

令和2年度以降の幌延深地層研究計画（案）

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構

核燃料・バックエンド研究開発部門

幌延深地層研究センター

令和元年8月2日

令和元年12月6日改訂

## 1. はじめに

「特定放射性廃棄物の最終処分に関する基本方針」（平成 27 年 5 月）において、「国及び関係研究機関は、最終処分の安全規制・安全評価のために必要な研究開発、深地層の科学的研究等の基盤的な研究開発及び最終処分技術の信頼性の向上に関する技術開発等を積極的に進めていくものとする」と示されており、また、「エネルギー基本計画」（平成 30 年 7 月）において「我が国としても、科学的知見の蓄積を踏まえた継続的な検討を経て、地層処分することとされている。他方、その技術的信頼性に関する専門的な評価が国民に十分には共有されていない状況を解消していくことが重要である」ともされており、幌延深地層研究センターは地層処分に関する研究開発を具体的に進める施設として、また、国民が地下環境を体感する場として、その重要性に変わりはありません。

平成 26 年 9 月 30 日に策定した日本原子力研究開発機構改革報告書において、地層処分の事業や安全規制を進めていく上で、次段階に実施することが必須の課題として、幌延深地層研究計画について 3 つの課題が抽出されました。これを受けて、第 3 期中長期計画（平成 27 年度～平成 33 年度）においては、これら必須の課題に重点的に取り組み、研究開発の進捗状況等を外部専門家による評価等により確認することとしました。その上で、平成 31 年度末までに研究終了までの工程やその後の埋め戻しについて決定することとしました。

幌延深地層研究センターでは、上記に基づき、平成 27 年度以降、必須の課題に重点を置いた研究開発を着実に進めてきました。平成 30 年度には、研究開発成果の取りまとめに着手するとともに、研究開発の進捗状況等について外部専門家による評価を受けました。

外部専門家による評価等を踏まえて今後の研究計画を検討しました。ここでは、その結果を示します。

なお、3. 今後の進め方でお示しする課題は、「深地層研究所（仮称）計画」の範囲内において実施するものです。

## 2. 必須の課題と研究成果に対する評価について

### (1) 必須の課題について

機構改革において設定した必須の課題は以下のとおりです。

①実際の地質環境における人工バリアの適用性確認

- 人工バリア性能確認試験
- オーバーパック腐食試験
- 物質移行試験

②処分概念オプションの実証

- 処分孔等の湧水対策・支保技術などの実証試験
- 人工バリアの定置・品質確認などの方法論に関する実証試験
- 高温度（100℃以上）などの限界的条件下での人工バリア性能確認試験

③地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の検証

- 水圧擾乱試験などによる緩衝能力の検証・定量化
- 地殻変動による人工バリアへの影響・回復挙動試験

(2) 研究成果について

それぞれの必須の課題について得られた成果は以下の通りです。

①実際の地質環境における人工バリアの適用性確認

- 湧水がある堆積岩の実際の環境下で人工バリアを施工できることを確認し、加熱・注水時の人工バリアの挙動に関するデータを取得しました。
- 実際の地下環境においてオーバーパック腐食試験を現地で行い、これまでの地上での腐食試験結果の妥当性を確認しました。
- 室内試験と実際の地下環境におけるトレーサー試験により、健岩部や割れ目における物質の移動現象(物質の移動速度や岩盤へのくっつきやすさ等)を適切に評価することが可能な手法を確立しました。

②処分概念オプションの実証

- 堆積岩に対する、処分孔掘削技術、湧水抑制技術、支保技術、搬送定置・回収技術等の実証実験により、これらの技術の有効性について見通しを得ました。
- 坑道の埋め戻しの施工方法（締固め、ブロック方式等）の違

いによる埋め戻し材の品質の違いを実証試験で把握しました。

### ③地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の検証

- 地下水の流れに関し、堆積岩の緩衝能力（自己治癒能力）を定量化するため、堆積岩での地震動が透水性に与える影響範囲を推定しました。

### (3) 評価結果について

必須の課題に関する成果については、地質学を中心とした専門家からなる「深地層の研究施設計画検討委員会」での審議後、その上位機関である外部有識者からなる「地層処分研究開発・評価委員会」において評価を受けました。評価結果の概要は以下の通りです。

#### (評価結果)

全体として概ね適切に研究が遂行され、当期 5 カ年の目標を達成できたと評価します。今後は、技術の確立が可能な水準に達するまで、人工バリア性能確認試験および処分概念オプションの実証に関する試験を継続するとともに、本地下研究施設を最先端の地層処分技術を実証するプラットフォーム（共通基盤）として国内外の関係者に広く活用されることを期待します。

#### 【実際の地質環境における人工バリアの適用性確認】

今後は、人工バリア性能確認試験を継続し、人工バリア内の過渡的な現象を再現する予測モデルの妥当性を検証するとともに、得られた研究成果を余す所無く国内外の論文等に公表し、海外の先行 URL と比肩しうる先進的な試験サイトとして広く世界にアピールすることを期待する。

#### 【処分概念オプションの実証】

今後は、プレハブ式人工バリアモジュール (PEM: Prefabricated Engineered Barrier System Module) を用いた搬送定置・回収技術で計画されている試験の内、まだ実施されていない隙間充填材や PEM の回収試験を着実に実施することを期待する。また、光ファイバーを用いたモニタリング技術や塩水環境下のグラウト材・工法に関する継続的な検討に加え、地層処分事業等において実用性のある形での知識の蓄積、技術の継承が望まれる。

#### 【地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の実証】

今後は、堆積岩他地域や結晶質岩への展開・比較、地層処分事業における処分場の設計・施工や安全評価とリンクした形での指標活用に向けた具体化を期待する。

### 3. 今後の進め方について

必須の課題のうち、引き続き研究開発が必要と考えられる以下の課題に取り組みます。

#### ①実際の地質環境における人工バリアの適用性確認

- これまでの人工バリア性能確認試験では、実際の地下環境における加熱・注水時のデータを取得しましたが、浸潤時・減熱時のデータが取得されていません。今後は、注入する地下水の圧力や量を増加させ緩衝材に地下水を浸潤させた場合のデータを取得します。その後、減熱時のデータを取得します。加えて、人工バリアの解体作業および緩衝材の飽和度の確認を実施します。
- これまでの物質移行試験により、トレーサー試験手法を確立することができました。ただし、これまでの研究結果から、幌延の堆積岩において、微生物や有機物が、放射性物質の岩盤への吸着を妨げ、閉じ込め効果を低下させる可能性が確認されており、今後は、確立した試験手法を用いて掘削影響領

域での物質移行に関するデータ取得を実施するとともに、有機物や微生物が放射性物質を取り込んで移動する影響が限定的であることを確認するためのトレーサー試験を実施します。

## ②処分概念オプションの実証

- これまでの試験では、実際の環境下において、坑道の埋め戻し方法の違い（締固め、ブロック方式等）による埋め戻し材の基本特性（密度や均一性）を把握しましたが、緩衝材の施工方法や坑道閉鎖に関する様々なオプションの検討には至っていません。今後は、注入する地下水の圧力や量を増加させ、緩衝材に十分に水を浸潤させた状態を確保して施工方法（締固め、ブロック方式等）の違いによる緩衝材の品質の違いを把握するとともに、埋め戻し方法（プラグの有無等）・回収方法による埋め戻し材の品質の違いを実証試験で明らかにします。更に、人工バリアの品質を踏まえて、廃棄体の設置方法（間隔など）を実証試験で確認します。また、人工バリアシステムの安全裕度の検証に向けて、緩衝材が 100℃超になった状態を想定した解析手法を開発します。

## ③地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の検証

- これまでの検討では、まずは小規模な断層（幅数 cm）に着目し、試験を行い、断層への地震動の影響などを確認しました。これまでの研究開発で手法の妥当性が確認できたため、この手法を使って、処分場の設計・施工や安全評価とリンクした形で研究を進めることが可能となりました。今後は、より大型の断層における地震動や坑道掘削に伴う、割れ目における地下水の流れの変化に関して、堆積岩の緩衝能力（自己治癒能力）の作用に関する実証試験を実施します。さらには、地下水が動いていない環境を調査してモデル化する技術を実証するとともに、人工バリアのひび割れに対する自己治癒能力を解析する手法を開発します。

これらの研究課題については、令和2年度以降、第3期及び第4期中長期目標期間を目途に取り組みます。その上で、国内外の技術動向を踏まえて、地層処分の技術基盤の整備の完了が確認できれば、埋め戻しを行うことを具体的工程として示します。

なお、研究開発を進めるにあたっては、将来的に、当初の計画の研究対象の範囲内において、国内外の関係機関の資金や人材を活用することを検討します。

幌延深地層研究センターでは、これまでどおり、研究計画の遂行に当たっては、最終処分場としないことや研究終了後は埋め戻すことなどを定めた北海道および幌延町との協定を遵守するとともに、安全確保を第一に調査研究を進めていきます。