

研究開発課題「地層処分技術に関する研究開発」
中間評価 報告書（案）

地層処分研究開発・評価委員会
平成 21 年 12 月 9 日

はじめに

独立行政法人 日本原子力研究開発機構（以下、機構）が進めている高レベル放射性廃棄物の地層処分技術に関する研究開発（研究開発課題名：地層処分技術に関する研究開発）について、地層処分研究開発・評価委員会では、現中期計画期間（平成 17 年 10 月～平成 22 年 3 月）の最終年度に当たる平成 21 年度に中間評価を行った。

具体的には、「国の研究開発評価に関する大綱的指針」（平成 20 年 10 月 31 日内閣総理大臣決定）、「文部科学省における研究及び開発に関する評価指針」（平成 21 年 2 月 17 日文部科学大臣決定）などにに基づき、研究開発の必要性・有効性の観点から、研究開発の意義、計画の妥当性や成果の達成度と次期（平成 22 年 4 月～平成 27 年 3 月）の計画の見通しを評価した。また、研究開発の効率性の観点から、研究開発の実施体制や費用対効果などの妥当性についても評価した。

わが国の地層処分事業は今まさに正念場にある。機構は、国、NUMO、電気事業者による処分候補地の選定に向けた取り組みを支援するとともに、来るべき概要調査や精密調査の段階を支えるべき技術基盤や支援体制を万全に整備しておく必要がある。この観点から、機構における高レベル放射性廃棄物の地層処分技術に関する研究開発のさらなる展開が望まれる。本委員会による中間評価の結果が、今後の研究開発に大いに役立てられることを強く期待する。

中間評価結果

1. 研究開発の目的・意義（研究開発の必要性）

① 国費を用いた研究開発としての意義

- 原子力発電に伴い必然的に発生する放射性廃棄物の安全かつ確実な処分は、地球温暖化対策とエネルギーの安定供給に貢献する原子力エネルギーの利用を推進し、わが国における原子力利用による社会の持続的な発展を支えるための必須の要件である。とくに高レベル放射性廃棄物の地層処分については、事業期間が数十年～百年という長期にわたり、技術的には数万年以上の超長期にわたる安全性を確保するという特徴を有することから、この技術的信頼性を恒常的に高め、国民の理解を得ていくためには、事業者の主体的な役割に加え、国の責任の下で先導的かつ長期的な視点に立った研究開発の推進が不可欠である。
- 高レベル放射性廃棄物の地層処分技術に関する研究開発の必要性や意義などは、国が定めた「原子力政策大綱」（平成 17 年 10 月）や昨年改定された「特定放射性廃棄物の最終処分に関する基本方針」（平成 20 年 4 月改定、以下、基本方針）などにおいて明確に示されている。
- 原子力政策大綱では、放射性廃棄物の効果的で効率的な処分技術はわが国にとって必須であり、研究開発機関などは、その技術の研究開発を先進的に進めるべきであるとしている。具体的には、「国、研究開発機関及びNUMOは、それぞれの役割分担を踏まえつつ、密接な連携の下で、高レベル放射性廃棄物の地層処分に係る研究開発を着実に進めていくことを期待する。NUMOには、高レベル放射性廃棄物の最終処分事業の安全な実施、経済性及び効率性の向上等を目的とする技術開発を計画的に実施していくことを期待する。また、日本原子力研究開発機構を中心とした研究開発機関は、深地層の研究施設等を活用して、深地層の科学的研究、地層処分技術の信頼性向上や安全評価手法の高度化等に向けた基盤的な研究開発、安全規制のための研究開発を引き続き着実に進めるべきである」と明記されている。
- このような国の方針に則り、わが国における高レベル放射性廃棄物の地層処分の実現という目標に向けて、機構が機構法に従って進めている高レベル放射性廃棄物の地層処分技術に関する研究開発（以下、本研究開発）の位置づけは明白であると言える。また、前述のとおり、高レベル放射性廃棄物の地層処分は超長期的な安全性の確保に重点が置かれるため、原子力エネルギーの便益を享受した世代の責任として、国の基盤研究開発としての取り組みが強く求められている。この点を踏まえて、平成 17 年 7 月に資源エネルギー庁の主導のもとに設置された地層処分基盤研究開発調整会議において、体系的かつ中長期的な基盤研究開発の展開が「高レベル放射性廃棄物の地層処分基盤研究開発に関する全体計画」（以下、全体計画）として示されており、本研究開発における個別の課題はその中に位置づけられている。
- 本研究開発の成果は、処分事業と安全規制を着実に進めるための技術基盤を強化し、

重要な意思決定プロセスを支える技術的拠り所となるものであり、この意味で科学的・技術的な意義は極めて大きく、かつ明確である。また、本研究開発の着実な推進は、基本方針においてより強く求められた「最終処分の安全性、信頼性について、分かりやすい情報発信に努めるとともに、深地層の研究施設等においては、当該研究施設や研究開発の内容の積極的な公開等を通じて、特定放射性廃棄物の最終処分に関する国民との相互理解促進に貢献していくこと」を果たすものであり、その社会的な意義は大きい。さらに、本研究開発で整備する技術の多くは、地層処分に限らず他の様々な分野にも広く活用できることから、波及効果を含む社会的意義は大きいと考えられる。

2. 研究開発の目標・計画と成果（研究開発の有効性）

① 計画の妥当性

- 本研究開発の目標は、「独立行政法人日本原子力研究開発機構が達成すべき業務運営に関する目標（中期目標）」において、「地層処分技術の信頼性の向上を図り、N UMOによる処分事業と、国による安全規制の両面を支える技術を知識基盤として整備する」ことと設定されている。また、このための具体的な目標として「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こと」、および「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こと」が明確に示されている。これらの目標は、1. で述べた高レベル放射性廃棄物の地層処分の実現に向けた国の基本的考え方に則した妥当な設定であると評価できる。
- この全体目標の達成に向けて機構が作成した「独立行政法人日本原子力研究開発機構の中期目標を達成するための計画（中期計画）」では、地層処分研究開発と深地層の科学的研究の二つの領域を設け、他の研究開発機関と連携して研究開発を進め、その成果を「地層処分の安全確保の考え方や評価に係る様々な論拠を支える「知識ベース」として体系化する」とともに、「国内外の専門家によるレビュー等を通じて技術的品質を確保した包括的な報告書と知識ベースとして取りまとめる」という目標が明示されている。さらに、二つの研究領域についても個別の研究開発における目標が設定されている。
- 具体的には、地層処分研究開発では、工学技術の信頼性向上や安全評価手法の高度化に向けた個別目標として、「人工バリア等の長期挙動や核種の移行等に関わるモデルの高度化」、「データの拡充と標準的取得手法の確立」、「現実的な処分システム概念の構築手法や全体システムモデルの整備」、「設計、安全評価手法の深部地質環境での適用性確認」が設定されている。また、知識基盤の整備については、「知識ベースの開発と知識管理システムの構築」および「知識ベースを活用した地層処分技術の理解促進のための手法開発」が設定されている。

- 一方、深地層の科学的研究では、深地層の研究施設計画における「中間深度（瑞浪市；地下 500m程度、幌延町；地下 300m程度）までの坑道掘削時の調査研究」を通じて、「地上からの調査研究で構築した地質環境モデルの確認と地上からの調査技術やモデル化手法の妥当性の評価」、さらに「精密調査における地上からの調査で必要となる技術基盤の整備」ならびに「坑道掘削に係る工学技術や掘削影響評価手法の適用性や信頼性の確認と最適化」が個別目標として設定されている。また、地質環境の長期安定性に関する調査研究については「天然事象に伴う地質環境の変化を予測・評価するための調査技術の体系化やモデル開発等」が設定されている。
- 研究開発の実施に当たっては、個別目標をさらに細分化し、より具体的な到達目標と実施内容を設定した年度ごとの詳細な計画（年度計画）が策定されている。この年度計画には、5年程度の研究開発（全体計画）の展開とNUMOや安全規制機関の技術的なニーズを踏まえ、研究開発の進捗状況の評価と課題の整理を経た上で、具体的な実施項目とその到達目標が明示されており、本委員会ならびに地層処分研究開発部門（以下、部門）が設置している地層処分研究開発検討委員会、深地層の研究施設計画検討委員会、地質環境の長期安定性研究検討委員会における技術的な審議の結果や助言などが適切に反映されていることから、計画の技術的な内容（質、量、組み合わせなど）は妥当であると評価できる。
- 以上のように、研究開発の全体目標が、成果の反映先として処分事業と安全規制の両面を念頭に置いて、個別の研究開発における実施内容と到達目標に至るまで合理的に具体化・細分化され、年度計画として策定されている点は評価できる。しかしながら、現中期計画における個別の研究開発の目標の設定に係る背景・判断根拠やその過程は必ずしも明確にはなっていない。計画全体の妥当性はこの点まで含めて評価されるべきであることから、次期中期計画の策定に当たっては、その透明性および追跡性に配慮することが重要である。
- 本研究開発の目的や内容に照らせば、全ての項目について定量的な目標（数値目標）を設定することは困難であり、実効的であるとも言えない。それ故に、実際の地質環境への適用性（技術の実用性）、処分事業と安全規制の両面の支援、研究開発成果の体系化に向けた取り組みなどの観点から、研究開発の成果や進捗（達成度）が客観的に評価できるような目標の設定が重要であるが、現行の中期計画および年度計画は必ずしもこれを満足していない。次期中期計画および年度計画の策定においては、処分事業と安全規制の段階的な進展や国民の理解醸成を先導する取り組みがなされ、研究成果がタイムリーに創出されていることが十分に評価されるような目標設定を心がけてほしい。

② 目標実現可能性

- 中期目標の達成に向けて、個別の研究開発における目標を設定した中期計画が策定され、さらに、個別目標を細分化し、より具体的な実施内容と到達目標を設定した年度計画が策定されている。全体目標を達成するための研究計画については、2. ①

で述べたように、全体計画の展開とNUMOや安全規制機関の技術的なニーズを踏まえ、研究開発の進捗状況の評価と課題の整理を経た上で、より具体的に設定されていることから、技術的には妥当な内容であり、目標に対する実現可能性も十分であると評価できる。

- ただし、中期計画の達成を目指して年度計画を着実に遂行していくためには、年度ごとの研究開発予算の確保が必要であり、業務の効率化や合理化により対応できる範囲を超えて予算が縮小するような場合には、目標を達成できる研究計画とはなり得ない。とくに、本研究開発の柱の一つである深地層の研究施設計画においては、地質環境の不確実性や様々な事態へ対応しつつ数値目標を達成しなければならない。このような状況に照らせば、現中期計画期間における予算展開は非常に厳しく、中間深度までの坑道掘削時の調査研究を進めるためには予算が十分ではなかったと言わざるを得ない。以上のことを考慮すれば、部門には確実に予算を確保する取り組みが求められ、一方、機構としては、長期的な視点に立って本研究開発への予算配分の最適化を図ることが必要と考えられる。

③ 成果の達成度、反映先に対する十分性 (目標に対する成果の達成度：全体)

- 平成 20 年度末までの成果と平成 21 年度末の成果の見込みから、現中期計画の個別目標のうち深地層の研究施設計画に関連する項目を除く他の個別目標についてはほぼ確実に達成できるものと考えられる。また、それらの研究開発については、全体予算が非常に厳しい状況であったことを勘案すれば、設定された目標に対して相応の成果が得られていると評価できる。
- 深地層の研究施設計画については、数値目標（瑞浪：地下 500m 程度、幌延：地下 300m 程度）自体には到達できない状況にある。この根本的な原因は本研究開発の予算の不足にある。また、全体予算が縮小される中、基本方針において強く求められた、国民との相互理解促進への貢献を目的とした水平坑道の整備を優先させたことや、立坑からの湧水の水質に係る環境保全対策（排水処理施設の増強など）により、深地層の研究施設の整備に遅延が生じたことも考慮しなければならない。
- 本研究開発は、処分事業が計画どおりに進むことを前提に、概要調査や精密調査の各段階を支えるべき技術基盤や支援体制を先導的に整備するとともに、国民との相互理解の促進に貢献する使命を有している。したがって、その柱の一つである深地層の研究施設計画に遅延が生じたことは、実際に処分事業に遅れが生じていることを考慮しても正当化されるべきではない。仮に処分事業が順調に進展していたならば、本研究開発（とくに深地層の研究施設計画）はその役割を十分に果たすことができず、処分事業に多大な影響を及ぼした可能性が考えられる。それ故に、本研究開発を着実に遂行していくためには、必要な予算の確保が絶対条件である。
- これまでに得られた本研究開発の成果は、候補サイトの特性を把握するための調査

技術や評価手法と経験、候補サイトへの工学技術の適用を支援するための知識、異なる技術オプションや選択肢の検討のための評価ツールやデータベース、処分場の長期安全性の確保に配慮しつつ、安全かつ合理的に建設・施工を進めていくための実用技術として活用することができる。とくに、総合的な情報、調査・解析技術、実用的なデータベースの公開は、処分事業と安全規制のみならず、様々なステークホルダーの利用を通じて、処分場の長期安全性への信頼の向上につながるものと期待される。さらに、具体的なサイトで得られるデータに基づき改良し、その妥当性を新たに得られるデータに基づき確認することにより、事業許可段階のみならず、処分場の操業中に定期的に、あるいは社会の要請などに応じて安全確認を行う場合のツールとしても活用できると期待される。

- 以上のように、地層処分技術の信頼性の向上および整備した技術基盤を実際の地質環境に適用するという実用化の観点から見た場合、本研究開発においては数多くの重要な成果が得られていると評価できる。また、それらの成果は、処分事業と安全規制の両面を支援するという観点から、その全体目標の達成に向けて国の基盤研究開発を大きく前進させるものである。

(目標に対する成果の達成度：知識基盤の整備)

- 本研究開発の柱の一つである知識ベースの整備と知識マネジメントシステムの構築は、着実に進展しており、設定された目標を達成することができると考える。
- 平成 20 年度末までに、研究開発の成果を体系化し知識基盤として管理・継承するための知識ベースの整備が図られ、国内外の専門家とのワークショップや関係機関との情報交換などを通じて、システムの有効性や主要ユーザーの技術的なニーズを確認しつつ、知識マネジメントシステムの構築が開始されるなど、着実な進展が認められる。平成 21 年度末までには、討論モデルおよび知識ベースの内容が拡充されるとともに、国内外の専門家や主要ユーザーからの要望・意見を反映して機能を拡張・改良した知識マネジメントシステムのプロトタイプが構築・公開され、主要ユーザーの試用に供されることから、設定された目標に対する達成度を満足すると判断できる。
- 知識マネジメントシステムの開発は、世界に先駆けた取り組みとして、国内外の関係機関や専門家などから大きな支持と期待が寄せられており、注目に値する成果であると言える。また、原子力に限らず他の様々な分野にも広く活用できるという波及的な効果も大きいことから、その開発は遅滞なく進められなければならない。さらに、知識マネジメントシステムのプロトタイプの公開後、すなわち次期中期計画においては、その維持・管理ならびに知識ベースの継続的な拡充を図っていくことが最も重要な課題である。

(目標に対する成果の達成度：地層処分研究開発)

- 工学技術の信頼性向上および安全評価手法の高度化についても、当初の目標に照ら

して妥当な成果が得られていると評価できる。

- 平成 20 年度末までに、人工バリアの分配・拡散係数の設定を支援するための現象論的収着・拡散モデルの開発、現実的な核種の分配係数の設定方法や熱-水-応力-化学の時空間変化を数値実験により表現する手法などの開発、人工バリアの長期挙動評価のための緩衝材基本特性データベース、核種の分配係数の設定を支援する信頼度を付与した収着データベース、地下坑道掘削時における湧水抑制のためのグラウトデータベースなどの整備が進められたことは、「人工バリア等の長期挙動や核種の移行等に関わるモデルの高度化」および「データの拡充と標準的取得手法の確立」の観点から重要な成果であると評価できる。
- また、「現実的な処分システム概念の構築手法や全体システムモデルの整備」、「設計、安全評価手法の深部地質環境での適用性確認」の観点からは、安全評価シナリオ構築支援ツール「FepMatrix」の開発とこれを用いた天然現象の影響評価手法の整備、サイト条件に柔軟に対応するためのオーバーパック材料選定オプションの検討手法の整備などに加えて、幌延深地層研究計画では、幌延の地質環境データを用いた人工バリアの設計技術の提示、原位置での低アルカリセメントの実用性に係る技術的根拠の整備なども着実に進められてきており妥当である。
- 平成 21 年度末までには、炭素鋼オーバーパックの寿命評価のためのデータベースの提示、緩衝材に関する基本特性データ、核種移行データ、微生物特性データの標準的測定方法の提案、実際の地質環境条件を考慮した現実的な処分概念に柔軟に対応できる総合的性能評価手法の例示、低アルカリセメントを用いた施工技術の適用性の確認、熱-水-応力-化学連成挙動を評価するための解析手法の整備などの成果が見込まれており、これにより当初の目標を十分に達成していると判断できる。
- 今後の課題としては、サイトの具体的な条件に対応できる人工バリアのオプション、天然現象の不確実性を考慮した性能評価手法などのさらなる高度化が必要である。また、成果としての一層の質の向上を目指すという観点からは、実際の地質環境データを用いた性能評価の試行といった高いレベルでの統合化に基づき、手法や技術の整備を進めるとともに、それに係る知識を蓄積することが望まれる。

(目標に対する成果の達成度：深地層の研究施設計画)

- 深地層の研究施設計画を通じた地質環境調査技術および深地層における工学技術の整備については、前述のとおり、深度として設定された数値目標自体への到達は困難である。ただし、目標近傍までの調査研究の実施によって相応の成果は得られている。
- 瑞浪超深地層研究所では、平成 17 年 10 月から平成 18 年 3 月までの期間、湧水の水質に係る環境保全問題により排水の中断、立坑の水没、排水の再開により立坑の掘削に遅延が生じた。排水処理施設を設置して掘削を再開した後は、湧水対策・環境対策は順調であったが、掘削工事に十分な予算を投入できなかったため、平成 20

年度末の主立坑および換気立坑の掘削はそれぞれ深度 300m、深度 330mにとどまった。平成 21 年度末までには深度 450m以深まで掘削される見込みであるが、設定された数値目標の深度（地下 500m程度）には到達しない。

- 幌延深地層研究所では、平成 20 年度末までに換気立坑および東立坑がそれぞれ深度 250m、深度 140mに到達しており、平成 21 年度末までには東立坑が深度 200m以深まで掘削される見通しである。また、深度 140mの水平坑道はすでに完成している。しかしながら、瑞浪超深地層研究所と同様、設定された数値目標（地下 300m程度）自体の深度には到達し得ない。
- 坑道掘削時の調査研究の成果として、坑道の掘削に伴う岩盤と地下水の性状や変化の継続的な観測結果に基づき、坑道設計や覆工技術などの見直しを通じて、その後の掘削工事や湧水抑制対策などの対策工事の最適化が図られた点は、目標に照らして妥当なものと言える。また、瑞浪超深地層研究所の深度 300mにおける水平坑道の整備は、前述のように、基本方針の改定により強く求められた、研究施設の積極的な公開を通じて国民との相互理解促進へ貢献する成果として評価できる。
- さらに、一連の調査評価を通じた異なる分野の地質環境情報を統合的に解釈するための考え方や枠組みの整備、新たな地質環境データに基づく地質環境モデルの確認・更新などを通じた地上からの調査技術やモデル化手法の見直し、地上からの調査の意思決定を伴う過程における考え方や根拠の整理など、実際の地質環境に適用できる調査技術の整備および知識の蓄積に係る取り組みも進められており、「精密調査における地上からの調査で必要となる技術基盤の整備」を進める観点から適切であると言える。
- 一方、地上からの調査技術やモデル化手法の妥当性に係る検討がなされているものの、その評価や不確実性の取り扱いの考え方は明確になっていないことなど、今後の課題も指摘される。立坑に大規模な断層帯が確認されたことや立坑の水没が生じたことは、決して想定外の事象ではなく、地上からの調査研究段階における不確実性を有する地質環境の予測が十分ではなかったことに起因すると考えれば、地上からの調査技術やモデル化手法の妥当性を評価し、その結果を適切にフィードバックすることは極めて重要であると言える。これは、3. ②③に述べる本研究開発におけるPDCAサイクルの実践ともつながる。これと併せて、調査に係る品質保証体系の整備も地上からの調査の技術基盤の整備に向けた重要な課題であり、今後の深地層の研究施設計画における取り組みが強く望まれる。

（目標に対する成果の達成度：地質環境の長期安定性に関する研究）

- 地質環境の長期安定性に関する研究については、当初の目標に照らして妥当な成果が得られていると評価できる。
- 平成 20 年度末までに、活動性の低い活断層を検出するための調査技術や隆起・侵食／気候・海水準変動に関する過去数 10 万年程度の履歴を解明するための調査技

術の開発、地下深部のマグマ・高温流体などを検出するための地球物理学的手法と地球化学的な手法を組み合わせた最先端技術の開発に着実な進展が認められる。また、これらの調査結果から推定される過去の変動に基づいて、10 万年程度の将来にわたる地質環境の長期的な変化を予測するためのモデルの開発が進められ、平成 21 年度末までには、地質環境の長期的な変化を予測するためのシミュレーション技術が整備される見通しであることから、個別目標の「天然事象に伴う地質環境の変化を予測・評価するための調査技術の体系化やモデル開発等」を達成していると評価できる。

- 今後の課題として、地質環境の変化に伴う地質環境特性の長期的な変化を評価する技術や超長期にわたる地質環境の変化の評価手法などについて、深地層の研究施設計画や地層処分研究開発との連携を強化し、さらに、成果の統合化を通じて高度化を図るとともに、それに係る知識を蓄積することが望まれる。

(成果の反映先に対する十分性／成果の国際的な水準)

- 本研究開発の成果は全てが論文に直結するとは限らないため、研究開発報告書の取りまとめや学会などにおける発表なども通じて、処分事業や安全規制にいかに関与・反映されているかが重要である。この観点から、本研究開発について見ると、主要な研究開発成果は論文として、あるいは、国内外の学会やワークショップなどにおける発表を通じて公開され、国やNUMO、安全規制機関などの取り組みにおける基盤的な情報として活用されており、それぞれの報告書にも反映されている。また、前述の信頼度を付与した収着データベースや安全評価シナリオ構築支援ツール「FepMatrix」など、処分場の設計や安全評価に必要な各種データベースや解析ツールが国内外の関係機関や専門家の利用に供されていることから、成果の公開・反映先は適切であると評価できる。
- また、瑞浪と幌延の深地層の研究施設計画における地上からの調査研究（第 1 段階）の成果（地上からの体系的な地質環境の調査評価技術など）が、第 1 段階の終了後に速やかに報告書として公開されているように、包括的な成果は研究開発報告書として取りまとめられ、処分事業などの段階的な進展に先行して公開されていることから、そのタイミングについても適切であると言える。さらに、現中期計画期間における本研究開発の成果は、知識マネジメントシステムのプロトタイプを通じて最新の知識ベースを柔軟に利用できる省エネ型次世代報告書（CoolRep 方式）を用いて、セーフティーケースを念頭に統合され、「CoolRep H22」としてウェブ上に公開される予定となっている。これは、地層処分の知識基盤を体系化し、事業期間を通じて継続的に提供していくための新しいアプローチとして高く評価できる。
- 主要な研究開発成果については、国際会議などでの発表、国際共同研究や国際プロジェクトへの参画などを通じて、国外の専門家による高い評価を受けており、国際的な課題に対する取り組みにも大きく貢献している。例えば、信頼度を付与した収着データベースの開発や堆積岩（間隙水）を対象とした地球化学調査の品質保証体

系の整備は世界初の試みであり、既に国外の関係機関の利用に供されている。また、知識マネジメントシステムの開発は世界に先駆けた取り組みとして、各国の関係機関や専門家などから大きな支持と期待が寄せられている。このように、本研究開発は国際的にも高いレベルにあると評価できる。

- このような状況にもかかわらず、国際的な知名度やリーダーシップが十分に評価されているとは言い難く、これは、研究開発成果の対外的なアピールの拙さに原因があると考えられる。また、査読付きの論文に加え、英語の論文や研究開発報告書の発表件数は必ずしも多いとは言えない。これは本分野の有する課題が、従来の要素還元型の研究開発とは異なりシステム構築型であるため、前述のように、個々の研究開発成果として論文化しにくいという事情を考えると理解できるものの、本研究開発の品質や国際的な位置づけを向上させる観点から、今後は、研究開発成果の公開の仕組みづくりなどを含めた積極的な取り組みも期待される。その際、重要なことは論文の内容や品質、公開のタイミングなどであって、件数だけが目標あるいは評価の対象とならないように注意すべきであり、この点は部門だけでなく、機構に対してもお願いしたい。

④ 人材養成・知的基盤整備

- 本研究開発においては、2. ③で述べたように、処分事業と安全規制の両面を支援する数多くの成果が得られていることから、関連する分野に相応の波及効果をもたらしているものと評価できる。とくに、人材養成の観点からは、本研究開発の成果（知識マネジメントシステムやデータベース）は、機構内部における職員の知識や技術力の向上に寄与するばかりでなく、機構外部に対しては、当該分野の将来を担う人材（学生）や原子力に携わる技術者を対象とした専門的実務教育（大学・大学院の講義など）に活用されている。また、本研究開発において整備・拡充を進めている研究施設は人材養成のためのフィールドとして活用されている。
- また、本研究開発の成果は、知的基盤整備の観点からも極めて有用なものであり、その波及効果は大きいと言える。本研究開発において、国内外の知見と本研究開発全体の成果を体系化しつつ整備が進められている知識ベースには、本研究開発を通じて得られた経験・ノウハウ（暗黙知）や方法論などがルールまたは事例として取りまとめられる。これを知識マネジメントシステムにより適切に管理・利用することにより、知識や技術の継承が進み、とくにNUMOへの技術移転に役立つと期待される。
- 今後、より一層の波及効果を期待するためには、本研究開発の成果を広く公開し、積極的にアピールしていくような工夫が必要である。また、本研究開発によって整備される知識や技術が処分事業や安全規制に適切に継承されていくためには、継続的な人材の養成とともに、計画的な人材の確保が求められる。とくに、機構は中核的な研究開発機関であることを考慮すると、たとえ厳しい予算状況であっても、本研究開発に携わる人材層を年齢分布に偏りなく維持（若手研究者を積極的に採用）

し、現有の技術力を発展させていかなければならない。この点については機構としての一層の努力に期待したい。

⑤ 次期計画の見通し

- 次期中期計画については現在、検討が進められており、子細な評価ができる段階ではない。しかしながら、その検討に当たっては、処分事業と安全規制へ有効に活用されるべく本研究開発の先導的かつ着実な実施、NUMOや安全規制機関へのタイムリーかつ円滑な技術移転、国民との相互理解促進への貢献の強化を念頭に置いているという点では適切であると言える。
- また、現中期計画における本研究開発の成果を踏まえて、処分場の設計や安全評価に必要な実用的データベース・解析ツールの整備、深地層環境の深度（瑞浪：深度500m程度、幌延：深度350m程度）における調査研究を通じた精密調査の技術基盤、処分概念の構築手法や総合的な安全評価手法の整備、精密調査を念頭に置いた天然現象に伴う地質環境の変化の予測・評価手法の整備を進め、研究開発成果に基づく知識ベースとしての体系を充実させいくという方向性は、本研究開発の進展（現中期計画から次期中期計画への展開）を受けて、さらに、平成20年代中頃の精密調査地区選定に備えていくという観点からも極めて妥当である。
- 今後、次期中期計画の策定、さらには具体的な到達目標と実施内容の設定とそれに基づく年度計画の策定においては、平成24年度までの全体計画フェーズ2における目標やNUMOが明示する新たな技術開発ニーズを考慮することが不可欠である。また、今般、原子力安全・保安院のニーズが明確にされたことから、サイト調査結果の妥当性を判断するための指標や、安全審査に向けた基本的考え方などの策定に必要となる情報を整理し、本研究開発の計画を吟味していくことも肝要である。さらに、本評価において記した今後の課題や改善点などへの配慮も期待したい。
- 研究施設の積極的な公開を通じた国民との相互理解促進への貢献の観点からは、幌延深地層研究所の西立坑の建設と環境整備が急務である。繰り返しになるが、研究開発計画の着実な遂行のためには予算の確保が必要である。次期中期計画の策定にあわせて、確実に予算が確保できるように、部門として、さらに機構として最大限の努力を払うべきである。

3. 研究開発実施体制（研究開発の効率性）

① 実施体制の妥当性

（研究開発の実施体制：全体）

- 部門では、東海、東濃、幌延に分散した研究開発ユニット（以下、ユニット）の特徴を活かしつつ研究開発が進められており、部門内および研究開発拠点（以下、拠点）との間で設置した会議体において、情報の共有、計画や成果の評価、課題の解決、意思決定などが行われている。また、国内外の関係機関や大学などとの連携・

協力を通じて、知識や技術の有効活用や成果の体系化などが効果的に図られている。さらに、本研究開発の実施内容や成果については、学識経験者などから成る委員会などが設置され定期的に評価・確認されており、全体として本研究開発を推進する体制とその運営は適切・妥当であると評価できる。

- しかしながら、地層処分研究開発と深地層の科学的研究との連携や深地層の研究施設の建設と研究開発との連携なども必ずしも十分とは言えず、それが研究開発の推進に少なからず影響を及ぼしていることも否定できない。したがって、情報共有の徹底は大きな課題であると指摘される。また、本研究開発における品質保証・管理については、前述のような評価・検討委員会や専門委員会における評価などに加えて、本研究開発の実施側（部門）において、成果の信頼性を保証するための方策を体系的に整備することを期待する。

(研究開発の実施体制：部門内体制)

- 部門においては、東海、東濃、幌延に分散した3ユニット、ならびに3ユニットを横断する研究開発計画の立案と推進、成果の知識化や関係機関との調整などを目的として設置されたユニットを部門長・副部門長が束ねるという体制になっており、基本的には合理的であると判断できる。また、部門では部門運営会議および研究計画会議において本研究開発に係る主要な事案の審議や意思決定が行われ、ユニット間の連携・協力が推し進められていること、研究施設の建設や安全管理、地元対応や広報活動などは拠点を中心となって進めるという役割分担が明確にされ、拠点一部門連絡調整会議などにおいて調整が図られていることは、本研究開発の推進に寄与していると評価できる。
- 深地層の研究施設計画については、研究開発の効率的かつ効果的な推進を目的として部門内での人的交流（支援）が図られていることは妥当である。例えば、現中期計画期間における幌延ユニットへの他ユニットからの異動は延べ11名であり、今後ともより積極的かつ効果的な人的交流が期待される。また、今後のCoolRep H22の取りまとめや深地層の研究施設のさらなる整備に向け、役割分担をより明確にしつつ、有機的に連携・協力を図ることができる体制づくりに努めていくことが肝要である。

(研究開発の実施体制：評価体制)

- 本研究開発の実施に当たり、部門内に学識経験者などから成る地層処分研究開発検討委員会、深地層の研究施設計画検討委員会、地質環境の長期安定性研究検討委員会が設置され、特定のテーマに関する専門委員会やワークショップ、国内外の関係機関との技術検討会議などが適宜開催されているなど、本研究開発の実施内容や成果の品質について、第三者からの技術的評価を受ける体制が整備・運用されている点は評価できる。また、本委員会も本研究開発を多角的な視点から、審議・評価する役割を果たしてきている。これらの委員会にはNUMOや安全規制の関係機関の専門家も加わっており、処分事業と安全規制のそれぞれの視点で評価を受けている

ことも適切である。

- しかしながら、研究開発における品質保証・管理は、調査研究を実施する一人ひとりの研究者から始めなければならない課題であり、その観点からは、個別の調査や解析における透明性と追跡性の確保を目指した品質保証・管理方策を整備・体系化しておくことが重要である。また、2.③で述べたように、研究開発成果のより積極的な公開を通じて、その品質の確認・評価を進めていく取り組みも必要である。

(研究開発の実施体制：連携・協力体制)

- 国内外の関係機関や大学などとの連携・協力については、双方が有する知識や技術、研究施設などの有効活用や研究開発成果の体系化が進められており、本研究開発の国際的なレベルの維持が図られていると判断できる。また、NUMOや安全規制機関についても、協力協定に基づく技術協力や人的交流が継続されている。平成19年度からは幌延深地層研究計画において原子力安全基盤機構および産業技術総合研究所との共同研究が進められており、今年度にはNUMOの2010年技術レポート取りまとめの技術的支援が開始された。このような連携・協力の取り組みが、NUMOや安全規制の関係機関の技術力の向上・強化に大きく貢献している点は評価できる。
- 今後は、前述の連携・協力体制が強化され、本研究開発がより効率的かつ効果的に推進されるとともに、それを通じて地層処分に携わる人材の養成やオールジャパンとしての技術力の向上が図られることに期待したい。また、技術交流や人材交流の中身が充実し、それがNUMOや安全規制機関への円滑な技術移転につながることを強く期待する。

② 研究開発の手段やアプローチの妥当性

(研究開発の実施手段)

- 本研究開発は、部門の研究者が自ら実施することが基本となっているものの、関係機関が有する、あるいは他分野における最新の知見や技術を本研究開発に有効活用できると判断される場合や、より効率的な実施が期待されると判断される場合などには、本研究開発の一部が国内外の関係機関や大学、民間企業との共同研究や委託研究などとして実施されている。また、平成19年度からは、全体計画の中で示された工学的な視点に重点をおいた技術開発や要素技術の高度化に係る課題について、資源エネルギー庁からの受託事業として実施されており、この取り組みと併せて、調査評価技術の体系化や実用化が進められていることは大いに評価できる。このように、機構外の研究資源の有効活用を図りつつ本研究開発を着実に進めるという研究開発の実施手段は妥当である。
- 一方、全体予算の圧縮により純粋な研究開発は縮小する傾向にある。これを補完するために、前述の受託事業などの外部資金の導入が図られたものの、部門の人材と研究施設がそれらの研究に活用される割合が高くなったために、科学的な視点での

研究開発が沈滞化してしまうことが懸念される。この問題も、予算と人材の確保に帰着することとなるが、業務の効率化・合理化や実施体制の見直しにより改善が図られると期待する。

(研究開発のアプローチ)

- 本研究開発は、現中期計画の個別目標を細分化し、より具体的な到達目標と実施内容を設定した年度計画に基づいて展開されている。具体的には、P D C Aサイクルが実践され、年度当初における計画策定→年度計画に基づく個別課題の実施→年度途中での進捗状況の確認→評価結果に基づく計画の見直し→年度末における成果の評価→評価結果を反映した次年度計画の策定、という流れが明確になっている点は評価できる。
- 研究開発の品質ならびに信頼性の向上という観点からは、前述のP D C Aサイクルにおける、Check (進捗状況の確認や成果の評価) および Action (評価結果に基づく研究計画の見直し・策定) がとくに重要である。このうち、進捗状況の確認や成果の評価は、機構および部門として、さらに、本委員会ならびに部門が設置している3検討委員会などを通じて適切に実施されている。一方、評価結果などは研究計画の見直しや策定に反映されていると判断されるものの、その際の考え方や反映された結果が必ずしも明確に示されてはならず、結果的に本研究開発が淡々と進められているという印象は否めない。本研究開発における次の年度や計画への展開の妥当性を明確に示していくためには、とくに意思決定を伴う過程における考え方や根拠、必要な情報、判断の結果について、透明性および追跡性をより一層高めていくことが求められる。これらについては、今後の本研究開発の中で確実に実施されることを強く期待する。
- 深地層の研究施設計画の3段階および各段階の調査ステップにおける次の段階およびステップへの展開は、多くの場合において年度単位のP D C Aサイクルとは整合しない。深地層の研究施設計画は処分事業とは明確に区分されるものの、その段階的な展開は処分地選定に向けたサイト調査の展開と調和的な部分も多いことから、段階単位あるいは調査ステップ単位のP D C Aサイクルの実践において、意思決定に至るまでの過程や考え方、判断の根拠などを明確にすることにより、実用的な知識基盤を整備することができると考えられる。
- 実際に深地層の研究施設計画の地上からの調査研究(第1段階)においては、例えば、超深地層研究所計画(瑞浪)では、既存情報の調査からボーリング孔間での調査に至る5ステップでP D C Aサイクルが「繰り返しアプローチ」として実践され、それを通じて蓄積したノウハウや判断根拠が知識基盤の整備に大きく寄与している。このような実績を有しているにもかかわらず、現在の坑道掘削時の調査研究においては、その展開に即したP D C Aサイクルが必ずしも十分に機能しているとは言い難い。この点についても今後、確実に改善されることを強く期待する。

③ 目標・達成管理の妥当性

- 本研究開発における目標の達成状況については、3. ②に述べたようにP D C Aサイクルの実践の中で管理されている。部門においては、機構全体として理事長が実施するP D C Aサイクルに加えて、部門長が実施する部門独自のP D C Aサイクルが運用され、設定された目標に対する達成度や課題などが定期的に評価されるとともに、その結果が研究計画の見直しや策定に反映されていることから、P D C Aサイクルに基づく自己評価・管理の仕組みは妥当である。また、本委員会ならびに部門が設置している3検討委員会において、専門的かつ多角的な視点からの評価が行われており、これによって自己評価結果の妥当性が確認されている点は評価できる。
- 前述のような仕組みは整備されているものの、2. ①で指摘したように、現行の中期計画および年度計画においては、研究開発の成果や達成度が客観的に評価しにくい目標設定がなされており、また、その評価の視点や基準も定性的である。これにより、Check（進捗状況の確認や成果の評価）が曖昧で感覚的になる傾向は否定できず、その結果がAction（評価結果に基づく研究計画の見直し・策定）に効果的に繋がりにくいと考えられる。したがって、自己評価・管理の実効性を高めていくためには、評価の考え方、視点や基準などの明確化が必要である。

④ 費用対効果の妥当性

- 本研究開発は、中長期的な基盤研究開発として継続的に展開されるべきであり、地層処分技術の信頼性の向上を図り、処分事業と安全規制の両面を支える知識基盤を整備するという使命を有していることを考慮すると、費用対効果を定量的に示すことは困難である。むしろ、短期的な費用対効果を論ずるよりも、中長期的な視点で本研究開発がもたらす効果を適切に評価することの方が重要である。
- 現中期計画期間においては、全体予算の縮小（不足）により、深地層の研究施設計画においては数値目標自体には到達できない状況にあるものの、目標近傍までの調査研究によって相応の成果が得られていると判断でき、これ以外の個別目標については設定された目標を満足する成果が得られている。これらの成果は国際的にも高いレベルにあり、処分事業と安全規制の両面を支援するだけでなく、国民との相互理解の促進にも貢献するものである。また、本研究開発における連携・協力の取り組みにより、NUMOや安全規制機関の技術力の向上に貢献しているなどの効果を勘案すれば、総じて費用対効果は十分なレベルにあると評価できる。
- なお、前述のような性質を有する本研究開発について短期的な費用対効果を評価するのであれば、事前に評価期間を明確に定め、その終了時点での達成度の評価が客観的に評価できるような目標の設定、および評価の考え方、視点や基準などを明確にしておくことが必要である。また、成果のアピールや将来を担う人材の養成などの観点からも、効果が適切に評価できるような方策を検討すべきである。

⑤ 情報発信、国民との相互理解の促進

- 地層処分に関する国民との相互理解の促進は、事業者ならびに国（資源エネルギー庁）が主体的に取り組むべき課題であり、機構（部門）にはその取り組みを側方および後方から継続的に支援する役割が求められている。具体的には、基本方針に示されているように、「最終処分の安全性、信頼性について、分かりやすい情報発信に努めるとともに、深地層の研究施設等においては、当該研究施設や研究開発の内容の積極的な公開等を通じて、特定放射性廃棄物の最終処分に関する国民との相互理解促進に貢献していくこと」が示されている。
- 前述の役割を踏まえ、本研究開発においては、研究施設への見学者の受け入れ、公開の報告会や情報交換会などの開催、学生・一般向けのセミナー、地域住民への広報誌の配布、ホームページやマスメディアを通じた情報発信などが積極的に行われており、また、資源エネルギー庁が主催する地層処分説明会「全国エネキャラバン」などへの支援も行われていることから、国民との相互理解の促進に向けた取り組み内容は適切であると言える。
- 具体的には、研究施設への見学者の随時受け入れや、瑞浪および幌延での毎月1回の施設見学会、地元自治体や地域住民を対象とした定期的な報告会や説明会などが開催され、深地層の研究施設の現状や研究開発の計画・成果などに関する意見交換が図られている。また、瑞浪および幌延の深地層の研究施設計画における地上からの調査研究の成果や知識マネジメントシステム開発の現状などをテーマとした公開の報告会などが節目ごとに開催され、主要なユーザーや関係者のみならず、多くの方々との意見交換が図られている。このような継続的な取り組みにより、平成20年度は、瑞浪および幌延の深地層の研究施設への見学者総数が5千名を超え、ホームページへのアクセス件数が全体として約586万件にも上っているなど、継続的な取り組みの効果も数字として現れてきていると評価できる。
- また、様々な手段を用いて、より多くの機会を設け、より多くの方々に情報を発信することを心がけるとともに、住民の関心がある情報を適切なタイミングで公開して、学習・体験ツールなどを用いて分かりやすく説明するなど、その透明性や内容についても改善が図られていることから、国民との相互理解に向けた努力は妥当であると評価できる。
- 今後も国民との相互理解のより一層の促進に向けて、事業主体を支援して地道な取り組みを継続するとともに、より効率的かつ効果的な手法を模索していくことが重要である。その際、同様の取り組みを行っている関係機関との役割分担を明確にして、より効率的に活動を進めていくことが肝要である。また、幌延に新たに建設された国際交流施設などを積極的に活用し、国際会議やイベントなどを開催することを通じて、さらなる理解醸成を図っていくことなどにも引き続き努力してもらいたい。また、地層処分はわが国の原子力平和利用にとって不可欠な課題であることから、機構に対しても、広報関係部署のより一層の努力を期待したい。

4. その他

① 副次的な効果に関する評価（多分野への応用や貢献）

- 本研究開発においては、地層処分の長い事業期間における情報の爆発的な増加と多様化、経験を積んだ専門家の退職などによる知の喪失などに対応するために、知識マネジメントシステムの開発が進められている。このような問題は地層処分に限ったことではなく、他の様々な分野においても同様の事態が想定され得る。このため、本研究開発において構築した知識マネジメントシステムは、それらの分野にも広く応用できるものと期待される。
- また、知識マネジメントシステムの中の討論モデルは、ある主張の根拠となる様々な論証と、その論証に対して考え得る反証との連鎖が表現されるため、国民との相互理解に向けたQ&Aや広報の素材としての活用も期待できる。さらに、知識マネジメントシステムでは、必要とする知識をデータや参考文献などの関連情報と合わせて体系的に引き出せることから、これを大学の授業などの教育活動に応用することも可能である。
- 本研究開発で得られた知識マネジメントシステム以外の成果についても、幅広く活用・応用することができる。例えば、各種のデータベースや品質保証体系などは、教育や学術的な研究に限らず、学会による標準化の取り組みなどにも大きく貢献するものである。地質環境の調査評価技術は、重要施設の建設に先立つ断層調査やCO₂地下貯留のための地質環境調査などに活用でき、地下施設の設計・施工技術は地下発電所やトンネル工事などに応用できる。総じて、本研究開発においてこれまでに得られた成果は、多くの副次的な効果をもたらすものとして高く評価できる。

5. 総合評価

① 上記各項目の評価を踏まえた総合的な判断

- わが国における高レベル放射性廃棄物の地層処分の実現という目標に向けて、機構がその中核的役割を担いつつ、国の基盤研究開発として進めている本研究開発の位置付けは明白であり、また、地層処分技術の信頼性の向上、処分事業および安全規制の両面を支える知識基盤の整備、国民との相互理解促進への貢献の観点から、その科学的・技術的・社会的意義も極めて大きい。本研究開発の必要性については、改めて論ずるには及ばない。
- 本研究開発においては、現中期計画（平成17年10月～平成22年3月）において設定された全体の目標に対して、全体計画の展開とNUMOや安全規制機関の技術的なニーズを踏まえて、年度単位の具体的な実施内容と到達目標の設定が適切になされ、研究開発の予算が縮小（不足）する厳しい状況にはあるものの、設定された目標に照らして相応の成果が得られてきていると判断できる。しかしながら、予算

の不足により深地層の研究施設計画が数値目標を達成できない状況に至ったことには懸念を表する。

- これまでに整備を図ってきた実用化に向けた技術基盤や、平成 22 年 3 月に公開予定の現中期計画の成果報告書（CoolRep H22）、最新の知識ベースおよび知識マネジメントシステムのプロトタイプなどは、国際的に見ても高い水準にある。これらの成果は、地層処分技術の信頼性の向上、処分事業および安全規制の両面の支援に限らず、国民との相互理解促進への貢献、人材の養成やオールジャパンとしての技術力の向上、さらには他の様々な分野における活用・応用など多面的な効果をもたらすものとして評価できる。
- 本研究開発のマネジメントについては、今後、改善すべき点は指摘されるものの、部門内および国内外の関係機関などとの連携・協力体制は適切であり、PDCA サイクルに基づく本研究開発の実施および評価の仕組みも適切に整備されていると評価できる。また、深地層の研究施設における水平坑道の整備や様々な手段を用いた情報発信など、国民との相互理解促進への努力も妥当であると評価できる。
- 次期中期計画（平成 22 年 4 月～平成 27 年 3 月）については、今後、具体的な検討がなされることになるが、処分事業と安全規制を技術的に支援すべき本研究開発の先導的かつ着実な実施、NUMO や安全規制機関へのタイムリーかつ円滑な技術移転、国民との相互理解促進への貢献の強化を念頭に置いているという点で適切であると言える。今後の本研究開発は、②に述べるような諸点に留意して着実に進めてほしい。

② 今後の研究開発に向けた提言

- 長期にわたる処分事業を円滑に進めていくためには、今後とも国が責任をもって技術基盤の継続的な強化を図り、国民の信頼を得ながら、段階的な意思決定の手順を踏んでいく必要がある。その中で、機構は中立公正な中核研究開発機関として、深地層の研究施設計画を中心とする基盤的な研究開発を着実に進め、得られた成果を処分事業や安全規制を支える知識基盤として提供していく使命を有している。また、研究施設や研究成果の公開を通じて、国民との相互理解促進に貢献していくことも、機構の重要な役割である。
- わが国の処分事業は、今まさに正念場にあり、国、NUMO、電気事業者が、処分候補地の確保を目指して全力で取り組んでいるところである。研究開発機関においては、このような取り組みを支援するとともに、処分候補地の選定が計画どおりに進むことを前提に、概要調査や精密調査の段階を支えるべき技術基盤や支援体制を万全に整備しておく必要がある。そのためには、地質環境の調査から安全評価までを一気通貫で実施できる、層の厚い人材と研究施設を有する機構の総合的技術力の維持・強化が不可欠である。
- 5. ①に述べたように、現中期計画を通じて、深地層の研究施設計画をはじめとする

研究開発は一定の進展をみた。ただし、深地層の研究施設の整備に伴い施設経費が増加する中、全体の研究開発予算が圧縮されてきたため、純粋な研究開発は縮小・鈍化する傾向にある。その一方で、機構本来の研究資源（人材と研究施設）が受託研究や共同研究に活用される割合が高くなってきている。このような外部資金の導入は、機構の研究開発を補完するうえで有効ではあるが、それだけでは、機構が本来的に果たすべき技術の体系的な整備や科学的視点に立った創造的な研究開発が停滞してしまう。また、その結果として、機構が長年にわたって培ってきた総合的で厚みのある技術力が軽薄化・陳腐化していくことが懸念される。

- 次期中期計画においては、平成 20 年代中頃の精密調査地区選定に備えて、深地層の研究施設を本格的な研究の場である深地層環境の深度（瑞浪：深度 500m程度、幌延：深度 350m程度）まで展開しながら、地質環境の調査や現実に即した処分システムの設計・安全評価などに必要となる技術の基盤を確実なものとし、それらを誰もが活用できる知識基盤として整備していくことが重要である。
- また、長期にわたる処分事業を支えていくための人材の養成や国民・社会への情報発信、理解醸成への配慮も必要である。このような幅広い観点から日本の地層処分事業を支えていくためには、受託研究などの個別の研究テーマに特化されない機構独自の研究資金を十分に確保し、中長期を見据えた全体戦略と計画性をもって、かつ状況に応じた柔軟性をもって総合的に研究開発を進めていく必要がある。これにより、処分事業と安全規制の段階的な進展や国民との相互理解の促進を先導する研究成果をタイムリーに創出しながら、機構の総合的技術力をさらに研鑽していくことが重要である。

以 上