

瑞浪超深地層研究所における 花崗岩の調査研究

瑞浪，幌延における地上からの調査研究の成果報告

—地層処分の技術と信頼を支える研究開発：概要調査への技術基盤の確立—

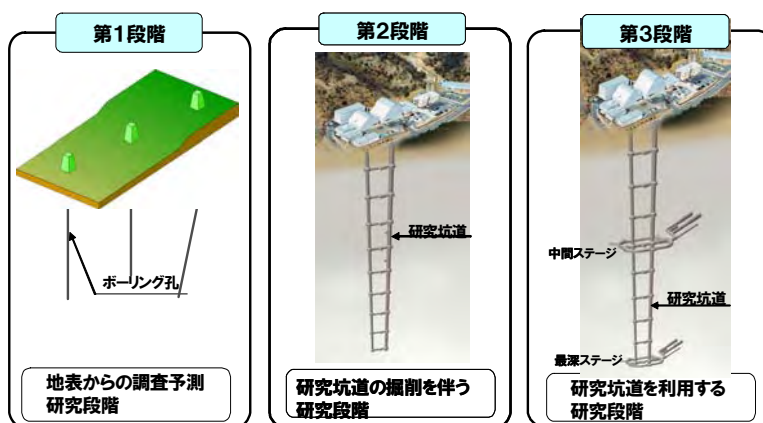
平成19年9月18日 JAホール

日本原子力研究開発機構
地層処分研究開発部門 東濃地科学研究ユニット
坂巻 昌工

超深地層研究所計画の目標・進め方

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



		年度	2000	2010	2020
場所	瑞浪市の市有地を賃貸借し，地下研究施設を建設	調査・研究			
プロセス・アプローチ	調査研究開始当初より，研究所用地（約7.5ha）を含むサイトスケール（約2km四方）での調査*） *）広域地下水流動研究（約10km四方）を別途実施	第1段階	[Bar]		
		第2段階	[Bar]		
		第3段階	[Bar]		
		施設計画 造成工事 坑口基礎部および立坑の掘削 中間・最深ステージ掘削	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px;"> 掘削深度（2007年8月30日現在） 主立坑：GL-200.2m 換気立坑：GL-200.2m </div>		

第1段階取りまとめの目的と要件

<第1段階の目標>

- ①地上からの調査研究による地質環境モデルの構築，および坑道掘削前の深部地質環境の状態の把握
- ②地下施設（研究坑道）の詳細設計および施工計画の策定

<第1段階取りまとめの目的>

- ・ 調査研究の達成度の明確化
- ・ 地層処分技術に係る知識基盤としての整備・体系化（処分事業・安全規制）
- ・ 第2段階以降の調査研究の方向性の具体化

<取りまとめの要件>

- ・ 第1段階の目標（①，②）が適切にまとめられていること
- ・ 第1段階で用いた一連の調査・解析・評価の方法論および知見（ノウハウや失敗例を含む）が，基盤技術としてまとめられていること
- ・ 第2段階以降の調査研究の課題（モデルの検証方法等）が示されていること

第1段階取りまとめ報告書の構成

<取りまとめ報告書の内容>

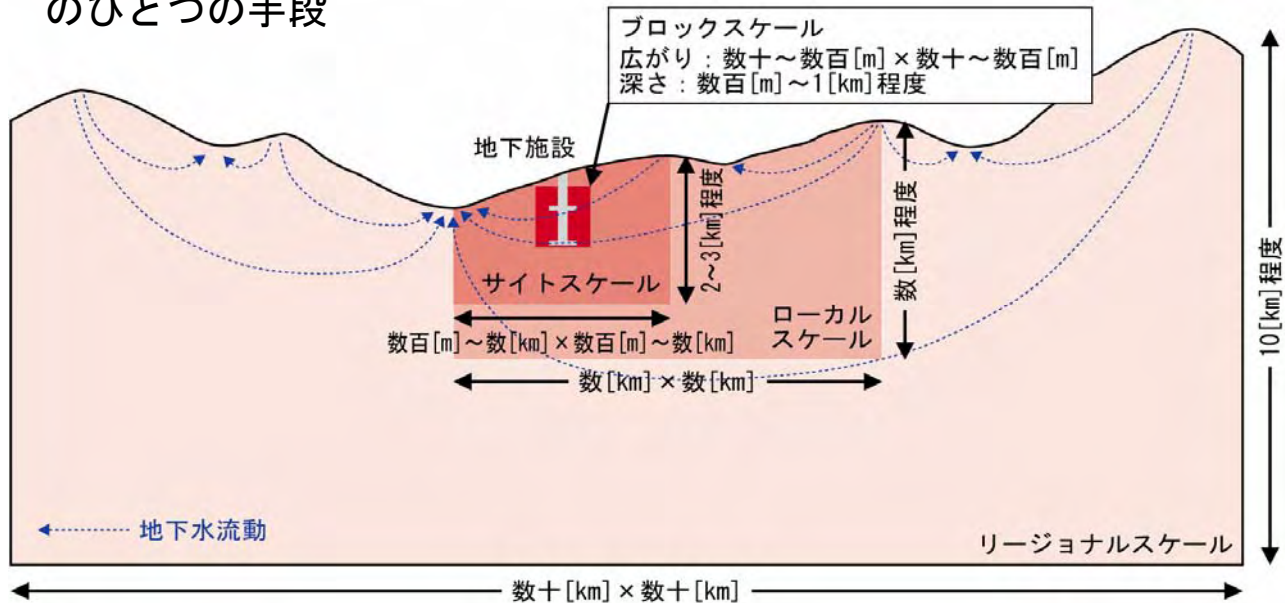
- H17取りまとめをベースとして，その後に得られた成果と合わせて包括的に取りまとめ
- 以下の2つの全体目標に対する第1段階の成果を記述
 - ・ 深地層の調査・解析・評価技術の基盤の整備
 - ・ 深地層における工学技術の基盤の整備

<目次>

1. 超深地層研究所計画の位置付けと役割
⇒ 超深地層研究所計画の全体目標，取りまとめの目標について記述
2. 超深地層研究所計画・第1段階調査研究の概要
⇒ 第1段階の調査研究の目標や進め方について記述
3. 深部地質環境の調査・解析・評価技術の基盤の整備
⇒ ステップ毎に，個別目標・課題に対する技術的知見を示すとともに，処分事業および安全規制のための基盤技術を提示
⇒ 第2段階の調査研究に向けた深部地質環境とその変化の予測結果を記載
4. 深地層における工学技術の基盤の整備
⇒ 研究坑道の設計・施工対策技術および安全確保技術などについて記述
5. おわりに
⇒ 第1段階の成果を総括するとともに，今後の展開について記述

◎空間スケールの設定

- 安全評価，地下施設の設計・施工への研究成果の反映を念頭に置き，不均質性を有する地質環境を限られた調査量で効率的に理解するためのひとつの手段



- * サイトスケール，ブロックスケールの調査研究を「超深地層研究所計画」として実施
- * リージョナルスケール，ローカルスケールの調査研究は「広域地下水流動研究」として別途実施

◎個別目標と課題の設定

- 安全評価，地下施設の設計・施工および環境影響評価の観点から，調査研究の個別目標と課題を整理（調査研究内容の具体化）

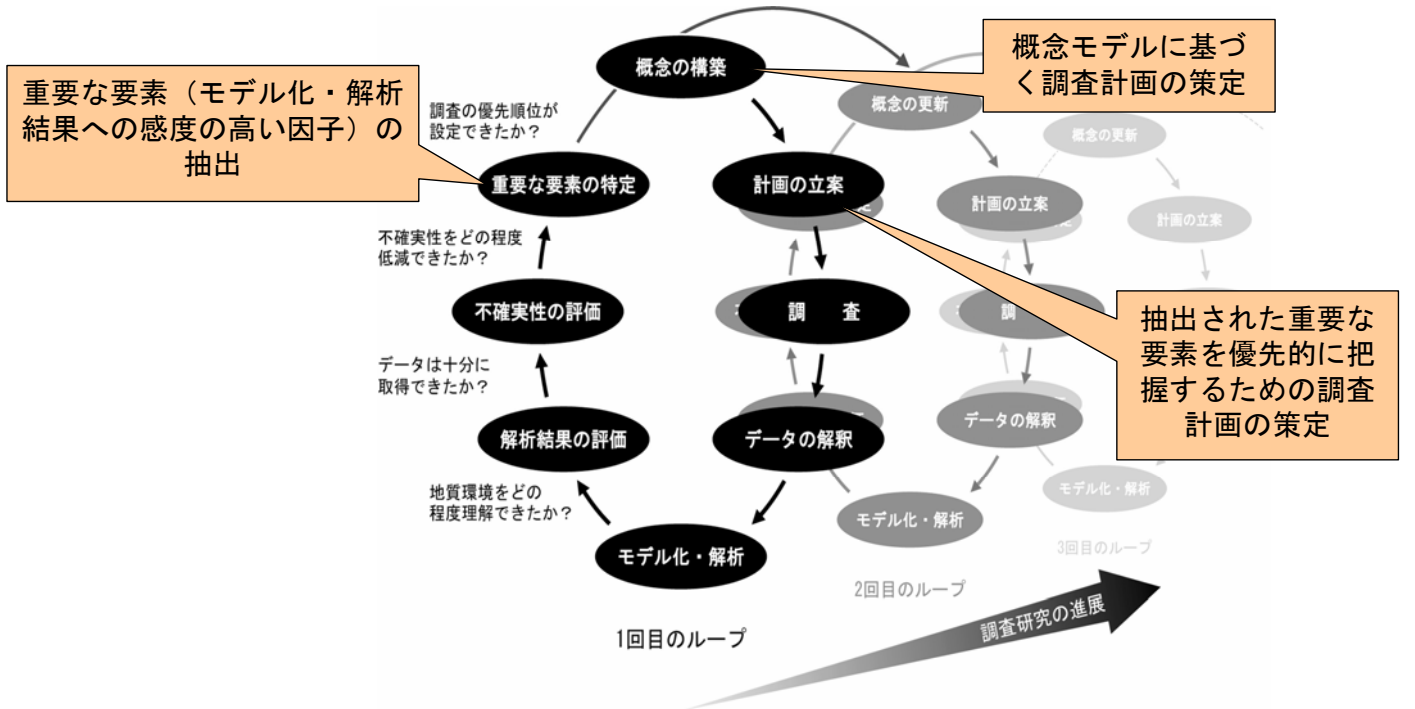
	安全評価					地下施設の設計・施工				環境影響評価		
個別目標	地質構造の三次元分布の把握	地下水の流動特性の把握	地下水の地球化学的特性の把握	物質移動の遅延効果の把握	希釈効果の把握	地下空洞周辺の力学・水理状態の把握		地下の温度環境の把握		地下施設建設が周辺環境へ与える影響の把握		
課題	岩盤の地質学的不均質性の把握 被覆層の厚さの把握 移行経路として重要な構造の把握	動水勾配分布の把握 岩盤中の透水性分布の把握	酸化還元環境の把握 地下水のpH分布の把握 地下水の塩分濃度分布の把握	岩盤の取着・拡散特性の把握 物質移動場の把握 コロイド/有機物/微生物の影響の把握	帯水層中の流速分布の把握 帯水層中の分布の把握	応力場の把握 岩盤の物理・力学特性の把握 地下空洞への地下水流入量の把握 EDZの分布/物理・力学特性の把握	不連続構造などの有無の把握 地温勾配分布の把握 岩盤の熱特性の把握		地下水水位分布への影響の把握 地下水圧分布への影響の把握 地下水の水質への影響の把握 振動・騒音の把握			

個別目標と課題に対して，以下を図ることが重要

- 個別の調査・評価技術の整備
- 調査・評価技術の体系化

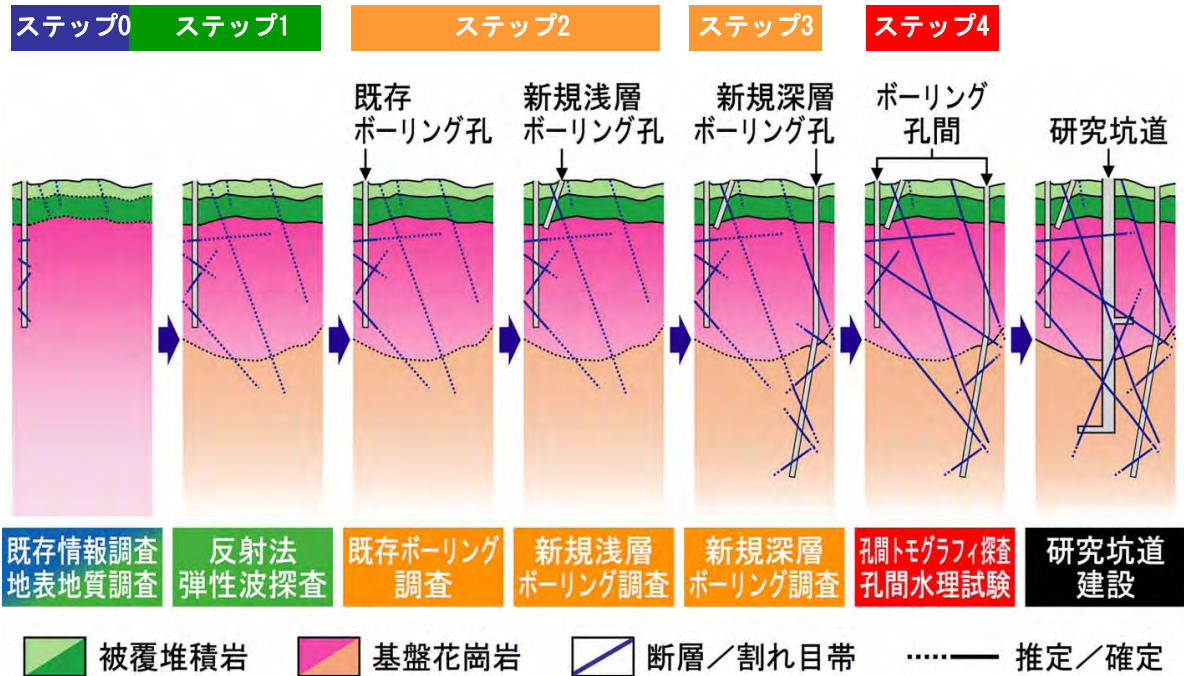
◎繰り返しアプローチ

様々な制約条件の下で、地質環境特性を理解する上で、調査を効率的に進めるための基本的考え方



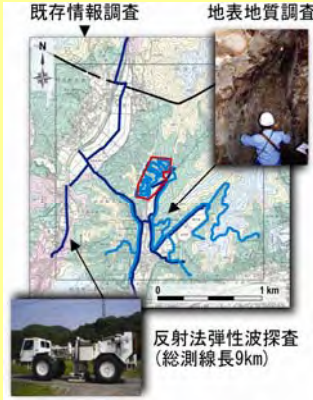
◎調査ステップ

- 地質環境特性を面的に調査できる手法を用いて**広い領域を概略的に把握**した上で、詳細な情報を必要とする項目を抽出・特定し、それを**ボーリング孔**を利用した調査によって把握し、さらに**連続性**を調査するといった手順を採用



<ステップ1>

- 地表地質調査
- 反射法弾性波探査



地質図

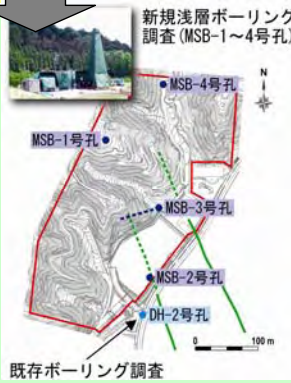


主な成果・課題

- 成果：
 ◎地表付近の地質構造（特に堆積岩中の不連続構造の分布）の把握
- 課題：
 ? 北北西系／北東系 断層の地下水流動への影響
 ? 地下浅部の水質

<ステップ2>

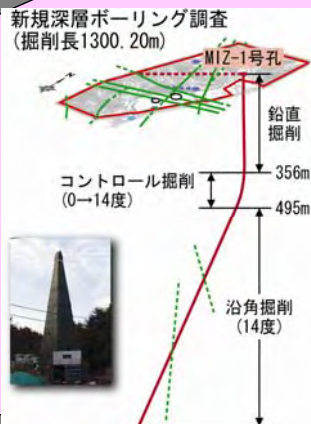
- 既存ボーリング調査
- 新規浅層ボーリング調査



- 成果：
 ◎概念モデルの構成要素（低角度割れ目帯、各累層の基底礫岩、花崗岩風化部）の抽出と深度500mまでの水みちの分布、水理特性、水質の把握
- 課題：
 ? 北北西系／東西系断層の地下水流動への影響
 ? 地下深部の地質環境特性

<ステップ3>

- 新規深層ボーリング調査



地質図

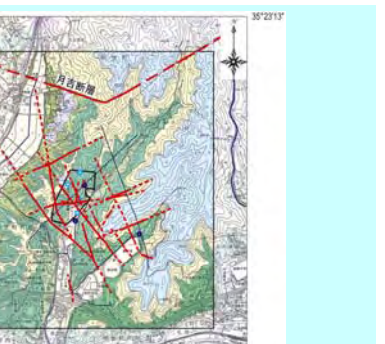
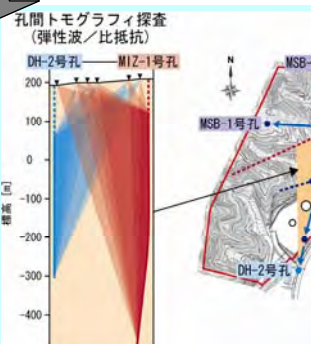


主な成果・課題

- 成果：
 ◎深度1,300mまでの地質構造の区分および領域ごとの水理特性、水質、力学特性の把握
- 課題：
 ? 研究坑道近傍における地下水流動の詳細な評価
 ? 水みちの連続性

<ステップ4>

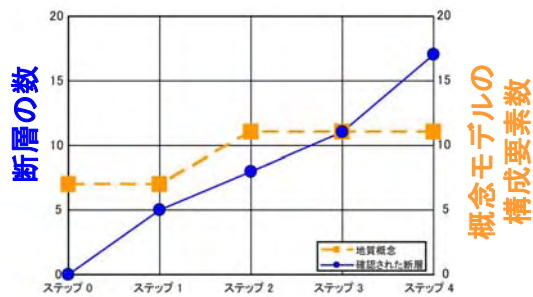
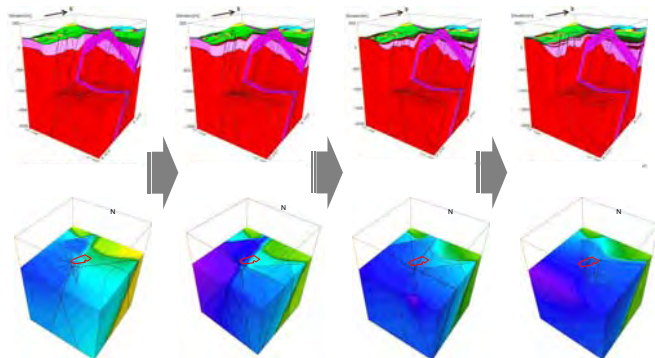
- 孔間トモグラフィー
- 孔間水理試験



- 成果
 ◎研究坑道近傍における水みちの連続性
- 課題：
 ? 遮水構造として機能していると考えられる立坑近傍の断層の詳細な幾何学的形状と空間分布

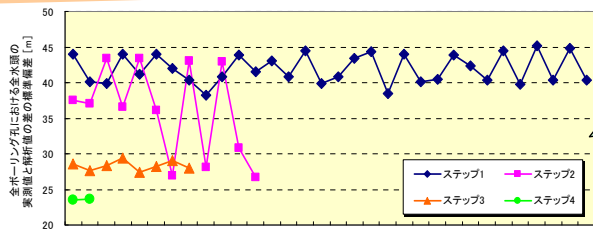
◎地質環境の効率的な理解

- 繰り返しアプローチに基づく段階的な調査研究により、「個別目標と課題」として設定した地層処分にとって重要な地質環境特性（例えば、地質構造分布、地下水流動特性など）を効率的に理解



確認された断層の総本数および概念モデルの構成要素数の推移

不確実性



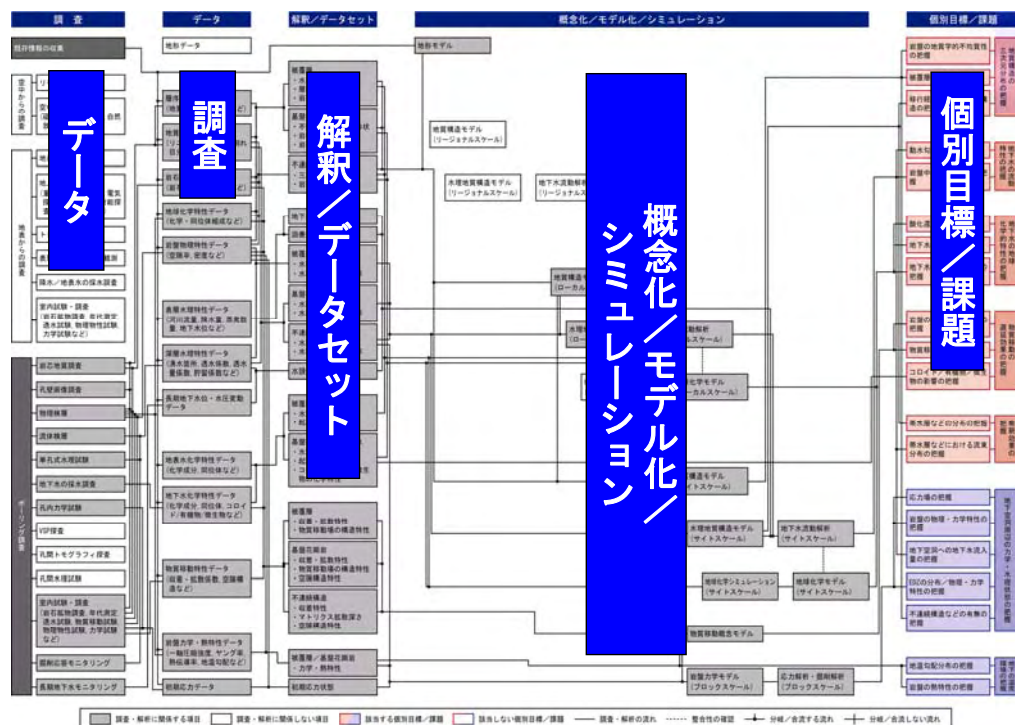
地下水流動特性の不確実性の推移

調査研究の進展に伴い・・・

- 感度解析のケース数の減少
 - 感度解析のケース間での全水頭分布のばらつきの減少
 - 全水頭分布の実測値の再現性の向上
- ⇒岩盤の透水性および動水勾配分布の理解度向上

◎統合化データフローの例示

- 研究対象の地質環境（例えば、割れ目などが地下水流動を大きく支配する岩盤であること）を踏まえつつ、調査ステップごとに、調査研究の個別目標と課題に向け、結晶質岩を対象とした合理的な調査・解析の道すじを統合化データフローとして整理



◎計画性と品質保証

- 調査の対象となる地質環境の特性や調査手順をできる限り明確化するとともに、それらのある時点での理解度や時間・予算などの制約条件あるいは環境への影響などを考慮し、調査の項目や手法の最適化あるいは合理化を図った調査計画を策定することが重要
- 面的に調査できる手法を適用して広い領域を概略的に把握・概念モデル化した上で、詳細な情報を必要とする項目を抽出したうえで、それらをボーリング調査などにより更に精緻化する（モデルの更新を含む）といった手順が有効
- 複数のボーリングが利用可能な場合には、ボーリング孔間の地質学的・水理学的な連続性などを把握することを目的として、確認すべき対象領域や地質・地質構造を明確にしたうえで調査計画を立案することが重要

◎地質環境モデル構築システム

- 調査・解析・評価の繰り返しは、迅速に実施する必要があるため、地質環境モデルの構築が効率的に実施できるシステムを準備しておくことが重要

深地層における工学技術の基盤の整備

第1段階の目標

- ・ 研究所用地における深部地質環境に関する情報や次段階以降の調査・研究計画などに基づき研究坑道の詳細レイアウトを決定
- ・ 実際に適用する施工技術並びに機械・設備を選定し、具体的な施工計画を策定

設計・施工技術

- ・ 研究坑道レイアウト
- ・ 研究坑道安定性と支保安定性評価
- ・ 計測結果のフィードバック技術 [情報化施工]
- ・ 研究坑道の地震時安定性評価
- ・ 通気解析・通気計画

建設技術

- ・ 施工計画 [施工方法(ショートステップ工法), 掘削の進め方, 施工サイクル]
- ・ 施工設備計画 [掘削設備, 坑口設備, 周辺設備]

施工対策技術

- ・ 突発湧水対策 [プレグラウト, 前方探査技術]
- ・ 山はね発生評価
- ・ 高抜け崩壊解析

安全確保技術

- ・ 防災コンセプト
- ・ 坑内統合管理システム [入出坑, 坑内環境, 通信管理, 火災管理]
- ・ リスクマネジメント

深地層における工学技術

実際の深部地質環境や調査・研究計画に基づき、研究坑道と周辺設備の設計・施工を具体的に計画し、第2段階で検証中

周辺環境への影響モニタリング

- ・ 騒音・振動
- ・ 河川(表流水)水質, 底質
- ・ 水文(河川流量, 表層地下水位)

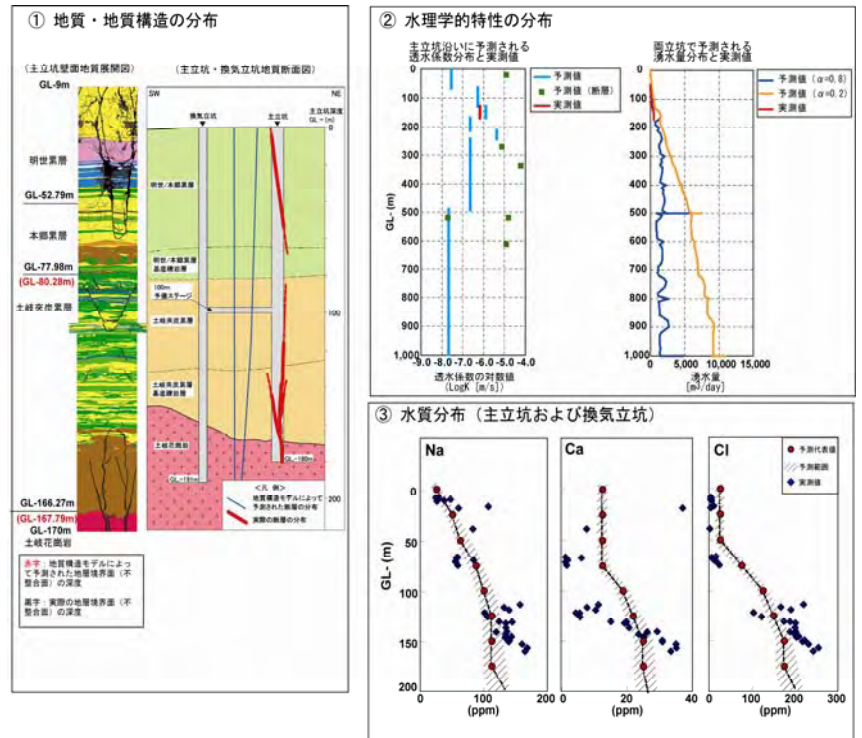
情報の取得や技術の実証を目的とした地下施設(URL)

設計 施工 維持管理

処分事業安全規制への反映活用

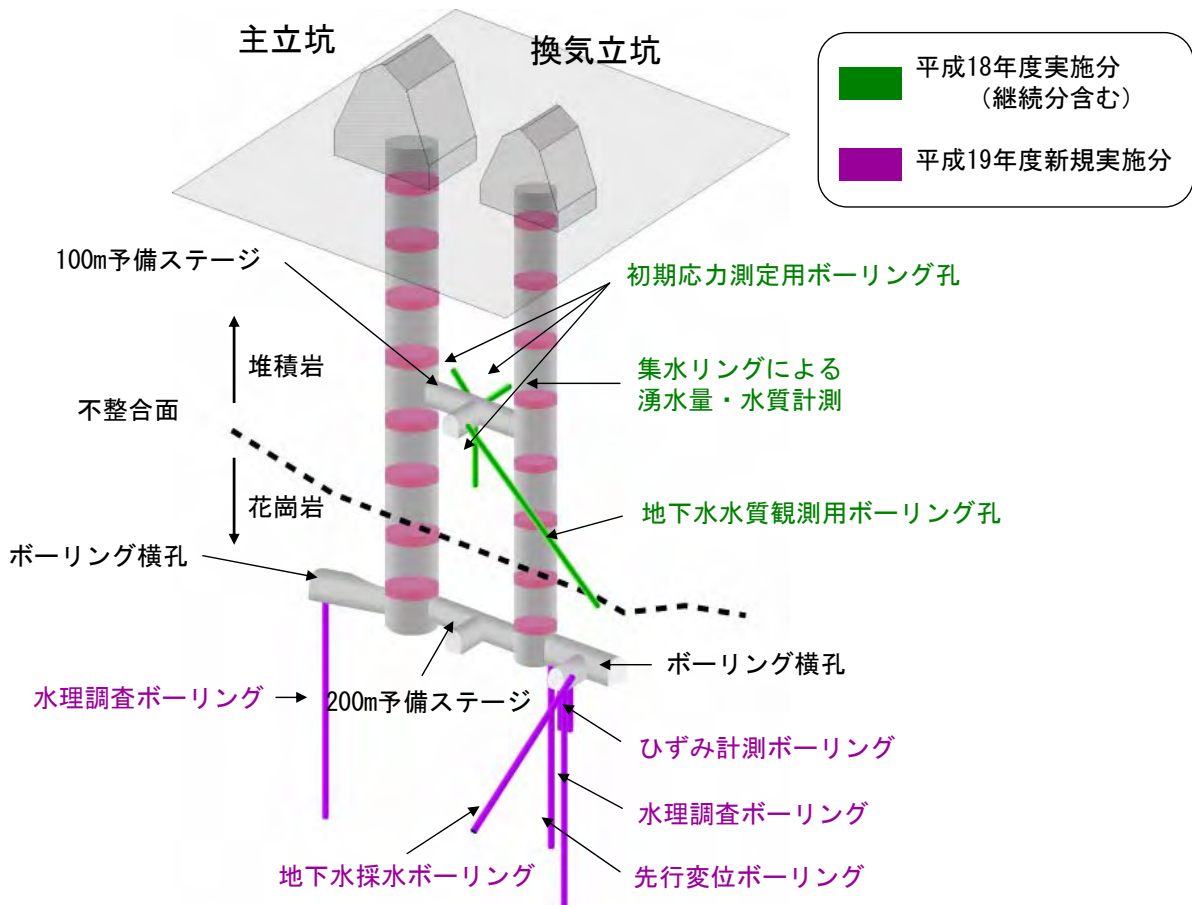
第2段階の現状と今後の予定①

- 第2段階以降の調査研究では、第1段階の課題の解決と調査研究成果（例えば、地質環境モデルや地質環境の変化の推定結果など）や設計・施工技術の妥当性の確認を行う
- 繰り返しアプローチに基づく調査研究を継続することにより、地層処分にとって重要な地質環境特性の理解度を深めるための調査・解析・評価技術の体系化を図る予定



第2段階の調査による第1段階の結果の確認の例

第2段階の現状と今後の予定②



換気立坑シャフトジャンボ



換気立坑ボーリング横坑掘削





まとめ

- 実際の地質環境を対象とした調査研究の計画立案，調査，データ解釈，解析・評価の各検討過程を通じて得られた**技術的知見**（ノウハウや失敗例）を**処分事業の基盤技術**として整理
- 地質環境の理解度や不確実性の**評価結果**に基づき，**対象項目の優先度**を明確にした**調査研究計画**の策定が有効であることを確認
- 結晶質岩を対象とした主要な調査技術および解析技術に係る**技術的知見**（例えば，ボーリング調査における透水性構造を抽出するための流体検層手法や水理試験手順，物理探査データの解析手法，品質管理体系・実施体制作りなどの有効性）および**経験**を蓄積
- 「**情報の取得や技術の実証を目的とした地下施設**」を**安全に建設・維持**するための工学技術の基盤の確立を目標として合理的に設計
- 第1段階において**残された課題**を整理し，**第2段階以降の調査研究の課題**を具体化