



超深地層研究所計画

－第1段階の予測結果と第2段階における検証状況および今後の計画－

平成25年3月15日

東濃地科学研究ユニット

1. 超深地層研究所計画の進捗状況

1-1 研究坑道の掘削工事状況

1-2 平成24年度の主な調査試験

2. 第1段階の予測結果と第2段階における検証状況

3. 今後の計画に関する検討状況

1. 超深地層研究所計画の進捗状況

平成8年度-平成16年度

第1段階

【地表からの調査予測研究段階】



反射法弾性波探査



ボーリング調査

平成16年度-実施中

第2段階

【研究坑道の掘削を伴う研究段階】



壁面地質調査



地下水モニタリング

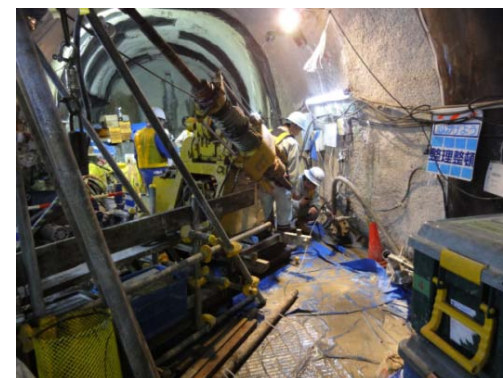
平成22年度-実施中

第3段階

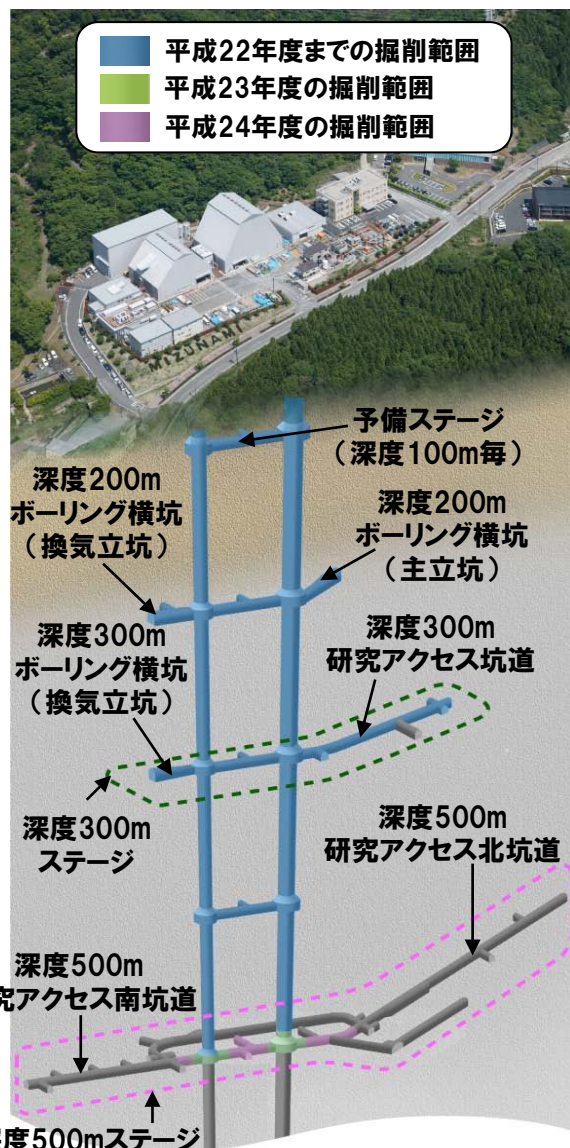
【研究坑道を利用した研究段階】



深度300m 11m計測横坑



深度300mボーリング横坑
物質移動に関する調査研究
におけるボーリング調査



※ 坑道の位置や長さなどは計画であり、地質環境や施工条件などにより、決定していきます。



深度500m研究アクセス北坑道



深度500m研究アクセス南坑道

平成23年度掘削範囲	平成24年度掘削範囲
【立坑掘削】 (主立坑) 深度481.3m→深度500.4m (換気立坑) 深度497.7m→深度500.2m 【500mステージの掘削】 (研究アクセス北坑道) 掘削長: 5.6m (研究アクセス南坑道) 掘削長: 6.1m (予備ステージ) 掘削長(主立坑側) : 5.0m 掘削長(換気立坑側) : 5.0m	【深度500mステージの掘削】 (研究アクセス北坑道): 掘削中 掘削長: 55.6m ＊先行ボーリング調査実施中 (研究アクセス南坑道): 掘削中 掘削長: 19.1m ＊先行ボーリング調査実施中 (予備ステージ): 掘削完了 掘削長: 30.9m 現在の掘削総延長: 152.1m

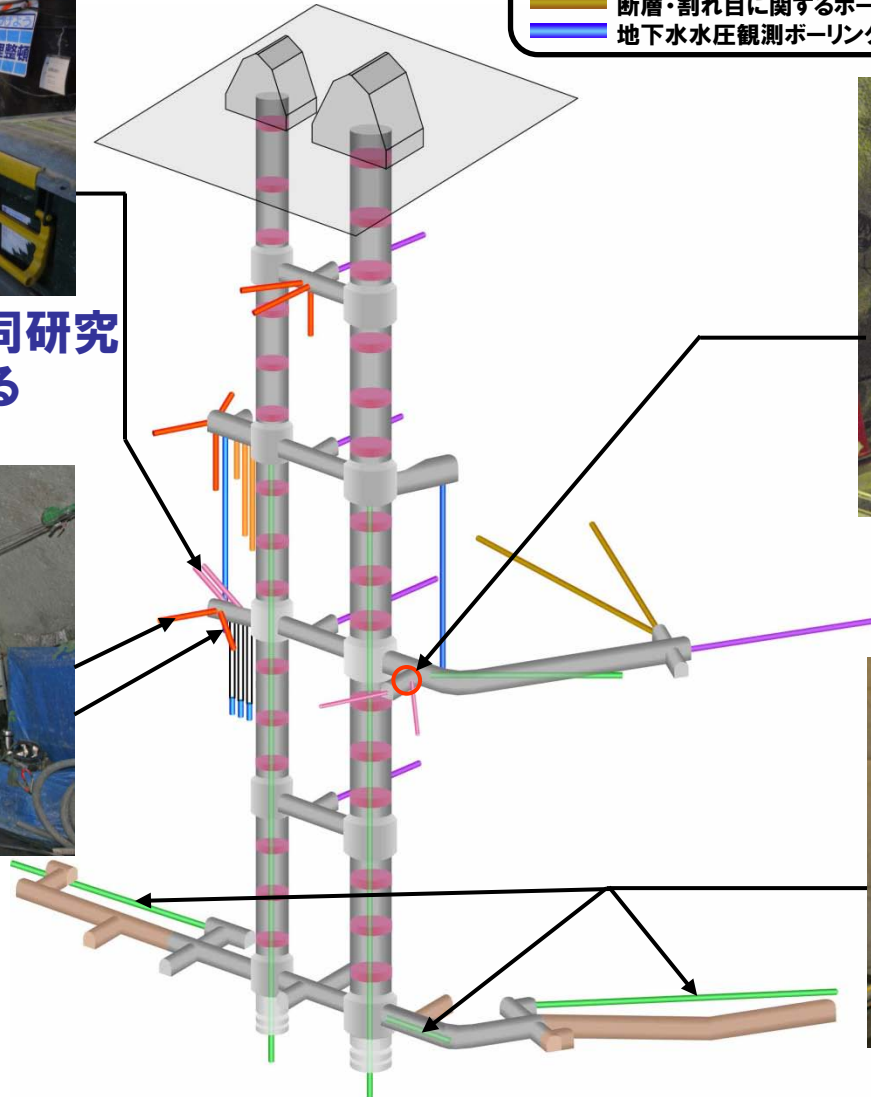
1-2 平成24年度の主な調査試験



①電力中央研究所との共同研究
物質移動研究における
ボーリング調査



②原位置初期応力測定



地下水水質観測ボーリング孔
ひずみ計測・先行変位計測
ボーリング孔
断層・割れ目に関するボーリング孔
地下水水圧観測ボーリング孔

パイロットボーリング孔
初期応力測定ボーリング孔
岩盤中の物質移動に関するボーリング孔
平成23年度までの掘削範囲
平成24年度の掘削予定範囲



東濃地震科学研究所
応力計設置（施設供用）



③先行ボーリング調査

① 物質移動研究におけるボーリング調査

深度300m換気立坑ボーリング横坑において
掘削長約30mのボーリング孔を2孔掘削

ボーリング孔の仕様

12MI30号孔

掘削方位:S77°W

掘削角度(俯角):35°

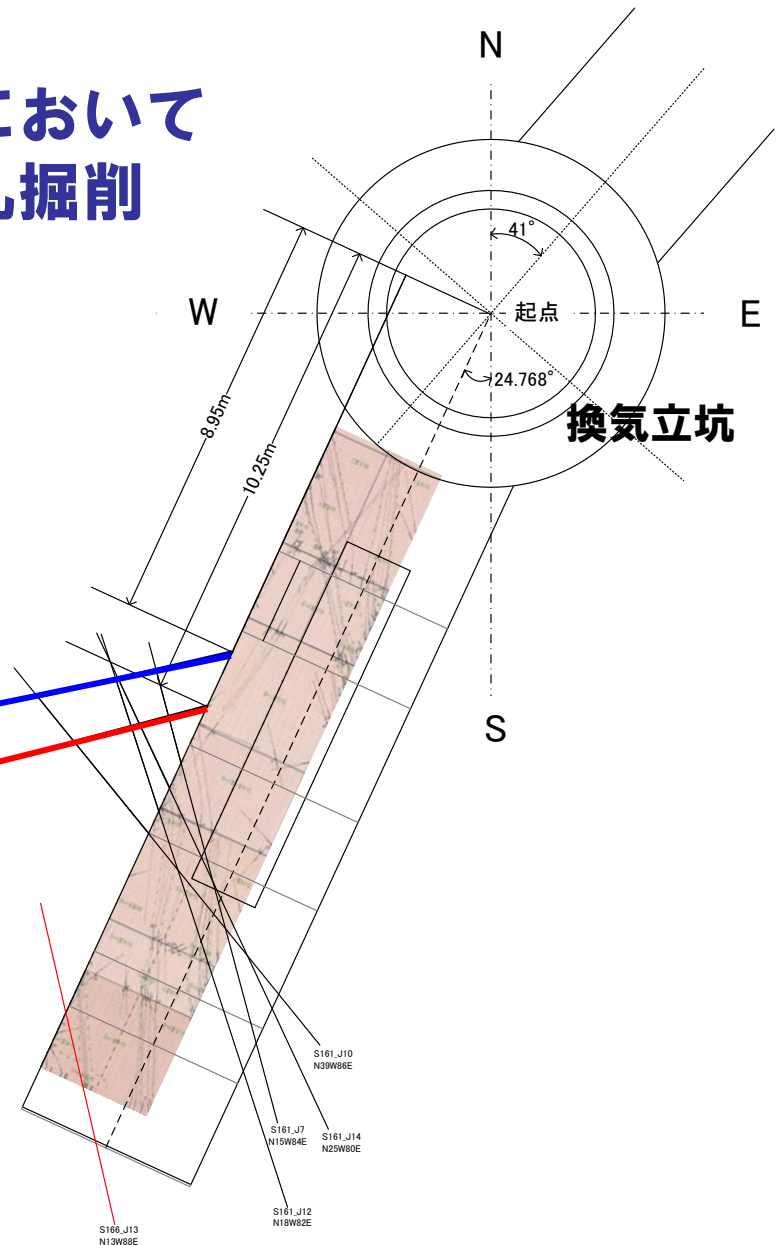
掘削長:27.5m

12MI31号孔

掘削方位:S75°W

掘削角度(俯角):35°

掘削長:26.0m

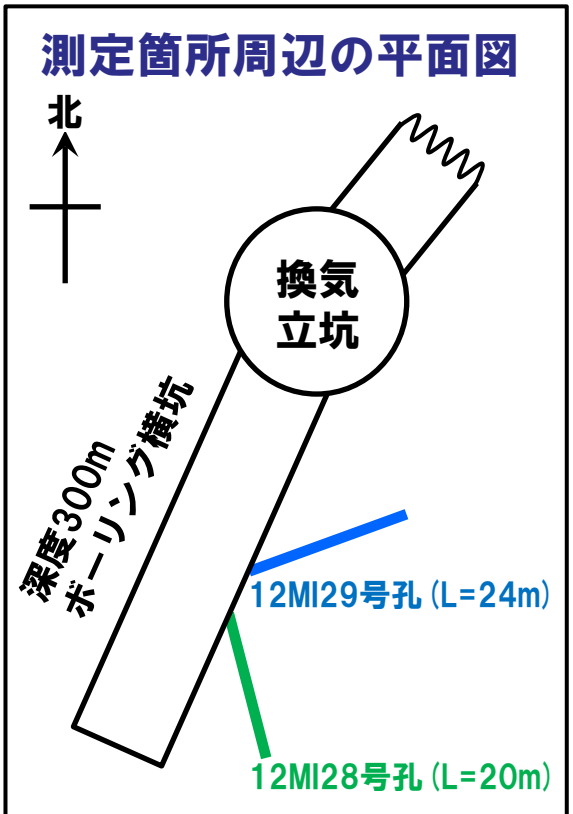


12MI30号孔

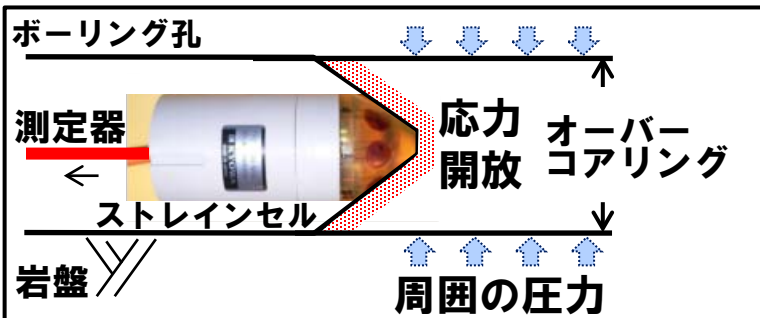
12MI31号孔

② 原位置初期応力測定

円錐孔底ひずみ法による原位置初期応力測定



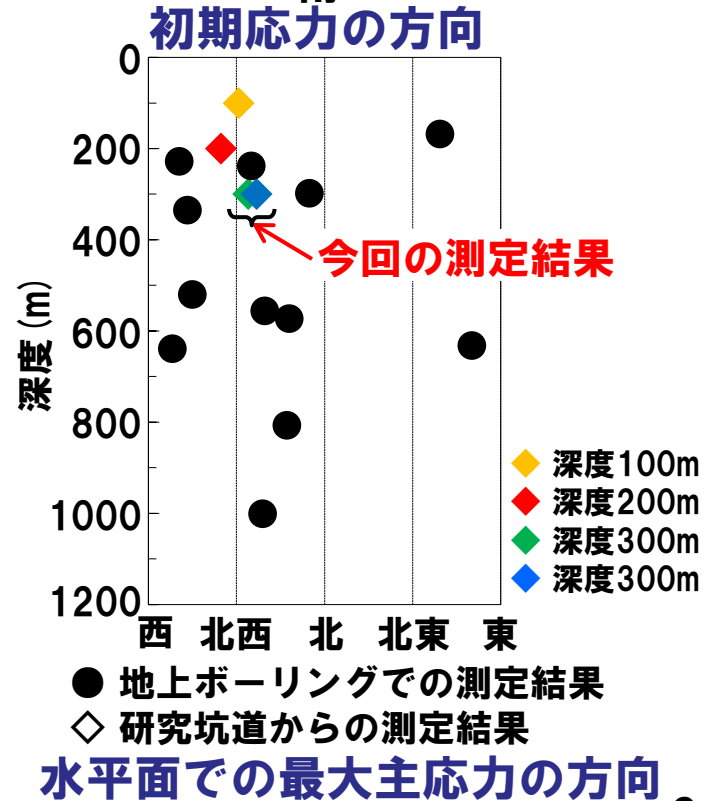
孔名	方位／傾斜
12MI28	N165°E／仰角5°
12MI29	N70°E／仰角5°



測定概念図

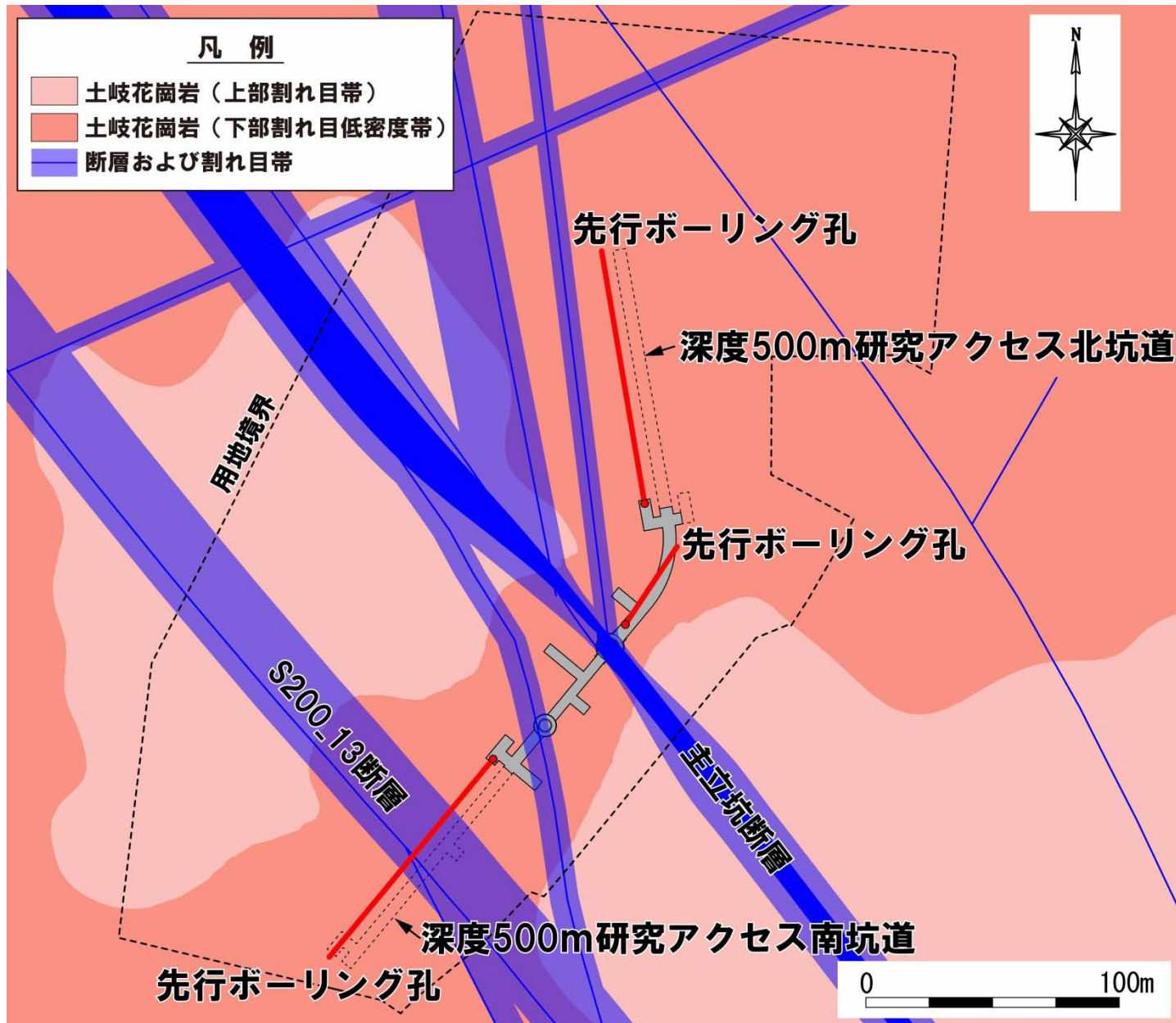


試験風景



水平面での最大主応力の方向

③ 深度500ステージでの先行ボーリング調査



研究アクセス北坑道
先行ボーリング現場



研究アクセス南坑道
先行ボーリング現場

2. 第1段階の予測結果と第2段階における検証状況

個別目標における課題と対応する研究段階と空間スケール

全体目標	個別目標	課題	広域地下水 流動研究 L	超深地層研究所計画					
				第1段階		第2段階		第3段階	
				S	B	S	B	S	B
深部地質環境の調査・解析・評価技術の基盤の整備	安全評価	地質構造の三次元的分布の把握	○	○	—	○	○	○	○
		対象岩盤の分布と形状の把握	○	○	—	○	—	—	—
		岩盤の地質学的不均質性の把握	○	○	○	○	○	○	○
		地質／地質構造の長期変化の推定	○	○	—	○	—	○	—
		地下水流動場の把握	○	○	—	○	—	—	—
		地下水流動分布の把握	○	○	○	○	○	○	○
		地下水流動特性の長期変化の推定	○	○	—	○	—	○	—
		地下水の塩分濃度分布の把握	○	○	—	○	—	—	—
		地下水のpH・Eh環境の把握	○	○	—	○	—	—	—
		地下水の水質変化の推定	○	○	—	○	—	—	—
	EDZの地質環境特性の把握	物質移動場の把握	—	—	○	—	○	—	○
		岩盤の収着・拡散特性の把握	—	—	○	—	○	—	○
		コロイド／有機物／微生物の影響の把握	—	—	—	—	○	—	○
		EDZの範囲の把握	—	—	○	—	○	—	○
	希釈効果の把握	EDZの透水性、物理・力学特性分布の把握	—	—	○	—	○	—	○
		EDZの地球化学特性の把握	—	—	—	—	—	—	○
		EDZの応力状態の把握	—	—	○	—	○	—	○
		帯水層の分布の把握	○	○	—	—	—	—	—
	地下施設の設計・施工	帯水層中などにおける流速分布の把握	○	○	—	—	—	—	—
		応力場の把握	○	○	—	○	○	—	—
		岩盤の物理・力学特性の把握	○	○	—	○	○	—	—
		不連続構造などの有無の把握	—	—	—	—	○	—	—
深地層における工学技術の基盤の整備	環境影響評価	地下空洞への地下水流入量の把握	—	—	—	—	○	—	—
		地下空洞への流入地下水水質の把握	—	—	—	—	○	—	—
		地下の温度環境の把握	○	○	—	—	—	—	—
		岩盤の熱特性の把握	○	○	—	—	○	—	—
	地下施設建設が周辺環境へ与える影響の把握	地下水位・水圧分布への影響の把握	○	○	—	○	—	○	—
		地下水の水質への影響の把握	○	○	—	○	—	○	—
		排水放流先河川の水質の把握	○	○	—	○	—	○	—
		振動・騒音の把握	○	○	—	○	—	○	—
	大深度地質環境下における工学技術の有効性の確認	設計・施工計画技術の開発	—	—	○	—	○	—	—
		建設技術の開発	—	—	—	—	○	—	—
		施工対策技術の開発	—	—	○	—	○	—	—
		安全性を確保する技術の開発	—	—	—	—	○	—	○
		掘削影響の修復・軽減技術の開発	—	—	—	—	—	—	○

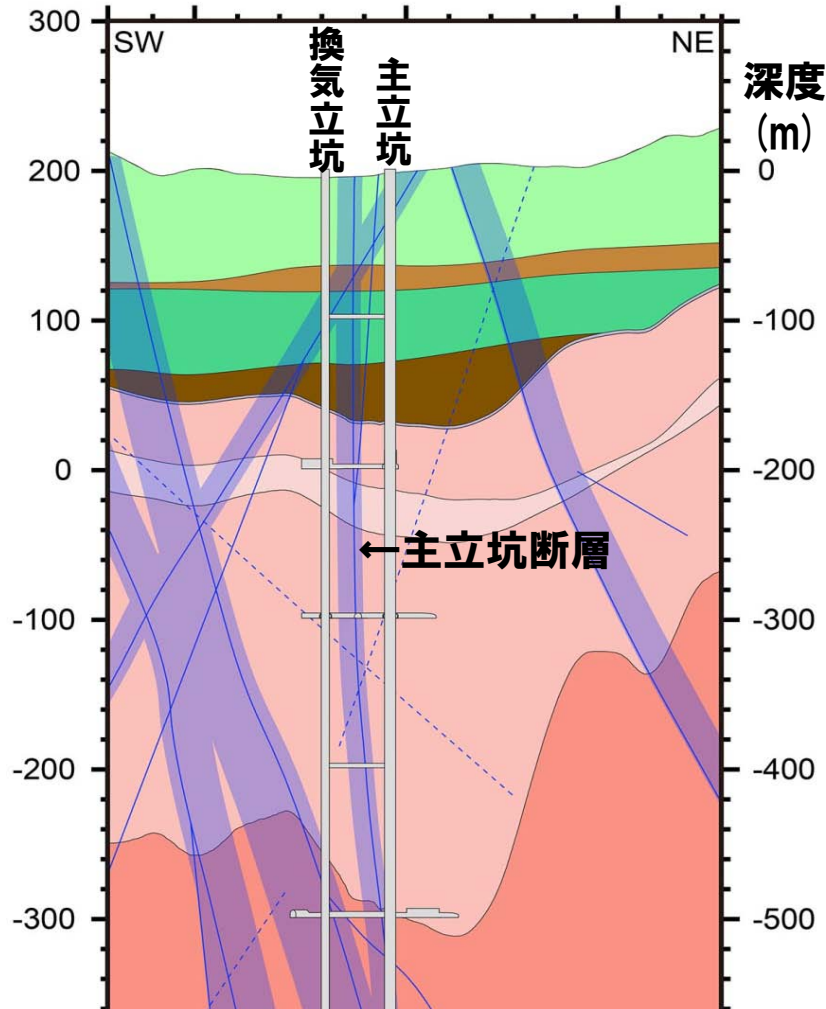
空間スケール（L：ローカルスケール S：サイトスケール B：ブロックスケール）

◎：主な研究対象の段階／スケール ○：補助的な研究対象の段階／スケール

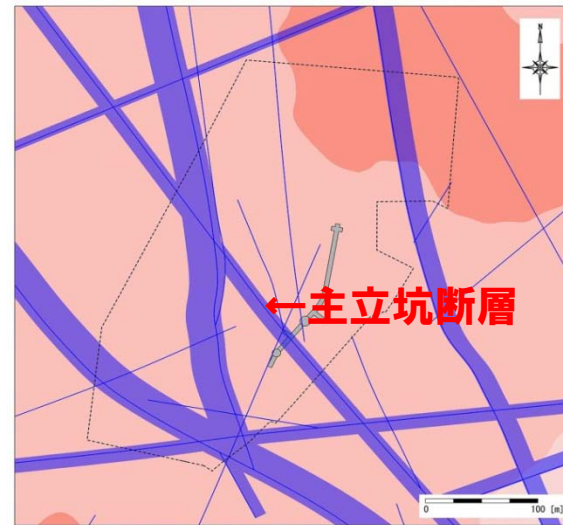
2-1 第1段階の予測結果

地質構造モデル

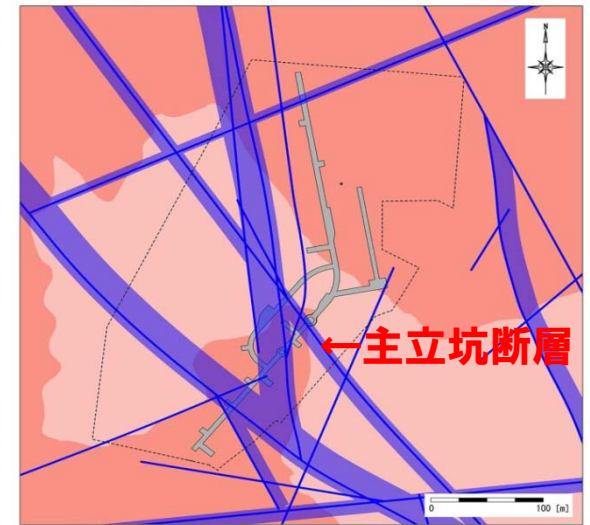
標高
(m)



垂直断面図



深度300m水平断面



深度500m水平断面

- 瑞浪層群（明世累層／本郷累層）
- 瑞浪層群（明世累層／本郷累層基底礫岩層）
- 瑞浪層群（土岐夾炭累層）
- 瑞浪層群（土岐夾炭累層基底礫岩層）
- 土岐花崗岩（風化帯）
- 土岐花崗岩（上部割れ目帯）
- 土岐花崗岩（低角度割れ目集中帯）
- 土岐花崗岩（下部割れ目低密度帯）
- 断層主要部およびダメージゾーン

2-1 第1段階の予測結果



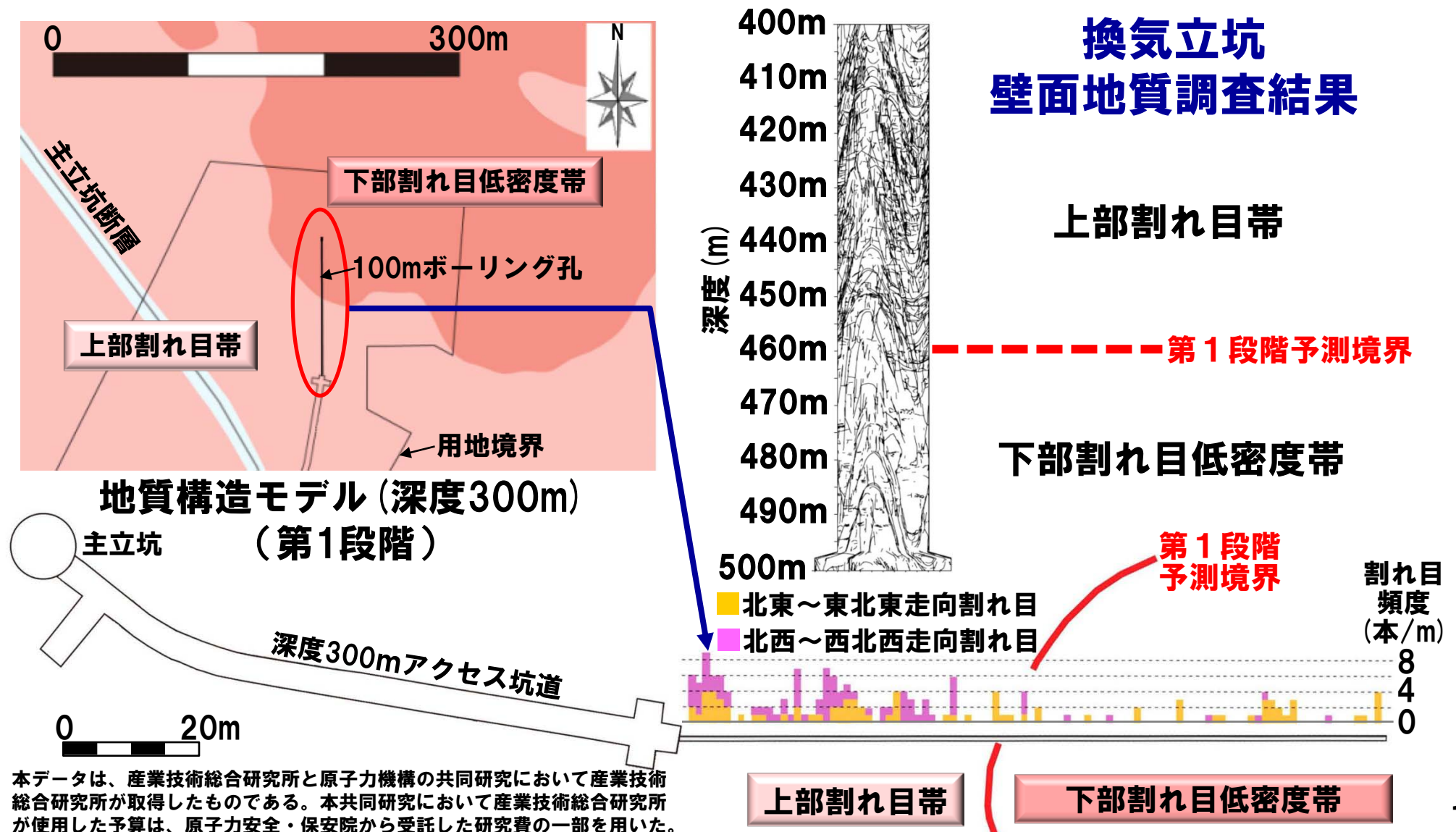
2-1 第1段階の予測結果

岩盤力学の概念モデル



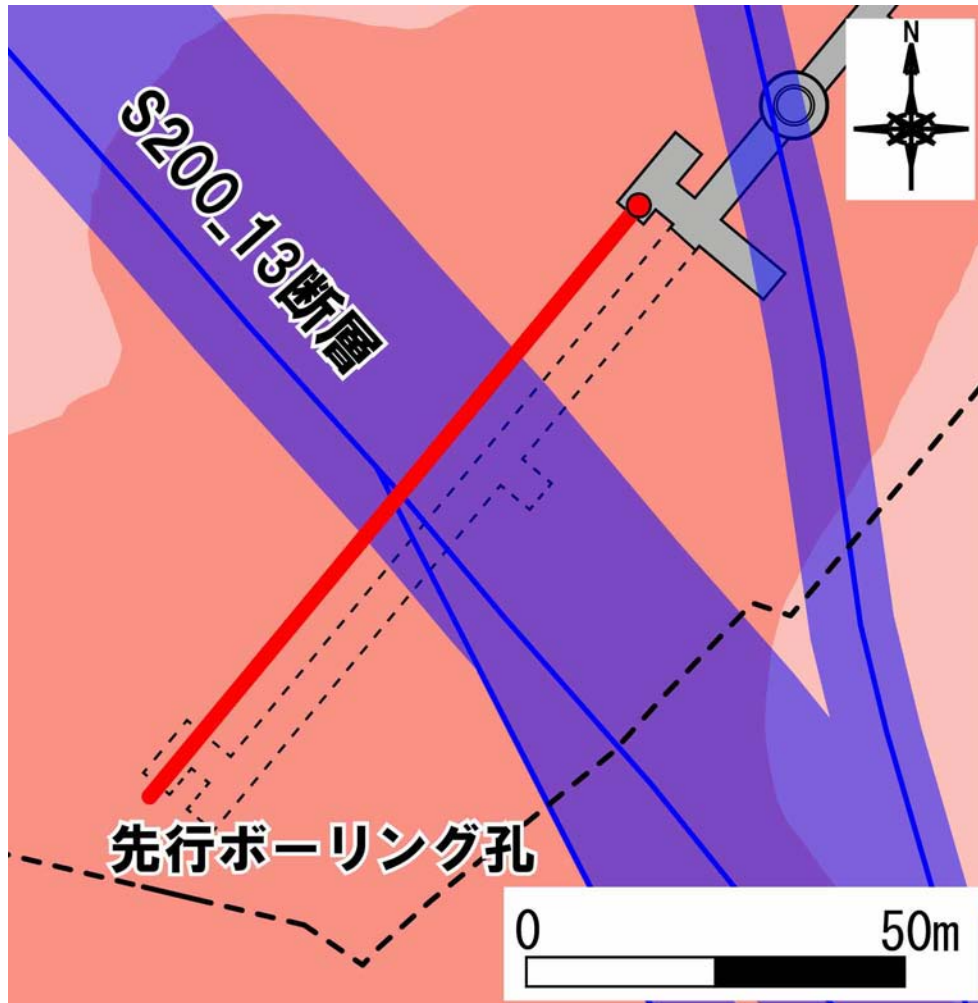
2-2 第2段階における検証状況

上部割れ目帯の空間分布の確認

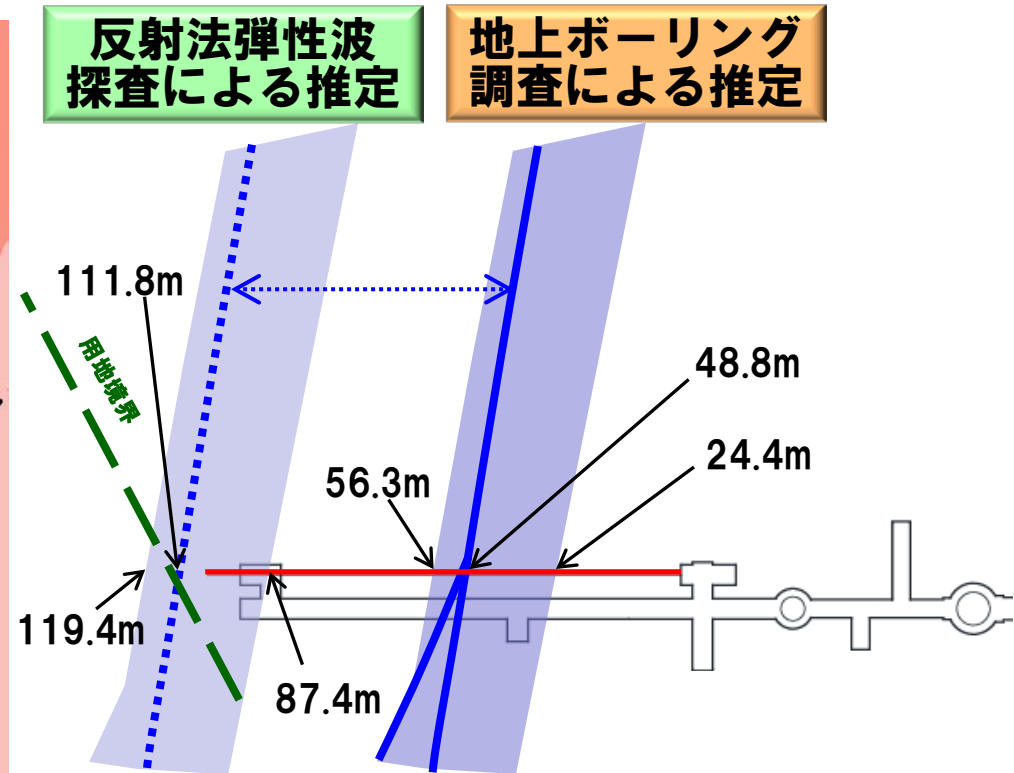


2-2 第2段階における検証状況

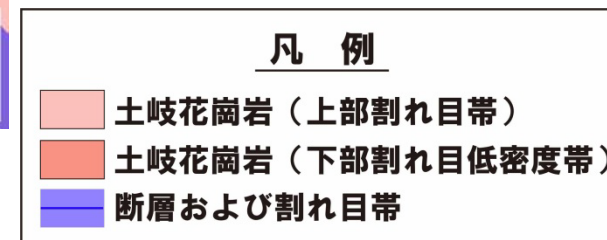
第1段階で推定した地質構造の第2段階での確認手順（事例）



深度500m研究アクセス南坑道
先行ボーリング調査位置図

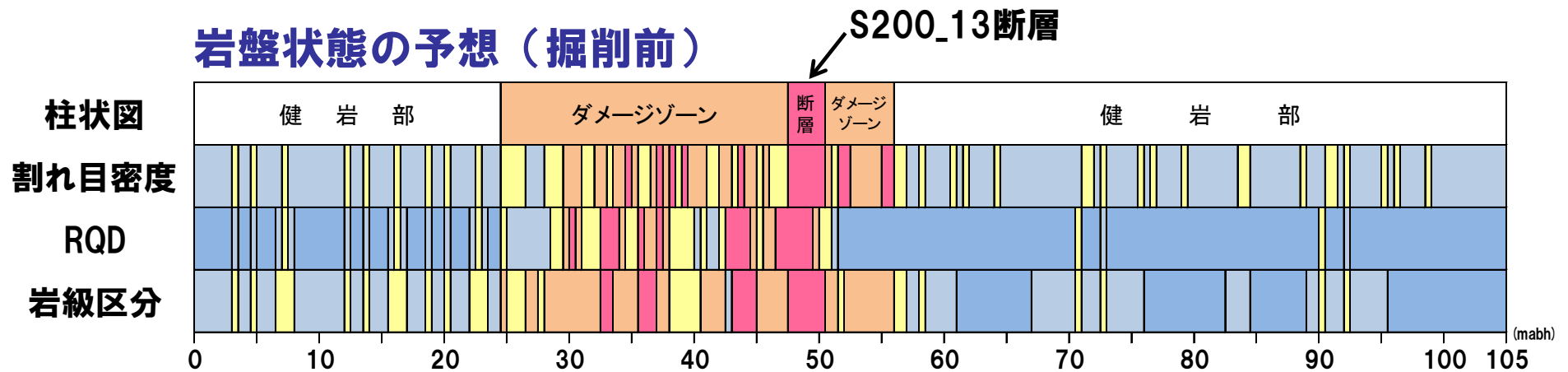


第1段階でのS200_13断層の推定結果

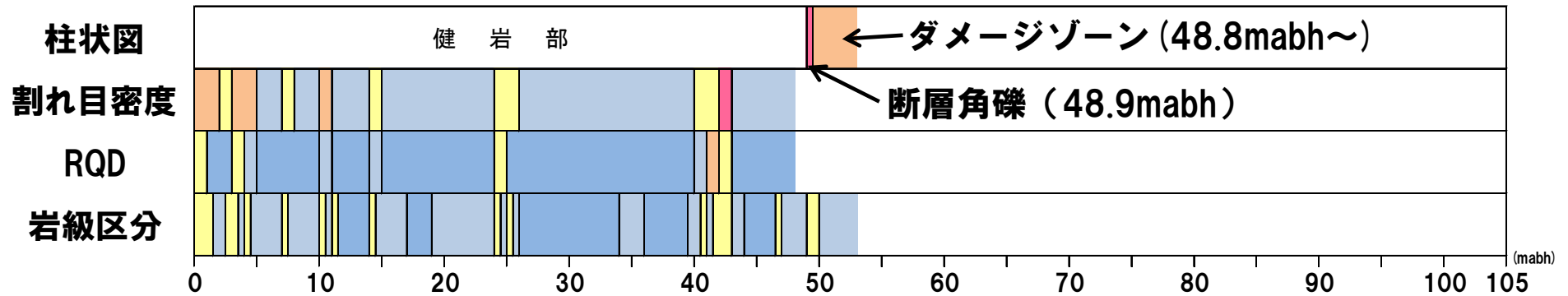


2-2 第2段階における検証状況

岩盤状態の予想（掘削前）



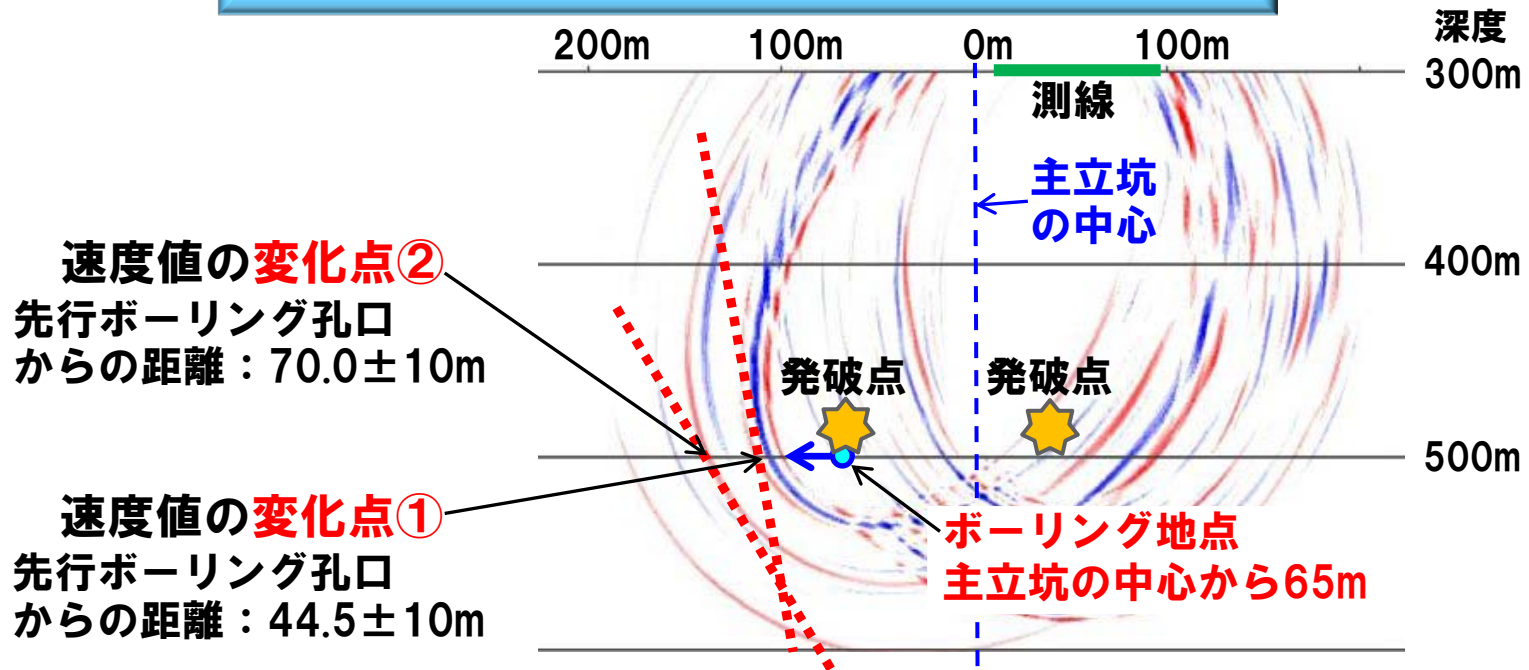
掘削後のコア観察結果（途中経過）



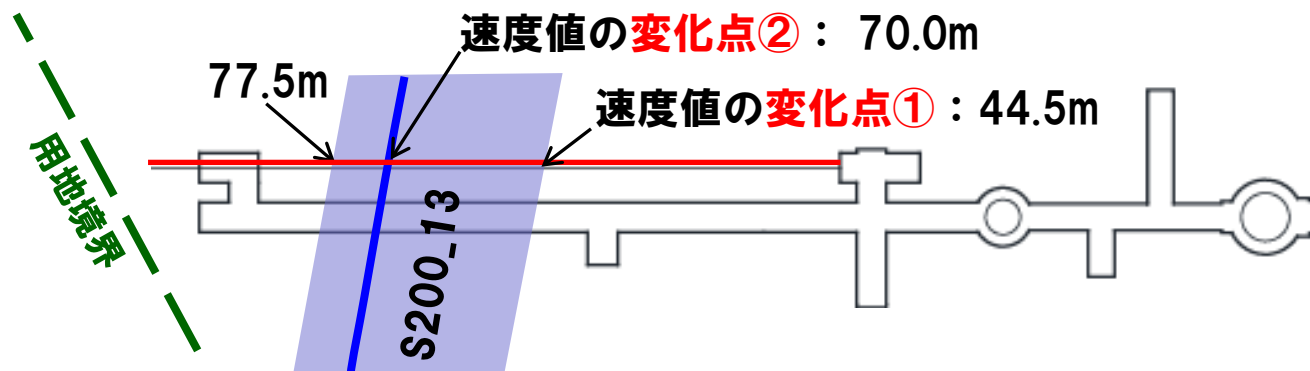
割れ目密度	15～	10～14	5～9	0～4	(n/m)
RQD	0～19	20～39	40～59	60～79	80～100
岩級区分	D級	CL級	CM級	CH級	B～A級

2-2 第2段階における検証状況

逆VSP探査（第2段階）の解析結果



断層との遭遇が想定される位置図（現時点）

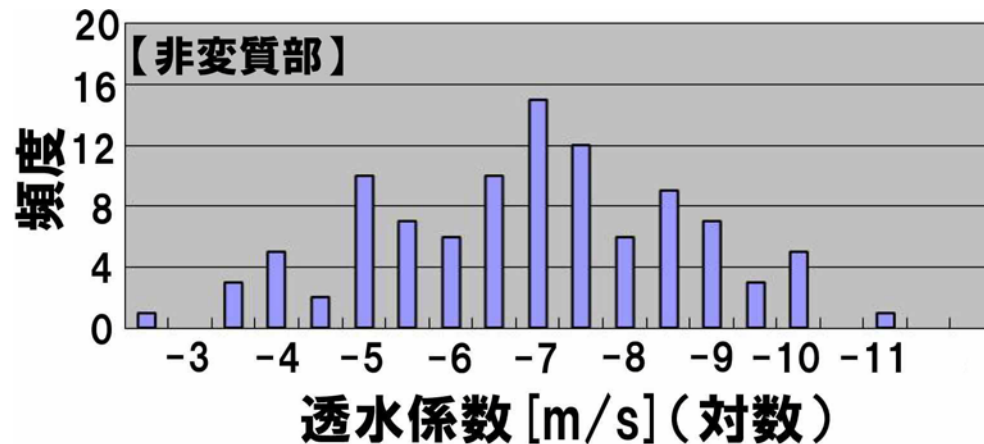


2-2 第2段階における検証状況

上部割れ目帯における岩盤（土岐花崗岩）の透水性

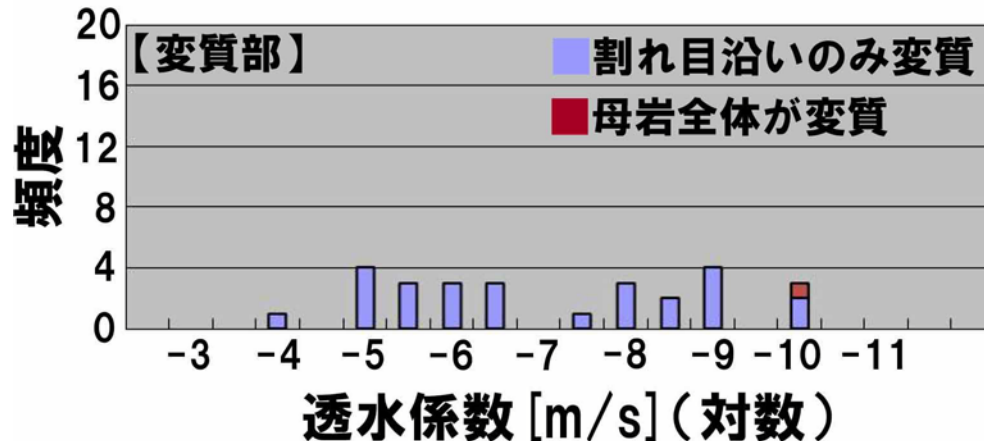
- 第1段階での水理試験における平均透水係数 [m/s]: $2.2\text{E}-07$
- 第2段階での坑道からのボーリング孔における水理試験結果

非変質部の透水係数 [m/s]



平均	$5.0\text{E}-07$
最小	$1.0\text{E}-11$
最大	$1.6\text{E}-03$
標本数	102

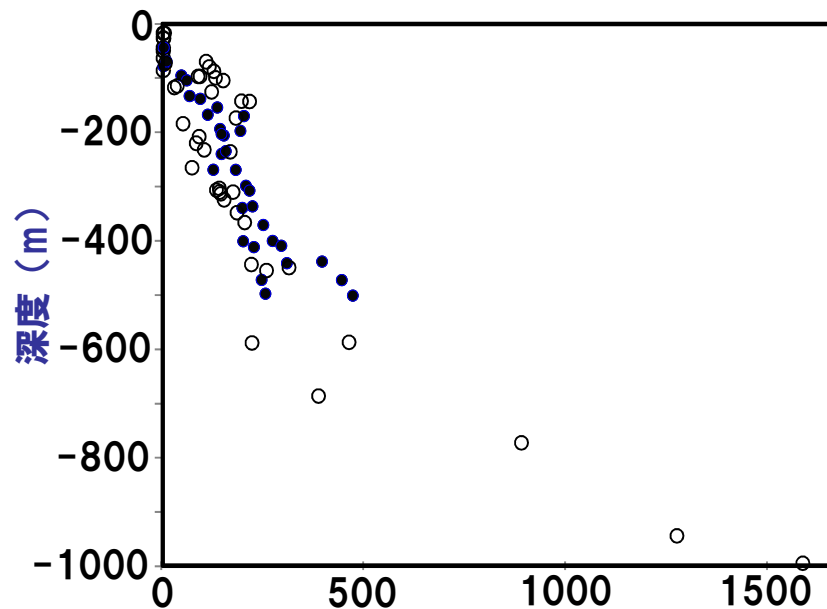
変質部の透水係数 [m/s]



平均	$3.9\text{E}-08$
最小	$3.2\text{E}-11$
最大	$6.3\text{E}-05$
標本数	27

2-2 第2段階における検証状況

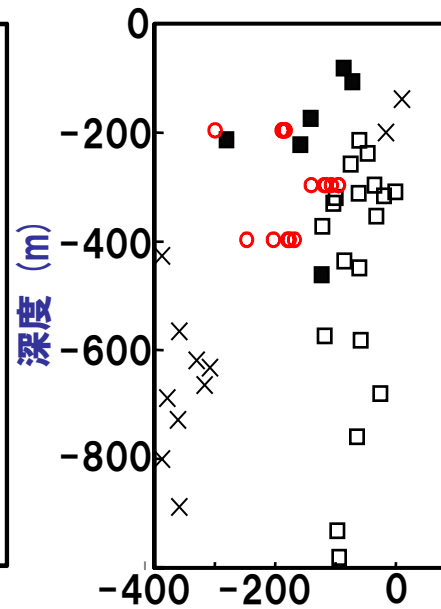
深度400mまでの地下水の水質・物理化学パラメータの確認



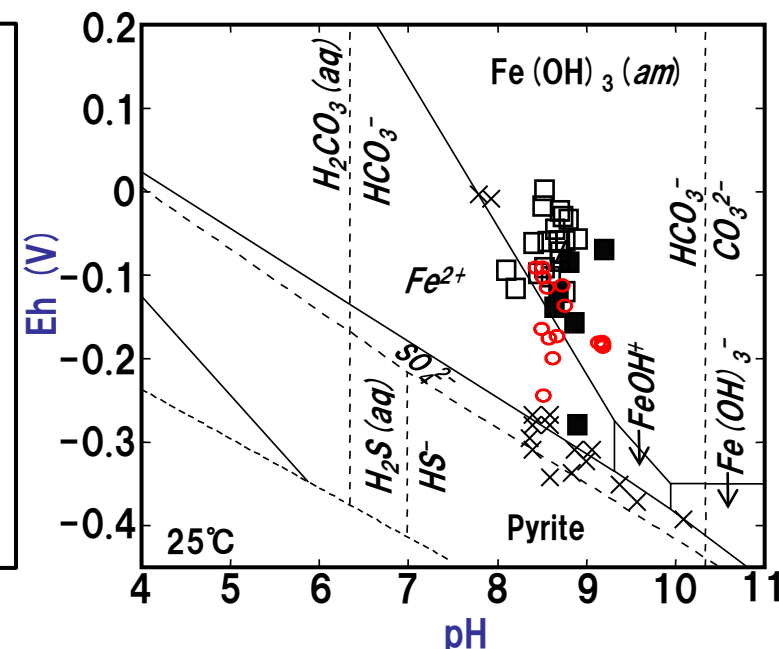
Cl イオン濃度 (mg/L)

○ 第1段階調査 (地上ボーリング調査)

● 第2段階調査 (集水リング)



Eh (mV)



第1段階および広域地下水流動研究の既存データ

□ 第1段階の調査

(■はボーリング掘削を中断して測定; Iwatsuki et al., 2005)

× 広域地下水流動研究

(Na-[Ca]-HCO₃型地下水; 核燃料サイクル機構, 1999)

第2段階の調査結果 (深度400mまで)

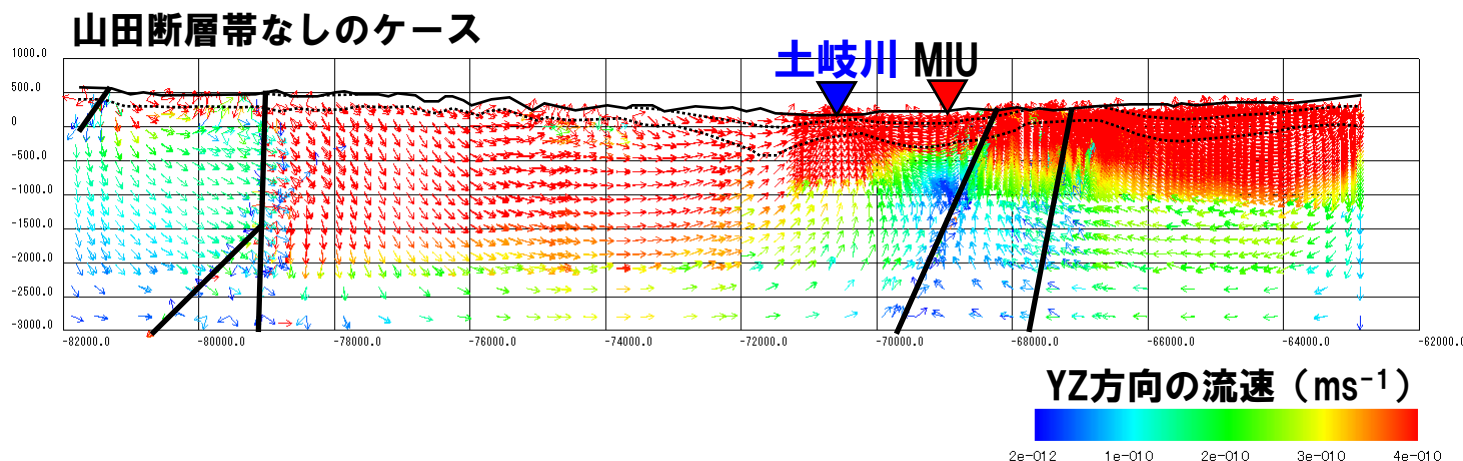
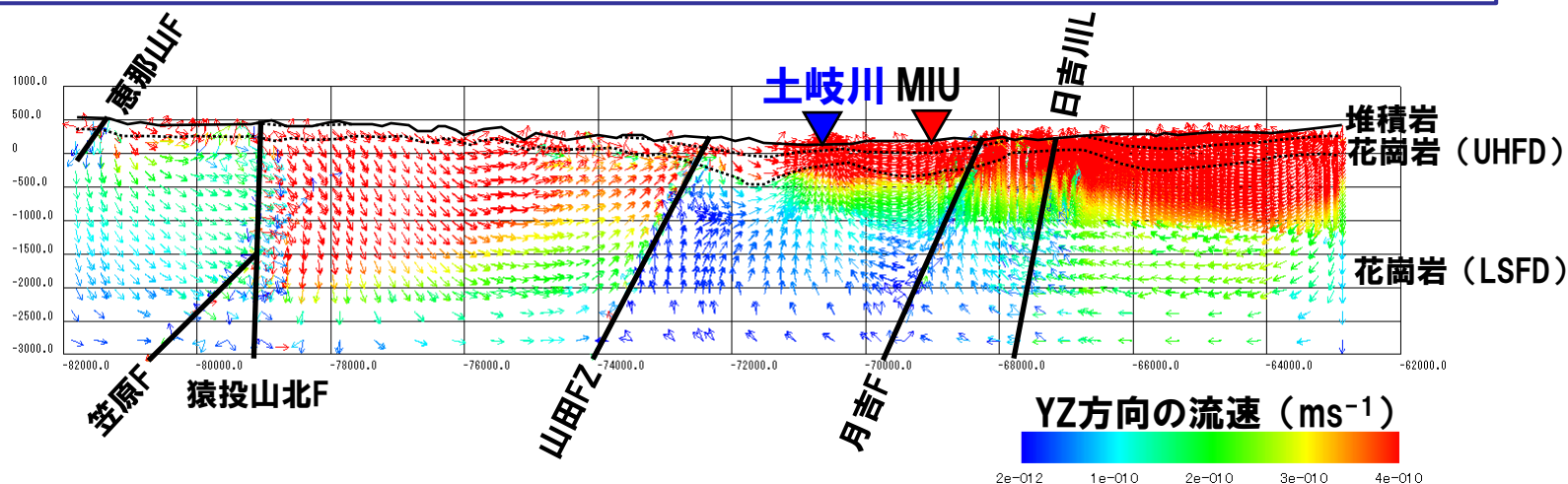
○ 研究坑道の観測装置設置直後の測定値

2-2 第2段階における検証状況

高塩化物イオン濃度の地下水の起源に関する検討

(広域地下水流動系の会合部での滞留域の発生)

境界条件： 上部境界：自由浸出境界、涵養量=50mm y^{-1} 、土岐川固定水頭（地表面）なし
側方境界・下部境界：不透水境界



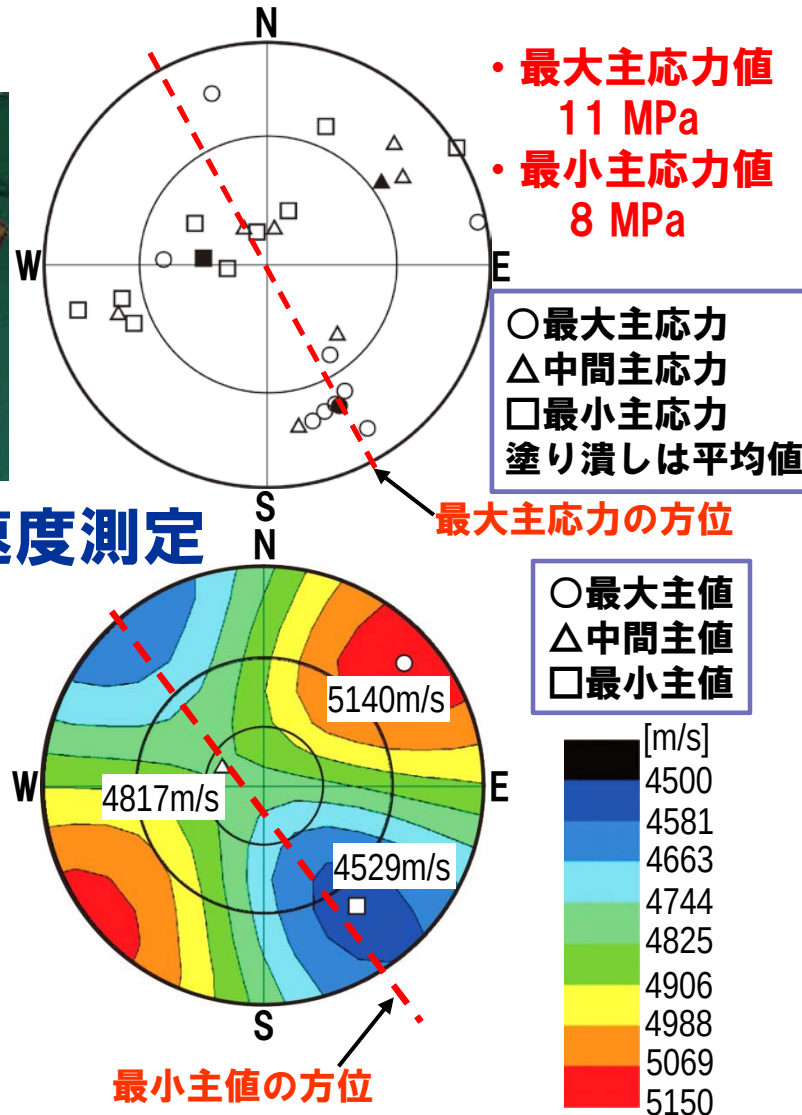
2-2 第2段階における検証状況

上部割れ目帯における岩盤の力学特性の確認

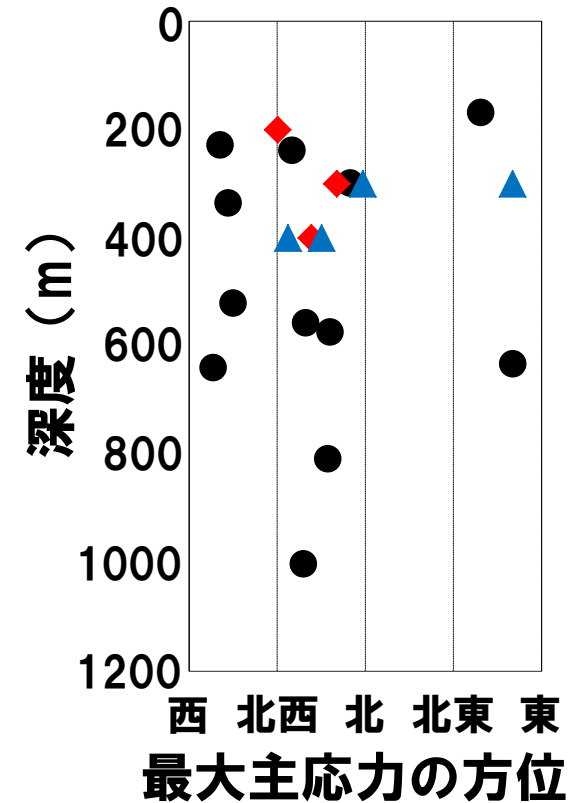
●DSCA試験



●三次元弾性波速度測定



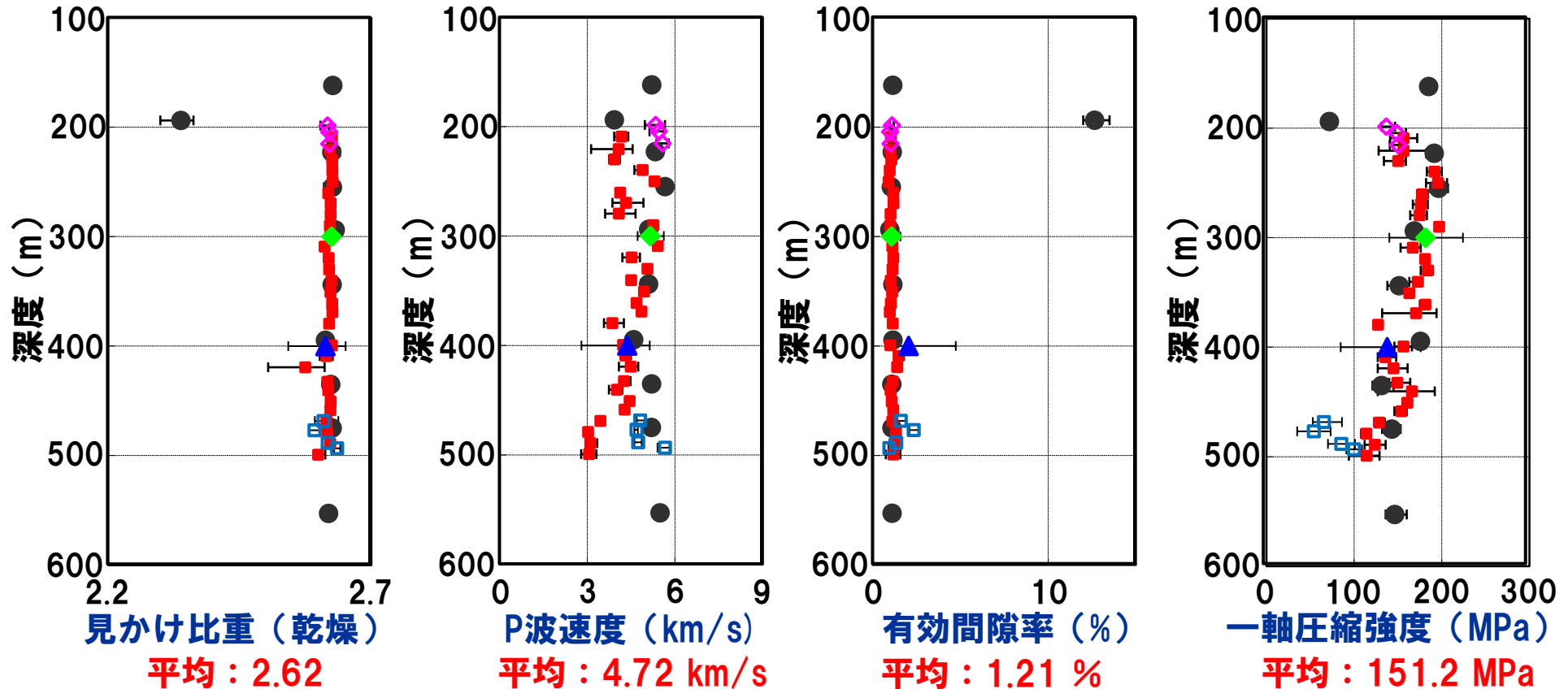
●水圧破碎法との比較



- 水圧破碎法 (第1段階)
- ◆ DSCA法
- ▲ 三次元弾性波速度

2-2 第2段階における検証状況

上部割れ目帯における岩盤物性の確認



- 第1段階における地上ボーリング調査結果 (MIZ-1号孔)
- ◇ 深度200m力学調査 (08MI14, 08MI15, 08MI16号孔)
- ◆ 深度300m力学調査 (08MI13, 09MI20号孔)
- ▲ 深度400m力学調査 (10MI26号孔)
- 換気立坑掘削ズリ
- 主立坑掘削土ズリ

2-2 第2段階における検証状況

深地層における工学技術

項目	第1段階	第2段階
設計・ 施工計画	(1) 空洞安定性の検討・支保設計 (2) 耐震設計	(1) 設計条件(岩盤等級等)の妥当性確認 (1) 計測結果(A、B計測)に基づく設計の妥当性確認 (2) 地震データの蓄積
建設	(1) サイクルタイム	(1) 実測データに基づく設定の妥当性確認
施工対策	(1) 突発湧水 (2) 山はね・高抜け	(1) グラウト実施・有効性評価 (2) – (3) 地山安定化対策 (ボルト補強・シリカレジンを注入)
安全確保	(1) 通気網解析に基づく 防災コンセプトの検討 (2) リスクマネジメント (3) 維持管理技術	(1) 各種管理システムの導入・運用 (2) データの蓄積 (3) 維持管理技術の検討・適用 ・ビデオ撮影による立坑壁面観察 ・光ファイバーひび割れ検知センサ

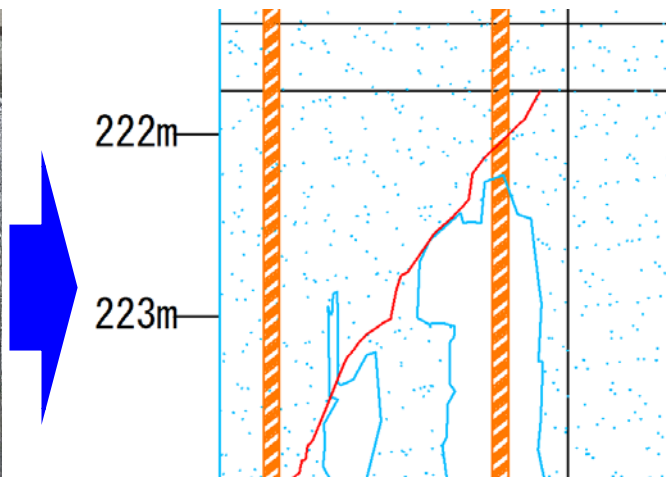
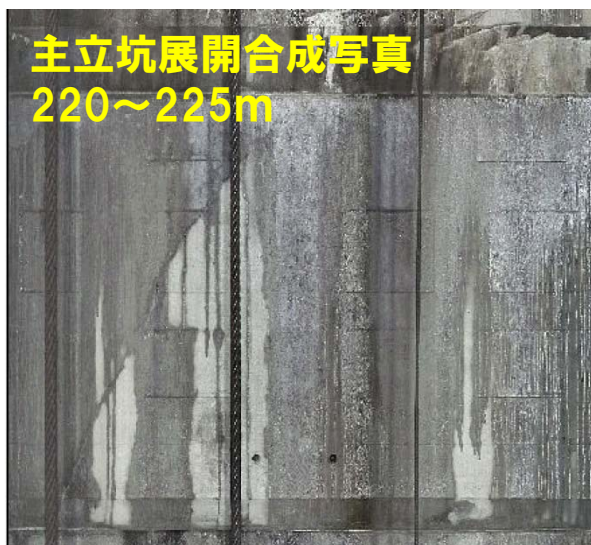
2-2 第2段階における検証状況

維持管理技術の適用評価

ビデオ撮影による立坑壁面観察



ずりキブルに架台を仮設し撮影機材を設置

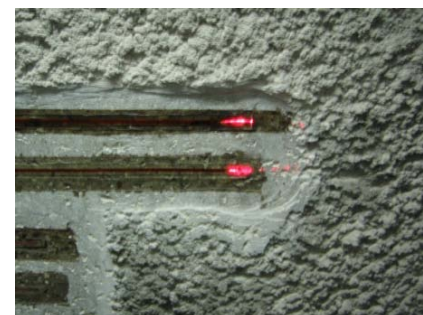


ひび割れ幅0.2mmの認識が可能

光ファイバひび割れセンサ 耐久性試験(平成23年～)



立坑内計測箇所
(計測点1:換気立坑付近)



点灯状態確認

3. 今後の計画の検討状況

(1) 研究開発課題（最近の成果に基づく要点）

第2次取りまとめ以降に得られた東濃での知見

- ・ 高い透水量係数
- ・ 掘削に伴う地質環境の変化
- ・ 天然現象に伴う不確実性の増大



○地層処分システムの長期挙動の理解

- ・ 地下施設掘削から埋め戻しに至る間の地質環境の変化と回復状況の確認及び閉鎖後の地質環境の長期変遷の理解
- ・ 安全評価に含まれる裕度の合理化
⇒実際の地質環境における物質移動現象、ニアフィールドでの現象の理解



○実際の地質環境への地層処分技術の適用性確認

- ・ 個別技術の適用性確認と体系化
- ・ 地質環境の計測システムの構築



日本の地質環境における地層処分技術の実証と信頼性の向上

3. 今後の計画の検討状況

(2) 今後の超深地層研究所計画での研究テーマ

第1期中期計画期間から第2期中期計画期間中盤にかけて結晶質岩を対象した地上からの地質環境調査に基づき研究坑道を掘削し、それに伴う地質環境の変化のモニタリングおよび関連技術の構築を行い、コンパートメント構造を想定した調査の重要性を認識した。

今後は、地上及び坑道掘削時に適用する地質環境調査技術・工学技術の有効性および適用性を確認し、知識やノウハウを蓄積するとともに、「**地質環境の長期変遷に関する研究開発**」として主に操業～閉鎖に関わるモニタリング技術、坑道閉鎖に関わる地質環境調査技術・工学技術、坑道閉鎖後の地質環境の中長期変化に関わる研究開発を実施する。

(a) 地上及び坑道掘削時に適用する地質環境調査技術・工学技術の実証

(b) **地質環境の長期変遷に関する研究開発**

①建設・操業・閉鎖に関わるモニタリング技術の実証

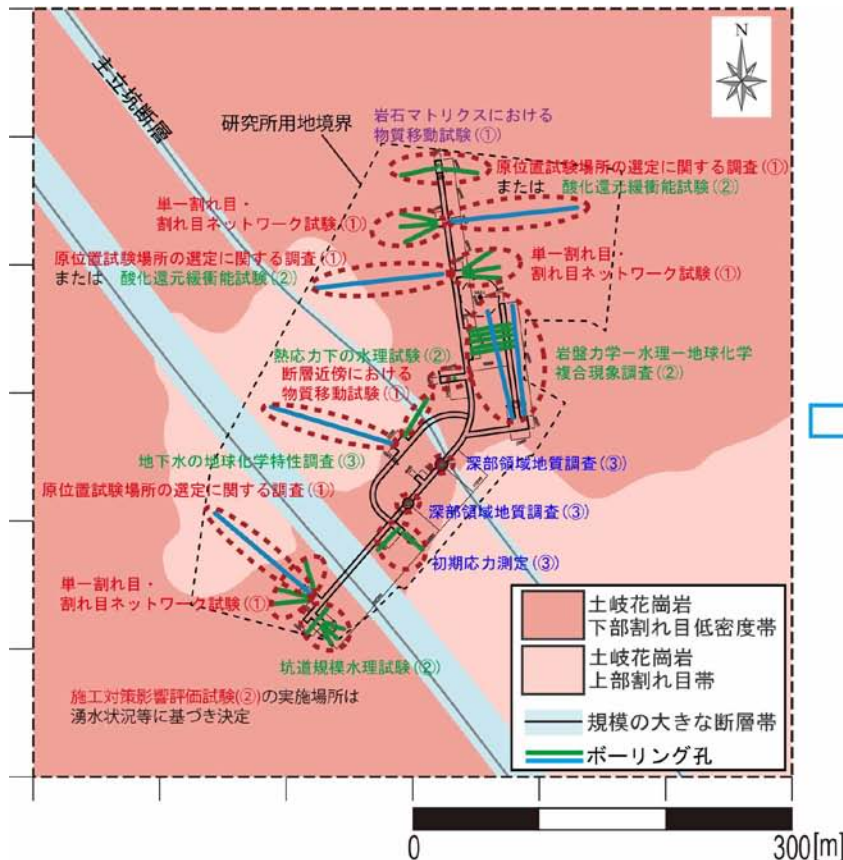
②坑道閉鎖に関わる地質環境調査技術、工学技術の実証

③坑道閉鎖後の地質環境の中長期変化・長期変遷解析技術に関する研究開発

(c) 物質移動試験

(d) 施工対策影響評価試験

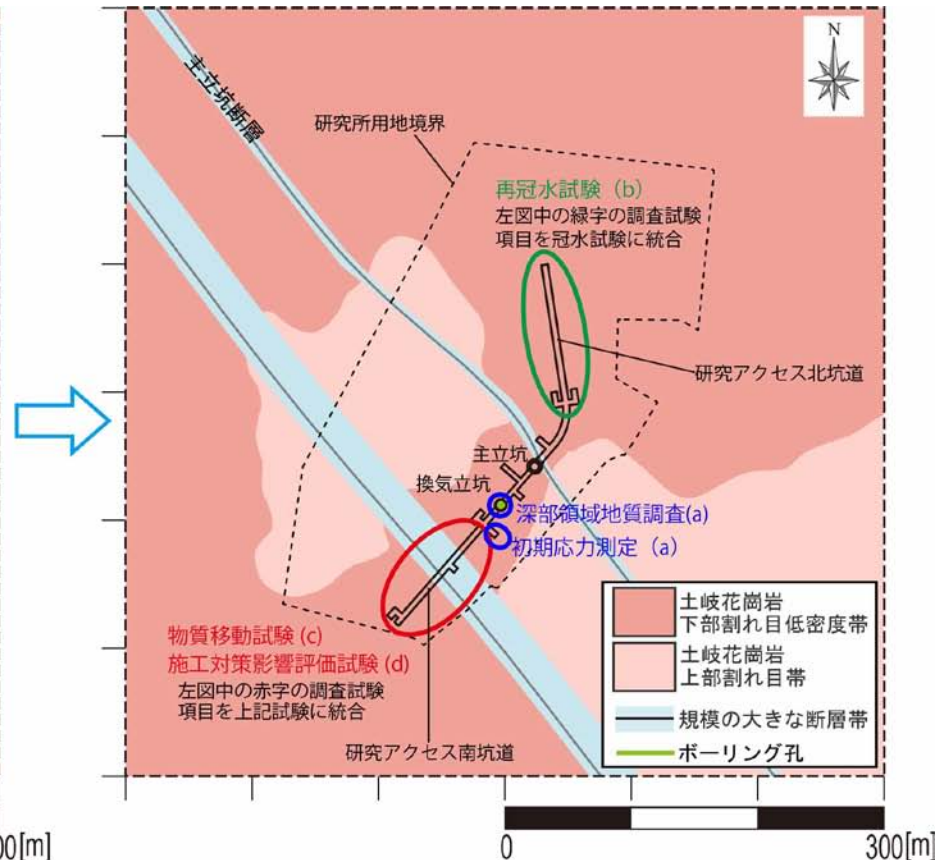
3. 今後の計画の検討状況



深度500mステージにおける第2・第3段階の研究項目と配置（従来計画：JAEA, 2011）

研究テーマ

- ①物質移動現象・特性の評価に関する調査研究（第3段階）
- ②坑道周辺岩盤の地質環境特性の評価に関する研究（第3段階）
- ③個別の地質環境評価（第2段階）
- *紫色の調査試験項目は合理化により取り止め



深度500mステージにおける第2・第3段階の研究項目と配置（検討結果）

研究テーマ

- (a) 地上及び坑道掘削時に適用する地質環境調査技術・工学技術の実証（第2段階）
- (b) 地質環境の長期変遷に関する研究開発（第2・第3段階）
 - ①建設・操業・閉鎖に関わるモニタリング技術の実証
 - ②坑道閉鎖に関わる地質環境調査技術・工学技術の実証
 - ③坑道閉鎖後の地質環境の中長期変化・長期変遷解析技術に関する研究開発
- (c) 物質移動試験（第3段階）
- (d) 施工対策影響評価試験（第3段階）

3. 今後の計画の検討状況

計画具体化による研究項目の整理状況

従来計画（2011年度） における研究項目	研究項目の整理状況 （実施計画案：2012年度）
①原位置試験場所の選定に関する調査	試験場所3箇所を研究アクセス南坑道に集約し、外部資金での実施を目指す
①岩石マトリクスにおける物質移動試験	海外の知見を整理することで試験を省略
①単一割れ目ネットワーク試験	数量を3箇所から研究アクセス南坑道の1箇所に集約し、外部資金での実施を目指す
①断層近傍における物質移動試験	研究アクセス南坑道において外部資金での実施を目指す
②施工対策影響評価試験	研究アクセス南坑道において外部資金での実施を目指す
②酸化還元緩衝能試験	6箇所に分かれていた試験場所を研究アクセス北坑道に集約し、再冠水試験等として実施
②岩盤力学－水理－地球化学複合現象調査	
②坑道規模水理試験	
②熱－応力下の水理試験	
③地下水の地球化学特性調査	
③深部領域地質調査	坑道掘削工事の先行ボーリング等も利用して実施
③初期応力測定	研究アクセス南坑道1箇所で実施

3. 今後の計画の検討状況

再冠水試験の工程

冠水坑道の掘削

坑道掘削影響の把握

水圧・水質・力学モニタリング孔掘削

坑道掘削後の初期状態の把握

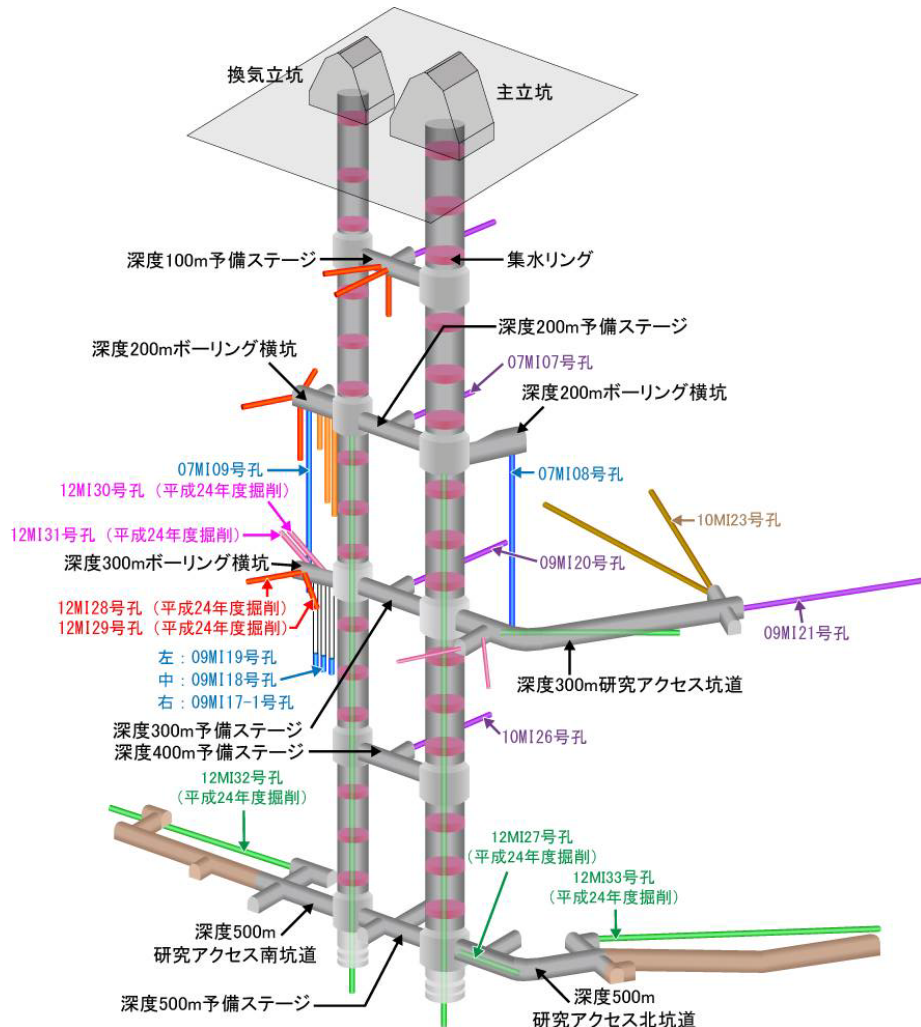
止水壁の施工

止水技術の確認

再冠水試験の実施

周辺観測孔での水圧レスポンス、
化学特性・力学特性の変化の確認

水没



※平成25年度掘削予定のボーリング孔については調整中

- | | |
|--------------------|--------------------|
| 地下水水圧観測ボーリング孔 | 地下水水質観測ボーリング孔 |
| パイロットボーリング孔 | ひずみ計測・先行変位計測ボーリング孔 |
| 初期応力測定ボーリング孔 | 断層・割れ目に関するボーリング孔 |
| 岩盤中の物質移動に関するボーリング孔 | |
| 平成24年度までの掘削範囲 | 平成25年度の掘削予定範囲 |