

3. 高レベル放射性廃棄物に関する研究開発 ～各研究開発分野の成果と今後の計画～

(3) 性能評価技術

(3) 性能評価技術

1) これまでの成果の概要と今後の計画

平成19年3月5日

地層処分基盤研究開発調整会議

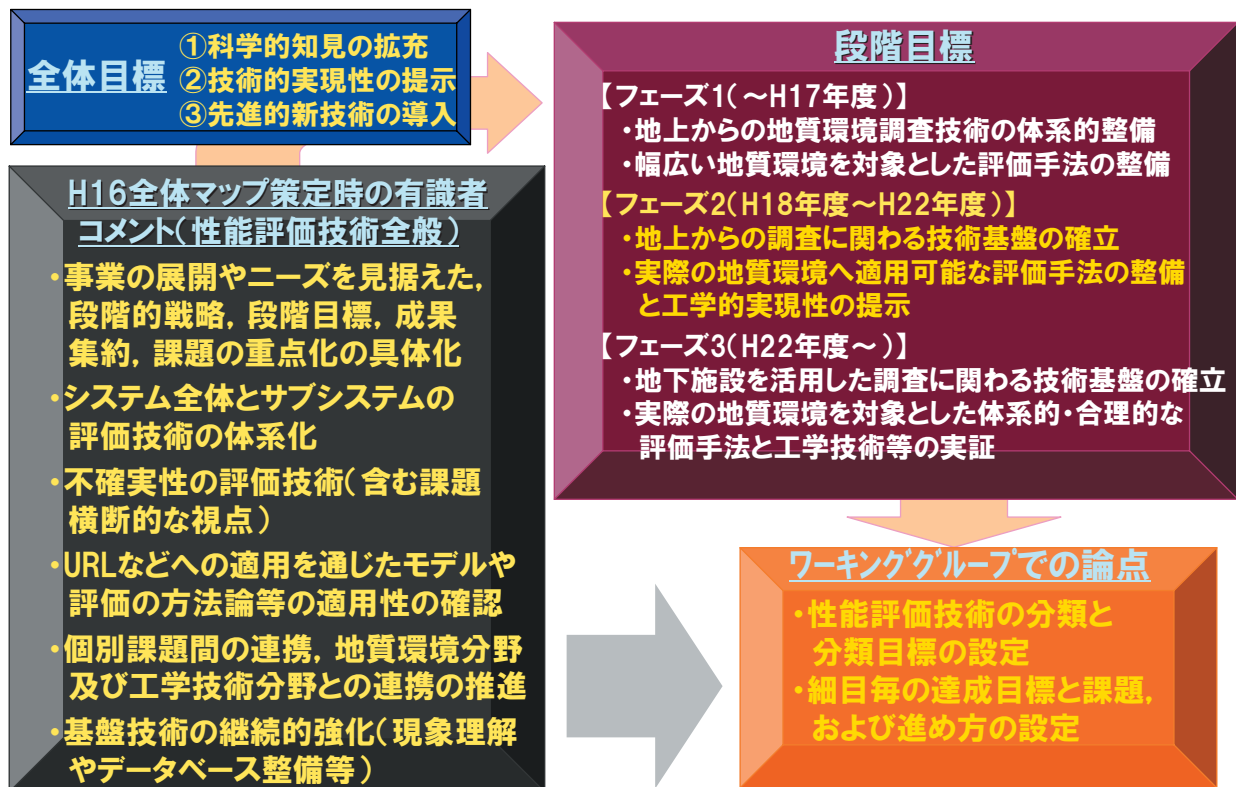
性能評価ワーキンググループ

コーディネータ 梅木 博之

発表内容

- 性能評価技術分野の研究開発計画の全体像
 - ・全体目標, 段階目標とワーキンググループでの論点
 - ・性能評価技術分野の課題の分類と分類目標
 - ・フェーズ2研究開発計画の基本構造
 - ・フェーズ2研究開発要素
 - ・フェーズ2研究開発の重点
- フェーズ1までの成果の概要とフェーズ2の計画
 - ・評価手法
 - ・モデル化技術
 - ・データベース開発
- まとめ

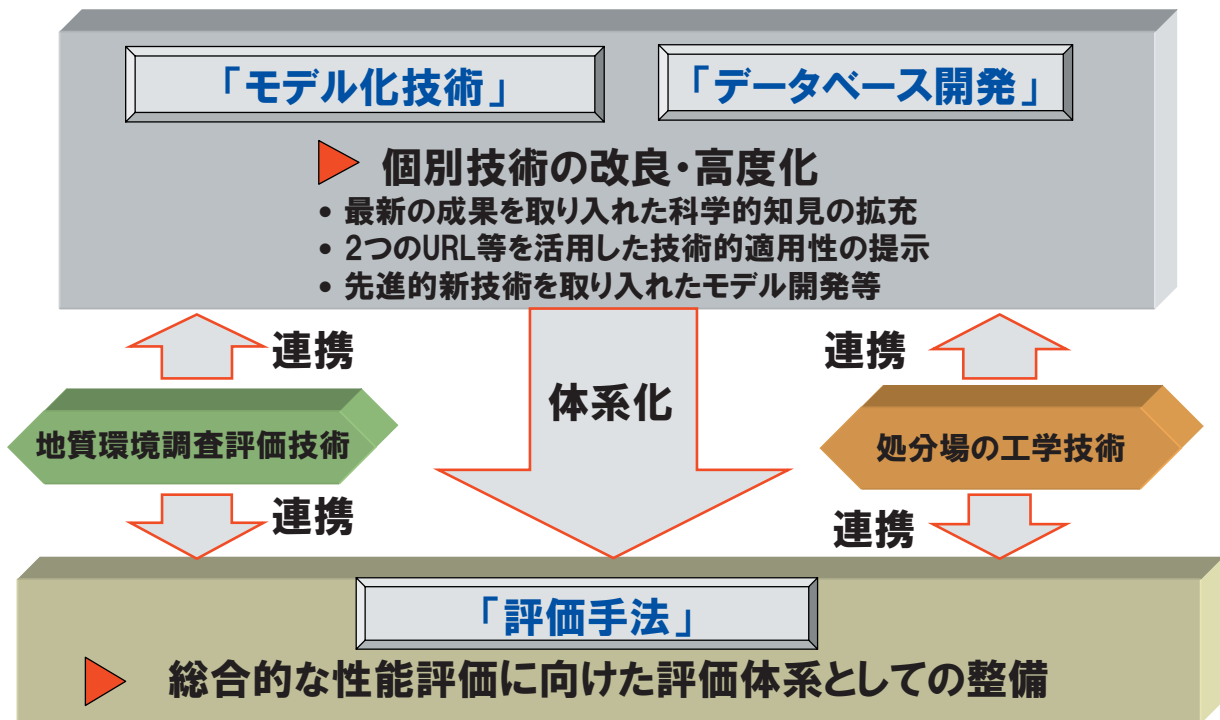
全体目標、段階目標とワーキンググループでの論点



性能評価技術分野の課題の分類と分類目標

分類	達成レベル (第2次取りまとめ)	分類目標 (フェーズ1)	分類目標 (フェーズ2)	分類目標 (フェーズ3)
(1) 評価手法	国際的な考え方を踏襲しつつ、幅広い地質環境を考慮したシナリオ構築手法、決定論的アプローチを基本とした保守的な安全評価手法を提示	個別評価手法の強化と総合評価の方法論の整備	実際の地質環境へ適用可能な評価手法の整備・改良	実際の地質環境に対する評価手法の総合的な適用性確認
(2) モデル化技術	主に室内試験に基づき、人工バリアは比較的現実的、天然バリア等は簡略・保守的な評価モデルを提示	室内・工学試験等による現象理解の向上と評価モデルの拡充・高度化	実際の地質環境へ適用可能な個別モデルの整備・改良	実際の地質環境に対する個別モデルの適用性確認
(3) データベース開発	降水系条件を中心としたデータ取得、国内外の文献調査に基づきデータベースを整備し、保守的な設定手法を提示	海水系等を中心としたデータベースの拡充	データベースの拡充、性能評価用パラメータの設定手法の整備	実際の地質環境に適用可能なデータセット/性能評価用パラメータセットの設定手法の体系的整備

フェーズ2研究開発計画の基本構造



フェーズ2研究開発要素

分類	細目	
(1) 評価手法	①シナリオ解析技術	
	②不確実性評価技術	
	③総合的な性能評価技術	
(2) モデル化技術	①人工バリア中の核種移行	a) 地下水化学／間隙水化学
		b) ガラス固化体からの核種溶出
		c) 緩衝材中の核種移行
	②天然バリア中の核種移行	a) 岩盤中の核種移行
		b) コロイド・有機物・微生物
③生物圏での核種移行／被ばく		
(3) データベース開発	①放射性元素の熱力学データベースの整備	
	②収着・拡散データベースの整備	
	③処分場システムデータベースの整備	

フェーズ2研究開発の重点

(1) 評価手法

- シナリオ解析, 不確実性評価の技術の体系化
- 総合的な性能評価のための手法の統合(シナリオ解析技術, 不確実性評価技術, モデル化技術, データベース開発)
- URL等で得られる地質環境条件を用いた適用性確認
- 重要研究課題の抽出と反映

(2) モデル化技術

- ニアフィールド現象に関するより詳細な理解とモデル化
- 現象モデルと性能評価モデルの合理的階層化
- URL等で得られる地質環境条件を用いた適用性確認
- 重要研究課題の抽出と反映

(3) データベース開発

- データベースの信頼性向上のための継続的なデータ取得
- データベースの管理(更新・公開)
- 性能評価で用いるパラメータの設定技術の体系化

評価手法: ① シナリオ解析技術

フェーズ1の主な成果

- FEPの相関関係の効率的な整理手法 [JAEA]:
マトリクス形式と階層化の組合せ 等
- 天然現象を発端とするシナリオの体系的な構築手法 [JAEA]:
事例研究成果の取込み手順の明確化, THMC形式での情報整理 等

フェーズ2の計画

シナリオの構築から評価までを行う一連の技術の体系化

- スクリーニング技術等の改良・高度化 [JAEA]
- 「情報の集約～シナリオ構築～評価内容の設定」の一連の技術の体系化 [JAEA]
- シナリオの不確実性の具体的な評価事例の整備 [JAEA]
(適用性確認, 重要研究課題の抽出)

評価手法：② 不確実性評価技術

フェーズ1の主な成果

- パラメータ不確実性の影響評価 [JAEA]:
モデルの構築, 評価例の提示 等
- パラメータの分布設定 [JAEA]:
幌延の岩石試料を用いた分配係数の設定の試行 等
- モデル不確実性の影響評価 [JAEA]:
代替モデルの構築 (掘削影響領域での遅延プロセス 等)

フェーズ2の計画

不確実性の評価・分析に関わる一連の技術の体系化

- 不確実性の分類・整理, 分布設定への取り込み手法の整備 [JAEA]
- 不確実性の影響評価技術の整備・体系化, 統計的分析手法の整備・体系化 [JAEA]
- 不確実性の低減対策(優先度の設定等)の具体的事例の整備 (適用性確認, 重要研究課題の抽出) [JAEA]

評価手法：③ 総合的な性能評価技術

フェーズ1の主な成果

- 実際の地質環境の調査研究から物質移行解析にいたる一連の評価の試行 [JAEA]
- 多様な技術情報を体系的に管理可能なシステム(JGIS)の開発 [JAEA]
- 総合的な性能評価技術を多様な側面から向上させるための個別技術の検討 [ANRE (RWMC)/JAEA]:
多様なスケールを対象とした評価手法の調査・整理, 処分場規模での核種移行解析手法の開発 等

フェーズ2の計画

総合的な性能評価に関わる一連の技術の集約と体系化

- 総合的な性能評価を一貫して行うための評価体系の例示 (適用性確認, 重要研究課題の抽出) [JAEA]
- 総合的な性能評価を多様な側面から向上させるための個別技術の拡充 [ANRE/JAEA]

モデル化技術： ① 人工バリア中の核種移行
a) 地下水化学／間隙水化学

フェーズ1の主な成果

- 地下深部で採取し地表で測定した地下水データの信頼性評価と補正手法(脱ガスの影響の補正等)の開発 等 [JAEA]

フェーズ2の計画

水質形成モデルの構築に関わる一連の技術の体系化

- 水質形成モデルの適用性確認, 一連の技術の体系化 [JAEA]
- 掘削に伴う水質変化の範囲, 程度の推定手法の開発 [JAEA]

モデル化技術： ① 人工バリア中の核種移行
b) ガラス固化体からの核種溶出

フェーズ1の主な成果

- 長期溶解速度データの拡充(高アルカリ環境での知見, ガラス溶解速度データベース) 等 [JAEA]
- 詳細評価技術の開発(ガラス固化体の溶解・変質挙動, オーバーパックおよびガラス固化体の破壊・変形挙動 等 [ANRE (RWMC) / JAEA]
- 放射線影響評価(放射線分解生成物によるガラスの溶解量のデータ取得 等) [ANRE (IRI)]

フェーズ2の計画

複合挙動, 相互作用等を考慮したガラス溶解と核種溶出の現象理解, 評価手法やツールの高度化と体系化

- 現実的な系(実ガラス, ベントナイト複合)での現象理解 等 [JAEA]
- ガラスの破壊とガラス溶解・変質層形成を結合したモデルの開発 等 [ANRE]

モデル化技術： ① 人工バリア中の核種移行 c) 緩衝材中の核種移行

フェーズ1の主な成果

- 分配係数, 拡散係数の環境依存性のデータ取得, モデル化 等 [JAEA]
- 固溶体モデルによるRa溶解度評価手法の構築 等 [JAEA]
- 緩衝材変質の影響評価(Mg変質のCs分配係数への影響の把握 等) [ANRE (IRI)]
- 放射線の影響評価(放射線分解生成物の生成・分解のデータ取得 等) [ANRE (IRI)]

フェーズ2の計画

環境条件や緩衝材の状態に応じた核種移行プロセスの理解,
パラメータ値等の設定に適用可能なモデル化技術の整備

- 分配係数, 実効拡散係数等の設定へのモデルの適用性向上等 [JAEA]
- 緩衝材変質(Fe変質)の影響の把握, 試験条件・手法の違いの影響の把握,
放射線分解生成物の挙動に関するデータ拡充とモデルの高度化 等 [ANRE]

モデル化技術： ② 天然バリア中の核種移行 a) 岩盤中の核種移行

フェーズ1の主な成果

- 水理・物質移行:
結晶質岩の不均質性や堆積岩中の亀裂の影響の把握 等 [JAEA]
- 収着と拡散:
分配係数および拡散係数の環境依存性のデータ取得, モデル化 等 [JAEA]

フェーズ2の計画

環境条件等に応じた水理・物質移行現象, 核種移行現象の理解
の深化, 評価技術の詳細化と体系化

- 水理・物質移行現象のスケール依存性等を含む理解の向上 等 [JAEA]
- 地質環境の特徴や調査の進展等に応じた水理・物質移行評価のための
一連の評価技術の体系化 [JAEA]
- 分配係数, 実効拡散係数等の設定へのモデルの適用性向上 等 [JAEA]
- 場の物理化学状態(鉱物組成, 間隙状態, 変質等)による収着拡散
メカニズムの違い等に関する知見の整備, 現象モデルの詳細化 [ANRE]

モデル化技術： ② 天然バリア中の核種移行 b) コロイド・微生物・有機物

フェーズ1の主な成果

- コロイド・有機物：
影響評価コードの開発と核種との相互作用のデータ取得 等 [JAEA]
- 微生物：
影響評価コードの開発とバイオフィルムのデータ取得 等 [JAEA]

フェーズ2の計画

核種移行に及ぼす影響の理解，モデル化，および影響の顕在化する可能性のある環境条件等の明確化

- 特性評価手法の確立，性能評価での取り扱いの具体化 等 [JAEA]
- 微生物挙動の理解と性能評価への影響の評価 等 [ANRE/JAEA]
- ロシアの放射性物質で汚染されたサイトでのコロイドの特性や核種の収着形態等のデータ収集，現象理解 等 [ANRE]

モデル化技術： ③ 生物圏での核種移行／被ばく

フェーズ1の主な成果

- 地圏と生物圏とのインターフェイス(GBI)の設定の基本的な手法，重要パラメータの効率的な抽出・分析の技術 等 [JAEA]
- わが国の風土と生活様式を反映した移行パラメータの取得・整備 等 [ANRE (NIRS)]

フェーズ2の計画

地表環境の特徴等に対応可能なモデル化技術，データベース整備

- 地表環境の特徴等を取り込んだGBI設定および核種移行／被ばくのモデル化の技術の改良・整備と体系化 [JAEA]
- 地域特性を考慮したデータの取得・整備の継続 [ANRE]
- 生物圏評価用データベースの更新 [JAEA]

データベース開発：① 放射性元素の熱力学データベースの整備

フェーズ1の主な成果

- アクチニドIV価の Np-OH-CO_3 錯体、水和酸化物固相のデータの取得 [JAEA]
- 熱力学データベース(JNC-TDB)の利用環境の整備・公開 [JAEA]
- 核種の相互影響下でのアクチニドIV価の水酸化物溶解度データの取得(U-Pu, U-Np) [ANRE (RWMC)]

フェーズ2の計画

データベースの管理、パラメータ設定手法の整備

- 信頼性向上のためのデータ取得を含むデータベースの更新・公開 [JAEA]
- 核種移行で用いる溶解度をその不確実性と合わせて設定するための一連の設定手法の整備と体系化 [JAEA]

データベース開発：② 収着・拡散データベースの整備

フェーズ1の主な成果

- 海水系地下水条件やアルカリ環境でのデータ取得 [JAEA]
- 収着データベース(JNC-SDB)の利用環境の整備・公開 [JAEA]
- 拡散データベースの整備・公開 [JAEA]
- 分配係数と拡散係数の塩水環境下での温度依存性データの取得、データ取得方法の比較 [ANRE (IRI)]

フェーズ2の計画

データベースの管理、パラメータ設定手法の整備

- 信頼性向上のためのデータ取得を含むデータベースの更新・公開 [JAEA]
- 核種移行で用いる分配係数と拡散係数をその不確実性と合わせて設定するための一連の設定手法の整備と体系化 [JAEA]
- 圧縮ベントナイト中の拡散収着データの取得手法の高度化 [ANRE]

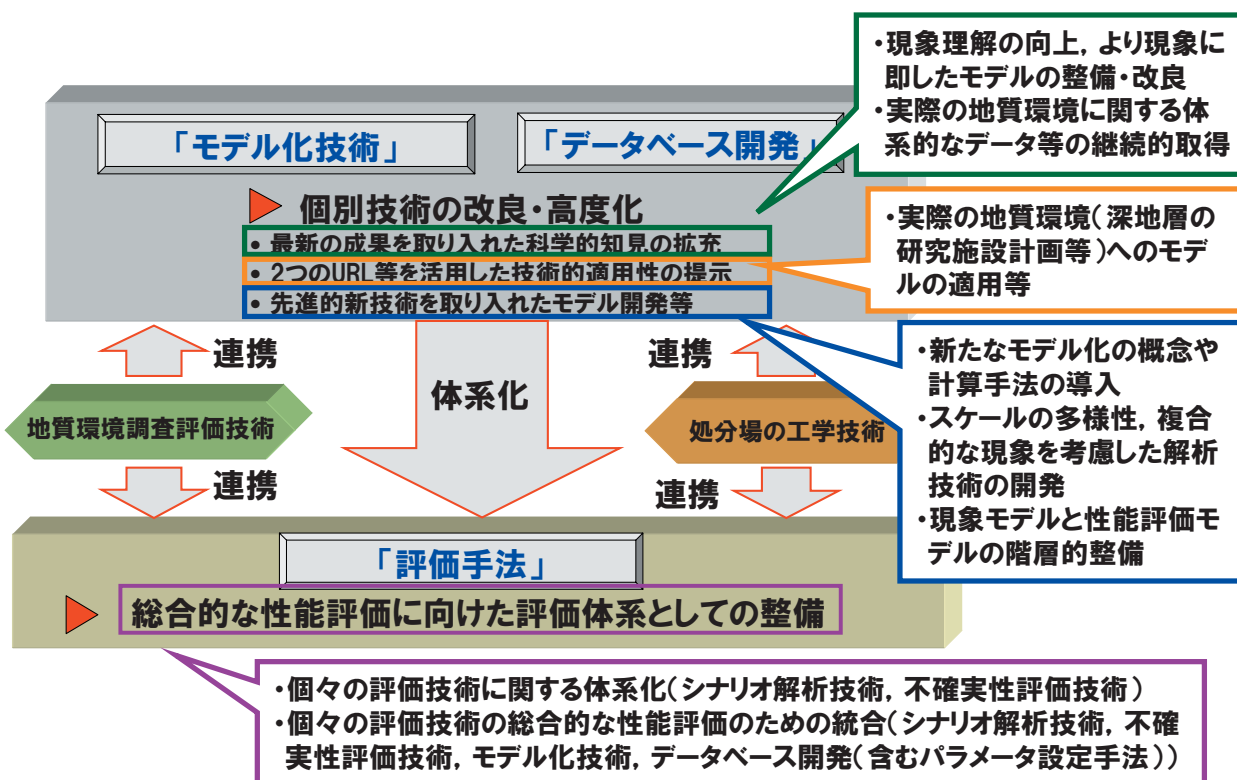
データベース開発：③ 処分場システムデータベースの整備

フェーズ2の計画

性能評価で用いるデータの集約、利用しやすい形態での整備

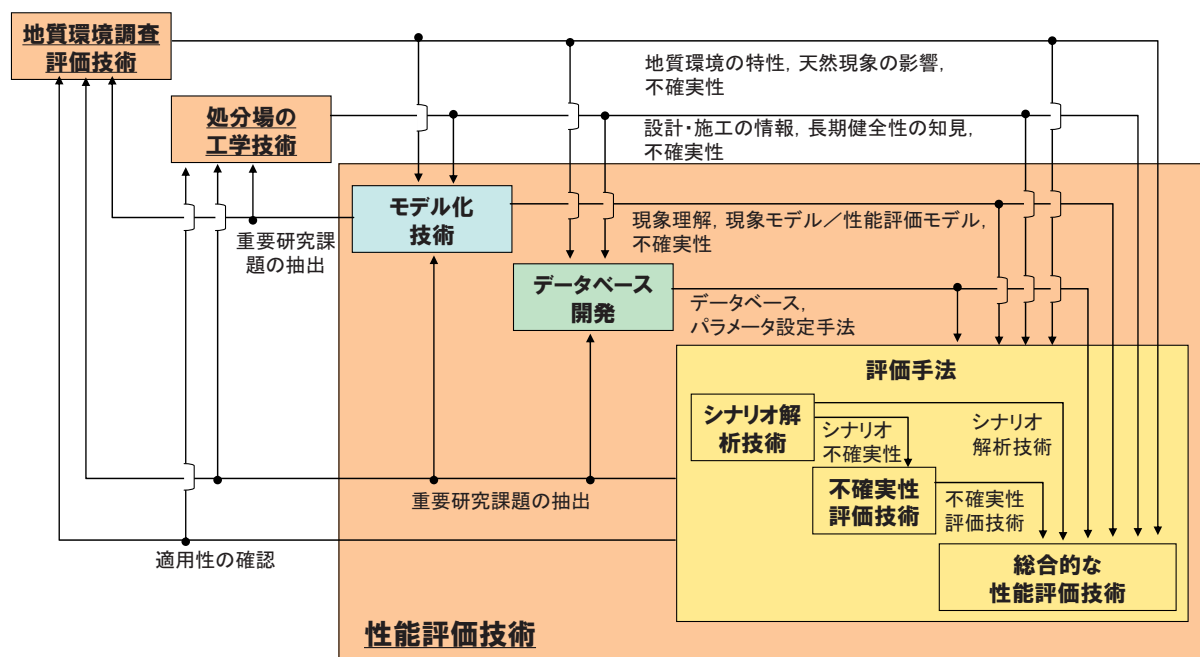
- ガラス溶解速度データベース, 生物圏評価用データベース [JAEA]
- 試験研究, 解析評価で得られるデータ等 [JAEA]
- 他分野で取得・整備され性能評価で用いるデータ等 [JAEA]

まとめ：全体目標に対するフェーズ2の取り組み



まとめ：フェーズ2研究開発の連携

分野間および性能評価技術分野内での連携



まとめ：フェーズ2研究開発の連携

機関間での連携(JAEA-ANRE事業間)

➤ 評価手法

- 多様なスケールに応じた評価技術, 処分場規模での核種移行解析技術 等

➤ モデル化技術

- 地下水化学に関する情報の統合
- ガラス溶解に関する現象理解とモデル化
- 収着・拡散に関する現象理解とモデル化
- 微生物影響に関する現象理解とモデル化
- 生物圏評価に関するデータベースの整備 等

➤ データベース開発

- 収着・拡散に関するデータ取得, データベース開発 等

性能評価の技術基盤の体系化に向けて

平成19年3月5日

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 地層処分基盤研究開発ユニット

システム性能評価グループ

宮原 要

発表内容



- ◆フェーズ1におけるJAEAの研究開発の全体像
- ◆フェーズ1における研究開発課題への取組みと
主な成果
 - 「評価手法」
 - 「モデル化技術」
 - 「データベース開発」
- ◆フェーズ2における取組み

フェーズ1におけるJAEAの研究開発の全体像

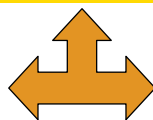


分類	細目	
(1) 評価手法	①シナリオ解析技術	
	②不確実性評価技術	
	③総合的な性能評価技術	
(2) モデル化技術	①人工バリア中の核種移行	a) 地下水化学／間隙水化学
		b) ガラス固化体からの核種溶出
		c) 緩衝材中の核種移行
	②天然バリア中の核種移行	a) 岩盤中の核種移行
		b) コロイド・有機物・微生物
	③生物圏での核種移行／被ばく	
(3) データベース開発	①放射性元素の熱力学データベースの整備	
	②収着・拡散データベースの整備	

体系化の要素となる技術基盤の開発・高度化と適用性の向上に重点をおいた研究開発

性能評価技術

地質環境調査評価技術



処分場の工学技術

連携の技術基盤の整備

「評価手法」の研究開発課題への取組み



①シナリオ解析技術

- 重要なシナリオの系統的な抽出
 - ・ FEPの相関関係の取扱いの改良
 - ・ 天然現象影響の特徴の取扱いの改良

②不確実性評価技術

- 重要因子の抽出
 - ・ 複数のパラメータの不確実性の影響評価
 - ・ 重要度の高いパラメータの分析・抽出

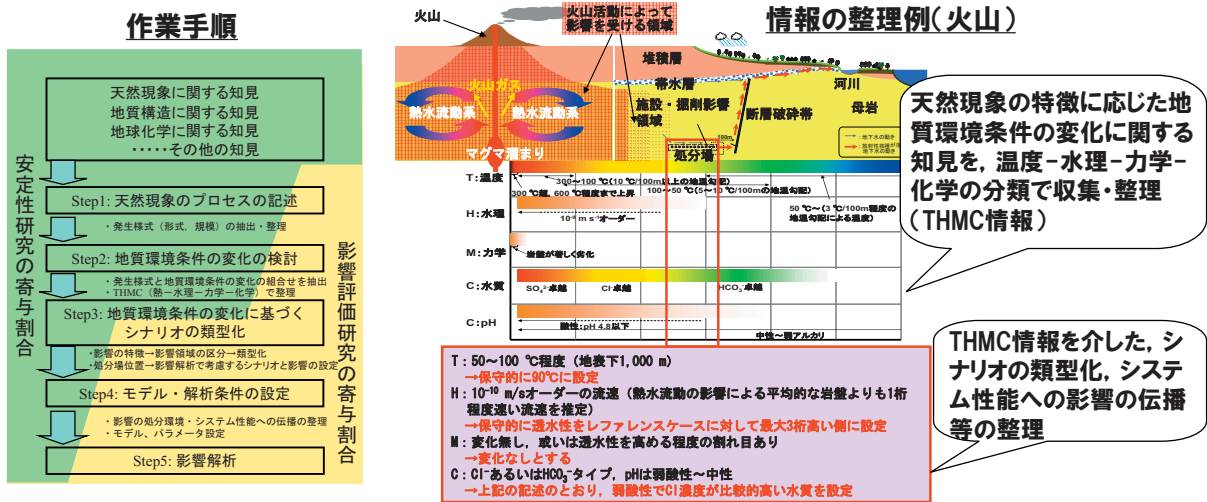
③総合的な性能評価技術

- 一連の評価技術の適用と課題の抽出
 - ・ 実際の地質環境の情報を活用した評価の試行

「評価手法」①シナリオ解析技術

重要なシナリオの系統的な抽出

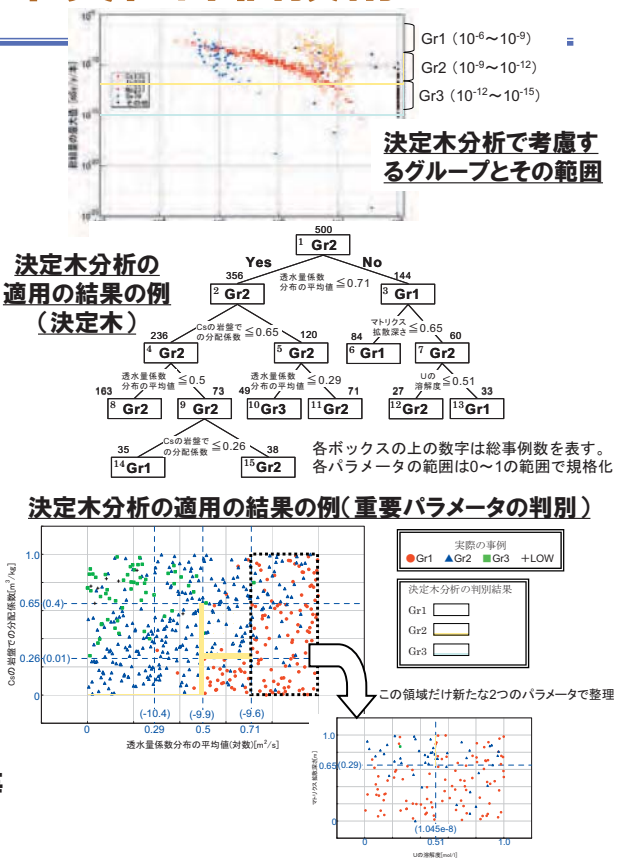
- シナリオ解析の重要な要素の1つであるFEPの相関関係の処理についての基本的手法の構築
 - マトリクス形式での相関関係の整理および階層化(FEP層, 安全機能層)の概念の導入
 - FEP処理を支援する計算機ツールの構築
- 天然現象を発端とするシナリオ構築の基本的手法の構築
 - 天然現象の特徴(発生や影響の様式, 地域性等)に関する知見をシナリオの構築および影響評価に効果的に取り込む系統的な作業手順の構築



「評価手法」②不確実性評価技術

重要因子の抽出

- パラメータ不確実性の影響評価技術の開発
 - ・影響評価: 複数のパラメータの不確実性の影響を評価可能なモデルの構築, および第2次取りまとめの条件でのモンテカルロシミュレーションによる影響評価の例示
 - ・影響分析: 多変量解析手法による重要度の高いパラメータの分析・抽出の試行(重回帰分析とクラスタ分析の組合せ, 決定木分析等)
- パラメータの分布設定技術の開発・整備
 - ・幌延の環境条件での分配係数の設定試行(誘出法)等
- モデルの不確実性評価のための代替モデルの開発
 - ・掘削影響領域での遅延プロセスのモデル化等

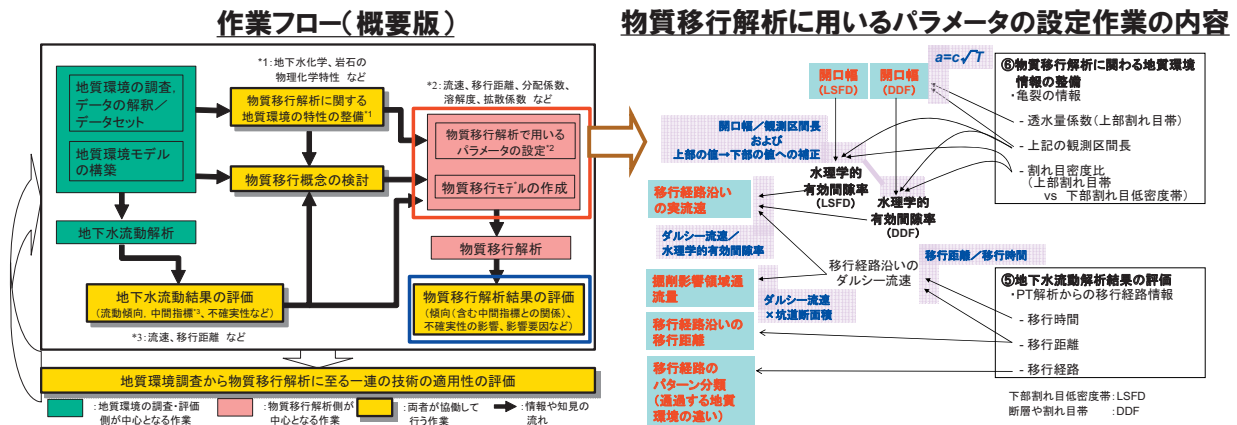


「評価手法」 ③総合的な性能評価技術



一連の評価技術の適用と課題の抽出

- 実際の地質環境の調査研究から物質移行解析にいたる一連の評価に関する検討
 - ・ 評価の概念(考慮すべき要素, その構造等)及び必要な技術(評価手法, ツール等)を整理し, 評価における作業フローおよび作業内容として体系化
 - ・ 深地層の研究施設計画からの情報を用いた評価手法の検討, 高感度の因子の抽出



「モデル化技術」の研究開発課題への取組み

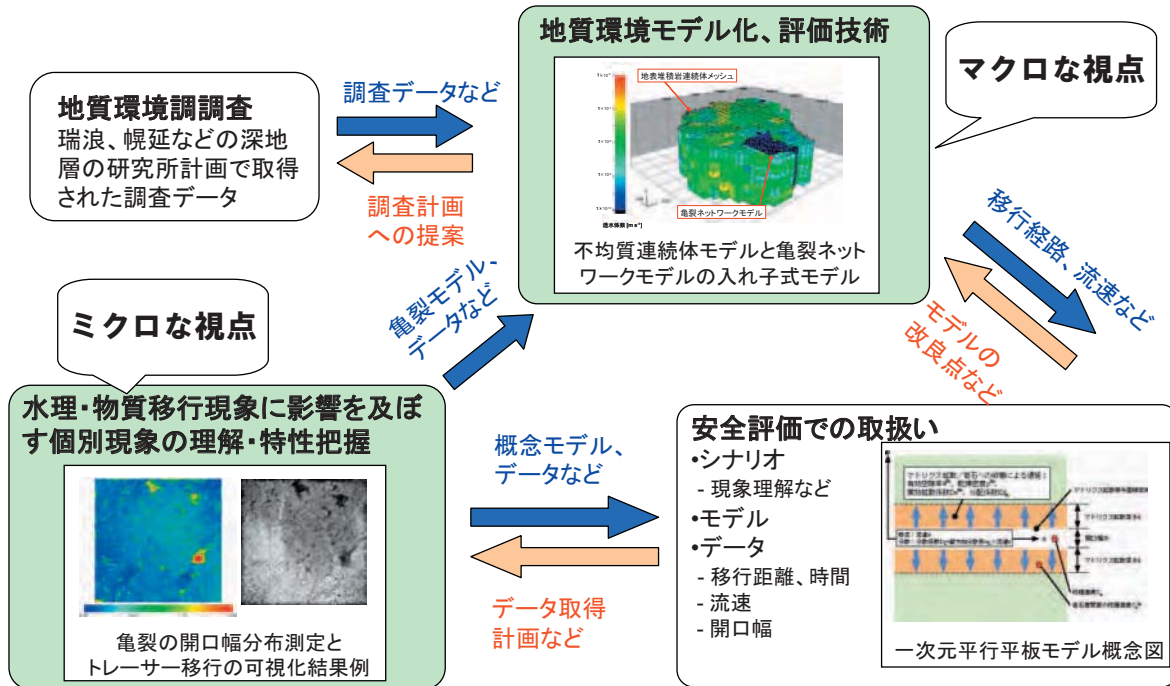


- ①人工バリア中の核種移行
 - a) 地下水/間隙水化学
 - b) ガラス固化体からの核種溶出
 - c) 緩衝材中の核種移行
 - 実際の条件の反映 (地下深部条件、人工バリアの設置条件と長期挙動の考慮)
- ②天然バリア中の核種移行
 - a) 岩盤中の核種移行
 - b) コロイド・有機物・微生物
 - 現象理解とモデル化への体系的アプローチ
- ③生物圏での核種移行/被ばく
 - 地表環境の特徴の取扱い (地表近傍での地下水移行等の特徴のモデルへの取り込み)

「モデル化技術」 ②a) 岩盤中の核種移行

マイクロとマクロの視点の組合せによる体系的アプローチ

天然バリアを対象とした安全評価に必要な技術開発



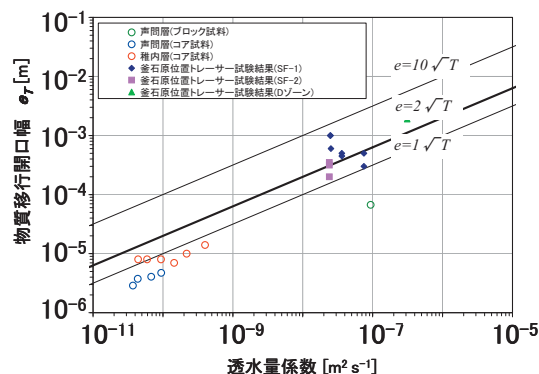
「モデル化技術」 ②a) 岩盤中の核種移行

マイクロとマクロの視点の組合せによる体系的アプローチ

●マイクロな視点

- 結晶質岩：岩石試料中の単一亀裂や亀裂交差部での亀裂開口幅分布の測定による不均質性等の把握とその影響を評価する手法の提示
- 堆積岩：亀裂を含む岩石試料の透水係数や拡散係数の測定等による堆積岩中の亀裂が水理・物質移行現象に与える影響の定量的な把握

亀裂を有する堆積岩の亀裂部における物質移行開口幅と透水量係数

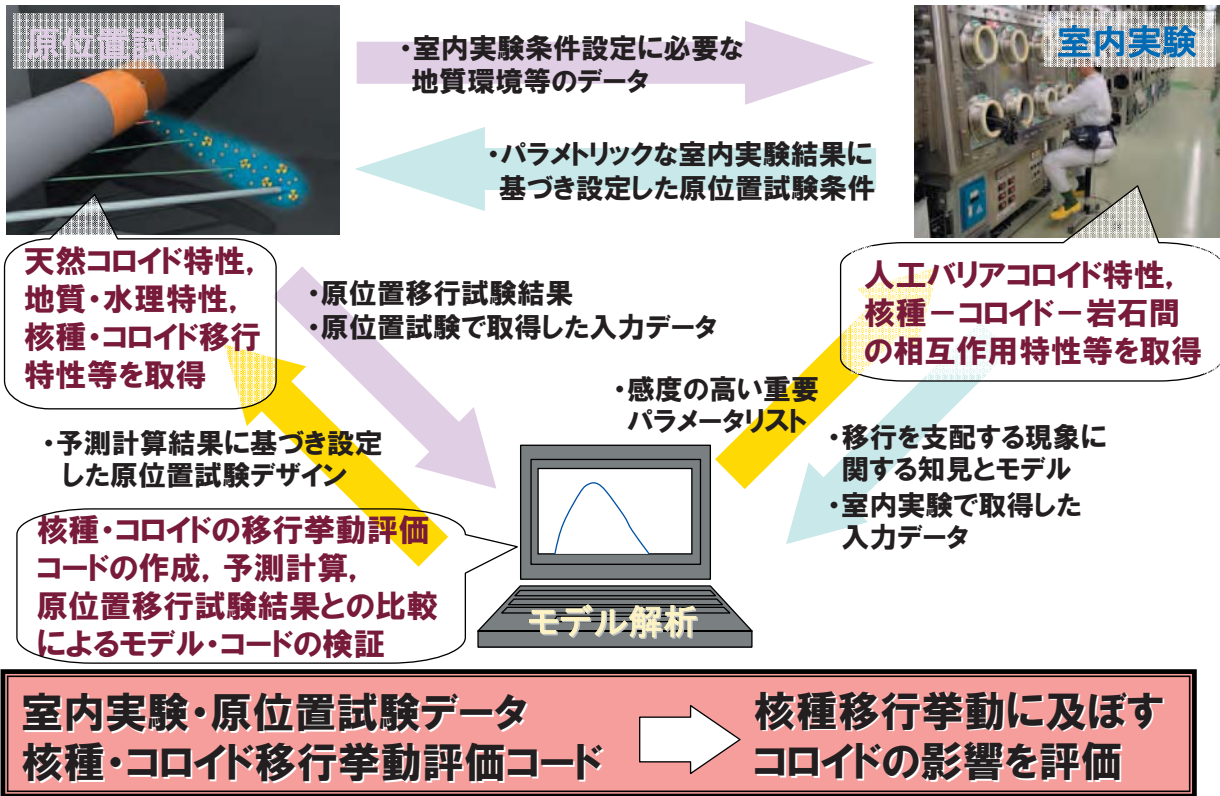


●マクロな視点：

- 総合的な性能評価技術で実施した「実際の地質環境の調査研究から物質移行解析にいたる一連の評価」の一部として、核種移行解析に必要な地下水の移行経路や移行時間等を評価する手法を例示

「モデル化技術」 ② b) コロイド・微生物・有機物

室内、原位置、解析の組合せによる体系的アプローチ

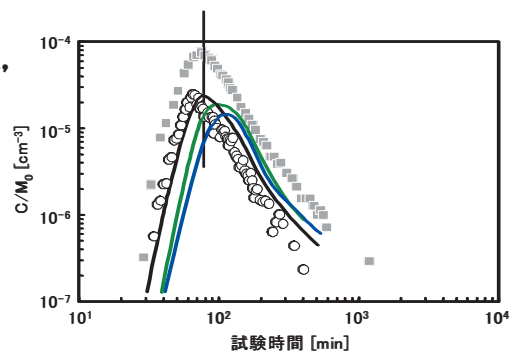
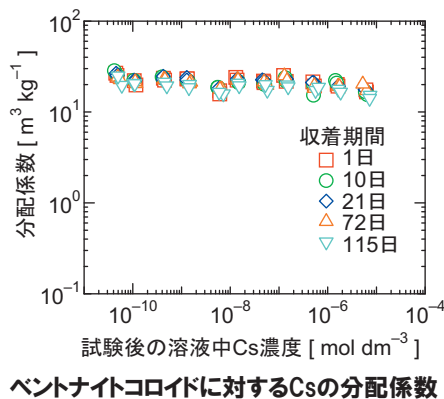


「モデル化技術」 ② b) コロイド・微生物・有機物

室内、原位置、解析の組合せによる体系的アプローチ

●コロイドの核種移行に及ぼす影響に関するコードの開発とデータ取得

- 核種とコロイドの相互作用を速度論的に取り扱えるCOLFRAC-MRLの開発
(亀裂性媒体と多孔質媒体の両方を対象、室内試験やグリムゼルにおける原位置試験の結果と比較し妥当性を確認、感度解析によりコロイド濃度が高いあるいは流速が速い場合に相互作用の速度が核種移行に影響を及ぼす可能性のあることを提示)
- コロイドと核種の相互作用データの取得
(コロイド:ベントナイトコロイドへのCsの分配係数、収着速度を取得、収着の可逆性を提示)



CRR原位置実験結果のCOLFRAC-MRLによる解析結果

「データベース開発」の研究開発課題への取組み

①放射性元素の熱力学データベースの整備

➤熱力学データの拡充と信頼性

- ・信頼性向上が求められるデータの整備
- ・海水条件での溶解度評価への対応

②収着・拡散データベースの整備

➤収着データの拡充と信頼性

- ・海水条件でのデータ取得
- ・データの信頼性評価

「データベース開発」 ①放射性元素の熱力学データベースの整備

熱力学データの拡充と信頼性

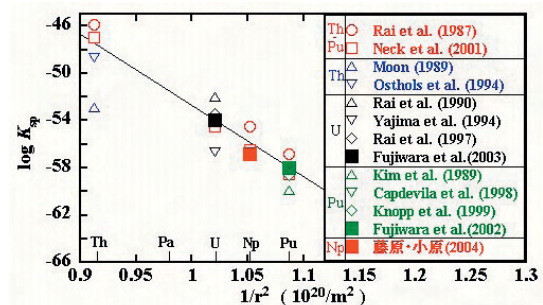
●熱力学データの取得と熱力学データの利用環境の整備

- アクチノイドIV価のNp-OH-CO₃錯体、水和酸化物固相の熱力学データ取得
(データ不足やばらつきがあり信頼性向上が必要と考えられたデータの整備)
- 高イオン強度での溶解度計算に対応できるPitzerモデルのパラメータ整備
(海水程度のイオン強度(I=0.6)ではPitzerモデルの導入の必要性は高いことを確認)
- 熱力学データベース(JNC-TDB)の利用環境の整備, ホームページを通じた公開

JNC-TDB公開ホームページ



An (IV) 水和酸化物の溶解度積と結晶イオン半径との関係



収着データの拡充と信頼性

●分配係数のデータに関するデータベースの整備

- (実測データが少なく拡充が求められた)海水系地下水条件やアルカリ環境でのデータ取得

Cs : 海水系地下水条件にベントナイトや堆積岩(砂岩, 泥岩)

Sn, Pb, Th: 海水系地下水条件やアルカリ環境における堆積岩(凝灰岩, 砂岩)

-収着データベースの更新(約1,200件増加)

(第2次取りまとめ段階で約19,900件
→2004年段階で約21,100件)

利用環境の整備(データ検索システム),
ホームページでの公開

- データの信頼性付与の考え方と判断

基準の案の策定, 一部のデータを例
とした適用性確認

(試験条件・試験手法のトレーサビリティ,
適切性の判断の指標)

収着データベースWeb版

ID	Name	Unit	Value	Unit	Water type	pH	Temp	Depth	Location
00001	00001	00001	00001	00001	00001	00001	00001	00001	00001
00002	00002	00002	00002	00002	00002	00002	00002	00002	00002
00003	00003	00003	00003	00003	00003	00003	00003	00003	00003
00004	00004	00004	00004	00004	00004	00004	00004	00004	00004
00005	00005	00005	00005	00005	00005	00005	00005	00005	00005

フェーズ2での取組み

- 実際の地質環境条件や設計条件に対する重要なシナリオの, 安全機能に着目した系統的な抽出技術の整備
- 個別現象の不確実性, 生起可能性, 時間変遷などを考慮した不確実性の影響評価技術の整備
- 体系的なアプローチ(室内, 原位置, 解析等)の推進による, より詳細な現象理解と個別モデルの整備・改良
- 性能評価に用いるデータの処分場システムデータベースとしての集約
- 試験データ, データベースおよびモデルを適切に組合わせた性能評価パラメータの設定手法の整備
- 異なるスケールのモデルの統合, 現象モデルと性能評価モデルの合理的な階層化
- 深地層の研究施設計画等で得られる地質環境条件への適用



実際の地質環境に適用可能な総合的な性能評価手法の体系化

環境要因影響評価手法の開発 ～放射線影響評価を中心に～

平成19年3月5日

財団法人 産業創造研究所

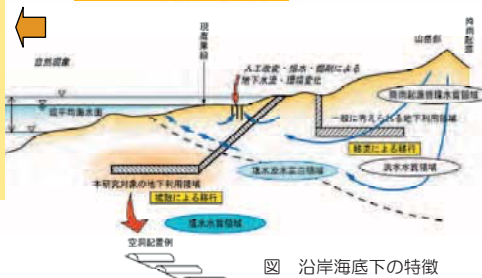
萩沼 真之

(財)産業創造研究所に おける地層処分研究

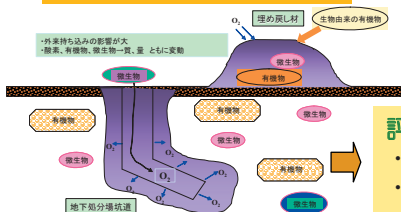
処分システムの環境場に付随する不確実性要因について、処分に与える影響を試験的に調査するとともに科学的見地から考察を加え、現象を科学的に理解し処分システム信頼性及び現実性、処分設計合理性の向上を図る

- 評価項目**
- ・ OP腐食挙動
 - ・ 緩衝材止水性
 - ・ 緩衝材変質
 - ・ 塩析出
 - ・ 地下水流動特性
 - ・ 地球科学特性
- 等

・ 塩水環境



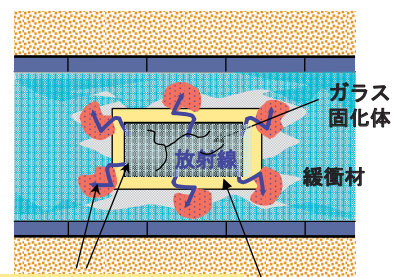
・ 微生物生息環境



評価項目

- ・ 影響要因の抽出
- ・ 微生物の定量手法
- ・ 影響評価モデル整備

・ 放射線照射環境



地下水の放射線分解による化学環境変化

オーバーパック

評価項目

- ・ 人工バリア内化学環境評価モデル整備
- ・ OP腐食挙動

発表内容

- 研究開発の目的及び必要性
- 放射線影響評価への取り組み
 - ・人工バリア内で予想される放射線線量率
 - ・考慮すべき放射線関連事象
 - ・研究開発の全体構成
 - ・研究開発の成果
 - －放射線分解生成物の生成挙動
 - －緩衝材中における分解生成物の消費挙動
 - －放射線影響評価解析
 - ・放射線影響評価のまとめ
- 微生物影響評価への取り組み

研究開発の目的及び必要性

性能評価における不確実性環境要因

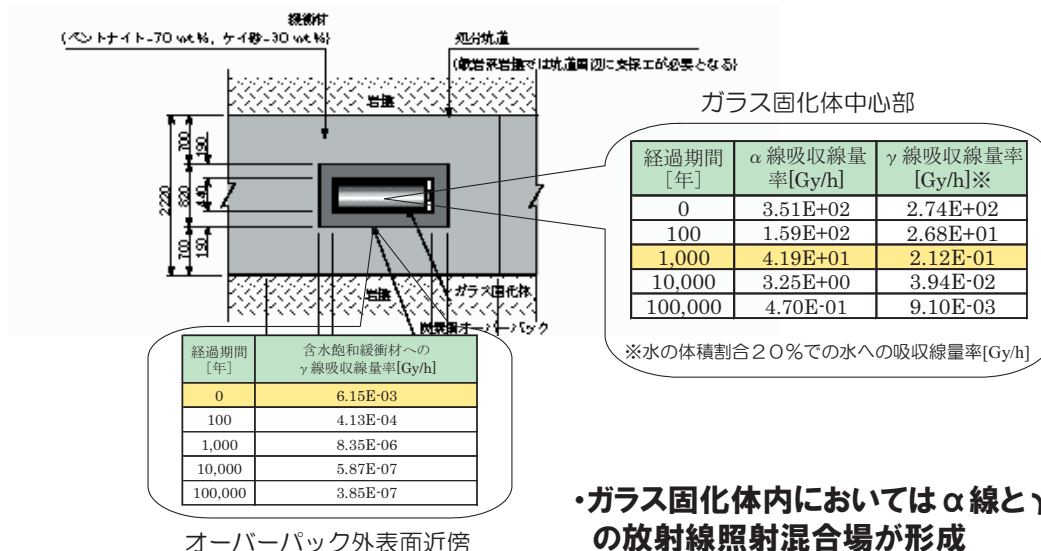
- ・廃棄体からの放射線照射影響
- ・地下深部の微生物影響
- ・コロイド、有機物 等

これらの環境要因については処分性能へ有意な影響は及ぼさないと考えられているが、処分の信頼性向上のためには、その影響を定量的に評価することが必要である。

環境要因影響の検討としては、以下のアプローチが重要

- ・起こりうる影響シナリオの整理
- ・現象の科学的理解
- ・評価手法の整備・高度化

人工バリア内で予想される放射線線量率



・ガラス固化体内においてはα線とγ線の放射線照射混合場が形成

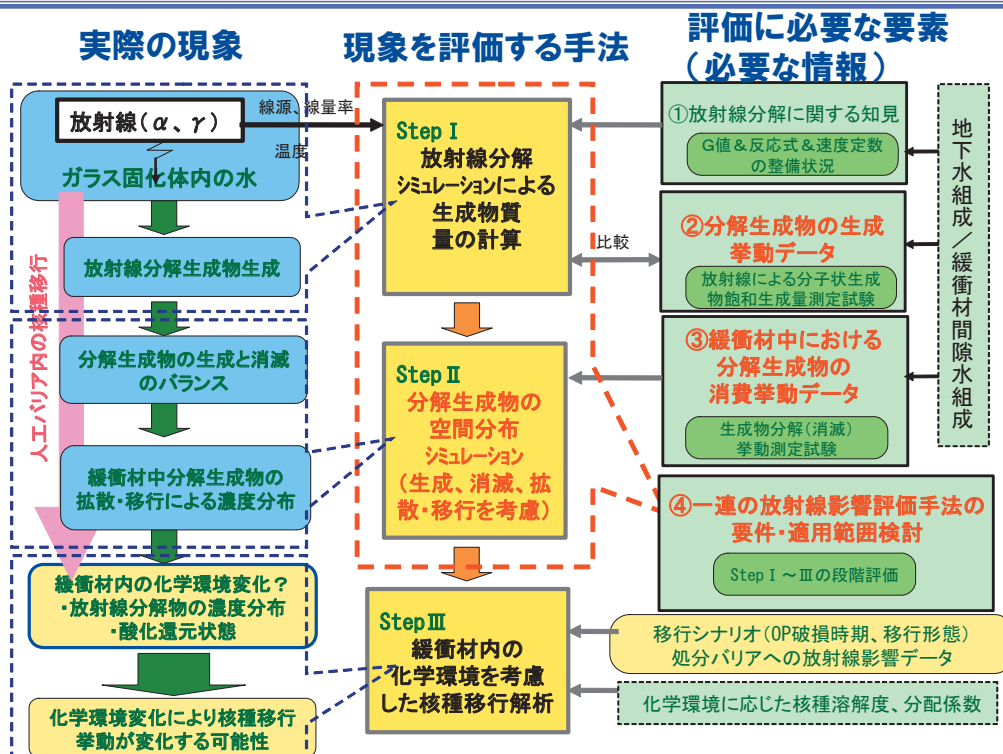
- ・オーバーパックの外表面ではオーバーパックの遮蔽能力によりγ線照射場が主体
- ・放射線線量率は経時的に減少するが、1000年後においてもガラス固化体中心部で長半減期核種からのα線により数10Gy/h程度の吸収線量率が予想される。

考慮すべき放射線関連事象

バリア名	オーバーパック開口前の挙動	オーバーパック開口後の挙動
ガラス固化体		<ul style="list-style-type: none"> α線、γ線による水の放射線分解に起因し、ガラス固化体内に過酸化水素、水素、酸素が生成
オーバーパック	<ul style="list-style-type: none"> オーバーパックを通過したγ線による水の放射線分解に起因し、過酸化水素、水素、酸素が生成し、局所的な酸化性雰囲気領域の発生の可能性 	<ul style="list-style-type: none"> ガラス固化体から酸化性化学種が流出し、局所的な酸化性雰囲気領域の発生の可能性 核種の溶解及び収着能力への影響の可能性 鉄イオンとの反応、緩衝材との反応→酸化性雰囲気緩和の可能性
緩衝材	<ul style="list-style-type: none"> オーバーパック腐食挙動への影響の可能性 	
イメージ		

※本表は可能性が考えられる放射線事象を定性的に記述したものであり、実現象及び影響を示したものではない。

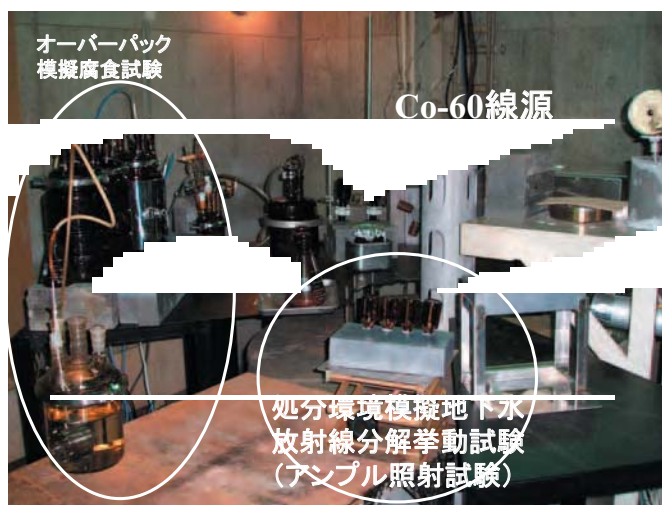
研究開発の全体構成



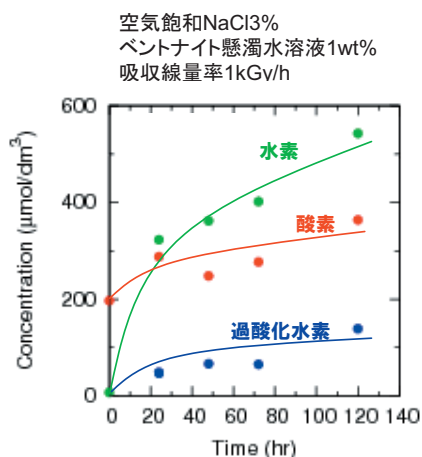
研究開発の成果

—放射線分解生成物の生成挙動

・放射線化学的な試験による水の放射線分解生成物の生成に関するデータ取得



Co-60放射線照射設備を用いた地層処分研究



γ線照射試験結果の例

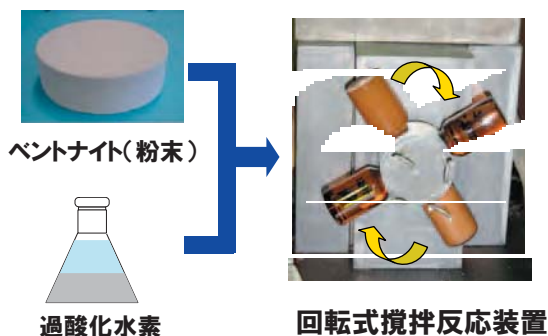
純水条件に比較して処分地下水環境では水の放射線分解は促進されることが試験により確認された。

研究開発の成果

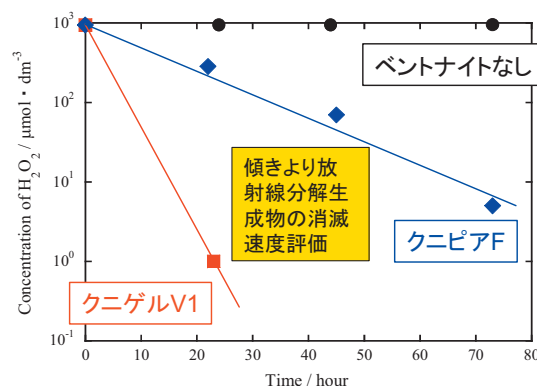


— 緩衝材中における分解生成物の消費挙動

緩衝材中における放射線分解生成物：
過酸化水素及び酸素の分解・消費挙動
に関するデータ取得



酸化性環境を支配する可能性のある放射線分解生成物である過酸化水素は緩衝材中において分解消費されることが確認された。



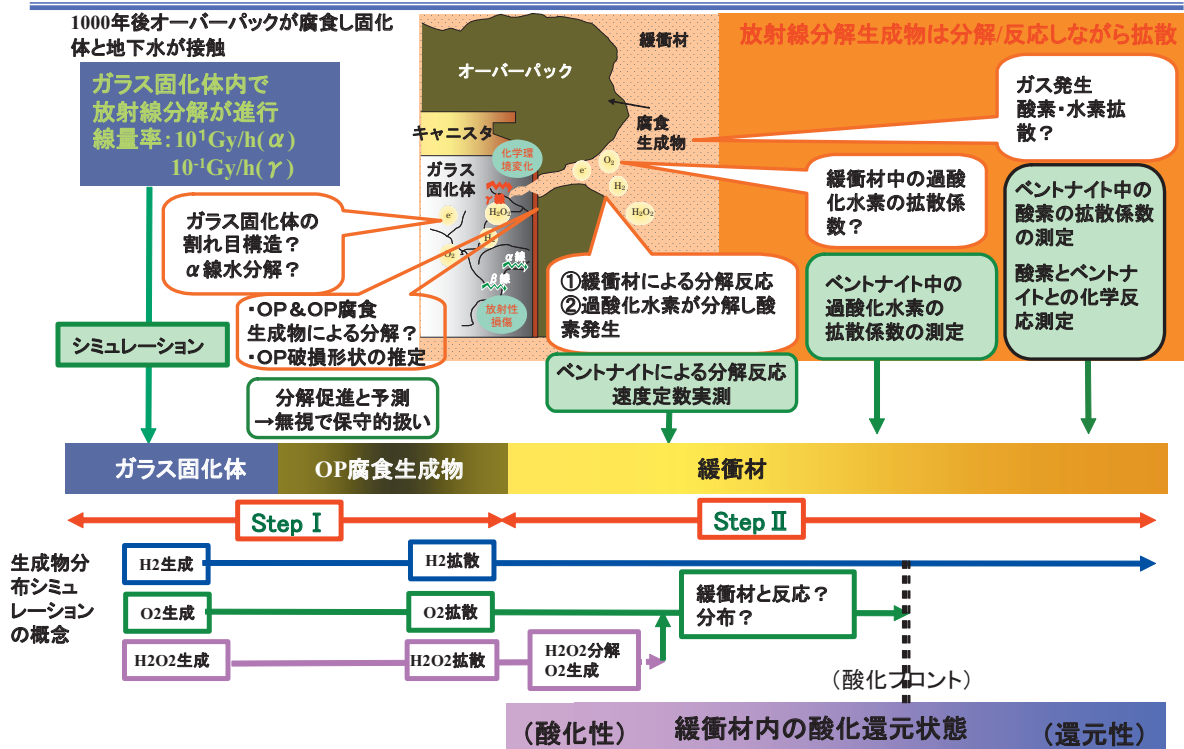
【実験条件】 溶液: 3%Na₂SO₄、固液比: 5g/100ml
【試験環境】 空気飽和、室温

ベントナイト懸濁液中(攪拌)での過酸化水素濃度の変化

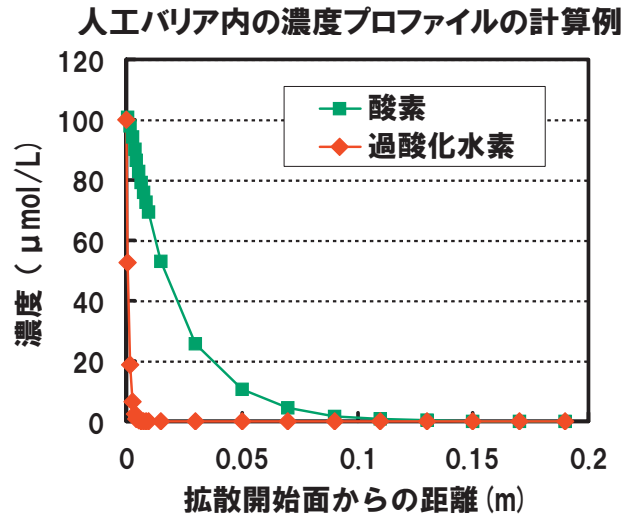
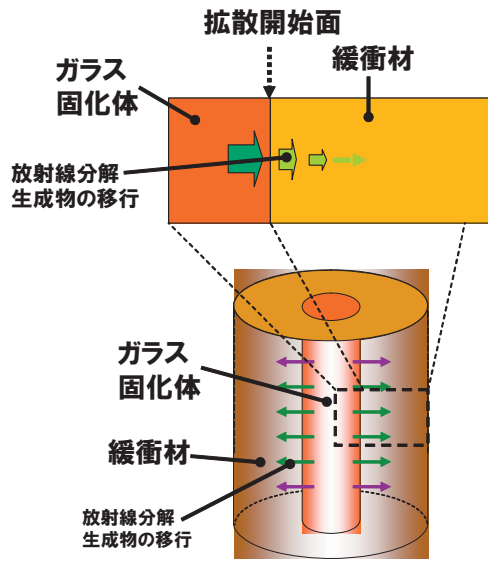
研究開発の成果



— 放射線影響評価解析



—放射線影響評価解析



- ・固化体側から過酸化水素が一定量(100 μM)供給
- ・過酸化水素:実効拡散係数 $5 \times 10^{-11} \text{m}^2/\text{s}$:分解半減期2h
- ・消費された過酸化水素は酸素となり拡散・消費
- ・酸素:実効拡散係数 $5 \times 10^{-10} \text{m}^2/\text{s}$:半減期110h

緩衝材内での酸化性放射線分解生成物の拡散・分解・消費を考慮した実験と解析により、緩衝材内の過酸化水素、酸素濃度分布評価の見通しを得た。

放射線影響評価のまとめ

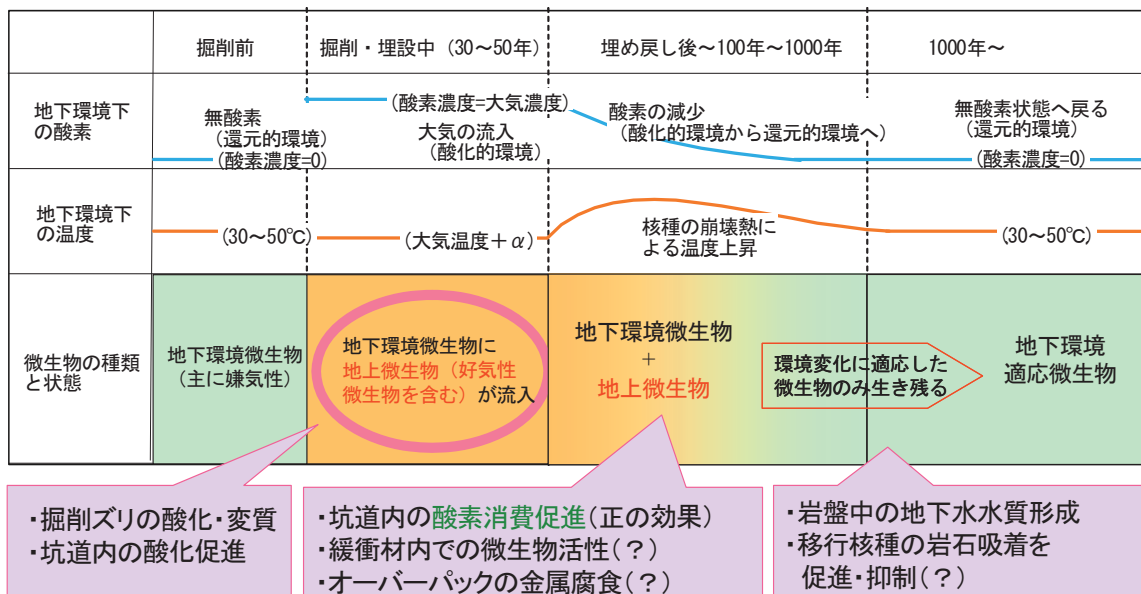
これまでの成果

- ・放射線影響事象の抽出を実施し、考慮すべき影響シナリオを整理した。
- ・処分地下水環境での放射線分解生成物の生成及び分解に関するデータを取得し、現象の定量的理解を進めた。
- ・放射線分解を考慮した人工バリア内化学環境評価モデル概念を構築した。

今後の研究開発の内容と進め方

- ・解析上の不確定パラメータの影響把握とその取り扱いの具体化
- ・化学環境評価モデルの高度化

処分の各過程における環境変化と微生物関連事象整理



研究開発の内容と進め方

- ・起こりうる影響シナリオの整理
- ・現象の科学的理解
- ・評価手法の整備・高度化

深部地下環境の微生物挙動を適切に取り込み、処分への影響を評価できるようにするため、以下の検討を実施。

- 性能評価で考慮する特性・プロセスに影響を与える微生物の要因の抽出
- 微生物影響評価コードの入力となるデータ(微生物量、種類、増殖活性など)の取得技術の構築
- 実際の地質環境(URL等)を対象にしたデータ取得と評価コードの適用性の確認

放射性核種生物圏移行パラメータの収集と データベースの開発

平成19年3月5日

独立行政法人 放射線医学総合研究所

廃棄物技術開発事業推進室

内田 滋夫

発表内容



- 研究開発の枠組み
 - 研究開発の目的、必要性、全体の構成
- 研究開発の成果
 - 移行パラメータ収集およびデータベース構築
 - 土壌-農作物移行係数(TF)
 - 土壌-土壌溶液分配係数(Kd)
 - 河川水元素濃度
 - 水田移行モデル開発
 - マッピングシステム開発
- まとめ
- 今後の展望

研究開発の枠組み –目的–



日本の風土、農業活動などを反映した移行パラメータの収集、およびデータベースの構築。

特に、生物圏に焦点を絞り、水田・畑土壌から農作物への移行係数（TF）および土壌中での分配係数（Kd）を収集する。

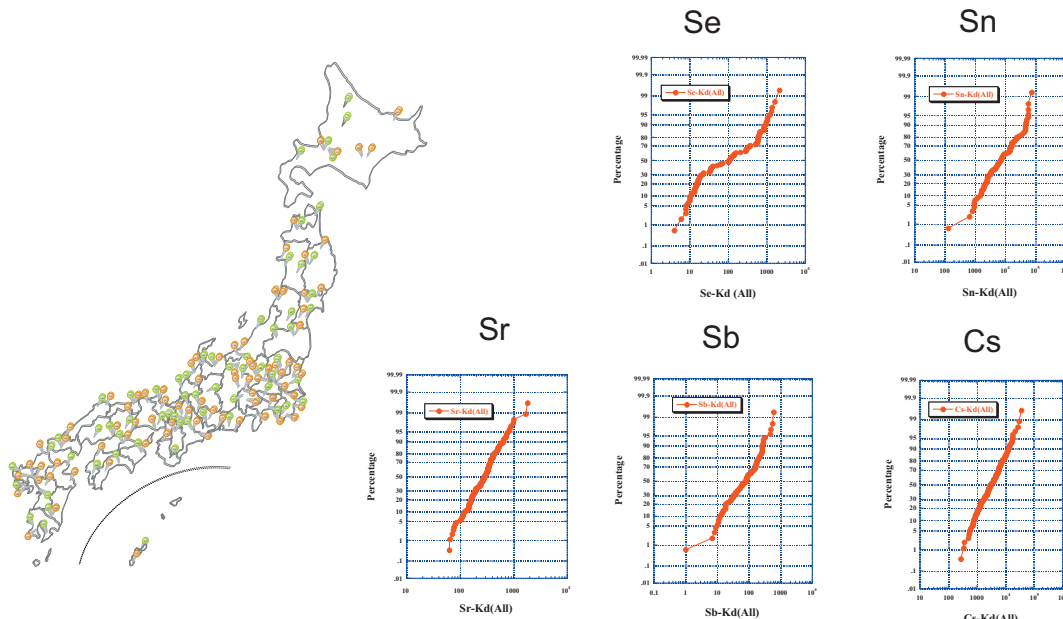
研究開発の枠組み –必要性–



放射性廃棄物の地層処分に関する安全評価においては、処分施設から生物圏・人までの核種移行プロセスとこれによる被ばく経路についてモデル化を行い人間への影響を評価することが必要である。

しかし、生物圏においては、その移行パラメータはその地域の環境や人間活動に大きく影響され、その地域において収集する必要がある。

研究開発の成果 (2) 土壌-土壌溶液分配係数(Kd)



土壌採取場所 ● 水田土壌 ● 畑土壌

核種による K_d の分布 (全土壌について)

研究開発の成果 (3) 河川水元素濃度データ



阿賀野川 (アガノガワ)

流域面積 7710(km²) 幹川流路延長 7710(km) 流量-年平均
401.55(m³/s) 流量観測地点馬下 流量観測期間 S26~H14

1.河川概要
阿賀野川は栃木と福島県境にある荒海山を源とし、会津盆地では猪苗代湖からの支川などと合流し、中流域では蛇行しながら新潟平野に出て、新潟市において日本海に注ぐ、流路延長 210km の一級河川です。上流域には石鏡河原、中流域では湿地、下流の広いヨシ原や砂州が分布します。今回の調査において、pH は 6.7 ~ 7.3 とほぼ中性を示し、導電率は 5-11mS/m の範囲で、特に中流域で最も高い値を示しました。なかでも、銅、亜鉛およびタンタムは 45 河川中最も高い値で、恐らく、この付近では鉱脈賦存の影響を受けていたと考えられます。

2.採取地点および河川情報

3.分析データ

上流

中流

下流

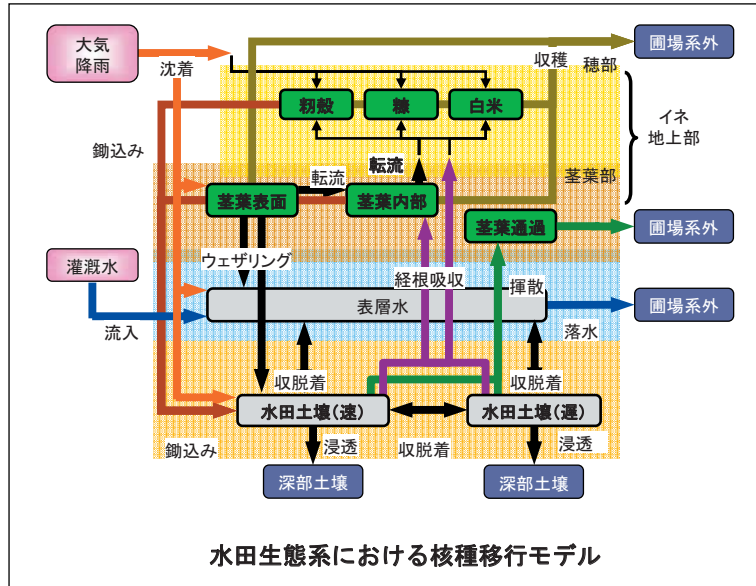
研究開発の成果 (4)



水田生態系における核種移行モデル構築

日本における主な土地利用形態の一つである水田-水稲生態系は、湛水を行うことによって水稲の生育に適した独特の環境を作り出しているが、同時に、土壌の物理的・化学的特性を大きく変化させており、ヨーロッパの農地利用形態である畑とは、大きく異なる。

ヨウ素モデル : H14&15
Sr,Csモデル : H16
汎用モデルの開発:H17

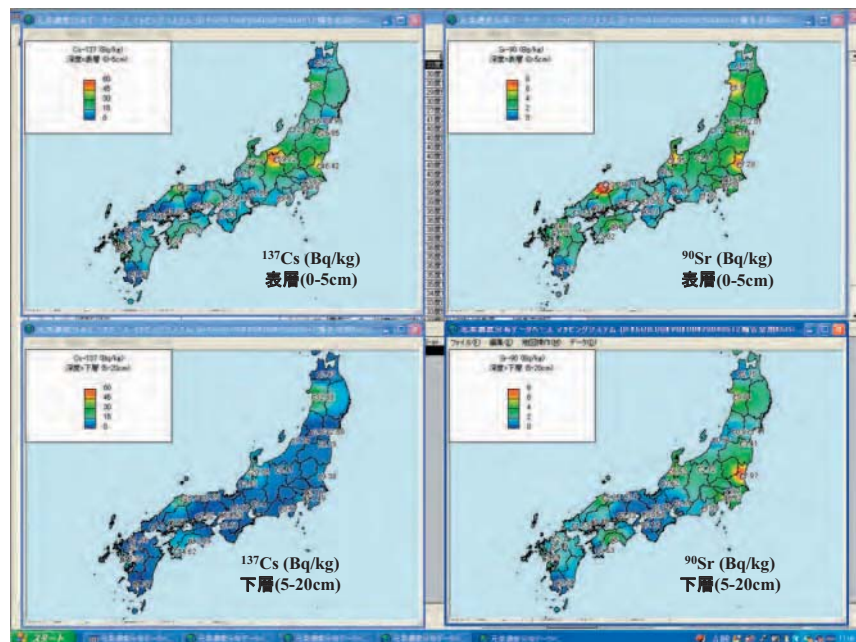


研究開発の成果 (5) マッピングシステムの開発



Cs-137は、表層 (0-5cm) で濃度が高く (黄緑色から赤色)、下層 (5-20cm) では、低い (藍色) ことが分かる。

一方、Sr-90は、下層 (5-20cm) でも、黄緑色や赤色があり、濃度が高いことを示している。



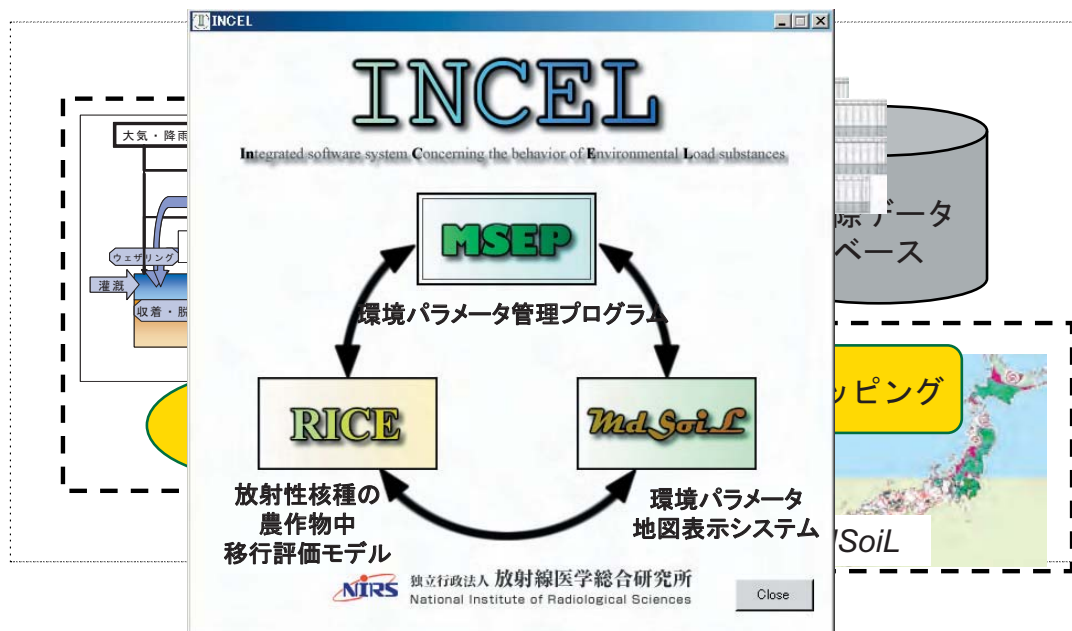
土壌中グローバルフォールアウトCs-137及びSr-90濃度分布図 (表層0-5cmと下層5-20cm)

研究開発の成果 (6)



統合運用環境システム(INCEL)の開発

平成14年度より、データの収集を行うとともに、データベース構築やモデル構築のためのソフトウェアの開発を手がけてきた。平成18年度には、これらのソフトを連携するために**統合運用環境システム(INCEL)**を開発した。



まとめ


本調査では、生物圏における重要な長半減期核種の移行パラメータを得るための手法として、天然に存在する元素に着目して全国規模でのデータ採取を行った。すなわち、全国から農耕土壌、および、そこに生育している農作物を収集し、土壌-農作物移行係数(TF)、土壌-土壌溶液分配係数(Kd)を求め、データベースを構築した。さらに河川水に関しても、全国の45の一級河川上流から下流までの河川水元素濃度を求め、データベースを構築した。

水田移行モデル(RICE)を開発し、本調査で取得した移行パラメータを用いて、水稻-米への核種移行をより精度良く予測可能となった。

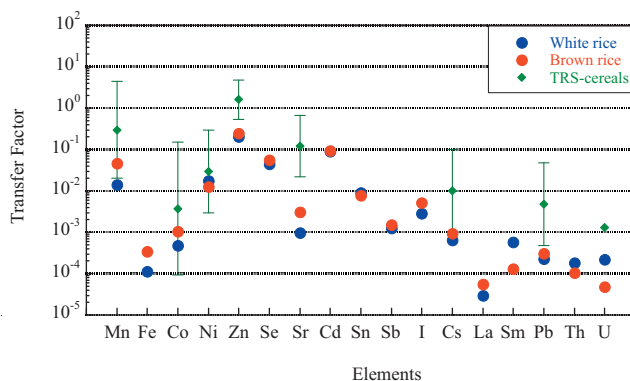
マッピングシステム(Md_Soil)を開発し、本調査で取得した様々な移行パラメータの全国的な分布が把握可能となった。

本調査で開発したソフトを連携するため、統合運用環境システム(INCEL)を開発した。

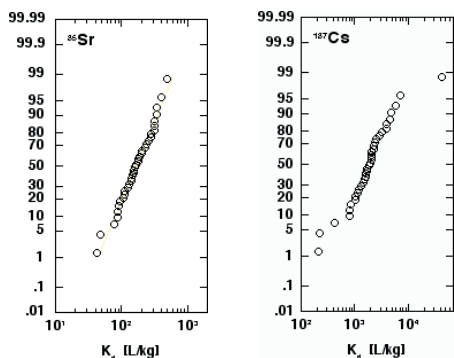
今後の展望(1) データ(データベース)の登録と公開



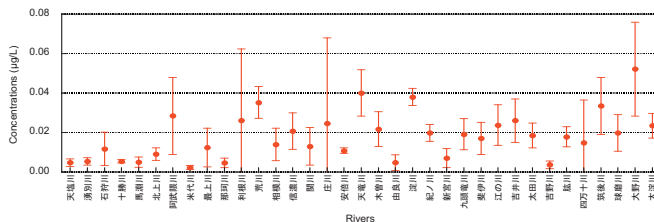
IAEAのデータベースに登録を予定 (TRS. 364, 1994) : ヨーロッパのデータ
アジアのデータは無い



水田一コメ移行係数



土壌一土壌溶液分配係数



各河川のウラン濃度
(10地点平均)

今後の展望(2) 残された課題

- 1) 河口から沿岸域における元素の挙動と移行に関するデータ収集
- 2) 放射性炭素 (C-14) 等の農作物移行パラメータの整備及び移行モデル構築
- 3) ラドンの移行パラメータの収集
- 4) 陸域における移行パラメータ推定手法の開発