高レベル放射性廃棄物の地層処分と深地層の科学的研究
～東濃地科学センターにおける研究～

平成22年10月31日

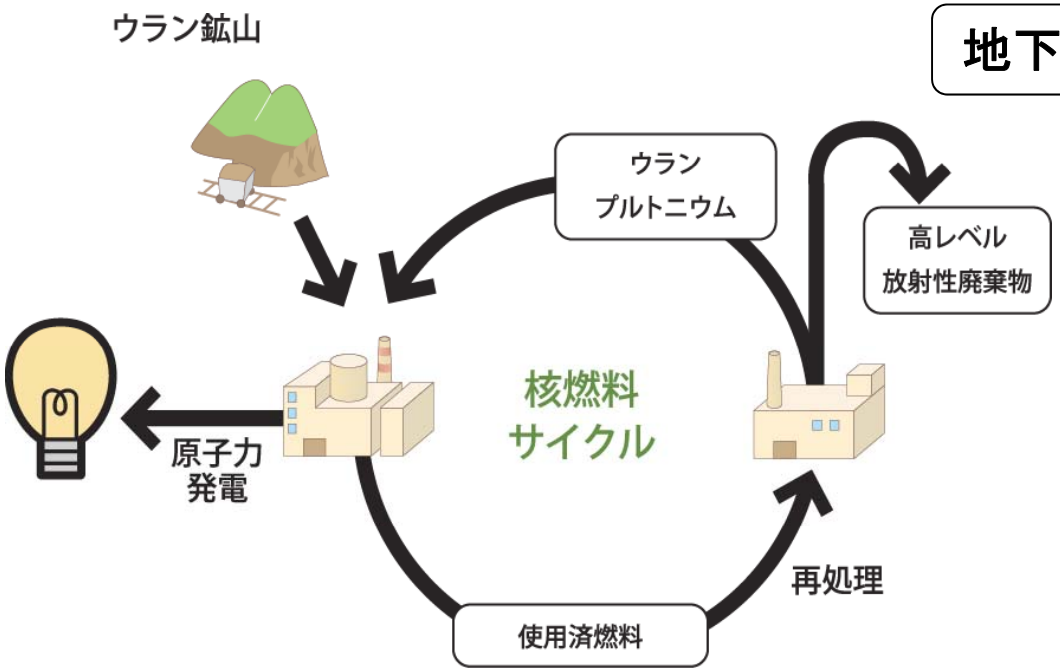
原子力学会バックエンド部会　週末基礎講座

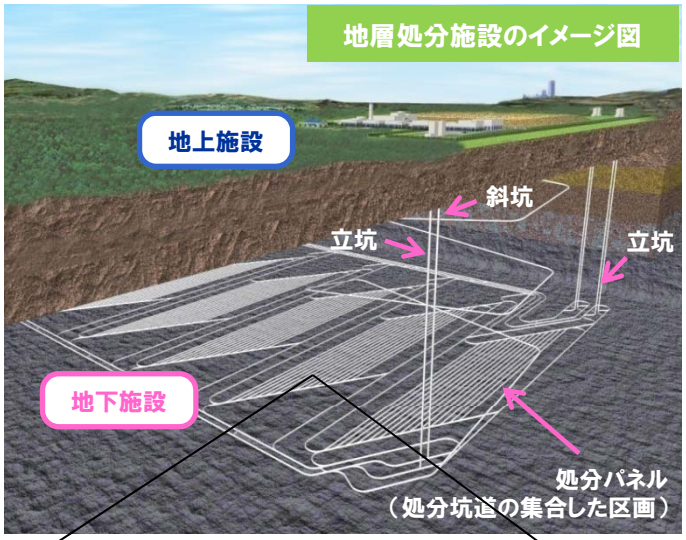
独立行政法人日本原子力研究開発機構
東濃地科学センター　杉原　弘造

東濃地科学センターホームページ　http://www.jaea.go.jp/04/tono/index.htm

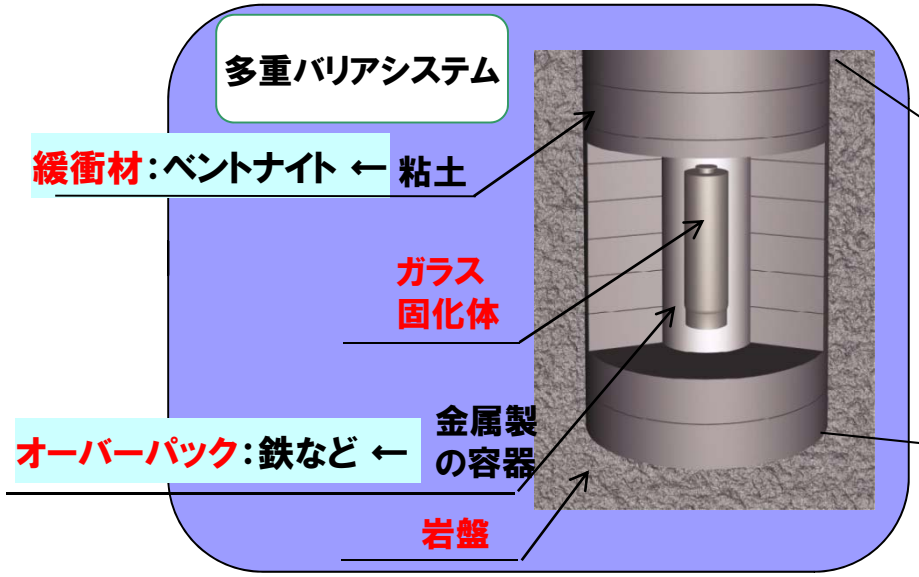
核燃料サイクルと高レベル放射性廃棄物の地層処分

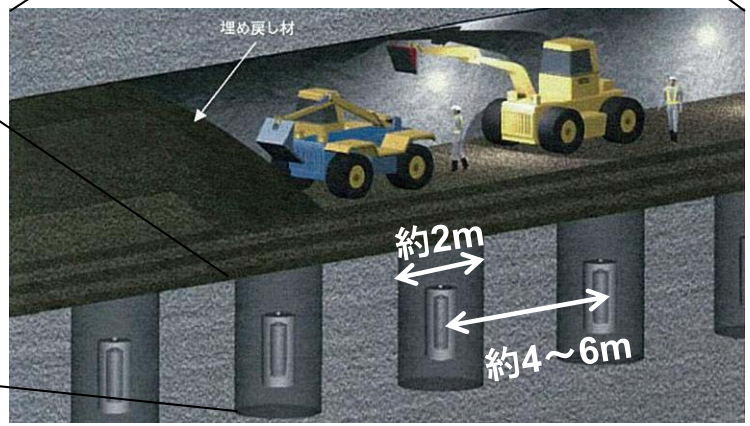
地下300m以深の地層の中に埋めて処分





出典：原子力発電環境整備機構（NUMO）





我が国の地層処分計画の進展

地層処分研究開発の開始（1976年）

研究開発の第１次取りまとめ（1992年9月）

・日本にも安定な場所が存在する
・多重バリアシステムが構築できる
・長期安全性を確認できる

研究開発の第２次取りまとめ（1999年11月）：地層処分の成立性を提示

事業段階のスタート
（2000年）

処分事業

最終処分法制定

NUMO（原環機構）設立

安全規制

安全規制の
基本的考え方

基盤的な研究開発

深地層の科学的研究
地層処分技術の信頼性向上
安全評価手法の高度化

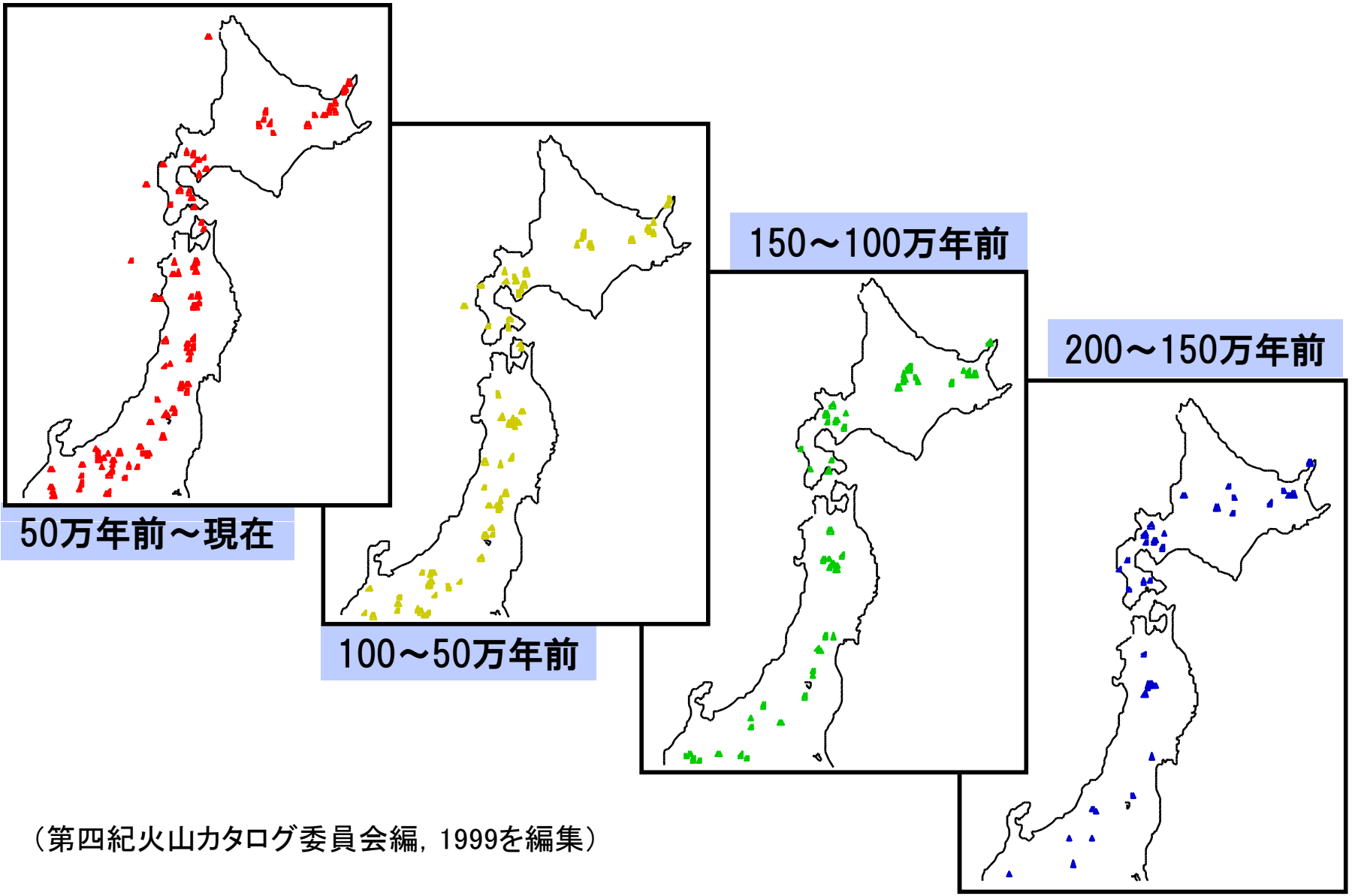
事業と規制を
支える技術基盤

処分地の選定
処分場建設～

安全審査の
指針・基準

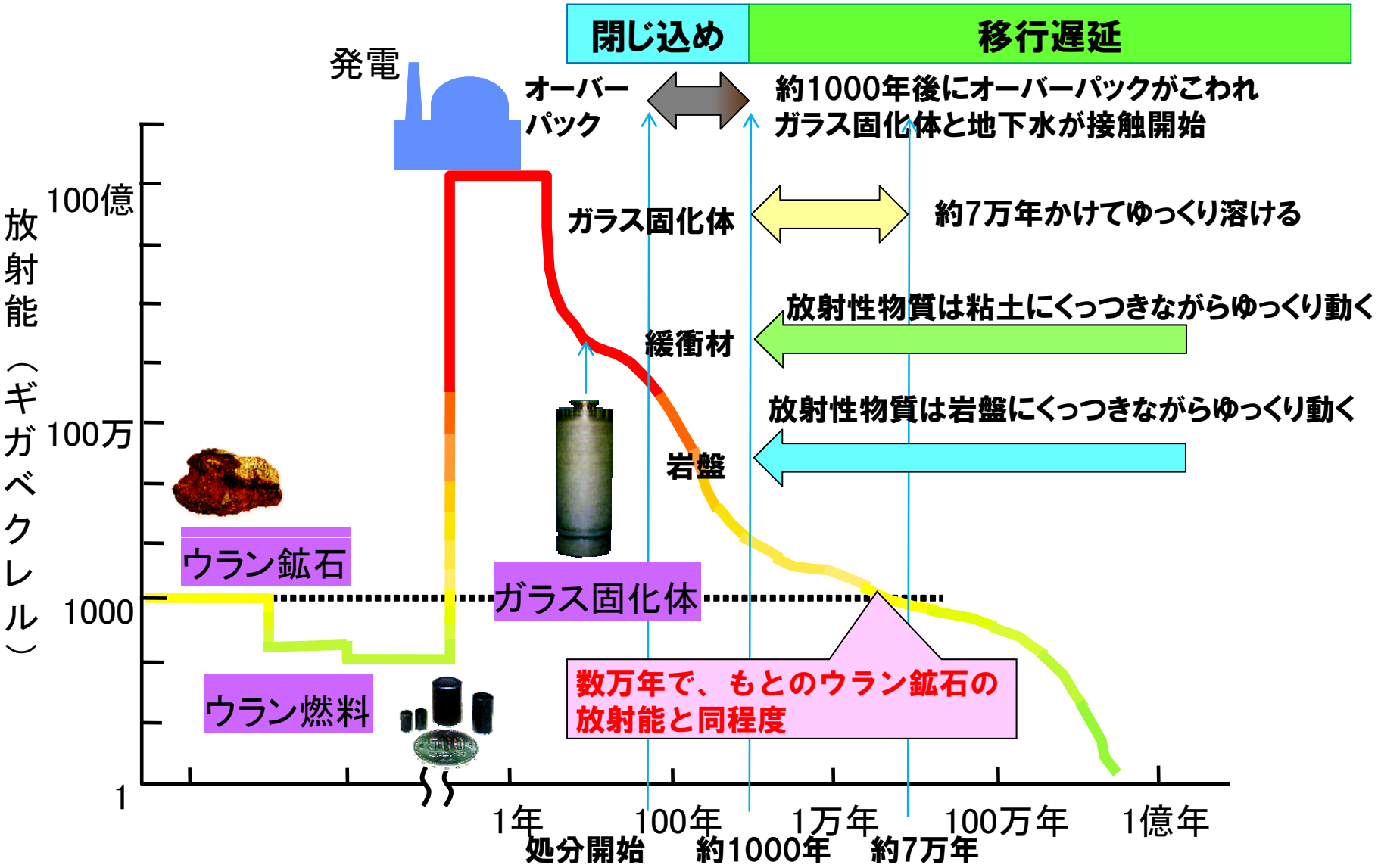
候補地の選定から処分場の建設・操業・閉鎖まで100年の事業

第四紀の火山活動（東北日本）



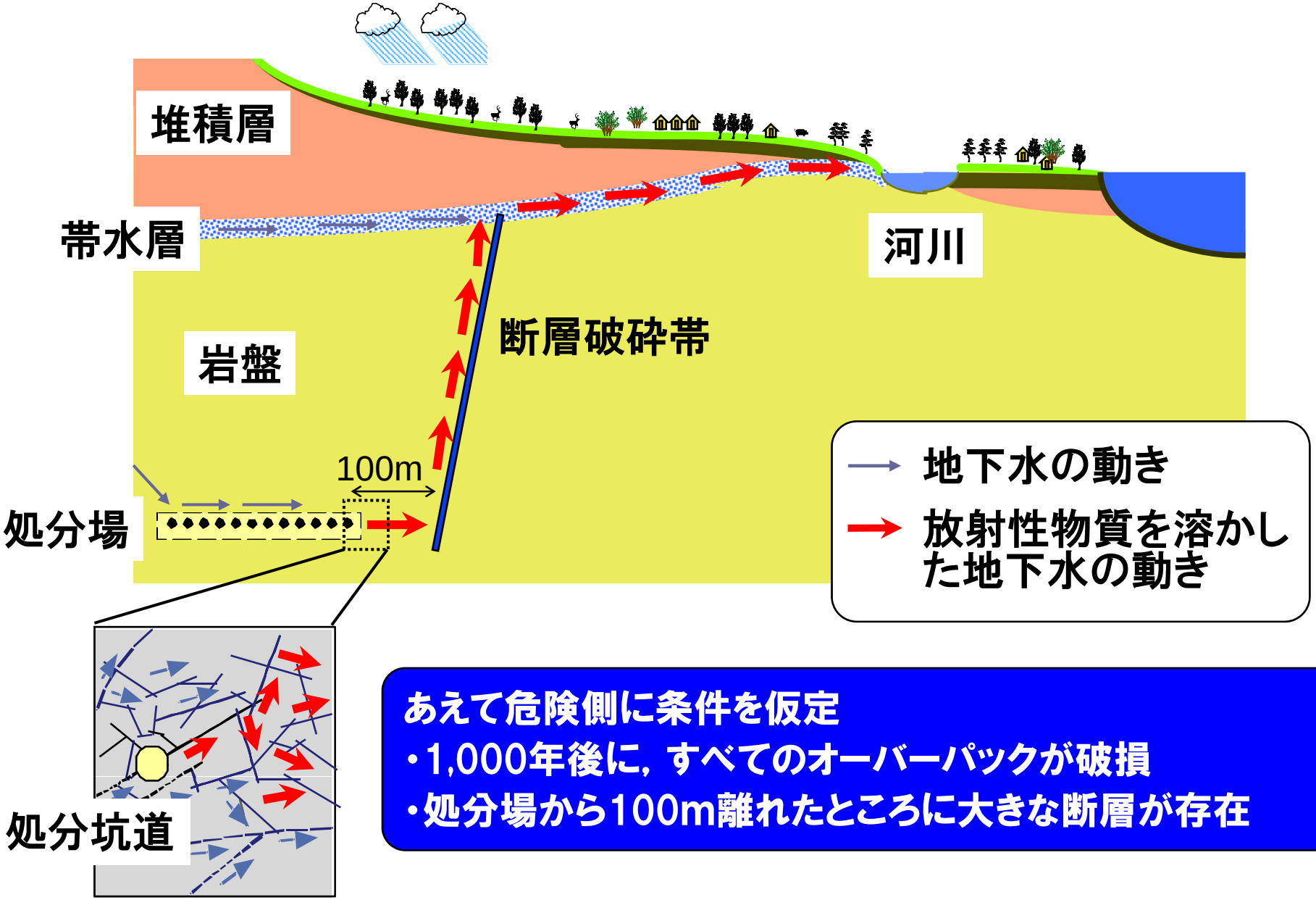
（第四紀火山カタログ委員会編，1999を編集）

放射能の時間変化に応じた地層処分の多重バリア



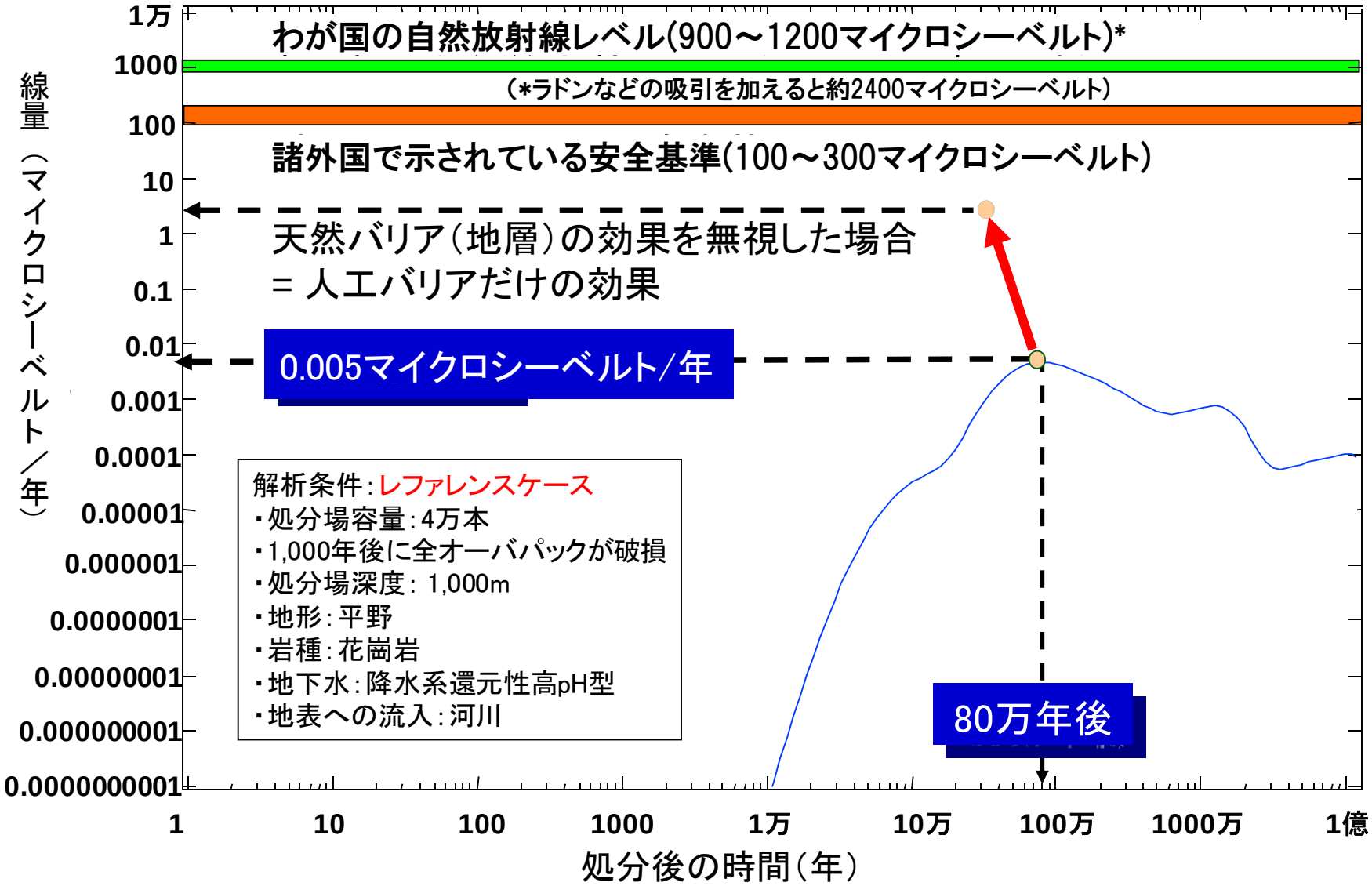
燃料の装荷を基準とした時間

地下水に溶けた放射性物質が地表に到達するケース
（地下水シナリオ）



あえて危険側に条件を仮定
- 1,000年後に，すべてのオーバーパックが破損
- 処分場から100m離れたところに大きな断層が存在

H12レポートの安全評価



どんな研究が必要か？

①実際の地質環境への地層処分技術の適用性確認

✓第2次取りまとめで提示された知見や技術が想定通り役立つのか？
✓地下数百mという地下施設が品質管理された状態で建設できるのか？

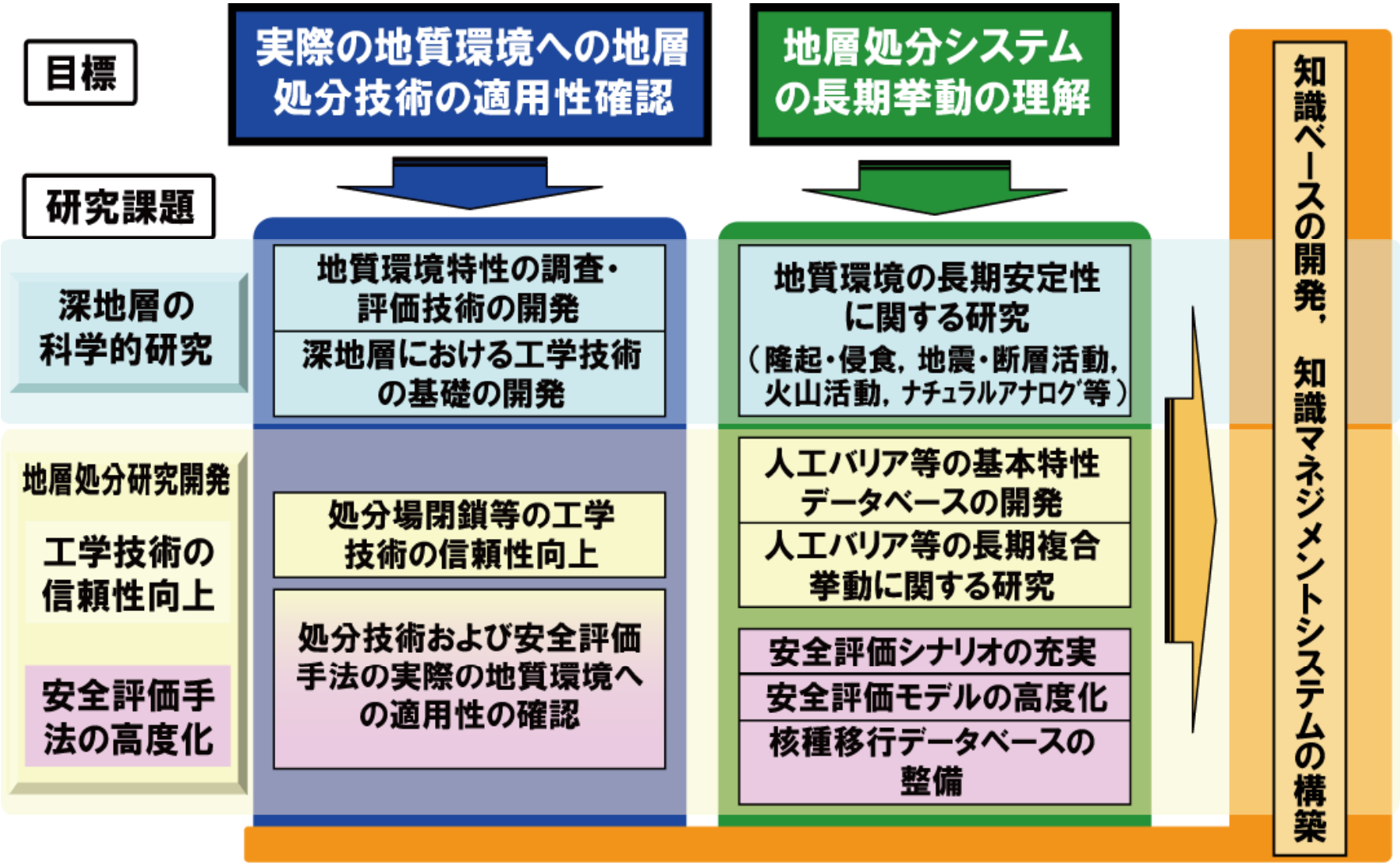
深地層の研究施設において技術を適用して確認する

②地層処分システムの長期挙動の理解

✓安全評価の考え方や手法は、どのくらい現実的なのか？
✓火山、地震・断層、隆起・浸食などの処分システムに対する影響について、将来の変化も含めて評価できるのか？

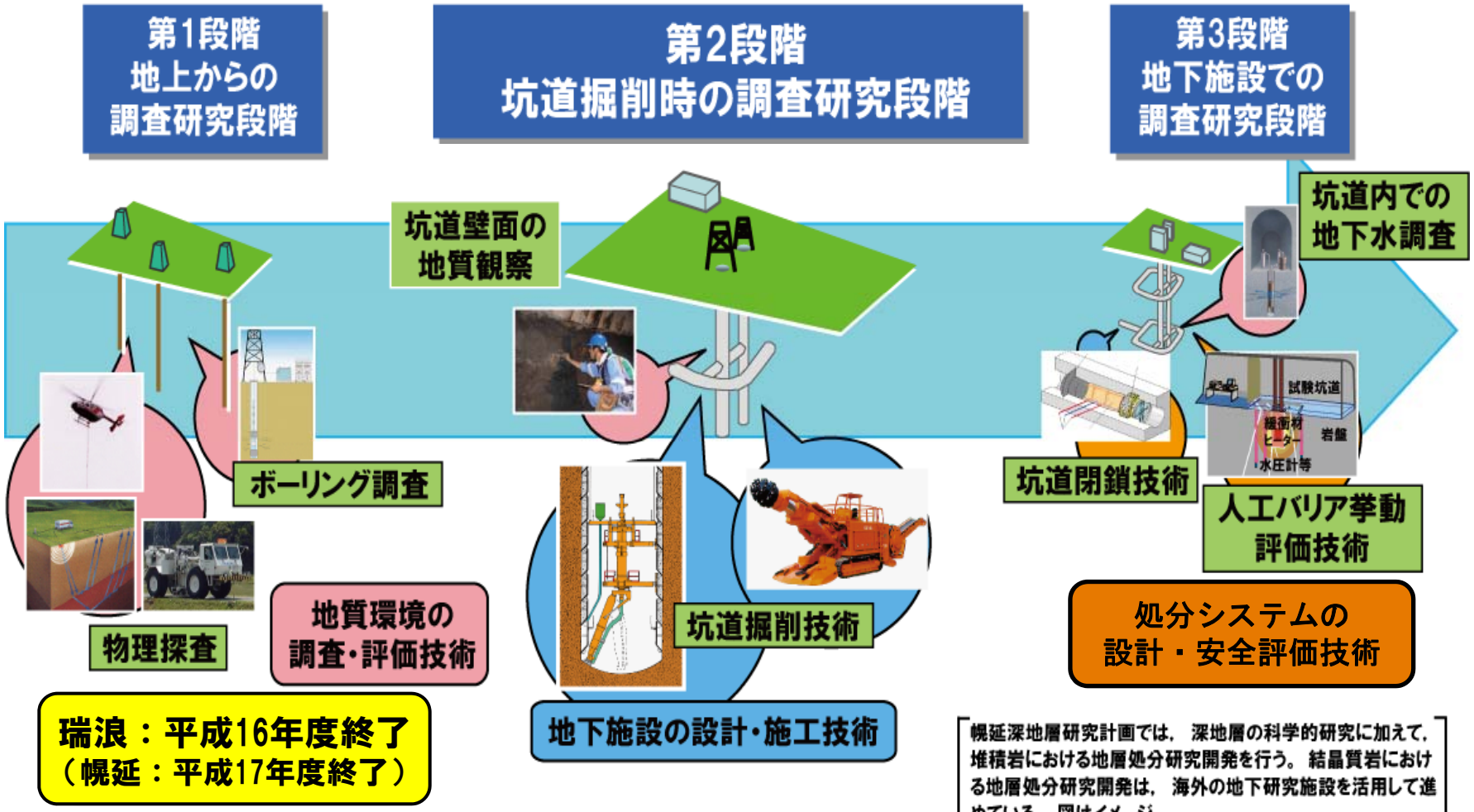
地下での現象（地下水の流れ、物質の移動など）の理解を進める
自然現象の調査技術や影響評価手法の開発を進める

原子力機構の研究開発目標と課題



実際の地質環境への地層処分技術の適用性確認

深地層の研究施設計画 → ○広域地下水流動研究
○超深地層研究所計画



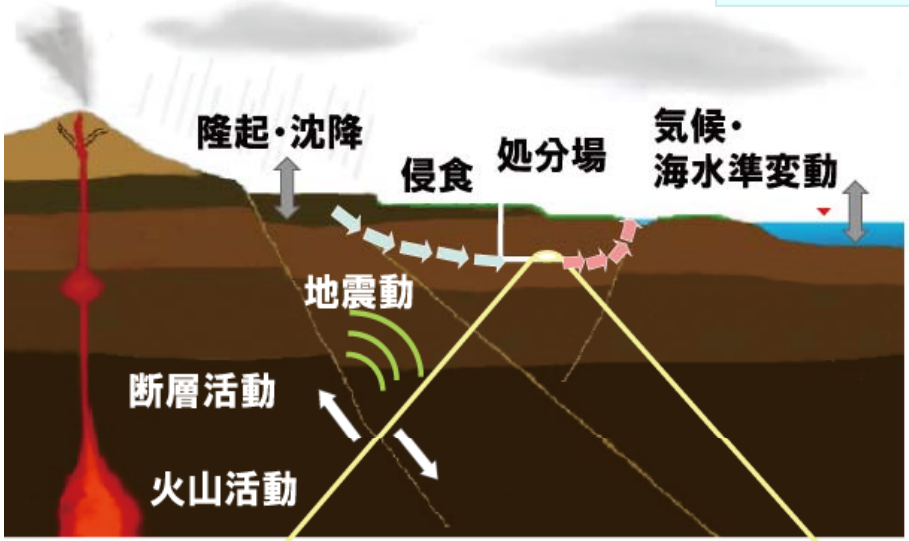
瑞浪：平成16年度終了
（幌延：平成17年度終了）

［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。］

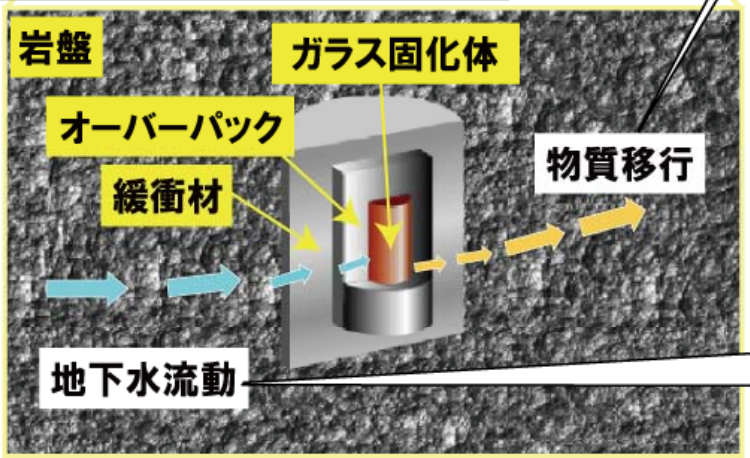
地層処分システムの長期挙動の理解

地質環境の長期的変遷の把握

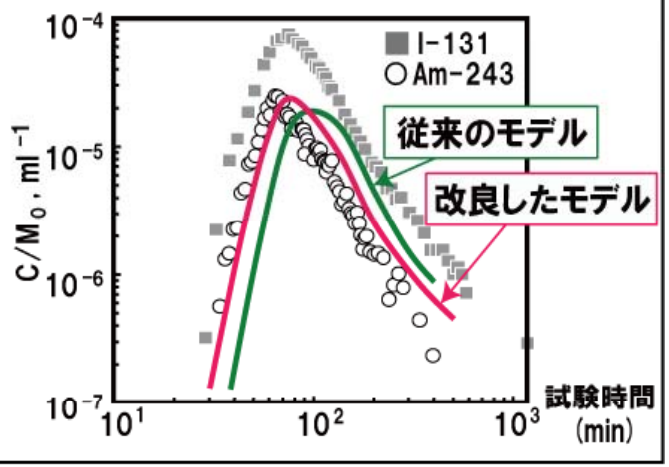
○地質環境の長期
安定性に関する研究



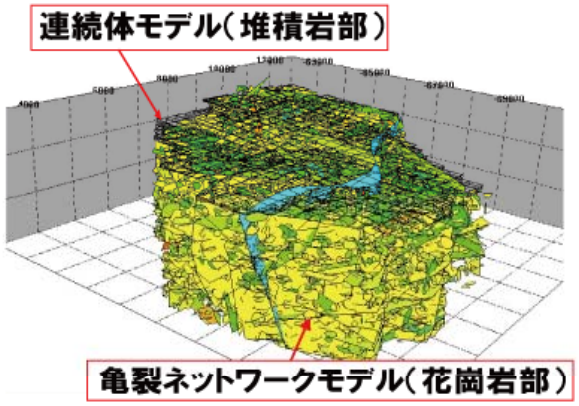
現象理解に基づくモデルの高度化



コロイド移行挙動



地下水流動モデル



地下水が流れる主要な経路である
亀裂を表現したモデル

原子力機構の研究開発拠点

東濃地科学センターの課題と反映

2000年　　2020年

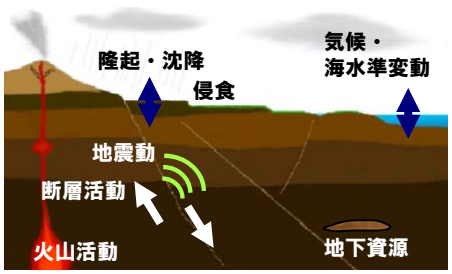
安全規制
- 概要調査地区選定環境要件
- 精密調査地区選定環境要件
- 安全審査基本指針
- 安全審査指針技術基準
- 安全審査

処分事業（原子力発電環境整備機構：NUMO）
- 公募 → 応募 → 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
- 文献調査
- 概要調査
- 精密調査

東濃地科学センターにおける地層科学研究

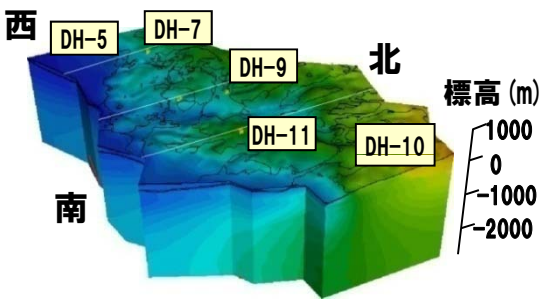
- 地層処分システムの長期挙動の理解
- 実際の地質環境への地層処分技術の適用性確認

地質環境の長期安定性に関する研究

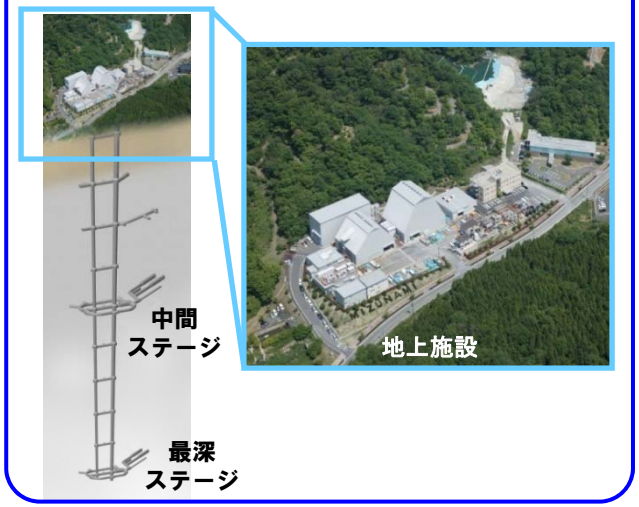


将来予測の手法の高度化の継続

広域地下水流動研究



超深地層研究所計画

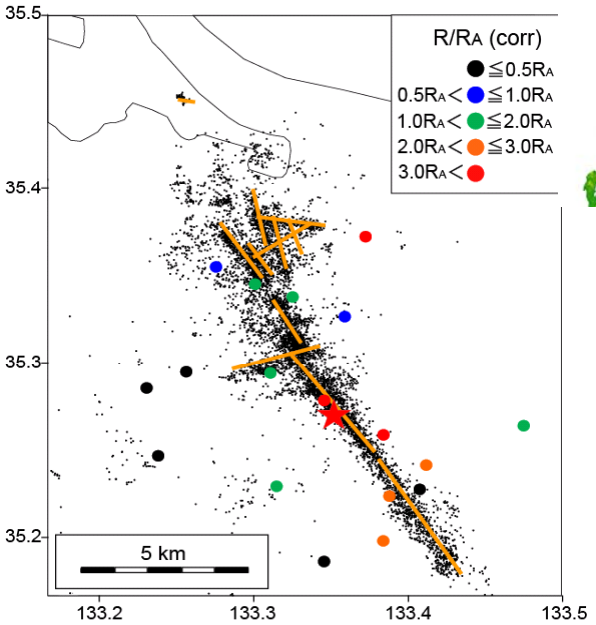


現象理解の進展
ー地質環境の長期安定性に関する研究ー

•地層処分に影響をおよぼす可能性がある自然現象を現地で調査するための技術の整備

火山活動に関する研究の例

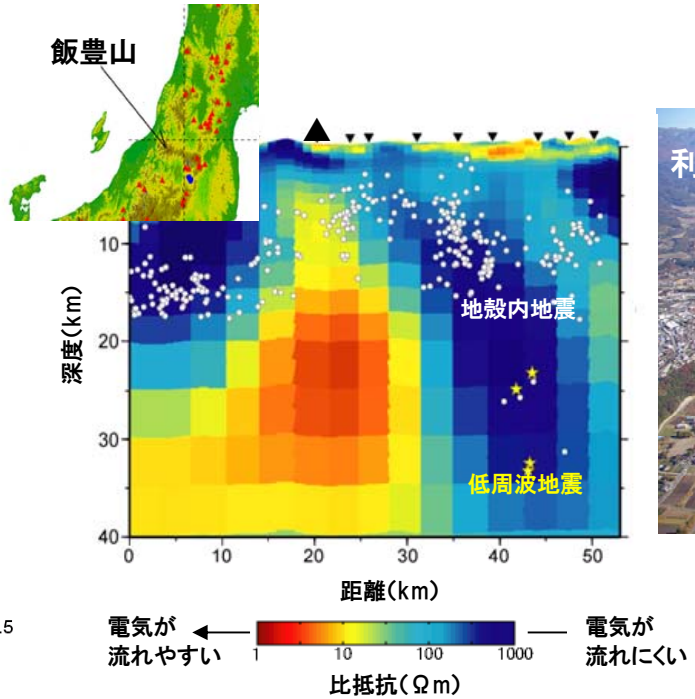
→地下水中のヘリウムを測定して
未知の活断層を検出



2000年鳥取県西部地震震源域における
地下水中のヘリウム同位体比
（R_Aは大気で規格化した値）

火山活動に関する研究の例

→電気の流れやすさから
マグマの位置を推定



飯豊山（山形・福島県境）の地下の比抵抗構造

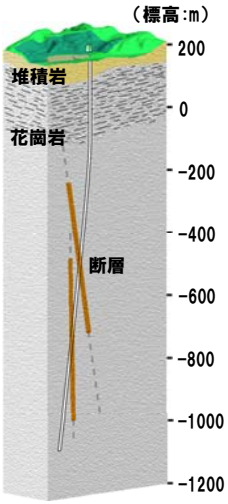
隆起・侵食に関する研究の例

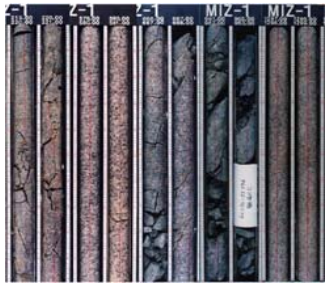
→段丘の高度差と年代から
隆起速度を推定

超深地層研究所計画

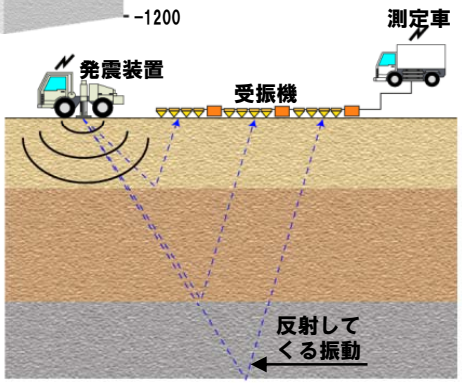
○深部地質環境の調査・解析・評価技術の基盤の整備
○深地層における工学技術の基盤の整備

第１段階の成果【地上からの調査研究】





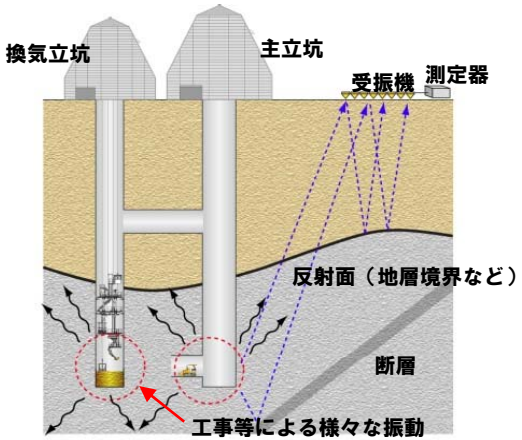
ボーリングコア



反射法弾性波探査

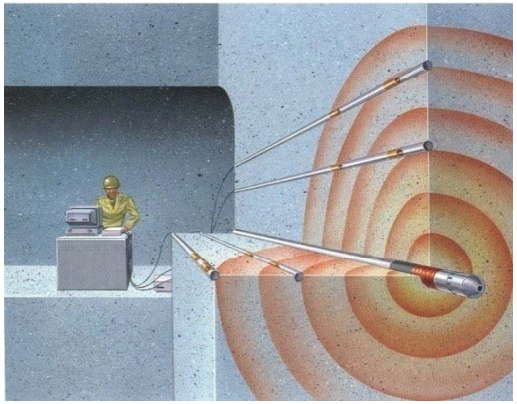
第２段階【坑道掘削時の調査研究】

立坑での壁面（地層）調査



工事等の振動を利用した弾性波探査

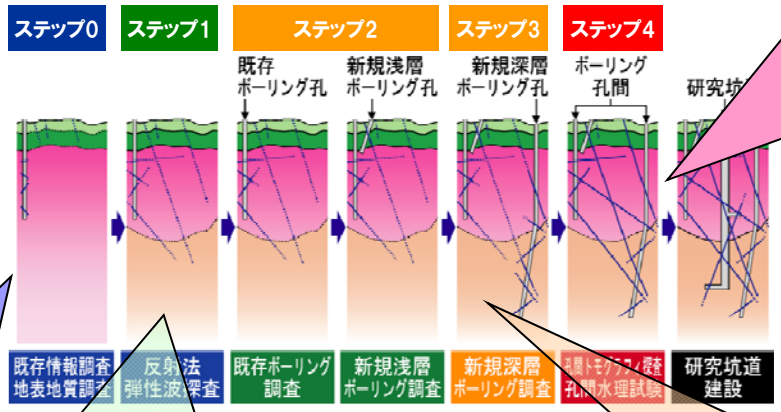
第３段階【研究坑道での調査研究】



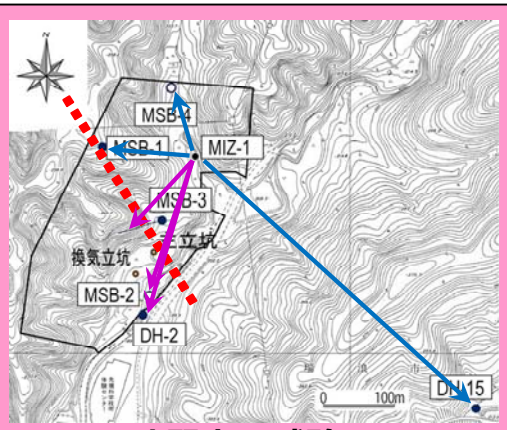
研究イメージ

効率的な調査の進め方（調査の体系化）

●体系化：
広い領域の概略把握　→　重要な地質構造を対象にボーリング　→　水理的連結性を調査
●各ステップ毎にモデル化・解析を実施して次の調査対象を決定



地表地質調査



孔間水理試験

ボーリング孔間における断層の水理特性やその連続性を評価

岩相境界や断層の位置を面的に調査

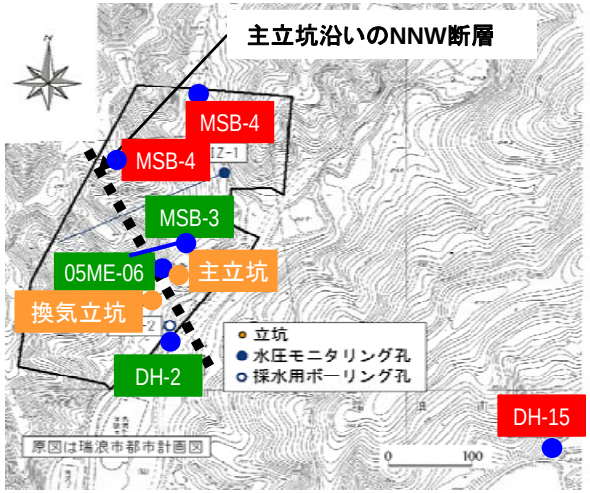
反射法弾性波探査

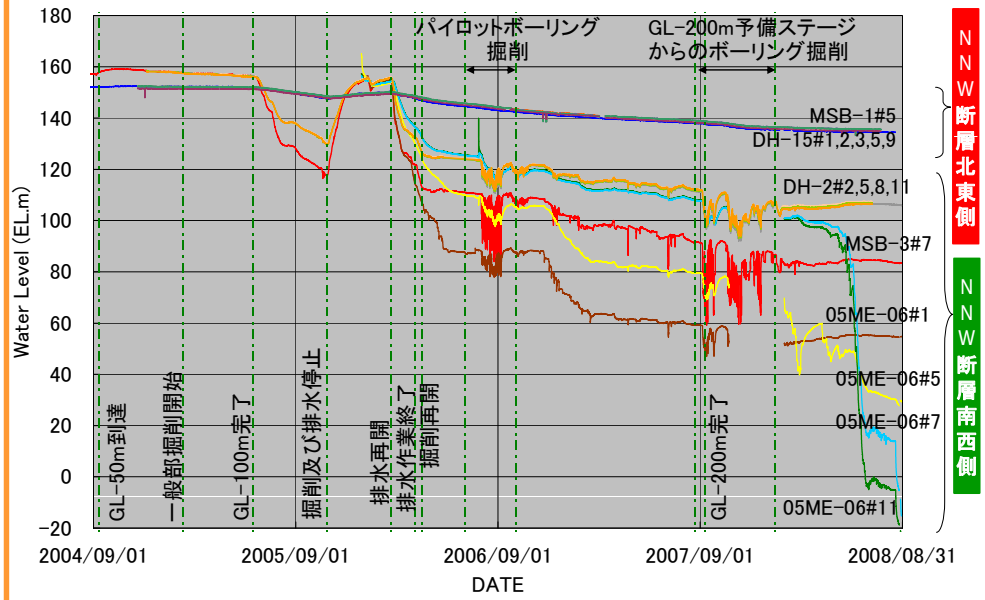
ボーリング調査

各岩相や断層の特性の把握

地下水水圧の観測結果（水圧変動データ）

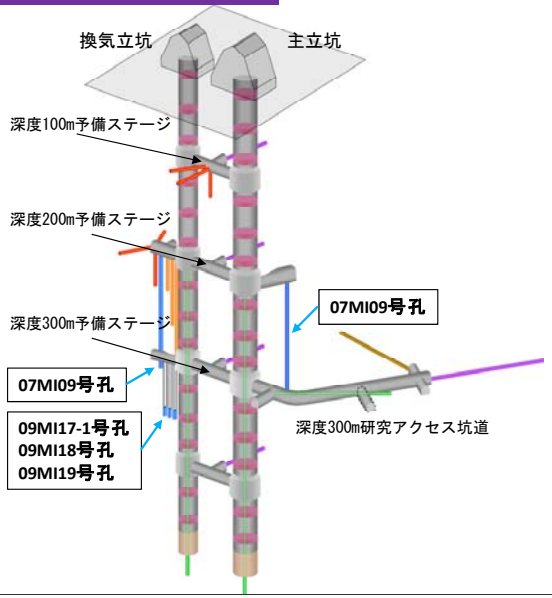
地表からのボーリング孔

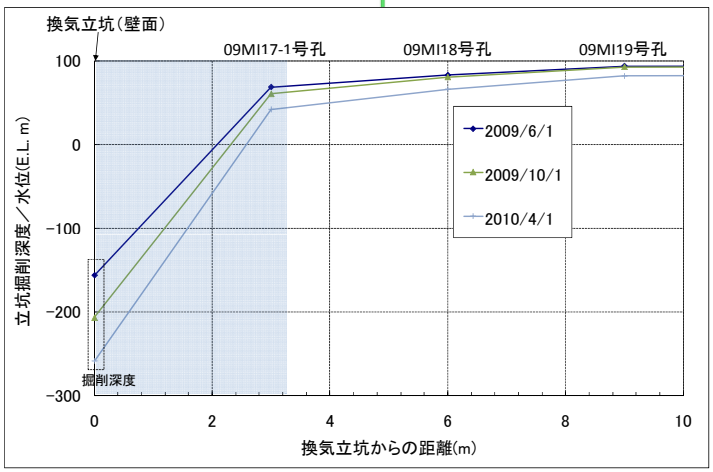




➢ 主立坑沿いのNNW断層を挟んで水圧変動が異なる

研究坑道からのボーリング孔

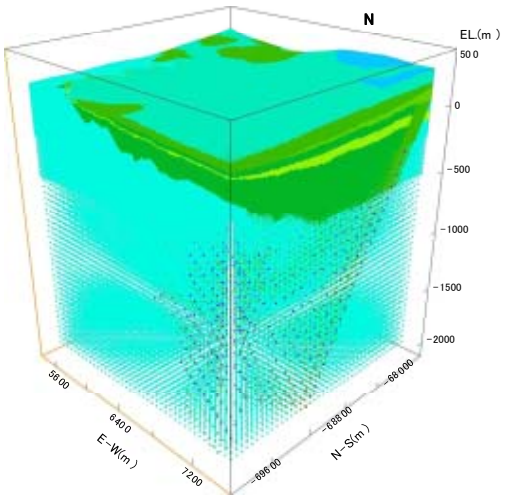




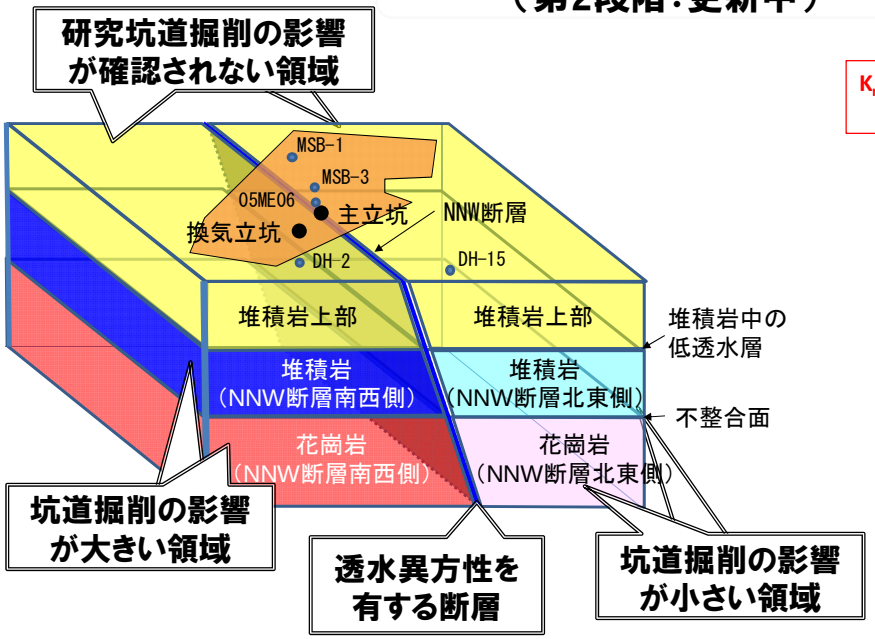
➢ 立坑近傍の水理特性によって，立坑のごく近傍（数mの範囲）で，急激な水圧低下が生じている

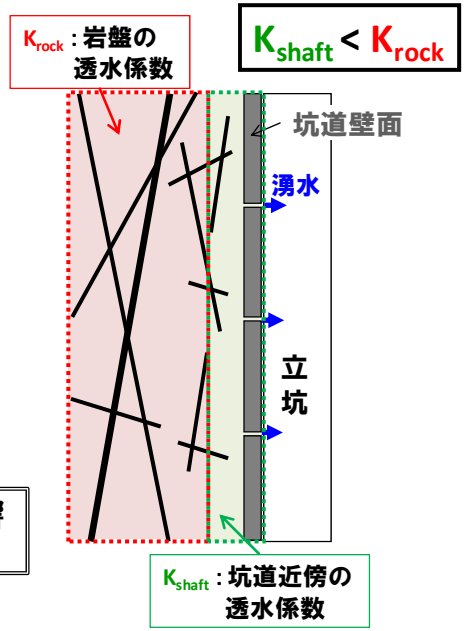
水理地質構造モデル－計測結果に基づく水理地質構造の解釈－

水理地質構造モデル
（第1段階：検証中）



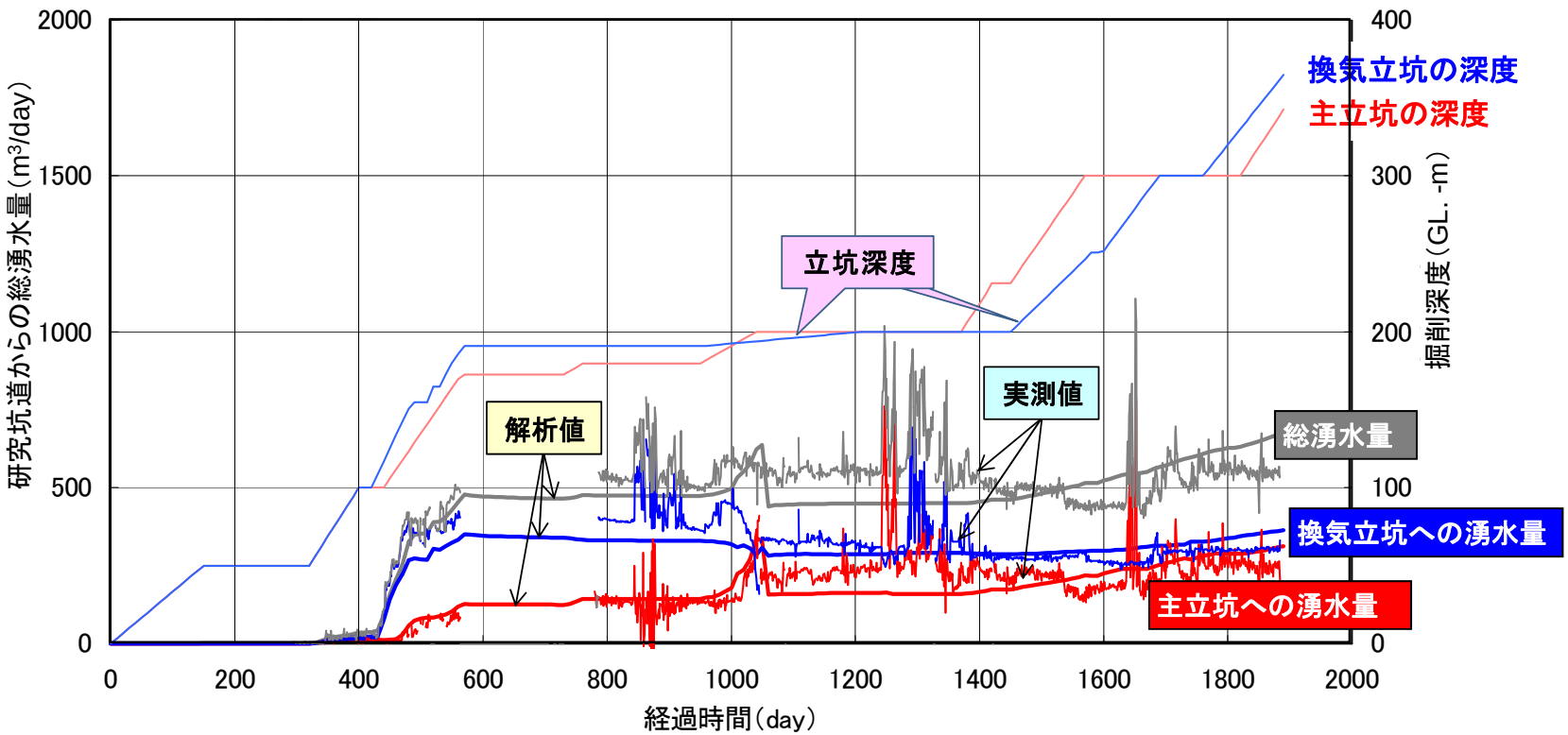
水理地質構造モデル
（第2段階：更新中）





	主立坑沿いのNNW断層	立坑近傍の水理特性
第１段階	断層面に直交方向が低透水性，面方向が高透水性であると推定	覆工コンクリートなどの影響により岩盤の透水性と異なると推定
第２段階	水圧変動から断層面に直交方向が低透水性であることを確認 ⇩ 坑内からのボーリング調査により，断層面方向と直交方向の透水性の違いや断層の連続性を確認中	坑道近傍の透水性は元々の岩盤よりも低いことを確認

地下水流動解析－水理地質構造モデルの妥当性確認－

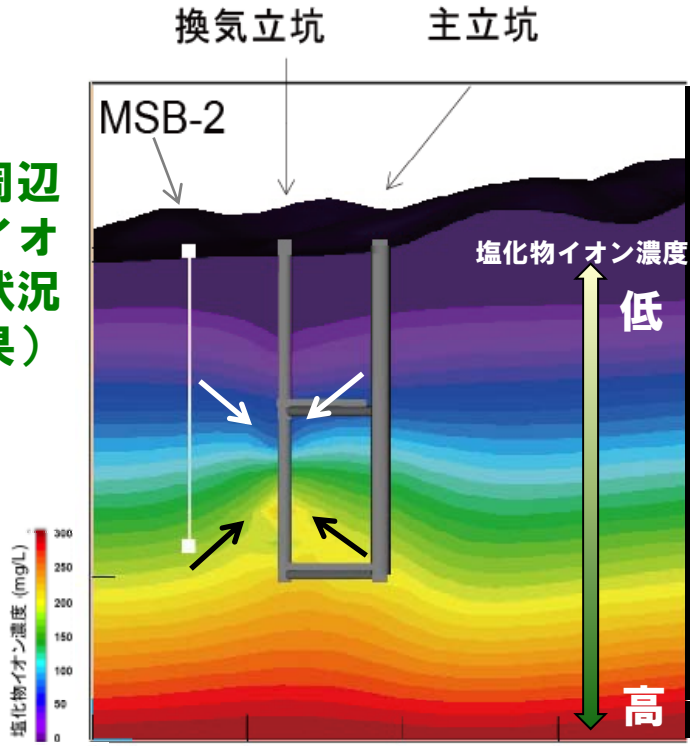


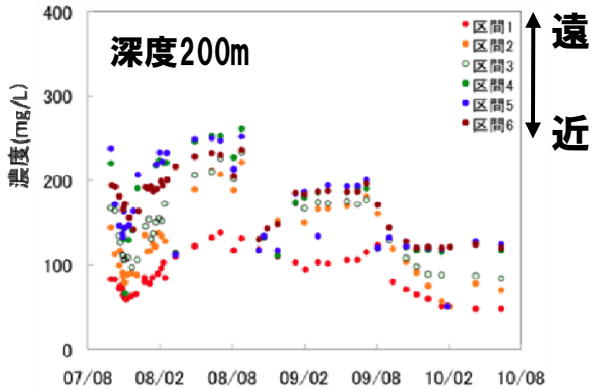
第2段階での調査結果に基づき，水理地質構造モデルを更新
→ 地下水流動解析による湧水量の再現性が向上

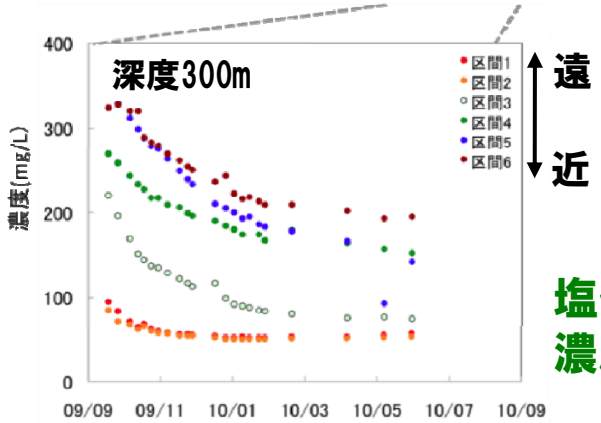
更新した水理地質構造モデルに基づく，水圧変動の再現性向上に関する検討を実施中

現象の理解（水質モニタリングと地下水の流れの評価）

研究坑道周辺の塩化物イオン濃度の状況（解析結果）







塩化物イオン濃度の推移

研究坑道を利用した地下水の調査・評価技術

＜研究所での評価結果＞
坑道上部：浅部より塩化物濃度の低い地下水が流入
坑底付近：深部から塩化物濃度の高い地下水が上昇

地下施設掘削に伴なって発生する現象の理解

→

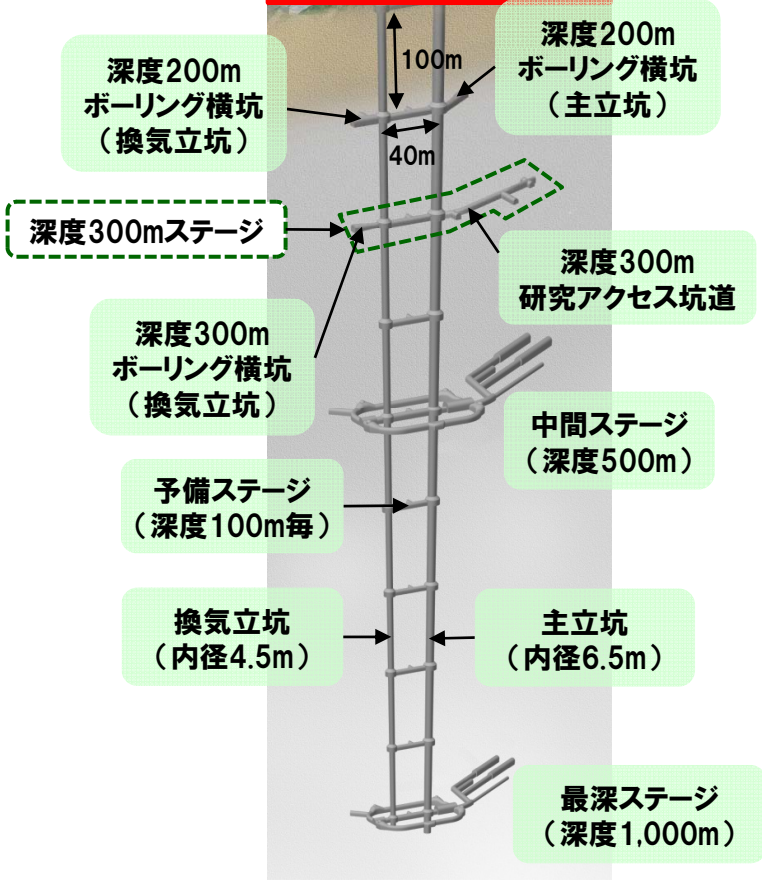
・調査・評価技術の信頼性向上

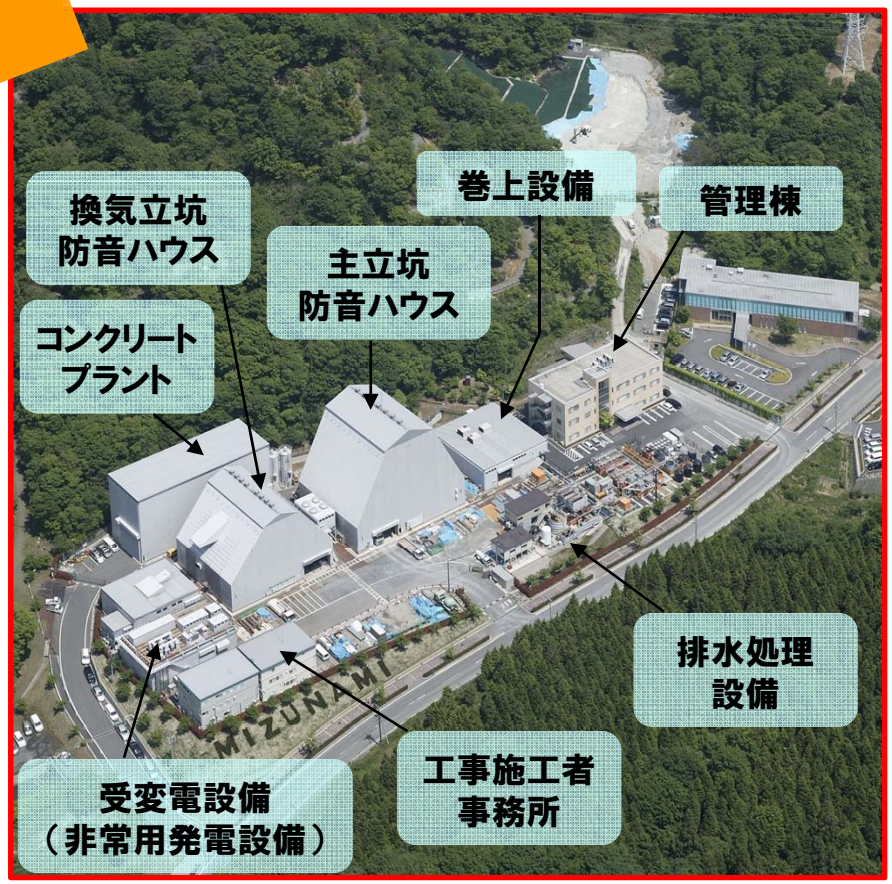
・安全評価手法の高度化

→ NUMO 精密調査

→ 国 安全規制

瑞浪超深地層研究所の施設





（坑道の位置や長さなどは計画であり、地質環境や施工条件などにより、決定していきます）

瑞浪超深地層研究所　主な設備類

換気立坑櫓設備

主立坑櫓設備と
防音ハウス組立作業

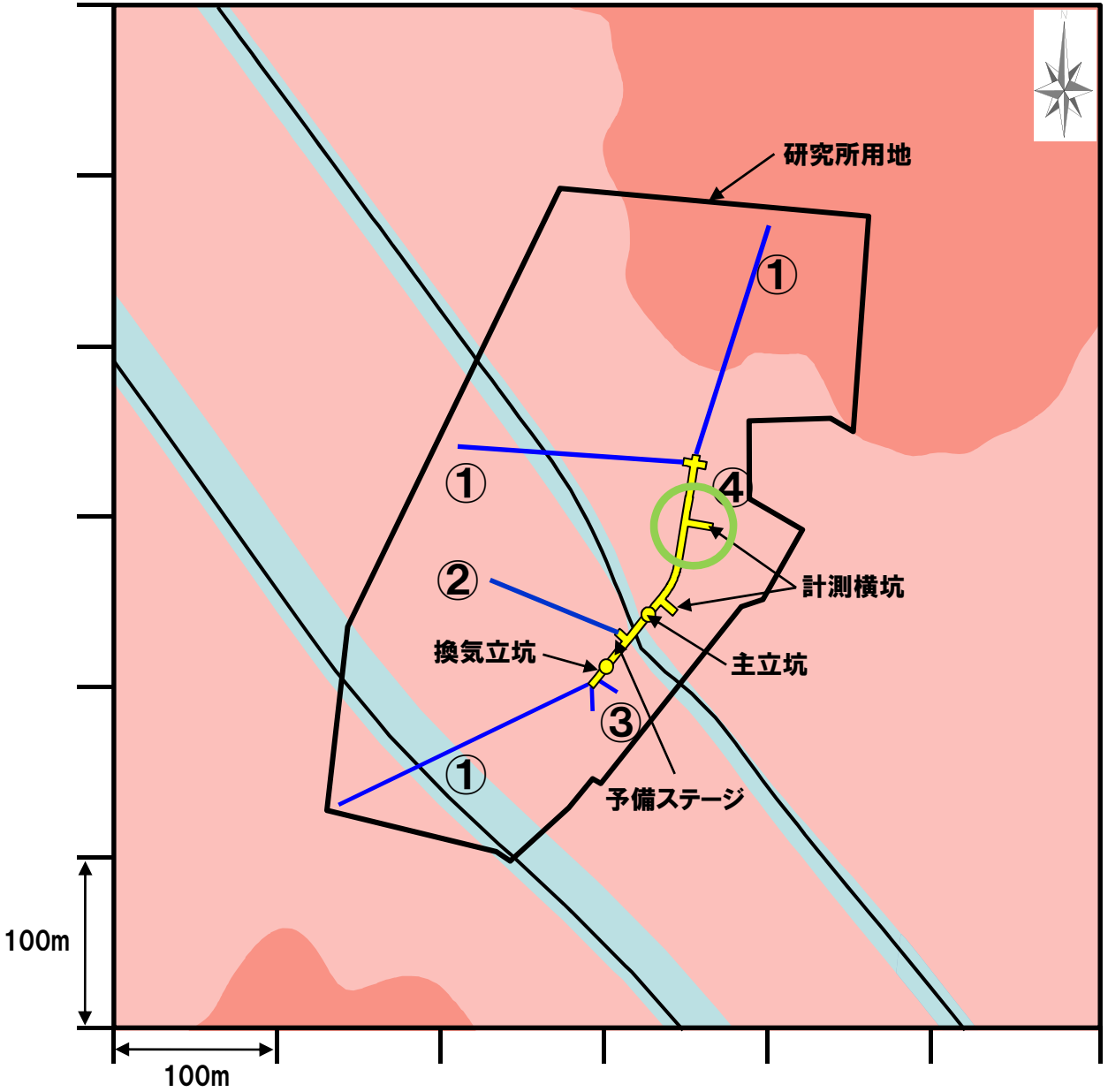
ｺﾝｸﾘｰﾄﾌﾟﾗﾝﾄと防音ハウス組立作業

換気立坑用スカフォード
吊り込み作業

主立坑用シャフトジャンボ

主立坑巻上設備

今後の計画
ー深度３００mにおける主な調査・研究ー



第二段階の調査研究

①断層や割れ目を対象とした調査
②地下水の化学的性質の変化に関する調査
③岩盤にかかる圧力の測定

第三段階の調査研究

④坑道掘削の影響や湧水抑制対策技術の研究
⑤物質の移動に関する調査研究

※⑤の実施については①の調査結果などを踏まえて決定

割れ目が比較的少ない領域
割れ目が比較的多い領域
規模が大きな断層帯

開かれた研究開発を目指して

超深地層研究所　研究坑道　紹介ビデオ

ご清聴ありがとうございました