

# 1-1 地質環境の長期安定性に関する研究

核燃料サイクル開発機構 東濃地科学センター

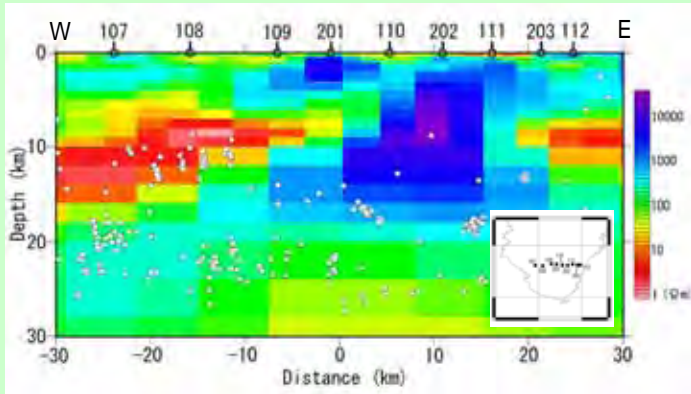
梅田 浩司, 野原 壯, 藤原 治, 中司 昇

## 地質環境の長期安定性に関する研究

プレート収束帯に位置する日本列島では、安定大陸に比べ地殻変動や火成活動が比較的活発であることから、わが国の地層処分概念は、「長期的な安定性を備えた幅広い地質環境」に「性能に余裕をもたせた人工バリア」を設置することを特徴とする。これらの概念に基づき地層処分の安全性を確保するためには、地層処分システムの性能が著しく損なわれないよう長期にわたって安定な地質環境を選定すること（サイト選定）、想定される自然現象の変動を見込んで人工バリアや処分施設を適切に設計・施工すること（工学的対策）により地層処分システムが備えるべき固有の性能を確保するとともに、構築された地層処分システムの安全性を評価すること（安全評価）が重要となる。そのためには、火成活動等のように数万年以上の長期にわたって地層処分システムの性能に著しい影響を及ぼす可能性を有する地域を抽出するため地殻変動等に伴う地質環境（地下水の流動特性・地球化学特性、岩盤の熱特性・力学特性等）の変動の幅を示すための調査技術や評価手法等の研究開発が不可欠である。サイクル機構では 実際の地質環境に適用できる調査技術の開発（調査技術の開発・体系化）、地殻変動・火成活動等に伴う地質環境の長期的変動を評価するための手法の開発（長期予測・影響評価モデルの開発）のほか、の基盤となるそれぞれの現象のプロセスに係る最新の学術的知見や工学技術に関する基盤情報の整備（研究情報基盤）を進めている。

## 地質環境の長期安定性に係る調査技術の開発・体系化

最終処分法によると概要調査地区等の選定に際しては、対象地層等において自然現象による地層の著しい変動が長期間生じていないこと等を明らかにすることが求められている。そのためには、地層処分システムの成立性に重大な影響を及ぼす現象の存在や過去の変動の履歴やその影響を予め確認するための体系化された調査技術が必要となる。このためサイクル機構では、隆起・侵食量の推定技術、震源断層等の抽出技術、マグマ・高温岩体等の探査技術、古地温・熱水系の復元技術等に係わる研究開発に取り組んでいる。



紀伊半島における二次元深部比抵抗構造

(マグマ・高温岩体等の探査技術の一環として、電磁法探査技術の地下30 km程度までの適用性について検討。また、非火山地帯の高温異常域の地殻内にはメルトと考えられる顕著な低比抵抗体は存在しない。)

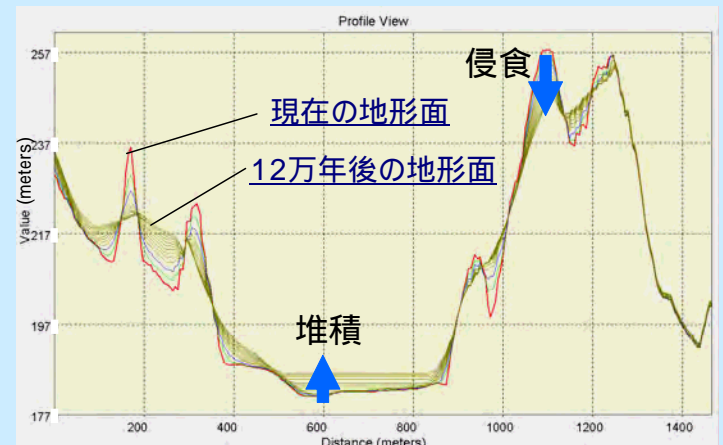
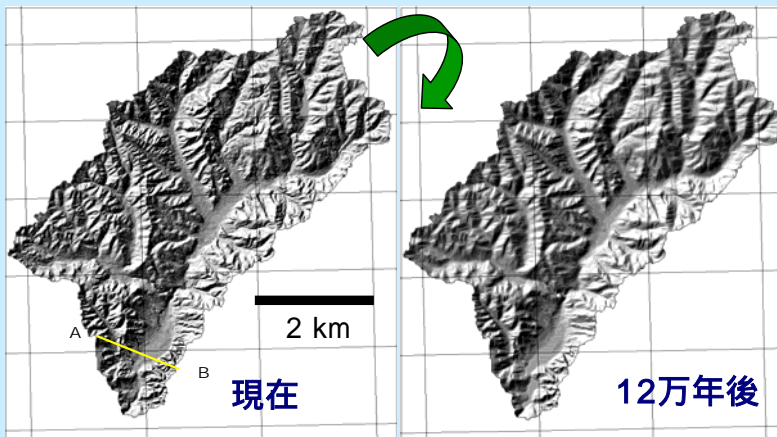


中国地方における線状地形と被害地震の震源分布

(震源断層の抽出技術の一環として地形リアメント判読の見直しを実施。抽出した線状地形は歴史地震の震源分布と一致するものが多い。)

## 長期予測・影響評価モデルに関する研究開発

長期予測・影響評価モデルに関する研究開発の成果は、処分施設の設計・施工等の工学的対策や地層処分システムの安全評価等に資するため、長期にわたる地殻変動・火成活動等の予測とそれらが地質環境に及ぼす影響を評価するためのモデルの開発を目指している。サイクル機構では、三次元地形変化モデル、独立単成火山群の火山発生に係る確率モデル、断層周辺の力学・水理モデル等に係わる研究開発を進めている。



三次元地形変化モデルによる岐阜県瑞浪市北西部の現在と12万年後の地形(右図は日吉川流域のA-B断面図)

(シミュレーションは、斜面や河川からの物質の移動を従順化モデルによって表現し、物質の流入量と流出量の差から標高を算定する手法を用いた。また、解析に用いた数値地図は、1/2,500都市計画図から作成したもので、水平方向の解像度は5m、垂直方向の解像度は0.1mである。12万年後の地形に比べて傾斜の急な尾根部が大きく侵食され、穏やかな川底で堆積が進んでいることが読み取れる。

# 1-2 東濃鉬山における調査試験研究

核燃料サイクル開発機構 東濃地科学センター

笹尾 英嗣, 岩月 輝希, 村上 由記

## 研究テーマと研究の概要

### ・ナチュラルアナログ研究

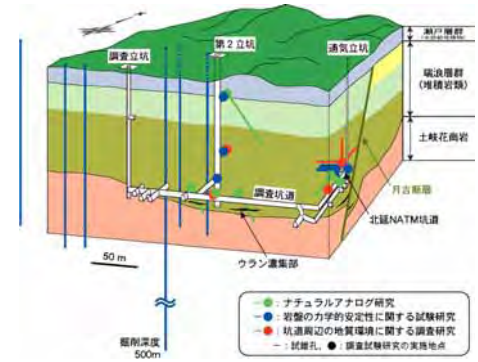
隆起・侵食や断層運動などの地質環境の変遷がウラン鉱床の保存に及ぼした影響の把握とそのモデル化、ウラン系列核種の移行・遅延特性の定量化および影響要因（例えば、有機物や微生物）の解明を目的とした研究を実施。

### ・岩盤の力学的安定性に関する試験研究

坑道掘削に伴う長期的な力学的挙動の評価手法の開発を目的とした研究を実施。

### ・坑道周辺の地質環境に関する調査研究

坑道周辺の水理学的状態の長期的な変化とそのメカニズムを把握し、総合的な調査・評価手法の開発を目的とした調査研究を実施。



東濃鉬山における調査試験研究の実施領域

## 研究成果の一例：ウラン鉱床周辺の還元環境の形成メカニズム

### 研究の背景

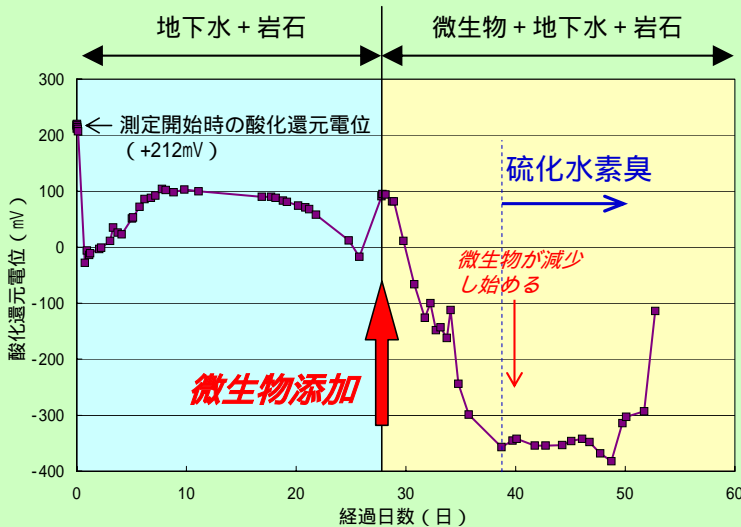
東濃ウラン鉱床では、長期にわたって還元環境が維持されてきたことが、ウランが保存されてきた要因の一つと考えられている。しかし、どのようなメカニズムで還元環境が形成・維持されてきたのかは明らかにされていない。

### 研究の概要

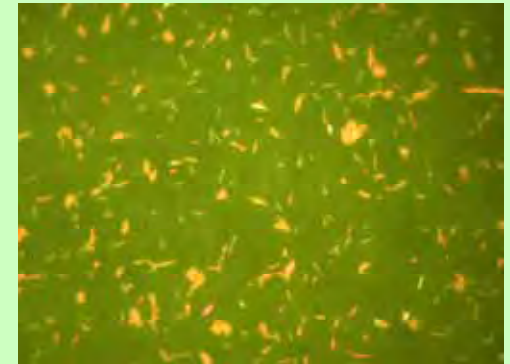
ウラン鉱化帯の存在する深度では、酸化還元電位が $-300 \sim -360\text{mV}$ 程度の強還元状態にある。このような強還元環境の形成に関わる重要因子を明らかにするため、東濃鉬山で採取し殺菌した地下水と岩石(有機質な堆積岩)、および微生物を、気密バイアル瓶中で相互反応させ、地下で起こっている酸化還元反応を再現し、還元環境の形成過程を観察した。



実験の様子(気密バイアル瓶に電極を差し込み、酸化還元電位を測定)



殺菌済した地下水と有機質な岩石を一定期間反応させ、その後、微生物を添加し酸化還元電位の変化を観察した。

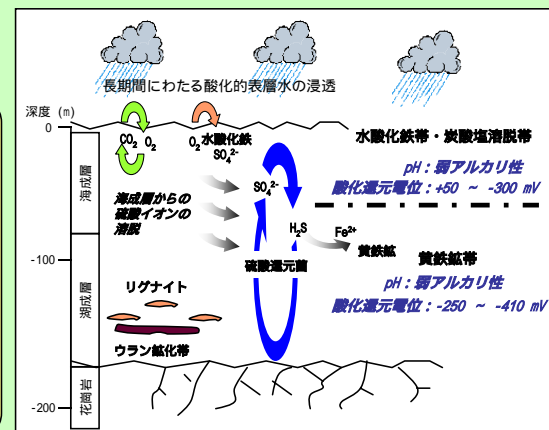


気密バイアル瓶中で繁殖した微生物(蛍光顕微鏡1,000倍, Acridine Orange染色)

## 実験の結果と考察

殺菌済みの地下水と有機質な岩石を約28日間反応させた結果、酸化還元電位は $+100\text{mV}$ 程度であった。微生物添加後、約11日間で酸化還元電位は約 $-350\text{mV}$ まで急速に低下した。このことから、地下水・岩石・有機物のみの反応では強還元環境は形成されず、ウランを保持する強還元環境の形成には、微生物との相互反応が不可欠であることが明らかになった。

これまで行ってきた微生物や地下水・岩石の地球化学に関する研究によって、地層中の有機物を介した硫酸還元菌による硫酸還元反応が還元環境の形成に関わる主要反応であると推察されていた(右図)。本実験においても、開始から約39日後には硫化水素臭が観察され、従来の仮説を支持する結果が得られた。



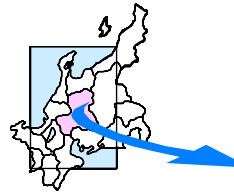
# 1-3 超深地層研究所計画における研究の現状

## 繰り返しアプローチに基づく地質構造および地下水流動のモデル化

### 超深地層研究所計画

#### 全体目標

- ・ 深部地質環境の調査・解析・評価技術の基盤の整備
- ・ 深地層における工学技術の基盤の整備  
(結晶質岩を研究対象)



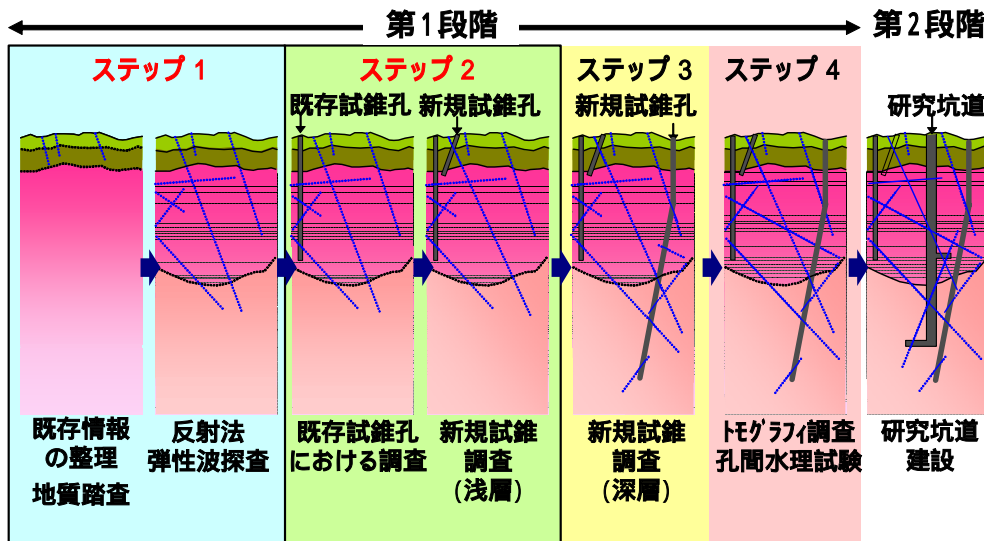
瑞浪超深地層研究所におけるスケジュール

年度	2000	2010	2020
調査・研究			
第1段階	[Progress bar]		
第2段階	[Progress bar]		
第3段階	[Progress bar]		
施設計画			
造成工事	[Progress bar]		
坑口基礎部および立坑の掘削	[Progress bar]		
中間・最深ステージ掘削	[Progress bar]		

### 調査・研究の進め方

超深地層研究所計画においては、繰り返しアプローチに基づく地質環境モデルの構築・更新を通して、合理的な地質環境特性調査の手順を構築する

#### 第1段階における調査研究の流れ

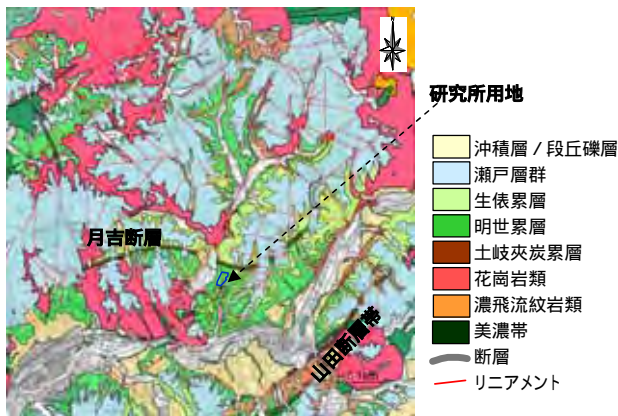


#### 繰り返しアプローチ

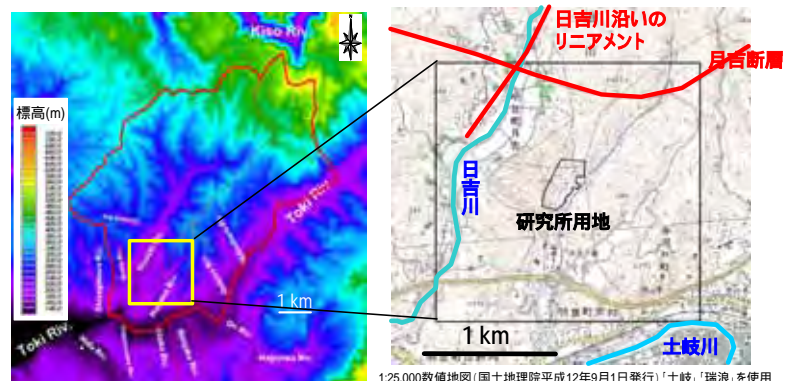


調査量と地質環境特性の理解度や不確実性との関係を明確にし、次の調査で確認すべき重要な要素の特定を行う

### 地表地質およびリニアメント分布



### モデル化・解析領域



繰り返しアプローチ(ステップ1 ステップ2)に基づく地質構造のモデル化および地下水流動解析の現状

他の断層と比較して、北北西系および北東系の断層の透水性が水頭分布に与える影響大

北北西系および北東系断層の地質学的・水理学的特性の評価が重要

既存情報に基づく地質構造の概念モデル

広域地下水流動研究  
正馬様用地での調査研究

調査目的:  
断層や割れ目帯の分布, 被覆堆積岩と花崗岩の不整合面の形状, 堆積構造に関する情報の取得

地質踏査

反射法弾性波探査

ステップ2へ

重要要素の特定 → 概念モデルの作成 → 計画立案 → 調査 → データの解釈 → 地質構造のモデル化 → 地下水流動解析 → 解析結果の評価 → 不確実性の評価 → 重要要素の特定

**ステップ1**

地下水流動解析結果 水頭分布

結果の違い大

全ての断層: 透水異方性有の場合

北北西系の断層(-): 高透水性とした場合(異方性無)

地質構造モデル

- 瀬戸層群
- 生俵累層
- 明世累層
- 土岐夾炭累層
- 上部割れ目帯
- 下部割れ目帯低密度帯
- 月吉断層に伴う割れ目帯
- 推定断層

ステップ3へ

重要要素の特定 → 概念モデルの作成 → 計画立案 → 調査 → データの解釈 → 地質構造のモデル化 → 地下水流動解析 → 解析結果の評価 → 不確実性の評価 → 重要要素の特定

**ステップ2**

ステップ1での課題の解決  
地下深部のデータ取得

現在実施中

既存試錐孔(DH-2号孔)における調査

調査目的:  
深度約500mまでの花崗岩中の大規模な断層, 上部割れ目帯及び水みちとして機能する構造の地質学的・水理学的特性の把握

水理試験

調査結果: 割れ目密度(本/m) vs 深度(m) graph showing fracture density and groundwater flow direction.

地下水の流入箇所と観測される割れ目の方位

地下水の流出箇所

割れ目帯

地下水の流入箇所と地質構造

新規試錐調査(浅層)

調査目的:  
北北西系断層及び堆積岩・花崗岩上部の各岩相における地質学的・水理学的特性, 地下水の水質の把握

試錐掘削

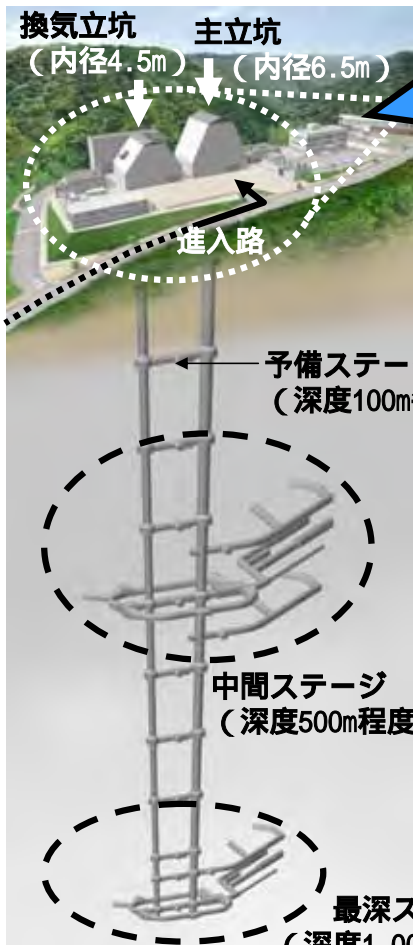
地質構造モデル

研究坑道周辺の地質構造の予測

# 1-4 瑞浪超深地層研究所施設建設の現状

核燃料サイクル開発機構 東濃地科学センター

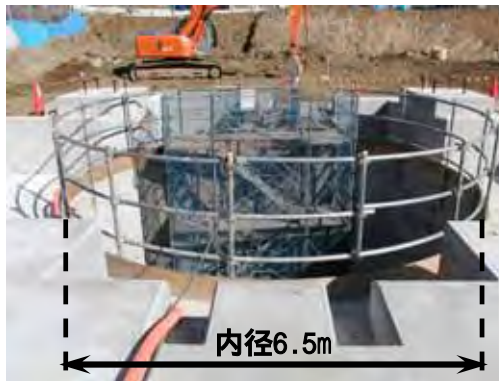
佐藤稔紀, 見掛信一郎, 玉井 猛, 今津雅紀, 坂巻昌工



研究坑道レイアウト



用地状況写真 (平成16年2月現在)



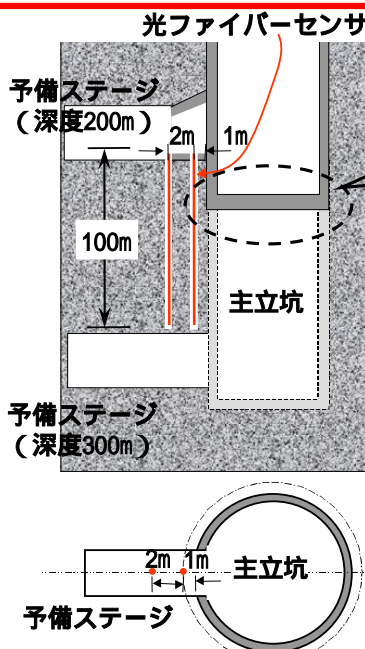
主立坑坑口



換気立坑坑内 (内径4.5m)

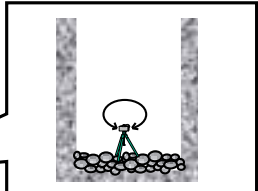
坑内昇降設備への乗込み用階段を設置

施工の現状 (坑口上部: 地表~深度10m程度)



GL-200mの予備ステージから2本の鉛直ボーリングに光ファイバーセンサを設置し、先行変位を計測。

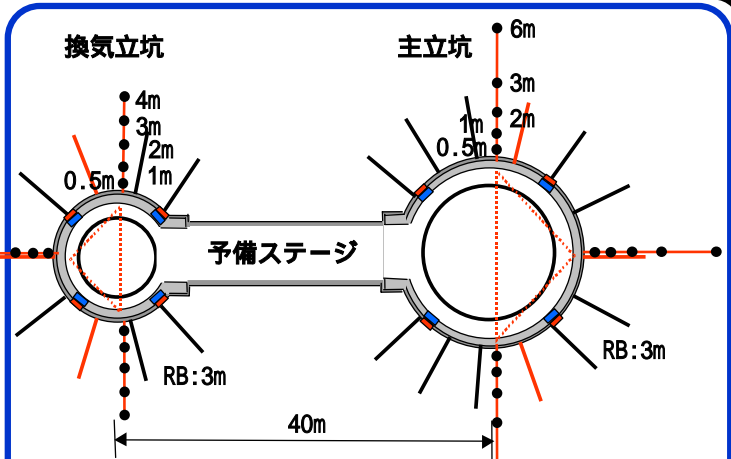
先行変位及び掘削による変位計測



立坑坑底における壁面観察

デジタルカメラによる壁面観察  
壁面マッピング  
および地質スケッチ  
地質・地質構造の記載  
赤外線サーモグラフィによる熱画像データ  
岩石試料の物性データ

地山の地質構造に関する計測



立坑と予備ステージの接続部 (深度100m, 200m, 300m)

- ..... 内空変位測定 (接続部)
- 覆工コンクリート応力測定 (接続部, 立坑深度75m, 150m, 250m)
- 吹付けコンクリート応力測定 (接続部)
- ロックボルト軸力測定 (接続部)
- 地中変位測定 (接続部, 立坑深度75m, 150m, 250m)

施工にかかわる計測計画の現状

地山とトンネル挙動, 支保機能に関する計測 (計測位置は深度300mまでの計画)