

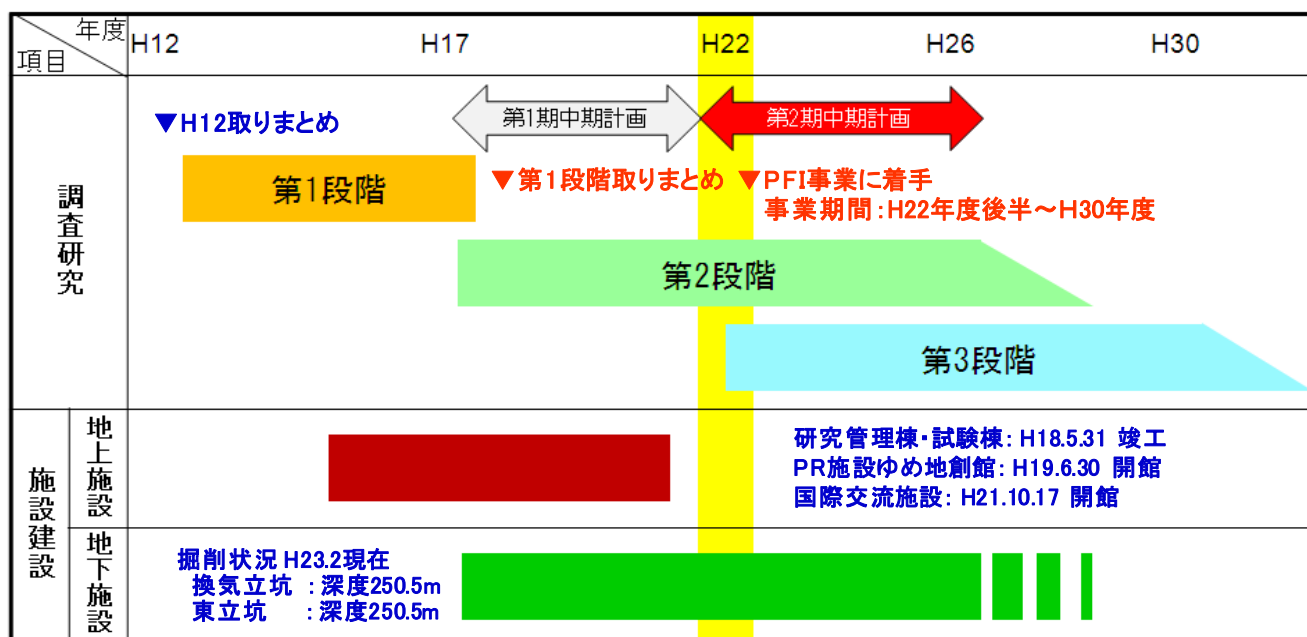
深地層の研究施設計画検討委員会(第10回)

幌延深地層研究計画 平成22年度の進捗と今後の展開

平成23年3月7日

日本原子力研究開発機構
地層処分研究開発部門
幌延深地層研究ユニット

幌延深地層研究計画スケジュール



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(現在の状況)



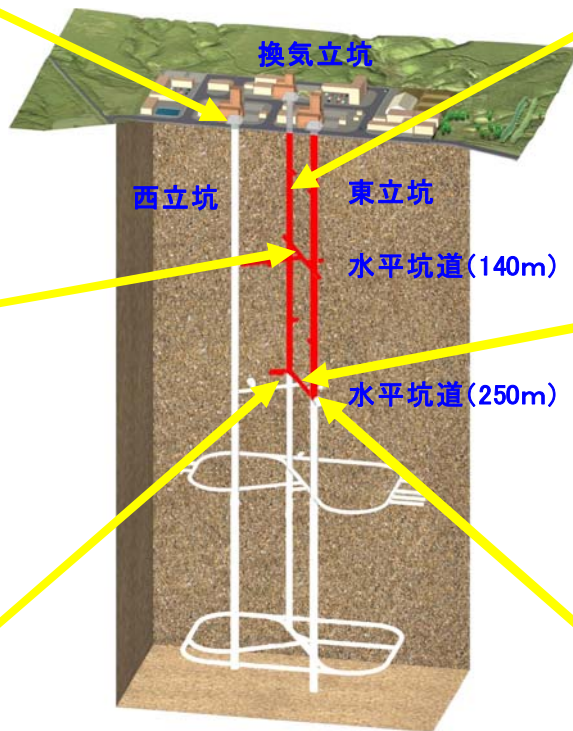
西立坑掘削工事(H23.2.25)



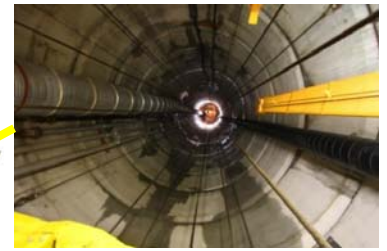
140m水平坑道



250m以深の立坑プレグラウト
(換気立坑:H23.2.28)



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。



換気立坑



250m水平坑道(H22.7.5)



250m水平坑道
(ポンプ座の掘削:H23.2.4)

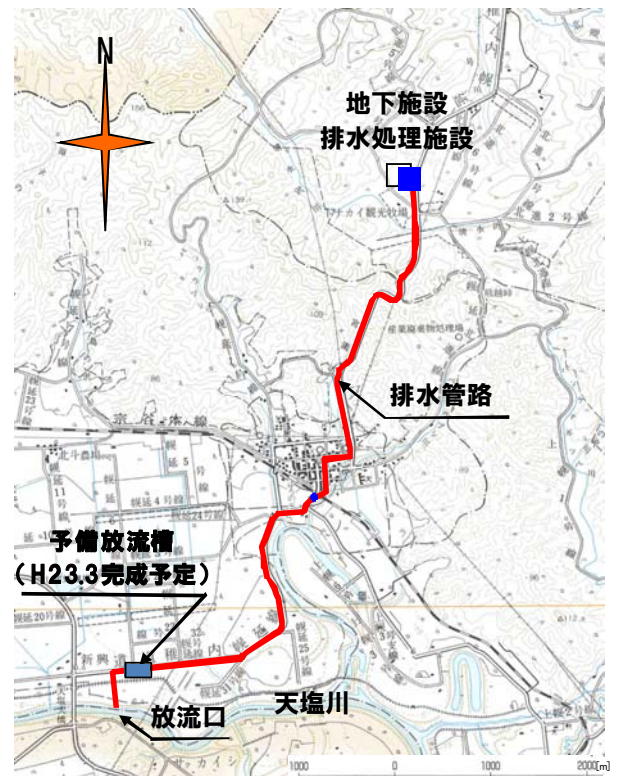
掘削土(ズリ)置場・排水施設の整備

【掘削土(ズリ)置場の工事】



平成22年10月19日撮影

【排水管路敷設ルート】



(国土地理院5万分の1地形図を使用)

PFI(民間資金活用)事業の概要

幌延深地層研究計画 地下研究施設整備(第II期)等事業

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これを実施するため、PFI法に基づく事業として実施する。

PFI法: 民間資金等の活用による公共施設等の整備等の促進に関する法律(1999年公布, PFI: Private Finance Initiative)

【事業概要】

- 施設整備業務 : 掘削工事、掘削土(スリ)・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】

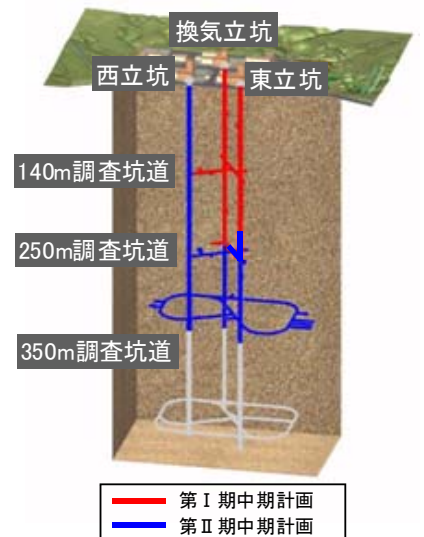
- 換気立坑 : 深度250m ~ 380m, 内径4.5m
- 東立坑 : 深度210m ~ 380m, 内径6.5m
- 西立坑 : 深度210m ~ 365m, 内径6.5m
- 水平坑道 : 深度250m(完了部分除く), 350m

【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

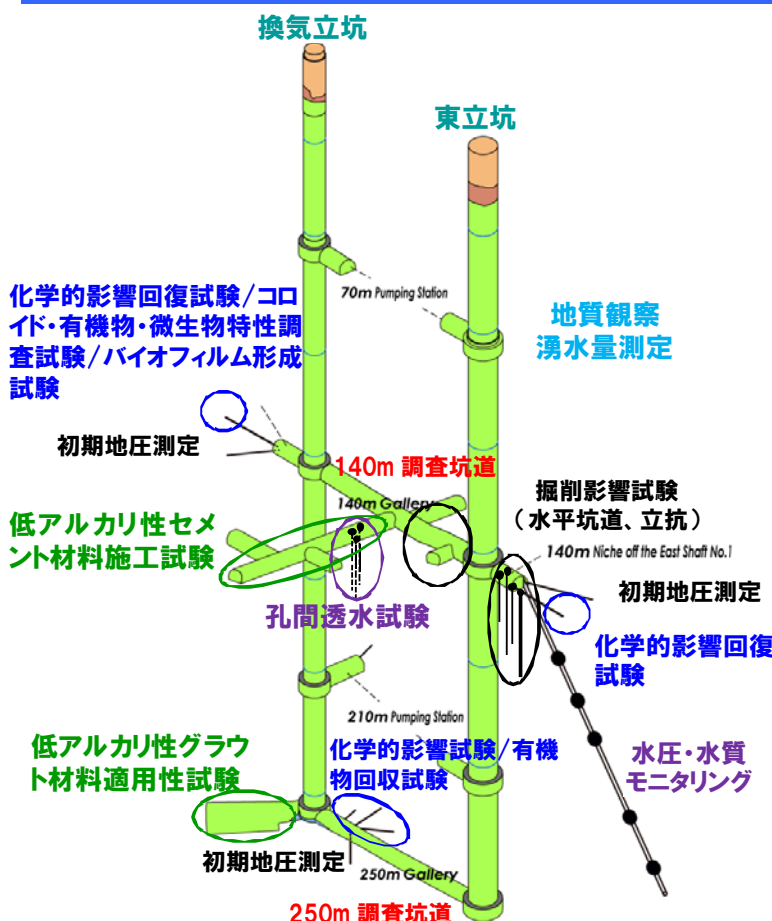


このイメージ図は今後の調査研究の結果次第で変わることがあります。

地下施設整備計画工程(技術提案に基づく)

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				

これまでの研究実施内容



精密調査段階(前半)に用いる調査解析技術、工学技術及び処分技術の整備

- 第1段階の調査解析技術、モデル化手法の適用性確認(反省点の整理とフィードバック)。モデルの更新と未掘削領域の地質環境の予測
- 大規模坑道建設に伴う地質環境(THMC条件)の変化を把握するための調査技術、概念・数値モデル化手法の開発
- 地下施設の設計手法の適用性確認と合理化
- 地下施設における処分技術の実証(低アルカリ性セメント材料開発など)

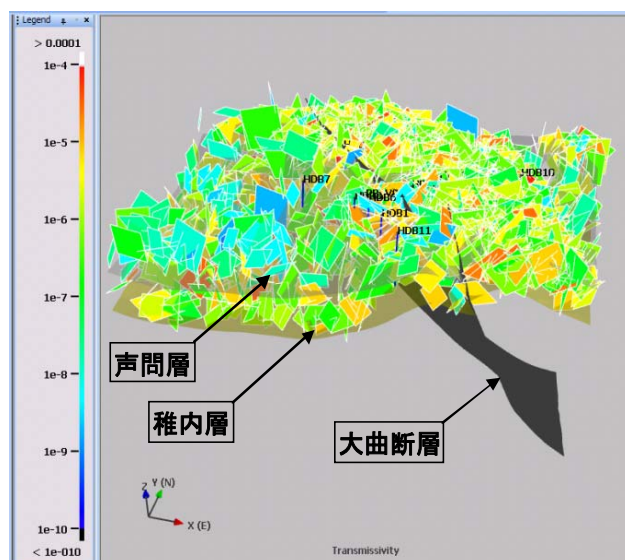
変動帯および沿岸域の堆積岩を対象とした地層処分における課題

- 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

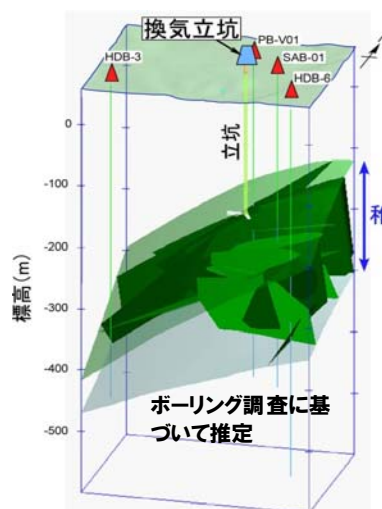
①わが国の堆積岩固有の地質特性の把握

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

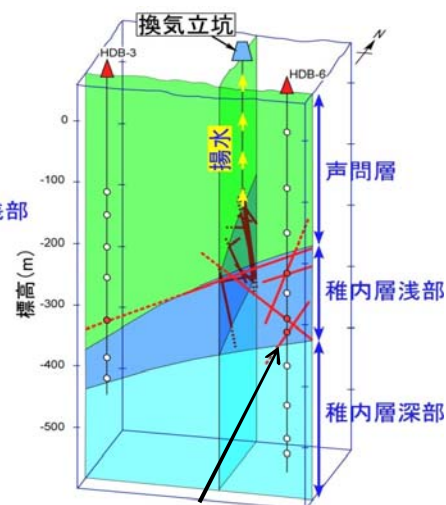


幌延（声問層・稚内層）における透水性割れ目のネットワーク構造

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)



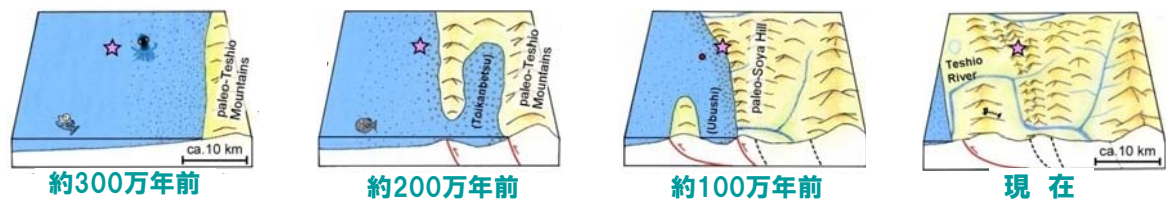
水圧応答箇所

地下施設周辺のボーリング孔の水圧応答

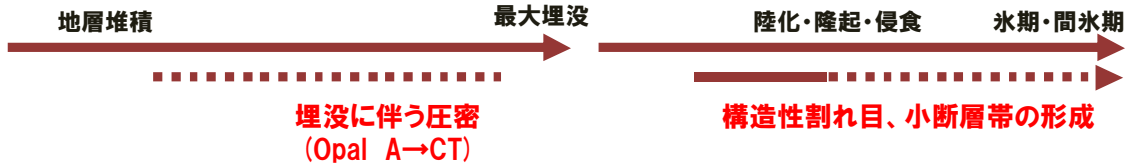
意義：堆積岩における高透水性地質構造の調査手法（調査手順やモニタリング地点の配置方法など）、合理的な地下施設のデザイン・施工方法を提示。また、堆積岩が本来有する多孔質特性と合わせ物質移行経路を明確化し、安全評価手法に反映。

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)

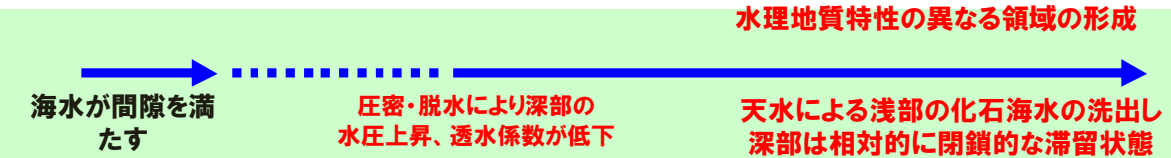
主な成果:ボーリング調査結果に基づき、地質環境の長期変遷シナリオを構築、地質環境特性の長期変化を解明



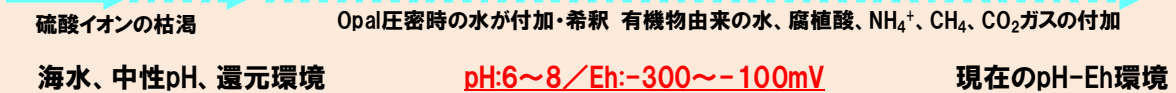
重要な
地質構造の
発達史



地下水
流動特性の
変遷



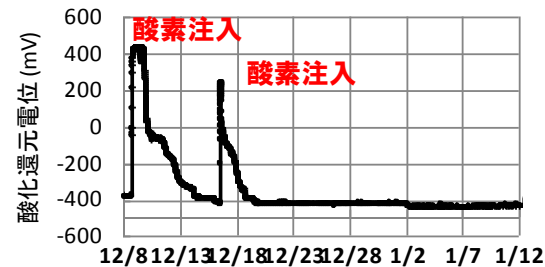
化学条件の
変遷



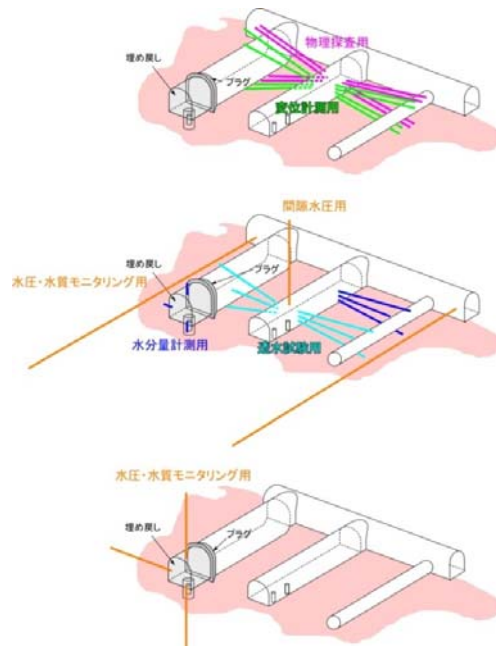
意義: 海水準変動や、海外に比べ大きな隆起・侵食速度、それに伴う地質構造の変化、その結果形成された地質環境特性などを把握し、地下深部の長期隔離性(安定性)の解析手法を提示。

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。

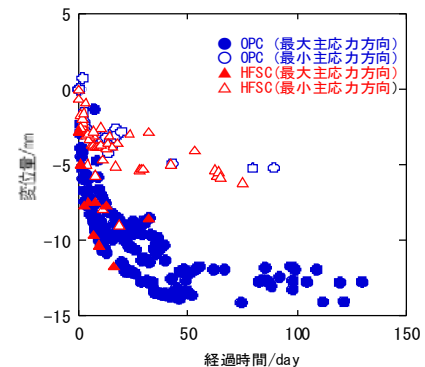
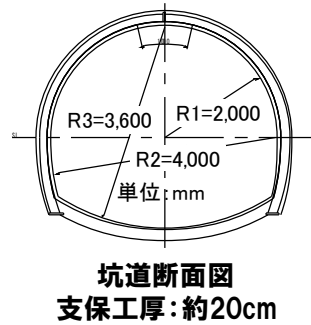
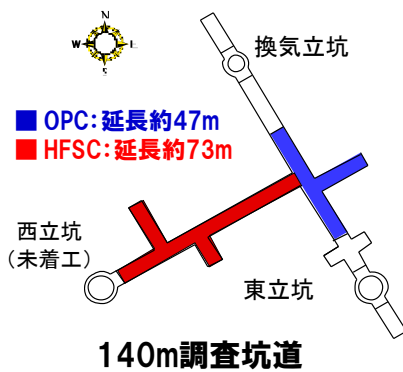
【地球化学】

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。

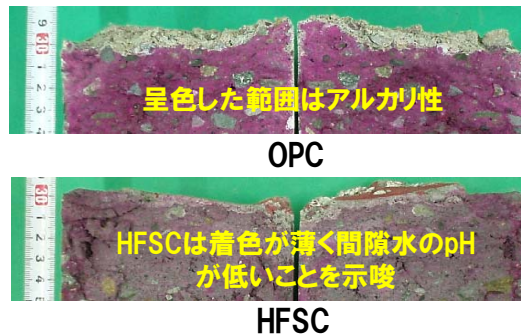
堆積岩を対象として坑道の掘削から埋め戻し以降の環境回復過程を観察し、坑道周辺から未擾乱領域までの地質環境が定常状態に達するまでの連成プロセスを理解する。また、異なる断面形状・断面径の水平坑道を対象として計測を行うことにより、坑道形状の違いによる変化の違いについても評価する。

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



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



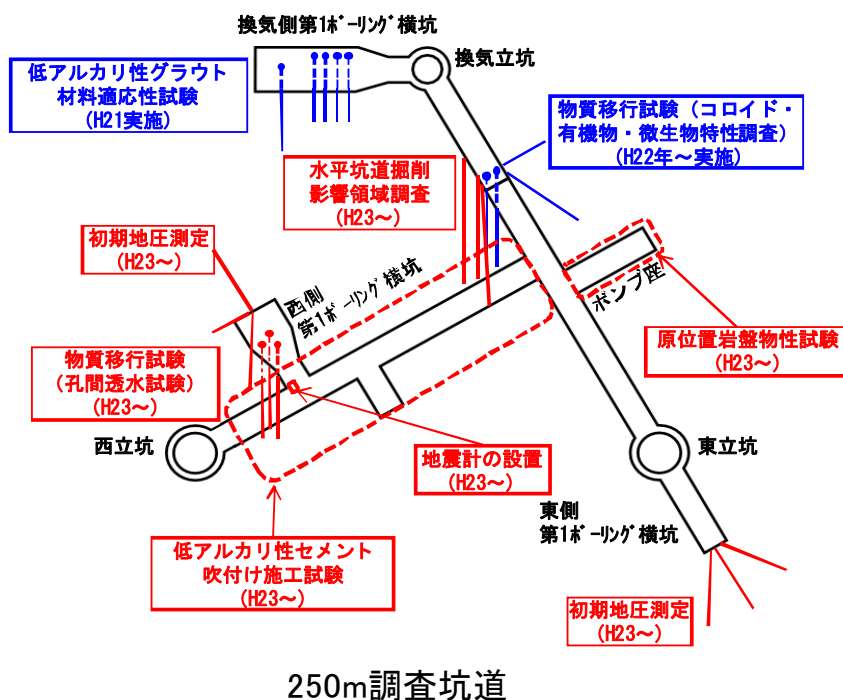
意義：安全評価シナリオ上好ましく、かつ信頼性を保証した、化学影響の小さいセメント材料を開発するとともに、NUMOが利用可能な、施設建設技術として実証

吹付け施工状況（140m調査坑道）

フェノールフタレイン呈色状況

10

250m調査坑道における今後の試験計画



【物質移行試験】

物質移行試験を行うための孔間透水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。

【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、岩盤の力学特性の把握。

【地震観測】

地下深部における地震動を計測し、施設設計の妥当性の確認。

【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。

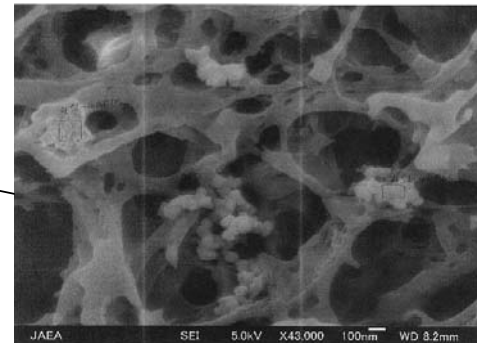
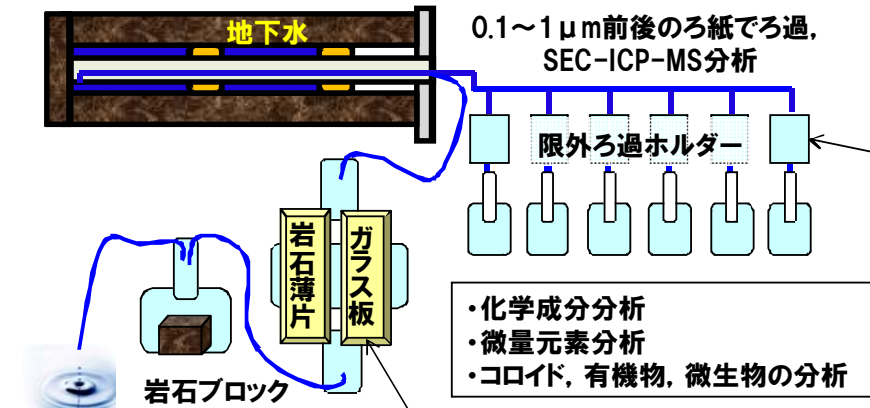
【低アルカリ性セメント吹付け施工試験】

低アルカリ性セメントの施工性を確認。

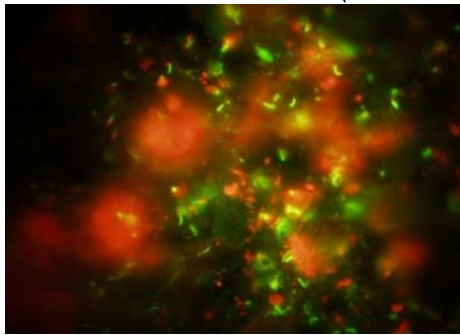
11

物質移行に係わるコロイド・有機物・微生物特性調査

深度140m調査坑道



約0.1 μm ほどの鉄を主成分とする
コロイド粒子(背景はろ紙の繊維)



ガラス板上に付着した微生物(バイオフィルム)

- ✓ 地下水中的コロイド粒子の種類(ケイ酸塩鉱物や有機物, 鉄鉱物など)を同定
 - ✓ 溶存有機物の種類と量を同定
 - ✓ 微生物の種類や量, 化学的緩衝能力, 割れ目表面への付着現象を把握
- 今後, アナログ元素の移動に対する影響を明らかにしていく。汎用的な調査技術として整理する。

第1段階の調査評価技術の妥当性確認と課題

モデル化・予測項目	反映先	目標	判断指標	モデルの妥当性確認(深度250mまで)	課題・解決案
地質・水理地質構造分布	施設設計 安全評価	高透水性領域の分布を±数m程度の精度で予測	坑道における地層境界と断層の出現箇所	±数m程度の精度で予測と合致	堆積岩中の断層・割れ目などのモデル化手法の明示と調査手順の最適化
湧水量 水理地質構造の透水性	施設設計 社会環境管理 安全評価	湧水量を±数十 m^3 /日程度の精度で予測	工事の進捗に伴う湧水量変化 モニタリング孔の水圧変動予測	安全側に解析したため, 数百 m^3 /日の過剰見積もり	実測値に基づく再解析で, モデルの精度を向上させる手順を整理することが必要
水質	施設設計 社会環境管理 安全評価	排水基準項目の濃度を定量的に, 塩分濃度分布を予測	ホウ素, アンモニア濃度 塩分濃度分布	ホウ素・アンモニアは合致。塩分濃度分布は一部不一致	塩分濃度についてデータ数量と精度の関係を整理し, 現実的な見積もり精度を提示
変形挙動 応力分布 掘削影響評価	施設設計 施工計画 安全評価	掘削工法の選定 支保工の設計	変形挙動 応力分布	二次元モデルの支保工の応力分布は計測値と平面的にはほぼ一致するが, 縦断的には乖離。	実測で明らかになったショートステップ工法特有の支保工内の応力分布や岩盤の変位挙動(圧縮・引張りの傾向)を三次元でモデル化することにより再現



おわり

250m調査坑道