

幌延深地層研究計画
平成 25 年度調査研究計画

平成 25 年 3 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. 平成 25 年度の主な調査研究内容	2
3. 地層科学研究	8
3.1 地質環境調査技術開発	8
3.1.1 地質環境モデルに関する調査・解析技術の開発	9
3.1.2 調査技術・調査機器開発	10
3.2 深地層における工学的技術の基礎の開発	11
3.3 地質環境の長期安定性に関する研究	12
4. 地層処分研究開発	13
4.1 処分技術の信頼性向上	13
4.1.1 人工バリアなどの工学技術の検証	14
4.1.2 設計手法の適用性確認	15
4.2 安全評価手法の高度化	15
4.2.1 安全評価モデルの高度化	16
4.2.2 安全評価手法の適用性確認	16
5. 地下施設の建設	16
6. 環境モニタリング	17
6.1 騒音・振動・水質・動植物に関するモニタリング調査	17
6.2 地下施設の建設に伴う水質モニタリング調査	17
7. 安全確保の取組み	18
8. 開かれた研究	18
8.1 国内機関との研究協力	18
8.2 国外機関との研究協力	20
参考資料	21

1. はじめに

独立行政法人日本原子力研究開発機構（以下、原子力機構）が、北海道幌延町で実施している幌延深地層研究計画は、平成17年10月の「原子力政策大綱^{*1}」に示された「深地層の研究施設」を活用した計画のひとつであり、堆積岩を対象に深地層の研究を行うものです。

「原子力政策大綱」においては、「日本原子力研究開発機構を中心とした研究開発機関は、深地層の研究施設等を活用して、深地層の科学的研究、地層処分技術の信頼性向上や安全評価手法の高度化等に向けた基盤的な研究開発、安全規制のための研究開発を引き続き着実に進めるべきである」と述べられており、幌延深地層研究計画の重要性が示されています。

また、文部科学省と経済産業省が定める、第2期（平成22年4月1日～平成27年3月31日）の「独立行政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（中期目標）^{*2}」（以下、第2期中期目標）では、「幌延深地層研究計画に基づき、坑道掘削時の調査研究及び坑道を利用した調査研究を着実に進める。あわせて工学技術や安全評価に関する研究開発を実施」することが目標として掲げられています。

原子力機構では、第2期中期目標を受け、「独立行政法人日本原子力研究開発機構の中期目標を達成するための計画（中期計画）^{*3}」を策定し、高レベル放射性廃棄物の処分技術に関する研究開発について、「地層処分研究開発」と「深地層の科学的研究」の2つの領域において、他の研究開発機関と連携して研究開発を進め、地層処分の安全確保の考え方や評価に関わる様々な論拠を支える「知識ベース^{*4}」を充実させる」としています。具体的には、幌延深地層研究センターでは、深地層の科学

*1：現在の原子力政策大綱は、平成17年10月に策定されたもので、平成22年11月に新たな大綱の策定を目指して「新大綱策定会議」が設置され、検討を開始しました。平成23年3月に東京電力福島第1原子力発電所における事故が発生したため一時中断し、その後再開したものの、原子力委員会は平成24年10月に原子力政策大綱の策定作業の中止を決定し、「新大綱策定会議」は廃止されています。

*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事が定められています。中期目標はこれを踏まえ、文部科学省と経済産業省が、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：中期計画の期間は、中期目標と同じく平成22年4月1日～平成27年3月31日の5年間です。

*4：個別の研究開発で得られた成果を、地層処分技術全体に関わる様々な論拠や国内外の知見とあわせて、適切に管理し、伝達・継承していくための基盤となるものです。

的研究として、「深地層環境の深度（地下350m程度）まで坑道を掘削しながら調査研究を実施し」、「地上からの精密調査の段階に必要な技術基盤を整備し、実施主体や安全規制機関に提供する」計画です。また、地層処分研究開発では、「深地層の研究施設等を活用して、実際の地質環境条件を考慮した現実的な処分概念の構築手法や総合的な安全評価手法を整備する」計画です。さらに、「業務の合理化・効率化の観点から、幌延深地層研究計画に係わる研究坑道の整備等に民間活力の導入を図る」こととしており、平成22年度より施設整備、維持管理および研究支援に対して長期にわたるPFI契約^{*5}を締結しています。

幌延深地層研究計画は、調査研究の開始から終了までの20年程度の計画であり、「地上からの調査研究段階（第1段階）」、「坑道掘削（地下施設建設）時の調査研究段階（第2段階）」、「地下施設での調査研究段階（第3段階）」の3つの段階に分けて進めることとしています。平成25年度は、研究所用地やその周辺において、地下施設の建設、第2段階および第3段階の調査研究を継続します。

2. 平成25年度の主な調査研究内容

平成25年度に実施する調査研究および地下施設の建設などの概要を以下に示します。

地層科学研究^{*6}

① 地質環境調査技術開発

坑道の掘削などに伴って取得する、岩石や地下水の化学組成、岩盤の透水性などの地質環境データを用いて、第1段階の調査研究で構築した地質環境モデル^{*7}（地質構造モデル^{*8}、岩盤の水理モデル^{*9}、地下水の地球

*5：Private Finance Initiative（民間資金等活用事業）の略称で、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事で、これにより、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。幌延深地層研究計画における、PFIの契約期間は平成23年1月31日から平成31年3月31日までです。

*6：幌延深地層研究計画では、原子力政策大綱で「深地層の科学的研究」とされている研究を「地層科学研究」と呼称しています。

*7：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。

*8：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。

*9：地質構造の分布や形状に合わせて透水係数などの水理学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。

化学モデル^{*10}および岩盤力学モデル^{*11})の妥当性を検証し、必要に応じて更新することにより、坑道周辺の地質環境を推定するための手法の信頼性を向上させます。また、地下施設における調査研究で使用するための調査技術や調査機器の開発を継続します。さらに、地下施設建設に伴う坑道周辺の岩盤特性の変化を把握するための技術開発およびコントロールボーリング技術により掘削したボーリング孔を用いたモニタリング技術の開発を行います。

② 深地層における工学的技術の基礎の開発

坑道の掘削を進めながら、岩盤の変位や支保工^{*12}の応力を計測する装置を設置し、取得するデータに基づき、地下施設設計の妥当性を検証するとともに、これまでに取得したデータに基づき、地下施設の建設におけるリスク評価手法^{*13}の開発を実施します。また、グラウト^{*14}材料の浸透範囲を評価するための解析手法について検討します。

③ 地質環境の長期安定性に関する研究

地形や地質の調査とともに、岩石、地下水およびガスの化学分析を行い、地形および地質構造の長期的な変化を予測する研究を継続します。また、地震の活動と断層の動きが地質環境に与える影響を推定するための手法の検討を進めます。

地層処分研究開発

① 処分技術の信頼性向上

第3段階で実施する、人工バリア^{*15}などを用いた原位置試験^{*16}の詳細な計画について引き続き検討するとともに試験の実施に向けた準備を開始します。掘削した岩盤を安定させるための覆工への使用が検討されてい

*10：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。

*11：割れ目などの性質を含めた岩盤の強度・変形などに関する特性を図や数式などを用いて表現したものです。

*12：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。

*13：地下施設を建設する上で、湧水などの様々な事象の発生の可能性とその影響の大きさを評価し、対策工を選定する際の判断指標とする手法です。

*14：岩盤に孔をあけ、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。

*15：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。

*16：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。

る低アルカリ性コンクリート^{*17}材料については、施工試験や周辺岩盤および地下水に与える影響を把握するための調査を継続します。また、緩衝材の定置試験や長期の浸潤試験を実施します。さらに、これまでに取得したデータを用いて、人工バリアなどの設計手法の適用性および長期健全性を評価するための情報と条件の整理を継続します。

② 安全評価手法^{*18}の高度化

岩盤中の物質の移動に関して、室内試験などのデータを蓄積するとともに、350m調査坑道での原位置トレーサー^{*19}試験の計画を具体化し、試験を実施するボーリング孔の掘削に着手します。また、これまでに原位置試験や室内試験を通じて取得した物質の移動に関するデータと構築したモデルに基づき、物質の移動の解析を行います。さらに物質の移動現象を評価するための手法の見直しを実施します。

平成25年度に地下施設、研究所用地および幌延町内で行う主な調査研究の実施内容を表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、研究所用地に設置されている主な設備と観測装置の配置を図2に示します。

地下施設の建設

換気立坑、東立坑、西立坑および350m調査坑道の掘削を継続します。坑道の掘削により発生した掘削土(ズリ)は掘削土(ズリ)置場に搬出します。また、掘削に伴って発生する排水は、排水処理設備にて適切な処理をした上で天塩川に放流します。

*17：通常のセメント材料に石英の主成分であるシリカ材料を添加し、セメントが固化する過程で生じる高アルカリ性の成分と反応させることで、間隙水のpHを低下させるセメントを用いたコンクリートのことです。pHが低くなることで、周辺環境へ与える影響が通常のセメントよりも小さいことから、処分場での支保工材料の候補のひとつとしての使用が検討されています。

*18：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。

*19：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。食塩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食塩に満ちている場合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同位体をトレーサーとして使用することはありません。

環境モニタリング

研究所用地周辺における騒音・振動・水質・動植物に関するモニタリング調査、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を定期的に行います。また、排水の放流先である天塩川の水質モニタリング調査を継続します。

安全確保の取組み

作業者などに対する安全教育の実施、定期的な安全パトロール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積極的に得つつ進めていきます。

表1 平成25年度の主な調査研究内容

実施項目		研究内容	実施場所	
地層科学研究	地質環境調査技術開発	地質構造	坑道や地表での地質観察、岩石の分析など	地下施設、北進地区、上幌延地区など
		岩盤の水理	地下水の水圧・水質モニタリング、気象観測、岩盤の水理に関する情報(湧水量など)の取得	研究所用地、地下施設、HDB-1～11孔、気象観測所など
		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、溶存ガス・コロイド・有機物・微生物の分析、河川水・降水の分析	研究所用地、地下施設、HDB-1～11孔、P-3～5地点など
		岩盤力学	坑道内での初期地圧の測定、内空変位計測	地下施設(140m・250m・350m)など
	調査技術・調査機器開発	水圧・水質モニタリング装置、高精度傾斜計・間隙水圧計、光ファイバー式地中変位計の長期性能確認、弾性波トモグラフィ調査、トレーサー試験手法の改良、コントロールボーリング技術により掘削したボーリング孔を利用したモニタリング技術の開発など	研究所用地、地下施設(140m・250m・350m)、上幌延地区、北進地区	
	深地層における工学的技術の基礎の開発	岩盤の変位・支保工の応力の観測、岩盤の力学特性の評価、地震の観測、リスク評価手法の開発	地下施設(140m・250m・350m)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・ガスの分析・測定、地震の観測	研究所用地、地下施設、北進地区、上幌延地区、浜里地区、下沼地区、天塩川および問寒別川沿い	
地層処分研究開発	処分技術の信頼性向上	人工バリアなどの原位置試験計画策定のための予備試験の実施、低pH加性コンクリート材料の原位置施工試験の実施および周辺岩盤などへの影響調査、緩衝材定置試験および長期浸潤試験の実施	研究所用地、地下施設(140m・250m・350m)など	
	安全評価手法の高度化	物質の移動現象に関するデータ・知見の蓄積、安全評価モデルの更新、地下水の流れ・物質の移動現象を評価するための手順の整理	研究所用地、地下施設(350m)など	
地下施設の建設		換気・東・西立坑の掘削、350m調査坑道の掘削、掘削土(ズリ)の掘削土(ズリ)置場への搬出、掘削土(ズリ)の分析、排水処理設備の運転	研究所用地、地下施設、掘削土(ズリ)置場など	
環境モニタリング		騒音・振動・水質・動植物のモニタリング調査、坑道掘削により発生する排水などの水質調査	研究所用地、天塩川、清水川など	



図1 ポ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

3. 地層科学研究

3.1 地質環境調査技術開発

第2段階では、坑道の掘削に伴って取得する岩石や地下水の化学組成、岩盤の透水性などの地質環境データに基づいて、第1段階で構築した地質環境モデルの妥当性を検証し、必要に応じてモデルの更新を行います。この地質環境モデルに基づいて調査坑道周辺の地質環境をより詳細に推定します。ここで推定された坑道周辺の地質環境は、第3段階で実施する人工バリアなどに関する原位置試験の計画を策定するための基盤情報となります。また、第1段階で開発した調査技術を使用して、その技術の適用性を確認しつつ、調査研究を進めるとともに、坑道の掘削が周辺の岩盤の強度や地下水の流れ方および化学的性質の変化などに与える影響を観測する技術の開発を行います。

さらに、地下水の流れを表現するモデルと地下水の水質分布を表現するモデルといった、異なる分野のモデルが、互いに整合しているかどうかについて検討します。ここで構築した地質環境モデルおよび得られた地質環境データは、幌延地域を事例とした人工バリアや地下施設などの設計手法や安全評価手法の適用性を検討するために使用します。

一方、これまでの研究開発の過程で得られた経験やノウハウなどの知識を、的確に地質環境の調査や評価に活用できるよう、調査・評価を行う上で必要となるノウハウや判断の根拠に関する情報などを抽出・整理する作業を継続します。また、第1段階の調査・試験で取得したデータの品質評価を行い、その結果に基づき調査の手順書やマニュアルなどを整備し、地上からの調査に係わる体系的な品質保証システムの構築を進めます。

第3段階では、調査坑道および坑道から掘削するボーリング孔を利用して、地質構造、岩盤の水理・力学特性、地下水の地球化学、物質の移動特性をより詳細に把握することを目的とした地質観察、水理試験、採水調査およびトレーサー試験などを実施します。また、坑道の掘削・埋め戻しによって生じる坑道周辺の岩盤における地下水の流れおよび水質、岩盤の力学特性の変化やその影響が回復する過程を調査し、坑道周辺の掘削影響を含む地質環境の特性とその時間的な変化に関するデータを取

得します。取得したデータは地層処分研究開発として実施する原位置試験に反映します。さらに、調査坑道を利用して実施する物質の移動特性を理解するための原位置試験や坑道を埋め戻した後の環境回復^{*20}の予測などの調査研究で使用する調査技術・観測機器の開発を行います。

3.1.1 地質環境モデルに関する調査・解析技術の開発

(1) 地質構造

平成24年度に引き続き、地下施設や研究所設置地区およびその周辺の地表での地質観察、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ます。また、坑道の掘削に伴う壁面観察やボーリング調査から新たに取得する地層の分布や割れ目の連続性に関するデータに基づいて、第1段階で構築した地質構造モデルの妥当性を検証し、必要に応じてモデルの見直しを図ります。

(2) 岩盤の水理

平成24年度に引き続き、坑道の掘削に伴う地質環境の変化について検討するため、既存のボーリング孔における地下水の圧力や水質の観測および気象観測を継続します。また、これらの観測を通じて地上からのモニタリング技術の適用性を確認します。

地下施設における調査では、湧水を伴う割れ目の性状や分布、地下水の湧水量などの岩盤の水理に関する情報を取得し、取得したデータに基づいて岩盤の水理モデルを更新します。具体的には、更新したモデルを用いた水圧分布や地下水の湧水量の予測解析を実施し、解析結果を実際の観測値と比較することにより、モデルの妥当性を検証します。また、坑道の掘削によって発生する坑道周辺の岩盤における地下水の流れの変化を予測し、その予測結果を今後の調査研究計画に反映させていきます。

*20：地下深部は本来、酸素が少ない環境にありますが、坑道などを掘削することによって酸素が供給され、坑道周辺の環境が変化します。坑道を埋め戻した後は、酸素が供給されなくなり徐々に元の酸素が少ない環境に戻っていくと考えられています。

(3) 地下水の地球化学

平成24年度に引き続き、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、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とその変化の過程を把握します。また、既存のボーリング孔（HDB-1～11孔など）から採取する地下水のほか、河川水や降水についても分析を行い、それらのデータを用いた地下水の水質分布についての解析を継続します。さらに、それらの地球化学データを利用して、現在の地下水の水質や、その水質がどのように形成されてきたのかについて考察し、坑道の掘削に伴う地球化学環境の時間的な変化に関わる地球化学モデルを更新します。

(4) 岩盤力学

平成24年度に引き続き、坑道から掘削するボーリング孔を用いた初期地圧^{*21}の測定を行い、地下深部における地圧の空間的な分布を把握します。また、この作業を通じて、地上からの調査手法の妥当性を検証します。

さらに、坑道内で実施している内空変位計測^{*22}などの結果から、第1段階で構築した坑道の掘削時に生じる周辺岩盤の変形や応力の変化を予測するための解析手法の適用性を確認します。

3.1.2 調査技術・調査機器開発

平成25年度は、地下水の地球化学特性、坑道掘削の影響調査および岩盤の力学などに関する調査技術・調査機器開発を継続します。

地下水の地球化学特性に関する調査技術については、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

*21：坑道の掘削などが行われる前の、自然の状態では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。

*22：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。

確認するとともに、地下水中のコロイドや有機物、微生物を調査するための試験装置の開発を行い、140m、250mおよび350mの各調査坑道においてデータを取得します。さらに、平成23年度に実施したトレーサー試験の結果に基づき、試験手法の改良および調査技術の向上を図ります。

坑道掘削の影響調査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^{*23}および坑道に設置した地中変位計などを用いて、微小な岩盤の変形の観測を継続します。坑道の掘削が地下施設周辺および坑道周辺の岩盤に与える影響を評価するための観測技術および解析技術の開発を行います。

岩盤の力学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、140mおよび250m調査坑道では、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を継続して実施します。同様に350m調査坑道と東立坑では、新たに弾性波トモグラフィ調査やひずみ計などの計測機器を設置し、計測を行います。これらの調査および計測を通じて、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。

その他の調査技術の開発として、通常の鉛直ボーリングの技術では調査が困難な場合に使用するコントロールボーリング技術（ボーリング孔の角度と方向を制御して掘削するボーリング）により掘削したボーリング孔を利用して、孔曲げ掘削技術、坑内応力測定技術および坑内でのモニタリング技術などの開発を共同研究として行います。また、これまでに実施した沿岸域を対象とした調査技術や解析事例を取りまとめて、報告書を作成するとともに、実施場所の設備を撤去します。

3.2 深地層における工学的技術の基礎の開発

第2段階では、坑道の掘削を進めながら岩盤の変位や支保工の応力を計測する装置を設置し、取得するデータに基づいて地下施設の設計や施工計画などの手法ならびに工学的技術の妥当性を検証し、その評価結果を

*23：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。

適切に設計や施工計画などに反映させる技術体系を整備します。また、これらを実際に適用することにより、支保などの設計・施工技術の適用性を確認します。これらの評価を踏まえて、より深い深度の掘削工事や対策工事の最適化を進めていきます。

第3段階では、第2段階までの調査において適用した情報化施工^{*24}技術や耐震設計技術などの一連の工学的技術の有効性を評価し、堆積岩系の岩盤に適用するための汎用的な技術体系として整備します。

平成25年度は、東・西立坑および350m調査坑道の掘削状況に応じて、地中変位計やコンクリート応力計などの計測機器を設置して坑道を掘削した際の岩盤と支保の挙動を観測するとともに、坑道内にて岩盤に対する載荷試験を実施し岩盤の力学特性を評価します。また、新たに350m調査坑道に地震計を設置し、計測を開始します。さらに、これらの結果と、これまでに得られたデータとを合わせて地下施設設計の妥当性の検証ならびに更新を行います。

坑道の掘削に伴い取得する計測データと、ボーリング調査により取得する地質環境データに基づいて、地下施設の建設におけるリスク評価手法の開発を継続します。さらに、湧水抑制のための技術開発として、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について検討を行います。

3.3 地質環境の長期安定性に関する研究

地震および地殻変動の観測データとともに、地下施設と地表で取得する地質のデータ、地下水のデータ、地形のデータなどを利用し、海水準変動や地殻変動による長期的な変化が地質環境に与える影響を評価するための調査・解析手法の開発を進めます。

平成25年度は、地質環境の長期的変遷に関する研究について、地下施設や地表で行う地形と地質の調査とともに、岩石や地下水、ガスの測定と分析、地形および地質構造の長期的な変化に関する数値解析を継続し

*24：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。

ます。それらのデータと解析結果に加えて、幌延町の沿岸部の調査結果を踏まえ、地下水の流れと水質の長期的な変化を評価する手法の開発を継続して行います。

また、地震研究については、地震やGPSの観測データを用いた解析を行うとともに、地質環境の長期的変遷に関する研究との比較を行い、過去の地殻変動と現在の地殻変動の傾向の相違点、共通点を検討し、長期的な変化の大きさや変化した時期について推定します。さらに、上幌延観測点(HDB-2)での地震観測を適宜行い、これらの推定結果の妥当性について検証して、地震や断層の動きによって生じる地質環境への影響を推定する手法の開発を進めます。

4. 地層処分研究開発

4.1 処分技術の信頼性向上

第2段階では、第1段階で取得した地質環境データおよび坑道の掘削に伴い取得する地質環境データに基づき、低アルカリ性コンクリート材料を用いた原位置試験の計画を策定し、その計画に基づいて地下施設において原位置試験を実施します。また、人工バリアを構成するオーバーパック^{*25}や緩衝材(ベントナイト^{*26})が有している耐食性^{*27}、耐熱性、止水性、膨潤性などの特性や挙動に関して、特に塩水系地下水に対して不足しているデータを取得します。その結果を踏まえ、それらの特性や挙動に関するメカニズムの理解と、より汎用的なモデルの開発を進めるとともに、それらを複合させた人工バリアやその周辺の岩盤の長期挙動について解析します。あわせて、長期挙動の解析結果を検証するためのデータ取得を進めます。また、第1段階で取得した地質環境データおよび坑道の掘削に伴い取得する地質環境データに加えて、上記の人工バリア材料の特性や挙動に関するデータを用いて、第1段階で検討した人工バリアや

*25：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。

*26：ベントナイトは粘土鉱物のスメクタイトと石英などの鉱物から構成され、地層処分における人工バリアシステムに用いる緩衝材の候補材料です。

*27：金属の腐食（錆）に対する抵抗性のことで、耐食性のある合金としてステンレス鋼やアルミニウム系合金などがあります。

地下施設などの設計手法の適用性を確認し、原位置試験の計画を検討します。

第3段階では、地層処分システムの構築に関わる工学技術の信頼性を向上させるために原位置試験や室内試験を実施します。具体的には、低アルカリ性コンクリート材料が坑道周辺の岩盤や地下水に与える化学的な影響を把握するための調査を実施します。また、オーバーパックの腐食に関する原位置試験や豎置き方式の処分ピットの力学的な挙動の調査に加えて、ガス移行挙動試験^{*28}や坑道の密閉（シーリング）技術に関する原位置試験などを実施します。さらに、人工バリアを構成するオーバーパックや緩衝材などに要求される性能を満足するような処分システムを構築したあと、坑道の埋め戻しまでを行い、オーバーパック、緩衝材および岩盤の、それぞれの要素の間に生じる熱・水理・応力・化学連成挙動^{*29}に関する試験を実施します。

4.1.1 人工バリアなどの工学技術の検証

平成24年度に引き続き、第3段階に実施する原位置試験の計画および処分システムの設計・施工技術や品質管理に関する原位置試験の詳細な計画について検討するとともに、試験計画を具体化するために予備的な試験を行います。また、平成24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低アルカリ性コンクリート材料が、坑道周辺の岩盤や地下水に及ぼす影響を把握するための調査を継続します。

さらに、地層処分実規模試験施設において、緩衝材の定置試験を行うとともに、緩衝材の長期的な浸潤挙動を把握するための試験を継続します。また、原位置試験における人工バリアなどの挙動を計測する手法に関する試験を実施します。これらの研究は、他の研究機関との共同研究として実施します。

*28：様々な環境条件を考慮して緩衝材、埋め戻し材および岩盤の基本的な透気特性に関するデータを把握するための試験です。処分場では、炭素鋼製オーバーパックの腐食（錆）により水素ガスが発生する可能性が懸念されています。発生したガスが緩衝材や岩盤中をどのように移行していくかを確認するための試験です。

*29：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・応力・化学連成挙動と呼んでいます。

4.1.2 設計手法の適用性確認

平成25年度は、坑道やボーリング孔から得られる岩石や地下水を用いた室内試験を継続するとともに、人工バリアの設置方法の違い（縦置き方式・横置き方式^{*30}）による坑道の形状の違いが、坑道周辺の岩盤に与える影響について調査します。また、これまでの調査研究で取得した地質環境データや、室内試験から取得したデータならびに構築したモデルなどに基づいて、人工バリアなどの設計手法の適用性および長期健全性を評価するための情報や条件の整理を継続します。

4.2 安全評価手法の高度化

第2段階では、実際の地質環境への安全評価手法の適用性を確認し、その信頼性の向上を目的に、坑道の掘削に伴い取得する割れ目の分布状況等に関するデータや地下水・岩石試料などの分析結果に基づいて、物質移動の解析に必要なデータを拡充します。また、コロイド/有機物、微生物などが物質の移動に及ぼす影響についての知見を蓄積します。さらに、第1段階で取得した地質環境データおよび坑道の掘削に伴い取得する割れ目の分布状況などに関するデータに基づいて、地下水流動や物質移動の解析を行います。これらの結果と第1段階で取得したデータに基づく解析結果との比較を通じて、既存の安全評価手法の適用性を確認し、調査や評価を実施する上で留意すべき事項の抽出・整理を行います。

第3段階では、実際の地質環境に人工バリアを設置し、人工バリアや地質環境がもつ天然バリアとしての性能を確認するために、地下施設において人工バリアや周辺岩盤を対象としたトレーサー試験などを行い、物質の移動を評価するためのデータを取得します。また、それらの試験と並行して、物質移動の解析に必要なデータを取得するために、岩石や地下水などを用いた室内試験を行います。これらの成果や地層科学研究で得られた成果を活用して幌延地域を事例とした安全評価手法の検討を行い、その適用性を確認します。

*30：縦置き方式は、馬蹄形の坑道から下向きに処分ピット(人工バリアを設置するための縦穴)を掘削してオーバーパックを垂直に設置する方法です。一方、横置き方式は円形の坑道にオーバーパックを横向きに設置する方法です。そのため、設置方法によって、掘削する坑道の形状が異なり、坑道周辺の岩盤に与える影響が異なると考えられています。

4.2.1 安全評価モデルの高度化

平成24年度に引き続き、既存のボーリング孔や新たに坑道から掘削するボーリング孔から採取する岩石や地下水などを用いた室内試験を継続し、物質の移動現象を評価するために必要となる拡散係数^{*31}や収着分配係数^{*32}などのデータを取得します。また、物質の移動現象を把握して安全評価手法の信頼性を向上させるため、室内試験や坑道の掘削に伴う各種試験で得られたデータや250m調査坑道で実施したトレーサー試験結果などに基づき、350m調査坑道の周辺の割れ目の多い岩盤(割れ目帯)および割れ目の少ない岩盤を対象に実施する原位置トレーサー試験の計画を立案します。計画の立案と並行して予測解析を実施するとともに、試験のためのボーリング孔の掘削に着手します。さらに、これらの成果に基づいて、モデルの更新を継続します。

4.2.2 安全評価手法の適用性確認

平成25年度は、安全評価の考え方の整理や安全評価手法の整備を目的に、これまでに原位置および室内試験で取得した物質の移動に関する拡散係数や収着分配係数などのデータや構築したモデルに基づいて、地下水流動や物質の移動に関する解析を行います。また、その過程で得られた知見を整理・統合するとともに、地下水の流れや物質の移動現象を評価するための手順の更新を継続します。

5. 地下施設の建設

平成24年度に引き続き、立坑については換気・東立坑を深度約380mまで掘削をするとともに、西立坑は深度約365mまで掘削を行います。350m調査坑道については、総延長約760mまでの掘削を行います。また、坑道の掘削過程において、必要に応じて湧水抑制対策を行います。

坑道の掘削に際しては、これまでと同様に掘削後速やかに支保を構築し、坑道の安定性を保持しながら進めます。支保の選定にあたっては、

*31：岩盤などの中を元素が、濃度の高い方から低い方へ移動していく際の速さを表す係数です。

*32：岩盤中と地下水中における元素の濃度比を表す係数で、元素の岩盤への取り込まれやすさを表す係数です。拡散係数とともに、環境中における元素の移動の予測や放射性廃棄物の処分における安全評価などに使用される重要なパラメータのひとつです。

そこで得られる岩盤の力学的な特性などの情報を適時設計に反映します。なお、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の存在が確認されているため、坑道内の換気を十分に行うとともに、掘削作業場所の近傍においては防爆仕様の機器の採用や、ガス濃度の監視などの防爆対策を行いながら掘削を進めます。

坑道の掘削により発生した掘削土(ズリ)は、掘削土(ズリ)置場に搬出します。なお、掘削土(ズリ)については有害物質の含有量および溶出量を定期的に確認します。

坑道の掘削に伴って発生する排水および掘削土(ズリ)置場の浸出水は、排水処理設備にてホウ素や窒素を取り除くなどの適切な処理をした上で、排水管路を経て天塩川に放流します。

6. 環境モニタリング

環境モニタリングは、平成24年度に引き続き、地下施設の建設が周辺環境へ与える影響を調査するため、研究所用地周辺および天塩川などにおいてモニタリング調査を実施します。

6.1 騒音・振動・水質・動植物に関するモニタリング調査

騒音・振動・水質・動植物のモニタリング調査は、これまでと同様に研究所用地周辺において定期的の実施します。

6.2 地下施設の建設に伴う水質モニタリング調査

坑道の掘削に伴い発生する排水について、研究所用地や掘削土(ズリ)置場およびその周辺、さらに排水の放流先である天塩川において水質モニタリング調査を行います。

水質モニタリングの調査項目は、水質汚濁防止法および北るもい漁業協同組合との協定書に記載されている分析項目に準拠します。モニタリングは、坑道からの排水、排水処理後の水、掘削土(ズリ)置場からの浸出水やその周辺の浅い地下水、河川水、天塩川の河川水などを対象とします。

7. 安全確保の取組み

地下施設や研究所用地周辺などにおける調査研究や地下施設建設工事にあたっては、安全確保を最優先に作業を実施します。そのため、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、作業者などに対する安全教育の実施、定期的な安全パトロールなどを通じて安全確保に努めます。

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、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、北海道大学をはじめとする国内外の大学・研究機関との研究協力を行うとともに、国際交流施設などを利用して各機関の専門家と議論を行いながら、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は、国内外の関連する研究機関に広く開放していきます。なお、地層処分についての国民との相互理解の促進のため、幌延深地層研究センターのホームページ^{*33}での情報発信や、ゆめ地創館において地下施設で実施している地下深部の研究の紹介、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るとともに、平成25年2月に公表した情報公開の改善^{*34}に基づき、より一層積極的に情報公開に努めていきます。また、ゆめ地創館に隣接する、地層処分の概念やその工学的実現性を体感できる地層処分実規模試験施設において、試験施設の整備を継続します。

8.1 国内機関との研究協力

8.1.1 大学との研究協力

① 北海道大学：

ベントナイトとセメント系材料との相互作用に関する研究

② 東京都市大学：

微量元素の放射化分析手法に関する研究

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

*34 : 巻末に、公表した「幌延深地層研究センターにおける情報公開の改善について」を掲載しました。

- ④ 岡山大学など：
 - 光ファイバーを用いた水分計測技術に関する研究
- ④ 東北大学、京都大学：
 - 地下水中のコロイド、有機物、微量元素に関する研究

上記のほか、他の大学との研究協力についても検討します。

8.1.2 その他の機関との研究協力

- ④ 幌延地圏環境研究所^{*35}：
 - 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
- ④ 電力中央研究所^{*36}：
 - 幌延地域における地質・地下水環境特性評価に関する研究
- ④ 産業技術総合研究所^{*37}など
 - 地下水、溶存ガスの分析法に関わる研究
- ④ 株式会社東京測器研究所：
 - 光ファイバーひび割れ検知センサーに関する研究
- ④ 北海道立総合研究機構 地質研究所^{*38}：
 - 地形の変化および地下構造に関する研究

上記のほか、経済産業省資源エネルギー庁が進めるプロジェクト^{*39}である、コントロールボーリング技術開発、地層処分実規模設備整備および原位置試験の計測技術などに協力していきます。

*35：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。

*36：一般財団法人 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。

*37：独立行政法人 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。現在の研究分野は「環境・エネルギー」、「地質」、などの6分野に大別されます。

*38：地方独立行政法人 北海道立総合研究機構は6つの研究本部から構成され、地質研究所（旧北海道立地質研究所）はそのうちの環境・地質研究本部に属します。地質分野の先駆をなす研究機構の一研究所として、道民生活の安全・安心の確保と、地下資源の安定的確保や環境負荷の軽減などの産業・経済の持続的発展に資する調査研究活動と成果の普及に取り組んでいます。

*39：これらのプロジェクトを平成25年度に実施する機関は、資源エネルギー庁が一般競争入札によって決定します。

8.2 国外機関との研究協力

ž Nagra^{*40} (スイス):

深地層の研究施設計画における調査研究の計画立案や成果に関する技術的検討など

ž モンテリ・プロジェクト^{*41} (スイス):

鉄材料の腐食に関する原位置試験など

そのほか、平成25年度は国際的なプロジェクトであるクレイクラブ (Clay Club)^{*42}の定例会議を幌延深地層研究センターで開催し、地下施設で行う原位置試験について情報交換などを行います。また、ANDRA^{*43} (フランス)などと地質環境調査技術や地下施設における調査手法および原位置試験など、深地層の研究計画全般に関わる情報交換や研究協力を進めます。

*40 : Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle (National Cooperative for the Disposal of Radioactive Waste) : 放射性廃棄物管理協同組合は、スイスにおける放射性廃棄物の地層処分の実施機関です。

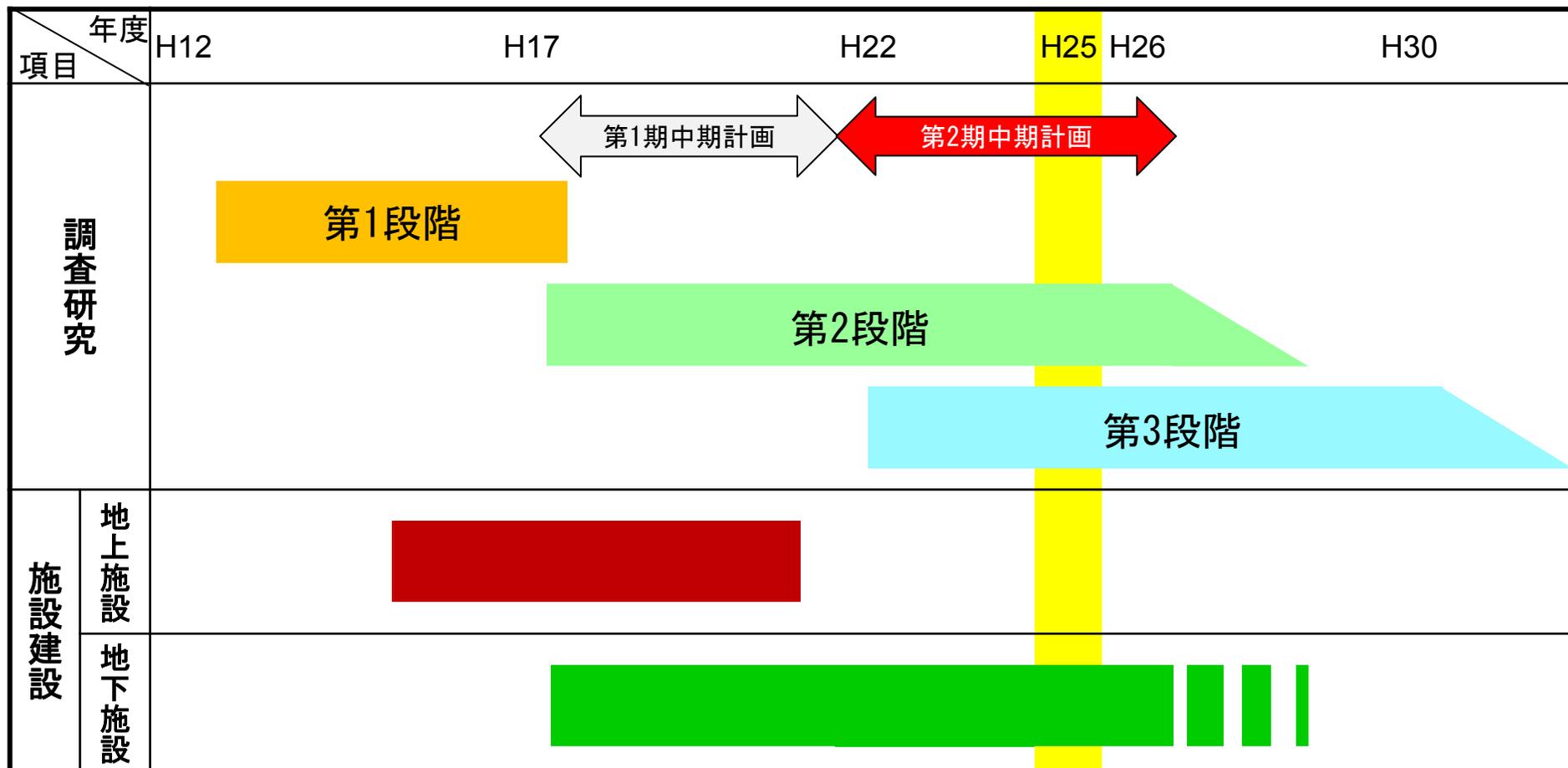
*41 : 堆積岩を対象とした地層処分に関する国際的な原位置試験プロジェクトです。平成25年3月現在、原子力機構を含め8ヶ国から14機関が参加し、スイスのモンテリ・トンネル内において地層処分に関連する各種の原位置試験が実施されています。

*42 : 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。

*43 : Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs (National radioactive waste management agency) : 放射性廃棄物管理公社は、フランスにおける放射性廃棄物処分の実施機関であり、低中レベルの放射性廃棄物処分場を操業するとともに、高レベル放射性廃棄物および長寿命の中レベル放射性廃棄物処分に関する研究開発の中核機関でもあり、堆積岩を対象に深地層の研究施設計画を進めています。

参 考 资 料

幌延深地層研究計画の全体スケジュール

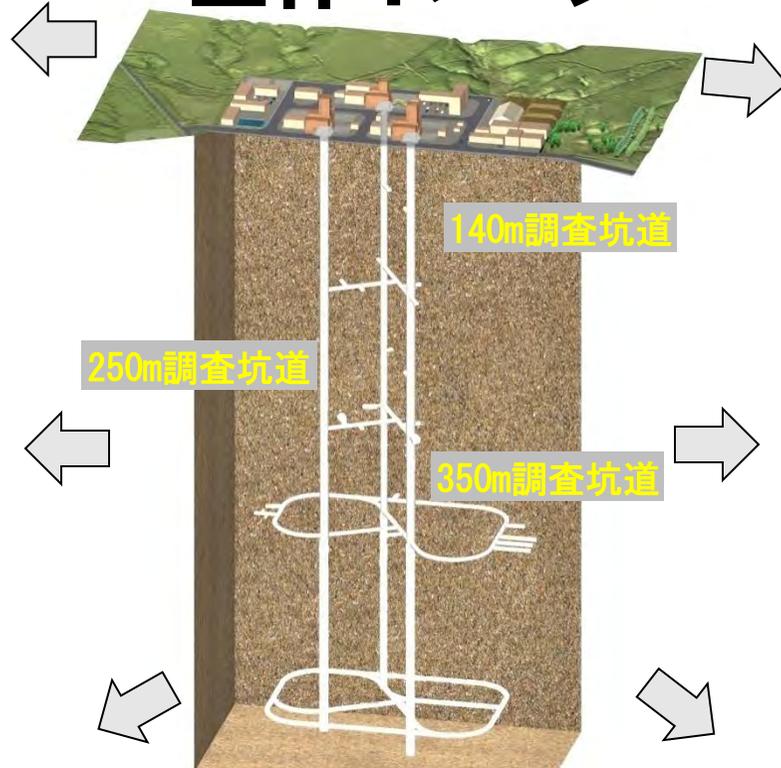


第1段階：地上からの調査研究段階

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

幌延深地層研究計画の 全体イメージ

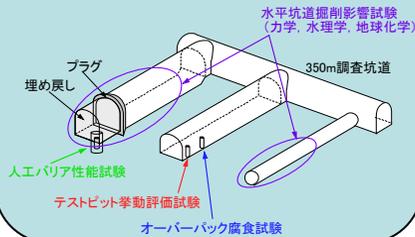


※このイメージ図は、今後の調査研究の結果次第で変わることがあります。

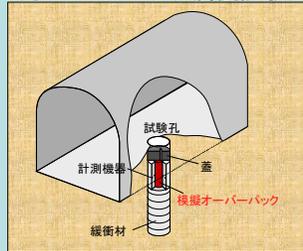
試験棟での室内試験



地層処分研究開発
(調査坑道での原位置試験イメージ)



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)



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25年度の調査研究

平成25年度の主な調査研究

地質調査



地質観察



地中変位計の設置



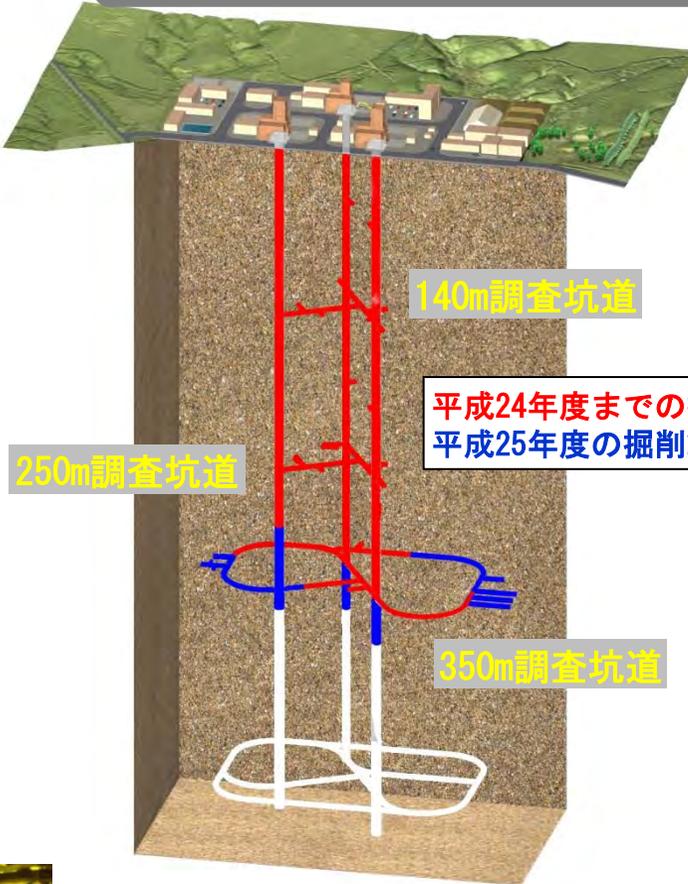
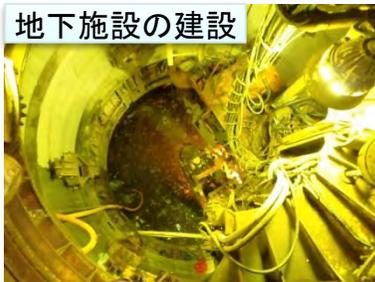
水圧水質モニタリング



コンクリート材料の影響調査



地下施設の建設



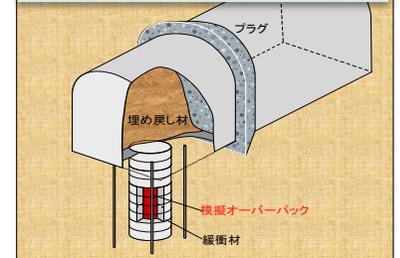
140m調査坑道

平成24年度までの掘削範囲
平成25年度の掘削範囲（予定）

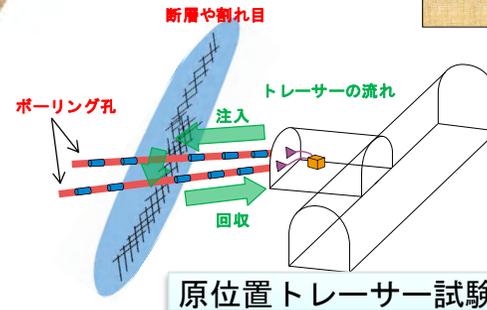
250m調査坑道

350m調査坑道

人工バリア性能確認試験



※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。



原位置トレーサー試験

平成25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：**坑道や地表での地質観察、岩石の顕微鏡観察・分析、地質構造モデルの妥当性検証**
- 岩盤の水理：**地下水の水圧・水質の観測、気象観測、岩盤の水理に関する情報の取得、岩盤の水理モデルの妥当性検証**
- 地下水の地球化学：**地下水の化学組成分析、溶存ガス組成・コロイド・有機物・微生物などに関する分析、河川水・降水の分析、地球化学モデルの妥当性検証**
- 岩盤力学：**初期地圧の測定、内空変位計測、岩盤力学モデルの妥当性検証**

※青字は、現地調査・試験



坑道壁面の地質観察の様子
(350m調査坑道)



地下水の水質調査の様子
(140m調査坑道)

平成25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)

- ・坑道内での調査技術や調査機器の開発:地下水の水圧・水質連続モニタリング装置の適用性確認、物質の移動特性を調べる試験手法の改良
- ・モニタリング技術開発:高精度傾斜計・間隙水圧計・水分計などによる計測、光ファイバー式地中変位計による計測、弾性波トモグラフィ調査
- ・コントロールボーリング技術の適用性確認:掘削したボーリング孔を用いたモニタリング技術などの開発



地下水の水圧・水質モニタリングの様子
(250m調査坑道)



コントロールボーリング技術の適用性確認

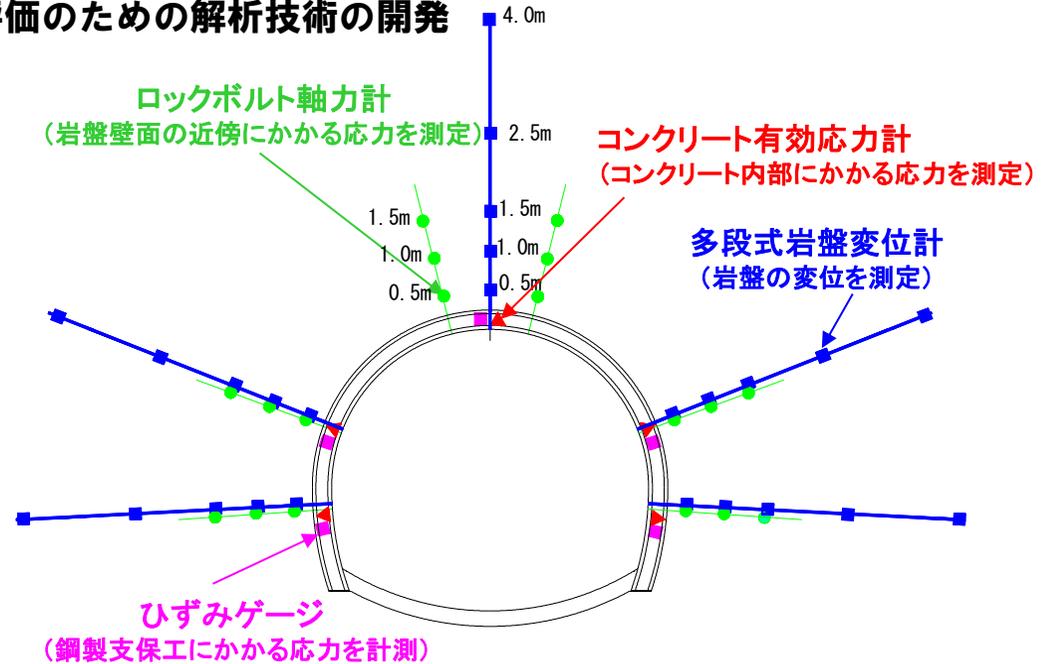
平成25年度の調査研究

深地層における工学的技術の基礎の開発

- 地下施設の設計の妥当性確認および更新：
地中変位計・コンクリート応力計などの設置・計測、岩盤の力学特性の評価、地震観測
- リスク評価手法の開発：
坑道掘削時のデータ取得、ボーリング調査からのデータ取得
- 湧水抑制対策のための技術開発：
グラウト材料の岩盤中への浸透範囲の評価のための解析技術の開発



ロックボルト軸力計の設置の様子



計測機器配置の計画図
(調査坑道)

平成25年度の調査研究

地質環境の長期安定性に関する研究

地形と地質の調査、岩石・地下水・ガスの分析・測定
地震の観測、過去の地殻変動の推定



ガスのサンプリングの様子

平成25年度の調査研究

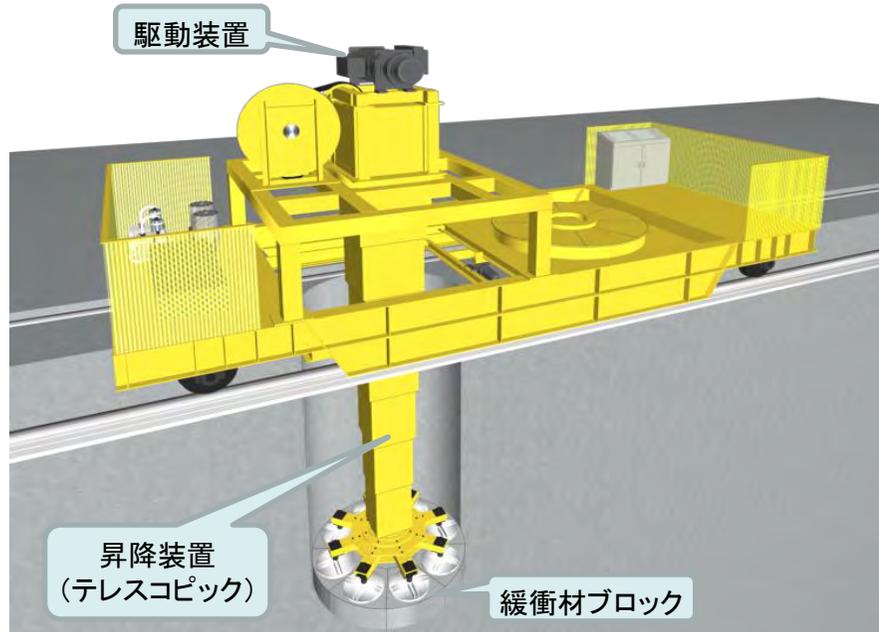
地層処分研究開発 (処分技術の信頼性向上)

- 人工バリアなどの工学技術の検証:

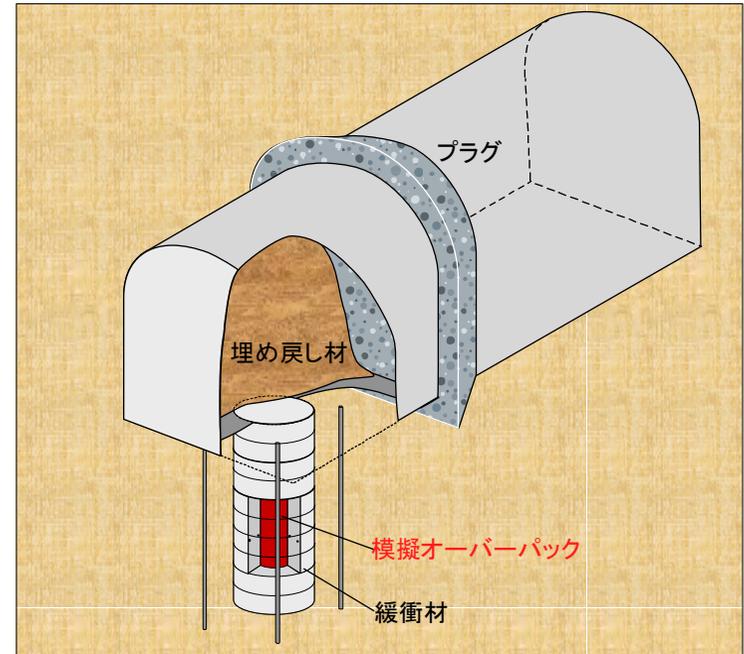
低アルカリ性コンクリート材料を用いた施工試験、コンクリート材料が坑道周辺の岩盤や地下水に及ぼす影響を把握するための調査、緩衝材の定置試験・長期挙動試験

- 設計手法の適用性確認:

岩石コアや地下水を用いた室内試験、人工バリアの長期健全性を評価するための情報や条件の整理



緩衝材定置試験設備の概念図

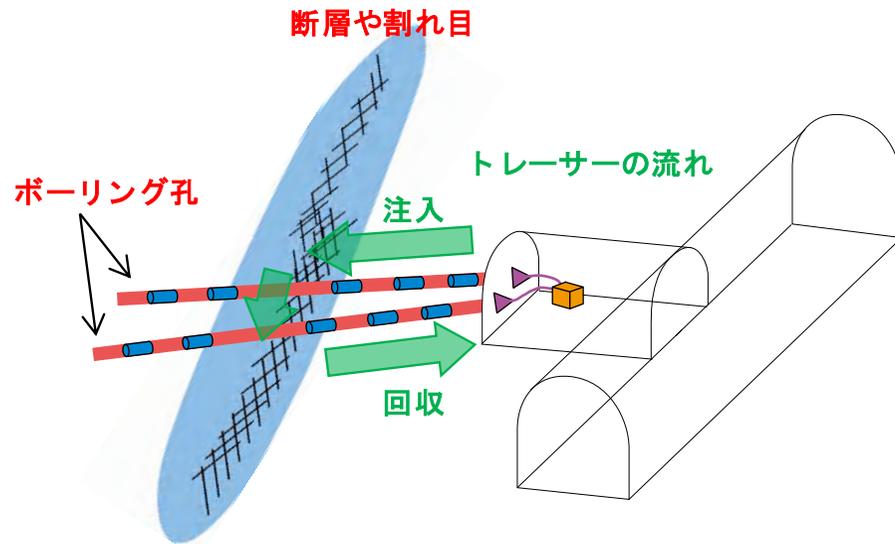


熱・水理・応力・化学連成挙動に関する試験の概念図

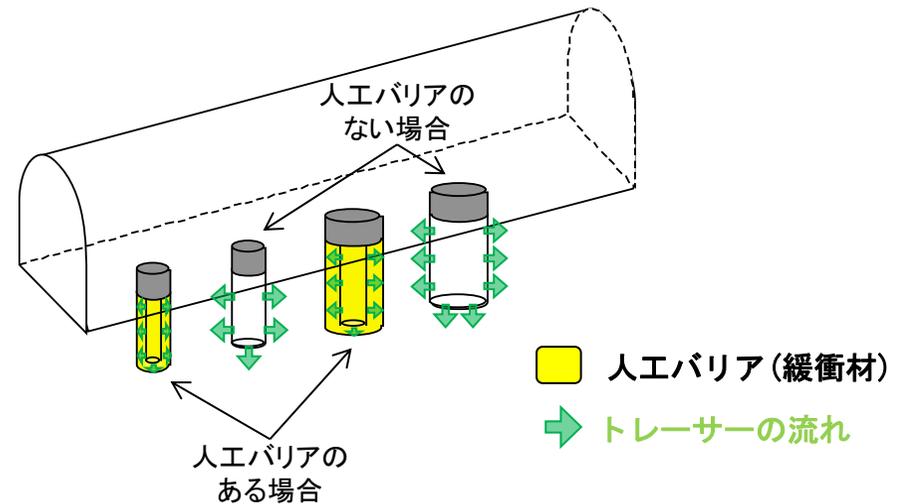
平成25年度の調査研究

地層処分研究開発 (安全評価手法の高度化)

- 安全評価モデルの高度化:
物質の移動現象に関するデータの取得、原位置トレーサー試験の計画の具体化
- 安全評価手法の適用性確認:
地下水流動や物質の移動に関する解析、地下水の流れや物質の移動現象を評価するための手順の検討



割れ目を対象とした試験



岩盤を対象とした試験

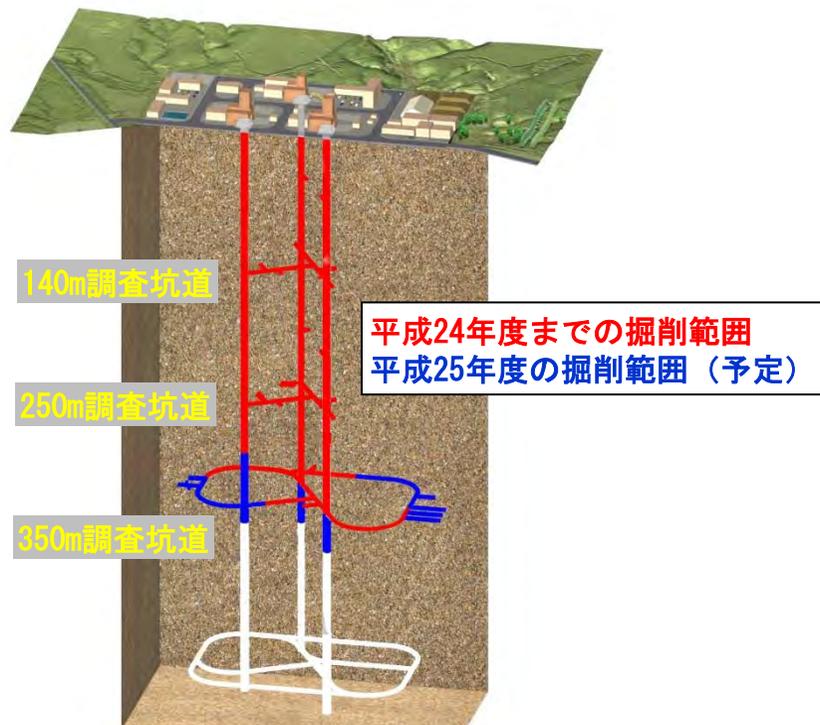
原位置トレーサー試験の概念図

平成25年度の調査研究

地下施設の建設

- ・換気立坑、東立坑および西立坑の掘削
- ・350m調査坑道の掘削
- ・掘削土(ズリ)の掘削土(ズリ)置場への搬出

- ・掘削土(ズリ)の分析
- ・排水処理設備の運転



※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。

平成25年度の掘削計画



西立坑の状況 (掘削面を望む)

平成25年度の調査研究

環境モニタリング

- ・騒音・振動・水質・動植物に関するモニタリング調査
- ・地下施設の建設に伴う水質モニタリング調査



環境モニタリング調査の様子
(騒音測定)

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



安全パトロールの様子
(平成24年度実施の例)

平成25年度の調査研究

開かれた研究

- 国内機関との研究協力:
大学 ; 北海道大学、東京都市大学、岡山大学など
研究機関; 幌延地圏環境研究所、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:
Nagra(スイス)、モンテリ・プロジェクト(スイス)、ANDRA(フランス)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



施設見学会

深度140m調査坑道での見学の様子

幌延深地層研究センターにおける情報公開の改善について

これまで、幌延深地層研究センターでは、「事故等に係る外部への通報連絡について」（センター通達）に基づき、事故・トラブル等の情報（通報連絡情報、お知らせ情報）について、北海道、幌延町をはじめ関係機関へ適宜提供を行ってきたところですが、今後、「事故等に係る外部への通報連絡について」の規定の見直しを含め、隣接町村や報道機関への情報提供及びHPでの情報提供等について、以下の通り改善いたします。

1. 隣接町村への情報提供

通報連絡情報及びお知らせ情報について、今後、隣接町村へも情報提供を行います。

（天塩町、豊富町、中川町、中頓別町、浜頓別町、猿払村）

2. 報道機関への情報提供

通報連絡情報について情報提供を行っていたのに加え、今後、お知らせ情報についても、報道機関へ情報提供を行います。

（稚内記者会、道政記者クラブ）

3. お知らせ情報の追加

お知らせ情報の対象事象に、処理能力を超える湧水の発生事象及び湧水による坑内作業中断事象を追加いたします。

4. センターHPでの情報提供

これまでHPにて公開していた通報連絡情報や環境調査結果、工事の進捗情報、予算・決算情報等に加え、お知らせ情報等の深地層研究計画に係る情報について、積極的にHPにおいて公開していきます。

5. 地下施設現場の公開

これまで一般の方を対象に開催してきた施設見学会に加え、安全上の配慮から見学会等の対象とはしていない工事エリアについても、適宜報道機関へ公開していきます。

6. 事業計画説明会、成果報告会、札幌報告会等

隣接町村へも説明会等について積極的な開催情報の提供を行ってまいります。

また、隣接町村自治体からの要請に基づき、深地層研究計画の進捗状況等の説明会を行ってまいります。