

# 幌延深地層研究計画の現状と展開

平成23年11月9日  
日本原子力研究開発機構  
地層処分研究開発部門

## 幌延深地層研究計画スケジュール

年度	H12	H17	H23	H26	H30
項目					
調査研究	▼H12取りまとめ		第2期中期計画 (H22~H26)		
	第1段階		第2段階		
	▼第1段階取りまとめ		第3段階		
施設建設	地上施設	[Red Bar]		研究管理棟・試験棟:H13.5.31竣工 PR施設ゆめ地創館:H19.6.30竣工 国際交流施設:H21.10.17開館	
	地下施設	掘削状況(H23.40現在) ・換気立坑:深度250.5m ・東立坑:深度250.5m ・140m水平坑道整備, 250m水平坑道掘削中		[Green Bars]	

- 第1段階：地上からの調査研究段階
- 第2段階：坑道掘削(地下施設建設)時の調査研究段階
- 第3段階：地下施設での調査研究段階

# 地下施設の工事進捗状況



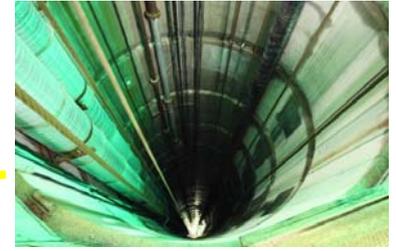
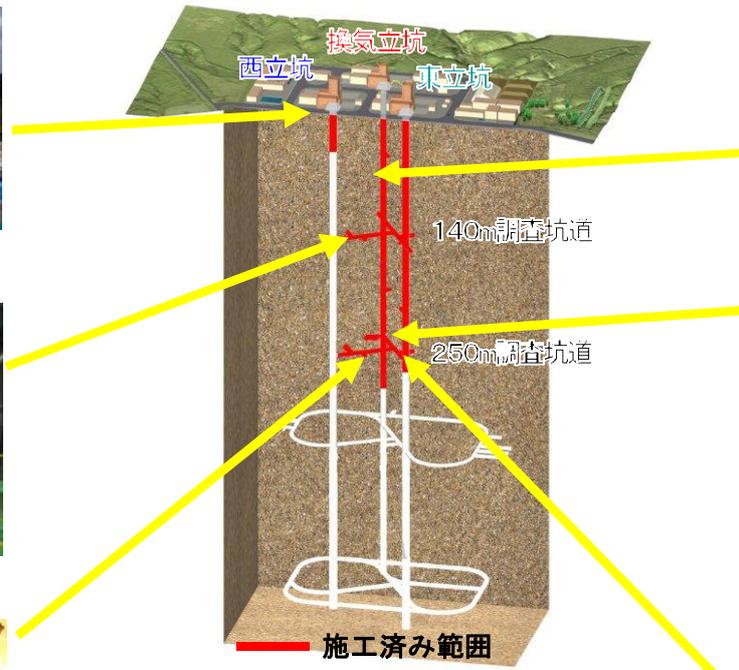
西立坑掘削工事(H23.6.1)



140m調査坑道



換気立坑掘削工事  
(H23.8.23)



換気立坑



250m調査坑道 (H23.4.14)



250m以上の立坑プレグラウト  
(東立坑:H23.8.23)

## 【立坑掘削状況(10/31現在)】

東立坑 : 掘削深度 255.0 m

換気立坑 : 掘削深度 295.0 m

西立坑 : 掘削深度 47.0 m

## 【調査坑道掘削状況(10/31現在)】

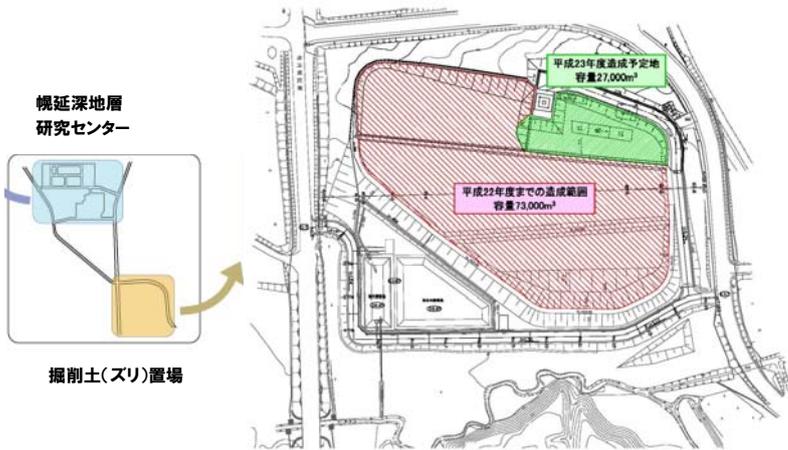
深度140m調査坑道 : 掘削長 173.6 m

深度250m調査坑道 : 掘削長 178.1 m

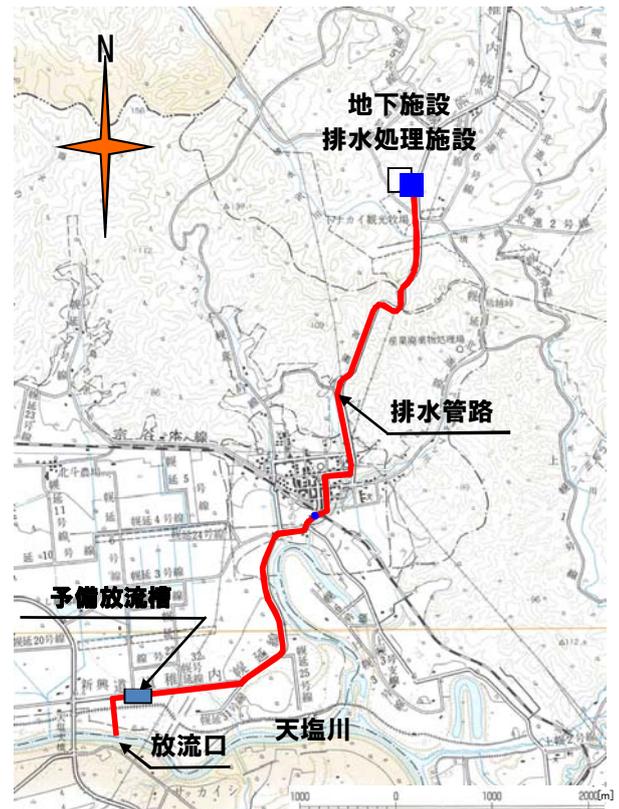
# 掘削土(ズリ)置場・排水施設の整備状況

## 【掘削土(ズリ)置場の工事】

## 【排水管路敷設ルート】



平成22年10月19日撮影



(国土地理院5万分の1地形図を使用)

# 地下研究施設整備(第II期)等事業の概要

民間の資金、経営能力及び技術的能力の活用を図り、効率的かつ効果的に実施するため、PFI法に基づく事業として実施。

## 【事業概要】

- 施設整備業務 : 掘削工事、掘削土(ズリ)・排水処理、計測、環境対策など
- 維持管理業務 : 保守、運転・監視、見学者対応支援など
- 研究支援業務 : 地下施設建設時及び地下施設での調査研究支援

## 【事業期間】

- 施設整備業務 : 平成23年2月 ~ 平成26年3月
- 維持管理業務 : 平成23年2月 ~ 平成31年3月
- 研究支援業務 : 平成23年2月 ~ 平成31年3月

## 【地下施設の整備範囲】

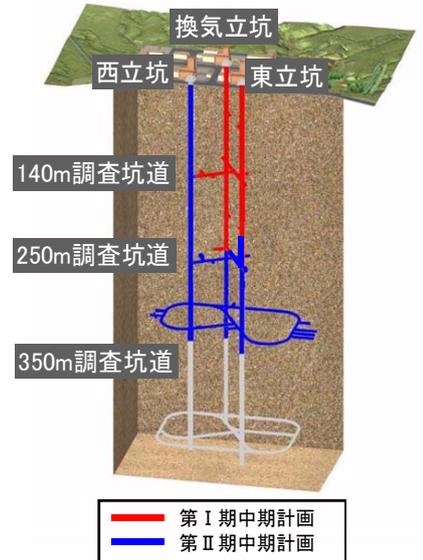
- 換気立坑 : 深度250m ~ 380m、内径4.5m
- 東立坑 : 深度250m ~ 380m、内径6.5m
- 西立坑 : 地表 ~ 365m、内径6.5m
- 250m水平坑道(完了部分除く)、350m水平坑道

## 【対価の支払い】

- 事業期間に亘る対価の合計額を平準化

## 【整備した施設の所有権】

- 定期的に原子力機構へ引渡す



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。

地下施設整備計画工程(予定)

施工箇所	FY H22	FY H23	FY H24	FY H25
換気立坑				
東立坑				
西立坑				
250m調査坑道				
350m調査坑道				

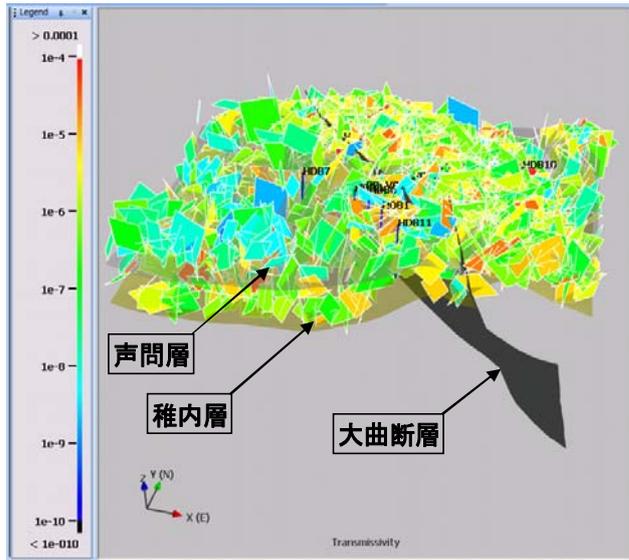
# 我が国の堆積岩を対象とした地層処分における課題

- ① 日本列島は環太平洋造山帯に位置することから、海外の堆積岩に比べ高透水性の地質構造(断層・割れ目など)が存在し、**多孔質媒体に加え割れ目媒体の性質を併せ持つ**。施設設計や安全評価においては、これらの特性を踏まえた調査評価技術が必要となる。
- ② 孤島列島に位置する日本では、**海水準変動など沿岸域における長期の地質現象**を踏まえた施設の設計、安全評価が必要となる。
- ③ 沿岸域の深部地下水は長期滞留状態にあるが、大規模地下施設の**建設・操業インパクトにより地質環境が擾乱されるため、その影響回復過程**を踏まえた安全評価が必要となる。
- ④ **安全評価シナリオと“現実の設計・施工”のトレードオフを明確化し、それらの経験に基づき合理的な地層処分技術の構築**が必要となる。

幌延は変動帯の堆積岩・沿岸域特有の地質環境を対象とした世界唯一のURL

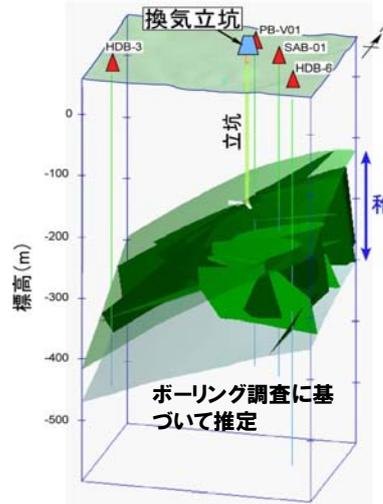
# ①わが国の堆積岩固有の地質特性の把握

主な成果:ボーリング調査、水圧観測、地質構造のモデル化により、**重要な水理地質構造(断層、割れ目)の分布、形成プロセスを把握**

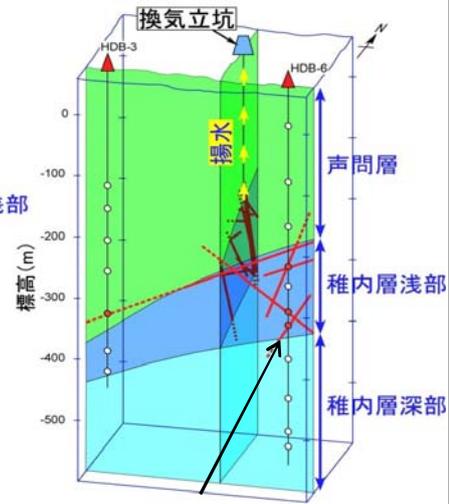


幌延(声問層・稚内層)における透水性割れ目のネットワーク構造

## URL周辺の地質構造と水圧応答



透水性断層の3次元分布(推定)



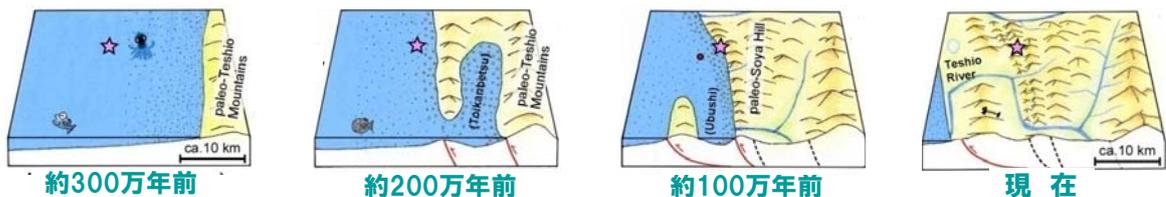
水圧応答箇所

地下施設周辺のボーリング孔の水圧応答

意義:堆積岩における高透水性地質構造の調査手法(調査手順やモニタリング地点の配置方法など)、合理的な地下施設のデザイン・施工方法を提示。また、堆積岩が本来有する多孔質特性と合わせ物質移行経路を明確化し、安全評価手法に反映。

# ②沿岸域における長期の地質現象を踏まえた地質環境の変遷(過去～現在の地質現象のシナリオ化・将来予測)

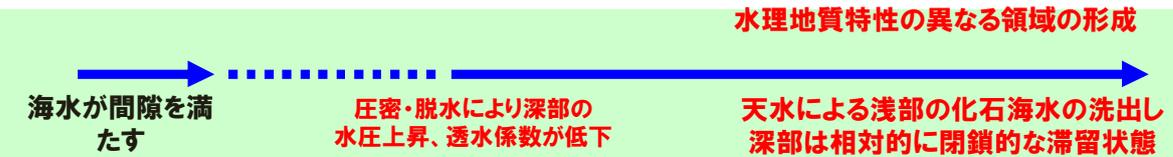
主な成果:ボーリング調査結果に基づき、**地質環境の長期変遷シナリオを構築、地質環境特性の長期変化を解明**



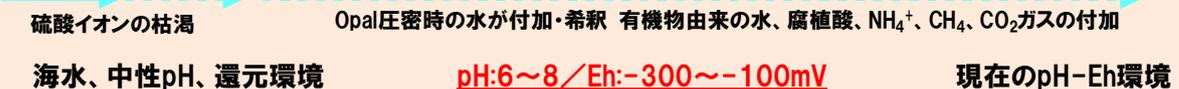
重要な地質構造の発達史



地下水流動特性の変遷



化学条件の変遷



意義:海水準変動や、海外に比べ大きな隆起・侵食速度、それに伴う地質構造の変化、その結果形成された地質環境特性などを把握し、**地下深部の長期隔離性(安定性)の解析手法を提示。**

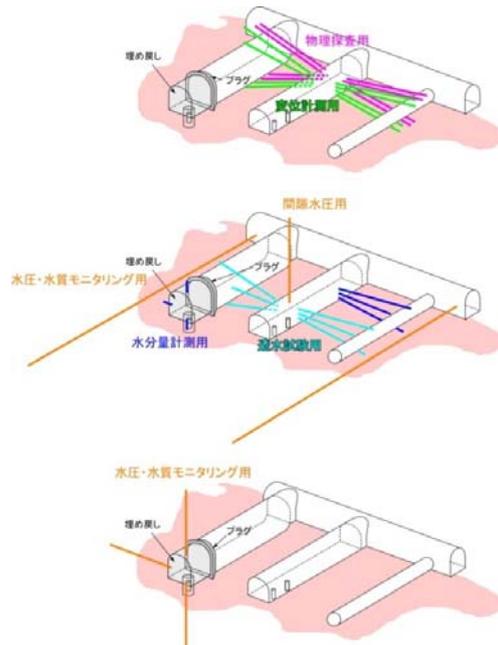
### ③ 施設建設インパクトとその回復過程を考慮した安全評価

これまでの成果: 岩盤に酸素を注入・循環させる予備試験(140m坑道)  
酸化インパクトの回復速度、重要なプロセス(水-鉱物-微生物相互作用)に関わる基礎的知見を取得



350m調査坑道

#### 350m坑道での水平坑道掘削影響・回復試験計画



#### 【力学】

物理探査および岩盤の変位計測を行う。掘削から埋め戻しまで、物理探査の繰り返し計測を行い、掘削影響領域の発生・その経時変化を力学の観点から把握する。

#### 【水理】

透水試験、水分量計測、間隙水圧計測を行う。透水試験は繰り返し計測し、坑道掘削による掘削影響領域の発生・その経時変化(回復挙動)を水理学の観点から把握する。

#### 【地球化学】

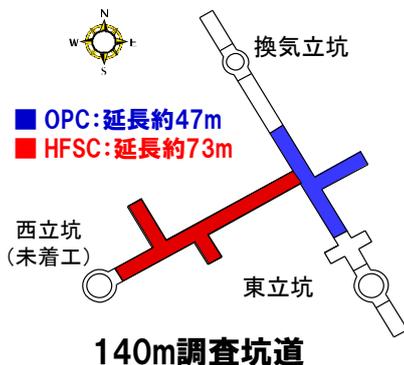
水質モニタリングを行う。定期的なサンプリングにより、坑道掘削による掘削影響領域の発生・その経時変化(回復挙動)を地球化学の観点から把握する。

堆積岩を対象として坑道の掘削から埋め戻し以降の環境回復過程を観察し、坑道周辺から未擾乱領域までの地質環境が定常状態に達するまでの連成プロセスを理解する。また、異なる断面形状・断面径の水平坑道を対象として計測を行うことにより、坑道形状の違いによる変化の違いについても評価する。

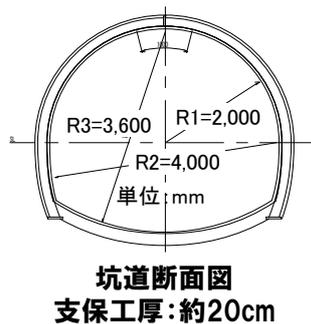
### ④ 安全評価シナリオと設計・施工のトレードオフに関わる

#### 処分技術の構築

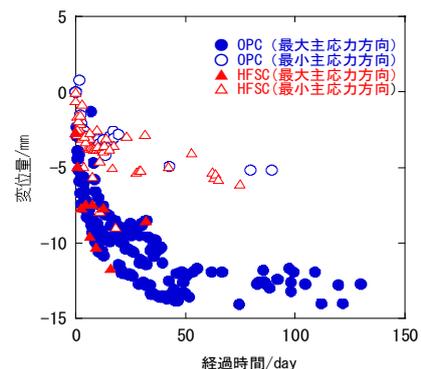
主な成果: 新たに開発した、環境影響の小さい低アルカリ性セメントを世界で初めて坑道に施工し、その影響、健全性を確認



140m調査坑道



坑道断面図  
支保工厚: 約20cm



HFSCの内空変位(最大・最小主応力方向)の経時変化は、OPCと同等



吹付け施工状況(140m調査坑道)



OPC



HFSC

フェノールフタレイン呈色状況

意義: 安全評価シナリオ上好ましく、かつ信頼性を保証した、化学影響の小さいセメント材料を開発するとともに、利用可能な施設建設技術として実証

## 年度目標

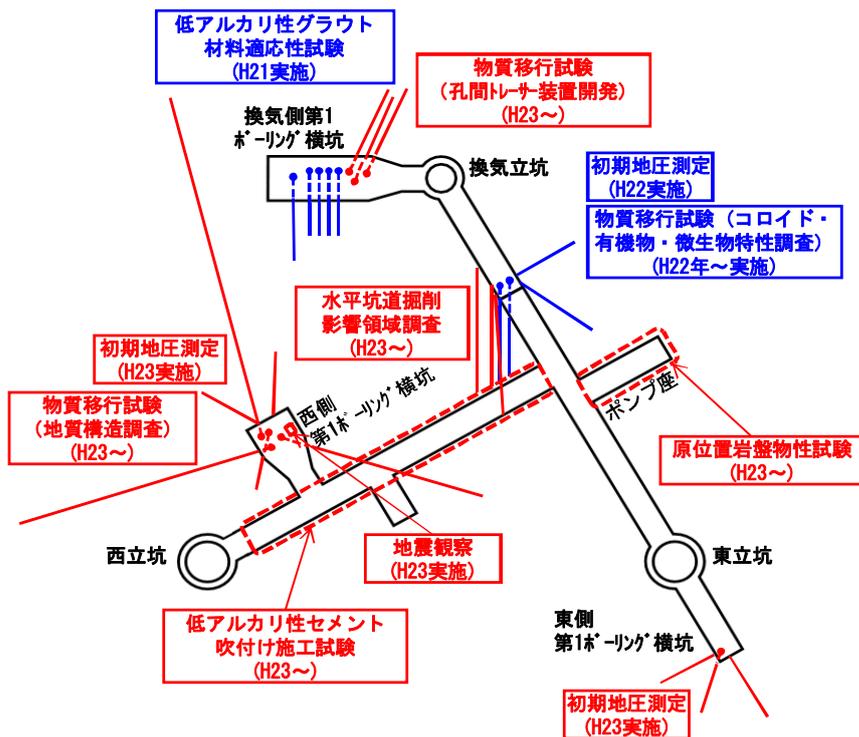
- 坑道掘削を通じての地表からの調査段階における地質環境調査技術の信頼性の確認
- 精密調査や安全審査基本指針の策定等を支える技術基盤の整備
- 調査坑道（水平坑道）を活用した相互理解の促進（深地層の体験等）
- 原位置での計測・試験に基づく坑道の設計・施工技術の適用性確認
- 坑道の湧水状況に対応した湧水抑制対策（グラウト）の有効性評価

## 深地層における工学技術の基礎の開発

## 期待される成果

- 主に深度350mまでの立坑掘削及び壁面観察による稚内層上部における岩相や断層・割れ目の分布、岩盤物性等の把握
- 岩盤の物質移動特性評価把握のための室内試験及び予備的原位置試験を通じての原位置試験・解析技術の整備
- 坑道掘削に伴う掘削影響（力学・水理・化学）を評価する調査技術の構築
- 原位置岩盤物性試験を通じての岩盤の力学特性の把握
- 情報化施工技術の適用性の提示
- 坑道の湧水抑制対策（グラウト）の情報に基づく対策の有効性の提示

# 250m調査坑道における試験の概要



250m調査坑道における試験

### 【物質移行試験】

- 物質移行試験を行うための孔間トレーサ試験装置の開発及び適用性確認。
- コロイド・有機物・微生物などの影響を確認。
- 深部における試験箇所選定のための検層・水理試験。

### 【初期地圧測定】

- 当該深度における初期地圧の空間分布の把握。

### 【原位置岩盤物性試験】

- 平板載荷試験、ロック(ブロック)せん断試験を行い、岩盤の力学特性を把握。

### 【地震観測】

- 地下深部における地震動を計測し、施設設計の妥当性を確認。

### 【水平坑道掘削影響試験】

- 掘削影響領域を評価するための、トモグラフィ調査(弾性波、音響、比抵抗)、透水試験。

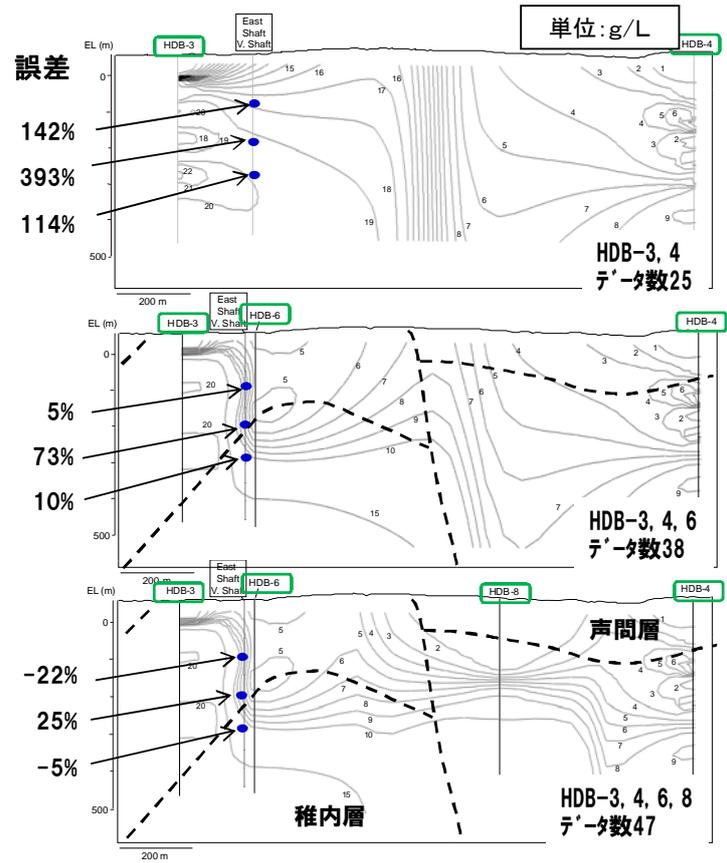
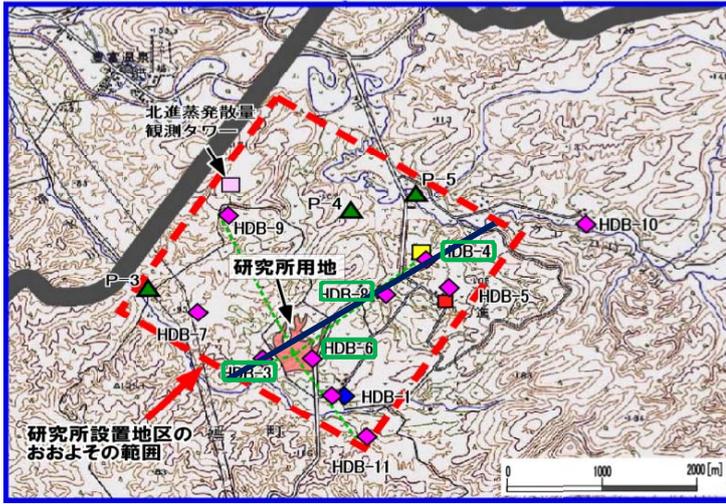
### 【低アルカリ性セメント吹付け施工試験】

- 低アルカリ性セメントの施工性を確認。

# H23年度の研究開発の成果

## 地質環境調査評価技術開発 (地下水化学)

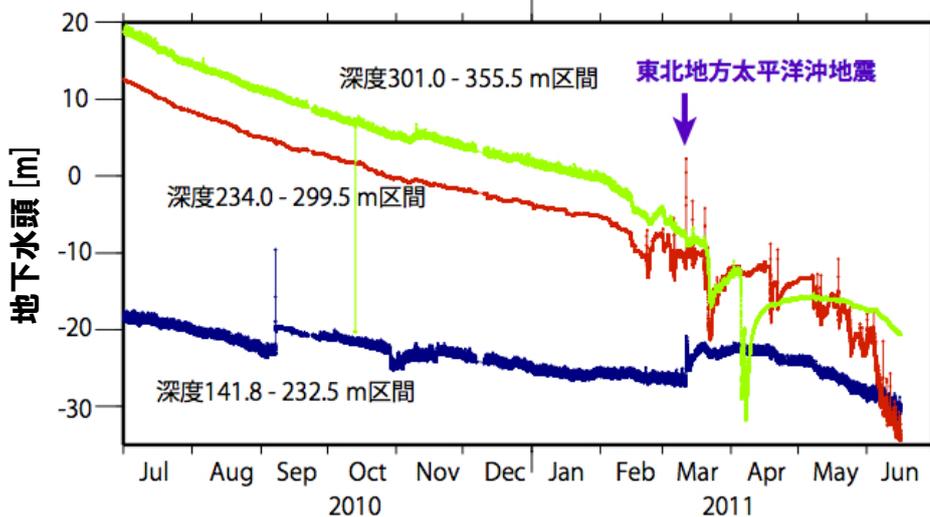
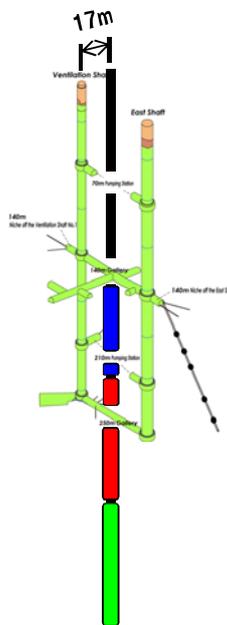
- 地上からのボーリング調査の予測精度の検討
  - 地球化学モデルの作成→立坑地点の塩分濃度を予測→実測値と対比して精度を確認
  - 高透水性領域が想定される付近(HDB-6)では、ボーリング調査が必要
  - ボーリング孔が1km間隔程度になると、塩分濃度の予測精度は±30%程度



# H23年度の研究開発の成果

## 地質環境調査評価技術開発 (地下水モニタリング)

- 地震に伴う水圧変動幅の観測事例を拡充して、地下における地震の影響を評価
  - 3/11に発生した東北地方太平洋沖地震による水圧変化を観測
  - 地震に伴う水圧変化は、掘削に伴う変化に比べてわずかであり、数ヶ月で回復



250m調査坑道の掘削

250m以深の高透水性部へのグラウト施工

(ボーリング孔名: PB-V01孔)

# H23年度の研究開発の成果

## 深地層における工学技術の基礎の開発(原位置岩盤物性試験)

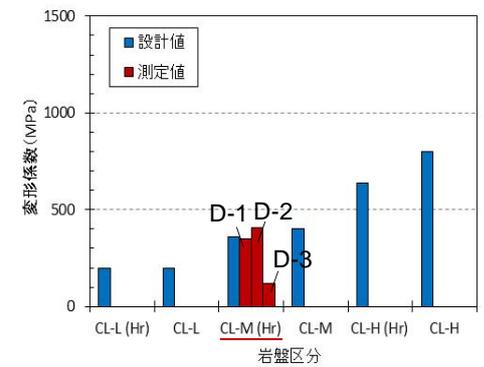
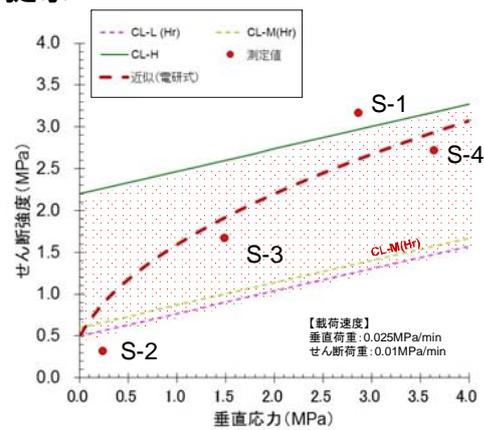
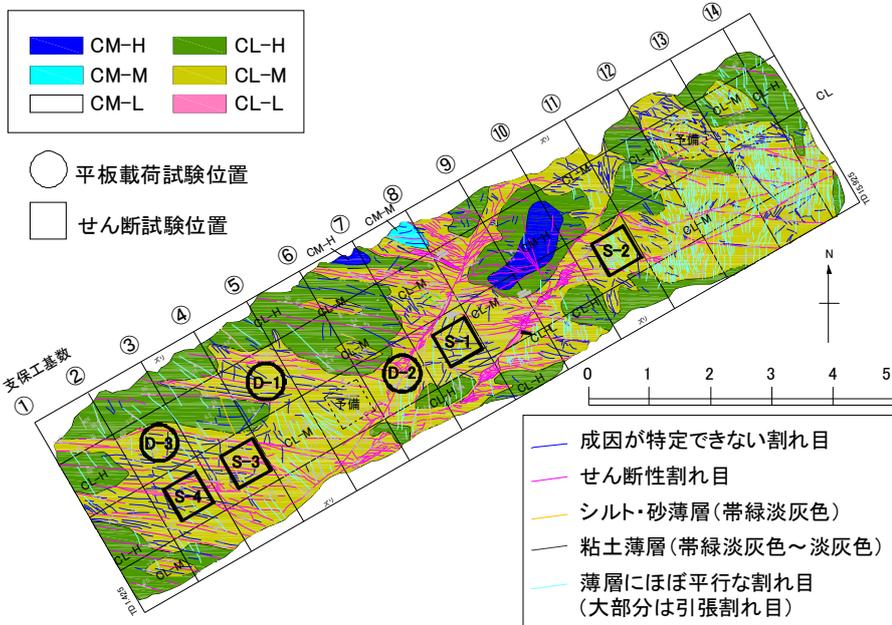
- 地上からの調査結果に基づく岩盤物性設定の妥当性評価(原位置岩盤物性試験を通じての岩盤の力学特性の把握) → 設計のための岩盤物性設定の考え方の提示

### ロックせん断試験の結果

- CL級の破壊基準線の幅の中にある

### 平板載荷試験の結果

- D1・D2の測定値はCL-M (Hr.) 級の想定値とほぼ同等

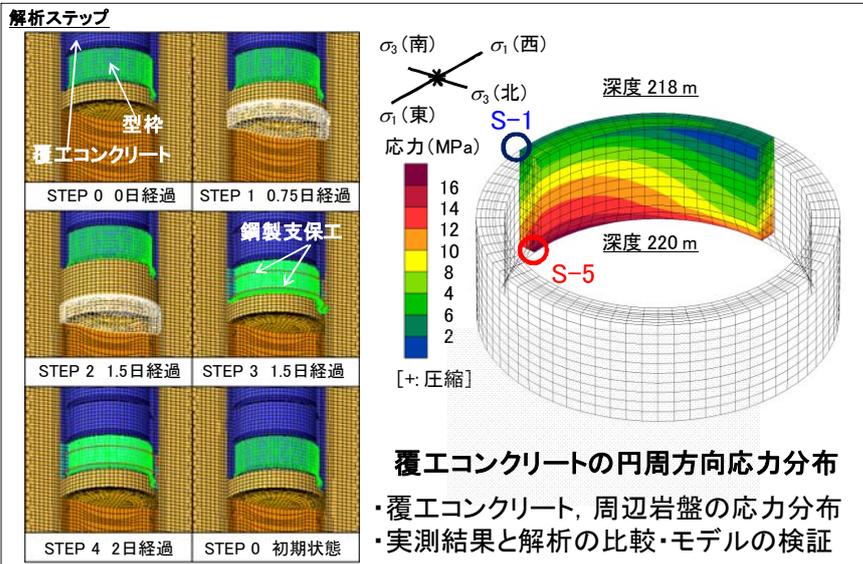


# H23年度の研究開発の成果

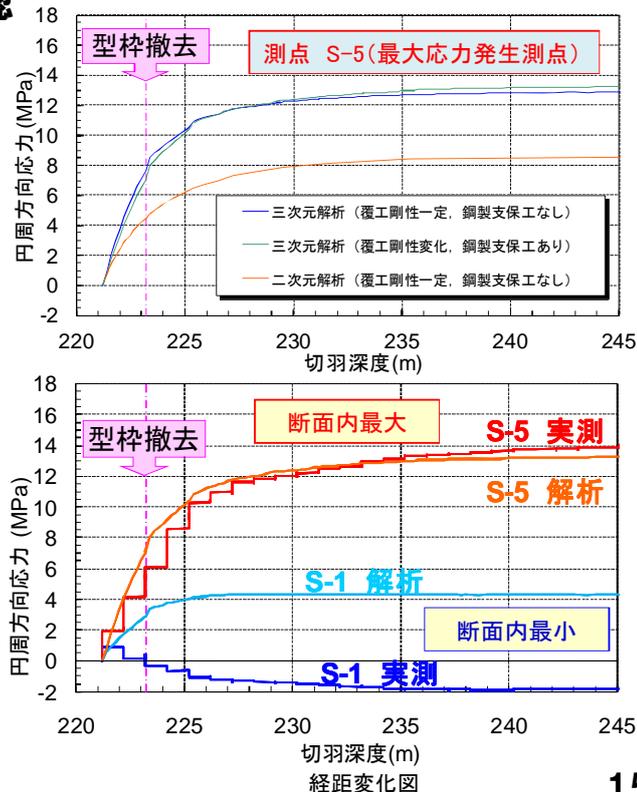
## 深地層における工学技術の基礎の開発(情報化施工技術)

- 情報化施工計画に基づいた東立坑での岩盤・支保の力学挙動の原位置計測(岩盤観測、内空変位、覆工コンクリート応力、ロックボルト軸力、地中変位)と既往設計手法等の適用性の確認

- 地下施設施工管理手法(情報化施工計画)の有効性確認



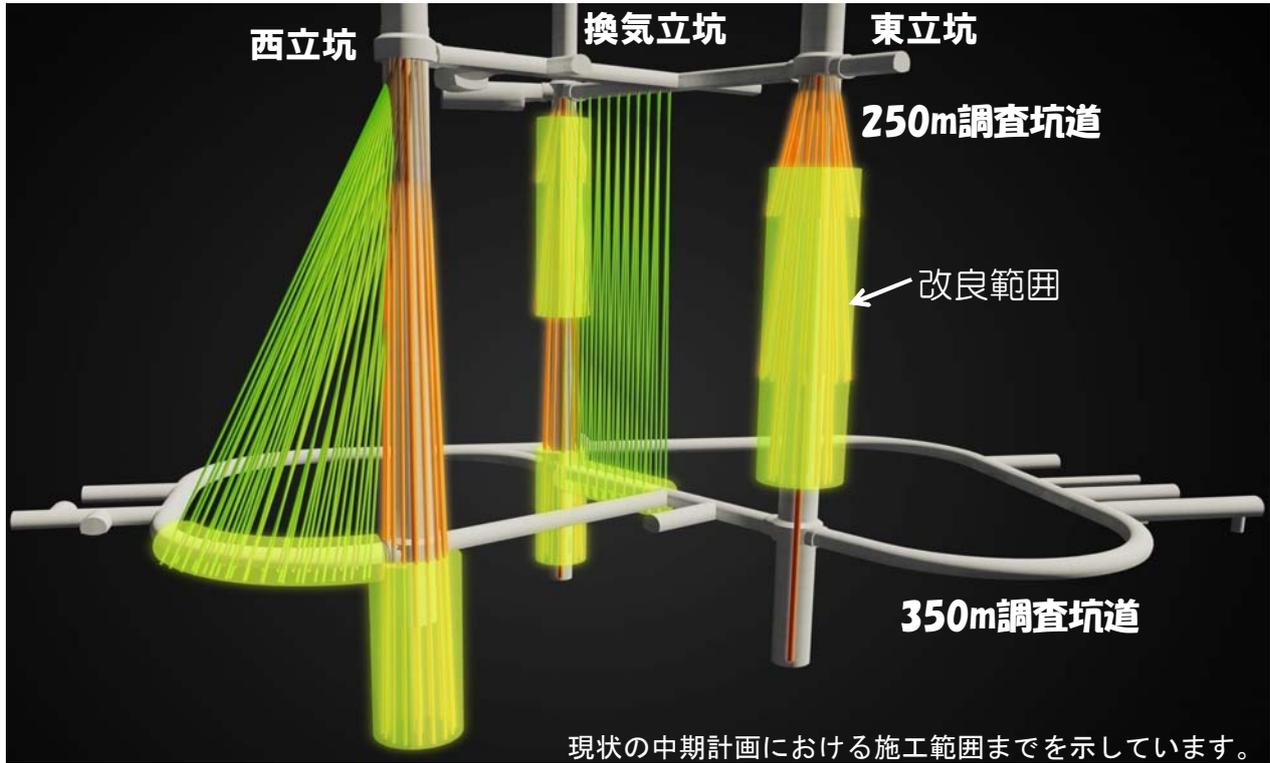
【立坑の三次元逐次掘削解析】



# H23年度の研究開発の成果

## 深地層における工学技術の基礎の開発(湧水抑制対策)

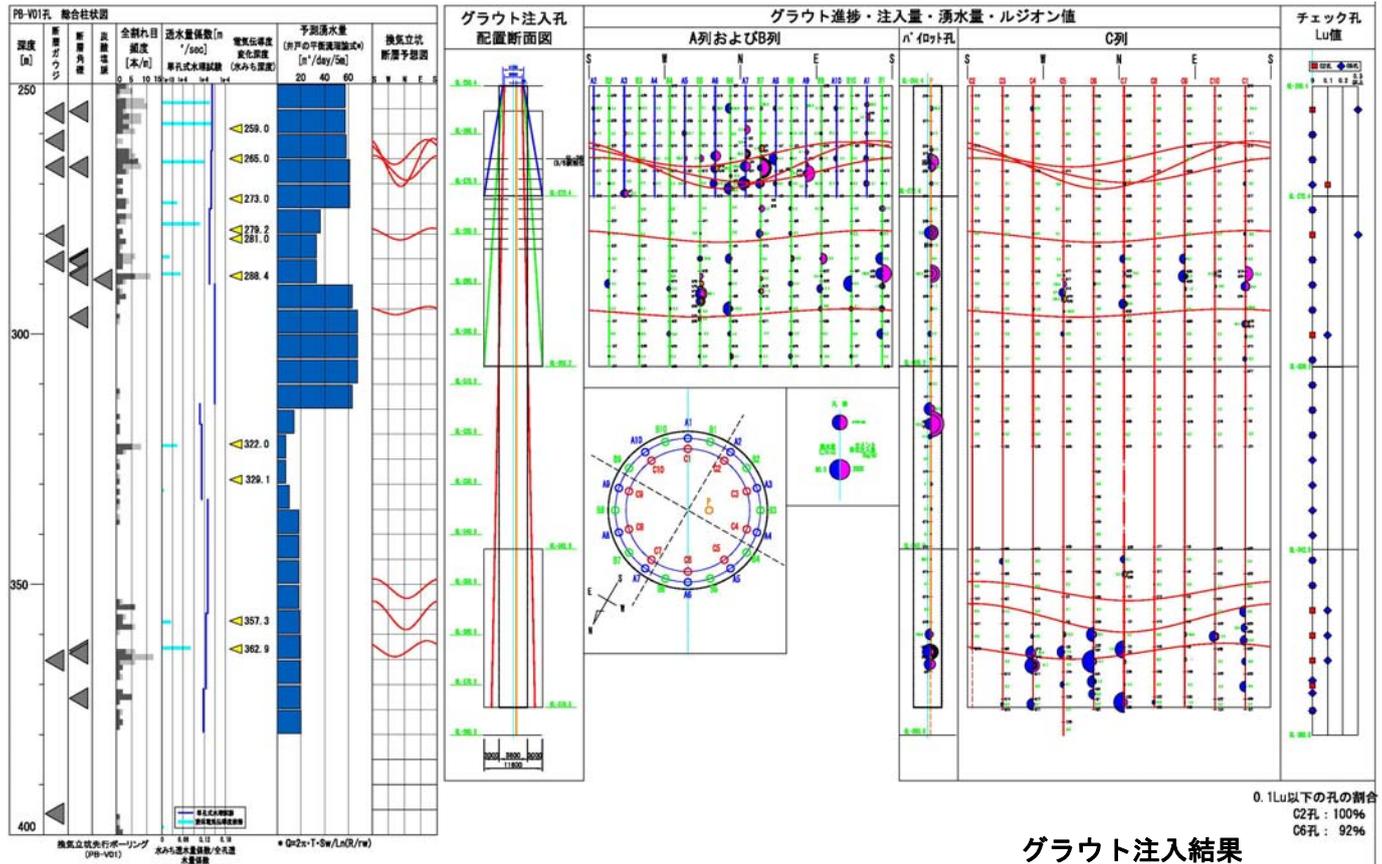
- ◆ 坑道の湧水状況に対応した**湧水抑制対策(グラウト)**の有効性評価
- ◆ 改良目標値:  $0.1\text{Lu}$  ( $\approx 1.3 \times 10^{-8}\text{m/sec}$ )以下【チェック孔で**50%以上が** $0.1\text{Lu}$ 以下とする】
- ◆ 改良範囲: 既往の調査ボーリング (HDB-3孔、HDB-6孔、PB-V01孔) 結果から想定した**高透水層**を対象



現状の中期計画における施工範囲までを示しています。

# H23年度の研究開発の成果

## 深地層における工学技術の基礎の開発(湧水抑制対策)



グラウト注入結果