

第4章

地層処分事業の段階的な推進

第4章 目次

第4章 地層処分事業の段階的な推進	4-1
4.1 方針の具体的展開（ロードマップ）	4-1
4.1.1 基本的考え方	4-1
4.1.1.1 地層処分事業の段階的な展開と主要なマイルストーン	4-1
4.1.1.2 地層処分事業の展開と各分野間の連携	4-2
4.1.1.3 三つの方針とロードマップの関係	4-3
4.1.1.4 各段階における分野間の連携	4-6
4.1.1.5 各分野の段階間における連携	4-8
4.1.2 方針1の具体的展開（安全確保ロードマップ）	4-9
4.1.2.1 方針1を具体的に展開するに当たっての考え方	4-9
4.1.3 方針2の具体的展開（技術開発ロードマップ）	4-18
4.1.3.1 方針2を具体的に展開するに当たっての考え方	4-18
4.1.3.2 技術開発ロードマップ	4-19
4.1.3.3 分野別の技術開発ロードマップ	4-21
(1) 適切なサイト選定と確認	4-21
(2) 適切な工学的対策	4-21
(3) 地層処分システムの長期安全性の評価	4-22
(4) 事業期間中の各段階の安全性	4-22
4.1.4 方針3の具体的展開	4-26
4.1.4.1 方針3を具体的に展開するに当たっての考え方	4-26
4.1.4.2 信頼感醸成ロードマップ	4-26
4.2 事業中の各段階における実施事項	4-28
4.2.1 サイト選定および安全審査の段階	4-28
4.2.1.1 概要調査地区選定段階（文献調査の段階）	4-28
(1) 実施事項	4-28
(2) 概要調査地区選定上の考慮事項について	4-30
4.2.1.2 精密調査地区選定段階（概要調査の段階）	4-33
(1) 実施事項	4-33
(2) 精密調査地区選定上の考慮事項について	4-34
4.2.1.3 処分施設建設地選定段階（精密調査の段階）	4-36
4.2.1.4 安全審査の段階	4-40
4.2.2 建設～事業廃止までの段階	4-41
4.2.2.1 建設段階	4-41
4.2.2.2 操業段階（操業期間中）	4-41
4.2.2.3 操業段階（操業の終了・閉鎖措置計画認可申請）	4-42
4.2.2.4 閉鎖段階	4-42
4.2.2.5 閉鎖後～事業の廃止までの段階	4-43
参考文献	4-44

第4章 地層処分事業の段階的な推進

本章では、第3章で提示した方針を地層処分事業の中でどのように展開するかについて、ロードマップとして提示する。

4.1 では、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」に対して安全確保ロードマップ、方針2「信頼性の高い技術を用いた事業推進」に対して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」に対して信頼感醸成ロードマップを提示する。

4.2 では、NUMO が各段階で実施する主要な技術的实施事項を整理する。サイト調査段階に関しては、各段階における調査地区選定上の考慮事項についても記述する。

なお、文献調査の実施に当たっては市町村からの応募による場合と、国が市町村に実施を申し入れる場合がある。本報告書では、特に断らない限りは市町村からの応募により文献調査が開始されるという場合を前提として記述している。

4.1 方針の具体的展開（ロードマップ）

4.1.1 基本的考え方

4.1.1.1 地層処分事業の段階的な展開と主要なマイルストーン

NUMO は、図 4.1.1-1 に示すように、文献調査から事業の廃止まで段階的に事業を推進する計画を明示している（NUMO, 2009a）。地層処分による安全確保の最終目標が、人の管理に依存しない受動的安全性を確保することであることから、サイト選定段階から閉鎖後まで段階的に安全確認を繰り返しながら、事業期間中に必要な措置を取ることにより安全な地層処分を実現していく。

地層処分事業の初期段階における重要なマイルストーンは、図 4.1.1-1 中の上段に示したように、概要調査地区選定、精密調査地区選定、基本レイアウトおよび地下調査施設位置決定、処分施設建設地選定の四つである。特に、概要調査結果に基づく「精密調査地区の選定」は、その時点で得られている候補サイトの中から地下調査施設を建設するに値するサイトを選定するという重要な意思決定となることから、事業の初期段階における最も重要な目標と位置付けている。

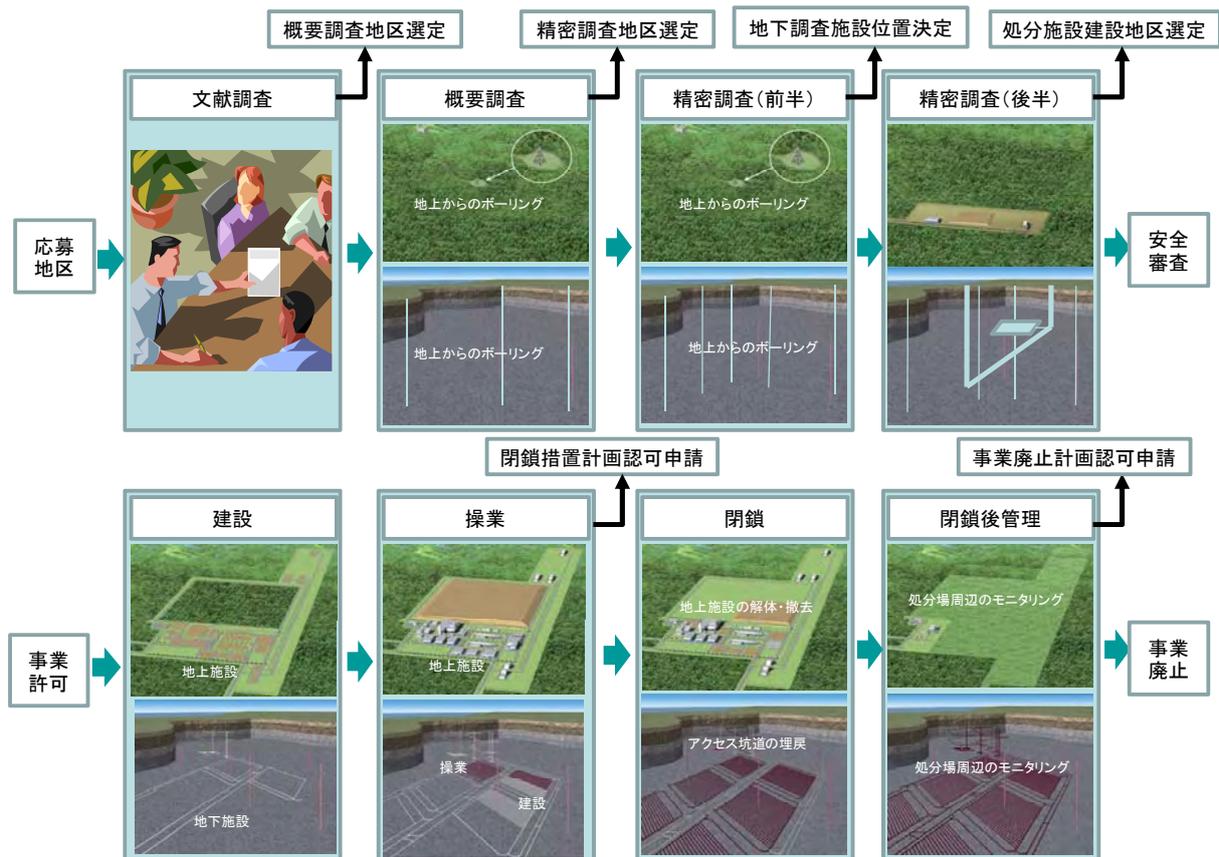


図 4.1.1-1 地層処分事業の段階的な展開
(NUMO, 2009a を一部修正)

図 4.1.1-1 の下段の事業展開では、事業許可を取得し、処分場の建設・操業を経て閉鎖、閉鎖後管理そして事業廃止までの流れを示している。これらの展開の中で、サイト調査段階で得られた情報を統合して安全審査を受けるステップと、操業終了後の閉鎖措置計画の認可を得るステップが、重要なマイルストーンとなる。特に、処分場の閉鎖の判断を行うという行為は、長期の安全確保を人の管理に依存しない受動的な安全確保に移行する十分な合理性があるという判断であり、極めて重要なステップである。NUMO は、これらのマイルストーンに向けて、安全性を繰り返し確認しながら、関係者と十分に協議した上で地層処分事業を推進していく。

4.1.1.2 地層処分事業の展開と各分野間の連携

地層処分事業では、「適切なサイト選定と確認」、「処分場の設計・施工などの適切な工学的対策」、「地層処分システムの長期安全性の評価」という三つの安全確保策を事業期間の中で段階的に展開することにより、安全性を確保する。その際には、これら三つの安全確保策を事業の中で実施するために作業ベースでは「サイト調査・評価」、「工学的対策」、「安全評価」という三つの専門分野における作業を実施することになるが、これらを連携させ、情報を統合化することによって、各段階における意思決定につなげていくことが重要である(図 4.1.1-2)。また、閉鎖後長期の安全性を確保するための取り組みは、事業期間中の安全性を確保した上で実施する必要がある。

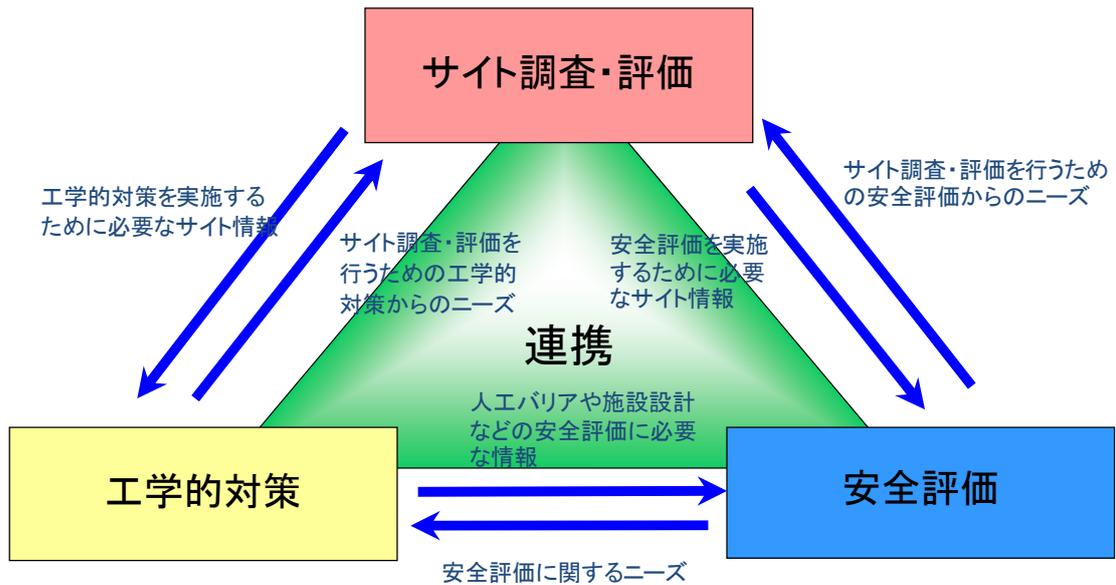


図 4.1.1-2 三つの専門分野間の連携

4.1.1.3 三つの方針とロードマップの関係

NUMO は、安全な地層処分を実現することを目標として、100 年程度にわたる長期の事業期間の中で事業を段階的に着実に進めていくために三つの方針を策定した。この方針それぞれに対してロードマップを作成し、これに基づいて事業を推進していく。

図 4.1.1-3 には三つの方針とロードマップの関係を示す。中心となるのは方針 1 を具体的に展開する安全確保ロードマップであり、それを支えるものとして、方針 2 に対応した技術開発ロードマップと、方針 3 に対応した信頼感醸成ロードマップを位置付ける。

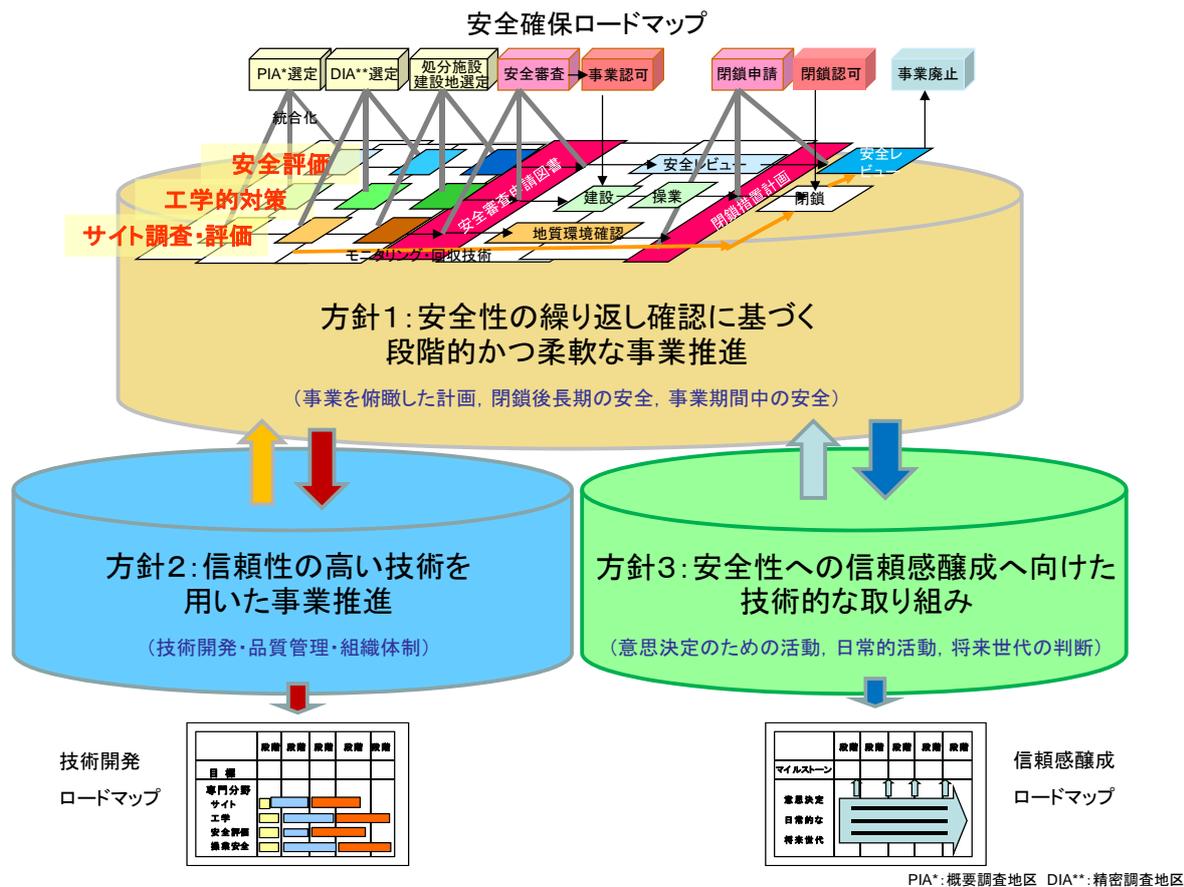


図 4.1.1-3 安全確保の三つの方針と事業全体の意思決定の枠組み

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」を具体的に展開するために策定したものが、安全確保ロードマップである。安全確保ロードマップはすべての段階を1枚のシートに記述した安全確保ロードマップ概要版と、段階ごとの実施事項をより詳細に記述した安全確保ロードマップ詳細版により構成される。安全確保ロードマップ概要版は、各段階で分野ごとに最も重要な実施事項を簡潔に記述したものであり、安全確保ロードマップ詳細版は、一つの段階を1枚のシートに記述し、実施事項を詳細に記述した上で、各実施事項のために必要な技術を提示したものである。

方針2「信頼性の高い技術を用いた事業推進」を実現するためには、

- a) 技術を事業期間の中でいかに準備するか (技術開発)
- b) 準備された技術を事業を実施する際にいかに用いるか (品質管理)
- c) 技術を開発し、使いこなすための組織体制や人材をいかに構築するか (組織体制)

といった点が重要であり、これらは3.2.1の方針策定の中で述べたとおりである。NUMOは、a)の技術開発の進め方について技術開発ロードマップを作成し、本報告書の中で提示することとした。

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」とは、地層処分事業について関係者

の理解を得た上で、その安全性に対する信頼感を醸成するための技術面における取り組みを提示するものである。これは技術の整備とともに段階的かつ柔軟な事業推進を支える重要な柱であり、地層処分事業のように公共性の高い活動を行うに当たっては非常に重要な課題である。

NUMO は、地層処分の安全性に対する信頼感を醸成するために、幅広い活動を行っていくが、本報告書ではそのうち、技術面における取り組みを中心に記述する。特に、信頼感醸成ロードマップの中では、事業の進展とともに関係者に提示できる技術的コンテンツが拡充されていくことから、どのような情報をどのように信頼感醸成につなげていくことができるのかといった取り組みについて提示する。

図 4.1.1-4 に、安全確保ロードマップ、技術開発ロードマップ、信頼感醸成ロードマップの関係を表した図を示す。

安全確保ロードマップでは安全な地層処分を実現するために事業の中で実施するべき事項を示し、特に安全確保ロードマップ詳細版では事業の各段階で必要とされる技術を明示する。

技術開発ロードマップでは、安全確保ロードマップ概要版において、重要な実施事項として明示された実施項目と、安全確保ロードマップ詳細版において安全な地層処分を実現するために必要な技術として明示された技術を考慮して技術開発課題と開発時期を設定した。技術開発ロードマップは専門分野全体を1枚のシートに掲載した概要版と、技術開発を分野別に詳細に記述した分野別版により構成される。技術開発ロードマップでは技術開発をジェネリックな（特定のサイトや処分施設の条件に依存しない）技術開発と、特定のサイトや処分施設を対象とした技術開発に分けて提示した。

信頼感醸成ロードマップでは、地層処分の安全性に対する信頼感を醸成するために NUMO が行う技術的な取り組みについて概括的に整理した。

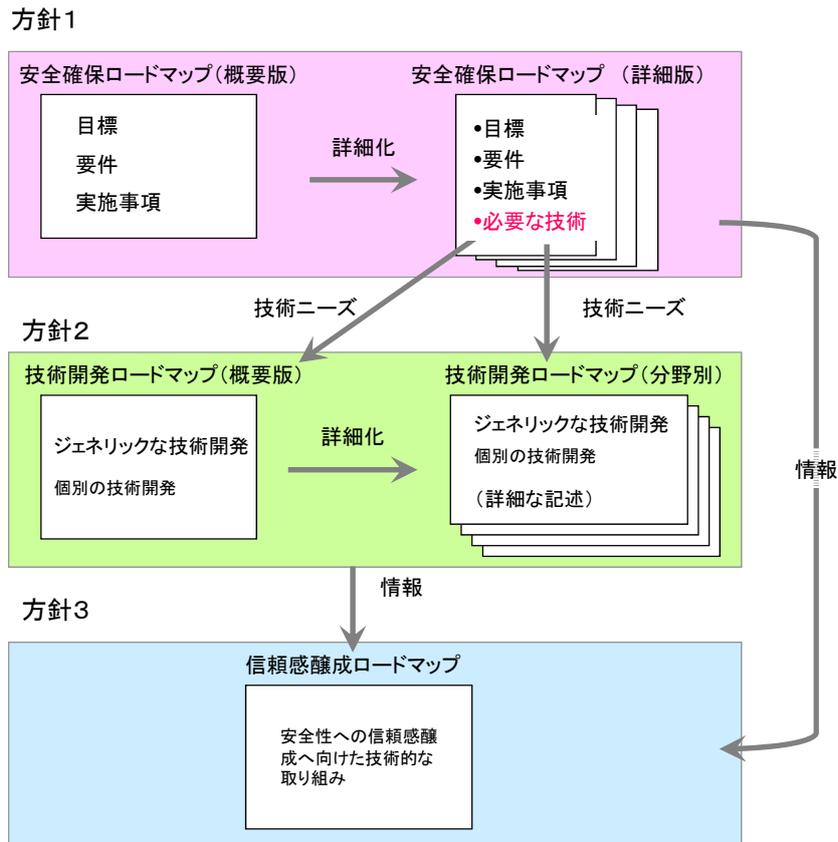


図 4.1.1-4 ロードマップの関係図

4.1.1.4 各段階における分野間の連携

安全確保のロードマップでは、閉鎖後長期の安全性を確保するために、適切なサイト選定と確認、処分場の設計・施工などの適切な工学的対策、地層処分システムの長期安全性の評価という安全確保策に対応した各専門分野での取り組みを提示した。しかし、実際の事業の中ではそれぞれの専門分野における実施事項は個別に実施するべきものではなく、互いに連携して実施する必要がある。そのことにより、専門分野間において相互に情報ニーズを把握でき、より合理的に事業目標達成に向けた計画を策定・実施することが可能となる。また、サイト調査で得られた結果は、専門家による評価を経て、処分場の設計のための基礎情報として活用され、地層処分システムの安全評価を行う。安全評価の結果によっては必要に応じてサイト調査・評価、工学的対策の検討の見直し、安全評価のやり直しなどを行い、最終的にはすべての情報を統合化し、その段階における重要な意思決定（例えば、次段階の調査地区選定）を行う。

このようなプロセスは、特にサイト調査・選定段階で重要であるが、各段階でサイト調査の内容が異なるため、必ずしも同じように専門分野間の連携を実施するわけではない。また専門分野間の連携には日常的に作業担当者レベルで実施されるべきものや、各専門分野での検討結果を持ち寄って重要な技術的判断を行うといった作業も存在する。ここでは、作業担当者間で実施するような日常的なものではなく、ある段階における実施プロセス中における重要な連携について記述する（図 4.1.1-5）。また、各段階における分野間の連携プロセスは、4.2 で段階ごとに記述するので、ここでは、ある段階における分野間の連携について、その内容を精密調査地区選定段階（概要調査の段階）を例として示す。

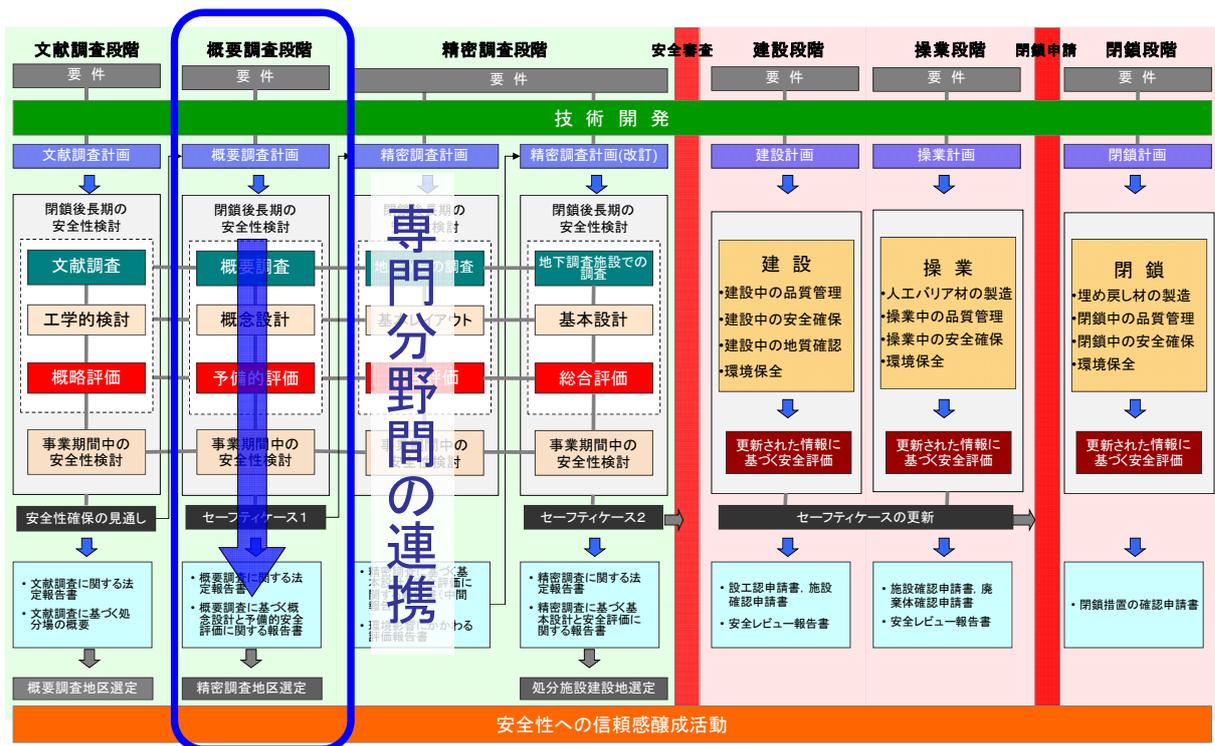


図 4.1.1-5 事業各段階における専門分野間の連携

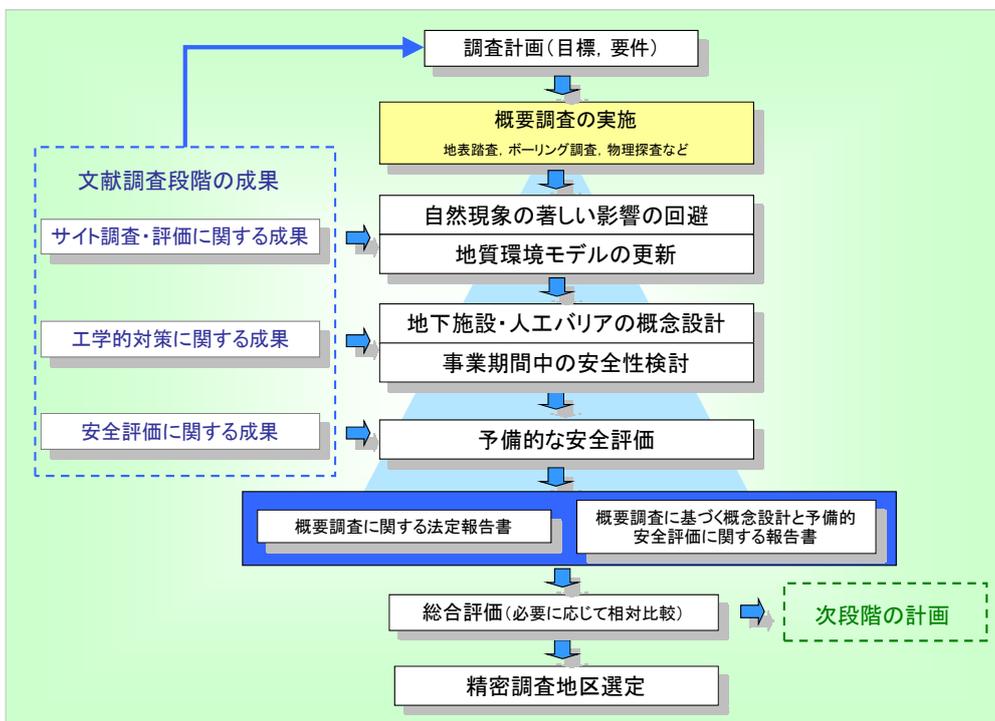


図 4.1.1-6 精密調査地区選定に至る意思決定の枠組み例

精密調査地区選定段階（概要調査の段階）における実施事項の流れを、図 4.1.1-6 に示す。サイト調査・評価として実施する「自然現象の著しい影響の回避」、「地質環境モデルの更新」、工学的対策として実施する「地下施設・人工バリアの概念設計」、「事業期間中の安全性検討」、さらに安全評

価として実施する「予備的な安全評価」の中で専門分野間で互いに情報をやり取りし、最終的にはそれぞれの検討成果を統合して報告書を取りまとめ、それに基づいて重要な意思決定を行う。

4.1.1.5 各分野の段階間における連携

NUMOは、安全な地層処分の実現に向けて、段階的に繰り返し安全性の確認を実施しながら事業を推進していく。その中で、分野間における連携を行い、最終的に情報の統合化し、その段階において必要な意思決定を行うことは前節で述べた。

段階的に事業を推進するには、分野間における連携に加えて、段階間においても連携を行い、継続性を持って事業を推進していく必要がある。すなわち、ある段階で得られた情報は次の段階における初期条件として活用することになり、これにより事業を連続性を持って効率的に推進することが可能になる。また、ある段階において構築されたセーフティケースにおいて、含まれている不確実性に対しては、それ以降の段階において、追加のサイト調査・評価を実施したり、研究・技術開発などの取り組みによって知見を拡充することで不確実性を減らす取り組みを行う。さらに、次段階での検討内容を視野に入れて、前の段階であらかじめ必要な情報を取得したり、技術的な検討を前倒して実施することもある。このように、一つの段階の中で、単にその段階の目標達成を指向して実施事項を展開するのではなく、段階的な事業展開の中で、専門分野内あるいは分野間においても連携することにより、事業を合理的に推進することが可能となる。

図 4.1.1-7 は、前節で述べた各段階での意思決定とともに、サイト調査・評価、工学的対策、安全評価などの各分野での作業が、段階間で継続的に展開していく流れを模式的に表している。

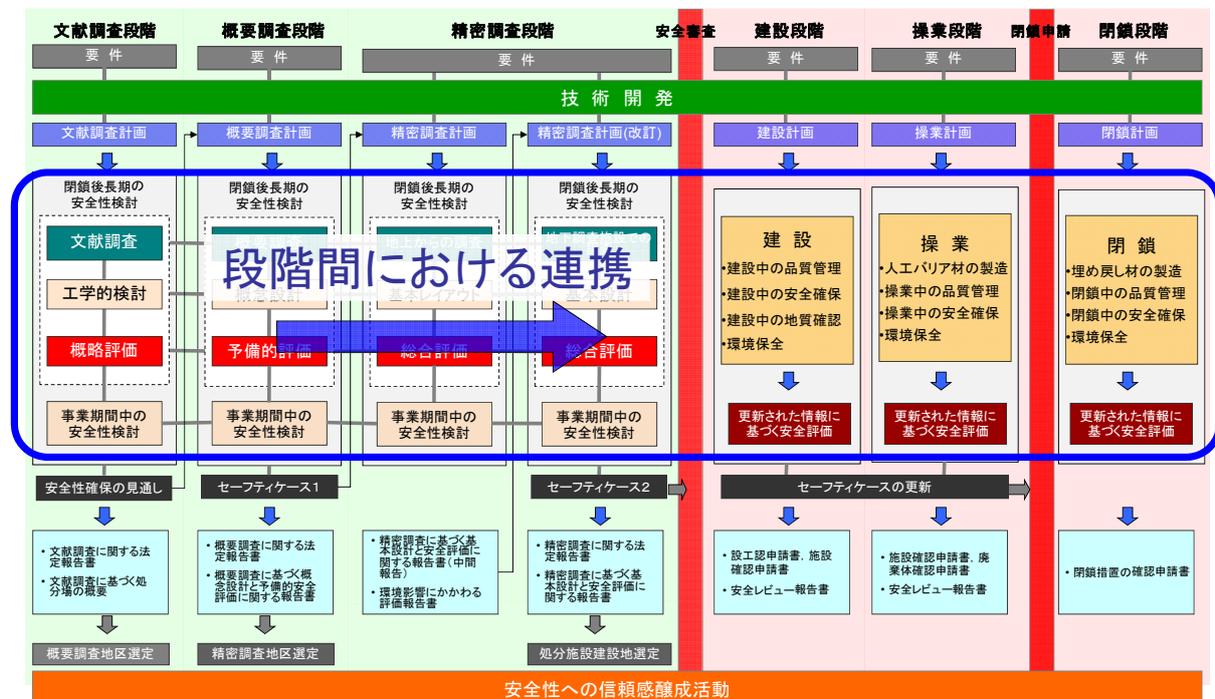


図 4.1.1-7 各段階での意思決定と段階間の各分野の連携

例えば、工学的対策の段階的な展開では、各段階で設定した目標を達成しながら、サイト調査・評価や安全評価と連携し、情報を統合化することで適切な工学的対策を準備していく。特に工学的

対策で重要な視点は、事業期間中（建設・操業・閉鎖）の安全確保と閉鎖後長期の安全確保を確実にする施設の設計であり、そのためには、段階的に得られる情報を介してサイト調査・評価や安全評価と連携しつつ、施設の合理化や最適化を目指す。

4.1.2 方針1の具体的展開（安全確保ロードマップ）

4.1.2.1 方針1を具体的に展開するに当たっての考え方

安全確保ロードマップは、事業全体を俯瞰した上で事業期間を10段階に分割し、各段階において目標、要件、実施事項、成果物としての主要な文書を明示する構造であり、各段階で設定した目標をクリアしていくことにより、最終的に安全な地層処分が実現できるよう構成されている。

安全確保ロードマップ概要版では、各段階で分野ごとに最も重要な実施事項を簡潔に記述している（図 4.1.2-1）。主要な実施事項のうち、安全確保上、特に重要な実施事項を赤色で、安全確保上重要な実施事項を黄色で表している。

全体の流れとしては、サイト調査段階初期においては、火山・火成活動、地震・断層活動などの自然現象の著しい影響を回避することに重点を置いており、その後は地質環境特性の把握、処分場の設計・安全性の確認へと進み、安全審査に臨む。安全審査を経て事業許可が得られたら、処分場の建設、操業、閉鎖を実施していく。

安全確保ロードマップ概要版は、事業全体でどの段階でどのような実施事項に焦点が当てられているかを概観する上でも有用である。

一方、安全確保ロードマップ詳細版では、各段階における分野ごとの実施事項に加えて、各実施事項を行うために必要となる技術を明示することにより、事業から技術へのニーズの橋渡しの役割を果たしている。詳細版として提示した段階は、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）のうち地上からの調査段階、処分施設建設地選定段階のうち地下調査施設での調査段階、事業認可を受けたのちの建設段階、操業段階、閉鎖段階であり、それぞれの段階に対応した安全確保ロードマップ（詳細版）を表 4.1.2-1～7に取りまとめた。

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	作業段階		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			作業期間中	作業の終了・閉鎖措置計画認可申請				
			20年間程度								10年間程度	10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	作業の実施	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保 ・作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保 ・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		
各分野における実施事項	閉鎖後長期の安全性	適切なサイト選定と確認	自然現象の著しい影響の回避	文献調査による回避	概要調査による回避	回避できていることの確認						
		地質環境特性の把握	地質環境モデルの構築	地質環境モデルの更新	地質環境モデルの更新	安全審査に提示する地質環境モデルの構築	地質環境モデルの更新					
		適切な工学的対策	地下施設	概略検討	基本レイアウトの設定と概念設計	基本レイアウトの決定と基本設計	基本設計	詳細設計	施工	製造・施工	閉鎖の仕様確定	閉鎖(地下)
		人工バリア	概念設計	仕様決定 製造/施工の実証	製造設備建設		製造・施工	現象確認				
地層処分システムの長期安全性の評価	概略的な評価	予備的な評価	安全審査に向けた総合的評価		補足的評価	建設時取得データに基づく安全性の確認	作業時取得データに基づく安全性の確認	閉鎖に向けた総合的評価	閉鎖時取得データに基づく安全性の確認			
事業期間中の各段階の安全性	一般労働安全の確保	情報収集・評価	対策立案(地上/地下施設)		基本設計	詳細設計	対策の実施	対策の実施・監視				
	放射線安全の確保	概略検討	概念設計		基本設計	詳細設計	対策実施・監視			監視		
	周辺環境保全	制約調査	影響予備評価		影響評価および保全措置	補足的検討	保全措置および監視(追加対策)					
安全確保にかかわる主要文書	・文献調査に関する法定報告書 ・文献情報に基づく処分場の概要	・概要調査に関する法定報告書 ・概要調査に基づく概念設計と予備的安全評価に関する報告書	・精密調査に基づく基本設計と安全評価に関する報告書(中間報告) ・環境影響にかかわる評価報告書	・精密調査に関する法定報告書 ・精密調査に基づく基本設計と安全評価に関する報告書	・事業許可申請書 ・環境影響評価書	・設工認申請書、施設確認申請書、使用前検査申請書、安全レビュー報告書	・施設確認申請書、廃棄体確認申請書、安全レビュー報告書	・閉鎖措置計画の認可申請書、安全レビュー報告書	・閉鎖措置の確認申請書	・廃止措置計画の認可申請書、安全レビュー報告書、廃止措置終了の確認申請書		

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

図 4.1.2-1 安全確保ロードマップ (概要版)

表 4.1.2-1 安全確保ロードマップ（詳細版）
概要調査地区選定段階（文献調査の段階）

段階		概要調査地区選定段階(文献調査の段階)			
事業目標		概要調査地区選定			
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選ける)			
目標達成にかかわる要件		<ul style="list-style-type: none"> ・ 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 			
主要な実施事項		<ol style="list-style-type: none"> ① 概要調査地区選定上の考慮事項への適合性の確認 ② サイトの地質環境特性に応じた概略的な処分場概念の構築 ③ 精密調査地区選定上の考慮事項の作成 ④ 概要調査計画の作成 			
各分野における実施事項	閉鎖後期の安全性	アクション	実施内容	必要とされる技術・知見	
		適切なサイト選定と確認	調査	・文献調査を実施し、地質環境の長期安定性・地質環境特性に関する文献情報を収集・整理する。	・収集した情報をデータベース化し、一元的管理する技術
			自然現象の著しい影響の回避	・文献情報を分析・評価し、火山・火成活動、地震・断層活動の著しい影響の範囲、および隆起・侵食の概略的な評価を行い著しい影響を回避する。→①④ ・精密調査地区選定に必要な情報およびそれに係る不確実性を把握する。→③④	・火山・火成活動、地震・断層活動、隆起・侵食の影響を評価する技術 ・次段階の調査計画を立案するための技術(マニュアル)
			地質環境特性の把握	・文献情報に基づき、付加的に評価する事項について分析・評価し、広域的な地質環境モデルを作成するとともに、地質環境の長期変遷について検討する。→①②③④ ・精密調査地区選定に必要な情報およびそれに係る不確実性を把握する。→③④	・付加的に評価する事項を評価するための技術 ・地質環境特性にかかわる情報を分析・評価する技術 ・地質環境モデルを構築する技術 ・地質環境の長期変遷の検討に係る技術 ・次段階の調査計画を立案するための技術(マニュアル)
			地下施設	・候補母岩を対象に、第2次取りまとめなどのジェネリックな処分場概念に基づいて、対象区域の地質環境特性に応じた概略的な処分施設設計を実施する。→①②④ ・次段階での処分施設設計のために取得すべき重要なサイト情報を特定する。→④	・概略的に処分施設を設計する技術(概略成立性判断の根拠) ・地下施設設置位置の設定手法 ・重要な情報と不確実性を特定する知見
	人工バリア	・候補母岩を対象に、地質環境モデルと長期予測に対応した安全確保の基本概念に基づく概略的な人工バリア仕様を、第2次取りまとめなどを参照して設定する。→①②③ ・次段階での人工バリア設計のために取得すべき重要なサイト情報を特定する。→④	・安全確保の基本概念を踏まえた概略的な人工バリア仕様の設定技術 ・重要な情報と不確実性を特定する知見		
	事業期間中の安全性	地層処分システムの長期安全性の評価	・文献調査情報と概略的な処分施設設計に基づき、概略的な安全性の検討を行う。→②④ ・次段階で取得すべき安全性にかかわる重要なサイト情報を特定する。→④	・わが国の一般役な地質環境に対する安全評価技術(シナリオ、モデル、データセット、安全解析) ・重要な不確実性を特定するための手法と知見 ・他分野との連携に関する方法論	
		一般労働安全の確保	・概略的な処分施設設計に対応し、建設・作業時の安全性確保にかかわる情報を収集・評価する。→② ・付加的に調査する事項を用い、建設および作業段階で支障となり得る自然現象に関する情報を収集・評価する。→② ・処分施設の耐震性検討のための文献情報を収集・評価する。→④ ・概要調査における作業安全計画を立案する。	・原子力施設の建設・作業時の想定事故・災害の設定技術 ・鉱山・地下施設建設での事故・災害に関する記録の分析・評価 ・自然現象の影響評価に係る評価手法と知見	
		放射線安全の確保	・概略的な処分施設設計に基づき、廃棄体の輸送時や地上施設における取り扱い時の一般公衆への安全確保の方針を検討する。→② ・概略的な処分施設設計に基づき、地下施設での廃棄体の搬送・定置時の取り扱い方法、作業従事者の放射線に対する放射線災害への対策について概略検討する。→②	・地上施設での廃棄体取り扱い時の安全確保に関する知見 ・地下施設での廃棄体取り扱い時の安全確保に関する知見 ・耐震性評価手法	
		周辺環境保全	・文献調査を実施し、処分施設設計に対応して、環境保全の観点(保護動植物の有無、騒音、振動、遺跡などの発掘可能性など)で必要となる情報を集約する。→②	・環境保全に関する知見、評価手法	
安全確保にかかわる主要文書		<ul style="list-style-type: none"> ・文献調査に関する法定報告書 ・文献情報に基づく処分場の概要 			

表 4.1.2-2 安全確保ロードマップ（詳細版）
精密調査地区選定段階（概要調査の段階）

段階		精密調査地区選定段階(概要調査の段階)		
事業目標		精密調査地区選定		
安全確保にかかわる目標		<ul style="list-style-type: none"> ・ 自然現象の著しい影響の回避 ・ 長期安全性確保の見通し ・ 事業期間中の安全確保の見通し 		
目標達成にかかわる要件		<ul style="list-style-type: none"> ・ 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 		
主要な実施事項		<ul style="list-style-type: none"> ① 精密調査地区選定上の考慮事項への適合性の確認 ② レファレンス処分場概念(含むセーフティケース)の構築 ③ 処分施設建設地選定上の考慮事項の作成 ④ 精密調査計画の作成 ⑤ 安全審査基本指針への適合性の確認 ⑥ セーフティケースの構築 		
アクション		実施内容	必要とされる技術・知見	
各分野における実施事項	閉鎖後長期の安全性 適切な工学的対策	調査	<ul style="list-style-type: none"> ・地上からの概略的な調査(地表踏査, 物理探査, ボーリング調査など)を複数のフェーズで段階的に実施する。 ・ベースラインモニタリングを視野に入れ, ボーリング孔などでモニタリングを開始する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・現地調査技術(地表踏査, 物理探査, ボーリング調査, モニタリングなど) ・現地調査を管理する技術(マニュアル, 調査システムフロー) ・取得した情報をデータベース化し一元的管理する技術
		自然現象の著しい影響の回避	<ul style="list-style-type: none"> ・概要調査地区選定段階の評価の妥当性を確認するとともに, 自然現象の著しい影響を回避するためのほぼ最終的な評価を行う。→①⑥ ・処分施設建設地選定に必要な情報およびそれに係る不確実性を把握する。→④⑥ 	<ul style="list-style-type: none"> ・火山・火成活動, 地震・断層活動, 隆起・侵食の影響を調査・評価する技術
		地質環境特性の把握	<ul style="list-style-type: none"> ・概要調査地区選定段階で構築した地質環境モデルを概要調査の進展に応じて更新する。→①② ・候補母岩を含むスケールの地質環境モデルを作成し, 地質環境の長期変遷について検討する。→②④⑥ ・処分施設建設地選定に必要な情報およびそれに係る不確実性を把握する。→④⑥ 	<ul style="list-style-type: none"> ・付加的に評価する事項を評価するための技術 ・地質環境特性を調査・評価する技術 ・地質環境モデルを構築する技術 ・地質環境の変遷に関する検討にかかわる技術 ・地質環境の長期変遷の検討に係る技術 ・次段階の調査計画を立案するための技術(マニュアル)
		地下施設	<ul style="list-style-type: none"> ・候補母岩を対象に, 地質環境特性に応じて, 地下施設の坑道仕様を検討, 基本レイアウトを設定し, レファレンス処分場概念としてとりまとめる。→② ・安全審査基本指針(あるいは自主基準)に適合するようレファレンス処分場概念の安全機能と長期状態変遷を評価する。→⑤ ・地下施設の閉鎖措置で求められる要件を検討する。→④⑥ ・次段階での処分施設設計のために取得すべき重要なサイト情報を特定する。→④ 	<ul style="list-style-type: none"> ・レファレンス処分場概念を構築する技術(技術上の判断指標と根拠) ・工学的成立性を評価する判断指標とレベル(自主基準) ・不確実性を特定する知見
		人工バリア	<ul style="list-style-type: none"> ・候補母岩を対象に, 地質環境特性に応じて, 人工バリア仕様を設定し, レファレンス処分場概念として取りまとめる。→②⑥ ・人工バリアの長期変遷を検討することで安全審査基本指針(あるいは自主基準)への適合性を確保する。→⑤⑥ ・次段階での人工バリア設計のために取得すべき重要なサイト情報を特定する。→④⑥ 	<ul style="list-style-type: none"> ・人工バリア仕様を設定する技術(安全機能と判断指標) ・工学的成立性を評価する技術(実現性と長期変遷評価) ・安全機能を考慮した長期変質モデルの検証と考古学的な情報の活用 ・効率的な人工バリアおよび廃棄体の搬送・設置技術 ・不確実性を特定する手法と知見
地層処分システムの長期安全性の評価		<ul style="list-style-type: none"> ・レファレンス処分場概念に基づく予備的な安全評価を行い, 安全審査基本指針(あるいは自主基準)への適合性の見通しを評価する。→②⑤⑥ ・評価結果の信頼性を分析し, 重要なサイト情報や入力パラメータの不確実性の低減に向けての方策を検討し, 結果を精密調査に反映させる。→②④⑥ ・得られた情報に基づき, セーフティケースを構築する。→⑥ 	<ul style="list-style-type: none"> ・地表環境, 地質環境, 人工バリアに対するサイト固有の長期変遷を考慮した安全評価技術 ・母岩不均質性および処分場の設計を考慮した核種移行解析手法 ・安全評価にかかわる品質保証および不確実性の取扱い手法 ・セーフティケース構築のための情報整理手法 	
事業期間中の安全性	一般労働安全の確保	<ul style="list-style-type: none"> ・レファレンス処分場概念に対応して, 建設・操業時の一般労働安全にかかわる事項(自然災害, 事故など)を抽出しその影響を概略評価する。→①②④ ・影響を緩和するための安全対策を検討する。→①②⑤ ・処分施設の耐震検討のためのデータを収集し, 耐震性の評価を行う。→④ ・概要調査における一般労働安全の確保方策を実施する。 ・精密調査における作業安全計画を立案する。 	<ul style="list-style-type: none"> ・地上からの調査段階での安全確保技術 ・処分場の建設・操業時の一般労働安全確保に関する知見 ・事故・自然災害の安全評価に係る評価手法と判断指標およびレベル 	
	放射線安全の確保	<ul style="list-style-type: none"> ・レファレンス処分場概念に対応して, 運搬時や処分施設における廃棄体取り扱い時の事故などを抽出し, その影響を概略評価する。→②⑥ ・概略評価に基づき, 廃棄体の地下施設への搬送, 設置時の取り扱い方法, 作業従事者の放射線に対する放射線災害への具体的な対策を検討する。→②⑥ 	<ul style="list-style-type: none"> ・地上施設での廃棄体取り扱い時の安全確保に関する知見(輸送時も含む) ・地下施設での廃棄体取り扱い時の安全確保に関する知見 ・地震動策定, 耐震性評価手法 	
	周辺環境保全	<ul style="list-style-type: none"> ・調査に取りかかる前に物理探査やボーリング掘削といった現場作業が周辺環境に及ぼす影響を評価し, 対応策を講じる。→② ・レファレンス処分場概念を対象とした周辺環境への影響の予備検討を行う。→② ・次段階以降で地下掘削を開始した場合の影響について評価する。→② 	<ul style="list-style-type: none"> ・地上での調査段階での環境保全技術 ・処分場規模での環境影響を評価するための知見 	
安全確保にかかわる主要文書		<ul style="list-style-type: none"> ・概要調査に関する法定報告書 ・概要調査に基づく概念設計と予備的安全評価に関する報告書 		

表 4.1.2-3 安全確保ロードマップ（詳細版）
 処分施設建設地選定段階（精密調査の段階のうち、地上からの調査段階）

段階		処分施設建設地選定段階（精密調査の段階のうち、地上からの調査段階）		
事業目標		基本レイアウトの決定		
安全確保にかかわる目標		<ul style="list-style-type: none"> 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 		
目標達成にかかわる要件		<ul style="list-style-type: none"> 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 		
主要な実施事項		① 精密調査計画書（地下調査施設の建設計画・調査・実証計画）の作成 ② 事業許可申請に向けた安全性の予備的確認 ③ 処分施設建設地選定の考慮事項への適合性の予備的確認 ④ 環境調査および環境影響評価 ⑤ セーフティケースの更新		
アクション		実施事項	必要とされる技術・知見	
閉鎖後長期の安全性	適切なサイト選定と確認	調査	<ul style="list-style-type: none"> レファレンス処分場概念をベースに、法定要件などの考慮事項への適合性確認を目的として、処分施設建設候補地を中心とした地質環境に係る情報を得るため地上からの詳細な調査（地表踏査、物理探査、ボーリング調査など）を行う。 地上からの各種モニタリングを継続して実施する。 	<ul style="list-style-type: none"> 現地調査技術（地表踏査、物理探査、ボーリング調査、モニタリングなど） 現地調査を管理する技術（マニュアル、調査システムフロー） 取得した情報をデータベース化し一元的管理する技術
		自然現象の著しい影響の回避	<ul style="list-style-type: none"> 地質環境特性に係る調査データに基づき、精密調査地区選定段階の評価の妥当性を確認する。→②③ 	<ul style="list-style-type: none"> 火山・火成活動、地震・断層活動、隆起・侵食の影響を評価する技術
		地質環境特性の把握	<ul style="list-style-type: none"> 精密調査地区選定段階で作成した地質環境モデルを調査の進展に応じて更新する。→①②③ 精密調査地区およびその周辺の地質環境特性の長期変遷を評価する。→①②③ 地下調査施設における調査の対象および確認する事項を抽出し、調査計画を立案する。 	<ul style="list-style-type: none"> 地質環境特性を調査・評価する技術 地質環境モデルを構築する技術 地質構造発達の検討に係る技術 地質環境の長期変遷の検討に係る技術 次段階の調査計画を立案するための技術（マニュアル）
	適切な工学的対策	地下施設	<ul style="list-style-type: none"> 著しい自然現象の影響の回避を確認した地質環境モデルをベースにレファレンス処分場概念を見直し、地下施設の基本レイアウトを決定する。基本レイアウトをもとに地下施設の基本仕様を決定する。→①②③④ 地下施設の基本レイアウトと仕様に基づき、建設・操業・閉鎖手法を検討し、基本計画を策定する。→①② 基本レイアウトおよび調査計画、実証試験計画に従い、地下調査施設の詳細設計と施工計画を立案する。→① 	<ul style="list-style-type: none"> 地上調査で確認された候補母岩を対象に地下施設の基本レイアウトと仕様を決定する技術（判断指標と根拠） 建設・操業・閉鎖計画を設定し、工学的成立性を評価する技術 効率的な人工バリアおよび廃棄体の搬送・定置技術（地下調査施設・実証計画に反映） 不確実性を特定する知見
		人工バリア	<ul style="list-style-type: none"> 地質環境に対応した安全概念に基づき、レファレンス処分場概念で設定した人工バリア仕様を見直し、基本仕様を設定する。→② 対象とする地下環境下での人工バリア候補材の性能面での検討を行う。→② 人工バリアに関する地下調査施設での実証計画を作成し、予備試験を開始する。→①④ 	<ul style="list-style-type: none"> 人工バリア基本仕様を設定する技術 人工バリアの工学的成立性を評価する技術 長期変遷モデルを検証する技術と考古学的な知見 不確実性を特定し、地下での実証計画に反映する手法と知見→II
		地層処分システムの長期安全性の評価	<ul style="list-style-type: none"> 見直された地質環境モデル、安全概念および工学的対策に基づき、地層処分システムの長期の状態変遷を検討する。→② 安全審査基本指針の規定事項への遵守のためシナリオ設定などの予備的安全評価を行う。→②、③ 地下調査施設で確認すべき事項を整理し、調査・実証計画に反映する。→① 長期の安全性確保につながる安全論拠を収集し、セーフティケースとして取りまとめる。→③ 	<ul style="list-style-type: none"> 更新された知見（地質環境モデルの更新や工学的対策の具体化）に基づく、地表環境、地質環境、人工バリアに対するサイト固有の長期変遷を考慮した安全評価技術（シナリオ解析、モデル開発、パラメータ設定、安全解析） 安全審査基本指針に対応した安全評価技術 母岩不均質性および処分場の設計を考慮した核種移行解析手法 安全評価にかかわる品質保証および不確実性管理手法 重要な不確実性を特定する手法と知見 他分野との連携に関する方法論 セーフティケース更新のための情報および知識の整理手法
事業期間中の安全性	一般労働安全の確保	<ul style="list-style-type: none"> 処分施設の基本設計仕様と基本計画に基づき、建設・操業・閉鎖時に安全確保上留意すべき事象を抽出し、その対応策を検討するとともに、対応策の有効性を判断するための情報を蓄積する。これらの結果は、地下調査施設の建設と調査・実証試験に反映する。→①、⑤ 地上からの精密調査において、作業安全計画に基づき安全確保方策を実施する。 地下での調査における作業安全計画を立案する。 	<ul style="list-style-type: none"> 地上からの調査段階での安全確保技術 処分場の建設・操業時の一般労働安全確保に関する知見と想定される事故・災害への対応策を設定する技術 事故・自然災害の安全評価に係る評価手法と判断指標およびレベルを設定する技術 	
	放射線安全の確保	<ul style="list-style-type: none"> 処分施設の基本レイアウトに基づき、廃棄体の輸送ルートを選定と放射線防護の取り組み方針を策定する。 処分施設の基本レイアウトに基づき、廃棄体の地下への搬送、定置時の取り扱い方法、作業従事者の放射線に対する放射線災害防止への取り組み方針を策定する。→② 	<ul style="list-style-type: none"> 地上での廃棄体取り扱い時の安全確保に関する知見と想定される事故・災害への対応策を設定する技術 地下施設での廃棄体取り扱い時の安全確保に関する知見と想定される事故・災害への対応策を設定する技術 事故・自然災害の安全評価に係る評価手法と判断指標およびレベルを設定する技術 地震動策定、耐震性評価手法と安定性の判断根拠 	
	周辺環境保全	<ul style="list-style-type: none"> 調査計画で記載した周辺環境への対応策を調査行為の中で実践し、その状況を監視する。→④ 地下調査施設の建設計画、調査・実証計画に対する環境への影響評価を実施するとともに、対応策を検討する。地下調査施設の建設は、実機の建設時の環境対策も実証する役割を持たせる。→④ 	<ul style="list-style-type: none"> 地上での調査段階での環境保全対応技術 処分場規模での環境影響の可能性を考慮するための知見（地下の地質環境の影響は閉鎖措置への要件としても考慮しておく） 	
安全確保にかかわる主要文書		<ul style="list-style-type: none"> 精密調査に基づく基本設計と安全評価に関する報告書（中間報告） 環境影響にかかわる評価報告書 		

表 4.1.2-4 安全確保ロードマップ（詳細版）
 処分施設建設地選定段階（精密調査の段階のうち、地下調査施設での調査段階）

段階		処分施設建設地選定段階（精密調査の段階のうち、地下調査施設での調査段階）			
事業目標		処分施設建設地選定			
安全確保にかかわる目標		<ul style="list-style-type: none"> 自然現象の著しい影響の回避を確認 長期安全性の確実な確保 	<ul style="list-style-type: none"> 事業期間中の安全性の確実な確保 		
目標達成にかかわる要件		<ul style="list-style-type: none"> 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 	<ul style="list-style-type: none"> 安全審査指針への適合性 自主基準（考慮事項含む）への適合性 		
主要な実施事項		<ol style="list-style-type: none"> 処分施設建設地選定の考慮事項への適合性の確認 処分場の基本設計（建設・操業・閉鎖を含む） 地下調査施設での調査・試験 	<ol style="list-style-type: none"> 事業許可申請書の作成 環境調査および環境影響評価 セーフティケースの更新 		
アクション		実施事項	必要とされる技術・知見		
各分野における実施事項	閉鎖後長期の安全性	適切なサイト選定と確認	調査作業	<ul style="list-style-type: none"> 地下調査施設を用いた詳細な調査（坑道での地質調査、地下水調査、物理探査、ボーリング調査など）を実施する。 必要に応じて地上からの調査を実施し、付加的な地下情報を取得する（例えば、地下水の涵養・流出域の調査など）。 地上および地下調査施設における各種モニタリングを継続して実施する。 	<ul style="list-style-type: none"> 坑道での調査技術（地質調査、地下水調査、物理探査、ボーリング調査、モニタリングなど） 現地調査を管理する技術（マニュアル、調査システムフロー） 取得した情報をデータベース化し一元的管理する技術
			自然現象の著しい影響の回避	<ul style="list-style-type: none"> 許認可申請のために、地上からの詳細調査および地下での調査結果を分析し、処分施設の基本仕様と安全評価結果を総合的に判断し、著しい影響が回避されるという判断の妥当性を確認する。→①④ 自然現象の将来予測に伴う不確実性を特定し、施設設計・安全評価との連携して、その対応策を検討する。 	<ul style="list-style-type: none"> 火山・火成活動、地震・断層活動、隆起・侵食の影響を評価する技術
			地質環境特性の把握	<ul style="list-style-type: none"> 安全審査に提示する地質環境モデルを構築し、地質環境特性の長期変遷を含む地質環境特性の総合評価を行う。→①② 地下での詳細な調査をもとに、ニアフィールドの特性を把握し、人工バリアの長期挙動評価に資する。 	<ul style="list-style-type: none"> 地質環境特性を調査・評価する技術 地質環境モデルを構築する技術 地質環境特性の長期変遷の検討に係る技術 地質環境の長期変遷の検討に係る技術
			地下施設	<ul style="list-style-type: none"> 基本設計で適用する施工技術を検討した地下調査施設を建設する。地下施設の設計の妥当性、建設技術の適用性の実証も行う。→①②③④ 更新された地質環境モデル、地下調査施設での実証試験結果や設計の妥当性の検証結果をもとに、建設／操業／閉鎖における品質確保、物流、安全確保、経済性の観点から処分施設の基本設計を更新する。→②④ 処分場の技術指針（仮称）への適合性を照査する。→④ 閉鎖措置に向けての基本計画を立案する。 	<ul style="list-style-type: none"> 許認可申請に向けての処分施設の基本レイアウト、仕様を合理化・最適化する技術 安全性・合理性などを考慮して建設・操業・閉鎖の具体的な手順と工法を設定する技術 閉鎖措置に向けての不確実性を特定する知見
	人工バリア	<ul style="list-style-type: none"> 人工バリアの基本仕様に従い、廃棄体・人工バリアの定置技術に関する実証および施工品質確保の確認のための実証試験を地下調査施設で実施する。→②③④ 実証試験結果に基づき、人工バリアの基本仕様の見直し、許認可申請への仕様を決定する。→④ 人工バリアの挙動を確認する試験を地下調査施設で継続して実施することで、初期段階での過渡的な挙動を把握する。→③④ 	<ul style="list-style-type: none"> 処分施設の基本仕様設定に伴う人工バリアの最適化・合理化設計技術（廃棄体の回収技術を含む） 地下施設などでの搬送・定置実証技術とその結果に基づく工学的実現性の評価技術 長期変質モデルを検証する技術と考古学的な情報の活用技術 		
	地層処分システムの長期安全性の評価	<ul style="list-style-type: none"> 地下調査施設での取得データを加えて、安全審査に向けた処分場の安全性に係るすべての論拠を統合し、総合的な安全評価とその信頼性の評価をセーフティケースとして取りまとめる。→①④⑥ 安全審査への対応として、最終的な地質環境モデルおよび工学的対策を用いた安全評価を行い審査指針の遵守を確認する。また評価に用いたすべての情報を整理する。→④⑥ 安全性に影響を及ぼすと考えられる現象のうち、原位置試験（実証）により確認することが有効なものを実施する。→③⑥ 	<ul style="list-style-type: none"> 更新された知見（地下調査施設での取得データや建設・操業計画の具体化）に基づく、安全審査に対応した安全評価技術 安全審査に対応した安全論拠の統合技術 重要な不確実性を特定するための手法と知見 		
	事業期間中の安全性	一般労働安全の確保	<ul style="list-style-type: none"> 地下調査施設の建設において、作業安全計画に基づき一般労働安全確保対策を施し、安全管理を行う。→③ 処分施設の基本仕様に基づき、建設／操業／閉鎖に係る一般労働安全確保に関する詳細な作業安全計画を策定する（基本設計）。→① 地下調査施設を用いた建設・操業時の安全性に係る試験を行いその有効性を確認する。→③ 処分施設建設時の作業安全計画を立案する。 	<ul style="list-style-type: none"> 地下施設の建設・運営での安全確保技術 処分場の建設・操業時の一般労働安全確保に関する知見と想定される事故・災害への対応策を設定する技術 事故・自然災害の安全評価に係る評価手法と判断指標およびレベルを設定する技術 	
		放射線安全の確保	<ul style="list-style-type: none"> 処分施設の操業計画に基づき、廃棄体の輸送ルートや地上施設での放射線防護の取り組み方針を検討する（基本設計）。→② 廃棄体の地下への搬送、定置時の取り扱い方法、作業従事者の放射線に対する放射線災害防止への取り組み方針を検討する（基本設計）。→② 	<ul style="list-style-type: none"> 地上での廃棄体取り扱い時の安全確保に関する知見と想定される事故・災害への対応策を設定する技術 地下施設での廃棄体取り扱い時の安全確保に関する知見と想定される事故・災害への対応策を設定する技術 事故・自然災害の安全評価に係る評価手法と判断指標およびレベルを設定する技術 	
		周辺環境保全	<ul style="list-style-type: none"> 地下調査施設の建設による周辺環境への影響を調査・評価し、必要に応じて保全措置を行う。→⑤ 処分施設の建設／操業時の環境影響評価を行う。→④ 	<ul style="list-style-type: none"> 地下での調査段階での環境保全対応技術 処分場規模での環境影響の可能性を考慮するための知見 	
	安全確保にかかわる主要文書		<ul style="list-style-type: none"> 精密調査に関する法定報告書 精密調査に基づく基本設計と安全評価に関する報告書 		

表 4.1.2-5 安全確保ロードマップ（詳細版）
建設段階

段階		建設段階			
事業目標		処分施設の建設			
安全確保にかかわる目標		<ul style="list-style-type: none"> 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 			
目標達成にかかわる要件		<ul style="list-style-type: none"> 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 			
主要な実施事項		<ol style="list-style-type: none"> ① 要求品質を満足した処分施設の安全な建設 ② 新たな知見に基づく長期安全性の確認とセーフティケースの更新(安全レビュー対応) ③ 次段階の操業実施に備えた検討(使用前検査に向けた準備) ④ 建設時の安全性確保 ⑤ 施設建設による周辺環境への影響確認および低減 			
各分野における実施事項	閉鎖後長期の安全性	アクション	実施事項	必要とされる技術・知見	
		適切なサイト選定と確認	調査	<ul style="list-style-type: none"> 地下調査施設において計測を継続する。→② 建設中に得られるデータを用い事業許可申請の内容の妥当性を確認する(地質環境モデルの更新)。→② 安全レビューに向けたデータを蓄積する。→② 地上および地下施設でのモニタリングを継続する。→② 	<ul style="list-style-type: none"> 坑道での調査検討技術 モニタリング技術(維持管理、データ集積など) 情報管理技術
			自然現象の著しい影響の回避		<ul style="list-style-type: none"> 火山・火成活動、地震・断層活動、隆起・侵食の影響を評価する技術
	地質環境特性の把握			<ul style="list-style-type: none"> 地質環境特性を調査・評価する技術 地質環境モデルを構築する技術 地質環境の長期変遷の検討に係る技術 	
	適切な工学的対策	地下施設	<ul style="list-style-type: none"> 事業申請に応じて、処分場の詳細設計ならびに建設/操業/閉鎖にかかわる詳細計画を更新する。→① 建設段階の安全確認への要件に対応した処分施設を建設する。→①② 新たな知見や建設技術の導入による合理化を図る。→①② 建設中の情報を記録する(建設完了確認、安全レビューおよび閉鎖措置計画策定に利用)。→② 	<ul style="list-style-type: none"> 技術基準を遵守するための品質検査、品質確認技術 施設仕様を変更するための技術(現設計の仕様設定のプロセスの記録) 	
		人工バリア	<ul style="list-style-type: none"> 操業段階への準備として実証試験などを通じ廃棄体・人工バリアの搬送・定置技術を確認する。→③ 	<ul style="list-style-type: none"> 遠隔操業システムの設計・製作技術 遠隔搬送・定置のためのシステム制御技術 品質管理・保証技術 	
		地層処分システムの長期安全性の評価	<ul style="list-style-type: none"> 建設時に取得された新たなデータや場合によっては設計変更に対応した安全評価を実施する。(許認可申請によっては、処分パネルごとの分割申請があり、変更申請での安全評価が要求されることも想定)。→② 建設の妥当性確認と定期安全レビューに反映する。→② 	<ul style="list-style-type: none"> 建設時に取得された新たなデータや設計変更などに対応した安全評価技術 安全レビューに対応した安全評価技術 	
	事業期間中の安全性	一般労働安全の確保	<ul style="list-style-type: none"> 建設計画に対応した一般労働安全対策を実施して処分施設の建設を実施する。→④ 建設時の事故・災害を想定した対応策を準備する(リスク管理)。→①④ 	<ul style="list-style-type: none"> 建設時の安全対策技術(発生防止・拡大防止技術) 自然災害防止技術(洪水、地震、津波など) 	
		放射線安全の確保	<ul style="list-style-type: none"> 廃棄体の地上における輸送・オーバーパックへの封入計画を確定し、一般公衆の被ばくを防ぐ対策を確立する(詳細設計)。→③ 廃棄体の地下における搬送・定置計画を確定し、作業従事者の被ばくを防ぐ対策を確立する。→③ 	<ul style="list-style-type: none"> 操業時の放射線安全対策技術(操業時のリスク評価、対応技術) 	
		周辺環境保全	<ul style="list-style-type: none"> 地下施設の建設による周辺環境への影響をモニタリングし、必要に応じて建設計画の変更および影響拡大防止策を施す。(保全措置・監視)。→⑤ 	<ul style="list-style-type: none"> 建設時の周辺環境影響保全技術(排水、換気、ズリ、騒音など環境基準以下とするための防止技術、異常時のリスク管理技術) 	
安全確保にかかわる主要文書		<ul style="list-style-type: none"> 設工認申請書、施設確認申請書、使用前検査申請書、安全レビュー報告書 			

表 4.1.2-6 安全確保ロードマップ（詳細版）
 操業段階（操業期間中）

段階		操業段階(操業期間中)			
事業目標		操業の実施			
安全確保にかかわる目標		<ul style="list-style-type: none"> 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 			
目標達成にかかわる要件		<ul style="list-style-type: none"> 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 			
主要な実施事項		<ol style="list-style-type: none"> ① 要求品質を満足するように廃棄体、人工バリアなどを設置 ② 新たな知見に基づく安全レビューによる長期安全性の確認とセーフティケースの更新 ③ 地下施設(空洞)を長期間空けた状態で操業することによる周辺環境への影響を最小限に抑制 ④ 操業時の安全性確保 ⑤ 次段階の閉鎖に向けた検討(閉鎖措置計画の申請の準備) 			
各分野における実施事項	閉鎖後長期の安全性	適切なサイト選定と確認	調査	<ul style="list-style-type: none"> 操業と並列して実施される建設にかかわる調査を行う。 安全レビューに対応するために、この時点までに得られたデータおよび最新の知見を総合的に評価し、地質環境の長期安定性と地質環境特性を再評価する。→② 	<ul style="list-style-type: none"> 地質環境モニタリング技術 情報管理技術
			自然現象の著しい影響の回避	<ul style="list-style-type: none"> 必要に応じて地質環境モデル、地質環境の長期変遷予測の更新を行う。→② モニタリングを継続する。→② 	<ul style="list-style-type: none"> 火山・火成活動、地震・断層活動、隆起・侵食の影響を評価する技術
			地質環境特性の把握		<ul style="list-style-type: none"> 地質環境特性を調査・評価する技術 地質環境モデルを構築する技術 地質環境の長期変遷の検討に係る技術
		適切な工学的対策	地下施設	<ul style="list-style-type: none"> 技術基準への適合性を常に監視しつつ操業を進めるとともに操業システムの継続的な改善を図る。→① 操業中の情報を記録する(操業環境の仕様前検査、安全レビューおよび閉鎖措置計画策定に利用)。→② 更新された地質環境モデルに対する詳細閉鎖仕様を設計する。→②⑤ 閉鎖措置計画のための閉鎖設計を行い、実証試験などを通じて閉鎖技術の確認を行う。→②⑤ 	<ul style="list-style-type: none"> 操業システムを改良する技術 使用前検査技術 閉鎖措置設計技術と閉鎖技術の実証のための手法
		人工バリア	<ul style="list-style-type: none"> 要求品質を満たすよう廃棄体および人工バリアの設置を行う。→① 輸送・定置システムの改善を行う。→① 人工バリア設置後の処分坑道の埋め戻し。→①② 回収可能性を維持する。→①②⑤ 閉鎖措置に向けての実証施設での人工バリア挙動確認試験を継続して実施する。→⑤ 	<ul style="list-style-type: none"> 遠隔での人工バリアの搬送・定置技術 品質確認技術 不具合発生時の修復技術 廃棄体回収技術 	
		地層処分システムの長期安全性の評価	<ul style="list-style-type: none"> 建設時および施工時などそれまでに得られたデータや最新の知見に基づき安全評価を実施し、安全基準を担保していることを確認(セーフティケースを更新し、安全レビューに備える)。→② 必要に応じて操業期間中に安全レビューを実施する。→②⑤ 	<ul style="list-style-type: none"> 建設時および施工時などそれまでに得られたデータや最新の知見に基づく安全評価技術 安全レビューに対応した安全評価技術 	
	事業期間中の安全性	一般労働安全の確保	<ul style="list-style-type: none"> 操業段階における対策を実施し、一般労働安全の確保に努める。→④ 操業中の事故・災害を想定した対応策を準備する。→④ 施設を長期間使用することになるため、定期的に保守点検を実施し、安全性を保持する。→④ 	<ul style="list-style-type: none"> 労働安全確保技術 事故・災害に対する発生防止・拡大防止技術 	
放射線安全の確保		<ul style="list-style-type: none"> 策定した対策を実施し、地域住民、作業従事者の放射線安全を確保する。→④ 操業時の放射線事故を想定した対応策を準備する。 地上部における廃棄体の輸送やオーバーバックへの封入を安全に実施する。→① 	<ul style="list-style-type: none"> 放射線安全対策技術 放射線事故時の回収、補修、回復技術 		
周辺環境保全		<ul style="list-style-type: none"> 操業時に排出する地下水、換気などの周辺環境への影響を防止する設備を設置する。→③ 長期にわたり地下空洞を保持することの周辺環境への影響の把握と影響拡大を防止する方策を施す。→③ 	<ul style="list-style-type: none"> 影響把握のためのモニタリング技術 影響拡大防止技術 		
安全確保にかかわる主要文書		施設確認申請書、廃棄体確認申請書、安全レビュー報告書			

表 4.1.2-7 安全確保ロードマップ（詳細版）
閉鎖段階

段階		閉鎖段階			
事業目標		閉鎖措置の実施			
安全確保にかかわる目標		・ 閉鎖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		<ul style="list-style-type: none"> ・ 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 			
主要な実施事項		<ol style="list-style-type: none"> ① 閉鎖措置計画に基づく確実な閉鎖措置 ② 閉鎖措置の確認 ③ 閉鎖後の制度的管理に向けての準備 ④ 事業廃止に向けての準備 			
各分野における実施事項	閉鎖後長期の安全性	アクション			
		適切なサイト選定と確認	調査	・処分場周辺の地質環境モニタリングを継続して実施する。→①②	・地質環境モニタリング技術
			自然現象の著しい影響の回避	・閉鎖措置までに集積した情報による最終確認を行う。→③④	<ul style="list-style-type: none"> ・火山・火成活動、地震・断層活動、隆起・侵食の影響を評価する技術 ・影響の回避を判断した論拠(すでに確立された技術として最終判断に適用)
			地質環境特性の把握	・閉鎖後の制度的管理と事業廃止に向け、必要に応じて地質環境モデルを更新する。→③④	<ul style="list-style-type: none"> ・地質環境特性を調査・評価する技術 ・地質環境モデルを構築する技術 ・地質環境の長期変遷の検討に係る技術
		適切な工学的対策	地下施設	<ul style="list-style-type: none"> ・厳格な品質管理のもと、確実にアクセス坑道などを埋め戻し処分場を閉鎖する。→①② ・閉鎖措置が所定の品質を満たしていることを確認する。→①② ・閉鎖後の制度的管理の関する計画を立案する。→③④ 	<ul style="list-style-type: none"> ・閉鎖(埋め戻し、プラグなど)に伴う施工技術 ・品質管理・保証技術 ・閉鎖後の制度的管理を計画する技術
	人工バリア		・(閉鎖措置計画申請時に設置された人工バリアの初期品質が担保されていることを提示)	(状況によっては、実証施設での人工バリア挙動確認をする技術)	
	地層処分システムの長期安全性の評価		・必要に応じて実施	・安全評価技術	
	事業期間中の安全性	一般労働安全の確保	・閉鎖措置にかかわる安全対策の実施と監視	・閉鎖段階での安全確保技術	
		放射線安全の確保	・監視	・監視のための技術	
		周辺環境保全	・保全措置および監視	・閉鎖段階での周辺へ環境影響保全技術	
安全確保にかかわる主要文書		・閉鎖措置の確認申請書			

4.1.3 方針2の具体的展開（技術開発ロードマップ）

4.1.3.1 方針2を具体的に展開するに当たっての考え方

安全な地層処分の実現には、多岐にわたる学際的な知識と地層処分事業で必要とされるさまざまな技術を、それらが必要となる段階で使えるよう準備しておくことが必要である。このような知識と技術の整備について、原子力政策大綱（原子力委員会、2005）においては、「NUMOは地層処分の安全な実施と経済性と効率性の向上を目的とした技術開発を進め、一方で、基盤研究開発機関は深地層の研究施設などを活用して、深地層の科学的研究や、地層処分技術の信頼性向上、安全評価手法の高度化などの基盤的研究を実施すること」とされており、NUMOでは、この方針に基づいて役割分担の枠組みの中で地層処分事業に必要な技術開発を実施してきた。

本節では、このような背景から、安全確保ロードマップで規定した各段階の目標達成に必要なとされる技術のうち、既存の技術レベルを分析し、「技術の開発や実証」が今後求められる項目を対象に、必要とされる段階までにどのように準備していくかについて「技術開発ロードマップ」として取りまとめることとした。

本ロードマップで扱う「技術開発」の対象には、ものづくりの技術と関連する知識および経験、調査結果の分析や設計および安全評価に必要な手法や科学・工学的な知識、それらに使用するデータベースや研究成果などを含むものとする。技術開発ロードマップでは、各段階で関係機関の研究成果集約の方法をはじめ、各段階で品質が確保された知識と技術を適宜集約する方法についても言及する。

技術開発ロードマップでは、各段階での事業目標を達成するために設定された重要な実施事項をターゲットとして、その実施事項を確実にを行うために必要な技術開発を段階的に提示する。技術開発ロードマップは、NUMOが事業を進めるために実施する技術開発のマネジメントを遂行する上での基礎資料としても有効である。これらのロードマップをもとに個別の技術開発課題の実施工程、さらには技術開発項目間の調整事項などの詳細な管理を進めていく。

図 4.1.3-1 に技術開発ロードマップの構成を示す。技術開発ロードマップは全体を提示した概要版と専門分野別の技術開発ロードマップにより構成される。技術開発ロードマップ概要版は、事業全体を俯瞰して段階的に技術の開発を行っていく大枠を示している。一方、図 4.1.3-1 中の①から④は、分野ごとの技術開発内容を事業の進展に準じて記述している。

地層処分事業は事業期間が100年程度にわたる長期のプロジェクトであり、事業期間中に科学技術が大幅に進歩するものと思われる。従って、NUMOはそのような科学技術の進歩を考慮し、その時点で最も信頼性の高い技術を用いて、事業を推進する。ただし、地層処分事業固有のニーズに基づく技術開発は、信頼性の向上や合理化のために計画的に技術開発に取り組む必要がある。また、段階的に整備されていく規制からの要件や、幅広いステークホルダーからの要望に適切に対応していくために必要な技術開発も実施する必要がある。

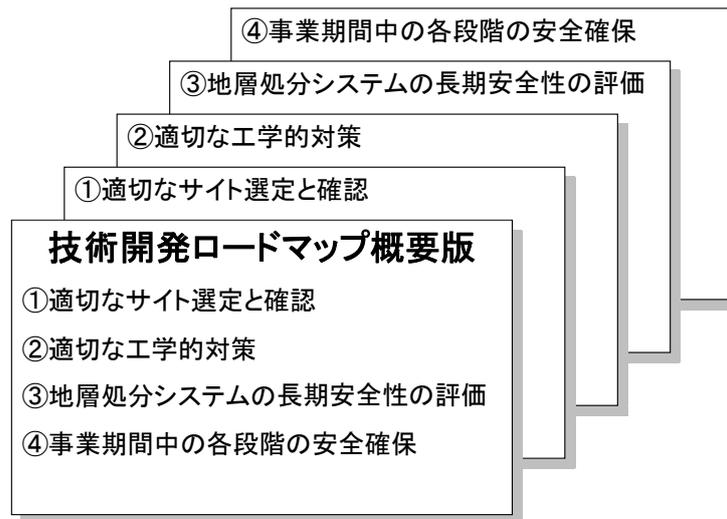


図 4.1.3-1 技術開発ロードマップの構成

技術開発全体ロードマップでは、安全確保ロードマップの実施事項を行うために必要な技術として挙げられた内容のうち、技術開発が必要とされる技術分野の全体像を、①適切なサイト選定と確認、②適切な工学的対策、③地層処分システムの長期安全性の評価、④事業期間中の各段階の安全確保に分類して示す。

4.1.3.2 技術開発ロードマップ

技術開発ロードマップ概要版を図 4.1.3-2 に示す。技術開発ロードマップ概要版では、安全確保ロードマップで設定した各専門分野に必要な実施事項を遂行するために必要な技術の整備を、ジェネリックな段階と特定のサイト・処分場を対象とした段階においてどのように開発していくかを明示した。

図中の黄色く色付けされたボックスは、サイトの地質環境や処分場設計が確定していない段階において、いずれ必要となる技術のオプションの整備や、地層処分事業で必要となる科学技術的知見の取得を表している。一方、青いボックスは、サイトの地質環境特性や処分場設計が確定、あるいは絞り込まれてきた段階において、事業で必要となる技術に焦点を当てた開発を示している。これらの技術開発には NUMO が直接実施するものに加えて、基盤研究開発機関が実施するものも含まれている。

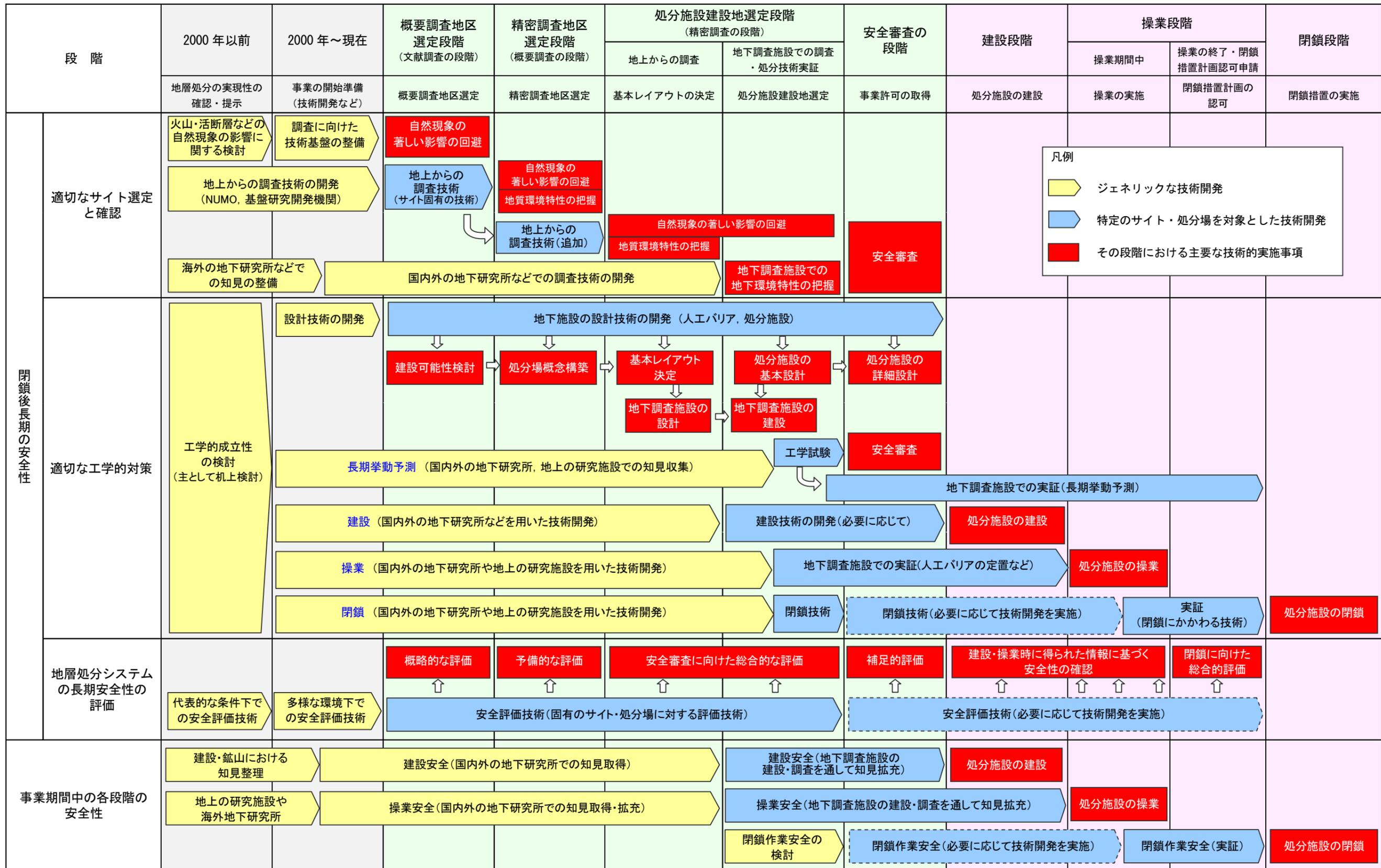


図 4.1.3-2 技術開発ロードマップ (概要版)

4.1.3.3 分野別の技術開発ロードマップ

技術開発ロードマップ概要版の中の、適切なサイト選定と確認、適切な工学的対策、地層処分システムの安全性の評価、事業期間中の各段階の安全性のそれぞれにおいて記述内容を詳細化したものを図 4.1.3-3 から図 4.1.3-5 に示す。

(1) 適切なサイト選定と確認

サイトの調査・評価では、法定要件に関連する情報や、各段階で実施する施設設計や安全評価で求められる情報をサイト調査により取得・評価することにより、自然現象の著しい影響を避け、信頼性の高い地質環境モデルを構築する。各段階で必要とされる技術は以下の項目である。

- ・ 自然現象の影響を評価する技術：火山・火成活動，地震・断層活動の発生可能性や影響範囲，隆起・侵食速度などを評価する技術。
- ・ 地質環境の各特性に係る情報を分析・評価する技術：地質・地質構造，地下水流動特性，地下水化学特性，岩盤特性（力学特性，熱特性など），物質移行特性などを評価する技術。
- ・ 地質環境モデルを構築する技術：地質環境の各特性に係る概念モデルや地質環境モデルを構築する技術。
- ・ 地質環境特性の長期変遷の検討に係る技術：火山・火成活動，地震・断層活動，隆起・侵食の過去の履歴と地質・地質構造の分布・特性に基づき，地質環境の長期変遷を検討する技術。
- ・ 収集した情報をデータベース化し，一元的に管理する技術：収集した情報を透明性・追跡性を担保しながら一元管理できるデータベースを整備し，適切に運用・管理する技術。
- ・ 調査計画を立案するための技術：既存の情報や前段階の調査・評価の情報，工学的対策や安全評価からの情報や要求に基づき，次段階の合理的・効率的な調査計画を立案するための技術（マニュアル類やシステムフローなどの支援ツールの整備，および調査・評価技術の実証的検討）。

(2) 適切な工学的対策

工学的な対策には，地上および地下の処分施設の設計，建設，操業および処分場の閉鎖措置が含まれる。そのため，ものづくりの技術と知識，工学的対策を実施する上での品質確保，工期や予算からの要件を満たす合理的かつ効率的な対策などが求められ，これらを満足する技術を準備する必要がある。

- ・ 処分施設を構築する母岩を選定する技術：地質環境モデル，地質環境特性の長期変遷，自然現象の発生可能性および影響範囲などの情報に基づき，処分施設の立地への要件に照らしあわせて母岩を選定する技術。
- ・ 処分施設を設計・建設する技術：選定した母岩を対象に，処分施設のレイアウト，施設の仕様を，目標品質を考慮してさまざまな要件から設計し，実現する技術。処分の段階に応じて，概念設計，基本設計，詳細設計へと合理化・最適化を図る技術。
- ・ 人工バリアを設計・製作・定置する技術：廃棄体の受入基準の設定および検査，オーバーパックや容器への封入，地下施設への搬送・定置のための設備の設計と操作する技術。人工バリアを設計・製作，地下への搬送・定置装置の設計と操業技術およびそれらを検査・監視す

る技術。

- ・ 処分施設の閉鎖措置を設計・施工する技術：建設・操業後の処分場の閉鎖にかかわる設計・施工技術。

(3) 地層処分システムの長期安全性の評価

閉鎖後長期の安全性は、安全解析によって提示するが、この安全解析結果は、直接的に実証することは困難である。このため、安全解析の結果のみではなく、より幅広い多面的な視点を含めて示す必要があり、以下の技術が必要である。

- ・ シナリオの構築技術：地質環境モデル、自然現象の発生可能性とその影響範囲などの情報に基づき構築される地層処分システムに対して、その状態がどのように変遷するかについて異なる時間枠とさまざまなスケールで設定する（状態設定）技術。さらに、状態設定に基づき、安全要件に対応した安全評価に向けてのシナリオを作成・分類する技術。
- ・ モデル・データセットの設定技術：地層処分システムの特長、事象、時間的な変遷の過程、およびシナリオに基づきモデルを選定し、安全解析の入力情報となるデータセットを設定する技術。
- ・ 安全解析技術：各シナリオに基づくモデルおよびデータセットに沿って、核種移行解析コードで安全解析を行うとともに、その結果を分析する技術。

(4) 事業期間中の各段階の安全性

対象となる技術は、調査・建設・操業・閉鎖中の一般労働安全および放射線安全にかかわる技術となる。また環境保全に係る技術もこの範疇に含む。そのため、各段階で必要とされる技術は以下の項目である。

- ・ 事業期間中の安全性を脅かす事象を設定する技術：サイト調査、処分施設の建設と操業および閉鎖段階において、一般労働安全と放射線安全に係る事象を推定し、その発生可能性や影響の程度などを設定する技術。
- ・ 安全性確保に向けた対応技術：安全性に係る事象の影響の程度や範囲に対し、工学的な対策や制度的な対応策を整備する技術。例えば、事故や災害を防止する技術と影響を削減する技術。
- ・ 事業期間中の安全評価技術と危機管理技術：事業期間中に想定される事故や災害に対応策の有効性を評価する技術と想定外事象への危機管理技術。
- ・ 事業期間中の周辺環境への影響因子とその形態を設定する技術：事業の段階的な進展と各段階での実施事項を考慮して、周辺環境に与える影響因子を設定する技術。
- ・ 環境保全技術：影響因子に対応して、その影響を防止あるいは削減するための技術。影響の状態を監視する制度やモニタリングを行う技術も含む。
- ・ 環境影響評価技術：事業の開始段階から閉鎖確認に至るまでの周辺環境への対応策などの有効性を評価する技術。

段階	2000年以前	2000年～現在	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	作業段階		閉鎖段階			
	地層処分の実現性の確認・提示	事業の開始準備 (技術開発など)	概要調査地区選定	精密調査地区の選定	地上からの調査	地下調査施設での調査・ 処分技術実証			事業許可の取得	建設の実施		作業期間中	閉鎖措置申請	閉鎖措置の実施
					基本レイアウトの決定	処分施設建設地の選定						作業の実施	閉鎖措置計画の 認可	
閉鎖後長期の 安全性	火山・活断層などの 自然現象に 関する検討 ・全国規模の分布・規則 性など ・全国規模のデータベ ース	文献調査に向けた 技術基盤の整備 ・支援システム (GIS, システムフロー, デ ータ管理システム) ・マニュアル類 (文献調査, 概要調査計 画立案) ・全国規模のデータベ ース	自然現象の 著しい影響の回避 概要調査に向けた 技術基盤の整備 ・支援システム ・マニュアル類 ・データベース	精密調査に向けた 技術基盤の整備 ・支援システム ・マニュアル類 ・データベース										
	火山・火成活動の評価手法の開発 ・火山活動履歴 ・マグマの貫入・噴出 ・熱・熱水 ・確率論的評価 地震・断層活動の評価手法の開発 ・活断層の存在 ・活断層の変形帯・影響範囲 ・地質断層の再活動性 ・確率論的評価 隆起・侵食の評価手法の開発 ・隆起・沈降量 ・侵食量・侵食速度 ・気候・海水準変動 地質環境特性にかかわる 調査・評価技術の開発 ・地質・地質構造 ・地下水流動特性 ・地下水化学特性 ・岩盤特性(物理, 力学, 熱) ・物質移行特性 ・地質環境モデル構築 ・その他(泥火山, マスムーブメントなど) ・ベースラインモニタリング		特定のサイトを 対象とした 自然現象の 影響評価手法の 高度化	特定のサイトを 対象とした 地質環境特性の 調査・評価技術の 高度化			自然現象の 著しい影響の回避 地質環境特性の 把握							
	海外の地下研究所 などでの知見の整備 ・特定サイトでの地下調 査・評価技術	地下研究所などでの調査・評価技術の開発 ・特定サイトでの地下調査・評価技術(幌延・瑞浪, 海外の地下研究所) ・調査・評価に関する知識情報ベースの蓄積 ・地質環境の長期挙動の観測(モニタリング), 解析技術 ・掘削影響などの地下環境影響評価および緩和対策手法 ・地下研究所での安全対策, 品質管理技術		特定のサイトを 対象とした 地質環境特性の 調査・評価技術の 高度化	自然現象の 著しい影響の回避 地質環境特性の 把握		安全審査							

凡例

- ジェネリックな技術開発
- 特定のサイト・処分場を対象とした技術開発
- その段階における主要な技術的実施事項

図 4.1.3-3 技術開発ロードマップ(適切なサイト選定と確認)



図 4.1.3-4 技術開発ロードマップ(適切な工学的対策)

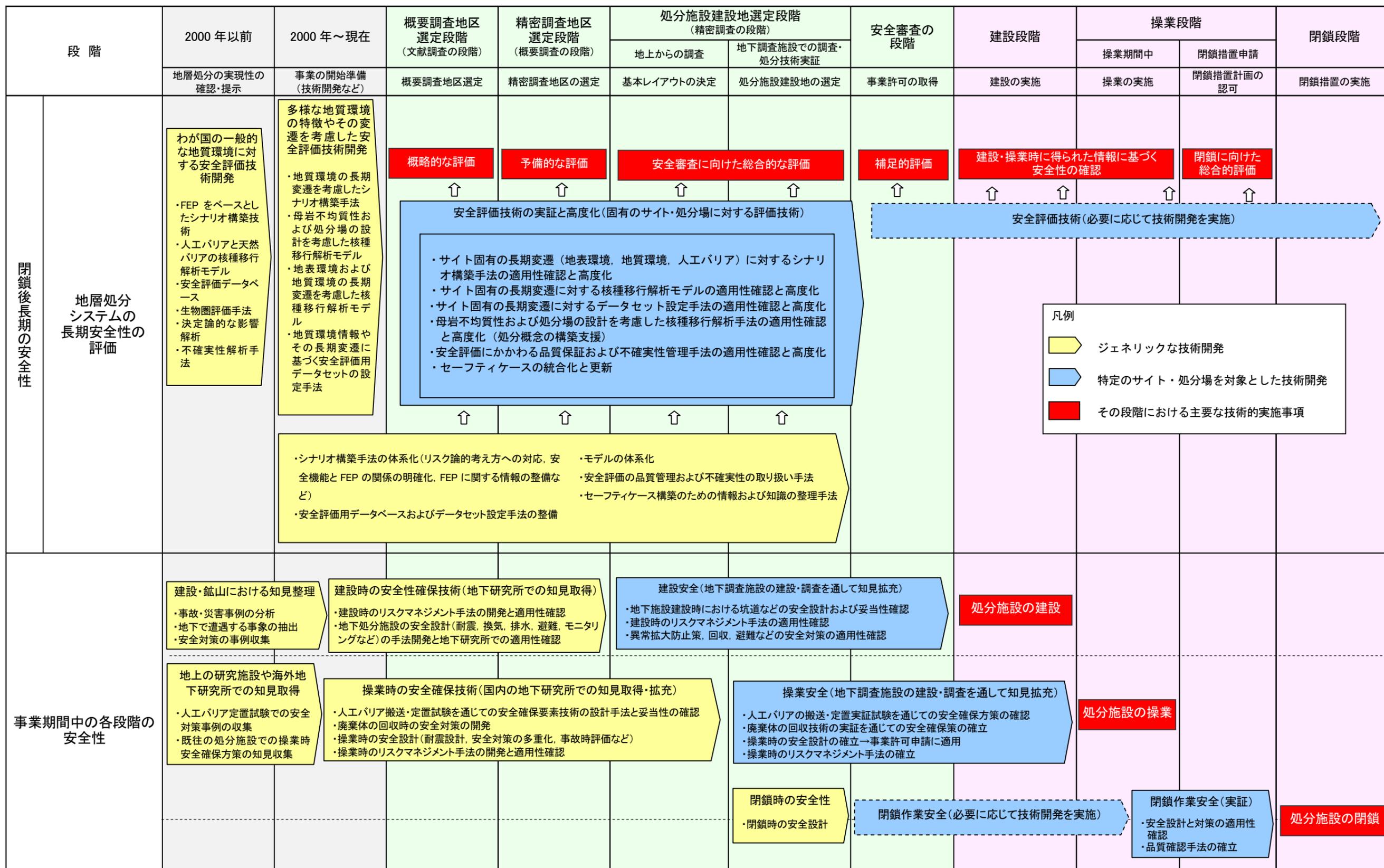


図 4.1.3-5 技術開発ロードマップ(地層処分システムの長期安全性の評価, 事業期間中の各段階の安全性)

4.1.4 方針3の具体的展開

4.1.4.1 方針3を具体的に展開するに当たっての考え方

3.2.4.1 で述べたように、地層処分事業は社会的にこれまで経験したことのない事業であり、各事業段階において安全な地層処分の実現に向けて行う技術的实施内容を分かりやすく提示していくとともに、社会のその時代の価値観に基本的な視点を置いて適切な施策を展開することが重要である。そのためには、各段階において得られる技術情報をホームページや説明資料などとして日常的に公開するとともに、関係する自治体や地域住民の関心事項、不安、懸念事項、認知度などを体系的に分析し、地層処分技術の現況が地域住民の価値観にどの程度適合しているかを常に把握し、必要な施策や行動を継続的に行っていくことが重要である。

地層処分は、「地下深部における」、「遠い将来を視野に入れた」、「放射線の影響」という直感的に理解しにくい内容を含むため、原子力分野の専門家以外の関係者に安全性への信頼感を醸成するには広範かつ継続的な取り組みが必要である。本報告書では、技術的な面で信頼感醸成のために取り組むべき内容を信頼感醸成ロードマップとして提示した（図 4.1.4-1）。

4.1.4.2 信頼感醸成ロードマップ

段階的に事業を推進する中で、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」をどのように展開するかを信頼感醸成ロードマップとして提示する。信頼感醸成ロードマップは第3章で提示した三つの方策（方策1：事業の各段階における意思決定にかかわる情報提供、方策2：安全性や技術の信頼性にかかわる日常的な情報提供と対話活動、方策3：将来世代が適切な判断を行うための環境整備）に基づいて構成した。

方策1は、各段階における重要な意思決定に向けて、個別の技術的な取り組みから得られた成果を整理・統合して、安全性の根拠となる資料として提示する活動である。安全性の根拠を包括的に示す方法としてはセーフティケースという概念があるが、一般の関係者に対しては、技術的な論拠に基づいて構築したセーフティケースを理解しやすい形に再構成して提示する必要がある。信頼感醸成ロードマップでは、各段階における主要な意思決定事項を明示した上で、その意思決定に向けて提示する情報を整理する。

方策2は、技術的な実施事項から得られる情報を日常的に提供し、対話活動を実施するという取り組みと、地層処分の安全性に関する心配要因の分析や信頼感醸成活動という項目に分けて示した。前者は事業期間中に得られる情報をタイムリーに提示していく取り組みであり、例えばボーリング調査の現場で実施内容を紹介し、調査によって得られた技術情報を分かりやすく構成して提示するといった活動である。後者は対象とする関係者の心配要因分析に基づいて、心配要因の除去を行うためにどのような対応が必要かを検討し、信頼感醸成に向けてどのような技術的な取り組みを行うかという活動である。

方策3は、事業が長期間にわたることを考慮して、現世代が今の時点で100年近い将来のことまで一義的に決めてしまうのではなく、将来世代がその時点における諸条件の中で一定の決定の余地を残しておくという考え方である。将来世代がかかわる大きな意思決定には処分場の閉鎖の判断と、事業廃止の判断があり、また将来にわたって処分場をどのように扱うのかといった点が挙げられる。

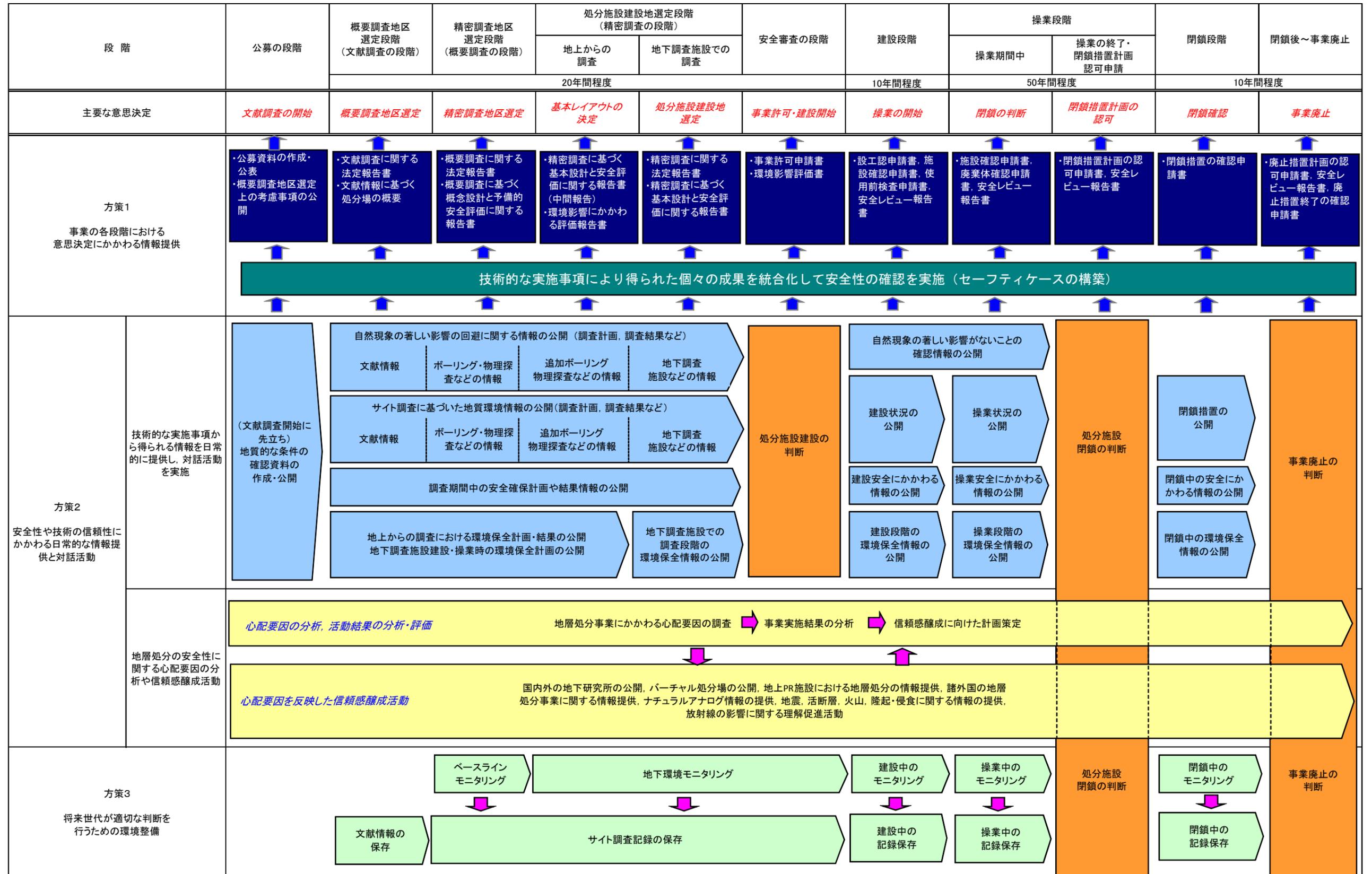


図 4.1.4-1 信頼醸成ロードマップ

4.2 事業中の各段階における実施事項

4.2.1 サイト選定および安全審査の段階

4.2.1.1 概要調査地区選定段階（文献調査の段階）

・本段階における事業目標	: 概要調査地区選定
・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)
・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
・安全確保にかかわる主要文書	: 文献調査に関する法定報告書 文献情報に基づく処分場の概要

(1) 実施事項

概要調査地区選定段階（文献調査の段階）における事業目標は概要調査地区の選定であるが、安全確保にかかわる目標としては、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）が挙げられる。これらの目標達成にかかわる要件としては、最終処分法で定められている法定要件に加え、概要調査地区選定の環境要件および自主基準（概要調査地区選定上の考慮事項（NUMO, 2009b）含む）への適合性がある。また、必要に応じて概要調査地区選定上の考慮事項に含まれる付加的に評価する事項などにより、地質環境の条件を含む総合的な評価や必要に応じ相対的評価を行う。

この段階では、文献調査の開始に先立ち、対象となる区域が「地質的な条件」により文献調査の対象となることを確認する。「地質的な条件」とは、全国一律に評価する地震と噴火に関する考慮事項の考え方を適用した条件であり、すでに公表している（NUMO, 2009b）。この確認作業の結果、対象となる区域が条件を満足した場合のみ、文献調査を実施する。

文献調査は「文献調査計画書」に基づいて実施し、文献情報の収集方法としては、データベース検索、関係機関からの提供、一般の方々からの提供を予定している。収集する文献情報は、「概要調査地区選定上の考慮事項」の法定要件に関する事項および付加的に評価する事項に対応する内容であり、具体的には、対象とする地域に関連する自然現象、地質環境特性などに関するものである。収集した文献情報は地質環境データ管理システムにより一元的に管理する。

NUMOは、文献調査により収集した資料を詳細に分析し、「概要調査地区選定上の考慮事項」のうち、法定要件である地震・断層活動、火山・火成活動、隆起・侵食などの自然現象による影響の記録の評価を行い、それらが明らかに著しいと判断される範囲を除外する。これにより、安全にかかわる目標として設定した自然現象の著しい影響の回避（明らかに不適切な地域を避ける）を達成することができると考えている。さらに、第四紀の未固結堆積物と鉱物資源および付加的に考慮する事項に関する検討結果に基づいて、概要調査地区を選定し、「文献調査に関する法定報告書」を作成する。

併せて、収集した一連の文献情報に基づいて広域的な地質環境モデルを構築し、これまで開発してきた処分場概念オプション（NUMO, 2004）を出発点として、対象区域の地質環境特性に応じた概略的な処分施設設計を実施する。これらの情報に基づいて地層処分の閉鎖後長期の安全性に関する概略的な評価を行う。この作業から、次段階の調査により取得すべき安全性にかかわる重要なサ

イトの情報を特定し、次段階の概要調査計画の策定に反影する。

ただし、これらの作業は公開された文献・資料に基づいており、それらから得られる情報量には限界があるため、不確実性が存在する。そのような不確実性は、安全性に及ぼす影響の程度を考慮し、次段階における調査項目として調査計画に含め、不確実性の低減を図る。具体的には、工学的対策を検討する際には、地質環境特性に含まれる不確実性の高い情報に関しては、十分な保守性を考慮した状態を設定して対策検討を行う。また、安全評価においても、モデルやパラメータに含まれる不確実性を評価した上で、既存の性能評価モデルを活用した感度解析的な方法を用いることで、不確実性が安全性に及ぼす影響を幅広く検討できると考える。

上述したような処分場概念や閉鎖後長期の安全性の概略的な検討に基づき、当該区域に処分場を設置した場合の地上・地下施設のイメージを「文献情報に基づく処分場の概要」として取りまとめ公表する。これらの報告書とその補足文書からなる文書群により、安全性に関する検討を行う。この段階での安全性の検討は根拠となる情報が既存の文献に限られることなどから、セーフティケースとして文書化することはせず、その検討結果は、次段階の調査計画の策定に反映することを主たる目的とする。

一方、事業期間中の安全性に関しては一般労働安全の確保、放射線安全の確保、周辺環境の保全という三つの観点から検討を行う。

一般労働安全の確保に関しては、建設・操業の実現性確認のための情報を収集・評価するとともに、建設および操業段階で支障となり得る自然現象の有無などを評価する。また、地下構造物の耐震性の検討のための文献情報も収集・評価する。

放射線安全の確保に関しては、廃棄体の地上施設までの運搬時や地上施設における廃棄体取り扱い時の公衆安全および作業従事者の安全に関する検討を行う。

周辺環境の保全に関しては、環境保護の観点からの制約を調査する。事業期間中の安全性の検討結果も「文献情報に基づく処分場の概要」の中に含める。

上記をフロー図として示すと図 4.2.1-1 のようになる。

概要調査地区選定段階(文献調査の段階)

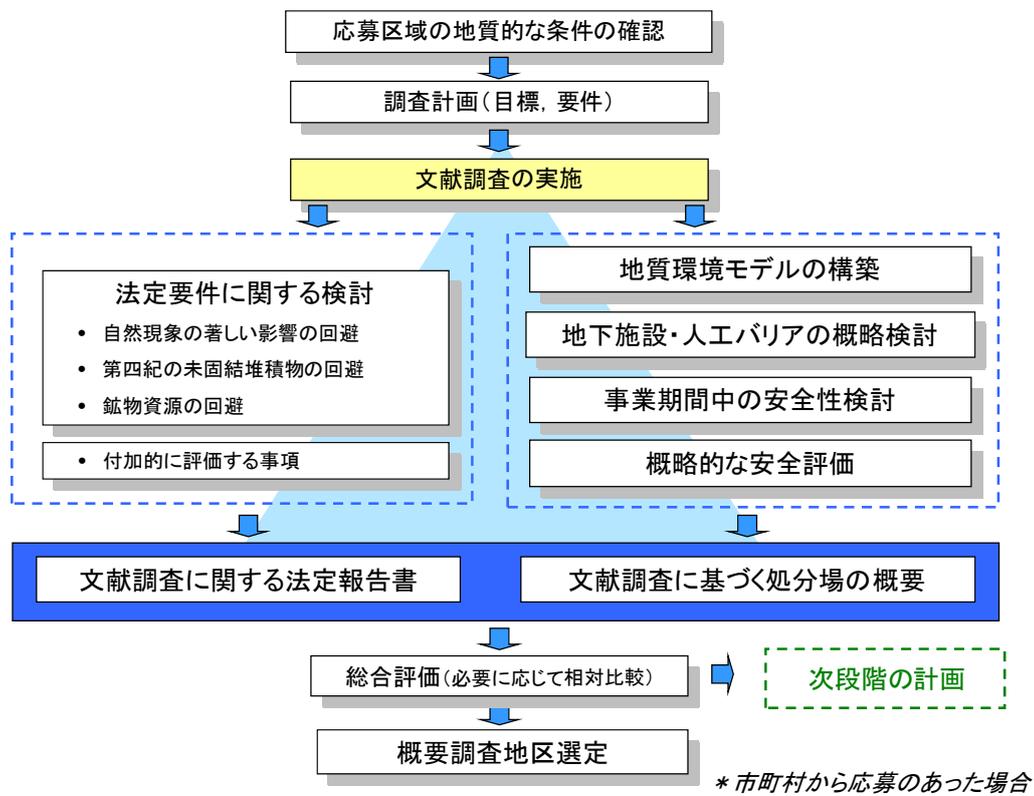


図 4.2.1-1 概要調査地区選定段階(文献調査の段階)における実施フロー図

(2) 概要調査地区選定上の考慮事項について

NUMOは、各段階の調査地区選定上の考慮事項は、その選定段階の調査を開始する前に作成・公表することとしている。なお、概要調査地区選定上の考慮事項は、公募関係資料としてすでに公開している。

サイト選定の最初の段階である概要調査地区の選定の目的は、文献調査で分かる範囲で、地震、噴火、隆起・侵食の観点から、処分施設建設地としての適性が明らかに劣る地域を含まないように概要調査地区を選定することである。

「概要調査地区選定上の考慮事項」は、概要調査地区を選定する上で考慮する事項とその評価の考え方などを示したものであり、最終処分法および同施行規則に示された概要調査地区の法定要件に基づくとともに、「高レベル放射性廃棄物処分の概要調査地区選定段階において考慮すべき環境要件について」(平成14年9月)(原子力安全委員会, 2002)を踏まえて策定した。

「概要調査地区選定上の考慮事項」には、「法定要件に関する事項」と「付加的に評価する事項」がある(表4.2.1-1)。

「法定要件に関する事項」は、最終処分法および同施行規則に定められた法定要件の内容を具体化した事項であり、概要調査地区を選定する上での除外要件となる。ここでは、地震、噴火、隆起・侵食、第四紀の未固結堆積物および鉱物資源に関する事項を対象に、全国規模で整備された情報に加えて、個別の応募区域およびその周辺の地域を対象とする文献調査により概要調査地区としての適格性を評価する。

一方、「付加的に評価する事項」は、概要調査地区選定に関する除外要件には該当しないものの、原環機構は、「安全性の確保の前提のもと、経済性および効率性にも留意して事業を行う必要がある」という事業推進に関する方針（通商産業省，2000）を踏まえ、次段階以降の法定要件や建設・操業に当たって必要な事項として設定したものである。法定要件に対する適合性が確認されたサイトを対象に、①地層の物性・性状に関する事項、②地下水の特性に関する事項、③地質環境の調査・評価に関する事項、④建設・操業時における自然災害に関する事項、⑤土地の確保に関する事項、⑥輸送に関する事項、により必要に応じて相対比較を行う。

表 4.2.1-1 概要調査地区選定上の考慮事項

分類	法定要件に関する事項		付加的に評価する事項
	地質的な条件の事前確認に関する事項	文献調査により評価する事項	
考慮事項の内容	<p>①地震 陸域では空中写真判読など、海域では海上音波探査などに基づいて、全国的に調査された文献に示されている活断層がある場所は、文献調査の対象としない。</p> <p>②噴火 第四紀火山の中心から半径 15km の円の範囲内にある地域は文献調査の対象としない。</p>	<p>①地震 繰り返し活動し、変位の規模が大きい活断層などについて、次の事項に該当すると明確に判断される場所、範囲は含めないように、概要調査地区を選定する。 ・全国一律に評価する事項で用いた以外の文献によって認められる活断層がある場所 ・活断層の幅（断層破砕帯）およびその外側の変形帯に含まれる範囲 ・活断層の分岐などの発生の可能性が高い場所 ・顕著な活動を継続している活褶曲や活撓曲の分布範囲</p> <p>②噴火 第四紀火山の中心から半径 15km の円の外側の地域でも、将来数万年にわたりマグマの地殻への貫入や地表への噴出が明確に判断される地域は含めないように、概要調査地区を選定する。また、将来も含め、マグマによる著しい熱の影響、強酸性の熱水、あるいは著しい熱水対流が存在すると明確に判断される地域は含めないように、概要調査地区を選定する。</p> <p>③隆起・侵食 過去 10 万年間の隆起の総量が 300m を超えていることが明らかな地域は含めないように、概要調査地区を選定する。</p> <p>④第四紀の未固結堆積物 地層処分を行おうとする地層が、第四紀の未固結堆積物である地域は含めないように、概要調査地区を選定する。</p> <p>⑤鉱物資源 地層処分を行おうとする地層において、その採掘が経済的に価値が高い鉱物資源が存在する地域は含めないように、概要調査地区を選定する。</p>	<p>①地層の物性・性状 岩盤の強度、変形・割れ目・風化・変質の状況、地温勾配、岩体の形状・規模、隆起・侵食の速度、異常間隙水圧・膨脹性地山・ガス突出・山はね・大出水の可能性</p> <p>②地下水の特性 地下水の流量・流速、水温、pH、酸化還元性</p> <p>③地質環境の調査・評価 調査の範囲・規模・期間、調査技術・評価手法などの適用性、火成活動・断層活動などの地質環境の評価・モデル化の容易性、調査に対する土地利用などの制約</p> <p>④建設・操業時における自然災害 地震・地すべり・洪水などの重大な自然災害の発生可能性</p> <p>⑤土地の確保 土地の確保の容易性</p> <p>⑥輸送 利用可能な港湾または港湾候補地からの距離などの輸送の容易性</p>
評価	文献調査の対象となることを確認	概要調査地区選定に関する法定要件に対する適格性を評価	法定要件に対する適格性が確認された地区を対象に、必要に応じて相対比較を実施
情報	NUMO が指定する全国規模の文献	応募区域およびその周辺の地域を対象とする全国規模および地域規模の文献その他資料	

4.2.1.2 精密調査地区選定段階（概要調査の段階）

・本段階における事業目標	: 精密調査地区選定
・安全確保にかかわる目標	: 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
・目標達成にかかわる要件	: 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
・安全確保にかかわる主要文書	: 概要調査に関する法定報告書 概要調査に基づく概念設計と予備的安全評価に関する報告書

(1) 実施事項

精密調査地区選定段階（概要調査の段階）における事業目標は「精密調査地区の選定」であるが、安全確保にかかわる目標としては、「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」がある。これらの目標達成にかかわる要件としては、最終処分法で定められた「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（精密調査地区選定上の考慮事項含む）への適合性」がある。これらの要件を考慮した上で、この段階の目標を達成するために、NUMOは以下の事項を実施する。

概要調査は、「概要調査計画書」に基づいて、地域全体の広域的な地質環境の情報を得ることを主たる目的として、地表踏査、物理探査、ボーリング調査などを実施する。

概要調査の結果に基づき、「精密調査地区選定上の考慮事項」に示す地震・断層活動、火山・火成活動、隆起・侵食といった自然現象による著しい影響を回避できることを確認する。

精密調査地区選定段階（概要調査の段階）では、概要調査で取得した地質環境の情報を踏まえて、概要調査地区選定段階（文献調査の段階）で構築した地質環境モデルを更新し、精密調査地区を対象としたスケールの地質環境モデルを構築し、地質環境特性の長期変遷についても検討を行う。

更新された地質環境モデルに基づいて、地上・地下施設の基本レイアウトを設定し、人工バリアの工学的実現性確認、長期安全性に関する予備的な評価、事業期間中の安全性の検討を行う。安全性については、複数のフェーズで段階的に実施する中で、三つの安全確保策（適切なサイト選定と確認、処分場設計・施工などの適切な工学的対策、地層処分システムの長期安全性の評価）を相互に連携させることで確保する。

さらに、処分施設建設地選定段階（精密調査の段階）以降の技術開発や基盤研究開発への追加すべきニーズを取りまとめる。また、効率的に事業を進めるために、地質環境特性、安全性、経済性などの観点から総合的に判断した上で、処分場概念をレファレンス処分場概念として一つに絞り込む。この際に、この段階での不確実性を考慮し、一つに絞り込むことが適当でない場合には、複数の処分場概念オプションを示すことも検討する。

事業期間中の安全性について、一般労働安全の確保、放射線安全の確保、周辺環境の保全という三つの分野に分けて検討を行うという点は、前段階の概要調査地区選定段階（文献調査の段階）と同様であるが、前段階が文献情報のみに基づいた検討であったのに対し、この段階では、地表踏査、

物理探査, トレンチ調査, ボーリング調査などから, より詳細なサイトの情報が得られているため, より現実的な評価が可能になると考えている。これらの調査を実施するに当たっては, 作業安全に留意するとともに, 周辺環境に十分配慮する。

上記の検討結果を踏まえ, 「精密調査地区選定上の考慮事項」に基づいて精密調査地区を選定し, 法律に基づく「概要調査に関する法定報告書」を作成するとともに, 処分場の設計, 長期安全性や事業期間中の安全性などの評価結果を含む「概要調査に基づく概念設計と予備的安全評価に関する報告書」を取りまとめ公表する。

これらの報告書とその補足文書から成る文書群により, この段階のセーフティケースを構成し, ステークホルダーへの安全性の提示に利用する。また, 次段階に向けて, 処分施設建設地選定上の考慮事項を作成して公表し, これに基づき精密調査計画の立案を行う。

次段階の後半に予定している地下調査施設の建設が, 地質環境や周辺環境に擾乱を及ぼす可能性があることに配慮し, 影響を受ける前の状態を把握するためのモニタリングを開始する。

この段階における実施事項をフロー図として示すと図 4.2.1-2 のようになる。

精密調査地区選定段階(概要調査の段階)

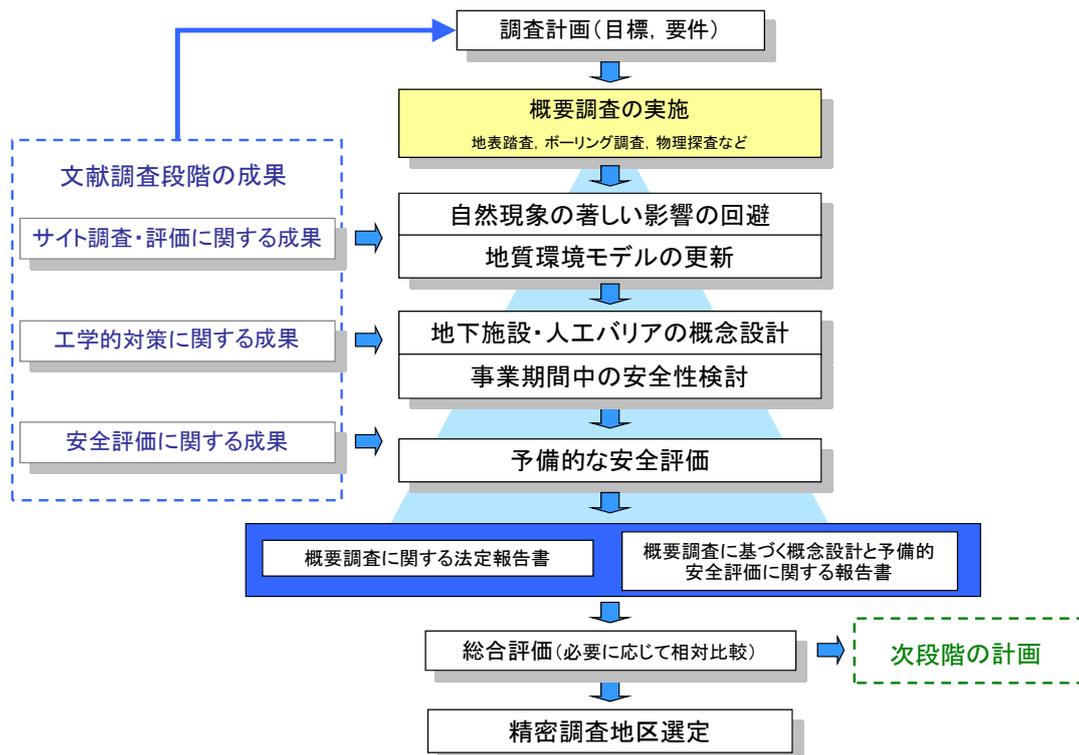


図 4.2.1-2 精密調査地区選定段階(概要調査の段階)における実施フロー図

(2) 精密調査地区選定上の考慮事項について

NUMO は, 各段階の調査地区選定上の考慮事項を, その選定段階の調査を開始する前に作成・公表することとしている。

精密調査地区選定に際しては, 地層処分事業における安全確保を念頭におき, 最終処分法に定められている要件(法定要件)への適合性を第一に評価を行う。また, 精密調査地区選定はサイト選

定の中間段階に当たることから、精密調査地区選定上の考慮事項の策定においては、本段階に関する法定要件はもとより、前段階（概要調査地区選定段階）の考慮事項への適合性などの確認、さらには次段階（処分施設建設地選定段階）の最終処分法に定められた要件も踏まえて行う。

本段階に関する法定要件は次の通りである。

- ・ 当該対象地層等において、地震等の自然現象による地層の著しい変動が長期間生じていないこと。
- ・ 当該対象地層等が坑道の掘削に支障のないものであること。
- ・ 当該対象地層等内に活断層、破碎帯又は地下水の水流があるときは、これらが坑道その他の地下の施設に悪影響を及ぼすおそれが少ないと見込まれること。
- ・ その他経済産業省令で定める事項。

精密調査地区選定上の考慮事項のうち、上記の法定要件に関する事項に関しては、地層の著しい変動、坑道掘削への支障、地下水の水流による地下施設への影響の観点から、事業の成立性を判断するための要件を設定する。

このうち、「地層の著しい変動」に対しては、概要調査地区内において、地震・断層活動、火山・火成活動および隆起・侵食に関する事項について検討を行う。

例えば、地震・断層活動に関しては、断層沿いのずれ破壊が地下施設および廃棄体へ直接的に破損を与える可能性があることから、最終処分法に定める「地層の著しい変動」として精密調査地区としての法定要件への適合性を評価することとし、活断層や活褶曲・活撓曲が存在していたり、将来的に断層の分岐などの可能性が高いと明確に判断される場所および範囲は含めないよう精密調査地区を選定する。

火山・火成活動に関しては、マグマの貫入・噴出に伴う力学的・熱的な破壊が地下施設および廃棄体へ直接的に破損を与える可能性があることから、最終処分法に定める「地層の著しい変動」として精密調査地区としての法定要件への適合性を評価することとし、第四紀にマグマが地表付近へ貫入または地表へ噴出したことが明らかな範囲や、マグマによる著しい熱や熱水・ガスの影響が及ぶ範囲、あるいはマグマの地表付近への上昇や地表への噴出の可能性の高い範囲は含めないよう精密調査地区を選定する。

隆起・侵食に関しては、地下施設の地表への露出や地下環境の酸化雰囲気への変化は地層処分システムの「隔離」あるいは「閉じ込め」機能の喪失につながることから、最終処分法に定める「地層の著しい変動」として精密調査地区としての法定要件への適合性を評価する。従って、地下施設の設置深度を考慮しても、隆起・侵食による地下施設および廃棄体の露出や地下施設周辺の環境が酸化雰囲気へ変化することにより被ばく影響が大幅に増加することが明らかな場所および範囲は含めないよう精密調査地区を選定する。

「坑道掘削への支障」に対しては、事業期間中の安全確保の観点から成立性を判断する事項について検討を行う。例えば、地層処分を行おうとする地層において未固結堆積物が分布していたり、地山の強度が著しく小さい、あるいは膨張性地山などにより難工事が予想されるなどの理由により、必要な廃棄体本数を定置するための処分坑道を安全かつ合理的（現実的な対策の範囲内）に掘削することが困難であると判断される場所および範囲は含めないよう精密調査地区を選定する。

また、大規模な破碎帯などの高透水性のゾーン（水みち）が存在する場合は、この水みちを介し

て浅層あるいは地下深部から地下水が地層処分を行おうとする地層に到達し、地下水流動特性、地化学特性、熱特性が地下施設のもつバリア性能に著しい影響を及ぼす恐れがあることから、最終処分法に定める「地下水の水流による地下施設への影響」の観点から、精密調査地区としての法定要件への適合性を評価する。

一方、概要調査に続いて実施する精密調査には多大な費用と期間を要するため、精密調査地区選定においては、実施主体として、安全確保はもとより事業推進の面からも事業としての成立性の見通しを可能な限り得ておく必要がある。

従って、法定要件に対する適合性の確認とともに、精密調査地区としての特性に関して、閉鎖後長期の安全確保や建設可能性および事業期間中の安全確保、環境影響の低減、土地の確保、経済性および工程確保などの観点から、法定要件以外に関する事項（地質環境特性、自然環境特性、社会環境特性などに関する事項）についても総合的に評価を行い、地層処分の成立性の判断および相对比较を行う。

「精密調査地区選定上の考慮事項」については、精密調査地区選定に関する原子力安全委員会などの検討状況などを踏まえつつ、精密調査地区選定段階（概要調査の段階）の開始までに策定し、公表する予定である。

4.2.1.3 処分施設建設地選定段階（精密調査の段階）

(i) 地上からの調査段階

・本段階における事業目標	: 処分施設の基本レイアウトの決定
・安全確保にかかわる目標	: 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
・目標達成にかかわる要件	: 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
・安全確保にかかわる主要文書	: 精密調査に基づく基本設計と安全評価に関する報告書（中間報告） 環境影響にかかわる評価報告書

(a) 実施概要

「処分施設建設地選定段階」（精密調査の段階）は、「地上からの調査段階」と「地下調査施設での調査段階」の二つの段階に分けて実施する予定である。

「地上からの調査段階」における事業目標は、処分関連施設の基本レイアウトを決定することである。この基本レイアウトを基準として、地質環境の情報を得るために適した地下調査施設の配置や構成を検討・設定する。この段階の安全確保にかかわる目標は、「自然現象の著しい影響の回避の確認」、「長期安全性の確保」、「事業期間中における安全性の確保」の三つである。これらの目標を達成するために、要件としては「法定要件への適合性」、「処分施設建設地選定への環境要件の適合性」、「安全審査基本指針への適合性」、「自主基準（考慮事項を含む）への適合性」を満足する必要がある。これらの要件を考慮した上で、この段階の目標を達成するために、以下の事項を実施する。

まず、調査に先立ち経済産業大臣から実施計画の変更承認を受け、「精密調査計画書」を公表し、それに基づき地下調査施設での調査の前段となる地上からの調査を実施する。地上からの調査は、前段階の概要調査によって得られた地質環境情報の確認、詳細化、特に、処分場建設候補地周辺の地下情報の取得を目的として実施する。

また、新たに取得した地質環境の情報に基づき地質環境モデルを更新し、それを踏まえて人工バリアや処分パネルのレイアウトなどの設計を見直し、廃棄体および人工バリア材の運搬・定置にかかわる再検討および長期安全性の評価を行って処分施設の基本レイアウトを決定する。それらの結果は、「精密調査に基づく基本設計と安全評価に関する報告書（中間報告）」として取りまとめ、関連する補足文書と併せてこの段階のセーフティケースとして取りまとめる。

さらに、基本レイアウトに基づき、地下施設での調査や技術の実証などを目的に、次段階で建設する地下調査施設の配置を決定し、精密調査計画（地下調査施設での調査）を立案する。

また、地下調査施設の建設に先立ち環境影響評価を行い、適切な環境保全策を講じる。それらの結果は「環境影響にかかわる評価報告書」として取りまとめる。

この段階における実施事項をフロー図として示すと図 4.2.1-3 のようになる。

処分施設建設地選定段階（精密調査の段階） 地上からの調査

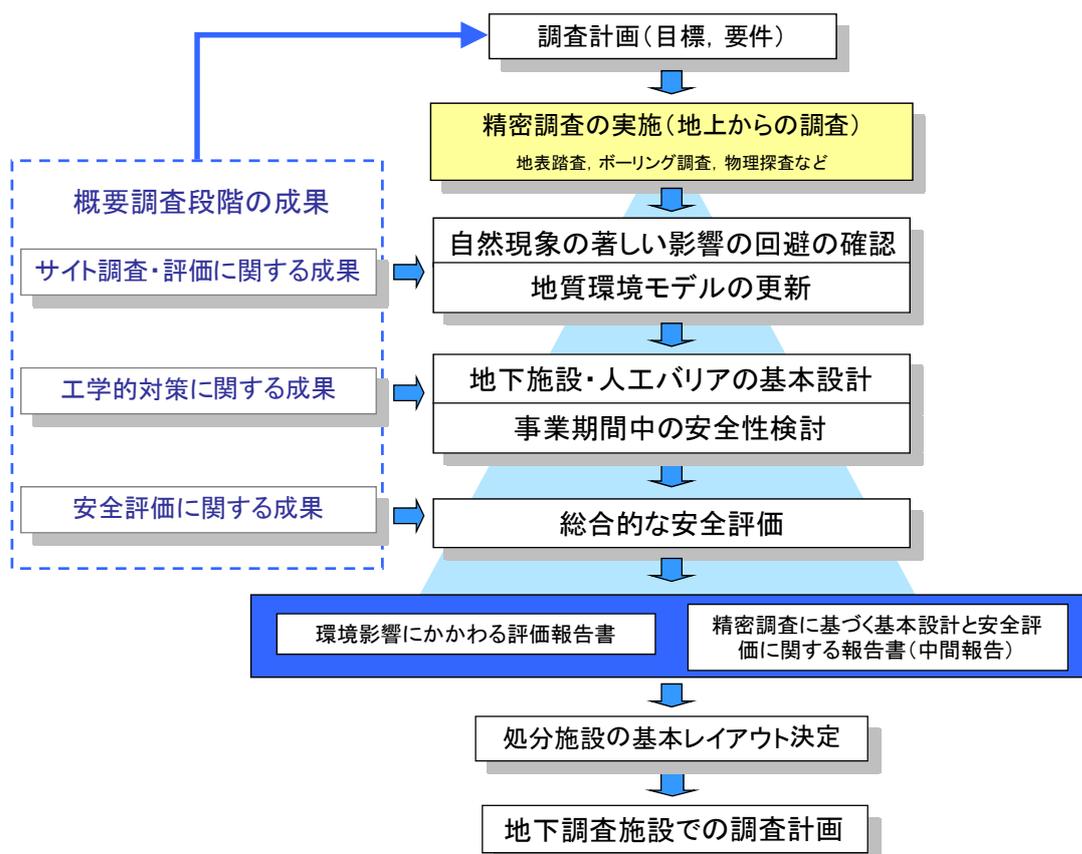


図 4.2.1-3 処分施設建設地選定段階（地上からの調査）における実施フロー図

(ii) 地下調査施設での調査段階

・本段階における事業目標	: 処分施設建設地選定
・安全確保にかかわる目標	: 自然現象の著しい影響の回避を確認 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
・目標達成にかかわる要件	: 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 安全審査指針への適合性 自主基準（考慮事項含む）への適合性
・安全確保にかかわる主要文書	: 精密調査に関する法定報告書 精密調査に基づく基本設計と安全評価に関する報告書

(a) 実施概要

「処分施設建設地選定段階」の後半として実施する「地下調査施設での調査段階」における事業目標は、「処分施設建設地選定」である。

この段階の安全確保にかかわる目標は、「自然現象の著しい影響の回避を確認」、「長期安全性の確実な確保」、「事業期間中における安全性の確実な確保」である。これらの事業目標と安全確保にかかわる目標を達成するための要件は、「法定要件の適合性」、「処分施設建設地選定の環境要件の適合」、「安全審査指針の適合性」、「自主基準（処分施設建設地選定上の考慮事項含む）の適合性」であり、これらの要件を考慮した上で、この段階の目標を達成するために、以下の事項を実施する。

この段階では、前段階の「(i) 地上からの調査段階」で作成した「精密調査計画書」を改定するとともに、地下施設での詳細な調査計画を作成し、対象としている母岩が地層処分に適していることを確認するために、対象母岩中に坑道を掘削し、地下深部における岩盤の特性調査や原位置試験などを行う。また、三つの安全確保策（適切なサイト選定と確認、処分場の設計・施工などの適切な工学的対策、地層処分システムの長期安全性の評価）を相互に連携させながら、不確実性の影響を効率的に低減させ、閉鎖後長期の安全性にかかわる信頼性を向上させる。

地上・地下施設に関しては、基本設計を行い、人工バリアの仕様の決定、製造・施工の実証を行うとともに、地質環境モデルおよび基本設計に基づいて閉鎖後長期の安全性の評価を実施する。また、建設・操業段階の計画を立案し事業期間中の詳細な安全確保策の検討を行う。

さらに、地下調査施設などの一部を活用して、建設や操業にかかわる技術のうち地層処分に固有な主要技術については実証試験を行う。また、人工バリアやニアフィールドの長期的な性状変化の予測・評価に資するデータ取得を目的とした実証試験を開始する。

この段階における実施事項をフロー図として示すと図 4.2.1-4 のようになる。

処分施設建設地選定段階(精密調査の段階) 地下調査施設での調査

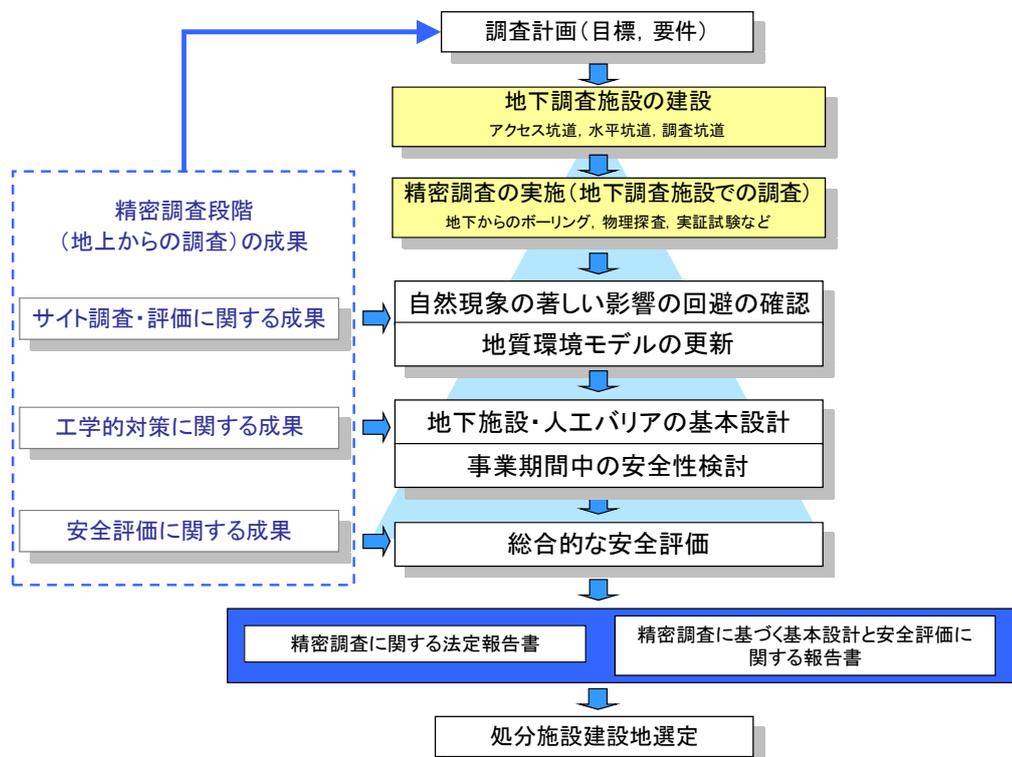


図 4.2.1-4 処分施設建設地選定段階(地下調査施設での調査)における実施フロー図

(b) 処分施設建設地選定上の考慮事項について

NUMO は、各段階の調査地区選定上の考慮事項を、その選定段階を開始する前に作成・公表することとしており、処分施設建設地選定上の考慮事項は処分施設建設地選定段階(精密調査の段階)を開始する前に作成・公表する。

処分施設建設地の選定の目的は、精密調査(地上からの調査および地下調査施設における調査)を実施し、その結果および前段階において取得した情報に基づき、地震などの自然現象による地層の著しい変動が長期間生じていないことを確認するとともに、地層処分システムの長期安全性が確実に確保される場所を処分施設建設地として選定することである。

処分施設建設地選定段階については、サイト選定の最終段階となることから、「処分施設建設地選定上の考慮事項」は、本段階に関して最終処分法に定められた法定要件はもとより、前段階(精密調査地区選定段階)の考慮事項への適合性などの確認、次段階の安全審査への準備を踏まえて策定する必要がある。

本段階に関して最終処分法に定められた法定要件は次のとおりである。

- ・ 地下施設が当該対象地層内において異常な圧力を受けるおそれがないと見込まれること、その他当該対象地層の物理的性質が処分施設の設置に適していると見込まれること。
- ・ 地下施設が当該対象地層内において異常な腐食作用を受けるおそれがないと見込まれること、その他当該対象地層の化学的性質が処分施設の設置に適していると見込まれること。
- ・ 当該対象地層に地下水またはその水流が地下施設の機能に支障を及ぼすおそれがないと見込

まれること。

- ・ その他経済産業省令で定める事項。

「処分施設建設地選定上の考慮事項」についても概要調査地区選定段階（文献調査の段階）あるいは精密調査地区選定段階（概要調査の段階）と同様に、「法定要件に関する事項」と「付加的に評価する事項」に分けられる。「法定要件に関する事項」に関しては、上記の最終処分法に定められた法定要件に基づいて、除外要件を設定することとなる。

また、「除外要件」を満足する地区の中から処分施設建設地としての特性を総合的に評価するために「付加的に評価する事項」を設定する。「付加的に評価する事項」は、本段階の除外要件には該当しないものの、処分施設の設置位置を最終的に確定することとなることから、より好ましい処分施設位置を選定するに当たって考慮すべき事項や、安全審査に資する情報の取得、建設・操業・閉鎖の段階などに関して本段階で可能な範囲で見通しを得るべき事項である。

4.2.1.4 安全審査の段階

・ 本段階における事業目標	: 事業許可の取得
・ 安全確保にかかわる目標	: 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
・ 目標達成にかかわる要件	: 安全審査指針への適合性 安全審査基本指針への適合性
・ 安全確保にかかわる主要文書	: 事業許可申請書 環境影響評価書

この段階では、「事業許可申請書」を国へ提出し、事業許可を申請する。また、安全審査期間中においても、必要に応じて補足的な調査・評価を実施する。

また、処分場の建設・操業に伴う周辺環境への影響に関する調査や予測評価、処分場の建設、操業時における保全対策の策定などの環境影響評価を実施し、「環境影響評価書」を作成し公表する。併せて、建設に向けた準備として「設計および工事の方法の認可」（以下、設工認という）の申請書などの作成も並行して進める。

4.2.2 建設～事業廃止までの段階

4.2.2.1 建設段階

・本段階における事業目標	: 処分施設の建設
・安全確保にかかわる目標	: 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
・目標達成にかかわる要件	: 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
・安全確保にかかわる主要文書	: 設工認申請書 施設確認申請書 使用前検査申請書 安全レビュー報告書

この段階では、国から事業許可を受けた後、地層処分施設建設のための準備工事に着手する。そして、廃棄物埋設施設は、随時設工認申請を行い、認可を受けた後、ガラス固化体受入・一時保管施設などの地上施設、並行して、地下施設の建設に着手する。地上・地下施設の建設では、事業許可申請と、設工認申請において示した処分場設計に基づき、要求機能を満足するように品質を適切に管理しながら建設を進める。認可を受けたとおりに適切に建設が行われたことを、国による使用前検査を受検して確認する。

この段階では、建設中に取得する地質環境特性データ、各種のモニタリングデータなど、新たな情報が得られるため、これらの情報に基づき安全評価を行って処分場の安全性を再確認し、「安全レビュー報告書」として取りまとめ公表する。

また、これらの新たに得られた情報を用いて、地質環境特性をより正確に地下施設設計に取り込むことにより、法律を遵守した上で、安全確保上の観点から必要に応じて処分坑道の位置や廃棄体の設置位置の変更を行う。また、操業技術・安全評価技術の高度化の観点から、地下調査施設で実証試験を必要に応じて実施する。

地上・地下施設の建設に際しては、原子力施設やトンネル・鉱山などの安全対策を参考として安全計画を立案し、国や地方自治体の承認を得た上で、それに従って建設を進める。

4.2.2.2 操業段階（操業期間中）

・本段階における事業目標	: 操業の実施
・安全確保にかかわる目標	: 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
・目標達成にかかわる要件	: 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
・安全確保にかかわる主要文書	: 施設確認申請書 廃棄体確認申請書 安全レビュー報告書

この段階では、ガラス固化体の受け入れ、オーバーパックへの封入、廃棄体の搬送・定置などが

行われるため、各種基準や指針への適合性を確認するとともに、廃棄物受入施設などの性能、保安規定や核物質防護規定の遵守状況について国の定期的な検査を受ける。この段階においても、モニタリングを通じて得られる情報や新たな科学的知見を踏まえ、安全評価を行って処分場の安全性を再確認するとともに、定期的に「安全レビュー報告書」として取りまとめ公表する。

また、次段階の閉鎖について必要な技術の整備とその信頼性の向上を図るために、閉鎖技術の実証試験を行うとともに、精密調査段階以降から実施している人工バリアシステムの長期試験結果の取りまとめを行う。これらの情報も含め、この段階で得られる新たな情報や知見を加えてセーフティケースを更新し、「安全レビュー報告書」に反映する。

操業段階では、実際の放射性廃棄物を取り扱うため、一般労働安全と併せて、放射線安全のための対策を確実に講じ、操業を安全に進める。地下施設の建設および操業は処分パネル単位で実施するため、隣り合うパネルで建設と操業が同時期に並行して実施される場合もあるが、放射性廃棄物を搬入・定置するパネルでは放射線管理区域として厳格な管理を行うなど、建設にかかわる輸送や作業と明確に区分する。

また、次段階に向けて、安全レビュー結果、各段階における繰り返しの安全確認結果、実証試験成果などに基づき総合的に安全性を評価し、閉鎖措置計画の検討を行う。

4.2.2.3 操業段階（操業の終了・閉鎖措置計画認可申請）

・本段階における事業目標	: 閉鎖措置計画の認可
・安全確保にかかわる目標	: すべての情報を統合した長期安全性の提示
・目標達成にかかわる要件	: 閉鎖措置計画の認可の基準への適合性
・安全確保にかかわる主要文書	: 閉鎖措置計画の認可申請書 安全レビュー報告書

この段階では、操業を終了し、サイト調査から操業終了までに得られたすべての情報に基づき安全評価を行ってセーフティケースを更新することで、閉鎖の意思決定のための安全性の確認を行い、「安全レビュー報告書」を作成する。

原子炉等規制法の規定によれば、処分場を閉鎖しようとする場合、NUMOは閉鎖措置計画を定め、経済産業大臣の認可を受けなければならないと規定されているため、「閉鎖措置計画の認可申請書」を作成し認可を受ける。

4.2.2.4 閉鎖段階

・本段階における事業目標	: 閉鎖措置の実施
・安全確保にかかわる目標	: 閉鎖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	: 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
・安全確保にかかわる主要文書	: 閉鎖措置の確認申請書

この段階では、原子炉等規制法の規定により、前の段階で認可された閉鎖措置計画に基づき、所要の品質を確保しつつ地下施設（連絡坑道やアクセス坑道など）を埋め戻し、処分場の閉鎖を行う。閉鎖措置が完了した時点で、実施状況や実施後の地形、地質、地下水の状況に関する事項を記載し

た「閉鎖措置の確認申請書」を作成し、経済産業大臣に申請を行い、確認を受ける。なお、閉鎖措置計画が認可されるまで、核物質の防護のための区域、廃棄体の回収可能性を維持する。

また最終処分法では、地層処分が終了したときは、あらかじめ処分施設の状況が定められた基準に適合していることを、経済産業大臣によって確認を受けなければならないと規定されている。閉鎖する場合、処分施設に関する記録は、NUMOが経済産業大臣に提出し、永久保存されることになっている。

この段階においても、一般労働安全と併せて放射線安全のための対策を確実に講じることにより、閉鎖を安全に進めるとともに、環境保全にも努める。

原子炉等規制法や最終処分法に基づく手続きを実行する上で必要な閉鎖措置計画の認可基準は、今後必要とされる時期までに具体化されるべき事項である。

4.2.2.5 閉鎖後～事業の廃止までの段階

・本段階における事業目標	: 廃止措置の実施と確認
・安全確保にかかわる目標	: 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	: 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
・安全確保にかかわる主要文書	: 廃止措置計画の認可申請書 安全レビュー報告書 廃止措置終了の確認申請書

この段階では、原子炉等規制法に基づき、事業の廃止措置に向けて、長期にわたり安全性が確保されることを総合的に評価することにより、セーフティケースを更新し、安全レビュー報告書を作成する。その上で、「廃止措置計画の認可申請書」の作成・申請・認可取得を行う。

認可された廃止措置計画に基づき、所要の品質を確保して地上施設の解体を行い、廃止措置を行う。また、その際、品質管理を適切に行い、それらを記録する。廃止措置が終了した時点で、「廃止措置終了の確認申請書」を作成し、国へ確認の申請を行い、廃止措置の確認を受けた段階で、地層処分事業は原子炉等規制法の対象からはずれる。

なお、NUMOは、閉鎖後の処分施設跡地の区域管理を行い、NUMOの解散（最終処分法では、別の法律で定めるとされている）によりその責任は完了することになる。このような区域管理の具体的内容については今後、社会的要請などを考慮して改めて判断する。

また、最終処分法によれば、処分施設の敷地およびその周辺を保護する必要がある場合には、NUMOからの申請を受けて、国はその区域を保護区域として指定することができる。保護区域内では、経済産業大臣の許可を受けない土地掘削は禁止される。現時点においては、NUMO解散後の処分施設の扱いは別途法律で定めることとなっており、NUMOとしては、解散後の安全確保の妥当性について示し、国の確認を受けた後、国へ確実に管理業務を引き継ぐことが責務と考えている。

参考文献

原子力安全委員会 (2002) : 高レベル放射性廃棄物処分の概要調査地区選定段階において考慮すべき環境要件について.

原子力委員会 (2005) : 原子力政策大綱, 平成 17 年 10 月 11 日 原子力委員会決定.

NUMO (原子力発電環境整備機構) (2004) : 高レベル放射性廃棄物地層処分の技術と安全性, NUMO-TR-04-01.

NUMO (原子力発電環境整備機構) (2009a) : 公募関係資料 処分場の概要 分冊-1.

NUMO (原子力発電環境整備機構) (2009b) : 公募関係資料 概要調査地区選定上の考慮事項 分冊-2.

通商産業省 (2000) : 特定放射性廃棄物の最終処分に関する基本方針, 平成 12 年 9 月 29 日 閣議決定.