

放射性廃棄物処分技術ワーキンググループ
中間とりまとめ
- 地層処分研究開発に関する取組について -

平成21年5月22日

総合資源エネルギー調査会
電気事業分科会原子力部会
放射性廃棄物小委員会
放射性廃棄物処分技術ワーキンググループ

目 次

	頁
1 . はじめに	1
2 . 地層処分研究開発の現状と留意点	2
2 . 1 地層処分事業における研究開発の重要性	2
2 . 2 地層処分事業の特徴とアプローチ方法	2
2 . 3 地層処分研究開発の経緯と現状	3
2 . 4 地層処分研究開発を行う際の留意点	8
3 . 地層処分技術の信頼性等のより一層の向上	10
3 . 1 ニーズを踏まえた研究開発の推進	10
3 . 2 国際的連携の推進	11
4 . 関係機関間の連携の更なる強化	15
4 . 1 地層処分基盤研究開発調整会議の経緯と現状	15
4 . 2 連携の更なる強化のあり方	16
4 . 3 人材の確保・育成と知識の継承・移転	17
5 . 地層処分研究開発に関する国民との相互理解	22
5 . 1 2010 年技術レポートを中心とした実施主体NUMOとしての取組	22
5 . 2 国及びJAEAの取組	24
6 . おわりに	25
放射性廃棄物処分技術ワーキンググループ 委員等名簿	26
放射性廃棄物処分技術ワーキンググループ 審議経過	27
参考資料	28

【報告書のポイント】

地層処分研究開発の現状と留意点

地層処分事業は、公益性が極めて高く、国民全体の利益から見ても重要な課題であることから、その着実な推進のためには、国が先導性と継続性をもって地層処分事業を支える基盤的な研究開発を推進することが重要。

地層処分研究開発は、現在の日本原子力研究開発機構（JAEA）を中心に、昭和50年代より長年にわたって取組がなされ、JAEAによるレポートを踏まえて、平成12年には、原子力委員会により、わが国において地層処分の安全性を確保し得るとの評価が示された。

地層処分技術の信頼性等のより一層の向上

様々なニーズを踏まえて、地層処分技術の信頼性等のより一層の向上を目指す研究開発を継続的に推進するとともに、諸外国における研究開発の成果を積極的に取り込んでいくことが重要。

関係機関間の連携の更なる強化

地層処分の研究開発は、幅広い分野・課題に対し長期的かつ戦略的な視点を持って進めていく必要があることから、地層処分基盤研究開発調整会議を通じて関係機関間の連携の更なる強化を図ることが重要。

その際、原子力発電環境整備機構（NUMO）は、基盤研究開発の成果のユーザーとして、基盤研究開発に対するニーズを明確に示す必要がある。

地層処分事業や研究開発は長期にわたることから、人材の確保・育成、技術の蓄積・継承が重要。そのためには、長期的な事業の進展を踏まえてNUMOが要員計画を示し、若手の研究者に研究プロジェクトや2010年技術レポート等のレビュー作業等に参画を求めることなどにより、今のうちから人材のすそ野を広げる取組が重要。

地層処分研究開発に関する国民との相互理解

NUMOは実施主体として、研究機関との連携の下、リーダーシップを発揮して、地層処分事業に対する安全確保のための構想等を2010年技術レポートとして取りまとめ、国民との相互理解推進活動を展開することが重要。

体系的な地層処分研究開発の実証の場である地下研究施設、地下研究施設を活用した体感設備やシミュレーション技術を駆使したバーチャル処分場等を活用して、実感、体感などを通じて地層処分の概念や安全性等について国民との相互理解を深めることが重要。

1. はじめに

日本原子力研究開発機構（JAEA）は、昭和 50 年代より地層処分に係る技術開発を開始し、平成 11 年には、それまでの研究成果を集大成して「わが国における高レベル放射性廃棄物地層処分の技術的信頼性 - 地層処分研究開発第 2 次取りまとめ」（以下「第 2 次取りまとめ」という。）の報告書を作成した。これを受け、原子力委員会が本報告書の評価を行い、平成 12 年に、わが国においても安全な地層処分が可能との評価が示された。

第 2 次取りまとめ以降は、「原子力政策大綱」（平成 17 年 10 月閣議決定）や「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 月閣議決定）に従い、国、関係研究機関及び原子力発電環境整備機構（NUMO）が、それぞれの役割分担の下、連携を図りながら、処分事業の信頼性・安全性、経済性・効率性のより一層の向上等を目的とする技術開発に取り組んでいる。

今般、総合資源エネルギー調査会放射性廃棄物小委員会が平成 19 年 11 月にとりまとめた報告書で提言されたとおり、国民理解に資する研究開発の推進に向けて、放射性廃棄物小委員会の下に放射性廃棄物処分技術ワーキンググループを設置することとされた。

本ワーキンググループでは、地層処分研究開発に求められるものと、その進捗状況をレビューした上で、地層処分技術の信頼性等のより一層の向上、関係機関間の連携の更なる強化、地層処分研究開発に関する国民との相互理解の観点から審議を行い、今後の取組の方向性等を示すこととした。

本報告書は、平成 20 年 6 月から平成 21 年 3 月まで、本ワーキンググループにおいて審議した結果を中間的にとりまとめたものである。

2 . 地層処分研究開発の現状と留意点

2.1 地層処分事業における研究開発の重要性

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、わが国の基幹的な電源である原子力発電の安定的な利用を推進していくために不可欠である。特に高レベル放射性廃棄物及びTRU廃棄物のうち放射能レベルの高い廃棄物については、その潜在的危険性が有意でない水準まで減少するには超長期を要する。そのため、地層処分事業は、長期にわたる事業の安定的な遂行（長期安定性）、長期にわたる安全性の確保（長期安全性）、事業の遂行には国民及び地元からの信頼性の確保（社会的信頼性）が不可欠であるという特徴を有すると言える。

このような特徴を有する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を支える基盤的な研究開発を推進し、技術基盤を整備し、国民全般の理解と協力を得ることが重要である。

2.2 地層処分事業の特徴とアプローチ方法

地層処分は、人工バリアと天然の地層を適切に組み合わせた多重バリアによって長期の安全性を確保するものである。人間の生活環境から離れた地下深くの岩盤中に巨大な人工的なシステムを構築すること、その安全性が数万年以上にも及ぶ極めて長い時間にわたって維持される必要があることが特徴である（資料1参照）。

このような特徴に伴って、地層処分の安全性を確保するためには、次の3つのアプローチ方法が必要である。

地層処分にとって適切な安定した地質環境を選定すること（サイト選定）

人工バリアや処分施設を適切に設計・施工すること（工学的対策）

地層処分の長期安全性が性能評価によって確認されること（性能評価）

これらのアプローチ方法に沿って研究開発課題が整理され、技術基盤の整備が図られている（資料2参照）。

2.3 地層処分研究開発の経緯と現状

(1) 「第2次取りまとめ」までの研究開発と法律制定

研究開発の経緯

地層処分に関する研究開発は、原子力委員会の方針に従って、昭和50年代よりJAEAを中心に行われてきている。平成11年には、JAEAがそれまでの研究開発成果を集大成し、「第2次取りまとめ」という重要な報告書を取りまとめ、地層処分の技術基盤を提示した(資料3, 4参照)。

【第2次取りまとめの結論】

地層処分に必要な条件を満たす地質環境がわが国に広く存在し、特定の地質環境がそのような条件を備えているか否かを評価する方法が開発された。
幅広い地質環境条件に対して人工バリアや処分施設を適切に設計・施工する技術が開発された。
地層処分の長期にわたる安全性を予測的に評価する手法が開発され、それを用いて安全性が確認された。
地上の研究施設の活用に加えて、深地層の研究施設計画を進めることにより、事業化に向けたスケジュールと整合をとりつつ、次段階の研究開発を展開していくことが可能な状況となっている。

更に、「第2次取りまとめ」については、平成12年10月に原子力委員会バックエンド対策専門部会による評価がなされた。そこでは、「第2次取りまとめには、我が国における放射性廃棄物地層処分の技術的信頼性が示されているとともに、処分予定地の選定と安全基準の策定に資する技術的拠り所が与えられており、これが地層処分の事業化に向けての技術的拠り所となる。」と結論づけられた。これにより、わが国において地層処分の安全性を確保し得ることが示された(資料4参照)。

法律の制定

「第2次取りまとめ」を中心とした技術基盤の整備を踏まえ、平成12年5月に「特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律」(以下「最終処分法」という。)が成立し、同年10月にNUMOが設立され、わが国の地層処分事業が開始された。平

成 14 年 12 月には、NUMO が全国の市町村を対象に「最終処分施設の設置可能性を調査する区域」の公募を開始し、処分施設建設地の選定に向けた具体的な活動を開始した。

また、平成 19 年 6 月に、最終処分法の一部が改正され、地層処分の対象廃棄物に放射能レベルの高い TRU 廃棄物が加えられた。同改正法は平成 20 年 4 月に施行され、NUMO が高レベル放射性廃棄物に加えて、TRU 廃棄物の地層処分の実施主体として認可された。

(2) 「第 2 次取りまとめ」以降の研究開発の進展

「第 2 次取りまとめ」以降の地層処分研究開発は、平成 12 年の原子力長期計画や、平成 17 年の原子力政策大綱に示された役割分担に沿って行われている。国の関係研究機関等においては、技術的信頼性や安全性の向上に主眼をおいた技術基盤の継続的な強化を目標とした基盤研究開発が進められた。NUMO においては、処分事業に必要な、経済性や効率性の向上を目指した技術の開発が行われている。以下に地層処分研究開発の概要を示す。

地下研究施設を中心とした JAEA の研究開発

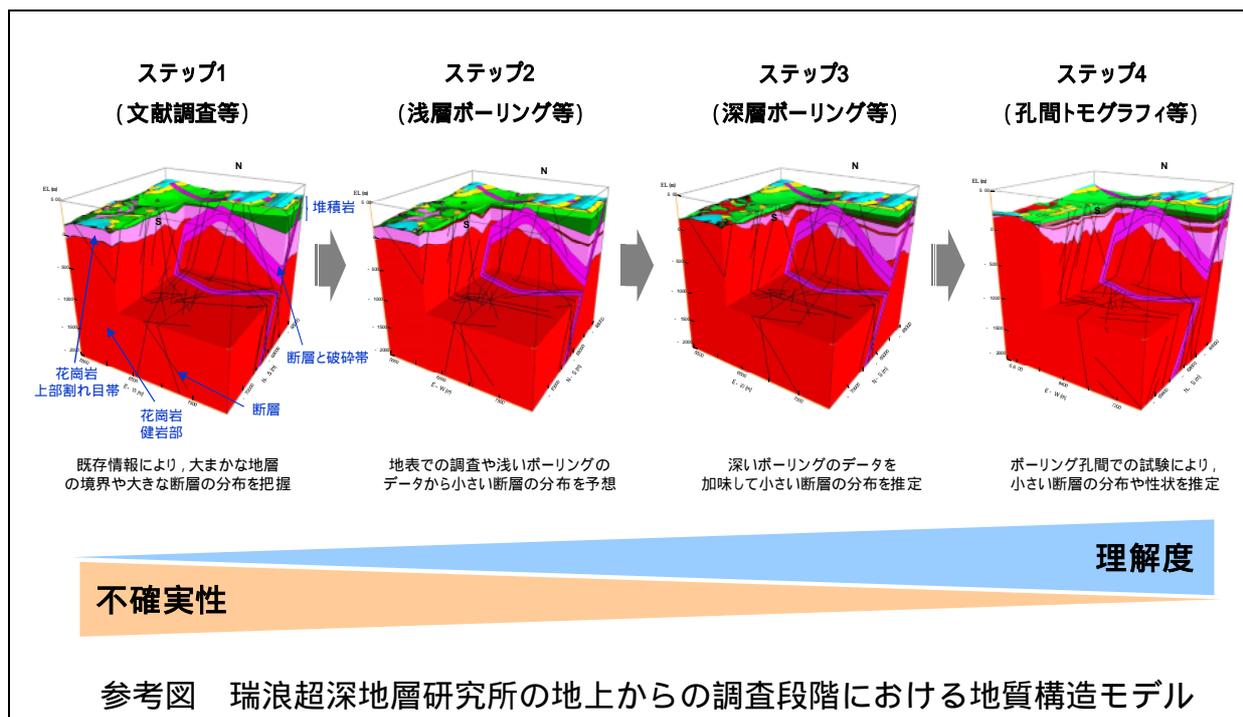
JAEA は、処分事業の段階的な進展に先行して、第 2 次取りまとめで示された技術の実証に主眼をおいた基盤的な研究を行っている。地層処分研究開発及びその基盤となる深地層の科学的研究として、具体的には、火山や地震などの地質環境の長期安定性の研究、地下研究施設における研究、人工バリアの長期健全性などの研究、安全評価技術に関する研究、及びこれらの研究で得られた成果や知見を管理する知識マネジメントシステムの開発などを実施している。なかでも、中核的なプロジェクトは、深地層の研究施設での実証研究である。日本の地質は、大きく結晶質岩（花崗岩など）と堆積岩（泥岩など）に分けられるが、岩種や場所によって地層処分にとって重要な特性（岩石の強度や地下水流動の特性等）が異なる。このため、岐阜県瑞浪市（結晶質岩）と北海道幌延町（堆積岩）の 2 か所に地下研究施設を建設し、NUMO の地層処分事業に先行する形で研究開発を行っている（資料 5 参照）。

このようなアプローチはスイスなど諸外国においても採用されている。例えばスイスでは、日本と同様に、結晶質岩と堆積岩の2つの地下研究施設があり、岩種に対応した研究が行われている。各国の地下研究施設においては、実際の地質環境を活用し、体系化した技術を実証することが可能である。実際、処分地の選定、処分場の設計・施工や安全性の評価に不可欠な知見や確信をもたらし、地層処分技術の信頼性等をより一層向上させることを目的とする研究開発が進められている。

わが国の地下研究施設を用いる調査研究では、第1段階として平成19年に地上からの調査研究の結果が取りまとめられた。これにより、NUMOが実施する概要調査及び精密調査、並びに国が進める安全規制の両面を支える技術基盤の一部が整備された。現在は、第2段階の坑道掘削による調査研究に入っており、地上からの調査研究で予測した地質環境や、構築した地質構造モデルなどの妥当性を確認するために、地表から掘削したボーリングにおける地下水圧の測定や、坑道からのボーリング調査などが行われている。これら第2段階の調査研究においてJAEAは、地上からの調査研究段階で予測した地質環境特性の妥当性を確認し、地上からの調査に係る信頼性の更なる向上に取り組んでいる。

【地下研究施設における研究成果の例（地質構造モデルの構築）】

深地層の研究施設計画においては、地表からの調査により地下の地質環境のデータ得て、そのモデル化が行われている。具体的な調査研究の一例としては、地質構造のモデル化に関して、既存の文献情報、物理探査、ボーリング調査と、調査の段階が進むことによって、詳細にモデル化することが可能となることが実証された。更に、このモデルを用いて地下水流動のシミュレーションを行い、断層などの地質構造が地下水流動に与える影響の程度を把握することなどによって、地層処分において重要となる地下水流動の観点から着目すべき地質構造や、これを把握するための調査の方法についての検討がなされている。このように、地層処分の候補地において、どのような地質・地形学的条件等に留意しながら、どのような手順や手法で調査を進めていけば良いのか、あるいは、技術の精度や適用範囲にも配慮しながら、候補地に求められる環境要件をどのように設定し規制を行っていけば良いのかなど、NUMOが実施する概要調査や精密調査の計画・実施、並びに国が進める安全規制上の指針や基準の策定の両面を支える技術基盤の整備がなされている。



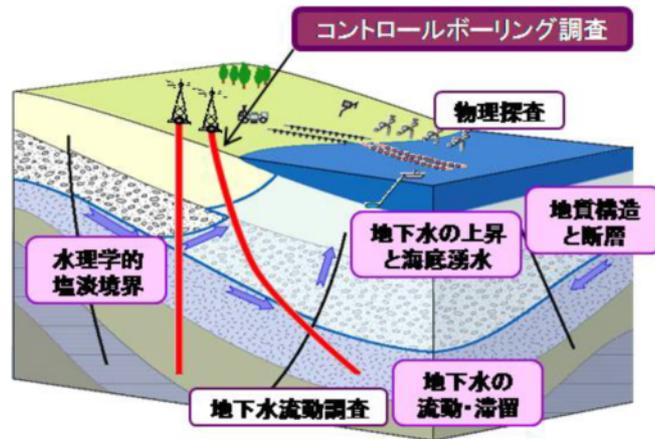
国の研究開発

JAEAが地下研究施設を中心とした体系的な研究開発を進めているのに対して、国の地層処分基盤研究開発では、個別の要素技術の高度化開発が進められている。具体的には、処分地の地質等の状況を調査するためのコントロールボーリング手法の開発、人工バリアの遠隔搬送や定置技術の開発が進められている。更に平成19年の最終処分法の改正によりNUMOが行う地層処分の対象となったTRU廃棄物について、TRU廃棄物特有の核種であるヨウ素や炭素についての処理処分技術の高度化や、併置処分する際に評価が必要となる硝酸塩についての処理処分技術の高度化などの研究開発が進められている。これらにより、NUMOが実施する概要調査及び精密調査、並びに国が進める安全規制の両面を支える技術基盤の整備が進んでいる。

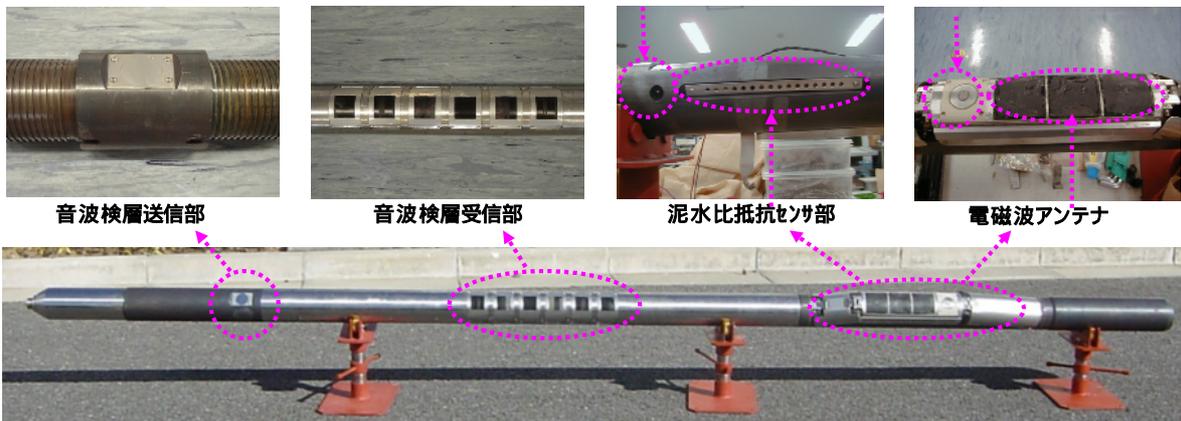
【国の基盤研究開発の例（ボーリング調査技術の高度化開発）】

国の基盤研究開発としては、処分候補地の地質環境を調査する技術や、廃棄物処分の実施に必要な工学技術、長期の性能評価技術などの、要素技術の高度化開発を実施している。具体的な例としては、ボーリング技術について、掘削方向をコントロールできる技術の開発を行っている。ボーリング掘削中に、岩盤のデータを取得することができる装置も開発している。コントロールボーリングによって、効率的に地下

の状態を調査する手法が開発され、概要調査や精密調査において適用することができる技術基盤が整備されている。



コントロールボーリング調査の概念



コントロールボーリング用に開発した調査機器

参考図 ボーリング調査技術の高度化開発

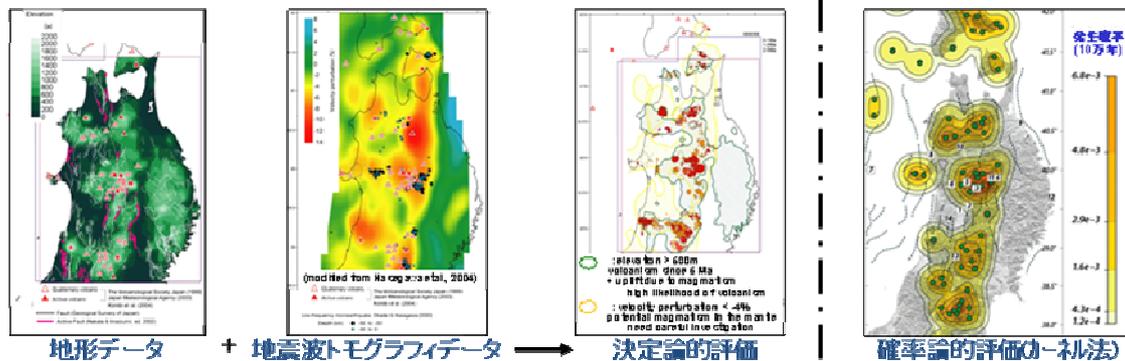
NUMOの技術開発

NUMOの技術開発について、原子力政策大綱では、「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」とされている。NUMOは、国やJAEAによる基盤研究開発の成果を取り込みながら、地層処分事業を進めるうえで必要となる技術について、概要調査地区、精密調査地区及び処分施設建設地の選定という各事業段階に対応して、段階的に整備を図っている。同時に、処分場の建設・操業・閉鎖に係る重要課題の検討や、安全確保方策の整備などの長期的な事業の推進に対応した技術開発も進めている。

これまで、概要調査地区を選定する上で必要な考慮事項の設定、文献調査支援ツールの整備や文献調査に基づく処分場概念構築システムの整備などを行い、文献調査を行ってから概要調査地区の選定に至るまでのプロセスに対応した技術の整備を行っている。現在は、将来予定される精密調査地区の選定に対応した考慮事項の設定、地質環境調査技術・評価手法の体系化・実証、及び処分場の設計・性能評価手法の高度化などの技術開発を行っている。

【NUMOの技術開発の例（火成活動の評価技術の高度化）】

概要調査地区等の選定において重要となる地質環境の長期安定性に係わる事象のひとつとして、火成活動があげられる。NUMOでは、将来の火成活動を、地形や地震波トモグラフィなどのデータを用いた決定論的な方法で評価することを基本とし、その見通しを得たとしている。更に、海外で実績のある確率論的評価手法のわが国での適用についても検討し、国内外の専門家によるワークショップなどを通じ、場所によっては確率論的な手法を併用することで、より信頼性高く評価することができる見通しを得たとしている。



参考図 将来の火成活動予測の評価結果（東北地方の例）

2.4 地層処分研究開発を行う際の留意点

地層処分事業は、調査から処分施設の建設・操業・閉鎖・閉鎖後管理に至るまで100年以上の極めて長い時間を要する事業である。そこには、通常の事業にはない技術的な完成度が求められ、また、それを追求する時間もある。このため、現状の地層処分技術を用いれば、わが国において地層処分の安全性を確保し得ることは確認されてい

るものの、信頼性、安全性、経済性、効率性等のより一層の向上を目指した研究開発を、長期的かつ戦略的な視点を持って継続して行うことが重要である。各々の要素技術をシステム化・体系化することも課題と考えられる。

また、地層処分基盤研究開発は、多岐な分野に及び複数の研究開発機関が実施していることから、総合的、計画的かつ効率的に進められるように、基盤研究開発全体のロードマップを作成し、各機関が連携・協力することが重要である。加えて、成果がNUMOの地層処分事業や国の安全規制に有効に活用されることが重要なので、人材育成や知識の継承・移転等も視野に入れて、関係機関間の連携を更に強化することが重要である。その上で、研究開発への取組や成果をベースに、国民との相互理解を進めることが課題である。

以上の留意点を踏まえて、3章「地層処分技術の信頼性等のより一層の向上」、4章「関係機関間の連携の更なる強化」、5章「地層処分研究開発に関する国民との相互理解」に関する取組について示す。

3．地層処分技術の信頼性等のより一層の向上

3.1 ニーズを踏まえた研究開発の推進

(1)信頼性等の向上に関する地層処分研究開発の進め方

地層処分技術については、第2次取りまとめにおいて、わが国でも安全な地層処分が可能との技術基盤の提示が行われ、処分場の立地を進めるための条件は整った。一方で、地層処分事業が長期にわたることなどから、信頼性等をより一層向上させるための基盤研究開発を進めていく必要があり、また、その時間もある。このような事業の特徴を踏まえ、基盤研究開発は、科学的知見の拡充、技術的実現性の提示、先進的新技术の導入という視点から行われている。今後とも、NUMOや安全規制機関のニーズも踏まえつつ、実施すべき課題、重点化すべき課題を抽出し、更に研究開発を進めていくことが重要である。特に、JAEAが所有する地下研究施設は、地層処分研究開発において重要な研究施設であり、今後も着実に研究開発を進めて成果を事業に反映させていくことが重要である。

また、このような技術的な側面からの研究開発のみならず、安全性等について、国民との相互理解を深める上では、社会的、制度的な側面に関する研究開発の推進も必要と考えられる。国内での事例や諸外国の放射性廃棄物処分場に関する事例調査などの参考事例に関する調査を通じて、研究開発課題を抽出することも重要である。

NUMOは、実施主体として、基盤研究開発の成果を踏まえ、地層処分技術をシステムとして実用化するために、安全性、経済性及び効率性のより一層の向上等を目指して技術開発に取り組むべきである。また、NUMOは5.1に詳述のとおり、地層処分事業に対する包括的な安全確保のための構想等を示した2010年技術レポートを取りまとめ、定期的に改定することが重要である。

(2)安全規制機関の検討を踏まえた地層処分研究開発の進め方

原子力安全・保安院において、安全規制の基本的考え方の検討結果が示された(「放射性廃棄物の地層処分に係る安全規制制度のあり方について」(平成18年9月11日))。

この中で、安全確保のための対策が適切に講じられた地層処分においては、基本的に廃棄体を回収するような事態が生ずることはないと考えられる。一方、処分場閉鎖までの間は、不測の事態への適切な対応等のために廃棄体の回収可能性が維持されるよう、開発段階において回収可能性に配慮した設計の採用や、具体的な回収手段を検討・確保しておくことが重要であることが指摘された。このような、規制側の検討等を踏まえて、NUMOは閉鎖前の廃棄体の回収可能性に関する課題についても検討していくことが重要である。また、原子力安全・保安部会廃棄物安全小委員会放射性廃棄物規制支援研究ワーキンググループでは、平成20年11月から規制支援研究の全体計画を立案中である。基盤研究開発を行うに当たっては、この計画の立案に当たる関係者と情報共有し、整合性を持って進めることが重要である。

3.2 国際的連携の推進

(1) 海外における処分事業の現状

原子力発電を進める諸外国において、地層処分事業が進められている。処分場のサイトが決定しているのはフィンランドとアメリカ、サイトの絞り込みが行われているのがスウェーデンとフランス、サイト選定手続きを行っているのがスイス等である。これらの国においては、地下研究施設を有し、実証を中心とした研究開発や処分場の建設許可の申請に必要なデータの取得などが行われている。

フィンランド

1999年に処分実施主体のポシバ社によりオルキルオトが処分地として選定され、2000年の政府決定、2001年の国会承認を経て、現在、地下特性調査施設（ONKALO）の建設が行われている。ONKALOでは、深度520mまで掘削される予定であり、掘削影響領域の調査やボーリング孔の閉鎖試験などが行われている。2012年に建設許可申請がなされ、2020年に操業が開始される予定となっている。

アメリカ

高レベル放射性廃棄物については、2002年にネバダ州のユッカマウンテンが放射性廃棄物政策法（修正法）の手続きにより処分場のサイトに選定された。2008

年9月には、実施主体であるエネルギー省(DOE)が申請した処分場建設許可申請書が原子力規制委員会(NRC)によって受理され、現在、安全審査中である。ユッカマウンテンの地下施設(探査研究施設:ESF)では、サイト選定や許認可申請のために、コロイド移行試験、単一ヒーター試験、坑道規模熱負荷試験などが実施されていた。ただし、オバマ政権のもとで提出された2010会計年度予算案においては、ユッカマウンテン計画の施設建設に関する項目は全て削除され、現在行われているNRCの安全審査対応と放射性廃棄物処分の代替案の検討に係る費用だけが計上されている。TRU廃棄物については、1999年より、DOEが、軍事活動から発生する廃棄物の地層処分場(廃棄物隔離パイロットプラント:WIPP)を操業している。WIPPは、ニューメキシコ州南東部に位置し、地下約655mの岩塩層に設置されている。これまでの10年間、安全な輸送、処分が継続されて実施されており、200リットルドラム缶換算で約29万本のTRU廃棄物が処分されている。

フランス

1991年の放射性廃棄物管理研究法に基づき、地層処分、分離・変換、長期貯蔵の3分野について、研究開発が15年間実施された。地層処分については、公募により地下研究所の設置場所を選定し、1999年にビュールでの建設・操業許可が発給された。3分野の研究成果の総括を経て、2006年に可逆性のある地層処分を基本とする放射性廃棄物等管理計画法が制定され、処分場は、地下研究所による研究対象地層に限定することが規定された。これにより、ビュールの周辺において処分場の候補サイトが選定される予定となっている。地下研究所においては、当該粘土層を対象とした各種データの取得や実証試験が行われ、これに基づく安全評価が実施されている。また、ANDRAは、可逆性のある地層処分に適用される各種設備や機器のプロトタイプなどの試験や有効性の確認が行われる技術センターをビュール近傍で建設中であり、2009年上期に一般公開される予定である。

スウェーデン

2001年に2自治体(エストハンマル、オスカーシャム)の議会がサイト調査を受け入れることを可決し、サイト調査が開始された。オスカーシャムにあるエスポ岩盤研究所では、プロトタイプ処分場(実際の使用済燃料を使用しないキャニスタ

一の定置・回収試験)、長期緩衝材試験などが行われている。実施主体のSKB社は、2009年に1つのサイトに絞り込み、2010年に処分場の建設許可を申請し、2020年頃に操業を開始する予定である。

スイス

これまでスイスでは、調査段階においても、調査の実施に係る許可を得る際に州民投票などが要求されていた。2008年4月に策定された特別計画「地層処分場」では、調査段階での州民投票などは要求されず、原子力施設を建設・操業しようとする者が許可(概要承認)を得る段階で、初めて国民投票に付すような制度に改められた。この特別計画に基づいて、サイト選定が開始され、2008年10月に実施主体であるNAGRAにより3ヶ所の処分候補地域が提案された。今後、詳細な検討がなされて、2019年頃に処分場サイトが決定され、2050年頃に操業が開始される予定となっている。結晶質岩を対象としたグリムゼル試験サイトでは、コロイド形成と移行試験、長期拡散試験、長期セメント試験などが行われている。粘土層を対象としたモン・テリ岩盤研究所では、人工バリア、定置技術の実証などが行われている。

イギリス

2006年に放射性廃棄物管理委員会により高レベル放射性廃棄物の管理方策が勧告され、それを受けて、2008年に地層処分の実施に向けた枠組みを示した白書が公表された。現在、公募方式によるサイト選定を実施中で、カンブリア州や同州の一部の市が国に関心表明(注)を行っており、今後、サイト選定プロセスの進め方に関して国と協議を行う予定である。2009年3月に原子力廃止措置機関(NDA)は「地層処分の研究開発戦略」を公表し、研究開発プログラムを開始している。2040年頃に操業が開始される予定となっている。

注：サイト選定プロセスの第一段としてされているものであり、自治体が将来の処分場の受け入れに関して、何ら責任を有せず英国政府との協議を行うことを表明すること。

(2)国際的連携についての取組

NUMO及びJAEA等の研究開発機関では、海外の実施主体や研究開発機関と協力協定を締結し、共同研究や意見交換等を実施している。また、IAEAやOECD/NEA等の国際機関が主催する会合等において、座長や主要メンバーとして参加し、

議論を主導するとともに、諸外国の状況を把握することや、日本における取組を紹介することで、日本の取組に有益となる情報を得ている。

処分事業や研究開発を効率的・効果的に実施していくために、引き続き海外との協力を進め、海外での社会的合意形成を意識した取組や先進的な研究成果等を活用していくことが重要である。特に、今後、処分地選定が進む、フランス、スイス、スウェーデン等における取組状況を把握していく必要があると考えられる。また、こうした国際的連携を通じて、各国における地下研究施設の位置づけや役割、そこで実施される研究開発や実証試験の成果に関する情報を入手することも求められる。また、国際的にも活躍できる人材育成も目指して、海外の処分実施主体や研究機関、国際的な研修センターが催すトレーニングコース等へわが国の研究人材を派遣し、国際的な共同作業等への参画機会を増やすことが重要である。これらを、わが国の処分事業の推進に向けた取組、地下研究施設における研究計画の参考にすることや、大学も含めた人材育成の取組に活用すること等を積極的に行うべきである。

4．関係機関間の連携の更なる強化

4.1 地層処分基盤研究開発調整会議の経緯と現状

(1)地層処分基盤研究開発調整会議の経緯

地層処分の研究開発は、幅広い分野・課題に対し長期的かつ戦略的な視点を持って進めていくことになる。原子力政策大綱では、地層処分の研究開発の体制について、「国及び研究開発機関等は、全体を俯瞰して総合的、計画的かつ効率的に進められるよう連携・協力するべきである」とされている。これを受けて、国の主導のもと、平成 17 年 7 月に、基盤研究開発全体のマネジメントの中心的な機能を担う地層処分基盤研究開発調整会議（以下「調整会議」という。）が設置された（資料 6 参照）。

調整会議は、国、JAEA、及び国の委託事業の実施機関を中心に、NUMO、電気事業者をメンバーとし、規制関連機関等をオブザーバーに加え、処分事業と安全規制のニーズを反映しながら、主として次の機能を担っている。

研究開発全体計画の策定

研究開発の連携に関する調整

成果の体系化に向けた調整

また、調整会議は、運営会議による総括の下、全体基本戦略の検討調整を行う統合WG、及び個別分野を検討し、調整する4つの分野別WG（地質環境、工学技術、性能評価、TRU廃棄物）で構成されている。

調整会議のこれまでの成果として、処分事業のスケジュールを踏まえ、大学等有識者の意見を聞きながら、当面5年間のフェーズに実施すべき基盤研究開発の全体計画書が、平成 18 年 12 月に取りまとめられた（資源エネルギー庁・日本原子力研究開発機構「高レベル放射性廃棄物地層処分基盤研究開発に関する全体計画（2006 年 12 月）」）。それ以降、この全体計画に沿って、基盤研究開発が行われている。

(2)地層処分研究開発調整会議の現状

調整会議では、平成 20 年 4 月から、基盤研究開発の進捗状況の確認、地層処分事業のスケジュール改定に伴う基盤研究開発全体計画の見直し等の P D C A 活動が行われている。その中では、4 つの分野別 W G で進めている研究開発の進捗状況及びスケジュールが確認され、今後実施すべき課題や重点的に強化すべき課題、実施期間等について検討が行われている。

また、調整会議では平行して N U M O の基盤研究開発に対する技術的要求事項（ニーズ）について検討されている。その中では、例えば、幅広い条件に対応した技術の信頼性の向上、データベースの整備や、安全性を確保する上で重要となる現象の理解などについて、事業スケジュールを踏まえ適切なタイミングで成果が得られることが期待されている（資料 7 参照）。

今後、調整会議での議論を踏まえ、基盤研究開発の課題と N U M O が行う技術開発の課題との間で調整等が行われる。その際、基盤研究開発の成果が N U M O の地層処分事業に有効に活用されるように、課題の重点化や体系化の検討を行い、共通目標や役割分担も考慮しつつ、研究開発を実施していくことが重要である。

4.2 連携の更なる強化のあり方

(1) N U M O と基盤研究開発主体との連携及び調整会議のあり方

N U M O は実施主体として、地層処分の安全性についての説明責任を負っている。そのため N U M O は、地層処分システムの安全を確保する方策を提示しなければならない。N U M O は安全性の更なる向上を目指した基盤研究開発の成果のユーザーとして、調整会議の場に、より責任のある立場で参画し、基盤研究開発に対する明確なニーズを示す必要がある。このように、N U M O は処分事業の進展に必要な技術の整備に向けた体系を自ら示し、処分の実施に必要な研究開発をリードしていくべきである。

更に、5.1 にある 2010 年技術レポートの作成やレビュー作業に当たっては、J A E

A等の研究機関や大学と連携してオールジャパンの体制で臨むことが重要である。また、NUMOが、研究開発機関が有する研究施設やデータベースなどを活用することについても、検討を行うべきである。

また、調整会議においては、大学等の外部専門家の意見を反映して全体計画が取りまとめられているが、調整会議における個別の議論に外部専門家は参加していない。透明性を確保しながら基盤研究開発のPDCAサイクルを有効に実施するという観点から、更には、後述する人材育成の観点からも、大学等の有識者に調整会議への参加を求めることが重要である。

(2)安全規制機関との関係

安全規制機関においては、安全規制支援研究の全体計画を立案中である。安全規制機関におけるデータや知見の取り扱いについては、規制支援研究の成果だけではなく、国内外の研究の成果を判断根拠として使える品質にあるかどうかを、独立性を保ちながら確認して活用する方針である。基盤研究を進めている側においても、研究成果を安全審査指針や技術基準等の策定にも反映するために、規制機関における検討状況を把握し、成果を共有することを考慮に入れて、研究開発を効率的・効果的に進めることが重要である。

(3)大学等との連携

研究開発を進めるに当たっては、大学等における、より基礎的な実験、研究の成果や知見を活用することで、研究開発及びその成果の品質を更に高めることができると期待される。また、後述する人材育成の観点からも、基盤研究開発に大学の若手研究者や大学院生等の参加を求めることが重要である。

4.3 人材の確保・育成と知識の継承・移転

地層処分事業のための基盤研究開発は原子力分野全般と同様に関係する研究分野

が幅広いことが特徴である。すなわち、「地質環境調査」においては、火山や地震、地下水や岩盤といった幅広い研究項目がある。「処分場の工学技術」では、人工バリアや処分場の設計・施工から、用いられる種々の材料の特性評価、溶接や遠隔操作などの機械工学の分野までもが研究対象である。「性能評価」においては、放射性核種の溶解挙動や岩盤への吸着等も考慮した移行挙動に着目した研究もなされている。更に、これらの幅広い分野を連携させた評価や予測もなされ、知識マネジメントシステムの分野では、幅広い分野の膨大な知識を管理するための、知識工学を活用した世界に先駆けた研究も行われている。

また、地層処分は長期にわたる事業であることから、知識や技術を適切に蓄積・継承していくことが必要である。更に、基盤研究開発の実施機関から実施主体であるNUMOへ知識の継承・移転を確実にすることも必要である。

このような背景のもと、人材の確保・育成、及び知識の継承や移転について、次のような取組を行うべきである。

(1)人材の確保・育成に関する取組

地層処分は長期にわたる事業であり、その間の安全確保が必要であることを考えれば、その基盤研究開発を持続的に推進する人材を必要とすることは明らかである。その一方で、地層処分の研究開発は、長期安全性の確保に一層の力点が置かれ、利益事業に直結したり、汎用技術に展開することが少ないため、経済競争の原理に従って人材が供給・育成されにくい領域である。そのため、人材育成を事業実施主体の付帯的な業務として位置づけるのではなく、エネルギー政策遂行上の重要な問題として捉えて、関係者が各々の立場から人材育成を考え、必要な対策を講じることが重要である。

NUMOにおける取組

NUMOは、実施主体として地層処分の安全性についての説明責任を有していること、処分事業に必要となる技術開発を自ら行うことなどから、人材の確保・育成を継続的に実施することが重要である。このため、NUMOは、中長期的な要員計画・採用計画の策定、技術者の育成方策の検討、JAEA等の研究機関からの技術

を円滑に移転するための検討、処分場概念構築システムの開発、といった技術継承のためのインフラの整備等に取り組むことが必要である。

NUMOにおいて継続的に取り組む人材を確保・育成するためには、プロパー人材の確保を計画的に行っていくことが重要である。また、電気事業者やJAEA等の関係機関との連携を通じて、他の放射性廃棄物処分施設や地層処分関連の研究施設等で、現場における貴重な経験を積むことで人材を育成することも必要である。

更に、今後、NUMOは事業の進展に応じて、安全確保のための構想等を示した後述の2010年技術レポートを作成し、2010年以降も継続的に改定していくこととなる。この過程においては、地質環境の評価、処分場や人工バリアの設計・施工、安全評価という、幅広い分野の専門的な知見を統合して、処分システム全体を考える必要がある。これらの作業は、一定の分野の専門家が、他の分野の知見を学び、処分システム全体について考える貴重な機会となる。したがって、これらの作業を通じて、NUMOや関係機関の人材を、専門性のみを持つ人材から幅広い知識とひとつの専門性を持つ人材に、更には、幅広い知識と複数の専門性を持つ人材へと育成することもできると考えられる。また、大学等の研究者も含む幅広い人材に、レビュー作業等への参画を求めることにより、地層処分システム全体を把握することのできる人材のすそ野が広がることも考えられる。

JAEAにおける取組

現在、わが国では主にJAEAが地層処分の研究開発能力を有しており、かつその地下研究施設において調査研究を実施中である。このため、JAEAは、NUMOにおいて必要とされるスキルを把握して、将来はNUMOにおいて活躍できるように人材育成に努めるとともに、NUMOとの人材交流を行うことが重要である。

国における取組

地層処分の分野における人材育成には、関連する分野が広いことや、必要と考えられる経験や知識の量が多いことから、長期間を要することが想定される。このため、特に若手の人材の確保を真剣に考えるべきであり、国も含めて、関係者全体としてこの面での人材育成に取り組む必要があり、調整会議の場等において、その方

策について検討を行う必要がある。特に、若い人材にこの分野に対する関心を持ってもらうための教育におけるアプローチをどのようにしていくかを検討することが重要である。

文部科学省と経済産業省は、原子力研究や人材育成のための取組を支援するため、平成 19 年度から「原子力人材育成プログラム」を開始した。国においては、このようなプログラムを大学等が活用するように促し、大学等における自律的な人材育成や研究活動の充実を図る契機とすることが望まれる。

【原子力人材育成プログラムのメニュー】

- ・原子力教育支援プログラム
- ・チャレンジ原子力体感プログラム
- ・原子力の基盤技術分野強化プログラム
- ・原子力研究促進プログラム
- ・原子力研究基盤整備プログラム
- ・原子力コア人材育成プログラム
- ・原子力コアカリキュラム開発プログラム

また、国は、若手の研究人材を育成する観点から、地層処分に係る研究開発に関連した重要で基礎的な研究について、公募型の研究開発を実施している。人材のすそ野を拡大する観点からも、このような公募研究の拡充が望まれる。

(2)知識の継承・移転に関する取組

JAEA は、研究開発の成果や地下研究施設における経験等を取り込み、誰でも利用することが可能な知識マネジメントシステムを構築中である。このシステムは、研究開発で得られた成果や知見（データ、報告書、ソフトウェア、経験・ノウハウなど）を収納して、実施主体、規制機関、学術的な専門家などが利用できるようそれらユーザーのニーズを踏まえて整備するものである。本システムは、候補地選定から、建設・操業・閉鎖までの長期にわたる処分事業を技術的に支援するシステムであるとともに、人材育成の観点からも重要である。このため、NUMO や規制機関のニーズも踏まえながら整備していくとともに、地層処分についての予備知識の乏しい若い研究者が地

層処分を勉強する機会としても活用することを念頭に置く必要がある。知識マネジメントシステムの整備に合わせ、主要なユーザーである実施主体や規制機関の関係者と緊密に連携し、最新の技術情報が円滑に継承できるように考えるべきである。

5 . 地層処分研究開発に関する国民との相互理解

地層処分に関する国民との相互理解を促進していくためには、先ず地層処分の必要性についての認識を共有した上で、地層処分について国民の抱いている疑問や不安を理解するとともに、国民が実感、体感などを通じるなどして、地層処分の概念や安全性等について十分な理解を得るための努力をすることが必要である。特に、安全性については国民の関心が高いことから、研究開発に関連して国民との相互理解を促進すべきポイントであると言える。

地層処分の安全性等について、国民との相互理解を深めるためには、地層処分の安全性を確保する手法や地層処分技術の研究開発を行った成果について分かりやすい情報発信に努めるとともに、地下研究施設を積極的に公開すること等を通じて、地層処分の安全性等を実感する機会を設けることが重要である。また、安全性について言及するときには、リスクについても併せて説明することが望ましい。

更に地層処分技術は専門性が高いため、技術について分かりやすく情報発信するためには、スポークスマンやサイエンスライターなど、専門家と一般の人をつなぐ役割を持つ人を活用することが有効である。また、フォーラムの開催、分かりやすいパンフレットの使用、HPへの掲載など、様々な方法で国民全般が容易に情報を入手できるようにすることが重要である。また、研究開発の成果について情報提供の方法を工夫し、メディア側から関心を持って取材に来るような状況を創り出すべきである。

このようなことを念頭におきつつ、関係者は地層処分研究開発に関する国民との相互理解のため、以下のような取組を実施すべきである。

5.1 2010年技術レポートを中心とした実施主体NUMOとしての取組

処分実施主体としての信頼性を築き上げるためには、NUMOは自らの安全な処分の実施に向けた具体的な構想をまとめ、対外的に示すことが必要である。一方で、「第2次取りまとめ」が報告された以降にも、NUMO、国及びJAEA等の研究開発機

関の研究成果及び最新の知見が蓄積されてきている。これらを踏まえ、NUMOは、「第2次取りまとめ」以降の最新の知見を取り入れて、2010年技術レポートを取りまとめるとしている。NUMOは、2010年技術レポートで、実施主体として地層処分事業に対する包括的な安全確保のための構想、安全な事業展開の具体的な進め方等を示すことにより、国民との相互理解が進展すること、レポートの作成を通じて技術力をより一層高めること、更には、人材のすそ野の拡大を図ることが期待される。また、これが常に最新の知見を踏まえているものであるように、定期的に改訂することが重要である。

その際、NUMOは研究機関との連携の下、リーダーシップを発揮して、「第2次取りまとめ」以降のNUMOの技術開発、国及びJAEAの基盤研究開発の成果が、操業中の作業安全を含め、処分事業の安全をいかにより確実なものとしているかを分かりやすく示すことが求められる。更に、文献調査や概要調査段階で必要となる技術の実務的な整備が進み、調査が適切に行われる環境が整っていることも併せて示すことが重要である。

このため、2010年技術レポートの作成過程から、報告会の開催、HPでの情報発信等を通じて、国民との積極的な相互理解活動を展開することが重要である。更に、2010年技術レポートの品質や透明性を確保する観点から、原子力学会等の第三者機関の評価を受けながら取りまとめを行うことが求められる。

また、NUMOは、関心のある地域での広報に備えて、研究開発の成果を分かり易く盛り込んだ技術的なQA集を準備していくことも重要である。このような資料は、メディアや自治体関係者等、地層処分の安全性等について、関心や疑問を持つ人々の正しい理解を助けるためのデータ集としても活用できると考えられる。

電力消費地での地層処分をPRする設備としては、電気事業連合会及びNUMOが、科学技術館（東京都千代田区北の丸）の展示についてリニューアル工事を行い、平成21年3月24日にオープンした。毎年60万人以上の見学者が訪問する施設であり、子供から大人まで全国から集まる幅広い層が、地層処分を体感し理解を深める場となることが期待される。

5.2 国及びJAEAの取組

国及びJAEAは、地層処分に係る研究開発の成果を、概ね5年ごとに取りまとめている。更に、JAEAは、体系化した研究開発成果を「知識ベース」として平成22年に取りまとめることとしている。これら研究開発の成果について、国及びJAEAは、報告会やHP等での情報発信を通じて、国民・社会とのコミュニケーションを図っていく必要があると考える。

また、JAEAは、HPへの掲載や、学会や関係機関等への呼びかけなどにより、体系的な地層処分研究開発の実証の場である2つの地下研究施設への全国からの訪問を促し、多くの見学者に地下施設を見てもらう機会を増やすことが望まれる。見学の際には、地下研究施設で得られた研究開発成果について分かりやすく説明することで、国民との相互理解を促進するための活動を展開することが重要である。

更に、国は、平成20年度から北海道の幌延町にある幌延深地層研究センターを活用した体感設備や、シミュレーション技術を駆使したバーチャル処分場の整備を進めている。体感設備としては、地層処分概念とその工学的実現性等を実感・体感・理解できる地上と地下の設備を整備し、工学技術に関する研究を行い、その状況も見学してもらうこととしている。また、バーチャル処分場は、一般から専門家まで幅広い国民各層を対象として、分かりやすい説明と学習機会を提供するような次世代の理解促進ツールである。そこでは、地層処分の概念、処分場のサイト選定、建設、操業、閉鎖までの行動計画に加えて、千年、万年といった超長期の安全評価がわかりやすく示される。今後、これらの整備に当たっては、各種媒体を活用するなどのPRにより、できるだけ多くの国民の目に触れるよう工夫を行い、広聴・広報活動と研究開発の連携を図っていくことが重要である。

6．おわりに

本ワーキンググループでは、地層処分に係る研究開発の進捗状況をレビューし、今後、信頼性・安全性、経済性・効率性のより一層の向上、関係機関間の連携強化、国民との相互理解の促進、が課題であることを明らかにした。同時に、これらの課題解決に向けて各主体に求められる取組を示した。

結論の要点は、地層処分技術の信頼性等のより一層の向上のため、地下研究施設等を活用した研究開発を継続的に進めることが重要である。また、諸外国における研究開発の成果も積極的に取り込んでいくべきである。関係機関間の連携を強化するため、NUMOは基盤研究開発に対するニーズを示し、これを受けて国及びJAEA等の研究開発機関は着実に研究開発を進めることが望まれる。さらに、これらの活動を通じて、人材育成を図る必要がある。国民との相互理解を深めるため、NUMOが2010年技術レポートを作成して、安全を確保する方策を示す必要がある。

地層処分に関する研究開発は、長期にわたり行われるものである。国や関係機関は、本ワーキンググループにおいてレビューした事項について、不断の努力により、より良い成果を目指すと共に、国民理解に資することを常に念頭において取り組む必要がある。

こうした取組等を通じて、一刻も早く文献調査に着手するなど、処分事業の推進に向けて、国やNUMO等の関係者が最大限努力することを期待する。

放射性廃棄物処分技術ワーキンググループ

委員等名簿

【主査】

とちやま おさむ
栢山 修 原子力安全研究協会 処分システム安全研究所長

【委員】

いかわ ようじろう
井川 陽次郎 読売新聞 東京本社 論説委員

おおえ としあき
大江 俊昭 東海大学 工学部 エネルギー工学科 教授

おおにし ゆうぞう
大西 有三 京都大学理事・副学長

かさい よりこ
葛西 賀子 フリージャーナリスト・キャスター

つちだ しょうじ
土田 昭司 関西大学 社会学部 教授

ながさき しんや
長崎 晋也 東京大学大学院 工学系研究科 原子力専攻 教授

やまざき はるお
山崎 晴雄 首都大学東京 都市環境科学研究科 地理学教室 教授

【オブザーバー】

いしかわ ひろひさ
石川 博久 日本原子力研究開発機構 地層処分研究開発部門 部門長

つち ひろゆき
土 宏之 原子力発電環境整備機構 技術部長

ふじはら ひろし
藤原 啓司 電気事業連合会 原子力部部長

まるも しゅんじ
丸茂 俊二 電気事業連合会 原子力部部長

(五十音順、敬称略)

第1回まで

第2回以降

放射性廃棄物処分技術ワーキンググループ
審議経過

第1回 2008年6月30日

- 1．放射性廃棄物処分技術ワーキンググループについて
- 2．放射性廃棄物の地層処分に係る取組について
- 3．検討にあたっての論点について
- 4．その他

第2回 2009年2月2日

- 1．地層処分研究開発に関する取組について
- 2．その他

第3回 2009年3月31日

- 1．諸外国における高レベル放射性廃棄物処分に関する状況について
- 2．中間とりまとめについて
- 3．その他