

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

区分	目的・背景・必要性・意義	課題	実施内容 ※H27～R1に 実施した内容	成果・達成状況	達成できな かった事項・ 理由	評価 (外部委員会)	国内外の状況	R2以降の 課題	R2以降 の実施内 容	引き続き研究が 必要な理由	研究期間		
											前半	後半	
人工バリア性能確認試験	<p>・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</p> <p>※地下環境に設置された廃棄体の周辺の緩衝材や岩盤で、廃棄体からの熱、地下水の流れ、緩衝材や岩盤に作用する応力、地下水と鉱物の反応などによる化学的な変化など複合的に生じる現象のこと</p> <p>※※ガラス固化体は、処分孔に設置した当初は発熱しており、時間の経過とともに発熱量が低下して、温度が下がっていく。緩衝材は、処分孔に設置した当初は乾燥しているが、坑道を埋め戻すと地下水が緩衝材に入ってきて、時間の経過とともに浸潤していく。また、温度が下がれば、地下水が緩衝材に入りやすくなる。このような熱と地下水の浸潤という同時並行的に生じる現象を原位置試験で再現するために、加熱時、浸潤時・減熱時の試験を行うとともに、最終的には緩衝材をサンプリングして実際の浸潤状態のデータを解体調査で取得することをスコープに入れている</p> <p>・これらをとおして、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</p>	<p>① 人工バリア(緩衝材、オーバーバック)に関する設計手法、製作・施工及び品質管理手法の確立</p> <p>② 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</p>	<p>① 人工バリア(緩衝材、オーバーバック)に関する設計手法、製作・施工及び品質管理手法の適用性確認</p> <p>② 埋め戻し材、プラグ、処分孔掘削技術に関する設計手法、製作・施工及び品質管理手法の適用性確認</p>	<p>【総括】人工バリア(緩衝材、オーバーバック)、埋戻し材、プラグ、処分孔掘削技術に関する設計手法、製作・施工及び品質管理手法を実証した</p> <p>①-1 緩衝材及びオーバーバックに関する設計手法を構築し、試設計を実施し、設計要件に基づく設計の実施が可能であることを確認した</p> <p>①-2 真空把持装置※を用いた緩衝材ブロックの定置を実証した</p> <p>※人工バリアの一つである緩衝材を定置するための装置で真空に吸引することで緩衝材を吸着・把持し、定置を行う</p> <p>②-1 堆積岩に対する、処分孔掘削技術の実証実験により、処分孔掘削技術(オーガー掘削：機械的な掘削方法の一種)の有効性を確認した</p> <p>②-2 掘削ズリ※混合埋め戻し材を製作し、締固め、ブロック方式等による原位置施工や品質管理手法の適用性を確認した</p> <p>※地下施設の掘削により出た土砂</p>	-	<p>【全体評価】 必須の課題成果取りまとめとしては、全体として概ね適切に研究が遂行され、当期5カ年の目標を達成できたと評価する</p> <p>【個別評価(主な個別意見)】 ・オーバーバックの腐食試験については、解釈の補強に期待する ・品質管理手法の有効性評価、オーバーバックの腐食評価手法の妥当性確認については目標が達成できたかどうか判定しづらいが、その他は目標を達成できていると考える (※外部評価で上記の評価を受けたが、本課題については令和2年度以降の研究課題には含めない。解釈の補強については、今年度末までに取りまとめる必須の課題の最終報告書で対応)</p>	-	なし	-	-	-	-	-
		<p>①② 熱-水-応力-化学連成現象(ガラス固化体設置以降の加熱時(①)から浸潤時・減熱時(②)を模擬した現象)の評価手法(モデル化・解析手法)の確立</p>	<p>① 加熱・注水試験による熱-水-応力-化学連成評価手法の整備、適用性確認</p>	<p>①-1 加熱・注水時の人工バリアの挙動に関するデータを取得した</p> <p>①-2 解析ツールの力学モデルを拡張(緩衝材の膨潤に伴う密度低下による剛性の低下を考慮)することにより、緩衝材の膨潤挙動※の実測結果と解析結果がよく合うようになった</p> <p>※緩衝材や埋め戻し材が地下水が浸潤することで膨らむ挙動のこと</p> <p>①-3 緩衝材の膨潤変形による密度変化に伴う熱特性、水理特性及び力学特性の密度依存性を考慮できるようなモデルを高度化した</p>	<p>【事項】 ② 浸潤時・減熱時のデータが未取得となった</p> <p>【理由】 ・加熱・注水試験を実施した結果、緩衝材に十分に浸潤せず、熱-水-応力-化学連成評価手法の適用性確認に必要なデータを取得するのに時間を要したため</p> <p>【補足】試験の成果を出す上での重要なポイントとして、加熱・注水試験をこれまでに実施し、その成果、評価結果を踏まえて、さらに試験を行うかどうかを判断することとしていたため</p>	<p>【個別評価(主な個別意見)】 ・研究内容の妥当性については、人工バリア性能確認試験のデータ評価・モデル検証が途上段階にあり、その結果が待たれるものの、用いられた調査解析技術と試験方法は一定の技術水準に達しており、概ね適切であったと評価する</p> <p>・目標の達成度については、試験観測装置の不備や試験条件を再設定する等の事象が発生している他、十分な研究成果の公表に至っていない状況を真摯に顧みる状況にあるが、適宜外部の専門家に相談する等、状況の改善に努め、一定の品質を有するデータの取得に至っていることから、概ね目標を達成できたと評価する。</p> <p>・人工バリア性能確認試験を継続し、人工バリア内の過渡的な現象※を再現する予測モデルの妥当性を検証するとともに、得られた研究成果を余す所無く国内外の論文等に公表し、海外の先行URLと比肩しうる先進的な試験サイトとして広く世界にアピールすることを期待する</p> <p>※人工バリアの緩衝材に地下水が浸潤し、緩衝材が不飽和状態から飽和状態に至るまでの変化に対し、緩衝材やオーバーバックに生じる様々な現象のこと</p> <p>・試験中のモニタリングから得たデータの評価がまだ十分になされていない</p> <p>・人工バリア性能確認試験は、まだ試験途上での取りまとめとなっており、データ未取得に伴うモデルでの検証妥当性が評価できていない部分もある。センサー実測値には不備が散見されており、きつい表現であるが、とりあえず原位置で性能確認試験を行ってそこで見られる現象をモデルで追従することを試みたといった感が否めない</p> <p>・人工バリアの適用性に関する研究のデザインは良くできていると感じた。とりわけ連成問題に関する取り組みには誰からも評価されるべきところがある</p> <p>・長期の人工バリアの安定性を調べるには、安定的にデータを収集できるセンサーの開発が不可欠であり、調査・開発の努力が重要である</p>	<p>・国外でも、熱-水-応力-化学の連成現象の再現モデルの検証プロジェクト(Decovalex※)が進行中であるなど課題として指摘されている</p> <p>※ International co-operative project for the Development of Coupled models and their Validation against Experiments in nuclear waste isolation. (連成モデルの開発とその実験結果との検証に関する国際共同研究)の略称で、地層処分システムの性能評価において重要な課題の一つである熱-水-応力連成モデルの開発・検証を目的とした国際共同研究のこと</p>	<p>② 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)</p>	<p>②-1 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</p> <p>②-2 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国際プロジェクト(Decoval Ex等)における解析コード間の比較検証、改良・高度化</p>	<p>・外部評価では、試験を継続し、人工バリア内の過渡的な現象を再現する予測モデルの妥当性の検証が必要と指摘</p> <p>・国外でも、熱-水-応力-化学の連成現象の再現モデルの検証を課題として取り上げられ、プロジェクト(Decovalexなど)が進行中であるなど課題として指摘</p> <p>・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を確認するとともに、検証されたモデル化・解析手法を整備するためには、浸潤時・減熱時のデータを使ったモデル化・解析技術の検証が必要</p>	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	

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

区分	目的・背景・必要性・意義	課題	実施内容 ※H27～R1に実施した内容	成果・達成状況	達成できなかった事項・理由	評価 (外部委員会)	国内外の状況	R2以降の課題	R2以降の実施内容	引き続き研究が必要な理由	研究期間	
											前半	後半
オーバーバック腐食試験	・緩衝材の浸潤過程では、飽和度等の環境条件の不均一性によって不均一な腐食の可能性がある。また、環境条件の変化に伴って腐食挙動も経時的に変化すると考えられる ・このような挙動を把握するには、ある程度のスケールの試験が必要であり、室内試験では限界があることから、工学的スケールでの検討が必要である ・緩衝材の浸潤～飽和の過程を工学規模で再現し、オーバーバックの腐食量や不均一性のデータを取得して既往の腐食量評価手法の妥当性、適用性を確認する。更に、環境条件の不均一性に加えてオーバーバック溶接部（ふたと本体）に代表される材料側の不均一性も併う系での不均一腐食挙動を確認する	① 実際の地質環境でのオーバーバックの耐食状況の確認 ② 腐食モニタリング手法の検証 ③ 既往の腐食手法の検証	① 試験坑道に掘削した試験孔に緩衝材と模擬オーバーバックを設置して腐食試験を実施 ・約3年間にわたる環境条件や腐食挙動のモニタリングデータを取得し、経時的な変化を把握 ② 腐食挙動のモニタリングデータを取得し、腐食センサーの有効性を検討 ③ 室内試験の結果との比較により、既往の評価手法の妥当性を検討	【総括】実際の地下環境においてオーバーバック腐食試験を現地で行い、これまでの地上での腐食試験結果の妥当性を確認した  ① オーバーバックの溶接部と母材（本体）で腐食挙動に有意な差は認められないことを確認した  ② 腐食センサーを用いたモニタリングが少なくとも数年間以上は可能であることを確認した  ③ 室内試験に基づく既往の評価手法の保守性、妥当性を確認した	-	【全体評価】 必須の課題成果取りまとめとしては、全体として概ね適切に研究が遂行され、当期5力年の目標を達成できたと評価する  【個別評価（主な個別意見）】 ・オーバーバックの腐食試験については解釈の補強に期待する ・品質管理手法の有効性評価、オーバーバックの腐食評価手法の妥当性確認については目標が達成できたかどうか判定しづらいが、その他は目標を達成できていると考える （※外部評価で上記の評価を受けたが、本課題については令和2年度以降の研究課題には含まれない。解釈の補強については、今年度末までに取りまとめる必須の課題の最終報告書で対応）	-	なし	-	-	-	-
物質移行試験	・幌延地域に分布する泥岩は断層等の構造的な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 ※物質移行のメカニズムを表している用語であり、移流とは、地下水流による物質の移動のこと。分散とは、物質が空間的にランダムに広がること ・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	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	①-1 岩盤基質部（＝健岩部）を対象とした原位置拡散試験※を実施 ※拡散とは物質が濃度の高い所から低い所へと広がる現象のことであり、この現象を観測する試験 ※※拡散試験を実施した試験孔の周囲の岩盤を大口径のボーリング掘削により岩盤資料を採取すること ①-2 試験区間内のトレーサー濃度減衰データおよび岩石試料中の濃度プロファイルから物質移行パラメータを取得 ②-1 割れ目を対象としたトレーサー試験（ダイポール試験※）を実施 ※トレーサー試験の一種で、2つのボーリング孔を用い、一方のボーリング孔からトレーサーを投入し、もう一方のボーリング孔で揚水しながらトレーサー濃度の変化を観測する試験 ②-2 トレーサーが移行した直接的な痕跡の情報に基づき割れ目帯中の物質移行概念を検討 ③ 単一の割れ目を対象としたトレーサー試験を事例とし、溶存ガス※環境下でのトレーサー試験における最適な試験条件を検討 ※地下水に溶け込んだ気体のこと ⑤ 放射性核種が有機物や微生物の存在により岩盤への吸着に与える影響を把握する室内試験を実施	①-1②-2 室内試験と実際の地下環境におけるトレーサー試験により、岩盤基質部（＝健岩部）や割れ目における物質の移動現象（物質の移動速度や岩盤へのくっつきやすさ等）を適切に評価することが可能な手法を確立した ①-2 1次元の解析結果と実測値が整合的であり、1次元の解析でも健岩部における移行挙動を解釈可能であることを確認できた ①-2 原位置試験および室内試験で得られた各トレーサーの物質移行特性（実効拡散係数と収着分配係数：物質の移動速度や岩盤へのくっつきやすさ等を示すパラメータ）は同じ傾向を示しており、原位置試験データの妥当性を確認できた  ②-2 割れ目内の選択的な流れを考慮したモデルにより、割れ目内の不均質な流れにおけるトレーサーの移行挙動を解釈可能となった  ③ ガスが溶存する地下水環境下における物質移行試験技術を開発した  ⑤ 幌延の堆積岩において、微生物や有機物が、放射性物質の岩盤への吸着を妨げ、閉じ込め効果を低下させる可能性が室内試験で確認されている	【事項】 ④⑤⑥ 掘削影響領域を対象とした試験や微生物等の影響を考慮した原位置試験は未実施 【理由】 岩盤基質部（＝健岩部）や割れ目を対象としたトレーサー試験の結果を踏まえてさらに試験を行うかどうかを判断することとしていた。また、トレーサー試験手法を確立するのに時間を要したため	【個別評価（主な個別意見）】 ・物質移動に関して様々な課題を設定し、実験、解析を実施している。しかし、実験においては計測できなかった項目や、解析による計測結果の評価においては評価しきれなかった項目などが散見される（解説：④の掘削影響領域、⑤微生物等に関連している） ・物質移動を支配している様々なパラメータの内のいくつかについて解析で評価されるのは難しいのではないかと、実験、解析の成果を語るのには勿論だが、残された課題も明確に示すことが重要ではないか	・国外でも、掘削影響領域などの長期的影響や閉鎖後の擾乱に関する課題が指摘されている ・微生物の特定について技術的に進展しているスイスやスウェーデンにおいてベントナイト※コロイドに関する原位置移行試験が実施中 ※モンモリロナイトを主成分とする粘土の一種。放射性廃棄物の地層処分では、緩衝材や処分坑の埋め戻し材の原料として用いられ、ベントナイトの膨潤により緩衝材の透水性が低下し、放射性核種が緩衝材に吸着され、移行を抑制する効果がある	④ 掘削影響領域の物質移行の評価手法の確立  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化手法の高度化  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	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得  ⑤ 有機物、微生物、コロイドの影響を考慮した物質移行試験  ⑥ 割れ目を有する堆積岩を対象とした掘削影響領域を含むブロックスケール（数m～100規模）における遅延性能評価手法の整備	・外部評価では、実験において計測できなかった項目や、解析による計測結果の評価においては評価しきれなかった項目などが散見されると指摘された ・国外でも、掘削影響領域などの長期的影響や閉鎖後の擾乱の回復に関する課題が指摘 ・微生物の特定について技術的に進展し、スイスやスウェーデンにおいてベントナイトコロイドに関する原位置移行試験が実施中であるなど課題として指摘 ・割れ目を有する堆積岩の物質移行の総合的な評価のためには、人為的に掘削影響領域において発生した割れ目の物質移行の評価が必要であるがこれについては分かっている ・これまでの研究成果から、微生物や有機物が、放射性物質の岩盤への吸着を妨げ、閉じ込め効果を低下させる可能性が確認されていることから、原位置で確認する必要性が生じたため ・物質移行を総合的に評価するためには、割れ目（掘削影響領域など）の人為的な割れ目も含む）を有する堆積岩での物質移行特性の総合的な評価が必要	前半の5年程で実施	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

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	実施内容 ※H27～R1に実施した内容	成果・達成状況	達成できなかった事項・理由	評価 (外部委員会)	国内外の状況	R2以降の課題	R2以降の実施内容	引き続き研究が必要な理由	研究期間	
											前半	後半
処分孔等の湧水対策・支保技術などの実証試験	<p>地層処分場の建設時には、高地圧・高間隙水圧※条件が予想される。また、堆積軟岩※※の場合には割れ目・断層に狭い物が存在する影響で従来のセメント系材料の注入が難しいことなども想定される。さらに、グラウトの周辺岩盤や人工バリアシステムに与える影響評価、多連接坑道を対象とした湧水対策効果を評価する手法の整備なども重要である</p> <p>※地下において岩盤に作用する力が大きく、地下水の圧力も高い状態のこと</p> <p>※※岩石・岩盤は強度により軟らかい軟岩と硬い硬岩に分けられる。幌延深地層研究センターにおいて研究対象としている地層のほとんどは堆積軟岩に区分される</p> <p>地層処分の地下環境条件を考慮した湧水抑制対策技術やグラウト材の浸透評価手法の開発など、実際の地質環境における一連の湧水抑制対策技術の実証を目標とする</p>	<p>地層処分の地下環境条件を考慮した湧水抑制対策技術やグラウト材の浸透評価手法の開発など、実際の地質環境における一連の湧水抑制対策技術の実証</p>	<p>① 突発的な大量湧水を回避するための予測手法の開発</p> <p>② グラウト材の浸透評価手法の検討</p> <p>③ 海水条件下で使用可能なグラウト材料の開発</p>	<p>【総括】堆積岩に対する、湧水抑制技術の実証実験により、これらの技術の有効性を確認した</p> <p>① 突発的な大量湧水の発生の原因となりうる粘土質せん断帯の分布の予測手法として、メルトインクルージョン※に着目した湧水抑制対策（グラウト）の事前予測が有効であることを確認した                  ※ガラス状の物質。結晶中に取り込まれたマグマが噴火時に急冷してガラスとなったもの。火山灰に含まれる</p> <p>② 等価多孔質媒体モデル※によるグラウト浸透解析の結果と、現場透水試験の結果は整合的であり、設定したグラウトの改良範囲が妥当であることと、解析の有効性を確認した                  ※断層や割れ目が卓越した領域を透水性の等しい媒質におきかえて作成した数値解析モデルのこと</p> <p>③ 海水条件下で処分孔まわりの低透水領域を改良することが可能となる溶液型グラウト材料を設計した                  ※処分孔掘削技術については、人工バリア性能確認試験の実施内容に記載</p>	-	<p>【全体評価】                  必須の課題成果取りまとめとしては、全体として概ね適切に研究が遂行され、当期5カ年の目標を達成できたと評価する</p> <p>【個別評価（主な個別意見）】                  ・研究内容の妥当性については、試験環境として決して容易ではない350m坑道内での実証試験を実際の地質条件に柔軟に対応する形で最適化し、また、各技術の適用性に関する評価結果が導かれていることから、概ね適切であったと評価する                  ・目標の達成度については、技術全体の中での位置づけや適用範囲、準備から結論に至るまでの過程が十分に示されていないものの、所期の基準値を満足する観測データが得られており、概ね目標を達成できたと評価する                  ・塩分を含んだ湧水に対して、止水材としてシリカ系の溶液型グラウト材を用いている。この技術はすでにスウェーデン等で実施されている技術であり、新しい研究成果と判断できない。他の部分は適切である                  ・塩水環境下のグラウト材・工法に関する継続的な検討に加え、地層処分事業等において実用性のある形での知識の蓄積、技術の継承が望まれる                  ・湧水対策技術の成果は目標を十分に達成できていると考える                  ・海水を含んだ湧水に対しての対策を実施しているが、止水によって地下空洞がどの程度危険になるかの議論をしてほしい。スウェーデンの岩盤と幌延の岩盤とは異なると思う。世の中は超微粒子セメント、極超微粒子セメントの世界に進んでいる。もっと広い視野をもって研究してほしい                  （※個別の要素技術開発は終了とし、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）において、処分孔等の湧水対策が必要な場合に実施）</p>	-	なし	-	-	-	-
	<p>国内外の地下空洞開発事例において、支保設計、情報化施工※技術、支保及び岩盤の計測技術が構築されている</p> <p>このような事例がある中で、地層処分場で想定されるような、広範囲に及び、なおかつ深度300m以深という大深度に展開される大規模地下施設においても、既存の技術が適用可能かどうかを確認し、課題がある場合には技術の整備を行う必要がある。そこで、立坑や水平坑道における支保技術、情報化施工技術、長期的な計測技術を整備することを目標とする</p> <p>※坑道を掘削している段階で、地質情報等の情報を基に、必要に応じて設計や施工方法を修正して、以降の施工に反映させる施工管理方法のこと</p>	<p>地層処分の地下環境条件を考慮した支保設計、情報化施工技術、長期的な継続技術の確立</p>	<p>① 立坑掘削時の情報化施工技術の構築</p> <p>② 低強度・高地圧地山における大深度立坑支保設計手法の開発</p> <p>③ 岩盤および支保工の安定性を長期的に計測する技術の構築（二重支保※の適用可能性の検討）                  ※坑道の掘削時に坑道を支える方法の一種。掘削時に仮設の支保工を打設し（一次支保）、ある程度掘削が進行した段階で本設に支保工（二次支保）を打設することにより安定性を確保する支保構造のこと</p>	<p>【総括】堆積岩に対する、支保技術の実証実験により、これらの技術の有効性を確認した</p> <p>①立坑掘削前のパイロットボーリング孔※の情報やグラウト施工情報を基に、覆工コンクリートの高さを決定するフローを構築した                  ※本格的な地盤調査前に試験掘りをして予備調査をすること</p> <p>② 吹付コンクリート・鋼製支保工応力計測と、弾性波トモグラフィ調査を組み合わせた解釈により、長期的に岩盤と支保工の両方の安定性をモニタリングすることが可能になった</p> <p>③ 光ファイバー式変位計の長期岩盤変位計測技術としての有効性を実証した</p>	-	<p>【個別評価（主な個別意見）】                  ・研究内容の妥当性については、試験環境として決して容易ではない350m坑道内での実証試験を実際の地質条件に柔軟に対応する形で最適化し、また、各技術の適用性に関する評価結果が導かれていることから、概ね適切であったと評価する                  ・目標の達成度については、技術全体の中での位置づけや適用範囲、準備から結論に至るまでの過程が十分に示されていないものの、所期の基準値を満足する観測データが得られており、概ね目標を達成できたと評価する                  ・光ファイバーを用いたモニタリング技術に関する継続的な検討に加え、地層処分事業等において実用性のある形での知識の蓄積、技術の継承が望まれる                  ・二重支保の現実的な施工方法も示されており、低強度・高地圧地山における支保設計手法としては妥当だと考えるが、地山の变形や塑性領域の広がり許容限界について言及がないのは設計手法の開発としては不十分な印象を受ける。支保技術の成果は上述の理由により達成できたかどうか微妙                  （※個別の要素技術開発は終了とし、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）において、処分孔等の支保対策が必要な場合に実施。必須の課題の報告書の作成の際に対応。設計手法の開発としては不十分との指摘については、今年度末までに取りまとめる必須の課題の最終報告書で対応）</p>	-	なし	-	-	-	-

## 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	実施内容 ※H27～R1に実施した内容	成果・達成状況	達成できなかった事項・理由	評価 (外部委員会)	国内外の状況	R2以降の課題	R2以降の実施内容	引き続き研究が必要な理由	研究期間	
											前半	後半
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	・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※ ※坑道の埋め戻しの施工方法の実証試験については、(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のなかで実施	① 処分坑道横置き定置方式について、プレハブ式人工バリアモジュール（PEM: Prefabricated Engineered barrier system Module）方式の搬送定置・回収技術の実証  ②-1 搬送・定置技術：エアベアリング方式を用いた搬送装置（重量物の搬送技術）が地下環境で作動することを確認 ②-2 回収技術：PEM-坑道間の狭い隙間に対する隙間充填技術および充填材の除去技術の整備、実証  ③ 坑道の埋め戻し方法の違い（締固め、ブロック方式等）による埋め戻し材の基本特性（密度や均一性）の把握に関する実証試験※ ※坑道の埋め戻しの施工方法の実証試験については、(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のなかで実施	① 堆積岩に対する、搬送定置・回収技術等の実証実験により、これらの技術の有効性を確認した  ②-1 現場打設のコンクリート坑道面においてもエアベアリング※方式で重量物が搬送可能であることを確認した ※PEMと坑道に設置した台座との間に空気膜を構成して非接触で運動させること ②-1 走行時の牽引力や空気供給量などのデータを取得し、実機の製作・運転方法などに反映した ②-2 模擬PEM-坑道間の隙間に対し、下部狭隙部にはペレット方式、上部空間には吹付け方式による隙間充填試験を実施し、適用性を確認した※ ※搬送、定置を平成30年度（2018年度）までに実施 ※回収試験は平成31年度（2019年度）に実施  ③ 坑道の埋め戻し方法の違い（締固め、ブロック方式等）による埋め戻し材の基本特性（密度や均一性）を把握	【事項】 ①②③の内、PEM以外のオプション（回収技術、閉鎖技術等）に対する技術の有効性の確認 【理由】 ・処分坑道横置き定置方式のPEM方式の搬送定置・回収技術の実証試験を一つのオプションとて取り上げて実施し、それ以外のオプション（回収技術、閉鎖技術等）については、PEMの実証試験の結果をみて判断することとしていたため	【全体評価】 必須の課題成果取りまとめとしては、全体として概ね適切に研究が遂行され、当期5カ年の目標を達成できたと評価する。技術の確立が可能な水準に達するまで、人工バリア性能確認試験および処分概念オプションの実証を継続する  【個別評価（主な個別意見）】 ・研究内容の妥当性については、試験環境として決して容易ではない350m 坑道内での実証試験を実際の地質条件に柔軟に対応する形で最適化し、また、各技術の適用性に関する評価結果が導かれていることから、概ね適切であったと評価する ・目標の達成度については、技術全体の中での位置づけや適用範囲、準備から結論に至るまでの過程が十分に示されていないものの、所期の基準値を満足する観測データが得られており、概ね目標を達成できたと評価する ・プレハブ式人工バリアモジュールPEMを用いた搬送定置・回収技術で計画されている試験の内、まだ実施されていない隙間充填材やPEMの回収試験を着実な実施を期待する※ ※PEMを用いた搬送、定置、回収試験については、平成30年度、平成31年度に実施したため、PEMを用いた搬送、定置、回収試験はR2以降の実施内容には含まれない ・人工バリアに関する試験は、一連の作業とそれに関連する課題のごく一部を行っただけである。担当分（注：関連する課題の一部）だけでなく、課題の全容を示した上でそれに基づく研究計画と実施分を示す必要がある ・本研究内容が、本当に「処分概念オプションの実証」になっているのかわかるか。そもそも、「処分概念オプション」は明確に定義されているのか ・多くの既存技術も利用しつつ検討することが必要な課題と思われる。今後、開発～実証した技術と既存技術をどのように組み合わせる適用していくのか、全体像として示していただくのがよい	・国外でも、特定サイトの処分環境や処分概念に最適化された搬送定置技術の実証が実施中  ・処分事業が進んでいるフィンランドの取り組みにおいて、実施主体ポシバ社の処分場関連設計可申請に関する規制機関(STUK)のレビュー報告書に示された操業許可申請に向けた課題として、廃棄体設置の最終判断や廃棄体間隔の設定のための個別技術の体系化の必要性が示されている	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  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） ※回収方法とは機械的方法や高水圧を利用した方法などが想定される  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）	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（締固め、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。このため、以下を実施  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） ※回収方法とは機械的方法や高水圧を利用した方法などが想定される  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	・外部評価では、今後は、技術の確立が可能な水準に達するまで、処分概念オプションの実証に関する試験を継続、と評価 ・国外でも、特定サイトの処分環境や処分概念に最適化された搬送定置技術の実証が課題 ・坑道の埋め戻しの施工方法（締固め、ブロック方式等）の違いによる埋め戻し材の品質の違い（密度や均一性などの基本特性）が実証試験で確認できたが、緩衝材の施工方法や坑道閉鎖に関するオプションの実証には至っていない ・緩衝材の施工方法や坑道閉鎖に関する様々なオプションの実証は未実施 ・処分事業において、地質環境に対して柔軟な施工を行うためには、オプションを整備しておくことが必要	—	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
高温度(100℃超)などの限界条件での人工バリア性能確認試験	人工バリア設置環境の深さ依存性を考慮し、種々の処分概念オプションの工学的実現性を検証し、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における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	① 100℃超の高温度環境下における人工バリアの閉じ込め機能を確認する研究に関する机上検討	① 高温度状態では、空気の影響が出るため、空気や水蒸気を考慮した解析を行った結果、空気考慮の有無が膨潤挙動に影響を及ぼすことが分かった	【事項】 ①の内、実際の地質環境で行われる高温度試験の情報の取得 【理由】 当該研究課題は深度500mでの他の原位置試験に注力したため、500mの掘削に至っていない。このため当該課題は机上検討のみを実施。 また、平成28年（2016年）から、海外での国際共同研究プロジェクトの検討が開始され、その状況をみて試験の具体化を図った方がよいと判断していたため	【個別評価（主な個別意見）】 ・結果が出ていないものが多く、目標の達成度は評価できない。	・国外でも、スイスがその重要性を認識し、プロジェクトを開始	① 高温度(100℃以上)などの限界条件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 高温度(100℃以上)などの限界条件での人工バリア性能確認試験 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 ①-3 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）	・外部評価では結果が出ていないものが多く、目標の達成度は評価できないと指摘 ・国外でも、スイスにおいて国際共同研究プロジェクトとして開始するなど、課題とされており、当該プロジェクトの結果等を踏まえて、解析手法を開発 ・人工バリアが高温度になった状態で生じる現象を把握し、人工バリアの安全裕度を検証することは、処分事業を安全に行うためには必要 ・100℃超時に人工バリアに発生する現象とその影響、および上限温度の設定や人工バリアや処分場設計への対応策（オプション）が未整理	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

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

区分	目的・背景・必要性・意義	課題	実施内容 ※H27～R1 に実施した 内容	成果・達成状況	達成でき なかつた 事項・理 由	評価 (外部委員会)	国内外の状 況	R 2 以 降の課 題	R 2 以降の実施内 容	引き続き研究が必要な理 由	研究期間	
											前半	後半
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>※断層の変形様式（脆性的or延性的）とは、断層の変形の仕方、すなわち、レンガの破壊のような脆性的な破壊か、粘土のような延性的な変形をするかということ</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>【補足】                      幌延では小規模の断層のうち、断層の幅に着目してさらに規模を分けて、試験の対象としている（断層の幅が数cmの規模の小さな断層～数10cmの規模の大きな断層）</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>①断層の変形様式（脆性的or延性的）を支配し得る岩石の強度・応力状態を表す指標を考案するために、関連する既存研究のレビューを行うとともに、机上検討やコア観察・室内実験（破壊実験）を実施</p> <p>②水圧擾乱試験を実施し、モデルの有効性を検証</p>	<p>【総括】                      地下水の流れに関し、堆積岩の緩衝能力（自己治癒能力）を定量化するため、堆積岩での地震動が透水性に与える影響範囲を推定できた</p> <p>これまでの検討では、断層の幅が数cmの規模の小さな断層に着目し、試験を行い、断層への地震動の影響などを確認した。手法の妥当性が確認できたため、この手法を使って、処分場の設計・施工や安全評価とリンクした形で研究を進めることが可能となった</p> <p>①-1ダクティリティインデックス：DI) が断層のダメージゾーン※の変形様式と定量的な対応付けが可能であることが確認でき、DIが指標として有効であることを確認した</p> <p>※断層の周囲に形成される亀裂が発達した領域</p> <p>①-2 地殻変動（応力状態の変化）に対する断層の透水性を予測できることを確認した</p> <p>②-1 水圧擾乱試験では、断層内の水圧を人工的に上昇させることによって断層内にせん断変形を誘発させ、それに伴う断層の透水性の変化を観測した</p> <p>②-2 水圧擾乱試験を行った結果、新たにせん断変形が起こったり、有効応力が低下しても、断層帯亀裂の透水性はDIの経験式の範囲を超えないことを確認した</p> <p>②-3 以上のように、数cmの規模の小さな断層を対象に水圧擾乱試験を実施し、DIを用いた地殻変動と断層の透水性の関係を示すモデルの有効性を確認した</p>	<p>【事項】                      ②のうち、幅数10cmの断層を対象とした水圧擾乱試験とその結果に基づくモデルの有効性の確認</p> <p>【理由】                      水圧擾乱試験のために掘削したボーリング孔には幅数cmの小規模な断層しか出現しなかったため</p>	<p>【全体評価の概要】                      必須の課題成果取りまとめとしては、全体として概ね適切に研究が遂行され、当期5カ年の目標を達成できたと評価する</p> <p>【個別評価（主な個別意見）】                      ・研究内容の妥当性については、DI (Ductility Index) 指標を用いたオリジナルな研究手法が提案され、かつそのコンセプトに基づいた原位置試験からは当初の予測を裏付ける結果が得られており、適切であったと評価する</p> <p>・目標の達成度については、国内外で広く知られている学術論文誌に6本の関連論文が掲載され、当該分野の発展に大いに貢献できたことから、十分に目標を達成できたと評価する</p> <p>・堆積岩他地域や結晶質岩への展開・比較、地層処分事業における処分場の設計・施工や安全評価とリンクした形での指標活用に向けた具体化を期待する</p> <p>・提示されたDI 指標の有効性が良く示されており、学術成果としても評価できる</p> <p>・我が国の処分オプションの中で堆積岩は重要であり、幌延の岩盤についてだけではなく、できるだけ一般論としての堆積岩の特性評価を意識したまとめと今後の課題とする必要があるのではないかと</p> <p>・DI 指標の考え方と透水性とをつなぐ考え方について、その適用性について疑問が残る。DI 指標が2より小さい場合は、脆性的な破壊が卓越し、2（もしくは2B）以上では延性的になるとまとめている。その結果から透水性の議論がなされているが、DI 指標の変化に対して比較的連続的に（両対数なので評価は難しいが）透水性が変化するように解釈されている。変形のモードが変わることに対して、両対数軸上で連続的に透水性が変化することは妥当なものであろうか。また、オルキルオト、セラフィールドのデータは、DI 指標がほとんど変化しないにも関わらず透水性のオーダーが大きく変化している。これらのデータに基づき、全体の傾向線を引きというアプローチは適切なのか</p>	<p>・本課題は堆積岩特有の課題</p> <p>・国外では、スイスのウエレンベルグの泥岩やオパリナスクレイの深部では、低透水であることが知られているが、その深度依存性※については明らかに</p> <p>※深度の違いによって、岩盤や地下水の特性が変化すること</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</p> <p>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）</p> <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</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>・外部評価では、できるだけ一般論として堆積岩の特性評価を意識したまとめと今後の課題とする必要がある、と評価</p> <p>・外部評価では、処分場の設計・施工や安全評価とリンクした形での指標活用に向けた具体化が課題と指摘※</p> <p>※本課題は、DIを指標として、処分システムの設計・施工や安全評価とのリンクを図ることから、地層処分研究開発として実施</p> <p>・国外では、スイスのウエレンベルグの泥岩やオパリナスクレイの深部では、低透水であることが知られているが、その深度依存性については明らかになっていないことが課題であり、幌延の泥岩との違いを調べる必要がある</p> <p>・提案したパラメータの有効性を確実なものとするためには種々の断層（処分場に取り込まざるを得ない可能性がある小規模の断層のうち、断層の幅に着目してさらに規模を分けて、試験の対象としている断層（断層の幅が数cmの規模の小さな断層～数10cmの規模の大きな断層））への適用が必要</p> <p>・複数の断層で試験を実施して、パラメータの有効性を示すことで、一般論としての堆積岩の特性評価が可能となる</p>	<p>前半の5年程度で実施</p>	<p>体系化して取り組む課題</p> <p>(2)処分概念オプションの検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</p>
	<p>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</p> <p>※岩盤が形成された当時の昔の海水が地層の間隙に閉じこめられらもの</p> <p>【補足】                      断層の繋がり具合は、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）と密接に関係すると考えられる。この分布を把握することは、処分事業において、地下水の流れが非常に遅い領域などを処分場選定の際に考慮する場合に有用な情報になり得る</p>	<p>①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</p> <p>②三次元分布を調査・解析・評価する手法の確立</p>	<p>①-1 地上からのボーリング調査や物理探査の既存結果に基づき、地下水の流れが非常に遅い領域（化石海水領域）の三次元分布の再評価</p> <p>①-2 地下水の流れが非常に遅い領域（化石海水領域）の三次元分布の再評価</p> <p>①-2 地下水の流れが非常に遅い領域（化石海水領域）の三次元分布の再評価</p>	<p>①-1 地下水の流れが非常に遅いと推定される領域がDIの分布図とおおむね一致していることを示すことができた。化石海水の指標として、CI（塩素）及び水の安定同位体を基に分布を推定した</p> <p>①-2 既存の水理・物質移動評価手法を基に塩濃度分布を推定した</p>	<p>【事項】                      ① 指標の有効性の検証</p> <p>② 三次元分布を調査・解析・評価する手法の確立</p> <p>【理由】                      化石海水領域の指標として必要な評価指標を見定めるのに時間を要したため</p>	<p>【個別評価（主な個別意見）】                      ・研究内容の妥当性については、DI (Ductility Index) 指標を用いたオリジナルな研究手法が提案され、かつそのコンセプトに基づいた原位置試験からは当初の予測を裏付ける結果が得られており、適切であったと評価する</p> <p>・目標の達成度については、国内外で広く知られている学術論文誌に6本の関連論文が掲載され、当該分野の発展に大いに貢献できたことから、十分に目標を達成できたと評価する</p> <p>・堆積岩他地域や結晶質岩への展開・比較、地層処分事業における処分場の設計・施工や安全評価とリンクした形での指標活用に向けた具体化を期待する</p> <p>・堆積岩系の断層と結晶質岩系の断層の緩衝能力を比較するという観点からも、同様なDI 指標による検討を瑞浪花崗岩に対しても検討を行い、更にボーリング孔等を利用した水圧擾乱試験による検討による緩衝能力のDI 指標が2以下（相対的に透水性の大きめの領域）の分布状態（深度依存性や地層依存性だけでは説明できない）の検討をされたら如何でしょうか？何か有用な情報が出てくるように思えます</p> <p>・提示された指標の活用方法を具体的に分かりやすく広く説明するように努めていただきたい</p>	<p>・本課題は堆積岩特有の課題</p> <p>・国外では、スイスのウエレンベルグの泥岩やオパリナスクレイの深部では、低透水であることが知られているが、その深度依存性については明らかになっていない</p>	<p>①② 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</p>	<p>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</p> <p>① 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</p> <p>②-1 化石海水の三次元分布に係る調査・評価手法の検証</p> <p>②-2 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・物質移動解析）※地下水が地下に留まっている平均時間</p>	<p>・外部評価では、処分場の設計・施工や安全評価とリンクした形での指標活用に向けた具体化が課題と指摘※</p> <p>※本課題は、DIを指標として、処分システムの設計・施工や安全評価とのリンクを図ることから、地層処分研究開発として実施</p> <p>・国外では、スイスのウエレンベルグの泥岩やオパリナスクレイの深部では、低透水であることが知られているが、その深度依存性については明らかになっていないことが課題であり、幌延の泥岩との違いを調べる必要がある</p> <p>・将来処分場として想定されるエリア（地下水の流れが非常に遅い領域）に出現する断層の特性や繋がり具合、隆起・侵食等による変化などの活動性の長期的な予測が可能となる</p>	<p>前半の5年程度で実施</p>	<p>体系化して取り組む課題</p> <p>(2)処分概念オプションの検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</p>

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

区分	目的・背景・必要性・意義	課題	実施内容 ※H27～R1に実施した内容	成果・達成状況	達成できなかった事項・理由	評価 (外部委員会)	国内外の状況	R2以降の課題	R2以降の実施内容	引き続き研究が必要な理由	研究期間	
											前半	後半
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	① 地震や断層活動に起因する岩盤の損傷により、人工バリアの自己治癒能力（ひび割れの修復）を確認する研究の机上検討	①-1 国内外の関連する研究事例を収集 ①-2 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	【事項】 ② 人工バリアの自己治癒能力（ひび割れの修復）の実証 【理由】 当該研究課題は深度500mでの実施を想定していた。深度350mでの他の原位置試験に注力したため、500mの掘削に至っていない。このため当該課題は机上検討のみを実施。また、地殻変動による人工バリアへの影響・回復の評価指標を見定めるのに時間を要したため	【全体評価の概要】 必須の課題成果取りまとめとしては、全体として概ね適切に研究が遂行され、当期5カ年の目標を達成できたと評価する 【個別評価（主な個別意見）】 ・研究内容の妥当性については、DI（Ductility Index）指標を用いたオリジナルな研究手法が提案され、かつそのコンセプトに基づいた原位置試験からは当初の予測を裏付ける結果が得られており、適切であったと評価する ・目標の達成度については、国内外で広く知られている学術論文誌に6本の関連論文が掲載され、当該分野の発展に大いに貢献できたことから、十分に目標を達成できたと評価する ・堆積岩他地域や結晶質岩への展開・比較、地層処分事業における処分場の設計・施工や安全評価とリンクした形での指標活用に向けた具体化を期待する ・堆積岩系の断層と結晶質岩系の断層の緩衝能力を比較するという観点からも、同様なDI指標による検討を瑞浪花崗岩に対しても検討を行い、更にボーリング孔等を利用した水圧擾乱試験による検討による緩衝能力の比較を行われたら良いかと思う。また、DI指標が2以下（相対的に透水性の大きめの領域）の分布状態（深度依存性や地層依存性だけでは説明できない）の検討をされたら如何でしょうか？何か有用な情報が出てくるように思えます ・提示された指標の活用方法を具体的に分かりやすく広く説明するように努めていただきたい	・本課題は堆積岩特有の課題 ・海外の地下研の泥岩は幌延の泥岩と比べて膨潤性に富む ・国外の泥岩を対象とした地下研において、掘削影響領域（EDZ）の透水性が低下する現象について実験的に検討 ・坑道埋め戻し後は掘削影響領域（EDZ）の透水性が低下することが予想されているが観測した例はない	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	・外部評価では、地層処分事業における処分場の設計・施工や安全評価とリンクした形での指標活用に向けた具体化を期待すると評価※ ※本課題は、処分システムの設計・施工や安全評価とのリンクを図ることから、地層処分研究開発として実施 ・海外の泥岩を対象とした地下研において、EDZの透水性が低下する現象について実験的に検討。坑道埋め戻し後はEDZの透水性が低下することが予想されているが観測した例は無いため、課題となっている。海外の地下研の泥岩は幌延の泥岩と比べて膨潤性に富むのでこのような差異を確認する必要がある ・人工バリアの緩衝材や坑道埋め戻し材が地下水の飽和に伴って膨潤することで、掘削影響領域の自己治癒能力が発揮され、これを評価することで、処分場の設計・施工や、安全評価での指標活用を具体化し、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ことができる	前半の3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