

「我が国における高レベル放射性廃棄物地層処分
研究開発の技術的信頼性の評価」

平成１２年１０月１１日

原子力委員会

原子力バックエンド対策専門部会

我が国における高レベル放射性廃棄物地層処分研究開発の技術的信頼性の評価

目 次

はじめに

I. 評価の位置付け

II. 専門部会報告書で示された研究開発等の進め方に係る基本的考え方

及び技術的重点課題に対応した成果の評価

1. 総 括

(1) 地層処分の技術的信頼性について

- 1) 我が国の地質環境
- 2) 地層処分の工学技術
- 3) 地層処分システムの安全評価
- 4) 地層処分の技術的信頼性についての総合評価

(2) 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について

- 1) 処分予定地の選定に資する技術的拠り所について
- 2) 安全基準の策定に資する技術的拠り所について

(3) 総合的な評価

2. 各研究開発分野について

(1) 我が国の地質環境

- 1) 地質環境の長期安定性
- 2) 地質環境の特性
- 3) ナチュラルアナログの調査研究
- 4) 深部地質環境の科学研究
- 5) 我が国の地質環境分野の総評

(2) 地層処分の工学技術

- 1) オーバーパックの設計
- 2) オーバーパックの製作・施工技術
- 3) 緩衝材の設計、製作・施工技術
- 4) 人工バリアの埋設後の健全性
- 5) 処分施設の設計
- 6) 建設、操業技術
- 7) 閉鎖技術
- 8) 全体スケジュール
- 9) 処分場の管理
- 10) 各研究開発を進めるための主要施設
- 11) 地層処分の工学技術分野の総評

(3) 地層処分システムの安全評価

- 1)安全評価シナリオの作成
- 2)シナリオに沿った解析評価
- 3)ニアフィールド性能評価モデル
- 4)データベースの構築
- 5)地層処分システムの評価解析
- 6)ナチュラルアナログ研究の適用
- 7)地層処分システムの安全評価に関わる期間
- 8)安全評価指標の設定の考え方
- 9)地層処分システムの安全評価分野の総評

今後の取組に当たって

資 料

はじめに

我が国における高レベル放射性廃棄物の処分方策については、昭和51年の原子力委員会決定において、当面地層処分に重点を置き調査研究を進めることとされ、これを始点として、動力炉・核燃料開発事業団（以下、「動燃事業団」という。）をはじめとする機関において、地層処分に関する研究開発を着実に実施してきたところである。特に動燃事業団においては、原子力委員会の方針に基づき関係機関と協力しつつ研究開発を進めた結果として、平成4年9月、我が国における地層処分の安全確保の技術的可能性を示す「高レベル放射性廃棄物地層処分研究開発の技術報告書－平成3年度－」（いわゆる第1次取りまとめ）を取りまとめ、原子力委員会に提出した。原子力委員会は、この技術報告書の内容を放射性廃棄物対策専門部会において検討した結果、平成5年7月に、我が国における地層処分の安全確保を図っていく上での技術的可能性が明らかにされているとの評価を示すとともに、2000年前まで予定されている動燃事業団による第2次取りまとめ、国によるその評価等を通じ、研究開発の進捗状況を見極め、研究方策をさらに評価検討することが必要であるとした。

この後、平成7年9月に原子力委員会は、高レベル放射性廃棄物処分の円滑な実施への具体的取組に向けた国民の理解と納得が得られるよう、社会的・経済的側面を含め、幅広い検討を進める「高レベル放射性廃棄物処分懇談会」及び高レベル放射性廃棄物の地層処分に関する研究開発計画の策定等、処理処分に係る技術的事項等を調査審議する「原子力バックエンド対策専門部会」を設置し、高レベル放射性廃棄物の地層処分について、精力的に調査審議を行ってきた。

平成9年4月、原子力バックエンド対策専門部会は、第2次取りまとめの指標となる報告書「高レベル放射性廃棄物の地層処分研究開発等の今後の進め方について」（以下、「専門部会報告書」という。）を作成し、その中において地層処分を我が国に適用していくに当たって基本となる技術的考え方、第2次取りまとめに盛り込まれるべき事項及び第2次取りまとめに向けて実施すべき技術的重点課題を示した。これに基づき、動燃事業団を中核として、日本原子力研究所、地質調査所、防災科学研究所、電力中央研究所、大学、民間企業などが、専門的知見を生かした適切な役割分担の下に、国際協力も積極的に進めつつ研究開発を行ってきた。平成11年11月、核燃料サイクル開発機構（平成10年10月、動燃事業団より改組。以下、「サイクル機構」という。）は、これまでの研究開発の成果を取りまとめた技術報告書「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。）を作成し、原子力委員会に提出した。これを受けて原子力委員会が示した見解においては、第2次取りまとめは、我が国における地層処分の技術的信頼性を示すとともに、処分予定地選定及び安全基準の策定に資する技術的拠り所を与える重要なものであり、原子力バックエンド対策専門部会において適切な評価を行うこととしている。

本報告書は、第2次取りまとめの研究開発成果を総合的に評価するとともに、専門部会報告書で示した技術的重点課題等に沿って適切に達成されているかどうかについて評価を行

った。専門部会の審議に資するため、23名の専門家からなる「地層処分研究開発第2次取りまとめ評価分科会」を設置して、平成11年12月から平成12年10月までに、分科会を10回、我が国の地質環境、地層処分の工学技術、地層処分システムの安全評価の各分野について、関係分科会委員で設けられたサブグループ会合を合計13回開催し、検討状況については適宜報告を受けた。平成12年7月には報告書案を公開し、1ヶ月間国民からの意見募集を行い、41名から67件の意見が寄せられた。意見募集にあわせて、評価の客観性、視点の多様性を確保するため、国内外の専門家を中心に幅広く意見交換を行う国際ワークショップを開催し、海外からの招聘者7名、国内の招聘者9名、公募による一般の参加者215名、専門部会委員16名、分科会委員11名、第2次取りまとめの作成に関わった専門家などにより幅広く議論を行った。本報告書は、これらの意見を踏まえて更に議論を行った結果を取りまとめたものである。

高レベル放射性廃棄物の地層処分については、平成12年5月に処分実施主体の設立や事業資金の確保策等を柱とする「特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律」（平成12年法律第117号）が成立し、また、安全規制に関する基本的考え方の検討が進められるなど、処分事業の具体化に向けた取組が着実に進んできている。本報告書が、我が国における地層処分研究開発の進捗状況の理解促進の一助となるとともに、本報告書によって、今後の研究開発が着実に推進されることを大いに期待するものである。なお、本報告書を読まれる方の便に供するため、適宜脚注を付した。

I. 評価の位置付け

第2次取りまとめに対する評価の考え方については、専門部会報告書において、第2次取りまとめに対する国による評価が、国民に信頼を持って受け入れられるためには、客観的に評価が行われる体制を整えるとともに、積極的に成果を公表し、国民に意見を求めるなどプロセスの透明性を確保することが重要であるとし、また、成果の総合的な評価とともに、専門部会報告書で示している第2次取りまとめの個別目標に対応する研究領域ごとに研究成果の到達度を適切に評価し、その後の研究課題と進め方を明らかにすることが重要であるとしている。

また、第2次取りまとめに対する評価の主な項目として、地層処分にとって基本的に重要な地質環境¹上の要件について具体的な情報を得るための調査項目・手法を明らかにすること、人工バリア及び処分施設の設計要件及びこれらを設計する場合の技術的基礎となる考え方が明らかにされていること、地層処分システムの性能評価において考慮されるべきシナリオの範囲、評価モデルやデータに関する必要な情報が明示されていることに加えて、地層処分研究開発の基盤として位置づけられる深部地質環境の科学研究の成果が、各研究開発分野の研究の進展に応じ、適切に反映されていることが必要であるとしている。

¹ 地質環境：地層処分の観点からみて重要な、地層を構成する岩石やそこに含まれる地下水などの要素からなる地下の環境。

本報告書では、第2次取りまとめが、専門部会報告書で示したこれらの課題に応えたものとなっているかという観点から技術的に詳細な評価を行った。なお、評価に当たっては、この研究開発が、地層や処分場の場所が特定されていない段階のものであり、地層処分の実現に向けての基盤技術的なものであることに留意した。我が国における地層処分研究開発は、これまで大きく①我が国の地質環境、②地層処分の工学技術、③地層処分システムの安全評価の3つの分野に分けて進められてきている。第2次取りまとめにおいても、各分野の成果の詳細がそれぞれ3つの分冊にまとめられている。このため、評価に当たっては、まず、これらの各研究分野ごとに、専門部会報告書で示している第2次取りまとめに盛り込むべき事項や技術的重点課題等への対応について詳細な検討を行った。次に、これらの結果に基づいて、我が国における地層処分の技術的信頼性についての総合的な評価を行った。

II. 専門部会報告書で示された研究開発等の進め方に係る基本的考え方 及び技術的重点課題に対応した成果の評価

1. 総 括

(1) 地層処分の技術的信頼性について

1) 我が国の地質環境

専門部会報告書で示している本分野の目標は、地層処分にとって重要な地質環境上の要件を明らかにし、それを満たす地層が我が国においても存在する可能性の有無を明らかにするとともに、地層処分システムの長期にわたる安全性と技術的な実現性を示す上で重要となるニアフィールド²の地質環境特性について、実測値に基づく知見を整備することである。また、技術的重点課題として、地質環境の長期安定性に関する情報の整備、ナチュラルアナログ³に関する情報の整備、地質環境の特性に関する情報の整備を挙げており、さらに、サイト特性調査⁴の基盤となる深部地質環境の調査技術及び関連機器の開発を挙げている。

地質環境の長期安定性については、第2次取りまとめでは、地震・断層活動、火山・火成活動のような急激かつ局所的な天然現象については、活動地域の時間的な変化や地質環境への影響に関する過去の事例調査の知見に基づき、その活動及び影響の範囲が限定されることが明らかにされている。隆起・沈降・侵食、気候・海水準変動のような緩慢かつ広域的な現象については、変動の規模及びその地域性や周期性に関する知見に基づき、個々の地域における変動量が概ね推定できることから、想定される変動を考慮して、地層処分システムの設計や安全評価に反映できることが示されている。

² ニアフィールド：人工バリアと、その設置などにより影響を受けると考えられる人工バリア近傍の地層とを合わせた領域。

³ ナチュラルアナログ：廃棄物埋設後の放射性核種の挙動や人工バリアの腐食・変質など、地層処分システムにおいて想定される現象と類似した、自然界で過去に起こった長期的変化に関する現象。

⁴ サイト特性調査：処分予定地において、処分施設の設計や地層処分システムの性能評価に必要な情報を取得するために実施する調査。地表からのボーリング調査や物理探査、地下施設を用いた調査などにより、地表から地下深部までの地層及び地下水の性質（例えば、地質構造、岩盤物性、地下水の水質や流動特性など）を体系的に調べること。

また、ナチュラルアナログとしてのウラン鉱床の調査研究では、上述の天然現象の影響を被った地質環境の長期安定性が実際に保たれる具体例が示されている。

さらに、多重バリアシステム⁵の性能にとって重要な地質環境の特性については、地層中の物質移動特性、地下水の流動特性、地下水の地球化学特性及び岩盤の熱特性・力学特性について、地層処分にとって重要な地質環境上の特性が明らかにされており、実際にあり得る深部地質環境を考え合わせるにより、地層処分にとって安定な地質環境が我が国に存在し得ることが示されている。

また、深部地質環境の調査技術及び関連機器の開発については、処分地選定に至る過程の各段階において評価すべき項目や必要となる地質環境に関する情報並びに各情報を取得するための調査手法や機器が整理して示されている。

さらに、地層処分研究開発の基盤として位置づけられる深部地質環境の科学研究については、東濃地域及び釜石鉱山などにおける調査研究を通して深部地質環境のデータが蓄積されてきており、得られた成果は地層処分研究開発に適切に反映されていると判断できる。

これらについての具体的な評価は「第Ⅱ章 2. (1)我が国の地質環境」において行っているが、結論としては、我が国においても地層処分にとって安定で、適切な地質環境を有する地域が存在し得ることが示されており、そのような地質環境を選定するために必要となる調査手法や調査機器についても、その技術的基盤が整備されていると判断できる。

2)地層処分の工学技術

専門部会報告書で示している本分野の目標は、地層処分の工学技術に関して、安全を確保するための信頼性の高い人工バリア及び処分施設についての設計要件を提示するとともに、これらが現実的な工学技術によって合理的に構築できることを示すことである。あわせて、処分場に関する種々の状態や状況について、それぞれの段階において取得すべき情報の内容、計測の方法、所要の措置などを技術的に検討し、処分場の管理に関する技術的基礎を整えることを求めている。また、技術的重点課題として、人工バリアの設計、製作、施工技術の研究開発、処分施設の設計、施工技術の研究開発を挙げている。

人工バリアの設計、製作、施工技術については、第2次取りまとめでは、人工バリアについて、我が国の地質環境を踏まえて設定した代表的地質環境条件に応じた設計が行われており、オーバーパックの製作・施工については、現状の技術で実施できることを試作によって確認しており、品質管理についても溶接部の健全性確認方法等の知見が得られている。また、人工バリアの埋設後の健全性評価として、再冠水時における人工バリアの性状変化、オーバーパックの沈下等に対する構造力学的安定性、耐震安定性、ガスの移行挙動及び緩衝材の周

⁵ 多重バリアシステム：高レベル放射性廃棄物を、長期間にわたり生物圏から隔離し、放射性物質の移動を抑えることにより、処分された放射性物質による影響が、将来にわたって人間とその環境に及ばない様にするための多層の防護系からなるシステム。工学技術により設けられる人工バリアと、天然の地層である天然バリアにより構成される。

辺岩盤内への流出について、解析モデルによる評価解析と実験室規模の試験や工学規模の試験による検証を行い、人工バリアの埋設後の健全性が確認されている。

処分施設については、設計の前提となる地質環境条件等に基づいて、空洞の力学的安定性や熱的安定性について実測や解析により検討・評価し、地下施設の仕様例が示されている。また、処分場の建設、操業、閉鎖に必要な技術については、施工時に遭遇すると考えられる事例に基づいた検討が行われ、現状技術及び近い将来実現すると考えられる技術を用いることにより対応できる見通しが得られたとしており、硬岩系岩盤及び軟岩系岩盤の両方について検討は十分に行われている。

また、処分場の管理については、設計・施工上の品質・施工管理や作業の安全管理、人工バリア・施設周辺の環境モニタリングも含めて取得すべき情報の内容や計測項目について検討が行われるとともに、具体的な管理項目及び計測項目が挙げられており、国内外の情報も含めてよく検討されている。

これらについての具体的な評価は、「第Ⅱ章 2. (2)地層処分の工学技術」において行っているが、結論としては、安全を確保するための信頼性の高い処分場についての設計要件が提示されていることから、処分場の設計に当たって、その地質環境に特有な条件を抽出して詳細な検討を行うことによって、現実的な工学技術により合理的に処分場を構築できる見通しが得られたものと判断できる。また、処分場の管理についても、建設、操業、閉鎖の各段階において取得すべき情報及び計測項目について具体的に検討が行われており、処分場の管理に関する技術的基礎は整ったものと判断できる。

3)地層処分システムの安全評価

専門部会報告書で示している本分野の目標は、我が国の地質環境において、ニアフィールドを中心とした地層処分システムの性能を十分な信頼性をもって評価することである。また、技術的重点課題として、性能評価シナリオの研究、ニアフィールド性能評価モデル及びデータベースの構築、システム性能の評価解析、ナチュラルアナログ研究の適用を挙げている。

第2次取りまとめでは、OECD/NEA によって示された手法⁶を踏襲するとともに、線量を評価指標とした安全評価を行っている。安全評価のためのシナリオは、放射性核種が地下水によって地上の人間環境に運ばれることを想定する地下水シナリオと廃棄物と人間の物理的距離が接近することによって人間環境に影響が及ぶ可能性を想定する接近シナリオの2つに大きく分類して検討されている。地下水シナリオについては、重点的な検討対象であるとしてシナリオの作成の考え方及び手順が詳細に示されている。地下深部で起こりうる

⁶ 地層処分システムの長期的な安全評価の方法として、国際的な研究開発の結果に基づいて、一般的に認められているものとして OECD/NEA が 1991 年に総括した方法論。まず、地層処分システムの場の特徴や特質と安全性能に影響を及ぼすと考えられる種々の事象及びプロセスを考慮して、システムの将来の挙動に関するシナリオを描く。次に、シナリオにしたがってシステムの長期的な現象を表現するため、物理・化学的な法則に基づいた数学モデルの開発と必要なデータの整備を行う。最後にモデルとデータを用いた影響解析を行ってシステムの性能を推定した後、これを安全規制のために定められた指針や基準と比較してシステムの安全性を判定する。

種々の現象の影響を網羅的に考慮した基本シナリオ体系、さらに、将来予測に伴う不確実性へ対応するため、地層処分にとって適切で安定な場所に信頼性の高い処分場を建設することにより実際には避けられると考えられる事象についても、その影響を考慮した変動シナリオ体系が構築されており、地層処分の安全性を評価するためのシナリオを作成するという目標に到達している。

地下水シナリオの解析に当たっては、基本シナリオ体系において、現実的な地質環境のデータと合理的な人工バリア仕様により、地層処分システムに期待される性能が継続することを前提とした解析が行われるとともに、データ及びモデルの不確かさを考慮した解析も行われている。また、地層処分にとって適切で安定な場所に信頼性の高い処分場を建設することにより実際には避けられると考えられる事象の評価例として、地質環境の変化やオーバーパックの初期欠陥、あるいは将来の人間活動などによるシナリオの不確実性を考慮した感度解析⁷が変動シナリオ体系において試みられており、十分な安全裕度を見込むことを想定した評価手法が整えられたと判断できる。

一方、接近シナリオはいずれも処分地選定に至るまでの段階での調査あるいは適切な地層処分システムの構築によって避けられることが示されている。その上で、接近シナリオは、急激かつ局所的な天然現象及び緩慢かつ広域的な天然現象を考慮したケース並びに処分場への偶発的な人間侵入を考慮したケースに対し、仮に事象が起こった場合を想定したシナリオによる解析が示されている。接近シナリオの解析に関しては、まず天然現象に起因するシナリオについて、急激かつ局所的な現象及び緩慢かつ広域的な現象について、それぞれ影響の範囲及び程度を推定することにより解析が行われている。また、人間侵入に起因するシナリオについては、地下深部へのボーリングが偶然廃棄物を貫通することを想定した簡易なシナリオを設定して解析が行われている。

上記のように、重点的な検討対象である地下水シナリオについては、基本シナリオに加えて、シナリオの不確実性へ対応するため変動シナリオの体系が構築されている。さらに、処分地選定に至るまでの調査等により避けることができる接近シナリオも検討されている。これらのシナリオが解析評価された結果、地下水シナリオについては、線量の最大値は諸外国で提案されている防護目標⁸を下回る見通しが得られており、接近シナリオについては、事象が発生したとしても、その確率が小さいこと、天然の放射線レベルを大きく超えないことが例示されている。

これらについての具体的な評価は「第Ⅱ章 2. (3)地層処分システムの安全評価」において行っているが、結論としては、場所を特定しない現段階において、我が国の地質環境や現状技術を前提条件として、ニアフィールド性能を中心に地層処分システムの安全性を評価す

⁷ 感度解析：感度解析：数学的に入力値における変化と出力値における応答の比率を調べるための計算。

⁸ 防護目標：現在、我が国では設定されていない。そのため、第2次取りまとめでは、最大線量を指標とした解析の結果と外国で提案されている防護レベル（100～300 μ Sv/年）及び我が国の自然放射線レベル（900～1200 μ Sv/年）とを比較し、諸外国の防護レベルを十分下回ることを示している。

る手法が整備されており、かつ解析評価の結果から地層処分の安全性が確保できる見通しが示されていると判断できる。

4)地層処分の技術的信頼性についての総合評価

専門部会報告書では、第2次取りまとめ作成の目標として、我が国における地層処分の技術的信頼性を示すことを求めている。

第2次取りまとめでは、まず、我が国の地質環境として天然現象、岩盤及び地下水の特性についての情報や知見が地層処分の観点から整理・分析されている。その結果に基づき、地層処分施設を構築する場として長期にわたって安定であり、安全性を確保するための人工バリアの設置環境及び天然バリアの機能としても適切な地質環境が、我が国にも存在し得ることが示されている。また、これまでの調査研究を通じて、地層処分にとって十分安定で適切な地質環境を調査するための基盤的な知見が整備されている。

次に、第2次取りまとめで想定した地質環境に対応させて人工バリアや処分施設を設計し、現状技術及びその改良技術により処分施設の建設・操業・閉鎖を安全かつ合理的に行うことが可能であることが示されている。また、人工バリア性能は、我が国の地質環境に柔軟に対応できるように安全裕度を十分に見込んだ評価に基づく設計が可能であることが示されている。さらに、将来起こり得る地質環境の変化、人工バリア機能の変化、あるいは発生の可能性が小さい著しい隆起・侵食や偶発的な人間侵入などを考慮した複数のシナリオに基づき、地層処分システムの安全性が総合的に評価されている。その結果、シナリオ、モデル、データの不確かさを考慮しても、高レベル放射性廃棄物を地層処分することによって人間が受ける最大線量は、諸外国で提案されている防護目標値と同等あるいはそれ以下であることが明らかにされている。

これらの結果から、地層処分概念の成立に必要な条件を満たす地質環境が我が国に存在し、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ことや、我が国の地質環境を踏まえて設定した条件に対して人工バリアや処分施設を適切に設計・施工する技術の見通しが得られたこと、地層処分の長期にわたる安全性を予測的に評価する方法が開発され、それを用いて具体的な安全評価結果が示されたこと等から地層処分の技術基盤が整備されたと判断できる。すなわち、第2次取りまとめの研究成果は、我が国の地質環境、地層処分の工学技術及び地層処分システムの安全評価の3つの研究開発分野における成果について、それぞれの関連する技術的知見を総合的に検討したことにより得られていると判断できる。したがって、第2次取りまとめの研究成果により、専門部会報告書で示された技術的重点課題等が適切に達成されているとともに、我が国における地層処分の技術的信頼性が示されていると判断できる。

(2)処分子定地の選定と安全基準の策定に資する技術的拠り所について

1)処分子定地の選定に資する技術的拠り所について

専門部会報告書では、処分予定地の選定に当たっては、地質環境のどのような特性に着目するのか、また、サイト特性調査において、何をどのように調べるのかが明らかにされている必要があるとしている。

第2次取りまとめでは、地質環境の長期安定性、人工バリアの設置環境として重要な地質環境の特性、天然バリアとして重要な地質環境の特性のそれぞれの観点から、処分予定地の選定に当たって考慮すべき地質環境の要件や取得すべき情報が示されている。また、必要な情報を取得するための調査手法や機器についても、着目すべき特性ごとに、調査の段階に応じて整理して示されている。

以上のように、第2次取りまとめには、処分地選定に当たって考慮すべき地質環境の要件、取得すべき情報とそのための調査手法や機器が示されており、処分予定地の選定に当たっての技術的拠り所とすべき内容が示されていると判断できる。

2)安全基準の策定に資する技術的拠り所について

専門部会報告書では、安全基準（技術基準、安全評価指針など）の策定に資するため、処分場の設計要件と設計施工基準、地層処分システムの安全評価手法と評価基準に関する技術的拠り所を示すことが必要であるとしている。

第2次取りまとめでは、地層処分の工学技術の観点から、人工バリア及び処分施設の設計・施工要件、並びに品質・施工管理についての基本的な考え方及び管理項目が整理されている。これらは、現在の技術水準で考えられる限りの知見を活用して検討されていると判断できる。

一方、地層処分システムの安全性の評価手法としては、評価シナリオ作成の考え方及び手順に基づき、地下深部で起こり得る種々の現象の影響を網羅的に考慮したシナリオ及びデータやモデルの不確実性へ対応するため地層処分にとって適切で安定な場所に信頼性の高い処分場を建設することにより、実際には避けられると考えられる事象についても、その影響を考慮したシナリオが構築されており、これらのシナリオに沿った安全性の評価解析が実施されている。その評価結果を判断する指標としては、地下水シナリオにおいては線量の最大値、接近シナリオにおいては天然の放射線レベルとの比較が例示されており、地層処分の安全性が確保できる見通しが示されている。

以上のように、第2次取りまとめには、地層処分の工学技術について処分場の設計・施工要件及び管理項目が示されるとともに、安全性についての評価手法及び評価結果が示されており、安全基準の策定に資する技術的拠り所となると判断できる。

(3)総合的な評価

以上のように、第2次取りまとめの研究成果は、我が国の地質環境、地層処分の工学技術及び地層処分システムの安全評価の3つの研究開発分野における成果について、それぞれの関連する技術的知見を総合的に検討したことにより得られており、専門部会報告書で示し

た技術的重点課題等が適切に達成されているとともに、我が国における地層処分の技術的信頼性が示されていると判断できる。

また、第2次取りまとめには、専門部会報告書で求めている処分地選定に当たって考慮すべき地質環境の要件、取得すべき情報とその他の調査手法や機器が示されており、処分予定地の選定に当たっての技術的拠り所とすべき内容が示されていると判断できる。さらに、地層処分の工学技術について、専門部会報告書で求めている処分場の設計・施工要件及び管理項目が示されるとともに、安全性についての評価手法及び評価結果が示されており、安全基準の策定に資する技術的拠り所となると判断できる。

以上のことから、第2次取りまとめには、我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となることが示されていると評価する。このことから、第2次取りまとめは地層処分の事業化に向けての技術的拠り所となると判断する。

2.各研究開発分野について

(1)我が国の地質環境

専門部会報告書では、我が国の地質環境に関し、地層処分にとって重要な地質環境上の要件を明らかにし、それを満たす地層が我が国においても存在する可能性の有無を明らかにすることを求めている。また、地層処分システムの長期安全性と技術的実現性を示す上で重要な地質環境のニアフィールド特性について、具体的な実測値に基づく知見を整備することを求めている。

地質環境の長期安定性については、地震・断層活動、火山・火成活動、隆起・沈降・侵食や気候・海水準変動といった天然現象が地下深部⁹の地質環境に及ぼす影響の程度とその範囲について事例研究を進め、我が国においても地層処分にとって十分に安定な地質環境が存在し得ることを明らかにすることを求めている。また、地質環境の特性については、実際の地質環境下や室内での試験研究などに基づいて、人工バリアの設置環境として重要な地質環境の特性及び天然バリアとして重要な地質環境の特性を明らかにしていくとともに、地質環境の特性を調査するために有効な技術及び手法を開発することを求めている。

なお、地層処分研究開発の基盤として位置づけられる深部地質環境の科学研究については、その成果が地層処分研究開発の各分野における研究の進展に応じ、適切に反映されることを求めている。

1)地質環境の長期安定性

専門部会報告書では、地震・断層活動及び火山・火成活動について、これまで長期にわたり限られた地域で起こっており、活動及び活動範囲の移動は規則的に推移しているため、そ

⁹ 地下深部：ここでは、地層処分の処分深度として想定されている深さ（地下三百～千m程度）の地下を指す。

の影響を受けない地域の地下深部に処分施設を設置することが可能と考えられるとして、天然現象の性質や影響範囲などを調査し、それらの影響が及ばないような安定な地域が存在し得ることを示すことを求めている。一方、隆起・沈降・侵食及び気候・海水準変動については、その変化の規則性が過去の地質学的記録から類推できるため、長期にわたりこれらの影響や範囲を推定することが可能と考えられるとして、比較的精密な年代測定が可能な過去十万年程度の範囲のデータを解析し、緩慢かつ広域的な天然現象が地質環境の長期安定性に及ぼす影響の可能性について調査することを求めている。

①地震・断層活動

第2次取りまとめでは、地震・断層活動が地層処分システムへ与える影響について、岩盤の破断・破碎とこれに伴う地下水移行経路の形成、地震動による岩盤や地下水の性質の変化などが想定されている。その上で、岩盤の破断・破碎とこれに伴う地下水移行経路の形成による影響に対しては、活断層の分布や性質を把握し、地層処分システムに重大な影響を与える可能性のある範囲を避けることが重要であるとして検討が行われている。また、地震動による影響に対しては、地下深部における地震による揺れが地表付近に比べて小さく、地震が起こった際に人工バリアが岩盤と一体となって振動すると考えられることから、想定される最大級の地震動を考慮した上で、工学的な対策を施すことにより対応が可能であるとして検討が行われている。

具体的には、活断層の分布や性質については、日本全国の主要な活断層の分布やその活動履歴などを調査することによって、我が国における地震・断層活動が、過去数十万年間にわたって、既存の活断層帯で繰り返し起こっており、その分布は限定されることが示されている。地質環境への影響については、大規模な活断層での研究事例等に基づいて断層活動に伴う岩盤の破断・破碎や変位の及ぶ範囲などが示されている。また、主要な活断層の分布については現時点でおおむね把握されているものの、個々の地域における活断層の有無や分布については処分地の選定過程で行われる調査により確認されていくものとされている。第2次取りまとめでは、伏在する活断層の存在の可能性にも言及し、沖積平野など未固結の土砂に広く覆われているような地域においては、地下構造調査を特に慎重に行う必要があることが指摘されている。新たな断層が発生する可能性については、我が国では、過去の調査において活断層の存在や可能性が認められなかった場所で、地震に伴って新たに断層が出現した例が知られておらず、また、日本列島においては過去数十万年程度にわたって地殻応力の状態に大きな変化がなく、既存の活断層が繰り返し活動していることから、テクトニクス¹⁰に関連する地殻応力状態の顕著な変化が想定されない地域では、活断層が現存していない地域に新たに活断層が発生する可能性が低いことが示されている。

地震動については、釜石鉾山における地震観測の結果等に基づき、地震の揺れが地下百数

¹⁰ テクトニクス：地球内部に原因のある地震、火山、地殻変動などを研究する学問分野。

十m以深では地表の 1/2～1/3 程度であることや、地下水位や水質の変化が短期的なものであるなど、地震動による地下深部の地質環境への影響は小さいことが示されている。

以上のように、主要な活断層の分布や活動履歴などの調査結果からその活動及び影響の範囲が限定できることが示されており、断層活動による重大な影響が及ばない地域が我が国に存在し得ることが示されている。また、事例研究に基づき、地下深部では地震動による影響が地表付近に比べて小さいことが示されている。これらのことから、場所が特定されていない現段階において地震・断層活動による重大な影響が及ばない安定な地域が我が国に存在し得ることが科学的根拠に基づいて示されていると判断できる。

②火山・火成活動

第2次取りまとめでは火山・火成活動が地層処分システムへ与える影響について、マグマの貫入・噴出による多重バリアシステムの破壊や地表への放出、マグマからの熱による地温の上昇や熱水の発生、地下水への熱水・火山ガスの混入による水質の変化などが想定されている。その上で、これらの影響については、火山・火成活動の時間的・空間的な変化を把握し、地層処分システムに重大な影響を与える可能性のある範囲を避けることが重要であるとして検討が行われている。

具体的には、火山・火成活動の時間的・空間的な変化については、主に第四紀¹¹の火山の活動履歴を、火山フロント¹²の移動や火山地域の拡大・縮小といった時間的・空間的な変化に着目して調査することによって、我が国における火山活動が限定された地域内で繰り返し起こっていることを明らかにしている。また、火山地域での事例研究等に基づいて、地温の上昇や地下水水質の変化など、マグマからの熱・熱水による影響が及ぶ範囲についても示されている。

以上のように、火山の活動履歴の調査結果から、火山・火成活動及びその熱的影響等の範囲が限定されることが示されており、火山・火成活動の著しい影響が及ばない地域が我が国に存在し得ることが示されていると判断できる。

③隆起・沈降・侵食

第2次取りまとめでは、隆起・沈降・侵食が地層処分システムへ与える影響について、隆起・侵食の継続による処分場の露出及び、隆起・沈降・侵食による深度の変化や地形の変化による地質環境特性（地下水流動、水質、岩盤の地圧・地温など）の変化が想定されている。その上で、これらの現象については、段丘などの地形情報等を活用することによって個々の

¹¹ 第四紀：地球が誕生して以来の約 46 億年の歴史のうち、最も新しい地質時代。約 170 万年前から現在までを指す。第四紀には、顕著な気温変化が生じ、地球上に氷期・間氷期が規則的に出現した。

¹² 火山フロント：日本列島に沿う火山分布域の海溝よりの縁のこと。日本列島周辺では、太平洋側の海溝から海洋プレートが日本列島の下に沈み込んでおり、日本列島における火山の分布は、これらの海溝にほぼ平行に帯状に配列している。火山分布域内では火山フロントに近いほど火山分布密度及び噴出量が大きく、また、火山フロントより海溝側では火山が出現しない。

地域における変動量が概ね推定できるため、変動の著しい地域をあらかじめ避けた上で、個々の地域で予想される侵食量等の変化を考慮して処分場の設置深度を設定するなどの対応をとることができることが示されている。

具体的には、隆起・沈降速度については、全国的な隆起・沈降速度の分布がまとめられており、侵食速度については、面的な侵食と線的な侵食（河川による下刻）について検討されている。また、堆積作用についても、平野や盆地における第四紀堆積物の厚さに基づき推定されている。なお、個々の地域における変動については、処分地を選定する過程での調査によって詳細に確認されていくことが示されている。

以上のように、隆起・沈降・侵食については、将来にわたっての変動量を推定することが可能であること、また、変動量の著しい地域をあらかじめ避けることが可能であることが示されており、その上で、個々の地域で予想される影響を考慮して処分場の設置深度を設定するなど、処分場の設計により、著しい影響を避けることができるものと判断できる。

④気候・海水準変動

第2次取りまとめでは気候・海水準変動が地層処分システムへ与える影響について、気温・降水量の変化による表層での水収支¹³の変化や海水準の変動に伴う地下水の流動や水質及び侵食速度の変化が想定されている。

具体的には、過去数十万年にわたって、気候・海水準変動の周期が確認されており、将来的にもこの周期が継続すると考えられることと、その変動パターンに伴う我が国における気候変動及び海水準変動の幅が示されている。

気候変動が地質環境に及ぼす影響については、寒冷化に伴う永久凍土や凍結割れ目の発達の影響が検討されており、これらの現象が生じるのは一部の地域であり、かつその影響は地表付近に限定されることが示されている。また、海水準変動が地質環境に及ぼす影響については、海岸線の位置の移動及びこれに伴う地下水位の変化や淡水・塩水分布の変化等が挙げられており、これらの影響については、シミュレーション解析を取入れた評価が可能であることが示されている。

以上のように、気候・海水準変動については、想定される変動幅が推定できることから、これに基づいて、個々の地域で予想される影響を評価し、適切に対処をはかることができるものと判断できる。

2)地質環境の特性

専門部会報告書では、地質環境についての情報の取りまとめに当たっては、我が国に広く分布する結晶質岩系と堆積岩系の双方を対象とし、「性能評価研究」や「処分技術の研究開

¹³ 水収支：水の循環系の中での自然的・人為的要因による量的な変化を明らかにすること。自然的要因のみを考えた場合、降水として供給される水量から、河川により流出する量や地表から蒸発する量を差し引くと、地下へ浸透する水量が得られる。

発」において特に重要となるニアフィールドの水理、地球化学、物質移動などの特性及びそれらの長期的な安定性の研究に重点を置くことが重要であるとして、「性能評価研究」や「処分技術の研究開発」に必要となる地質環境についての情報を提供することを求めている。また、地層処分にとって重要な地質環境上の要件を明らかにし、それを満たす地層が我が国に存在する可能性の有無、さらにはサイト特性調査の項目を明らかにすることを求めている。

第2次取りまとめでは、地層処分の観点から重要な地質環境の特性として、物質移動に関与する地質構造要素、地下水の流動特性、地下水の地球化学特性及び岩盤の熱特性・力学特性について検討を行っている。

①物質移動に関与する地質構造要素

第2次取りまとめでは、物質移動に関与する地質構造要素について、東濃鉱山や釜石鉱山などにおける調査研究の結果に基づいて、地下においては地下水を媒体として物質が移動する過程で、一般に造岩鉱物¹⁴や割れ目充填鉱物¹⁵の表面に物質が吸着したり、マトリクス拡散¹⁶したりすることにより、地質環境中での物質の移動が遅延される効果が期待できることが示されている。処分地選定において考慮すべき地質環境条件については、人工バリアの設置環境として、主要な地質構造要素（断層や不整合面など）の分布や性状との関係で、処分施設を適切に配置できることが重要な条件として示されている。また、天然バリアとしても、大規模な断層破碎帯など選択的な移行経路となり得る構造から十分な距離が確保できること、移行経路の構造や化学的な性質に着目し、核種の移行に対して十分な遅延効果（マトリクス拡散や吸着など）が期待できることを確認する必要があることが示されている。なお、主要な地質構造要素の調査に関しては、処分地選定に至るプロセスの各段階において評価すべき項目や必要となる地質環境情報が整理されるとともに、各情報を取得するための調査手法や機器が示されている。

②地下水の流動特性

第2次取りまとめでは、地下水の流動特性について、地下深部における動水勾配¹⁷が地表部に比べて低くなる傾向があることが実測データを用いた地下水流動解析により確認されている。また、東濃地域や釜石鉱山における実測データ及び既往の文献データをもとに、地下深部での岩盤の平均的な透水係数の分布が示されている。処分地選定において考慮すべき地質環境条件については、人工バリアの設置環境としては、一般的には、動水勾配や透水

¹⁴ 造岩鉱物：ふつうに存在する岩石を構成する主要な鉱物の総称。

¹⁵ 割れ目充填鉱物：断層破碎帯や割れ目等の隙間を充填して生じている二次鉱物の総称。

¹⁶ マトリクス拡散：割れ目（亀裂）から岩石基質方向への拡散。割れ目に沿った地下水の流れに対して直交する方向に物質が移動することから、花崗岩のような亀裂性岩盤では遅延機能の一つとして考えられている。

¹⁷ 動水勾配：地下水の動きを決定づける要因の一つであり、一定の方向の単位距離あたりの水圧（正確には水頭で表した水圧。以下、水圧とする。）の変化をいう。地下水は水圧の高いほうから低いほうへ移動するので、水圧の高さが同じところを結んだ等水圧面に垂直な方向が動水勾配の方向となる。

性が低く、人工バリア中に浸透する地下水の量や速度が小さいことが好ましい条件として示されている。また、天然バリアとしても、動水勾配や岩盤の透水性に着目し、地下水を媒体とする核種の移行が十分に低く制限できる水理学的状態であることを確認する必要があることが示されている。その上で、事例研究等に基づくこれまでの知見から、地下深部では一般的に、動水勾配や透水性が低く、人工バリア中に浸透する地下水の量や速度が小さいことなど、地層処分システムに適した条件が満たされ得ることが示されている。なお、地下水流動特性の調査に関しては、処分地選定に至るプロセスの各段階において評価すべき項目や必要となる地質環境情報が整理されるとともに、各情報を取得するための調査手法や機器が示されている。

③地下水の地球化学特性

第2次取りまとめでは、地下水の地球化学特性について、東濃地域及び釜石鉱山での実測データ及び既往の文献データに基づいて、降水起源の地下水の水質が造岩鉱物や割れ目充填鉱物、有機物との反応などによって形成され、処分深度では一般に還元状態にあることが示されている。海水起源の地下水についても、沿岸地域での研究事例や、海水と岩石との反応を考察した結果により、地下深部では一般に還元状態にあると考え得ることが示されている。処分地選定において考慮すべき地質環境条件については、人工バリアの設置環境としては、オーバーパックの腐食や核種の溶解を抑制する観点から、現在検討されている人工バリアの仕様では、地下水が強酸性や強アルカリ性でなく、かつ還元性であることが好ましい条件として示されている。また、天然バリアとしても、地下水と核種との化学的な反応に着目して、核種の移行が十分に低く制限できる化学的状态であることを確認する必要があるとしている。その上で、事例研究等に基づくこれまでの知見から、岩石中に一般に含まれる鉱物や有機物などとの反応によって、地下深部では地下水が一般に中性から弱アルカリ性で還元状態であることなど、地層処分システムに適した条件が満たされ得ることが示されている。なお、地下水の地球化学特性の調査に関しては、処分地選定に至るプロセスの各段階において評価すべき項目や必要となる地質環境情報が整理されるとともに、各情報を取得するための調査手法や機器が示されている。

④岩盤の熱特性・力学特性

第2次取りまとめでは、岩盤の熱特性・力学特性について、処分施設の設計に必要な物性データが岩種ごとに整理されている。一方、場の条件として重要な地温勾配¹⁸については、全国的な深層ボーリングデータに基づき検討されている。また、地下深部における岩盤の初期応力¹⁹については、東濃地域や釜石鉱山における実測データ及び既往の文献

¹⁸ 地温勾配：地下の温度は一般に深さが深くなるほど上昇する。この上昇の度合いを単位深さ当たりの温度の差で表したものを。

¹⁹ 応力：物体内に作用する単位面積当たりの力

データに基づき検討されている。処分地選定に至る各段階において考慮すべき地質環境条件については、人工バリアの設置環境としては、一般的には、応力状態が均質に近く、地温が高すぎないことが好ましい条件として示されており、処分技術の検討結果とあわせて、深度 1,000m においても合理的な処分施設の設計が十分に可能であることが示されている。なお、岩盤の熱特性・力学特性の調査に関しては、処分地選定に至る各段階において評価すべき項目や必要となる地質環境情報が整理されるとともに、各情報を取得するための調査手法や機器が示されている。

以上のように、現在までに得られている科学的な知見に基づいて、地層処分にとって重要な地質環境上の要件が整理されており、実際にあり得る深部地質環境を考え合わせることで、その要件を満たす地層が我が国に存在し得ることが示されていると判断できる。また、サイト特性調査において取得すべき情報やそのための調査手法及び機器が示されていると判断できる。

3) ナチュラルアナログの調査研究

専門部会報告書では、地質環境の長期安定性が実際に保たれていることを、事例研究によって明確にするとともに、さらにその地域の地殻変動や気候変化などに関する履歴を解析して、天然現象の影響が重複したにもかかわらず、現在まで長期にわたって地質環境の安定性が保たれている事例があることを示すことを求めている。

第2次取りまとめでは、ウラン鉱床において天然の状態で核分裂連鎖反応が起こったオクロ鉱床（ガボン共和国）のほか、クンガラ鉱床（オーストラリア）、シガーレイク鉱床（カナダ）、オサムウツミ鉱床（ブラジル）、東濃ウラン鉱床（日本）におけるウラン鉱床を活用した研究例を挙げ、天然の岩盤・地層中での物質の移動・遅延現象などのプロセスを研究するとともに、ウランやトリウムなどの放射性元素が地質環境中に長期にわたって保存されてきた事例が示されている。また、ウラン以外にもさまざまな金属や非金属の鉱床が世界各国及び我が国の地質環境中に存在していることが示されている。これらの事例研究に基づき、地質環境が物質を長期にわたって保存する機能を有することが示されている。

以上のように、ウラン鉱床等におけるナチュラルアナログ研究の成果に基づいて、長期にわたって地質環境の安定性が保たれている事例が示されていると判断できる。

4) 深部地質環境の科学的研究

専門部会報告書では、深部地質環境の科学的研究は、地層処分研究開発の基盤となる研究であり、地質環境の特性に関する研究とそのための調査技術の開発及び地質環境の長期安定性に関する研究を中心として行われてきている。

① 深部地質環境の特性に関する研究

専門部会報告書では、深度 1,000m 程度までの地質構造、地下水の流動特性、地下水の地

球化学特性、岩盤の力学特性、岩盤中での物質移動及び坑道掘削や人工物の構築などによるこれらの特性への影響など、深部地質環境の特性に関する調査研究を行うことを求めている。

第2次取りまとめでは、これまで述べてきたように、東濃地域及び釜石鉱山における研究の成果が有効に活用されており、深部地質環境についての実測データが整備されてきていると判断できる。

②深部地質環境の調査技術及び関連機器の開発

専門部会報告書では、深度 1,000m 程度までの地質環境を対象に、地質環境への擾乱を最小限に抑えつつ信頼性の高いデータを取得するための調査手法や機器の開発・改良を進め、その技術的基盤を確立すること、さらに、フィールドでの試験を通じて、これらの調査手法や機器について、その適用性を十分に検討するとともに、得られたデータの品質と精度を確認し、個々の機器や手法を組み合わせた調査解析システムとして確立していくことを求めている。

第2次取りまとめでは、地質環境調査の各段階において必要とされる調査項目が整理されており、その調査項目ごとに有効な調査手法や機器が示されている。また、深度 1,000m までの地下水の流動特性及び地球化学特性を精度良く測定できる地下水調査機器や坑道周辺の割れ目の分布や岩盤の物性を効率的に把握するための物理探査手法の高度化等が図られており、地質環境を調査するための基盤的な技術が整備されてきていると判断できる。

③深部地質環境の長期安定性に関する研究

専門部会報告書では、地震・断層活動、火山・火成活動、隆起・沈降・侵食、気候・海水準変動の天然現象について、我が国における特徴や地質環境への影響を調査研究するとともに、これらを評価するための手法について検討を進めることを求めている。

第2次取りまとめでは、これまで述べてきたように、各地での事例研究の成果が有効に活用され、我が国における天然現象の特徴や地質環境に及ぼす影響についての知見が着実に蓄積されてきていると判断できる。

④深部地質環境の科学的研究を進めるための主要施設

専門部会報告書では、「東濃鉱山とその周辺における堆積岩やウラン鉱床を対象とした研究及び釜石鉱山における結晶質岩を対象とした研究を推進するとともに、動燃事業団が新たに瑞浪市に計画している、深度 1000 メートル程度までの結晶質岩を主体とした地下深部の研究施設を積極的に活用していく。また、堆積岩を対象とした科学的研究を推進するため、動燃事業団が北海道幌延町に計画している貯蔵工学センター内に予定されている深地層試

験場²⁰についても、地元及び北海道の協力を得つつ同計画の推進を図ることにより、その活用を目指していく。」と述べている。これらの施設については、「代表的な地質として堆積岩系及び結晶質岩系の双方を対象に、表層から地下深部までの岩石や地下水に関する包括的なデータの取得に努めるとともに、地球科学の各分野における学術的研究によって蓄積された関連情報についても広く収集・整理し、その活用を図っていくことが重要である」と述べている。また、海外の施設を、積極的に研究の場として活用することの重要性を指摘している。

第2次取りまとめでは、これまでに実施された東濃鉱山とその周辺における堆積岩やウラン鉱床を対象とした研究及び釜石鉱山における結晶質岩を対象とした研究の成果が、深部地質環境の特性や長期安定性を検討する上で有効に活用されている。また、地質環境調査技術や処分技術の開発に関して、カナダの地下研究施設、スウェーデンの硬岩試験場での試験研究の成果が反映されている。

東濃地域及び釜石鉱山での調査研究はこれまで精力的に進められており、国際的にも高い研究レベルに到達していると評価できる。また、海外の施設についても積極的に活用されていると評価できる。一方、瑞浪市に計画している超深地層研究所については、結晶質岩を対象に、現在地表からの調査が行われている段階であり、また、堆積岩を対象とした研究施設については、北海道幌延町において新たに深地層研究所(仮称)計画として現在申入れが行われているところであることから、今後これらの施設の円滑な設置が望まれる。

5)我が国の地質環境分野の総評

第2次取りまとめでは、地質環境の長期安定性について、地下深部の地質環境への天然現象の影響の程度とその範囲についての事例研究の成果が取りまとめられており、これらの成果に基づいて我が国においても地層処分にとって安定な地質環境が存在し得ることが示されていると判断できる。また、地質環境の特性については、地層処分にとって重要な地質環境上の要件が整理されており、それらの要件を調査するために有効な技術及び手法が示されていると判断できる。さらに、深部地質環境の科学的研究の成果は、地層処分研究開発に適切に反映されていると判断できる。

(2)地層処分の工学技術

専門部会報告書では、地層処分の工学技術に関しては、安全性を実現するための信頼性の高い人工バリア及び処分施設についての設計要件を提示するとともに、これらが現実的な工学技術によって合理的に構築できることを示すことを目標としている。あわせて、処分場に関する種々の状態や状況について、それぞれの段階において取得すべき情報の内容、計測

²⁰ 貯蔵工学センター内に予定されている深地層試験場：専門部会報告書の作成当時計画されていた「貯蔵工学センター計画」は、平成10年に取りやめて、新たな提案として北海道幌延町における「深地層研究所(仮称)計画」を核燃料サイクル開発機構が北海道及び幌延町に申し入れを行っている。

の方法、所要の措置などを技術的に検討し、処分場の管理に関する技術的基盤を整えることを求めている。すなわち、想定された地質環境を考慮しつつ、現状の技術に基づいて人工バリアや処分施設の設計要件を明らかにするとともに、現実的なデータや解析評価手法を適用して、人工バリアと処分施設を構築できることを示すことを求めている。

1) オーバーパックの設計

専門部会報告書では、オーバーパックについて、構造やしゃへい性などに関する設計解析を行い、設計要件の検討を進めることを求めている。候補材としては炭素鋼が中心であるが、同時に、チタン及び銅との複合オーバーパックなどの代替案も検討の対象としている。

第2次取りまとめでは、オーバーパックを含む人工バリアの設計について、我が国の地質環境として想定した結晶質岩に代表される硬岩系岩盤及び堆積岩に代表される軟岩系岩盤を前提として、これまでの試験研究などから得られた知見をもとに検討を行っている。具体的には、設計要件を明らかにした上で、人工バリア設計の進め方を検討し、これに従ってオーバーパックや緩衝材の設計を行っている。

処分地の特定されていない現時点では、環境条件に応じて柔軟に対応できる人工バリアの設計と性能の評価が必要であり、設計の前提として硬岩系岩盤及び軟岩系岩盤の両方の地質環境を想定して条件の設定が行われていることから、環境条件に応じた人工バリアの設計条件が適切に設定されていると判断できる。

また、炭素鋼オーバーパックの腐食挙動については、腐食速度など設計に反映することのできる知見は集積されているものと判断できる。

さらに、炭素鋼以外のオーバーパック材料としてチタン-炭素鋼及び銅-炭素鋼の複合オーバーパックについて検討を行っており、チタン及び銅の腐食挙動の特徴は確認されていると判断できる。

2) オーバーパックの製作・施工技術

専門部会報告書では、オーバーパックの製作・施工技術について、代替案も含めた複数の方法について、製作・施工技術の開発や溶接部の試験方法等の品質管理手法の検討を行うことを求めている。

第2次取りまとめでは、オーバーパックの施工法や溶接法について、複数の方法を検討、提案するとともに、炭素鋼オーバーパックについて、現状の技術で信頼できるものを作製できることを試作によって確認しており、溶接部の健全性を確認するための非破壊検査等の品質管理手法に関する検討は十分に行われていると判断できる。

3) 緩衝材の設計、製作・施工技術

専門部会報告書では、緩衝材については、粘土材料を中心とし、工学規模の試験などを通じて、物性評価及び設計要件、並びに施工技術及び品質管理手法について検討を行うことを

目標としている。また、緩衝材の材料については、熱伝導性や放射性物質の吸着性を高めるような材料の検討を行うことを求めている。

第2次取りまとめでは、緩衝材の設計要件として、放射性核種の隔離のための要件及び人工バリアが成立するための要件を検討した上で、緩衝材の仕様例を示すとともに、実際の緩衝材を用いた施工試験等を通じて、緩衝材の製作・施工が現状の技術で対応できることを示している。また、緩衝材の材料については、ベントナイトにケイ砂を混合することによる、熱伝導性等の向上が検討されている。

緩衝材の設計要件については、放射性核種の移行抑制及びオーバーパックの保護という長期的な安全確保の観点から妥当であると判断できる。設定された緩衝材が、これらの要件を満たすことは、試験及び解析によって評価されており、緩衝材が長期にわたって流出しにくいことなどの結果が得られている。また、緩衝材の検討は、放射性核種の吸着性、施工性、経済性等の観点から総合的に評価が行われており、十分な検討が行われていると判断できる。

4)人工バリアの埋設後の健全性

専門部会報告書では、人工バリア全体の構造力学的安定性や耐震安定性等の検討を進め、安全確保上、より厳しい状態を想定した振動試験などによる人工バリア健全性確認試験を行うこと、また、人工バリアの開発に当たっては、想定された地質環境に基づき、人工バリアが設置される周辺の地質環境の条件及び人工バリア設置後のニアフィールド環境の変化を十分に考慮することを求めている。

第2次取りまとめでは、人工バリア埋設後の健全性評価として、熱－水－応力連成解析²¹による再冠水時の人工バリア挙動、岩盤の長期クリープ²²やオーバーパックの腐食膨張を考慮した人工バリアの長期構造力学安定性、人工バリアの耐震安定性、ガス移行の挙動、緩衝材の周辺岩盤内への流出挙動について、実験室規模の試験や工学規模の試験によって検証された評価解析モデルを用いて解析評価を行い、人工バリアの埋設後の健全性が確保されることが示されている。

これらの評価は、最新の知見に基づいて設定されたデータや解析評価手法、試験手法を適用して行われており、その評価結果も妥当であることから、人工バリアの埋設後の健全性に関する検討は、十分に行われていると判断できる。

5)処分施設の設計

専門部会報告書では、処分施設に関して、我が国の地質環境に柔軟に対応できる設計要件

²¹ 熱－水－応力連成解析：岩盤や人工バリア内の熱伝導、地下水の流れ、応力・変形の3つの現象の相互作用を評価するため、各現象を表すつり合い方程式を組み合わせ一つ一つの解析として解く方法。

²² クリープ：一定の外力または応力が作用している状態で、時間の経過とともに物質（例えば、緩衝材や岩盤等）が長期にわたって非常にゆっくりと変形していく現象。

を提示するための研究を継続して行い、空洞の力学的安定性や緩衝材の熱的安定性などに関する解析手法を示すことを目標としている。

第2次取りまとめでは、我が国の地質環境として硬岩系及び軟岩系の岩盤を考慮し、現状の技術に基づいて設計要件を明らかにするとともに、数値解析手法による詳細な解析に基づいて、坑道の力学的安定性の検討が行われ、支保工を含めたアクセス坑道、主要坑道、連絡坑道及び処分坑道の仕様が例示されている。さらに、これらの坑道仕様に対し、建設、操業時の耐震安定性について検討し、その安定性が確保されることが示されている。

また、処分坑道離間距離と廃棄体間隔の組合わせに関する設計の考え方が示され、建設、操業、閉鎖の各作業が独立に並行して実施可能となるような処分場のレイアウトが例示されている。

以上のように、設計の前提となる地質環境条件等に基づいて、建設・操業・閉鎖を可能とするための考慮すべき設計要件が示されており、この設計要件と一連の設計の考え方の手順が、設計の技術的拠り所となると判断できる。処分場レイアウトの設定については、基本的考え方、考慮すべき事項等を検討した上で、それらに基づいて我が国の硬岩系及び軟岩系岩盤のそれぞれのケースについて、処分場レイアウトの設計例が示されており、空洞の力学的安定性や緩衝材の熱的安定性についても、有限要素法²³等の適用実績が多く、妥当な解析手法により詳細に検討・評価されていることから、処分施設の設計に関する検討は十分に行われていると判断できる。

6)建設、操業技術

専門部会報告書では、建設、操業技術に関して、立坑や処分坑道の建設技術の検討や、処分坑道への定置技術などの操業システムに関する個々の要素技術の検討を行うことを求めている。

第2次取りまとめでは、処分場の建設に関して、硬岩系、軟岩系岩盤や坑道方式に応じた掘削技術や施工手順などの検討が行われ、現状の建設技術で対応できることが示されているとともに、建設時に遭遇すると考えられる現象への対策についても網羅性をもって例示されている。また、操業に関しては、搬送・定置作業における遠隔操作設備などの概念が提示され、廃棄体定置までの一連の作業方法の具体例が示されている。

以上のように、処分場建設に関する具体的検討が行われ、現状の建設技術及びその改良技術で建設可能であることが示されており、建設時に遭遇すると考えられる現象についても従来の経験に基づいてその対策が検討されていることから、建設技術に関する検討は十分行われていると判断できる。また、操業に関する個々の要素技術の具体的検討が行われていることから、現状技術及び近い将来実現すると考えられる技術を用いることにより廃棄体

²³ 有限要素法：解析の対象とする領域を単純な形状をした有限な大きさの要素（有限要素）で分割・細分化し、この有限要素ごとのつり合い方程式を領域全体で重ね合わせて解き、全体の挙動を求める数値解析手法。応力や変形、熱伝導、流体の流れ等の種々の現象を解くために幅広い分野で利用されている。

や緩衝材の搬送・定置を行うことができる見通しが得られていると判断できる。

7)閉鎖技術

専門部会報告書では、閉鎖技術について、材料の開発、設計手法と施工技術の開発、設計要件の検討などを行い、工学規模の試験等によって、その性能を評価していくことを求めている。

第2次取りまとめでは、埋め戻し材の材料として、調達性・経済性の観点から現地の掘削ずりを基本材料として利用し、これに膨潤性を有するベントナイトを混合したものを候補にあげている。また、坑道の閉鎖に関しては、埋め戻しやプラグの設置等の施工技術についても検討が行われている。

これらの閉鎖技術に関しては、ベントナイトを充填した区間の透水係数が周囲の岩盤よりも低くなることなどが工学規模の試験結果として得られており、現状技術及び近い将来実現すると考えられる技術を用いて閉鎖を行うことができる見通しが得られていると判断できる。

8)全体スケジュール

専門部会報告書では、設計・建設・操業・閉鎖等の全体スケジュール、モニタリング技術の検討、所要の資材調達の評価等を考慮した経済的合理性の観点からの検討を行うことを求めている。

第2次取りまとめで示された全体スケジュールは、上記を考慮した検討結果に基づいたものであり、現段階として妥当な計画であると判断できる。なお、建設、操業期間は長期にわたり、その間に技術も進展することから、地下坑道内の作業の安全性、遠隔操作機械の機能等に関し、技術の進展にともなう採用技術の見直しができるよう全体スケジュールに柔軟性をもたせることが重要である。

9)処分場の管理

専門部会報告書では、処分場の管理について、処分場に関する種々の状態や状況について、建設、操業、閉鎖のそれぞれの段階において取得すべき情報の内容、計測の方法、所要の措置などを技術的に検討することを求めている。

第2次取りまとめでは、処分場の管理について、国際的な共通認識を踏まえ、管理の考え方を整理した上で、処分場の建設、操業、閉鎖の各段階で行われる管理の内容を検討し、管理すべき項目が明らかにされている。その上で、これらの管理項目ごとに各作業段階で取得すべき主な情報の内容と計測項目が例示されている。

これらの管理項目や計測項目については、設計・施工上の品質管理や作業の安全管理、並びに人工バリア・施設周辺の地質環境条件に関するモニタリングについて具体的な項目があげられており、国内外の情報も含めて良く検討されていると判断できる。また、処分場の

管理について、現時点で想定できる全体システムに遺漏がないように検討されていると判断できる。

深地層での空洞掘削等の影響が長期間の安全性へ及ぼす影響については、今後とも計測・観測を継続し、データの蓄積をはかり、品質管理手法の整備を図ることが重要である。

10)各研究開発を進めるための主要施設

①地層処分基盤研究施設等

専門部会報告書では、実用化を前提とした人工バリア及び処分施設の設計・施工などに必要な技術の信頼性を高めるため、地層処分基盤研究施設などの充実を図り、これを活用した試験研究を行うことを求めている。

第2次取りまとめでは、地層処分基盤研究施設において得られた、非放射性物質を用いた基本的な試験のデータが用いられている。特にオーバーパック、緩衝材については、実験室規模の試験及び工学規模の試験によって実証的なデータを得るとともに、モデルの検証が行われていることから目標は達成されていると判断できる。

②実規模試験

専門部会報告書では、処分技術の要素技術に関わる実規模での試験実施について、カナダの地下研究施設、スウェーデンの硬岩試験場等での試験研究に積極的に参加し、その成果を適確に取り込むことを求めている。

第2次取りまとめでは、海外研究機関との共同研究を実施し、地下試験施設における要素技術の実規模での確認などが行われていることから目標は達成されていると判断できる。

11)地層処分の工学技術分野の総評

第2次取りまとめでは、地層処分の工学技術に関して、安全性を実現するための信頼性の高い人工バリア及び処分施設についての設計要件を提示するとともに、これらが現状技術及び近い将来実現すると考えられる技術を用いることにより、我が国の地質環境条件を前提として対応できることが個別の要素技術の検討に基づいて示されており、現実的な工学技術によって合理的に処分場を構築できる見通しが得られたと判断できる。また、処分場の管理については、建設、操業、閉鎖の各段階における具体的な管理の内容が十分に検討されており、処分場の管理に関する技術的基礎は整ったものと判断できる。なお、処分場の管理の具体的な対応については、今後の安全規制の検討に委ねられるものである。

(3)地層処分システムの安全評価

専門部会報告書では、我が国の地質環境において、ニアフィールドを中心とした処分システムの性能に関し、十分な信頼性をもって評価することを目標としている。我が国の地質環境や現状技術及びその改良による技術を踏まえて、安全評価において考慮すべきシナリオを

詳細に検討し、評価モデルの妥当性を高めていくことを求めている。それとともに、信頼性の高いデータを整備し、ニアフィールド性能を中心とした地層処分システムの安全性を評価する手法の整備を求めている。また、我が国の地質環境や現状技術及びその改良による技術を前提条件として地層処分システム全体の安全性を評価し、地層処分の安全性が確保できる見通しを示すことを求めている。

1)安全評価シナリオの作成

専門部会報告書では、モデルの開発やデータの整備を進めるに当たって、まず、我が国の地質環境やそれに対して適切と考えられる人工バリアなどの設計要件を念頭におき、性能評価において考慮すべきシナリオの範囲とそれら进行评估する方法について明らかにすることが重要であるとしている。また、安全評価シナリオを考える上では、放射性核種が地下水によって地上の人間環境に運ばれることを想定する地下水シナリオと廃棄物と人間の物理的距離が接近することによって人間環境に影響が及ぶ可能性を想定する接近シナリオとの2つに分類して検討を行うことが適当であり、地下水シナリオを中心に地層処分システムの安全評価を行うことが適切であるとしている。さらに、これらのシナリオに関連して、地震・断層活動、火山・火成活動、隆起・沈降・侵食、気候・海水準変動の天然現象と処分場への掘削などの人間活動について考慮しておくことが重要であるとしている。

第2次取りまとめでは、安全評価のためのシナリオ作成に当たっては、重点的な検討対象である地下水シナリオと接近シナリオの2つに大きく分類して検討されている。

地下水シナリオにおいては、現実的な地質環境のデータと合理的な人工バリア仕様を用いて地層処分システムに期待される性能が将来も継続することを前提とした基本シナリオ体系が構築されている。また、地層処分にとって適切で安定な場所に信頼性の高い処分場を建設することにより、実際には避けられると考えられる事象についても、その影響を考慮することで、シナリオの不確実性へ対応するための変動シナリオ体系が構築されている。これらのシナリオの作成に際しては、地下深部で起こりうる種々の現象の影響が網羅的に考慮される手法が用いられ、シナリオ作成の考え方及び手順が詳細に示されている。基本シナリオ及び変動シナリオ体系が構築されることにより、想定される地層処分システムの将来のふるまいと人間環境への影響について論理的に記述されており、地層処分の安全性を評価するためのシナリオを作成する手法が明らかにされていると判断できる。

一方、接近シナリオは、天然現象に起因するシナリオと人間侵入シナリオに分けて検討されている。断層活動、火山活動、隆起・侵食といった天然現象に起因するシナリオについては、発生頻度及び蓋然性が高い場所を処分地選定に至るまでの段階でできる限り避けることを前提としているが、念のために著しい隆起・侵食に伴い処分場が地表に近づくことや新たな断層が生じることなどのシナリオが示されている。また、人間侵入シナリオについては、意図的でない人間侵入に関し、ガラス固化体を貫通するボーリングが行われることを想定したシナリオが設定されている。天然現象及び人間侵入による接近シナリオの発生の可能

性は非常に小さいと考えられており、ともに現実的な地質環境のデータと合理的な人工バリア仕様を念頭において検討したシナリオの範囲としては適切と判断できる。

2)シナリオに沿った解析評価

専門部会報告書では、シナリオに沿った安全性に関する解析評価を行う上での方法論として、天然現象及びその影響をいかにシナリオに取り込むかが重要な点としている。また、地層処分の安全評価においては、極めて長期的な現象及びその影響の可能性を論じることから種々の不確定要因を含んでいるため、シナリオの作成と解析に当たっては、十分な安全裕度を見込んで評価することができるように、モデルの前提のたて方やその入力パラメータの選定に十分に留意する必要があるとしている。

第2次取りまとめでは、地下水シナリオ及び接近シナリオに関して、シナリオに基づいた線量評価が行われている。地下水シナリオの解析評価に当たっては、可能性の非常に低い事象についても、仮に事象が起こったことを想定する決定論的手法で対応している。

まず、地下水シナリオの解析に当たっては、我が国の深部地質環境特性に関するデータとそれを踏まえて設計された人工バリア仕様にもとづいて、地層処分システムに期待される性能が継続することを前提とした解析と、データ及びモデルの不確かさを考慮した感度解析により、基本シナリオ体系における線量評価結果の変動幅が示されている。さらに、地層処分にとって適切で安定な場所に信頼性の高い処分場を建設することにより、実際には避けられると考えられる事象についても、その影響を考慮した線量評価例として、変動シナリオ体系における地質環境の変化やオーバーパックの初期欠陥、あるいは将来の人間活動が与える影響などを考慮した感度解析が行われている。変動シナリオ体系の解析においては、処分地選定で排除することを前提とした隆起が著しい場所において、隆起速度や処分場の深度を考慮した解析が行われている。その結果、諸外国の防護目標値や我が国の自然放射線レベルを超えることはないとの結論が示されている。

一方、接近シナリオはいずれも処分地選定までの各段階での調査あるいは適切な設計要件を満足した地層処分システムの構築によって避けられることが示されている。その上で、天然現象に起因する接近シナリオについては、急激かつ局所的な天然現象と緩慢かつ広域的な現象それぞれに関し、影響範囲や程度を推定する解析が行われている。例えば、処分地選定で排除することを前提とした隆起が著しい場所において廃棄物が地表へ徐々に接近することを想定した解析や新たな断層が生じた場合の影響についての検討などが行われている。また、人間侵入に対する評価において、例示的に、意図的でない人間侵入に関し、ガラス固化体を貫通するボーリングが行われることを想定し、発生確率を考慮した検討が行われている。

以上のように、重点的な検討対象である地下水シナリオの解析評価に加えて、処分地選定に至るまでの調査等により避けることができる接近シナリオも検討されていると判断できる。また、解析の結果、地下水シナリオは線量の最大値は諸外国で提案されている防護目標

を下回る見通しが得られており、接近シナリオは事象が発生したとしてもその確率が小さいこと、天然の放射線レベルに著しい影響を与えないことが示されている。したがって、我が国の地質環境や現状技術を前提条件として、シナリオに沿った地層処分システムの安全性を評価する手法が整備されており、かつ解析評価の結果から地層処分の安全性が確保できる見通しが示されていると判断できる。

3)ニアフィールド性能評価モデル

専門部会報告書では、シナリオ研究で明らかにされるシナリオに沿った解析を信頼性をもって行うことができるよう、個々のモデルの妥当性を高めることを目標としている。

①ニアフィールド環境の研究

第2次取りまとめでは、地層中などにおける地下水の流れ方（地下水流動）に関しては、ニアフィールド岩盤における亀裂の不均質性を考慮した地下水移行経路を表現できる亀裂ネットワークモデルが開発されており、放射性核種の移行を計算する際に用いられている一次元亀裂モデルを重ね合わせた簡易なモデルで解析した結果と亀裂ネットワークモデルで解析した結果との比較により、簡易モデルの妥当性が示されている。

地球化学特性に関しては、地下水の化学的特性を支配すると考えられる重要な化学反応について熱力学データに基づいた平衡論的評価の基本的考え方が体系化されており、現時点で地層処分の安全評価に用いることができる手法が示されている。

また、長期間にわたって徐々に進む反応を考慮した速度論的な評価については、適用できる知見及びデータ自体が不十分であり、解析の信頼性が現時点では不十分であることを踏まえて、平衡論的評価を補完する意味で検討が行われている。

人工バリア内における化学反応による地下水組成の変化と化学的な緩衝作用が有効に作用する期間並びに人工バリア近傍の地層又は岩盤に緩衝作用が及ぶ範囲とその程度については、基本的なモデルが確立されている。緩衝材が地下水で飽和されるまでの緩衝材の応力-ひずみ、近傍の地層又は岩盤が人工バリアに及ぼす力学的な影響及び処分場の建設・操業期間や閉鎖直後の不飽和状態における坑道周辺の地下水の化学的条件の変化については、地層処分の工学技術との関連において検討されている。

②人工バリアの性状変化

第2次取りまとめでは、オーバーパックについては、炭素鋼の腐食モデルが検討されている。また、安全評価に当たっては、オーバーパックの破損時期が、設計仕様である1000年間経過後という想定より長くなる場合も想定して解析が行われており、オーバーパックの健全性の裕度については十分に検討されている。チタン、銅などの代替材料についても、腐食評価が行われており、安全評価においては、オーバーパックの寿命を変動させて解析しており、炭素鋼と同様な検討が行われている。

緩衝材への熱的、化学的な影響に関しては、ベントナイトのカルシウム型化²⁴等の変質が考慮されており、緩衝材の性能に与える影響について、安全評価の観点からの重要性が検討されている。

さらに、緩衝材とオーバーバックとの力学的な相互作用及びオーバーバック腐食に伴って発生する生成物による緩衝材への力学的な影響については、安全評価の観点からは詳細に検討されている。また、地下水による緩衝材の侵食については、試験データに基づき、簡易なモデル化を行い、解析する方法により基本的な検討は行われており、その影響が小さいことが明らかにされている。

③物質移動

第2次取りまとめでは、実際よりも物質が移動しやすくなるモデルで解析されている。例えば、掘削の影響が及ぶ領域での物質移動について収着による物質移動の遅延現象を見込まないモデル、岩盤中の物質移行について空隙構造の不均質性を簡略化したモデルが適用されており、岩盤の空隙が変質鉱物で充填されて物質が移行しにくくなることは考慮せずに解析されている。

オーバーバックの腐食に伴い発生するガスの移行については、現時点で適用可能な移行モデルによる解析結果から、地層処分システムへの影響は無視できるほど小さいと判断されている。地下水中でのコロイドの生成・移行については、放射性核種がコロイドに可逆的に収着して移動する現象を考慮したモデルを用いた解析・評価が行われており、コロイドの影響は小さいことが示されている。

さらに、有機物や微生物の存在が放射性核種の移行に及ぼす影響については、既往の研究の調査・検討が行われ、現状の知見に基づく影響の推定が行われている。また、場所が決まった段階での研究の重要性についても言及されている。

第2次取りまとめでは、岩盤の亀裂の不均質性を考慮した地下水の流れ、地下水の化学特性を熱力学データと平衡論により考慮した地球化学特性、力学的な影響及び熱的・化学的な影響を考慮した人工バリアの性状の変化、掘削の影響や岩盤の空隙構造の不均質性を考慮した物質移動などニアフィールド性能評価の主要なモデルに関して、現時点で適用可能な現象のモデル化及びモデルを用いた解析・評価が行われており、解析結果と実験結果に基づいてモデルの妥当性が確認されるなど、個々のモデルの信頼性を高めるための検討が行われていると判断できる。

4)データベースの構築

専門部会報告書では、解析モデルを用いて信頼性の高いニアフィールド性能評価を実施するためには、人工バリア及び天然バリアについて信頼度の高いデータを整備し、その品質

²⁴ カルシウム型化：ベントナイトの主要構成成分であるス멕タイトのナトリウムイオンが地下水中のカルシウムイオンと置換すること。

保証を行っていくことが必要としており、これらのデータについては、データベースとして体系化していくことが重要であるとしている。

第2次取りまとめでは、文献調査及びオーバーバックの長期にわたる腐食速度についての研究成果に基づきデータの整理が行われている。緩衝材の長期的な変形に関するデータ及び緩衝材に含まれる鉱物に関する熱力学データについては評価に必要なデータが整備されている。人工バリア近傍の物質移動に関わる岩盤の亀裂特性に関するデータは、釜石鉱山の例や文献調査を中心に整備されている。また、ガラスの長期にわたる溶解速度については、安全評価に必要なデータが、諸外国のデータと整合を取りつつ整備されている。

放射性物質の溶解度については、最新の知見に基づく熱力学データが整備されている。放射性核種の緩衝材及び岩石への分配係数については、多くの研究成果の調査・検討に基づいたデータの選定が行われており、岩石の多様性、緩衝材間隙水などの長期変質、データの不確かさなどを考慮した上で整備されている。

以上のように、これまでの研究成果に基づき、信頼性の高い性能評価を実施するために、ガラス固化体、オーバーバック、緩衝材、岩盤について信頼度の高いデータを整備し、その品質保証を行うとともに、データベースとして体系化するためデータの整理が行われており、場所が特定されていない現段階において考慮すべきシナリオに応じた安全評価に必要なデータが整備されていると判断できる。

5) 地層処分システムの評価解析

専門部会報告書では、ニアフィールドの性能評価のための種々のモデルを適切に統合し、ファーフールド²⁵や人間環境（生物圏）での放射性物質の移行モデルなどと接続することによって、地層処分システム全体の安全性を解析できるモデル体系を構築することを求めている。また、ファーフールドについては、ニアフィールドにより確保される安全性をさらに確かなものとするために研究を進め、その評価を行うことを求めている。

第2次取りまとめでは、上述のようにモデルの妥当性が確認されたニアフィールド評価モデル及びファーフールド評価モデル並びに生物圏評価モデルがそれぞれ構築されており、これらを適切に接続することによって、地層処分システム全体の安全性を解析できるモデル体系が構築されているものと判断できる。

評価解析に当たっては、地下深部の現象の影響を考慮して、上記で構築されたモデル体系と文献調査や研究成果に基づき整備されたデータを用いて、シナリオ、モデルの前提及びデータの不確かさを考慮した解析が実施されており、場所を限定しない現段階においては、地層処分システム全体の解析が十分行われていると判断できる。

地圏と生物圏の接続部として選定した河川については、流量の変化による解析結果への影響の大きさが検討されるとともに、井戸水を直接利用するといった幅広いシナリオが考

²⁵ ファーフールド：ニアフィールドより外側に位置し、処分による影響を直接受けない地層などの領域。

慮されており、十分な解析評価が行われていると判断できる。

個々のモデルの信頼性については、様々な入力データの変化が解析結果に及ぼす影響の大きさを解析することにより、解析結果の変動幅が検討され、モデルの簡略化を行った結果の妥当性が確認されていること、さらにはモデルの妥当性について国際的な検証／確証プロジェクトによる確認が行われていることから、モデルの信頼性が確保されていると判断できる。計算コードの信頼性については、他機関の計算コードを用いた計算結果との比較による計算機能の検証、解析作業の信頼性とデータの追跡性を保証するための管理システムの構築が行われており、解析に係る信頼性は確保されていると判断できる。

6) ナチュラルアナログ研究の適用

専門部会報告書では、システム全体の性能評価の信頼性を高める上で、シナリオ、モデル及びデータについて、その妥当性を補足的に示す方法として、ナチュラルアナログ研究の一層の充実を図る必要があるとしている。

第2次取りまとめでは、ナチュラルアナログ研究について、東濃ウラン鉱床、オクロ鉱床、クンガラ鉱床で実施された研究事例に基づき、鉱物中にウラン等が長期間にわたって保持されていることが示されている。

火山ガラスの溶出挙動に関する研究としては、火山ガラスによるガラスの耐食性の間接的な検証が既往の研究の調査・検討を通して行われている。金属の考古学的出土品などにおける腐食履歴の解析及び淡水性粘土中の鑄鉄管の調査事例などから、オーバーパックの腐食を評価するために現在用いられている手法が実際よりも腐食が進みやすい結果となる手法であることが示されている。ベントナイト鉱床を利用したナチュラルアナログ研究については、既往の研究の調査・検討とその整理が行われており、変質の起こりにくさについての知見が得られている。

以上のように、既往の研究のレビューとその整理が行われ、安全評価で考慮した現象を理解するための支援的な研究事例として活用されていると判断できる。

7) 地層処分システムの安全評価に関わる期間

専門部会報告書では、人間環境の長期にわたる変化、地質環境の長期にわたる安定性、放射線源としての高レベル放射性廃棄物の特性を考慮しつつ線量の評価を行うことが重要であり、評価期間に関する時間スケールについては特に限定せず現在の人々との対比において人間への影響が最大となる時間やその期間がわかるように評価しておくことが適切であるとしている。

第2次取りまとめでは、評価期間を限定せずに、人間への影響が最大になる時期、期間及びその線量が評価されている。

地質環境の予測の不確かさが増す将来10万年以降の安全評価の考え方については、地質環境が変動することを想定した地下水シナリオを設定して評価を行い、地質環境の将来挙

動に係わる不確かさの影響が定性的／定量的に検討されている。その結果、現時点で想定される将来起こり得る地質環境の変動の幅を考慮しても、評価結果は諸外国で提案されている防護レベルを下回る見通しが示されている。

接近シナリオとしては、処分地選定に至るまでの段階の調査などにより避けることができることが示されているが、念のために想定したシナリオに基づき、断層活動、火山活動、隆起・侵食について評価の考え方が示されている。それらの事象の発生確率や人間環境への影響の程度を考慮すると、地質環境の大きな変動が起こったとしても天然の放射線レベルに著しい影響を与えないことが例示的に示されている。

これらの検討結果から、10 万年を超える長期にわたる安全評価の手法、安全確保の在り方について、一つの考え方が提示されたものと判断できる。

8)安全評価指標の設定の考え方

専門部会報告書では、安全評価の指標として、放射線量を基本とすることとし、それに対応する基準については、諸外国の基準を参照として評価しておくことが適当であるとしている。また、長期については、将来の人間環境の予測の困難さを考慮し、天然の放射線レベルに有意な影響のないことを確認するため補完的な解析結果を併せて示すことが適当としている。

第2次取りまとめでは、安全評価の指標として線量を基本とした評価を行っており、諸外国の基準を参照するとともに、諸外国における評価結果との比較が行われていると判断できる。

また、将来の人間環境の予測の困難さを考慮し、河川中に存在する天然の放射性核種濃度などを補完的な安全指標として、評価結果と比較が行われている。その結果、天然の放射線レベルに有意な影響を及ぼさないことが確認されており、長期にわたる評価における安全指標について、線量による評価結果を補完する考え方が提示されたものと判断できる。

9)地層処分システムの安全評価分野の総評

第2次取りまとめでは、地下水シナリオを中心とした地層処分システムの安全評価を行っており、地層処分の安全評価における中心的なシナリオを作成するという目標に到達しているものと判断できる。また、発生の可能性が小さいシナリオに対しても、一般に地質が複雑で、地殻変動が活発であるといった我が国の地質環境や現状技術を前提条件としてニアフィールド性能を中心に地層処分システムの安全性を評価する手法が整備されており、かつ解析評価の結果から地層処分の安全性が確保できる見通しが得られているものと判断できる。

今後の取組に当たって

第2次取りまとめに示された、我が国における高レベル放射性廃棄物の地層処分の研究

開発成果については、専門部会報告書で示した技術的重点課題等が適切に達成され、その技術的信頼性が示されている。

核燃料サイクル開発機構等の関係機関においては、本報告書の評価結果に基づき、密接な協力の下に、効率的に研究開発を推進することが期待される。研究開発を効率的に実施していくためには、引き続き、諸外国との国際協力を積極的に進めることも重要である。

高レベル放射性廃棄物地層処分の実施主体においては、核燃料サイクル開発機構等の関係研究機関における研究開発の成果を活用しつつ、本報告書を参考として地層処分の実施に向けて取り組むことが期待される。また、これまでの研究開発の成果は、関係研究機関から、実施主体に対し適切に移転されることが望まれる。

本報告書に示した通り、第2次取りまとめにおいて地層処分の技術的信頼性が示されていると評価するが、高レベル放射性廃棄物の地層処分は、国民の理解と信頼を得つつ進められていくべきものであり、引き続き、第2次取りまとめの成果を踏まえた技術開発課題への取組や基礎的な研究開発の継続などを通じて地層処分の技術的信頼性をさらに向上することに努めることが重要である。

例えば、地質環境の調査について、地層処分にとって重要な地質環境上の要件を調査するための技術及び手法が示されており、今後行われる処分地選定に当たっては、各段階において、地層処分の工学技術及び地層処分システムの安全評価と関連付けた、地表から地下深部までの調査の体系化を図ることが重要である。また、深地層の研究施設等を活用して深部地質環境の特性に関するデータを引き続き蓄積することも重要である。その際には、地球科学や土木工学などの関連分野における技術の進展に留意し、最新技術の導入を図っていくことが重要である。また、地球科学分野の最新の研究成果を踏まえ、適宜知見を反映していくことが望まれる。

地層処分の工学技術については、現実的な工学技術によって合理的に処分場を構築できる見通しが得られており、処分場の建設に向けて信頼性をさらに向上するために、オーバーパックの腐食や緩衝材の変質に関する詳細な研究や溶接部の信頼性を確保するための検査技術についての検討の具体化が期待される。建設・操業・閉鎖技術については、地下深部で適用できることを確認するため、処分孔の掘削、廃棄体や緩衝材の遠隔操作を含む搬送、定置作業などについて、深地層の研究施設や選定された処分地における実規模試験での実証を行うことが重要である。また、建設・操業時の地下水や地層の力学的挙動等に関する計測・観測システムの構築も、地質環境の調査技術との連携で検討すべき事項の一つである。

地層処分システムの安全評価については、安全性を評価する手法が整備されているとともに解析評価の結果から地層処分の安全性が確保できる見通しが得られており、今後、安全基準等の策定が行われることに備え、評価結果の信頼性をさらに向上させるために、安全評価に用いるデータの蓄積に努めること、発生しにくいシナリオを排除する根拠を明確にする取組を継続すること、確率論的な安全評価手法を用いたリスク評価についても検討することが重要である。評価解析に当たっては、解析結果の信頼性向上のため、地質環境調査等で

得られた各データ間の相関や入力値のばらつきの評価結果への影響等の詳細な検討、地層処分の各段階において、実測値との比較による信頼性の確認及び実際の場所の特性を精度良く再現できるモデルの確立等が望まれる。

なお、前述の通り、地層処分を進める上で、技術的安全性に関する社会の理解と信頼は欠かせない。地層処分の基本概念は、再取り出しを意図せずに廃棄物を安全に埋設することとされているが、再取り出しなどに関し国際的に議論されていることについて留意しておく必要がある。

最後に、研究開発成果については、分かりやすく公表するなど、技術的な観点から透明性を確保することが重要である。このため、本報告書により高レベル放射性廃棄物の地層処分の技術的信頼性について総合的な評価が示されたことを踏まえて、国は、更に分かりやすい情報の提供を行うことが必要である。

添 付 資 料

「高レベル放射性廃棄物処分に向けての基本的考え方について」（平成１０年５月２９日
原子力委員会高レベル放射性廃棄物懇談会）より抜粋

国際ワークショップ－わが国における高レベル放射性廃棄物地層処分における技術的信頼
性について－の開催結果について

原子力の研究、開発及び利用に関する長期計画抜粋（原子力委員会平成６年６月２４日）

「高レベル放射性廃棄物処分に向けての基本的考え方について」
(平成10年5月29日 原子力委員会高レベル放射性廃棄物懇談会) より抜粋

なぜ、高レベル放射性廃棄物を地層処分するのか

高レベル放射性廃棄物は、長期にわたり放射能のレベルが高いため人間の生活環境から隔離して安全に処分する必要があり、その処分方法について長年、各国及び国際機関において様々な可能性が検討されてきた¹⁾。人間の生活環境から隔離するため、宇宙空間への処分、南極大陸などの氷床への処分、海洋底又は海洋底の堆積物中への処分、深地層への処分が考えられてきた。宇宙空間への処分については、事故が起きた場合のリスクが大きい。南極の氷床への処分については、南極条約によって禁止されている。また、海洋底又は海洋底の堆積物中への処分については、廃棄物その他の物の投棄による海洋汚染の防止に関する条約（ロンドン条約）によって禁止されている。一方、地表において廃棄物を超長期にわたって管理するという考え方もある。これについては、将来の世代にまでも廃棄物を監視し続ける義務を課し、また、将来社会が安定で制度が維持できるという仮定に立ち、戦争や革命などの人間による災害にも脆弱であると考えられている^{2) 3)}。

このような検討を経て、地層処分以外の処分方法については実現にあたっての問題が多いことから、現在、わが国を含めて国際的に、最も好ましい方策として地層処分が共通の考え方になっている。

なお、国により、ガラス固化体ないし使用済燃料を地層処分のさいの廃棄体として選択しているが、いずれにおいても、深地層の研究を実施し、実施主体を設立し、事業資金の確保を行うなど類似の制度と体制の整備が進められている。

1)今までの検討の例として以下のようなものがあげられる。

米 国: "The disposal of radioactive waste on land." National Academy of Sciences-
National Research
Council, NAS-519(1957)
USAEC, WASH-1297(1974)
USDOE, DOE/EIS-0046F(1984)
Rice, et al., DOE/TIC-4621,370,(1981)

カナダ: A.M.Aikin, et al., "The Management of Canada's Nuclear Wastes", Minister of
Supply and Services Canada, M23-12/77-7,(1977)

スイス: "Projekt Gewähr 1985", Nagra(1985)
OECD/NEA: NEA Groupe of Expert, "Objectives, Concepts and Strategies for the
Management of Radioactive Waste Arising from Nuclear Power
Programmes", OECD(1977)
"Geological Disposal of Radioactive Waste, An Overview of the Current Status of
Understanding and Development", OECD(1984)

2) OECD/NEA 「長寿命放射性廃棄物の地層処分の環境的及び倫理的基礎」 ("The
Environmental and Ethical Basis of Geological Disposal of Long-lived Radioactive
Wastes", OECD(1995))

3) カナダ: A.M.Aikin, et al., "The Management of Canada's Nuclear Wastes" (前掲)

高レベル放射性廃棄物処分に係る海外の動向

国名	実施主体	設置	事業資金 確保開始	注2) 地下研究施設		処分候補地		注1) 廃棄体形態
				(地層)	建設開始	(候補地層)	処分開始	
アメリカ	連邦エネルギー省 (DOE) (連邦機関)	1982	1983	ユッカマウンテン 堅固な地下研究施設 (濃度高)	1993	ユッカマウンテン (濃度高)	2010	使用済燃料 ガラス固化体
カナダ	未定	未定	1982	ホワイツェル地下 研究施設(濃度高)	1983	未定 (濃度高)	未定	使用済燃料
スイス	スイス放射性廃棄物 管理協同組合* (NAGRA) (連邦政府、電力会社等の共同 出資による財団)	1972 (設立)	1978	グリンセム地下 研究施設(濃度高) モンテリ地下研究施設 (濃度高)	1983	未定 (濃度高または 低濃度)	2020 (早い場合) 2050 (遅い場合)	ガラス固化体 使用済燃料
スウェーデン	スウェーデン核燃料 廃棄物管理会社 (SKB) (電力会社出資の株式会社)	1984 (設立)	1981	ハートロック研究 施設(濃度高)	1990	未定 (濃度高)	2012 (試験処分) 2020～ (本格処分)	使用済燃料
ドイツ	連邦放射線防護庁 (BfS) (連邦機関)	1989 (設立)	1979	コッパルンゲン研究 施設(濃度高)	1986	コッパルンゲン (濃度高)	2012	ガラス固化体 使用済燃料
フィンランド	ポシヴァ社 (電力会社出資の民間会社)	1995 (設立)	1987	注3) なし		オ尔基ョト (濃度高)	2020	使用済燃料
フランス	放射性廃棄物管理 機関 (ANDRA) (公的機関)	1979 (設立) 1992 (再開)	1975	ムースの地下研究 施設(濃度高) カランの地下研究施設 (予定、濃度高)	1999 研究開始	未定 (濃度高または 濃度高)	未定	ガラス固化体 使用済燃料

*処分場の実際の建設・運転を除く。

注1) 原子力発電を行っている国の中には、使用済燃料を直接処分することを基本方針としている国もあり、この場合は、使用済燃料が高レベル放射性廃棄物になる。

注2) このほかにも、実際の岩盤を用いた地下での試験は従来より実施されてきている。例えば、日、米、英、スウェーデンなどが参加してスウェーデンの鉄鉾山で実施されたストリバ・プロジェクト、我が国における東濃鉾山、釜石鉾山での試験などが挙げられる。

注3) 処分場としての地下の特性を調査するため、地下施設が建設される予定。

原子力委員会原子力バックエンド対策専門部会報告書の個別要求事項に対する

第2次取りまとめでの記述の該当箇所

I. 地質環境条件の調査研究について

第1部：基本的考え方

第2章：地質環境の長期安定性

目標：（過去数十万年程度の知見に基づく将来十万年程度の推測によって）地層処分にとって十分に安定な地質環境が存在し得ることを明らかにする（5頁 1. 日本の地質環境の特性）

原子力委員会原子力バックエンド対策専門部会報告書			第2次取りまとめでの 記述の該当箇所
地層処分の観点から 要求される達成目標	研究課題	専門部会報告書の個別要求事項	
安定な地域が存在し得ることを示すとともに、天然現象による地質環境の変動の程度を明確にする（5頁）	2. 研究の進め方 (1)急激かつ局所的な現象（5頁） の地震・断層活動に関する研究（5頁）	（第1部第2章 p5-6） 応力・変形、破砕帯の分布などを中心に研究し、既存の断層からどの程度離ればその影響が及ばないようにできるかについての事例研究を進める。	●総論 第III章 III-13～20頁 第III章 III-44頁 ●分冊1 第II章 34～45頁 ※耐震性に関する検討は処分技術で扱っている。 ●総論 第IV章 IV-73～76頁など ※新たに断層が発生して処分場を横切るケースについては安全評価で検討。 ●総論 付録 B-5～8頁
		（第1部第2章 p5-6） 地下岩盤内での振動分布を実測し、地震の際の処分施設への影響を推定。	●総論 第III章 III-19～20頁 第VI章 VI-73～76,100～104頁 ●分冊1 第II章 II-40～45頁
		（第1部第2章 p6） 伏在する活断層の調査手法の開発を進め、地震発生場所の予測や地表部への影響の推定に適用する可能性を検討。	●総論 第III章 III-17～20頁 ●分冊1 第II章 II-16～34頁

原子力委員会原子力バックエンド対策専門部会報告書			第2次取りまとめでの 記述の該当箇所
地層処分の観点から 要求される達成目標	研究課題	専門部会報告書の個別要求事項	
		(第1部第2章 p6) 破砕帯の分布頻度や地震活動度などを詳細に調査解析。	●総論 第III章 III-19～20頁 第III章 III-44頁 ●分冊1 第II章 II-16～37頁 ※サイト選定については ●総論 VI-11頁
	㊟火山・火成活動に関する研究(6頁)	(第1部第2章 p6) 火山噴火履歴・火山地域の地下構造、火山地域の熱水変質作用、地熱分布などに着目し、既存の火山からの程度離れば地層処分の安全性に影響が及ばないようにし得るかにして事例研究を進める。	●総論 第III章 III-21～30頁 第III章 III-45頁 ●分冊1 第II章 II-54～70頁
		(第1部第2章 p6) 地熱分布や地温勾配と火山地域の地下構造を基に、火山の全体的特性を把握。	●総論 第III章 III-21～27頁 ●分冊1 第II章 II-54～70頁
		(第1部第2章 p6) 活動履歴から活動域の広がりを推定し、長期にわたる変化が規則的で、地域的に限られていることを明らかにする。	●総論 第III章 III-21～27頁 ●分冊1 第II章 II-54～70頁
		(第1部第2章 p6) 熱、熱水による地質環境への化学的影響とその範囲を調査研究する。	●総論 第III章 III-27～30頁 ●分冊1 第II章 II-70～106頁 第III章 III-107頁
	(2)緩慢かつ広域的な現象(6頁) ①隆起・沈降・侵食に関する研究(6頁)	(第1部第2章 p6) 段丘などでの事例研究に基づき変動速度・分布を提示し、長期的に安定な地質環境が存在し得ることを明らかにする。	●総論 第III章 III-30～39頁 ●分冊1 第II章 II-113～159頁
		(第1部第2章 p6) 地下水流動や水質などへの影響の程度が処分場の設計で対処し得る範囲内であることを示す。	●総論 第III章 III-39頁 第V章 V-108,116頁●分冊1 第II章 II-155～159頁
	㊟気候・海水準変動(7頁)	(第1部第2章 p7) 変動幅と規則性を調査し、変動に伴う地下水流動の変化が地質環境にどのように影響したかを研究。 最終氷期における下方侵食などの地形への影響、凍土・凍結の深度や地質環境への影響を調査し、次の氷期における影響を研究。	●総論 第III章 III-41～43頁第V章 V-107頁 ●分冊1 第II章 II-175～188頁

原子力委員会原子力バックエンド対策専門部会報告書			第2次取りまとめでの 記述の該当箇所
地層処分の観点から 要求される達成目標	研究課題	専門部会報告書の個別要求事項	
		(第1部第2章 p7) 沿岸地域における塩淡水境界や水質の 変化などの調査研究。	●総論 第III章 III-41～43 頁 第V章 V-107 頁 ●分冊1 第II章 II-168～175 頁 第III章 III-35-39 頁
天然現象に基づいて地質環 境の長期安定性を評価する (7頁)	ナチュラルアナログの調 査研究(7頁)	(第1部第2章 p7) 地質環境の長期安定性が実際に保た れていることを、事例研究によって 明確に示すとともに、その地域の地 殻変動や気候変化などに関する履歴 を詳細に解析して、天然現象の影響 が重複したにもかかわらず、長期安 定性が保たれている事例があること を示す。	●総論 第III章 III-4,79～81 頁 第IV章 IV-23 頁 ●分冊1 第III章 III-158-161 頁 第V章 V-1～7 頁
		(第1部第2章 p7) (天然現象に基づいて地質環境の長 期安定性を評価する)方法の適用性 という観点から、調査研究例を具体 的に示す。	●総論 第III章 III-78,80, VI-22～ 23 頁 ●分冊1 第V章 V-1～7 頁

第1部：基本的考え方

第5章：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

1. 処分予定地の選定に資する技術的拠り所

目標：処分予定地の選定にあたって、地質環境のどのような特性に着目するのか、サイト特性調査において何をどのように調べるのかを明らかにする（12頁）

原子力委員会原子力バックエンド対策専門部会報告書			第2次取りまとめでの記述の該当箇所
地層処分の観点から要求される達成目標	研究課題	専門部会報告書の個別要求事項	
どのような地質環境特性に着目すべきかを明らかにする（12頁）	(1)処分予定地選定の要件の明確化（12頁） ①地質環境の長期安定性（12頁）	（第1部第5章 p12） 天然現象についての事例研究成果に基づき、処分予定地の選定の要件になると想定される事項を整理。	●総論 第III章 III-20頁 第VI章 VI-10～15,20頁 付録 B-5～8頁 ●分冊1 第IV章 IV-1～17頁
	②人工バリアの設置環境として重要な地質環境の特性（12頁）	（第1部第5章 p12） （実際の調査試験から得られる知見に基づき深部地質環境についての情報を整備することにより、）人工バリアの設置環境として重要な深部の地質環境の特性を明らかにする。	●総論 第III章 III-46～78頁 ●分冊1 第III章全部
	③天然バリアとして重要な地質環境の特性（12頁）	（第1部第5章 p12） ニアフィールド岩盤に期待される天然バリア性能を定量的に明らかにする。	●総論 第III章 III-72頁 第V章 V-51～62,74～78,92～98,105～107頁 ●分冊1 第III章 III-55頁 あとがき ●分冊3の天然バリア性能に関わる記述の部分
		（第1部第5章 p12） 主要な移行経路に沿ってファーフールドの天然バリア性能を大局的に把握する上で重要な地質環境条件（広域地下水流動系、地球化学特性など）に関し、実際の地質環境下や室内での試験研究などに基づいて明らかにする。	●総論 第III章 III-46～78頁 第IV章 IV-12～17頁 第V章 V-38頁 ●分冊1 第III章全部
着目すべき地質環境特性をどのように調べるかを明らかにする（12頁）	(2)サイト特性調査技術の開発（12頁） ①地質環境調査調査技術に関する研究（12頁）	（第1部第5章 p12） 試錐技術、地下水調査技術、割れ目の分布や掘削影響領域を把握するための物理探査技術の開発と改良、サイトの調査解析システムを開発。	●総論 第VI章 VI-16,23～29頁 ●分冊1 第IV章 IV-48～92頁
	②ナチュラルアナログの適用例（12頁）	（第1部第5章 p12） 古水理地質学的手法などに基づくナチュラルアナログ研究の手法の適用方法を示す。	●総論 第III章 III-79～81、第VI章 VI-22～23頁 ●分冊1 第V章 V-1～7頁

第2部：第2次取りまとめにあたっての技術的重点課題

第2章：地層処分研究開発の重点課題

2. 各研究開発分野における技術的重点課題

(1) 地質環境条件の調査研究

目標：地層処分にとって重要な地質環境上の要件を明らかにし、それを満たす地層がわが国において存在する可能性を明らかにすること。その際、処分システムの長期安定性と技術的実現性にとって必要となる地質環境のニアフィールド特性について、具体的な実測値に基づく知見を整備すること。(18頁 第1章 第2次取りまとめに向けた研究開発の在り方)

原子力委員会原子力バックエンド対策専門部会報告書（平成9年4月）			第2次取りまとめでの記述の該当箇所
地層処分の観点から要求される達成目標	研究課題	専門部会報告書の個別要求事項	
わが国の地質学的特徴を考慮して、実測値から得られる知見に基づき、地質環境についてのより充実した情報の取りまとめを行うと同時に、地層処分にとって重要な地質環境上の要件を整備すること（19頁） （深部地質環境のニアフィールド特性に焦点を当てた具体的な知見を整備し、「性能評価研究」や「処分技術の研究開発」に必要な地質環境についての情報を提供し、地層処分にとって重要な地質環境上の要件を明らかにし、それを満たす地層がわが国に存在する可能性、さらにはサイト特性の調査項目を明らかにする。（20頁）	①地質環境の特性に関する情報の整備（20頁） ●地質構造	（第2部第2章 p20） 基盤情報として、表層から地下深部までの岩石の性質や分布・連続性及び断層破砕帯の特性などに関するデータの整備。	●総論 第III章 III-47～51頁 第V章 V-39,116頁 第VI章 VI-13頁 ●分冊1 第III章 III-8～20,32,36頁
	●地下水の流動	（第2部第2章 p20） 表層から地下深部までの広域にわたる地下水の流動を把握するため、地下水の涵養量、岩盤の透水性、動水勾配の分布などに関するデータの整備。	●総論 第III章 III-51～57頁 ●分冊1 第III章 III-26～59頁
		（第2部第2章 p20） これに基づき、深部地質環境における地下水の流量を把握するとともに、地下水流動に関するモデルの検討に資する。	●総論 第III章 III-53～57頁 ●分冊1 第III章 III-26～58頁
	●地下水の地球化学	（第2部第2章 p20-21） 深部地下水の化学組成や酸化還元電位などに関するデータの整備。	●総論 第III章 III-57～66頁 ●分冊1 第III章 III-66～95頁
		（第2部第2章 p20-21） 地下水の起源、岩石との反応、地下水同士の混合を基本とした水質形成機構などに関するモデルの検討に資する。	●総論 第III章 III-57～66頁 第V章 V-105頁 ●分冊1 第III章 III-66～87頁
	●岩盤の力学	（第2部第2章 p21） 深部岩盤の物性、力学特性、応力分布などに関するデータの整備。	●総論 第III章 III-66～76頁 ●分冊1 第III章 III-100～126頁 あとがき
		（第2部第2章 p21） 坑道掘削などによる深部岩盤への力学的、水理学的及び化学的影響の把握。	●総論 第III章 III-71～77頁 第IV章 IV-13,64～76,116頁 ●分冊1 第III章 III-126～139頁

原子力委員会原子力バックエンド対策専門部会報告書（平成9年4月）			第2次取りまとめでの 記述の該当箇所
地層処分の観点から 要求される達成目標	研究課題	専門部会報告書の個別要求事項	
	●物質移動	（第2部第2章 p21） 空隙の構造や鉱物学的特徴に基づき、物質移動の経路、様式、岩盤の吸着・遅延能力などに関する情報の整備（モデル化の検討に資する）。	●総論 第III章 III-47～52,64～66,79～81 頁 ●分冊1 第III章 III-119,147～163 頁
	②地質環境の長期安定性に関する情報の整備（21 頁）	（第2部第2章 p21） 活断層の活動履歴、活動様式、地質環境への影響の範囲・程度に関する情報の整備。	●総論 第III章 III-19～20,44 頁 ●分冊1 第II章 II-16～34,117 頁
	●地震・断層活動	（第2部第2章 p21） 地震動による地下水の流動・地球化学への影響の把握。	●総論 第III章 III-19～20 頁 ●分冊1 第II章 II-38～42 頁
		（第2部第2章 p21） 地質環境への熱的影響などの把握。	●総論 第III章 III-27～30 頁 ●分冊1 第II章 II-70～104 頁
	●隆起・沈降・侵食	（第2部第2章 p21） 変動の規模、速度、地域性に関する情報の充実・整備。	●総論 第III章 III-32～39 頁 ●分冊1 第II章 II-113～155 頁
		（第2部第2章 p21） 規則性や機構に関する知見を整理。	●総論 第III章 III-32～39 頁 ●分冊1 第II章 II-113～155 頁
	●気候・海水準変動	（第2部第2章 p21） 変動の形態や規模などに関する情報の整備。	●総論 第III章 III-39～41 頁 ●分冊1 第II章 II-168～175 頁
		（第2部第2章 p21） 侵食や地下水流動などへの影響を把握。	●総論 第III章 III-41～43 頁 ●分冊1 第II章 II-175～188 頁
	③ナチュラルアナログに関する情報の整理（21 頁）	（第2部第2章 p21-22） ウラン鉱床などでの調査研究の成果に基づき知見を整理。	●総論 第III章 III-60～66,79～81 頁 ●分冊1 第III章 III-147～163 頁 第V章 V-1～7 頁
		（第2部第2章 p21-22） 性能評価のシナリオ、モデル、データの妥当性を示していく上での成果の活用可能性を検討。	●総論 第V章 V-59～60,134 頁 ●分冊1 第III章 III-147,158～161 頁 あとがき （分冊3も含む）

第2部：第2次取りまとめにあたっての技術的重点課題

第3章：深部地質環境の科学的研究の重点課題

目標：地下深部の岩盤や地下水の性質、それらのそれぞれの地点での変化、地震活動や火山活動などの天然現象などを対象に、地層処分研究開発の基盤となる研究を進める（28頁）

原子力委員会原子力バックエンド対策専門部会報告書（平成9年4月）			第2次取りまとめでの記述の該当箇所
地層処分の観点から要求される達成目標	研究課題	専門部会報告書の個別要求事項	
深度1000m程度までの地質環境を対象とした調査研究の実施（28頁）	1. 深部地質環境の特性に関する研究（28頁） ●地質構造	（第2部第3章 p28） 表層から地下深部までの岩石の性質や分布・連続性及び断層破砕帯の特性などに関するデータを蓄積。	●総論 第III章 III-47～51頁 第V章 V-116頁 第VI章 VI-13頁 ●分冊1 第III章 III-9～20,32,36頁
		（第2部第3章 p28） 限られたデータに基づき地下の地質構造を効率的に推定するための手法の検討。	●分冊1 第IV章 IV-48～72頁 第VI章 VI-16～29頁
		（第2部第3章 p28） 表層から地下深部までの地下水流動についてデータの取得。	●総論 第III章 III-53～57頁 ●分冊1 第III章 III-26～39頁
	●地下水の流動	（第2部第3章 p28） 表層から地下深部までの地下水流動についてデータの取得。	●総論 第III章 III-53～57頁 ●分冊1 第III章 III-26～39頁
		（第2部第3章 p28） 広域地下水流動解析のための手法の検討。	●総論 第V章 V-51～55頁 ●分冊1 第III章 III-39～58頁、第IV章 73～86頁
		（第2部第3章 p28） 坑道掘削などがもたらす擾乱による地下水流動の変化に関する研究。	●総論 第III章 III-46,75,77頁 ●分冊1 第I章 I-8頁 第III章 III-126～139頁
	●地下水の地球化学	（第2部第3章 p28） 深部岩盤の鉱物学的特性や深部地下水の地球化学特性に関するデータを蓄積するとともに、水質形成機構に関する理解の促進に役立てる。	●総論 第III章 III-57～66頁 ●分冊1 第III章 III-66～87頁
		（第2部第3章 p28） 坑道掘削などがもたらす擾乱による深部地下水の化学的变化に関する研究。	●総論 第III章 III-75,77頁 ●分冊1 第III章 III-126～139頁
	●岩盤の力学	（第2部第3章 p28） 深部岩盤の特性に関するデータを取得。	●総論 第III章 III-66～71頁 第VII章 VII-5頁 ●分冊1 第III章 III-100～126頁 あとがき

原子力委員会原子力バックエンド対策専門部会報告書（平成9年4月）			第2次取りまとめでの 記述の該当箇所
地層処分の観点から 要求される達成目標	研究課題	専門部会報告書の個別要求事項	
		（第2部第3章 p28） 応力分布などを把握するための手法 の検討。	●総論 第III章 III-66～71 頁 ●分冊1 第III章 III-93～101 頁 第IV章 IV-94 頁
		（第2部第3章 p28） 坑道掘削などがもたらす擾乱による 深部岩盤の力学状態などの変化に関 する研究。	●総論 第III章 III-71～75 頁 第IV章 IV-116 頁 ●分冊1 第III章 III-126～142 頁
	●物質移動	（第2部第3章 p28） 岩盤中の空隙の構造や鉱物学的特徴 を把握し、物質移動に関する機構の 理解を進める。	●総論 第III章 III-47～51, 68, 71, 73 頁 ●分冊1 第III章 III-147～150, 154 ～158 頁 あとがき
		（第2部第3章 p28） 断層などの主要な地質構造要素にお ける物質移動特性に関する研究。	●総論 第III章 III-47～51, 57 頁 第V章 V-15 頁 第VI章 VI-13, 15 頁 ●分冊1 第III章 III-32, 147～161 頁
		（第2部第3章 p28） 坑道掘削などがもたらす擾乱による 深部岩盤の空隙構造 などの変化に関する研究。	●総論 第III章 III-47～51 頁 第V章 V-51 頁 第VII章 VII-5 頁 ●分冊1 第III章 III-147～161 頁
深部1000m程度までの地質 環境を対象とした調査手 法、機器の開発（28頁）	2. 深部地質環境の調査 技術及び関連機器の開発 （28頁）	（第2部第3章 p28） 孔間透水試験装置などの水理特性調 査機器やバッカー式地下水サンプ ラーなどの地球化学特性調査機器を中 心とした地下水調査技術の開発。	●総論 第III章 III-71～75 頁 ●分冊1 第III章 III-126～142 頁
		（第2部第3章 p28） 比抵抗・弾性波トモグラフィーやレ ーダー反射法などの物理探査手法の 技術改良。	●総論 第VI章 VI-23～27 頁 ●分冊1 第IV章 IV-73～92 頁
		（第2部第3章 p28） フィールドでの試験を通じて、調査 手法や機器の適用性を十分に検討し、 データの品質や精度を確認し、 個々の機器や手法を組み合わせた調 査解析システムとして確立してい く。	●総論 第VI章 VI-9～34 頁 ●分冊1 第IV章 IV-20～72 頁
関連情報の収集・整理と、 フィールドでの調査を主体 とした事例研究を実施	3. 深部地質環境の長期 安定性に関する研究（29 頁） ●地震・断層活動	（第2部第3章 p29） 活断層の活動特性や周辺の地質環境 への影響について調査研究。	●総論 第III章 III-17～20, 44 頁 第VI章 VI-73～76 頁 付録 B-5～8 頁 ●分冊1 第II章 II-16～34 頁

原子力委員会原子力バックエンド対策専門部会報告書（平成9年4月）			第2次取りまとめでの 記述の該当箇所
地層処分の観点から 要求される達成目標	研究課題	専門部会報告書の個別要求事項	
		（第2部第3章 p29） 地震による地質環境への影響を検討。	●総論 第III章 III-19～20頁 第VI章 VI-73～76頁 ●分冊1 第II章 II-38～42頁
	●火山・火成活動	（第2部第3章 p29） 火山活動の規模、時間的変遷、地域性及び機構並びに地熱系の分布や熱源などを調査研究。	●総論 第III章 III-21～27頁 ●分冊1 第II章 II-54～70頁
		（第2部第3章 p29） 地質環境への熱的影響などの検討。	●総論 第III章 III-27～30頁 ●分冊1 第II章 II-70～104頁
	●隆起・沈降・侵食	（第2部第3章 p29） 変動の規模、速度、地域性を調査。	●総論 第III章 III-32～39頁 ●分冊1 第II章 II-113～155頁
		（第2部第3章 p29） 規則性や機構を理解。	●総論 第III章 III-32～39頁 ●分冊1 第II章 II-113～155頁
	●気候・海水準変動	（第2部第3章 p29） 変動の形態や規模などを研究。	●総論 第III章 III-39～41頁 ●分冊1 第II章 II-168～175頁
		（第2部第3章 p29） 風化・侵食による地形への影響や地下水の流動及び地球化学特性などへの影響を検討。	●総論 第III章 III-41～43頁 ●分冊1 第II章 II-175～188頁
堆積岩系及び結晶質岩系の双方を対象に、表層から地下深部までの岩石や地下水に関する包括的なデータの取得に努めるとともに、地球科学の各分野における学術的研究によって蓄積された関連情報について広く収集・整理し、その活用を図る（29頁）	4. 深部地質環境の科学的研究を進めるための主要施設（29頁）	（第2部第3章 p29） 東濃鉱山とその周辺における堆積岩やウラン鉱床を対象とした研究及び釜石鉱山における結晶質岩を対象とした研究を推進。	●総論 第III章 III-46～81頁 ●分冊1 第III章 III-1～167頁 第IV章 IV-1～127頁 第V章 V-1～10頁
		（第2部第3章 p29） 新たに瑞浪市に計画している深度1000メートル程度までの結晶質岩を主体とした地下深部の研究施設を積極的に活用していく。	●総論 第III章 III-51～78頁 ●分冊1 第III章 III-30～35頁など

原子力委員会原子力バックエンド対策専門部会報告書（平成9年4月）			第2次取りまとめでの 記述の該当箇所
地層処分の観点から 要求される達成目標	研究課題	専門部会報告書の個別要求事項	
		（第2部第3章 p29） 堆積岩を対象とした科学研究を推進するため、北海道幌延町に計画している貯蔵工学センター内に予定されている深地層試験場 ¹ についても、地元及び北海道の協力を得つつ計画の推進を図ることにより、その活用を目指す。	●総論 第VII章 VII-5～8頁
		（第2部第3章 p29） 海外の施設についても、積極的に研究の場として活用する。	●総論

¹ 貯蔵工学センター内に予定されている深地層試験場：専門部会報告書の作成当時計画されていた「貯蔵工学センター計画」は、平成10年に取りやめて、新たに深地層の研究を推進することとされた。

Ⅱ．処分技術の研究開発について

第1部：基本的考え方

第4章：処分場の管理

目標：処分場の管理に関する技術的基盤を整えること（11頁）

原子力委員会原子力バックエンド対策専門部会報告書（平成9年4月）			第2次取りまとめでの 記述の該当箇所
地層処分の観点から 要求される達成目標	研究課題	専門部会報告書の個別要求事項	
処分場の管理に関する技術的基盤を整えること（11頁）	処分場に関する種々の状態や状況について、それぞれの段階において取得すべき情報の内容、計測の方法、所要の措置などを技術的な検討（11頁）	（11頁） ①処分場の建設段階 処分坑道の掘削による、坑道周辺岩盤における地下水の流動や地球化学特性変化、岩盤の変形などの把握と管理。	●総論 第IV章 IV-132～138頁 ●分冊2 第VI章 VI-1～7頁
		（11頁） ②処分場の操業段階 人工バリアの設置によって坑道周辺岩盤中の地下水の流動や地球化学特性に与える影響、空洞の安定性、人工バリアの温度や放射線量などの把握と管理。	
		（11頁） ③処分場の閉鎖段階 処分場の埋め戻しを行うとともに、地質環境条件が地層処分システムの長期的安全性を保ち得る状態にあるかどうかを確認するために、上記②で示したものと同様の環境条件の変化の把握と管理。	
		（11頁） ④処分場の閉鎖後 処分場の埋め戻しを完了した後における状況の必要に応じた把握と管理。	

第1部：基本的考え方

第5章：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

2. 安全基準の策定に資する技術的拠り所

目標：安全基準（技術基準，安全評価指針など）の策定に資するため，処分場の設計要件と設計施工基準，

地層処分システムの安全性の評価手法と評価基準に関する技術的拠り所を示す（13頁）

原子力委員会原子力バックエンド対策専門部会報告書（平成9年4月）			第2次取りまとめでの記述の該当箇所
地層処分の観点から要求される達成目標	研究課題	専門部会報告書の個別要求事項	
人工バリア及び処分施設を設計・施工する際の技術的留意点に関する情報を整備する	人工バリア及び処分施設の設計・施工要件	（13頁） ①人工バリアの設計・製作・施工技術の品質 人工バリアの設計解析手法、人工バリアの製作・施工技術の品質とその管理手法	●総論 第VI章 VI-34～39頁
		（13頁） ②処分施設の設計要件と施工技術の品質 処分施設の設計要件、坑道の建設技術及び閉鎖技術、操業システムに関する要素技術、モニタリング技術などの品質とその管理手法	●総論 第VI章 VI-34～39頁

第2部：第2次取りまとめにあたっての技術的重点課題

第2章：地層処分研究開発の重点課題

2. 各研究開発分野における技術的重点課題

(2) 処分技術の研究開発

目標：安全性を実現するための信頼性の高い人工バリア並びに処分施設についての設計要件を提示するとともに、これらが現実的な工学技術によって合理的に構築できることを示すこと

(18頁 第1章 第2次取りまとめに向けた研究開発のあり方)

原子力委員会原子力バックエンド対策専門部会報告書（平成9年4月）			第2次取りまとめでの 記述の該当箇所
地層処分の観点から 要求される達成目標	研究課題	専門部会報告書の個別要求事項	
人工バリアや処分施設の設計要件の検討にあたっては、「性能評価研究」との関連を考慮して、柔軟性を持たせること(19頁) 人工バリアや処分施設が基本的には既存の工学技術あるいはその改良によって、設計要件を満たしながら、現実的に製作・施工、建設ができることを示すこと(19頁) 人工バリアや処分施設の設計要件の設定においては、経済的合理性の観点からも検討(19頁) (ニアフィールドの性能を確保できるような信頼性の高い人工バリアについて、その高度化の検討も踏まえ、具体的な設計要件を明らかにすること(19頁))	①人工バリアの設計・製作・施工技術の研究開発(22頁)	(22頁) オーバーバック 候補材としては炭素鋼が中心であるが、チタンや銅の複合オーバーバックなどの可能な代替案を含め、構造やしゃへい性などに関する設計解析を行い、オーバーバックの設計要件検討を進めることが肝要である。	オーバーバックの設計要件 ●総論 第IV章 IV-21 頁 ●分冊2 第IV章 IV-2～6 頁 オーバーバックの設計 ●総論 第IV章 IV-26～34 頁（炭素鋼オーバーバック）、IV-36 頁（炭素鋼オーバーバックの仕様例）、IV-36～39 頁（複合オーバーバック） ●分冊2 第IV章 IV-6～61 頁（炭素鋼オーバーバック、複合オーバーバック）、IV-67 頁（炭素鋼オーバーバックの仕様例）

原子力委員会原子力バックエンド対策専門部会報告書（平成9年4月）			第2次取りまとめでの 記述の該当箇所
地層処分の観点から 要求される達成目標	研究課題	専門部会報告書の個別要求事項	
		（22頁） オーバーバック 代替案も含め、製作・施工技術の開発や溶接部の試験方法などの品質管理手法の検討を行う必要がある。	オーバーバックの製作・施工技術 ●総論 第IV章 IV-34～36頁（炭素鋼オーバーバック）、 IV-38～40頁（複合オーバーバック） ●分冊2 第IV章 IV-61～66頁（炭素鋼オーバーバック）、 IV-200～203頁（複合オーバーバック） オーバーバックの品質管理手法 ●総論 第IV章 IV-36頁 ●分冊2 第IV章 IV-68頁
人工バリアや処分施設の設計要件の検討にあたっては、「性能評価研究」との関連を考慮して、柔軟性を持たせること(19頁) 人工バリアや処分施設が基本的には既存の工学技術あるいはその改良によって、設計要件を満たしながら、現実的に製作・施工、建設ができることを示すこと（19頁） 人工バリアや処分施設の設計要件の設定においては、経済的合理性の観点からも検討(19頁) （ニアフィールドの性能を確保できるような信頼性の高い人工バリアについて、その高度化の検討も踏まえ、具体的な設計要件を明らかにすること（19頁））	①人工バリアの設計・製作・施工技術の研究開発（22頁）	（22頁） 緩衝材 粘土材料を中心とし、工学規模の試験などを通じて、緩衝材の物性評価や設計要件、並びに施工技術や品質管理手法について検討を行うことが肝要である。	緩衝材の設計要件 ●総論 第IV章 IV-22頁 ●分冊2 第IV章 IV-143～145頁 緩衝材の物性評価 ●総論 第IV章 IV-41～51頁 ●分冊2 第IV章 IV-69～142頁 緩衝材の設計 ●総論 第IV章 IV-52～58頁 ●分冊2 第IV章 IV-143～156頁 緩衝材の製作・施工技術 ●総論 第IV章 IV-58～62頁 ●分冊2 第IV章 IV-157～194頁 緩衝材の品質管理手法 ●総論 第IV章 IV-60～61頁 ●分冊2 第IV章 IV-195～198頁

原子力委員会原子力バックエンド対策専門部会報告書（平成9年4月）			第2次取りまとめでの 記述の該当箇所
地層処分の観点から 要求される達成目標	研究課題	専門部会報告書の個別要求事項	
		（22頁） 緩衝材 熱伝導性や放射性物質の吸着性を高めるような材料の検討を行う必要がある。	緩衝材の材料 ●総論 第IV章 IV-52～53頁 ●分冊2 第IV章 IV-145～147頁
		（22頁） 人工バリア全体の構造力学安定性や耐震安定性などの検討を進め、安全確保上より厳しい状態を想定した振動試験などによる人工バリアの健全性確認試験を行う。	人工バリアの埋設後の健全性の観点から配慮しておく項目 ●総論 第IV章 IV-25頁 ●分冊2 第IV章 IV-145頁
		（22頁） 人工バリアの開発にあたっては、「地質環境条件の調査研究」により提供される情報に基づき、人工バリアが設置される周辺の地質環境の条件、及び人工バリア設置後のニアフィールド環境の変化を十分に考慮すること。	人工バリアの埋設後の健全性評価 ●総論 第IV章 IV-91～109頁 ●分冊2 第IV章 IV-329～449頁
人工バリアや処分施設の設計要件の検討にあたっては、「性能評価研究」との関連を考慮して、柔軟性を持たせること(19頁) 人工バリアや処分施設が基本的には既存の工学技術あるいはその改良によって、設計要件を満たしながら、現実的に製作・施工、建設ができることを示すこと（19頁） 人工バリアや処分施設の設計要件の設定においては、経済的合理性の観点からも検討(19頁) （処分施設については、施設全体にわたる領域の地質環境を視野に入れて、設計要件を検討すること（19頁））	②処分施設の設計・施工技術の研究開発（23頁）	（23頁） わが国の地質環境に柔軟に対応できるように処分施設の設計要件を提示するための研究を継続し、空洞安定性や熱的安定性などに関する解析手法を示す。	処分施設の設計要件 ●総論 第IV章 IV-23～24頁 ●分冊2 第IV章 IV-206～207頁 処分施設の設計 ●総論 第IV章 IV-64～88頁 ●分冊2 第IV章 IV-208～320頁
		（23頁） 立坑や処分坑道の建設技術の検討や、処分坑道への定置技術などの作業システムの要素技術の検討を行う。	建設技術 ●総論 第IV章 IV-111～117頁 ●分冊2 第V章 V-1～33頁 作業技術 ●総論 第IV章 IV-118～128頁 ●分冊2 第V章 V-34～72頁

原子力委員会原子力バックエンド対策専門部会報告書（平成9年4月）			第2次取りまとめでの 記述の該当箇所
地層処分の観点から 要求される達成目標	研究課題	専門部会報告書の個別要求事項	
		（23頁） 閉鎖技術については、材料開発、設計手法と施工技術の開発、設計要件の検討などを行い、工学規模の試験などによって、その性能を評価していく。	埋め戻し材の期待される役割と設計上考慮すべき事項 ●総論 第IV章 IV-88～89頁 ●分冊2 第IV章 IV-321～322頁 埋め戻し材の物性 ●総論 第IV章 IV-89～90頁 ●分冊2 第IV章 IV-322～327頁 埋め戻し材の設計 ●総論 第IV章 IV-89～90頁 ●分冊2 第IV章 IV-327～328頁 閉鎖の施工技術 ●総論 第IV章 IV-129～131頁 ●分冊2 第V章 V-73～76頁
人工バリアや処分施設の設計要件の検討にあたっては、「性能評価研究」との関連を考慮して、柔軟性を持たせること(19頁) 人工バリアや処分施設が基本的には既存の工学技術あるいはその改良によって、設計要件を満たしながら、現実的に製作・施工、建設ができることを示すこと（19頁） 人工バリアや処分施設の設計要件の設定においては、経済的合理性の観点からも検討(19頁) （処分施設については、施設全体にわたる領域の地質環境を視野に入れて、設計要件を検討すること（19頁））	②処分施設の設計・施工技術の研究開発	（23頁） 設計・建設・操業・閉鎖などの全体スケジュール、モニタリング技術、並びに所要の資材などの調達、輸送の評価を含む経済的合理性の観点からの検討も行う。	全体スケジュール ●総論 第IV章 IV-110頁 ●分冊2 第VII章 VII-1～12頁 モニタリング技術 ●総論 第IV章 IV-132～138頁 ●分冊1 第IV章 IV-20～46頁、IV-48～115頁 ●分冊2 第VI章 VI-1～7頁 経済的合理性の観点からの検討 ●総論 第IV章 IV-77～82頁、IV-84～88頁、IV-118～125頁 ●分冊2 第IV章 IV-208～215頁、

原子力委員会原子力バックエンド対策専門部会報告書（平成9年4月）			第2次取りまとめでの 記述の該当箇所
地層処分の観点から 要求される達成目標	研究課題	専門部会報告書の個別要求事項	
			IV-290～320頁、第V章 V-34～62頁

（４）各研究開発を進めるための主要施設

目標：安全性を実現するための信頼性の高い人工バリア並びに処分施設についての設計要件を提示するとともに、これらが現実的な工学技術によって合理的に構築できることを示すこと（18 頁）

原子力委員会原子力バックエンド対策専門部会報告書（平成9年4月）			第2次取りまとめでの記述の該当箇所
地層処分の観点から要求される達成目標	研究課題	専門部会報告書の個別要求事項	
実用化を目指した人工バリア・処分施設の技術的信頼性の向上（22 頁）	実用化を前提とした人工バリアと処分施設の設計・建設・施工などに必要な技術の信頼性を高めていくこと（26 頁）	（26 頁） 地層処分基盤研究施設などの充実に回り、これを活用した試験研究を行う。	●総論 第 IV 章 IV-27～29 頁，IV-37～40 頁，IV-41～50 頁，IV-58～59 頁，IV-89～93 頁，IV-100～102 頁 ●分冊 2 第 IV 章 IV-10～49 頁，IV-61～63 頁，IV-72～142 頁，IV-157～167 頁，IV-184～187 頁，IV-200～203 頁，IV-322～327 頁，IV-332～334 頁，IV-379～383 頁，第 V 章 V-68 頁
	処分施設の要素技術に関わる実規模試験などの実施（27 頁）	（27 頁） カナダの地下研究施設（URL），スウェーデンの硬岩試験場（HRL），スイスのグリムゼル岩盤試験場などでの試験研究に積極的に参加し，その成果を適確に取り込む。	●総論 第 IV 章 IV-61～62 頁，IV-128 頁 ●分冊 2 第 IV 章 IV-190～191 頁，第 V 章 V-67～68 頁

Ⅲ. 地層処分システムの安全評価研究について

第1部：基本的考え方

第3章：地層処分システムの安全評価

目標：地層処分システムの安全評価手法の確立を図るとともに、将来の安全基準の策定に資すること（8頁）

原子力委員会原子力バックエンド対策専門部会報告書（平成9年4月）			第2次取りまとめでの 記述の該当箇所
地層処分の観点から要求 される達成目標	研究課題	専門部会報告書の個別要求事項	
地層処分システムの将来 のふるまいに関し、種々 の可能性を想定し、それ による人間環境への影響 を論理的に記述する安全 評価上のシナリオを作成 する（8頁）	1. 地層処分システム の安全評価の方法論 (1)安全評価シナリオの 作成（8頁）	（8頁） 接近シナリオと地下水シナリオ との2つに分類して検討を行う ことが適当。	●総論 第Ⅴ章Ⅴ-17～33頁 ●分冊3 第Ⅳ章、Ⅳ-1～12頁 付録A、B
		（8頁） 地下水シナリオを中心に地層処 分システムの安全評価を行う。	●総論 第Ⅴ章Ⅴ-17～33頁 ●分冊3 第Ⅳ章、Ⅳ-1～12頁
		（8頁） 地震・断層活動、火山・火成活 動、隆起・沈降・侵食、気候・ 海水準変動の天然現象と処分場 への掘削などの人間活動につい て考慮しておくことが重要。	●総論 第Ⅴ章Ⅴ-17～25頁、 Ⅴ-31～33頁、Ⅴ-107 ～110頁、Ⅴ-112～113 頁、付録A、B ●分冊3 第Ⅳ章、Ⅳ-1～12 頁、Ⅳ-50～51頁、 Ⅳ-53～54頁、Ⅳ-60 ～61頁 第Ⅵ章、Ⅵ-97～102 頁、Ⅵ-104～106頁 付録A、B
		（8頁） （天然現象については・・・） 適切な処分地を選定するととも に必要に応じて適切な対策を講 じることによってその安全性を 確保し得ることを確認できるよ うにする。	●総論 第Ⅴ章Ⅴ-17～25頁、 Ⅴ-31～32頁、Ⅴ-107 ～110頁、付録B頁 ●分冊3 第Ⅳ章、Ⅳ-1～12 頁、Ⅳ-50～51頁、 Ⅵ-60頁 第Ⅵ章、Ⅵ-97～102 頁 付録B

原子力委員会原子力バックエンド対策専門部会報告書（平成 9 年 4 月）			第 2 次取りまとめでの 記述の該当箇所
地層処分の観点から要求 される達成目標	研究課題	専門部会報告書の個別要求事項	
		（8 頁） 国際的に共通な考え方（将来の人間活動は現在の行動様式を前提とする、および意図的な人間活動は対象外）を参考に、意図的でない場合に対してシナリオを作成し、将来の人間活動による地層処分システムの安全性への影響を評価できるようにする。	●総論 第 V 章 V-23 頁、V-32 頁、V-112～113 頁、付録 A ●分冊 3 第 IV 章、IV-1～12 頁、IV-53～54 頁、VI-61 頁 第 VI 章、VI-104～106 頁 付録 A
シナリオに対応して、適切な解析モデルを構築するとともにそれに関連するデータを準備し、それらを用いて各シナリオに対する安全性を解析評価する（8 頁）	(2)シナリオに沿った解析評価の方法（9 頁）	（9 頁） 接近シナリオについては、地質環境の長期安定性に関する知見を基に適切な処分地を選定するとともに、必要に応じて適切な対策を講ずることによって安全性を確保できることを、シナリオに沿った影響評価を通して示すことができるようにする。	●総論 第 V 章 V-17～25 頁、付録 A、B ●分冊 3 第 IV 章、IV-1～12 頁 付録 A、B
		（9 頁） 地下水シナリオについては、その影響が複雑かつ多岐にわたることから、天然現象に関し、急激かつ局所的現象と緩慢かつ広域的現象のそれぞれについて、その影響を解析し評価し得るようにする。 ①急激かつ局所的現象の評価 それらの現象による影響範囲を把握する方法論を開発し解析評価に組み込む ②緩慢かつ広域的現象の評価 解析評価においては、それらの現象の影響を考慮し得る手法を確立する	●総論 第 V 章 V-31～32 頁、付録 B ●分冊 3 第 IV 章、IV-1～12 頁、IV-50～51 頁、VI-80 頁 第 VI 章、VI-97～102 頁 付録 B

原子力委員会原子力バックエンド対策専門部会報告書（平成 9 年 4 月）			第 2 次取りまとめでの 記述の該当箇所
地層処分の観点から要求 される達成目標	研究課題	専門部会報告書の個別要求事項	
		（9 頁） シナリオの作成と解析にあたっては、十分な安全裕度を見込んで評価することができるよう、モデルの前提のたて方やその入力パラメータの選定に十分に留意する必要がある。この点から、安全評価上の基本となるケース（基本ケース）を適切に設定するとともに、モデルの前提やパラメータに関してその変動を考慮したケース（変動ケース）を併せて設定して解析を行うことが重要。	●総論 第 V 章 V-34～114 頁 ●分冊 3 第 V, VI 章
		（9 頁） モデルの前提のたて方やその入力パラメータの精度が結果に及ぼす影響を明らかにする。	●総論 第 V 章 V-34～114 頁 ●分冊 3 第 V, VI 章
		（9 頁） 入力パラメータの精度が結果に及ぼす影響の程度を十分に解析することにより、可能性の非常に低いシナリオに対する対応策を把握する。	●総論 第 V 章 V-34～114 頁 ・分冊 3 付録 A, B
		（9 頁） 可能性の低いシナリオについては、その確率を考慮するという考え方を採用している例が外国には見られる。そのような考え方の適用性についても検討しておく。	●総論 付録 A, B ●分冊 3 付録 A, B
人間環境の長期変化、地質環境の長期安定性、放射源としての高レベル放射性廃棄物特性を考慮しつつ線量の評価を行う（10 頁）	2. 地層処分システムの安全評価に関わる時間スケール（9 頁）	（10 頁） 放射線量の評価を行うことが重要。	●総論 第 V 章 V-3 頁, V-34～124 頁 ●分冊 3 第 V, VI, VII 章
		（10 頁） 評価期間に関する時間スケールについてはとくに限定せず、現在の人々との対比において人間への影響が最大となる時期やその期間などがわかるように評価しておくことが適切。	●総論 第 V 章 V-3 頁, V-34～124 頁 ●分冊 3 第 V, VI, VII 章

原子力委員会原子力バックエンド対策専門部会報告書（平成 9 年 4 月）			第 2 次取りまとめでの 記述の該当箇所
地層処分の観点から要求 される達成目標	研究課題	専門部会報告書の個別要求事項	
放射線量を指標として評価し、長期については、線量以外の指標で補完する（10 頁）	3. 評価指標の設定の考え方（10 頁）	（10 頁） 安全評価の指標として、まず放射線量を基本とする。それに対応する基準については、わが国では今後決められる予定になっており、諸外国の基準を参照して評価しておくことが適当。	●総論 第 V 章 V-3 頁，V-120～124 頁 ●分冊 3 第 VIII 章，VIII-1～8 頁
		（10 頁） 長期については第 2 次取りまとめにおいて天然の放射線レベルに有意な影響のないことを確認するため補足的な解析結果を併せて示すことが適当。	●総論 第 V 章 V-120～124 頁，付録 B ●分冊 3 第 VIII 章，VIII-1～8 頁 付録 B

第 1 部：基本的考え方

第 5 章：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

2. 安全基準の策定に資する技術的拠り所

目標：安全基準（技術基準、安全評価指針など）の策定に資するため、処分場の設計要件と設計施工基準、

地層処分システムの安全性の評価手法と評価基準に関する技術的拠り所を示す（13 頁）

原子力委員会バックエンド対策専門部会報告書（平成 9 年 4 月）			第 2 次取りまとめでの 記述の該当箇所
地層処分の観点から要求 される達成目標	研究課題	専門部会報告書の個別要求事項	
地層処分システムの安全評価において考慮すべきシナリオの範囲（将来の人間活動に起因するシナリオの取り扱いなど）、評価モデルやデータ、処分場の管理の考え方（モニタリングの方法など）、評価期間、評価指標などに関する知見を整理する（13 頁）	(2)地層処分システムの安全評価上の要件（13 頁）	（13 頁） ①安全評価シナリオの明確化 （a）安全評価上考慮すべき要因の列挙 （b）シナリオの設定とその根拠の明示	●総論 第 VI 章 VI-41～42 頁
		（13～14 頁） ②地下水シナリオに対する多重バリアシステムの安全評価 （a）安全評価上の基本となるケース（基本ケース）に対する評価 （b）安全評価上基本となるケースに対して、モデルやパラメータの変動を考慮したケース（変動ケース）に対する性能	●総論 第 VI 章 VI-42～44 頁
		（14 頁） ③接近シナリオに対する考察 （a）天然現象が発端となるシナリオ （b）将来の人間活動に起因するシナリオ	●総論 第 VI 章 VI-44～45 頁 付録 A A-1～15 頁
		（14 頁） ④総合的な安全評価 解析結果を総合し、諸外国の安全評価の考え方も参照して地層処分の安全性を総合的に評価する方法。	●総論 第 VI 章 VI-45 頁

第2部：第2次取りまとめにあたっての技術的重点課題

第2章：地層処分研究開発の重点課題

2. 各研究開発分野における技術的重点課題

(3) 地層処分システムの性能評価研究

目標：わが国の地質環境において、ニアフィールドを中心とした処分システムの性能に関し、十分な信頼性をもって評価すること（18頁 第1章 第2次取りまとめに向けた研究開発の在り方）

原子力委員会原子力バックエンド対策専門部会報告書（平成9年4月）			第2次取りまとめでの記述の該当箇所
地層処分の観点から要求される達成目標	研究課題	専門部会報告書の個別要求事項	
性能評価において考慮すべきシナリオをより詳細に検討し、評価モデルの妥当性を高めていくとともに、信頼性の高いデータを用いてニアフィールド性能を評価すること（19頁） （わが国の地質環境やそれに対して適切と考えられる人工バリアなどの設計要件などを念頭におき、性能評価において考慮すべきシナリオとそれらを評価する方法について明らかにすること（23頁））	①性能評価シナリオの研究（23頁）	（23頁） 接近シナリオで検討すべきものとしては、天然現象や人間活動があり、とくに天然現象については、規模や規則性、地域性などに関する知見がシナリオを評価する上で重要。	●総論 第Ⅴ章 V-17～25頁、付録A、B ●分冊3 第Ⅳ章 IV-1～12頁、付録A、B
		（23頁） 地下水シナリオについては、天然事象による地質環境の変化の可能性も考慮してシナリオを整理する。	●総論 第Ⅴ章 V-17～25頁、V-31～32頁、V-107～110頁、付録B ●分冊3 第Ⅳ章、IV-1～12頁、IV-50～51頁、IV-60頁 第Ⅵ章、VI-97～102頁、付録B
		（23頁） シナリオを検討するにあたり、地層処分システムの長期的な性能に関連する種々の要因を検討することが必要。	●総論 第Ⅴ章 V-17～24頁 ●分冊3 第Ⅳ章
		（24頁） （シナリオについて）諸外国の例や専門家の意見を参考にすることなどを通じてその詳細化を図り、わが国における地層処分の性能評価を行う上で考慮すべき要因を体系化するとともに、評価の考え方を明確にする。	●総論 第Ⅴ章 V-3～8頁、V-17～33頁、V-34～38頁、V-81～82頁、V-115～116頁、付録C ●分冊3 第Ⅱ章、第Ⅳ章、第Ⅴ章 V-1～19頁、第Ⅵ章 VI-1～2頁

原子力委員会原子力バックエンド対策専門部会報告書（平成9年4月）			第2次取りまとめでの 記述の該当箇所
地層処分の観点から要求 される達成目標	研究課題	専門部会報告書の個別要求事項	
		（24 頁） 要因のそれぞれについて、これまでに得られた知見や関連文献などに関する情報をデータベース化し、その根拠が明示できるようにしておくこと。	●総論 第 V 章 V-20～24 頁、 付録 C ●分冊 3 第 IV 章、IV-1～12 頁、 IV-13～55 頁 第 V 章 V-7～12 頁
		（24 頁） 各要因間の相互関係を把握し、これによって性能評価のためのシナリオを示すとともに、シナリオに沿って影響の解析を行う手順について明らかにする。	●総論 第 V 章 V-3～8 頁、 V-25～33 頁、V-35～37 頁、 付録 C ●分冊 3 第 IV 章、IV-1～12 頁、 IV-56～61 頁 第 V 章 V-1～12 頁
性能評価において考慮すべきシナリオをより詳細に検討し、評価モデルの妥当性を高めていくとともに、信頼性の高いデータを用いてニアフィールド性能を評価すること（19 頁） （シナリオ解析で明らかにされるシナリオに沿った解析を信頼性をもって行うことができるようよう、個々のモデルの妥当性を高めること（24 頁））	②ニアフィールド性能評価モデル：ニアフィールド環境の研究（24 頁）	（24 頁） 地下水流動に関しては、地質構造について得られた知見に基づき、地質構造を均質であると仮定した従来のモデルをより精緻なものとするために、ニアフィールド岩盤の局所的不均質性を統計的に表現するモデル（亀裂ネットワークモデルなど）の開発を行う。	●総論 第 V 章 V-51～55 頁 ●分冊 3 第 V 章 V-15～17 頁、 V-54～58 頁 付録 C
		（24 頁） 地球化学特性に関しては、地下水の化学的特性を支配すると考えられる重要な化学反応について、これまでの平衡論的な評価の妥当性をさらに検討する。	●総論 第 V 章 V-43～45 頁 ●分冊 3 第 IV 章 IV-14～16 頁 第 V 章 V-32～34 頁 第 VI 章 VI-75～76 頁
		（24 頁） （地球化学特性に関して）速度論的な解析を行う。	●分冊 3 第 IV 章 IV-26～28 頁
		（24 頁） 人工バリア内における地下水の変化と化学的緩衝作用が有効に作用する期間、及び人工バリア近傍の地層または岩盤にこの緩衝作用が及ぶ範囲とその程度を把握する。このためには、化学反応とこれに関与する物質移動の連成を扱うことを可能とするモデルを開発する。	●分冊 3 第 IV 章 IV-20～22 頁、IV-26～28 頁

原子力委員会原子力バックエンド対策専門部会報告書（平成9年4月）			第2次取りまとめでの 記述の該当箇所
地層処分の観点から要求 される達成目標	研究課題	専門部会報告書の個別要求事項	
		（24 頁） （緩衝材中へ地下水が浸入する可能性に関し）不飽和状態における緩衝材の応力-ひずみモデルの検討を行い、結果を熱-水-応力連成モデルに組み込んでいく。	●分冊3 第IV章 IV-25～26 頁 ●分冊2 第IV章 IV-329～351 頁
		（25 頁） 人工バリアが長期的に維持されることを示すため、近傍の地層または岩盤が人工バリアに及ぼす力学的影響を把握する。	●分冊3 第IV章 IV-20～21 頁 ●分冊2 第IV章 IV-355～362 頁
	②ニアフィールド性能 評価モデル：人工バリアの性状変化(25 頁)	（25 頁） 処分場の建設・操業期間や閉鎖直後の不飽和状態における坑道周辺の酸化還元反応による地下水の化学的条件的変化についても検討しておく。	●分冊3 第IV章 IV-21～22 頁、IV-26～28 頁 ●分冊2 第IV章 IV-329～351 頁、IV-10～49 頁
		（25 頁） オーバーバックについては、従来より主な研究対象材料とされてきた炭素鋼について、腐食進展モデルの開発を行う。このようなモデル開発には、長期的な腐食試験などのように十分に時間をかける必要があるものがあり、第2次取りまとめ以降も、評価の信頼性の向上を目指して研究開発を継続していく。	●分冊3 第IV章 IV-23～24 頁 ●分冊2 第IV章 IV-10～49 頁
		（25 頁） （オーバーバックについて）チタン、銅などの材料についても検討を行う。	●総論 第V章 V-100 頁 ●分冊3 第IV章 IV-23～24 頁 第VI章 VI-67～69 頁 ●分冊2 第IV章 IV-200～205 頁
		（25 頁） 緩衝材については、熱的、化学的な影響によるベントナイトの変質を考慮したモデルを検討する。	●分冊3 第IV章 IV-44～46 頁 ●分冊2 第IV章 IV-135～142 頁

原子力委員会原子力バックエンド対策専門部会報告書（平成9年4月）			第2次取りまとめでの 記述の該当箇所
地層処分観点から要求 される達成目標	研究課題	専門部会報告書の個別要求事項	
		（25 頁） （緩衝材について）オーバーパ ックとの力学的相互作用を評価 するため、粘弾塑性モデルの開 発を行う。	●分冊3 第IV章 IV-48～49 頁 ●分冊2 第IV章 IV-369～373 頁
		（25 頁） （緩衝材について）オーバーパ ック腐食生成物による力学的影 響について評価する。	●分冊3 第IV章 IV-48 頁 ●分冊2 第IV章 IV-362～369 頁
		（25 頁） 地下水による緩衝材の侵食の可 能性について、新たにモデル化 を行って検討する。	●分冊3 第IV章 IV-46～48 頁 ●分冊2 第IV章 IV-445～449 頁
	②ニアフィールド性能 評価モデル：物質移 動（25 頁）	（25 頁） 掘削影響領域での物質移動や、 岩盤中の空隙構造の不均質性と 空隙中の変質鉱物を考慮した物 質移動について、モデルの開発 を新たに行う。	●総論 第V章 V-51～55 頁、 V-96～99 頁 ●分冊3 第V章 V-15～17 頁、 V-54～58 頁 第VI章 VI-63～65 頁 付録C
		（25 頁） オーバーパックの腐食に伴い発 生するガスの移行について新た にモデル開発を行う。	●分冊3 第IV章 IV-42～43 頁 ●分冊2 第IV章 IV-421～444 頁
		（25 頁） 地下水中でのコロイドの生成・ 移行について新たにモデル開発 を行う。	●総論 第V章 V-96 頁 ●分冊3 第IV章 IV-40～42 頁 第VI章 VI-52～56 頁
		（25 頁） 有機物や微生物の存在が放射性 物質の移行に及ぼす影響につい ても検討を行う。	●総論 第V章 V-93 頁 ●分冊3 第IV章 IV-37～40 頁 第VI章 VI-48～49 頁

原子力委員会原子力バックエンド対策専門部会報告書（平成9年4月）			第2次取りまとめでの 記述の該当箇所
地層処分観点から要求 される達成目標	研究課題	専門部会報告書の個別要求事項	
		（25 頁） モデル開発の信頼性を高めていくため、室内などでの試験研究成果に基づき対象とする現象を的確に把握し、モデルの妥当性を示していく。	●総論 第 V 章 V-125～127 頁 ●分冊 3 第 II 章 II-1～4 頁 第 V 章 V-15～17 頁、V-27 頁、V-58 頁、V-93 頁 ●分冊 2 第 IV 章 IV-445～449 頁
性能評価において考慮すべきシナリオをより詳細に検討し、評価モデルの妥当性を高めていくとともに、信頼性の高いデータを用いてニアフィールド性能を評価すること（19 頁） （ガラス固化体、オーバーパック、緩衝材、岩盤について信頼度の高いデータを整備し、その品質保証を行うとともに、データベースとして体系化すること（25 頁））	◎データベースの構築（25 頁）	（25 頁） オーバーパック長期腐食速度。	●分冊 3 第 IV 章 IV-23～24 頁 第 VI 章 VI-23～26 頁 ●分冊 2 第 IV 章 IV-10～49 頁
		（25 頁） チタン、銅の局部腐食発生条件。	●分冊 3 第 IV 章 IV-23～24 頁 ●分冊 2 第 IV 章 IV-33～49 頁
		（25 頁） 緩衝材の長期的クリープに関するデータ。	●分冊 3 第 IV 章 IV-48～49 頁 ●分冊 2 第 IV 章 IV-95～104 頁
		（25 頁） 緩衝材に含まれる鉱物に関する熱力学データ。	●総論 第 V 章 V-43～45 頁 ●分冊 3 第 IV 章 IV-26～28 頁 第 V 章 V-34～38 頁
		（26 頁） 周辺地質媒体中の亀裂特性に関するデータ。	●総論 第 V 章 V-57～59 頁 ●分冊 3 第 V 章 V-59～62 頁 付録 C ●分冊 2 第 III 章 III-8～25 頁
		（26 頁） 周辺地質媒体中の鉱物に関する熱力学データ。	●総論 第 V 章 V-43～45 頁 ●分冊 3 第 IV 章 IV-14～16 頁 第 V 章 V-32～34 頁 第 VI 章 VI-75～76 頁

原子力委員会原子力バックエンド対策専門部会報告書（平成9年4月）			第2次取りまとめでの 記述の該当箇所
地層処分の観点から要求 される達成目標	研究課題	専門部会報告書の個別要求事項	
		（26 頁） ガラスの長期溶解速度。	●総論 第Ⅴ章 V-46 頁, V-88 頁 ●分冊3 第Ⅳ章 IV-24～25 頁 第Ⅴ章 V-39～40 頁 第Ⅵ章 VI-21～23 頁
		（26 頁） 放射性物質の溶解度に関する熱力学データ。	●総論 第Ⅴ章 V-46～47 頁, V-101～102 頁, 付録 D D-4 ●分冊3 第Ⅳ章 IV-28～30 頁 第Ⅴ章 V-40～45 頁 第Ⅵ章 VI-74 頁, VI-76～77 頁, VI-84～85 頁, VI-98～100 頁
		（26 頁） 放射性物質の緩衝材及び岩石への分配係数。	●総論 第Ⅴ章 V-49～50 頁, V-101～102 頁, 付録 D D-5 ●分冊3 第Ⅳ章 IV-30～35 頁 第Ⅴ章 V-50～53 頁 第Ⅵ章 VI-74 頁, VI-78～79 頁, VI-86 頁, VI-98～100 頁
ファーフールドにおける放射性物質の移行の遅延効果や希釈・分散機能の研究については、ニアフールドにより確保される安全性をさらに確かなものとする役割を担うという観点から研究を進め、その評価を行うこと（19 頁）	④システム性能の評価 解析（26 頁）	（26 頁） ニアフールド性能評価のための種々のモデルを適切に統合し、ファーフールドや人間環境の放射性物質の移行モデルなどと接続することによって、システム全体の性能を解析することのできるモデル体系を構築する。	●総論 第Ⅴ章 V-38～42 頁, V-51～55 頁, V-62～67 頁, V-71～72 頁 ●分冊3 第Ⅴ章 V-15～17 頁, V-21～28 頁, V-54～58 頁, V-72～73 頁, V-75～94 頁, V-98 頁
		（26 頁） モデル体系とデータベースを用いて、地下水シナリオに対して設定された、性能評価上の基本となるケース（基本ケース）及びモデルの前提やパラメータに関してその変動を考慮したケース（変動ケース）について解析を行う。	●総論 第Ⅴ章 V-34～114 頁 ●分冊3 第Ⅴ, Ⅵ章

原子力委員会原子力バックエンド対策専門部会報告書（平成9年4月）			第2次取りまとめでの 記述の該当箇所
地層処分観点から要求 される達成目標	研究課題	専門部会報告書の個別要求事項	
		（26 頁） 不確実性解析や感度解析を実施し、解析結果の変動幅やモデルの最適化の妥当性について検討する。	●総論 第Ⅴ章 V-34～114 頁 ●分冊3 第Ⅴ、Ⅵ章
		（26 頁） 解析に関わる品質保証を行っていく必要がある。	●総論 第Ⅴ章 V-125～127 頁 ●分冊3 第Ⅱ章、Ⅲ～4 頁 第Ⅴ章、V-15～17 頁、 V-27 頁、V-58 頁、V- 93 頁、V-98 頁 第Ⅸ章、Ⅸ-1～5 頁
		（26 頁） 多重バリアシステムの性能評価解析機能を高めるため、それに適した計算機システムを整備する。	●総論 第Ⅴ章 V-125～127 頁 ●分冊3 第Ⅱ章、Ⅱ-1～4 頁 第Ⅴ章、V-15～17 頁、 V-27 頁、V-58 頁、V- 93 頁、V-98 頁 第Ⅸ章、Ⅸ-1～5 頁
	◎ナチュラルアナログ 研究の適用（26 頁）	（26 頁） 火山ガラスの溶出挙動に関する研究。	●総論 第Ⅴ章 V-134 頁 ●分冊3 第Ⅷ章 Ⅷ-9～10 頁
		（26 頁） 金属の考古学的出土品などにおける腐食履歴の解析。	●総論 第Ⅴ章 V-134 頁 ●分冊3 第Ⅷ章 Ⅷ-9～10 頁
		（26 頁） ベントナイト鉱床を利用した研究。	●総論 第Ⅴ章 V-134 頁 ●分冊3 第Ⅷ章 Ⅷ-9～10 頁

国際ワークショップ

－我が国における高レベル放射性廃棄物地層処分における
技術的信頼性について－
の開催結果について

1. 開催の趣旨

原子力委員会原子力バックエンド対策専門部会（以下、「専門部会」という。）では、核燃料サイクル開発機構の技術報告書「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。）に示された研究開発成果について評価を行ってきた。評価に当たっては、専門部会の審議に資するため「地層処分研究開発第2次取りまとめ評価分科会」を設置するとともにその検討状況については適宜報告を受けてきた。

このような状況を踏まえて、専門部会は、第2次取りまとめの研究開発成果に関し、より客観的かつ透明性をもった評価のために、国内外の専門家及び公募による参加者から広く意見を聴取するとともに幅広い観点から意見交換を行う標記ワークショップを開催することとした。

2. 開催日時

平成12年8月8日（火） 11：00～17：40

8月9日（水） 10：00～18：00

3. 会 場

三田共用会議所 講堂（1階）

（東京都港区三田2-1-8）

4. 参加者

- | | |
|---------------------------|---------|
| ・ 基調講演者 | 2 名 |
| ・ パネリスト | 1 8 名 |
| ・ 公募による一般参加者 | 2 1 5 名 |
| ・ 原子力バックエンド対策専門部会委員 | 1 6 名 |
| ・ 地層処分研究開発第2次取りまとめ評価分科会委員 | 1 1 名 |
| ・ その他関係者 | |

5. プログラム

8月8日(火)

開会
挨拶 熊谷 信昭 原子力バックエンド対策専門部会長
元大阪大学総長、大阪大学名誉教授

基調講演

・高原須美子 セントラル野球連盟会長、元フィンランド大使
フォーラム・エネルギーを考える 代表
・Peter Nygårds スウェーデン核燃料・放射性廃棄物管理会社社長

○「第2次取りまとめ」の紹介：

増田純男 核燃料サイクル開発機構 特任参事

○「第2次取りまとめ」評価報告書(案)の紹介：

小島 圭二 地層処分研究開発第2次取りまとめ評価分科会主査
地圏空間研究所代表、東京大学名誉教授

セッションⅠ：我が国の地質環境

○パネルディスカッション

コーディネーター：鹿園 直建 地層処分研究開発第2次取りまとめ評価分科会委員
慶應義塾大学理工学部教授

パネリスト：

・Klaus Kühn ドイツ、クラウスタール工科大学 資源工学教授
・Julia West 英国地質調査所 主任研究員
・西垣 誠 岡山大学環境理工学部教授
・水谷 伸治郎 日本福祉大学情報科学部教授
・楠瀬 勤一郎 地層処分研究開発協議会検討部会構成員
通商産業省 工業技術院地質調査所
地震地質部 地震物性研究室室長

8月9日(水)

セッションⅡ：地層処分の工学技術

○パネルディスカッション

コーディネーター：妹尾 宗明 地層処分研究開発第2次取りまとめ評価分科会委員
日本原子力研究所 安全管理室
放射性廃棄物対策推進室長

パネリスト：

・Arnold Bonne 国際原子力機関 燃料サイクル部 廃棄物管理部長
・Keith Nuttall カナダ原子力公社 ホワイトシェル研究所
廃棄物技術部門部長
・青木 謙治 京都大学大学院工学研究科教授
・佐藤 努 金沢大学大学院自然科学研究科助教授
・北山 一美 地層処分研究開発協議会検討部会構成員
電気事業連合会 HILW法人設立準備室部長

セッションⅢ：地層処分システムの安全評価

○パネルディスカッション

コーディネーター：大橋 弘士 地層処分研究開発第2次取りまとめ評価分科会委員
北海道大学大学院工学研究科教授

パネリスト：

・Neil A. Chapman 英国、シェフィールド大学 地質学教授
・Margaret S.Y. Chu 米国、サンディア国立研究所 廃棄物管理計画部門部長
・新堀 雄一 東北大学大学院工学研究科助教授
・藤川 陽子 京都大学原子炉実験所助教授
・朽山 修 地層処分研究開発協議会検討部会構成員
東北大学大学院工学研究科助教授

セッションⅣ：総論

○パネルディスカッション

コーディネーター：田中 知 原子力バックエンド対策専門部会委員
東京大学大学院工学系研究科教授

パネリスト：

・Arnold Bonne 国際原子力機関 燃料サイクル部 廃棄物管理部長
・Klaus Kühn ドイツ、クラウスタール工科大学 資源工学教授
・稲垣 八穂広 九州大学大学院工学研究科助教授
・登坂 博行 東京大学大学院工学系研究科助教授
・梅木 博之 核燃料サイクル開発機構 経営企画本部
バックエンド推進部 地層処分研究計画グループリーダー

6. 概要

(1) 基調講演

セントラル野球連盟会長高原須美子氏に「国民・社会と放射性廃棄物」というタイトルで講演いただいた。この中で、近年、我が国では原子力に関する国民の最大の関心事の一つとして放射性廃棄物があるとした上で、処分地の選定と処分の事業化が進んでいるフィンランドにおける高レベル放射性廃棄物処分の進め方について紹介があった。その概略は次の通りである。

フィンランドでは、再処理を行わないため、使用済燃料が高レベル放射性廃棄物となる。1995 年、国内での処分が急務であるとして、高レベル放射性廃棄物の処分事業に向けた非営利企業として大手電力会社の共同出資でポシバ社が設立された。ポシバ社は 327 の候補地から何段階にもわたる絞り込みを行い、1999 年に最終処分地としてオルキルオト地区を選定した。エウラヨキ市議会は、2000 年 1 月に、環境アセスメントの結果を受け、オルキルオト地区が高レベル放射性廃棄物の最終処分地になることを承認した。今後、国会及び内閣の承認が必要であるものの、同地域に最終処分場が建設されることはほぼ決定されたものと考えられる。今後は 2002 年に地下研究施設の建設、2010 年に処分場着工、2020 年には運用開始となる予定である。フィンランドにおいて、処分場が地元を受け入れられた理由として、ポシバ社が地元との共生をはかったこと、数多くの候補地から段階的に絞り込むことにより、サイト選定の過程を明らかにしたことなどがある。

処分場受け入れの意思決定のための信頼感、安心感は一日では得られない。我が国でも日頃から、原子力発電に対する信頼性や安全性の向上に努めるとともに、情報公開に努めることが重要である。

また、処分場候補地の選定に当たってはプロセスが重要であり、多くの場所を調査した上で段階的に絞り込んでいくなどの取組が重要であると考ええる。

スウェーデン核燃料・放射性廃棄物管理会社社長 Peter Nygards 氏により「スウェーデンにおける使用済燃料処分計画」というタイトルで講演いただいた。この中で、スウェーデンのサイト選定の過程や世論調査の結果などを示しながら、同国の放射性廃棄物管理計画の紹介があった。その概略は次の通りである。

スウェーデンの原子力発電は 1964 年に始められたが、1980 年の原子力計画改正により、原子力発電は 2030 年までにフェーズアウトすることとなった。スウェーデンでは、非営利団体である核燃料・放射性廃棄物管理会社 (SKBⁱ) が、廃棄物の管理責任と最終処分場のサイトを決定する責任を負うとともに、SKB をチェックする機関として、原子力監督局 (SKIⁱⁱ)、放射線防護機関 (SSIⁱⁱⁱ) が設置されている。現在、スウェーデンの 6

ⁱ SKB:Swedish Nuclear Fuel and Waste Management、スウェーデン核燃料・放射性廃棄物管理会社

ⁱⁱ SKI:Swedish Nuclear Power Inspectorate、スウェーデン原子力発電検査局

ⁱⁱⁱ SSI:Swedish Radiation Protection Institute、放射線防護機関

都市を高レベル放射性廃棄物の処分場候補地として世論調査を進めているが、世論調査の結果より2都市が撤退した。今後、残り4都市のうち2都市のサイト特性調査を行い、1箇所に絞り込み、2015年に処分場建設に着手する予定である。スウェーデンでは廃棄体の10%を埋設し、技術の再検討を行なった後、2040年～2050年に国民の最終意思決定を行うこととしているため、処分場は廃棄体の再取り出しが可能な設計にしている。放射性廃棄物処分に当たり、国の政策決定には技術的課題、科学的課題、社会的課題、地元問題の解決が不可欠であり、処分場の立地等では民主主義を尊重すべきである。また、処分方策には社会的価値の変化に対し柔軟性を持たせるべきであり、最終意思決定が民主的に行われるような段階的アプローチを取り入れることが重要である。

(2) セッションI：地質環境の評価

＜パネリストの意見＞

Klaus Kuhn)

第2次取りまとめはすばらしい作業の成果をまとめたものとして高く評価したい。また、第2次取りまとめは廃棄物処分についての世界の様々な状況も勘案したものとなっている。

放射性廃棄物の処分場は天然バリア、人工バリアからなる多重バリアシステムが考えられているが、多重バリアシステム全体が処分場の長期安全性を確保するものである。

第2次取りまとめに示されている日本の多重バリアシステムの性能評価は、世界で発表されているものと同レベルと言える。

多重バリアシステムのうちでも天然バリアが重要な役割を果たすべきであり、システムの根幹であるべきである。集中して封じ込めるシステムが好ましい。

これまでに蓄積された技術基盤を拠り所として、最終的なサイト選定の後、サイト特性調査が始められ、それによって得られるデータを用いることによって長期的な評価ができると考える。

日本で地層処分を検討する際には、粘土層や頁岩層などを検討することが重要である。これらの地層は十分な隔離能力を持っていると考えられる。

処分場として好ましい地層の立地条件としては、透水性が低い、動水勾配が低い、破碎帯がほとんどない、可塑性をある程度有する、均質性が高いといったことが重要である。サイト選定に当たり、数量的な基準を運用する場合は慎重に行うべきである。また、適切なサイトを除外しないよう柔軟性を持つべきである。地質は標準化できるものではないから、最適なサイトを1つ探すのではなく、適切なサイトを探せばいいということに留意すべきである。その適切なサイトが規制の基準を満たせばよいということである。実施主体は地質調査所や各地域の大学の地球科学関連部門と協力すべきである。

規制当局に地球科学的知識を有する者が必要である。

Julia M. West)

第2次取りまとめはすばらしい報告書であり世界でも最も先進的で高度なものであると考える。しかし、高度な報告書であるにもかかわらず、2箇所のフィールド試験のデータと文献値のみから結論が導かれているという印象である。

既存の情報や調査に基づいて、活断層などについて検討されているが、活断層や火山の多い日本でどのように地層処分を行うのか、より詳細な調査を行い慎重に取り組む必要がある。

個々の活断層の活動度・リスクを調べて重要度によってランキングするなど、活断層の安全評価を行うことが重要である。国民に納得してもらうには、安全評価によって断層のリスクがどのようなものかを評価して提示することが重要である。

サイト選定においては、自然は標準化できないものであるため、絶対的な基準値だけで決めるのではなく、サイト特性調査の結果を重要視すべきである。

サイト選定に際しては、プロセスの透明性が重要である。

第2次取りまとめ以降留意すべきことは、サイト選定、サイト特性調査等の各段階における国民への情報提供と国民の関与の重要性である。

西垣誠)

地下深部においては、動水勾配が非常に小さく、深部の岩盤の透水係数は極めて小さい。この動水勾配及び透水係数が流速を支配する。流速が遅くなると移流・拡散は小さくなる。

第2次取りまとめには沿岸地域で動水勾配がないとの記述があるが、実際は非常に小さいだけであって動水勾配はある。

浅地層、深地層で動水勾配を測定した例があり、1,000m 深部の2つの動水勾配が例示されている。より長い距離を測定するとその値はもっと小さくなると思われる。

深部に向かうと動水勾配は小さくなるという流れのモデルが例示されているが、深部に向かうにつれ透水係数が小さくなるのか疑問がある。堆積岩なら比較的このモデルに従うと考えられるが、結晶質岩では多少異なる可能性がある。しかし、一般的には、深部に向かえば上部からの荷重があって透水係数は小さくなると考えられる。

海に近い地域では、堆積層により表層が被覆されリニアメント(線構造)が発見しにくい。どのような調査技術を確立していくかが重要と考える。

地下 1,000m に処分する場合、地下 2,000m 程度、また、広さ 6km 四方程度の調査が必要と考える。

調査段階でわからない問題が掘削を始めてから明らかになる場合、どのようなグラウチング技術で対処するか、長期間期待できるグラウトについてはさらなる研究が必要であると考ええる。

小さなスケールで廃棄物を埋設する試験を行った上で、スケールアップを図ることが重

要である。これは社会の理解を得る上でも有益である。

水谷伸治郎)

地震・火山活動は不規則に起こっているわけではない。ゆっくりと定常的に変化するものは予測が可能である。また、地震や火山活動などの不連続な現象は、現象の規模及びその現象が起こる周期性から、ある程度、それらの活動性を予測することが可能と考える。

既存の地質学的データから地質の長期安定性を論理的に説明することは可能であると考ええる。

ただし、実際の地下深部の情報が、現在のところ、瑞浪と釜石のみに限られていることに一抹の不安を覚える。地下研究施設を作り、深地層の地質の調査をもっと行うことが必要である。

今後のサイト特性調査はきちんと行われるべきである。また、地下研究施設では、地層処分研究を目的として研究が行われるべきである。

楠瀬勤一郎)

第2次取りまとめでは、10万年の長期予測、火山・断層活動の影響の範囲、日本の地質環境の実データと文献との比較などを調べてとりまとめを行った。

第2次取りまとめには、明らかに不適な場所を除外するための情報と、地層処分の工学技術や安全評価に受け渡す際の我が国の地質としてありそうなもののベースを検討するための情報が整備されている。

地層処分研究開発協議会検討部会において、過去数10万年のデータから10万年後の予測をする際にどのくらい遡るべきかの検討を行った。基本的に外挿を行うには広域的なテクトニクスが少なくともここ10万年程度変わらないことが前提となるが、果たして、そう考えていいのかという議論になった。

長期予測は外挿を基本として行われているが、場所を特定すればもう少し長い時間の予測が可能と考えている。

サイト選定のプロセスに進む前提はできあがったと考える。

<パネリストによる意見交換>

【地質環境の長期安定性について】

断層が生じると処分場に大きな影響を及ぼすことが考えられるが、断層が新たに発生する可能性を検討する際には、核種の放射能が3桁程度下がるまでの処分後1,000年程度が特に重要である。

地震は突発的現象だが、例えば新しい断層の成長は数百年の単位で生じるのではない。地質学における全ての変化はもっと緩慢である。地質史の研究から10万年程度の予測

は可能と考える。

第2次取りまとめでは、具体的にいつ地震が起こるかということを予測するのではなく、その影響を決定論的に評価する性能評価の手法が適用されている。

性能評価の中で、断層の成長が考慮されているかを明らかにしてほしい。

断層活動による亀裂の開口が必ずしも核種の移行を促進する側に働くわけではないことに留意すべきである。

長期安定性予測の論理的ベースは外挿である。連続的な現象と見なされる隆起や侵食についての予測は比較的容易であるが、突発的に起こる地震や火山活動の予測は難しいと考えられる。ただ、第2次取りまとめの研究結果から、これらの現象には、ある規則性が認められることが分かった。また、我が国の第四紀後半から現在に至る時期においては、隆起・沈降・侵食などの現象は定常的と考えられることから、外挿は可能と考える。サイト選定は危険箇所を避ければよいと考える。しかし、深部についての情報が東濃地域と釜石鉱山におけるデータしかないため、全ての場所を予測できるとは言い切れないと考える。

【地質環境の特性について】

一般に地層中には微生物が存在しているため、地下水の化学特性が変化する可能性や岩石自身の変質する可能性など、微生物による処分場への影響を検討する必要がある。

一般の廃棄物処分と比較検討する場合には、放射性廃棄物では放射能が減衰するという点に留意すべきである。

第2次取りまとめは、地層処分でどれくらいの広さの場所をどこに選べばよいのかを調査する際の考え方を示すものとして重要である。

岩盤強度に関する文献値は、何か問題があって測定されたものが多いと考えられるので、それらのデータが日本の地質を表しているとするのはやや保守側であると考えられる。岩盤の機械的強度に関するデータは問題ないとする。今後取得されるサイト固有のデータが重要である。

深いトンネルを掘る技術が日本にはあるので、それらの経験を活かすべきである。

グラウチングについては操業性を確保することを目的としているのか、深層地下水の流れの特性評価を目的としているのか、それとも長期的な地下水システムの改善を目的としているのか。

土木分野では一般にセメントのグラウチングが行われているが、地下水への化学的影響など長期的な耐久評価は行われていない。長期的な問題も考慮して、グラウト材として粘土が研究されているところである。

ドイツでは、人工バリアについては人工材料は使用すべきではなく、天然で長期耐久性が示されている天然材料を使用すべきであると考えられている。例えば埋め戻し材にベントナイトや玄武岩、砂利などを使うべきという考え方である。

石油備蓄などの現場で粘土によるグラウトが行われている例もある。

<会場との意見交換>

海岸付近の地下水流動の例が示されていたが、地下水の流動が断層活動により変化することはないか。

海岸付近についていえば、日本の場合、塩淡水境界付近で動水勾配が高いので、塩淡水境界はやや海側に押された形になっているが、塩水が淡水と混合して上に上がってくることが考えられる。そこに亀裂があれば動きが早くなることが考えられる。

地下水は、長期間地層の中に留まることで周囲の地層と化学的な平衡に達しており、安定な階層構造を有していると考えられる。階層構造を超えて地下水が攪乱することはないのではないか。

浅いところや流速の早いところでは地下水の化学状態は非平衡であろう。

塩淡水境界についてはもう少し研究事例が必要であろう。

地震の振動による破壊は考えていないのか。

振動の影響については、廃棄体が剛体として挙動すると考えると、岩石の変形許容範囲ととらえることができる。

地震動は、地表面では自由面があるため理論的には地下の倍の振幅となる。

第2次取りまとめでは、地震が起こった場合、地下水流動が変化してしまうのではないかということに留意した。しかし、地震動による地下水流動の変化も、地層処分で問題としている時間スケールと比較すると短期的に回復することがわかっている。

地震により透水性が仮に高くなったとしても、場所によっては危険側にならない場合もある。

透水性のダイナミックな変化などの現象にも留意すべきである。

安定している場所について安定している理由を説明できるのか。説明がつけば理解してもらえるのではないか。

積極的に安定していることを示すことは難しい。危険なところを避けるということである。

これからも研究は進歩するので説明ができるようになるかもしれない。

断層の影響について、活断層から処分地までの具体的な距離を示していないのはどうか。

断層からの距離については、それぞれを個別に評価することが重要であり、一律に数値を示すことを目標としているわけではない。

断層からの距離は画一的に定まるものではない。

原子力発電所の操業のリスクを容認しているので、将来の処分場のリスクについても生活の中の他のリスクと比較して議論してほしい。

廃棄体周辺の熱による対流及び温度上昇に伴う間隙水圧上昇による岩盤破碎や変質については検討されているか。

熱水の影響により、核種を含んだ鉱物が沈殿したり、割れ目を充填する鉱物が生成したりもする。

熱水の影響は、廃棄体の配置、中間貯蔵による温度の制御、廃棄体からの熱を最大 1,000 年程度考慮すればよいことなどから、問題となるものではないと考えられる。

(3) セッションⅡ：処分技術

<パネリストの意見>

Arnold Bonne)

第2次取りまとめは優れた報告書であり、処分事業を進めていく上で非常に重要なベースになると思う。将来の適切な勧告の基盤となりうると考える。

第2次取りまとめ分冊2「地層処分の工学技術」第5章、処分場の建設、操業、閉鎖については、ほとんどが品質管理に関するものであり、よくまとまっているが、処分場建設段階におけるサイト特性を把握するために必要な事項及びそれに関する考察が本章に入れば、より有益になるであろう。

第2次取りまとめ分冊2「地層処分の工学技術」第6章、処分場の管理については、モニタリング、廃棄体の再取り出し性に関するものである。この章では詳細には論じてないが、後々の安全審査や管理方針のための参照のことを考えれば、閉鎖のための許認可などに当たり、サイト管理についての記録が重要である。

第2次取りまとめは原子力委員会原子力バックエンド対策専門部会報告書^{iv}（以下、「専門部会報告書」という。）に基づいて設計のベースを提示するものであり、要件を示すものではない。

Keith Nuttall)

第2次取りまとめは全体として極めて質の高いものといえる。量的に十分な記述が行われ、英語も質が高い。専門部会報告書の個別要求事項に沿っており十分な技術的深さを持っている。日本の高レベル放射性廃棄物処分において非常に大きな実績である。

核燃料サイクル開発機構（以下、「サイクル機構」という。）を中心とした専門家が技術開発と同時に、規制について検討する上での技術基盤を整えることとしたのは良いアイデアであった。

人工バリアシステムは柔軟で堅固なシステムが考えられており、これは、処分地が決まっていない現時点では戦略的に重要である。設計要件については系統的に考えられている。

建設、操業、閉鎖に関し、操業時の安全性、品質管理のデータ、モニタリングについては今後の許認可の点から重要である。

^{iv} 専門部会報告書 :高レベル放射性廃棄物の地層処分研究開発等の今後の進め方について（平成9年4月）

第2次取りまとめは全般的な目標を達成しており、確固としたベースを示すものとして評価できる。

青木謙治)

第2次取りまとめを技術基盤として、今後、基準の策定などに進んでいくためにさらに必要な技術課題について整理してみた。

設計手法については、現実の岩盤試験等による岩盤の物性、特に深部の実際の岩盤のデータセットの拡充が重要と考える。早い機会に設計手法を既存のデータを用いてつめるべきである。

解析の条件に対して、破壊基準の決め方、他の評価手法との比較、現実の空洞の挙動との比較等の検討が重要である。

空洞の耐震安定性について人工バリアシステムの詳しい検討が行われているが、今後は大深度の立坑について、いかに検討を行っていくかが重要である。

建設工法については硬岩でのトンネルボーリングマシンの実績も増えてきている。限定せずに更なる工法の検討も必要である。

湧水等への対策工について、ファーフールドでのフラクチャー、グラウチングをどう取り扱うか、整理しておく必要がある。

佐藤努)

第2次取りまとめは、専門部会報告書の要求事項に対して非常に良く対応している。

特に緩衝材、埋め戻し材の仕様が具体的に示されていることが評価に値する。これらは必要な要件を満たしており、かなり裕度を持たせて設定されている。

緩衝材、埋め戻し材の製作や定置方法等のテクニカルフィージビリティが具体的に示されている。

将来の課題としては、安全評価で求められる圧密ベントナイトの性能を満たすためのベントナイトの要件、品質を示すことが必要であり、将来の判断材料となる。

他の人工バリア材に比べて、緩衝材や埋め戻し材についてはオプションが示されていない。

北山一美)

処分場全体の基本コンセプトを実現するためにどうしたらよいかということを検討した。いろいろなスキームがあるが、処分場を設計するに当たっては、人工バリアの設計をベースに施設の設計を行うべきと考える。

地質環境条件や安全評価結果からフィードバックされるものもあり、今後、それらのデータを充実していくことになる。

スケジュールやいつまでにどのレベルまで進めるかを明示したことが、今後、事業を進

めるに当たっての第2次取りまとめの大きな成果である。

第2次取りまとめにおける処分技術の検討を通して、研究を進めてきたサイクル機構側と実施に係わる電力会社側の信頼関係が深まったこと、また、一般の人に対して地層処分の必要性、安全性を示すこととしたこと、VI章を設け、技術的拠り所をまとめたこと等が特に意味のあったことと考える。

<パネリストによる意見交換>

【処分場管理の文書化の重要性について】

文書化に関しては、特にサイト特性調査の記録が必要である。

どのような情報をどうやって誰が責任を持って集めるのかをあらかじめ定めておくことが必要であり、これらの情報は信頼の源になるという点で重要である。

建設、操業、閉鎖の際に、記録があつて初めてチェックできる。そのためにも品質管理などの情報が必要である。

【人工バリアシステムの最適化について】

現段階は全般的な描写であり、それでよいが、今後、さらに研究開発や実証、最適化の作業が必要である。

高レベル放射性廃棄物について、大規模な実証試験は他国でも行われていない。技術的に可能な範囲内でも、それを実証していくという作業が残されている。研究から実施へ向けての大規模な実証プロジェクトが必要と考える。

設計における岩盤の物性値の決め方について、弾性係数と一軸圧縮強度との対比として示されているが、実際の深い岩盤でもこの通りになるのか現実的なデータでの確認が必要である。

応力の再配分領域については、原位置の岩盤に対して解析手法も含めた物理的な意味づけをどのようにしていくかが基準をつくる上で重要になってくる。

【処分場の設計・建設について】

湧水を伴う建設過程におけるグラウチングはいつの時点で、いかなる方法でやるのか、早い時期での検討が必要である。

第2次取りまとめでは、コンクリートプラグを施さないと緩衝材が流出してしまうことを心配していると思われるが、どの程度流出していくのかイメージできない。再冠水した方がよいという記述もあるが、どれくらい人工バリアシステムに影響するのかがよくわからない。

プラグ、グラウチングについては基本的に作業中に水が出た場合等の短期的なものである。現在のところ、プラグ、グラウチングについては安全評価に要求されるような長期的な機能は期待していない。

圧密ベントナイトの仕様については、今後、機能として要求されるものを検討し、仕様をつめていくことになる。緩衝材については自然のものである等の条件を満たせばベントナイトに限らなくてもよいかもしれない。地質条件の良いところでは緩衝材の要件も変わる可能性がある。

緩衝材や埋め戻し材の仕様に関して粘土には様々な機能がある。WIPP^vでは埋め戻し材に酸化マグネシウムが使用されたが、吸着性、低透水性は期待されていない。第2次取りまとめではベントナイトの機能を都合良く期待している。必要な性能、必要でない性能を明確にしておくべきである。

<会場との意見交換>

第2次取りまとめはガラス固化体の仕様がまだ製造されていない日本原燃仕様をもとに検討されている。緩衝材の温度制限もあり、ガラス固化体の冷却期間が30年の場合の発熱量は、50年の場合と比較すると1.6倍となり、厳しくなる。第2次取りまとめにおけるガラス固化体についての条件の設定はおかしいのではないか。

日本原燃の仕様は再処理される使用済燃料の燃焼度を高めに設定してある。いろいろな仕様があり若干の差があるが、処分場の設計等で対応できると考える。

第2次取りまとめでも冷却期間が30年の場合には発熱量が高く、深さ1,000mでは埋められないとなっているがどうか。

緩衝材の制限温度は現状100℃としているが、今後、緩衝材への熱影響を詳細に評価し、制限温度が設定される。発熱の大きいガラス固化体があった場合でも個別の管理で対応できると考えられる。そのために30～50年の幅がある。

処分場全体の本数では4万本で検討しており、そのうち海外仕様は3,500本程度である。処分場が決まれば、その場所の条件で最適に設計すればよい。サイトの岩盤の条件によっても設計がかなり異なる。

第2次取りまとめでは全体のシステムとして地層処分ができるということを示しており、ある設計を提案するというものではない。

ギリギリの条件であることがよく読まないとわからない。クリティカルということをもっと明確に示すべきである。

クリティカルとは考えていない。地温勾配等にしても場所によって条件が異なる。設計の最適化の問題である。

処分坑道の安定性を評価する際の側圧係数にかなりばらつきがあるが、評価にはあまり影響しないのか。

第2次取りまとめは現時点での技術的な情報を整理したもので、地圧の分布が深度に応じてどう変わるか、この値を変動させるとどうなるかといったことは次の段階で検討さ

^v WIPP :Waste Isolation Pilot Plant、廃棄物隔離パイロットプラント（米）

れるものである。

今後、処分事業の実施の各段階毎に、それぞれ設計が行われていかなければならないが、現時点で、すべて最適化されているわけでもない。どこまでできるかやってみないとわからないが、柔軟性のあるシステムが必要である。安全評価研究も進展するであろうし、実施に当たってはもっと改善が必要であり、いくつかのハードルも超えなければならない。

事業を進めるという観点からは、事業のスケジュールにあわせた形で進める。つまり、必要なもの、必要なレベルを設定し、その各段階をクリアしていくことが重要であるということが第2次取りまとめの検討を通じてわかった。

緩衝材に何を要求しているのか場合によって違う。技術の一貫性というものが必要である。

不測の事態、例えば遠隔操作が不能となった場合に誰がどうやって修理するのか。また、実際には技術がいつまでにどのくらい進歩するのか。

地層処分研究開発第2次取りまとめ評価分科会でも、不測の事態については注意が足りないのではないかなどいろいろな意見が出されたが、どれだけ検討を行っても不測の事態は起こり得るのではないかという結論に落ち着いた。

遠隔自動の運転設備がどれだけの期間運転するのかは決まっているわけではない。しかし、自動の機械が10年も故障なく運転できるとは考えていない。しかし、どういう時点で、どういう形で、どうメンテナンスしていけばよいかについてはそれほど難しくはない。いずれにせよ、第2次取りまとめで記述したものが最後まで続くというものではなく、今後の技術開発の進展に伴い、十分に実績のある最先端の技術を取り入れつつ実施していくことが重要である。

遠隔操作技術についてはいろいろな種類の技術が既に使われており、日本は開発において先頭を切っている。これらの信頼性についての情報は産業界にある。

第2次取りまとめの範囲外かもしれないが、ガラス固化体を保管している間にキャニスターが腐食して取り出すことができなくなる可能性はないか。

設計前に何が起こるかをあらかじめ検討して設計されるものであり、それを織り込んだ形で最初から検討されるはずである。

廃棄体の再取り出し性、可逆性に関してどう考えるか。

長期的な安全性を確保するという意味で廃棄体を再取り出しする必要がないというのは明確であるが、一般の人に対して安心していただくことが必要になってきている。ほとんどの国では不測の事態を想定しているわけではなく、信頼感という観点から再取り出しという話が出てきている。

可逆性は元に戻って考え直す余地が残されているということである。これは技術的な問題ではなく、処分において安心感があるかどうか信頼性に関することであり、安全性とは関係ない。

カナダ規制に関する記録では、15 年前に廃棄体の再取り出しが要求されていた。処分のコンセプトが発展するにつれて全般的な意味で再取り出しの考えが入ってきている。これは時間と関連した問題で、ある時点で再取り出しできるかということは、国民の安心感につながる。処分場の閉鎖段階では国民の意向もあろう。

(4) セッションⅢ：安全評価

＜パネリストの意見発表＞

Neil.A.Chapman)

第2次取りまとめはチームを構成して経験を積み重ねてきたという点で大変重要な意義のあるものである。また、他国の成果との比較検討もよく行われている。地球化学データのいくつかについては、世界的にも貴重な成果が得られている。立地計画に向けてデータを追加すべき点もあるが、第2次取りまとめは何が検討すべき焦点なのかを示しており、実施主体設立の出発点となっている。

安全評価は繰り返し行う必要がある。今後は、地図の中に線を引いていくというレベルの全般的な段階から、より検討を具体化し、どのような処分場の建設が可能かの検討を行っていくことになる。その際にはサイト選定を進めると同時に安全規制・基準についても検討を進めるべきである。また、安全基準については、放射線とその他のさまざまな環境基準とのバランスをとり、一貫した環境基準として検討すべきである。さらに、高レベル放射性廃棄物だけでなくその他の長寿命放射性廃棄物についても先取りした形で議論を行うべきである。研究炉等からの廃棄物も存在している。

第2次取りまとめは実施主体設立の出発点となるレポートとして成果を挙げているが、全ての問題を解決しているものでもない。特に具体的な地下水移行経路を取り扱う評価とこれに基づくより詳細な不確実性の解析が重要である。サイトを特定しないと難しいものもあるが、課題をどのように取り扱うのかについてある節目を設けて研究開発に取り組むべきである。

実施主体が取り組むべき重要課題としては、今後のサイト選定作業において初期の段階から一般の人々に関わっていただくこと、そしてそれを公開の場で進めることが大変重要である。

Margaret.S.Y.Chu)

仕事柄多くのレポートに目を通してきたが、第2次取りまとめは大変質の高いレポートであり、先行する諸外国の情報も十分取り入れられている。

結論としては第2次取りまとめにより地層処分を行うための技術的基盤が確立されたと考える。

第2次取りまとめには、1)安定した地層が存在していること、2)地下深部に人工バリアシステムを構築できること、3)安全評価のためのツールがあること、が示されており、

日本においての地層処分の可能性は確立されている。

今後はサイト選定の過程において正しい道を歩み、資源を最適に使うためにサイト固有のデータ等を踏まえた詳細で包括的な検討を行うことが必要である。特に FEP^{vi}に関しては系統的、包括的に検討すべきであり、そのサイトについて何を残しあるいは除外するのかを一貫した基準の下、慎重に議論する必要がある。

不確実性については性能評価の評価方法を用いて繰り返し検討を行うことが大切である。繰り返すことにより何が重要なかが明らかになる。不確実性に対しては系統的に対応しなければならない。プログラム全体への影響を考えた上で、データの分布の幅の両端の値を有意と考えるのか、あるいは考えないのかなどを明確にする必要がある。

WIPP の反省点として安全規制や安全基準がもっと早く確立されていた方が良かったと考える。安全を示すためには、「安全」の定義が必要である。研究開発や意思決定に影響を与えるからである。また、品質保証のための活動を開始するのが遅かった。さらに現在の安全評価手法、感度解析と不確実性解析を検討の最初から使っていたわけではなかった。安全評価は繰り返し実施し、常に最新の知見を取り入れることが資源とコストの削減の観点からも重要である。

WIPP の検討においては、20 年にわたりレビューチームが活躍した。このチームは、権威ある機関である NAS^{vii}、DOE^{viii}によって設立されたもので、専門家でかつ批判的な人々の意見も入れて進めたため、多くの指摘が行われ計画が大幅に改善された。また、難しい問題については国内及び海外ピアレビューを活用し重要な成果を挙げた。また、WIPP で良かった点は最初から全ての人に対して公開し、長年にわたり信頼感を構築してきたことである。品質管理プログラムに関連したこととして、最後の段階では、研究者等が入れ替わることを踏まえて徹底的に文書化を進めて追跡可能な情報として残すことに努めた。

新堀 雄一)

結論から言うと、全般的な評価と今後実施される場所を絞った検討のバランスが重要であろう。また、技術的な情報をわかりやすく伝えていくことが重要で、線量やリスクを補完する指標を取り入れることでより安心を得ることができると考えている。

性能評価はシステムの性能を知ろうとすることと考えるが、安全評価においては極端なシナリオも含めてよく検討する必要がある。

性能評価ではなく、あくまでも安全評価として第2次取りまとめではレファレンスケースを含めて 37 のケースが評価されているが、最も極端な例についても自然の放射線レ

^{vi} FEP:地層処分システムに影響を及ぼすと考えられるシステムの特徴 (Feature)、そこで生ずる事象 (Event) や過程 (Process) をいう。

^{vii} NAS:National Academy of Sciences、米国科学アカデミー

^{viii} DOE:U.S. Department of Energy、米国エネルギー省

ベルを超えることはないという結果が得られている。その結果、地下水シナリオに関しては 1)人工バリアの設計・施工、2)生物圏における線量への換算、3)還元性を維持している母岩、4)断層を移行する経路、の重要性が示されている。一方で、接近シナリオに関しては、岩盤そのものが重要であり、ボーリングについては、ボーリングにより出た岩石・土砂と核種で汚染した岩石・土砂が混じり合うことによる希釈効果やボーリングを行う確率を考慮して検討されている。これらが技術的信頼性に結びついていく。処分場の深度に関しては、帯水層の下になるようにすべきであって、その深度は場所固有の問題である。地下の不確実性を考慮すれば、場所固有の情報と全般的なアプローチとのバランスで、深度の問題を考えていくことになる。

割れ目モデルは 3 次元ネットワークと比較して適用性を検討した 1 次元重ね合わせモデルで近似しているが、これは私どもの研究成果からも妥当であると考ええる。透水量係数の分布も 1 桁ずつの幅で振ってある。また補完的指標についても一定の方向性が示されていると考える。

藤川 陽子)

環境工学の研究に取り組んでいる立場から発言したい。

安全評価の目的はある決定集団への最大リスクを保守的に予測することである。地層処分の特徴は多くの複雑なパラメータが存在し時間が大変長いということである。ただし、天然バリアの性能評価に関する限り、全てのプロセスを詳細にモデル化する必要もなく吸着と地下水の流動に話を絞ることで十分である。

安全評価で最も大事なことは不確実性の評価であり、ある程度は人為的なミス減らすことで不確実性を減らすことが可能である。

安全評価のためのモデル開発の手順は、スクリーニングモデルを開発し、このモデルを用いた不確実性解析を行い大事なプロセスを絞り込んでいく作業が行われる。第 2 次取りまとめは、この段階に到達している。この後、最小限のパラメータでモデル化を行いその場所でのデータを用いてモデルを検証すること、最後にこれを拡張し事象を予測するためのモデルを構築し、不確実性解析を通じてリスクとエラーを導くことが必要である。

第 2 次取りまとめは重要な核種や FEP がある程度絞り込まれており、一般的なパラメータによる感度解析が行われている。

評価には不確実性が必ず含まれる。不確実性とは、予測したことと実際に起こったことの差と定義できる。モデルの構造の誤りによる不確実性、モデルのパラメータ、シナリオの誤りによる不確実性がある。前者は科学の進歩である程度是正できる。後者には人為的なミスや本質的に確率事象であるために低減できない不確実性が含まれる。

実際に国民に納得してもらうための評価とは、フィールドデータと検証されたモデルを使うこと、破局的なシナリオについても考えること、本質的に確率論的なことも考える

ことが重要である。

今後は、高レベル放射性廃棄物処分のための研究開発に要する将来の人的、経済的負担を軽減するために、不確実性の主要原因を明確にして、実験的アプローチ等の主要な研究開発の努力を注ぐべき分野を限定すること、日本のデータを用いてモデルを検証すること、評価を行うための数学とデータに精通したモデラーの養成、が重要である。

<パネリストによる意見交換>

【不確実性について】

どんな段階の評価にも不確実性は存在しているが、その要因を特定する努力は必要である。不確実性はシステム、シナリオ、モデル、パラメータの4つについてそれぞれ存在する。解析評価を行うに当たっては感度解析を実施すること、代替のモデルや考え方を用いること及びいろいろなパラメータや考え方の幅がどれくらいか検討を行うことが重要である。また、どこに重心をおいて検討すべきかについて、ピアレビューを通じて議論を深めることも重要である。

何に基づいて判断されたのかについての記録を残しておくことが大変重要である。

感度解析を実施しておくのは大変重要なことである。パラメータによっては最終結果にあまり影響しないものもある。不確実性のうち最も重要なのは概念モデルに起因する不確実性である。WIPPでは"what if"解析を実施した結果、マトリクス拡散の重要性がわかってきた。

第2次取りまとめにおいては、マトリクス拡散についても検討されており、その拡散深さや、ゆるみ領域の幅なども設定されている。また、検討の過程で頻度が小さいなどの理由から落とされたFEPもあるが、今後の研究によりFEPに関する不確実性も小さくできるのではないかと考える。

第2次取りまとめにおける不確実性の取扱いについて説明すると、不確実性は地質環境の長期安定性、シナリオ、モデル、入力データに存在する。その原因は現在の知見が限られていること、場所を特定しない段階での検討であること、本質的にばらつく事象であることなどのためである。したがって、評価に当たっては柔軟な考え方を用いて評価を行った。パラメータの感度解析も実施しているし、シナリオについては、今後の検討に資するために、突飛なことや頻度が低いものは根拠を示しつつ落とすことにした。低頻度事象の評価を行う際には、無理に確率を値で与えるのではなく、その事象が発生した場合どうなるか、ということを示した。

安全評価においては、実際に起こることと評価で考えることとの間にギャップがある。評価上、オーバーバックは1,000年で破損し、直ちに核種移行が起こるとしているが、実際には全く移動せず閉じこめられていることもあるかもしれない。

場所を絞った検討を行う段階になればどんなシナリオも除外すべきではない。また、必要に応じて再検討を行うことも考慮すべきである。思いがけないデータや意外なことが

起こったりすることがあり、意思決定を行う場合には記録を残しておくことが必要である。

WIPP では、当初は予想されていなかったことだが、微生物活動により二酸化炭素が生成され地下水の水素イオン濃度が下がることがわかり、埋め戻し材として酸化マグネシウムを用いるという設計の変更が行われた。

解析や FEP を包括することと、シナリオを包括することは別問題である。シナリオについては、全てのシナリオを解析する必要はなく、例示すればよい。レファレンスシナリオには、隆起・侵食も考慮すべきである。その上で、"what if"シナリオには火山や活断層直撃ケースを入れるべきである。その結果の影響の大きさを予測することは可能であるが、発生する確率を与えるのは困難である。なお、一般の人々に対して、これは悲劇的シナリオ、あるいは破滅的シナリオであるという表現は用いない方がよい。

最近の ICRP^{ix}の勧告では、このようなシナリオに対しては、通常とは異なる考え方をを用いるべきであるとしている。基準値としても、0.1mSv/y を用いるのではなく、10mSv/y を使うべきであるなどとしている。ICRP は、線量と定性的な発生の可能性を組み合わせるべきであるとしており、1つの計算結果で単純に決めるべきではないとしている。

【シナリオについて】

ユッカマウンテンは不飽和の地層であり、地下水はそれほど重要視されていなかったが、解析を実施した結果、地下水による核種移行の重要性が明らかになり、研究開発の方向性も変わってきて、プログラムの変更を強いられた。つまり、飽和帯に関するデータの蓄積が欠落していたということである。

重要な決定を行う際には、複数のシナリオを持っておくべきである。シナリオを除外するときには、慎重に行う必要があるということである。

現象には線形な現象と非線形な現象がある。2つの不確実性が重なると結果が大きく異なり得ることに留意する必要がある。

感度解析、不確実性解析など全てそうであるが、第2次取りまとめでは標準的なパラメータ・セットに対してパラメータを動かして感度解析を行っている。しかし、パラメータの変動に対する感度は、線形とは限らない。したがって、標準的なパラメータ・セット以外に対して感度解析を行えば、全く異なる結果が得られるかもしれない。しかし、この感度はまだ検討されていない。これは、シナリオについての感度解析についても言えることである。

全ての現象が個々に理解されていればそのような解析も可能になるだろうが、例えば、核種の移動、遅延に関する様々な物性については、全体のシステムとして一貫したデータセ

^{ix} ICRP:International Commission on Radiological Protection、国際放射線防護委員会

ットを用いた解析を行わないと感度が見えてこなかった。どこが感度として重要であるかは、なかなかわかりにくいことである。

【処分場の深度について】

処分場の深度は場所それぞれの問題である。その場所のテクトニクスや岩盤の強度にもよる。柔軟な設計にすべきである。また、安全評価では深度を変えた評価も実施すべきである。ただし、深度については北半球では 300m 以浅では浅すぎるといわれている。逆に 1,000m を越えると処分場を建設することが困難になるため、必ずしも深くすることがよいわけではない。

先のセッションでもご指摘があったように、探すべきは最適なサイトではなく、適切なサイトである。深度も同様で、適切な深度が確保できれば十分である。処分場としての機能が満たされていればよい。

第2次取りまとめではモデルと現実の事象が乖離していないか留意すべきである。

深度について、場所により適切な深度を選ぶことはもちろんであるが、気になる点として、地表からの影響について、深度が定量化されていないことがあげられる。例えば、深度とともに地下水が還元環境になることがあげられる。

<会場との意見交換>

地下水流動の変動に関する不確実性についてどう考えるか。

圧密ベントナイトについては、フラクチャを形成すると透水性が何桁も上昇するということがあり得るのではないかと。また、ベントナイトに砂を混合するということであるが、この影響も無視できないのではないかと。さらに、ベントナイトは止水性が高いため、かえって静水圧が高くなり破断されやすくなる可能性があるのではないかと。これらの現象と断層の直撃が重なると最悪のシナリオとして影響が大きくなりうるのではないかと。

現在はベントナイト自体の濾過効果によりガラス固化体に有機物や微生物が到達しないとされているが、ベントナイトが物理的に破損された場合、ガラス固化体への有機物や微生物の影響としては、核種移行の遅延効果や見かけの溶解度の上昇があり得るが、結局はガラス固化体からの溶解速度以上にはならない。

第2次取りまとめのレファレンスケースでは、透水量係数について実測値をさらに一桁小さくして設定しているが、これは保守的な設定になっておらず地層処分への難しさをわかりにくくしようとしているのではないかと。透水量係数が一桁大きくなれば、線量の最大値は数十倍となるし、誤差を考えると幅はもっと大きくなる。また、生物圏の設定も低い線量を与える設定になっているのではないかと。

数字の解釈に信念を入れるべきではない。安全評価の結果は様々な結果があり得る。第2次取りまとめで行われた検討は全般的な評価である。今後、場所を絞った検討が行われる。

事実を覆い隠そうという意図はなく、第2次取りまとめの記述もそのようにはなっていないと考えるが、誤解を与える表現であるという指摘であれば、今後わかりやすい説明に努めたい。パラメータの設定に当たっては合理的と考えられる範囲内での組合せを用いて評価を行った。生物圏の設定については、将来の生物圏をどのように考えるかは難しい問題である。したがって、現在の生活様式が将来も継続するとして、判断の指標になるような評価を実施している。例えば、水の利用についても、年間何リットル飲用するかなどを一つずつ設定していき、理詰めで検討を行っている。評価ケースとして、地質環境の性能を考慮しないケースも評価しており、相当幅広い条件を対象とした結果が記載されていると考えている。

確率を与えることが困難であったため決定論的に検討を行ったという説明があったが、今後の取組として確率論的な評価を行うべきではないか。

例えば、火山が今まで存在していなかった場所に対して、火山が発生する確率を与えることは現時点では困難であるとする。また、モデル自体の不確実性を定量化することについても現時点では困難であると考えている。

モデル化を進めていく過程を公開しながら取り組んでいくことが重要である。

現象が起こる確率について、ある一つの値に対しコンセンサスを得るのは非常に難しい。ICRP も、Pub.46 の時点から一歩引いてきており、定性的な評価を実施すべきであるとしている。一つの値として議論するのではなく、線量の評価結果と確率を分けて議論するのがこれからのやり方ではないか。

(5) セッションIV：総論

<パネリストの意見>

Arnold Bonne)

第2次取りまとめの構成と内容はすばらしいものである。研究開発としては、全体に優れており、国際レベルに達している。これは、研究の基礎となる日本の学術団体等が常に国際レベルの科学技術的知見を吸収していることによる。多くの研究開発においては物理学を初め、原子力以外の分野にわたって世界的な成果を広く取り入れている。多重バリアシステムという、これはIAEAでも推奨しているものであるが、これを用いて適切に対応している。品質管理、工学技術、安全評価の観点からは、人工バリアが最も重要となる。特に、品質管理は重要である。

今後、事業段階に向けて、規制当局との関わりが重要であり、安全規制の指針を速やかに策定することが重要となってくる。また、サイト特性調査の進捗に応じた具体的な地質環境の情報の整備に基づき、解析評価の現実性を向上させていくことが重要である。工学的対策の実証や、信頼性・安全性を説明する上で現実的であることが重要である。さらに、あらゆることを網羅的に示すよりも、地層処分の安全性にとって重要なことをきっちり説明することが重要である。

Klaus Kuhn)

全般的印象として、第2次取りまとめが地層処分の安全性を示すという目的を達成しており、現状の優れた概説となっているといえることができる。他の国の研究開発との比較も行われている。忘れてならないのはジェネリックな研究開発成果をまとめたものであり、フィールドデータ、実験値、文献値を広く利用して評価を行っていることである。第2次取りまとめは、特定の場所を評価したものではなく、用いた方法論が有用かどうかを示した点で評価できる。本報告書に基本的欠陥、齟齬、問題点はない。今後へ向けて良い基礎を築いたと言える。

今後重要なのは処分地の選定であり、先に述べられたように、早期に規制の要件を確立すべきである。この際、新しい実施主体に任せるのではなく、当局も一緒になって基準、クライテリアを築いてほしい。

第2次取りまとめのアップデートを3～4年後に行うことも重要である。また、既に確立している様々な分野の技術を適宜活用すべきである。例えば鉱山、トンネル掘削から学ぶことも重要である。

地下研究施設の設置も重要である。日本が海外の地下研究施設での国際共同研究に参加していることは知っている。しかし、自国で持つことが重要であり、速やかに設置されることを期待する。ただ単に地下を調べるのではなくツールの開発、適用性の確認も重要である。また、カナダの地下研究施設のように大規模な実験を行うことや、様々な試験を行い技術の健全性を実証することが重要である。

稲垣八穂広)

技術的観点、社会的観点よりコメントする。

第2次取りまとめは日本における地層処分の技術的基礎を十分に示しているといえる。地層処分が合理的であると受け入れられるためには、安全性、信頼性を技術的観点からだけではなく、社会的観点からも国民にわかりやすく伝えることが重要である。地層処分は、他の分野の技術と異なり、数万年以上という理解を越えた長期間を対象として安全性を評価判断することになる。このような判断を行うためには技術的観点からの評価に加え、社会的観点からも検討しておくことが重要となる。

次のステップとしては、社会的観点から、例えば、経済性、倫理性、公平性、公開性、信頼性のようなことを考えていくことが必要である。また、現在の評価では、技術的観点からの評価と社会的観点からの評価が十分整理されず、混同して議論されている。これらの項目を明確に分類整理して議論し、それぞれの項目間のつながりを認識することが合理的な判断につながる。

信頼性の判断を行うのは国民であり、自治体である。国民あるいは自治体が良識をもって信頼性の判断を行うためには、専門家はわかりやすく伝えなければならない。非専

門家が技術的評価の詳細を全て理解するのは不可能である。したがって、最終的な評価結果に至る道筋や、評価を進める上での基本的な方針、ルールを示すことが必要である。

1つの方法として提言したいのは、最善の方法を選択する過程を示すことで信頼性が増すということである。例えば、固化媒体としてガラスが選択されるまでには複数のオプションがあり、最終的にホウケイ酸ガラスが最善のものとして選択された。この過程を論理的に示すことにより、理解でき、信頼性が増す。

提言の2点目に、性能評価の確実性を示すためには、複数の機関がクロスチェックしながら評価を進めなければならないことを提言する。現在はサイクル機構が唯一の機関であり、もし仮にその評価に大きな誤りがあったとしても、それを速やかに認識し修正することは難しい。第2次取りまとめの次の段階、場所を絞った評価へ移る過程で、この辺のことをもう一度考えてみることも必要と考える。

登坂博行)

まず、自分の専門である地下水流動について焦点をあて意見を述べる。第2次取りまとめでは地下水に関する知見がかなり得られている。フィールドデータの取得、深いところからの採水技術、ボアホールデータの取得技術などを取り込んでおり、これ以上は場所を特定する段階にならないと無理である。地下の不均質性、異方性、フラクチャーについては、トモグラフィーなどの技術を取り込み、レベルは十分である。流れのモデル化については、核種の還元条件下での分配係数、ガスの発生、塩淡境界、フラクチャーネットワークの中での流れ、閉鎖後の挙動などが取り込まれていて非常によくまとまっており、ジェネリックな評価としては最先端と言える。長期の安全性に関しては、核種が漏出した場合どのような影響があるか、分かりづらい点があるが、全般的な評価としてはこれ以上はできない。

基本的には技術レベルは十分なレベルに達している。全般的な段階を脱し、スペシフィックな段階に進み得るものである。自然の不確実性をどのように詰めていくか、多くの人が納得できる点は、廃棄体はもはや爆発しない、地上より地下の方が安全、適当な自然条件の場所は必ず探せる、我々の世代だけでは閉じない、という点である。一方、サイト選定時に出てくると予想されることとして、情報の透明性に対する疑問、消費責任より被害者としてのみの視点、人為的なミスに対する不信感、などがある。

情報の透明性は、必ずしも市民にとって透明ではないということを念頭に置くべきである。第2次取りまとめは、私にとっても難しいし、多くの市民にとっては理解することが困難と思われる。複雑なものを単純に説明することが必要である。その対応として、例えば公平性については、大都市と過疎地との公平性がわかるようにする、選定基準の客観性や透明性を示す、などが必要であると考ええる。

梅木博之)

第2次取りまとめの位置付けは全般的な評価であり、特定のサイトを評価するためのものではないことを再度強調しておきたい。したがって、東濃地域や釜石鉱山におけるフィールドデータは科学的知識として一般化を行って用いている。

他のセッションでも指摘されているように、地層処分研究は柔軟性をもって行われることが重要であり、地層処分概念の成立性に関する議論においては、処分場候補地を選ぶこと、処分場を設計すること、安全評価の予測解析の方法を選ぶことに柔軟性があることに留意することが重要と考える。ここで予測解析とは、将来のシステムの状態を言い当てることなく、安全性の判断に用いるものであり、現実的な中で保守性を維持したものであることに注意する必要がある。

例えば1つのFEPの内容が今の段階で科学的に十分解明されていなくても、場所を選ぶことによって排除できるのであれば、これによって対応することができる。

また、第2次取りまとめはジェネリックに広く処分場になりうる場所が存在することを示そうとしたものであり、このため人工バリア性能に力点を置いたものになっている。非常に条件の良い場所であれば現在の人工バリアの仕様例をより簡素なものとして最適化することが可能であり、柔軟に対応することができるだろう。

再取り出し性は長期的な安全性に直接関わるものではない。技術的には、閉鎖後の安全性を評価するための情報が十分であることを確認するまでの間は、再取り出し性を維持することが重要と考えられる。

<パネリスト及び会場との意見交換>

【全般】

日本の場合、現在、仏国から返還されたガラス固化体を日本原燃株式会社高レベル放射性廃棄物貯蔵管理センターで安全に貯蔵している。しかし、キャニスターが損傷したらどうなるのか、高レベル放射性廃棄物のキャニスターをモニターすることは可能なのか、英仏のガラス固化体と日本原燃仕様のものをミックスして貯蔵はできるのか、処分場のライフタイムは30年以上であるが、その間大丈夫なのか。中間貯蔵期間のずれによる熱荷重が処分場にかからないように温度の規格、クライテリアを評価できるのか。キャニスターが貯蔵中に損傷したとしてもオーバーパックに封入して処分場へ持って行くことができればよいのか。

モデル、コンセプトに関し、対立するアイデアがあれば、何が違うのかを明確にすべきと考える。

単一の組織が責任を負うとともに政府当局が責任を持って処分に当たるべきである。米国では一つの環境評価グループが責任を担っているなど、一部の国では成功例があるが、日本においては、体制とその責任が明確に定義されておらず混乱しているのではないか。実施主体と規制当局の交流が重要である。スウェーデンでは、実施主体であるSKBと規制側であるSKIの交流が行われており、適切に機能している。それぞれが異なる義務

を持つことを認識するとともに、責任も混同しないようになっている。これは日本も学ぶべき点である。また、多様な専門家を巻き込むことが重要であり、一般の科学者とのオープンで幅広い議論を行う場を設けることも重要である。

【人間侵入について】

人間侵入については次の例が示唆に富んでいる。アメリカの NAS 報告書では、将来ユッカマウンテン処分場へ適用する評価の考え方として、科学的な根拠に基づき将来の人間侵入が処分場に影響を及ぼす確率を推定することは不可能、様式化したシナリオに対してシステムが強固であることを示せばよいとしている。一方、WIPP の安全評価では規制上、人間侵入が相当詳細に考慮されているものもある。人間侵入の可能性については幅があるということである。私見では NAS の意見を入れて許認可の手続きについては人間侵入を詳細に勘案しなくてよいと考える。適切にシナリオを設定し処分場として健全性を示せばよい。

人間侵入については安全規制のプロセスからそれを取り除くことがよいと考える。この問題については、将来の侵入を避けられないし、ほとんど手の打ちようがない。人間侵入に対するシステムの健全性を検討するにとどめるべきである。

【第2次取りまとめの位置付けについて】

総論レポートでは、我が国においてもセーフティーケースを作成することが可能であることを示している。セーフティーケースの作成に当たっては、地層処分概念の開発のアプローチとして人工バリアに裕度を持たせることにより、幅広い地質環境に対して安全性を担保できるものとしている。

第2次取りまとめでは、FEP の取扱いの検討及び設計した処分場の安全性評価を行っている。その中で、1,000 年後にオーバーパックが破損し、100 万年後にピークが出るとしているが、これが標準のシナリオだと思われてしまっているのではないか。

シナリオの確からしさをどう考えるかということだと思う。あるシナリオを示すと、それが保守的な安全評価上の想定であるにもかかわらず、あたかもそうなるように受け取られる。しかし、シナリオというのは、安全を判断するための論理構造としてとらえられるべき問題である。地層処分の専門家でない人々に説明するのが難しいことは承知している。シナリオはコンセプトと密接にかかわる問題である。例えば、スウェーデンの SR-97 報告書^{*}のレファレンスケースでは、100 万年間オーバーパックは破損しないとするとともに、システムの健全性についても議論している。システムについてのオプションや安全性のオプションなどの説明責任について考えていかなければならない。シナリオの扱いについては現在は国際的に受け入れられている方法を踏襲している。

^{*} SR-97 報告書:Post-closure safety, 1999, SKB Report 99-06

他の分野へのフィードバックが個別分野では行われているが、安全評価側から設計要件へのフィードバックが行われていない。設計要件へ反映するべきだと思う。

【深地層の研究施設の必要性等について】

IAEA で加盟諸国と接触した経験によれば、地下研究施設がどの程度技術的根拠を確立できるか、国民への説明に役立てることができるかが重要である。地下研究施設での研究は、単に技術レベルの進歩だけでなく、このような施設があれば、実際にそこへ行って見ることができるということで、一般の人にとっても有益である。コンセンサスを広く得るために重要な施設である。

重要性は認識している。しかし、我が国では、現段階では研究施設といえども受け入れるところがないのではないか。

既存の施設を用いる場合、例えば、東濃、釜石の場合、早期に研究は実施できるであろうが、放射性物質等の使用は許されない。放射性物質を使わなくても研究は可能である。いずれにせよ、地下研究施設は作る必要があり、市民に地下研究施設で何をしているか見てもらうことは重要である。処分場はその次である。

【今後の進め方について】

今後、事業を進めるに当たり、意思を決定する人たちにもう少し説明をすべきではないか。

日本は、今後は今までのように世界から学ぶだけではなく、教える立場を担うことが重要である。日本の人たちには、積極的に殻を破って行ってほしい。世界のリーダーの一員であるということを認識し、他のリーダー国と協力をすることも重要である。日本は先進国なのだから、研究センターを中心として、他の国の人に集まってもらうことが重要である。地震、断層、火山のような天然現象に係わる専門家による基礎的研究を推進することによって、処分のみならず様々な分野に成果が活かせると思う。また、国際的役割を果たすために、研究報告を日本語と英語の両方で毎年出していただくことを期待する。

【再取り出し性について】

再取り出し性はもともと廃棄物処分の技術的な面に由来したものではない。そもそも我々の世代では処分場の長期的安全性の直接的な確認はできないが、再取り出し性を入れることによって安全性が損なわれてもいけない。再取り出しは技術的には可能だろうが、仮に再取り出しを取り入れた処分場を設計したとすると、最終的には処分場を閉鎖することを考えた上で、適切な形で全般的に技術を確立しておく必要がある。

再取り出し性は、処分空洞内に既に人工バリアまで設置してあるものの、坑道は埋め戻していない段階でのことを考えているのか。

最近、EC^{xi}が再取り出し性に関する報告書^{xii}を出版したと聞いている。その詳細は把握していないが、段階的な再取り出し性はほとんどの国で考えている。ベルギーでは閉鎖してからブーム粘土中に処分ピットを入れて埋め戻すことが考えられている。ギャラリーは50年はアクセス可能としている。ギャラリーも最終的には埋め戻す。このため、再取り出しは当然難しくなるが、不可能ではない。信頼のレベルが上がれば再取り出しはいい。このため、段階的にしてある。

ドイツでは岩塩を対象としている。岩塩は可塑性があるため、早く閉鎖した方が安全であり、岩塩の処分地では再取り出しは困難である。コスト面から考えても、廃棄体が再取り出しできる状態が最終解決ではないと考える。しかし、一般論としては再取り出し性に関する議論は重要である。再取り出し性は自主的にプログラムに入れるべきものではないが、可能性として残しておくという考え方が重要である。

【透明性について】

透明性確保の上で、日本原子力学会として第2次取りまとめを検証したいのだが、現在、日本にサイクル機構と同レベルの研究所がないというのも現状である。もし、サイクル機構が間違っているところがない。もちろん、チェックできるようにする方がよいわけであり、学会がその役割を果たすべきと考えている。ただし、日本の専門家の多くが第2次取りまとめに参加しており、どのようにすればよいかわからないが、学会において見直すとどうなるのかということをやって、意見をまとめたい。

日本は世界的に見てもユニークな状況にあると思う。それは、これから実施主体を立ち上げるからである。実施主体において、様々なグループ、科学者を巻き込んで最初からオープンで事業を進め、その人たちの信頼を得ることができる。これは、重要なことである。事業が進み、結果をオープンにしてから国民や科学者から反対があった場合は、そこで行き詰まってしまう。

どのように、メディアを活用するかを考えることも重要である。常に様々な段階でプレスリリースを行うことが国民とのコミュニケーションを行う上で重要と考える。

プレスリリースは重要であるが、伝達方法も大切である。また、市民の理解を得難いと思われることについてもきちんと伝えるべきである。第2次取りまとめにおいて我が国に地層処分場を作る場所がある可能性が示されたことについて、今日の会議で初めて知った。また、処分場候補地が選定された段階で、再度調査を行い、地層処分ができるかどうか判断すること、今後、地下研究施設が必要という段階であるということも初めて知った。高レベル放射性廃棄物処分と切り離せない問題として、これ以上、

^{xi} EC:European Commission、欧州共同体

^{xii} EC 報告書:J.B.Grupa, et al., Concerted action on the retrievability of long-lived radioactive waste in deep underground repositories, EUR 19145 EN

原子力発電を増やすかどうかという議論がある。EU^{xiii}では、反原子力発電が進んでいる。原子力発電を続けていく中で処分のことを考えると言うのでは、広く市民に納得してもらうのは困難であるとする。

地域の名前をどのように出せるか、透明性もあるが、公平性が大切である。全国が対象になるというコンセンサスをいかに得るか、人工バリアの開発も重要であるが、このような議論が先ず重要である。

(7) まとめ 小島 圭二

本ワークショップでは第2次取りまとめに対するご意見を中心にご議論いただいた。

本ワークショップでは第2次取りまとめに対するご意見を中心にご議論いただいた。

まず、基調講演では、高原氏に地層処分事業を進めるためには公衆の信頼感と安心感の醸成が必要であることを、実際のサイト選定、事業化が行われているフィンランドを例に話していただいた。Nygards 氏にはスウェーデンのサイト選定プロセスやアンケートの結果を示しながら、処分計画における地域住民の参加、柔軟性の重要性について話していただいた。これからの地層処分の実現に向けて重要な提言をいただいた。次に、各セッションでは、第2次取りまとめに対して行われた評価の主要な対象である地層処分の技術的信頼性、サイト選定、基準策定の拠り所を重点ポイントとして議論していただいた。

国内外のパネリストの方々からは、専門部会報告書に重点項目が明確に示されており、これに基づいて取り組まれた第2次取りまとめにより地層処分の実現へ向けた基盤技術の整備充実がはかられた、との見解が共通して示された。

パネルディスカッションでは、第2次取りまとめ以後の処分の実現に向けた進め方についても議論が交わされた。各セッションごとに総括すると、セッションⅠでは、自然現象の将来予測について過去の規則性を見直すことで将来を外挿できることが地球科学者間で合意されているとの認識が得られた。セッションⅡでは、人工バリアシステムについて、特に設計に関して、科学技術の進展に応じて第2次取りまとめで示された技術を今後更新していくことの必要性が指摘された。また、廃棄体の再取り出しについては、安心のために取り組んでいく必要があることで一致した。セッションⅢでは、不確実性の低減化の重要性について議論された。どんな事象が重要か、感度解析を行いスクリーニングし、データを蓄積して不確実性を低減していくことが技術的に重要な課題であるとの意見があげられた。さらに、セッションⅣでは、不確実性に対しては、不確実性への理解及び一般のコンセンサスを得るために、市民を巻き込んだ議論の必要性について議論が行われ、また、そのタイミングも重要であることが指摘された。

パネリスト及び参加者からいただいた主要な意見として、次のことがあげられる。

^{xiii} EU:European Union、欧州連合

第2次取りまとめは幅広く全体の知見を整理することができている。

地層処分実現に向けて何を考えるかに関し、評価報告書を裏付ける意見が得られた。

地層処分の実現に向けて、一般市民の参加をどう促すかが重要である。

国民の信頼、安心感を得ることが重要であり、さまざまな立場の人を含む公開討論が重要である。

国民の信頼を得るには長期にわたりこの問題を特化して考える専門家集団が、評価や基準の策定に当たって必要である。

実現へ向けての具体的な対策として、基準の早期策定、市民との討論、意思決定の記録を残していくことが重要である。

地下のデモンストレーション施設及び実証型の大規模プロジェクトを推進し、認識を深め、技術を進展させることが必要である。

第2次取りまとめから地層処分の実現まで時間があるため、常に新しい技術を取り入れ、第2次取りまとめの内容を更新をしていく必要がある。

透明性が求められ、そのためには情報の伝達の仕方が重要である。

全体について言えることは、サイトの選定に当たっては、最善、最適なサイトではなく適切なサイトの選定を行うことを目標とすべきであり、この際、どのように市民の理解を得ていくかが重要であること、などである。

《原子力の研究、開発及び利用に関する長期計画抜粋（原子力委員会平成6年6月24日）》

7. バックエンド対策

(1)放射性廃棄物の処理処分

(略)

③サイクル廃棄物の処理処分

再処理施設や燃料加工施設などの核燃料サイクル関連施設から発生する放射性廃棄物(以下「サイクル廃棄物」といいます。)は、再処理施設において使用済燃料から分離される高レベル放射性廃棄物、再処理施設やMOX燃料加工施設から発生する超ウラン(TRU)核種を含む放射性廃棄物、ウラン燃料加工施設やウラン濃縮施設から発生するウラン廃棄物に大別されます。

(イ)高レベル放射性廃棄物の処理処分

高レベル放射性廃棄物は、安定な形態に固化した後、30年間から50年間程度冷却のための貯蔵を行い、その後、地下の深い地層中に処分すること(以下「地層処分」といいます。)を基本的な方針とします。高レベル放射性廃棄物の処分方策を進めていくに当たっては、国は、処分が適切かつ確実に行われることに対して責任を負うとともに、処分の円滑な推進のために必要な施策を策定します。また、動力炉・核燃料開発事業団は、当面、研究開発や地質環境調査の着実な推進を図ります。電気事業者は、処分に必要な資金の確保のみならず、研究開発の段階においても、高レベル放射性廃棄物の発生に密接に関連する者としての責任を十分踏まえた役割を果たすこととします。

処分事業の実施主体については、処分場の建設スケジュールを考慮し、2000年を目安にその設立を図っていくことが適当であり、高レベル放射性廃棄物対策推進協議会(国、電気事業者及び動力炉・核燃料開発事業団により構成される)の下に設けられた高レベル事業推進準備会において、実施主体の在り方についての検討やその設立に向けた準備を進めていきます。

地層処分については概ね以下の手順を進めることとします。

- 1)実施主体は、地層処分の候補地として適切と思われる地点について予備的に調査を行い、処分予定地を選定し、国は、立地の円滑化を図る観点から必要な措置を講ずるため、その選定の結果を確認します。ただし、その地点を処分予定地とするに当たって、実施主体は地元はその趣旨を十分に説明し、その了承を得ておくものとします。
- 2)次に実施主体は、実際の処分地としての適性を判断するため、処分予定地において地下施設による所要のサイト特性調査と処分技術の実証を行います。
- 3)実施主体は処分地として適当と判断すれば、処分場の設計を行い、処分に係る事業の申請を行います。国は、処分に係る事業を許可するに当たり、必要な法制度等の整備を図るとともに安全審査を行います。

処分場の建設・操業の計画は、処分場建設に至るまでに要する期間や再処理計画の進展などの今後の原子力開発利用の状況等を総合的に判断して、2030 年代から遅くとも 2040 年代半ばまでの操業開始を目途とします。

処分に必要な資金の確保については、処分費用の範囲、処分費用の概算、資金確保の方法などの具体的検討を進め、早急に合理的な費用の見積りを行うこととします。

地層処分の研究開発は、国の重要プロジェクトとして、動力炉・核燃料開発事業団を中核推進機関として関係機関が協力して進めていくこととします。研究開発は、当面、対象とすべき地質環境を幅広く想定し、地層処分を行うシステムの性能評価研究、処分技術の研究開発、地質環境条件の調査研究等の各分野において引き続き進めるほか、地層処分研究開発の基盤となる深部地質環境の科学的研究を着実に進めることとします。

深地層の研究施設は、深地層の環境条件として考慮されるべき特性等の正確な把握や地層処分を行うシステムの性能を評価するモデルの信頼性向上等地層処分研究に共通の研究基盤となる施設であり、我が国における深地層についての学術的研究にも寄与できる総合的な研究の場として整備していくことが重要です。また、このような施設は、我が国の地質の特性等を考慮して複数の設置が望まれます。さらに深地層の研究施設の計画は、研究開発の成果、特に深部地質環境の科学的研究の成果を基盤として進めることが重要であり、その計画は処分場の計画とは明確に区別して進めていきます。

動力炉・核燃料開発事業団が北海道幌延町で計画している貯蔵工学センター^注については、地元及び北海道の理解と協力を得てその推進を図っていきます。

研究開発においては、国民の理解を得ていくためにもその進捗状況や成果を適切な時期に取りまとめ、研究開発の到達度を明確にしていくこととします。このため、動力炉・核燃料開発事業団は、2000 年前までに予定している研究開発の成果の取りまとめを行い、これを公表するとともに、国はその報告を受け、我が国における地層処分の技術的信頼性等を評価します。

なお、高レベル放射性廃棄物の資源化と処分に伴う環境への負荷の低減の観点から将来の技術として注目されている核種分離・消滅処理技術に係る研究開発については、当面、日本原子力研究所、動力炉・核燃料開発事業団等が協力して基礎的な研究開発を計画的に推進することとし、1990 年代後半を目途に各技術を評価し、それ以降の進め方について検討していくこととします。

^注 貯蔵工学センター：当時計画されていた「貯蔵工学センター計画」は、平成 10 年に取りやめて、新たな提案として北海道幌延町における「深地層研究所（仮称）計画」を核燃料サイクル開発機構が北海道及び幌延町に申し入れを行っている。

技術報告書「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」の 報告を受けて

平成 11 年 11 月 30 日
原 子 力 委 員 会

去る 11 月 26 日、核燃料サイクル開発機構から報告書「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。)が提出されました。当委員会では、この報告書について審議を行い、以下の見解をとりまとめました。

1. 第 2 次取りまとめは、「高レベル放射性廃棄物の地層処分研究開発等の今後の進め方について」(平成 9 年 4 月 15 日原子力バックエンド対策専門部会)(以下「専門部会報告書」という。)にも示されているように、わが国における地層処分の技術的信頼性を示すとともに、処分予定地選定及び安全基準の策定に資する技術的拠り所を与える重要なものです。

2. これまで、総合エネルギー調査会原子力部会では実施主体のあり方、資金確保策などの処分事業の制度化についての検討が行われ、また原子力安全委員会では安全確保の基本的考え方についての検討が行われており、高レベル放射性廃棄物処分に係る取組みが各方面で推進されています。このような状況下で、第 2 次取りまとめが作成されたことは、高レベル放射性廃棄物処分対策を進める上で誠に意義深いと考えます。

3. 「原子力の研究、開発及び利用に関する長期計画」(平成 6 年 6 月 24 日原子力委員会)及び専門部会報告書では、第 2 次取りまとめは国の評価を受けることとされています。今後、原子力バックエンド対策専門部会において、適切な評価を行います。

4. 高レベル放射性廃棄物処分を進めるためには、処分についての議論が広く国民各界各層で行われることが不可欠です。関係機関においては、第 2 次取りまとめの内容をはじめ処分への取組みについてわかりやすく説明することにより、国民の皆様方での議論が活発に行われ、高レベル放射性廃棄物処分についての理解が深まるよう努めてください。

原子力バックエンド対策専門部会の設置について

平成7年9月12日

原子力委員会決定

1. 目的

今後の原子力開発利用を円滑に進めていくためには、平成6年6月に原子力委員会が定めた「原子力の研究、開発及び利用に関する長期計画」に基づき、社会的理解を得てバックエンド対策を推進していくことが重要であり、原子力開発利用の長期的見通しも背景に据えつつ、バックエンド対策を推進していく具体的な方策について調査審議するため、原子力バックエンド対策専門部会（以下、「専門部会」という。）を設置する。

なお、放射性廃棄物対策専門部会は廃止する。

2. 審議事項

- (1) 高レベル放射性廃棄物の処理処分に係る技術的事項
- (2) T R U核種を含む放射性廃棄物の処理処分にに関する事項
- (3) ウラン廃棄物の処理処分にに関する事項
- (4) R I 廃棄物及び研究所等廃棄物の処理処分にに関する事項
- (5) 原子力施設の廃止措置に関する事項
- (6) その他、原子力バックエンド対策に関する重要事項

3. 構成員

別紙のとおりとする。

4. その他

専門部会の下に、必要に応じて、分科会を置くものとする。また、専門部会は、必要に応じて、専門部会構成員以外の者からの意見を聞き、あるいは、報告を受けるものとする。

原子力バックエンド対策専門部会構成員

(第25回以降)

	秋元 勇巳	三菱マテリアル株式会社取締役社長
	阿部 元祐	社団法人日本原子力産業会議参与(第32回まで)
	石塚 昶雄	社団法人日本原子力産業会議理事・事務局長(第33回～)
	石樽 顕吉	埼玉工業大学教授
	一政 満子	茨城大学教授
	大桃洋一郎	財団法人環境科学技術研究所専務理事
	岡芳 明	東京大学教授
	川人 武樹	財団法人原子力環境整備センター理事長
	神田 啓治	京都大学教授
	草間 朋子	大分看護科学大学長
部会長	熊谷 信昭	大阪大学名誉教授
	小島 圭二	地圏空間研究所代表
	小西 攻	社団法人日本放送協会考査室主査
	齋藤 伸三	日本原子力研究所副理事長
	佐々木史郎	日本原燃株式会社技術顧問
	佐藤 壮郎	通商産業省工業技術院長(第25回まで)
	小玉喜三郎	通商産業省工業技術院地質調査所長(第26回～)
	鈴木 篤之	東京大学教授
	関本 博	東京工業大学教授
	田中 知	東京大学教授
	田中 靖政	学習院大学教授
	徳山 明	富士常葉大学長
	鳥井 弘之	株式会社日本経済新聞社論説委員
	中神 靖雄	核燃料サイクル開発機構副理事長
	永倉 正	財団法人電力中央研究所名誉特別顧問
	東 邦夫	京都大学教授
	藤岡 淳介	社団法人日本アイソトープ協会常務理事
	前田 肇	電気事業連合会原子力開発対策委員会委員長
	松田美夜子	生活環境評論家(廃棄物問題とリサイクル)
	森山 裕丈	京都大学教授
	山内 喜明	弁護士

開催日

- 第 25 回 平成 1 1 年 9 月 3 0 日 (木)
- 第 26 回 平成 1 1 年 1 1 月 5 日 (金)
- 第 27 回 平成 1 1 年 1 1 月 3 0 日 (火)
- 第 28 回 平成 1 2 年 3 月 8 日 (水)
- 第 29 回 平成 1 2 年 3 月 2 3 日 (木)
- 第 30 回 平成 1 2 年 5 月 2 5 日 (木)
- 第 31 回 平成 1 2 年 6 月 2 6 日 (月)
- 第 32 回 平成 1 2 年 7 月 1 3 日 (木)
- 第 33 回 平成 1 2 年 8 月 2 9 日 (火)
- 第 34 回 平成 1 2 年 9 月 2 6 日 (火)
- 第 35 回 平成 1 2 年 1 0 月 1 1 日 (水)

地層処分研究開発第2次取りまとめ評価分科会の設置について

平成11年9月30日

原子力バックエンド対策専門部会

1. 設置の目的

原子力バックエンド対策専門部会における、地層処分研究開発第2次取りまとめの評価に係る審議に資するため、「地層処分研究開発第2次取りまとめ評価分科会」を設置する。

2. 分科会の構成員

原子力バックエンド対策専門部会長が、別途指名する。

3. その他

審議の参考に資するため、必要に応じ、当該研究開発に携わった者の出席を求める。

地層処分研究開発第2次取りまとめ評価分科会は、その検討状況を適宜原子力バックエンド対策専門部会に報告するものとする。

地層処分研究開発第2次取りまとめ評価分科会構成員

	出光 一哉	九州大学大学院工学研究科助教授
	大橋 弘士	北海道大学大学院工学研究科教授
	小川勇二郎	筑波大学地球科学系教授
	金折 裕司	山口大学理学部化学・地球科学科教授
	金川 忠	財団法人電力中央研究所バックエンドプロジェクト 上席研究員（～4回）
	久保川俊彦	株式会社野村総合研究所情報技術調査室長
（主査）	小島 圭二	地圏空間研究所代表
	鹿園 直建	慶應義塾大学理工学部応用化学科教授
	柴田 俊夫	大阪大学大学院工学研究科教授
	妹尾 宗明	日本原子力研究所安全管理室放射性廃棄物対策推進室長
	高橋 正樹	茨城大学理学部地球生命環境科学科教授
	田代 晋吾	元財団法人原子力環境整備センター理事
	千木良雅弘	京都大学防災研究所教授
	塚本 政樹	財団法人電力中央研究所原燃サイクル部上席研究員
	中野 政詩	神戸大学農学部生産環境情報学科教授
	長崎 晋也	東京大学大学院新領域創成科学研究科助教授
（副主査）	東 邦夫	京都大学大学院工学研究科教授
	東原 紘道	東京大学地震研究所教授
	福井 正美	京都大学原子炉実験所助教授
	山崎 晴雄	東京都立大学大学院理学研究科教授
	山本 一良	名古屋大学大学院工学研究科教授
	鷲田 清一	大阪大学大学院文学研究科教授
	渡辺 邦夫	埼玉大学大学院理工学研究科教授

開催日

第1回	平成11年12月15日（水）	第6回	平成12年 5月30日（火）
第2回	平成12年 2月 7日（月）	第7回	平成12年 6月13日（火）
第3回	平成12年 2月24日（木）	第8回	平成12年 7月 4日（火）
第4回	平成12年 3月13日（月）	第9回	平成12年 9月20日（水）
第5回	平成12年 4月21日（金）	第10回	平成12年10月 4日（水）

なお、以上の他に、関係分科会委員がサブグループを設け検討した。

<地質環境・評価サブグループ>

○構成員

	小川 勇二郎	筑波大学地球科学系教授
	金折 裕司	山口大学理学部化学・地球科学科教授
(主査)	鹿園 直建	慶應義塾大学理工学部応用化学科教授
	高橋 正樹	茨城大学理学部地球生命環境科学科教授
	田代 晋吾	元財団法人原子力環境整備センター理事
	千木良雅弘	京都大学防災研究所教授
	山崎 晴雄	東京都立大学大学院理学研究科教授

○開催日

第1回	平成12年	1月13日(木)
第2回	平成12年	1月20日(木)
第3回	平成12年	2月21日(月)
第4回	平成12年	3月8日(水)
第5回	平成12年	5月12日(金)

<処分技術・評価サブグループ>

○構成員

	金川 忠	財団法人電力中央研究所バックエンドプロジェクト上席 研究員(～3回)
(主査)	小島 圭二	地圏空間研究所代表
	柴田 俊夫	大阪大学大学院工学研究科教授
	妹尾 宗明	日本原子力研究所安全管理室放射性廃棄物対策推進室長
	中野 政詩	神戸大学農学部生産環境情報学科教授
	東原 紘道	東京大学地震研究所教授
	渡辺 邦夫	埼玉大学大学院理工学研究科教授

○開催日

第1回	平成12年	1月18日(火)
第2回	平成12年	1月24日(月)
第3回	平成12年	3月6日(月)
第4回	平成12年	5月16日(火)

<安全性・評価サブグループ>

○構成員

	出光 一哉	九州大学大学院工学研究科助教授
(主査)	大橋 弘士	北海道大学大学院工学研究科教授
	塚本 政樹	財団法人電力中央研究所原燃サイクル部上席研究員
	長崎 晋也	東京大学大学院新領域創成科学研究科助教授
	東 邦夫	京都大学大学院工学研究科教授
	福井 正美	京都大学原子炉実験所助教授
	山本 一良	名古屋大学大学院工学研究科教授

○開催日

第1回	平成12年	1月24日(月)
第2回	平成12年	2月21日(月)
第3回	平成12年	3月9日(木)
第4回	平成12年	5月18日(木)