



地層処分技術に関する研究開発について (個別研究課題)

平成18年3月28日

独立行政法人日本原子力研究開発機構
地層処分研究開発部門



地層処分研究開発

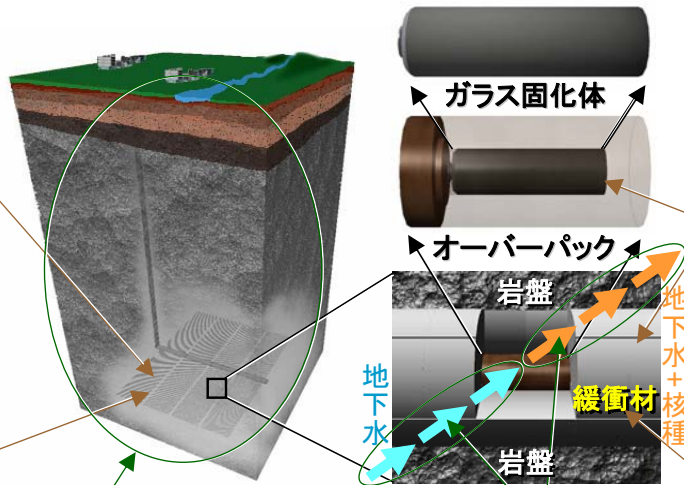
処分システムに関する工学技術の信頼性向上

処分場の閉鎖技術
や人工材料の開発

➢③工学技術の信頼性向上

室内試験結果で検討した技術を幌延の深地層の研究施設にて実践

➢④実際の地質環境への適用性確認



オーバーパックや緩衝材の基本的な特性データの取得と利用

➢①人工バリア等の基本特性データベースの開発

緩衝材等の長期挙動や連成挙動に関するデータ取得

➢②人工バリア等の長期複合挙動に関する研究

地層処分の安全評価の枠組み構築や安全評価シナリオの網羅性を確保

➢①安全評価シナリオの充実

人工バリアおよび岩盤中における物質移動に関するデータ取得と予測解析

➢②安全評価モデルの高度化

放射性核種の地下水への溶解や移行に関するデータ取得と利用

➢③核種移行データベースの開発

安全評価手法の高度化

2

オーバーパックや緩衝材の基本的な特性データの取得と利用

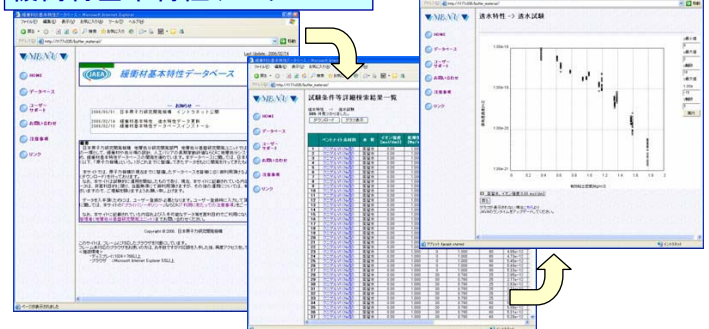
平成17年度実施内容

- 緩衝材基本特性データベースシステムを構築，機能等に関する最終確認を実施し，H17年度末にWebサイトに公開した。

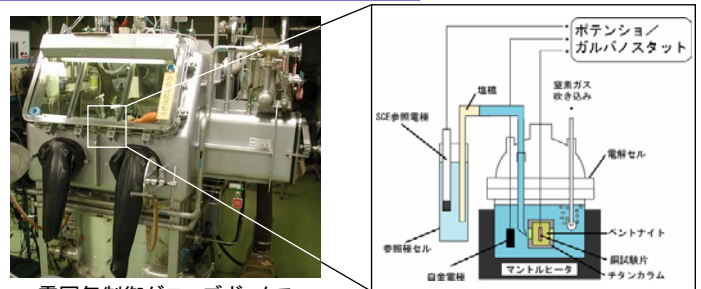
平成18年度実施計画

- セメント影響による高pH・高Ca環境での緩衝材特性データの取得を開始するとともに，平成17年度に公開した緩衝材基本特性データベースの改良及び利用環境整備を行う。
- 銅製オーバーパックの長期性能に関する室内試験により，低酸素濃度条件における腐食挙動及び孔食などの局部腐食発生条件の検討を行う。

緩衝材基本特性データベース



オーバーパック腐食挙動試験の例



窒素気制御グローブボックス

電気化学試験の例

3

緩衝材等の長期挙動や連成挙動に関するデータ取得

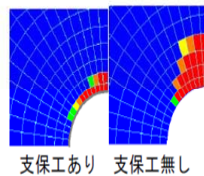
平成17年度実施内容

- ・ガス移行モデルを力学モデルに組み込むための作業を実施し、機構内のワークステーションに導入した。

平成18年度実施計画

- ・海水条件における緩衝材のクリープやガス移行に関するデータの拡充と解析モデルの更新を進めるとともに、岩石試料を用いた実環境に近い条件での試験により、緩衝材の流出・侵入に関するデータを蓄積する。
- ・地下施設の掘削段階に得られるデータを活用して、地上からの調査に基づくニアフィールド岩盤の長期力学変形挙動に関する予測手法の妥当性を検討する。

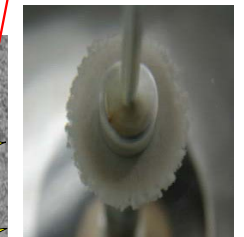
岩盤の長期力学挙動



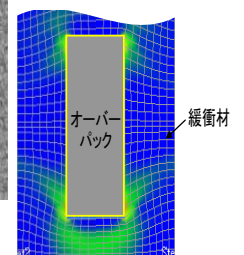
ガス移行挙動



緩衝材の流出・侵入挙動



緩衝材の長期力学的変形挙動



処分場の閉鎖技術や人工材料の開発

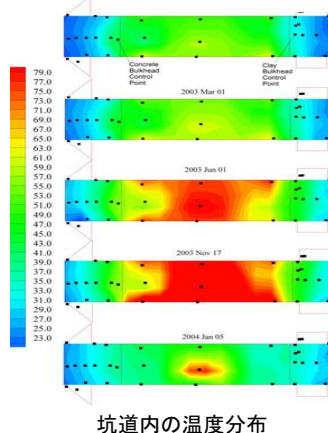
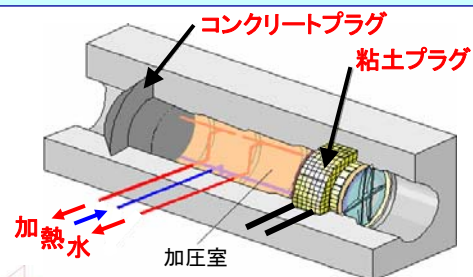
平成17年度実施内容

- ・プラグ、埋め戻し材、支保等の閉鎖要素を考慮して、透水係数をパラメータとした処分場パネル単位での水理解析を実施し、各要素の影響度から要件を整理した。

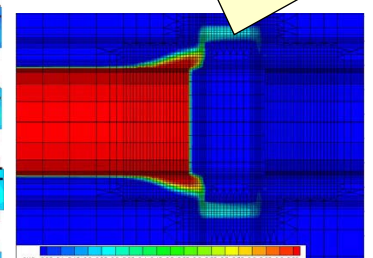
平成18年度実施計画

- ・処分坑道の閉鎖技術の一つであるプラグに関する結晶質岩での実規模原位置試験の成果を取りまとめる。
- ・閉鎖段階における処分場規模を対象とした水理・物質移行解析を実施し、埋め戻し材や止水材等に期待される性能を確認する。

閉鎖試験の例(カナダ原子力公社との共同研究)



トレーサーが掘削影響領域を移行



粘土プラグ内のトレーサー濃度分布の解析結果

室内試験結果で検討した技術を幌延の深地層の研究施設にて実践

平成17年度実施内容

- ・ 低アルカリ性コンクリート材料の施工性を評価するための試験を実施し、結果の評価と今後の課題抽出を行った。
- ・ 幌延深地層研究所における実施設計の成果（レイアウト・建設工程等）を踏まえて、人工バリア等の原位置試験に関する研究計画書を作成、公開済み。

平成18年度実施計画

- ・ 平成17年度の試験結果に基づき、幌延の地下施設において実施する原位置試験計画を策定する。
- ・ 幌延の地下施設の掘削段階で得られる地質環境データを活用して、地下施設の建設工事や覆工対策等が処分場の長期性能に与える影響を検討する。

吹き付けコンクリートの施行試験



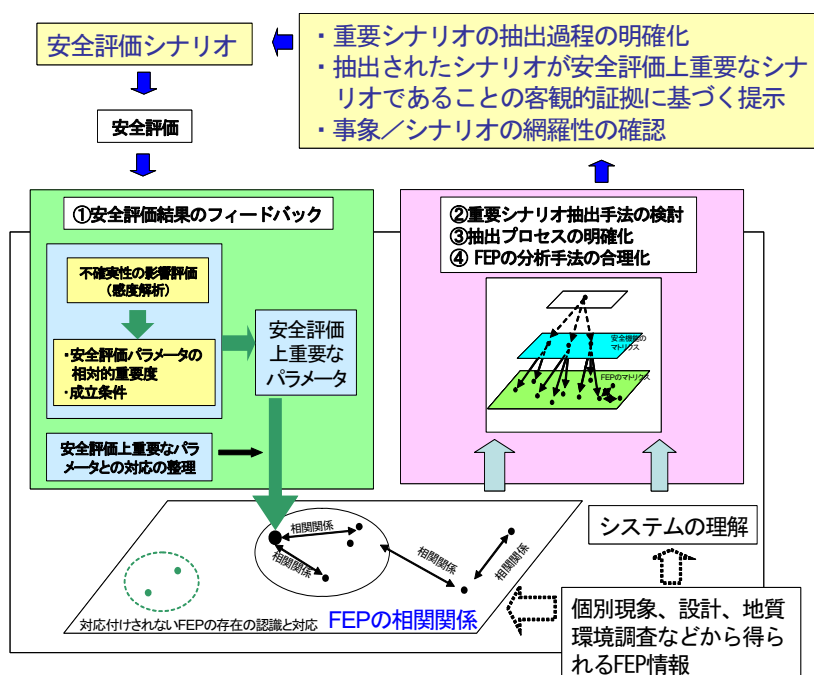
地層処分の安全評価の枠組み構築や安全評価シナリオの網羅性を確保

平成17年度実施内容

- ・ 安全評価の枠組み構築とシナリオの網羅性確保の手法開発に向けた計画書を作成した。

平成18年度実施計画

- ・ 現実的な視点で、安全評価シナリオの見直しとFEP（特質/事象/プロセス）の相関関係の整理を行い、感度解析により安全評価上重要なシナリオの導出手順を検討する。



人工バリアおよび岩盤中における物質移動に関するデータ取得と予測解析

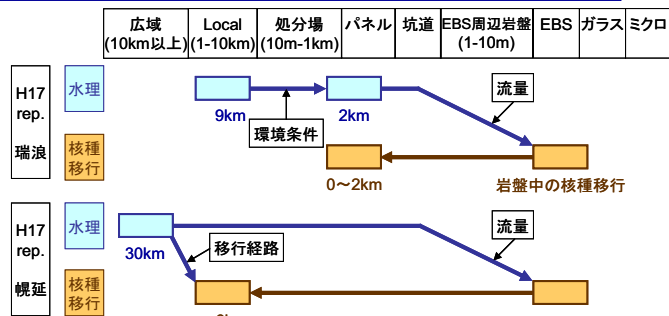
平成17年度実施内容

- 全体システム／個別モデルの階層構造を整理するための図式化を実施した。

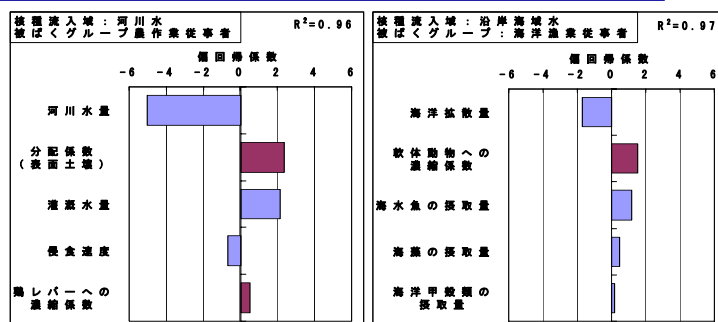
平成18年度実施計画

- 幌延地域等で得られる実際の地質環境データを活用して、不確実性を考慮した安全評価の基本的な手法を構築、試行し、課題や留意点を抽出する。
- 表層での水理物質移行を考慮した生物圏評価手法を構築し、実際の地質環境への適用により手法の妥当性を確認する。

水理から核種移行への流れを図式化して整理した例



生物圏評価モデルにおけるパラメータ抽出の例(Cs-135)

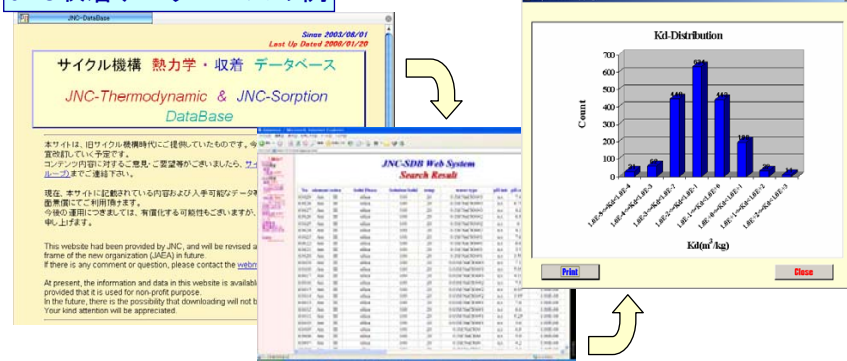


放射性核種の地下水への溶解や移行に関するデータ取得と利用

平成17年度実施内容

- 分配係数の標準的測定方法に関する原子力学会標準委員会での合意に向けた準備を完了した(18年2月より意見受付公告を開始)。

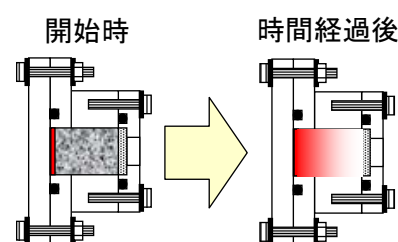
JNC収着データベースの例



平成18年度実施計画

- 核種の溶解・移行等に関する室内試験による基礎データの取得とデータベースの開発・公開を進める。

拡散実験のイメージ



平成17年度実施内容

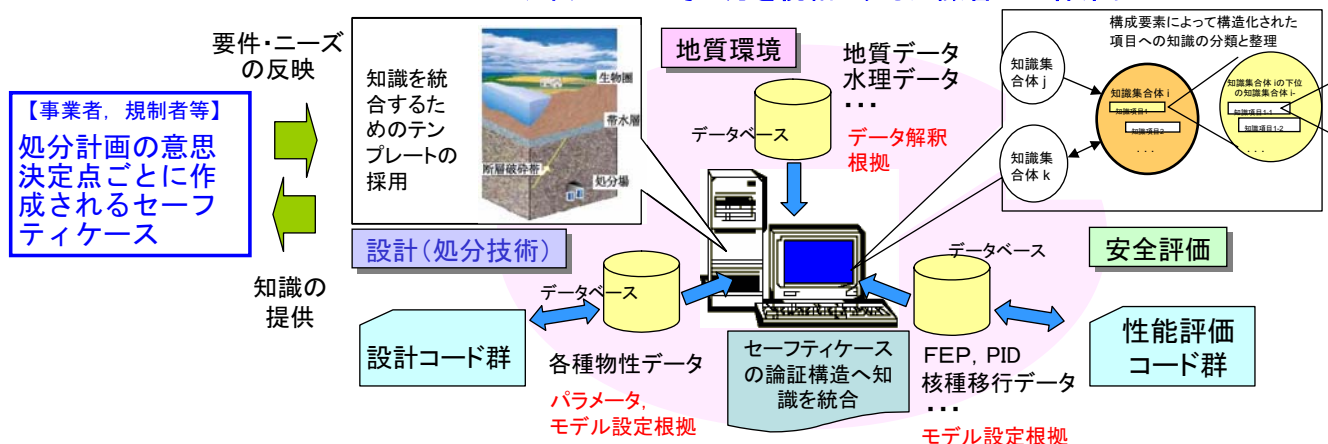
- ・ H17年取りまとめへの外部専門家の意見などを踏まえて、概念検討書を作成した。

平成18年度実施計画

- ・ 概念検討書に基づき、計算機支援システムの基本設計を行うとともに、知識ベースの一部を試行的に構築する。

モデルや評価手法の高度化および適用性の確認

計画管理 ↑ ↓ 成果
セーフティケースの考え方を視軸とする知識管理の体系化



10

深地層の科学的研究

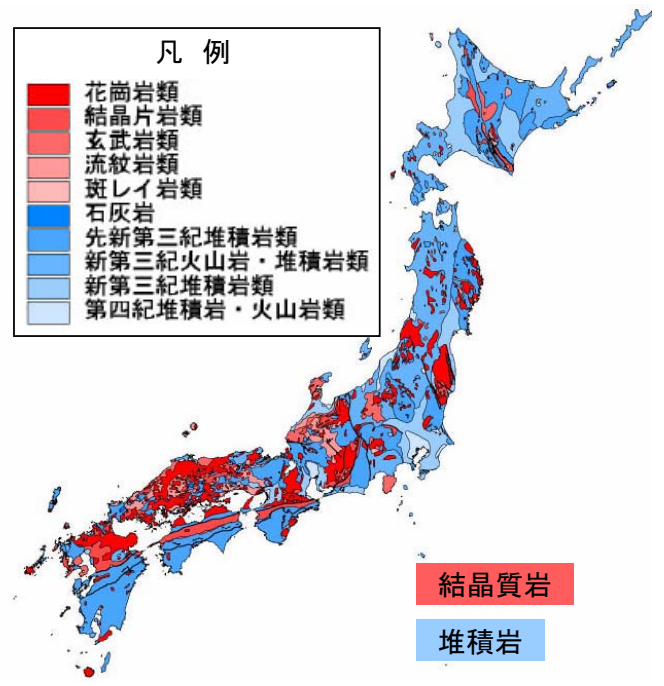
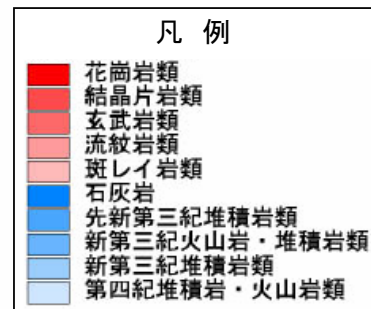
11

わが国の地質環境の特徴

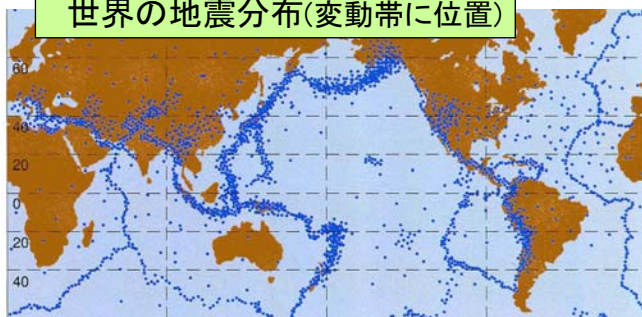
各国の地下研究施設の地質年代

代	紀	年(百万年前)	結晶質岩・堆積岩
新生代	第四紀	0	日本(幌延) アメリカ(ユッカマウンテン) ベルギー(モル)
	第三紀	1.7	
	新第三紀	24	
	古第三紀	64	
中生代	白亜紀	140	日本(瑞浪) ドイツ(ゴアレヘン) スイス(モンテリ) フランス(ビュール)
	ジュラ紀	208	
	三畳紀	242	
	古生代	564	
先カンブリア紀			カナダ(ホホワイトシェル) スウェーデン(エスホ) フィンランド(オルキオト)

わが国の地質の分布(海拔-500m)



世界の地震分布(変動帯に位置)



2つの深地層の研究施設計画

瑞浪超深地層研究所 (岐阜県瑞浪市)

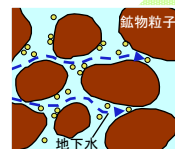
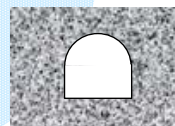
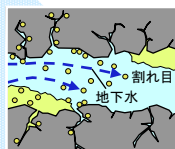
幌延深地層研究所 (北海道幌延町)



花崗岩
(結晶質岩)

淡水系

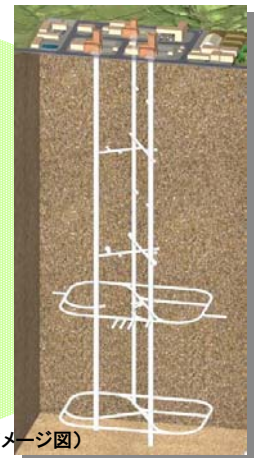
硬 岩



泥 岩
(堆積岩)

塩水系

軟 岩



段階的な
調査研究
の進め方

第1段階: 地上からの調査研究段階

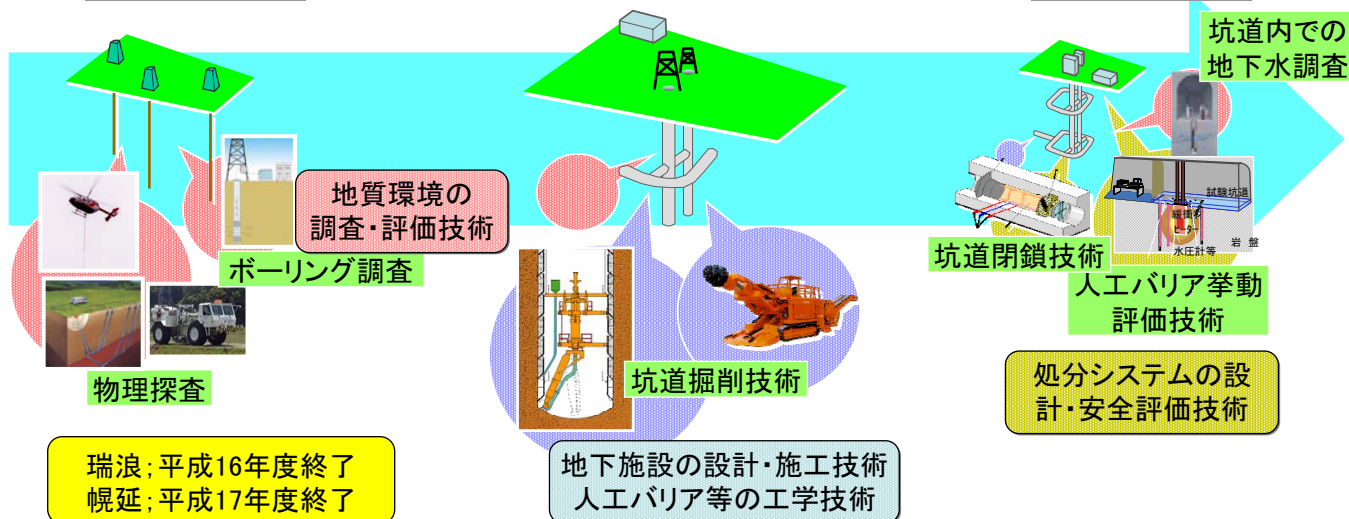
第2段階: 坑道掘削時の調査研究段階

第3段階: 地下施設での調査研究段階

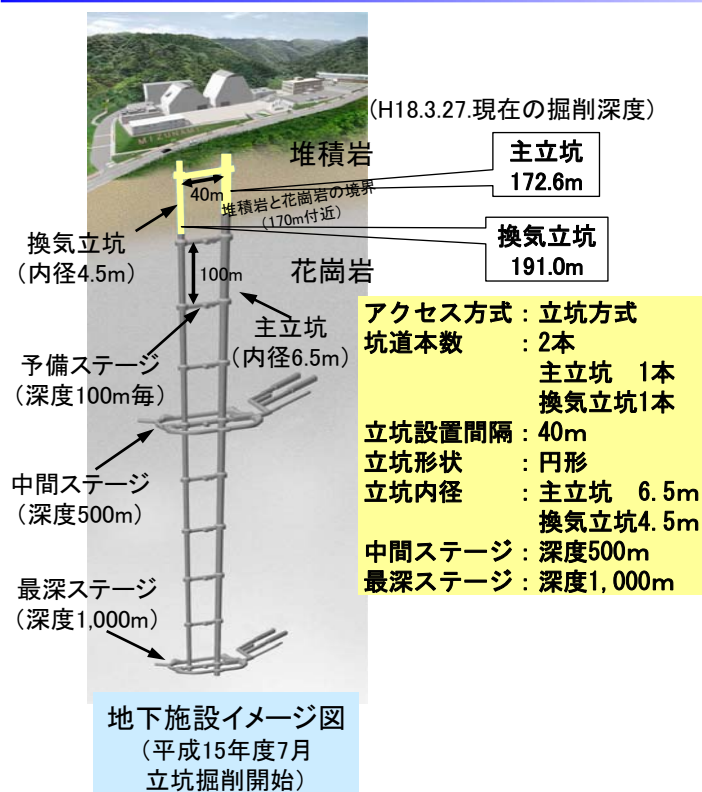
第1段階 地上からの 調査研究段階

第2段階 坑道掘削時の調査研究段階

第3段階 地下施設での 調査研究段階

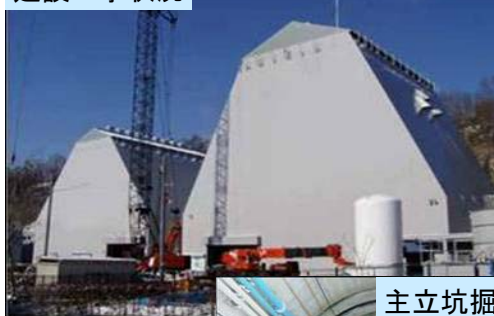


幌延深地層研究計画では、深地層の科学的研究に加えて、堆積岩における地層処分研究開発を行う。結晶質岩における地層処分研究開発は、海外の地下研究施設を活用して進めている。図はイメージ。

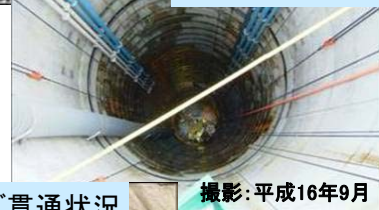


建設工事状況

撮影: 平成16年12月



主立坑掘削状況



撮影: 平成16年9月

100m予備ステージ貫通状況



撮影: 平成17年6月

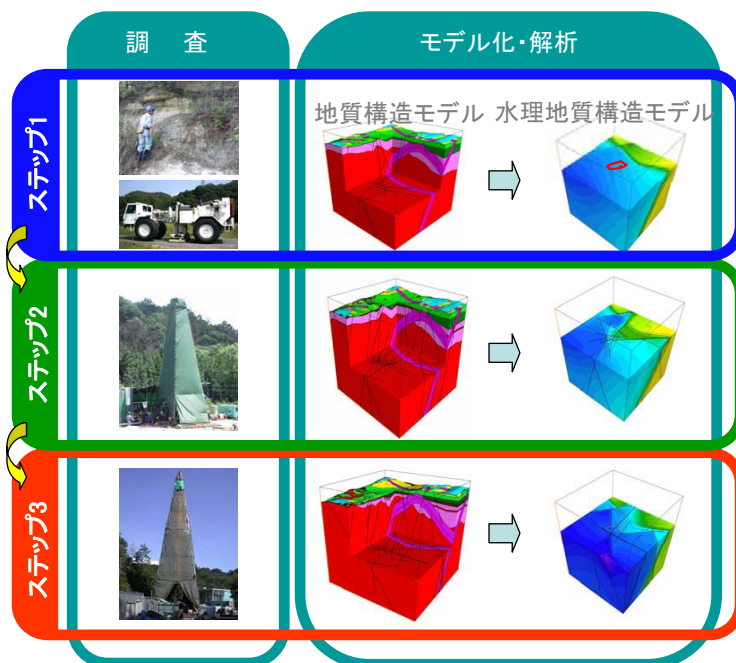
①地上からの調査による地質環境モデルの作成

平成17年度実施内容

地上からの調査(①既存情報からの調査・解析②空中および地上からの調査・解析③ボーリング孔を利用した調査・解析)の結果を反映して構築・更新を行った地質環境モデル(地質構造、水理、地球化学、岩盤力学)を完成。

平成18年度実施計画

坑道掘削に伴い得られる地質環境データに基づき、上記地質環境モデルを確認しつつ、地上からの調査技術やモデル化手法の妥当性の評価を行う。



第1段階における繰り返し
アプローチ状況

16

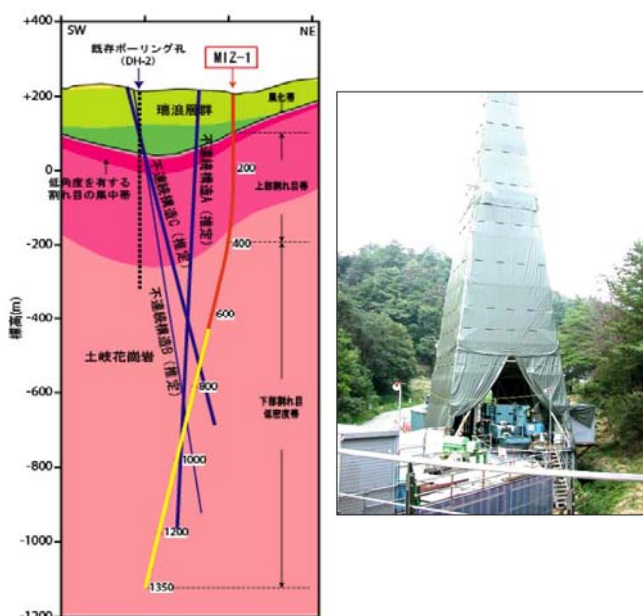
②地上からの調査技術の適用性確認

平成17年度実施内容

研究用地およびその周辺において掘削した試錐孔などにおける長期モニタリングを実施した。また、地上からの調査技術の適用性や課題を整理し、得られた知見や経験を取りまとめる「結晶質岩における地上からの調査研究段階報告書」(仮称)の作成を開始した。

平成18年度実施計画

長期モニタリングを継続し、坑道掘削時のデータを取得するとともに、「結晶質岩における地上からの調査研究段階報告書」(仮称)を作成する。



深層ボーリング調査
(MIZ-1号孔;掘削長1,300m)

17

③研究坑道における地質構造調査

平成17年度実施内容

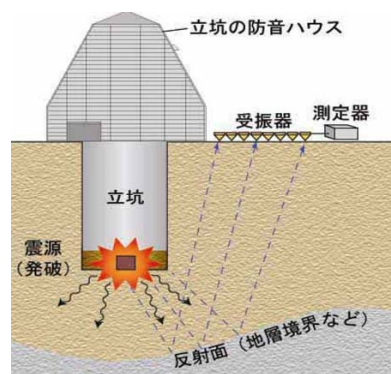
坑道周辺の地質構造を把握するため、研究坑道における壁面観察や工事発破を利用した物理探査(逆VSP調査)などを実施した。

平成18年度実施計画

深度200m程度までに出現する花崗岩上部の風化帯および断層・割れ目の分布や性状を把握するため、研究坑道での地質観察および地下水の流れを利用した物理探査などを実施する。



立坑壁面の地質観察状況



立坑を掘削する際の発破を利用した弾性波探査(逆VSP調査)

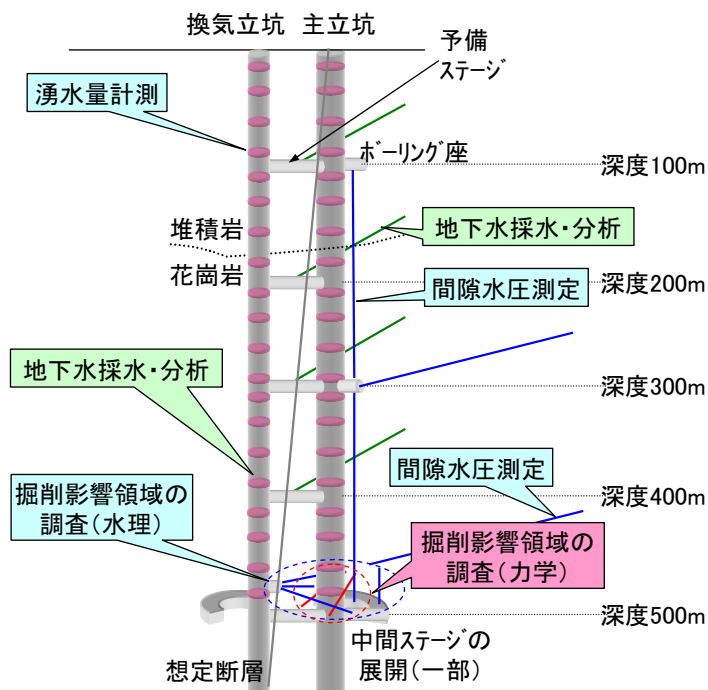
④研究坑道内における地下水観測

平成17年度実施内容

坑道掘削による地質環境への影響を把握するため、地表から掘削したボーリング孔内に観測装置を設置するとともに、立坑の深度約25mごとに湧水観測装置を設置し、地下水の水理的・地球化学的变化をモニタリングした。

平成18年度実施計画

深度100mおよび200mの水平坑道内からのボーリング孔を利用し、その周辺やそれ以深の地下水の水圧と水質の状態およびそれらの変化を把握するための準備を進める。



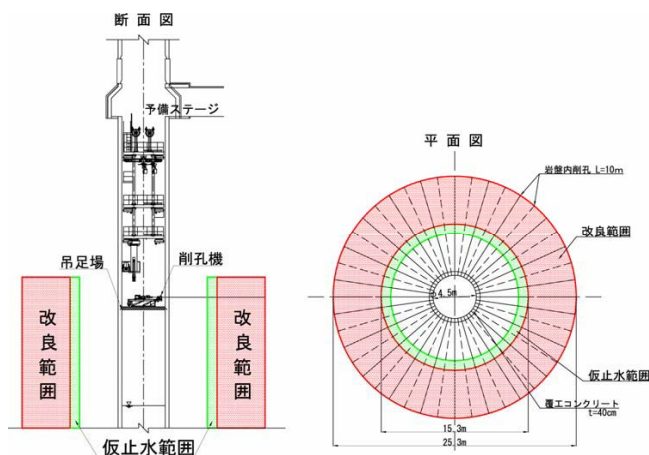
立坑近傍での調査研究計画の例

平成17年度実施内容

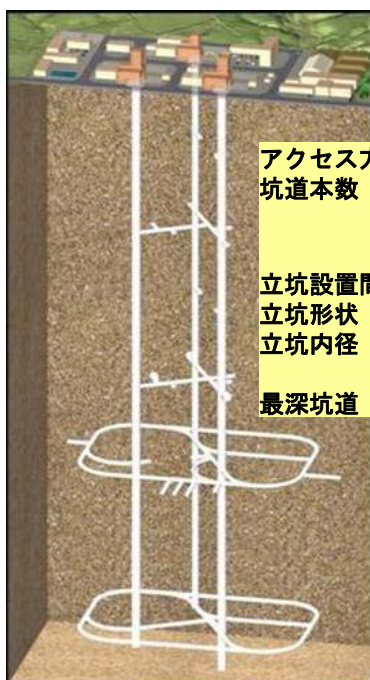
岩盤変位計測等の計測工のための機器・設備を設置し坑道掘削に伴うデータの取得を開始した。また、深度120mから170m付近を対象としたポストグラウトおよび今後の花崗岩掘削に向けたプレグラウトについて計画を立案した。

平成18年度実施計画

平成17年度に立案したグラウト計画に基づき、湧水抑制対策を実施し、その結果と先行ボーリング調査の結果を踏まえて、排水処理に関する新たな対策技術を検討する。

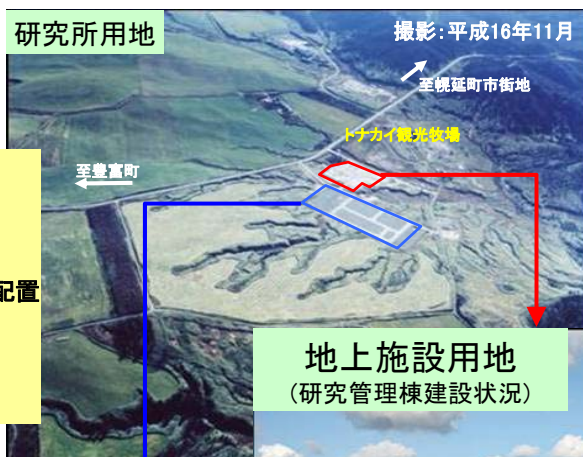


周壁注入(ポストグラウチング)計画の例



地下施設イメージ図
(平成17年度11月
立坑掘削開始)

アクセス方式: 立坑方式
坑道本数: 3本
アクセス立坑2本
換気立坑 1本
立坑設置間隔: 1辺70mの正三角形配置
立坑形状: 円形
立坑内径: アクセス立坑6.5m
換気立坑 4.5m
最深坑道: 深度500m



地上施設用地
(研究管理棟建設状況)



撮影:平成17年11月

地下施設用地
(造成状況)

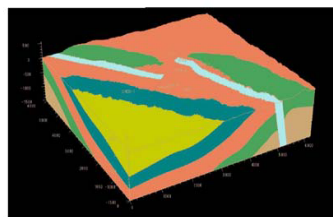


撮影:平成16年11月

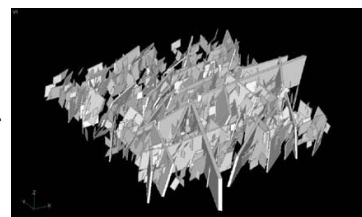
①地上からの調査による地質環境モデルの作成

平成17年度実施内容

地上からの調査により取得されたデータに基づき、地質環境モデルを作成した。また、地下施設建設に伴う地質環境の変化を予測した。



大曲断層を考慮した地質構造モデル

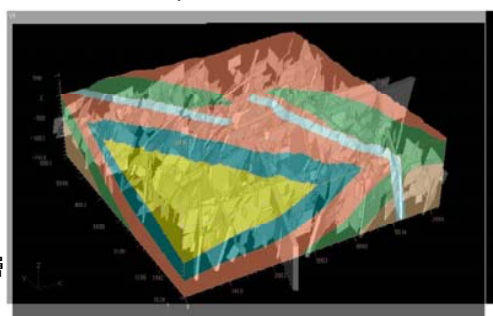


割れ目帯ネットワーク

平成18年度実施計画

坑道掘削に伴い得られる地質環境データに基づき、上記地質環境モデルを確認しつつ、地上からの調査技術やモデル化手法の妥当性の評価を行う。

表層
更別層
勇知層
声問層
稚内層
増幌層
大曲断層

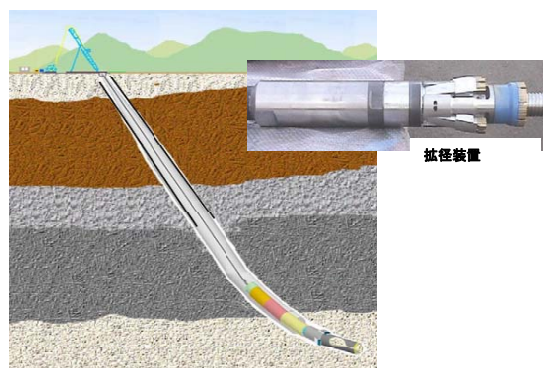


3次元地質構造モデル
(研究所設置地区)

②地上からの調査技術の適用性確認

平成17年度実施内容

試錐孔の角度と方向を制御して掘削するコントロールボーリング技術(電中研との共同研究)、試錐孔あるいは地表における物理探査・解析技術の適用性の検討を行った。



コントロールボーリングの概念

平成18年度実施計画

コントロールボーリング技術開発を上幌延地区において継続するとともに、地下施設を利用した調査技術や調査機器の開発を開始する。また、地上からの調査技術の適用性や課題を整理し、得られた知見や経験を取りまとめる。



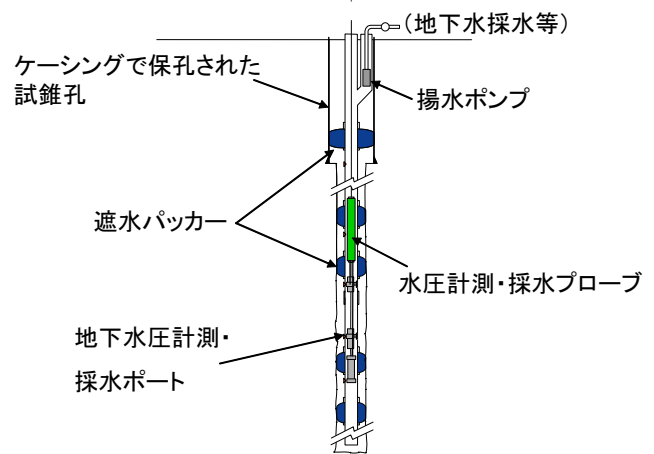
メタンセンサー

平成17年度実施内容

平成14～16年度に設置した長期モニタリング機器による地下水の圧力や水質の観測を継続した。また、平成14～16年度に掘削した試錐孔へ長期モニタリング機器を新たに設置し観測を開始した。

平成18年度実施計画

長期モニタリング機器による観測を継続するとともに、坑道掘削に伴う地表付近の微小な岩盤の変形を観測するために、坑道周辺に深さ30m程度の試錐孔を数本掘削し、高精度傾斜計および間隙水圧計を設置して観測を行う。



試錐孔に設置した
長期モニタリング機器の例

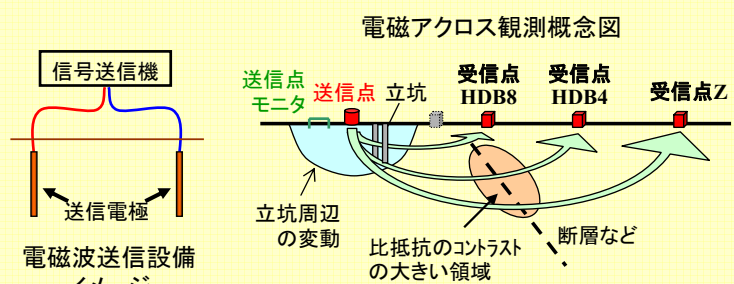
平成17年度実施内容

地下施設の建設前、建設中、建設後の地質構造や地質環境の変化を、地震波や電磁波を用いて常時観測する遠隔監視システムを設置するとともに試験観測を行った。

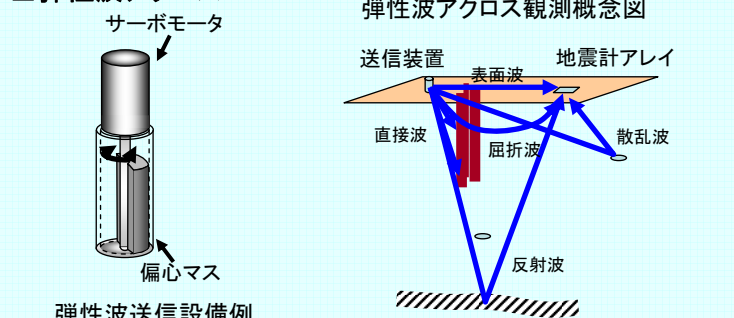
平成18年度実施計画

既存の観測点における観測を継続するとともに、既設機器の整備を行う。また、地下施設近傍の詳細なデータを取得するため、研究用地内で短期観測を行う。

■電磁波アクロス



■弾性波アクロス



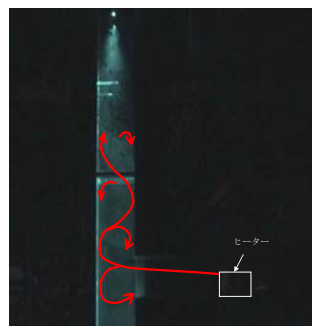
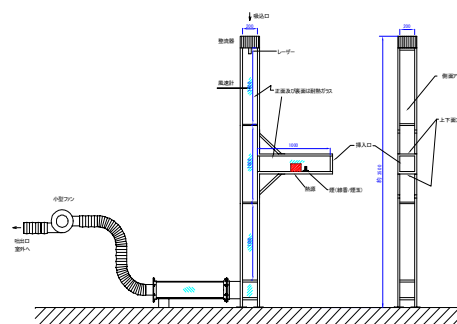
遠隔監視システムの例

平成17年度実施内容

地下施設における火災ガスなどの挙動を把握するため、立坑部分モデルでの模型実験を行い、地下施設の設計に反映した。

平成18年度実施計画

立坑模型実験を継続するとともに、坑道掘削中に得られたデータを用いて、事前の設計の妥当性を確認しながら、次の掘削段階における設計・施工方法の最適化を図るための情報化施工プログラムを作成する。



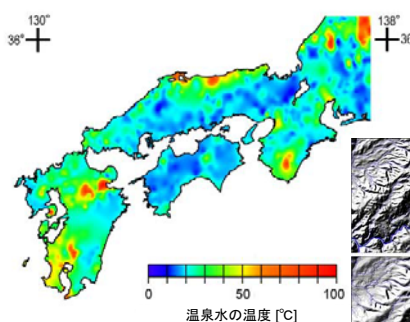
立坑模型の概要(上図)および
模型実験による煙挙動の例(下図)

平成17年度実施内容

- ①**全国的視野での事例研究**
 - ・非火山地域における高温異常の解明や地形変化シミュレーション等、4件の事例研究を実施
- ②**陸域地下構造フロンティア研究**
 - ・第2フェーズ報告書作成し、プロジェクトを終了
- ③**幌延における地震等の研究**
 - ・観測データを蓄積

平成18年度実施計画

- ①天然現象に関する事例研究
 - ・火山活動，断層活動，隆起・侵食（地形変化）を対象とした事例研究等を継続
- ②東濃地域でのナチュラルアナログ研究
 - ・研究基本計画案を作成
- ③陸域地下構造フロンティア研究
 - ・第2フェーズ報告書の公開
- ④幌延地域における事例研究
 - ・観測データを蓄積と地殻変動特性の提示等



西南日本の泉温コンター図



地形変化シミュレーションの例

幌延地域周辺の活構造分布