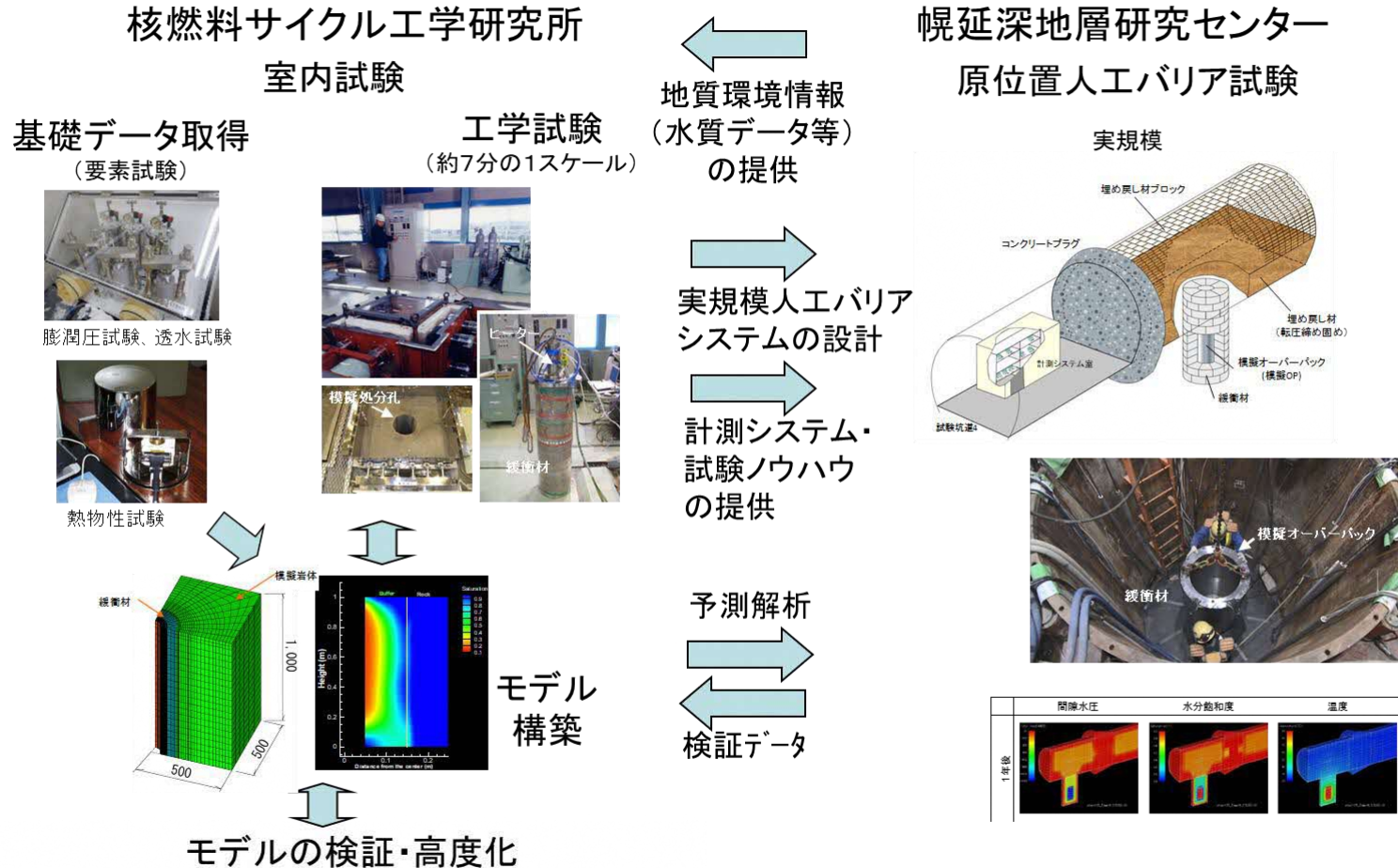
- ・ 原位置試験結果の分析・評価
- ・ モデルの適用性確認

- 地質環境特性、工学技術および安全評価を統合した調査・解析・評価技術の整備
- その基盤となる科学技術的知見の拡充

道1

更問:幌延での研究と茨城での研究がどのように関係しているのか。

■人工バリア性能確認試験の例



安全評価において必要となる熱-水-応力-化学連成現象の評価技術の信頼性向上を図るために、幌延の堆積岩を事例として、人工バリア定置後の廃棄体周辺での連成現象の評価手法の適用性を確認する。

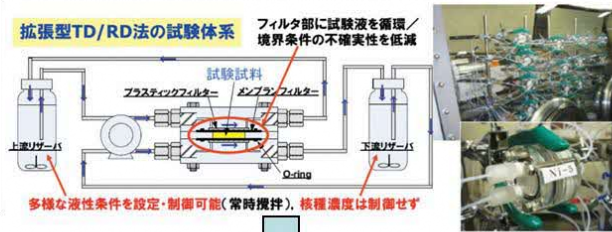
道1

更問: 幌延での研究と茨城での研究がどのように関係しているのか。

■ 物質移行試験の例

核燃料サイクル工学研究所

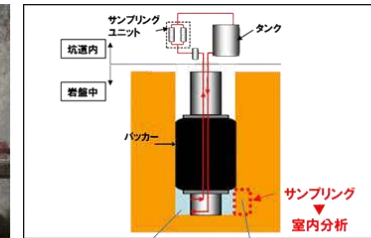
室内試験
室内トレーサー試験



幌延深地層研究センター

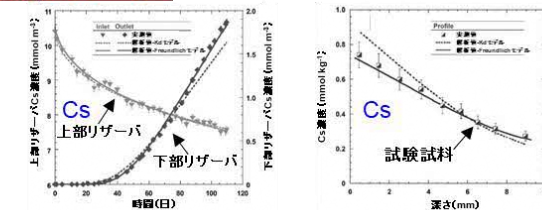
原位置トレーサー試験

地質環境情報
(水質、水圧データ等)
の提供

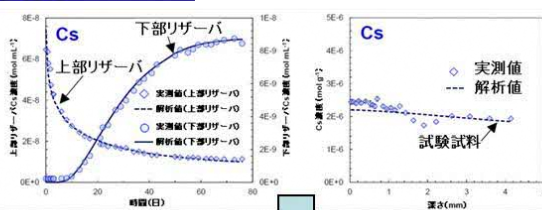


モデル化・解析

● 放射性トレーサー



● 非放射性トレーサー



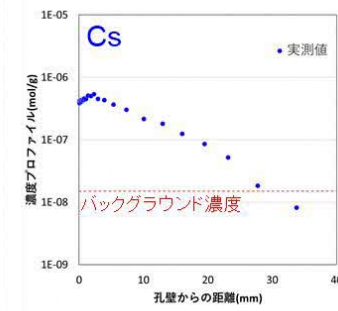
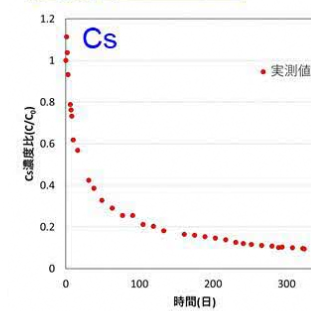
モデルの適用



検証データ



● 非放射性トレーサー



収着・拡散パラメータ、モデルの比較検証

安全評価において必要となる核種移行評価技術の信頼性向上を図るために、幌延の堆積岩を事例として、物質移行現象を把握するとともに、その評価手法を整備する。

道3

更問:令和2年2月の外部評価委員会の結果を道が把握するのが遅くなった。外部評価の結果は速やかにご報告願いたい。

研究に対する評価や その他研究の推進に関することの報告

【第25回深地層の研究施設計画検討委員会(令和2年2月13日開催)】

概要

- ・瑞浪・幌延において実施している必須の課題について、前年度(平成30年度)の評価委員会以降に更新・追加された成果を確認するとともに、前年度の評価結果に対する変更の有無を審議した。その結果、令和元年度末までの成果の評価は、前年度に実施した評価結果のまま、変更がないことが確認された。
- ・今後の研究計画や研究の進め方について意見をいただいた。

主な意見 (幌延について)

- ・500mを対象とした研究開発は、今後の処分事業を考慮すると、必要性が高い。実際の事業において、中間的な深度から目標深度の地質環境を予測する技術にもつながるので前向きに進めてほしい。
- ・国際協力拠点としての活動を積極的に進めてほしい。海外研究者の常駐など、研究しやすい環境を目指してもらいたい。

道3

更問:令和2年2月の外部評価委員会の結果を道が把握するのが遅くなった。外部評価の結果は速やかにご報告願いたい。

研究に対する評価や その他研究の推進に関することの報告

【第30回地層処分研究開発・評価委員会

(令和2年3月11日～31日 書面による討議)】

概要

- ・地層処分技術に関する研究開発の各個別研究課題について、研究開発の現状と今後の予定を報告し、研究開発の計画、進捗等について討議いただき、意見をいただいた。
- ・深地層の研究施設計画(瑞浪・幌延)について、前年度(平成30年度)に、令和元年度分の成果を見越して行った評価結果について、「深地層の研究施設計画検討委員会」からの報告を受けて、改めて確認を行った。その結果、令和元年度末までの成果の評価結果は、前年度に実施した評価結果のまま、妥当であることが確認された。

主な意見

- (全体) ・本年度の地層処分技術に関する研究開発全体として、中長期計画および年度計画に沿っておおむね順調に進められている。
- (幌延) ・これまで様々な研究や技術開発の成果の蓄積がなされてきている。今後も「令和2年度以降の幌延深地層研究計画」にしたがった着実な研究開発を継続すること。その際は、国内外の関係組織との協力をより一層進め、国際的にも高い価値の成果を創出することを期待する。

道7、有識者4

更問：今後どのような順番で研究を行い、その時の評価の対象となる事項を記載するなど、より具体的に示していただきたい。

研究課題の総括表 1.実際の地質環境における人工バリアの適用性確認

「令和2年度以降の幌延深地層研究計画(案)」に関する第5回確認会議 資料6-2(p16-21)を加筆修正
幌延深地層研究計画に係る第1回確認会議 資料4 3研究課題の総括表 (p51-56) を抜粋し、加筆修正

区分	目的・背景・必要性・意義	課題	R 2以降の課題	R 2以降の実施内容	R 2の実施内容	研究期間														
						前半					後半									
1.1 人工バリア性能確認試験	<ul style="list-style-type: none"> ・実際の地質環境下における処分孔設置方式を対象とした熱-水-応力-化学連成現象(ガラス固化体設置以降の加熱時から浸潤時・減熱時を模擬した現象)に関する試験をとおして、設計や連成挙動評価手法の適用性の確認(人工バリアの解体調査および緩衝材の飽和度の確認を含む)、ならびに施工方法などの工学的実現性の例示等を行い、設計、施工および評価・解析といった一連の技術に関する基盤情報を整備する ・これらをおとして、廃棄体埋設後において、廃棄体周辺で起こる現象の理解を深め、安全評価において前提としている環境条件が達成されること確認するとともに、その予測技術を確立することで、人工バリアの設計に反映する 	③④ 熱-水-応力-化学連成現象(ガラス固化体設置以降の加熱時(③)から浸潤時・減熱時(④)を模擬した現象)の評価手法(モデル化・解析手法)の確立	④ 浸潤時・減熱時のデータを含め、ガラス固化体設置以降の加熱・注水時から浸潤時・減熱時を全て模擬したデータに基づく熱-水-応力-化学連成現象のモデルの高度化、及び浸潤時の実際の飽和度などの確認(解体調査による)	④-1 注入する地下水の圧力や量を増加させ緩衝材に地下水を浸潤させた場合のデータ(浸潤時・減熱時)を取得、連成モデルの適用性確認	④-1 人工バリア性能確認試験(加熱・注水試験のデータの分析・評価)	前半の5年程度で実施 体系化して取り組む課題(②処分概念オプションの実証のうち人工バリアの定置・品質確認などの方法論に関する実証試験)で実施														
						R2	R3	R4	R5	R6	R7	F8	R9	R10						
						④-1 浸潤時・減熱時のデータ取得・連成モデルの適用性確認					体系化の中で、情報の不足等があった場合に追加で試験、解析を実施									
						各成果の令和2年度に得られた成果を記載					各成果の令和3年度に得られた成果を記載					各成果の令和4年度に得られた成果を記載				
						各成果の令和5年度に得られた成果を記載					各成果の令和6年度に得られた成果を記載					令和6年度までに得られる成果 ○緩衝材で生じる連成現象の把握 ○解析用パラメータの整理 ○熱-水理-化学連成解析モデルの適用性の確認				
国際プロジェクト(DECOWALEX等)における解析コード間の比較検証、改良・高度化					国際プロジェクトでの解析コード間の比較検証、改良・高度化					体系化の中で、情報の不足等があった場合に追加で試験、解析を実施										
研究の進捗管理として、成果物の達成に向けた各年度の成果を、各年度の欄に追記していきます 他の研究内容も同様に追記します										令和5年度までに得られる成果 ○各国の解析コード間の比較検証を通じた解析コードの有効性の確認										
④-2 人工バリアの解体作業および緩衝材の飽和度の確認を実施する					④-2 人工バリアの試験体を取り出すための試験施工					体系化の中で、情報の不足等があった場合に追加で試験、解析を実施										
										令和6年度までに得られる成果 ○人工バリアの解体作業の方針及び施工手順・方法の決定 ○緩衝材の飽和度の実データの取得										

※ 本資料は現段階で想定するスケジュールであり、年度ごとに得られた研究成果を評価し見直ししていく。

個別の要素技術の課題については、期間の前半で実施し、後半は体系化して取り組む課題(「2.1.2坑道スケール〜ピットスケールでの調査・設計・評価技術の体系化」)に統合して実施する。
「2.1.2坑道スケール〜ピットスケールでの調査・設計・評価技術の体系化」を実施する中で、情報の不足等があった場合に追加で試験や解析を実施する。

道7、有識者4

更問：今後どのような順番で研究を行い、その時の評価の対象となる事項を記載するなど、より具体的に示していただきたい。

研究課題の総括表 1. 実際の地質環境における人工バリアの適用性確認

「令和2年度以降の幌延深地層研究計画(案)」に関する第5回確認会議 資料6-2(p16-21)を加筆修正
幌延深地層研究計画に係る第1回確認会議 資料4 3研究課題の総括表(p51-56)を抜粋し、加筆修正

区分	目的・背景・必要性・意義	課題	R2以降の課題	R2以降の実施内容	R2の実施内容	研究期間									
						前半					後半				
1.2 物質移行試験	<ul style="list-style-type: none"> 幌延地域に分布する泥岩は断層等の構造性の割れ目が分布することが知られているため、岩盤基質部(=健岩部)における拡散および割れ目(掘削影響領域などの人為的な割れ目も含む)を介した移流・分散が主要な移行経路や形態として考えられる 有機物・微生物・コロイド等が、物質の移行に影響を及ぼすことが考えられる したがって、割れ目を有する堆積岩での物質移行経路や形態と物質移行に与える要因(有機物・微生物・コロイド等)を総合的に評価することが必要 そのために、幌延の泥岩を事例として、岩盤基質部(=健岩部)および割れ目の双方を対象とした原位置トレーサー試験等を実施し、それぞれの構造の物質移行特性評価手法を構築することが重要 世界的にも事例が少ない泥岩中の割れ目を対象としたトレーサー試験手法を確立することも重要 あわせて、有機物・微生物・コロイド等が、物質の移行に及ぼす影響を把握することが重要 	<ul style="list-style-type: none"> ① 岩盤基質部(=健岩部)を対象とした物質移行特性(物質の移動速度や岩盤へのくっつきやすさ等)の評価手法の検証 ② 割れ目を対象とした物質移行特性(物質の移動速度や岩盤へのくっつきやすさ等)の評価手法の検証 ③ 泥岩中の割れ目を対象としたトレーサー試験手法の検証 ④ 掘削影響領域などの人為的な割れ目を対象とした物質移行特性(物質の移動速度や岩盤へのくっつきやすさ等)の評価手法の検証 ⑤ 有機物・微生物・コロイド等が、物質の移行に及ぼす影響を把握 ⑥ 割れ目を有する堆積岩での物質移行特性の総合的な評価手法の確立 	④ 掘削影響領域の物質移行の評価手法の確立	<ul style="list-style-type: none"> 確立した試験手法を用いて掘削影響領域での物質移行に関するデータ取得を実施するとともに、有機物や微生物が放射性物質を取り込んで移動する影響が限定的であることを確認する。また、物質移行評価手法の高度化するため以下を実施 ④ 確立したトレーサー試験手法を用いた掘削影響領域での物質移行に関するデータ取 	④ 掘削影響領域を対象とした物質移行試験	前半の5年程度で実施					体系化して取り組む課題((2)処分概念オプションの実証のうち人工バリアの定置・品質確認などの方法論に関する実証試験)で実施				
						R2	R3	R4	R5	R6	R7	F8	R9	R10	
						④ 掘削影響領域の物質移行の評価手法の確立					体系化の中で、情報の不足等があった場合に追加で試験、解析を実施				
						令和6年度までに得られる成果									
						<ul style="list-style-type: none"> ○原位置試験データ(非放射性/取着性トレーサー)の取得 ○EDZにおけるモデル化/解析評価手法の提示 									
						⑤ 有機物、微生物、コロイドの影響を考慮した物質移行モデルの高度化					体系化の中で、情報の不足等があった場合に追加で試験、解析を実施				
令和6年度までに得られる成果															
<ul style="list-style-type: none"> ○室内試験データの拡充 ○有機物・微生物・コロイドの影響を考慮した物質移行モデルの提示 															
⑥ ブロックスケール(数m~100m規模)における遅延性能評価手法の整備					体系化の中で、情報の不足等があった場合に追加で試験、解析を実施										
令和6年度までに得られる成果															
<ul style="list-style-type: none"> ○原位置試験データ(非放射性/取着性トレーサー)の取得 ○幌延を事例としたブロックスケールの評価手法の提示 															

※ 本資料は現段階で想定するスケジュールであり、年度ごとに得られた研究成果を評価し見直ししていく。

個別の要素技術の課題については、期間の前半で実施し、後半は体系化して取り組む課題(「2.1.2坑道スケール〜ピットスケールでの調査・設計・評価技術の体系化」)に統合して実施する。
 「2.1.2坑道スケール〜ピットスケールでの調査・設計・評価技術の体系化」を実施する中で、情報の不足等があった場合に追加で試験や解析を実施する。

道7、有識者4

更問：今後どのような順番で研究を行い、その時の評価の対象となる事項を記載するなど、より具体的に示していただきたい。

「令和2年度以降の幌延深地層研究計画(案)」に関する第5回確認会議 資料6-2(p16-21)を加筆修正
幌延深地層研究計画に係る第1回確認会議 資料4 3研究課題の総括表 (p51-56)を抜粋し、加筆修正

研究課題の総括表 2. 処分概念オプションの実証

区分	目的・背景・必要性・意義	課題	R2以降の課題	R2以降の実施内容	R2の実施内容	研究期間									
						前半					後半				
2.1 人工バリアの 定置・品質確認などの方法論に関する実証試験	・処分場の操業（廃棄体の搬送定置・回収、処分場の閉鎖を含む）に関わる人工バリアの搬送・定置方式などの工学技術の実現性、人工バリアの回収技術の実証を目的として、幌延の地下施設を事例に、原位置試験を実施し、人工バリアの搬送定置・回収技術及び閉鎖技術を実証する	① 処分場の操業（廃棄体の搬送定置・回収、処分場の閉鎖を含む）に関わる人工バリアの搬送・定置方式などの工学技術の実現性、人工バリアの回収技術の実証 ② 個別の要素技術の実証試験 ③ 埋め戻し材、プラグに関する設計手法、製作・施工及び品質管理手法の確立	①②③ 操業・回収技術などの技術オプションの実証、閉鎖技術の実証	注入する地下水の圧力や量を増加させ、緩衝材に十分に水を浸潤させた状態を確保して施工方法（締め、ブロック方式等）の違いによる緩衝材の品質の違いを把握する。また、埋め戻し方法（プラグの有無等）・回収方法による埋め戻し材の品質の違いを把握する。	① シーリングシステムの長期変遷に係る現象理解のための解析および設計フローの見直し・高度化、緩衝材の膨潤挙動に関する試験・解析、EDZ・ボーリング孔等のシーリングに関する計画検討	前半の5年程度で実施									
						R2	R3	R4	R5	R6	R7	F8	R9	R10	
						① 閉鎖技術（埋め戻し方法：プラグ等）の実証					体系化して取り組む課題（(2)処分概念オプションの実証のうち人工バリアの定置・品質確認などの方法論に関する実証試験）で実施				
						② 搬送定置・回収技術の実証					体系化の中で、情報の不足等があった場合に追加で試験、解析を実施				
2.1.1 操業・回収技術等の技術オプションの実証、閉鎖技術の実証	・処分場の操業（廃棄体の搬送定置・回収、処分場の閉鎖を含む）に関わる人工バリアの搬送・定置方式などの工学技術の実現性、人工バリアの回収技術の実証を目的として、幌延の地下施設を事例に、原位置試験を実施し、人工バリアの搬送定置・回収技術及び閉鎖技術を実証する	① 埋め戻し材、プラグに関する設計手法、製作・施工及び品質管理手法の確立	① 閉鎖技術（埋め戻し方法：プラグ等）の実証	② 搬送定置・回収技術の実証（緩衝材や埋め戻し材の状態に応じた除去技術の技術オプションの整理、回収容易性を考慮した概念オプション提示、回収維持の影響に関する品質評価手法の提示）	②実際の地下環境における支保部材（吹き付けコンクリート、鉄鋼支保等）の状況把握に係る室内試験、実際の地下深部の坑道で生じる事象に係るモデル作成・予察的解析	令和6年度までに得られる成果 ○シーリングシステムの長期性能評価に関する考え方の整理 ○緩衝材の膨潤挙動に影響を与える事象の整理 ○止水プラグの施工に関する重要技術の抽出 ○EDZ調査技術の評価・高度化 ○坑道内からのボーリング孔に対するシーリング技術の整備・実証									
						③ 人工バリアの緩衝材と坑道の埋め戻し材の施工方法の違いに係る品質保証体系の構築					体系化の中で、情報の不足等があった場合に追加で試験、解析を実施				
						③ 人工バリアの緩衝材と坑道の埋め戻し材の施工方法の違いに係る品質保証体系の構築（(1)実際の地質環境における人工バリアの適用性確認のうち、人工バリア性能確認試験とあわせて実施）					体系化の中で、情報の不足等があった場合に追加で試験、解析を実施				
						③ 人工バリアの緩衝材と坑道の埋め戻し材の施工方法の違いに係る品質保証体系の構築					体系化の中で、情報の不足等があった場合に追加で試験、解析を実施				

※ 本資料は現段階で想定するスケジュールであり、年度ごとに得られた研究成果を評価し見直ししていく。

個別の要素技術の課題については、期間の前半で実施し、後半は体系化して取り組む課題（「2.1.2坑道スケール〜ピットスケールでの調査・設計・評価技術の体系化」）に統合して実施する。
「2.1.2坑道スケール〜ピットスケールでの調査・設計・評価技術の体系化」を実施する中で、情報の不足等があった場合に追加で試験や解析を実施する。

道7、有識者4

更問：今後どのような順番で研究を行い、その時の評価の対象となる事項を記載するなど、より具体的に示していただきたい。

研究課題の総括表 2. 処分概念オプションの実証

「令和2年度以降の幌延深地層研究計画(案)」に関する第5回確認会議 資料6-2(p16-21)を加筆修正
幌延深地層研究計画に係る第1回確認会議 資料4 3研究課題の総括表 (p51-56) を抜粋し、加筆修正

区分	目的・背景・必要性・意義	課題	R 2 以降の課題	R 2 以降の実施内容	R2の実施内容	研究期間										
						前半					後半					
2.1 人工バリアの 定置・品質確認などの方法論に関する実証試験 2.1.2 坑道スケール～ピットスケールでの調査・設計・評価技術の体系化		① 処分場の操業（廃棄体の搬送定置・回収、処分場の閉鎖を含む）に関わる人工バリアの搬送・定置方式などの工学技術の実現性、人工バリアの回収技術の実証を目的として、幌延の地下施設を事例に、原位置試験を実施し、人工バリアの搬送定置・回収技術及び閉鎖技術を実証する ② 個別の要素技術の実証試験 ③ 埋め戻し材、プラグに関する設計手法、製作・施工及び品質管理手法の確立	④ 廃棄体の設置方法等の実証試験を通じた、坑道スケール～ピットスケールでの調査・設計・評価技術の体系化	人工バリアの品質を踏まえて、これまで実証してきた要素技術を体系的に適用し、廃棄体の設置方法（間隔など）を確認するため以下を実施 ④-1 坑道スケール～ピットスケールでの調査・設計・評価技術の体系化 ④-2 先行ボーリングによる地質環境特性調査ならびに工学的対策技術を考慮した、地下施設及び人工バリアの設計評価技術の体系化 ④-3 多連接坑道を考慮した湧水抑制対策技術及び処分孔支保技術の整備、緩衝材流出・侵入現象評価手法及び抑制対策技術の整備 ④-4 廃棄体設置の判断や間隔の設定に必要な情報の整理	後半の5年程度で実施するため、R2は実施しない	他の研究課題を取り込んで体系化して取り組む課題として、後半の5年程度で実施										
						R2	R3	R4	R5	R6	R7	F8	R9	R10		
										④-1						
										④-2						
										④-3						
				④-4												

※ 本資料は現段階で想定するスケジュールであり、年度ごとに得られた研究成果を評価し見直していく。

個別の要素技術の課題については、期間の前半で実施し、後半は体系化して取り組む課題（「2.1.2坑道スケール～ピットスケールでの調査・設計・評価技術の体系化」）に統合して実施する。
 「2.1.2坑道スケール～ピットスケールでの調査・設計・評価技術の体系化」を実施する中で、情報の不足等があった場合に追加で試験や解析を実施する。

道7、有識者4

更問：今後どのような順番で研究を行い、その時の評価の対象となる事項を記載するなど、より具体的に示していただきたい。

研究課題の総括表 2. 処分概念オプションの実証

「令和2年度以降の幌延深地層研究計画(案)」に関する第5回確認会議 資料6-2(p16-21)を加筆修正
幌延深地層研究計画に係る第1回確認会議 資料4 3研究課題の総括表(p51-56)を抜粋し、加筆修正

区分	目的・背景・必要性・意義	課題	R 2 以降の課題	R 2 以降の実施内容	R2の実施内容	研究期間														
						前半					後半									
2.2 高温度 (100℃超) などの 限界的 条件下 での人 工バ リア性 能確 認試 験	人工バリア設置環境の深度依存性を考慮し、種々の処分概念オプションの工学的実現性を実証し、多様な地質環境条件に対して柔軟な処分場設計を行うことを支援する技術オプションを提供する 実際の処分事業では、オーバーバックが100℃以下になってから処分することが基本であるが、想定外の要因によって100℃を超えた状態になることを想定して、人工バリアシステムの安全裕度を検証する	① 100℃超の高温度での限界環境が人工バリアに与える影響と上限温度設定の考え方の整備、解析的な検討	① 高温度(100℃以上)などの限界的条件下での人工バリア性能確認試験が100℃超になった状態を想定した解析手法の開発	人工バリアシステムの安全裕度の検証に向けて、緩衝材が100℃超になった状態を想定した解析手法を開発するため以下を実施	①-1 高温度(100℃以上)などの限界的条件下での人工バリア性能確認試験	前半の5年程度で実施														
						R2 R3 R4 R5 R6 R7 F8 R9 R10					体系化して取り組む課題 ((2)処分概念オプションの実証のうち人工バリアの定置・品質確認などの方法論に関する実証試験) で実施									
						①-1 限界的条件下での人工バリア性能確認試験の解析・検討					体系化の中で、情報の不足等があった場合に追加で試験、解析を実施									
						令和6年度までに得られる成果 ○高温度(100℃以上)などの限界的条件下での人工バリア性能確認試験データの収集														
						①-2 100℃超になった際にニアフィールド(人工バリアとその周辺岩盤の領域)において発生する現象の整理					①-2 緩衝材の最高温度が100℃を超えた状態において人工バリアに生じうる現象や基本特性の変化などの観点からシナリオを検討					体系化の中で、情報の不足等があった場合に追加で試験、解析を実施				
						令和6年度までに得られる成果 ○100℃超になった際にニアフィールドにおいて発生する現象の整理														
①-3 ニアフィールドにおける上限温度設定の考え方を提示(国際プロジェクト情報を収集し、発生する現象を整理)					①-3 海外で実施されている緩衝材の最高温度が100℃を超えた状態を模擬する原位置試験についての試験条件、試験手法、計測機器の選定・配置等に関する情報の入手					体系化の中で、情報の不足等があった場合に追加で試験、解析を実施										
令和6年度までに得られる成果 ○ニアフィールドにおける上限温度設定の考え方の提示																				

※ 本資料は現段階で想定するスケジュールであり、年度ごとに得られた研究成果を評価し見直ししていく。

個々の要素技術の課題については、期間の前半で実施し、後半は体系化して取り組む課題(「2.1.2坑道スケール〜ピットスケールでの調査・設計・評価技術の体系化」)に統合して実施する。
「2.1.2坑道スケール〜ピットスケールでの調査・設計・評価技術の体系化」を実施する中で、情報の不足等があった場合に追加で試験や解析を実施する。

道7、有識者4

更問：今後どのような順番で研究を行い、その時の評価の対象となる事項を記載するなど、より具体的に示していただきたい。

研究課題の総括表 3. 地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の検証

「令和2年度以降の幌延深地層研究計画(案)」に関する第5回確認会議 資料6-2(p16-21)を加筆修正
幌延深地層研究計画に係る第1回確認会議 資料4 3研究課題の総括表(p51-56)を抜粋し、加筆修正

区分	目的・背景・必要性・意義	課題	R 2 以降の課題	R 2 以降の実施内容	R 2 の実施内容	研究期間														
						前半					後半									
3.1 水圧擾乱試験などによる緩衝能力の検証・定量化 3.1.1 地殻変動が地層の透水性に与える影響の把握	<ul style="list-style-type: none"> ・岩盤中には大小様々な断層が存在するが、小規模なものいくつかは処分場に取り込まざるを得ない可能性がある。それらの断層が地震や隆起などの地殻変動の影響を受けた場合に、その透水性がどの程度まで上昇し得るかを検討しておく必要がある ・断層の透水性は断層の変形様式に大きく依存する。脆性的な変形が起こると断層の透水性は有意に上昇しやすいが、延性的な変形の場合は透水性が上昇しにくい。生じる変形が脆性的か延性的かは、変形時の岩石強度、応力などに依存する ・本研究では、地殻変動に対する緩衝能力が潜在的に高いことから堆積岩に重点を置き、断層の変形様式を支配する岩石の強度・応力状態を計測でき、かつマッピング（空間的な分布図を示すこと）が可能なパラメータで指標化することを試みる。そのようなパラメータと断層の透水性の潜在的な上限を関係付けることができれば処分場閉鎖後の断層の透水性について現実的な状態設定が可能となる ・断層は動いたとしても、その透水性は、地層の力学的な緩衝能力が働くことにより、一定の値を超えない。この現象を定量的に示したい 	①地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力を表現するパラメータ（指標）の提案 ②水圧擾乱試験によるパラメータの有効性の検証	② 地殻変動が地層の透水性に与える影響の把握	断層の幅が数10cmの断層における地震動や坑道掘削に伴う、割れ目における地下水の流れの変化に関して、堆積岩の緩衝能力（自己治癒能力）を実証するために、以下の検討や試験を実施する ②-1 地殻変動が地層の透水性に与える影響の把握（ボーリング孔を用いた水圧擾乱試験） ②-1 試験中における断層間の水理的連結性について断層の幾何形状や透水性をパラメータとした解析 ②-1~3 幅数10cmのより大型の断層を対象とした水圧擾乱試験 ②-1~3 これまでに実施した断層の水圧擾乱試験や透水試験の結果の詳細解析 ②-2 DI（ダクティリティ・インデックス；岩盤にかかる平均応力を引張強度で割った値）を用いた透水性評価の信頼性向上・隆起侵食の影響評価手法の整備 ②-3 水圧擾乱試験による断層の活動性評価手法の整備	②-1 試験中における断層間の水理的連結性について断層の幾何形状や透水性をパラメータとした解析 ②-1~3 幅数10cmのより大型の断層を対象とした水圧擾乱試験 ②-1~3 これまでに実施した断層の水圧擾乱試験や透水試験の結果の詳細解析 ②-2 DIを用いた透水性評価の信頼性向上・隆起侵食の影響評価手法の整備 ②-3 水圧擾乱試験による断層の活動性評価手法の整備	前半の5年程度で実施														
						R2	R3	R4	R5	R6	R7	F8	R9	R10						
						②-1 地殻変動が地層の透水性に与える影響の把握					体系化して取り組む課題（(2)処分概念オプションの実証のうち人工バリアの定置・品質確認などの方法論に関する実証試験）で実施					体系化の中で、情報の不足等があった場合に追加で試験、解析を実施				
						令和6年度までに得られる成果 ○ボーリング孔を用いた水圧擾乱試験データの取得														
②-2 DIを用いた透水性評価の信頼性向上・隆起侵食の影響評価手法の整備					体系化の中で、情報の不足等があった場合に追加で試験、解析を実施					令和6年度までに得られる成果 ○DIを用いた透水性評価手法の高度化										
②-3 水圧擾乱試験による断層の活動性評価手法の整備					体系化の中で、情報の不足等があった場合に追加で試験、解析を実施					令和6年度までに得られる成果 ○水圧擾乱試験による断層の活動性評価手法の整備										

※ 本資料は現段階で想定するスケジュールであり、年度ごとに得られた研究成果を評価し見直ししていく。

個別の要素技術の課題については、期間の前半で実施し、後半は体系化して取り組む課題（「2.1.2坑道スケール〜ピットスケールでの調査・設計・評価技術の体系化」）に統合して実施する。
 「2.1.2坑道スケール〜ピットスケールでの調査・設計・評価技術の体系化」を実施する中で、情報の不足等があった場合に追加で試験や解析を実施する。

道7、有識者4

更問：今後どのような順番で研究を行い、その時の評価の対象となる事項を記載するなど、より具体的に示していただきたい。

研究課題の総括表 3. 地震変動に対する地層の緩衝能力の検証

「令和2年度以降の幌延深地層研究計画(案)」に関する第5回確認会議 資料6-2(p16-21)を加筆修正
幌延深地層研究計画に係る第1回確認会議 資料4 3研究課題の総括表 (p51-56) を抜粋し、加筆修正

区分	目的・背景・必要性・意義	課題	R 2 以降の課題	R 2 以降の実施内容	R 2 の実施内容	研究期間									
						前半					後半				
3.1 水圧擾乱試験などによる緩衝能力の検証・定量化	地下水の流れが非常に遅い領域(化石海水領域に相当と仮定)の分布を把握することは、処分事業における処分場選定の際に有用な情報になり得る。このため、地上からの調査により、化石海水の三次元分布を評価する既存技術の高度化を図る	③ 地下水の流れが非常に遅い領域(化石海水領域)を調査・解析・評価する手法の確立 ④ 三次元分布を調査・解析・評価する手法の確立	③④ 地下水流れが非常に遅い領域を調査・評価する技術の高度化	地下水が動いていない環境を調査してモデル化する技術を実証するため以下を実施	③ 化石海水領域の三次元分布を把握するための物理探査	前半の5年程度で実施									
						R2	R3	R4	R5	R6	R7	F8	R9	R10	
						③ 地下水の流れが非常に遅い領域の調査・評価技術の検証					体系化の中で、情報の不足等があった場合に追加で試験、解析を実施				
						令和6年度までに得られる成果 ○化石海水領域の調査・評価技術の整備・高度化									
3.1.2 地下水の流れが非常に遅い領域を調査・評価する技術の高度化				④-1 化石海水の三次元分布に係る調査・評価手法の検証	④-1 地下水の塩濃度分布の推定	前半の5年程度で実施									
						R2	R3	R4	R5	R6	R7	F8	R9	R10	
						④-1 化石海水の三次元分布に係る調査・評価手法の検証					体系化の中で、情報の不足等があった場合に追加で試験、解析を実施				
						令和6年度までに得られる成果 ○化石海水の三次元分布に係る調査・評価技術の整備・高度化									
				④-2 広域スケール(10数km×10数km)を対象とした水理・物質移動評価手法の検証(地下水滞留時間)評価のための水理解析、塩濃度分布評価のための水理・物質移動解析)	④-2 化石海水領域を評価する水理解析手法の改良	前半の5年程度で実施									
						R2	R3	R4	R5	R6	R7	F8	R9	R10	
						④-2 広域スケールを対象とした水理・物質移動評価手法の検証					体系化の中で、情報の不足等があった場合に追加で試験、解析を実施				
						令和6年度までに得られる成果 ○広域スケールを対象とした水理・物質移動評価手法の整備									

※ 本資料は現段階で想定するスケジュールであり、年度ごとに得られた研究成果を評価し見直していく。

個別の要素技術の課題については、期間の前半で実施し、後半は体系化して取り組む課題（「2.1.2坑道スケール〜ピットスケールでの調査・設計・評価技術の体系化」）に統合して実施する。
 「2.1.2坑道スケール〜ピットスケールでの調査・設計・評価技術の体系化」を実施する中で、情報の不足等があった場合に追加で試験や解析を実施する。

道7、有識者4

更問：今後どのような順番で研究を行い、その時の評価の対象となる事項を記載するなど、より具体的に示していただきたい。

研究課題の総括表 3. 地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の検証

「令和2年度以降の幌延深地層研究計画(案)」に関する第5回確認会議 資料6-2(p16-21)を加筆修正
幌延深地層研究計画に係る第1回確認会議 資料4 3研究課題の総括表 (p51-56) を抜粋し、加筆修正

区分	目的・背景・必要性・意義	課題	R 2以降の課題	R 2以降の実施内容	R 2の実施内容	研究期間									
						前半					後半				
3.2 地殻変動による人工バリアへの影響・回復挙動試験	地震・断層活動等の地殻変動に対する堆積岩の力学的・水理学的な緩衝能力（自己治癒能力）を定量的に検証し、堆積岩地域における立地選定や処分場の設計を、より科学的・合理的に行える技術と知見を整備する	① 人工バリアの緩衝材や坑道の埋め戻し材による掘削影響領域（EDZ）のひび割れの自己治癒能力を評価する手法の確立 ② 人工バリアの自己治癒能力（ひび割れの修復）を実証	② 地殻変動による人工バリアの緩衝材や坑道埋め戻し材の掘削影響領域（EDZ）への自己治癒能力の実証	人工バリアのひび割れに対する自己治癒能力を実証するため以下の机上検討を実施 ②人工バリアの緩衝材や坑道埋め戻し材が掘削影響領域（EDZ）の力学的・水理学的な緩衝能力（自己治癒能力）に与える影響を把握する解析手法の開発 ✓ DIを用いたEDZの透水性を予測する既存モデルの再検証 ✓ 坑道埋め戻し後のEDZの透水性を予測するモデルの構築	② 緩衝材や坑道埋め戻し材の膨潤圧が掘削影響領域の亀裂の透水性（あるいは開口幅）に与える影響について亀裂を対象に実施した既往の樹脂注入試験の結果の解析	前半の5年程度で実施									
						R2	R3	R4	R5	R6	R7	F8	R9	R10	体系化して取り組む課題（(2)処分概念オプションの実証のうち人工バリアの定置・品質確認などの方法論に関する実証試験）で実施
						②-1 DIを用いたEDZの透水性を予測する既存モデルの再検証					体系化の中で、情報の不足等があった場合に追加で試験、解析を実施				
						令和4年度までに得られる成果 ODIを用いたEDZの透水性を予測する既存モデルの再検証									
②-2 坑道埋め戻し後のEDZの透水性を予測するモデルの構築					体系化の中で、情報の不足等があった場合に追加で試験、解析を実施										
令和4年度までに得られる成果 ○坑道埋め戻し後のEDZの透水性を予測するモデルの構築															

※ 本資料は現段階で想定するスケジュールであり、年度ごとに得られた研究成果を評価し見直ししていく。

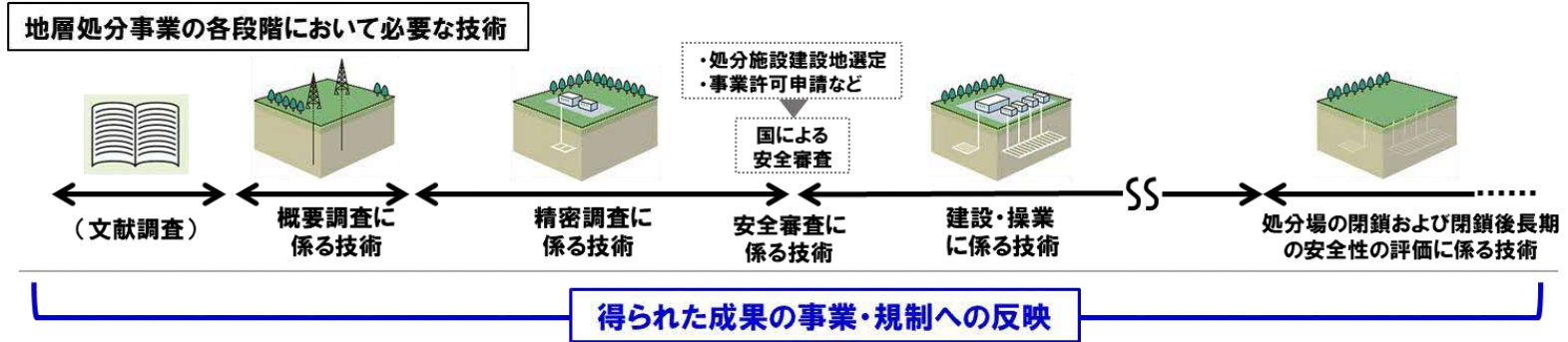
個別の要素技術の課題については、期間の前半で実施し、後半は体系化して取り組む課題（「2.1.2坑道スケール〜ピットスケールでの調査・設計・評価技術の体系化」）に統合して実施する。
 「2.1.2坑道スケール〜ピットスケールでの調査・設計・評価技術の体系化」を実施する中で、情報の不足等があった場合に追加で試験や解析を実施する。

有識者6

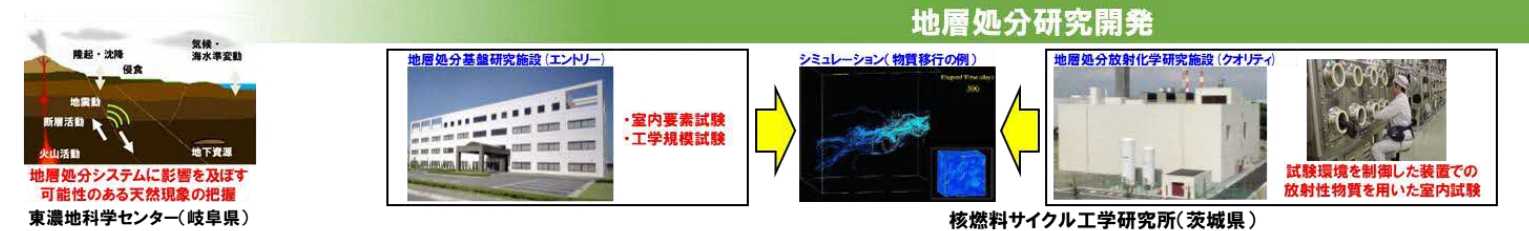
幌延深地層研究センターの役割や各研究の目的、最終的に目指す成果といった全体像が先に示されていると分かりやすいと思う。

研究開発の全体像(1/3)

各拠点の役割、目的、得られる成果



地質環境の長期安定性に関する研究



有識者6

幌延深地層研究センターの役割や各研究の目的、最終的に目指す成果といった全体像が先に示されていると分かりやすいと思う。

研究開発の全体像(2/3)

幌延深地層研究センターの役割、目的、得られる成果

深地層研究所(仮称)計画(平成10年10月)より抜粋

○役割

地層処分の技術的な信頼性や技術の拠り所を実際の深地層での試験研究を通じて確認していく。

研究者に限らず、一般の人々が実際に深地層の環境を体験し、また、研究者との直接的な対話を通じて深地層への理解を深めて頂く場として整備する。

○目的

地質環境条件の測定や、坑道掘削に伴うそれらの変化の把握、処分予定地選定から安全審査に至るまでの処分事業の進展に対して、時宜を得た役割を果たしていけるように進めていく。

(詳細は次スライド)

○得られる成果

実施主体が行う処分地選定のための予備的調査やサイト特性調査、処分技術の実証、及びこれと並行して国が進める安全基準や指針の策定に反映する。

(詳細は次スライド)

有識者6

幌延深地層研究センターの役割や各研究の目的、最終的に目指す成果といった全体像が先に示されていると分かりやすいと思う。

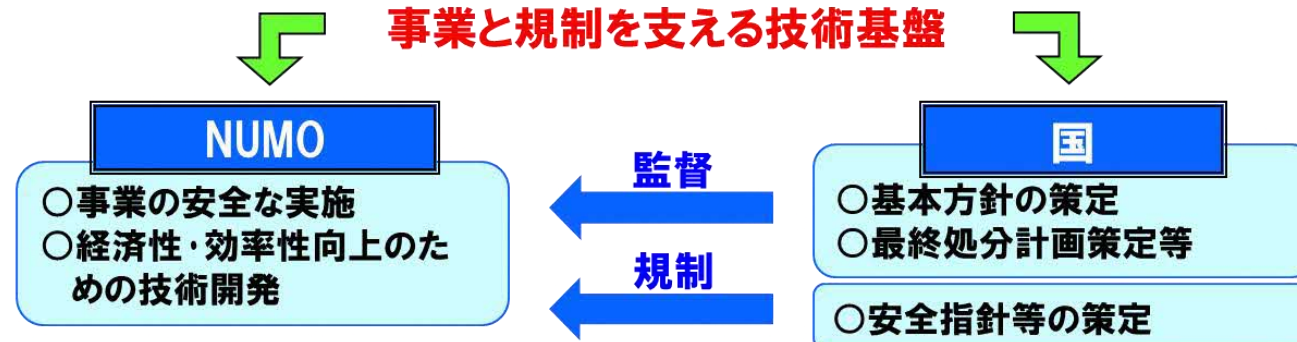
研究開発の全体像(3/3)

幌延深地層研究センターの研究の目的、得られる成果

幌延深地層研究センターの主な研究目的および得られる成果

- 概要調査や精密調査に必要な基盤技術の整備
 - ・ 地表からの調査による深部地質環境を把握するための調査解析評価技術の構築
 - ・ 地表からの調査に適用した調査・モデル化手法の有効性を確認
 - ・ 坑道掘削による深部地質環境の変化の程度や現象の理解及び必要な調査技術の整備
- 処分場の設計や安全評価に必要な基盤技術の整備
 - ・ 坑道の掘削工事・維持管理を通じて、掘削技術・施工対策技術、安全確保・維持管理技術の適用事例の提示及び有効性の確認
 - ・ 地下坑道を実験の場として活用した人工バリア試験等による、処分場の設計や安全評価に必要なとなる技術を実証及び現象理解の精緻化

事業と規制を支える技術基盤



(500mにおける研究)

更問1：設計結果を踏まえて実施を判断していくというのは、深度500mでの研究の実施を判断していくということと受け止めて
いいか。

研究に対する評価や その他研究の推進に関することの報告

【稚内層深部における研究に関する検討の経緯】

1月末 令和2年度以降の幌延深地層研究計画の確定

2月～8月 機構内における研究内容の検討

- 試験内容の詳細
- 試験場所の適性
- 概略工程

6月 第26回深地層の研究施設計画検討委員会

(500mにおける研究)

更問6:新たに掘削を行うことの必要性の整理や研究期間への影響などについての説明をいただきたい。

研究に対する評価や その他研究の推進に関することの報告

【稚内層深部において研究を実施するかどうかの判断について】

前提

- ・稚内層深部において行う研究は、「令和2年度以降の幌延深地層研究計画」の必須の研究課題の範囲内です。

原子力機構の判断ポイント

- ✓ 稚内層深部における研究を実施したとしても、令和2年度以降の研究期間を前提とした研究工程であること。
- ✓ 稚内層深部での研究を通じて成果を得ることにより、稚内層浅部(深度350m)での研究を通じて得られた成果と合わせて、技術基盤の整備により一層寄与できること。