

機構改革に伴う成果取りまとめと今後の研究計画

- 深地層の研究施設計画と地質環境の長期安定性研究 -

③ 幌延深地層研究計画

平成26年3月27日

日本原子力研究開発機構
地層処分研究開発部門

取りまとめに基づき抽出された必須の課題(案) A1

A1. 地質環境の初期状態の理解

	課題
地質・ 地質構造	・主要課題達成 (今後のA2, A3 の研究成果を用いて, 地質構造モデルの検証等を継続)
地下水流動	・主要課題達成 (今後のA2, A3 の研究成果や関連分野の最新技術の導入等により, 適用可能な調査解析技術についての更新や見直しを適宜実施)
地下水の 地球化学	・主要課題達成 (施設閉鎖に関わる知見を地上からの調査へフィードバックし, 調査技術開発を完了)
岩盤力学	・主要課題達成
物質移動	・主要課題達成 (多様な地質環境中の物質移動特性やそれに寄与する現象を適切に把握するための調査解析技術の継続的な開発が必要)
工学技術	・主要課題達成

取りまとめに基づき抽出された必須の課題(案) A2

A2. 地質環境の短期変動・回復挙動の理解

	課題
地質・地質構造	<ul style="list-style-type: none"> 坑道掘削に伴う損傷領域内での割れ目の変化を把握する手法の整備。 坑道閉鎖(埋め戻し)後の割れ目の閉塞・充填に関わる知見の蓄積。
地下水流動	<ul style="list-style-type: none"> 再冠水試験や坑道埋め戻し試験によって、湧水量の空間的不均質性が埋戻し材に及ぼす影響について、調査技術やモデル化・解析技術の適応性の確認。 観測機器の耐久性向上や、遠隔モニタリング技術の開発、ガス対策を含む観測機器の維持管理方法の構築や、関連するノウハウの蓄積や、品質管理の考え方の構築。 坑道閉鎖(埋め戻し)後の地質環境特性の回復、定常化過程に関わる知見の蓄積。
地下水の地球化学	<ul style="list-style-type: none"> 坑道閉鎖(埋め戻し)後の地質環境特性の回復、定常化過程に関わる知見の蓄積。 適切な部分閉鎖(埋め戻し)方法について、研究所閉鎖時の施工方法とモニタリングにより実証。 <ul style="list-style-type: none"> 建設・操業時に浸透した浅層地下水を、坑道閉鎖時に元来の地下水に置換・回復するための手順。 浅層地下水が残留した場合の中長期的な地球化学特性の解析技術。 坑道・グラウト周辺のpH分布、酸化還元状態の長期変化。
岩盤力学	<ul style="list-style-type: none"> EDZの連成挙動の理解(再冠水時のEDZの岩盤挙動の理解)。 熱応力負荷等による破壊現象のモデル化、計測事例の提示。 坑道閉鎖(埋め戻し)時のEDZの挙動の把握、推定方法の高度化。
物質移動	<ul style="list-style-type: none"> URLを用いた原位置物質移動試験とその結果の解析評価の実施 地下施設近傍領域の物質移動に寄与する構造や物質移動特性の三次元的な不均質性分布及びその短期的変化を把握可能な調査評価技術の構築
工学技術	<p>施工対策技術</p> <ul style="list-style-type: none"> ポストグラウトを含むウォータータイトトンネル技術開発。 人工材料の周辺岩盤、地下水への影響評価(プラグ・埋め戻し材)。 坑道閉鎖技術開発。 坑道維持管理技術の有効性の確認。 地震時の施設安全性評価。
地層処分技術(幌延)	<ul style="list-style-type: none"> セメント材料の地質環境への影響評価モデル作成に資する原位置データの取得 人工バリア及びシーリング性能に関わる長期評価手法の開発及び地上で性能が確認された施工技術の地下環境での実証 地下環境における処分場概念オプションの成立性に関する基盤技術の実証

実際の地質環境における人工バリアの適用性確認

処分概念オプションの実証

取りまとめに基づき抽出された必須の課題(案) A3

A3. 地質環境の長期変動・回復挙動の理解

	課題
地質・地質構造	<ul style="list-style-type: none"> 地質環境の長期変動に関わる知見の蓄積によるモデル化精度の向上と、多分野を含むモデル化・解析に関連する不確実性の評価手法の構築。 断層などの天然現象の地質環境への影響範囲を把握する手法の提示。
地下水流動	<ul style="list-style-type: none"> 考慮すべき自然事象や、それらが影響を及ぼす地下水流動特性の抽出に関わる体系的な調査・解析・評価技術を構築。 地震に伴う地下水圧変化の発生メカニズムや、それが水理特性や地下水流動特性に与える影響の把握。
地下水の地球化学	<ul style="list-style-type: none"> 地震後の長期的な水圧変化に応じた水質変動幅の予測と検証。 施設閉鎖時後の地球化学特性の変化幅の把握、地質学的長期変動幅との比較、安全評価への反映の考え方を整理。
岩盤力学	<ul style="list-style-type: none"> 地震時のEDZの挙動の理解。 施設閉鎖後の地質学的時間スケールにおける初期応力状態、EDZの長期変動幅の推定。 EDZのセルフシーリングのメカニズムの評価とモデル化。
物質移動	<ul style="list-style-type: none"> 地質構造発達・地質環境変動に伴う地下施設近傍・遠方領域の物質移動特性の長期変動幅を推定可能な調査評価技術の構築 地質学的時間スケールでの物質移動特性変動のモデル化技術の構築
工学技術	—

地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の検証

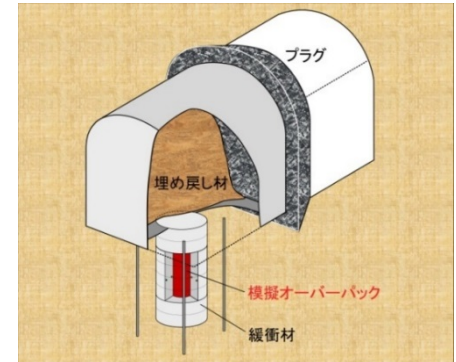
必須の課題（案）の概要（1）

(1) 実際の地質環境における人工バリアの適用性確認

平成26年度から深度350m調査坑道において本格的に実施される①人工バリア性能確認試験、②オーバーパック腐食試験、③物質移行試験などに係るデータ取得を計画通り進め、堆積岩を対象とした原位置での施工例や計測技術及び評価手法の適用性を確認する。

①人工バリア性能確認試験

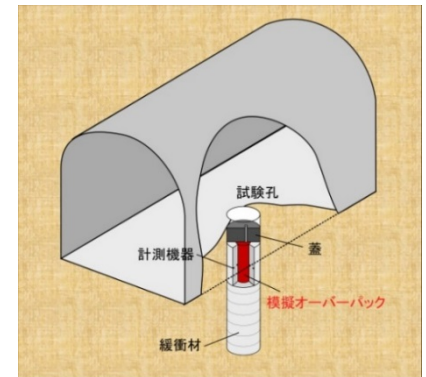
- 人工バリア設置初期における連成現象に係るデータを取得するとともに、これらのデータを用いた評価手法の適用性を確認
- また、閉鎖後のセルフシーリング（回復挙動）に係るデータを取得。
- さらに、モニタリング技術の適用性の確認を実施。



人工バリア性能確認試験

②オーバーパック腐食試験

- 室内試験に基づく腐食量の評価の妥当性を検証。
- また、環境条件の変化（不飽和～飽和など）に伴う腐食挙動の変遷、ならびにモニタリング技術の適用性を確認



オーバーパック腐食試験

③物質移行試験

- 安全評価上重要となる移流、分散、拡散等に係るデータを取得し、これらのデータを用いた評価手法の適用性を確認。

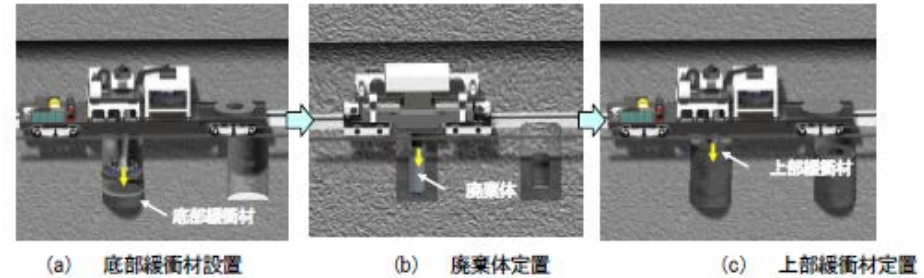
必須の課題（案）の概要（2）

(2) 処分概念オプションの実証

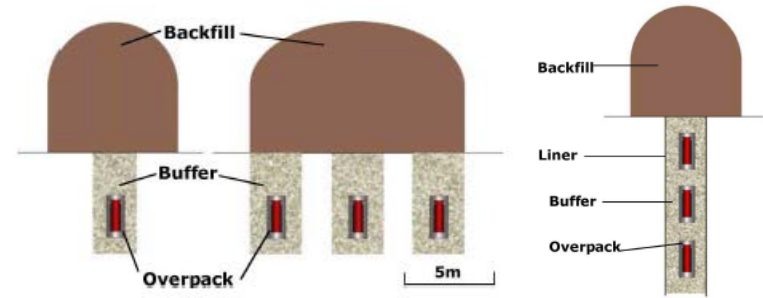
- 処分概念オプション（処分形態や定置方式など）を施工方法などの観点から類型化し、代表例に対する遠隔定置や回収技術等を実証（PEM方式も含む）。
- 日本特有の地質環境や土地利用に起因するサイト環境条件の制約を踏まえ、100℃を上回る温度条件を想定した人工バリア性能確認試験により、熱-水-応力-化学に関するデータ取得及びモニタリング技術を開発（この成果は、直接処分概念構築の観点からも有用）。
- 日本の堆積岩に特徴的な地質環境特性（岩盤強度や湧水など）を踏まえ、処分孔などの湧水対策や支保技術などを検証



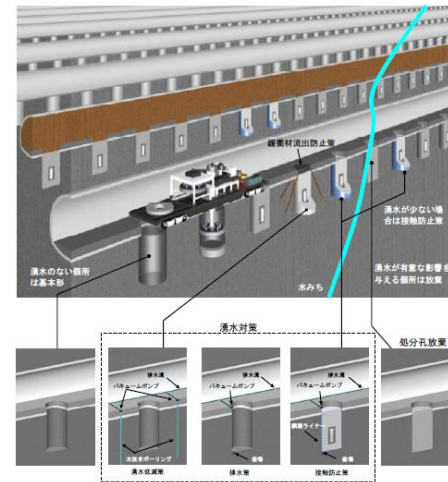
深度に応じた岩盤の力学特性や熱特性、水理学的特性の変化などを踏まえた柔軟性のある処分概念や設計手法、ならびに工学技術の技術的実現性を提示する。



遠隔定置技術の検討例



定置概念オプションの検討例



湧水対策の例

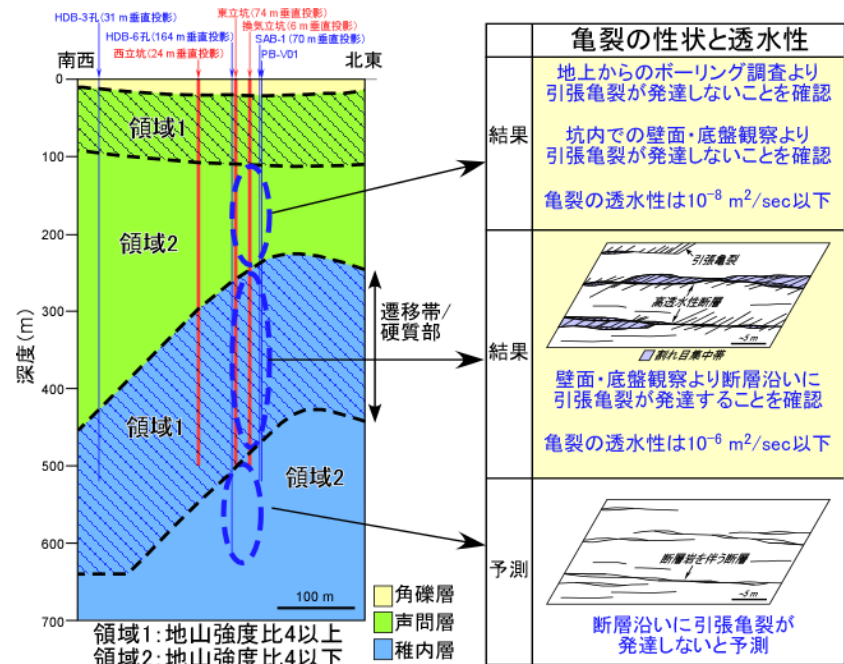
- 湧水亀裂の分布や湧水量などを踏まえた合理的な設置エリアの選定の考え方
- 湧水対策技術の整理及び実証

必須の課題（案）の概要（3）

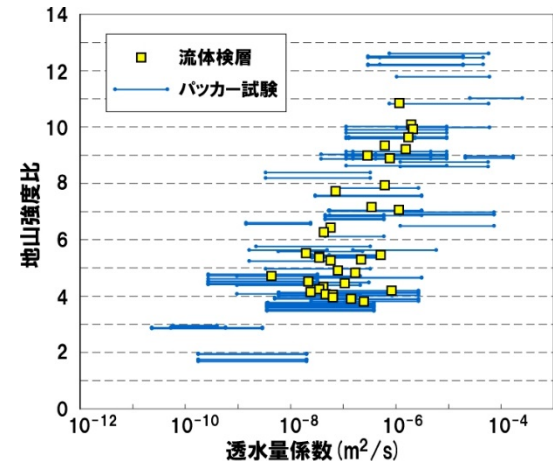
(3) 地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の検証

- ダクティリティ※の小さい領域と大きい領域、ならびにその遷移領域も含め、断層の透水性などを詳細に把握するとともに、その断層を対象とした水圧破碎試験を行うことにより、堆積岩の地殻変動に対する力学的・水理学的な緩衝能力を定量的に明らかにする。また、これらの結果に基づき、効率的な母岩の選定や合理的な安全評価方法を提示。
- 深度500m付近のダクティリティの大きい領域において、人工バリアを対象として、断層などにより擾乱が生じた場合の試験を行い、ニアフィールドの回復能力を検証。
- さらに、深度350m（領域1）と500m（領域2）における人工バリアを対象とした試験の比較検討に基づき、人工バリアや処分場レイアウトなどの合理的な設計方法を提示。

※ダクティリティ: 岩石が破断せずに大きく歪むことのできる能力



地下施設周辺の地山強度比分布と断層の性状・透水性



稚内層中の主断層の透水性と地山強度比

必須の課題（案）と意義

◆ **実際の地質環境における人工バリアの適用性確認**

平成26年度から350m調査坑道で実施される人工バリア性能確認試験、オーバーパック腐食試験、物質移行試験などを通して、実際の地質環境における計測技術や評価技術の適用性を確認することにより地層処分技術の信頼性が向上する。

◆ **処分概念オプションの実証**

人工バリア設置環境の深度依存性も考慮し、回収可能性を含めた種々の処分概念オプションの工学的実現性を実証することにより、多様な地質環境条件に対して安全で柔軟な処分場設計を行うことが可能となる。

◆ **地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の検証**

日本の一般的な堆積岩について、地震・断層活動他による地殻変動に対して力学的・水理学的に緩衝能力の高い領域の存在が期待できる。このような地殻変動緩衝能力を定量的に検証し、そのメカニズムを示すことにより、堆積岩地域における立地選定や処分場の設計を、科学的・合理的に行うことが可能となる。

今後の研究の展開(案)

【今後の研究の展開について】

- 我が国の堆積岩においては、地下施設や人工バリアシステムの設計・施工にあたり、地下深部の岩盤応力に伴う破壊現象や高圧出水などに留意することが肝要であり、深度に応じた岩盤の力学特性や熱特性、水理学的特性の変化に応じた設計手法や工学技術の実現性を、処分事業の実施主体や国の安全規制の基盤情報として整備することが重要である。
- 幌延の地下研設置地点においては、深度500m付近からダクティリティの大きな領域になると推定されるので、ピット壁面の変位量及びクリープの増加や人工バリアに対する擾乱の回復挙動について、それ以浅のダクティリティが小さな領域との比較が可能となる。
- これらを踏まえ、幌延深地層研究計画では、処分概念オプションの実証や地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の検証を進めることを検討していく。