

深地層の科学的研究(幌延)の 進捗状況

平成21年12月9日
日本原子力研究開発機構
地層処分研究開発部門 幌延深地層研究ユニット

140m調査坑道貫通(換気立坑－東立坑連絡坑道)

幌延深地層研究計画の全体スケジュール



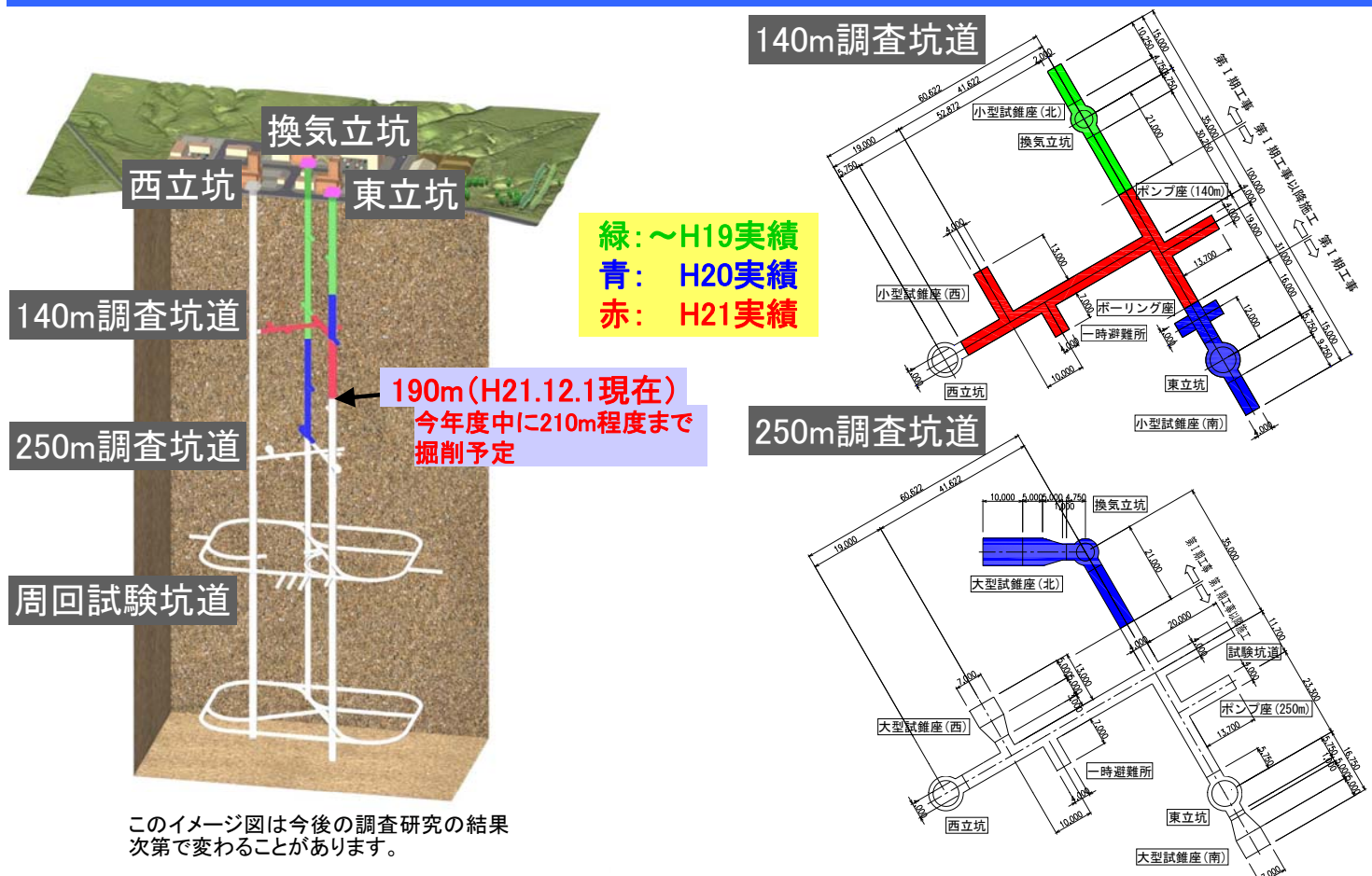
年度		2000			2005				2010				2015				2020
項目		▽			▽				▽				▽				▽
調査研究	第1段階																
	▼H12取りまとめ																
	第2段階																
施設建設	地上施設																
	地下施設																
	第3段階																
研究管理棟・試験棟 PR施設(ゆめ地創館) 国際交流施設																	
坑道掘削の進捗(H21.11.30現在) 換気立坑 : 250.5m 東立坑 : 189.0m 140m調査坑道 : 完成 250m調査坑道 : 一部施工																	

- 第1段階：地上からの調査研究段階
- 第2段階：坑道掘削時(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

施設建設：計画と実績の概要

項目 \ 年度	中期計画 (抜粋)	H21年度計画	H21年度実績 (平成21年11月30日現在)
地下施設		・換気立坑：深度250.5m ・東立坑：深度140.5m→200m程度 ・140m調査坑道完成 ・250m調査坑道一部掘削	・換気立坑：深度250.5m ・東立坑：深度140.5m→190m程度 ・140m調査坑道完成 ・250m調査坑道一部掘削
掘削土(ズリ)置場	北海道幌延町において堆積岩と塩水系地下水を研究対象とした深地層の研究計画を進める。	・施設運用 容量53,000m ³	・施設運用(容量53,000m ³) 使用容量：38,000m ³ 空き容量：15,000m ³
排水処理施設	中間深度(幌延町；地下300m程度)までの坑道掘削時の調査研究を行う。	・設備運転(処理能力：800m ³ /day)	・設備運転(処理能力：800m ³ /day) 総排水量：130m ³ /day程度
PR施設(ゆめ地創館)		・施設運用	・施設運用 来館者数(H21年11月末)： H21：9,784名 累計：31,819名
国際交流施設(仮称)		・建設工事継続(H20年6月～) H21年10月竣工・開館	・建設工事完了 H21年9月30竣工 H21年10月17日開館

地下施設建設：平成21年度(現在)までの実績



地下施設建設：調査坑道掘削工事

■ 140m調査坑道の施工状況(平成21年11月24日施工完了)



切羽掘削：ブレーカーによる掘削とバケットによる掘削土(スリ)の積み込み



完成直後の調査坑道



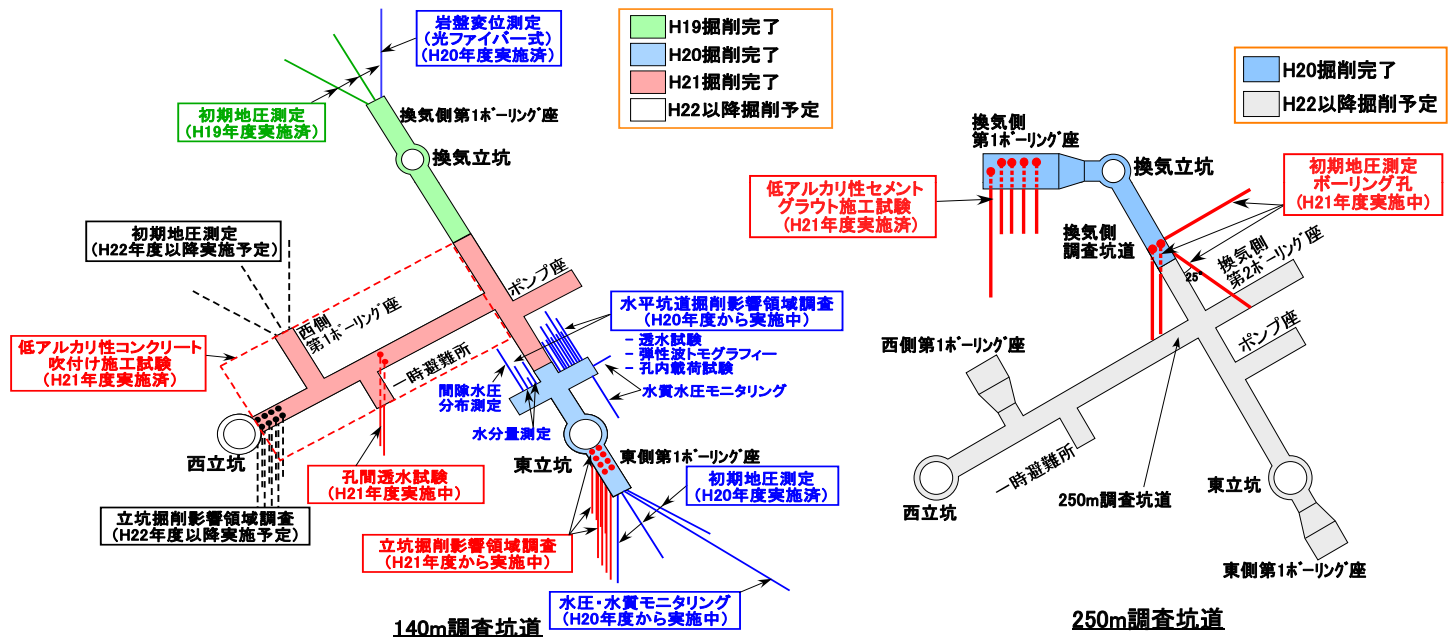
■ 東立坑深度140m以深の施工状況

調査研究：計画と実績の概要

項目 \ 年度	中期計画(抜粋)	平成21年度計画	平成21年度実績 (平成21年11月30日現在)
地質環境調査技術開発	北海道幌延町において堆積岩と塩水系地下水を研究対象とした深地層の研究計画を進める。 中間深度(幌延町; 地下300m 程度)までの坑道掘削時の調査研究を行う。 得られた地質環境データに基づき、地上からの調査研究で構築した地質環境モデルを確認しつつ、地上からの調査技術やモデル化手法の妥当性の評価を行う。	- 地下坑道を利用した地質環境データの取得とモデルの更新 - 坑道内地質環境調査機器の開発 140m調査坑道・東立坑掘削影響評価試験 - 塩水と淡水が混在する場の地質環境調査技術開発 - コントロールボーリング掘削試験	- 断層の連続性・連結性の検討 断層の3次元構造と水理モデルの作成 坑道掘削時のデータによる確認 - 地下水地球化学特性、水分量計、光ファイバー地中変位計の適応試験 - 弾性波トモグラフィー、透水試験等による影響範囲の同定 - 物理探査(電磁法、反射法)ボーリング調査中 - 水平延長掘削、掘削長900m 地表一孔間弾性波試験
地質環境モニタリング技術開発	これらを通じ、精密調査における地上からの調査で必要となる技術の基盤を整備する。	- ボーリング孔を利用した地下水モニタリング - 遠隔監視システムによる長期観測	- 立坑掘削時の長期観測と影響評価 - 応答解析と長期観測データの検討
深地層の工学技術の基礎の開発	坑道掘削に係る工学技術や影響評価手法についても検討を行い、適用性や信頼性を確認するとともに、その後の調査研究に向けて最適化を図る。	- 情報化施工技術開発 - 火災時通気網解析手法の高度化	- 地下施設設計の妥当性評価 支保工の軽減化試験 - 模型実験結果を反映したモデルの高度化
地層処分技術研究開発		- 低アルカリ性コンクリート技術開発：吹き付け施工の原位置試験 - 地層処分実規模設備整備事業における工学技術に関する研究 - 安全評価手法の高度化 モデル検証のためのボーリング調査	- 吹付施工試験と接触部の特性調査 グラウト施工試験 - 人工バリア試験設備の設計・製作等 - ボーリング調査計画の策定と準備

140m/250m調査坑道での原位置試験

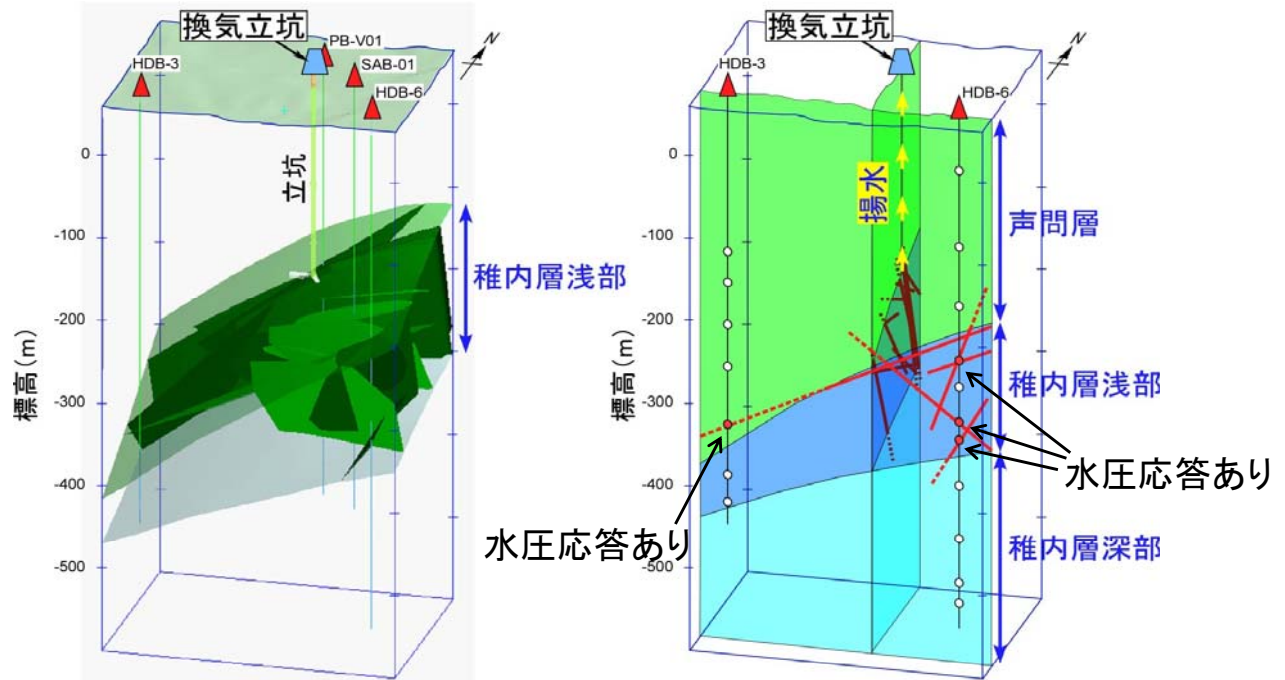
■ H21年度上期までの実績とH21年度下期の計画



7

断層の連続・連結性と水理構造の検討

■ 推定した透水性断層の三次元的連続・連結性と水圧応答



- 地上ボーリング孔データから推定した断層の三次元分布の一部を坑道壁面観察で確認(稚内層内の断層は今後の掘削において確認予定)
- 地上ボーリング孔データから推定した透水性断層の三次元的連続・連結性は、換気立坑での湧水に伴って生じたHDB-3, 6孔の水圧応答と整合
- 硬質・塊状の新第三紀堆積岩における透水性断層の連続・連結性は露頭調査とボーリング調査により推定可能

8

水圧・水質モニタリング装置の開発と適用試験



間隙水圧測定システム



水質モニタリングシステム

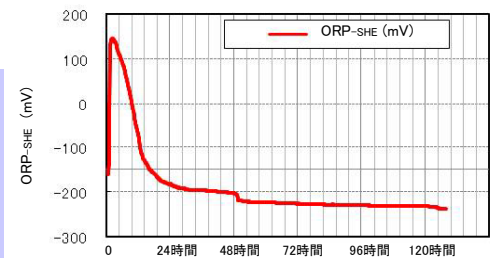
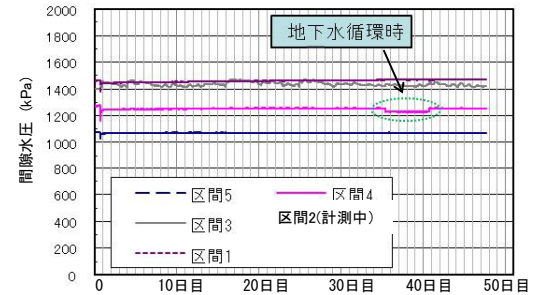
装置設置位置
140m水平坑道
俯角：45°
長さ：100m

観測項目

・水圧・パッカー圧・大気圧

観測項目

・pH・電気伝導度（EC）
・溶存酸素（DO）
・酸化還元電位（ORP）・水温



＜地下水循環時観測データ(区間4)＞
酸化還元電位

＜装置の開発と適用試験の概要＞

●施設建設が地下水環境に与える影響を把握するため、地下水圧と水質を同時に連続観測可能なモニタリング装置を開発

●東立坑の深度140m以深の掘削に先立ちモニタリング装置を設置し、観測を開始

＜適用試験の結果＞

●地下水を循環し、水圧と水質を同時観測できることを確認。

●立坑掘削前の地下水の水質は、中性のpH(6.0～6.4)であり、酸化還元電位(ORP-SHE: -200mV以下)から還元環境にあることを確認

140m調査坑道の掘削影響調査(岩盤力学)

＜試験概要と計測結果＞

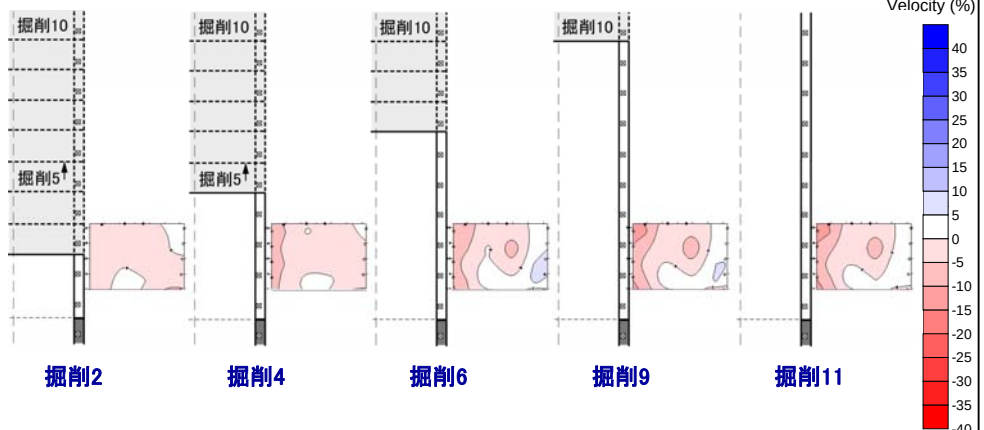
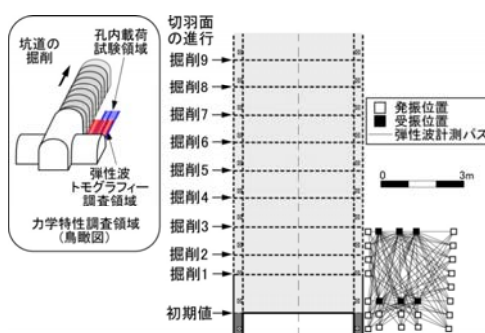
坑道の掘削に伴う掘削影響領域の力学特性を調査するため、ボーリング孔を用いた弾性波トモグラフィー調査・孔内載荷試験を実施。

坑道掘削前後の弾性波トモグラフィーの速度変化率から、坑道周囲の弾性波速度が低下する影響範囲を把握。

＜今後の予定＞

掘削影響領域の長期的変化を把握するため、弾性波トモグラフィー調査を継続。

電力中央研究所との共同研究で実施中の音響トモグラフィー調査、比抵抗トモグラフィー調査結果との比較検討。

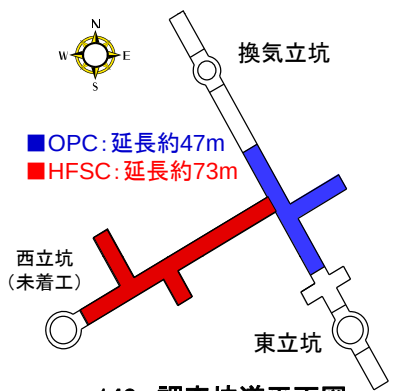


140m東側調査坑道掘削影響領域に関する力学試験実施位置
(平面図)

掘削前後の弾性波速度分布の変化率

処分技術の信頼性向上

低アルカリ性セメント(HFSC)を用いた吹付けコンクリートの原位置施工試験 -140m調査坑道における施工



吹付け施工の様子



坑道仕上がり状況

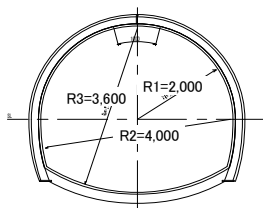
※OPC (Ordinary Portland Cement)

: 普通ポルトランドセメント

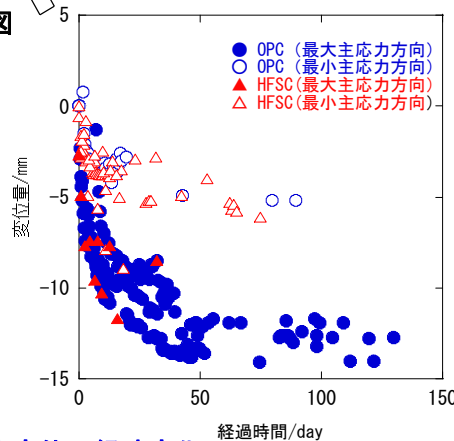
HFSC (Highly Fly-ash contained Silica-fume Cement)

: 低アルカリ性セメント

140m調査坑道平面図



140m調査坑道断面図
支保工厚: 約20cm



内空変位の経時変化

〈施工試験の結果〉

HFSCの内空変位の経時変化

最大主応力方向 (北東-南西)

最小主応力方向 (北西-南東)

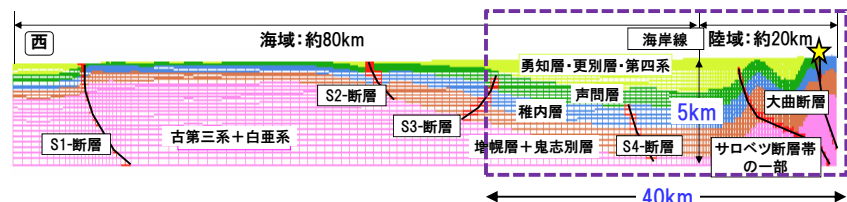
OPCと同等の傾向

〈今後の予定 (平成21年度下期)〉

支保工周辺岩盤の変質について初期データを取得

- ・ 施工箇所から、コンクリートおよび岩盤の採取、分析
- ・ 採水装置の設置、地下水の分析

地質環境の長期変遷を考慮した地下水流動評価手法の開発



全水頭分布

全水頭(m) -120.0 0.0 120.0

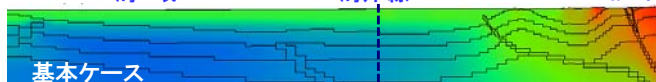
塩分濃度分布

海水の塩分濃度を1.0とした相対濃度(-) 0.0 0.5 1.0

海域

海岸線

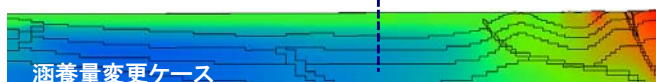
丘陵部



基本ケース: 150万年前からの地質構造, 涵養量(変動+氷期に現在の1/100), 海水準の変化を考慮(透水係数は不変と仮定)



透水係数変更ケース: 基本ケースのうち, 勇知層, 声間層, 雅内層の透水係数が150万年間で1/10に低下したと仮定



涵養量変更ケース: 基本ケースのうち, 氷期の涵養量を現在の1/5と仮定

- 地層の透水性の変化は, 全水頭, 塩分濃度分布へ大きく影響
- 氷期の涵養量の変化の影響は, 今回の設定条件では小さい

国内の研究機関との研究協力

■研究機関との研究協力(共同研究)

○(財)電力中央研究所

▽地質・地下水環境特性評価に関する研究
コントロールボーリング(平成21年度掘削長900m)ほか

○(財)原子力環境整備促進・資金管理センター

▽地層処分実規模設備整備事業における工学技術に関する研究

○(独)産業技術総合研究所

▽沿岸域塩淡水境界・断層評価技術に関する研究
物理探査(陸域及び海域)
沿岸域におけるボーリング調査(400m, 100m)

○(独)原子力安全基盤機構、(独)産業技術総合研究所

▽安全評価手法の適用性に関する研究
東立坑近傍ボーリング孔を用いた水理調査
北進地区におけるボーリング調査(700m)

○北海道科学技術総合振興センター幌延地圏環境研究所など



沿岸域におけるボーリング調査
(産業技術総合研究所との共同研究)

■大学との研究協力

北海道大学、埼玉大学、筑波大学、東京大学、名古屋大学、静岡大学、京都大学など

研究成果の公表・普及への取り組み

年度毎の成果報告書

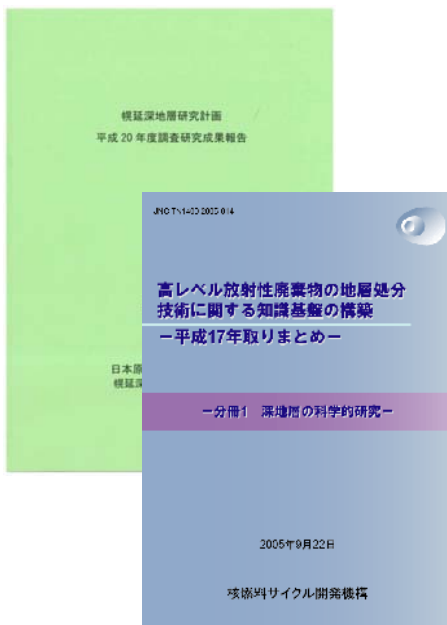
全体の成果・進展の概要を年度毎に成果報告書として公表

学会等の論文投稿 報告会の開催など

全体の成果・進展を報告・議論する報告会等を開催

情報発信

最新の研究成果についての
プレス発表等



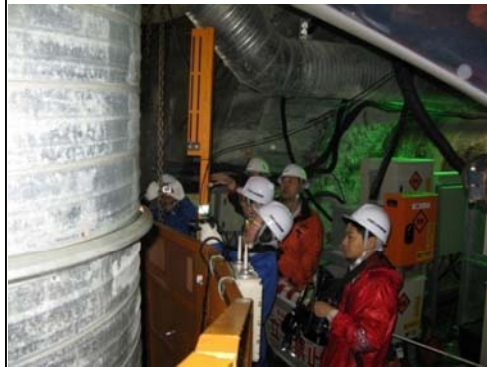
地域との交流と理解活動



「国際交流施設」(平成21年10月17日開館)
地域への説明会、国内外の研究機関との会議等を開催



「PR施設 ゆめ地創館」



「施設見学会」
平成21年4月～9月まで毎月開催



地域の小学生との交流

ゆめ地創館の来館者数

- 平成19年度・・・11,082名
- 平成20年度・・・10,953名
- 平成21年度(11月末現在)・・・9,784名
- 累計・・・31,819名(11月末現在)

見学者の主な内訳

- 一般(地域住民の方々など)
- 自治体関係者
- 電気事業関係者
- 国内外の研究機関及び学会関係者
- 報道機関 など

中期計画に対する進捗状況

■ 中期計画期間：平成17年10月～平成22年3月

中期計画の記載(抜粋)	中期計画に対する主な進捗状況
中間深度(幌延町;地下300m程度)までの坑道掘削時の調査研究を行う。	坑道掘削状況(12/7現在)：換気立坑250m、東立坑195m、140m調査坑道(完成)、250m調査坑道(一部) 換気立坑近傍において先行ボーリング調査(深度520m)を実施することにより、湧水対策を行なうべき高透水帯を特定し、プレグラウトの施工計画を策定した。 坑道掘削時における、掘削サイクル毎の日常管理計測、特定の断面におけるステップ管理計測により、地下施設の空洞安定性に係るデータを取得した。 140m調査坑道及び250m調査坑道を利用して、地下水や地質構造等の地質環境特性に関するデータを取得した。
得られた地質環境データに基づき、地上からの調査研究で構築した地質環境モデルを確認しつつ、地上からの調査技術やモデル化手法の妥当性の評価を行う。	堆積岩地域での地上からの調査研究において地下深部の地質・地質構造を、露頭調査、物理探査、深層ボーリング調査の結果を対比・統合することにより把握できることを示した。 幌延地域に分布する堆積岩中の地下水流れや物質移動の経路を規制する断層の分布及びその連続性や連結性を定量化する調査手法を示した。 断層の分布及びその連続性や連結性を考慮した地下施設近傍の地質構造モデルを構築し、現在までの坑道掘削時に得られた地質環境データと整合することを確認した。
これらを通じ、精密調査における地上からの調査で必要となる技術の基盤を整備する。	地上からの調査で必要となる技術の基盤について体系化し、取りまとめた。 → H17取りまとめ、第1段階取りまとめ、中期計画取りまとめ等
坑道掘削に係る工学技術や影響評価手法についても検討を行い、適用性や信頼性を確認するとともに、その後の調査研究に向けて最適化を図る。	地下施設施工時における計測管理を行うことにより、設計の妥当性を確認し、必要に応じ対策工を実施した。→ 情報化施工計画の策定と運用 140m調査坑道での掘削影響評価試験、東立坑掘削影響評価試験を行い、適用した計測技術により掘削影響領域の特性変化とその範囲を同定できる見通しを得た。 これまでに得られた地下施設周辺の地質環境特性に基づき、今後の調査研究(原位置試験やその配置等)の計画を具体化した。→ 第3段階調査研究計画策定
掘削深度を考慮して、設計、安全評価手法の深部地質環境での適用性確認を行う。	低アルカリ性セメント材料を開発し、その性状や品質を評価するとともに、140m調査坑道の一部を吹き付け施工することを通して、その適用性を確認した。 地質環境特性調査から安全評価へ至る一連の安全評価手法を幌延地域に適用し、事例として示した。