深地層の研究施設計画検討委員会（第4回）

第4回URL検討委員会
平成20年3月18日
資料4-3

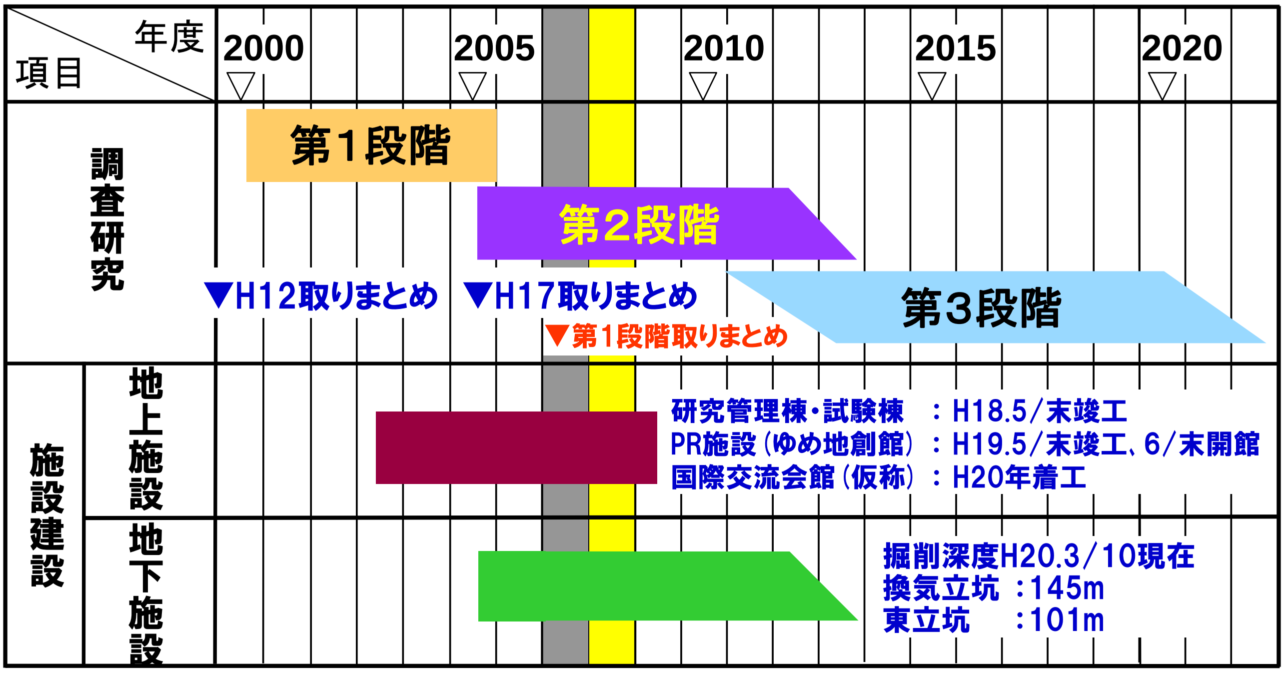
幌延深地層研究計画
平成19年度の成果と平成20年度の計画について

1. 施設建設について
2. 調査研究について

平成20年3月18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

H20.2.1撮影

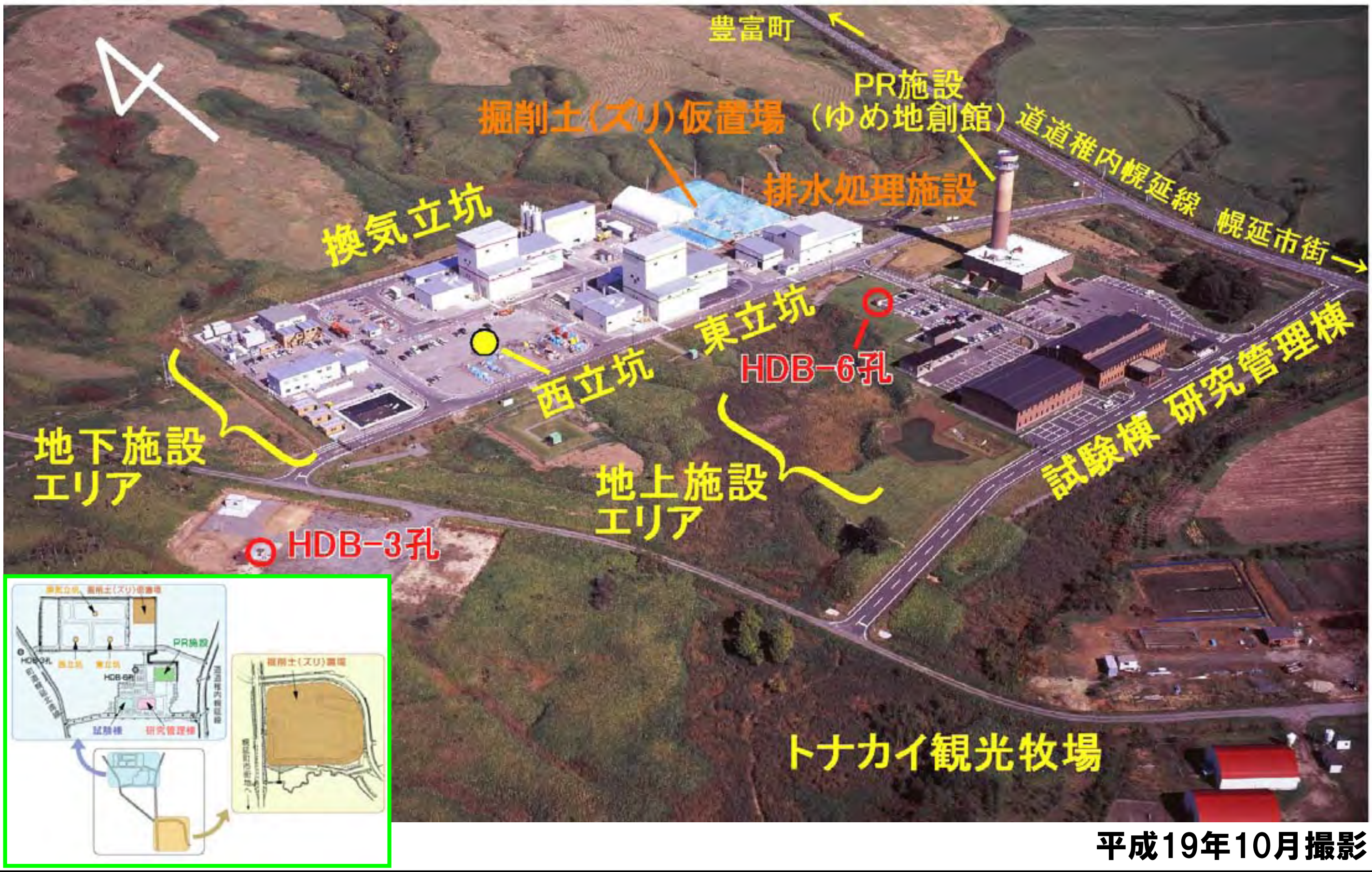
幌延深地層研究計画の全体スケジュール



- 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

1. 施設建設について

敷地全体写真

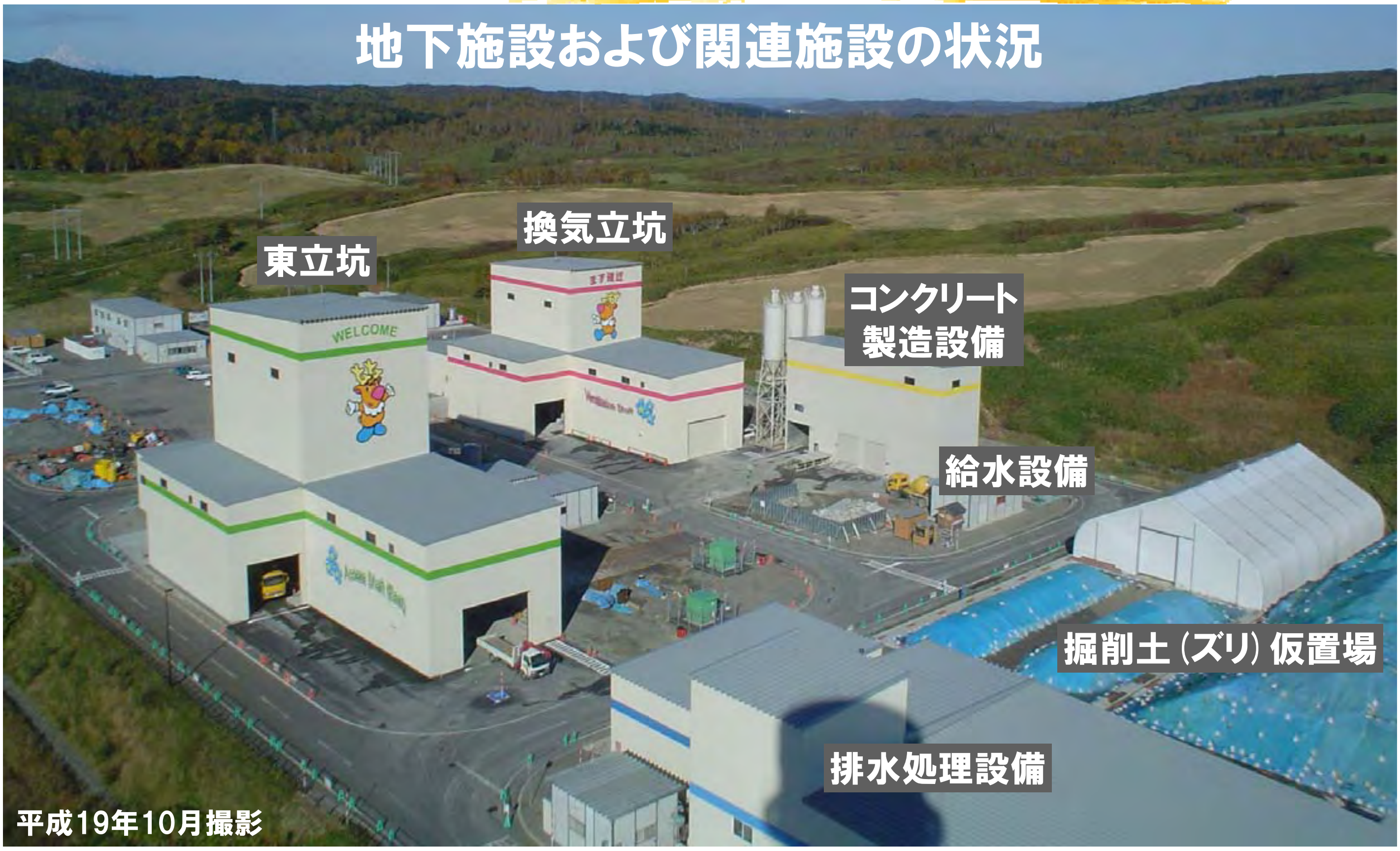


平成19年10月撮影

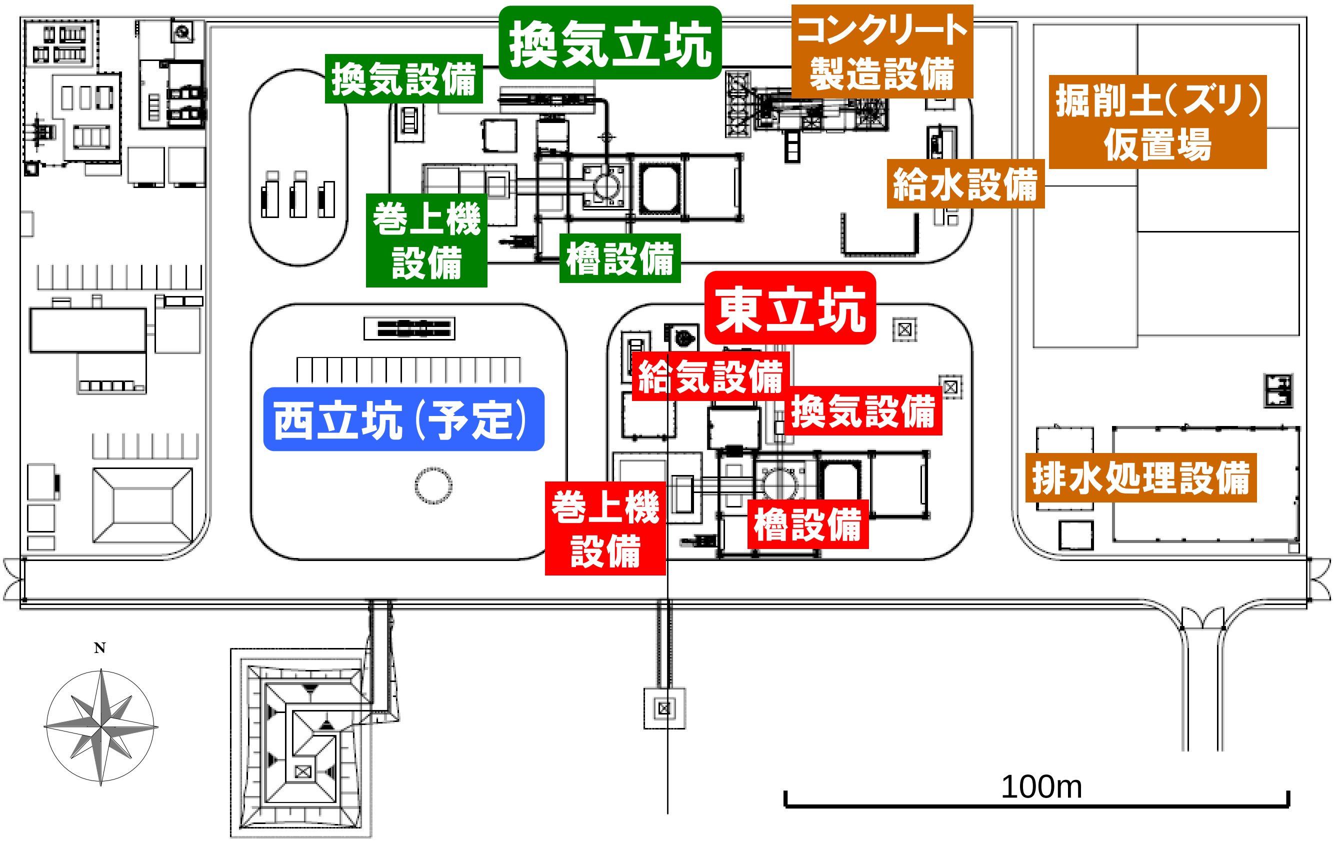
施設建設：計画と実績の概要

施設＼年度	平成18年度 実績	平成19年度 計画	平成19年度 実績 （平成20年3月10日現在）
地下施設	掘削継続 ・換気立坑：深度51m ・東立坑：深度41m	掘削継続 ・換気立坑：深度150m程度 ・東立坑：深度100m程度 先行ボーリング（換気立坑）の実施：深度520m	掘削継続 ・換気立坑：深度145m ・東立坑：深度101m 先行ボーリング：深度520m （各種測定実施中）
掘削土（ズリ）置場 ・Ⅰ期 40,000m^3 ・Ⅱ期 60,000m^3	整備 ・Ⅰ期第1次：容量11,000m^3	拡張整備 ・Ⅰ期第2次：容量29,000m^3	拡張整備竣工（11月） ・Ⅰ期第2次：容量42,000m^3 （累積容量53,000m^3）
排水処理施設	濁水処理・脱ホウ素・脱窒素設備の設置、運転開始	設備の運転継続	設備の運転継続
排水管路	敷設（総延長8.4km）、放流開始（H18.12月）	―	―
PR施設	建設の継続	竣工（5月） 開館（夏頃）	竣工（5月31日） 開館（6月30日）

地下施設の建設



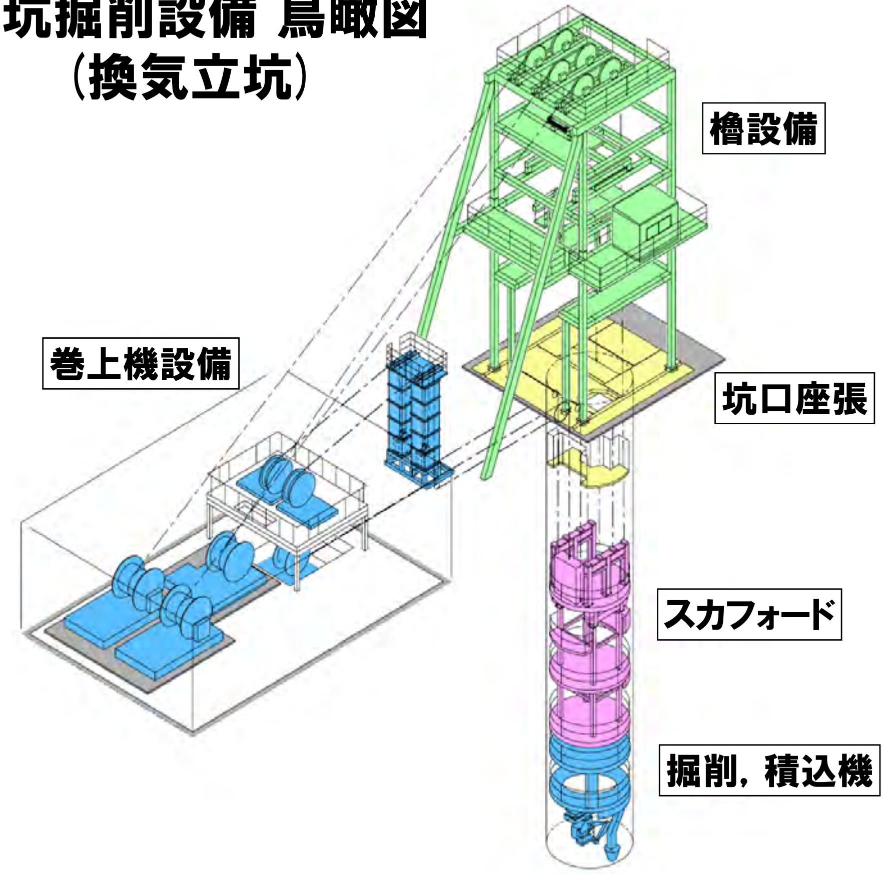
地下施設用地平面図



地下施設の建設

立坑掘削設備 鳥瞰図（換気立坑）

スカフォードの写真



地下施設の建設

換気立坑 掘削機・積込機

地下施設の建設

換気立坑 櫓設備の組立完了

地下施設の建設

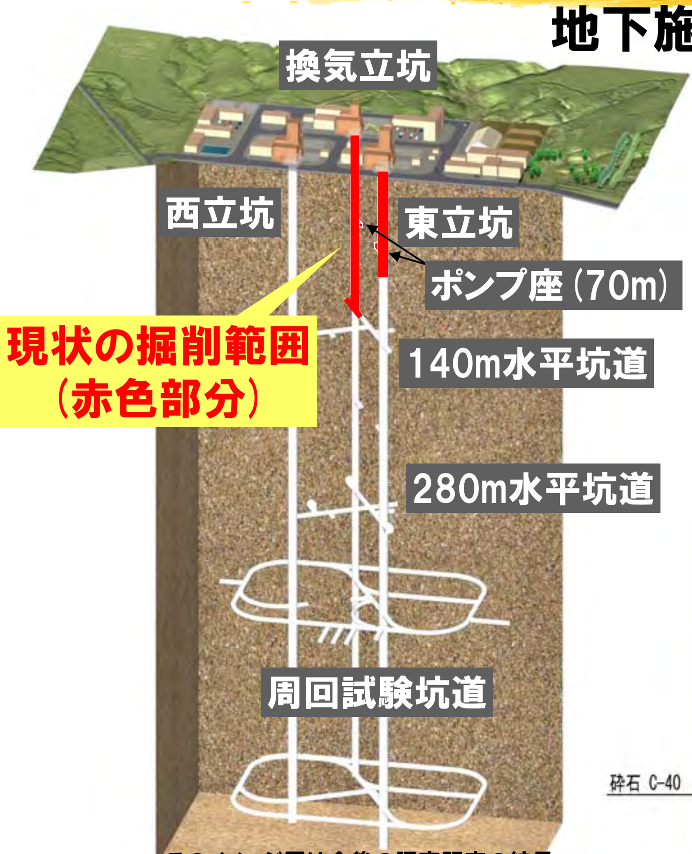
坑口暖房設備完成写真

送風機

温水ヒーター

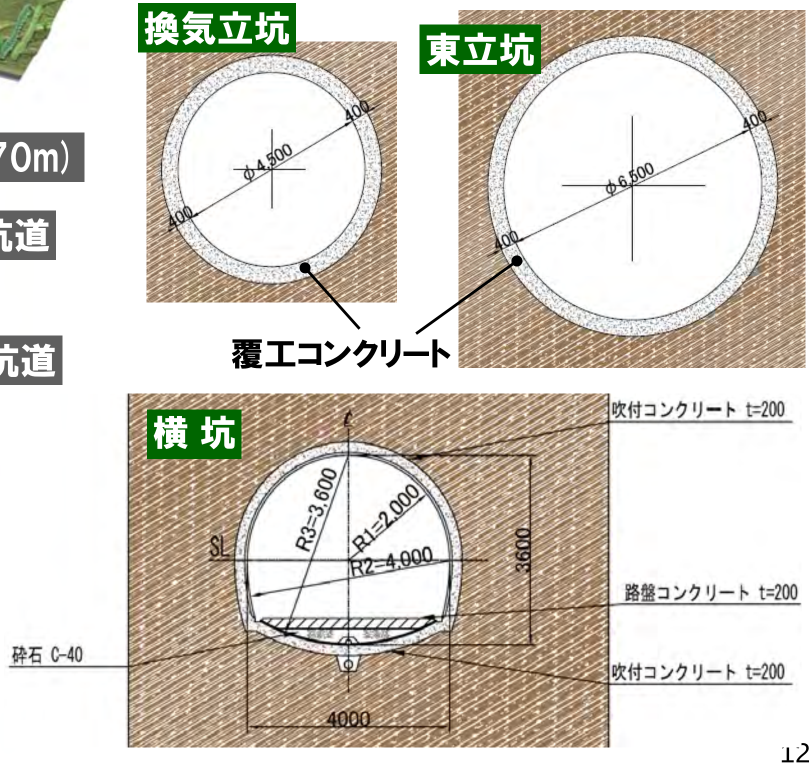
地下施設の建設

地下施設概要



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。

坑道断面



地下施設の建設

換気立坑 横坑（70mポンプ座）施工状況

吹付コンクリート施工状況

路盤施工状況

地下施設の建設

ガスチェックボーリング掘削・濃度測定状況

ガスチェックボーリング削孔

測定状況

地下施設の建設

換気立坑 横坑（70mポンプ座）設備設置状況

掘削土（ズリ）置場工事

掘削土（ズリ）置場　全景（H19年10月）

掘削土（ズリ）置場工事

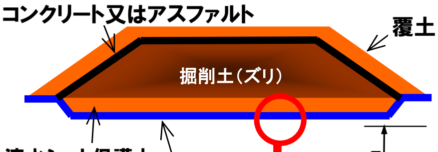
掘削土（ズリ）置場　構造図

基本的な考え方

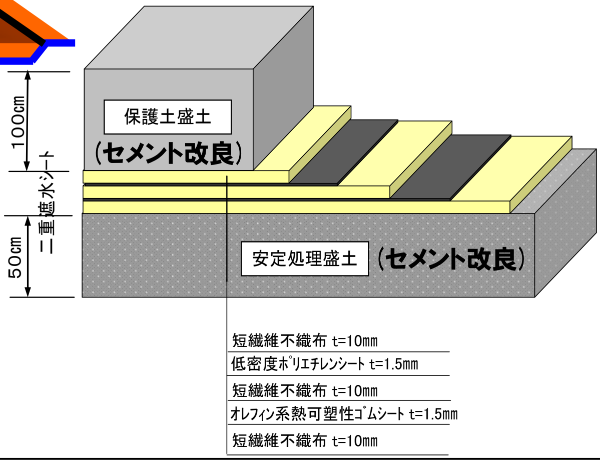
「土壌汚染対策法」、「水質汚濁防止法」などの法律に準拠し、環境に配慮した管理を実施する

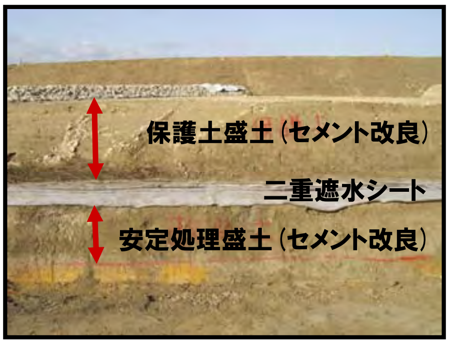
仕様

- 広さ　：約　23,000m²（最終的な規模）
- 容量　：約100,000m³（最終的な規模）
- 土壌汚染対策法の遮水工封じ込め型に準拠



掘削土（ズリ）置場の概念図





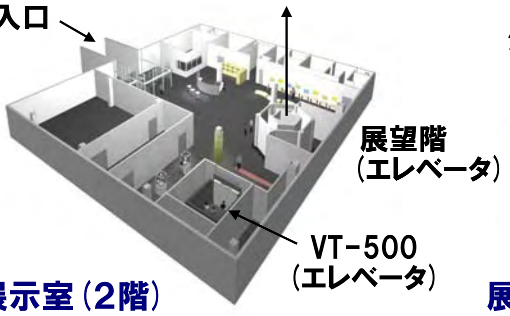
地上施設の建設

PR施設（ゆめ地創館）

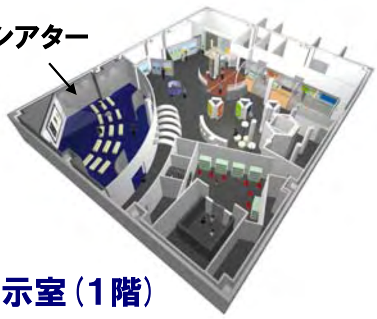
地下空間を体験できると共に、展望階を有し、研究所敷地全体を見ることができる施設として整備。

- 建物工期：平成17年10月3日
　～平成19年5月31日（竣工）
- 階数構造：2階建　鉄骨構造＋展望階
　（高さ50m）
- 延床面積：約1,900m²
　（展示面積：約1,300m²）
- 開館　：平成19年6月30日

PR施設全景



展示室（2階）



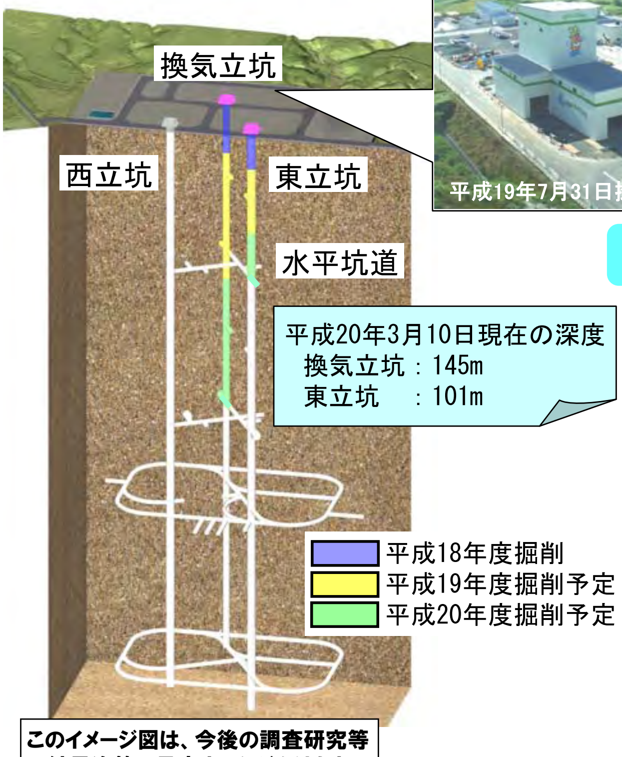
展示室（1階）

施設建設：次年度の計画の概要

施設＼年度	平成19年度 計画	平成19年度 実績 （平成20年3月10日）	平成20年度 計画
地下施設	掘削継続 ・換気立坑：深度150m程度 ・東立坑：深度100m程度 先行ボーリング（換気立坑）の実施：深度520m	掘削継続 ・換気立坑：深度145m ・東立坑：深度101m 先行ボーリング： 深度520m	掘削継続 ・換気立坑：深度250～280m程度 ・東立坑：深度140m程度 先行ボーリング： 各種測定の継続
掘削土（ズリ）置場 ・Ⅰ期 40,000m^3 ・Ⅱ期 60,000m^3	拡張整備 ・Ⅰ期第2次： 容量29,000m^3	拡張整備竣工（11月） ・Ⅰ期第2次： 容量42,000m^3 （累積容量53,000m^3）	—
排水処理施設	濁水処理・脱ホウ素・脱窒素設備の運転継続	設備の運転継続	既設設備の運転継続 設備の増設
PR施設	竣工（5月） 開館（夏頃）	竣工（5月31日） 開館（6月30日）	—
国際交流施設	施設の実施設計	実施設計	施設の建設着手

地下施設の建設予定

地下施設工事の現状



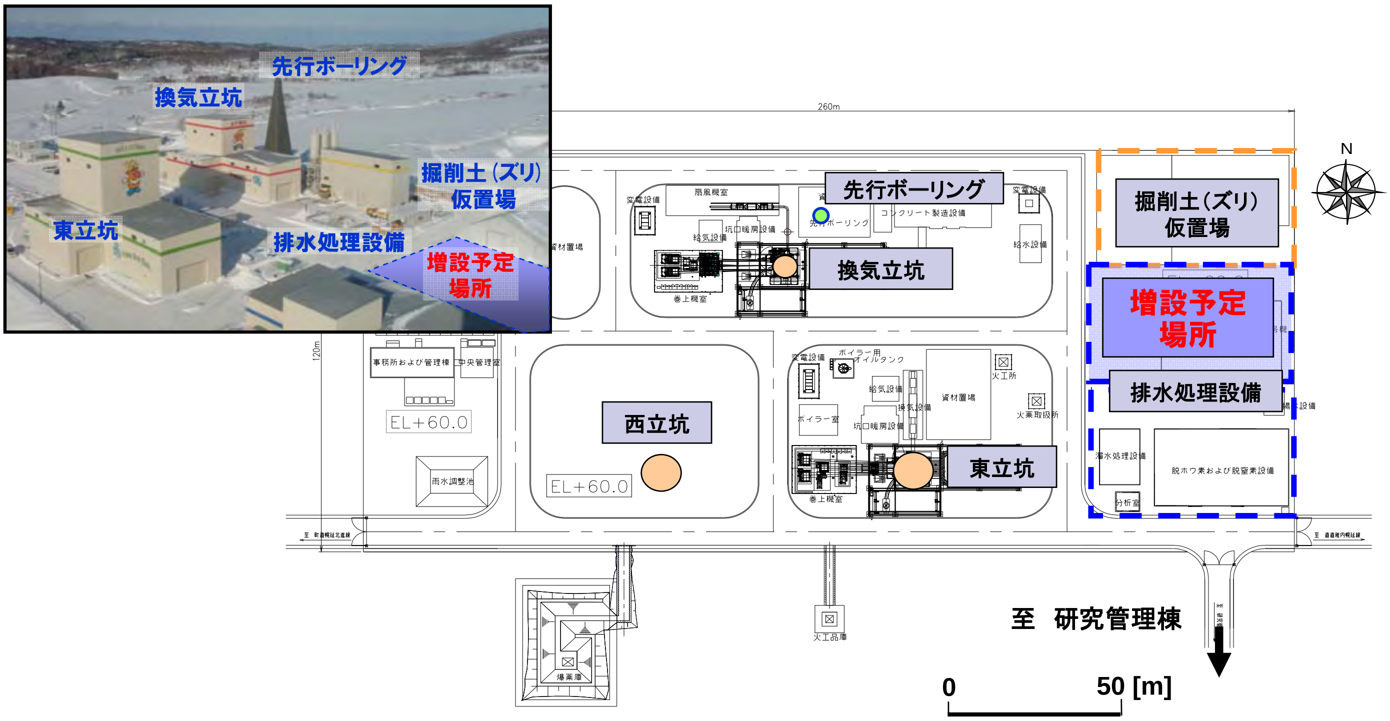
このイメージ図は、今後の調査研究等の結果次第で見直すことがあります。

平成19年度～20年度の予定

地下施設工事（第Ⅰ期）
換気立坑掘削：250～280m程度
東立坑掘削：140m程度
水平坑道（140m）：27m程度（換気立坑より）
9m程度（東立坑より）
水平坑道（250～280m）：27m程度（換気立坑より）
⇒ 深度について先行ボーリング結果を踏まえて検討中
先行ボーリング調査（換気立坑）：520m
坑道掘削に伴う調査

地下施設の建設予定

排水処理設備の増設



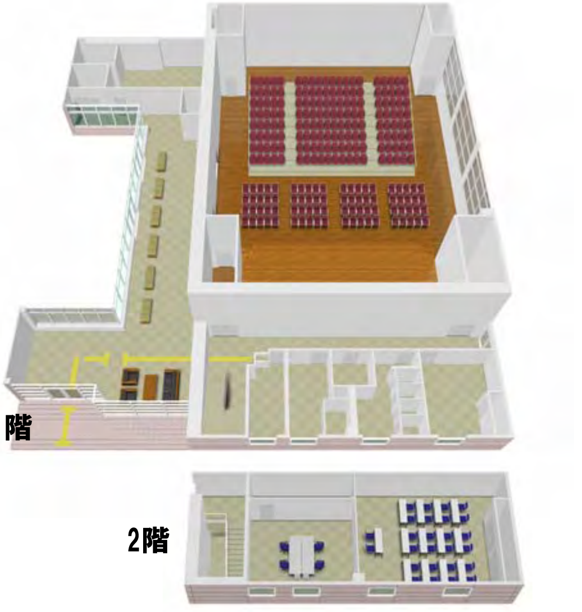
地上施設の建設

国際交流施設（仮称）

国内外の研究者の交流の拠点として、また地域住民との交流の場として、講演会や報告会などの多様な催しに対応できる施設として整備。

- 建設場所：　幌延深地層研究センター旧事務所跡地（幌延町公民館隣り）
- 運用開始：　平成21年10月（予定）

国際交流施設（仮称）の外観イメージ図



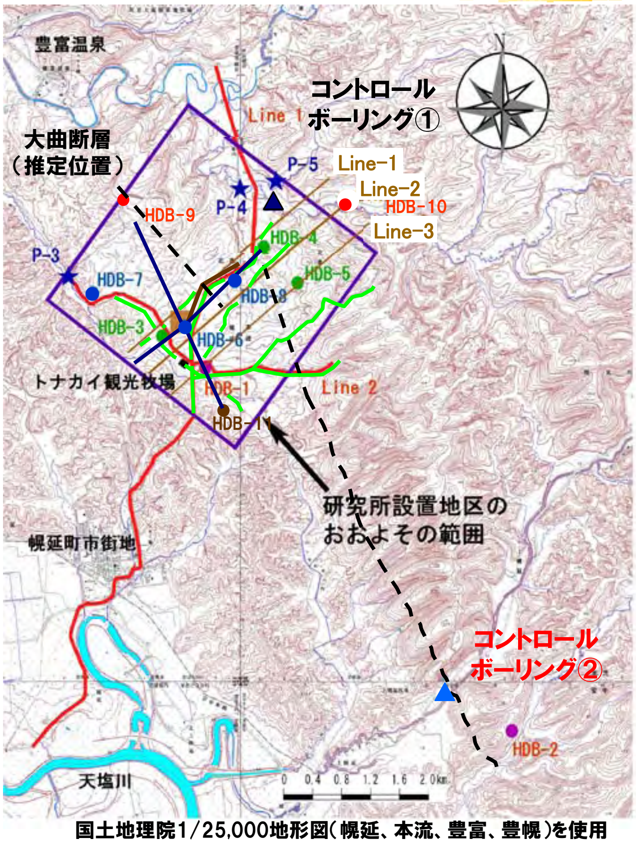
国際交流施設（仮称）の内部イメージ図

2. 調査研究について

研究開発課題

- **地層科学研究（深地層の科学的研究）**
  1. 地質環境調査技術開発
  2. 地質環境モニタリング技術開発
  3. 深地層の工学技術の基礎の開発
  4. 地質環境の長期安定性に関する研究
- **地層処分研究開発**
  5. 処分技術の信頼性の向上
     - 人工バリア等の工学技術の検証
     - 設計手法の適用性確認
  6. 安全評価手法の高度化
     - 安全評価モデルの高度化
     - 安全評価手法の適用性確認

研究所設置地区と調査位置



国土地理院1/25,000地形図（幌延、本流、豊富、豊幌）を使用

凡例

- ● 平成17年度試錐孔
- ● 平成16年度試錐孔
- ● 平成15年度試錐孔
- ● 平成14年度試錐孔
- ● 平成13年度試錐孔
- ▲ コントロールボーリング②（H18より）
- ▲ コントロールボーリング①（H17まで）
- ― 反射法地震探査測線（H14）
- ― 電磁法（AMT法）探査測線（H15）
- ― 高密度反射法地震探査測線（H16）
- ― 電気探査測線（H17）
- ― 電気探査測線（H18より）
- ★ 河川流量観測システム設置位置
- ■ 研究所用地

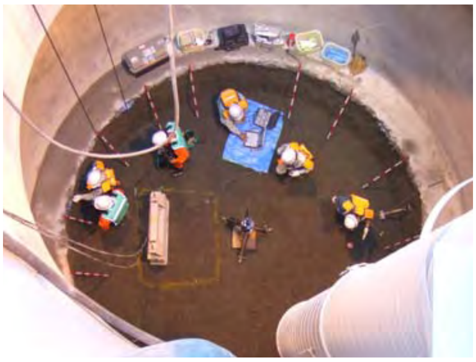
調査研究：計画と実績の概要

項目 ＼ 年度	平成18年度実績	平成19年度計画	平成19年度実績 （平成20年3月10日現在）
地質環境調査技術開発	地質調査の実施 表層水理調査の実施 立坑掘削に伴う地質環境データ（地質・地質構造、岩盤水理、地球化学、岩盤力学）の取得 コントロールボーリングの掘削（掘削長：400m）	地質調査の継続 表層水理調査の継続 地質環境データの取得継続 先行ボーリング調査に伴う地質環境データの取得 コントロールボーリングの掘削（予定掘削長：800m）	調査継続 先行ボーリング調査：コア観察・物理検層・水理試験等実施中 コントロールボーリングの掘削（掘削長：約694m）
地質環境モニタリング技術開発	地下水水圧の観測装置（MP）の設置（HDB-11孔） 高精度傾斜計の設置（立坑周辺6地点+HDB-8孔）（⇒10地点） 高密度電気探査（約100箇所） 遠隔監視システムによる観測	地下水水圧の観測（9試錐孔） 高精度傾斜計による観測（10地点） 高密度電気探査 遠隔監視システムによる観測	観測継続、観測装置設置（HDB-4孔） 観測継続
工学技術 処分技術	情報化施工プログラムの作成・運用開始 低アルカリ性コンクリートの施工試験計画策定	情報化施工プログラムの運用継続、計測機器の設置・計測（地中変位、コンクリート応力、ロックボルト軸力、鋼製支保応力など） 原位置施工試験計画の詳細化	運用継続、計測機器設置・計測（換気立坑：深度83、120m、先行変位計測：107-127m、東立坑：孔内載荷試験95-120m） 原位置施工試験計画の詳細化

地質環境調査技術開発

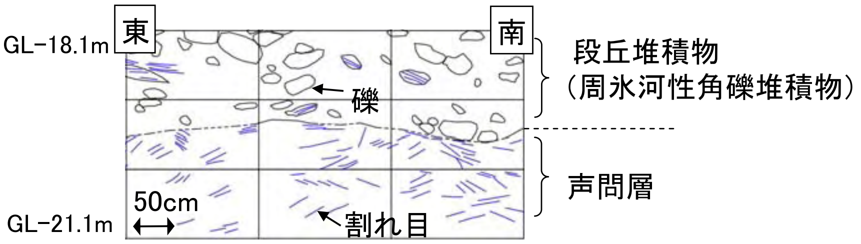
地質環境データの取得（地質構造：立坑壁面観測・断面形状計測）

立坑壁面観察・断面形状計測状況

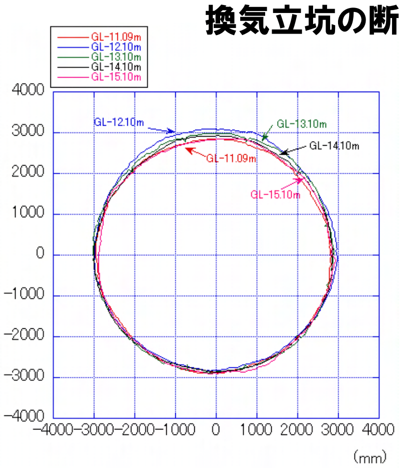


地質観察結果の例（東立坑）

礫・割れ目に関しては10cm以上のものを記載



換気立坑の断面形状計測結果の例



壁面観察調査

スケッチ・写真（10cm以上の礫や割目を記載）

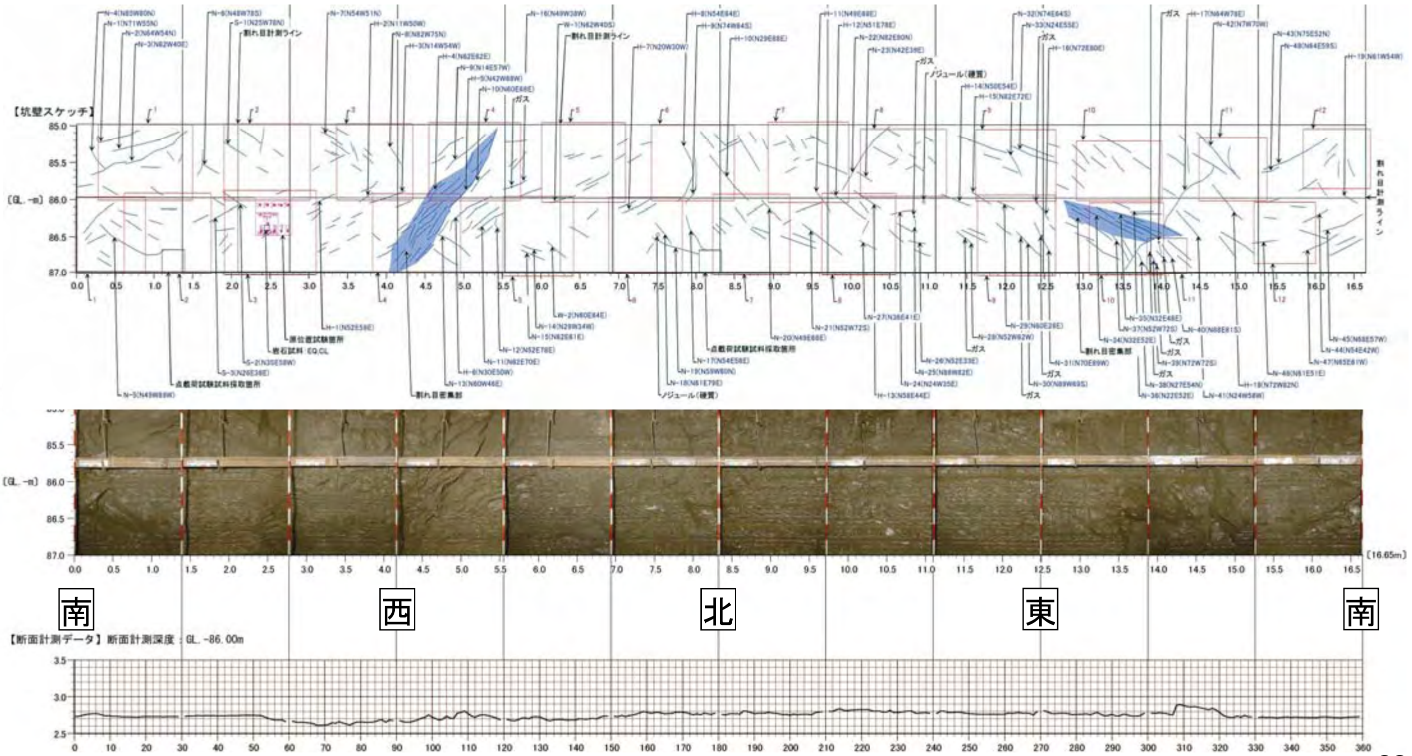
簡易原位置試験・計測

弾性波速度、シュミットハンマー反発度試験、エコーチップ硬さ試験、針貫入試験、カッター切削試験、点載荷試験、色彩判定、坑道壁面形状計測

地質環境調査技術開発

地質環境データの取得（地質構造：立坑壁面観測・断面形状計測）

地質記載シートの例（岩級区分・坑壁スケッチ・断面形状計測：換気立坑85～87m）



地質環境調査技術開発

地質環境データの取得（地質構造：露頭調査・ガス調査）

地質調査（露頭調査）の例

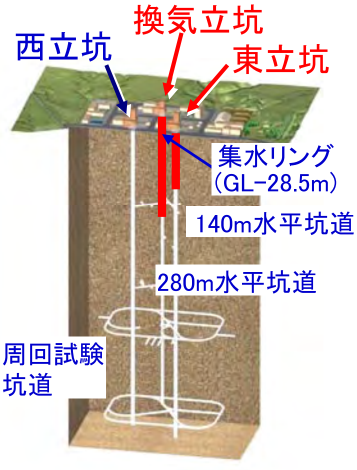
地質調査（ガス調査）の例

平成19年9月撮影

地質環境調査技術開発

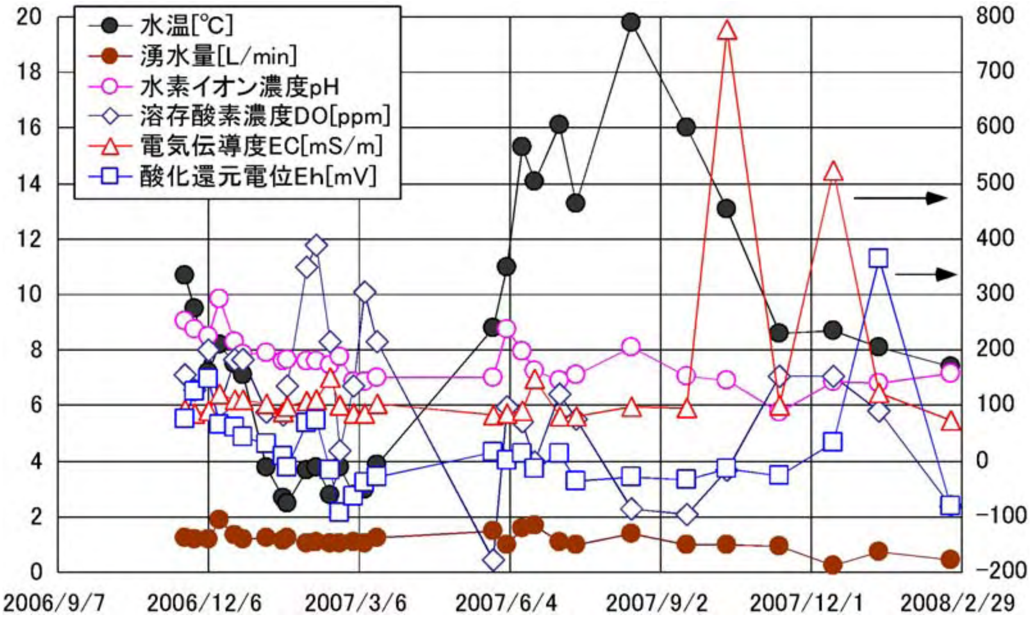
地質環境データの取得（地下水の地球化学：湧出地下水の水質）

換気立坑の集水リング（深度28.5m）における地下水の水質モニタリング結果の例



掘削予定

地下施設イメージ図



集水リング設置場所　換気立坑：GL−28.5、−63.8、−98、−132m
東立坑：GL−27、−63.9、−95.2m

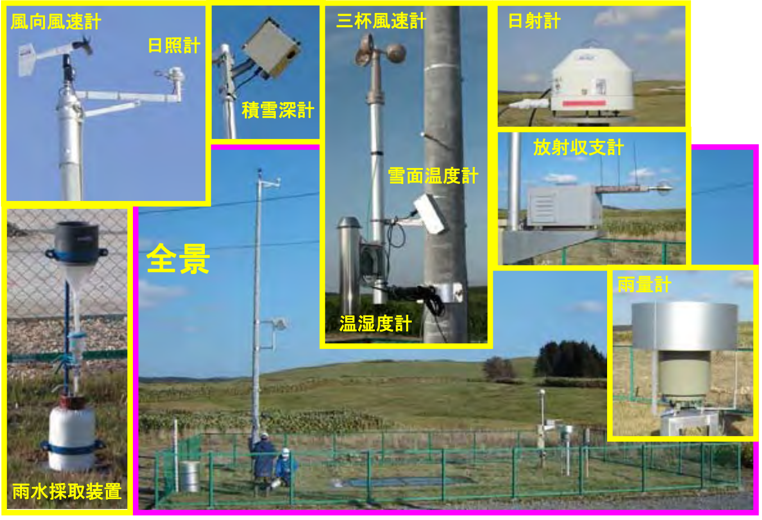
地質環境調査技術開発

地質環境データの取得（表層水理）

○気象観測（降水量、気温・湿度、風向・風速、蒸発散量）、河川流量観測、河川水・降水水質観測、地下水位・土壌水分観測 ➡ **涵養量の算定**

気象観測装置

北進気象観測所の例



河川流量観測

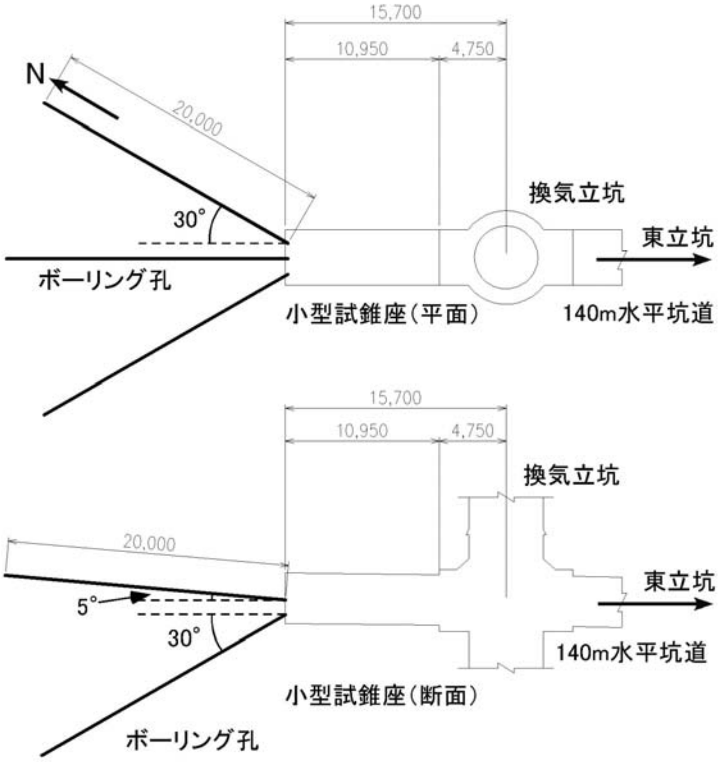
平成19年10月撮影

平成20年2月撮影

地質環境調査技術開発

地質環境データの取得（岩盤力学：初期応力）

岩盤初期応力測定用ボーリング孔のレイアウト（換気立坑140m小型試錐座）



換気立坑140m小型試錐座

水圧破砕法

掘削長 20m/孔（コア径φ76mm）

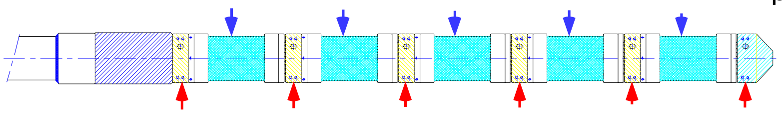
BTV観察 割れ目データ（分布、走向・傾斜、区分、開口量、形状、状態等）

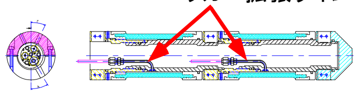
室内試験 1軸強度試験、圧裂引張強度試験

地質環境調査技術開発

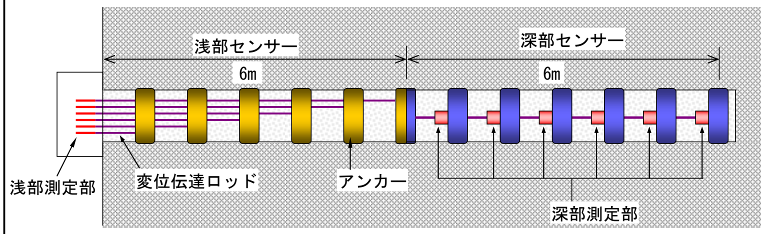
調査技術・調査機器開発（岩盤水理・地球化学・岩盤力学）

岩盤水理：坑道近傍岩盤緩み領域での透水試験装置（東立坑：深度70mポンプ座で適用性試験）

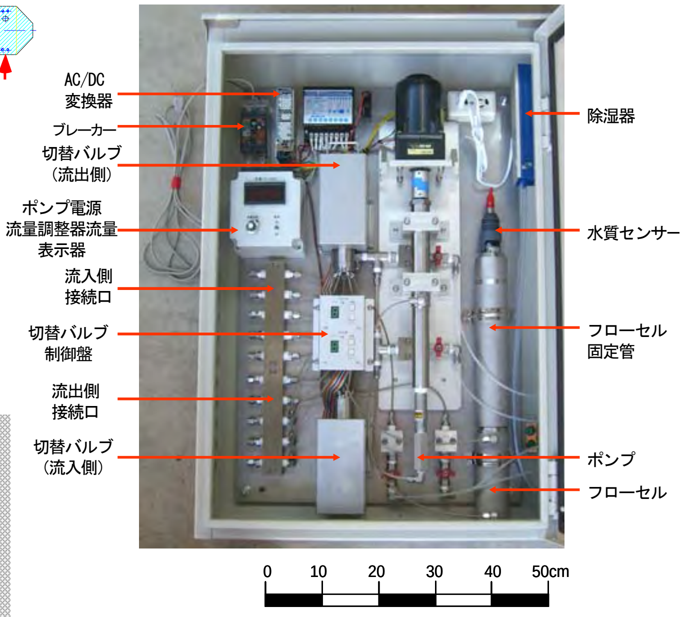




岩盤力学：光ファイバー式岩盤内地中変位計
概念図（**換気立坑：深度70mポンプ座で試計測**）



地下水地球化学：坑道内用地下水水質モニタリング装置（坑道内のボーリング孔でpH、Eh、温度、圧力等測定（**装置製作**））

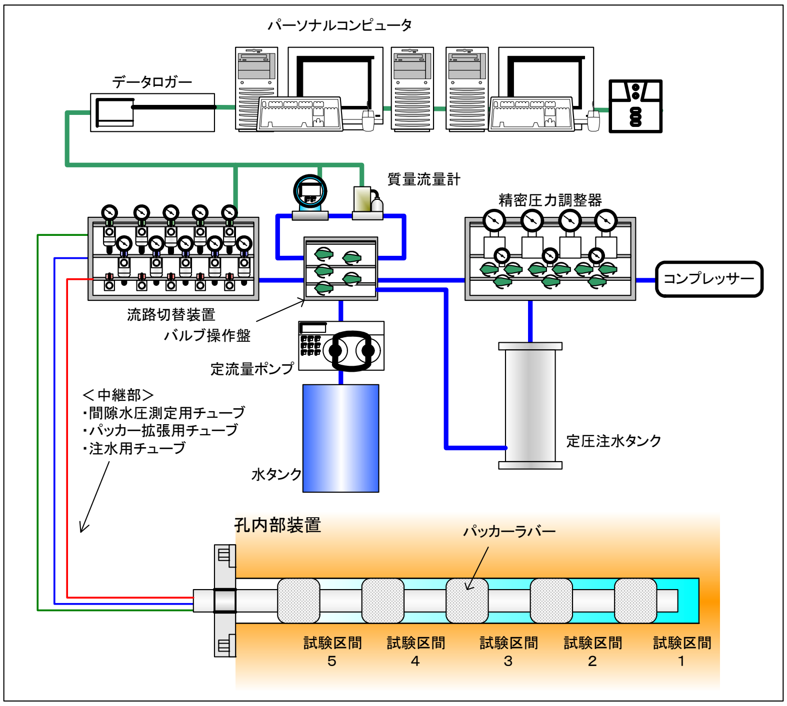


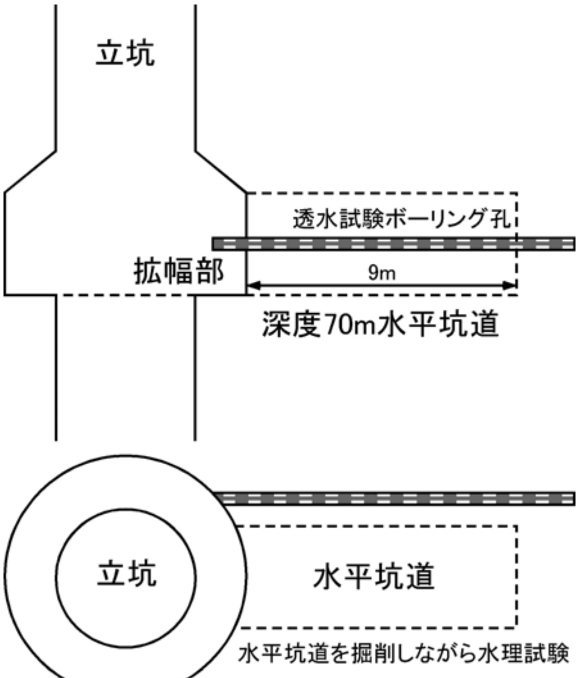
地質環境調査技術開発

調査技術・調査機器開発（岩盤水理）

坑道掘削に伴う岩盤の透水性の変化を調べるための試験装置の概念図

坑道掘削に伴う周辺岩盤での透水性の変化の測定（**東立坑：深度70mポンプ座で適用性試験**）





地質環境調査技術開発

調査技術・調査機器開発（岩盤水理）

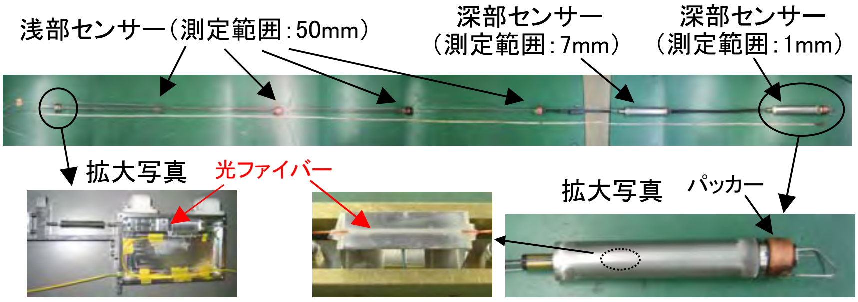
坑道掘削に伴う周辺岩盤での透水性の変化の測定（東立坑：深度70mポンプ座での適用性試験）

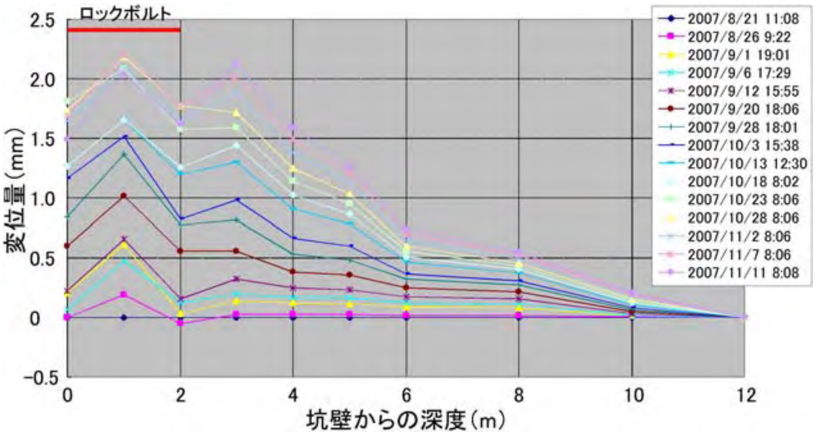
坑道掘削に伴う岩盤の透水性の変化を調べるための水理試験（H19.10.22）

地質環境調査技術開発

調査技術・調査機器開発（岩盤力学）

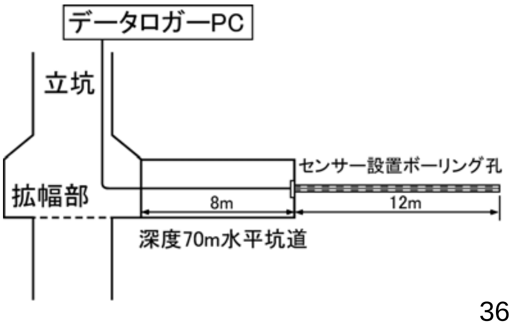
坑道近傍での岩盤の変位の時間変化の測定例（換気立坑：深度70mポンプ座で試計測）





12m深部を不動点として整理　＋が引張り側（押出し側）

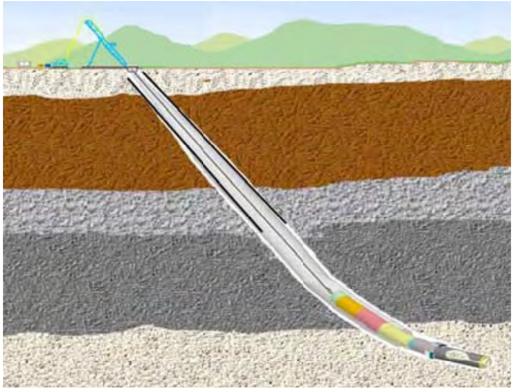
測定用ボーリング孔の掘削の様子

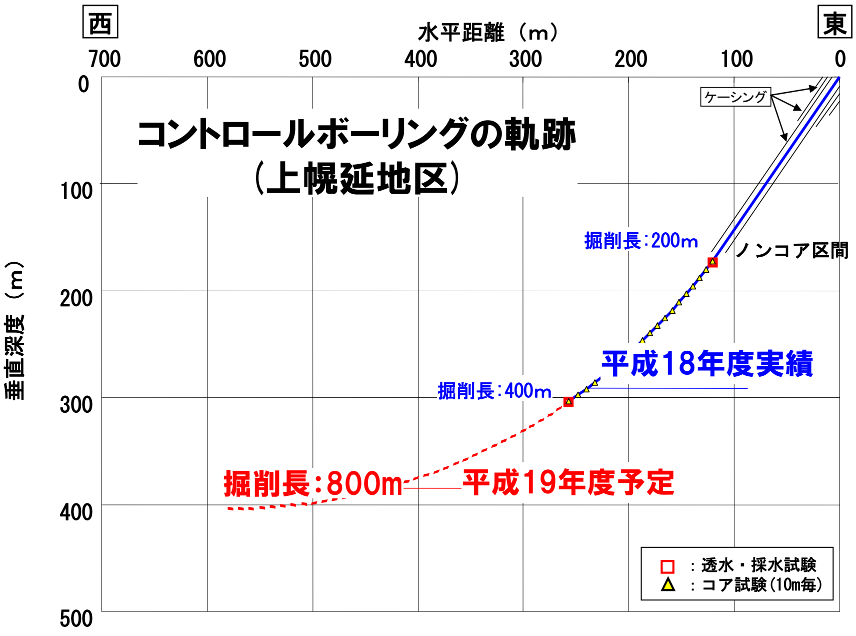


地質環境調査技術開発

調査技術・調査機器開発（コントロールボーリング技術）

大曲断層を対象としたコントロールボーリング技術の開発（電力中央研究所との共同研究：経済産業省公募事業）





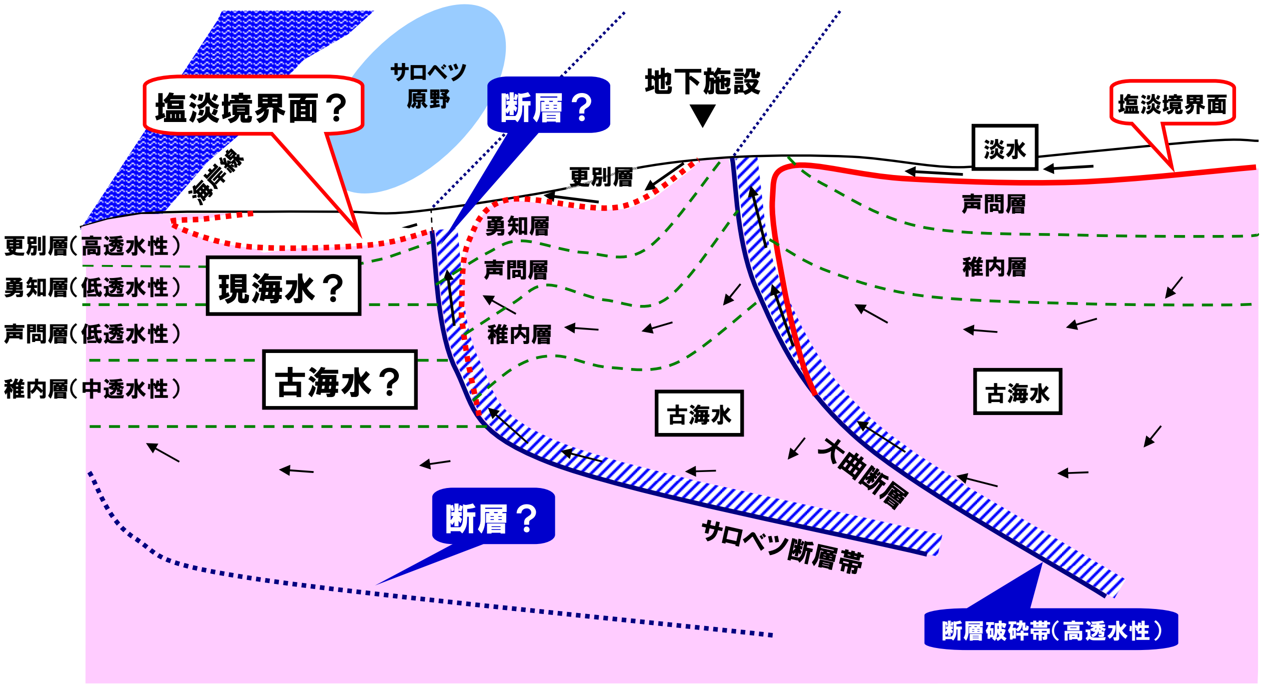
間隙水圧測定、孔壁観察（イメージング装置）、コア観察、スラグ試験、透水試験、掘削長：約**694m**（H20.1月末）

地質環境調査技術開発

沿岸域における塩水－淡水境界調査技術の開発

地下水の塩水と淡水の境界に着目した調査技術開発に関する取り組み
（産業技術総合研究所との共同研究：経済産業省公募事業）

幌延町沿岸部の水理地質構造／地球化学／地下水流動の概念図



地質環境調査技術開発

沿岸域における塩水−淡水境界調査技術の開発

電磁探査測定（TEM、AMT・MT）の測定点と測線

TEM測定

出典：幌延町地図情報システム

ボーリング孔掘削予定地

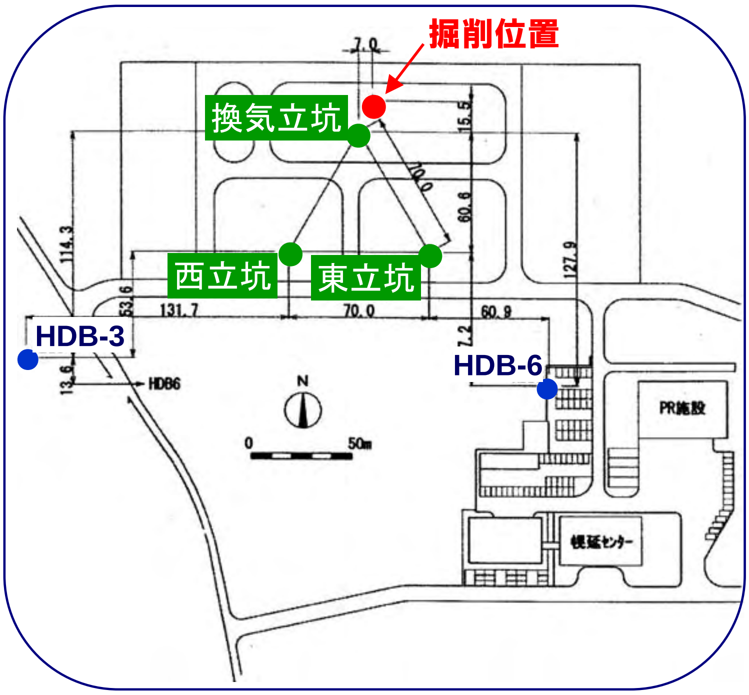
AMT・MT測定

地質環境調査技術開発

先行ボーリング調査

坑道掘削時の湧水箇所や湧水量、岩盤の透水性などを事前に確認するための調査を行い、グラウト施工計画や排水処理設備の増設計画に反映

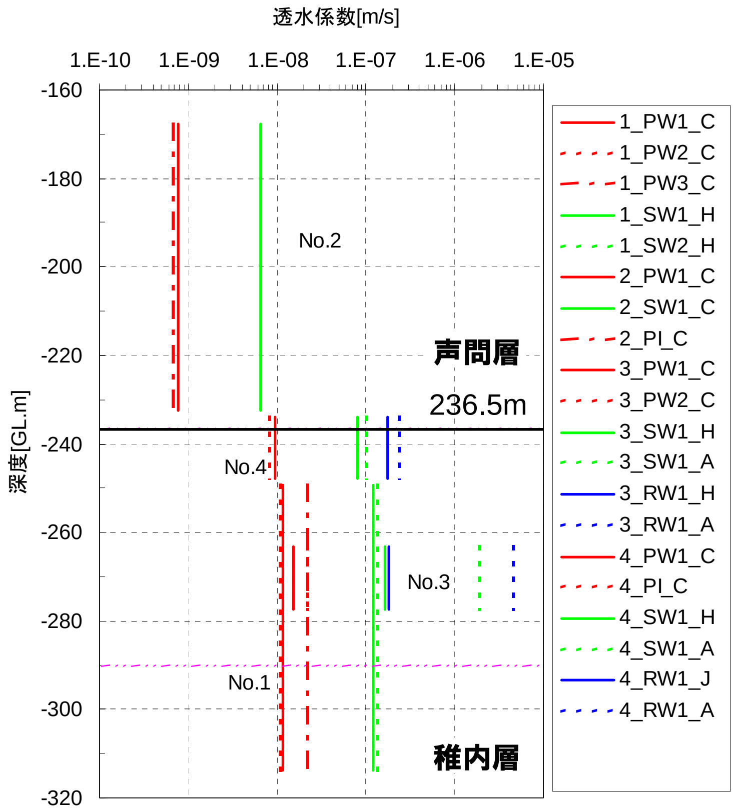
先行ボーリング実施場所



- **掘削長**　520m（150m以深コア採取：コア径＞φ86mm）
- **安全装置** BOP（防噴装置）
- **岩芯観察** コア記載、写真撮影
- **水理試験**　透水試験：0～150mで3区間／定間隔パルス・スラグ試験：150～520mで6区間／揚水試験：5区間
- **室内試験**　物理試験：間隙率・密度等／力学試験：1軸圧縮・圧裂引張／岩石・鉱物学試験：顕微鏡観察・XRD・モード分析／化学分析：抽出水・地下水水質・溶存メタンガス濃度（封圧地下水）
- **物理検層**　150～520m（孔径・温度・音波・孔壁画像検層（超音波型）・フローメータ検層・流体電気伝導度検層）
- **湧水箇所・湧水量評価**

地質環境調査技術開発

先行ボーリング調査水理試験結果例（透水係数分布）



PW：パルス試験
SW：スラグ試験
RW：定流量揚水試験
解析法_C：Cooper
解析法_H：Hvorslev
解析法_A：Agarwal

巨視的（No.1、2: 65m区間）

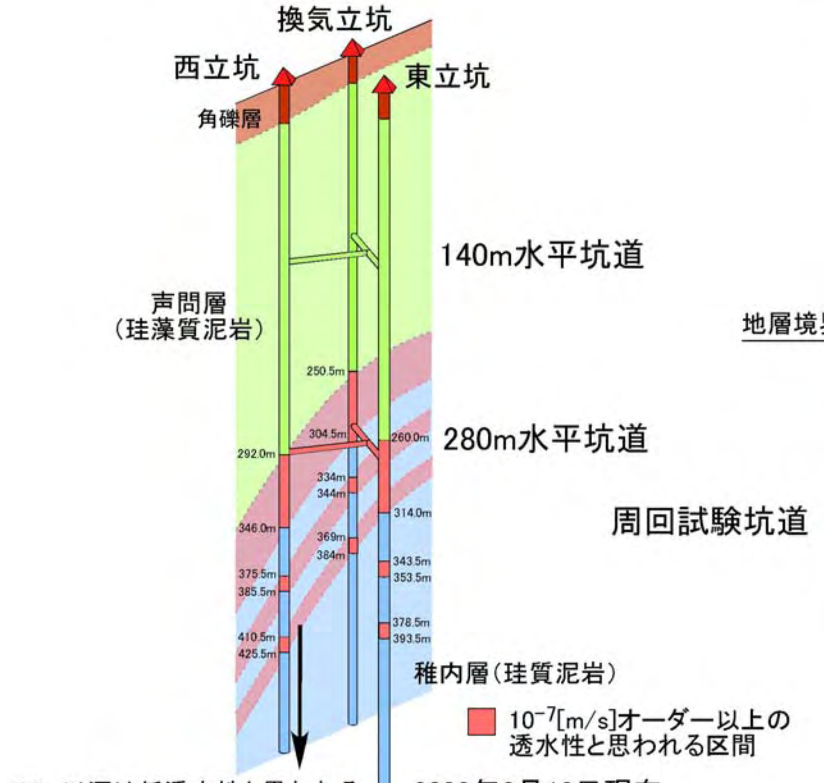
- 声問層で最大10^{-8}m/s程度
- 稚内層で最大10^{-7}m/s程度

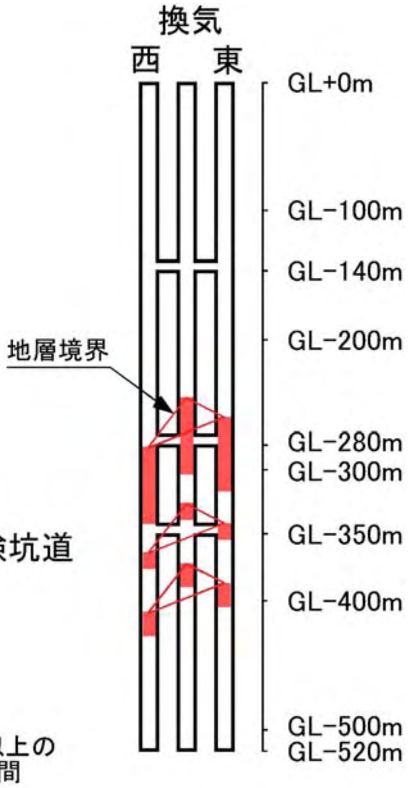
局所的（No.3、4: 14m区間）

- 稚内層浅部No.3（GL−263.36～−277.41m区間）で最大10^{-7}～10^{-6}m/sオーダー
- 稚内層浅部No.4（GL−233.86～−247.91m区間）で最大10^{-7}m/s前後

地質環境調査技術開発

先行ボーリング調査結果例（想定される水理地質構造）





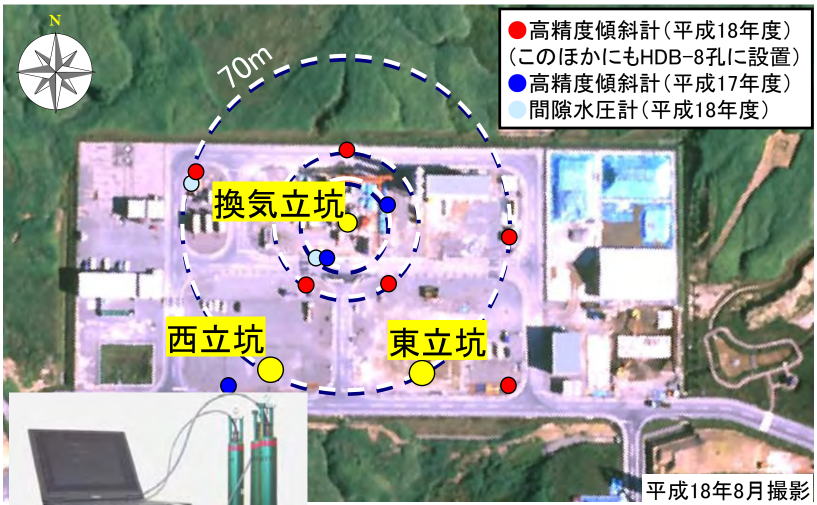
2008年2月18日現在

地質環境モニタリング技術開発

ボーリング孔を用いたモニタリング技術開発（地盤変形・地下水圧）

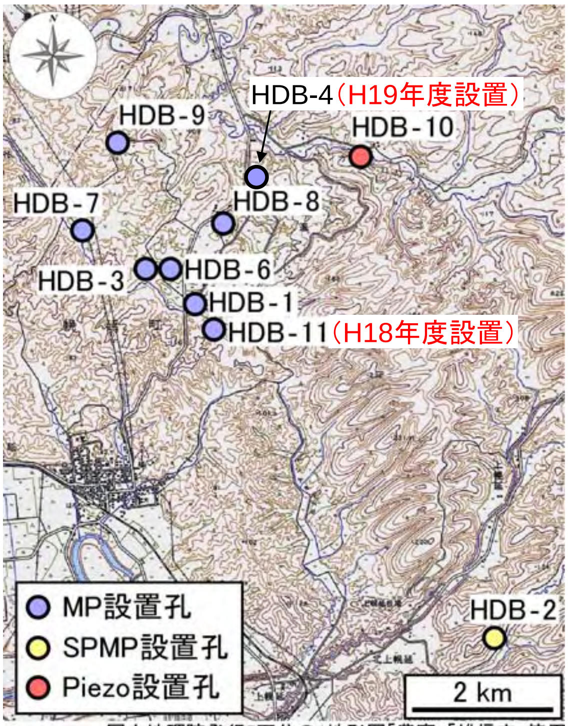
地下施設建設（立坑掘削）に伴う地盤変形のモニタリング

地下施設周辺の傾斜計設置位置



高精度傾斜計

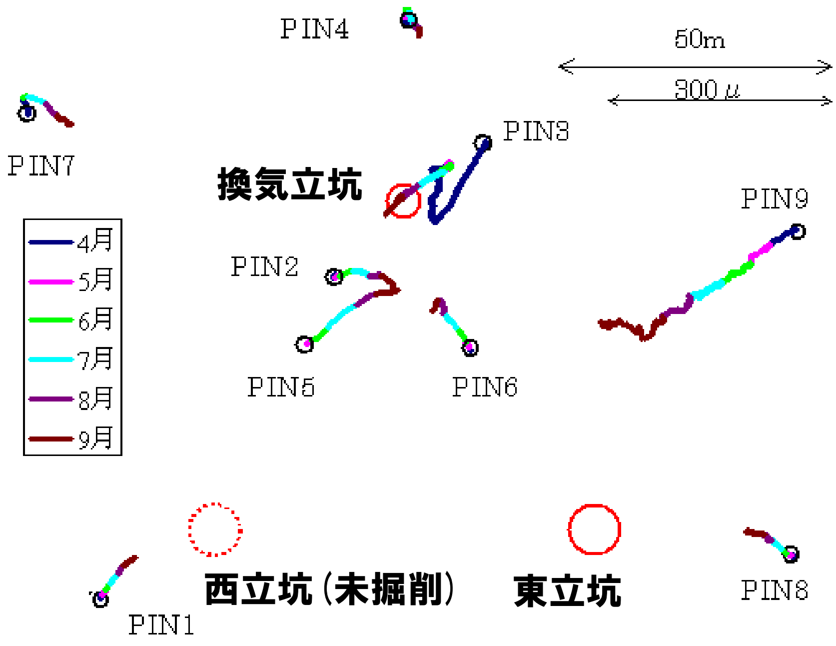
水圧モニタリング装置設置位置



国土地理院発行5万分の1地形図「豊富」「雄信内」使用

地質環境モニタリング技術開発

ボーリング孔を用いたモニタリング技術開発（地盤変形測定例）



計測地点と各立坑の位置関係及び傾斜ベクトルの経時変化（単位：rad）

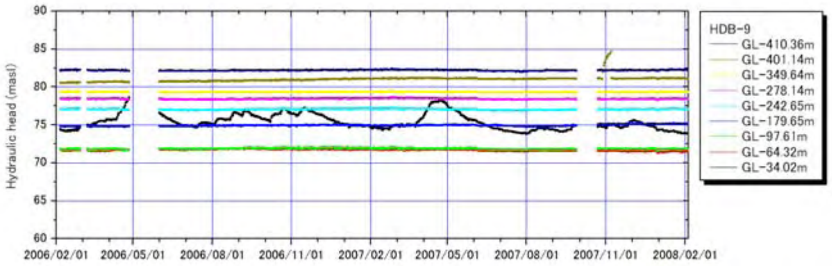
- PIN3と9の傾斜が大きい
- PIN3と9以外はほぼ立坑方向に傾斜
- PIN9は換気立坑と東立坑の両方の影響を受けていると考えられる
- 立坑に近い程傾斜が大きい
- PIN3に於ける挙動は、4～5月に掛けての掘削準備のための地上施設の構築（換気立坑）による影響と考えられる

地質環境モニタリング技術開発

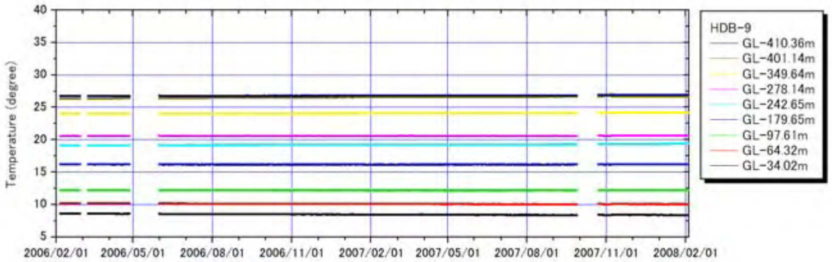
ボーリング孔を用いたモニタリング技術開発（地下水圧観測）

○地下水圧モニタリングシステムの設置と観測

MPシステム（Westbay instruments Inc.）　:HDB-1, 3, 6, 7, 8, 9, 11
SPMPシステム（Solexperts AG）　:HDB-2
PIEZOシステム（DIA consultants Co. Ltd.）　:HDB-10
※HDB-4に地下水圧計（MPシステム）設置（H19年度）



＊ GL-34.02mの水圧は降水量の影響により変動（降水量データと調和）

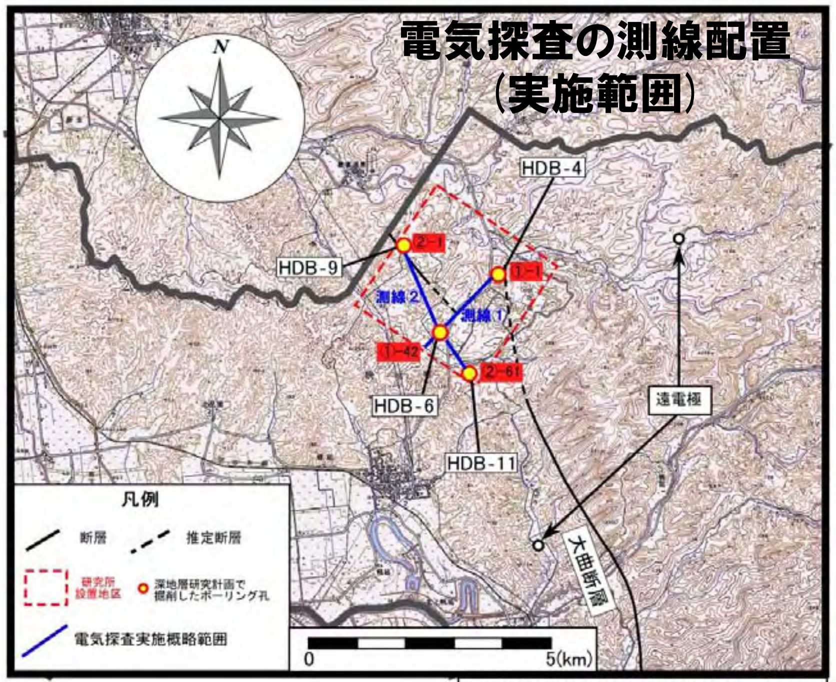


ボーリング孔に於ける地下水圧のモニタリング例（HDB-9）

地質環境モニタリング技術開発

比抵抗モニタリング技術開発（高密度電気探査）

地下施設の掘削に伴う周辺岩盤の地下水流動の変化を定期的に比抵抗分布を測定することにより把握（約100ヶ所）

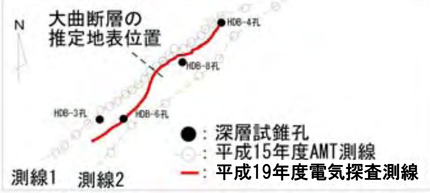


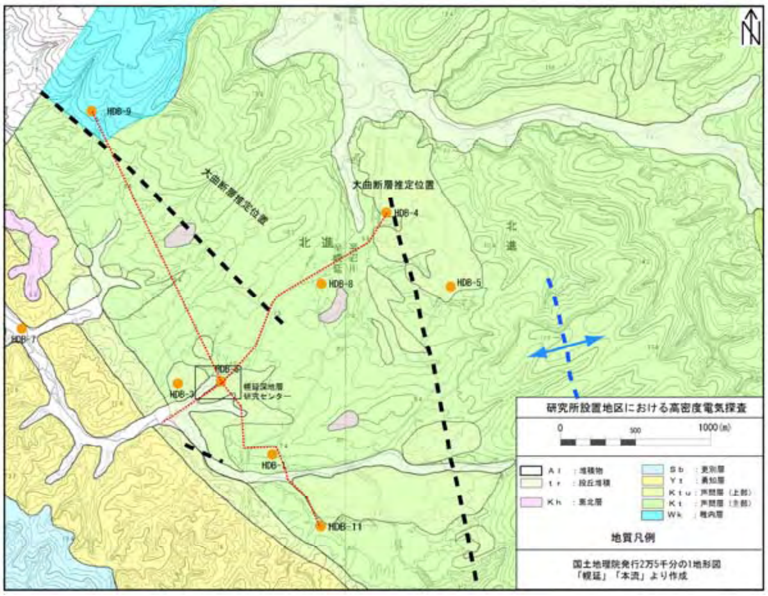
国土地理院発行5万分の1地形図「稚咲内」「天塩」「豊富」「雄信内」「上猿払」「敏音知」使用

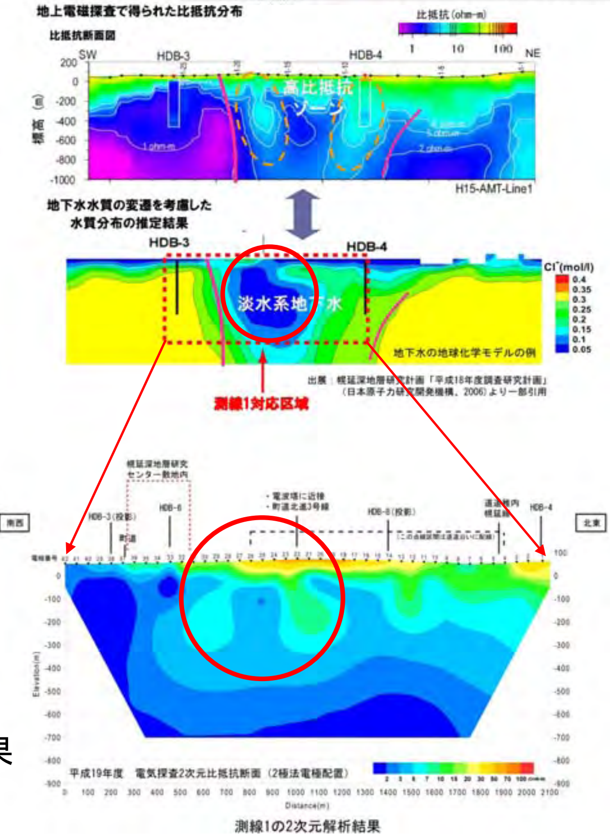
測定機器

地質環境モニタリング技術開発

比抵抗モニタリング技術開発（高密度電気探査）







既存の電磁探査及び比抵抗検層結果との比較例（右図）

上段：H15 AMT法2次元比抵抗断面（側線1）

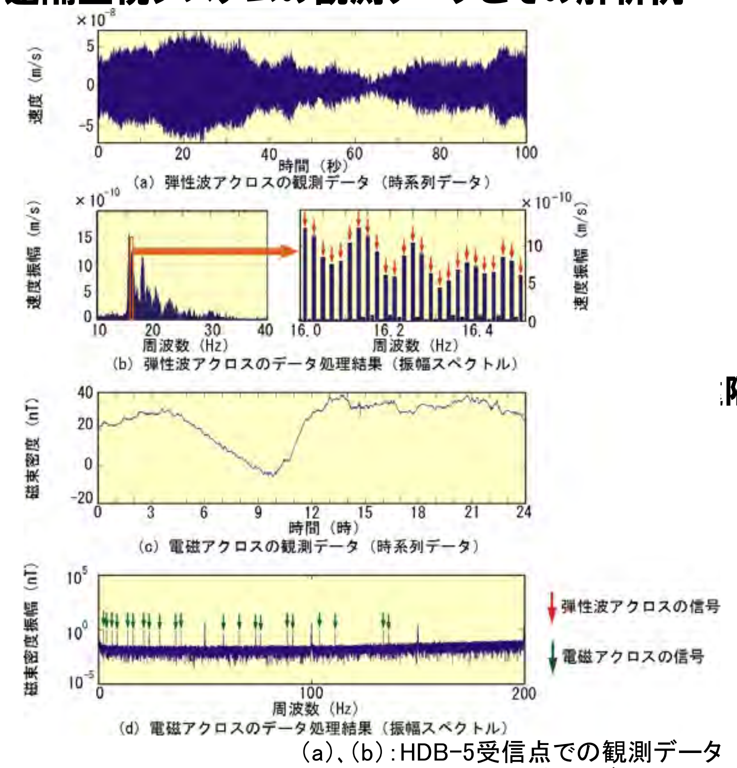
中断：地下水水質の変遷を考慮した水質分布の推定結果

下段：H19電気探査2次元比抵抗断面（2極法電極配置）

地質環境モニタリング技術開発

遠隔監視システムの開発

遠隔監視システムの観測データとその解析例



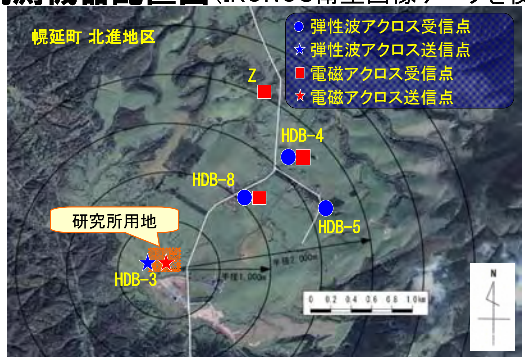
（a）、（b）：HDB-5受信点での観測データ

（c）、（d）：Z受信点での観測データ

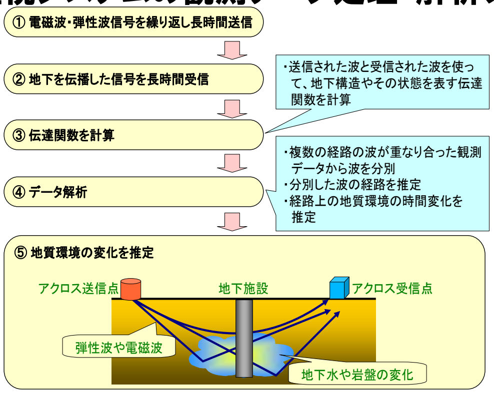
精密制御定常信号システム(ACROSS)を使用

（送・受信はGPS時計で精密に制御・同期）

観測機器配置図（IKONOS衛星画像データを使用）

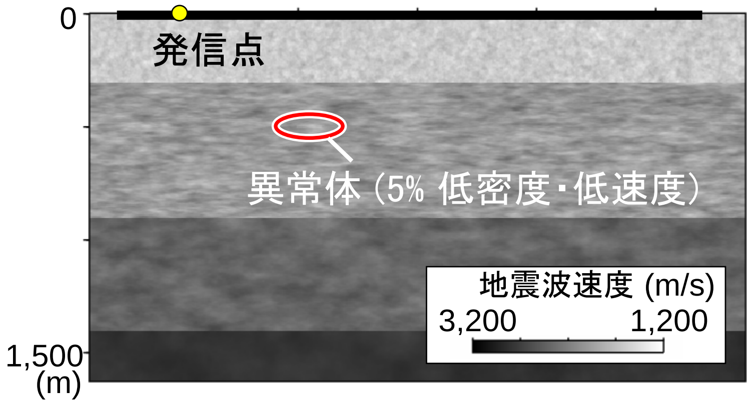


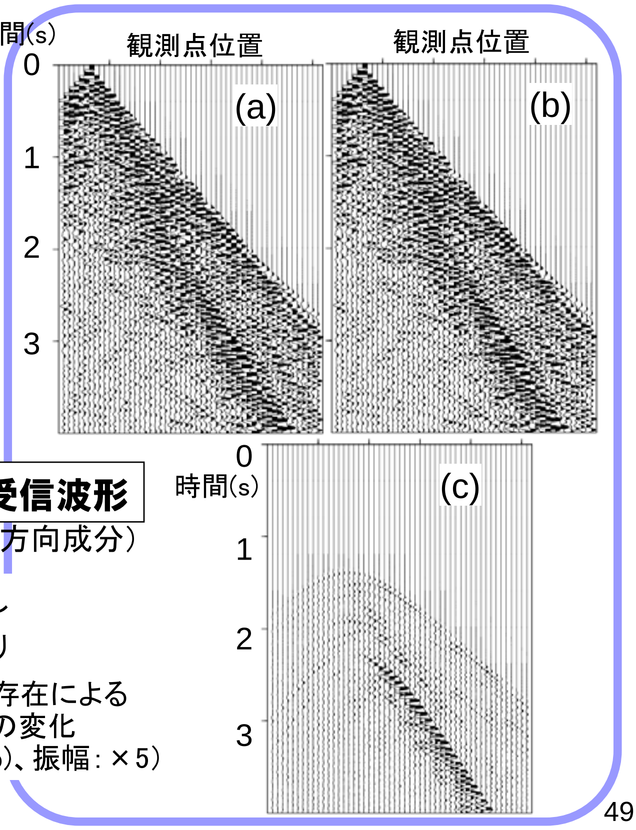
遠隔監視システムの観測データ処理・解析フロー



地質環境モニタリング技術開発

坑道掘削に伴う地質環境の微小変化を想定した波動場シミュレーション例





各観測点での受信波形
（鉛直方向成分）

(a) 異常体なし
(b) 異常体あり
(c) 異常体の存在による受信波形の変化
((c)=(a)−(b)、振幅：×5)

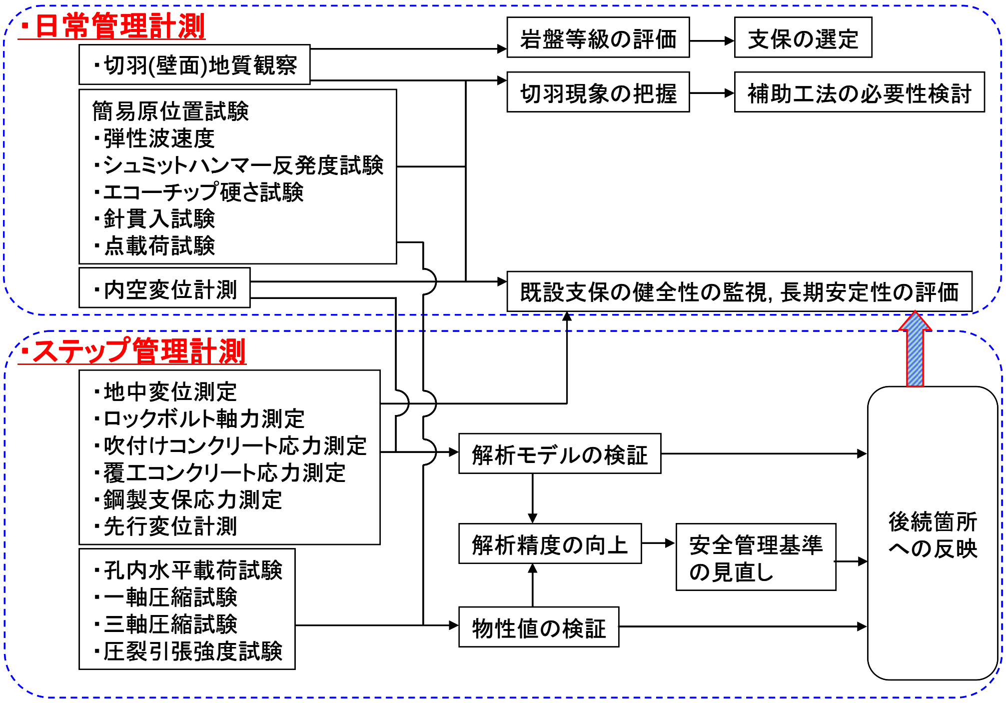
＊名古屋大学、静岡大学との先行基礎工学研究
「精密制御定常信号システムデータの解析技術の高度化」

深地層の工学技術の基礎の開発

情報化施工プログラム

掘削と並行して実施する地質観察や各種計測結果を総合的に分析し、設計･施工に反映する手法

情報化施工プログラムにおける日常管理計測（上図）、ステップ管理計測（下図）の主な項目と取得データの解析評価フロー

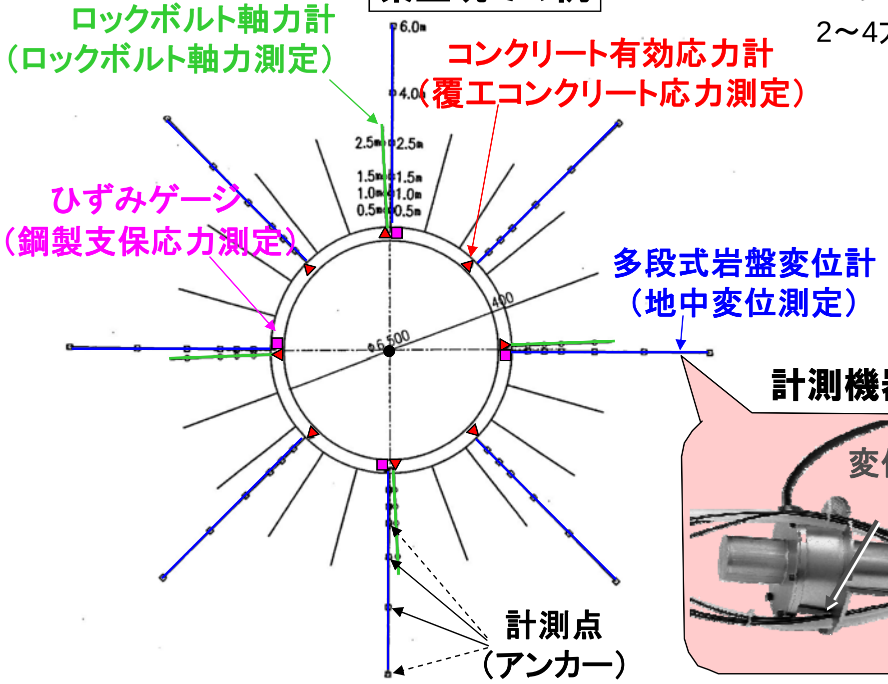


深地層の工学技術の基礎の開発

情報化施工プログラムの適用（立坑における計測）

ステップ管理計測（約50m間隔で実施）

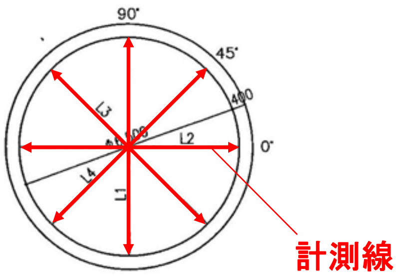
東立坑での例



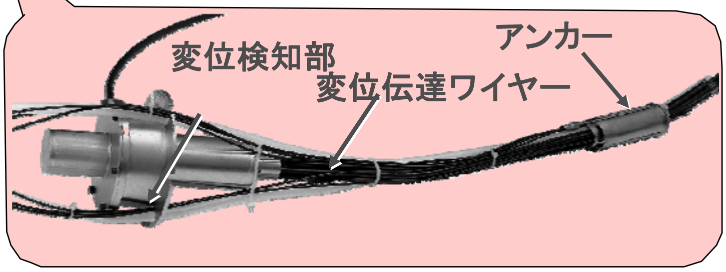
日常管理計測（掘削切羽毎に実施）

内空変位計測（10m間隔で実施）

2〜4方向の内径の伸び縮みを測定



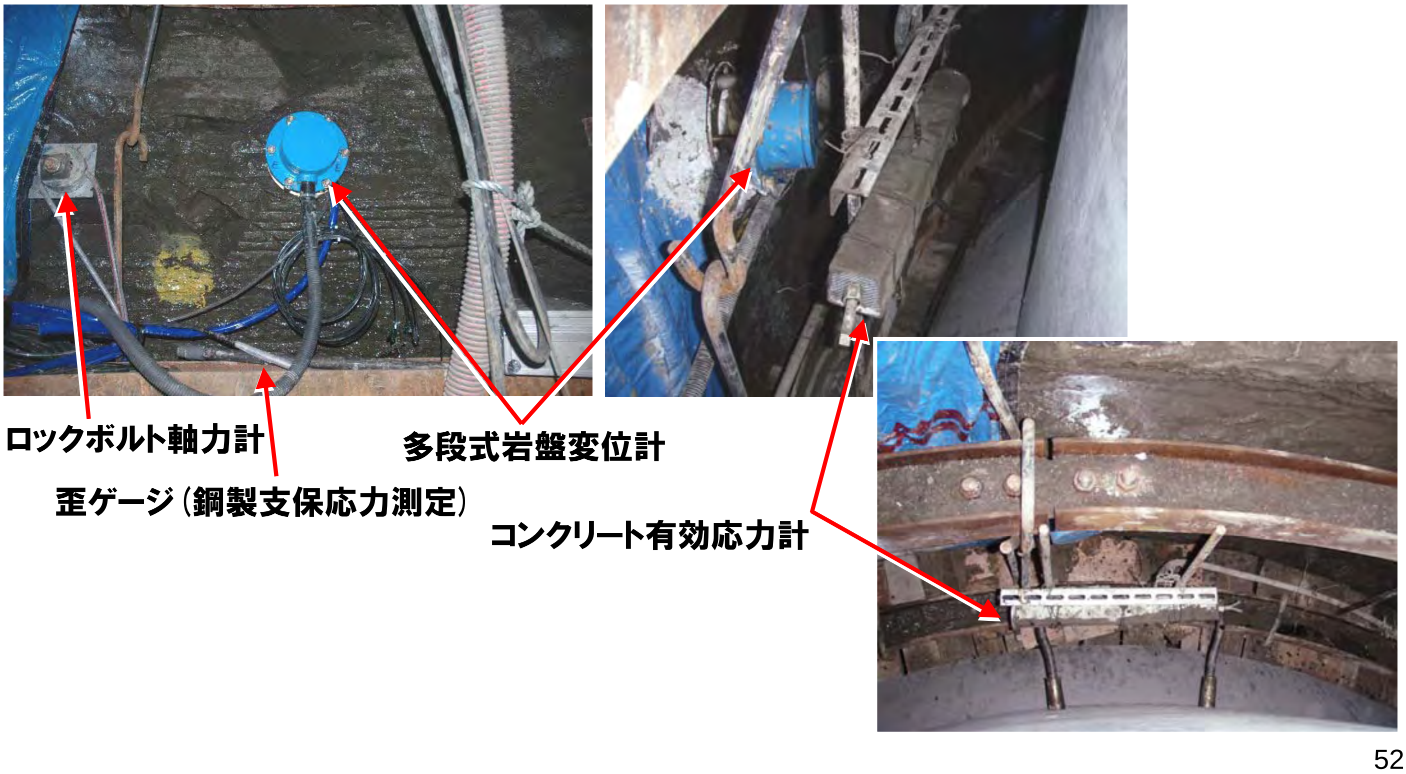
計測機器の例（多段式岩盤変位計）



深地層の工学技術の基礎の開発

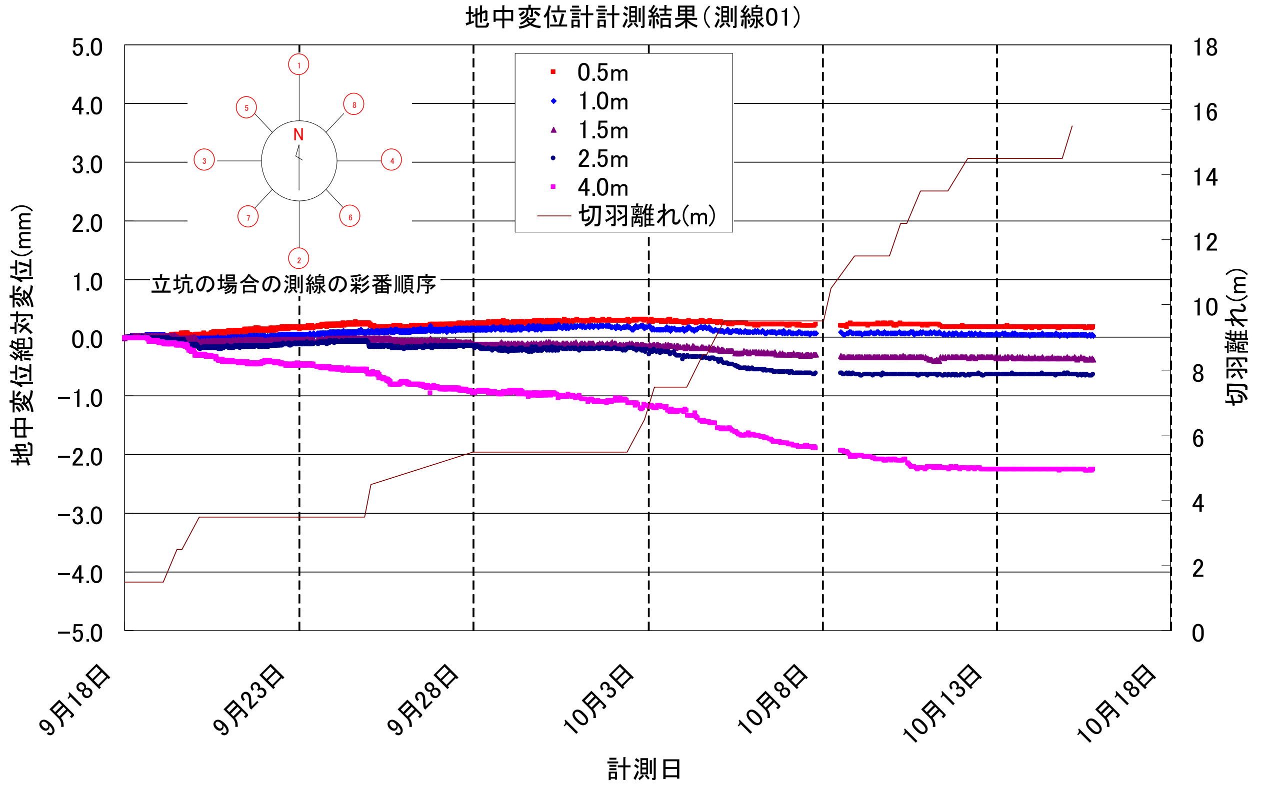
情報化施工プログラムの適用（計測機器の設置）

ステップ管理計測における計測機器の設置例（換気立坑 深度83m）



深地層の工学技術の基礎の開発

情報化施工プログラムの適用（ステップ管理計測例：地中変位）



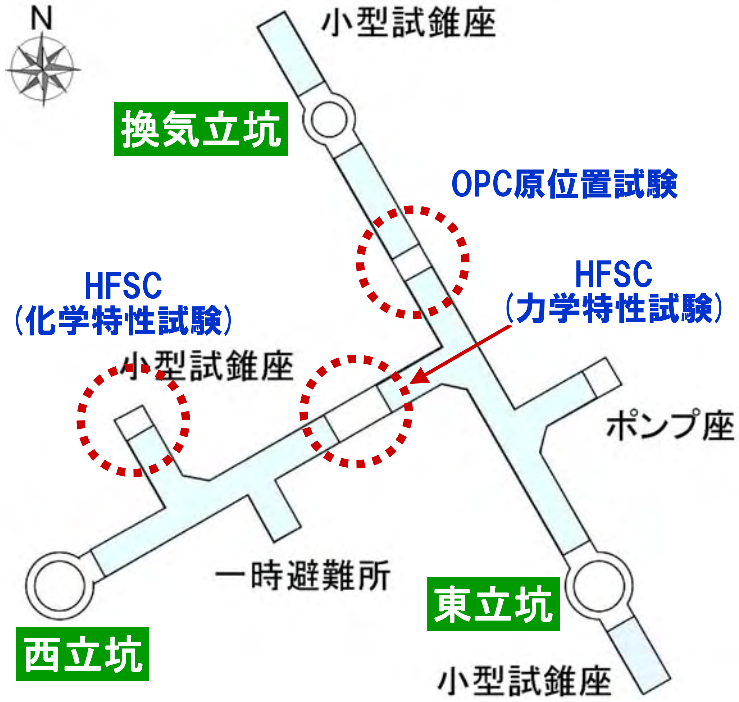
地中変位計測例（換気立坑：深度83m、測線①：一が押出し側）

処分技術の信頼性向上

低アルカリ性セメント（HFSC）を用いたコンクリート材料の施工試験

深度140m水平坑道吹付け施工試験予定位置

（繊維補強のない部分）



HFSC424（セメント40、シリカフューム20、フライアッシュ40％）

処分技術の信頼性向上

課題名	実施内容	試料等	実施場所
人工バリア等の工学技術の検証	•低アルカリ性セメント(HFSC)を用いたコンクリート材料の開発(配合選定試験、鉄筋腐食試験(海水暴露試験)、原位置試験計画策定等)	地下施設使用骨材等	幌延・東海
設計手法の適用性確認	•緩衝材や埋め戻し材の膨潤特性に関する研究(膨潤応力、膨潤率、モデリング等)	地下水	東海・幌延
	•緩衝材の透水特性に関する研究(透水係数の塩濃度(イオン強度)依存性等)	地下水	東海
	•オーバーパック材料の腐食特性に関する研究(炭素鋼、チタン)	地下水	東海

安全評価手法の高度化

課題名	実施内容	試料等	実施場所
安全評価モデルの高度化	•岩石中の拡散・遅延特性に関する研究(重水、ヨウ素、セシウム等)	岩石	東海
	•有機物特性評価に関する研究(有機物種・有機物量・微量金属などの定量・錯形成定数)	地下水	東海
	•コロイド特性評価に関する研究	地下水	東海
	•微生物特性評価に関する研究	地下水	東海
安全評価手法の適用性確認	•第２段階(坑道掘削時の調査段階)で得られる地質環境情報に基づく水理解析のための地質環境モデルや水理地質構造モデル等の見直し •第１段階(地上からの調査研究段階)で実施した地質環境調査から物質移行評価に至る一連の手法の信頼性の確認	水理試験等 調査試験結果	幌延・東海

調査研究：次年度の計画の概要

項目＼年度	平成19年度計画	平成19年度実績 （平成20年3月10日）	平成20年度計画
地質環境調査技術開発	地質調査の実施	地質調査の継続	調査継続
	表層水理調査の実施	表層水理調査の継続	
	立坑掘削に伴う地質環境データ（地質・地質構造、岩盤水理、地球化学、岩盤力学）の取得	地質環境データの取得継続	
	先行ボーリング調査に伴う地質環境データの取得	先行ボーリング調査：コア観察・物理検層・水理試験等の実施	先行ボーリング調査：水理試験等の継続、水理地質構造・湧水量解析
	コントロールボーリングの掘削（予定掘削長：800m）	コントロールボーリングの掘削（掘削長：約694m）	コントロールボーリングの継続
地質環境モニタリング技術開発	地下水水圧の観測（9試錐孔）	観測継続（9試錐孔）、観測装置設置（HDB-4孔）	観測継続
	高精度傾斜計による観測（立坑周辺9地点+HDB-8孔）	高精度傾斜計による観測（10地点）	
	高密度電気探査（約100箇所）	高密度電気探査の実施	
	遠隔監視システムによる観測	遠隔監視システムによる観測	
工学技術	情報化施工プログラムの運用継続、計測機器の設置・計測（地中変位、コンクリート応力、ロックボルト軸力など）	運用継続、計測機器設置・計測（換気立坑：深度83、120m、先行変位計測：107-127m、東立坑：孔内載荷試験95-120m）	運用継続、計測機器設置・計測の継続
処分技術	低アルカリ性コンクリートの施工試験計画の詳細化	原位置施工試験計画の詳細化	原位置施工試験準備、場所打ちコンクリート配合選定室内試験

換気立坑140m水平坑道の掘削