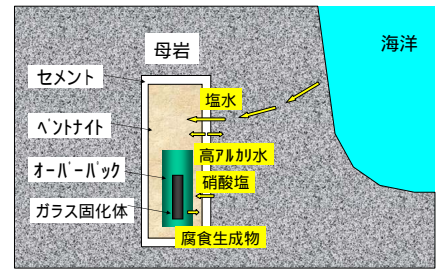
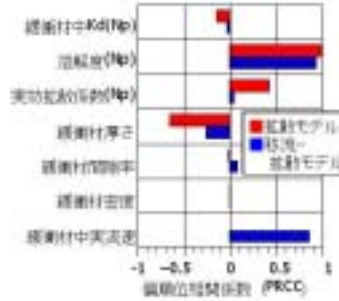


# 放射性廃棄物処分の長期的評価のための実験的研究

## 概要

放射性廃棄物の地層処分の安全評価においては、評価期間が数千年以上の長期に及ぶため、信頼性のある長期評価手法の開発が必要である。本研究では、長期安全評価の信頼性向上に資することを目的に、安全評価結果(地下水シナリオ)との相関が高いパラメータ(ガラス固化体の溶解速度、核種溶解度、緩衝材中拡散係数、緩衝材中実流速、天然バリア材への分配係数)について実験的にデータ取得およびモデル化を行い、安全評価の科学的基盤として整備している。これらのパラメータの変動をもたらす化学的擾乱として、セメント起源の高アルカリ環境、オーバーバックの腐食、処分場沿岸立地の場合の塩水系地下水、TRU廃棄物起源の硝酸塩/亜硝酸塩/アンモニアを考慮する。



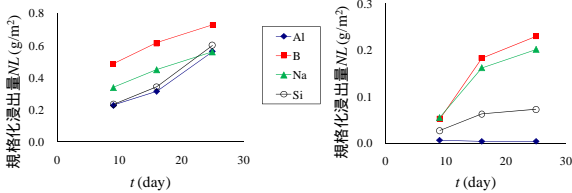
人工バリアからのNp移行率と評価パラメータの相関。

地層処分における擾乱要因。これらに起因して溶解度、拡散係数、透水係数、分配係数などのパラメータ値が変動する。

## パラメータ取得

### (1) ガラス固化体の溶解速度

ガラス固化体の長期変質挙動のうち水と変質に着目し、ガラスの溶解浸出試験により溶解速度データを取得するとともに、溶解速度の時間依存性を評価するモデルを構築する。



高レベル模擬ガラスを用いた溶解浸出試験結果 (左:ブロック試験, 右:粉体試験)

### (2) 核種溶解度

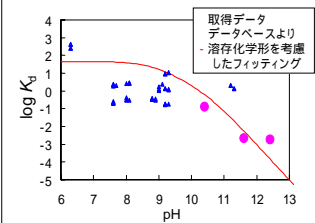
地下水の高アルカリ化、オーバーバックの腐食影響、塩水の影響および廃棄体からの硝酸塩の影響を考慮し、溶解度を評価するための熱力学データを実験的に取得する。

### (3) 緩衝材中拡散係数

ベントナイト内における放射性核種の拡散係数の変動特性を解明し、拡散係数評価モデルを構築する。

### (4) 天然バリア材への分配係数

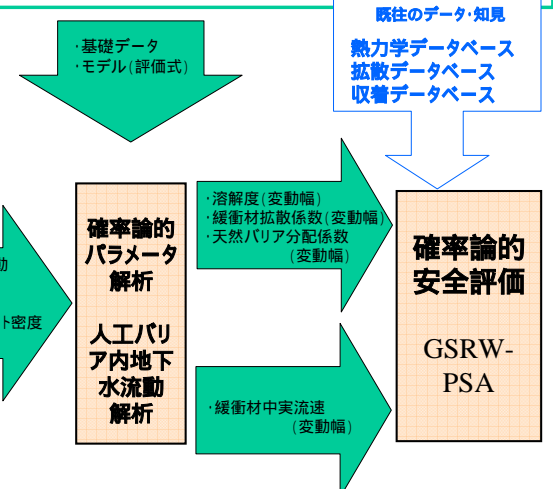
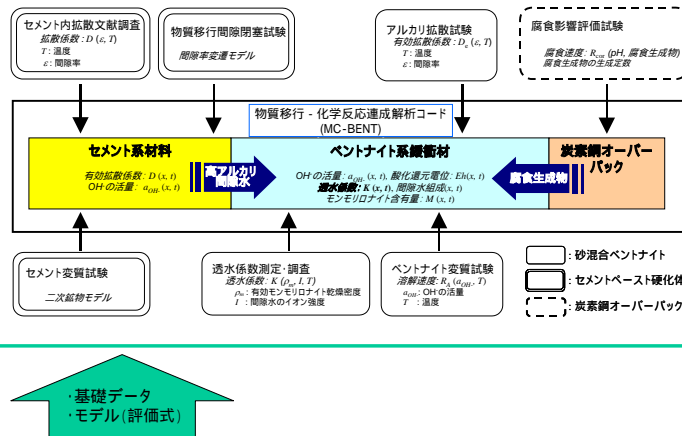
岩石への分配係数 ( $K_d$ ) 評価のためのデータを整備するため、地下深部の還元性環境をできる限り維持したまま採取した岩石・地下水を用いて、硝酸塩濃度、塩水濃度、pHをパラメータとした条件にて放射性核種の  $K_d$  を取得する。



Snの砂質泥岩を対象とした収着実験を実施し、 $K_d$ のpH依存性を評価するためのデータを取得した。

### (5) 物質移行 - 化学反応連成解析

試験によって得られたデータおよびモデルに基づき、物質移行-化学反応連成解析コードにより、ベントナイト系緩衝材の透水係数の長期的変動を予測するとともに、核種移行評価パラメータに影響を与える因子の変動を解析する。

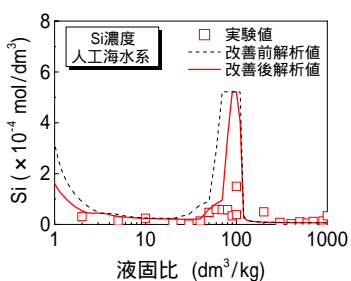


## 人工バリア材の長期変質

### (6) セメント変質影響

セメント成分の溶出挙動や拡散性の変遷を評価するため、二次鉱物の生成やそれに伴う間隙率および物質移行特性の変化を導出するための「二次鉱物生成モデル」および「間隙変遷モデル」の構築を進めている。

二次鉱物生成モデルにおけるセメントの初期鉱物組成をより適切な値に見直すことにより、Si濃度における浸漬実験値と模擬解析値の整合性が改善された。pHやCa等の他の元素についても良好な整合が得られており、二次鉱物生成モデルの妥当性が示された。

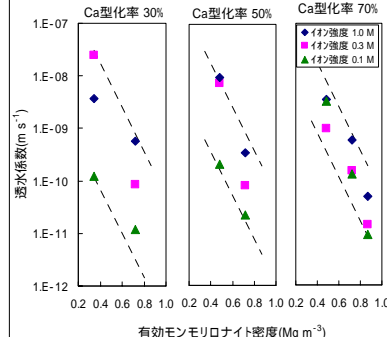


### (7) 緩衝材の透水係数

ベントナイト砂混合圧縮成型体の透水係数  $K$  ( $\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$ ) を、通水液のイオン強度  $I$  ( $\text{mol} \cdot \text{dm}^{-3}$ )、有効モンモリロナイト密度  $\rho_{\text{mont}}$  ( $\text{Mg} \cdot \text{m}^{-3}$ )、温度  $T$  (K) の関数として定式化した。

$$K = 1.2 \times 10^{-7} I^{1.5} 10^{-4.2\rho_{\text{mont}}} (7.9 \times 10^{-5} T^2 - 1.9 \times 10^{-2} T - 0.21)$$

本式を処分場条件に適用するため、Ca型化率を変数とした透水試験を実施し、透水係数式の拡張を行っている。



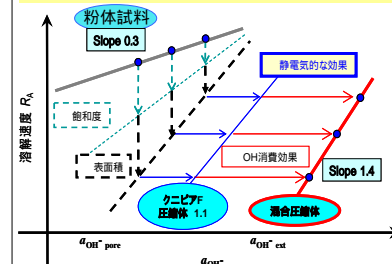
低いイオン強度条件下ではCa型化率依存性が顕著

### (8) 緩衝材の変質速度

ベントナイト-砂(7:3)混合圧縮成型体を高アルカリ溶液に浸漬して変質させた試験から定式化した、モンモリロナイト溶解速度 ( $R_A$ ) の水酸化物イオン活量 ( $a_{\text{OH}^-}$ ) 依存性は1.4乗であった。

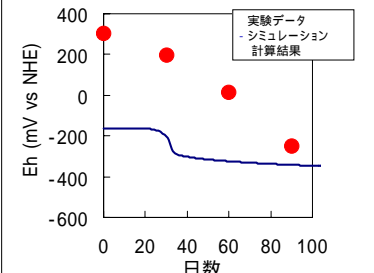
$$R_A = 3.5 (a_{\text{OH}^-})^{1.4} \exp(-51000/RT)$$

さらに、クニピアF圧縮体を浸漬して得られたモンモリロナイトの溶解速度の水酸化物イオン活量依存性は1.1乗となり、これらの値は粉体状モンモリロナイト溶解速度の水酸化物イオン活量依存性(0.3乗)よりも有意に高い値となった。この違いについて、飽和度、表面積、静電的な効果およびOH<sup>-</sup>消費効果を考慮して検討している。



### (9) オーバーバック腐食影響

オーバーバックの候補材である炭素鋼の腐食現象の理解は、処分場のベントナイト系緩衝材の間隙水組成(特に酸化還元電位:  $E_h$ ) 評価のために重要である。数万年におよぶ処分場の  $E_h$  の変遷を評価するには、シミュレーション解析が不可欠であり、解析に必要なパラメータの取得および現象理解に基づいた信頼性の高いモデル構築のための種々の試験を行っている。



ベントナイトに炭素鋼を埋め込んだ浸漬試験での液相の酸化還元電位。(実験結果とシミュレーション計算結果) 初期の実験データには含有酸素の影響が見られるが、時間とともにシミュレーション計算結果に近づいている。