

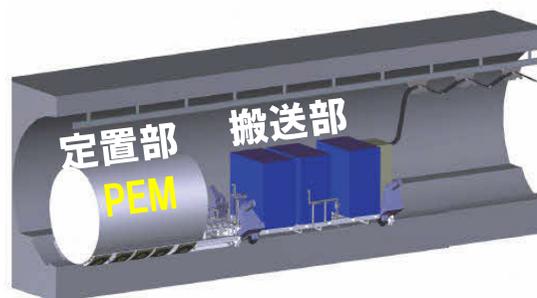
### 【目的】

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。

### 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

### 【概要】

- 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-坑道間の狭隘な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



搬送・定置装置のイメージ図



狭隘部の隙間充填装置

PEM (Prefabricated Engineering barrier system Module) : 鋼製容器の中にオーバーパックや緩衝材を設置して一体化したもの

### 【令和元年度の成果】

- ②-2 模擬PEM-坑道間の隙間に対し、下部狭隘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、回収試験を実施し適用性を確認した。

### 【令和元年度までの総括】

- ① 処分坑道横置き定置方式について、PEM方式の搬送定置・回収技術を実証した。
- 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した。
- ②-2 回収技術：PEM-坑道間の狭隘な隙間に対する隙間充填技術および充填材の除去技術を整備、実証した。
- 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を実施した。



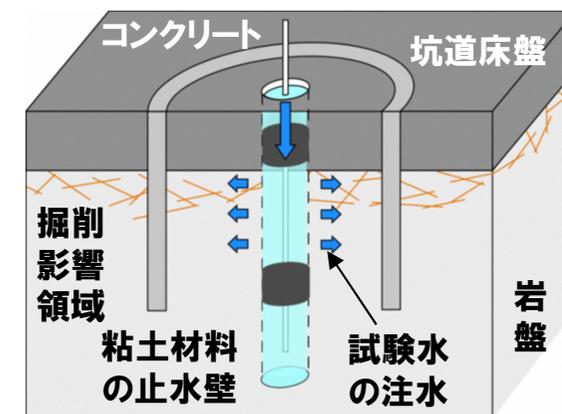
フォークをPEMの下に差し込み、エアベアリング(空気力で浮かすこと)で持ち上げ、模擬PEM(約36.5トン)を動かします。

### 【令和2年度以降の取り組み】

- 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)
- 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

### 【令和2年度の取り組み】

- ① 閉鎖システム(埋め戻し材やプラグなど)に関する基盤情報の整備を目的とした解析検討、室内試験および工学規模試験。
- ②-1 搬送定置・回収技術の実証に関する試験や解析
- ②-2 緩衝材や埋め戻し材への地下水の浸潤が進んだ状態での回収において考慮すべき条件設定
- ③ 緩衝材への水の浸潤挙動を把握するための試験

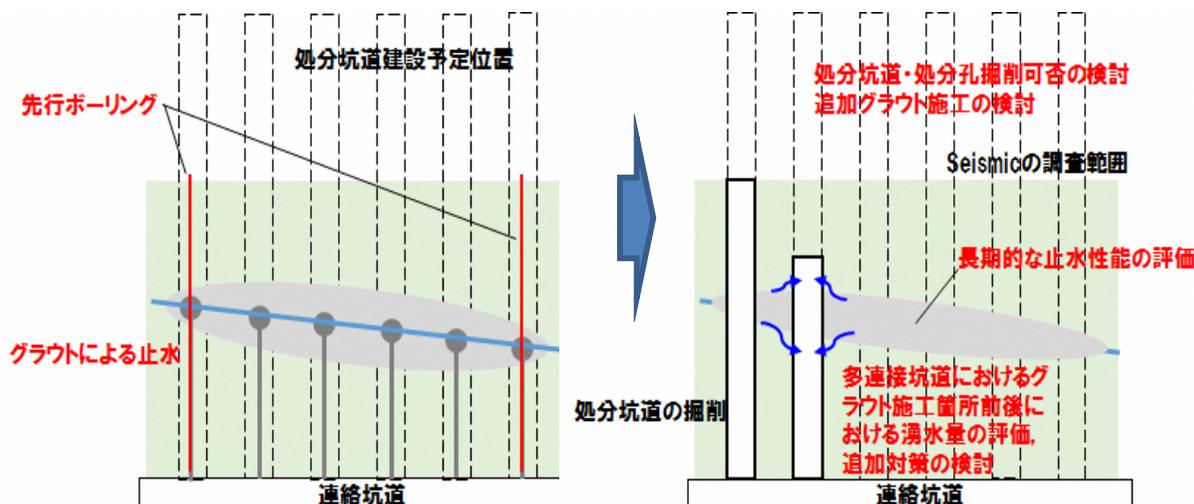


粘土止水壁による掘削影響領域の透水性変化確認

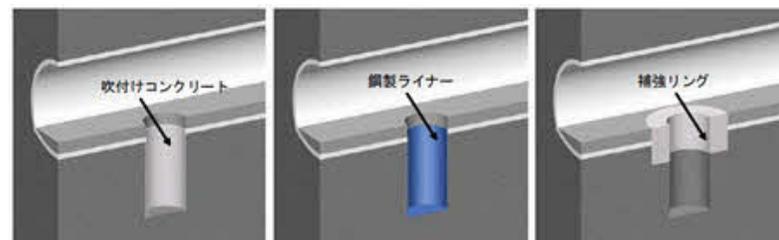
廃棄体の設置方法等の実証試験を通じた、坑道スケール～ピットスケールでの調査・設計・評価技術の体系化

【概要】

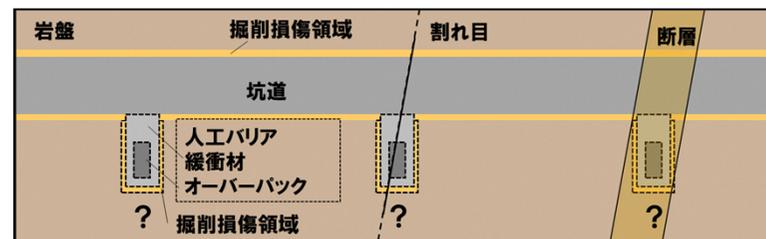
④ 廃棄体の設置方法等の実証試験を通じた、坑道スケール～ピットスケールでの調査・設計・評価技術の体系化



設計評価、工学的対策の検討イメージ



支保工設計と適用事例



定置位置決定特性の考え方の整理

【令和2年度以降の取り組み】

- 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 多接続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となる情報の整理

【令和2年度の取り組み】

本研究については、研究期間の後半に実施するため、令和2年度の取り組みは無し。

【目的】

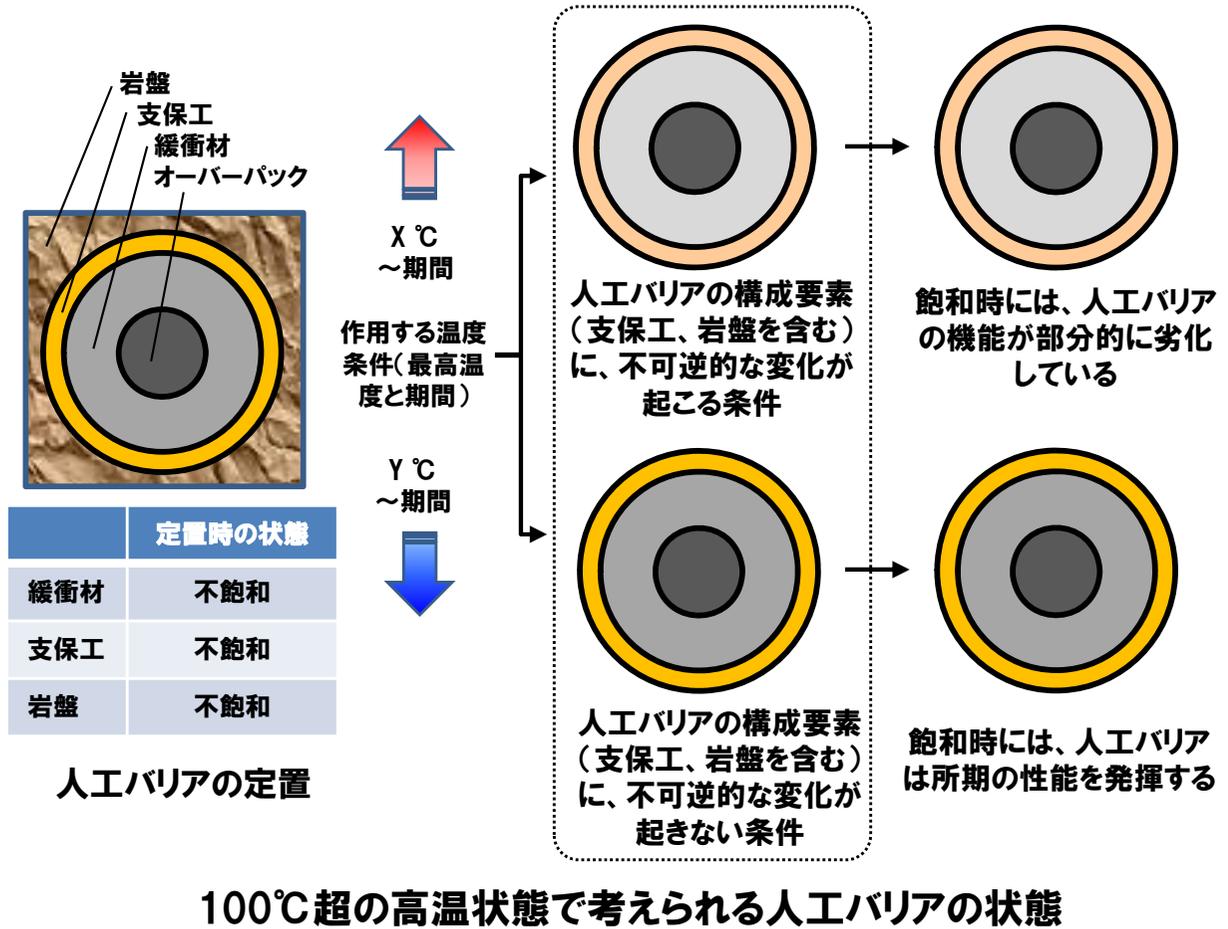
- 人工バリア設置環境の深度依存性を考慮し、種々の処分概念オプションの工学的実現性を実証し、多様な地質環境条件に対して柔軟な処分場設計を行うことを支援する技術オプションを提供する。
- 実際の処分事業では、オーバーパック表面が100℃以下になるように処分することが基本であるが、想定外の要因によって100℃を超えた状態になることを想定して、人工バリアシステムの安全裕度を検証する。

【概要】

- 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、解析的な検討を行う。

【令和元年度の成果】

- 高温度状態で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。

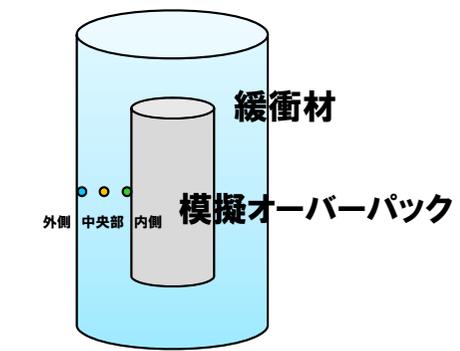
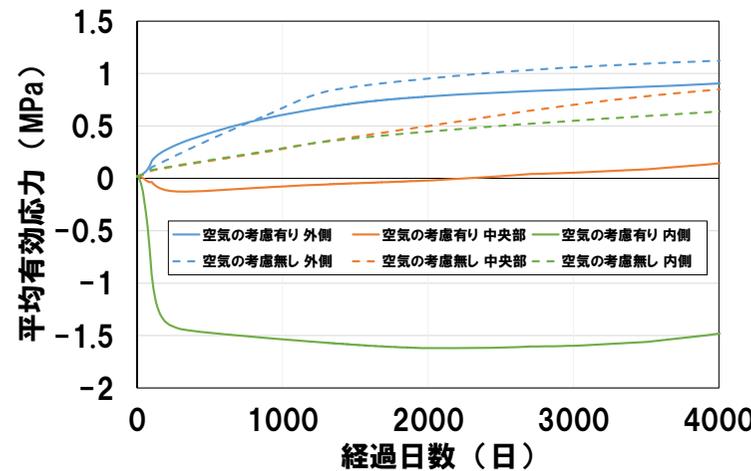


【令和元年度までの総括】

① 100℃超の高温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を実施した。

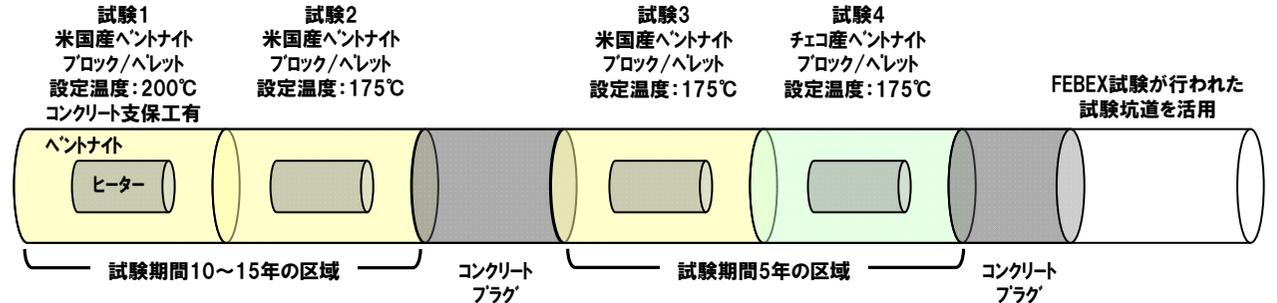
【令和2年度以降の取り組み】

- ①-1 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
- 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)



模擬オーバーパックの表面温度100℃で解析

空気考慮の有無による解析結果の違いの解析例(平均有効応力)



国際プロジェクトHotBENT試験の概要(スイスの地下研で実施)

【令和2年度の取り組み】

- 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
- 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

#### 地殻変動が地層の透水性に与える影響の把握

#### 【目的】

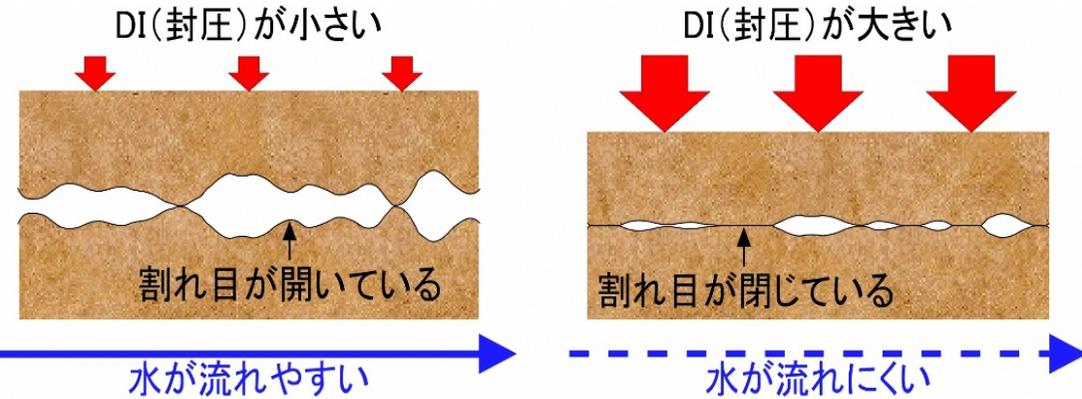
- 岩盤中の大小様々な断層が地震や隆起などの地殻変動の影響を受けた場合に、その透水性がどの程度まで上昇し得るかを検討する。
- 断層の透水性は断層の変形様式に大きく依存する。脆性的な変形が起こると断層の透水性は有意に上昇しやすいが、延性的な変形の場合は透水性が上昇しにくい。生じる変形が脆性的か延性的かは、変形時の岩石強度、応力などに依存する。本研究では、断層の変形様式を支配する岩石の強度・応力状態を計測且つマッピングが可能なパラメータで指標化することを試みる。そのようなパラメータと断層の透水性の潜在的な上限を関係付けることができれば、処分場閉鎖後の断層の透水性について現実的な状態設定が可能となる。

#### 【概要】

- 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)の提案する。
- ② 水圧擾乱試験によるパラメータの有効性の検証する。

#### 【令和元年度の成果】

- 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。
- 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ダクティリティインデックス(DI)の経験式の範囲を超えないことを確認した。
- 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。



DIと透水性の関係

#### ダクティリティインデックス(DI)

岩石の強度・応力状態を示すために新たに定義した指標であり、この値が高いほど、岩石は見かけ上、やわらかくなります。岩盤にかかる平均有効応力(岩石に実際にかかる平均的な負荷応力)をその健岩部の引張強度(岩石の引っ張り破壊に対する強度)で除した値で定義されます。

### (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

#### 【令和元年度までの総括】

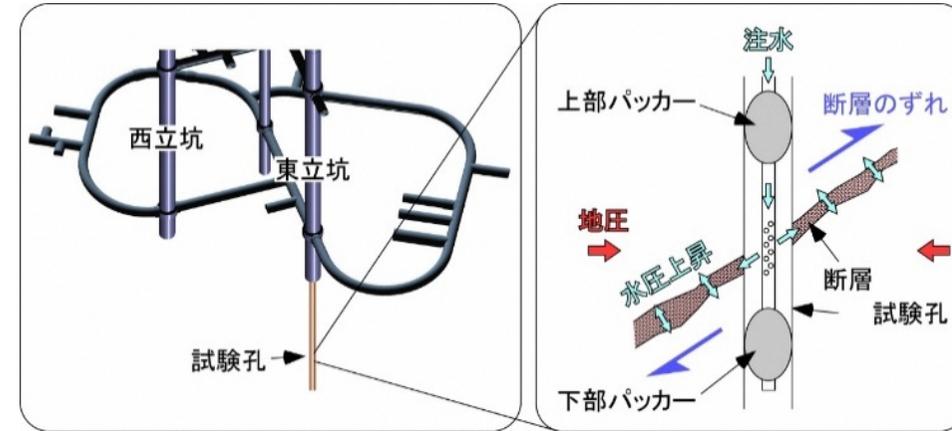
- ① 断層の変形様式(脆性的or延性的)を支配し得る岩石の強度・応力状態を表す指標を考案するために、関連する既存研究のレビューを行うとともに、机上検討やコア観察・室内実験(破壊実験)を実施した。
- ② 水圧擾乱試験を実施し、モデルの有効性を検証した。

#### 【令和2年度以降の取り組み】

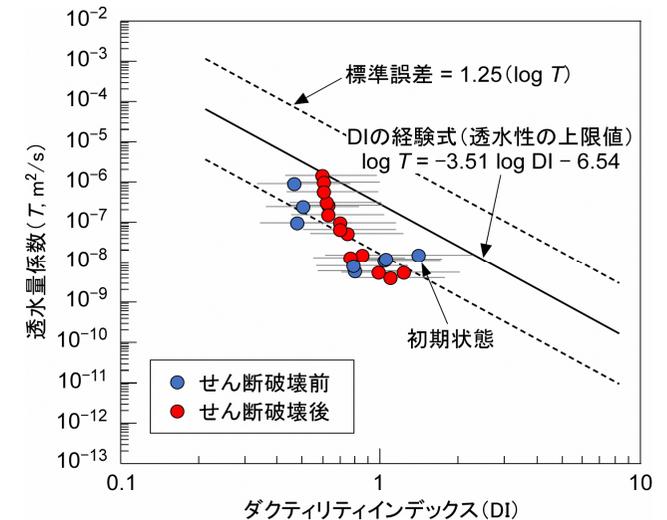
- ②-1 地殻変動が地層の透水性に与える影響の把握(ボーリング孔を用いた水圧擾乱試験)
- ②-2 DIを用いた透水性評価の信頼性向上・隆起侵食の影響評価手法の整備
- ②-3 水圧擾乱試験による断層の活動性評価手法の整備

#### 【令和2年度の取り組み】

- 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



水圧擾乱試験中の断層の透水性とDI



水圧擾乱試験中の断層の透水性とDI

#### ・水圧擾乱試験

注水により断層内の水圧を上昇させ断層をずらす試験のことで、試験の前後で断層の水理特性に与える影響を確認します。

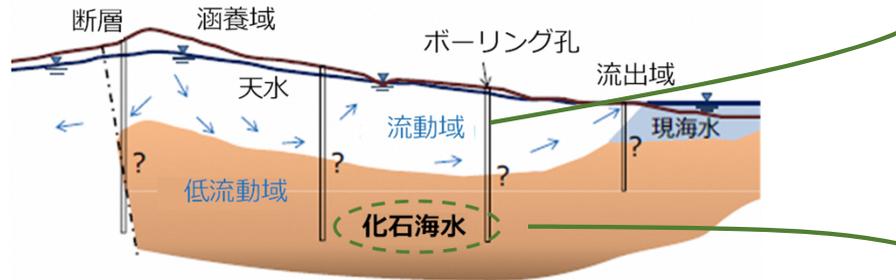
## 地下水の流れが非常に遅い領域を調査・評価する技術の高度化

### 【目的】

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。

### 【概要】

- 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



- 浅部は流動域であり、深部は化石海水が存在するような低流動域
- 地下水の起源は、天水(降水)・現海水・化石海水

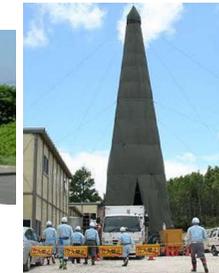
化石海水:堆積時の海水が埋没続成過程で変化し、その後、天水浸透の影響を受けていない地下水。極めて長い地史の中で隆起・浸食や海水準変動といった自然現象の影響を受けていない可能性がある。

どのように化石海水分布を調査すれば良いのか?

地上からの調査

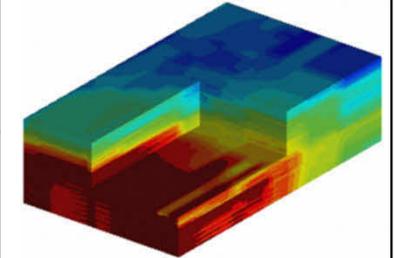


物理探査  
-地震探査  
-電気・電磁探査



ボーリング調査

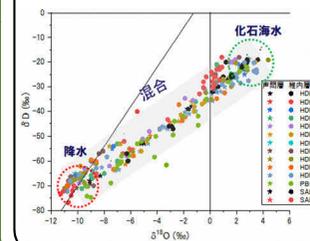
三次元分布の推定



項目: 塩濃度、酸素・水素同位体比など

どのような長期的変遷を経て現在の化石海水の分布が形成されたのか?

地球化学データ



例) 地下水の以下の項目  
-化学組成  
-同位体比  
-地下水年代

水質形成に寄与する端成分の抽出  
⇒地史を踏まえた地下水水質形成過程の仮説モデルを構築

### 【令和元年度の成果】

- ③-1 化石海水の指標として、Cl(塩素)及び水の安定同位体を基に分布を推定した。
- ③-2 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。

処分事業における概要調査において効率的に化石海水の分布領域を調査・評価する方法に反映