

2011 年 10 月 25 日
原子力発電環境整備機構(NUMO)

技術報告書「地層処分事業の安全確保（2010 年度版）」について

1. はじめに

NUMO は、2000 年の設立から現在までの、NUMO を中心としたオールジャパンでの地層処分技術の整備状況を示すため、今般、包括的な技術報告書である「地層処分事業の安全確保（2010 年度版）」を取りまとめた。本技術報告書は、先行的に公表した「安全確保構想 2009」で示した NUMO の事業における安全確保の方針に沿い、安全な地層処分事業を支える技術や関連する事項について記述したものである。対象読者として地層処分にある程度の知識を持った専門家を想定している。

本技術報告書は、国内外の学会や専門家のレビューを受け、それらのコメントを反映して取りまとめた。なお、本年 3 月に発生した東日本大震災については、追加的な検討を行うこととした。

2. 技術報告書作成の体制

本技術報告書の作成にあたり、全体協議会およびワーキンググループを設置し、日本原子力研究開発機構、電力中央研究所などの関係機関の方々の協力を得て、最新の技術開発成果や情報を取り入れた。また、NUMO の内部委員会であり、外部の専門家からなる技術アドバイザー国内委員会から、技術的な観点で助言をいただきながら報告書を取りまとめた。

3. 技術報告書の内容

(1) 構成

■ 事業編

○閉鎖後長期の安全確保と事業期間中の安全確保の双方を目標に設定し、これらの目標を達成するため、段階的な事業推進を基本とした 3 つの方針と方策、そして事業推進に向けた具体的な計画をロードマップとして提示

- ・方針 1：安全性の繰り返し確認に基づく段階的かつ柔軟な事業推進
- ・方針 2：信頼性の高い技術を用いた事業推進
- ・方針 3：安全性への信頼感醸成へ向けた技術的な取り組み

○事業の各段階における実施事項を提示

- ・サイト選定～安全審査の段階
- ・建設～事業廃止の段階

■ 技術編

○事業の安全確保に必要な地層処分技術の内容を分野ごとに提示

- ・地質環境の調査・評価技術
- ・処分場の設計、建設・操業・閉鎖技術
- ・地層処分システムの長期安全性評価技術

○文献調査，概要調査の各段階において，各分野の技術を連携させて事業を進めていく方策を具体的に提示

(2) 結論

- 安全な地層処分を支える技術は，NUMO 設立の 2000 年以降，以下の点で着実に進展した。
 - より現実的な調査・設計・評価が可能な技術を整備した。
(地質環境調査技術の改良・高度化，具体的な建設・操業技術の整備，代替材料の開発，3次元核種移行解析の開発など)
 - サイトを選定するための実用的な技術を体系的に整備した。
(実際のサイトでの文献調査，概要調査や設計のための技術の体系的な整備など)
 - 調査・設計・評価において，多様な地質環境に対応可能な技術を整備した。
(沿岸域など多様な地質環境に対応した，調査技術や設計・施工技術，性能評価技術の整備など)
- これらの技術の進展により，地層処分事業の実施に係る技術的信頼性が向上し，文献調査および概要調査を実施するための具体的な技術の準備が整った。また，それ以降に必要な技術についても，さらなる技術の蓄積を行った。

4. 学会・専門家による外部レビュー

「地層処分事業の安全確保 2010 (レビュー版)」を対象とした外部レビューを受け，頂戴した意見に対し内容を吟味した上で，最大限に努力して技術報告書に反映した。

(1) 日本原子力学会特別専門委員会によるレビュー

委員：各専門分野の学識者・有識者 13 名 (委員長：東邦夫 京都大学名誉教授)
期間：2010 年 11 月～2011 年 4 月
(東日本大震災の発生が「レビュー報告書」取りまとめの最終段階であったことから，同震災について特に追加の議論は行われず，「レビュー報告書」は 4 月に取りまとめられた。)

(2) 海外の専門家によるレビュー

委員：各専門分野の学識者・有識者 5 名 (委員長：Neil Chapman 英 Sheffield 大学教授)
開催：2010 年 11 月，2011 年 2 月の 2 回

(3) 主なコメント (学会：日本原子力学会特別専門委員会，海外：海外の専門家)

- ・わが国における技術開発成果が良く整理されているが，NUMO がその技術をどのように評価して活用するかについて記述が必要。(学会)
- ・NUMO が提示した安全確保策は，国際的に受け入れられ，かつ諸外国で活用されている考え方を反映した最新のアプローチであり，今後策定が予想される日本

の規制制度にも適応できるものである。(海外)

- 地層処分の安全性に対する信頼感を醸成するために、どのような技術的情報を用意し、どのように説明していくのか踏み込んだ記述が必要。(学会)
- 地層処分に特徴的な課題(不確実性やセーフティケースなど)について、NUMOの考え方などをさらに明確にすることが必要。(学会, 海外)

5. 東日本大震災を踏まえた対応

(1) 技術報告書の扱いの変更

- 技術報告書の位置づけを中間取りまとめ的なものとし、併せてタイトルを変更。
「地層処分事業の安全確保 2010」
→「地層処分事業の安全確保 (2010 年度版)」
- 技術報告書完成後、ホームページにて公表した。

(2) 追加の技術報告書の作成

- 事業期間中(操業期間中)において、地震、津波などの事象を起因として起こり得る影響について、影響が伝播する過程などを再検討する。
- 閉鎖後長期の安全評価において、自然事象、人為事象が安全評価に与える影響などを再確認する。
- 2011 年度末を目途に、検討結果を取りまとめる予定。

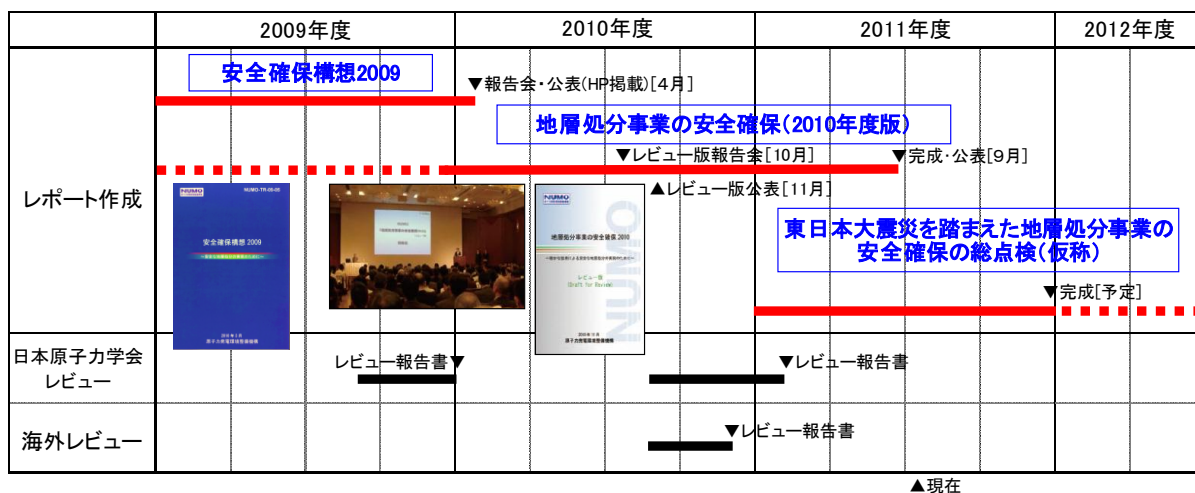


図 1 報告書作成・レビュースケジュール

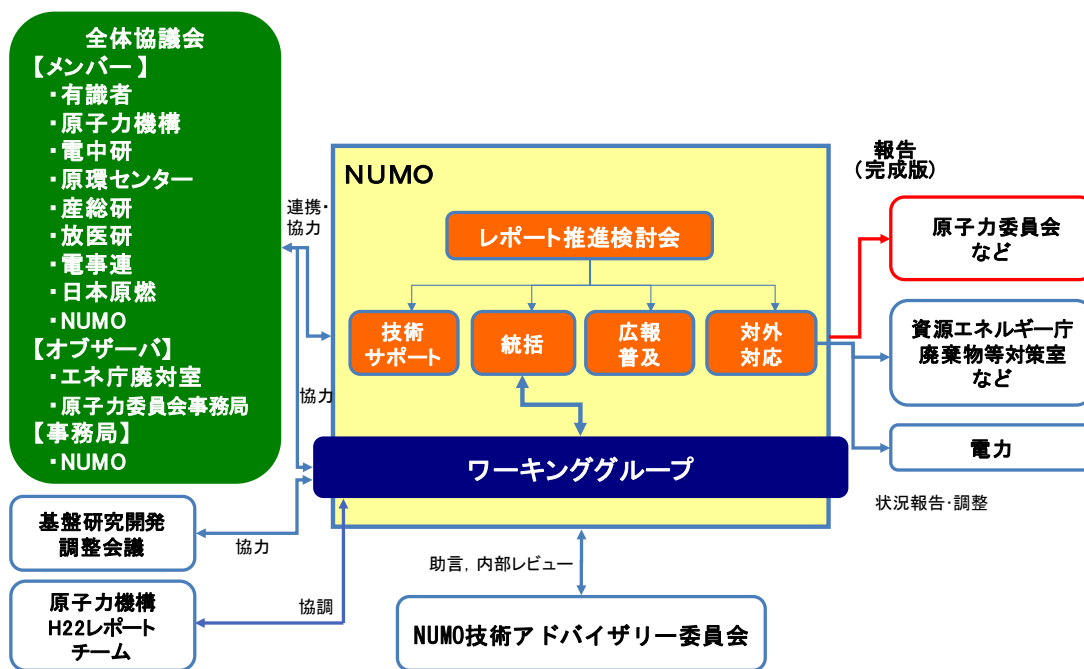


図 2 関係機関等との協力体制

表 1 各章の主な内容

	章	タイトル	主な内容
		要約	
	1	はじめに	報告書の背景と目的, 全体構成
事業編	2	わが国における地層処分事業の背景	安全確保の目標達成のための方針および具体的展開であるロードマップ
	3	安全確保構想	方針1: 安全性の繰り返し確認に基づく段階的かつ柔軟な事業推進 (安全確保ロードマップ)
	4	地層処分事業の段階的な推進	方針2: 信頼性の高い技術を用いた事業推進 (技術開発ロードマップ) 方針3: 安全性への信頼感醸成へ向けた技術的な取り組み (信頼感醸成ロードマップ)
技術編	5	地質環境の調査・評価技術	地質環境の調査・評価に必要な技術の整備状況
	6	処分場の設計, 建設・操業・閉鎖技術	適切な工学的対策として必要な技術の整備状況
	7	地層処分システムの長期安全性評価技術	長期安全性の評価に必要な技術の整備状況
	8	概要調査地区選定段階および精密調査地区選定段階の技術的取り組み	概要調査地区選定段階(文献調査の段階)および精密調査地区選定段階(概要調査の段階)の技術的な実施事項
	9	おわりに	全体総括

表 2 日本原子力学会レビューの主な結果と対応

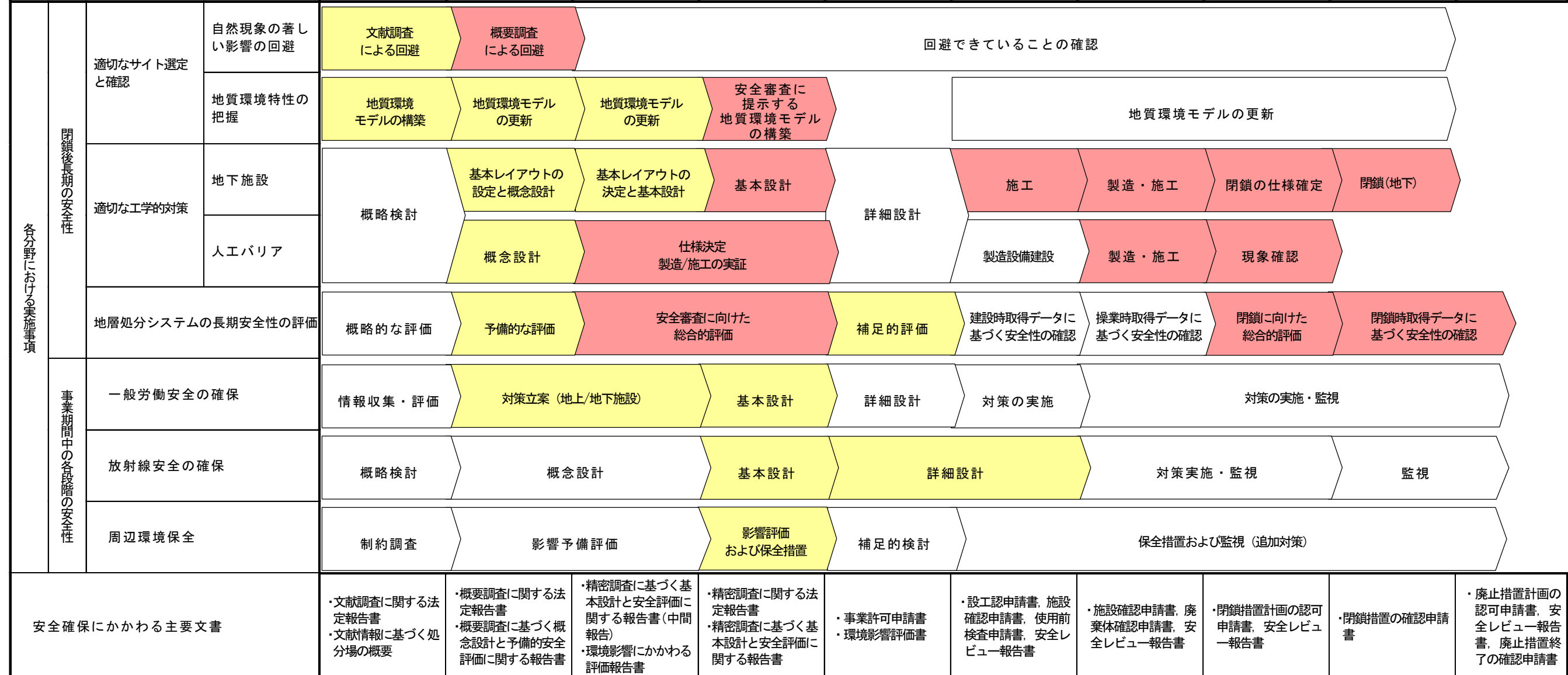
	主なコメント	対応
①	<p>地層処分事業の技術開発の総合的なマネジメントについて</p> <p>わが国における技術開発成果は良く整理されている。しかしNUMOがその技術をどのように評価して活用するかについて記述が必要。</p>	<ul style="list-style-type: none"> 第3章「方針2：信頼性の高い技術を用いた事業推進」において、技術開発成果の評価と事業への適用について記載を充実。 技術編各章においても、それぞれの技術開発成果の羅列にならないよう、事業への適用性や意義などNUMOとしての考えを追記。
②	<p>安全性への信頼感醸成に向けた技術的取組について</p> <p>信頼感の醸成のために、どのような技術的情報を用意して、それらを如何に説明していこうとしているか踏み込んだ記述が必要。</p>	<ul style="list-style-type: none"> 第3章「方針3：安全性への信頼感醸成へ向けた技術的取組」において、技術的説明の役割などについて記載を充実。 ステークホルダーへの説明は、セーフティケースに基づくとともに、相手に応じて工夫するなど、コミュニケーションを重視することを追記。
	<p>安全性を示すことに伴う不確実性をNUMOは自らどのように扱おうとしているのか、その考え方と技術的取組などの記述が必要。</p>	<ul style="list-style-type: none"> 第3章に、新たに項を設けて、不確実性への対策の重要性と不確実性に対するNUMOの対処方針を追記。 技術編各章において、上記の記述を受けて、不確実性の取り扱いについて具体的な記述を拡充。
	<p>安全性への信頼感醸成のためには、NUMO設立の2000年から10年間の技術的・学術的進歩を強調することも有効。</p>	<ul style="list-style-type: none"> 第5章、第6章、第7章の各章において、2000年以降、技術開発が着実に進められ、進展があったことを記述。
③	<p>不確実性を含む事業の安全性の示し方とセーフティケースについて</p> <p>不確実性を含む事業の長期安全性をどのように段階的に確保しようとしているか、その具体的な考え方を示すことが必要。また、セーフティケースを如何に位置付け、活用するかを明確にすることが必要。</p>	<ul style="list-style-type: none"> 第3章において、NUMOが現時点で考えているセーフティケースの主要構成要素、段階的な事業推進の中での技術的、社会的役割などの観点で記述を追記。 第7章では、安全評価がセーフティケースの主要な構成要素となることから、セーフティケースとの関連において安全評価の役割や実施内容を記載。 第8章では、精密調査地区選定段階のセーフティケースの構成要素がどのように作成・統合されるのかイメージできるように記載。 不確実性の取扱いについては、②で対応。
④	<p>地層処分事業の段階的实施と可逆性について</p> <p>事業の進展に伴い後戻りすること(可逆性)が難しくなっていくことも十分意識しながら、事業実施の視点で慎重な取組方法の記述が必要。</p>	<ul style="list-style-type: none"> 第3章においてNEA等での国際的な議論を示しつつNUMOの認識を記載。また、文献調査(明らかに不適格な地点の排除)と概要調査(成立性の十分な調査)の位置付けを記載。
⑤	<p>「地層処分事業の安全確保 2010 (レビュー版)」における報告書の目的と内容の整合性について</p> <p>報告書の目的として示されている「技術的拠り所」と「技術的信頼性」に対し、どのような視点と方法で技術的な事項を説明しようとしているかを明示することが必要。</p>	<ul style="list-style-type: none"> 「技術的信頼性」や「技術的拠り所」を本報告書でどのように示すかという考え方を第1章で記述し、本編での記述の整合が取れるよう構成や内容を修正。

表 3 海外の専門家によるレビューの主な結果と対応

全体コメント		
<p>NUMO が提示した安全確保策は、国際的に受け入れられ、かつ諸外国で活用されている考え方を反映した最新のアプローチであり、今後策定が予想される日本の規制制度にも適応できるものである。</p>		
	主なコメント	対応
①	<p><u>地層処分事業の技術開発の総合的なマネジメントについて</u></p> <p>日本の地層処分プログラムが成功するためには、基盤研究開発成果のエンドユーザーである NUMO が方向性を提示し、実施を指示する役割を担うような仕組みが重要である。</p>	原子力学会コメント対応①と同じ。
②	<p><u>不確実性を含む事業の安全性の示し方とセーフティケースについて</u></p> <p>セーフティケースは意思決定において中心的な役割を果たすが、そのことが強調されていない。また、安全評価とは、その時点におけるサイト調査や工学的対策、技術開発から得られている情報を統合化するツールであり、取得すべき情報の優先順位を検討するために不確実性の影響を評価するためのツールであることを強調すべき。</p>	原子力学会コメント対応③と同じ。
③	<p><u>調査における実施事項の明示について</u></p> <p>文献調査段階及び概要調査段階の実施事項をより明示的に記述することを期待。</p>	第 8 章を「処分場概念の構築における安全確保策の連携」から「概要調査地区および精密調査地区選定段階の技術的取り組み」とし、安全確保策の連携だけでなく、各段階における技術的実施事項を明記。

表 4 安全確保ロードマップ (概要版)

段 階	概要調査地区 選定段階 (文献調査の段階)	精密調査地区 選定段階 (概要調査の段階)	処分施設建設地選定段階 (精密調査の段階)		安全審査の段階	建設段階	操業段階		閉鎖段階	閉鎖後～事業廃止
			地上からの 調査	地下調査施設での 調査			操業期間中	操業の終了・閉鎖措 置計画認可申請		
			20年間程度							
各段階における事業目標	概要調査地区選定	精密調査地区選定	基本レイアウトの 決定	処分施設建設地選定	事業許可の取得	処分施設の建設	操業の実施	閉鎖措置計画の認可	閉鎖措置の実施	廃止措置の実施と 確認
安全確保にかかわる目標	・自然現象の著しい影 響の回避 ・明らかに不適格な 地域を避ける)	・自然現象の著しい影 響の回避 ・長期安全性確保の見 通し ・事業期間中の安全性 確保の見通し	・自然現象の著しい影 響の回避を確認 ・長期安全性の確保 ・事業期間中の安全 性の確保	・自然現象の著しい影 響の回避を確認 ・長期安全性の確保 ・事業期間中の安全 性の確保	・長期安全性の確実な 確保 ・事業期間中の安全 性の確実な確保	・新たな知見を踏まえ た長期安全性の繰り 返し確認 ・建設段階における安 全性の確実な確保	・新たな知見を踏まえ た長期安全性の確認 ・操業段階における安 全性の確実な確保	・すべての情報を統合 した長期安全性の提 示	・閉鎖段階における安 全性の確実な確保	・新たな知見を踏 まえた長期安全 性の確認 ・閉鎖後の段階に おける安全性の 確実な確保
目標達成にかかわる要件	・法定要件への適合性 ・概要調査地区選定の 環境要件への適合性 ・自主基準 (考慮事項 含む) への適合性	・法定要件への適合性 ・精密調査地区選定の 環境要件への適合性 ・安全審査基本指針へ の適合性 ・自主基準 (考慮事項 含む) への適合性	・法定要件への適合性 ・処分施設建設地選定 の環境要件への適合 性 ・安全審査基本指針へ の適合性 ・自主基準 (考慮事項 含む) への適合性	・法定要件への適合性 ・処分施設建設地選定 の環境要件への適合 性 ・安全審査基本指針へ の適合性 ・自主基準 (考慮事項 含む) への適合性	・安全審査指針への適 合性 ・安全審査基本指針へ の適合性	・技術上の基準への適 合性 (設工認、施設 確認、使用前検査) ・自主基準への適合性	・技術上の基準への適 合性 (施設確認、廃 棄体確認、使用前検 査) ・自主基準への適合性	・閉鎖措置計画の認可 の基準への適合性	・閉鎖措置計画の認可 の基準への適合性 ・自主基準への適合性	・廃止措置計画の 認可の基準への 適合性 ・廃止措置の終了 確認の基準への 適合性



凡例 ■ : 安全確保上特に重要な実施事項 ■ : 安全確保上重要な実施事項

表 5 技術開発ロードマップ (概要版)

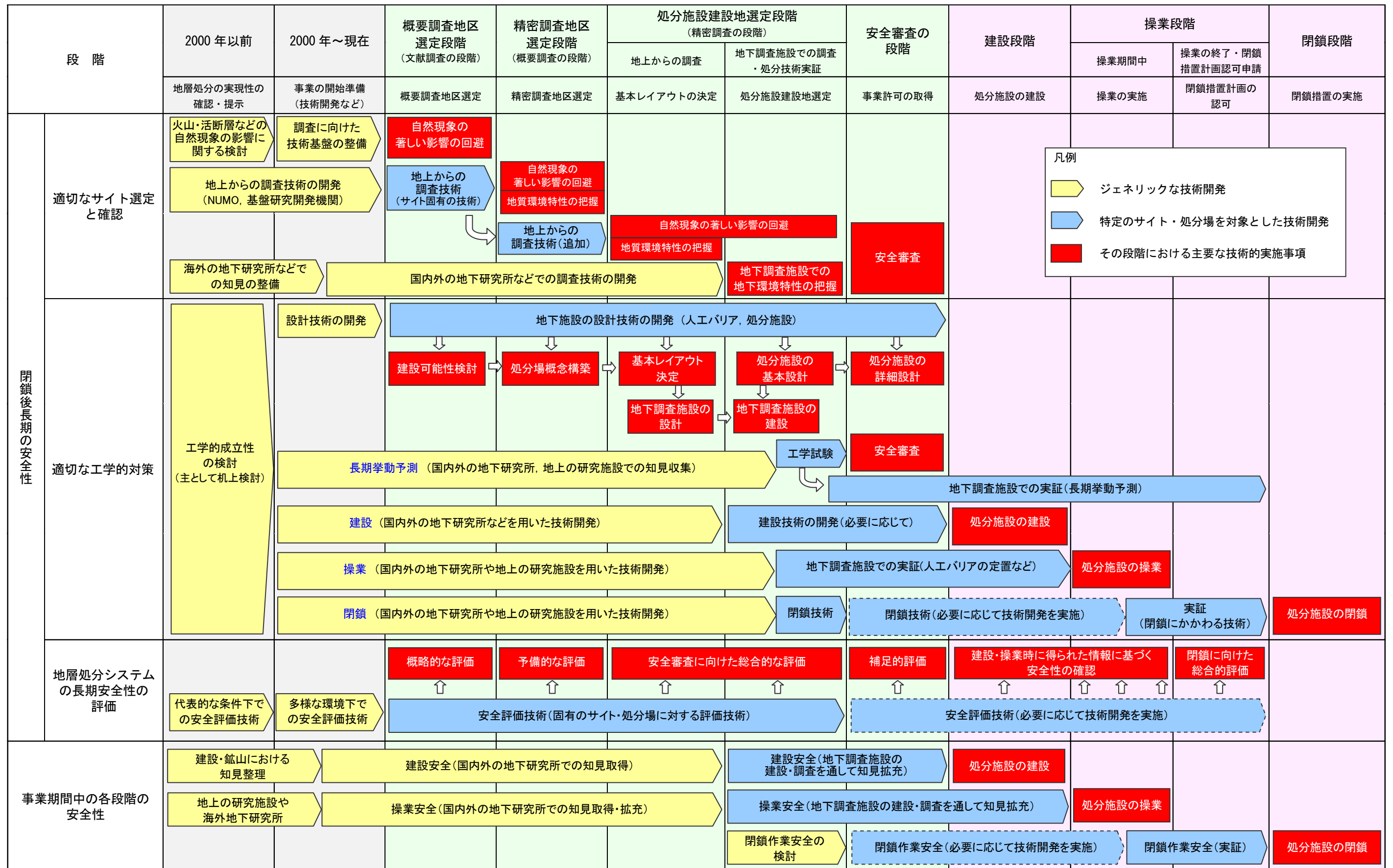
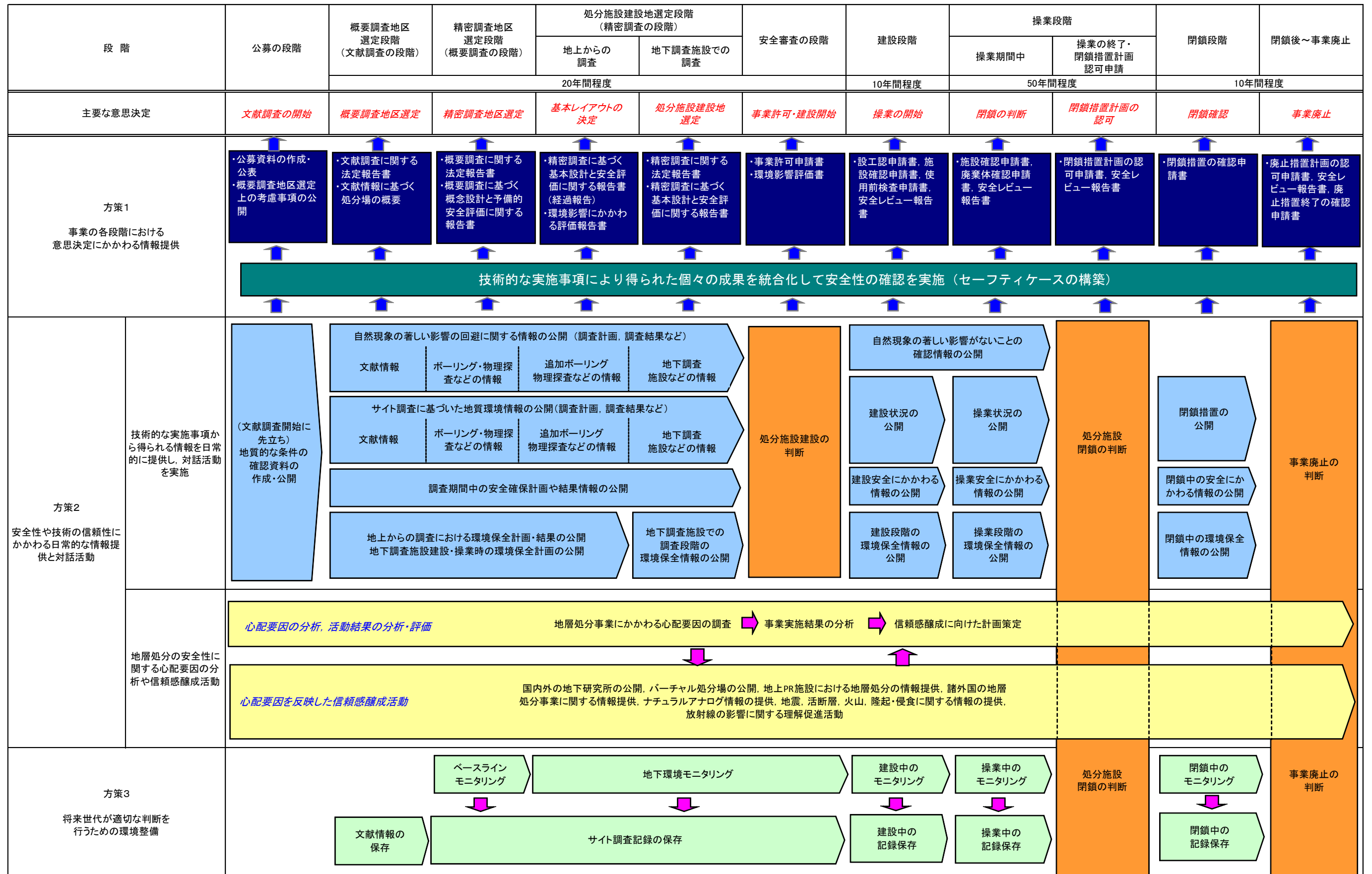


表 6 信頼感醸成ロードマップ

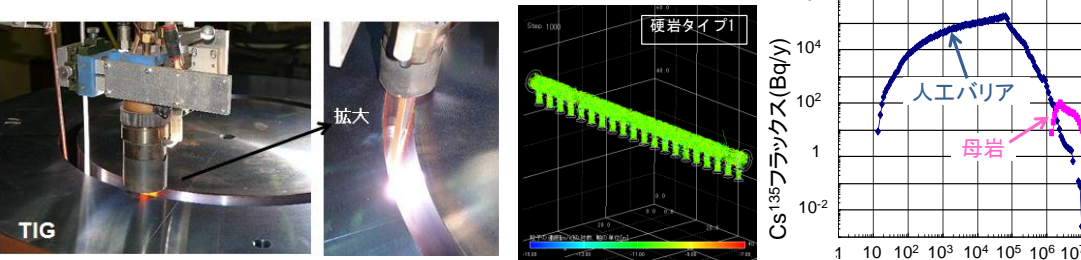


【第2次取りまとめ】

幅広い地質環境に対して、人工バリアや処分施設の設計の考え方と仕様例と製作可能性等を提示した。安全評価手法(1次元モデル)を開発した。

【地層処分事業の安全確保】

活断層の影響範囲などの地質環境の調査技術を改良・高度化した。遠隔溶接技術や遠隔定置技術等に関わる人工バリアの製作・施工技術の実証試験を実施した。安全評価モデルの拡張(3次元化や統計的解析手法の適用)等を実施した。



落とし蓋構造への溶接適用例(RWMC, 2009)

現実的な評価技術
人工バリア周辺や岩盤の亀裂などの3次元的な特徴を評価に取り込むモデルを開発

図 3 より現実的な調査・設計/製作/施工・評価が可能な技術

【第2次取りまとめ】

サイトを選定するための技術的拠り所となる情報を提示した。


【地層処分事業の安全確保】

地質環境調査技術の適用性の確認と信頼性を向上させた。地層処分に特有なボーリング調査技術等を実証した。

実施者の観点から概要調査の技術を実証し、適用性の確認を行うとともに、作業マニュアルなど、調査・評価を確実かつ円滑に進めるための技術を体系的に整備

マニュアル類の整備

- 概要調査計画立案マニュアル
- 概要調査管理マニュアル



ボーリング調査技術の実証

物理探査技術の実証

図 4 サイトを選定するための実用的な技術の体系化

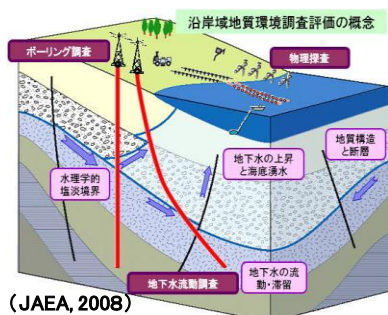
【第2次取りまとめ】

地下深部の調査研究(東濃, 釜石)および全国規模のデータ収集に基づき, わが国の一般的な深部地質環境の特性を示し, 線量評価を実施した。



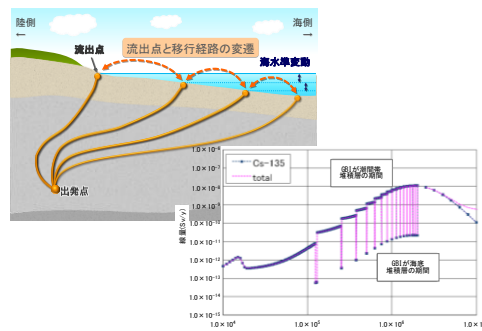
【地層処分事業の安全確保】

深地層の研究施設に関わる調査研究(幌延, 瑞浪)を通じて, 技術の適用性を確認し信頼性を向上させた。沿岸域の特徴を反映した調査技術や線量評価手法を整備した。



(JAEA, 2008)

JAEA等による沿岸域を対象とした調査技術の開発



沿岸域の特徴である隆起・侵食, 海進・海退を考慮した線量評価手法を整備

図 5 調査・設計・評価において, 多様な地質環境に対応可能な技術