

JNC TJ7410 2002-002

立坑及び坑道の掘削を伴う
地質環境特性調査・評価技術の
超深地層研究所計画への適用

(核燃料サイクル開発機構 契約業務報告書)

2002年3月

株式会社大林組

本資料の全部又は一部を複写・複製・転載する場合は、下記にお問い合わせ下さい。

〒319-1184 茨城県那珂郡東海村大字村松 4-49
核燃料サイクル開発機構
技術展開部 技術協力課

Inquires about copyright and reproduction should be addressed to:
Technical Cooperation Section,
Technology Management Division,
Japan Nuclear Cycle Development Institute
4-49 Muramatsu, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki, 319-1184
Japan

© 核燃料サイクル開発機構 (Japan Nuclear Cycle Development Institute)
2002

JNC TJ7410 2002-002

2002年3月

立坑及び坑道の掘削を伴う地質環境特性調査・評価技術の超深地層研究所計画への適用
(核燃料サイクル開発機構 契約業務報告書)

河村秀紀* 納多 勝*

要旨

核燃料サイクル開発機構、東濃地科学センターでは、地質環境の調査技術・評価手法を開発することを目的として、広域地下水流动研究、超深地層研究所計画を進めている。地層科学的研究は現在、超深地層研究所計画の第2段階の準備段階にあり、広域地下水流动研究、東濃鉱山における研究の一部成果を取り入れ、より効率的に超深地層研究所計画を推進することが求められている。

本件では、東濃地科学センターにおいて進めている超深地層研究所計画の第2段階及び第3段階の詳細な調査・研究計画を適切に策定するため、昨年度までに取りまとめた地層処分研究開発に関わる国内外の情報と、それに基づき検討した研究項目及びその優先度の検討結果により、立坑及び坑道の掘削を伴う地質環境特性の調査・評価技術の超深地層研究所計画への適用計画（案）を例示する。適用計画（案）を策定する際には、核燃料サイクル開発機構が現在までに施工計画で検討している立坑及び坑道の施工における安全確保などと調査・研究内容との優先度を検討し、現実的な適用計画（案）を例示する。

本報告書は、株式会社大林組が、核燃料サイクル開発機構との契約により実施した成果に関するものである。

機構担当部課室：東濃地科学センター 地層科学研究情報化グループ

*：株式会社大林組土木技術本部

JNC TJ7410 2002-002
March 2002

**Application of geological characterization study and evaluation technology to
MIU underground research laboratory plan with excavation of shaft and drift**

Hideki Kawamura* and Masaru Noda*

Summary

In Japan Nuclear Cycle Development Institute, Tono Geoscience Center, the hydrologic groundwater flow research and the super-deep underground research laboratory plan are advanced aiming to develop the investigative technique and the evaluation technique of the geological environment. The geoscientific research is in the staging post in the second stage of the MIU underground research laboratory plan now, and the MIU underground research laboratory plan is requested to take a part of research in a hydrologic groundwater flow research and Tono Mine result, and to be promoted more efficiently.

To settle on a detailed investigation and the research program of the second stage and the third stage of the MIU underground research laboratory plan advanced at Tono Geoscience Center appropriately in this case, the use planning to MIU underground research laboratory plan of the investigation and the evaluation technology of the geological environment characteristic with digging up the shaft and the tunnel is illustrated by the examination result of the research item examined based on domestic and foreign information related to the geological disposal research and development that will be arranged by last year and it and the priority. When the use planning is settled on, the priority of the security in the construction of the shaft that Japan Nuclear Cycle Development Institute is examining by the scheme of execution by present and the tunnel etc. and the investigation and content of the research is examined, and a realistic use planning is illustrated.

This study has been carried out by Obayashi Corporation under contract with Japan Nuclear Cycle Development Institute.

JNC Liaison: Geoscience Research Integration and Dissemination Group, Tono Geoscience Center

*: Civil Engineering Technology Division, Obayashi Corporation

立坑及び坑道の掘削を伴う地質環境特性調査・評価技術の超深地層研究所計画への適用

目 次

| | |
|--|-------|
| 1. 目的 | 1 |
| 2. 実施範囲 | 1 |
| 3. 実施概要 | 1 |
| 3.1 超深地層研究所計画第2段階の調査・研究計画における 地質環境特性の調査・評価技術の適用の例示 | 1 |
| 3.2 超深地層研究所計画第3段階の調査・研究計画における 地質環境特性の調査・評価技術の適用の例示 | 2 |
| 4. 実施期間 | 2 |
| 5. 研究の概要 | 5-1 |
| 5.1 超深地層研究所計画第2段階の調査・研究計画における 地質環境特性の調査・評価技術の適用の例示 | 5-1 |
| 5.2 超深地層研究所計画第3段階の調査・研究計画における 地質環境特性の調査・評価技術の適用の例示 | 5-2 |
| 6. 検討の内容 | 6.1-1 |
| 6.1 超深地層研究所計画 第2段階の調査・研究計画における 地質環境特性の調査・評価技術の適用の例示 | 6.1-1 |
| 6.1.1 検討の進め方 | 6.1-1 |
| 6.1.2 前提条件の整理 | 6.1-2 |
| 6.1.3 第1段階の調査・試験の成果に基づき、第1段階で行う 地質環境特性の予測項目、予測手法の例示 | 6.1-4 |
| 6.1.4 第1段階の予測項目と第2段階のデータとの 比較方法・評価方法の例示 | 6.1-9 |

| | |
|--|--------|
| 6.1.5 第2段階の調査項目、調査方法、調査量、調査位置の例示 | 6.1-14 |
| 6.1.6 第2段階で取得すべきデータと、それに必要な調査項目、 調査方法、調査量、調査位置、レイアウトの例示 | 6.1-18 |
| 6.1.7 立坑及び坑道の施工計画やその安全確保と 調査・研究内容との優先度の検討 | 6.1-20 |
| 6.1.8 地質環境特性の調査・評価技術に関し、第2段階の調査・ 研究で現実的な適用計画（案）及び調査・研究の展開を例示 | 6.1-20 |
| 6.2 超深地層研究所計画 第3段階の調査・研究計画における 地質環境特性の調査・評価技術の適用の例示 | 6.2-1 |
| 6.2.1 検討の進め方 | 6.2-1 |
| 6.2.2 前提条件の整理 | 6.2-2 |
| 6.2.3 調査・研究項目とその優先度の再分析および過不足の確認 | 6.2-3 |
| 6.2.4 調査・研究を実施する場所の条件と場所を 選定していくために必要なデータと調査内容の確認 | 6.2-9 |
| 6.2.5 第3段階における調査・研究項目、調査位置、レイアウトの検討と サイクル機構が現在まで検討してきた施工計画との関連の検討 | 6.2-17 |
| 6.2.6 第3段階の調査・研究での現実的な適用計画（案） 及び調査・研究の展開の例示 | 6.2-22 |
| 7.まとめ | 7-1 |

図目次

| | |
|---|--------|
| 図 6.1-1 第 2 段階に実施すべき調査研究項目と 調査研究計画の検討フロー | 6.1-1 |
| 図 6.1-2 第 2 段階の調査研究レイアウトの例示 | 6.1-19 |
| 図 6.2-1 第 3 段階に実施すべき調査研究項目と 調査研究計画の検討フロー | 6.2-1 |
| 図 6.2-2 中間ステージにおける調査・試験レイアウトの例示 | 6.2-18 |
| 図 6.2-3 最深ステージにおける調査・試験レイアウトの例示 | 6.2-19 |

表目次

| | |
|---|--------|
| 表 6.1-1 第 1 段階における地質環境予測項目（施設スケール）と 予測手法の例示 | 6.1-7 |
| 表 6.1-2 第 1 段階における地質環境予測項目（施設スケール）と検証に 必要となるデータの例示 | 6.1-12 |
| 表 6.1-3 第 2 段階における地質環境予測項目（坑道スケール）と 予測手法の例示 | 6.1-16 |
| 表 6.1-4 第 2 段階で実施する調査研究項目 | 6.1-18 |
| 表 6.1-5 (1) 超深地層研究所 調査・研究基本スケジュールの例示 | 6.1-21 |
| 表 6.1-5 (2) 超深地層研究所 調査・研究基本スケジュールの例示 | 6.1-22 |
| 表 6.1-6 地下水流動研究を中心とした第 2 段階の調査研究の展開の例示 | 6.1-23 |
| 表 6.2-1 第 2 段階における地質環境予測項目（坑道スケール）と 検証のためのデータの例示 | 6.2-7 |
| 表 6.2-2 第 3 段階で実施する調査研究項目 | 6.2-8 |
| 表 6.2-3 (1) 調査研究実施に求められる地質環境と場の条件の例示 (地質・地質構造) | 6.2-10 |
| 表 6.2-3 (2) 調査研究実施に求められる地質環境と場の条件の例示 (地下水の水理) | 6.2-11 |
| 表 6.2-3 (3) 調査研究実施に求められる地質環境と場の条件の例示 (地下水の地球化学) | 6.2-12 |
| 表 6.2-3 (4) 調査研究実施に求められる地質環境と場の条件の例示 (岩盤力学) | 6.2-13 |
| 表 6.2-3 (5) 調査研究実施に求められる地質環境と場の条件の例示 (物質移行) | 6.2-14 |
| 表 6.2-3 (6) 調査研究実施に求められる地質環境と場の条件の例示 (工学的技術) | 6.2-15 |

| | |
|--|--------|
| 表 6.2-3 (7) 調査研究実施に求められる地質環境と場の条件の例示 (地震観測) | 6.2-16 |
| 表 6.2-4 個々の調査研究項目の実施段階の例示 | 6.2-20 |
| 表 6.2-5 調査研究実施の観点から、研究坑道建設への条件の例示 | 6.2-21 |
| 表 6.2-6 (1) 超深地層研究所 調査・研究基本スケジュールの例示 | 6.2-25 |
| 表 6.2-6 (2) 超深地層研究所 調査・研究基本スケジュールの例示 | 6.2-26 |

1. 目的

東濃地科学センターにおける地層科学研究では、地質環境の調査技術・評価手法を開発することを目的として、広域地下水流动研究、超深地層研究所計画を進めている。地層科学研究は現在、超深地層研究所計画の第2段階の準備段階にあり、広域地下水流动研究、東濃鉱山における研究の一部成果を取り入れ、より効率的に超深地層研究所計画を推進することが求められている。また、超深地層研究所計画の成果を実用的なものとするためには、純粋な技術的研究成果に加え、経済性や作業工程の効率性についても、地層科学研究における研究の優先度を検討していく上では十分考慮する必要がある。

本件では、東濃地科学センターにおいて進めている超深地層研究所計画の第2段階及び第3段階の詳細な調査・研究計画を適切に策定するため、昨年度までに取りまとめた地層処分研究開発に関わる国内外の情報と、それに基づき検討した研究項目及びその優先度の検討結果により、立坑及び坑道の掘削を伴う地質環境特性の調査・評価技術の超深地層研究所計画への適用計画（案）を例示する。適用計画（案）を策定する際には、核燃料サイクル開発機構（以下、サイクル機構）が現在までに施工計画で検討している立坑及び坑道の施工における安全確保などと調査・研究内容との優先度を検討し、現実的な適用計画（案）を例示する。

2. 実施範囲

- (1) 超深地層研究所計画第2段階の調査・研究計画における地質環境特性の調査・評価技術の適用の例示
- (2) 超深地層研究所計画第3段階の調査・研究計画における地質環境特性の調査・評価技術の適用の例示

3. 実施概要

3.1 超深地層研究所計画第2段階の調査・研究計画における地質環境特性の調査・評価技術の適用の例示

- (1) 本件を検討する上での前提条件を整理する。
- (2) 第1段階の調査・試験の成果に基づき、第1段階で行う地質環境特性の予測項目、予測手法などを例示する。
- (3) (2)で例示した予測項目と第2段階のデータとの比較方法・評価方法を例示する。

- (4) (2)及び(3)に基づき、第2段階の調査項目、調査方法、調査量、調査位置などを例示する。第2段階の調査方法については、先行事例などの情報を収集し適用事例を整理するとともに、本計画への適用性などを検討する。
- (5) 第3段階の調査・研究計画の策定に関し、第2段階で取得すべきデータと、それに必要な調査項目、調査方法、調査量、調査位置、レイアウトなどを例示する。
- (6) サイクル機構が現在までに検討された施工計画を参考に、立坑及び坑道の施工計画やその安全確保などと調査・研究内容との優先度を検討する。
- (7) 地質環境特性の調査・評価技術に関し、第2段階の調査・研究での現実的な適用計画（案）及び調査・研究の展開を例示する。

3.2 超深地層研究所計画第3段階の調査・研究計画における地質環境特性の調査・評価技術の適用の例示

- (1) 本件を検討する上での前提条件を整理する。
- (2) (1)の前提条件を踏まえ、これまでに抽出した調査・研究項目とその優先度を再分析し、過不足がないかなどを確認する。
- (3) (2)で検討した調査・研究項目に対し、調査・研究を実施する場所の条件と場所を選定していくために必要なデータと調査内容を確認する。
- (4) (3)に基づき、第3段階における調査・研究項目、調査位置、レイアウトなどを検討する。あわせて、サイクル機構が現在までに検討した施工計画との関連を検討する。
- (5) (2)～(4)に基づき、地質環境特性の調査・評価技術に関し、第3段階の調査・研究での現実的な適用計画（案）及び調査・研究の展開を例示する。

4. 実施期間

平成13年10月12日より

平成14年 3月 8日まで

5. 研究の概要

5.1 超深地層研究所計画第2段階の調査・研究計画における地質環境特性の調査・評価技術の適用の例示

「前提条件の整理」においては、処分事業計画、安全規制の状況に応じて、第2段階で期待されている事項と目標、第2段階としての現状計画、第1段階としての活動の成果（今後の新サイトでの活動も含む）等を前提条件として整理する。成果としては、時系列的に要求項目（目標として設定）を整理したマップおよび現状の第2段階の計画。第2段階の現状でのアウトプットの一覧とする。

「第1段階の調査・試験の成果に基づき、第1段階で行う地質環境特性の予測項目、予測手法などを例示」においては、第1段階（広域地下水流动、深層ボーリング、物理探査、総合評価）で実施された項目と結果を分析・整理し、地質環境特性の予測項目とその手法について、各特性ごとに整理する。成果としては、第1段階のアウトプットとその手法の3次元的な展開図とする。

「第1段階の予測項目と第2段階のデータとの比較方法・評価方法の例示」においては、第1段階での地質環境特性予測結果に基づき、第2段階で取得すべきデータ（情報）について検討整理し、第1段階の結果と比較する上で、それぞれがどの段階（深さ）、どれだけの規模（調査等の範囲）と時間をかけて実施すべきかについて検討する。成果としては、第1段階でのアウトプットの展開図と第2段階での地下施設での展開との関連図（場所、規模、時間等についての根拠を含めた例示）とする。

「第2段階の調査項目、調査方法、調査量、調査位置の例示」においては、前提条件を考慮し、また、第1段階での成果の実証を目的として、第2段階で実施すべき調査項目、その内容と目標レベル、実施方法と実施する位置と規模、実施に必要な期間を検討する。また、海外等で実施された段階的な調査事例を参考に、MIUでの第2段階計画に反映できる事項を取りまとめる。成果としては、第2段階での調査・試験計画の整理表。立坑と横坑での調査・試験の3次元マップ。それぞれの調査・試験での考慮事項（先行事例で参考になる事項も列記）とする。

「第2段階で取得すべきデータと、それに必要な調査項目、調査方法、調査量、調査位置、レイアウトの例示」においては、第3段階の展開を想定し、そのために第2段階で実施すべき事項を抽出する。抽出した項目の内容を検討し、その方法、調査量、位置、規模等について整理する。成果としては、第3段階のための調査・研究整理表と3次元マップを参照した調査・試験の展開図とする。

「立坑及び坑道の施工計画やその安全確保と調査・研究内容との優先度の検討」においては、現時点での立坑および坑道の施工計画をベースに検討した調査・試験の展開を貼り付けることにより、施工計画上で調査・試験に必要な段階と規模等を明確化する。また、それぞれの調査・試験を実施する場合、施工の観点と調査・試験の観点両方からの安全確保に係わる事項を抽出し、優先すべき事項を設定する。成果としては、施工計画と調査・研究計画との関連図およびそれぞれの段階での安全性留意点（「危機管理」と優先度判断の根拠とする。

「地質環境特性の調査・評価技術に関し、第2段階の調査・研究での現実的な適用計画（案）及び調査・研究の展開を例示」においては、これまでの検討結果を反映し、第2段階における調査・研究全体の実施計画（案）とその展開図を作成する。成果としては、表形式の第2段階実施計画（案）と3次元マップとする。

なお、本件を行うにあたっては、広域地下水流动研究の内容も補完的に用いる。

5.2 超深地層研究所計画第3段階の調査・研究計画における地質環境特性の調査・評価技術の適用の例示

「前提条件を整理」においては、処分事業および安全規制側の状況を踏まえ、第3段階の調査・研究が目指すべき目標レベルを明確にする。また、MIU全体の施工計画、現時点での展開図を整理する。成果としては、第3段階での目標および現段階でのMIUの展開図および調査・研究計画、施工計画とする。

「調査・研究項目とその優先度を再分析」においては、5.1で検討した第3段階での展開をにらんだ第2段階での調査・研究の展開をベースに、前提条件（第3段階の目標）

の観点から第2段階で実施しておくべき事項の再確認と過不足を再度検討する。成果としては、第3段階の目標に対応した第2段階での展開図および第3段階での実施項目の整理表とする。

「調査・研究を実施する場所の条件と場所を選定していくために必要なデータと調査内容の確認」においては、第3段階で実施すべき事項およびその目標を考慮して、第3段階の展開を検討する上で必要となる環境および境界条件を設定する。成果としては、第3段階での調査・研究内容（案）の表および実施に際して必要な環境条件と境界条件の整理表とする。

「第3段階における調査・研究項目、調査位置、レイアウトの検討とサイクル機構が現在までに検討した施工計画との関連の検討」においては、上記の検討成果を受け、第3段階での調査・研究の展開を図化し、現状で検討されている施工計画（第3段階での坑道展開図等）との関連を検討する。成果としては、第3段階の調査・研究のレイアウト図、各調査・研究項目ごとのその環境と境界条件の模式図および、施工計画との関連図とする。

「第3段階の調査・研究での現実的な適用計画（案）及び調査・研究の展開の例示」においては、これまでの検討成果をベースに、第3段階での調査・研究計画（案）として取りまとめる。また、施工計画との連携を考慮し、第3段階での留意点を検討・整理する。成果としては、第3段階での調査・研究計画書（案）および実施にあたっての留意点とする。

6. 検討の内容

6.1 超深地層研究所計画 第2段階の調査・研究計画における地質環境特性の調査・評価技術の適用の例示

6.1.1 検討の進め方

検討のフローを下図に示す。

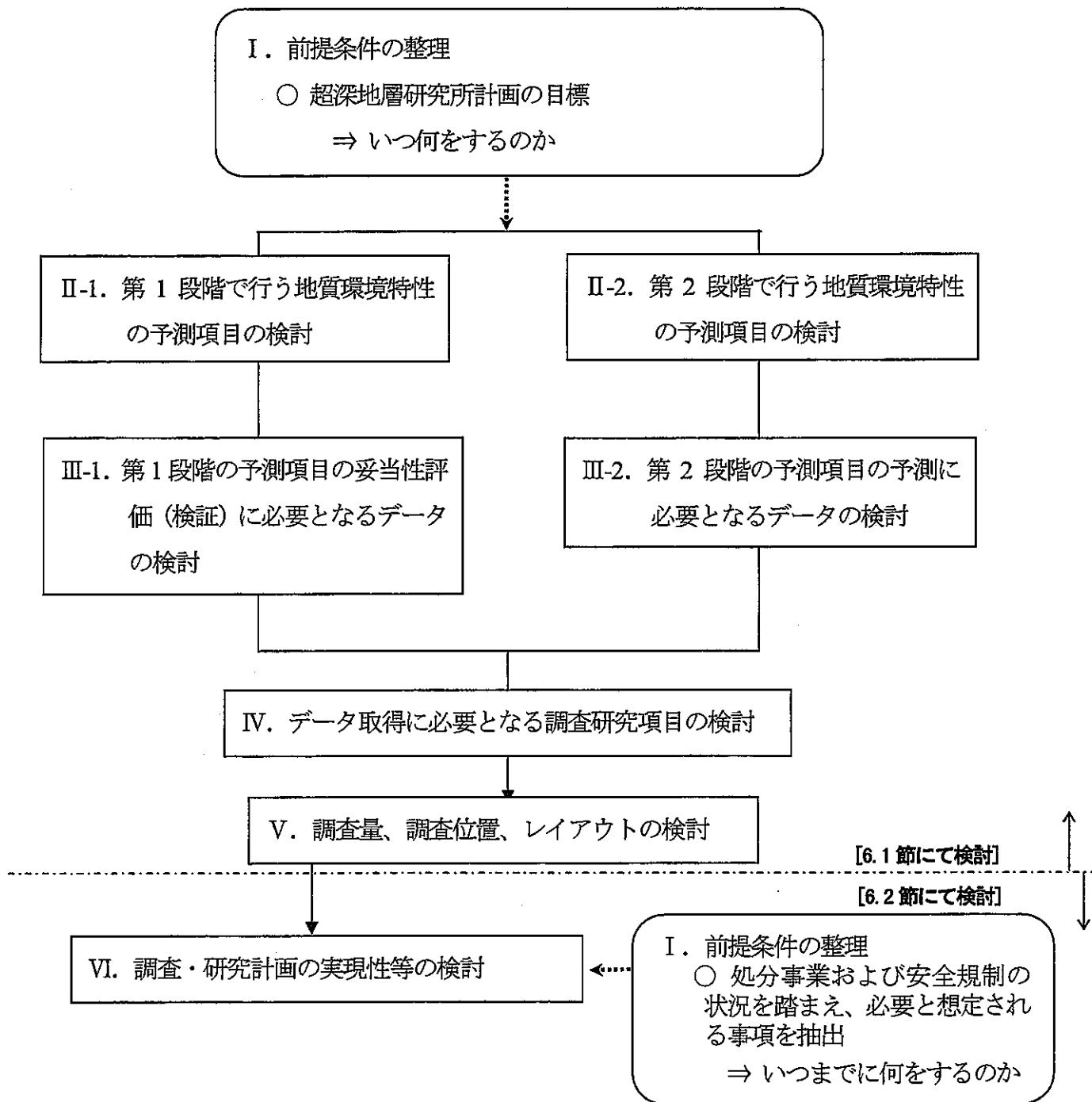


図 6.1-1 第2段階に実施すべき調査研究項目と調査研究計画の検討フロー

研究では、第2段階で実施すべき調査研究項目を、超深地層研究所計画の全体目標および第2段階の段階目標から、第1段階で実施した予測項目の妥当性評価のためのデータ取得、第2段階で実施すべき予測のためのデータ取得の2つの目的に分類して検討及び整理する。

両目的から整理した調査研究項目について、その調査量、調査位置、レイアウト等を検討する。さらに、処分事業および安全規制からの要件に対し、調査研究項目に過不足はないか、必要な時期までに調査研究は完了するかなどについて、現在計画されている調査研究基本スケジュールをベースとした検討を行う。

なお、調査研究項目の検討、整理までを本節にて行い、調査研究項目の調査量、調査位置、レイアウト、調査研究項目の過不足および調査研究計画の実現性については、次節にて行う。

6.1.2 前提条件の整理

(1)前提条件

第2段階の調査・研究計画の前提条件は、下記のとおりである。

下記の研究成果を目標とした事例調査・研究を展開する

- 調査の進展に伴う段階的な地質環境モデル（施設スケール）の更新と不確実性の低減、モデルの信頼性向上、地上からの調査結果に基づく予測モデルの検証プロセス（判断基準）を提示する。
- 上記のモデルの構築のための地上からの調査項目、調査手順、調査の密度、詳細度設定（不確実性評価）のロジック構築手法を提示する。
- 上記のモデルの更新・検証のための立坑掘削中の調査項目、調査手順、調査の密度、詳細度設定（不確実性評価）のロジック構築手法を提示する。

地質環境モデルの構築の観点から、下記の研究成果を目標とした事例調査・研究を展開する

- 調査の進展に伴う段階的な地質環境モデル（施設スケール）の更新と不確実性の低減、モデルの信頼性向上、地上からの調査結果に基づく予測モデルの確認プロセス（判断基準）を提示する。
- 上記のモデルの構築のための地上からの調査項目、調査手順、調査の密度、詳細度設定（不確実性評価）のロジック構築手法を提示する。
- 上記のモデルの更新・検証のための立坑掘削中の調査項目、調査手順、調査の密度、詳細度設定（不確実性評価）のロジック構築手法を提示する。

工学技術、深部地質環境の長期挙動・変質評価の観点から下記の成果を目標とした事例調査・研究を展開する。

- 施設スケールの地質環境モデルに基づき、深部地質環境への研究坑道掘削の影響、閉鎖後の長期的挙動・変質についての評価モデルを構築することの、不確実性評価手法を提示する。
- 上記から、坑道スケールの地質環境モデル構築の目的、モデル構築、更新、検証のための調査項目、調査手順、調査の密度、詳細度設定（不確実性評価）のロジック構築手法を提示する。
- 工学技術について、施工条件に対する建設実現性の実演、設定した安全性や要求品質が確保する管理手法（システム）を提示する。
- 工学技術について、掘削の影響、閉鎖後の長期的挙動・変質の軽減技術の信頼性を提示する。

(2) 超深地層研究所計画の目標

第2段階の調査・研究計画検討の前提となる超深地層研究所計画の全体目標および段階目標（第1段階および第2段階）を以下に示す（超深地層研究所 地層科学研究基本計画，2002年2月より抜粋）。

全体目標

- ① 深部地質環境の調査・解析・評価技術の基盤の整備
- ② 深地層における工学的技術の基盤の整備

段階目標

地表からの調査予測研究段階（第1段階）の目標

- ① 地表からの調査・研究による地質環境モデルの構築および研究坑道掘削前の深部地質環境の状態の把握
- ② 研究坑道の詳細設計および施工計画の策定
- ③ 研究坑道の掘削を伴う研究段階の調査・研究計画の策定

段階目標

研究坑道の掘削を伴う研究段階（第2段階）の目標

- ① 研究坑道の掘削を伴う調査・研究による地質環境モデルの構築および研究坑道の掘削による深部地質環境の変化の把握
- ② 研究坑道の施工・維持・管理にかかる工学技術の有効性の確認
- ③ 研究坑道を利用した研究段階の調査・研究計画の策定

6.1.3 第1段階の調査・試験の成果に基づき、第1段階で行う地質環境特性の予測項目、予測手法の例示

超深地層研究所計画の全体目標および段階目標に示されているとおり、第2段階の調査・研究計画では、第1段階で行う地質環境特性の予測結果の妥当性評価を目的とした調査・研究を展開する。

第1段階で実施する調査・研究項目とそれぞれの調査・研究で実施する予測項目および予測手法を表6.1-1に示す。

主要な予測項目と予測手法の概要について、以下に示す。

(1) 地質・地質構造に関する調査・研究

地表からの調査予測研究段階（第1段階）では、施設スケール（数百m四方）の深部

の地質・地質構造の予測を行う。主な予測項目は、①岩相分布、②断層/割れ目帯の空間分布であり、それらの予測は施設スケールの地質構造モデルの構築としてなされる。

施設スケールの地質・地質構造モデルは、第1段階の前・後半にて展開する一連のプロセス（概念提示→計画立案→調査実施→モデル構築・解析→評価）により、段階的に構築される。

(2) 地下水の水理に関する調査・研究

地表からの調査予測研究段階（第1段階）では、施設スケール（数百m四方）の深部の水理地質構造の予測を行う。主な予測項目は、①高透水帯となりうる断層/破碎帯など、地下水流动の支配要因の空間分布、②水理的境界条件、③透水係数、有効間隙率など物理性値の空間分布、④地下水流动（地下水流れの異方性、不均質性）、⑤地下水流动解析結果の不確実性であり、それらの予測は施設スケールの水理地質構造モデルの構築と構築した水理地質構造モデルを用いた地下水流动解析結果としてなされる。なお、地下水流动解析手法により、水理地質構造モデルが異なることも考えられ、それぞれの地下水流动解析に必要となる情報の種類・量について明確にしておく必要がある。

施設スケールの水理地質構造モデルは、第1段階の前・後半にて展開する一連のプロセス（概念提示→計画立案→調査実施→モデル構築・解析→評価）により、段階的に構築される。

(3) 地下水の地球化学に関する調査・研究

地表からの調査予測研究段階（第1段階）では、施設スケール（数百m四方）の深部地下水の化学特性の場所別の異なりの予測を行う。主な予測項目は、①地下水の化学特性分布、②場所毎の水質形成機構である。それらの予測は構築した地質構造モデル、水理地質構造モデルを基本として、ボーリング調査により得た点毎の地球化学特性（地下水起源・滞流時間、主要化学成分濃度）、地下水-鉱物の化学的反応種別、速度から、現在、つまり研究坑道掘削前の地下水水質分布と、過去から現在までの地下水の水質形成機構の分析結果としてなされる。

(4) 岩盤の力学に関する調査・研究

地表からの調査予測研究段階（第1段階）では、施設スケール（数百m四方）の深部

の岩盤力学構造の予測を行う。主な予測項目は、①単位体積重量、弾性係数、強度定数など、岩相区分、断層/割れ目帶別の物性値の空間分布、②初期応力状態の空間分布、③空洞掘削時の空洞安定性であり、それらの予測は施設スケールの岩盤モデルの構築と構築した岩盤モデルを用いた応力解析結果としてなされる。

施設スケールの岩盤モデルは、第1段階の前・後半にて展開する一連のプロセス（概念提示→計画立案→調査実施→モデル構築・解析→評価）により、段階的に構築される。

表 6.1-1 第1段階における地質環境予測項目（施設スケール）と予測手法の例示

| 段階 | 分野 | 調査研究項目 | 予測項目とその概要 | 予測手法 |
|---|---------------------|--|---|--|
| 瑞浪超深地層研究所用地（研究所用地）における超深地層研究所計画の地表からの調査予測研究段階 | 1) 地質・地質構造に関する調査研究 | 【地質調査】 【地上物理探査】 【浅層試錐孔調査】 ・深度 110m～270m のボーリング調査を実施。 【大深度試錐孔】 ・深度 1500m のボーリング調査を実施。 【コア観察、BTV、物理検層】 ・岩相、地下の温度などの測定 | 【岩相分布】 ・表層の未固結砂礫層である瀬戸層群、3 層に区分される瑞浪層群の堆積岩層および基盤の土岐花崗岩体からなり、土岐花崗岩体は黒雲母花崗岩相の部分と優白質花崗岩相の部分から構成される。 【断層/割れ目帯の空間分布】 ・地下 1,500m までを対象とした断層や割れ目の分布を予測。 | ・施設スケールおよび研究実施領域の地質構造モデルを構築する。 [岩相分布、断層/割れ目帯の空間分布予測手法] - 離散的な点のデータを数学的手法により空間的に補完し、幅（領域）としてモデル化する手法 - 離散的な点のデータ、物理探査等三次元的な調査データによる決定論的なモデル化手法 - 周辺地域における既存調査結果等、地質・地質構造的な判断に基づくモデル化手法 |
| | 2) 地下水の水理に関する調査研究 | 【表層水理調査】 ・降雨量や河川の流量などを測定して地下に浸み込む水の量を測定する調査 【水理試験】 ・研究所用地でボーリング孔における水理試験を実施。 | 【高透水帯となりうる断層/割れ目帯の空間分布】 【境界条件】 ・側部境界条件は、広域モデル結果により設定 ・地下に浸透していく水の量は降水量全体の数%～十数%程度と設定。 【透水係数・有効間隙率等の空間分布】 水理地質構造モデルを構築。 【地下水流れの異方性、不均質性】 ・研究領域スケールの地下水流动、および研究坑道掘削時の影響（研究坑道への流入量、研究坑道周辺の地下水圧の変化など）を予測。 【地下水流动解析の不確実性】 ・巨視的な実流速（移行経路、移行距離、移行時間）の予測 | ・施設スケールの水理地質構造モデルを構築する ・構築した水理地質構造モデルを用いた地下水流动解析を実施する。 [断層/割れ目帯、透水係数等の空間分布予測手法] - 地質構造モデルを基本として、岩相分布や断層/割れ目帯（地質構造区分）と水理地質構造区分との関連を調査・判断する。 - 地質・地質構造と同様に、離散的な点のデータを補完或いは決定論的にモデル化する手法 [境界条件] - 施設スケールを包含し、地下水の涵養域から流出域までを取り扱う広域領域の地下水流动評価とボーリング調査データにより判断する。 [地下水流れの異方性、不均質性] - 構築した水理地質構造モデルによる地下水流动解析結果により定量化する。 [地下水流动解析の不確実性] - データの量、水理地質構造モデル化解釈、異なる解析手法等に起因する不確実性を定量的に評価する。 |
| | 3) 地下水の地球化学に関する調査研究 | 【地下水採水】 ・研究所用地におけるボーリング孔から地下水を採水して分析を実施 ・水と岩石の反応についての試験や解析を実施、地下水の水質を決める主要な反応の調査 ・酸化還元に関係する有機物ならびに微生物の種類や存在量などの情報取得 | 【地下水化学特性の分布】 ・地下水の化学的な性質の場所による依存性を予測。 【水質形成モデル】 ・地下水の化学的な性質の場所による依存性の確認とあわせて現有の地球化学モデル（水質形成モデル）の妥当性を確認。 | ・施設スケールの地下水の水質分布と水質形成機構の概念モデルを構築する。 [地下水化学特性の分布] - 地質構造区分、水理地質構造区分を基本として、地下水の起源・滞留時間、主要化学成分の濃度などの離散的データから、現在の化学特性分布を決定論的にモデル化する手法 - 地下水-鉱物の化学的反応種別、速度から、過去から現在までの水質形成機構をモデル化する手法 |
| | 4) 岩盤の力学に関する調査研究 | 【岩盤物性試験】 ・岩のサンプル（DH-2 孔）を用いた室内試験 【試錐孔内試験】 ・ボーリング孔を利用した力の初期応力試験などにより、研究所用地における土岐花崗岩の強度などの性質や力のかかり具合、および割れ目面の性質を把握。 | 【岩盤力学モデル】 ・岩相区分、断層/割れ目帯毎の岩盤物性の空間分布 【初期応力状態の空間分布】 ・岩盤力学モデルを用いて、研究坑道掘削前の応力状態を予測 【空洞安定性】 ・岩盤力学モデルを用いて、研究坑道掘削後の応力状態を予測 | ・施設スケールの岩盤力学モデルを構築する。 ・構築した岩盤力学モデルを用いた初期応力解析、空洞掘削解析を実施する。 [岩盤力学モデル] - 地質構造モデルを基本として、岩相分布や断層/割れ目帯（地質構造区分）と岩盤力学区分との関連を調査・判断する。 - 地質・地質構造と同様に、離散的な点のデータを補完或いは決定論的にモデル化する手法 [初期応力状態、空洞安定性] - 構築した岩盤力学モデルによる岩盤応力解析結果により定量化する。 |

| 段階 | 分野 | 調査研究項目 | 予測項目とその概要 | 予測手法 |
|----|----------------------|--|---|------|
| | 5) 岩盤中の物質移動に関する調査研究 | 【割れ目の特性調査】 ・ボーリング孔における調査および岩のサンプル観察 | ○段階的に整備すべき事項は下記のとおりである。 (第1段階での予測項目はない) 【高透水帯となりうる断層/割れ目帯の分類】 【水理地質構造区分毎の地球化学的特性、鉱物学的特性、空隙構造特性】 【物質移行データセット】 | — |
| | 6) 調査技術・調査機器に関する研究 | ・これまでに整備した技術について、その適用性を確認し、必要に応じて改良 ・地質環境の異なる様々な地域への適用を考慮し、これらの技術の適用条件や適用範囲などを明確化 ・次段階以降において必要と考えられる調査技術・調査機器の開発 | — | — |
| | 7) 深地層における工学技術に関する研究 | ・これまでの研究成果と研究所用地に関する地質環境の情報に基づく研究坑道の詳細設計、詳細レイアウトの検討 ・実際に適用する施工技術ならびに機器や設備を検討し、具体的な施工計画を検討 | ○第2段階に向けて整備すべき事項は下記のとおりである。 (第2段階では下記の技術の有効性を評価する) 【研究坑道の設計・施工計画技術】 ・詳細設計および施工計画を立案 【研究坑道の掘削技術、施工対策技術】 ・想定外事象への対策技術 【安全性を確保する技術】 ・安全確保方策の立案、システム構築 | — |
| | 8) 研究成果の統合化 | ・研究所用地における地表から地下深部までの地質環境に関する情報や知見に関して、分野ごとに取りまとめ ・分野間における成果の関連ならびにそれらの間に矛盾がないことの確認 ・これにより、適切な地質環境モデルを構築、地質環境を正確に把握 ・構築した地質環境モデルにより、研究坑道掘削前の地質環境を予測 | ・地表からの調査研究に必要となる様々な技術について、それぞれ改良を図りつつ、その有効性を確認 ・地質環境について評価すべき項目の重要度を把握 ・調査の種類・量や解析・評価の手法と結果の精度との関係の明確化により地質環境の予測手法を整備 | — |

6.1.4 第1段階の予測項目と第2段階のデータとの比較方法・評価方法の例示

前節で検討した第1段階の予測項目に対して、予測結果の妥当性確認（検証）に必要となるデータについて検討する。さらに、検証に必要となるデータを得るために調査研究項目について検討し、現在の超深地層研究所計画（第2段階）に包含されていることを確認する。

各研究分野の予測項目に対して、検証に必要となるデータとデータ取得のために必要となる第2段階の調査研究項目を整理して、表6.1-2に示す。

各研究分野別の主要な予測項目に対する調査データの内容、予測結果との比較方法・評価方法について、以下に示す。

(1) 地質・地質構造に関する調査・研究

施設スケールの地質構造モデルの妥当性評価（検証）は、第2段階で掘削する研究坑道壁面の岩相分布結果との比較により行う。ここで示す研究坑道壁面の岩相分布とは、掘削時の坑道壁面地質調査により、坑道壁面を2次元的に展開した地質マップにより可視化した画像データと、壁面に交わる岩相境界、断層/割れ目帯の位置（深度）、走向・傾斜、厚さ、介在鉱物特性などを分類、定量化した壁面地質調査データシートからなる。

妥当性評価の一つの手法は、予測した地質構造モデルにて作成した研究坑道壁面の地質マップと掘削時の調査により得た地質マップに示された、岩相境界、断層/割れ目帯の位置（深度）、幅などを比較することが考えられる。

(2) 地下水の水理に関する調査・研究

施設スケールの水理地質構造モデルの妥当性評価は、上記の地質・地質構造と同様に、水理地質構造区分に関連する岩相、断層/割れ目帯の位置（深度）、幅などの比較と、水理地質構造モデルを用いた研究坑道掘削時の地下水流动予測結果の確認によりなされる。

地下水流动予測解析では、掘削時の研究坑道周辺の間隙水圧変動、研究坑道内への湧水量を予測項目とし、掘削時の調査結果と比較、検証する。

水理地質構造区分毎の透水特性を取得するとともに、水理地質構造要素として重要な断層/割れ目帯については、その空間分布、透水特性の設定の妥当性の評価のために、研究坑道からのボーリング調査による割れ目の連續性、空間的広がり、透水性（異方性、

不均質性) の調査を行い、水理地質構造モデルでのモデル化の妥当性、モデルの高度化(更新)を行う。

(3) 地下水の地球化学に関する調査・研究

地下水化学特性分布、水質形成機構の妥当性評価は、上記の地下水流動評価と関連してなされる施設スケールの分布特性の掘削による変化の確認と、地表からの点のデータの密度を増す、坑道壁面からの地下水化学特性の取得の2つによりなされる。

前者は、掘削による地下水流動への影響により、異なる地化学特性の地下水が移流することによる地下水化学特性分布への影響をモニタリング等により確認することにより、掘削前の分布予測の妥当性を評価する。一方、後者は時間的に制限された地下水流動(地下水の移流)では変動しない地下水化学特性を掘削時に確認することにより、掘削前の分布予測の妥当性を評価するものである。

調査データの取得は、深度別および岩相別、断層/割れ目帯など特徴的な水理地質構造区分を対象に行う。

水質形成機構の妥当性については、直接的な検証データが取得できないものの、岩石試料等の取得、データの量の増加により、評価精度向上を行う。

(4) 岩盤の力学に関する調査・研究

施設スケールの岩盤力学モデルの妥当性評価は、上記の地質・地質構造に基づく、岩相区分、断層/割れ目帯の位置(深度)、幅などの比較と、岩盤力学モデルを用いた研究坑道掘削時の空洞周辺岩盤の力学的挙動の確認によりなされる。

岩盤の力学的挙動予測解析では、掘削時の研究坑道壁面の内空変位、空洞周辺岩盤の応力状態を予測項目とし、掘削時の調査結果と比較、検証する。

岩相区分毎の岩盤の変形・強度特性、深度、岩相別の初期応力を取得するとともに、岩相区分として重要な断層/割れ目帯については、その空間分布、透水特性の設定の妥当性の評価のために、研究坑道からのボーリング調査による割れ目の連続性、空間的広がり、変形・強度特性の調査を行い、岩盤モデルでのモデル化の妥当性、モデルの高度化(更新)を行う。

(5) 深地層における工学技術に関する研究

第1段階に整備した研究坑道の設計・施工計画の有効性を確認する。研究坑道の設計は、施工時の調査データをフィードバックして、柔軟に更新、見直す体系としていることから、掘削時の適用により、その有効性を確認する。また、施工計画については、柔軟な設計の見直し、および想定外の事象（高圧湧水等）発生時の対策技術の有効性を確認するとともに、調査研究計画の変更への対応、掘削による地質環境への影響、掘削技術のデモンストレーション、合理化・高度化に対応すべき施工計画の有効性についても確認する。

表 6.1-2 第1段階における地質環境予測項目（施設スケール）と検証に必要となるデータの例示

| 段階 | 分野 | 調査実施項目 | 予測項目とその概要 | 検証に必要となるデータ | 第2段階での調査研究項目 |
|--|---------------------|--|---|---|--|
| 研究所用地における超深地層 研究所計画の地表からの調査 予測研究段階 | 1) 地質・地質構造に関する調査研究 | <p>【地質調査】</p> <p>【地上物理探査】</p> <p>【浅層試錐孔調査】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・深度 110m～270m のボーリング調査を実施 <p>【大深度試錐孔】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・深度 1500m のボーリング調査を実施 <p>【コア観察、BTV、物理検層】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・岩相、地下の温度などの測定 | <p>【岩相分布】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・表層の未固結砂礫層である瀬戸層群、3層に区分される瑞浪層群の堆積岩層および基盤の土岐花崗岩体からなり、土岐花崗岩体は黒雲母花崗岩相の部分と優白質花崗岩相の部分から構成される <p>【断層/割れ目帯の空間分布】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・地下 1,500m までを対象とした断層や割れ目の分布を予測 | <ul style="list-style-type: none"> ・研究坑道壁面（主立坑・換気立坑）の深度別の岩相分布 ・坑道から掘削される試錐孔の岩相分布 | <p>【坑道壁面地質調査】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・研究坑道掘削に伴う坑道壁面観察 <p>【坑道前方地質調査】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・前方探査手法の適用 <p>【地質構造モデル構築および地質学的解釈】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・施設スケールモデルの妥当性評価および予測精度向上 |
| | 2) 地下水の水理に関する調査研究 | <p>【表層水理調査】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・降雨量や河川の流量などを測定して地下に浸み込む水の量を測定する調査 <p>【水理試験】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・研究所用地でボーリング孔における水理試験を実施 | <p>【高透水帶となりうる断層/割れ目帯の空間分布】</p> <p>【境界条件】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・側部境界条件は、広域モデル結果により設定 <ul style="list-style-type: none"> ・地下に浸透していく水の量は降水量全体の数%～十数%程度と設定 <p>【透水係数・有効間隙率等の空間分布】</p> <p>水理地質構造モデルを構築</p> <p>【地下水流れの異方性、不均質性】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・研究領域スケールの地下水流动、および研究坑道掘削時の影響（研究坑道への流入量、研究坑道周辺の地下水圧の変化など）を予測 <p>【地下水流动解析の不確実性】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・巨視的な実流速（移行経路、移行距離、移行時間）の予測 | <ul style="list-style-type: none"> ・高透水帶を挟む岩層の間隙水圧分布 ・高透水帶の広がりの調査結果（地質構造特性） <ul style="list-style-type: none"> ・研究坑道掘削中の坑内区間湧水量 ・研究坑道周辺の間隙水圧分布の変動 <ul style="list-style-type: none"> ・水理地質構造区分別、水みちとなる割れ目/割れ目帯を含む岩体での透水特性（含む、異方性、不均質性） | <p>【主要な透水性割れ目の水理学的調査】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・試錐孔を利用した調査 <p>【表層・深層水理調査】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・表面水理観測 ・研究坑道掘削に伴う坑内区間湧水量の観測 <p>・研究坑道からの試錐孔ならびに既存試錐孔における地下水位、間隙水圧の観測</p> <p>【水理構造モデル構築および地下水流动解析】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・施設スケールモデルの妥当性評価および予測精度向上 |
| | 3) 地下水の地球化学に関する調査研究 | <p>【地下水採水】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・研究所用地におけるボーリング孔から地下水を採水して分析を実施 ・水と岩石の反応についての試験や解析を実施、地下水の水質を決める主要な反応の調査 ・酸化還元に関する有機物ならびに微生物の種類や存在量などの情報取得 | <p>【地下水化学特性の分布】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・地下水の化学的な性質の場所による依存性を予測 <p>【水質形成モデル】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・地下水の化学的な性質の場所による依存性の確認とあわせて現有の地球化学モデル（水質形成モデル）の妥当性を確認 | <ul style="list-style-type: none"> ・深度、岩相別の地下水化学特性 ・研究坑道掘削中の地下水化学特性の変化 | <p>【地下水の地球化学的調査】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・地下水の地球化学的特性調査 <p>【主要な透水性割れ目の地下水化学調査】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・研究坑道から透水性割れ目に向けた掘削する試錐孔において、地下水採水、化学分析 <p>【水質形成機構の調査】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・岩石試料による試験 <p>【地球化学モデル構築および地球化学解析】</p> <ul style="list-style-type: none"> ・施設スケールモデルの妥当性評価および予測精度向上 |

| 段階 | 分野 | 調査実施項目 | 予測項目とその概要 | 検証に必要となるデータ | 第2段階での調査研究項目 |
|----|----------------------|---|--|--|---|
| | 4) 岩盤の力学に関する調査研究 | 【岩盤物性試験】 <ul style="list-style-type: none">・岩のサンプル (DH-2 孔) を用いた室内試験 【試錐孔内試験】 <ul style="list-style-type: none">・ボーリング孔を利用した力の初期応力試験などにより、研究所用地における土岐花崗岩の強度などの性質や力のかかり具合、および割れ目面の性質を把握 | 【岩盤力学モデル】 <ul style="list-style-type: none">・岩相区分、断層/割れ目帶毎の岩盤物性の空間分布 【初期応力状態の空間分布】 <ul style="list-style-type: none">・岩盤力学モデルを用いて、研究坑道掘削前の応力状態を予測 【空洞安定性】 <ul style="list-style-type: none">・岩盤力学モデルを用いて、研究坑道掘削後の応力状態を予測 | ・深度及び岩相別の強度特性、初期応力 ・研究坑道（立坑）の変位 | 【岩盤力学特性調査】 <ul style="list-style-type: none">・強度、初期応力等の調査 【立坑変位計測】 【立坑掘削影響試験】 <ul style="list-style-type: none">・空洞変位、周辺岩盤応力計測、損傷領域特性調査 【岩盤力学モデル構築および力学解析】 <ul style="list-style-type: none">・施設スケールモデルの妥当性評価および予測精度向上 |
| | 5) 岩盤中の物質移動に関する調査研究 | 【割れ目の特性調査】 <ul style="list-style-type: none">・ボーリング孔における調査および岩のサンプル観察 | ○段階的に整備すべき事項は下記のとおりである (第1段階での予測項目はない) 【高透水帯となりうる断層/割れ目帶の分類】 【水理地質構造区分毎の地球化学的特性、鉱物学的特性、空隙構造特性】 【物質移行データセット】 | — | — |
| | 6) 調査技術・調査機器に関する研究 | <ul style="list-style-type: none">・これまでに整備した技術について、その適用性を確認し、必要に応じて改良・地質環境の異なる様々な地域への適用を考慮し、これらの技術の適用条件や適用範囲などを明確化・次段階以降において必要と考えられる調査技術・調査機器の開発 | — | — | — |
| | 7) 深地層における工学技術に関する研究 | <ul style="list-style-type: none">・これまでの研究成果と研究所用地に関する地質環境の情報に基づく研究坑道の詳細設計、詳細レイアウトの検討・実際に適用する施工技術ならびに機器や設備を検討し、具体的な施工計画を検討 | ○第2段階に向けて整備すべき事項は下記のとおりである。 (第2段階では下記の技術の有効性を評価する) 【研究坑道の設計・施工計画技術】 <ul style="list-style-type: none">・詳細設計および施工計画を立案 【研究坑道の掘削技術、施工対策技術】 <ul style="list-style-type: none">・想定外事象への対策技術 【安全性を確保する技術】 <ul style="list-style-type: none">・安全確保方策の立案、システム構築 | <ul style="list-style-type: none">・調査結果をフィードバックする設計手法・調査研究計画に柔軟に対応する施工計画の立案・実施・品質を確保した対策技術の実施・安全確保方策の適用結果 | 【研究坑道の設計・施工計画技術の開発】 【研究坑道の掘削技術、施工対策技術の開発】 【安全性を確保する技術の開発】 |
| | 8) 研究成果の統合化 | <ul style="list-style-type: none">・研究所用地における地表から地下深部までの地質環境に関する情報や知見に関して、分野ごとに取りまとめ・分野間における成果の関連ならびにそれらの間に矛盾がないことの確認・これにより、適切な地質環境モデルを構築、地質環境を正確に把握・構築した地質環境モデルにより、研究坑道掘削前の地質環境を予測 | <ul style="list-style-type: none">・地表からの調査研究に必要となる様々な技術について、それぞれ改良を図りつつ、その有効性を確認・地質環境について評価すべき項目の重要度を把握・調査の種類・量や解析・評価の手法と結果の精度との関係の明確化により地質環境の予測手法を整備 | — | — |

6.1.5 第2段階の調査項目、調査方法、調査量、調査位置の例示

本節では、現在計画されている調査研究項目（第2段階）から、第2段階で行う地質環境の予測項目および予測手法について検討する。

第2段階で実施する調査・研究項目とそれぞれの調査・研究で実施する予測項目および予測手法を表6.1-3に示す。

主要な予測項目と予測手法の概要について、以下に示す。

(1) 地質・地質構造に関する調査・研究

研究坑道の掘削を伴う研究段階（第2段階）では、坑道スケール（数十m四方）の深部の地質・地質構造の予測を行う。予測項目は、新たに掘削する研究坑道周辺の地質・地質構造であり、それらの予測は坑道スケールの地質構造モデルの構築としてなされる。

坑道スケールの地質・地質構造モデルは、第2段階の前・後半にて展開する一連のプロセス（概念提示→計画立案→調査実施→モデル構築・解析→評価）により、段階的に構築される。また、施設スケールの地質・地質構造モデルについても、段階的な更新、妥当性の評価がなされることから、調査の進展に伴う不確実性の低減、モデルの信頼性の向上、予測モデルの検証プロセス（判断基準）の明確化を行う。

(2) 地下水の水理に関する調査・研究

研究坑道の掘削を伴う研究段階（第2段階）では、坑道スケール（数十m四方）の深部の水理地質構造の予測を行う。主な予測項目は、①坑道周辺の透水性割れ目の分布、②透水係数の空間分布、③地下水流れの異方性、不均質性、④境界条件、⑤地下水流动解析結果の不確実性であり、それらの予測は坑道スケールの水理地質構造モデルの構築と構築した水理地質構造モデルを用いた地下水流动解析結果としてなされる。なお、地下水流动解析手法により、水理地質構造モデルが異なることも考えられ、それぞれの地下水流动解析に必要となる情報の種類・量について明確にしておく必要がある。

坑道スケールの地質・地質構造モデルは、第2段階の前・後半にて展開する一連のプロセス（概念提示→計画立案→調査実施→モデル構築・解析→評価）により、段階的に構築される。また、施設スケールの地質・地質構造モデルについても、段階的な更新、妥当性の評価がなされることから、調査の進展に伴う不確実性の低減、モデルの信頼性の向上、予測モデルの検証プロセス（判断基準）の明確化を行う。

(3) 地下水の地球化学に関する調査・研究

研究坑道の掘削を伴う研究段階（第2段階）では、坑道スケール（数十m四方）の深部地下水の化学特性の予測を行う。主な予測項目は、坑道周辺の地下水の化学特性分布である。坑道スケールでは、掘削の影響による坑道周辺領域の酸化還元領域の進展範囲についての予測が新たに加わり、坑道掘削による掘削損傷領域の形成、不飽和領域の形成など、岩盤力学、地下水の分野とリンクしたモデル化、予測が必要となる。

(4) 岩盤の力学に関する調査・研究

研究坑道の掘削を伴う研究段階（第2段階）では、坑道スケール（数十m四方）の深部の岩盤力学構造の予測を行う。主な予測項目は、①単位体積重量、弾性係数、強度定数など、岩相区分、断層/割れ目帯別の物性値の空間分布、②初期応力状態の空間分布、③空洞掘削時の空洞安定性、④掘削影響領域の特性であり、それらの予測は施設スケールの岩盤モデルの構築と構築した岩盤モデルを用いた応力解析結果としてなされる。

坑道スケールの地質・地質構造モデルは、第2段階の前・後半にて展開する一連のプロセス（概念提示→計画立案→調査実施→モデル構築・解析→評価）により、段階的に構築される。また、施設スケールの地質・地質構造モデルについても、段階的な更新、妥当性の評価がなされることから、調査の進展に伴う不確実性の低減、モデルの信頼性の向上、予測モデルの検証プロセス（判断基準）の明確化を行う。

(5) 深地層における工学技術に関する研究

研究坑道の掘削を伴う研究段階（第2段階）では、坑道建設時に用いる人工材料（コンクリート、ロックボルト、ベントナイト等）が坑道周辺岩盤の地質環境特性に与える影響を予測する。具体的には、閉鎖時のプラグ等を想定した水理・力学的影響、コンクリート支保、ロックボルトの長期変質挙動の予測、坑内で発生するガス等が周辺岩盤へ与える影響など、力学、水理、化学的なモデルを用いて、定量的な予測を行う。

表 6.1-3 第2段階における地質環境予測項目（坑道スケール）と予測手法の例示

| 段階 | 分野 | 調査実施項目 | 予測項目とその概要 | 予測手法 |
|----------------|---------------------|--|--|---|
| 研究坑道の掘削を伴う研究段階 | 1) 地質・地質構造に関する調査研究 | 【坑道壁面観察】 ・研究坑道掘削に伴う坑道壁面観察 | 【坑道スケールモデル】 ・研究坑道周辺の地質・地質構造予測 | ・坑道スケールの地質構造モデルを構築する [坑道周辺の地質・地質構造予測手法] - 地質構造的特性から分類した割れ目毎に幾何学的特性をベースとして確率論的な数学的手法でモデル化する手法 - 坑壁で得られる割れ目の構造地質データ、物理探査等三次元的な調査データによる決定論的なモデル化手法 - 周辺地域における既存調査結果等、地質・地質構造的な判断に基づくモデル化手法 |
| | 2) 地下水の水理に関する調査研究 | 【主要な透水割れ目の水理学的特性調査】 ・クロスホール試験等 【地下水長期挙動調査】 ・研究坑道からの試錐孔における水理試験 | 【坑道周辺の透水性割れ目の分布】 ・割れ目の幾何学的特性、水理学的特性の予測 【透水係数の空間分布】 ・割れ目の影響を考慮した巨視的透水係数の予測 【地下水流れの異方性、不均質性】 ・坑道スケールの地下水流动、および研究坑道掘削時の影響（研究坑道への流入量、研究坑道周辺の地下水圧の変化など）を予測。 【境界条件】 ・境界条件の設定手法 【地下水流动解析の不確実性】 ・巨視的な実流速（移行経路、移行距離、移行時間）の予測 | ・坑道スケールの水理地質構造モデルを構築する ・構築した水理地質構造モデルを用いた地下水流动解析を実施する [坑道周辺の透水性割れ目分布の予測手法] - 水理地質構造的特性から分類した割れ目毎に幾何学的特性をベースとして確率論的な数学的手法でモデル化する手法 - 水理地質構造的特性から分類した割れ目の構造地質データから、決定論的にモデル化する手法 [透水係数の空間分布の予測手法] - 坑道周辺の岩盤を評価スケールとした透水異方性、掘削影響領域を再現できる坑道スケールの水理地質構造モデルを逆解析的に構築し、巨視的な透水係数を算定する（複数場での検討） [境界条件] - 施設スケールモデルにて、周辺坑道掘削の影響を考慮した地下水流动解析により推定する [地下水流れの異方性、不均質性] - 構築した坑道スケールの水理地質構造モデルによる地下水流动解析結果により定量化する（複数場での検討） [地下水流动解析の不確実性] - データの量、水理地質構造モデル化解釈、異なる解析手法等に起因する不確実性を定量的に評価する |
| | 3) 地下水の地球化学に関する調査研究 | 【地下水の地球化学的調査】 ・地下水の地球化学的特性調査 【主要な透水性割れ目の地下水化学調査】 ・研究坑道から透水性割れ目に向けた掘削する試錐孔において、地下水採水、化学分析 【水質形成機構の調査】 ・岩石試料による試験 | 【地球化学的特性の分布】 ・坑道を利用した研究段階において対象とする研究坑道周辺の深部地下水の地球化学的特性の予測 ・研究坑道の拡張に伴う地下水流动場の変化による深部地下水の地球化学的特性の変化の予測 | ・坑道スケールの地下水の水質分布と掘削による酸化還元領域への影響評価モデルを構築する [地下水化学特性の分布] - 坑道掘削による酸化還元フロントの進展範囲、地下水-鉱物反応に基づく酸化性地下水の緩衝能力を、地球化学モデルにより定量化する - 水理-岩盤-地球化学モデルにより、掘削による影響を定量的に予測する - 坑道掘削後の坑道周りの不飽和領域の進展を飽和-不飽和浸透流解析又は、二相流解析により定量化する - 坑道掘削による地下水流动への影響から、坑道周辺地下水の地化学特性の変化を定性的に予測する |

| 段階 | 分野 | 調査実施項目 | 予測項目とその概要 | 予測手法 |
|----|----------------------|--|---|--|
| | 4) 岩盤の力学に関する調査研究 | 【岩盤の力学特性調査】 | 【岩盤力学モデル】 【初期応力状態の空間分布】 【空洞安定性】 ・長期の力学安定性を含めた予測 【掘削影響領域】 | ・坑道スケールの岩盤力学モデルを構築する ・構築した岩盤力学モデルを用いた空洞掘削解析を実施する [岩盤力学モデル] - 地質構造的特性から分類した割れ目毎に幾何学的特性をベースとして確率論的な数学的手法でモデル化する手法 - 坑壁で得られる割れ目の構造地質データ、物理探査等三次元的な調査データによる決定論的なモデル化手法 - 坑道周辺の岩盤を評価スケールとした変形特性の異方性、掘削影響領域を再現できる坑道スケールの岩盤力学モデルを逆解析的に構築し、巨視的な岩盤剛性を算定する（複数場での検討） [初期応力状態] - 施設スケールの岩盤力学モデルによる予測結果と空洞周辺での測定結果の比較により定量化する [空洞安定性] - 構築した坑道スケールの岩盤力学モデルを用いた空洞掘削解析により、掘削時の坑道内空変位、周辺岩盤の応力状態を予測する [掘削影響領域] - 掘削損傷領域の広がり、物性低下の程度、応力再配分領域の割れ目への影響等を、空洞掘削解析により、定量的に予測する |
| | 5) 岩盤中の物質移動に関する調査研究 | 【割れ目の特性調査】 ・ボーリング孔における調査および岩のサンプル観察 | 【単一割れ目の物質移行特性】 【複数の割れ目の物質移行特性】 【断層破碎帯の物質移行特性】 ・坑道スケールの特性予測 | ・構築した坑道スケールの水理地質構造モデルを用いた物質移行解析を実施する [単一割れ目、複数割れ目、断層破碎帯の物質移行特性] - 坑道スケールの水理地質構造モデルを用い、研究坑道周辺の单一、複数割れ目や断層破碎帯を対象としたトレーサーの移行経路、移行時間等を定量的に予測する |
| | 6) 調査技術・調査機器に関する研究 | ・これまでに整備した技術について、その適用性を確認し、必要に応じて改良 ・地質環境の異なる様々な地域への適用を考慮し、これらの技術の適用条件や適用範囲などを明確化 ・次段階以降において必要と考えられる調査技術・調査機器の開発 | — | — |
| | 7) 深地層における工学技術に関する研究 | | ○第3段階に向けて整備すべき事項は下記のとおりである (第3段階では下記の技術の有効性を評価する) 【研究坑道の設計・施工計画技術】 ・詳細設計および施工計画を立案 【研究坑道の掘削技術、施工対策技術】 ・想定外事象への対策技術 【安全性を確保する技術】 ・安全確保方策の立案、システム構築 【掘削影響の修復・軽減】 ・プラグ等の施工性、性能確認計画を立案 ○地質環境への掘削影響と関連し、下記項目の予測が必要である 【掘削影響の修復・軽減】 ・人工材料と岩盤の長期影響予測 | ・坑道建設時に用いる人工材料（コンクリート、ロックボルト、ペントナイト等）が坑道周辺岩盤の力学、透水、透気、地化学特性に与える影響の予測を力学、水理、化学的な予測モデルを用いて、定量的に予測する |

6.1.6 第2段階で取得すべきデータと、それに必要な調査項目、調査方法、調査量、調査位置、レイアウトの例示

(1) 第2段階で必要となる調査研究項目と過不足の確認

6.1.3 節および6.1.5 節において、第1段階で実施した予測項目の妥当性評価のためのデータ取得、第2段階で実施すべき予測のためのデータ取得の2つの目的に分類して、第2段階で実施する調査研究項目を検討した。

検討結果より、第2段階で実施する調査研究項目を取りまとめて、表6.1-4に示す。表中の調査研究項目を現在計画中の調査研究項目と比較した結果、現段階での過不足は確認されなかった。

表6.1-4 第2段階で実施する調査研究項目

| 研究分野 | 第2段階：研究坑道の掘削を伴う研究段階 |
|--------------------|--|
| 研究成果の統合化 | ①調査・研究成果の反映先および集約される情報の明確化 ②調査・解析・評価体系（統合化フロー）の例示 |
| 地質・地質構造に関する調査・研究 | ①坑壁地質調査 ②坑道前方地質調査 ③地質構造モデルの構築および地質学的解析 （施設スケールの妥当性評価・更新、坑道スケールの構築） ④調査・解析・評価手法の整備 |
| 地下水の水理に関する調査・研究 | ①表層水理調査 ②深層水理調査 ③主要な透水性割れ目の水理学的特性調査 ④水理地質構造モデルの構築および地下水流动解析 （施設スケールの妥当性評価・更新、坑道スケールの構築） ⑤調査・解析・評価手法の整備 |
| 地下水の地球化学に関する調査・研究 | ①地下水の地球化学的調査 ②主要な透水性割れ目の地球化学的特性調査 ③水一岩石反応による水質形成機構の調査 ④地球化学モデルの構築および地球化学解析 （施設スケールの妥当性評価・更新、坑道スケールの構築） ⑤調査・解析・評価手法の整備 |
| 岩盤の力学に関する調査・研究 | ①岩盤の力学に関する情報の取得 ②立坑変位計測 ③立坑掘削影響調査 ④岩盤力学モデルの構築および力学解析 （施設スケールの妥当性評価・更新、坑道スケールの構築） ⑤調査・解析・評価手法の有効性の確認 |
| 岩盤中の物質移動に関する調査・研究 | ①室内調査・試験（研究坑道壁面から採取する試料） ②天然に存在する核種を用いた調査・研究 ③調査・解析・評価手法の整備 |
| 調査技術・調査機器に関する調査・研究 | ①1000m対応地下長期モニタリング装置の開発 ②地質環境のリモートモニタリング技術の開発 ③前方予知技術の開発 ④研究坑道壁面調査システムの開発 |
| 深地層における工学技術に関する研究 | ①研究坑道の設計・施工計画技術の開発 ②研究坑道の掘削技術および施工対策技術の開発 ③安全性を確保する技術の開発 |

(2) 調査量、調査位置の例示

調査量および調査位置については、「6.2.4 調査・研究を実施する場所の条件と場所を選定してために必要なデータと調査内容の確認」にて示す。

(3) 調査レイアウトの例示

第2段階の調査研究項目に対し、各調査試験項目の調査位置の概要、レイアウトを図6.1-2に例示する。

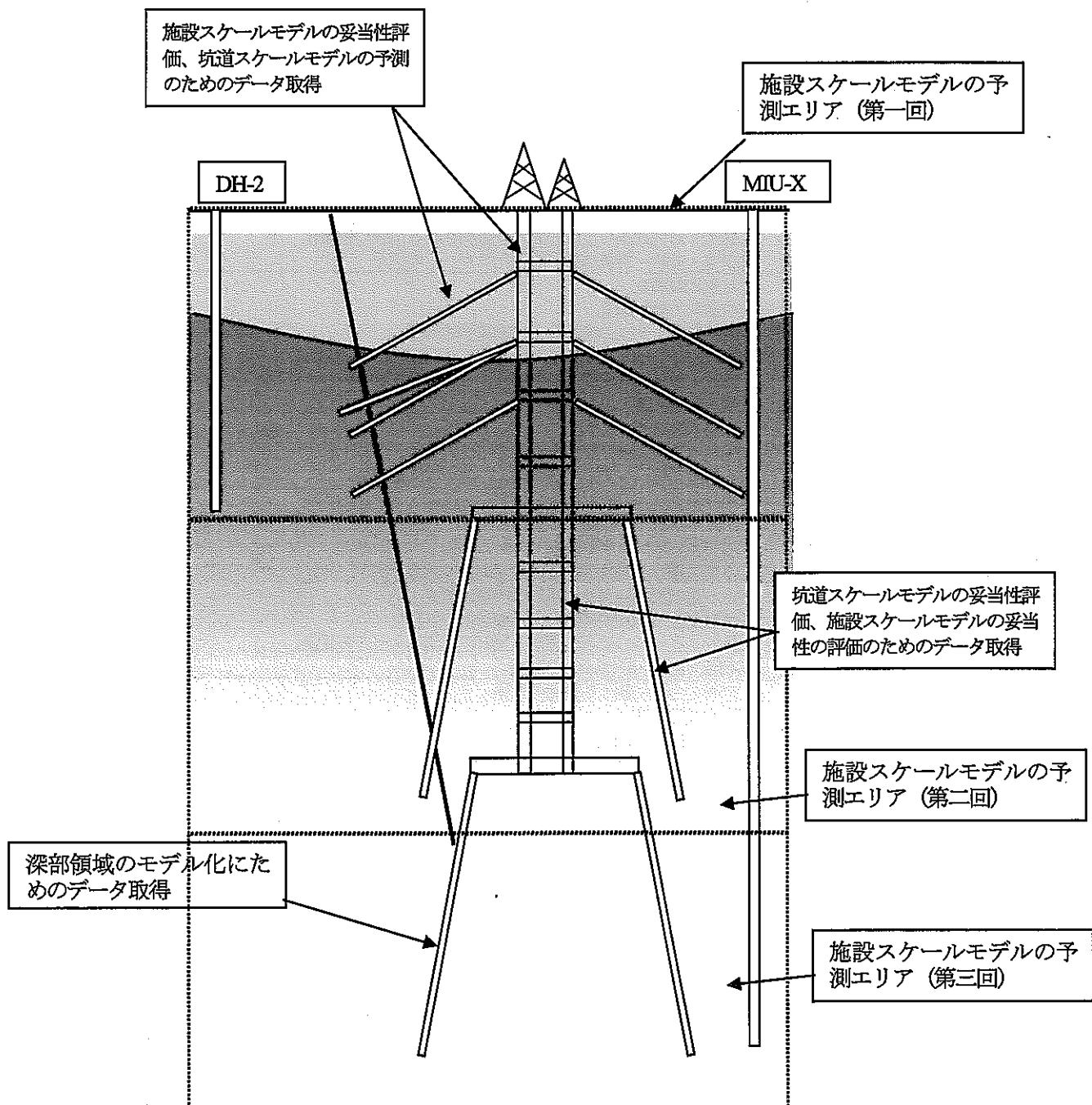


図 6.1-2 第2段階の調査研究レイアウトの例示

6.1.7 立坑及び坑道の施工計画やその安全確保と調査・研究内容との優先度の検討

施工計画と調査・研究内容との関連については、第2段階の実施項目も含めて、「6.2.5 第3段階における調査・研究項目、調査位置、レイアウトの検討と施工計画との関連の検討」にて示す。

6.1.8 地質環境特性の調査・評価技術に関し、第2段階の調査・研究で現実的な適用計画

(案) 及び調査・研究の展開を例示

第2段階で実施する調査・研究項目の適用計画を表6.1-5に示す。

また、地下水流動研究を中心とした第2段階の調査研究の展開例について、表6.1-6に示す。

表6.1-5 (1) 超深地層研究所調査・研究基本スケジュールの例示

表6.1-5 (2) 超深地層研究所調査・研究基本スケジュールの例示

| | 22年度(2010) | | | 23年度(2011) | | | 24年度(2012) | | | 25年度(2013) | | | 26年度(2014) | | | 27年度(2015) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---------|------------|---|---|------------|---|---|------------|----|----|------------|---|---|------------|---|---|------------|---|---|----|----|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|---|---|---|
| | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 1 | 2 | 3 |
| 立坑 | 25 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 換気立坑 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 主立坑 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 予備ステージ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 計測坑 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 中間ステージ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 最深ステージ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 地質・地質構造 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 地下水水理 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 地下水地球化学 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 物質移行 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 岩盤力学 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 工学技術 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

表 6.1-6 地下水流動研究を中心とした第2段階の調査研究の展開の例示

| 段階 分野 | 広域地下水流动研究 | 地表からの調査予測研究段階 (第1段階) | 研究坑道の掘削を伴う研究段階 (第2段階) | |
|-----------------|---|---|---|--|
| 地下水流动研究 実施内容 | <p>【文献調査】 ・目的：研究実施領域の概略的な水文環境を把握する。 ・降水量などの気象データ、河川流量、地下水位、地下水利用状況などの水文情報</p> <p>【表層水理調査（表層水理定数観測システム）】 ・目的：地下水流动解析の上部境界条件の設定のための地下水涵養量の算定 一地下水涵養量（上部境界条件）水収支観測 一表層水の水質と表層地質との関係 一表層における地盤の透水性と地下水の水質 【中・深層水理調査】 ・目的：地下深部の難透水性岩盤の水理学的性質の把握 一透水試験 ・定常透水試験（低流量揚水試験） ・非定常透水試験（スラグ試験、パルス試験）</p> | <p>(第1段階第1フェーズ) 【水理試験】 ・地下水の透水試験 【表層水理調査】 ・地下水流动解析において、地下への涵養量の推定のため表層水理調査を実施。 【深層水理調査】 ・ボーリング孔を利用して、土岐花崗岩の健岩部（割れ目の少ない部分）、地下水流动部（水を透しやすい割れ目の多い部分）および月吉断層部について、岩盤透水性試験や動水勾配などを計測。</p> <p>研究所用地における地表からの調査予測研究段階（第1段階第2フェーズ） 【表層水理調査】 ・降雨量や河川の流量などを測定して地下に浸み込む水の量を測定する調査 【水理試験】 ・研究所用地でボーリング孔における水理試験を実施。 ・200mボーリング－堆積岩 ・100mボーリング－花崗岩</p> | <p>(第2段階第1フェーズ－堆積岩部) 【坑道掘削時地下水挙動調査】 ・研究坑道掘削に伴う坑内湧水量の観測 ・研究坑道からの試錐孔ならびに既存試錐孔における地下水位、間隙水圧の観測 【地下水長期挙動調査】 ・表面水理観測（継続） ・試錐孔地下水観測－地下水位、間隙水圧 ・研究坑道からの試錐孔における水理試験 【大深度試錐孔】 ・研究坑道から掘削する試錐孔を利用した調査研究 【割れ目特性試験】 ・主要な水みちの水理特性調査－單一割れ目を対象とした透水試験 【岩盤透水性試験】 ・試錐孔、坑道規模 【水理地質構造モデル（施設スケール）の妥当性の評価、更新】 【掘削に伴う施設スケールの地下水流动の予測の確認】 【水理地質構造モデル（坑道スケール）の構築】 一離散データの統合化・補間・解釈手法 一スケールの異なるモデルの統合化技術 一局部地下水流动モデル化技術 (第2段階第2フェーズ－花崗岩部)</p> | |
| 研究成果の概要 | <p>【中・深層水理調査】（得られた結果） ・土岐花崗岩の透水性 ・地下深部の動水勾配</p> <p>【水理地質構造モデルの構築】 ①地質構造要素への物性値の設定 　物性値－透水係数、比貯留率、間隙率 ②上部境界条件となる自由地下水面の設定 ③境界条件の設定 　上部境界条件、下部境界条件、側方境界条件</p> <p>【地下水流动解析】 ・地下水流动解析のモデル化領域の設定 ①解析ケースの設定 ②解析結果 ・観点：東濃鉱山付近の地下1000m付近を流动する1つの地下水流动系の地下水域（涵養域から流出域まで）を含む領域、10km四方、モデル深度－地表から標高-3000mの範囲</p> | <p>【地下水涵養量】 ・地下に浸透していく水の量は降水量全体の数%～十数%程度と推定。</p> <p>【水理地質構造モデルの構築】 ・調査によって得られた情報に基づき、水理地質構造モデルを構築し、地下水流动を解析。</p> <p>【地下水流动解析】 ・月吉断層が遮水帯として機能することや、研究坑道を掘削した場合における水を透しやすい割れ目の分布に応じた不規則な水圧低下領域の発生の確認。</p> | <p>【水理地質学的特性の把握】 ・研究坑道において認められた主要な地質構造要素ならびに土岐花崗岩健岩部の水理地質学的特性の把握</p> <p>【水理地質構造モデル（施設スケール）】 ・水理地質構造モデル（施設スケール）や解析手法の妥当性の評価</p> <p>【水理地質構造モデル（坑道スケール）の構築】 ・水理地質構造モデルの更新、境界条件の見直し</p> <p>【地下水流动場の変化の予測】 ・研究坑道建設後の地下水流动場の変化の予測精度の向上</p> <p>・研究坑道の拡張に伴う研究坑道周辺の地下水流动場の変化の予測</p> <p>【水理地質構造モデル（坑道スケール）の構築、更新】</p> | |

6.2 超深地層研究所計画 第3段階の調査・研究計画における地質環境特性の調査・評価技術の適用の例示

6.2.1 検討の進め方

検討のフローを下図に示す。

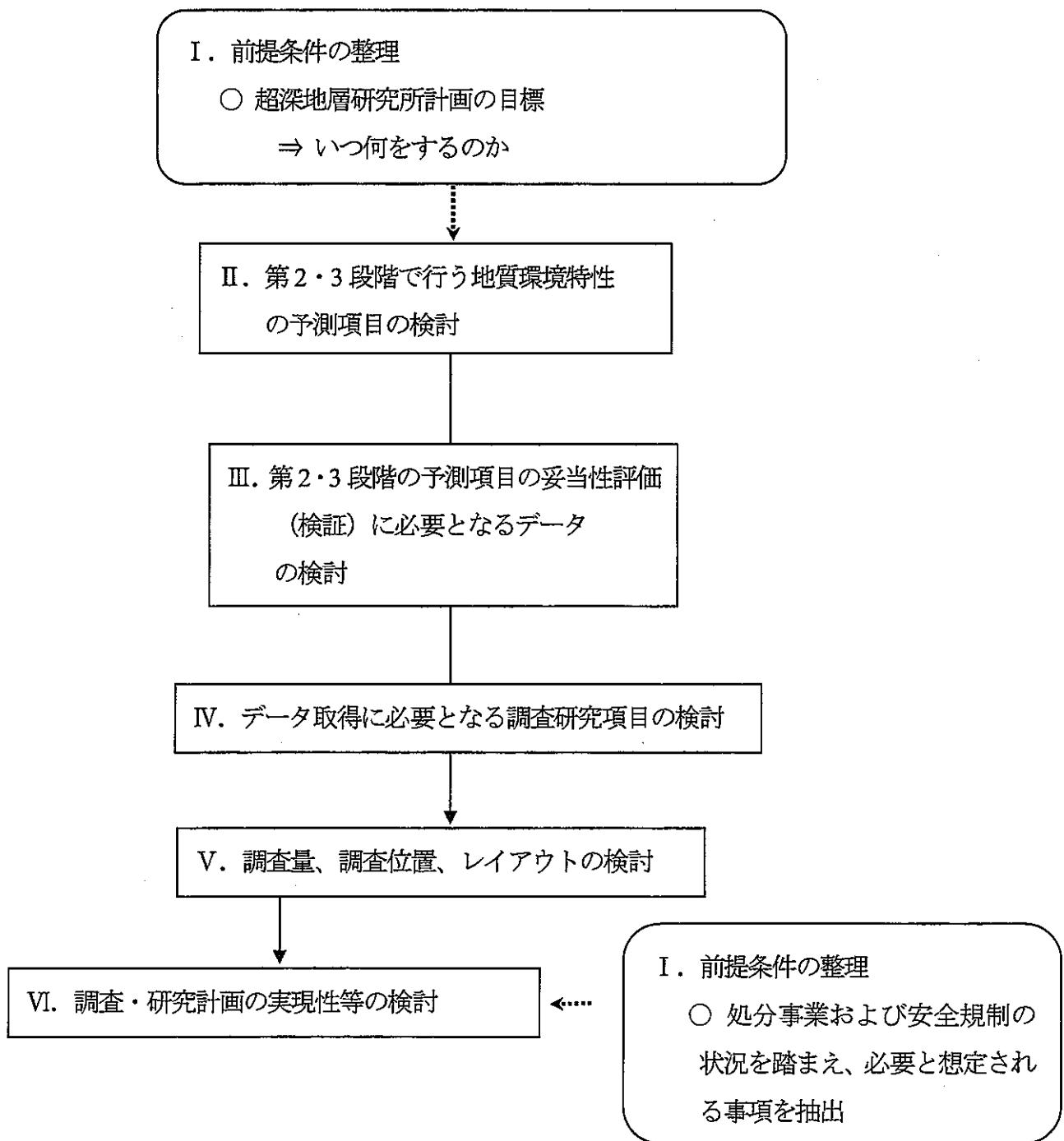


図 6.2-1 第3段階に実施すべき調査研究項目と調査研究計画の検討フロー

6.2.2 前提条件の整理

(1)前提条件

第3段階の調査・研究計画の前提条件は、下記のとおりである。

地質環境モデルの構築の観点から、下記の研究成果を目標とした事例調査・研究を展開する

- 調査の進展に伴う段階的な地質環境モデル（坑道スケール）の更新と不確実性の低減、モデルの信頼性向上、研究坑道での調査結果に基づく予測モデルの確認プロセス（判断基準）を提示する。
- 上記のモデルの構築のための調査項目、調査手順、調査の密度、詳細度設定（不確実性評価）のロジック構築手法を提示する。
- 施設スケールモデルと坑道スケールモデルの精度、不確実性を比較し、地表からの調査データに基づく、坑道スケールモデルの評価レベルを提示する。
- 施設スケールモデルについても、研究坑道からの調査結果を反映したモデルの精度、不確実性を地表からの調査段階と比較し、研究坑道からの調査項目、調査手順、調査の密度、詳細度設定（不確実性評価）のロジック構築手法を提示する。

工学技術、深部地質環境の長期挙動・変質評価の観点から下記の研究成果を目標とした事例調査・研究を展開する。

- 深部地質環境への研究坑道掘削の影響、閉鎖後の長期的挙動・変質についての評価モデルの構築、更新と不確実性の低減、モデルの信頼性向上、研究坑道での調査結果に基づく予測モデルの確認プロセス（判断基準）を提示する。
- 工学技術について、施工条件に対する建設実現性の実演、設定した安全性や要求品質が確保する管理手法（システム）を提示する。
- 工学技術について、掘削の影響、閉鎖後の長期的挙動・変質の軽減技術の信頼性を提示する。

(2) 超深地層研究所計画の目標

第3段階の調査・研究計画検討の前提となる超深地層研究所計画の全体目標および段階目標(第2段階および第3段階)を以下に示す(超深地層研究所 地層科学研究基本計画, 2002年2月より抜粋)。

| 全体目標 |
|---------------------------|
| ① 深部地質環境の調査・解析・評価技術の基盤の整備 |
| ② 深地層における工学的技術の基盤の整備 |

| 段階目標 |
|---|
| 研究坑道の掘削を伴う研究段階(第2段階)の目標 |
| ① 研究坑道の掘削を伴う調査・研究による地質環境モデルの構築および研究坑道の掘削による深部地質環境の変化の把握 |
| ② 研究坑道の施工・維持・管理にかかる工学技術の有効性の確認 |
| ③ 研究坑道を利用した研究段階の調査・研究計画の策定 |

| 段階目標 |
|--|
| 研究坑道を利用した研究段階(第3段階)の目標 |
| ① 研究坑道からの調査・研究による地質環境モデルの構築および研究坑道の拡張による深部地質環境の変化の把握 |
| ② 深地層における工学的技術の有効性確認 |

6.2.3 調査・研究項目とその優先度の再分析および過不足の確認

超深地層研究所計画の全体目標および段階目標に示されているとおり、第3段階の調査・研究計画では、第2段階で行う地質環境特性の予測結果の妥当性評価を目的とした調査・研究を展開する。

前節で検討した第2段階で実施する地質環境の予測項目に対して、予測結果の妥当性確認(検証)に必要となるデータについて検討する。さらに、検証に必要となるデータを得るために調査研究項目について検討し、現在の超深地層研究所計画(第3段階)に包含されていることを確認する。

各研究分野の予測項目に対して、検証に必要となるデータとデータ取得のために必要な第3段階の調査研究項目を整理して、表6.2-1に示す。

各研究分野別の主要な予測項目に対する調査データの内容、予測結果との比較方法・評価方法について、以下に示す。

(1) 地質・地質構造に関する調査・研究

坑道スケールの地質構造モデルの妥当性評価（検証）は、第3段階で掘削する研究坑道壁面の地質・地質構造調査結果との比較により行う。また、深部領域地質調査は、深度2000mまでの地質・地質構造を対象として、施設スケールの地質構造モデルの高度化を目的とするものである。ここで示す研究坑道壁面の地質・地質構造調査結果とは、掘削時の坑道壁面地質調査により、坑道壁面を2次元的に展開した地質マップにより可視化した画像データと、壁面に交わる岩相境界、断層/割れ目帯の位置（深度）、走向・傾斜、厚さ、介在鉱物特性などを分類、定量化した壁面地質調査データシートからなる。

妥当性評価の一つの手法は、予測した地質構造モデルにて作成した研究坑道壁面の地質マップと掘削時の調査により得た地質マップに示された、岩相境界、断層/割れ目帯の位置（深度）、幅などを比較することが考えられる。

(2) 地下水の水理に関する調査・研究

坑道スケールの水理地質構造モデルの妥当性評価は、上記の地質・地質構造と同様に、特に水理地質構造区分に重要となる透水性割れ目の分類、幾何学的性状、透水特性、坑道スケールを評価スケールとした岩体の透水異方性、不均質性などの予測結果と、原位置での水理試験結果を比較することにより行う。なお、岩体の透水異方性、不均質性は、坑道スケールの水理地質構造モデルを用いた研究坑道掘削時の地下水流动予測によりなされる。

地下水流动予測解析では、掘削時の研究坑道周辺の間隙水圧変動、研究坑道内への湧水量を予測項目とし、掘削時の調査結果と比較、検証する。

本段階では、割れ目の連續性、空間的広がり、透水性（異方性、不均質性）の調査を行い、水理地質構造モデルのモデル化の妥当性、モデルの高度化（更新）を繰り返し行う。

(3) 地下水の地球化学に関する調査・研究

坑道周辺の地下水化学特性分布の妥当性評価は、上記の地下水流動評価と関連してなされる施設スケールの分布特性の掘削による変化の確認と、坑道周辺の分布特性の掘削による変化の確認の2つによりなされる。

前者は、深度、岩相別の地化学特性をモニタリング等により確認することにより、掘削前の分布予測の妥当性を評価する。一方、後者は掘削中、掘削後の坑道周辺の地下水の化学特性（酸化還元領域）をモニタリング等により確認することにより、酸化還元フロントの進展領域を計測し、予測結果の妥当性を評価するものである。

(4) 岩盤の力学に関する調査・研究

坑道スケールの岩盤力学モデルの妥当性評価は、上記の地質・地質構造に基づく、岩相区分、断層/割れ目帯の位置（深度）、幅などの比較と、岩盤力学モデルを用いた研究坑道掘削時の空洞周辺岩盤の力学的挙動の確認によりなされる。

岩盤の力学的挙動予測解析では、掘削時の研究坑道壁面の内空変位、空洞周辺岩盤の応力状態を予測項目とし、掘削時の調査結果と比較、検証する。

岩相区分毎の岩盤の変形・強度特性、深度、岩相別の初期応力を取得するとともに、岩相区分として重要な断層/割れ目帯については、その空間分布、透水特性の設定の妥当性の評価のために、研究坑道からのボーリング調査による割れ目の連続性、空間的広がり、変形・強度特性の調査を行い、岩盤モデルでのモデル化の妥当性、モデルの高度化（更新）を行う。

(5) 岩盤中の物質移動に関する調査・研究

構築した坑道スケールの水理地質構造モデルを用いて、坑道周辺を評価スケールとした単一割れ目、複数割れ目を含む岩体の物質移行調査（トレーサー試験）をシミュレートし、移行経路、移行時間、回収率を予測する。予測結果と原位置での試験結果の比較により、水理地質構造モデルで設定した物質移行特性の妥当性を評価、確認する。

(6) 深地層における工学技術に関する研究

第1・2段階に整備した研究坑道の設計・施工計画の有効性を確認する。研究坑道の設計は、施工時の調査データをフィードバックして、柔軟に更新、見直す体系としている

ことから、掘削時の適用により、その有効性を確認する。また、施工計画については、柔軟な設計の見直し、および想定外の事象（高圧湧水等）発生時の対策技術の有効性を確認するとともに、調査研究計画の変更への対応、掘削による地質環境への影響、掘削技術のデモンストレーション、合理化・高度化に対応すべき施工計画の有効性についても確認する。

第3段階に実施すべき調査研究項目は、以上に示した第2段階の予測結果の妥当性を評価する調査研究項目であり、それら坑道スケールモデルの予測—妥当性の評価を繰り返し実施する。

第3段階に実施する調査研究項目を取りまとめて、下表に示す。表中の調査研究項目を現在計画中の調査研究項目と比較した結果、現段階での過不足は確認されなかった。

表 6.2-1 第2段階における地質環境予測項目（坑道スケール）と検証のためのデータの例示

| 段階 | 分野 | 調査実施項目 | 予測項目とその概要 | 検証に必要となるデータ | 第3段階での調査研究項目 |
|----------------|----------------------|--|--|---|--|
| 研究坑道の掘削を伴う研究段階 | 1) 地質・地質構造に関する調査研究 | 【坑道壁面観察】 ・研究坑道掘削に伴う坑道壁面観察 | 【坑道スケールモデル】 ・研究坑道周辺の地質・地質構造予測 | ・研究坑道（以後掘削する予備ステージおよび中間ステージ）の坑道壁面の地質・地質構造 | 【研究坑道地質調査】 【深部領域地質調査】 |
| | 2) 地下水の水理に関する調査研究 | 【主要な透水割れ目の水理学的特性調査】 ・クロスホール試験等 【地下水長期挙動調査】 ・研究坑道からの試錐孔における水理試験 | 【坑道周辺の透水性割れ目の分布】 ・割れ目の幾何学的特性、水理学的特性の予測 【透水係数の空間分布】 ・割れ目の影響を考慮した巨視的透水係数の予測 【地下水流れの異方性、不均質性】 ・坑道スケールの地下水流动、および研究坑道掘削時の影響（研究坑道への流入量、研究坑道周辺の地下水圧の変化など）を予測 【境界条件】 ・境界条件の設定手法 | ・透水性割れ目の構造地質的分類 ・分類毎の割れ目の幾何学的特性 ・（高透水）単一割れ目の透水試験結果 ・複数の割れ目を対象とした透水試験（異方性、不均質性を評価） ・境界条件部分の間隙水圧分布 | 【坑道規模水理試験】 【单一割れ目を対象とした水理試験】 【複数の透水性割れ目を対象とした水理試験】 岩盤力学・工学的技術との統合研究 【床盤水理試験】 【熱応力下の水理試験】 |
| | 3) 地下水の地球化学に関する調査研究 | 【地下水の地球化学的調査】 ・地下水の地球化学的特性調査 【主要な透水性割れ目の地下水化学調査】 ・研究坑道から透水性割れ目に向けて掘削する試錐孔において、地下水採水、化学分析 【水質形成機構の調査】 ・岩石試料による試験 | 【地球化学的特性の分布】 ・深部地下水の地球化学的特性の空間分布の予測 ・坑道を利用した研究段階において対象とする研究坑道周辺の深部地下水の地球化学的特性の予測 ・研究坑道の拡張に伴う地下水流动場の変化による深部地下水の地球化学的特性の変化の予測 | ・深度・岩相別の地化学特性 ・酸化還元フロントの進展、緩衝能力 ・地下水の不飽和挙動 | 【水質形成機構の調査】 【坑道周辺岩盤中の酸化還元状態調査】 岩盤力学・工学的技術・地下水の水理との統合研究 【水理・力学・地化学複合現象調査】 |
| | 4) 岩盤の力学に関する調査研究 | 【岩盤の力学特性調査】 | 【岩盤力学モデル】 【初期応力状態の空間分布】 【空洞安定性】 ・長期の力学安定性を含めた予測 【掘削影響領域】 | ・深度及び岩相別の強度特性、初期応力 ・研究坑道の変位 ・掘削影響の広がり・程度 | 【岩盤の力学的特性調査】 工学的技術との統合研究 【研究坑道の設計・施工計画技術の開発】 【水平坑道掘削影響試験】 |
| | 5) 岩盤中の物質移動に関する調査研究 | 【割れ目の特性調査】 ・ボーリング孔における調査および岩のサンプル観察 | 【単一割れ目の物質移行特性】 【複数の割れ目の物質移行特性】 【断層破碎帯の物質移行特性】 ・坑道スケールの特性予測 | ・単一透水割れ目における物質移行時間、経路、遅延特性 ・複数割れ目における物質移行時間、経路、遅延特性 ・断層破碎帯における物質移行時間、経路、遅延特性 | 【単一透水割れ目における物質移行試験】 【複数の透水性割れ目を対象とした物質移行試験】 【破碎帯における物質移行試験】 【岩芯を用いた物質移行試験】 |
| | 6) 調査技術・調査機器に関する研究 | ・これまでに整備した技術について、その適用性を確認し、必要に応じて改良 ・地質環境の異なる様々な地域への適用を考慮し、これらの技術の適用条件や適用範囲などを明確化 ・次段階以降において必要と考えられる調査技術・調査機器の開発 | — | — | — |
| | 7) 深地層における工学技術に関する研究 | | 【研究坑道の設計・施工計画技術】 ・詳細設計および施工計画を立案 【研究坑道の掘削技術、施工対策技術】 ・想定外事象への対策技術 【安全性を確保する技術】 ・安全確保方策の立案、システム構築 【掘削影響の修復・軽減】 ・人工材料（コンクリート、ベントナイト、ロックボルト等）と岩盤の長期影響予測 | ・調査結果をフィードバックする設計手法 ・調査研究計画に柔軟に対応する施工計画の立案・実施 ・品質を確保した対策技術の実施 ・安全確保方策の適用結果 ・人工材料（コンクリート、ベントナイト、ロックボルト等）と岩盤の長期影響予測 | 【研究坑道の設計・施工計画技術の開発】 【研究坑道の掘削技術、施工対策技術の開発】 【安全性を確保する技術の開発】 岩盤力学、地下水の地球化学との統合研究 【水平坑道掘削影響試験】 【掘削影響の修復・軽減に関する研究】 |

表 6.2-2 第3段階で実施する調査研究項目

| 研究分野 | 第3段階：研究坑道を利用した研究段階 |
|--------------------|---|
| 研究成果の統合化 | ①調査・研究成果の反映先および集約される情報の明確化 ②調査・解析・評価体系（統合化フロー）の例示 |
| 地質・地質構造に関する調査・研究 | ①研究坑道地質調査 ②深部領域地質調査 ③地質構造モデルの構築および地質学的解析 （施設・坑道スケールの妥当性評価・更新） ④調査・解析・評価手法の整備 |
| 地下水の水理に関する調査・研究 | ①表層水理調査 ②深層水理調査 • 深層水理観測 • 室内水理試験 • 坑道規模水理試験 • 単一透水性割れ目を対象とした水理試験 • 複数の透水性割れ目を対象とした水理試験 • 床盤水理試験 • 熱応力下の水理試験 ③水理地質構造モデルの構築および地下水流动解析 （施設・坑道スケールの妥当性評価・更新） ④調査・解析・評価手法の整備 |
| 地下水の地球化学に関する調査・研究 | ①地下水の地球化学的特性調査 ②水-岩石反応による水質形成機構の調査 ③坑道周辺岩盤中における酸化還元状態調査 ④坑道周辺岩盤の酸化還元緩衝能力調査 ⑤水理-岩盤力学-地球化学複合現象調査 ⑥地球化学モデルの構築および地球化学解析 （施設・坑道スケールの妥当性評価・更新） ⑦調査・解析・評価手法の整備 |
| 岩盤の力学に関する調査・研究 | ①岩盤の力学的特性調査 ②水平坑道掘削影響試験 ③坑道長期安定性評価 ④立坑掘削影響試験 ⑤岩盤力学モデルの構築および力学解析 （施設・坑道スケールの妥当性評価・更新） ⑥調査・解析・評価手法の有効性の確認 |
| 岩盤中の物質移動に関する調査・研究 | ①岩芯試料を用いた物質移行調査 ②単一透水性割れ目における物質移行試験 ③破碎帯における物質移行試験 ④調査・解析・評価手法の整備 |
| 調査技術・調査機器に関する調査・研究 | [今後の見直しによる追加が想定される] |
| 深地層における工学技術に関する研究 | ①研究坑道の長期にわたる維持・補修技術の研究 ②研究坑道内の環境保全技術の研究 ③研究坑道内の研究環境維持・管理技術の研究 ④安全性を確保する技術の開発 ⑤研究坑道の掘削が地質環境に及ぼした影響の修復・軽減に関する工学技術の開発・整備（必要に応じて） |

6.2.4 調査・研究を実施する場所の条件と場所を選定していくために必要なデータと調査内容の確認

6.1.6 にて検討した第2段階の調査研究項目、6.2.3 にて検討した第3段階の調査研究項目に対して、調査研究を実施する「場所の条件」、「調査研究の繰り返し回数」、「試験に必要な期間」、「試験による影響領域」について整理した。

検討結果を表6.2-3に示す。

「調査研究に必要な地質環境条件」とは、例えば、水みちとなる断層破碎帯と坑道との交差部など、「第2段階：坑道の掘削を伴う研究段階」以降の坑道周辺領域を対象とする調査研究項目を実施する場所に必要となる地質環境の条件である。

各調査研究項目が、その目的を達成するために、どのような場所を必要とするかを明確にすることで、今後、調査研究が進展し、地下深部（地下施設周辺部）の地質・地質構造、地下水の水理、地球化学的特性が明らかとなれば、構築した3次元地質構造の予測モデルを対象に調査研究項目の見直しも含めて、調査研究項目の展開策、研究坑道のレイアウトを修正・見直すことが可能となる。

「調査研究の繰り返し回数」は、調査研究項目の目標に当初の研究成果が達成しない場合の柔軟な計画変更を想定した事項である。例えば、地表からの地質環境の予測手法の研究は、副ステージまでを第一回の妥当性評価段階、主要ステージの利用を第二回の妥当性評価段階とすることにより、少なくとも2回の研究の繰り返しが可能となる。

また、深度依存性に関する調査研究項目は、複数の予備ステージあるいは、副ステージと主要ステージを利用して、できるだけ多くの深度で繰り返し実施することが必要となる。

一方、水みちとなる断層破碎帯が坑道を横切る岩体、水みちとなる割れ目を複数含む岩体、想定外の地質環境との遭遇時に実施する調査研究項目など、地質環境条件が明確化された後に実施する調査研究の繰り返し回数は、現段階では不確実性が高い。これらの調査研究項目の繰り返し回数は、「第1段階：地表からの調査予測研究段階」、および「第2段階」「第3段階」での地質構造の予測結果を受けて、その展開方策が詳細化されるものと考えられる。

表 6.2-3 (1) 調査研究実施に求められる地質環境と場の条件の例示（地質・地質構造）

| 調査研究項目名 | 求められる場の地質環境条件 | | | | 試験の繰り返し回数 | 他の試験との干渉*1 (試験に必要となる 岩体領域) |
|--|------------------------------------|---------------------------|--------|----------------------|-----------------------------|---------------------------------------|
| | 地質・地質構造/ 割れ目特性 | 水理特性/割れ目特性 | 地球化学特性 | 岩盤の力学特性 (地圧条件も含む) | | |
| 坑壁地質調査（主立坑） | ・岩種・岩質、地質構造、亀裂情報、断層破碎帯などの割れ目帶等の全地質 | _____ | _____ | _____ | 立坑掘削ごとに実施 | なし (立坑壁面全域) |
| 坑壁地質調査（換気立坑） | ・岩種・岩質、地質構造、亀裂情報、断層破碎帯などの割れ目帶等の全地質 | _____ | _____ | _____ | 換気立坑掘削後に可能であるなら実施 | なし (換気立坑壁面全域) |
| 地質構造モデルの構築および地質学的解析（施設スケール） －3次元地質構造調査－ | ・特徴的な地質構造（岩相、割れ目帶など） | ・水理的に重要な構造（水みちとなる断層破碎帯など） | _____ | _____ | 副ステージ坑道と主要ステージ坑道で実施（繰り返し2回） | なし (水平坑道周辺領域) |
| 研究坑道地質調査（水平坑道） | ・岩種・岩質、地質構造、亀裂情報、断層破碎帯などの割れ目帶等の全地質 | _____ | _____ | _____ | 水平坑道掘削ごとに実施 | なし (水平坑道壁面全域) |
| 深部領域地質調査 | ・岩種・岩質、地質構造、亀裂情報、断層破碎帯などの割れ目帶等の全地質 | _____ | _____ | _____ | 副ステージ坑道と主要ステージ坑道で実施 | なし (副ステージ坑道から下方) (主要ステージ坑道から下方) |
| 地質構造モデルの構築および地質学的解析（坑道スケール） －研究試験場調査－ | ・特徴的な地質構造（岩相、割れ目帶など） | ・水理的に重要な構造（水みちとなる断層破碎帯など） | _____ | _____ | 研究試験場掘削後に実施 | なし (研究試験場壁面全域) |

○：必須な条件

・：望ましい条件

*1：(試験に必要となる岩体領域) は Localization of experimental sites and layout of turn 2, Aspo HRL PROGRESS REPORT 25-94-03 を参考に設定

表 6.2-3 (2) 調査研究実施に求められる地質環境と場の条件の例示（地下水の水理）

| 調査研究項目名 | 求められる場の地質環境条件 | | | | 試験の繰り返し回数 | 他の試験との干渉*1 (試験に必要となる 岩体領域) |
|-------------------------------------|-------------------|--------------------------|--------|----------------------|---|---|
| | 地質・地質構造/ 割れ目特性 | 水理特性/割れ目特性 | 地球化学特性 | 岩盤の力学特性 (地圧条件も含む) | | |
| 表層水理調査 (地下水長期挙動調査) | ----- | ----- | ----- | ----- | 全期間連続計測 (副ステージ建設終了、 主要ステージ建設終了まで等、段階的に評価) | なし |
| 深層水理調査 (室内透水試験) | ----- | ○健岩部・き裂部滞水層部等、水理特性の顕著な場所 | ----- | ----- | 全坑道で地質・岩相、水理地質特性別に実施 | なし (コア抜きのみ) |
| 深層水理調査(試錐孔内透水試験) | ----- | ○健岩部・き裂部滞水層部等、水理特性の顕著な場所 | ----- | ----- | 全坑道で地質・岩相、水理地質特性別に実施 | あり (坑道周辺 100m程度) |
| 深層水理調査(坑道規模透水試験) | ----- | ・割れ目に平行な坑道と割れ目に垂直な坑道 | ----- | ----- | 副ステージ又は主要ステージ (水平坑道掘削影響試験部) | あり (代表要素体積 (REV) の5倍、坑道長 50m と周辺 50m 程度) |
| 深層水理調査 (床盤透水試験) | ----- | ・割れ目に平行な坑道と割れ目に垂直な坑道 | ----- | ----- | 副ステージ又は主要ステージ (水平坑道掘削影響試験部) | あり (代表要素体積 (REV) の5倍、坑道長 50m と周辺 50m 程度) |
| 深層水理調査 (熱応力下の透水試験) | ----- | ○健岩部・き裂部 | ----- | ----- | 副ステージ又は主要ステージ | あり (試験室 (5×5×5m) の周辺 20m 程度) |
| 深層水理調査 (单一割れ目及び複数の割れ目を対象とした透水試験) | ----- | ○各種き裂で実施 | ----- | ----- | 副ステージ又は主要ステージ | あり (周辺 10m~20m) |
| 深層水理調査 (断層を対象とした透水試験) | ----- | ○断層 | ----- | ----- | 副ステージ又は主要ステージ | あり (周辺 50m) |

○：必須な条件

・：望ましい条件

*1 : (試験に必要となる岩体領域) は Localization of experimental sites and layout of turn 2, Aspo HRL PROGRESS REPORT 25-94-03

を参考に設定

表 6.2-3 (3) 調査研究実施に求められる地質環境と場の条件の例示（地下水の地球化学）

| 調査研究項目名 | 求められる場の地質環境条件 | | | | 試験の繰り返し回数 | 他の試験との干渉*1 (試験に必要となる 岩体領域) |
|-----------------------------|--------------------------|---------------------|-------------------|----------------------|----------------------|---|
| | 地質・地質構造/ 割れ目特性 | 水理特性/割れ目特性 | 地球化学特性 | 岩盤の力学特性 (地圧条件も含む) | | |
| 地下水の地球化学調査 | ・岩種・岩質別、地質構造別、割れ目帶別等の全地質 | ○湧水・滴水箇所 | ・酸化領域及び還元領域の全地下水場 | ----- | 全坑道で地質・岩相、水理地質特性別に実施 | なし |
| 主要な透水性割れ目の地球化学的特性調査 | ○坑道と交差する断層破碎帯などの割れ目帶 | ○水みちとなる断層破碎帯などの割れ目帶 | ○還元領域の地下水場 | ----- | 副ステージ又は主要ステージ | あり (坑道が対象とする割れ目帶と交差する数 10m 手前から、坑道壁面から奥方向へ 10m 程度) |
| 水-岩石反応による水質形成機構の調査 | ・岩種・岩質別、地質構造別、割れ目帶別等の全地質 | ○湧水・滴水箇所 | ・酸化領域及び還元領域の全地下水場 | ----- | 全坑道で地質・岩相、水理地質特性別に実施 | なし |
| 坑道周辺岩盤（掘削影響領域）中における酸化還元状態調査 | ・堅硬な一般岩盤部と破碎帯などの割れ目帶 | ○地下水流动場 | ○還元領域の地下水場 | ○坑道周辺の不飽和領域を包含する部分 | 副ステージ又は主要ステージ | あり (坑道掘削による影響領域を越える坑道壁面から数m程度) |
| 坑道周辺岩盤の酸化還元能力調査 | ・堅硬な一般岩盤部と破碎帯などの割れ目帶 | ○地下水流动場 | ○還元領域の地下水場 | ○坑道周辺の不飽和領域を包含する部分 | 副ステージ又は主要ステージ | あり (坑道壁面から数m程度) |
| 水理-岩盤力学-地球化学複合現象調査 | ・断層破碎帯などの割れ目帶 | ○地下水流动場 | ----- | ○坑道周辺の不飽和領域を包含する部分 | 副ステージ又は主要ステージ | あり (試験室 (5×5×5m) の周辺 20m 程度) |

○：必須な条件

・：望ましい条件

*1 : (試験に必要となる岩体領域) は Localization of experimental sites and layout of turn 2, Aspo HRL PROGRESS REPORT 25-94-03

を参考に設定

表 6.2-3 (4) 調査研究実施に求められる地質環境と場の条件の例示（岩盤力学）

| 調査研究項目名 | 求められる場の地質環境条件 | | | | 試験の繰り返し回数 | 他の試験との干渉*1 (試験に必要となる 岩体領域) |
|--|--|------------|--------|------------------------|--|--|
| | 地質・地質構造/ 割れ目特性 | 水理特性/割れ目特性 | 地球化学特性 | 岩盤の力学特性 (地圧条件も含む) | | |
| 岩盤の力学に関する情報の取得 (力学特性調査、室内力学試験、 室内ブロック試験) | ○地下施設に認めら れる平均的な岩 盤・割れ目特性 ・平均的な岩盤・割れ 目特性と異なる地 質（断層破碎帯等） | ----- | ----- | ・地圧条件が異なる毎 (異なる深度) | 各ステージで実施 (複数深度) | なし |
| 岩盤の力学に関する情報の取得 (試錐孔を利用した原位置岩盤試 験) | ----- | ----- | ----- | ----- | 副ステージ又は主要ス テージ (水平坑道掘削影響試 験場付近) | なし |
| 水平坑道および立坑掘削影響試験 | ○地下施設に認めら れる平均的な岩 盤・割れ目特性 ・断層破碎帯等での実 施の可能性あり | ----- | ----- | ○地圧条件が異なる 毎 (異なる深度) | 各ステージで実施 (複数深度) | あり (試験前の坑道掘削によ る影響が及んでいない 岩盤(5D 以上離れた領 域)を対象とする) |
| 坑道長期安定性評価 (時間依存性の把握試験) | ○地下施設に認めら れる平均的な岩 盤・割れ目特性 ・断層破碎帯等での実 施の可能性あり | ----- | ----- | ○地圧条件が異なる 毎 (異なる深度) | 副ステージ又は主要ス テージ (掘削影響試験終了後 に実施) | なし |

○：必須な条件

・：望ましい条件

*1 : (試験に必要となる岩体領域) は Localization of experimental sites and layout of turn 2, Aspo HRL PROGRESS REPORT 25-94-03

を参考に設定

表 6.2-3 (5) 調査研究実施に求められる地質環境と場の条件の例示（物質移行）

| 調査研究項目名 | 求められる場の地質環境条件 | | | | 試験の繰り返し回数 | 他の試験との干渉*1 (試験に必要となる 岩体領域) |
|-------------------------|-------------------|-----------------|--------------------|----------------------|--------------------------|---|
| | 地質・地質構造/ 割れ目特性 | 水理特性/ 割れ目特 性 | 地球化学特性 | 岩盤の力学特性 (地圧条件も含む) | | |
| 室内調査・試験 (岩芯資料を用いた試験) | ○各種割れ目 | ○各種透水割れ目 | ----- | ----- | 全坑道で地質・岩相、水 理地質特性別に実施 | なし |
| 単一透水性割れ目における物質移 行試験 | ○各種割れ目 | ○透水割れ目 | ○ph, Eh 状況 | ----- | 副ステージ又は主要ス テージ | あり (下流 100~200m の水質 に影響) |
| 破碎帶における物質移行試験 | ○破碎帶 | ○破碎帶 | ○充填鉱物 ○Redox 状況 | ----- | 副ステージ又は主要ス テージ | あり (下流 100~200m の水 質、周辺 50m の水圧に 影響) |
| (大規模物質移行試験) | ○連続割れ目 | ○透水割れ目 | ○ph, Eh 状況 | ----- | 副ステージ又は主要ス テージ | あり (下流 100~200m の水 質、周辺 50m の水圧に 影響) |

○ : 必須な条件

・ : 望ましい条件

*1 : (試験に必要となる岩体領域) は Localization of experimental sites and layout of turn 2, Aspo HRL PROGRESS REPORT 25-94-03

を参考に設定

表 6.2-3 (6) 調査研究実施に求められる地質環境と場の条件の例示（工学的技術）

| 調査研究項目名 | 求められる場の地質環境条件 | | | | 試験の繰り返し回数 | 他の試験との干渉*1 (試験に必要となる 岩体領域) | |
|--|--|--|------------------------|--|---------------------------------|---|--|
| | 地質・地質構造/ 割れ目特性 | 水理特性/割れ目特性 | 地球化学特性 | 岩盤の力学特性 (地圧条件も含む) | | | |
| 研究坑道の概要設計、詳細設計および調整設計 施工計画の策定 研究坑道（地下施設）の設計・施工計画技術の開発 | 第一段階「地表からの調査予測研究段階」、第二段階「坑道の掘削を伴う研究段階」、第三段階「坑道を利用した研究段階」の各段階で、2ステップ程度の頻度で、計画の見直し・修正に伴う全体レイアウトの再検討および施設の建設の進展を含めた全体の施工計画の再検討がなされる | | | | | 構築したロジックおよびシステムの適用性の確認が研究の中心となることから、地下施設で個別の試験は展開しない。 | |
| 研究坑道（地下施設）の設計・施工計画技術の開発 一測定を設計にフィードバックするシステム技術の研究 | 第一段階「地表からの調査予測研究段階」で設定した当初設計を基本として、第二段階「坑道の掘削を伴う研究段階」の坑道掘削中のサイトスペシフィックな調査・計測データの全てを対象として検討（修正設計）がなされる。 | | | | | 大深度地下構造の建設技術に資するシステム技術の適用性の確認が研究の中心となることから、地下施設の個別の試験空間を設けることはない。 | |
| 研究坑道（大深度地質環境下）での掘削技術・施工対策技術の開発 | ・地下施設に認められる平均的な岩盤・割れ目特性 | ○水みちとなる断層破碎帶との交差部 | ----- | ○力学的な構造弱部（断層破碎帶など） ○山はね発生箇所他 ⇒対策工技術の研究 | 全坑道を対象に予想外の地質環境遭遇時に随時実施 | あり (坑道周辺領域 50m 立方程度) | |
| 研究坑道の掘削が地質環境に及ぼした影響の修復・軽減に関する工学技術の開発・整備 -人工材料の岩盤への長期影響評価研究- -坑道閉塞試験- | ・地下施設に認められる平均的な岩盤・割れ目特性 | ・地下施設に認められる平均的な地下水流动場 ○水みちとなる断層破碎帶との交差部 | ・不飽和領域と関連して掘削後の特性が既知の場 | ----- | 副ステージ又は主要ステージ (掘削影響試験終了後に実施) | あり (坑道周辺領域 50m 立方程度) | |
| 研究坑道の掘削が地質環境に及ぼした影響の修復・軽減に関する工学技術の開発・整備 -大深度地質環境下での坑道損傷修復に必要となる工学技術の開発 | ・地下施設に認められる平均的な岩盤・割れ目特性 | ・地下施設に認められる平均的な地下水流动場 | ----- | ----- | 副ステージ又は主要ステージ (掘削影響試験終了後に実施) | あり (坑道周辺領域 50m 立方程度) | |
| 安全性を確保する技術の開発 研究坑道の長期にわたる維持・補修技術の研究 研究坑道内の環境保全技術の研究 | 第一段階「地表からの調査予測研究段階」で構築した安全確保の考え方に対応した坑道維持管理方策および研究者、見学者等への安全対策を、第二段階「坑道の掘削を伴う研究段階」の坑道掘削中に適用する。 | | | | | 構築したロジックおよびシステムの適用性の確認が研究の中心となることから、地下施設で個別の試験は展開しない。 | |

○：必須な条件

・：望ましい条件

*1 : (試験に必要となる岩体領域) は Localization of experimental sites and layout of turn 2, Aspo HRL PROGRESS REPORT 25-94-03 を参考に設定

表 6.2-3 (7) 調査研究実施に求められる地質環境と場の条件の例示（地震観測）

| 調査研究項目名 | 求められる場の地質環境条件 | | | | 試験の繰り返し回数 | 他の試験との干渉*1 (試験に必要となる 岩体領域) |
|----------------|---------------------------------|---|------------|---|-----------|----------------------------------|
| | 地質・地質構造/ 割れ目特性 | 水理特性/割れ目特性 | 地球化学特性 | 岩盤の力学特性 (地圧条件も含む) | | |
| 地震動の観測 | —— | —— | —— | —— | 研究終了まで実施 | なし |
| 地震に伴う地質環境の変化観測 | ○地下施設に認めら れる平均的な岩 盤・割れ目特性 | ○水みちとなる断層 破碎帯など(地震に による地下水環境の 変化観測の場合) | ・還元領域の地下水場 | ・同一深度において、 初期地圧の異なる 領域(健岩部と断層 破碎帯付近では初 期地圧が異なる可 能性がある) | 研究終了まで実施 | なし |
| 地震時破碎帶挙動調査 | ○断層破碎帯 | —— | —— | —— | 研究終了まで実施 | なし |

○：必須な条件

・：望ましい条件

*1：(試験に必要となる岩体領域)は Localization of experimental sites and layout of turn 2, Aspo HRL PROGRESS REPORT 25-94-03
を参考に設定

6.2.5 第3段階における調査・研究項目、調査位置、レイアウトの検討とサイクル機構が 今まで検討してきた施工計画との関連の検討

(1) 調査位置、レイアウトの例示

第2・3段階の調査研究項目に対し、調査・研究実施の観点から設定した実施場所への要求項目を満足する各調査・試験の実施位置および中間ステージ、最深ステージのレイアウトを例示する。

調査研究項目の実施数段階を整理して表6.2-4に、第2・3段階のレイアウトの検討結果を図6.2-2, 6.2-3に示す。

現在計画中の基本スケジュールでは、2009年までの主立坑掘削に向けて、中間ステージの掘削及び調査・研究は限定されたものとなる。具体的には、2009年までは、図6.2-2中の斜線部のみの掘削であり、枝坑となる研究坑道を利用した調査・研究の実施は2009年以降となる。成果の反映時期を想定した場合に、早期の実施が望まれる項目があることも考え得る。

また、最深ステージの調査・研究では、枝坑となる研究坑道を利用した調査・研究の実施が2013年以降となり、研究終了の2015年まで2年間となる。例えば、岩盤力学分野の時間依存性試験や地球化学分野の水-岩盤力学-地球化学複合現象試験は、掘削影響試験後の実施が想定され、調査・研究期間に制約が及ぶことが予想される。

(2) サイクル機構が検討した施工計画との関連の検討

研究坑道の建設は、「第2段階：坑道の掘削を伴う研究段階」、「第3段階：坑道を利用した研究段階」を通して実施される。両段階では、各調査・研究の実施と研究坑道の建設が輻輳することにより、研究坑道のレイアウト（掘削展開手順、坑道の仕様、延長を含む）は、全体スケジュール（施工計画）に大きく影響を及ぼす。

また、前述のとおり、研究坑道の建設（掘削）という行為が、他の調査・研究実施に影響を及ぼすことから、建設を中断する必要も生じる。

本節では、各調査・研究実施の観点から、研究坑道の建設への制約条件を詳細に整理し、全体スケジュール（施工計画）への影響要因を示す。これにより、各調査・研究を実施することによる全体スケジュール（施工計画）への影響を検討することが可能となり、これまでにサイクル機構が検討した全体スケジュール（施工計画）との関連が検討可能となる。

各調査・研究実施の観点から、研究坑道建設への制約条件を整理して、表 6.2-5 に示す。

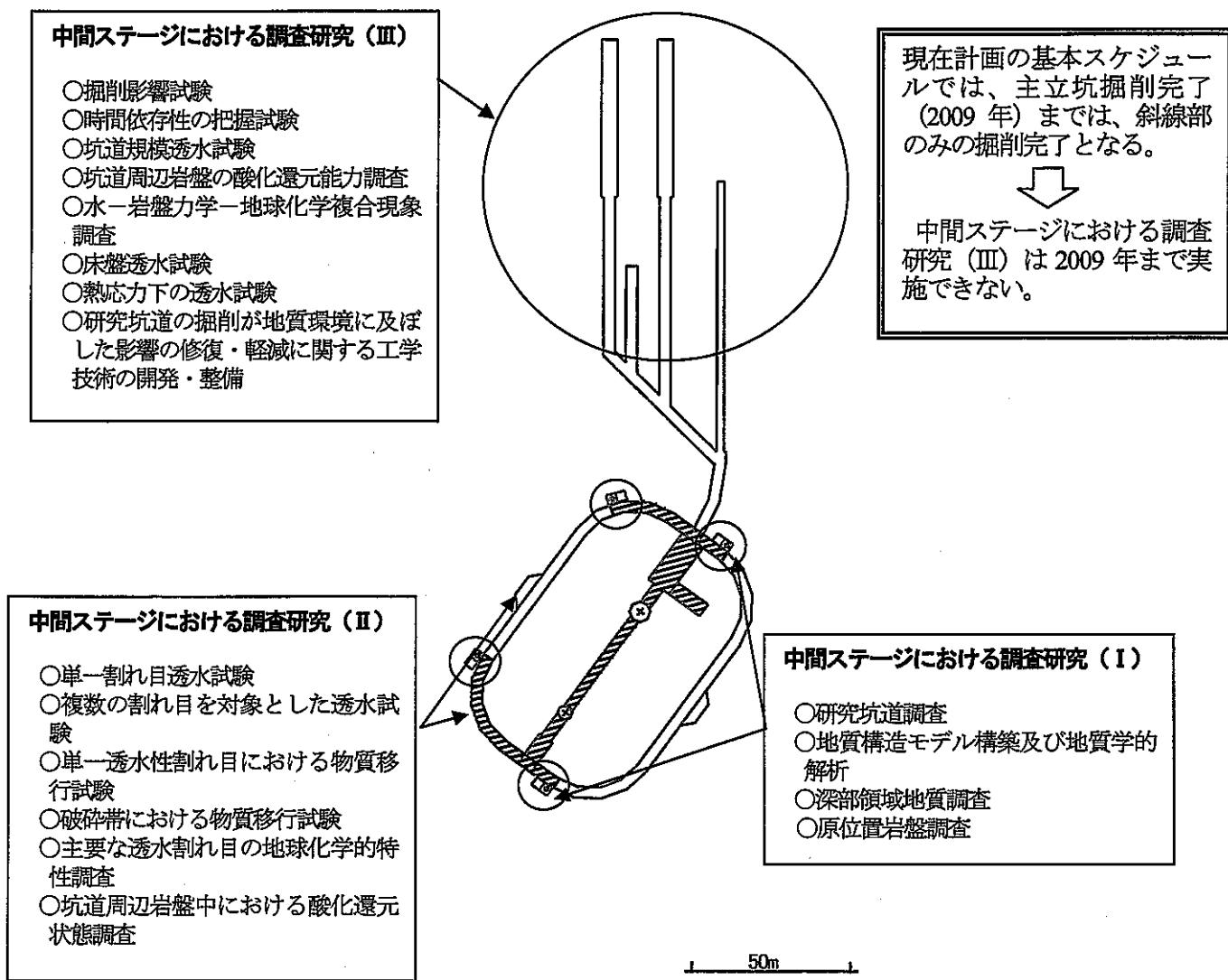


図 6.2-2 中間ステージにおける調査・試験レイアウトの例示

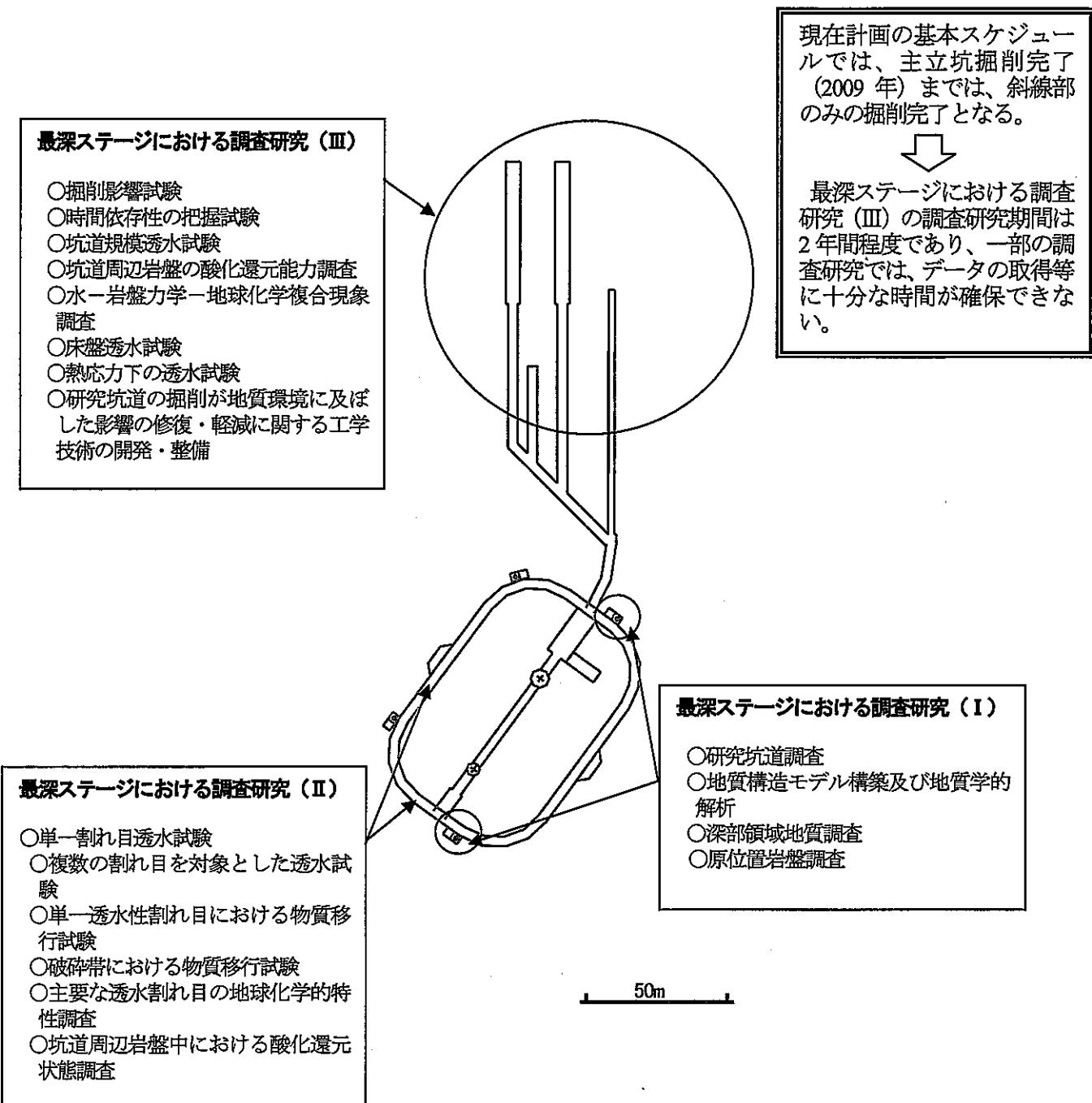


図 6.2-3 最深ステージにおける調査・試験レイアウトの例示

表 6.2-4 個々の調査研究項目の実施段階の例示

| 研究分野 | 調査研究項目 | 実施段階 | 備考（計画見直し・修正時の留意点） |
|---------------|--|---|---|
| I. 地質構造 | ①坑壁地質調査 ②研究坑道調査 ③地質構造モデル構築及び地質学的解析 ④深部領域地質調査 | ①主立坑掘削時（副ステージ掘削まで、主要ステージ掘削まで） ②副ステージ、主要ステージ掘削時 ③副ステージ、主要ステージ掘削後の研究段階 ④副ステージ、主要ステージ掘削後の研究段階 | ・③は「第二段階：坑道の掘削を伴う研究段階」の副ステージでの研究段階に「第一段階」の予測に対する検証レベルの確認が必要 |
| II. 地下水の水理 | ①表層水理調査 ②深層水理調査 ③室内透水試験 ④坑道規模透水試験 ⑤単一割れ目を対象とした透水試験 ⑥複数の割れ目を対象とした透水試験 ⑦床盤透水試験 ⑧熱応力下の透水試験 | ①地表からの調査予測段階から研究終了まで ②地表からの調査予測段階から研究終了まで ③地表からの調査予測段階から研究終了まで ④副ステージ、主要ステージ研究段階 ⑤特性調査後の割れ目分布地点（副ステージ、主要ステージ研究段階を想定） ⑥特性調査後の割れ目分布地点（副ステージ、主要ステージ研究段階を想定） ⑦副ステージ、主要ステージ研究段階 ⑧副ステージ、主要ステージ研究段階 | ・④～⑧は「第一段階：地表からの調査予測段階」終了時の地質構造の予測結果をベースに試験実施位置の見直し・修正が必要 |
| III. 地下水の地球化学 | ①地下水の地球化学調査 ②主要な透水性割れ目の地球化学的特性調査 ③水－岩石による水質形成機構の調査 ④坑道周辺岩盤中における酸化還元状態調査 ⑤坑道周辺岩盤の酸化還元能力調査 ⑥水－岩盤力学－地球化学複合現象調査 | ①地表からの調査予測段階から研究終了まで ②特性調査後の割れ目分布地点（副ステージ、主要ステージ研究段階を想定） ③地表からの調査予測段階から研究終了まで ④副ステージ、主要ステージ研究段階 ⑤副ステージ、主要ステージ研究段階 ⑥副ステージ、主要ステージ研究段階 | ・④, ⑤, ⑥は試験実施事前に坑道周辺岩盤の掘削影響試験の実施が必要 ・長期間の計測・研究実施が望ましい |
| IV. 岩盤力学 | ①掘削影響試験 ②時間依存性の把握試験 ③室内力学試験 ④原位置岩盤試験 | ①立坑：立坑掘削時（最深部）、水平坑道：副ステージ、主要ステージ研究段階 ②上記掘削影響実施から、試験終了まで ③地表からの調査予測段階から研究終了まで ④副ステージ、主要ステージ研究段階 | ・①は断層破碎帯との遭遇時にも実施。「第一段階：地表からの調査予測段階」終了時の地質構造の予測結果をベースに試験実施位置の見直し・修正が必要 ・②は長期間の計測・研究実施が望ましい |
| V. 物質移行 | ①岩石試料を用いた物質移行調査 ②単一透水性割れ目における物質移行調査 ③破碎帶における物質移行試験 | ①地表からの調査予測段階から研究終了まで ②特性調査後の割れ目分布地点（副ステージ、主要ステージ研究段階を想定） ③断層破碎帯遭遇時（副ステージ、主要ステージ研究段階を想定） | ・②は「第二段階：坑道の掘削を伴う研究段階」途中に坑道からの地質構造調査他をベースとした試験実施位置の見直し・修正が必要 ・③は「第一段階：地表からの調査予測段階」終了時の地質構造の予測結果をベースに試験実施位置の見直し・修正が必要 |
| VI. 地震観測 | ①地震動の観測 ②地震に伴う地質環境の変化観測 ③地震時破碎帶拳動調査 | ①主立坑掘削時（予備ステージ）から試験終了まで ②主立坑掘削時（予備ステージ）から試験終了まで ③断層破碎帯遭遇時から、試験終了まで | ・③は「第一段階：地表からの調査予測段階」終了時の地質構造の予測結果をベースに試験実施位置の見直し・修正が必要 |
| VII. 工学的技術 | ①研究坑道の設計・施工計画技術の開発 ②研究坑道の掘削技術および施工対策技術の開発 ③研究坑道内の長期にわたる維持・補修技術の研究 ④研究坑道内の環境保全技術の研究 ⑤研究坑道内の研究環境維持・管理技術の研究 ⑥安全性を確保する技術の開発 ⑦研究坑道の掘削が地質環境に及ぼした影響の修復・軽減に関する工学技術の開発・整備（含む、人工材料の岩盤への長期影響評価） | ①地表からの調査予測段階から、研究終了まで ②地表からの調査予測段階から、研究終了まで ③地表からの調査予測段階から、研究終了まで ④地表からの調査予測段階から、研究終了まで ⑤地表からの調査予測段階から、研究終了まで ⑥地表からの調査予測段階から、研究終了まで ⑦副ステージ、主要ステージ研究段階 | ・⑦は試験実施事前に坑道周辺岩盤の掘削影響試験の実施が必要 ・⑦は長期間の計測・研究実施が望ましい |

表 6.2-5 調査研究実施の観点から、研究坑道建設への条件の例示

| 研究分野 | 調査研究項目 | 条件分類 | 条件内容 |
|----------|--|--|--|
| 地質構造 | <ul style="list-style-type: none"> ・坑壁地質調査 ・研究坑道調査 ・地質構造モデル構築（3次元地質構造調査） ・深部領域地質調査 | <ul style="list-style-type: none"> ・建設の工程 ・建設の工法 ・建設の工程 ・建設の工程 ・地下施設の設備 | <ul style="list-style-type: none"> ・立坑掘削直後に、3人程度の研究員が坑道壁面調査を3時間程度実施する ・横坑掘削直後に、3人程度の研究員が坑道壁面調査を2時間程度実施する ・副ステージを利用した、主要ステージ深度までの3次元地質構造調査、深部領域地質調査を行うならば、試錐座設置、試錐孔掘削のため、主立坑の掘削を半年間程度停止する。 ・地質構造調査に用いる物理探査手法への影響防止のため、坑道内での鉄製のレール等の設置を極力さける必要がある。 |
| 地下水の水理 | <ul style="list-style-type: none"> ・表層水理調査 ・深層水理調査 ・室内透水試験 ・坑道規模透水試験 ・単一割れ目を対象とした透水試験 ・複数の割れ目を対象とした透水試験 ・床盤透水試験 ・熱応力下の透水試験 | <ul style="list-style-type: none"> ・建設の工程 ・その他（建設の中止） | <ul style="list-style-type: none"> ・副ステージを利用した、主要ステージ深度までの3次元地下水流动調査を行うならば、試錐座設置、試錐孔掘削のため、立坑の掘削を半年間程度停止する。 ・断層破碎帯を利用した試験実施のため、建設時に立坑、および水平坑道が断層破碎帯通過する以前に試錐孔を利用した調査を実施する。 |
| 地下水の地球化学 | <ul style="list-style-type: none"> ・地下水の地球化学調査 ・主要な透水性割れ目の地球化学的特性調査 ・水-岩石による水質形成機構の調査 ・掘削周辺岩盤中における酸化還元状態調査 ・坑道周辺岩盤の酸化還元緩衝能力調査 ・水理-岩盤力学-地球化学複合現象調査 | <ul style="list-style-type: none"> ・建設の工程 ・その他（建設の中止） | <ul style="list-style-type: none"> ・酸化還元境界深度付近の調査のため、立坑掘削時に予備ステージを掘削し、モニタリングを実施する。 ・建設による影響が生じる以前の地下水化学特性取得のため、断層破碎帯等を坑道を通過する以前に試錐孔を利用した調査を実施する。 |
| 岩盤力学 | <ul style="list-style-type: none"> ・掘削影響試験 ・時間依存性の把握試験 ・室内力学試験 ・原位置岩盤試験 | <ul style="list-style-type: none"> ・その他（建設の中止） ・建設の工程 ・建設の工程 ・建設の工法 | <ul style="list-style-type: none"> ・深度依存性の把握を目的とした研究であることや、他の試験の初期条件把握を目的とするため、水平坑道掘削影響調査を複数深度で実施する。 ・副ステージの掘削影響試験実施期間は立坑建設を行わない。 ・主要ステージの掘削影響試験は、工法依存性の評価研究を目的として一部研究坑道をTBM工法で掘削する |
| 物質移行 | <ul style="list-style-type: none"> ・岩芯試料を用いた物質移行調査 ・単一透水性割れ目における物質移行試験 ・破碎帶における物質移行試験 | ・その他（建設の中止） | <ul style="list-style-type: none"> ・破碎帶を対象とした調査では、建設による影響が生じる以前の地下水化学特性取得のため、断層破碎帯等を坑道を通過する以前に試錐孔を利用した調査を実施する。 |
| 地震観測 | <ul style="list-style-type: none"> ・地震動の観測 ・地震に伴う地質環境の変化観測 ・地震時破碎帯挙動調査 | ・建設の工法 | <ul style="list-style-type: none"> ・断層破碎帯を対象とした地震観測および岩盤ひずみ計測実施のため、換気をせず温度一定の環境を確保した坑道が必要となる。 |
| 工学技術 | <ul style="list-style-type: none"> ・研究坑道の設計・施工計画技術の開発 ・研究坑道の掘削技術および施工対策技術の開発 ・研究坑道内の長期にわたる維持・補修技術の研究 ・研究坑道内の環境保全技術の研究 ・研究坑道内の研究環境維持・管理技術の研究 ・安全性を確保する技術の開発 ・研究坑道の掘削が地質環境に及ぼした影響の修復・軽減に関する工学技術の開発・整備（含む、人工材料の岩盤への長期影響評価） | <ul style="list-style-type: none"> ・建設の工法 ・その他（建設の中止） | <ul style="list-style-type: none"> ・断層破碎帯や山はね、高圧湧水など、予測外の事象に遭遇した場合には、施工対策技術の適用性確認の試験を行う。 ・掘削影響の修復・軽減を目的とした工学技術の開発では、研究実施前に掘削影響の状況を把握しておく必要がある。また、断層破碎帯を対象とした施工対策技術の研究、工学技術の開発を実施する場合には、研究坑道が、断層破碎帯を通過する以前に試錐孔を利用した調査、坑道掘削時の影響試験を併せて実施する。 |

6.2.6 第3段階の調査・研究での現実的な適用計画（案）及び調査・研究の展開の例示

(1) 施工計画と調査研究全体スケジュール

以上の検討に基づき策定した全体スケジュール（施工計画）を表6.2-6に示す。

研究坑道の構成部位を「主立坑」、「換気立坑」、「中間ステージ」、「最深ステージ」の4つとすると、提示した全体スケジュールでの研究坑道は、下記の展開となる。

- ① 中間ステージまでの主立坑・換気立坑の建設
- ② 中間ステージの建設と調査・研究
- ③ 中間ステージでの調査・研究（建設中断）
- ④ 最深ステージまでの主立坑・換気立坑の建設
- ⑤ 最深ステージの建設と調査・研究
- ⑥ 最深ステージでの調査・研究（建設終了後）

(2) 調査研究全体スケジュールの実現性の検討

第2段階および第3段階の調査研究全体スケジュールが、本研究において前提条件とした「処分事業および安全規制からの要件」を満足しているかについて検討する。検討は、処分事業スケジュールからの成果反映期限である2006年まで、2010年まで、2017年までに区分して実施する。

(a) 2006年までの調査研究成果について

概要調査地区での「調査計画立案技術」には、概要調査地区の地質環境モデル（施設スケール）構築を目的とした最適なボーリング調査計画を立案する技術の反映が重要となる。

超深地層研究所計画の第2段階の研究途中にて、施設スケールの妥当性評価の結果を段階的に整理し、地表からのボーリング調査の量、密度の増加が、構築する地質環境モデルの不確実性、信頼性とどのように関連しているのかを定量的に整理することが重要である。

(b) 2010年までの調査研究成果について

概要調査地区での調査終了時には、予備的安全評価、施設の概念設計の実施が想定さ

れる。地表からのボーリング調査により構築した施設スケールの地質環境モデルを利用した地下水流动などの解析結果から、予備的安全評価および施設の概念設計に用いる評価パラメータを設定する。

予備的安全評価の観点からは、評価パラメータに内在する「不確実性の評価手法」への超深地層研究所における調査研究成果の反映が重要となる。具体的には、地表からの調査による地下水の水理、地下水の地球化学、岩盤の力学に係る地質環境予測モデル（施設スケール）が、どのような不確実性、信頼性を有しているか、の定量的な評価手法と事例的な研究結果を提示することである。

2010年は主立坑の掘削が終了した段階であり、第2段階の研究が終了した段階である。第2段階の研究成果として、施設スケールの地質環境モデルの妥当性評価プロセスを明確化することで、成果の反映は実現可能である。

予備的安全評価および施設の概念設計の観点からは、坑道掘削による坑道周辺の地質環境の長期的な挙動、変質の予測手法が必要となる。具体的には、坑道建設時に使用する人工材料（コンクリート、ロックボルト、ベントナイトなど）が長期的に坑道周辺岩盤に与える影響などである。全体スケジュールでは、該当する調査研究の実施は、第3段階であり、2010年までの成果の提示は困難となる。より早期に実施することが望まれる。

施設の概念設計の観点からは、施設スケールの地質環境モデル（予測モデル）に基づき、施設建設の実現性、掘削の影響を評価し、施設の設計・施工計画を立案するシステム技術（技術体系）を構築することが必要である。2010年には、主立坑の掘削が完了していることから、要求される成果の達成は可能と考えられる。

(c) 2017年までの調査研究成果について

精密調査地区での調査では、地下施設を建設し、地下施設を利用した調査と処分技術の実証が開始される。

地下施設の建設、地下施設を利用した調査、処分技術の実証では、超深地層研究所の第2段階、第3段階の調査研究と類似することが想定され、施設スケールおよび坑道スケールの各種地質環境モデルの検証がなされる。

超深地層研究所の調査研究は完了しているが、坑道スケールの地質環境モデルの構築、妥当性の評価結果から、地表からの調査結果に基づく、施設スケールの地質環境モデル

(予測モデル) と検証した坑道スケールの地質環境モデルの精度、不確実性、信頼性を比較し、地表、地下施設での調査の進展に伴う、モデルの向上レベルを提示することが重要である。

前述した坑道建設時に使用する人工材料（コンクリート、ロックボルト、ベントナイトなど）が長期的に坑道周辺岩盤に与える影響については、その適切な評価手法、工学技術による対処方策とその適用性の確認手法（施工品質・性能確認手法）を明確化することが要求された成果となる。

表6.2-6 (1) 超深地層研究所 調査・研究基本スケジュールの例示

16年度(2004)

17年度(2005)

18年度(2006)

19年度(2007)

20年度(2008)

21年度(2009)

立坑
主立坑
換気立坑
予備ステージ
計測坑
中間ステージ
最深ステージ

180m/40m+3ヶ月=7.5月

立坑地質構造調査
水平坑道地質構造調査
3次元地質(研究試験場)
地下水挙動調査
深部領域
地下水の地球化学的特性調査・長期モニタリング
坑道掘削影響試験、岩盤・岩石物性試験
・研究坑道の設計・施工計画 構築技術(測定を設計にフィードバックするシステム技術、研究の品質を確保する研究を含む)
・安全性を確保する技術の研究
・研究坑道の建設技術の研究
・施工対策技術の研究
・掘削影響の修復・軽減技術の研究
・人工材料の岩盤への長期影響評価試験
・地震動観測、地質環境変化

表6.2-6 (2) 超深地層研究所調査・研究基本スケジュールの例示

7. まとめ

本研究では、超深地層研究所における調査・研究の展開に際し、処分事業の実施及び安全規制の状況を踏まえ、超深地層研究所計画の第2段階、第3段階の調査・研究計画への目標を整理した。

第2段階および第3段階の調査・研究計画の検討においては、最新の「超深地層研究所 地層科学研究基本計画（2002年・2月）」に示される調査・研究項目を施設スケールおよび坑道スケールの地質環境モデルの構築、予測、検証の始点から整理し、各段階で実施すべき調査・研究項目を整理し、現在の項目の過不足について検討した。

さらに、調査・研究計画について、各調査・研究から求められる場所の条件を検討、整理し、今後調査の進展とともに段階的に見直し・修正を行う際の判断材料をとりまとめた。これにより、合理的かつ効率的な施設レイアウトの設計、および施工計画を反映した全体スケジュールの段階的な検討および妥当性の確認が可能となる。また、各調査・研究から求められる場所の条件から、現時点での調査・研究試験の実施場所（施設レイアウト）について検討し、全体スケジュール案を策定した。

最後に、処分事業実施および安全規制に係わる各種基準・指針類の策定への要件に対する全体スケジュールの実現性について検討し、現時点での制約条件や技術的困難性についての考察をとりまとめた。

超深地層研究所の調査・研究計画は、調査・研究の進展に伴い、段階的に見直し、修正される。現在、第1段階：地表からの調査予測研究段階の段階目標の一つは、第2段階の計画の策定であり、本研究の成果が計画策定に有效地に反映されることが望まれる。