

# 幌延深地層研究計画の成果と 今後の計画について

平成18年7月31日  
日本原子力研究開発機構  
幌延深地層研究センター

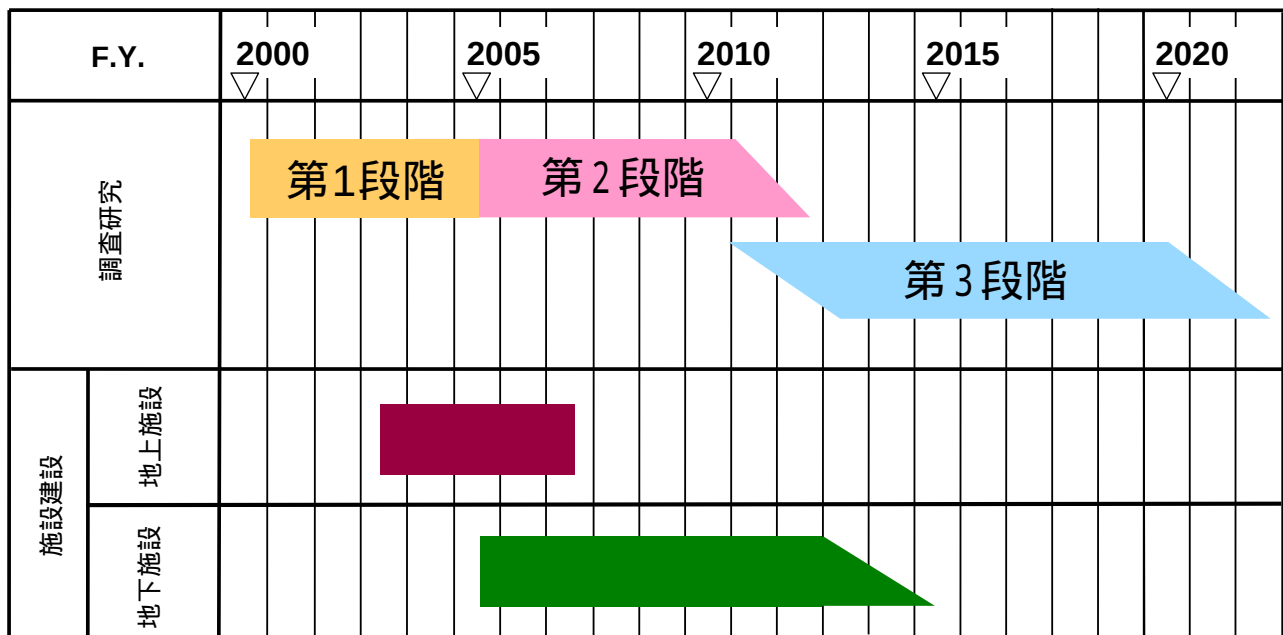
## 報告内容



- 幌延深地層研究計画(全体)の概要
- 現状とこれまでの成果
- 第2段階の施設建設と調査研究の計画
- 外部研究機関との研究協力
- 今後の課題・留意点

# 幌延深地層研究計画(全体)の概要

## ■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 : 坑道掘削時(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

3

# 幌延深地層研究計画(全体)の概要

## ■研究開発課題

- 深地層の科学的研究
  - 地質環境調査技術開発
  - 地質環境モニタリング技術の開発
  - 地質環境の長期安定性に関する研究
  - 深地層の工学技術の基礎の開発
- 地層処分研究開発
  - 処分技術の信頼性の向上
    - 人工バリア等の工学技術の検証
    - 設計手法の適用性確認
  - 安全評価手法の高度化
    - 安全評価手法の適用性確認

赤字：本検討委員会での報告の範囲

4

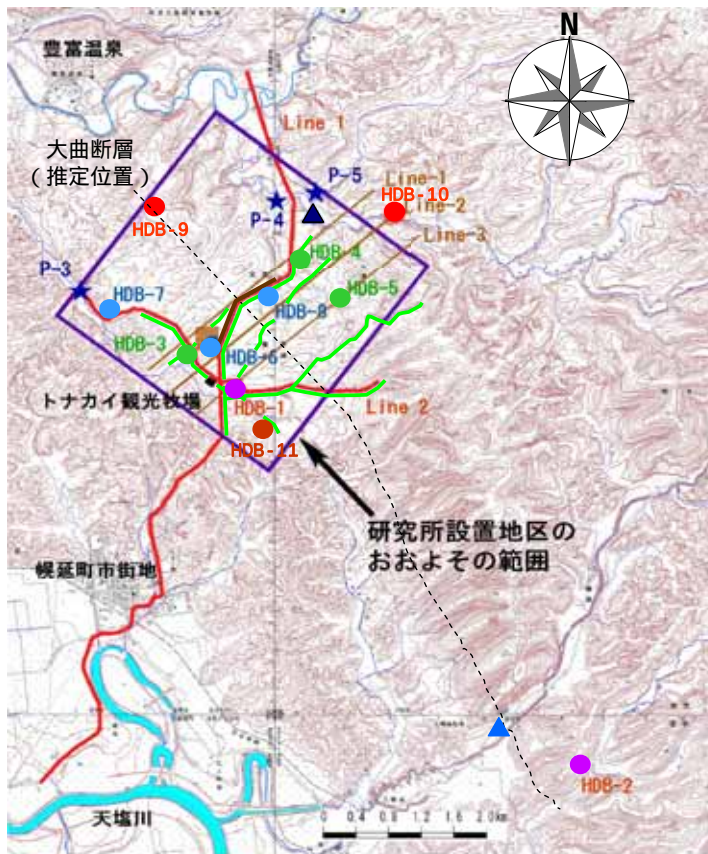
# 現状とこれまでの成果

## 第1段階に実施した地質環境調査



|        | 平成13年度                           | 平成14年度                                    | 平成15年度                                                                  | 平成16年度                                                                       | 平成17年度                                             |
|--------|----------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| 調査場所   | 幌延町内                             | 研究所設置地区他                                  | 研究所設置地区他                                                                | 研究所設置地区他                                                                     | 研究所設置地区他                                           |
| 地質調査   | 地表地質調査                           |                                           | 地表地質調査・浅層試錐調査                                                           |                                                                              | 地表地質調査                                             |
| 物理探査   | ヘリコプター調査<br>(電磁、磁気、γ線)<br>MT/AMT | 地震探査<br>(反射法、VSP法)                        | 精密AMT                                                                   | 精密地震探査<br>(反射法、VSP法)<br>重力探査                                                 | 電気探査<br>データ解析                                      |
| 表層水理調査 | 表層水理の特徴の整理<br>冬季流量測定<br>積雪面蒸発量測定 | 河川流量計設置観測<br>電気伝導度計設置観測                   | 気象観測<br>河川流量観測<br>河川水・降水水質観測                                            | 気象観測<br>(樹冠上蒸発散量計測システム増設)<br>河川流量観測<br>(一部観測装置移設)<br>河川水・降水水質観測<br>土壌水分計設置観測 | 気象観測<br>河川流量観測<br>河川水・降水水質観測<br>土壌水分観測             |
| 試錐調査   | HDB-1:720 m<br>HDB-2:720 m       | HDB-3:520 m<br>HDB-4:520 m<br>HDB-5:520 m | HDB-6:620 m<br>HDB-7:520 m<br>HDB-8:470 m<br>コントロールホールリンク:<br>290m(掘削長) | HDB-9:520 m<br>HDB-10:550 m<br>HDB-11:803 m<br>コントロールホールリンク:547m(掘削長)        | HDB-11:803-1020m<br>コントロールホールリンク:<br>547-700m(掘削長) |

# 研究所設置地区と調査位置



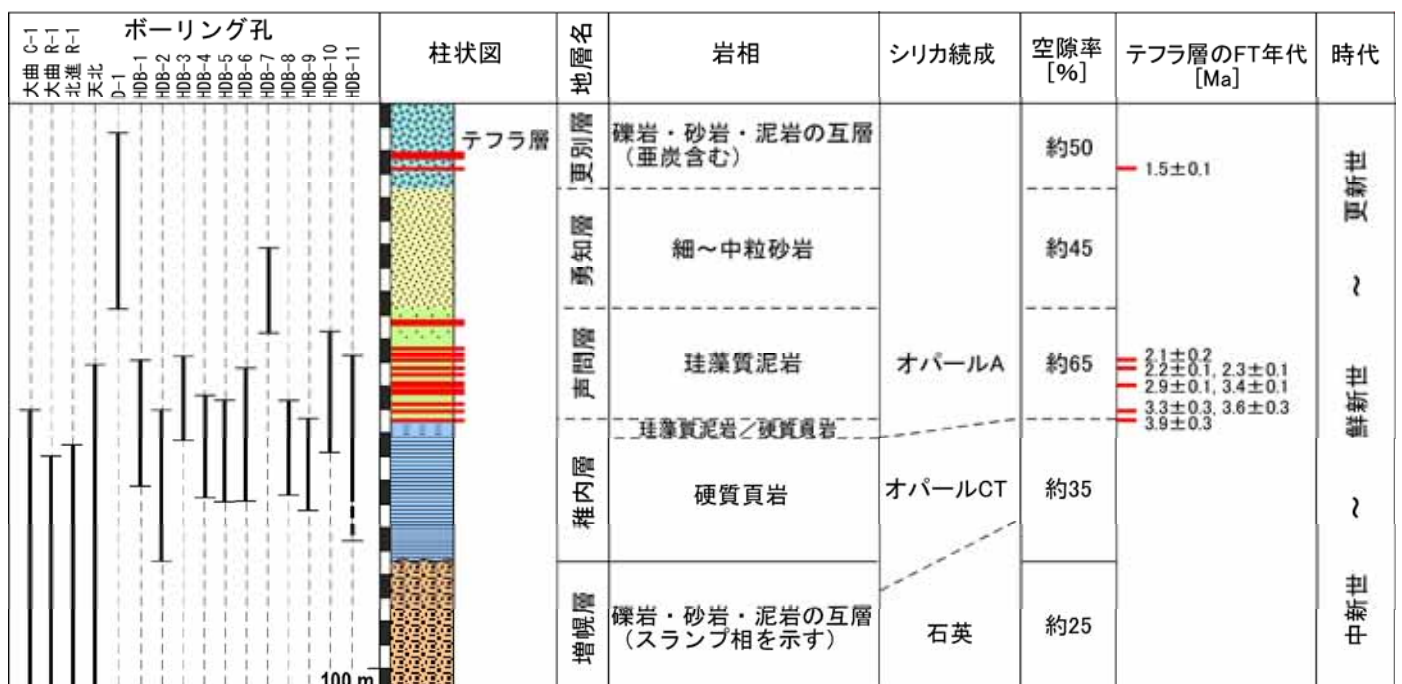
国土地理院1/25,000地形図(幌延、本流、豊富、豊幌)を使用

## 凡例

- 平成17年度試錐孔
- 平成16年度試錐孔
- 平成15年度試錐孔
- 平成14年度試錐孔
- 平成13年度試錐孔
- ▲ コントロールボーリング
- ▲ コントロールボーリング
- 反射法地震探査測線(H14)
- 電磁法(AMT法)探査測線(H15)
- 高密度反射法地震探査測線(H16)
- 電気探査測線(H17)
- 河川流量観測システム設置位置
- 研究所用地

7

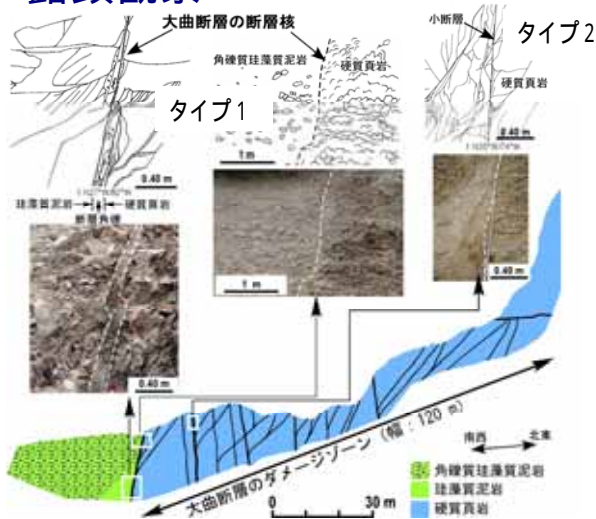
# 研究所設置地区及び周辺の総合地質柱状図



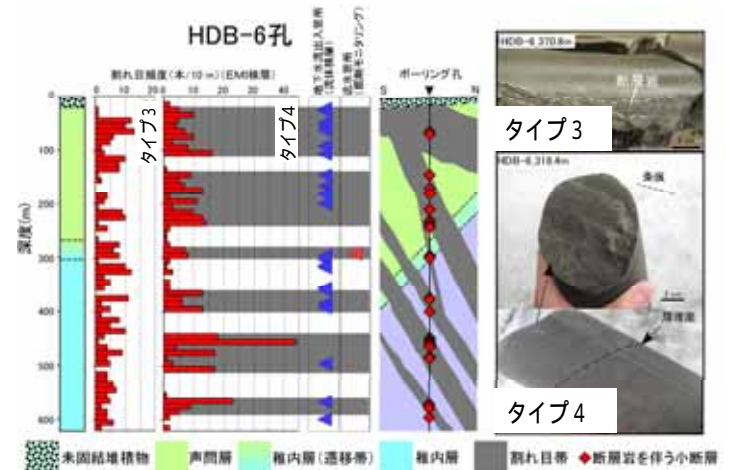
8

# 不連続構造の調査

## ■ 露頭觀察



## ■ コア観察



## ■ 研究所設置地区及び周辺地域で観察された割れ目の分類

|       |         | タイプ1       | タイプ2         | タイプ3         | タイプ4       |
|-------|---------|------------|--------------|--------------|------------|
| 方向性   | 層理面との関係 | 高角に交差      | 高角に交差        | 高角に交差        | ほぼ平行       |
|       | 褶曲軸との関係 | ほぼ平行       | 平行～斜交        | 斜交(～直交)      | ほぼ平行       |
| 変位センス |         | 縦ずれ優勢      | 縦ずれ優勢        | 横ずれ優勢        | 縦ずれ優勢      |
| 変位量   |         | 10 mオーダー以上 | 0～10 mオーダー？  | 0～10 mオーダー   | 0～1 cmオーダー |
| 備考    |         | 大曲断層の断層核   | 大曲断層のダメージゾーン | 密集して分布する傾向有り | 層面断層       |

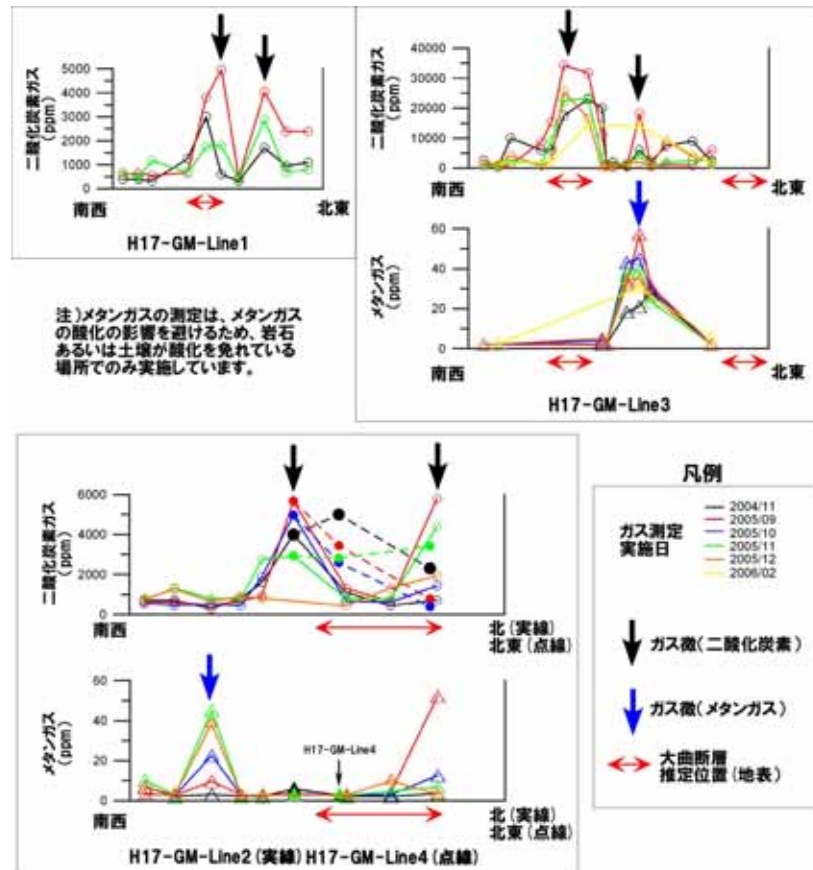
## 大曲断層位置推定のためのガス調査

## ■ ガス調査位置



# 大曲断層位置推定のためのガス調査

## ■ ガス測定結果



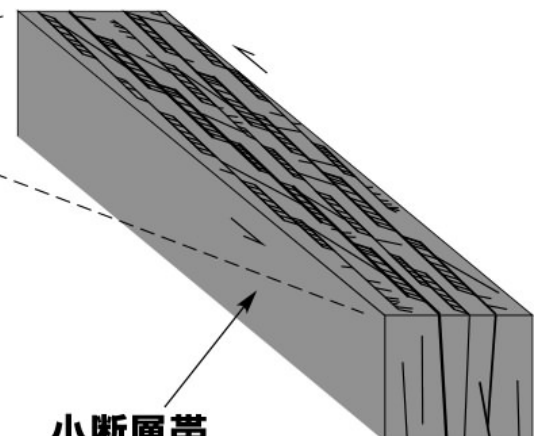
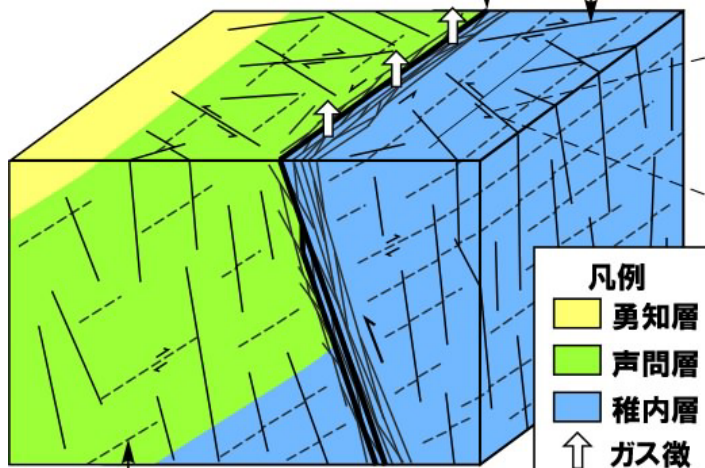
11

# 地質構造モデル

## ■ 断層に関する地質構造の概念モデル

層理面に高角な横ずれ優勢の断層(小断層帯を形成)

大曲断層

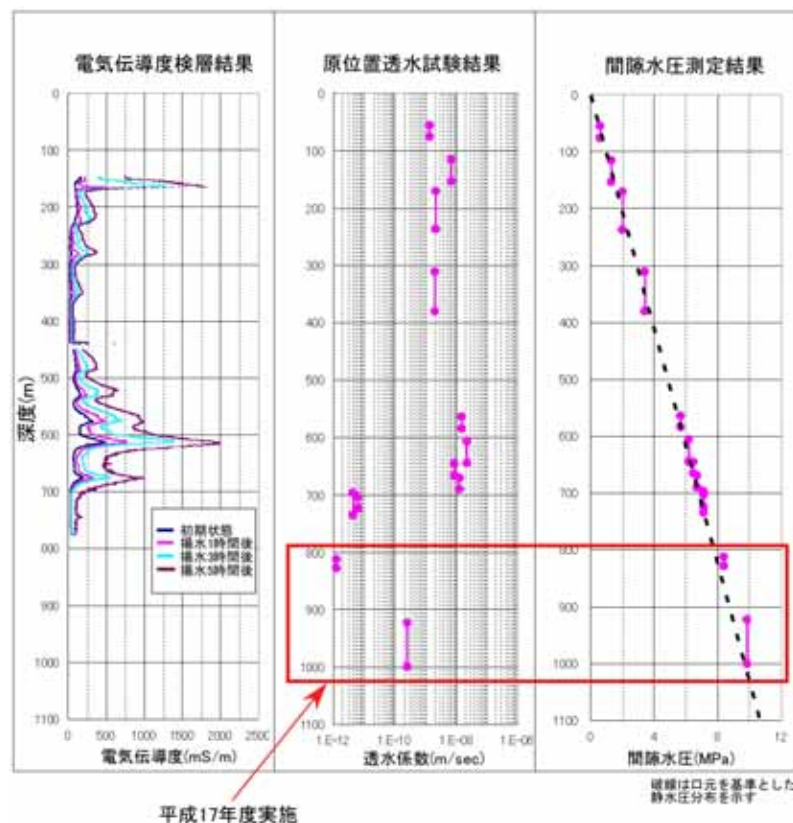


層理面にほぼ平行な縦ずれ優勢の断層

12

# 水みち評価のための水理調査

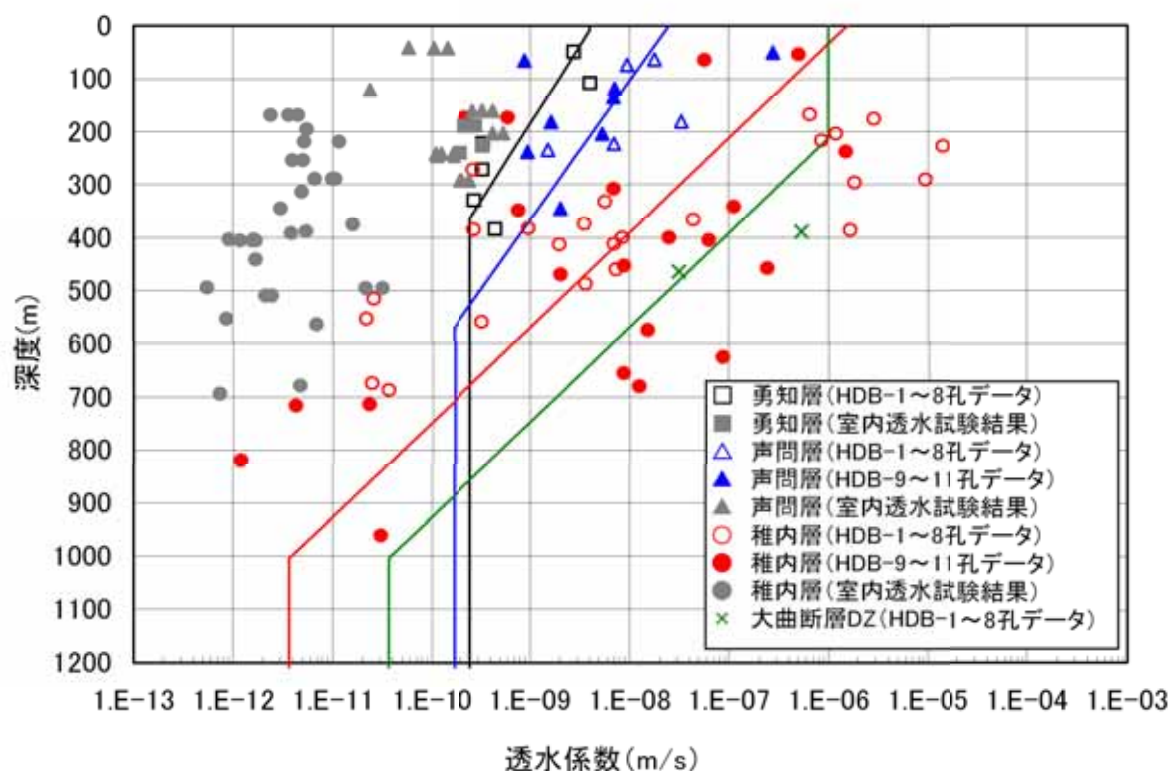
## ■ 各調査結果の比較(HDB-11孔)



13

# 水みち評価のための水理調査

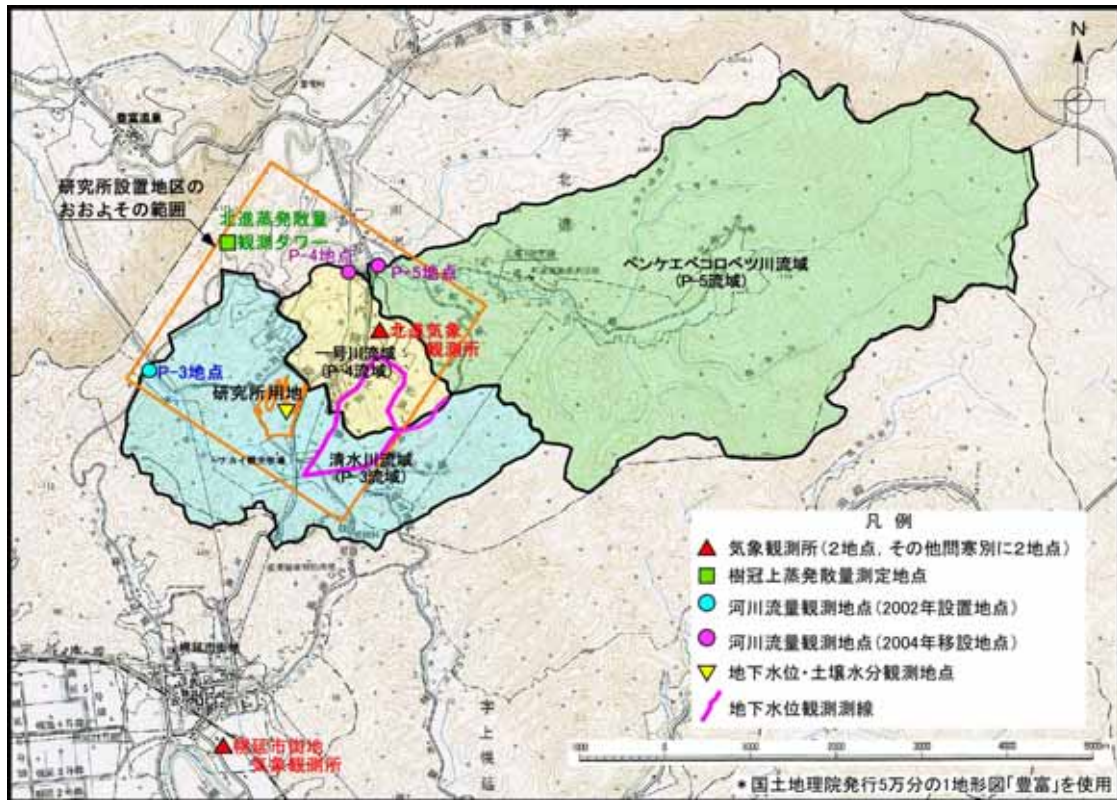
## ■ 室内及び原位置における透水試験結果



14

# 涵養量推定のための表層水理調査

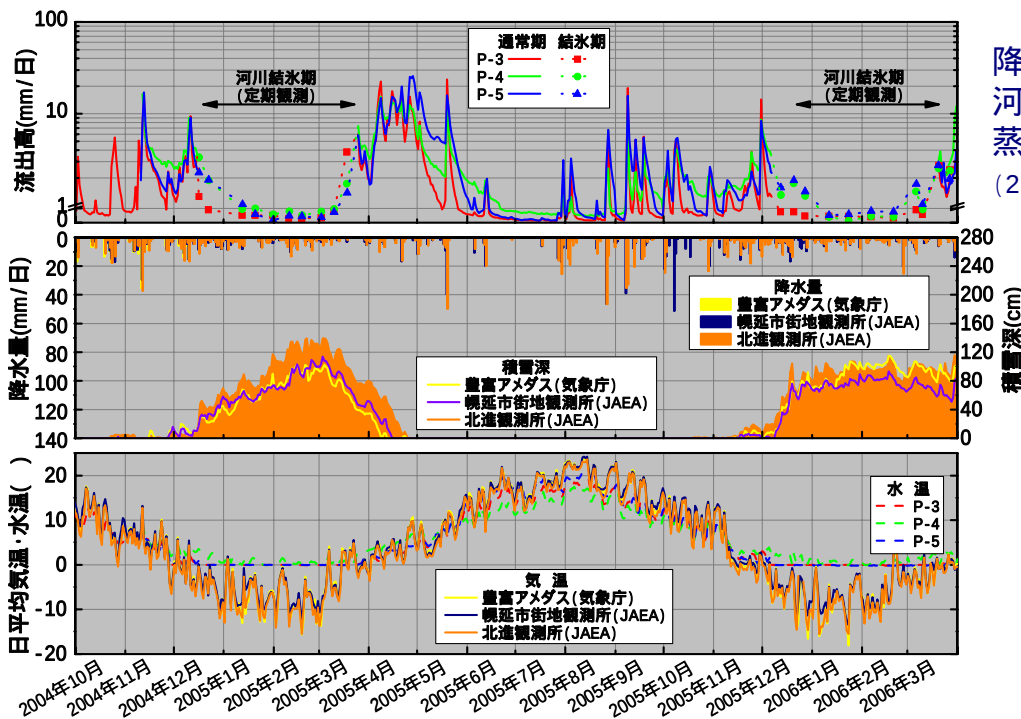
## ■ 表層水理調査位置



15

# 涵養量推定のための表層水理調査

## ■ 河川流量観測および気象観測結果



降水量 : 1375 mm/y  
河川流出高 : 993 mm/y  
蒸発散量 : 262 mm/y  
(2004年12月～2005年11月)

## ■ 研究所設置地区における地下水涵養量推定値:

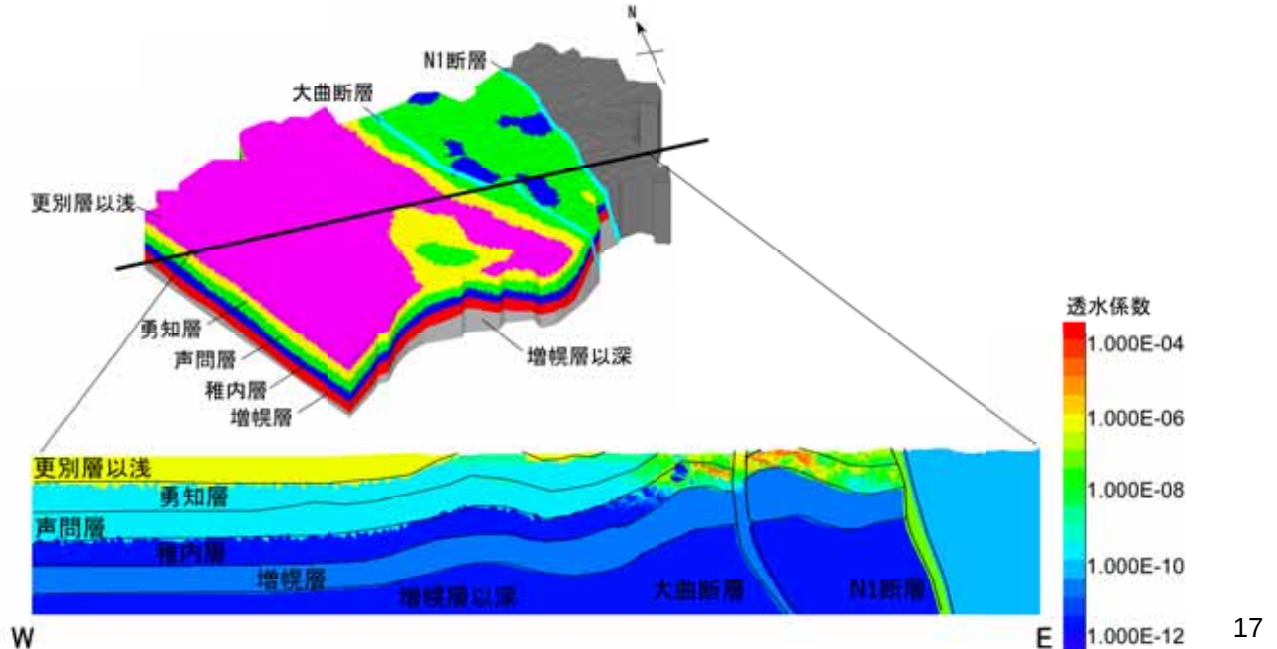
地下水涵養量 = 降水量 - 河川流出高 - 蒸発散量 = 120mm/y

16

# 地下水流動モデル

## ■ 有限要素メッシュと透水係数分布

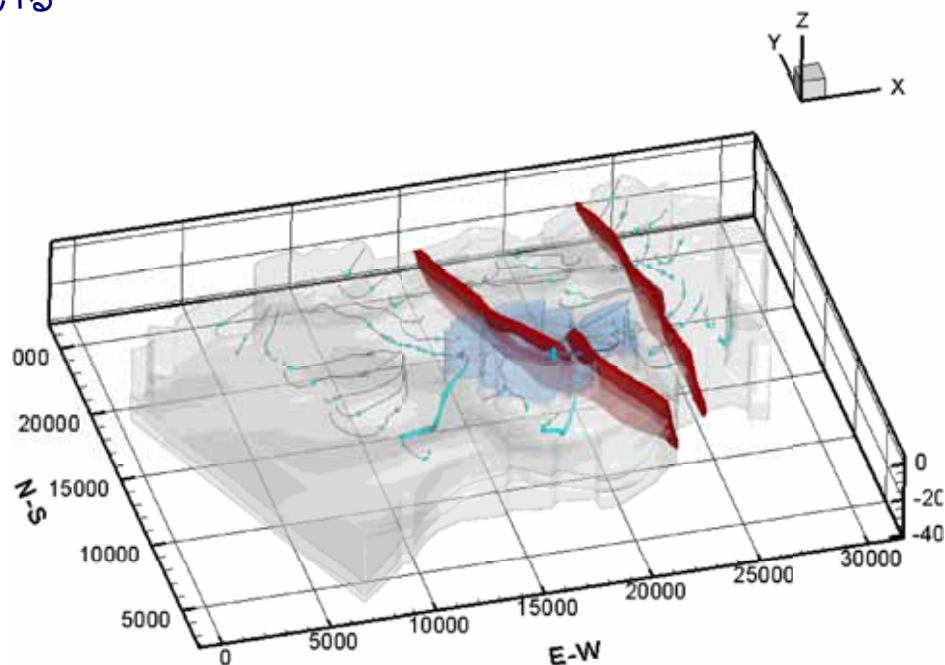
- 勇知層, 声問層, 稚内層, 大曲断層に対して透水係数の深度依存性を考慮
- 声問層, 稚内層に対して小断層帯の透水係数への影響を考慮するために等価不均質連続体モデルを適用
- 透水係数が取得されていない地層には, 文献から推定される値を適用



# 地下水流動モデル

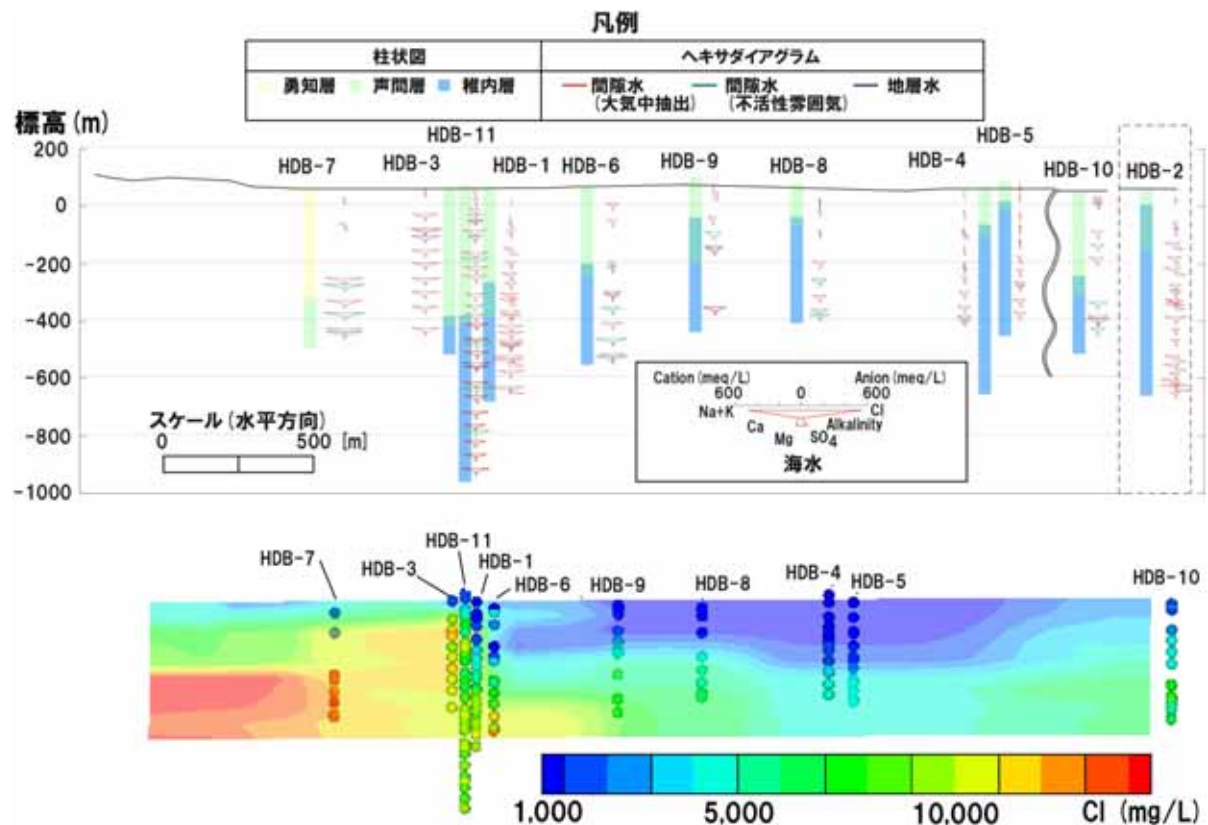
## ■ 地下水流動解析結果

- 地下水の大局的な流れは, 東側の高標高部から, 一部河川を經由して西側の海側境界に向かう
- 施設周辺では, 近傍の河川に向かう流れと, 天塩川付近の低標高部に向かう流れが生じている



# 地下水水質調査

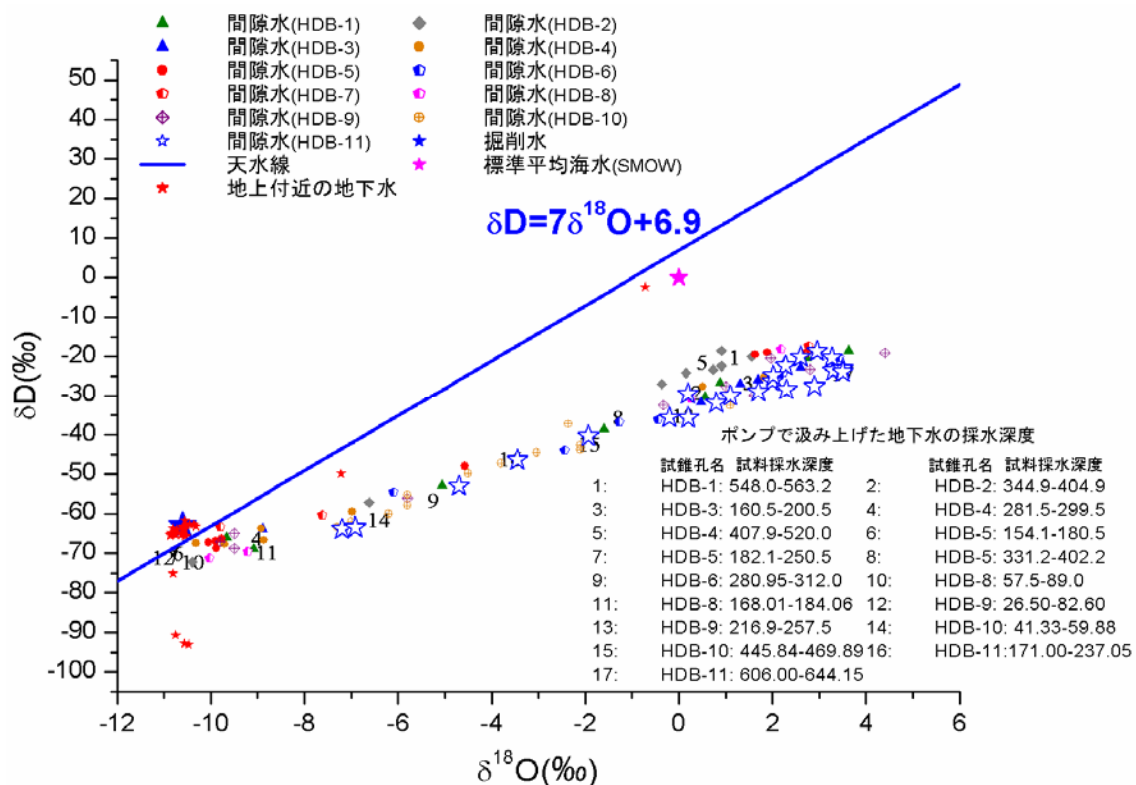
## ■ これまでに取得した地下水水質分析結果と推定した水質分布



19

# 地下水水質調査

## ■ 地下水と間隙水の酸素・水素同位体比の特徴



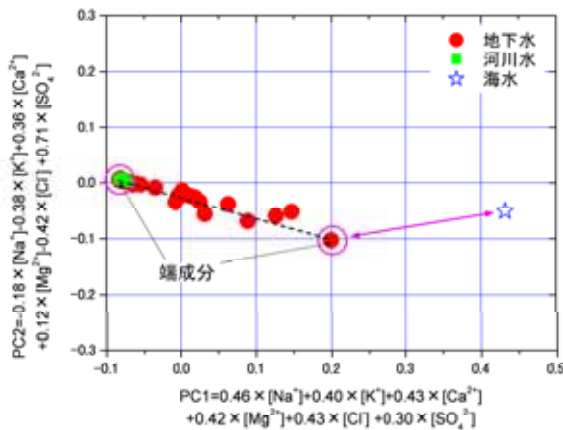
20

# 地下水水質モデル

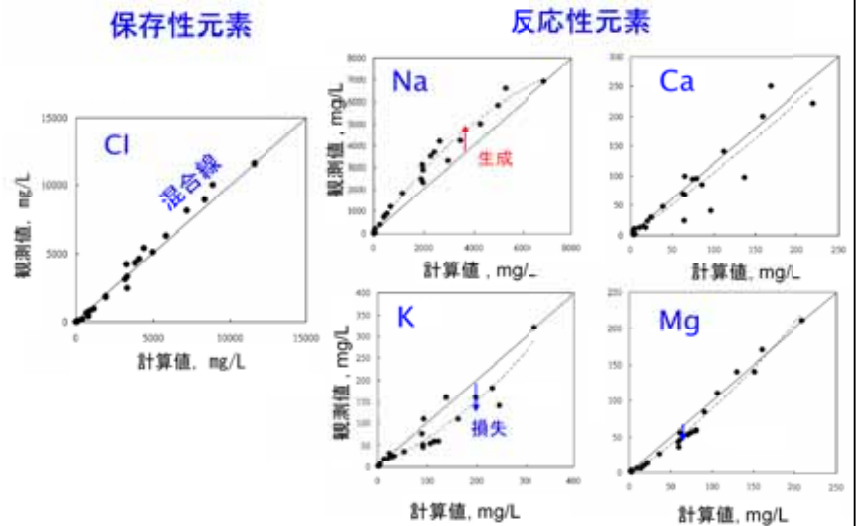
## ■ 多変量統計分析法 (M3法) による解析

- 主成分分析:  
ボーリング孔から採取した地下水は、HDB-3孔(深度:160.5~200.5m)の地下水と表層の河川水を端成分を結ぶ混合線上にプロットされる
- マスバランス計算:  
塩化物イオンは塩水希釈に伴うNa濃度の上昇が生じている → イオン交換の可能性

### ◆ 主成分分析図



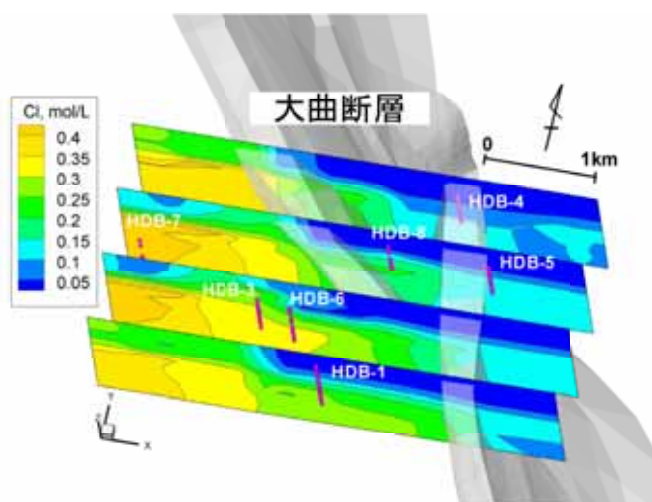
### ◆ 混合モデルと実測の比較



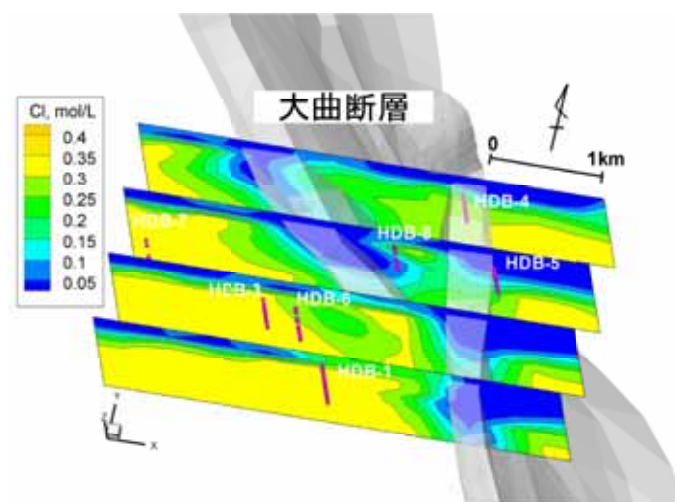
# 地下水水質モデル

## ■ ボーリング調査で得られた地下水水質データに基づく地下水水質の三次元モデル化

### ◆ 試錐調査結果から推定した地下水の水質分布



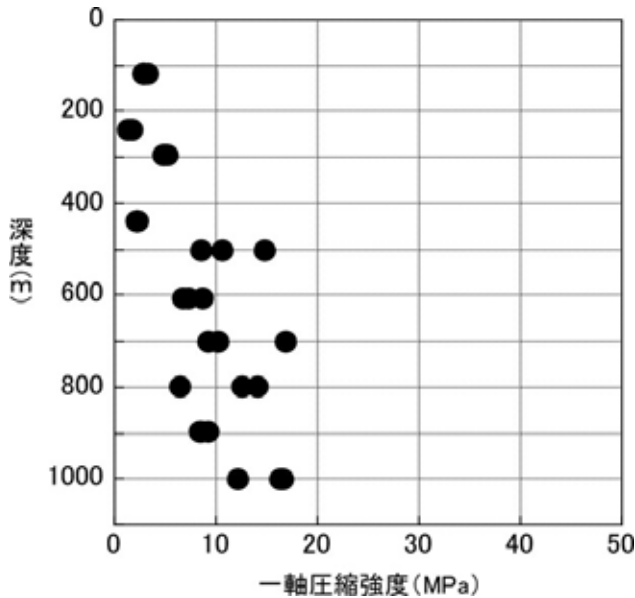
### ◆ 塩化物イオン濃度分布の時間変化に関する解析結果の一例



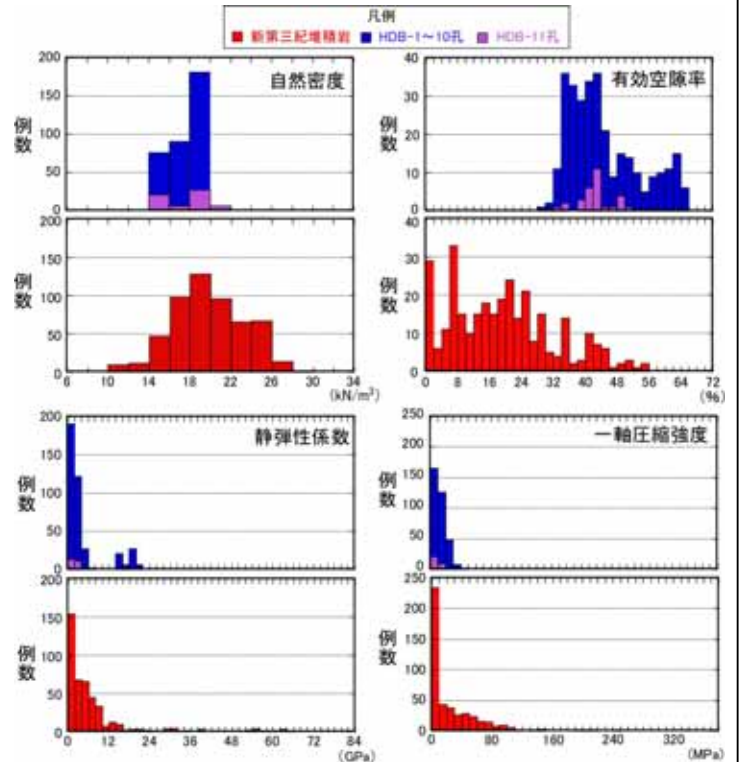
# 岩盤力学特性調査

## ■ 幌延地域に分布する岩石物性の特徴

### ◆ 一軸圧縮強度の深度分布 (HDB-11孔)



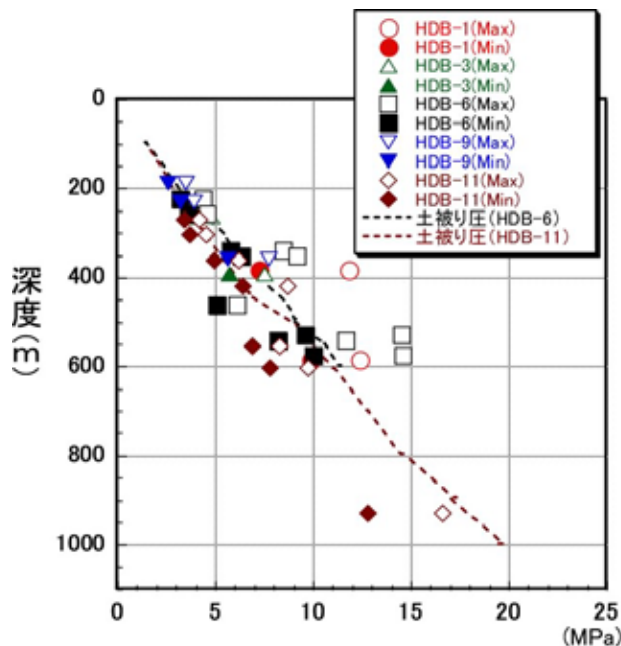
### ◆ 岩石物性の比較



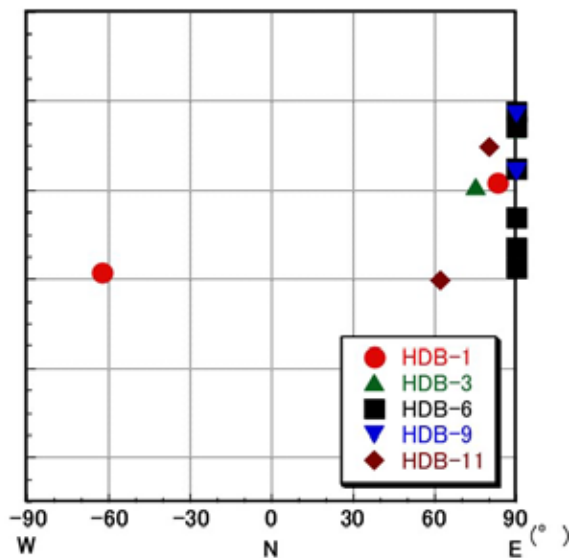
# 岩盤力学特性調査

## ■ 第1段階の試錐調査で実施した初期応力測定結果の比較

### ◆ 水平面内最大・最小主応力値

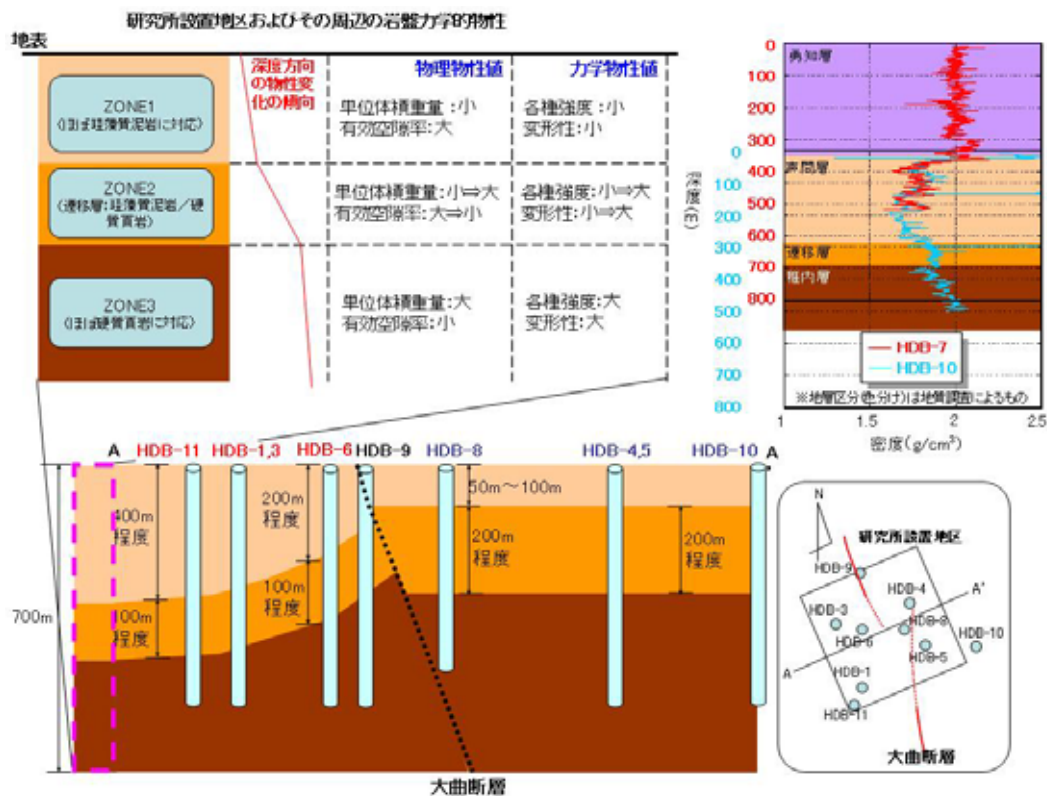


### ◆ 水平面内最大主応力方向



# 岩盤力学モデル

## ■ 研究所設置地区とその周辺地区の岩盤力学概念モデル

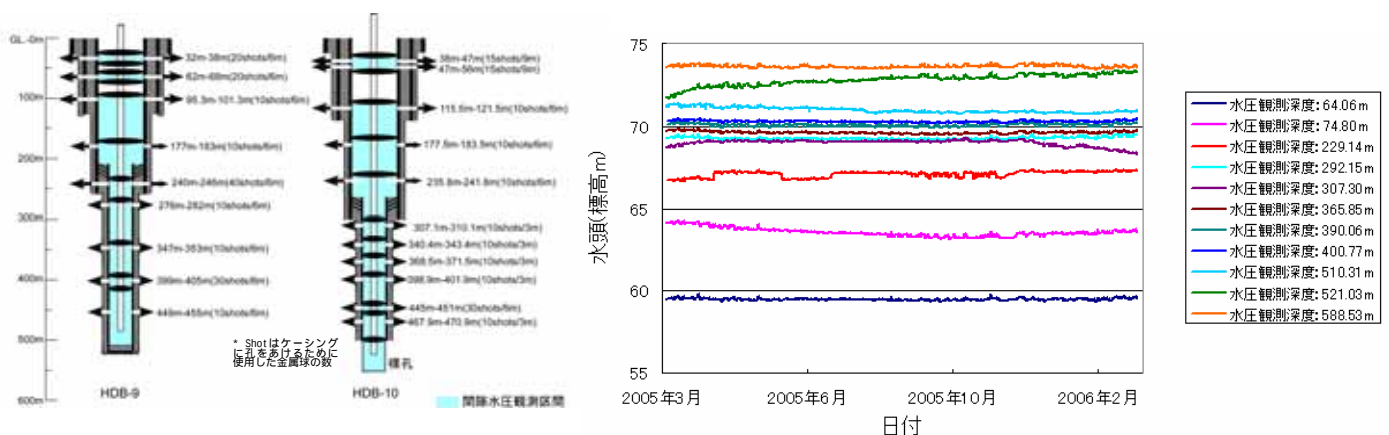


25

## 地質環境モニタリング技術の開発

### ■ 地下水水圧モニタリングシステムの設置と観測

- MP システム (Westbay instruments Inc.) : HDB-1, 3, 6, 7, 8, 9, 11
- SPMP システム (Solexperts AG) : HDB-2
- PIEZO システム (DIA consultants Co. Ltd.) : HDB-10



a) HDB-9,10孔における間隙水圧の観測区間

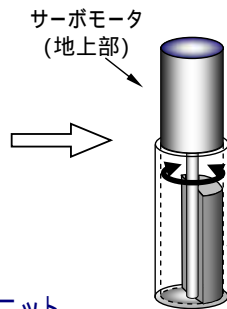
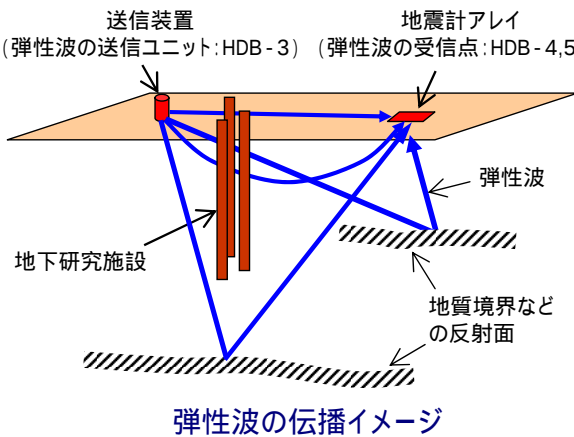
b) HDB-6孔における地下水の間隙水圧の測定例

26

# 地質環境モニタリング技術の開発

## ■ 遠隔監視システム(アクロス)の設置

送信装置 (弾性波の送信ユニット:HDB-3) (弾性波の受信点:HDB-4,5,8)



弾性波の送信ユニット  
(HDB-3孔敷地内に設置した送信ユニット)

偏心マス  
(地中部)

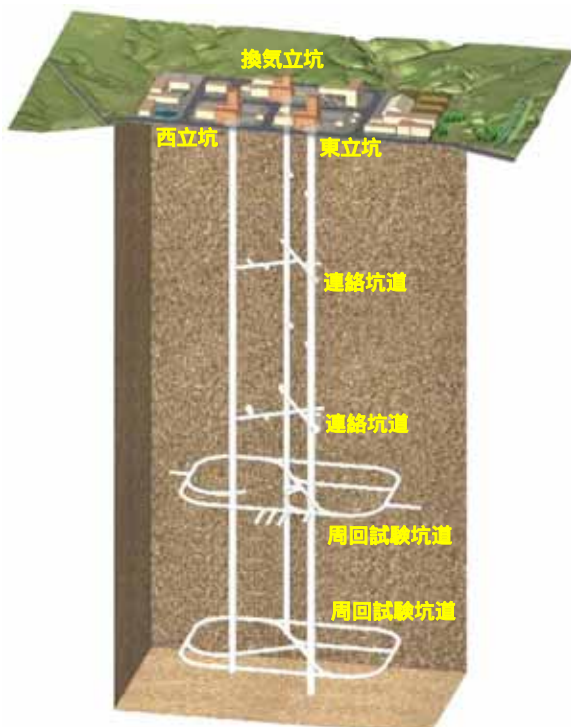


遠隔監視システムの観測機器配置図

# 深地層の工学技術の基礎の開発

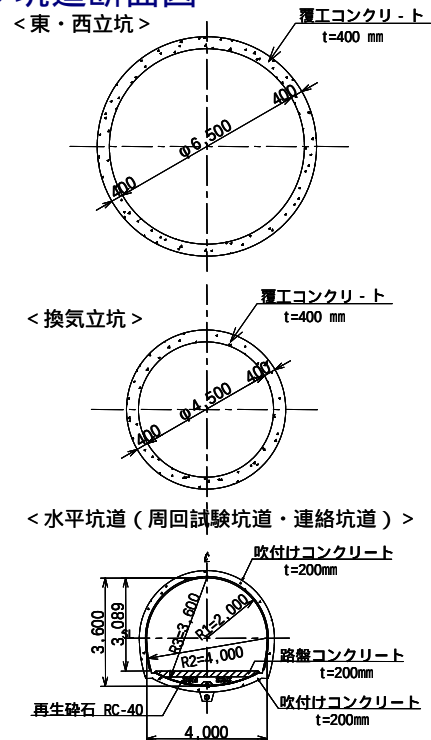
## ■ 地下施設の設計

### ◆ 地下施設配置検討図



この検討図は、今後の調査研究の結果次第で変わることがあります。

### ◆ 坑道断面図



# 深地層の工学技術の基礎の開発

## ■ 地下施設の施工計画の策定

### 掘削工法

- 機械方式 (西立坑、換気立坑)
- 発破方式 (東立坑)

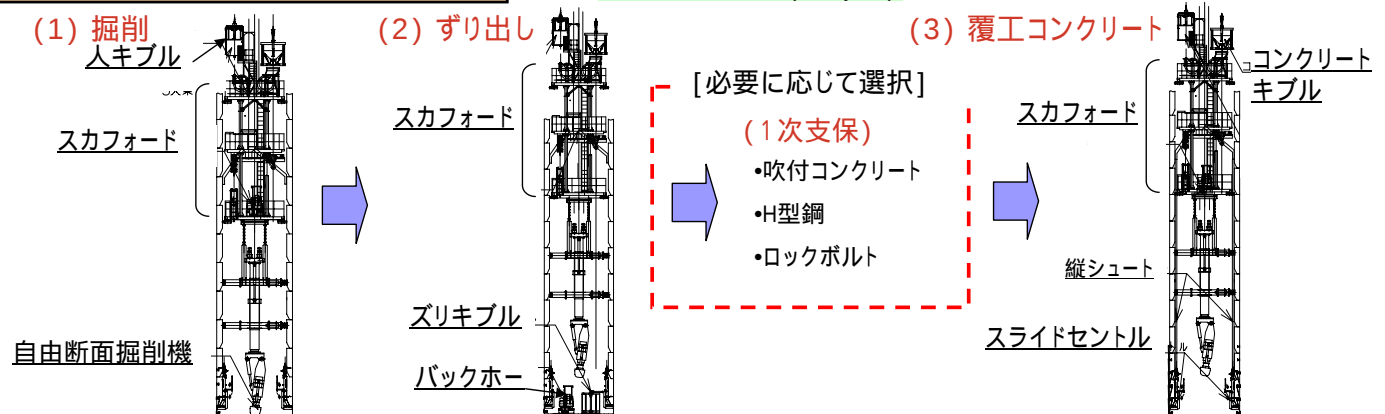
➡ 2つの掘削方式の違いが周辺岩盤に与える影響について検討する

### 支保工法

- ショートステップ工法 (1m × 2回掘削後に覆工コンクリート打設)

### 機械掘削による立坑掘削方法

掘削長: 1 (m/cycle)  
支保の長さ: 1-2 (m/cycle)



## 第2段階の施設建設と調査研究の計画



# 施設配置計画



平成16年11月15日撮影

31

## 地上施設の建設状況

- 研究管理棟と試験棟が完成し、平成18年2月に入居、5月末竣工
- PR施設の建設工事に着手、平成19年5月末竣工予定



研究管理棟と試験棟 (平成18年5月9日撮影)



PR施設の建設状況 (平成18年7月6日撮影)

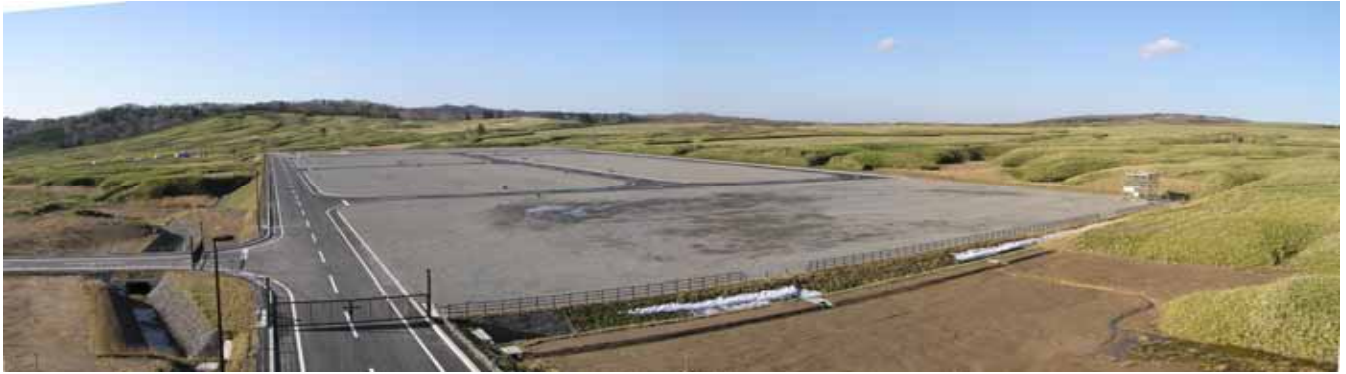


PR施設の完成イメージ

32

# 地下施設の建設状況

## ■ 実施設計(平成16年度)に基づき地下施設工事(第1期)に着手



地下施設建設前の地下施設エリア

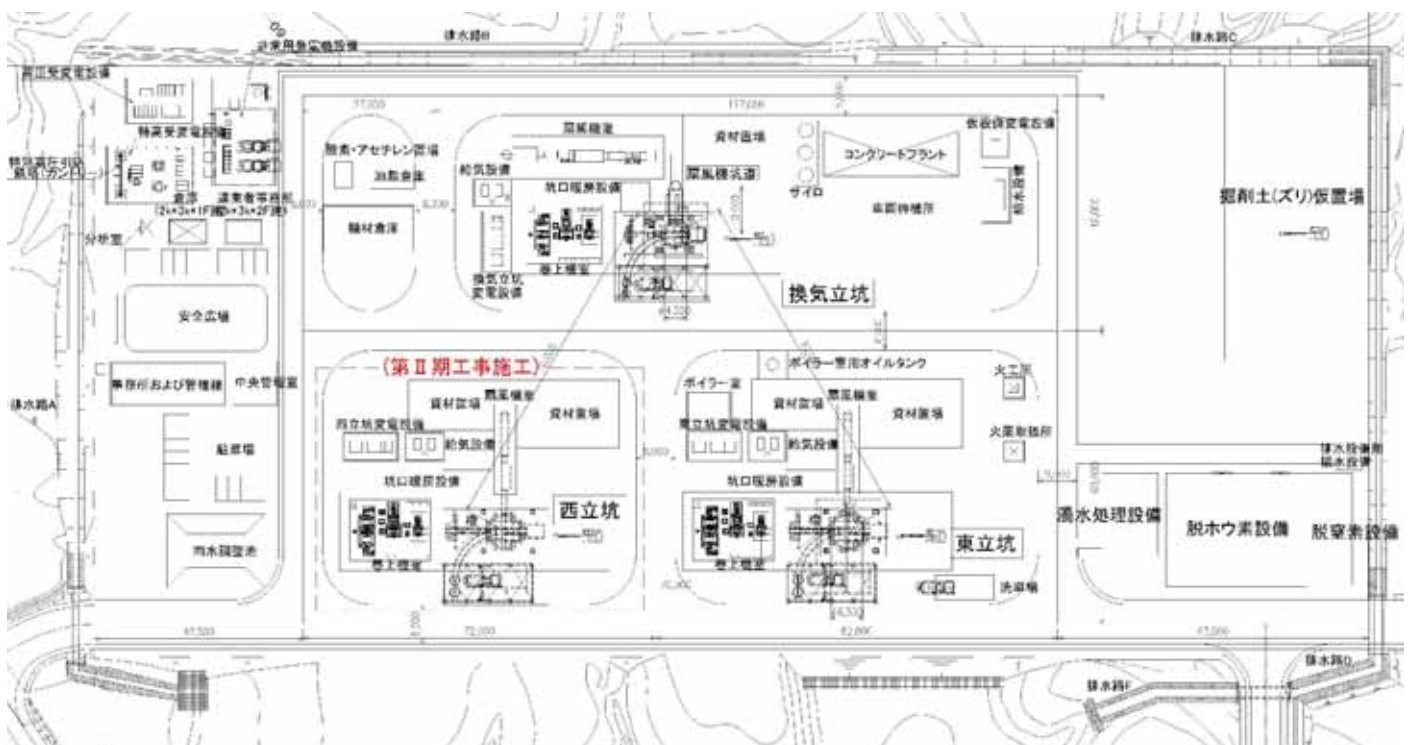


地下施設建設の状況(平成18年7月6日撮影)

33

# 地下施設エリア

## ■ 地下施設仮設備配置



34

# 地下施設建設に伴う環境保全

## ・掘削土

掘削土(ズリ)置場 …… 土壌汚染対策法の遮水工封じ込め型に準じた二重遮水シート構造

## ・排水処理

排水処理設備 …… 濁水処理設備・脱ホウ素設備・脱窒素(アンモニア)設備より構成

排水管路 …… 排水処理設備で処理した排水を管路にて天塩川へ放流

## [当面の処置]

### ・掘削土

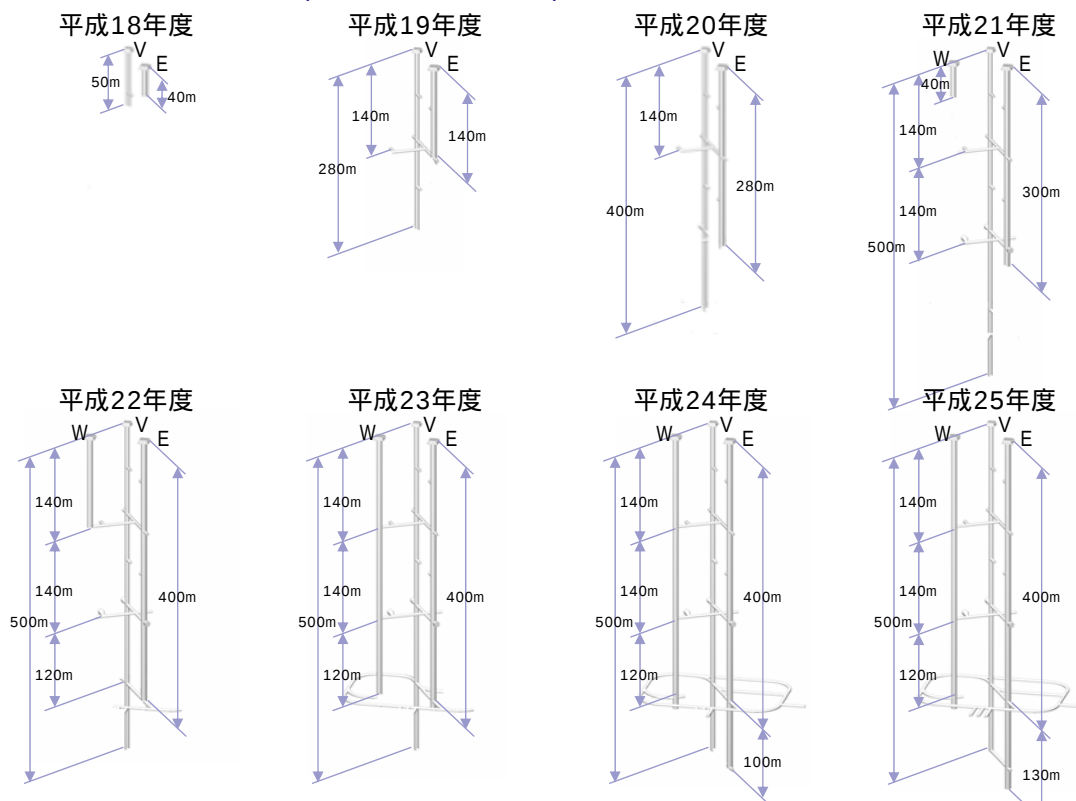
掘削土(ズリ)仮置場 …… アスファルト含浸シートにて遮水性を確保

### ・排水処理

産業廃棄物 …… 排水処理設備・排水管路が完成するまでの排水は産業廃棄物として処理

# 坑道掘削スケジュール

## ■ 地下施設実施設計(平成16年度)で検討した坑道掘削の年度展開



この坑道掘削スケジュールは、今後の地下施設建設及び調査研究の状況次第で変わることがあります。

# 坑道内における地質環境調査

## ■ 地質環境調査技術の開発

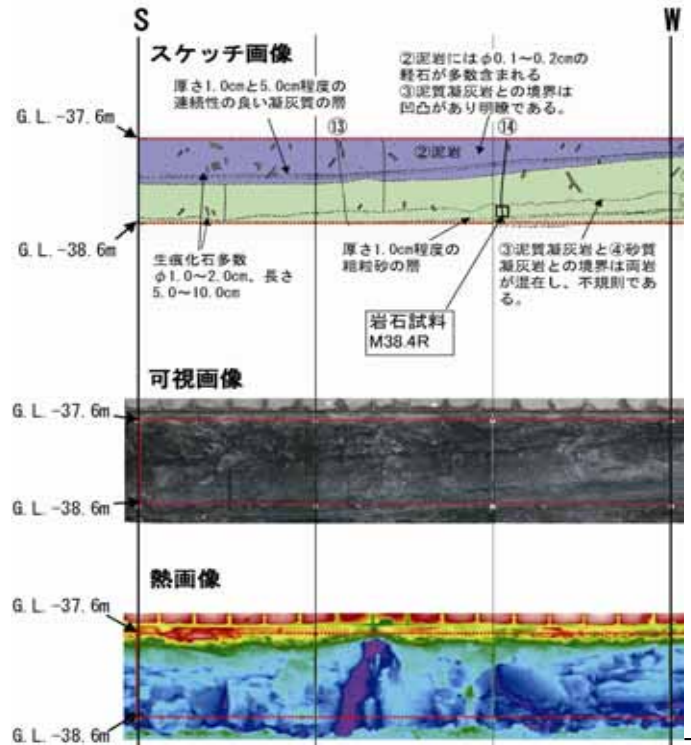
### ■ 地質環境データの取得: 地質調査、地下水水質分析



瑞浪超深地層研究所の例  
立坑壁面観察状況



瑞浪超深地層研究所の例  
地下水の地球化学データ取得の例  
(立坑壁面からの湧水の採取)



57

# 地表での地質環境調査

## ■ 地質環境調査技術の開発

### ■ 地質環境データの取得: 地質調査

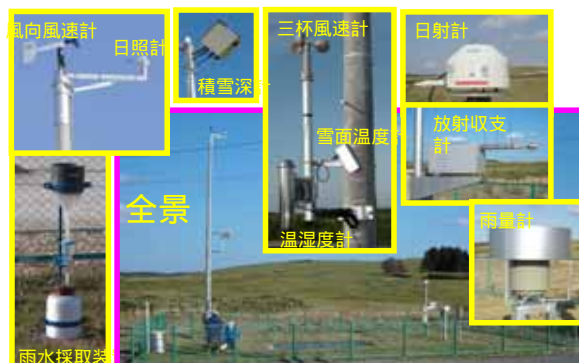


地質調査(露頭調査)の例



地質調査(ガス調査)の例

### ■ 地質環境データの取得: 表層水理調査



気象観測装置(北進気象観測所の例)



河川流量観測(P-4観測地点の例)

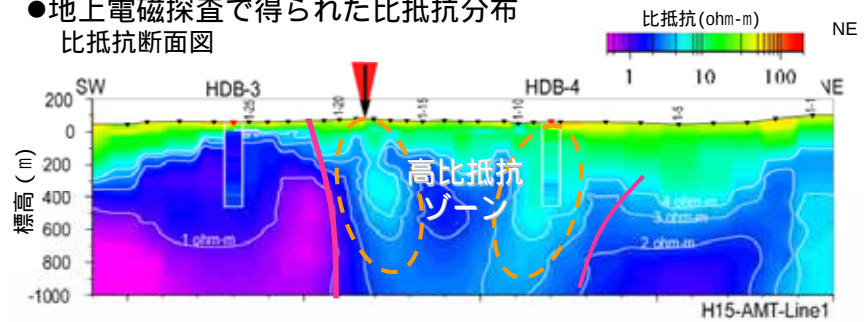
38

# 地質環境調査データに基づくモデル化

## ■ 地質環境調査技術の開発

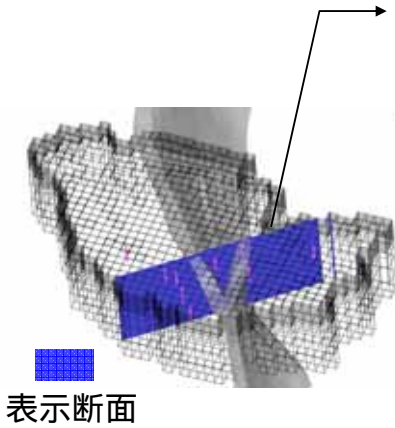
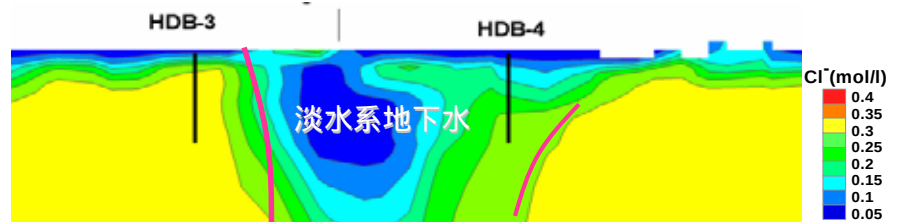
### ■ 地上からの調査解析手法の妥当性確認と地質環境モデルの構築

- 地上電磁探査で得られた比抵抗分布  
比抵抗断面図



- 地下水の地球化学モデルの例  
地下水水質の変遷を考慮した  
水質分布の推定結果

比較・検討



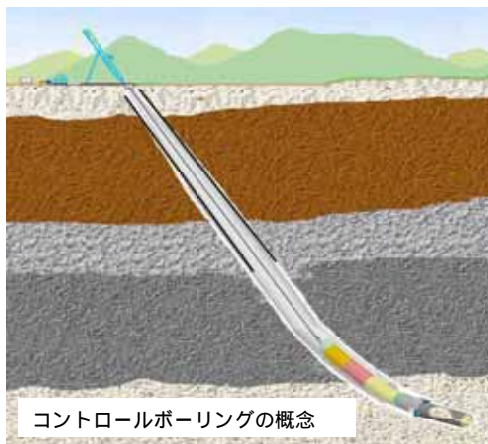
- 地下施設建設に伴う地質環境の変化の予測と各分野間のモデルの整合性の検討

39

# 調査技術・調査機器開発

## ■ 地質環境調査技術の開発

### ■ 調査技術・調査機器開発



コントロールボーリング技術の開発



瑞浪超深地層研究所の例

立坑内での地下水の地球化学モニタリングと採水装置の開発

40

# 地質環境モニタリング技術の開発

## ■ 試錐孔を用いたモニタリング技術開発

- 地下水水圧の連続モニタリングとMPシステムの新たな設置
  - MP システム : HDB-1, 3, 6, 7, 8, 9, **11**
  - SPMP システム : HDB-2
  - PIEZO システム : HDB-10
- 地下施設建設(立坑掘削)に伴う地盤変形のモニタリング
  - 地下施設周辺への高精度傾斜計の設置と観測



地下施設周辺に設置する高精度傾斜計

## ■ 遠隔監視システム(アクロス)の開発

- 弾性波アクロスと電磁アクロス
  - システムの整備・調整と連続観測
  - データ解析手法の検討

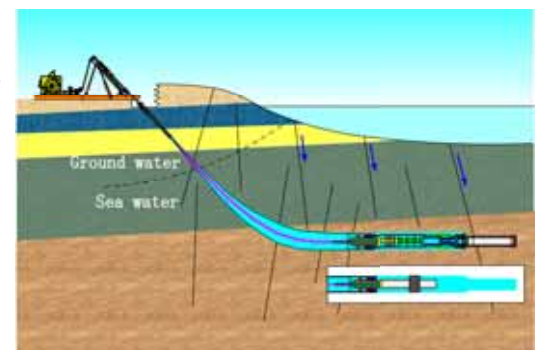
# 外部研究機関との研究協力

## ■ 電力中央研究所

### 研究の現状

平成15年から共同研究を始め、現在は以下のテーマについて共同研究を進めている。

- 堆積岩の急速スレーキング(浸水崩壊)に関する検討
- 岩石の化学的風化特性に関する検討
- 岩石の物理特性を考慮した探査技術の研究
- コントロールボーリング技術の現地適用性の検討
- 地下水年代測定技術の現地適用性検討
- 地下の酸化還元状態と微生物の関連性検討



コントロールボーリング概念図

### 今後の予定

- ・平成20年度まで、上記のテーマで共同研究を継続
- ・但し、地下施設建設の進展に伴い、研究内容・研究テーマを適宜見直す予定

# 外部研究機関との研究協力

## ■ 原子力環境整備促進・資金管理センター

### 研究の現状

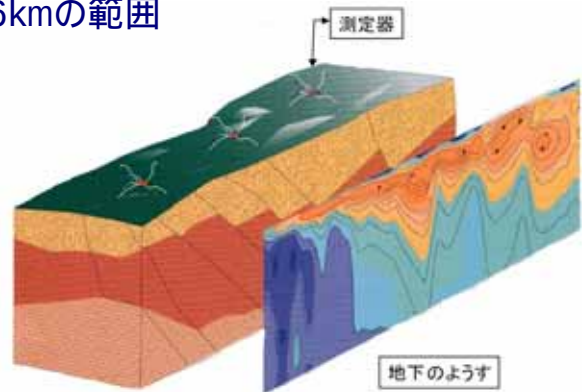
平成16年から共同研究を始め、現在は以下のテーマについて研究を行っている。

- ・高精度物理探査技術の適用性検討に関する研究  
地質環境調査技術(3D電磁法探査、弾性波トモグラフィなど)の適用性を検討する。
- ・地質環境調査技術の適用検討に関する研究  
水理地質構造モデルを構築し、立坑掘削に伴う地下水流動場の変化を検討する。

今年度は、秋に北進地区を中心として約10×6kmの範囲で電磁法探査を実施する。

### 今後の予定

- ・来年度以降の詳細な計画は未定
- ・沿岸域における物理探査手法の適用性に関する研究の実施などを検討中



電磁法探査の概要

43

# 外部研究機関との研究協力

## ■ 産業創造研究所

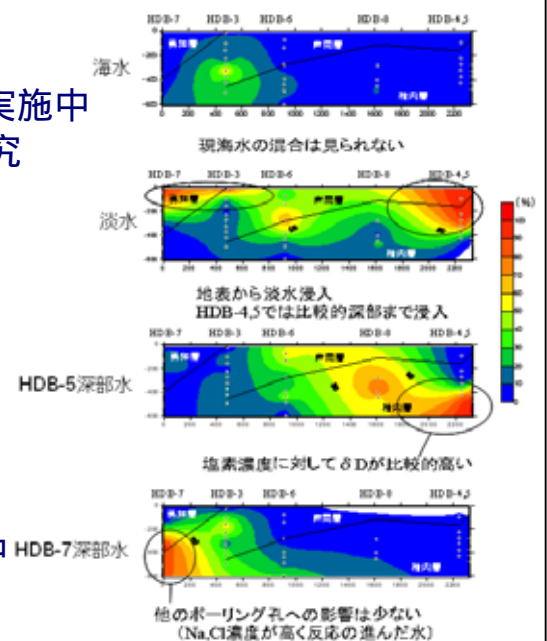
### 研究の現状

平成17年から以下のテーマで地下水の共同研究を実施中

- ・地下水水質・水理モデルの信頼性向上に関する研究
- ・地層処分における微生物影響評価の研究
  - 幌延地域の原位置での微生物調査
  - 50mボーリング孔の掘削と採水
  - 地層処分基盤研究開発ユニットと共同

### 今後の予定

- ・来年度以降の詳細な計画は未定
- ・原位置での採水については来年度以降実施検討中



解析の例

(幌延地区の水質 - 端成分の分布 - )

44

## 外部研究機関との研究協力

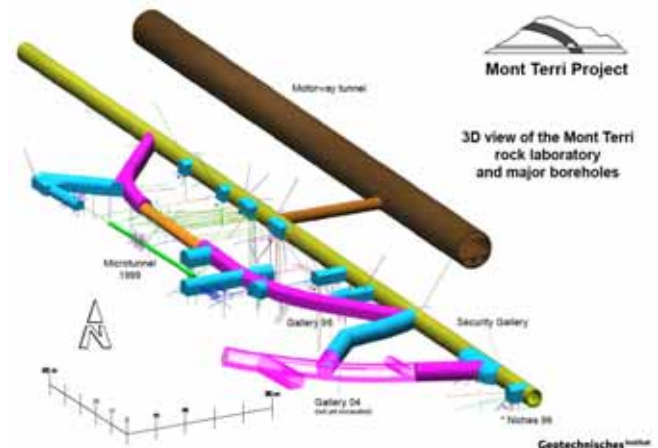
### ■ モンテリプロジェクト

#### 研究の現状

・モンテリ・プロジェクトは、スイス北西部に分布する難透水性堆積岩を対象とした国際共同研究(現在31の研究テーマ)であり、現在原子力機構を含め6ヶ国12機関が参加  
 ・原子力機構は平成9年から間隙水の地球化学的評価試験に参加しており、今年度も継続して参加

#### 今後の予定

・間隙水の地球化学的評価試験においては今年度で所期の目的を達成見込み  
 ・来年度以降、どの研究プロジェクトに参加するかを検討中



モンテリ地下研究所鳥瞰図  
 (Mont Terri ProjectのWebサイトより引用)

## 今後の課題と留意点

- 坑道掘削(換気立坑および東立坑)とそれに伴う調査研究の推進及び地質環境変化の予測
- 第1段階の調査研究成果の取りまとめ
- 幌延地域を対象とした外部研究機関との研究協力の積極的推進(外部資金の導入)
- 環境保全に十分配慮した排水処理設備や掘削土(ズリ)置場等の整備
- PR施設の建設(運用開始は平成19年度中)