

---

平成20年度  
幌延地域を事例とした  
地質環境の長期安定性に関する研究  
H20年度の成果およびH21年度の計画について

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

---

ご報告内容

1. 研究開発の位置づけ, 目標
2. 前回(第5回)のご指摘事項について
3. 今年度の進捗
  - ・長期変遷を考慮した地下水流動への影響評価
  - ・断層運動に伴う力学的・水理学的影響範囲の推定
4. 今後の計画

# 1. 研究開発の位置づけ, 目標

—成果の反映—



## 地質環境の長期安定性調査評価技術

従来の安定な地質環境を選定するという視点に加え, 地層処分システムの性能の観点から, **与えられた場の安定性や長期的な変化を評価するという視点**からの研究開発を進める必要がある(「全体計画」)

## 天然現象に関する調査技術の体系化 長期予測・影響評価手法の整備

+ “総合的な性能評価研究” ⇒ “天然現象影響評価技術”

# 1. 研究開発の位置づけ, 目標

—幌延地域を事例とした長期安定性研究の達成目標—

- 天然現象に関する過去の記録や現在の状況などのデータに基づく**天然現象の発生様式・規則性・規模**を把握するための**調査・解析技術の整備**
- 地層処分において重要な**地質環境特性**(地下水流動特性, 地球化学特性, 物質移動特性等)について, **沿岸域(堆積岩分布域)**における**変化を予測, 評価するための方法論の確立**

過去～現在に生じた天然現象による地質環境の時間変化の推移, メカニズム, 変化の程度(変動幅)の把握

⇒ **将来の天然現象と, それに伴う地質環境の変化の類推**



沿岸域における地形, 地質構造(イメージ図)

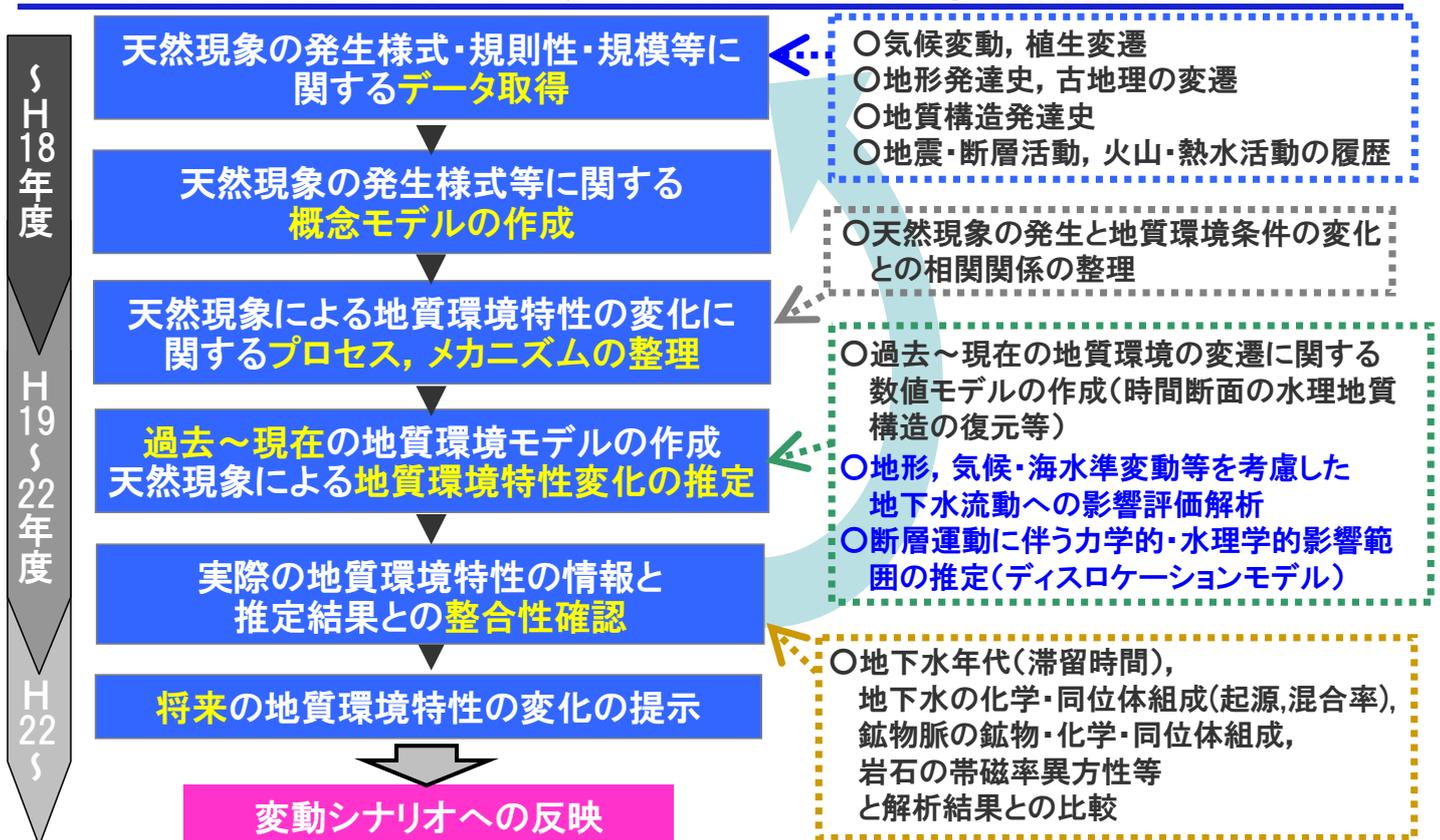
# 1. 研究開発の位置づけ, 目標

—地層処分において重要な地質環境特性等—

地質・地質構造	移行経路として重要な構造	希釈効果	帯水層などの分布
	対象岩盤の分布と形状		帯水層などにおける流束分布
	岩盤中の地質学的不均質性		応力場
	地形,地質・地質構造の時間変化		岩盤の物理・力学特性
地下水の流動特性	地下水流動場	地下空洞周辺の力学・水理状態	地下空洞への地下水流入量,ガス湧出量
	地下水流束分布		掘削影響領域の分布,物理・力学特性
	地下水流動場の時間変化		不連続構造などの分布
	地下水流束分布の時間変化		応力場の時間変化
地下水の地球化学特性	地下水の塩分濃度分布	地下の温度環境	地温勾配分布
	地下水のpH・Eh環境		岩盤の熱特性
	地下水の水質変化		岩盤の熱特性の時間変化
物質移動の遅延効果	移行経路沿いの物質移動場		
	対象岩盤の化学的遅延能力		
	コロイド,有機物,微生物の化学影響		

# 1. 研究開発の位置づけ, 目標

—幌延地域を事例とした長期安定性研究に関する基本フロー—



## 2. 前回(第5回)のご指摘事項について

- 幌延町より北側の沿岸部では隆起が見られるなど、町内のみではなく、周辺で生じている事象についての考慮も必要。
- 永久凍土で覆われた地下では地下水が被圧されているため、局所的な地下水の上昇によるアイスコア形成の可能性も考える必要がある。
- 海水準変動曲線は最新の知見を反映すべき。

→最新の知見に基づく条件設定での解析を実施中。

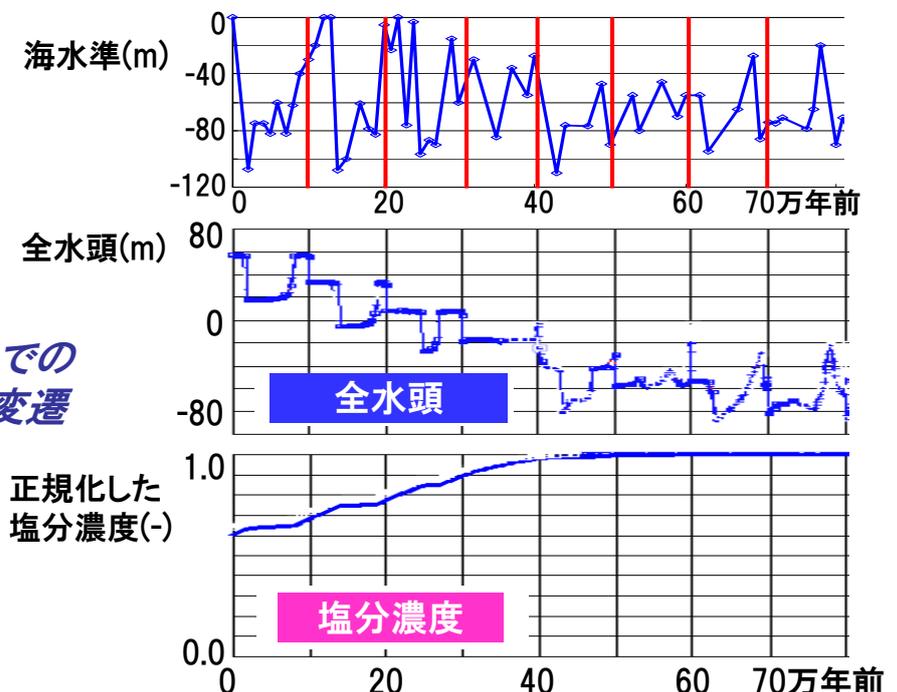
- ・現在～約43万年前: Waelbroeck et al. (2002)
- ・約43万～60万年前: Rabineau et al. (2006)
- ・約60万～150万年前: Lisiecki & Raymo (2005)

## 2. 前回(第5回)のご指摘事項について

- 氷期の地下水流速の変化について検討必要。

- 地下水の挙動は、氷期-間氷期の変動により時間差が生じるのか。変動が蓄積されるのか。

丘陵部・深度約300mでの  
全水頭, 塩分濃度の変遷



## 2. 前回(第5回)のご指摘事項について

---

- 解析の時間刻みについて設定根拠を整理したほうがよい。
- 安全評価の観点から、地質環境の長期安定性をどうとらえ、どの程度のモデルの精度が必要かを明確にすべき。
- 処分場の空間的な拡がりを念頭に置いた空間スケールに絞って調査・解析を進めてはどうか。

## 3. 今年度の進捗

### (1) 地質環境の長期変遷を考慮した地下水流動への影響評価

---

- 整理したデータに基づくモデル化
  - 地形, 地質構造, 水理地質構造のモデル化
  - 解析領域, 物性値
  - 解析条件
- パラメータスタディ
  - 氷期の涵養量の解析結果への影響検討例
  - 断層の形状等の解析結果への影響検討例

# 3. 今年度の進捗

## (1) 地質環境の長期変遷を考慮した地下水流動への影響評価

### 地形, 地質構造, 水理地質構造のモデル化

#### ●地形・地質構造の発達に関する数値モデル

- 基本情報: 復元地質構造断面図から設定
- 隆起速度等の変動速度: 沈降史解析結果と同一オーダーに設定

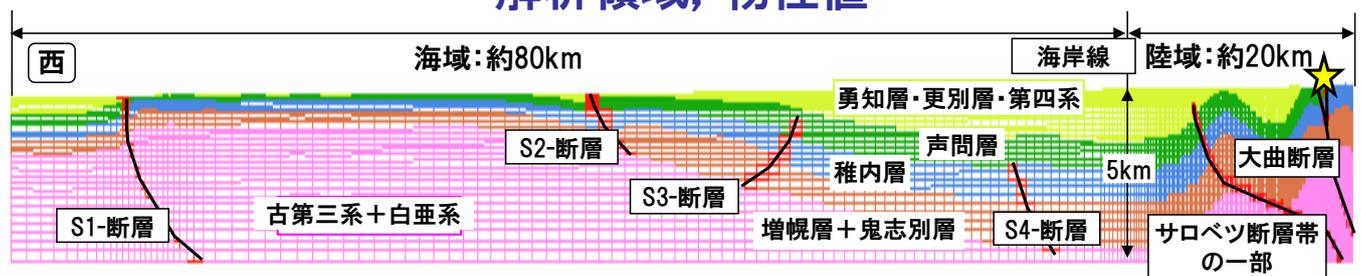
#### ●水理地質構造に関する数値モデル

- 水理地質区分: 地質的性状, 透水性, 地層区分に基づき設定
- 地層の透水性分布: 水理試験結果の解釈から, 深度変化を仮定
- 断層の透水性: 大曲断層や割れ目帯での水理試験結果から設定
- 過去の地層の透水性: 埋没を考慮し, 150万年前は現在より1桁高いと仮定

# 3. 今年度の進捗

## (1) 地質環境の長期変遷を考慮した地下水流動への影響評価

### 解析領域, 物性値



地質区分	透水係数(m/sec)	間隙率(%)	比貯留係数(1/m)
表層	$1.0 \times 10^{-6}$	60	$1.0 \times 10^{-5}$
勇知層・更別層・第四系	$Depth\_Yt$	60	$1.0 \times 10^{-5}$
声間層	$Depth\_Kt$	60	$1.0 \times 10^{-5}$
稚内層	$Depth\_Wk$	40	$1.0 \times 10^{-5}$
増幌層+鬼志別層	$5.0 \times 10^{-10}$	30	$1.0 \times 10^{-5}$
古第三系+白亜系	$1.0 \times 10^{-11}$	20	$1.0 \times 10^{-5}$
断層 大曲断層, サロベツ断層帯の一部, S1~S4断層	$1.0 \times 10^{-7}$	50	$1.0 \times 10^{-5}$

Depth\_Yt, Kt, Wk: 現場透水試験結果から上下限を設けた深度の関数として設定。

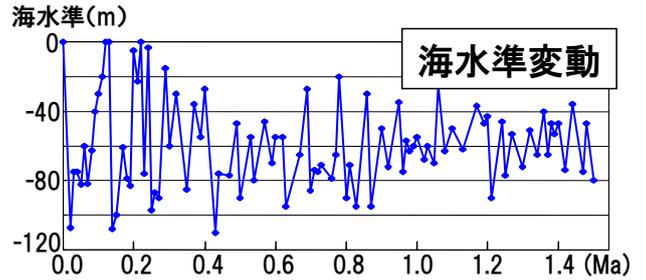
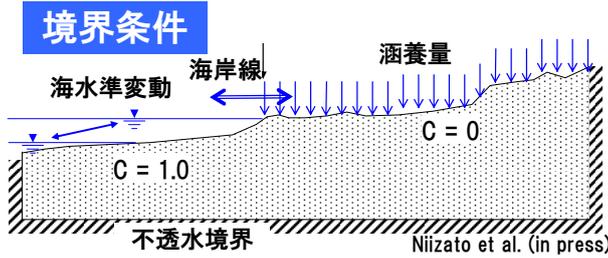


地形陰影図は国土地理院(2001)による

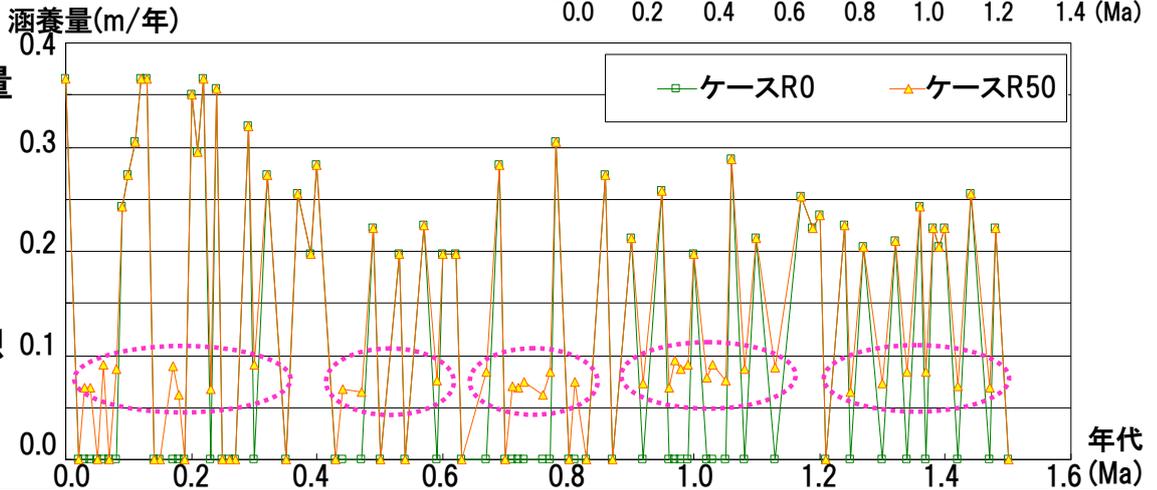
# 3. 今年度の進捗

## (1) 地質環境の長期変遷を考慮した地下水流動への影響評価

### ① 氷期の涵養量の解析結果への影響検討例(設定条件)



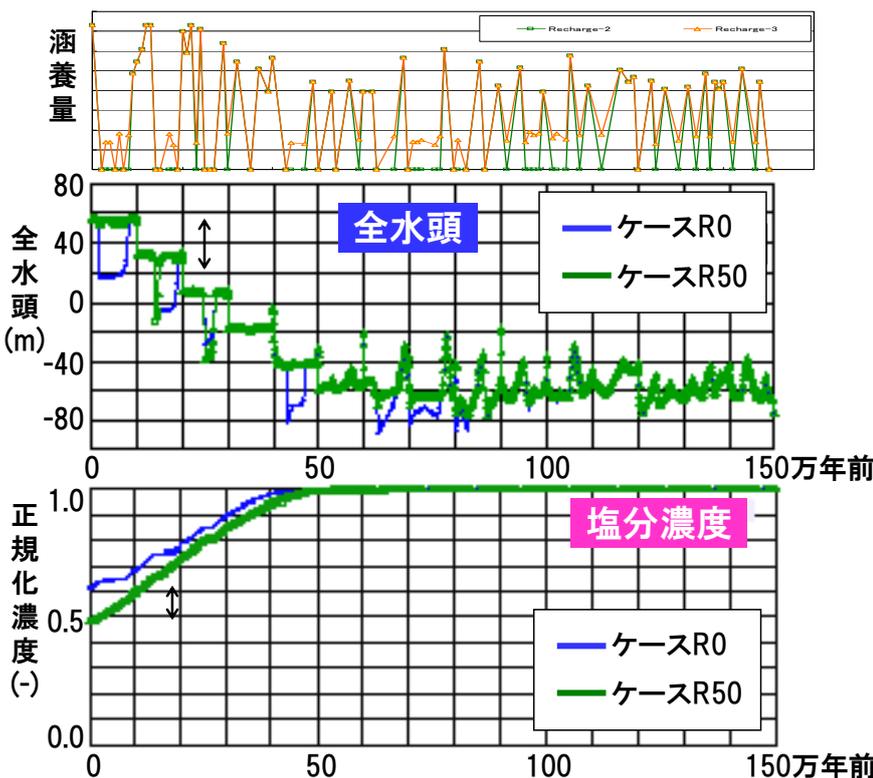
- 氷期の涵養量 (凍土存在時)
- ・ケースR0 : 不透水 [既実施ケース]
- ・ケースR50 : 気候変動から想定される量の50%を仮定



# 3. 今年度の進捗

## (1) 地質環境の長期変遷を考慮した地下水流動への影響評価

### ① 氷期の涵養量の解析結果への影響検討例(解析結果)



丘陵部・深度約300mでの全水頭、塩分濃度の変遷

- ・ケース間の変遷の傾向に顕著な違いはみられない。
- ・気候変動曲線から想定される涵養量の50%を与えるケースでは、丘陵部での涵養量の増加、丘陵部から沿岸域への地下水流動の増加による全水頭、塩分濃度分布への影響を確認(全水頭で最大40m程度、正規化した塩分濃度で0.1程度)。

# 3. 今年度の進捗

## (1) 地質環境の長期変遷を考慮した地下水流動への影響評価

### ② 断層の形状等の解析結果への影響検討例 設定条件

サロベツ断層に関して以下の2種類のモデル化の比較

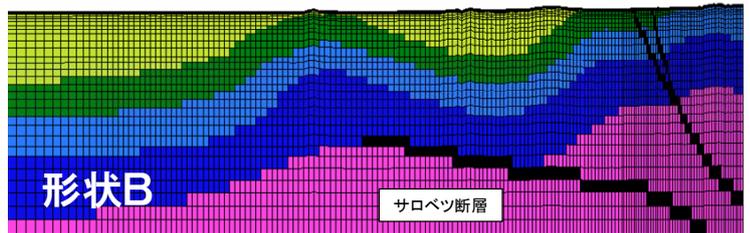
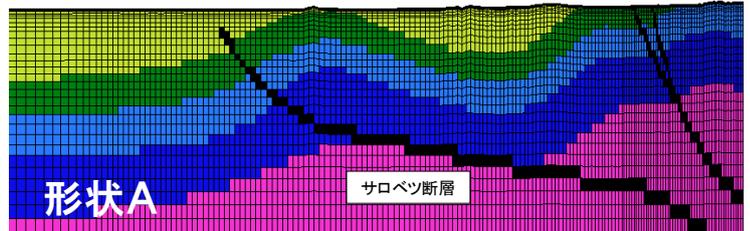
- 2種類の断層形状: 形状A, B
- 断層の透水係数:  $1 \times 10^{-6} \text{m/s}$ ,  $1 \times 10^{-8} \text{m/s}$ ,  $1 \times 10^{-10} \text{m/s}$

#### ○地下水流動解析

- 海部: 一定水位(固定水頭)
- 陸部: 涵養量 1mm/日, 自由浸出面
- 定常解析

#### ○物質移行解析

- 初期塩分濃度: 全域1.0
- 淡水による塩水の洗い出し過程
- 非定常解析



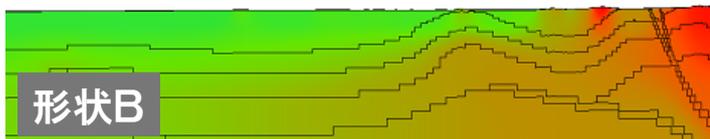
(図は, 東側から約20km, 深度5kmを抜粋)

# 3. 今年度の進捗

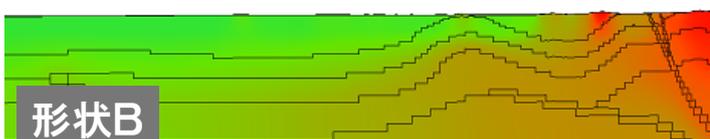
## (1) 地質環境の長期変遷を考慮した地下水流動への影響評価

### ② 断層の形状等の解析結果への影響検討例

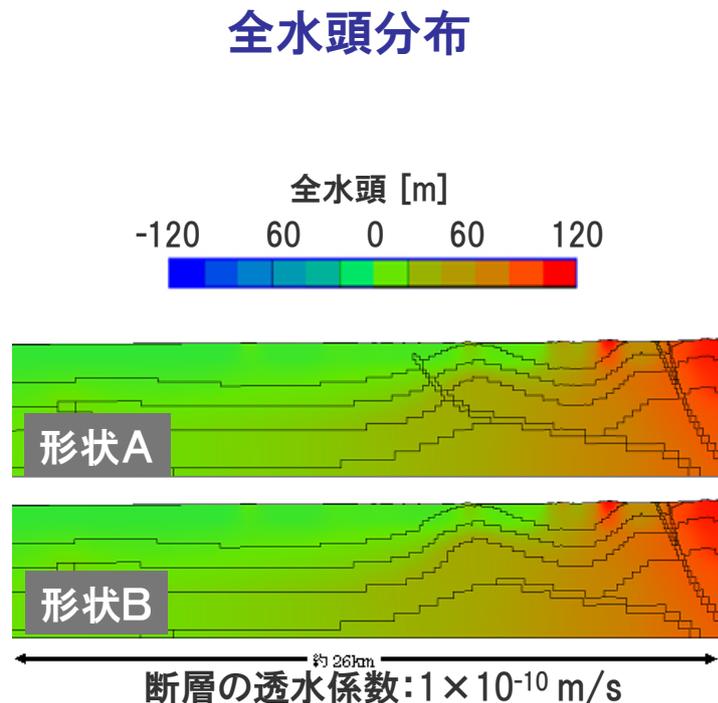
(現時点) 海域 沿岸域 丘陵部



断層の透水係数:  $1 \times 10^{-6} \text{m/s}$



断層の透水係数:  $1 \times 10^{-8} \text{m/s}$

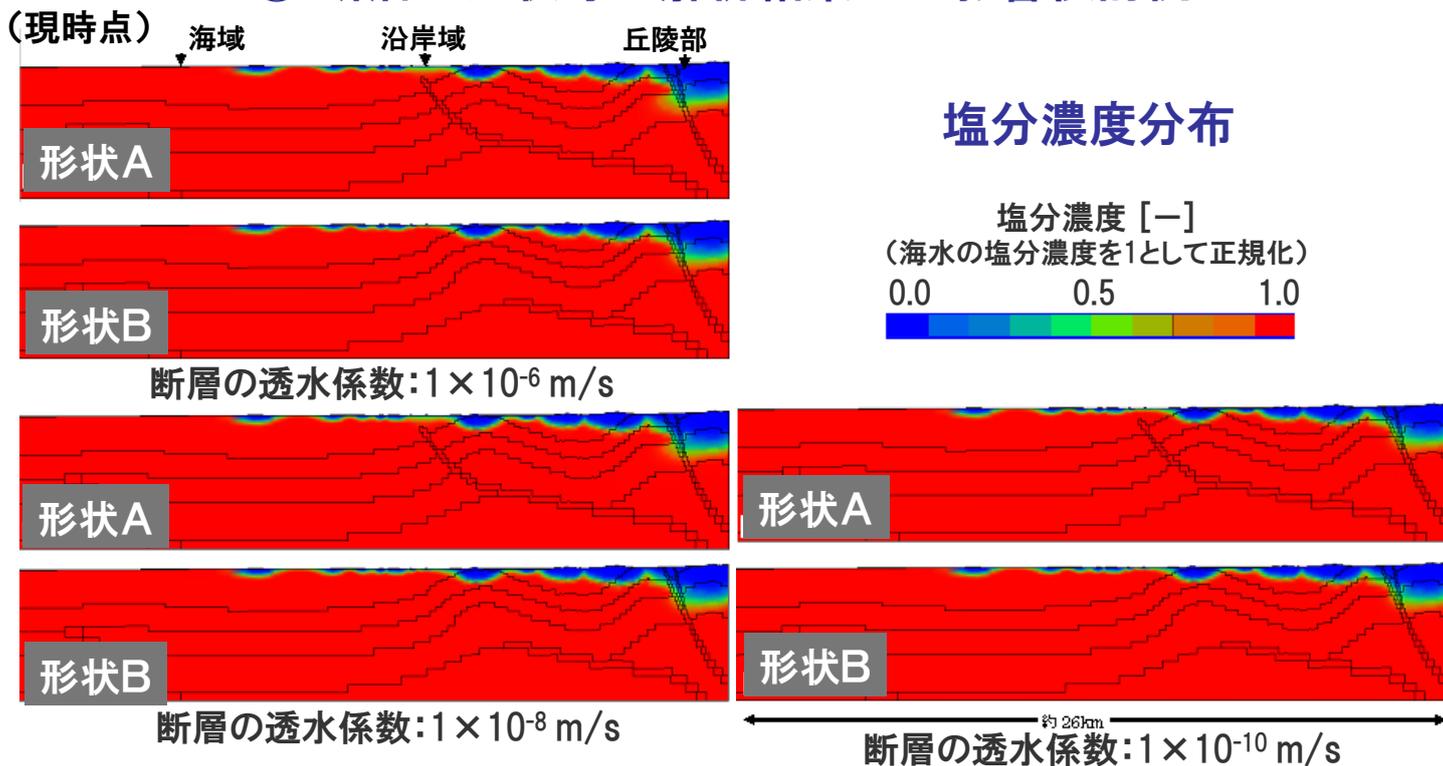


断層の透水係数:  $1 \times 10^{-10} \text{m/s}$

# 3. 今年度の進捗

## (1) 地質環境の長期変遷を考慮した地下水流動への影響評価

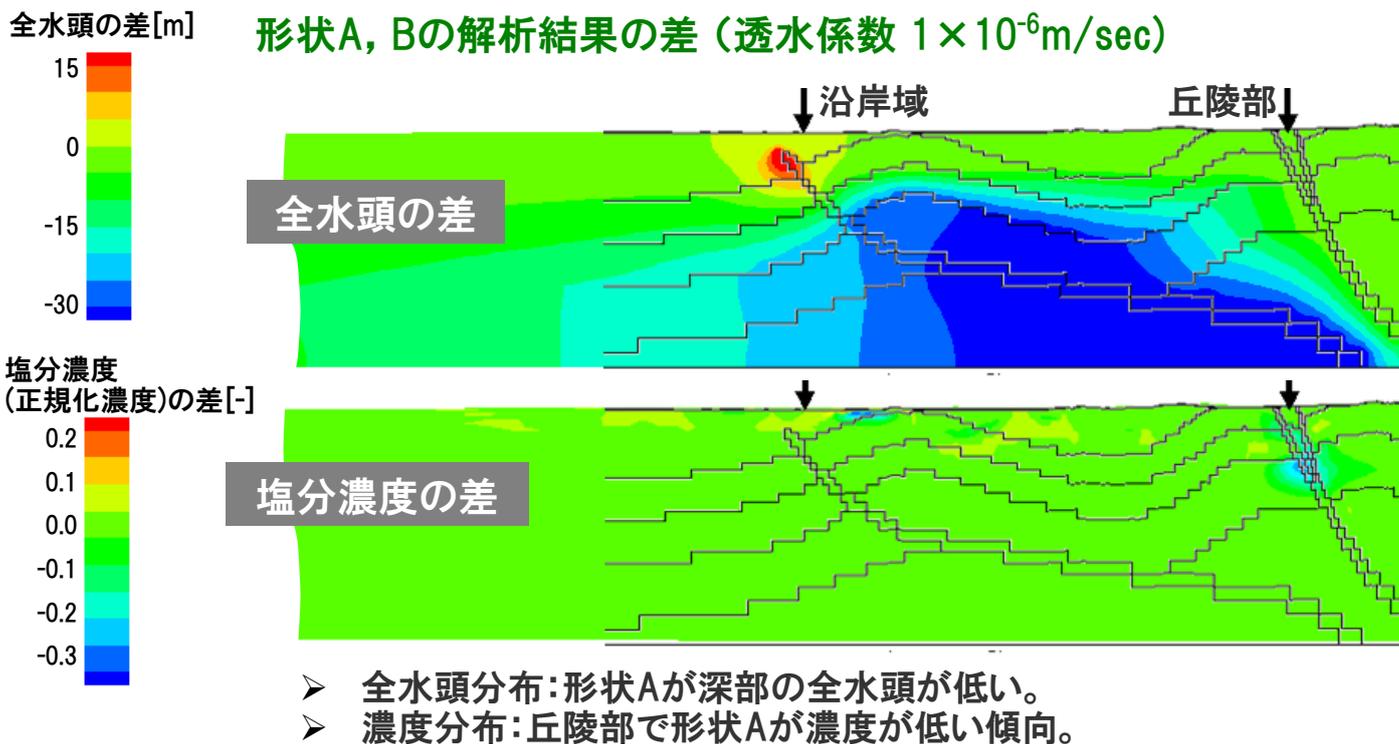
### ② 断層の形状等の解析結果への影響検討例



# 3. 今年度の進捗

## (1) 地質環境の長期変遷を考慮した地下水流動への影響評価

### ② 断層の形状等の解析結果への影響検討例



### 3. 今年度の進捗

#### (2) 断層運動に伴う力学的・水理学的影響範囲の推定

##### 地層処分研究開発に関する国の報告等

- 岩盤の破断や破砕に伴って卓越した地下水移行経路が形成されることや、岩盤ひずみに起因し地下水の流動特性や水質が変化すること等の影響については、・・・、設計・施工での対応や処分システム全体の安全性能との関連も踏まえ、その取り扱いを審議する。
- 隆起・沈降・侵食により地下水の流動特性や水質が変化し、廃棄体中に含まれる放射性廃棄物が漏出し、周辺の地質環境中を移行し易くなること等の影響については、・・・、設計・施工での対応や処分システム全体の安全性能との関連も踏まえ、その取り扱いを審議する。
  - 概要調査地区選定段階以降の段階で考慮すべき環境要件の検討(原子力安全委員会, 2002, “高レベル放射性廃棄物処分の概要調査地区選定段階において考慮すべき環境要件について”)
- 地震・地質構造の変形による水文地質学的変化分野, 気候変動による水文地質学的変化分野に共通して, 水文地質学的変化を生じさせる要因には様々なものがあり, ・・・, 水文地質学的変化をその原因となる要因から解明することよりも, 処分システム領域にどのように影響を与えるかを優先して研究を進めることが必要。
  - 安全規制のために必要な研究課題(総合資源エネルギー調査会原子力安全・保安部会, 2003, “高レベル放射性廃棄物処分の安全規制に係る基盤確保に向けて”)

### 3. 今年度の進捗

#### (2) 断層運動に伴う力学的・水理学的影響範囲の推定

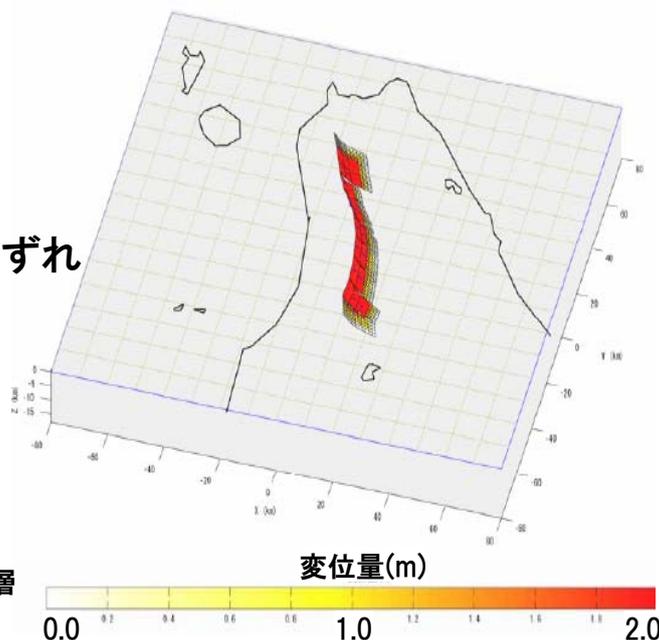
##### ディスロケーションモデル—解析モデルの設定—

##### ●断層モデル

- 断層面形状: 三次元断層モデル※1を複数の矩形断層面に区分
- 平均すべり量: 1.0 m ※2
- すべり分布: 一様すべり
- すべり方向: ①逆断層, ②逆断層+左横ずれ
- 摩擦係数: 0.4

##### ●媒質モデル

- ヤング率:  $8 \times 10^5$  bar
- ポアソン比: 0.25



※1 地震探査反射断面, 地表地質分布等により作成された断層形状モデル

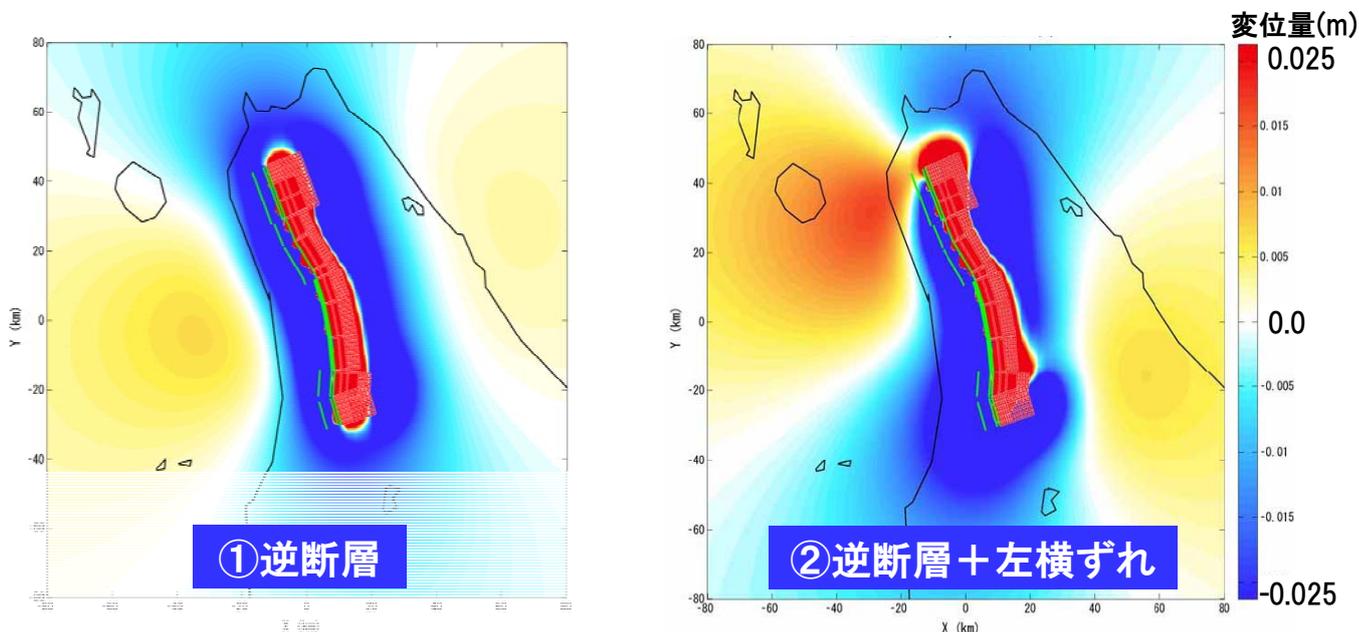
※2 地震調査推進本部「震源断層を特定した強震動予測手法(レシビ)」(2007)「推本レシビ」を基に簡易的に推定

### 3. 今年度の進捗

#### (2) 断層運動に伴う力学的・水理学的影響範囲の推定

##### 解析結果例①

##### 地表における鉛直方向の変位量

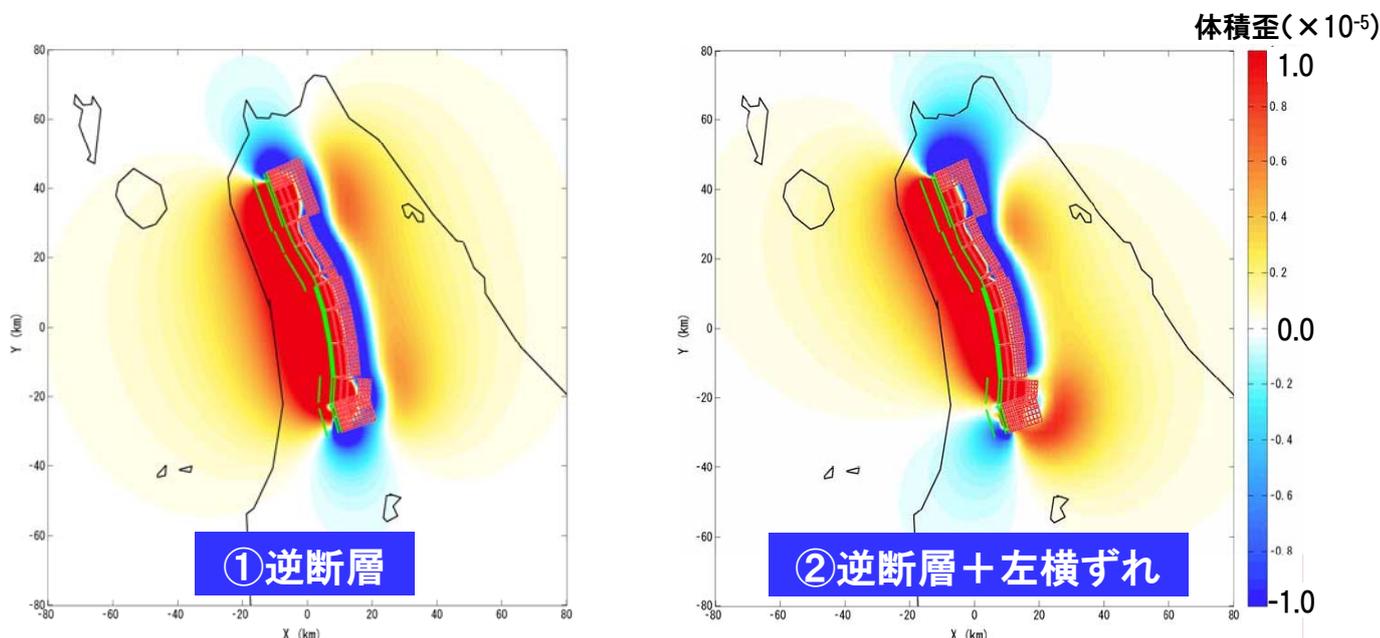


### 3. 今年度の進捗

#### (2) 断層運動に伴う力学的・水理学的影響範囲の推定

##### 解析結果例②

##### 地表における体積歪



# 4. 今後の計画

## —課題と現在の取り組み等—

### <解析モデル, 解析条件の設定>

- 地質構造の変化 …… 変位は、鉛直方向のみを仮定、層厚変化は仮想値
- 地形変化 …… 地層ごとに異なる地形変化の様式を考慮し、簡略化して記述
- 水理地質構造モデル …… 多孔質媒体とみなし、割れ目帯や透水異方性は考慮していない
- 涵養量の変動 …… 海水準変動(気温)と線形関係を仮定  
降水による希釈を考慮。続成作用に伴う鉱物反応で放出される流体は考慮せず。密度差は考慮せず
- 断層モデル …… 平均すべり量等のパラメータは「推本レシピ」に基づき簡易的に設定
- 媒質モデル …… 仮想値

### <現在の取り組み等>

- ◆ バランス断面法の適用、一次元圧密解析による検討
- ◆ 地形発達史の検討(地形変化モデル等)
- ◆ 地下施設周辺の地質環境データによるモデルの更新
- ◆ モダンアナログに関する表層水理、花粉データベースの構築
- ◆ 地下水水質の形成過程の検討(海水の熟成、珪藻化石の生物化学的熟成等)
- ◆ 地下水中の密度差を考慮した解析の効率化検討等
- ◆ 過去の力学的変化との対比、歪変化量に基づく地下水流動場の変化の推定等

これらの仮定や仮想値について、過去～現在に生じた天然現象のデータに基づくパラメータ設定やモデル作成を進め、既存情報の収集、現地調査による新規データ取得と数値解析を実施する