



平成26年度 研究開発・評価報告書
評価課題「地層処分技術に関する研究開発」
(中間評価)

Evaluation Report of Research and Development
on "Geological Disposal of High-level Radioactive Waste"
(Interim Report)

地層処分研究開発推進部

Geological Disposal Research and Development Department

バックエンド研究開発部門

Sector of Decommissioning and Radioactive Waste Management

February 2016

Japan Atomic Energy Agency

日本原子力研究開発機構

JAEA-Evaluation

本レポートは国立研究開発法人日本原子力研究開発機構が不定期に発行する成果報告書です。
本レポートの入手並びに著作権利用に関するお問い合わせは、下記あてにお問い合わせ下さい。
なお、本レポートの全文は日本原子力研究開発機構ホームページ (<http://www.jaea.go.jp>)
より発信されています。

国立研究開発法人日本原子力研究開発機構 研究連携成果展開部 研究成果管理課
〒319-1195 茨城県那珂郡東海村大字白方 2 番地4
電話 029-282-6387, Fax 029-282-5920, E-mail:ird-support@jaea.go.jp

This report is issued irregularly by Japan Atomic Energy Agency.
Inquiries about availability and/or copyright of this report should be addressed to
Institutional Repository Section,
Intellectual Resources Management and R&D Collaboration Department,
Japan Atomic Energy Agency.
2-4 Shirakata, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken 319-1195 Japan
Tel +81-29-282-6387, Fax +81-29-282-5920, E-mail:ird-support@jaea.go.jp

平成 26 年度 研究開発・評価報告書
評価課題「地層処分技術に関する研究開発」（中間評価）

日本原子力研究開発機構
バックエンド研究開発部門 地層処分研究開発推進部

(2015 年 10 月 22 日 受理)

独立行政法人日本原子力研究開発機構（以下、原子力機構）は、「国の研究開発評価に関する大綱的指針」（平成 24 年 12 月 6 日内閣総理大臣決定）及び「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 26 年 5 月 19 日文部科学大臣決定）、並びに原子力機構の「研究開発課題評価実施規程」（平成 17 年 10 月 1 日制定、平成 18 年 1 月 1 日改正、平成 21 年 8 月 19 日改正）等に基づき、平成 26 年 6 月 30 日に「地層処分技術に関する研究開発」に係る中間評価を地層処分研究開発・評価委員会に諮問した。

これを受けて、地層処分研究開発・評価委員会は、「国の研究開発評価に関する大綱的指針」等に則り事前に定めた評価手法に従い、第 2 期中期計画期間（平成 22 年 4 月～平成 27 年 3 月）の研究開発の実施状況及び次期の計画の見通しについて、研究開発の必要性、有効性、効率性等の観点から評価を行った。その結果、第 2 期中期計画期間における研究開発の着実な進展や、地層処分技術の信頼性の向上と実用化に向けた成果の重要性等を確認する一方、地層処分について国民との相互理解の促進や総合的な技術基盤の維持・強化に加え、処分事業の長期性を考慮に入れた技術・知識の継承等の観点から、今後の研究開発を着実に進めていくための提言等を中間評価として取りまとめ、答申いただいた。

本報告書は、地層処分研究開発・評価委員会より提出された中間評価の検討過程やその結果を取りまとめるとともに、「評価結果（答申書）」を添付したものである。

本報告書は、地層処分研究開発・評価委員会が「国の研究開発評価に関する大綱的指針」等に基づき実施した外部評価の結果を取りまとめたものである。

日本原子力研究開発機構 バックエンド研究開発部門 地層処分研究開発推進部 処分システム研究計画推進課（事務局）

核燃料サイクル工学研究所：〒319-1194 茨城県那珂郡東海村村松 4-33

Evaluation Report of Research and Development on “Geological Disposal of High-level Radioactive Waste” (Interim Report)

Geological Disposal Research and Development Department
Sector of Decommissioning and Radioactive Waste Management
Japan Atomic Energy Agency
Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken

(Received October 22, 2015)

Japan Atomic Energy Agency (JAEA) consulted the advisory committee, “Evaluation Committee on Research and Development (R&D) Activities for Geological Disposal of High-Level Radioactive Waste”, for an interim review of R&D activities on high-level radioactive waste disposal in accordance with “General Guideline for the Evaluation of Government Research and Development (R&D) Activities” by the Cabinet Office, Government of Japan, “Guideline for Evaluation of R&D in Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology” and JAEA’s “Regulation on Conduct for Evaluation of R&D Activities”.

In response to JAEA’s request, the Committee reviewed mainly the progress of the R&D project on geological disposal, the relevance of the project outcome during the period of the second midterm plan (FY2010-2014) and the prospect of the next term in light of requirements and effectiveness for R&D activities. As a result, the Committee concluded that the progress of the R&D project was satisfactorily made from the viewpoint of improvements of reliability and practicality for implementation. In addition, the Committee provided a couple of advises to be addressed in the project in next term in light of transfer of techniques and the knowledge taking account of the long-term implementation of the repository program.

Keywords: Geological Disposal, High-level Radioactive Waste, Evaluation Committee, Interim Review

This evaluation report presents the result of third-party evaluation conducted in accordance with the “General Guideline for the Evaluation of Government R&D Activities” by the Cabinet Office, Government of Japan, etc.

目 次

1. 概要	1
2. 地層処分研究開発・評価委員会の構成	2
3. 審議の経過	3
4. 評価方法	5
5. 評価結果（答申書）	6
付録（日本原子力研究開発機構作成資料）	33

Contents

1. Overview	1
2. Evaluation Committee on R&D Activities for Geological Disposal of High-level Radioactive Waste	2
3. Status of assessment	3
4. Procedure of assessment	5
5. Results of assessment (Committee Report)	6
Appendix (documents owned by Japan Atomic Energy Agency)	33

This is a blank page.

1. 概要

独立行政法人日本原子力研究開発機構（以下、原子力機構）は、「国の研究開発評価に関する大綱的指針」（平成 24 年 12 月 6 日内閣総理大臣決定）及び「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 26 年 5 月 19 日文部科学大臣決定）、並びに原子力機構の「研究開発課題評価実施規程」（平成 17 年 10 月 1 日制定、平成 18 年 1 月 1 日改正、平成 21 年 8 月 19 日改正）等に基づき、平成 26 年 6 月 30 日に「地層処分技術に関する研究開発」に係る中間評価を地層処分研究開発・評価委員会（以下、本委員会）に諮問した。

これを受けて、本委員会は、本委員会によって定められた評価手法に従い、研究開発の必要性及び有効性の観点から、第 2 期中期計画期間（平成 22 年 4 月～平成 27 年 3 月）の研究開発の意義、目標・計画の妥当性や成果の達成度及び次期の計画の見通しについて評価を行った。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を行った。

その結果、本委員会による中間評価の総合的な判断の概要は次のとおりである。

原子力機構が進めている地層処分技術に関する研究開発は、国の基盤研究開発として、その科学的・技術的・社会的意義は極めて大きく、予算削減や福島支援による人員縮小にもかかわらず設定された目標を満足する成果が得られていることは評価に値する。この成果は国際的にも高い水準にあり、地層処分技術の信頼性の向上、人材養成やオールジャパンとしての技術力の向上に貢献している。社会的にも地層処分に関する国民との相互理解促進に貢献してきた。次期計画の見通しについては、処分事業と安全規制への技術的支援や国民との相互理解活動への貢献等を念頭に置いて適切に検討が進められている。

また、本委員会は、国民との相互理解の促進に加え、事業の本格化を見越した人材の養成等の点から今後の研究開発を着実に進めていくための提言を行った。

本報告書は、本委員会が実施した「地層処分技術に関する研究開発」に係る中間評価の結果を取りまとめたものである。

2. 地層処分研究開発・評価委員会の構成

本委員会は平成 18 年 1 月 1 日に設置され、平成 27 年 3 月 31 日現在、以下の 9 名で構成されている。

委員長	小島 圭二	地圏空間研究所 代表（東京大学名誉教授）
委 員	大西 有三	関西大学 環境都市工学部 都市システム工学科 特任教授
	高橋 正樹	日本大学 文理学部 地球システム科学科 教授
	朽山 修	原子力安全研究協会 処分システム安全研究所 所長
	中村 浩美	中村浩美事務所 科学ジャーナリスト/キャスター
	西垣 誠	岡山大学大学院 環境生命科学研究科 教授
	藤川 陽子	京都大学 原子炉実験所 准教授
	藤原 啓司	原子力発電環境整備機構 技術部 技術部長
	八木 絵香	大阪大学 コミュニケーションデザインセンター 准教授

（委員については五十音順）

3. 審議の経過

- (1) 第 11 回 地層処分研究開発・評価委員会：平成 22 年 11 月 4 日～5 日
 - 研究開発に関連する最近の状況
 - 幌延深地層研究計画の現状と今後の展開
 - 現場視察
- (2) 第 12 回 地層処分研究開発・評価委員会：平成 23 年 3 月 16 日
(東日本大震災の発生により中止)
 - 研究開発に関連する最近の状況
 - 地層処分技術に関する研究開発の進捗状況
- (3) 第 13 回 地層処分研究開発・評価委員会：平成 23 年 11 月 9 日
 - 研究開発に関連する最近の状況
 - 福島支援業務の状況
- (4) 第 14 回 地層処分研究開発・評価委員会：平成 24 年 3 月 23 日
 - 研究開発に関連する最近の状況
 - 地層処分システムの超長期の安全評価
 - 知識マネジメントシステム改良の今後の展開
- (5) 第 15 回 地層処分研究開発・評価委員会：平成 24 年 12 月 6 日
 - 研究開発に関連する最近の状況
 - 研究開発の個別進捗状況について
- (6) 第 16 回 地層処分研究開発・評価委員会：平成 25 年 3 月 19 日
 - 研究開発に関連する最近の状況
 - 研究開発の個別進捗状況について
- (7) 第 17 回 地層処分研究開発・評価委員会：平成 25 年 12 月 11 日
 - 研究開発を取り巻く状況と今後の取りまとめについて
 - 平成 25 年度における個別研究開発の現状および今後の予定について
 - 第 2 期中期計画取りまとめの骨格について
- (8) 第 18 回 地層処分研究開発・評価委員会：平成 26 年 3 月 27 日
 - 深地層の科学的研究および地層処分研究開発の現状について
 - 機構改革に伴う成果取りまとめと今後の研究開発計画
 - 機構改革に伴う報告書作成について全体討論

(9) 第 19 回 地層処分研究開発・評価委員会：平成 26 年 6 月 30 日

- 地層処分技術に関する研究開発の中間評価に係る諮問
- 地層処分技術に関する研究開発（機構改革に伴う「成果の取りまとめ」と今後の「必須の課題」を中心）の中間評価に係る自己点検

(10) 第 20 回 地層処分研究開発・評価委員会：平成 26 年 9 月 5 日

- 地層処分技術に関する研究開発（機構改革に伴う「成果の取りまとめ」と今後の「必須の課題」を中心）に対する暫定的な評価

(11) 『「地層処分技術に関する研究開発」に係る「中間評価」の暫定評価に基づく見解について』：
平成 26 年 9 月 19 日

(12) 第 21 回 地層処分研究開発・評価委員会：平成 27 年 2 月 5 日

- 地層処分技術に関する研究開発の中間評価に係る自己点検
- 地層処分技術に関する研究開発の中間評価

(13) 第 22 回 地層処分研究開発・評価委員会：平成 27 年 3 月 19 日

- 地層処分技術に関する研究開発の中間評価結果の報告書を取りまとめ、全員の合意のもとで答申書を作成した。

(14) 「地層処分技術に関する研究開発」に関する中間評価について答申：平成 27 年 3 月 20 日

4. 評価方法

以下の評価作業手順及び評価項目に従い、地層処分研究開発推進部、核燃料サイクル工学研究所環境技術開発センター基盤技術研究開発部、東濃地科学センターそして幌延深地層研究センターより提出された地層処分技術に関する研究開発の実施に関する説明資料の検討、ならびに口頭発表と質疑応答を行った。

4.1 評価作業手順

本中間評価の結果を取りまとめるに当たっては、以下の手順で評価を行った。

- (1) 原子力機構理事長の諮問
- (2) 被評価者からの当該研究開発に関する説明
- (3) 被評価者が上記項目について自己点検し報告
- (4) 自己点検結果についてヒアリング
- (5) 評価案の検討
- (6) 答申書の作成
- (7) 答申

4.2 評価項目

- (1) 研究開発の目的・意義（研究開発の必要性）
 - 国費を用いた研究開発としての意義
- (2) 研究開発の目標・計画と成果（研究開発の有効性）
 - 計画の妥当性
 - 目標実現可能性
 - 成果の達成度、反映先に対する十分性
 - 人材養成・知的基盤整備
 - 次期計画の見通し
- (3) 研究開発実施体制（研究開発の効率性）
 - 実施体制の妥当性
 - 研究開発の手段やアプローチの妥当性
 - 目標・達成管理の妥当性
 - 費用対効果の妥当性
 - 情報発信、国民との相互理解の促進
- (4) その他
 - 副次的な効果に関する評価（多分野への応用や貢献）
- (5) 総合評価
 - 上記各項目の評価を踏まえた総合的な判断

5. 評価結果（答申書）

平成 27 年 3 月 20 日

独立行政法人日本原子力研究開発機構
理事長 松浦 祥次郎 殿

地層処分研究開発・評価委員会
委員長 小島 圭二

研究開発課題の中間評価について（答申）

平成 26 年 6 月 30 日付貴発「26 原機（地）041」において、当委員会に諮問のあった「地層処分技術に関する研究開発」に関する中間評価について、その評価結果を別紙のとおり答申します。

（答申内容）

「地層処分技術に関する研究開発」に係る中間評価結果

以 上

(別 紙)

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

平成 27 年 3 月 20 日
地層処分研究開発・評価委員会

はじめに

地層処分研究開発・評価委員会（以下、本委員会）では、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、平成 26 年 6 月 30 日に機構理事長からの諮問を受け、現行の「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）」の対象期間（平成 22 年 4 月～平成 27 年 3 月）の最終年度に当たる平成 26 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 24 年 12 月 6 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 26 年 5 月 19 日文部科学大臣決定）などに基づき、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の計画の見通しについて評価した。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。

今般の「中間評価」は段階的に行った。機構では、文部科学省日本原子力研究開発機構改革本部が決定した「日本原子力研究開発機構の改革の基本的方向」（平成 25 年 8 月 8 日）により、「今後早急に、瑞浪及び幌延の坑道における調査研究の成果を取りまとめ、施設の廃止を含め今後の方針を策定すること」が求められ、これを受けて、具体的な改革計画（「日本原子力研究開発機構の改革計画 自己改革 ―「新生」へのみち―」平成 25 年 9 月）（以下、改革計画）を策定し公表した。その中の事業の見直しの一環として、瑞浪と幌延の 2 つの深地層の研究施設については、平成 27 年 3 月までに予定していた研究開発成果の取りまとめを前倒しして平成 26 年 9 月末までに行うとともに、併せて深地層の研究施設で行うべき残された必須の課題を明確にすることとされた。このため、機構より本委員会に対し、機構改革に伴い前倒しで行う成果の取りまとめと必須の課題の抽出について技術的な信頼性や妥当性を確保する観点から、「中間評価」の過程において途中経過としての評価結果の提示要請があった。これを受けて本委員会では、その時点で明らかになっていなかった次期計画に係る分を除き、年度末までの成果の見通しを含め「中間評価」を前倒しで行い、その暫定的な評価結果を基に委員会としての見解を示した。その後「次期計画の見通し」が得られた段階で改めて「中間評価」を行った。

平成 26 年 4 月の「エネルギー基本計画」において、「我が国においても、現時点で科学的知見が蓄積されている処分方法は地層処分である。他方、その安全性に対し十分な信頼が得られていないのも事実である。」と指摘されているように、地層処分の安全性について国民の信頼が期待通りに得られているとは言えない状況にある。また、福島第一原子力発電所事故

後、国を含め原子力関係の機関いずれもが国民の信頼を失っている。わが国における地層処分の実現のためには、国民との相互理解を深めていくことはもとより、そこに所属している科学者や技術そのものに対する信頼獲得について、より一層の努力を払っていかねばならない。加えて、機構は、国が前面に立って行われる最終処分場の立地選定に向けた取り組みを支援するとともに、来た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。

以上のような観点から、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には、次期の計画においても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、今後の研究開発のみならず国民の相互理解と信頼獲得にも積極的に役立てられることを強く期待する。

以上

「地層処分技術に関する研究開発」に係る中間評価結果

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

エネルギー基本計画（平成 26 年 4 月）では、高レベル放射性廃棄物の最終処分に向けた取組の抜本強化の必要性について、次のように述べている。「わが国では、現在、約 17,000 トンの使用済燃料が保管中である。これは、既に再処理された分も合わせるとガラス固化体で約 25,000 本の高レベル放射性廃棄物となる。しかしながら、放射性廃棄物の最終処分制度を創設して以来、10 年以上を経た現在も処分地選定調査に着手できていない。廃棄物を発生させた現世代として将来世代にその負担を先送りしないよう、高レベル放射性廃棄物の問題解決に向け、国が前面に立って取り組む必要がある」としている。

高レベル放射性廃棄物の地層処分については、技術的には数万年以上の超長期にわたる安全性の確保に力点が置かれ、事業期間が数十年～百年という長期にわたるとともに、国の監督や規制についても長期的な関与が必要であるという特徴を有する。このことから、処分事業と安全規制を支える技術基盤の継続的な強化を図りつつ、客観性を持って技術的信頼性や安全性をより一層高め、国民の理解を幅広く得ていくことが必要であり、そのためには、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。

地層処分研究開発の必要性や意義については、これまで国が定めた「原子力政策大綱」（平成 17 年 10 月）や、東日本大震災前に改定された「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 3 月改定、以下、基本方針）などにおいて明確に示されている。このうち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。また、基本方針では、国や関係研究機関に対して、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および地層処分技術的信頼性の向上に関する技術開発などを積極的に進めていくこととしている。また、地層処分事業を着実に推進するためには、国として先導性と継続性をもって地層処分事業と安全規制を支える基盤的な研究開発を推進し、技術基盤の整備を行い、国民全般の理解と協力を得ることが重要であることが改めて強調されている。

東日本大震災後に、原子力委員会より示された「今後の原子力開発の在り方について（見解）」においても、地層処分研究開発については、引き続き、処分場立地地域の地質条件を保守的に予想した上で、十分安全を確保できる処分技術の確立に向けて研究開発を推進していくべきとし、具体的には、地層処分の長期安全確保の基盤となる深地層の科学的研究、処分技術的信頼性向上や安全評価手法の高度化、回収可能性の合理的な担保の在り方等に関する研究開発を継続的に進めることに加え、定期的に最新の知見を反映して取組を評価し、必要に応じて見直しを行っていくことが重要であると強調している。また、既に発生

している研究炉の使用済燃料や福島第一原子力発電所の使用済燃料などの対策を考えると、ガラス固化体の処分だけでなく、使用済燃料を直接処分することを可能にしておくことの必要性は明らかであるとし、海外の技術動向を十分に踏まえて、ガラス固化体の処分技術では不足する点を明らかにしたうえで研究開発課題を定め、その解決に向けての取組を着実に進めるべきであるとしている。

以上から、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）は、前述の国の方針に則り、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に向けて進められているものであり、国の基盤的な研究開発における中核としての位置づけは明白である。また、国および関係する研究開発機関の密接な連携・協力の下で行う基盤的な研究開発については、資源エネルギー庁の主導の下に設置された地層処分基盤研究開発調整会議による全体計画*（以下、全体計画）の中で、体系的かつ中長期的な国の基盤的な研究開発の展開が示されており、その中で機構が行う本研究開発は、とくに科学的あるいは体系的な視点に重点を置いた中心的な研究開発として明確に位置づけられている。

本研究開発の目的は、地層処分技術の信頼性のより一層の向上に寄与するとともに、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を示すものである。この意味で本研究開発の科学的・技術的な意義は大きく、かつ明確である。また、長期にわたる処分事業を推進するための人材を育成するという観点からも、本研究開発の技術的な意義は大きい。この点については後述の「2.④人材養成・知的基盤整備」でも述べる。

とくに本研究開発の中核をなす深地層の研究施設計画については、地層処分に関連する様々な技術を実際の地質環境に適用し、その実用性や信頼性を確認することを通じて、地層処分技術の信頼性をより一層向上させるという極めて大きな目的・意義を有している。これに向けて、地質環境の体系的な調査・評価技術や工学技術、その精度や適用範囲、経験に基づく知識などの成果が処分事業と安全規制の段階的な進展に対して先行的に創出確保され、処分事業と安全規制を着実に進めるための技術基盤や支援体制の強化が図られていると評価できる。また、これらの技術や段階的に得られる地質環境情報に基づき、効率的に処分システムの設計や安全性の検討を進める手法などが整備されていると評価できる。

さらに、深地層の研究施設計画は、前述の技術的な側面のみならず、国民との相互理解促進への貢献という観点からも大きな目的・意義（社会的意義）を有している。原子力政策大綱や基本方針においても強調されているように、深地層の研究施設は、国民が地下深部の環境を実際に体験・学習する場として、とくに地層処分の安全性に関わる仕組みを説明するうえでも必要不可欠であり、その機能が最大限発揮されるよう施設内のさらなる整備を期待する。

* 平成 24 年度までは、「高レベル放射性廃棄物及び TRU 廃棄物の地層処分基盤研究開発に関する全体計画」（2010 年 3 月）
平成 25 年度からは「地層処分基盤研究開発に関する全体計画（平成 25 年度～平成 29 年度）」（2015 年 3 月）

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

現中期計画期間（平成 22 年度～平成 26 年度）は、中長期的な処分事業と安全規制の進展に応じた国の基盤研究開発の展開（全体計画）に照らせば、「地上からの調査に関わる技術基盤の確立（地上からの調査技術の検証～地下施設での調査の考え方を含む）」および「実際の地質環境へ適用可能な評価手法の整備と工学的実現性の提示」を目標としたフェーズ 2（平成 26 年度頃まで）に相当する。フェーズ 2 の成果は、セーフティケースを視軸として構造化された知識ベースに取り込まれて体系化され、「平成 20 年代中ごろを目途とする精密調査地区選定期を念頭に、原子力発電環境整備機構（以下、NUMO）による精密調査（前半の地上からの詳細調査）への反映や安全審査指針・基準の検討に資する」ことが求められている。また、この成果の妥当性は、「地下施設を活用した調査に関わる技術基盤の確立」および「実際の地質環境を対象とした体系的・合理的な評価手法と工学的技術等の実証」を目標としたフェーズ 3（平成 30 年度前後頃まで）において確認されることとなる。このため、深地層の研究施設計画の第 2～3 段階はそれぞれ全体計画のフェーズ 2～3 に相当することから、深地層の研究施設計画を中核とする本研究開発の目標・計画はこの全体計画に整合した内容でなければならない。

以上の観点を踏まえつつ、「1. 研究開発の目的・意義」で述べた国の基本的な考え方にも則り、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）」（平成 22 年 4 月 1 日、平成 24 年 3 月 19 日変更指示）において、「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、実施主体による処分事業と国による安全規制を支える技術基盤を整備し、提供する」ことと適切に設定されている。また、このための具体的な目標として「超深地層研究所計画と幌延深地層研究計画に基づき、坑道掘削時の調査研究及び坑道を利用した調査研究を着実に進める」こと、および「学技術や安全評価に関する研究開発を実施し、これらの成果により 地層処分の安全性に係る知識ベースの充実を図る」ことが明確に示されている。この全体目標の達成に向けて機構が作成した現中期計画では、「地層処分研究開発」と「深地層の科学研究」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」を充実させる」とともに、実施主体や安全規制機関との技術交流や人材交流等を通じた円滑な技術移転及び研究施設の公開や研究開発成果の発信等を通じた国や実施主体等が行う地層処分に関する国民との相互理解促進への貢献」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。

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、「人工バリアや放射性核種の長期挙動に関するデータの拡充とモデルの高度化を図り、処分場の設計や安全評価に活用できる実用的なデータベース・解析ツールを整備」と、「深地層の研究施設等を活用して、実際の地質環境条件を考慮した現実的な処分場概念

の構築手法や総合的な安全評価手法を整備」が設定され、平成 25 年度からは、直接処分の実現可能性等の検討に貢献するための調査や基礎基盤研究開発等が追加された。また、知識ベースの構築については、「地層処分研究開発や深地層の科学的研究の成果等を総合的な技術として体系化した知識ベースを充実させ、容易に利用できるように整備することにより処分事業と安全規制への円滑な技術移転」が設定されている。一方、深地層の科学的研究では、これまでの研究開発で明らかとなった深地層環境の深度（瑞浪：地下 500m 程度、幌延：地下 350m 程度）までの坑道掘削時の調査研究を通じて、地質環境の調査・モデル化手法の妥当性評価、坑道掘削に伴う水圧・水質等の変化の調査・評価手法の適用性確認、地下深部に安全に坑道を掘削する技術の適用性確認を行い、これにより、NUMO や安全規制機関に提供することを目的とした地質環境の調査手法、地下施設建設に伴う影響範囲のモニタリング方法等の地上からの精密調査の段階に必要な技術基盤を整備することが設定されている。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「精密調査において重要となる地質環境条件に留意して、天然現象に伴う地質環境の変化を予測・評価する手法の整備」が設定されている。

本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、全体計画に示されたフェーズ 2 の研究開発の展開および NUMO や安全規制機関の技術的なニーズ**を踏まえて、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（量や組み合わせなど）とその到達目標が明示されている。また、本委員会に加えて、地層処分研究開発部門*（以下、部門）が設置している深地層の研究施設計画検討委員会および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その計画の策定や見直しに適切に反映されている。

到達目標の設定について、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、かつ実効的であるとも言えない。しかしそれにもかかわらず **Plan**（計画）、**Do**（実行）、**Check**（評価）、**Action**（改善）の 4 段階の **PDCA** サイクルを用いて長期にわたる研究開発を有効に進めていくアプローチを採るのであれば、実際の地質環境への適用性（地層処分技術の実用性）、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と考えられる。したがって、次期の計画および年度計画の策定においては、段階的に意思決定を行う長期にわたる処分事業と安全規制の計画の中で、どの局面にあつて何を満たそうとしているのか、その局面において国民の理解醸成を先導する取り組みとしてどのようなことがなされようとしているのか等をより具体化することにより、研究成果が十分に評価される目標設定を心

** たとえば、「地層処分事業の技術開発計画－概要調査段階および精密調査段階に向けた技術開発－」（原子力発電環境整備機構、2013）

* 平成 26 年度より、「バックエンド研究開発部門」に統合されたが、以降の記述が煩雑になるため、ここでの記述は、地層処分研究開発部門の体制のみとする。

がけることを期待する。

② 目標実現可能性

現中期目標（平成 22 年度～平成 26 年度）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、「① 計画の妥当性」で述べたように、全体計画の展開および NUMO や安全規制機関の技術的なニーズなどを踏まえ、研究開発の進捗状況の評価および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、目標の実現が可能な内容であったと評価できる。

しかしながら、今後、次期の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は不可欠であり、業務の効率化や合理化によって対応できる範囲を超えて予算が削減された場合には、目標を達成できる研究計画とはなり得ない。とくに、本研究開発の中核をなす深地層の研究施設計画は、「1. 研究開発の目的・意義」で述べたような技術的・社会的意義を考慮に入れると、地質環境の不確実性や様々な事態へ対応しつつも、設定した目標を達成しなければならない。

以上のことから、次期の計画において、部門には、引き続き業務の効率化や合理化を図ることに加えて、確実に予算を確保する取り組みが求められる。一方、機構全体としては、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）

本研究開発における成果は、候補サイトの地質環境特性や長期安定性を把握するための調査技術、シナリオ評価手法とそれに係る経験、候補サイトへの工学技術の適用を支援するためのデータベースや知識、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されることを意図している。このような総合的な知識や科学技術的な基盤情報、実用性や信頼性が確認された調査・解析技術、実用的なデータベースは、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評価される。また、既存の解析・評価手法などは、具体的なサイトの情報に基づき高度化を図ることにより、立地選定段階のみならず、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柔軟に活用できると判断される。さらに、上記の技術基盤を体系化した最新の知識ベースにアクセスできる知識マネジメントシステムにより、地層処分の安全確保に係る様々な論拠や知識を恒常的に提供する枠組みが整備されている。なお、現中期計画期間中、平成 23 年に起きた福島第一原子力発電所事故の最終的な収束に向けた中・

長期的な技術的課題の解決に貢献するため、部門からの人的支援として、これまで本務としての十数名の異動者に加え、兼務者として多くの職員が関与してきている。このように福島対応の人的支援等を積極的に進めている中でも、研究開発成果について、平成 23 年度以降の論文誌掲載数（H23:36→H24:30→H25:23）や研究開発報告書数（H23:42→H24:56→H25:49）の推移から、支障を克服すべく努力がなされていると評価できる。

以上のように本研究開発においては、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、数多くの重要な成果が得られ、さらに、わが国の地層処分計画を着実に進めるための強固な支援体制が整備されつつある点は評価に値する。また、これらの成果は、処分事業と安全規制の両面を支援するという観点から、客観性のある科学技術的な基盤情報の体系的提示などの NUMO のニーズや、データやモデルなどの評価基盤の信頼性・客観性の向上といった安全規制のニーズに十分に応えている。

一方、現中期計画の個別目標に対する達成度の観点から評価した場合、その目標をほぼ確実に達成できたと評価できる。また、成果の取りまとめ方については、達成度を明らかにした上で処分事業の様々な意思決定ポイントのどこで利用する成果なのかが明確となり、NUMO 等による成果の利用促進につながると評価できる。とくに深地層の研究施設計画関連については、瑞浪（結晶質岩）と幌延（堆積岩）の成果が比較可能な形で記載されており、両方で利用できる技術や岩種によって異なる技術が明確となり、NUMO 等による成果利用と今後の研究開発の効率化が図られると評価できる。

（目標に対する成果の達成度：地層処分研究開発）

高レベル放射性廃棄物の地層処分研究開発については、中期計画の目標達成に向け、「処分システムの工学技術の信頼性向上」と「安全評価手法の高度化」に大別され、処分場の設計と安全評価に必要なデータベースやモデルの開発といった実用的なツール整備に加え、深地層の研究施設計画を活用して実際の地質環境条件を考慮した現実的な処分場概念の構築や総合的な安全評価に必要な手法開発の成果が得られており、これにより当初の目標を十分に達成することができたと評価できる。また、平成 25 年度より開始した使用済燃料の直接処分研究に関しては、使用済燃料の仕様の調査、処分容器や緩衝材、地下施設の設計、安全評価シナリオの構築とモデル・パラメータ設定に関する研究に着手し、わが国の使用済燃料処分システムの第 1 次取りまとめに資する成果が創出されており、所期の目標を達成したと評価できる。

成果の取りまとめにあたり、とくに地層処分システムで起こる現象の先進的な評価手法開発と、それに必要なデータベース整備に焦点があてられ、「処分システムの工学技術の信頼性向上」と「安全評価手法の高度化」に係る研究開発の成果の反映先をそれぞれ処分事業の進展に伴う意思決定ポイント等に合わせ、深地層の研究施設計画とも連携を図りながら、

成果のコアメッセージと今後の課題の明確化が行われている。また、取りまとめの報告書については、読者ユーザーが成果を容易に活用できるように情報・技術パッケージ（CoolRepH26）として整備されており、NUMOや安全規制機関が容易に活用できる仕組みとなっていることは評価に値する。

今後の課題として、「処分システムの工学技術の信頼性向上」については、深地層の研究施設計画を活用し、実規模試験により長期複合現象の評価コードの妥当性確認や評価モデルの信頼性向上、開発したセンサーの適用性確認を行うとともに、人工バリアの地下定置技術や坑道の力学挙動、開発したセメント材料の地質環境に対する影響確認などを行うこととしている。また、「安全評価手法の高度化」については、天然現象の影響評価モデル等の構築、岩盤中の物質移行試験手法と評価技術の構築、実際の地下環境の状態を考慮したコロイド、有機物、微生物の核種移行への影響評価モデルの開発、先端的な分析・計算技術を用いた核種移行モデル／パラメータ設定手法の確証が挙げられている。今後、より一層の成果の質の向上を目指すためには、確証性の高い評価技術としての体系化と統合化の観点から、関連する手法や技術の整備を進め、知識基盤を蓄積していくことが望まれる。一方、使用済燃料の直接処分研究開発の今後の課題については、全体計画に沿って実際の使用済燃料および地質環境条件の多様性や不確実性を考慮した設計と安全評価のシナリオ・モデル・パラメータの設定、工学規模や実規模あるいは処分場で想定される地下環境条件での実証、直接処分第2次取りまとめ以降の研究開発の展開を見据えた試験研究計画の立案が課題案として抽出されている。これらは、国際ワークショップでの国内外の専門家からの助言や指摘事項を勘案し、今後の方向性も含め質的な観点からの研究開発の妥当性を明らかにしたうえで次期の計画の中で具体的に取り組んでいくことが強く望まれる。

（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については、現中期計画期間中の個別課題として掲げた、瑞浪：地下500m程度、幌延：地下350m程度までの坑道掘削とそれに伴う調査研究による各調査技術やモデル化手法の妥当性評価及び深地層における工学技術の適用性の確認について、安全確保を最優先に確実に遂行されており、所期の目標を達成したと評価できる。とくに、地質環境の初期状態の理解に必要な技術課題であった、坑道掘削前の状態（ベースラインコンディション）の地質環境モデルを構築するための調査手法の体系化が図られている。さらに、調査量と不確実性との関連性や地上からの調査段階において重要な調査項目や組み合わせが示されていることに加え、調査の適用範囲が例示的に明らかにされている。

機構の改革計画にしたがい、深地層の研究施設計画の見直しに当たっては、平成27年3月に予定していた「精密調査前半」に資することを目的とした成果の取りまとめが平成26年9月末までに行われた。また、これに基づき、当初の研究計画に対する現中期計画期間までの達成度を明らかにしたうえで、反映先である処分事業の各段階に沿って、候補課題が

まず網羅的に抽出され、その中からわが国の地質環境等の特徴などを考慮に入れ、最終的に、瑞浪と幌延についてそれぞれ必須の課題が抽出された。

成果の取りまとめにあたり、研究成果については、処分事業の進展に伴う意思決定ポイント等に合わせて構造化がなされ、その反映先や内容をより具体的に表現した形で整理されている。さらに、研究成果の知識統合のためのツールの整備とあわせ、研究成果の共有化と追跡性の確保を図り、設計・安全評価への知識伝達が可能な情報集合体となっている。また、取りまとめ報告書となるCoolRepH26においては、以上を統合し、地質環境の調査手法、地下施設建設に伴う影響範囲のモニタリング方法等の地上からの精密調査の段階に必要な情報・技術パッケージとして整備された。したがって、成果の取りまとめについては、研究成果の共有化や追跡性の観点から、NUMOや安全規制機関のユーザーが容易かつ効率的に活用できる構造体系で整備されていると評価できる。

必須の課題については、今後の研究課題として、主に処分事業の「精密調査後半」の段階以降に適用する技術・手法に焦点をあて、国における最新の議論を反映し、わが国の地質環境特性を踏まえた上で、諸外国での研究開発動向や瑞浪・幌延での成果の汎用性などのわが国での研究開発課題の必要性と比較することによって絞り込みが行われ抽出されている。この結果、今後の瑞浪と幌延の両深地層の研究施設計画について、次のとおり各々3つの必須の課題に集約されている。瑞浪では、①地下坑道における工学技術の開発（地下坑道における工学的対策技術の開発（大規模湧水に対するウォータータイトグラウト技術、地下水管理技術）、②物質移動モデル化技術の開発（長期的な変遷を含めた地下深部におけるわが国固有の亀裂ネットワーク中の地下水流動・物質移動に関する試験及びモデル化技術）、③坑道埋め戻し技術の開発（坑道閉鎖に伴う環境回復試験技術、長期モニタリング技術等）が抽出され、これら必須の課題を実施するため、水平坑道の掘削深度は平成25年度に掘削終了した深度500mまでの研究坑道で実施することとしている。また幌延においては、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（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）が抽出され、これら必須の課題に取り組むため、「深地層研究所（仮称）計画」（平成10年10月）を踏まえ研究坑道を展開することとしている。さらに、国内外の有識者や国際レビューからの助言や意見が取り入れられ、またNUMOのニーズや「地層処分研究開発基盤調整会議」の全体計画にも合致していることの確認が行われた。以上から、必須の課題については、適切な絞り込みを経た上で抽出されているため、今後の深地層の研究施設計画の研究テーマとして妥当であると判断することができ、今後の取り組みが期待される。坑道の展開深度については、必須の課題に取り組むにあたり適切な深度であると判断する。

上記の成果取りまとめと今後の必須の課題については、部門内に設置された学識経験者から成る「深地層の研究施設計画検討委員会」に引き続き、平成26年6月に開催された国際レビューワークショップにおいて、国内外の専門家により、最新の知見や証拠に照らしながら技術的妥当性等の確認が行われている。このワークショップで示された総括は、本委員会も同じ見解である。わが国の地層処分計画では、境界条件としてわが国固有の複雑な地質環境にあること、公募方式による処分場のサイト選定プロセスのために幅広い地質環境を視野に入れなければならないことなどを考慮すると、瑞浪と幌延の2つの深地層の研究施設計画は、技術的側面でこれまで多大な成果をあげ、社会的な側面においても国民との相互理解促成に貢献し、ともに処分事業を支えてきている。これらの施設の位置付けや重要性は今後においても変わらず、国の貴重な資産として認識すべきものである。とくにNUMOが施設を所有していない現状において、深地層の研究施設は、研究開発は言うに及ばず、これ以外にも国民との相互理解促進の場としての活用等、わが国の地層処分計画において重要な役割を担っており、今後も2つの深地層の研究施設計画を継続していく必要性は明らかである。将来的には国際的な役割を担う施設として貢献していくことも期待したい。

（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、現中期計画期間中の個別課題として掲げた、精密調査において重要となる天然現象による地質環境の変化を予測・評価する手法の整備が各テーマ（①調査技術の開発・体系化、②長期予測・影響評価モデルの開発、③年代測定技術の開発）毎に着実に行われており、わが国の地質環境に応じた調査解析技術やノウハウ等の技術基盤を得ることができたと判断できる。とりわけ、変動地形が明瞭でない活断層の在否を確認するための地下水中の溶存ガスのヘリウム同位体比（ $^3\text{He}/^4\text{He}$ ）を用いた手法や地形変化シミュレーション技術、断層運動に伴う地下水位の予測については、その有効性が実際のフィールド調査等により確認されている。また、断層の活動性を調査・評価するための全体的な手順を構築し、既存技術が有効な範囲と技術的な課題が残る部分が特定されており、着実な進展が認められると判断される。

今後の課題として、地質環境の長期の安定性に関する調査技術の開発および将来予測モデルの構築等に向けて、深地層の研究施設計画や地層処分研究開発との連携も強化し、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。

（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、ガラスやオーバーパックに関するデータベースなど知識ベースの拡

充が図られるとともに、研究開発の成果を知識基盤として適切に管理・継承し、長期にわたる地層処分事業および国の安全規制を支援して行くため、平成 21 年度末に公開した知識マネジメントシステムを運用しながら、関係者・専門家から学生・一般までの幅広いユーザーの意見を聴取し、編集機能の追加などシステムの改良・高度化が行われてきた。このように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確認することが可能となっている。また、機構や外部機関の専門家が有する知識の表出化および表出化された知識の利用を支援するための試みとして、地質環境調査に関わる種々の作業支援を目的とした「次世代型サイト特性調査情報統合システム（ISIS）」の各ツール専用の利用環境が構築されている。これにより、これまでに機構が創出・収集・整理してきた関連する情報を登録する準備が整ってきている。また、知識マネジメントシステムにより、各分野の最新の知識ベースにアクセスすることができ、地層処分の安全確保に係る様々な論拠や知識を恒常的に提供する枠組みの整備が着実に進められている。以上より、処分計画の進展に応じた NUMO や安全規制機関等への提供など、システムの運用・管理と利用状況に合わせた改良が行われていると評価できる。このような運用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も期待が寄せられており、注目に値する成果である。また、このシステムは、原子力分野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ていくことが重要である。

（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、成果の取りまとめ報告書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活用・反映されているかという点が評価において重要となる。この観点から、本研究開発について見ると、これまで主要な研究開発成果は査読付き論文として、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、それぞれの事業に反映されている。また、信頼度を付与した収着データベースなど、処分場の設計や安全評価に必要な各種データベースは、知識マネジメントシステムを通じて、NUMO や安全規制機関をはじめ国内外の関係機関や専門家の利用に供される形で公開されている。

現中期計画期間における研究開発成果の取りまとめについては、知識マネジメントシステム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、前回の「CoolRep H22」に引き続き、「CoolRep H26」としてウェブ上に公開されている。この方式は、地層処分の知識基盤を体系化し、事業期間を通じて NUMO や安全規制機関などが継続的に取り込むことを念頭に置いた設計となっている。

また、主要な研究開発成果については、海外専門誌の査読付き論文に加え、国際会議などでの発表を通じて、国外の専門家からも高い評価を受けているとともに、諸外国の研究

開発機関や NUMO との国際共同研究に加え、「熱-水-応力連成モデルの開発確証に関する国際共同研究プロジェクト (DECOVALEX 2015)」や OECD/NEA の熱力学データベースプロジェクトなどの国際共同プロジェクトへの参画などを通じて、国際的な課題に対する取り組みにも積極的に貢献している。さらに、信頼度を付与した収着データベースの開発や低アルカリ性セメントを用いた吹付け施工は世界初の試みであることや、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、諸外国の関係機関や専門家などからも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言える。

ただし、英語の論文や研究開発報告書の発表件数に比べ、査読付きの英語論文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と理解できる。今後は、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、研究開発成果の公開を支援する枠組みづくりなどを含めた積極的な取り組みが期待される。

④ 人材養成・知的基盤整備

本研究開発においては、「③ 成果の達成度、反映先に対する十分性」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判断される。人材養成の観点からは、本研究開発は、機構職員の知識や技術力の向上に寄与するばかりでなく、機構外部においても、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。なお、福島支援として、異動者以外に多くの兼務者が関与しているが、福島支援業務は、直接的に福島第一発電所事故対応に貢献することはもとより、地層処分に関する技術開発の観点からも核種移行に関する研究など一つのフィールドワークになりうることから、人材養成の面から研究者の視野の幅が広がるとともに、技術の原位置への適用という観点からも有益となることを強調しておく。

また、本研究開発において整備・拡充を進めている深地層の研究施設は、人材養成のためのフィールドとしても活用されている。とくに、体験学習としてのサマー・サイエンスキャンプが毎年開催されていることに加え、国際協力として参画している IAEA 国際地下研究施設ネットワーク (URF Network) の活動の一環として、地層処分の知識や経験を伝承することを目的に深地層の研究施設を活用した IAEA トレーニングコースが、幌延・東海（平成 22 年 9 月 8 日～17 日）と瑞浪（平成 25 年 11 月 11～15 日）においてそれぞれ IAEA との共催で開催されている。これらのことから、機構内部の人材のみならず、将来の担い手となる学生などの若い世代に加え、途上国を中心とする諸外国の関係者までも視野に入れた人材養成活動は注目に値する。

一方、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、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ている。この知識ベースを知識マネジメントシステムによって事業の進展に応じて適切に蓄積・管理していくことにより、今後の知識や技術の継承、とくに NUMO への円滑な技術移転に大いに役立つと期待される。

今後、NUMO や安全規制機関の様々なレベルのニーズを踏まえながら本研究開発（例えば、知識マネジメントシステムの改良整備）を進め、そ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的確に継承されていくためには、双方に必要とされるスキルも踏まえ、将来的に第一線で活躍する人材の継続的な養成と計画的な確保が求められる。機構には中核的な研究開発機関の役割が求められていることを考慮すると、たとえ厳しい予算状況であっても、様々な経験に基づく幅広い知識と専門性を有する人材を確保・維持するとともに、若手の人材を継続的に採用・育成していくことを通じて、様々な経験を有する人材の知識や技術を適切に継承し、現有の技術力を維持・発展させていかなければならない。この点については、国家プロジェクトとして万全な体制で進めていくことが不可欠となることから、国への働きかけも含め機構全体としての取組みと、より一層の努力に期待したい。

⑤ 次期計画の見通し

次期の計画については、現在策定に向けた検討を進めている段階であり、子細な評価ができる段階ではない。しかしながら、平成 26 年 9 月に研究開発成果の取りまとめを前倒しで行った際に、併せて抽出された今後行うべき残された「必須の課題」の内容をもとに判断すると、基本的には、機構が引き続き研究開発の中核的役割を担い、地層処分の信頼性・安全性をさらに向上させるための研究開発を推進し、NUMO が行う処分事業や国の安全規制（安全審査基本指針の策定など）を支援する技術基盤を整備するとともに、国民との相互理解の促進にも貢献していくこととしている。具体的には、地層処分研究開発および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を進め、地層処分の技術的信頼性について最新の科学的知見を定期的かつ継続的に評価・反映するとともに、幅広い選択肢を確保する観点から代替処分オプションとしての使用済燃料の直接処分の調査研究を行うことを検討している。とくに、瑞浪と幌延の深地層の研究施設計画については、前述の機構改革においてそれぞれ今後の研究課題として明らかにされた必須の課題に集約され、主に処分事業の「精密調査後半」の段階以降に適用する技術・手法に焦点を当てている。

以上から、次期の計画では、地層処分の信頼性・安全性をさらに向上させるための研究開発を推進し、処分事業と安全規制の段階的な進展やそれに伴う技術的なニーズを把握しながら先行的に研究開発を進めていくこと、また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、その基本的な方針は適切であると評価する。今後は、必要な技術を必要なタイミングで円滑に提供できるように計画を進めていくことが重要である。

とくに、瑞浪と幌延の 2 つの深地層の研究施設計画は、技術的側面でこれまで多大な成果をあげ、社会的な側面においても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に貢献し、ともにわが国の処分計画を支えてきた。とくに NUMO が施設を所有していない現状において、深地層の研究施設は、研究開発のみならず、国民との相互理解促進の場でもあり、わが国の地層処分計画において重要な役割を担っており、両施設の位置付けや重要性は今後も変わらず、国の貴重な資産として認識すべきものである。この観点から、今後も 2 つの深地層の研究施設計画を継続していく必要性は明らかであり、繰り返しになるが、その役割を着実に遂行させていくための予算確保は不可欠であり、次期の計画においても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）

平成 26 年 3 月までの部門制による体制では、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。平成 26 年 4 月の組織再編後*において、意思決定を除き、同様の会議体を設置して体制が組まれている。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・確認されている。この間、平成 23 年に起きた福島第一原子力発電所事故の最終的な収束に向けた中・長期的な技術的課題の解決に貢献するため、機構では、唯一の総合的な原子力研究開発機関として、保有する専門家人材、試験研究施設群を組織的かつ効率的に活用するための体制（福島支援本部、現在：福島研究開発部門）を新たに構築することになった。とくに、この業務には地層処分研究開発で得られた知見や経験など技術基盤の適用が基本的な可能であることから、部門からの人的支援として平成 23 年度よりこれまで、本務として十数名の異動者に加え、兼務者として多くの職員が様々な形で関与してきている。

以上のことから、全体として本研究開発を推進する体制は適切であるといえる。しかしながら、本研究開発では、課題テーマが個別分野単位あるいはユニット単位で閉じたものが多い。このため、ユニット間あるいはユニット内の連携や、ユニットと拠点（研究開発と深地層の研究施設の建設）との連携が必要となる課題テーマについては、連携が十分に図られず、効率性の観点から本研究開発の推進に少なからず影響を及ぼしている可能性があることも否定できない。今後は、知識マネジメントシステムの利点を活用し、東海と東濃あるいは東海と幌延などといった拠点間の有機的かつ実効的な連携・協力のプロジェクト強化や、異なる分野の内容や成果を集約しながら進めて行く課題テーマの設定を行っていくことを期待する。一方、現中期計画期間中、福島事故支援として十数名の異動者や多くの兼務者が生じているのにもかかわらず、「2. ③ 成果の達成度、反映先に対する十分性」で述べたように、査読付き論文投稿や研究開発報告書作成の数に影響は現れておらず、所期の目標に対して達成できる見込みが得られていることは、部門全体としての総合機能が効果的に発揮され補完される体制が十分に備わっていたことであり、大いに評価に値する。

本研究開発における品質保証・管理の体制については、本委員会、部門が設置している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

*平成 26 年度より、地層処分研究開発部門は「バックエンド研究開発部門」に統合されたが、以降の記述が煩雑になるため、ここでの記述は、地層処分研究開発部門の体制のみとする。

て、調査研究の透明性と追跡性を確保しながら成果の信頼性を保証するための方策を知識マネジメントシステムも活用して体系的に整備していくことを期待する。

（研究開発の実施体制：部門内体制）

平成 26 年 3 月まで、地層処分研究開発部門として、東海、東濃、幌延に分散した 3 ユニット、ならびに 3 ユニットの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いた。平成 26 年 4 月の組織再編にともない、地層処分技術に関する研究開発体制については、バックエンド研究開発部門の拠点ごととなったが、研究開発の実施そのものについて本質的に大きな違いはない。本研究開発に係る主要な事案の審議や意思決定については、平成 26 年 3 月までは部門運営会議および研究計画会議において、また、平成 26 年 4 月以降は、それぞれの拠点で行われており、今後ともより積極的かつ施策的な人的交流を図り、部門全体として有機的に連携・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あたり、地層処分研究開発部門*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」の設置に加え、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対し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、本委員会では科学技術的のみならず社会的な視点も含め、本研究開発を多角的に審議・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が行われている。研究開発における品質保証・管理については、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 成果の達成度、反映先に対する十分性」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を継続することが必要である。

（研究開発の実施体制：連携・協力体制）

*平成 26 年度より、地層処分研究開発部門は「バックエンド研究開発部門」に統合されたが、以降の記述が煩雑になるため、ここでの記述は、地層処分研究開発部門の体制のみとする。

**平成 26 年 2 月末まで（原子力安全基盤機構の原子力規制庁への統合によるもの）

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着実に進められており、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年度から進めてきた幌延深地層研究計画における原子力安全基盤機構および産業技術総合研究所との研究協力は平成26年2月まで進められた。一方、NUMOとは平成23年度から東海において共同研究（概要調査段階における設計・性能評価手法の高度化）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・強化に大きく貢献するものと評価できる。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内容が充実し、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、機構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でき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、全体計画の中で示された工学的な視点に加え、先進性や革新性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、評価技術の体系化や実用化が進められている。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適切であると評価できる。一方で、全体予算の圧縮により純粋な研究開発が縮小傾向にある点は憂慮すべきである。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、機構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ることにより、機構独自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、PDCAサイクルが実践され、(1)年度当初における計画策定→(2)年度計画に基づく個別課題の実施→(3)年度途中での進捗状況の確認→(4)評価結果に基づく計画の見直し→(5)年度末における成果の評価→

(6) 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。

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 PDCA 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検討委員会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時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のエビデンスが必ずしも明確に残されてはおらず、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次期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、透明性以及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期待する。

深地層の研究施設計画の各プロジェクトにおける次のステップへの展開は、多くの場合において年度単位の PDCA 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。段階単位あるいは調査ステップ単位の PDCA 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。これによって、地層処分にとって重要な地質環境の特性やプロセスが効率的に理解され、その理解度と調査の種類・質との関係性が事例的に示されるなど、その実践を通じて蓄積した技術的知見やノウハウが知識基盤の整備に大きく寄与している。このような実績を着実に積み上げていくために、研究の展開に即した PDCA サイクルを明示的な形で実践していくことを期待する。

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、「② 研究開発の手段やアプローチの妥当性」で述べたように PDCA 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 PDCA サイクルに加えて、部門長が実施する部門独自の P PDCA 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。また、本委員会ならびに部門が設置している三つの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。このように、研究開発目標の達成に向けて PDCA サイクルに基づく自己評価や外部評価の仕組みが整備され、継続的に運用されている点は評価できる。しかしながら、「2. ① 計画の妥当性」で指摘したように、本研究開発の成果や達成度については、客観的な目標設定や定量的な評価基準を

*平成 26 年度より、地層処分研究開発部門は「バックエンド研究開発部門」に統合されたが、以降の記述が煩雑になるため、ここでの記述は、地層処分研究開発部門の体制のみとする。

設定することが困難な内容も多い。そのため、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）に効果的に繋がり難い一面がある。今後、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、視点や基準などについてできるだけ明確化を図る工夫が必要である。

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。このような位置付けを考慮すると、本研究開発に限定した費用対効果を評価することは困難であり、むしろ、短期的な費用対効果を論ずるよりも、中長期的な視点に立って本研究開発がもたらす効果を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、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。その結果として、処分事業と安全規制が必要とする技術基盤（地質環境の調査評価技術、処分場の建設・施工のための実用技術、安全評価の検討に必要なツールやデータベースなど）は十分に整備されてきており、今後必要となる技術基盤についても着実に整備が進んでいる。加えて、知識マネジメントシステムにより、この技術基盤が最新の知識ベースとして体系化され、恒常的な支援体制が整備されている。これらの成果は、「2. ③ 成果の達成度、反映先に対する十分性」で述べたように、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、本研究開発を通じた連携・協力の取り組みが、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（中長期的な視点で本研究開発がもたらす効果）は十分なレベルにあると評価できる。

⑤ 情報発信、国民との相互理解の促進

基本方針に示されているように、地層処分に関する国民との相互理解の促進は、NUMO と国（資源エネルギー庁）が主体的に取り組むべき課題であり、機構にはその取り組みへの支援が求められている。具体的には、「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」としている。この観点から、「1. 研究開発の目的・意義」にも関係しているように、深地層の研究施設等を実際に訪問し、地下深部の環境体験や地層処分に関する学習を行うことにより、地層処分に対する理解がより深まることが期待される。とくに NUMO が処分場や研究施設を所有していない現状において、深地層の研究施設は、わが国の地層処分計画において、研究開発以外においても極めて重要な役割を担っていることを改めて強調しておきたい。一方で、わが国では未だ処分場サイトが確定しておらず、

深地層の研究施設が将来処分場にとって代わるのではないかという懸念や不安を抱く人がいることにも留意すべきあり、正確で丁寧な情報発信を行っていく必要がある。また、深地層の研究施設計画を含め、本研究開発が国の基盤研究開発として着実に進展している姿を対外的に積極的にアピールすることも、国民の理解を醸成するための一つの鍵であるといえる。

上記役割を踏まえ、本研究開発と並行して、各拠点では、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開催、大学やスーパーサイエンスハイスクール等の校外教育の受け入れ、地域の教育機関への講師派遣、実習生等の受け入れ、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継続的に行われており、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」（平成 22 年度）などへの支援も積極的に行われている。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。実際に、研究施設への見学者を対象としたアンケート調査によれば、多くの方が地層処分に対する安心感が高まったと回答しており、その割合は地下坑道を見学した場合がそうでない場合に比べて 2 倍も高いといった結果がこれまで得られている。また、瑞浪および幌延の深地層の研究施設計画における調査研究の成果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、多くの国民の参加の下、活発な意見交換が図られている。このような継続的な取り組みが行われ、平成 25 年度末までに、瑞浪および幌延の深地層の研究施設への見学者数が延べ 10 万人を超え、本研究開発に係る機構ホームページへのアクセス件数が東濃と幌延も含め全体として約 7,500 万件にも上っているなど、その取り組みの効果が数字にも現れてきていると評価できる。さらに、今後の国民理解促進に関する戦略検討に資するため、非専門家の関心がどこにあるかを把握することを目的に、見学者のアンケート結果（2,566 件）の分析が行われ、その結果、地層処分に対する不安として「想定外のことが起こる可能性」や「長期間（数万年）の管理」などが、また技術的な課題として「地震、火山等の地殻変動」や「数万年先の予測」などが抽出され、研究開発成果を見せる観点から、今後焦点をあてるべき視点が明確になるとともに、これら非専門家の不安に 대응することができるよう、東海での安全評価研究と適宜組合せて示していく必要性が明らかとなったとしており、このような観点からの取り組みも今後期待される。

以上のように、現中期計画期間を通じて、国民との相互理解に向けた取り組みが継続されているものの、大局的に見れば、地層処分の安全性について国民の信頼が期待通りに得られているとは言えない状況にある。一方、中長期的な視点に立てば、現中期計画期間において、国民が地下深部の環境を実際に体験・学習できる場（深地層の研究施設の水平坑道）が着実に整備されてきていることから、これを活用した国民との相互理解活動を本格的に実施していくことができるようになった。このような現状を踏まえれば、今後は深地

層の研究施設の見学の機会を増やすための方策を検討し、東海のエントリーやクオリティなどの研究施設についてもより効果的に活用し、本研究開発の成果のみならず、地層処分の必要性や安全性についても、より分かりやすく説明するなど、その内容について工夫していくことが大いに期待される。その際、国やNUMOとの連携・協力を視野に入れて、より効率的かつ効果的な手法を模索していくことや、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、地層処分の取り組みはわが国にとって重要な課題であることから、機構の広報関係部署においても、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）

知識マネジメントシステムの目的の一つは、長期にわたる地層処分の事業期間に想定され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等による知の喪失などへの対策である。しかしながら、このような懸念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、機構や外部機関の専門家が有する知識の表出化および表出化された知識の活用を支援することができるよう、「次世代型サイト特性調査情報統合システム（ISIS）」の各ツール専用の利用環境について改良が新たに加えられており、技術の移転や伝承の観点から、本研究開発で開発改良を行っている知識マネジメントシステムは、他の分野においても広く応用できるものと期待される。

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、地質環境の調査評価技術については、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も活用できるとともに、地下施設の設計・施工技術については地下発電所やトンネル工事などに応用できる。また、地質環境の長期安定性に関する研究では、上載地層法による評価が困難である断層の活動性の評価に適用するために、カリウム(K)-アルゴン(Ar)法やフィッシュトラック(FT)法などの放射年代測定に加え、条線方向、変位量、変位マーカの切断関係等の総合的なデータによる評価手法の整備が進められ、「もんじゅ」敷地内の破砕帯調査に適用された。その結果、破砕帯中の粘土鉱物の生成年代が明らかとなり、「もんじゅ」敷地内の破砕帯の活動性を否定することにつながり、この成果は原子力規制委員会への報告書に反映されている。

以上のことから、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評価できる。今後は、その効果が関係者にとどまらず広く国民の目にも見えるよう、ひいては本研究開発や地層処分に対する理解が深まるように対外的なアピールの方法を工夫していくことが重要である。

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

国の基盤研究開発として、わが国における地層処分の実現という目標に向け、機構がその中核的役割を担い進めている本研究開発の位置付けは明白である。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。これらのことから、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、現中期計画期間（平成 22 年 4 月～平成 27 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、また研究開発予算が縮小される厳しい状況の中で、福島支援のため人的支援として、部門*からの十数名の異動に加え、その他多くの職員も兼務者として関与してきたにもかかわらず、設定された目標を概ね満足する成果が得られてきていることは評価に値する。しかしながら、目標は達成しているものの、福島支援のような想定外の事象や予算の減少により、本研究開発成果の質と量に対して少なからずの影響を及ぼしていることは明白である。これまでに実用化に向け整備を図ってきた技術基盤や、平成 26 年 9 月末に公開した現中期計画期間の研究開発成果をとりまとめた報告書（CoolRep H26）、最新の知識ベースおよび知識マネジメントシステムなどは、国際的に見ても高い水準にあるといえる。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、国民との相互理解の促進、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である。

本研究開発のマネジメントについては、今後、改善すべき点はあるものの、部門内および国内外の関係機関などとの連携・協力体制や、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が整備され、継続的に運用されている点は適切である。一方、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取り組みは継続されているものの、国民の理解を十分に得て処分事業が進展するまでには至っていない状況にある。

次期の計画に向けた見通しでは、これまでと同様に、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、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いえる。また、今後の研究開発においては、次の「②今後の研究開発に向けた提言」で示すような諸点に留意して着実に進めていくことを期待する。

*平成 26 年度より、地層処分研究開発部門は「バックエンド研究開発部門」に組織変更となったが、以降の記述が煩雑になるため、ここでの記述は、地層処分研究開発部門の体制のみとする。

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、機構は国の中核的な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着実に進めるための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。国は今後、高レベル放射性廃棄物の問題解決に向け、エネルギー基本計画に沿って、前面に立って NUMO や電気事業者とともに取り組むこととしている。研究開発の中核的機関である機構においては、この取り組みを強力に支援するとともに、処分候補地の選定が進むことを前提に、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、絶えず最新の知見を取り入れながら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、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、従来にも増して重要となっている。

「① 上記各項目の評価を踏まえた総合的な判断」に述べたように、現中期計画期間を通じて、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。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活用は、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先進的創造的な研究開発が停滞するおそれがある。さらに、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。今後は、施設、人材、予算からなる研究開発の基盤をバランス良く、着実に整備・強化していけるよう、適切な対処が望まれる。

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技術の移転、国民・社会への情報発信、理解醸成への貢献などの取り組みが不可欠である。とくに、国民・社会への情報発信と理解醸成への貢献については、従来の取り組みに加え、研究者自らが研究内容をわかりやすく解説しながら接していくことも、地層処分に対する一般の方々からの信頼と信用を獲得する上で重要である。

以上を踏まえ、今後幅広い観点からわが国の処分事業計画を支えていくためには、外部資金による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ことが不可欠である。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創出しながら、地層処分の総合的な技術力をさらに研鑽していくことが、機構が担っている役割である。

以 上

This is a blank page.

付 録＊

付録 1 研究開発課題の中間評価について（諮問）

付録 2 中間評価説明資料

- 付録 2-1 第 11 回地層処分研究開発・評価委員会資料
- 付録 2-2 第 12 回地層処分研究開発・評価委員会資料
- 付録 2-3 第 13 回地層処分研究開発・評価委員会資料
- 付録 2-4 第 14 回地層処分研究開発・評価委員会資料
- 付録 2-5 第 15 回地層処分研究開発・評価委員会資料
- 付録 2-6 第 16 回地層処分研究開発・評価委員会資料
- 付録 2-7 第 17 回地層処分研究開発・評価委員会資料
- 付録 2-8 第 18 回地層処分研究開発・評価委員会資料
- 付録 2-9 第 19 回地層処分研究開発・評価委員会資料
- 付録 2-10 第 20 回地層処分研究開発・評価委員会資料
- 付録 2-11 第 21 回地層処分研究開発・評価委員会資料
- 付録 2-12 第 22 回地層処分研究開発・評価委員会資料

付録 3 「地層処分技術に関する研究開発」に係る「中間評価」の暫定評価に基づく見解について

付録 4 「地層処分技術に関する研究開発」に係る中間評価の答申を受けての措置

＊添付 CD-ROM に収録

なお、付録 2 の地層処分研究開発・評価委員会資料は下記の URL にて公開されている。

http://www.jaea.go.jp/04/tisou/iinkai/hyouka_iinkai_01.html

This is a blank page.

国際単位系（SI）

表 1. SI 基本単位

基本量	SI 基本単位	
	名称	記号
長さ	メートル	m
質量	キログラム	kg
時間	秒	s
電流	アンペア	A
熱力学温度	ケルビン	K
物質량	モル	mol
光度	カンデラ	cd

表 2. 基本単位を用いて表されるSI組立単位の例

組立量	SI 組立単位	
	名称	記号
面積	平方メートル	m ²
体積	立方メートル	m ³
速度	メートル毎秒	m/s
加速度	メートル毎秒毎秒	m/s ²
波数	毎メートル	m ⁻¹
密度, 質量密度	キログラム毎立方メートル	kg/m ³
面積密度	キログラム毎平方メートル	kg/m ²
比体積	立方メートル毎キログラム	m ³ /kg
電流密度	アンペア毎平方メートル	A/m ²
磁界の強さ	アンペア毎メートル	A/m
量濃度 ^(a) , 濃度	モル毎立方メートル	mol/m ³
質量濃度	キログラム毎立方メートル	kg/m ³
輝度	カンデラ毎平方メートル	cd/m ²
屈折率 ^(b)	(数字の) 1	1
比透磁率 ^(b)	(数字の) 1	1

(a) 量濃度 (amount concentration) は臨床化学の分野では物質濃度 (substance concentration) ともよばれる。

(b) これらは無次元量あるいは次元 1 をもつ量であるが、そのことを表す単位記号である数字の 1 は通常は表記しない。

表 3. 固有の名称と記号で表されるSI組立単位

組立量	SI 組立単位			
	名称	記号	他のSI単位による表し方	SI基本単位による表し方
平面角	ラジアン ^(b)	rad	1 ^(b)	m/m
立体角	ステラジアン ^(b)	sr ^(c)	1 ^(b)	m ² /m ²
周波数	ヘルツ ^(d)	Hz		s ⁻¹
力	ニュートン	N		m kg s ⁻²
圧力, 応力	パスカル	Pa	N/m ²	m ⁻¹ kg s ⁻²
エネルギー, 仕事, 熱量	ジュール	J	N m	m ² kg s ⁻²
仕事率, 工率, 放射束	ワット	W	J/s	m ² kg s ⁻³
電荷, 電気量	クーロン	C		s A
電位差 (電圧), 起電力	ボルト	V	W/A	m ² kg s ⁻³ A ⁻¹
静電容量	ファラド	F	C/V	m ⁻² kg ⁻¹ s ⁴ A ²
電気抵抗	オーム	Ω	V/A	m ² kg s ⁻³ A ⁻²
コンダクタンス	ジーメンズ	S	A/V	m ⁻² kg ⁻¹ s ³ A ²
磁束	ウェーバ	Wb	Vs	m ² kg s ⁻² A ⁻¹
磁束密度	テスラ	T	Wb/m ²	kg s ⁻² A ⁻¹
インダクタンス	ヘンリー	H	Wb/A	m ² kg s ⁻² A ⁻²
セルシウス温度	セルシウス度 ^(e)	°C		K
光束度	ルーメン	lm	cd sr ^(c)	cd
照射度	ルクス	lx	lm/m ²	m ⁻² cd
放射性核種の放射能 ^(f)	ベクレル ^(d)	Bq		s ⁻¹
吸収線量, 比エネルギー分与, カーマ	グレイ	Gy	J/kg	m ² s ⁻²
線量当量, 周辺線量当量, 方向性線量当量, 個人線量当量	シーベルト ^(g)	Sv	J/kg	m ² s ⁻²
酸素活性化	カタール	kat		s ⁻¹ mol

(a) SI接頭語は固有の名称と記号を持つ組立単位と組み合わせても使用できる。しかし接頭語を付した単位はもはやコヒーレントではない。

(b) ラジアンとステラジアンは数字の 1 に対する単位の特別な名称で、量についての情報をつたえるために使われる。実際には、使用する時には記号rad及びsrが用いられるが、習慣として組立単位としての記号である数字の 1 は明示されない。

(c) 測光学ではステラジアンという名称と記号srを単位の表し方の中に、そのまま維持している。

(d) ヘルツは周期現象についてののみ、ベクレルは放射性核種の統計的過程についてののみ使用される。

(e) セルシウス度はケルビンの特別な名称で、セルシウス温度を表すために使用される。セルシウス度とケルビンの単位の大きさは同一である。したがって、温度差や温度間隔を表す数値はどちらの単位で表しても同じである。

(f) 放射性核種の放射能 (activity referred to a radionuclide) は、しばしば誤った用語で"radioactivity"と記される。

(g) 単位シーベルト (PV, 2002, 70, 205) についてはCIPM勧告2 (CI-2002) を参照。

表 4. 単位の中に固有の名称と記号を含むSI組立単位の例

組立量	SI 組立単位		
	名称	記号	SI 基本単位による表し方
粘着力のモーメント	パスカル秒	Pa s	m ⁻¹ kg s ⁻¹
表面張力	ニュートンメートル	N m	m ² kg s ⁻²
角速度	ニュートン毎メートル	N/m	kg s ⁻²
角加速度	ラジアン毎秒	rad/s	m m ⁻¹ s ⁻¹ =s ⁻¹
角速度	ラジアン毎秒毎秒	rad/s ²	m m ⁻¹ s ⁻² =s ⁻²
熱流密度, 放射照度	ワット毎平方メートル	W/m ²	kg s ⁻³
熱容量, エントロピー	ジュール毎ケルビン	J/K	m ² kg s ⁻² K ⁻¹
比熱容量, 比エントロピー	ジュール毎キログラム毎ケルビン	J/(kg K)	m ² s ⁻² K ⁻¹
比エネルギー	ジュール毎キログラム	J/kg	m ² s ⁻²
熱伝導率	ワット毎メートル毎ケルビン	W/(m K)	m kg s ⁻³ K ⁻¹
体積エネルギー	ジュール毎立方メートル	J/m ³	m ⁻¹ kg s ⁻²
電界の強さ	ボルト毎メートル	V/m	m kg s ⁻³ A ⁻¹
電荷密度	クーロン毎立方メートル	C/m ³	m ⁻³ s A
電表面電荷	クーロン毎平方メートル	C/m ²	m ⁻² s A
電束密度, 電気変位	クーロン毎平方メートル	C/m ²	m ⁻² s A
誘電率	ファラド毎メートル	F/m	m ³ kg ⁻¹ s ⁴ A ²
透磁率	ヘンリー毎メートル	H/m	m kg s ⁻² A ⁻²
モルエネルギー	ジュール毎モル	J/mol	m ² kg s ⁻² mol ⁻¹
モルエントロピー, モル熱容量	ジュール毎モル毎ケルビン	J/(mol K)	m ² kg s ⁻² K ⁻¹ mol ⁻¹
照射線量 (X線及びγ線)	クーロン毎キログラム	C/kg	kg ⁻¹ s A
吸収線量率	グレイ毎秒	Gy/s	m ² s ⁻³
放射線強度	ワット毎ステラジアン	W/sr	m ⁴ m ⁻² kg s ⁻³ =m ² kg s ⁻³
放射輝度	ワット毎平方メートル毎ステラジアン	W/(m ² sr)	m ² m ⁻² kg s ⁻³ =kg s ⁻³
酵素活性濃度	カタール毎立方メートル	kat/m ³	m ⁻³ s ⁻¹ mol

表 5. SI 接頭語

乗数	名称	記号	乗数	名称	記号
10 ²⁴	ヨタ	Y	10 ⁻¹	デシ	d
10 ²¹	ゼタ	Z	10 ⁻²	センチ	c
10 ¹⁸	エクサ	E	10 ⁻³	ミリ	m
10 ¹⁵	ペタ	P	10 ⁻⁶	マイクロ	μ
10 ¹²	テラ	T	10 ⁻⁹	ナノ	n
10 ⁹	ギガ	G	10 ⁻¹²	ピコ	p
10 ⁶	メガ	M	10 ⁻¹⁵	フェムト	f
10 ³	キロ	k	10 ⁻¹⁸	アト	a
10 ²	ヘクト	h	10 ⁻²¹	ゼプト	z
10 ¹	デカ	da	10 ⁻²⁴	ヨクト	y

表 6. SIに属さないが、SIと併用される単位

名称	記号	SI 単位による値
分	min	1 min=60 s
時	h	1 h=60 min=3600 s
日	d	1 d=24 h=86 400 s
度	°	1°=(π/180) rad
分	′	1′=(1/60)°=(π/10 800) rad
秒	″	1″=(1/60)′=(π/648 000) rad
ヘクタール	ha	1 ha=1 hm ² =10 ⁴ m ²
リットル	L, l	1 L=1 l=1 dm ³ =10 ³ cm ³ =10 ⁻³ m ³
トン	t	1 t=10 ³ kg

表 7. SIに属さないが、SIと併用される単位で、SI単位で表される数値が実験的に得られるもの

名称	記号	SI 単位で表される数値
電子ボルト	eV	1 eV=1.602 176 53(14)×10 ⁻¹⁹ J
ダルトン	Da	1 Da=1.660 538 86(28)×10 ⁻²⁷ kg
統一原子質量単位	u	1 u=1 Da
天文単位	ua	1 ua=1.495 978 706 91(6)×10 ¹¹ m

表 8. SIに属さないが、SIと併用されるその他の単位

名称	記号	SI 単位で表される数値
バール	bar	1 bar=0.1 MPa=100 kPa=10 ⁵ Pa
水銀柱ミリメートル	mmHg	1 mmHg=133.322 Pa
オングストローム	Å	1 Å=0.1 nm=100 pm=10 ⁻¹⁰ m
海里	M	1 M=1852 m
バイン	b	1 b=100 fm ² =(10 ¹² cm) ² =10 ⁻²⁸ m ²
ノット	kn	1 kn=(1852/3600) m/s
ネーパ	Np	SI単位との数値的な関係は、 対数量の定義に依存。
ベレル	B	
デシベル	dB	

表 9. 固有の名称をもつCGS組立単位

名称	記号	SI 単位で表される数値
エル	erg	1 erg=10 ⁻⁷ J
ダイン	dyn	1 dyn=10 ⁻⁵ N
ポアズ	P	1 P=1 dyn s cm ⁻² =0.1 Pa s
ストークス	St	1 St=1 cm ² s ⁻¹ =10 ⁻⁴ m ² s ⁻¹
スチルブ	sb	1 sb=1 cd cm ⁻² =10 ⁴ cd m ⁻²
フオト	ph	1 ph=1 cd sr cm ⁻² =10 ⁴ lx
ガリ	Gal	1 Gal=1 cm s ⁻² =10 ⁻² ms ⁻²
マクスウェル	Mx	1 Mx=1 G cm ² =10 ⁻⁸ Wb
ガウス	G	1 G=1 Mx cm ⁻² =10 ⁻⁴ T
エルステッド ^(a)	Oe	1 Oe ≡ (10 ³ /4 π) A m ⁻¹

(a) 3 元系のCGS単位系とSIでは直接比較できないため、等号「 ≡ 」は対応関係を示すものである。

表 10. SIに属さないその他の単位の例

名称	記号	SI 単位で表される数値
キュリー	Ci	1 Ci=3.7×10 ¹⁰ Bq
レントゲン	R	1 R = 2.58×10 ⁻⁴ C/kg
ラド	rad	1 rad=1 cGy=10 ⁻² Gy
レム	rem	1 rem=1 cSv=10 ⁻² Sv
ガンマ	γ	1 γ=1 nT=10 ⁻⁹ T
フェルミ	f	1 フェルミ=1 fm=10 ⁻¹⁵ m
メートル系カラット		1 メートル系カラット=0.2 g = 2×10 ⁻⁴ kg
トル	Torr	1 Torr = (101 325/760) Pa
標準大気圧	atm	1 atm = 101 325 Pa
カロリ	cal	1 cal=4.1858 J (「15℃」カロリ), 4.1868 J (「IT」カロリ), 4.184 J (「熱化学」カロリ)
マイクロン	μ	1 μ =1 μm=10 ⁻⁶ m

