

超深地層研究所計画

平成22年度の進捗と今後の展開

平成22年11月15日

日本原子力研究開発機構
地層処分研究開発部門
東濃地科学研究所

ご意見を頂きたい点

JAEA 2

1. 第1段階調査研究で構築した地質環境モデルの妥当性確認方法
2. 第3段階調査研究における研究課題設定の考え方

- 結晶質岩サイトにおける処分地選定の段階に応じて必要となる体系的な調査・解析・評価技術と関連する技術基盤の整備
- 結晶質岩サイトにおける地下施設の設計・施工に関わる基盤の整備
- 幌延深地層研究計画(堆積岩)での研究成果と組み合わせることにより、日本の様々な地質環境に適用できる技術基盤の整備
- 日本、アジアの深地層の研究施設としても活用

本日の報告内容

1. 研究坑道の掘削を伴う研究段階（第2段階）

○目標

○主な研究成果

2. 研究坑道を利用した研究段階（第3段階）

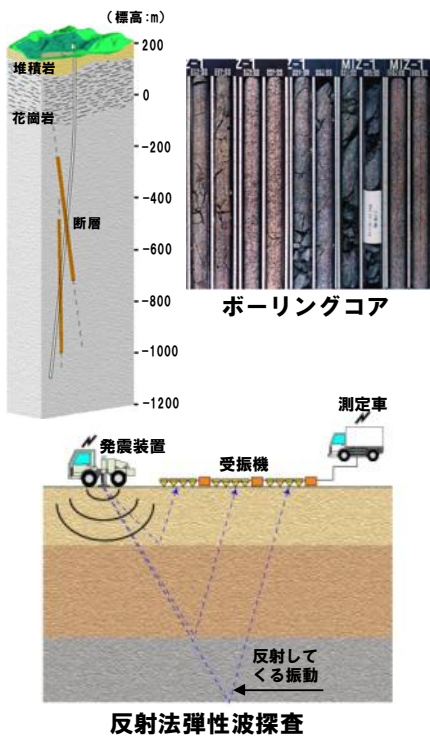
○目標

○実施内容

3. 平成22年度の計画

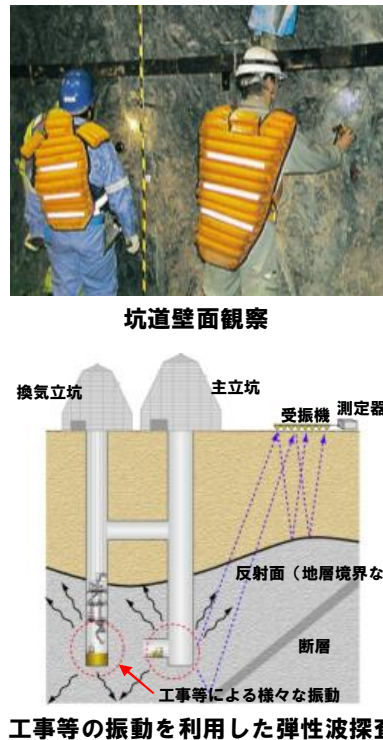
第1段階

【地表からの調査予測研究段階】



第2段階

【研究坑道の掘削を伴う研究段階】



第3段階

【研究坑道を利用した研究段階】

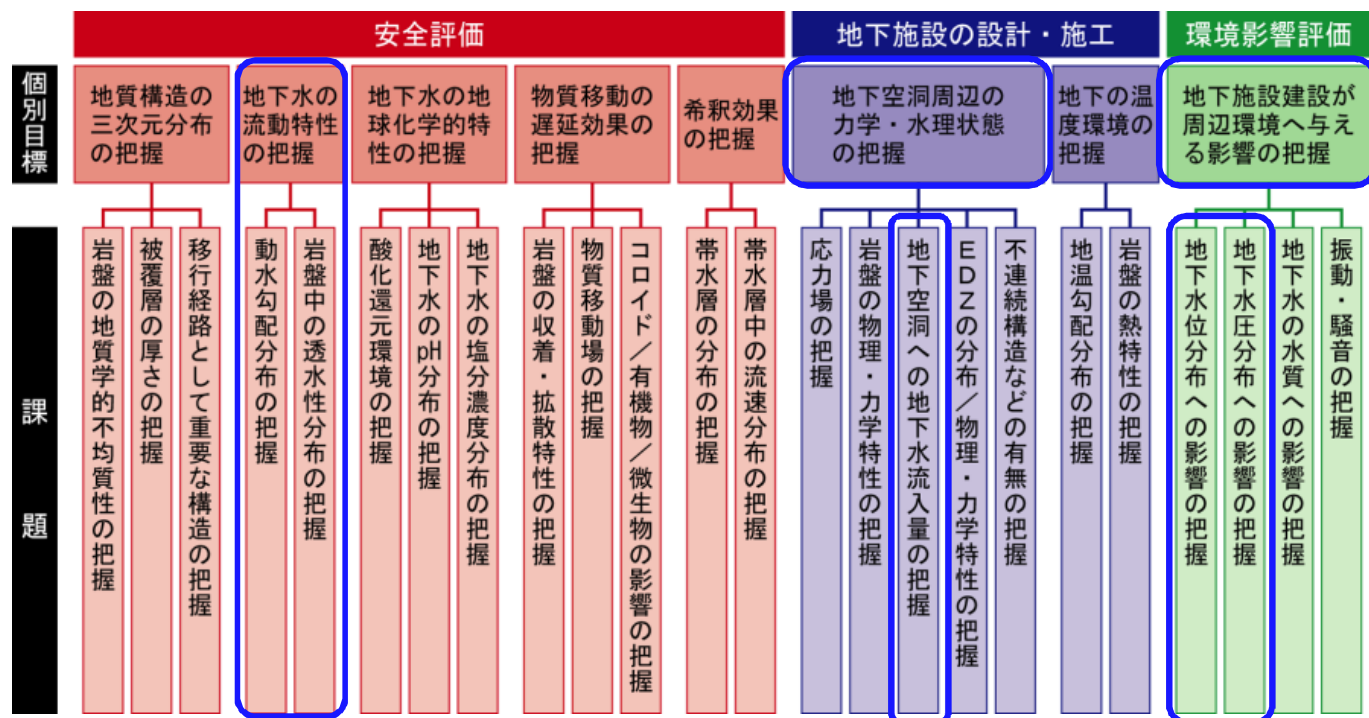


第2段階の目標

- ① 研究坑道の掘削を伴う調査・研究による地質環境モデルの更新および掘削に伴う深部地質環境の変化の把握
- ② 研究坑道の施工・維持・管理にかかわる工学技術の有効性の確認
- ③ 研究坑道を利用した研究段階（第3段階）の調査・研究計画の策定

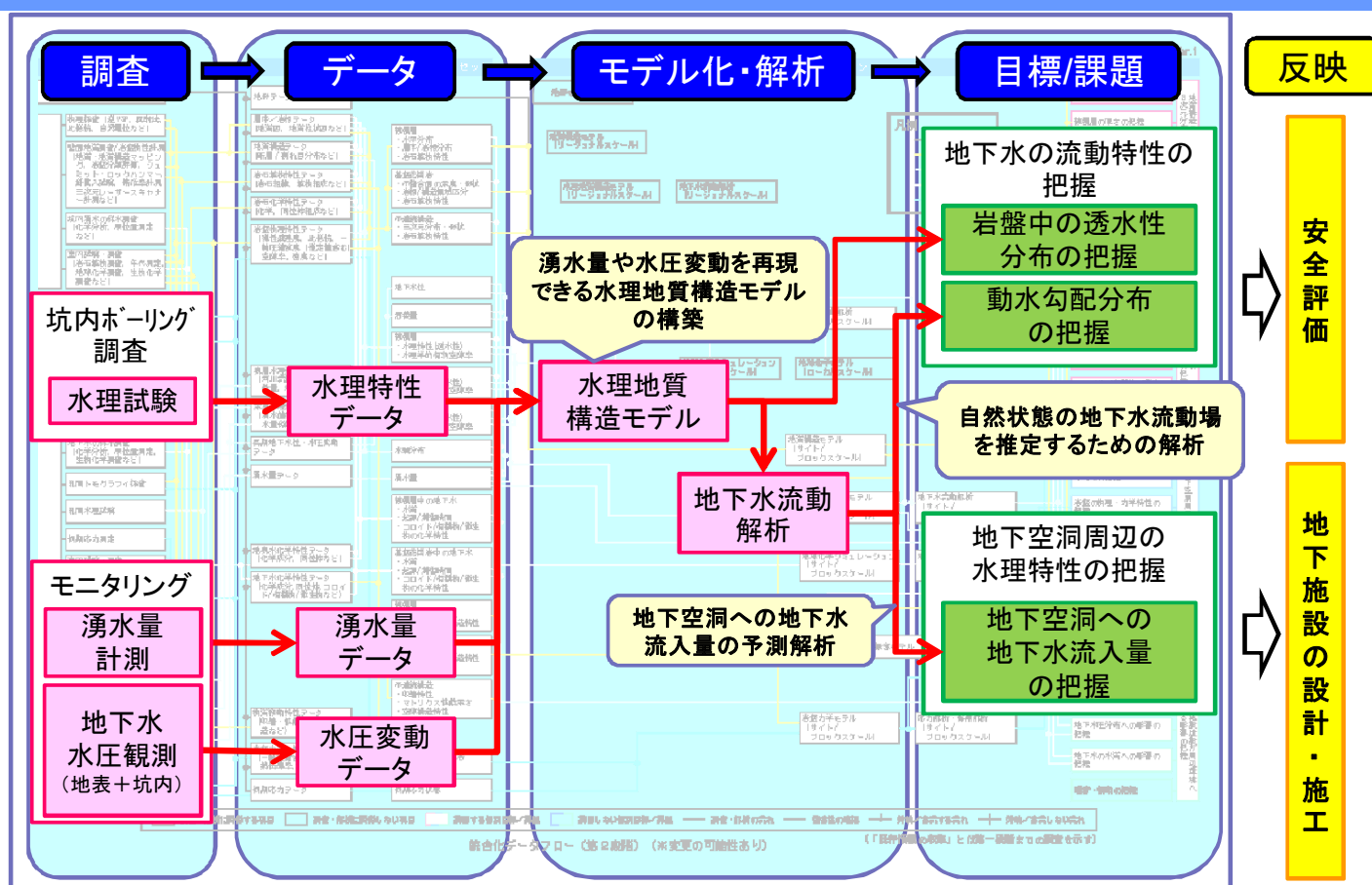
目標と課題の設定（第2段階）

JAEA 7



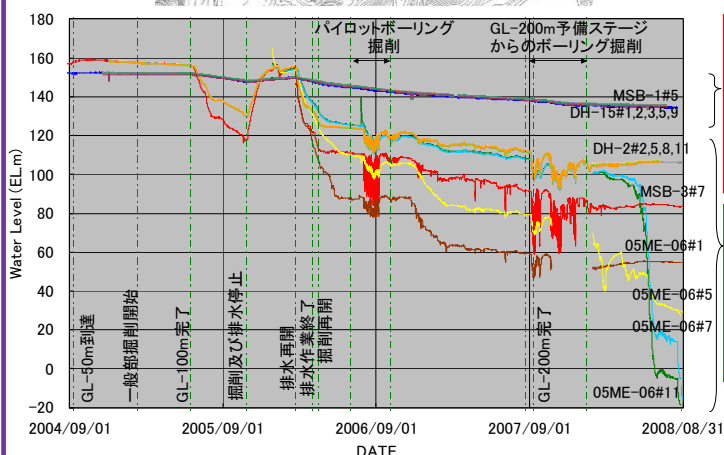
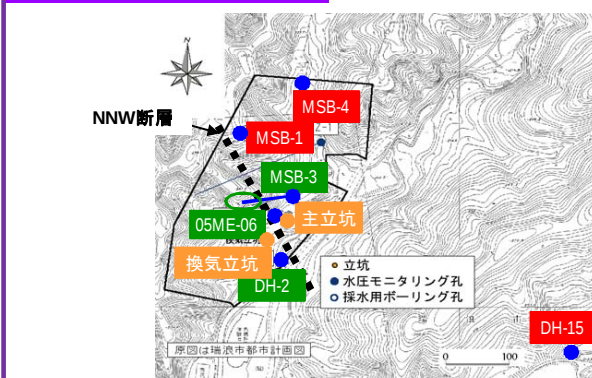
調査・モデル化・解析の流れ（地下水流動の例）

JAEA 8



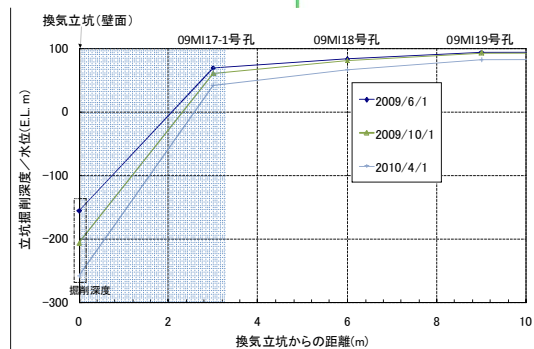
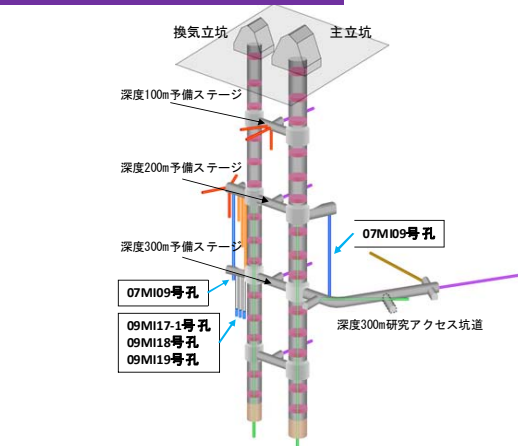
地下水水圧の観測結果

地表からのボーリング孔



➤ 主立坑沿いのNNW断層を挟んで水圧変動が異なる

研究坑道からのボーリング孔

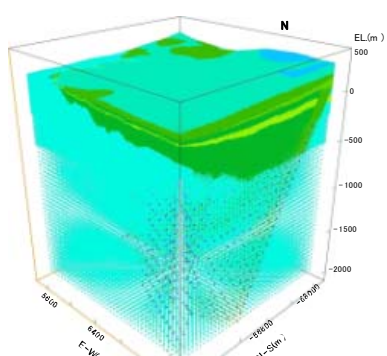


➤ 立坑近傍の水理特性によって、立坑のごく近傍（数mの範囲）で、急激な水圧低下が生じている

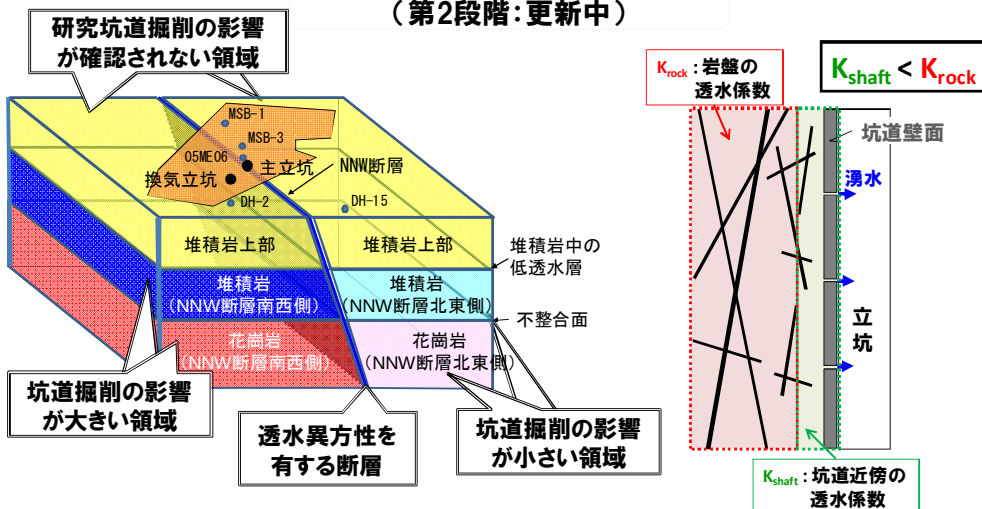
水理地質構造モデル

— 計測結果に基づく水理地質構造の解釈 —

水理地質構造モデル (第1段階: 検証中)

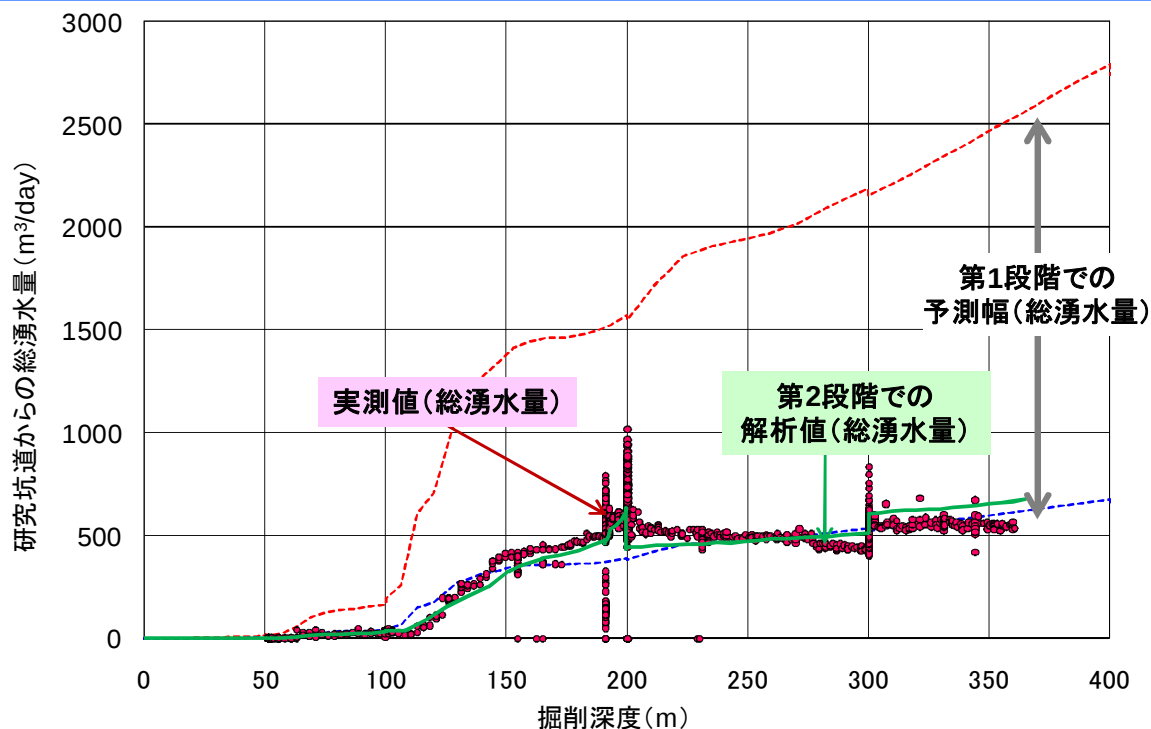


水理地質構造モデル (第2段階: 更新中)



	主立坑沿いのNNW断層	立坑近傍の水理特性
第1段階	断層面に直交方向が低透水性、面方向が高透水性であると推定	覆工コンクリートなどの影響により岩盤の透水性と異なると推定
第2段階	水圧変動から断層面に直交方向が低透水性であることを確認 坑内からのボーリング調査により、断層面方向と直交方向の透水性の違いや断層の連続性を確認中	坑道近傍の水理特性は、岩盤の透水性よりも低いことを確認

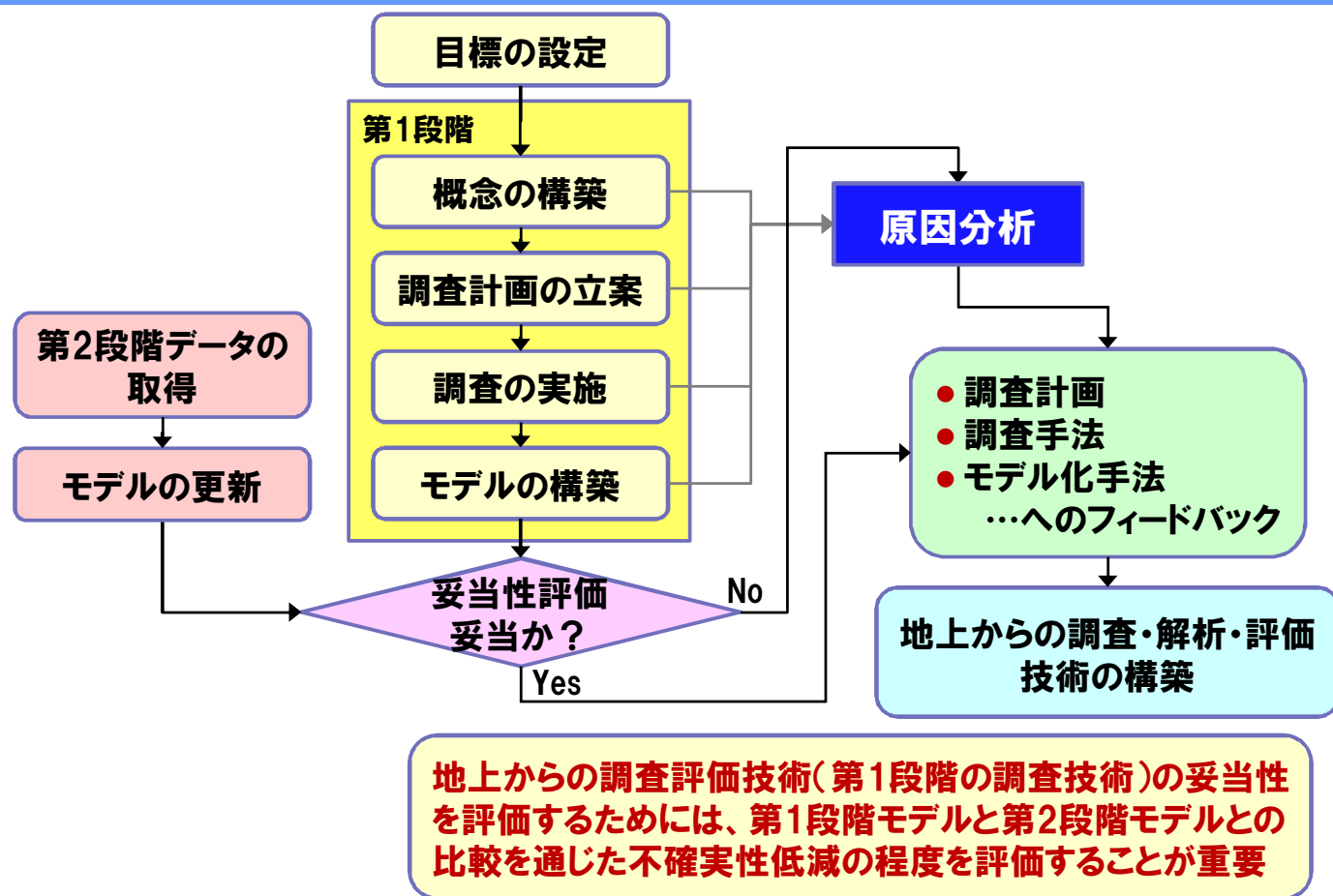
－水理地質構造モデルの妥当性確認(計測結果との比較)－



- 第2段階での調査結果に基づき、水理地質構造モデルを更新
→ 地下水流動解析による湧水量の再現性が向上

- 更新した水理地質構造モデルに基づく、水圧変動の再現性向上に関する検討を実施中
- 第1段階の調査評価技術の妥当性を評価

地上からの調査技術の妥当性評価の考え方



地質環境モデルの更新／妥当性確認の考え方

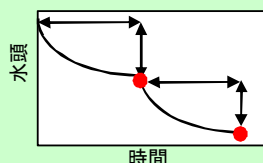
● 背景／仮説

- ✓ 湧水量は水圧変化を生じさせる原因として重要
- ✓ 湧水量は坑道近傍の水理特性の影響を強く受ける
- ✓ 坑道近傍にはスキン効果があることを確認済み

湧水量と坑道近傍の水圧低下の再現性に
着目したモデルの更新
(坑道近傍の水理特性の校正)

● 背景／仮説

- ✓ 大規模不連続構造の水理特性は水圧低下量や応答時間に与える影響が大きい

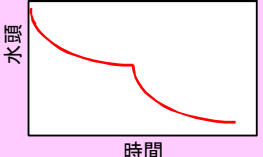


水圧応答(水圧低下量, 応答時間)の再現性に
着目したモデルの更新
(大規模不連続構造の水理特性の校正)

水圧応答(水圧応答速度)の再現性に
着目したモデルの更新
(大規模不連続構造部以外の岩盤の水理特性の校正)

● 背景／仮説

- ✓ 大規模不連続構造部以外の岩盤の水理特性は水圧応答速度に影響を与える



第2段階の水理地質構造モデル
の構築

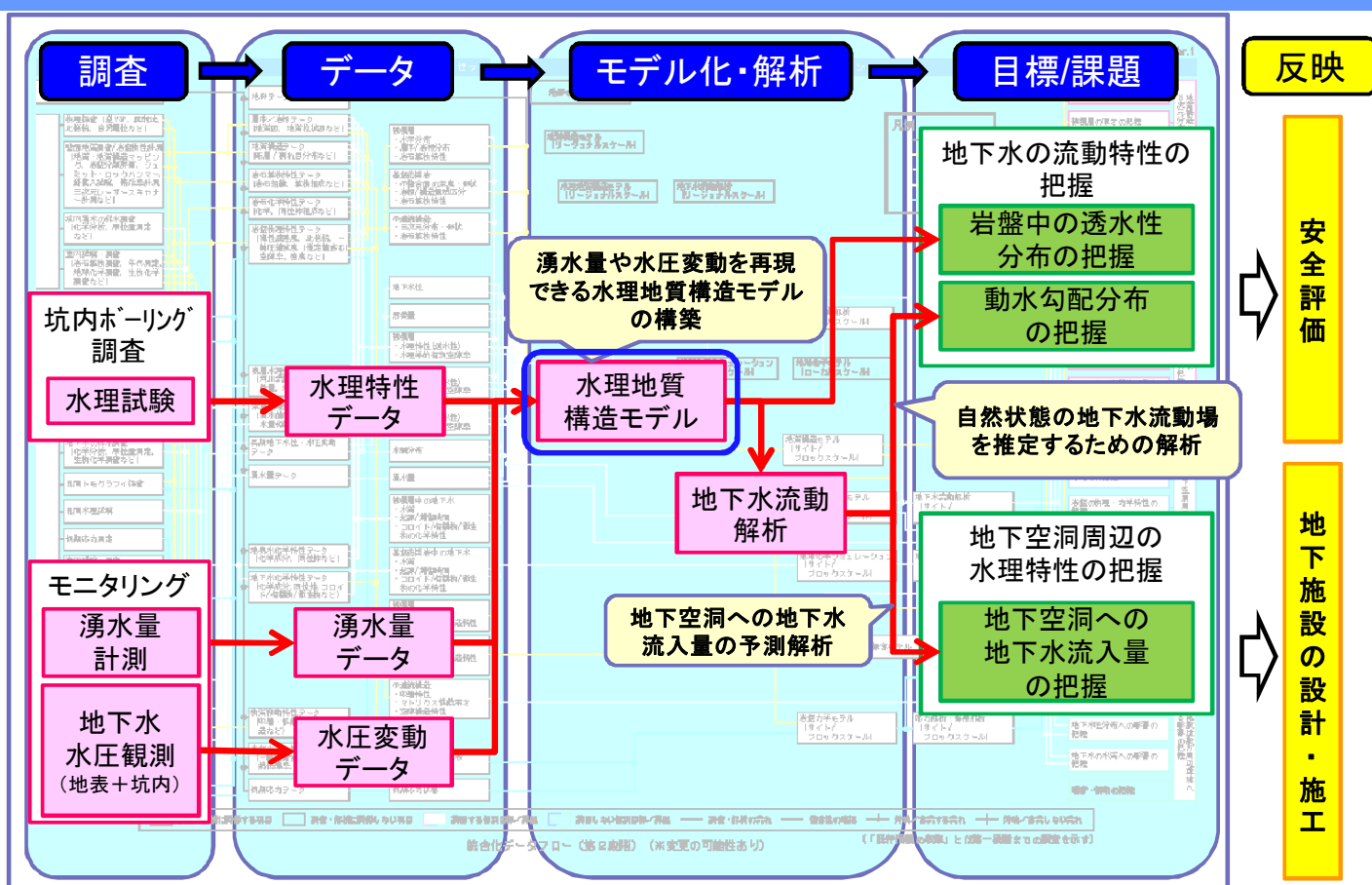
地下水流動解析

第1段階の水理地質構造モデル
の構築

地下水流動解析

比較

知識ベースの構築



水理地質モデル構築エキスパートシステム

水理地質モデルの構築

① 水理地質概念モデルの構築

Q)

地質構造要素で分けた領域(地質構造区分)に基づいて水理地質構造モデルを作成するかどうかを判断するため、地質構造区分内の水理特性のコントラストを以下の条件により評価

一つの地質構造区分内の透水係数について、対数標準偏差が有意な大きさ(1以上 注1)を有するか？

*注1:

ステップ2では、透水係数の対数標準偏差が2以上の場合、有意な不均質性があると判断(東濃地域での経験に基づく)

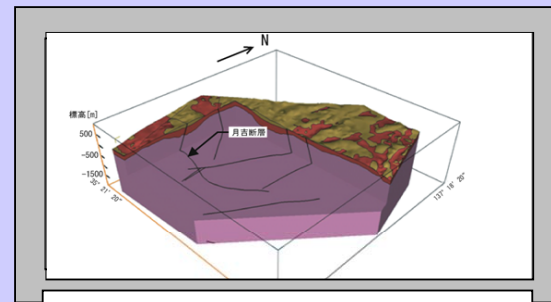
- ☐ Yes(透水性分布の不均質性が高い)
☒ No(透水性分布が比較的均質)

前画面に戻る

次へ

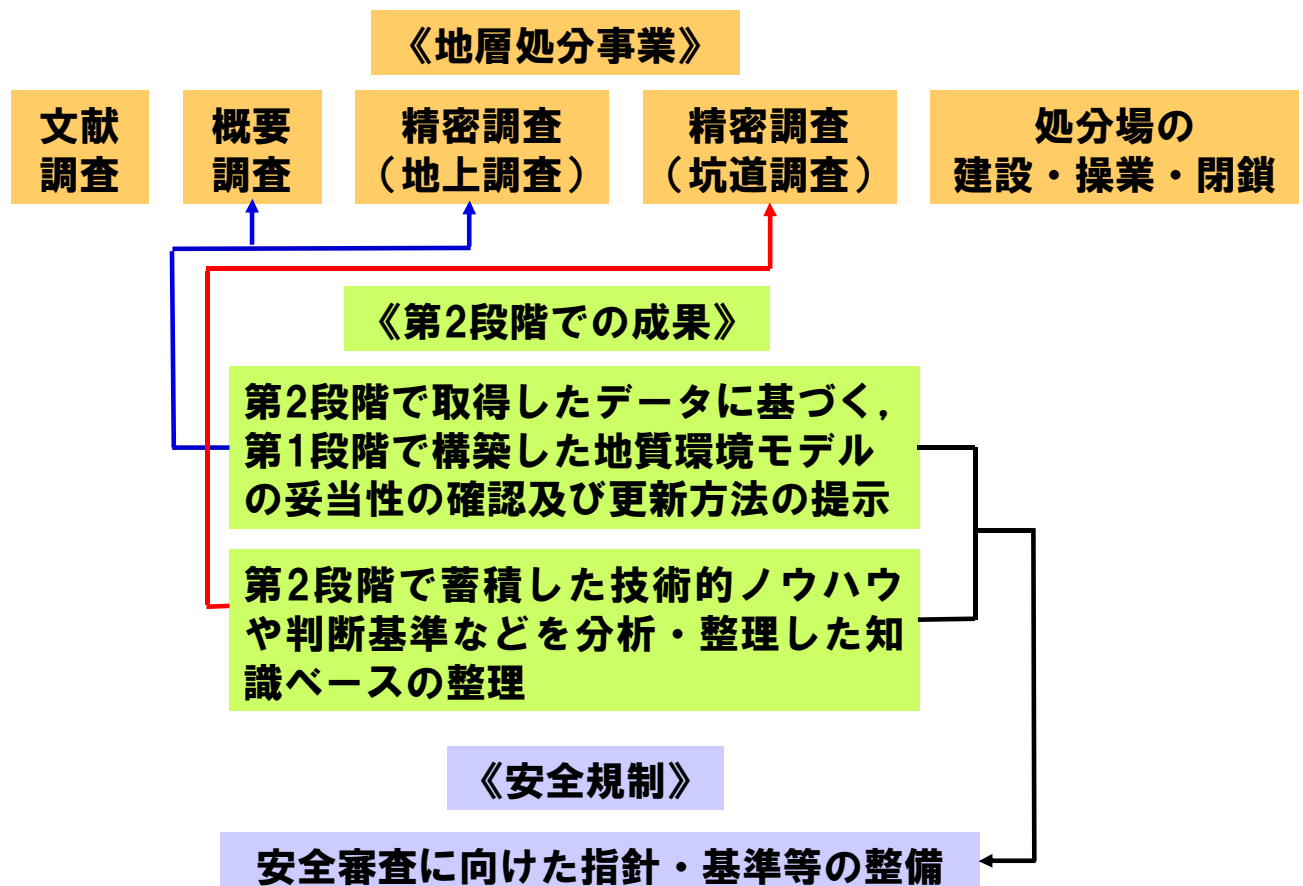
ご意見・ご質問、それに対する回答はこちら

フロッピー



透水性分布は比較的均質

地層処分事業や安全規制への反映



NUMOとの情報交換



ボーリング調査に関する品質管理手法

産総研との共同研究



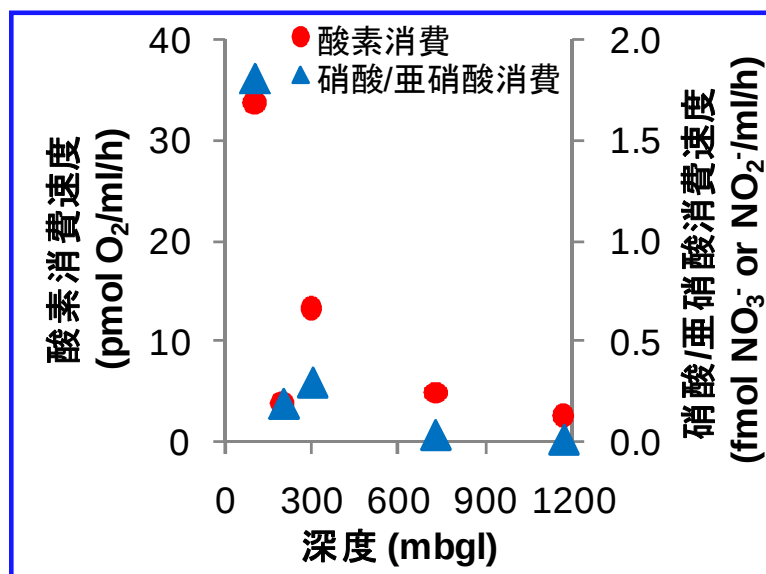
深度300m研究アクセス坑道

ボーリング調査計画の立案・調査の実施

産総研との共同研究



掘削水滅菌装置の導入



代謝活性測定結果

1. 研究坑道の掘削を伴う研究段階（第2段階）

○目標

○主な研究成果

2. 研究坑道を利用した研究段階（第3段階）

○目標

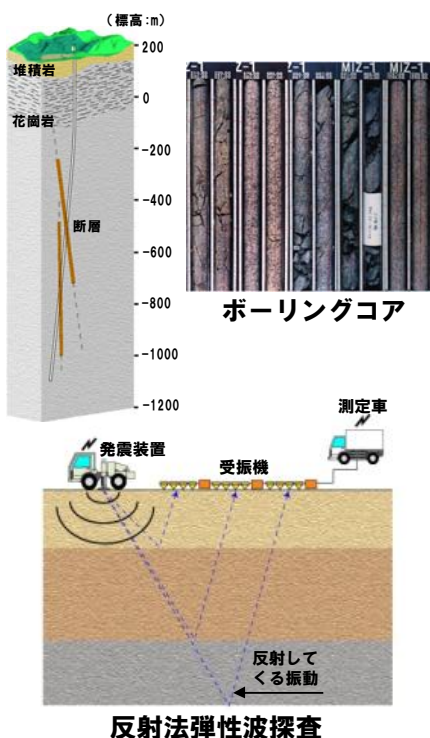
○実施内容

3. 平成22年度の計画

超深地層研究所計画の進め方

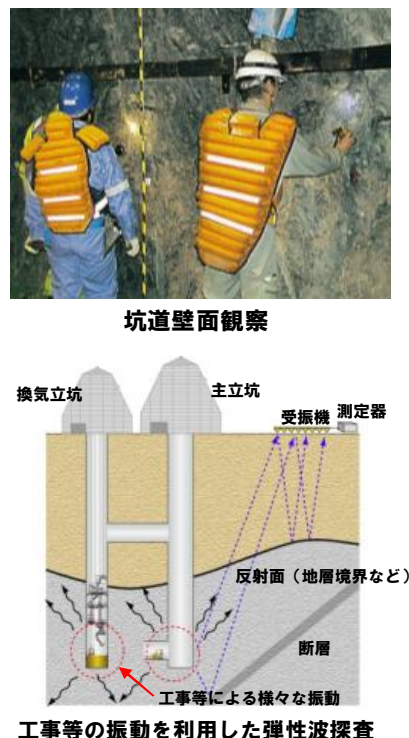
第1段階

【地表からの調査予測研究段階】



第2段階

【研究坑道の掘削を伴う研究段階】



第3段階

【研究坑道を利用した研究段階】



- ① 研究坑道を利用した調査研究による地質環境モデルの構築および研究坑道の拡張による深部地質環境の変化の把握
- ② 深地層における工学技術の有効性の確認

第3段階の実施内容

① 深部地質環境における地質環境調査・解析・評価技術に関する研究

● 地質構造の三次元分布の把握

- ・第2段階までの推定結果の確認のための地質構造調査
- ・坑壁地質調査
- ・深部領域地質調査

● 地下水の流動特性の把握

- ・表層水理調査および地表からのボーリング孔を用いた地下水長期モニタリング
- ・研究坑道から掘削したボーリング孔を用いた水理調査および地下水長期モニタリング
- ・坑道規模水理試験
- ・地下水流動を規制する断層や割れ目の水理学調査

● 地下水の地球化学特性の把握

- ・地下水の地球化学調査
- ・水－岩石反応による水質形成機構の調査

① 深部地質環境における地質環境調査・解析・評価技術に関する研究

● 物質移動の遅延効果の把握

- ・岩石試料を用いた物質移動試験
- ・割れ目を対象とした物質移動試験
- ・断層の影響範囲における物質移動試験

● 地下空洞周辺の力学・水理状態の把握および地下の温度環境の把握

- ・岩盤の力学特性に関する調査
- ・研究坑道周辺の岩盤力学－水理－地球化学複合現象調査
- ・坑道長期安定性調査
- ・熱－応力下の水理試験

② 深地層における工学技術に関する研究

個別目標と課題(第3段階)

全体目標	個別目標	課題	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・評価技術の基礎の整備	地質構造の三次元的分布の把握	移行経路として重要な構造の把握	◎	—	◎	◎	◎	◎
		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	◎	—	◎	—	◎	—
	地下水の流動特性の把握	地下水流動場の把握	○	—	○	—	—	—
		地下水流束分布の把握	◎	◎	◎	◎	◎	◎
		地下水流動特性の長期変化の推定	◎	—	○	—	○	—
	地下水の地球化学特性の把握	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	◎	—	◎	—	—	—
	物質移動の遅延効果の把握	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	—	○	—	○	—	◎
	EDZの地質環境特性の把握	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	—	○	—	○	—	◎
	希釈効果の把握	帯水層の分布の把握	◎	—	—	—	—	—
		帯水層中などにおける流速分布の把握	◎	—	—	—	—	—
	地下空洞の力学安定性の把握	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	—	—	—	◎	—	—
		地下空洞への地下水流入量の把握	—	—	—	◎	—	—
	地下空洞への地下水流入状態の把握	地下空洞への流入地下水水質の把握	—	—	—	◎	—	—
		地温勾配分布の把握	◎	—	—	—	—	—
	地下の温度環境の把握	岩盤の熱特性の把握	◎	—	—	◎	—	—
		地下水位・水圧分布への影響の把握	○	—	◎	—	◎	—
	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	○	—	◎	—	◎	—
		設計・施工計画技術の開発	—	◎	—	○	—	—
深地層における工学技術の基礎の整備	大深度地質環境下における工学技術の有効性の確認	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	—	—	—	—	—	◎

● 主なポイント

- ✓ 地質環境の長期変化を考慮
- ✓ 「EDZの地質環境特性の把握」を安全評価の観点の個別目標として設定
- ✓ 「地下空洞への地下水流入状態の把握」を地下施設の設計・施工の観点の個別目標として設定

(EDZ: 掘削影響領域) (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

全体目標	個別目標	課題	第1段階		第2段階		第3段階	
			S	B	S	B	S	B
	地質構造の三次元的分布の把握	移行経路として重要な構造の把握	◎	—	◎	◎	◎	◎
		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	○	—	○	—	—	—
	地下水の流動特性の把握	地下水流速分布の把握	◎	◎	◎	◎	◎	◎

● 主なポイント

✓ 地質環境の長期変化を考慮

✓ 「EDZの地質環境特性の把握」

物質移動の遅延効果の把握

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の地質環境特性の把握

EDZの範囲の把握

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

深地層における工学技術の進展の整備	地下の温度環境の把握	岩盤の熱特性の把握	◎	—	—	◎	—	—
		地下水位・水圧分布への影響の把握	○	—	◎	—	◎	—
	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	○	—	◎	—	◎	—
		設計・施工計画技術の開発	—	◎	—	○	—	—
	大深度地質環境下における工学技術の有効性の確認	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	—	—	—	—	◎	◎

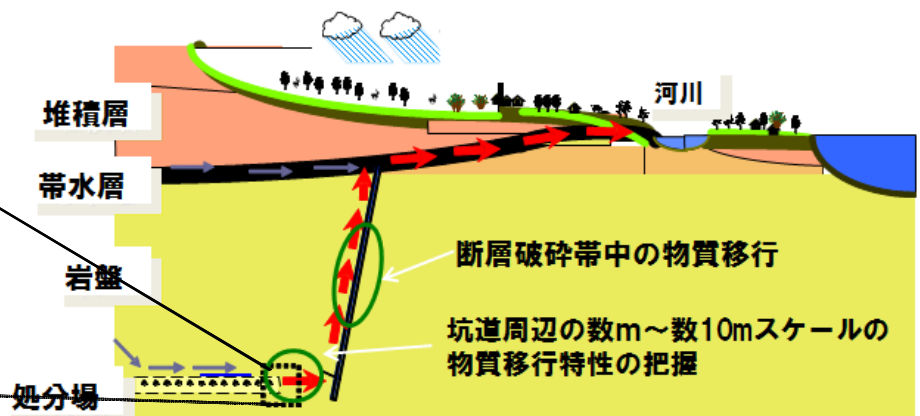
(EDZ:掘削影響領域)

(S:サイトスケール, B:ブロックスケール)

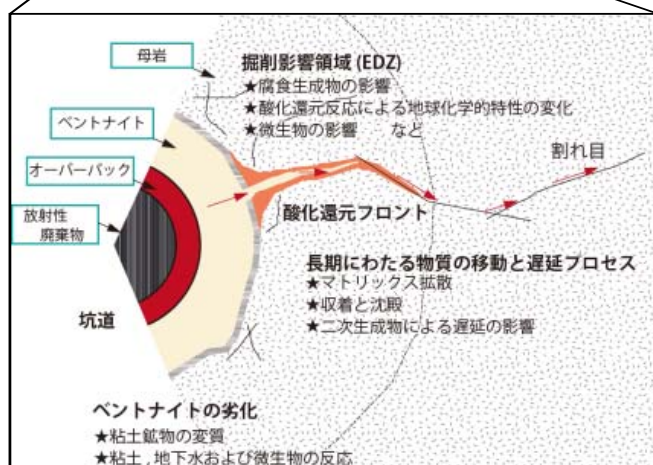
◎: 主な研究対象の段階/スケール ○: 補助的な研究対象の段階/スケール

第3段階の調査研究における着眼点

- 単一亀裂
- 開口幅など
- ネットワーク
- 水理学的有効空隙率など

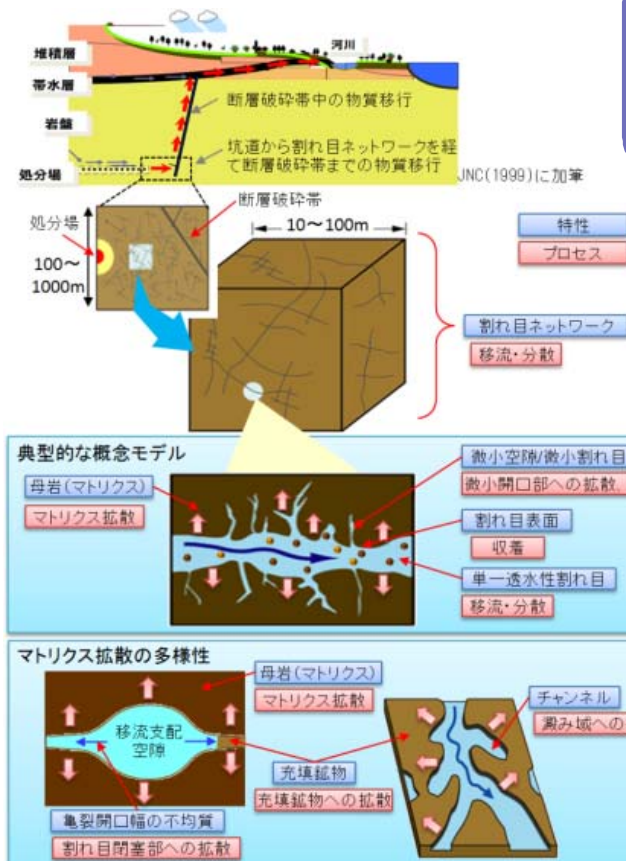


核燃料サイクル開発機構(1999)に加筆



- 掘削に伴う坑道周辺岩盤の地質環境特性の評価
- 人工材料や埋め戻しの影響の評価
- 岩盤力学-水理-地球化学-熱に関わる原位置条件下での連成現象の評価

物質移動に係わる様々なスケールとプロセス

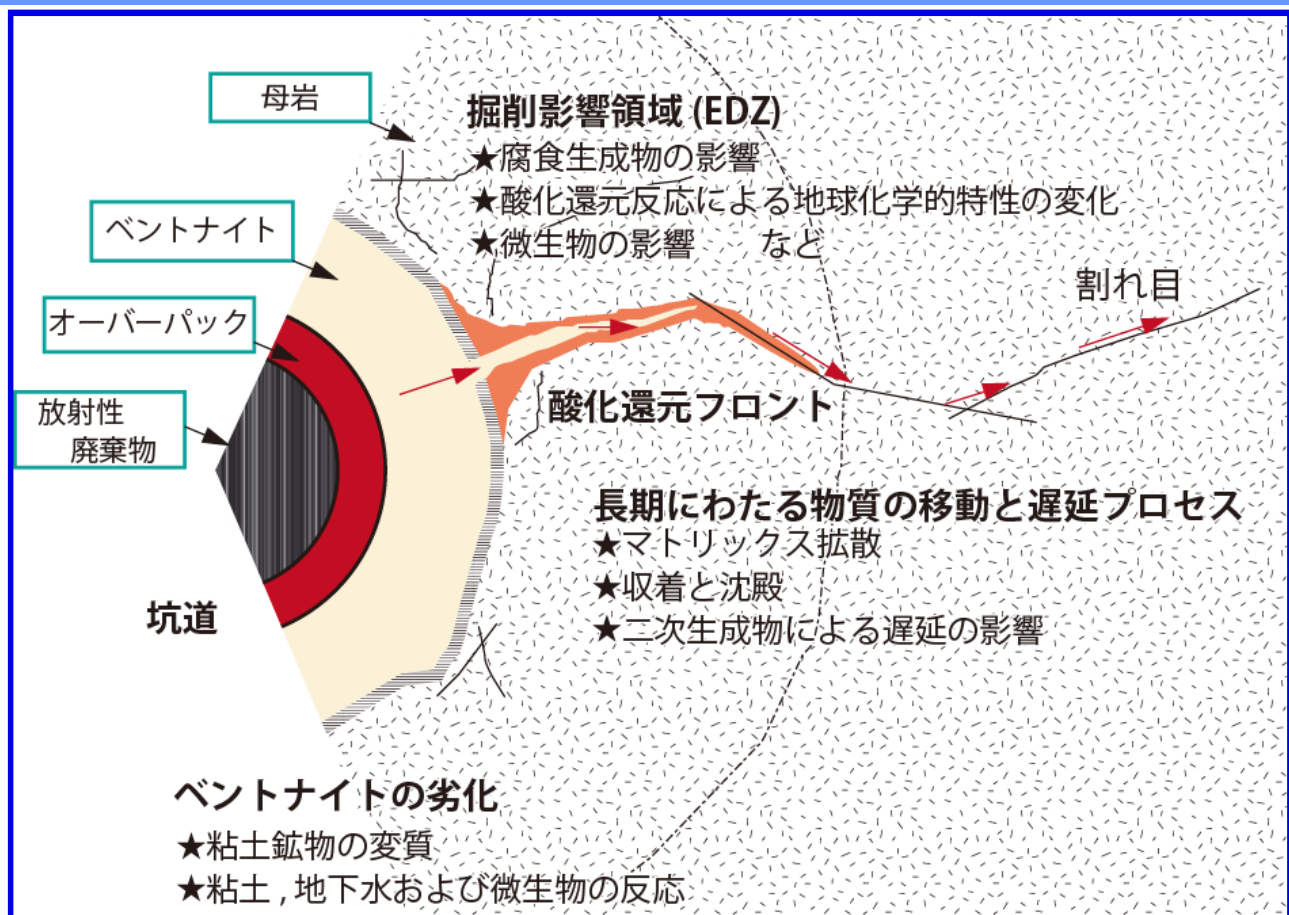


日本の岩盤の特徴を踏まえた調査研究を実施
変動帯に位置することによる,

- 多様な充填鉱物
- 高い割れ目密度
- …などの特徴

課題
割れ目ネットワークを対象にした試験 ➢ 割れ目の類型化とそれぞれの種類の分布特性の把握およびその結果に基づく割れ目ネットワークモデルの構築 ➢ 水理的な連続性とコンパートメント構造の把握
単一透水性割れ目を対象にした試験 ➢ 割れ目類型毎の割れ目の形状、母岩(マトリクス、微小空隙/微小割れ目)の特徴の把握およびその特徴に基づく物質移動概念モデルの構築 ➢ 割れ目の類型別の物質移動特性の把握(物質移行解析に用いるパラメータの推定) ➢ 大型試験体を用いた透水試験およびトレーサー試験に関する手法整備
岩石マトリクスを対象にした試験 ➢ 割れ目の類型毎の空隙物性の把握 ➢ 割れ目の類型毎の収着・拡散係数の把握 ➢ 割れ目表面からマトリクスへの拡散および充填鉱物を經由した拡散の把握 ➢ 地下水の地球化学的特性が物質の収着・拡散特性に与える影響の把握 ➢ 室内データを原位置データとして適用する方法の整備(室内データと原位置データの関係の把握)

EDZの地質環境特性に関する研究



EDZの地質環境特性に関する研究

● 諸外国での調査結果に基づく研究開発課題の整理

(Chin-Fu Tsang, 2005)

- ✓ 諸外国における掘削影響研究での知見の集約と知識の共有を目的に実施された掘削影響ワークショップを総括し、研究課題を抽出
(CNS (1996), NEA (2002), EC (2004))
- ✓ 処分事業の段階ごと（建設，操業，閉鎖（短期/長期））に課題を整理
- ✓ 岩種ごと（結晶質岩，岩塩，硬質粘土，塑性粘土）に課題を整理



世界的に知見が無く(少なく)、今後の研究課題とされる事項

① 掘削影響領域の長期挙動の理解とプロセスの抽出

- ✓ 建設，操業，閉鎖後に想定される水理（水圧・飽和度），力学（変位），化学（水質・酸化還元・微生物）特性についての長期挙動の理解とプロセスの抽出
- ✓ 長期挙動を把握するためのツール（長期耐久性，高精度etc.）・方法論の開発

EDZの地質環境特性に関する研究

世界的に知見が無く(少なく)、今後の研究課題とされる事項（続き）

② 掘削影響領域での物質移行特性の理解

- ✓ 掘削影響領域での分散特性、拡散特性、吸着特性etc. の把握

③ 施工対策技術（支保部材，グラウト）との相互作用

- ✓ ロックボルト，セメント支保，鋼製支保工，グラウト自体の劣化と地質環境への接触に伴う変質の把握

④ 複合プロセスの評価（熱・水・応力・化学）

- ✓ 温度変化に伴う亀裂の開口，進展
- ✓ 水圧低下，換気等に伴う不飽和化（二相流現象）
- ✓ 化学，微生物反応による目詰まり等

⑤ 掘削影響領域の低減・修復とその方法論

- ✓ グラウト効果の評価やポストグラウトの実施可能性の検討
- ✓ 埋め戻しによる周辺地質環境への影響評価

平成22年度の計画

平成22年度の主な実施項目

	平成22年度の主な実施項目
地質	・物理探査(逆VSP探査, 流体流動電位法探査) ・研究坑道の壁面地質調査および壁面物性計測 ・深度300m研究アクセス坑道でのボーリング調査 ・地質構造モデルの構築・更新
岩盤水理	・立坑の集水リングを用いた湧水量計測 ・既存ボーリング孔での間隙水圧モニタリングおよび表層水理観測 ・深度300m研究アクセス坑道でのボーリング孔を利用した水理試験, 地下水水圧観測 ・水理地質構造モデルの構築・更新 ・データベース・地質環境データ解析・可視化システムの構築
地球化学	・立坑壁面および集水リングを用いた坑内湧水の採水・分析 ・予備ステージボーリング孔における地下水水質観測 ・深度400m予備ステージでのボーリング調査 ・既存ボーリング孔における地下水水質観測 ・地球化学モデルの構築・更新
岩盤力学	・ボーリングコア等を用いた岩盤物性, 初期応力等の測定・分析 ・岩盤力学モデルの構築・更新 ・岩盤の長期挙動評価手法の構築
物質移動	・既存の調査結果を用いた物質移動の調査試験計画の策定 ・深度300m研究アクセス坑道でのボーリング調査