

# 地層処分技術に関する研究開発の 進捗状況

## ⑤地層処分研究開発

平成23年3月16日  
日本原子力研究開発機構  
地層処分研究開発部門



## H22年度の研究開発の実施状況

### 年度目標

先進シナリオ開発技術

リアリスティックモデリングとデータベース

- 天然現象の影響を考慮した現実的な性能評価手法の提示
- 実用的なデータベース(ガラス溶解、オーバーパック)の公開
- 岩盤の規模や不均質性等を踏まえた性能評価の考え方の提示

### 主要な成果

総合性能評価技術

- 新たなシナリオ構築手法の検討と最新の現象理解を取り入れたシナリオ構築の試行
- 天然現象に対する評価のための概念モデルの構築と、隆起・侵食の影響評価手法の例示
- 材料腐食データを含むオーバーパックデータベースの整備
- 人工バリア及び周辺岩盤の熱-水-応力-化学連成挙動を評価するための計測技術と解析技術の整備
- 核種の溶解・移行等に関するモデルの高度化、基礎データの拡充、データベースの開発
- 適切な母岩規模や深度を設定するための性能指標の検討

## ・目標:

サイトの地質環境調査で得られる情報や、ニアフィールドの変遷等に関する最新の現象理解を踏まえ、安全評価で必要となるシナリオ構築技術を整備する

## ・進め方:

- 国際的なシナリオ開発に関する動向調査と、シナリオ構築に係る手法の体系的整備
- 安全機能への影響を視軸とした、最新の現象理解に関する知見の整理
- シナリオの類型化および感度解析を含むスクリーニング技術の整備
- シナリオ分類の考え方に対応した、具体的なシナリオ開発事例の蓄積

## ・成果(手順の検討の一例):

### 安全機能の設定

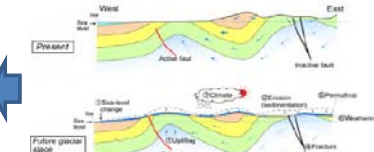
システム構成要素	期待する安全機能
ガラス固化体	核種の溶出の抑制
オーバーパック	核種の閉じ込め
緩衝材	低透水性 化学的緩衝性(含む腐食生成物) 間隙水中での核種の溶解度制限 コロイド、微生物、有機物のろ過 収着・拡散
周辺岩盤	核種の移行抑制(移流/拡散、収着) 人工バリアの設置環境と長期的な安定性

### 期待する安全機能の時間枠の設定

OECD/NEA (2009) Andraの例

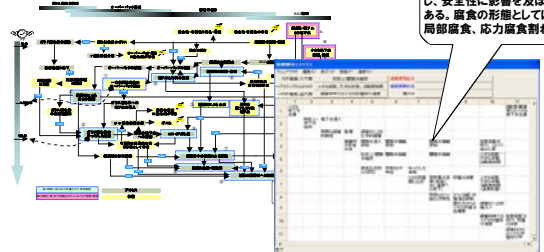
Commissi- sioning	100 yrs	1 000 yrs	10 000 yrs	100 000 yrs	10 <sup>5</sup> yrs
1. Counter water circulation • Limit groundwater flow • Limit velocity of water circulation • Increase respiratory and aquifer denitrification					
2. Limit release of toxic elements and immobilize them within the repository • Prevent B waste • Prevent water from reaching C waste • Limit transport of dissolved species in vicinity of C waste • Prevent water from reaching spent fuel • Limit transport of dissolved species in vicinity of spent fuel • For all waste and fuel, limit dissolution of radioactive elements, prevent reducing conditions, alter controls					
3. Delay and weaken migration of toxic elements into the environment • Control migration by diffusion-reaction-dispersion in host formation • Delay migration within engineered components • Preserve natural dispersion capacity in Plutonium production					

### ストーリーボードを用いたシステムの状態変化の記述 NUMO (2010)



地質環境調査に基づく場の長期変遷に関する理解

### インフレンスダイアグラムを用いた安全機能への影響伝播の整理



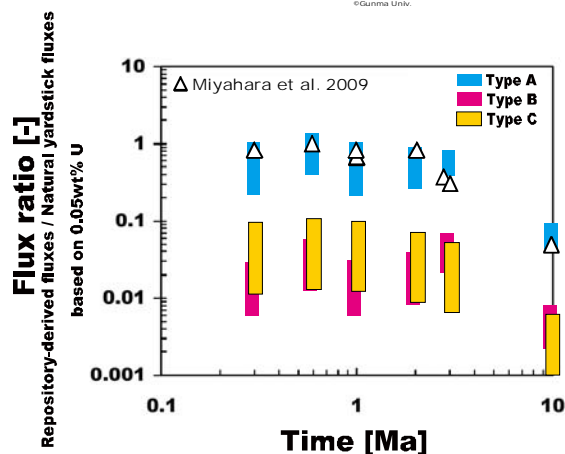
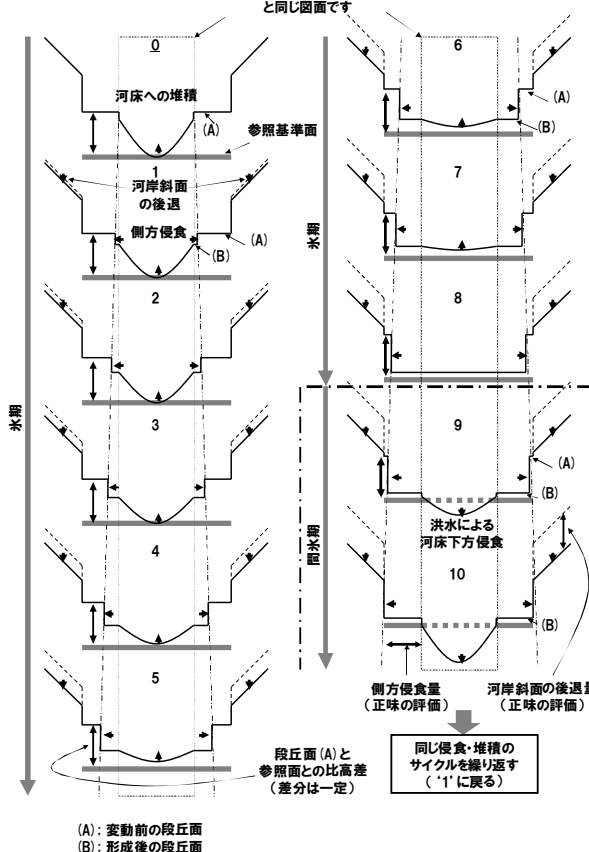
最新の知見に基づくFEP情報の更新

炭素鋼オーバーパックと地下水が反応するとオーバーパックの腐食が進行し、安全性に影響を及ぼす可能性がある。腐食の形態としては、全面腐食、局部腐食、応力腐食割れ等が想定...

FEP Matrixを用いたFEPの相関関係の整理

シナリオの抽出

Miyahara et al. (2009)と同じ図面です





**オーバーパックデータベースメイン**  
各ボタンをクリックすると、関連情報、データベースにアクセスします。

オーバーパック設計における検討項目と基本フロー

- 設計要件 → 設計条件 → 基本仕様 → 詳細仕様
- 溶接技術 → 検査技術 → 品質、長期健全性
- 腐食データベース → 溶接・検査技術メニュー

以下のボタンをクリックすると、データベースメニューに直接アクセスできます。

- 炭素鋼の腐食データベースへ
- チタンの腐食データベースへ
- 銅の腐食データベースへ

腐食データ、試験データなど

ID	材料	厚さ	環境	腐食速度	試験種別	試験条件	試験結果
493	1.8 SSW	50	1095	クニゲルV1	脱気	カラム	2.68E-03
494	1.8 SSW	50	1095	クニゲルV1	脱気	カラム	2.55E-03
495	1.8 SSW	80	1467	クニゲルV1	脱気	カラム	3.07E-03
496	1.8 SSW	80	1467	クニゲルV1	脱気	カラム	2.99E-03
497	1.8 SSW	50	1095	クニゲルV1	脱気	カラム	1.43E-03
498	1.8 SSW	80	1467	クニゲルV1	脱気	カラム	1.15E-03
499	1.8 SSW	80	1467	クニゲルV1	脱気	カラム	1.23E-03
500	1.8 高Cl/CO3	80	1467	クニゲルV1	脱気	カラム	1.41E-03
501	1.8 高Cl/CO3	80	1095	クニゲルV1	脱気	カラム	1.26E-03
502	1.8 HCO3	80	1467	クニゲルV1	脱気	カラム	1.20E-03
503	1.8 HCO3	80	1095	クニゲルV1	脱気	カラム	1.27E-03
504	1.8 高Cl/CO3	80	1095	クニゲルV1	脱気	カラム	2.79E-03
505	1.8 高Cl/CO3	80	1095	クニゲルV1	脱気	カラム	2.86E-03
506	1.8 高Cl/CO3	80	1095	クニゲルV1	脱気	カラム	2.98E-03
507	1.8 SFW	80	1095	クニゲルV1	脱気	カラム	3.27E-03
508	1.8 SFW	80	1095	クニゲルV1	脱気	カラム	3.14E-03
509	1.8 SFW	80	1095	クニゲルV1	脱気	カラム	3.00E-03
							3.05E-03
							3.89E-03
							3.51E-03

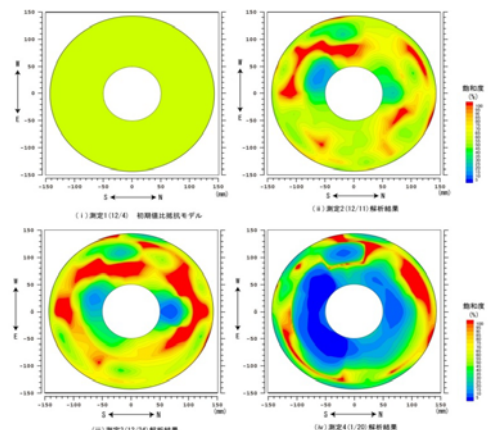
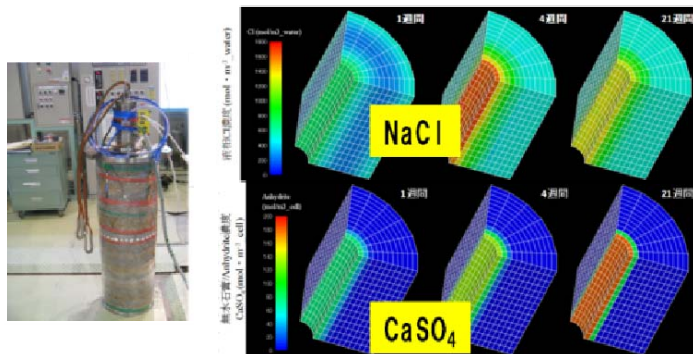
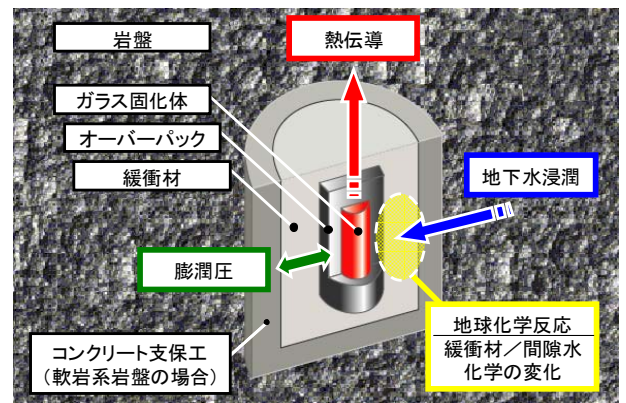
溶接検査技術の選択肢に関する情報(技術メニュー)

腐食量評価の考手法などの情報

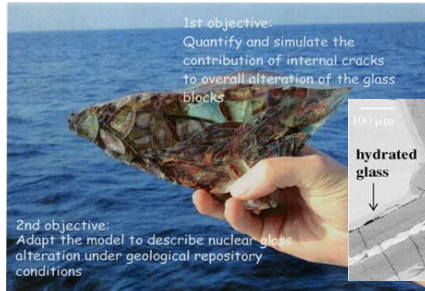
設計要件、設計条件などの情報

地質環境条件など候補地の特徴や事業者が選定する処分概念に応じたオーバーパックの設計に必要な技術情報のデータベースを公開予定

- **目的**  
坑道掘削、廃棄体定置、閉鎖後におけるニアフィールドの熱的、水理的、力学的、化学的なプロセスの時間的/空間的変遷を評価
- **実施内容**  
室内・原位置試験や共同研究等を通じた、熱-水-応力-化学連成解析コード、評価するパラメータの設定方法、現象を把握するための計測技術を開発
- **反映先**  
評価結果は、処分場の設計の保守性や信頼性、処分場閉鎖時の判断材料、処分場閉鎖後の性能評価へ反映



開発された非破壊計測技術(比抵抗トモグラフィ)による緩衝材中の水分変化の測定例

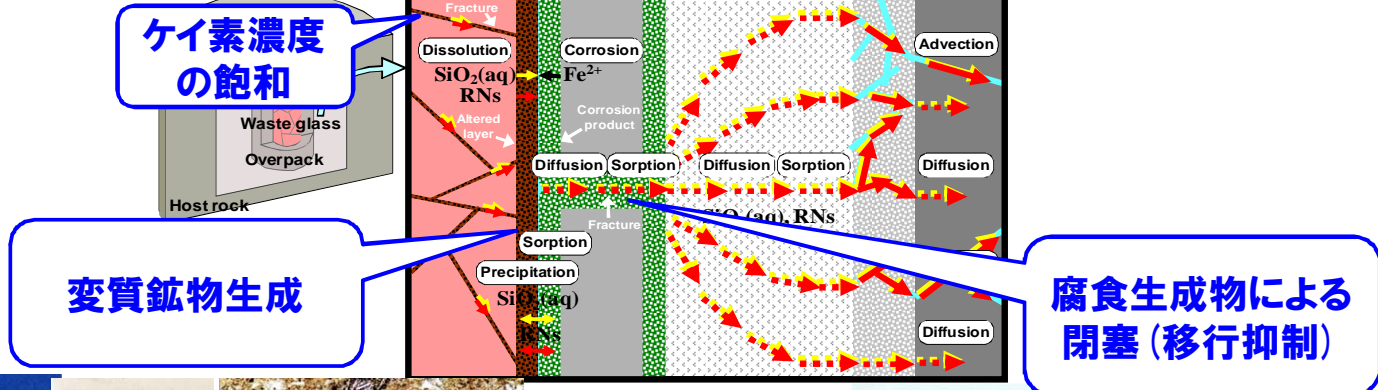


Verney-Carron et al. (2010)

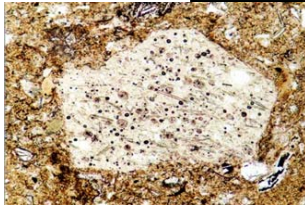
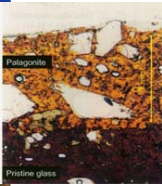
1万年以上の健全性



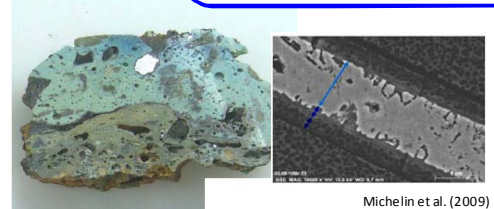
Yoshikawa et al. (2003)



Techer et al. (2001)



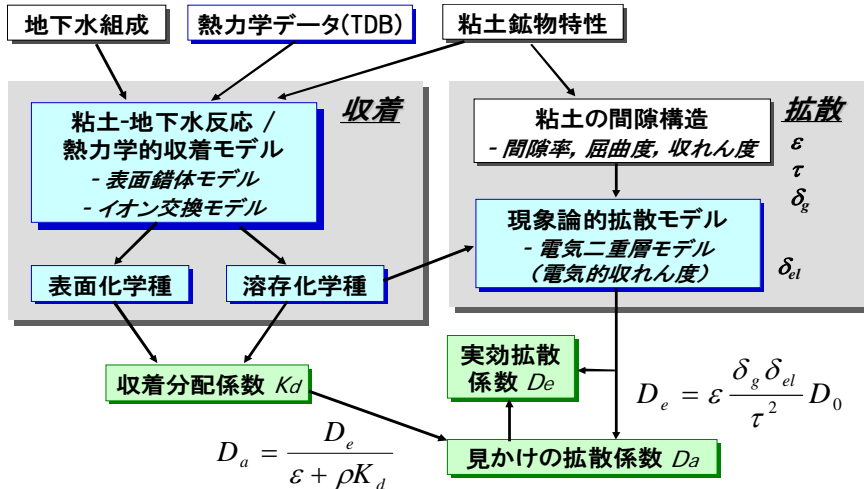
Kamei et al. (2000)



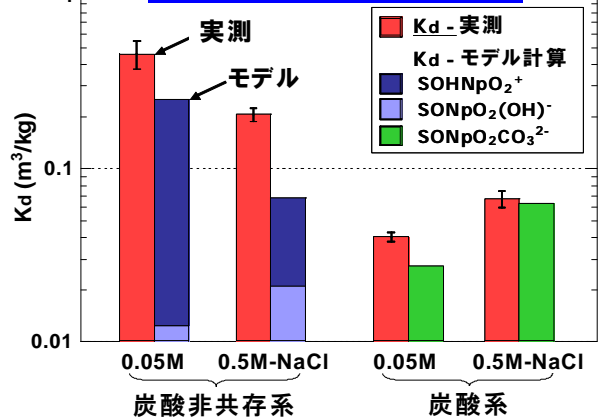
Michelin et al. (2009)

性能評価における信頼性の高い核種移行パラメータ設定を支援するため、

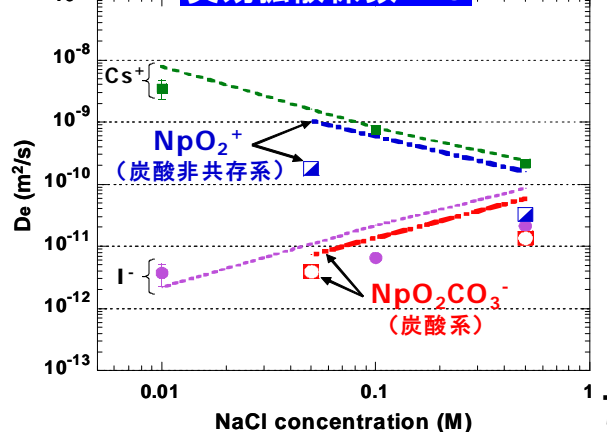
- NEA収着プロジェクト等の最新動向を反映しつつ、
- ベントナイト中の現象論的収着・拡散モデル/データベース体系(ISD)を構築【下図:モデル体系】
- 実測値データベース(JAEA-SDB/DDB)とも連携し、多様な核種/環境条件への適用性を提示【右図:圧縮ベントナイトのNp(V)収着・拡散のモデル化】



圧密系収着分配係数; Kd



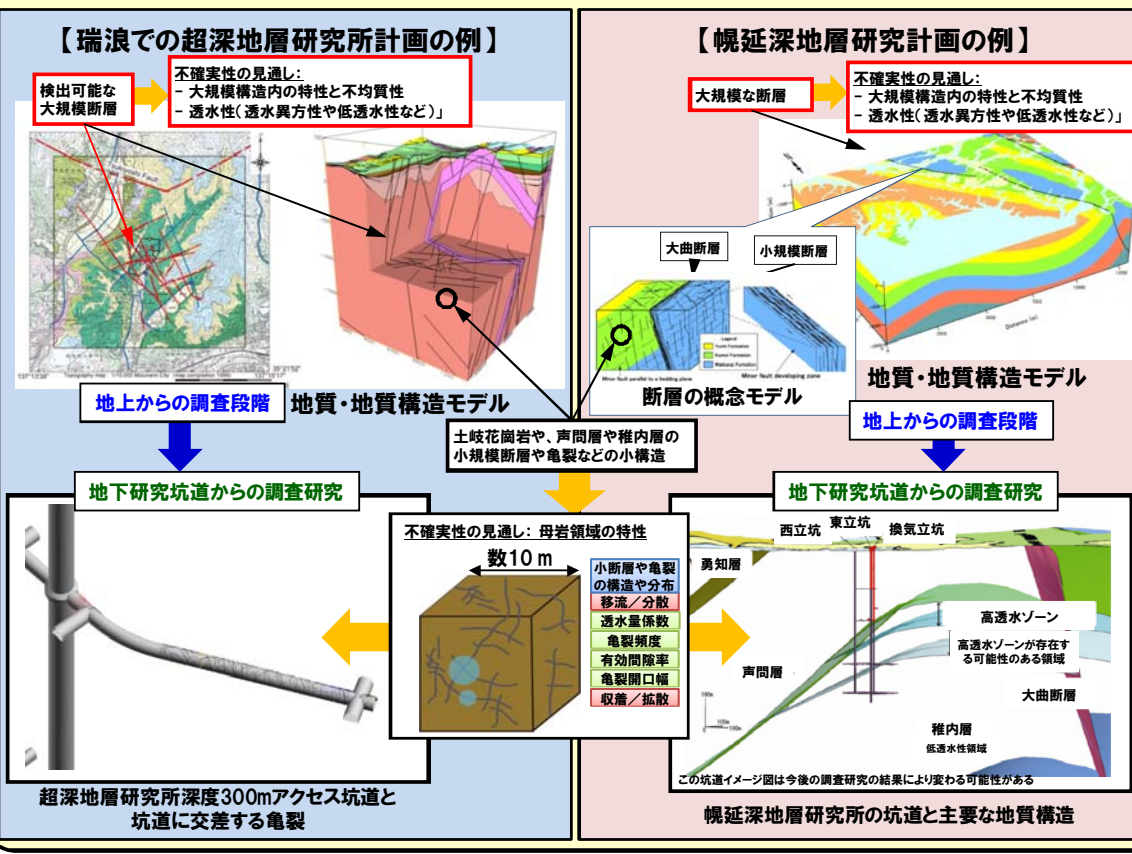
実効拡散係数; De





調査の段階に応じた地質環境の理解と不確実性の見通しを踏まえた設計性能評価技術の体系化手法の整備

## 深地層の研究施設計画における調査の考え方



## 設計と性能評価手法 (様々な環境条件を想定した場合)

地上からの調査段階  
・ 地質環境の理解の程度  
・ 不確実性の見通し

1. 保守性に基づいた設計と安全評価を提示  
⇒ 処分場安全の見通しに対する頑健性の確保

2. 不確実性の種類や程度に応じた、多様な設計オプションと、多様な安全評価の手法を提示  
⇒ 調査段階に応じた調査と評価の適切、柔軟な変更

## 地下坑道での調査計画の立案

1. 保守性に基づいた設計と安全評価の妥当性を確認

2. 不確実性の低減による設計オプションや評価の多様性の絞り込み

# H23年度の研究開発の実施計画

## 人工バリアの長期挙動・相互作用に関する知見の整備

### 年度目標/期待される成果

- 人工バリアの長期挙動に関するモデルの高度化や基礎データの取得、データベースの拡充
- 熱-水-応力-化学連成プロセスに関する坑道内での試験計画を作成  
地質環境条件を考慮した性能評価データ設定
- 緩衝材中における核種の現象論的収着・拡散モデルと基本定数データベースを構築  
安全評価の観点からの設計オプションの絞り込み(レイアウトの違い)
- 地質環境の特徴や天然現象による長期変動等を考慮した現実的な性能評価の考え方や手法を整備

蓋然性の高いシナリオ評価 & 地質環境の長期的変遷を考慮した性能評価

### 事業、規制への反映

- 事業: 地下施設のレイアウト設定、予備的安全評価
- 規制: 安全審査基本指針