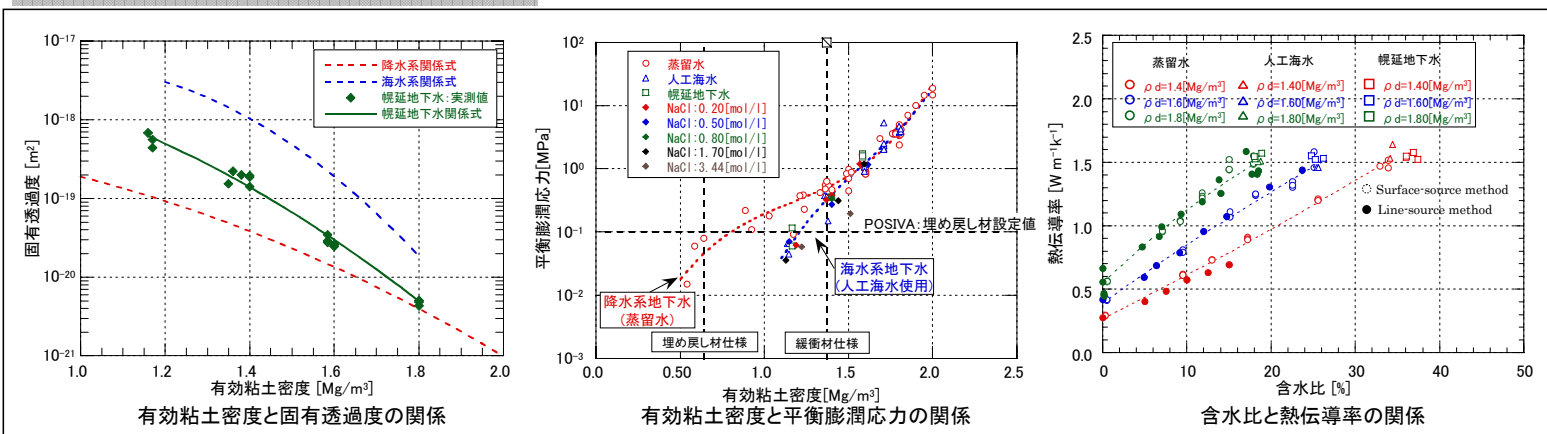


緩衝材基本特性データの整備状況



緩衝材の基本特性における関係式一覧表

一軸圧縮強度 [MPa]	蒸留水	熱伝導率	ベントナイト単体 (一例)
	幌延地下水		乾燥密度 1.20 [Mg/m ³]
	乾燥密度 1.40 [Mg/m ³]		
有効粘土密度 [Mg/m ³]	蒸留水	比熱	ケイ砂混合物
	幌延地下水		乾燥密度 1.60 [Mg/m ³]
	乾燥密度 1.80 [Mg/m ³]		
有効粘土密度 [Mg/m ³]	蒸留水	熱特性	乾燥密度 1.80 [Mg/m ³]
	幌延地下水		乾燥密度 1.40 [Mg/m ³]
	乾燥密度 1.20 [Mg/m ³]		

透水特性	降水系: 蒸留水 $\kappa = \exp(-42.1 + 1.1447\rho_b - 2.1232\rho_b^2)$ 海水系: 人工海水 $\kappa = \exp(-47.155 + 15.138\rho_b - 7.878\rho_b^2)$ 海水系: 幌延地下水 $\kappa = \exp(-41.466 + 4.316\rho_b - 4.069\rho_b^2)$	熱伝導率	ベントナイト単体 (一例) 乾燥密度 1.20 [Mg/m ³] $\lambda = 0.1380 + 0.0296w + 0.00005w^2$ 乾燥密度 1.40 [Mg/m ³] $\lambda = 0.2677 + 0.0333w + 0.0001w^2$ 乾燥密度 1.60 [Mg/m ³] $\lambda = 0.3885 + 0.0479w - 0.0002w^2$ 乾燥密度 1.80 [Mg/m ³] $\lambda = 0.5470 + 0.0647w - 0.0007w^2$
膨潤特性	降水系地下水関係式(蒸留水) $\sigma = \exp(3.94\rho_b^3 - 13.71\rho_b^2 + 18.06\rho_b - 9.60)$ 海水系地下水関係式(人工海水等) $\sigma = \exp(4.24\rho_b^3 - 20.04\rho_b^2 + 37.63\rho_b - 26.07)$	比熱	ケイ砂混合物 $c = \frac{67.32 + 4.18w}{100 + w}$ [1.20 ≤ ρ _d ≤ 1.80]
力学特性	降水系: 蒸留水 $qu = 1.0 \times 10^{-3} \exp(4.4565\rho_b)$ 海水系: 幌延地下水 $qu = 1.4 \times 10^{-4} \exp(5.637\rho_b)$		

緩衝材基本特性データベース開発

- 緩衝材基本特性データベース開発
 - データベースの構築に向けた取り組み「第2次取りまとめ」までの知見及び、平成15年度末までに取得された各特性データをデータ集として取りまとめ公開した。
- データベースの骨格の構築
 - 平成17年度末を目標にWeb公開するため、上記データ集及び最新の知見を取入れたWebデータシステムを現在構築中

今後の計画

- 国内外産問わず幅広い仕様のベントナイトにも対応できるよう、例えば、
 - 緩衝材密度に関して、ベントナイトの主要成分であるモンモリロナイト含有率を考慮した関係式の一般化を図る。
 - 地下水の影響評価に関して、電荷密度等を指標とした関係式の一般化を図る。
- 緩衝材の設計・評価手法上必要となるデータ範囲やデータの取り扱い等を十分に考慮し、それらとの整合をとった形でデータベースの体系を構築する。

The top screenshot shows a web interface for data management with buttons for 'Excel' and 'Mechanical'. A red arrow points to the 'Excel' button with the text 'EXCELファイルにて 特性データを選択'.

The middle screenshot shows an Excel spreadsheet with columns for material type, water system, dry density, test temperature, permeability, swelling pressure, and thermal conductivity. A red arrow points to a cell containing a reference to a public data source: '引用公開資料を確認することが可能'.

The bottom screenshot shows a document titled '緩衝材の飽和透水特性-II' (Saturation permeability characteristics of buffer materials-II) with a date of '003年3月'.

データファイルの取扱方法

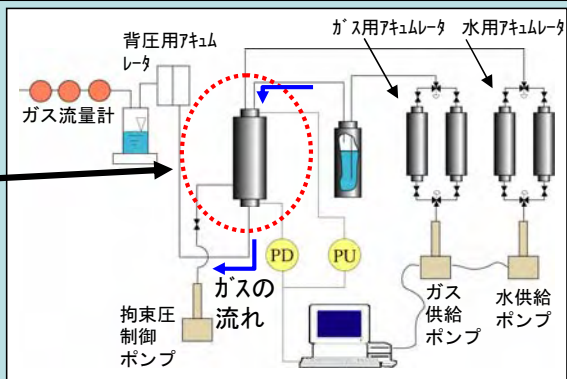
参考資料 (公開技術資料)

- 菊池ほか : 緩衝材の飽和透水特性-II JNC TN8430 2003-002
- 菊池広人, 棚井憲治 : 緩衝材の熱物性試験-III JNC TN8430 2003-009
- 菊池広人, 棚井憲治 : 緩衝材の基本特性データベース JNC TN8450 2003-010

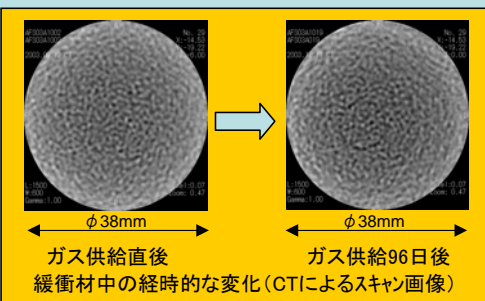
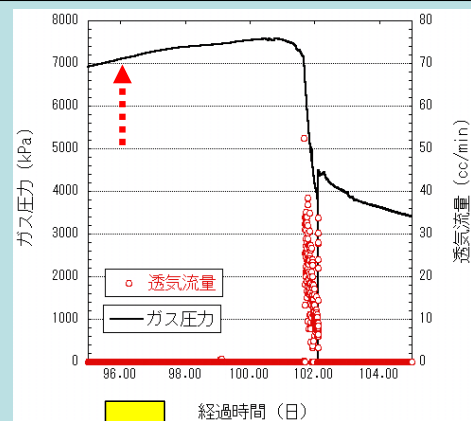
1. ガス移行挙動評価研究への適用



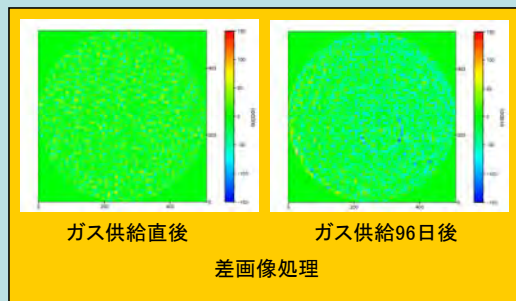
【X線CTスキャナの概観】



【ガス移行試験装置の概要】



ガス供給直後 ガス供給96日後
 緩衝材中の経時的な変化(CTによるスキャン画像)

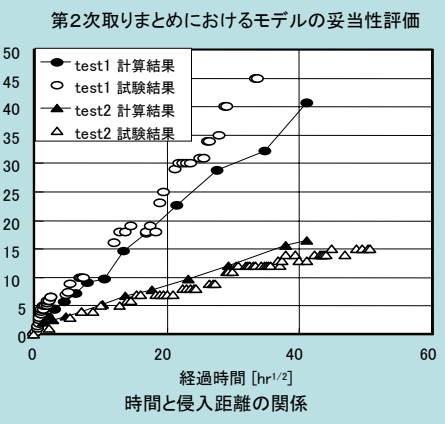
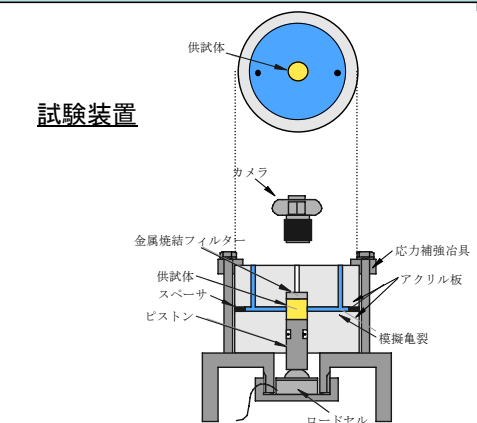


ガス供給直後 ガス供給96日後
 差画像処理

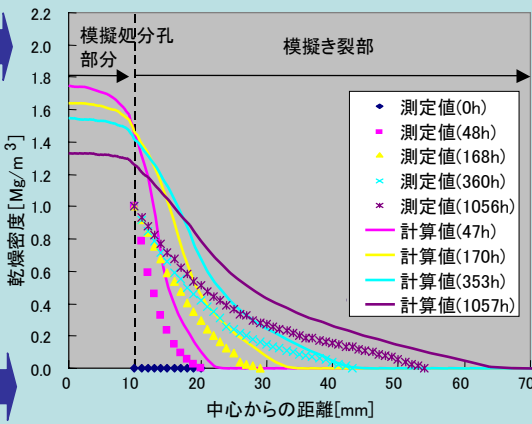
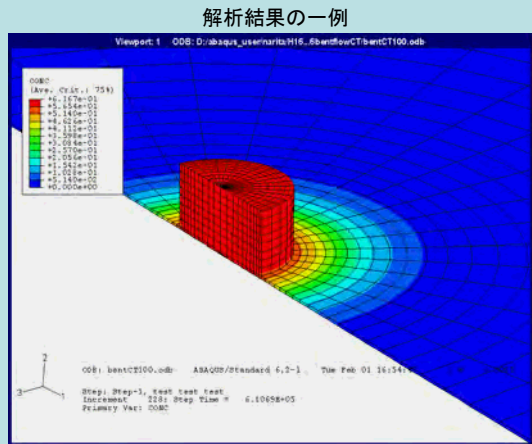
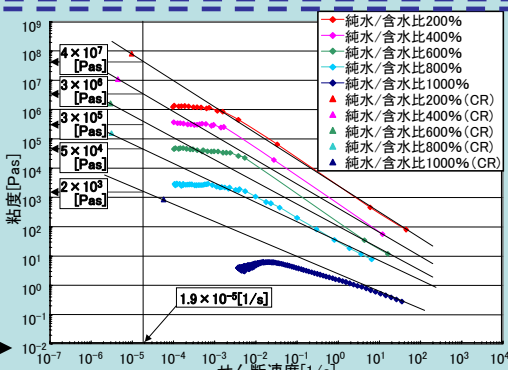
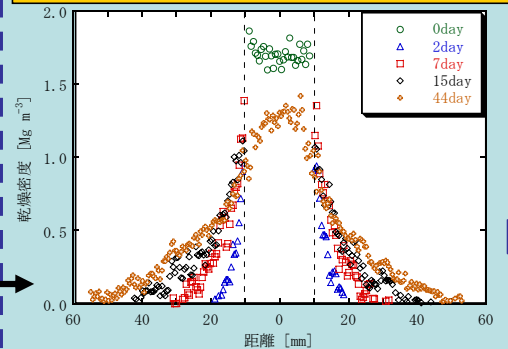
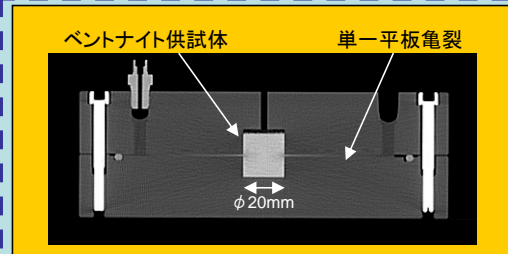
現象の詳細な理解
 ■ 選択的移行経路の形成によるガスの移行

今後の予定
 ・従来の試験結果とX線CTデータによるモデルの妥当性検討
 ・三次元的な変化領域の把握

2. 緩衝材流出／侵入挙動研究への適用



課題
 ・侵入密度分布データの取得
 ・ベントナイトの粘性係数データの取得



侵入速度が実験結果よりも大きく評価されたが、密度分布の時間的変化の傾向に関しては、実験結果を再現している。

3-3 処分場の閉鎖技術 -TSX試験におけるプラグ性能の検証-

核燃料サイクル開発機構 東海事業所 処分研究部
藤田 朝雄, 川上 進, 油井 三和

●目的

閉鎖性能、即ち人工物、人工構造物が有意な核種移行経路にならないことを示す必要がある。そのため、閉鎖に係わる個々の技術の実証と安全評価の観点からみた処分場としての閉鎖性能の検討を行う。

具体的な取り組み

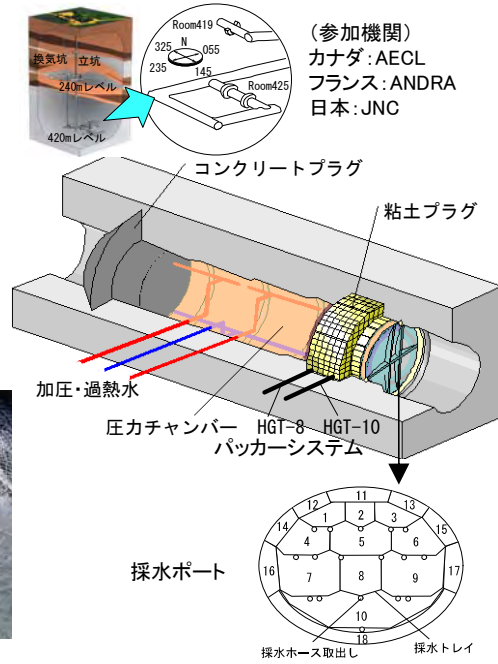
- ▶実規模原位置試験(海外・結晶質岩)を通じた、プラグのシーリング性能に関するデータの蓄積
- ▶塩水環境の影響を考慮した埋め戻し材に関するデータの蓄積。
- ▶閉鎖要素(埋め戻し材、プラグ等)の要件に関する検討。

○カナダ・URLでの実規模原位置試験(トンネルシーリング試験)を通じた、閉鎖性能に関する検討

- ・粘土・コンクリートプラグに関する止水性能の評価
- ・粘土プラグに対するトレーサー試験の解析評価
- ・解体・サンプリング

全体工程

	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005
設置								
圧力	昇圧	0.8MPa	昇	2MPa	昇	4MPa	減圧	
温度					35-40℃	50-55℃	冷却	
試験		トレーサー試験			トレーサー試験		解体・サンプリング	分析



⇒粘土プラグ:

- ・約9,500個の粘土ブロック集合体、大きさ 10.5 × 36 × 約15cm (約11kg)
- ・ケイ砂30wt%混合ベントナイト(クニゲルV1)、平均乾燥密度 1.9Mg/m³

⇒コンクリートプラグ:

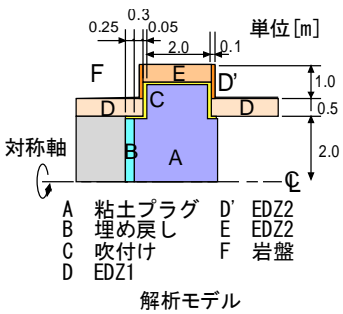
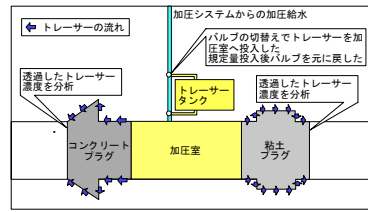
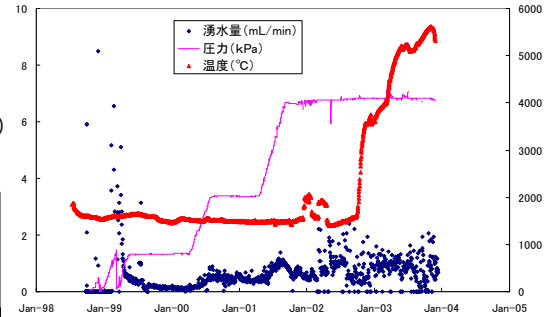
- ・AECLが開発した低発熱高流動コンクリート
- ・多量のシリカフォーム、シリカフラワーを添加、低アルカリ性を示す(90日材齢25°CでpH=10.6)

【湧水量測定】

- ・粘土プラグ: 約1ml/min程度(9割が境界部)
⇒プラグ全体としての透水係数10⁻¹²m/secオーダー
- ・コンクリートプラグ: 数ml/min~10ml/min程度

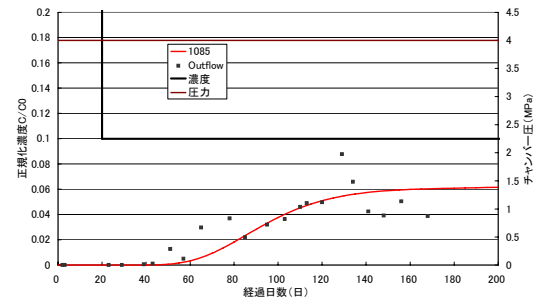
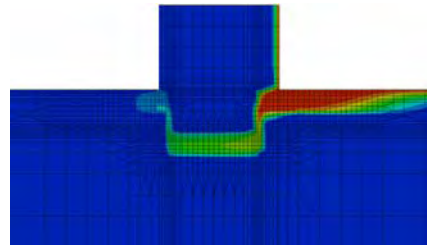
【トレーサー試験】

- ・周辺岩盤(EDZ)を含めたプラグ周辺のモデル化
- ・二次元軸対象解析による移行経路の評価
⇒解析値は実測値と良く一致、主な移行経路はEDZ



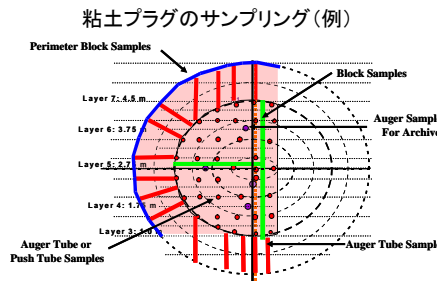
物性	透水係数 [m/s]
A 粘土プラグ	3E-13*
B 埋め戻し	1E-11*
C 吹付け	1E-12*
D EDZ1	1E-09*
D' EDZ2	5E-11**
E EDZ2	5E-11**
F 岩盤	1E-13*

*実測値, **設定値



【解体・サンプリング】

- ・試験終了後、解体・サンプリング開始
— 粘土プラグ、コンクリートプラグ、周辺岩盤
- ・評価項目
— プラグ施工技術の検証
— 止水性能の評価
— EDZの把握
— プラグ周辺の浸透・物質移行現象の把握



粘土プラグの解体



○まとめ

- ▶施工されたプラグの閉鎖性能に関する検証データを取得し、低透水性を確認した。
- ▶解析により、周辺岩盤(EDZ)を含むプラグ性能を評価するモデルを構築し、移行経路を評価した。

これらの結果から、TSX試験のような岩盤性能が良い条件(結晶質岩)では、プラグ等の閉鎖性能が発揮されることにより、EDZが主な核種移行経路になることが示された。

1. 目的

実際の地質環境条件を対象とした一連の設計作業の全体像及び具体的内容等の例示, さらには, それらの作業(人工バリアの試設計等)を通じて得られる問題点や留意点等の整理と課題の抽出

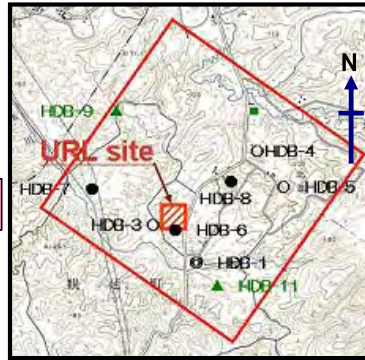
2. 人工バリア設計に必要な幌延における主な地質環境条件の設定

◎ 幌延地区の地質環境の主な特徴: 海水系, 堆積岩(珪藻質泥岩, 硬質頁岩)

① 熱特性: 離間距離の検討に反映

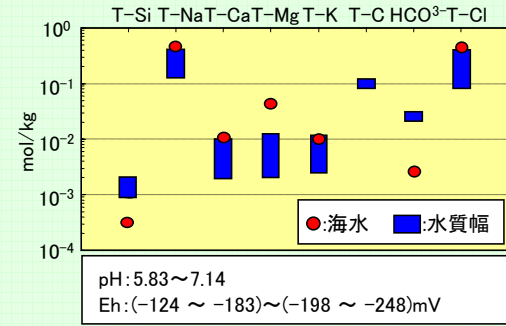
	熱伝導率 [W m ⁻¹ K ⁻¹]	比熱 [kJ kg ⁻¹ K ⁻¹]	密度 [kg m ⁻³]
緩衝材	0.80	0.90	1712
埋戻材	2.24	0.65	1980
岩盤 (深度450m)	1.33	1.56	1895

緩衝材, 埋め戻し材の熱特性は室内試験結果より, 岩盤はHDB-1,3,6孔の試錐コアを用いた室内試験結果より設定



試錐調査配置図

② 地下水化学特性: 緩衝材, 埋め戻し材, オーバーパックの基本特性・設計及び長期健全性評価に反映 (HDB-1,3,6)



水質幅の推定方法
 Na, K, Ca, Mg, Cl については, 水質分析結果より, pH, Eh, C, Fe, S については, 一般的な深部地下水に関する地球化学的知見とその不確実性をもとに地球化学モデルにより推定

③ 力学特性: 施設の設計, 離間距離の検討及び長期健全性評価に反映

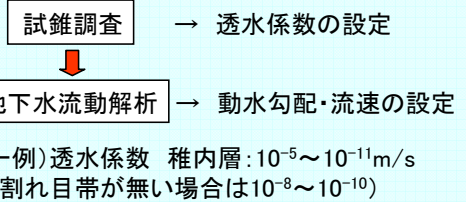
地下施設近傍のHDB-3,6孔を対象とした室内・原位置試験, コア観察などにより, 岩盤モデル(岩級区分の深度構成)を作成し, 岩級区分毎に物性を設定

設定した代表的な力学物性の一例

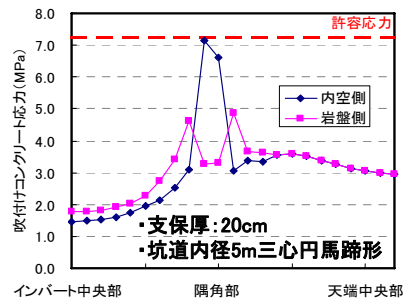
深度(m): 硬質頁岩	450
弾性係数(MPa), ポアソン比	2500, 0.186
単位体積重量(kN/m ³)	18.5
一軸圧縮強度(MPa)	16.3
内部摩擦角(°), 粘着力(MPa)	25, 5.2

初期応力比 ($\sigma_v: \sigma_{hmax}: \sigma_{hmin}$)
1:1.3:0.9

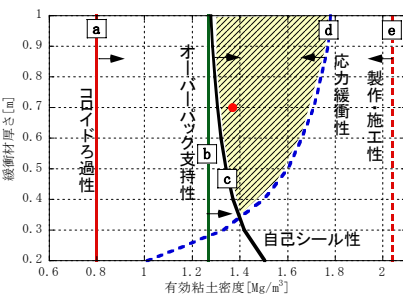
④ 水理特性: 緩衝材, 埋め戻し材, オーバーパックの基本特性・設計及び長期健全性評価に反映



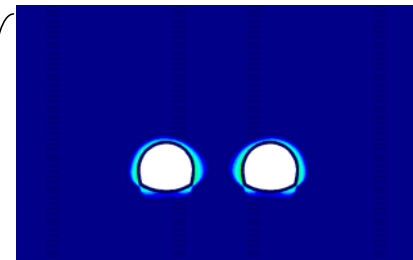
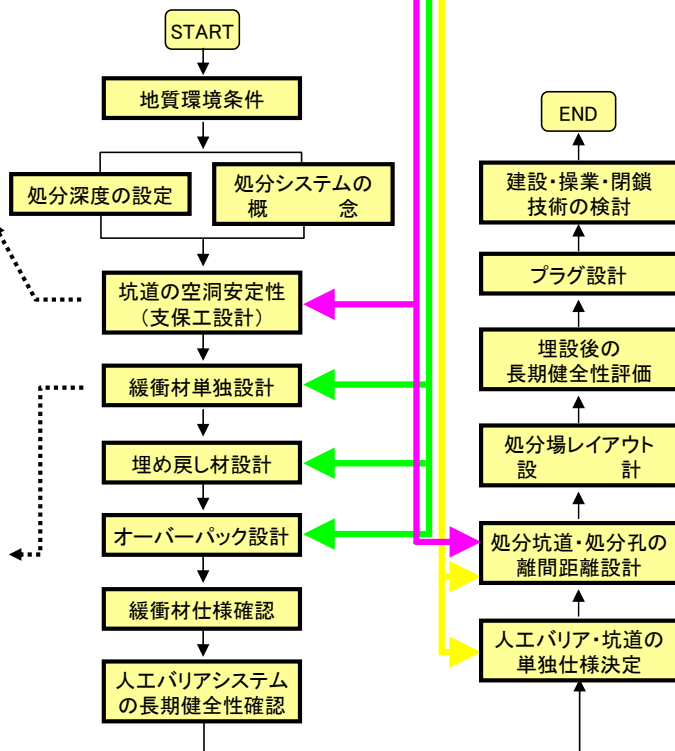
3. 人工バリア等の設計フロー案と第2次取りまとめの手法の適用例



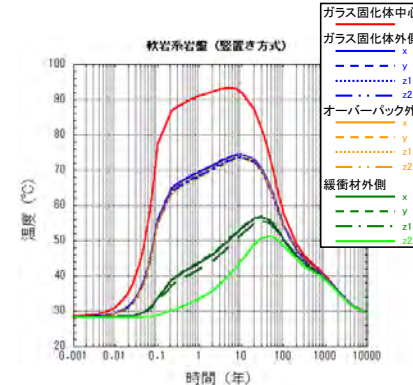
処分坑道の支保工設計例 (低アルカリコンクリート)



地質環境条件に応じた緩衝材の仕様設定概念



坑道離間距離(力学安定性)解析の検討イメージ(2次元弾塑性解析)



幌延岩盤の熱物性を用いたニアフィールド熱解析例

核種移行データベースの整備・公開

2003年8月1日より、サイクル機構の公開ホームページ上において、熱力学・収着データベースを公開
<http://migrationdb.inc.go.jp/>

ユーザ登録者数(2005/2/21現在) 266名
(国内:146名, 国外:120名)

熱力学データベース(TDB)
評価対象元素の地下水・緩衝材間隙水中での溶解度, 溶存化学種の推定に必要な, 標準状態における固相の溶解度積, 錯体の生成定数(logK)のデータベース

- 収納データ**
- ・サイクル機構が第2次取りまとめに向けて整備したデータベース
 - 放射性元素(Yui et al.,1999,(JNC TN8400 99-070))
 - 地球化学元素(Arthur et al.,1999,(JNC TN8400 99-079))
 - ・OECD/NEAにより整備された個別元素毎のデータ
 - U(Grenthe et al.,1992)
 - Am(Silva et al.,1995)
 - Tc(Rard et al.,1999)
 - Np(Lemire et al.,2001)
 - Pu(Lemire et al.,2001)
 - 上記元素のUpdate版(Guillaumont et al.' 03)
 - ・その他の個別元素の熱力学データ
 - Sm(澁谷 他,1998,(PNC TN1340 98-001等))

収着データベース(SDB)
評価対象元素の岩石・緩衝材等へのバッチ収着試験に関する情報を広く調査し, 分配係数(Kd)値をその実験条件等の詳細情報とともに登録したデータベース。

- 収納データ**
- 対象元素: 22元素
Ni, Se, Zr, Nb, Tc, Pd, Sn, Sb, Cs, Sm, Pb, Bi, Po, Ra, Ac, Th, Pa, U, Np, Pu, Am, Cm
- 対象固相
岩石, 鉱物, 粘土, 酸化物等の純粋固相

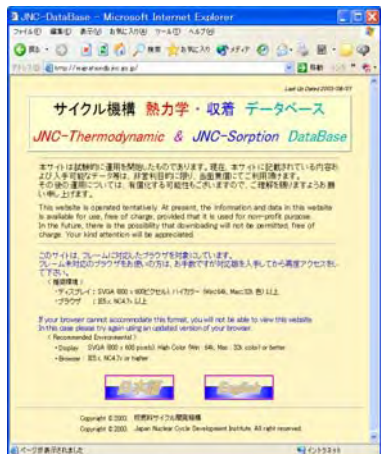
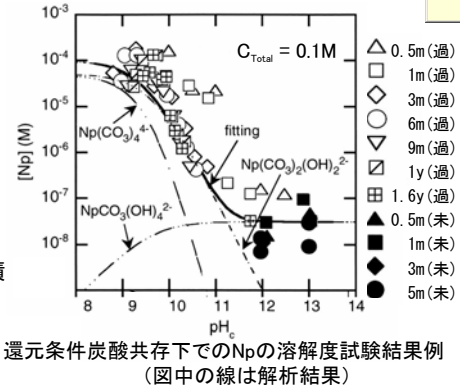
SDBの推移と登録件数
約2万件(澁谷 他,1999,(JNC TN8410 99-050))
→ Web siteから Microsoft Access版のフルダウンロードが可能
1999~2003年までのデータを調査, 約2千件の追加登録
(陶山・笹本,2004,(JNC TN8410 2003-018))
→ ダウンロード準備中

SDBの付加機能
詳細データ表示
データ一覧表示画面のうち“固相情報”, “溶液情報”, “文献情報”等については, 当該カラムのクリックで詳細データ画面が表示される。
簡易グラフ作成機能
検索, 抽出したデータを対象にワンクリックでグラフ作成が可能
pH vs Kd, Eh vs Kd, 反応時間 vs Kd, 対象元素初期濃度 vs Kd, イオン強度 vs Kd, Kd値の頻度分布(ヒストグラム)
インターネットを介してのデータ検索, 検索データのダウンロード等の新システムを開発準備中

熱力学データの信頼性向上

重要化学種の熱力学データの取得
重要化学種については, 地層処分放射化学研究施設(QUALITY)等において試験を実施し, データの導出を実施。

- 重点項目**
- アクチノド(IV)のヒドロキソ炭酸錯体データ
 - アクチノド(IV)酸化物アモルファス固相の溶解度積
 - アクチノド(IV)の加水分解定数
 - 鉄含有セレン固相(FeSe₂)の溶解度積 等



熱力学・収着データベース
メインページ



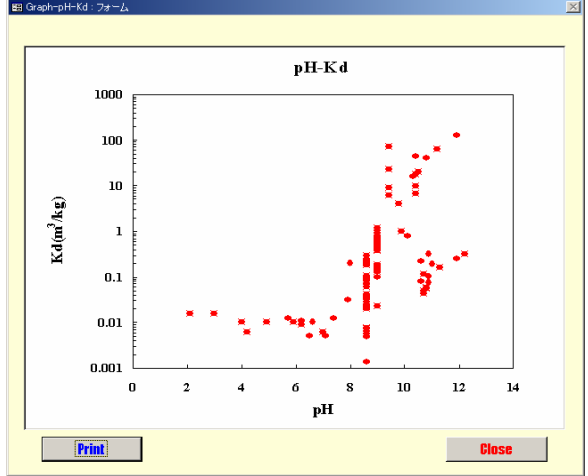
個別熱力学データベース詳細情報
&ダウンロードページ

提供(ダウンロード)可能なデータベースファイルフォーマット

- PHREEQE(Parkhurst, 1980) - PHREEQC(Parkhurst,1995)
- EQ3/6(Wolery,1992) - Geochemists' Work Bench (Bethke,1996)

収着データベースデータ収録数

		粘土鉱物	花崗岩	その他			粘土鉱物	花崗岩	その他
Ni	-	129	585	448	Po	-	12	6	23
Se	酸化条件	49	60	717	Ra	-	467	116	604
	還元条件	37	35	132	Ac	-	12	12	36
Zr	-	53	218	193	Th	-	187	26	323
Nb	-	44	390	281	Pa	-	14	18	55
Tc	酸化条件	180	88	660	U	酸化条件	729	191	1041
	還元条件	50	28	90		還元条件	119	28	262
Pd	-	24	24	41	Np	酸化条件	483	52	935
Sn	-	118	40	184		還元条件	116	41	275
Sb	-	16	4	141	Pu	酸化条件	96	159	453
Cs	-	661	715	1383		還元条件	230	84	601
Sm	-	71	0	14	Am	-	397	118	939
Pb	-	205	4	92	Cm	-	12	12	23
Bi	-	1	0	3					



作図例[pH vs Kd]
(元素:Np,固相:ベントナイト,雰囲気:還元条件)

溶解度試験から得られた
Np(IV)ヒドロキソ炭酸錯体の安定度定数 $\log \beta_{n,m,0}$

元素	(n,m)	$\log \beta_{n,m,0}$	文献
Np	(2,2)	46.4±0.5	本研究
	(2,2)	43.17	Rai et al.,1999a
U	(2,2)	41.33	Rai et al.,1998
Pu	(2,2)	44.76	Rai et al.,1999b
Np	(1,4)	50.5±0.5	本研究

(Kitamura & Kohara 2004)

研究の背景

<Raの溶解度について>

Raは評価上重要な核種であり、第2次取りまとめでは、その化学的性質から、主沈殿元素(Ca)と全く同じ振る舞いをするとして仮定した簡易的な共沈モデルにより評価。

Ra濃度(降水系間隙水中)
= Ca濃度 × ガラス固化体中Ra/Ca mol存在比
→より現実的なRaの共沈メカニズムに基づくモデル開発が必要

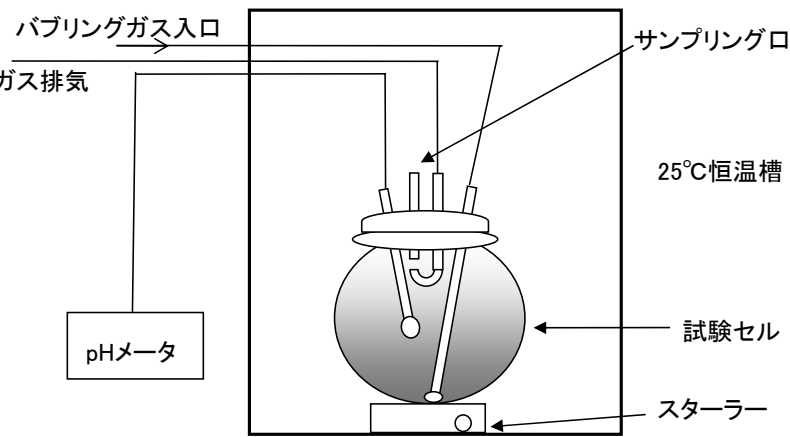
RaはBaと化学的類似性があり、Baの共沈はBaの固溶体反応モデルで推定できる可能性あり。

研究目的

Raのアナログ元素としてBaを用い、方解石への共沈実験結果より固溶体モデルによる評価を行う。

Free Drift Method (FDM)試験法

FDMは炭酸ガスの吹き込みや脱ガスにより、炭酸を供給しつつ溶液のpHを変化させ、炭酸塩鉱物を沈殿させる手法。



Free Drift法概略図

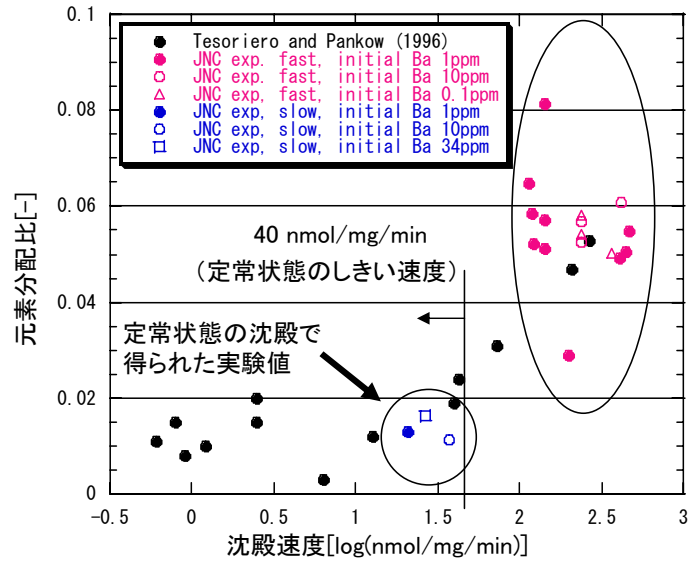
実験結果

実験条件 方解石沈殿速度の遅い領域でのデータ取得が必要(地層処分環境下では通常に近い反応のため)であり、FDMを用い、過飽和後の溶液の脱ガス量を制御し、方解石沈殿時にトレーサ量Baを共沈させる。

- 通常に近い条件(40nmol/mg/min)でデータが取得できた。
- 沈殿速度の低い領域における元素分配比は $1.14 \times 10^{-2} \sim 1.63 \times 10^{-2}$ であった。
- 沈殿速度の高い条件では元素分配比は2~3倍となる。
- Ba添加量に関係なく沈殿速度の高い条件では元素分配比も大きくなる

元素分配比(distribution coefficient)
= (固相中Ba/Ca mol比) / (溶液中Ba/Ca mol比)

沈殿速度(precipitation rate)
= nmol/mg/min (単位種結晶, 単位時間当たりの方解石沈殿mol数)



方解石沈殿速度と元素分配比

モデル解析結果

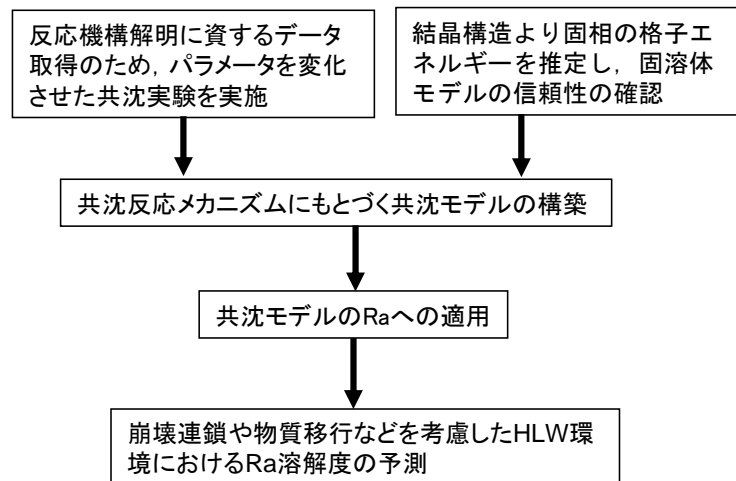
実験結果をもとに、固相の $\Delta_f G^\circ$ を固溶体モデルにより求め、実験条件を模擬した地球化学計算を行った。計算の結果、非理想系モデルであるMargules modelを用い、固相中Ba/Ca比および溶液中Ba濃度の変化を説明することができた。

$$\left(\text{Margules model:} \right. \\ \left. \Delta_f G^\circ = \mu_1 x_1 + \mu_2 x_2 + RT(x_1 \ln x_1 + x_2 \ln x_2) + x_1 x_2 w \right)$$

まとめ

- 方解石沈殿速度の遅い領域におけるBaの共沈実験を行い、固相および溶液中のBaの分配データを取得した。
- 得られたデータを用いた固溶体反応を仮定したモデルによる解析の結果、非理想系の固溶体モデルによる熱力学的な評価モデルで実験結果を説明することができた。

今後の予定



3-7 コロイド・有機物・微生物の影響評価モデルの開発

核燃料サイクル開発機構 東海事業所 処分研究部
飯島 和毅, 飛塚 早智子, 黒澤 進, 吉川 英樹, 亀井 玄人, 油井 三和

研究の目的 地下水中に存在するコロイド・有機物・微生物、緩衝材から生成するベントナイトコロイド等が、放射性核種と相互作用（収着、錯形成）することにより、その移行を促進させる可能性がある。

・影響を及ぼす可能性のあるコロイド等の特性を評価
・核種との相互作用データを取得、現象を明らかにする
・相互作用及び移行挙動をモデル化し、影響を評価

地下水中のコロイド等の分析

茂原ガス田の地下水中有機物分析結果

採取深度(m)	742~1,200	743~1,301	852~1,302
pH	7.82	7.81	7.69
Eh (mV)	-27	-57	-15
TOC (mg/l)	23±2	22±1	24±0
フルボ酸(mg/l)	3.5±0.2	3.4±0.1	3.3±0.2
フミン酸(mg/l)	< 2	< 2	< 2
コハク酸(mg/l)	8.3±0.3	8.2±0.1	5.8±0.5

※干酸、酢酸、乳酸、プロピオン酸、吉草酸、酪酸、検出限界(2 mg/l)以下

JIS・学会の提唱する方法等標準的な手法を用いて地下水中有機物を分析。

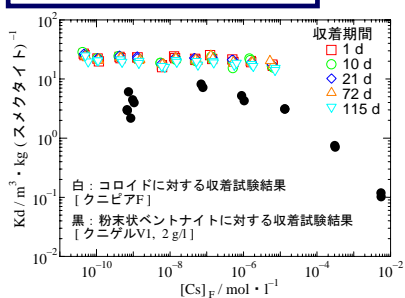
→手法の適用可能性が確認された

ベントナイトコロイドの生成

緩衝材のベントナイトからベントナイトコロイドが生成する可能性がある。

→生成挙動を調べ、モデル化を検討

コロイド等への核種の収着



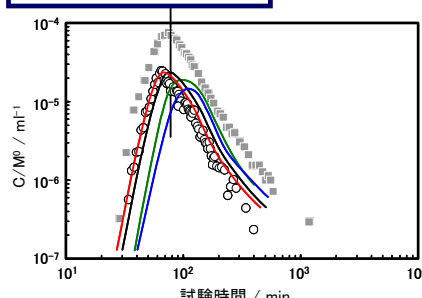
ベントナイトコロイドへのCsの分配係数

ベントナイトコロイドに対するCsの収着特性を調べた。

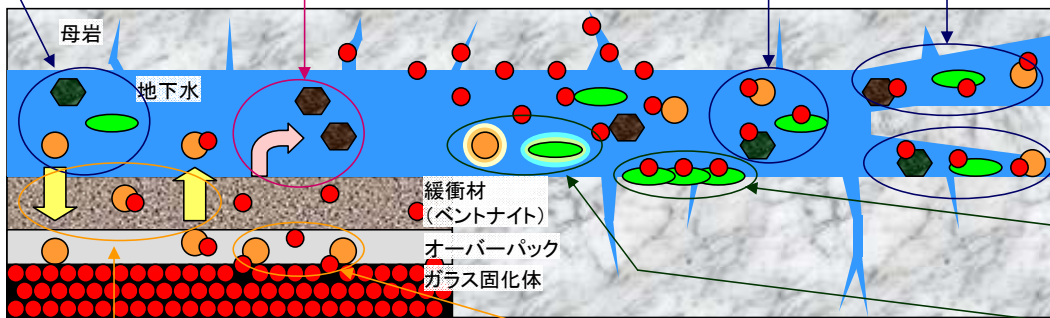
→コロイドは薄いシート形状で、粉末ベントナイトよりCsを収着しやすい

→収着サイトは1種類で可逆的

コロイド移行挙動評価



破砕帯を含む岩盤にコロイドと核種を注入して実施した原位置移行試験結果を、COLFRACを用いて解析した。
→Amの場合、コロイドとの速度論的収着及びHDC現象を考慮した解析結果は、試験結果とよく一致した



フィルトレーション効果

核種を収着したコロイド等が、狭い亀裂等に捕捉され、結果的に核種の移行を遅延させる可能性がある。

→挙動を調べ、モデル化を検討

バイオフィルムの形成

亀裂表面を覆う微生物が核種を収着し、その移行を遅延させる可能性がある。

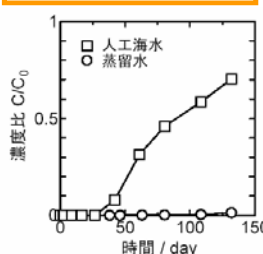
→具体的な現象を調べ、取扱いを検討

地下水化学の変化

微生物や有機物が、地下水のpH/Eh等の化学的特性を変える可能性がある。

→具体的な現象を調べ、取扱いを検討

有機物の緩衝材透過

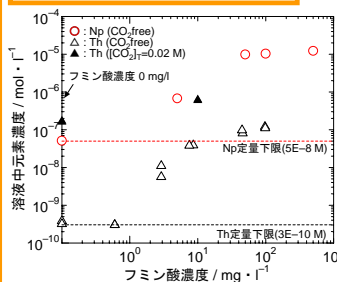


ポリアクリル酸(PAA)の圧縮ベントナイト透過特性を評価。

→限界分子量は450,000以下
→塩濃度が高い方が透過しやすい

分子量15,000のPAAの圧縮ベントナイト破過曲線(450,000は破過せず)

有機物と核種との錯形成



Th(IV)・Np(IV)溶解度に及ぼすフミン酸の影響を評価。

→競合する配位子がない場合、数mg/lのフミン酸で溶解度は有意に増加
→炭酸が0.02M存在するとフミン酸の影響は有意でない

An(IV)溶解度に及ぼすフミン酸の影響

主な成果

- ・地下水中有機物の分析: 分析手法適用性の確認
- ・緩衝材透過特性: ポリアクリル酸の透過特性の取得
- ・核種との錯形成: フミン酸と核種の錯形成に関するデータの取得 (フミン酸濃度の影響、炭酸との錯形成競合)

今後の課題

- ・地下水中有機物の分析: 幌延地下水の分析
- ・緩衝材透過特性: フミン酸・フルボ酸の透過特性の取得
- ・核種との錯形成: フミン酸と核種の錯形成に関するデータの取得 (錯形成の可逆性、相互作用モデル選定、安定度定数の評価)

コロイド

主な成果

- ・コロイド的挙動を示す微生物影響のCOLFRACによる評価

今後の課題

- ・微生物に固有な現象を考慮した微生物影響評価モデルの開発 (地下水化学の変化、バイオフィルムの形成)

微生物

主な成果

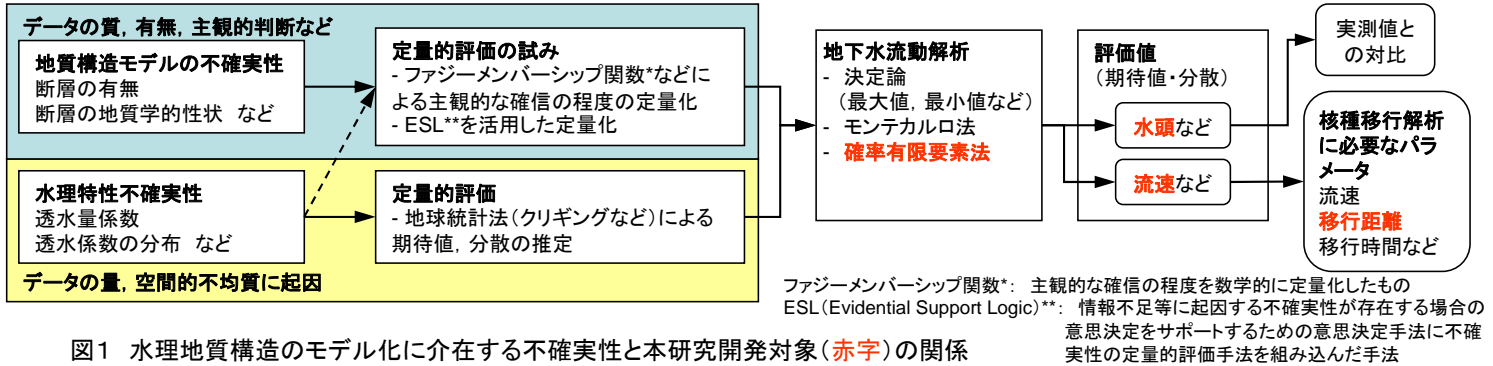
- ・コロイド的挙動を示す微生物影響のCOLFRACによる評価

今後の課題

- ・微生物に固有な現象を考慮した微生物影響評価モデルの開発 (地下水化学の変化、バイオフィルムの形成)

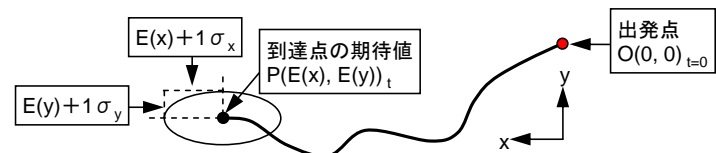
1. 研究の背景

地下水流動の調査計画立案に際しては、地下水流動に与える因子（地形勾配、地質・地質構造、不均質性、透水特性など）の重要度分類に応じた調査優先度が決定される。しかし、評価対象とするスケールに対して取得可能なデータ量は限定されることが多く、それが各段階における調査結果を踏まえた重要度分類や調査優先度の見直しによる調査計画の最適化を阻害している場合がある。このような観点から、**データフローやワークフロー**を用いた調査から評価に至るデータや作業の流れの明示化やそれらのフローに介在する**不確実性の定量化**と、その不確実性がフローの下流側へ与える影響を分析し、意思決定手法などを用いた**調査と評価の繰り返しによりプロジェクト全体をマネージメント**する考え方が示されてきている¹⁾。図1は水理地質構造のモデル化に介在する不確実性を、地質構造モデルの不確実性と水理特性値の不確実性に分類してそれぞれの不確実性の定量化とそれらを用いた地下水流動評価の流れを整理したものである。地下水流動解析において、これまで決定論的手法が用いられることが多かったが、近年それぞれの定量化手法の提示とともにモンテカルロ法による検討が行われてきた。しかし、**モンテカルロ法は決定論的な解析を何度も繰り返して結果の統計量を評価するため、統計的に有意な数の決定があいまいであったり、解析時間が膨大となる欠点**がある。このような問題に対して、**本研究では「確率論的有限要素法」を浸透流に適用するとともに、地下水移行経路長の不確実性の定量的評価手法を開発した**。



2. 浸透流を対象とした確率有限要素法²⁾

浸透流を対象とした確率有限要素法は透水係数の推定値と推定誤差を入力とし、圧力水頭や流速について確率的な評価(推定値と推定誤差)を直接的に行うことが可能で、モンテカルロ法に比べて計算時間が短縮される利点がある。本研究においては、図2に示す任意点からの移行距離の推定誤差評価への拡張を行った。



3. 二次元鉛直断面における検討事例³⁾

岐阜県東濃地域のMIU1~3孔で測定された透水試験データから3孔を含む鉛直断面において透水係数分布をクリギングにより推定した結果を用いて、モンテカルロ法による移行到達点(図3)と確率論的有限要素法による移行到達点の予測範囲(図4)の違いを比較した(図5)。

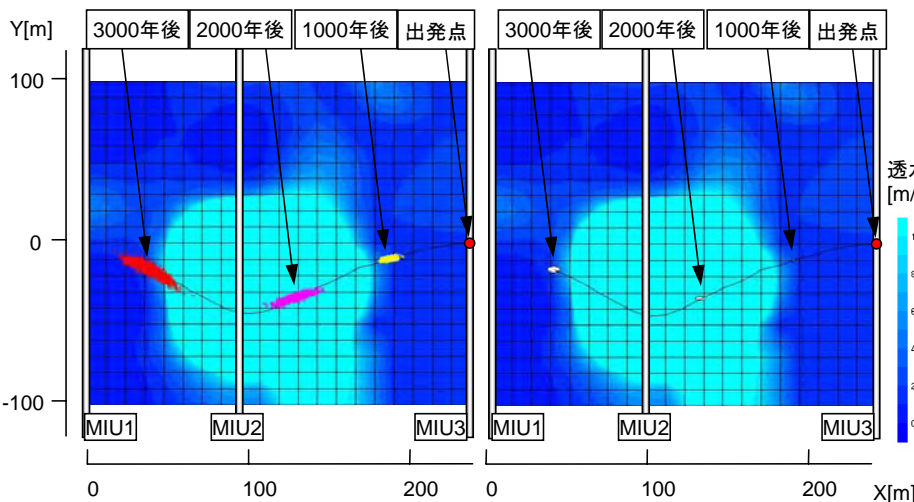


図3 モンテカルロ法(1000回)による移行到達点
解析時間:225秒

図4 確率論的有限要素法による移行到達点の予測範囲(期待値±1σ)
解析時間:16秒

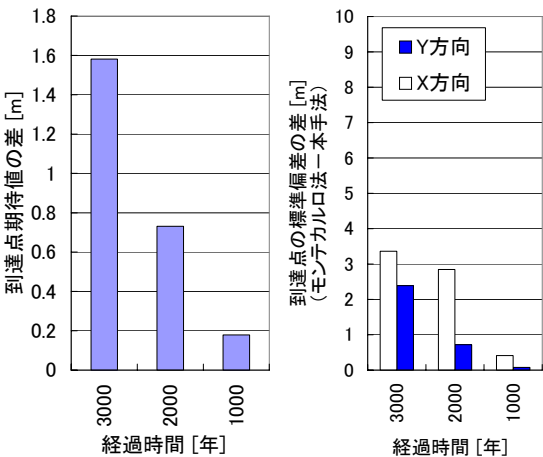


図5 確率論的有限要素法とモンテカルロ法の差

4. まとめ

処分場を含む地下水の湧養域から流出域までの比較的大きなスケールを対象とした地下水流動評価手法整備の一環として、浸透流に対する確率論的有限要素法を活用した不確実性評価に対する考え方を整理するとともに任意点からの移行距離の推定誤差評価手法を開発した。本手法はモンテカルロ法に比べて計算効率が良く、ほぼ同様の結果を得た。

今後は、本解析手法の三次元化などの機能拡張を進めるとともに、実際の地質環境データを用いた適用事例を蓄積してゆく必要がある。

参考文献

- 1)例えば、核燃料サイクル開発機構：超深地層研究所計画における調査研究の考え方と進め方（平成15年度～17年度）、JNC TN7400 2004-008, 2004.
- 2)例えば、田中靖治：岩盤水理特性の評価法と確率論的浸透流解析に関する研究、東京大学博士論文、1998.
- 3)吉野尚人ほか：不均質場における地下水流動の不確実性評価手法の開発 - 特定移行経路における移行距離の不確実性評価 -、土木学会第59回年次学術講演会、CS1-020, 2004.