

12. 用語集

【英数字】

AE

Acoustic Emission の略で、岩盤の内部で微小破壊が生じる際に出る音を意味しており、この破壊音の測定が、構造物や岩盤の破壊現象の監視や岩盤にかかっている力の測定に応用されています。

AMT 法

AMT (Audio-frequency Magnetotelluric) 法は、太陽の黒点活動や雷放電といった自然の電磁波に応答して地球内部から生じる自然電磁場のうち高い周波数帯を測定し、地下の比抵抗分布を推定する電磁探査法です。

BTV (ボアホールテレビューア)

ボーリング孔内にテレビカメラを内装した装置を挿入し、連続的に撮影することで、孔内状況を目視する方法です。

C-S-H

ケイ酸カルシウム水和物 (Calcium Silicate Hydrate) と呼ばれ、コンクリートに含まれる主要な水和物のひとつであり、カルシウムやシリカを含みます。含まれるカルシウムやシリカの物質量の比によって組成や性質が異なります。

Da (ダルトン)

質量を表す単位であり、質量数 12 の炭素原子の質量の $1/12$ と定義されていますが、限外ろ過に用いられるフィルターサイズの指標としても用いられます。3 kDa (キロダルトン) のろ過フィルターサイズとは、3 kDa (3,000 Da) より小さな質量の分子が通ることのできる孔径 (数 nm 程度) の指標を意味します。

DECOVALEX (デコバレックス)

DEvelopment of COupled models and their VALidation against EXperiments (連成モデルの開発とその実験結果との検証) の略称で、地層処分システムの性能評価において重要な課題のひとつである熱-水理-力学-化学連成挙動モデルの開発・確証を目的とした国際共同研究です。

ESL (証拠に基づく意思決定支援理論)

ESL (Evidential Support Logic) は対象とする事項の確からしさや真偽の程度を評価する階層分析手法のひとつであり、命題の形式で設定した評価の対象事項をその理論となる命題に細分して「論理の階層構造」を構築し、下位階層の命題の確からしさに基づいて評価の対象事項である最上位の命題 (主命題) の確からしさを評価する手法です。

Mj

地震の規模を示すマグニチュードは、計算に使用するデータや計算手法などに応じて多くの種類があり、国際的に統一された規格はありません。気象庁では、気象庁マグニチュード (Mj) とモーメントマグニチュード (Mw) を主に用いていますが、ここでは過去に発生した地震との比較が可能な気象庁マグニチュードで示しています。

MT 法

MT (Magnetotelluric) 法は、AMT 法と原理は同じですが、AMT 法よりも低い周波数帯の自然電磁場を測定し、より深部の地下の比抵抗分布を推定することができます。

OFDR 方式

光周波数領域反射測定 (Optical Frequency Domain Reflectometry) のことです。規則的な縞 (回折格子) を光ファイバーの中心部分に付与した光ファイバーを用いることで 1 mm 以下の間隔で連続的にひずみ量などを測定することができます。また、そのひずみ量から温度を求めることができます。

OTDR 方式

光時間領域反射率計 (Optical Time Domain Reflectometer) のことです。光ファイバーケーブルの中心部のガラス分子の格子振動により変化するラマン散乱光の強度を測定することにより、光ファイバーの各部の温度を求めることができます。

PFI

Private Finance Initiative (民間資金等活用事業) の略称です。公共施設などの建設、維持管理、運営などを民間の資金、経営能力、技術的能力を活用することで、国や地方公共団体などが直接実施するよりも効率的かつ効果的に事業を実施するための方策です。

TDR 法

時間領域反射率測定 (Time Domain Reflectometry) のことで、本研究では、ケーブルに負荷したパルス状の電圧の反射波がケーブルの周囲の物質の誘電率に応じて変化することを利用して隙間を検知します。

【あ行】

アウトプット法

コンクリート材料の透水係数を求める方法のひとつで、試験体に水を圧入し、試験体を通過した水の量から透水係数を求める方法です。

アクチノイド

アクチノイドは、原子番号 89 のアクチニウム (Ac) から 103 のローレンシウム (Lr) までの 15 元素の総称です。

アナログ元素

高レベル放射性廃棄物に含まれる元素と類似した化学的性質を示す元素のことを言います。アナログ元素を使った調査や試験を行うことで、高レベル放射性廃棄物に含まれる元素の移行挙動などを知ることができます。

移流

本報告書では、物質が地下水の流れによって移動する現象を指します。

埋め戻し材

処分場において、廃棄体を定置した後の処分坑道、アクセス坑道や連絡坑道を埋め戻す際に使用する材料です。埋め戻した後の坑道内が卓越した水みちとならないように、

埋め戻し材に要求される性能のひとつとして、透水性が低いことが挙げられます。処分場の建設では、坑道の掘削に伴い、大量の掘削土が発生することから、埋め戻し材には掘削土を利用することが合理的であり、透水性を低くするために掘削土にベントナイトを混合して、埋め戻し材とすることが検討されています。

ウラニン

黄緑色の蛍光染料で、フルオレセインナトリウムともいいます。化学式は $C_{20}H_{10}Na_2O_5$ で表されます。トレーサー試薬としての利用の他、入浴剤の着色料などとしても利用されています。

エトリンガイト

セメント水和物のひとつで、化学式 $3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 3CaSO_4 \cdot 32H_2O$ で表される鉱物です。

オーバーパック

オーバーパックは、人工バリアの構成要素のひとつです。ガラス固化体を包み込み、ガラス固化体に地下水が接触することを防止し、地圧などの外力からガラス固化体を保護する容器のことを言います。候補材料は炭素鋼などの金属です。

オパリナス粘土

オパリナス粘土（オパリナスクレイ）は、1 億 7,500 万年前（ジュラ紀）に形成された粘土鉱物です。スイスをはじめヨーロッパに広く分布しています。

【か行】

回収可能性

地層処分において、処分坑道に放射性廃棄物を埋設した後においても、処分場の閉鎖までの間に何らかの理由でその取り出しが望まれた場合に、それを取り出し、搬出する一連の行為が実現可能であることを言います。

回収方法

地層処分において、処分坑道に放射性廃棄物を埋設した後においても、何らかの理由でその搬出が望まれた場合にそれを搬出することを回収と言います。その回収方法として、機械的方法や高水圧などを利用して埋め戻し材を除去する方法が想定されています。

化石海水

地層の堆積時に地層中に取り込まれた海水が地質学的な長い時間をかけて変質した古海水のことです。化石海水が存在する場所は、地下水の流れが非常に遅いと考えられ、物質の移動が非常に遅く地層処分に適した場所と考えられます。

緩衝材

人工バリアの構成要素のひとつです。オーバーパックを包み込むように設置され、地下水の浸入と放射性物質の溶出・移動を抑制する機能が期待されています。さらに岩盤の変形を物理的に緩衝するクッションのはたらきや、地下水の水質の変化を化学的に緩衝して抑制するはたらきを持ちます。候補材料はベントナイトなどの粘土材料です。

緩衝材の流出現象

緩衝材が地下水の流れによって流される現象を流出現象と呼びます。

乾燥密度

乾燥密度とは、ある体積に含まれる土粒子のみの質量を考えた場合の密度のことを言います。

希土類元素

希土類元素は、原子番号 21 のスカンジウム (Sc) と 39 のイットリウム (Y) に、原子番号 57 のランタン (La) から 71 のルテチウム (Lu) までの 15 元素を合わせた 17 元素の総称で、レアアースとも呼ばれます。希土類元素は、高レベル放射性廃棄物に含まれる放射性核種と同様の化学的性質を示すことから、希土類元素を用いた試験を行うことにより、高レベル放射性廃棄物に含まれる放射性核種の移行挙動などを推測することができます。

空中電磁探査

ヘリコプターや航空機を用いて、空中から地球磁場の測定や人工的に発生させた磁場によって誘導される電磁場の測定を行い、地層や断層の分布などを推定する調査手法で、広範囲にわたり地質構造を簡便に把握できる特徴があります。

掘削損傷領域

本報告書における掘削損傷領域とは、岩盤が掘削により損傷した領域のことで、坑道の周りに形成されます。具体的には、地下空洞掘削時の周辺岩盤に生じる応力集中の影響で坑道周辺岩盤に割れ目が発達することにより、岩盤の変形特性が変化したり透水性が増大したりします。また、空気の侵入により地下水の酸化などの化学的な変化が生じます。なお、掘削損傷領域を含むより広い領域で坑道への地下水排水などにより地下水の水圧や岩盤に作用する力が変化する領域のことを掘削擾乱領域と言い、掘削擾乱領域では坑道埋め戻し後、変化した地下水圧が元の状態に回復することが想定されます。掘削損傷領域と掘削擾乱領域は、広義に掘削影響領域と表現されます。

クリープ

クリープとは、一定加重または応力が作用している状態で時間の経過とともに材料の変形（ひずみ）が進行する現象のことです。

原位置試験

地下で採取された試料を用いて行う室内試験に対して、実際の地下環境下で行う試験のことです。

限外ろ過

コロイド粒子などの、通常のろ過方法では分離できない微細な粒子をろ過する方法で、約 1 kDa～1,000 kDa の分子を分離することができます。

減熱過程

人工バリアを構成するガラス固化体は、処分孔に設置した当初は発熱しており、時間の経過とともに発熱量が低下し、温度が下がっていきます。このような温度が下がっていく段階を本報告書では減熱過程と言います。発熱している段階（加熱過程）では、緩衝材の外側は地下水の浸潤に伴って飽和度が上昇しますが、緩衝材の内側は発熱の影響により飽和度は低下します。減熱過程に入り、温度が下がれば地下水が緩衝材に入りや

すくなり、時間の経過とともに緩衝材の内側まで地下水が浸潤します。このような熱と地下水の浸潤という同時並行的に生じる現象を原位置試験で再現するために、人工バリア性能確認試験では加熱過程、減熱過程の試験を行っています。

高精度傾斜計

通常の傾斜計が計測できる角度は約 3,600 分の 1 度であるのに対し、約 1 億分の 6 度の傾斜量を計測することができる非常に計測精度の高い傾斜計です。

坑道スケール

実際の処分場では、地下深くに多数の坑道が掘削されます。これらの坑道の配置を検討するために必要な評価範囲（数百 m 程度）のことを指します。

古水理地質学的変遷

地質環境中における過去から現在までの地下水の流動や化学的状態などの移り変わりのことです。

コロイド

大きさが 1 nm～1 μm の粒子が水などの液体中に浮遊し、容易に沈まない状態を指します。コロイドが地層中の放射性核種の移行に影響を及ぼす可能性が指摘されています。

コンクリーション化

地層中の砂や泥の粒子の間に鉱物が急速に析出・沈殿して隙間を充填し、コンクリートのような硬い状態になることです。

【さ行】

酸化還元電位

地下水の酸化還元状態を表します。酸化還元電位が低い地下水ほど含まれる酸素が少なく還元状態であることを表します。

支保（工）

地下空間の安定を保つために設ける、ロックボルト、鉄骨、コンクリートの壁などの構造物です。

集水リング

立坑内に湧水する地下水を回収・採取するために、立坑壁面に深さ 30 m～40 m ごとに設置されている設備です。

収着

収着とは、地下水中有る元素が、岩盤などに取り込まれる現象です。

処分概念オプション

幌延深地層研究計画における処分概念オプションとは、地下深くの岩盤中に高レベル放射性廃棄物を埋設するという、地層処分の概念を実現するための色々な方法のことです。例えば、廃棄体を縦置きにするのか横置きにするのか、人工バリアのひとつである緩衝材をブロックで積み上げるのか現場で固めるのか、といった処分方法、埋め戻し方法の違いおよび搬送定置・回収方法などについての選択肢のことを指します。

人工バリア

ガラス固化体、オーバーパックおよび緩衝材からなる地層処分システムの構成要素のことで、高レベル放射性廃棄物が人間の生活環境に影響を及ぼさないようにする障壁として、人工的に形成するものです。

水圧擾乱試験

注水により断層内の水圧を上昇させ、断層の剛性（変形しにくさ）や強度（破壊しにくさ）を低下させることにより、断層をずらす試験のことを指します。

水理学的連結性

地下水の流れを評価する上で、断層や割れ目の中の隙間のつながり具合を水理学的連結性と言います。岩盤の中には、大小さまざまな断層や割れ目が存在し、これらは独立して存在したり、他とつながって存在したりします。岩盤の中での地下水の流路は、断層や割れ目内の隙間が主なものですが、その隙間が二次元的あるいは三次元的に広くつながっている場合には、水理学的連結性が高いと表現します。一方、断層や割れ目内の隙間が一部でしかつながっていない場合は、水理学的連結性が低いと表現します。

スクリー工法

本報告書では、埋め戻し材をスクリーコンベアを用いて充填する工法を指します。

せん断

岩盤などの内部の任意の面に対して平行方向に力が作用してずれが生じることを言います。

【た行】

堆積岩の緩衝能力

本報告書では、地殻変動（地震など）の影響により擾乱を受けた断層や割れ目の透水特性が、その岩盤の力学特性に応じて一定の範囲に留まろうとする能力、あるいは時間経過とともに元の状態に戻ろうとする能力のことを指します。

ダクティリティインデックス (DI)

岩石の強度・応力状態を示すために新たに定義した指標であり、この値が高いほど、岩石は見かけ上、やわらかくなります。岩盤にかかる平均有効応力（岩石に実際にかかる平均的な負荷応力）をその健岩部の引張強度（岩石の引っ張り破壊に対する強度）で除した値で定義されます。

多相流解析

岩盤中を流れる流体の流動シミュレーションにおいて、水の流れだけではなく、空気や蒸気などの気相の流動も考慮した解析のことです。

縦方向分散長

本報告書では、「機械的分散」を単に分散と表現しています。分散は流れの速さに依存する形で表現することができ、簡単に一次元方向の流れのみを考慮する場合、以下の式で表現することが可能です。

$$D=\alpha \cdot u$$

ここで、 D ：分散係数 (m^2/s)、 α ：分散長 (m)、 u ：流速 (m/s) を表します。分散係数は流れの方向に対して、同じ方向、直行方向、垂直方向にそれぞれ定義することができ、流れの方向と同じ方向の分散係数は以下の式で表現することが可能です。

$$D_L = \alpha_L \cdot u$$

この時の分散長 (α_L) を縦方向分散長といいます。

弾性

弾性とは、力を加えたときに変形し、力を取り除くと元に戻る性質のことです。

弾塑性

弾塑性とは、弾性と塑性（力を加えて変形させたとき、変形したままの状態になる性質）をあわせ持った性質のことです。

弾性波

岩盤の中を伝わる振動のことを指します。地震など自然に発生する振動や人工的に岩盤を叩くなどして人工的に与えた振動が伝わる速度を弾性波速度と呼び、これは岩盤の状態によって変化します。様々な場所での弾性波速度の分布を調べることで坑道周辺の岩盤の状態を知ることができます。

中性化

大気中の二酸化炭素とコンクリート中の水酸化カルシウムなどの成分とが反応し、コンクリート中の細孔溶液の pH が低下する現象です。中性化が進むとコンクリート中の鉄筋が腐食しやすくなり、鉄筋が腐食することでコンクリートのひび割れなどが発生し、コンクリート構造物の劣化が進みます。

電子プローブマイクロアナライザー

電子プローブマイクロアナライザー (Electron Probe Micro Analyzer : EPMA) は、電子ビームを測定対象に照射したときに、電子と対象を構成する元素の相互作用によって発生する元素に特有な X 線（特性 X 線）を検出することで、対象を構成する元素を分析する装置です。

電気伝導度

電気の通しやすさを表す値で、電気伝導度が大きい（電気を通しやすい）ほど地下水に溶けているイオンの量が多いことを表します。

同位体比

同じ種類の原子であっても重さ（質量数）が違うものがあり、その割合のことを同位体比と言います。例えば、水は酸素原子および水素原子から構成されていますが、水素および酸素の中には重さの異なる原子（同位体）が存在します。重い酸素および軽い酸素の割合を酸素同位体比、重い水素および軽い水素の割合を水素同位体比と言います。

透水性

岩盤の水の通しやすさのことです。透水性を表す指標として透水係数が用いられます。透水係数： k は、以下の式で定義され、単位は長さ/時間 (m/s) となります。

$$Q = kAh/l$$

ここで、Q：流量（ m^3/s ）、A：断面積（ m^2 ）、h：水圧差（m）、l：長さ（m）を表します。

トモグラフィ

トモグラフィ調査は、調査対象の範囲内の物性値（速度、比抵抗など）の分布を断面として可視化する物理探査手法です。

トレーサー

本報告書では、地下水中に溶存する物質が地層中を移行する際の経路や収着・拡散といった挙動を調査するために、地下水に添加する物質をトレーサーと呼びます。幌延深地層研究計画では、トレーサーとしてウラニン（蛍光染料）やヨウ素などを用いています。これらは、いずれも放射性物質ではありません。なお、幌延深地層研究計画では放射性のトレーサーを用いた試験を行うことはありません。

トレーサー回収率

トレーサー回収率とは、「投入区間から注入したトレーサーの単位時間当たりの量」に対する「回収区間で観測されたトレーサー濃度が概ね一定となった期間におけるトレーサーの単位時間当たりの量」の比を指します。

【な行】

二重遮水シート

有害物質を含む汚水が地中に漏出して、周辺の地下水を汚染することを防ぐために、掘削土（ズリ）置場の側面や底面に敷く、遮水能力のあるシートのことです。遮水材料としては合成樹脂系、合成ゴム系およびアスファルト系の物質が用いられます。

熱－水理－力学－化学連成現象

地下環境に設置された廃棄体の周辺の緩衝材や岩盤で、廃棄体からの熱、地下水の流れ、緩衝材が膨潤することによって発生する応力や岩盤に作用する応力、地下水と鉱物の反応などによる化学的な変化などが複合的に生じる現象です。

【は行】

暴露試験

材料および製品を特定の環境に暴露し、その環境における材料や製品の化学的性質・物理的性質および性能の変化を調査する試験です。

ピットスケール

廃棄体および人工バリアを垂直に設置する竖置き方式の場合には、処分坑道に多数のピット（処分孔）が掘削されます。これらのピットの配置を検討するために必要な評価範囲（数十m程度）のことを指します。

比抵抗

岩石の電気の流れにくさを表すもので、一般的には、粘土、シルト岩などは比抵抗が低く（電気が流れやすく）、頁岩、泥岩などは特に低い比抵抗を示す傾向があります。また、砂・礫混じりの地層は比抵抗が高い（電気が流れにくい）傾向があります。

品質保証体系

本報告書では、緩衝材や埋め戻し材に要求される性能を満足することを示す方法を品質保証としており、その緩衝材や埋め戻し材を設計・施工する過程までを含めた品質保証の枠組みを品質保証体系としています。

プラグ

ベントナイトやコンクリートなどが材料となって構成される、緩衝材や埋め戻し材が移動・膨出するのを防ぐため、あるいは掘削損傷領域の地下水の移動を抑制するために、処分坑道の両端やその周辺に設けられる構造物です。なお、本報告書で記載のある「止水プラグ」は、掘削損傷領域の地下水の移動を抑制するためにベントナイトを混ぜた材料で構築するものを指します。

分散

水の流れに乗って物質が媒体を移動する場合、その媒体の構成物質の不均質性と構成物質と水の間に生じる摩擦などによって、物質の移動速度に違いが生じます。その結果、物質が空間的に広がり、濃度が低下します。このようなプロセスは一般的に「機械的分散」と呼ばれますが、本報告書では単に「分散」と表現しています。

ベントナイト

モンモリロナイトを主成分とする粘土の一種です。地層処分では、緩衝材や処分坑道の埋め戻し材の原料として用いられ、ベントナイトの膨潤により緩衝材の透水性が低下し、放射性核種が緩衝材に吸着され、移行を抑制する効果があります。

膨出

緩衝材と埋め戻し材に含まれるベントナイトの割合は、緩衝材の方が大きいため、緩衝材の方が地下水と接触した際に膨らむ力が大きくなります。このため、緩衝材と埋め戻し材の境界面では緩衝材が埋め戻し材側に膨らんでいきます。この現象を本報告書では膨出と呼びます。緩衝材が埋め戻し材側に膨らんでいくことにより、部分的に緩衝材の密度が小さくなり、期待する性能が損なわれる可能性も想定されます。

膨潤

ベントナイトは水と接触すると水を吸って膨らむ性質があり、その現象を本報告書では膨潤と言います。膨潤しようとするベントナイトを膨らまないように拘束した時に発生する圧力を膨潤圧と言います。

防爆仕様

可燃性ガスが存在または存在する恐れのある場所で電気設備を設置または使用する場合、電気設備が原因となって生ずる爆発や火災などを防止するために、火花などが発生してもガスに引火しないようになっている構造です。

飽和度

土や岩盤などの間隙に含まれる水の体積と間隙の体積との比を表す値です。

【ま行】

マイナーアクチノイド

アクチノイドのうち、原子番号 93 のネプツニウム (Np) および原子番号 95 のアメリシウム (Am) から 100 のフェルミウム (Fm) の 7 元素のことを指します。

水みちのつながり方の次元

地下水の通り道となる隙間同士をつなぐ具合を表す指標です。隙間同士が互いに良くつながり、三次元的なネットワークを形成する場合は三次元、隙間同士をつなぐが限定的で、一次元的なチャンネルを形成する場合は一次元となります。

【や行】

有効粘土密度

緩衝材や埋め戻し材中に含まれるケイ砂の体積を除いた、粘土材料（ベントナイト）のみの乾燥密度を計算したものです。

溶存態濃度

ここでは、0.2 μm のフィルターを通して分離できない状態の元素を「地下水に溶けている（溶存している）」と定義しています。

【ら行】

ラドン

ラドン (Rn、原子番号 86) は、地中に含まれるウランが放射線を出しながら変化していく過程で生じる元素です。

ラマン分散

物質に光を当てた時に、入射光と異なる波長に散乱される現象をラマン散乱と言います。

ランタノイド

ランタノイドは、原子番号 57 のランタン (La) から 71 のルテチウム (Lu) までの 15 元素の総称です。

令和 2 年度以降の必須の課題

「令和 2 年度以降の幌延深地層研究計画」では、以下の 3 つを研究課題として取り組むこととしており、これらを「令和 2 年度以降の必須の課題」と呼んでいます。

- ・ 実際の地質環境における人工バリアの適用性確認
- ・ 処分概念オプションの実証
- ・ 地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の検証

参考資料

令和2年度以降の研究工程

1.1 人工バリア性能確認試験

目的・背景・必要性・意義	課題	R2以降の課題	R2以降の実施内容	R5の実施内容	研究期間																								
					前半					後半																			
・ 実際の地質環境下における処分孔設置方式を対象とした熱-水-応力-化学連成現象（ガラス固化体設置以降の加熱時から浸潤時・減熱時を模擬した現象）に関する試験をとおして、設計や連成挙動評価手法の適用性の確認（人工バリアの解体試験および緩衝材の飽和度の確認を含む）、ならびに施工方法などの工学的実現性の例示等を行い、設計、施工および評価・解析といった一連の技術に関する基盤情報を整備する ・ これらをおとして、廃棄体埋設後において、廃棄体周辺で起こる現象の理解を深め、安全評価において前提としている環境条件が達成されること確認するとともに、その予測技術を確立することで、人工バリアの設計に反映する	③④ 熱-水-応力-化学連成現象（ガラス固化体設置以降の加熱時（③）から浸潤時・減熱時（④）を模擬した現象）の評価手法（モデル化・解析手法）の確立	④ 浸潤時・減熱時のデータを含め、ガラス固化体設置以降の加熱・注水時から浸潤時・減熱時を全て模擬したデータに基づく熱-水-応力-化学連成現象のモデルの高度化、及び浸潤時の実際の飽和度などの確認（解体試験による）	④-1 注入する地下水の圧力や量を増加させ緩衝材に地下水を浸潤させた場合のデータ（浸潤時・減熱時）を取得、連成モデルの適用性確認	R5は実施しない	前半の5年程度で実施																								
					体系化して取り組む課題（（2）処分概念オプションの実証のうち人工バリアの定置・品質確認などの方法論に関する実証試験）で実施																								
					R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10																
					④-1 浸潤時・減熱時のデータ取得・連成モデルの適用性確認																								
					緩衝材中の温度の低下や緩衝材内側の低下を確認					発熱がおさまった条件での試験を継続、評価モデルを検証するためのデータ取得					令和4年度までに得られる成果 減熱過程における ○緩衝材で生じる連成現象の把握 ○解析用パラメータの整理 ○熱-水理-力学連成解析モデルの適用性の確認														
															令和9年度までに得られる成果 解体試験における ○緩衝材で生じる連成現象の把握 ○解析用パラメータの整理 ○熱-水理-力学連成解析モデルの適用性の確認														
					国際プロジェクトでの解析コード間の比較検証、改良・高度化										体系化の中で、情報の不足等があった場合に追加で試験、解析を実施														
					解析モデルや解析条件を設定					各解析コードによる解析結果の違いを把握					人工バリア性能確認試験を対象とした比較検証に移行					解析コード間の比較検証による評価結果を整理					令和5年度までに得られる成果 ○各国の解析コード間の比較検証を通じた解析コードの有効性の確認				
					④-2 人工バリアの解体作業、緩衝材の飽和度の確認																								
試験施工は、埋戻し材、ブラグ、試験孔、人工バリアを設置、注水開始					試験施工を行い、緩衝材の解体方法や模擬オーバーバックの取り出し手法を確認					解体試験計画案（解体作業の方針および施工手順・サンプリング方法）の決定					令和4年度までに得られる成果 ○人工バリアの解体作業の方針及び施工手順・方法の決定														
																				令和9年度までに得られる成果 ○人工バリア周辺における連成現象の実データの取得									

※1 本資料は現段階で想定するスケジュールであり、年度ごとに得られた研究成果を評価し見直ししていく。

※2 研究の進捗管理として、各年度の成果を各年度の欄に追記する。

個別の要素技術の課題については、期間の前半で実施し、後半は体系化して取り組む課題（「2.1.2 坑道スケール～ピットスケールでの調査・設計・評価技術の体系化」）に統合して実施する。

「2.1.2 坑道スケール～ピットスケールでの調査・設計・評価技術の体系化」を実施する中で、情報の不足等があった場合に追加で試験や解析を実施する。

1.2 物質移行試験

目的・背景・必要性・意義	課題	R2以降の課題	R2以降の実施内容	R5の実施内容	研究期間																					
					前半					後半																
・ 幌延地域に分布する泥岩は断層等の構造的な割れ目が分布することが知られているため、岩盤基質部（＝健岩部）における拡散および割れ目（掘削損傷領域などの人為的な割れ目も含む）を介した移流・分散が主要な移行経路や形態として考えられる ・ 有機物・微生物・コロイド等が、物質の移行に影響を及ぼすことが考えられる ・ したがって、割れ目を有する堆積岩での物質移行経路や形態と物質移行に与える要因（有機物・微生物・コロイド等）を総合的に評価することが必要 ・ そのために、幌延の泥岩を事例として、岩盤基質部（＝健岩部）および割れ目の双方を対象とした原位置トレーサー試験等を実施し、それぞれの構造の物質移行特性評価手法を構築することが重要 ・ 世界的にも事例が少ない泥岩中の割れ目を対象としたトレーサー試験手法を確立することも重要 ・ あわせて、有機物・微生物・コロイド等が、物質の移行に及ぼす影響を把握することが重要	① 岩盤基質部（＝健岩部）を対象とした物質移行特性（物質の移動速度や岩盤へのくつきやすさ等）の評価手法の検証	④ 掘削損傷領域の物質移行の評価手法の確立	確立した試験手法を用いて掘削損傷領域での物質移行に関するデータ取得を実施するとともに、有機物や微生物が放射性物質を取り込んで移動する影響が限定的であることを確認する。また、物質移行評価手法の高度化するため以下を実施	④ 過年度の掘削損傷領域を対象としたトレーサー試験の解析評価	体系化して取り組む課題（(2)処分概念オプションの実証のうち人工バリアの定置・品質確認などの方法論に関する実証試験）で実施																					
	② 割れ目を対象とした物質移行特性（物質の移動速度や岩盤へのくつきやすさ等）の評価手法の検証		④ 確立したトレーサー試験手法を用いた掘削損傷領域での物質移行に関するデータ取得		前半の５年程度で実施					体系的な評価手法の確立																
	③ 泥岩中の割れ目を対象としたトレーサー試験手法の検証		⑤ 有機物、微生物、コロイドの影響を考慮した物質移行試験		R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10													
	④ 掘削損傷領域などの人為的な割れ目を対象とした物質移行特性（物質の移動速度や岩盤へのくつきやすさ等）の評価手法の検証		⑤ 有機物、微生物、コロイドの影響を考慮した物質移行モデル化手法の高度化		④ 掘削損傷領域の物質移行の評価手法の確立					体系的な評価手法の確立																
	⑤ 有機物・微生物・コロイド等が、物質の移行に及ぼす影響を把握することが重要		⑥ 掘削損傷領域の物質移行特性の評価手法の高度化		掘削損傷領域の物理・物質移行特性を評価するためのデータを取得					掘削損傷領域の物質移行特性を評価するためのデータを蓄積					掘削損傷領域の物質移行特性について、解析手法の適用性を確認											
	⑥ 割れ目を有する堆積岩での物質移行特性の総合的な評価手法の確立		⑦ 掘削損傷領域の物質移行特性の評価手法の高度化		⑤ 有機物、微生物、コロイドの影響を考慮した物質移行モデル化の高度化					体系的な評価手法の高度化																
					室内試験データ（地下水中の有機物のサイズ分布など）を取得					原位置試験の準備として試験孔の掘削・装置を設置、基礎データを取得					コロイドへの元素収着データを取得、原位置トレーサー試験に着手					原位置試験で地下水中に添加したトレーサーの濃度変化を確認						
					⑥ ブロッックスケール（数 m～100m 規模）における遅延性能評価手法の整備										令和 6 年度までに得られる成果 ○ 原位置試験データ（非収着性 / 収着性トレーサー）の取得 ○ EDZ におけるモデル化 / 解析評価手法の提示											
										原位置試験の準備作業として、物質移行試験装置を設置					稚内層深部の断層の物質移行経路の連続性についてデータ取得					声間層の物質移行特性のためのボーリング掘削に着手					声間層で関連データ取得を、稚内層深部において、解析手法の適用性を確認	
															令和 6 年度までに得られる成果 ○ 原位置試験データ（非収着性 / 収着性トレーサー）の取得 ○ 幌延を事例としたブロックスケールの評価手法の提示											

※1 本資料は現段階で想定するスケジュールであり、年度ごとに得られた研究成果を評価し見直していく。

※2 研究の進捗管理として、各年度の成果を各年度の欄に追記する。

個別の要素技術の課題については、期間の前半で実施し、後半は体系化して取り組む課題（「2.1.2 坑道スケール～ピットスケールでの調査・設計・評価技術の体系化」）に統合して実施する。

「2.1.2 坑道スケール～ビットスケールでの調査・設計・評価技術の体系化」を統括して実施する中で、情報の不足等があった場合に追加で試験や解析を実施する。

2.1 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

2.1.1 操業・回収技術等の技術オプションの実証、閉鎖技術の実証

目的・背景・必要性・意義	課題	R2 以降の課題	R2 以降の実施内容	R5 の実施内容	研究期間									
					前半					後半				
・処分場の操業（廃棄体の搬送定置・回収、処分場の閉鎖を含む）に関わる人工バリアの搬送・定置方式などの工学技術の実現性、人工バリアの回収技術の実証を目的として、幌延の地下施設を事例に、原位置試験を実施し、人工バリアの搬送定置・回収技術及び閉鎖技術を実証する	① 処分場の操業（廃棄体の搬送定置・回収、処分場の閉鎖を含む）に関わる人工バリアの搬送・定置方式などの工学技術の実現性、人工バリアの回収技術の実証 ② 個別の要素技術の実証試験 ③ 埋め戻し材、プラグに関する設計手法、製作・施工及び品質管理手法の確立	①②③ 操業・回収技術などの技術オプションの実証、閉鎖技術の実証	注入する地下水の圧力や量を増加させ、緩衝材に十分に水を浸潤させた状態を確保して施工方法（締固め、ブロック方式等）の違いによる緩衝材の品質の違いを把握する。また、埋め戻し方法（プラグの有無等）・回収方法による埋め戻し材の品質の違いを把握する。 ① 搬送定置・回収技術の実証（緩衝材や埋め戻し材の状態に応じた除去技術の技術オプションの整理、回収容易性を考慮した概念オプション提示、回収維持の影響に関する品質評価手法の提示） ② 閉鎖技術（埋め戻し方法：プラグ等）の実証	① 地下環境におけるコンクリートの劣化に関する試験、分析の継続、実際の地下施設に施工されているコンクリート支保工の劣化挙動等の評価 ② 閉鎖システム（埋め戻し材やプラグなど）に関する基盤情報の整備を目的とした解析検討、室内試験および原位置試験の継続 ③ 緩衝材の膨出挙動に関する調査、埋め戻し材の施工効率に関する要素試験への着手と施工品質を確認するための計測技術の高度化	前半の5年程度で実施					体系化して取り組む課題（（2）処分概念オプションの実証のうち人工バリアの定置・品質確認などの方法論に関する実証試験）で実施				
					R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	
					① 搬送定置・回収技術の実証					体系化の中で、情報の不足等があった場合に追加で試験、解析を実施				
					地下環境でのコンクリートの劣化に関する試験を開始	乾燥および湿潤条件下で約1年間定置したコンクリートの中性化の程度の違いを確認	乾燥および湿潤条件下で約2年間定置したコンクリートの中性化の程度の違いなどを確認	地下施設に実際に施工されている低アルカリ性吹付けコンクリートの物性・化学特性データを取得		令和6年度までに得られる成果 ○実際の地下環境における支保部材の経年変化に係るデータ取得 ○坑道掘削・閉鎖後の地質環境変化に関する事象の把握				
					② 閉鎖技術（埋め戻し方法：プラグ等）の実証					体系化の中で、情報の不足等があった場合に追加で試験、解析を実施				
					閉鎖システムに関する基盤情報の整備を目的とした解析検討、室内試験、工学規模試験を実施	閉鎖システムに関する基盤情報の整備を目的とした解析検討・室内試験・原位置試験を実施	閉鎖システムに関する基盤情報の整備を目的とした解析検討・室内試験・原位置試験を実施	閉鎖システムに関する基盤情報の整備を目的とした解析検討・室内試験・原位置試験を実施		令和6年度までに得られる成果 ○シーリングシステムの長期性能評価に関する考え方の整理 ○緩衝材の膨潤挙動に影響を与える事象の整理 ○止水プラグの施工に関する重要技術の抽出 ○EDZ調査技術の評価・高度化 ○坑道内からのボーリング孔に対するシーリング技術の整備・実証				
					③ 人工バリアの緩衝材と坑道の埋め戻し材の施工方法の違いに係る品質保証体系の構築					体系化の中で、情報の不足等があった場合に追加で試験、解析を実施				
					自然湧水環境での緩衝材の流出状況を確認	流量による影響に着目した緩衝材の流出試験を実施	隙間へのケイ砂充填による緩衝材材料範囲の効果を確認	埋め戻し材の各工法に適用可能な材料範囲や施工品質に関するデータを取得		令和6年度までに得られる成果 ○緩衝材の施工方法に関する技術オプションの実証 ○坑道閉鎖に関する技術オプションの実証				

※1 本資料は現段階で想定するスケジュールであり、年度ごとに得られた研究成果を評価し見直していく。

※2 研究の進捗管理として、各年度の成果を各年度の欄に追記する。

■ 個別の要素技術の課題については、期間の前半で実施し、後半は体系化して取り組む課題（「2.1.2 坑道スケール～ピットスケールでの調査・設計・評価技術の体系化」）に統合して実施する。

■ 「2.1.2 坑道スケール～ピットスケールでの調査・設計・評価技術の体系化」を実施する中で、情報の不足等があった場合に追加で試験や解析を実施する。



2.1 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

2.1.2 坑道スケール～ピットスケールでの調査・設計・評価技術の体系化

目的・背景・必要性・意義	課題	R2 以降の課題	R2 以降の実施内容	R5 の実施内容	研究期間									
					前半					後半				
・処分場の操業（廃棄体の搬送定置・回収、処分場の閉鎖を含む）に関わる人工バリアの搬送・定置方式などの工学技術の実現性、人工バリアの回収技術の実証を目的として、幌延の地下施設を事例に、原位置試験を実施し、人工バリアの搬送定置・回収技術及び閉鎖技術を実証する	① 処分場の操業（廃棄体の搬送定置・回収、処分場の閉鎖を含む）に関わる人工バリアの搬送・定置方式などの工学技術の実現性、人工バリアの回収技術の実証 ② 個別の要素技術の実証試験 ③ 埋め戻し材、プラグに関する設計手法、製作・施工及び品質管理手法の確立	④ 廃棄体の設置方法等の実証試験を通じ、坑道スケール～ピットスケールでの調査・設計・評価技術の体系化	人工バリアの品質を踏まえて、これまで実証してきた要素技術を体系的に適用し、廃棄体の設置方法（間隔など）を確認するため以下を実施 ④-1 坑道スケール～ピットスケールでの調査・設計・評価技術の体系化 ④-2 先行ボーリングによる地質環境特性調査ならびに工学的対策技術を考慮した、地下施設及び人工バリアの設計評価技術の体系化 ④-3 多連接坑道を考慮した湧水抑制対策技術及び処分孔支保技術の整備、緩衝材流出・侵入現象評価手法及び抑制対策技術の整備 ④-4 廃棄体設置の判断や間隔の設定に必要となる情報の整理	後半の5年程度で実施するため、R5 は実施しない	—					他の研究課題を取り込んで体系化して取り組む課題として、後半の5年程度で実施				
					R2	R3	R4	R5		R6	R7	R8	R9	R10
										④-1 坑道スケール～ピットスケールでの調査・設計・評価技術の体系化				
										④-2 地下施設及び人工バリアの設計評価技術の体系化				
										④-3 多連接坑道を考慮した湧水抑制対策技術及び処分孔支保技術の整備、緩衝材流出・侵入現象評価手法及び抑制対策技術の整備				
										④-4 廃棄体設置の判断や間隔の設定に必要となる情報の整理				

※1 本資料は現段階で想定するスケジュールであり、年度ごとに得られた研究成果を評価し見直していく。

※2 研究の進捗管理として、各年度の成果を各年度の欄に追記する。

 個別の要素技術の課題については、期間の前半で実施し、後半は体系化して取り組む課題（「2.1.2 坑道スケール～ピットスケールでの調査・設計・評価技術の体系化」）に統合して実施する。
 「2.1.2 坑道スケール～ピットスケールでの調査・設計・評価技術の体系化」を実施する中で、情報の不足等があった場合に追加で試験や解析を実施する。

2.2 高温度(100℃超)などの限界的条件下での人工バリア性能確認試験

目的・背景・必要性・意義	課題	R2以降の課題	R2以降の実施内容	R5の実施内容	研究期間									
					前半					後半				
					前半の5年程度で実施					体系化して取り組む課題（(2)処分概念オプションの実証のうち人工バリアの定置・品質確認などの方法論に関する実証試験）で実施				
・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 ・実際の処分事業では、オーバーバックが100℃以下になってから処分することが基本であるが、想定外の要因によって100℃を超えた状態になることを想定して、人工バリアシステムの安全裕度を検証する	① 100℃超の高温での限界環境が人工バリアに与える影響と上限温度設定の考え方の整備、解析的な検討	① 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による緩衝材が100℃超になった状態を想定した解析手法の開発	人工バリアシステムの安全裕度の検証に向けて、緩衝材が100℃超になった状態を想定した解析手法を開発するため以下を実施 ①-1 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	①-1 高温条件下での人工バリアの挙動に関する原位置試験に着手	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	
					①-1 限界的条件下での人工バリア性能確認試験の解析・検討					体系化の中で、情報の不足等があった場合に追加で試験、解析を実施				
					海外での原位置試験の情報（試験条件、手法など）を入手	先行研究事例の調査結果を踏まえ課題の抽出	調査事例を基に課題の抽出、原位置試験の概念検討・計画策定	高温条件下での人工バリアの挙動に関する原位置試験を開始	令和6年度までに得られる成果 ○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データの収集					
			①-2 100℃超になった際にニアフィールド（人工バリアとその周辺岩盤の領域）において発生する現象の整理	①-2 シナリオ整理の継続、ニアフィールド構成材料を対象とした試験、分析	①-2 100℃超になった際にニアフィールドにおいて発生する現象の整理					体系化の中で、情報の不足等があった場合に追加で試験、解析を実施				
					シナリオの検討に着手（水分移動、物質移動特性）	先行研究事例の調査（緩衝材の鉱物・性能変化）	100℃超での人工バリアの基本特性に係るシナリオ整理、ニアフィールドを対象とした熱解析	シナリオ整理、緩衝材の膨潤・浸潤挙動を確認するための試験の実施	令和6年度までに得られる成果 ○100℃超になった際にニアフィールドにおいて発生する現象の整理					
					①-3 ニアフィールドにおける上限温度設定の考え方を提示					体系化の中で、情報の不足等があった場合に追加で試験、解析を実施				
			①-3 ニアフィールドにおける上限温度設定の考え方を提示（国際プロジェクト情報を収集し、発生する現象を整理）	①-3 海外の原位置試験に関する情報取得の継続	①-3 ニアフィールドにおける上限温度設定の考え方を提示					体系化の中で、情報の不足等があった場合に追加で試験、解析を実施				
					海外での原位置試験の情報（試験条件、手法など）を入手	海外での原位置試験の情報（試験開始時のデータなど）を入手	海外での原位置試験の情報（最高温度での加熱時のデータなど）を入手	海外での原位置試験の情報（加熱継続に伴う水分量変化のデータなど）を入手	令和6年度までに得られる成果 ○ニアフィールドにおける上限温度設定の考え方の提示					

※1 本資料は現段階で想定するスケジュールであり、年度ごとに得られた研究成果を評価し見直していく。

※2 研究の進捗管理として、各年度の成果を各年度の欄に追記する。

個別の要素技術の課題については、期間の前半で実施し、後半は体系化して取り組む課題(「2.1.2 坑道スケール～ビットスケールでの調査・設計・評価技術の体系化」)に統合して実施する。

「2.1.2 坑道スケール～ビットスケールでの調査・設計・評価技術の体系化」を実施する中で、情報の不足等があった場合に追加で試験や解析を実施する。

3.1 水圧擾乱試験などによる緩衝能力の検証・定量化

3.1.1 地殻変動が地層の透水性に与える影響の把握

目的・背景・必要性・意義	課題	R2 以降の課題	R2 以降の実施内容	R5 の実施内容	研究期間										
					前半					後半					
					前半の 5 年程度で実施										
・ 岩盤中には大小様々な断層が存在するが、小規模なものの中には処分場に取り込まざるを得ない可能性がある。それらの断層が地震や隆起などの地殻変動の影響を受けた場合に、その透水性がどの程度まで上昇し得るかを検討しておく必要がある ・ 断層の透水性は断層の変形様式に大きく依存する。脆性的な変形が起こると断層の透水性は有意に上昇しやすいが、延性的な変形の場合は透水性が上昇しにくい。生じる変形が脆性的か延性的かは、変形時の岩石強度、応力などに依存する ・ 本研究では、地殻変動に対する緩衝能力が潜在的に高いことから堆積岩に重点を置き、断層の変形様式を支配する岩石の強度・応力状態を計測でき、かつマッピング（空間的な分布図を示すこと）が可能なパラメータで指標化することを試みる。そのようなパラメータと断層の透水性の潜在的な上限を関係付けることができれば処分場閉鎖後の断層の透水性について現実的な状態設定が可能となる ・ 断層は動いたとしても、その透水性は、地層の力学的な緩衝能力が働くことにより、一定の値を超えない。この現象を定量的に示したい	① 地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力を表現するパラメータ（指標）の提案 ② 水圧擾乱試験によるパラメータの有効性の検証	② 地殻変動が地層の透水性に与える影響の把握	断層の幅が数十 cm の断層における地震動や坑道掘削に伴う、割れ目における地下水の流れの変化に関して、堆積岩の緩衝能力（自己治癒能力）を実証するために、以下の検討や試験を実施する ②-1 地殻変動が地層の透水性に与える影響の把握（ボーリング孔を用いた水圧擾乱試験） ②-2 DI（ダクティリティインデックス：岩盤にかかる平均応力を引張強度で割った値）を用いた透水性評価の信頼性向上・隆起侵食の影響評価手法の整備 ②-3 水圧擾乱試験による断層の活動性評価手法の整備	②-1～3 既往の水圧擾乱試験の結果の解析 ②-1～3 DI と断層/割れ目の水理学的連結性の関係に関する解析	②-1 地殻変動が地層の透水性に与える影響の把握	より大型の断層を対象とした水圧擾乱試験を実施し、データを取得	水圧擾乱試験やシミュレーションの結果に基づきモデルを改良	大型の断層の水圧擾乱試験結果と改良モデルの整合性を確認	断層内の水みちのつながり方の次元と DI の定量的な関係を確認	体系化して取り組む課題（(2)処分概念オプションの実証のうち人工バリアの定置・品質確認などの方法論に関する実証試験）で実施	R7	R8	R9	R10	
	体系化の中で、情報の不足等があった場合に追加で試験、解析を実施														
	令和 6 年度までに得られる成果 ○ボーリング孔を用いた水圧擾乱試験データの取得														
	②-2 DI を用いた透水性評価の信頼性向上・隆起侵食の影響評価手法の整備										体系化の中で、情報の不足等があった場合に追加で試験、解析を実施				
	割れ目の水理学的連結性の領域に遷移領域を追加										令和 6 年度までに得られる成果 ○DI を用いた透水性評価手法の高度化				
	②-3 水圧擾乱試験による断層の活動性評価手法の整備										体系化の中で、情報の不足等があった場合に追加で試験、解析を実施				
	より大型の断層を対象とした水圧擾乱試験を実施し、データを取得										令和 6 年度までに得られる成果 ○水圧擾乱試験による断層の活動性評価手法の整備				

※1 本資料は現段階で想定するスケジュールであり、年度ごとに得られた研究成果を評価し見直していく。

※2 研究の進捗管理として、各年度の成果を各年度の欄に追記する。

個別の要素技術の課題については、期間の前半で実施し、後半は体系化して取り組む課題（「2.1.2 坑道スケール～ピットスケールでの調査・設計・評価技術の体系化」）に統合して実施する。
 「2.1.2 坑道スケール～ピットスケールでの調査・設計・評価技術の体系化」を実施する中で、情報の不足等があった場合に追加で試験や解析を実施する。

3.1 水圧擾乱試験などによる緩衝能力の検証・定量化

3.1.2 地下水の流れが非常に遅い領域を調査・評価する技術の高度化

目的・背景・必要性・意義	課題	R2 以降の課題	R2 以降の実施内容	R5 の実施内容	研究期間									
					前半					後半				
地下水の流れが非常に遅い領域（化石海水領域に相当と仮定）の分布を把握することは、処分事業における処分場選定の際に有用な情報になり得る。このため、地上からの調査により、化石海水の三次元分布を評価する既存技術の高度化を図る	③ 地下水の流れが非常に遅い領域（化石海水領域）を調査・解析・評価する手法の確立 ④ 三次元分布を調査・解析・評価する手法の確立	③④ 地下水流れが非常に遅い領域を調査・評価する技術の高度化	地下水が動いていない環境を調査してモデル化する技術を実証するため以下を実施 ③ 地下水の流れが非常に遅い領域（化石海水領域）の調査・評価技術の検証 ④-1 化石海水の三次元分布に係る調査・評価手法の検証 ④-2 広域スケール（十数 km×十数 km）を対象とした水理・物質移動評価手法の検証（地下水滞留時間）評価のための水理解析、塩濃度分布評価のための水理・物質移動解析）	③、④-1 R4 までの成果に基づく、物理探査およびボーリング調査によるデータ取得から地球統計学的手法による化石海水領域の三次元分布の推定に至る一連の手法の整理と、これまでに得られた成果の論文投稿や研究開発報告書類の整備 ④-1 化石海水の三次元分布に係る調査・評価手法の検証 ④-2 R4 までに実施した水理・物質移動解析の結果に基づく古水理地質学的変遷が化石海水領域に与える影響を評価するための広域スケールのモデル化・解析手法の整理と、これまでに得られた成果の論文投稿や研究開発報告書類の整備	前半の 5 年程度で実施									
					R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	
					③ 地下水の流れが非常に遅い領域の調査・評価技術の検証					体系化の中で、情報の不足等があった場合に追加で試験、解析を実施				
					化石海水領域を把握するための物理探査を実施し、比抵抗分布を推定					電磁探査により推定した化石海水の三次元分布の妥当性を確認するためのボーリング調査を実施				
					R3 に掘削したボーリング孔の延長による水質などのデータ追加と R2 に推定した化石海水分布の妥当性確認					R4 までの成果の整理と、地球化学的な観点も含めた方法論の検討				
					令和 6 年度までに得られる成果 ○化石海水領域の調査・評価技術の整備・高度化									
					④-1 化石海水の三次元分布に係る調査・評価手法の検証					体系化の中で、情報の不足等があった場合に追加で試験、解析を実施				
					化石海水分布の把握に必要なボーリングの位置・本数などを検討					物理探査とボーリング調査のデータの組み合わせにより化石海水分布を推定する方法の検討				
					地球統計学による化石海水領域の三次元分布推定に係る一連の手法を整理									
					R4 までの成果に基づく化石海水の三次元分布を調査・評価する一連の方法論の検討									
令和 6 年度までに得られる成果 ○化石海水の三次元分布に係る調査・評価技術の整備・高度化														
④-2 広域スケールを対象とした水理・物質移動評価手法の検証					体系化の中で、情報の不足等があった場合に追加で試験、解析を実施									
広域スケールの地下水流動に深度・気候などが与える影響を整理					化石海水領域に与える影響を評価するための広域スケールのモデル化・解析手法の整理と、これまでに得られた成果の論文投稿や研究開発報告書類の整備									
					地球統計学による化石海水領域の三次元分布推定に係る一連の手法を整理									
					これまでの成果に基づく、古水理地質学的変遷を考慮した広域スケールの解析手法の整理									
令和 6 年度までに得られる成果 ○広域スケールを対象とした水理・物質移動評価手法の整備														

※1 本資料は現段階で想定するスケジュールであり、年度ごとに得られた研究成果を評価し見直していく。

※2 研究の進捗管理として、各年度の成果を各年度の欄に追記する。

個別の要素技術の課題については、期間の前半で実施し、後半は体系化して取り組む課題（「2.1.2 坑道スケール～ピットスケールでの調査・設計・評価技術の体系化」）に統合して実施する。

「2.1.2 坑道スケール～ピットスケールでの調査・設計・評価技術の体系化」を実施する中で、情報の不足等があった場合に追加で試験や解析を実施する。

3.2 地殻変動による人工バリアへの影響・回復挙動試験

目的・背景・必要性・意義	課題	R2以降の課題	R2以降の実施内容	R5の実施内容	研究期間									
					前半					後半				
・地震・断層活動等の地殻変動に対する堆積岩の力学的・水理学的な緩衝能力（自己治癒能力）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	① 人工バリアの緩衝材や坑道の埋め戻し材による掘削損傷領域（EDZ）のひび割れの自己治癒能力を評価する手法の確立 ② 人工バリアの自己治癒能力（ひび割れの修復）を実証	② 地殻変動による人工バリアの緩衝材や坑道埋め戻し材の掘削損傷領域（EDZ）への自己治癒能力の実証	人工バリアのひび割れに対する自己治癒能力を実証するため以下の机上検討を実施 ② 人工バリアの緩衝材や坑道埋め戻し材が掘削損傷領域（EDZ）の力学的・水理学的な緩衝能力（自己治癒能力）に与える影響を把握する解析手法の開発 ✓ DI を用いた EDZ の透水性を予測する既存モデルの再検証	R5 は実施しない	前半の 5 年程度で実施					体系化して取り組む課題（(2)処分概念オプションの実証のうち人工バリアの定置・品質確認などの方法論に関する実証試験）で実施				
					R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	
					②-1 DI を用いた EDZ の透水性を予測する既存モデルの再検証					体系化の中で、情報の不足等があった場合に追加で試験、解析を実施				
					試料観察に基づき、EDZ の割れ目開口状況を定量的に把握					水圧擾乱試験やシミュレーションの結果に基づきモデルを改良				
			✓ 坑道埋め戻し後の EDZ の透水性を予測するモデルの構築	R5 は実施しない	②-2 坑道埋め戻し後の EDZ の透水性を予測するモデルの構築					体系化の中で、情報の不足等があった場合に追加で試験、解析を実施				
					試料観察に基づき、EDZ の割れ目開口状況を定量的に把握					坑道埋め戻し後の割れ目の透水性に与える影響を確認				
					埋め戻し材の膨潤圧が EDZ の透水性に与える影響の評価手法を構築					令和 4 年度までに得られる成果 ○ DI を用いた EDZ の透水性を予測する既存モデルの再検証				
					令和 4 年度までに得られる成果 ○ 坑道埋め戻し後の EDZ の透水性を予測するモデルの構築									

※1 本資料は現段階で想定するスケジュールであり、年度ごとに得られた研究成果を評価し見直ししていく。

※2 研究の進捗管理として、各年度の成果を各年度の欄に追記する。

個別の要素技術の課題については、期間の前半で実施し、後半は体系化して取り組む課題（「2.1.2 坑道スケール～ピットスケールでの調査・設計・評価技術の体系化」）に統合して実施する。
 「2.1.2 坑道スケール～ピットスケールでの調査・設計・評価技術の体系化」を実施する中で、情報の不足等があった場合に追加で試験や解析を実施する。

参考文献

- (1) 石井英一、安江健一：幌延町における鮮新世～前期更新世のテフラ層序と FT 年代, JNC TN5400 2005-006, 2005, 52p.
- (2) Ishii, E., Sanada, H., Iwatsuki, T., Sugita, Y. and Kurikami, H.: Mechanical strength of the transition zone at the boundary between opal-A and opal-CT zones in siliceous rocks. *Engineering Geology* 122, 2011, pp.215-221.
- (3) 石井英一, 安江健一, 大平寛人, 古澤明, 長谷川健, 中川光弘：北海道北部, 大曲断層近傍の背斜成長の開始時期, 地質学雑誌, vol.114, no.6, 2008, pp.286-299.
- (4) 中山雅 (編)：幌延深地層研究計画 令和 5 年度調査研究計画, JAEA-Review 2023-019, 2023, 70p.
- (5) 核燃料サイクル開発機構：わが国における高レベル放射性廃棄物地層処分の技術的信頼性—地層処分研究開発第 2 次取りまとめ—分冊 2 地層処分の工学技術, JNC TN1400 99-022, 1999, 703p.
- (6) 中山雅, 松崎達二, 丹生屋純夫：幌延深地層研究計画における人工バリア性能確認試験—大口径掘削機の開発、模擬オーバーパック、緩衝材および埋め戻し材の製作—, JAEA-Research 2016-010, 2016, 57p.
- (7) 中山雅, 大野宏和：幌延深地層研究計画における人工バリア性能確認試験—350m 調査坑道における人工バリアの設置および坑道の埋め戻し—, JAEA-Research 2019-007, 2019, 132p.
- (8) 中山雅 (編)：幌延深地層研究計画 令和 3 年度調査研究成果報告, JAEA-Review 2022-025, 2022, 164p.
- (9) 中山雅 (編)：幌延深地層研究計画 令和 4 年度調査研究成果報告, JAEA-Review 2023-032, 2024, 159p.
- (10) GoldSim Technology Group, GoldSim user's guide, GoldSim version 10.1., 2010.
- (11) Kirishima, A., Kuno, A., Amamiya, H., Kubota, T., Kimuro, S., Amano, Y., Miyakawa, K., Iwatsuki, T., Mizuno, T., Sasaki, T. and Sato, N.: Interaction of rare earth elements and components of the Horonobe deep groundwater, *Chemosphere*, vol.168, 2017, pp.798-806.
- (12) Kirishima, A., Terasaki, M., Miyakawa, K., Okamoto, Y. and Akiyama, D.: Deep groundwater physicochemical components affecting actinide migration, *Chemosphere*, vol.289, 2022, 133181.
- (13) 日本原子力研究開発機構, 原子力環境整備促進・資金管理センター：令和

- 4 年度高レベル放射性廃棄物等の地層処分に関する技術開発事業 [JPJ007587]ニアフィールドシステム評価確証技術開発報告書, 2023, 616p.
- (14) Saito, T., Nishi, S., Amano, Y., Beppu, H. and Miyakawa, K.: Origin of dissolved organic matter in deep groundwater of marine deposits and its implication for metal binding, *ES&T Water*, vol.3, no.12, 2023, pp.4103-4112.
- (15) Ishii, E.: Estimation of the highest potential transmissiity of discrete shear fractures using the ductility index, *International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences*, 100, 2017, pp.10-22.
- (16) Ishii, E.: Assessment of hydraulic connectivity of fractures in mudstones by single-borehole investigations, *Water Resources Research*, 54, 2018, pp.3335-3356.
- (17) 藪内聡, 國丸貴紀, 太田久仁雄, Bernhard, F.: 幌延深地層研究計画 地上からの調査における水理試験データの品質保証, 日本原子力学会 2009 年春の年会, D46, 2009.
- (18) 原子力環境整備促進・資金管理センター, 日本原子力研究開発機構: 令和 4 年度高レベル放射性廃棄物等の地層処分に関する技術開発事業 [JPJ007587]回収可能性技術高度化開発報告書 3 ヶ年取りまとめ報告書, 2023, 107p.
- (19) 地盤工学会: 低透水性材料の透水試験方法, JGS0312-2018, 2018, 30p.
- (20) 中山雅 (編): 幌延深地層研究計画 令和 2 年度調査研究成果報告, JAEA-Review 2021-053, 2022, 133p.
- (21) 中山雅, 佐藤治夫, 杉田裕, 野口聡: 幌延深地層研究計画における低アルカリ性セメント系材料の適用性—140m 調査坑道における原位置吹付け施工試験—, JAEA-Research 2010-055, 2011, 25p.
- (22) 中山雅, 澤田純之, 佐藤治夫, 杉田裕: 幌延深地層研究計画における低アルカリ性セメント系材料の適用性—250m 調査坑道における原位置吹付け施工試験—, JAEA-Research 2012-023, 2012, 65p.
- (23) 中山雅, 丹生屋純夫, 南出賢司: 幌延 URL における低アルカリ性セメント系材料の適用性確認, 原子力バックエンド研究, Vol.23, No.1, 2016, pp.25-30.
- (24) 日本原子力研究開発機構, 原子力環境整備促進・資金管理センター: 令和 4 年度高レベル放射性廃棄物等の地層処分に関する技術開発事業 [JPJ007587]地層処分施設閉鎖技術確証試験報告書, 2023.
- (25) 日本原子力研究開発機構, 原子力環境整備促進・資金管理センター, 令和

- 4 年度高レベル放射性廃棄物等の地層処分に関する技術開発事業 [JPJ007587]地層処分施設閉鎖技術確証試験 5 ヶ年取りまとめ報告書, 2023.
- (26) Hvorslev, M. T.: Time lag and soil permeability in ground-water observations, U.S. Army Waterways Experiment Station, Bull No.36, 1951, 50p.
- (27) Jacob, C.J. and Lohman, S.W.: Nonsteady flow to a well of constant drawdown in an extensive aquifer, Trans. American geophysical Union, vol.33, no.4, 1952, pp.559-569.
- (28) 原子力発電環境整備機構：包括的技術報告：わが国における安全な地層処分の実現－適切なサイト選定に向けたセーフティケースの構築－, NUMO-TR-20-03, 2021, 807p.
- (29) 日本原子力研究開発機構：平成 24 年度地層処分技術調査等事業高レベル放射性廃棄物処分関連処分システム化学影響評価高度化開発－6 ヶ年研究成果の取りまとめ－, 2013.
- (30) Ishii, E.: Effects of flow dimension in faulted or fractured rock on natural reductions of inflow during excavation: a case study of the Horonobe Underground Research Laboratory site, Japan, Hydrogeology Journal, vol.31, 2023, pp.893-911.
- (31) 日本原子力研究開発機構：割れ目がずれると割れ目内の隙間（地下水の通り道）はつながるか？－隙間のつながり具合を現場で簡単に調べる試験手法を開発－, 令和 4 年 10 月 26 日プレス発表, 2022, <https://www.jaea.go.jp/02/press2022/p22102601/>（参照：2024 年 5 月 14 日）
- (32) Ishii, E.: The highest potential transmissivities of fractures in fault zones: Reference values based on laboratory and in situ hydromechanical experimental data, Engineering Geology, vol.294, 2021, 106369.
- (33) 日本原子力研究開発機構：地下深部の割れ目の水の流れやすさに関わる法則性を発見－地層処分における地下調査の効率性の向上などに役立つ新発見－, 令和 3 年 12 月 6 日プレス発表, 2021, <https://www.jaea.go.jp/02/press2021/p21120601/>（参照：2024 年 5 月 14 日）
- (34) 日本原子力研究開発機構, 電力中央研究所：令和 4 年度高レベル放射性廃棄物等の地層処分に関する技術開発事業[JPJ007587]岩盤中地下水流動評価技術高度化開発報告書, 2023, 417p.
- (35) 早野明, 佐藤菜央美：地下水の流れが非常に遅い領域の分布を推定するた

- めの調査手順の検討，日本原子力学会北海道支部第41回研究発表会，2024.
- (36) 水野崇，岩月輝希，松崎達二：ボーリング孔を利用した比抵抗検層結果に基づく地下水水質の推定方法に関する検討，応用地質，vol.58, No.3, 2017, pp.178-187.
- (37) 寺本雅子，嶋田純，國丸貴紀：コア間隙水中の安定同位体比をもとにした低透水性堆積岩盤における地下水挙動の兆候，応用地質，vol.47, No.2, 2006, pp.68-76.
- (38) 宮川和也，早野明，佐藤菜央美，中田弘太郎，長谷川琢磨：HFB-1 孔調査データ集，JAEA-Data/Code 2023-009, 103p.
- (39) 岸本宗丸，高山純一，横井浩一：電磁法による地上物理探査，JNC TJ1420-036, 2001, 177p.
- (40) 産業技術総合研究所：沿岸域塩淡水境界・断層評価技術高度化開発成果報告書 平成19年度，2008, 256p.
- (41) Mochizuki, A. and Ishii, E.: Assessment of the level of activity of advective transport through fractures and faults in marine deposits by comparison between stable isotope compositions of fracture and pore waters, Hydrogeology Journal, vol.30, 2022, pp.813-827.
- (42) 望月陽人，石井英一：地下深部の岩盤における地下水の流れの有無を水の安定同位体比から判別する，Isotope News, 784, 2022, pp.23-27.
- (43) 日本原子力研究開発機構：地下水が流れていない場所を探すー地下水の動きを割れ目の水質で判断する方法を構築ー，令和4年6月6日プレス発表，2022，<https://www.jaea.go.jp/02/press2022/p22060601/>（参照：2024年5月14日）
- (44) Mochizuki, A and Ishii, E.: Paleohydrogeology of the Horonobe area, Northern Hokkaido, Japan: Groundwater flow conditions during glacial and postglacial periods estimated from chemical and isotopic data for fracture and pore water, Applied Geochemistry, vol.155, 2023, 105737.
- (45) Ozaki, Y. and Ishii, E.: Verification of the existing hydrogeological model using hydraulic pressure monitoring data during long-term drainage from Horonobe URL and prediction of the hydraulic response to new excavation of up to a 500-m depth, The 30th International Conference on Nuclear Engineering (ICONE30), 2023.
- (46) 出井俊太郎，望月陽人，宮川和也，笹本広：幌延の地下施設における地下水の地球化学モニタリング装置を用いた物理化学パラメータ測定結果(2017年度～2019年度)，JAEA-Data/Code 2021-005, 2021, 54p.
- (47) 青柳和平，櫻井彰孝，宮良信勝，杉田裕：幌延深地層研究センターの地下

- 施設における坑道安定性の長期モニタリング, JAEA-Research 2020-004, 2020, 68p.
- (48) 中山雅, 佐野満昭, 真田祐幸, 杉田裕 (編): 幌延深地層研究計画 平成 20 年度調査研究成果報告 JAEA-Research 2009-032, 2009, 68p.
- (49) Isola, P., Zhu, J-Y., Zhou, T., Efros, A.A. : Image-to-Image Translation with Conditional Adversarial Networks, Submitted on 21 Nov 2016 (v1), last revised 26 Nov 2018 (v3) , <https://arxiv.org/abs/1611.07004>.
- (50) 斉藤拓巳, 西柊作, 佐藤颯人, 宮川和也, 天野由記, 別部光里: 堆積岩系深部地下水中の天然有機物の起源と金属イオンとの反応性評価, 日本地球化学会第 70 回年会, 2023.
- (51) Saito, T., Nishi, S., Sato, H. and Miyakawa, K. : Revealing the origin and ion-binding properties of dissolved organic matters in deep sedimentary groundwater, Migration 2023, 2023.
- (52) 佐藤颯人, 戸田賀奈子, 別部光里, 天野由記, 宮川和也, 斉藤拓巳: 高分解能質量分析を用いた金属イオンと結合する深部地下の溶存有機物の分子的特徴の評価, 日本原子力学会 2024 年春の年会, 2024.
- (53) Miyakawa, K., Kashiwaya, K., Komura, Y. and Nakata, K. : Evolution of porewater in a Neogene sedimentary formation in the Horonobe area, Hokkaido, Japan: Modeling of burial diagenesis, Geochemical Journal, vol.57, no.5, 2023, pp.155-175.
- (54) 上野晃生, 佐藤聖, 玉村修司, 村上拓馬, 猪股英紀, 玉澤聡, 天野由記, 宮川和也, 長沼毅, 五十嵐敏文: 新規の嫌気性微生物 *Mangrovibacterium* sp. Z1-71 株とメタン生成アーキアとの共培養によるメタン生成について, 日本微生物生態学会第 36 回大会, 2023.
- (55) 上野晃生, 玉澤聡, 玉村修司, 村上拓馬, 猪股英紀, 天野由記, 宮川和也, 長沼毅, 五十嵐敏文: 陸域深部地下環境から取得した新規微生物 *Mangrovibacterium* sp. Z1-71 株のメタン生成アーキアとの共培養について, 第 46 回日本分子生物学会年会 2023, 2023.

付録

(令和 5 年度外部発表)

著者アルファベット順に記載

阿部健康, 飯田芳久, 笹本広, 石井英一: 海成堆積物中における陽イオン交換反応及び全岩化学組成変動に関する地球化学モデリング, 日本地球惑星科学連合 2023 年大会, 2023.

Aoyagi, K. and Ishii, E.: Evaluation of temporal changes in fracture transmissivity in an excavation damaged zone after backfilling a gallery excavated in mudstone, *Environmental Earth Sciences*, vol.83, no.3, 2024, pp.98_1-98_15.

Arthur, R., Sasamoto, H., Alt-Epping, P. and Tachi, Y.: Paleoclimatic controls on natural tracer profiles in biogenic sedimentary formations of the Horonobe area, Japan, *Applied Geochemistry*, 155, 2023, 105707.

出井俊太郎: 幌延深地層研究センター調査坑道における地下水の地球化学モニタリング装置による地下水圧の連続観測結果(2019 年度~2021 年度), *JAEA-Data/Code* 2023-008, 2023, 49p.

Dei, S., Tachi, Y., Amano, Y., Francisco, P.C.M., Sugiura, Y. and Takahashi, Y.: Retention mechanisms of Selenium in deep subsurface sedimentary formations in Horonobe area, Hokkaido, Japan, 18th International Conference on the Chemistry and Migration Behavior of Actinides and Fission Products in the Geosphere (Migration 2023), 2023.

Francisco, P.C.M, Shiwaku, H, Ishidera, T. and Tachi, Y.: Se immobilization in pyrite by reaction with Fe(II) and polysulfides: Impacts of aging conditions, *Water-Rock Interaction (WRI-17) / Applied Isotope Geochemistry (AIG-14)*, 2023.

深津勇太, 赤木洋介, 佐藤久夫, 村山翔太, 石寺孝充, 舘幸男: 花崗閃緑岩の割れ目中のトレーサー移行挙動の評価 (1) 室内トレーサー移行試験, 日本原子力学会 2023 年秋の大会, 2023.

郷家光男, 沖原光信, 戸栗智仁, 松井裕哉, 尾崎裕介, 望月陽人, 前村庸之, 伊藤諒: 幌延を事例とした坑道周辺地質環境の長期挙動に関する解析 (1) 全体概要と力学的長期変化解析, 令和 5 年土木学会全国大会第 78 年次学術講演会, 2023.

Hata, K., Niunoya, S., Aoyagi, K. and Miyara, N.: Evaluation of excavation-damaged zones (EDZs) in Horonobe Underground Research Laboratory (URL), *Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering*, vol.16, Issue 2, 2024, pp.365-378.

早野明, 佐藤奈央美: 地下水の流れが非常に遅い領域の分布を推定するための調査手順の検討, 日本原子力学会北海道支部第 41 回研究発表会, 2024.

堀口賢一, 本澤昌美, 野村侖生, 上村勇太, 本島貴之, 押野善之, 広島隆司, 岡部成行, 宮良正彦, 菜花良平: 大深度立坑のひび割れ点検の効率化に向けた撮影手法の開発, 令和 5 年土木学会全国大会第 78 年次学術講演会, 2023.

Ishii, E.: Effects of flow dimension in faulted or fractured rock on natural reductions of inflow during excavation: a case study of the Horonobe Underground Research Laboratory site, Japan, *Hydrogeology Journal*, 31, 2023, pp.893-911.

伊藤諒, 前村庸之, 松井裕哉, 尾崎裕介, 望月陽人, 郷家光男, 沖原光信, 戸栗智仁: 幌延を事例とした坑道周辺地質環境の長期挙動に関する解析 (2) 水理学的長期変化解析, 令和 5 年土木学会全国大会第 78 年次学術講演会, 2023.

木村駿, 武田匡樹, 本島貴之: 坑道の拡張部の掘削に伴う掘削損傷領域の評価, 日本原

- 子力学会 2023 年秋の大会, 2023.
- 木村駿, 武田匡樹, 沖原光信, 中島均, 千々松正和, 伊藤歩夢: 地層処分における坑道埋戻し材からのベントナイト流出現象に関する研究, 令和 5 年土木学会全国大会第 78 年次学術講演会, 2023.
- 窪田健二, 森藤遥平, 大山隆弘, 松井裕哉: 坑道掘削に伴う掘削損傷領域と不飽和領域の形成に関する検討 幌延深地層研究施設での調査 (その 2), 令和 5 年度日本応用地質学会研究発表会, 2023.
- 栗林千佳, 宮川和也, 伊藤茜, 谷水雅治: $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ 同位体指標を用いた珪質泥岩を帯水層とする深層地下水におけるウランの起源推定, 2023 年度日本地球化学会第 70 回年会, 2023.
- Kuribayashi, C., Miyakawa, K., Ito, A. and Tanimizu, M.: Isotopic variation of $^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ activity ratios from deep groundwater in siliceous aquifer, The 17th Congress of Water-Rock Interaction and the 14th Applied Isotope Geochemistry, 2023.
- 松井裕哉, 本島貴之, 柴田真仁, 坂本亮, 望月陽人: 地盤工学会基準に基づく HFSC 吹付けコンクリート供試体の透水試験, 令和 5 年土木学会全国大会第 78 年次学術講演会, 2023.
- Mei, H., Aoyagi, N., Saito, T., Sugiura, Y., Ishidera, T., Tanaka, K. and Tachi, Y.: U(VI) sorption on illite in the presence of carbonate studied by cryogenic time-resolved laser fluorescence spectroscopy and parallel factor analysis; Comparison with trivalent lanthanides, 18th International Conference on the Chemistry and Migration Behavior of Actinides and Fission Products in the Geosphere (Migration 2023), 2023.
- 見掛信一郎: 瑞浪超深地層研究所研究坑道掘削における湧水抑制対策, 地下水学会誌, vol.65, no.4, 2023, pp.323-331.
- 宮川和也, 早野明, 佐藤菜央美, 中田弘太郎, 長谷川琢磨: HFB-1 孔調査データ集, JAEA-Data/Code 2023-009, 2023, 103p.
- 宮川和也, 今井久, 平井哲, 大野宏和, 中田弘太郎, 長谷川琢磨: 古水理学的変遷を踏まえた広域地下水流動解析における影響因子の感度解析, 日本地球惑星科学連合 2023 年大会, 2023.
- Miyakawa, K., Kashiwaya, K., Komura, Y. and Nakata, K.: Evolution of porewater in a Neogene sedimentary formation in the Horonobe area, Hokkaido, Japan; Modeling of burial diagenesis, 2023 年度日本地球化学会第 70 回年会, 2023.
- Miyakawa, K., Kashiwaya, K., Komura, Y. and Nakata, K.: Evolution of porewater in a Neogene sedimentary formation in the Horonobe area, Hokkaido, Japan; Modeling of burial diagenesis, Geochemical Journal, vol. 57, no. 5, 2023, pp. 155-175.
- Mochizuki, A and Ishii, E.: Paleohydrogeology of the Horonobe area, Northern Hokkaido, Japan: Groundwater flow conditions during glacial and postglacial periods estimated from chemical and isotopic data for fracture and pore water, Applied Geochemistry, 155, 2023, 105737.
- 村上裕晃, 石井英一: 流れの次元を用いたボーリング孔の湧水量の低下量予測—幌延深地層研究センターにおける事例—, 日本地球惑星科学連合 2023 年大会, 2023.
- 村山翔太, 深津勇太, 石寺孝充, 舘幸男: 花崗閃緑岩の割れ目中のトレーサー移行挙動の評価 (2) モデルによる解析, 日本原子力学会 2023 年秋の大会, 2023.
- 中山雅(編): 幌延深地層研究計画 令和 4 年度調査研究成果報告, JAEA-Review 2023-

- 032, 2024, 159p.
- 中山雅（編）：幌延深地層研究計画 令和 5 年度調査研究計画, JAEA-Review 2023-019, 2023, 70p.
- 西村大樹, 幸塚麻里子, 福田朱里, 石村豊穂, 天野由記, 別部光里, 宮川和也, 鈴木庸平：陸域地下深部におけるメタンに依存する巨大な微生物生態系の解明, 日本地球惑星科学連合 2023 年大会, 2023.
- Ohno, H. and Takayama, Y.: Numerical simulation of deformation behavior of buffer material in full-scale EBS performance experiment, Horonobe, Japan, Second International DECOVALEX Coupled Processes Symposium, 2023.
- 大泉涼, 加藤猛士, 木方建造, 木村駿, 武田匡樹, 小野誠：坑道シーリングにおける地質特性からの EDZ 評価：令和 5 年度日本応用地質学会研究発表会, 2023, 2023.
- Ozaki, Y.: First-arrival traveltime tomography for monitoring the excavation damaged zone in the Horonobe Underground Research Laboratory, Rock Mechanics Bulletin, 2, 3, 2023, p.100057_1-100057_12.
- Ozaki, Y. and Ishii, E.: Verification of the existing hydrogeological model using hydraulic pressure monitoring data during long-term drainage from Horonobe URL and prediction of the hydraulic response to new excavation up to a 500m depth, The 30th International Conference on Nuclear Engineering (ICONE30), 2023.
- 尾崎裕介, 大野宏和, 青柳和平：人工バリア性能確認試験における人工バリアおよび周辺岩盤の熱・水・力学挙動の計測に関して, 2023 年度資源・素材関係学協会合同秋季大会, 2023.
- 斉藤拓巳, 西柁作, 佐藤颯人, 宮川和也, 天野由記, 別府光里：堆積岩系深部地下水の天然有機物の起源と金属イオンとの反応性評価, 2023 年度日本地球化学会第 70 回年会, 2023.
- Saito, T., Nishi, S., Amano, Y., Beppu, H. and Miyakawa, K.: Origin of dissolved organic matter in deep groundwater of marine deposits and its implication for metal binding, ACS ES&T Water, vol. 3, no. 12, 2023, pp. 4103-4112.
- Saito, T., Nishi, S., Sato, H. and Miyakawa, K.: Revealing the origin and ion-binding properties of dissolved organic matters in deep sedimentary groundwater, 18th International Conference on the Chemistry and Migration Behavior of Actinides and Fission Products in the Geosphere (Migration 2023), 2023.
- 佐久間圭佑, 石井英一, 村上裕晃, 本多典久：岩盤の割れ目内の地下水流れの次元に基づく地下研究施設における湧水量の自然低下予測, 日本地球惑星科学連合 2023 年大会, 2023.
- 佐藤颯人, 戸田賀奈子, 別部光里, 天野由記, 斉藤拓巳, 宮川和也：高分解能質量分析を用いた金属イオンと結合する深部地下の溶存有機物の分子的特徴の評価, 日本原子力学会 2024 年春の年会, 2024.
- 佐藤菜央美, 早野明, 柏原功治, 手島稔, 根本健之：地球統計学的解析に基づく高塩濃度地下水の三次元分布測定とその結果に基づくボーリング調査地点の選定方法の検討, 日本地球惑星科学連合 2023 年大会, 2023.
- Shimo, M., Niwa, M., Miyakawa, K., Yasue, K., Tokunaga, T., Tonokura, K. and Birayd, S.: Precise trace gas measurements for identifying pathways around faults and anticlinal axis; A Field survey example at Horonobe, Hokkaido, Japan, American Geophysical Union 2023 Fall Meeting (AGU2023), 2023.
- Sugita, Y.: Application of Horonobe Underground Research Laboratory and THMC coupling analysis for HLW disposal, 34th Sino-Japanese Modern Engineering

- and Technology Symposium, 2023.
- Sugita, Y., Ohno, H., Steffen, B., Pan, P., Kim, M., Lee, C., Carlos, JC., Carlos, ML. and Liang, S.: Numerical simulation of coupled THM behavior of full-scale EBS in backfilled experimental gallery, Horonobe, Japan, Second International DECOVALEX Coupled Processes Symposium, 2023.
- 館幸男：高レベル放射性廃棄物の地層処分と化学，化学と教育，71(10)，2023，pp.420-423.
- 竹内竜史，見掛信一郎，池田幸喜，西尾和久，国分陽子，花室孝広：瑞浪超深地層研究所の坑道埋め戻し及び原状回復業務に関する工事記録，JAEA-Review 2023-007，2023，114p.
- 谷口直樹，北山彩水，川崎学，中山雅，大野宏和，三ツ井誠一郎，鈴木宏幸：幌延地下研究施設における炭素鋼オーバーパックの腐食に関する原位置試験，腐食防食学会第 70 回材料と環境討論会，2023.
- 田村友識，石井英一：新第三紀堆積岩に発達する小規模なせん断面の解析，日本地質学会第 130 年学術大会，2023.
- 上野晃生，佐藤聖，玉村修司，村上拓馬，猪股英紀，玉澤聡，天野由記，宮川和也，長沼毅，五十嵐敏文：新規の嫌気性微生物 *Mangrovibacterium* sp. Z1-71 株とメタン生成アーキアとの共培養によるメタン生成について，日本微生物生態学会第 36 回大会，2023.
- 上野晃生，玉澤聡，玉村修司，村上拓馬，猪股英紀，天野由記，宮川和也，長沼毅，五十嵐敏文：陸域深部地下環境から取得した新規微生物 *Mangrovibacterium* sp. Z1-71 株のメタン生成アーキアとの共培養について，第 46 回日本分子生物学会年会，2023.
- 臼井達哉，渡部孝彦，矢田勤，押野義之，菜花良平：普通ポルトランドセメントをベースとした高強度コンクリートの配合選定，令和 5 年土木学会全国大会第 78 年次学術講演会，2023.
- 横井悟，下茂道人，宮川和也，丹羽正和，松岡俊文，徳永朋祥：CRDS 微量ガス検知器の石油ガス探鉱への応用（2）北海道幌延地域の石油地質的考察，石油技術協会令和 5 年度春季講演会，2023.
- Yoshida, H., Yamamoto, K., Asahara, Y., Karukaya, K., Matsui, H. and Metcalfe, R.: Rapid sealing of bed rock flow paths by a synthetic concentration forming solvent, Energy Geoscience Conference 2023, 2023.
- 吉田英一，山本鋼志，浅原良浩，刈茅孝一，齋藤朱音，松井裕哉，望月陽人：コンクリーション化による EDZ および水みち割れ目の自己シーリング実証試験研究 2，令和 5 年度日本応用地質学会研究発表会，2023.
- 吉田英一，山本鋼志，浅原良浩，刈茅孝一，齋藤朱音，松井裕哉，望月陽人：コンクリーション化剤による地下岩盤亀裂シーリング実証試験：M5.4 直下型地震後の亀裂修復現象，日本地質学会第 130 年学術大会，2023.
- 湯口貴史，笹尾英嗣，火原諒子，村上裕晃，尾崎裕介：土岐花崗岩における物質移行特性に関する研究：鉱物の微小空隙がもたらす物質移動の遅延，日本地質学会第 130 年学術大会，2023.