

# 幌延深地層研究計画 令和4年度 調査研究成果報告

---

日本原子力研究開発機構  
幌延深地層研究センター

# 幌延深地層研究計画

## 令和4年度調査研究成果報告

### 1 令和4年度の成果の概要

- 1-1 実際の地質環境における人工バリアの適用性確認
- 1-2 処分概念オプションの実証
- 1-3 地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の検証
- 1-4 令和2年度以降の必須の課題への対応に必要なデータ取得
- 1-5 地下施設の管理
- 1-6 環境調査
- 1-7 安全確保の取り組み
- 1-8 開かれた研究

令和2年度以降の必須の課題

### 2 Topics～こんな研究を行っています

- ①地下水の水圧観測
- ②地殻変動が地層の透水性に与える影響の把握

### 3 研究に対する評価

地層処分を取り巻く国やNUMOの活動状況  
その他

## 令和2年度以降の必須の課題

### 1-1 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
- 2)物質移行試験

### 1-2 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
- 2)高温(100℃以上)などの限界条件下での人工バリア性能確認試験

### 1-3 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
- 2)地殻変動による人工バリアへの影響・回復挙動試験

※本研究には、以下の経済産業省資源エネルギー庁委託事業を活用しました。  
・高レベル放射性廃棄物等の地層処分に関する技術開発事業[JPJ007597]



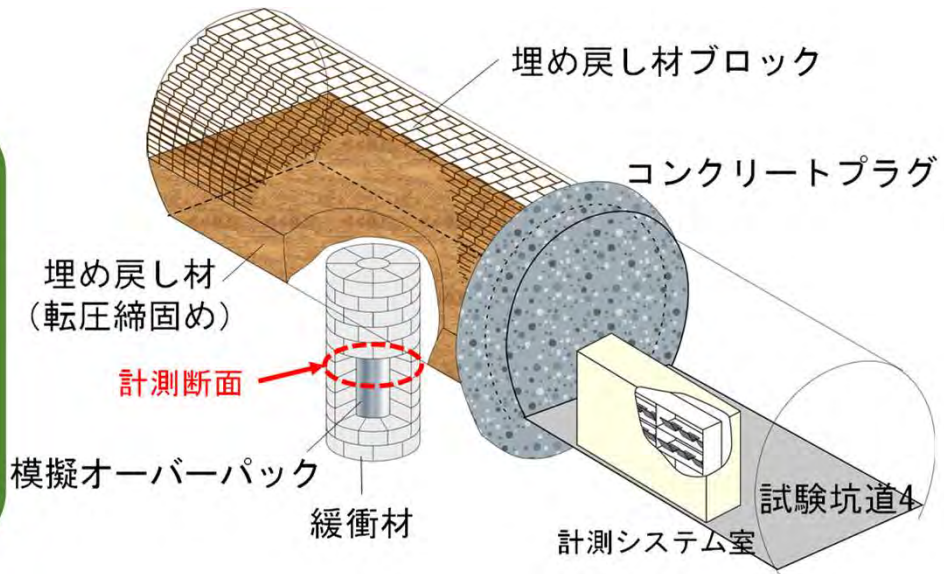
# 1-1 実際の地質環境における人工バリアの適用性確認

## 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の理解

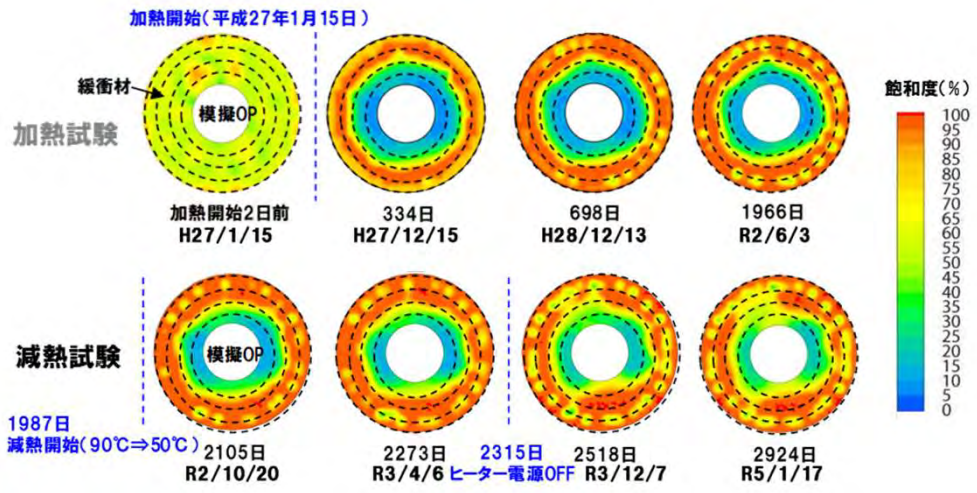
- 緩衝材に地下水を浸潤させた場合のデータ(浸潤時・減熱時)を取得し、熱-水理-力学-化学連成評価手法を整備
- 人工バリアの解体作業により緩衝材の飽和度を確認



### 令和4年度の実施内容と成果

- 人工バリア性能確認試験ではヒーター加熱を止めた試験を継続し、緩衝材の温度や飽和度の変化を観察しました(右下図)。
- 国際共同研究(DECORVALEX)に参加。
- 解体調査の計画を検討。

人工バリア性能確認試験の概念図



飽和度の算出結果(比抵抗トモグラフィ)



## 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

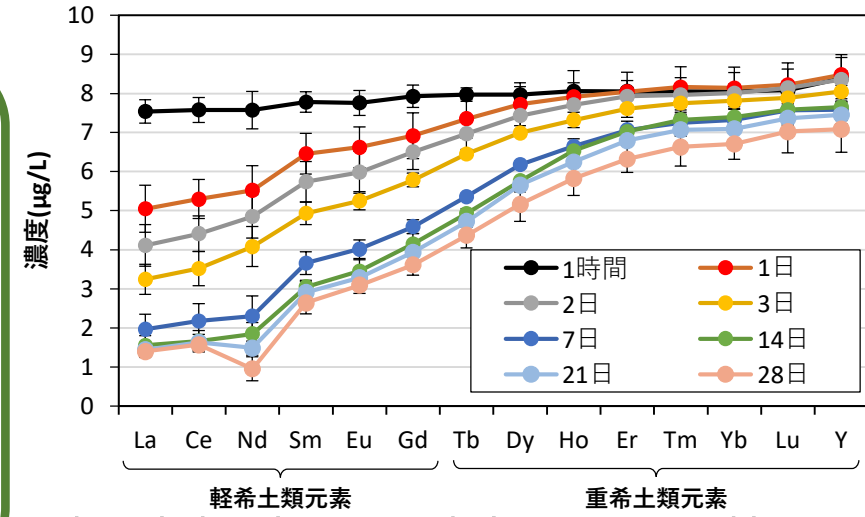
#### 堆積岩における物質移行現象の評価手法の整備

- 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

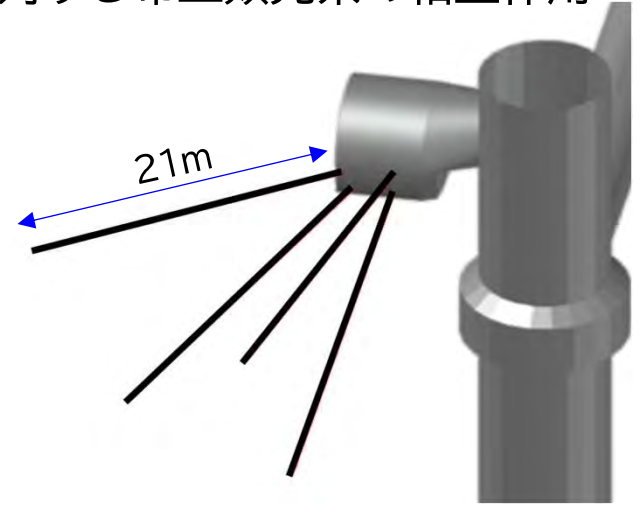
### 令和4年度の実施内容と成果

- コロイド粒子と、希土類元素との相互作用を評価する試験を実施した結果、軽希土類元素の方が重希土類元素よりもコロイド粒子になりやすい傾向が認められました(右上図)が、希土類元素自体がコロイド粒子を形成する影響など大きいことが分かりました。
- ブロックスケールの物質移行試験について着手し(右下図)、評価の対象となる割れ目の分布などの情報を取得しました。

10μg/L相当の希土類元素を地下水に添加後、0.2μmフィルターでろ過



地下水(深度350m)中のコロイド粒子に対する希土類元素の相互作用



ブロックスケールの割れ目を対象にしたボーリング調査(250m調査坑道)

# 1-2 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

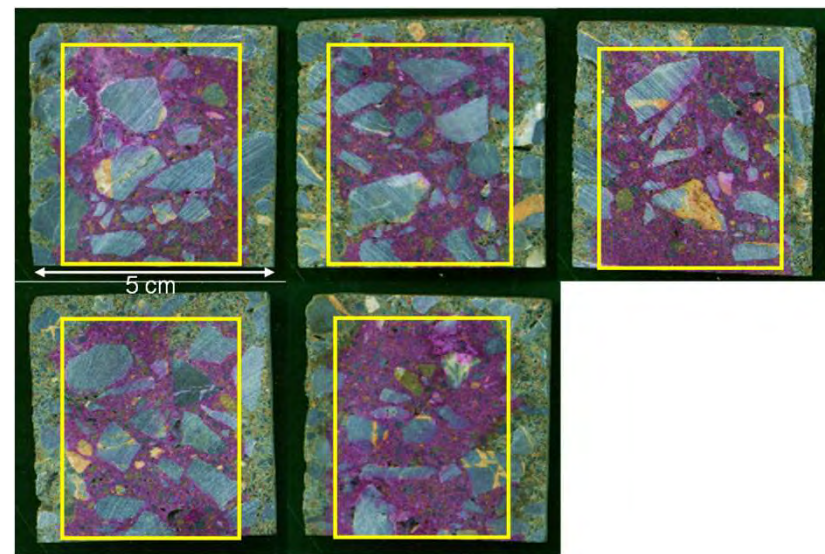
#### 研究開発の目的と令和10年度までの実施内容

##### 坑道の閉鎖技術や閉鎖システムの性能を担保する設計・施工技術の選択肢の整理

- 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

#### 令和4年度の実施内容と成果

- 大気中ではコンクリート構造物の劣化原因となる中性化の領域が昨年度に比べ広がっていることを確認しました(右写真)。
- ボーリング孔内(孔口から20m以上奥)にベントナイトブロックを設置する技術を確認しました。



約2年間経過後のコンクリート試験体の中性化領域  
(大気条件下:表面から約6mm)

# 1-2 処分概念オプションの実証

## 2) 高温度(100℃以上)などの限界条件下での人工バリア性能確認試験

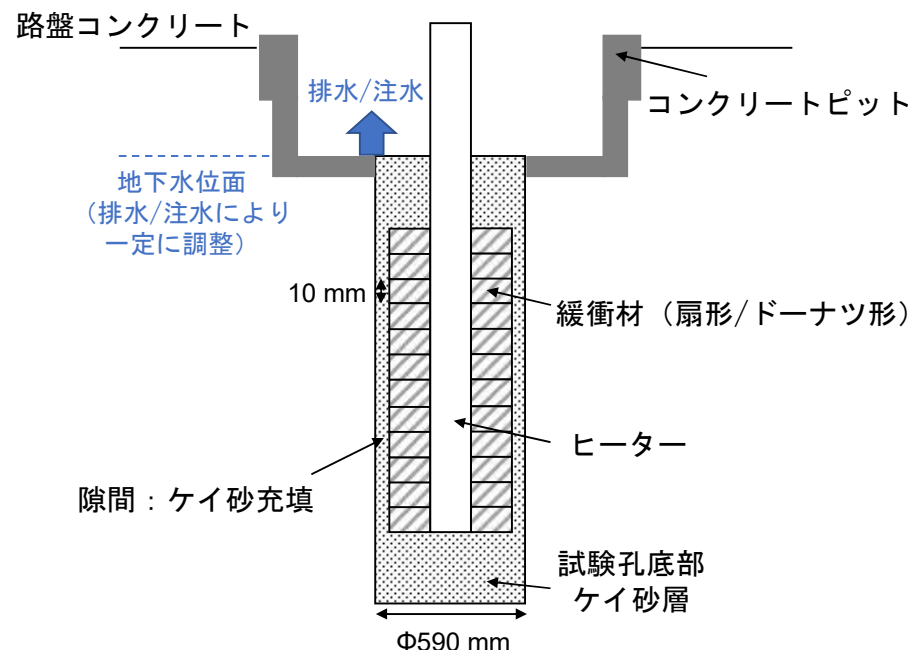
### 研究開発の目的と令和10年度までの実施内容

#### 想定外の要因により緩衝材温度が100℃を超えた場合の挙動の確認

- ▶ 100℃超になった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、人工バリアとその周辺岩盤における上限温度設定の考え方を提示

### 令和4年度の実施内容と成果

- 緩衝材の温度が100℃を超えた状態でのひび割れの発生が緩衝材の特性に与える影響を確認する原位置試験の計画を立案しました(右図)。
- 350m調査坑道の試験坑道5の既存の試験孔を用いて、緩衝材の含水比や、形状(扇形・ドーナツ形)を変化させたケースを同時に行います。



原位置試験の概念図



# 1-3 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

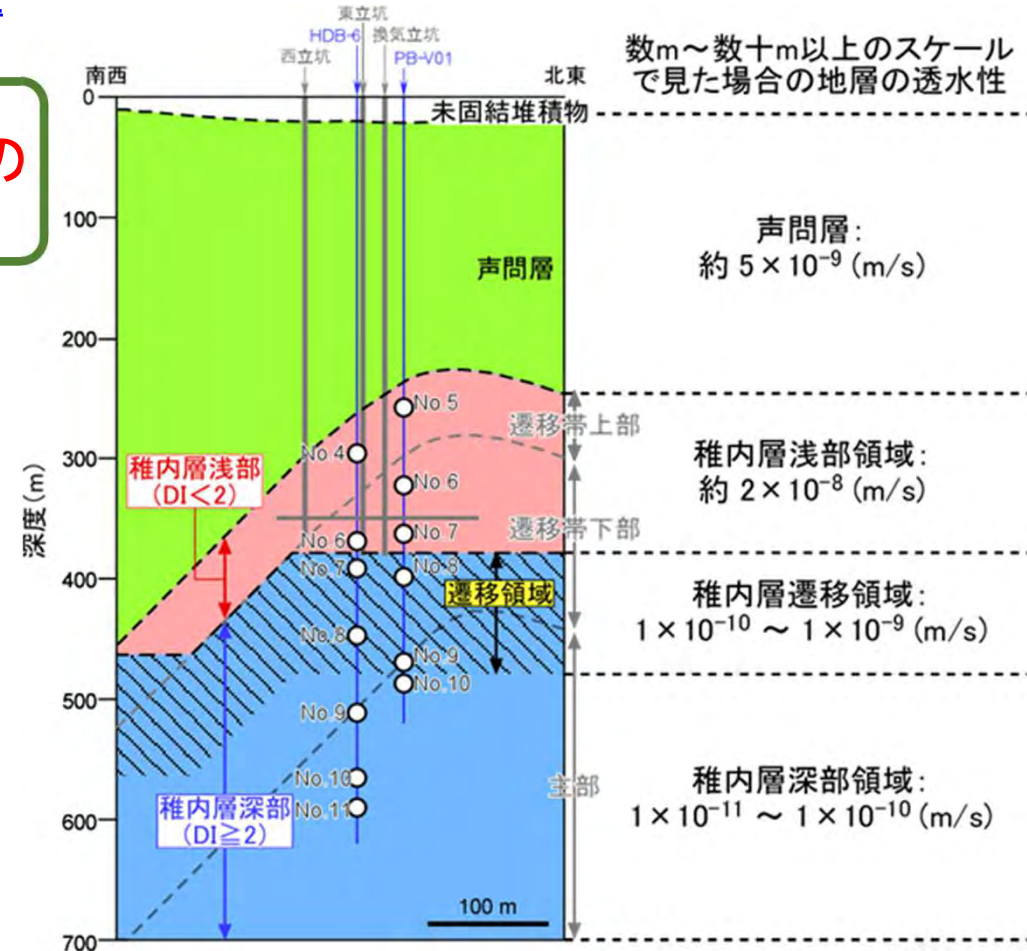
### 地殻変動が地層の透水性に与える影響の把握

#### 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

#### 令和4年度の実施内容と成果

- ダクティリティインデックスの経験式が水圧擾乱試験中の断層の透水性の変化と整合することを確認しました。
- 稚内層浅部から深部にかけて地層の数m～数十m以上のスケールで見た場合の透水性が徐々に変化する様子を数値解析により再現することができました(右図)。



地下施設建設時の地下施設周辺のボーリング孔 (HDB-6孔およびPB-V01孔)での水圧変化から数値解析により推定された各地層の透水性

# 1-3 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

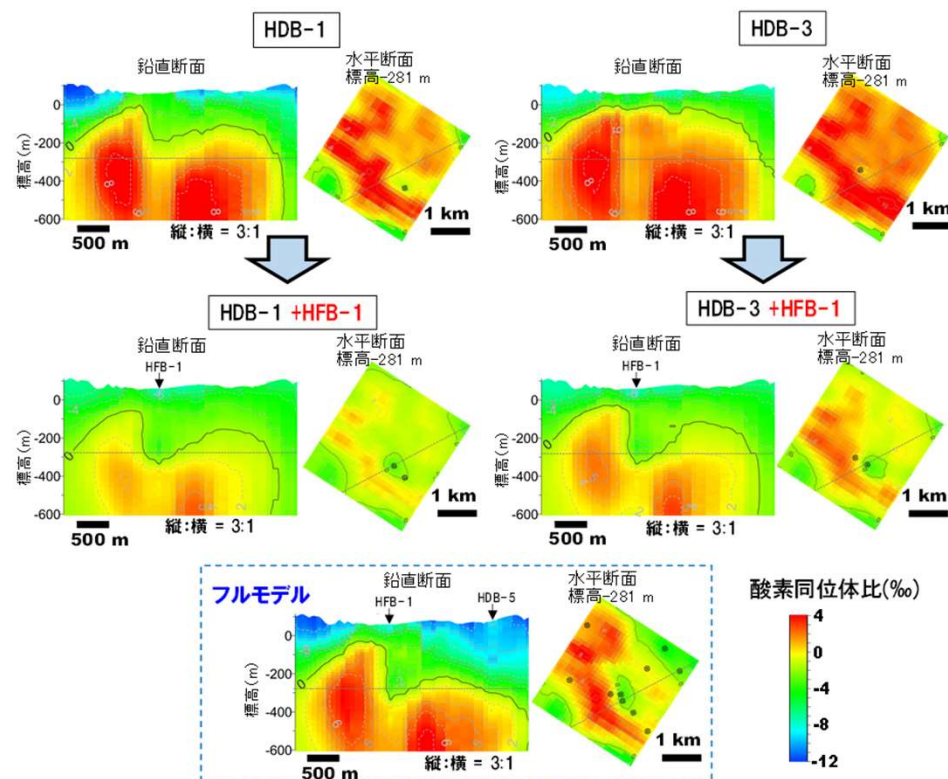
#### 研究開発の目的と令和10年度までの実施内容

##### 地下水の流れが非常に遅い領域の分布を把握するための技術の構築

- 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4年度の実施内容と成果

- 物理探査およびボーリング調査によるデータ取得から地球統計学的解析による化石海水領域の三次元分布の推定に至る一連の手法を整理しました(右図)。
- 長期的な時間変化を考慮した地下水流動解析を実施した結果、稚内層深部では地下水の流れが非常に遅い可能性が確認されました。



# 1-3 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

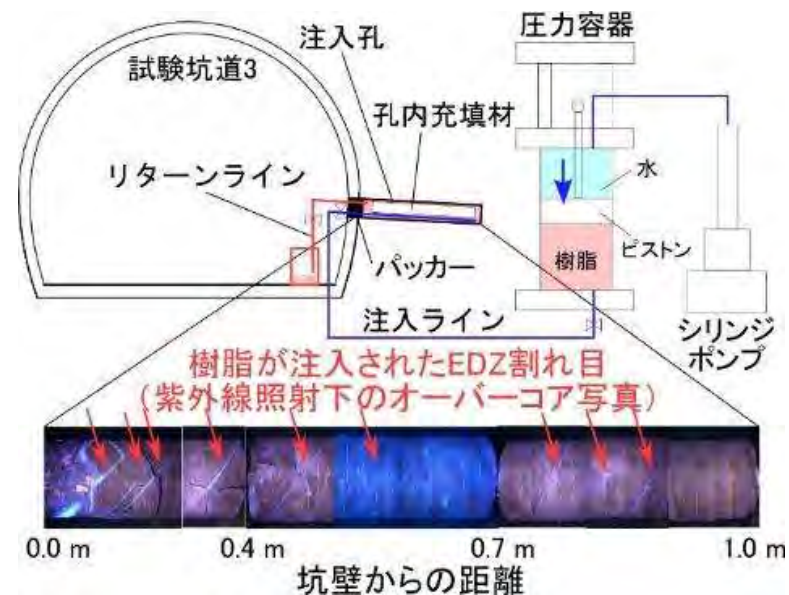
### 研究開発の目的と令和10年度までの実施内容

#### 坑道閉鎖後の掘削損傷領域の透水性の推測手法の構築

- 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4年度の実施内容と成果

- 掘削損傷領域の割れ目を対象とした既往の注水試験のデータ解析を行いました。
- その結果、掘削損傷領域の割れ目のDIを変化させた時の透水性の変化が、過年度に再検証したDIの経験式と整合的であることが確認できました。



掘削損傷領域の樹脂注入試験  
割れ目のせん断変位量と開口幅との相関を  
調べモデルの妥当性を検証

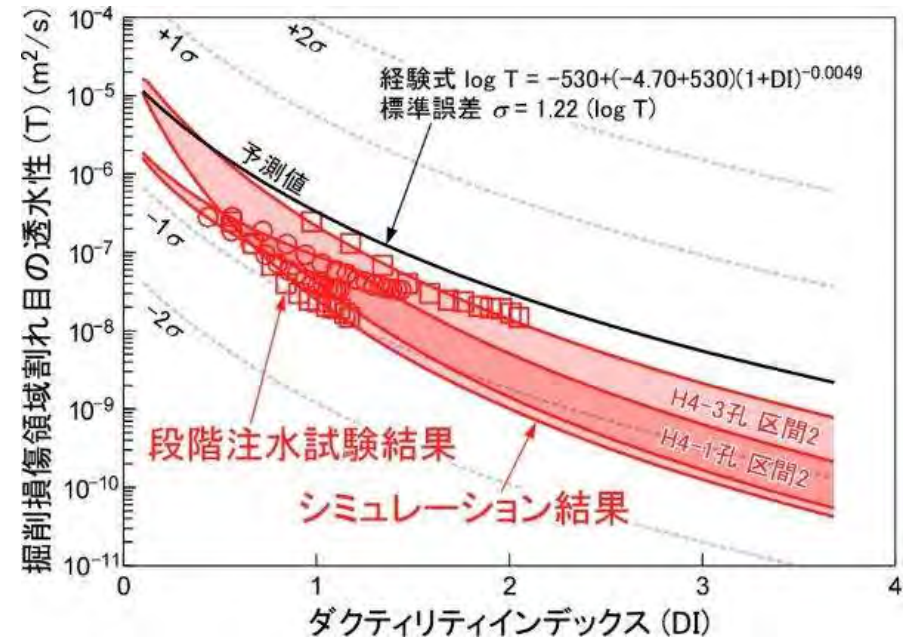


## 2) 地殻変動による人工バリアへの影響・回復挙動試験

### 令和2年度～令和4年度の成果

- 坑道埋め戻し後の緩衝材や埋め戻し材の膨潤が掘削損傷領域の透水性に与える影響の評価手法を構築するために、既往の試験結果を用いた机上検討を行った結果、以下の知見が得られました(右図)。
- 坑道埋め戻し後の掘削損傷領域の透水性の変化は、経験式により埋め戻し後のDIを求めることで予測できる。
- 上記予測の信頼性は、段階注水試験や樹脂注入試験により確認できる。
- 掘削損傷領域の透水性の変化は、個々の割れ目の透水性を理論的モデルにより評価し(右図)、それらの値を足し合わせることで予測できる。

以上により、所期の目標である、坑道埋め戻し後の緩衝材や埋め戻し材の膨潤が掘削損傷領域の透水性に与える影響を評価する手法の整備を完了しました。



段階的に注水圧を増加させる注水試験結果とDIモデルの比較  
試験により得られたDIの変化に伴う透水性の変化傾向がDIモデルに基づく予測値と整合的

※DI(ダクティリティインデックス): 岩石にかかる力を岩石の引張り強さで除した値

※ 今後は、「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します。

# 1-4 必須の課題への対応に必要なデータ取得

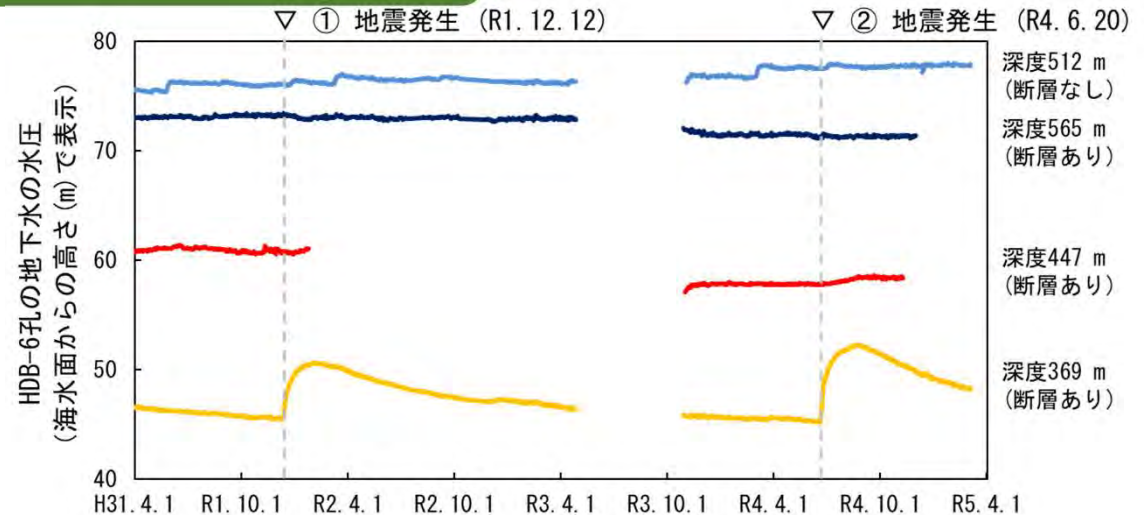
## 研究開発の目的と令和10年度までの実施内容

### 処分システムの設計・施工や安全評価に関わる基礎情報の取得

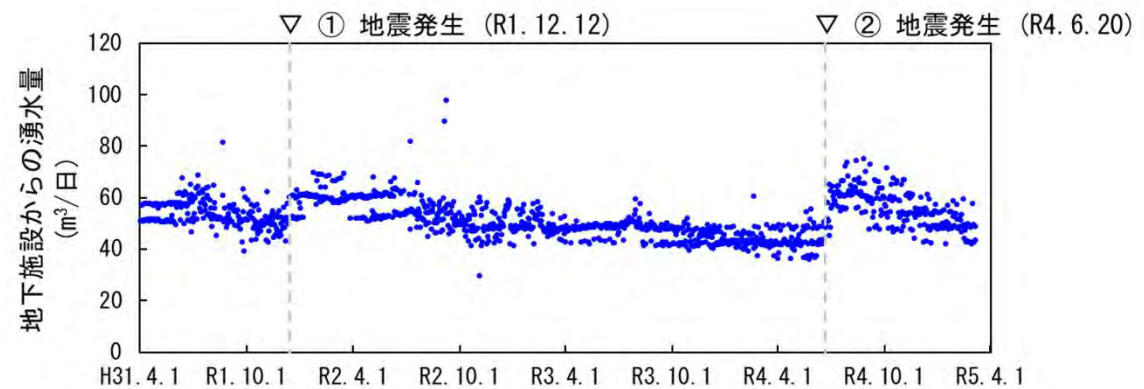
## 令和4年度の実施内容と成果

### 岩盤の水理

- 深度369mの水圧は地震(幌延町震度4)に伴い、水圧が増加した後、元の水圧に戻る傾向が観測されましたが、深度447m以深ではそのような水圧変化が認められませんでした(右図)。
- 上記のことから、深度369mでは、割れ目の水理学的連結性が高い一方で、深度447m以深では水理学的連結性が低いことが示唆されます。



HDB-6孔の水圧観測結果



地下施設からの湧水量

HDB-6孔の水圧観測結果と地下施設からの湧水量の比較



## 地下施設の管理

深度500mに向けた掘削の準備として、積込機の整備、セメントサイロの設置、高圧受変電設備の増設などを実施しました。また、地下施設の維持管理として、機械設備や電気設備の運転・保守および設備(キブルワイヤー、排水設備など)の更新を行いました。



積込機の整備



セメントサイロの設置



キブルワイヤーの更新



排水設備の更新

## 地下施設から天塩川への排水

地下施設からの排出水および掘削土(ズリ)置場の浸出水は、排水処理設備において処理を行った後、排水管路を通じて天塩川に放流しており、水質および排水量に問題ないことを確認しています。

(毎日の排水量は、ホームページで公開しています。)



濁水処理設備



脱ホウ素処理設備



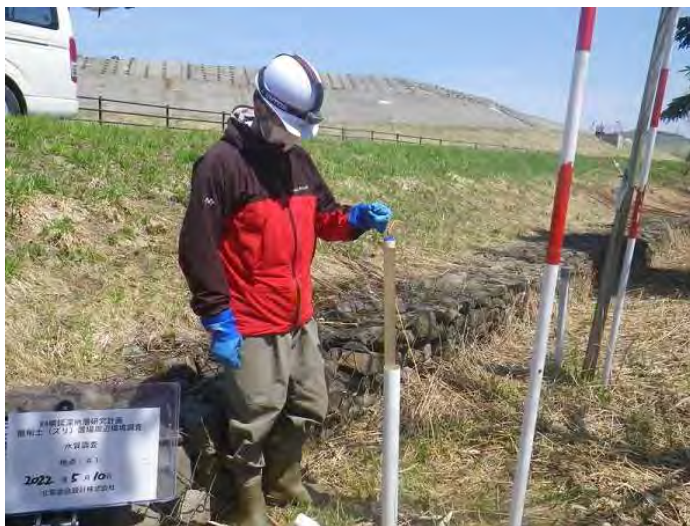
# 1-4 環境調査

## 周辺環境調査

天塩川周辺環境調査、掘削土(ズリ)置場周辺環境調査、センター周辺環境調査を実施し、周辺環境に影響を与えていないことを確認しました。



天塩川周辺環境調査  
採水状況



掘削土(ズリ)置場周辺環境調査  
地下水採水状況



センター周辺環境調査  
魚類調査状況

# 1-4 安全確保の取り組み

各種の安全活動に積極的に取り組み、センター一丸となって安全活動を推進・実施しました。



安全パトロール

- 各種安全行事や事例情報の周知等による意識高揚
- 定期的な安全パトロールの実施
- 新規配属者・請負業者に対する安全教育の実施
- 事故対応訓練(年2回)、通報連絡訓練(毎月)
- 安全推進協議会活動



事故対応訓練(対策本部の様子)



安全行事(安全大会の様子)

# 1-4 開かれた研究

## ・国内機関との研究協力

北海道科学大学

東京大学

東京大学・京都大学

名古屋大学

京都大学

京都大学・東北大学

幌延地圏環境研究所

産業技術総合研究所

電力中央研究所

原子力規制庁

(安全研究センターとの共同研究への協力)

深田地質研究所・東京大学

(東濃地科学センターとの共同研究への協力)

## ・国外機関との研究協力

DECOVALEX

モンテリ・プロジェクト(スイス)

Clay Club

幌延国際共同プロジェクト

### 令和4年度の実施内容

- ・ 複数回の準備会合で研究内容や役割分担を議論
- ・ **令和5年2月8日**に協定書発効、プロジェクト開始

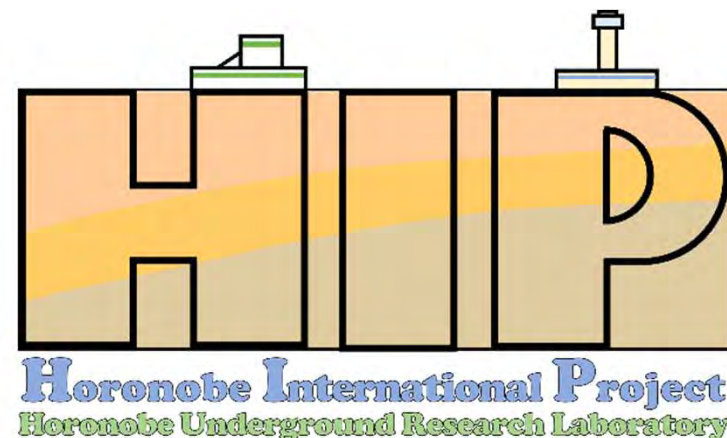


# 1-4 開かれた研究

## 幌延国際共同プロジェクト(HIP)

### 【前提】

- 「令和2年度以降の幌延深地層研究計画」に沿って、令和10年度末までを限度として実施します。
- 「幌延町における深地層の研究に関する協定書」の遵守を大前提に進めます。



### 実施内容

#### ・タスクA:物質移行試験

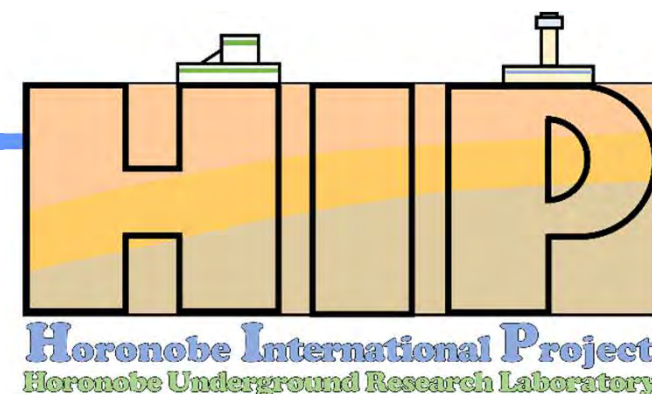
亀裂性の多孔質堆積岩における処分場の安全評価に適用可能な、より現実的な三次元物質移行モデルを開発するために、原位置試験を通じて三次元物質移行モデルが試験結果を適切に予測できる能力を評価する。

#### ・タスクB:処分技術の実証と体系化

処分場の操業に貢献しうる技術オプションの開発、および好ましい適性を有する岩盤領域に処分孔を配置するための基準の確立を通じて、処分坑道や処分孔を配置するための技術の体系的な統合を実証する。

#### ・タスクC:実規模の人工バリアシステム解体試験

(人工バリア性能確認試験で)既設の人工バリアシステムの解体を通じて、ニアフィールドにおける熱-水理-力学-化学連成プロセスをより詳細に理解し、熱-水理-力学-化学連成解析コードの妥当性確認とその更新を行う。



# 1-4 開かれた研究

## 幌延国際共同プロジェクト(HIP)参加機関

参加機関(令和5年7月28日現在、署名順)	署名日	タスクA	タスクB	タスクC
英国地質調査所(BGS、英国)	2/7	○	○	○
日本原子力研究開発機構(JAEA、日本)	2/8	○	○	○
原子力テクノロジー国営会社(RATEN、ルーマニア)	2/8	○	—	—
工業技術研究院(ITRI、台湾)	2/10	○	—	—
韓国原子力研究所(KAERI、韓国)	3/15	○	○	○
連邦放射性廃棄物機関(BGE、ドイツ)	3/28	○	○	○
原子力環境整備促進・資金管理センター(RWMC、日本)	4/3	—	○	○
原子力発電環境整備機構(NUMO、日本)	4/3	○	○	○
電力中央研究所(CRIEPI、日本)	4/3	○	—	○
オーストラリア連邦科学産業研究機構(CSIRO、オーストラリア)	4/28	○	○	○
国営放射性廃棄物会社(SERAW、ブルガリア)	7/18	○	○	○

## 令和4年度調査研究成果報告

### 1 令和4年度の成果の概要

- 1-1 実際の地質環境における人工バリアの適用性確認
- 1-2 処分概念オプションの実証
- 1-3 地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の検証
- 1-4 令和2年度以降の必須の課題への対応に必要なデータ取得
- 1-5 地下施設の管理
- 1-6 環境調査
- 1-7 安全確保の取り組み
- 1-8 開かれた研究

### 2 Topics～こんな研究を行っています

- ①地下水の水圧観測
- ②地殻変動が地層の透水性に与える影響の把握

### 3 研究に対する評価

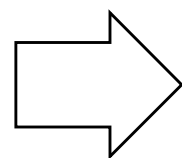
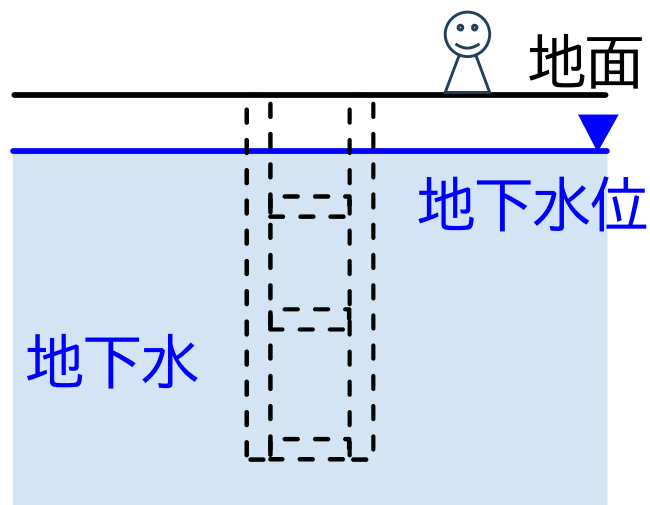
地層処分を取り巻く国やNUMOの活動状況  
その他



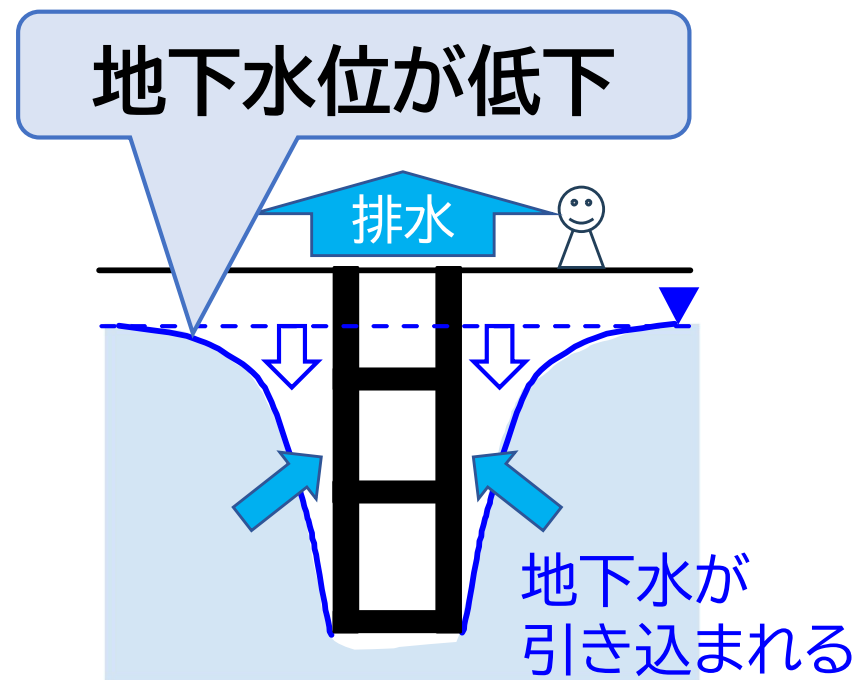
## 2 Topic①地下水の水圧観測

### 観測の目的

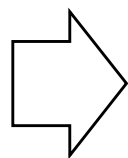
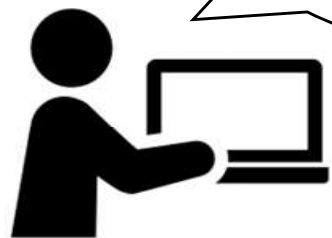
地下に大規模な施設を建設すると…



地下施設の建設  
地下水の排水



地下水の動きを  
予測したい

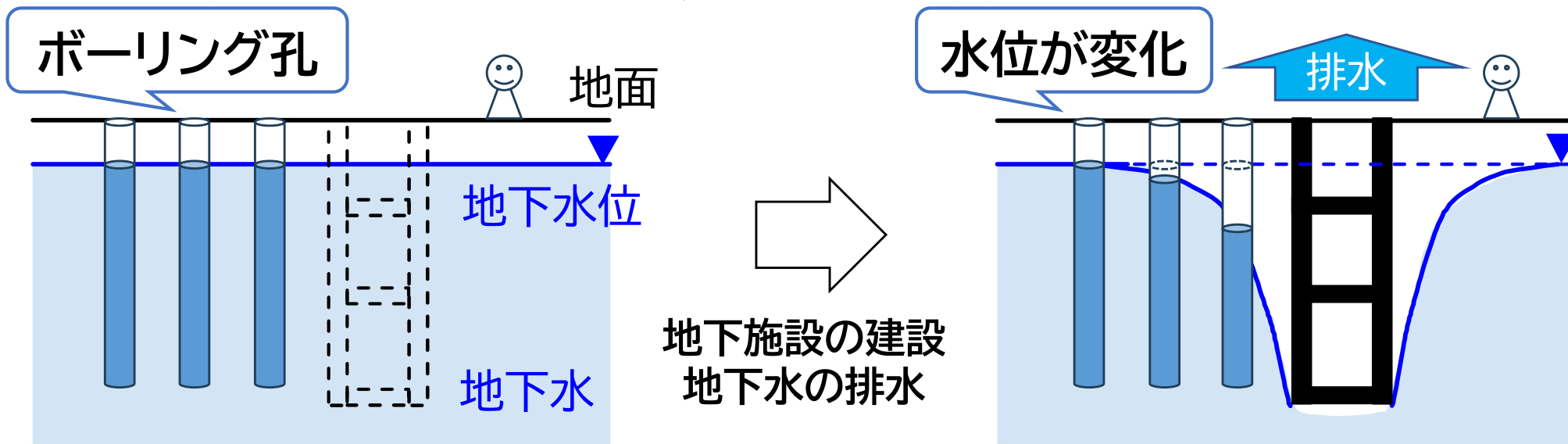


実際に地下施設を建設して、  
**何が起こるかを調査**

- 岩盤の特徴を推測する  
シミュレーション (Topic②)

# 2 Topic①地下水の水圧観測

## 観測の方法(1)ボーリング孔を使った水圧観測



ボーリング孔の掘削の様子

地下水の水位(水圧)変化を  
複数の地点で連続観測

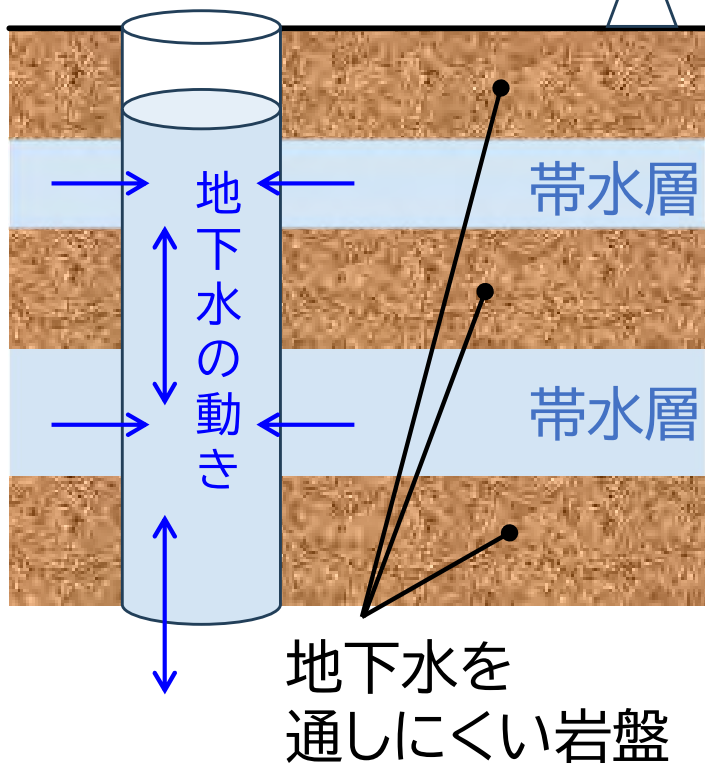
➤ 地下水の動きをとらえる

# 2 Topic①地下水の水圧観測

## 観測の方法(2)観測区間の設定

地下水位だけを観測しては、  
詳細なデータは取得できない…

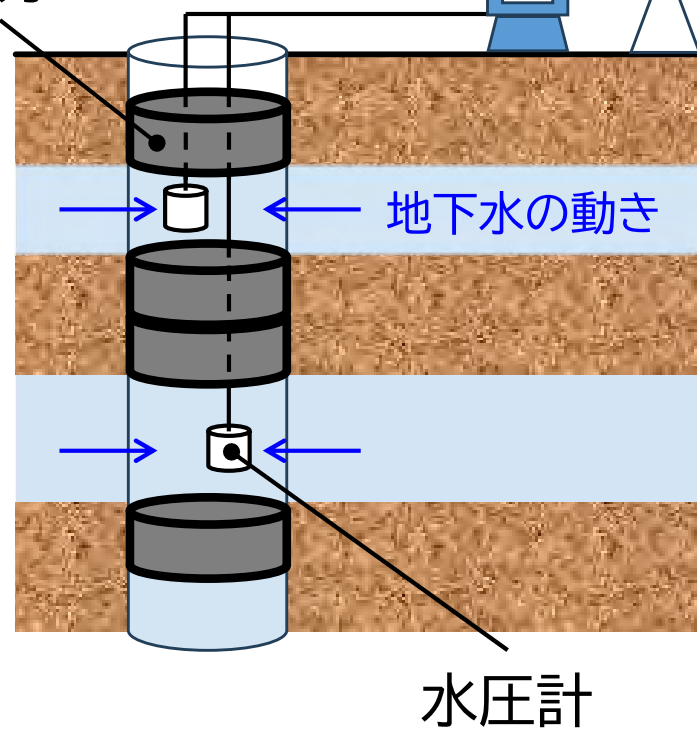
ボーリング孔



それぞれの帯水層の中にある  
地下水の動きを観測できる！

観測装置

パッカー





# 2 Topic①地下水の水圧観測

## 観測の方法(3)観測装置の写真



観測装置の回収・挿入時の様子



ボーリング孔の中に設置している  
水圧計(MOSDAXプローブ)

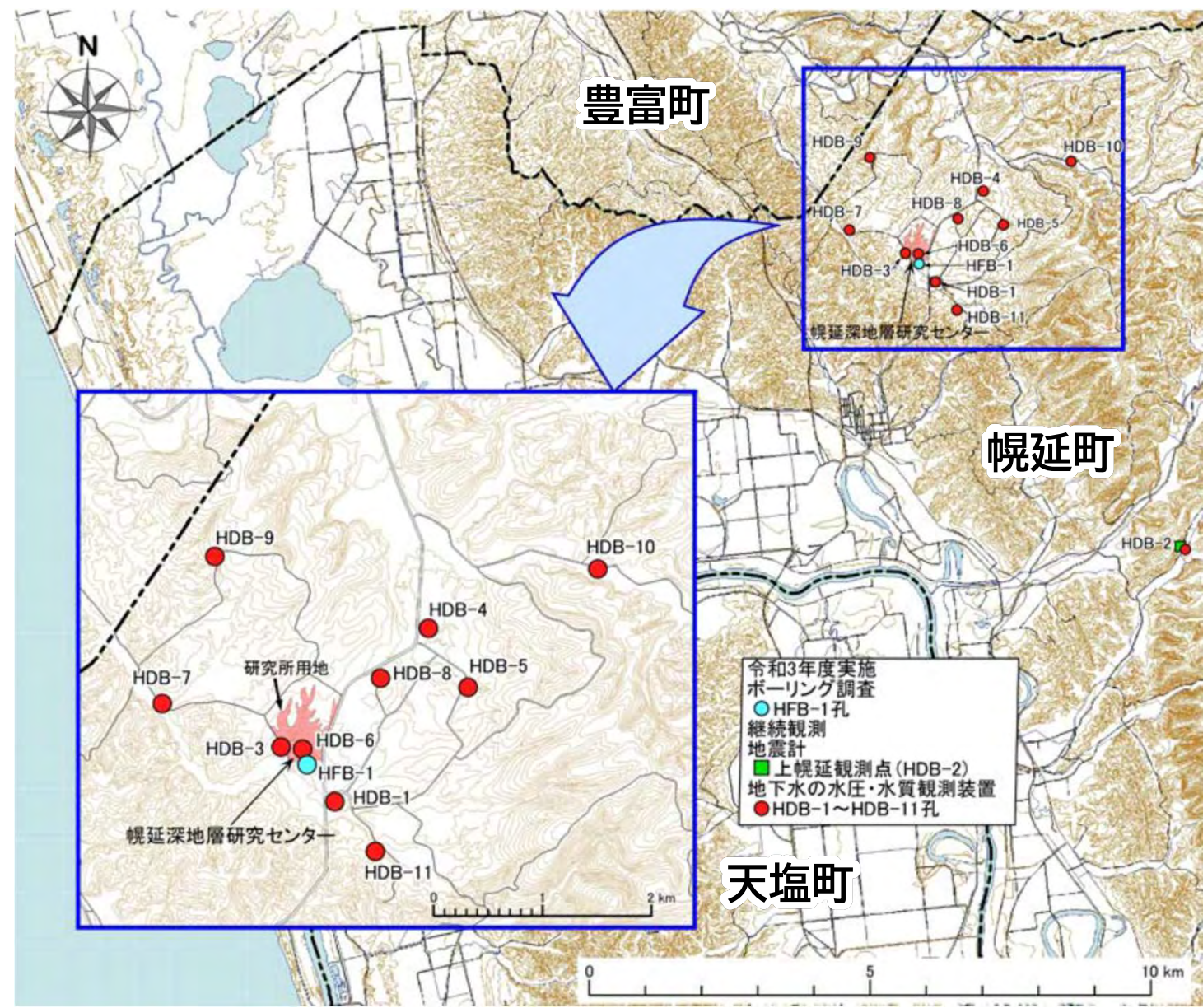


ゴム製のパッカー



# 2 Topic①地下水の水圧観測

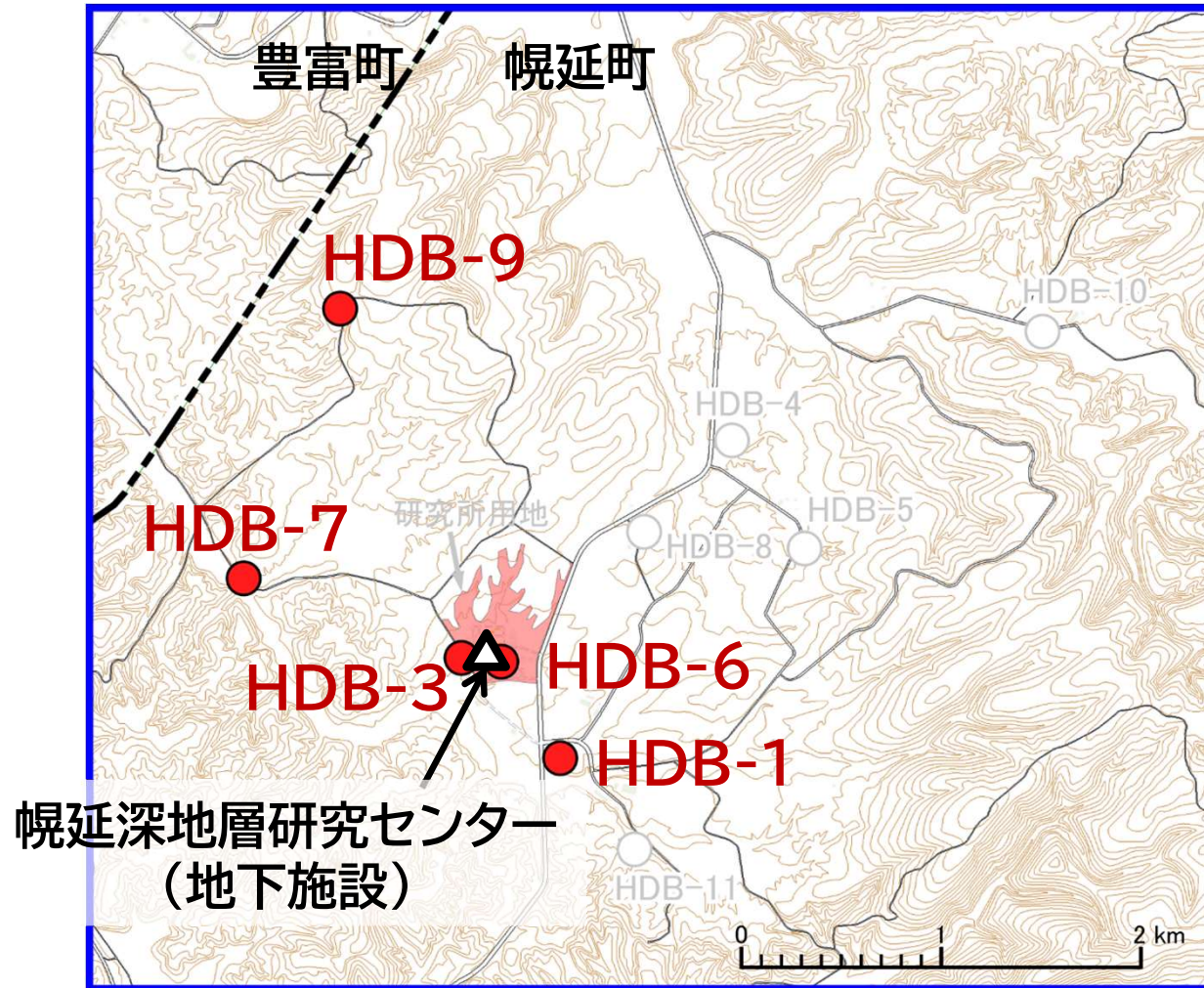
## 水圧観測用のボーリング孔の位置





## 2 Topic①地下水の水圧観測

### 水圧観測用のボーリング孔の位置

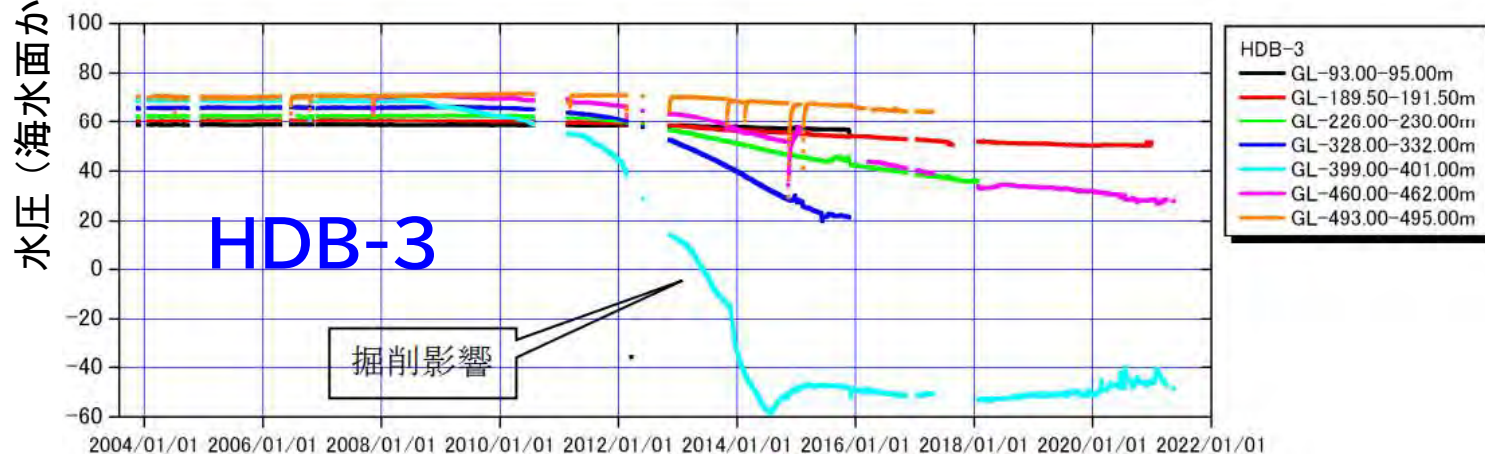
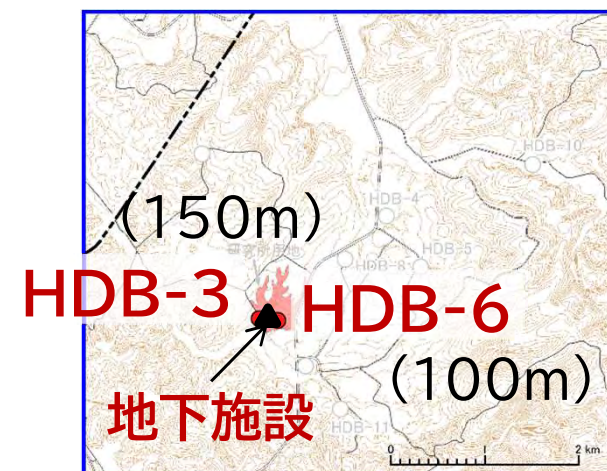
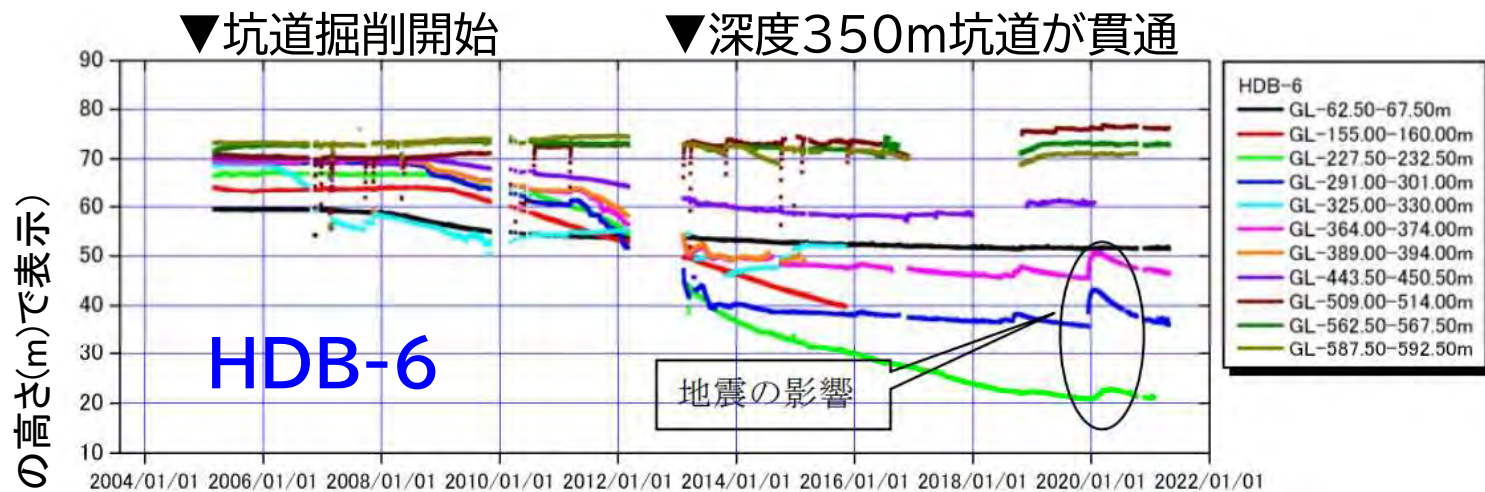


地下施設から近い順に HDB-3,6 → HDB-1 → HDB-7 → HDB-9  
 (150m) (600m) (1.2km) (1.8km)



# 2 Topic①地下水の水圧観測

## 長期観測の結果(1)排水の影響範囲



[HDB-3,6]  
➤ 時間経過とともに水圧が低下

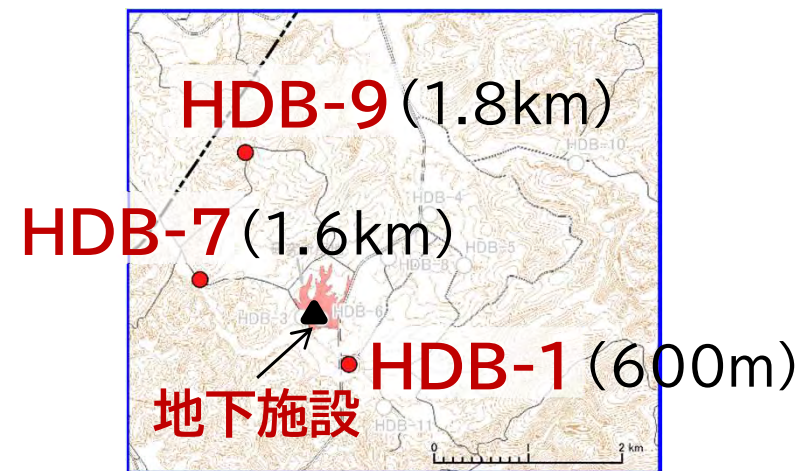
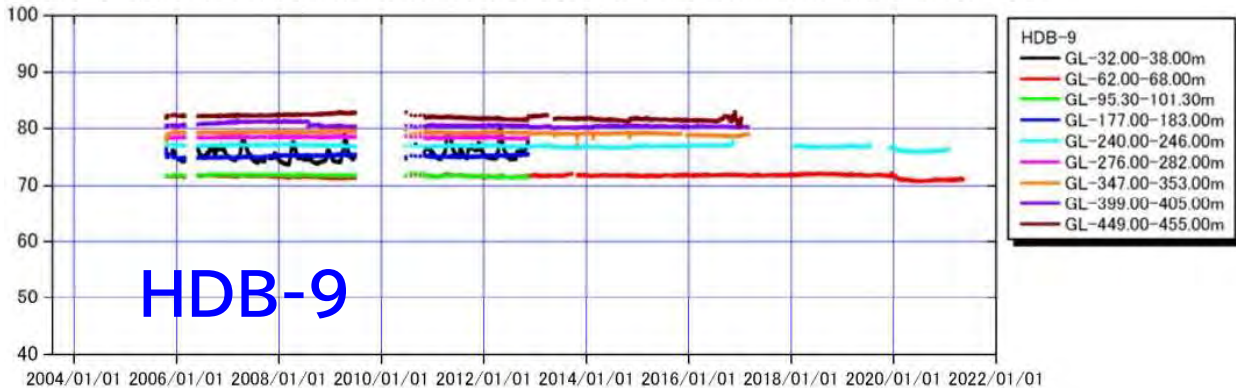
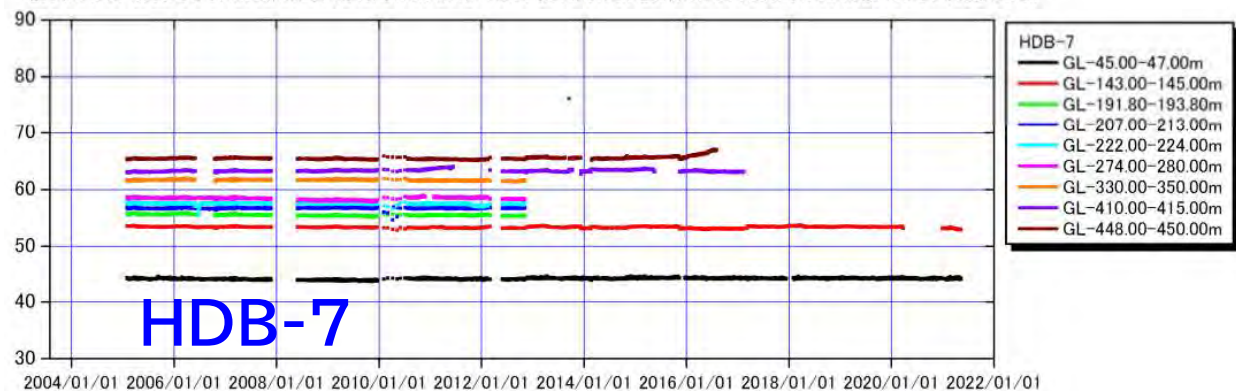
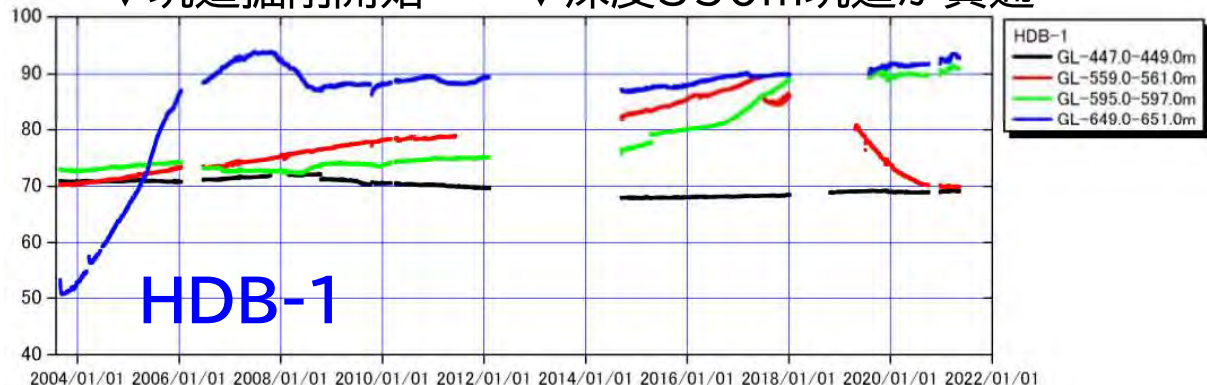
地下施設から150mの範囲にある地下水は排水の影響を受けている  
= 坑道と観測区間が水みちで繋がっている

# 2 Topic①地下水の水圧観測

## 長期観測の結果(1)排水の影響範囲

▼坑道掘削開始      ▼深度350m坑道が貫通

水圧 (海水面からの高さ(m)で表示)

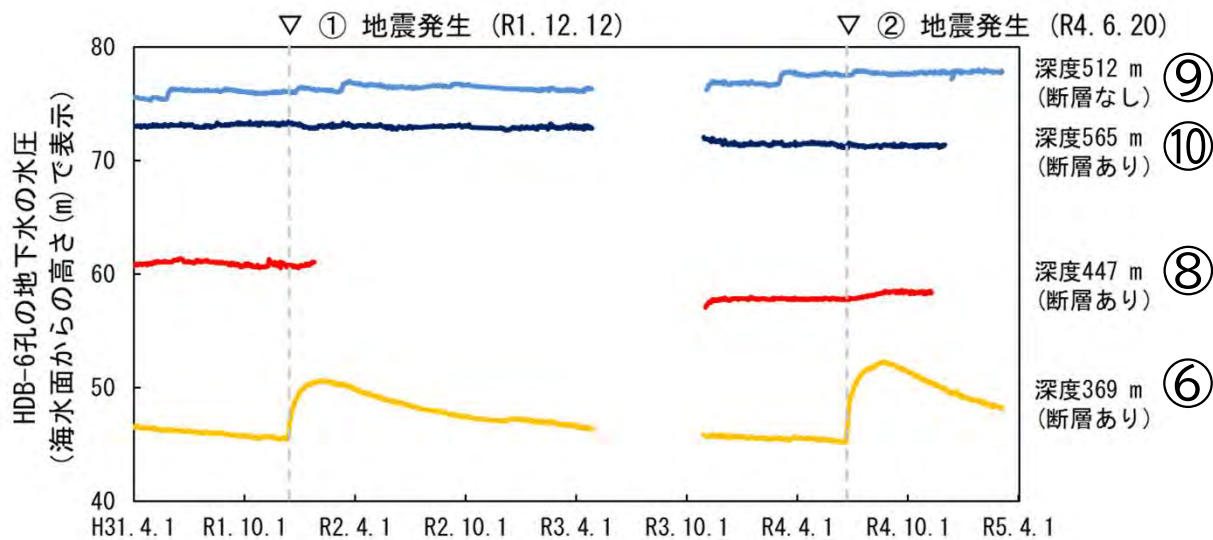


[HDB-1,7,9]  
 ➤ 水圧が低下する傾向はない  
 = 排水の影響を受けていない

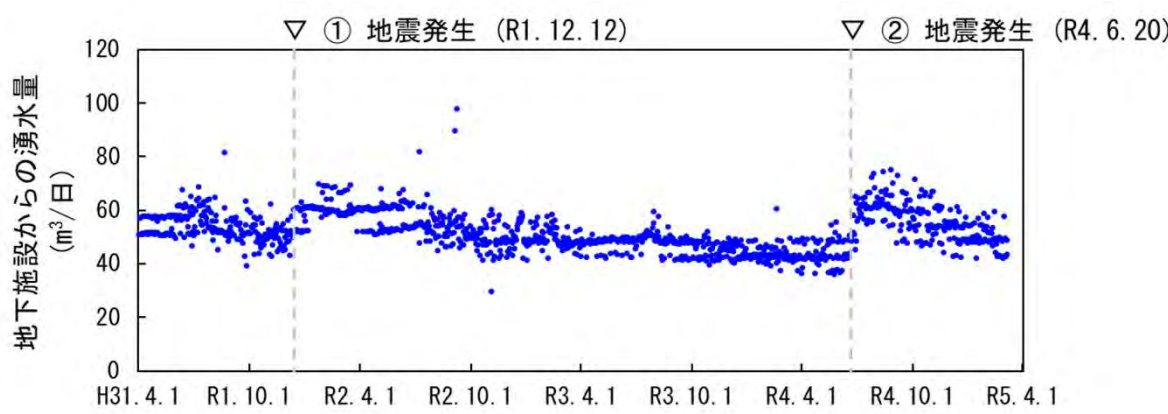
地下施設から600m以上  
 離れると水みちの連続性は  
確認されない



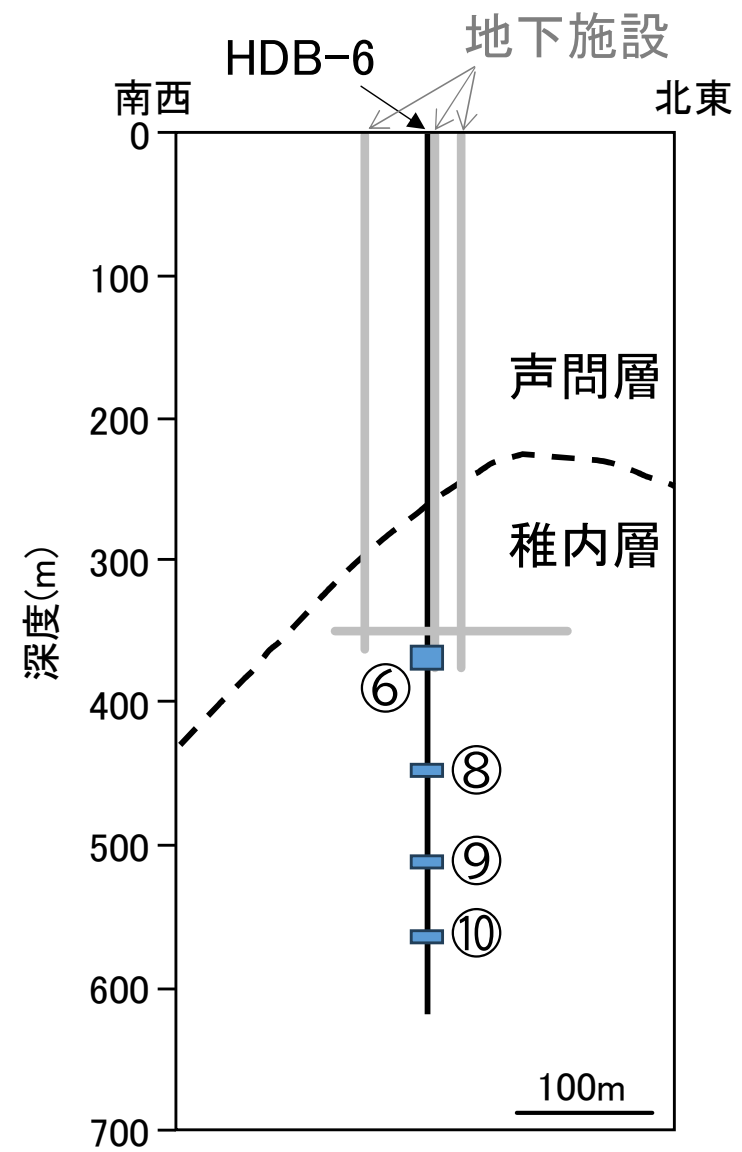
## 長期観測の結果(2)水圧変化の挙動の違い



HDB-6孔の水圧観測結果



地下施設からの湧水量



深度によって地下水の動きが違う = 水みちの連続性が異なる

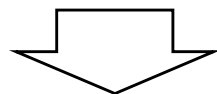


## 2 Topic①地下水の水圧観測

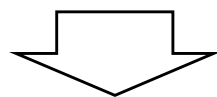
### まとめ

地下水の長期水圧観測を実施してわかったこと:

- ✓ 地下施設から100mの範囲で排水の影響を確認
- ✓ 影響範囲内でも深度によって水圧変化の挙動が異なる



岩盤中の水みちの特徴を示すデータ



水圧観測結果と数値シミュレーションを利用して、  
水みちの特徴を推測 (Topic②)

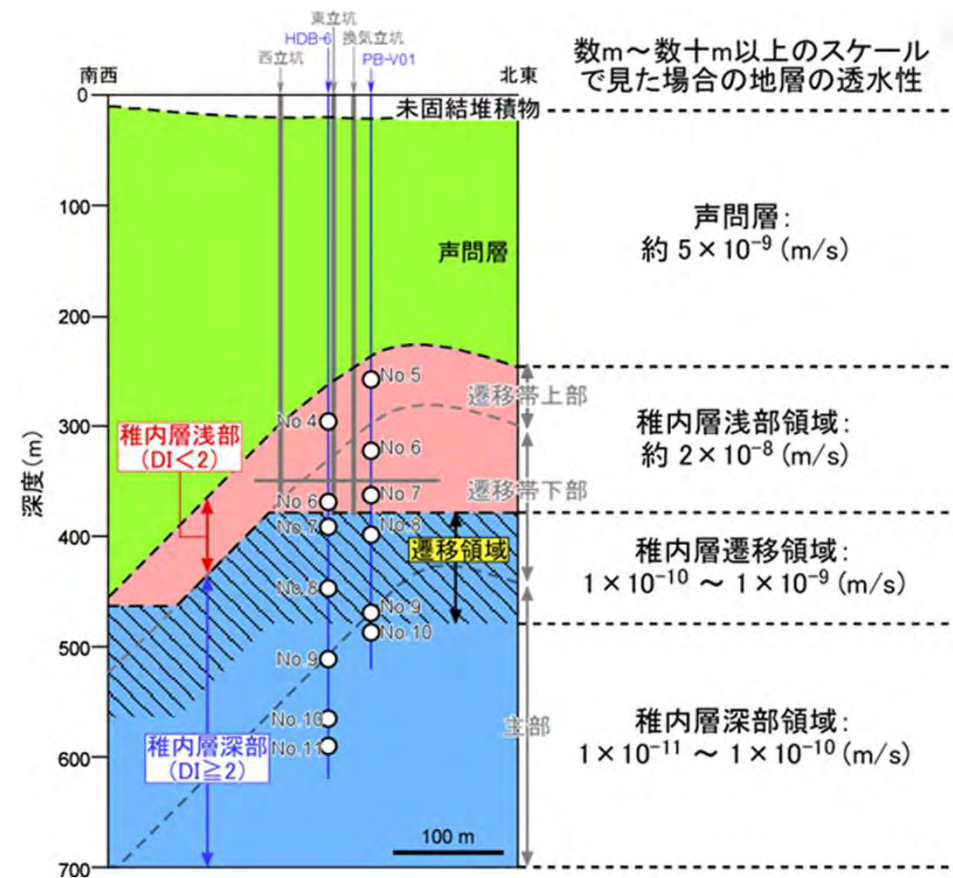
## 2 Topic②地殻変動が地層の透水性に与える影響の把握

### 令和4年度の実施内容と成果

- 稚内層浅部から深部にかけて地層の数m～数十m以上のスケールで見た場合の透水性が徐々に変化する様子を数値解析により再現

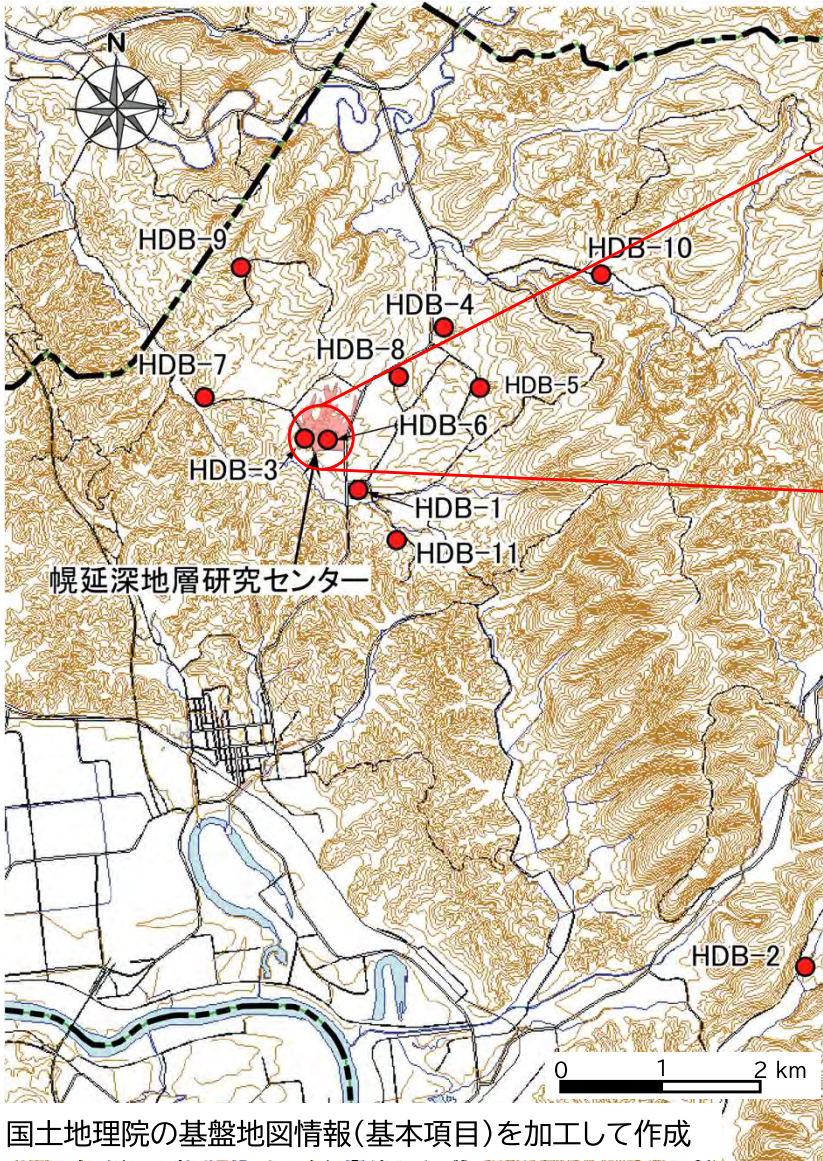
### 研究の背景

- 堆積岩の地下深部で予測される特性
  - 亀裂の連結性が乏しい
  - 地下水が流れにくい
- 低透水性の領域は水位の反応が小さく評価が困難
- 幌延深地層研究センターでは、長期間の水圧・水位観測を実施
  - 立坑に近い深度500m級の観測孔で坑道掘削に伴う水圧変化を観測

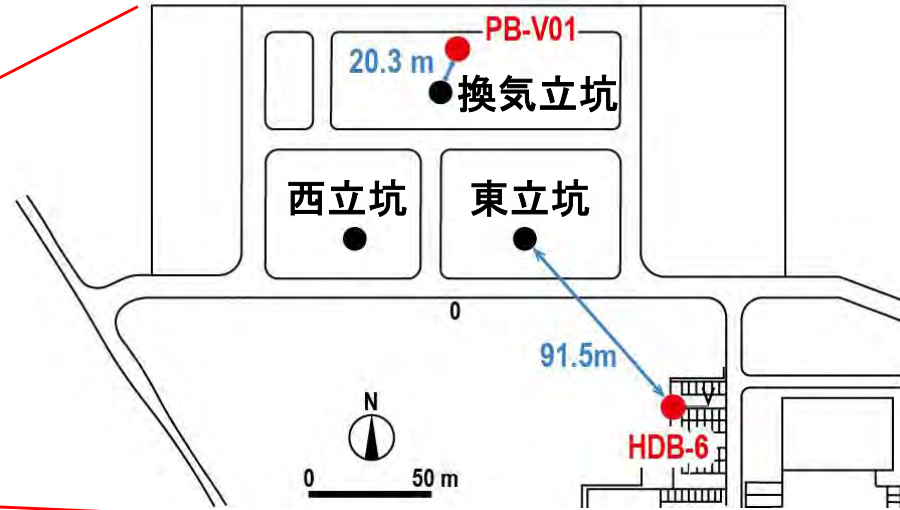


➡ 観測データの再現解析により地下深くの亀裂の連結性を評価

# 2 Topic②地殻変動が地層の透水性に与える影響の把握



深層ボーリング孔位置図



HDB-6

PB-V01

No.	モニタリング区間(深度)
6	301.01-355.51 m
9	461.01-478.47 m
10	479.97-520.00 m

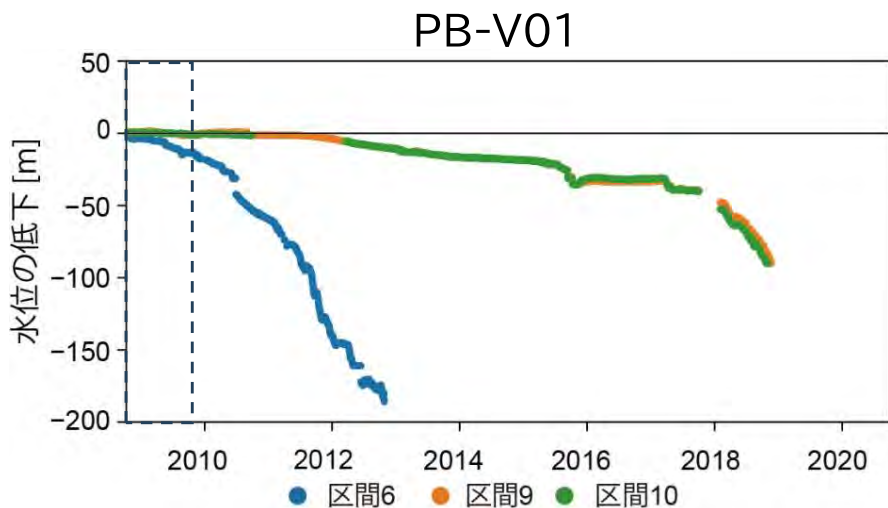
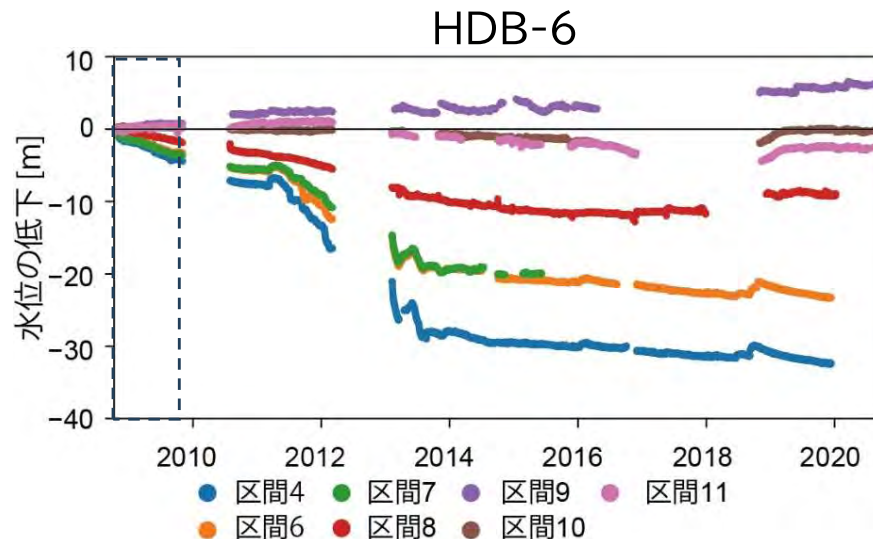
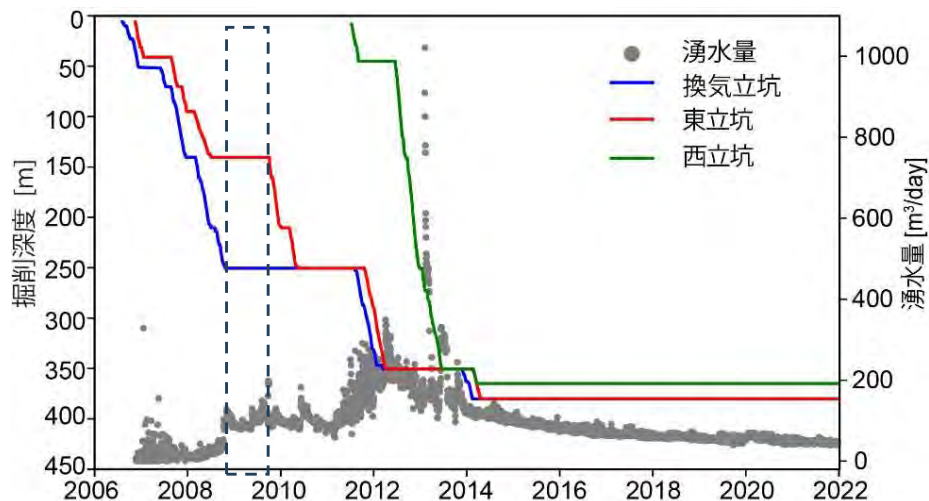
No.	モニタリング区間(深度)
4	291.00-301.00 m
6	364.00-374.00 m
7	389.00-394.00 m
8	443.50-450.50 m
9	509.00-514.00 m
10	562.50-567.50 m
11	587.50-592.50 m

- 異なる深度における水位・水圧変化を再現解析し、各深度における透水性を評価



# 2 Topic②地殻変動が地層の透水性に与える影響の把握

## 観測された掘削深度に伴う湧水量および水位変動



モニタリング(深度)							
4	291.00-301.00 m	7	389.00-394.00 m	9	509.00-514.00 m	11	587.50-592.50 m
6	364.00-374.00 m	8	443.50-450.50 m	10	562.50-567.50 m		

モニタリング(深度)					
6	301.01-355.51 m	9	461.01-478.47 m	10	479.97-520.00 m

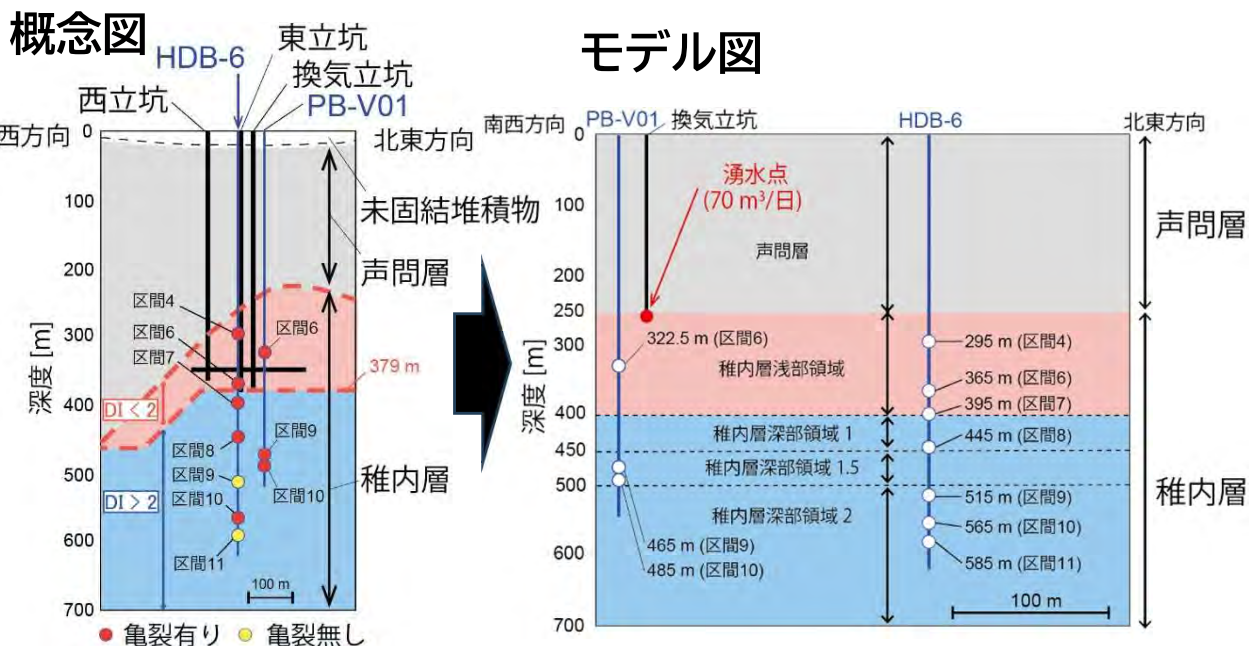
### 各深度における水圧変化

深度	HDB-6	PB-V01
450m以浅	低下	低下
450m以深	/	上昇後に低下
500m以深		上昇

# 2 Topic②地殻変動が地層の透水性に与える影響の把握

## 数値シミュレーションによる透水性の推定

- 複雑なモデル化を避けるため、2008年10月9日からの1年間のデータに着目
  - 観測期間中の湧水量が概ね一定
  - 湧水地点の特定
- 深度450m以深における水位の上昇を水理-力学連成により考慮
- 地質構造およびダクティリティインデックス(DI)モデル\*に基いて参照モデルを構築
  - 遷移的な変化が予測されるDIの値が2付近は詳細に調査



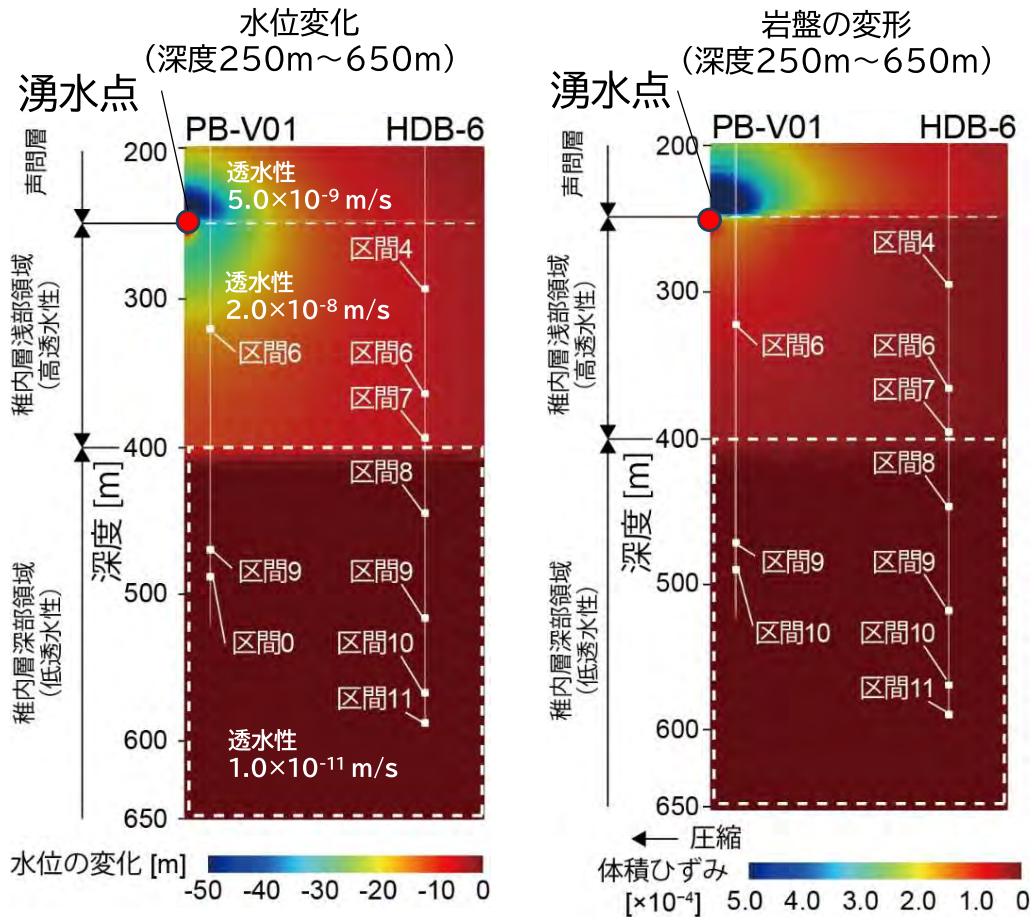
使用したモデル

深度	参照モデル	解析モデル
~250 m	声問層	声問層
250~400 m	稚内層浅部	稚内層浅部
400~450 m		稚内層深部1
450~500 m	稚内層深部	稚内層深部1.5
500m~		稚内層深部2

\*DI(ダクティリティインデックス): 岩石にかかる力を岩石の引張り強さで割ったもの

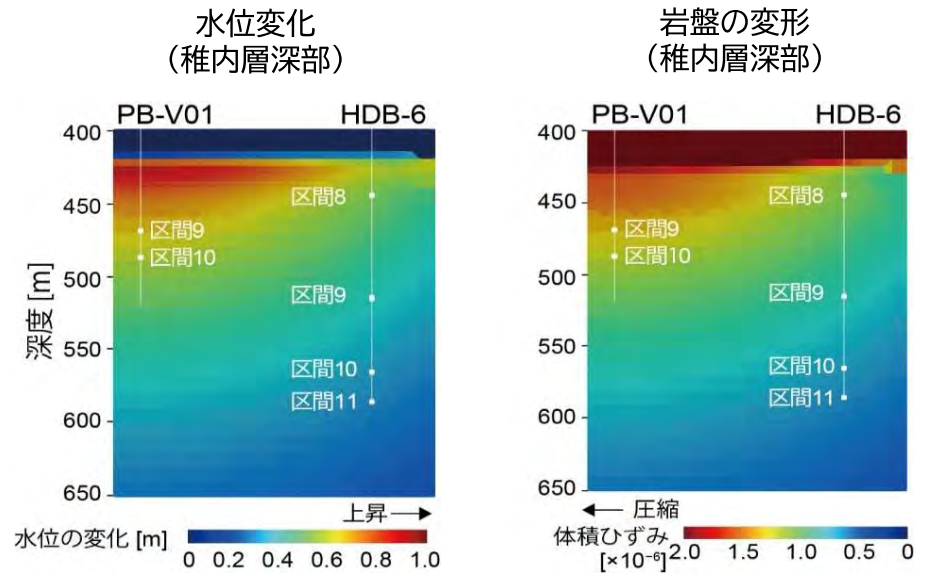
# 2 Topic②地殻変動が地層の透水性に与える影響の把握

- 解析結果 坑道掘削時の湧水に伴う岩盤の変形と水位変化  
参照モデルを用いた結果



解析結果による稚内層浅部と深部の変化

	透水性	水位	変形
浅部	高	低下	圧縮
深部	低	上昇	圧縮



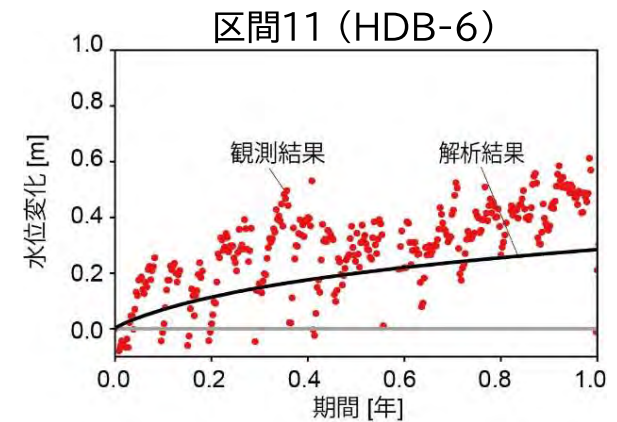
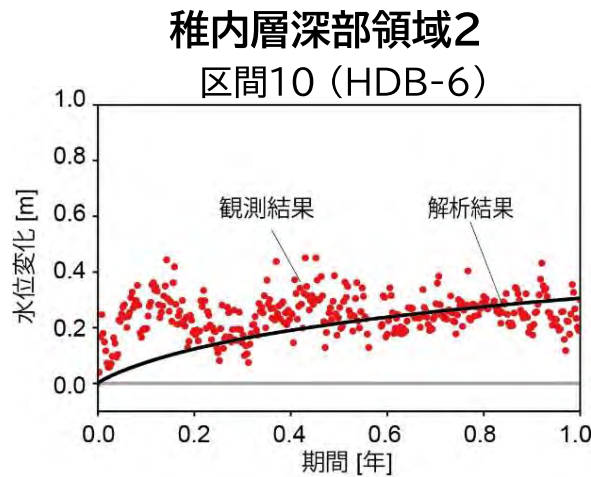
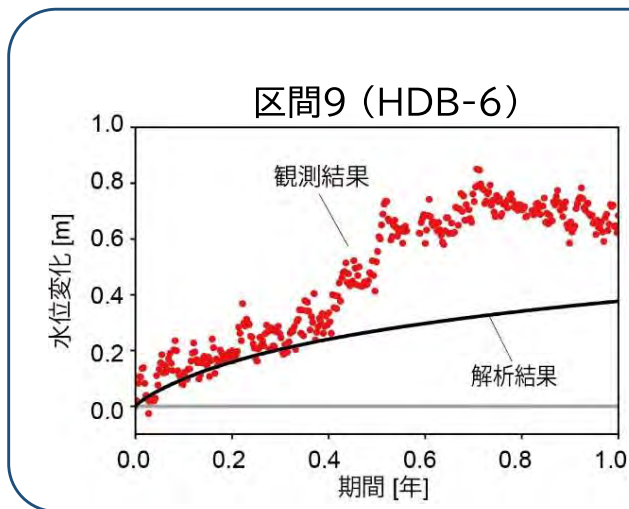
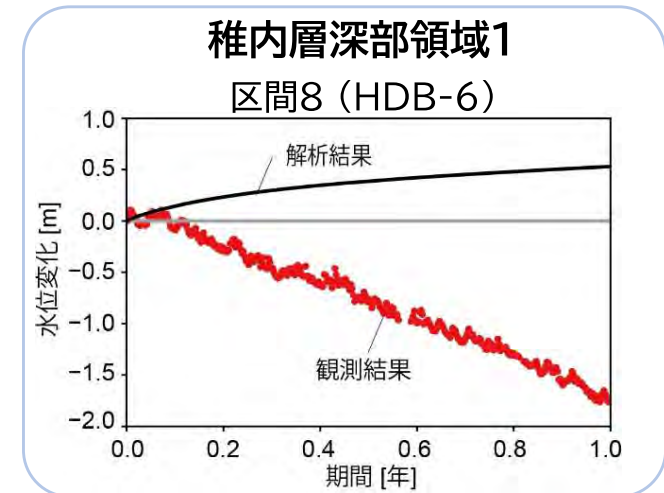
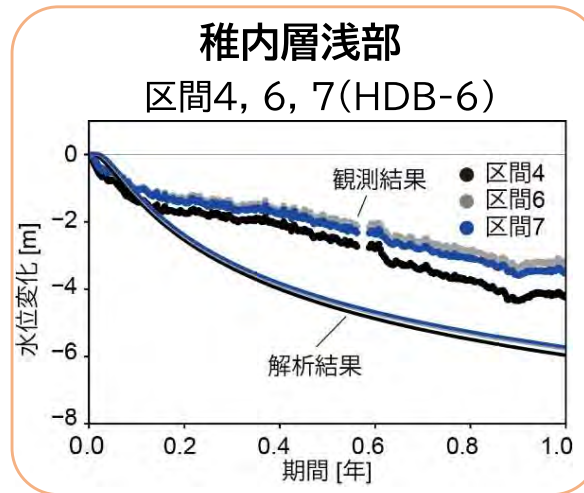
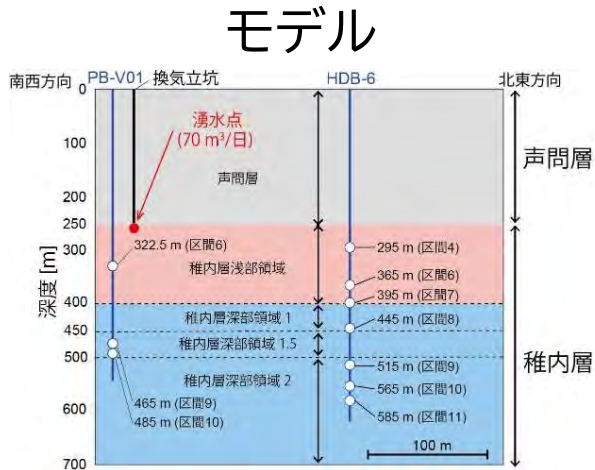
- 稚内層浅部では高透水性のため水位が低下し圧縮変形
- 稚内層深部では圧縮変形が伝わるが低透水性のため水位が上昇

稚内層深部領域における水位上昇を再現



# 2 Topic②地殻変動が地層の透水性に与える影響の把握

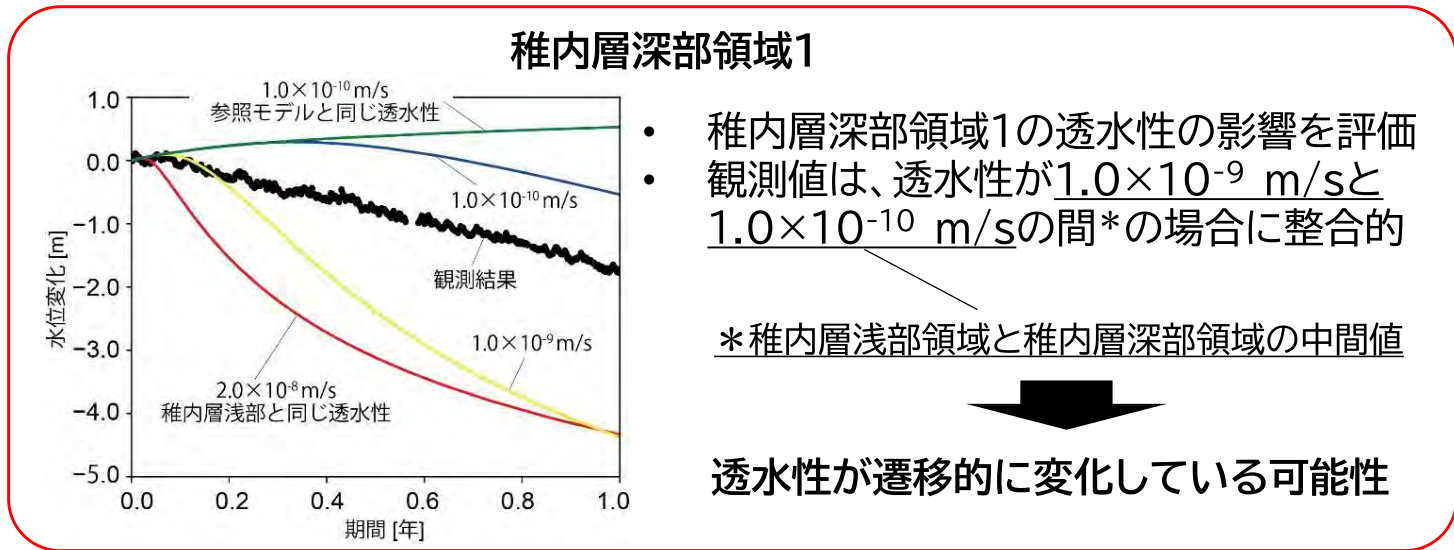
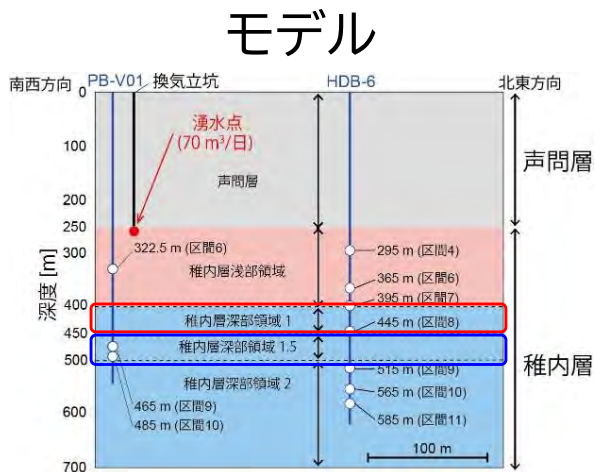
- 観測された水位変化の再現解析による透水性の評価



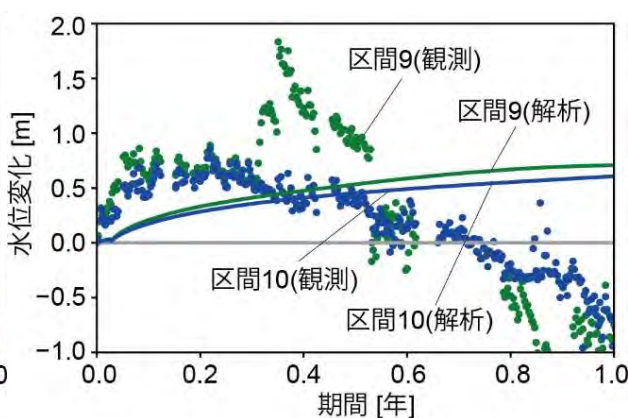
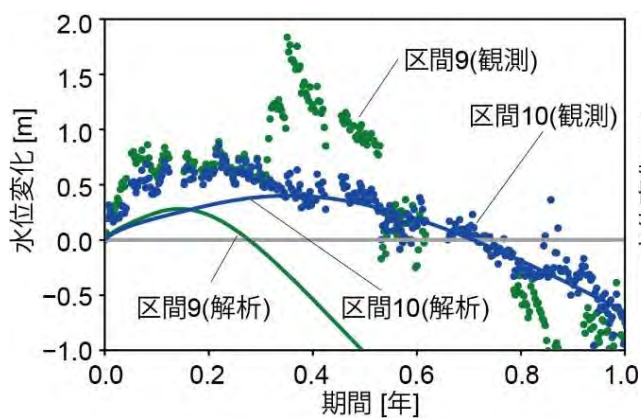
- 水圧観測結果と解析結果を比較し透水性を評価
- 稚内層浅部および稚内層深部領域2において観測された水位変化は参照モデルから得られた結果と整合的
- 稚内層深部領域1および1.5に関しては、各々の領域の透水性を様々に変化させて評価

# 2 Topic②地殻変動が地層の透水性に与える影響の把握

- 観測された水位変化の再現解析による透水性の評価



## 稚内層深部領域1.5 (PB-V01 区間9, 10)



これまでの結果より

解析モデル	透水性
稚内層浅部	$2.0 \times 10^{-8}$
稚内層深部1	$1.0 \times 10^{-9} - 1.0 \times 10^{-10}$
稚内層深部1.5	?
稚内層深部2	$1.0 \times 10^{-11}$ m/s

- |            |                           |            |                           |
|------------|---------------------------|------------|---------------------------|
| 稚内層深部領域1   | $1.0 \times 10^{-9}$ m/s  | 稚内層深部領域1   | $1.0 \times 10^{-10}$ m/s |
| 稚内層深部領域1.5 | $1.0 \times 10^{-10}$ m/s | 稚内層深部領域1.5 | $1.0 \times 10^{-11}$ m/s |
| 稚内層深部領域2   | $1.0 \times 10^{-11}$ m/s | 稚内層深部領域2   | $1.0 \times 10^{-11}$ m/s |

- PB-V01の観測結果から稚内層深部領域1.5の透水性を推定
- 観測結果と解析による水位変化の範囲より  $1.0 \times 10^{-9} - 1.0 \times 10^{-10}$  m/s と判断

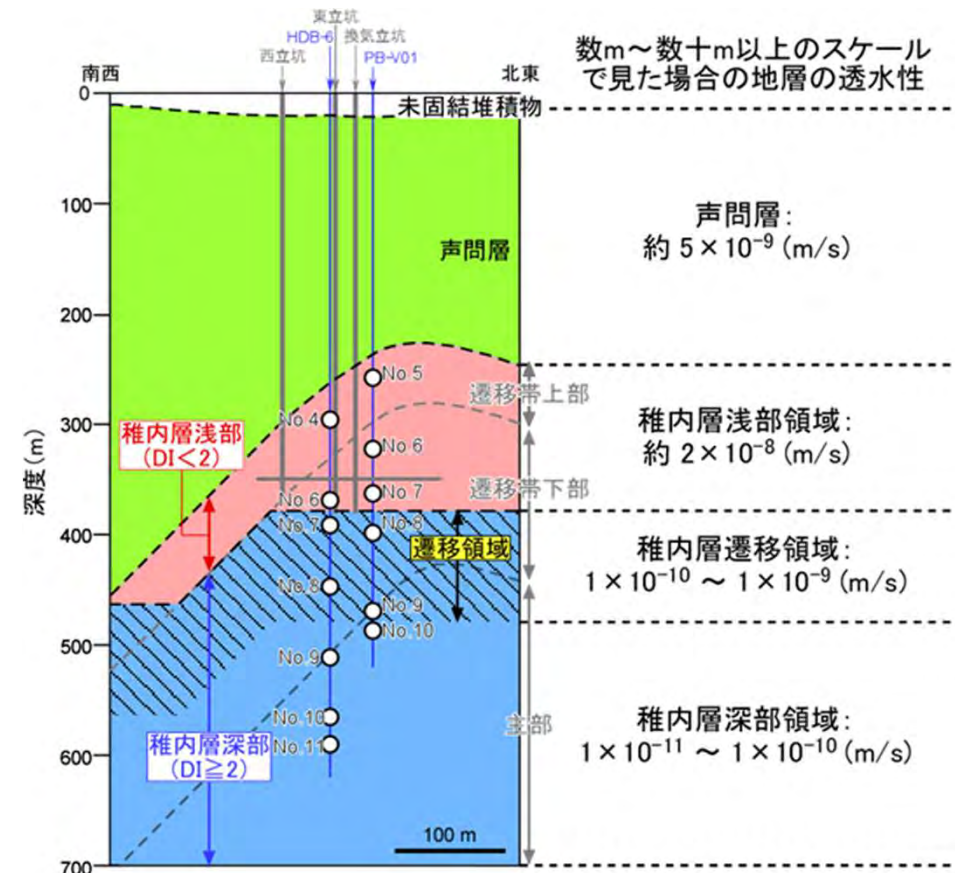
## 2 Topic②地殻変動が地層の透水性に与える影響の把握

### 令和4年度の実施内容と成果

- ・ 稚内層浅部から深部にかけて地層の数m～数十m以上のスケールで見た場合の透水性が徐々に変化する様子を数値解析により再現

### まとめ

- ・ 立坑付近にある深度500m級の観測孔HDB-6およびPB-V01における水圧モニタリング結果の再現解析を実施
- ・ 水理-力学連成挙動を考慮した連成解析により地下深部で観測された水位上昇を再現
- ・ 観測結果と解析結果を比較することで稚内層内部の深度方向の透水性の変化を推定



- ・ より長期間の再現解析の実施による、モデルの妥当性を検討中
- ・ 構築したモデルを用いた将来の水位変化や湧水量予測解析の実施中



## 令和4年度調査研究成果報告

### 1 令和4年度の成果の概要

- 1-1 実際の地質環境における人工バリアの適用性確認
- 1-2 処分概念オプションの実証
- 1-3 地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の検証
- 1-4 令和2年度以降の必須の課題への対応に必要なデータ取得
- 1-5 地下施設の管理
- 1-6 環境調査
- 1-7 安全確保の取り組み
- 1-8 開かれた研究

### 2 Topics～こんな研究を行っています

- ①地下水の水圧観測
- ②地殻変動が地層の透水性に与える影響の把握

### 3 研究に対する評価

地層処分を取り巻く国やNUMOの活動状況  
その他

# 3 研究に対する評価

深地層の研究施設計画検討委員会による  
「令和4年度の成果ならびに令和5年度の計画」に対する総括の結果

## 令和4年度の成果

- 目的に沿った研究開発が**当初計画通り、着実に進められていると評価できる**。  
具体的には、
  - 必須の課題に関連する原位置試験から、多くの貴重な学術的データが得られており、特に**人工バリア関連の試験においては**、観測データと予測解析との比較を通じた手法の妥当性の確認が行われる等、**技術的に価値のある進展が認められる**。
  - **地殻変動による人工バリアへの影響・回復挙動試験**については、必要なデータの取得及びモデルの構築が実施されているほか、海外の学術雑誌に成果が公表されており、それらに関わる**手法の整備が適切に遂行された**と評価できる。

## 令和5年度の計画

- **当初計画及び令和4年度の成果を踏まえた内容となっており、妥当と考えられる**。
- 令和4年度までの成果の取りまとめや公表についても積極的に進めるとともに、令和4年度に協定が発効した**幌延国際共同プロジェクトを最大限に活用した取り組みを期待する**。



## 地層処分研究開発・評価委員会における評価

深地層の研究施設計画検討委員会での評価を踏まえ、

第4期中長期目標期間の初年度として、**顕著な成果が創出されつつ**、一部の項目については成果の創出の芽が出ていること、特に地下研究施設については深地層の研究施設計画検討委員会で**技術的な評価がなされ着実に進んでいること**

が確認されました。

原子力機構のホームページ([https://www.jaea.go.jp/04/tisou/iinkai/hyouka\\_iinkai\\_01\\_dai4ki.html](https://www.jaea.go.jp/04/tisou/iinkai/hyouka_iinkai_01_dai4ki.html))で委員会資料・議事録を公開しています。





# 3 地層処分を取り巻く国やNUMOの活動状況

## 1. GX実行会議

- 第5回会議(令和4年12月22日):総理より、「文献調査の実施地域の拡大を目指し、最終処分関係閣僚会議を拡充するなど、政府を挙げて、バックエンドの問題に取り組んでいきます。」との発言

## 2. 最終処分関係閣僚会議

- 第7回会議(令和4年12月23日):経済産業省より高レベル放射性廃棄物の最終処分の現状と課題について報告
- 第8回会議(令和5年2月10日):経済産業省より高レベル放射性廃棄物の最終処分の実現に向けた政府を挙げた取組の強化について報告されるとともに、基本方針の改定案が提示

## 3. 地層処分研究開発調整会議

- 令和4年度末に現行の全体計画が終了することに伴い、次期(令和5年度以降)の全体計画の策定を行うため、地層処分研究開発調整会議を再開
- 第7回会議(令和4年6月6日)、第8回会議(令和4年8月10日)、第9回会議(令和4年11月10日)、第10回会議(令和5年2月20日)
- 「地層処分研究開発に関する全体計画(令和5年度～令和9年度)」公表(令和5年3月24日)

# 3 地層処分を取り巻く国やNUMOの活動状況

## 4. 国のWGにおける文献調査段階の評価の考え方に関する検討

- 放射性廃棄物WG(令和5年3月2日、5月23日、6月22日):文献調査の取りまとめに向けた評価の考え方等を議論
- 地層処分技術WG(令和5年1月24日、3月14日、4月28日):文献調査段階における評価の考え方に係る技術的/専門的事項について議論  
⇒6月22日に「文献調査段階の評価の考え方(案)」に対する審議のまとめを公表

## 5. 文献調査

- 寿都町および神恵内村においてNUMOが文献調査を開始(令和2年11月)
- 上記両町村において対話の場※を開催(令和5年6月末現在、寿都町:計16回、神恵内村:計14回)  
※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など)及び地域の将来ビジョンなどに関する意見交換を通じて、地層処分事業などの理解を深めることを目的としたもの

## 6. 海外の状況

### フランス

放射性廃棄物管理機関(ANDRA)は、地層処分場(Cigéo)の設置許可申請書を2023年1月16日に政府に提出したことを公表(2023年1月17日)

### スイス

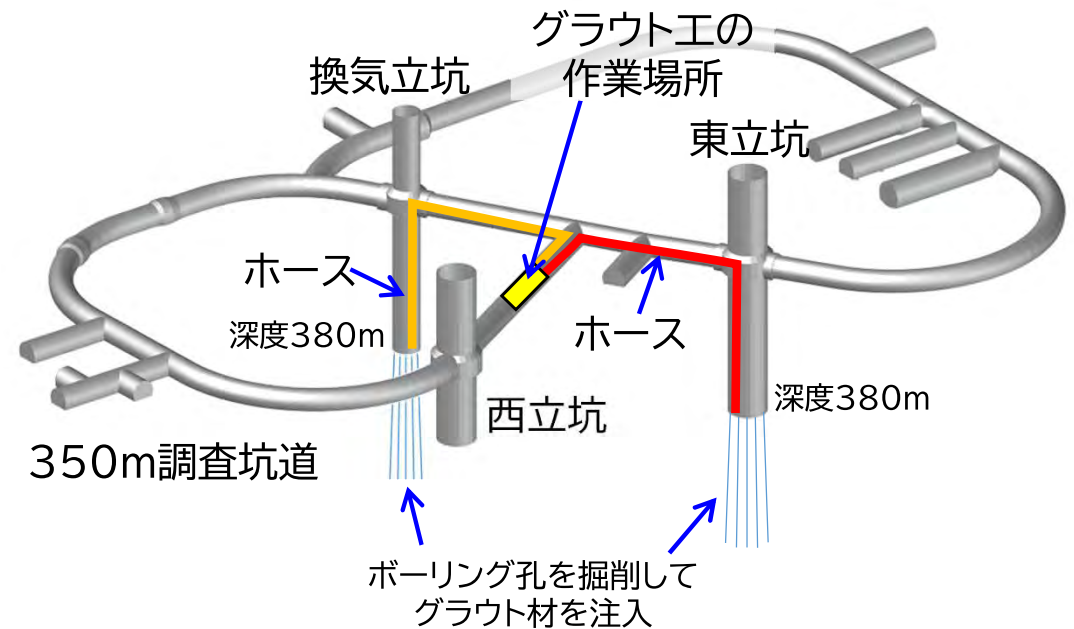
放射性廃棄物管理共同組合(NAGRA)は、地層処分場の地下施設を設置するサイトとして地質学的候補エリア「北部レゲレン」を選定するとともに、地層処分場の地上施設の設置区域をチューリッヒ州ハーバーシュタールとすることを公表(2022年9月10日)

### ドイツ

連邦放射性廃棄物機関(BGE)は、最終処分にとって好ましい地質学的条件が存在すると判断される90区域からさらなる絞り込んだサイト地域を2027年に提案できる見通しを公表(2022年12月19日)

## 立坑掘削のための湧水抑制対策(グラウト工)作業の概要

- 換気立坑・東立坑の坑底からボーリング孔を掘削し、湧水が多い部分にグラウト材(セメントミルク)を注入して、湧水量を抑制する作業を実施中。
- 注入の管理、セメントミルクの配合などを行う設備を350m調査坑道に設置し、坑底までホースを延ばして作業を行っている。
- 東立坑・換気立坑の坑底では、メタンガスの発生を見込んで換気の強化対策を実施。
- 今後、西立坑の坑底でも同様の作業を実施する予定。



湧水抑制対策作業の概要図



# 3 その他:深度350m調査坑道でのメタンガスの発生について

## 地下施設の安全管理の概要

### 監視システム

地下施設では安全に関する様々な情報を、地上の中央管理室において常時監視しており、異常値が検出された場合に、直ちに対応できるよう備えている。

#### 【主な監視項目】

地下の環境(温度、湿度、一酸化炭素濃度、酸素濃度、メタンガス濃度など)

⇒異常検知時には、警報吹鳴

設備の稼働状況(換気設備、排水設備、電気設備など)

入出坑者(入坑中は、地下施設での位置情報)

現場に設置したカメラの映像

### メタンガス対策

- 基本は、換気でメタンガス濃度が上がらないように制御する。
- 作業開始前に現場でポータブルのガスセンサーで計測(労働安全衛生法に従った対応)するとともに、地下施設の主要な個所にメタンガスセンサーを設置して、地上の中央管理室にて24時間モニタリングしている。



地下の環境を監視するセンサー

# 3 その他:深度350m調査坑道でのメタンガスの発生について

## メタンガス発生時の対応

メタンガス濃度(%)	対応内容
0.25以上	火器使用作業の禁止 非防爆電動工具の使用禁止
0.5以上	パトライト点灯
1.0以上	サイレン吹鳴 退避
1.5以上*	坑内電源遮断

\*労働安全衛生規則に基づく措置   メタンガスが爆発する条件(以下のすべてを満たすこと)

- ・空気中のメタンガス濃度が5%~15%である
- ・同時に、酸素が存在する
- ・火気(点火源)が存在する

- 空気中のメタンガス濃度が1.5%を超えた場合、安全装置により自動で電源遮断し点火源を断つ(電源遮断後も地上の換気設備にて坑道換気は継続)
- 電源遮断した場合、作業員は一時避難所等の安全な場所に退避する
- 人キブル関連の電源が復旧した後、地上に退避する

# 3 その他：深度350m調査坑道でのメタンガスの発生について

## 深度350m調査坑道でのメタンガスの発生(6月28日)

### メタンガス発生から作業再開までの状況

#### • 21時46分

東立坑の坑底において水の通りやすさを調べる試験中に、試験装置のホースの出口があった深度350m西連絡坑道において、メタンガス濃度5.0vol%以上を検知した。安全装置が働き350m調査坑道以深の電源を自動遮断、メタンガス濃度は1分ほどで0vol%に低下した。地下施設では、7名の作業員がグラウト作業中であった。

#### • 22時35分

中央監視装置等で異常がないことを確認し、電源を復旧。

#### • 22時45分

坑内設備の点検を完了し、異常のないことを確認。

#### • 1時頃

設備等の異常のないことを確認後、作業を再開。



ホームページの「トピックス」に  
概要を掲載（6月29日 13時）



## メタンガス発生時の作業状況(6月28日)と原因・対策

### ・作業の実施状況

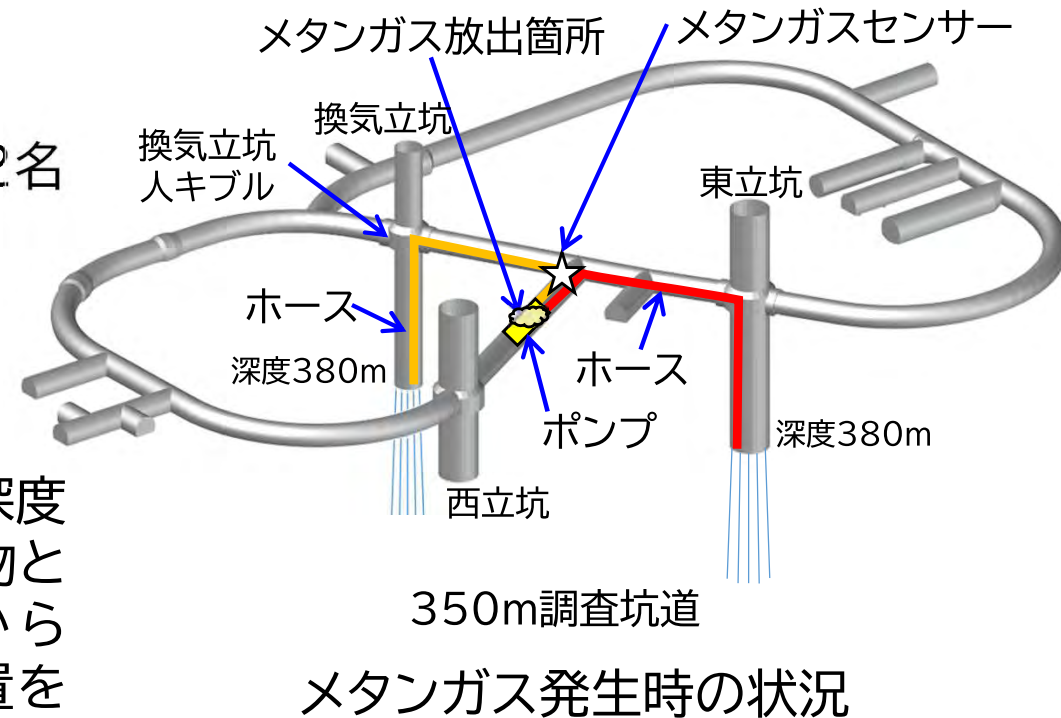
- 東立坑:350m調査坑道からホースにてボーリング孔にポンプで水を供給し、水の通り易さを計測
- 換気立坑:セメントミルク注入作業を実施
- 作業時の人員配置(合計7名)
  - 350m調査坑道(グラウト作業場所):2名
  - 東立坑の坑底:2名
  - 換気立坑の坑底:2名
  - 換気立坑人キブル:1名

### ・原因

東立坑のボーリング孔のグラウト注入区間(深度約480m)より湧出したメタンガスが、残留物とともにホースを通じて、東立坑の坑底から350m調査坑道の作業場所にある制御装置を経て、坑道内に放出された。

### ・今後の対策

東立坑・換気立坑の坑底では、メタンガスの発生を見越して換気を強化していることから、換気による希釈効果を最大限に発揮できる。今後、ホース内にある残留物の抜き取り作業は各坑底において行うこととした。



- 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における概要調査と精密調査で用いられる技術について、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。



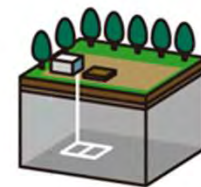
## 文献調査

過去の履歴等  
文献による調査



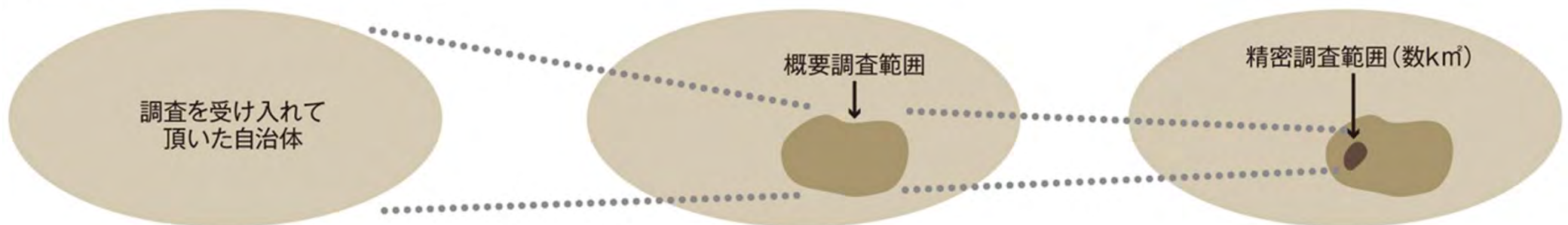
## 概要調査

ボーリングによる  
調査等



## 精密調査

地下施設での  
調査・試験



## 処分場の選定プロセス

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)





ご清聴ありがとうございました。