

幌延深地層研究計画  
平成 26 年度調査研究計画

平成 26 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

本資料に関するお問い合わせは、下記へお願いいたします。

独立行政法人 日本原子力研究開発機構

幌延深地層研究センター 地域交流課

〒098-3224 北海道天塩郡幌延町北進 432-2

TEL : 01632-5-2022

FAX : 01632-5-2488

## 目 次

1. はじめに	1
2. 平成 26 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
(1) 地質構造	9
(2) 岩盤の水理	9
(3) 地下水の地球化学	9
(4) 岩盤力学	10
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	14
4.2 安全評価手法の高度化	15
5. 地下施設の建設	15
6. 環境モニタリング	16
6.1 騒音・振動・水質・動植物に関するモニタリング調査	16
6.2 地下施設の建設に伴う水質モニタリング調査	16
7. 安全確保の取組み	17
8. 開かれた研究	17
8.1 国内機関との研究協力	17
8.1.1 大学との研究協力	17
8.1.2 その他の機関との研究協力	18
8.2 国外機関との研究協力	19
参 考 資 料	20



## 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<sup>\*1</sup>」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）<sup>\*2</sup>」（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）<sup>\*3</sup>」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<sup>\*4</sup>」を充実させる」こととしています。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こと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<sup>\*5</sup>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26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26年度の主な調査研究内容

平成26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<sup>\*6</sup>

#### ・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<sup>\*7</sup>（地質構造モデル<sup>\*8</sup>、岩盤の水理モデル<sup>\*9</sup>、地下水の地球化

---

\*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ことにより、国や地方公共団体などが直接実施するよりも効果的かつ効率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、原子力政策大綱や中期計画で「深地層の科学研究」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。

学モデル<sup>\*10</sup>および岩盤力学モデル<sup>\*11</sup>)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。

#### ・ 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<sup>\*12</sup>の応力を計測する装置や地震計を設置し、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<sup>\*13</sup>の開発を実施します。また、グラウト<sup>\*14</sup>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。

#### ・ 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下水の流れや水質などの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

#### ・ 処分技術の信頼性向上

深度350m調査坑道における人工バリア<sup>\*15</sup>などを用いた原位置試験<sup>\*16</sup>や室内試験を実施します。350mの調査坑道に掘削した試験孔に、実物大の模擬オーバーパック<sup>\*17</sup>および緩衝材を設置したあと、坑道の一部を埋め

---

\*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。

\*17：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。

戻し、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・応力・化学連成挙動<sup>\*18</sup>等を対象とした原位置試験（人工バリア性能確認試験）を開始します。また、実際の処分場での使用が検討されている低アルカリ性コンクリート<sup>\*19</sup>材料については、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。さらに、緩衝材の定置試験や長期的な浸潤挙動を把握するための試験を継続します。

#### ・ 安全評価手法<sup>\*20</sup>の高度化

岩盤中の物質の移動に関して、250m調査坑道での原位置トレーサー<sup>\*21</sup>試験の評価を継続するとともに、これまでに得られた試験条件設定に関する知識・経験を踏まえた条件設定の下、350m調査坑道で原位置トレーサー試験を実施します。また、並行して必要な室内試験（原位置試験を補完・検証するための室内トレーサー試験や拡散・収着試験など）を行います。

平成26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

東立坑および西立坑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

---

\*18：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。

\*19：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。

\*20：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。

\*21：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。



て発生する排水は、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得ながら進めていきます。

表1 平成26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、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、東立坑）、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、東立坑）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、下沼地区、天塩川および間寒別川沿い
地層処分研究開発	処分技術の信頼性向上	熱・水理・応力・化学連成挙動に関する試験、オーバーパック腐食試験、低アルカリ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など	研究所用地、地下施設など	
	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、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、地下施設など	
地下施設の建設		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、立坑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	

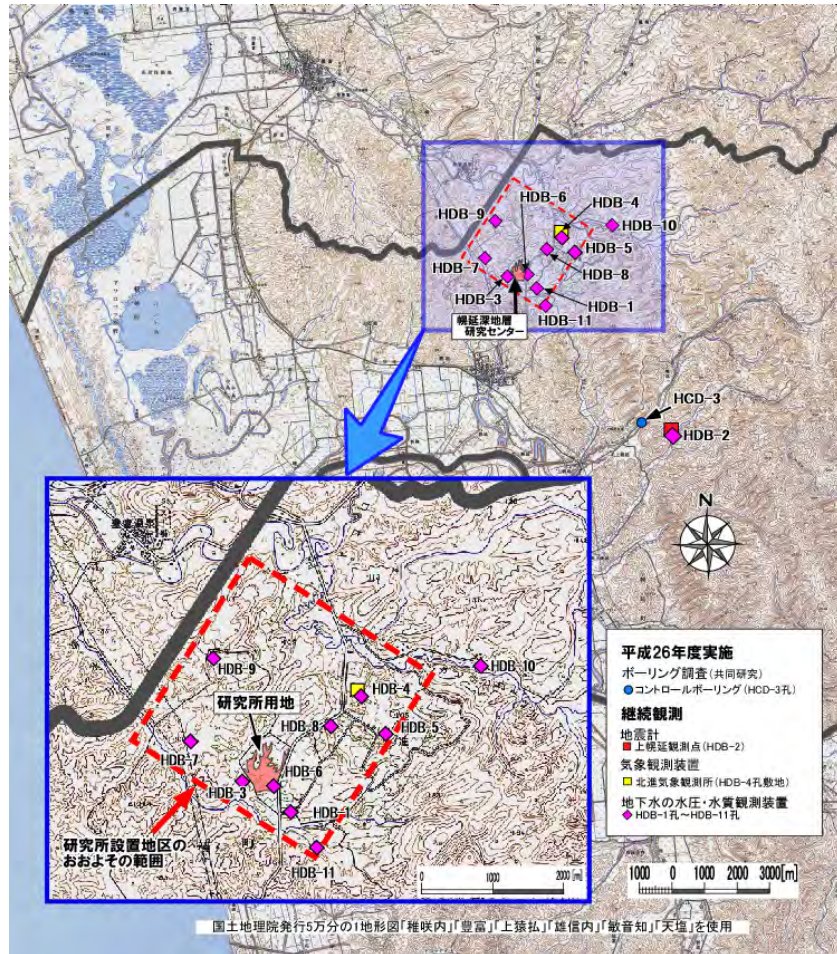


図1 ボーリング孔の位置および観測装置の設置場所

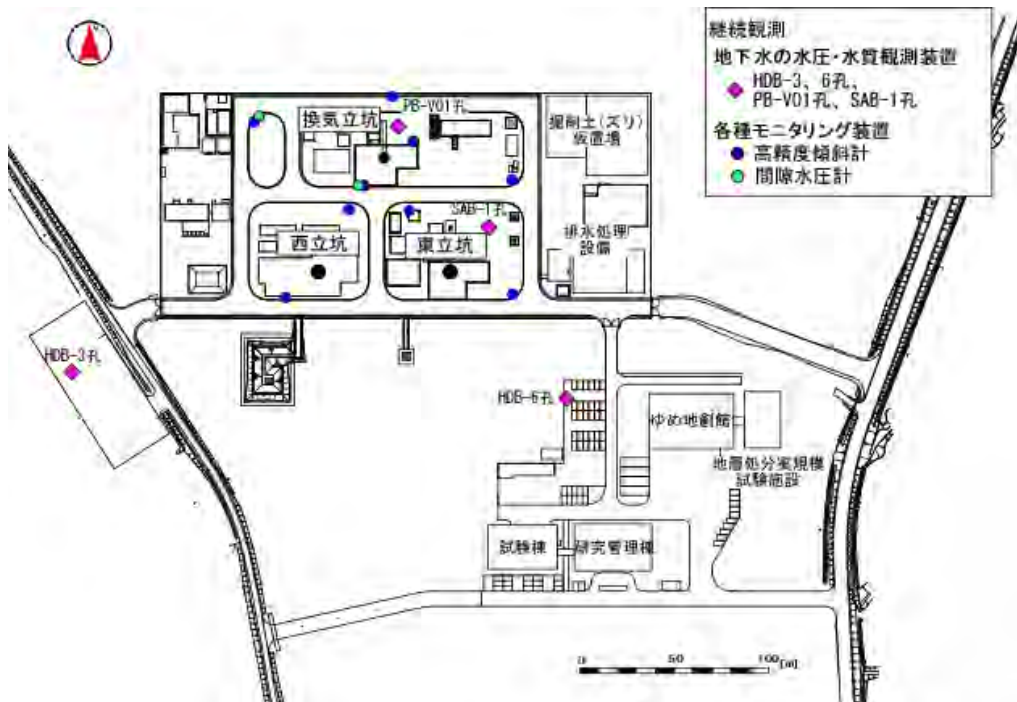


図2 研究所用地における主な施設と観測装置の配置

### 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、実際の処分候補地における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観測し、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、坑道を埋め戻した後の環境回復<sup>\*22</sup>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25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25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。また、坑道の掘削に伴う周辺岩盤の水理特性の変化を把握し、掘削影響領域の評価に必要なデータを取得します。

#### (3) 地下水の地球化学

平成25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

---

\*22：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。

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。また、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を検討するとともに、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25年度に引き続き、坑道からのボーリング孔を用いた初期地圧<sup>\*23</sup>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<sup>\*24</sup>などの結果から、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年度に引き続き、地下水の地球化学特性、坑道掘削の影響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。

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<sup>\*25</sup>および坑道に設置した地中変位計やAE<sup>\*26</sup>センサーを

---

\*23：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。

\*24：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。

\*25：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。

\*26：Acoustic Emissionの略。固体材料が変形・破壊する時に、ひずみが解放されて発生する微小な音波。これを分析することにより、掘削影響領域の評価に役立っています。

用いて、岩盤の微小な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、250mおよび350mの各調査坑道と東立坑では、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。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。

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、モニタリング技術の開発を実施します。

### 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、取得された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<sup>\*27</sup>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26年度は、東立坑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します。また、新たに140m調査坑道に地震計を設置し、計測を

---

\*27：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。

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地下施設設計の更新を行います。

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。

地質環境の長期的変遷に関する研究については、平成25年度に引き続き、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ます。それらのデータと解析結果を踏まえ、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。

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、その解析結果と地質環境の長期的変遷に関する研究結果との比較を行い、前者から得られる現在の地殻変動と後者から得られる過去の地殻変動の傾向の相違点、共通点を検討し、地殻変動について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を検証して、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、塩水系地下水に対して人工バリアを構成するオーバーパックや緩衝材（ベントナイト<sup>\*28</sup>）が有している耐食性<sup>\*29</sup>や、膨潤性などに関するデータを取得します。これらの特性や挙動を踏まえ、より汎用的なモデルの開発を進めるとともに、人工バリアとその周辺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段階で検討した人工バリアや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の原位置試験や室内試験を実施します。具体的には、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<sup>\*30</sup>の処分ピットの力学的な挙動の調査、ガス移行挙動試験<sup>\*31</sup>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。また、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。さらに、試験孔に実物大の人工バリアを設置し、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、それぞれの間で生じる熱・水理・応力・化学連成挙動に関する試験を実施します。

---

\*28：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。

\*29：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。

\*30：豎置き方式は、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堅穴）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。

\*31：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。

#### 4.1.1 人工バリアなどの工学技術の検証

平成26年度は、第3段階の調査研究として実施する原位置試験の詳細計画、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を策定するとともに、試験を開始します。

350m調査坑道においては、人工バリアの竖置き方式を模擬して構築した直径約2.4m、深さ約4.2mの試験孔に実物大の模擬オーバーパックおよび緩衝材を設置し、さらに部分的に坑道の埋め戻しを行うとともに、埋め戻した材料が坑道内に膨出してくることを防ぐために低アルカリ性コンクリート材料を用いたプラグ（蓋）を設置します。このように実際に坑道内に処分システムを構築し、オーバーパック、緩衝材及び岩盤の間で発生する、熱・水理・応力・化学連成挙動に関わるデータを取得し、人工バリアの性能を確認するための試験（人工バリア性能確認試験）を開始します。また、オーバーパックの耐食性について、周辺のセメント材料の影響を考慮した原位置試験（オーバーパック腐食試験）などを実施します。これらの試験では、地下環境で人工バリアなどがどのような影響を受けるかについてデータを取得していく計画です。さらに、平成25年度までに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。

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、緩衝材の長期的な挙動を把握するための試験を継続します。また、人工バリアの耐食性や膨潤性に関する原位置試験や、それらの挙動を計測する手法の適用性試験を行います。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。

#### 4.1.2 設計手法の適用性確認

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（竖置き方式・横置き方式）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、幌延を一つの事例として、地下施設周辺での物質移動の解析を試行します。また、第1段階から第2段階へと段階的に取得される地質環境データを利用して、データの質と量やシナリオに応じた安全評価手法の検討を行うことにより、安全評価の観点から地質環境の調査における留意点などを整理し、調査計画に反映させます。

第3段階では、天然バリアや人工バリアを対象とした原位置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移流・分散や拡散・収着に関するデータを取得します。また、それらの試験と並行して必要な室内試験を行い、物質の移動現象を評価するために必要となる拡散係数<sup>\*32</sup>や収着分配係数<sup>\*33</sup>などのデータを取得します。これらの試験や地層科学研究で得られた結果を用いて、既存の調査・評価手法の適用性を検討するとともに、必要に応じて手法の改良を行います。

平成26年度は、これまで地層科学研究として250m調査坑道において実施してきた原位置トレーサー試験の評価を継続するとともに、これまでに得られた試験条件設定に関する知識・経験を踏まえた条件設定の下、350m調査坑道でトレーサー試験を実施します。また、並行して必要な室内試験（原位置試験を補完・検証するための室内トレーサー試験や拡散・収着試験など）を行います。

## 5. 地下施設の建設

地下施設の建設については、平成25年度末で地下研究施設工事（第Ⅱ期）の施設整備業務（坑道の掘削工事など）が完了する予定でしたが、平成25年2月に発生した湧水の増加に伴う原因と対策を踏まえた検討の

---

\*32：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。

\*33：岩盤中と地下水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。

結果、換気立坑の深度350m以深において追加の湧水抑制対策（グラウト）を実施することとしました。

この対策に伴い、施設整備業務の完了時期を平成26年6月末としたことから、平成26年度も約3ヶ月間施設整備業務を継続します。

平成26年度に継続する工事は、東立坑の深度380mまでと西立坑の深度365mまでの立坑掘削・覆工工事です。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ながら掘削を進めます。

立坑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、必要に応じて有害物質の含有量および溶出量を確認します。

工事に伴って発生する立坑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、排水管路によっ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25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に実施します。

### 6.2 地下施設の建設に伴う水質モニタリング調査

立坑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、ならび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。水質モニタリングのための採水は、立坑からの排水、排水処理後の水、掘削土（ズ

り) 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積極的に行うとともに、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。また、地層処分や研究開発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<sup>\*34</sup>での情報発信や、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。

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、試験施設を活用した緩衝材の定置試験等を継続します。

### 8.1 国内機関との研究協力

#### 8.1.1 大学との研究協力

・ 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

---

\*34 : <http://www.jaea.go.jp/04/horonobe/>

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

- ・ 幌延地圏環境研究所<sup>\*35</sup>  
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
- ・ 電力中央研究所<sup>\*36</sup>  
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
- ・ 産業技術総合研究所<sup>\*37</sup>  
地球化学環境の長期変遷に関する研究
- ・ 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
- ・ 北海道立総合研究機構 地質研究所<sup>\*38</sup>  
地形の変化および地下構造に関する研究
- ・ 株式会社大林組：  
マルチ光計測プローブを用いた掘削影響領域の長期モニタリング  
とその評価に関する研究

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<sup>\*39</sup>である、地層処分実規模設備施設運営等事業や岩盤中地下水移行評価確証技術開発、処分システム工学要素技術高度化開発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

- ・ クレイクラブ (Clay Club)<sup>\*40</sup> (経済協力開発機構 原子力機関 (OECD/NEA) のプロジェクトのひとつ) :  
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<sup>\*41</sup> (スイス) :  
鉄材料の腐食に関する原位置試験など

そのほか、国際的なプロジェクトであるDECOVALEX<sup>\*42</sup>プロジェクトに参画するとともに、ANDRA<sup>\*43</sup> (フランス) やNagra<sup>\*44</sup> (スイス) 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 : 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。

\*41 : 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 : DECOVALEX は、地層処分システムの性能評価において重要な課題の一つである熱-水-応力-化学連成モデルの開発、検証を目的とした国際共同研究であり、室内試験や原位置試験等の同一の課題を対象として、各国の機関で開発、運用しているモデルやコードを用いて解析・評価を行うことにより、モデルやコードの高度化を目指すものです。本プロジェクトには、ドイツ、中国、アメリカ、スイス、フランス、韓国、英国、チェコ、日本から10機関が参加しています。

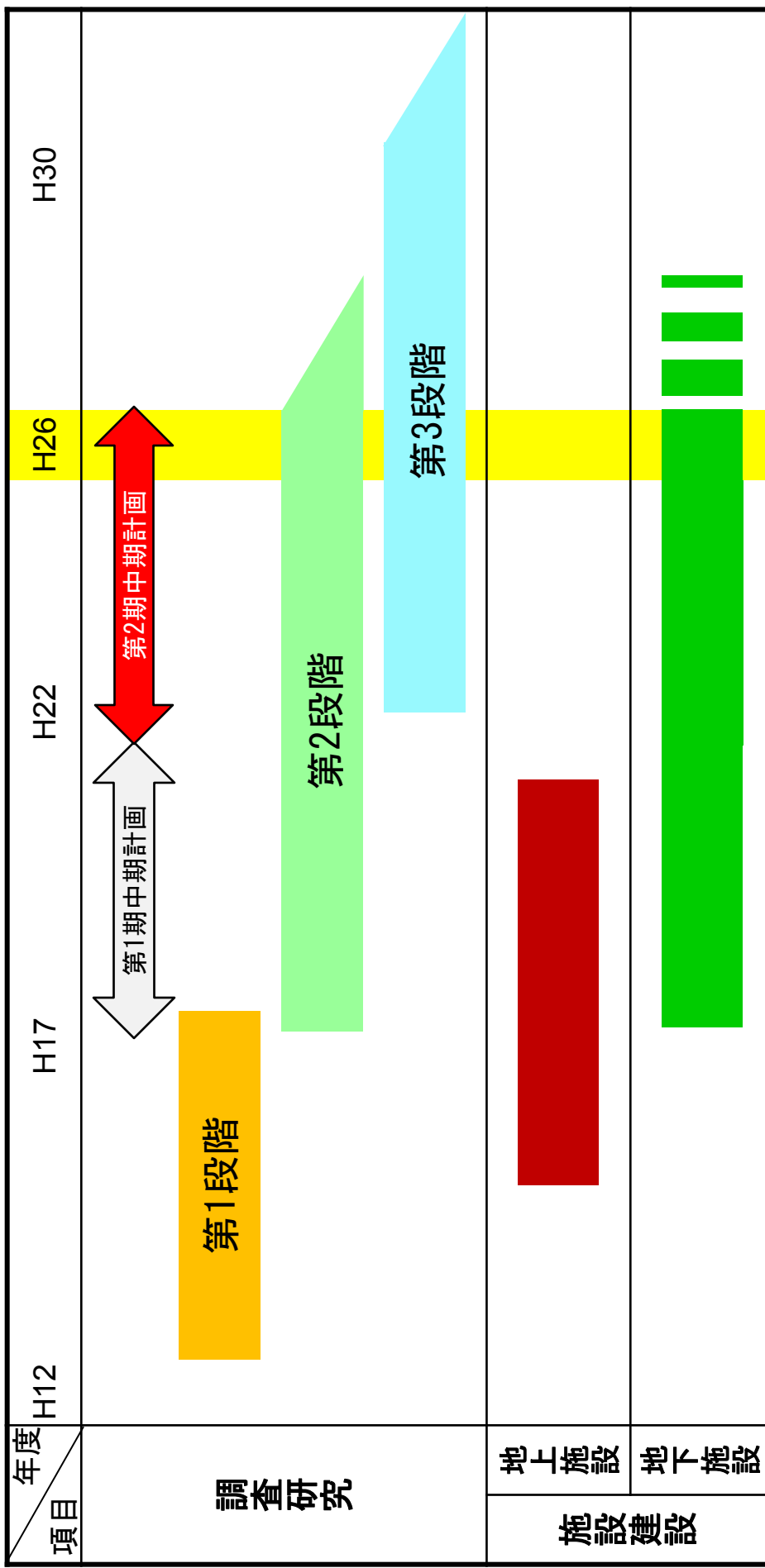
\*43 : Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs (National radioactive waste management agency) : 放射性廃棄物管理公社は、フランスにおける放射性廃棄物処分の実施機関であり、低中レベルの放射性廃棄物処分場を操業するとともに、高レベル放射性廃棄物および長寿命の中レベル放射性廃棄物処分に関する研究開発の中核機関でもあり、堆積岩を対象に深地層の研究施設計画を進めています。

\*44 : 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。

## 参 考 资 料



# 幌延深地層研究計画の全体スケジュール

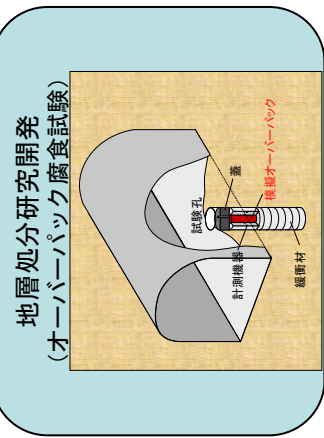
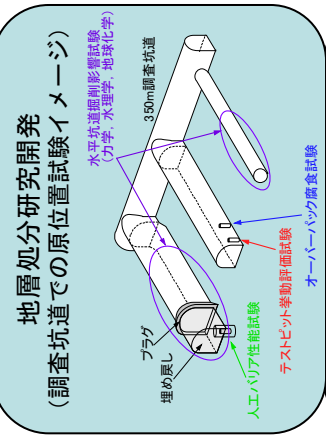


- 第1段階： 地上からの調査研究段階
- 第2段階： 坑道掘削（地下施設建設）時の調査研究段階
- 第3段階： 地下施設での調査研究段階

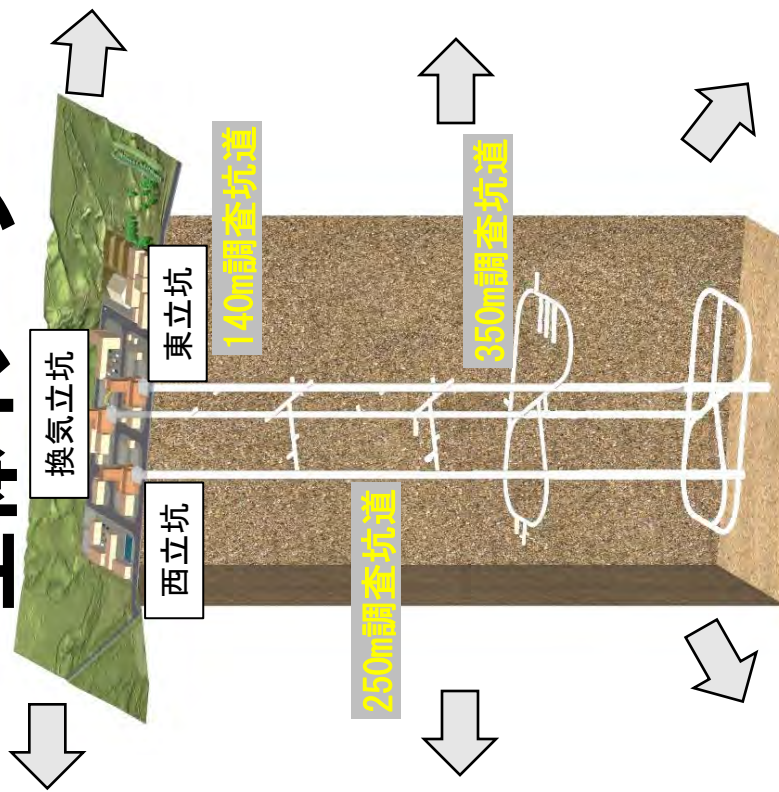
# 幌延深地層研究計画の 全体イメージ



試験棟での室内試験



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)



※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。



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  
(地下水の採水)



地層科学研究  
(坑道掘削影響試験)



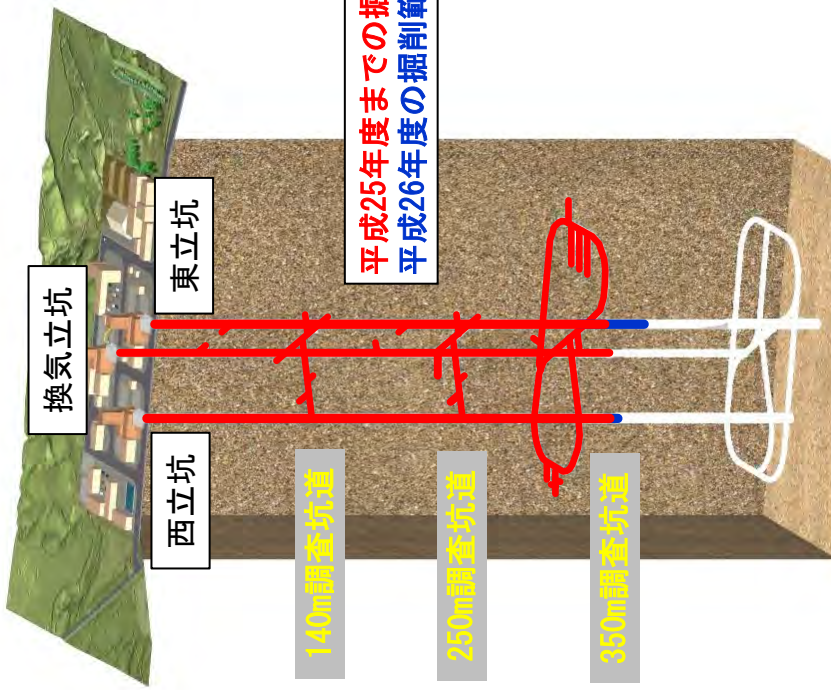
地層科学研究  
(岩盤力学試験)

# 平成26年度の調査研究



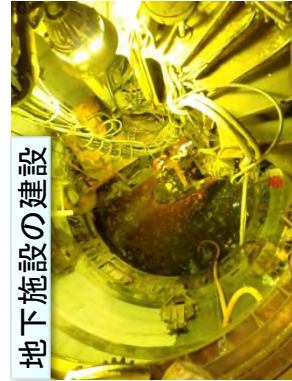
地質調査

## 平成26年度の主な調査研究



平成25年度までの掘削範囲  
平成26年度の掘削範囲（予定）

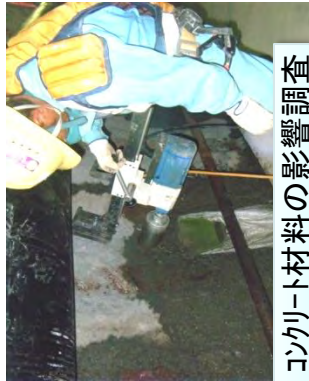
※このイメージ図は、今後の調査研究の結果次第で変わることがあります。



地下施設の建設



地中変位計の設置



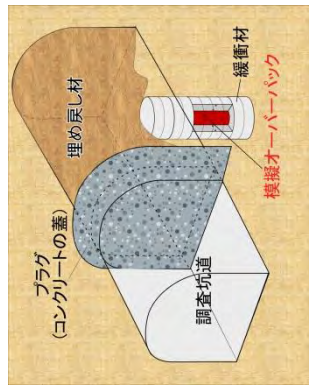
コンクリート材料の影響調査



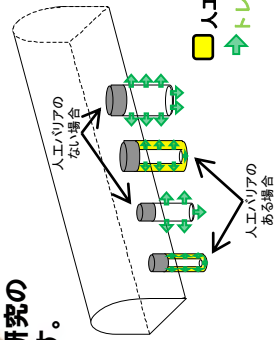
地質観察



水圧水質モニタリング



人工バリア性能確認試験



原位置トレーサー試験

# 平成26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26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
- ・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、コントロールホールリング孔を用いた地下水観測



地下水の水圧・水質モニタリングの様子  
(250m調査坑道)



マルチ光計測プローブ

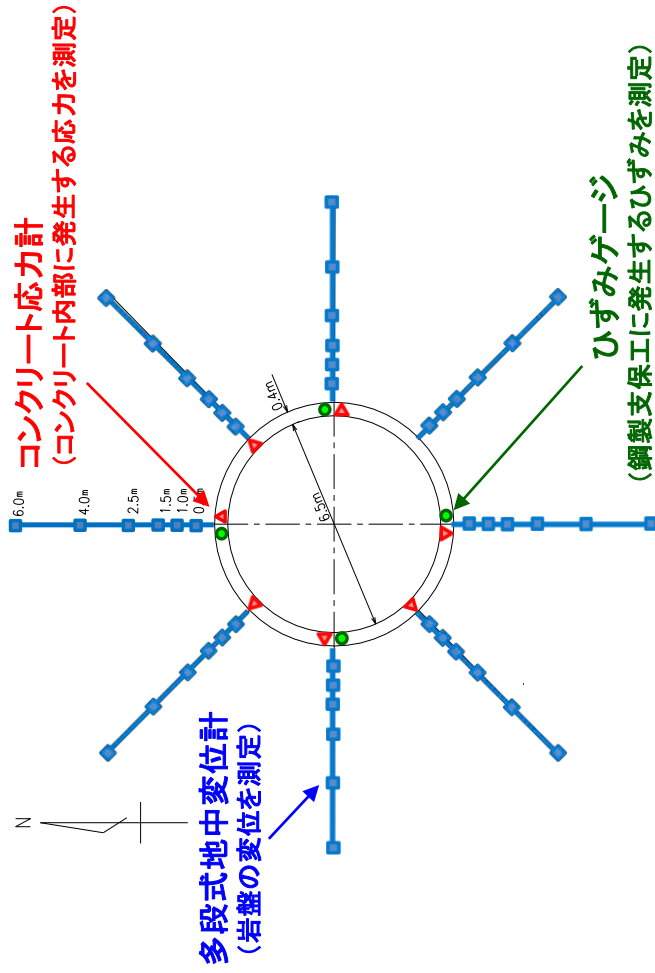
# 平成26年度の調査研究

## 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



岩盤壁面の形状測定の様子  
(換気立坑)

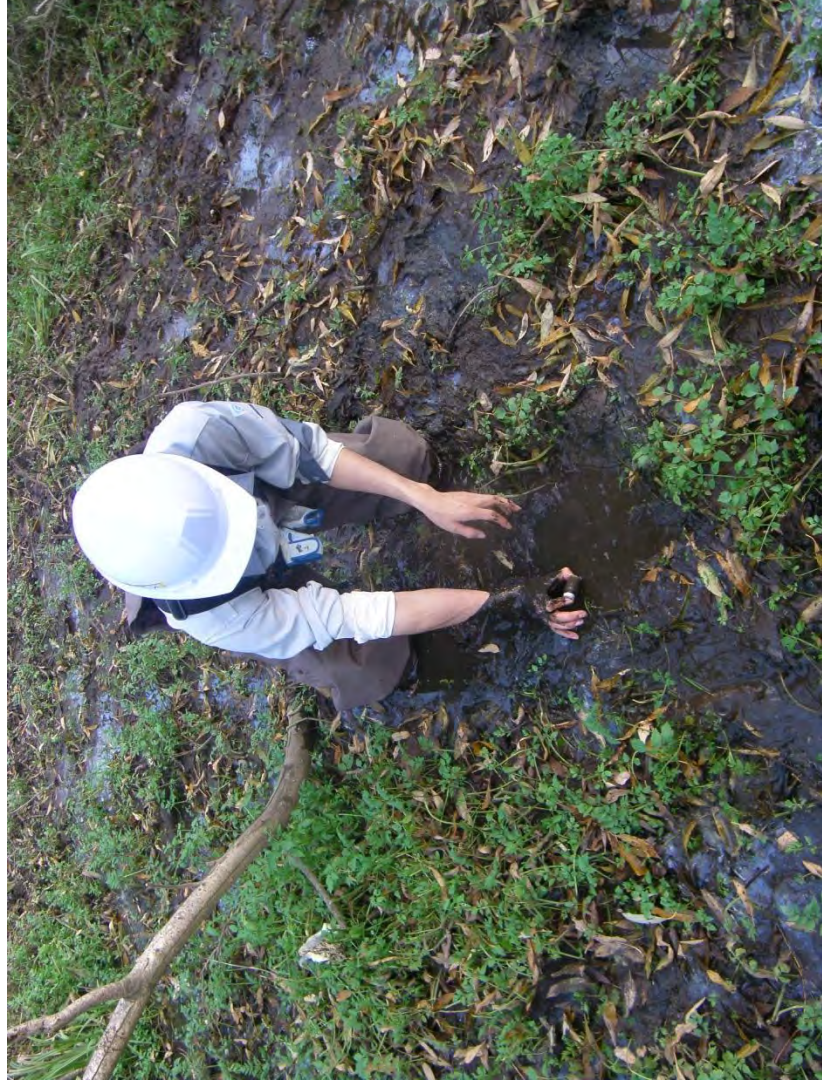


計測機器配置の計画図  
(東立坑)

# 平成26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

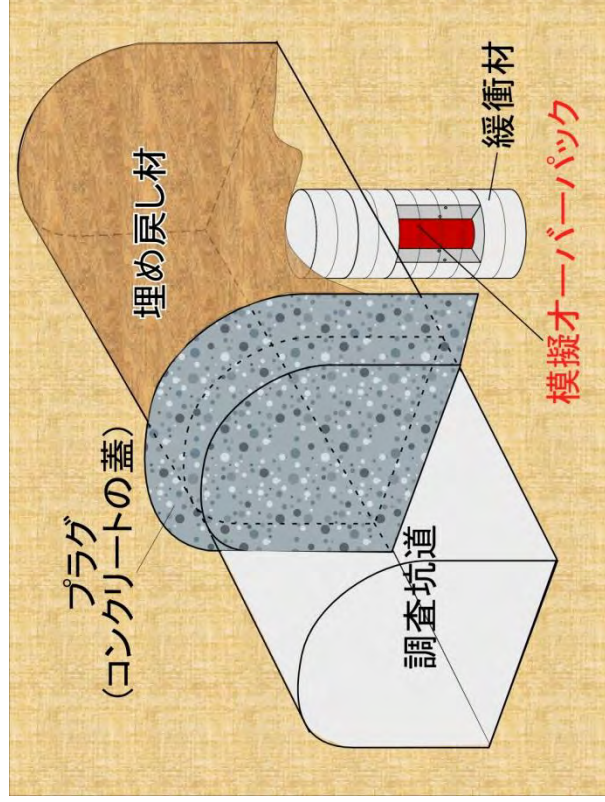


ガスのサンプリングの様子

# 平成26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：  
熱・水理・応力・化学連成挙動等を対象とした試験(人工バリア性能確認試験)、オーバーパック腐食試験、低アルカリ性コンクリート材料を用いた施工試験、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、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



熱・水理・応力・化学連成挙動に  
関する試験の概念図

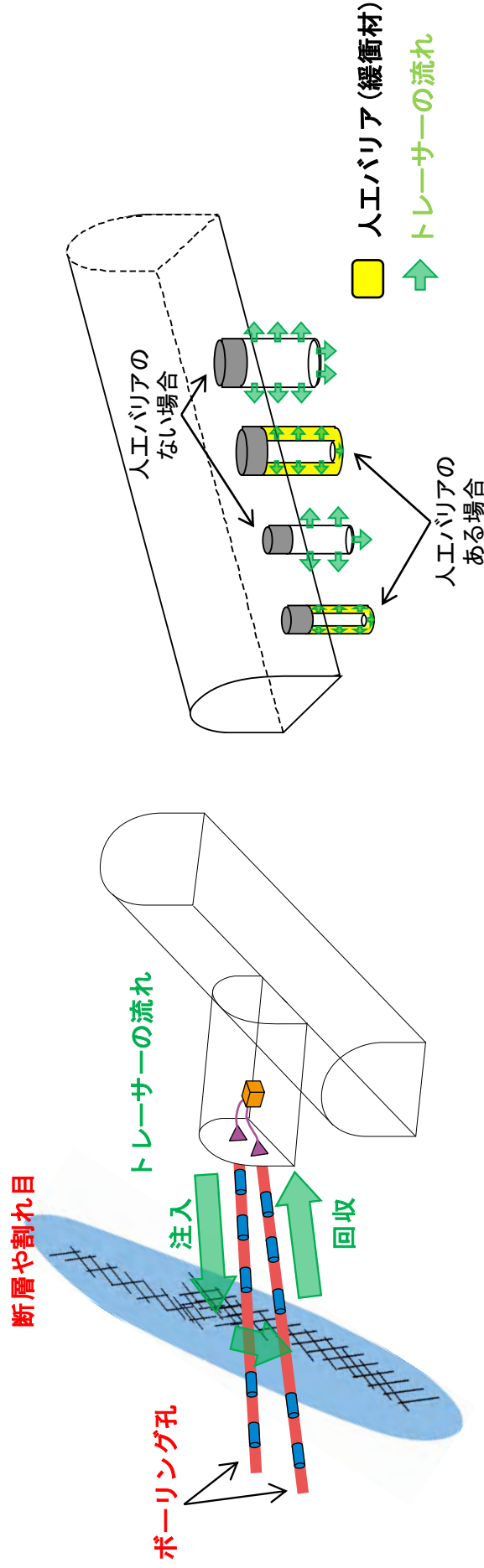
コンクリート材料の坑道周辺への影響を  
把握するための調査  
(コンクリート壁面からのサンプル採取)



# 平成26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：  
    原位置トレーサー試験の実施
- 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

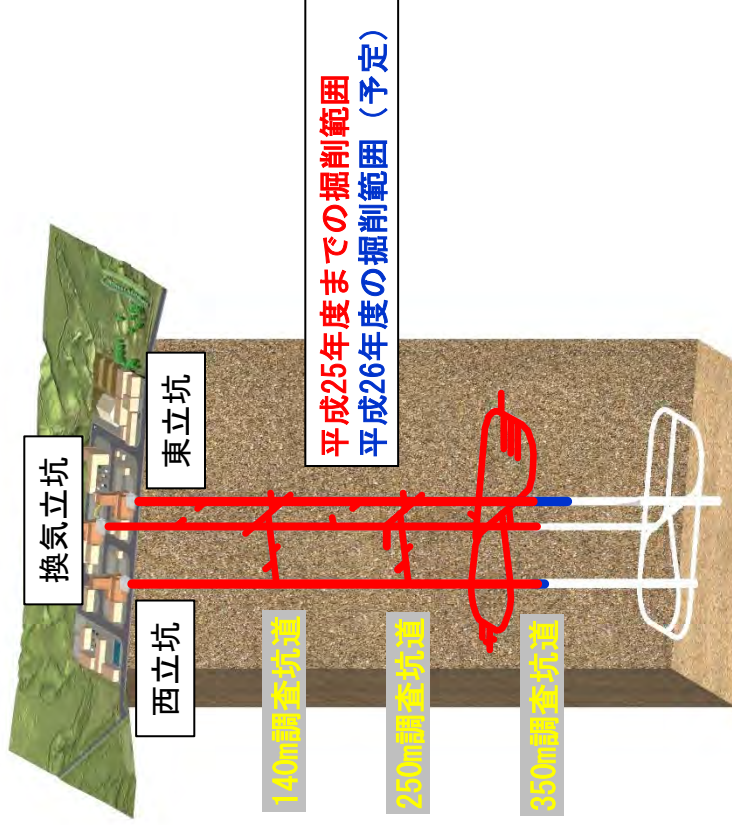
## 原位置トレーサー試験の概念図

# 平成26年度の調査研究

## 地下施設の新設

- 東立坑および西立坑の掘削
- 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26年度の掘削計画



東立坑の状況  
(深度350m以深の掘削)

# 平成26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  
(水質)

## 安全確保の取り組み

- ・ 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26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：  
DECOVALEX、Clay Club、モンテリ・プロジェクト(スイス)、ANDRA(フランス)、NAGRA(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



施設見学会  
140m調査坑道での見学の様子