

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 － 深地層の研究施設計画の進捗を中心に－

平成21年6月9日

日本原子力研究開発機構
地層処分研究開発部門

原子力機構(地層処分研究開発部門)の役割

1

【原子力政策大綱】(原子力委員会, 平成17年10月11日)

- ・研究開発の中核的機関として、処分事業や安全規制へ研究開発の成果を反映するよう、地層処分技術の知識基盤を整備・維持
- ・国及び研究開発機関等は、全体を俯瞰して総合的、計画的かつ効率的に進められるよう連携・協力すべき

⇒「地層処分基盤研究開発調整会議」(平成17年7月21日発足)

【原子力機構の中期目標(H17.10-H22.3)】(文部科学省, 経済産業省)

高レベル放射性廃棄物の処理・処分技術に関する研究開発(抜粋)

高レベル放射性廃棄物の地層処分の実現に向け、基盤的な研究開発を着実に進め、地層処分技術の信頼性の向上を図り、原子力発電環境整備機構による処分事業と、国による安全規制を支える知識基盤として整備する。

そのため、瑞浪と幌延の深地層の研究計画について、中間的な深度までの坑道掘削時の調査研究を進める。あわせて工学技術や安全評価に関する研究開発を他の研究開発機関と連携して実施し、これらの成果を地層処分の安全性に係る一連の論拠を支える知識ベースとして体系化する。

地層処分技術に関する研究開発の目標と課題

2

目標

実際の地質環境への地層
処分技術の適用性確認

地層処分システムの
長期挙動の理解

研究課題

深地層の
科学研究

地質環境特性の調査・
評価技術の開発

深地層における工学技術の
基礎の開発

地質環境の長期安定性
に関する研究
(隆起・侵食, 地震・断層活動,
火山活動, ナチュラルアナログ等)

地層処分研究開発

工学技術の
信頼性向上

安全評価手法
の高度化

処分場閉鎖等の工学
技術の信頼性向上

処分技術および安全評価
手法の実際の地質環境へ
の適用性の確認

人工バリア等の基本特性
データベースの開発

人工バリア等の長期複合
挙動に関する研究

安全評価シナリオの充実
安全評価モデルの高度化
核種移行データベースの
整備

知識ベースの開発, 知識管理システムの構築

地層処分計画の段階的な進展

3

年度 2005 2015 2020～ 2035

処分事業

公募
開始

概要調査
地区選定

精密調査
地区選定

最終処分施設
建設地選定

事業
許可

文献調査

概要調査

精密調査

建設

操業

安全規制

概要調査
地区選定
環境要件

精密調査
地区選定
環境要件

安全審査
基本指針

安全審査指針
技術基準

安全
審査

国民・社会

地層処分に対する国民・社会の理解と認知

基盤
研究開発

(原子力機構)

深地層の
研究施設計画

概要調査等の技術基盤

地上からの精密調査等
の技術基盤

地下での精密調査等
の技術基盤

地層処分の技術基盤の継続的な強化＝技術的信頼性の向上

第1段階成果取りまとめ
(2007年に報告書まとめ)

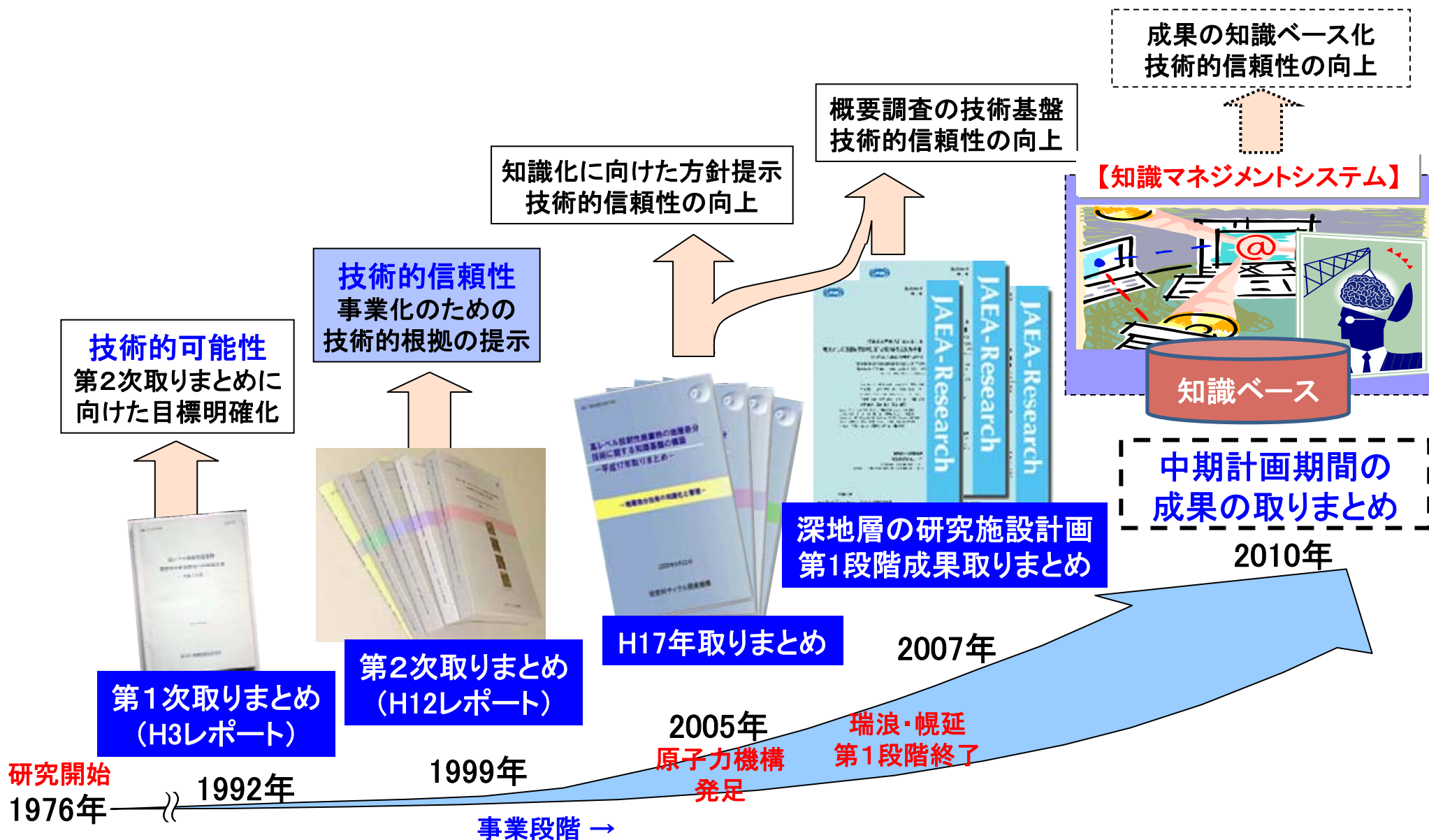
地上からの調査研究
(第1段階)

坑道掘削時の調査研究
(第2段階)

地下施設での調査研究
(第3段階)

研究成果の取りまとめ

4



東濃地科学センター

- 瑞浪超深地層研究所
(結晶質岩)

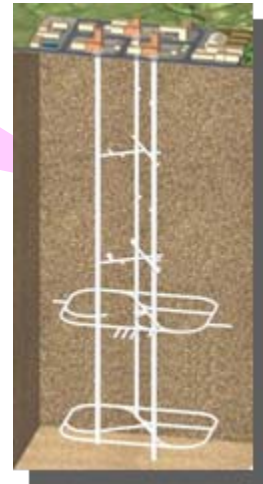


(イメージ図)



幌延深地層研究センター

- 幌延深地層研究所
(堆積岩)



(イメージ図)

東海研究開発センター

エントリー



クオリティ



深地層の科学的研究における目的と目標

6

目的

- 地層処分を行う深い地下の岩盤や地下水を評価する技術及び解析する手法の整備（**安全評価**）
- 地下施設を設計及び施工するために必要な工学技術の基盤の整備（**地下施設の設計・施工**、**環境影響評価**）

目標

研究項目



EDZ：掘削影響領域

日本の地質と2つの地下研究所

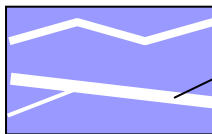
7

- ・日本の地質は大きく結晶質岩（花崗岩など）と堆積岩（泥岩など）に分けられる。
- ・結晶質岩と堆積岩では、地層処分にとって重要な岩盤の性質や地下水の流れ方が異なる。例えば、結晶質岩では地下水は岩盤中の割れ目を通るが、新しい時代の堆積岩では地下水は鉱物粒子の隙間に浸み込む。

わが国の地質の分布
(海拔-500m)

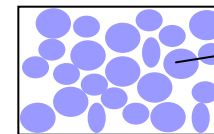
NUMOは、全国の自治体を
対象に候補地を公募中

結晶質岩



割れ目

堆積岩



鉱物粒子

瑞浪超深地層研究所
(岐阜県瑞浪市)

NUMOによる処分地選定の調査に
先行して、必要な技術基盤を強化

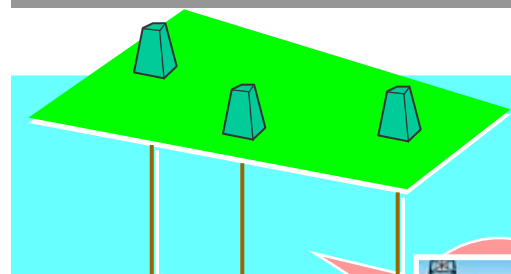
幌延深地層研究所
(北海道幌延町)

深地層の研究施設計画の進め方

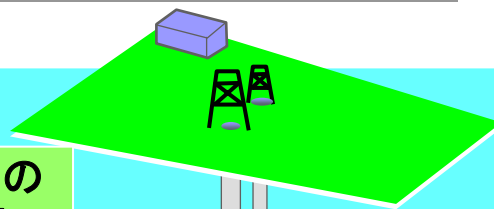
8

深地層の研究施設

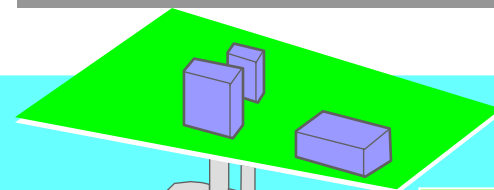
第1段階 地上からの調査研究



第2段階 坑道掘削時の調査研究



第3段階 地下施設での調査研究



坑道壁面の
地質観察



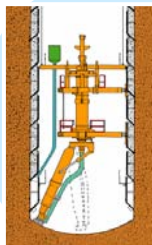
坑道内での
地下水調査



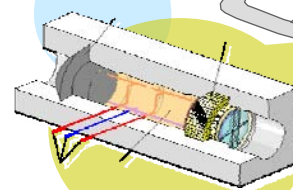
ボーリング調査



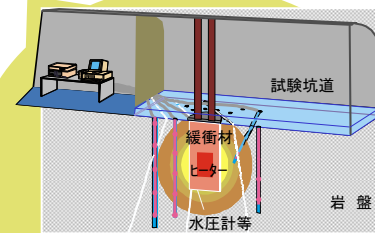
坑道掘削技術



坑道閉鎖技術



人工バリア挙動
評価技術

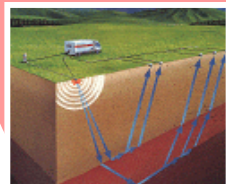


地質環境の
調査・評価技術

地下施設の
設計・施工技術

処分システムの
設計・安全評価技術

物理探査

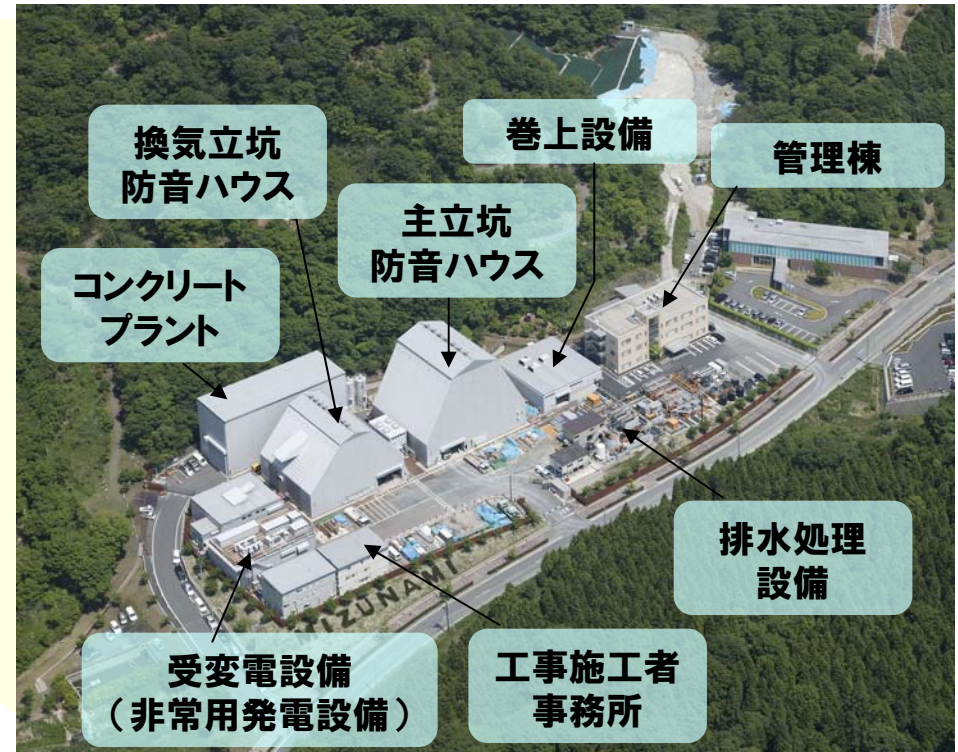
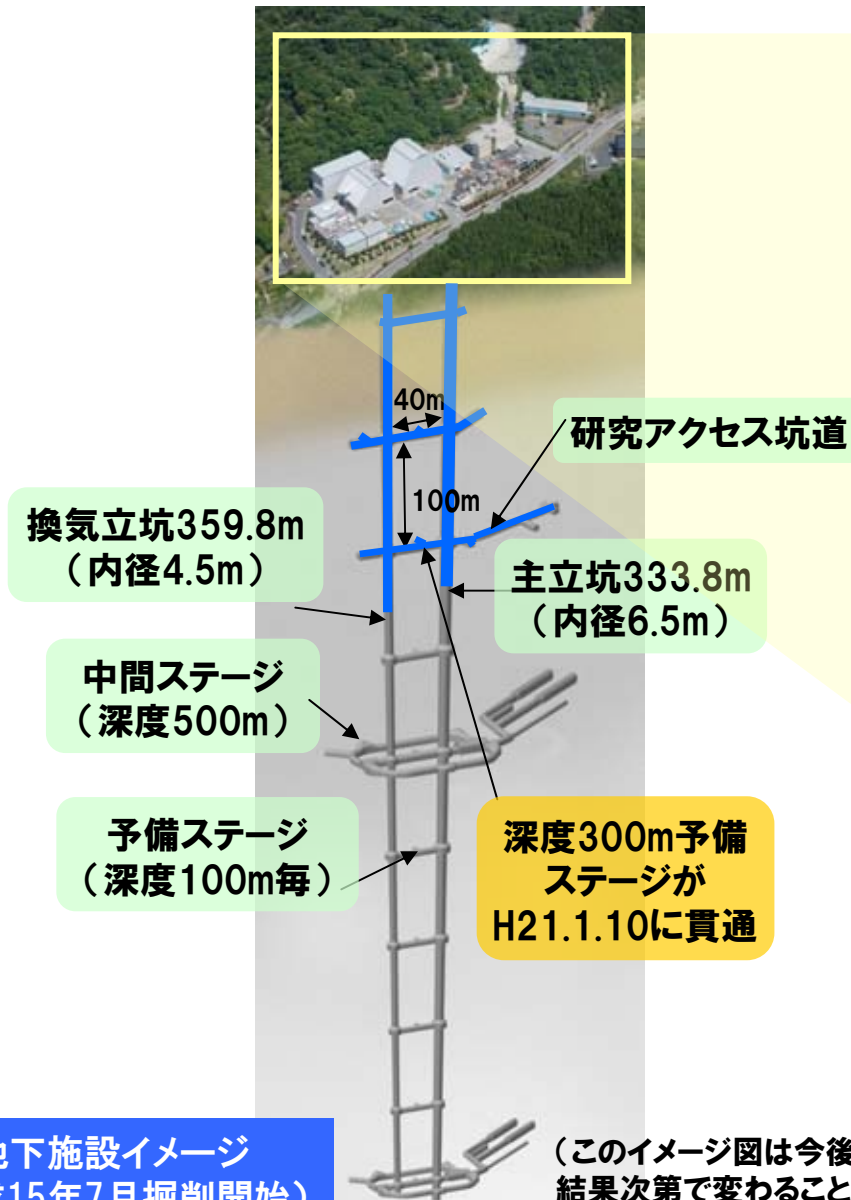


瑞浪:平成16年度終了
幌延:平成17年度終了

(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。)

瑞浪超深地層研究所(結晶質岩の研究)

9



2009年6月5日までの進捗

主立坑: 深度333.8m

換気立坑: 深度359.8m

深度300m予備ステージ: 掘削完了

深度300m研究アクセス坑道

: 掘削完了 (95.7m)

地下施設イメージ
(平成15年7月掘削開始)

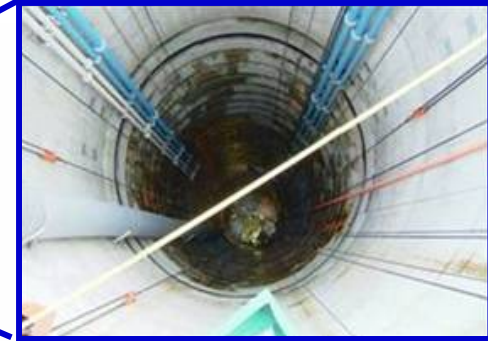
(このイメージ図は今後の調査研究の結果次第で変わることがあります。)

研究坑道の建設の状況(瑞浪超深地層研究所①)

10



深度200m予備ステージ



主立坑



深度300m研究アクセス坑道



深度300m ボーリング横坑



深度300m予備ステージ

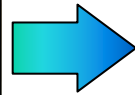


主立坑の掘削
(シャフトジャンボ)

研究坑道の建設の状況(瑞浪超深地層研究所②)

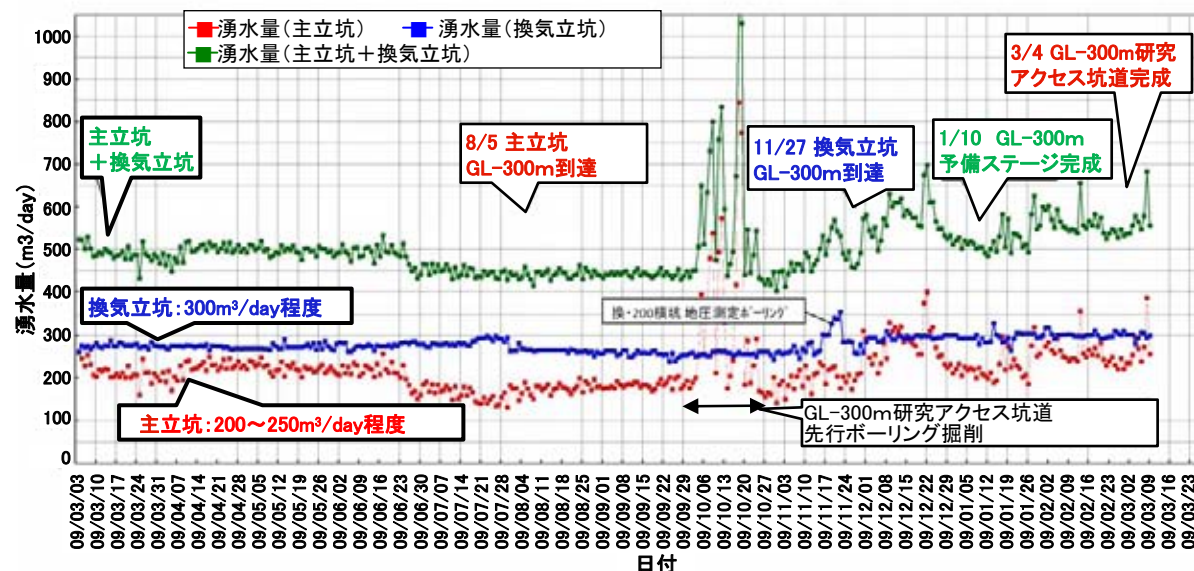
11

地下における湧水抑制対策(深度300m研究アクセス坑道)

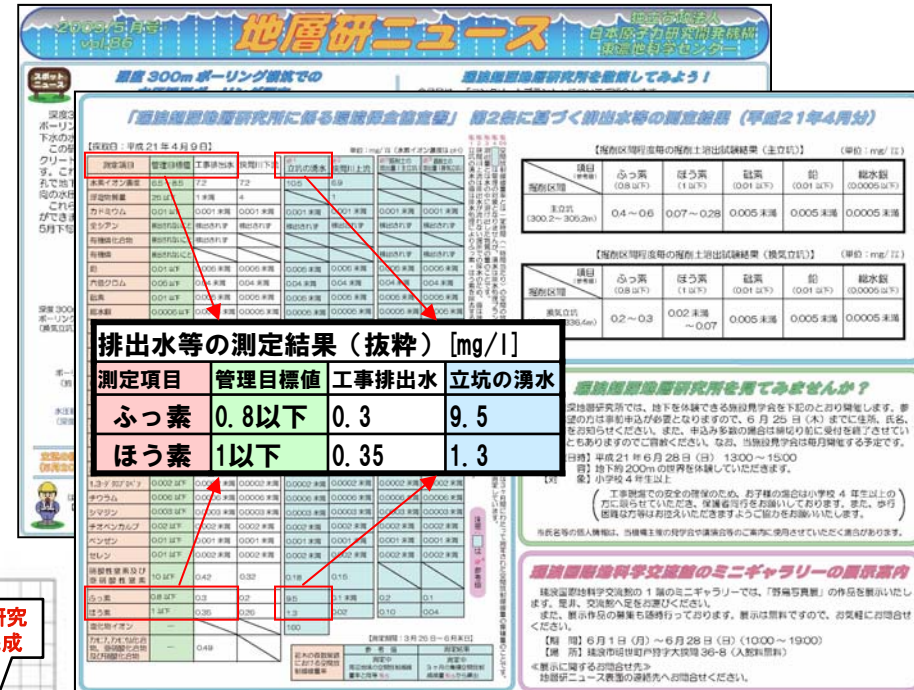


先行ボーリングパッカーの挿入作業(湧水量1,200ℓ/min)

プレグラウチング注入孔の削孔作業



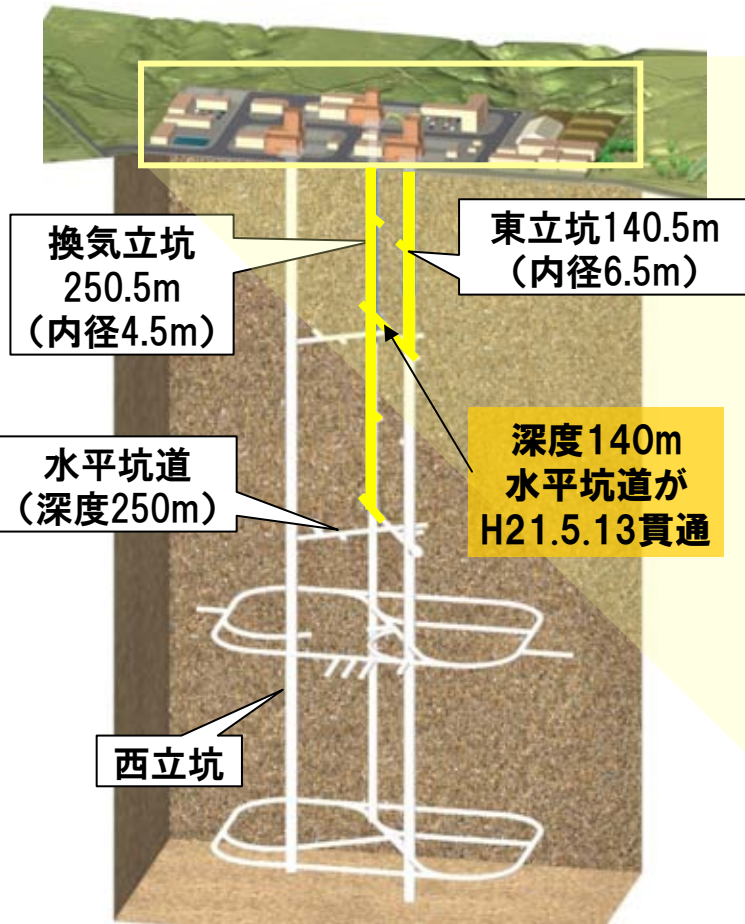
研究坑道における湧水量変化



地層研ニュース

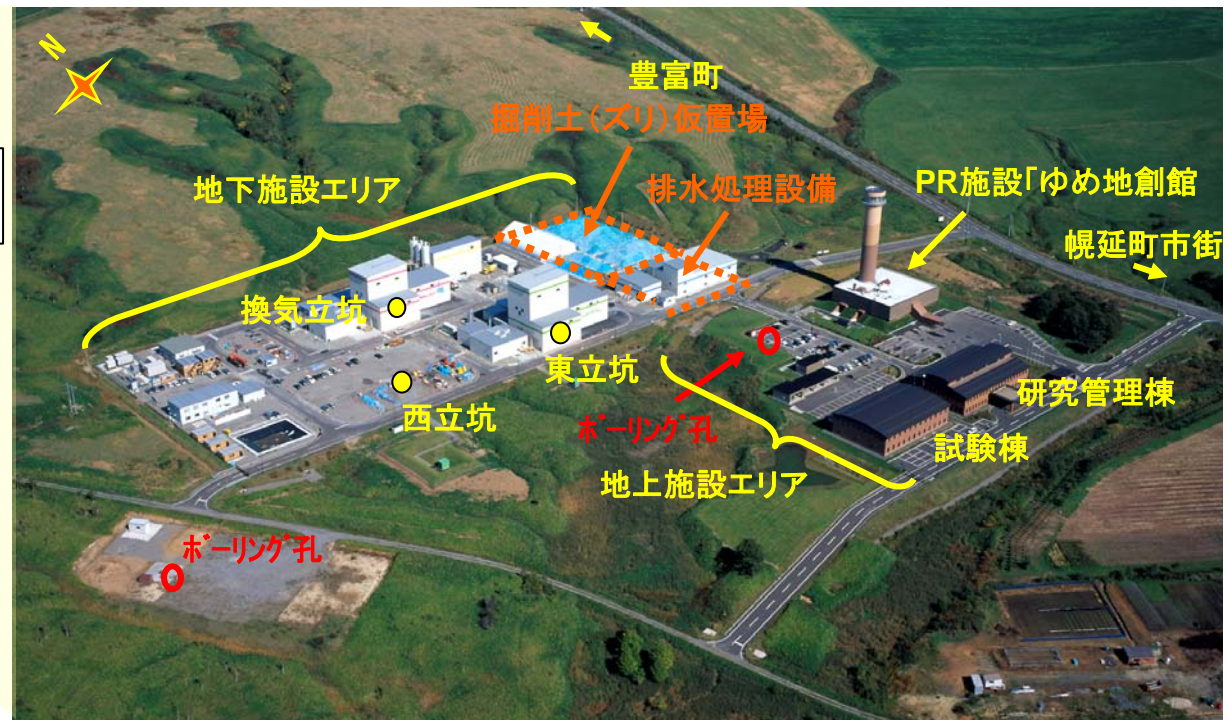
(http://www.jaea.go.jp/04/tono/miu_news/miu_news.html)

研究坑道内の湧水や掘削土は、環境保全協定に基づく管理を実施し、その結果を毎月公開している



地下施設イメージ
(平成17年11月掘削開始)

(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。)



2009年6月5日までの進捗

○立坑掘削作業

- ・東立坑:掘削深度 140.5m
- ・換気立坑:掘削深度 250.5m

○水平坑道掘削作業

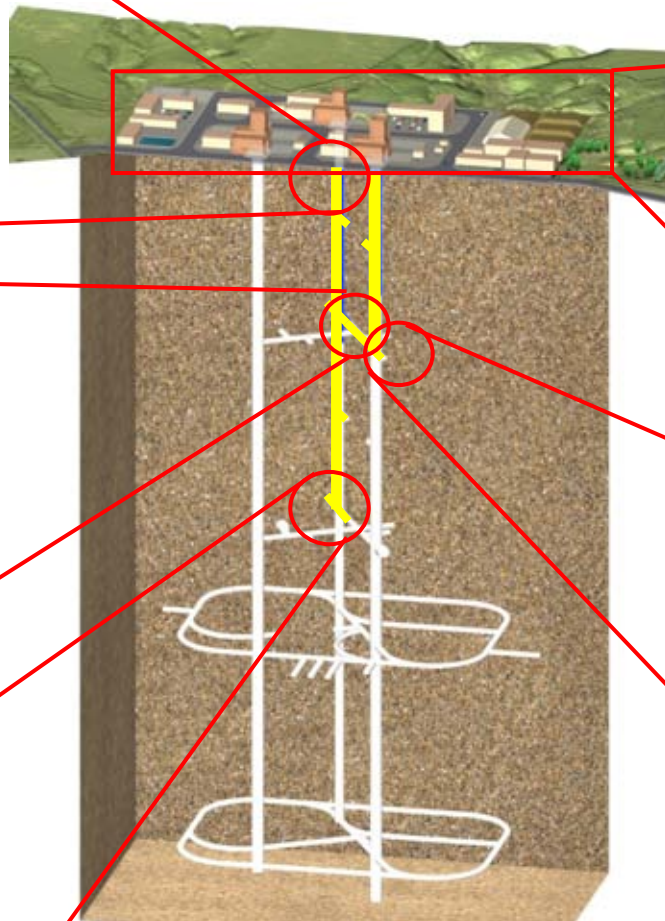
- ・深度140m水平坑道:掘削長 116.8m
- ・深度250m水平坑道:掘削長 42.0m

研究坑道の建設の状況(幌延深地層研究所)

13



換気立坑



建設現場全景
(ゆめ地創館タワーより)



東立坑140m水平坑道
(小型試錐座)



水平坑道140mステージ
(H21.5.13貫通)



換気立坑250m水平坑道
(大型試錐座)

研究実施例：地上からの調査研究

（候補サイトの特性を把握するための技術的基盤）

14

地質環境のモデル化手法の整備

段階的な調査研究の進展により、地質環境特性を効率的に理解する。

人工的な振動を利用して地下を調べる研究の成

→モデル①

モデル① + 浅いボーリングで地下を調べる研究の成果

→モデル②

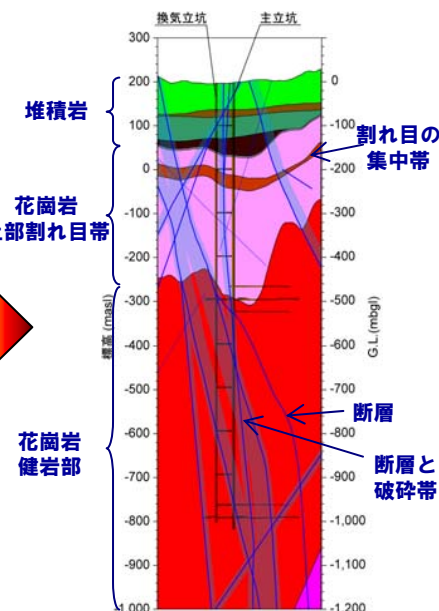
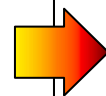
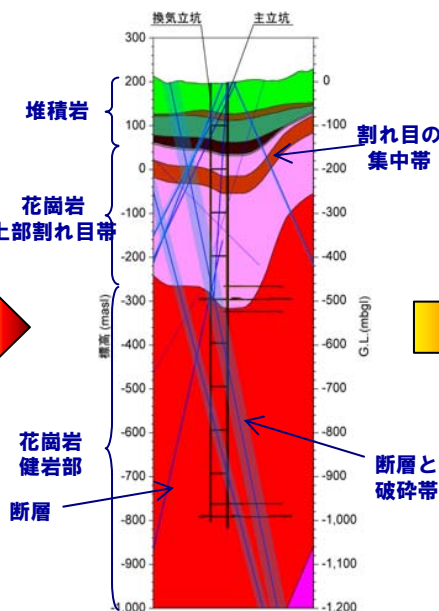
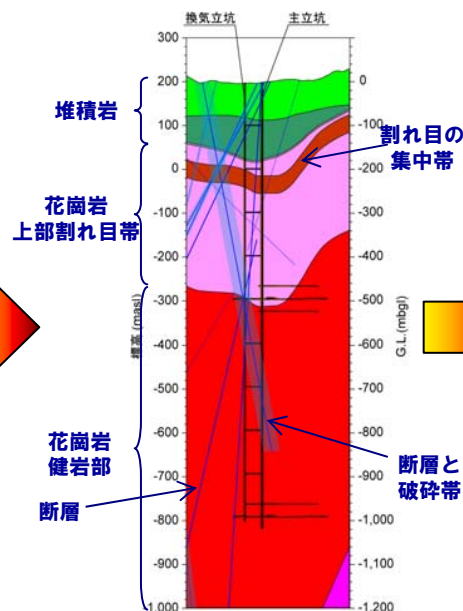
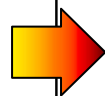
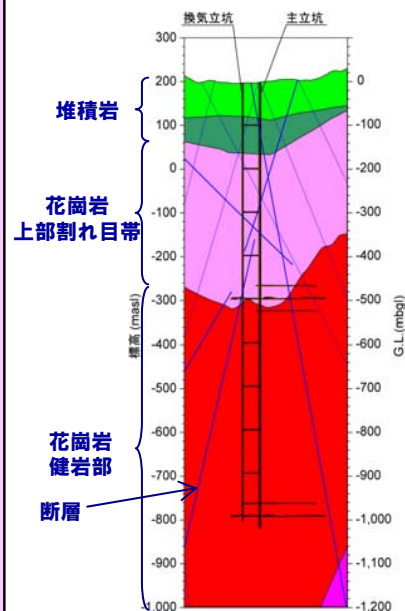
モデル② + 深いボーリングで地下を調べる研究の成果

→モデル③

モデル③ + ボーリング孔内で振動を起こし他のボーリング孔内で振動を受振して地下を調べる研究の成果

→モデル④

地質構造モデルに基づく地質断面図



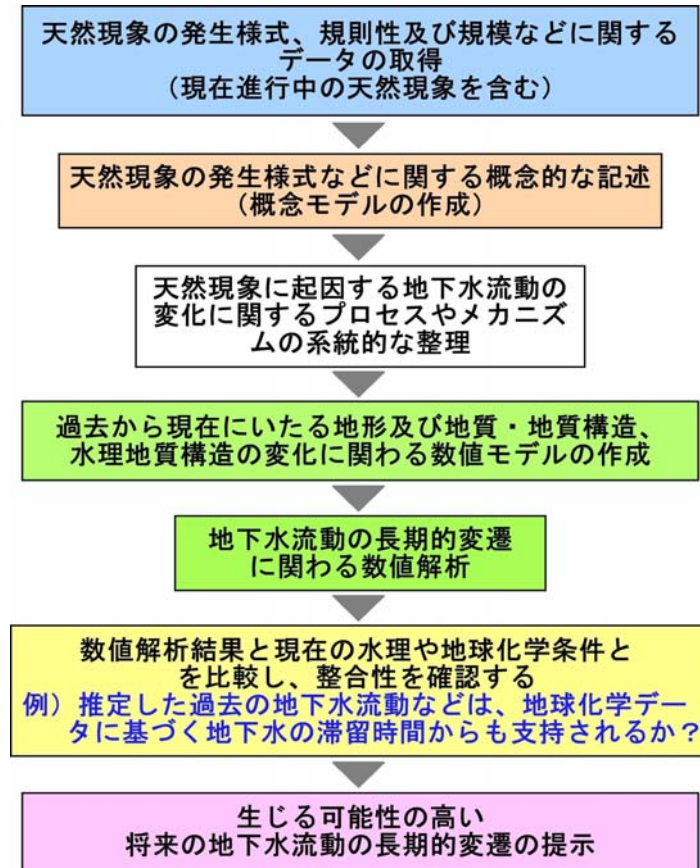
理解度

不確実性

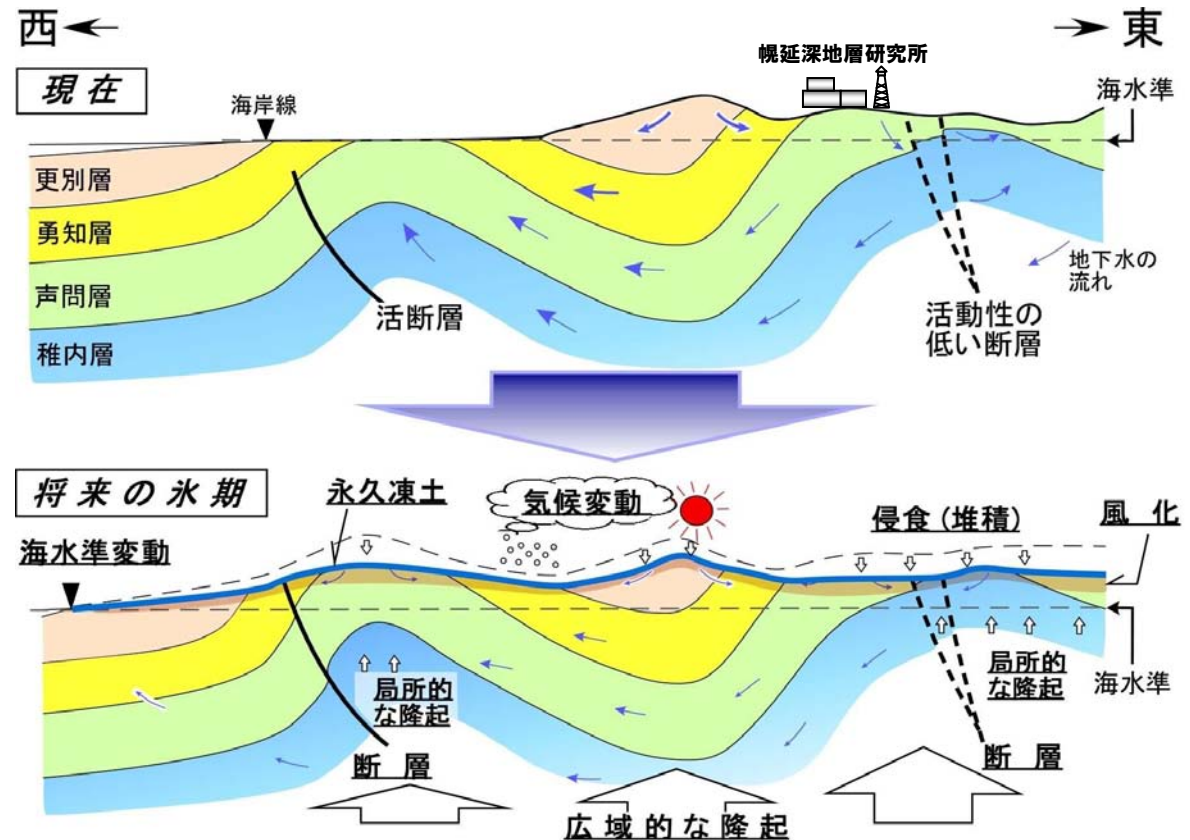
研究実施例：地上からの調査研究 (地質環境条件の将来予測への取組み)

15

地下水流動の長期的変遷



現在から将来にわたる地下水流動の長期的変遷を予測するための研究の進め方



将来数10万年程度の期間を対象とした、幌延地域における地表地質環境と地質構造の概念断面図（将来の氷期における状況）

→今後坑道掘削時の調査研究により、上図に示された天然現象及び地質環境条件の変遷に関する定量的データを取得する。

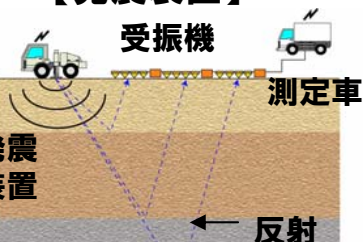
研究実施例：地上からの調査研究→坑道掘削時の調査研究 (概要調査や精密調査の技術的基盤)

16

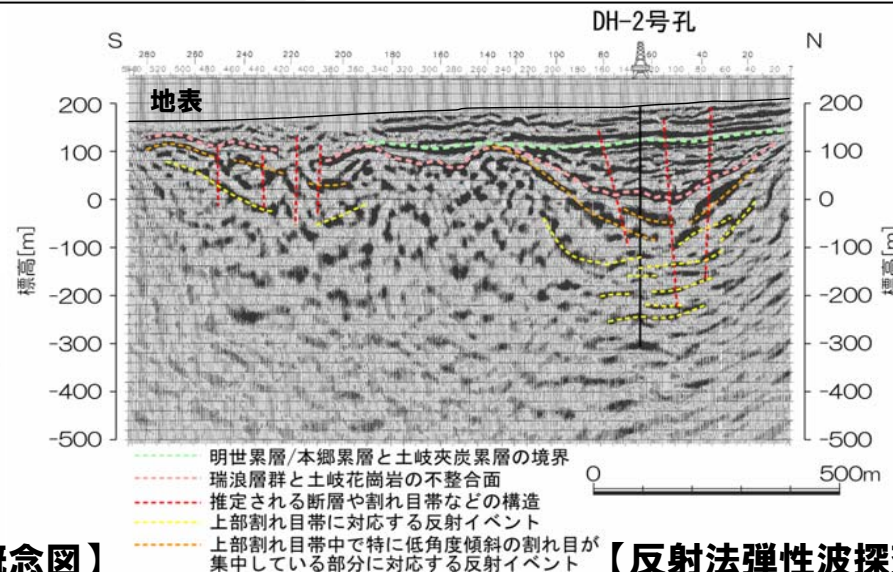
振動を利用して地下を調べる研究



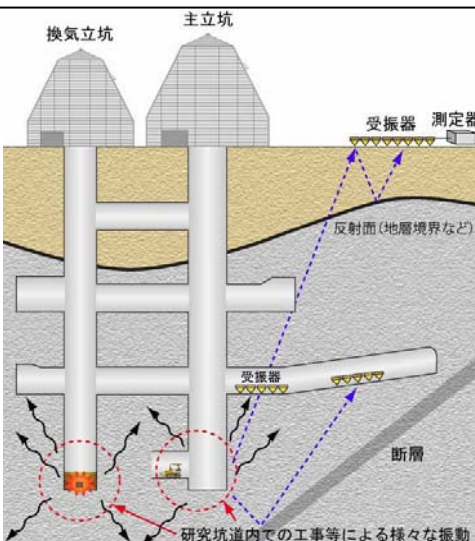
【発震装置】



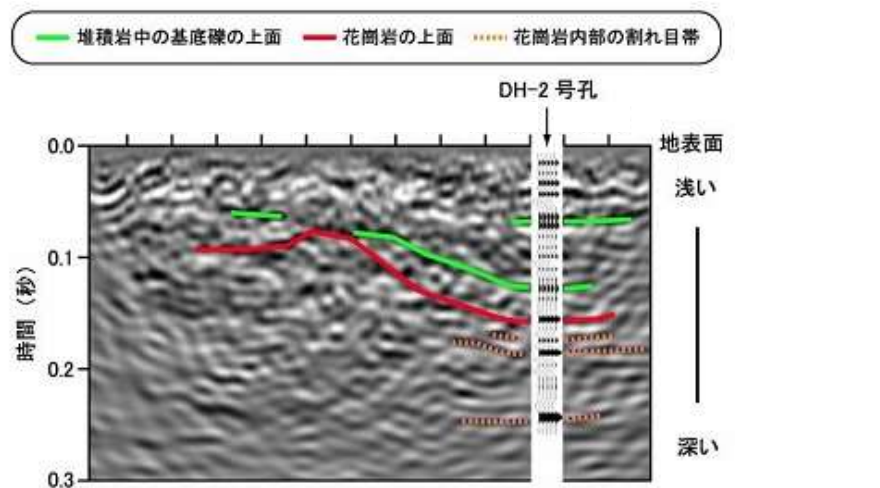
【反射法弾性波探査の概念図】



【反射法弾性波探査の結果】



【逆VSP探査の概念図】



【逆VSP探査の結果】

ボーリング孔の掘削振動を利用した解析結果

地上からの調査研究

研究所及びその周辺における

- ・断層や割れ目（帯）の分布
- ・堆積岩と花崗岩の不整合面の形状や堆積構造などの情報を取得



坑道掘削時の調査研究

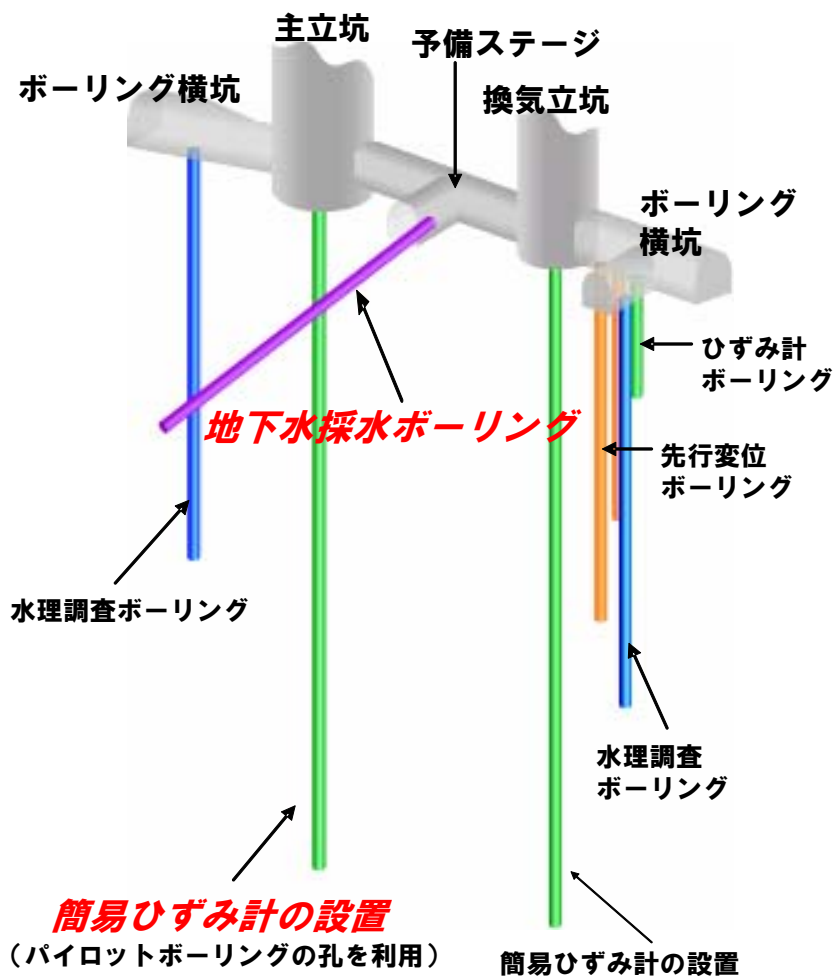
反射法弾性波探査の補完的手法としての逆VSP探査の適用性検討

- ・研究坑道内の工事等による様々な振動（ボーリング孔掘削振動や発破振動）を複数深度にわたり測定することが効果的であることを確認



地上からの調査研究において作成した、地質構造モデルとの整合性を確認

深度200mの坑道からのボーリング調査



地下水水質連続
モニタリング装置



岩盤ひずみ計の設置



ボーリングによる
地下水調査

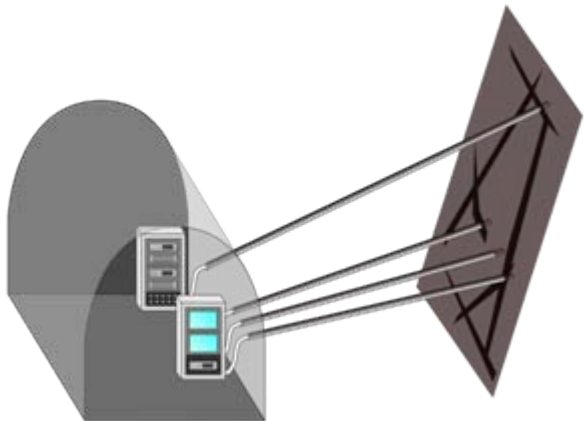


水理試験用
ボーリング掘削

研究計画例：地下施設での調査研究 (精密調査の技術的基盤)

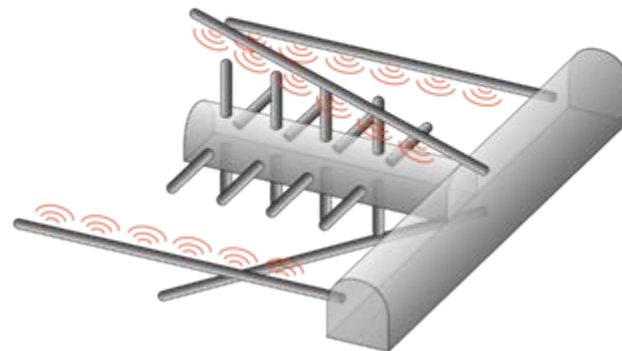
18

物質の移動に関する調査研究



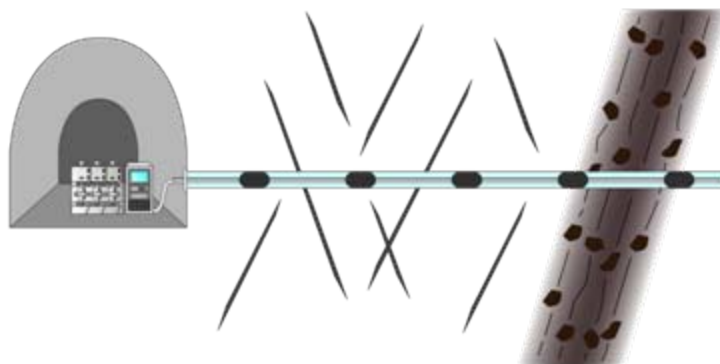
数本のボーリング孔を掘削し、特定の孔からトレーサーを流すことにより、その濃度等を計測する。その結果を解析し、岩盤中での物質の移動速度等を評価する。

坑道掘削の影響や湧水抑制対策技術の研究

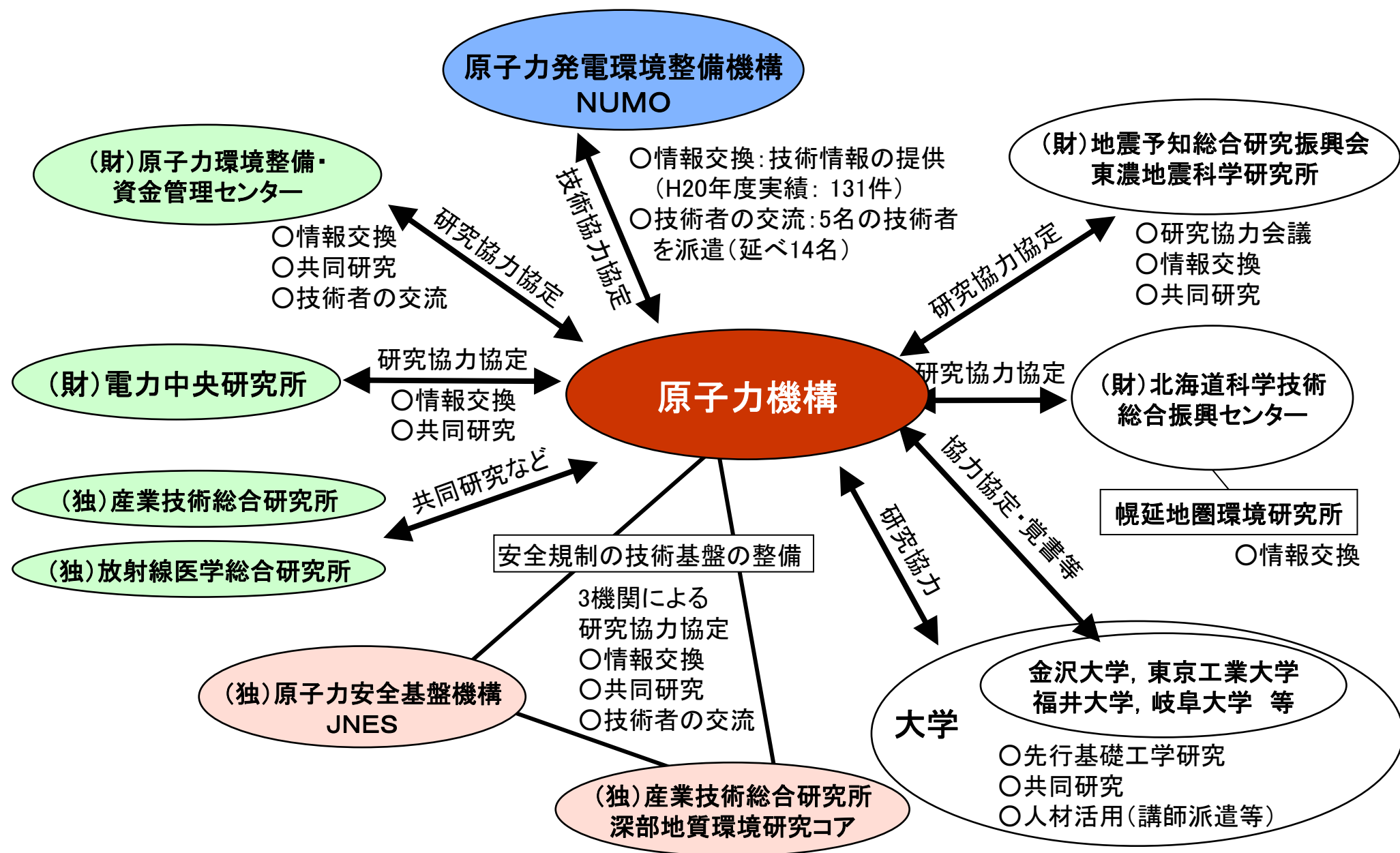


坑道周辺の岩盤の物性を掘削の前後で変化することを測定し、数種類のグラウチングなどで湧水抑制の効果の違いや浸透範囲などを把握・評価する技術を開発する。

割れ目や断層を対象としたボーリング調査及び地下水の化学的性質の変化に関する調査



ボーリング孔掘削後に、特徴的な割れ目や断層を対象に、水圧や地下水の性質の変化を調べる。



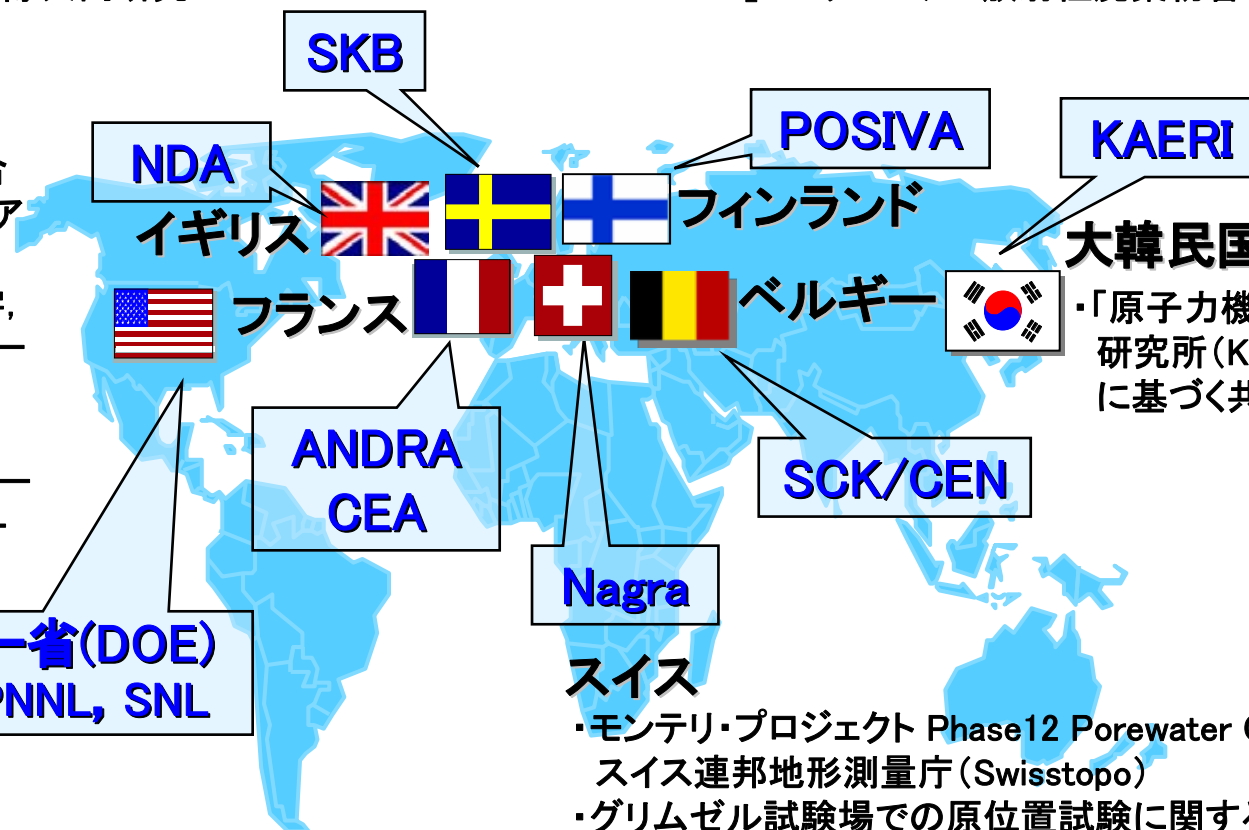
スウェーデン

- ・熱-水-応力-化学連成モデルの開発・確証に関する国際共同研究「DECOVALEX」:スウェーデン放射性廃棄物管理会社(SKB)
- ・スウェーデン・エスポ島地下研究施設(HRL)における共同研究:スウェーデン放射性廃棄物管理会社(SKB)
- ・水理物質移行研究に関する国際共同研究「TRUE CONTINUATION PROJECT」:スウェーデン放射性廃棄物管理会社(SKB)

アメリカ合衆国

- ・広域的な安全評価モデルの統合化に関する研究:カリフォルニア大学バークレイ校(UCB)
- ・地層処分に関連する地球科学、性能評価技術の開発:米国ローレンスバークレイ国立研究所(LBNL)
- ・熱化学と吸着に関する基礎データの整備:米国パシフィックノースウェスト国立研究所(PNNL)

エネルギー省(DOE)
LBNL, PNNL, SNL



大韓民国

- ・「原子力機構と韓国原子力研究所(KAERI)との取り決め」に基づく共同研究

スイス

- ・モンテリ・プロジェクト Phase12 Porewater Chemistry 試験: スイス連邦地形測量庁(Swisstopo)
- ・グリムゼル試験場での原位置試験に関する共同研究及び処分研究開発プロジェクトに関する協力:スイス放射性廃棄物管理共同組合(Nagra)

国際共同プロジェクトOECD/NEAなど

- ・OECD/NEA TDB 開発フェーズIV

理解促進の取り組み

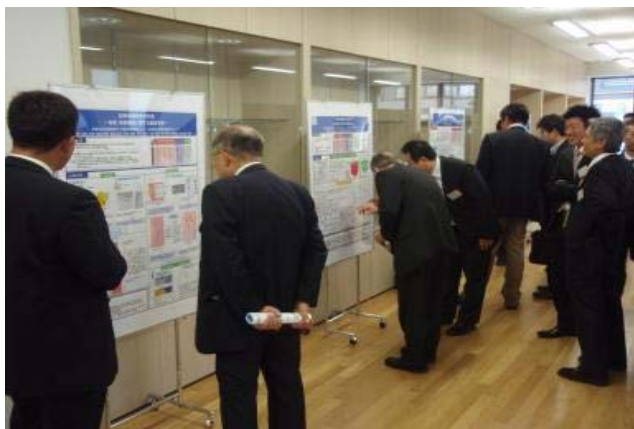
21



サマー・サイエンス・キャンプ2008
(H20年8月:東濃地科学センター)



サイエンスフェア2008
(H20年8月:サイエンスワールド[岐阜県])



**平成20年度地層科学研究
情報・意見交換会**
(H20年10月:瑞浪市地域交流センター「ときわ」)



幌延深地層研究所施設見学会
・瑞浪超深地層研究所においても、毎月1回
(原則第4日曜日)施設見学会を開催
・見学者総数(H20年度実績)
瑞浪: 3,294名、幌延:1,854名



VT-500



PR施設「ゆめ地創館」(幌延、H19年6月開館)
・バーチカル・トランスポーター500(VT-500)に乗って地下深くの世界に案内。地底世界を体感したあとは、一気に地上50mの展望階まで上昇し、研究所敷地全体と道北の雄大な自然が一望できる。
・H20年度の入館者数: 10,953名