



地層処分技術に関する研究開発報告会 -第2次取りまとめ以降の研究開発の進展と今後の展開-

概 況

平成27年7月14日

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

バックエンド研究開発部門 地層処分研究開発推進部 部長

宮本 陽一

地層処分システムの構成要素と安全機能

天然バリア

地質環境

長期的な安定性

- 火山活動がない
- 活断層が存在しない
- 著しい隆起・侵食が生じない
- 気候変動によって著しい影響を受けない
- 資源が存在しない

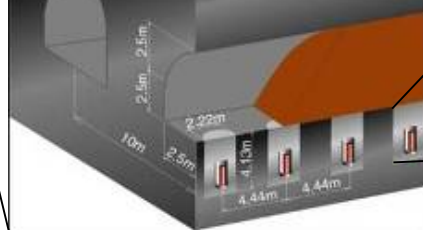
人工バリアの設置環境

- 好ましい地下水化学(還元性等)
- 小さな地下水流束
- 力学的安定性
- 人間環境からの物理的障壁

天然バリアとしての機能

- 放射性核種の移行抑制と希釈・分散

処分坑道の例(縦置き方式)



人工バリア

ガラス固化体

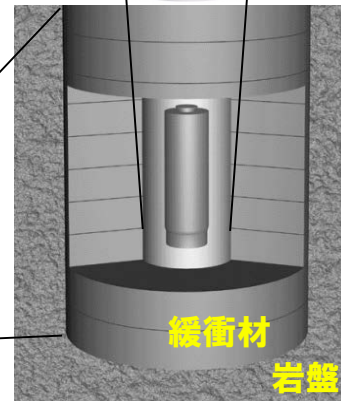
- 放射性核種を均一かつ安定に固定
- 高い化学的耐久性により地下水への放射性核種の溶出を抑制
- 熱や放射線に対する安定性

オーバーパック

- ガラス固化体の発熱や放射能が高い期間、地下水とガラス固化体の接触を阻止
- 地下水との反応によりガラス固化体近傍の還元性を維持
- 放射性核種の腐食生成物への収着

緩衝材

- 低透水性(オーバーパックと地下水の接触抑制)
- 小さな物質移動速度
- 放射性核種の移行遅延(収着)
- 膨潤性と可塑性
- 化学的緩衝性
- 空隙水中での低い溶解度
- コロイド、微生物、有機物の移動に対するフィルター効果

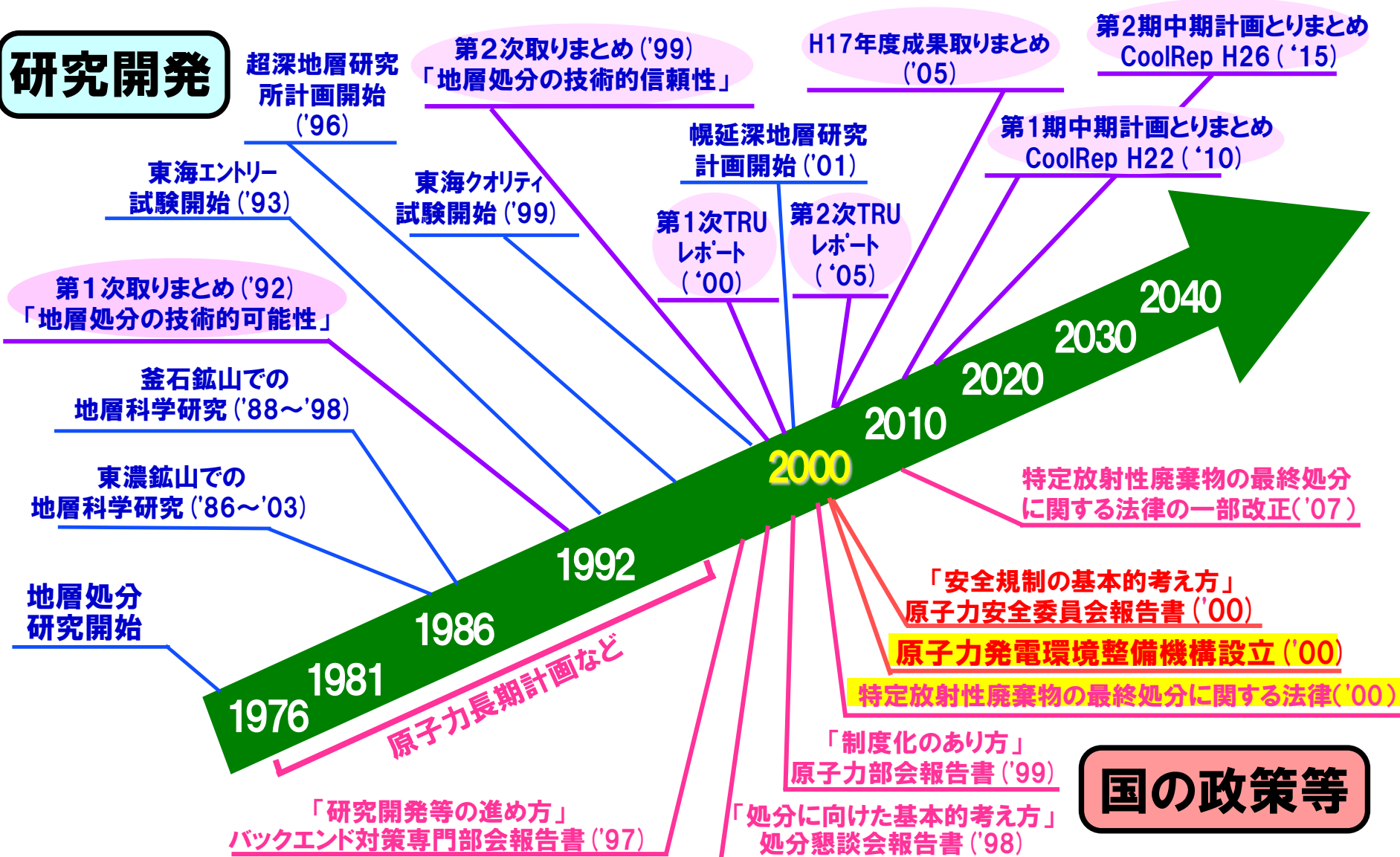


深約10トメートル

長期的に安定で好ましい条件を有する地質環境に構築される**多重バリアシステム**

わが国の地層処分計画の流れ

研究開発



国の政策等

原子力機構における研究開発目標と課題

目標

実際の地質環境への地層
処分技術の適用性確認

地層処分システムの
長期挙動の理解

研究課題

深地層の
科学的研究

地質環境特性の調査・
評価技術の開発
深地層における工学技術
の基礎の開発

地質環境の長期安定性
に関する研究
(隆起・侵食、地震・断層活動、
火山活動、ナチュラルアナログ等)

地層処分研究開発

工学技術の
信頼性向上

処分場閉鎖等の工学
技術の信頼性向上

人工バリア等の基本特性
データベースの開発

人工バリア等の長期複合
挙動に関する研究

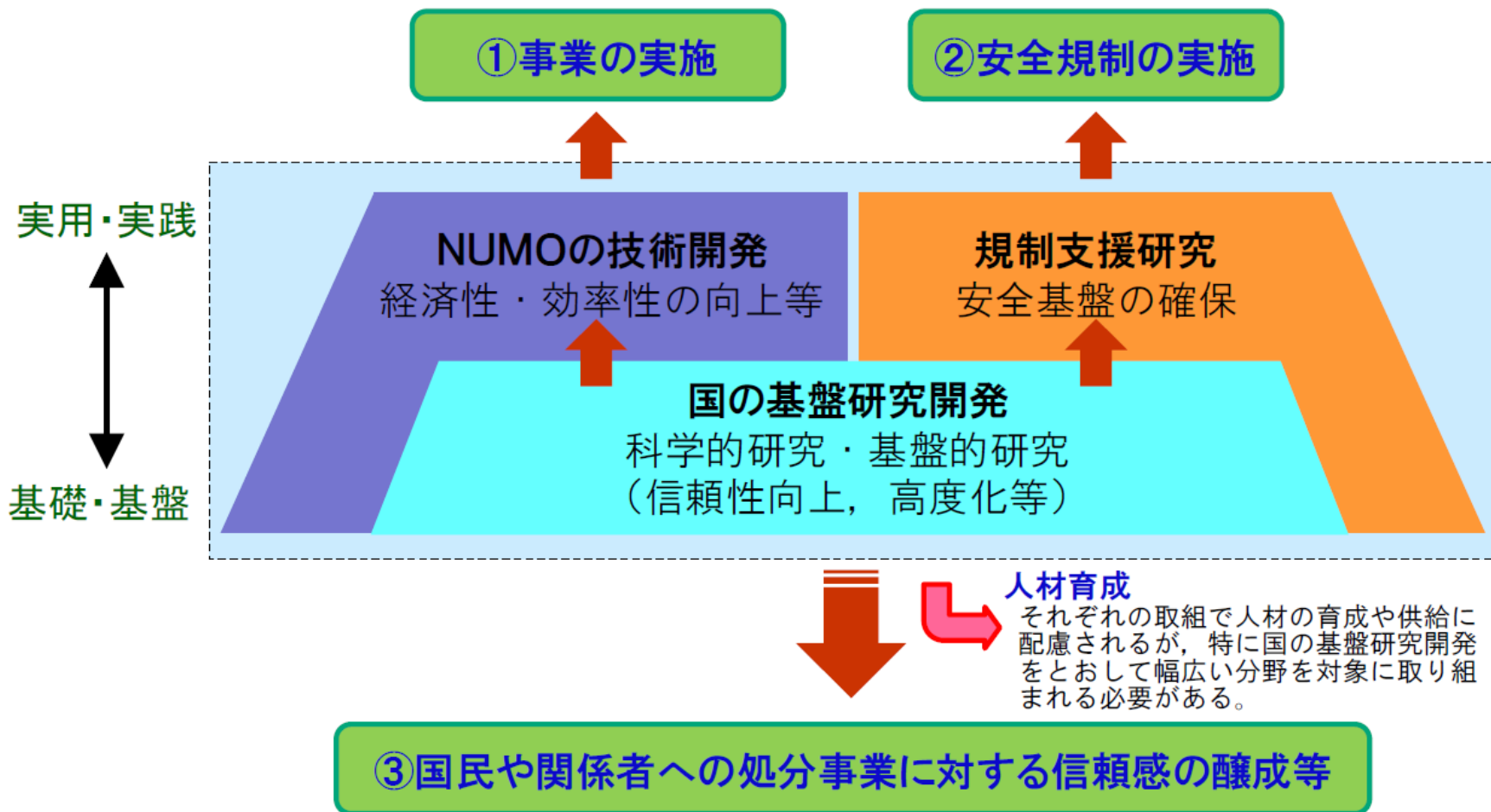
安全評価手
法の高度化

処分技術および安全評価
手法の実際の地質環境へ
の適用性の確認

安全評価シナリオの充実
安全評価モデルの高度化
核種移行データベースの
整備

知識ベースの開発、
知識管理システムの構築

地層処分計画における連携・役割分担



地層処分基盤研究開発調整会議(2013)
地層処分基盤研究開発に関する全体計画(平成25年度～平成29年度)

研究開発施設と各研究分野

(イメージ図)



瑞浪超深地層研究所

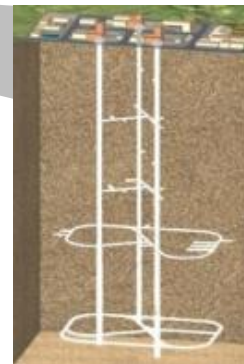


土岐地球年代学研究所

(イメージ図)



幌延深地層研究所



東濃地科学センター

- 超深地層研究所計画 (結晶質岩)

深地層の
科学的研究

幌延深地層研究センター

- 幌延深地層研究計画 (堆積岩)

深地層の科学的研究

工学技術の信頼性向上

安全評価手法の高度化

核燃料サイクル工学研究所(東海)



地層処分基盤研究施設 (エントリー)



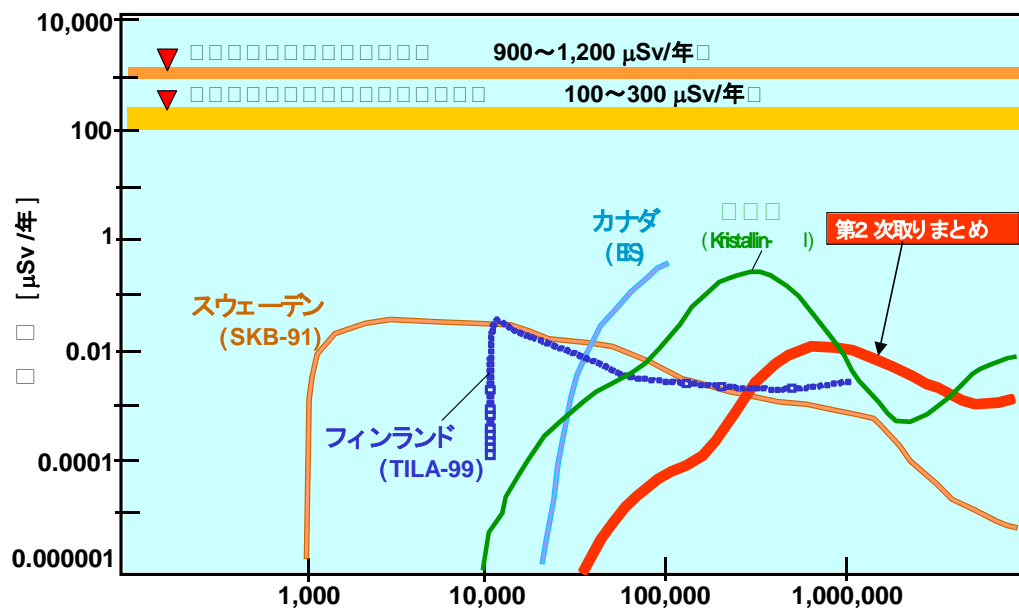
地層処分放射化学研究施設 (クオリティ)



工学技術の信頼性向上

安全評価手法の高度化

第2次取りまとめの主な結論



地層処分システムの安全評価 — 各国の安全評価結果との比較

- 変動帯に位置するわが国にも地層処分に適した地質環境が広く存在する見通しが得られた
→**サイト選定の可能性の提示**
- 現状およびその延長上にある工学技術によって、人工バリアや処分施設を地質環境条件に応じて適切に設計・施工できる見通しが得られた
→**処分場の設計の工学技術的可能性の提示**
- 地層処分の長期的な安全性を予測的に評価・確認できる見通しが得られた
→**地層処分概念の長期安全性の提示**



第2次とりまとめ



第2次とりまとめ (英語版)

➡ 処分予定地の選定や安全基準の策定に資する技術的拠り所

研究開発成果の取りまとめと反映

処分事業

公募
開始

概要調査
地区の選定

精密調査
地区の選定

処分施設
建設地の選定

規制基準
適合性審査

文献調査

概要調査

精密調査

処分施設の
建設・操業

基盤 研究開発

地層処分
研究開発

深地層の科学的
研究（深地層の
研究施設計画）

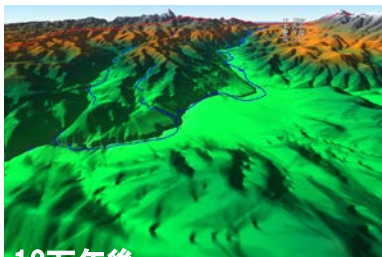
地層処分の技術基盤の継続的な強化＝技術的信頼性の向上

処分システムに関する工学技術，安全評価手法の高度化

地上からの調査研究
（第1段階）

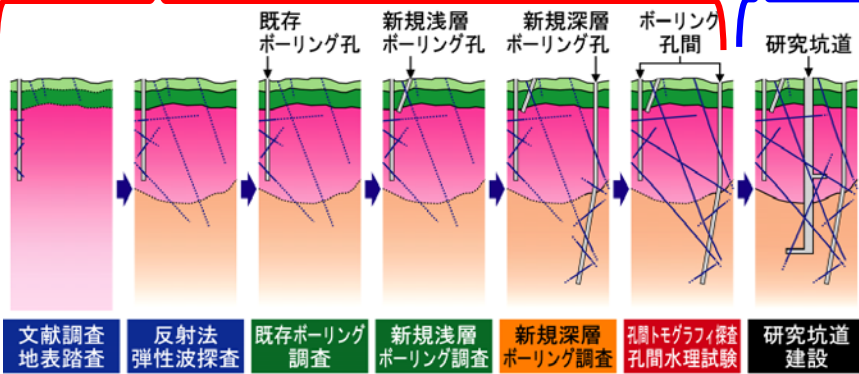
坑道掘削時の調査研究
（第2段階）

坑道での調査研究
（第3段階）



12万年後

地形変化シミュレーションによる東濃
地域を対象とした地形解析の一例



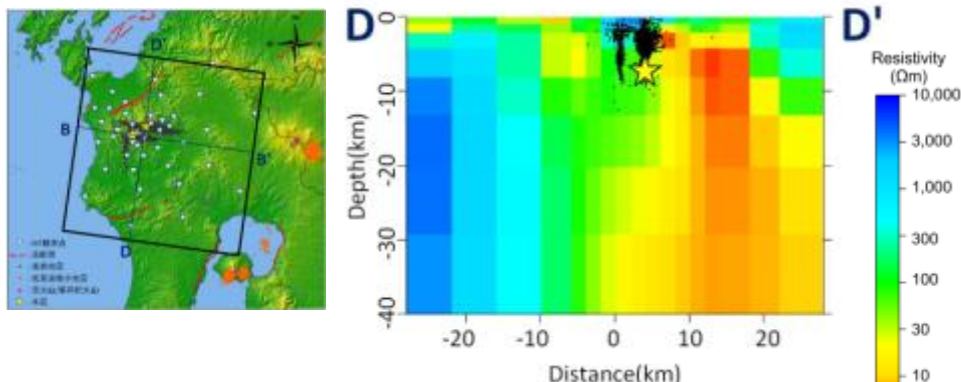
超深地層研究所計画における調査研究の進め方（第1段階～第2段階）



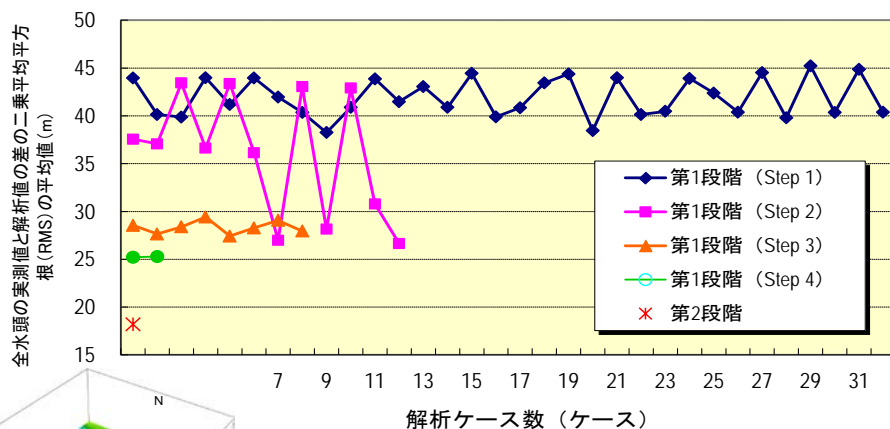
第3段階における調査研究の例
（幌延：人工バリア性能確認試験の様子）

第2次取りまとめ以降の研究成果の概要

— 深地層の科学的研究 —



1997年鹿児島県北西部地震の震源域周辺における比抵抗構造解析の結果（震源断層は低比抵抗体と高比抵抗体の境界付近に存在）



瑞浪における調査の進展に伴う不確実性の低減事例（地下水流動解析による水頭の三次元分布）

地質環境の初期状態の理解

1. 安定な母岩領域をより確実に評価するための技術体系を構築
2. 坑道掘削前の母岩の地質環境状態のサイト記述モデルを構築するための方法論を調査量と不確実性との関連性に着目して体系化
3. 異なる調査分野との連携、データの相互活用により地質環境モデルの信頼性が向上



概要調査、精密調査前半のための調査手法や技術的ノウハウを提示

第2次取りまとめ以降の研究成果の概要

—地層処分研究開発 (TRU廃棄物処分研究を含む)—

1. 工学技術関連

- 人工バリア等の基本特性データの拡充及びデータベースの開発・拡充
- 人工バリア等の長期挙動及び複合挙動評価モデル構築
- 工学技術の信頼性向上・新材料 (セメント系材料)の開発

2. 安全評価技術関連

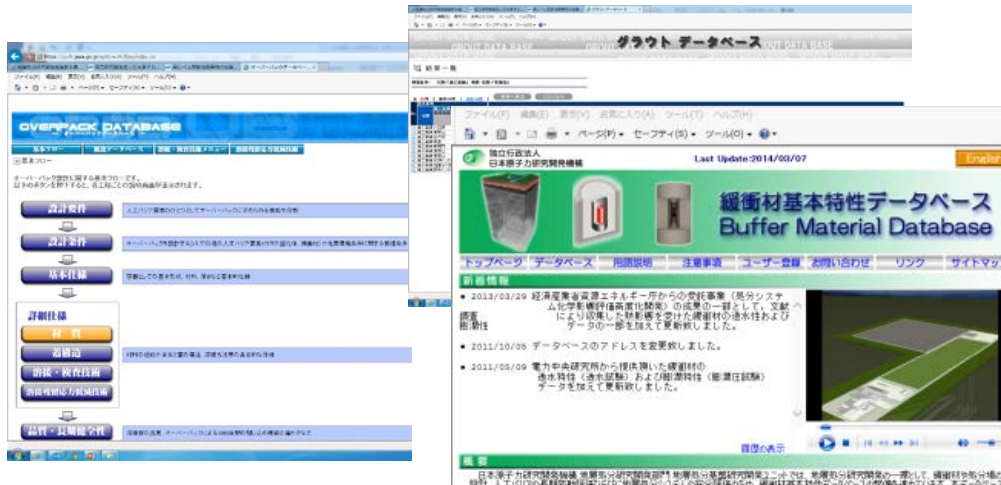
- 核種移行データの拡充, 現象論に基づくメカニスティックモデルの開発・改良及びデータベースの開発・拡充
- 処分システム性能評価モデルの開発・改良

3. TRU廃棄物処分に固有の課題

- セメント系材料の影響評価技術構築
- 硝酸塩影響評価技術構築



処分場の設計・施工, 安全評価に利用可能な基盤情報, 基盤技術を提示



人工バリア等の基本特性データの拡充とデータベースの開発・拡充



核種移行データの拡充及びデータベースの開発・拡充

地層処分における知識マネジメントの必要性

- ✓ 地層処分の長期的な「安全性の立証（セーフティケース）」に必要なのは客観性のある適切な科学技術的知識
- ✓ 大量かつ多様な知識が関係、さらに長い事業期間にわたって知識は増大・進化(立地点の地層の段階的な調査による情報の蓄積、科学技術の進歩)→「情報爆発」と「知識統合」への対応
- ✓ セーフティケースの妥当性を知識の変化に応じて継続的に検証(過去と現在を比較)するため、知識を管理(品質に留意した、生産・加工・更新・保存・伝承の繰り返し)することが必要



米国ユッカマウンテン処分場許可申請資料
(関連資料を含めると、三千万ページ)

候補地点において地層処分を実施できる

候補地点で地層処分を環境に考慮しつつ安全に実施できる

地層処分は安全である。

候補地点の地質環境は適切なものである。

- 物理的隔離が損なわれる可能性が十分小さい
- 天然バリア性能の観点から好ましい地質環境条件を備えている

....

事業として成立する

└ ...

セーフティケースの論証構造(例)※

次世代型知識マネジメントシステムの開発

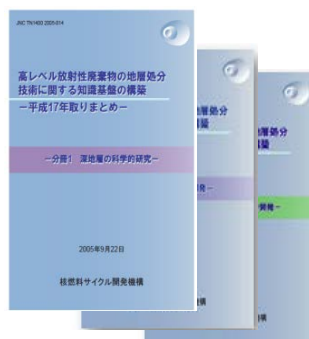
- 多様かつ増大・進化する知識の統合への対応
- 上記の知識の継承への対応



次世代型知識マネジメントシステムを開発: CoolRep+JAEA KMS

CoolRep: ウェブサイト上に展開し、読者とのコミュニケーションを可能とする次世代レポートシステム
(<http://kms1.jaea.go.jp/CoolRep/index.html>) ⇒平成26年度末までに、約27,000件のアクセス

JAEA KMS: 原子力機構が地層処分研究開発の一環として開発を進めている知識マネジメントシステム
(http://kms1.jaea.go.jp/kmsif/kms_login.html)



研究開発成果のとりまとめの経緯

第1次取りまとめ
(1992)

第2次取りまとめ
(1999)

H17年度成果取り
まとめ
(2005)

H22年度成果取りまとめ
CoolRepH22 (2010)

H26年度成果取りまとめ
CoolRepH26 (2015)

事業の見直しの一環として、瑞浪と幌延の2つの深地層の研究施設については、平成27年3月までに予定していた研究開発成果の取りまとめを前倒して平成26年9月末までに行うとともに、併せて深地層の研究施設で行うべき残された必須の課題を明確にする



- 地層処分技術に関する研究開発全体について、第2期中期計画期間の研究成果を前倒して「CoolRepH26」として取りまとめ
⇒ <http://kms1.jaea.go.jp/CoolRep/index.html>
- わが国の地質環境等の特徴などを考慮に入れ、最終的に残された「必須の課題」を明確にした今後の研究開発の方向性を提示…日本原子力研究開発機構の改革計画に基づく「地層処分技術に関する研究開発」報告書—今後の研究課題について—
⇒ http://www.jaea.go.jp/04/tisou/kongono_kenkyu_kadai/kenkyu_kadai.html

今後の研究計画における取り組み

－課題の整理と必須の課題の抽出－

● 今後の課題の網羅的抽出と必要性の確認

- 第2期中期計画までの達成度を明らかにした上で、処分事業進展段階に沿った必須の課題の抽出（「精密調査後半」以降に適用する技術・手法の研究開発に重点化）
- 諸外国の研究開発動向、国際的な課題、わが国固有の地質環境に関する課題、成果の汎用性、NUMOの基盤研究開発のニーズ等を踏まえた必要性の確認

● 国における最新の議論の考慮

- 総合資源エネルギー調査会 電力・ガス事業分科会 原子力小委員会「放射性廃棄物ワーキンググループ」及び「地層処分技術ワーキンググループ」の議論等を考慮

● 国内外専門家によるレビュー

- 地層処分研究開発・評価委員会、深地層の研究施設計画検討委員会、国際レビューワークショップ等により必須の課題の技術的詳細を議論・評価

- **地質環境の長期安定性に関する研究および深地層の研究施設計画を通じて、概要調査～精密調査前半における地質環境調査技術の基盤を整備**
- **処分場の設計・安全評価に活用できる実用的なデータベース・解析ツールを整備するとともに、深地層の研究施設等を活用し、実際の地質環境条件を考慮した現実的な処分概念の構築手法および総合的な安全評価手法を整備**
- **処分事業や安全規制への円滑な技術移転が図れるように、知識ベースを充実させるため、知識マネジメントシステム(Knowledge Management System, KMS)を構築**
- **機構改革ならびに第3期中長期計画で示した“必須の課題”に重点を置いた研究開発を展開。関係機関とのより一層の連携・研究協力等を図り、地層処分技術の信頼性を確保・向上**

科学技術への理解増進活動・理数科教育支援

- 大学、スーパーサイエンスハイスクール等校外教育受入れ
 - ✓ 平成26年度:東濃17校、幌延15校
- サイエンスキャンプの開催
 - ✓ 平成26年7~8月実施(参加者数:幌延10名)
- 講師派遣
 - ✓ 大学等集中講義、スーパーサイエンスハイスクールへの講師派遣

説明会・見学会等の開催

- 事業説明会
 - ✓ 地元地域、自治体、関係機関等を対象に実施 (H26年度:東濃29回、幌延13回)
- 市民セミナー・施設見学会等
 - ✓ 地層科学研究 情報・意見交換会、東濃地科学センターセミナーの開催(年1回開催)
 - ✓ 定期施設見学会開催(平成26年度:東濃11回、幌延7回)
- 各研究施設のべ見学者数(平成27年3月まで)
 - ✓ **東濃:約3万人、幌延:約8万人、東海*:約0.7万人**

※東海の見学者は、ENTRY/QUALITYへの訪問者で平成19年度からの集計

見学者アンケートの結果

- H26前半の幌延見学者(2,457人)を対象としたアンケートで寄せられた地層処分に関する主な関心
 - ✓ 地層処分に対する不安として、「想定外のことが起こる可能性」、「長期間(数万年)の管理」
 - ✓ 技術的な課題として、「地震、火山等の地殻変動」、「数万年先の予測」
- ⇒ 今後の研究開発の進め方や成果の発信等に反映



スーパーサイエンスハイスクール(瑞浪)



サイエンスキャンプ(幌延)