

令和3年度 第1回確認会議 説明資料

令和3年4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

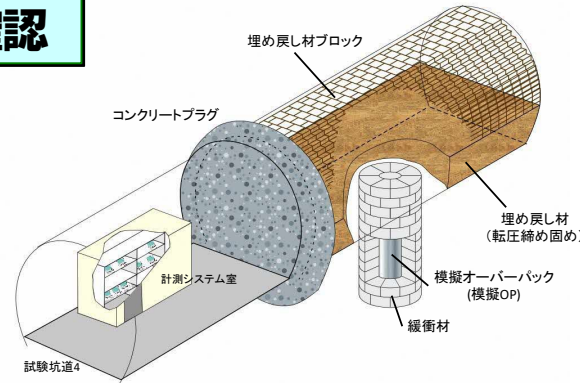
- 1. 令和2年度に得られた成果及び令和3年度の取り組み**
- 2. 稚内層深部(深度500m)における研究の実施に関する検討結果**
- 3. 北海道からの要請事項への対応**

1. 令和2年度に得られた成果 及び令和3年度の取り組み

令和2年度以降の研究課題

①実際の地質環境における人工バリアの適用性確認

- 人工バリア性能確認試験
- 物質移行試験



人工バリア性能確認試験



人工バリア性能確認試験の解体調査のイメージ

②処分概念オプションの実証

- 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

- ・ 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
- ・ 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

- 高温(100℃以上)等の限界的条件下での人工バリア性能確認試験



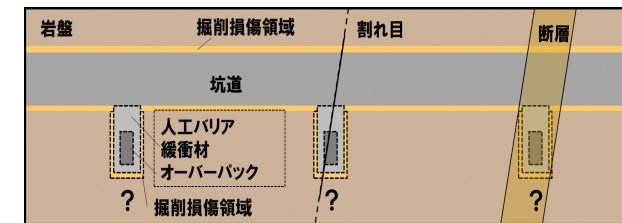
閉鎖技術オプションの整理

③地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の検証

- 水圧擾乱試験などによる緩衝能力の検証・定量化

- ・ 地殻変動が地層の透水性に与える影響の把握
- ・ 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

- 地殻変動による人工バリアへの影響・回復挙動試験



廃棄体定置決定や間隔設定の考え方の整理

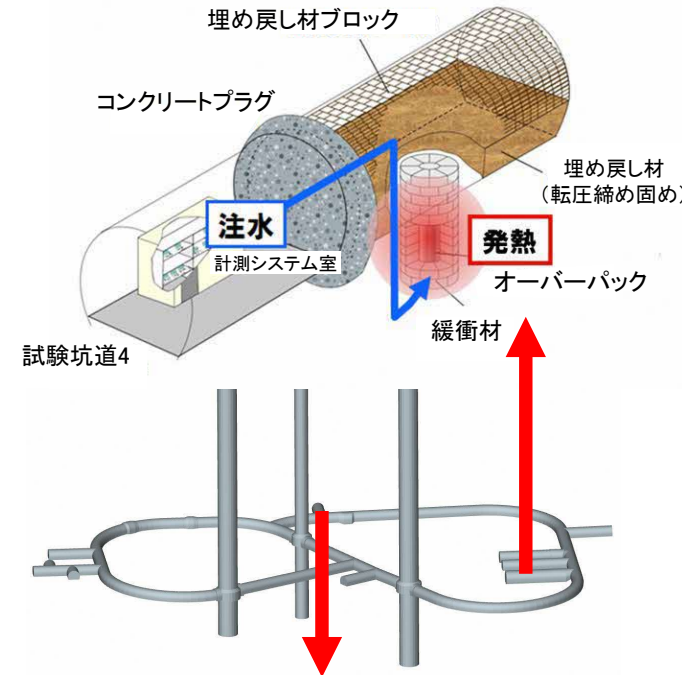
①実際の地質環境における人工バリアの適用性確認

1) 人工バリア性能確認試験

【研究開発の目的と令和10年度までの実施内容】

人工バリア周辺で起こる現象を理解

- 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)を取得し、熱-水-応力-化学連成評価手法を整備
- 人工バリアの解体作業により緩衝材の飽和度を確認



【令和2年度の実施内容と成果】

●廃棄体が冷めるとどうなるのか

時間の経過による発熱量の低下を模擬し、模擬オーバーパックスのヒーター温度を約90°Cから50°Cに下げて、緩衝材中の温度変化や間隙水圧変化の観測データを取得

- 国際共同研究 (DECOVALEX) で行う共同解析のために、解析モデルや解析条件を設定

●人工バリアの解体方法を確認

解体調査(緩衝材中の飽和度の調査等)の施工手順・方法を決定するため、別坑道に予備検討用の埋め戻し材、プラグ、試験孔、模擬オーバーパック、緩衝材を設置



底盤・側面
コンクリート打設



埋め戻し材
転圧締め固め



埋め戻し材
ブロック設置



鉄筋組立・
コンクリートプラグ打設



人工バリア試験孔掘削・
コンクリート支持打設

①実際の地質環境における人工バリアの適用性確認

1) 人工バリア性能確認試験

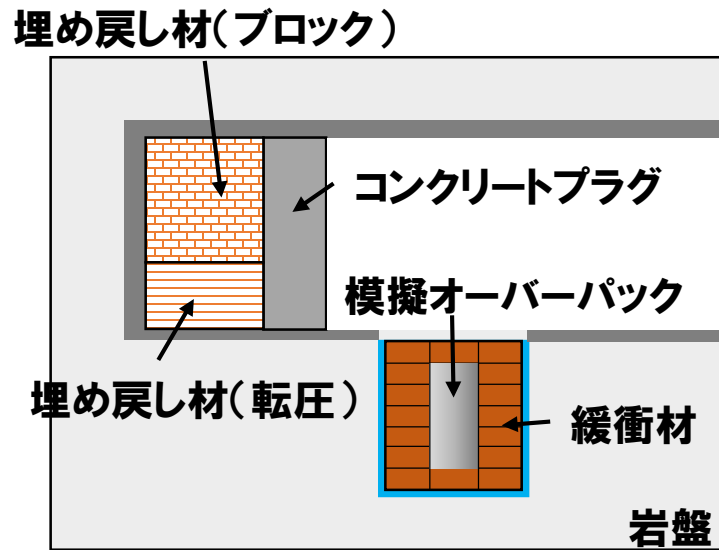
【令和3年度の計画】

模擬オーバーパックスのヒーターを停止 熱による影響を無くした条件での試験に移行

国際共同研究(DECORVALEX)を継続 令和2年度に定めた解析条件で共同解析し、比較検証

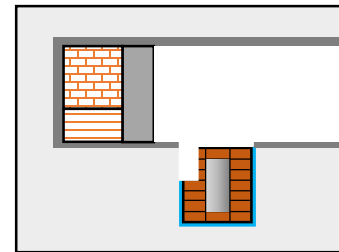
また、空気を考慮した熱-水-応力連成挙動に関する室内試験を開始

人工バリアの解体方法の予備検討として試験体を解体 緩衝材、模擬オーバーパック、埋め戻し材、コンクリート、岩盤、センサー類などのサンプリング方法を確認

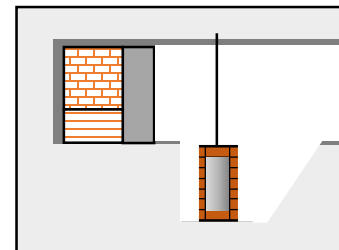


試験施工イメージ図

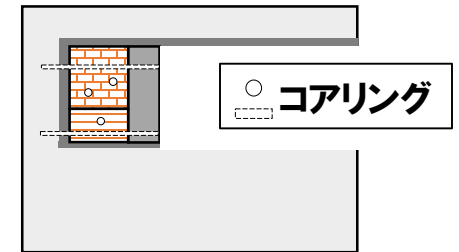
解体調査



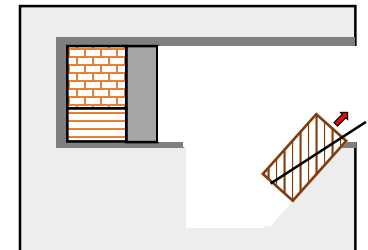
緩衝材、センサーのサンプリング



模擬オーバーパックスの一体取り出し



埋め戻し材、プラグ、岩盤のサンプリング
(一体化コアサンプリング)



①実際の地質環境における人工バリアの適用性確認

2) 物質移行試験

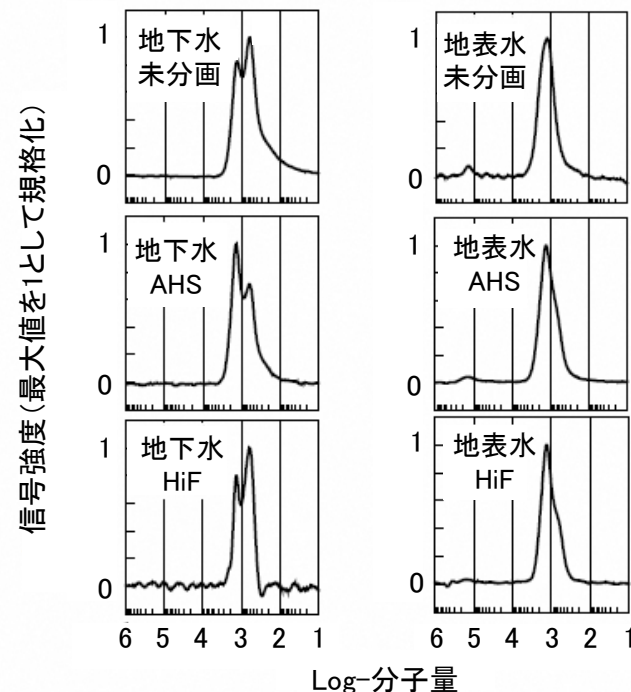
【研究開発の目的と令和10年度までの実施内容】

堆積岩における物質移行現象の評価手法を整備

- 掘削損傷領域でのトレーサー試験を行い、物質移行に関するデータを取得
- 有機物、微生物、コロイドの影響を考慮した物質移行試験
- 掘削損傷領域、岩盤中の割れ目を含むブロックスケール(数m~100m規模)の物質移行評価手法を整備

【令和2年度の実施内容と成果】

- 掘削損傷領域でのトレーサー試験により、**物質移行特性を評価するためのデータを取得**
- **微生物・有機物・コロイドを対象とした原位置試験計画策定**
- **地下水中の有機物データ**(濃度、サイズ分布、構成など)**を取得**
- **ブロックスケールにおける物質移行特性を評価するためのトレーサー試験の準備作業を完了**



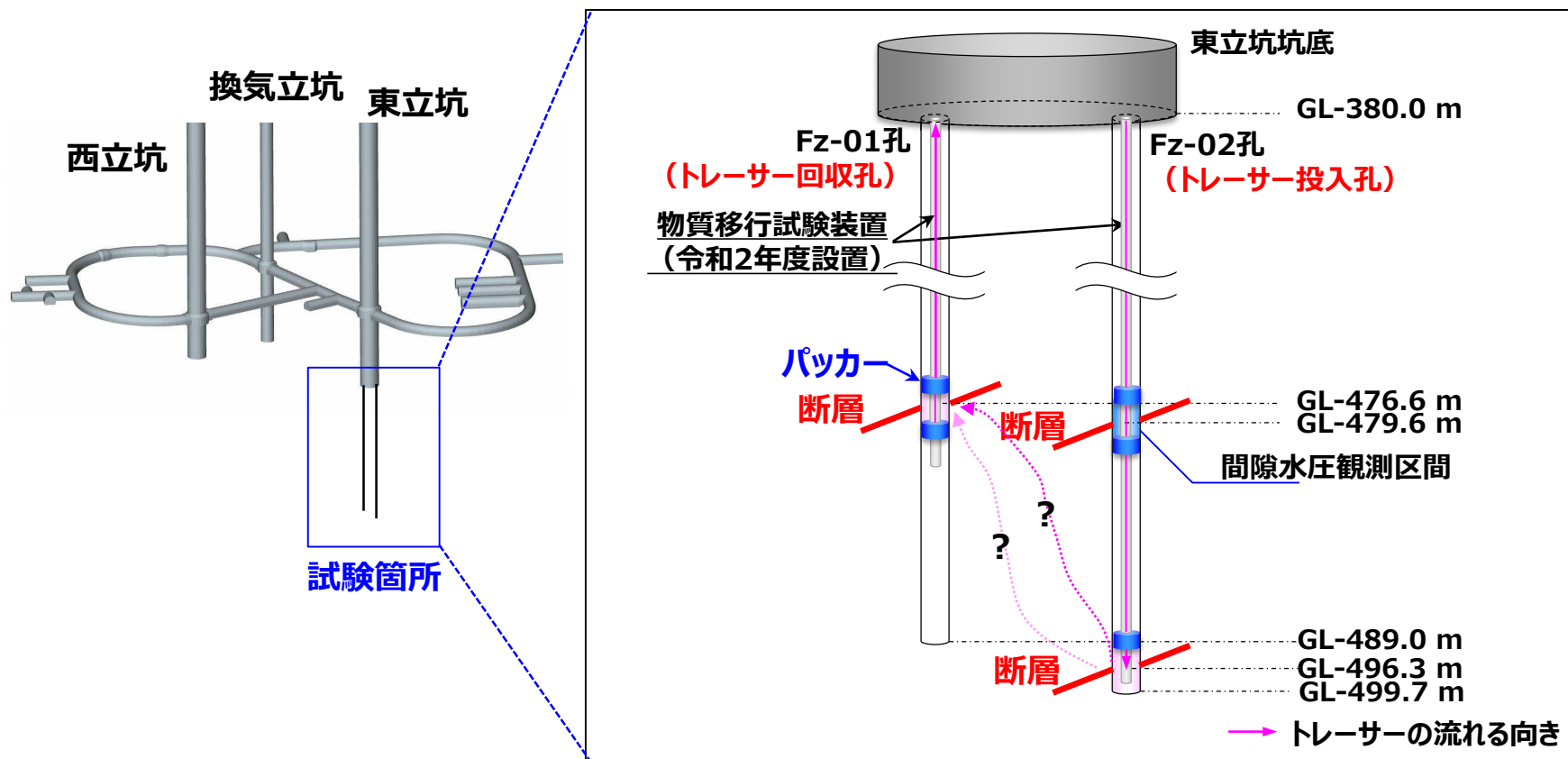
地下水(深度140m)および地表水中の有機物のサイズ分布(AHS:腐植物質、HiF:親水性物質)

①実際の地質環境における人工バリアの適用性確認

2) 物質移行試験

【令和3年度の計画】

- 掘削損傷領域でのトレーサー試験の評価、水理・物質移行に関するデータ取得を継続
- 微生物・有機物・コロイドが核種移行に及ぼす影響を確認する原位置試験を開始
- ブロックスケールを対象としたトレーサー試験を実施



断層を対象としたトレーサー試験

②処分概念オプションの実証

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 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

【研究開発の目的と令和10年度までの実施内容】

坑道の閉鎖技術や閉鎖システムの性能を担保するための設計・施工技術の選択肢を整理

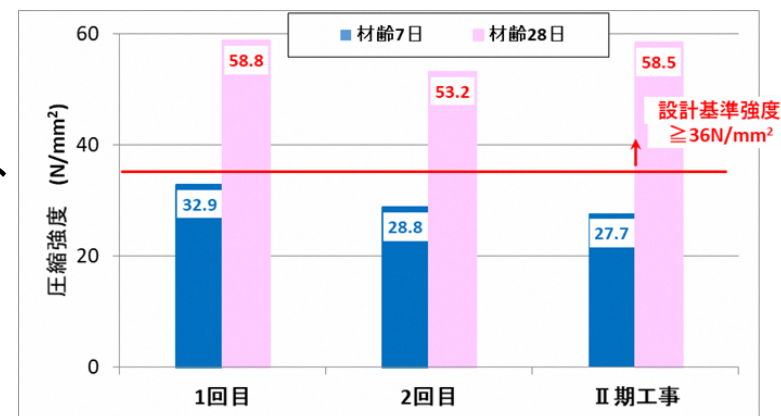
- 搬送定置・回収技術(緩衝材や埋め戻し材の状態に応じた除去技術オプション、回収容易性を考慮した概念オプション、品質評価手法)を整備
- 閉鎖技術(埋め戻し方法:プラグ等)を実証
- 人工バリアの緩衝材と坑道の埋め戻し材の施工に係る、実証した品質保証の仕組みや考え方を体系的に整理



ベントナイト材料の吹付け試験

【令和2年度の実施内容と成果】

- **コンクリート支保の経年変化を調査する曝露試験の準備**として、地下坑道の吹付けコンクリートと同等の力学特性、成分を有する試験体を作成し、地下坑道(大気条件、湿潤条件下)に定置
- **埋め戻し材やプラグ等の設計・施工・性能評価技術を向上**させるために、止水プラグに用いるベントナイトの吹付け施工試験を地上で実施し、材料の種類、配合の違いによる品質の違いを整理



試験体の圧縮強度の確認

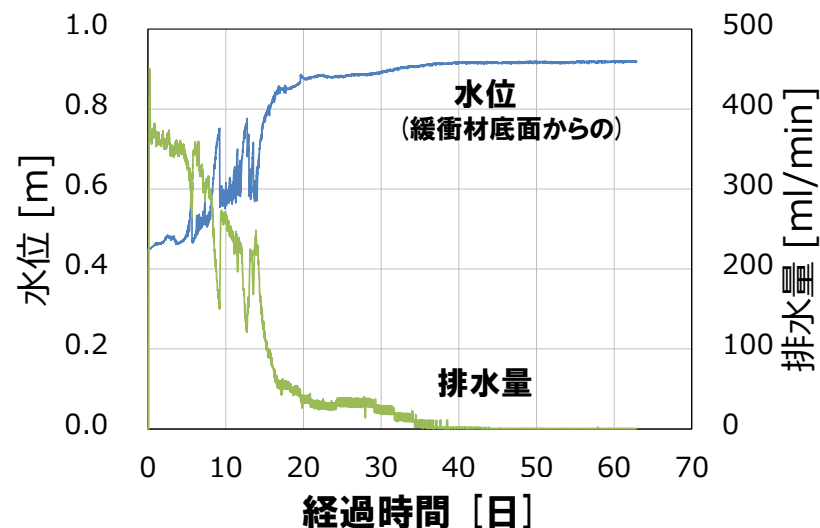
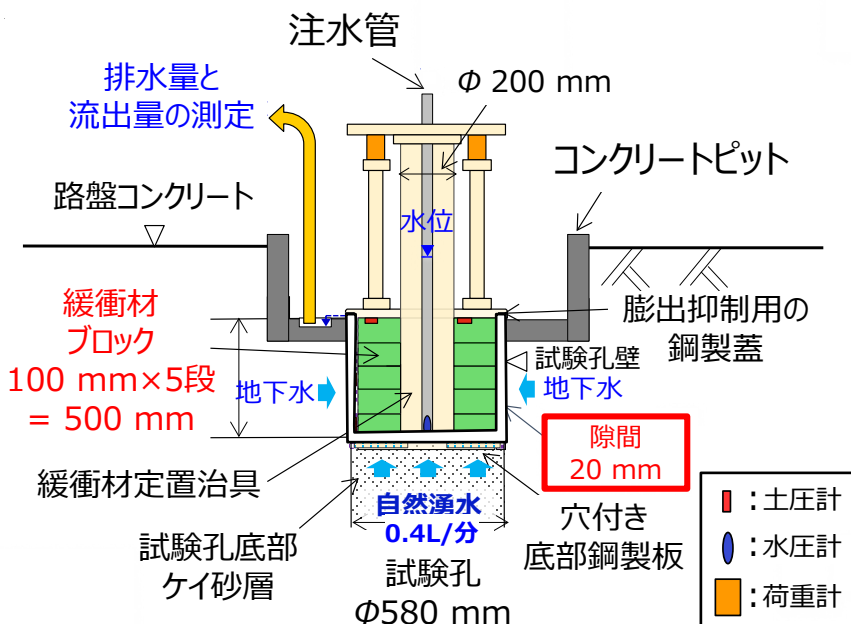
②処分概念オプションの実証

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 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

【令和2年度の実施内容と成果】

自然湧水がある場合、緩衝材は初期に少し流れ出すものの、その後は緩衝材が膨らんで隙間を埋めるため、流出は止まる

緩衝材への水の浸潤挙動を把握するための試験を実施し、上記を確認



緩衝材流出試験の概念(左)と施工状況(右)

原子力環境整備促進・資金管理センターと共同で実施

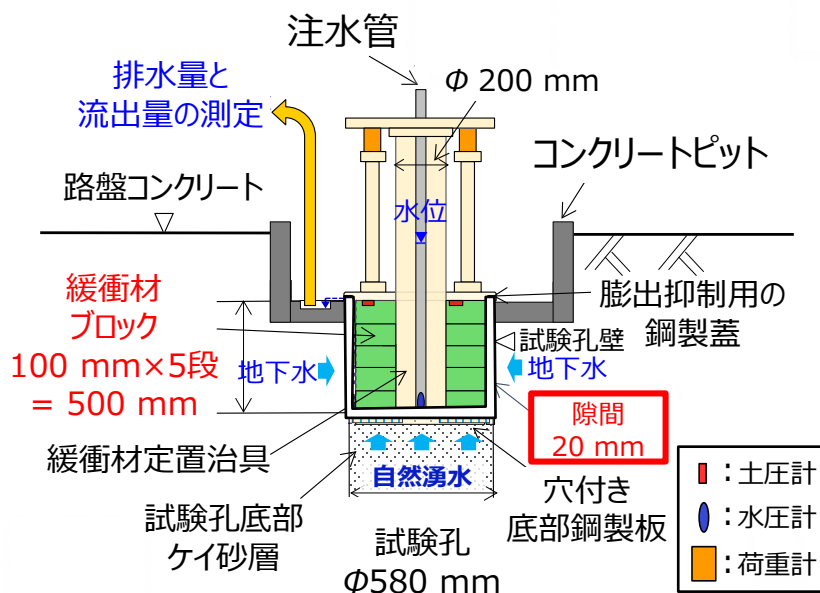
緩衝材流出試験期間中の排水量と水位

②処分概念オプションの実証

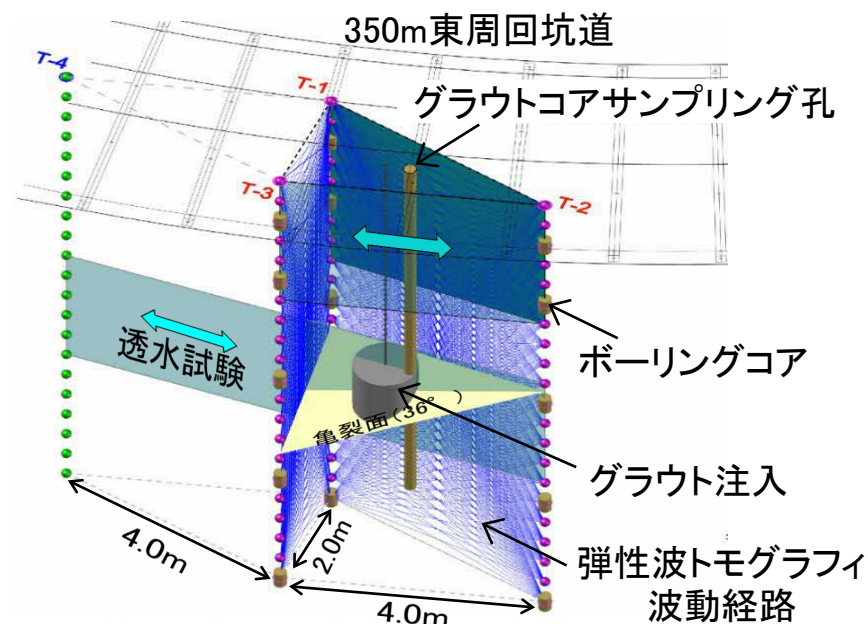
1) 人工バリアの定置・品質確認などの方法論に関する実証試験 操業・回収技術等の技術オプションの実証、閉鎖技術の実証

【令和3年度の計画】

- 地下環境でのコンクリートの物性変化データの取得、坑道で生じる現象の整理を継続
- 閉鎖システム（埋め戻し材やプラグなど）に関する基盤情報（場の状況に応じた施工技術、基本性能とその長期挙動）の整備を目的とした解析、室内試験、工学規模試験（地上・地下）および掘削損傷領域の調査技術の確認を継続
- 緩衝材への水の浸潤挙動を把握する試験を継続



令和2年度に実施した試験から、湧水量を変化させた条件で試験を行い、湧水量に対しての施工方法の適用範囲を確認



グラウト注入後のトモグラフィ調査のイメージ

グラウト注入後の透水試験、トモグラフィ調査を行い、令和2年度(グラウト無し)と比較し、掘削損傷領域の調査技術を確認

②処分概念オプションの実証

2) 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

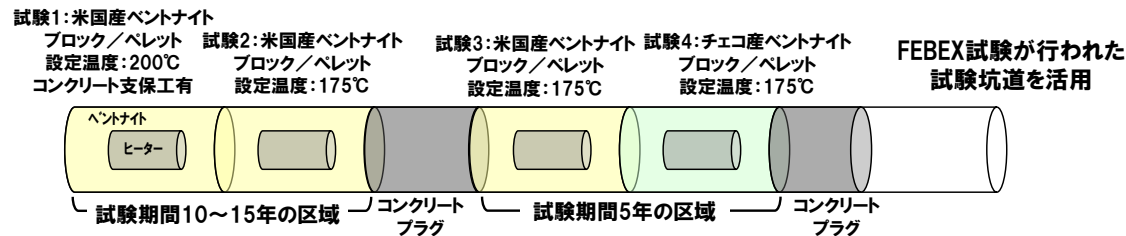
【研究開発の目的と令和10年度までの実施内容】

想定外の要因により緩衝材温度が100℃を超えた場合、どうなるのか

➤ その際に人工バリアとその周辺岩盤において発生する現象を整理し、上限温度設定の考え方を提示

【令和2年度の実施内容と成果】

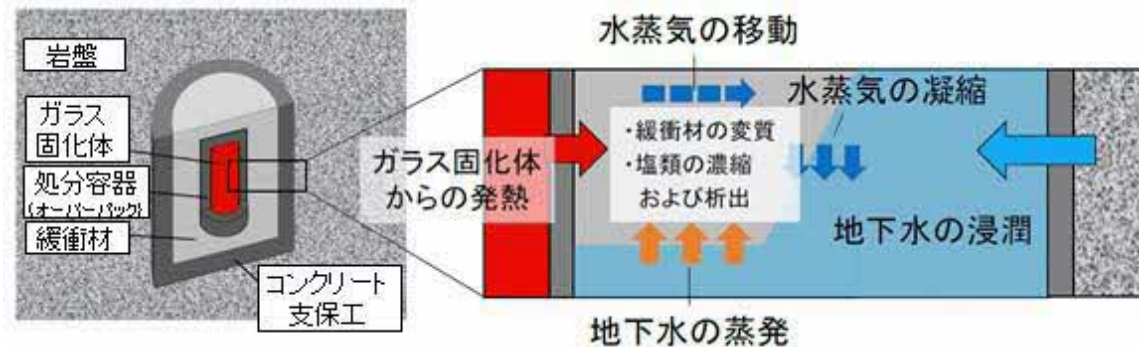
- 上記のシナリオを検討した結果、**緩衝材の挙動には蒸発による水分移動と物質移行の特性が影響を与える**
- 海外機関が実施している100℃超の状態を模擬する原位置試験を対象として、試験条件、試験手法、計測機器の選定・配置等に関する情報を収集、整理



HotBENTプロジェクト(スイス)の概念図

【令和3年度の計画】

- 海外知見の情報収集を継続
- 100℃超の状態での人工バリア周辺の挙動や特性の変化に着目した**文献の調査**



人工バリア周辺に生じると想定される現象の概念図

③地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の検証

1) 水圧擾乱試験などによる緩衝能力の検証・定量化

地殻変動が地層の透水性に与える影響の把握

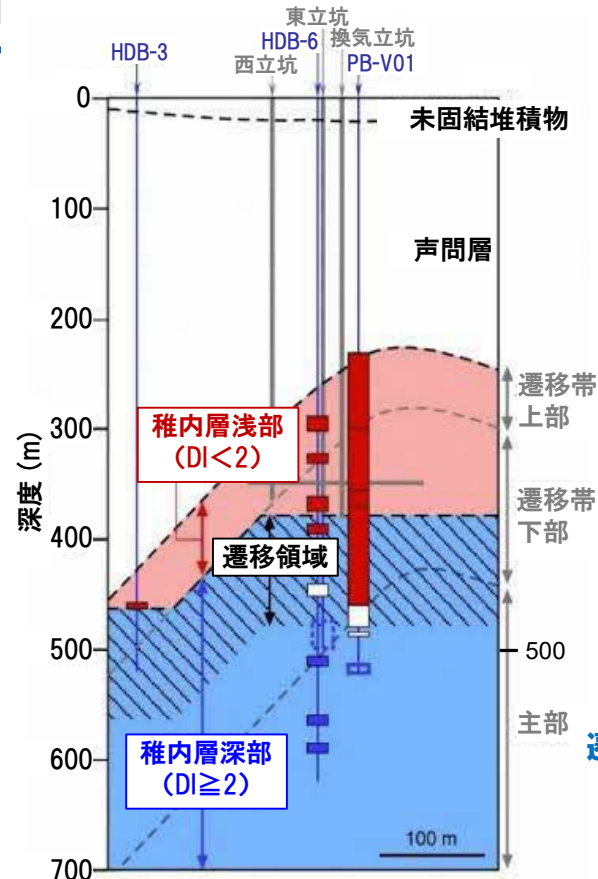
【研究開発の目的と令和10年度までの実施内容】

地殻変動が透水性に与える影響を推測するための手法を整備

- ボーリング孔を用いた水圧擾乱試験
- 断層、割れ目の長期的な透水性の評価手法を構築

【令和2年度の実施内容と成果】

- 幅数10cmの**大型の断層を対象とした水圧擾乱試験を実施し、観測データを取得**
- **稚内層における割れ目の水理的連結性に関する既存データを再解析し、水理的連結性の遷移領域があることが判明**
- **遷移領域は深度500m程度まで達し、それ以深は水理的連結性が低い領域であることを解明**



ボーリング孔調査結果からの解釈

- 相対的に水が流れやすいと判断した部分
- 解析的には水が流れにくいと判断されるが、ボーリング孔調査からは相対的に水が流れやすいと判断した部分
- 水が流れにくいと判断した部分

水圧擾乱試験結果からの解釈

- ⋯ 地下水の流れがほとんど生じていないと判断した断層の部分

ボーリング孔の直接観察の結果

- 地下水がボーリング孔内に流れ出ていない断層の部分

遷移領域: 浅部領域と深部領域の境界部で、相対的に水の流れやすい所と流れにくい所が共存する領域

稚内層中の割れ目の水理的連結性に関する領域区分とボーリング孔で得られた水理学的情報

DI: 岩石の強度・応力状態を示すために定義した指標。
この値が高いほど、岩盤は見かけ上やわらかくなる。

③地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の検証

1) 水圧擾乱試験などによる緩衝能力の検証・定量化

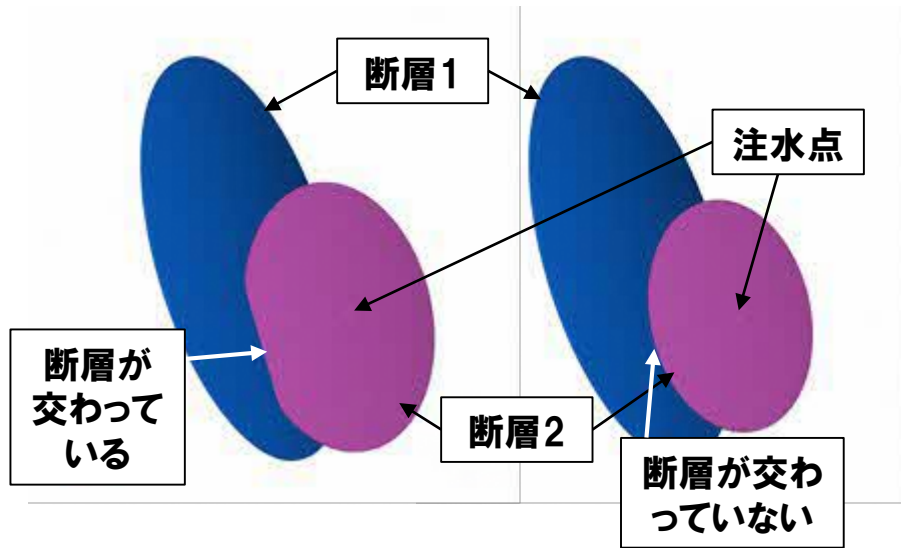
地殻変動が地層の透水性に与える影響の把握

【令和3年度の計画】

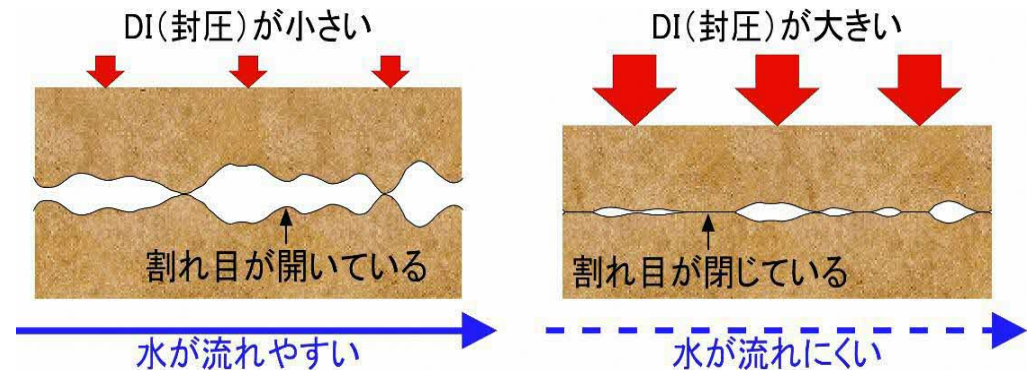
➤ 令和2年度に実施した**水圧擾乱試験結果を解析**

➤ **稚内層中の断層／割れ目が水理学的に連結しているかどうか**を解析で明らかにする方法の検討を継続

➤ 既存の室内試験結果や水圧擾乱試験結果を用いて**断層、割れ目の長期的な透水性評価手法を検討**



原位置試験から推定される断層の水理的連結性のモデル化
(左図:断層が一部で交わるモデルの例;
右図:断層が交わらないモデルの例)



既存の室内試験結果や水圧擾乱試験結果を用いて、割れ目の透水性と力学条件との関係性をより定量的に解明

③地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の検証

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を調査・評価する技術の高度化

【研究開発の目的と令和10年度までの実施内容】

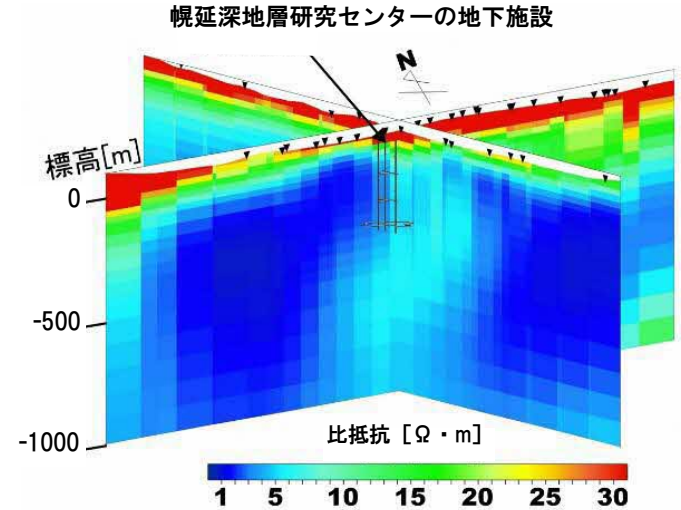
地下水の流れが非常に遅い領域の分布を理解するための技術を構築

- 化石海水の分布領域の調査・評価技術の高度化
- 地下水の滞留時間、塩濃度分布を推測するための水理解析、物質移動解析

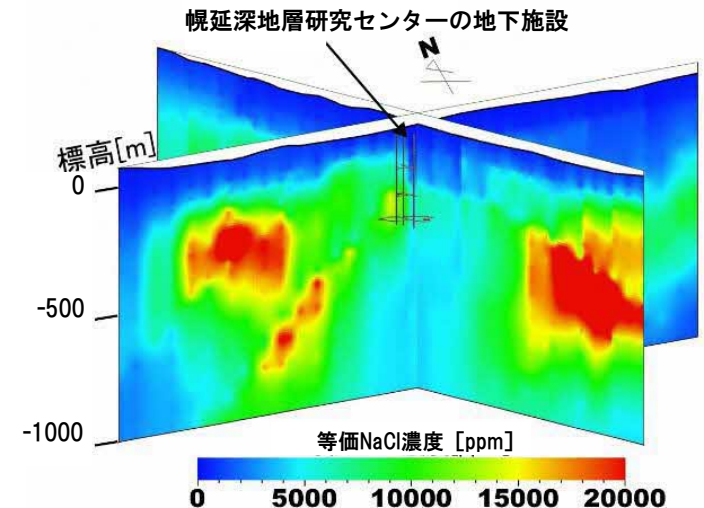
【令和2年度の実施内容と成果】

●化石海水の分布と地質構造を把握するための物理探査（電磁探査・弾性波探査）

- 既往の物理探査よりも三次元的かつより深部への拡がりや推定可能な手法を適用することにより、**深度400～500mよりも深い領域の推定精度を向上**
- これまでに取得した水質データを合わせて評価すると、化石海水の地下深部での分布が、**より精度よく把握**できました。
- 電磁探査データ(比抵抗)から地下水の塩濃度を推定した結果、**幌延深地層研究センターの周辺を境に、南西側で塩濃度が高く、北東側で低くなっていることを確認**



令和2年度の電磁探査により取得した比抵抗分布



比抵抗分布から推定した等価NaCl濃度の分布 14

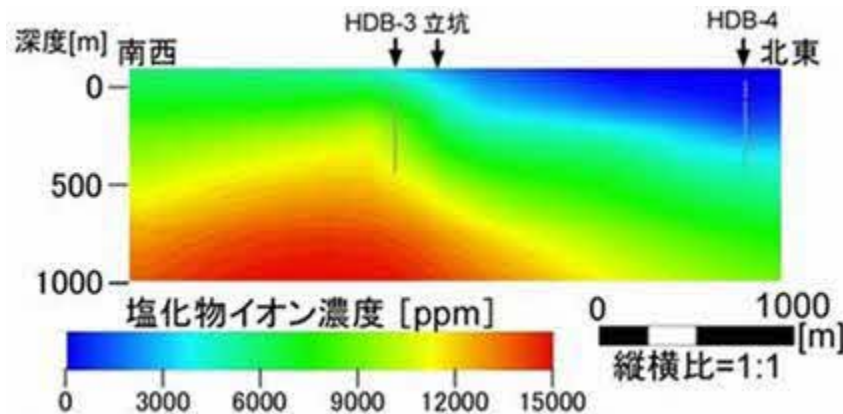
③地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の検証

1) 水圧擾乱試験などによる緩衝能力の検証・定量化

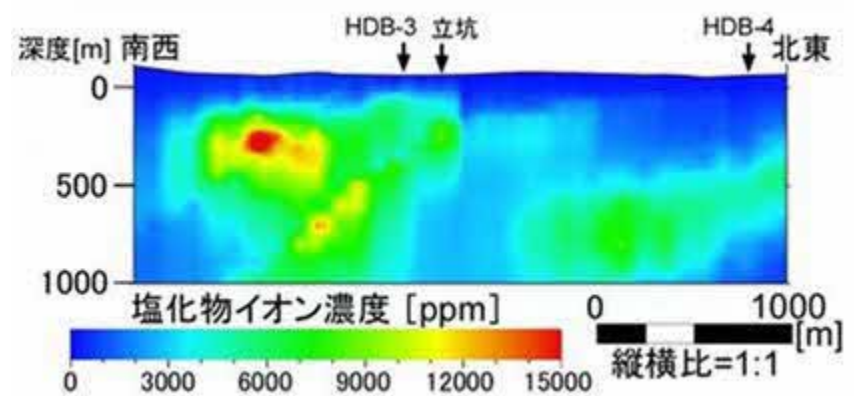
地下水の流れが非常に遅い領域を調査・評価する技術の高度化

【令和3年度の計画】

- 令和2年度の物理探査の結果から推定した塩濃度分布と既往のボーリングの水質データから推定した塩濃度分布を比較して誤差が大きい領域を把握し、誤差が大きくなる原因を予測
- 予測結果を確認するためのボーリング調査を行い、予測方法が有効であるかどうかを確認
- 幌延町沿岸部の浅海域で、産業技術総合研究所との共同研究として海上物理探査を計画



ボーリング孔の水質データを用いて
クリギングにより推定した塩化物イオン濃度の分布



電磁探査により取得した比抵抗分布
から推定した塩化物イオン濃度の分布

両者を比較して誤差が大きい領域を抽出し、ボーリング調査により地下水の流れが非常に遅い領域を調査・評価する技術の確からしさを確認

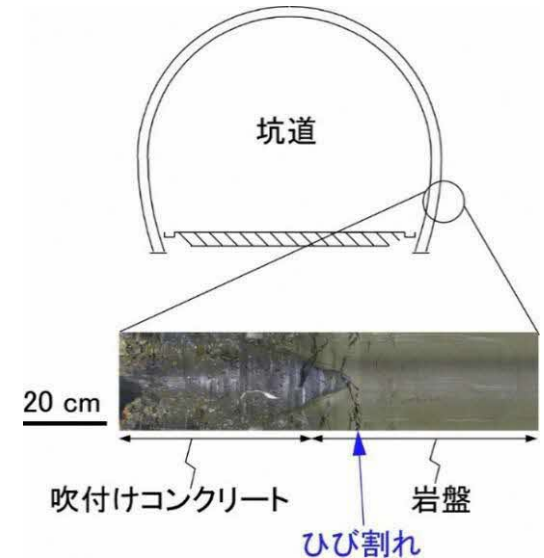
③地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の検証

2) 地殻変動による人工バリアへの影響・回復挙動試験

【研究開発の目的と令和10年度までの実施内容】

坑道閉鎖後の緩衝材や埋め戻し材の膨らみを踏まえて、坑道回りの掘削損傷領域の透水性を推測する手法を構築

- 緩衝材や埋め戻し材が掘削損傷領域の力学的・水理学的な緩衝能力(自己治癒能力)に与える影響の解析手法を開発
- 坑道近傍の力学条件に基づいて掘削損傷領域の透水性を予測する方法を構築
- 坑道埋め戻し後の掘削損傷領域の透水性を予測する方法を構築

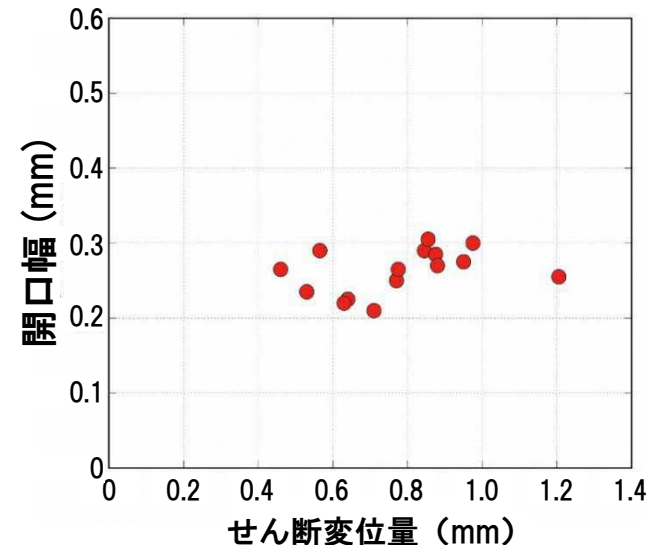


【令和2年度の実施内容と成果】

- 掘削損傷領域に樹脂を注入し、詳細観察を行い、割れ目のせん断変位量と開口幅との相関が乏しいことを確認。**深度350mの地圧では割れ目面に垂直にかかる力が大きい**ため、**割れ目の開口が抑えられる**ことを確認

【令和3年度の計画】

- 樹脂注入試験の観察・検討を継続
- 掘削損傷領域のひび割れの閉まり方に、緩衝材や埋め戻し材の膨潤が与える影響を解析



掘削影響領域の割れ目で計測された開口幅とせん断変位量の関係

必須の課題への対応に必要なデータ取得

【令和10年度までの実施内容】

- 人工バリア性能確認試験や物質移行試験などの処分システムの設計・施工や安全評価に関わる基礎情報を取得

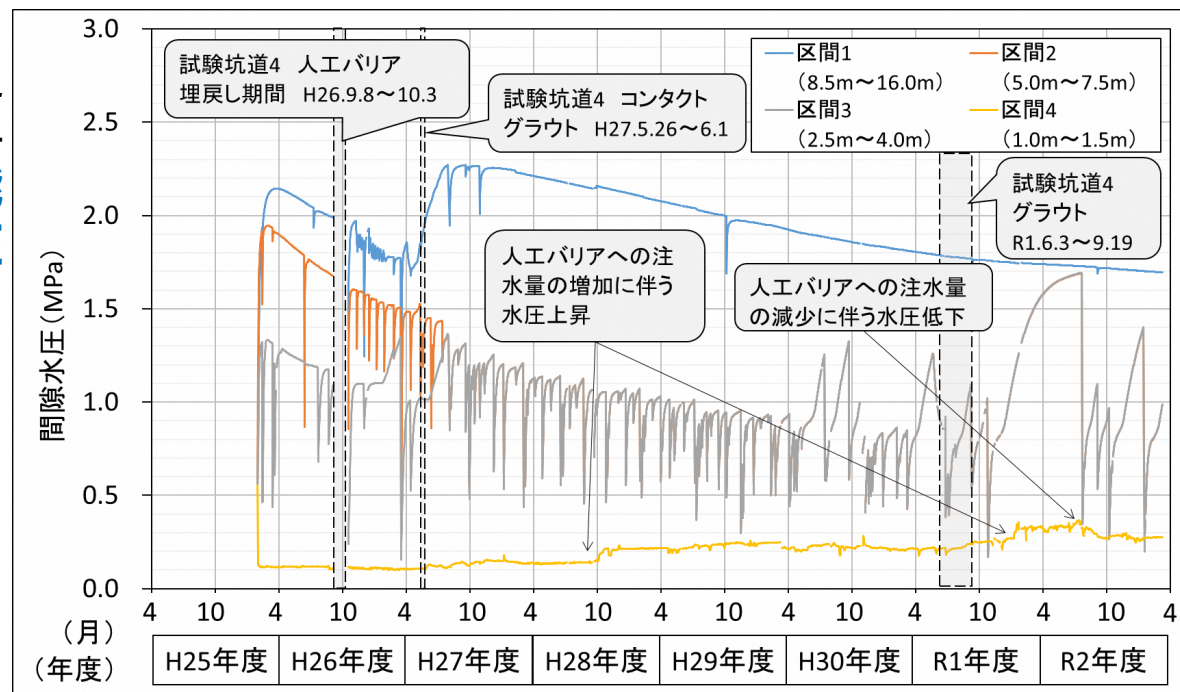
【令和2年度の実施内容と成果】

一例として、

- 人工バリア性能確認試験の試験箇所周辺のボーリング孔に設置した水圧・水質モニタリング装置において、人工バリア性能確認試験の注水量の変化に伴う水圧の変化を確認

【令和3年度の計画】

- 地質環境特性データとして、既存のボーリング孔や調査坑道を利用した地質構造・岩盤の水理・地下水の地球化学・岩盤力学に係るデータ取得を継続



人工バリア性能確認試験の試験箇所周辺のボーリング孔における水圧の経時変化

2. 稚内層深部(深度500m)における 研究の実施に関する検討結果

目次

- 1. これまでの確認会議の結果**
- 2. 研究の必要性**
- 3. 研究課題の範囲**
- 4. 研究工程**
- 5. 結論**

1. これまでの確認会議の結果

【令和元年度の確認会議での確認事項】

- 第3期及び第4期中長期目標期間において、350m調査坑道で各研究に取り組む中で、深度500mでも研究を行うことが必要とされた場合には、500mの掘削を判断すること。

【令和2年度の確認会議での確認事項】

- 今年度、500mでの研究等を実施するかどうかについて判断材料を集めるための設計を開始し、その検討を踏まえ、今年度中を目途に実施するかどうかを判断すること。
- 実施については、「令和2年度以降の幌延深地層研究計画」の研究課題の範囲内であることを前提に令和2年度以降の研究期間の研究工程におさまるかといった観点から判断すること。

2. 研究の必要性

● 深度500mでの研究の必要性について

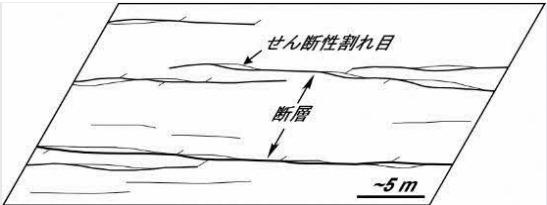
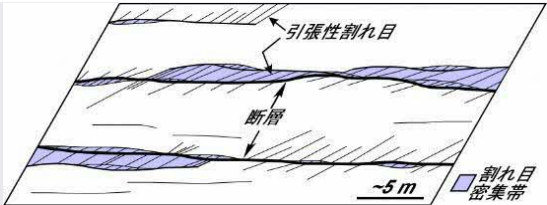
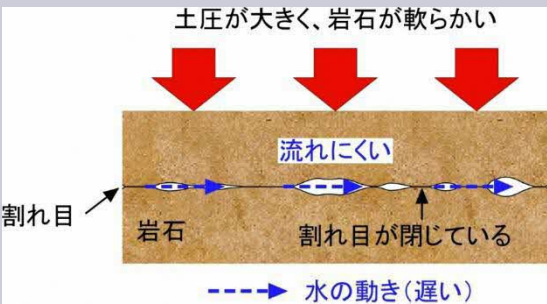
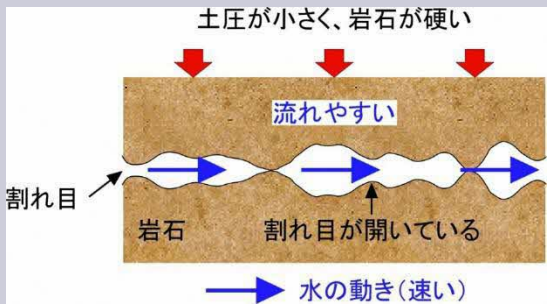
➡ 令和2年度の研究成果によって、深度500mには深度350mとは異なる性質の地層が存在していることが、より確かになりました。

地下坑道の設計・施工上の観点などから、より難しいと考えられる稚内層深部(500m)を対象として、坑道を展開して研究に取り組むことで、技術の信頼性向上を目的に、主に以下の成果が得られ、技術基盤の整備に、より一層貢献できるため、必要と判断しました。

- ・ 高い地圧がかかり坑道の設計・施工上の難易度が高い地質条件下で、処分技術に関わる基盤技術を実証します。
- ・ 物質が動きにくい環境で岩盤が有する物質を閉じ込める性能が実証でき、人工バリア等の技術仕様の精緻化が提案できます。
- ・ 水の流れに大きな影響を及ぼす掘削影響領域を含めた安全評価技術を体系的に実証可能になります。

2. 研究の必要性

より確かになった、深度500mの異なる性質の地層における地質環境の特徴

ポイント	深度500m	深度350m
土圧・地下水圧	<ul style="list-style-type: none"> ・土圧が大きく、岩石が軟らかい ・地下水圧が高い 	<ul style="list-style-type: none"> ・土圧が小さく、岩石が硬い ・地下水圧が低い
地質の状態 (分布する割れ目の特徴)	 <p>断層沿いに割れ目の発達が乏しく、断層内を水が流れにくい</p>	 <p>断層沿いに多数の割れ目が発達し、断層内を水が流れやすい</p>
割れ目の開口状況	 <p>割れ目が閉じており、水や物質が流れにくい</p>	 <p>割れ目が開いており、水や物質が流れやすい</p>

3. 研究課題の範囲

—深度500mでの研究が「令和2年度以降の幌延深地層研究計画」の研究課題の範囲内であるか—

- 深度500mの坑道においては、「令和2年度以降の幌延深地層研究計画」のうち、主として「坑道スケール～ピットスケール(数十～数mスケール)での調査、設計・評価技術の体系化」の研究を実施します。

※体系化の研究では、実際に坑道を掘削して、地質環境の調査、設計・施工、物質移動に関わる解析等を実施し、廃棄体設置の判断や間隔の設定に必要な情報等を整理するなど、処分技術や安全評価技術を実証していきます。

- 「令和2年度以降の幌延深地層研究計画」の範囲以外の研究は行いません。

令和2年度以降の幌延深地層研究計画における必須の研究課題

1. 実際の地質環境における人工バリアの適用性確認
 - 1.1 人工バリア性能確認試験
 - 1.2 物質移行試験
2. 処分概念オプションの実証
 - 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
 - 2.1.1 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
 - 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
 - 2.2 高温(100℃以上)等の限界的条件下での人工バリア性能確認試験
3. 地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の検証
 - 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
 - 3.1.2 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
 - 3.2 地殻変動による人工バリアへの影響・回復挙動試験

4. 研究工程

– 深度500mでの研究を行ったとしても、令和2年度以降の研究期間の研究工程におさまるか–

見直した令和2年度以降のスケジュール

- 深度500mで研究を行うために必要となる立坑及び研究坑道の掘削に必要な期間は、2年3カ月です。
- 工事の準備期間を考慮すると、令和7年末までに坑道整備が終了する予定です。
- このため、深度500mで研究を行ったとしても、令和2年度以降の研究期間の研究工程におさまります。

	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10
	第3期			第4期中長期目標期間					
1. 実際の地質環境における人工バリアの適用性確認									
1.1 人工バリア性能確認試験		浸透・凍結時のデータ取得、達成モデルの適用性確認 国際プロジェクトにおける解析コード間の比較検証、改良・高度化					※		
1.2 物質移行試験		掘削影響領域での物質移行に関するデータ取得 有機物、微生物、コロイドの影響を考慮した物質移行試験、等							
2. 処分概念オプションの実証									
2.1 人工バリアの位置・品質確認などの方法論に関する実証試験									
2.1.1 挿入・回収技術等の技術オプションの実証、閉鎖技術の実証									
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									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 廃棄物設置の判断や掘削の認定に必要な情報の整理、等
2.2 高温(100℃以上)等の限界的条件下での人工バリア性能確認試験									100℃超の熱シミュレーションにおいて発生する現象の整理 国際プロジェクト情報の収集・整理、等
3. 地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の検証									
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									
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)の調査・評価技術の検証、等
3.2 地殻変動による人工バリアへの影響・回復挙動試験									人工バリアの緩衝材や充填埋め戻し材が掘削影響領域の力学的・水理学的な緩衝能力に与える影響を把握する解析手法の開発
【施設計画】									
坑道掘削									
【維持管理】									

※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

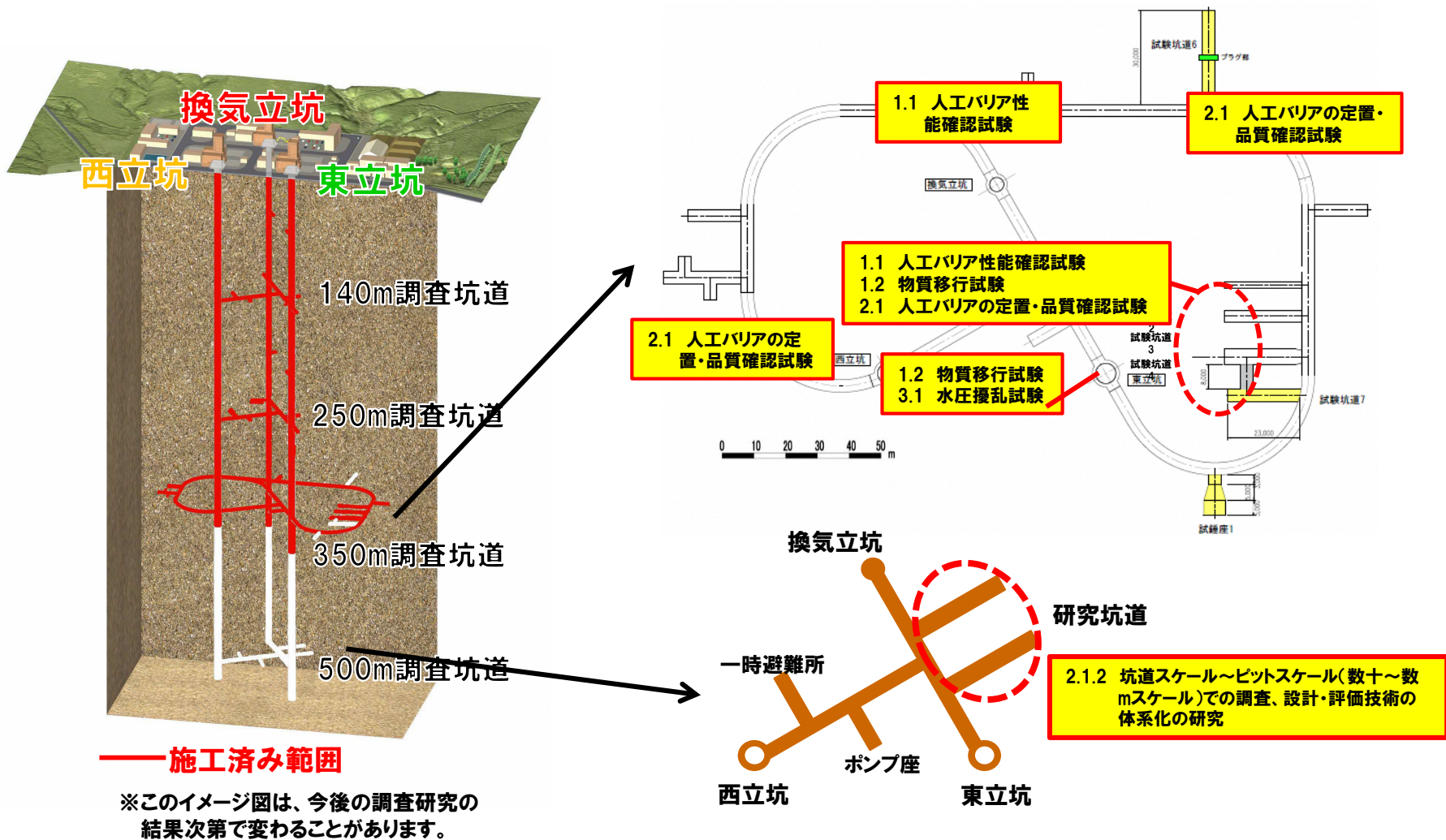
個別の要素技術の課題については、期間の前半で実施し、後半は体系化して取り組む課題(2.1.2)に統合して実施する。

2.1.2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。

※ 人工バリア性能確認試験については、材料の水分量や密度、腐食の度合いなど詳細なデータ取得するための解体調査を当初令和5、6年度に予定していたが、500m掘削中(令和5～7年度)は、安全管理上、作業が2箇所(2切羽)までに限定され、規模の大きな作業が困難になるため、令和8、9年度に実施することとしました。

4. 研究工程

【設計の結果示された坑道のレイアウト・試験実施場所(案)】



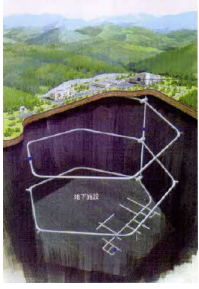
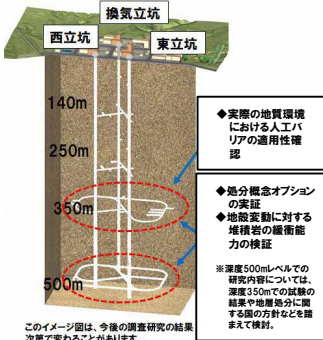
5. 結論

- 稚内層深部(深度500m)で研究に取り組むことで、技術の信頼性向上を目的に、技術基盤の整備に、より一層貢献できるため、必要と判断しました。
- 深度500mで実施する研究内容を具体的に示し、「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あるという前提を確認しました。
- 深度500mにおける「研究の工程」を検討した結果、「令和2年度以降の研究期間の研究工程におさまること」が確認できました。

これらを踏まえて、原子力機構の判断として、稚内層深部で研究する方針としました。

補足説明資料

幌延深地層研究計画の経緯(研究対象深度)

主な研究計画	概要	研究坑道レイアウト
<p>深地層研究所(仮称)計画 (H10年10月)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 軟岩における坑道の掘削、支保等の土木工学的観点から、<u>500m以深を目途に展開する試験坑道を主とし、これと地表を結ぶ連絡(アクセス)坑道、通気立坑等の建設を進めます。</u> ● 堆積岩を対象とした500m以深の地下の研究施設は、国際的にも例を見ないため、国際共同研究の実施や海外の研究者の招へい等を積極的に推進し、国際的に中核となり得る総合的な研究センターとしての発展を目指します。 	
<p>日本原子力研究開発機構の改革計画に基づく「地層処分技術に関する研究開発」報告書 (H26年9月30日)</p>	<ul style="list-style-type: none"> ● 水平坑道展開深度については、深度による地質環境条件の変化を考慮した技術開発、特に温度・圧力条件を考慮した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に取り組むため、「<u>深地層研究所(仮称)計画</u>」を踏まえ研究坑道を展開することとする。 ● <u>深度500mレベルでの研究内容については、深度350mでの調査研究の成果や地層処分に関する国の方針などを踏まえて検討する。</u> ● <u>深度500mの坑道展開については必須の課題がより明確になった場合において、必要最小限のレイアウトで検討していく。</u> 	 <p>◆実際の地質環境における人工バリアの適用性確認</p> <p>◆処分概念オプションの実証 ◆地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の検証</p> <p>※深度500mレベルでの研究内容については、深度350mでの試験の結果や地層処分に関する国の方針などを踏まえて検討。</p> <p>このイメージ図は、今後の調査研究の結果次第で変わることがあります。</p>
<p>令和2年度以降の幌延深地層研究計画 (R2年1月28日)以降</p>	<p>【令和元年度の確認会議での確認事項】</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 第3期及び第4期中長期目標期間において、350m調査坑道で各研究に取り組む中で、<u>深度500mでも研究を行うことが必要とされた場合には、500mの掘削を判断すること。</u> <p>【令和2年度の確認会議での確認事項】</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 機構は、<u>500mの研究を実施するかどうかについて検討するのは、内部で議論した結果、必須の課題の研究を進め、技術基盤を整備していくために有効な可能性がある」と判断したためであること。</u> ● 今年度、<u>500mでの研究等を実施するかどうかについて判断材料を集めるための設計を開始し、その検討を踏まえ、今年度中を目途に実施するかどうかを判断すること。</u> 	

2. 研究の必要性の補足

【令和元年度までの知見】

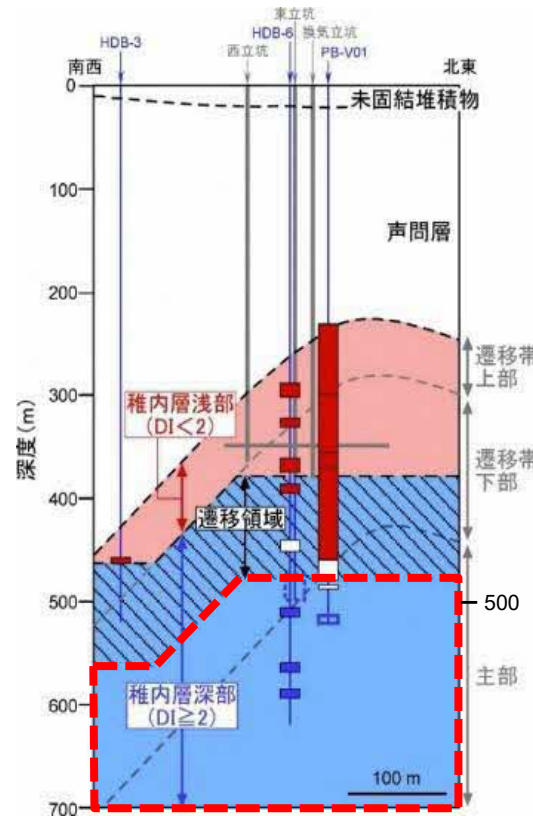
- 稚内層は、地層の中の割れ目が開きやすく、水が流れやすい浅部領域と割れ目が閉じており水が流れにくい深部領域に区分できることがわかっていました。ただし、地下施設周辺でのこれらの領域の境界深度については、まだ不確実な部分がありました。
- これまでに行った地表からの調査(電磁探査)は、深度500m程度を調査範囲としていたため、深度500mより深い部分については、空間的な広がりに不確実な部分がありました。この深い部分は、水質分析の結果も考慮すると、化石海水※が分布する領域と推測されていました。

※ 化石海水の存在は、地下水が長期にわたって流れにくいことを表す指標の一つと考えられています。

2. 研究の必要性の補足

【令和2年度の研究により新たに得られた知見(1/2)】

- 令和元年度までに得られた水の流れやすさを調べる調査(水圧擾乱試験など)のデータを解析しました。
- この結果、相対的に水が流れやすい浅部領域と流れにくい深部領域との境界には水の流れやすさが徐々に変化する領域(厚さ約100m(図中の斜線部分))が存在することがわかりました。
- このことから、地下施設の深度500m以深はこの領域を超えた、水が流れにくい領域(図中の赤点線部)であることがわかりました。



❏ 水が流れにくい領域

ボーリング孔調査結果からの解釈

- 相対的に水が流れやすいと判断した部分
- 解析的には水が流れにくいと判断されるが、ボーリング孔調査からは相対的に水が流れやすいと判断した部分
- 水が流れにくいと判断した部分

水圧擾乱試験結果からの解釈

- ⊙ 地下水の流れがほとんど生じていないと判断した断層の部分

ボーリング孔の直接観察の結果

- 地下水がボーリング孔内に流れ出していない断層の部分

遷移領域: 浅部領域と深部領域の境界部で、相対的に水の流れやすい所と流れにくい所が共存する領域

稚内層中の割れ目の水の流れやすさの解釈の比較

2. 研究の必要性の補足

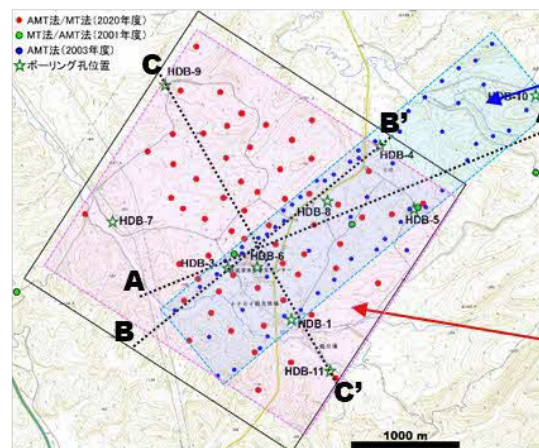
【令和2年度の研究により新たに得られた知見(2/2)】

- 存在が推測されていた化石海水の地下の空間的な分布をより精度良く把握するために、令和2年度に実施した地表からの調査※の結果、三次元比抵抗分布を精度よく取得できました。

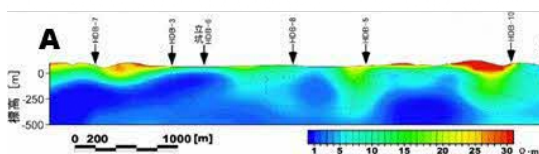
※ より深いところの調査が可能である高密度三次元電磁探査

- これまでに取得した水質データを合わせて評価**すると、化石海水の地下深部での分布が、より精度良く把握できました。

** 図の青色部分が比抵抗値が小さく、化石海水の分布領域と推定されます



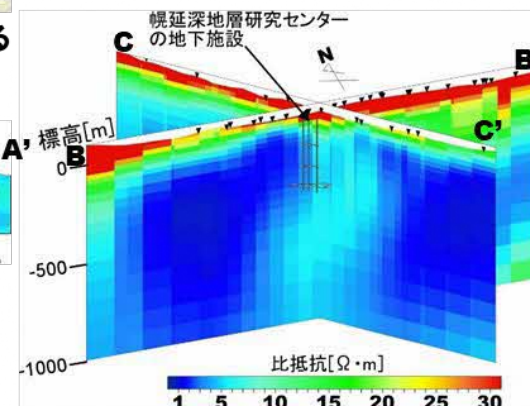
幌延深地層研究センター周辺における電磁探査の測点配置



既往の電磁探査結果(比抵抗の3次元解析結果から断面を切り出し)

既往測点(青):
探査深度の浅いAMT法の測点を直線状に配置

今年度測点(赤):
探査深度の深いMT法とAMT法の測点を格子状に配置

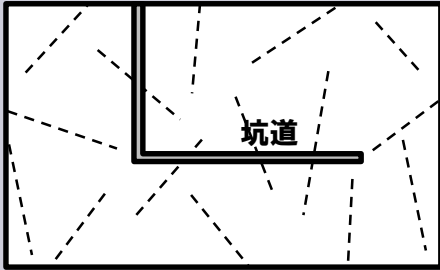
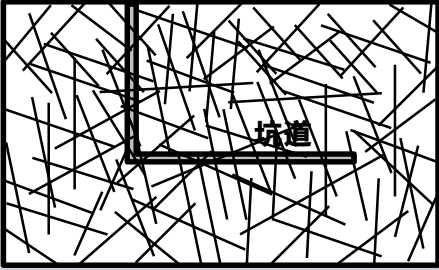


令和2年度の電磁探査結果

(比抵抗の3次元解析結果から2断面を切り出し)

2. 研究の必要性の補足

【異なる地質環境を対象とした研究により得られる成果】

ポイント	深度500m	深度350m
処分技術	<ul style="list-style-type: none"> ・土圧が大きく、岩石が軟らかい ・地下水圧が高い <p>⇒ 高い地圧がかかり坑道の設計・施工上の難易度が高い地質条件下で、処分技術に関わる基盤技術を実証できる</p> <p>⇒ 堆積岩の深度500mでの研究事例は海外においても少なく、大規模処分場の安全確保に貢献できる</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・土圧が小さく、岩石が硬い ・地下水圧が低い <p>⇒ 地圧が低く坑道の設計・施工上の難易度が低い地質条件下で、処分技術に関わる基盤技術を実証できる</p>
安全評価	<ul style="list-style-type: none"> ・地下水や物質が割れ目内を流れにくい ・岩盤中の割れ目が少なく、坑道の掘削により掘削損傷領域がより広く発達すると考えられる <p>⇒ 物質が動きにくい環境で、岩盤が有する物質を閉じ込める性能が実証でき、人工バリア等の技術仕様が精緻化できる</p> <p>⇒ 水の流れに大きな影響を及ぼす掘削影響領域も含めた安全評価技術を体系的に実証できる</p>	<ul style="list-style-type: none"> ・地下水や物質が割れ目内を流れやすい ・岩盤中の割れ目が多く、坑道の掘削による掘削損傷領域の発達度合いは小さい <p>⇒ 水が流れやすい割れ目が多くつながる領域を対象とした安全評価技術を体系的に実証できる</p>
イメージ図	<p>立坑</p>  <p>坑道</p> <p>----- 水が流れにくい割れ目</p>	<p>立坑</p>  <p>坑道</p> <p>———— 水が流れやすい割れ目</p>

2. 研究の必要性の補足

「坑道スケール～ピットスケール(数十～数mスケール)での調査、設計・評価技術の体系化」では、深度350mに至るまでに遭遇した異なる地質環境において、培ってきた様々な技術を効果的に選択し組み合わせ、地質環境の調査・評価に基づく坑道の設計・施工、安全評価のためのオプションも含めた一連の技術を実証します。

- 現在までに経験している深度350m迄とは異なり、より難易度が高く未経験の地質環境に対して、設計・施工、安全評価技術の適用を行うことにより、技術の実証性を確かなものとすることができるとともに、より幅広い地質環境を対象とした技術や経験を得ることができます。
- これらにより、処分事業において想定される様々な地質環境に適用できる、一連の技術を体系的に示すことができ、成果の最大化につながります。このことは、処分事業における様々な判断の技術的根拠を提供することや、人工バリアの設計の精緻化が可能となるなど、実施主体と規制機関の双方に大きく貢献することとなり、技術基盤の整備に、より一層寄与します。

幌延の地下研究施設の国際的価値の向上

わが国は変動帯に位置しており、変動帯の堆積岩を対象とした深度500mの地下研究施設は海外でも例がありません。隆起・侵食や地震・断層活動にかかわらず地下深部に地下水や物質が流れにくい特性が長期的に維持されている事例や、そのような場を対象として整備した一連の技術体系は、極めて価値が高いものです。

また、今後海外の機関が新たに地下深部を対象とした地下施設の建設計画を検討する上で、幌延での地下施設の建設で得られる技術（方法論や手法、ノウハウなど）は、価値が高いものです。このため、国際共同研究等を通じ、地下施設を活用して効率的に研究を進めていきます。

3. 研究課題の範囲の補足

体系化の研究の内容

【令和2年度以降の幌延深地層研究計画(案)について(令和元年9月10日確認会議説明資料より)】

- 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
- 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適用事例の提示、緩衝材流出・侵入現象評価手法及び抑制対策技術の提示
- 廃棄体設置の判断や間隔の設定に必要な情報の整理

稚内層深部領域(深度500m)での研究の具体化

【研究課題】

- 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

【実施概要】

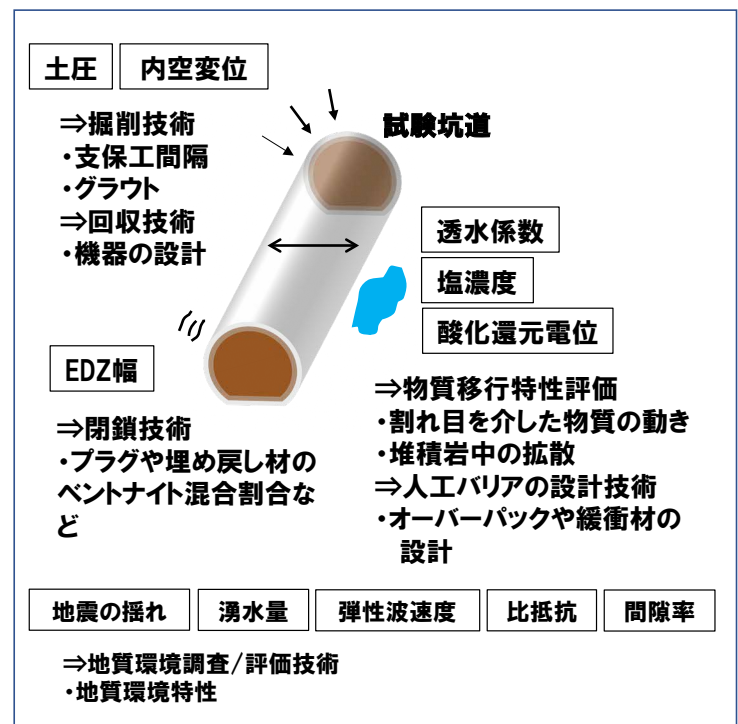
- 人工バリアの品質を踏まえて、これまで実証してきた要素技術を体系的に適用し、廃棄体の設置方法(間隔など)を確認する

【実施内容】

- 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確認
- 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
- 廃棄体設置の判断や間隔の設定に必要な情報の整理

【得られる成果】

- 幌延を事例とした地質環境条件下での、坑道掘削時の調査・設計・評価技術の実証
- 処分孔配置の判断指標、適切な対策技術の選定方法の提示

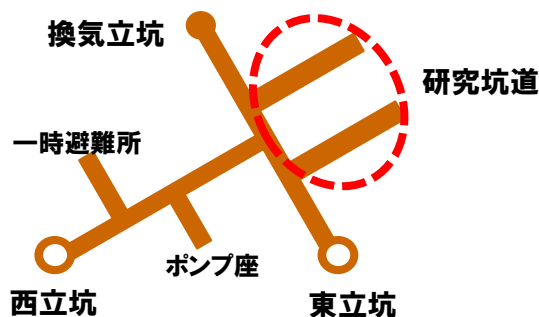


対象とする技術の一覧

3. 研究課題の範囲の補足

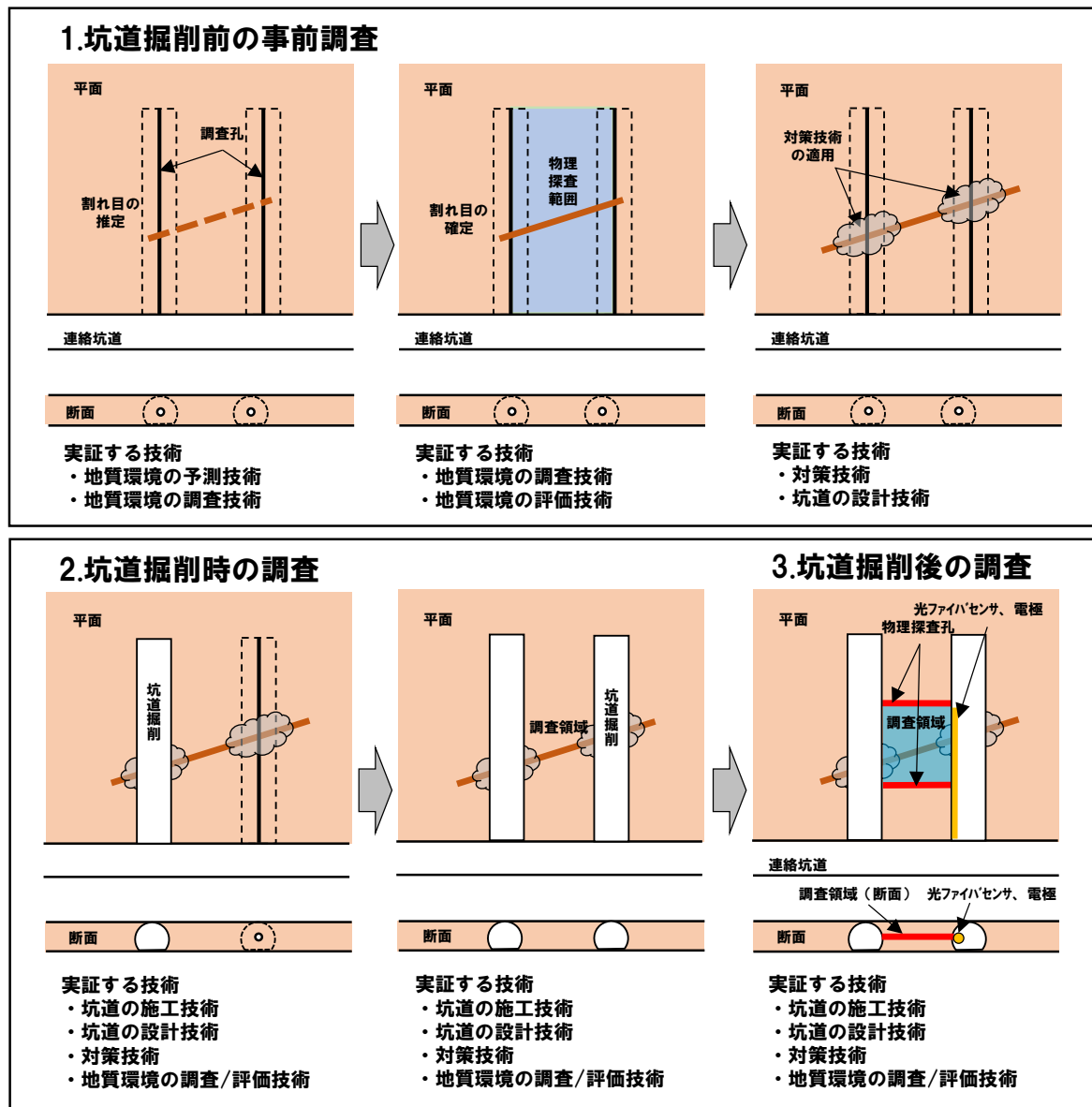
4. 研究工程の補足

- 体系化の研究は、令和6年度から令和10年度にかけて行うものです。
- 体系化の研究の原位置試験は、右図のように、坑道を掘削しながら行います。
- 500m調査坑道のうち、体系化の研究で使う2本の研究坑道は、令和7年度に掘削する予定です。



深度500mのレイアウト

体系化の研究の内容



研究の実施手順、実証する技術

3. 北海道からの要請事項への対応

北海道からの要請事項(令和元年度分)への対応

1. 今後とも「三者協定」に則り研究に当たること

- 北海道および幌延町との三者協定は、幌延深地層研究センターが深地層研究計画を進めるにあたって大前提と認識しており、最終処分場としないことや研究終了後は埋め戻すことなどを遵守いたします。

2. 9年間の研究期間を通じて必要な成果を得て研究を終了できるよう取り組むこと 3. 研究の実施主体として責任をもって計画に即して研究を進めること

- 今後は9年間の研究期間を通じて必要な成果を得て研究を終了できるよう、毎年度、PDCA(P:計画・D:実行・C:評価・A:改善)サイクルを着実に回していきます。

北海道からの要請事項(令和元年度分)への対応

4. 安全管理に関する情報や埋め戻しの考え方など、道民の皆様の不安や懸念の解消につながる情報について、あらゆる機会を通じ、分かりやすくかつ丁寧に提供すること

- 安全管理に関する情報や埋め戻しの考え方など、道民の皆様の不安や懸念の解消につながる情報を、地域での説明会等において、分かりやすく丁寧に提供してまいります。
- 情報公開やコミュニケーションに関する有識者の方々ともご相談し、機構の取り組みについて常に改善し、実行していきます。
- 令和2年度以降の幌延深地層研究計画において「国内外の動向を踏まえて、地層処分の技術基盤の整備の完了が確認できれば、埋め戻しを行うことを具体的工程として示します」としています。埋め戻しの考え方については、本提示に先立ち、一般的な事例等をお示しすることを検討します。次回の住民説明会で瑞浪や金属鉱山の例を紹介する予定です。
- 「幌延が将来処分場になるのではないか」という不安や懸念の解消のため、地層処分に関する法律や、国等が全国で説明している関連内容を、地域での説明会等において紹介する機会を設けることを検討します。次回の住民説明会で紹介する予定です。

下線部分は、今回追加したところ

北海道からの要請事項(令和元年度分)への対応

5. 研究の進捗状況を分かりやすく説明できるよう、今後の研究の工程表を整理し公表すること

○今後の研究の9年間の工程表を整理し、令和2年度調査研究計画にて公表しました。

6. 道及び幌延町が三者協定に基づき毎年度開催する確認会議において、毎年度の計画や実績のみならず、研究に対する評価やその他研究の推進に関することについても報告するとともに、地域での説明会等で積極的に情報発信すること

○確認会議や地域での説明会等において、毎年度の計画や実績に加えて、機構の外部委員会(「深地層の研究施設計画検討委員会」、「地層処分研究開発・評価委員会」)の評価や、研究の推進に関することとして地層処分を取り巻く国等の活動状況についても報告いたします。

○プレス発表を通じて、多くの研究成果等の情報を発信するとともに、インターネット等をより活用し、迅速に幅広く情報発信していきます。機構のツイッターをより積極的に活用した情報発信も始めました(R2.11～)。

○近隣市町村の自治体や住民の方々がこれまで以上に幌延深地層研究センターの地下施設をご覧いただけるような機会を設けてまいります。令和2年10月より近隣市町村を対象とした見学会を始めました(感染防止策を徹底した上で、R2.10～R3.3毎月開催、令和3年度も継続して実施)。

下線部分は、今回追加したところ

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

【国内外の資金や人材を活用することへの取り組み(国際拠点化)】

【令和2年度の実施内容】

- DECOVALEX(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)
 - テーマのひとつとして幌延の人工バリア試験のデータを用いた解析が採用され、4つの国と地域の機関が参加。
 - 第1回WS(R2.4):幌延の試験の解析を行うテーマへの参加機関が決定
 - 第2回WS(R2.10):解析のスケジュールを参加機関との協議により決定
 - 新型コロナウイルスの世界的な感染拡大を考慮し、2回のWSはWeb会議で開催
- Pacific Rim Partnership(環太平洋の研究機関で協力協定を検討)
 - パートナーシップ協力に関する憲章の締結(R2.11署名:5カ国, 5機関)
 - 具体的な研究テーマについて参加機関と協議
- 地層処分にに関するトレーニングコースの招致
 - 韓国の大学生を対象としたトレーニングコース
 - 新型コロナウイルスの世界的な感染拡大を考慮し、延期

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

【国内外の資金や人材を活用することへの取り組み(国際拠点化)】

【令和3年度の計画】

- DECOVALEX(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)
 - 幌延の人工バリア試験のデータを用いた解析(4つの国と地域の機関が参加)
R3.4と秋にWSを開催:スケジュールに従い、解析結果の比較検証を実施
新型コロナウイルスの世界的な感染拡大を考慮し、4月のWSはWeb会議で開催予定
- Pacific Rim Partnership(環太平洋の研究機関によるパートナーシップ協力憲章)
 - 人工バリア周辺の連成現象に関わる共同研究について協議
- 地層処分に関するトレーニングコースの招致
 - 韓国の大学生を対象としたトレーニングコースの幌延開催(R3.8予定)
- 国際化に向けた取り組みを推進
 - 国内外の研究機関や実施主体に働きかけを行い、国際連携を進め国内外の知見や経験などを活用することで、処分技術の更なる信頼性向上を図る
 - 最終処分ラウンドテーブルの取り組みに係る、国際機関(OECD/NEA)主催のワークショップ(R3.秋 開催予定)への協力

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27回深地層の研究施設計画検討委員会(令和3年3月3日開催)】

概要

幌延深地層研究計画に関する令和2年度の成果と今後の計画について意見をいただいた。

主な意見

- 令和2年度の研究開発が計画に沿って進められており、令和3年度以降の計画も令和2年度の成果を踏まえて設定されている。
- 深度500mの稚内層深部領域を対象とした研究を実施することとなった場合は地層処分の技術基盤の整備に対してより多くの技術的貢献を期待することができ、坑道を展開した一連の技術の確認が推奨される。

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31回地層処分研究開発・評価委員会(令和3年3月4日開催)】

概要

幌延深地層研究計画の進捗状況と今後の予定を報告した。また、深地層の研究施設計画検討委員会委員長より、深地層の研究施設計画検討委員会における技術的な観点からの評価結果について報告がなされた。

主な意見

- 稚内層深部領域(深度500m)では、地下水の動きが緩慢であることもあり、その特徴が他の地域でも一般的な特性として関連付けることができれば、地層処分の上でも重要な知見にもなることを念頭に置くべきである。
- 研究期間も限られるので、深度500mでの研究を行うこととしたならば、掘削を早く行い試験研究に時間をかけるのが必要であろう。
- 対象となる事象をどのように技術的に一般化するかが求められている。またスリムかつ効率的な情報発信と技術継承等の観点での国際拠点化への取り組みは積極的に進めるべきである。
- 幌延に関するこれまでの成果と今後の予定について、また深地層の研究施設計画検討委員会で評価いただいた内容については、委員会として特段問題なく了承されたものとする。

北海道からの要請事項(令和2年度分)への対応

1. 外部評価の意見とその対応を公開する際には、評価の状況を北海道及び幌延町へ報告すること

- 機構の外部委員会(「深地層の研究施設計画検討委員会」、「地層処分研究開発・評価委員会」)が開催された場合には、評価の状況を報告いたします(令和2年6月開催分については報告済み。令和3年3月開催分については、3月25日に北海道及び幌延町に報告するとともに、HPにも掲載しました)。

2. 研究計画に対する研究課題の進捗状況がわかるよう、研究課題毎にどのような成果を出しているのか、また、研究課題間の関連性はどうかなど、計画書の策定等にあたっては、より分かりやすい資料の作成に努めること

- 研究課題毎の成果については、工程表に各課題の最終的な成果と、各年度で得られた成果を示すことで進捗状況が分かるようにしました。また、研究課題間に関連があるものについては関連性を示していきます。

北海道からの要請事項(令和2年度分)への対応

3. 研究終了後の埋め戻しの考え方については、瑞浪超深地層研究所の例とともに、埋め戻し方法や工事期間、周辺環境モニタリングなどの一般的な事例を整理し、来年度の確認会議で示すことを検討すること

○瑞浪超深地層研究所の埋め戻しの例や、鉱山の一般的な埋め戻しの例など(今回は金属鉱山の例)について、今回の確認会議で紹介いたします。

4. 埋め戻しは、地下研究施設の建設時に発生した掘削土(ズリ)で行うこととしているが、土の性状は経年変化する可能性があることから、今後、埋め戻しの検討において考慮すること

○今後の埋め戻しの検討の際に考慮いたします。

北海道からの要請事項(令和2年度分)への対応

5. 地域における報告会の説明資料作成にあたっては、道民がイメージしやすい表現を用いるなど受け手側を考慮した資料作りに務めること

○受け手側を考慮して、分かりやすい、イメージしやすい表現を用いて資料を作成いたします。分かりやすい表現であっても解釈が分かれるような用語は注釈をつけるなど工夫いたします。

6. 確認会議において、前年度の研究成果をより早期に確認するため、例年、新年度計画の提出より後になっている前年度の研究成果については、来年度以降、一部見込みになる部分もあるが、新年度の研究計画の際に提出すること

○令和3年度の計画書においては、令和2年度の研究成果については見込みになる部分も含めて概要を計画書のなかで示しました。

7. 来年度以降の計画書の作成にあたっては、当該年度の研究内容と前年度の研究とのつながりを意識するよう努めること

○令和3年度の計画書においては、課題の全体の内容、前年度の研究成果、当該年度の研究計画を示すことで、つながりが分かるようにしました。

北海道からの要請事項(令和2年度分)への対応

8. 幌延深地層研究センターの研究の目的と得られる成果を施設見学会や地域の説明会等において具体的に示す工夫をすること。

○研究目的と想定している成果について、見学会や地域の説明会において示すこととしました。

9. 地域の説明会等において、機構の外部委員会の評価や、研究の推進に関することとして地層処分を取り巻く国等の活動状況について報告すること

○地域の説明会において、外部委員会の評価や、地層処分を取り巻く国やNUMOの活動状況について報告することとしました。

10. 地域の説明会において処分場の選定プロセスとの違いなども紹介していくこと

○地域の説明会において処分場の選定プロセスや北海道及び幌延町と締結している「幌延町における深地層の研究に関する協定書」を紹介し、幌延深地層研究センターとの違いを説明する予定です。

北海道からの要請事項(令和2年度分)への対応

11. 分かりやすい広報資料の作成に向け、外注や広報部署との連携を検討していくこと

○広報部署と連携して、分かりやすい資料の作成のための研修を行いました。今回の説明資料は、広報部署の広報専門監の指導に基づき作成しました。

12. 分かりやすい広報資料の作成に向け、リスクコミュニケーションの専門家や科学ジャーナリストの方などとも相談し、常に改善し、実行していくこと

○研究内容を効率的かつ効果的に一般の方々にご理解いただくための方法や幌延深地層研究センターの広報活動について、2月に有識者(コミュニケーションの専門家)と相談し、改善点等を継続的にご指導いただくこととしました。また、広報部署と連携して改善、実行を行っています。

13. 500mでの研究等を実施するかどうかについて判断した場合は、その内容、理由等について、北海道及び幌延町が開催する確認会議において説明すること

○稚内層深部(500m)に坑道を展開して研究する方針としましたので、今回の確認会議で判断の内容と理由等を説明します。

【参考】 地下施設の安全管理について

地下施設では、安全に関する様々な情報を中央管理室において監視しており、異常値が検出されたら直ちに対応できるよう備えています。地震があった場合には、施設の情報や地下での揺れの情報をHPでお知らせしています。

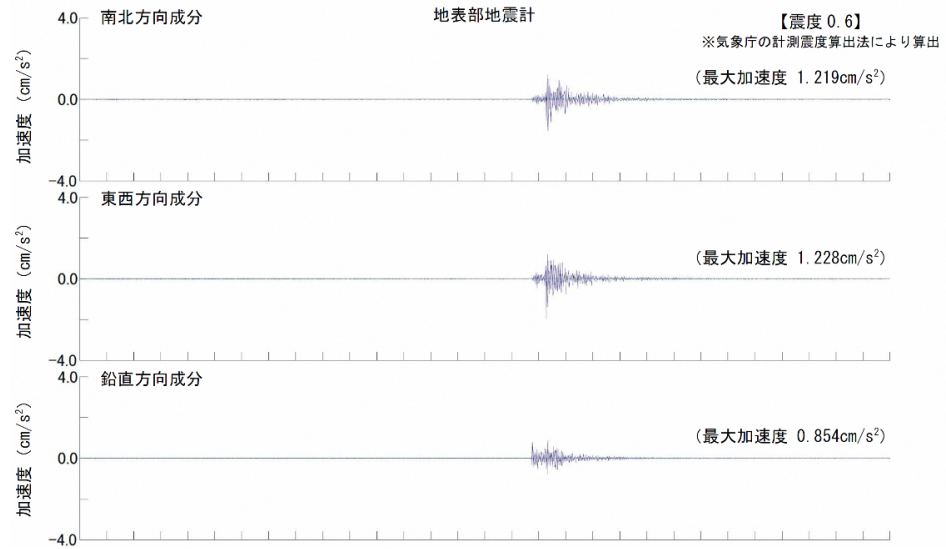
【主な監視項目】

- 地下の環境(温度・湿度、一酸化炭素、酸素、メタンガス等)
- 各種警報(火災報知器、一酸化炭素、メタンガス等)
- 設備の稼働状況(換気設備、排水設備、電気設備等)
- 入出坑者
- 現場に設置されたカメラの映像



中央管理室の写真

令和3年2月6日の宗谷地方北部の地震で観測されたデータの一例



https://www.jaea.go.jp/04/horonobe/status/cyousa/cyousakenkyu_0302.html

地下施設整備の管理状況として、毎日のメタンガス濃度、地下施設からの排水量などを公開しています。

https://www.jaea.go.jp/04/horonobe/status/kanri/shisetsuseibi_kanri.html

【埋め戻しの概要】

項目	内容
埋め戻しの対象	地下施設全体 ・立坑 主立坑(500m) 換気立坑(500m) ・水平坑道 深度100m、200m、300m、400m、500mの予備ステージ 深度200mボーリング横坑 深度300m研究アクセス坑道、ボーリング横坑 深度500m研究アクセス北及び南坑道
埋め戻しの方法	重機による締固め
埋め戻しの材料	堆積岩部分の掘削土、購入砂
使用機械	キャリアダンプ、バックホウ
モニタリング項目	地下水の水圧・水質

【参考】 埋め戻しの事例について(瑞浪の例)

【埋め戻しの状況】

埋め戻し進捗状況(2021.3.26現在)

- ・埋め戻し後の状況確認のためのモニタリングは2026年度(令和8年度)まで実施予定
- ・主立坑:深度138mまで完了
- ・換気立坑:深度100mまで完了
- ・深度200m水平坑道:2021.3.11完了
- ・深度300m水平坑道:2020.12.24完了
- ・深度400m水平坑道:2020.10.6完了
- ・深度500m水平坑道:2020.8.19完了

坑道埋め戻し状況(2021.3.26現在)



地上作業

- ・埋め戻し材をキブル(運搬容器)へ投入

- ・キブルを地上から立坑坑底へ檜、巻上機設備により運搬



坑道内作業

- ・立坑坑底でバックホウによりキャリアアンプ(埋め戻し材運搬車両)へ積み込み、運搬



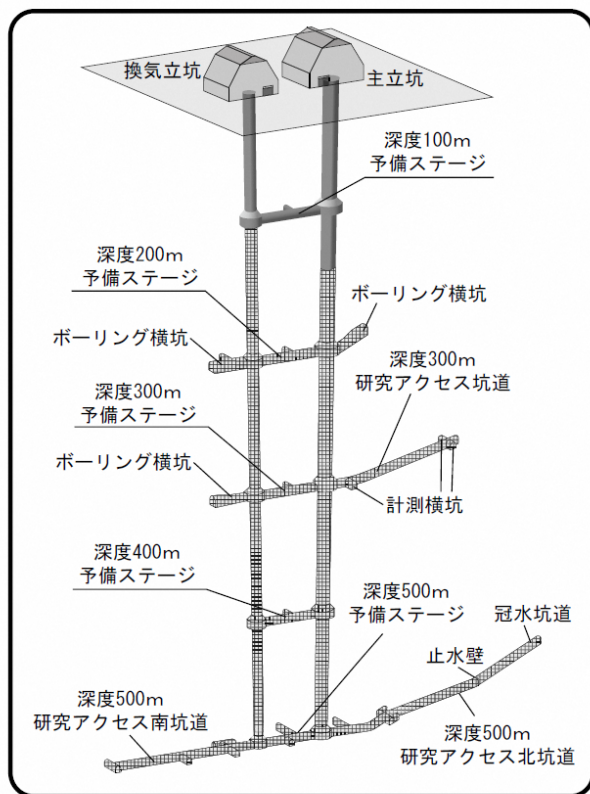
埋め戻し作業

- ・バックホウにより埋め戻し材を坑道に充填



締固め作業

- ・振動バケットを装着したバックホウにより埋め戻し、転圧

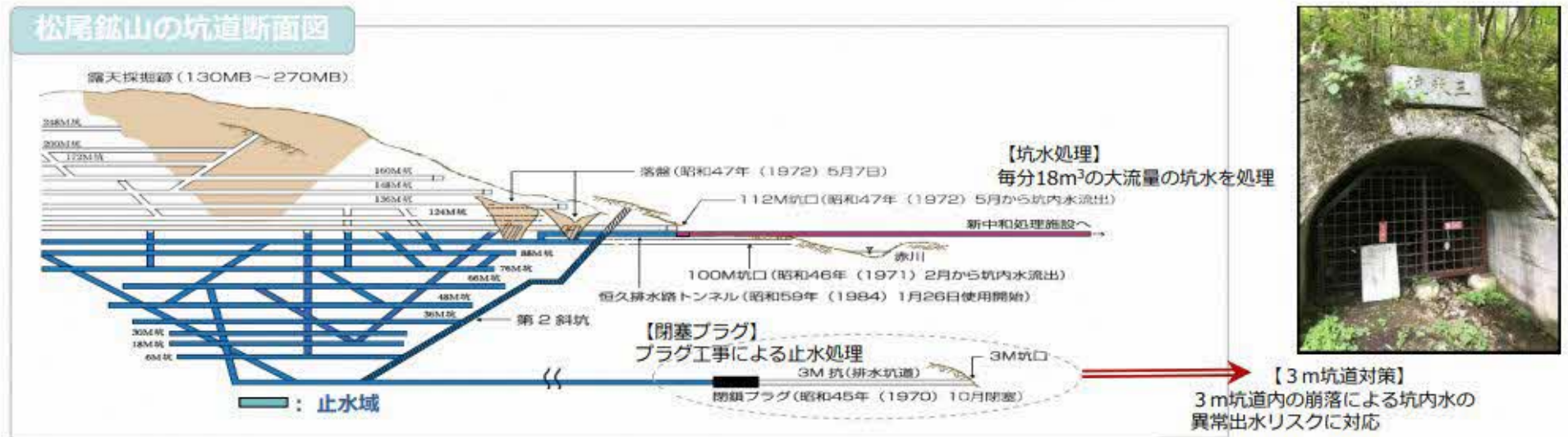


埋め戻し完了範囲

【参考】 埋め戻しの事例について(金属鉱山の例)

R2要請事項 3. 対応

- 「鉱業上使用する工作物等の技術基準を定める省令」では、坑道に入れないように「坑口閉塞」を行うこととされている。
- 坑口閉塞を行った後、水没後に流出する鉱山排水の環境管理を行っている事例が多くみられる。



経済産業省 中央鉱山保安協議会 (2019年2月28日)

資料3「特定施設に係る鉱害防止事業の実施に関する基本方針(第5次基本方針)」に係る取組について

https://www.meti.go.jp/shingikai/hoankyogikai/pdf/029_03_00.pdf

【参考】 課題の全体の内容のつながりについて

①実際の地質環境における人工バリアの適用性確認

- 人工バリア性能確認試験
- 物質移行試験

②処分概念オプションの実証

- 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
 - ・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
 - ・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
- 高温(100℃以上)等の限界的条件下での人工バリア性能確認試験

③地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の検証

- 水圧擾乱試験などによる緩衝能力の検証・定量化
 - ・地殻変動が地層の透水性に与える影響の把握
 - ・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
- 地殻変動による人工バリアへの影響・回復挙動試験

坑道を埋め戻す技術は、どのような品質なのか？

人工バリアでは、どのような現象が起こるのか？

割れ目や断層の中での、水や物の動きやすさは、どうなるのか？

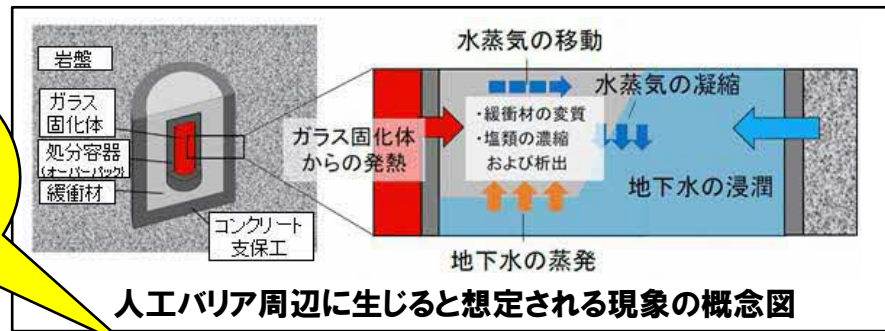


坑道の埋め戻し(下部:転圧締め固め、上部:ブロック設置)

転圧締め固め

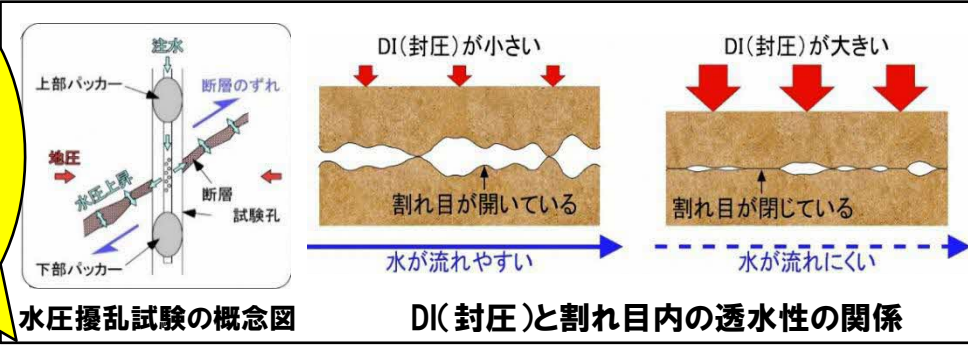
ブロック設置

坑道を埋め戻す複数の施工方法を確認します



人工バリア周辺に生じると想定される現象の概念図

人工バリアで起こる現象を把握します



水圧擾乱試験の概念図

DI(封圧)と割れ目内の透水性の関係

断層や割れ目内での水や物の動きやすさを把握します

【参考】 幌延深地層研究センターで実施中の 研究の目的と得られる成果

「研究の目的」

➤ 高レベル放射性廃棄物の地層処分技術に関する研究開発

地層処分技術とは、

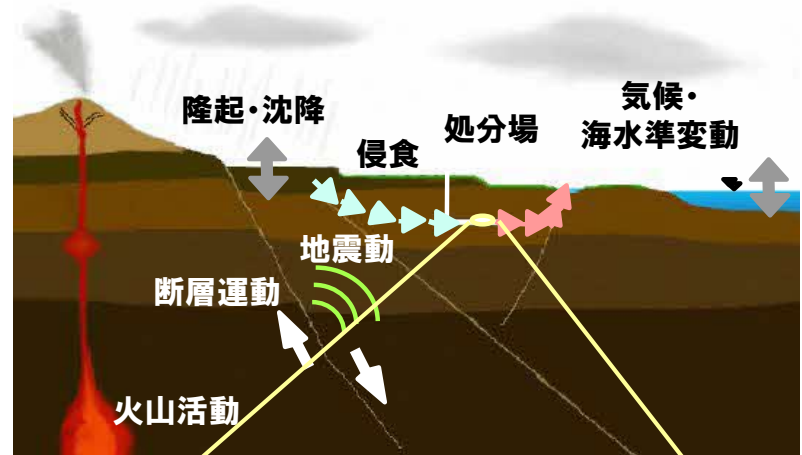
- ✓ 処分事業を進める際に必要な「技術」
 - ✓ 調査、建設、操業、安全審査で使う「技術」
- ⇒ 調査機器、分析手法、調査・試験方法、解析手法、予測手法、評価手法 など

研究開発とは、

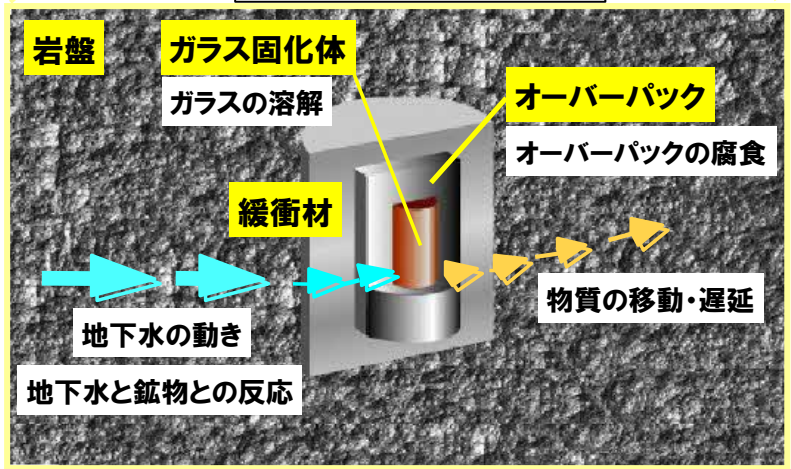
- ⇒ 高度化、信頼性向上、精度向上、検証、高性能にする、より確かなものにする

「成果」

➤ 地層処分の技術基盤の整備。具体的には、幌延深地層研究センターの地下施設において、調査技術やモデル化・解析技術を実際の地質環境に適用して、その有効性が示されること。



人工バリア周辺で生じる現象の概念図



【参考】地層処分を取り巻く国やNUMOの活動状況

1. NUMO包括的技術報告書※1

- ✓ 原子力学会によるレビュー報告書の公表 (R1.12.20)
- ✓ 包括的技術報告書の公表 (R3.2.24)

2. 地層処分研究開発調整会議※2

- ✓ 第5回会議 (R2/1/27)、第6回会議 (R2.3.9-13)
- ✓ 地層処分研究開発に関する全体計画改定版公表 (R2.3.31)

3. 最終処分国際ラウンドテーブル※3

- ✓ G20軽井沢大臣会合 (R1.6.15-16) : 於 日本
- ✓ 第1回会合 (R1.10.14)、第2回会合 (R2.2.7) : 於 フランス
- ✓ 最終報告書の公表 (R2.8)
- ✓ 国際機関 (OECD/NEA) 主催のワークショップ (R3.秋開催予定)

4. 文献調査

- ✓ 寿都町および神恵内村において文献調査を開始 (R2.11.17)
- ✓ 上記両町村において、対話の場※4第1回を開催 (R3.4.14寿都町、4.15神恵内村)

※1 NUMOが作成した、わが国の地質環境に対して安全な地層処分を実現するための方法を説明した包括的な技術報告書

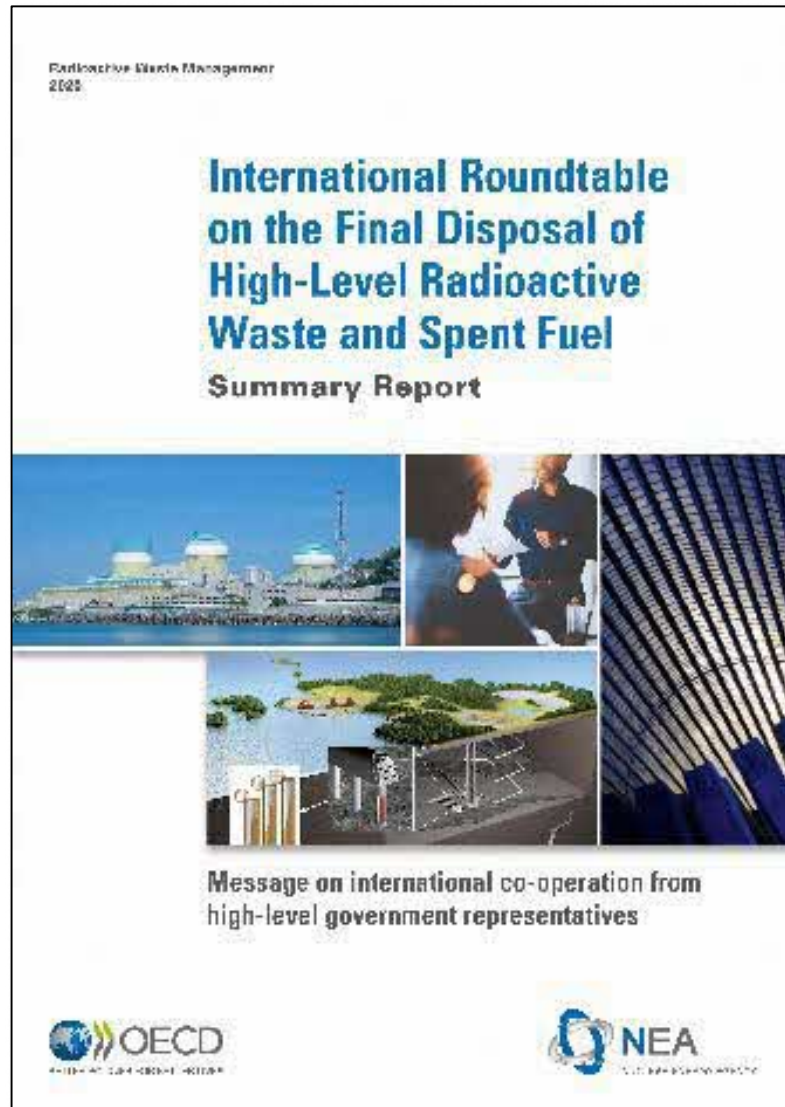
※2 地層処分に係る研究開発について、原子力政策大綱(平成17年10月閣議決定)で「国及び研究開発機関等は、全体を俯瞰して総合的、計画的かつ効率的に進められるよう連携・協力するべきである」とされたこと等を受けて、研究開発全体計画の策定等を目的として設置された会議体

※3 G20 持続可能な成長のためのエネルギー転換と地球環境に関する関係閣僚会合(於軽井沢;2019.6.15-16)において、世界の原子力主要国政府が参加する初めて立ち上げられた会議体

※4 地層処分事業(仕組みや安全確保の考え方、文献調査の進捗状況等)及び地域の将来ビジョン等に関する意見交換を通じて、地層処分事業等の理解を深めることを目的としたもの

【参考】地層処分を取り巻く国やNUMOの活動状況

最終処分国際ラウンドテーブル



計2回の会合での議論を踏まえ、OECD/NEA(経済協力開発機構/原子力機関)が最終処分における政府の役割、対話活動や意思決定プロセス、技術分野における国際協力等の観点から最終報告書を取りまとめ・公表(R2年8月)

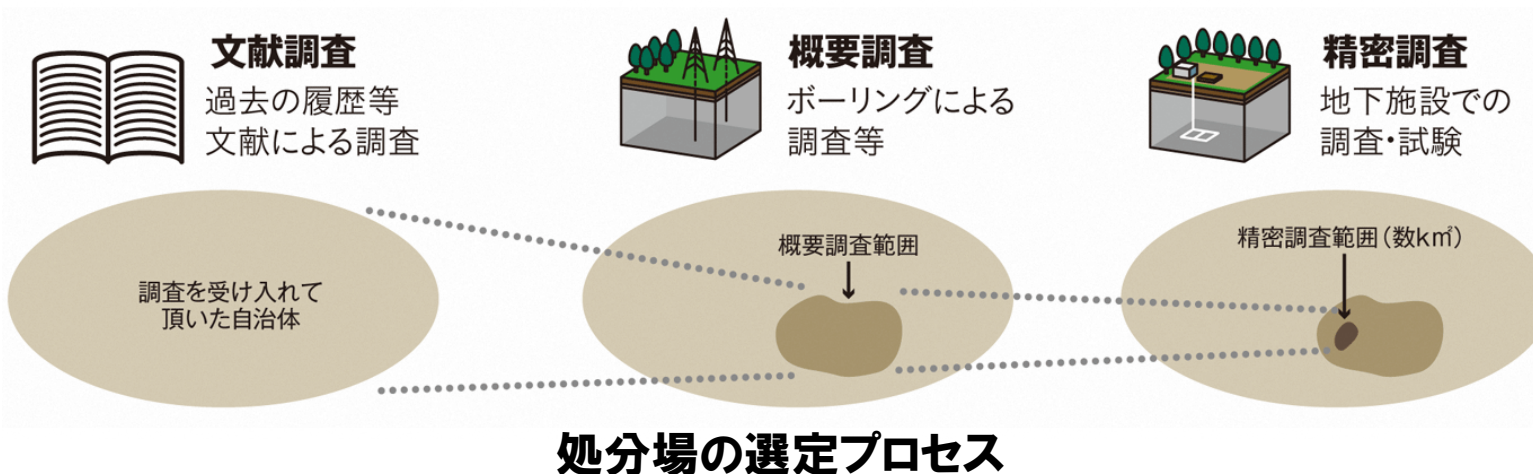
技術分野における国際協力に関する主な報告・提案 (資源エネルギー庁, 2020)

- ✓ 1980年代以降、NEA、欧州委員会、IAEAの枠組みを通じて、様々な国際協力が成功してきており、これらのプロジェクトへ、現世代および次世代の関係者の参加が推奨されること
- ✓ 研究開発において他の国の施設等を活用することによる国際協力を行うことは、財政面でも人的資源面でも有意義であること
- ✓ 他国の地下研究施設を利用することは、最終処分地の地質条件が特定されていない意思決定プロセスの初期段階である国にとって特に有効であること
- ✓ 国際連携強化を検討する分野として、ビッグデータを活用した長期的な安全評価モデルの開発・検証、処分場作業時の効率性、安全性を考慮したロボットや遠隔操作技術の実証、地質環境に応じた処分場設計の最適化手法等への関心が示されたこと等

【参考】

処分場の選定プロセスと 幌延深地層研究センターの関係

- 処分場の選定プロセスは「法律」によって定められています。
「特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律(平成12年法律第117号)」
- 幌延深地層研究センターでは、処分場の選定プロセスとは独立して、処分事業に係る技術について更なる信頼性の向上を図るという目的のために研究を行っています。
- 「幌延深地層研究センターがなし崩し的に処分場になるのではないか」という懸念や不安のご意見がありますが、法律に基づくプロセスを経ずに処分場とすることはできません。また、処分場としないことを定めた三者協定を道および町と締結しています。



【参考】

幌延町における深地層の研究に関する協定書(抜粋)

平成12年11月:科学技術庁原子力局長立会いの下、サイクル機構と北海道及び幌延町との間で「幌延町における深地層の研究に関する協定(三者協定)」を締結

- ・ 第2条: 丙は、研究実施区域に、研究期間中はもとより研究終了後においても、放射性廃棄物を持ち込むことや使用することはしない。
- ・ 第3条: 丙は、深地層の研究所を放射性廃棄物の最終処分を行う実施主体へ譲渡し、又は貸与しない。
- ・ 第4条: 丙は、深地層の研究終了後は、地上の研究施設を閉鎖し、地下施設を埋め戻すものとする。
- ・ 第5条: 丙は、当該研究実施区域を将来とも放射性廃棄物の最終処分場とせず、幌延町に放射性廃棄物の中間貯蔵施設を将来とも設置しない。
- ・ 第6条: 丙は、積極的に情報公開に努めるものとする。
- ・ 第7条: 丙は、計画の内容を変更する場合には、事前に甲及び乙と協議するものとする。

※丙:日本原子力研究開発機構(締結当時は、核燃料サイクル開発機構)

【参考】

幌延センターHPコンテンツの改善

(<https://www.jaea.go.jp/04/horonobe/>)

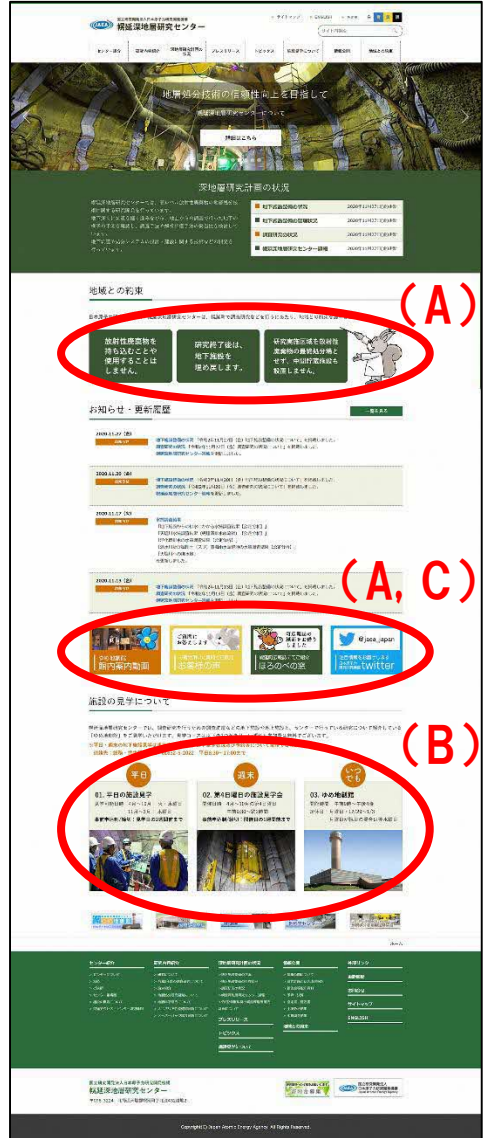
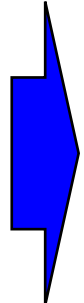
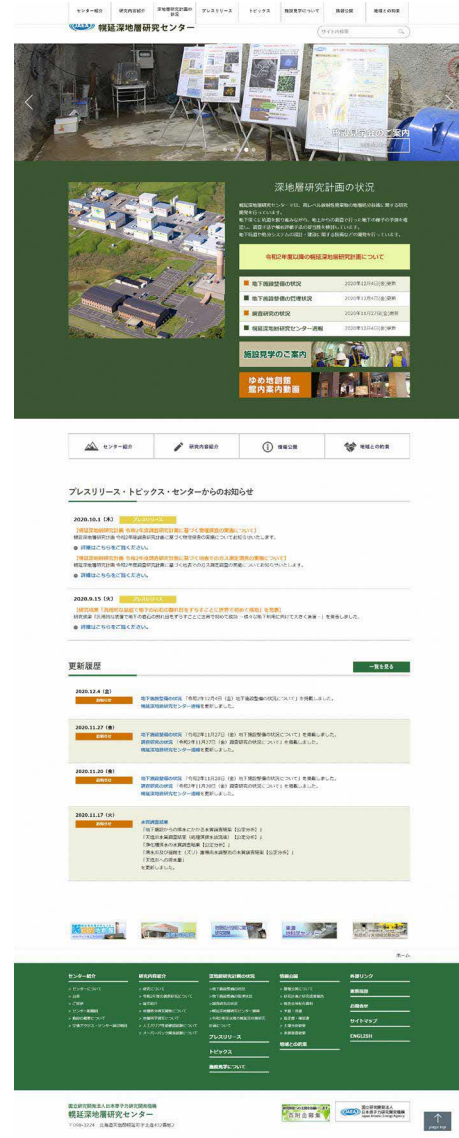
HPアクセス解析に基づいて以下の改善を実施

【アクセスの特徴】

- 新規閲覧者の割合が多い(89%)

【改善策】

- トップ画面を充実させ、発信したい内容を盛り込む (A)
- アクセス数が多いコンテンツをトップ画面に表示させる(クリック数を減らす) (B)
- 機構ツイッターからの新規アクセスも多いことから、ツイッターの発信を多くし連携を強化する (C)



【参考】

幌延センターHPコンテンツの改善 (<https://www.jaea.go.jp/04/horonobe/>)

R2要請事項 11. 対応

R2要請事項 12. 対応

施設をご見学頂いたお客様の質問に対する回答やご意見を掲示

◆ 令和2年11月 ご質問

お客様
ここって一日あたりの見学者の人数ってどのくらいなんですか？

幌延深地層研究センター
ゆめ地創館の来客数は、過去5年の統計から年間7千人から8千人です。年間の開館日数で割りますと、一日あたり25人ほどの方に見学いただいている事になります。

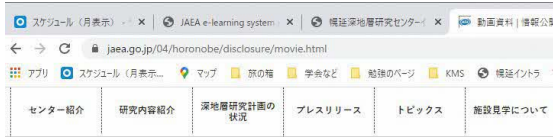
お客様
すごい立派な施設ですね。最近、寿都とかで話題になってるじゃないですか。寿都よりも先に進んでるってことなんですか？

幌延深地層研究センター
地層処分のために地下を調査する施設には、最終処分場として使用しない施設で技術を磨く地下研究施設（ジェネリックな地下研究施設）と最終処分候補地の適性を見定める地下研究施設（サイトスペシフィックな地下研究施設）の2つの種類があります。幌延はジェネリックな地下研究施設であり、規制や実施主体を支える基盤技術の開発を行っています。サイトスペシフィックな地下研究施設は、NUMOが地層処分事業の手続きを進める中で、最終処分候補地選定後に建設されるもので、ここではジェネリックな地下研究施設で開発された技術が適用されます。

お客様
胆振東部地震の時も大丈夫だったんですか？

幌延深地層研究センター
施設への影響はありませんでした。なお当時、北海道全体の節電への協力のため照明の引き等を行いました。

施設を訪問できない方向けに、動画紹介ページを充実



◆ 地下環境での処分坑道構築き・PEM方式 定置・回収技術の実証試験



<https://www.jaea.go.jp/04/horonobe/disclosure/movie.html>

幌延町の広報誌「ほろのべの窓」に毎月紹介している研究トピックスをリンク

【掲載から】
国立研究開発法人日本原子力研究開発機構の幌延深地層研究センターの研究や取組について広く知ってもらうことを目的に、幌延深地層研究センターで行われる研究開発などに関する紹介記事を広報誌7月号から連載します。

「地下の研究現場から」第1回 幌延深地層研究センター

私たちの行っている研究について、広くご理解いただくために幌延町広報誌「ほろのべの窓」に私たちが行っている様々な研究を紹介させて頂くことになりました。第1回目は、当センターの概要を紹介します。

当センターでは、平成13年から原子力発電で発生する廃棄物を処分するときに利用する技術の研究開発を行っています。当センターの敷地内に、東京タワー（てっぺんまでの高さ333m）がすっぽり入る地下350mまでの穴を掘って、地下深くにトンネルを掘り進める方法や地下の岩石や地下水を調べる方法、廃棄物を埋める方法などの研究を行っています。

当センターには、令和2年6月時点で約80人の従業員がおり、元町、宮城町や名林公園の近くの寮や社宅で生活していますので、町の行事や同好会などにも、お気軽にお問い合わせいただけます。次号の「ほろのべの窓」から、当センターの研究について順番に分かりやすく紹介します。

当センターは、地下深くまで入ることのできる日本では珍しい貴重な施設です。新型コロナウイルス対策「新北海道スタイル」に対応した準備をして、皆様のお越しをお待ちしています。

幌延深地層研究センター 幌延深地層研究センターの地下施設

幌延深地層研究センターの所在地は、ゆめ地創館のタワーが目印になります。

ゆめ地創館のタワー展望階（地上45m）からは、地下施設の地上部分を一望できます。

幌延深地層研究センターの山口所長

タワーの展望階から見た利尻富士

毎年、国際交流施設で行っている地域の皆様方への研究計画説明会や成果報告会でのあいさつ。

冬の空気が澄んだ日には、遠く利尻富士の山頂を見ることが出来ます。

お問い合わせ先：国立研究開発法人日本原子力研究開発機構幌延深地層研究センター
電話・告知端末機：5-2022 <https://www.jaea.go.jp/04/horonobe/>
ゆめ地創館：電話・告知端末機：5-2772 <https://www.jaea.go.jp/04/horonobe/yumeichisoukan/index.html>
広報調査等交付金事業

ほろのべの窓 2020.7月号 ▶ 8

<https://www.jaea.go.jp/04/horonobe/research/horonobe.html>

【参考】

ツイッターによる情報発信

(https://twitter.com/jaea_japan)

幌延深地層研究センターでは、350m調査坑道の試験坑道5において、原子力環境整備促進・資金管理センターと共同で緩衝材流出試験を実施しています。粘土でできている緩衝材ブロックを地下水が流れている試験孔内に設置し、今後、地下水の排水量と緩衝材の流出量を計測します。

https://www.jaea.go.jp/04/horonobe/status/cyou_saka/cyousakenkyu_0211.html#1120



(令和2年11月20日)

#幌延深地層研究センター では、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の一環として、10月に実施した #反射法地震探査 に引き続き、地下深部における #化石海水 の拡がりを推定するための #電磁探査 を実施しました。

https://www.jaea.go.jp/04/horonobe/status/cyou_saka/cyousakenkyu_0211.html#1127_2



(令和2年12月1日)