

**実際の地質環境条件に適用するための
性能評価手法**
—ニアフィールド岩盤評価手法—

平成22年8月5日

地層処分研究開発部門 地層処分基盤研究開発ユニット

稲垣 学

澤田 淳

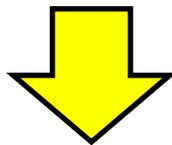
- ◆ **精密調査地区選定段階**(概要調査の段階:地上からの調査前半)
 - ・ 地下施設の**基本レイアウトを設定**
 - ・ 長期安全性に関する予備的評価

- ◆ **処分施設建設地選定段階①**(精密調査の段階:地上からの調査後半)
 - ・ 地下施設の**基本レイアウトを決定**
 - ・ 長期安全性の評価

- ◆ **処分施設建設地選定段階②**(精密調査の段階:地下調査施設での調査)
 - ・ 地下施設の**基本設計を実施**
 - ・ 閉鎖後長期の**安全評価を実施**

処分場の基本レイアウトの設定に必要な技術として

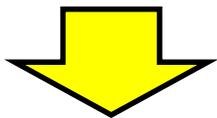
- ・「安全評価」に基づく「長期安全性確保の見通し」を得るために適用可能な実用的な手法
- ・ 処分場閉鎖後の人工バリアと天然バリアを対象とした核種移行遅延性能に基づき安全を確保しえる岩盤を概括的に把握する手法



- ・ 基本レイアウト設定において満たすべき地質環境の要件について、URLで得られたデータに基づいた検討により、どのようにその要件を満足させるのかの例示を目指す

◆核種移行遅延性能が相対的に高い領域を抽出する手法の整備

- ・ 岩盤の遅延性能を表す指標として地下深部からの核種移行経路情報などの複数のパラメータを整理
- ・ それらの指標に基づき安全を確保しえる場所として、核種移行遅延性能が相対的に高い領域を抽出する方法論を提示



◆抽出された岩盤の核種移行遅延性能の定量化を検討

- ・ 調査の段階に応じて得られる地質環境データとその不確実性を踏まえた定量化

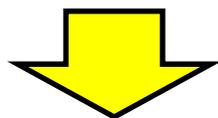
◆核種移行遅延性能が相対的に高い領域を抽出する手法の整備

- ・ 岩盤
路情
- ・ それ
遅延

第1期中期計画の成果:

具体的な地質環境を対象とした検討事例

- ・ 幌延地域で取得されたデータを活用した方法論の適用
- ・ 地質環境データとその不確実性に基づき岩盤の相対的な性能の違いを評価可能



◆抽出された岩盤の核種移行遅延性能の定量化を検討

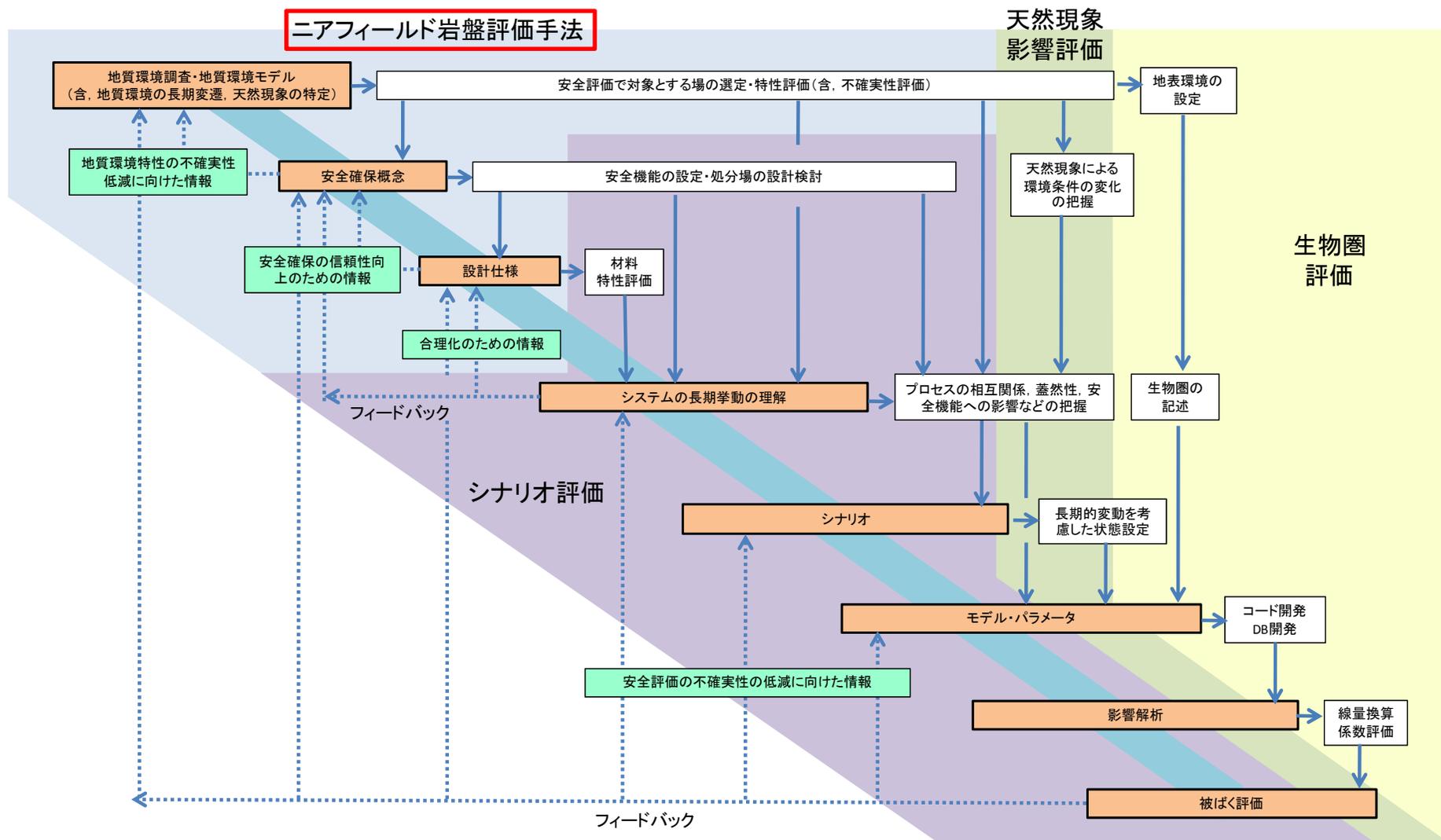
- ・ 調査
踏ま

第2期中期計画での実施案:

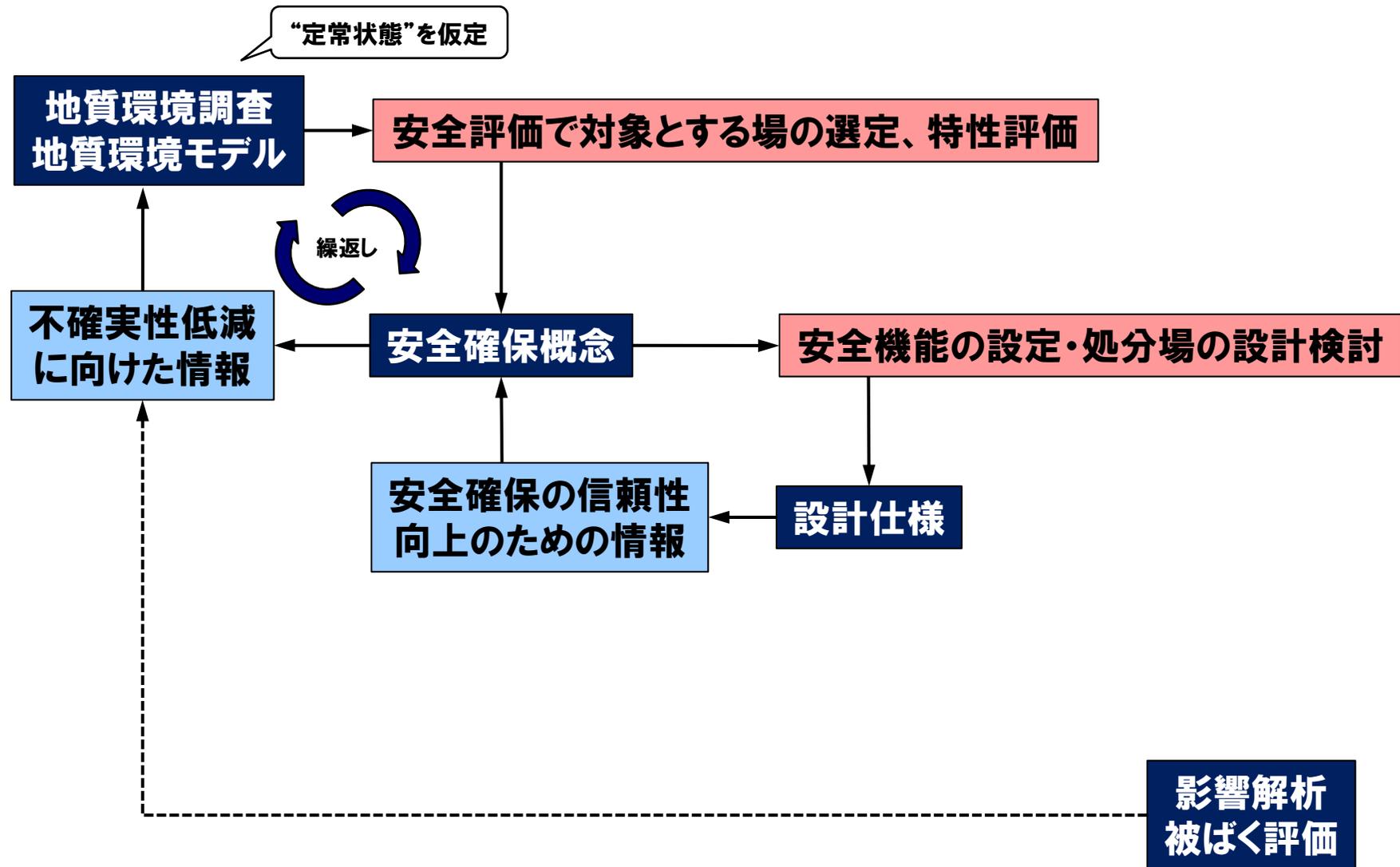
具体的な地質環境を対象とした検討の計画案

- ・ 瑞浪地域で取得されたデータを活用した方法論の適用

総合性能評価の枠組みとニアフィールド岩盤評価手法との関係



地質環境モデルと安全確保概念の連携



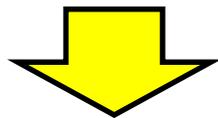
◆核種移行遅延性能が相対的に高い領域を抽出 手法の整備

- ・ 岩盤
路情
- ・ それ
遅延

第1期中期計画の成果:

具体的な地質環境を対象とした検討事例

- ・ 幌延地域で取得されたデータを活用した方法論の適用
- ・ 地質環境データとその不確実性に基づき岩盤の相対的な性能の違いを評価可能



◆抽出された岩盤の核種移行遅延性能の定量化を 検討

- ・ 調査
踏ま

第2期中期計画での実施案:

具体的な地質環境を対象とした検討の計画案

- ・ 瑞浪地域で取得されたデータを活用した方法論の適用

母岩の核種移行遅延性能を評価するための指標

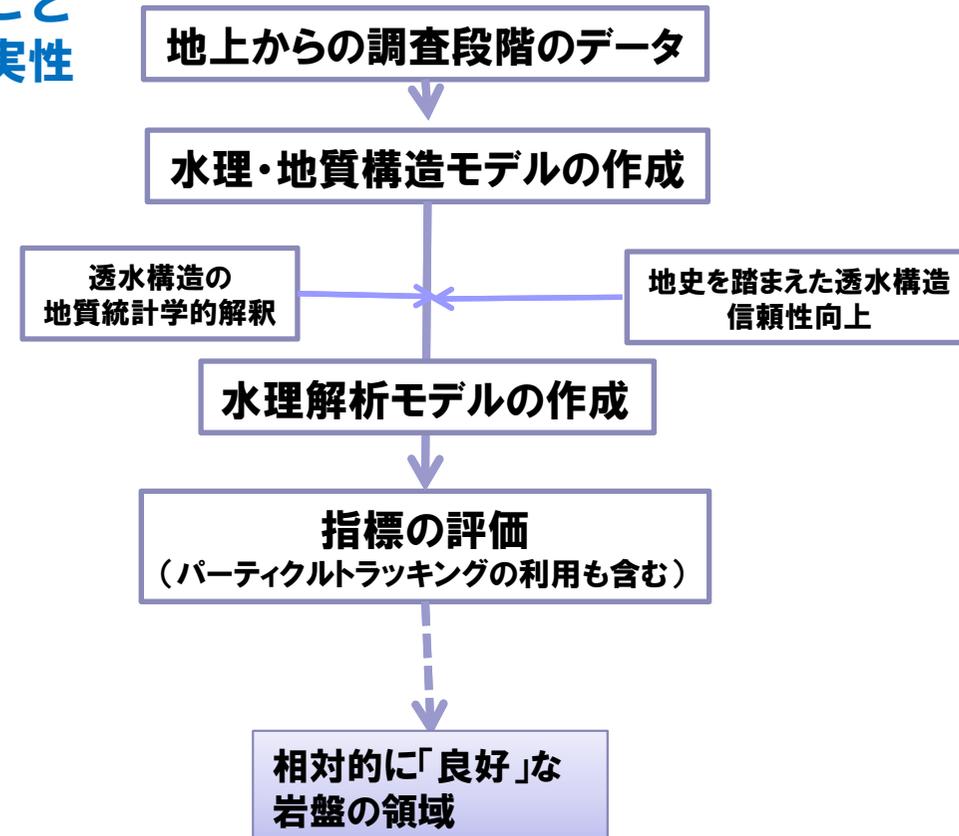
母岩の核種移行遅延性能を評価するためには、物質移行の経路と実際の流速に関する情報が不可欠



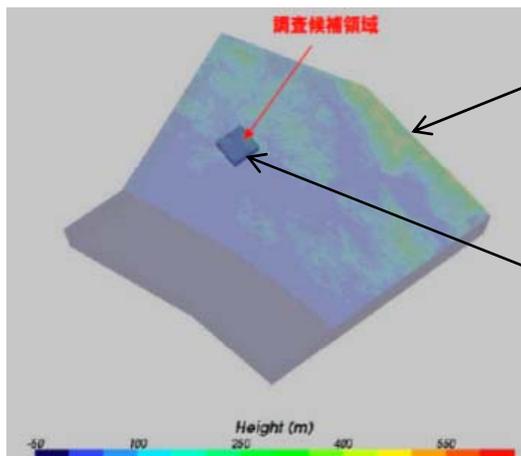
定量化のための指標案

(1) 流量 地下施設を想定する岩盤での地下水流量(平均、パネル毎、固化体毎)
(2) 地下水移行時間 地下施設を想定する岩盤から地表まで、または設置される層序内での地下水移行時間(平均、分布:ダルシー移行時間、実移行時間) 一定の距離での移行時間 等
(3) 流出点、流出地点の環境 地下施設を想定する岩盤を通過する地下水の流出環境
(4) 地下水化学環境 地下施設を想定する岩盤内、または、地下水の移動する経路内の地下水化学環境
(5) 物質移行時間 地下施設を想定する岩盤から移行する溶存物質の、地表まで、または、層序内での物質移行時間

不確実性の影響を受けにくい指標または指標の組み合わせは何か？

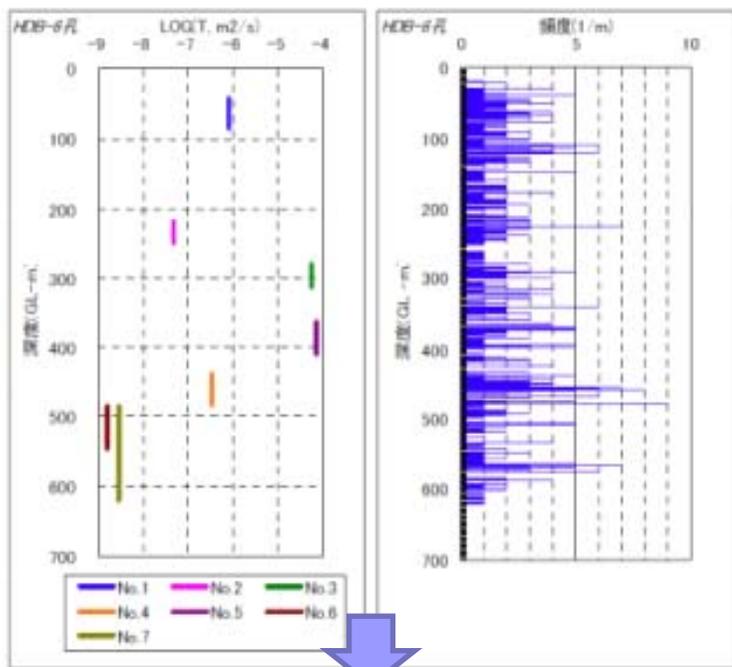


地上からの調査段階のデータに基づく水理・地質構造の把握

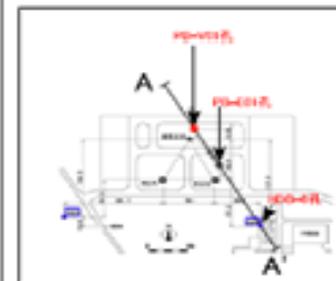
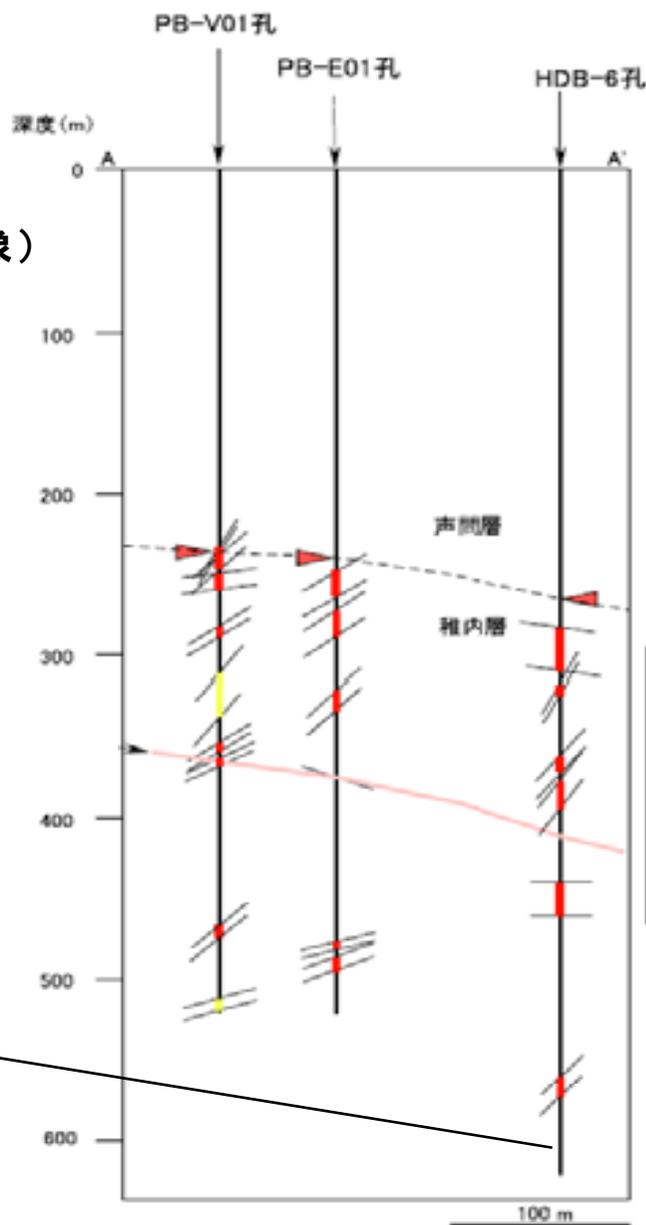


広域
50km×50km

(本検討での調査対象)
5km×5km



透水性, 亀裂頻度等, 統計量



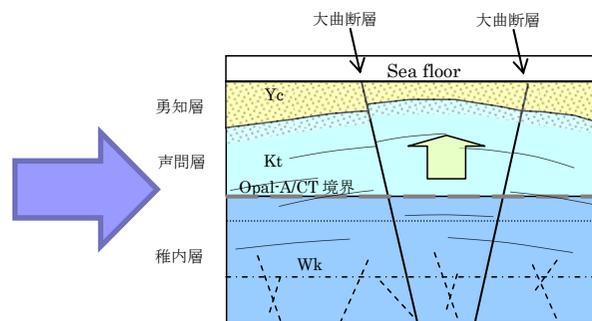
- 透水性新層帯
- 透水性未確認
- / 新層帯の傾斜
- 稚内層と声間層の地層境界位置

地史を踏まえた透水性の構造の信頼性向上

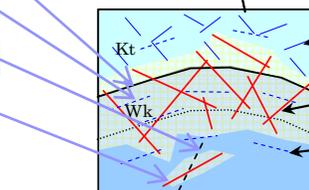
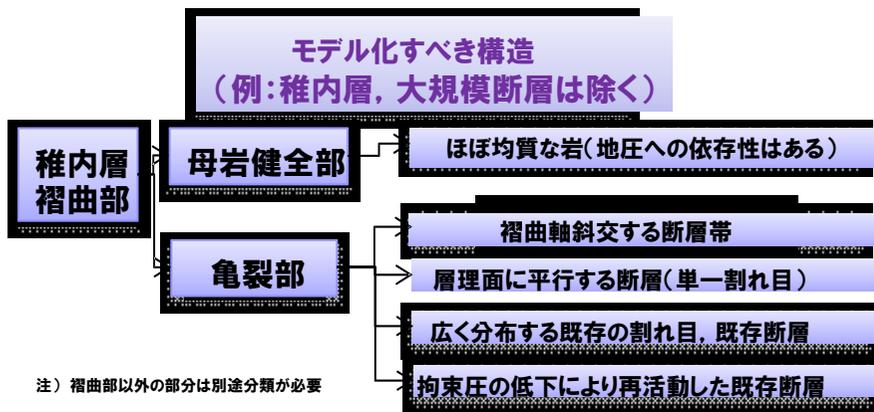
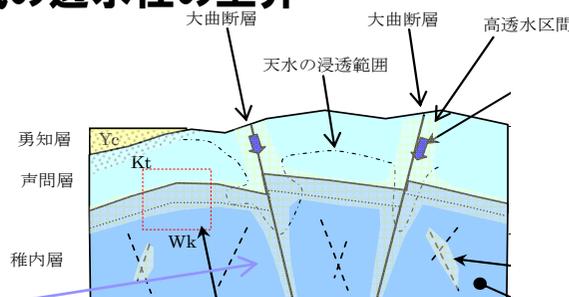
(1) 2.2Ma以前 : 堆積盆沈降の継続



(2) 2.2~1.0Ma: 最大埋没時期, 大曲断層 (逆断層) の活動開始時期



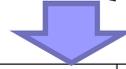
(3) 1.0Ma~現在: 褶曲の発生, 一部領域の透水性の上昇

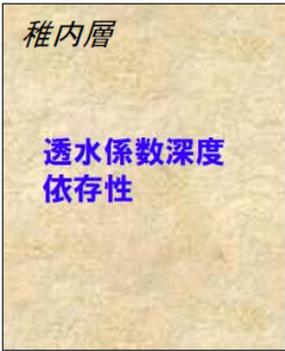
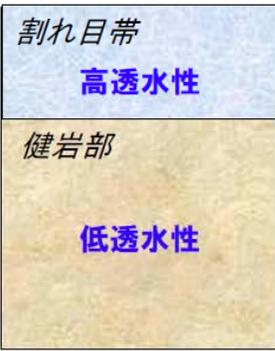
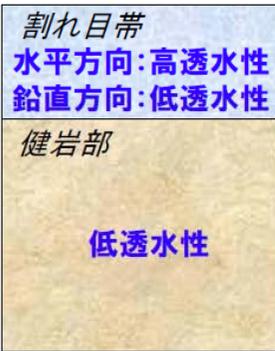
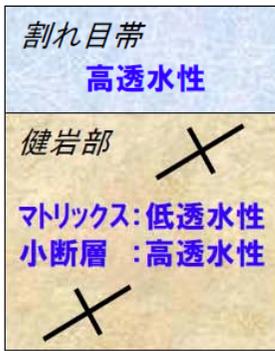


ボーリングデータとの整合性の確認

水理・地質構造モデル化案

多孔質媒体モデルでモデル化



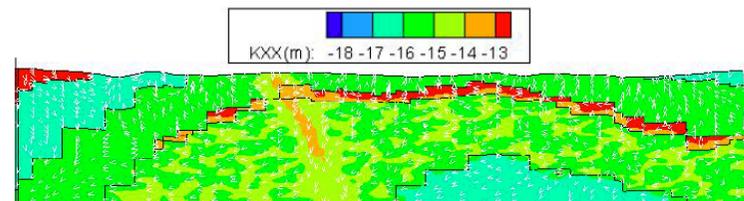
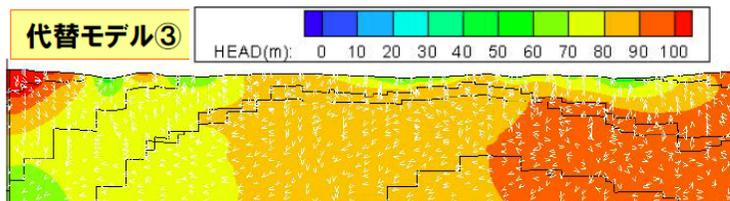
	基本モデル	代替モデル①	代替モデル②	代替モデル③
	透水係数深度依存性	稚内層細区分(割れ目帯+健岩部)	稚内層細区分+割れ目帯透水異方性	稚内層細区分+健岩部小断層帯
概念図				
概念説明	透水係数と深度の関係に基づいて、透水係数の深度依存性を想定した。	長期的な地質構造変遷の概念検討結果に基づいて、稚内層の上部に高透水性の割れ目帯を想定した。	稚内層上部に発達する割れ目帯に、透水異方性（水平方向の割れ目の連結性に起因する異方性）を想定した。	長期的な地質構造変遷の概念検討結果や水理試験結果に基づいて、稚内層健岩部中に小断層帯の分布を想定した。
モデル化方法	連続体（多孔質媒体）モデル	連続体（多孔質媒体）モデル	連続体（多孔質媒体）モデル	割れ目ネットワークモデル ↓ 等価連続体モデル

(東西方向の鉛直断面の1例)

水頭



透水係数



5km)

指標の評価例1

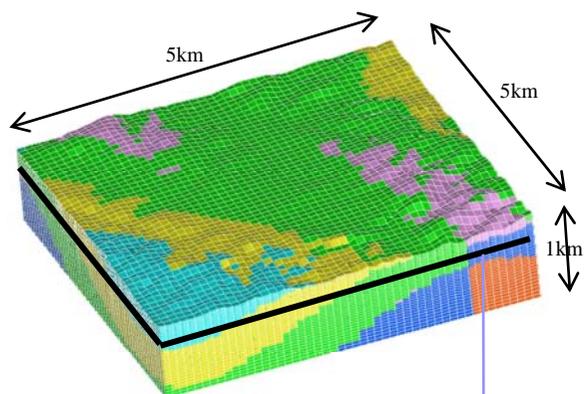
指標の評価の方針:

評価対象とするエリアの複数の水平断面での指標を算出

解像度を1km×1km (ボーリング数や処分場規模等からの判断)とする

基本モデル

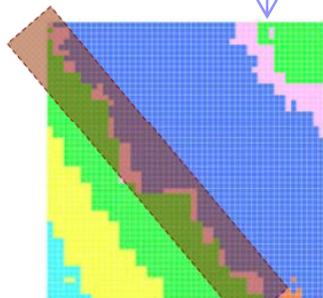
代替モデル③



標高-300m断面

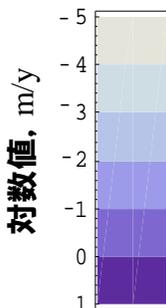
地質平面図

- Sarobetsu (Quat)
- Yuchi
- Koetoi
- Wakkanai (Upper)
- Wakkanai (Lower)
- Masuhiro

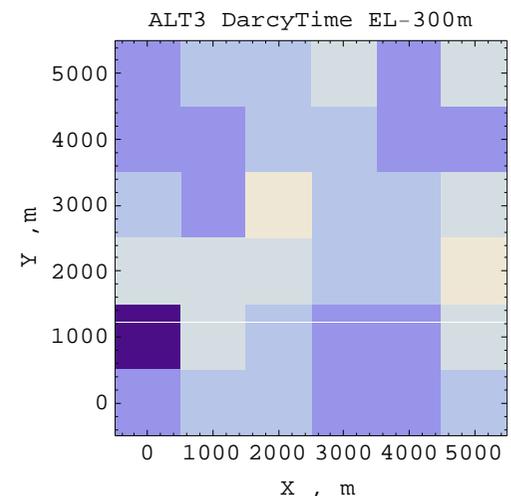
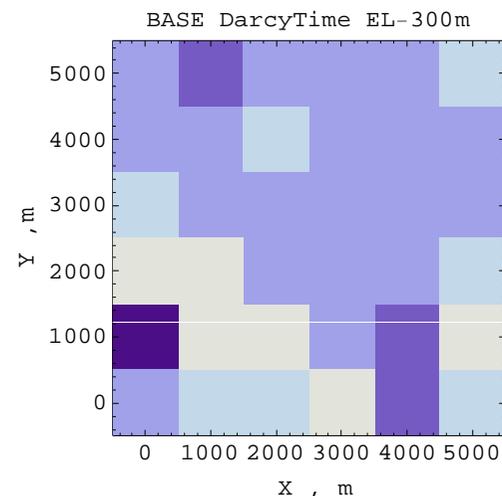
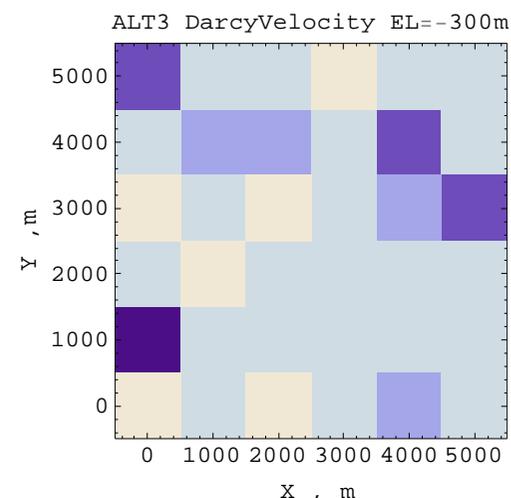
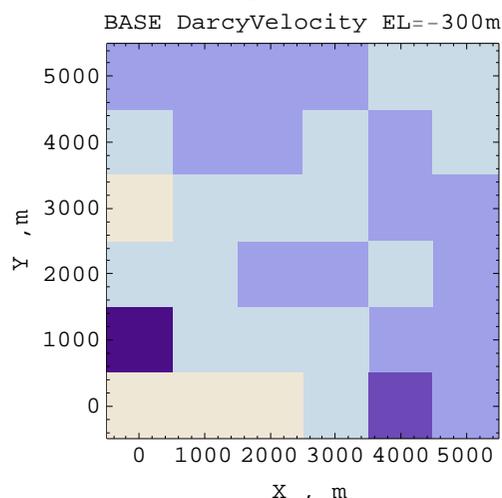
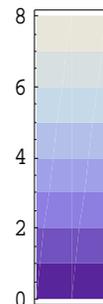


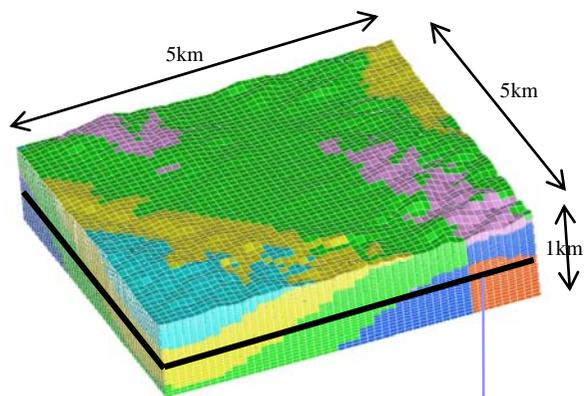
大曲断層

評価位置でのダルシー流速
対数値, m/y

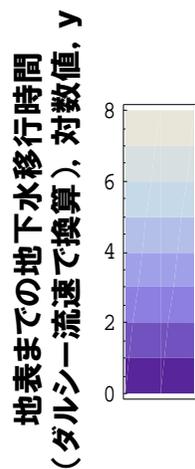
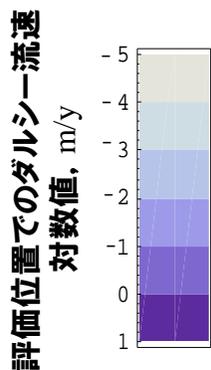
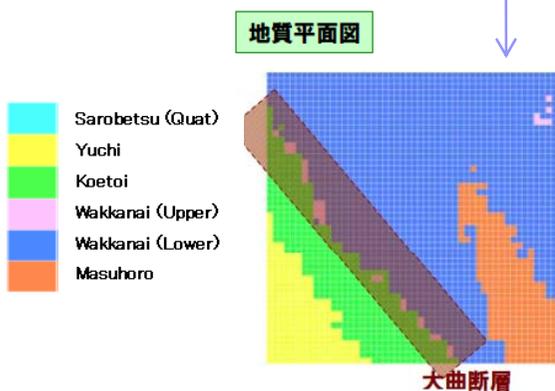


地表までの地下水移行時間
(ダルシー流速で換算), 対数値, y

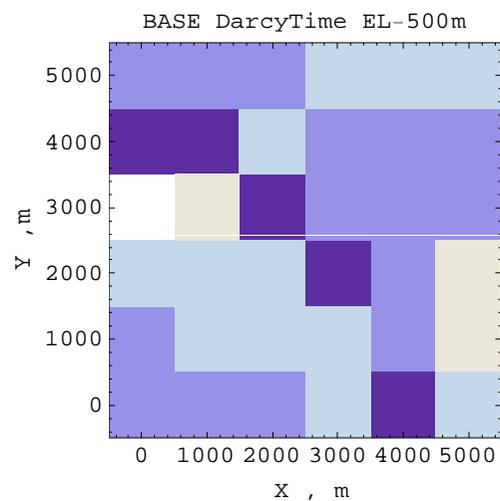
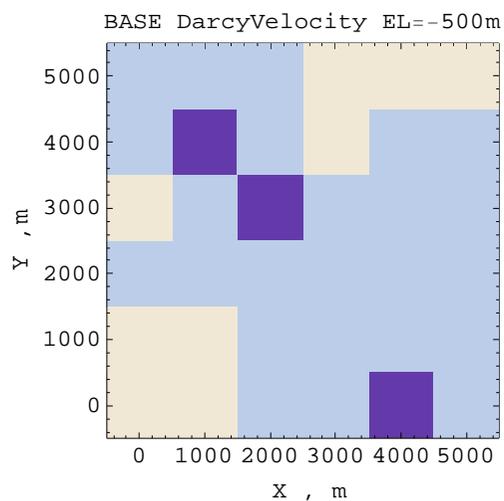




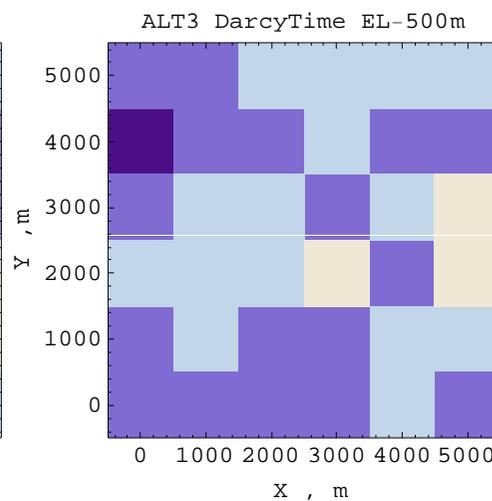
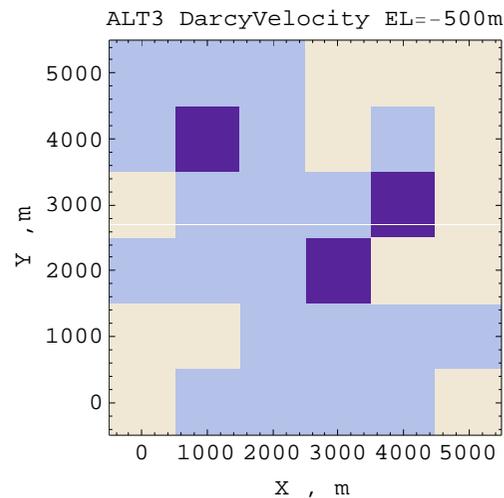
標高-500m断面

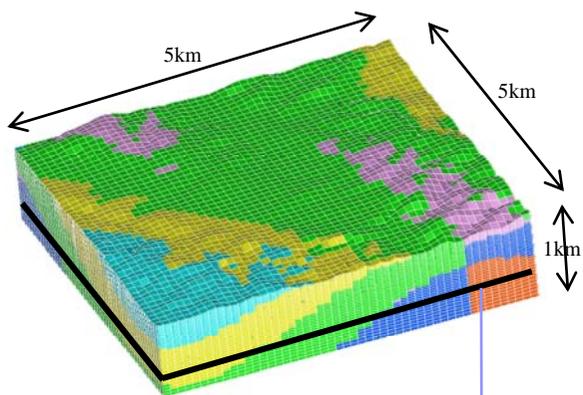


基本モデル



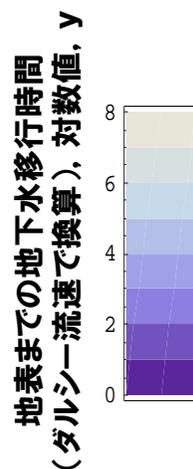
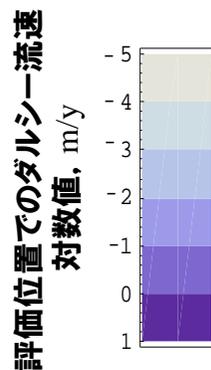
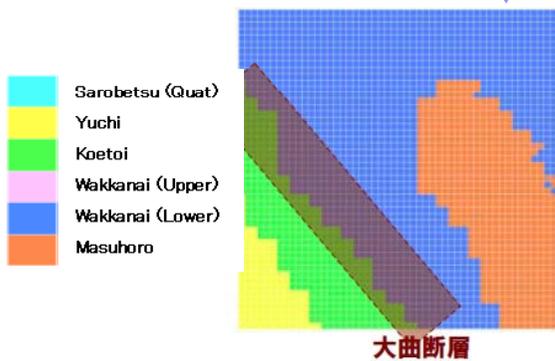
代替モデル③



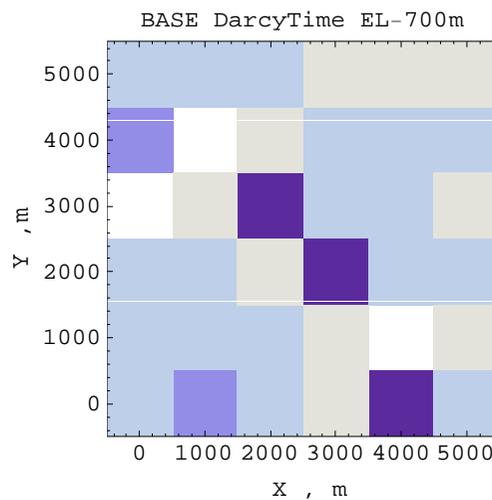
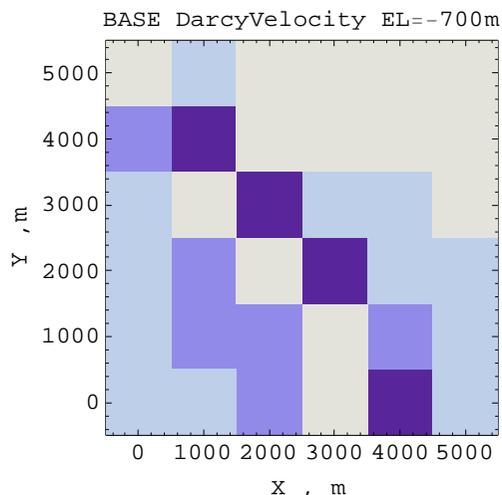


標高-700m断面

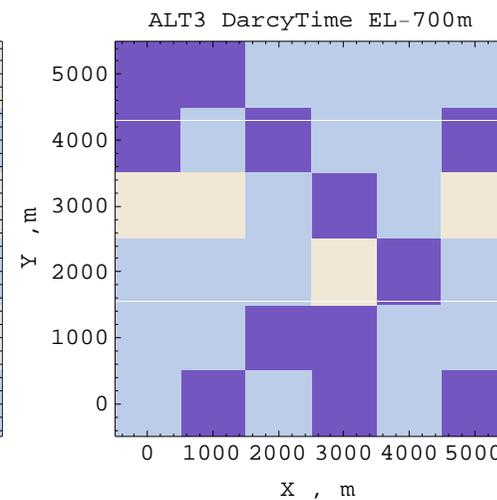
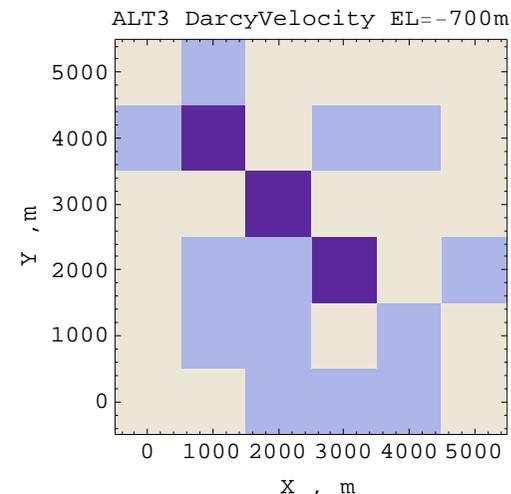
地質平面図



基本モデル



代替モデル③



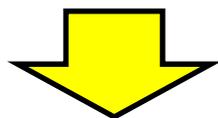
◆核種移行遅延性能が相対的に高い領域を抽出する手法の整備

- ・ 岩盤
路情
- ・ それら
遅延

第1期中期計画の成果:

具体的な地質環境を対象とした検討事例

- ・ 幌延地域で取得されたデータを活用した方法論の適用
- ・ 地質環境データとその不確実性に基づき岩盤の相対的な性能の違いを評価可能



◆抽出された岩盤の核種移行遅延性能の定量化を検討

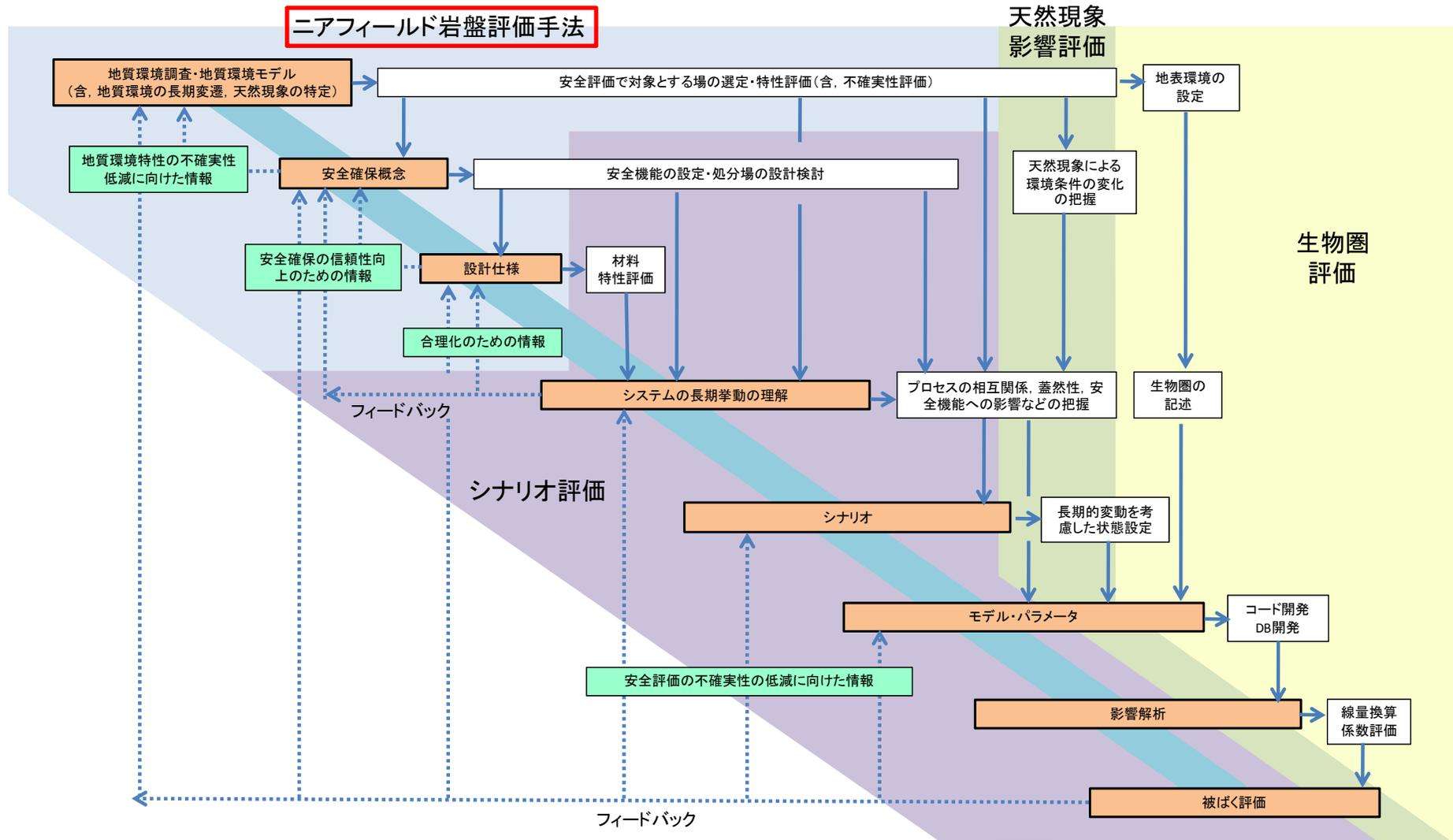
- ・ 調査
踏ま

第2期中期計画での実施案:

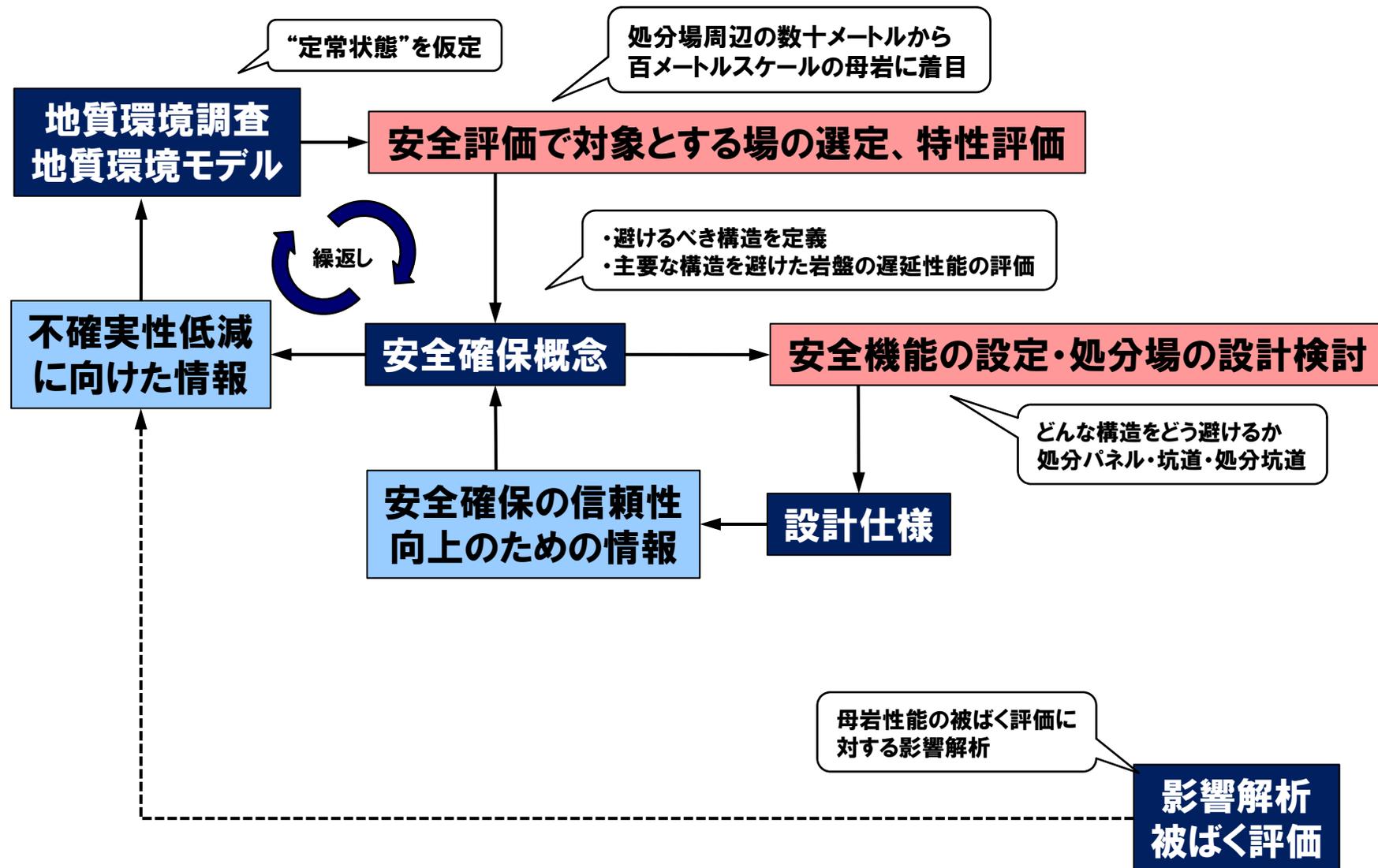
具体的な地質環境を対象とした検討の計画案

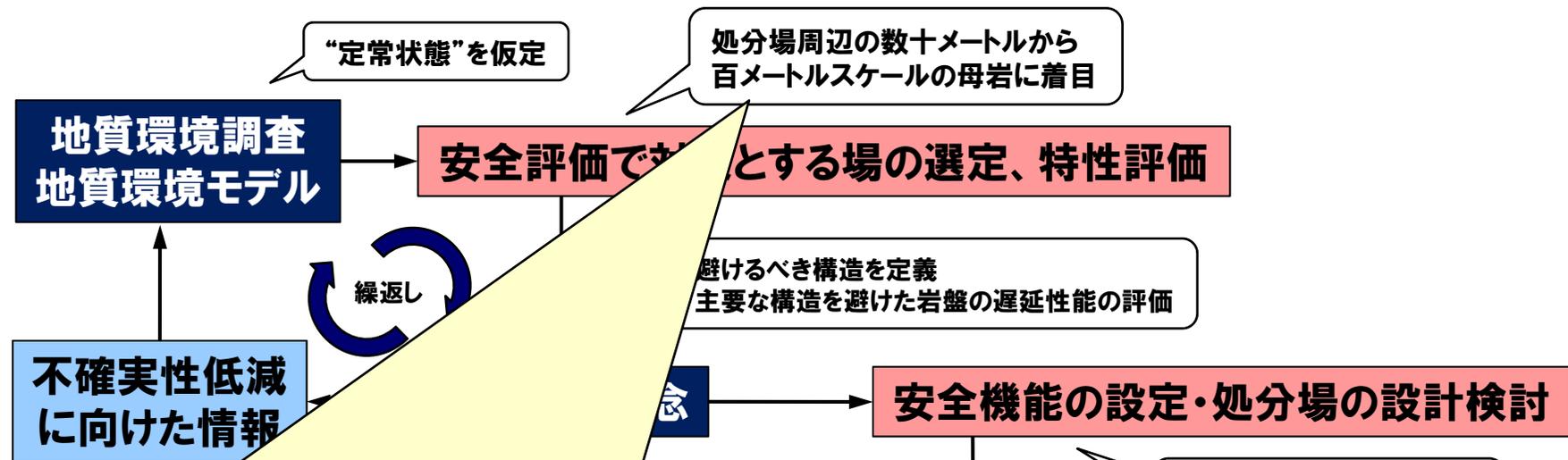
- ・ 瑞浪地域で取得されたデータを活用した方法論の適用

総合性能評価の枠組みとニアフィールド岩盤評価手法との関係



地質環境モデルと安全確保概念の連携





- 地表へ至る移行経路全長に対する不確実性に対して、より確実な距離の性能に着目
- 地質環境の長期変遷に伴う移行経路の変化の不確実性の影響が小さい
- 地下坑道からの調査(精密調査段階の後半)や処分場建設に伴って詳細なデータ取得が可能！
⇒調査の進展に伴い、定量化もしくは信頼性の向上が可能な領域

安全確保構想2009 NUMO-TR-09-05 より

◆ 精密調査地区選定段階(概要調査の段階:地上からの調査前半)

- ・ 地下施設の**基本レイアウトを設定**
- ・ 長期安全性に関する予備的評価

◆ 処分施設建設地選定段階①(精密調査の段階:地上からの調査後半)

- ・ 地下施設の**基本レイアウトを決定**
- ・ 長期安全性の評価

◆ 処分施設建設地選定段階②(精密調査の段階:地下からの調査)

- ・ 地盤調査
- ・ 掘削調査

基本レイアウトの設定・決定に必要な技術(性能評価の観点から)

- ・ 処分パネル、坑道、処分坑道などから避けるべき構造を定義、調査(抽出、特性調査)、評価する技術



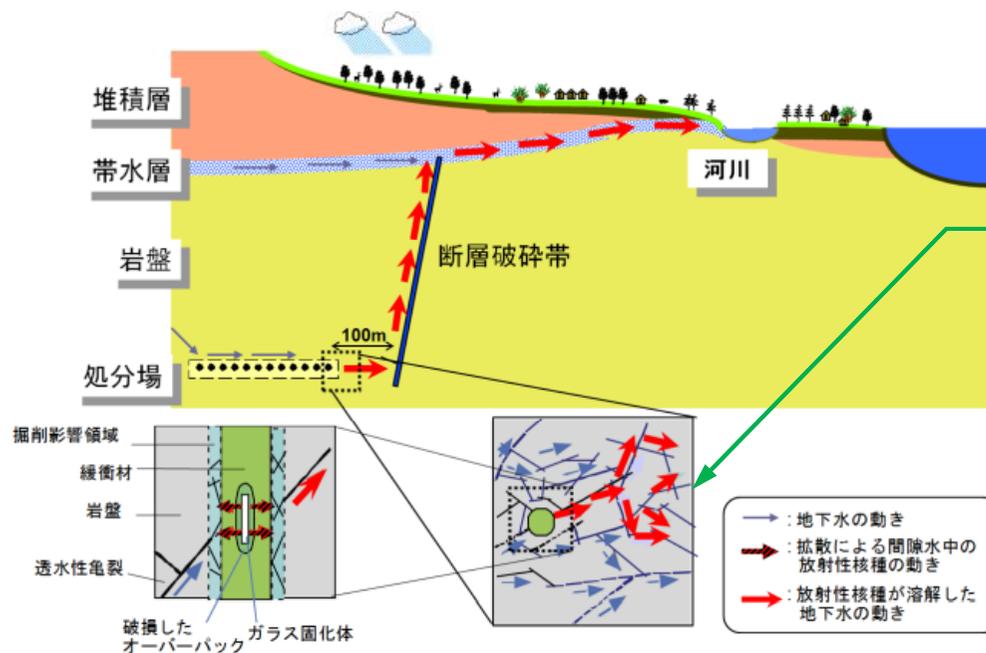
- ・ 主要な構造を避けた岩盤の遅延性能を定量的に評価する技術

◆ 母岩

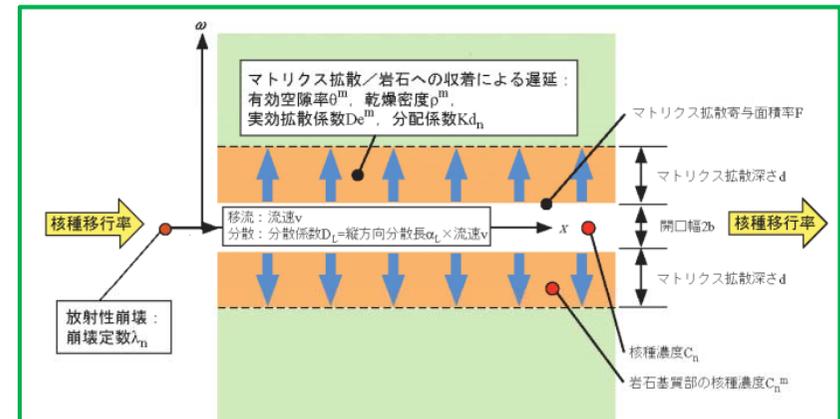
- ・ 処分場下流側の数十から百メートル程度の岩盤の遅延効果を対象
- ・ 平行平板モデルの重ね合わせといったより簡略的な手法
- ・ 透水量係数の分布など岩盤特性の具体的なデータを想定

◆ 断層(処分場・パネルから避ける)

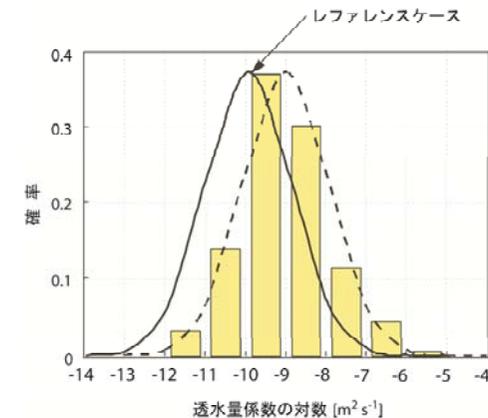
- ・ 地表に至る最短距離を簡略的に表現
- ・ 母岩の最大値(透水量係数)を仮定



第2次取りまとめの安全評価に用いた核種移行経路の概念図



単一亀裂中の核種移行モデル概念図



透水量係数の分布図

岩盤の核種移行遅延性能の定量化の流れ

22

Step1: 天然バリアの核種移行遅延に着目した「安全確保の考え方」を設定

Step2: 核種移行の場となる特徴の整理と概念モデル化

Step3: 調査データに基づく、パラメータ値や調査データの整理

Step4: 「安全確保の考え方」に基づいた、核種移行遅延性能の評価

Step1: 天然バリアの核種移行遅延に着目した「安全確保の考え方」を設定

- ・ 処分坑道の背後に広がる数十メートルから百メートル程度の規模の岩盤の核種移行遅延に着目
- ・ 処分場全体、処分パネル、廃棄体それぞれが避けるべき構造の概念的整理

Step2: 核種移行の場となる特徴の整理と概念モデル化

- 1) 決定論的にモデル化可能な主要な構造(断層、亀裂など)
- 2) 統計的にしか扱えないその他の亀裂

Step3: 調査データに基づく、パラメータ値や調査データの整理

- 1) 決定論的にモデル化可能な主要な構造(断層、亀裂など)
 - 2) 統計的にしか扱えないその他の亀裂
- } 特徴(透水特性、方向、大きさ)、調査手法、調査段階、統計量

Step4: 「安全確保の考え方」に基づいた、核種移行遅延性能の評価

- ・ それらの構造がそれぞれ独立に100m程度連続することを仮定して、核種移行遅延性能を評価
- ・ 遅延性能特性から上記の構造の性能をランキング

「避けるべき構造」の整理に基づく岩盤の核種移行遅延性能の定量化

主要な構造の特性、核種移行遅延性能、調査手法を比較

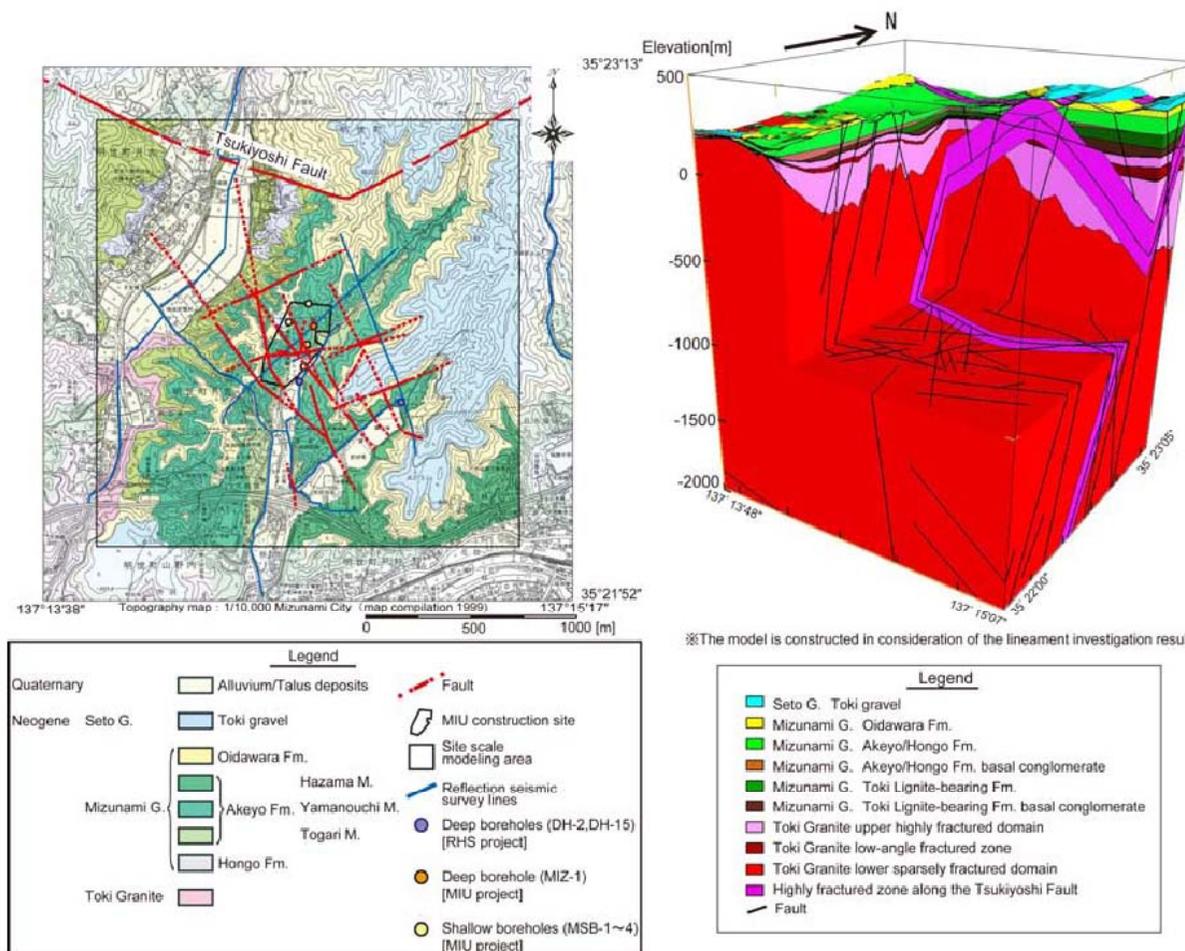
⇒安全確保の考え方に基づいた場合の、「避けるべき構造」の整理が可能

⇒主要な構造を避けた岩盤の遅延性能を定量的に評価が可能

地上からの調査段階に基づく地質構造モデルの例

～ 瑞浪超深地層研究所周辺の2km×2kmの領域、ステップ4 ～

第1段階報告書より



決定論的にモデル化した断層

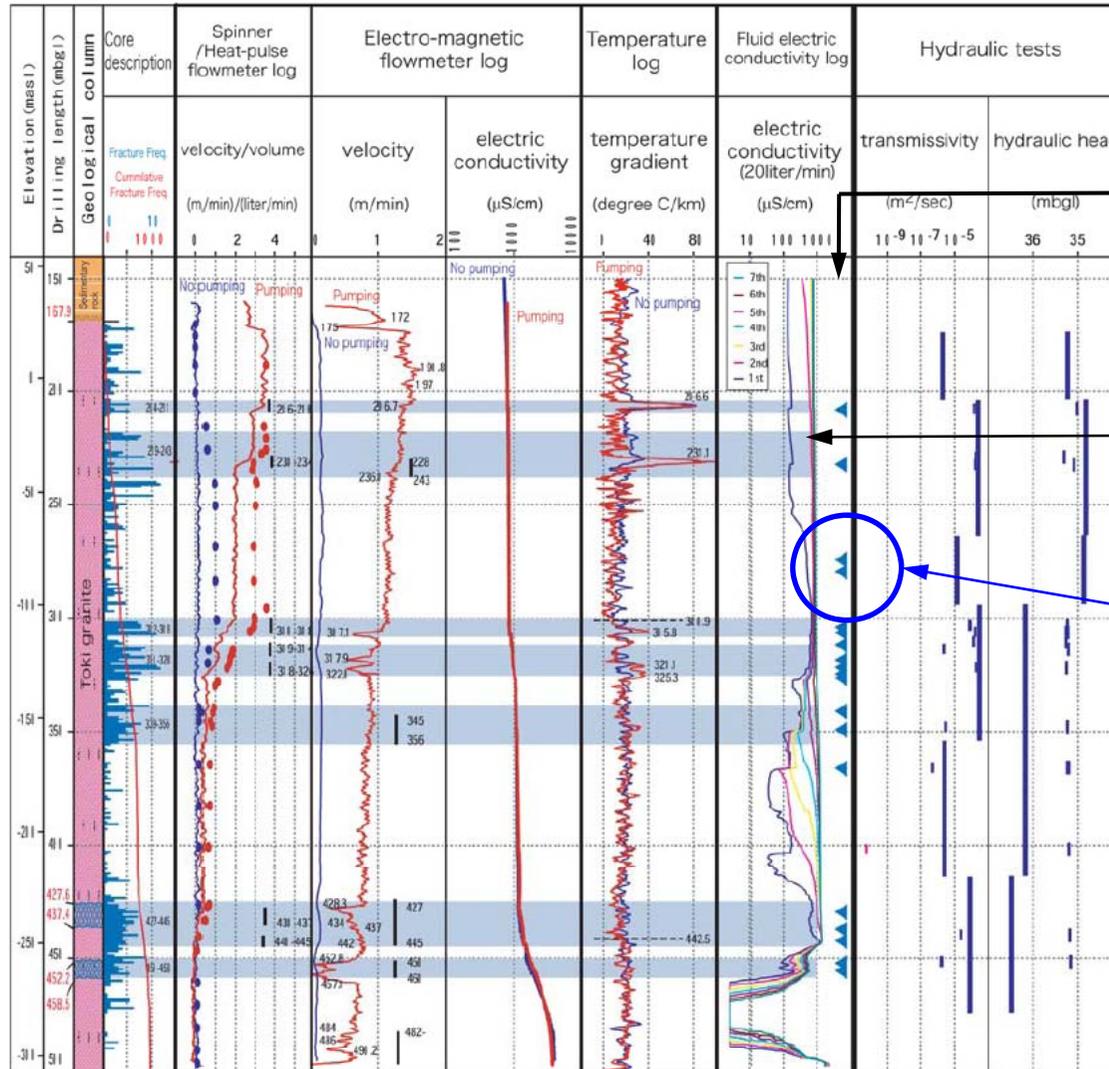
- 特性, 物性値
- 不確実性
- 調査手法
(どの段階で調査できたか)

Hydraulic conductivity		
Geological features and structural elements		Log [k(m s ⁻¹)]
Sedimentary rock	Seto Group	-5.0
	Oidawara Formation	-8.5
	Akeyo/Hongo Formation	-7.6
	Akeyo/Hongo Formation basal conglomerate	-6.3
	Toki-lignite bearing Formation	-6.3
	Toki-lignite bearing Formation basal conglomerate	-5.9
Toki granite	Upper highly fractured domain	-6.7
	Low angle fractured zone	-5.4
	Lower sparsely fractured domain	-7.7
fault	Highly fractured zone along the Tsukiyoshi fault	-6.4
	Main part of Tsukiyoshi fault	-11.0
	Other faults	-4.0~-9.0
	Normal to fault*	-11.0

*Sensitivity analysis about hydraulic anisotropy : 1 of 14 faults

Fig. 3.2.5(2)-1 Geological map and geological model revised using the crosshole investigation phase data

土岐花崗岩中のWCFs特徴 ~ DH-2孔の例 ~



WCFs(Water Conducting Features)

決定論的にモデル化した構造

決定論的な構造(断層など)以外の部分のWCFs
—分布, 特性, 物性値など

Fig. 3.3.6-1 Results of fluid logging and hydraulic test in 500m borehole

1) 各構造の透水量係数の違いと分布のみに着目したケース

主な前提条件

- ・ 各構造がそれぞれ独立に100m連続していると仮定
- ・ 簡易的に定常解析解を使用
- ・ 第2次取りまとめのレファレンスケース(母岩)の条件を前提
- ・ 透水量係数の分布: ①全データから一つの母集団を仮定
②亀裂の方向毎に分類してそれぞれの母集団を仮定
③場所毎(深度)に分類してそれぞれの母集団を仮定

検討項目

- ・ 各構造の透水量係数分布 vs 核種移行率の低減量
 - 大きな構造(決定論的構造や透水量係数が高い構造)から母集団から差別化して、残された透水量係数分布で核種移行遅延性能がどれだけ向上するかを検討
 - 差別化した構造がどの段階でどのような手法で調査・モデル化可能かを検討
- ・ 避けるべき構造と、岩盤に期待できる核種移行遅延性能の関係を、深地層の研究所計画で取得されたデータに基づき整理することが可能

2) 移行経路の不均質性(亀裂のネットワーク構造)など、核種移行遅延効果を評価する上で重要な他の因子に着目したケース

- ・間隙率が高く、低透水性という特徴を有する堆積岩
- ・断層や亀裂などの主要な透水構造の抽出、特性の調査、概念モデル化に課題

観察
プロセス・機能モデル

