

## 第 3 期中長期計画期間中の研究開発における研究開発成果 評価シート（中間評価）

### 評価項目：(1) 研究開発の進捗状況の妥当性

#### 1) 深地層の研究施設計画 超深地層研究所計画

<評価の観点に関する実績・成果及び自己評価結果>

##### 超深地層研究所計画

(中長期計画)

超深地層研究所計画については、地下坑道における工学的対策技術の開発、物質移動モデル化技術の開発及び坑道埋め戻し技術の開発に重点的に取り組む。これらに関する研究については、平成 31 年度末までの 5 年間で成果を出すことを前提に取り組む。また、同年度末までに、跡利用を検討するための委員会での議論も踏まえ、土地賃貸借期間の終了(平成 34 年 1 月)までに埋め戻しができるようにという前提で考え、坑道埋め戻しなどのその後の進め方について決定する。

(成果のまとめ)

##### 1. 地下坑道における工学的対策技術の開発

- ・[プレグラウチングとポストグラウチングを併用により湧水抑制効果を確認](#)した。これにより、湧水量を制御するウォータータイトグラウト施工技術を実証することができた。
- ・瑞浪超深地層研究所において適用している排水処理の効率を上回るような処理技術は見当たらず、[現行の処理方法が現時点で適切であることを確認](#)した。これにより、地下水排水処理技術等の高度化することができた。

⇒地下深部の高水圧条件下における湧水抑制対策技術は、亀裂性岩盤に適用できる汎用的なものであり、地層処分場における維持コストの低減や人工バリアの施工精度の向上に寄与する重要な技術となるとともに、一般的な土木技術においても湧水抑制に対する要求品質が非常に高い場合に適用できる技術と考えられる。また、地下水排水処理技術と組み合わせることにより、地層処分場の建設・操業に有効で、地層処分事業に貢献できる技術を整備することができた。

##### 2. 物質移動モデル化技術の開発

- ・地下坑道で得られる情報を用いた割れ目モデル化手法を提示した。これにより、物質移動現象について理解が進み、モデル化することができた。
- ・地下坑道からの調査データに基づく割れ目の湧水の有無に着目したデータ解析や割れ目半径との相関性を考慮した透水性の設定の考え方を組み込んだ [DFN モデルの構築手法を開発](#)した。これにより、割れ目の透水性について例示することができた。
- ・[大深度の地点におけるトレーサ試験などの物質移動調査技術を構築](#)した。これにより、地下水流動・水質の長期変化、地下水流動の緩慢さの例示することができた。
- ・ボーリング孔を利用した [コロイド](#) および [微生物](#) の調査技術を構築した。
- ・深度 300 メートルの花崗岩から採取した地下水に、マグマ由来のメタンをエネルギー源にする微生物から成る生態系が存在することが明らかとなった。マグマ由来のメタンが微生物の硫酸呼吸で酸化され、その過程で硫化水素を生成することにより、還元環境の形成・維持に寄与することを示し

## 第3期中長期計画期間中の研究開発における研究開発成果 評価シート（中間評価）

た。

⇒地下坑道で得られる情報を用いて割れ目ネットワーク(DFN)モデルの構築手法を提示するとともに、花崗岩帯の割れ目や構成鉱物の詳細分析、地下深部で採取した地下水中のコロイド、有機物及び微生物が物質移動に与える影響に関するデータ取得など、我が国の結晶質岩における物質移動特性評価に資する有用な基盤情報を整備することができた。

微生物に関する研究成果は、光合成由来のエネルギー源に依存しない生態系が広大な地下空間に存在し、マグマ由来のメタンをエネルギー源とした巨大なバイオマスが、地底に存在する可能性を国内において初めて示したものである。このことは、地底生命の代謝活動により、高レベル放射性廃棄物地層処分の安全性が高められることを示す極めて重要な成果であるとともに、光合成生物が誕生した35億年以前の太古の地球でも、花崗岩が生命活動を育む場であった可能性が示す貴重な成果である。

### 3. 坑道埋め戻し技術の開発

- ・再冠水試験に伴う地下水の水圧変化や [水質変化の観測](#)、冠水前後の2次元比抵抗分布及び冠水坑道周辺における湧水量変化のデータを取得した。これにより、冠水時の地質環境の回復能力等を評価することができた。
- ・再冠水試験時に冠水坑道内中の水質モニタリングを行った結果、高レベル放射性廃棄物に含まれる放射性元素と化学的な性質が似ている天然の元素(希土類元素)の冠水坑道内における濃度が、本来の地下水中の濃度に比べて明らかに低下していることを発見し、そのメカニズムを明らかにした。この成果は、坑道閉鎖後の物質の閉じ込め能力を実際の坑道を用いて示した世界初の事例であり、地層処分の安全性を評価するうえで重要な知見の一つと考えられる。
- ・既往の連成解析ソフトウェア(COUPLYS)を、岩盤の不均質性のモデル化、モデルの大規模化及び解析速度の高速化の観点で改良し、[汎用性の高いツールとして整備した](#)。これにより、坑道の掘削による擾乱、再冠水による回復の過程を効率的にシミュレーションする技術を構築することができた。
- ・[長期観測に必要なモニタリング技術を開発](#)した。これにより、5MPaの水圧環境下においても、埋め戻し材内部の土圧や水圧の観測機器は十分な耐久性を保持しており信頼性の高い観測が可能となった。

⇒高レベル放射性廃棄物地層処分施設の建設・操業により乱された地下環境の施設閉鎖後の環境回復を観測する技術の開発を行うとともに、世界的にも類を見ない実規模での地下空洞の掘削/維持/閉鎖後の環境変遷過程の観測を実施し、環境回復過程についての現象理解を進める等、顕著な成果を創出することができた。

以上のように、超深地層研究計画については、必須の課題の目標を達成し、我が国の地層処分技術の基盤確立に貢献するとともに、再冠水試験など、世界的にもこれまでに得られていない実証的な新知見を得たことや、地圏に関する新たな科学的知見を得る(「(4)イノベーション創出への取組み」参照)など、顕著な成果が創出できたと自己評価する。

第3期中長期計画期間中の研究開発における研究開発成果  
評価シート（中間評価）

評価者	委員
評価日	2019年2月 日

評価項目：(1)研究開発の進捗状況の妥当性

1) 深地層の研究施設計画 超深地層研究所計画

コメント	
------	--

※コメントがございましたらご記入をお願いします。

# 第3期中長期計画期間中の研究開発における研究開発成果 評価シート（中間評価）

## 評価項目：(1) 研究開発の進捗状況の妥当性

### 1) 深地層の研究施設計画 幌延深地層研究計画

<評価の観点に関する実績・成果及び自己評価結果>

#### 1) 深地層の研究施設計画

##### 幌延深地層研究計画

(中長期計画)

幌延深地層研究計画については、実際の地質環境における人工バリアの適用性確認、処分概念オプションの実証及び地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の検証に重点的に取り組む。また、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。

(成果のまとめ)

#### 1. 実際の地質環境における人工バリアの適用性確認

- ・処分孔竖置き方式の実規模の人工バリアについて、緩衝材、オーバーパック、坑道埋め戻し材、力学プラグの実際の設計・製作・施工を通じて、[既存の設計フローや品質管理手法の有効性を確認](#)した。これにより、わが国で初めて実際の地下環境における実規模の人工バリアの設計、製作・施工、品質管理手法の一連の適用性を確認することができた。
- ・加熱・注水による人工バリアの過渡的時期における、熱-水-応力-化学連成現象に関するデータを取得し、整備した [THM/THMC 連成解析コード \(THAMES/COUPLYS\)](#) により、[連成現象の再現性を向上](#)させた。これにより、熱、水、応力、化学連成評価手法とモニタリング手法の適用性を確認することができた。
- ・[既往のオーバーパックの腐食評価手法の保守性、妥当性を確認](#)するとともに、腐食センサーを用いた腐食挙動のモニタリングが可能であることを確認した。これにより、オーバーパック腐食評価手法の妥当性を確認することができた。また、原位置でのモニタリング手法の適用性を確認することができた。
- ・[実際の地質環境において、室内試験と原位置試験を組み合わせたモデル化により物質移行挙動を適切に評価することが可能](#)となった。これにより、実際の地質環境における物質移行特性評価手法を整備することができた。

⇒実際の地下環境下における人工バリア挙動の理解、堆積岩中の物質移行特性を評価する手法の確立など、処分事業に反映可能な基盤技術の整備を着実に実施した。

#### 2. 処分概念オプションの実証

- ・突発湧水の発生の原因となりうる粘土質せん断帯の事前予測手法として、[マルチインクルージョンに着目した事前予測手法が有効であることを世界で初めて提示した](#)。また、[海水条件下において処分孔の湧水抑制対策に適用可能な溶液型グラウト配合を提案](#)した。これにより、実際の地質環境における湧水抑制対策技術を実証することができた。
- ・大深度における [立坑崩落への対策を考慮した情報化施工技術](#) を世界で初めて開発し、その有効

## 第3期中長期計画期間中の研究開発における研究開発成果 評価シート（中間評価）

性を実証した。さらに、高地圧・低強度な地山においては二重支保の適用が有効であることや支保工や岩盤の 長期安定性を把握するためのモニタリング技術の有効性を提示した。これにより、立坑および水平坑道の支保技術を実証することができた。

・実際の地下環境において、処分坑道横置き方式のうち、PEM方式に対する搬送定置方式や、隙間充填材の除去およびPEMの回収試験を行い、エアベアリングを用いた搬送定置・回収技術の適用性を提示した。これにより、横置き・PEM方式の搬送定置・回収技術を実証することができた。

⇒処分場の建設・作業時に必要となる湧水抑制対策、支保技術、搬送・定置技術等について、実際の地下環境下での実証を進め、技術の適用性に関する重要な知見を得、処分事業に反映可能な基盤技術の整備を着実に実施した。

### 3. 地殻変動に対する堆積岩の緩衝能力の実証

・引張強度で標準化したモール円の中心位置(DI)と断層のダメージゾーンの変形様式と定量的な対応付けが可能となった。これにより、断層の変形様式を支配する強度・応力状態を指標化することができた。

・ボーリング調査でフローアノマリーとして検出される断層帯亀裂の透水性とDIの関係性を検討した結果、両者には十分な相関性が認められ、断層帯亀裂の潜在的な透水性の上限は、DIを用いた経験式によりある一定の幅を持って予測できる可能性を高めた。これにより、断層の透水性の潜在的な上限と指標との関係性の整理とモデル(経験則)を構築することができた。

・ボーリング孔を用いて断層を対象とした水圧擾乱試験の結果、新たにせん断変形が起ったり有効応力が低下しても、断層帯亀裂の透水性はDIの経験式の範囲を超えないことを確認した。これにより、原位置試験によるモデルを検証することができた。

⇒割れ目を有する堆積岩の長期的な透水性の変化を検討するために、岩盤の力学特定と透水性との関係性を整理する新たな指標を提案し、その指標の有効性を示すとともに、堆積岩中の亀裂の透水性の自己修復性に関する新たな知見を得るなど、地層処分の安全評価における母岩性能の評価手法を向上させる、重要な成果を創出することができた。

以上のように、幌延深地層研究所計画についても、我が国で初めての実際の地下環境における実規模での各種実証試験等を着実に実施することにより、必須の課題の目標を達成し、我が国の地層処分技術の基盤確立に貢献しとともに、岩盤の力学特定と透水性との関係性を整理する新たな指標の提案、大規模地下構造物の建設などの他の一般土木分野においても活用が期待される技術の創出(「(4)イノベーション創出への取組み」参照)を行ったと自己評価する。

第3期中長期計画期間中の研究開発における研究開発成果  
評価シート（中間評価）

評価者	委員
評価日	2019年2月 日

評価項目：(1)研究開発の進捗状況の妥当性

1) 深地層の研究施設計画 幌延深地層研究計画

コメント	
------	--

※コメントがございましたらご記入をお願いします。

## 第3期中長期計画期間中の研究開発における研究開発成果 評価シート（中間評価）

### 評価項目：(1)研究開発の進捗状況の妥当性 2) 地質環境の長期安定性研究

<評価の観点に関する実績・成果及び自己評価結果>

#### 2) 地質環境の長期安定性研究

(中長期計画)

- ・自然現象に伴う地質環境の変化を予測・評価する技術を、地球年代学に係る最先端の施設・設備も活用しつつ整備する。

(成果のまとめ)

##### 1. 調査技術の開発・体系化

- ・断層の活動性に係る調査技術については、断層破碎帯内物質中の石英粒子や粘土鉱物の表面構造の解析が、最近の断層運動の有無を推定する一助となることを示した。
- ・地殻構造の高空間分解能イメージング技術については、堆積層等の層厚分布を考慮した震源再決定により得られた震源分布と海域活断層の分布との比較により、解析手法の妥当性を示した（報告書取りまとめ中）。
- ・深部流体の分布に関する調査技術については、九州地方の前弧域における事例研究により、深部流体の存在を示唆する低比抵抗・低地震波速度体の検出手法の妥当性を確認した。

⇒段階的な処分地選定において必要となる、地質環境調査に関する基盤技術の整備を着実に進め、地質環境調査の信頼性向上に貢献できた。

##### 2. 長期予測・影響評価モデルの開発

- ・稀頻度自然現象による地質環境への影響の評価技術については、2011年東北地方太平洋沖地震の発生に伴う長期間の湧水も確認されている、福島県いわき市周辺で活発化した正断層型の群発地震活動域を事例とした地殻変動シミュレーションにより、その発生や周囲で生じる応力場や隆起には深部流体の存在が関与している可能性を示した。

- ・時間スケールに応じた地圏環境変動の予測技術については、地質環境長期変動モデルを開発するとともに、山地・丘陵の形成プロセス解明のための後背地解析のフローを整備した。後背地解析のフローの整備にあたっては、多試料の分析を客観的に実施して評価する手法の構築により、今までにない効率化をはかった。また、地質環境の変化を三次元的に表現できる数値モデルを構築するとともにアニメーション技術を用いてその時間変化を可視化し、専門的知見が簡単に理解可能なツールを作成した。

⇒長期的な地質環境の変化に関する現象理解を進めるとともに、地質環境の変化を三次元的に表現できる数値モデルの整備や可視化を行い、長期予測結果を利害関係者間で共有できるプラットフォームを作成することで、自然現象を発端とする変動シナリオの検討に資する環境を整備した。

##### 3. 年代測定技術の開発

- ・ウラン系列放射年代測定法の実用化については、炭酸塩質の示準化石試料の局所分析による

### 第3期中長期計画期間中の研究開発における研究開発成果 評価シート（中間評価）

U-Pb年代測定に我が国で初めて成功した。

- ・光ルミネッセンス(OSL)年代測定法の実用化については、土岐地球年代学研究所の OSL測定装置を用いた石英のOSL年代測定技術を整備するとともに、OSL年代測定の適用性を確認する手法を提示した。
- ・アルミニウム-26(<sup>26</sup>Al)年代測定法、塩素-36(<sup>36</sup>Cl)年代測定法、ヨウ素-129(<sup>129</sup>I)年代測定法の実用化については、それぞれの手法について着実に実用化を進め、年代測定の見通しを得た。
- ・希ガス同位体を用いた地下水年代測定法の実用化については、マルチコレクター型希ガス質量分析装置及び前処理装置を東濃地科学センター土岐地球年代学研究所に整備した。
- ・高分解能のテフラ同定手法の開発については、北海道～東北地方を中心とした鮮新世以降のテフラカタログを整備するとともに、LA-ICP-MSを用いた火山ガラスの主成分・微量元素の同時分析に基づくテフラの同定手法を提示した。
- ・地質試料を対象とした年代測定法及び化学分析手法の高度化については、自動グラファイト調製装置の導入による最適化や、キレート樹脂を用いた希土類元素の濃縮・回収法を導入し、化学分析の高度化を進めた。

⇒地質環境の長期安定性評価における共通的基盤技術として、幅広い年代域(10<sup>4</sup>～10<sup>7</sup>年)やさまざまな自然現象・試料に対応可能な年代測定手法の開発・整備を進め、断層の活動性、隆起・侵食速度の把握等の調査・評価技術開発に貢献した。

以上のように、2)地質環境の長期安定性に関する研究においては、中長期計画に従った研究開発を着実に進め、実施主体が行う地質環境調査や安全評価のための技術基盤を整備に資する重要な成果を創出したとともに、炭酸塩鉱物の微小領域に着目した我が国で初めての年代測定技術に実用化の見通しをつけるなど、顕著な成果を得たと自己評価する。



第3期中長期計画期間中の研究開発における研究開発成果  
評価シート（中間評価）

評価者	委員
評価日	2019年2月 日

評価項目：(1)研究開発の進捗状況の妥当性  
2) 地質環境の長期安定性研究

コメント	
------	--

※コメントがございましたらご記入をお願いします。

## 第3期中長期計画期間中の研究開発における研究開発成果 評価シート（中間評価）

評価項目：(1)研究開発の進捗状況の妥当性

### 3) 高レベル放射性廃棄物の地層処分研究開発

<評価の観点に関する実績・成果及び自己評価結果>

#### 3) 高レベル放射性廃棄物の地層処分研究開発

(中長期計画)

深地層の研究施設計画や地質環境の長期安定性に関する研究の成果も活用し、高レベル放射性廃棄物の地層処分に係る処分システム構築・評価解析技術の先端化・体系化を図る。

(成果のまとめ)

##### 1. 処分システムに関する工学技術の信頼性向上

- ・高塩濃度の地下水や酸性条件の地下水および環境条件が過渡的な期間における地下水水質の変化などを含めて、幅広い条件に対する人工バリアの適用性や堅牢性、長期的な挙動の推定に資するための基礎的情報が得られた。
- ・原位置試験を活用して人工バリアの挙動に関する計測技術や連成現象解析技術の適用性を確認し、工学的規模でのオーバーパックの腐食や緩衝材の化学的挙動等に関してわが国で初めて連続的なモニタリングデータ等を取得した。
- ・岩盤の力学条件等に応じて配合選定が可能となる低アルカリ性セメントを用いた支保工の基本特性に関し、従来得られていなかったデータを整備した。
- ・堆積軟岩を対象に、坑道の設計に反映するための岩盤の力学挙動を評価する手法の確立に向けて、含水比が力学挙動に大きな影響を及ぼす等のデータを整備した。

⇒幅広い地質環境条件に対応した人工バリアや地下施設の設計に寄与する重要な成果を着実に創出し、処分事業に有用な基盤技術の整備を進めることができた。

##### 2. 安全評価手法の高度化

- ・さまざまな地表・地質環境の変遷のうち、隆起速度と侵食速度が釣り合わない場合に想定される起伏の変化と、それによる処分場深度の時空間的な変化を、安全評価に取り込むことが可能となった。
- ・ニアフィールドの長期環境変遷や実際の地質環境の特徴を反映した緩衝材・岩石中の 核種移行モデルとデータベース、及びサイトが与えられた際の岩石中の核種移行や有機物・微生物等影響評価手法の構築と妥当性確認の手順を提示した。
- ・上記の研究開発を通して 収着データベース等の整備・拡充を進めるとともに、諸外国の最新知見も反映した最新の核種移行パラメータ設定手法を構築した。この成果は、原子力学会バックエンド部会論文賞を受賞するとともに、NUMOの包括的技術報告書(レビュー版)に反映された。

⇒地層処分システムの安全評価をより現実的に実施することに寄与する重要な成果を着実に創出し、NUMOが作成を進めているセーフティーケースに成果が反映されるなど、処分事業に有用な基盤技術の整備を進めることができた。

### 第3期中長期計画期間中の研究開発における研究開発成果 評価シート（中間評価）

以上のように、3) 高レベル放射性廃棄物の地層処分研究開発においては、中長期計画に従った研究開発を着実に進め、実施主体が行う処分システムの設計・安全評価等のための技術基盤の整備を行った。その成果は NUMO の包括的技術報告書にも反映され貢献できたことに加え、学会の表彰を受賞するなど顕著な成果を創出できたと自己評価する。

第3期中長期計画期間中の研究開発における研究開発成果  
評価シート（中間評価）

評価者	委員
評価日	2019年2月 日

評価項目：(1)研究開発の進捗状況の妥当性

3) 高レベル放射性廃棄物の地層処分研究開発

コメント	
------	--

※コメントがございましたらご記入をお願いします。

## 第3期中長期計画期間中の研究開発における研究開発成果 評価シート（中間評価）

評価項目：(1) 研究開発の進捗状況の妥当性

### 4) 使用済燃料の直接処分研究開発

<評価の観点に関する実績・成果及び自己評価結果>

#### 4) 使用済燃料の直接処分研究開発

(中長期計画)

海外の直接処分に関する最新の技術動向を調査するとともに、高レベル放射性廃棄物の地層処分研究開発の成果を活用しつつ、代替処分オプションとしての使用済燃料直接処分の調査研究に取り組み、成果を取りまとめる。

(成果のまとめ)

##### 1. 使用済燃料の直接処分に関する工学技術の開発

- ・ガラス固化体での技術や経験を直接処分での人工バリア設計に適用できる見通しを得るとともに、使用済燃料の特徴や多様性に対応した設計事例を例示した。
- ・わが国における使用済み燃料の特性や地質環境条件に対して技術的に成立しうる地下施設の設計事例を示した。

⇒使用済燃料の特性や地質環境の多様性を考慮に入れた処分施設の設計検討等が着実に進められており、使用済燃料の直接処分の成立性の検討に資する重要な成果を創出した。

##### 2. 使用済燃料の直接処分に関する安全評価手法の開発

- ・使用済燃料の直接処分の特徴的な放射性核種の燃料集合体からの溶出挙動(速やかな放出、ゆっくりした溶解)を性能評価で考慮するための重要なパラメータ(瞬時放出率と長期溶解速度)について、主に文献情報に基づく設定例を示した。
- ・使用済燃料の多様性や使用済燃料直接処分に特有な挙動に着目した評価手法等の検討として、モデル計算による使用済燃料の発生量の推定、線量評価結果の支配核種(C-14:半減期約5700年)に着目した処分容器の長寿命化の効果の把握等を行った。

⇒使用済燃料の直接処分に特徴的な性能評価パラメータの整備や、使用済燃料の多様性を考慮した評価手法の検討等が着実に進められており、使用済燃料の直接処分の成立性の検討に資する重要な成果を創出した。

以上のように、4) 使用済燃料の直接処分研究開発においては、中長期計画に従った研究開発を着実に進め、代替処分オプションとしての知見や技術が整備されてきたことに加え、人工バリアや処分場の設計技術等の成果の一部は、高レベル放射性廃棄物(ガラス固化体)の地層処分技術にも資する重要な成果を得たと自己評価する。

第3期中長期計画期間中の研究開発における研究開発成果  
評価シート（中間評価）

評価者	委員
評価日	2019年2月 日

評価項目：(1)研究開発の進捗状況の妥当性  
4) 使用済燃料の直接処分研究開発

コメント	
------	--

※コメントがございましたらご記入をお願いします。

## 第3期中長期計画期間中の研究開発における研究開発成果 評価シート（中間評価）

評価者	委員
評価日	2019年2月 日

### 評価項目：(1)研究開発の進捗状況の妥当性 1)～4)の全体評価

#### <評価の観点に関する実績・成果及び自己評価結果>

上記のように、1) 深地層の研究施設計画（超深地層研究計画及び幌延深地層研究所計画）、2) 地質環境の長期安定性に関する研究、3) 高レベル放射性廃棄物の地層処分研究開発、4) 使用済燃料の直接処分研究開発のすべての項目において、中長期計画に従った研究開発を着実に進め、実施主体が行う地質環境調査、処分システムの設計・安全評価等のための技術基盤を整備に資する重要な成果を創出しているとともに、各項目において、特筆すべき顕著な成果が得られていることから(1)全体の自己評価を「A」とした。

#### <評価の結果>

評価結果/ 評価指標 (いずれかに○ を記載するか 選択ください)	S : 特に顕著な成果の創出や将来的な特別な成果の創出の期待等が認められる。 A : 顕著な成果の創出や将来的な特別な成果の創出の期待等が認められる。(達成度 120%以上) B(標準) : 成果等の創出に向けた着実な進展が認められる。(達成度 100%以上 120%未満) C : 一層の工夫・改善の必要性が認められる。(達成度 80%以上 100%未満) D : 抜本的見直しを含め特段の工夫・改善の必要性が認められる。(達成度 80%未満)
コメント	

※評価にあたっては、<評価の結果>の評価指標欄のいずれかに○を付けていただき、その補足としてコメントをご記入をお願いします。

### 第3期中長期計画期間中の研究開発における研究開発成果 評価シート（中間評価）

評価項目：(2)情勢変化に対応した研究開発の目的・目標、進め方などの見直しの  
必要性（継続、変更、中止等の決定）

<評価の観点に関する実績・成果及び自己評価結果>

地層処分に関する基盤研究開発については、国が定めた「エネルギー基本計画」、「特定放射性廃棄物の最終処分に関する基本方針（以下、基本方針）」に則り、また、経済産業省の主導のもと設置された「地層処分基盤研究開発調整会議」において策定された「地層処分基盤研究開発に関する全体計画（以下、全体計画）」を念頭に進めて来ている。

現中長期計画の策定においては、平成25年3月に策定された「全体計画（平成25年度～平成29年度）」、及び平成26年4月に策定された第4次「エネルギー基本計画」に留意し、これらの中で新たに記載された、使用済燃料の直接処分研究開発を中長期計画の実施項目として設定するとともに、廃棄体の回収可能性に関連した技術開発への取り組みも進めてきた。また、平成25年から平成26年に行われた原子力機構改革において、深地層の研究施設での研究開発（地下研事業）を見直し、「必須の課題」への絞り込みを行っており、現中長期計画に反映している。

現中長期計画期間の開始後、平成27年5月に「基本方針」の改定が行われ、国及び関係研究開発機関の役割が改めて明示された。平成28年には、この「基本方針」に従い、「原子力委員会放射性廃棄物専門部会」によって関係機関の活動等に対する評価が実施され、研究開発の取り組みについては、技術評価のあり方、関係機関との連携等の観点において適切と評価された。また、同専門部会の評価に基づいて平成29年5月に「地層処分研究開発調整会議」が発足し、我が国全体としての地層処分研究開発計画の検討が進められ、平成30年3月に「地層処分研究開発に関する全体計画（平成30年度～平成34年度）」が策定された。原子力機構も調整会議のメンバーとして、技術基盤を整備していく立場から、その策定に積極的に関与、貢献した。なお、機構が中長期計画に基づいて実施している研究開発は、この全体計画と整合的なものとなっている。

また、平成26年から開始された、総合資源エネルギー調査会 地層処分技術ワーキンググループにおける「科学的有望地」の議論を受けて、平成28年に発足した「沿岸海底下研究会」においては、既往の基盤研究の成果を取りまとめて報告するとともに、研究会において抽出された課題については、平成28年度以降、関係研究機関と協力して取り組んでいる。

上記のように、現中長期計画は、その策定段階において、国の方針や原子力機構を取り巻く状況を適切に踏まえたものとなっていることに加え、研究開発の実施段階においても、常に国の動き等の外部情勢を把握するとともに、基盤研究を実施する研究機関として求められる役割を認識し、機構内外との必要な調整を行いながら適切に研究開発を進めて来ており、自己評価を「A」とした。



### 第3期中長期計画期間中の研究開発における研究開発成果 評価シート（中間評価）

評価者	委員
評価日	2019年2月 日

**評価項目：(2) 情勢変化に対応した研究開発の目的・目標、進め方などの見直しの  
必要性(継続、変更、中止等の決定)**

<評価の結果>

評価結果/ 評価指標 (いずれかに○ を記載するか 選択ください)	S : 特に顕著な成果の創出や将来的な特別な成果の創出の期待等が認められる。 A : 顕著な成果の創出や将来的な特別な成果の創出の期待等が認められる。(達成度 120%以上) B(標準) : 成果等の創出に向けた着実な進展が認められる。(達成度 100%以上 120%未満) C : 一層の工夫・改善の必要性が認められる。(達成度 80%以上 100%未満) D : 抜本的見直しを含め特段の工夫・改善の必要性が認められる。(達成度 80%未満)
コメント	

※評価にあたっては、<評価の結果>の評価指標欄のいずれかに○を付けていただき、その補足としてコメントをご記入をお願いします。

## 第3期中長期計画期間中の研究開発における研究開発成果 評価シート（中間評価）

### 評価項目：(3)効果・効用(アウトカム)の暫定的確認

#### <評価の観点に関する実績・成果及び自己評価結果>

研究開発成果は、国内外の学会発表、報告書類の刊行、論文投稿・掲載に加え、Web を活用した情報発信や、プレス発表を行い、積極的な成果の普及に努めることで、地層処分の技術基盤の整備・提供が着実に進められている。 ⇒資料 26-3 p8

NUMO が作成した「包括的技術報告書：わが国における安全な地層処分の実現性(レビュー版)」には、現在までに進めてきた、機構の多くの研究開発成果が活用されており、処分事業への貢献が行えている。また、NUMO と進めている共同研究の成果をまとめた [学術論文](#) が原子力学会バックエンド部会誌の論文賞を受賞する見通しとなった。これは共同研究による NUMO の技術力向上や、社会に実装されつつある原子力機構の開発した技術が優れたものであることを示すものである。⇒資料 26-3 p6

また、我が国全体を対象とした地質環境情報の整備結果等については、総合資源エネルギー調査会に設置された「地層処分技術ワーキンググループ」へ情報を提供することなどを通じて、平成 29 年 7 月に国が公表した「科学的特性マップ」の作成に資する基盤的な情報として活用され、国における議論の過程、結果に重要な役割、貢献を果たすことができた。 ⇒資料 26-3 p9

地質環境の長期安定性に関する研究においては、高速増殖原型炉「もんじゅ」敷地内破碎帯調査の支援において、上載地層法が適用できない断層調査に対して一つの指針を与える評価事例を示した(平成 29 年 3 月 15 日の原子力規制委員会において本調査結果が了承)。これは原子力発電所の再稼働に向けた安全審査など、地層処分以外の分野にも貢献できる特筆すべき成果である。 ⇒資料 26-3 p5

以上のように、処分事業等に活用可能な成果を創出するとともに、研究開発成果の提供により国の施策に貢献していることから、本項目についての自己評価を「A」とした。

### 第3期中長期計画期間中の研究開発における研究開発成果 評価シート（中間評価）

評価者	委員
評価日	2019年2月 日

#### 評価項目：(3)効果・効用(アウトカム)の暫定的確認

##### <評価の結果>

評価結果/ 評価指標 (いずれかに○ を記載するか 選択ください)	S :特に顕著な成果の創出や将来的な特別な成果の創出の期待等が認められる。 A :顕著な成果の創出や将来的な特別な成果の創出の期待等が認められる。(達成度 120%以上) B(標準) :成果等の創出に向けた着実な進展が認められる。(達成度 100%以上 120%未満) C :一層の工夫・改善の必要性が認められる。(達成度 80%以上 100%未満) D :抜本的見直しを含め特段の工夫・改善の必要性が認められる。(達成度 80%未満)
コメント	

※評価にあたっては、<評価の結果>の評価指標欄のいずれかに○を付けていただき、その補足としてコメントをご記入をお願いします。

## 第3期中長期計画期間中の研究開発における研究開発成果 評価シート（中間評価）

### 評価項目：(4)イノベーション創出への取組み

<評価の観点に関する実績・成果及び自己評価結果>

瑞浪、幌延の深地層の研究施設や地層処分基盤研究施設(ENTRY)、地層処分放射化学研究施設(QUALITY)の実験施設を活用して、大学や研究機関に加え民間企業との協力・連携を進め、互いの知見、技術、評価手法等を相補的に活用し、効率的な研究開発を推進した(共同研究件数は、資料 26-3 p7 参照)。これらの成果は、地層処分技術の信頼性向上に寄与するとともに、地層処分以外の研究分野や工業技術分野等にも貢献している。

具体的な事例として、深地層の研究施設計画において開発された、湧水対策が困難な地質構造を地上から把握する技術((株)古澤地質)、高水圧下でも適用可能な湧水抑制技術((株)清水建設)、3次元レーザースキャナを活用した坑道壁面の観察及びデータの解析技術(室蘭工業大学)、坑道内の3次元メタンガス濃度分布可視化システムの開発とメタンガス濃度の断層構造との関係性の整理((株)地層科学研究所、大成建設(株))、地下施設建設にともなう周辺岩盤(掘削影響領域)の地質環境の変化を調査する新技術((一財)電力中央研究所)等については、大規模地下構造物の建設などの他の一般土木分野においても活用が期待される。

また、瑞浪超深地層研究所における 深度 300メートルの花崗岩中で採取した地下水中の微生物に関する研究(東京大学)によって、マグマ由来のメタンをエネルギー源とする微生物から成る生態系が存在することを新たに発見した。これは光合成生物が誕生した 35 億年以前の太古の地球でも、花崗岩が生物活動を育む場であった可能性を示す等、生命発生の場に関する新たな知見である。他にも、土岐花崗岩を対象として、マグマが結晶質岩へと冷却される際の温度時間履歴の相違を明かにし、それと結晶質岩内の割れ目分布の関係を明らかにした新しい発見(山形大学、(株)京都フィッショントラック、東京大学、熊本大学)や、地質環境の長期安定性研究の一環として進めている年代測定技術の開発においては、炭酸塩鉱物の微小領域の年代の測定を可能とする新たな分析技術の開発(海洋研究開発機構、(株)京都フィッショントラック、東京大学、学習院大学)など、地層処分のみならず学術研究の分野にも大きく貢献した(カッコ内は協力・連携先組織名)。

さらに、高速増殖原型炉「もんじゅ」敷地内破砕帯調査の支援において、上載地層法が適用できない断層調査に対して一つの指針を与える評価事例を示したことも、原子力発電所の安全審査にも活用可能な成果である。

上述のとおり、大学や研究機関等との協力・連携の観点、他分野への応用・展開の観点においても、実効的な取組が行われ、顕著な成果が得られていると判断できることから、自己評価を「A」とした。

**第3期中長期計画期間中の研究開発における研究開発成果  
評価シート（中間評価）**

評価者	委員
評価日	2019年2月 日

**評価項目：(4)イノベーション創出への取組み**

＜評価の結果＞

評価結果/ 評価指標 (いずれかに○ を記載するか 選択ください)	S :特に顕著な成果の創出や将来的な特別な成果の創出の期待等が認められる。 A :顕著な成果の創出や将来的な特別な成果の創出の期待等が認められる。(達成度 120%以上) B(標準) :成果等の創出に向けた着実な進展が認められる。(達成度 100%以上 120%未満) C :一層の工夫・改善の必要性が認められる。(達成度 80%以上 100%未満) D :抜本的見直しを含め特段の工夫・改善の必要性が認められる。(達成度 80%未満)
コメント	

※評価にあたっては、＜評価の結果＞の評価指標欄のいずれかに○を付けていただき、その補足としてコメントをご記入をお願いします。

## 第3期中長期計画期間中の研究開発における研究開発成果 評価シート（中間評価）

### 評価項目：(5)国内外他機関との連携の妥当性

<評価の観点に関する実績・成果及び自己評価結果>

#### 【国外機関との協力】(資料 26-1 p10、資料 26-3 p7)

国際機関(OECD/NEA、IAEA)における諸活動に対しては、我が国を代表する研究機関として、最新の国際動向を把握するとともに、現在までの研究開発で蓄積してきた成果や経験に基づいて応分の責任を果たす観点から、各種委員会やフォーラムに参加するとともに、セミナーの誘致等を行ってきている。

研究協力については、国際水準の技術力の維持向上、機構の研究機関としての中長期的な視点に立った国際的な人脈形成や機構内の人材育成等の観点を念頭におきつつ、国内で実施中の研究開発との相互補完的な役割を重視して、参加すべきプロジェクトの取捨選択を行ってきている。

具体例として、国際共同プロジェクト(DecoValex)においては、幌延での人工バリア試験及び瑞浪での再冠水試験の設計条件や観測結果を国際的なベンチマーク解析の課題として提供することで、外部の研究資源も活用した高い品質レベルの成果の創出につながっており、両地下研における試験研究の価値を高めるとともに、研究開発の効率化の観点からも有効な取組となっている。スイスグリムゼル地下研究施設における国際共同プロジェクト(長期拡散試験(LTD)、長期セメント試験(LCS)、コロイド形成移行試験(CFM))では、放射性トレーサの利用など国内では実施不可能な研究成果を得られるとともに、これらの知見を国内の地下研等で実施中の試験研究の結果と統合することで、成果の最大化を目指した研究開発が進められている。

なお、スイスグリムゼル地下研究施設における国際共同プロジェクトについては、NUMO との共同研究の枠組みを活用し、共同チームとして参画しており、機構の研究者と NUMO の技術者が協働することを通じて、機構の知識や経験を NUMO に技術継承することにも寄与できている。

さらに、アジアの近隣諸国との関係では、韓国とは KAERI との技術検討会議等の継続、韓国放射性廃棄物学会主催の地下研ワークショップでの招請講演、東濃地科学センターにおける韓国電力公社国際原子力大学院の講義及び実習を行った。また、台湾とは先方からの求めに応じて、台湾電力、核能研究所等との情報交換やセミナーでの講演等を行っており、2017年に台湾電力が作成した地層処分に関する性能評価報告書(SNFD2017)の国際レビューに機構職員が参加するなど、当該地域において先導的な役割を果たすべき研究機関として、相応の貢献をしてきている。

#### 【国内機関との協力】(資料 26-3 p7)

地層処分技術に関連した研究開発を進めている電中研及び原環センターとは研究協力協定を有し、定期的な会合によりそれぞれ機関での研究開発の状況や協力の状況を確認しながら研究協力を進めて来ている。電中研とは、瑞浪での原位置トレーサ試験、幌延における掘削影響領域の観測技術の開発、両地下研での地下水年代調査技術、東海の研究施設を利用した核種移行に対するコロイド影響の確認試験等について、原環センターとは、幌延での搬送・定置試

### 第3期中長期計画期間中の研究開発における研究開発成果 評価シート（中間評価）

験、両地下研での地中無線によるモニタリング、東海におけるオーバーパックの腐食研究等で多くの成果が創出されている。

平成27年度以降は、資源エネルギー庁の委託事業を電中研、原環センター及び産業技術総合研究所と共同で受託するなど、それぞれの組織が有する人材、知識、設備を相互補完的かつ効率的に活用し、我が国の地層処分に関する基盤研究全体の最大化に向けた努力をしている。

大学及び民間企業との協力においても、既に多くの先端的な成果が創出されている（「(4) イノベーション創出への取組み」参照）ことに加え、引き続き、外部の研究者と共同で科学研究費の申請を積極的に進めるなど、新たな協力の枠組みの構築と成果の創出に努めている。

また、平成23年度から核燃料サイクル工学研究所（茨城県東海村）において開始した NUMO との共同研究については、平成28年度より東海の研究施設に NUMO の若手技術者を研究協力員として受入れ協働することを通じて、技術の継承と人材育成にも貢献してきている。成果は国内外の学会での発表や [学術論文](#) として発信してきており、この共同研究の一環として実施した、最新の核種移行パラメータ設定手法の構築については、[NUMO の包括的技術報告書](#) にも反映することができた。

上記の通り、応分の国際貢献を行うとともに、国際共同プロジェクトへの参画や、国内外の研究開発機関等との共同研究を積極的に進め、研究資源の相互補完的な活用を進め、全体として効率的かつ効果的な研究開発成果を創出し、研究成果の最大化が図られていることから、本項目についての自己評価を「A」とした。

**第3期中長期計画期間中の研究開発における研究開発成果  
評価シート（中間評価）**

評価者	委員
評価日	2019年2月 日

**評価項目：(5)国内外他機関との連携の妥当性**

＜評価の結果＞

評価結果/ 評価指標 (いずれかに○ を記載するか 選択ください)	S :特に顕著な成果の創出や将来的な特別な成果の創出の期待等が認められる。 A :顕著な成果の創出や将来的な特別な成果の創出の期待等が認められる。(達成度 120%以上) B(標準) :成果等の創出に向けた着実な進展が認められる。(達成度 100%以上 120%未満) C :一層の工夫・改善の必要性が認められる。(達成度 80%以上 100%未満) D :抜本的見直しを含め特段の工夫・改善の必要性が認められる。(達成度 80%未満)
コメント	

※評価にあたっては、＜評価の結果＞の評価指標欄のいずれかに○を付けていただき、その補足としてコメントをご記入をお願いします。



### 第3期中長期計画期間中の研究開発における研究開発成果 評価シート（中間評価）

#### 評価項目：(6) 国民との相互理解促進及び人材育成に関する活動の妥当性

##### <評価の観点に関する実績・成果及び自己評価結果>

国民との相互理解の促進の活動として、2つの深地層の研究施設を積極的に活用し、定期施設見学会を開催しており、見学後や説明後に地層処分技術に関する理解が深まったなどの意見をいただいている。関係自治体や報道機関への施設公開などを進めるとともに、NUMOが主催する一般の方々を対象とした見学会に協力した。外部機関が主催する科学イベント等に出展し、子どもをはじめとした広い年齢層に科学や地層処分について興味や関心をもってもらう活動を展開した。国やNUMOが主催するシンポジウム及び意見交換会等に研究者・技術者を派遣し、一般の方々や専門家、報道関係者等の参加者と意見交換を行い、地層処分に関する相互理解促進のための活動に協力している。

人材育成への貢献として、スーパーサイエンスハイスクールへの講師派遣、東京大学大学院工学系研究科原子力専攻(専門職大学院)(H27年度3回、H28年度3回、H29年度3回、H30年度3回)および連携大学院での講義(H27年度3回、H28年度3回、H29年度3回、H30年度3回)、夏期実習生の受け入れ(H27年度10人、H28年度10人、H29年度7人、H30年度18人)、特別研究生の受け入れ(H27年度1人、H30年度1人)に加え、[文部科学省国際原子力人材育成イニシアティブ事業](#)（オープン教材の作成・活用による実践的バックエンド教育(H26-29)）への協力等を行った。平成30年度には、関係する研究開発機関と共同で地層処分に関する「平成30年度人材育成セミナー」を開催した。

また、NUMOとの共同研究の枠組みでNUMOの若手技術者を東海の研究施設に受入れる等、実施主体の人材育成にも貢献した。さらに、国際機関が主催するセミナーの開催や国外の大学院の講義・実習の受け入れなど国外の人材の育成にも貢献した（「(5)国内外他機関との連携の妥当性」参照）

以上のように、国民との相互理解促進のための活動を積極的に展開するとともに、機構が有する研究設備、人材、研究開発成果を活用し、次世代の地層処分研究開発を支える人材の育成にも積極的に貢献が行えていることから、本項目についての自己評価を「A」とした。

### 第3期中長期計画期間中の研究開発における研究開発成果 評価シート（中間評価）

評価者	委員
評価日	2019年2月 日

**評価項目：(6) 国民との相互理解促進及び人材育成に関する活動の妥当性**

＜評価の結果＞

評価結果/ 評価指標 (いずれかに○ を記載するか 選択ください)	S : 特に顕著な成果の創出や将来的な特別な成果の創出の期待等が認められる。 A : 顕著な成果の創出や将来的な特別な成果の創出の期待等が認められる。(達成度 120%以上) B(標準) : 成果等の創出に向けた着実な進展が認められる。(達成度 100%以上 120%未満) C : 一層の工夫・改善の必要性が認められる。(達成度 80%以上 100%未満) D : 抜本的見直しを含め特段の工夫・改善の必要性が認められる。(達成度 80%未満)
コメント	

※評価にあたっては、＜評価の結果＞の評価指標欄のいずれかに○を付けていただき、その補足としてコメントをご記入をお願いします。

### 第3期中長期計画期間中の研究開発における研究開発成果 評価シート（中間評価）

評価者	委員
評価日	2019年2月 日

#### 評価項目：(7) 研究資金・人材等の研究開発資源の再配分の妥当性

##### <評価の観点に関する実績・成果及び自己評価結果>

<p>研究資金については、運営費交付金が縮減され厳しい状況である中、資源エネルギー庁委託事業等の外部からの研究資金の積極的な導入を進めた。</p> <p>研究開発の実施にあたっては、深地層の研究施設計画においては、「必須の課題」への絞り込みを行うなど、研究課題の重点化により、限られた研究開発資源を有効に分配している。加えて、国内外との共同研究等により、外部の研究資源を活用することで効率的な成果の創出を行っている（「(5) 国内外他機関との連携の妥当性」参照）。</p> <p>なお、幌延深地層研究センターにおいて、平成22年度より、研究施設の建設、維持管理および研究開発に関する業務の一部を、民間資金等活用事業（PFI事業）によって実施しており、これにより、費用削減（約90億円）と期間短縮（3年間）が行えた。</p> <p>限られた研究資源の中で、外部資金の導入や外部の研究資源の活用、資源の分配が妥当に行えていることから、本項目についての自己評価を「B」とした。</p>
---

##### <評価の結果>

評価結果/ 評価指標 (いずれかに○ を記載するか 選択ください)	<p>S : 特に顕著な成果の創出や将来的な特別な成果の創出の期待等が認められる。</p> <p>A : 顕著な成果の創出や将来的な特別な成果の創出の期待等が認められる。(達成度 120%以上)</p> <p>B(標準) : 成果等の創出に向けた着実な進展が認められる。(達成度 100%以上 120%未満)</p> <p>C : 一層の工夫・改善の必要性が認められる。(達成度 80%以上 100%未満)</p> <p>D : 抜本的見直しを含め特段の工夫・改善の必要性が認められる。(達成度 80%未満)</p>
コメント	

※評価にあたっては、<評価の結果>の評価指標欄のいずれかに○を付けていただき、その補足としてコメントをご記入をお願いします。

## 第3期中長期計画期間中の研究開発における研究開発成果 評価シート（中間評価）

評価者	委員
評価日	2019年2月 日

### (1)～(7)の総合評価

#### <評価の観点に関する実績・成果及び自己評価結果>

<ul style="list-style-type: none"> <li>・中長期計画に従った着実な研究開発を進め、地層処分技術の信頼性向上に寄与するとともに他の分野への科学的・技術的貢献が期待できる顕著な研究開発成果を創出した。研究開発の実施に当たっては、事業の受託、共同研究等を積極的に進め、これらを相互補完的に活用することで、全体として効率的かつ効果的な成果の創出、最大化を図った。</li> <li>・国が設置したワーキンググループへの参加協力を通じて、基盤的な研究開発成果を提供し、「地層処分研究開発に関する全体計画(平成30～34年度)」の策定や国による「科学的特性マップ」の公表(平成29年7月)に貢献できた。</li> <li>・共同研究を活用した NUMO の技術力強化、深地層の研究施設等の活用に加えて機構内外主催のイベント等により国民との相互理解促進を積極的に進めるなど、研究開発成果の最大化の観点から顕著な成果を得た。</li> </ul> <p>以上のことから、総合評価(自己評価)を「A」とした。</p>
--

#### <評価の結果>

評価結果/ 評価指標 (いずれかに○ を記載するか 選択ください)	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 5%; text-align: center;">S</td> <td>: 特に顕著な成果の創出や将来的な特別な成果の創出の期待等が認められる。</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">A</td> <td>: 顕著な成果の創出や将来的な特別な成果の創出の期待等が認められる。(達成度 120%以上)</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">B(標準)</td> <td>: 成果等の創出に向けた着実な進展が認められる。(達成度 100%以上 120%未満)</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">C</td> <td>: 一層の工夫・改善の必要性が認められる。(達成度 80%以上 100%未満)</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">D</td> <td>: 抜本的見直しを含め特段の工夫・改善の必要性が認められる。(達成度 80%未満)</td> </tr> </table>	S	: 特に顕著な成果の創出や将来的な特別な成果の創出の期待等が認められる。	A	: 顕著な成果の創出や将来的な特別な成果の創出の期待等が認められる。(達成度 120%以上)	B(標準)	: 成果等の創出に向けた着実な進展が認められる。(達成度 100%以上 120%未満)	C	: 一層の工夫・改善の必要性が認められる。(達成度 80%以上 100%未満)	D	: 抜本的見直しを含め特段の工夫・改善の必要性が認められる。(達成度 80%未満)
S	: 特に顕著な成果の創出や将来的な特別な成果の創出の期待等が認められる。										
A	: 顕著な成果の創出や将来的な特別な成果の創出の期待等が認められる。(達成度 120%以上)										
B(標準)	: 成果等の創出に向けた着実な進展が認められる。(達成度 100%以上 120%未満)										
C	: 一層の工夫・改善の必要性が認められる。(達成度 80%以上 100%未満)										
D	: 抜本的見直しを含め特段の工夫・改善の必要性が認められる。(達成度 80%未満)										
コメント											

※評価にあたっては、<評価の結果>の評価指標欄のいずれかに○を付けていただき、その補足としてコメントをご記入をお願いします。