



高レベル放射性廃棄物の地層処分に関する研究(2)

一 開発研究の成果の活用

平成22年1月27日

第7回安全研究審議会

日本原子力研究開発機構

地層処分研究開発部門

(説明者: 清水 和彦)

地層処分研究開発部門の役割

【原子力政策大綱】(原子力委員会, 平成17年10月11日)

- ・研究開発の中核的機関として, 処分事業や安全規制へ研究開発の成果を反映するよう, 地層処分技術の知識基盤を整備・維持
- ・国及び研究開発機関等は, 全体を俯瞰して総合的, 計画的かつ効率的に進められるよう連携・協力

【原子力機構の中期目標(H17.10-H22.3)】(文部科学省, 経済産業省)
高レベル放射性廃棄物の処理・処分技術に関する研究開発(抜粋)

高レベル放射性廃棄物の地層処分の実現に向け, 基盤的な研究開発を着実に進め, 地層処分技術の信頼性の向上を図り, 原子力発電環境整備機構による処分事業と, 国による安全規制を支える知識基盤として整備する。

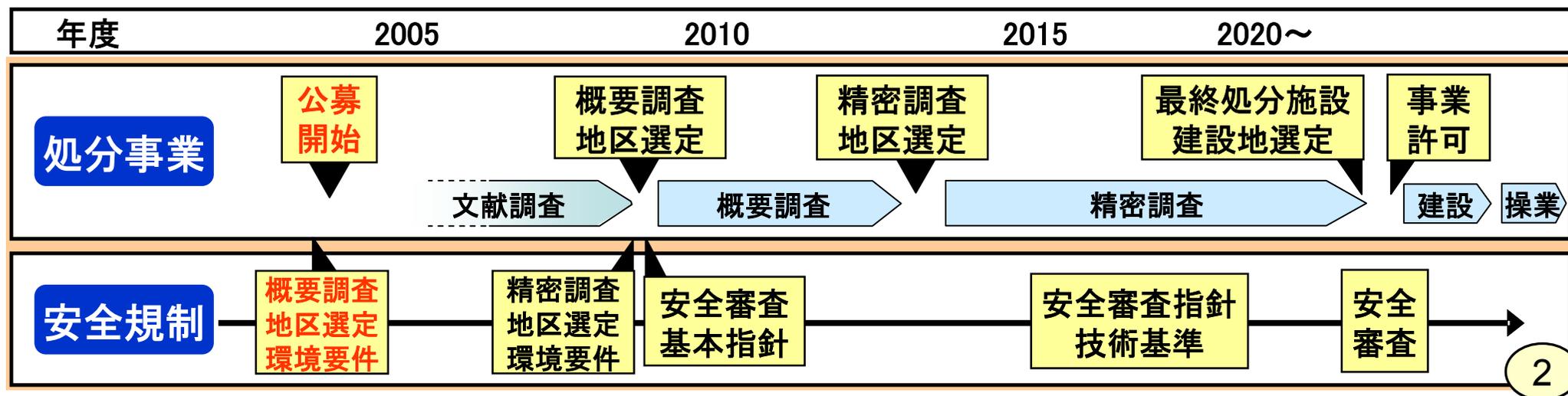
そのため, 瑞浪と幌延の深地層の研究計画について, 中間的な深度までの坑道掘削時の調査研究を進める。あわせて工学技術や安全評価に関する研究開発を他の研究開発機関と連携して実施し, これらの成果を地層処分の安全性に係る一連の論拠を支える知識ベースとして体系化する。

原子力の重点安全研究計画（H17～H21）

5. 2 IV. 放射性廃棄物・廃止措置分野 高レベル放射性廃棄物の処分

- 精密調査地区選定のための環境要件や基本指針について検討を進めていく必要がある。
- ✓ **研究内容**としては、調査の際に考慮すべき**地質環境データ等の評価**、**精密調査地区の選定条件の設定**、**安全評価の基本的考え方**（評価時間枠の取扱い、安全指標等）、**人工バリアの長期健全性評価の信頼性向上**に関する研究等が重要である。
- **得られる成果**は、原子力安全委員会が定める**環境要件、基本指針、指針の策定等に活用**できる。また、規制行政庁においては、処分場の建設から事業廃止に至るまでの安全規制の実施に当たって必要な法令や安全基準の策定等に活用できる。

処分事業と安全規制の段階的な進展



【研究目的】

我が国における地層処分の技術基盤を継続的に強化し、関連する科学的知見の拡充や地層処分の技術的信頼性・安全性の向上を図ることにより、精密調査地区選定のための環境要件や安全審査基本指針の検討に資する。

【研究内容】

イ. 人工バリア等の信頼性向上に関する研究
ロ. 安全評価手法の高度化に関する研究

地層処分研究開発

ハ. 地質環境特性調査・評価手法に関する研究
ニ. 地質環境の長期的な安定性評価に関する研究

深地層の科学的研究

【成果の活用方策】

- ・精密調査地区選定のための環境要件および安全審査基本指針の策定に対し、必要な最新の技術や成果を技術基盤として整備する。
- ・さらに、最終処分施設建設地選定の要件・基準の策定において、基準を設ける際の科学的根拠を整備する。



「高レベル放射性廃棄物の地層処分に関する研究（２） 開発研究の成果の活用」の成果

○地層処分研究開発

- ・処分場の設計や安全評価に必要な**基本的なデータベース・ツール**の整備・公開
→実施主体や安全規制機関などへ供用
- ・実際の地質環境データに基づく、現実的な設計・施工技術や安全評価手法の整備

○深地層の科学的研究

（地下研究施設）

- ・**地上からの調査**研究段階の成果取りまとめ（報告書＆報告会）
→**概要調査**に向けた技術基盤の確立
- ・**研究用水平坑道**の整備
→深地層の環境や研究開発の現場を**体験できる場の整備**
- ・坑道掘削時の調査研究：地上からの調査技術の妥当性評価，工学技術の適用性確認

（地質環境の長期安定性に関する研究）

- ・変動の著しい場所を避けて，安定な地質環境を選定するための**調査技術**の整備

重点安全研究の進捗と今後の推進方策

— 「原子力の重点安全研究計画」 中間評価 —

(平成20年3月 原子力安全委員会 原子力安全研究専門部会)

4. 重点安全研究の進捗状況と評価

4.4 放射性廃棄物・廃止措置分野 4.4.1. 高レベル放射性廃棄物の処分

- 日本原子力研究開発機構において深地層研究施設等を活用しつつ、地質環境の調査・評価技術、処分場の工学技術、性能評価技術について体系的に進められている。
- 特に、深地層研究施設における地上からの調査結果が取り纏められるなど、原子力安全委員会の精密調査地区選定段階において考慮すべき環境要件等の検討に資する成果が蓄積されており、着実に研究が進められていると評価する。

(今後の課題・期待)

<精密調査地区の選定条件の設定に関する研究>

- ✓ 今後、成果の取り纏め及び得られる情報の提供について、規制側等のニーズを十分把握した上で適切に進めていくことが重要である。

<安全評価の基本的考え方に関する研究>

- ✓ 着目する個別現象が安全評価全体へ与える影響を示すなど手法開発の妥当性を示すとともに、モデル化及びパラメータの妥当性に関する考察を十分に行った上で進めていくことが必要である。

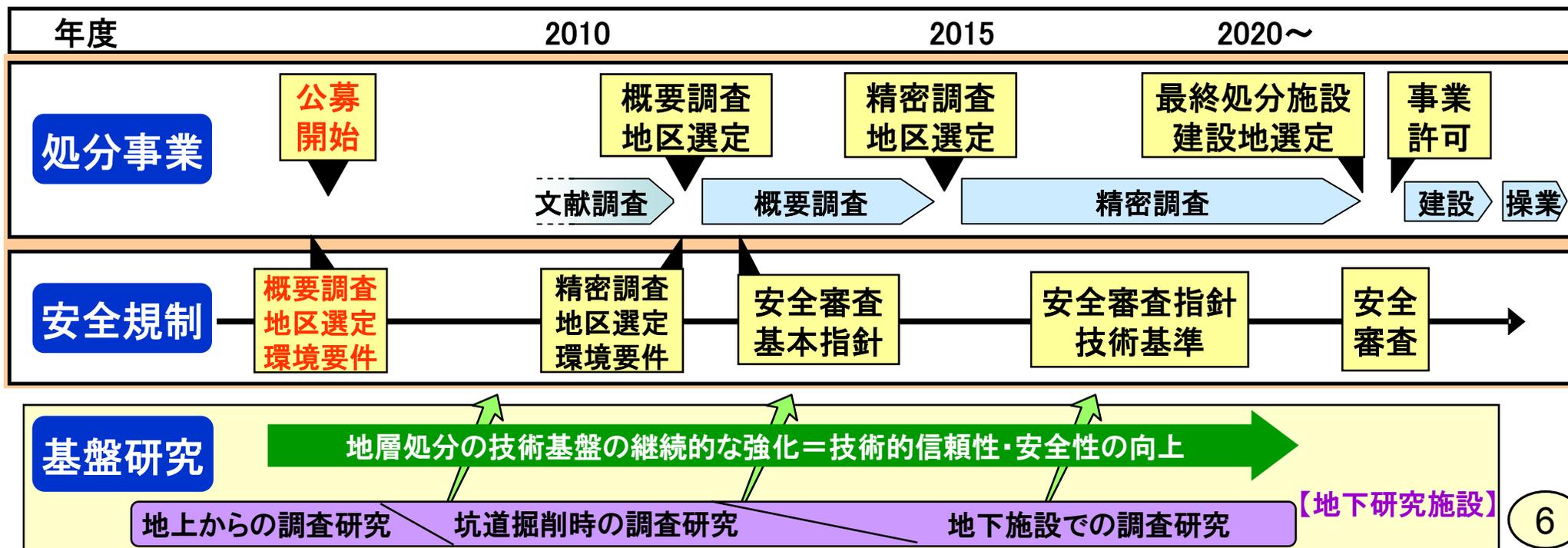
<人工バリアの長期健全性評価の信頼性向上に関する研究>

- ✓ 今後、人工バリア・天然バリアの個別現象に対して、研究成果が安全評価手法全体の高度化にどのように繋がっていくのか、といった検討を含めて研究を進めていくことを期待したい。
- ✓ 人工バリアの長期挙動に係る研究は、現在、関係機関において研究が進められているが、今後は、進め方の方向性についてより具体的に明らかにしつつ実験的研究を進めることを期待したい。

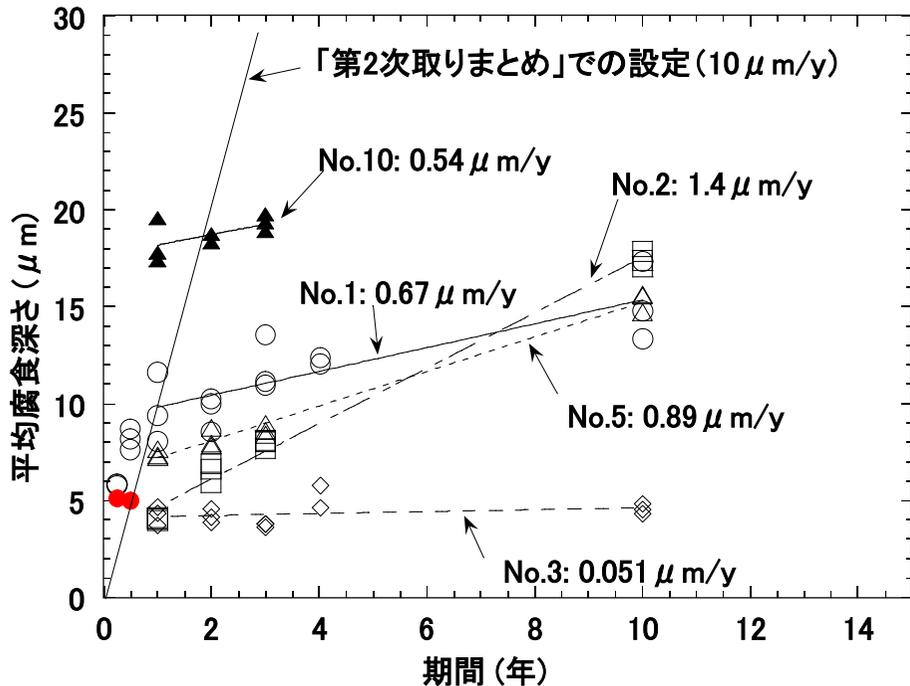
原子力の重点安全研究計画（第2期）

3. 2 Ⅲ. 放射性廃棄物・廃止措置分野 地層処分技術

- 精密調査地区選定開始時期までに**精密調査地区選定のための環境要件**を、また、精密調査地区選定までに**安全審査基本指針**について検討を進めていく必要がある。
- ✓ **研究内容**としては、**地質環境の調査・評価手法の開発**、**工学技術の開発**、**長期の安全評価**に関するもの等が重要である。特に重点化すべき研究内容として、**サイト特性を考慮した地質環境の調査・評価手法の開発**、**長半減期低発熱放射性廃棄物の特性を踏まえた人工バリア等の工学技術の開発**、**操業中及び閉鎖後の安全評価に係る研究**等が重要である。
- **得られる成果**は、原子力安全委員会が定める環境要件、安全審査基本指針等の策定に活用



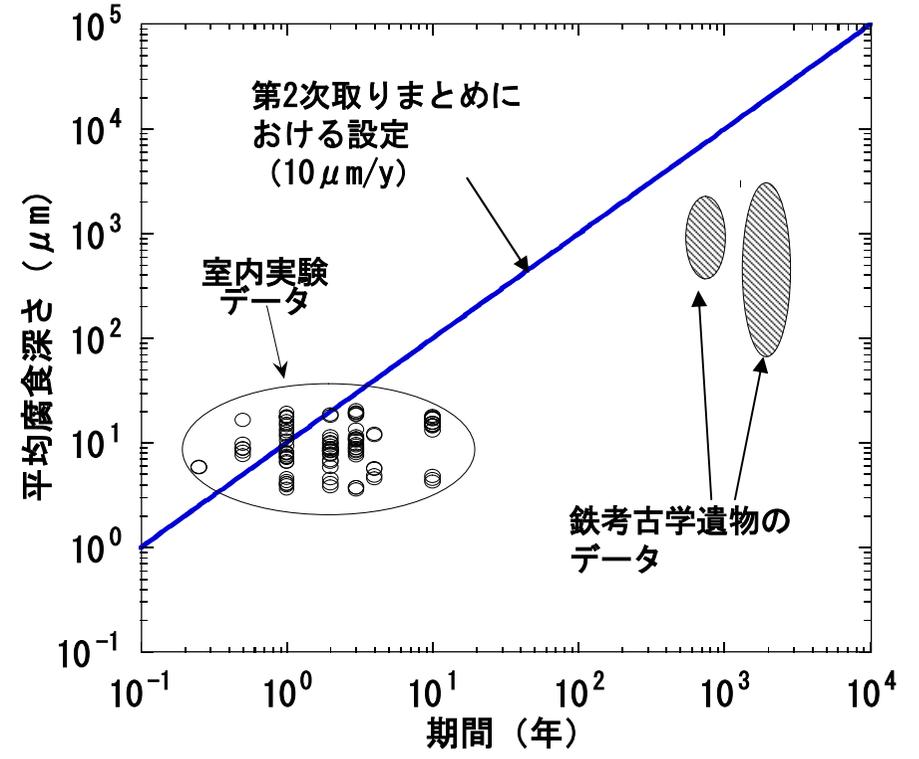
イ. 人工バリア等の信頼性向上に関する研究



●: $\rho=1.6, r=0.3$, 幌延地下水, 50°C
 ○No.1: $\rho=1.8, r=0$, 人工海水, 80°C
 □No.2: $\rho=1.8, r=0$, 人工海水, 50°C
 ◇No.3: $\rho=1.8, r=0$, 0.1M-NaHCO₃/0.5M-NaCl, 80°C
 △No.5: $\rho=1.8, r=0$, 2.5mM-NaHCO₃/2.5mM-NaCl, 80°C
 ▲No.10: $\rho=1.6, r=0.3$, 人工海水, 80°C

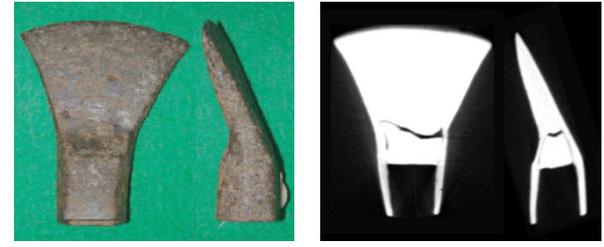
ρ : 緩衝材の密度,
 r : 緩衝材のケイ砂の混合率

オーバーパックに関する10年間の長期腐食試験と考古学遺物の腐食データ



【今後の計画】

- 人工バリアの長期挙動に関するデータの拡充, モデルの高度化
 → 処分場の設計に必要なデータベース・解析ツールの整備・拡充
- 深地層の研究施設等の活用(実際の地質環境条件)
 → 現実的な処分概念の構築手法の整備



出雲大社から出土した約750年前の鉄製斧とそのX線CT画像

ロ. 安全評価手法の高度化に関する研究

信頼度情報を付与したデータベースの整備

熱力学・収着・拡散データベース

地層処分安全評価のためのデータベースです。

緩衝材基本特性データベース

緩衝材や処分場の設計と人工バリアの長期挙動評価のためのデータベースです。

坑井温度プロファイルデータベース

日本の地質環境の理解や火山・地熱活動の影響評価のためのデータベースです。

温泉地化学データベース

日本の地質環境の理解や火山・地熱活動の影響評価のためのデータベースです。

グラウトデータベース

地下坑道掘削時における湧水抑制のためのグラウト技術のデータベースです。

独立行政法人 日本原子力研究開発機構
核種移行データベース Nuclide Migration Database

収着データベース Sorption Database

トップページ グラフ表示 ダウンロード 文献集約表 信頼性情報 ログアウト

☐データ表示

検索 検索条件

Class1 Class2 Class3 Class4 Class5 Class6 unreliable N.E. No Mark

7 50 198 24 0 0 124 5 18

設定条件
元素: Am
Solid Phase Group: Bentonite (Clay minerals)

信頼度情報によるデータ絞り込み

ページ: 1 データ数/ページ: 50
数: 279

Element	Solid Phase Group	Solid Phase	Reference	Criteria I	Criteria II
Am	Bentonite (Clay minerals)	kaolinite	Allard and Beall(1979)	yes (can be used)	class 3
Am	Bentonite (Clay minerals)	montmorillonite	Allard and Beall(1979)	yes (can be used)	class 3
Am	Bentonite (Clay minerals)	bentonite/quartz(1:0.9)	Allard et al.(1979b)	yes (can be used)	class 4
Am	Bentonite (Clay minerals)	bentonite/quartz(1:0.9)	Allard et al.(1979b)	yes (can be used)	class 3
Am	Bentonite (Clay minerals)	bentonite/quartz(1:0.9)	Allard et al.(1979b)	yes (can be used)	class 3
Am	Bentonite (Clay minerals)	bentonite/quartz(1:0.9)	Allard et al.(1979b)	yes (can be used)	class 4
Am	Bentonite (Clay minerals)	bentonite/quartz(1:0.9)	Allard et al.(1979b)	yes (can be used)	class 3
Am	Bentonite (Clay minerals)	bentonite/quartz(1:0.9)	Allard et al.(1979b)	yes (can be used)	class 4
Am	Bentonite (Clay minerals)	bentonite	Raston et al.(1999)	yes (can be used)	class 2

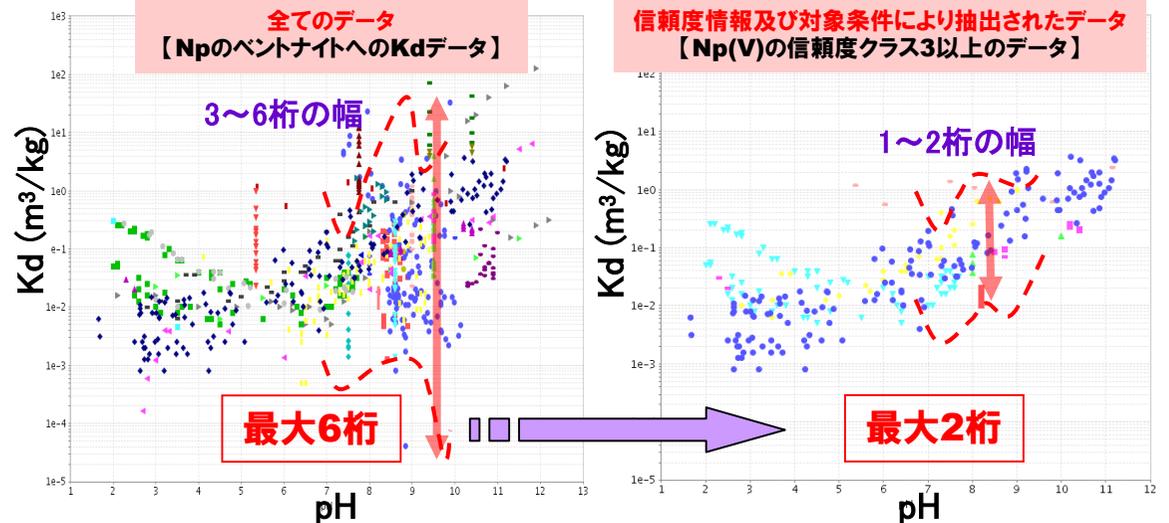
基準Ⅰ) 文献記載内容の網羅性

基準Ⅱ) 実験方法や条件等の信頼度

収着分配係数の
信頼度評価ガイドライン

チェック項目	重み
1. 固相は適切な特性評価がなされているか	x 2
2. pHは適切な測定、制御されているか	x 8
3. 酸化還元状態は、還元剤の選定を含め、適切に測定、制御なれているか	x 8
4. 最終的な分配係数評価時点での溶液組成の適切に把握されているか	x 8
5. 温度条件の制御は適切になされているか	x 1

基準Ⅲ) データ相互間の整合性

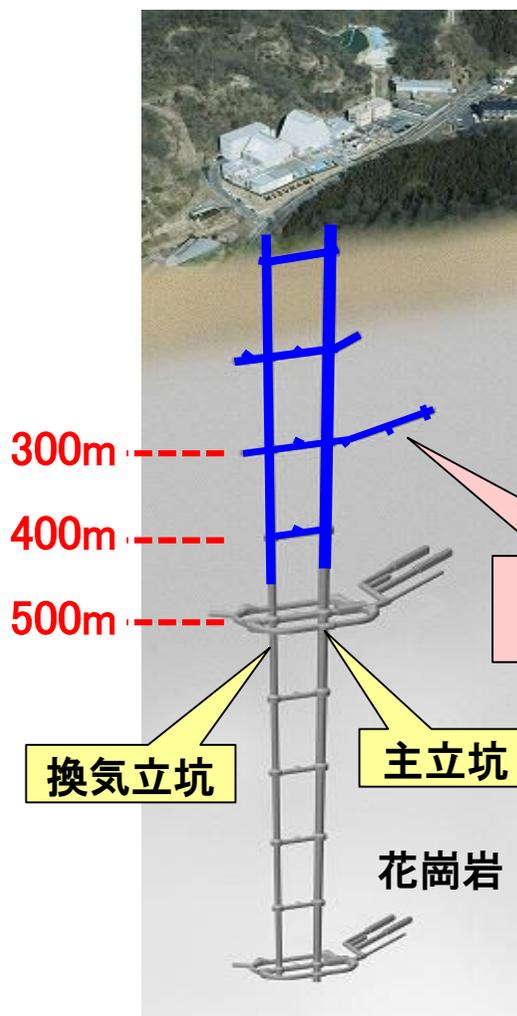


【今後の計画】

- 放射性核種の長期挙動に関するデータの拡充, モデルの高度化
→ 安全評価に必要なデータベース・解析ツールの整備・拡充
- 深地層の研究施設等の活用(実際の地質環境条件)
→ 現実的な処分概念を踏まえた総合的な安全評価手法の整備

深地層の研究施設設計画の進展

瑞浪超深地層研究所



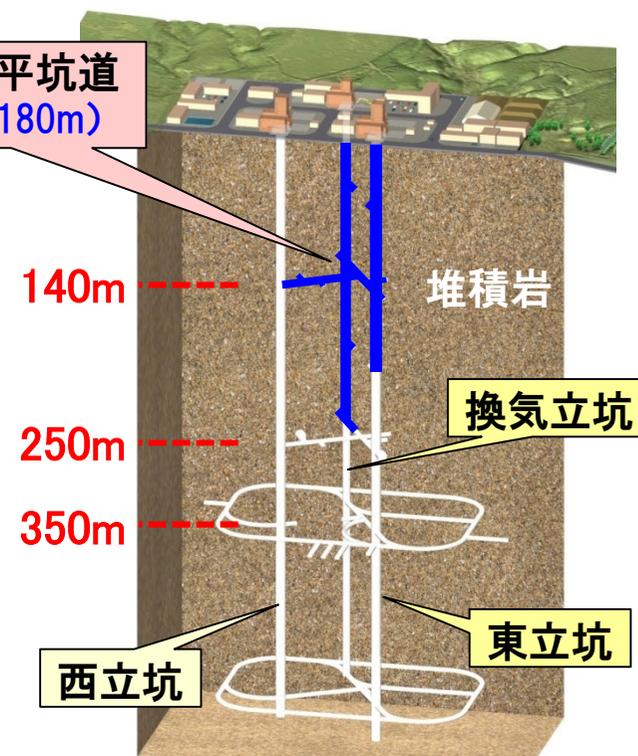
140m水平坑道
(延長約180m)

低アルカリ性セメントを用いた
コンクリートによる吹付け施工
(幌延140m水平坑道)



水質観測ボーリング孔の掘削
(瑞浪300m水平坑道)

幌延深地層研究所



* 坑道の形状等は現在のイメージであり、
今後の検討により具体化される。

ハ. 地質環境特性調査・評価手法に関する研究

地上からの調査研究段階の 成果取りまとめ



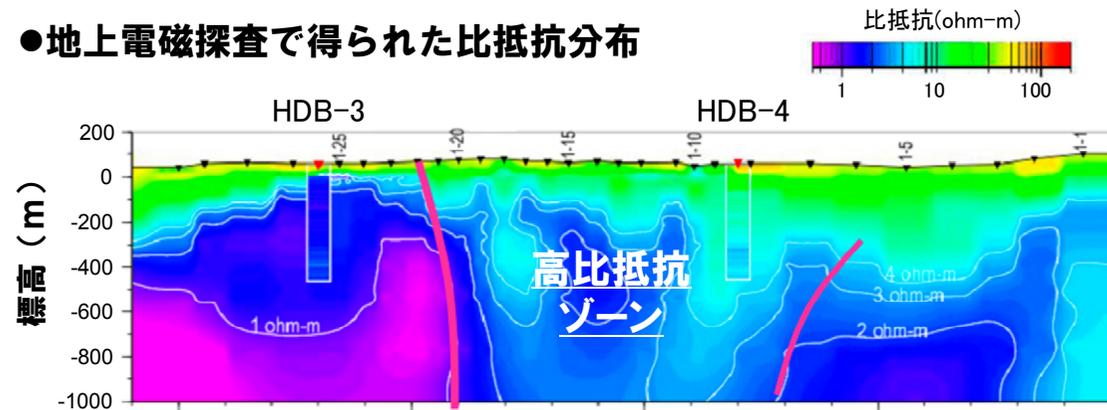
研究成果報告書の公開(2007年3月)



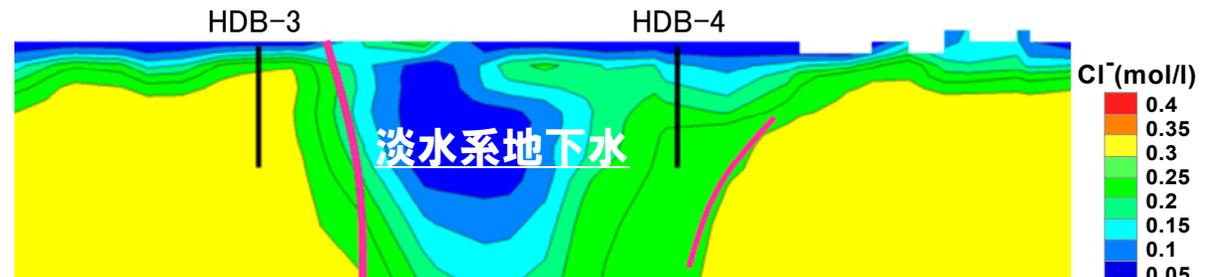
成果報告会の開催
(2007年9月)

地上からの調査によって推定した地下の状態

●地上電磁探査で得られた比抵抗分布



●地下水の地球化学モデルの例



比較・検討

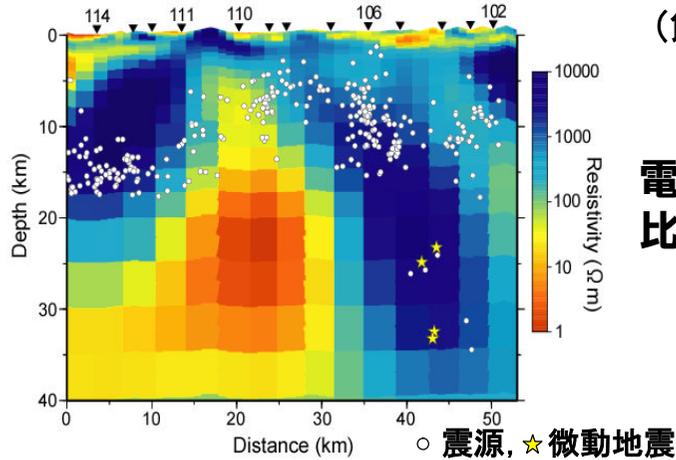
断層

【今後の計画】

- 深地層環境の深度までの坑道掘削時の調査研究, 坑道内での調査研究
 - 調査技術やモデル化手法の妥当性評価, 深地層における工学技術の適用性確認
 - 精密調査段階で必要となる技術基盤の整備
- 体験を通じた理解促進の場としての活用

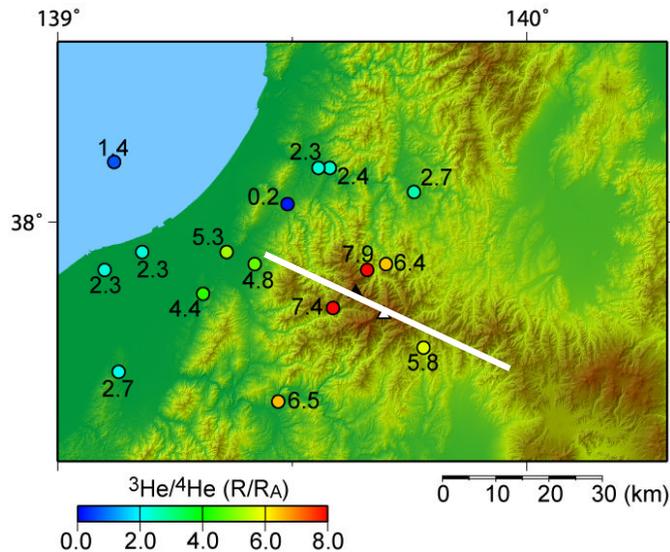
二. 地質環境の長期的な安定性評価に関する研究

マグマの探査技術



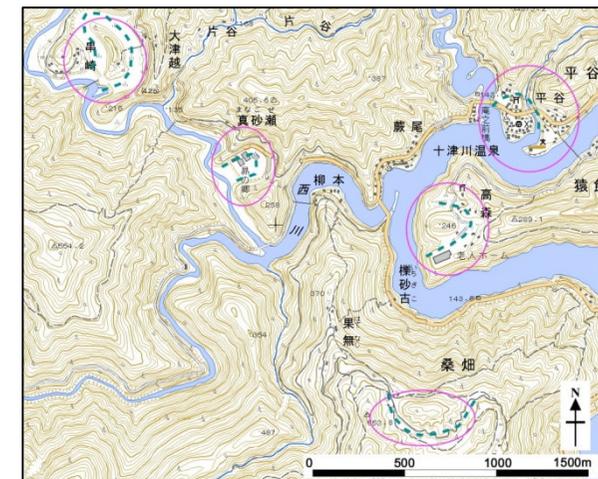
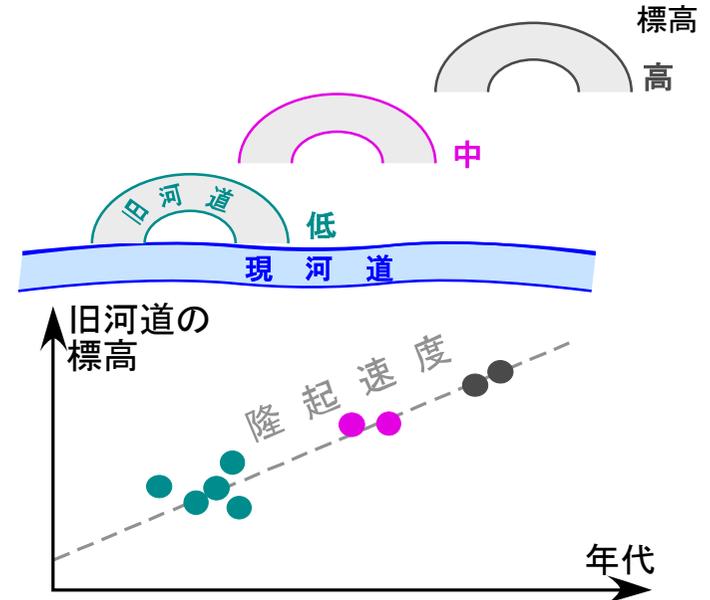
(飯豊山地の例)

電磁探査による地下の比抵抗構造



ヘリウム同位体比の地理的分布

内陸部の隆起量の推定技術



国土地理院発行2万5千分の1地形図「十津川温泉」の一部に加筆

【今後の計画】

➤ 天然現象に伴う地質環境の変化を予測・評価する手法を整備

地層処分の知識マネジメントシステム

- 知識マネジメントシステム (JAEA KMS) プロトタイプを平成21年度末に公開予定
- 研究開発成果の取りまとめ報告書 (次世代型文書: **CoolRep H22**) とリンク

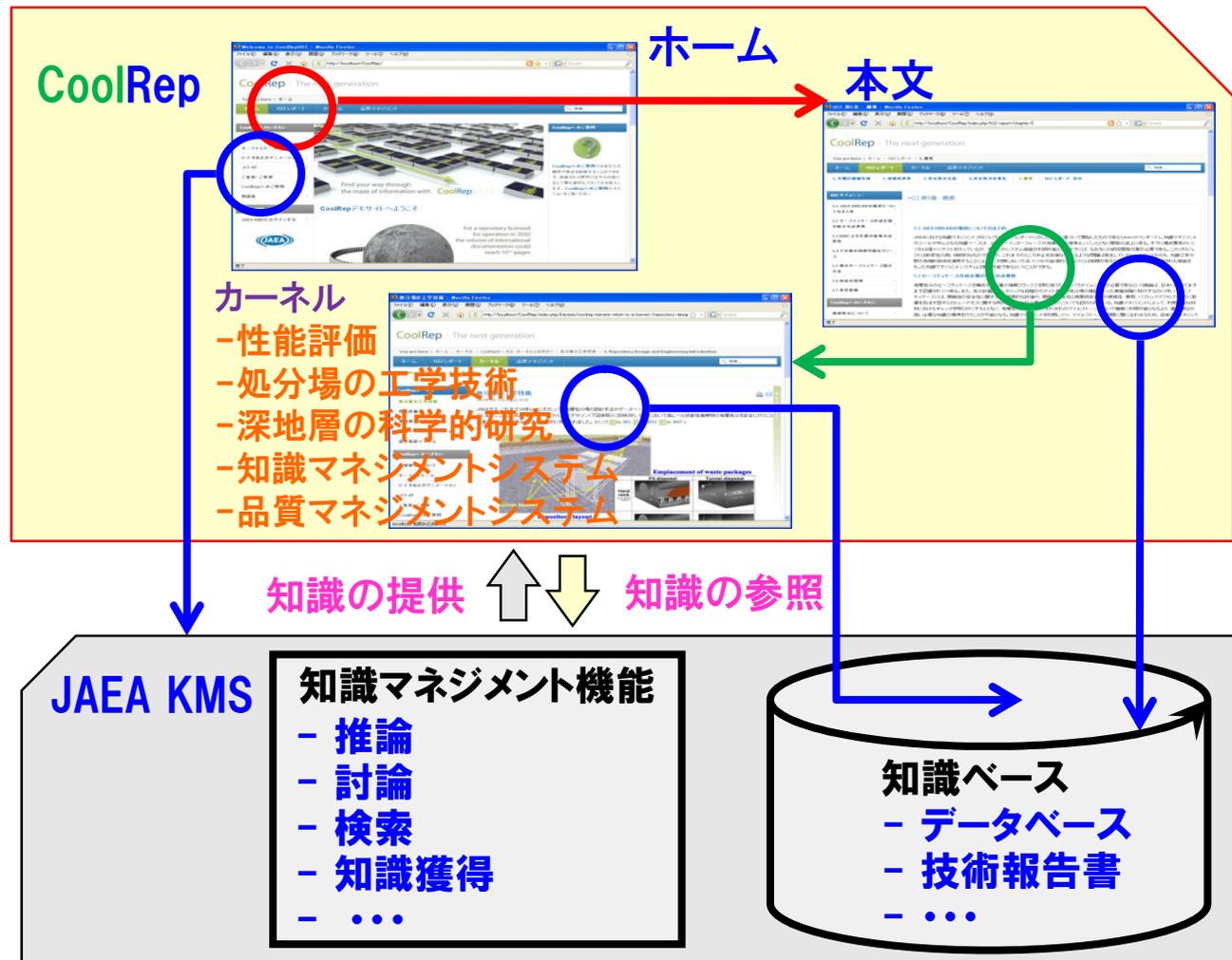
コミュニケーション (双方向性とマルチメディア性)

- 最新の研究開発ダイジェスト (要約とカーネル)
- ビデオやCG
- 専門家への質問
- ...



専門的知識利用

- 知識ベースの利用
- 討論への参加
- 品質確認
- ...



JAEA KMS 何をしますか? - Mozilla Firefox

ようこそユーザーさん。 JAEA KMSを使って何をしますか?

探す 必要な情報、データ、ソフトウェアを探す

内容を理解する 手伝ってもらおう 分からないことを調べて内容を確認する仕事を支援してもらおう

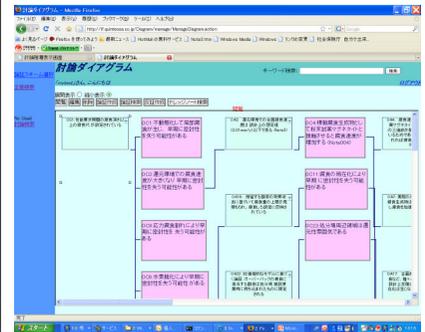
記録する 知識を加える、更新する

コミュニケーション 関係者への周知・連絡・意見交換

- 知識ネットワーク KNetwork2
- 中間スキーマ インターフェイス
- スマートサーチエンジン
- ES検索 インターフェイス
- エキスパートシステム
- ISIS事例ベースシステム
- Scarb
- PAIRS
- JAEA データベース
- Kobweb

討論ダイアグラムエディタ

- ▶討論モデル(安全性の考え方の流れを、論証、反証の連鎖で示したもの)を作成、編集するためのツールです。
- ▶本ツールで作成した討論モデルにより、安全性の考え方の流れを理解しながら、論証のエビデンスや参考文献を閲覧することができます。
- ▶新たな反証や論証を、論証スキームを活用して設定したり、論証・反証を専門家内で共有することで議論するきっかけを作るなど、関係者の創造的・活動の共通のプラットフォームとして活用できます。

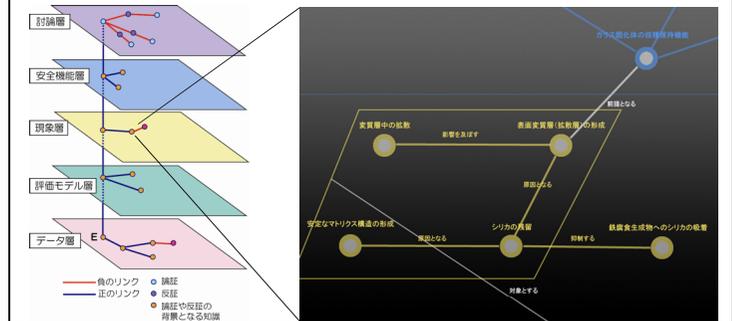


起動ボタン

KNetwork2 (知識ネットワーク作成・閲覧ツール)

起動ボタン

- ▶知識ベースに含まれる情報とその関係を構造化するためのツールです。
- ▶討論モデルの論証や反証、安全機能、現象、評価モデル、データを区別しつつ、通常、専門家の中(暗黙知)で考えているそれらの関係をネットワーク状に示します(知識ネットワーク)。
- ▶例えば反証に含まれる重要なキーワード(e.g. 腐食生成物)を選択して検索することで、その知識項目に関する現象や環境条件などを抽出することができます。これにより、反証を論破するために必要なエビデンスの生成を支援することができます。



論証スキームの例

大分類	小分類
(A) 原理原則に基づく論証	A1: 科学における基本法則 (fundamental laws) に基づく論証
	A2: 広く受け入れられている考え方 (principle) に基づく論証
	A3: 例外基準に従った論証
(B) 科学的推論に基づく論証	B1: 実験データに基づく論証
	B2: 推論的モデルに基づく論証
	B3: 経験的モデルに基づく論証
	B4: 類似性に基づく論証
	B5: 内推による論証
	B6: 外推による論証
	B7: 専門家の判断による論証
(C) 安全論理に基づく論証	C1: 保守性に基づく論証
	C2: 完全性に関する論証
	C3: 頑健性に関する論証
(D) 社会的規範に基づく論証	D1: 共通の理解に基づく論証
	D2: 先行事例に基づく論証
	D3: 論理に基づく論証
	D4: 倫理に基づく論証
	D5: 社会的受容性に基づく論証

中間スキーマインターフェイス

起動ボタン

▶様々な場所に散在している情報を、世界各国の地層処分関係機関のサイトに同時にアクセスし、同じキーワードで関連する報告書などを検索できます。

テーマ: Risk

サブテーマ: communication, assessment, simulation, analysis, management

検索結果	検索結果	検索結果	検索結果	検索結果	検索結果
Experiences from risk... Hit: 1	Mise en page... Hit: 0	The foundation report... Hit: 2	HLW 処分リスク... Hit: 1,700	HLW 処分リスク... Hit: 1,700	HLW 処分リスク... Hit: 1,700
Methodology for risk... Hit: 3	Microsoft PowerPoint... Hit: 21	Terminology report... Hit: 1	021 radiological effect... Hit: 63	WEBシステム... Hit: 157,000	WEBシステム... Hit: 157,000
Country report... Hit: 0	country report... Hit: 33	Sensitivity Analysis... Hit: 1	Risks and... Hit: 23	Comprehensive Social... Hit: 28,600	Comprehensive Social... Hit: 28,600
Plan, Bldgim D415... Hit: 0	Plan, Bldgim D415... Hit: 41	Microbiology of... Hit: 3	Probabilistic risk... Hit: 1,200	HLW 処分リスク... Hit: 183,000	HLW 処分リスク... Hit: 183,000
Poster [RSC]... Hit: 0	Terminology Report... Hit: 1	PCP15 contingency... Hit: 23	Generic repository... Hit: 70	HLW 処分リスク... Hit: 183,000	HLW 処分リスク... Hit: 183,000

検索

エキスパートシステム

起動ボタン

▶ある分野の調査や分析などを行う手順や判断基準など、専門家の中で行われているルールを知識工学的手法で整理し、コンピュータで操作しながらユーザーの調査計画立案や分析作業を支援することができるようにしたものです。

水質形成プロセスモデル化支援

エキスパートシステム

開始

Performance assessment All-in-one Report System (PAIRS)

電子性能評価レポート(ePAR)

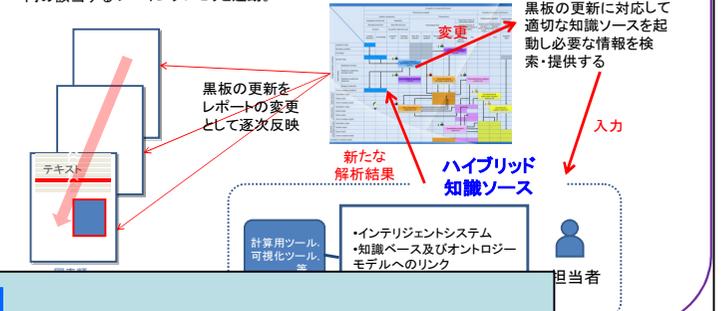
性能評価解析の内容に関するテキストや図表を含むHTMLドキュメント。黒板内の該当するワーキングメモリと連動。

黒板

改訂中のレポートに必要な全ての情報及び解析結果を含むワーキングメモリ

コントロールシェル

黒板の更新に対応して適切な知識ソースを起動し必要な情報を検索・提供する



【今後の計画】

▶システム機能の改良, 知識ベースの拡充