

幌延深地層研究計画
平成 31 年度調査研究計画

平成 31 年 4 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. 必須の課題と調査研究	2
3. 平成 31 年度の主な業務内容	4
4. 地層科学研究	9
4.1 地質環境調査技術開発	9
4.1.1 地質環境モデルに関する調査・解析技術の開発	9
4.1.2 調査技術・調査機器開発	10
4.2 深地層における工学的技術の基礎の開発	11
4.3 地質環境の長期安定性に関する研究	12
5. 地層処分研究開発	12
5.1 処分技術の信頼性向上	12
5.2 安全評価手法の高度化	13
6. 地下施設の維持管理	14
7. 環境調査	14
7.1 排水量および水質調査	14
7.2 研究所用地周辺的环境影響調査	15
8. 安全確保の取り組み	15
9. 開かれた研究	15
9.1 国内機関との研究協力	15
9.2 国外機関との研究協力	16
参 考 資 料	19

1. はじめに

国立研究開発法人^{*1}日本原子力研究開発機構（以下、原子力機構）幌延深地層研究センターでは、原子力発電に伴って発生する高レベル放射性廃棄物を安全に地層処分するための基盤的な研究開発として、平成13年3月より、北海道の幌延町において幌延深地層研究計画（堆積岩を対象とした深地層の研究施設計画）を進めています。幌延深地層研究計画は、実際の地層処分事業とは明確に区別することを前提に、堆積岩を対象とした深地層の科学的な研究（地層科学研究）および地層処分技術の信頼性向上や安全評価手法の高度化に向けた研究開発（地層処分研究開発）を行うものです。また、本計画では、「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つの調査研究段階に分けて進めることとしており、全体の期間は20年程度を考えています。

平成26年4月に閣議決定された「エネルギー基本計画」では、「高レベル放射性廃棄物の問題の解決に向け、国が前面に立って取り組む必要がある」との考え方が示され、そのために「地層処分の技術的信頼性について最新の科学的知見を定期的かつ継続的に評価・反映する」ことが示されました。これを踏まえて、文部科学省、経済産業省および原子力規制委員会により「国立研究開発法人日本原子力研究開発機構が達成すべき業務運営に関する目標（中長期目標）^{*2}」（以下、第3期中長期目標^{*3}）が定められ、この第3期中長期目標を達成するために、「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～平成34年3月31日）」（以下、第3期中長期計画）を策定しました。第3期中長期計画中の幌延深地層研究計画における研究開発としては、「実際の地質環境における人工バリアの適用性確認、

*1：独立行政法人通則法の改正（平成27年4月1日施行）により新たに設定された分類の一つで、研究開発に係る業務を主要な業務として、中長期的（5～7年）な目標・計画に基づき行うことにより、我が国の科学技術の水準の向上を通じた国民経済の発展その他の公益に資するため研究開発の最大限の成果を確保することを目的とする法人に対する名称です。原子力機構は、平成27年4月1日に「独立行政法人日本原子力研究開発機構」から「国立研究開発法人日本原子力研究開発機構」に名称変更しています。

*2：原子力機構は、原子力基本法第2条に規定する基本方針に基づき、我が国における原子力の研究、開発および利用を計画的に遂行するために原子力委員会が定める基本的考え方に則り、その業務を総合的、計画的かつ効率的に行うことが定められています。中長期目標はこれを踏まえ、文部科学省、経済産業省および原子力規制委員会が、独立行政法人通則法第29条の規定に基づき定めた目標です。

*3：第3期中長期目標の期間は、平成27年4月1日～平成34年3月31日の7年間です。

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に重点的に取り組む。また、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。」としています。

平成31年度は、地下施設での調査研究段階（第3段階）において、第3期中長期計画に掲げたこれら3つの課題（以下、必須の課題）を達成していくための調査研究を引き続き実施するとともに、成果の取りまとめを行います。また、研究終了までの工程やその後の埋め戻しについて決定します。

2. 必須の課題と調査研究

第2期中期計画期間（平成22年4月1日～平成27年3月31日）までの成果の取りまとめを踏まえて抽出した必須の課題を、第3期中長期計画において重点的に取り組む課題としています。これらの課題の概要および幌延深地層研究計画における調査研究との関連について以下に示します。

(1) 実際の地質環境における人工バリアの適用性確認

幌延深地層研究計画の第3段階における調査研究のひとつとして、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および原位置トレーサー^{*4}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－水理－力学－化学連成挙動^{*5}や物質の移動現象などを計測・評価する技術の適用性を確認し、地層処分事業における精密調査段階の後半に必要な技術基盤を確立します。

その際、これまでに構築してきた地質環境モデル^{*6}やこれまでに得られた岩盤の水理、地下水の地球化学、岩盤力学に関する地質環境データを、

*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まぜる染料やその他の薬品を指します。塩化ナトリウム（食塩の主原料）が代表的なトレーサーとなりますが、調べたい地下水の化学成分が塩化ナトリウムに富む場合などにはヨウ化カリウムなどがあり、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トレーサーを利用したトレーサー試験を行うことはありません。

*5：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、化学的な変化などによる影響が懸念されています。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。

*6：調査結果を総合的に検討して、地下の環境（地層や岩盤の種類、地下水の流れ、地下水の化学的性質など）を推定し、図や数式などを用いて表したものです。

各試験の基礎情報として活用します。また、模擬オーバーパックからの熱の影響や坑道の埋め戻しによって生じる坑道周辺の地下水の流れおよび水質、岩盤の力学特性の変化や回復過程が重要であることから、坑道周辺の掘削影響領域を含む地質環境特性の時間的な変化に関するデータの取得などを継続します。これらのデータの取得は数年間にわたることから、計測技術の適用性を確認するため、これまで進めてきたモニタリング技術の開発をあわせて行います。

(2) 処分概念オプションの実証

人工バリアの設置環境の地質環境条件やその深度依存性^{*7}を考慮しつつ、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、提供します。そのため処分孔などの湧水対策・支保^{*8}技術などの実証試験や人工バリアの定置・品質確認などの実証試験および高温（100℃以上）などの条件下での人工バリア性能確認試験を行います。このうち、処分孔などの湧水対策・支保技術などの実証試験や人工バリアの定置・品質確認などの実証試験については、地質環境特性の変化を把握する技術やモニタリング技術、岩盤の変位や支保工の応力を計測する技術、ならびにグラウト^{*9}材料の浸透範囲を評価するための解析手法などが必要となることから、地質環境調査技術開発および深地層における工学的技術の基礎の開発として実施しているデータ取得や技術開発を継続するとともに、それらの成果を反映します。また、公益財団法人原子力環境整備促進・資金管理センター^{*10}（以下、原環センター）との共同研究の成果を活用していきます。

*7：ここでは、深さによって地質環境条件などが変化していくことを意味しています。一般的に地下深くなるほど温度が高くなり、地圧や水圧が高くなるなどの変化が認められています。

*8：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。

*9：水みちとなる岩盤の割れ目の中にセメントなどの固化材を圧入し、充填することにより、湧水を止める技術のことです。

*10：公益財団法人原子力環境整備促進・資金管理センターは、放射性廃棄物処理処分の専門研究機関として設立しました。現在は、原子力発電環境整備機構（NUMO）を通して積み立てられる最終処分積立金の管理などを行う資金管理業務も実施しています。

(3) 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し、堆積岩地域における処分地選定や処分場の設計を、より科学的・合理的に行うための技術と知見を整備します。そのため、堆積岩の緩衝能力を検証・定量化するための試験や、地殻変動の影響を考慮した人工バリアシステムの試験を実施します。

このうち、前者については、断層の透水性と岩石の強度・応力状態との関係性に関する情報やモデル化技術が必要となることから、地質環境調査技術開発として実施しているデータ取得や技術開発を継続します。

3. 平成 31 年度の主な業務内容

上述した必須の課題を達成していくため、平成 31 年度においては、「実際の地質環境における人工バリアの適用性確認」として人工バリア性能確認試験を継続するとともに、オーバーパック腐食試験について、平成 30 年度に試験体の取り出し・分析を実施した結果を基に、地下環境におけるオーバーパックの腐食現象の評価・取りまとめを継続します。また、平成 30 年度まで実施した割れ目帯を対象とした物質移行試験について、堆積岩中の物質移行現象についての評価・取りまとめを進めます。「処分概念オプションの実証」については、共同研究として平成 30 年度より開始した搬送定置・回収技術に関する実証試験を継続します。「地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の検証」については、一時的な水圧上昇が割れ目の水理特性に与える影響を確認するための試験（水圧擾乱試験）の結果に基づいて、堆積岩の緩衝能力についての評価・取りまとめを進めます。

また、これらの必須の課題へ対応するための基盤となる技術開発などとして、これまで地層科学研究や地層処分研究開発として進めてきた技術開発やデータ取得を継続します。

地下施設の維持管理においては、施設内の機械設備や電気設備などの維持管理（保守点検や修繕など）を継続実施します。地下施設からの排水および掘削土（ズリ）置場の浸出水は、排水処理設備において適切に処理した上で天塩川に放流します。

環境調査においては、研究所用地周辺における水質・魚類に関する調査、坑道内および掘削土（ズリ）置場で発生する排水の水質調査、天塩川の水質調査を継続します。

安全確保の取り組みにおいては、作業者などに対する安全教育や定期的な安全パトロール、訓練などの活動を継続します。

なお、幌延深地層研究計画で実施する地下深部の地質環境を対象とした研究は、地球科学の幅広い分野にわたり、学術研究の発展にも広く寄与することから、国内外の関連する研究機関の専門家の参加を得ながら進めていきます。

平成 31 年度に地下施設、研究所用地および周辺地域（幌延町内）で行う主な業務の実施内容を表 1 に示します。また、表 1 に示した調査に関する地上からのボーリング孔の位置および観測装置の設置場所を図 1 に、研究所用地における主な施設と観測装置の配置を図 2 に、深度 350m 調査坑道における主な調査研究の実施場所を図 3 に示します。

表1 平成31年度の主な業務の実施内容

実施項目			実施内容	実施場所
地層科学研究	地質環境調査技術開発	地質構造	地質観察、地下施設や地表で採取した岩石の分析など	研究所用地、地下施設など
		岩盤の水理	地下水の水圧モニタリング、岩盤の水理に関する情報の取得、水理地質構造のモデル化・地下水流動解析など	研究所用地、地下施設、HDB-1～11孔など
		地下水の地球化学	坑道壁面からの湧水・ボーリング孔の孔内水・岩石からの間隙水の化学分析、鉱物組成、溶存ガス・コロイド・有機物・微生物の分析、表層水の分析	研究所用地、地下施設、HDB-1～11孔など
		岩盤力学	坑道内での初期地圧の測定結果や内空変位計測結果に基づく坑道周辺における地圧の空間的な分布の評価など	地下施設など
		調査技術・調査機器開発	水圧擾乱試験方法の整備、水圧・水質連続モニタリング装置や間隙水圧計、水分計などの長期性能確認、ガスやコロイド・有機物・微生物の調査のための試験装置の開発、光ファイバー式センサーの長期性能確認、弾性波・比抵抗トモグラフィ調査、高精度傾斜計や地中変位計などによる岩盤の微小な変形の計測、坑道の掘削が周辺の岩盤に与える影響を評価するための解析技術開発、内陸部の地下深部に存在する長期的に安定な水理場・化学環境を評価するための技術の高度化など	研究所用地、地下施設、浜里地区など
		深地層における工学的技術の基礎の開発	坑道周辺岩盤・支保の長期挙動の観測、地下施設設計の妥当性の検証、情報化施工手法の整備、地下施設の安全性に関する検討、グラウト材料の浸透範囲の解析手法、調査手法の高度化など	研究所用地、地下施設など
	地質環境の長期安定性に関する研究	地形調査、地質調査、岩石・地下水・ガスの測定・分析、沿岸部における隆起・侵食に関する検討、地震の観測など	研究所用地、地下施設、上幌延地区、問寒別地区、下沼地区など	
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、オーバーパックの腐食現象の評価、搬送定置・回収技術に関する実証試験、緩衝材の定置試験、緩衝材への水の浸潤挙動を把握するための試験、低アルカリ性コンクリート材料の周辺岩盤への影響調査、流出現象などを考慮した緩衝材の健全性評価に関する試験、坑道の閉鎖技術に関する試験など	地下施設など	
	安全評価技術の高度化	原位置トレーサー試験 ^{*11} 結果に基づく堆積岩中の物質移行現象についての評価	研究所用地、地下施設など	
地下施設の維持管理			施設内の機械設備や電気設備などの維持管理、排水処理設備の運転	研究所用地、地下施設など
環境調査			地下施設からの排水などの水質調査、水質・魚類に関する調査	研究所用地、天塩川、清水川など

*11 岩盤を対象とした原位置トレーサー試験については、これまで調査技術開発として地層科学研究の項目に記載していましたが、人工バリアを対象とした原位置トレーサー試験と併せて実施していることから、安全評価手法の高度化の項目にまとめて記載しています。

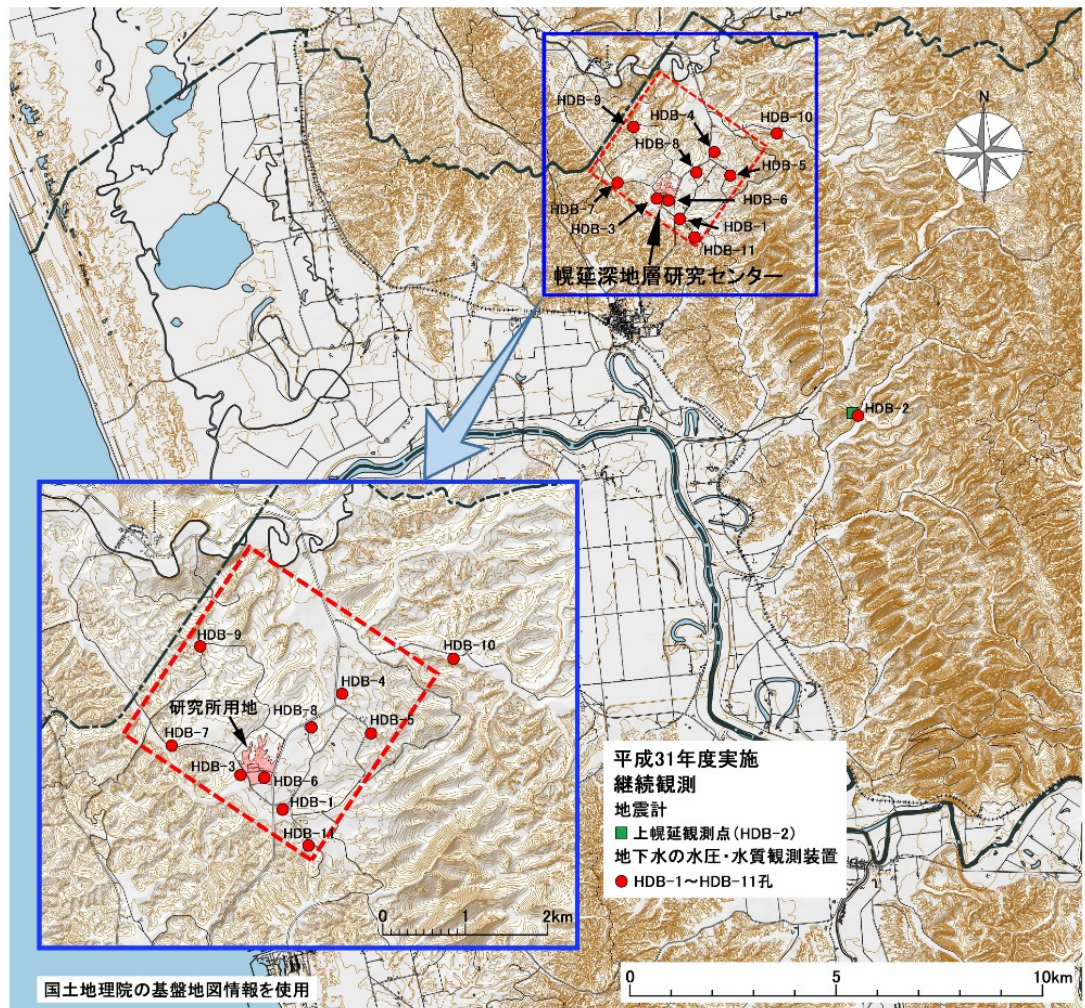


図1 ボーリング孔の位置および観測装置の設置場所

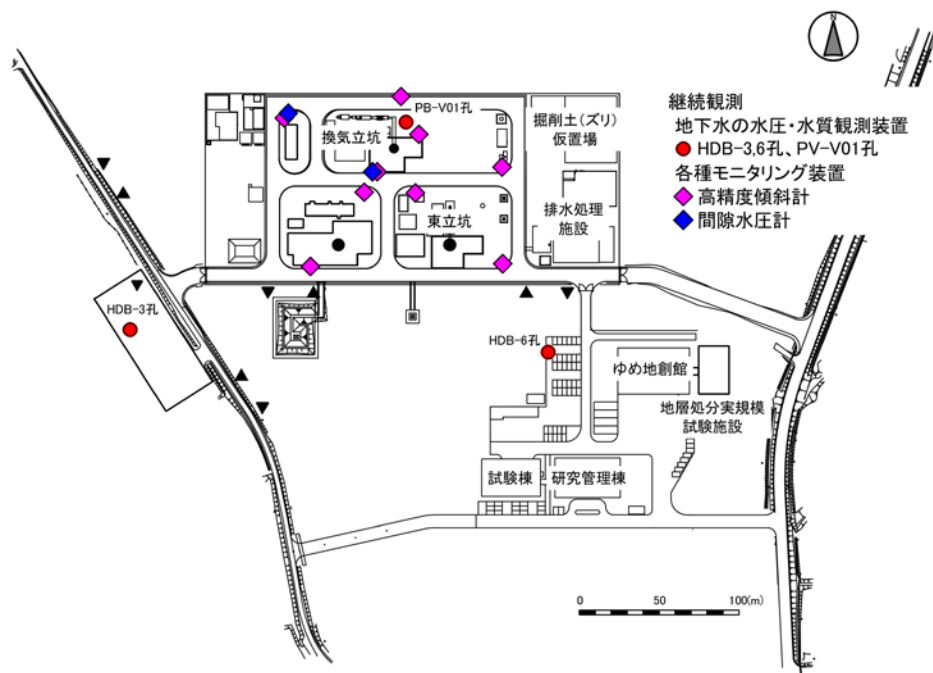


図2 研究所用地における主な施設と観測装置の配置

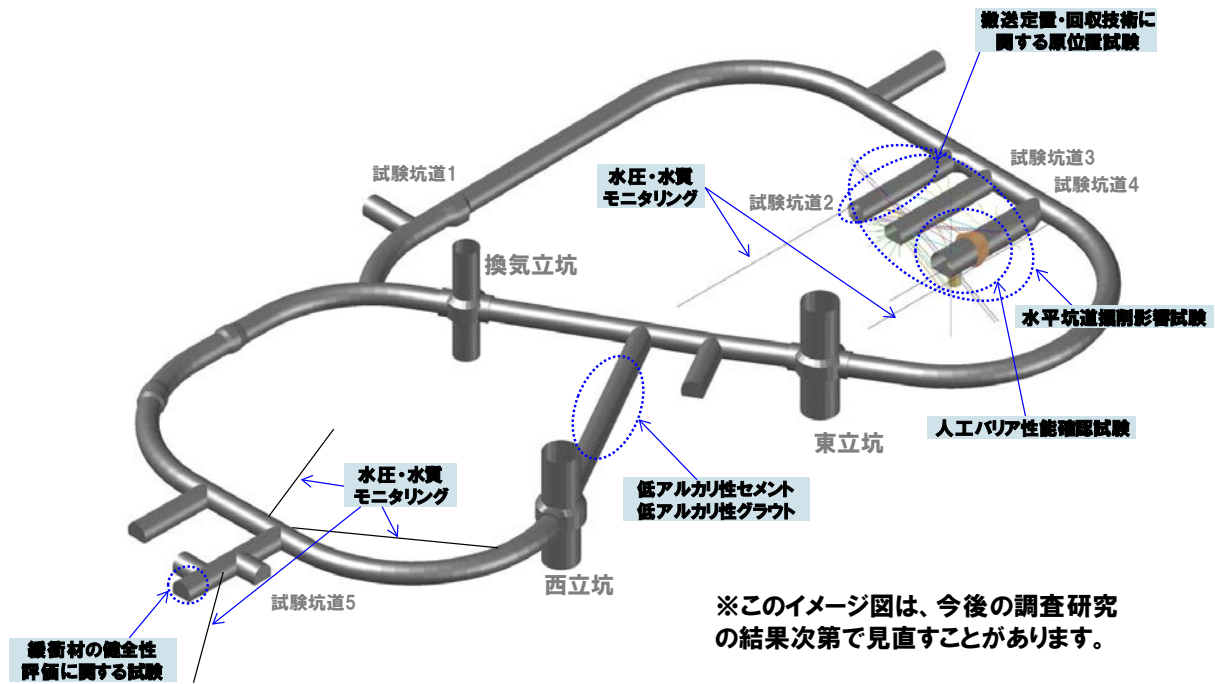


図3 深度 350m 調査坑道における主な調査研究の実施場所

4. 地層科学研究

4.1 地質環境調査技術開発

4.1.1 地質環境モデルに関する調査・解析技術の開発

「地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の検証」のための原位置試験^{*12}結果に基づいて、堆積岩の緩衝能力についての評価・取りまとめを進めます。また、必須の課題の評価のための基礎情報として地質環境特性データなどを活用することから、地質環境モデルの更新や地質環境データの取得を継続します。

(1) 地質構造

ボーリング調査および坑道掘削時の壁面地質観察において取得した地質データの解析および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し、地層および断層・割れ目の空間的な分布に関する特徴を整理して、それに基づく地質構造モデル^{*13}の検討を継続します。構築した地質構造モデルは、坑道周辺における岩盤の水理特性および地下水の地球化学特性の解析・評価を実施する際の基礎的な情報になります。

(2) 岩盤の水理

断層帯中の割れ目の透水性は、断層運動により増加する可能性があります。その透水性の増加幅は岩盤の力学条件に大きく制約され、この透水性の上昇幅をダクティリティインデックス (DI)^{*14}という力学的指標を用いた経験式 (DI モデル) によって推定できる可能性があります。そのため、東立坑の深度 380m の坑底から掘削したボーリング孔において実施した、断層運動を模擬するための通常よりも高い注入圧を用いた透水試験 (水圧擾乱試験) の結果に基づいて、DI モデルの更新や堆積岩の緩衝能力についての評価・取りまとめを進めます。また、坑道の掘削に伴う地質環境の変化を把握するため、地上から掘削した既存のボーリング孔に

*12：試料を採取し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。

*13：岩相や断層などの地質構造の分布や形状を図や数式などを用いて表現したものです。

*14：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。

における地下水の水圧観測を継続します。地下施設における調査では、坑道周辺岩盤の水理特性の変化を観測し、掘削影響領域の評価に必要なデータを取得します。さらに、これまでに構築した坑道周辺の水理地質構造モデル^{*15}を更新するとともに、坑道周辺の地下水の流れの状況をシミュレーションします。

(3) 地下水の地球化学

坑道の壁面から採取した湧水や岩石、坑道内のボーリング孔から採取する地下水および岩石を対象として、化学組成、鉱物組成、溶存ガス組成、コロイド、有機物および微生物などに関する分析や試験を行い、坑道の掘削に伴う周辺岩盤および地下水の地球化学特性の変化を把握します。あわせて、地上から掘削した既存のボーリング孔（HDB-1～11孔など）および表層水を対象とした採水調査を行い、現在の地下水の水質の分布や、それがどのように形成されてきたのかを検討するとともに、坑道周辺における地球化学環境の時間的な変化に関わる地下水の地球化学モデル^{*16}を更新します。

(4) 岩盤力学

これまでに実施してきた、深度 140m、250m および 350m の各調査坑道における初期地圧^{*17}の測定結果や、坑道内で実施している内空変位計測^{*18}などの結果に基づき、坑道周辺における地圧の空間的な分布を解析的に評価し、地下施設の設計上必要となる岩盤物性値の設定方法を検証します。

4.1.2 調査技術・調査機器開発

必須の課題の評価に活用する地質環境特性データの長期的な変化やそれら計測手法の妥当性を確認するため、岩盤の水理特性、地下水の地球化

*15：地質構造の分布や形状にあわせて透水係数などの水理的なデータを与えて、岩盤の水理特性を二次元的または三次元的な図や数式などを用いて表現したものです。

*16：地下水の水質が地下環境でどのように分布しているのかを図や数式などを用いて表現したものです。

*17：坑道の掘削などが行われる前の、自然の状態での岩盤に作用している圧力のことで、主に、上部の岩盤自体の重さによって発生しますが、地殻変動などの影響を受けます。

*18：坑道内で覆工コンクリート内側の断面の相対変位量を計測することです。

学特性、岩盤の力学特性および坑道掘削の影響などに関する調査技術・調査機器開発を継続します。

岩盤の水理特性に関する調査技術について、4.1.1(2)で述べた水圧擾乱試験のための、通常よりも高い注入圧を用いた透水試験方法の整備を図ります。

地下水の地球化学特性に関する調査技術については、深度140m、250mおよび350mの各調査坑道から掘削したボーリング孔に設置した地下水の水圧・水質連続モニタリング装置や間隙水圧計、水分計などの長期的な性能を確認するとともに、地下水中のガスやコロイド・有機物・微生物を調査するための試験装置の開発を行い、データを取得します。

岩盤の力学特性に関する調査技術については、光ファイバー式地中変位計の長期モニタリング性能を確認するための観測を継続します。また、深度140m、250mおよび350mの各調査坑道で、坑道掘削後の岩盤の力学特性の長期的な変化を確認するために、弾性波トモグラフィ調査や比抵抗トモグラフィ調査を定期的実施します。これらの観測および調査を通じて、岩盤の力学特性の評価に必要なモニタリング技術の整備を図ります。

坑道掘削の影響に関する調査技術については、地表や坑道に設置した高精度傾斜計^{*19}および坑道に設置した地中変位計などを用いて、岩盤の微小な変形の観測を継続します。また、坑道の掘削が周辺の岩盤に与える影響を評価するための解析技術の開発を行います。

また、幌延の地下研究施設周辺地域を事例に、内陸部の地下深部に存在する長期的に安定な水理場・化学環境を評価するための技術の高度化を進めます。

4.2 深地層における工学的技術の基礎の開発

「処分概念オプションの実証」として処分孔などの湧水対策・支保技術などの実証試験を進めます。また、必須の課題の実施に必要な岩盤の変位や支保工の応力に関するデータの取得を継続します。

既設の地中変位計やコンクリート応力計などの計測機器により、坑道

*19：通常の傾斜計が測定できる角度は3,600分の1°程度であるのに対し、約1億分の6°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。

を掘削した後の岩盤と支保の長期挙動を観測するとともに、得られたデータを用いて、地下施設設計の妥当性を検証します。

また、これまで進めてきた地下施設建設における情報化施工技術^{*20}の有効性を評価し体系的に整備します。

調査坑道で取得された長期的な変形計測結果などに関するデータや耐震性評価結果に基づいて、地下施設の安全性をさらに向上するための方策の検討を継続します。

湧水抑制のための技術開発として、断層や掘削影響領域などの割れ目に対するグラウト材料の浸透範囲を評価するための解析手法や調査手法の高度化を図ります。

4.3 地質環境の長期安定性に関する研究

地下施設や地表からの地形・地質の調査、岩石・地下水・ガスの測定・分析などにより、断層の構造などの地質環境の長期的な変化に関わるデータを取得するとともに、数値解析・評価を実施し、地形・地質の長期的な変化やそれに伴う地下水の流れや水質の変化などを調査・評価する手法の開発を進めます。また、上幌延観測点（HDB-2）と深度 350m 調査坑道での地震観測を継続します。

沿岸部における隆起・侵食に関する検討として、必要に応じて現地調査・サンプリングを実施します。

5. 地層処分研究開発

5.1 処分技術の信頼性向上

「実際の地質環境における人工バリアの適用性確認」として、人工バリア性能確認試験を継続するとともに、「処分概念オプションの実証」として、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を実施します。

人工バリア性能確認試験について、平成 26 年度に開始した実物大の模擬オーバーパックおよび緩衝材を用いた試験を継続します。この試験で

*20：坑道を掘削している段階で、岩盤や支保工に作用する圧力やそれらの変形を計測し、当初の設計の妥当性を確認するとともに、必要に応じて設計や施工方法を修正して、以降の施工に反映させる施工管理方法のことを言います。

は、実際に坑道内に処分システムを構築し、オーバーパック、緩衝材および岩盤の間で発生する、熱－水理－力学－化学連成挙動に関わるデータを取得します。

オーバーパック腐食試験について、平成 30 年度に試験体の取り出し・分析を実施した結果を基に、地下環境におけるオーバーパックの腐食現象の評価・取りまとめを継続します。

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を継続します。具体的には、搬送定置・回収技術を実証するために、原環センターとの共同研究を通じて、模擬 PEM^{*21}と坑道壁面との隙間に充填した材料を撤去し、模擬 PEM を回収する試験を行います。あわせて、緩衝材の定置試験や緩衝材への水の浸潤挙動を把握するための試験を継続します。

低アルカリ性コンクリート材料について、平成 25 年度までに深度 140m、250m および 350m の各調査坑道において施工した材料が坑道周辺の岩盤に及ぼす影響を把握するための調査を継続します。

また、坑道の埋め戻しや坑道の掘削により形成された掘削影響領域（EDZ）を介した地下水の移行抑制のための止水プラグなど、閉鎖技術に期待する性能の具体化や設計・評価技術の改良・高度化を進めるほか、人工バリアなどを対象とした無線計測技術の適用性に関する試験を継続します。さらに、流出現象などを考慮した緩衝材の健全性評価に関する試験を実施します。

5.2 安全評価手法^{*22}の高度化

「実際の地質環境における人工バリアの適用性確認」として、これまでに実施した原位置トレーサー試験結果の評価を継続します。

岩盤および人工バリアを対象とした原位置トレーサー試験について、これまでに実施した健岩部と割れ目を対象とした拡散試験^{*23}に関し、割れ目中の収着／拡散特性の評価を進めるとともに、健岩部の物質移行特

*21：PEM とは、Prefabricated Engineered barrier system Module の略で、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。

*22：地層処分システム全体、あるいはその個別の要素が有する機能について解析した結果を適切な基準と比較し、その性能や安全性について判断を行う手法のことです。

*23：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。

性を評価する一環として、層理面に対する拡散異方性（面方向とそれに直交する方向での拡散挙動の違い）の評価を進めます。また、東立坑底盤で実施した断層を対象としたトレーサー試験に関し、隆起・侵食や断層運動による物質移行特性の変化に関する評価を実施します。さらに、深度 350m 調査坑道で実施した断層を対象としたトレーサー試験に関連し、断層およびその周辺に分布する割れ目を対象とした物質移行試験概念モデルの検討を進めるとともに、検討したモデルに基づいたトレーサー試験結果の評価を継続します。

6. 地下施設の維持管理

施設内の機械設備や電気設備などの維持管理（保守点検や修繕など）を実施します。

研究所用地およびその周辺の地下には、メタンを主成分とする可燃性ガスが存在しているため、地下坑道内の換気を十分に行うとともに、防爆仕様の機器の使用やガス濃度の監視などの防爆対策を徹底します。

地下施設からの排水および掘削土（ズリ）置場の浸出水は、排水処理設備においてホウ素および窒素などを取り除いた後、排水管路によって天塩川に放流します。

7. 環境調査

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す。

7.1 排水量および水質調査

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います。

7.2 研究所用地周辺の環境影響調査

研究所用地周辺の環境影響調査として、清水川の水質および魚類を対象に調査を実施します。

8. 安全確保の取り組み

地下施設や研究所用地周辺などにおける調査研究にあたっては、作業計画時における安全対策の確認を徹底するとともに、作業者に対する安全教育や安全パトロール、訓練などを確実に実施するなど、安全確保を最優先に作業を実施します。

9. 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、地球科学の幅広い分野にわたり、学術研究の発展にも広く寄与します。このため、国内外の大学・研究機関との研究協力を積極的に行うとともに、国際交流施設などを利用して国内外の専門家と意見・情報交換を行いながら、研究を進めていきます。また、幌延深地層研究計画の施設や研究フィールドを、国内外の関連する研究機関に広く開放していきます。

地層処分や研究開発に関する国民との相互理解を促進するため、幌延深地層研究センターのホームページ^{*24}での情報発信、ゆめ地創館における地下深部での研究の紹介、および地下施設の見学会などによる研究施設の公開を進めていきます。

9.1 国内機関との研究協力

○東京大学：

堆積軟岩の力学挙動評価の開発に関する研究

○京都大学、東北大学：

地下水中の微量元素と有機物を対象とした地球化学研究

○東京工業大学、サンコーコンサルタント：

スパースモデリングとカルマンフィルターを用いた弾性波トモグラフィ解析手法の研究

*24 : <http://www.jaea.go.jp/04/horonobe/>

- 幌延地圏環境研究所^{*25}：
堆積岩を対象とした岩盤力学や微生物などに関する研究
- 原環センター：
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
- 産業技術総合研究所^{*26}：
岩盤の水理・化学・生物連成現象に関わる研究
- 電力中央研究所^{*27}：
地下施設建設時の坑道掘削影響領域の調査技術に関する研究
- 国立環境研究所^{*28}
地下水中の溶存有機物の特性評価に関する研究

上記のほか、他の大学や研究機関などとの研究協力についても検討します。また、経済産業省資源エネルギー庁などが進めるプロジェクトなどに協力していきます。

9.2 国外機関との研究協力

- クレイクラブ (Clay Club)^{*29}：
様々な粘土質媒体の特性の比較、粘土の物性や挙動および地下施設で実施される試験に関する情報交換など
- モンテリ・プロジェクト^{*30} (スイス)：
オパリナス粘土層の摩擦特性試験など

*25：幌延地圏環境研究所は、公益財団法人北海道科学技術総合振興センターが設置した研究所であり、国の補助を受けて、幌延深地層研究センターの施設や設備を活用した地下空間利用を中心とする研究を実施しています。

*26：国立研究開発法人産業技術総合研究所は、産業技術の広い分野における様々な技術開発を総合的に行っている研究組織です。

*27：一般財団法人電力中央研究所は、電力技術の専門研究機関として設立されました。電力技術の研究として、高レベル放射性廃棄物の地層処分技術に関する研究開発を実施しています。

*28：国立研究開発法人国立環境研究所は、国内外の環境問題に関するさまざまな研究開発を実施している研究組織です。

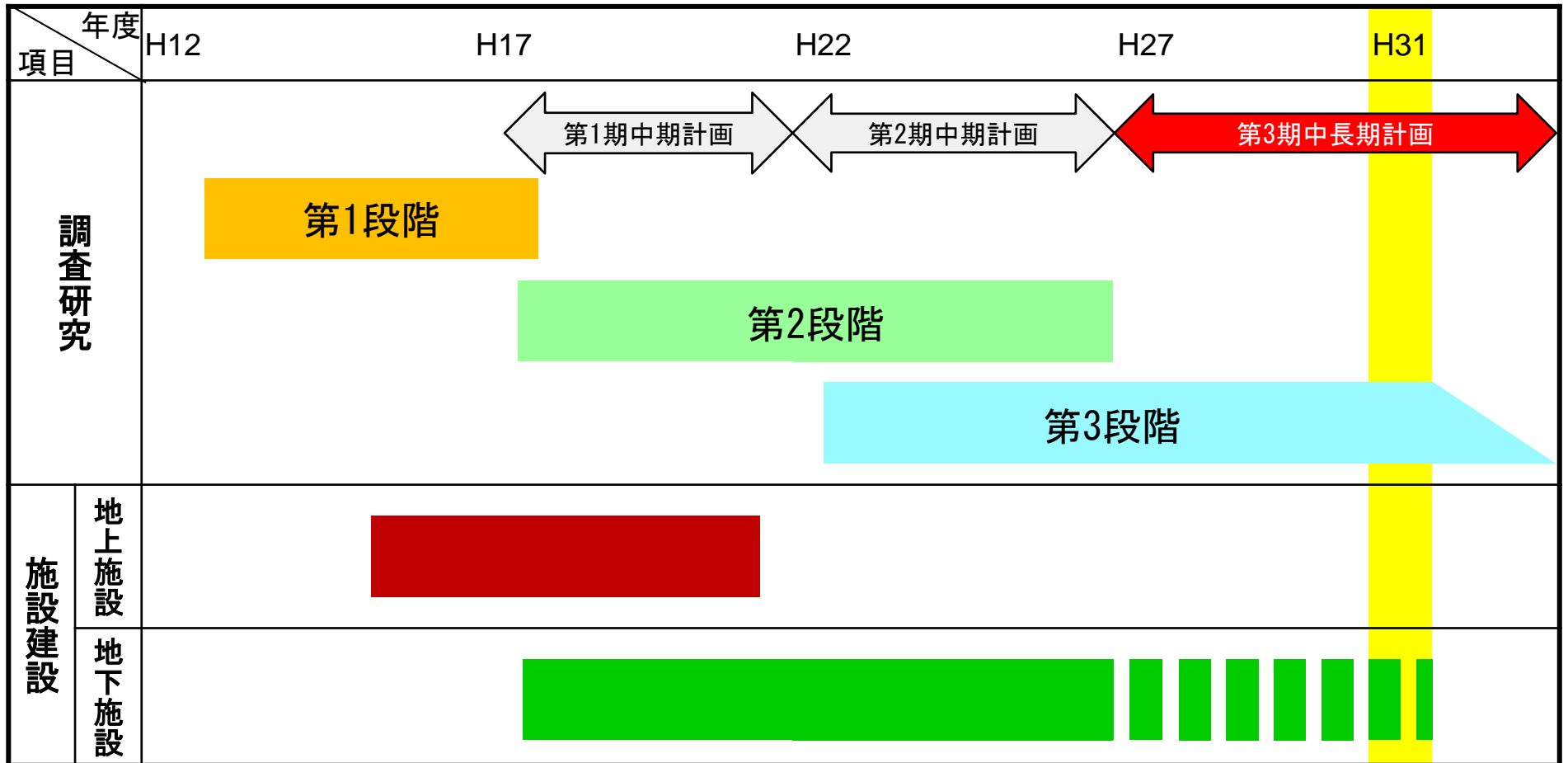
*29：Clay Clubは、経済協力開発機構 原子力機関 (OECD/NEA) の放射性廃棄物管理委員会の下に置かれたプロジェクトのひとつです。地層処分の実施・規制・研究機関を中心とした組織であり、様々な粘土質媒体の特性の比較や粘土の物性や挙動および、地下施設で実施される試験に関する技術的かつ科学的情報の交換、さらには、サイト特性調査技術の詳細な評価を実施しています。

*30：堆積岩を対象とした地層処分研究に関する国際的な原位置試験プロジェクトです。原子力機構を含め9ヶ国から19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。

上記のほか、国外の研究機関などと、地質環境調査技術や地下施設における原位置試験などに関わる情報交換や研究協力を進めます。

参 考 资 料

幌延深地層研究計画の全体スケジュール



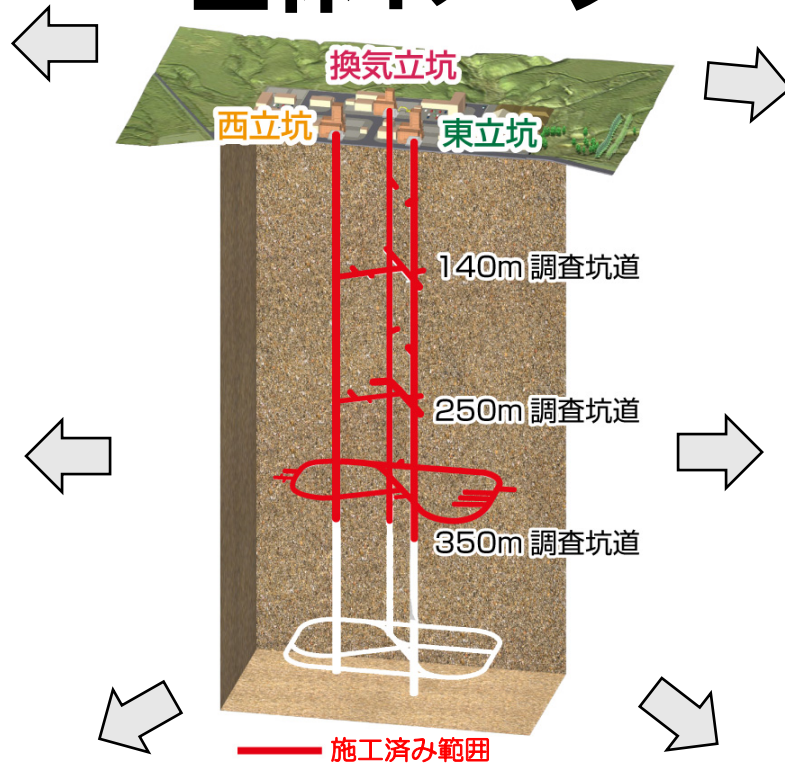
第1段階：地上からの調査研究段階

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。

幌延深地層研究計画の 全体イメージ



※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。

試験棟での室内試験



地層処分研究開発
(人工バリア性能確認試験)



地層処分研究開発
(オーバーパック腐食試験)



地層処分研究開発
(低アルカリ性コンクリート材料の試験)



地層科学研究
(物理探査)



地層科学研究
(地上からのボーリング調査)
コア採取・観察
物理検層など



地層科学研究
(孔間透水試験)



地層科学研究
(岩盤力学試験)



地層科学研究
(坑道掘削影響試験)



地層科学研究
(地下水の採水)



平成31年度の調査研究

地質調査



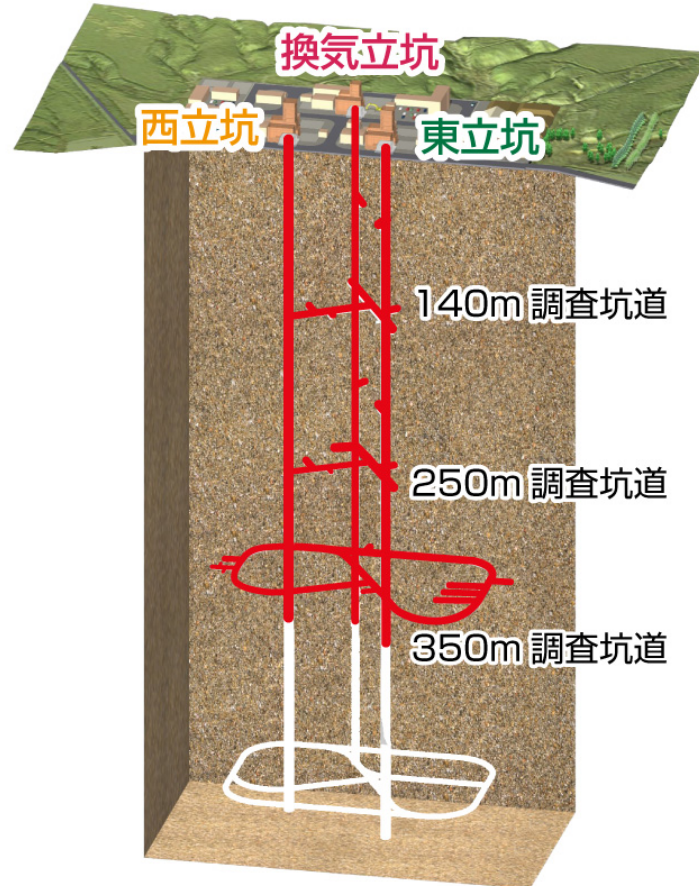
内空変位測定



コンクリート材料の影響調査



平成31年度の主な調査研究



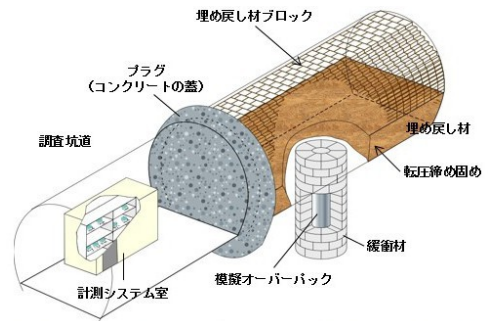
— 施工済み範囲

※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。

水圧水質モニタリング



岩石試料の採取



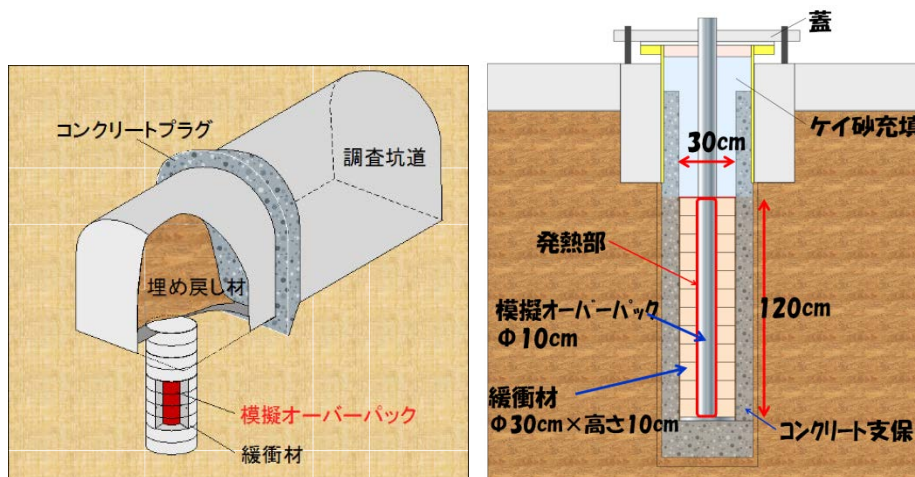
人工バリア性能確認試験

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」に必要となる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



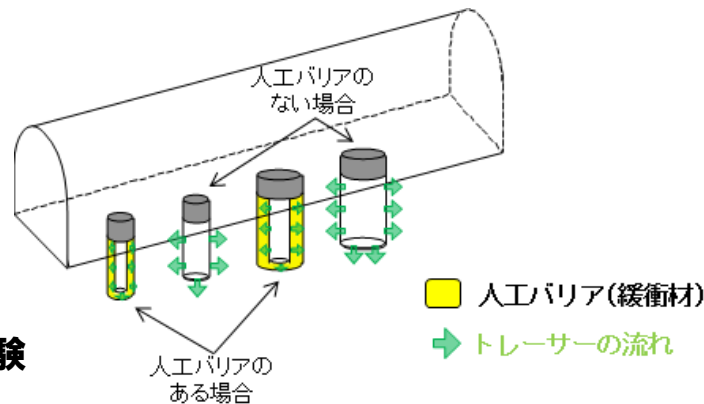
人工バリア性能確認試験

オーバーパック腐食試験

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



物質移行試験

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31年度の調査研究

地質環境調査技術開発 (地質環境モデルに関する調査・解析技術の開発)

- 地質構造:** 地質観察、地下施設や地表で採取した岩石の分析
- 岩盤の水理:** 地下水の水圧モニタリング、岩盤の水理に関する情報の取得
- 地下水の地球化学:** 坑道壁面からの湧水、ボーリング孔の孔内水、岩石からの間隙水の化学分析、溶存ガス・コロイド・有機物・微生物の分析、表層水の分析
- 岩盤力学:** 坑道内での初期地圧の測定結果や内空変位計測結果に基づく坑道周辺における地圧の空間的な分布の評価



地下水の水質調査の様子
(深度140m調査坑道)



岩石試料採取の様子
(深度350m調査坑道)

平成31年度の調査研究

地質環境調査技術開発 (調査技術・調査機器開発)

水圧擾乱試験方法の整備、水圧・水質連続モニタリング装置や間隙水圧計、水分計などの長期性能確認、ガスやコロイド・有機物・微生物の調査のための試験装置の開発、光ファイバー式センサーの長期性能確認、弾性波トモグラフィ調査、高精度傾斜計や地中変位計などによる岩盤の微小な変形の計測、坑道の掘削が周辺の岩盤に与える影響を評価するための解析技術開発、内陸部に存在する長期的に安定な水理場・化学環境を評価するための技術の高度化 など



地下水の水圧・水質
連続モニタリングの様子
(深度350m調査坑道)



弾性波トモグラフィ調査の様子
(深度140m調査坑道)

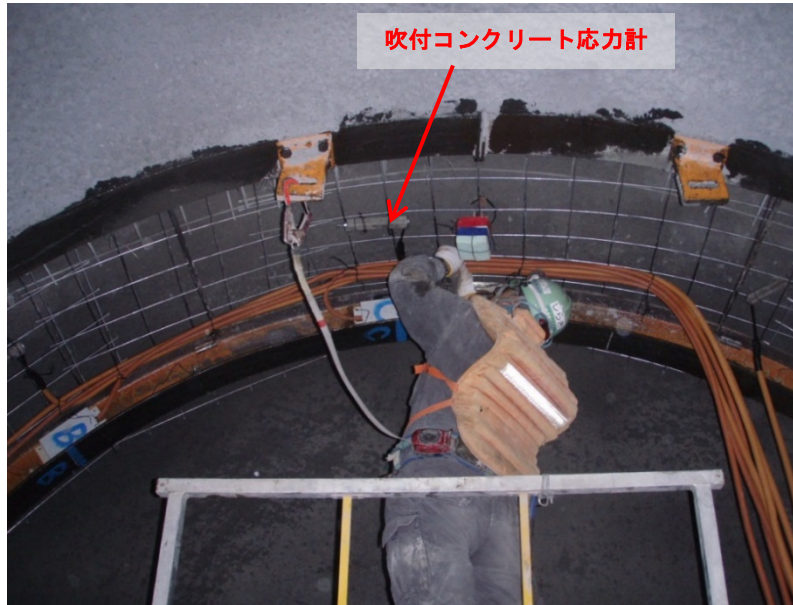
平成31年度の調査研究

深地層における工学的技術の基礎の開発

- 坑道周辺岩盤・支保の長期挙動の観測
- 地下施設設計の妥当性の検証
- 地下施設の安全性に関する検討
- グラウト材料の岩盤中への浸透範囲を評価するための解析手法、調査手法の高度化 など

地質環境の長期安定性に関する研究

- 地形調査、地質調査
- 岩石・地下水・ガスの測定・分析
- 沿岸部における隆起・侵食に関する検討
- 地震の観測 など



吹付コンクリート応力計の設置の様子

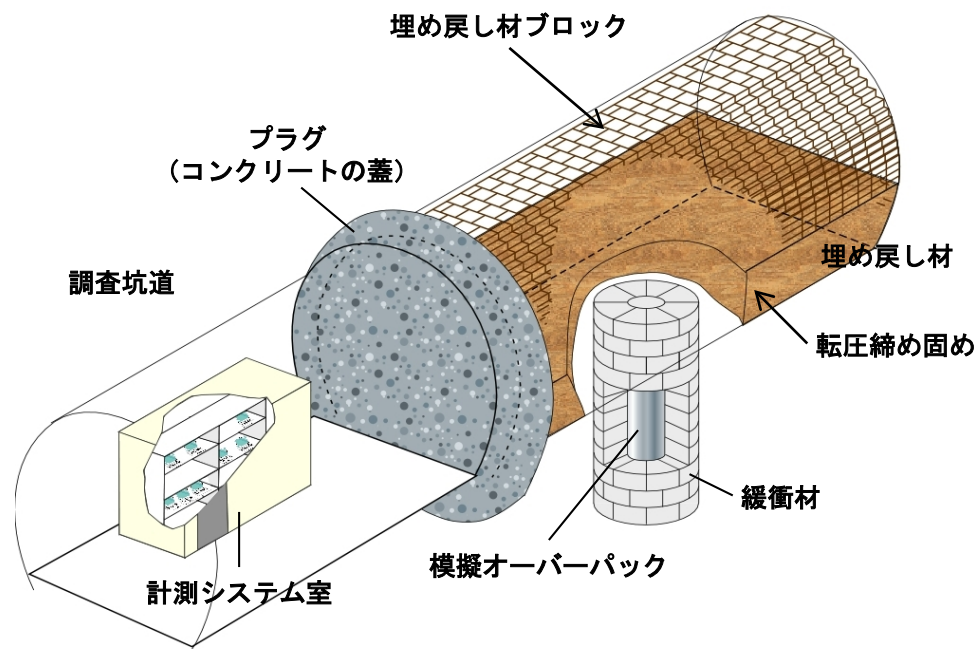


地震観測モニターの動作状況確認

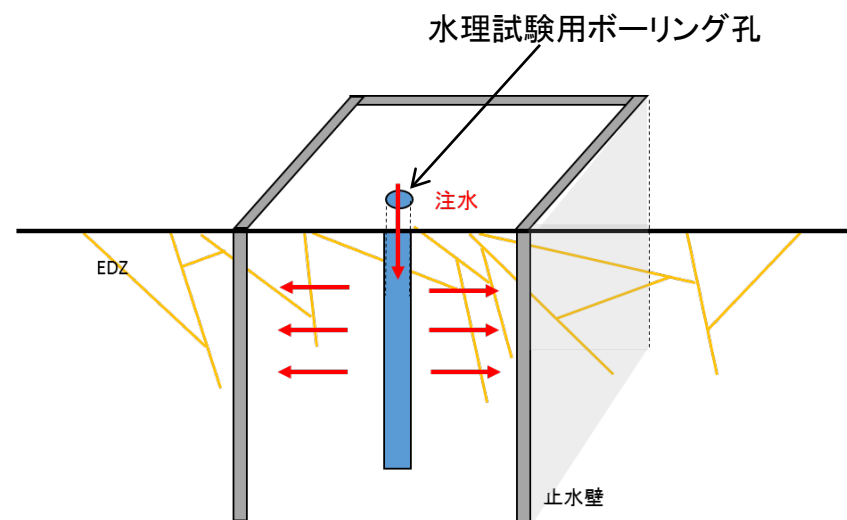
平成31年度の調査研究

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の継続、オーバーパックの腐食現象の評価、搬送定置・回収技術に関する実証試験※、緩衝材の定置試験、緩衝材への水の浸潤挙動を把握するための試験、低アルカリ性コンクリート材料の周辺岩盤への影響調査、流出現象などを考慮した緩衝材の健全性評価に関する試験、坑道の閉鎖技術に関する試験 など



熱－水理－力学－化学連成挙動に関する試験
(人工バリア性能確認試験)の概念図



坑道の閉鎖技術に関する試験
(EDZシーリング試験)の概念図

(EDZ: 掘削影響領域、シーリング: 閉鎖)

※ 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実施

平成31年度の調査研究

地層処分研究開発 (安全評価手法の高度化)

これまでに実施した健岩部、割れ目、および断層を対象とした原位置トレーサー試験や室内試験結果の評価・
取りまとめ など



取得した岩石試料



岩石試料研削の様子

物質移行試験後に取得した岩石試料の分析

平成31年度の調査研究

地下施設の維持管理

- ・施設内の機械設備や電気設備などの維持管理
- ・排水処理設備の運転



機械設備の維持管理の様子

環境調査

- ・水質・魚類に関する調査
- ・地下施設からの排水などの水質調査



環境調査の様子(水質)

平成31年度の調査研究

安全確保の取組み

- 安全教育の実施
- 定期的な安全パトロールの実施
- 訓練の実施 など

開かれた研究

- 国内機関との研究協力：
東京大学、京都大学、東北大学、
幌延地圏環境研究所、原子力環境整備
促進・資金管理センター、電力中央研究所、
産業技術総合研究所 など
- 国外機関との研究協力：
Clay Club、モンテリ・プロジェクト(スイス) など
- ホームページでの情報発信、ゆめ地創館での研究紹介、
地下施設見学会の実施 など



安全パトロールの様子



深度350m調査坑道での見学の様子