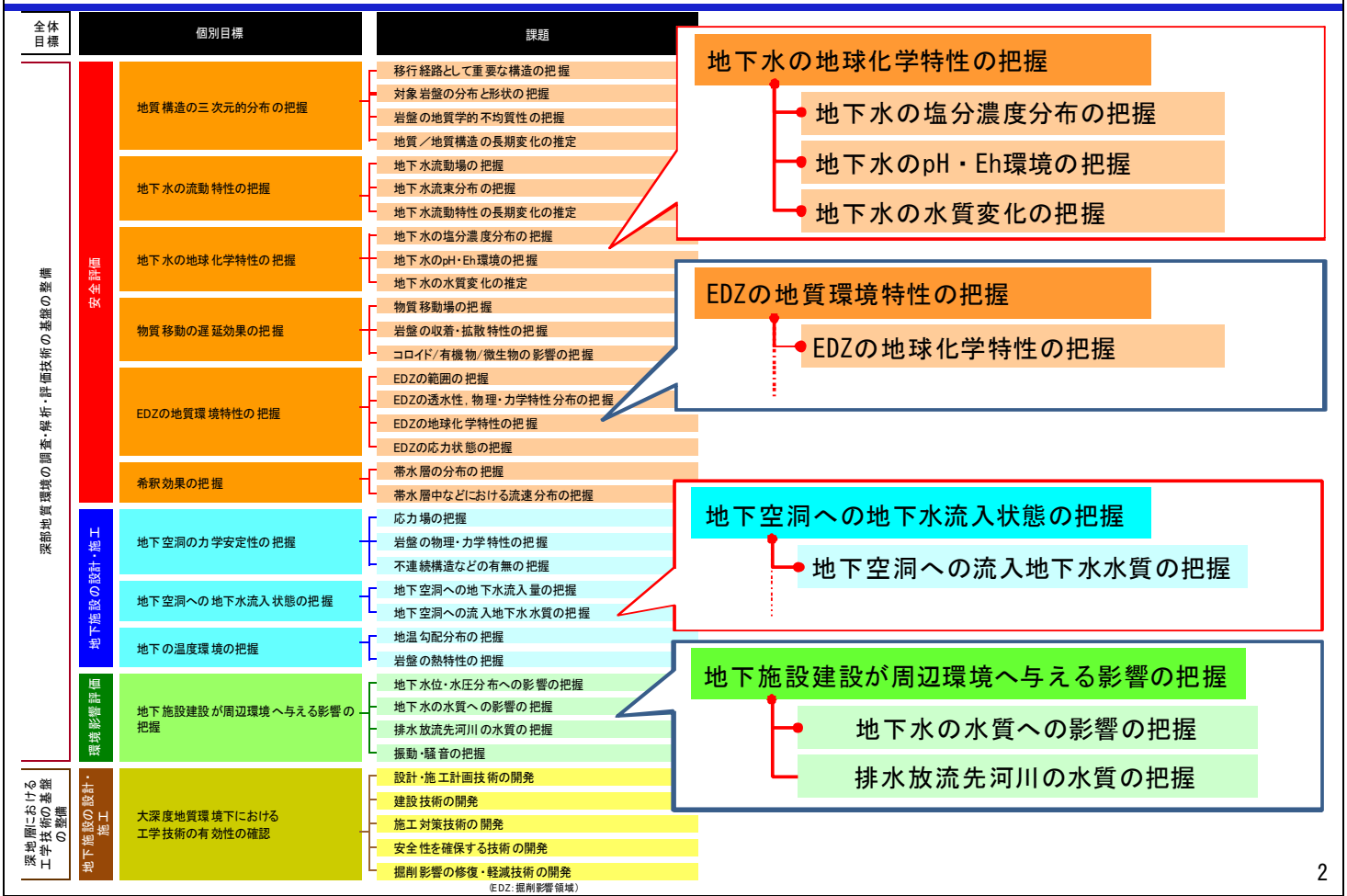
超深地層研究所計画の
第1段階の評価および第2段階の成果

3) 地下水の地球化学

東濃地科学研究ユニット
結晶質岩地質環境研究グループ

地下水の地球化学に関わる「個別目標と課題」



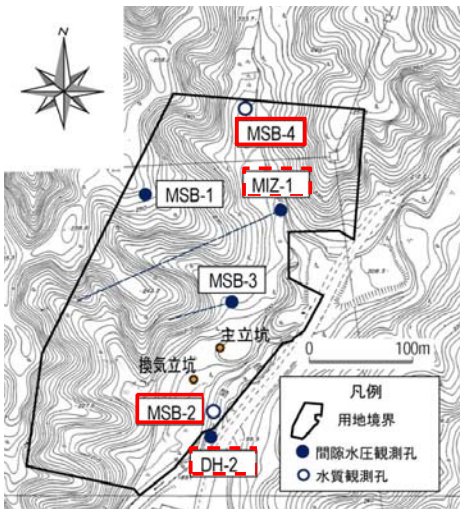
第2段階の段階目標と実施内容（地球化学）

- **段階目標：**
  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構築および研究坑道の掘削による深部地質環境の変化の把握

- **実施内容：**
  - **地表から掘削したボーリング孔を利用した水質観測**
  - **研究坑道内の水平坑道から掘削したボーリング孔を利用した水質観測**
  - **研究坑道に設置した集水リングより採取した地下水の水質観測**
  - **研究坑道壁面および探り削孔等からの湧水の水質観測**
  - **上記の水質観測結果に基づく，第1段階で構築したサイトスケールでの水質分布に関する地球化学概念モデルの妥当性確認及び更新**

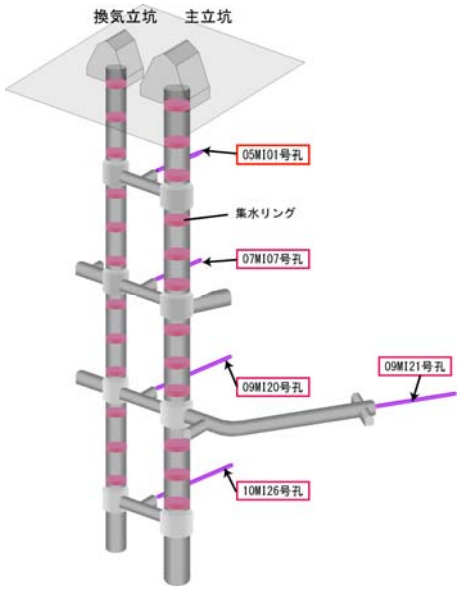
第2段階における調査研究（概要）

地表から掘削したボーリング孔での水質観測



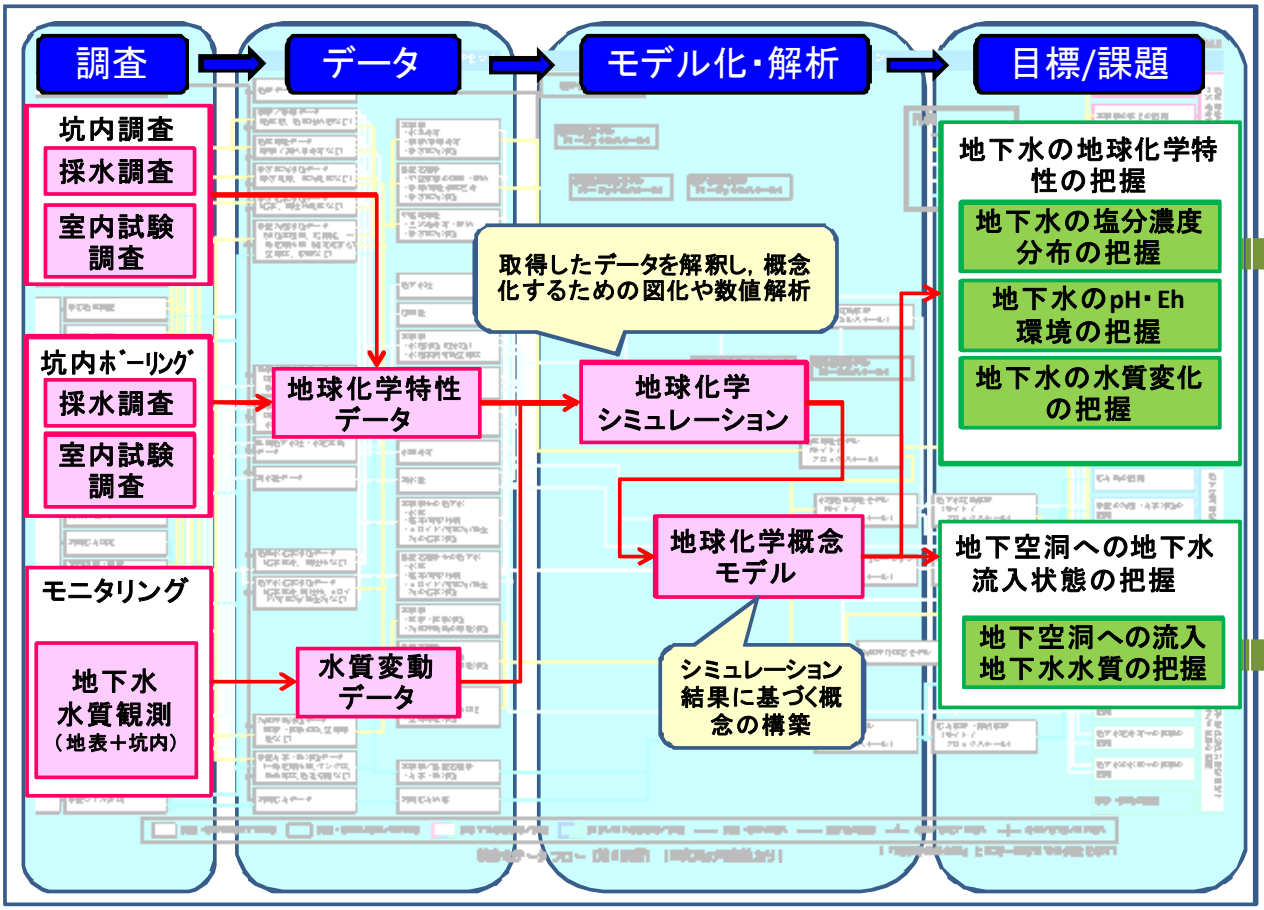
- MSB-2号孔（9区間），MSB-4号孔（7区間）を利用した定期的な水質観測
- DH-2号孔（深度約350mの1区間），MIZ-1号孔（深度約1150mの1区間）を利用とした不定期な水質観測

研究坑道内での水質観測



- 各予備ステージから掘削した水平ボーリング孔（07MI07号孔：6区間，09MI20号孔：6区間，09MI21号孔：4区間，10MI26号孔：6区間）を利用した定期的な水質観測
- 集水リングより採取した地下水の水質観測
- 壁面湧水，探り削孔からの湧水の水質観測

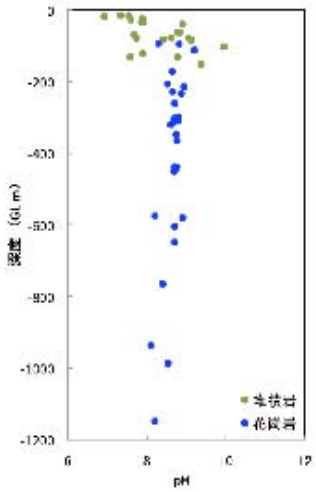
第2段階における調査・モデル化・解析の流れ（地球化学の例）



第2段階における調査研究 ― pHに関する調査結果 ―

第1段階での調査結果

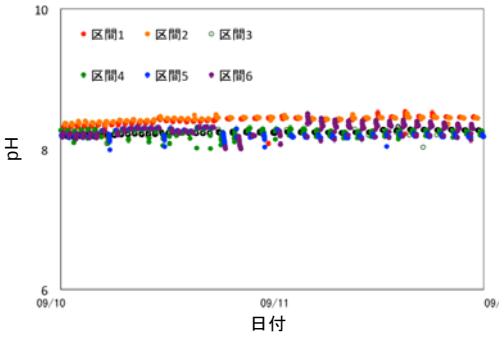
- ✓pH 7~10の範囲に分布
- ✓花崗岩中ではpH 8~9の範囲に分布



第1段階での調査結果
（嫌気状態で測定）

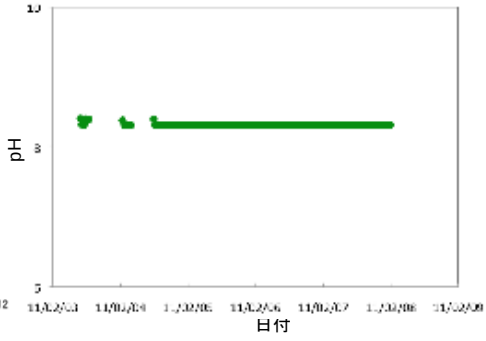
第2段階での調査結果

✓ pH 8~8.5の範囲に分布



深度300m予備ステージから掘削したボーリング孔でのモニタリング結果
（被圧・嫌気状態で測定）

✓ pH 8.3~8.4の範囲に分布



深度400m予備ステージから掘削したボーリング孔でのモニタリング結果
（被圧・嫌気状態で測定）

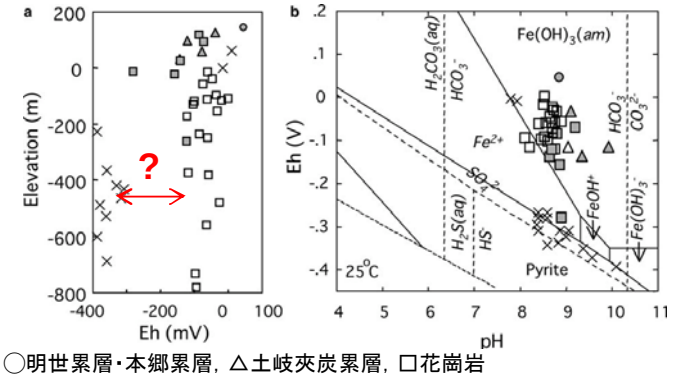
- 深度300mおよび深度400m予備ステージから掘削したボーリング孔におけるモニタリングの結果では，第1段階での測定結果と同様の範囲に分布

第1段階で実施した嫌気状態での地下水のpH測定により，地下水のpHを把握できることがわかった。

第2段階における調査研究
ー　酸化還元環境に関する調査結果　ー

第1段階での調査結果

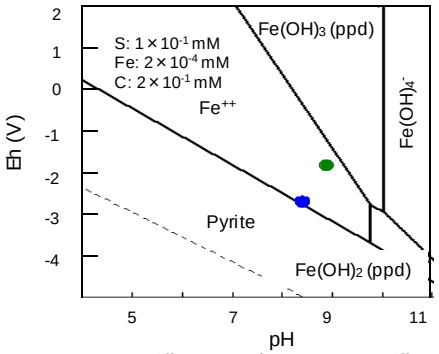
- ✓ 花崗岩中では不整合面下約200mで，-400 ～ -300mV程度（原位置での測定値）
- ✓ 地上でのフローセルを用いた測定では，原位置の値を取得出来ていない可能性有



○明世累層・本郷累層，△土岐夾炭累層，□花崗岩
（それぞれフローセルによる嫌気状態での測定）
×広域地下水流動研究での結果（花崗岩での原位置測定）
※灰色のシンボルはボーリング孔掘削直後に測定した結果　(Iwatsuki et al., 2005より引用)

第2段階での調査結果

- ✓ 被圧嫌気状態での測定では，深度とともに酸化還元電位が低下



●200m予備ステージ，●400m予備ステージ
（被圧・嫌気状態で測定）

（図の作成には汎用的熱力学計算用ソフトウェア，Geochemist's Work Bench（データベースはtherm.dat）を利用した）

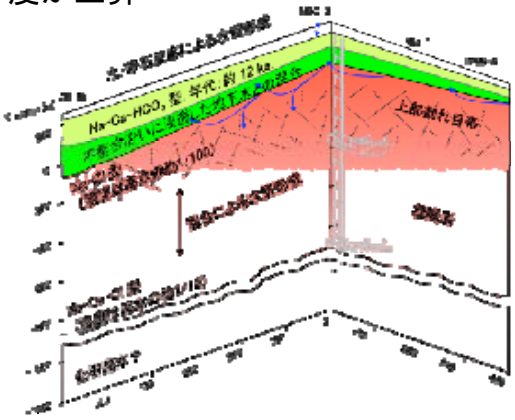
- ● 地表からのボーリング孔内での測定値は，坑道内での被圧不活性環境下での測定値と同様の範囲に分布
- ● 酸化還元環境は鉄と硫黄の反応が支配

<u>第1段階で実施した地上でのフローセルを用いた酸化還元電位の測定では，原位置の値を取得できない可能性がある</u>

第2段階における調査研究
ー　塩分濃度分布に関する調査結果　ー

第1段階での調査結果

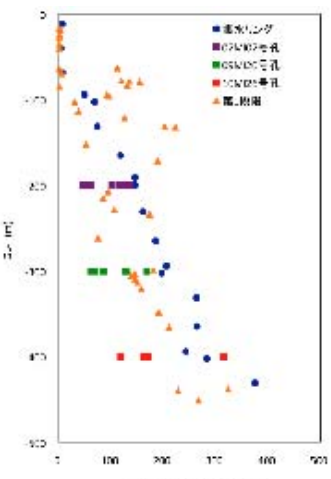
- ✓ 浅部に$Na\text{-}Ca\text{-}HCO_3$型地下水，深部にNa-Cl型地下水が分布
- ✓ Na-Cl型地下水は深度とともに溶存成分濃度が上昇



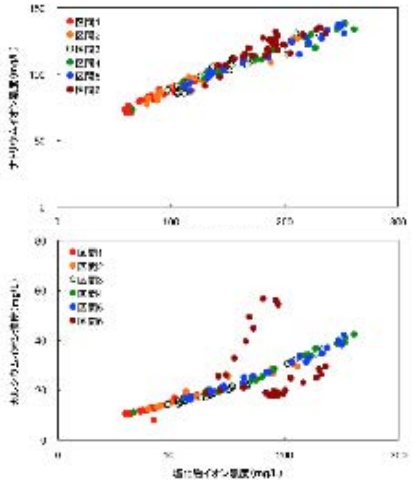
(Iwatsuki et al., 2005より引用)

第2段階での調査結果

- ✓ 水質型の分布，溶存成分濃度の深度依存性は第1段階と整合的



塩化物イオン濃度の深度分布



深度200m予備ステージから掘削したボーリング孔での水質分析結果

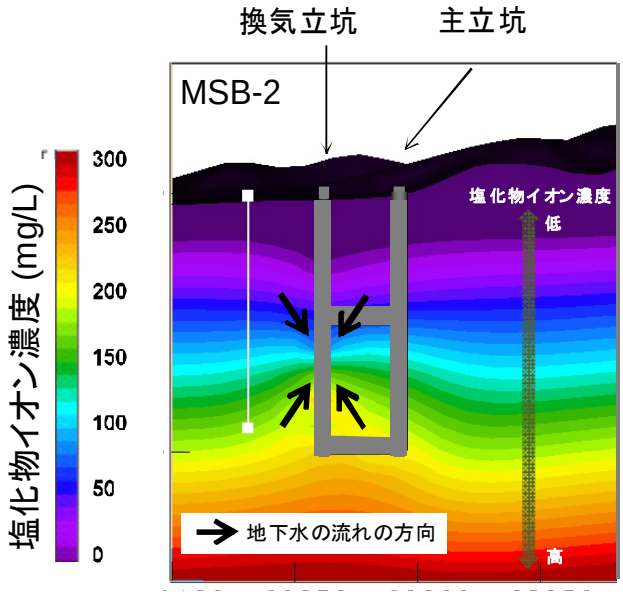
- ● 第1段階と第2段階の以下に係る調査結果が整合的であることを確認
  - • $Na\text{-}Ca\text{-}HCO_3$型地下水とNa-Cl型地下水の分布範囲
  - • Na-Cl型地下水が深度依存性を有するといった分布傾向
- ● 掘削の影響で水質分布が変化していることを確認

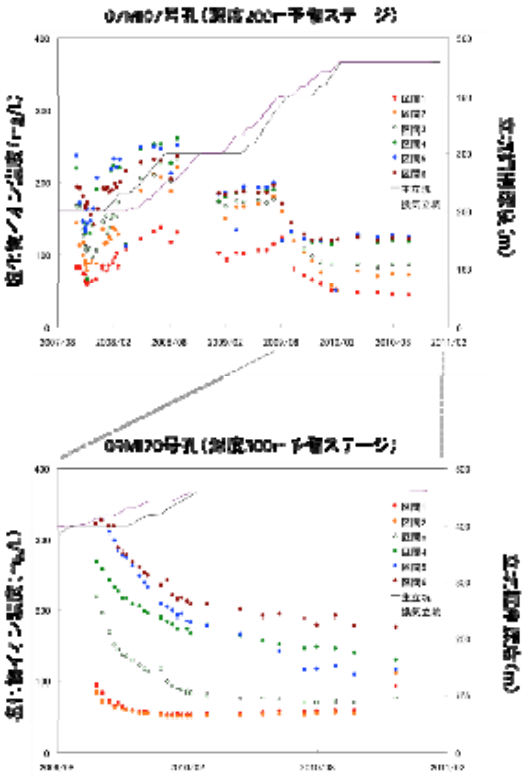
<u>第1段階で把握した水質分布の妥当性が第2段階で確認できた</u>

第2段階における調査研究
ー　水質の変化に関する調査結果　ー

第2段階での調査結果

- ✓ 研究坑道掘削による地下水の混合状態の変化に伴い水質分布が変化
- ➢ 実測値に基づき水質分布の変化を概念化

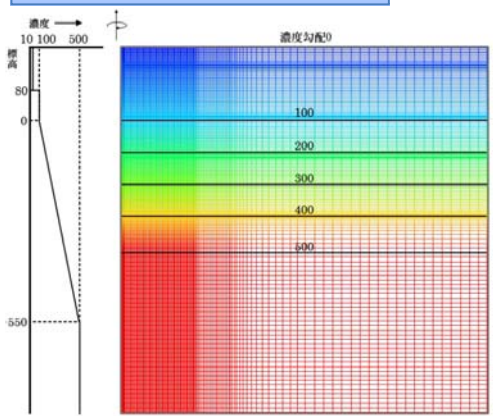




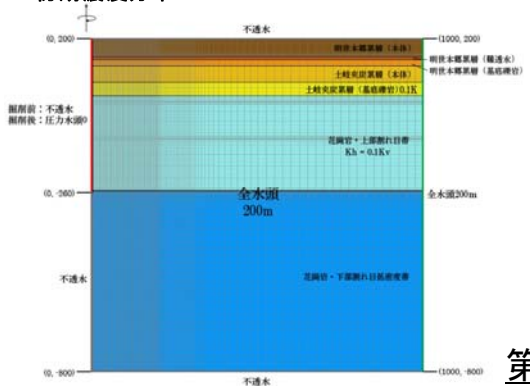
- ● 想定した水質分布の変化を事前に定量的に示すための手法を構築することが課題

第2段階における調査研究
ー　水質の変化に関する調査結果　ー

第2段階での調査結果

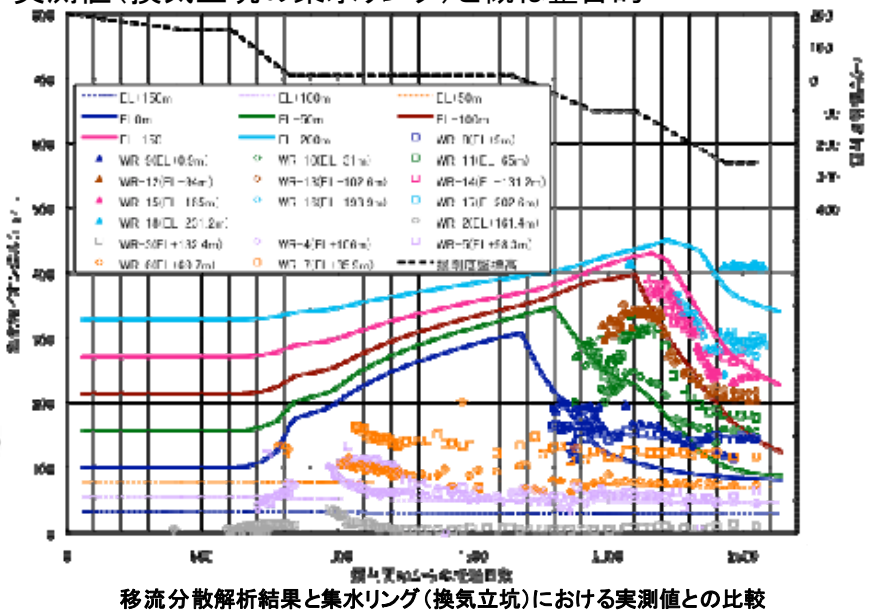


移流分散解析における塩化物イオン濃度の初期濃度分布



移流分散解析における水理地質構造区分

- ➢ 簡易的な水理地質構造モデル（軸対称モデル）を用いた移流分散解析を実施
- ✓ 実測値（換気立坑の集水リング）と概ね整合的



移流分散解析結果と集水リング（換気立坑）における実測値との比較

- ● 簡易的な水理地質構造モデルを用いた解析でも水質分布の変化を推定可能

<u>第1段階で水質分布の変化を推定することで第2段階における地球化学概念モデルの基盤とすることができる</u>

第1段階／第2段階における地球化学概念モデルの比較

比較項目	比較結果		共通点/相違点の主な要因	実際に適用した調査解析項目		相違点の解決が必要な場合に有効と考えられる調査解析項目＊	
				第1段階	第2,3段階	第1段階	第2,3段階
pH	共通点	・pHの分布傾向	－	・地上でのフローセルを用いた測定	・坑道からのボーリング孔を利用したモニタリング	－	－
	相違点	・セメント由来の高pH地下水	・セメントとの接触によるpH変化を未想定	－	・坑道からのボーリング孔を利用したモニタリング ・熱力学的解析	【調査ﾌﾟﾛｸﾞﾗﾑの工夫】 ・人工材料の影響を把握するための室内試験/解析	－
酸化還元環境	共通点	・酸化還元電位の分布傾向 ・酸化還元環境の形成プロセス	－	・原位置（孔内）での測定	・坑道からのボーリング孔を利用したモニタリング ・熱力学的解析，鉱物観察等	－	－
	相違点	・測定方法の違いによる酸化還元電位	・脱ガス，掘削水の残留等の影響	・地上でのフローセルを用いた測定 ・原位置（孔内）での測定	・坑道からのボーリング孔を利用したモニタリング ・熱力学的解析，鉱物観察等	【調査ﾌﾟﾛｸﾞﾗﾑの工夫】 ・地上での測定を行う場合には時間に尤度のある計画策定 ・原位置（孔内）での測定	－

＊相違点の重要度を，「性能評価」と「地下施設の設計・施工」の観点から評価し，その重要度に応じて「やらなければならないこと」，「やる必要のないこと」を分類していく方針

第1段階／第2段階における地球化学概念モデルの比較

比較項目	比較結果		共通点/相違点の主な要因	実際に適用した調査解析項目		相違点の解決が必要な場合に有効と考えられる調査解析項目＊	
				第1段階	第2,3段階	第1段階	第2,3段階
塩分濃度分布	共通点	・水質型の分布 ・溶存成分濃度の分布傾向	－	・ボーリング調査	・坑道からのボーリング孔を利用したモニタリング	－	－
	相違点	・研究坑道掘削による水質分布の変化	・研究坑道掘削による水質分布の変化の予測解析を未実施	－	・坑道からのボーリング孔を利用したモニタリング ・坑道湧水調査	【解析技術開発】 ・研究坑道掘削を考慮した水質分布の変化に関する解析 【調査ﾌﾟﾛｸﾞﾗﾑの工夫】 ・水質分布の不均質性に関する調査	－

＊相違点の重要度を，「性能評価」と「地下施設の設計・施工」の観点から評価し，その重要度に応じて「やらなければならないこと」，「やる必要のないこと」を分類していく方針