

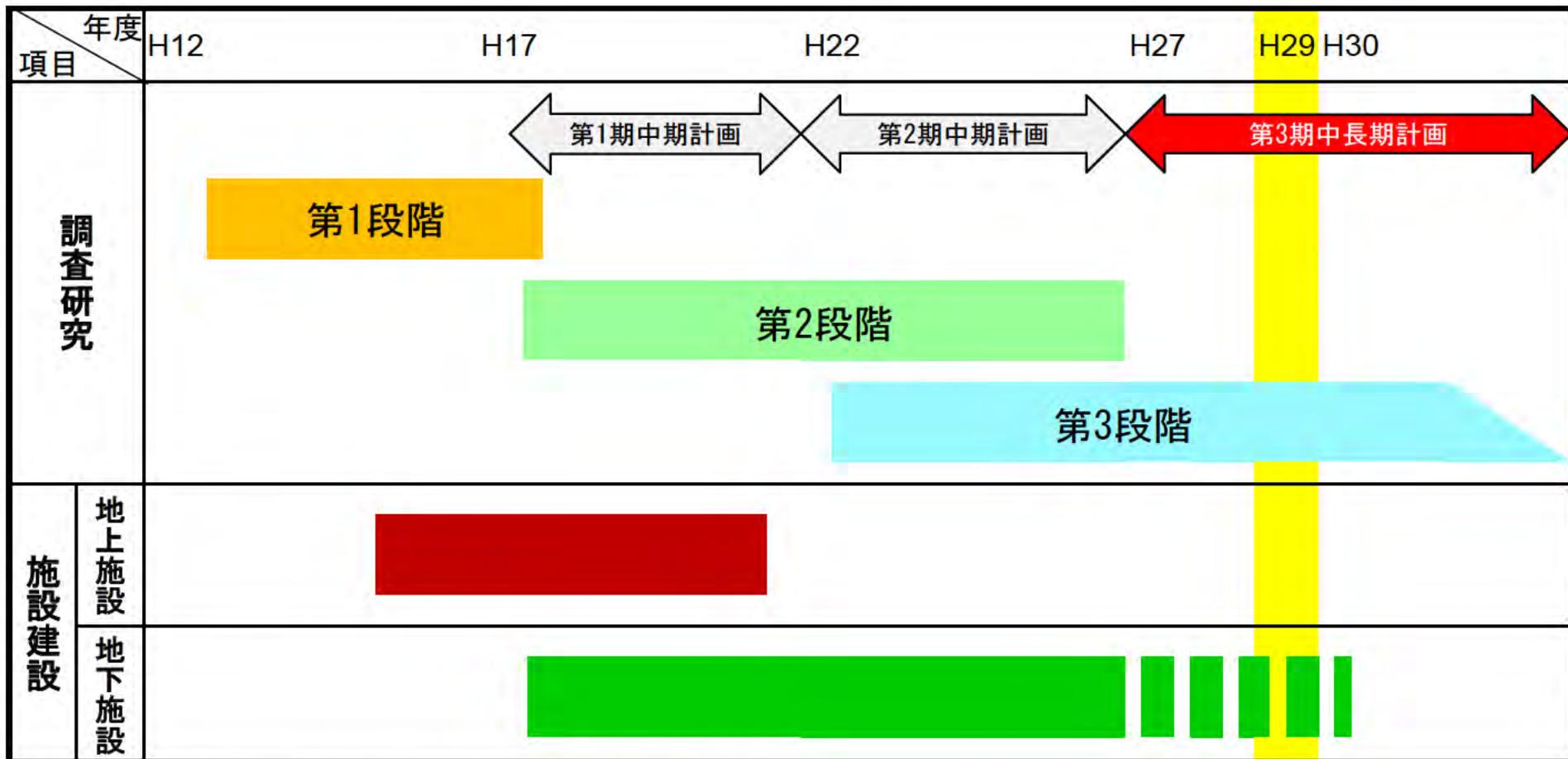
深地層の研究施設設計画の進捗と 今後の課題について

② 幌延深地層研究計画

平成30年2月8日

幌延深地層研究センター

幌延深地層研究計画スケジュール



第1段階：地上からの調査研究段階

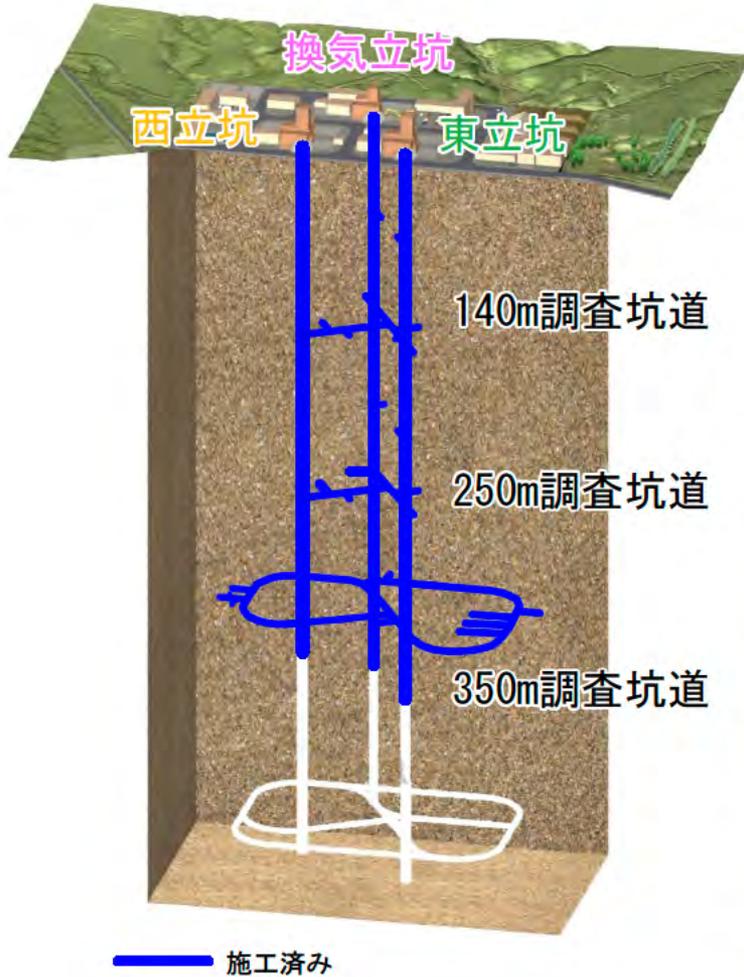
第2段階：坑道掘削（地下施設建設）時の調査研究段階

第3段階：地下施設での調査研究段階

※平成31年度末までに研究終了までの工程やその後の埋め戻しについて決定する。

地下施設の状況

350m調査坑道の整備は平成26年6月に完了。



【立坑掘削状況】

東立坑	掘削深度	380 m
換気立坑	掘削深度	380 m
西立坑	掘削深度	365 m

【調査坑道掘削状況】

深度140m調査坑道	掘削長	186.1 m
深度250m調査坑道	掘削長	190.6 m
深度350m調査坑道	掘削長	757.1 m



350m東周回坑道
(平成29年4月19日撮影)



350m試験坑道3
(平成29年8月8日撮影)

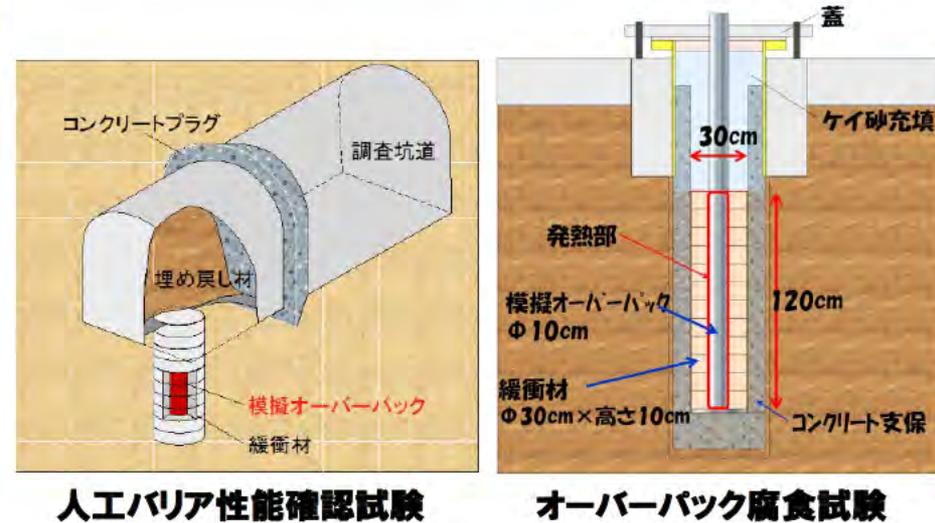
※このイメージ図は、
今後の調査研究の結果次第で変わることがあります。

必須の課題

①実際の地質環境における人工バリアの適用性確認

平成26年度から深度350m調査坑道で実施している人工バリア性能確認試験、オーバーパック腐食試験、物質移行試験を通して、実際の地質環境において、人工バリアや周辺岩盤中での熱-水-応力-化学連成挙動や物質移行現象などを計測・評価する技術の適用性を確認し、「精密調査後半」に必要な実証試験の技術基盤を確立する。

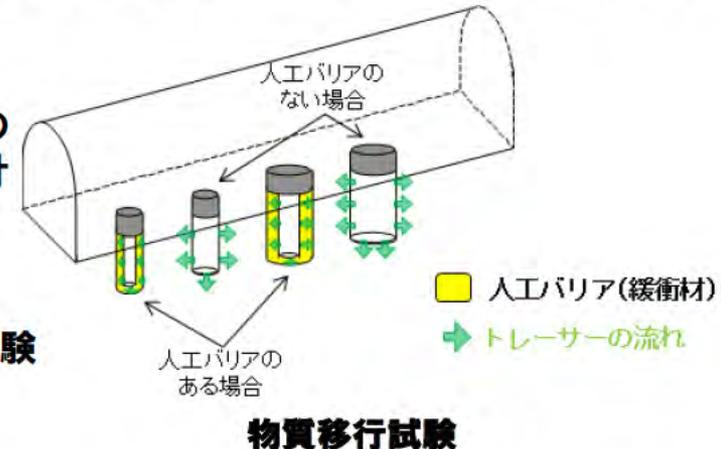
- 人工バリア性能確認試験
- オーバーパック腐食試験
- 物質移行試験



②処分概念オプションの実証

人工バリア設置環境の深度依存性を考慮し、種々の処分概念オプションの工学的実現性を実証し、多様な地質環境条件に対して柔軟な処分場設計を行うことを支援する技術オプションを提供する。

- 処分孔等の湧水対策・支保技術などの実証試験
- 人工バリアの定置・品質確認などの方法論に関する実証試験
- 高温(100℃以上)などの限界的条件下での人工バリア性能確認試験



③地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の検証

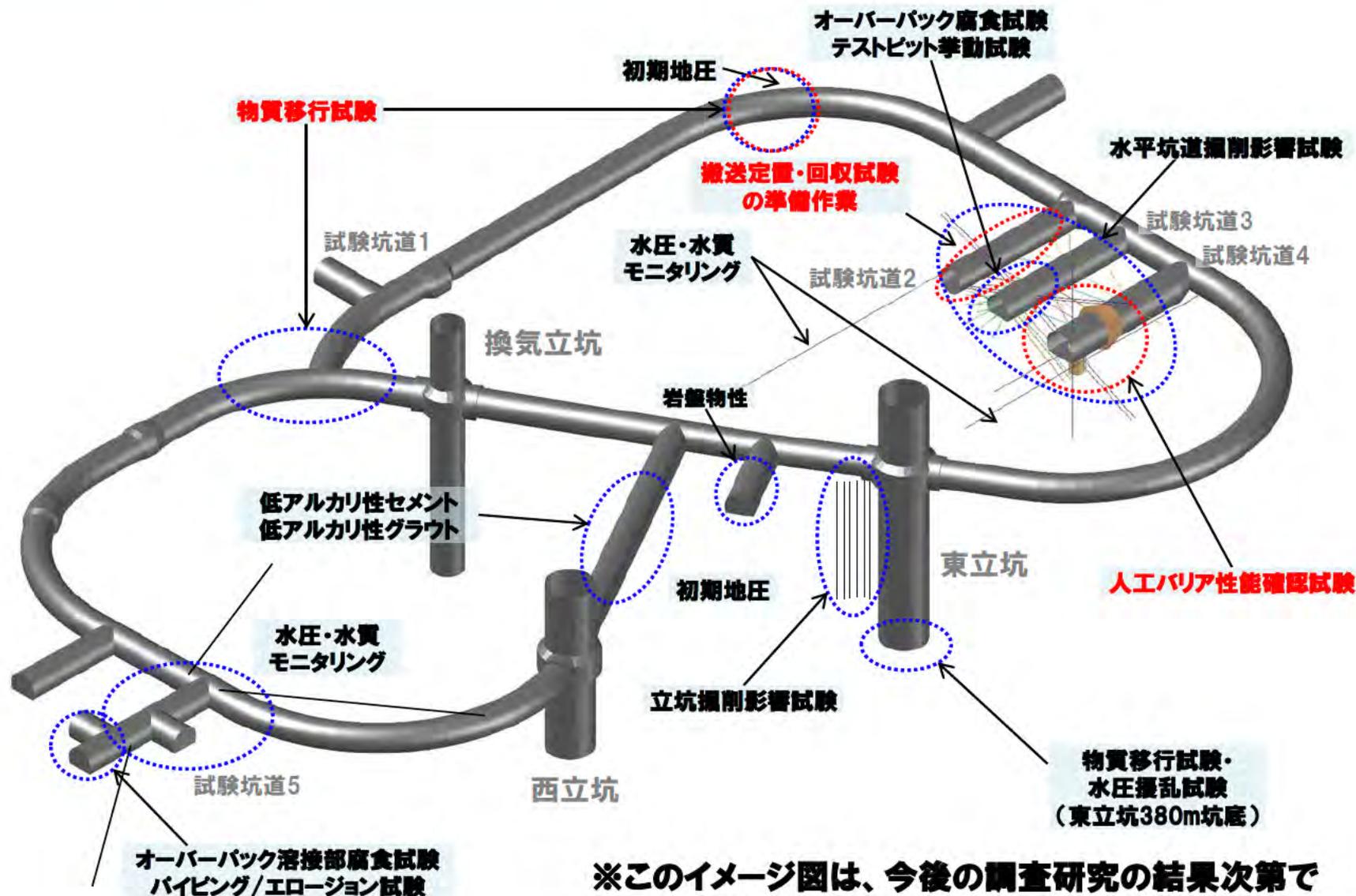
地震・断層活動等の地殻変動に対する力学的・水理学的な緩衝能力を定量的に検証し、堆積岩地域における立地選定や処分場の設計を、より科学的・合理的に行える技術と知見を整備する。

- 水圧擾乱試験などによる緩衝能力の検証・定量化
- 地殻変動による人工バリアへの影響・回復挙動試験

平成29年度の主な調査計画

平成29年度の主な調査計画	
地質構造	<ul style="list-style-type: none"> ・ 壁面観察データを解析 ・ 地下施設や地表で採取した岩石の顕微鏡観察や分析などを継続 ・ 地質構造モデルの更新
岩盤水理	<ul style="list-style-type: none"> ・ 「地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の検証」について、通常よりも高い注入圧を用いた透水試験（水圧擾乱試験）を実施 ・ 既存のボーリング孔における地下水の水圧観測を継続 ・ 水理地質構造モデルを更新
地球化学	<ul style="list-style-type: none"> ・ 坑道壁面やボーリング孔から採取した地下水・岩石を対象にした地球化学特性に関する分析や試験を継続 ・ 坑道掘削に伴う地下水水質の変化に関する評価を継続 ・ 地表から掘削した既存のボーリング孔や表層水の分析による水質分布の把握や水質形成の検討を継続 ・ 地球化学モデルを更新
岩盤力学	<ul style="list-style-type: none"> ・ 初期地圧測定結果や内空変位計測の結果に基づく坑道周辺の地圧の空間的な分布の評価を継続 ・ 地下施設の設計上必要な岩盤物性値の設定方法を検証
調査技術・ 機器開発	<ul style="list-style-type: none"> ・ 水圧擾乱試験のための透水試験方法を整備 ・ 各調査坑道でのモニタリングを継続し、長期的な性能確認を継続 ・ 微生物等を調査するための試験装置の開発を行い、各調査坑道でのデータ取得を実施 ・ 光ファイバー式地中変位計（Fiber Bragg Grating方式）の長期モニタリング性能を確認するための観測を継続 ・ 各調査坑道及び東立坑の坑道掘削後の長期的な変化を確認するための調査技術開発を継続 ・ 地表と坑道内の高精度傾斜計等を用いて岩盤の微小な変形の観測を継続
工学技術の 基礎の開発	<ul style="list-style-type: none"> ・ 「処分概念オプションの実証」について、湧水対策・支保技術等の実証試験を進めるとともに、岩盤の変位や支保工の応力に関するデータ取得を継続 ・ 地下施設の安全性をさらに向上させるための方策の検討を継続 ・ 湧水対策のための技術開発としてグラウト材料の浸透範囲を評価するための解析手法を高度化
地層処分 研究開発	<ul style="list-style-type: none"> ・ 「実際の地質環境における人工バリアの適用性確認」について、350m坑道での人工バリア性能確認試験、オーバーバック腐食試験の継続および350m坑道での物質移行試験の実施 ・ 「処分概念オプションの実証」について、人工バリアの搬送定置・回収技術の実証試験の準備作業を継続 ・ 地層処分実規模設備施設の活用方策の検討

深度350m調査坑道における原位置試験



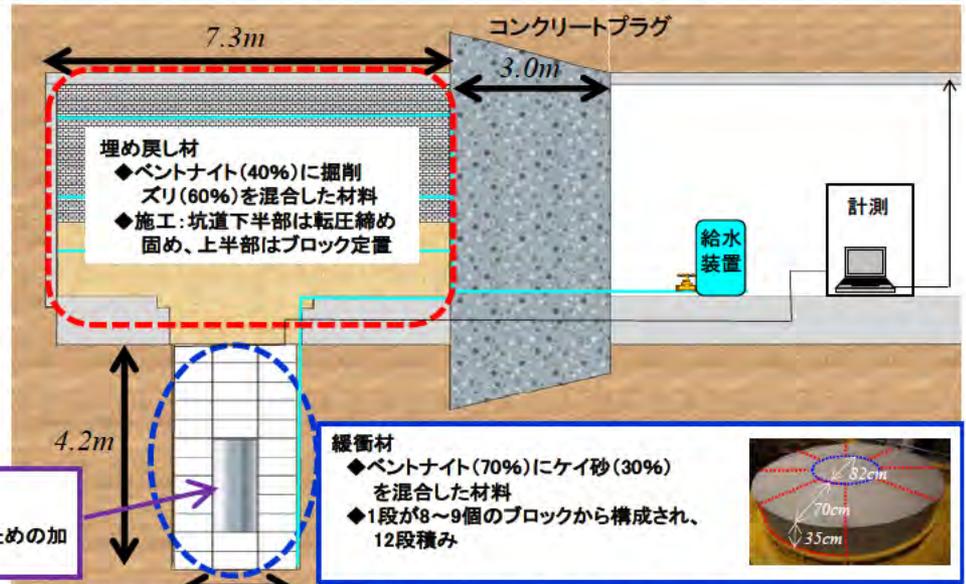
※このイメージ図は、今後の調査研究の結果次第で見直すことがあります。

①実際の地質環境における人工バリアの適用性確認

－人工バリア性能確認試験－

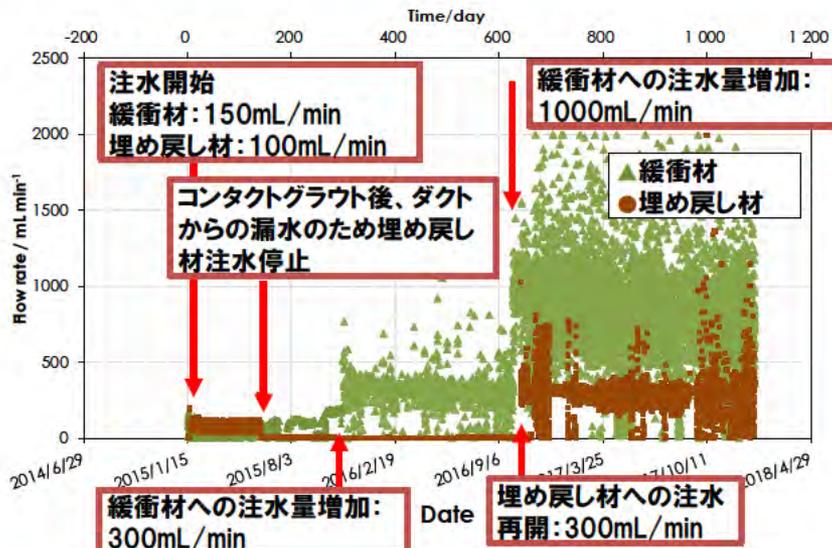
【目的】

- 「第2次取りまとめ」で示した処分概念が**実際の地下環境で構築できることの実証**
- 幌延を事例とした**設計手法の提示**
- 熱－水－応力－化学連成現象を評価するための**検証データの取得**(再冠水までの過渡期を対象)

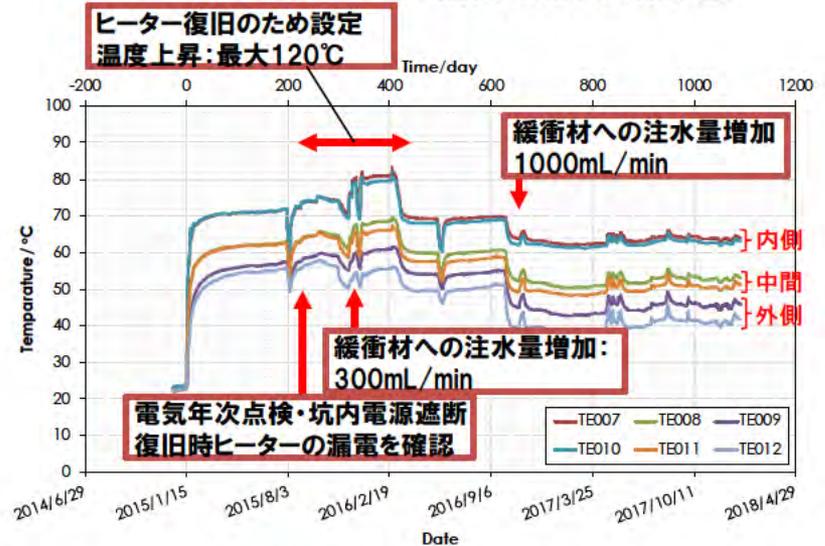


人工バリア性能試験の概念図

【これまでの主な時系列】



注水状況

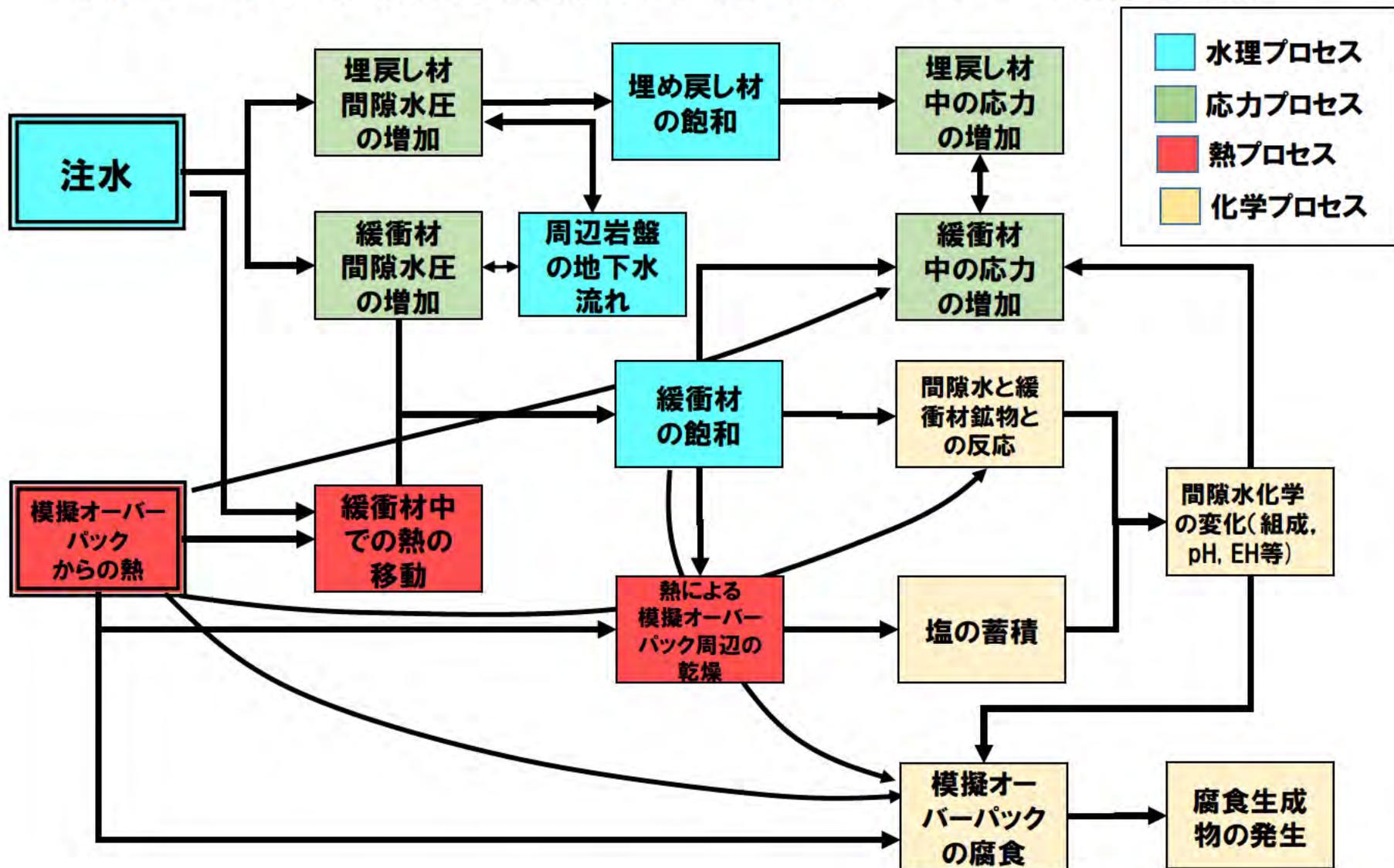


緩衝材中の温度の経時変化(断面5)

①実際の地質環境における人工バリアの適用性確認

－人工バリア性能確認試験－

人工バリア性能確認試験で生じるプロセスの相関関係

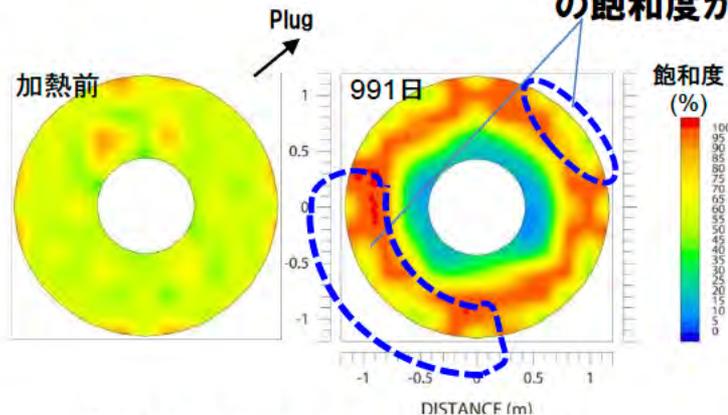


①実際の地質環境における人工バリアの適用性確認

－人工バリア性能確認試験の進捗状況－

水理特性

【データ取得の状況】

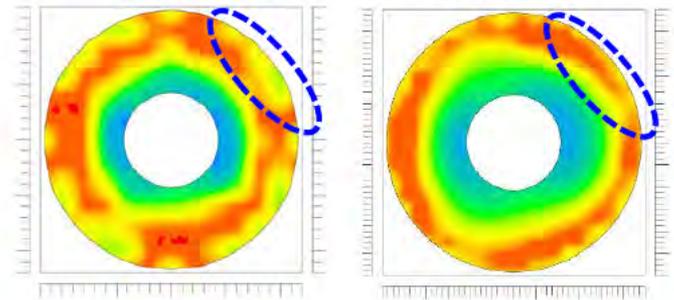


部分的に外周部で飽和度が低い領域が存在
→注水しているので外周の飽和度が高いはず

比抵抗トモグラフィによる飽和度

- 比抵抗トモグラフィの測定結果から、緩衝材外側から20～30cm程度まで飽和度。
- 外側の不飽和領域について【現在検討中】
 - 比抵抗値から飽和度への換算について、緩衝材の初期状態の見直しを実施（実施注水開始前までの自然湧水による影響を考慮）
 - 他のセンサーの影響（比抵抗値の測定に影響？）

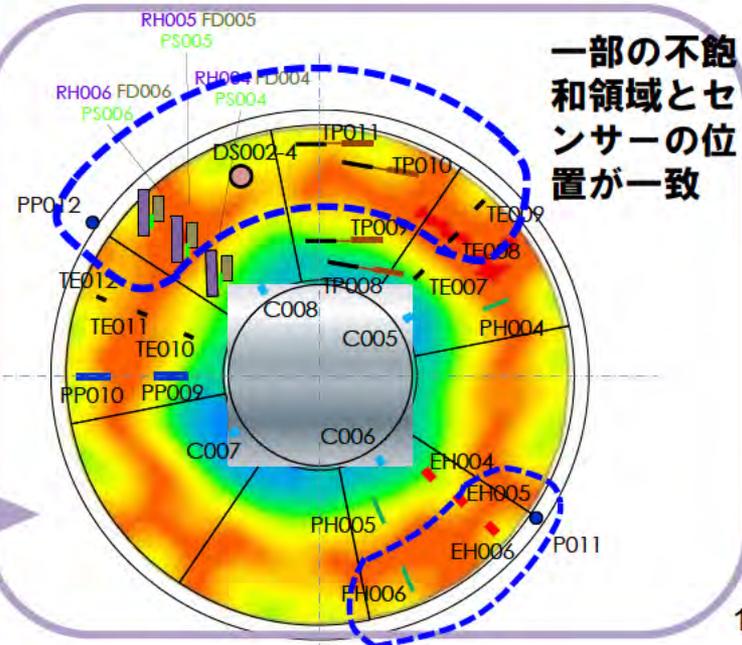
換算条件の見直しの試行例



現行

見直し後

外周部から地下水が浸潤する傾向について改善が見られた。



一部の不飽和領域とセンサーの位置が一致

①実際の地質環境における人工バリアの適用性確認

－人工バリア性能確認試験の進捗状況－

応力特性

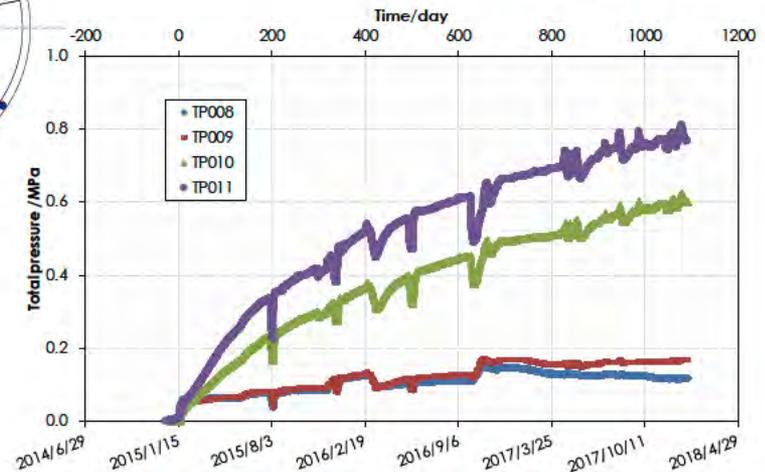
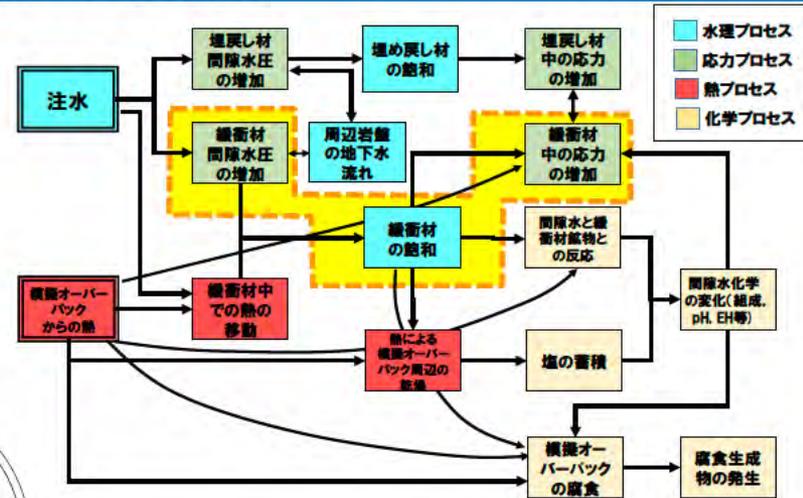
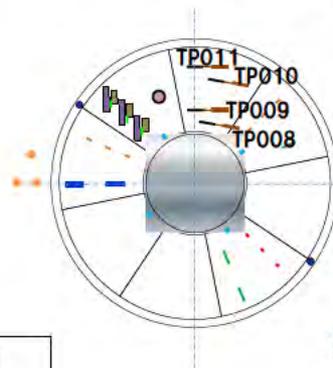
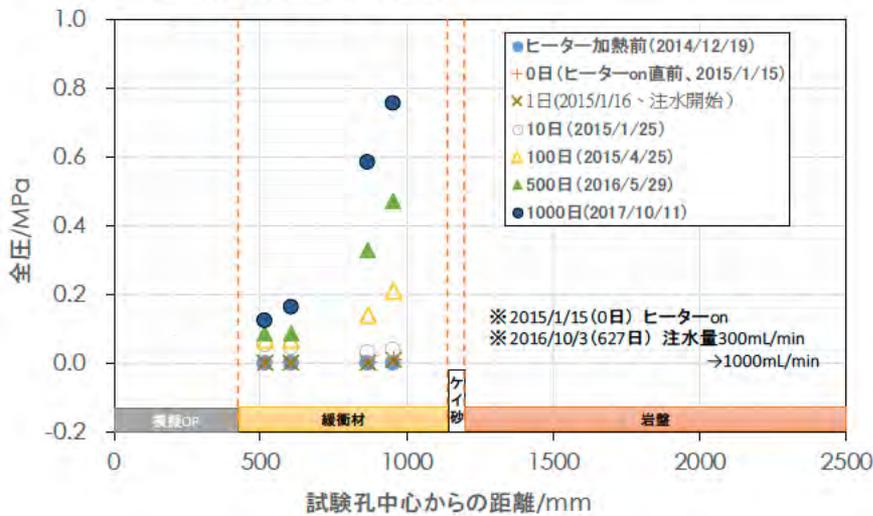
【目的】

- 地下水の浸潤過程における緩衝材の応力状態の把握およびその経時変化の把握
- 連成解析の検証データの取得
- センサーの耐久性・精度の検証

【使用センサー】

土圧計

【データ取得の状況】



- 緩衝材外側に位置するセンサー(TP011, TP010)が間隙水圧の上昇に伴い増加
→センサー位置まで地下水が浸潤している可能性。

①実際の地質環境における人工バリアの適用性確認

—人工バリア性能確認試験の進捗状況—

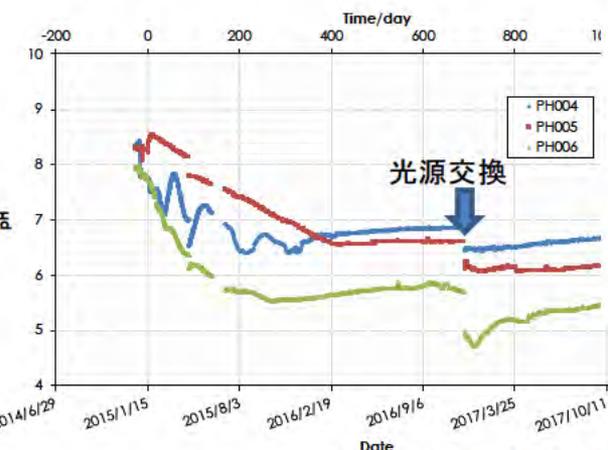
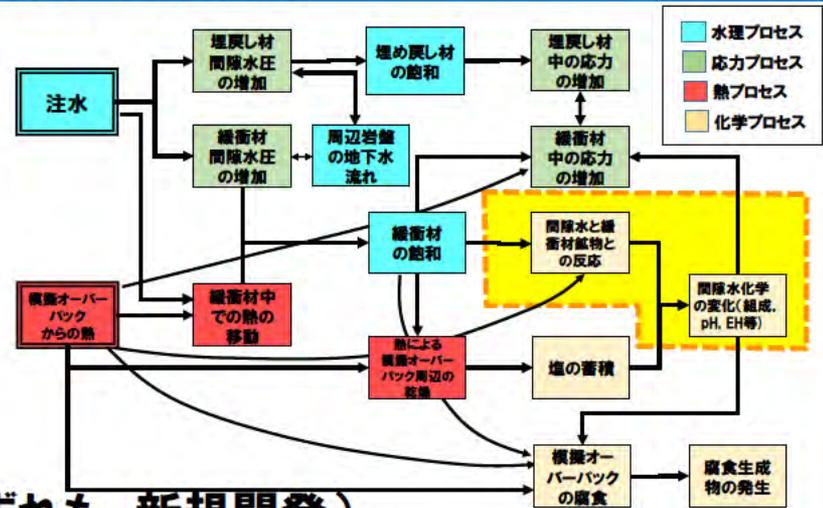
化学特性

【目的】

- OP腐食挙動の把握、緩衝材中の酸化還元状態の把握、連成解析の検証データの取得
- 連成解析の検証データの取得
- センサーの耐久性・精度の検証

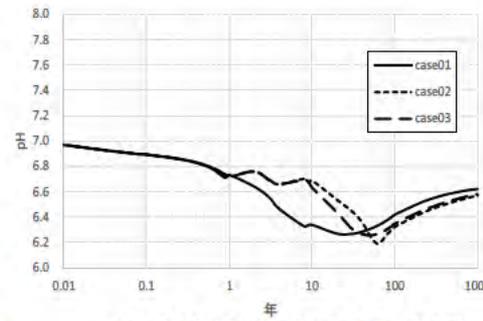
【使用センサー】

光学式pH計, 白金電極, 炭素鋼腐食センサー(いずれも、新規開発)

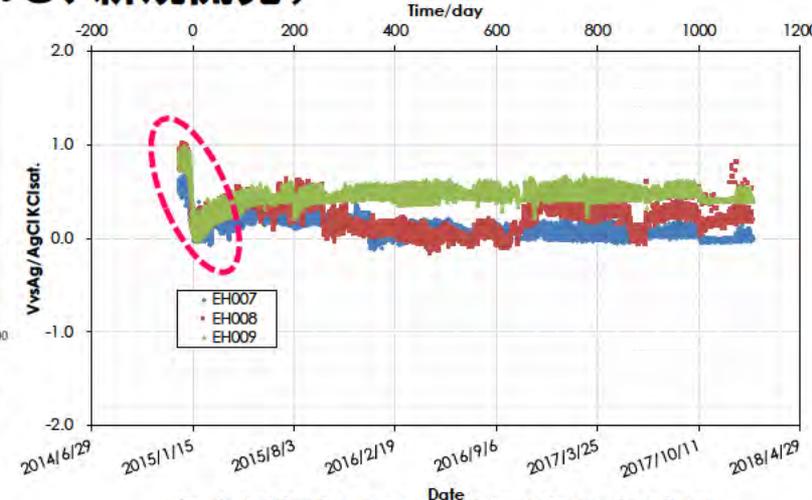


光学式pH計計測結果

測定初期から低下傾向(THMC連成解析の傾向と整合)
 温度による誤差(室温~40℃): -0.1~-0.5程度
 注水地下水のpHは7程度(大気中での測定)



THMC連成解析による緩衝材中間隙水pHの結果の例
 (HDB6で観測された地下水組成データに基づく)



白金電極による自然電位測定結果

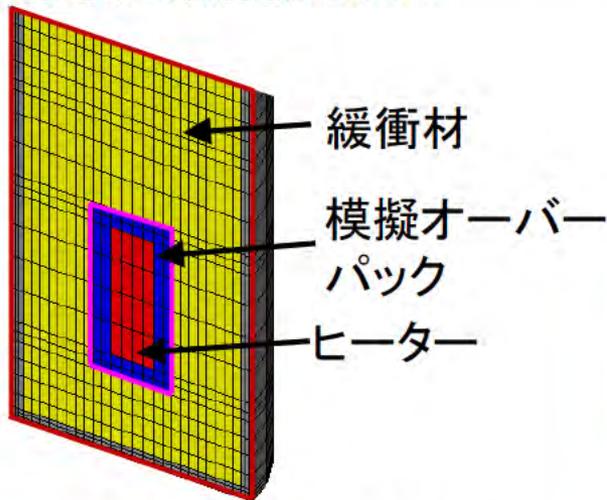
初期に電位が急激に低下
 →初期に緩衝材中に存在していた酸素が消費?
 自然電位が0V程度
 →現段階では還元状態に至っていないことを示唆

①実際の地質環境における人工バリアの適用性確認

－人工バリア性能確認試験の進捗状況－

TH連成解析モデルと計測結果の比較例

熱水連成解析モデル



— 解析領域外側境界(硅砂)

— 解析領域内側境界(OP表面)

□解析コード:THEMS

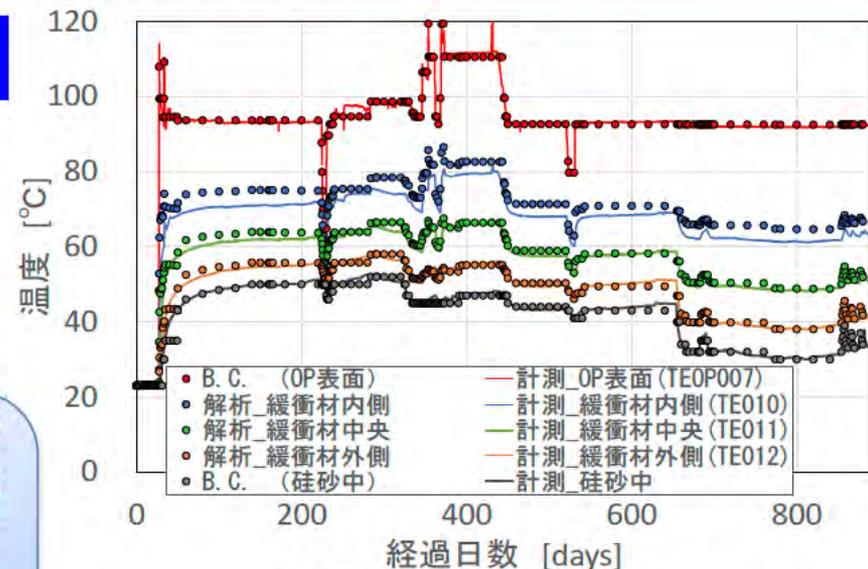
□水理条件

- 初期条件 緩衝材設置時の初期飽和度(50%)
- 硅砂中の間隙水圧(実測値)を外側境界条件
- 硅砂中は常に飽和

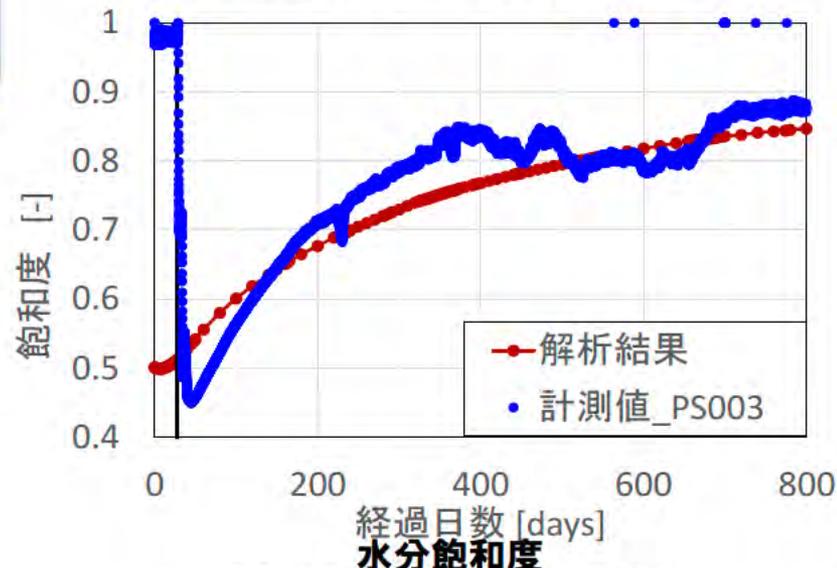
□温度条件

- 初期条件 初期の緩衝材中の温度(実測値)
- 模擬オーバーパック表面の温度(実測値)を内側境界条件
- 硅砂中の温度(実測値)を外側境界条件

実測値と解析値の比較を通じて解析モデルの妥当性・センサーの精度・プロセスの相互作用・影響因子等について検討



緩衝材中の温度変化



(水分ポテンシャルから換算)

実際の地質環境における人工バリアの適用性確認

－人工バリア性能確認試験実施場所周辺の地質環境－

- 人工バリア性能確認試験用の試験孔の掘削に伴って形成されたと考えられる割れ目の発達領域(掘削損傷領域)において、透水性は健岩部の透水性 (10^{-12} m/sec)よりも数オーダー高い値を示す。
- 透水係数の経時変化は認められない。
- 人工バリア性能確認試験における注水圧増の影響が試験孔まわりで認められる(H4-1, H4-2孔)が、プラグを挟むH4-3孔では認められない。

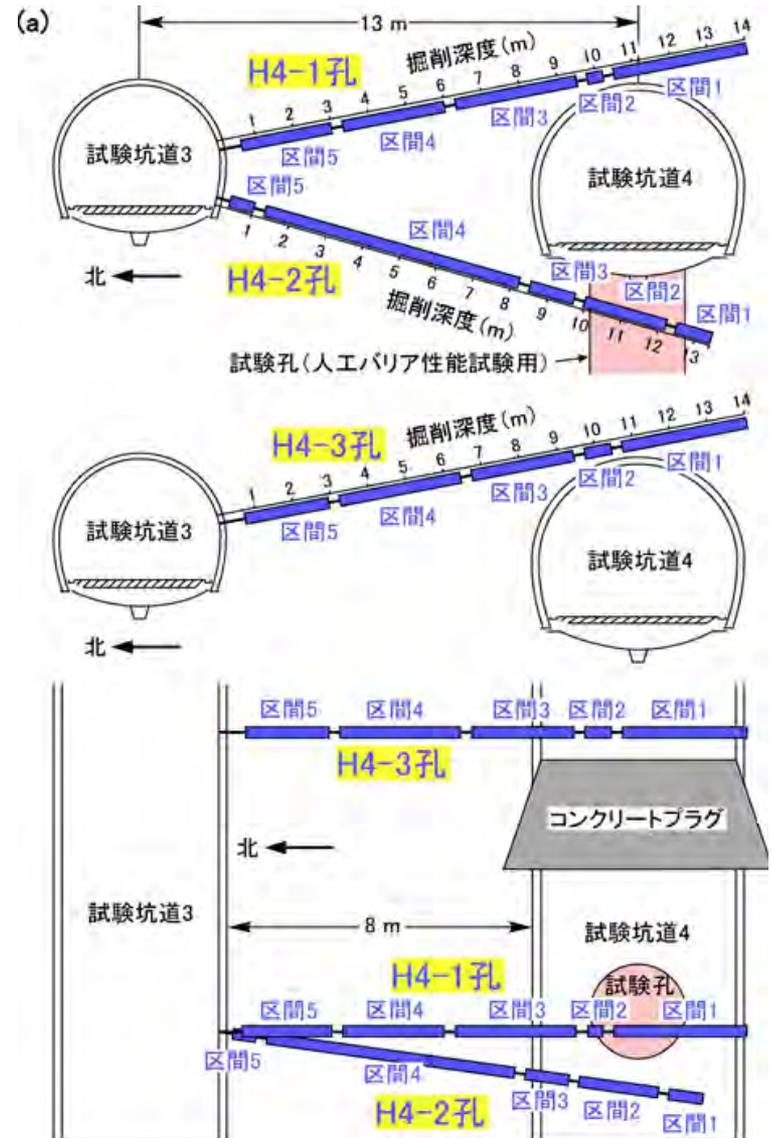
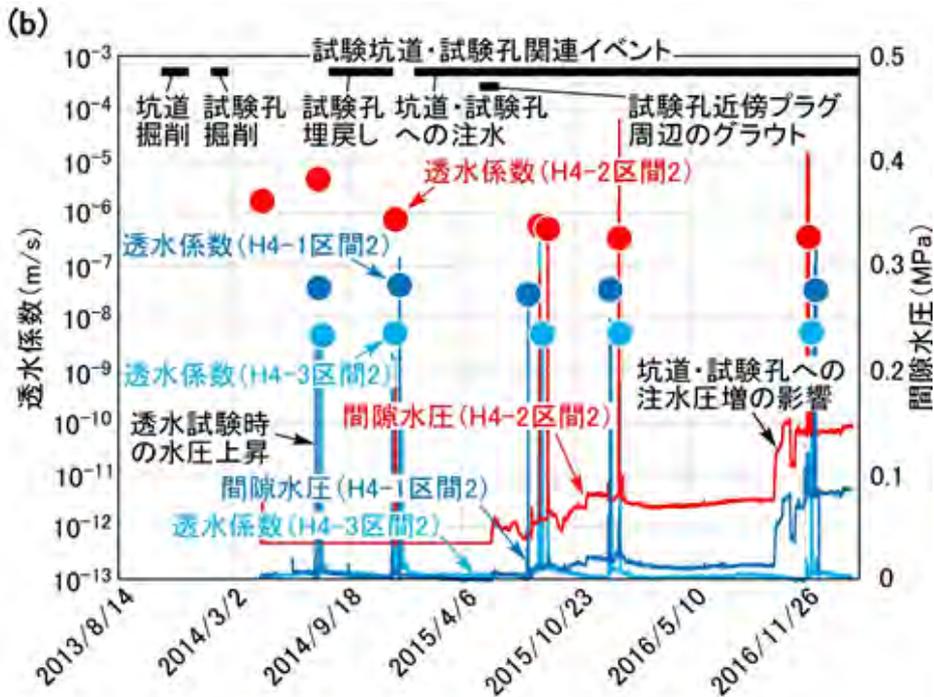
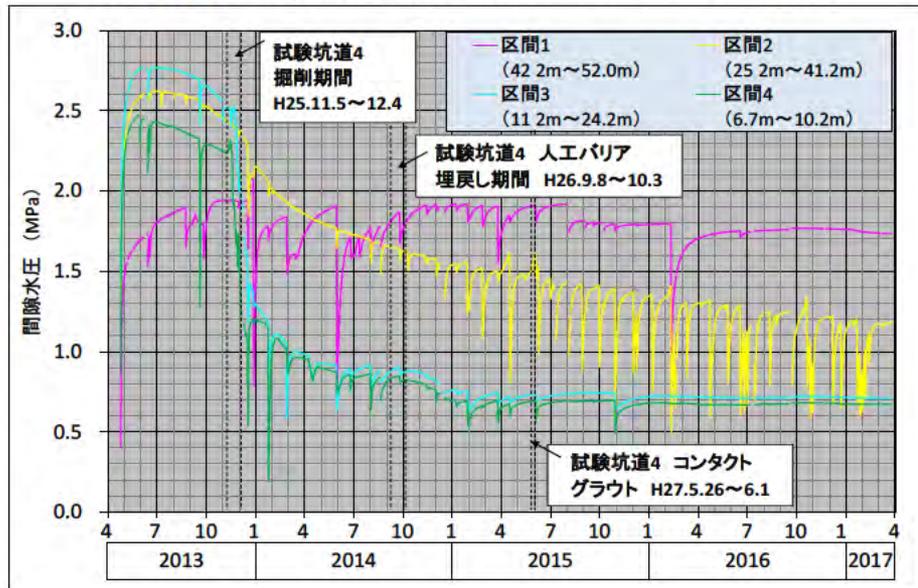


図 人工バリア試験周辺の岩盤における透水試験・間隙水圧測定結果

実際の地質環境における人工バリアの適用性確認

—人工バリア性能確認試験実施場所周辺の地質環境—

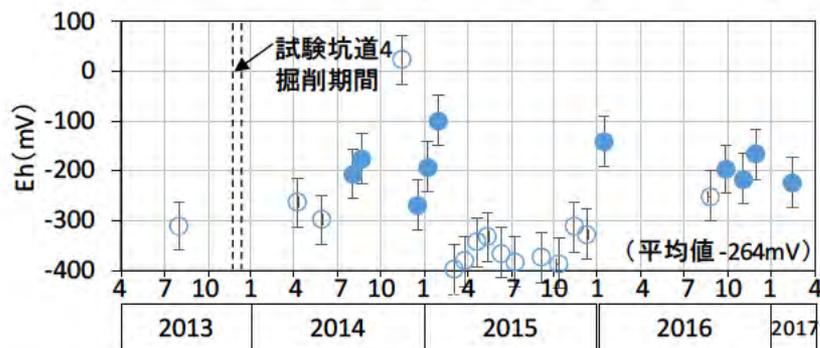
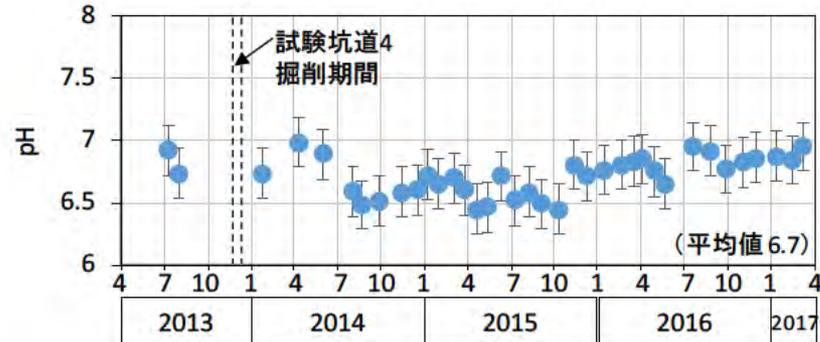
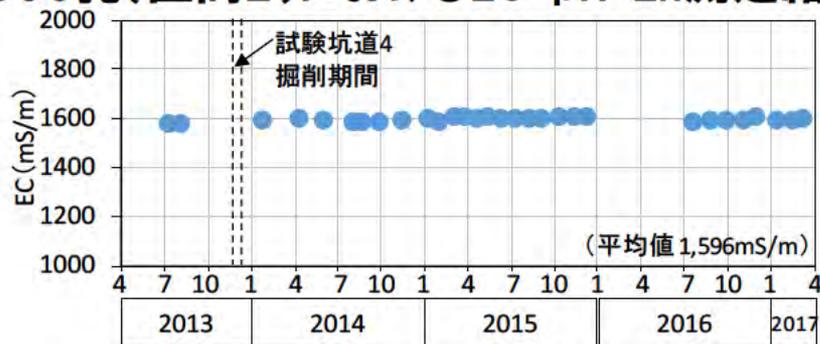
C05孔における水圧モニタリング結果



C05孔: 試験坑道4の坑壁から3mの位置

- 水圧: 試験坑道4の掘削に伴い, 区間2~4では水圧の顕著な低下が観測された。区間1では, 顕著な変化は認められていない。
- 水質: 水圧低下が認められた区間2でも, EC・pHの変動は小さい。Ehはバラツキも大きく, 信頼性に劣るデータも含まれるものの, 還元状態は概ね維持されている。

C05孔(区間2)におけるEC・pH・Eh測定結果



白抜きデータの(○)は, やや信頼性が劣る可能性のあるデータ

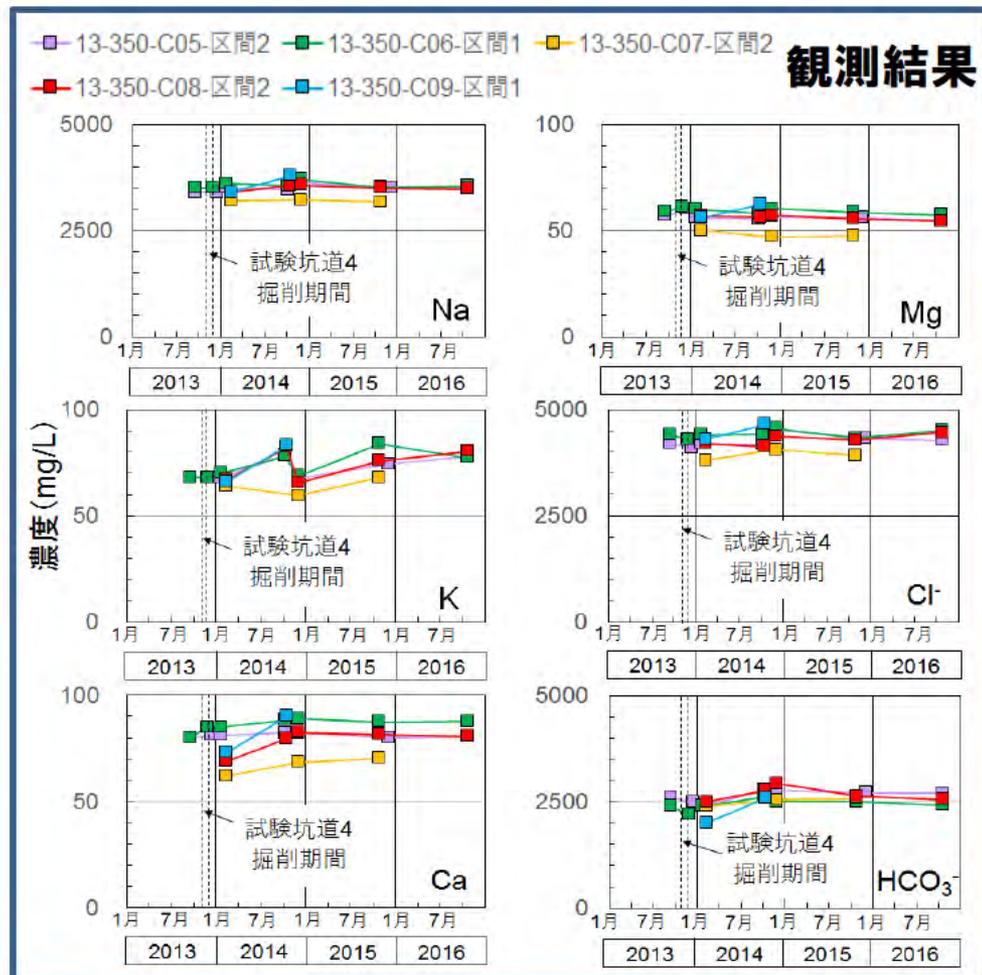
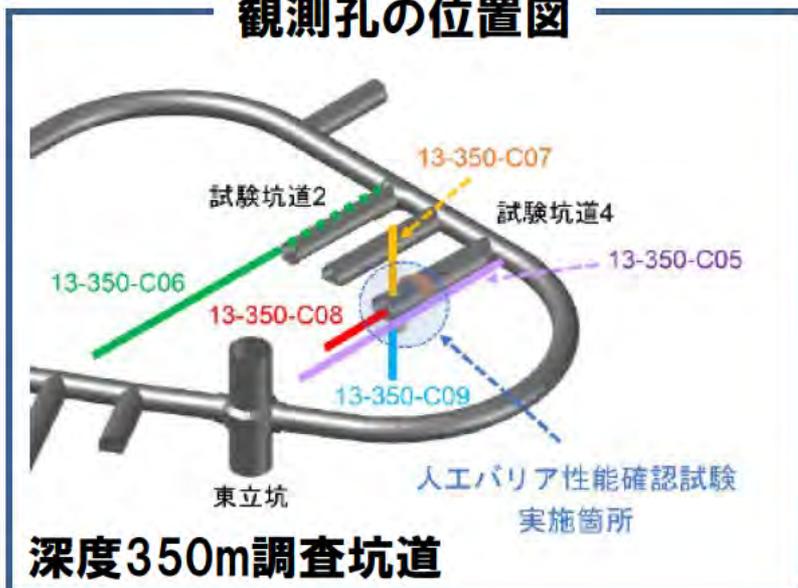
- 各測定項目における誤差: 電気伝導度(測定値に対して±0.5%), pH(±0.2), Eh(±50mV)を仮定
- 参考値: 試験坑道4掘削前の区間3: Eh=265~396mV

実際の地質環境における人工バリアの適用性確認

－人工バリア性能確認試験実施場所周辺の地質環境－

目的:人工バリア性能確認試験が実施されている試験坑道4周辺の地下水の水質観測

観測孔の位置図



➤ 試験坑道4周辺における顕著な水質変化は、これまで観測されていない

①実際の地質環境における人工バリアの適用性確認

－健岩部を対象とした物質移行試験－

【目的】

堆積岩(泥岩)を対象として、原位置・室内試験を通じた健岩部および亀裂部の物質移行特性の把握とこれに基づく安全評価モデルの構築

⇒ 泥岩中の**健岩部(マトリクス部)**に着目し、原位置・室内試験を通じて物質移行特性を把握するとともに、原位置試験、室内試験の整合性や既存の解析モデルの適用性等について検討する。

【実施内容】

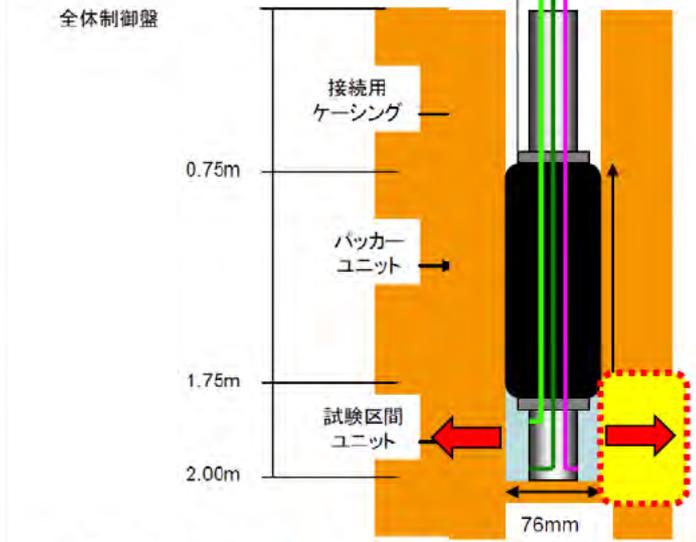
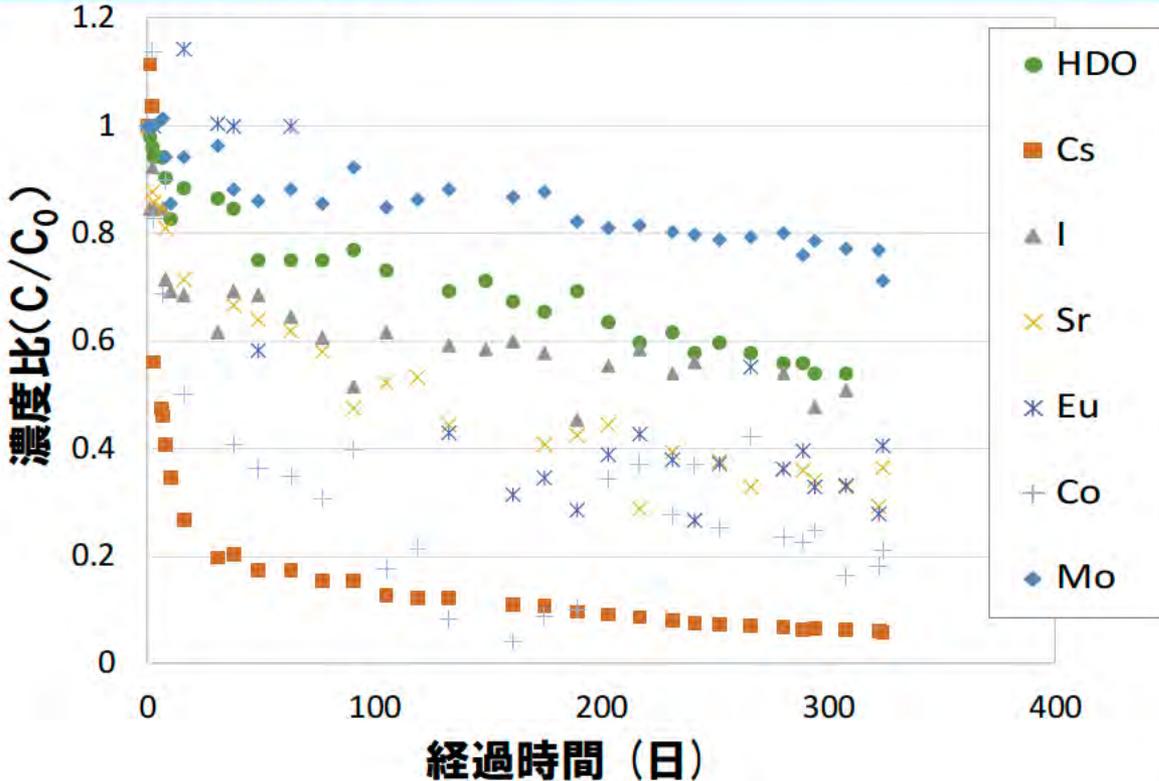
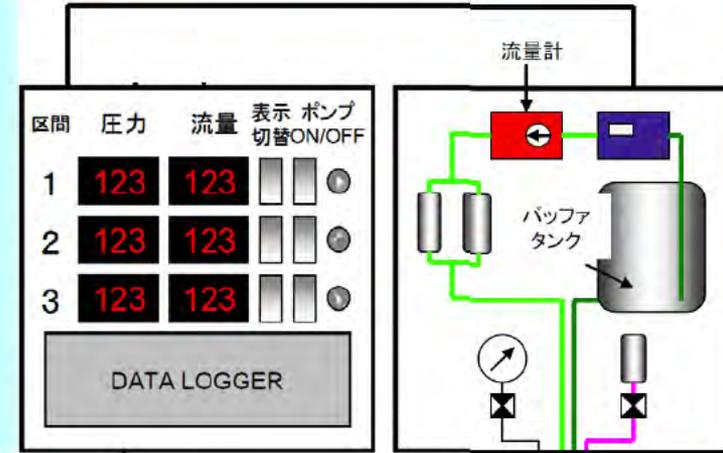
マトリクス部を対象とした原位置／室内拡散試験を実施し、以下の項目を実施

- 複数種のトレーサー(非収着／収着)を利用し、多様な元素の物質移行特性に関するデータを取得
- 拡散試験後にオーバーコアリングを行い、岩盤中のトレーサー濃度の内部プロファイルを取得
- 試験区間内のトレーサー減衰データと岩盤中のトレーサー濃度の内部プロファイルの同時フィッティングを行い、各トレーサーの D_e (実効拡散係数)、 K_d (収着分配係数)を評価(拡散異方性の影響含む)
- 室内／原位置で算出された D_e 、 K_d から、イオン種の違い(陽イオン／陰イオン／中性、電荷の価数等)に起因する傾向の分析
- 上記検討を踏まえ、解析モデルの原位置／室内への適用性を評価

①実際の地質環境における人工バリアの適用性確認

— 健岩部を対象とした物質移行試験 —

- 試験孔: 350m調査坑道、稚内層泥岩
D-05孔、孔径 $\phi 76\text{mm}$ 、掘削長3.0m(鉛直下向き)
拡散方向は層理面とほぼ平行
- 試験期間: 拡散期間約11ヵ月
- トレーサー溶液(模擬地下水にトレーサーを添加)を循環させ、定期的にトレーサー濃度を分析
- 試験後にオーバーコアを実施し、試験孔側面からプロフィールの取得

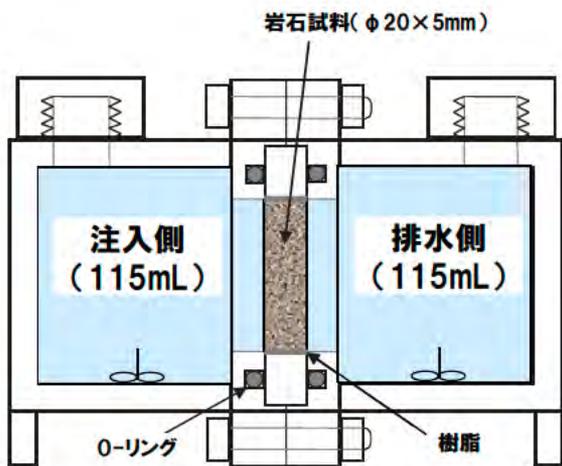


試験区間内の液性条件
pH 約7.0 ORP -450(mV)

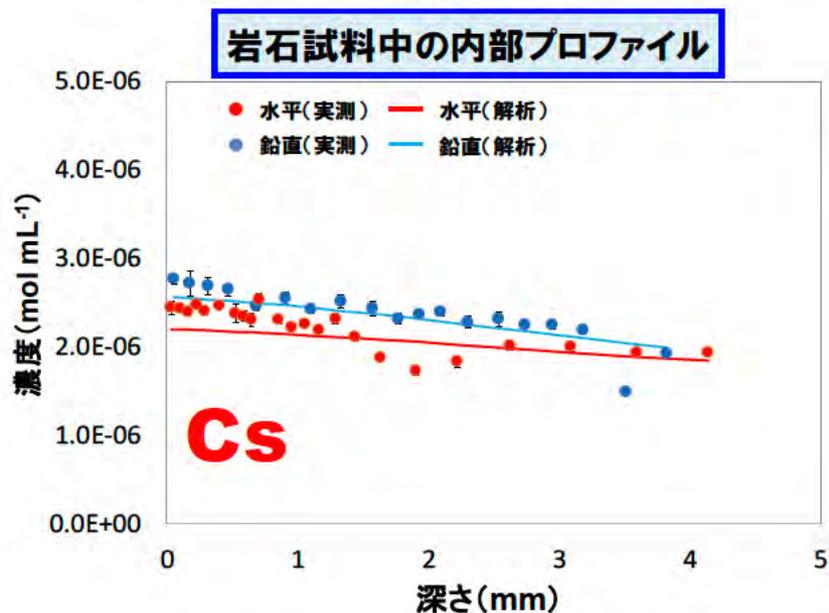
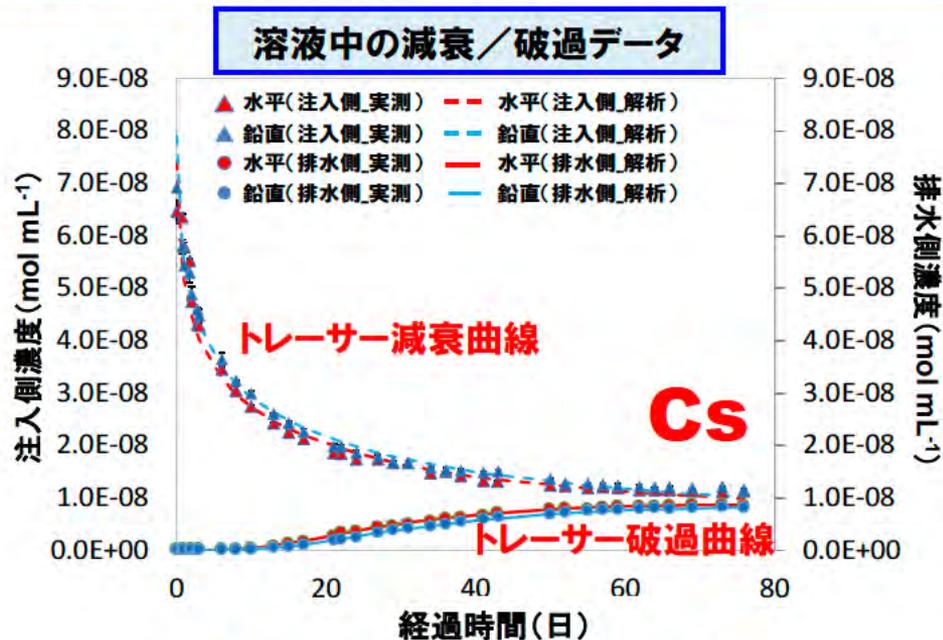
実際の地質環境における人工バリアの適用性確認

— 健岩部を対象とした物質移行試験 —

- D-05孔から採取した岩石試料を使用
- 異方性に着目し垂直・水平方向の試料で試験
- トレーサー元素と濃度は原位置試験と基本的に同じ
- 液性条件も原位置と基本的に同じだが、pHは～8.5

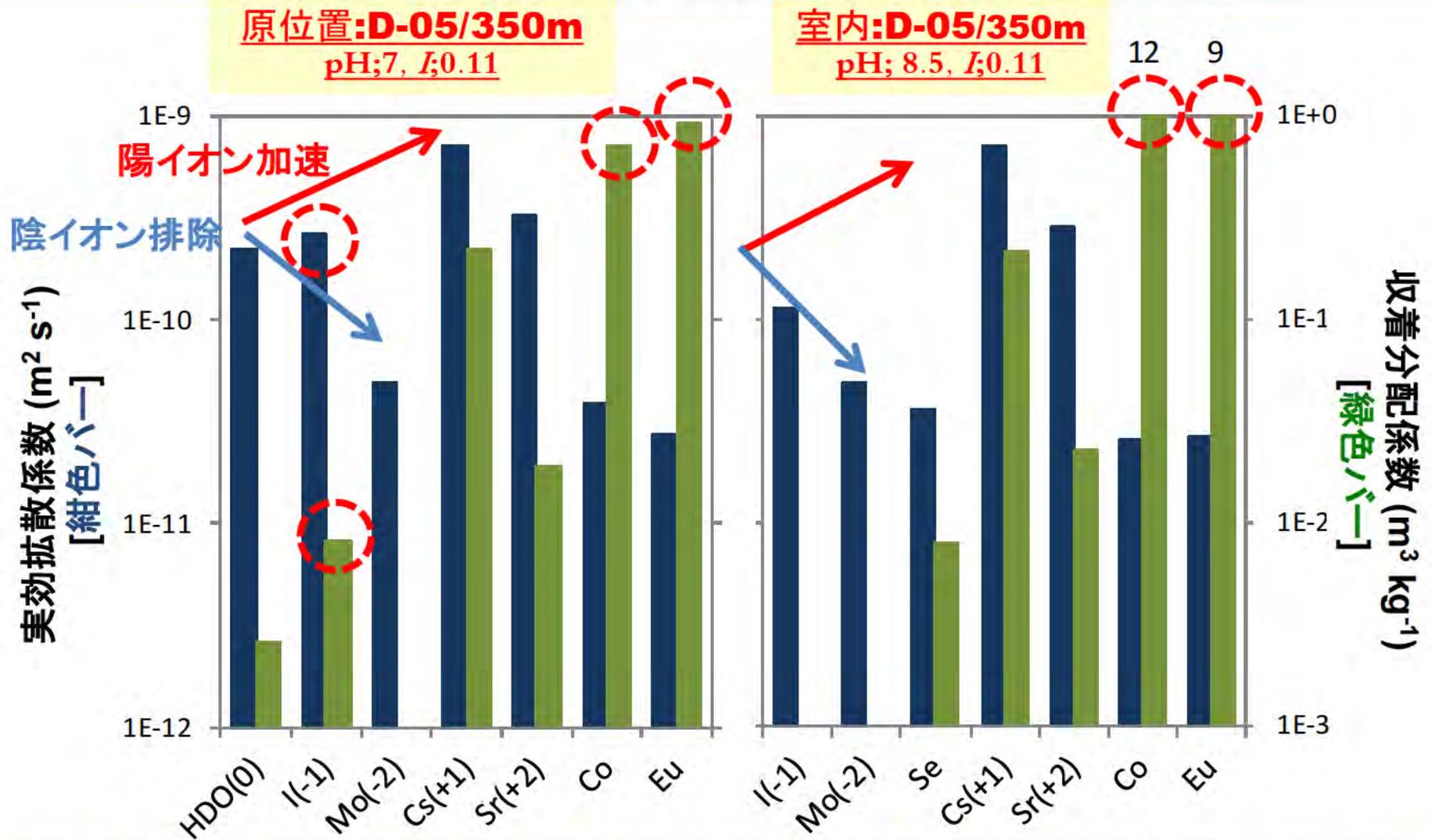


透過拡散試験



実際の地質環境における人工バリアの適用性確認

— 健岩部を対象とした物質移行試験 —



原位置試験, 室内試験との間で, 陽イオン加速と陰イオン排除の効果, 収着特性に応じた分配係数の傾向性が概ね整合

実際の地質環境における人工バリアの適用性確認

－割れ目を対象とした物質移行試験－

【目的】

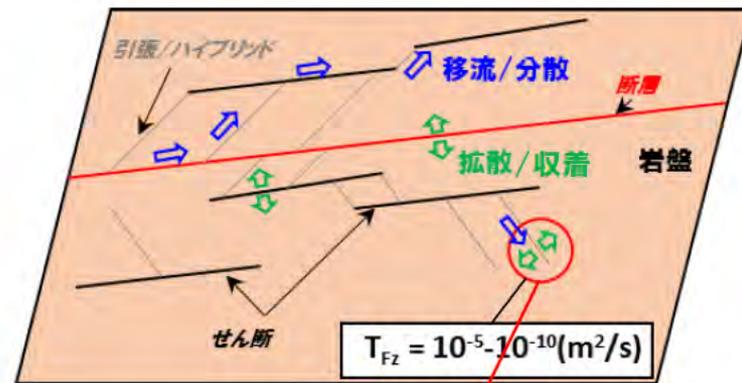
堆積岩(泥岩)を対象として、原位置・室内試験を通じた健岩部および亀裂部の物質移行特性の把握とこれに基づく安全評価モデルの構築

⇒ 泥岩中の割れ目(亀裂部)に着目し、原位置・室内試験を通じて物質移行特性を把握するとともに、原位置試験、室内試験の整合性や既存の解析モデルの適用性等について検討する。

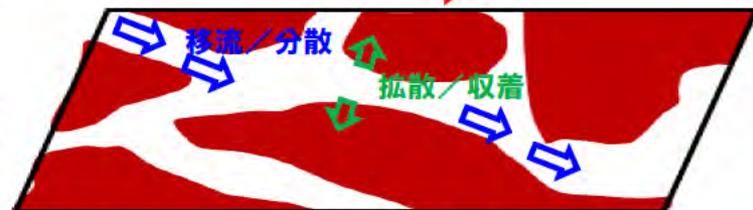
【実施内容】

断層帯に分布する割れ目を対象としたトレーサー試験を実施し以下項目を実施

- 複数種のトレーサー(非収着／収着)を利用し、多様な元素の物質移行特性に関するデータを取得
- トレーサー試験後に複数のオーバーコアリングを実施し、マトリクス拡散深さの評価や割れ目内に存在する選択的な移行経路を抽出
- トレーサーの移行に関与した割れ目内のトレーサー(主に収着性)の分布から、孔間の割れ目の連続／連結性を評価
- 上記で取得されたデータおよび評価結果に基づく物質移行モデルを構築し、断層周辺に形成されるダメージゾーンを対象とした物質移行特性を評価



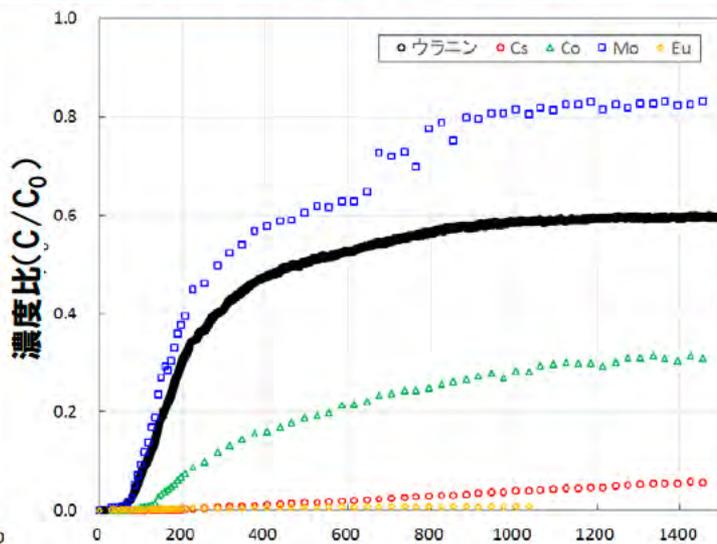
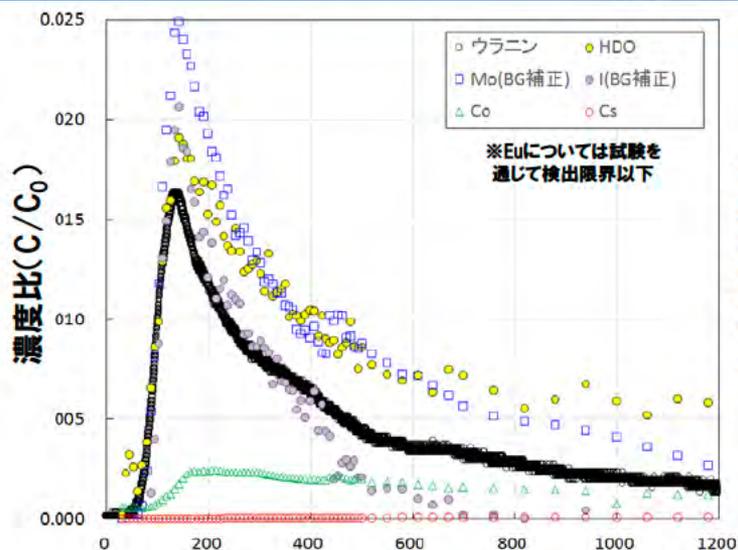
断層帯中における物質移行のイメージ



割れ目内における物質移行のイメージ

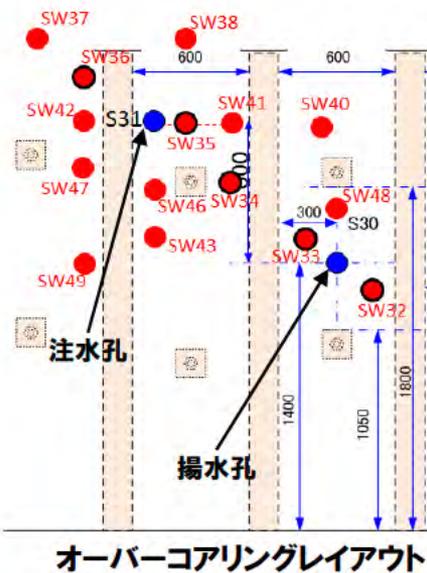
実際の地質環境における人工バリアの適用性確認

— 割れ目を対象とした物質移行試験 —



高吸着性トレーサーは、幌延泥岩への K_d が高く、揚水孔でのトレーサー濃度の検出が困難である可能性があったため、定常入力条件での試験を実施

経過時間(分) **トレーサー試験結果** 経過時間(分)
 (左図:パルス入力試験、右図:定常入力試験)



オーバーコアリング試料(SW46)

- 亀裂開口幅(X線CT)を取得するとともに、割れ目表面から深さ方向への濃度プロファイルを取得(マトリクス拡散深さの評価)
- オーバーコア試料で確認された割れ目の表面分析から、割れ目帯中のトレーサー分布をマッピング
- 上記の評価結果を考慮した物質移行モデルによる解析から、物質移行特性の評価を実施予定

処分概念オプションの実証

— 搬送定置・回収技術の実証試験 —

試験坑道2を整備し、横置きPEM(Prefabricated Engineered Barrier System Module)方式の実証試験を実施(原子力環境整備促進・資金管理センターとの共同研究)

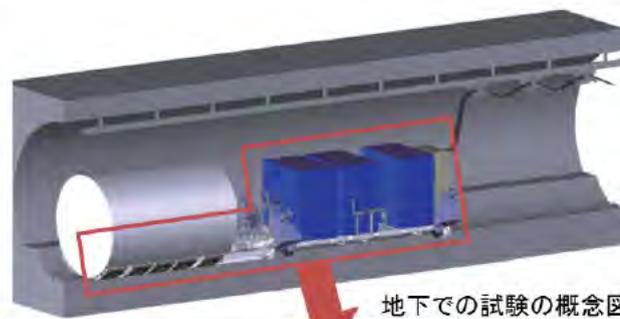


試験レイアウトイメージ

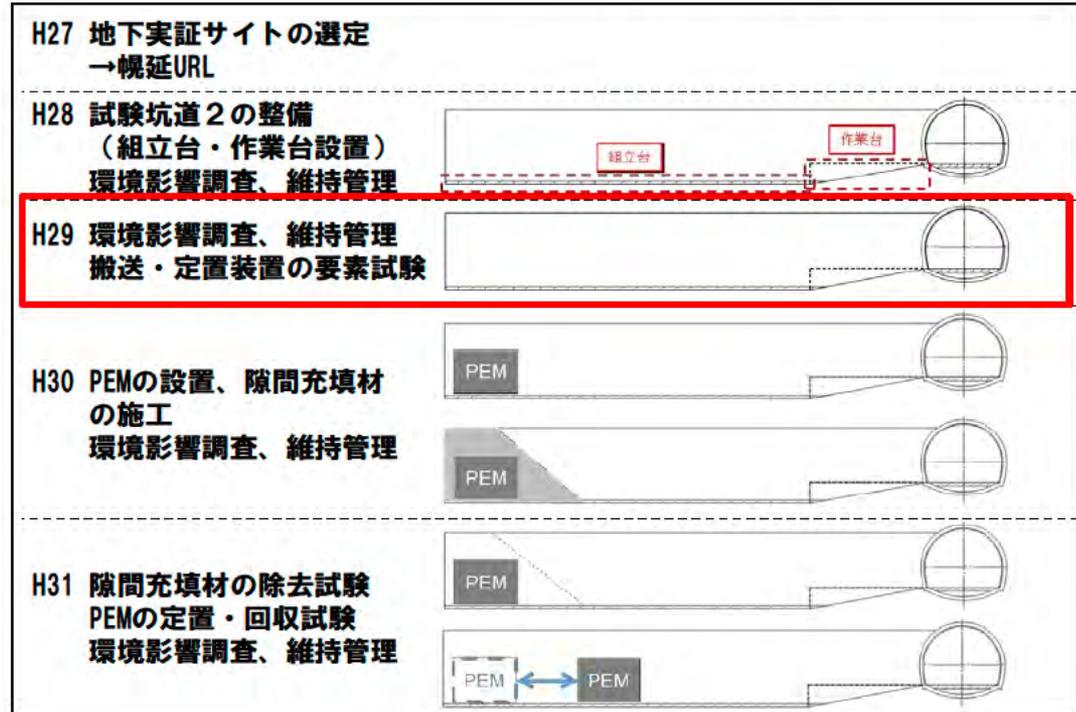
模擬PEM設置に伴う影響評価計画

力学影響	鋼製支保工応力計測 組立台コンクリート応力計測 内空変位計測、地中変位計測
水理影響	間隙水圧計測(既存) 比抵抗トモグラフィ計測 間隙水圧計測(新規)、透水試験

灰字斜体: 計画中



参考) 搬送・定置装置の設計・製作
(原環センターにて実施)



概略スケジュール

処分概念オプションの実証

－ 搬送定置・回収技術の実証試験のための試験坑道の整備 －

平成29年度は、深度350m調査坑道の試験坑道2を活用した実証試験に向け、搬送・定置装置の要素試験を実施。要素試験時の応力状態について既設のセンサーでの計測を実施。



試験坑道2の整備状況



要素試験の実施状況

□ 要素試験

搬送・定置装置(エアベアリング方式)が、現場に打設したコンクリート(組立台)上で走行可能であることを確認。
要素試験の結果を装置の仕様へフィードバック。

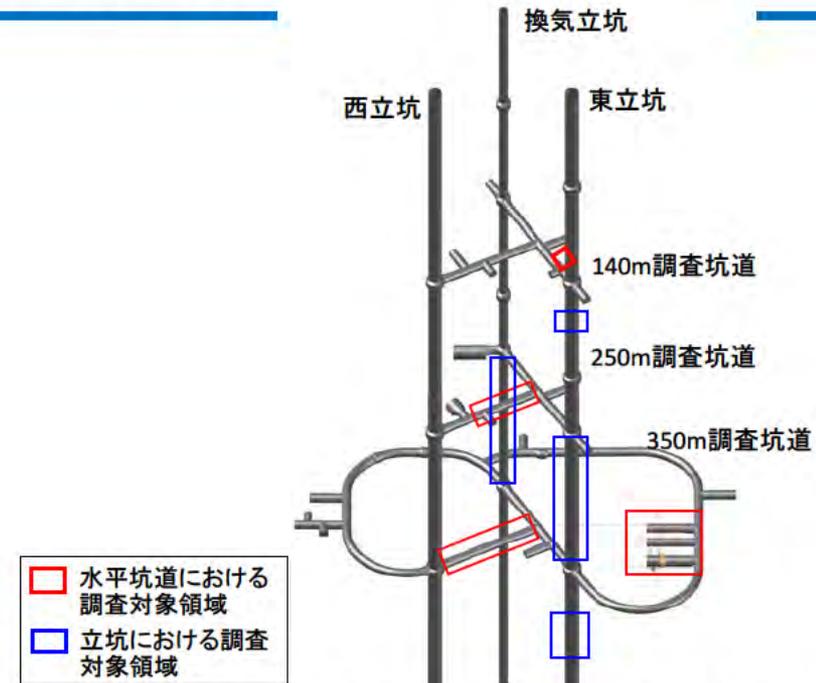
掘削影響領域調査・評価

【目的】

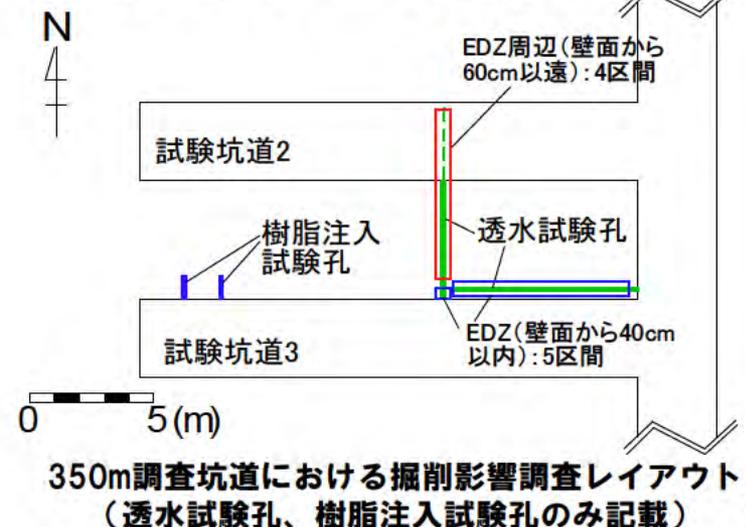
- 水平坑道および立坑掘削時に形成される掘削影響領域（EDZ）の拡がりや特性（弾性波伝播速度・透水性等），それらの経時変化を評価するとともに，発生メカニズムを把握する。
- 原位置試験や解析結果を基に，調査手法の整備を行うとともに，地層処分の安全評価手法の高度化に資するための成果として整備する。

【主な実施内容】

- EDZの拡がり・特性，経時変化の把握
 - 弾性波・比抵抗トモグラフィ調査
 - 透水試験
- EDZ発生メカニズムの把握
 - 地質観察
 - 樹脂注入によるEDZ割れ目の可視化試験
 - 数値解析（力学解析，水理力学連成解析）



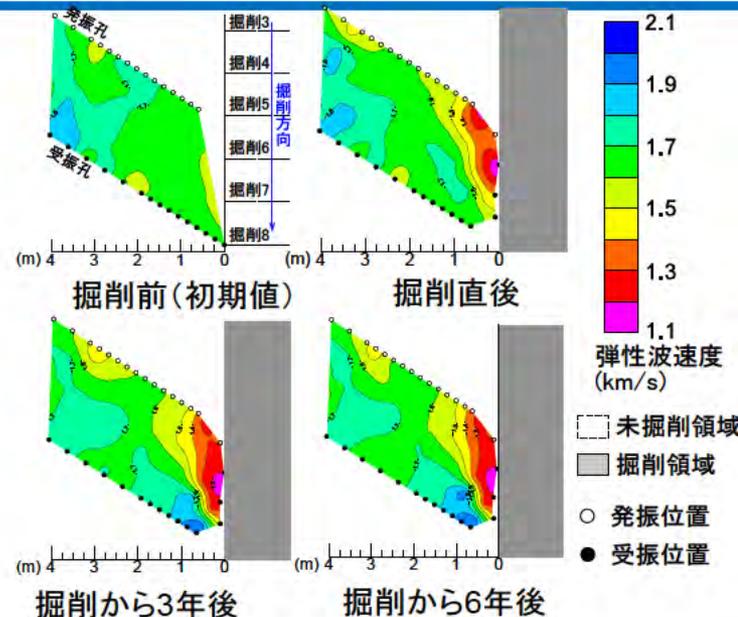
幌延URLにおける掘削影響領域の調査対象領域



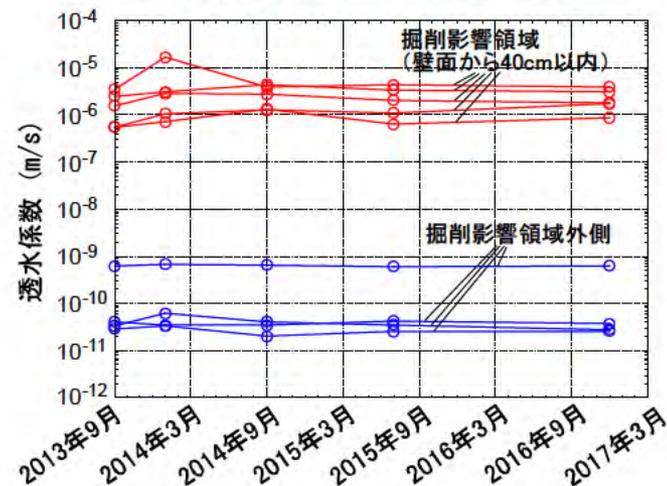
350m調査坑道における掘削影響調査レイアウト
（透水試験孔、樹脂注入試験孔のみ記載）

掘削影響領域調査・評価

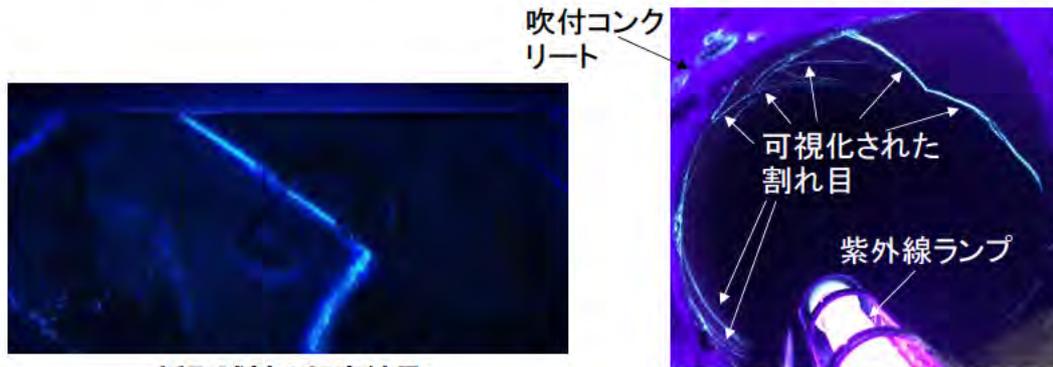
- 弾性波トモグラフィ結果から、掘削影響領域は掘削に伴って顕著に発達し、掘削後はその範囲を超えることは無い（140, 250m調査坑道）。
 - 掘削影響領域内外の透水係数は3年間顕著な変動を示さない（350m調査坑道）。
 - 坑道周辺岩盤に樹脂を注入し、固化後採取したコア試料を観察した結果、EDZ割れ目を可視化することができた（350m調査坑道）。
- ⇒ EDZの拡がりや透水性変化、割れ目の発達状況の把握に、幌延URLで採用した調査・評価手法が有効であると示唆される。



250m調査坑道における弾性波トモグラフィ調査結果



掘削後3年間の透水係数の経時変化 (350m調査坑道)



樹脂注入試験：壁面近傍のEDZ割れ目の連結の状況

※青い発光部が割れ目に相当 (JAEA-Research 2017-014)

掘削影響領域調査・評価

—坑道周辺の掘削影響を対象とした地下水の地球化学特性やその変遷に関わる評価—

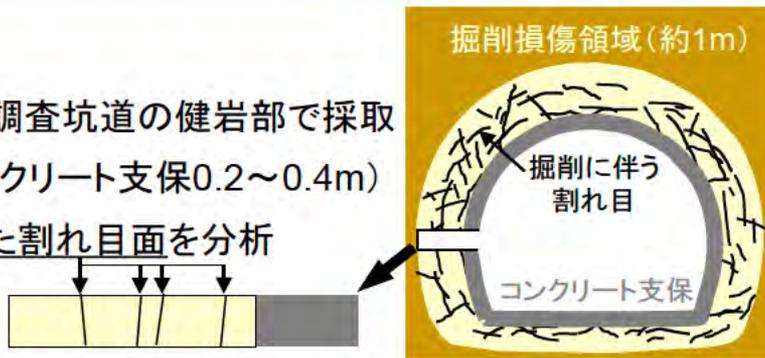
● 坑道周辺の酸化還元状態調査

目的：岩盤の酸化の進み具合を指標として、坑道周辺の酸化還元状態を調査する

【調査結果】

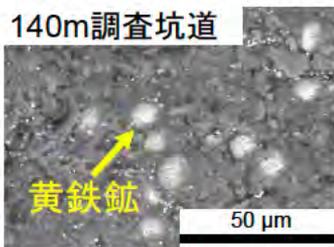
● 試料詳細

- ・140m、250m、350m調査坑道の健岩部で採取
- ・掘削長約1m(うちコンクリート支保0.2~0.4m)
- ・坑道掘削に伴い生じた割れ目面を分析

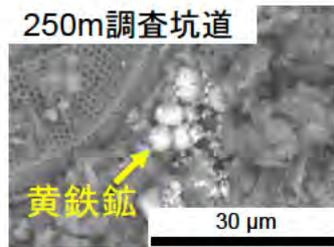


● SEM写真

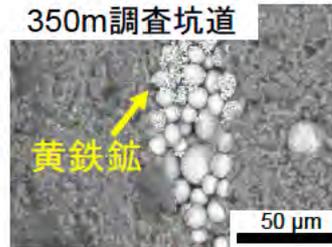
いずれも、孔壁(コンクリート支保/岩盤境界)から約5cmの割れ目面



掘削後7年経過

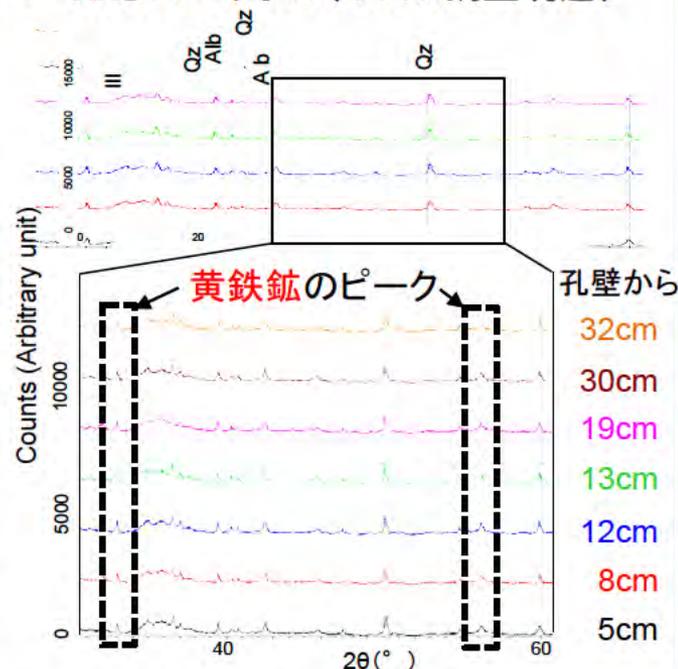


掘削後6年経過



掘削後3年経過

● XRDスペクトル(350m調査坑道)



坑道掘削後の経過時間や孔壁からの距離によらず、還元状態で安定な黄鉄鉱が分布

→ 今回調査した掘削損傷領域(坑道から約1m)では、岩盤の酸化はほとんど生じていない

参考資料

情報発信と理解醸成に向けた取り組み

ホームページでの情報発信

JAEA 幌延深地層研究センター
Horonobe Underground Research Center

深地層研究計画の状況 >>> 地下施設整備の工事状況

深地層研究計画の状況 -地下施設整備の状況-

幌延深地層研究計画は、調査研究の開始から終了までの20年程度の計画であり、「地上からの調査研究段階（第1段階）」、「坑道掘削（地下施設建設）時の調査研究段階（第2段階）」、「地下施設での調査研究段階（第3段階）」の3つの段階に分けて進めることとしています。現在は、研究用地やその周辺において、地下施設の建設、第2段階および第3段階の調査研究を行っています。

このページでは、地下施設整備の状況をご紹介します。

幌延深地層研究計画について 平成29年度 施設の維持管理について

平成29年12月5日（火）の地下施設坑道掘削長

【立坑掘削作業】
東立坑（維持管理）：
掘削深度 **380.0m**
換気立坑（維持管理）：
掘削深度 **380.0m**
西立坑（維持管理）：
掘削深度 **365.0m**

【調査坑道掘削作業】
深度140m調査坑道（維持管理）：
掘削長 **186.1m**
深度250m調査坑道（維持管理）：
掘削長 **190.6m**
深度350m調査坑道（維持管理）：
掘削長 **757.1m**

140m 調査坑道
250m 調査坑道
350m 調査坑道

掘削作業
※この4ヶ所は、今後の調査研究の進展次第で変わることがあります。

深度350m調査坑道 平面図 (PDF: 26KB)

- 地下施設整備や調査研究の状況を毎週更新
- メタンガス濃度、排水量等の地下施設の管理状況を毎日更新

計画説明会・成果報告会、地下施設見学会などの開催



「平成29年度計画説明」
（国際交流施設 平成29年5月23日）



「平成28年度成果報告」
（国際交流施設 平成29年8月3日）



「札幌報告会2017」
（札幌市教育文化会館 平成29年8月25日）



地下施設見学会
（350m調査坑道での見学の様子）
平成27年度：1,021名
平成28年度：1,347名
平成29年度：1,380名（H29.12月末現在）

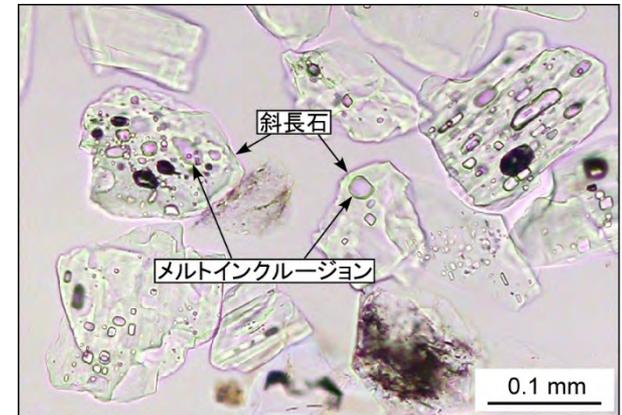
(参考)研究成果のプレス発表

湧水対策が困難な地質構造を地上から把握する方法を開発 —火山灰層起源の粘土質せん断帯の検出・追跡に世界で初めて成功—

平成29年10月13日発表

【発表のポイント】

- 火山灰層起源の粘土質せん断帯は、通常の破碎・変質起源の粘土質せん断帯と比べ、高い膨潤性や変化しやすい粘性を持つスメクタイトを潜在的に多量に含むため、地下坑道等の掘削の際には、同スメクタイトが坑道内へ地下水とともに流出してくる可能性があることから、その分布の事前把握が重要。
- しかし、従来の分析方法では粘土質せん断帯が火山灰層起源であるかを断定することは難しかったため、湧水対策を困難にしていた。
- 幌延深地層研究センターでは、坑道掘削において粘土質せん断帯から流出した粘土物質に、マグマが噴火時に急冷してガラスとなった物質(メルトインクルージョン(MI))が多く含まれていることを発見。このことから、同せん断帯は泥岩中に挟在する火山灰層が変質・変形したものであることが分かった。
- 火山灰層起源の粘土質せん断帯をMIに基づいて検出し、さらに地下施設周辺のボーリングコアの分析結果に基づいてその拡がりを数キロにわたって追跡することに、世界で初めて成功した。
- 今回適用した分析手法は、火山灰層起源の粘土質せん断帯の存在や分布を地上からのボーリング調査などから把握する際に役立つと期待。
- 本研究の成果は国際学術誌「Engineering Geology」に10月13日付で掲載。



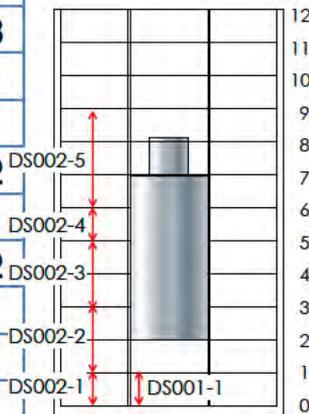
メルトインクルージョンの顕微鏡写真

Ishii, E. and Furusawa, A. (2017): Detection and correlation of tephra-derived smectite-rich shear zones by analyzing glass melt inclusions in mineral grains. Engineering Geology, 228, 158-166.

実際の地質環境における人工バリアの適用性確認

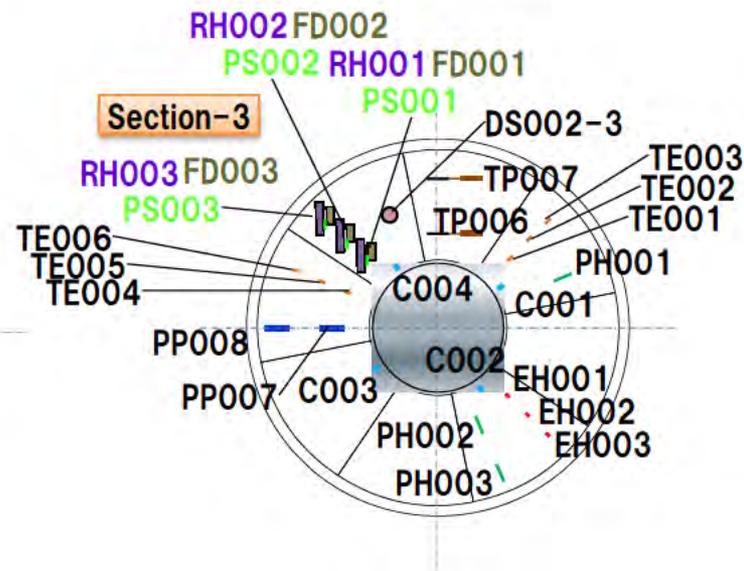
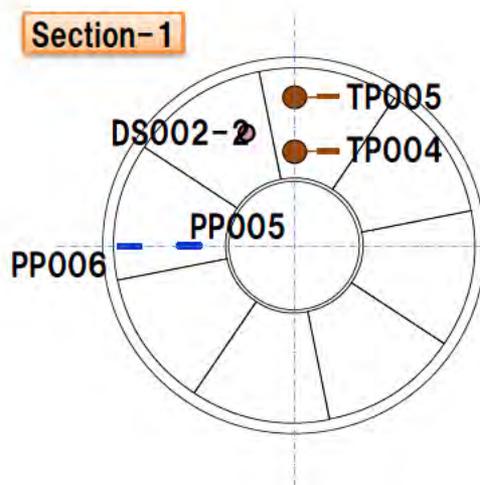
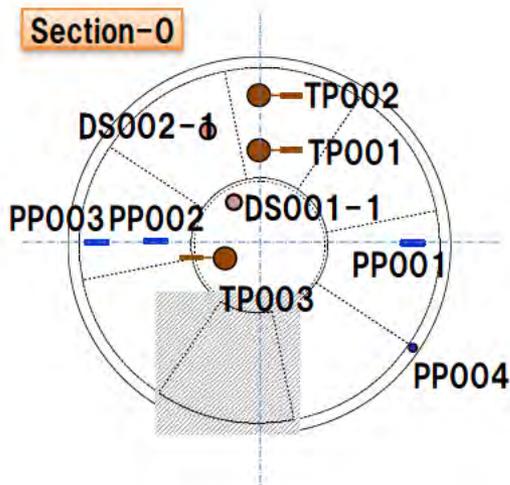
—人工バリア性能確認試験:計測項目と設置状況(緩衝材)1/2—

計測器配置断面(緩衝材段数)	0	1	3	5	6	9	11	12	計
土圧計(TPxxx)	3	2	2	4		2	1		14
間隙水圧計(PPxxx)	4	2	2	4	2	2	2		18
変位計(DSxxx)									6
光学式pH計(pHxxx)			3	3	3				9
熱電対(温度計)(TExxx)			6	6					12
白金電極(EHxxx)			3	3	3				9
炭素鋼腐食センサー(Cxxx)			4	4	4				12
湿度計(RHxxx)			3	3					6
水分計(サイクロメータ)(PSxxx)			3	3	3				9
水分計(FDR-V)(FDxxx)			3	3					6
緩衝材膨出センサー(ひずみ計)								14	14
合計	7	6	30	34	16	5	3	14	115



変位計の配置

- 水平方向:OP周辺の挙動を重点的に観測するために、模擬OP周辺にセンサーを多く配置
- 深さ方向:OP中心から概ね均等となるように計測断面を配置



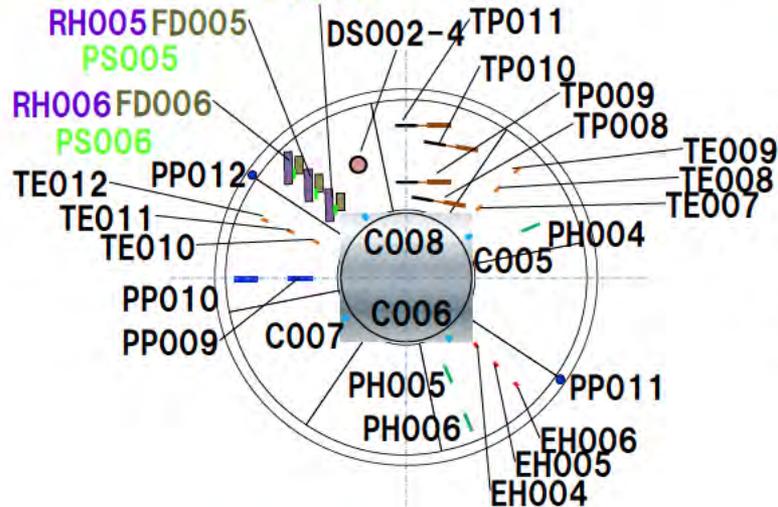
実際の地質環境における人工バリアの適用性確認

—人工バリア性能確認試験：計測項目と設置状況(緩衝材)2/2—

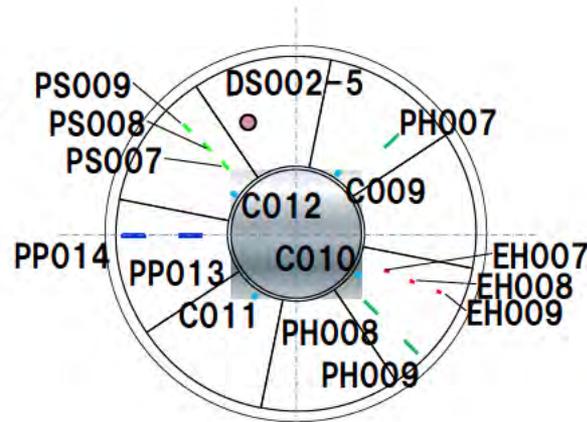
Section-5

RH004FD004

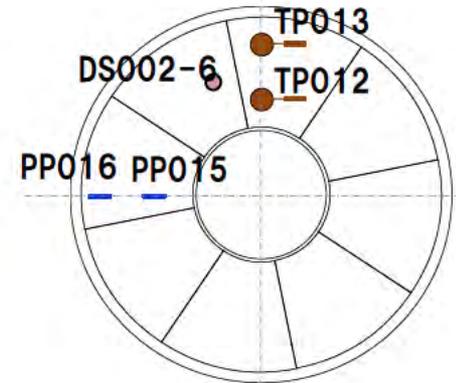
PS004



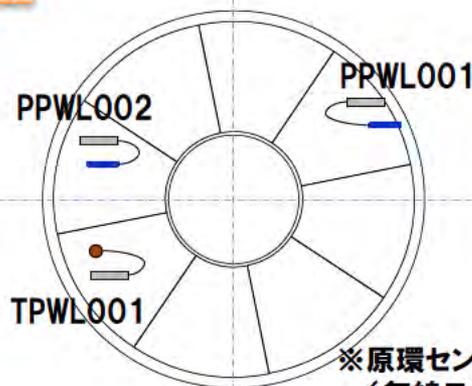
Section-6



Section-9

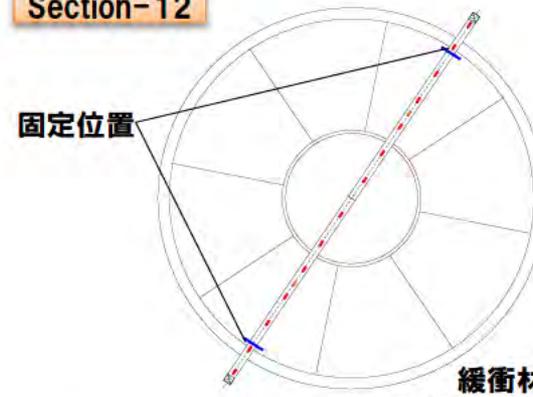


Section-11



※原環センターとの共同研究
(無線モニタリング装置)

Section-12



緩衝材膨出センサー
ひずみ計14個を配置した2枚の板状

土圧計(TPxxx) 間隙水圧計(PPxxx) 変位計(DSxxx) 光学式pH計(pHxxx)
熱電対(温度計)(TExxx) 白金電極(EHxxx) 炭素鋼腐食センサー(Cxxx) 湿度計(RHxxx)
水分計(サイクロメータ)(PSxxx) 水分計(FDR-V)(FDxxx)

参考:これまでに実施してきた物質移行試験

健岩部を対象とした物質移行試験

主な目的

- 1回目: ・ベントナイトの存在や孔径の違いを含む、マトリクス中の拡散／収着挙動を把握
- 2回目: ・塩分濃度の違いによる拡散／収着挙動の違いを把握
- 3回目: ・堆積構造(層理面)に起因した拡散特性の異方性の評価
 - ・異なる塩濃度環境下における収着／拡散特性の違いの確認
 - ・割れ目内における移行形態(移流支配or拡散支配)および割れ目表面から岩盤基質部へのマトリクス拡散の評価

試験条件一覧

	孔名	掘削長 (m)	孔径 (mm)	方向	液性条件	トレーサー	その他
①	D-02	3.00	76	鉛直	原位置地下水相当	蛍光染料:ウラニン、ローダミンWT、 ナフチオン酸ナトリウム 中性:HDO 陽イオン:Cs、Sr、Co、Ni、Eu、Ce 陰イオン:I、Mo	緩衝材(ベントナイト)有
	D-03	3.00	150	鉛直	原位置地下水相当		孔径の違い
	D-05	2.80	76	鉛直	原位置地下水相当		
②	D-06	3.00	76	鉛直	NaCl濃度4%(それ以外は原位置地下水相当)	蛍光染料:ウラニン 中性:HDO 陽イオン:Cs、Co、Ni、Eu 陰イオン:I、Mo	
	D-07	3.10	76	鉛直	原位置地下水相当		
	D-09	3.10	76	鉛直	NaCl濃度10%(それ以外は原位置地下水相当)		
③	D-10	4.45	76	斜向 (下向き35°)	原位置地下水相当	蛍光染料:ウラニン 中性:HDO 陽イオン:Cs、Co、Ni、Eu 陰イオン:I、Mo	層理面に対して平行
	D-11	5.05	76	斜向 (下向き35°)	原位置地下水相当		D-10は試験区間に割れ目を含む
	D-13	4.26	76	鉛直	NaCl濃度8%(それ以外は原位置地下水相当)		

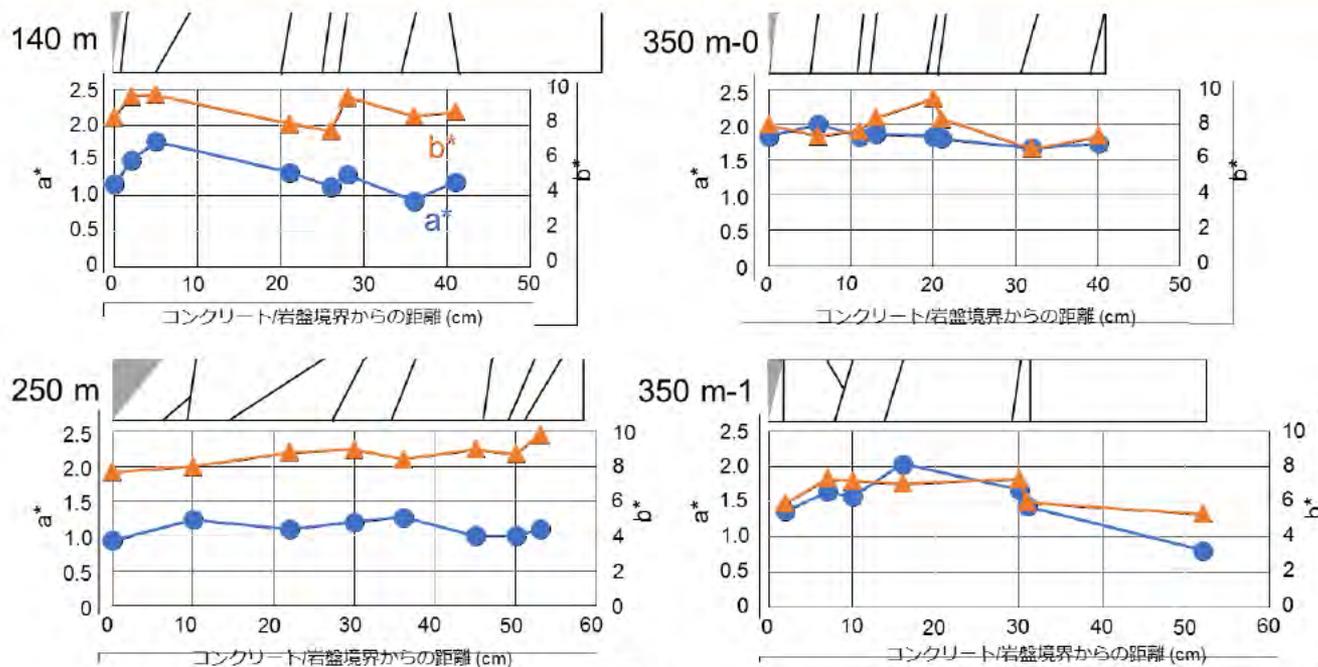
掘削影響領域調査・評価

—坑道周辺の掘削影響を対象とした地下水の地球化学特性やその変遷に関わる評価—

● 坑道周辺の酸化還元状態調査

【調査結果】

色調分析



壁面からの距離に伴う明瞭な変化は認められない

色彩 (a^* : 赤-緑, b^* : 黄-青)

【今後の課題】

坑道周辺岩盤が還元状態に保たれているメカニズム(緩衝能・メタンガス)の検証

掘削影響領域調査・評価

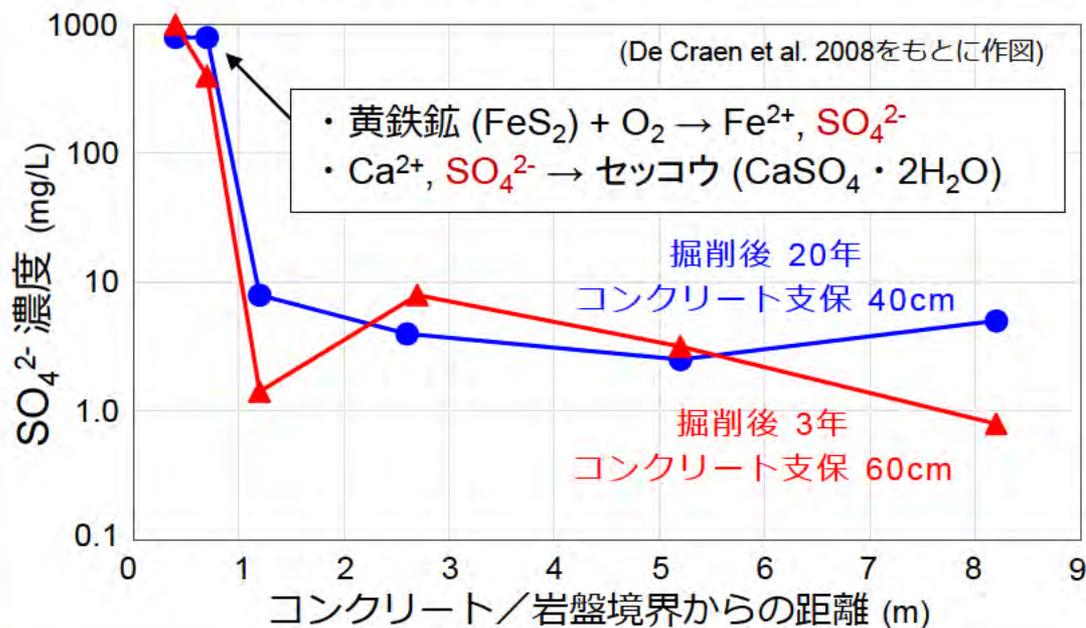
—坑道周辺の掘削影響を対象とした地下水の地球化学特性やその変遷に関わる評価—

● 坑道周辺の酸化還元状態調査

【調査結果】

幌延の掘削損傷領域では、酸化の兆候(黄鉄鉱の消失、セッコウの生成など)は認められない

● 海外の地下研究施設(Mol)での調査結果 (De Craen et al., 2008)



・掘削後の経過年数によらず、孔壁から約1mでSO $_4^{2-}$ 濃度が増加

・孔壁のごく近くでは、黄鉄鉱の消失とセッコウの生成も認められる

・幌延のコンクリート支保も同程度の厚さ
➡ 施工状態の違いによるものではない