

稚内層深部での調査研究の実施を踏まえた研究工程（4/8）

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	R3の実施内容	研究期間										
						前半					後半					
2.1 人工バリアの 設置・ 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	・処分場の操業（廃棄体の搬送・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・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	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業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、R3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	R8	R9	R10		
										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 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												

※1 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。
 ※2 研究の進捗管理として、各年度の成果を各年度の欄に追記する。

■ 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。

稚内層深部での調査研究の実施を踏まえた研究工程（5/8）

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	R3の実施内容	研究期間																																												
						前半					後半																																							
2.2 高温 (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(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による緩衝材が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	①-1 100℃を超えた状態における現象等の調査事例に基づく課題の抽出、データ取得や解析手法の高度化の計画の策定	前半の5年程度で実施																																												
						R2					R3					R4					R5					R6					R7					R8					R9					R10				
						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																																		
						海外での原位置試験の情報(試験条件、手法等)を入手					令和6年度までに得られる成果 ○高温(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℃を超え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	①-2 100℃を超えた状態での人工バリアの基本特性やニアフィールドでの熱-水-応力-化学に係る連成現象に関する試験・解析およびシナリオ検討事例の調査、わが国の処分概念や設計オプションを想定したシナリオの整理	①-2 100℃を超えた際にニアフィールドにおいて発生する現象の整理	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																																											
				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 海外の原位置試験に関する情報取得の継続	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	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																																											
					海外での原位置試験の情報(試験条件、手法等)を入手		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																																											

※1 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。

※2 研究の進捗管理として、各年度の成果を各年度の欄に追記する。

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。

稚内層深部での調査研究の実施を踏まえた研究工程（6/8）

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	R3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	<p>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</p> <p>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</p> <p>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）が可能なる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</p> <p>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</p>	<p>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</p> <p>②水圧擾乱試験によるパラメータの有効性の検証</p>	<p>② 地殻変動が地層の透水性に与える影響の把握</p>	<p>断層の幅が数十 cm 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</p>	<p>②-1～3 より大型の断層を対象とした水圧擾乱試験結果の解析</p> <p>②-1～3 稚内層中の断層／割れ目の水理的な不連続性に関する検討の継続</p> <p>②-1～3 既存の室内試験結果や水圧擾乱試験結果を用いた既存の DI モデルの再検証</p>	前半の5年程度で実施									
						R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	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 地殻変動が地層の透水性に与える影響の把握					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				
						より大型の断層を対象とした水圧擾乱試験を実施し、データを取得					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				
3.1.1 地殻変動が地層の透水性に与える影響の把握	<p>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</p> <p>②-3 水圧擾乱試験による断層の活動性評価手法の整備</p>	<p>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</p>	<p>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</p>	<p>割れ目の水理的な不連続性の領域区分に遷移領域を追加</p>	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										
					より大型の断層を対象とした水圧擾乱試験を実施し、データを取得					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					

※1 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。

※2 研究の進捗管理として、各年度の成果を各年度の欄に追記する。

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。

稚内層深部での調査研究の実施を踏まえた研究工程（7/8）

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	R3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 3.1.2 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	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 地下水の流れが非常に遅い領域（化石海水領域）の調査・評価技術の検証	③、④-1 化石海水領域の三次元分布の推定結果の確からしさを確認するためのボーリング調査 ④-1 化石海水の三次元分布に係る調査・評価手法の検証 ④-2 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)	前半の5年程度で実施													
						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	R8	R9	R10	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				
						化石海水領域を把握するための物理探査を実施し、比抵抗分布を推定					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								
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														
化石海水分布の把握に必要なボーリングの位置・本数等を検討					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														
広域スケールの地下水流動に深度・気候などが与える影響を整理					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														

※1 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。

※2 研究の進捗管理として、各年度の成果を各年度の欄に追記する。

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。

稚内層深部での調査研究の実施を踏まえた研究工程 (8/8)

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	R3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損傷領域（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損傷領域（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損傷領域（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 DI を用いた EDZ の透水性を予測する既存モデルの再検証 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	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	R8	R9	R10	
					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	試料観察に基づき、EDZ の割れ目開口状況を定量的に把握					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 ○DI 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	試料観察に基づき、EDZ の割れ目開口状況を定量的に把握					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									

※1 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。

※2 研究の進捗管理として、各年度の成果を各年度の欄に追記する。

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。