

**幌延深地層研究計画
令和元年度調査研究成果報告
(概要版)**

令和2年6月

**日本原子力研究開発機構
幌延深地層研究センター**

目 次

| | |
|-------------------------|----|
| 1. はじめに | 1 |
| 2. 令和元年度の主な調査研究の成果..... | 3 |
| 3. 地層科学研究 | 5 |
| 地質環境調査技術開発 | 5 |
| 深地層における工学的技術の基礎の開発..... | 7 |
| 4. 地層処分研究開発 | 8 |
| 処分技術の信頼性向上 | 8 |
| 安全評価手法の高度化 | 15 |
| 5. 地下施設の維持管理 | 18 |
| 6. 環境調査 | 19 |
| 7. 安全確保の取り組み | 20 |
| 8. 開かれた研究 | 21 |

1. はじめに

幌延深地層研究計画は、国立研究開発法人日本原子力研究開発機構（以下、原子力機構）が、堆積岩を対象とした深地層の研究を北海道幌延町で実施しているものです。

「国立研究開発法人日本原子力研究開発機構の中長期目標を達成するための計画（中長期計画）（平成27年4月1日～令和4年3月31日）」（以下、第3期中長期計画）では、幌延深地層研究計画における研究開発として、「実際の地質環境における人工バリア*1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」の3つの課題（以下、「必須の課題」）を重点的に取り組むこととしています。

幌延深地層研究計画は、「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つの段階に分けて実施しています。

令和元年度は、地下施設での調査研究段階（第3段階）として、第3期中長期計画に掲げた必須の課題を達成していくための調査研究を実施するとともに、必須の課題の成果について取りまとめた報告書を公開しました。

また、これまでの研究の成果や外部委員会の評価、国内外の状況を踏まえて検討した結果、研究の継続が必要となったことから、令和元年8月2日に「幌延町における深地層の研究に関する協定書」（以下、三者協定）に基づき、北海道および幌延町に「令和2年度以降の幌延深地層研究計画（案）」について協議の申し入れを行いました。その後、三者協定に基づき北海道および幌延町により設置された「幌延深地層研究の確認会議」において、研究の必要性や妥当性、三者協定との整合性を論点とした内容の精査が行われ、北海道および幌延町により「令和2年度以降の幌延深地層研究計画（案）」が受け入れられ、原子力機構は「令和2年度以降の幌延深地層研究計画」を策定しました。原子力機構は、これらの研究課題については、令和2年度以降、第3期および第4期中長期目標期間を目

*1：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、工学的に形成するものです。

途に取り組みます*2。その上で、国内外の技術動向を踏まえて、地層処分の技術基盤の整備の完了が確認できれば、埋め戻しを行うことを具体的工程として示します。また、これまでと同様に三者協定の遵守を大前提に、放射性廃棄物を持ちこむことや使用することなく、また最終処分場とはせずに、安全を最優先に研究を進めます。さらに、研究開発を進めるにあたっては、当初の計画の研究対象の範囲内において、国内外の資金や人材を活用することを検討します。

なお、その後に行われた第3期中長期計画の改定において、「令和2年度以降においては、研究終了までの工程やその後の埋め戻しについて定めた「令和2年度以降の幌延深地層研究計画」に基づき、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および地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の検証を進める。」と追記しています。

*2：令和2年度以降の研究期間は9年間であり、その期間を通じて必要な成果を得て研究を終了できるように取り組むこととしています (https://www.jaea.go.jp/04/horonobe/press/31/press_1206.html)。

2. 令和元年度の主な調査研究の成果

令和元年度は、「幌延深地層研究計画 平成31年度調査研究計画」にしたがって、必須の課題に関わる調査研究および地下施設の維持管理等を実施しました。

調査研究では、必須の課題に取り組むとともに、必須の課題に関わる調査研究の基礎情報となる坑道周辺の掘削影響領域を含む地質環境特性の長期的な変化や地質環境情報に関するデータの取得などを継続しました（図 1）。

地下施設の維持管理等では、安全パトロールによる現場の安全確保の徹底、機械設備等の点検保守・修繕などの維持管理および当センター周辺の環境調査などを継続しました。

3. 以降に、令和元年度に実施した主な調査研究の成果の概要を示します。また、地下施設の維持管理や環境調査などの概要を示します。

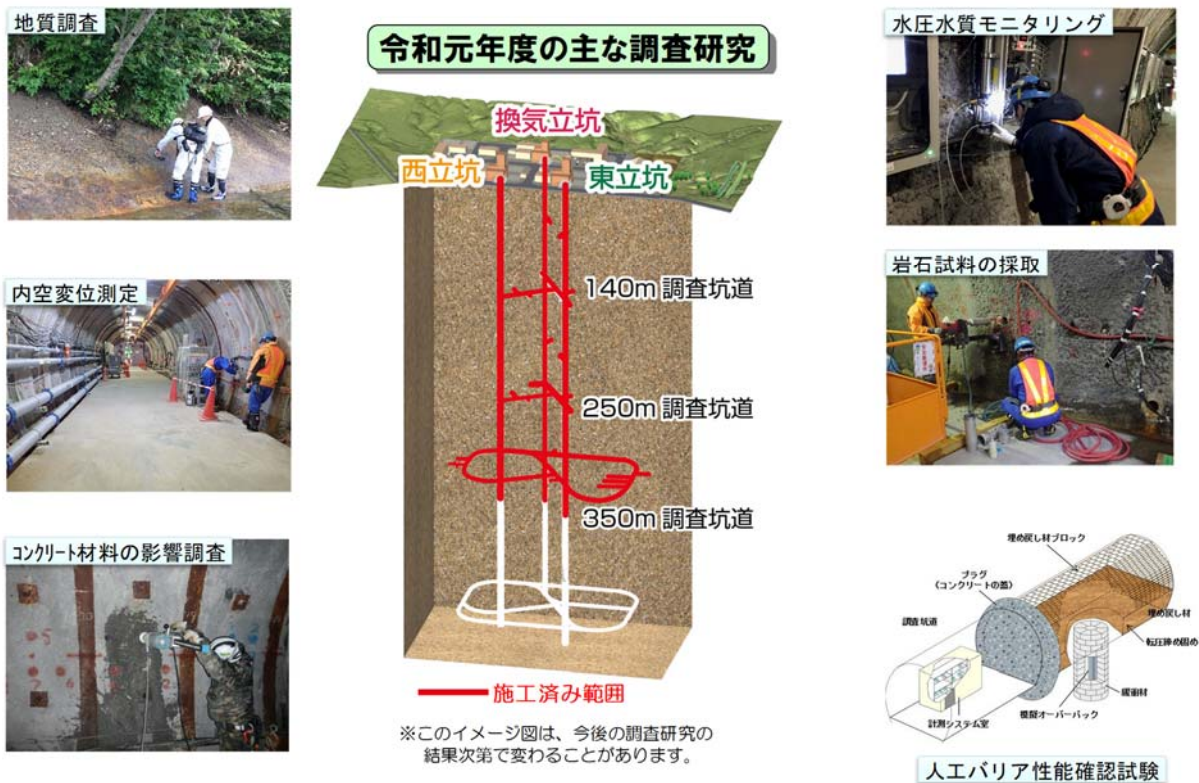


図 1 令和元年度の主な調査研究

※本概要版中の図表番号については、報告書本体と同じ番号としています。

必須の課題

○実際の地質環境における人工バリアの適用性確認

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－水理－力学－化学連成挙動^{*3}や物質の移行挙動などを計測・評価する技術の適用性を確認するため、深度 350m 調査坑道での人工バリア性能確認試験を継続しました。地下水の浸潤状況、温度、応力、化学特性等に関する計測を継続するとともに、試験エリアの逸水を抑制するためグラウトを実施しました。また、緩衝材の状態に関して連成解析を実施しました。オーバーパック腐食試験については、試験体から回収した腐食センサーの腐食生成物の分析を実施しました。また、健岩部および割れ目を対象として実施したトレーサー^{*4}試験について、モデル化/解析手法の検討を継続しました。

○処分概念オプションの実証

種々の処分概念オプションの工学的実現性を実証することを通じて、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整備、提供するため、人工バリアの定置・品質確認などの実証試験を行っています。その一環として、公益財団法人原子力環境整備促進・資金管理センターとの共同研究で実施している地下環境での搬送定置・回収技術に関する研究において、令和元年度は隙間充填材の除去技術および模擬廃棄体の回収技術の実証試験を実施しました。

○地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の検証

堆積岩が有する地震・断層活動などの地殻変動に対する力学的・水理学的な緩衝能力を評価するため、断層の透水性と岩石の強度・応力状態との関係の解明を目指した研究を継続しました。令和元年度は、平成 30 年度に実施した水圧擾乱試験の結果を用いて、新たに開発した水圧擾乱試験中の断層変位量の算出方法の適用性を確認しました。

*3：地下環境に設置された廃棄体の周辺の緩衝材や岩盤には、廃棄体からの熱、地下水との反応、岩盤から（または岩盤へ）作用する応力、化学的な変化（緩衝材中の間隙水の水質の変化）などによる影響が想定されています。実際の処分環境では、これらの影響が複合的に発生すると考えられ、その挙動を、熱－水理－力学－化学連成挙動と呼んでいます。

*4：地下水の流れの方向や流れる時間などを調べるために、地下水に目印として混ぜる染料やその他の薬品を指します。重水や蛍光染料（ウランなど）、非放射性セシウムやユウロピウムなど、多種のトレーサーがあります。幌延深地層研究計画では放射性物質を利用したトレーサー試験を行うことはありません。

3. 地層科学研究

○地質環境調査技術開発

岩盤の水理

必須の課題のひとつである「地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の検証」の一環として、令和元年度は、平成30年度に東立坑底盤ボーリング孔（図 9左図）にて実施した水圧擾乱試験（深度約500 m）の結果を用いて、新たに開発した水圧擾乱試験中の断層変位量の算出方法の適用性を確認しました。この試験では、高压注水中に急激な水圧低下をもたらすせん断破壊*5が断層沿いに生じたことがこれまでの検討で把握できていましたが（図 10下図）、このせん断破壊時に、試験区間が数cmほど短縮したことが今回の検討により明らかになりました（図 10上図）。

今回の試験で与えた水圧加圧量は、隆起侵食に伴う地圧の低下量に換算すると*6、概ね150 m～200 mの隆起侵食量に相当します。すなわち、深度500 mから深度300 mに隆起すると図 12に示すようにダクティリティインデックス（DI）*7が低下し、断層の透水性の上昇が生じ得る可能性がありますとともに、断層運動や隆起侵食が起こっても断層の透水性がDIの経験式の範囲を超えて有意に上昇することはないと言えます。

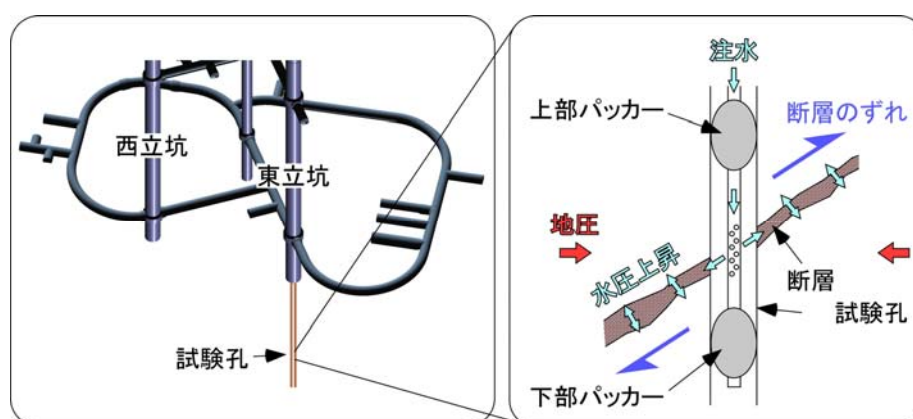


図 9 試験孔の位置（左図）と水圧擾乱試験の概念（右図）

*5：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いいます。

*6：断層面には周囲の地圧によりその面を閉じようとする力が常に掛かっており、隆起侵食に伴う上載物の除去によって周囲の地圧が低下すると、その面を閉じようとする力も弱まり、断層面は徐々に開き始めます。この断層面を閉じようとする力が弱まる現象は、断層内の水圧を上昇させることによって再現することができ、両者は力学的に等価な現象と考えられています。

*7：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）をその健全部の引張強度（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。

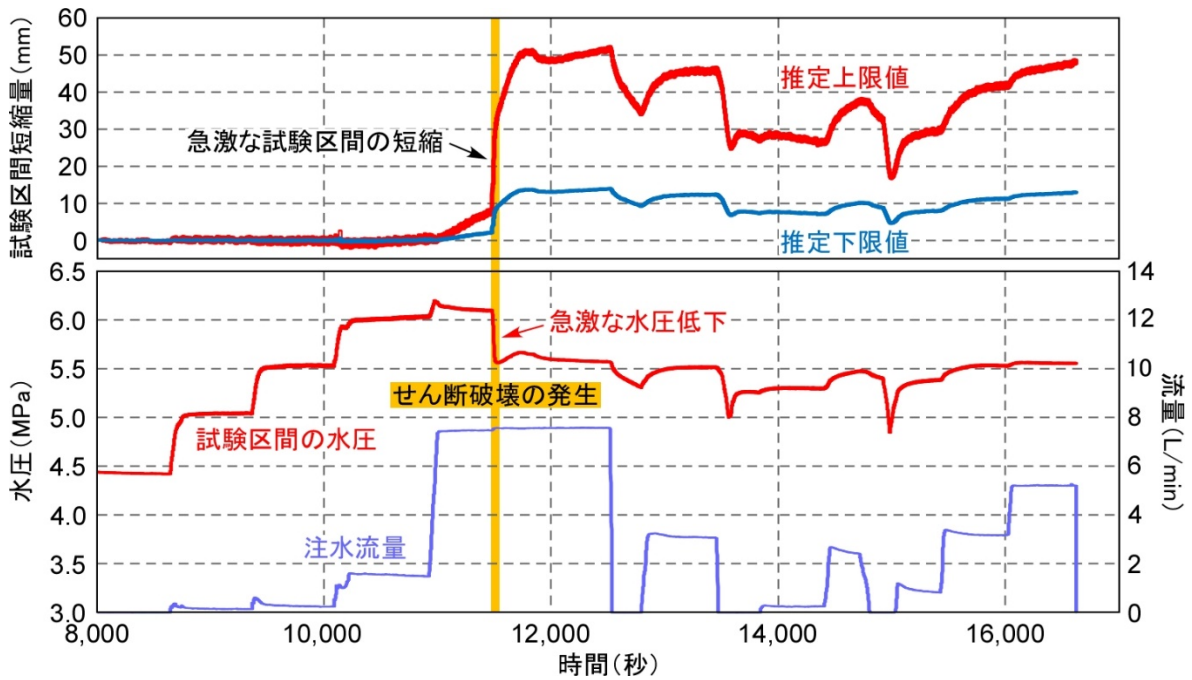


図 10 水圧擾乱試験中の試験区間の短縮量（上図）と水圧および注入流量（下図）

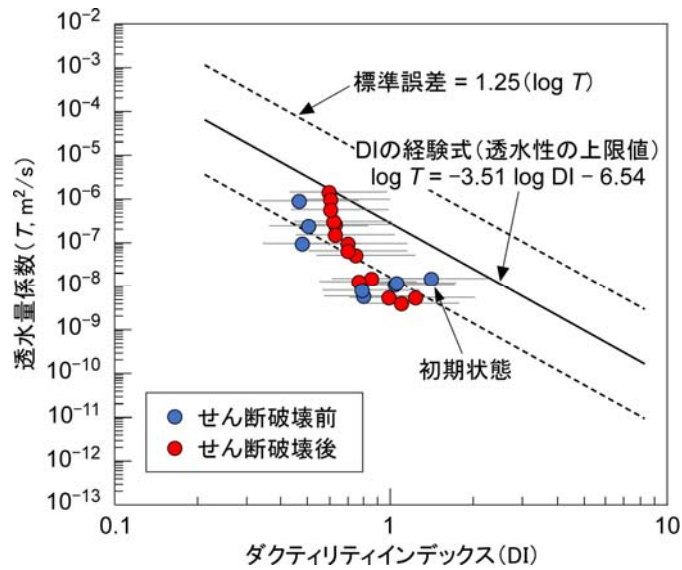


図 12 水圧擾乱試験中の断層の透水量係数と DI

○深地層における工学的技術の基礎の開発

地下施設における湧水対策技術の開発

膨潤性の粘土物質を多量に含む断層（以下、粘土質断層）は、坑道掘削時に地下水とともに粘土物質が坑道内に流出し、湧水量増加を引き起こす可能性があります。原子力機構では、火山灰層起源の断層をボーリングコアで同定するための方法として、平成 29 年度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）を利用した検出方法を開発しましたが、より汎用性の高い同定方法として、断層粘土部の非膨潤性鉱物（ここではイライトと呼ばれる粘土鉱物で代表；ill と表記）に対する膨潤性鉱物（スメクタイトと呼ばれる粘土鉱物；sm と表記）の存在割合（ $sm/(ill + sm) : wt\%/wt\%$ ）と、断層粘土部に含まれる酸化チタン（ TiO_2 ）に対する酸化アルミニウム（ Al_2O_3 ）の含有量比（ $Al_2O_3/TiO_2 : wt\%/wt\%$ ）の、2つの指標を組み合わせた同定方法を考案しました。 $sm/(ill + sm)$ の値は周辺岩石の値よりも大きい場合、火山灰層起源の証拠となり、 Al_2O_3/TiO_2 の値は周辺岩石の値と異なる場合、火山灰層起源の証拠となります。これらの指標を組み合わせることにより、火山灰層起源の断層の同定精度を大きく高めることができます。図 49 に地下施設周辺の稚内層中の粘土質断層に適用した結果を示します。今回行った分析により、幌延の稚内層中の粘土質断層はほぼ全てが火山灰層起源の断層であることが分かり、今回適用した方法が実際の判定に有効であることが分かりました。

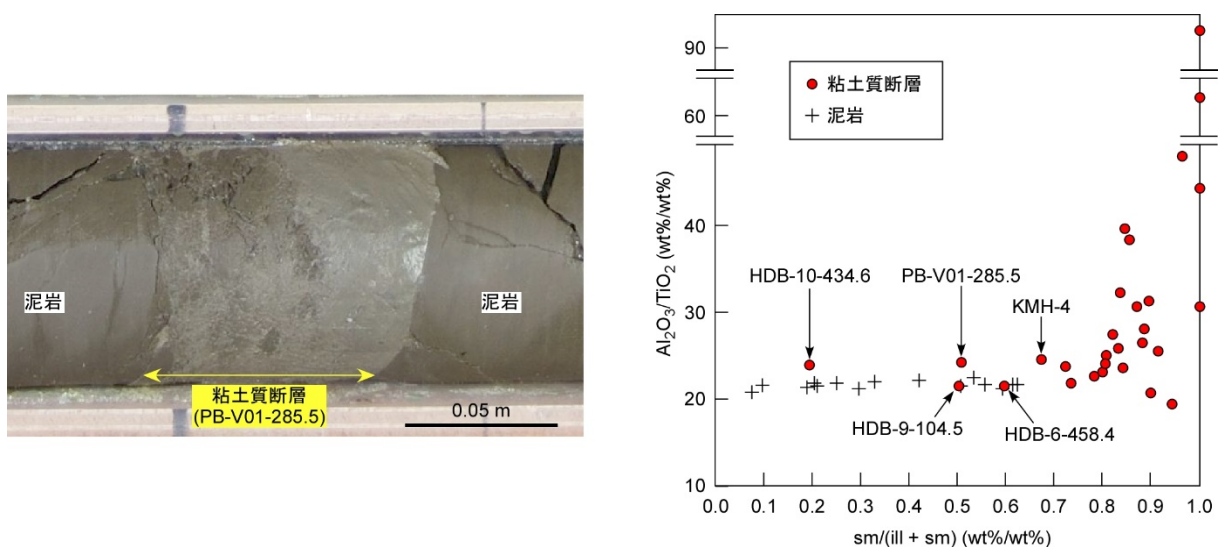


図 49 ボーリングコアで観察される粘土質断層（左図）と稚内層中の粘土質断層の分析結果（右図）

4. 地層処分研究開発

○処分技術の信頼性向上

人工バリア性能確認試験

深度350m調査坑道の試験坑道4における人工バリア性能確認試験（図56）は、①地層処分研究開発の第2次取りまとめ報告書で示した処分概念が実際の地下で構築できることの実証、②人工バリアや埋め戻し材の設計手法の適用性確認、③熱－水理－力学－化学連成挙動に係るデータの取得を目的として実施しているものです。令和元年度は、平成26年度に開始した加熱および注水を継続し、データの取得を継続しました。

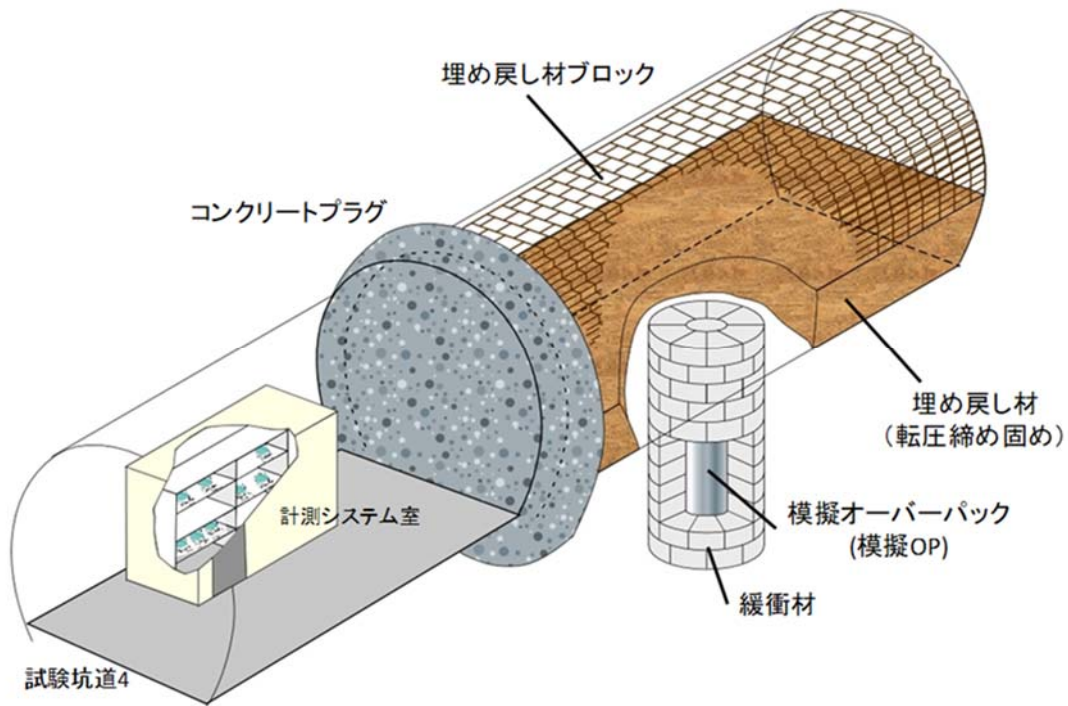


図 56 人工バリア性能確認試験の概念図

また、試験エリア周辺の逸水を抑制するためのグラウトを実施するとともに、注水に必要な地下水を確保するためのボーリング孔を掘削しました。グラウトはコンクリートプラグ手前の試験坑道周辺領域について、東周回坑道側からB断面（12区間）を、試験坑道3側からA断面（56区間）のグラウトを実施しました（図 59）。

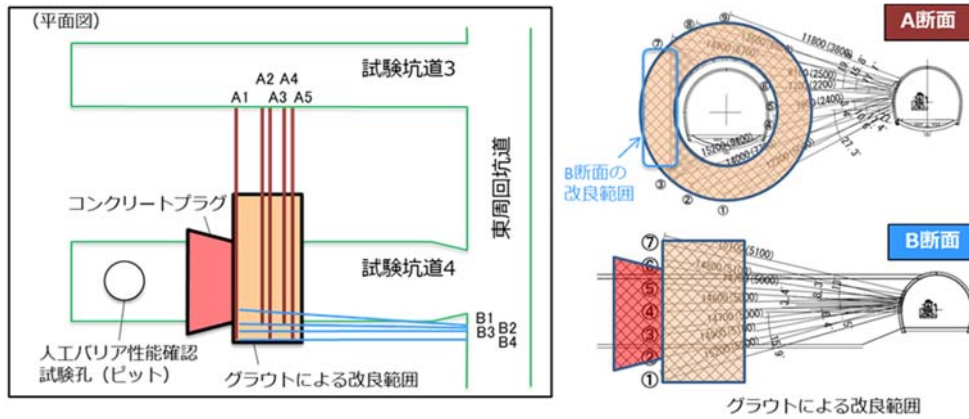


図 59 グラウトの施工箇所

図 60に緩衝材外周のケイ砂部の間隙水圧の経時変化を示します。図より、令和元年8月あたりからグラウトの効果により間隙水圧が上昇していることが確認できます。また、令和2年1月14日に注水量を増加させたことにより、約0.3 MPaまで間隙水圧が上昇しました。

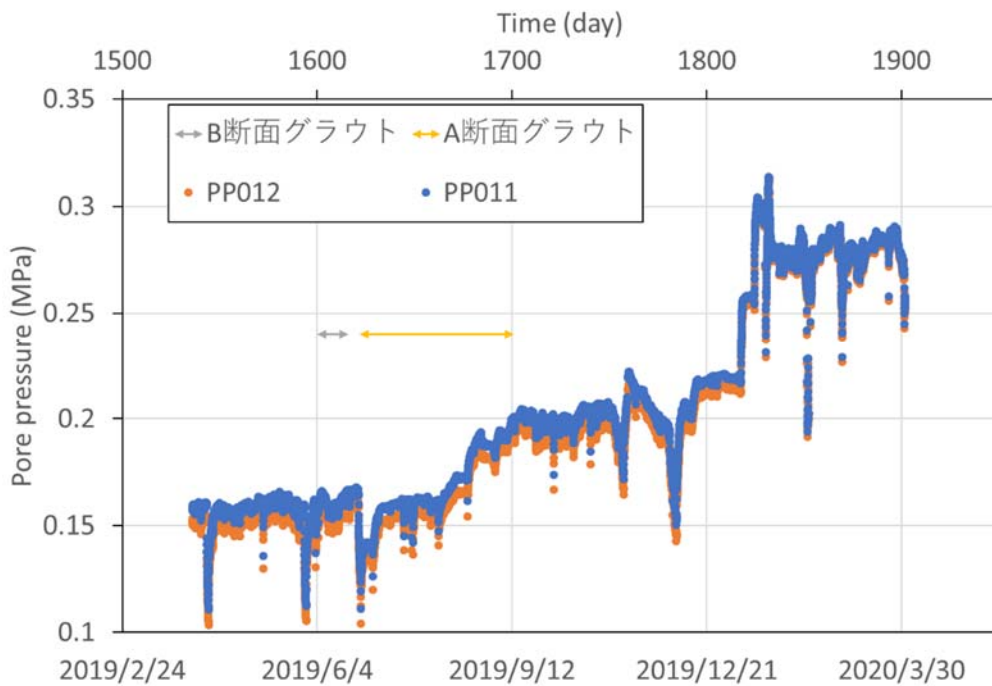


図 60 緩衝材外周のケイ砂部の間隙水圧変化

人工バリア性能確認試験においては、今後ヒーターの電源をOFFにした減熱試験を実施する予定です。そこで令和元年度は、減熱試験を開始した場合に、緩衝材内部の温度や水分量がどのように変化するかを連成解析により予測し、今後の計画立案の参考としました。図 61に温度の、図 62

に緩衝材内部の水分飽和度の結果を示します。約2000日までは現在実施中の加熱試験で取得した計測値と解析結果の比較を、2000日以降は減熱試験を仮定した解析結果を示しています。図 62の計測値（外側）における約1500日付近でのばらつきは、ばらつき後すぐに計測不能となっていることから、実際に飽和度が変化しているのではなく、センサーの故障であると考えられます。減熱試験を仮定した解析では、緩衝材中の温度は減熱試験を開始後、比較的早い時間で温度が低下することが推定されました。また、緩衝材内側の飽和度については、2000日以降から上昇していることが推定できます。これは、緩衝材中の温度差によって生じる緩衝材外側方向への水分移動が、温度差がなくなることによって解消されるためです。

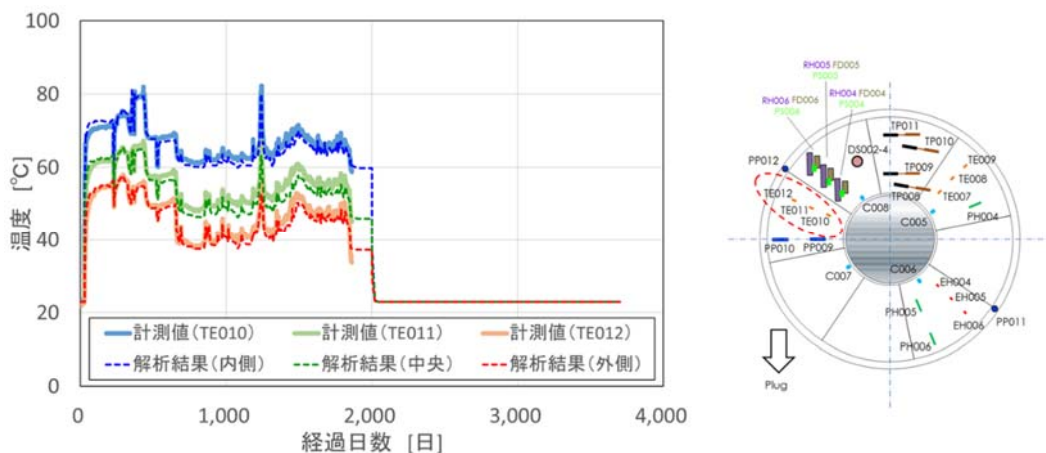


図 61 緩衝材内部の温度解析結果と計測値の比較（2000 日から減熱試験を仮定）

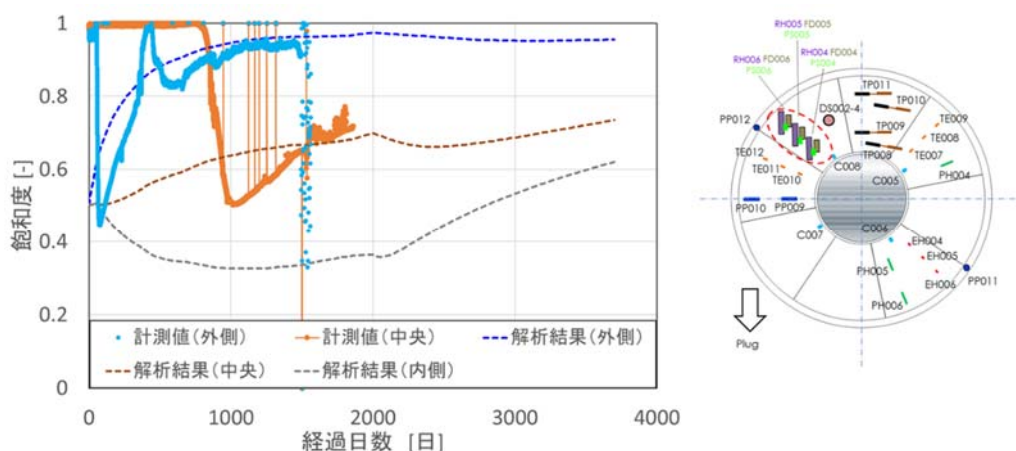


図 62 緩衝材内部の水分飽和度解析結果と計測値の比較（2000 日から減熱試験を仮定）

オーバーパック腐食試験

深度350m調査坑道の試験坑道3におけるオーバーパック腐食試験は、塩水系地下水環境におけるオーバーパックの耐食性*⁸や腐食モニタリング手法の適用性を確認することを目的として実施するものです。令和元年度は、平成30年5月に計測を終了して回収した腐食センサーに埋め込まれた炭素鋼電極（模擬オーバーパックと同じ材料で製作）に生じた腐食生成物の分析を実施しました（図 64）。腐食センサーは模擬オーバーパック近傍の緩衝材中に設置されていたため、模擬オーバーパックと類似した環境で腐食が進展していたものとして扱うことができます。分析結果の一例としてラマン分光法*⁹による分析結果を図 66に示します。X線回折で確認されたシデライト（ FeCO_3 ：菱鉄鉱と呼ばれる炭酸塩鉱物）に加えて、マグネタイト（ Fe_3O_4 ：磁鉄鉱と呼ばれる酸化鉱物）とゲーサイト（ FeOOH ：針鉄鉱と呼ばれる水酸化鉱物）と思われるピークが観察されました。これらのうち、シデライトは酸素濃度の低い環境で、ゲーサイトは比較的酸素が豊富な環境で安定な腐食生成物であることがわかっています。また、マグネタイトはその中間的な条件で安定な腐食生成物です。これらの腐食生成物が同時に確認されたことから、炭素鋼表面は試験開始時の酸化性の状態から低酸素の状態に遷移していったことが示唆されました。

*8：金属の腐食（さび）に対する抵抗性のことです。耐食性の高い合金として、一般的にはステンレス鋼やアルミニウム系合金など、オーバーパックの候補材料としては銅やチタン合金などがあります。

*9：ラマン分光法：物質に光を入射すると、光は分子と衝突して一部は散乱します。その散乱した光には入射した光とは異なる波長の光が含まれています。この散乱した光を読み解くことで物質の構造や種類などを知ることができます。

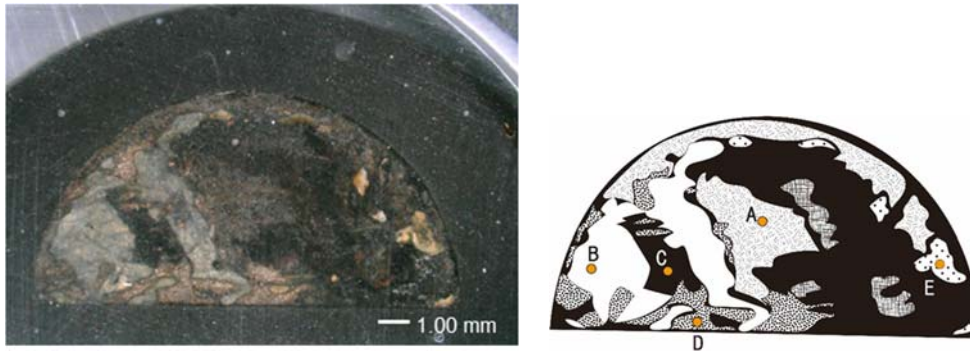


図 64 腐食センサー（6 段目、135°）の炭素鋼電極表面の外観（左）とスケッチ（右）および、顕微ラマン分光分析箇所（右図 A～E）

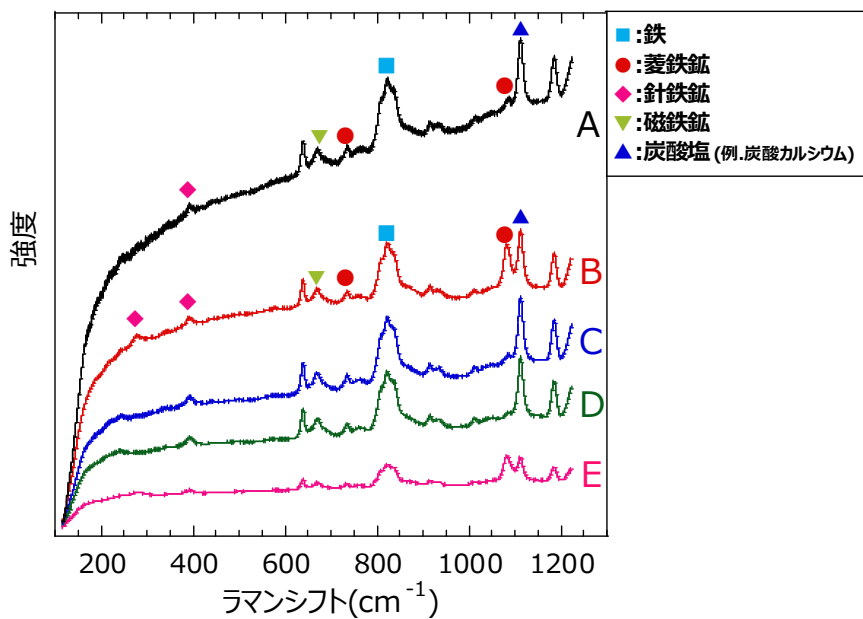


図 66 腐食センサーの炭素鋼電極表面に付着していた腐食生成物の顕微ラマン分光分析結果
（图中 A～E は図 63 右図の記号に対応）

地下環境での搬送定置・回収技術に関する研究

原子力環境整備促進・資金管理センターとの共同研究として、処分坑道横置き・PEM (Prefabricated Engineered barrier system Module) ^{*10}方式による地下環境での人工バリアの搬送定置・回収技術に関する研究を継続しました。令和元年度は、深度350m調査坑道の試験坑道2において模擬PEM^{*11}の回収技術の実証試験を行いました。模擬PEMは平成30年度に実施した充填試験により、粘土系材料の充填材で埋められた状態になっています。模擬PEMの回収試験は、充填材を除去する技術および模擬PEMを定置場所から引き出す技術の2つを対象として順次試験を行いました。充填材の除去は機械的除去技術と流体的除去技術を組み合わせて行いました。

模擬PEMから離れた部分の充填材の除去には、機械的除去技術であるオーガ方式を採用しました。これは充填材を回転する刃で削りながら、吸引機 (大型の掃除機のようなもの) で連続的に取り除くものです (写真 3)。

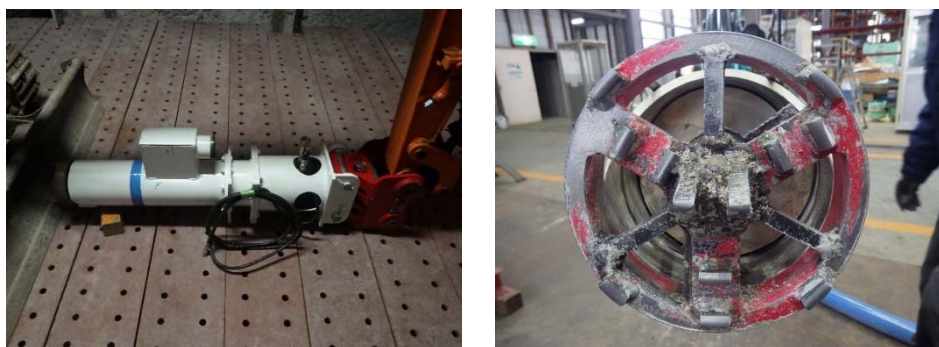


写真 3 オーガ方式の除去装置の外観

模擬PEM近傍の充填材の除去には、模擬PEMへの物理的な影響が少ないと考えられる流体的除去技術であるウォータージェット方式を採用しました。これは高圧の水で充填材を削り、スラリー状になったものを吸引機で連続的に取り除くものです。写真 6に示す試験装置は高圧水を噴射するノズルと、ノズルを円筒形状の模擬PEMの外周に沿って動かす部分から構成されており、ノズルの形状を変えることで水の出方を変えることができます。

*10：鋼製容器の中に、人工バリアであるオーバーパックや緩衝材を設置し、一体化したものです。

*11：本試験で用いる模擬 PEM は、緩衝材などの人工バリアを封入せず、実物と寸法（直径約 2.5m、長さ約 3.5m）および重量（約 36t）を模擬したものを使用しています。



写真 6 ウォータジェット方式の装置とノズル

隙間充填材を除去した後、模擬PEMの回収試験を行いました。回収試験にはエアベアリング方式の搬送定置装置を使用しました。写真8に模擬PEMの回収試験の様子を示します。実際の地下環境で重量36.5tの模擬PEMを回収できることを確認しました。



回収前



回収後

写真 8 模擬PEMの回収試験の様子

これまでの一連の試験により、地層処分実規模試験施設で公開中の処分孔竖置き・ブロック方式に係る技術と合わせ、わが国で有望とされている2つの定置概念に対して、定置から回収までの一連の操業技術の実現性の見通しを得ました。

○安全評価手法の高度化

健岩部を対象とした物質移行試験

令和元年度は、過年度に実施した原位置拡散試験^{*12}について、層理面に対する異方性が拡散挙動に及ぼす影響を評価しました。図 85(a)に試験体系と採取試料を示します。図 85(b)に示すように、層理面に対して直交方向に取得したセシウム (Cs) 濃度のプロファイル (2カ所: D11w//_1-n1、n2) が同様の傾向を示しているとともに、既存のデータ (D05-1) における濃度プロファイルの傾向と整合する結果となりました。層理面に対して平行方向のCsの濃度プロファイル (D11w⊥-n1-Cs) は直交方向の濃度プロファイルと同程度の減衰傾向を示す一方でボーリング孔の壁面の濃度 (図85(b)中の0 mmの位置) が一桁程度低い結果となりました。このような差異が生じた原因として、ボーリング孔の孔底部には掘削した際に生じる掘削泥等が沈積しており、掘削泥にCsが吸着した結果、孔壁のCs濃度が低い結果となった可能性が考えられます。

上記を考慮した上で、層理面に対する異方性が顕著ではない可能性があるものの、分析箇所を増やし、引き続き検討していく予定です。

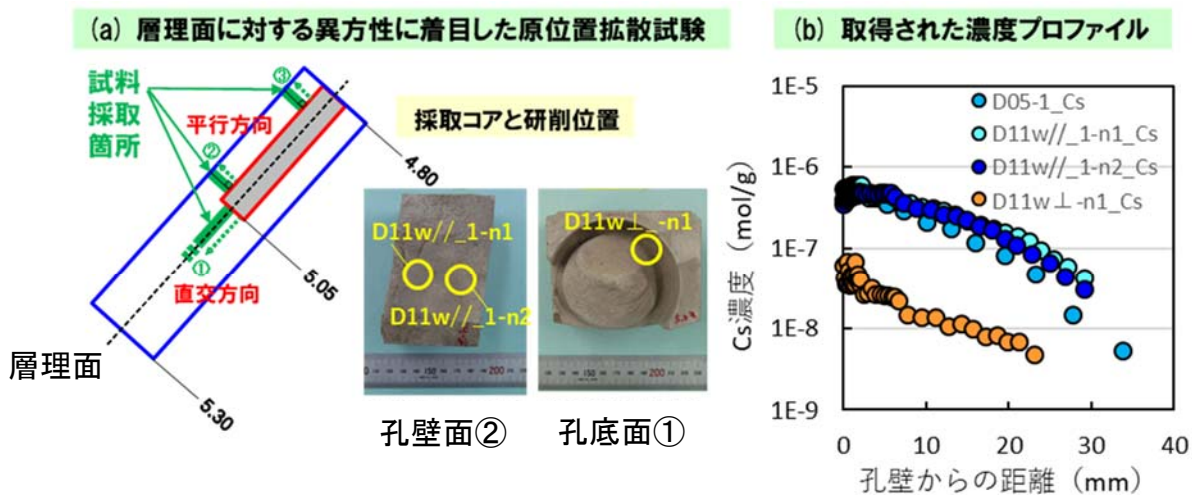


図 85 層理面に対する異方性に着目した原位置拡散試験：
(a) 試験体系と採取試料、(b) 試験後の岩石中のCs濃度分布

*12：拡散とは、物質の濃度の違いによって物質が散らばり広がる現象を言います。拡散試験はトレーサー試験の一種で、物質（トレーサー）の濃度変化から岩盤の拡散係数などのパラメータを調べる試験です。

割れ目^{*13}を対象とした物質移行試験

平成30年度に引き続き、深度350m調査坑道において実施した断層を対象としたダイポール試験^{*14}のモデル化／解析手法の検討を継続しました。

図 87に平行平板モデルにフロー領域^{*15}およびスタグナント領域^{*16}を表現したモデル（図 86(b)）による解析結果を示します。平成30年度に実施した平行平板モデルでの解析結果と比較するとパルスソース^{*17}、コンスタントソース^{*18}における破過曲線^{*19}には大きな違いがないことがわかりました。一方、割れ目表面のトレーサー濃度分布については、すべての実測値がフロー領域における濃度分布とスタグナント領域の濃度分布の解析結果の間にプロットされていることがわかります（図 88(e)、(f)の比較）。今回試験対象とした割れ目中の移行は移流が支配的であるとともに、複雑な経路をたどってトレーサーが移行している可能性があります。今回の解析結果ではスタグナント領域の濃度分布よりも実測値の濃度が高いとともに、注水孔から濃度分析地点を結んだ最短距離をトレーサーが移流によって移行した場合の濃度分布よりも実測値が低いことから、フロー・スタグナント領域を考慮したモデルにより、トレーサーの移行経路の不均質性に起因するトレーサーの挙動を表現できる可能性が示唆されました。

*13：これまでは、「単一の割れ目を対象とした物質移行試験」と記載していましたが、同試験結果の評価の中で、複数の割れ目がトレーサーの移行に関与していることがわかってきたため、記載を改めました。

*14：ダイポール試験とは、トレーサー試験の一種で2つのボーリング孔を利用し、トレーサーの投入／回収を行うことで、孔間の分散係数などのパラメータを調べる試験です。

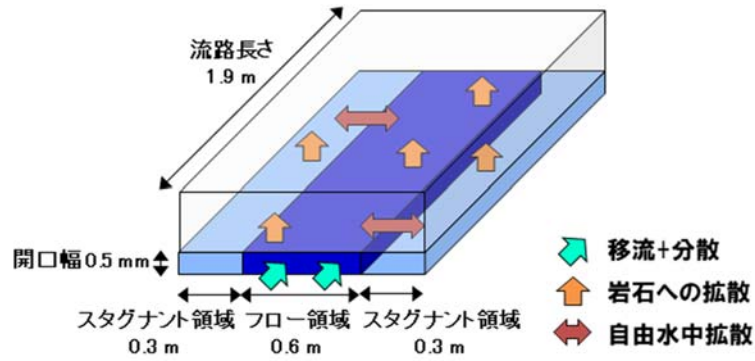
*15：フロー領域とは、地下水の流れが生じていることを仮定した領域のことで、地下水の流れによって物質が移動する「移流」現象と、主に物質が移行する媒体の幾何学形状に起因して物質が広がる「分散」現象を考慮しています。

*16：フロー領域とは逆に、地下水の流れが生じていないことを仮定した領域のことで、物質の濃度差によって散らばり、広がる「拡散」現象のみを考慮しています。

*17：トレーサーの投入方法の1つで、一定濃度のトレーサーを瞬間的に投入する方法です。

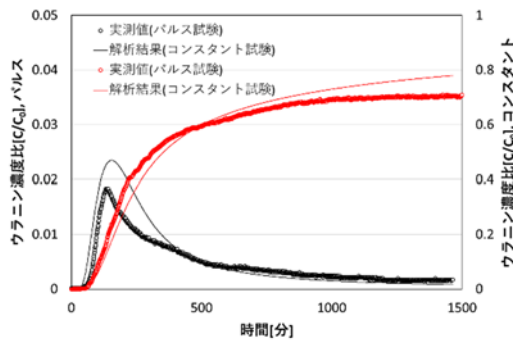
*18：トレーサーの投入方法の1つで、一定濃度のトレーサーを試験期間中にわたって投入し続ける方法です。

*19：破過曲線とは、トレーサーの濃度の時間変化を示した図のことを言います。

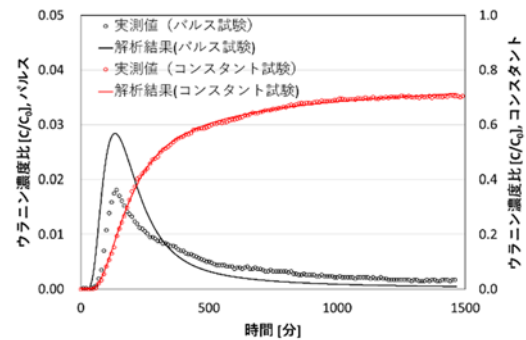


(b) フロー・スタグナント領域を考慮した解析モデル

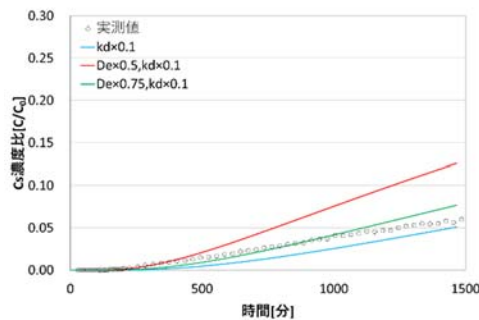
図 86 解析モデルの概要



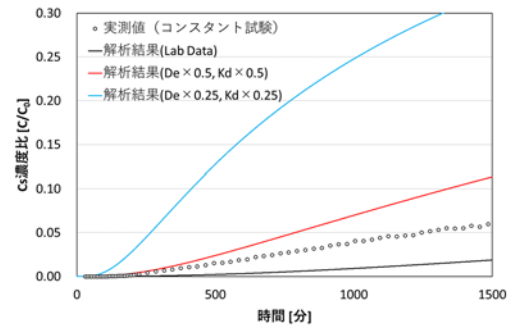
(a) ウラニウム試験の破過曲線



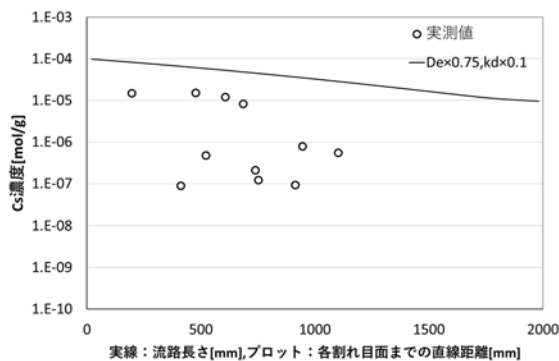
(b) ウラニウム試験の破過曲線



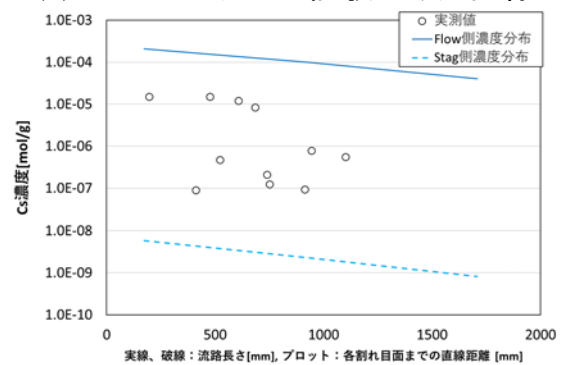
(c) Cs コンスタント試験の破過曲線



(d) Cs コンスタント試験の破過曲線



(e) Cs 濃度分布



(f) Cs 濃度分布

図 1 フロー・スタグナント領域を考慮した解析モデルを用いた割れ目中トレーサー試験のウラニウムおよび Cs の解析結果
(左：平成 30 年度の解析結果、右：令和元年度の解析結果)

5. 地下施設の維持管理

令和元年度は、引き続き維持管理業務として、地下施設の機械設備や電気設備の点検保守および設備の更新（中央監視装置）などを行い、地下施設の安全確保に努めました（写真 9）。また、平成31年4月9日に発生した火災については、原因究明の結果、電気ケーブル巻上機の誤動作により接続端子が破断して火花が発生、プラスチック製端子ボックスに引火したものと判断されました。この再発防止策として、電気ケーブル巻上機が誤作動しないように、設備を改造するとともに点検項目の追加や頻度を上げる等の対策を行いました。

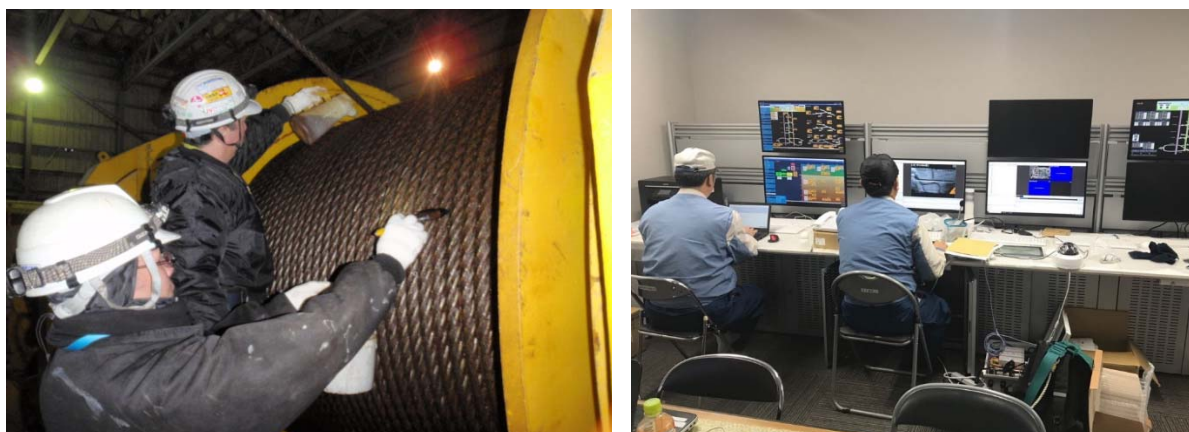


写真 9 設備の点検および更新状況

6. 環境調査

排水処理前後の水質、天塩川の水質、浄化槽排水の水質について調査を行っています。また、掘削土(ズリ)置場の環境への影響を監視するため、清水川および掘削土(ズリ)置場周辺の地下水についても水質調査を行っています(図90)。これらの分析結果の詳細については、幌延深地層研究センターのホームページ*20で公開しています。水質調査の結果、地下施設の建設による環境への影響は観測されませんでした。

また、当センター周辺の環境影響について、清水川の水質および魚類を対象に調査を実施しています。令和元年度における各調査結果は、これまでと比較して大きな変化はありませんでした。

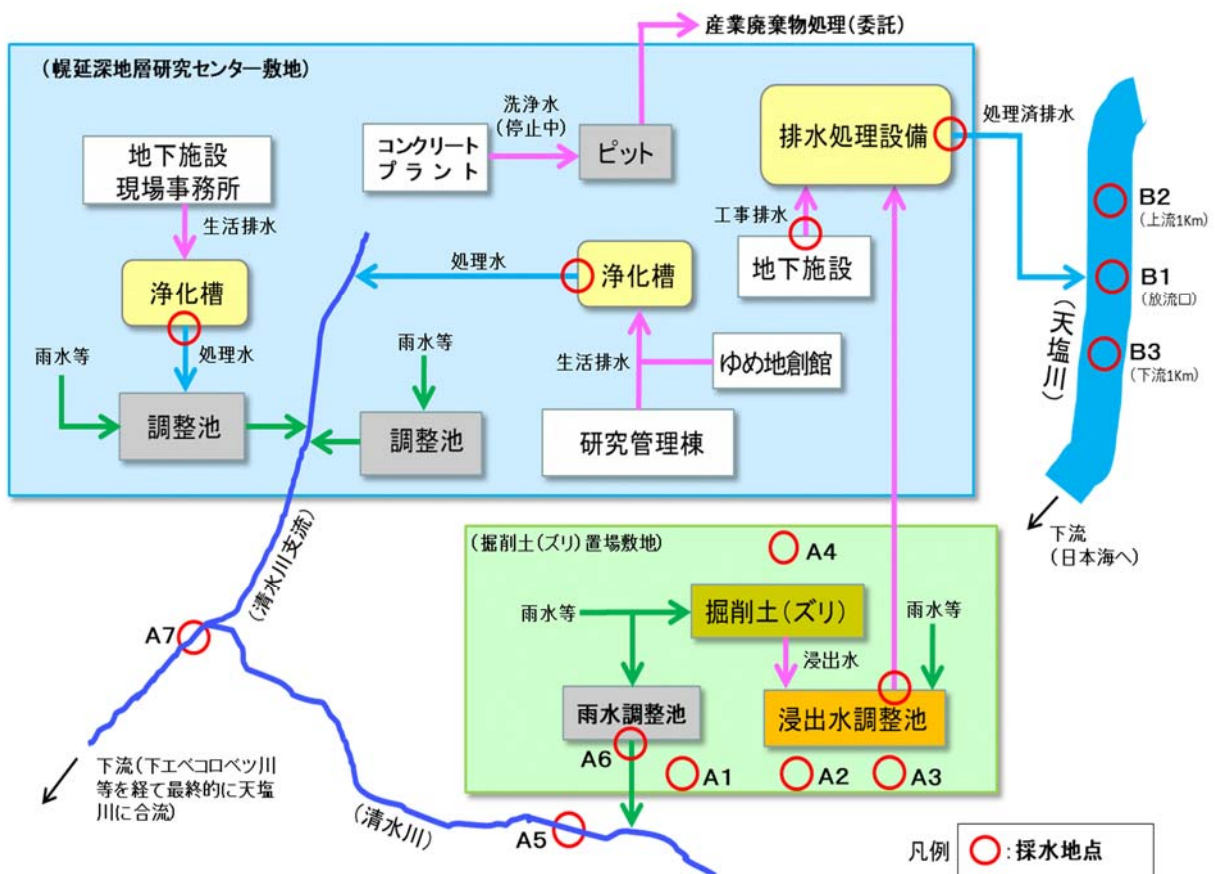


図90 排水系統と各水質分析用試料の採取地点

*20 : <https://www.jaea.go.jp/04/horonobe/disclosure/suishitsu.html>

7. 安全確保の取組み

安全確保の取組みとして、直営作業、請負作業、共同研究作業においては、作業の計画段階からリスクアセスメント評価を実施し、安全対策の妥当性の確認や改善に努めました。

そのほか、所長や保安・建設課などによる定期的な安全パトロールを実施し、現場の安全確認や改善などに努めました（写真 17）。

さらに、新規配属者や請負作業・共同研究作業の責任者などに対して安全教育を実施したほか、全国安全週間などの機会を捉えて、従業員のみなならず請負企業も含めた安全行事に積極的に取り組むなど、安全意識の高揚に努めました（写真 18）。



写真 17 安全パトロールの状況



写真 18 安全行事の状況
(安全大会)

8. 開かれた研究

幌延深地層研究計画で実施する地下深部を対象とした研究は、以下に示す国内外の研究機関との共同研究や研究協力をはじめ、広く関連する専門家の参加を得て進めています。

○国内機関との研究協力

◆ 大学などとの研究協力

➤ 東京大学

地下深部に生息するメタン酸化機能を有する微生物生態系が地下水や岩石などの性質に与える影響を評価する手法の開発

➤ 京都大学、東北大学

地下水中の微量元素と微小な物質（コロイド・有機物・微生物）との相互作用の評価

など

◆ その他の国内研究機関との研究協力

➤ 産業技術総合研究所

地下深部における長期的な放射性核種の移行挙動に関わる岩盤の水理特性および化学特性の調査解析技術の高度化

➤ 原子力環境整備促進・資金管理センター

搬送定置・回収技術に関する研究

➤ 電力中央研究所

地下施設建設時の坑道掘削影響領域の調査技術の高度化

➤ 幌延地圏環境研究所

岩石・地下水中の微生物特性・化学特性の評価

など

○国外機関との研究協力

➤ モンテリ・プロジェクト^{*21}

粘土の摩擦特性に関する室内試験

など

^{*21}: 堆積岩を対象とした地層処分に関する国際共同研究です。原子力機構を含め9ヶ国から21機関が参加し、スイスのモンテリ・トンネル内において地層処分に関連する各種の原位置試験が実施されています。