

深地層の研究施設計画検討委員会(第11回)

幌延深地層研究計画における 第2/3段階の進捗状況と第1段階の評価 2) 地下水化学と掘削影響

平成23年9月5日

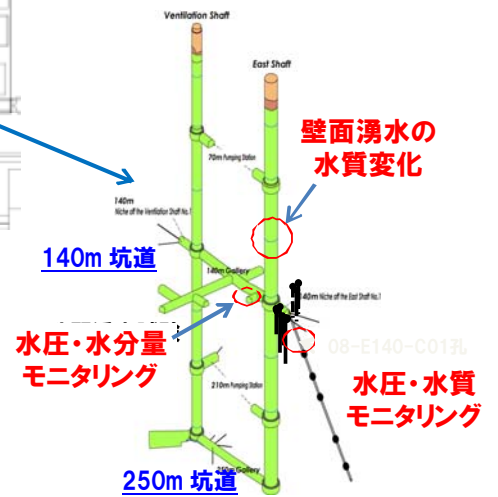
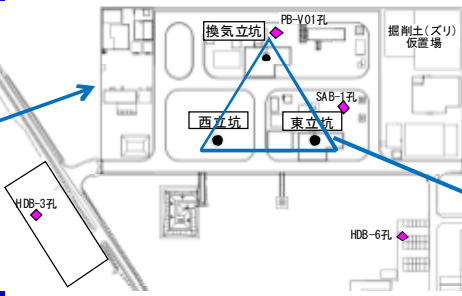
日本原子力研究開発機構
地層処分研究開発部門
幌延深地層研究ユニット

第2/3段階調査研究の目標と進捗状況 ～地球化学・掘削影響評価関連～



目標	地上からの調査	地下施設を活用した調査	進捗状況
地上からの調査 評価技術の適用 性評価	<ul style="list-style-type: none">・比抵抗探査・ボーリング孔を利用した採水調査	<ul style="list-style-type: none">・坑道での湧水分析、水圧・水質モニタリング（検証用データの取得）	<ul style="list-style-type: none">・深度250mまでのデータに基づき第1段階の予測結果との対比による地上からの調査技術の確度を検証
坑道からの調査 評価技術の開発/ 適用性評価	<ul style="list-style-type: none">・施設スケールの水圧・水質モニタリング・水質変化予測解析	<ul style="list-style-type: none">・坑道での湧水分析、坑道スケールの水圧・水質モニタリング・高圧、脱ガス環境対応の調査技術・機器開発	<ul style="list-style-type: none">・施設スケールの水圧変化と地質構造の関連性を把握・施設スケールの水質変化予測解析結果の妥当性を検証
施設設計、安全 評価への情報提供	<ul style="list-style-type: none">・施設スケールの水圧・水質モニタリング	<ul style="list-style-type: none">・坑道スケールの水圧・水質モニタリング・化学的緩衝能力(環境回復)試験	<ul style="list-style-type: none">・施設/坑道スケールの水理・地球化学特性の変化を把握

第2/3段階における地下水・地球化学調査



調査(データ取得)方法

【施設スケール】

- ・地上からのボーリング孔を用いた地下水の水圧・水質モニタリング

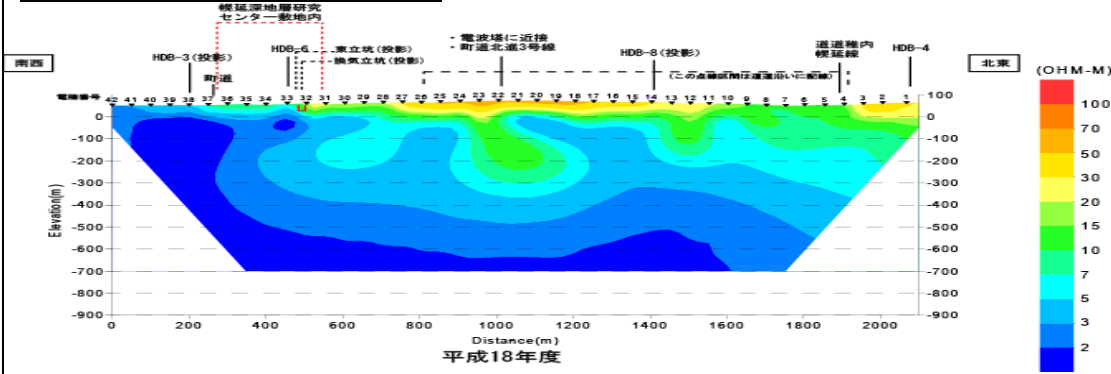
【坑道スケール】

- ・湧水量観測、壁面湧水(集水リングなど)の分析
- ・地下施設から掘削したボーリング孔を用いた採水、水圧・水質モニタリング
- ・水平坑道近傍での水圧・水分量モニタリング、透水試験
- ・岩盤の化学的緩衝能力評価試験 など

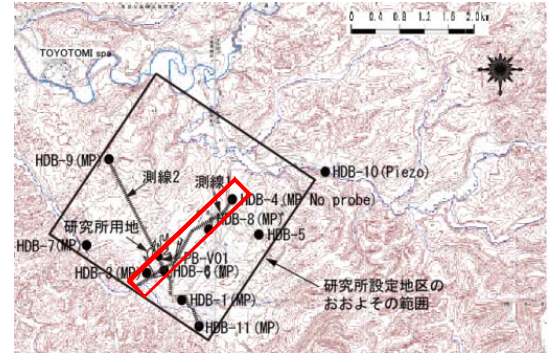
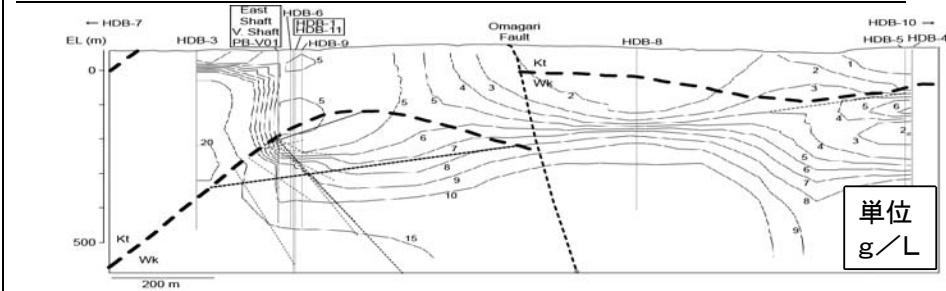
第2段階の調査結果に基づく 地上からの調査(第1段階)技術の評価

地上からの調査技術の評価(比抵抗探査の適用性)

電気探査による比抵抗分布



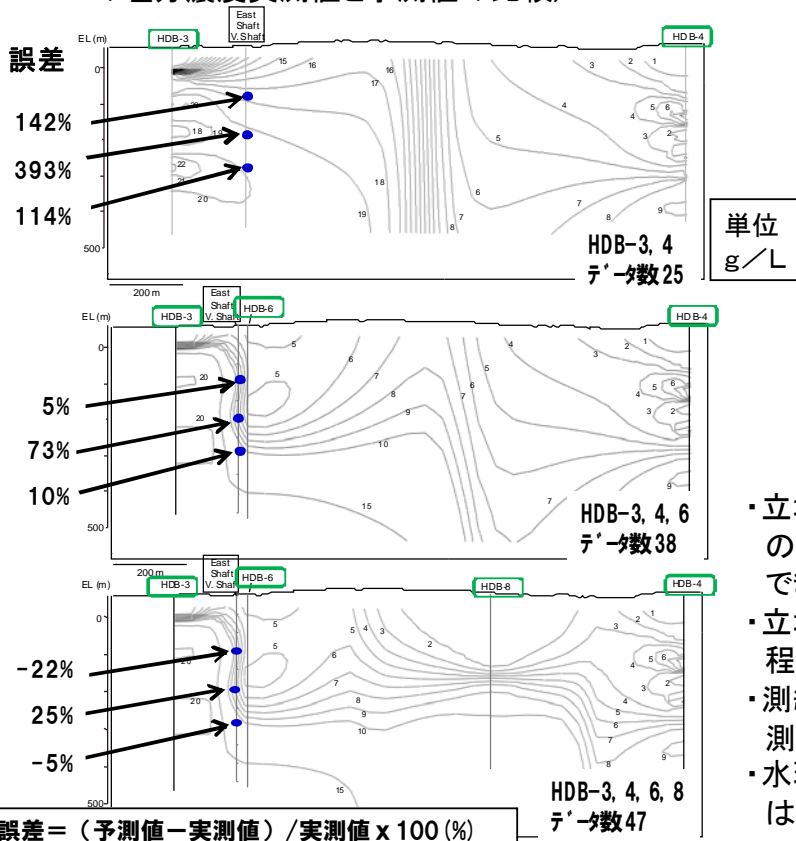
地上からのボーリング調査に基づく塩分濃度の空間分布



塩分濃度と比抵抗の空間分布は整合しており、既存情報により地下水の塩分濃度に10g/L程度の不均質性が予想される地域においては、塩分濃度の空間分布の把握に比抵抗探査が適用できる可能性がある。

地上からの調査技術の評価(ボーリング採水調査の確度)

・データ数量と予測確度の明確化 (坑道深度: 140, 250, 350mの塩分濃度実測値と予測値の比較)



- ・立坑近傍を含む比抵抗探査測線上(測線長約2km)の3本程度のボーリング調査で塩分濃度分布を把握できる。
- ・立坑地点を指標とした予測誤差(不確実性)は±30%程度。
- ・測線から離れたボーリング孔のデータを追加しても予測確度は向上しない。
- ・水理地質構造が複雑な(不均質性が大きい)領域では不確実性が大きい。

地上からの調査技術の汎用化と留意点

比抵抗分布の不均質性に応じたボーリング調査により塩水系地下水の水質空間分布を効率よく把握できる。

(ただし、組成などが異なる岩石が分布する場合は、比抵抗の不均質性は岩石・地層の違いを示す場合もある。)

【既存情報の調査】

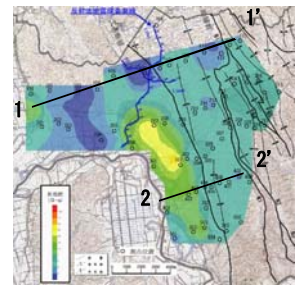
- ・地下水の塩分濃度(分布)に関する情報(+水理地質構造・地下水流動特性に関する情報)

【空中・地上からの広域調査】

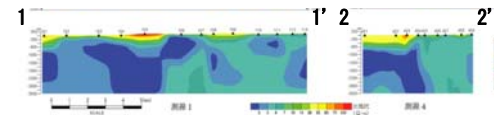
- ・空中物理探査(空中電磁探査)による広域的な比抵抗分布情報の取得
- ・地上からの調査(電磁探査)による比抵抗分布情報の取得
- ・(水理地質構造調査(地震探査・ボーリング), 地下水流動解析)

【地上からの詳細調査】

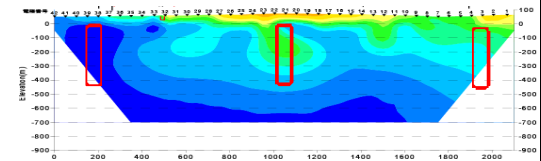
- ・地上からの調査(電気・電磁探査)による詳細比抵抗分布情報の取得
- ・比抵抗分布の不均質性に応じたボーリング調査
- ・地球化学モデルの作成→新規ボーリング地点の塩分濃度予測→実測値との対比による確度の確認→モデルの更新
- ・水理地質構造が複雑な(不均質性が大きい)場合は空間的に密なデータ取得が必要



広域比抵抗平面図(海拔-500m)



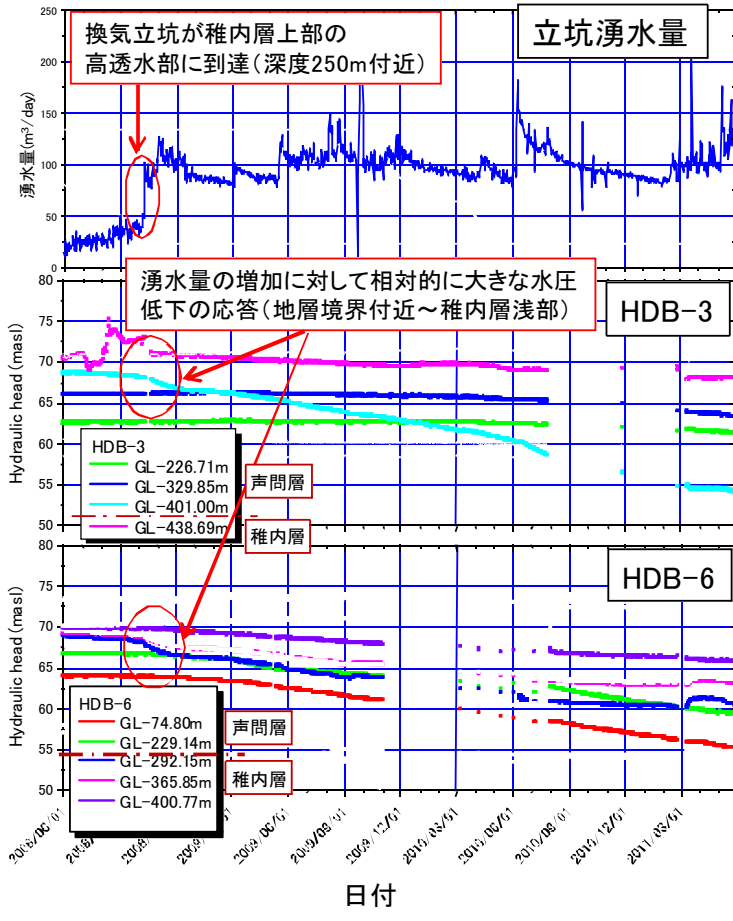
広域比抵抗断面図(深度~3km)



比抵抗断面図

第2/3段階の進捗状況 掘削影響(水圧・水質変化)

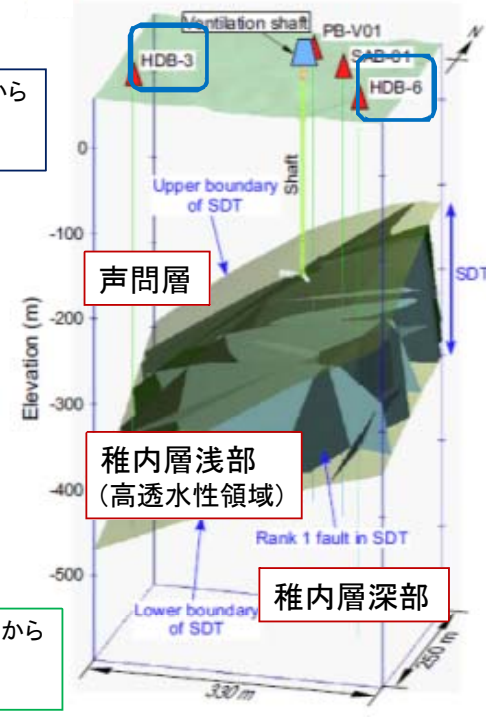
施設スケールの地下水圧の経時変化



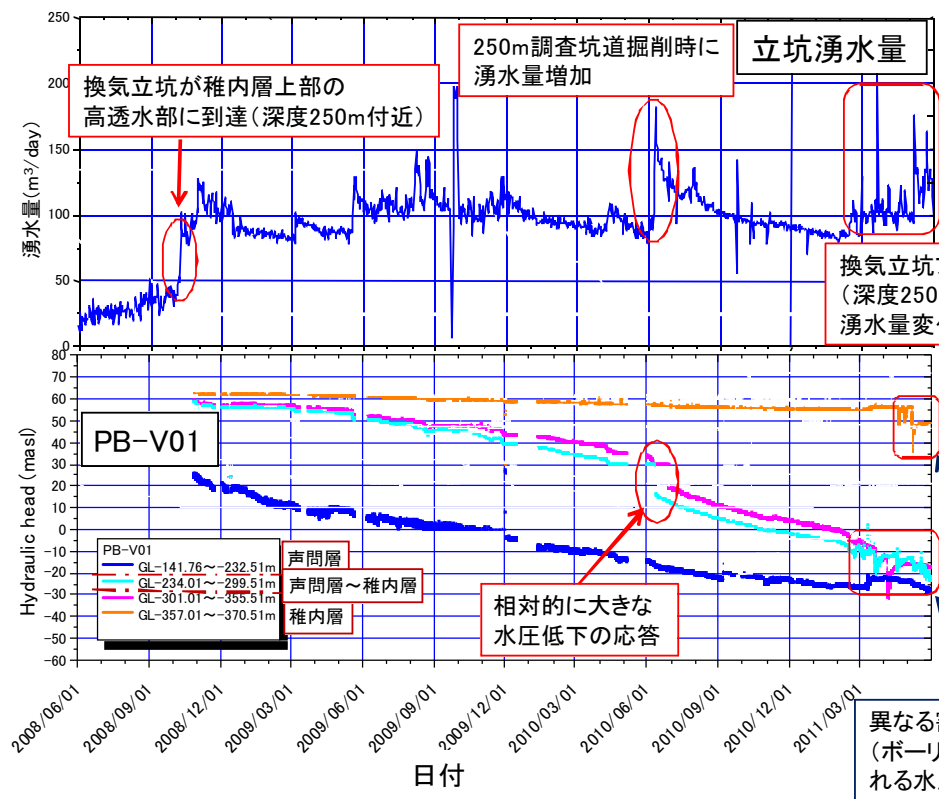
水位低下が認められてから
現在まで約3年間の水圧低下量
HDB-3,HDB-6孔:最大0.15MPa程度

ある程度時間が経過してから
現れる水圧低下の応答
(稚内層深部)

ある程度時間が経過してから
現れる水圧低下の応答
(声問層)



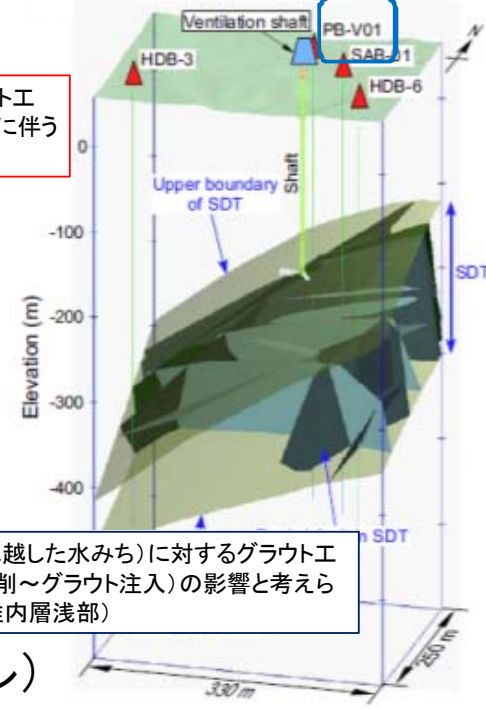
施設スケールの地下水圧の経時変化



水位低下が認められてから
現在まで約3年間の水圧低下量
PB-V01孔:最大0.9MPa程度

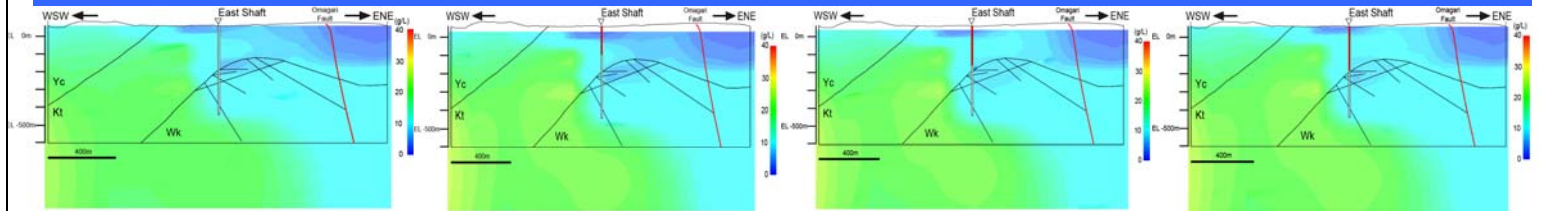
換気立坑プレグラウト工
(深度250m~380m)に伴う
湧水量変化

異なる割れ目(卓越した水みち)に対するグラウト工
(ボーリング孔掘削~グラウト注入)の影響と考えられる水圧応答(稚内層浅部)



第1段階における水理地質構造の理解(概念モデル)が概ね妥当であることを示している。

施設スケールの地下水質の経時変化



立坑掘削前

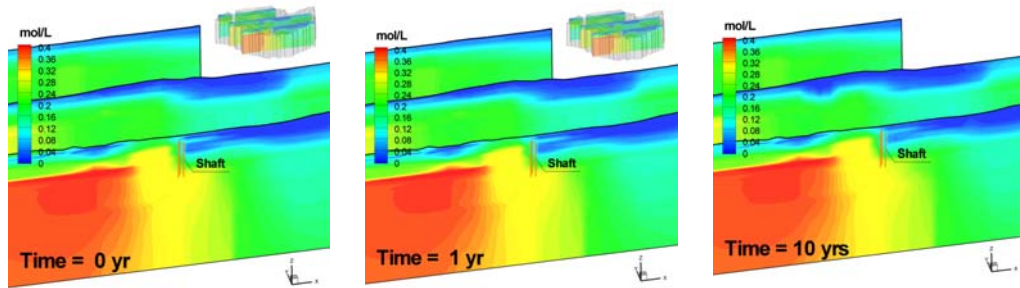
立坑掘削直後
(2008年, 湧水量増加前)

2009年
(湧水量増加後)

2010年

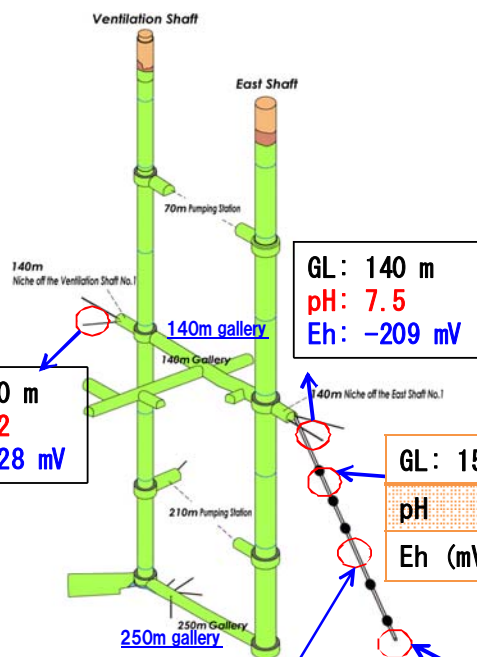
- ・深度250mまでにおいて、全般的に塩分濃度はわずかに増加傾向。
→立坑掘削に伴い高透水性領域(稚内層浅部)で水質変化が大きくなる可能性を示唆。

●水質変化の予測解析技術の評価 解析コード: TOUGHREACT (熱・地下流体-化学反応連成解析コード) (Yamamoto et al., 2006)



- ・実測データでは立坑掘削から数年では塩分濃度に顕著な変化は見られない(予測解析と整合)。
- ・今後、高透水性領域掘削時の実測データ蓄積と解析条件・設定パラメータの妥当性確認を実施。

坑道スケールの化学条件(pH・Eh)の変化



- pH: 6.5-7.0, Eh: 約-230 ~ -195mV
- 坑壁からの距離に応じた水圧低下が認められるが、坑壁から離れた領域ではpH・Ehの変化は生じていない。
- 坑道直近では、水圧低下に伴う脱ガスの影響により、やや高いpH値が観測されているが、Ehの変化は生じていない。
- この程度の変化量では、核種の溶解度などは、ほとんど変化しない。

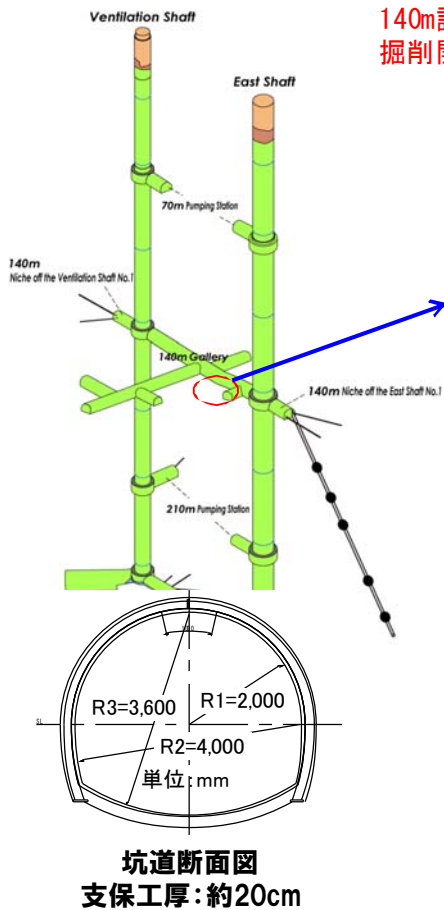
GL: 157-167 m	2009	2011
pH	6.9	6.5
Eh (mV)	-195	-208

GL: 175-194 m	2009	2011
pH	7.0	6.6
Eh (mV)	-219	-216

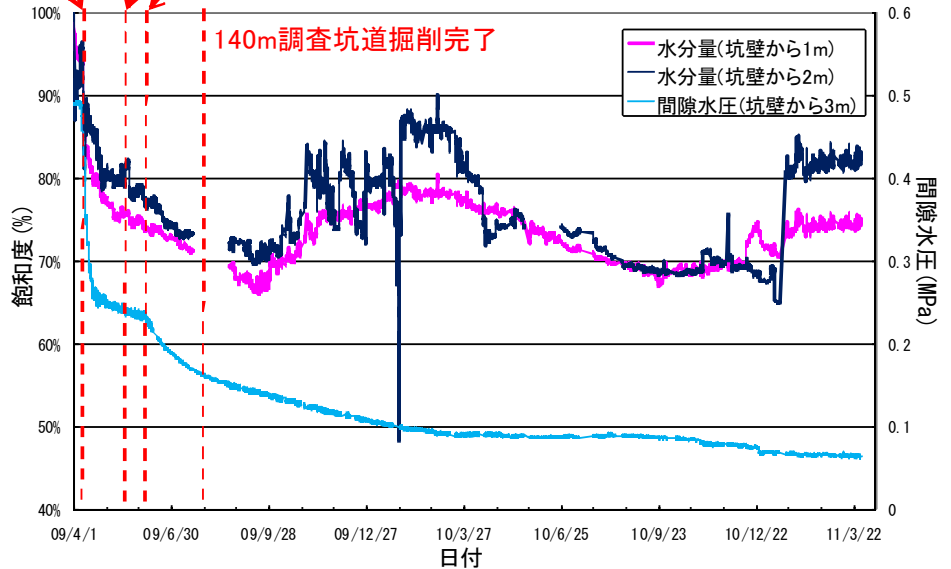
GL: 209-218 m	2009	2011
pH		6.7
Eh (mV)	-217	-223

今後、埋め戻し試験などに伴う変化量を観測し、安全評価に必要な施設建設・操業・閉鎖後以降の化学条件の変動幅の予測解析手法の開発を行う。

坑道スケールの間隙水圧・水分量の変化



140m調査坑道掘削開始
東側-換気側調査坑道貫通
西側調査坑道掘削開始



- ・間隙水圧は坑道掘削後も勾配が緩やかになりながら低下をしているが、現時点でも正の圧力(0.07MPa程度)を有している。
- ・坑道掘削に伴う水分量の低下(飽和度の減少)が確認されている。
→気相成分(不飽和領域)には遊離ガスが含まれていると考えられる。
→施設建設から操業、閉鎖後に至る水理・化学条件の変遷を把握(予測)するには、坑道内大気の大気への浸入(酸化領域の形成)の程度など、気相成分の(経時変化)の評価が課題。

まとめ

- 地下水水質について、データ数量と予測確度の関係进行分析し、地上からのボーリングによる水質調査の確度を示した。
 - ・2km程度のスケールに3本程度のボーリング調査で塩分濃度の予測誤差(不確実性)は±30%程度(一つの事例)。
 - ・離れた場所のデータをさらに追加しても予測確度は向上しない。
- 地上からの調査において地下水の水質分布を効率的に把握する調査手法やデータ数量、採水箇所などの考え方を例示した。
 - ・比抵抗分布情報の取得(定性的な空間分布の把握)と比抵抗の不均質性に応じたボーリング調査。
 - ・水理地質構造が複雑な領域は水質予測の不確実性が高く、空間的に密なデータ取得が必要。
- 地下施設建設(坑道掘削)に伴い、約3年間の施設/坑道周辺の水圧・水質の変化の程度を示した。
- 施設周辺の水圧変化が、地上からの調査研究に基づく水理地質構造と概ね整合していることを確認した。
- 掘削に伴い坑道近傍で脱ガスが生じており、掘削影響の評価においては、ガスの計測(モニタリング)技術やその(連成)解析技術の整備が今後の課題である。