2011年度バックエンド週末基礎講座
（於九州大学）

高レベル放射性廃棄物の地層処分と深地層の科学的研究

－超深地層研究所計画（瑞浪）における研究－

平成23年10月30日

（独）日本原子力研究開発機構
濱　克宏

本日の説明内容

1.　我が国における地層処分計画

2.　超深地層研究所計画（瑞浪）

（1）研究坑道

（2）調査研究

・地表からの調査予測研究段階（第1段階）
・研究坑道の掘削を伴う研究段階（第2段階）
・研究坑道を利用した研究段階（第3段階）
・研究成果の知識化

3.　まとめ

日本における地層処分計画の進展

地層処分研究開発の開始（1976年）

研究開発の第１次取りまとめ（1992年9月）

・日本にも安定な場所が存在する
・多重バリアシステムが構築できる
・長期安全性を確認できる

研究開発の第２次取りまとめ（1999年11月）：地層処分の技術的信頼性を提示

事業段階のスタート
（2000年）

処分事業

最終処分法制定

NUMO（原環機構）設立

安全規制

安全規制の
基本的考え方

基盤的な研究開発

深地層の科学的研究
地層処分技術の信頼性向上
安全評価手法の高度化

事業と規制を
支える技術基盤

処分地の選定
処分場建設～

安全審査の
指針・基準

候補地の選定から処分場の建設・操業・閉鎖まで100年の事業

地層処分を安全に行うためには（安全の仕組み）

地下資源（石油、ガス、鉱物など）を発掘していて誤って廃棄物に近づいてしまわないの？

地下資源のない場所を選ぶ。

火山や地震などの自然現象で廃棄物が地表近くに持ち上げられたりしないの？

火山や地震など自然現象の影響を受けない場所を選ぶ。

廃棄物中の放射性物質が地下水に溶け出して私たちの近くまでこないの？

人工的に閉じ込める対策

と

地層の閉じ込める能力

「地下水の動きが遅い」
⇒放射性物質の移動遅延
「放射性物質を吸着する」
⇒放射性物質の移動遅延
「酸素が極めて少ない」
⇒オーバーパックが腐食しにくい
⇒元素の溶解度が低い

地下水に溶けた放射性物質が地表に到達するケース
（地下水シナリオ）

危険側に条件を仮定
- 1,000年後に，すべてのオーバーパックが破損
- 処分場から100m離れたところに大きな断層が存在

安全評価の結果の例

わが国の自然放射線レベル（900～1200マイクロシーベルト）*
（*ラドンなどの吸引を加えると約2400マイクロシーベルト）
諸外国で示されている安全基準（10～300マイクロシーベルト）
天然バリア（地層）の効果を無視した場合
= 人工バリアだけの効果
0.005マイクロシーベルト
80万年後
解析条件：レファレンスケース
・処分場容量：4万本
・1,000年後に全オーバパックが破損
・処分場深度：1,000m
・地形：平野
・岩種：花崗岩
・地下水：降水系還元性高pH型
・地表への流入：河川
線量（マイクロシーベルト／年）
1万
1000
100
10
1
0.1
0.01
0.001
0.0001
0.00001
0.000001
0.0000001
0.00000001
0.000000001
0.0000000001
1
10
100
1000
1万
10万
100万
1000万
1億
処分後の時間（年）

事業段階における研究開発の必要性

技術的信頼性、国民の理解の更なる向上のために

「第２次取りまとめ」で示した考え方や技術が**実際の地質環境で想定通り役立つのかを検証**することが必要

➡○深地層の研究施設において技術を適用して確認する

より現実に即した安全評価の手法を確立するために**地下での現象などの理解を深める**ことが必要

➡○地下での現象（地下水の流れ、物質の動きなど）の理解を進める
○自然事象（火山、地震・断層、隆起・侵食など）の調査技術や影響評価手法の開発を進める

原子力機構の研究開発目標と課題

研究開発拠点

（イメージ図）

（イメージ図）

東濃地科学センター

●瑞浪超深地層研究所

■結晶質岩（硬岩）

■淡水系地下水

幌延深地層研究センター

●幌延深地層研究所

■堆積岩（軟岩）

■塩水系地下水

東海研究開発センター

（核燃料サイクル工学研究所）

室内実験など

本日の説明内容

1.　我が国における地層処分計画

2.　超深地層研究所計画（瑞浪）

（1）研究坑道

（2）調査研究

・地表からの調査予測研究段階（第1段階）

・研究坑道の掘削を伴う研究段階（第2段階）

・研究坑道を利用した研究段階（第3段階）

・研究成果の知識化

3.　まとめ

超深地層研究所計画の目標と進め方

○深部地質環境の調査・解析・評価技術の基盤の整備
○深地層における工学技術の基盤の整備

第1段階
【地表からの調査予測研究段階】

ボーリングコア

反射法弾性波探査

第2段階
【研究坑道の掘削を伴う研究段階】

坑道壁面観察

工事等の振動を利用した弾性波探査

第3段階
【研究坑道を利用した研究段階】

ボーリング調査

物理探査（イメージ）

瑞浪超深地層研究所の施設

（坑道の位置や長さなどは計画であり、地質環境や施工条件などにより、決定していきます）

瑞浪超深地層研究所の建設状況

現在の進捗
2011(平成23)年10月時点
・主立坑深度500.4m、換気立坑深度500.2m
・水平坑道:深度500m水平坑道掘削に着手

2003(平成15)年7月
地上部
立坑坑口掘削工事着工

深度300mボーリング横坑(換気立坑)

深度400m予備ステージ

深度300m研究アクセス坑道

深度500m主立坑 予備ステージ側

地表からの調査予測研究段階（第1段階）

深層ボーリング調査

反射法地震探査

超深地層研究所計画の進め方

空間スケールの設定

超深地層研究所計画の進め方

第１段階における個別目標と課題

超深地層研究所計画の進め方

段階的な調査手順

超深地層研究所計画の進め方

統合化データフローダイアグラム

地球化学モデル

浅層ボーリング調査結果

地球化学モデル

深層ボーリング調査結果

研究坑道の掘削を伴う研究段階（第2段階）

坑道壁面観察

水圧・水質モニタリング

地下水のpH

第1段階での調査結果

✓pH 7～10の範囲に分布
✓花崗岩中ではpH 8～9の範囲に分布

第1段階での調査結果
（嫌気状態で測定）

第2段階での調査結果

✓ pH 8～8.5の範囲に分布

深度300m予備ステージから掘削したボーリング孔でのモニタリング結果
（被圧・嫌気状態で測定）

✓ pH 8.3～8.4の範囲に分布

深度400m予備ステージから掘削したボーリング孔でのモニタリング結果
（被圧・嫌気状態で測定）

● 深度300mおよび深度400m予備ステージから掘削したボーリング孔におけるモニタリングの結果では，第1段階での測定結果と同様の範囲に分布

第1段階で実施した嫌気状態での地下水のpH測定により，地下水のpHを把握可能

塩分濃度分布

第1段階での調査結果

- ✓ 浅部にNa-Ca-HCO_3型地下水，深部にNa-Cl型地下水が分布
- ✓ Na-Cl型地下水は深度とともに溶存成分濃度が上昇

（Iwatsuki et al., 2005より引用）

第2段階での調査結果

- ✓ 水質分布，溶存成分濃度の深度依存性は第1段階での調査結果と整合的

塩化物イオン濃度の深度分布

深度200m予備ステージから掘削したボーリング孔での水質分析結果

第1段階の調査で把握した水質分布の妥当性を第2段階の調査で確認

水質への影響の把握

第2段階での調査結果

- ✓ 研究坑道掘削による地下水の混合状態の変化に伴い水質分布が変化

- ➢ 実測値に基づき水質分布の変化を概念化

<u>水質分布の変化を事前に定量的に示すための手法を構築することが課題</u>

第1段階／第2段階における地球化学概念モデルの比較例

比較項目	比較結果		共通点/相違点の主な要因	実際に適用した調査解析項目		相違点の解決が必要な場合に有効と考えられる調査解析項目＊	
				第1段階	第2,3段階	第1段階	第2,3段階
塩分濃度分布	共通点	・水質型の分布 ・溶存成分濃度の分布傾向	－	・ボーリング調査	・坑道からのボーリング孔を利用したモニタリング	－	－
	相違点	・研究坑道掘削による水質分布の変化	・研究坑道掘削による水質分布の変化の予測解析を未実施	－	・坑道からのボーリング孔を利用したモニタリング ・坑道湧水調査	【解析技術開発】 ・研究坑道掘削を考慮した水質分布の変化に関する解析 【調査ﾌﾟﾛｸﾞﾗﾑの工夫】 ・水質分布の不均質性に関する調査	－

＊相違点の重要度を，「性能評価」と「地下施設の設計・施工」の観点から評価し，その重要度に応じて「やらなければならないこと」，「やる必要のないこと」を分類していく方針

第3段階の調査研究における着眼点

- ●単一亀裂
  - ➢ 開口幅など
- ●ネットワーク
  - ➢ 水理学的有効空隙率など

JNC (1999) に加筆

- 掘削に伴う坑道周辺岩盤の地質環境特性の評価
- 人工材料や埋め戻しの影響の評価
- 水理－力学－地球化学－熱に関わる原位置条件下での連成現象の評価

第3段階の調査研究における着眼点

今後の調査研究計画（深度300m）

深度300mにおける主な調査研究

第2段階の調査研究

①断層や割れ目を対象としたボーリング調査
②地下水の化学的性質の変化に関する調査
③初期応力（岩盤にかかる圧力）の測定

第3段階の調査研究

④坑道掘削の影響や湧水抑制対策技術の研究
⑤物質移動に関する調査研究

—— ：実施済
—— ：平成23年度実施予定
- - - ：平成24年度以降実施予定

研究を実施する場所、坑道の位置や長さなどは計画であり、地質環境や施工条件などにより決定していきます。

下部割れ目低密度帯　上部割れ目帯　低角度割れ目の集中帯　規模の大きな断層帯　ボーリング孔

今後の調査研究計画（深度500m）

深度500mにおける主な調査研究

①：物質移動現象・特性の評価に関する調査研究

②：坑道周辺岩盤の地質環境特性の評価に関する研究

③：個別の地質環境評価

施工対策影響評価試験（②）

（実施場所については、湧水状況などに基づき決定）

- 下部割れ目低密度帯
- 上部割れ目帯
- 規模の大きな断層帯
- ボーリング孔

研究を実施する場所、坑道の位置や長さなどは計画であり、地質環境や施工条件などにより決定していきます。

研究成果の知識化

JAEA KMSへようこそ！

JAEA KMSの基本概念

地層処分研究開発部門では、これまで蓄積した地層処分技術に関する研究開発で得られた知識の社会的な共有化を図り、処分事業の実施主体や安全規制機関をはじめとする幅広いユーザーから必要とされる知識をタイムリーに提供することをめざして、平成17年度から知識マネジメントシステム（これをJAEA KMSと名付けています）の開発を進めています。

ご利用にあたって

■本プロトタイプでは、KMSへのアクセスとして「個別ツール」と「利用シナリオ」の2つのルートを用意しました。

■「個別ツール」からは個々のツールにアクセスいただけます。なお、これらツールついては、現在はセキュリティの都合により閲覧のみが可能となっています。各ツールを起動し閲覧いただく際にはID等の入力が必要となりますので、画面に従って操作してください。

■「利用シナリオ」からは個々のツールの目的や機能あるいはその使い方等を確認いただけます（各ツールの概要および操作ガイド（ビデオ）、複数のツールを用いた実際的な利用シーンのビデオ）。「個別ツール」から個々のツールにアクセスする前に、まずこちらをご覧ください。

■今後順次、閲覧以外の機能も利用いただけるようにしていく予定です。

個別ツール
個別ツール へのアクセス

利用シナリオ
へのアクセス

http://www.jaea.go.jp/04/tisou/toppage/top.html

知識ベースの構築方針

○報告書や論文には、地質環境調査・解析・評価技術の内容や解析結果は詳細に記述されてはいるものの、使用方法や結果に至るまでの流れや判断ポイントおよびその根拠などのノウハウは必ずしも明示的に示されていない

○それらは、多くの場合、論文や報告書の執筆者の“ノウハウ”として蓄積

○一般に暗黙知と呼ばれるノウハウをできるだけ汎用性のある形で整理し、表出化することは調査・解析・評価技術の信頼性や適用性を高める上で、また技術移転や教育の観点から有効

構築したエキスパートシステムの例

エキスパートシステム

■ある分野の調査や分析などを行う手順や判断基準など，専門家の頭の中にあ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。

現在はセキュリティ上の理由により、利用できる機能を閲覧（既存のルールに沿った試行を含む）のみに制限させていただいております。

起動する

操作ガイド（ビデオ）

ルールファイルを見る

操作ガイドで示すエキスパートシステムのルールファイルを表示します

本ツールの概要については、エキスパートシステム開発インタフェイスの概要をご覧ください

（http://kms1.jaea.go.jp/kmsif/expert_system_info.html）

終わりに

成果の公表
成果報告書
JAEA KMSへようこそ！
情報・意見交換会
安全規制
処分事業
国民
ニーズの把握と成果の反映
研究開発
信頼性
透明性
効率性
研究協力
施設の提供
関係機関との研究協力
（写真：産総研との共同研究）
施設の公開
地域との共生
見学者数2万人達成
（H22年11月28日）
H23年9月30日現在　21,693人
施設見学
高校等への講師派遣
実験教室