

概要調査計画立案の基本的考え方



2011年3月
原子力発電環境整備機構

2011年3月 初版発行

本資料の全部または一部を複写・複製・転載する場合は、下記へお問い合わせください。

〒108-0014 東京都港区芝4丁目1番地23号 三田NNビル2階
原子力発電環境整備機構 技術部
電話 03-6371-4004 (技術部) FAX 03-6371-4102

Inquiries about copyright and reproduction should be addressed to:
Science and Technology Department
Nuclear Waste Management Organization of Japan
Mita NN Bldg. 1-23, Shiba 4-chome, Minato-ku, Tokyo 108-0014 Japan

©原子力発電環境整備機構

(Nuclear Waste Management Organization of Japan) 2011

概要調査計画立案の基本的考え方

2011年 3月

原子力発電環境整備機構

目 次

1. 序文.....	1
1.1 はじめに.....	1
1.2 概要調査の主な目標.....	2
2. 概要調査計画立案の手順.....	3
2.1 概要調査の枠組み：概要調査における段階的なアプローチ.....	3
2.2 概要調査計画立案の手順.....	5
2.3 概要調査開始後の調査計画の見直し.....	9
3. 概要調査計画立案作業.....	10
3.1 ステップ 1 － 計画立案準備.....	10
3.1.1 ステップ 1a － 調査・評価体制の整備.....	10
3.1.2 ステップ 1b － データベースの準備.....	12
3.1.3 ステップ 1c － 既存情報の整理とデータベースの構築.....	13
3.2 ステップ 2 － 地質環境モデルの構築.....	14
3.2.1 ステップ 2a － 地質環境の概念モデルの構築.....	14
3.2.2 ステップ 2b － 地質環境モデルの構築.....	18
3.3 ステップ 3 － 設計・性能評価検討の反映.....	24
3.4 ステップ 4 － 調査目標の設定.....	25
3.4.1 ステップ 4a － 調査目標の設定.....	25
3.4.2 ステップ 4b － 調査目標の重要度・優先度の順位付け.....	27
3.5 ステップ 5 － 調査手法の選定.....	29
3.5.1 ステップ 5a － 調査手法の選定.....	29
3.5.2 ステップ 5b － 調査範囲の設定.....	32
3.5.3 ステップ 5c － 調査の密度と調査手法の組み合わせ.....	34
3.6 ステップ 6 － 概要調査計画の策定.....	36
3.6.1 ステップ 6a － 調査戦略の構築.....	37
3.6.2 ステップ 6b － 地質環境モデル再構築の計画の検討.....	37
3.6.3 ステップ 6c － 調査・評価の手順の検討.....	37
3.6.4 ステップ 6d － 全体工程の作成.....	38
3.7 ステップ 7 － 概要調査計画の妥当性評価.....	40
4. おわりに.....	41
謝 辞.....	41
引用文献.....	42
用語解説.....	用-1

目 次

図 2-1	概要調査計画立案の進め方.....	5
図 2-2	本書を用いた概要調査計画の立案・更新の考え方の例.....	9
図 3-1	概要調査計画立案時に想定する調査・評価体制の一案.....	11
図 3-2	地質環境の概念モデルの例（タイプ①：結晶質岩）.....	16
図 3-3	地質環境の概念モデルの例（タイプ②：堆積岩）.....	16
図 3-4	地質環境の概念モデルの例（タイプ③：堆積岩に被覆された結晶質岩）.....	17
図 3-5	Laxemar サイトでの調査にて示された地質構造モデルの例.....	18
図 3-6	ローカルスケールを対象とした水理地質構造モデルと地下水流動解析結果の 一例（JNC, 2005）.....	22
図 3-7	空間スケールの概念（JNC, 2005）.....	23
図 3-8	地質環境評価チーム（GET）が取り組むサイト調査と設計・性能評価の連携 の流れ.....	24
図 3-9	概要調査地区の範囲の概念図（NUMO,2004）.....	33
図 3-10	概要調査地区の範囲の設定例（補足的に調査を行う範囲を含む）(NUMO, 2004)	33
図 3-11	策定した概要調査計画における全体工程のイメージ.....	36
図 3-12	統合化データフローダイアグラムの一例（原環センター，2007）.....	39

表 目 次

表 2-1	概要調査計画立案の段階的アプローチと地質環境モデルの構築の例	4
表 3-1	地質・地質構造の概念モデルの記載事項（例）	15
表 3-2	地下水流動の概念モデルの記載事項（例）	15
表 3-3	空間スケールの対象範囲と位置づけ（JNC, 2005）	23
表 3-4	概要調査の調査目標の基本リスト（例）	26
表 3-5	調査目標を設定する際の記録の整理（例）	27
表 3-6	調査目標の達成に向けた調査手法の例示	30
表 3-7	サイト固有の調査手法の選定にかかわる総括表（結晶質岩の例）	31

1. 序文

1.1 はじめに

本書『概要調査計画立案の基本的考え方（PIPM：Preliminary Investigation Planning Manual）』は、概要調査の計画立案のための基本的な方針や検討にあたっての留意点をステップごとに記すものである。

わが国の特定放射性廃棄物（高レベル放射性廃棄物および地層処分低レベル放射性廃棄物）の最終処分施設建設地の選定は、3段階の調査（文献調査、概要調査、精密調査）を経て進められる。「文献調査（LS：Literature Survey）」では、応募区域とその周辺地域を対象として、公開されている文献やその他資料に基づき既存のデータを収集・評価し、その結果を「概要調査地区選定上の考慮事項」に照らして「概要調査地区（PIA：Preliminary Investigation Area）」を選定する。第2段階の「概要調査（PI：Preliminary Investigation）」では、概要調査地区において地表からの調査を展開する。その結果を「精密調査地区選定上の考慮事項」（文献調査終了時まで提示する）に照らして評価し、「精密調査地区（DIA：Detailed Investigation Area）」を選定する。第3段階の「精密調査（DI：Detailed Investigation）」では、地表からの詳細な調査に加えて、地下調査施設を建設し、深部の地質環境をより詳細に把握する。その結果を「最終処分施設建設地選定上の考慮事項」（概要調査終了時まで提示する）に照らして評価し「最終処分施設建設地」を選定する。

文献調査では概要調査計画の立案も念頭において作業を進め、調査結果の取りまとめと並行して、概要調査計画を立案する。この計画立案にあたっては、調査の制約条件、当該サイト（本書では応募区域相当とする）およびその周辺の地質環境条件に関して収集・整理した情報を踏まえ、個々の調査の目標と結果の反映先を明確にしたうえで、合理的な調査戦略を策定することが重要である。このため、原子力発電環境整備機構（以下、NUMO）では、サイト毎に実施する調査計画の立案や更新における基本的な考え方を取りまとめた。ここでは、国外の地層処分事業に関わる知見を取り込むとともに、有識者の意見を参考に、概要調査計画立案に関わる重要な考え方を整理している。ただし、本書は、地質環境特性の調査・評価と並行して実施すると想定される、処分場の設計、地層処分システムの性能／安全評価、処分場の建設に伴う環境影響評価や、処分場開発に関わる総合的な意思決定について、直接的な方針を提示するものではない。また、本書は一地点を対象とした概要調査計画を取り扱ったものであり、複数の地点を対象とした考え方や、候補地の選定（絞り込み）の考え方は含まれていない。

1.2 概要調査の主な目標

概要調査の主な目標は、概要調査地区の中から精密調査地区を選定するために、自然現象の著しい影響を回避し、閉鎖後長期および事業期間中の安全性確保の見通しを得ることである。

上記の目標を達成するために最も重要な留意点は、概要調査において、サイト選定に関わる致命的な問題を、可能な限り見落とさないことである。致命的な問題とは、今後提示する精密調査地区選定上の考慮事項で示される事項であるが、その代表的なものとして、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地層の著しい変動があること、対象とする地層が坑道の掘削に支障があること、そして、地下水の水流が地下施設に悪影響を及ぼすことがあげられる。

また、概要調査では、文献調査において判断した概要調査地区選定上の考慮事項への適格性の確認結果について、再確認する場合もある。

精密調査地区の選定に向けて、調査・評価結果の科学技術的な信頼性を向上させるためには、以下の3つの事項を考慮して概要調査計画を立案する必要がある。

- ① 地質環境の特性や長期変遷の理解において、不確実性を正しく認識し、概要調査における不確実性の取り扱いや、それを低減させるプロセスを明示すること。
- ② 上記①で認識した不確実性について、処分場の設計や地層処分システムの性能／安全評価に反映させるとともに、それらの要請に応じて、計画を見直すプロセス（フィードバック）を明示すること。
- ③ 処分場の建設／操業／閉鎖の費用および実現可能性を支配する要因、およびセーフティーケース構築（OECD/NEA, 2004）を支配する要因を正しく理解し、その検討に必要な地質環境の特性や長期変遷について理解を進めること。

2. 概要調査計画立案の手順

本章では、概要調査の方針の主軸となる「段階的アプローチ」の考え方を明示するとともに、概要調査計画立案の手順と各検討における意思決定ポイントおよびその考え方を概説する。概要調査計画立案の手順の詳細は、第3章に示す。

2.1 概要調査の枠組み：概要調査における段階的なアプローチ

概要調査において、必要な情報を効率的に得るためには、調査範囲の設定、調査密度、調査精度、調査手法の選定とその手順の最適化が重要である。必要な範囲、密度、精度で情報を効率的に取得するためには、戦略的な方針を示した調査計画が必要である。そして、調査計画の立案の時点から、地質・地質構造、地下水の流動特性、地下水の地球化学特性、岩盤の物理・力学特性など、地質環境の各分野で取得される情報を統合し、統合的に解釈することを通じて、地質環境の特性や長期変遷を総合的に理解するための基本的な方針を明確にすることが必要である。さらに、地質環境の理解度や不確実性の評価の結果、取得された地質環境に関わる情報に基づいて、設計・性能評価検討の取り組みからのフィードバックなどを踏まえ、新たな課題への対応など、適宜、調査計画を見直すことも、時間や資源（人員・機材・予算）を有効に活用する観点から重要である。これらのことを踏まえて、概要調査では段階的なアプローチを採用し、調査をいくつかのフェーズに分けることを基本とする。

段階的な調査のアプローチによって、取得データを利用した地質環境の評価、および設計・性能評価検討の結果に基づく調査計画へのフィードバックが可能となり、当該サイトの地質環境条件に応じて調査計画の最適化を図ることができる。また、当初計画では想定できなかった地質環境条件に遭遇した場合にも、対応の柔軟度が広がることになる。一般的に、各段階で行なわれる調査・評価では、その前の段階の結果の確認あるいは更新、および調査によって新たに生じた課題・問題点への対応を行いながら、各段階で設定した調査目標を達成する。段階的なアプローチに伴うフェーズ設定数によっては、概要調査の長期化や予算の増につながる場合もあり、各フェーズで達成すべき成果を勘案し、全体工程とフェーズの設定数について適切にバランスを取ることが重要である。

フェーズの設定は、当該サイトの地質環境条件や既存情報の量・精度などを勘案して行うことになるが、一般的な土木構造物の建設に伴う調査、わが国の深地層の研究施設計画、諸外国の地層処分事業の経験（例えば、菊池，1990；SKB，2000；三枝ほか，2007；太田ほか，2007）を勘案すると、概要調査段階を大きく前半と後半の2つのフェーズに分けることが考えられる（表 2-1）。その一例として、第1フェーズでは、概要調査地区選定上の考慮事項への適格性の評価結果を現地調査で確認するとともに、第2フェーズのボーリング調査計画の立案に向けて、地表踏査や物理探査などを実施する。第2フェーズでは、主として地質環境特性とその長期変遷の把握に向けた深層ボーリング調査を実施する。このアプローチのねらいは、一つ目には、第1フェーズにおいて取得した地質環境情報を利用して、後述する計画立案の検討ステップを再度繰り返すことにより、第2フェーズにおいて実施する深層ボーリング調査を合理的かつ効率的に実施することにある。二つ目には、第1フェーズ後の計画の見直しの過程で、当該サイトの地質環境特性に対する不確実性の要因を特定し、精密調査地区選定上の考慮事項への適格性を確認するための調査・評価を的確に実施することにある。そして、これらのフェーズを経るごとに、概要調査における重要なツールである地質環境モデル（3.2 参照）の構築・再構築が実施される（表 2-1）。

本書では、上記の2つのフェーズを設定したアプローチを基本として記載を行っている。ただし、

概要調査計画の立案時点までに取得される当該サイトの既存情報の量、精度、さらには社会的条件などに応じて、調査フェーズを1つとする場合や、調査フェーズを3つ以上に細分する場合もある。

以下に、2つのフェーズを設定した場合の概要調査計画立案の段階的アプローチと地質環境モデルの更新例を示す。

表 2-1 概要調査計画立案の段階的アプローチと地質環境モデルの構築の例

項目	段階 文献調査終了段階	概要調査段階	
		第1フェーズ終了時	第2フェーズ終了時
概要調査計画の立案・更新	概要調査の全体計画（第1フェーズ、第2フェーズ）を立案	概要調査第1フェーズの完了確認と第2フェーズの計画更新	概要調査第2フェーズの完了確認と第3フェーズの必要性の確認
地質環境モデルのバージョン ^{注)}	Ver.0 モデル	Ver.1.0 モデル	Ver.1.1 モデル

注)・地質環境モデルの詳細は、3.2 ステップ2-地質環境モデルの構築において後述する。

- ・地質環境モデルのバージョン番号は例示であり、調査計画の段階・更新や程度を踏まえて、運用（例 Ver.1.1、Ver.1.2 など）を決定する。

2.2 概要調査計画立案の手順

概要調査計画立案の手順を図 2-1 に示す。計画立案にかかわる作業は、以下の7つの検討ステップのうち、ステップ1～6で実施する。ステップ7では、ステップ1～6を経て策定された概要調査計画の妥当性を評価し、概要調査の開始に向けた準備を完了する。

各ステップの検討の内容について、以下にその概要を示し、第3章でさらに詳しく説明する。

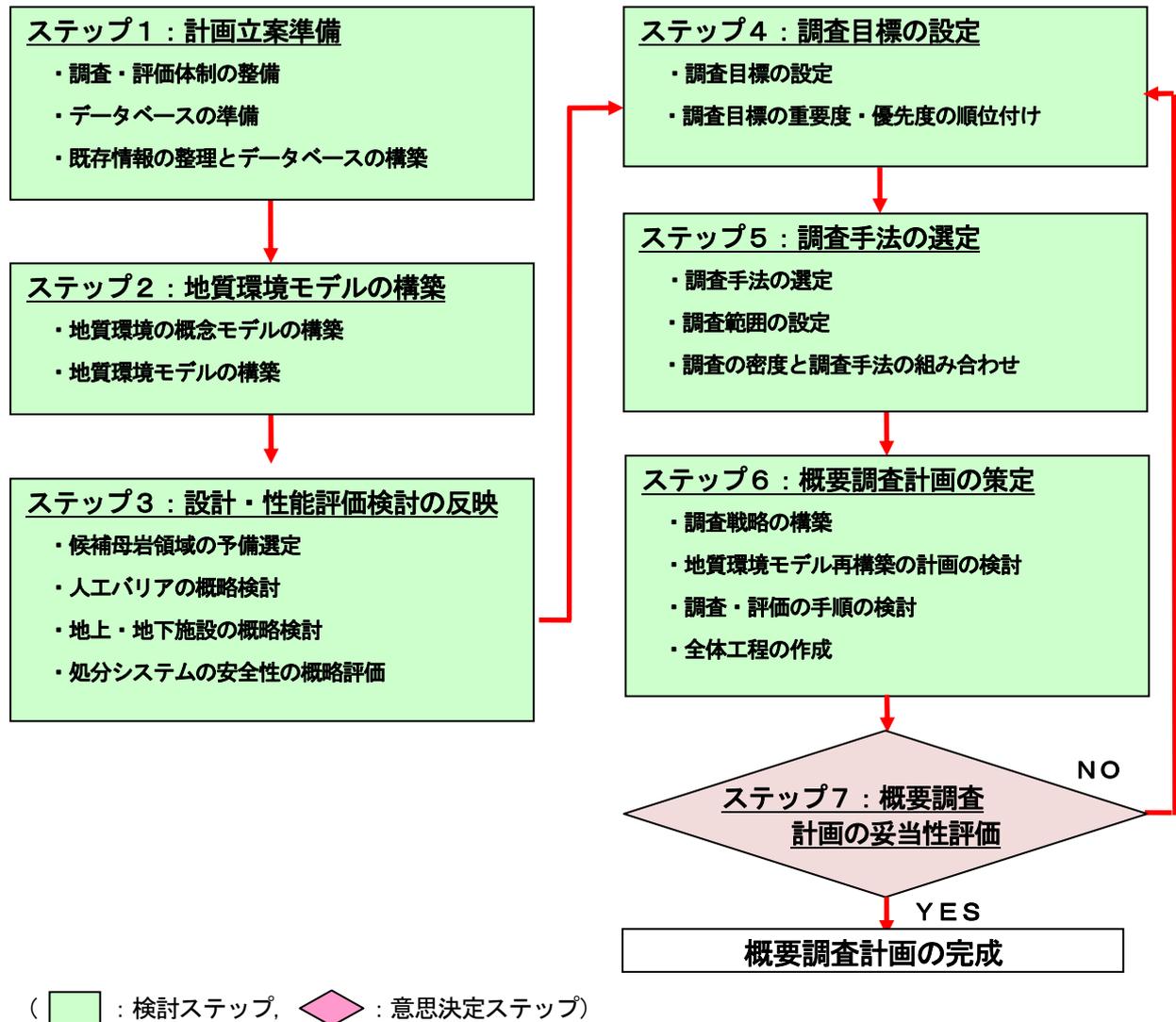


図 2-1 概要調査計画立案の進め方

概要調査計画立案の手順は、文献調査段階に得た情報やデータの整理とデータベースの作成から始まる（ステップ1）。次に、当該サイトの地質環境の概念モデルや地質環境モデルを構築し、計画立案時点での地質環境の理解度あるいは不確実性を明確にする（ステップ2）。さらに、当該サイトの地質環境特性の評価結果の反映先となる設計・性能評価検討からの要求事項を確認し（ステップ3）、概要調査におけるサイト固有の調査目標を定めて、これらの目標を達成するための調査および評価に関する計画を策定し（ステップ4～6）、その妥当性を評価する（ステップ7）。

なお、図2-1に示すステップ1～3は、文献調査段階の終了時点における実施事項である。概要調査計画は、ステップ1～3の検討成果を踏まえて、ステップ4～7までの検討ステップを経て立案するため、本書ではそれらを一連の検討ステップとして取りまとめている。

以下に、概要調査計画立案までの各検討ステップの概要を記す。

ステップ1：計画立案準備

概要調査計画立案に先立って、概要調査の調査・評価の実施体制を整備する。概要調査計画立案とその後の調査・評価は、地質環境評価チーム（Geosphere Evaluation Team；以下、GET）が主導し、地質環境モデリングチーム（Site Descriptive Modeling Team；以下、SDMT）、処分場概念検討チーム（Repository Concept Team；以下、RCT）、および現地調査チーム（Field Investigation Team；以下、FIT）と連携をとりながら進める（調査評価体制については3.1.1を参照）。

また、概要調査によって得られる全ての調査データの蓄積および取り出しが可能で、かつ、情報の共有が可能となるように、文献調査時に構築した「地質環境データ管理システム」を構築・整備する。これらは、計画立案の一連の検討を開始するための作業環境の整備であり、計画立案作業が本格化する以前に完了しておく。

さらに、ステップ2以降で実施する地質環境の概念モデルや地質環境モデルの構築など、計画立案の一連の検討に向けて、利用可能な既存情報のデータベースを構築する。既存情報の収集・整理にあたっては、その品質（信頼性や不確実性など）を予備的に評価し、情報を更新した場合は、その更新理由についても記録する。なお、概要調査実施中に公表された有用な文献情報については、データベースに適宜取り込んでいく。

ステップ2：地質環境モデルの構築

当該サイトの地質環境に関する情報を整理し、地質環境の概念について検討するとともに、地質環境の概念モデルを構築する。地質環境の概念モデルとは、サイトの主要な地質環境の特性、地下の環境での現象・挙動やそれを支配するメカニズムを定性的に説明するものである。段階的に得られる情報に基づいて再構築される概念モデルは、現状の地質環境の理解度や不確実性の把握、次段階の計画検討のための基盤情報となる。

次に、地質環境の概念モデルに基づき、地質環境モデルを構築する。地質環境モデルとは、具体的なデータを用いるとともに、データを外挿・内挿するなどして、三次元座標における地質構造の幾何学的形状や地質環境の特性の分布を可視化するものである。地質環境モデルを構築する際には、その作業仮説や不確実性についても整理しておく。地質環境モデルが取り扱う時間および空間的な評価スケールは、設計・性能評価検討など、地質環境モデルや数値解析結果を利用するユーザーか

らの要求に基づき設定する。

地質環境の概念モデルや地質環境モデルの構築にあたっては、複数の分野にまたがる情報を統合し、整合的に解釈することを通じて、当該サイトの地質環境の特性と長期変遷の総合的な理解を進めるとともに、概要調査開始時点の不確実性の所在、種類およびその程度を把握する。

ステップ3：設計・性能評価検討の反映

文献調査の終了時点では、人工バリアおよび地上・地下施設の概念設計や、予備的な性能評価などの検討を行う。ステップ3では、概要調査の目標を設定するために、設計・性能評価の検討から概要調査への要求事項を整理する。さらに、ステップ2で構築した地質環境モデルおよび地質環境特性にかかわる記述（データセットを含む）を利用して、当該サイトにおいて地下施設を設置する候補母岩についての概略的な検討を行う。

ステップ4：調査目標の設定

当該サイトの地質環境の理解、考慮事項への適格性の確認および設計・性能評価検討からの要求などを踏まえ、文献調査終了時点の課題を整理し、調査目標を設定する。調査目標は、当該サイトにおいて想定される地質環境条件や調査の実施に対する制約条件も考慮した具体的な目標とする。さらに、調査目標の重要度や優先度についても設定する。

ステップ5：調査手法の選定

当該サイトの地質環境条件や制約条件を考慮しながら、調査目標を達成する上で有効と考えられる調査手法を抽出・選定する。この際には、調査の実施に対する制約条件（気象・海象、実施に必要な関連法令、環境影響、インフラストラクチャなど）および調査に必要な予算や工期についても検討する。また、調査目標の達成およびステップ2で構築した地質環境モデルの将来的な再構築（更新）も考慮して、当該サイトおよびその周辺においてデータを取得する調査の範囲を検討する。さらに、取得するデータの量や精度の観点から、調査の密度や調査手法の組み合わせについても整理する。地質環境モデルの空間スケールや上記で設定した調査の範囲は、概要調査地区および補足的に調査を行う範囲を設定するための基盤情報となる。

ステップ6：概要調査計画の策定

調査目標の達成に向けて設定した複数の調査・評価手法を整理し、適切な手順・組み合わせで統合することにより、概要調査計画を立案する。初めに、ステップ2～5の検討結果に基づき、当該サイトに適用する概要調査の枠組みを決定する。

具体的には、まず、調査データの取得に伴い期待できる地質環境の理解の進展（不確実性の取り扱い）を考慮し、当該サイトにおける調査フェーズの数を設定する。

次に、地質環境モデルの再構築の計画を盛り込む。

続いて、ステップ5において抽出した調査と評価とのつながりについて、データの流れに着目し

て具体化し、調査目標の達成に向けた調査・評価の効率的な組み合わせとその手順を設定する。その際、社会的な制約条件や、複数の分野での共有化を考慮した効率的な調査仕様などについて検討する。

最後に、調査フェーズ、調査・評価の組み合わせと手順に基づき、各項目の個別工程について検討し、概要調査計画の全体工程案を決定する。また、それぞれの調査・評価を完了させるために必要な期間、資源（人員、機材、予算）を算定する。

ステップ7：概要調査計画の妥当性評価

ここでは、立案した概要調査計画案が妥当かどうかについて検討する。具体的には、①ステップ4において設定した調査目標の全てに対応した計画となっているか（設定した調査目標の重要度・優先度が反映されているか）、②概要調査を実施する上での制約条件に適合した計画となっているか③期間および資源（人員・機材・予算）の面から合理的な計画となっているかが妥当性評価のポイントである。もし妥当ではないとの判断に至った場合は、ステップ4にもどり、設定した調査目標を再検討し、それ以降の検討ステップを慎重に進める。

概要調査計画案を妥当と判断した場合には、当該地点における概要調査計画の立案作業が完了する。

2.3 概要調査開始後の調査計画の見直し

概要調査を複数のフェーズに分ける場合には、概要調査の第1フェーズ終了後に、前述の検討ステップを再度実施することにより、当初立案した第2フェーズの調査計画を見直す。具体的には、第1フェーズの終了後、ステップ1では、第1フェーズで取得したデータのデータベースへの取り込みを行い、ステップ2では、新たなデータセットに基づいて、地質環境の概念モデルや地質環境モデルを再構築する（表 2-1）。ステップ3およびステップ4では、当初設定した調査目標の第1フェーズでの達成度について確認するとともに、再構築された地質環境モデルに基づき、第2フェーズの調査目標を見直す。その後、ステップ5～7の作業を行い、概要調査計画を更新する（図 2-2）。

また、フェーズ数の設定も、各フェーズの終了時点に見直し、第2フェーズ以降をさらにいくつかのフェーズに分ける場合には、フェーズ毎に繰り返し同様のステップを踏んで調査計画を更新し、調査目標の達成度を確認したうえで、概要調査を完了する。

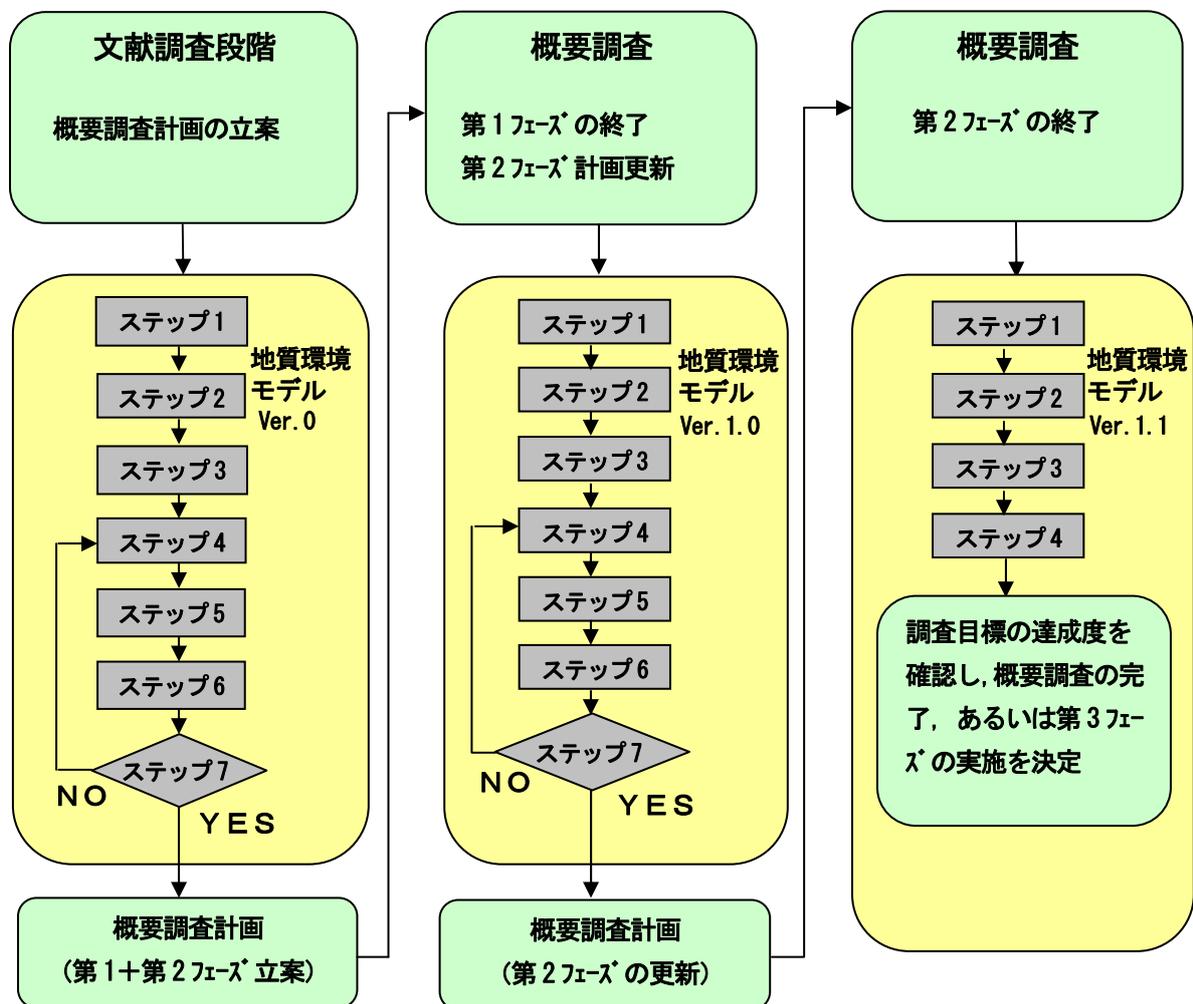


図 2-2 本書を用いた概要調査計画の立案・更新の考え方の例

3. 概要調査計画立案作業

3.1 ステップ1 – 計画立案準備

3.1.1 ステップ1a – 調査・評価体制の整備

概要調査計画の立案作業に先立ち、概要調査において実施する調査および評価の内容、ならびにその意思決定過程を踏まえた、調査・評価体制を構築する。具体的には、各事業段階で迅速な意思決定が可能となるように、できるだけ小規模な組織運営を基本に、関係する専門機関・民間会社の技術も有効に活用しつつ、事業の進展に応じて順次必要な要員を追加していくという考え方で要員計画を策定する。

概要調査計画の立案作業および概要調査において実施する調査・評価を踏まえた調査・評価体制の例として、4つのチームから成る体制が考えられる。(図 3-1)

地質環境評価チーム (GET) は、地質調査・評価および処分技術・性能評価の技術員により構成され、概要調査の計画立案や更新、調査および評価を主導・統括するタスクフォースチームである。本チームは調査および評価の意思決定についても責任を負う。

現地調査チーム (FIT) は、当該サイトの NUMO 現地事務所において現地の調査の工程、品質、コスト、安全などの管理を行う。調査作業の品質や調査データを導出する際の解釈の内容を検査・確認し、データベースへの入力を担当する。

地質環境モデリングチーム (SDMT) は、データベースに集約されたデータを利用して、地質環境の概念や地質環境モデルの構築・更新作業を行う。本チームは、地質・地質構造、地下水の流動特性、地下水の地球化学特性、岩盤の物理・力学特性などの各分野の検討グループをサブグループとした検討の全体運営や、地質環境モデルの統合による各分野間の整合性の確認を行い、地質環境評価チーム (GET) と協調して地質環境のモデル化や評価の取りまとめを行う責任を有する。

処分場概念検討チーム (RCT) は、地質環境の概念や地質環境モデル、地質環境の記述やデータセットを利用し、地質環境評価チーム (GET) と協調して、地上・地下施設の概念設計や予備的な安全評価を行い、その結果の取りまとめを行う責任を有する。

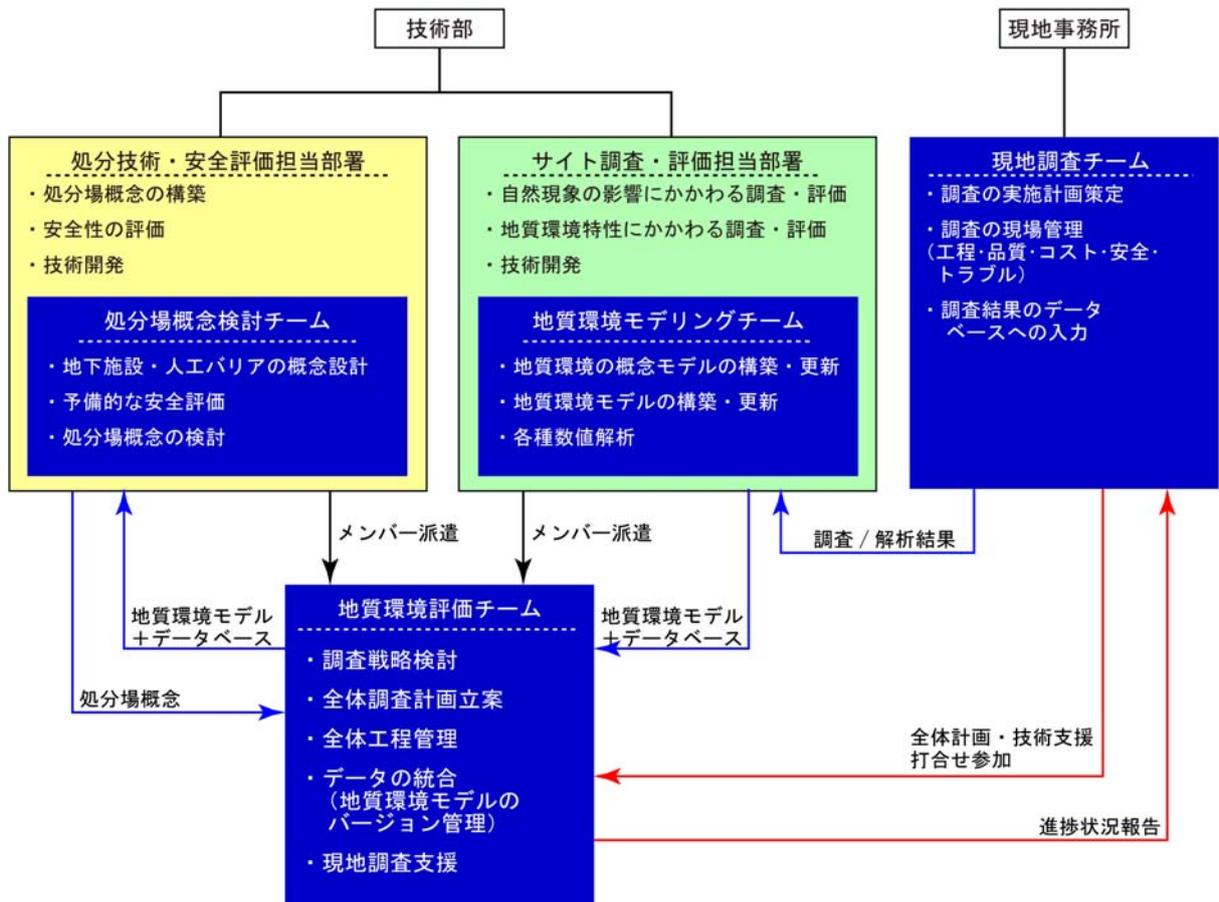


図 3-1 概要調査計画立案時に想定する調査・評価体制の一案

3.1.2 ステップ1b – データベースの準備

概要調査計画立案に関する検討に先立ち、概要調査中に得られるデータを蓄積するデータベースシステムの構築を進める。具体的には、文献調査の実施に向けて構築した「地質環境データ管理システム」の機能や特徴を拡張し、文献調査によって取得される情報と概要調査において取得される情報の特徴を踏まえて、データベースシステムを整備する。

概要調査で取得するデータは、共有可能となるデータベースに保存する。また、本データベースとその運用（データのマネジメント）にあたっては、適用した調査・解釈手法（データの取得方法）、調査作業中の品質管理項目やその記録が閲覧可能となるなど、調査データの品質マネジメントを念頭において情報を整理する。データベースシステムは、概要調査において取得するデータの種類とその属性が文献調査において取得されたデータと整合するように、より早い段階で構築・準備しておく。データベースシステムの設計・構築にあたっては、以下の点を考慮する。

- データベースシステムは、計画した調査で取得した調査データを取り扱うことができるよう設計する。取得した生データとそれを解釈したデータはそれぞれ区別して、その両方をデータベースに入力する。
- データベースにデータを保存するときには、あらかじめ設定した品質マネジメントの手順とバージョン管理が必要である。ユーザー（GET, FIT, SDMT の他、関連する業務を行う請負業者など）がデータの取得方法や調査作業中に実施した品質マネジメントの結果を確認できるように構築する。
- データの検索は、検索の目的に合うように設計されたソフトウェアおよび手順を用いて行う。これにより、全てのユーザーがデータの修正や更新の情報についても、容易にかつ速やかに共有できる。ただし、ユーザーがデータベース（の一部）について自らバージョンを設定することや、あるいはユーザー間で直接データを交換することは好ましくなく、これについてはデータベースの管理者が統括する。
- データベースの運用には、少なくとも一人の専任の管理者を配置する。管理者は、データベースへのアクセスがユーザーの属性に応じた手順でなされていることや、ユーザーの新規追加、削除、更新など、データベースの運用や利用を統括する権利を有する。
- データの保存に関して、数十年（おそらくそれ以上）の将来を視野に入れ、適切な記録媒体やバックアップ体制などを考慮する。

3.1.3 ステップ1c – 既存情報の整理とデータベースの構築

本ステップでは、文献調査で収集・整理した情報や、解析・評価結果などを、再度品質を確認した上で、地質環境データ管理システムに格納し、概要調査計画立案に向けたデータベースを構築・整備する。

また、文献調査では直接利用しなかったが、概要調査計画立案では利用可能なデータがある場合には、それらをデータベースに追加する。このようなデータとしては、井戸掘削、地下探査、あるいは、建設工事記録などが考えられる。データベース上での整理・記録にあたっては、事前に、品質マネジメントシステムで規定されている手順に従って、品質・信頼性・適用範囲などを評価しておく。そのためには、データの出典の確認は必須であり、さらに、データの測定や解釈の方法が品質に及ぼす影響を把握しておく必要がある。データの品質・信頼性・適用範囲の評価にあたっては、以下の点に留意する。

- データ取得者が意図したデータ取得の本来の目的は何か、またその目的に応じてどのような測定方法を適用し、測定時にどのような品質管理がなされたかを確認し、主要な不確実性の要因を特定する。
- データの適用範囲は、当該データの測定方法やその信頼性、測定機器の仕様やデータの測定条件に加えて、当該データが生データなのか、あるいは解釈を経たデータなのかなど、情報の分析結果に基づいて評価する。
- データを利用した再解釈（地質層序や地質構造の再解釈、地震データの再解釈等）が可能であるか、類似の地質環境を有する複数地点のデータと組み合わせることができるか、といった可能性について検討する。
- データが「概念的（定性的）な検討に適用できるもの」、「地質環境モデルの構築や数値解析のための定量的なパラメータとして適用できるもの」、「文献調査段階では適用しつつも、概要調査段階において新規データを取得した後には使わないもの」などの情報について整理する。
- 文献情報については、概要調査の開始後、概要調査中に公表された情報も適宜確認し、当該サイトの地質環境の理解に際して有用な情報があれば、上記と同様な手続きに従って、適宜取り込む。

以上示したステップ1の作業により、概要調査開始前の時点で得られているデータ（利用可能なデータ）のデータベースを構築・整備し、次の検討のステップに移行する。

3.2 ステップ2 – 地質環境モデルの構築

地質環境の概念モデルや地質環境モデルの構築は、地質・地質構造、地下水の流動特性、地下水の地球化学特性、岩盤の物理・力学特性、岩盤中での物質移行特性を対象とした広範かつ専門的な作業である。これらのモデルは、概要調査のみならず精密調査の終了まで、調査の進展により得られる新たなデータに基づいて再構築する必要がある。モデル構築の作業は、地質環境モデリングチーム（SDMT）が行い、チームの中の異なる分野ごとに進めることとなるので、分野間の整合性を図りつつ効率的に進める。また、同チームは、地質環境の概念モデルや地質環境モデル構築における課題の抽出や、ステップ4において調査目標の設定にかかわる検討も行う。

以下、地質環境の概念モデルおよび地質環境モデルの構築方針および留意点を整理する。調査目標の設定（ステップ4）や調査手法の選定（ステップ5）の結果を反映して、地質環境モデルを更新する作業については、ステップ7の概要調査計画の策定にて示す。

3.2.1 ステップ2a – 地質環境の概念モデルの構築

ステップ1cで構築したデータベースのデータを用いて、当該サイトの地質環境の概念について検討し、地質環境の概念モデルを構築する。モデル構築に関する基本事項と留意点を以下に示す。

(1) 基本事項

重要な地質環境の特性として、a地質・地質構造、b地下水の流動特性、c地下水の地球化学特性、d岩盤の物理・力学特性、e物質移行特性がある。地質環境の概念モデルは、現在の地層処分において重要な地下環境の特性、すなわち岩盤や地下水の分布性状を概念的に可視化したもの、あるいは、地下の環境で生じる現象（自然システムの現象・挙動）やメカニズムを概念的に記述したものである。さらに、上記のa～eの長期変遷に関する解釈を含む場合もある。

(2) 留意点

地質環境の概念モデルの構築における留意点は以下の通りである。

- ・ 「地質環境の概念モデル」のうち、地質・地質構造および地下水流動の概念モデルに記述する特徴の例を表3-1と表3-2に示す。また、地下水流動に留意したわが国の代表的な地質構造3タイプの地質環境の概念モデルの例（タイプ①：結晶質岩、タイプ②：堆積岩、タイプ③：堆積岩に被覆された結晶質岩）を図3-2～図3-4に示す。これらの例では、地質・地質構造、大局的な地下水の流れ、局所的な地下水の流れ、水質分布間の相互関係を概念化（イメージ化）している。サイト固有の地質環境の概念モデルを構築するには、例示した概念モデルや表を参照する。
- ・ 当該サイトの地質構造がこれらの概念モデルのどれにも合致しないこともある。このような場合でも、国内外に類似した地質環境を有する地域があれば、その情報を活用する。
- ・ 利用可能なデータが量・精度ともに十分とは言えない場合には、地質環境特性の空間分布、現象や挙動のメカニズムなどに複数の解釈が生じることもある。このような場合には、不確実性の要因および現象や挙動のメカニズムの理解に向けて、種々の検討が必要となる。
- ・ 地質環境の概念モデルは、空間座標（三次元座標）を再現するものではないが、評価対象の空間スケールが読み取れるような整理が必要である。
- ・ 現時点の地質環境特性を理解し、地質・地質構造発達史に基づき、特定の時間断面における概念モデルを構築することにより、地質環境の長期変遷の理解に役立てることができる。

表 3-1 地質・地質構造の概念モデルの記載事項（例）

分類		記述する特徴	備考
地質・地質構造	地質体の特性	地質体の性状（岩種、内部構造等） 地質体の規模・広がり、広域の地質構造 鉱物資源等	
	地質体の堆積年代や形成プロセス	地質体の堆積（形成）年代 地質体の堆積（形成）プロセス	隆起・沈降および 侵食評価でも活用
地震・断層活動	断層や褶曲等の特徴	断層・撓曲・褶曲の分布範囲（破碎帯） 断層・撓曲・褶曲の種類、特徴、発達過程 節理・割れ目の種類（面の粗さや充填鉱物等）、卓越程度	地下水流動を規制する要因となる可能性が高い 活断層がある場所は除外
	断層や褶曲等の形成年代、プロセス	断層・撓曲・褶曲の形成年代 断層・撓曲・褶曲の形成プロセス	
火山・火成活動	火山区の特性と火成活動の特徴	火山の分布、火成活動の履歴 火山区の形状と地下構造 噴火の規模と様式 噴出物の種類とその特徴、堆積履歴 マグマの成因	第四紀火山の中心から半径 15km 円内の地域は除外
隆起・沈降および侵食	隆起・沈降および侵食の程度や特徴	隆起・沈降・侵食量 隆起・沈降の様式と特徴 他の自然現象（地質体の形成プロセス等）との関連性	

表 3-2 地下水流動の概念モデルの記載事項（例）

分類		記述する特徴	備考
地下水流動の状況	全体系	涵養域と流出域の位置・規模・広がり 概念モデルの空間スケール 浅層と深層の地下水流動 モデル領域を含む、更に広域的な地下水の流動状況	地形・地質構造と密接に関連
	浅層の地下水流動	地下水の涵養・流出を規制する要素（降雨・地下への浸透・河川・海など）とその程度（流動の形態、流向・流量） 地下水流動の駆動力（重力・水理ポテンシャル・密度など）	
	深層の地下水流動	地下水流動を規制する要素とその程度（流動の形態、流向・流速） 地下水流動の駆動力（重力・水理ポテンシャル・密度など）	水理地質区分と関連
	地下水の化学的特性・水質形成機構	地下水の年代 地下水の水質およびその形成機構	長期的な変遷評価でも活用
場（地盤・岩盤）の水理特性	水理地質区分	地質構造を基準とする母岩や選択的な流動など、地下水流動経路の区分	地質構造と密接に関連
	浅層の地層（地下水流路）	流動形態（間隙構造）と水理特性（透水係数・貯留係数等）	
	深層の母岩（地下水流路）	流動形態（間隙構造）と水理特性（透水係数・貯留係数等）	
	選択的な流路	断層中の流動形態（間隙構造）と水理特性（透水係数・貯留係数等） 薄層中の流動形態（間隙構造）と水理特性（透水係数・貯留係数等） 貫入構造中の流動形態（間隙構造）と水理特性（透水係数・貯留係数等）	
地下水流動の変遷	地殻変動の変遷	隆起・侵食、断層活動、火山活動等	
	気候・海水準の変動	気候・海水準変動	
	地下水の起源・水質形成機構	地下水の年代 地下水の水質およびその形成機構	

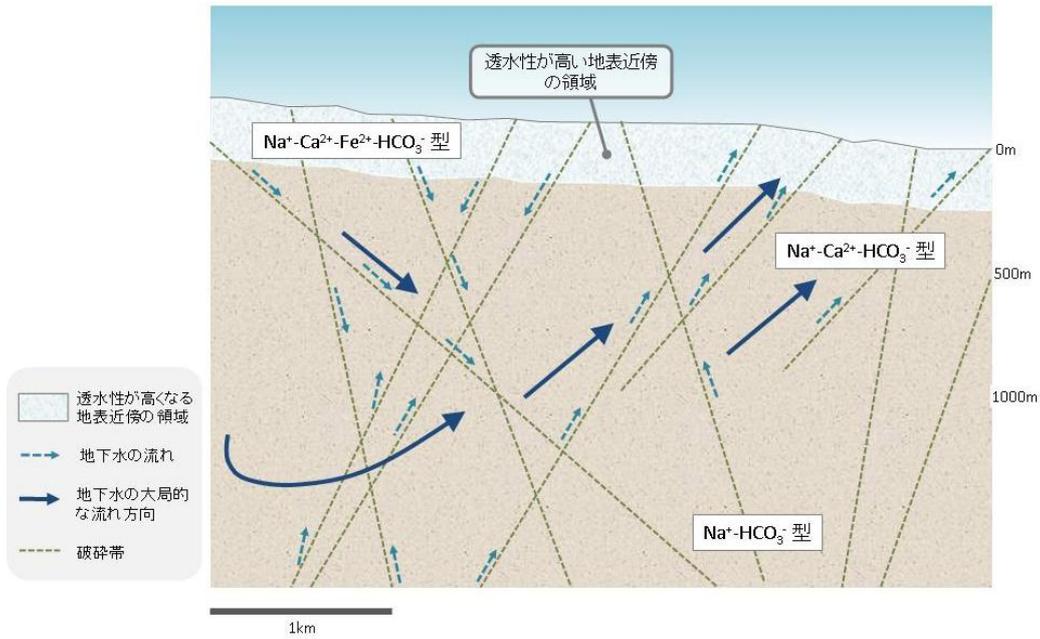


図 3-2 地質環境の概念モデルの例 (タイプ①：結晶質岩)

結晶質岩では、地下水は大局的には地形勾配に準じた流れとなるが、より小さなスケールでの主要な流動経路は、水みちとなる割れ目、割れ目帯、破碎帯である。地下水の地球化学特性は、地下水の流動形態と周辺岩盤の鉱物特性を反映した分布を示す。

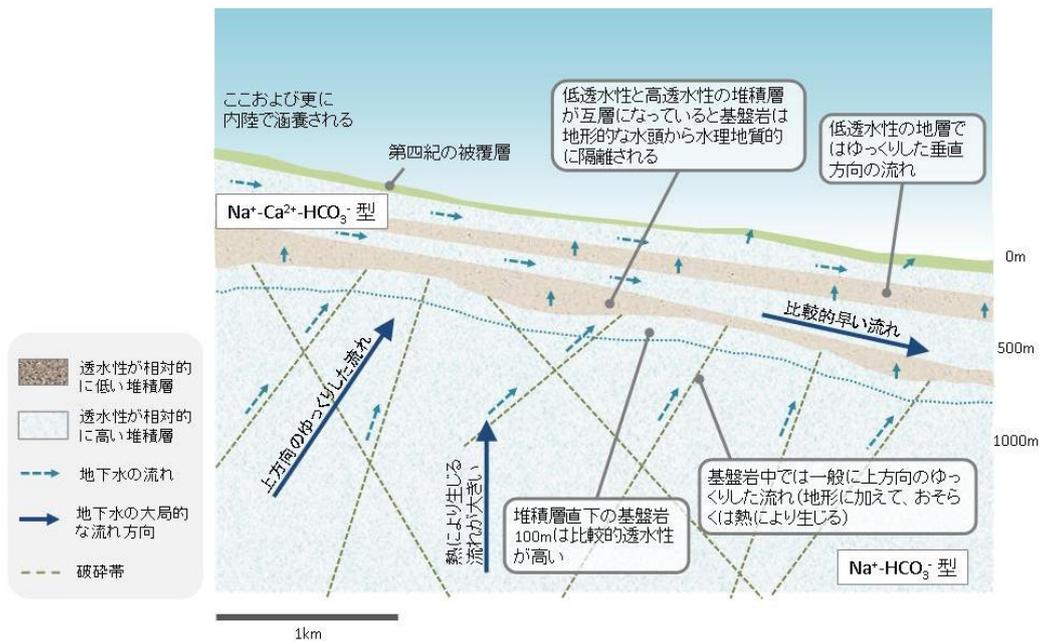


図 3-3 地質環境の概念モデルの例 (タイプ②：堆積岩)

堆積岩層は、低透水性と高透水性の互層により構成される上部層と、低透水性の下部層からなる。上部層では、地下水は地形勾配に準じた流れとなり、透水性の地層や断層などを主要な流動経路とする。下部層が低透水性のため、上部層と下部層の地下水の流動は独立したシステム(系)で記述する必要がある。地下水の地球化学特性は、地下水の流動形態と周辺岩盤の鉱物特性を反映した分布を示す。

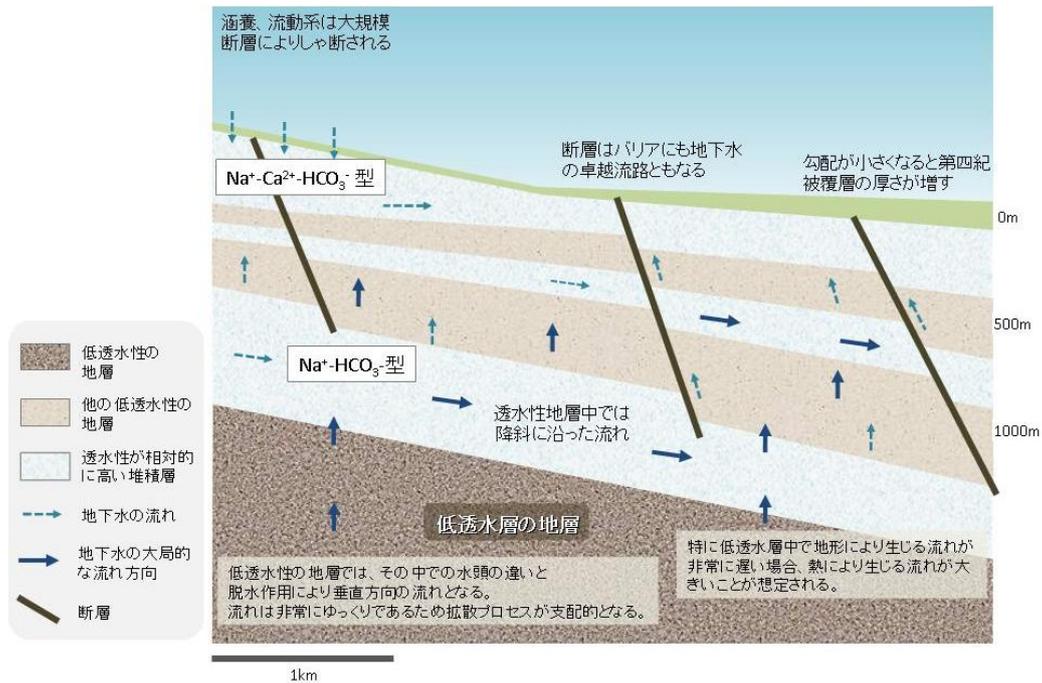


図 3-4 地質環境の概念モデルの例 (タイプ③：堆積岩に被覆された結晶質岩)

堆積岩層は、低透水性と高透水性の互層により構成されており、堆積岩と結晶質岩の地下水の流動は独立したシステム(系)で記述する必要がある。結晶質岩では堆積岩との不整合部を除き、地下水は緩慢な流れとなり、その主要な流動経路は、水みちとなる割れ目や割れ目帯である。地下水の地球化学特性は、地下水の流動形態と周辺岩盤の鉱物特性を反映した分布を示す。

3.2.2 ステップ 2b – 地質環境モデルの構築

ステップ 2a において構築した地質環境の概念モデルに基づき、地質環境モデルを構築する。地質環境モデルは、地質構造モデルで可視化された幾何学的な構造（岩相や断層分布）を基本として、地下水の流動特性、地下水の地球化学特性、岩盤の物理・力学特性など、地質環境の特性ごとに構築する。また、構築した地質環境モデルを用いて、地質環境の概念や地質環境モデルの妥当性の確認、地下の環境における様々な現象や挙動の理解のために、地下水の流動状況や空洞掘削時の岩盤の力学安定性の評価などを目的とした数値解析を実施する。

地質環境モデルの構築時には、適用する地質環境の概念および利用するデータの不確実性を明確に示すことが重要であり、当該サイトの地質環境特性を説明する記述（データセット）を併せて取りまとめる必要がある。

地質環境モデルの構築に関する基本事項、構築の方法、地質環境モデルの統合化、地質環境モデルの空間スケールの設定、留意点を以下に示す。なお、地質構造モデルの例を図 3-5 に示す。

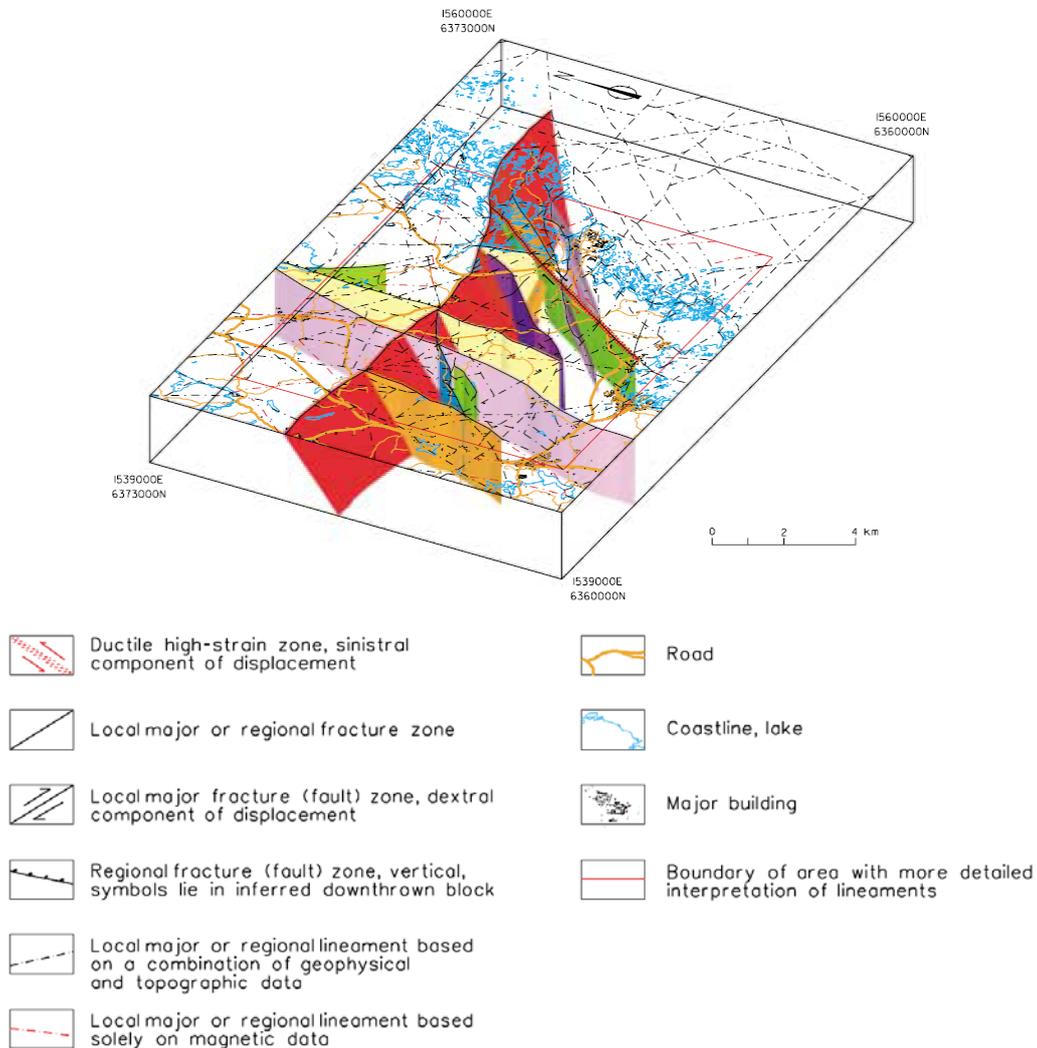


図 3-5 Laxemar サイトでの調査にて示された地質構造モデルの例

この地質構造モデルでは、存在が確認された破碎帯のみが三次元座標上に示されている。リニアメントから破碎帯の存在が見込まれる位置には、地表部にのみその存在が示されている。このような記述は、モデル構築の初期段階にて、地質環境モデルの不確実性を表現する方法の一例である（SKB, 2002）。

(1) 基本事項

地質環境モデルとは、調査により得た情報の解釈を踏まえて、地表から地下深部の岩盤および地下水の性状や諸特性の空間分布などを可視化したものである。当該サイトのある時間断面における地質構造の幾何学的な形状や地質環境特性の分布を、空間座標（三次元座標）を用いて定量的に数値モデルとして提供する（図 3-6）。地質構造の幾何学的な形状や地質環境特性の分布は、ばらつきや不均質性を有するため、数値モデルと併せて、モデル構築に用いたデータセット、作業仮説や解釈、不確実性などについても情報を取りまとめる。地質環境モデルは、可視化する目的や記述する情報により、「地質構造モデル」、地下水の流動場を対象とする「水理地質構造モデル」、「地下水の地球化学モデル」、「岩盤特性（物理・力学）モデル」、「物質移行モデル」など、個々のモデルに分けられる。これらのモデルにより、処分場の設計、地層処分システムの性能評価など、モデルを利用するユーザーからの要求を考慮して、地質環境の構造や特性を可視化する。

(2) モデル構築

個々のモデルは、以下のような流れで構築される。

- ・ 調査データは、空間的に限定的かつ離散的なデータであることから、地質環境の概念モデルに基づき、内挿・外挿などの補間を行い、地表から地下深部までの地質環境の構造や特性の空間分布を推定する。
- ・ 「地質構造モデル」では、地表地形に加えて、地質区分に応じた地層分布、大規模な断層破碎帯などの構造の分布を記述する。
- ・ 「水理地質構造モデル」では、「地質構造モデル」の各地質区分における地下水の流動形態や水理特性に基づき、水理地質区分とその水理特性を記述する。また、地下水流動解析を実施することにより、「水理地質構造モデル」の精度の向上に向けた課題の抽出や、構築したモデルの妥当性の確認を行う。
- ・ 「地下水の地球化学モデル」では、取得した地下水の地球化学特性データに加えて、「地質構造モデル」に示される当該地点の地質性状、岩盤の鉱物組成、地下水流動解析の結果を踏まえて、地下水の三次元的な水質分布（酸化還元電位(Eh)、水素イオン濃度(pH)、地下水中の塩分濃度など）を記述する。
- ・ 「岩盤特性（物理・力学）モデル」では、「地質構造モデル」で記述した地質区分を踏まえて、岩盤の初期応力状態や物理特性、力学特性（強度・変形特性）の三次元的な分布を記述する。「岩盤特性モデル」は、地下施設建設時の空洞安定性評価、施設レイアウト、支保設計、人工バリアの設計への基盤情報となる。
- ・ 「物質移行モデル」では、岩盤中での物質の収着・拡散特性を記述する。ただし、文献調査では、当該サイトにおける地下深部の物質移行特性に関するデータは十分に取得できないと想定される。このため、物質移行モデルの構築は、概要調査段階以降において本格的に実施する。

(3) 地質環境モデルの統合化

地質・地質構造、水理地質構造、地下水の地球化学特性、岩盤の物理・力学特性、岩盤中の物質移行特性にかかわる地質環境モデルと、それらを利用した地下の環境（熱・水理・力学・化学的な現象や挙動）の数値解析結果に基づき、地質環境モデルの統合化について検討する。特に、地下の環境で生じる現象や挙動の熱・水理・力学・化学的な連成関係を評価する。

以下に統合化に向けた作業の具体例を示す。

- ・ 各分野の概念モデルや地質環境モデルを、同一の水平あるいは鉛直断面で二次元的に可視化し、相互に比較する。
- ・ 上記の比較により、地質・地質構造、水理地質構造、地下水の流動特性、地下水の地球化学特性、岩盤の物理・力学特性などが、どのように相互に関連しているかを評価し、様々な構造と特性について整合性を確認する。
- ・ 各分野で個別に整理された地質環境の解釈や概念が矛盾なく説明できない場合は、その矛盾点を確認し、その結果を踏まえて地下の環境の構造や特性、挙動や現象にかかわる解釈を見直す。

(4) 地質環境モデルの空間スケールの設定

第 2.3 節で示したとおり、地質環境モデル構築作業は、文献調査の終了時の最初のモデル構築から始まり、概要調査、そして精密調査段階の終了までの長期間において継続する。地質環境モデルの空間スケールの設定について、概要調査段階を通じた共通の考え方を以下に示す。

- ・ 最初の地質環境モデルの空間スケールは、設計・性能評価検討からの要求、また、数値解析において要求される境界条件を適切に設定するための範囲や、地質環境が有する重要な地質構造や地質環境特性の不均質性を数値モデル上で表現するための範囲を考慮することなどによって決定する。
- ・ 当該サイトおよび周辺領域を対象に、リージョナルスケール（例えば、平面領域で数百 km²）、ローカルスケール（例えば平面領域で数十 km²）、サイトスケール（例えば、平面領域で数 km²）など、複数の異なる空間スケールに分けて、地質環境モデルを構築する試みが一般的になされている（図 3-7 および表 3-3）。
- ・ 複数の空間スケールの設定は、地質環境特性の不均質性を効率的に理解していくための有効な手段の 1 つである。例えば、ローカルスケールの地質環境モデルを、地層処分システムの性能／安全評価へ反映するモデルと定義すれば、ローカルスケールの空間スケールは、当該サイトの候補母岩領域（候補母岩領域の詳細はステップ 3 設計・性能評価検討の反映を参照）を通過する地下水の流動を評価するために必要となる評価領域（一般的には涵養域から流出域までを含む領域）として設定できる。同様に、サイトスケールの地質環境モデルを、処分場の設計へ反映するモデルと定義すれば、サイトスケールの空間スケールを、全ての地下施設を設置する候補母岩領域を包含する領域として設定できる。

最初の地質環境モデルの構築では、利用可能なデータの量・精度と、上記の基本的な考え方を考慮して、地質環境モデルの空間スケールを設定する。なお、異なる空間スケールのモデルは、調査の進展に伴う情報の増加に応じ、構築することを検討する。既存情報に基づくデータは、量・精度ともに限定されることから、最初の地質環境モデルでは、広域やローカルスケールのモデルを構築し、サイトスケールのモデル構築については、概要調査段階以降において本格的に実施する。

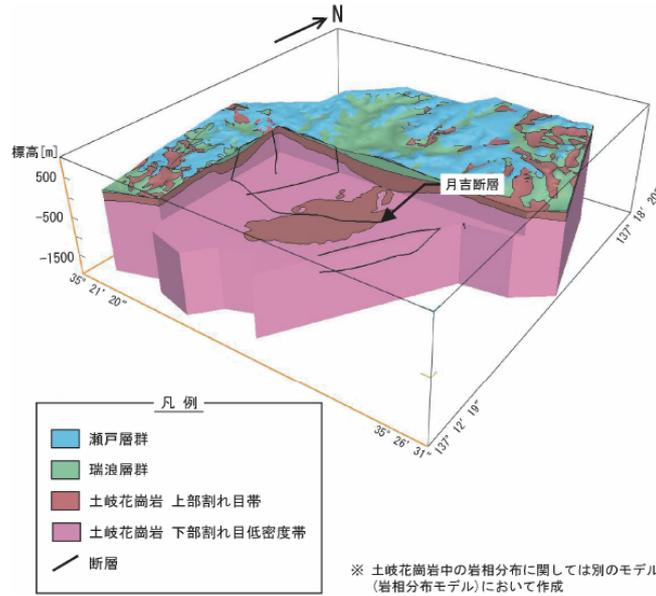
(5) 留意点

地質環境モデルの構築における留意点を以下に示す。

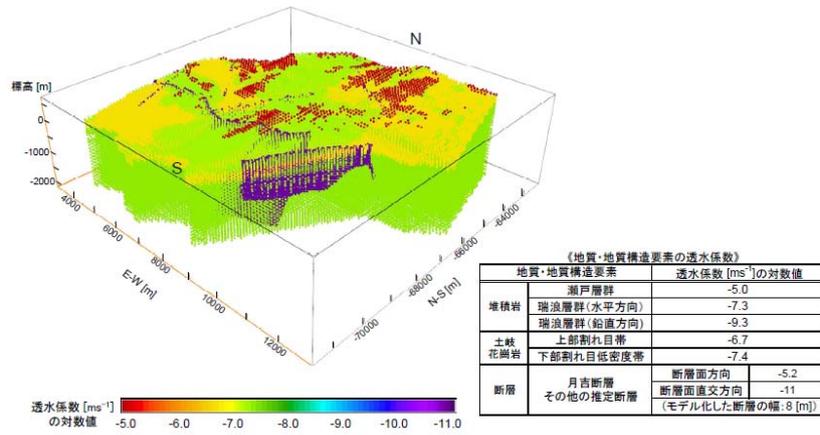
- ・ 最初の地質環境モデルは、概念モデルならびにデータベースに集約されたデータセットを利用して構築する。利用可能な情報が量・精度ともに限定される場合には、全ての分野の地質環境モデルが構築できない場合もある。また、同一の分野において、複数の地質環境の概念モデル

- が構築され、それぞれの地質環境モデルが構築される場合もある。
- 地質環境モデルと数値解析に基づく現象や挙動の解釈については、科学技術的な信頼性の確認と不確実性の評価が必要となる。その際、各専門分野を横断する学際的な評価が必要である。不確実性を評価する手段として、複数の手法（基本的な手法と代替手法）を用いて地質環境モデルの構築や数値解析を実施し、それらの結果の比較を行うことが挙げられる。これらの不確実性の評価結果は、調査目標の設定（ステップ4）に反映する。
 - 地質環境の概念モデルや地質環境モデルは、調査の進展（情報の量・精度の増加）に伴い、不確実性も低減され、地質環境の理解の深化を表現するばかりでなく、地質環境の将来の予測などにも用いることができる。

A



B



C

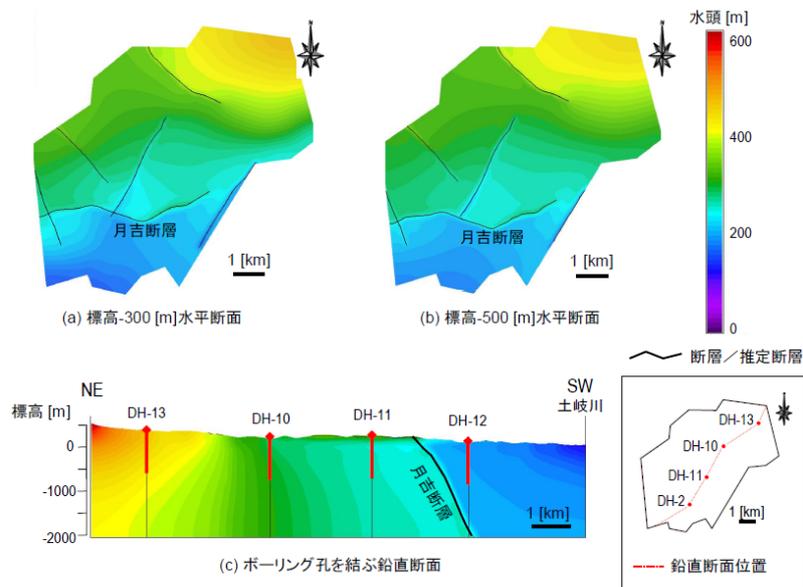


図 3-6 ローカルスケールを対象とした水理地質構造モデルと地下水流動解析結果の一例 (JNC, 2005)

A: 地質構造モデル, B: 水理地質構造モデル, C: 水頭分布 (地下水流動解析結果)

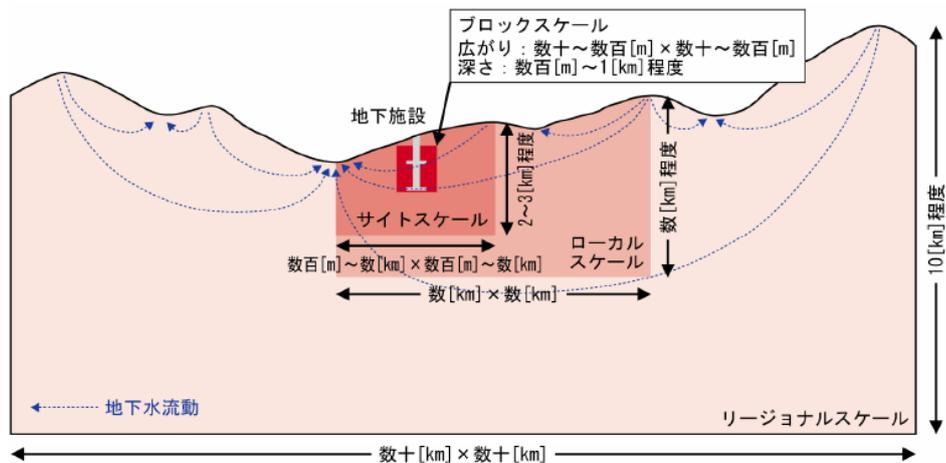


図 3-7 空間スケールの概念 (JNC, 2005)

表 3-3 空間スケールの対象範囲と位置づけ (JNC, 2005)

空間スケール／対象範囲		位置づけ
リージョナルスケール	平面：数百 km ² 程度 (数十 km × 数十 km) 深さ：10 km 程度	・ ローカルスケールの研究領域／境界条件の設定
ローカルスケール	平面：数十 km ² 程度 (数 km × 数 km) 深さ：数 km 程度	・ 地層処分システム全体の安全評価 ・ 地下施設の設計のための基礎情報の収集 ・ サイトスケールの研究領域／境界条件の設定
サイトスケール	平面：数 km ² 程度 (数百 m ~ 数 km × 数百 m ~ 数 km) 深さ：2~3 km 程度	・ 人工バリア周辺から対象岩盤全体の安全評価 ・ 地下施設建設時の力学・水理状態の予測 ・ ブロックスケールの研究領域／境界条件の設定
ブロックスケール	平面：数百 m ² 程度 (数十~数百 m × 数十~数百 m) 深さ：数百 m ~ 1 km 程度	・ 人工バリアから生物圏までの一部における安全評価 ・ 地下施設建設時の力学・水理状態の予測 ・ より小スケールの研究領域／境界条件の設定

3.3 ステップ3 – 設計・性能評価検討の反映

概要調査の調査目標の的確な設定には、設計・性能評価の観点から、当該サイトの概要調査に対する要求を明確にすることも重要であり、本ステップでは、調査計画の立案に反映させるべく要求事項を整理する。文献調査の終了時点には、ステップ2において提示した地質環境モデルおよびデータセットを用いて、人工バリアや地上・地下施設の設計の概略的な検討や、地層処分システムの長期安全性の概略的な評価を行うことを計画している。

以下に、地質環境評価チーム（GET）と処分場概念検討チーム（RCT）とが連携し、調査目標の設定ならびに計画立案を的確に実施するために集約・整理する情報について述べる（図3-8）。

- ・ 当該サイトに分布すると予想される岩種に対して、地下施設設置に必要となる母岩の規模について整理する。
- ・ 地上施設の設置の実現性や制約条件（環境，社会，インフラストラクチャ）について整理する。
- ・ 地質環境モデルに基づき、地下施設設置に必要となる母岩規模に対して、十分な大きさを有する（有することが想定される）地層や岩体の特性について整理し、地下施設を設置する母岩領域を評価する。
- ・ 地下施設を設置する母岩領域を一つに特定できない場合は、地質環境モデルに基づき、地下施設を設置する候補母岩とその分布領域を（可能な限り複数）設定する。
- ・ 設定した（複数の）候補母岩領域における処分場概念の構築，最適化するための課題を整理する。
- ・ 各候補母岩領域を対象に、処分場の設計・および地層処分システムの性能評価の不確実性を低減するために重要と考えられる地質環境の特性を整理する。
- ・ 候補母岩領域の広がりや分布を、その確度を高めて把握するための課題を整理する。

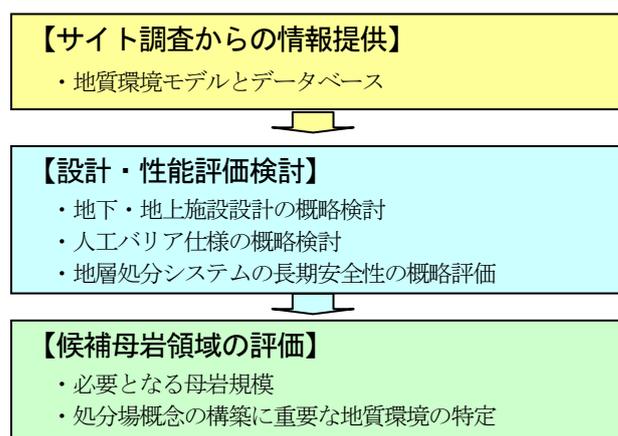


図 3-8 地質環境評価チーム（GET）が取り組むサイト調査と設計・性能評価の連携の流れ

3.4 ステップ4 - 調査目標の設定

本ステップでは、概要調査の調査目標を当該サイトの地質環境条件や制約条件も考慮してより具体的に設定する。ここでの調査目標は、精密調査地区選定上の考慮事項への適格性を確認できるように設定しなければならない。調査目標を漏れなく抽出して、重要度や優先度を順位付けした後、調査目標を達成するための調査手法を選定する検討ステップ（ステップ5）に移行する。

調査目標は、地質環境評価チーム（GET）が主体となって設定することになるが、当該サイトの地質環境の調査・評価結果の最終ユーザー（SDMT、RCTなど）の意見も考慮して最終的に決定する。また、概要調査期間中に得られた結果は、引き続き行われる精密調査の計画立案にとどまらず、サイト固有の課題解決に主眼を置いた研究開発など、NUMOの地層処分事業の全体的な計画にもフィードバックする。

3.4.1 ステップ4a - 調査目標の設定

(1) 調査目標の設定方法

当該サイトにおける概要調査の調査目標を設定する際には、国内外の実績に基づき作成した調査目標の基本リスト（表3-4）を活用し、サイト固有の地質環境条件に適合した調査目標について検討する。

基本リストでは、調査目標を、『地質環境の概念モデルや地質環境モデルの信頼性の確認』、『概要調査地区選定上の考慮事項の確認』、『地層処分システムの長期安全性と工学的な実現性・安全性の確認』、および『その他（環境影響の確認など）』の4つに分類し整理している。

基本リストに示す一般的な調査目標と留意点の記載を参考に、ステップ1～3における検討結果に基づき、サイト固有の調査目標を設定する。具体的には、表3-4に示す調査目標の達成に向けて、当該サイトの地質環境特性にかかわる現状の理解と不足する情報、処分場概念の構築における重要な地質環境特性と課題を整理することによって調査目標を設定する。

(2) 留意点

調査目標の設定にあたっては、具体的に、以下の点に留意する。

- ・ 『地質環境の概念モデルや地質環境モデルの信頼性の確認』では、地質環境の概念モデルに含まれる不確実性に関わる課題、地質環境モデルに内在する不均質性に関わる課題、地質構造の発達過程と地質環境の概念モデルの整合性（時間・空間スケール）に関わる課題を確認し、サイト固有の調査目標を設定する。
- ・ 『概要調査地区選定上の考慮事項の確認』では、文献調査結果を現地調査により確認する際の、サイト固有の調査目標を設定する。
- ・ 『地層処分システムの長期安全性と工学的な実現性・安全性の確認』では、処分場概念の構築に重点を置き、設計・性能評価検討からの要求を反映したサイト固有の調査目標を設定する。
- ・ 精密調査地区選定上の考慮事項への適格性の評価は、概要調査の全体目標の一つであることから、調査目標の基本リストを活用して、サイト固有の地質環境条件に適合した調査目標を設定し、それを踏まえて調査計画の立案を行う。

(3) 調査目標の設定過程の記録

調査目標は、地質環境評価チーム（GET）による議論・検討により設定されるが、議論の追跡性を確保する上で、その際の過程を記録として残すことは重要なことである。調査目標を設定する際

の記録の整理方法の例を表 3-5 に示す。ここでは『堆積岩』と『堆積岩に被覆される結晶質岩』の場合を例示している。この表に示すとおり、当該サイトの地質環境により調査目標が異なり、地質環境条件に応じたサイト固有の課題が存在する。

表 3-4 概要調査の調査目標の基本リスト (例)

	調査目標の分類	調査目標設定時の留意点
地質環境の概念モデルや地質環境モデルの信頼性の確認	地質構造，地下水流動，地下水の地球化学特性など，地質環境の概念モデルと地質環境モデルの構築	地質環境の概念化における不確実性を抽出し，概念を絞り込むための課題を確認。地質環境モデルの構築時の不均質性の取り扱い方法に内在するサイト固有の課題を確認。
	地質構造の発達過程と，各分野の地質環境の概念モデル，地質環境モデルの整合性	地質構造の発達過程と地質環境の概念モデルの整合性（時間・空間スケール）の検討と課題を確認。
考慮事項の確認*	第四紀火山	文献調査に基づく評価結果の課題の確認。
	活断層	文献調査に基づく評価結果の課題の確認。
	隆起・侵食	文献調査に基づく評価結果の課題の確認。
	鉱物資源	文献調査に基づく評価結果の確認事項の確認。
	第四紀の未固結堆積物	文献調査に基づく評価結果の確認事項の確認。
地層処分システムの長期安全性と地下施設建設の工学的実現性・安全性の確認	岩盤の力学的特性	安全な建設・操業，人工バリアの長期健全性への影響を確認。
	応力分布	安全な建設・操業，人工バリアの長期健全性への影響を確認。
	熱特性および地温勾配	安全な建設・操業，人工バリアの長期健全性への影響を確認。
	母岩となる地層の規模・広がり	地下施設設置に要する領域に対して十分に大きいかの確認
	地下水のフラックスおよび流路（岩盤中の空隙構造および水みち）	人工バリアの長期健全性，多重バリアの核種の閉じ込め性能への影響を確認。
	地下水の地球化学	人工バリアの長期健全性，多重バリアの核種の閉じ込め性能への影響を確認。
	核種の保持・遅延特性	天然バリア中の核種の保持・遅延能力への影響を確認。
その他	環境影響	例えば，調査に伴う騒音，振動の影響の確認。
	地上施設	例えば，地方自治体，物資の輸送などからの特別な要求の確認。
	調査への制約	調査の実施に関わる許認可手続き，社会的な制約条件の確認。

*上表の考慮事項の確認では，概要調査地区選定段階の考慮事項を調査目標設定の対象例として示しているが，精密調査地区選定段階の考慮事項（文献調査段階終了時点までに公表）についても対象となる。

表 3-5 調査目標を設定する際の記録の整理 (例)

調査目標の分類 (基本リストに示す分類を 検討の出発として用いる。ス テップ 1～ステップ 3 の結 果、基本リストの分類以外に 設定する必要があるれば、追加 設定する。)	当該サイトの地質環境の理解および可能 性ある処分場概念の構築に対する課題 (当該サイトの地質環境の理解や、適用可能と 想定される処分場概念の実現性確認に向けて、 懸念される課題を整理する。)	サイト固有の 調査目標 (懸念される課題の解決 に向けて、当該サイトの地 質環境を考慮して、サイト 調査・評価の目標を可能な 限り具体的に設定する。)
堆積岩を対象とした記録の整理例		
母岩の分布規模	母岩となる地層は、限られた分布規模となっ ている可能性がある。 処分施設の配置を検討する必要がある。	母岩となる地層の厚さ、広 がり (空間分布) の把握
地下水のフラックスおよび 流路	母岩を通過する地下水の流動の形態、特に水平 方向に卓越した流動が存在する可能性を確認 しておくことが重要である。	母岩の透水特性 (透水異方 性、透水不均質性) の理解
堆積岩に被覆された結晶質岩を対象とした記録の整理例		
母岩となる地層の規模	母岩となる地層には大規模な変形帯の存在が 想定される。それらの分布状況に応じて、廃棄 体を定置しない領域を設定することもあるた め、地層中に存在する変形帯の分布状況を評価 するための情報を取得することが重要である。	大規模な変形帯の存在と 分布状況の把握
地下水のフラックスおよび 流路	地下施設を設置する母岩およびその周辺に大 規模な高透水性の構造 (水みち) や広域的な流 動を遮断する構造が存在する可能性を確認し ておくことが重要である。	大規模な地質構造と水理 特性の把握

3.4.2 ステップ 4b - 調査目標の重要度・優先度の順位付け

(1) 調査目標の重要度

第 1.2 節で提示したとおり、概要調査の目標は、概要調査地区の中から精密調査地区を選定するために、自然現象の著しい影響を回避し、閉鎖後長期および事業期間中の安全性確保の見通しを得ることである。このために、『概要調査において致命的な問題を可能な限り見落とさないこと』が、上記の目標を達成するために重要となる。

については、概要調査の目標達成のためには、当該サイトにおいて、以下の 2 点の事項を実施することが重要と考えられる。

- ① 精密調査地区選定上の考慮事項への適格性の評価、および概要調査地区選定上の考慮事項に対する評価結果の確認
- ② 概要調査地区内での「候補母岩」の選定 (一つあるいは複数)

上記の①については、地震・断層活動、火山・火成活動、隆起・侵食などのそれぞれについて、概要調査地区および補足的な調査の範囲において調査・評価する。

上記の②については、まず、当該サイトの地質環境の条件を踏まえて、「候補母岩」を選定するた

めの「評価指標」について整理することが重要である。具体的には、ステップ3で実施する設計・性能評価検討の反映において、ステップ2で構築した最初の地質環境モデルの不確実性を考慮した場合に、その実現可能性や長期安全性に影響を及ぼす地質環境の特性や事象を的確に特定することである。

例えば、年代が新しく酸化性の地下水が存在する地層、破碎帯などの大規模な高透水性構造（水みち）により著しく地下水の流れが速い地層、地下施設の建設において坑道掘削に支障となる軟弱地盤や多量湧水との遭遇が広範囲で想定される地層、地下施設を設置するために必要な規模の領域が分布しているかが不確定な地層などは、候補母岩の良否や性能を示す評価指標の一つとなる。ここでは、複数の候補母岩の選定を視野に、地下水の流動特性や地下水の地球化学特性、岩盤の物理・力学特性の各種特性がサイト選定において致命的問題として取り扱う評価指標か、あるいは相対的に好ましい領域を選定するための評価指標として取り扱うべきかを分析し、調査目標の重要度の判定に反映することが重要である。そのためには、前述のステップ2およびステップ3で示したとおり、地質環境評価チーム（GET）と処分場概念検討チーム（RCT）との連携が必要となる。

(2) 調査目標の優先度

優先度が高い調査目標とは、その調査結果が得られることで他の調査の効率（調査数量を絞れるなど）を高めること、および論理的な観点あるいは実施可能性の観点から、他の結果よりも先に取得していなければならないものを指す。具体的な留意点を以下にあげる。

なお、優先度を考慮した具体的な調査手順の設定については、ステップ6cで述べる。

- ・ 調査範囲は、より広い範囲から狭い範囲に絞るのが一般的である。このため、概要調査の初期には、概要調査地区の重要な地質環境の概略を把握するといった包括的な調査目標の優先度を高くし、後期には、候補母岩領域における地質環境のより詳細な理解を目標にする。
- ・ 地下水の流動特性、地下水の地球化学特性、岩盤の物理・力学特性などの地質環境特性の理解を目標とした調査では、地質・地質構造（例えば、地層や断層の分布）に関わる情報を基盤情報として取得することから、それらの不確実性が大きい場合には、それを低減する調査を優先的に実施することが重要である。
- ・ 地表からの調査では達成が困難となる調査目標や、反対に、精密調査の地下施設建設後では達成することが困難となる目標があることを考慮することが重要である。そのような調査目標については、適切な時期に調査を実施し、達成する必要がある。

3.5 ステップ5 – 調査手法の選定

調査目標を設定し、その重要度・優先度の設定をした後には、調査目標の達成に向けて適切な調査手法を選定する。本ステップでは調査目標ごとに適用可能な調査手法を網羅的に選定し、ステップ7において最終的に決定する。また、調査手法の詳細（機器の仕様、現場における解析・分析方法など）の設定は、当該サイトの地質環境の条件、および個々の調査手法が有する測定精度や適用範囲などを考慮し、現地調査チーム（FIT）が最終的に決定する。ここでは、それぞれの調査の詳細仕様の設定に反映することができるように、調査手法の選定における留意点（検討内容）、調査範囲の設定、調査の密度、調査手法の組合せについて述べる。

3.5.1 ステップ5a – 調査手法の選定

一般的な調査目標に対応する調査手法の概要を表 3-6 に例示する。サイト固有の調査目標を達成するための調査手法の選定にあたっては、以下の点に留意する。

- ・ 調査目標を達成するために、一般的に適用可能な調査手法を整理する。また、専門的な知識が必要な場合は、専門家へのヒアリングなどを行い、情報を取得する。
- ・ 整理した調査手法について、その実用性（作業効率や測定精度など）に影響を及ぼすと考えられる地質環境の条件や社会的な制約条件を整理し、当該サイトにおける有無を確認する。
- ・ 調査目標を達成するために必要となる「データの密度」（例えば、ボーリング孔の数や物理探査の測線の配置）についても検討する。

表 3-7 に、サイト固有の調査手法の選定にかかわる検討内容を取りまとめるための総括表の例を示す。

表 3-6 調査目標の達成に向けた調査手法の例示

調査目標の分類 (例)		調査手法の種類
地質環境の概念モデルや地質環境モデルの信頼性の確認	地質・地質構造, 地下水流動, 地下水の地球化学特性など, 地質環境の概念モデルと地質環境モデルの構築	地形測量, 地表踏査, 地表水質調査, 水文調査, 物理探査, ボーリング調査 (コア観察, 物理検層など), 室内試験・分析
	地質構造の発達過程と, 各分野の地質環境の概念モデル・地質環境モデルの整合性	同上
考慮事項の確認	第四紀火山	空中写真判読, 地表踏査, 物理探査, ボーリング調査 (コア観察, 物理検層など), 室内試験・分析
	活断層 (陸域)	空中写真判読, 地形測量 (航空測量など), 地表踏査, 地球化学調査, トレンチ調査, 物理探査, ボーリング調査 (コア観察, 物理検層など), 室内試験・分析
	隆起・侵食	空中写真判読, 地形測量 (航空測量など), 地表踏査, ボーリング調査 (コア観察), 室内試験・分析, 物理探査
	鉱物資源	室内試験・分析
	第四紀の未固結堆積物	ボーリング調査 (コア観察など)
地層処分システムの長期安全性と地下施設建設の工学的実現性・安全性の確認	岩盤および岩体の力学的特性	孔内載荷試験, 室内試験・分析
	応力分布	初期地圧測定, 室内試験・分析
	熱特性および地温勾配	物理検層, 室内試験・分析
	母岩となる地層の規模・広がり	地表踏査, 物理探査, ボーリング調査 (コア観察, 孔壁観察, 物理検層など), 単孔式物理探査, 孔間物理探査, 室内試験・分析
	地下水のフラックスおよび流路 (岩盤中の空隙構造および水みち)	ボーリング調査 (コア観察, 物理検層, 透水試験, 流体検層, 間隙水圧測定, 地下水位測定など), 室内試験・分析
	地下水地球化学	地下水採水, 室内試験・分析
	核種の保持・遅延特性	室内試験・分析

表 3-7 サイト固有の調査手法の選定にかかわる総括表（結晶質岩の例）

サイト固有の調査目標 （ステップ4aで設定した調査目標）	一般的に適用可能な調査手法 （目標達成に一般的に適用可能な手法）	調査手法の選定，適用性に関連するサイト固有の条件 （調査の実施と調査目標の達成に向けて留意すべきサイト固有の条件）	適用する調査手法と留意点 （適用する調査手法，調査地点，密度などについての留意点）
主要な陸域の活断層の存在と分布の把握	空中写真判読 地形測量（航空測量など） 地表踏査 地表および空中物理探査	地形 被覆層 基盤岩	空中写真判読 地形測量（航空測量など） 地表踏査 地表および空中からの物理探査 ・活断層の存在が示唆される個所の抽出
	トレンチ調査	地形 被覆層 基盤岩 土地利用の制約	トレンチ調査 ・活断層の存在が示唆される地点にて実施
	ボーリング調査（コア観察）	地形 土地利用の制約	ボーリング調査（コア観察） ・活断層の存在が示唆される地点にて，一般には，群列ボーリングを実施
	地質年代調査	分析試料の存在	地質年代調査 ・予想される地質年代，測定対象となる試料を考慮して測定方法と測定数量を決定
岩盤の応力場と強度特性との関係の理解	ボーリング調査（物理検層，初期地圧測定，水平載荷試験）	既存のトンネル工事の実績	ボーリング調査（物理検層，初期地圧測定，水平載荷試験） ・候補母岩の深度の特性取得を主眼に実施
	室内力学試験	同上	室内力学試験 ・孔内試験の実施深度と関連するよう取得
地下水の選択的な流動経路の特徴とその水理特性の把握	ボーリング調査（コア観察，孔壁観察，流体検層，透水試験）	多量の湧水を伴う亀裂の存在 遮水性の地質・地質構造の存在	ボーリング調査（コア観察，孔壁観察，流体検層，透水試験） ・ボーリング掘削時の湧水・逸水状況を監視 ・割れ目の幾何学特性，充填鉱物など

3.5.2 ステップ 5b – 調査範囲の設定

(1) 基本的な考え方

地質環境モデルの空間スケールは、設計・性能評価検討など、地質環境モデルのユーザーの要求を考慮して決定する（ステップ 2b）。調査の範囲は、まず、地質環境モデルの信頼性を向上させる観点から検討する。続いて、最初の地質環境モデルの不確実性の低減に有効と考えられるデータの取得について、取得可能な箇所や深度も踏まえて検討することにより、調査範囲を設定する。

さらに、サイトスケールの地質環境モデルを地下施設の設計へ反映するためには、必要な項目を必要な精度で記述したモデルが求められる。地下施設の設計の際、考慮する構造（例えば、地質断層や軟弱地盤）の存在が推定された場合は、その特性（例えば、性状や物性値）や空間的な分布を特定するための調査の範囲を設定する。

(2) 留意点

調査範囲の設定にあたっての留意点を、以下に列挙する。

- ・ 候補母岩領域とその周辺の領域では、取得すべき情報の量・精度が異なる。また、実施される調査の量・精度も、概要調査地区内の候補母岩領域とその周辺領域では異なる。そのため、候補母岩領域を含むその周辺領域を、例えば、リージョナルスケール、ローカルスケール、サイトスケールなど、複数の異なる空間スケールに分けて地質環境モデルを構築する（ステップ 2b）。それぞれの地質環境モデルの位置づけを考慮して、調査の項目と調査範囲を検討する。
- ・ 概要調査の開始時点には、利用可能な情報が量・精度ともに限定されるため、当該サイトにおいて候補母岩領域を決定できない可能性がある。その場合、応募区域内で候補母岩領域を複数推定することもある。このような場合、候補母岩領域の絞り込み、あるいは、複数の候補母岩領域の比較検討を考慮して調査範囲を設定する。
- ・ 調査段階が進展し、候補母岩領域の選定の見通しが得られた場合、当該領域を対象として、設計・性能評価検討などの要求を考慮した調査データを詳細に取得していくための調査範囲を設定する。
- ・ 概要調査地区内の調査に加えて、活断層、火成活動、隆起・侵食などを対象として、考慮事項への適格性の評価を行うための調査を概要調査地区の周辺で実施する場合がある（補足的な調査を行う範囲）。概要調査地区の範囲の概念図と概要調査地区の範囲の設定例を、図 3-9 と図 3-10 にそれぞれ示す。
- ・ 上記の留意点から導かれる調査範囲が、用いる調査手法に必要な範囲より狭い場合、そのことが調査結果に及ぼしうる影響が調査目標の達成に支障となるようであれば、調査範囲の拡大を検討する。

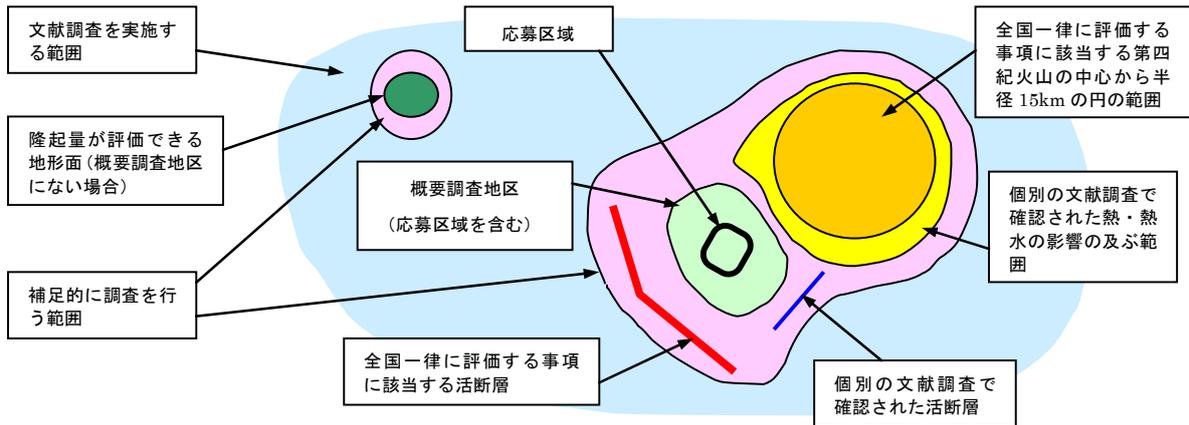


図 3-9 概要調査地区の範囲の概念図 (NUMO, 2004)

概要調査地区は応募区域より広がる可能性があるが、広がった部分を最終処分施設建設地とすることはない。

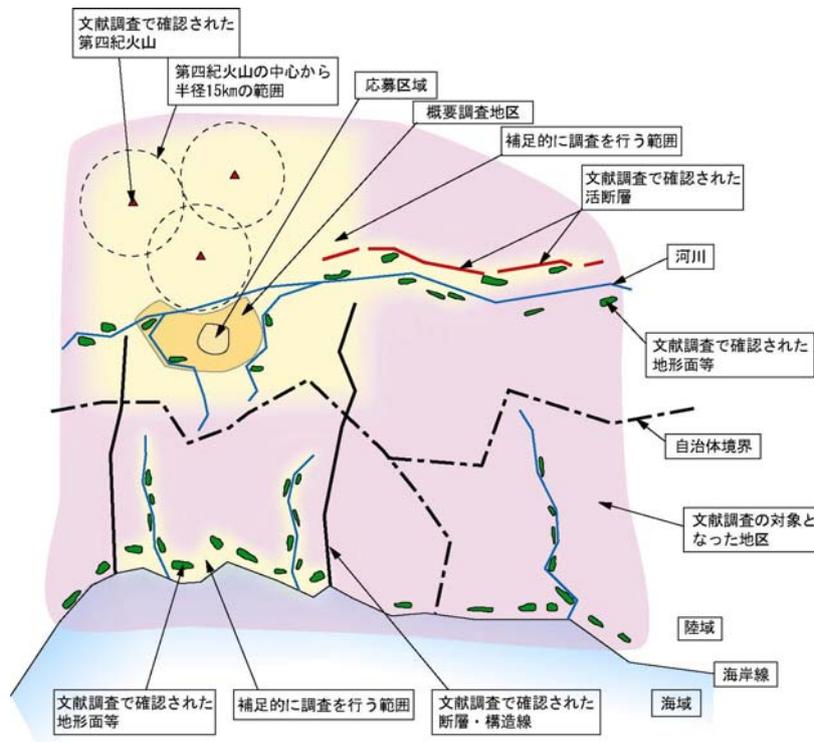


図 3-10 概要調査地区の範囲の設定例(補足的に調査を行う範囲を含む) (NUMO, 2004)

この例は、文献調査により概要調査地区の近傍に活断層および第四紀火山が確認されており、隆起量を評価できる地形面が遠隔地に分布する場合を示す。

3.5.3 ステップ5c – 調査の密度と調査手法の組み合わせ

(1) 調査の数量や密度

概要調査における地質環境特性の調査は、地表踏査、物理探査、ボーリング孔を利用した調査に大きく分類できる。

地表踏査は、地表付近の地質を明らかにするもので、調査の精度は岩盤の露頭の分布状況に大きく依存する。しかし、調査の初期には、調査のスケールや人工・工程等の調整により、調査密度をコントロールしやすいという側面があり、地質環境（特に、地質層序と地質構造）の複雑さに対応しやすいという利点がある。また、短尺のボーリング調査と組み合わせることにより、精度・信頼性の向上が見込まれる。

物理探査は、二次元～三次元的に比較的均一な精度の情報を取得することができる手法である。地質環境モデルをより詳細に構築する領域では、より高密度の物理探査を実施することが望ましい。

ボーリング孔を利用した調査では、地質環境モデルに記述した地質構造や水理地質の区分などの分布深度、地質環境の各種特性などのデータを取得する。そのため、ボーリング調査を実施する密度（ボーリング孔数など）は、当該サイトの地質環境（の複雑さ）に大きく依存する。例えば、地表踏査と物理探査から水平方向あるいは鉛直方向に地質環境特性の不均質性が小さいことが推定された場合には、広い孔間距離でも十分な情報を取得することができる。逆に、不均質性が高い、たとえば、岩相変化が著しい地層が分布する地域では、岩相変化の程度に応じた多くのボーリングが必要となる場合がある。ボーリング調査に必要なデータの取得密度を設定する方法の一つとして、地質環境特性の不均質性を地質環境モデルで記述（可視化）し、設計・性能評価検討において、その不均質性が評価結果に与える影響度合いにより確認することがあげられる。

このように、地質環境モデルの精度は、データの密度と地質環境特性の不均質性の両方に依存する。そのため、調査の初期段階では、データが量・精度とも十分でなく、データの補間が難しい場合も多い。したがって、調査が進むに連れて増加するデータを利用して、各空間スケールにおいて必要な精度で空間的な不均質性を適切に評価できているか確認しつつ、調査を進めていくことが重要である。

(2) 調査手法の組み合わせ

ステップ5bで示した通り、概要調査を複数の候補母岩領域の評価・選定を主眼とした調査から、母岩領域として見通しが得られてきた領域の特性調査へと展開する場合には、広い空間スケールから空間スケールを狭め、得られる情報の精度・量を適宜向上させるための調査手法の組み合わせを設定していくことが効率的である。

一般的な調査の組合せとしては、①限定された地表踏査と物理探査、②地表踏査とボーリング調査、③地表踏査、物理探査およびボーリング調査が考えられる。このような調査手法の3つの組み合わせと、得られる情報の精度の差異を以下に示す。

① 限定された地表踏査と物理探査

物理探査は、大局的な特性を把握するのに適している。地理・地形条件や社会条件などから限定された調査しか実施できない場合、②と比較して得られる情報の精度は低いと考えられる。

② 地表踏査とボーリング調査

本組合せは、空間スケールを狭めた調査で精度が向上する。堆積層の水平方向の広がりや、地下水流動状況の評価に必要な水理的な境界領域における特性の取得など、特定の調査目標

を達成するための調査を組み合わせる場合、③と比較して得られる情報の精度は低いと考えられる。

③ 地表踏査，物理探査およびボーリング調査

本組合せは，空間スケールを狭めた調査で最も精度が向上する組合せである。ここでの物理探査は，ボーリング孔を用いた探査で，目的を絞って実施する高密度の探査を想定している。また，ボーリング調査についても，目的を絞って高密度で実施する。このような地表から実施可能な全ての調査手法を組み合わせる場合，地質環境特性の不均質性の評価に対して最も精度が高い情報の取得が期待できる。

以上を考慮すると，一般論としては，候補母岩領域の選定を主眼とした調査では①と②が，候補母岩領域の詳細な特性の把握を目的とした調査では③が重要な組合せとなると考えられる。

3.6 ステップ6 - 概要調査計画の策定

調査目標の達成に向けて設定した複数の調査を適切な手順で組み合わせ、統合することにより、概要調査計画を策定する。まず、ステップ2~5までの検討結果に基づき、調査の進展に伴い期待できる地質環境の理解度の進展を想定して、段階的なアプローチに基づく概要調査の全体枠組み（フェーズ設定を含む）の方針について検討する。次に、選定した調査を合理的に組み合わせるとともに、その手順を検討することを通して、調査の全体工程を決定する。また、新たにボーリング調査を行う場合には、複数の調査目標を達成できるような合理的なプログラムも含めて検討する。

概要調査計画は、以下の4つの過程を経て作成する。

- ・ 調査戦略の構築
- ・ 地質環境モデル再構築の計画の検討
- ・ 調査・評価の手順の検討
- ・ 全体工程の作成

図3-11に、策定した概要調査計画における全体工程のイメージの例を示す。

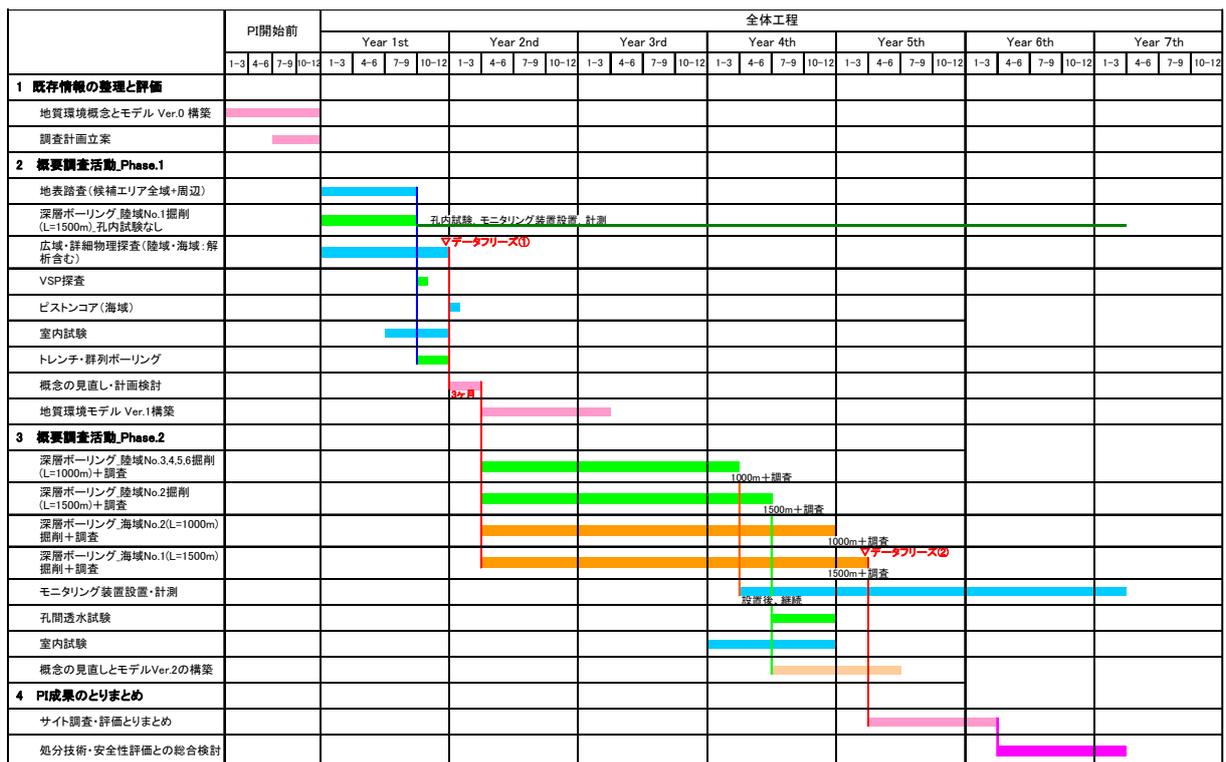


図 3-11 策定した概要調査計画における全体工程のイメージ

3.6.1 ステップ 6a – 調査戦略の構築

第 2.1 節で示したとおり、当該サイトの概要調査計画を複数のフェーズに分ける「段階的アプローチ」について、既存情報の量・精度、サイト固有の地質環境条件、社会的な制約条件に加えて、ステップ 2～5 の検討結果を勘案しその方針を検討する。

以下に、段階的アプローチを採用する際に考慮すべき事項を概説する。

- ・ 各フェーズにおける調査、地質環境の概念モデルと地質環境モデルの構築あるいは更新、設計・性能評価検討などの最終ユーザーからの要求の確認、調査計画の立案あるいは更新といった、一連のプロセスに必要な期間を全体工程に適切に考慮する。
- ・ 全体工程の遅延を防止する対策の一つとして、各フェーズをわずかに重複させ、フェーズ 1 により取得される全てのデータの解釈が完了する前にフェーズ 2 の調査を開始することがある。そのためには、フェーズ 1 の調査データに基づく地質環境の概念モデルや地質環境モデルの更新作業のためのデータベースを、フェーズ 1 の後半の適切な時点で凍結し、データセットを作成する。その後、現地での残された調査とモデル更新作業を並行して進めることが効率的である。

3.6.2 ステップ 6b – 地質環境モデル再構築の計画の検討

調査・評価の展開（全体工程）の検討・決定に先立ち、段階的アプローチを考慮し地質環境モデルを再構築する。

概要調査を前半と後半の 2 つのフェーズで進める場合、前半が終了した時点で、再度ステップ 1~7 を繰り返すことにより、調査計画を更新する。計画更新の中で、最初の地質環境の概念モデルや地質環境モデルを、第 1 フェーズで得られた情報を利用して再構築する（Ver.0⇒Ver.1.0：表 2-1）。この際、現地調査の進展を踏まえ適切なタイミングでデータセットを作成し、地質環境モデルの再構築作業を効率的に実施することが重要である。そのため、現地調査の計画のみならず、第 1 フェーズの終了時におけるモデル構築計画についても検討し、概要調査計画に反映する必要がある。

また、第 1 フェーズの終了時に、第 2.3 節で示した調査計画の見直しを実施するためには、設計・性能評価検討からの要求を確認するための期間を考慮し、概要調査計画に反映する。

地質環境モデルの構築計画は、地質環境の調査計画、さらには調査フェーズの設定と密接に関連しており、調査計画の進展に伴い調査データの量が拡充され、その精度が向上することを想定して立案する。ステップ 2 で述べたとおり、当該サイトの地質環境の概念モデルや地質環境モデルを構築する作業は、まず、地質・地質構造、地下水の流動特性、地下水の地球化学特性、岩盤の物理・力学特性などの分野の異なる検討グループにより行う。地質環境モデリングチーム（SDMT）は、地質環境評価チーム（GET）と協調して、各グループの検討成果を統合し、設計・性能評価検討へ提供する。そのために必要な期間を見込んで、概要調査計画に反映する。

同様に、処分場概念検討チーム（RCT）は、地質環境モデルの更新に伴う処分場概念構築の更新作業に必要な期間を見込んで、概要調査計画に反映する。

3.6.3 ステップ 6c – 調査・評価の手順の検討

調査・評価の手順は、ステップ 4 で述べた調査目標の重要度・優先度を鑑み、データの流れに着目し、合理的かつ効率的な組み合わせとなるように、以下の事項について検討する。

- ・ 調査領域全域の地質環境特性の理解を目的とした調査・評価や、特定した候補母岩領域の地質

環境特性のより一層の理解を目的とした調査・評価など、調査・評価の目的、ならびにこの時点における不確実性の程度を明確にした上で、調査の重要度・優先度などについての的確な判断を行うことが重要である（ステップ 4b,5b, 5c 参照）。

- ・ 調査と評価とのつながりについて、データの流れに着目して具体化し、調査目標の達成に向けた合理的な手順を考慮する。例えば、地表踏査と物理探査により明らかにされた地質・地質構造の概略を、その後に実施する深層ボーリング孔の掘削地点を決定する際に活用する。
- ・ 一つの調査が、複数の調査目標に関連している場合がある。例えば、一孔の深層ボーリング調査において、地質・地質構造、岩盤の力学特性、水理特性、地下水の地球化学特性などを把握することが可能である。したがって、調査の実施地点や深度、レイアウトなどを決定する際は、調査データを複数の分野で有効に活用することを考慮し、効率的な調査の実施に心がける。
- ・ 一つの調査が、他の調査に対して影響を及ぼす場合がある。その影響が無視できない場合には、調査手順は制限される。例えば、地下水の地球化学特性の調査では、ボーリング孔の掘削や水理試験の実施による地球化学的な擾乱などの影響を受ける。

以上の検討結果に基づき、調査で得られるデータから地質環境の評価を経て、調査目標を達成するまでのデータの流れを整理する。その流れを系統的に示す一つの方策として「統合化データフローダイヤグラム」（例：公益財団法人 原子力環境整備促進・資金管理センター（以下「原環センター」という）が挙げられる（図 3-12）。

3.6.4 ステップ 6d – 全体工程の作成

すべての調査・評価の時系列的な展開を決定し、全体工程の一次案を作成する。この際、抽出した調査・評価を完了させるために必要な期間、および資源（人員、機材、予算）を算定する。

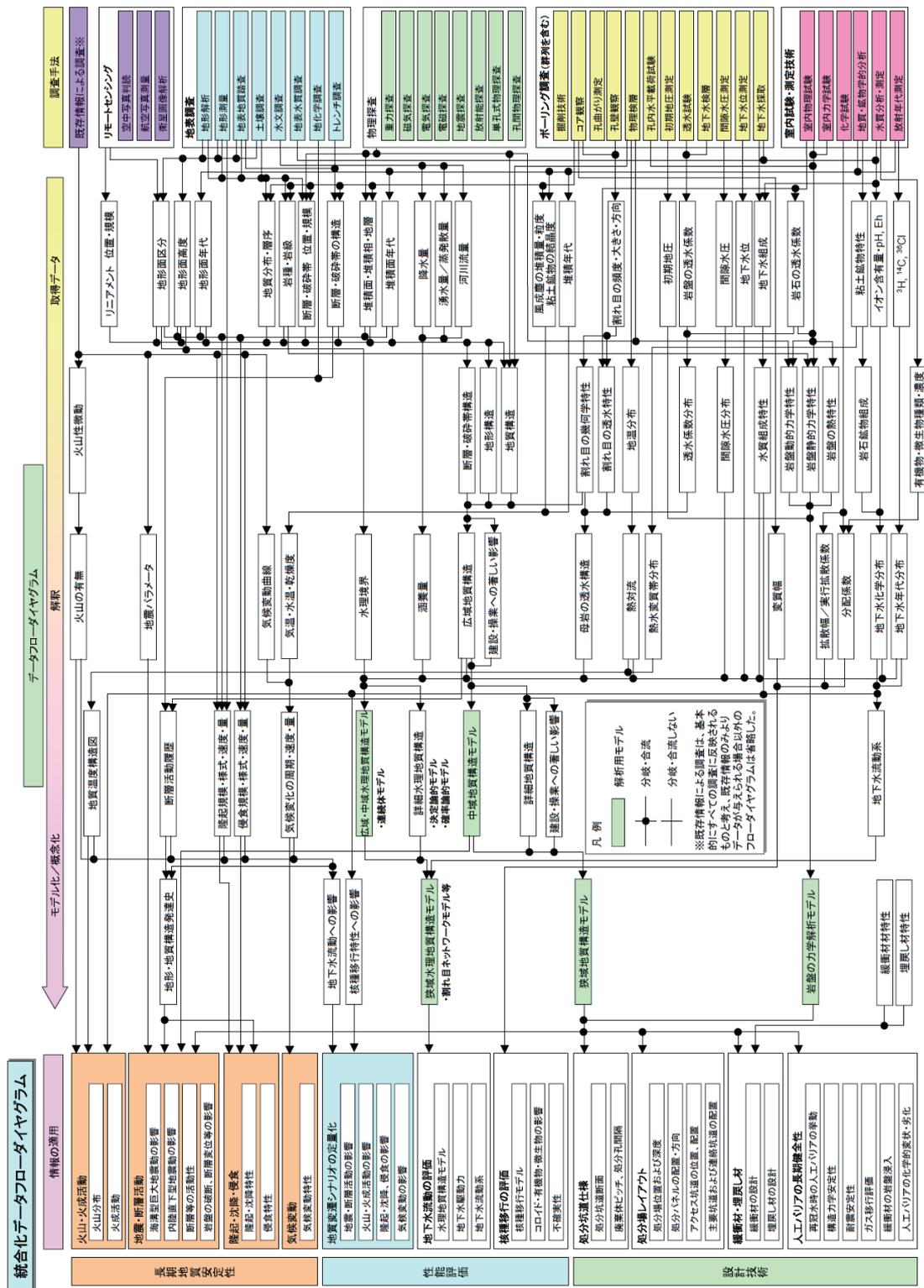


図 3-12 統合化データフローダイヤグラムの一例 (原環センター, 2007)

3.7 ステップ7 – 概要調査計画の妥当性評価

ステップ6で策定した概要調査計画案の妥当性について確認する。

以下に、妥当性を評価するための検討項目を示す。

- ・ 当該サイトにおける調査目標が、ステップ2で構築した各分野の地質環境モデルの不確実性、およびステップ3で分析した設計・性能評価検討からの要求を踏まえた内容となっていることを確認する。
- ・ 段階的アプローチに基づき、当該サイトの地質環境の理解の程度に応じて、概要調査期間中に当初計画の柔軟な見直しが可能な計画となっている（意思決定のポイントが明確に示されている）ことを確認する。
- ・ ステップ4で設定した調査目標の全てに対応し、その重要度・優先度を考慮した概要調査計画となっていることを確認する。換言すると、調査・評価の各項目の調査目標の達成に向けた展開が合理的に説明できることを確認する。
- ・ 概要調査計画が、当該サイトの地質環境の評価、ならびに設計・性能評価検討とその相互の連携を適切に組み入れ、それに要する期間、制約条件（社会的条件、気象・海象、インフラストラクチャなど）および調査期間中に活用できる資源（人員や機材など）を考慮して、合理的に実施できることを確認する。

上記の検討は、計画立案を主体的に進める地質環境評価チーム（GET）によって行われるが、その検討に基づき、妥当性評価の視点を明らかにしたうえで、処分場概念検討チーム（RCT）などの意見を取り入れた評価を行う。

この評価を通して、概要調査計画を見直すことが必要となった場合は、ステップ4で調査目標やその重要度・優先度の見直し、ステップ5で調査・評価の変更について考慮し、当該ステップ以降の検討を繰り返すことにより、概要調査計画を変更する。また、概要調査計画案を妥当と判断した場合には、当該サイトにおける概要調査計画書を作成し、立案作業が完了する。

4. おわりに

今回取りまとめた「基本的考え方」の原案は、海外にて地層処分事業に携わる有識者の協力を得て2006年度に作成した。その後、我が国の地質環境の多様性を踏まえた検討を加えるとともに、ボーリング調査技術などの実証研究において「基本的考え方」に沿って調査計画の立案を試行し、その適用性を確認した。本書は、これらの結果を踏まえて、取りまとめたものである。

概要調査計画の立案は、調査目標と反映先を明確化したうえで、調査の制約条件、サイトの地質環境条件に関する既存情報を勘案し、様々な検討を重ねて成案化していくことが重要であると認識している。今後、本書で示した「基本的考え方」は、技術の進展、社会環境の変化等を踏まえ、適宜、更新していく予定である。

謝辞

本稿を取りまとめるにあたり、(独)日本原子力研究開発機構の太田久仁雄氏と濱克宏氏には、粗稿を読んで頂くとともに、数々の議論をして頂き、本稿は大きく改善された。また、(財)電力中央研究所の木方建造氏には粗稿を読んで頂き、多くの有益な助言を頂いた。さらに、本稿の作成にあたっては、(株)大林組の田中達也氏に多大なご協力を頂いた。以上の方々に、ここに記して深い感謝の意を表します。

引用文献

- 原環センター（原子力環境整備促進・資金管理センター）（2007）：平成18年度地層処分技術調査など地質環境評価技術高度化調査 報告書，平成19年3月。
- JNC（2005）：高レベル放射性廃棄物の地層処分技術に関する知識基盤の構築 - 平成17年取りまとめ - 分冊1 深地層の科学的研究，JNC TN1400 2005-014。
- 菊池宏吉（1990）：地質工学概論，276p，土木工学社。
- NUMO（2004）：概要調査地区選定上の考慮事項の背景と技術的根拠，NUMO-TR-04-02，原子力発電環境整備機構。
- 太田久仁雄，阿部寛信，山口雄大，國丸貴紀，石井英一，操上広志，戸村豪治，柴野一則，濱 克宏，松井裕哉，新里忠史，高橋一晴，丹生屋純夫，大原英史，浅森浩一，森岡宏之，舟木泰智，茂田直孝，福島龍朗（2007）：幌延深地層研究計画における地上からの調査研究段階（第1段階）研究成果報告書，分冊「深地層の科学的研究」，JAEA-Research 2007-044，日本原子力研究開発機構。
- OECD/NEA（2004）：Post-Closure Safety Case for Geological Repositories, Nature and Purpose, OECD/NEA, Paris, France.
- 三枝博光，瀬野康弘，中間茂雄，鶴田忠彦，岩月輝希，天野健治，竹内竜史，松岡稔幸，尾上博則，水野 崇，大山卓也，濱 克宏，佐藤稔紀，久慈雅栄，黒田英高，仙波 毅，内田雅大，杉原弘造，坂巻昌工（2007）：超深地層研究所計画における地表からの調査予測研究段階（第1段階）研究成果報告書，JAEA-Research 2007-043，日本原子力研究開発機構。
- SKB（2000）：Geoscientific programme for investigation and evaluation of sites for the deep repository, SKB TR-00-20, Svensk Kärnbränslehantering AB.
- SKB（2002）：Simpevarp site descriptive model version 0, SKB TR-02-35, Svensk Kärnbränslehantering AB.

【用語解説】

安全評価

地層処分システムが安全上受け入れられるものか否かを判断するため、システムの将来挙動の予測を踏まえた人間とその生活環境への影響に関する解析結果を、放射線の影響を表す適切な線量などの指標を用いて示し、安全基準と比較する行為を指す。

結晶質岩

マグマが冷えて固まってできた火成岩（例：花崗岩）および既存の岩石が熱や圧力によって変化してできた変成岩（例：結晶片岩，片麻岩）をいう。

サイト

本書では、地層処分施設を建設することが可能と考えられる場所を幅広く意味する語として「サイト」を用いる。特定の地域を指している「処分施設建設地」および「応募区域」とは別の語として使い分けている。

処分場

地層処分に必要な人工バリアを含む一群の施設（処分施設）と天然の地層（天然バリア）によって構成され、閉鎖後長期間にわたって高レベル放射性廃棄物などを人間環境から安全に隔離するための機能を持つシステムをいう。従って処分場は、閉鎖までに必要な一群の施設と閉鎖後長期にわたる安全機能が期待される構成要素すべてを総称したものを指す。閉鎖後の長期にわたる安全機能に着目し、一つのシステムとして表現する際には、多重バリアシステムという。

人工バリア

生活環境への放射性廃棄物の漏出を防止、および低減するために設けられる人工構築物。高レベル放射性廃棄物の場合、ガラス固化体、オーバーパックおよび緩衝材からなる。地層処分低レベル放射性廃棄物のハル・エンドピースの場合は、充填材、緩衝材および埋め戻し材からなる。多重バリアシステムの構成要素の一つ。

セーフティーケース

閉鎖後の制度的な管理の維持が保証できないような時間枠においても、処分場が安全であり続けるとする主張を定量化し立証するための証拠，解析さらには論拠の統合体。IAEA では「ある施設または活動の安全を裏付ける論拠および証拠を収集したもの」、OECD/NEA では「ある特定の（放射性廃棄物）処分場の開発段階において、処分場の長期の安全を裏付ける論拠を収集したもの」と定義され、事業者が自主的に作成，更新する。

第2次とりまとめ

1997年4月に公表された原子力委員会原子力バックエンド対策専門部会報告書「高レベル放射性廃棄物の地層処分研究開発などの今後の進め方について」に従い、関連する研究機関などの協力を得て、JNCが1999年11月に公開した報告書。正式名称：「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―」。

堆積岩

海底や河床などに運ばれた泥や砂などの堆積物や、火山噴出物などが固まってできた岩石（例：砂岩、泥岩）をいう。

地質環境

地層処分の観点から見た地下の環境。岩盤とそこに含まれる地下水などからなる。

地質環境特性

岩盤や地下水の性質。人工バリアの設置環境および天然バリアとしての機能の観点から、地下水の流動特性、地下水の地球化学特性、岩盤の熱特性・力学特性および岩盤中での物質移動特性が重要である。

地質環境の長期変遷

自然現象（地震・断層活動、火山・火成活動、隆起・侵食、気候・海水準変動）の過去の発生や将来的な発生に伴う地質環境特性の変遷。

地層処分システム

閉鎖後長期の安全性を評価する上で対象となるシステム全体の総称。一般に多重バリアシステム（または処分場）に人間環境（生物圏）が含まれる。

天然バリア

処分された廃棄物と人間の生活環境との間にある地層などを指し、天然のものではあるが、廃棄物が人間の生活環境に影響を及ぼさないようにする障壁としての役割も期待される。多重バリアシステムの構成要素の一つ。

母岩

処分場が設置される地層のこと。