

## 第2期中期計画取りまとめの骨格について

# ② 地層処分研究開発の第2期中期計画の骨格

平成25年12月11日  
日本原子力研究開発機構  
地層処分研究開発部門

# 第2期中期計画(1)－全体

## 高レベル放射性廃棄物(HLW)の処分技術に関する研究開発

- 処分事業と安全規制の両面を支える技術基盤を整備:「地層処分研究開発」と「深地層の科学的研究」の二つの領域で他の研究開発機関と連携して安全確保の考え方や評価に係る論拠を支える「知識ベース」を充実
- 実施主体や安全規制機関との技術交流や人材交流を進め円滑な技術移転
- 研究施設の公開や研究開発成果の発信等を通じて、国や実施主体の行う地層処分に関する国民との相互理解促進に貢献

## 第2期中期計画(2)－研究開発

### 1) HLW地層処分研究開発

- 人工バリアや放射性核種の長期挙動に関するデータの拡充とモデルの高度化を図り、処分場の設計や安全評価に活用できる実用的なデータベース・解析ツールを整備
- 深地層の研究施設等を活用して、実際の地質環境条件を考慮した現実的な処分場概念の構築手法や総合的な安全評価手法を整備**

# 成果取りまとめに向けてのポイント 1： 研究開発の背景（1）

## ●原子力委員会「今後の原子力研究開発の在り方について（見解） （H24.12.25）（抜粋）

HLWの地層処分については高レベル廃棄物のガラス固化体の処分施設立地地域の地質条件を保守的に予想した上で、十分安全を確保していくことのできる処分技術の確立に向けて研究開発を推進していくべき。

地層処分に係る超長期安全確保の基盤となる深地層の科学的研究、**処分技術の信頼性向上や安全評価手法の高度化**、回収可能性の合理的な担保の在り方等に関する研究開発を継続的に進めること。

定期的に最新の知見を反映して取組を評価し、必要に応じて見直しを行っていくこと。

既に発生している**研究炉の使用済燃料**や東京電力(株)**福島第一原子力発電所の使用済燃料**などの対策を考えると、ガラス固化体の処分だけでなく、**使用済燃料を直接処分することを可能にしておくことの必要性**は明らか。事業者及び**研究開発機関**は、海外において間もなく安全審査が開始されようとしている直接処分の技術動向を十分に踏まえて、我が国においてこれを可能にするため、ガラス固化体の処分技術では不足する点を明らかにし、研究開発課題を定め、その解決に向けての取組を着実に進めるべき。

# 成果取りまとめに向けてのポイント 1: 研究開発の背景 (2)

## ●資源エネルギー庁・日本原子力研究開発機構「**地層処分基盤研究開発に関する全体計画**」(H25.3)(抜粋)

長期にわたる処分事業の特性も念頭においた**新技術/高度化:国民や関係者の処分事業への信頼感醸成**(技術的信頼性向上)の観点から、恒常的な取り組みも必要。

処分事業の段階的進め方との関係:サイト選定の初期段階における地域関係者との理解を得るために幅広い地質環境にも対応した技術基盤を予め整備してタイムリーに提示する必要。

## ●原子力機構改革

### 「**日本原子力研究開発機構の改革の基本的方向-安全を最優先とした組織への変革を目指して-**」(H25.8.8)(抜粋)

HLW処理処分技術の研究開発は当面原子力機構が中心として実施すべき。(機構の使命の再確認)

### 「**日本原子力研究開発機構の改革計画 自己改革-「新生」への道-**」(H25.9.26)(抜粋)

・地層処分システムで起こる現象のメカニズムについての先進的な評価手法開発と、それに必要なデータベース整備に重点化。

(上記の)「全体計画」や経済産業省総合資源エネルギー調査会放射性廃棄物ワーキンググループで進められている放射性廃棄物処分の進め方の議論を考慮。

# 成果取りまとめに向けてのポイント 2:

課題分類と深地層の科学的研究(地下研の活用)との関係

## 【構造化】

- 研究開発成果の反映先を地層処分の段階(時間軸)に沿って整理  
(深地層の科学的研究の構造との整合)
- 処分システムに関する工学技術の課題を
  - 1)人工バリア等の基本特性データベースの拡充及びデータベース開発
  - 2)人工バリア等の長期複合挙動に関する研究
  - 3)工学技術の信頼性向上に分類。同様に、
- 安全評価手法の高度化の課題を
  - 1)評価手法の開発
  - 2)モデル化技術の開発
  - 3)データベース開発に分類。
- 地質環境の特徴やその長期的変動を考慮した諸現象の最新知見に基づく現実的設計・性能評価手法の整備
- 個別研究課題の成果からコアメッセージと今後の必須課題を提示

# 時間軸に沿った研究開発課題の分類と成果の反映先

地質環境の初期状態の理解

深地層の科学的研究の成果

地質環境の長期変動・回復挙動の理解

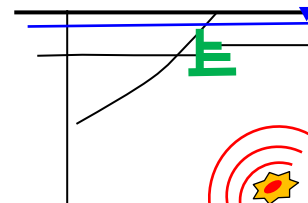
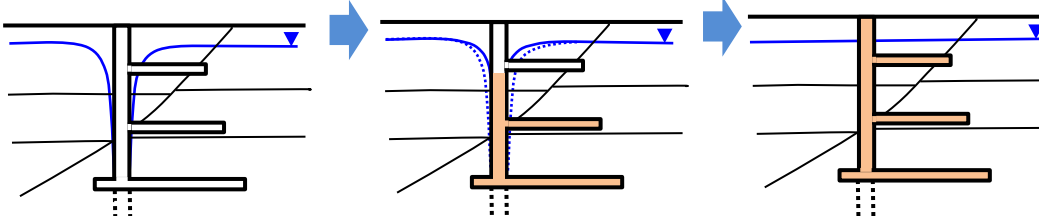
地質環境の短期変動・回復挙動の理解

坑道掘削前

坑道掘削  
廃棄体定置

坑道埋め戻し  
坑道閉鎖  
モニタリング

処分場から生物圏  
への核種移行



## 処分システムに関する工学技術

**人工バリア等の基本特性データベースの拡充及びデータベース開発**

- ・人工バリア長期挙動予測不確実低減
- ・緩衝材、オーバーパック基本特性
- ・埋め戻し材基本特性データ

## 人工バリア等の長期複合挙動に関する研究

- ・処分坑道・人工バリア過渡期(掘削～閉鎖～飽和)における熱-水-応力-化学連成挙動評価技術開発及び原位置試験による妥当性評価

## 工学技術の信頼性向上

- ・岩盤長期挙動予測評価技術の信頼性向上。原位置試験によるモデル検証等
- ・新材料開発。低アルカリ性コンクリート材料の施工性実証、化学モデルの原位置適用性評価

## 安全評価手法の高度化

### 評価手法の開発

- ・天然事象影響評価技術
- ・物質移動特性の評価手法の構築

### モデル化技術の開発

- ・表層環境を考慮した生物圏モデル構築等
- ・岩盤中水理・物質移行評価手法整備

- ・コロイド、有機物、微生物の影響評価モデル開発

### データベース開発

- ・収着・拡散データベースの開発

(成果の反映)

処分開始に関する意思決定ポイントに資する技術基盤

(成果の反映)

埋戻し、廃棄体定置完了に関する意思決定ポイントに資する技術基盤

(成果の反映)

最終閉鎖、追加対策に関する意思決定ポイントに資する技術基盤

(成果の反映)

処分開始～追加対策に関する意思決定ポイントに資する技術基盤

# 個別研究成果1 処分システムに関する工学技術(案)

## 処分システムに関する工学技術

### 1)人工バリア等の基本特性データベースの拡充及びデータベース開発

- 人工バリア等の変質等の長期挙動(鉄・ベントナイト反応)の現象理解に基づくモデルを開発
- オーバーパック腐食挙動及び緩衝材基本特性のデータを拡充。**幌延**地下水を利用
- 埋め戻し材の基本特性データ整備と閉鎖に係る工学技術を整備。**幌延**での人工バリア性能**確認**試験と連携

### 2)人工バリア等の長期複合挙動に関する研究

- 熱-水-応力-化学連成挙動の解析評価により核種移行解析初期条件の提示。**幌延**での人工バリア性能試験と連携
- 4連成挙動把握のための計測(pH)計測技術の開発。**幌延**での試験と連携、適用性確認

### 3)工学技術の信頼性向上

- 岩盤長期挙動予測評価技術の精緻化。**幌延**での試験によるモデル確認
- 新材料(低アルカリ性コンクリート材料)の実証・開発。**幌延**の岩盤を利用した施工技術の実証、岩盤との化学反応モデルの適用性評価



## 成果の統合および知識の伝達・伝承ツールの整備

- 知識管理システムに集約(Cool Rep様式のとまり)



# 個別研究成果2 安全評価手法の高度化（案）

## 安全評価手法の高度化

### 1) 評価手法の開発

- 天然事象影響評価(自然事象研究と連携し隆起・侵食概念モデル構築)
- 堆積岩を対象とした物質移動特性の評価手法の構築(幌延でのコロイド影響評価手法提示等)

### 2) モデル化技術の開発

- 表層環境を考慮した生物圏モデル構築とわが国の特徴を考慮した移行パラメータの整備
- 岩盤中の水理・物質移行評価手法の整備(瑞浪・幌延と連携)
- コロイド、有機物、微生物の影響評価モデルの開発(幌延を活用した原位置での評価手法開発・高度化)

### 3) データベース開発

- 収着・拡散データベースの開発(幌延等を活用した原位置でのパラメータ評価手法の提示、トレーサー試験による確証等)



## 成果の統合および知識の伝達・伝承ツールの整備

- 知識管理システムに集約(Cool Rep様式のとまり)

# 第2期中期計画成果のコアメッセージ(案)

## 処分システムに関する工学技術

### 1)人工バリア等の基本特性データベースの拡充及びデータベース開発

- 人工バリア構成材料であるオーバーパック、緩衝材、両者の複合作用(鉄-ベントナイト相互作用)、埋め戻し材(幌延URLの掘削ずりを主材としたベントナイト混合土)の基本特性データに関して、試験条件を一部幅広(高温環境、高塩水環境に拡張)に設定して取得し、データベースとして整備した。
- 炭素鋼の腐食に対する $\gamma$ 線の影響が緩衝材共存下では著しく緩和され、オーバーパックの遮蔽厚さを合理化できる可能性を示した。
- 緩衝材の機能の一つである膨潤性の指標となる膨潤圧の試験方法の標準化に向けて、供試体の寸法効果や試験セルとの摩擦が影響することを明らかにした。
- 鉄-ベントナイト相互作用による緩衝材中の二次鉱物の生成が緩衝材の変質の主要因であるものの、その影響範囲が限定的であることを示唆した。

### 2)人工バリア等の長期複合挙動に関する研究

- 処分後初期の環境条件が過渡的な状況や影響因子が複雑に作用する状態下を評価する熱-水-応力-化学連成現象解析コードの高度化として、地球化学反応に関してベントナイト中の鉱物反応(pHの定量化)、間隙水中の塩濃縮を考慮できるように解析コードの改良を行った。
- 幌延URLにおいて実施する原位置・実規模の人工バリア性能確認試験において、従来は連続モニタリングが困難であった化学特性のpH及びオーバーパックの腐食挙動を評価する腐食電位及び交流インピーダンスを連続モニタリングする技術として、発色材と光ファイバーを組み合わせたpHセンサー、電気化学計測用センサーをそれぞれ開発し、室内試験での確認により原位置試験に対する適用性を見通しを得た。

# 第2期中期計画成果のコアメッセージ(案)

## 処分システムに関する工学技術

### 3)工学技術の信頼性向上

- 幌延URLの母岩の特徴を評価するための基礎データを取得するとともに、施工した地下坑道の力学的安定性評価のための検証データを蓄積した。
- 幌延URLにおいて地質環境に対する化学的影響を低減するために開発された低アルカリ性セメントの、支保工(吹付け, 場所打ち)としての原位置での深度350mまでの施工性を確認した。
- 地上施設において、開発した定置機構を具備した装置により実規模の人工バリアを所定の精度で施工できることを確認した。

# 第2期中期計画成果のコアメッセージ(案)

## 安全評価手法の高度化

### 1) 評価手法の開発

- 地質の長期的変動として隆起・侵食に着目し、隆起・侵食による地形変化の概念モデルを開発するとともに、概念モデルに基づく安全評価を試行し、隆起・侵食に関するプロセスと安全機能の関係を把握した。
- 幌延URLにおける堆積岩を対象とした原位置トレーサー試験方法の最適化に向けて情報整備と検討を進め、原位置試験レイアウトを提示した。

### 2) モデル化技術の開発

- 実際の地表環境を考慮した生物圏評価の試行を通じてアプローチの適用性の確認を行った。また、長期的変遷を考慮した場合の地表環境の状態設定に関する考え方を整理した。
- 岩石亀裂内の地下水流動や物質移行に影響を与える特性に着目した室内試験手法の高度化とデータの蓄積を進め、性能評価モデルの信頼性向上に資する知見の整備を進めた。
- 既存の分析手法やモデルを応用したコロイド・有機物・微生物の特性評価、影響評価手法の開発を行い、幌延URLでの原位置試験等を通じて、地下水化学に対する微生物影響評価モデルの適用性を確認した。

### 3) データベース開発

- グリムゼルや幌延を事例とした原位置を対象とした核種移行パラメータ評価手法の開発、緩衝材の収着・拡散モデルの高度化を進めた。なお、最新知見を反映した使用済燃料の直接処分のための収着・拡散パラメータ設定手法を提示した。
- 熱力学データベース、収着・拡散データベース、ガラスの溶解に関するデータベースについて、信頼性の高いデータへの更新や調査にもとづくデータの拡充を進めた。

# 抽出された課題

## 処分システムに関する工学技術

### 1)人工バリア等の基本特性データベースの拡充及びデータベース開発

- 評価モデルの信頼性向上のために、必要となる現象理解・パラメータ取得のための長期の試験の実施
- 処分後初期の環境条件が過渡的な状況や影響因子が複雑に作用する状態下における試験におけるデータの蓄積
- 原位置・実規模の人工バリア性能確認試験を通じて、設計・施工した人工バリアが所期の機能を発揮することを検証

### 2)人工バリア等の長期複合挙動に関する研究

- 幌延URLにおいて実施する実規模の人工バリア性能確認試験で検証データを取得し、解析結果との比較による評価手法(解析コード)の妥当性評価
- 原位置試験に向けて開発した計測センサーを使用し、その適用性(耐久性, 応答性)の確認

### 3)工学技術の信頼性向上

- 幌延URLの地下環境条件下において実規模の人工バリアを所定の精度で構築できることの確認
- 幌延URLにおいて坑道の力学的長期挙動, 低アルカリ性セメントの地質環境への影響に関する検証データの拡充

# 抽出された課題

## 安全評価手法の高度化

### 1) 評価手法の開発

- 隆起・侵食以外の天然現象を対象とした地質環境の長期的変動に関する研究成果の安全評価への反映と多様な条件に対する適用性確認
- 350m調査坑道で実施する幌延の堆積岩を対象とした本格的な原位置トレーサー試験に向けたサンプル処理方法・試験条件の最適化の例示

### 2) モデル化技術の開発

- 具体的な表層環境条件を参考とした生物圏評価モデルの構築試行と構築手順の適用性確認、長期変遷を考慮した生物圏評価における様式化の考え方の具体化
- 開発した亀裂データ計測技術を活用した、我が国の地下環境の亀裂データの取得と蓄積
- コロイド三元系収着の評価のためのモデル開発、情報の少ない天然無機コロイドの特性調査手法の開発、溶解度評価に資する地下水有機物の錯形成データの拡充、核種移行に対する微生物影響評価手法の高度化・核種収着評価に資するバイオフィルム収着・拡散係数データの拡充

### 3) データベース開発

- 深地層研究施設での割れ目系の原位置トレーサー試験との連携、先端的な分析・計算技術の適用等を通じた核種移行モデル／パラメータ設定手法の確証・高度化

# 使用済燃料の直接処分技術の研究開発に関する取り組み

これまでの地層処分研究成果等を活用しつつ、

- 直接処分のための設計技術の開発
- 人工バリア概念研究
- 安全評価研究及び総合性能評価研究の実施
- 事故廃棄物や研究炉の使用済燃料も視野

H25:第1次取りまとめ(直接処分の実現可否に関する見通しと課題)

H26:第2期中期計画取りまとめ(第1次取りまとめの要約が主)

H27:第2次取りまとめレビュー版(直接処分の技術的信頼性)

H29:同完成版