

地層処分基盤研究開発の 現状



平成19年3月20日

地層処分研究開発部門
地層処分基盤研究開発ユニット

油井 三和

説明内容

2

・高レベル放射性廃棄物の地層処分研究開発

- 工学技術の開発
- 安全評価手法の開発

(幌延地上からの調査研究開発報告書-分冊:地層処分研究開発-を含む)

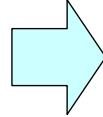
・TRU廃棄物(長半減期低発熱放射性廃棄物)の 地層処分研究開発

・地層処分基盤研究開発成果の次世代を中心 とした理解拡大への新たな取り組み

工学技術の開発に関する全体目標 (H18～22年度)

3

- 実際の地質環境への適用を考慮した柔軟性のある工学技術の体系化
- 設計・建設技術の実際の地質環境への適用性確認と操業・閉鎖技術の整備
- 実際の地質環境への適用可能な長期健全性評価モデルの整備



- 知識ベースの個別要素 (e.g. 設計/施工方法, モデル, データベース, 測定手法・設定手法) の構築・公開・更新
- 地下研究施設における適用性確認
- 幅広い地質環境や国内外の最新動向を踏まえた処分概念の高度化や柔軟性の向上

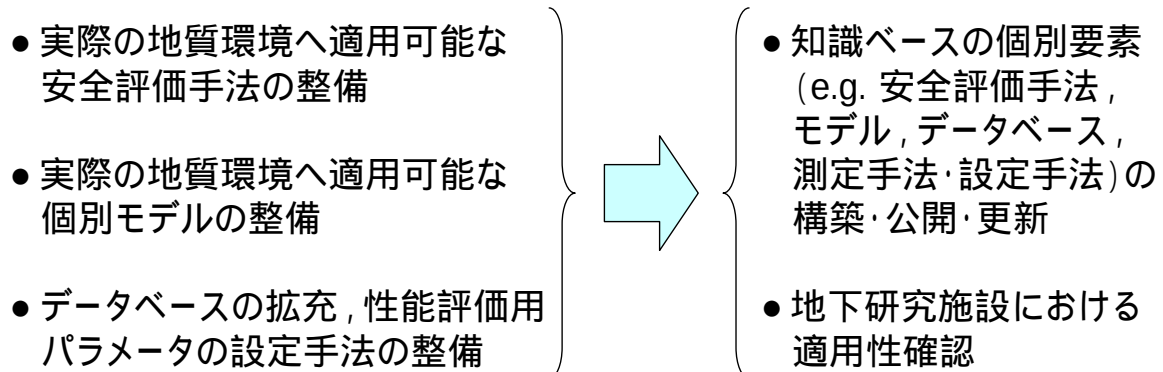
工学技術の開発に関する課題構造

4

- | | |
|------------------|---|
| (1) 処分場の総合的な工学技術 | URLにおける適用性検討
工学技術オプション |
| (2) 処分場の設計・施工技術 | 人工バリア
(a) オーバーパック (b) 緩衝材
支保・グラウト・シーリング
(a) シーリング (b) 支保 (低アルカリ性セメント) (c) グラウト
建設・操業・閉鎖等の工学技術
(a) 建設技術 (b) 操業技術 (c) 閉鎖技術 |
| (3) 長期健全性評価技術 | 緩衝材
(a) 長期力学的変形挙動 (b) 長期変質挙動 (c) 流出・侵入挙動
セメント・コンクリート
岩盤
(a) 長期力学的変形挙動 (b) 長期変質挙動
熱-水-応力-化学連成挙動
ガス移行挙動
人工バリアせん断応答挙動 |

安全評価手法の開発に関する全体目標 (H18～22年度)

5



安全評価手法の開発に関する課題構造

6

- | | |
|--------------|--|
| (1) 評価手法 | シナリオ解析技術
不確実性評価技術
総合的な性能評価技術 |
| (2) モデル化技術 | 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
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
生物圏での核種移行 / 被ばく |
| (3) データベース開発 | 放射性元素の熱力学データベースの整備
収着・拡散データベースの整備 |

○ 併置処分の評価に係る信頼性向上

- 硝酸塩等の影響に係る現象理解とデータ・評価モデルの信頼性向上
- 性能評価技術の体系化・高度化(処分場スケールでの相互影響評価の考慮など)

○ ジェネリックな評価基盤の拡充 (HLW評価基盤との平仄)

- 塩水環境下でのデータやモデルの整備など、多様な地質環境を対象とした評価基盤の拡充
- 高アルカリ環境での人工バリア等の長期健全性に関するデータ拡充と評価モデルの信頼性向上

○ より幅広い地質環境に柔軟に対応するための代替技術開発 (ANRE事業)

- ヨウ素固定化・浸出抑制技術の実現性の提示
- C-14の放出・移行評価の信頼性向上と閉じ込め容器の開発
- 硝酸塩影響の不確実性低減のための硝酸塩分解技術

地層処分研究開発検討委員会(第1回:平成18年7月)の 5ヶ年計画に対する主なコメントと対応

・HLW / TRU共通

(コメント) 海外動向と「地層処分基盤研究開発調整会議」での議論を踏まえた研究の必要性について

- 個別分野の最新の海外動向の調査を実施
- 「地層処分基盤研究開発調整会議」で設定された目標を達すべく研究開発を実施

・HLW

(コメント) BAT概念の理解と研究の方向性

- 国内外の動向等を踏まえ、利用可能な最善の技術として用いられる成果の提示を目標に、常に state-of-the-artを意識した研究開発の実施

(コメント) 処分概念オプションに関する性能評価の取り組み、性能評価の柔軟性を高める具体的な取り組み

- 設計オプションについてH12レファレンスケースを変更した場合の影響因子を安全機能の観点から整理の着手 等

・TRU

(コメント) 処理と処分が連携した研究開発計画

- 硝酸塩について、脱硝プロセス開発と地層中の硝酸の変遷挙動評価の有機的な取り組みについて検討

工学技術の開発

- ・銅製オーバーパックの長期性能にとって重要な環境条件の提示
- ・地下施設の建設工事等が地層処分システムの長期性能に及ぼす影響の整理
- ・低アルカリ性セメントの現場施工試験に関する課題抽出

安全評価手法の開発

- ・核種の拡散データベースの公開
- ・安全評価シナリオの抽出や天然現象影響評価手法の提示

○ 工学技術

- 溶接部腐食(共同研究)
- 塩濃縮モデル(共同研究)
- THMCセンサー開発(共同研究)
- 建設・操業・閉鎖(URLにおける適用性確認、情報交換)
- 緩衝材の鉄変質(情報交換)
- オーバーパック腐食手法、データベース開発(情報交換)
- 高温におけるオーバーパック腐食、緩衝材変質(情報交換)
- 低アルカリセメント開発(CRIEPI共同研究)
- 多連設坑道、クリープ挙動(CRIEPI共同研究)
- 緩衝材隙間膨潤(情報交換)
- ガス移行挙動(情報交換)

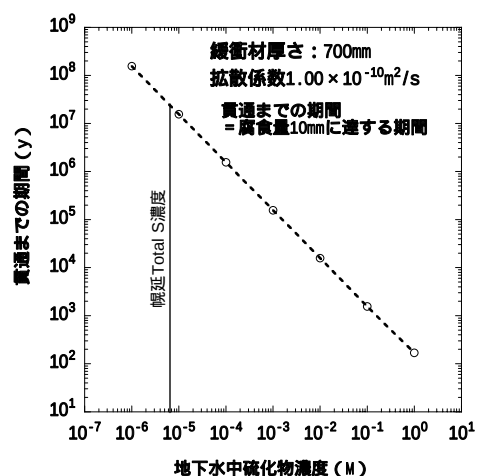
○ 性能評価

- 性能評価高度化(共同研究)
- 微生物影響評価モデル(共同研究)
- 幌延地下水化学モデル(共同研究)
- コロイド影響評価(CRIEPI共同研究)
- 放射線影響評価(共同研究)
- 核種移行現象の解明(情報交換)

平成18年度の高レベル放射性廃棄物 地層処分研究開発の主な成果

11

・銅オーバーパック長期性能と環境条件



緩衝材中の硫化物の拡散に基づく
銅オーバーパックの寿命予測

・収着・拡散データベースの整備・公開



拡散データベースの検索例
(岩石に対するSeの拡散係数)

拡散データベースの登録件数の状況

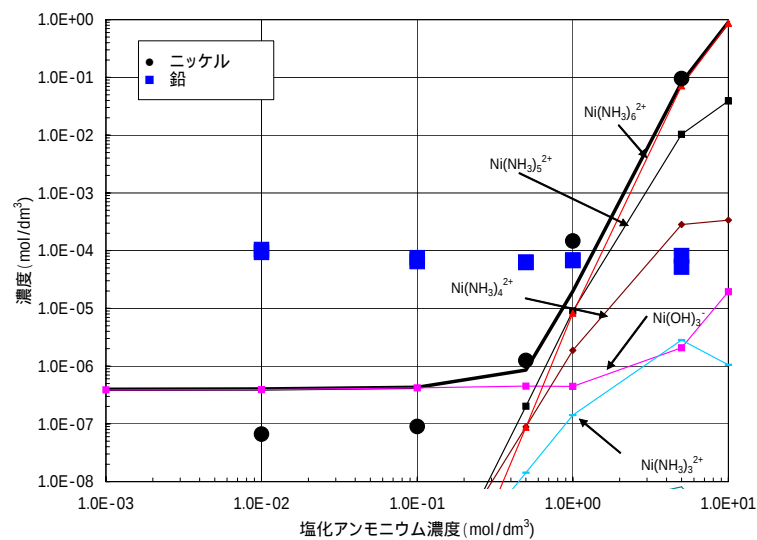
年度	固相	件数
H17末 まで	・結晶質岩 (酸性・塩基性) ・堆積岩 (砂質岩類, 泥質・凝灰質岩類)	約330
H18	・Kunigel-V1 ・Kunipia-F ・その他 (砂混合ベントナイト, 精製スメクタイト等)	約1,050

平成18年度のTRU廃棄物の 地層処分研究開発の主要目標

12

- ・第2次TRUレポートの英語版の出版
- ・TRU廃棄物の併置処分の法制化等に向けた
国と協力による説明用資料の作成
- ・安全評価手法の高度化開発及び基礎データの
収集・拡充

・硝酸の変遷物であるアンモニアによる溶解度への影響評価



高アルカリ領域 (pH12 ~ 13) におけるニッケル及び鉛の塩化アンモニウム濃度依存性
(過飽和法, 浸漬期間28日, 0.45 μ m のろ過後分析)

まとめ

・高レベル放射性廃棄物の地層処分研究開発

- 知識ベースの個別要素の構築・公開・更新
- 地下研究施設における適用性確認
 - ・論文投稿数 : 16件
 - ・技術資料公開数 : 34件

・TRU廃棄物(長半減期低発熱放射性廃棄物)の
地層処分研究開発

- 安全評価技術の高度化(アルカリ環境の影響等)
- 併置処分に関する信頼性の向上(硝酸塩の影響等)
 - ・論文投稿数 : 5件
 - ・技術資料公開数 : 2件

幌延深地層研究計画における地上からの 調査研究段階研究成果報告書 - 分冊・地層処分研究開発 -



本報告書の目的と現状

16

● 目的

深地層の科学研究(別分冊)

- 地層処分研究開発における設計や安全評価手法の適用性の確認
- 地上からの調査研究段階(第1段階)における設計や安全評価手法に関わる留意点の整理

● 現状

深地層の科学研究は第1段階(2001年3月～2006年3月の5ヵ年)の成果を網羅しているが、その成果を用いる地層処分研究開発とは、1年程度の時間的ギャップが生じている。

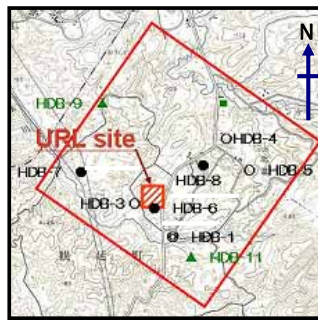
→ JAEA第1期中期計画の目標の一つである「**精密調査における地上からの調査で必要となる技術基盤の整備**」では、これらのギャップを含めて成果のとりまとめを行う。

設計手法の適用性確認

幌延URLを対象とした検討

処分孔縦置き方式を例として、

- 第2次取りまとめの考え方と最新の知見を踏まえ処分場全体設計フローを更新
- オーバーパック及び緩衝材の設計に関する手順の明確化
- 地上からの調査に基づく設計データの設定
- 人工バリアおよび処分場の設計を試行し、設計手法の適用性を確認
- 地上からの調査段階における設計上の留意点を整理



試錐調査配置図

空洞安定性評価指標に関する第2次取りまとめとの比較

指 標	第2次取りまとめ	幌延の地質環境
支保工の応力	許容応力度以内	許容応力度以内
応力状態	局所安全率1.5を下回る領域が対策工により改良可能な範囲であること	塑性領域が対策工により改良可能な範囲であること
変形(岩盤の直ひずみ及び最大せん断ひずみ)	桜井・足立(1988)による限界ひずみと弾性係数の関係における中央値を上回る領域が対策工により改良可能な範囲であること	情報化施工のための指標

幌延における地上からの調査によって得られたデータをもとに力学、水理、熱及び地下水化学特性をそれぞれ設定

地下水化学特性の設定例

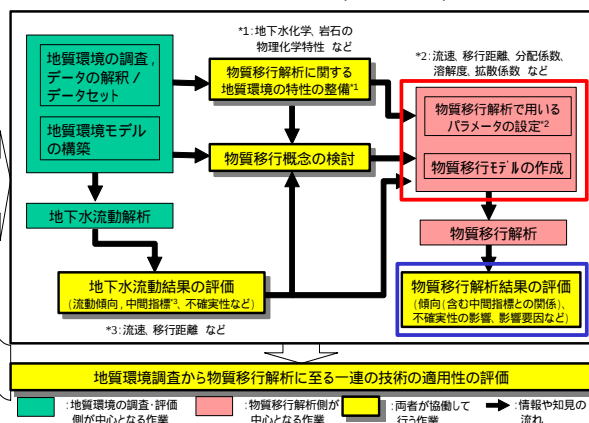
幌延を一例とした検討

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

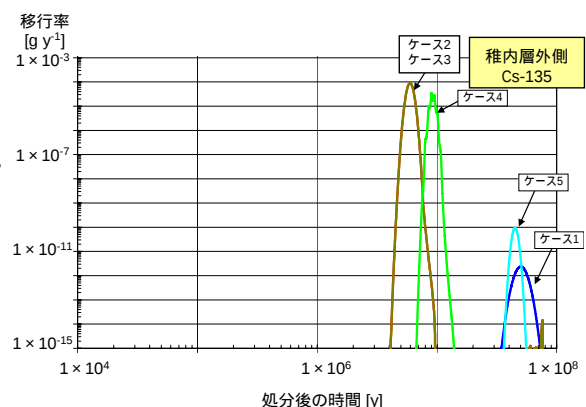
安全評価手法の適用性確認

- 実際の地質環境の調査研究から物質移行解析に至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(実流速を算定するために必要となる岩盤の間隙率等)

作業フロー(概要版)



物質移行解析結果例(Cs)



幌延の第一段階研究成果報告書レビュー 主なコメント対応

19

明確化のための質問(Q), 示唆・推奨(S), 称賛(C)

	コメント	対応案	分類
全体	設計手法及び安全評価手法の適用性確認の目標に向けて、幌延を対象として課題はよく整理されている。事業や規制への反映の視点で有益な成果を期待する。	ありがとうございます。激励と捉えさせて頂き、更に目標に向けて努力致します。	C / 無修正
	どのような読者を対象に、何を知らしめたいのかを吟味する必要性を感じる。適切な言葉を選び、読者に理解してもらいたいことを伝えるレポートとすべき。	読者は地層処分の専門家です。言葉使いに関しては、各委員のコメントを参考に見直します。	Q / 修正・解説
	幌延サイトの特徴を最大限利用して、処分研究への貢献を考慮して報告されていると理解する。工学技術の開発では、実環境における調査の最新情報を設計に反映し、安全評価など知見情報のフィードバックの視点が目的として明確に掲げられていることを受けた成果を期待する。	ありがとうございます。激励と捉えさせて頂き、更に目標に向けて努力致します。	C / 無修正
第1章	「深地層の科学的研究」と「地層処分研究開発」との関係を簡単にわかりやすく示して欲しい。	外部の読者が混乱しないよう、図を用いて両者の関係を記述させて頂きます。	S / 修正
	安全規制の指針の整備など未定の事柄や、規制を具体化するための議論を支える知識など幌延の成果と関連がはっきりしない記述は不適切。また、「不確実性」は、処分の安全性の上では長期のものを指すのであり、科学と経験で対処できる「不均一性」との違いに注意すべし。	規制への反映など未定な事柄ではありますが、国の安全規制に関する計画を引用しつつ、記述するよう心がけております。不確実性と不均一性の対応については、記述の適切性について検討します。	S / 解説
第2章	第2次取りまとめを引例や対照とする記述が特に第2章で頻繁に出てくる。その意味するところが必ずしも明瞭でない箇所がある。	第2次取りまとめについては、必要最小限の記述にとどめますが、技術のベースとして取り扱っております。	S / 修正
第3章	一連の安全評価手法が適用可能であることが示せたわけではなく、適用して見せただけである。解析は、やろうと思えばいくらでも出来る。適用できない事例があるとすれば、それが何かを示す方が重要ではないか。	仰るとおりです。適用性についてはSpecificであるが故、現実性、実現性を重視し記述に心がけておりますが、失敗例、反省例については記述を見直します。	S / 解説
	設計へのフィードバックが重要なことは冒頭で著者自身が述べていることであり、それが目標でもあったはずである。しかし、設計にフィードバックし得たと言えるであろうか？ ここで、今後の課題のような捉え方をするのは冒頭の目的から見ておかしい。	大上段に構えた目的の割には、成果が貧弱という点は否めません。地層の複雑さに対して謙虚かつ正直な記述に心がけます。	Q / 修正

知識ベースへの反映のまとめ (工学技術)

20

■ : H18更新・新規、■ : H18実績なし

知識ベースに反映する成果の例	分類の例
・オーバーバック腐食データベース【オーバーバック】 ・緩衝材基本特性データベース【緩衝材】 ・閉鎖材料及び性能に係るデータベース【シーリング】 ・低アルカリ性コンクリートの材料特性データベース【支保】 ・原位置で確認すべき操業・閉鎖技術項目【操業・閉鎖】 ・緩衝材/岩盤応力連成評価に用いるパラメータ等のデータベース【緩衝材の長期力学的変形挙動】 ・緩衝材流出・侵入データベース【緩衝材の流出・侵入挙動】 ・岩盤長期力学変形挙動に関わる物性データベース【岩盤の長期力学変形挙動】 ・熱-水-応力-化学連成挙動評価用データベース【熱-水-応力-化学連成挙動】 ・透気特性(岩盤・緩衝材)データベース【ガス移行挙動】	データ
各種公開技術資料、レビュー報告書	ドキュメント
・緩衝材/岩盤応力連成モデル【緩衝材の長期力学的変形挙動】 ・緩衝材侵入現象モデル【緩衝材の流出・侵入挙動】 ・岩盤長期力学変形挙動予測モデル【岩盤の長期力学変形挙動】 ・熱-水-応力-化学連成モデル【熱-水-応力-化学連成挙動】 ・ガス移行-応力連成モデル【ガス移行挙動】	ソフトウェア

知識ベースへの反映のまとめ (工学技術)

■ : H18更新・新規、■ : H18実績なし、■ : 未着手

知識ベースに反映する成果の例	分類の例
- 坑道掘削段階において得られる情報を基にした、処分場設計の考え方や設計手法【URLにおける適用性検討】 - 概念オプションの成立性や実現性関わる技術基盤情報【工学技術オプション】 - オーバーバック腐食評価手法【オーバーバック】 - オーバーバック材料・材質選定及び設計・製作手法【オーバーバック】 - 標準化した緩衝材膨潤応力等の測定手法【土木学会と連携予定】【緩衝材】 - 緩衝材の設計基準に関わる基盤情報及び設計の考え方【緩衝材】 - 閉鎖設計の基本的な考え方と閉鎖要件【シーリング】 - 低アルカリ性コンクリート配合選定方法【支保】 - 低アルカリ性コンクリート施工管理基準【支保】 - グラウト材料の長期評価手法【グラウト】 - グラウト施工技術【グラウト】 - 地質環境データを基にした設計用物性値設定の考え方【建設】 - 情報化施工システム【建設】 - 人工バリア等の長期安全性の観点からの品質管理の考え方【品質管理】 - 人工バリア等に係わる性能保証データの計測技術【品質管理】 - 降水/海水条件での緩衝材/岩盤応力連成解析パラメータ設定方法の考え方【緩衝材の長期力学的変形挙動】 - 緩衝材長期変質挙動評価手法【緩衝材の長期変質挙動】 - 緩衝材の安全機能に対する変質が及ぼす影響評価手法【緩衝材の長期変質挙動】 - ベントナイトコロイド生成条件【緩衝材の流出・侵入挙動】 - 岩盤長期力学変形挙動解析パラメータ設定の考え方【岩盤の長期力学変形挙動】 - 熱-水-応力-化学連成データ計測技術【熱-水-応力-化学連成挙動】 - ガス移行解析パラメータ設定方法の考え方【ガス移行挙動】 - 人工バリアの限界条件【人工バリアのせん断応答挙動】 - 人工バリアのせん断応答挙動解析パラメータ設定方法の考え方【人工バリアのせん断応答挙動】	経験・ノウハウ (方法論など)
- 坑道掘削段階において適用した施工方法や対策工法の適用事例及び留意点【URLにおける適用性検討】 - ナチュラアナログに関する統合データ【オーバーバック】	統合化した知識
地質環境に応じた処分場設計要件【URLにおける適用性検討】	ガイダンス
数値実験技術【熱-水-応力-化学連成挙動】	プレゼンテーション

知識ベースへの反映例のまとめ(安全評価)

■ : H18更新・新規、■ : H18実績なし

知識ベースに反映する成果の例	分類の例
- 室内試験～サイト調査間のスケールの違いを補間する知見の蓄積【水理・物質移行】 - 岩盤中の亀裂の水理・物質移行特性などのデータの拡充・整備【水理・物質移行】 - 特性評価手法と特性データ、核種との相互作用評価手法と相互作用データ【コロイド・有機物】 - 特性評価手法開発と特性データ、核種との相互作用データ取得【微生物】	データ、経験・ノウハウ
- ガラス溶解の現象理解/安全評価における浸出モデル構築に反映可能なツール(ガラスデータベース)の整備【ガラス固化体】 - 地下水/間隙水水質設定で必要となる地球化学コード、データベースの整理【地下水化学/間隙水化学】	データ、ソフトウェア
- 実際の地質環境条件や現象を考慮したスクリーニング手法の構築・モデル化【シナリオ解析技術】 - 調査/事業段階に応じた評価手法の構築/開発【シナリオ解析技術】 - 相互作用モデル、移行挙動モデル、それらを反映した影響評価コード【コロイド・有機物】 - 相互作用モデル、移行挙動モデル、それらを反映した影響評価コード【微生物】 - 実際の環境条件を考慮した生物圏評価に関する考え方の整理、ツールの整備【生物圏での被ばく】 - 将来の環境変遷を考慮した場合の時間枠に応じた評価手法・考え方の整備【生物圏での被ばく】 - 人間の放射線影響(線量・リスク)以外の指標を用いた評価に必要な手法・ツールの整備【生物圏での被ばく】	ソフトウェア、経験・ノウハウ
- 地域性、時間変遷など不確実性も考慮した、シナリオ構築の考え方の整理【シナリオ解析技術】 - 不確実性の分類・整理及びパラメータの分布設定の考え方の整理【不確実性評価技術】 - 調査/事業段階に応じた不確実性の影響評価技術の適用事例【不確実性評価技術】 - 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の考え方の整理【不確実性評価技術】 - 評価結果の信頼性を向上させるための手法・考え方の整備【総合的な性能評価技術】 - 安全評価における長期溶解速度設定の考え方の整理【ガラス固化体】 - ガラスからの核種溶出および緩衝材中での核種移行評価に関する評価手法の整備【ガラス固化体】 - ある地質環境が設定された場合の地下水/間隙水水質設定の考え方の整理【地下水化学/間隙水化学】 - 安全評価で必要となる収着係数や拡散係数設定の考え方の整理【緩衝材中核種移行】 - パッチ式収着試験から得られる分配係数の圧密系への適用手法の整備【緩衝材中核種移行】 - 固溶体を含む溶解度制限固相の設定手法の整備【緩衝材中核種移行】 - 処分場周辺の水理・物質移行評価に必要な一連の技術の整備・改良、体系的整理、瑞浪・幌延の地質環境データを用いた評価の試行による適用性の提示【水理・物質移行】 - 地質環境データの解釈～地下水の移行経路特性の評価に付随する不確実性の整理【水理・物質移行】 - 収着分配係数・拡散係数設定のための収着・拡散モデルの整備【天然バリア中収着・拡散】 - コロイド・有機物影響の性能評価における取り扱い【コロイド・有機物】 - 微生物影響の性能評価における取り扱い【微生物】 - 信頼性の高い熱力学データ取得の設定手法の整理【放射性元素の熱力学データベースの整備】 - 既存の熱力学データの信頼性評価についての手法の整理【放射性元素の熱力学データベースの整備】 - 信頼性の高い分配係数・拡散係数取得の手順および手法の整理【収着・拡散データベースの整備】 - 既存の分配係数・拡散係数に対する信頼性評価手法の整理【収着・拡散データベースの整備】	経験・ノウハウ、ガイダンス
実際の地質環境の情報に基づく総合的な性能評価に関わる一連の作業を品質を確保しつつ行うための技術的な手引き【総合的な性能評価技術】	統合化した知識、ガイダンス

- ・論文数は成果として妥当か、論文だけでは機能不全の組織に陥る。
- ・論文以外の地層処分基盤調整会議での活動は、処分事業にとって大きな貢献。
- ・成果の出し方、発信の仕方を工夫すること。
- ・いろいろ研究を行っているがメリハリがない、研究の方向性や全体としてどこに向かっているかが明確でない。
- ・世界で採用される技術開発をするべき。
- ・BATは単品のみでなくシステムでも考えるべき。
- ・全体としてはJJ統合でバタバタしたが、よく頑張っているという印象。

- ・オーバーパックに関する10年間の長期腐食試験データ及び人工バリア材料に関わるナチュラルアナログ・データの取りまとめを行うとともに、様々な処分場概念(設計オプション)に共通する重要課題を抽出・整理する。
- ・深地層の研究施設等における実際の地質環境条件を考慮して、重要シナリオの抽出及び不確実性を考慮した性能評価の方法論を検討し、その適用例を示す。さらに、幌延深地層研究所で得られた地質環境データを用いて、掘削による影響を考慮した水-化学連成挙動の解析結果を提示するとともに、低アルカリ性コンクリートの現場施工試験におけるセメントの配合選定例や施工管理方法を提示する。

TRU廃棄物処分研究開発 平成19年度の目標

- ・関係機関と連携して国による地層処分に関わる制度化等に向けた検討への協力を行う。
- ・TRU廃棄物については、18年度に策定された国の全体マップに基づく個別研究計画に従い、信頼性の高い安全評価のための基礎データの収集拡充*を進める。

* 人工バリア等の長期挙動、硝酸塩影響評価、核種移行データの取得

地層処分基盤研究開発成果の理解拡大への新たな取組み

従来の単なる報告会形式でなく、科学技術コミュニケーションに焦点をおいた取組み

- ・次世代を中心とした理解促進や技術的興味の裾野拡大のための活動
- ・100年事業に対する技術継承と人材発掘のための地道な活動
- ・成果を少人数に直接発信する活動……基盤研究開発の最前線の紹介など



基盤研究開発成果の発信を通じた理解拡大への草の根活動

