

(a) リン青銅板の設置位置 (b) リン青銅板の計測結果
 図 75 緩衝材と埋め戻し材の境界面における膨潤変形挙動計測

(3) EDZシーリング試験

掘削影響領域（以下、EDZ）においては、割れ目の発達に伴い透水性が増大することで物質の移行経路になることが想定されており、この移行経路を遮断するために、低透水性材料であるベントナイト系材料を用いた止水プラグを設置する考え方が国内外において示されています。一方で、原位置環境下においてベントナイト系材料を用いた止水プラグがどの程度の地下水移行抑制機能を有するかを検証することは、止水プラグの設計・施工の考え方を提示する上で重要となります。そこで、地下水移行抑制機能を評価するための指標の1つとして透水性に着目し、EDZを遮る機能が期待される止水プラグの切り欠き部分を規模を縮小して模擬したEDZシーリング試験（図 76）を行っています。

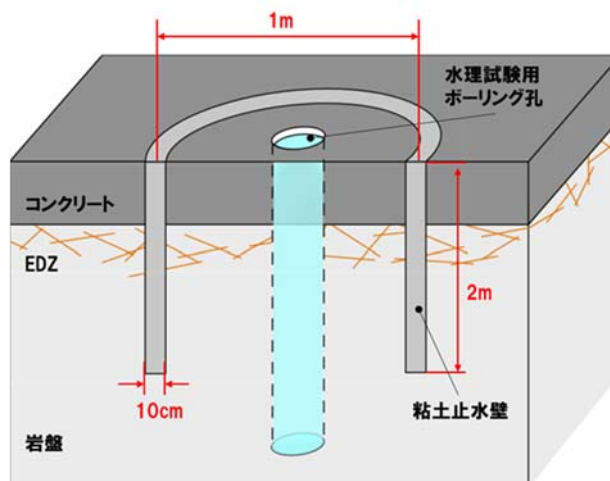


図 76 EDZ シーリング試験の試験領域概略図

令和元年度は、スリットに充填するベントナイト系材料について幌延の地下水を模擬した模擬地下水を用いた室内透水試験を行い、その透水係数を確認しました。試験では平成30年度に実施した膨潤の状況を確認する試験と同様に、クニゲルV1（以下、粉体ベントナイト）とクニゲルGX（以下、粒状ベントナイト）の2種類の材料を用いて、①粉体ベントナイトのペレット（以下、ペレット）、②粒状ベントナイトのみ、③ペレットと粒状ベントナイトの混合土（以下、混合土）および④粉体ベントナイトを突き固めたもの（以下、粉体供試体）の4種類の供試体を作製しました。

EDZシーリング試験における粘土止水壁の透水係数は、幌延の深度350 mの健岩部の透水係数よりも低い 10^{-11} m/s以下を目標値として設定しました。室内透水試験の結果、上記の4種類のいずれの材料においても供試体の乾燥密度を 1.2 Mg/m^3 とすることで透水係数は 10^{-12} m/sのオーダーを示しており、目標の透水係数より低い値であることを確認しました。この透水試験の結果と平成30年度の膨潤の状況確認試験の結果を踏まえて、スリットへの充填施工の観点からペレットを粘土止水壁の材料に選定しました。

次に、試験坑道3において粘土止水壁を施工しました。粘土止水壁の施工する場所は平成30年度にEDZの調査のために掘削したパイロット孔（以下、EDZ-1孔）の周辺としました。まず、EDZ-1孔周辺の底盤とEDZの間にあるズリ層を取り除き、改めて底盤のコンクリートを打設しました（図77(a)中の濃紺部分）。その後、EDZ-1孔を中心とした半径0.45 mの円周上に幅10 cm、深さ2 mのスリットを掘削しました。この掘削したスリットに室内試験により選定したペレットを乾燥密度が 1.2 Mg/m^3 以上となるように充填して粘土止水壁を構築しました（図78）。

粘土止水壁によって区切られた内側の領域を対象として、EDZ-1孔から注水することにより透水試験を行いました。透水試験は、スリット掘削前（粘土止水壁施工前）と粘土止水壁施工後の2回実施し、試験時期は、1回目を底盤のコンクリートの再打設が完了した後、2回目を粘土止水壁が十分に飽和したと考えられるペレットを充填して2か月が経過した後としました。2回の透水試験ともに、図77(b)に示すようにEDZ-1孔の深度0.31 m～1.70 mを注水区間としました。粘土止水壁施工前の試験領域の透水係

数は 2×10^{-6} m/s程度であり、これまでの調査で得られていた試験坑道3周辺のEDZの透水係数と同程度の値であることから、EDZの透水係数を表していると考えられます。一方、粘土止水壁施工後の試験領域の透水係数は約 3×10^{-9} m/sとなり、施工前に比べて3オーダーほど低い値を示しました。この値は、幌延の深度350 mの健岩部の透水係数よりはやや高い値であるものの、EDZを遮断するようにスリットを掘削しベントナイト系材料の粘土止水壁を構築することで試験領域内の透水性が低下することを確認しました。今後は、定期的に透水試験を実施して時間の経過とともに試験領域の透水係数がどのように変化するか調査する予定です。

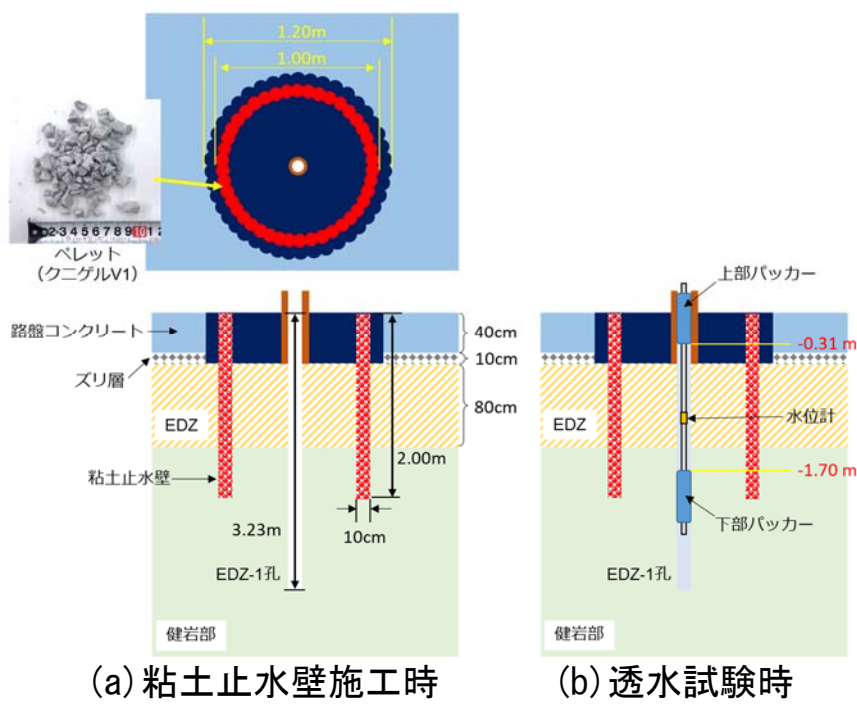


図 77 粘土止水壁周辺の上面図および断面図



(a) スリットの掘削



(b) ペレットの投入



(c) 人力による突き固め



(d) 底盤面まで充填完了

図 78 粘土止水壁の施工作業の状況

(4) EDZの連続性等に関する調査

坑道や掘削影響領域（EDZ）が地下水の移行経路となることを防止するための坑道シーリング技術の性能確認の一環として、令和元年度は、深度350m調査坑道の試験坑道4において、人工バリア性能確認試験でEDZを介した地下水移行を抑制するためのポストグラウトが実施されました。試験坑道4および力学プラグ周囲のEDZの連続性や経時変化を把握してポストグラウトの効果を評価することを目的として、弾性波および比抵抗トモグラフィ調査*47を実施しました。

調査は、試験坑道4の力学プラグ前方のグラウト注入範囲を対象とし、グラウト注入による物性値（弾性波速度、比抵抗値）の違いを計測するために、グラウト注入前、グラウト注入中、グラウト注入後に、試験坑道3の2孔のボーリング孔間（クロスホール法）で行いました。また、地山とグラウト材の物性値の違いを評価するため、ボーリング孔の検層（電気、

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

速度) とボーリングコアおよびグラウト材の室内試験を行いました。トモグラフィ調査の断面位置を図 79に示します。

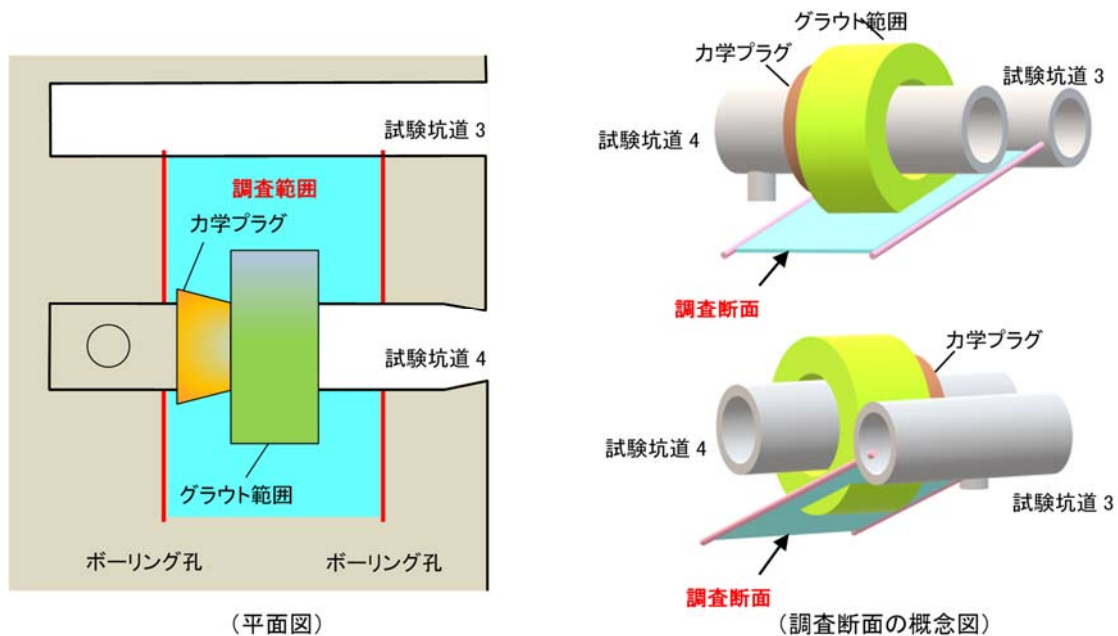


図 79 トモグラフィ調査の断面位置

弾性波トモグラフィ調査の結果を図 80に示します。調査範囲の弾性波速度は、1.9～2.4 km/sを示し、グラウト範囲（図中の点線の範囲）は2.1～2.2 km/s以上を示しています。グラウト前後のスローネス（速度の遅さ）の変化量は-2.5 %でマイナスの変化量を示し弾性波速度の増加を示しています。また、ボーリングコアとグラウト試料の室内試験結果からも、グラウト試料が厚いほど弾性波速度が速い傾向を示すことが分かりました。

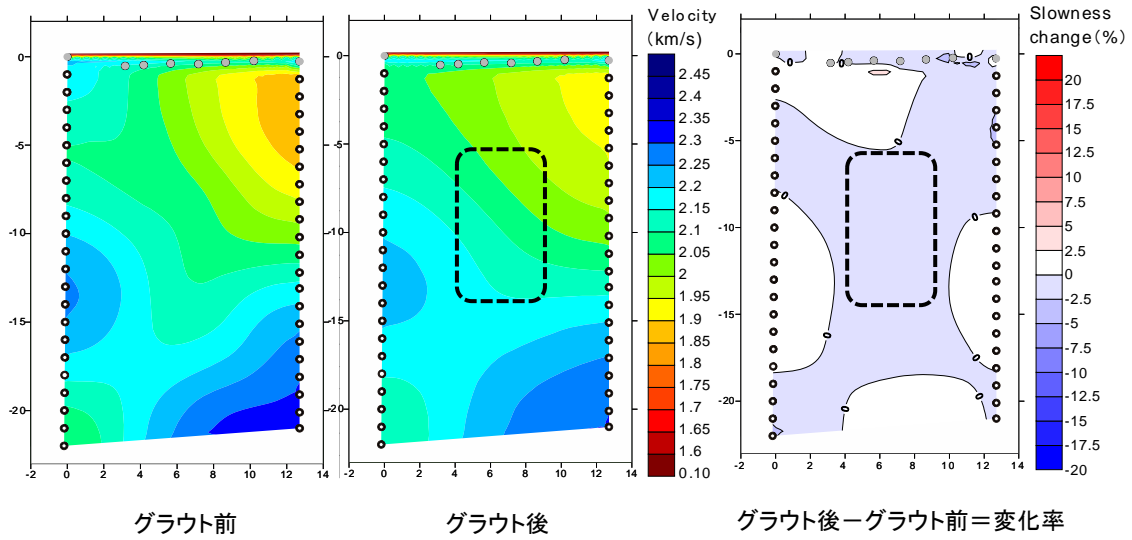


図 80 弾性波トモグラフィ調査の速度分布図

比抵抗トモグラフィ調査の結果を図 81に示します。図の中央部のグラウト範囲は比抵抗値が1.00～2.50 Ω -mで周囲より低比抵抗の領域となっています。グラウトの前後で比抵抗値の分布に明瞭な変化はありませんが、比抵抗の変化率は2.0～4.0 %でプラスの変化量を示し比抵抗値が高くなっています。また、室内試験の結果もグラウト材は高比抵抗を示すことが分かりました。

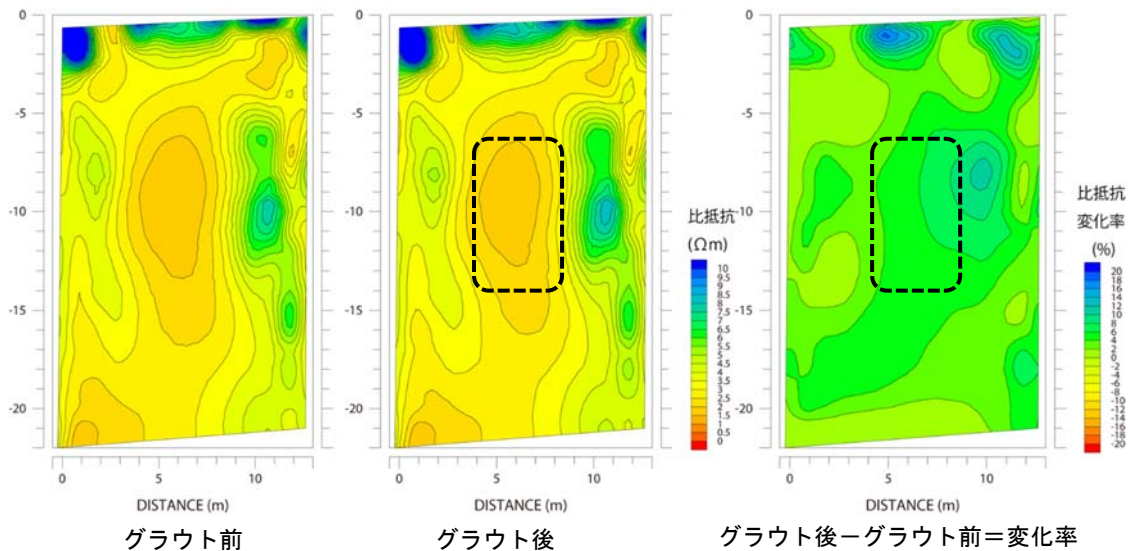


図 81 比抵抗トモグラフィ調査の比抵抗分布図

試験坑道および力学プラグ周囲のEDZの連続性や経時変化を把握し、グラウトの効果を評価するため、グラウト後の速度分布断面で三次元の解析を行いました(図 82)。これらを比較すると表示の違いにより、二次元断面に比べ三次元断面の方が速度値の違う領域がよく可視化されています。2孔の平行なボーリング孔を用いるトモグラフィ調査は対象範囲が二次元に限定されますが、三次元的にボーリング孔や受振、発振点を適切に配置し三次元解析を行うことで坑道周囲のEDZの連続性や経時変化の把握に適用できると考えられます。

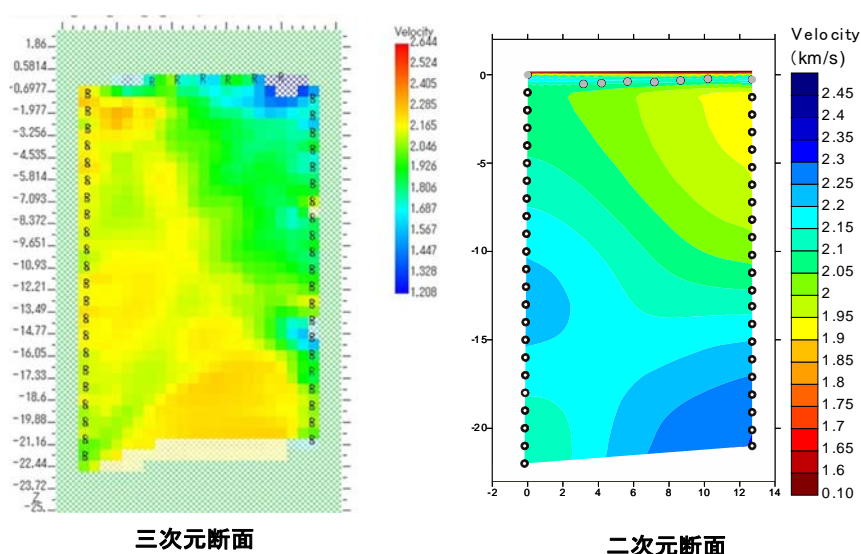


図 82 三次元解析の速度分布図

試験坑道および力学プラグ周囲のEDZの連続性や経時変化を把握し、グラウトの効果を評価するために弾性波・比抵抗トモグラフィ調査を行った結果、物性値の違いにより地山(堆積岩)とグラウト範囲を確認できることが分かりました。今後は、地質環境条件により適用する物理探査手法の検証と解析手法による精度の適用性を検証する予定です。

(5) 無線モニタリング装置の適用性確認

深度350m調査坑道の試験坑道4では、人工バリア性能確認試験において人工バリアの挙動を計測・評価するための様々なセンサーを設置しています(4.1.1参照)。一般的に、センサーとデータを収集する記録計の間はケーブルで接続されています。しかし、このケーブルの周りが水みちとな

って計測する環境を乱す要因となることがあります。また、多くのセンサーを使う場合にはケーブルの本数が膨大になり、センサー設置作業の煩雑さや断線などにより計測システムの信頼性に影響を及ぼすことも考えられます。このような課題を解決する方法として、ケーブルを使わずに電磁波を用いてデータを送信する方法があります。この地中無線技術を人工バリア性能確認試験に適用し、岩盤やコンクリートプラグなどを介した電磁波の減衰や、装置に内蔵された電池の寿命を評価する試験を実施しています。

本研究で開発した地中無線伝送システムの装置構成を図 83に示します。人工バリア性能確認試験の緩衝材と埋め戻し材の中にセンサー付き小型送信器が埋め込まれています。これらのセンサーで間隙水圧や緩衝材の膨潤圧を測定し、送信器から無線でデータが送信されます。受信アンテナと受信装置は、試験坑道4に設置されたプラグの外側のボーリング孔内に設置されており、送信器から送信されたデータは、緩衝材、埋め戻し材、岩盤、プラグを通過して、ケーブルを介さずに受信装置へ届きます。

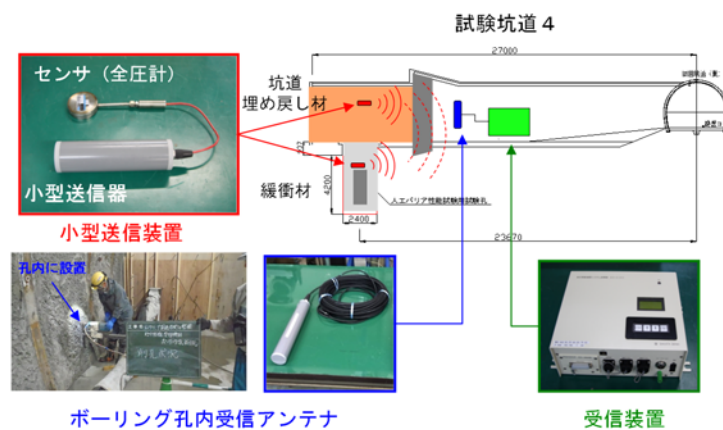


図 83 地中無線伝送システムの装置構成イメージ

平成26年度に人工バリア性能確認試験における緩衝材や埋め戻し材の土圧と間隙水圧を計測するために7体のセンサーと小型送信装置を設置しました⁽⁴²⁾。センサーは、自動的に1日に1回の計測を行い、1週間分のデータをまとめて小型送信装置から無線で送信しています。令和元年度は、引き続き計測と無線によるデータ送信を行っています⁽⁴³⁾。測定期間中に測定データが地上のPCで正常に収録できない事象が発生しましたが、地

下から地上に繋がる有線ケーブルが原因であり、地中無線伝送システムは正常に動作していることを確認しました。緩衝材11段目に設置した間隙水圧と土圧の計測データの例を図 84に示します。図から、注水量の増加に伴い間隙水圧と土圧の値が上昇している傾向が見られました。このことから、センサーが正常に機能しており送信装置が所定の頻度で測定データを送信していることを確認しました。今後も、無線によるデータ送信技術の適用性を確認する試験を継続して実施していきます。

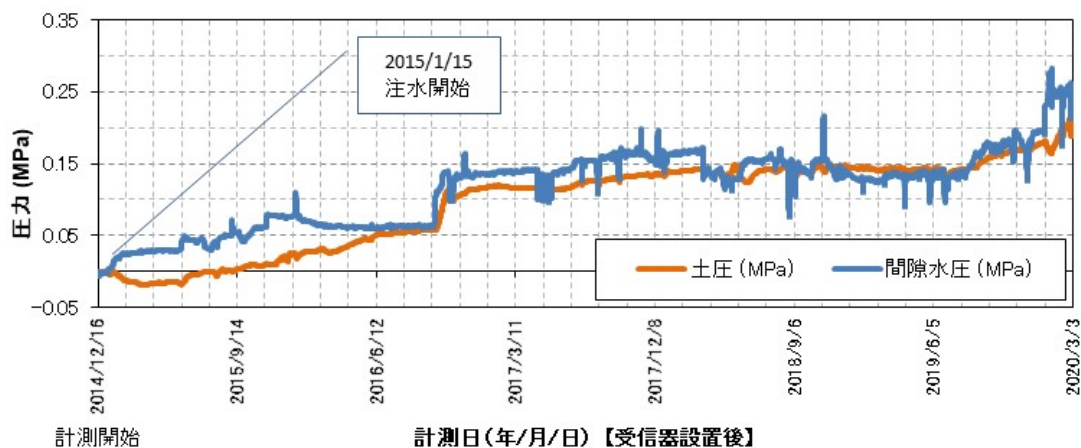


図 84 地中無線装置による計測データの例

4.2 安全評価手法の高度化

4.2.1 健岩部を対象とした原位置トレーサー試験

岩盤基質部における拡散・収着挙動について、多様な地質環境条件や岩盤の不均質性に起因した拡散・収着パラメータを評価するためのモデル化・解析手法を整備することを目的に、健岩部を対象としたトレーサー試験を行ってきました。令和元年度は過年度に実施した、原位置拡散試験^{*48 (44)}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。原位置拡散試験は、深度350m調査坑道の底盤から層理面の傾斜方向に掘削した斜孔のボーリング孔で行い、構造的な割れ目を含まない区間にH₂O (重水)、I (ヨウ素)、Mo (モリブデン)、Cs (セシウム)、Sr (ストロンチウム)、Co (コバルト)、Eu (ユーロピウム) 等の安定同位体トレーサーを含む模擬地下水 (塩濃度0.23 M) を循環させる方法で行いまし

*48：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。

た。また、循環(約8か月程度)後に、オーバーコアリングを行い、層理面に対して平行および直交方向の岩石試料を採取しました。採取した岩石試料に対し、図 85(a)に示す位置から1 mm程度の間隔で研削を行い、岩石中に含まれるトレーサー濃度の検出を行いました。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⊥-n-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。トレーサー循環中の試験区間内のトレーサー濃度は均一であることが想定されるとともに、マトリクス中の収着・拡散特性もほぼ同一であると考えられることから、ボーリング孔の壁面のCs濃度は水平方向、直交方向で同程度の濃度になることが想定されます。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、今後は孔底部の複数個所で濃度プロファイルを取得し、上記の原因について検討するとともに、層理面に対する異方性について検討していきます。

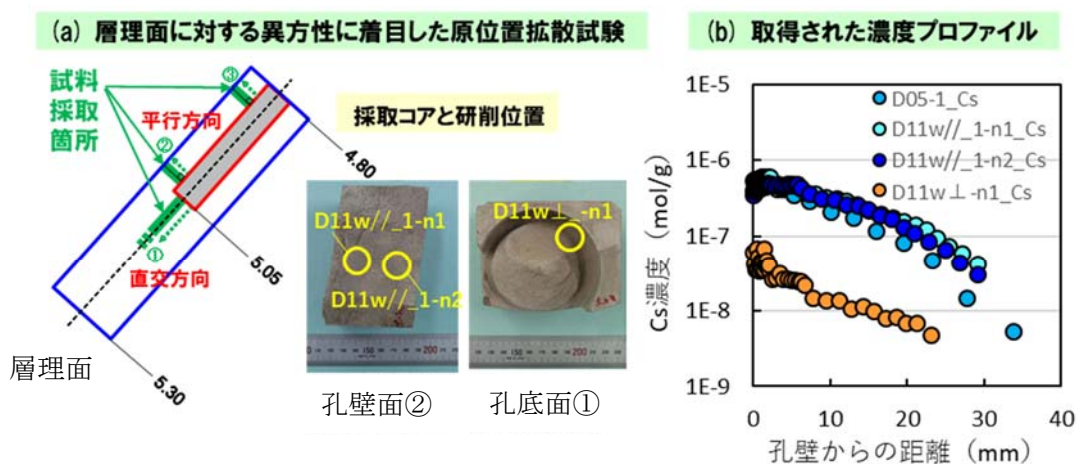


図 85 層理面に対する異方性に着目した原位置拡散試験
(a) 試験体系と採取試料、(b) 試験後の岩石中のCs濃度分布

4.2.2 割れ目*⁴⁹を対象とした原位置トレーサー試験

泥岩中に不均質に分布する割れ目の物質移行特性（分散長、拡散係数、収着分配係数など）を評価可能なモデル化／解析手法を整備することを目的に、割れ目を対象とした原位置トレーサー試験を実施してきました。令和元年度は平成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*⁵⁰（⁴⁵）のモデル化／解析手法の検討を継続しました。ダイポール試験は、断層の周囲に複数の割れ目が存在する割れ目帯を対象に2種類のトレーサー注入条件（パルスソース*⁵¹、コンスタントソース*⁵²）で実施された試験であり、トレーサーを注入した断層の開口幅、試験孔周辺の割れ目分布および割れ目表面のトレーサー濃度分布などの状況が確認されている（⁴⁶）ことから、これらトレーサーの移行経路の不均質性に関する情報に基づいたモデル化／解析手法を検討するために、トレーサーの移行経路を2経路としたモデルと、平行平板モデルにフロー領域*⁵³およびスタグナント領域*⁵⁴を表現したモデルによる解析を行いました（⁴⁷）。この成果については、経済産業省資源エネルギー庁の委託事業（平成31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：ニアフィールドシステム評価確証技術開発）により得られました。図 86にそれぞれの解析モデルを示します。

*49：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分かってきたため、記載を改めました。

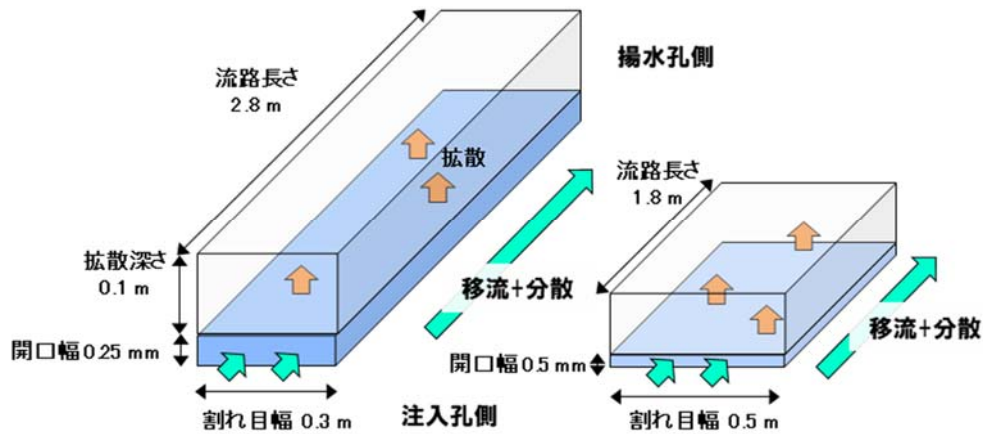
*50：ダイポール試験とは、トレーサー試験の一種で2つのボーリング孔を利用し、トレーサーの投入／回収を行うことで、孔間の分散係数などのパラメータを調べる試験です

*51：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。

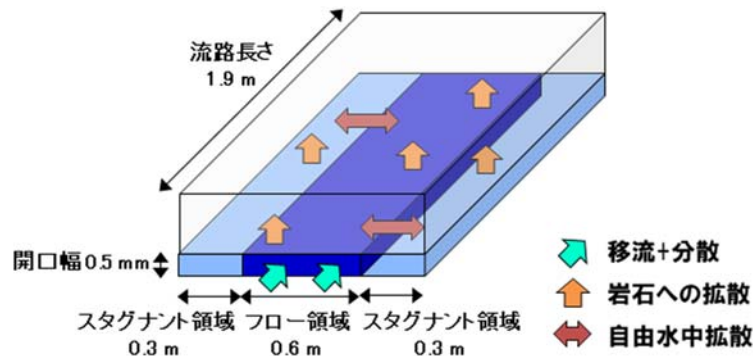
*52：トレーサーの投入方法の1つで、一定濃度のトレーサーを試験期間中にわたって投入し続ける方法です。

*53：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。

*54：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。



(a) 2つの移行経路を考慮した解析モデル



(b) フロー・スタグナント領域を考慮した解析モデル

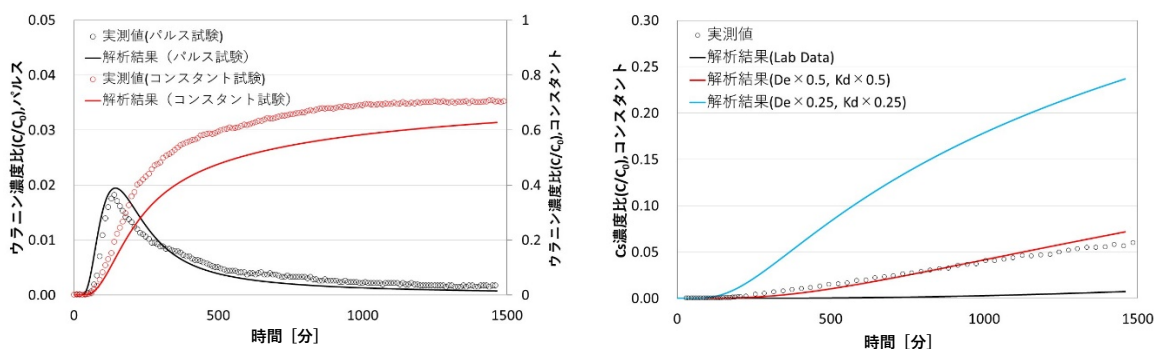
図 86 解析モデルの概要⁽⁴⁷⁾に追記

2つの移行経路を考慮した解析モデルは、平行平板モデルの結果を重ね合わせるもので、注水孔から揚水孔までの移行経路を2つ設定し、それぞれの流路長さ、割れ目幅、開口幅の条件を変動させることで、パルスソースおよびコンスタントソースの試験結果を同時に満たす条件の探索を行いました。一方、フロー・スタグナント領域を考慮した解析モデルは、割れ目表面の凹凸によって形成されたチャンネルに沿った流れが卓越する領域とそうでない領域を平行平板モデルに表現しています。

2つの移行経路を考慮した解析モデルによる解析結果の例を図 86に示します。図 87(a)に示すウラニンの破過曲線において、パルス試験のピーク傾向を1つの割れ目で再現しつつ、もう1つの割れ目で破過曲線^{*55}のテール部の形状を含めて、破過曲線全体の再現を試みましたが、現時点でパルスソースとコンスタントソースの破過曲線を同時に再現するには至

*55：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。

りませんでした。一方で、図 87(b)に示すコンスタントソース試験でのCsの破過曲線は、既存の室内試験に基づくCsの実効拡散係数や収着分配係数を与えた場合には、平成30年度の結果と同様にCsの遅延を過大評価する結果となりました。そこで、これら実効拡散係数と収着分配係数の室内試験と原位置試験における試験条件の差異を考慮し、それぞれのパラメータをさらに2分の1に設定した場合、Csの破過曲線を概ね再現できることが分かりました。



(a) ウラニンの破過曲線

(b) Csの破過曲線

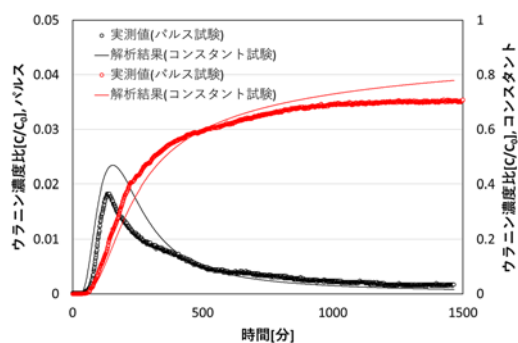
図 87 2つの移行経路を考慮した解析モデルを用いた解析結果⁽⁴⁷⁾

フロー・スタグナント領域を考慮した解析モデルによる解析結果の例を図 87に示します。

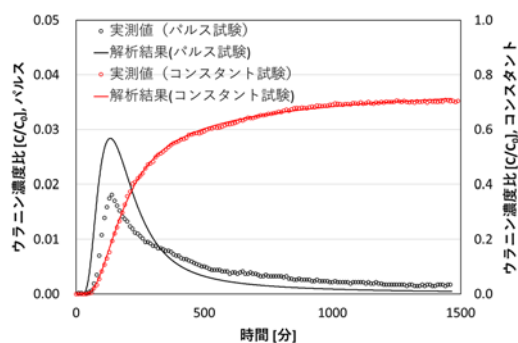
平成30年度に実施した平行平板モデルでの解析結果⁽⁴⁸⁾と比較するとパルス・コンスタントソースにおける破過曲線には大きな違いがない(図 88(a)、(b)の比較、および(c)、(d)の比較)ことがわかりました。一方、割れ目表面のトレーサー濃度分布については、すべての実測値がフロー領域における濃度分布とスタグナント領域の濃度分布の解析結果の間にプロットされていることがわかります(図 88(e)、(f)の比較)。今回試験対象とした割れ目中の移行は移流が支配的であるとともに、複雑な経路をたどってトレーサーが移行している可能性があります。今回の解析結果ではスタグナント領域の濃度分布よりも実測値の濃度が高いとともに、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。

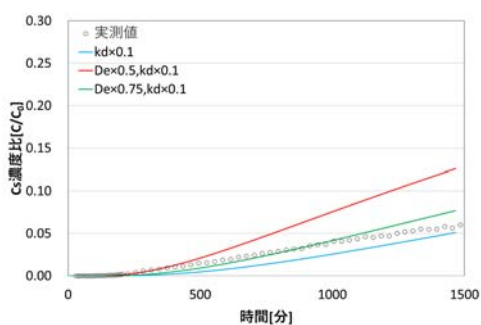
今後は、Cs以外のトレーサーを含めたコンスタントソース試験およびパルスソース試験の破過曲線、各トレーサーの移行パラメータや回収率、割れ目表面のCs濃度分布の一連のデータセットに対し、モデル・パラメータの最適化とその妥当性の確認を行っていく予定です。



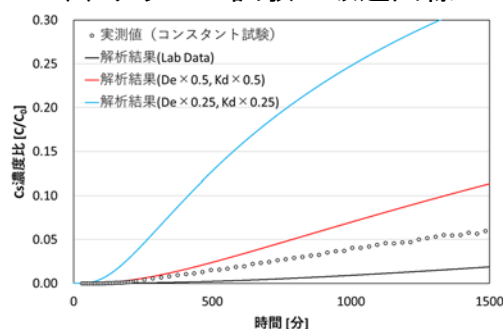
(a) ウラニウム試験の破過曲線



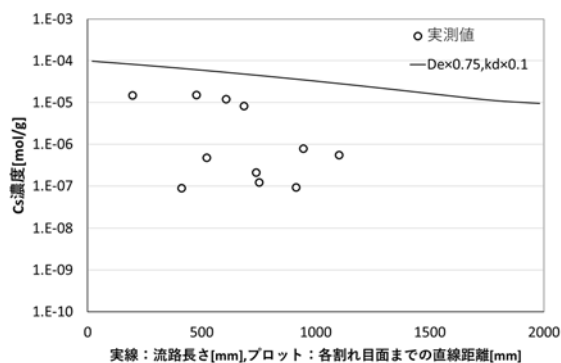
(b) ウラニウム試験の破過曲線



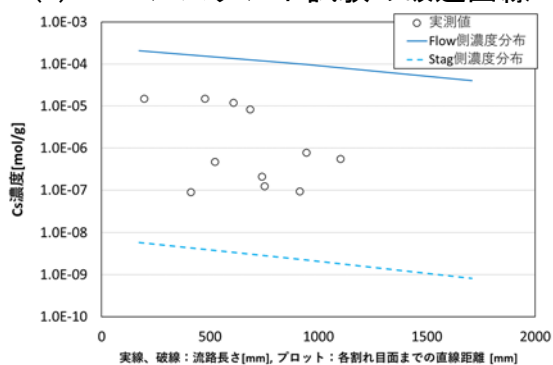
(c) Cs コンスタント試験の破過曲線



(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 88 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⁽⁴⁷⁾に追記
(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

5.1 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作動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。

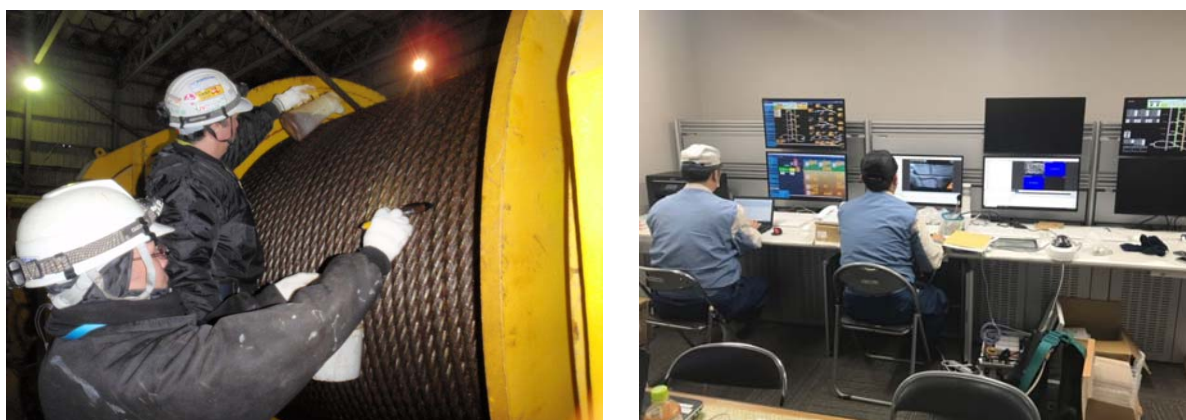


写真 9 設備の点検および更新状況

5.2 掘削土(ズリ)の管理

地下施設の建設により発生した掘削土(ズリ)には重金属などが含まれていますが、自然由来であることから土壤汚染対策法の適用外となっています。しかし、幌延深地層研究センターでは、周辺環境の保全に万全を期すため、土壤汚染対策法に準拠した管理を行っています。具体的には、対象となる物質が土壤汚染対策法に定める範囲内であることを確認するため、掘削土(ズリ)について建設現場における簡易分析と公的機関による詳細な分析（以下、「公定分析」という。）を実施し、同法に準じた適切な管理のもと掘削土(ズリ)置場へ搬入し、保管しています（写真 10）。掘削土(ズリ)置場は、土壤汚染対策法の遮水工封じ込め型に準じた二重遮水シート構造（図 89）となっています。



写真 10 掘削土（ズリ）置場

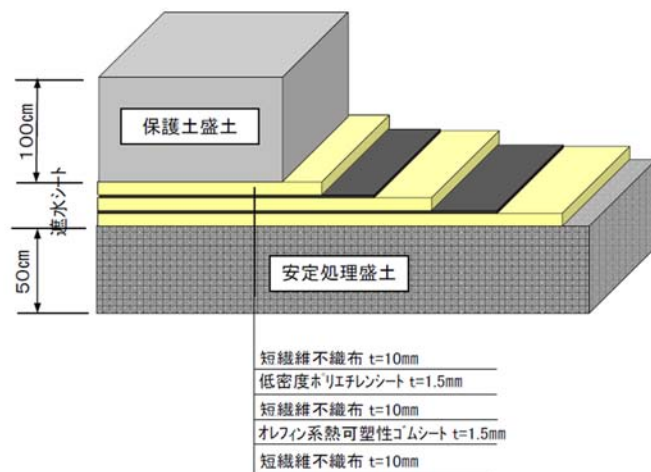


図 89 掘削土（ズリ）置場の構造

5.3 排水の管理

地下施設からの排水と掘削土（ズリ）置場に設置している浸出水調整池の浸出水については、硝酸性窒素処理設備、濁水処理設備、脱ホウ素設備、脱窒素設備、揚水設備から構成される排水処理設備（写真 11）で処理を行っています。処理済排水は、排水基準値を超過していないことを確認した後、排水管路を通じて天塩川へ放流しています。

地下施設からの排水の公定分析結果については、「6.1（2）地下施設からの排水の水質調査結果」に示します。



硝酸性窒素処理設備



濁水処理設備



脱ホウ素設備(1号機)



脱ホウ素設備(2号機)



脱窒素設備



揚水設備

写真 11 排水処理設備

6. 環境調査

令和元年度は、平成30年度に引き続き、地下施設からの排水などの水質調査および研究所用地周辺の環境影響調査を実施しました。

6.1 排水量および水質調査結果

排水処理設備から天塩川へ放流している排水量について監視を行うとともに、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）置場の周辺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。

なお、水質の分析については、公的な分析資格を持つ民間の会社に委託しています。幌延深地層研究センターにおける排水系統と各水質調査の採水地点を図90に示します。

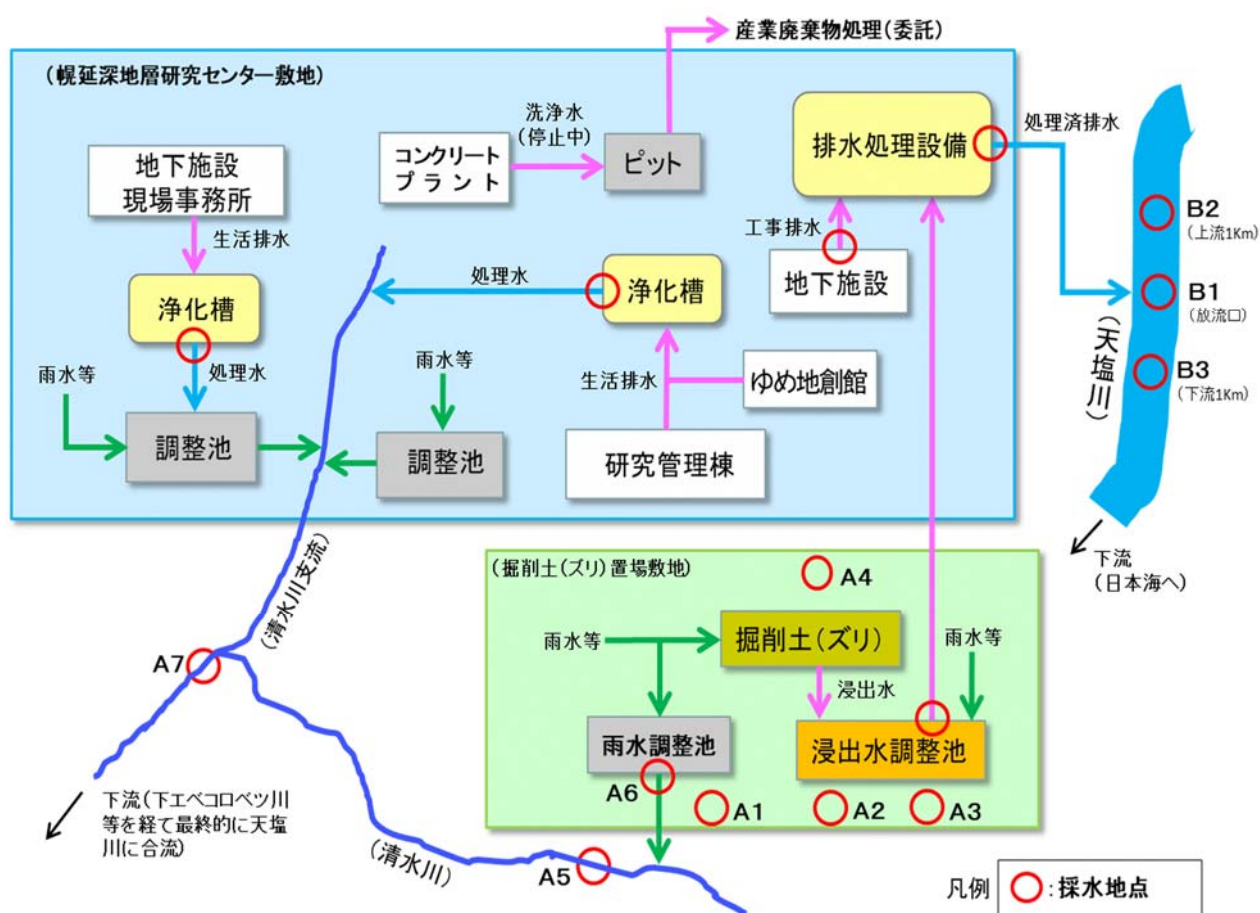


図90 排水系統と各水質分析用試料の採取地点

(1) 天塩川への排水量

地下施設からの排水水および掘削土（ズリ）置場の浸出水は、排水処理設備において処理を行った後、排水管路を通じて天塩川に放流しています。

令和元年度における天塩川への排水量は、表 3に示すとおりです。合計排水量は、44,956 m³であり、前年度同時期（49,548 m³）の約91 %でした。日最大排水量は、降雨により増水した掘削土（ズリ）置場の浸出水を処理した8月の418 m³が最大値となっており、観測期間を通じて北るもい漁業協同組合との協定値（750 m³/日）を満足しています。また、月排水量および日平均排水量についても、降雨により増水した掘削土（ズリ）置場の浸出水を多く処理した8月が最大となっており、月排水量が5,660 m³、日平均排水量が182.6 m³でした。

表 3 天塩川への排水量

年月	月排水量 (m ³)	日最大排水量 (m ³) *1	日平均排水量 (m ³) *2
平成 31 年 4 月	4,473	359	149.1
令和元年 5 月	2,894	251	93.4
令和元年 6 月	2,827	257	94.2
令和元年 7 月	3,614	303	116.6
令和元年 8 月	5,660*3	418*3	182.6*3
令和元年 9 月	3,837	333	127.9
令和元年 10 月	3,208	302	103.5
令和元年 11 月	2,827	261	94.2
令和元年 12 月	4,384	283	141.4
令和 2 年 1 月	3,117	230	100.5
令和 2 年 2 月	2,928	312	101.0
令和 2 年 3 月	5,187	344	167.3
合 計	44,956	—	—
最大値	5,660	418	182.6

*1：北るもい漁業協同組合との協定値は 750 m³/日

*2：排水量を月の日数で除した値

*3：各項目の最大値

(2) 地下施設からの排水の水質調査結果

地下施設から排出される「立坑の原水」および「掘削土（ズリ）置場浸出水調整池の原水」については、図 91に示すとおり、濁水処理、脱ホウ素処理、脱窒素処理（アンモニア性窒素）を行った後、「揚水設備における処理済排水」として排水管路を通じて天塩川に放流しています。また、「掘削土（ズリ）置場浸出水調整池の原水」については、貯留時に硝化菌の働きによって生成される硝酸性窒素についても処理を行っています。これらの排水については、排水処理の前と後で定期的（原則1回/月）に水質調査を実施しています。

令和元年度における水質調査結果は、表 4に示すとおり、排水基準を超える処理済排水はありませんでした。

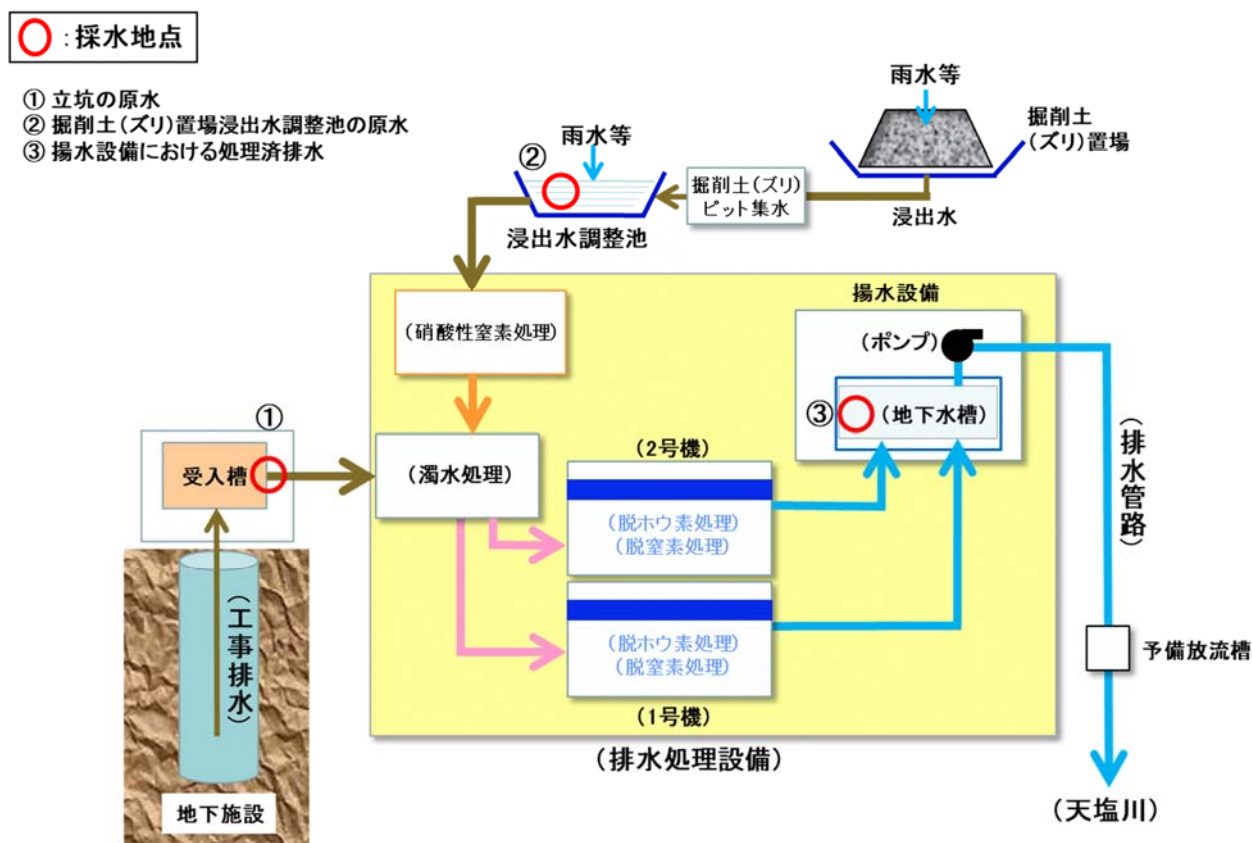


図 91 地下施設からの排水の処理フローと試料採取点

表 4 地下施設からの排水にかかる水質調査結果

分析項目*1	採水地点*2	過年度	前年度	令和元年度	(参考値) 水質汚濁防止法 排水基準
		平成18年12月 ～平成30年3月	平成30年4月 ～平成31年3月	平成31年4月 ～令和2年3月	
カドミウム (mg/L)	立坑の原水	<0.01	<0.01	<0.01	0.03
	掘削土（ズリ）置場浸出水調整池の原水	<0.01	<0.01	<0.01	
	揚水設備における処理済排水	<0.01	<0.01	<0.01	
ヒ素 (mg/L)	立坑の原水	<0.01～0.08	<0.01	<0.01	0.1
	掘削土（ズリ）置場浸出水調整池の原水	<0.01～0.02	<0.01	<0.01	
	揚水設備における処理済排水	<0.01～0.02	<0.01	<0.01	
セレン (mg/L)	立坑の原水	<0.01～0.02	<0.01	<0.01	0.1
	掘削土（ズリ）置場浸出水調整池の原水	<0.01～0.04	<0.01～0.01	<0.01～0.01	
	揚水設備における処理済排水	<0.01	<0.01	<0.01	
フッ素 (mg/L)	立坑の原水	<0.8～3.5	<0.8～1.5	<0.8	8
	掘削土（ズリ）置場浸出水調整池の原水	<0.8	<0.8	<0.8	
	揚水設備における処理済排水	<0.8～1.6	<0.8	<0.8	
ホウ素 (mg/L)	立坑の原水	<0.1～160	64～83	57～80	10
	掘削土（ズリ）置場浸出水調整池の原水	<0.1～37	0.3～6.2	2.4～6.2	
	揚水設備における処理済排水	<0.1～3.0	0.1～1.2	0.2～2.2	
全窒素 (mg/L)	立坑の原水	0.41～117	59～79	55～90	120 (日間平均 60)
	掘削土（ズリ）置場浸出水調整池の原水	3.0～150	3.0～39	18～35	
	揚水設備における処理済排水	0.60～48	8.9～21	6.2～21	
全アンモニア (mg/L)	立坑の原水	0.12～110	44～62	30～61	—
	掘削土（ズリ）置場浸出水調整池の原水	0.12～22	0.20～1.5	0.27～1.1	
	揚水設備における処理済排水	<0.05～6.8	<0.05	<0.05	
pH	立坑の原水	7.5～9.5	8.1～8.3	8.1～8.2	5.8～8.6
	掘削土（ズリ）置場浸出水調整池の原水	6.7～8.7	7.0～8.4	7.2～7.8	
	揚水設備における処理済排水	6.9～8.6	7.3～8.2	7.4～7.9	
浮遊物質 (mg/L)	立坑の原水	4～580	6～290	6～130	200 (日間平均 150)
	掘削土（ズリ）置場浸出水調整池の原水	1～170	1～8	3～6	
	揚水設備における処理済排水	<1～9	<1～2	<1	
塩化物 イオン (mg/L)	立坑の原水	20～4,300	3,300～4,200	2,500～3,900	—
	掘削土（ズリ）置場浸出水調整池の原水	10～1,500	16～220	77～170	
	揚水設備における処理済排水	38～4,700	2,200～4,300	1,500～4,000	

*1：主な分析項目を抜粋

*2：採水地点は図 91 参照

(3) 天塩川の水質調査結果

地下施設からの排水の放流先である天塩川の採水地点（図 92）において、定期的（原則1回/月）に採水し（写真 12）、水質調査を実施しています。

令和元年度における調査結果は、表 5に示すとおりです。浮遊物質量について、北るもい漁業協同組合との協定値（20 mg/L）を超過した時期（5月、9月）がありましたが、放流口の上流側（B2）においても同程度の高い値を示しており、同日に採取した揚水設備における処理済排水の浮遊物質量は低い値（ <1 mg/L）であることから、地下施設からの排水の影響ではなく、融雪や降雨などに伴う自然的な要因によるものと考えられます。その他の調査項目については、協定値の範囲内であることから天塩川に影響を与えていないものと判断しています。



図 92 天塩川の調査地点

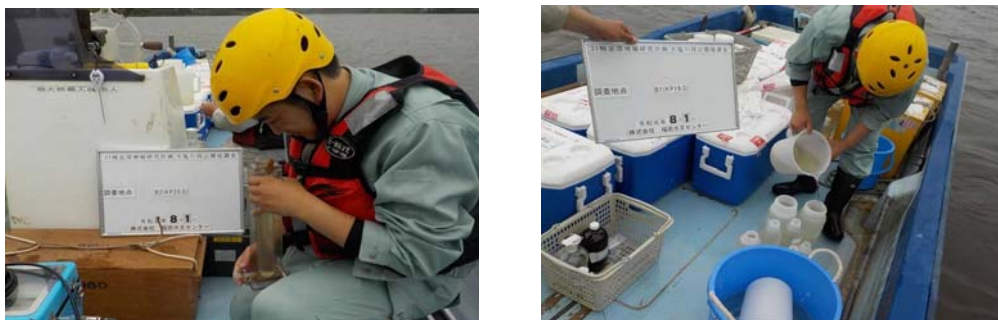


写真 12 天塩川の採水状況

表 5 天塩川の水質調査結果

分析項目*1	採水地点*2		過年度		令和元年度	北るもい 漁業協同組合 協定値
			平成18年6月 ～平成18年11月 (放流前)	平成18年12月 ～平成31年3月 (放流後)	平成31年4月 ～令和2年3月	
ホウ素 (mg/L)	B1	表層	<0.02～0.04	<0.01～0.35	<0.01～0.18	5
		中層	—	<0.01～3.5	<0.01～0.95	
		深層	<0.02～3.35	<0.01～4.9	<0.01～4.6	
	B2	表層	<0.02～0.04	<0.01～0.27	<0.01～0.14	
		中層	—	<0.01～3.7	<0.01～0.86	
		深層	<0.02～3.28	<0.01～5.0	<0.01～4.6	
	B3	表層	<0.02～0.07	<0.01～0.28	<0.01～0.18	
		中層	—	<0.01～2.5	<0.01～1.0	
		深層	<0.02～1.03	<0.01～4.6	0.01～4.7	
全窒素 (mg/L)	B1	表層	0.37～1.06	0.11～2.2	0.33～1.0	20
		中層	—	0.15～2.1	0.40～0.97	
		深層	0.42～1.50	0.15～6.5	0.28～0.97	
	B2	表層	0.37～1.14	0.14～2.2	0.32～1.0	
		中層	—	0.15～2.3	0.32～1.0	
		深層	0.4～1.16	0.16～2.3	0.33～0.99	
	B3	表層	0.4～1.31	0.16～2.2	0.31～0.99	
		中層	—	0.11～2.3	0.33～0.99	
		深層	0.49～1.24	0.16～2.3	0.25～0.98	
全アンモニア (mg/L)	B1	表層	—	<0.05～0.83	<0.05～0.06	2*3
		中層	—	<0.05～0.92	<0.05～0.07	
		深層	—	<0.05～0.85	<0.05～0.17	
	B2	表層	<0.01～0.13	<0.05～0.89	<0.05～0.06	
		中層	—	<0.05～0.76	<0.05～0.05	
		深層	0.01～0.35	<0.05～0.85	<0.05～0.05	
	B3	表層	0.01～0.21	<0.05～0.89	<0.05～0.06	
		中層	—	<0.05～0.90	<0.05～0.05	
		深層	0.02～0.17	<0.05～0.96	<0.05～0.06	
pH	B1	表層	7.1～7.4	6.4～7.7	7.0～7.8	5.8～8.6
		中層	—	6.5～7.6	7.0～7.7	
		深層	7.0～7.6	6.5～8.0	7.1～7.8	
	B2	表層	7.1～7.4	6.6～7.9	6.8～7.9	
		中層	—	6.5～7.6	6.9～7.9	
		深層	7.2～7.6	6.6～8.0	7.0～7.8	
	B3	表層	7.0～7.6	6.6～7.9	7.2～7.7	
		中層	—	6.6～7.6	7.2～7.7	
		深層	7.1～7.4	6.6～8.0	7.2～7.9	
浮遊物質 (mg/L)	B1	表層	3～34	<1～360	<1～45	20
		中層	—	<1～390	<1～46	
		深層	6～86	<1～400	1～46	
	B2	表層	3～36	<1～390	<1～42	
		中層	—	<1～400	<1～50	
		深層	5～47	<1～460	<1～50	
	B3	表層	3～35	<1～420	<1～43	
		中層	—	<1～460	<1～56	
		深層	5～49	<1～650	<1～54	

*1：主な分析項目を抜粋

*2：採水地点は図 92 参照、表層（水面下 0.1m 付近）、中層（塩水層と淡水層の間もしくは 1/2 深度）、深層（川床上 1m 付近）

*3：北るもい漁業協同組合との確認により、放流口下流 1km (B3) 地点の値