

地質環境モデルの構築技術に関する研究

研究概要

(核燃料サイクル開発機構 業務委託報告書)

2002年3月

三菱マテリアル株式会社

本資料の全部または一部を複写・複製・転写する場合は、下記にお問い合わせください。

〒319-1184 茨城県那珂郡東海村村松4番地49

核燃料サイクル開発機構

技術展開部 技術協力課

Inquiries 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

2002年3月

地質環境モデルの構築技術に関する研究

-研究概要-

(核燃料サイクル開発機構 業務委託報告書)

辻本恵一*，篠原芳紀*，齋藤茂幸*，上田真三*，
河村裕二*，富山真吾*，大橋東洋*

要 旨

従来の地層処分の研究開発では仮想的な地質環境を前提に性能・安全評価が実施されてきたが、今後は具体的な地質環境条件を考慮した設計・シナリオに基づいて安全評価を行うことが重要になると考えられる。そのため地層処分の研究開発を構成する3分野(地質環境条件の調査，処分技術，安全評価)の連携が世界的な研究課題である。そこで，各分野における試験データ取得から解析・評価に至るまでの情報の流れを整理し，これらを有機的かつ階層的に統合した知識ベースとして体系化していくことが重要となる。

本研究では統合解析システムの開発に資するため，第2次取りまとめに向けて構築されてきた地質環境の調査技術，及び地質環境モデルの構築技術を整理するとともに，今後建設が進められる深地層の研究施設への適用性も考慮した上で，これらを知識ベースとして体系化するための検討を実施した。検討に際しては，地質環境特性調査手法の体系化と，地質構造及び水理地質構造モデルの構築手法の体系化を行った。また地質環境モデルの構築に関する品質保証方法の検討を行った。

次に，地質環境モデルの構築手法の体系化結果に基づいて統合解析システムで扱うデータを検討して，データベース構造の設計を行った。また，統合データベースに保存されたデータに対する画像処理機能の設計検討を行った。

さらに将来的に統合解析システムに取り込むための情報として追加評価モデルについて整理した。

本報告書は三菱マテリアル株式会社が核燃料サイクル開発機構との契約により実施した研究成果に関するものである。

機構担当課室：東海事業所 環境保全・研究開発センター 処分研究部 システム解析グループ

*三菱マテリアル株式会社

March, 2002

Study on the Development of Geological Environmental Model

**(Document Prepared by Other Institute, Based on the Trust
Contract)**

**Keiichi Tsujimoto*, Yoshinori Shinohara*, Shinzo Ueta*, Shigeyuki
Saito*, Yuji Kawamura*, Shingo Tomiyama*, Toyo Ohashi***

ABSTRACT

The safety performance assessment was carried out in potential geological environment in the conventional research and development of geological disposal, but the importance of safety assessment based on the repository design and scenario considering the concrete geological environment will increase in the future. The research considering the link of the major three fields of geological disposal, investigation of geological environment, repository design, and safety performance assessment, is the contemporary worldwide research theme. Hence it is important to organize information flow that contains the series of information process from the data production to analysis in the three fields, and to systemize the knowledge base that unifies the information flow hierarchically.

The purpose of the research is to support the development of the unified analysis system for geological disposal. The development technology for geological environmental model studied for the second progress report by JNC are organized and examined for the purpose of developing database system with considering the suitability for the deep underground research facility. The geological environmental investigation technology and building methodology for geological structure and hydro geological structure models are organized and systemized. Furthermore, the quality assurance methods in building geological environment models are examined.

Information which is used and stored in the unified analysis system are examined to design database structure of the system based on the organized methodology for building geological environmental model. The graphic processing function for data stored in the unified database are examined.

Furthermore, future research subjects for the development of detail models for geological disposal are surveyed to organize safety performance system.

This Work was performed by Mitsubishi Materials Co. under contract with Japan Nuclear Cycle Development Institute.

JNC Liaison: Tokai Works, Waste Isolation Research Division, Repository System Analysis Group

* Mitsubishi Materials Co.

目 次

1	はじめに	1
2	地質環境モデルの構築技術に関する検討	2
2.1	地質環境特性調査手法の体系化	3
2.1.1	地質環境調査の段階的進め方	3
2.1.2	調査手法の段階ごとの整理	4
2.1.3	地質環境調査で扱う情報の流れの整理	8
2.2	地質環境モデルの構築技術の体系化	16
2.2.1	国内外における地質環境モデリングのシステム及び適用事例の調査	16
2.2.2	地質環境モデルの構築に関する情報処理の体系化	18
2.2.3	ワークフロー図，ワークシート，及びデータフローシート	23
2.3	データベースの設計	45
2.3.1	地質環境モデルを対象としたデータベースの設計検討	45
2.3.2	地質環境モデルの表示機能の設計検討	70
3	追加評価モデルの検討	81
3.1	課題の抽出	81
4	おわりに	91
5	今後の課題	92

目 次

図 2.1-1	地質環境特性間（第一次階層）の情報の流れ	9
図 2.1-2	地質環境特性間（第二次階層）の情報の流れ	12
図 2.2-1	各段階におけるデータ及びデータセットと構築されるモデルの関係	20
図 2.2-2	ワークフロー図（全体）	25
図 2.2-3	ワークフロー図（地質レベル 1）	26
図 2.2-4	ワークフロー図（水理レベル 1-1）	27
図 2.2-5	ワークフロー図（水理レベル 1-2）	28
図 2.2-6	ワークフロー図（地質レベル 2-1）	29
図 2.2-7	ワークフロー図（地質レベル 2-2-1）	30
図 2.2-8	ワークフロー図（地質レベル 2-2-2）	31
図 2.2-9	ワークフロー図（地質レベル 2-3）	32
図 2.2-10	ワークフロー図（地質レベル 2-4）	33
図 2.2-11	ワークフロー図（水理レベル 2-1）	34
図 2.2-12	ワークフロー図（水理レベル 2-2）	35
図 2.2-13	ワークフロー図（水理レベル 2-3）	36
図 2.2-14	ワークフロー図（水理レベル 2-4）	37
図 2.2-15	ワークフロー図（水理レベル 2-5）	38
図 2.2-16	ワークフロー図（水理レベル 2-6）	39
図 2.2-17	ワークフロー図（水理レベル 2-7）	40
図 2.2-18	ワークフロー図（水理レベル 2-8）	41
図 2.2-19	ワークフロー図（水理レベル 2-9）	42
図 2.3-1	システム概念図	50
図 2.3-2	システム機能概念図	51
図 2.3-3	データベース構造（地質構造 1）	58
図 2.3-4	データベース構造（地質構造 2）	59
図 2.3-5	データベース構造（地質構造 3）	60
図 2.3-6	データベース構造（地質構造 4）	61
図 2.3-7	データベース構造（水理地質構造 1）	66
図 2.3-8	データベース構造（水理地質構造 2）	67
図 2.3-9	補間パラメータの設定画面	76
図 2.3-10	データ点の分布	77
図 2.3-11	地層別に色分けした坑跡の 3 次元表示	78
図 2.3-12	地層モデルの 3 次元表示	79
図 2.3-13	物理探査データの 3 次元表示	79

図 2.3-14	モデルの重ね合わせ表示(鳥瞰).....	80
図 2.3-15	モデルの重ね合わせ表示(断面).....	80

表 目 次

表 2.1-1	地形・地質構造特性の階層構造	13
表 2.1-2	地下水流動特性の階層構造	14
表 2.1-3	地球化学特性の階層構造	15
表 2.1-4	岩盤熱物性・力学物性の階層構造	15
表 2.2-1	地形・地質構造特性の各調査手法項目と段階別の利用性.....	43
表 2.2-2	地下水流動特性の各調査手法項目と段階別の利用性.....	44
表 2.3-1	システムのテーブル一覧表（地質）	56
表 2.3-2	システムのテーブル一覧表(水理).....	64
表 2.3-3	ワークフロー図及びワークシートのデータベース化手法.....	69
表 2.3-4	画像種類（地質データ1）	71
表 2.3-5	画像種類（地質データ2）	72
表 2.3-6	画像種類（水理データ）	73
表 2.3-7	データシートの構成	75
表 3.1-1	地質構造モデルもしくは水理地質構造モデルの構築に関わる課題の抽出...83	
表 3.1-2	地質構造モデルもしくは水理地質構造モデルの構築に関わる課題の抽出...84	
表 3.1-3	地質構造モデルもしくは水理地質構造モデルの構築以外の課題の抽出.....85	
表 3.1-4	地質構造モデルもしくは水理地質構造モデルの構築以外の課題の抽出.....86	
表 3.1-5	地質構造モデルもしくは水理地質構造モデルの構築以外の課題の抽出.....87	
表 3.1-6	地質構造モデルもしくは水理地質構造モデルの構築以外の課題の抽出.....88	
表 3.1-7	地質構造モデルもしくは水理地質構造モデルの構築以外の課題の抽出.....89	
表 3.1-8	地質構造モデルもしくは水理地質構造モデルの構築以外の課題の抽出.....90	

1 はじめに

サイトを特定しない第2次取りまとめにおいては、仮想的な地質環境に例示的な処分システムが構築され、これが所期の安全機能をすべて発揮することを前提に性能・安全評価を行ってきた。今後は、処分事業の進展に伴って、処分地（候補地等を含む）が持つ具体的な地質環境条件を適切に考慮した設計・シナリオに基づいて評価モデルおよびパラメータを設定し、安全評価を実施していくことが重要となる。地層処分の研究開発は、地質環境条件の調査（サイト特性調査）、処分技術（処分場の設計）、安全評価の3分野から成り立っている。しかし、各分野とも高度に専門的であることから、これら3つの分野の連携をいかに図るかが世界的にも課題となっている。そのため、各分野における試験データ取得、現象理解、シナリオ構築、モデル開発、解析・評価に至るまでの情報の流れを整理し、これらを有機的かつ階層的に統合した知識ベース（データベース）として体系化していくことが重要となる。

本研究では、統合解析システムの開発に資するため、第2次取りまとめに向けて構築されてきた地質環境の調査技術ならびに地質環境モデルの構築技術を整理するとともに、今後建設が進められる深地層の研究施設への適用性も考慮した上で、これらを知識ベースとして体系化するための検討を実施した。検討に際しては、サイト特性調査手法の体系化と、地質構造モデル及び水理地質構造モデルの構築手法の体系化を行い、これらの調査手法とモデル化の関わりを整理した。また将来的に統合解析システムに取り込むための情報として追加評価モデルについて整理した。

2 地質環境モデルの構築技術に関する検討

ここでは、地質環境モデルの構築技術に関する検討として、次の3項目を実施した。

地質環境特性調査手法の体系化

地質環境モデルの構築技術の体系化

データベースの設計

地質環境特性調査手法の体系化では、地質調査の段階的進め方と個別調査手法の段階ごとの整理を行った。調査手法及びそこから得られる情報を階層分類し、情報の流れを整理した。

地質環境モデルの構築技術の体系化では、国内外における地質環境モデリングのシステム及び適用事例の調査をした後、地質環境モデルの構築に関する情報処理の体系化として品質管理の方法の検討及び段階に応じたモデルのあり方を検討し、モデル構築に関する情報処理の体系化を行った。また、それらの成果を基に、モデル構築に関するワークをフロー化して示した。

また、データベースの設計では、上記の各成果を基に具体的なデータベースの設計を行った。

2.1 地質環境特性調査手法の体系化

地層処分に関する地質環境評価が行われた国内事例（第 2 次取りまとめ，及びその後の JNC 殿による技術レポート，学会発表など）をもとに，システム化の基礎情報として地質環境調査に関する情報の流れを整理した。具体的な整理事項は以下の 3 項目に集約される。

調査手法の体系化

各調査手法の処分事業の段階ごとの考え方の整理

各調査データが設計，性能評価に反映されるまでの情報の流れの整理

各項目について，以下それぞれ報告する。

2.1.1 地質環境調査の段階的進め方

地質環境調査を以下の 4 つの段階に分けて整理する。

文献調査段階(国の“概要調査地区の選定”の段階に相当)

地上からの調査段階(国の“精密調査地区の選定”の段階に相当)

坑道掘削調査段階（国の“最終処分施設建設地の選定”の段階の前半に相当）

地下施設を利用した調査段階(URL での調査段階；国の“最終処分施設建設地の選定”の段階の後半に相当)

各段階の調査の概要は次のように考えられる。

(1) 文献調査段階における地質環境調査

この段階では，既存情報を利用して調査が行われる。対象とする情報として，以下の項目が例示される。

- ・ 既存文献調査

(2) 地上からの調査段階における地質環境調査

この段階では，現地に入って行う空中及び地表からの地下情報の取得を対象とした調査技術が対象である。以下の調査項目が挙げられる。

- ・ 空中・地表調査
- ・ ボーリング調査

(3) 坑道掘削調査段階における地質環境調査

この段階では，前段階での現地調査に基づき地下施設掘削位置を定めた後に実施する，地下施設の坑道掘削に伴う調査技術が対象である。ここで，“坑道掘削調査段階”とは“地下施設を構成する坑道及び空洞の掘削・施工に伴って実施される調査の段階”と考えられ，これは通常かなりの長期間に亘るものである。このため，この次の調査段階である“地下施設を利用した調査段階”に入った後，早い時点で実施される掘削された空洞や坑道を利用した調査であれば本段階の遅い時期の調査と並行して実施されることもあり得る。

この段階では、次の3種類の調査が実施されると推定される。

- ・坑道を利用した調査
- ・先進ボーリング孔を利用した調査
- ・坑内ボーリング孔を利用した調査

(4) 地下施設を利用した調査段階における地質環境調査

この段階では、前段階での地下施設の坑道調査の実施後に、掘削によって得られた空洞ないし坑道、あるいはそれらに設けられているボーリング孔を利用して行う調査技術が対象である。前段階と同様、この段階の調査項目や調査内容は今後も検討が進められるものであり、現時点では明確に定めることは出来ない。このため、ここでは現状の知見より推定される技術を対象とする。

この段階では、次の3種類の調査が実施されると推定される。

- ・坑道を利用した調査
- ・坑内ボーリング孔を利用した調査
- ・長期計測

2.1.2 調査手法の段階ごとの整理

地質環境調査手法に関して、2.1.1節で既述した4段階のそれぞれの進め方を踏まえて、以下の4項目の調査対象とする特性ごとに整理する。

- 地形・地質構造特性
- 地下水流動特性
- 地球化学特性
- 岩盤熱物性・力学物性

(1) 地形・地質構造特性に対する調査手法の整理

(i) 文献調査段階

この段階では、既存資料の利用と机上調査が可能な調査技術が対象である。以下の調査項目が挙げられる。

- ・既存文献調査
- ・既存記録調査
- ・既存リモートセンシングデータ解析(衛星画像、航空写真)

(ii) 地上からの調査段階

以下の調査項目が挙げられる。

- ・リモートセンシング調査
- ・地形調査
- ・地質踏査・トレンチ調査

- ・物理探査
 - ・ボーリング調査
- (iii) 坑道掘削段階
- 以下の調査項目が挙げられる。
- ・坑道を利用した調査
 - ・先進ボーリング孔を利用した調査
 - ・坑内ボーリング孔を利用した調査
- (iv) 地下施設を利用した調査段階
- 以下の調査項目が挙げられる。
- ・坑道を利用した調査
 - ・坑内ボーリング孔を利用した調査
 - ・長期計測

(2) 地下水流動特性に対する調査手法の整理

(i) 文献調査段階

この段階では、既存資料の利用と机上調査が可能な調査技術が対象である。

(ii) 地上からの調査段階

以下の調査項目が例示される。

- ・地下水位調査
- ・湧水調査
- ・間隙水圧調査
- ・流向流速調査
- ・透水性調査
- ・物理試験
- ・水収支調査
- ・水利用調査
- ・不飽和浸透特性調査
- ・ボーリング調査
- ・トレーサー試験

(iii) 坑道掘削調査段階

地上からの調査段階で提示した調査技術に加え、さらに、この段階で行われる特徴的な調査項目については、次のように例示される。

- ・湧水調査
- ・掘削面湧水調査
- ・坑道規模透水試験
- ・床盤注水試験

(iv) 地下施設を利用した調査段階

地上からの調査段階で提示した調査技術に加え，さらに，この段階で行われる特徴的な調査項目については，次のように例示される。

- ・透水性調査
- ・トレーサー試験
- ・長期計測

(3) 地球化学特性に対する調査手法の整理

(i) 文献調査段階

この段階では，既存資料の利用と机上調査が可能な調査技術が対象である。

(ii) 地上からの調査段階

以下の調査項目が例示される。

(a) 水質調査

- ・化学分析調査
- ・溶存ガス調査
- ・年代調査
- ・影響要因調査

(b) 岩石調査

- ・化学組成調査
- ・鉱物組成調査
- ・鉱物・水反応調査
- ・年代調査

(iii) 坑道掘削調査段階

地上からの調査段階で提示した調査技術に加え，さらに，この段階で行われる特徴的な調査項目については，次のように例示される。

- ・坑道を利用した調査
- ・先進ボーリング孔を利用した調査
- ・坑内ボーリング孔を利用した調査

(iv) 地下施設を利用した調査段階

地上からの調査段階で提示した調査技術に加え，さらに，この段階で行われる特徴的な調査項目については，次のように例示される。

- ・地下設備を用いた直接採取及び分析
- ・坑内ボーリング孔を利用した調査
- ・長期計測

(4) 岩盤熱物性・力学物性に対する調査手法の整理

(i) 文献調査段階

この段階では、既存資料の利用と机上調査が可能な調査技術が対象である。

(ii) 地上からの調査段階

以下の調査項目が例示される。

- ・基本物性調査
- ・熱物性調査
- ・力学特性調査

(iii) 坑道掘削調査段階

地上からの調査段階で提示した調査技術に加え、さらに、この段階で行われる特徴的な調査項目については、次のように例示される。

- ・坑道を利用した調査
- ・ボーリング孔を利用した調査
- ・先進ボーリング孔を利用した調査
- ・坑内ボーリング孔を利用した調査

(iv) 地下施設を利用した調査段階

地上からの調査段階で提示した調査技術に加え、さらに、この段階で行われる特徴的な調査項目については、次のように例示される。

- ・地下施設を利用した調査（AE計測，振動計測，地震動計測など）
- ・坑内ボーリング調査
- ・坑内ボーリング孔を利用した調査

2.1.3 地質環境調査で扱う情報の流れの整理

地質環境調査で扱う情報を階層構造で示し、設計や性能評価へ反映する際の流れを描く。階層構造としては、第一次階層構造から第二次もしくは第三次の階層構造までを扱う。流れを描くに当たって、ある特性を検討するために必要なデータ(必要データ)と検討の結果出力されるデータ(出力データ)を明らかにする。

以下に示す情報の流れの基本的な構図は調査の段階によっては大きくは変わらないと思われる。しかし、調査の段階ごとに利用可能な情報が異なり、それぞれの段階で使用可能な最新のデータが用いられる。すなわち前の段階と同じ項目のデータであっても、その質と量は異なることが予想される。

(1) 第一次階層での情報の流れ

第一次階層は、情報を分野ごとに大きく分けて扱うこととし、2.1.2 節で扱った次の4項目をそのまま適用する。

- 地形・地質構造特性
- 地下水流動特性
- 地球化学特性
- 岩盤熱物性・力学特性

情報の流れにおけるこれら各項目の全体的な位置関係について、図 2.1-1 のように想定した。

まず、地形・地質構造特性は、対象とする領域の基本的な構造を表す情報として、その他全ての特性情報の基礎になる。また、性能評価や設計に対しても直接的に情報を提供する。

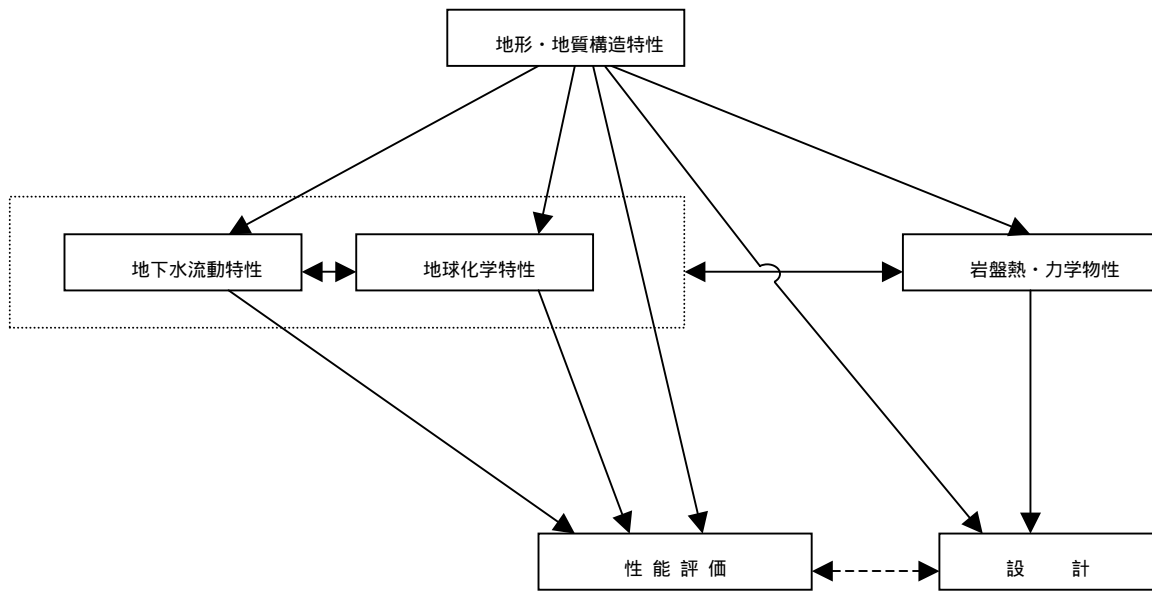


図 2.1-1 地質環境特性間（第一次階層）の情報の流れ

(2) 第二次階層の分類

第一次階層の各特性を第二次階層に展開するに当たり、まず測定を行う調査手法に従って細分化することとした。その上で、情報の流れに従ってさらに適切な分類を行い得る場合にはより適切な分類を検討することとした。調査手法は調査データと直結しており、データベースを考える上での基礎になる情報である。また、たとえば透水性の調査から透水係数という情報が得られ、その情報はモデル構築に直接的に利用可能であるなど、一般に調査手法による分類はモデル構築に役立つ個々のデータ分類とほぼ同義である可能性が高い。ここでは、調査方法を示すにあたり 2.1.2 節で整理した調査手法を用いた。その内容は地上からの調査段階で提示した調査手法でほぼ網羅されており、一部その後の調査段階の特徴的調査手法が含まれる。

各項目の第二次階層の分類は以下の通りである。

(i) 地形・地質構造特性

地形・地質構造特性について、次の 6 項目を先ず検討する。

- 地形調査
- 地質踏査・トレンチ調査
- リモートセンシング調査
- 物理探査
- ボーリング調査
- 坑道調査

上記の ~ の分類は地質構造を検討する上で、いずれも何らかの同一の目的に対応する情報を、違った形で提供することができるため、情報の流れの整理という観点からはそれぞれ対等に扱われることとなり、情報の流れの整理が困難である。むしろ、情報の質に沿って、再整理が必要であると考え、次の 4 分類による整理を検討した。

- 地形情報
- 地質情報
- 割れ目情報
- 物理特性情報

これらの 4 項目の情報は、いずれも地質構造モデルを構築する上で必要不可欠な成分である。

なお、データベースの構造は前述の 6 項目で構成し、また情報の流れの整理に関しては、前述の 4 項目で行うため、情報が二重構造となり、扱いに際して混乱することが予想される。しかし、このような情報構造の複雑さは地形・地質構造特性に特徴的なものと考えられ、ここではそのまま二重構造で扱うこととする。

(ii) 地下水流動特性

地下水流動特性について 2.1.2 節では次の 10 項目を示した。

地下水水位調査
湧水調査
間隙水圧調査
流向流速調査
透水性調査
物理試験
水収支調査
水利用調査
不飽和浸透特性調査
トレーサー試験

まず、これらの調査から得られる情報は、基本的にそのまま情報の流れの整理で利用可能と思われる。しかし、これらは前述の地形・地質構造特性について設定した地形情報等の 4 分類と比べてレベルが細かすぎる。そこで、上記 10 項目を次の 3 項目により集約することを検討した。

境界条件・初期条件情報
透水性に関わる情報
物理特性情報

地下水水位調査、湧水調査、間隙水圧調査、流向流速調査、水収支調査、及び水利用調査の 6 項目は境界条件・初期条件情報に分類する。透水性調査、不飽和浸透特性調査、及びトレーサー試験の 3 項目は透水性に関わる情報に分類する。また、物理試験は物理特性情報に分類することによって、前述の 10 項目を集約することができる。

なお、別途地表調査、試錐調査、室内試験・屋外試験などの分類も行い得る。境界条件・初期条件等の分類は、調査成果に着目した分類と言える。これに対して、地表調査等の分類は、調査方法に着目した分類である。第三次階層において主に取得データを考えるため、ここでは、前者の第二次階層としては、調査成果に着目した分類の方が適切と判断される。

(iii) 地球化学特性

地球化学特性について 2.1.2 節では次の 2 項目を示した。

水質調査
岩石調査

この 2 項目はそのまま第二次階層の分類として利用可能である。

(iv) 岩盤熱物性・力学特性

岩盤熱物性・力学特性について 2.1.2 節では次の 3 項目を示した。

基本物性調査

熱物性調査

力学物性調査

この 3 項目はそのまま第二次階層の分類として利用可能である。

(3) 第二次階層での情報の流れ

前項における第二次階層の分類に従って、第二次階層の情報の流れを以下に整理した。整理した結果を、図 2.1-2 に示す。なお、地形・地質構造特性に関する 6 項目の特性から 4 項目の情報に集約する部分については、4 項目の情報への集約に際して 6 項目が全て何らかの形で寄与すると考えた。

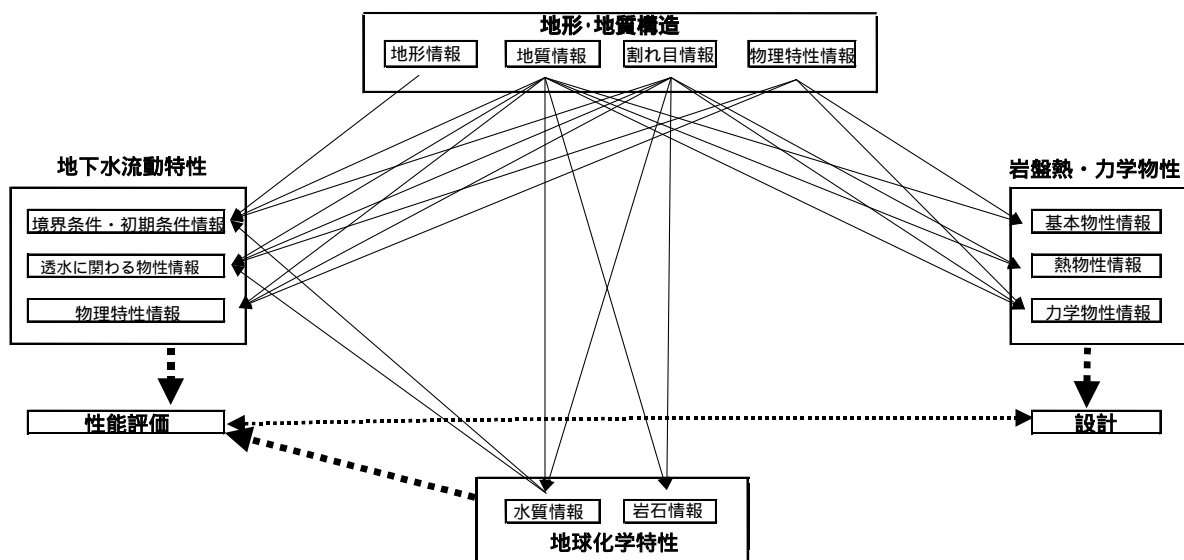


図 2.1-2 地質環境特性間（第二次階層）の情報の流れ

(4) 第三次階層の分類

第三次階層分類に当たっては、第二次階層をまず調査手法に基づいて整理したことから、第三次階層は調査手法の細分化もしくは調査から得られる成果に着目した。その内容は既に 2.1.2 節で報告しており、これを整理して、地形・地質構造特性、地下水流動特性、地球化学特性、及び岩盤熱物性・力学物性に対して、表 2.1-1～表 2.1-4 においてそれぞれ示した。また表では、さらにその下の階層に相当する調査から得られるデータにも言及した。

表 2.1-1 地形・地質構造特性の階層構造

第一次階層	第二次階層 (調査技術名)	第三次階層	取得データ	第二次階層 (特性情報項目) との対応*
地質・地質構造 特性	リモートセンシング調査	航空写真解析	地質ユニットの区分、各ユニットの分布、被覆関係	地形情報 地質情報 割れ目情報
			リニアメント、断層の分布	
	地層の走向・傾斜、褶曲構造			
	地すべり分布			
	植生分布			
	衛星画像解析	地質ユニットの区分、各ユニットの分布、被覆関係	地形情報 地質情報 割れ目情報 物理特性情報	
		リニアメント、断層の分布		
		地層の走向・傾斜、褶曲構造		
		地表放射温度分布		
	地形調査	標高測量	地形面の緯度・経度・標高分布	地形情報
	地質踏査・ トレンチ調査	岩相・岩質調査	観察地点の緯度・経度・標高	地形情報
			岩相ないしは岩質 岩相(堆積岩類・火山砕屑岩類の場合) : 岩石名、色調、硬さ、構成粒子・礫の種類・粒径・形状・円磨度・含有比・淘汰度、堆積構造の特徴 岩質(火山岩類・結晶質岩類の場合) : 岩石名、色調、硬さ、構成鉱物の種類・粒径・形状・含有比、岩石組織の特徴 変質の種類、程度、特徴 化石の産状	地質情報 割れ目情報
			観察地点の緯度・経度・標高	地形情報
			地質境界の種類(堆積面、貫入面、断層面など)、形状、特徴、代表的箇所の走向・傾斜	地質情報 割れ目情報
			観察地点の緯度・経度・標高	地形情報
		断裂系調査	断裂の種類(断層、破砕帯、鉱脈、裂か、節理、劈開など)、長さ、幅、走向・傾斜、充てん物の種類・特徴、条痕の特徴、共役断裂の組み合わせ	地質情報 割れ目情報
			観察地点の緯度・経度・標高	地形情報
		褶曲構造調査	観察地点の緯度・経度・標高	地形情報
			堆積面の走向・傾斜、褶曲の分類名称・特徴、褶曲軸の走向・傾斜	地質情報 割れ目情報
		地史調査	観察地点の緯度・経度・標高	地形情報
	キーベッド情報、層序対比		地質情報 割れ目情報	
	物理探査	空中電磁探査	磁場強度(同相・離相成分)、測点位置座標	地質情報 割れ目情報 物理特性情報
		空中磁気探査	全磁力、定点の時間変動磁場、測点位置座標	
空中放射能探査		全放射線強度、各種放射線強度(K,U,Th)、測点位置座標		
重力探査		相対重力値、標高、絶対重力値、補正密度、測点位置座標		
電気探査		電流値、電圧値、見掛け抵抗値、測点位置座標		
電磁探査		電場強度、磁場強度、見掛け抵抗、位相差、測点位置座標		
屈折法地震探査		波形記録、走時、測点位置座標		
反射法地震探査		波形記録、走時、測点位置座標		
孔間トモグラフィ		孔間の比抵抗・弾性波データ、測点位置座標		
コア観察		地質・割れ目性状及び分布		
ボーリング調査	孔壁調査	ポアホールテレビ・ポアホールレーダーデータ(孔壁の岩相、割れ目分布)	地質情報 割れ目情報 物理特性情報	
	物理検層	各種物理検層データ(ボーリング孔近傍の詳細な構造データ)		
坑道調査	坑壁調査(内容は、上述の地質踏査・トレンチ調査と同様)	坑壁の岩相・割れ目分布等	地質情報 割れ目情報 物理特性情報	

* 第二次階層(特性情報項目)との対応: 図2.1.3-2に示した第二次階層と調査技術に基づく第二次階層の対応を示す。

表 2.1-2 地下水流動特性の階層構造

第一次階層	第二次階層 (調査技術名)	第三次階層		取得データ	調査や試験の手法的分類との対応*	
地下水流動特性	境界条件・初期条件調査	地下水位調査		表面水位 地下水位	試錐調査	
		湧水調査	(自然湧水調査)	湧水量 地下水頭分布	地表調査	
			掘削面湧水調査	湧水量(掘削面) 地下水頭分布(掘削位置)	坑道掘削調査	
			坑道湧水調査	湧水量(坑道内) 地下水頭分布(坑道位置)	坑道掘削調査	
				湿度		
		間隙水圧調査		間隙水圧	試錐調査	
		流向流速調査		揚水量 流向 流速	試錐調査	
		水収支調査	気象観測	降水量、蒸発量 風向、風速 気温、湿度、気圧 日照量、日照量、放射量	地表調査	
			自然湧水調査	湧水量		
		水利用調査		堰等による取水位置、取水量、取水期間 用排水路の系統と取水目的、取水量、取水期間	地表調査	
		透水性に関わる物性調査	単孔式透水試験		水の注入圧力 揚水量 水位の低下	試錐調査
				多孔間透水試験	観測区間の圧力低下 間隙水圧 水位回復の経時変化 間隙水圧回復の経時変化	試錐調査
	坑道規模透水試験				間隙水圧分布 湧水量 動水勾配(距離と水頭差から)	坑道掘削調査
	床盤注水試験			ビット壁面からの湧水量 動水勾配(距離と水頭差から)	坑道掘削調査	
			室内透水試験	室内透水試験による測定値(水位差・流出水量とそれぞれの測定時間)	室内試験	
	不飽和浸透特性調査			ある体積含水率における室内透水係数試験測定値(水位差・流出水量とそれぞれの測定時間) ある体積含水率におけるサクション圧	試錐調査 室内試験	
	トレーサ試験			トレーサ濃度 浸透性に関わるパラメータ(距離、水頭差、有効間隙率など)	試錐調査 室内試験	
	物理特性調査		物理試験		乾燥状態、湿潤状態及び水中での試料重量 試料容積、間隙率等 水の密度 試料の寸法	室内試験

* 調査や試験の手法的分類との対応：1種類の調査・試験から多岐にわたる情報が得られることを鑑み、取得する情報項目による分類(表中第二次階層)に対する実施する調査・試験項目の対応を示す。

表 2.1-3 地球化学特性の階層構造

第一次階層	第二次階層 (調査技術名)	第三次階層		取得データ
地球化学特性	水質調査	化学成分調査	pH、Eh測定等	pH、Eh、温度等データ
			主要成分分析	Na、Mg、K、Ca等陽イオン成分、Cl、SO4等陰イオン成分、等
			微量成分分析	U等
		溶在ガス調査	ガス分析	N2、O2等
		年代調査	同位体分析	H-3、O-18分析データ等
		影響要因調査	各種分析	コロイド、有機物、微生物等含有量
	岩石調査	化学組成調査	主要成分分析	Na、Si、Al等
			微量成分分析	U、Th等
		鉱物組成調査	主要鉱物分析	石英、長石類等
			微量鉱物分析	粘土鉱物、等
		鉱物・水反応調査	イオン交換特性、溶出特性等	陽イオン交換容量、溶出成分等
		年代調査	同位体分析、フィッシュョントラック法分析等	K-Ar、C-14分析データ等

表 2.1-4 岩盤熱物性・力学物性の階層構造

第一次階層	第二次階層 (調査技術名)	第三次階層		取得データ
岩盤 熱物性・ 力学物性	基本物性調査	基本物性調査	各種測定	密度(飽和、自然、乾燥)、間隙率、含水率等
	熱物性調査	熱伝導率調査	熱伝導率測定	熱伝導率
		比熱調査	比熱測定	比熱
		線膨張係数調査	線膨張係数測定	線膨張係数
	力学物性調査	圧縮強度調査	一軸圧縮強度	一軸圧縮強度
			三軸圧縮強度	せん断強度、内部摩擦角
		引張強度調査	引張強度測定	引張強度
		弾性係数調査	弾性係数測定	弾性係数
	地山強度比調査	地山強度比(初期地圧)測定	三次元主応力(方向、大きさ)	

2.2 地質環境モデルの構築技術の体系化

本項では地質環境調査手法の体系化結果に基づいて、地質構造モデルの構築に関する情報処理の体系化を検討した。

まず、国内外における地質環境モデリングのシステム及び適用事例の調査を実施した。次に高レベル放射性廃棄物地層処分場の設計、及び性能評価に必要とされる地質環境データ項目を網羅した地質環境モデルの構築に関する情報処理の体系化を行った。

2.2.1 国内外における地質環境モデリングのシステム及び適用事例の調査

本項では地形・地質構造モデルに限定せずに、地熱及び石油掘削関係を含めた広い意味での地質環境モデルを対象として、国内外における地質環境モデリングのシステム及び適用事例の調査を行い、今年度及び次年度以降の検討の基礎情報として整理した。

地質環境モデリングのシステムの調査に当たっては以下を念頭において調査を実施した。

- ・ 広い意味での地質環境モデルを対象としたシステムを調査した
- ・ 研究用や特定サイトにのみ適用される非公開システムは対象外とした
- ・ 地質環境モデリングシステムを対象とし、地質環境モデリングシステムの構成要素である特定の分野に特化したシステム（例えば地下水流動解析ソフトなど）は対象外とした

調査結果を要約すると、VULCAN と EARTH VISION が最も多種類の機能を備えており、適用分野も地質、石油関係、地熱発電、土木など多方面に及んでいる。この2つのシステムは地質調査データを収めるデータベース、各種手法やモデルにより地質構造モデルを作成するモデリング機能、地下空間を3次元で可視化する可視化機能を備えている。さらに鉱山や石油関係、ボーリング孔の計画など、具体的な分野に特化したアプリケーションも備えている。様々な機能を実現する多数のソフトウェアとアプリケーションが統合システムを構成することがこの2種のシステムの特徴である。

VULCAN と EARTH VISION 以外のシステムについては、機能が石油関係など特定の分野に特化されているシステムが多いことが特徴である。また、データベース、モデリング、可視化の3種の基本機能を持つことは VULCAN と EARTH VISION と同じである。また、調査対象の全てのシステムが、地下構造をユーザに理解し易くするために強力な3次元可視化機能を有していることは、地質環境のモデリングに関するシステム固有の特徴である。

主要な3種類の基本機能を以下にまとめた。

これらの基本機能が地層処分統合解析システムを構築するに当たって地質環境モデリング手法の参考になると考えられる。

(1) 地質調査データの取り込み機能

ボーリング、物理探査などの地質調査結果をシステムに取り込む機能である。

テキストファイル、excel 等のスプレッドシート形式など多種類の入力フォーマットに対

応し、データをデータベースに収容する事が可能である。

VULCAN では、ボーリングデータに特化したインターフェースを持っている。ボーリング孔が鉛直方向からずれている場合にも対応する機能を有している。

(2) 地質構造モデル作成

入力された離散的な地質調査データに対して補間を実施する機能である。多種類の補間モデルから選択することが可能である。

VULCAN では、モデル作成のためのメッシュ生成機能とデータ補間機能を有している。この2つの機能により、地質構造モデル作成が可能となっている。

メッシュ生成機能としては、地表面の形状に合わせて様々な大きさの直方体ブロックを生成する機能や、断層や地層面形状に合わせて様々な大きさの三角メッシュを生成する機能を有している。これらにより地質構造モデルの作成の基本となるメッシュを作成する。また、ボーリングデータを補間して3次元の地質構造モデルを作成するために必要なデータ補間機能としては、距離荷重法、クリギング法などによる補間機能を有している。

(3) 地質情報の可視化，表示

3次元の地質構造をユーザが理解しやすい形式で画像表示する機能である。その特徴を以下に示す。

- ・ 3次元地下構造モデルを任意の2次元断面，坑道内の視点移動，及び3次元立体視など様々な形式で画像表示する。
- ・ 3次元地下構造を三角メッシュ，四角メッシュ，ブロックなどにより画像表示する。
- ・ 複数のモデルを重複して表示する。（ボーリングデータと物理探査データなど）

2.2.2 地質環境モデルの構築に関する情報処理の体系化

今年度、情報処理の体系化を行う対象は、次の2種類である。

地形・地質構造特性を考慮した地質構造モデル

地下水流動特性を考慮した水理地質構造モデル

以下、上述2項目に共通する判断や手法の管理について検討した後、各モデル構築の手順をそれぞれ検討することにより情報処理の体系化を図った。

(1) モデル構築に必要な判断や手法の管理方法の検討

モデル構築に必要な判断や手法が適切に管理されることにより成果の品質が保証されると考えられる。このとき、品質管理を構成する要素は、次の3項目に大別することができる。

利用するデータの適切さの管理

適用する論理の適切さの管理

他の多くのデータ等情報との整合性のチェック

データは、それ自身多くの不確実さを抱えており、またそのデータを利用する際にも不確実さが生じる。このため、不確実さをどのように取り扱ったかという情報がブラックボックスであれば品質管理は困難である。

これらの内容には、場合によっては専門家の直観的判断 (Expert Judgement) に依存するものが含まれているが、品質管理の観点からは極力具体的に情報として残されることが望ましい。

また、他の多くのデータ等情報との整合性のチェックは、利用するデータや成果として得られるものの品質を確認するために重要である。このため、そういうチェックがなされたかどうか情報として残すことが望ましい。他の多くのデータ等の情報との整合性のチェックとしては、次の2種類が挙げられる。

一連の同一情報群の整理における取捨選択に関するチェック

異なる情報間の論理的整合性に関するチェック

前者の例として、多くの点データを処理して分布図を作成する際に棄却されるもしくは重要視される点データがあるとき、その情報を取捨選択した理由を残す作業がある。

これに対して後者については、たとえば地下水流動情報を地球化学情報と対比して論理的整合性が得られるかどうか、という検討作業が例示される。このような論理的整合性の確認行為については、用い得る情報の種類や量によって様々な異なった手法が適用され得る。

(2) それぞれの段階でのモデルのあり方

地上からの調査の段階以降、徐々に現地データの重みが増しつつ地質環境モデルが構築されていくことが予想される。どの段階でも、その時点で得られるデータに基づく最善の

モデルが構築される。調査の段階が進展するにつれ、得られるデータの質が向上し、量も増加する。それに伴い、モデルの精密さも向上することになる。それぞれの段階のデータ（もしくはデータベース）とモデルの関係は図 2.2-1 に模式化される。ここで、モデル構築に利用できる情報の観点からは、各段階のモデルは次の 2 項目に大別できる。

「既存情報 + 文献調査情報」に基づくモデル

「既存情報 + 現地調査情報」に基づくモデル

図 2.2-1 における予備的地質環境モデル及び地質環境モデル は、「既存情報 + 文献調査情報」に基づくモデルに相当する。また、地質環境モデル ~ は「既存情報 + 現地調査情報」に基づくモデルに相当する。

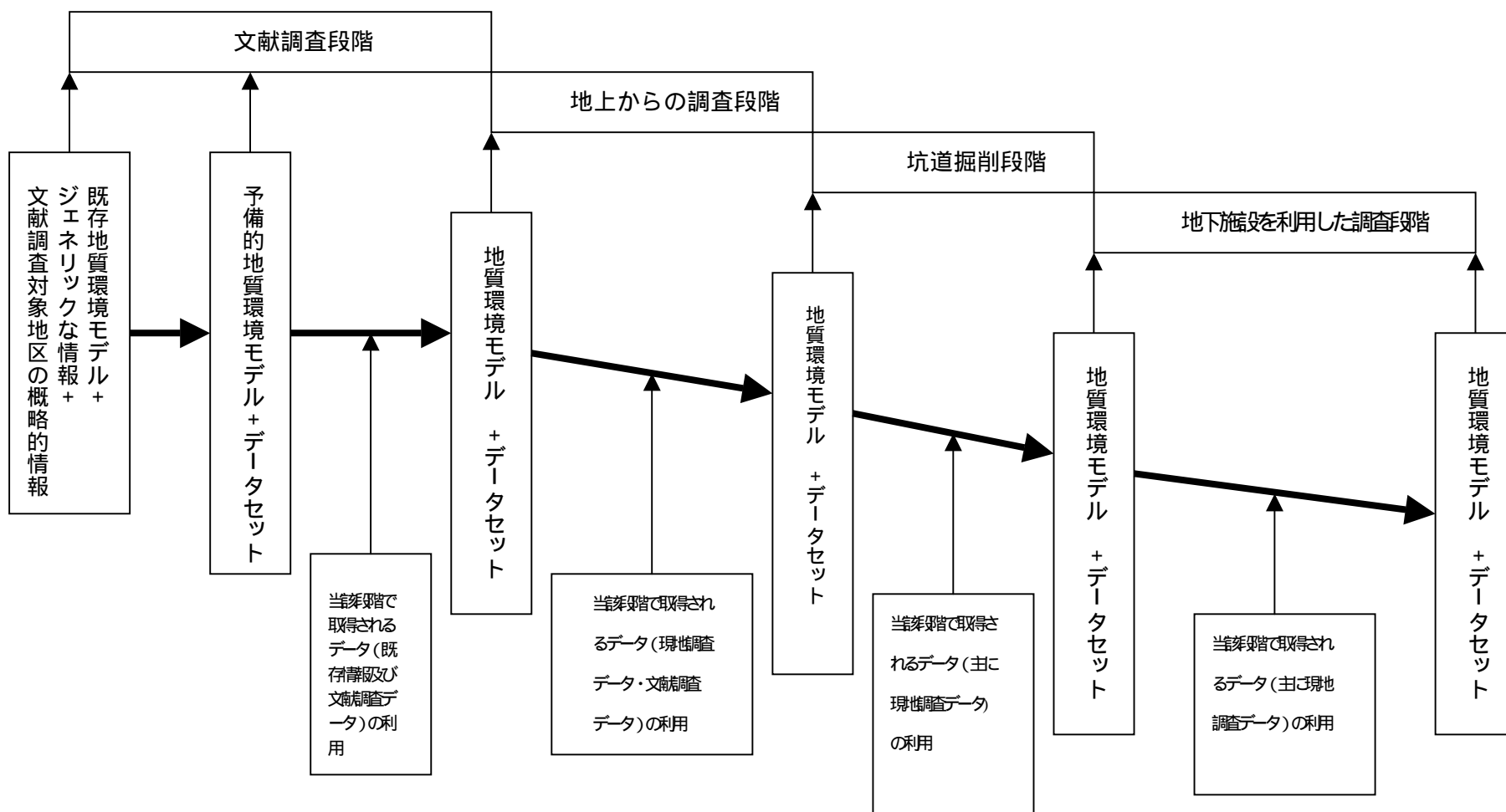


図 2.2-1 各段階におけるデータ及びデータセットと構築されるモデルの関係

(3) 地質構造モデルの構築に関する情報処理の体系化

2.1 節で報告した「地質環境調査手法」の全体像を受けて、本項では地質環境調査項目のうち地形・地質構造特性データに基づく地質構造モデルの構築について検討を行い、その体系化に向けた整理を行う。2.1 節では、地質環境特性全体を俯瞰したため、諸特性を同時に扱い、また、それら特性データを取得する調査について概括的に取り扱った。本項では、地質構造モデルの構築の体系化に必要な中核となる操作を抽出することを主眼とする。

本項では、次の観点で検討を進める。

データ利用の流れの明確化

モデル構築に必要な判断・手法の提示

モデル構築時の参照情報の整理

このうち、及び は品質管理作業に相当する。ここでデータ利用の流れを明確化することは、モデル構築の流れを明らかにすることに他ならない。モデル構築に際しては、大きくは次の3段階を経る。

- ・ 地形・地質構造データの取得（1次データの準備）
- ・ 地質構造の検討（2次データの作成）
- ・ 地質構造モデルの作成

まず、各段階で掲げる目的を達成するための計画を立案し、その目的に添った種々の地形・地質構造データを取得する。次いで、そのデータを、モデル化に必要ないくつかの観点で整理する。ここでは、前者のデータは生データを含むため1次データとした。また後者のデータは検討を経て加工されているため2次データとした。さらに、この整理された情報を用いてモデル化を図る。以下、各内容を記述する。なお、内容の詳細は、システム化を念頭に置いたワークフローやデータシート（2.2.3 参照）において記述することとし、ここでは、各項目の概要を述べる。

(4) 水理地質構造モデルの構築に関する情報処理の体系化

2.1 節で報告した「地質環境調査手法」の全体像を受けて、本項では地質環境調査項目のうち地下水流動特性データに基づく水理地質構造モデルの構築について検討を行い、その体系化に向けた整理を行う。2.1 節では、地質環境特性全体を俯瞰したため、諸特性を同時に扱い、また、それら特性データを取得する調査について概括的に取り扱った。本項では、水理地質構造モデルの構築の体系化に必要な中核となる操作を抽出することを主眼とする。

本項では、次の観点で検討を進める。

データ利用の流れの明確化

モデル構築に必要な判断・手法の提示

モデル構築の際の参照情報の整理

このうち、及び は品質管理作業に相当する。ここでデータ利用の流れを明確化することは、モデル構築の流れを明らかにすることに他ならない。モデル構築に際しては、大きくは次の4段階を経る。

- ・ 水理調査データの取得（1次データの準備）
- ・ 水理データの検討（2次データの作成）
- ・ 水理地質データ区分の検討
- ・ 水理地質構造モデルの作成

まず、各段階で掲げる目的を達成するための計画を立案し、その目的に沿った種々の水理調査データを取得する。次いで、そのデータを、モデル化に必要ないくつかの観点で整理する。ここでは、前者のデータは生データを含むため1次データとした。また後者のデータは検討を経て加工されているため2次データとした。また、地質構造モデルを基にして、水理地質区分について検討する。さらに、これらの整理された情報を用いてモデル化を図る。ここで特記すべき点は、地質構造モデルを構築するに当たっては、基本的に地形・地質構造特性に関するデータのみを扱うことで対応が可能であったのに対して、水理地質構造モデルを構築する場合には、構築プロセスのどこかで地形・地質構造情報及び地質モデルを参照せざるを得ないという点である。このため、情報の流れは地質構造モデルを構築することと比較して若干複雑になる。

以下、各内容を記述する。なお、内容の詳細は、システム化を念頭に置いたワークフローやデータシート（2.2.3 参照）において記述する。

2.2.3 ワークフロー図，ワークシート，及びデータフローシート

(1) ワークフロー図

ワークフロー図は地質環境モデルの構築に関する情報処理の流れを体系化した結果を図の形式で示したものである。ワークフロー図ではワーク（処理）とデータ（情報）を組み合わせることにより様々な情報処理の手続が規定されている。

ワークフロー図で表された情報処理の流れの中で，ワークはプログラムに対応し，ワーク間を流れるデータを収納するのがデータベースであるというのがワークフロー図で表わされたシステムの分析・設計結果と実システムの基本的な関係である。喩えるとワークの処理内容はサブルーチンの内容，入出力データはサブルーチンの入力と出力データであるといえる。

ワークの処理内容，及び入出力データはワークシートに説明されている。ワーク間を流れるデータはデータフローシートに説明されている。

一般的にワークフロー図を利用したシステムの分析や設計では，最初にワークフロー図によりシステムの全体構造を示し，次いでワークフロー図を詳細化してシステムの詳細な構造を示す。本研究では，モデル構築の最上位の階層構造を示すワークフローを「ワークフロー図（全体）」と命名した。これはモデル構築の主要なワークとワークフローから構成される。この最上位のワークフローを，例えば地質構造モデル構築では，「ワークフロー図（全体）」 「ワークフロー図（地質レベル1）」 「ワークフロー図（地質レベル2-1）」 「ワークフロー図（地質レベル2-2）」 「ワークフロー図（地質レベル2-4）」という様にブレイクダウンして必要な詳細度までワークフロー図で表現することにより，システムの構造を示した。

本研究では，詳細度は「全体」，「レベル1」，「レベル2」の3段階で検討した。

2.2.2 節の成果に従って地質構造モデル及び水理地質構造モデルを構築するワークフローを作成し，詳細度が「全体」のワークフローを図 2.2-2 に示した。「レベル1」のワークフローを図 2.2-3～図 2.2-5 に，「レベル2」のワークフローを図 2.2-6～図 2.2-19 に示した。

(2) 段階ごとのワークフロー

ワークフローは，網羅的に示しているため，調査の段階ごとの進展の区別が困難である。調査の段階ごとの進展は，その都度得られる調査データの質と量に依存する。ここでは，表 2.1-1 に示した地形・地質構造特性の各調査手法項目，及び表 2.1-2 に示した地下水流動特性の各調査手法項目に対して，どの段階でどのようなデータが利用価値があるかを識別し，段階ごとの区別を試みた。その結果を表 2.2-1 及び表 2.2-2 に示す。ここで，表中の記号は次の意味を表すものとした。

- ・ ○ : モデル化にとって必須項目もしくは重要性が高い項目
- ・ △ : 文献調査段階においては“ あれば利用する項目 ”。その他の段階においては“ 前段階の情報を利用でき、かつ更新されていれば必要に応じて利用する項目 ”。
- ・ × : 明らかに取得困難な項目

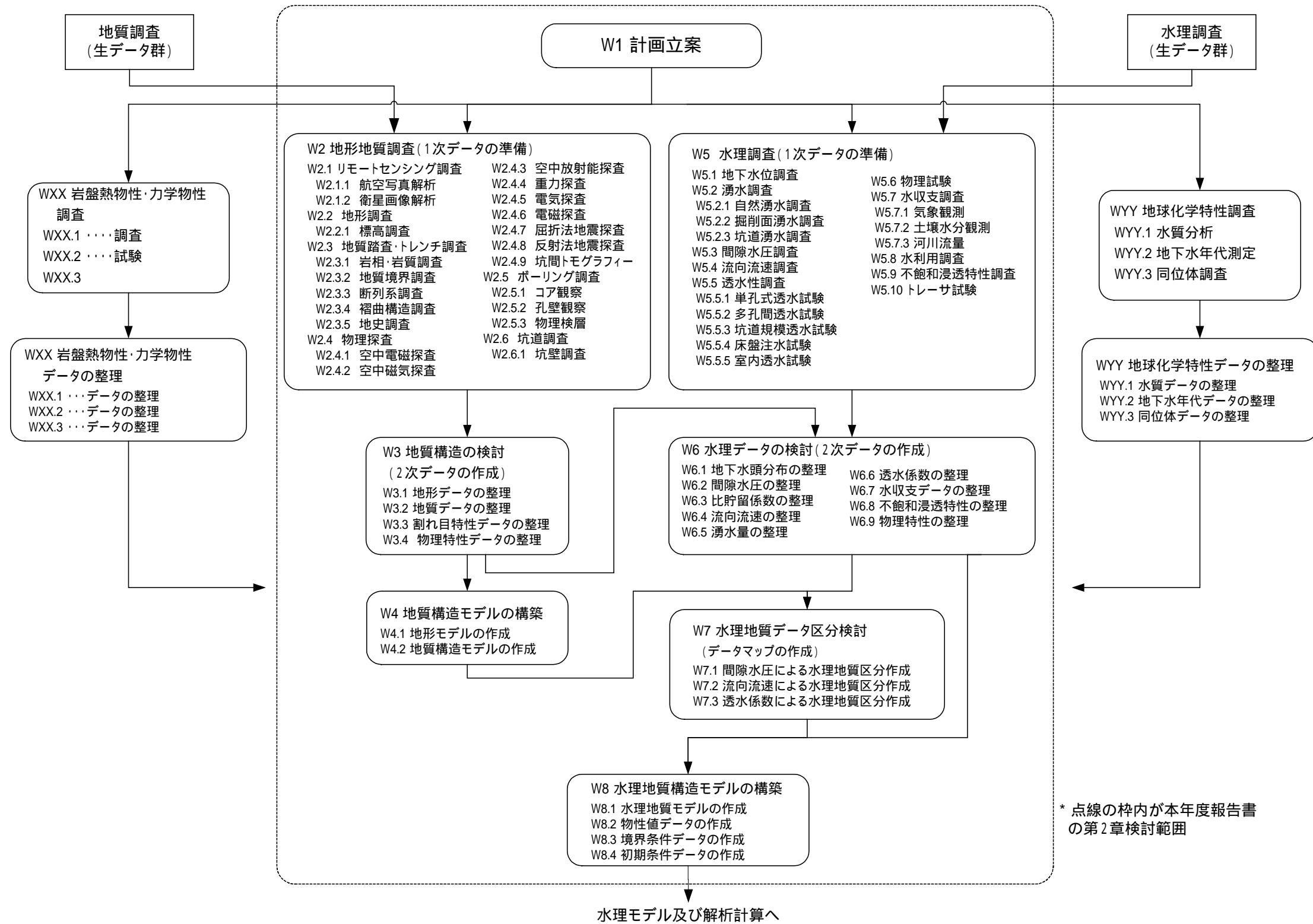


図 2.2-2 ワークフロー図 (全体)

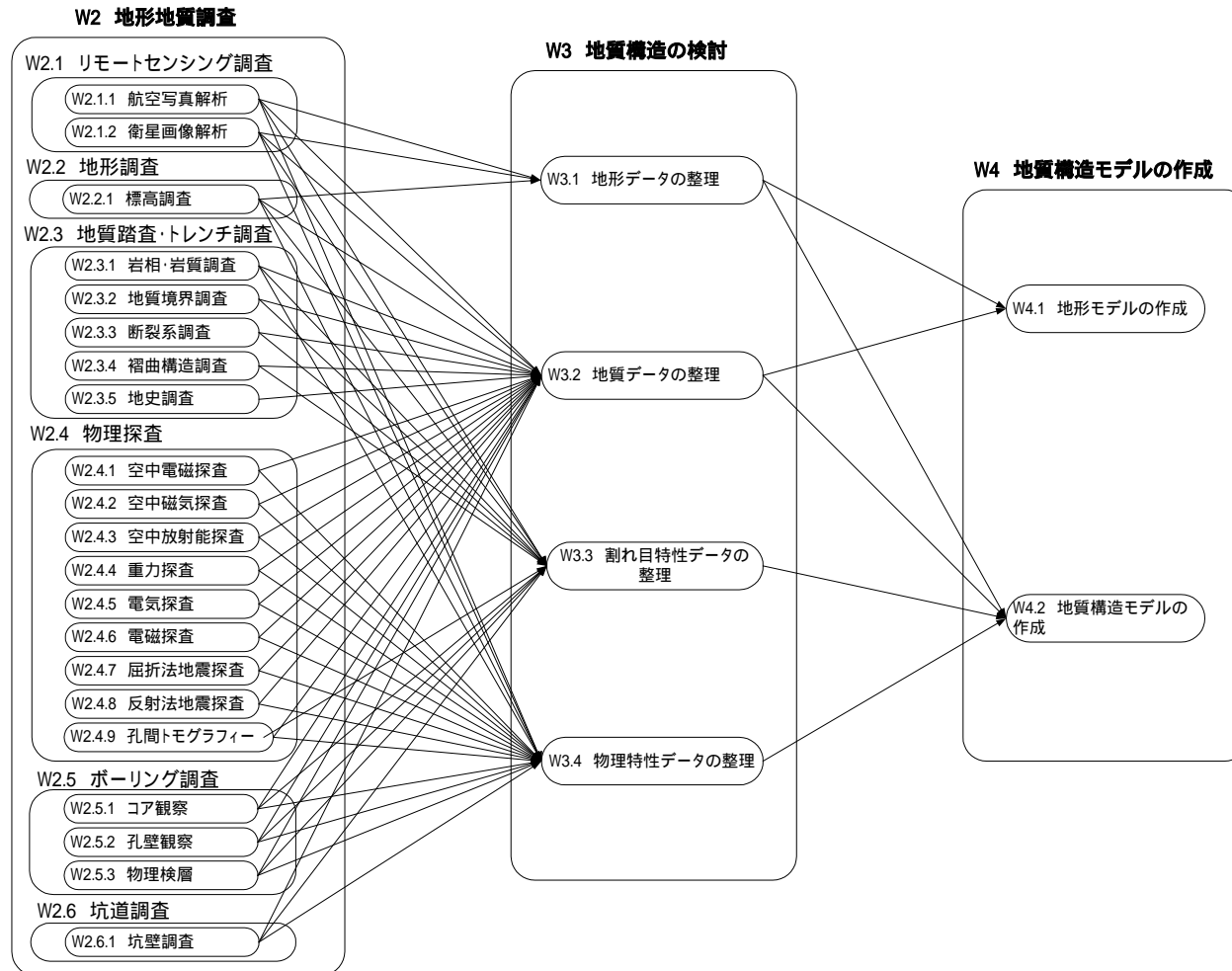


図 2.2-3 ワークフロー図 (地質レベル1)

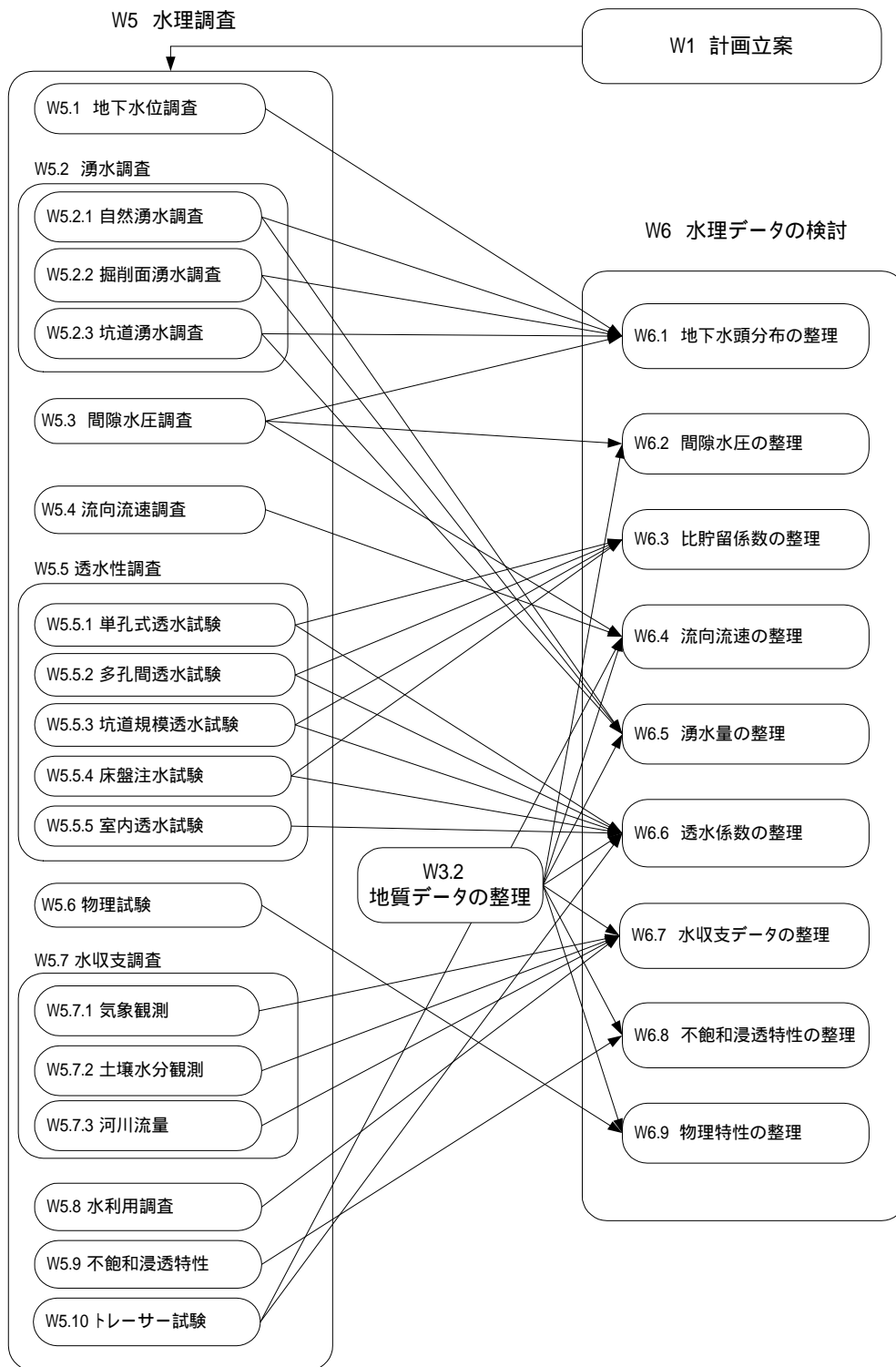


図 2.2-4 ワークフロー図 (水理レベル 1-1)

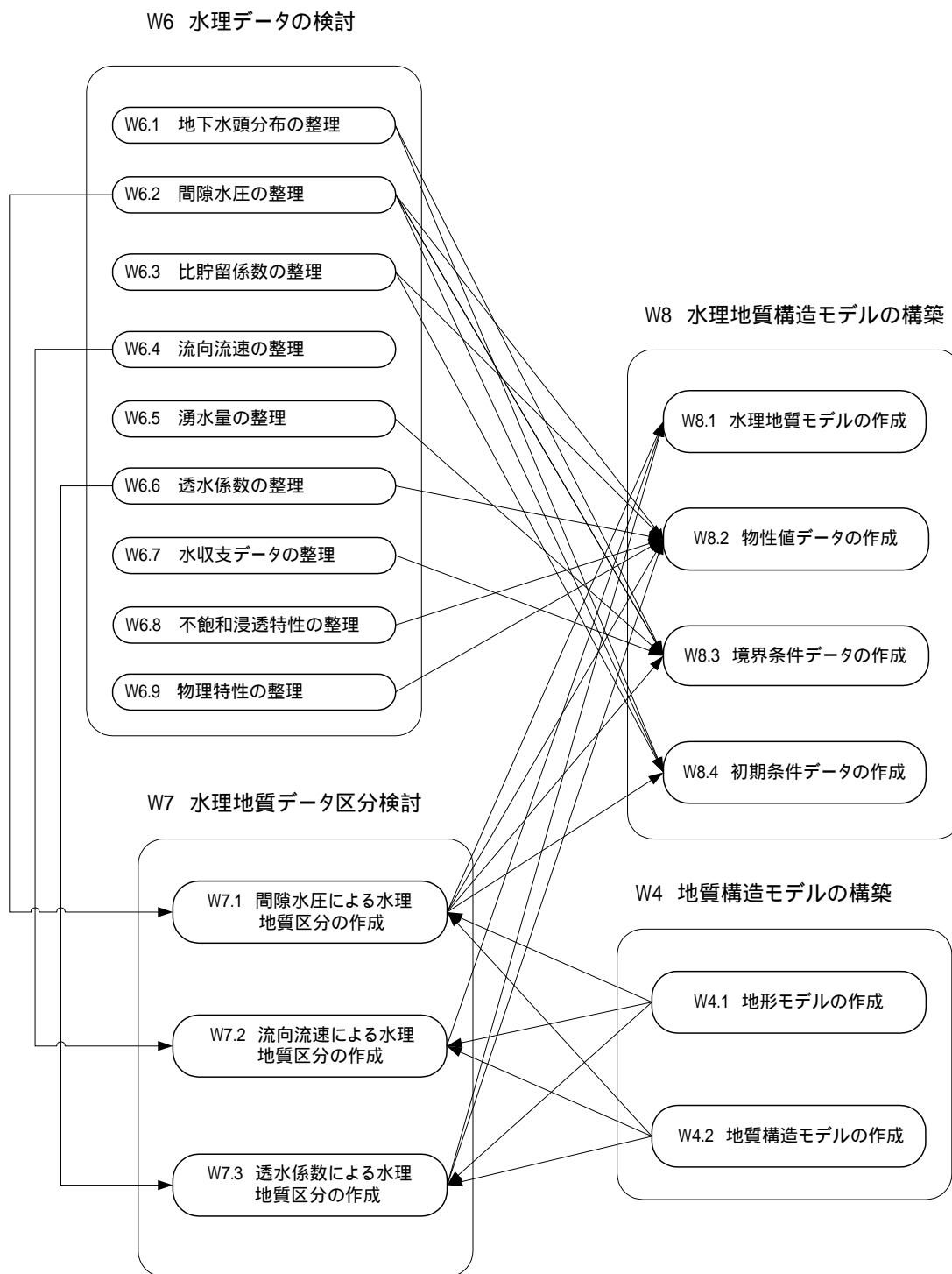


図 2.2-5 ワークフロー図 (水理レベル 1-2)

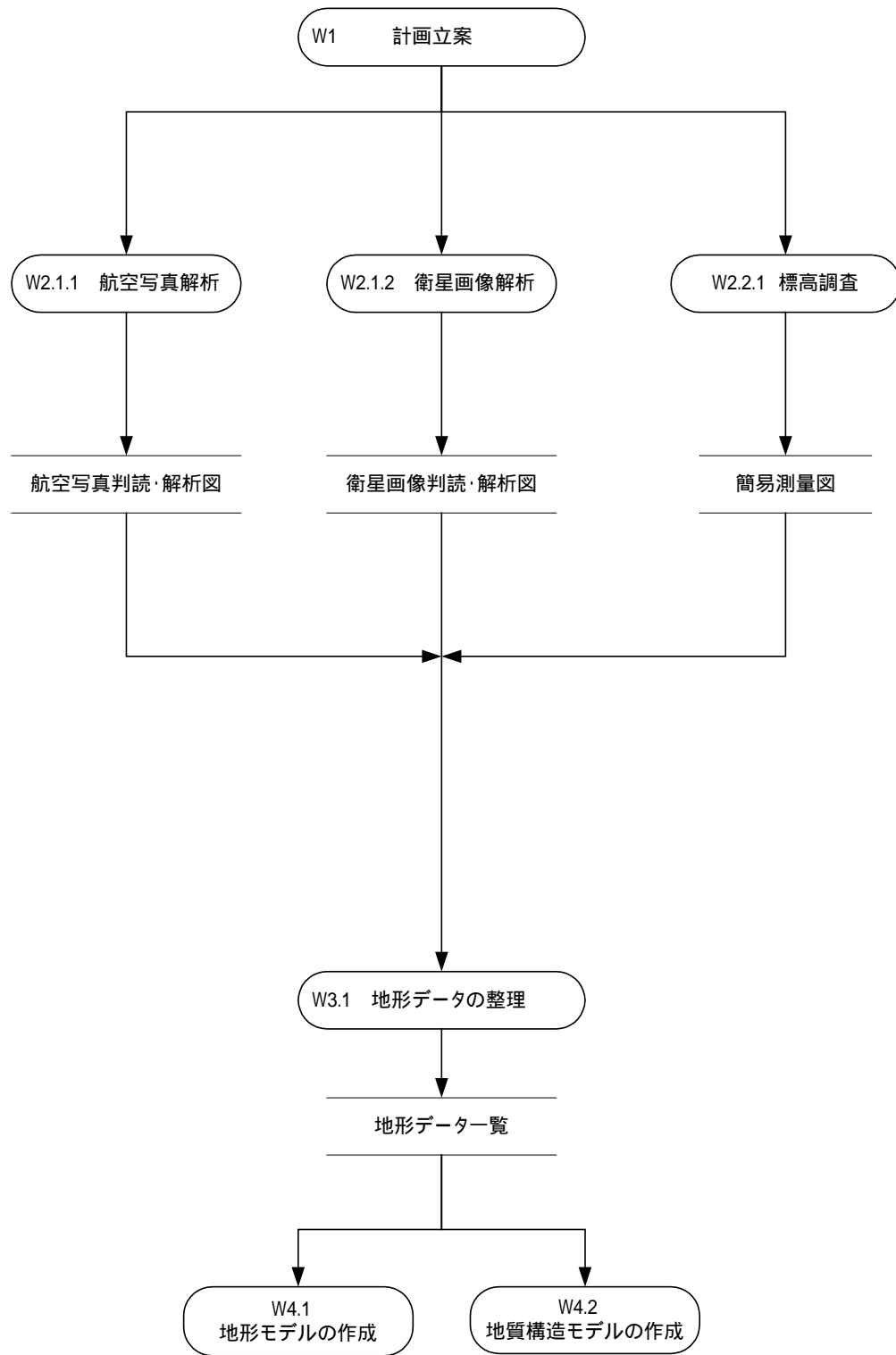


図 2.2-6 ワークフロー図 (地質レベル 2-1)

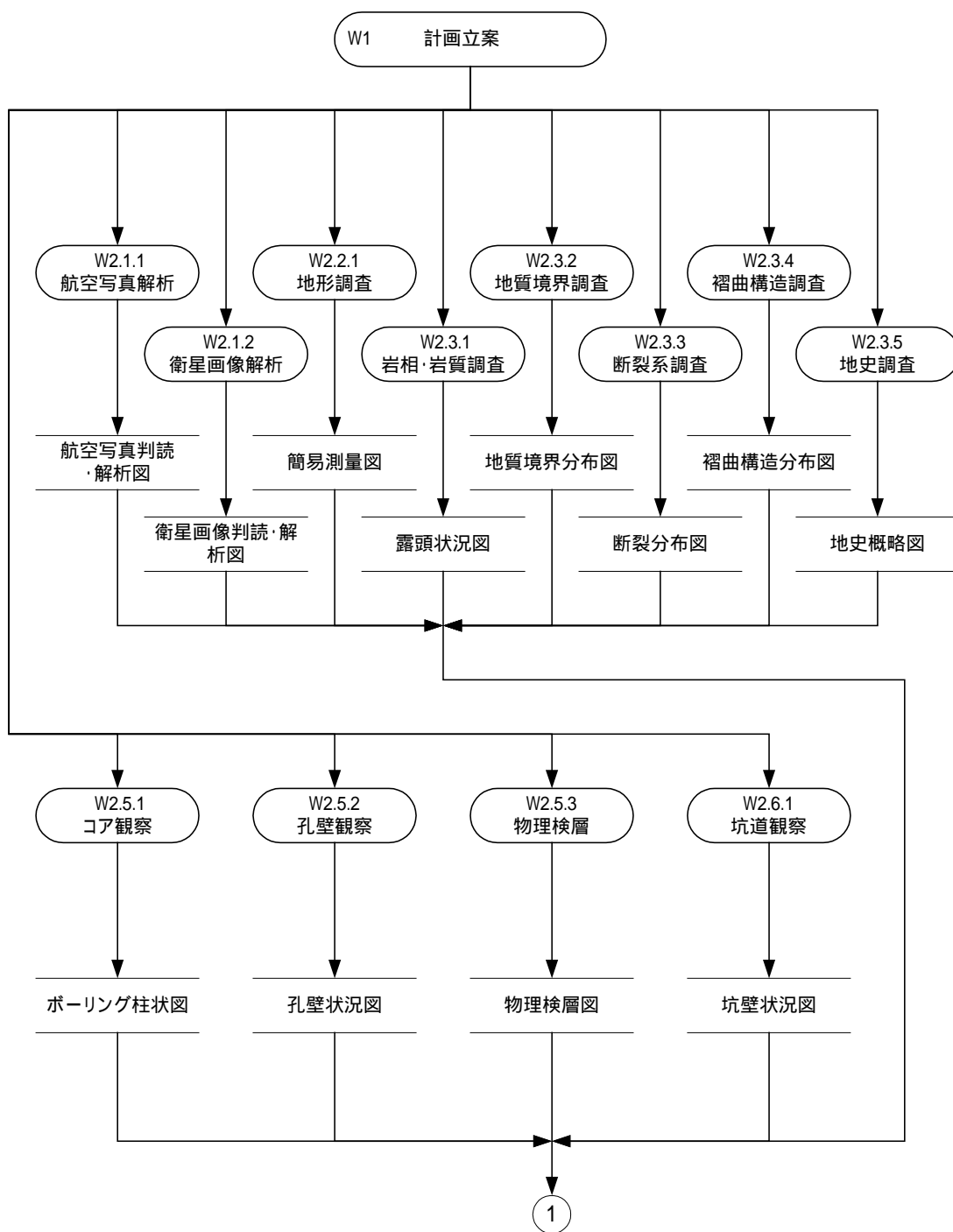


図 2.2-7 ワークフロー図 (地質レベル 2-2-1)

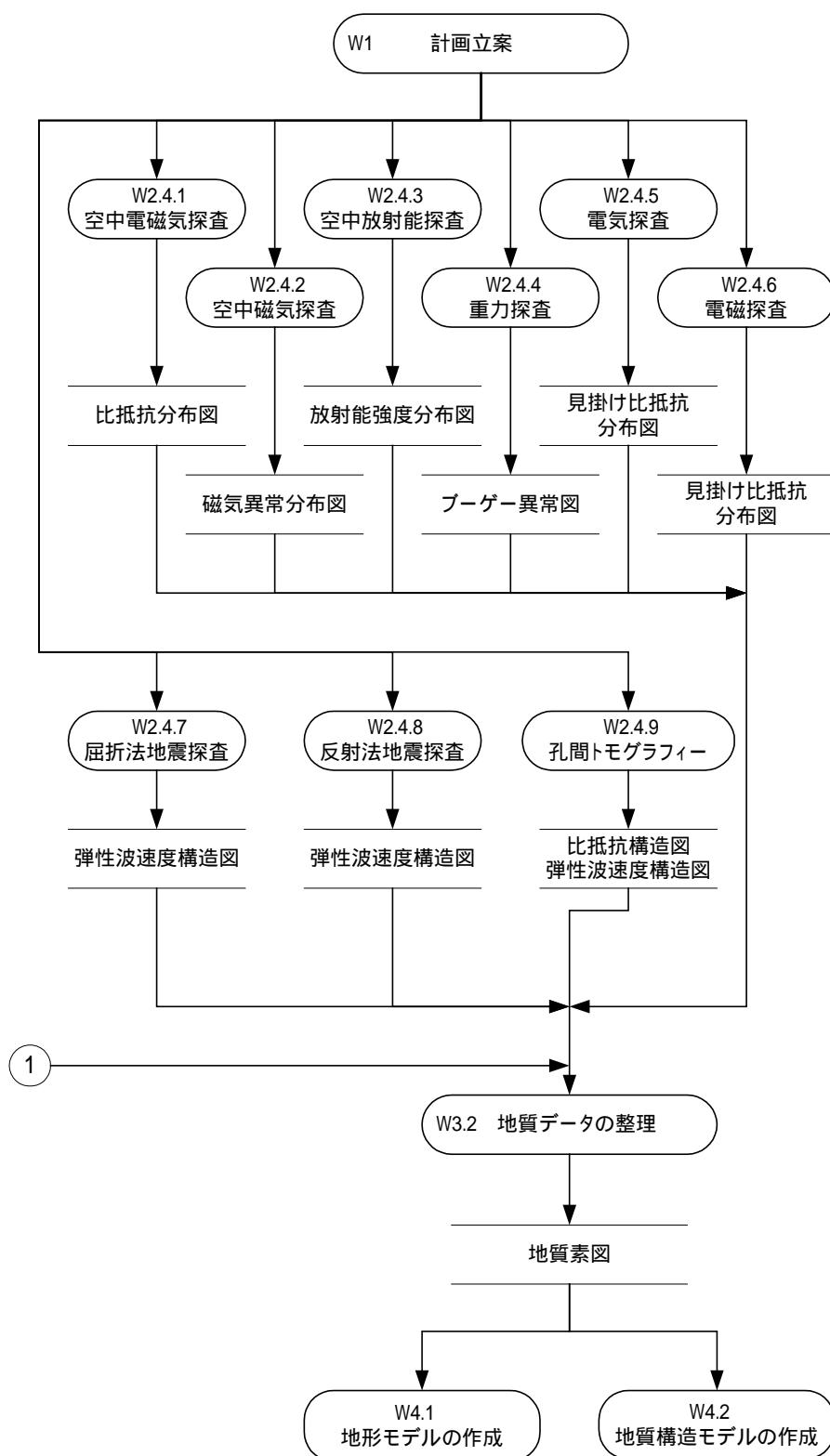


図 2.2-8 ワークフロー図 (地質レベル 2-2-2)

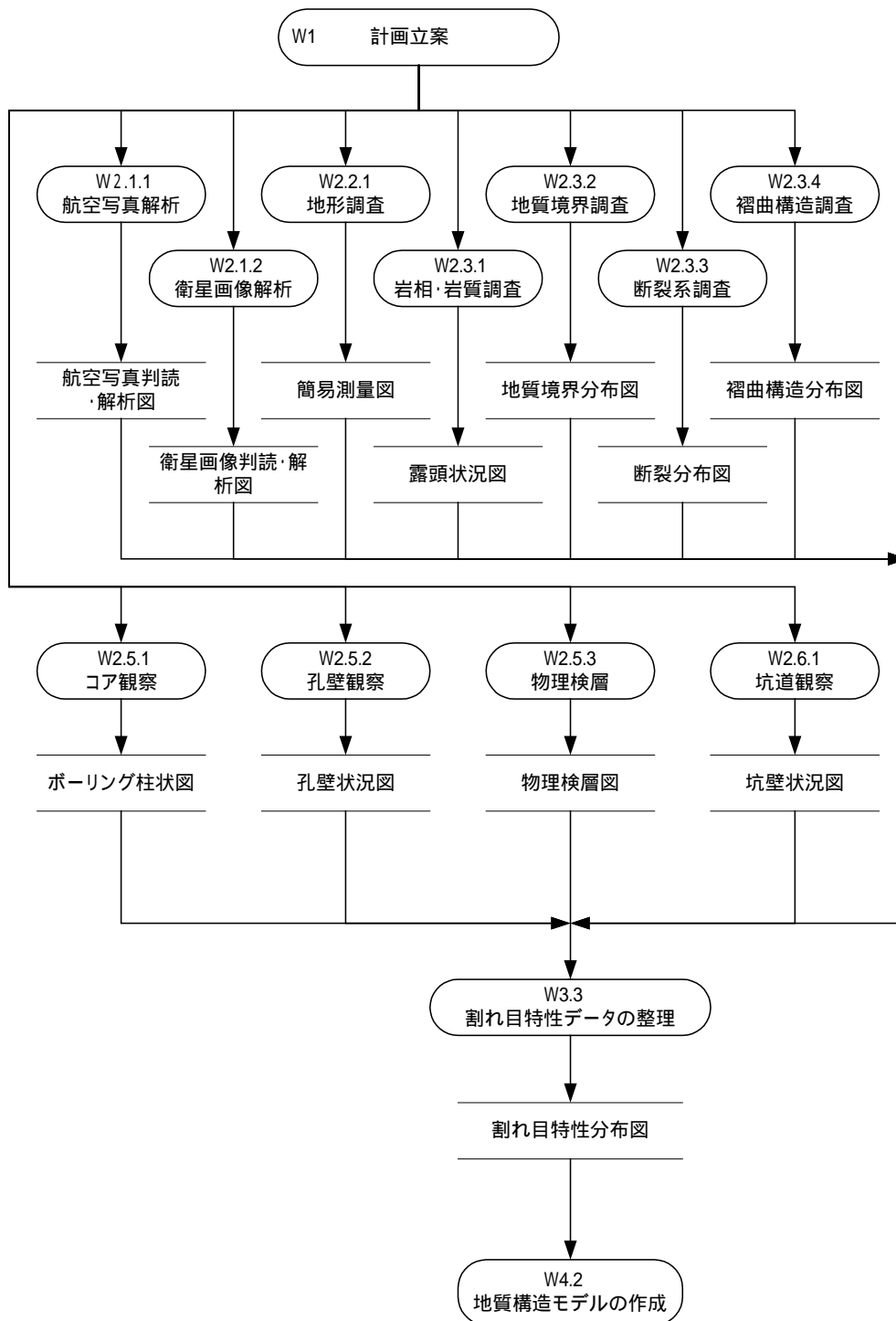


図 2.2-9 ワークフロー図 (地質レベル 2-3)

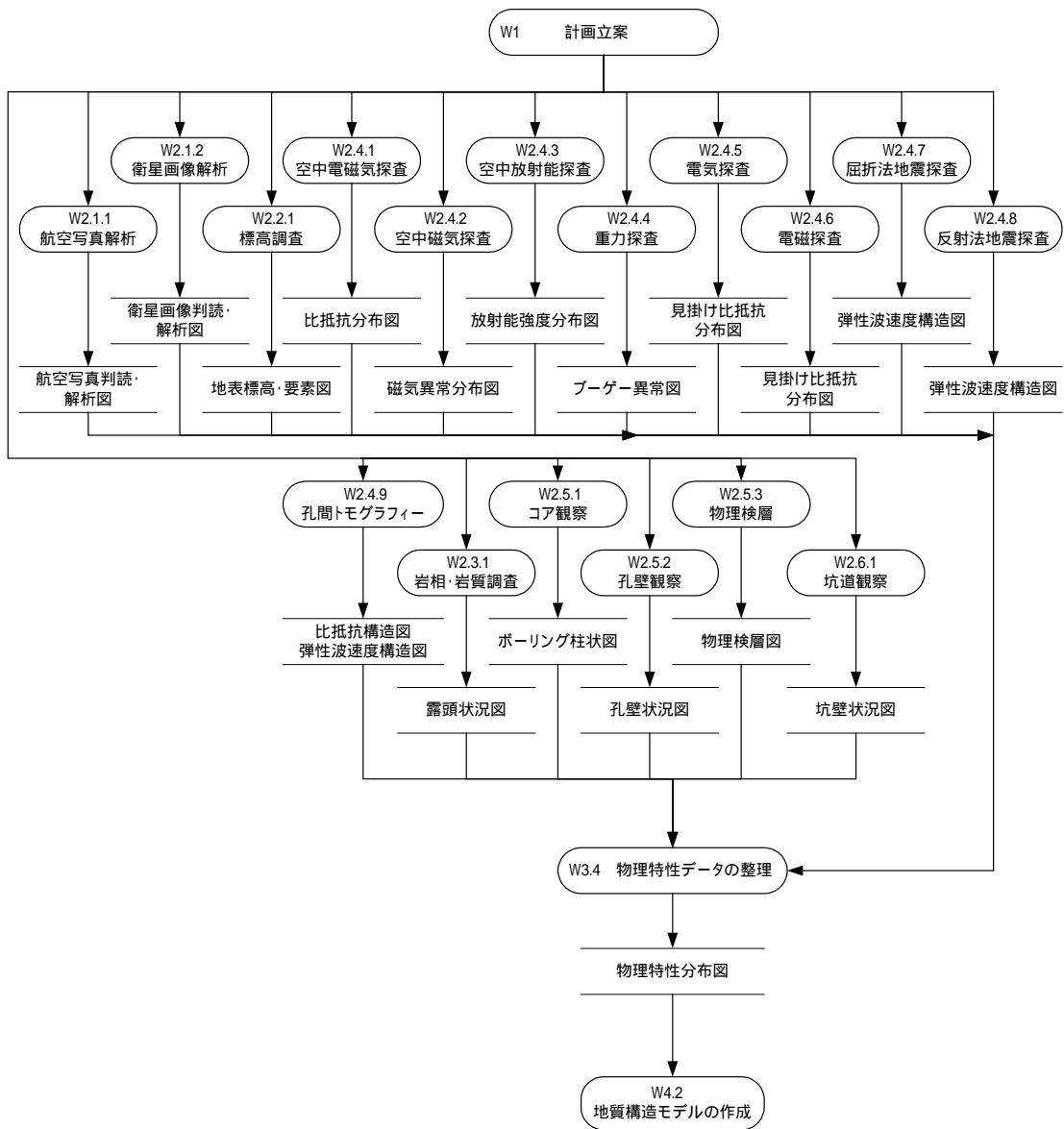


図 2.2-10 ワークフロー図 (地質レベル 2-4)

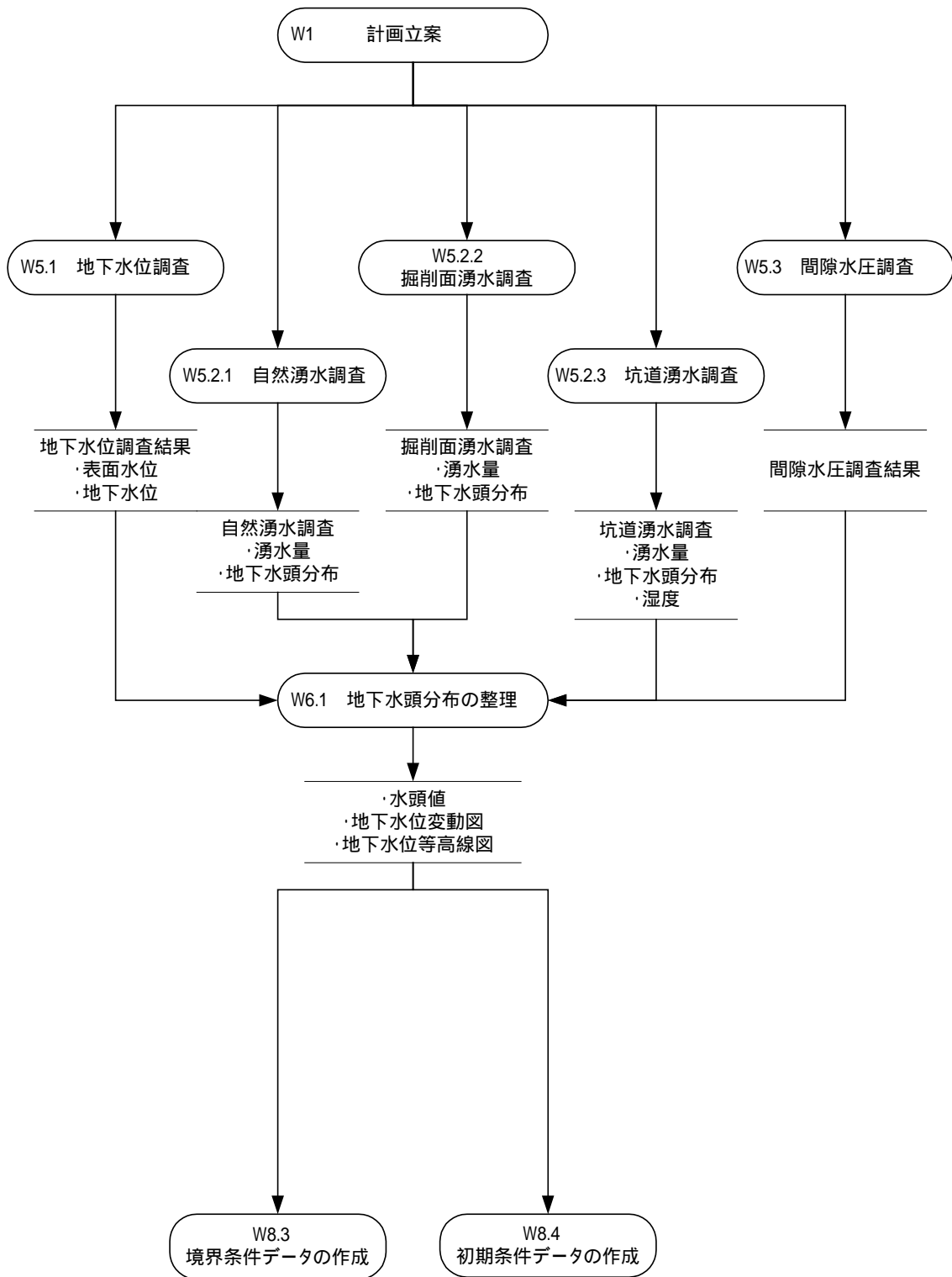


図 2.2-11 ワークフロー図 (水理レベル 2-1)

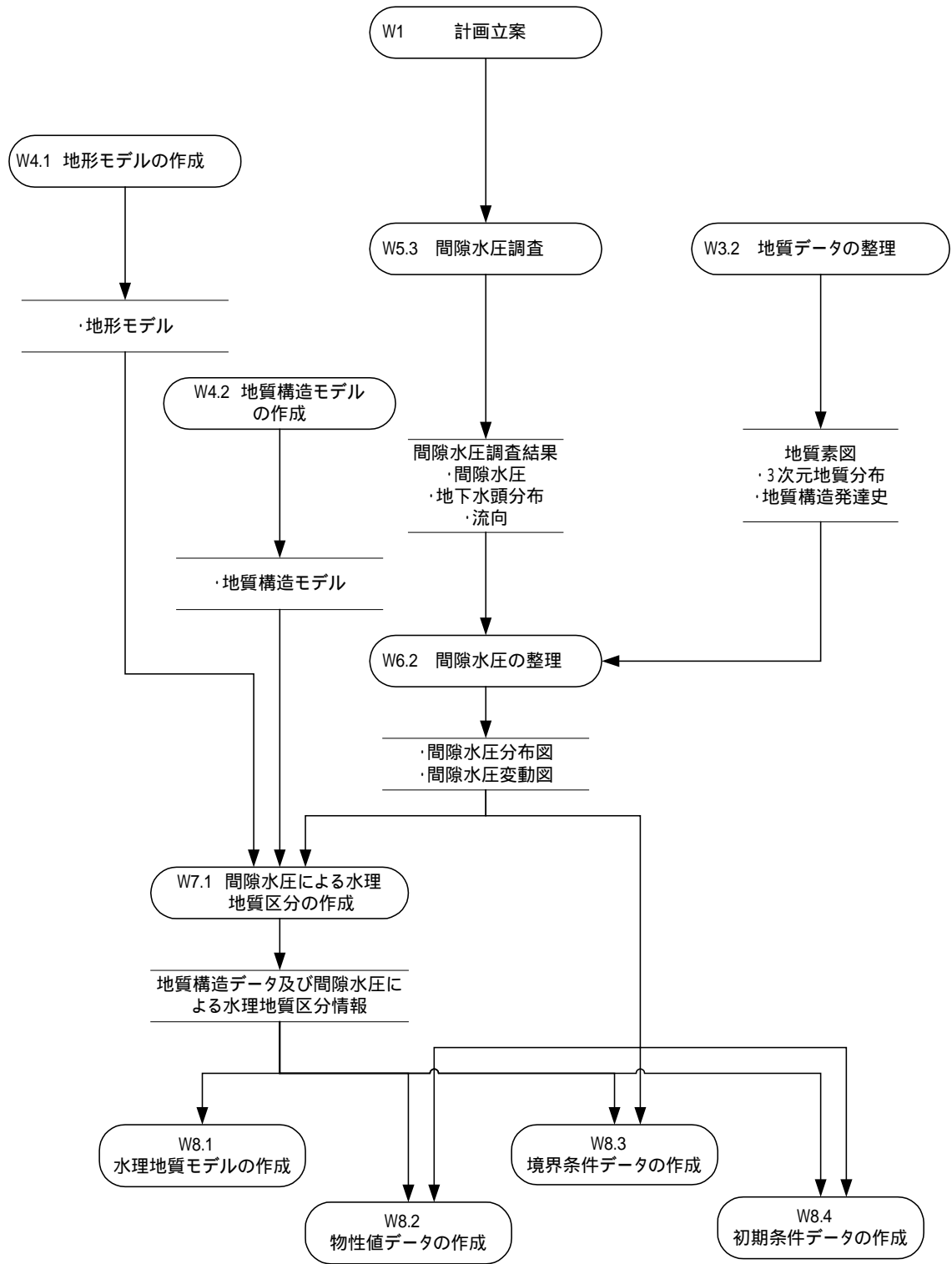


図 2.2-12 ワークフロー図 (水理レベル 2-2)

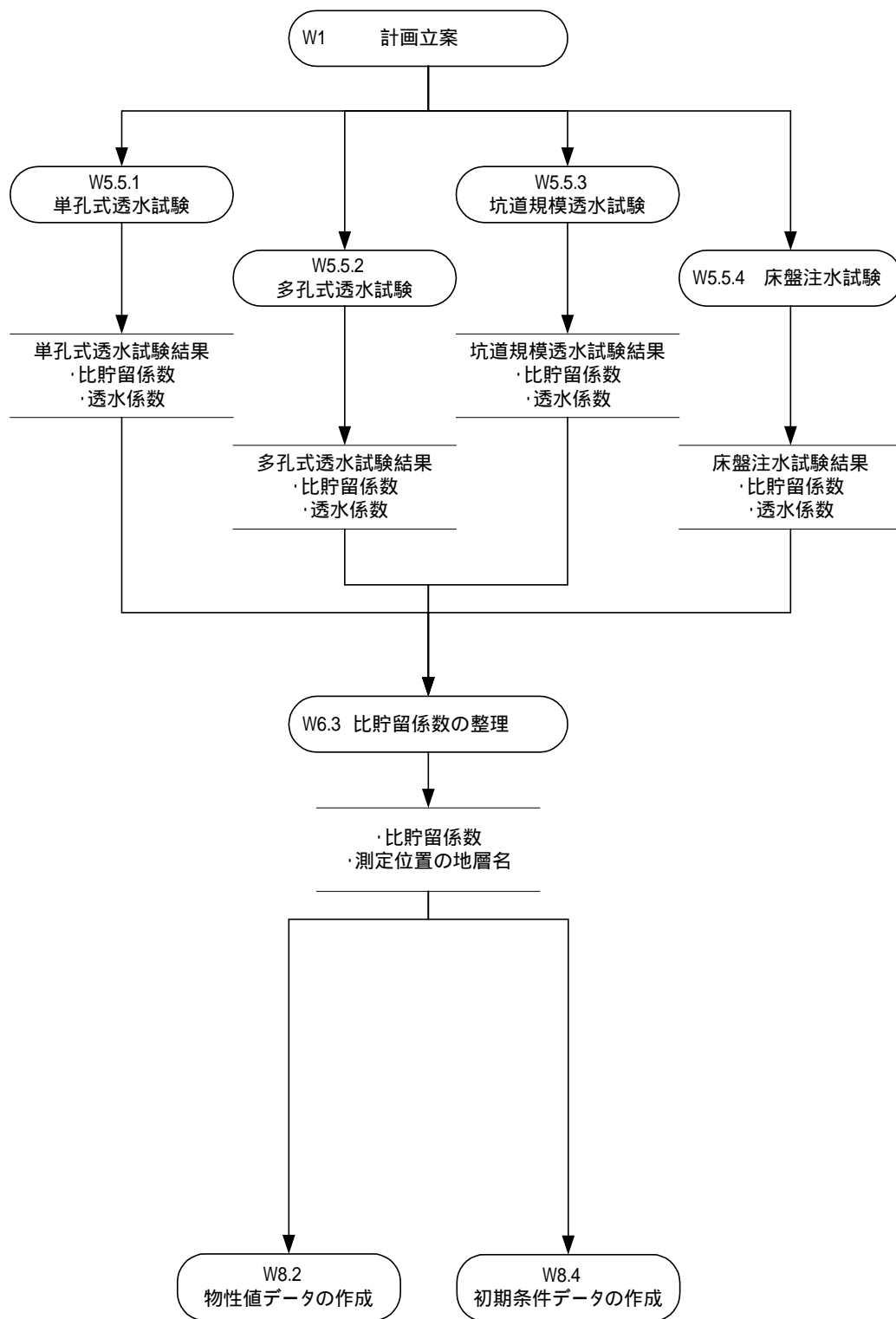


図 2.2-13 ワークフロー図 (水理レベル 2-3)

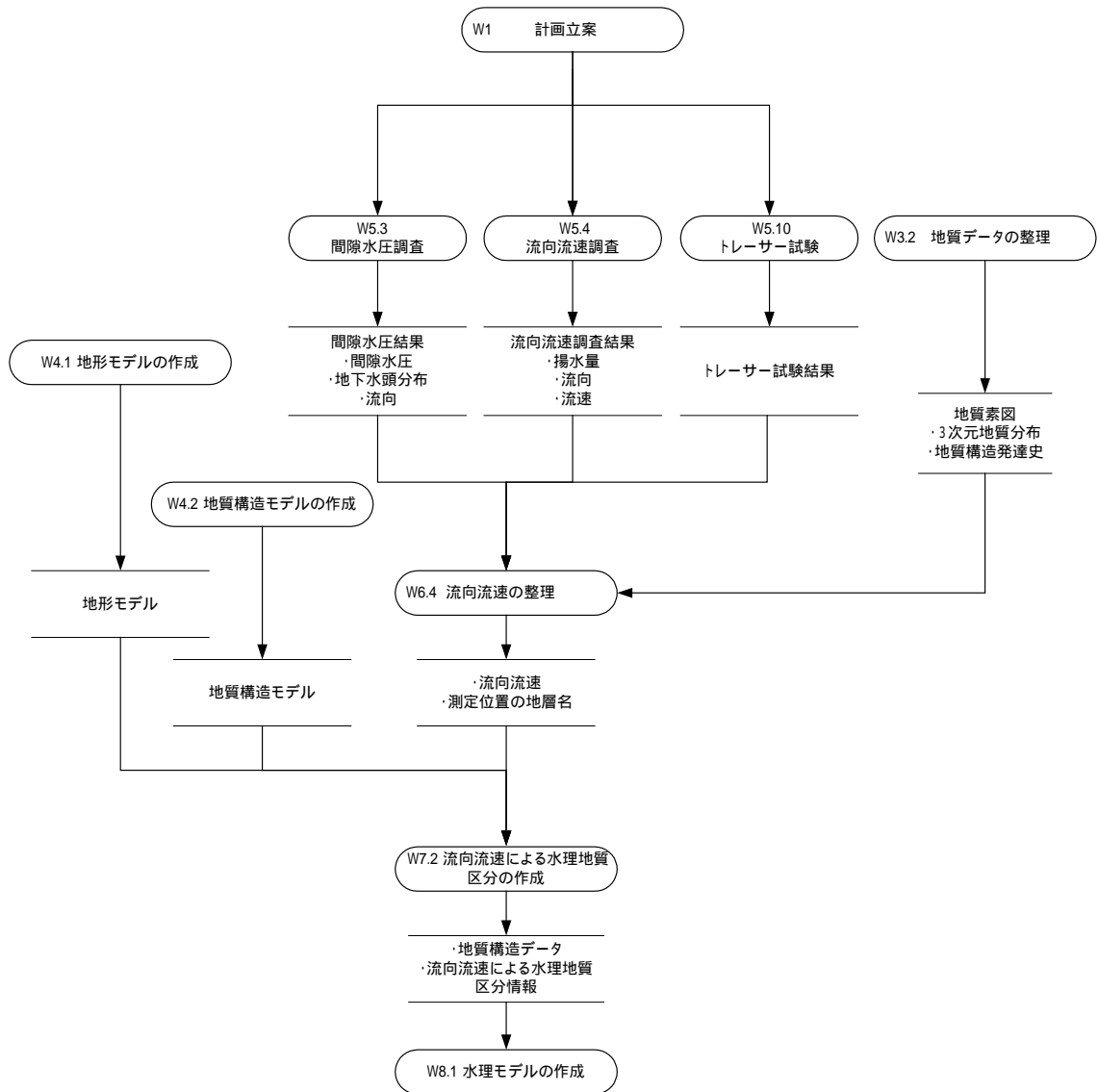


図 2.2-14 ワークフロー図 (水理レベル 2-4)

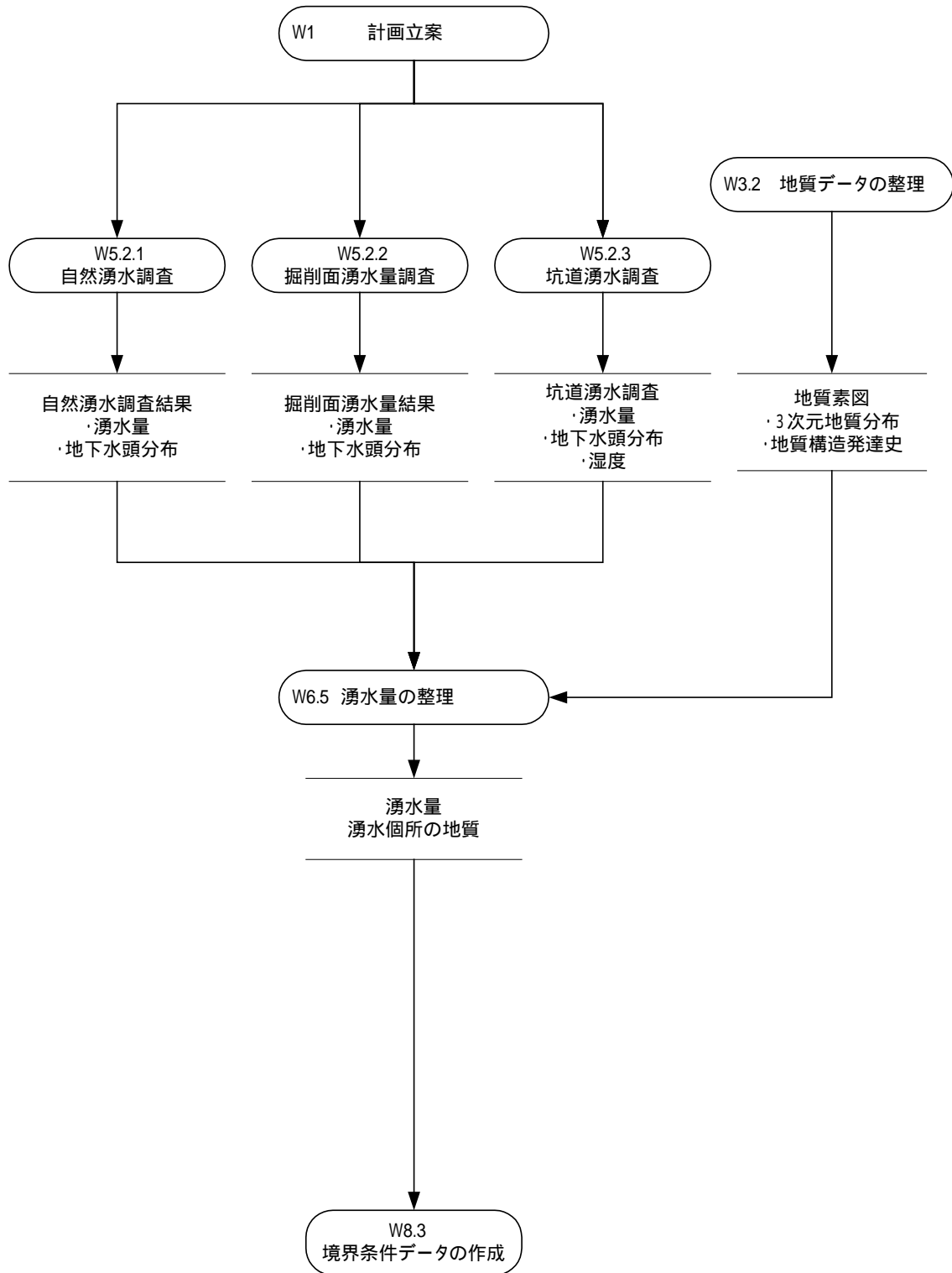


図 2.2-15 ワークフロー図 (水理レベル 2-5)

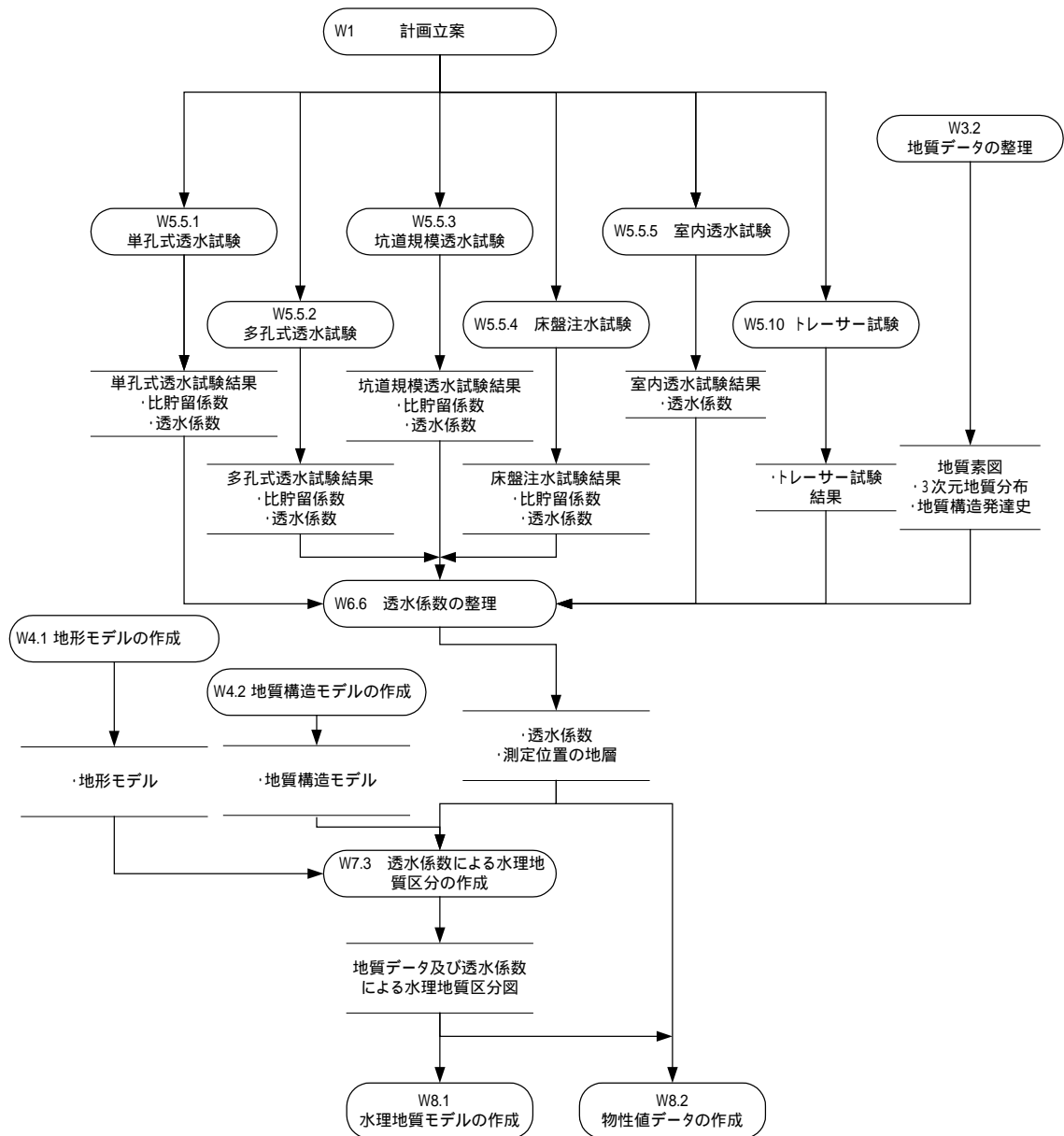


図 2.2-16 ワークフロー図 (水理レベル 2-6)

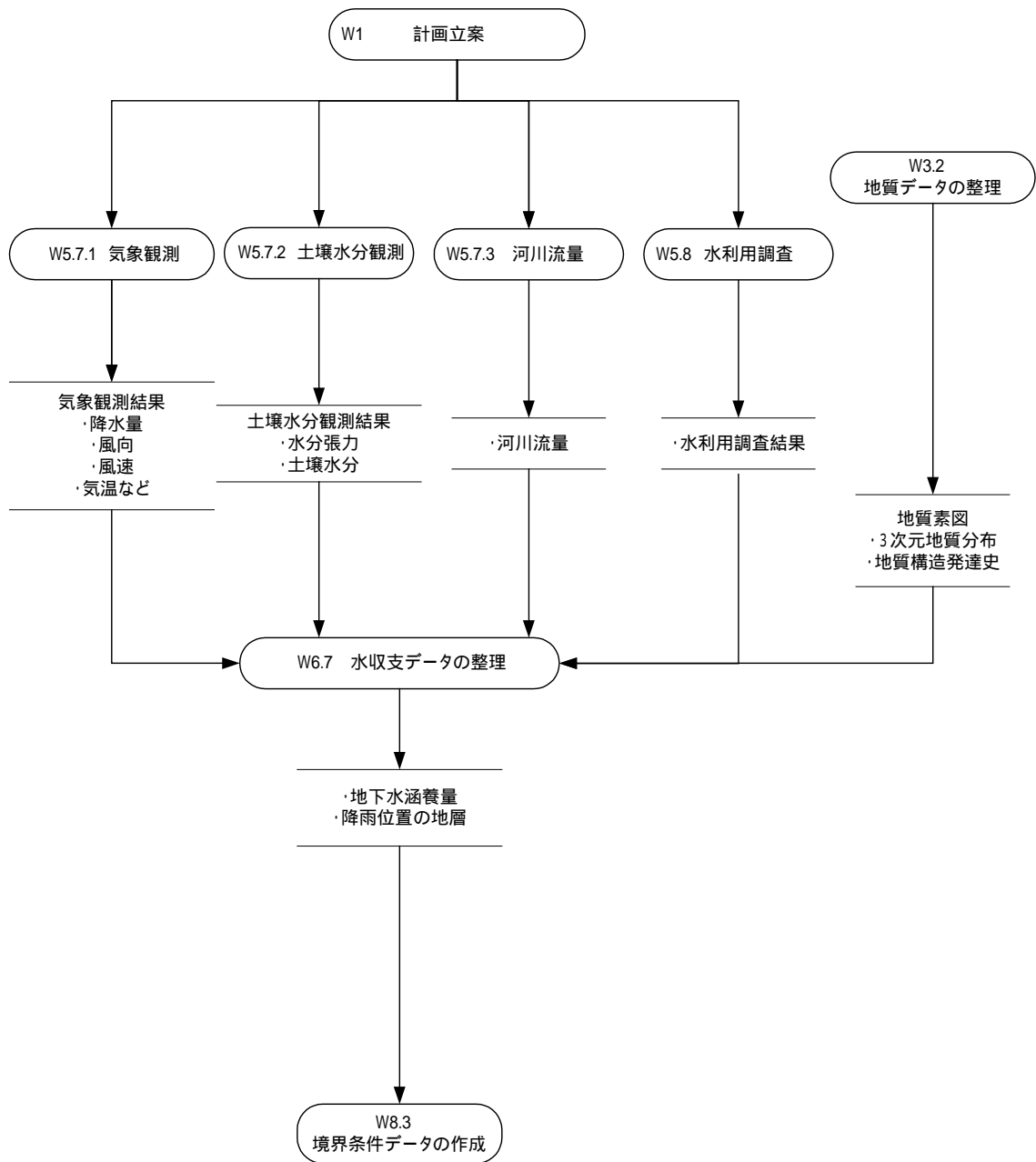


図 2.2-17 ワークフロー図 (水理レベル 2-7)

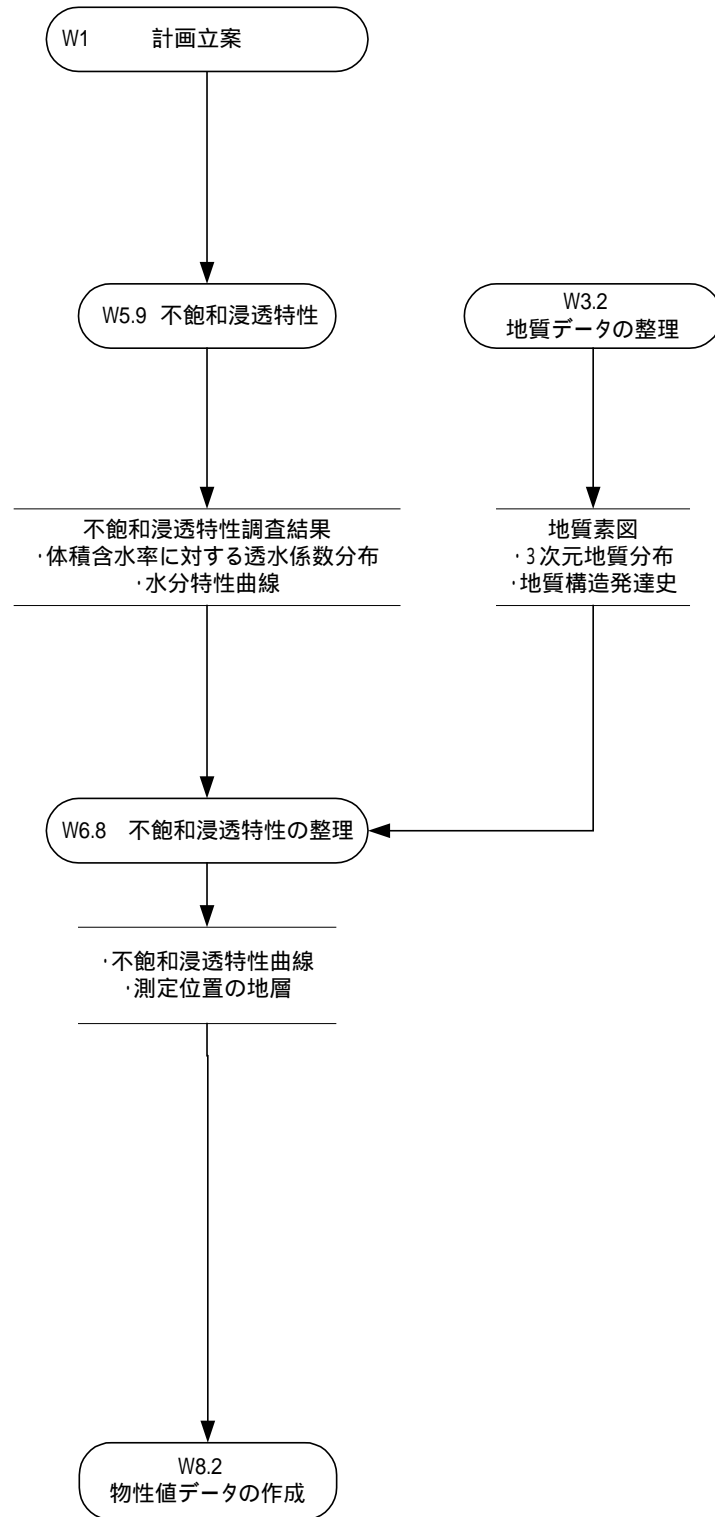


図 2.2-18 ワークフロー図 (水理レベル 2-8)

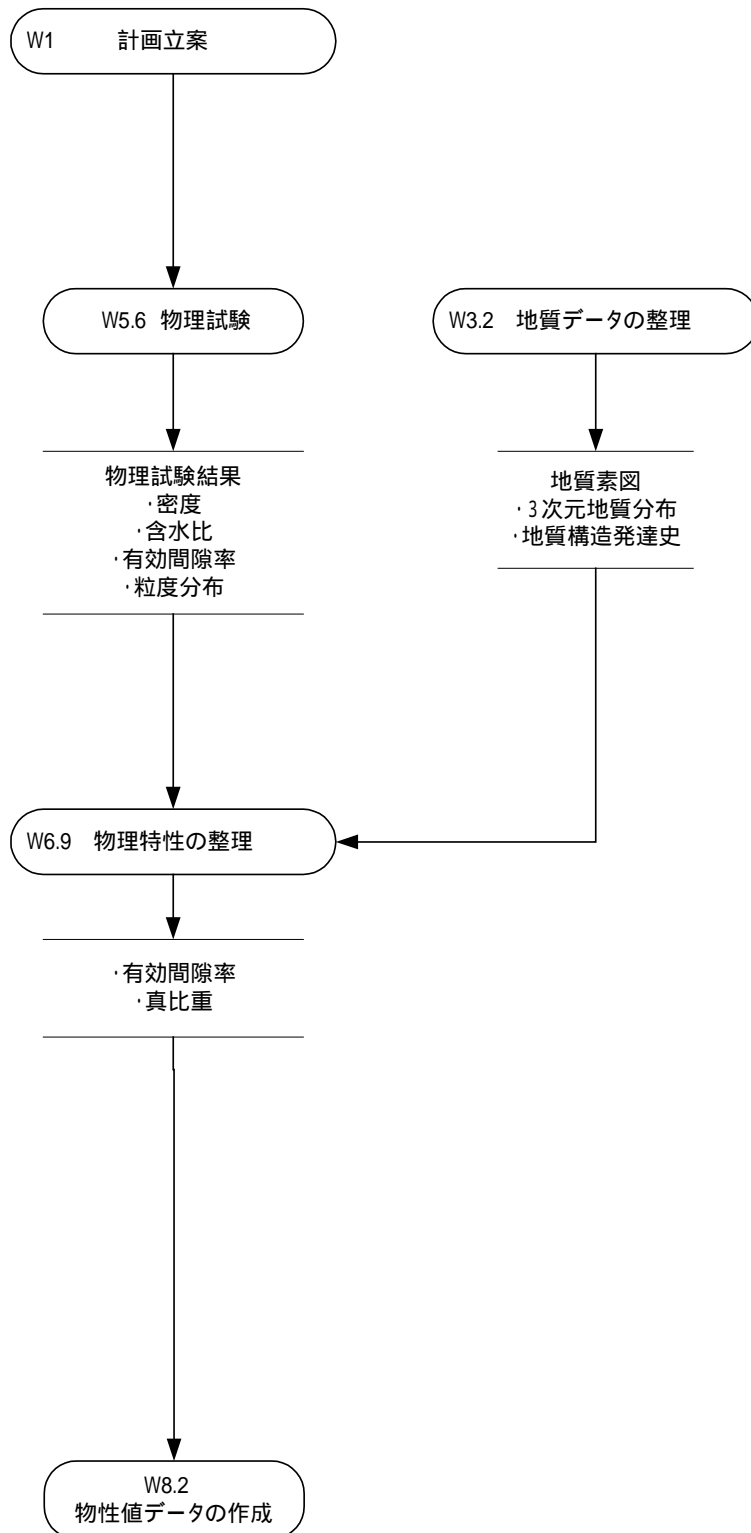


図 2.2-19 ワークフロー図 (水理レベル 2-9)

表 2.2-1 地形・地質構造特性の各調査手法項目と段階別の利用性

第一次階層	第二次階層 (調査技術名)	第三次階層	取得データ	プロダクト	使用可能なデータ			
					文献調査段階	地上からの調査段階	坑道掘削段階	地下施設を利用した調査段階
地質・地質構造特性	リモートセンシング調査	航空写真解析	地質ユニットの区分、各ユニットの分布、被覆関係 リニアメント、断層の分布 地層の走向・傾斜、褶曲構造 地すべり分布 植生分布	航空写真判読図				
		衛星画像解析	地質ユニットの区分、各ユニットの分布、被覆関係 リニアメント、断層の分布 地層の走向・傾斜、褶曲構造 地表放射温度分布	衛星画像判読図				
	地形調査	標高測量	地形面の緯度・経度・標高分布	簡易測量図				
	地質踏査・トレンチ調査	岩相・岩質調査	観察地点の緯度・経度・標高	ルートマップ				
			岩相ないしは岩質岩相 (堆積岩類・火岩質(火山岩類・結晶質岩類の場合)山砕屑岩類の場合) : 岩石名、色調、硬さ、構成粒子・礫の種類・粒径・形状・円磨度・含有比・淘汰度、堆積構造の特徴 : 岩石名、色調、硬さ、構成鉱物の種類・粒径・形状・含有比、岩石組織の特徴 変質の種類、程度、特徴 化石の産状					
		地質境界調査	観察地点の緯度・経度・標高 地質境界の種類(堆積面、貫入面、断層面など)、形状、特徴、代表的箇所の走向・傾斜	地質境界分布図				
		断裂系調査	観察地点の緯度・経度・標高 断裂の種類(断層、破碎帯、鉱脈、裂か、節理、劈開など)、長さ、幅、走向・傾斜、充てん物の種類・特徴、条痕の特徴、共役断裂の組み合わせ	断裂系分布図				
		褶曲構造調査	観察地点の緯度・経度・標高 堆積面の走向・傾斜、褶曲の分類名称・特徴、褶曲軸の走向・傾斜	褶曲構造分布図				
		地史調査	観察地点の緯度・経度・標高 キーベッド情報、層序対比	地史概略図				
	物理探査	空中電磁探査	磁場強度(同相・離相成分)、測点位置座標	見掛比抵抗分布				
		空中磁気探査	全磁力、定点の時間変動磁場、測点位置座標	磁気異常分布				
		空中放射能探査	全放射線強度、各種放射線強度(K,U,Th)、測点位置座標	放射能強度分布				
		重力探査	相対重力値、標高、絶対重力値、補正密度、測点位置座標	ブーゲー異常分布				
		電気探査	電流値、電圧値、見掛比抵抗値、測点位置座標	見掛比抵抗分布				
		電磁探査	電場強度、磁場強度、見掛比抵抗、位相差、測点位置座標	見掛比抵抗分布				
		屈折法地震探査	波形記録、走時、測点位置座標	弾性波速度構造				
		反射法地震探査	波形記録、走時、測点位置座標	弾性波速度構造・重畳断面図				
	ボーリング調査	孔間トモグラフィ	孔間の比抵抗・弾性波データ、測点位置座標	比抵抗構造・弾性波速度構造				
		コア観察	地質・割れ目性状及び分布					
		孔壁調査	ボアホールテレビ・ボアホールレーダーデータ(孔壁の岩相・割れ目分布)	ボーリング柱状図 孔壁状況図 物理検層図	×			
坑道調査	物理検層	各種物理検層データ(ボーリング孔近傍の詳細な構造データ)						
	坑壁調査(内容は、上述の地質踏査・トレンチ調査と同様)	坑壁の岩相・割れ目分布等	坑壁状況図等	×	×			

表 2.2-2 地下水流動特性の各調査手法項目と段階別の利用性

第一次階層	第二次階層 (調査技術名)	第三次階層	取得データ	文献調査段階	地上からの 調査段階	坑道掘削段階	地下施設を利用 した調査段階	
地下水流動 特性	境界条件・初期条件調査	地下水位調査	表面水位 地下水位					
		湧水調査	自然湧水調査	湧水量 地下水頭分布				
			掘削面湧水調査	湧水量(掘削面) 地下水頭分布(掘削位置)		×		
				坑道湧水調査	湧水量(坑道内) 地下水頭分布(坑道位置)		×	
			間隙水圧調査	湿度 間隙水圧				
		流向流速調査	揚水量 流向 流速					
		水収支調査	気象観測	降水量、蒸発量 風向、風速 気温、湿度、気圧 日照量、日照量、放射量				
				水利利用調査	堰等による取水位置、取水量、取水期間 用排水路の系統と取水目的、取水量、取水期間			
		透水性に関わる物性調査	単孔式透水試験	水の注入圧力 揚水量 水位の低下				
				多孔間透水試験	観測区間の圧力低下 間隙水圧 水位回復の経時変化 間隙水圧回復の経時変化			
					坑道規模透水試験	間隙水圧分布 湧水量 動水勾配(距離と水頭差から)		×
			床盤注水試験			ピット壁面からの湧水量 動水勾配(距離と水頭差から)		×
				室内透水試験	室内透水試験による測定値(水位差・流出水量とそれぞれの測定時間)			
			不飽和浸透特性調査	ある体積含水率における室内透水係数試験測定値(水位差・流出水量とそれぞれの測定時間) ある体積含水率におけるサクシオン圧				
	トレーサ試験		トレーサ濃度 浸透性に関わるパラメータ(距離、水頭差、有効間隙率など)					
			物理特性調査	物理試験	乾燥状態、湿潤状態及び水中での試料重量 試料容積 水の密度 試料の寸法			

2.3 データベースの設計

本項では地質環境モデルの構築に関する情報処理の体系化結果に基づいて、統合解析システムで扱うべきデータおよび情報の範囲を検討して、データベース構造の設計を行った。さらに評価対象となる地質環境条件の状態を3次元可視化表示し、系の状態を視覚的に確認しながらモデルの構築、及び評価を実施可能とするため、統合データベースに保存されたデータに対する画像処理機能の設計検討を行った。

2.3.1 地質環境モデルを対象としたデータベースの設計検討

本項では地質環境モデルの構築を対象とした統合解析システムのデータベースの設計を検討した。

まず、データベースの目的、及びデータベース設計の基本となる設計思想を検討した。次に目的に基づいてデータベースの基本機能を検討した。さらに基本機能を実現するために必要なデータベースの論理構造を検討した。

検討された基本機能を実現するためには、データベースに高度の画像処理、及び画像データベース機能などが必要である。それらの先進的機能の技術開発課題を検討した。

(1) データベースの目的

本項では、地質環境モデルの構築に関する情報処理の体系化に基づいて、地質環境における調査試験データ取得、現象理解、シナリオ構築、モデル開発及び、解析・評価に至るまでの一連の手順とそこで必要となるノウハウを知識ベース化した統合解析システムの一部であるデータベースの基本設計を実施する。

まず、統合解析システムの地質環境データベース・システムの位置付け及び目的を整理し、その上で、データベース・システム構築に当たっての設計思想を明確にする。

(i) データベースの目的

地層処分の研究開発は、地質環境条件の調査、処分技術（処分場の設計）、安全評価の3分野から成り立っている。しかし、各分野とも高度に専門的であることから、3分野の連携が課題である。そのため、各分野における試験データ取得、現象理解、シナリオ構築、モデル開発、解析・評価に至るまでの情報の流れを整理し、これらを有機的かつ階層的に統合した知識ベースとして体系化していくことが重要である。

そこで本研究では、従来はエキスパートの判断の中に含まれていたため明らかにされていなかった、地質環境における地質調査データ取得から、モデル構築、解析・評価に至るまでの一連のデータと手順を整理して体系化する。また手順を実行する場合に必要な参照情報、データ処理の手法、判断内容等の品質管理情報を体系化して明示し、それ

らを収納するデータベースを検討する。

専門家の持つ高度に専門的な知識をデータと手順、及び品質管理情報という形で具現化することにより、地層処分の3分野の連携に必要な有機的かつ階層的に体系化された情報を提供することが可能となる。また、それらの情報を専門家以外のユーザに対して理解しやすくかつ迅速に提供することができる。

また、本研究の効果としては、地質環境の専門家が地質調査データ取得から、モデル構築、解析・評価に至るまでの作業を実行する場合に、データベースを活用することにより作業が効率化したり、信頼性が向上することが考えられる。さらに、地質調査から大量のデータが発生するため、それらをデータベースで体系的に保管することは地層処分事業に対してデータの信頼性という点で寄与できると考えられる。

従って、本研究で検討するデータベース・システムの目的は以下と考えられる。

地質環境における地質調査データ取得から、モデル構築、解析・評価に至るまでの一連のデータと手順、品質管理情報の体系化

地質環境における地質調査データ取得から、モデル構築、解析・評価に至るまでの作業の効率化

大量の地質環境データの体系的な保存とデータ信頼性の向上

(ii) データベースの基本要件

地質環境分野における地質調査データ取得から、モデル構築、解析・評価に至るまでの一連のデータと手順、品質管理情報を体系化したデータベース・システムの構築に関して、データベースの基本要件となる「システムの利用者」「対象とするデータの範囲」及び「システムが備えるべき特性」の3点についての検討を行った。

データベース・システム構築の目的から、システムの利用者は、JNCの地層処分研究の関係者全員、を対象とする方向で考えるべきであろう。この場合、システム利用者が多数となることが予想されることから、システムが十分な機密保護機能を有していることが必要要件となる。

データベースが管理対象とするデータの範囲は、従来明らかにされていなかった専門家の判断に関する情報などの品質管理情報が含まれていること、及び、広範かつ莫大な地質環境情報を対象としていることが本データベースの最大の特徴である。品質管理情報に対応するためには、データ追跡性を実現できる事が要求される。

地質調査の結果である1次データは大量、多種類であり、数値以外の画像情報や文字データが多数含まれると考えられるので、画像情報や文字データの取扱いが必要である。

本データベースでは東濃及び幌延の深地層の研究施設の情報を活用することが必要で

あるので、今後新たな地質調査情報が発生した場合にそれらを柔軟に収納できることが必要である。

また、本データベースでは既存のデータベースや公開情報なども積極的に利用すべきであると考えられる。今後更にデータベース・システムの機能拡張を図る場合においては、処分事業に係わる他のデータベースの有効利用といったことも予想されることから、他のデータベースとの接続性には十分な配慮が必要である。

以上の検討結果を踏まえた上で、将来にわたって、上述の目的に沿ってデータベース・システムが有効に機能するために、システムが備えるべき特性は、以下の通りであると考えられる。

- ・ 多量多種類のデータが管理可能
- ・ 柔軟性を持ったデータベース構造
- ・ 品質管理情報に対応するデータ追跡性
- ・ 画像，文字データを扱うことのできるマルチメディア性
- ・ システムとしての継続性
- ・ 将来のアプリケーションの拡張への柔軟な対応性
- ・ 関連機関とのコネクティビティ
- ・ 他のデータベースとの共存性
- ・ データ公開がクラス別を実施できる機密保持機能
- ・ 地質環境モデル構築を考慮したデータベースの操作支援機能

なお、本データベース・システムの構築にも当てはまることではあるが、一般に、データベース・システムの構築には多大な時間を要する。これは往々にして、当初のシステム設計内容の陳腐化や、システムの持つ機能のタイムリーな提供を妨げる原因となる。

従って、上記データベース・システムの構築に当たっては、ハードウェア及びデータベースやグラフィック等のソフトウェアが年々進歩しているため、それらの調査を行いつつ 3 年間の開発計画中の最後の年にハードウェア及びソフトウェアを購入して、最も性能の良いハードウェア及びソフトウェアを使って本データベース・システムを構築することが必要であると考えられる。

(2) データベース・システムの基本機能

本データベース・システムの機能の目的と機能概要を検討した。さらに、システム概念、及び機能概念を、図 2.3-1、及び図 2.3-2 に示した。

(i) 地質環境データの登録機能

- ・ (目的) 地質環境データをデータベースに登録する。
- ・ (機能) 地質構造及び水理に関する調査結果, 2次データ, モデルなどの各種データをデータベースに登録する機能である。

(ii) 地質環境データの検索機能

- ・ (目的) データベースに収納されている地質環境データを検索して表示する。
- ・ (機能) 地質構造及び水理に関する調査結果, 2次データ, モデルなどの各種データを, 検索条件を与えてデータベースから検索して表示する機能である。データをグラフ, 及び表の形式で表示する機能である。

(iii) 地質環境データの画像表示機能

- ・ (目的) 大量かつ3次元に分布する, 地質構造及び水理地質構造に関する調査結果, 整理データ, 及び構造モデルをユーザに理解し易いように効果的に処理・表示する。
- ・ (機能) 地質構造及び水理に関する調査結果, 整理データ, 及び構造モデルを, 3次元のコンピュータグラフィック形式で表示する機能である。データの種類(次元数, ベクトル場とスカラー場の区別など)に応じた多種類の表示機能を有する。

(iv) 品質管理情報の登録機能

- ・ (目的) 品質管理情報をデータベースに登録する。
- ・ (機能) 地質構造及び水理に関する調査結果, 2次データ, モデルなどの各種データの処理に伴う品質管理情報をデータベースに登録する機能である。

(v) 品質管理情報の検索・追跡機能

- ・ (目的) 品質管理情報をデータベースから検索する。
- ・ (機能) 地質構造及び水理に関する調査結果, 2次データ, モデルなどの各種データの処理に伴う品質管理情報を, 検索条件を与えてデータベースから検索する機能である。画像処理を伴わない簡単なグラフ, 表の形式でデータを表示する機能を持つ。また, 品質管理情報のトレーサビリティ機能を持ち, 検索機能を有する。

(vi) 品質管理情報の画像表示機能

- ・ (目的) 大量かつ3次元に分布する地質環境データと密接な関係を持つ品質管理情報をユーザに理解し易いように効果的に処理・表示する。
- ・ (機能) 地質環境データと密接な関係を持つ品質管理情報をユーザに理解し易いよう

に、3次元のコンピュータグラフィックにより表示する機能である。データの種類(次元数、ベクトル場とスカラー場の区別など)に応じた多種類の表示機能を有する。

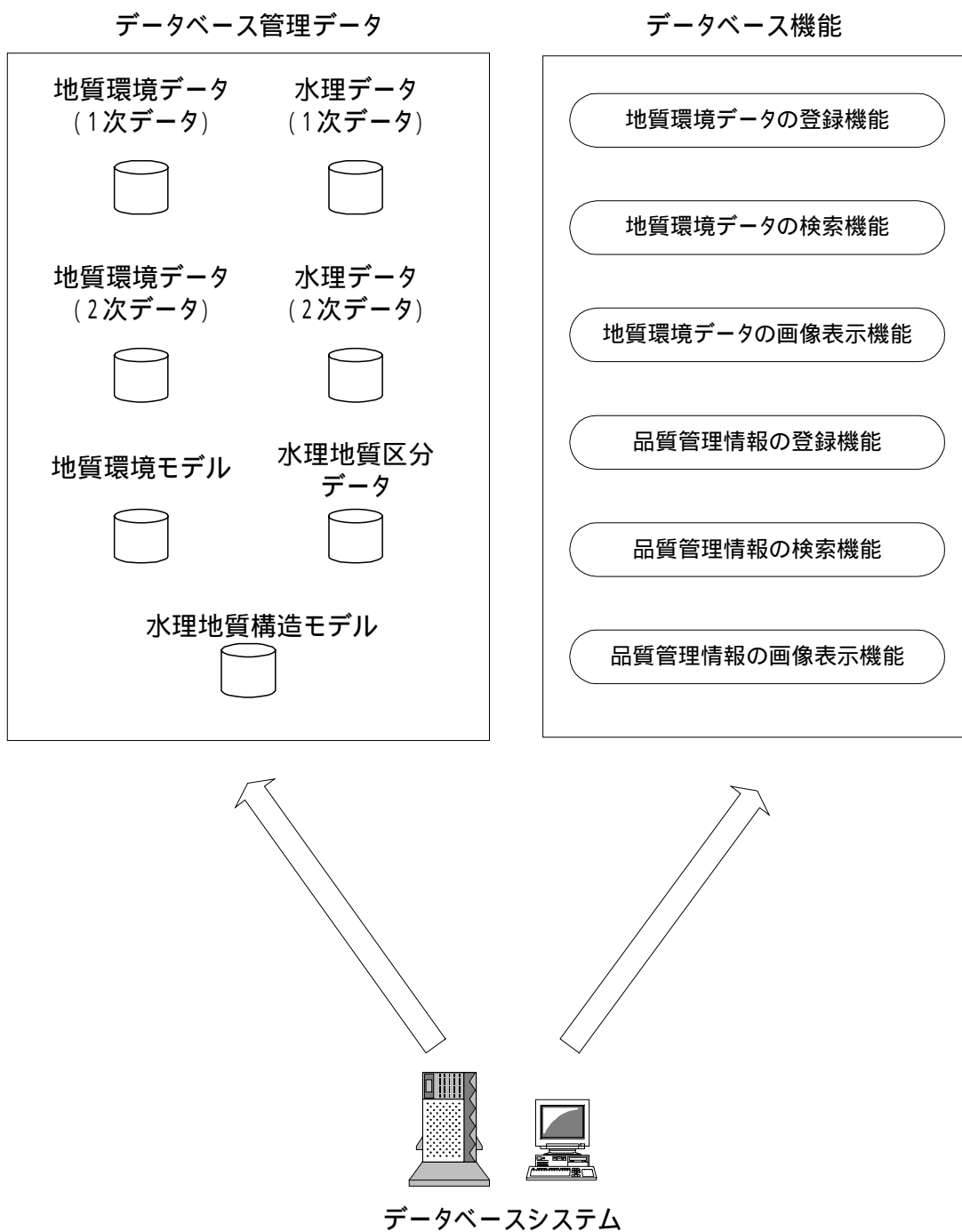


図 2.3-1 システム概念図

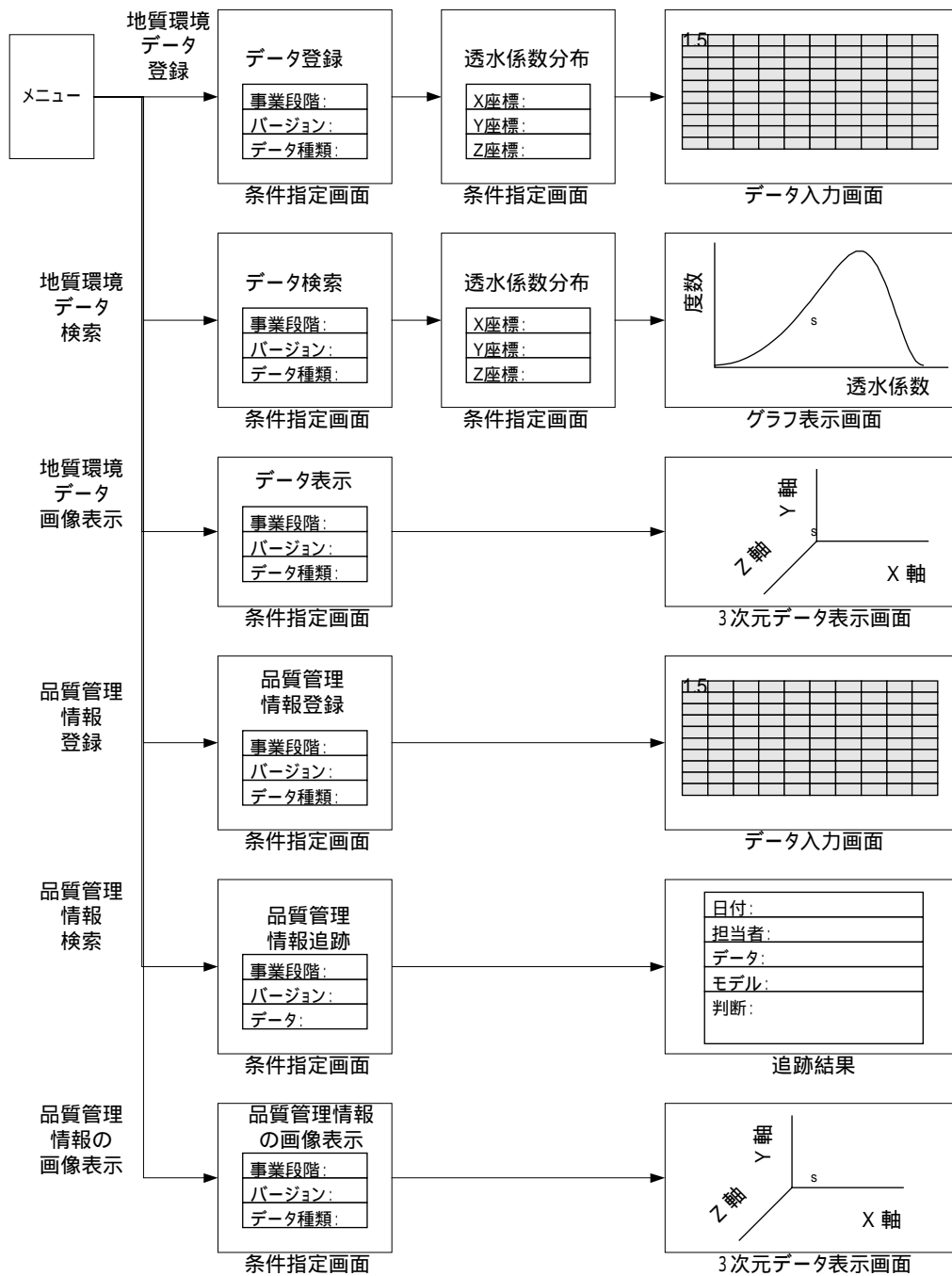


図 2.3-2 システム機能概念図

(3) データベースの論理構造

地質環境モデル構築に関する情報処理の体系化の検討結果に基づき、地質環境データ及び品質管理情報を管理するデータベースの論理構造を検討し、設計を行った。

(i) 地質構造に関するデータベース構造

(a) データベースの機能要件

本データベースに対する主要な機能要件は以下である。

- ・地質調査からモデル構築に至る一連の流れにおけるデータの管理
- ・地質調査からモデル構築に至る一連の流れにおける品質管理情報の管理
- ・品質管理情報の追跡性
- ・将来の拡張性、及び外部データベースとの連携などの柔軟性
- ・画像データ、文章データの取扱い

上記の機能要件を基にしてデータベース構造を検討した。データベースの将来の拡張性、及び柔軟性に関する機能要件に対応するため、データの拡張性、及び維持管理の容易なりレシヨナルデータベースを採用した。

これまでの検討により、地質環境モデル構築の情報処理の流れがワークフロー図、ワークシート、及びデータフローシートの形式でまとめられており、これらの体系化結果に基づいてデータベースの論理設計を行った。情報処理の体系化結果からデータベースで管理する個々のデータ項目を検討し、データ項目を分類して同じ分類に属するデータ項目をまとめてデータベース・テーブルを作成した。

ワークフロー図で表された情報処理の流れの中で、ワークはプログラムに対応し、ワーク間を流れるデータを収納するのがデータベースであるというのがワークフロー図とシステムの基本的な関係である。データベースはデータの種類に従って分類され、複数のテーブルから構成される階層構造を持つ。また、参照データとは、データベースのテーブルの項目が参照しているさらに下位階層のデータである。参照データは参照テーブルで管理される。

また本研究では、データベース・テーブルの他にワークフロー図及びワークシート自体のデータベース化の検討も行った。これらのデータベース化に当たっては、データベースで管理する単位（ワークシートの個々の構成要素など）をどの程度細かくするかにより適した手法が異なると考えられる。本研究では複数のデータベース化手法を検討したが、どの手法を採用するかはシステム開発段階でハード及びソフトウェア環境を考慮して検討する必要があると思われる。従って検討されたデータベース化手法のうちどれを選択するかは、本年度は検討の対象外とした。検討結果を「(4)技術的課題」で説明した。

(b) データ分類

地質調査には多種類の調査が存在し、一つの地質調査から得られる調査結果（1次データ）は多量多種の数値、文書、及び画像データから構成されている。また、地質調査から解析に至る一連の流れでは、地質調査結果が集約されて次のステップに送られ、さらに集約が加えられて最終的に地質構造モデルに送られている。

そこで地質調査から解析に至るまでの情報処理の流れに関係するデータを分類するには、地質調査結果（1次データ）、整理データ（2次データ）、及び地質構造モデルと3種に分類するのが適当であると考えられる。

ワーク間で受け渡されるデータは、データフローシートの形式でまとめられている。あるワークで発生するデータは同じ種類のデータであるので、同じワークで生成されるデータを一つのグループに分類することができる。

また、品質管理はワーク毎に実施されるため、品質管理内容はワーク毎により異なり共通部分は少ない。そこで、同じワーク毎に発生する品質管理情報（データ、モデル、判断、処理に関する品質管理情報）を、一つのグループに分類するのが適当であると考えられる。

以上のようにデータ分類の観点から、ワークをデータの単位としてデータベースを設計するのが適当であると考えられる。

(c) データベース構造

データ分類の観点から、ワークをデータの単位としてデータベース設計を行うのが適当である事が示された。そこでデータベースのテーブルをワークに対応させて設計した。

ワークとテーブルが対応するデータベース設計は、柔軟性を持つのが特徴である。これによりテーブルを結合させて任意のデータ検索が可能となった。また、テーブルには一つのワークで発生するデータとそれに関する品質管理情報が含むよう設計を行った。

さて、データの発生を検討すると、同じワークからデータが時系列的に各調査段階で複数回発生すると考えられる。そこで、検索キーとして、事業段階、モデルバージョン、調査日付などを設け、時系列に発生するデータを同じテーブルに収納することを可能とした。

各テーブルはデータベース構造を可能な限り単純なものとし、かつ検索の効率化を図るため、必要に応じて地質調査データや整理結果を外部の参照テーブルに収納するよう設計した。また、図を参照している場合は、画像ファイルへのポインタという形でテーブルに加えた。

データベース設計の結果、地質構造に関するデータベースは1次データが22個、2次データが4個、地質構造モデルが2個、参照データが31個のテーブルから構成される。

テーブルは1次データ、2次データ及び地質構造モデルの3種類に分類される。テーブルのシンボル名(英数字名)の語尾により分類が明示されるようシンボル名を付けた。その命名規則を次に示す。

- ・1次データ： ***-1stdata
- ・2次データ： ***-2nddata
- ・地質構造モデル： ***-model
- ・参照テーブル： ***-data

データベースの項目はフィールドと呼ばれる。一般的にフィールド名に英数字しか付けられないデータベースが多いため、通常はデータベース設計では英数字を使ってフィールド名を付ける。しかし、英数字の名前ではフィールドに収められるデータがわかり難いため、同時に日本語を使ってデータの内容を表現するフィールド名を付けることが一般的に行われている。

従って、本システムでもデータベースのフィールド名に英数字と日本語の両方を与えた。また、フィールドシンボル名はフィールド日本語名を英語で表現した用語の一部を使い、フィールド日本語名を類推できる内容とした。

(d) 検索機能

本データベースに含まれるデータは、定型業務のためのデータでなく、様々な角度及び観点から整理し検討を加える必要がある研究開発用のデータである。従って、本システムでは同じ条件により定型的に検索を行うことは少ないと考えられる。そのため検索機能は、研究者が研究目的により SQL を発行して検索を行う利用方法に対応すべきであるとされる。

また、品質管理情報のトレーサビリティ機能にも対応すべきであると考えられる。

地質調査から解析に至る一連の情報処理の流れは、ある処分事業段階の中で数回繰り返され、その度にモデルが作成されると想定される。そこで、全テーブル共通の検索キーとして、事業段階、及びモデルバージョンを与えた。

一般に地質調査や試験は、測定場所と測定日により調査が特定可能である。また一般的には1回の測定で複数のサンプルが採取されて分析が行なわれている。そこで1次データについて、さらに測定日時、測定場所(緯度、経度、標高)、および試料番号を検索キーに加えた。2次データ(整理データ)、及び地質構造モデルは1次データをまとめた情報であるので、一つのモデルには1つのデータしか存在しないとされる。そこで検索キーには日時及び座標を追加した。

このように検索キーを設定することにより、データベースに収納されているレコードを一意的に決定できるデータベース構造を設計した。これらの検索キーを利用すること

により、以下の観点からの検索が可能である。

- ・ 時間情報による検索（事業段階、モデルバージョン、調査日時）
- ・ 位置情報による検索（緯度、経度、標高または深度）
- ・ 調査情報による検索（調査名など）

SQL 文により検索キーを自由に組み合わせて検索を実行することにより、データベースの任意の情報の検索・抽出が可能となった。このようにして品質管理情報のトレーサビリティ機能の実現を可能とするデータベース構造を設計した。

(e) 拡張性など

本データベースはリレーショナルデータベースを採用しているため、新規項目の追加及びデータ間のリンク変更に対して柔軟性を持っている。新規に地質調査項目を追加する場合には1次データ・テーブルを追加することにより対応が可能である。また既存の地質調査より得られるデータに新項目を加える場合には、あるテーブルにフィールドを追加することにより対応が可能であり、データベースの他のテーブルへの変更は不要である。

このようにリレーショナルデータベースを使って将来の拡張や外部データベースからのデータの取り込みに対応したデータベースを設計した。

また、データベース・テーブルに画像ファイルへのポインタを持たせることにより、任意の画像へリンクを張ることが可能となった。従って画像の更新や、新規画像のリンクをテーブルに追加することも容易に実施できる。このようにして画像データや文章データに対する高いメンテナンス性と柔軟性をデータベースに持たせたデータベースを設計した。

以上のように機能要件を満たすべく設計したデータベースのテーブルの一覧を表 2.3-1 に示した。テーブルは（1次データ、2次データ、地質構造モデル）と参照用データのテーブルから構成される。

データベースの全体構造を図 2.3-3～図 2.3-6 に示した。検索キーと参照項目、主要なデータが表示されている。

表 2.3-1 システムのテーブル一覧表（地質）

1 次データ

	テーブル名	参照データ	参照テーブル
T2.1.1	航空写真解析結果	地質ユニット	テーブルDG1
		リニアメント	テーブルDG2
		断層分布	テーブルDG3
		地滑り	テーブルDG4
T2.1.2	衛星画像解析結果	地質ユニット	テーブルDG1
		リニアメント	テーブルDG2
		断層分布	テーブルDG3
		地滑り	テーブルDG4
		地表放射温度	テーブルDG5
	変質帯	テーブルDG6	
T2.2.1	標高測量結果		
T2.3.1	岩相・岩質調査結果	岩相岩質	テーブルDG7
		変質作用	テーブルDG8
		化石	テーブルDG9
T2.3.2	地質境界調査結果	地質境界	テーブルDG10
T2.3.3	断裂系調査結果	断裂	テーブルDG11
T2.3.4	褶曲構造調査結果	堆積面	テーブルDG12
		褶曲	テーブルDG13
		褶曲軸	テーブルDG14
T2.3.5	地史調査結果		
T2.4.1	空中電磁気探査結果		
T2.4.2	空中磁気探査結果		
T2.4.3	空中放射能探査結果		
T2.4.4	重力探査結果		
T2.4.5	電気探査結果		
T2.4.6	電磁探査結果		
T2.4.7	屈折法地震探査結果		
T2.4.8	反射法地震探査結果		
T2.4.9	比抵抗トモグラフィー結果		
T2.4.10	弾性波トモグラフィー結果		
T2.5.1	コア観察結果	岩相岩質	テーブルDG7
		変質作用	テーブルDG8
		化石	テーブルDG9
		地質境界	テーブルDG10
		断裂	テーブルDG11
		堆積面	テーブルDG12
		褶曲	テーブルDG13
褶曲軸	テーブルDG14		
T2.5.2	孔壁観察結果	割れ目	テーブルDG25
T2.5.3	物理検層結果		
T2.6.1	坑壁調査結果	岩相岩質	テーブルDG7
		変質作用	テーブルDG8
		化石	テーブルDG9
		地質境界	テーブルDG10
		断裂	テーブルDG11
		堆積面	テーブルDG12
		褶曲	テーブルDG13
褶曲軸	テーブルDG14		

2次データ（整理データ）

	テーブル名	参照データ	参照テーブル
T3.1	地形データの整理結果		
T3.2	地質データの整理結果		
T3.3	割れ目特性データの整理結果		
T3.4	物理特性データの整理結果		

地質構造データ

	テーブル名	参照データ	参照テーブル
T4.1	地形モデル		
T4.2	地質構造モデル		

参照データ

	テーブル名	データ内容	参照テーブル
DG1	地質ユニット	航空写真等の地質ユニットの境界	
DG2	リニアメント	リニアメント(写真判読結果)	
DG3	断層	断層分布(写真判読結果)	
DG4	地滑り	地滑り(写真判読結果)	
DG5	地表放射温度	地表放射温度(写真判読結果)	
DG6	変質帯	変質帯(写真判読結果)	
DG7	岩相岩質	岩相岩質(露頭調査結果)	
DG8	変質作用	変質作用(露頭調査結果)	
DG9	化石	化石(露頭調査結果)	
DG10	地質境界	地質境界(露頭調査結果)	
DG11	断裂	断裂(露頭調査結果)	
DG12	堆積面	堆積(露頭調査結果)	
DG13	褶曲	褶曲(露頭調査結果)	
DG14	褶曲軸	褶曲軸(露頭調査結果)	
DG15	空中電磁気探査比抵抗	3次元比抵抗分布データ	
DG16	空中磁気探査全磁力	2次元全磁気分布データ	
DG17	放射能強度	2次元放射能強度分布データ	
DG18	ブーゲー異常	2次元ブーゲー異常分布データ	
DG19	電気探査比抵抗	3次元比抵抗分布データ	
DG20	電磁探査比抵抗	3次元比抵抗分布データ	
DG21	屈折法地震探査弾性波速度	3次元弾性波速度分布データ	
DG22	反射法地震探査弾性波速度	3次元弾性波速度分布データ	
DG23	孔間上比抵抗	3次元孔間上比抵抗分布データ	
DG24	孔間上弾性波速度	3次元孔間上弾性波速度分布データ	
DG25	割れ目特性	割れ目特性データ	
DG26	地形特性分布図	3次元地形特性分布図(イメージ)	
DG27	地質素図	3次元地質素図(イメージ)	
DG28	割れ目特性分布図	3次元割れ目特性分布図(イメージ)	
DG29	物理特性分布図	3次元物理特性分布図(イメージ)	
DG30	地形モデルファイル	3次元地形モデル(イメージ)	
DG31	地質構造モデルファイル	3次元地質構造モデル(イメージ)	

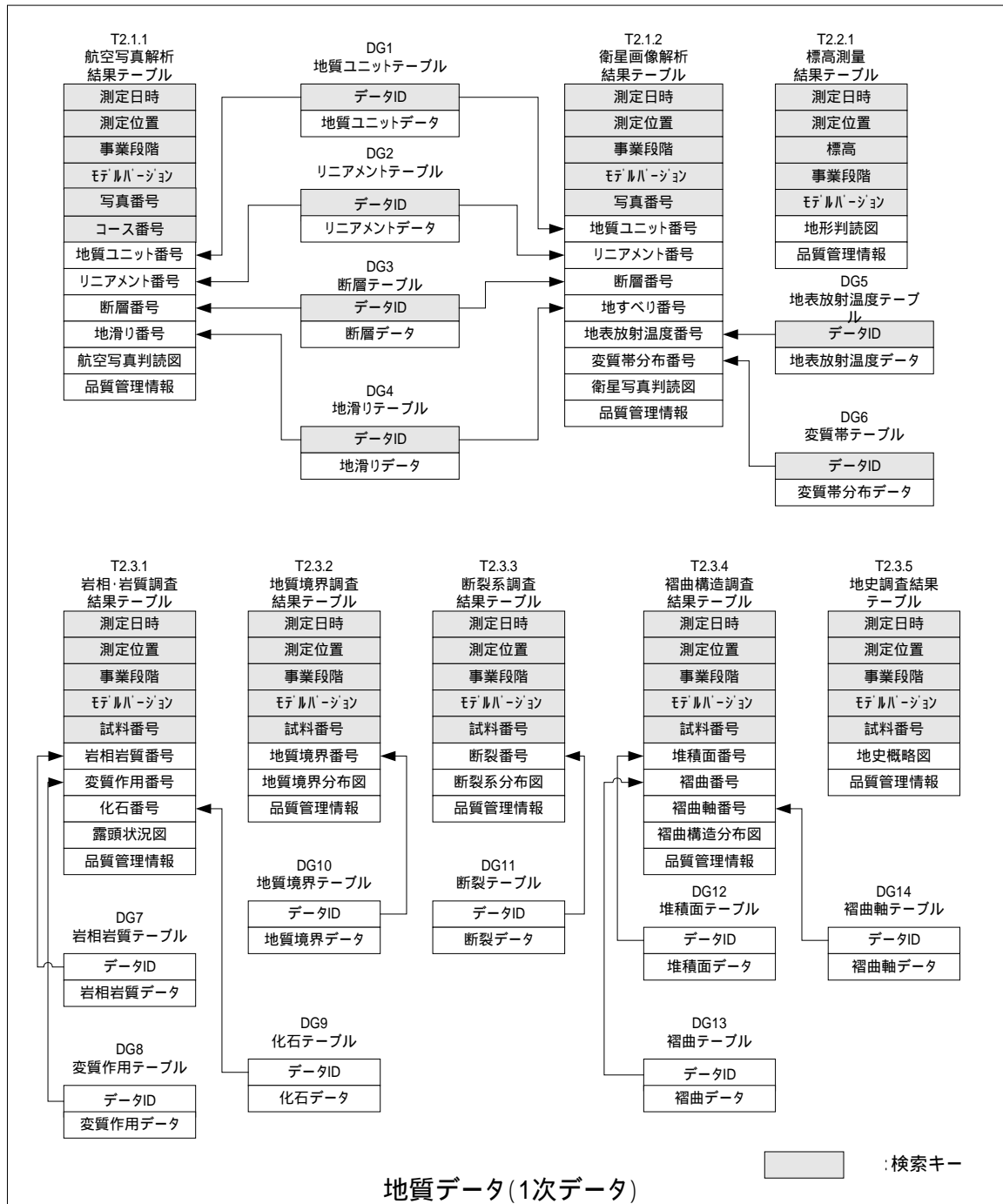


図 2.3-3 データベース構造 (地質構造 1)

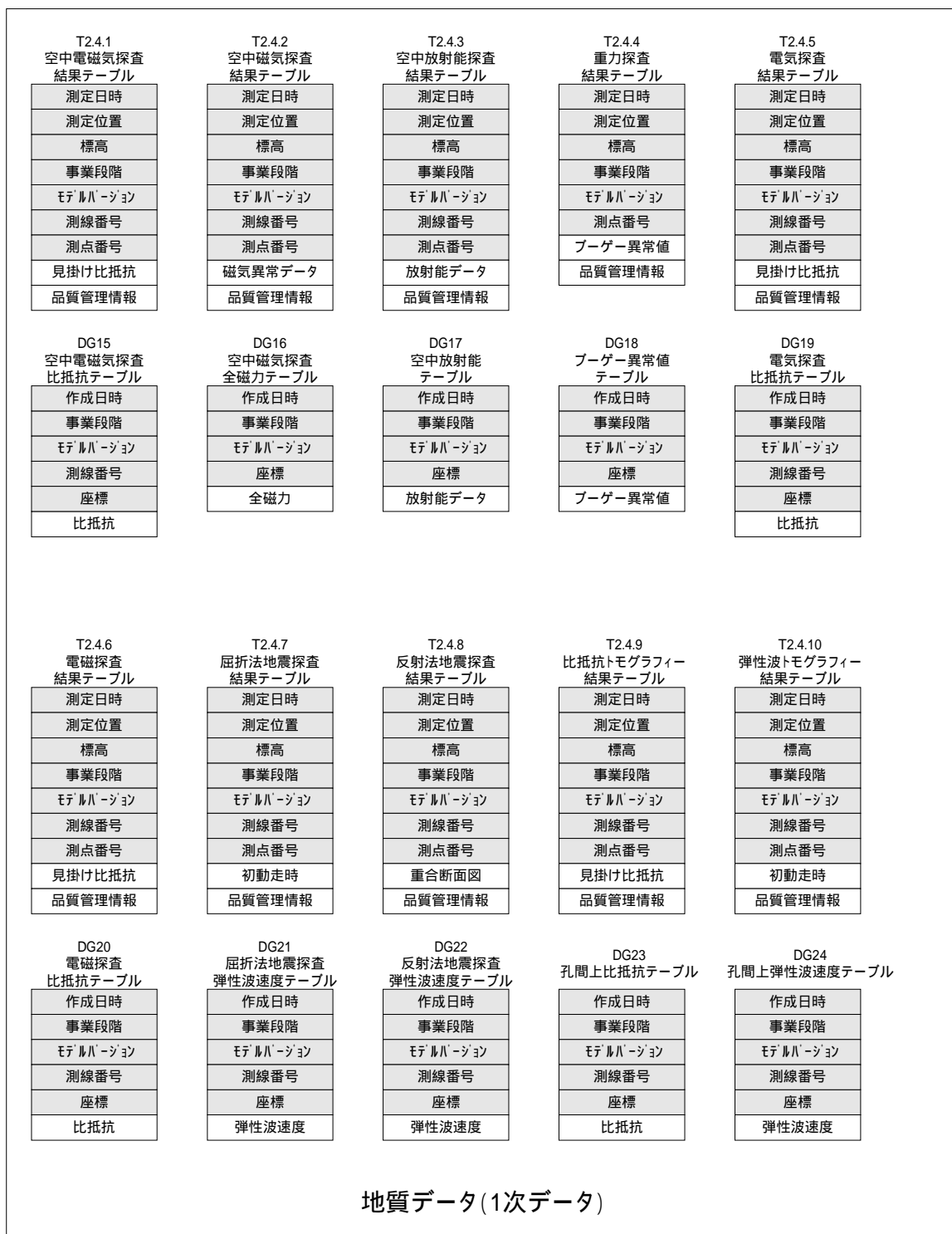


図 2.3-4 データベース構造 (地質構造 2)

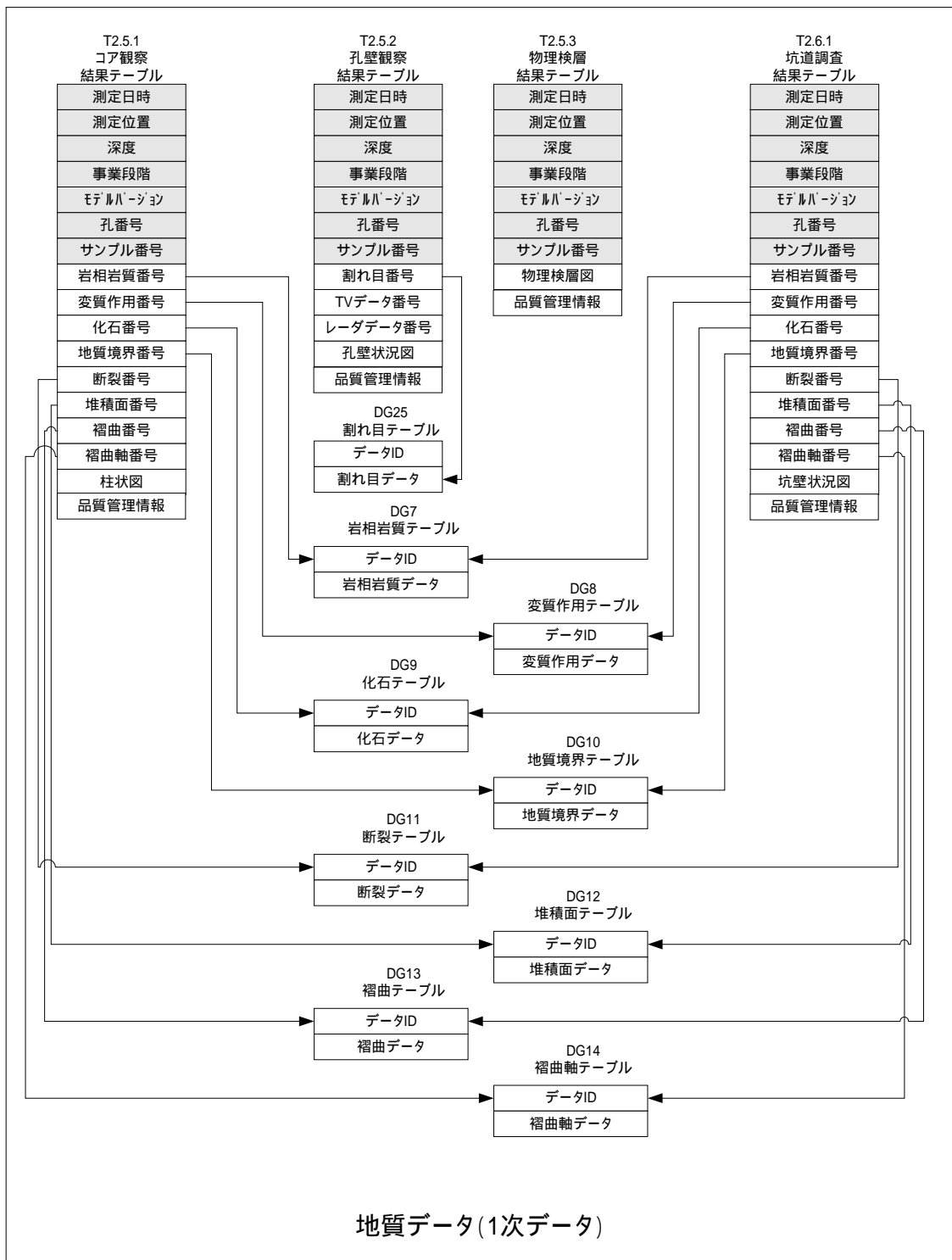


図 2.3-5 データベース構造 (地質構造 3)

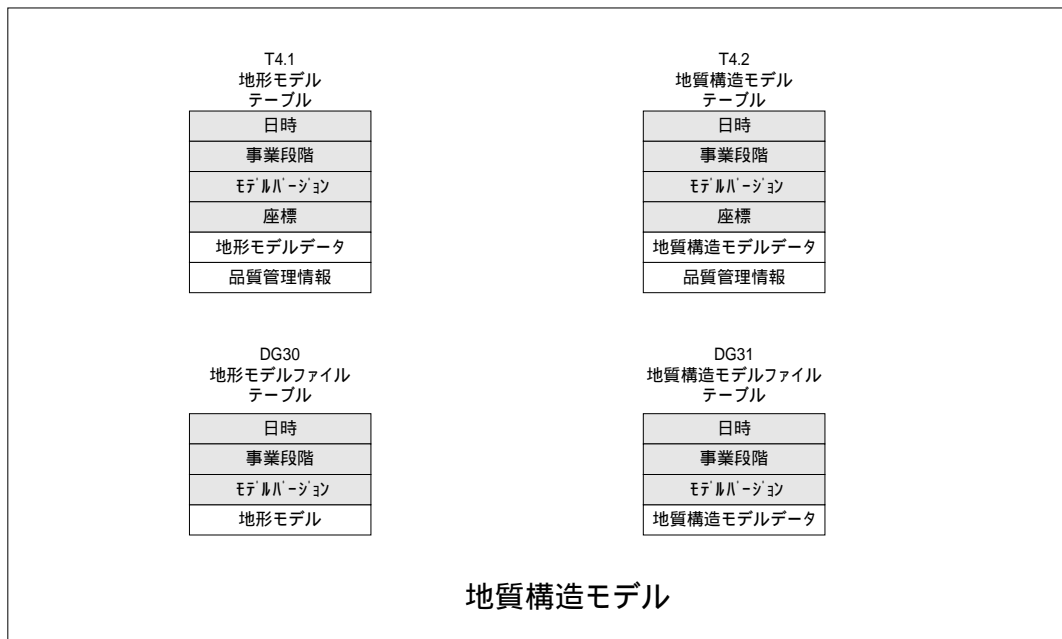
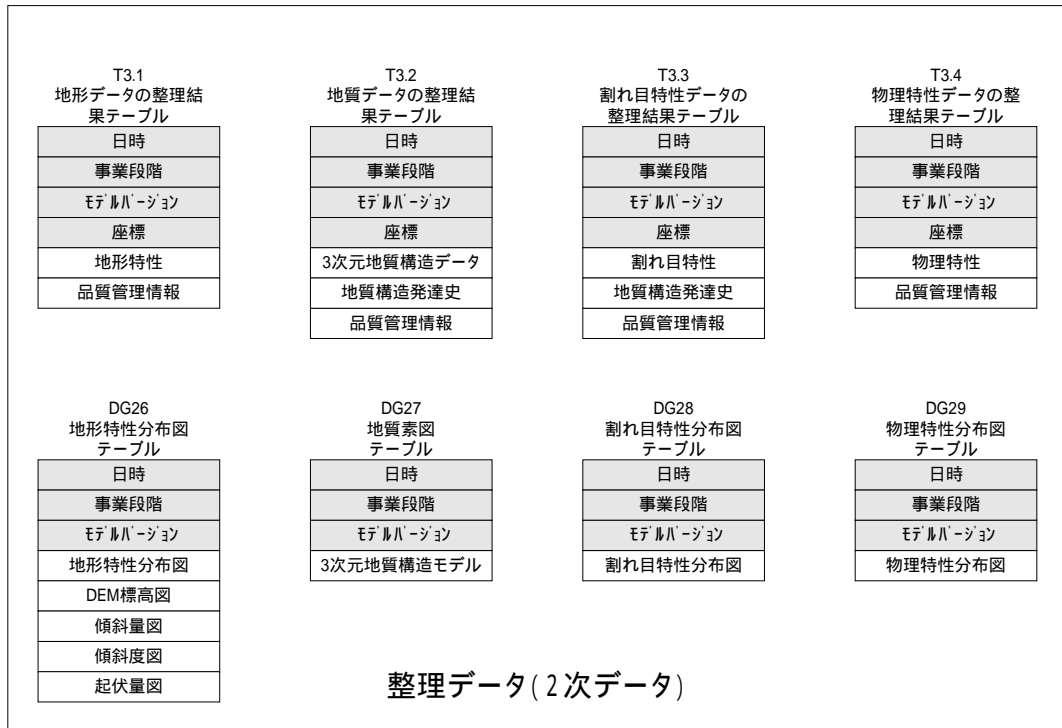


図 2.3-6 データベース構造(地質構造4)

(ii) 水理地質構造に関するデータベース構造

(a) データ分類

水理地質構造分野における地質調査から解析に至る一連の情報処理の流れは、地質構造と同じく調査結果が集約されて次段階に送られるという処理が基本である。そこで水理地質構造に関するデータは、調査結果（1次データ）、水理データ（2次データ）、水理地質区分情報、及び水理地質構造モデルの4種に分類した。

また、ワーク毎に発生する品質管理情報が、ワークに対応するグループ（テーブル）に含まれるようデータベース設計を行った。

以上のように水理地質構造の場合も、ワークをデータの分類単位としてデータベース設計を行うのが適当である。

(b) データベース構造

データベース構造の検討結果は地質構造の場合と基本的に同じである。

地質構造の場合と同じくデータベース構造に柔軟性を与えるために、各ワークに対応させて一つのテーブルを設計した。

テーブルには一つのワークで発生するデータとそれに関する品質管理情報が含まれる。検索キーに事業段階などを付与することにより、時系列に発生する同種類のデータを同じテーブルに収納できるようにテーブルを設計した。

各テーブルは必要に応じて地質調査データや整理結果を外部の参照テーブルに収納している。また、図を参照している場合は、画像ファイルへのポインタという形でテーブルに加えた。

データベース設計の結果、水理地質構造に関するデータベースは1次データが18個、2次データが9個、水理地質区分データが3個、水理地質構造モデルが4個、参照データが12個のテーブルから構成される。

テーブルは1次データ、2次データ、水理地質構造モデルの3種類に分類される。テーブルのシンボル名（英数字名）の語尾により分類が明示されるようシンボル名を付けた。その命名規則を次に示す。

- ・ 1次データ： ***-1stdata
- ・ 2次データ： ***-2nddata
- ・ 水理地質区分データ： ***-kmodel
- ・ 水理地質構造モデル： ***-model
- ・ 参照テーブル： ***-data

(c) 検索キーの設定

検索キーの設定の検討結果は地質構造の場合と基本的に同じである。

全テーブル共通の検索キーとして、事業段階、及びモデルバージョンを与えた。1次データについては、さらに測定日時、位置（緯度、経度、標高）、および試料番号を検索キーに加えた。2次データ（整理データ）、区分データ、及び水理地質構造モデルの検索キーには、1次データ検索キーにさらに日時及び位置を追加した。

(d) 拡張性など

拡張性などの検討結果は、地質構造の場合と基本的に同じである。

リレーショナルデータベースの採用により将来の拡張や外部データベースからのデータの取り込みに対応したデータベースを設計した。

また、データベースが画像データや文章データに対する高いメンテナンス性を有するよう設計した。

以上のように機能要件を満たすべく設計したデータベースのテーブルの一覧を表 2.3-2 に示した。テーブルは1次データ、2次データ、水理地質区分モデル、水理地質構造モデル、及び参照用データのテーブルから構成される。

データベースの全体構造を図 2.3-7、図 2.3-8 に示した。検索キー、参照項目、及び主要データが表示されている。

表 2.3-2 システムのテーブル一覧表(水理)

1 次データ

	テーブル名	参照データ	参照テーブル
T5.1	地下水位調査結果		
T5.2.1	自然湧水調査結果	地下水頭	テーブルDH1参照
T5.2.2	掘削面湧水調査結果	地下水頭	テーブルDH1参照
T5.2.3	坑道湧水調査結果	地下水頭	テーブルDH1参照
T5.3	間隙水圧調査結果		
T5.4	流向流速測定結果		
T5.5.1	単孔式透水試験結果		
T5.5.2	多孔式透水試験結果	水位回復の経時変化	テーブルDH2参照
		間隙圧力回復の経時変化	テーブルDH3参照
T5.5.3	坑道規模透水試験結果	間隙水圧	テーブルDH4参照
T5.5.4	床盤注水試験結果		
T5.5.5	室内透水試験結果		
T5.6	物理試験結果	粒度分布	テーブルDH5参照
T5.7.1	気象観測結果		
T5.7.2	土壌水分観測結果		
T5.7.3	河川流量観測結果		
T5.8	水利用調査結果		
T5.9	不飽和浸透特性調査結果	水分特性曲線	テーブルDH6参照
T5.10	トレーサー試験結果		

2 次データ

	テーブル名	参照データ	参照テーブル
T6.1	地下水頭分布整理結果	地下水位変動	テーブルDH7参照
		地下水位等高線	テーブルDH8参照
T6.2	間隙水圧整理結果	間隙水圧変動	テーブルDH9参照
		間隙水圧分布	テーブルDH10参照
T6.3	比貯留係数整理結果		
T6.4	流向流速整理結果		
T6.5	湧水量整理結果		
T6.6	透水係数整理結果		
T6.7	水収支データ整理結果		
T6.8	不飽和浸透特性整理結果	不飽和特性1(サクション)	テーブルDH11参照
		不飽和特性2(比透水係数)	テーブルDH12参照
T6.9	物理特性整理結果		

水理地質区分データ

	テーブル名	参照データ	参照テーブル
T7.1	間隙水圧による水理地質区分		
T7.2	流向流速による水理地質区分		
T7.3	透水係数による水理地質区分		

水理地質構造モデル

	テーブル名	参照データ	参照テーブル
T8.1	水理地質構造モデル		
T8.2	物性値データ		
T8.3	境界条件データ		
T8.4	初期条件データ		

参照データ

	テーブル名	データ内容	参照テーブル
DH1	水頭1次元	水頭分布データ(1次元)	
DH2	水位回復経時変化	水頭回復経時変化データ	
DH3	間隙圧力回復経時変化	間隙圧力回復経時変化データ	
DH4	間隙水圧	間隙水圧経時変化データ	
DH5	粒度分布	粒度分布データ	
DH6	水分特性曲線	水分特性曲線	
DH7	地下水位変動	地下水位経時変化データ	
DH8	地下水位等高線	地下水位分布データ(3次元)	
DH9	間隙水圧変動	間隙水圧経時変化データ	
DH10	間隙水圧分布	間隙水圧分布データ(3次元)	
DH11	サクシオン圧	飽和度とサクシオン圧データ	
DH12	比透水係数	飽和度と比透水係数データ	

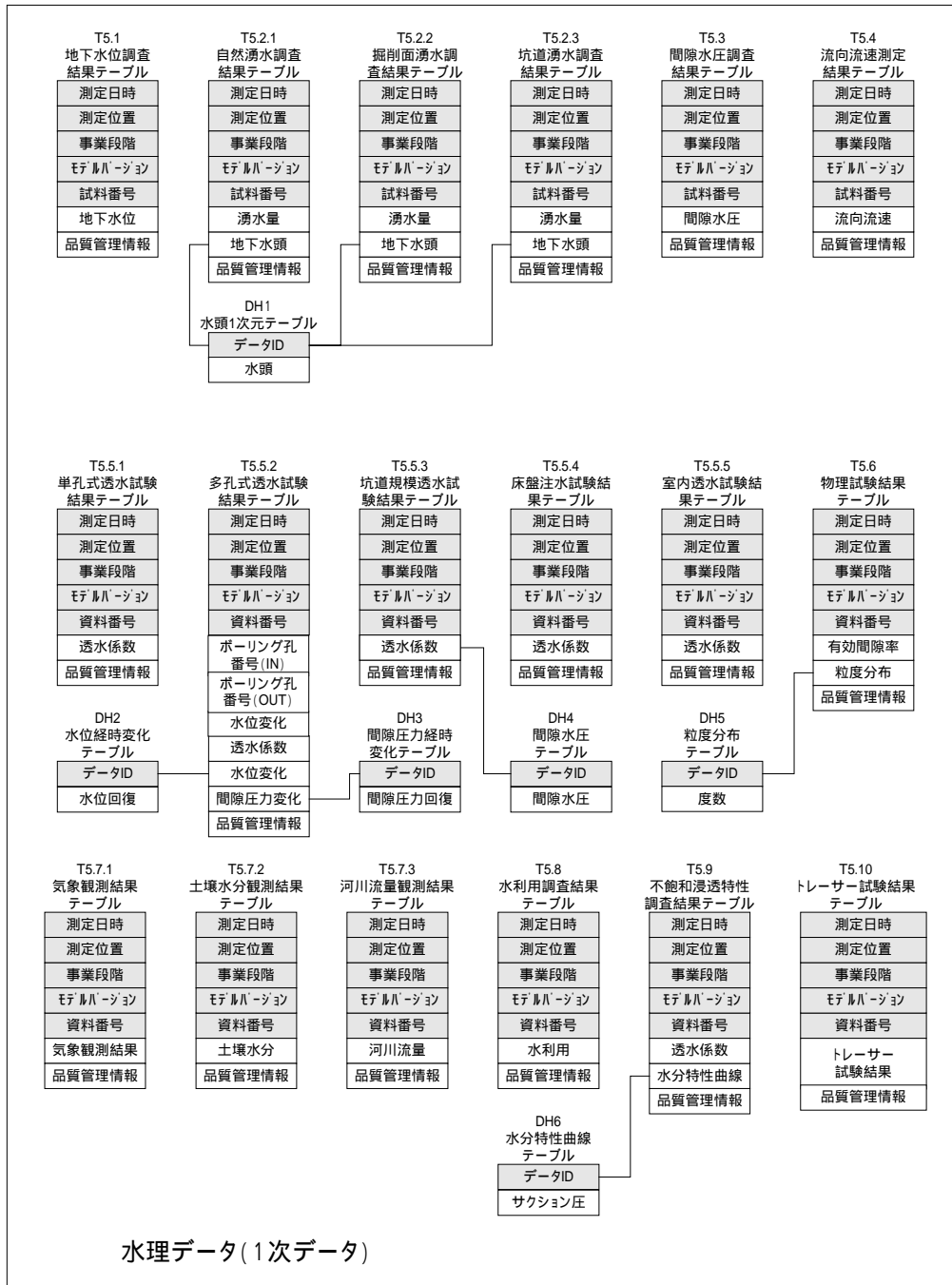


図 2.3-7 データベース構造 (水理地質構造 1)

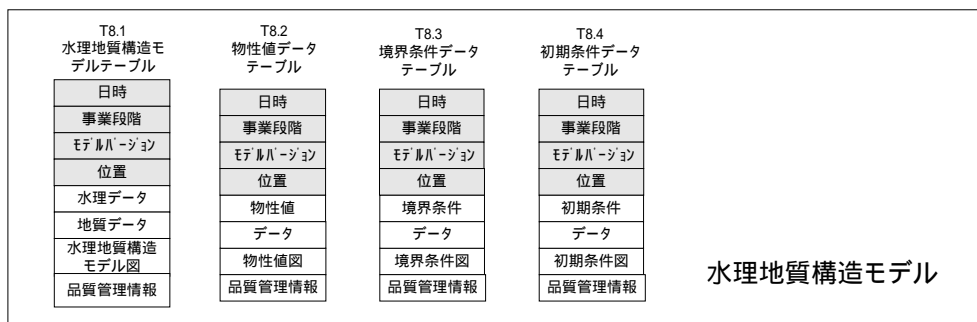
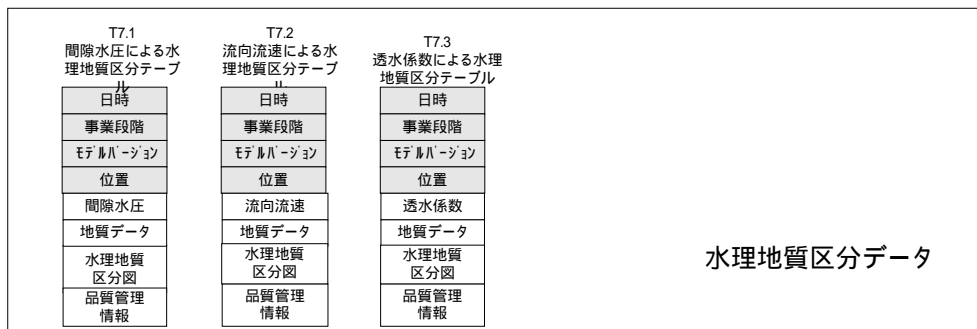
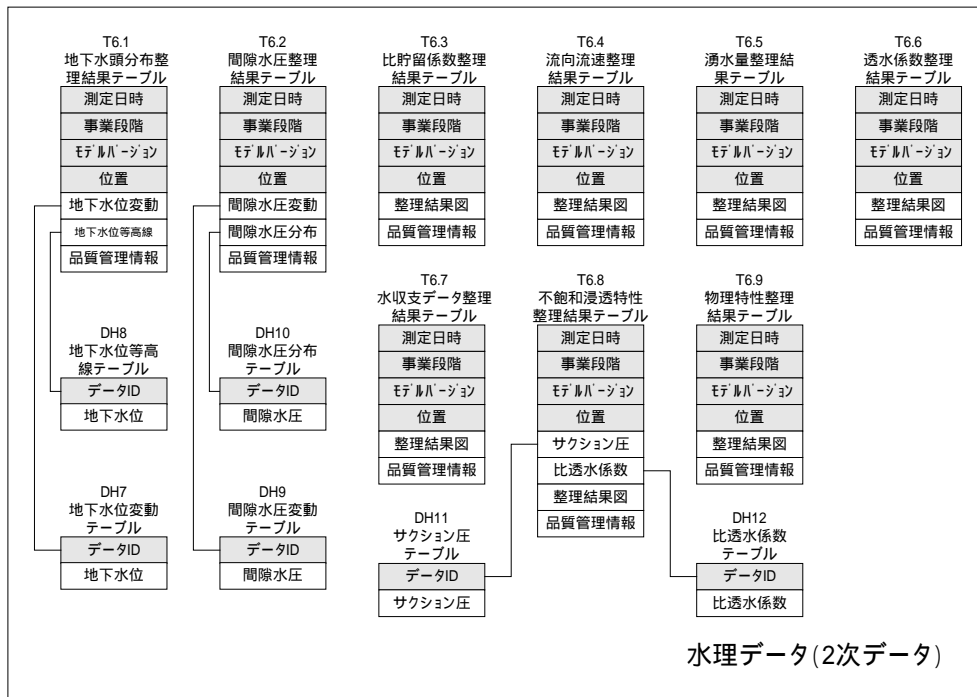


図 2.3-8 データベース構造 (水理地質構造 2)

(4) 技術的課題

本項では、前項までに検討されたデータベースの基本要件を実現するために必要と思われる技術的な課題を抽出し、併せて、その対応を検討した。

(i) 3次元グラフィック機能

本システムにおいては、地上および地下空間に3次元展開される各種データを取り扱う必要がある。従って、例えば、地質図や各種の計測物性値などの分布状況を、視点を変更させながら鳥瞰図表示する機能、及び地下空間の任意断面で表示する機能等の3次元グラフィック機能の採用が必要と考えられる。さらに多様多種の地質環境データに対応するため、多種類の可視化手法の検討が必要と考えられる。

しかし一方、3次元グラフィック技術の利用は、まだコスト的には高いものとなるため、3次元グラフィック機能の提供においては、既存のソフトウェアの利用を十分に検討する必要がある。また、ソフトウェアの選定に当たっては、3次元データの可視化手法の多様性を念頭に置くことが必要であると考えられる。

(ii) イメージデータのデータベース化

本システムでは、数値データの他にリモートセンシング画像、コア写真、及び文献情報といったイメージデータの取扱いが必要である。

イメージデータは数値データと比較するとデータ量が大きいのが特徴のひとつであり、イメージデータの処理に当たっては、高性能のデータ圧縮や検索技術が必要である。

よって現状では、数値データの処理システムとは別にイメージデータのシステムを構築するのが一般的である。

しかし、このような状況も急速に改善されつつあることから、イメージデータ処理機能の構築に当たっては、市販システムの十分な調査を行うべきであると考えられる。

(iii) データベースの保守・管理・運営

本システムへの、新たなボーリングデータの投入や試験データの追加、データのバックアップといった作業は、データベース・システムを良く知らない研究者でも、簡単に行える事が必要である。一方、データベースの信頼性は入力データの正確さにより大きく影響されると考えられる。そのため、ユーザはデータの準備に細心の注意を払い、誤データが混入しないよう十分にチェックを行う必要がある。

本システムでは、このような一見相反する要件を、双方とも満足させる入力データ確認機能、及び品質管理機能を持たせたデータベース保守・管理機能を提供する必要がある。

近い将来においてシステムの利用対象者が増加したり，利用機関が増加したりする可能性がある。このため，システムの運用に当たっては，システム運用当初から，運用要領を定めておくべきである。

(iv) 他のデータベースシステムとの結合

本システムは，他のデータベースや公開情報を利用することが想定されているため，他のシステムとの接続性を持たせることが必要である。接続性はリレーショナルデータベースの採用による柔軟なデータベース構造によっても実現されるが，単なるデータ転送に留まらない，より親和性のある接続機能の実現を目指す必要があるものと思われる。

(v) ワークフロー図及びワークシートのデータベース化

ワークフロー図及びワークシートのデータベース化の実現手法としては，様々な手法が考えられるが，本項では典型的な以下の 3 手法を検討した。各手法がメリットとデメリットを持つため，システム開発段階では各手法を十分に検討してどの手法を採用するか決めることが必要であると考えられる。比較結果を次表に示した。

(a) ファイル管理

ワークフロー図及びワークシートをファイルに記述し，そのファイルを管理する手法である。

(b) 差分情報を加えたファイル管理

ワークフロー図及びワークシートを更新した際の差分情報をファイルに記述し，そのファイルをフロー図及びワークシートのファイルに加えて管理する手法である。

(c) 要素のデータベース管理

ワークフロー図及びワークシートを構成する要素（ワークフロー図の場合はワークとデータフロー）単位でデータベース化し，履歴管理を行う手法である。

表 2.3-3 ワークフロー図及びワークシートのデータベース化手法

手法	特徴	メリット	デメリット
ファイル管理	フロー図やワークシート単位でファイル管理する。	低コストで実現可能。	ファイル単位でしか履歴管理できないので，効率が悪い。
差分情報を加えたファイル管理	基本的にファイル管理であるが，差分情報も加えてファイル管理する。	比較的低コストで実現可能。	差分ファイルの作成が問題である。ユーザが行うと負担が多い。
要素のデータベース管理	フロー図やワークシートを要素に分解して管理する。	要素単位で履歴管理が可能である。	開発に高コストが必要。

2.3.2 地質環境モデルの表示機能の設計検討

本項では、地質環境モデルを対象としたデータベースに必要な画像処理機能を検討した。

まず、データベースの目的から画像処理の基本機能、及び必要な画像の種類を検討した。次に地質構造モデリングソフトウェアを利用して画像処理の基本機能を開発する方法を検討し、市販の地質構造モデリングソフトウェアを利用してボーリングデータから地質構造モデルを作成する一連の手続きを検討した。

(1) 画像処理の基本機能

(i) 目的

統合解析システムの構築目的は以下の通りである。

地質環境における地質調査データ取得から、解析・評価に至るまでの一連のデータと手順、品質管理を体系化する。

地質環境における地質調査データ取得から、解析・評価に至るまでの作業の効率化を実現する

長期にわたる地質環境データの体系的保存とデータ信頼性の向上

以上より画像処理の基本機能としては、以下が考えられる。

品質管理情報を含んだ地質環境データの可視化が可能であること

大量、多種類、及び3次元のデータにより表現される地下構造を理解しやすく表現できること

画像、文字データを数値データと同様に扱うことのできるマルチメディア性を持つこと

これらの基本要件より、可視化アプリケーションの採用、多種類の可視化手法のシステムへの取り込み、画像データベースの採用等が必要と考えられる。

(ii) 画像の種類

画像処理の基本機能に基づいて、システムに必要な画像の種類を検討した。

品質管理を含めた地質調査から解析までの一連の情報処理に必要な画像の種類を検討して、表 2.3-4～表 2.3-6 に示した。

画像情報は画像データベースで管理するのが検索の容易さ、及び効率良い管理などの実現のために適当と考えられる。

システムの開発が進むにつれて、システムのハードウェア環境が具体化されると考えられる。将来的にハードウェア環境に従って最適な画像データベースの形態を検討し、具体的なアプリケーションの選定、データベース構造の検討が必要になると考えられる。

表 2.3-4 画像種類 (地質データ1)

	タイトル	必要データ	付帯情報など
1	航空写真	観測日時 観測位置 高度 航空写真	ユニットの区分
2	衛星画像	観測日時 観測位置 衛星画像 観測機器	ユニットの区分
3	簡易測量図	観測日時 観測位置 標高	方位、縮尺
4	露頭状況図	観測日時 観測位置 標高 露頭状況図	
5	地質境界分布図	観測日時 観測位置 標高 地質境界分布図	
6	断裂系分布図	観測日時 観測位置 標高 断裂系分布図	
7	褶曲構造分布図	観測日時 観測位置 標高 褶曲構造分布図	
8	地史概略図	観測日時 観測位置 標高 地史概略図	
9	比抵抗分布図	観測日時 観測位置 深度 比抵抗値 探査手法	方位、縮尺、探査手法 (電磁探査、孔間トモ グラフィー)
10	磁気異常分布図	観測日時 観測位置 全磁力	方位、縮尺
11	放射能強度分布図	観測日時 観測位置 核種 係数値	方位、縮尺
12	ブーゲー異常図	観測日時 観測位置 ブーゲー異常値	方位、縮尺
13	見掛け比抵抗分布図	観測日時 観測位置 深度 比抵抗値 探査手法	方位、縮尺、探査手法 (電気探査、電磁探査 など)
14	弾性波速度構造図	観測日時 観測位置 深度 弾性波速度 探査手法	方位、縮尺、探査手法 (地震探査、孔間トモ グラフィー)

表 2.3-5 画像種類（地質データ2）

	タイトル	必要データ	付帯情報など
15	重合断面図	観測日時 観測位置 深度 反射イベントの連続性	方位、縮尺
16	ボーリング柱状図	観測日時 観測位置 深度 露頭状況図 地質境界分布図 断裂系分布図 褶曲構造分布図 地史概略図	縮尺、深度
17	坑壁状況図	観測日時 観測位置 深度 坑壁状況(TV,レーダー)	縮尺、深度
18	物理検層図	観測日時 観測位置 深度 見掛け比抵抗値 自然電位 P波速度 S波速度 密度 全線計数値 温度 孔径	縮尺、深度
19	坑壁状況図	観測日時 観測位置 深度 坑道番号 露頭状況図 地質境界分布図 断裂系分布図 褶曲構造分布図 地史概略図	縮尺、深度
20	地形特性分布図	位置 地形種類	方位、縮尺
21	地質素図	位置 地質情報	方位、縮尺
22	割れ目特性分布図	位置 割れ目データ(方向、長さ、密度)	方位、縮尺
23	物理特性分布図	位置 物理特性異常値	方位、縮尺
24	地形モデル	位置 標高 水面	方位、縮尺
25	地質構造モデル	位置 地質情報	方位、縮尺
26	調査位置図	地形(等高線) ボーリング位置(孔番号) 試験名、試験位置 利用区分	方位、縮尺
27	地質断面図	地形 ボーリング位置(孔番号)/掘進長 ボーリング孔の地層境界深度 地層名/境界面形状 断面形状	方位、縮尺、深度スケール

表 2.3-6 画像種類 (水理データ)

	タイトル	必要データ	付帯情報など
1	地下水頭分布	観測位置 地下水頭 降水量 地形	方位、縮尺
2	間隙水圧分布	観測位置 間隙水圧 降水量 地形	方位、縮尺
3	比貯留係数分布	観測位置 比貯留係数 降水量 地形	方位、縮尺
4	流向流速分布	観測位置 流向流速 降水量 地形	方位、縮尺
5	湧水量観測結果	観測位置 湧水量 降水量 地形	方位、縮尺
6	透水係数分布	観測位置 地形 地層名 測線名/位置 透水係数/試験区間深度	方位、縮尺
7	水収支分布	観測位置 地下水涵養量 蒸発散量 地形	方位、縮尺
8	不飽和特性分布	観測位置 サクション 比透水係数 地形	方位、縮尺
9	物理特性分布	観測位置 間隙率 真比重 地形	方位、縮尺
10	水文データ観測点位置	地下水頭観測位置 流向流速観測位置 湧水量観測位置 間隙水圧観測位置 比貯留係数観測位置	方位、縮尺
11	間隙水圧による水理地質分布	観測位置 間隙水圧 地質情報 地形	方位、縮尺
12	流向流速による水理地質分布	観測位置 流向流速 地質情報 地形	方位、縮尺
13	透水係数による水理地質分布	観測位置 透水係数 地質情報 地形	方位、縮尺
14	水理地質構造モデル	観測位置 間隙水圧 流向流速 透水係数 地質情報 地形	方位、縮尺

(2) 3次元の地質構造モデリングツールによる画像処理機能の検討

本項では、3次元の地質構造モデリングツールを使って、ボーリングで得られる離散的なデータを空間的に補間して地質構造モデルとして3次元表示する機能の設計を行った。

(i) 実施項目

本年度は、地質構造モデルの作成および3次元表に関わる機能設計の検討に資するために、以下の項目について作業を実施した。なお、主な作業は3次元地質情報管理システム“VULCAN”を使用した。

- ボーリング調査結果のデータベース化
- 地層モデルの作成
- 物理探査データのモデル作成
- 3次元表示

(ii) 検討結果

(a) ボーリング調査結果のデータベース化

● 入力ファイルの作成

表計算ソフトウェアを使用して、坑井位置、方位傾斜、地質に関わる3つのテキストファイル(タブ区切り)を作成した。各ファイルの構成内容は以下のとおりである。

坑井位置

坑井名、坑口のX座標、坑口のY座標、坑口のZ座標(標高)、掘進長

方位傾斜

坑井名、掘削深度(測定深度)、方位、傾斜

地質

坑井名、上限深度、下限深度、区間長、地層名、岩相コード

● データシートの作成

3つの入力ファイルのデータに対応させたデータシートを作成した。データシートは3つのレコードと、レコードを構成する複数のフィールドよりなる。レコードとフィールドの構成を次表に示す。

表 2.3-7 データシートの構成

レコード	フィールド				
HEADER	NAME (坑井名)	X (坑口の X 座 標)	Y (坑口の Y 座 標)	Z (坑口の標 高)	L (掘進長)
SURVEY	DEPTH (深度)	AZIM (方位)	INCL (傾斜)		
LITHO	FROM (上限深度)	TO (下限深度)	LENGTH (区間長)	FNAME (地層名)	LITHO (岩相)

- ボーリングデータベースの構築

3つの入力ファイルとデータシートのレコードおよびフィールドとの関連付けを行なう。入力ファイルの個々のデータを、データシートを構成するレコードとフィールドに振り分け、ボーリングデータベースを構築する。

(b) 地層モデルの作成

構築されたボーリングデータベースに基づいて、地層境界を3次的に補間し、地層面を格子状モデル(グリッドモデル)として表現する。

- 地層データファイルの作成

ボーリングデータベースより各地層の上限深度・下限深度・層厚等のデータを抽出し、地層データファイル(マップファイル)を作成する。

- 補間パラメータの定義、計算

モデルを作成する領域、補間計算するアルゴリズム等のパラメータを定義する。

領域設定

モデルを作成する範囲、および格子状モデルの格子間隔を設定する。設定内容は以下のとおりである。

- ・モデル作成範囲(東西)：0～6,000m
- ・モデル作成範囲(南北)：0～6,000m
- ・格子の間隔：50m×50m

補間パラメータの設定

各格子に値を補間するアルゴリズムには、「Triangulation」、「Inverse Distance」、
「Direct Contour」などがある。作成するモデルの種類に応じて、最適なアルゴリズムを選択する。補間パラメータの設定画面を次図に示す。

この図では、地層面をモデル化するのに最も一般的な補間方法である「Triangulation」を指定している。これは、離散的なデータ点をつないで無数の小さな三角形面のネットワークを構築するディローネイの三角形化(Delaunay Method)

というアルゴリズムである。

想定される地質構造に応じて以下に示すトレンド(Trend surface order)を指定する。

- ・1次トレンド：単傾斜の平面的な構造
- ・2次トレンド：ドーム構造，単純な向斜構造
- ・3次トレンド：褶曲構造

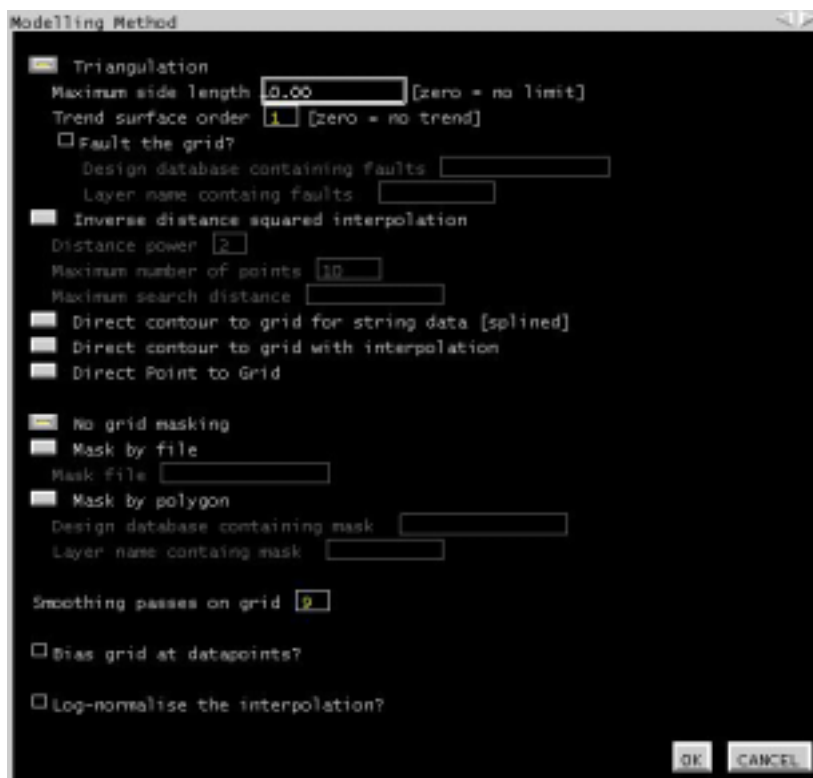


図 2.3-9 補間パラメータの設定画面

補間計算

上記の設定内容をファイルとして保存し，各地層毎に補間計算を実行する。補間計算結果は，それぞれ地層モデルとしてファイルに保存される。

● 物理探査データのモデル作成

物理探査によって得られたデータを用いて補間計算を行い，3次元の格子状モデル（ブロックモデル）として表現する。

入力データの作成

ここでは，電磁法調査で得られる地層の比抵抗（比抵抗 2次元断面解析結果）を補

間計算用の入力データとした。入力ファイルとして、X 座標(m)、Y 座標(m)、Z 座標(m)、比抵抗値(Ω・m)の並びからなるファイルを作成した。

地層モデルの作成範囲において、3本の測線を約2km間隔に配置し、各測線上に500～1,000m間隔の測定点を設けた。各測定点は、深度方向へ浅部で25m、深部で約200間隔のデータ点から構成され、各データ点に比抵抗値(Ω・m)が与えられている。データ点の配置を次図に示す。

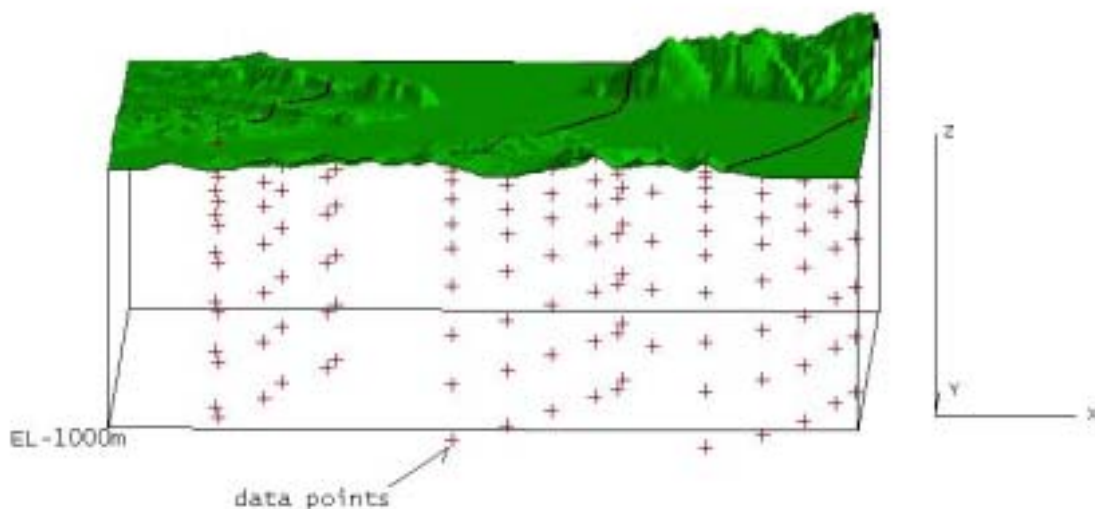


図 2.3-10 データ点の分布

ブロック分割

地層モデルの標高-1000mを下限とする範囲において、データ点(比抵抗データ)の分布を考慮して、東西500m、南北500m、深度方向100mの大きさのブロックに分割した。上限となる地形面沿いには、地形面の起伏に近似するようにより小さなブロックを生成させた。主な設定内容は以下のとおりである。

- ・ブロック分割の領域：
 - 東西方向：0～6000m
 - 南北方向：0～6000m
 - 深度方向：EL-1000～EL700m
- ・ブロックサイズ
 - 大きいブロック：東西500m、南北500m、深度方向100m
 - 小さいブロック：東西250m、南北250m、深度方向50m
- ・ブロック作成領域を制限するモデル：地形面モデル

- 補間計算

以下のパラメータを用いて比抵抗データの補間計算を行った。

- ・ 取り込み半径

東西方向：2000m

南北方向：1000m

深度方向：200m

- ・ 取り込み形状：楕円体

- ・ 補間方法：距離荷重法（距離の2乗の逆数：Inverse Distance Squared）

- 3次元表示

作成したボーリングデータベースおよび複数の地層モデルを3次元グラフィック画面に表示し、鳥瞰・断面、拡大・縮小機能などを使って様々な視点から地質構造を把握する。

坑跡の表示

坑跡を画面に表示するには、坑井名、測線、範囲などを指定して、対象となる坑井を絞り込んで表示する。表示する坑跡は、ボーリングデータベースに登録した情報（地層名、岩相）によって色分け表示する。地層によって色分けした坑跡の表示例を次図に示す。

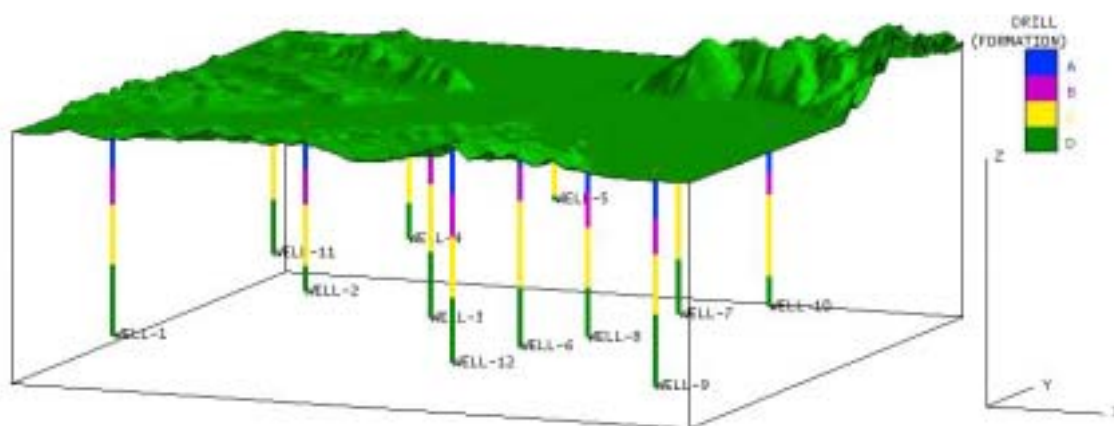


図 2.3-11 地層別に色分けした坑跡の3次元表示

地層モデル（グリッドモデル）の表示

“ (b) 地層モデルの作成 ” で作成した地層モデルのファイル名を指定してグラフィック画面に表示する。モデルを表示する際には、モデルの色、陰影表示の有無等を指

定する。複数の地層モデルの表示例を次図に示す。

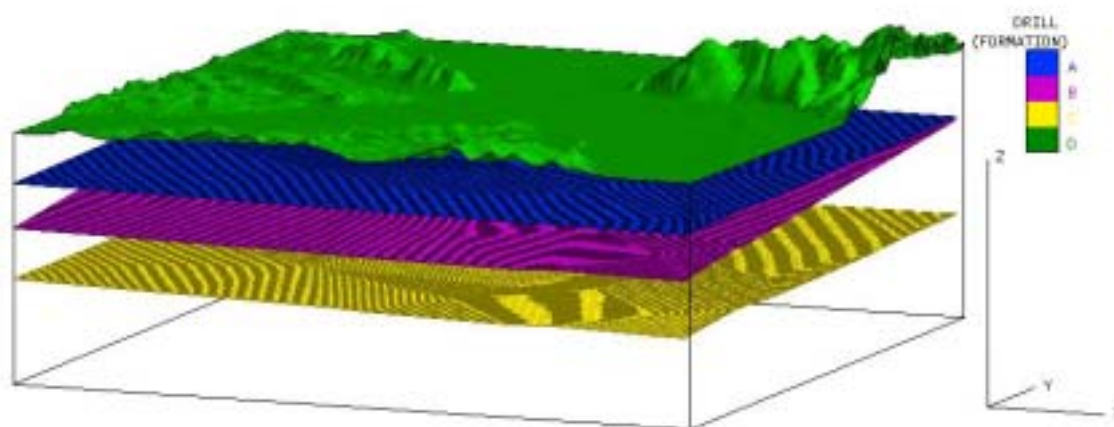


図 2.3-12 地層モデルの 3 次元表示

物理探査データの表示

“(c) 物理探査データのモデル作成 ” で作成した比抵抗の 3 次元モデル (ブロックモデル) のファイル名を指定して, グラフィック画面に表示する。各ブロックはあらかじめ作成された凡例 (色パレット) に従って色分けされる。グラフィック画面に表示したブロックモデルは, 任意断面表示, コンター表示などが可能となる。物理探査データ (ブロックモデル) の 3 次元表示例を次図に示す。

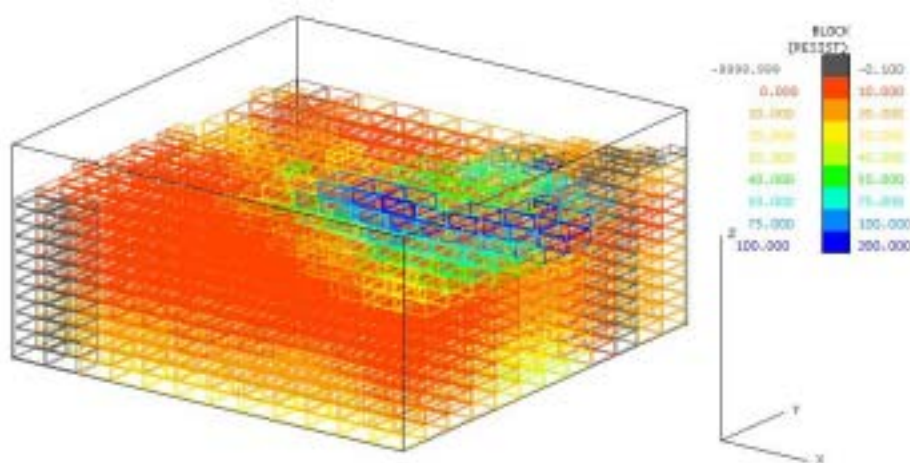


図 2.3-13 物理探査データの 3 次元表示

モデルの重ね合わせ表示

ボーリングの坑跡, 地層モデル, 物理探査データのブロックモデルなどをグラフィ

ック画面に同時に表示させ、鳥瞰・断面、拡大・縮小機能などを使って様々な視点からモデルを表示することで、地質構造と物理探査データとの関係を把握することができる。モデルの重ね合わせ表示の例を以下の2つの図に示す。

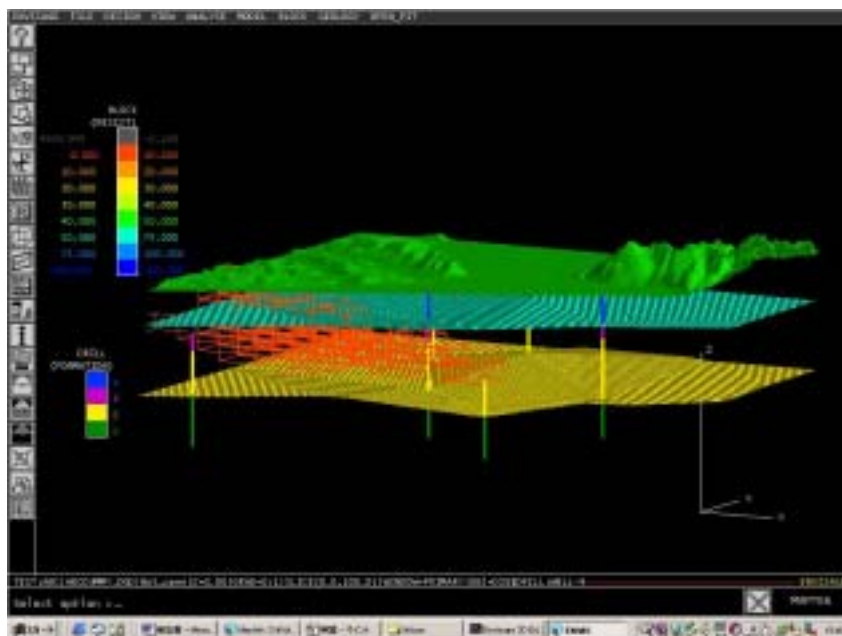


図 2.3-14 モデルの重ね合わせ表示(鳥瞰)

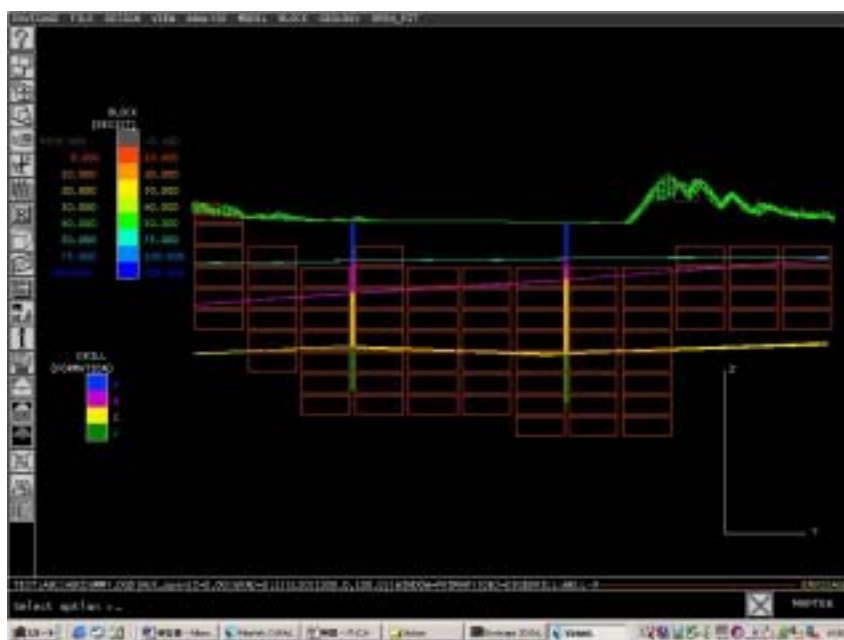


図 2.3-15 モデルの重ね合わせ表示(断面)

3 追加評価モデルの検討

性能評価及び安全評価の体系化に向けて、今後の地層処分研究における詳細モデルの開発に関する課題を抽出し、これらの課題を統合解析システムに取り込むための情報として整理した。

3.1 課題の抽出

課題の抽出に際しては、次の3項目の観点からそれぞれ実施した。

ニアフィールド現象

ファーフィールド現象

処分場スケール評価手法

各項目の概要は次の通りである。

(1) ニアフィールド現象

第2次取りまとめでは詳細に評価されていない人工バリアの幾何形状の変化、力学挙動、化学環境条件の変遷などに影響を与える要因の抽出と全体性能評価に対する課題の整理を行う。

(2) ファーフィールド現象

天然バリアの評価では地下処分施設から生物圏に至るまでの核種移行経路のモデル化が重要であり、このためには、広域水理解析に基づくモデル化が必要となる。特に、概要調査地区の調査段階では、坑道からの詳細調査データが入手できないことを考えると処分場から地表（表層帯水層）へのマクロな核種移行経路のモデル化が重要な課題となる。さらに、生物圏への核種の放出点は生物圏のモデル構築にとって重要な条件となり、生物圏における核種移行・線量評価に大きな影響を与える。このような全体性能評価の観点から、処分場から生物圏への核種移行モデルの構築に係わる課題の抽出と影響度が大きいと考えられる要因の抽出を行う。

(3) 処分場スケール評価手法

処分場スケールの評価においては、複数の廃棄体を考慮した現象の取扱い・評価に対する詳細モデル、および人工バリアと周辺岩盤の連続性を考慮した評価モデルやニアフィールドとファーフィールドに限定せず広い領域で考慮すべき課題の抽出を行う。

また、処分場を構成する支保工、埋め戻し材、プラグ、グラウト等は現状の核種移行評価には含まれておらず、これらの地球化学特性の変化、水理特性の変化とこれらを核種移行評価へ反映するために必要なモデルの検討と課題の抽出を行う。

課題の抽出にあたっては次の2つの資料を参考にした。

- ・第二次取りまとめ
- ・我が国における高レベル放射性廃棄物地層処分研究開発の技術的信頼性の評価、

原子力委員会原子力バックエンド対策専門部会作成，平成 12 年 10 月 11 日

まず第二次とりまとめで挙げられたもしくはその記述から読みとれる課題を広く収拾した。次いで，第二次取りまとめでは明確に記載されていないが，原子力委員会原子力バックエンド対策専門部会の資料から読みとれる課題を追加して整理した。なお，原子力委員会原子力バックエンド対策専門部会の資料には直接細かい課題は明記されておらず，ここでは資料に示された内容から類推して課題の抽出を行った。

また，抽出した課題には次の 3 項目を付記してその内容を識別することとした。

- ・データの充実
- ・事象の解明
- ・モデルの開発・モデルの高度化

各項目の内容は次の通りである。

(i) データの充実

データ・パラメータの取得，整理に関するもの。データやパラメータが充実することにより，モデルの精度向上及び詳細化に繋がることを想定した。また，モデル自身は変わらなくても，データやパラメータが充実することにより計算精度が上がるなどの利用価値も考えられる。

(ii) 事象の解明

事象を正確に把握し，解析することに関するもの。事象がより正確に解明されることにより，モデル自身の改良や新規開発が進むことを想定した。

(iii) モデルの開発・高度化

新たにモデルを開発すること，または，現存のモデルを高度化することに関するもの。現在の知見を基に，現時点で既にモデル開発要素が認められるものを想定した。

以上のようにして抽出した課題は，第 2 章で記した地質環境モデルの構築技術に関する検討との整合性を考慮して，地質構造モデルもしくは水理地質構造モデルの構築に関わる課題とそれ以外の課題に分けて整理した。

地質構造モデルもしくは水理地質構造モデルの構築に関わるものとして抽出された課題を表 3.1-1 及び表 3.1-2 に示す。抽出された課題はファーフィールドの事象に関するものが大半を占めており，これは地質構造モデルとの関わりがあるためと考えられる。

また地質構造モデルもしくは水理地質構造モデルの構築以外の課題について表 3.1-3 から表 3-8 に示す。ここには地球化学特性や熱物性，力学物性に関わる課題の他，水理モデル及び核種移行モデルの構築に関わる課題が含まれている。

表 3.1-1 地質構造モデルもしくは水理地質構造モデルの構築に関わる課題の抽出

領域 ¹	課題 ²	
NF	ニアフィールド環境研究	<ul style="list-style-type: none"> 地下研究施設を用いた EDZ の坑道半径方向の広がりと言理的特性の評価、透水性定価領域を含む EDZ の現実的モデル化 掘削影響領域は実際の掘削領域における透水性や空隙に関するデータが取得されるまでは、パラメータの感度の把握が重要。 掘削影響領域での物質移動について、モデルの開発を新たに行う。
NF	ニアフィールド環境研究	<ul style="list-style-type: none"> 地下水流動に関しては、ニアフィールド岩盤の局所的不均質性を統計的に表現する亀裂ネットワークモデルが開発されていることに関連し、亀裂ネットワークモデルの必要性についての検討
FF	亀裂性岩盤中の地下水流動(モデル適用性の検討)	<ul style="list-style-type: none"> 亀裂特性データのモデルへの適用性についての検討
FF	地下水の流動	<ul style="list-style-type: none"> データの整備・レビュー。断層破碎帯の形態・性状の断層タイプ依存性と深度依存性に関するデータの整備を行う。また、岩盤と断層破碎帯の透水性の深度方向分布と、それらの形成プロセスに関する検討、塩淡境界での水理モデルを構築し、長期間での変化を把握する。
FF	地質構造	<ul style="list-style-type: none"> 層構造に関する検討
FF	地質構造	<ul style="list-style-type: none"> 堆積岩の間隙量と構造の深度依存性・続成作用依存性に関するデータ
FF	地質構造	<ul style="list-style-type: none"> 深地層の研究施設等を活用した具体的なデータ整備の継続
FF	地質構造	<ul style="list-style-type: none"> 事例研究の実施。断層帯での物質移行経路の詳細調査、巨視的スケールでの物質移行の検討、古水理地質の復元など。
FF	火山・火成活動	<ul style="list-style-type: none"> 火山活動が今後 10 万年間に新たに生じる確率あるいは程度を地図上に示すことで、安全率の高い地域を明示する。 影響の及ぶ範囲をグレードに区分することで地図上に示し、安全率の高い地域を明示する。
FF	高温異常域の履歴調査	<ul style="list-style-type: none"> 非火山地域における高温異常域の履歴調査(事例研究の実施)
FF	火山・火成活動	<ul style="list-style-type: none"> 単成火山群地域における確率論的評価(事例研究の実施)
FF	火山・火成活動	<ul style="list-style-type: none"> テクトニクスとの関係についての検討(事例研究の実施)
FF	火山・火成活動	<ul style="list-style-type: none"> 事例研究の実施。火山活動の応力場、火山活動域評価、地熱地帯の熱的影響範囲を三次元的にまとめる、火山カタログ、地温勾配図に最新の情報を反映させていく。
FF	火山・火成活動	<ul style="list-style-type: none"> 熱水対流シミュレーションによる解析、鉛直三次元浸透流モデルなど、複数のモデルによる地下温度分布の比較検討

表 3.1-2 地質構造モデルもしくは水理地質構造モデルの構築に関わる課題の抽出

領域 ¹	課題 ²	
FF	気候・海水準変動	<ul style="list-style-type: none"> 海水準変動が沿岸地域の水質に及ぼす影響の事例研究。動水勾配の変化などの調査。
FF	気候・海水準変動	<ul style="list-style-type: none"> 事例研究の実施。気候・海水準変動が沿岸地域の地質環境に及ぼす影響の事例研究、氷期の岩盤凍結による影響。
FF	気候・海水準変動	<ul style="list-style-type: none"> 事例研究の実施。急激な変動の影響についての検討、環境変化の将来予測、10万年周期及び10万年以下の周期の検討。
FF	気候・海水準変動	<ul style="list-style-type: none"> 事例研究の実施。現実に近いシミュレーションによる将来予測手法の確立。
FF	気候・海水準変動	<ul style="list-style-type: none"> 沿岸域における塩淡水境界の移動といった処分施設周辺の地下水流動及び地化学的環境の変化の可能性が挙げられる。 植生の変化による涵養量、水循環、風化等の変化の検討
FF	気候・海水準変動	<ul style="list-style-type: none"> データの整備・レビュー。地形、侵食との関係を具体的に検討する。
FF	地震・断層活動	<ul style="list-style-type: none"> 断層活動による地質環境への影響範囲の把握手法開発 断層カタログの作成など、地質断層データの整備・図示 歴史地震を考慮した地震発生確率マップ 個々の活断層の活動履歴や活動様式に関するデータの整備 地下深部での断層の形状・分布の把握
FF	地震・断層活動	<ul style="list-style-type: none"> 活断層の存在する狭い範囲での過去の活動履歴の調査 断層の影響を受けているゾーンの詳細評価 活動履歴や活動様式については、個々の活断層の調査結果の取り入れ、断層岩についての分類と性質の把握 既存の断層の再活動性の検討
FF	地震・断層活動	<ul style="list-style-type: none"> 地震による振動の影響評価 活断層の運動に伴う長期的・累積的な影響検討
FF	地震・断層活動	<ul style="list-style-type: none"> 地震による地下水流動への影響把握
FF	地震・断層活動	<ul style="list-style-type: none"> 活動度の低い活断層の取扱いなど、断層の取扱い方に関する具体的な手続きの明確化 伏在する活断層の調査手法について、それぞれの手法が適用可能なケースの整理
FF	地震・断層活動	<ul style="list-style-type: none"> 破碎帯の分布頻度やプロセスゾーンの幅の検討
FF	地震・断層活動	<ul style="list-style-type: none"> 破碎帯以外の間接的な影響の検討
FF	地震・断層活動	<ul style="list-style-type: none"> 新たな活断層が処分場を横切るシナリオ
FF	隆起・沈降・侵食	<ul style="list-style-type: none"> 変動の規模、速度、地域性に関する情報の充実・整備。 規則性や機構に関する知見の整理

表 3.1-3 地質構造モデルもしくは水理地質構造モデルの構築以外の課題の抽出

領域 ¹	課題 ²
NF	<p>ガラスの長期溶解挙動評価モデル</p> <ul style="list-style-type: none"> 溶解度制限固相、共沈等の現象の明確化 ガラスの溶解に対してバリア効果を発揮する表面層の効果について、バリア性能として期待するに十分な知見の蓄積 海水環境等の化学的環境条件を考慮したガラス溶解実験によるガラス溶解や核種の溶解モデルの信頼性確認
NF	<p>データベースの構築</p> <p>事例研究の実施</p> <ul style="list-style-type: none"> 火山ガラスの溶出挙動(ナチュラルアナログ研究)との整合性の検討。
NF	<p>オーバーパックの設計、製作・施行技術</p> <ul style="list-style-type: none"> 炭素鋼オーバーパックの放射線遮蔽効果と緩衝材中の水の放射線分解による酸化性化学種による腐食への寄与、酸化性及び還元性環境下での腐食速度についての実験的検証及び検討 オーバーパック容器の健全性を保証するためのシナリオ、特に酸化性から還元性への環境条件の変化の確認を深地層研究施設で行う スウェーデンの評価のように破損確率を考慮した場合の安全評価上の有効性の確認。 限界試験などの極限環境試験の系統的な展開 代替材については、還元性環境におけるチタン及び銅の腐食挙動についてのシナリオ等の検討 チタン - 炭素鋼あるいは銅 - 炭素鋼複合オーバーパックに関するデータの蓄積 今後の科学の進歩を見ながらより強靱な、かつ経済的な材料の開発 溶接部について、欠陥部の性質評価も含めた耐食性、安全性および信頼性を確保するための研究を行うとともに、欠陥の確率論的評価も望ましい。 長期安定性を考慮した具体的品質管理手法の整備
NF	<p>オーバーパックの腐食</p> <ul style="list-style-type: none"> 実規模試験の知見を加える必要がある(不均一腐食の有無: 濃淡電池、局部電池が発生しないことの確認)。 模擬処分環境における炭素鋼のさらに長期の腐食試験の実施 模擬処分環境における炭素鋼の長期腐食試験の検討(不均一腐食の有無: 濃淡電池・局部電池が発生しないことの確認)
NF	<p>ガス移行(オーバーパックの腐食に伴うガス)</p> <ul style="list-style-type: none"> ガスの移行に関する知見の蓄積

表 3.1-4 地質構造モデルもしくは水理地質構造モデルの構築以外の課題の抽出

領域 ¹⁾	課題 ²⁾	
NF	ガス移行(オーバーバックの腐食に伴うガス)	<ul style="list-style-type: none"> 腐食とガス発生が同時に起こる場合の評価(ガス発生が腐食を抑制する可能性の評価) オーバーバックの腐食に伴い発生するガスの移行について、透気を考慮したモデルの開発、緩衝材仕様(密度、砂混合比)の検討。
NF	オーバーバックと緩衝材の力学的相互作用	<ul style="list-style-type: none"> オーバーバックとの力学的相互作用を評価するため、粘弾塑性モデルの開発を行う。
NF	オーバーバック腐食生成物による緩衝材の力学的影響	<ul style="list-style-type: none"> 緩衝材について、オーバーバック腐食生成物による力学的影響について評価する。
NF	緩衝作用の及ぶ範囲の把握	<ul style="list-style-type: none"> 人工バリア内における地下水の変化と化学的緩衝作用が有効に作用する期間、及び人工バリア近傍の地層または岩盤にこの緩衝作用が及ぶ範囲とその程度を把握する。このためには、化学反応とこれに関する物質移動の連成を扱うことを可能とするモデルを開発する。
NF	緩衝材変質	<ul style="list-style-type: none"> 緩衝材については、熱的、化学的な影響によるベントナイトの変質を考慮したモデルを検討する。 核種・水・熱・変位等の予測は、感度解析やファクター変化による解析結果に加えて、連成解析を行った再検討を行う。 入力パラメータを両極端に設定するのではなく、微係数のような形で評価されること 熱力学データの温度依存性が線量評価に及ぼす影響の確認
NF	データベースの構築	<ul style="list-style-type: none"> 緩衝材に含まれる鉱物に関する熱力学データの拡充
NF	データベースの構築	<p>事例研究の実施</p> <ul style="list-style-type: none"> 緩衝材の長期的クリープに関する知見を累積、信頼性向上。
NF	データベースの構築	<p>事例研究の実施</p> <ul style="list-style-type: none"> 放射性物質の溶解度に関する熱力学的データの線量評価に及ぼす影響の確認。 価と 価のアクチニドの溶解度、核分裂生成物(F)の溶解度など、現状で不足しているデータの継続的な取得。

表 3.1-5 地質構造モデルもしくは水理地質構造モデルの構築以外の課題の抽出

領域 ¹	課題 ²	
NF	データベースの構築	<p>事例研究の実施</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 不足しているデータの補完 ・ 人工バリア性能に寄与する可能性がある核種について、緩衝材への分配係数などのデータの累積及び実際の模擬固化体を用いたデータによる評価もしくは感度解析の実施。
NF	ニアフィールド環境の研究	<ul style="list-style-type: none"> ・ これまで保守的観点から考慮されていない事象（亀裂充填など）の性能上の有効性と評価の可能性（妥当性、データなど）の確認。
NF	ニアフィールド環境の研究	<ul style="list-style-type: none"> ・ 基礎研究の一環として、表面や反応不均質性などの考慮
NF	ニアフィールド環境の研究	<ul style="list-style-type: none"> ・ 間隙水水質形成モデルの構築 ・ 推定できない元素の存在や、電荷バランスを別途考慮する必要性についての科学的解釈 ・ 核種自身が中性もしくは負電荷を帯びた形態としてバリア中を移行する場合についての評価。（物質移動）
NF	ニアフィールド環境の研究	<p>データの整備・レビュー</p> <ul style="list-style-type: none"> ・ 基礎研究の一環として、反応速度論の考慮、平衡論の限界の考慮 ・ 地球化学特性に関して、速い反応や極端に遅い反応と物質移動速度の関連性の議論から、速度論的解析の必要性を再検討する必要がある。 ・ 鉱物化、黄鉄鉱（FeS₂）の変質、鉄の腐食生成物の変質の影響など、速度論的解析、評価。 ・ 人工バリア内における地下水の変化とコンクリートの影響も含めた化学緩衝性に関するモデル化（平衡論と速度論）の構築。 ・ 反応速度論も考慮した実測データの解釈 ・ これまで保守的観点から考慮されていない事象（変質鉱物の生成、核種吸着など）の性能上の有効性と評価の可能性（妥当性、データなど）の確認。

表 3.1-6 地質構造モデルもしくは水理地質構造モデルの構築以外の課題の抽出

領域 ¹	課題 ²	
NF	ニアフィールド環境の研究	<p>データの整備・レビュー</p> <ul style="list-style-type: none"> 微生物活動や有機物の反応への影響についての検討。 微生物活動の有機物の反応への影響 天然バリアから侵入する有機物や微生物の挙動把握と処分システム性能へのメリット/デメリットを明確にするため、基礎研究の継続による説得性の強化 Site Specific な面が強いので、地下実験室での検証、方法論の確立が重要
NF&FF	ニアフィールド性能評価モデル(物質移動)	<ul style="list-style-type: none"> 岩盤中の空隙構造の不均質性と空隙中の変質鉱物を考慮した物質移動について、モデルの開発を新たに行う。 核種移行解析による埋め戻し材、止水プラグ等の影響の明確化 接続空洞を想定し、掘削工事の時系列変化を考慮した安全性評価を行う。
NF	性能評価シナリオ	<ul style="list-style-type: none"> 事故の想定
NF	火山・火成活動	<ul style="list-style-type: none"> マグマの貫入・噴出による処分施設の直接的破壊 熱・熱水の放出による人工バリアの性能低下
FF	分配係数など(データベースの検討)	<ul style="list-style-type: none"> 実際に起こっている反応、メカニズムを明らかにしつつ、評価に必要な鉱物の反応の特定及びデータの整理 天然バリア性能に寄与する可能性がある核種について、岩石への分配係数などのデータの累積
FF	重要元素の挙動(データベースの構築)	<p>重要元素のデータベースの拡充</p> <ul style="list-style-type: none"> 化学アナログデータの実元素データへの更新 高イオン強度条件(海水系)での適用性に関するデータの整備 データ取得方法の標準化に関する情報整備 温度変化に対するデータの整備 セメント影響に対するデータの整備等
FF	母岩中の核種移行評価モデル	<ul style="list-style-type: none"> 実亀裂を用いた室内試験による一次元平行平板モデルの適用性確認 原位置トレーサ試験等に基づく亀裂に応じた移行プロセスのモデル化ネットワークモデルの適用性確認、スケール 割れ目を有する多孔質岩盤として取り扱うモデルの整備と室内試験との比較による信頼性確認、調査・評価手法の開発 異なる地域での手法の比較検討、フラクチャーネットワークモデルの妥当性の検討

表 3.1-7 地質構造モデルもしくは水理地質構造モデルの構築以外の課題の抽出

領域 ¹	課題 ²	
FF	母岩中の核種移行評価モデル	<ul style="list-style-type: none"> 物質移行モデルとの比較によるウラン鉱床などが長期に保持されるメカニズムの解明
FF	地下水の地球化学	<ul style="list-style-type: none"> データの整備・レビュー。地下水の化学的性質の形成プロセスについて考察し、ある地域の地下水の性質を推定する手法を構築する。速度論、化学平衡論、反応速度、流動モデルなど各モデルによる比較検討を要する。
FF	火山・火成活動	<ul style="list-style-type: none"> 事例研究の実施。地下水等への影響把握、熱・熱水の放出による天然バリアへの水理学的、地化学的影響を検討する。
FF	気候・海水準変動	<ul style="list-style-type: none"> 事例研究の実施。CO₂による温暖化の影響を考慮した解析、降水量の変化、過去の気候変動の地域による違いのまとめ。
FF	気候・海水準変動	<ul style="list-style-type: none"> データの整備・レビュー。温度変化等による風化を検討する。
FF	地震・断層活動	<ul style="list-style-type: none"> 断層中の空隙構造の事例調査に基づいた核種移行経路の概念モデルの提示 断層活動に伴う地殻変動・応力変化等の定量データの把握
FF	性能評価シナリオ	<ul style="list-style-type: none"> 事故の想定
FF	天然有機物の影響評価技術	<ul style="list-style-type: none"> 核種 - 有機酸相互作用モデル(錯生成モデル等)の開発とデータベースの作成 腐植物質のキャラクタリゼーション
FF	天然有機物の影響評価技術	<ul style="list-style-type: none"> 有機物、微生物の天然事例に関する情報の蓄積 地下水環境における天然有機物の同定手法の開発
FF	微生物活動影響評価技術	<ul style="list-style-type: none"> 微生物影響評価モデルの概念構築
FF	不確実性解析(不確実性の評価技術)	<ul style="list-style-type: none"> シナリオ、モデル、パラメータの不確実性を考慮した定量化手法の整備 性能評価上重要なパラメータの確率密度関数の評価
FF	補完的安全評価技術	<ul style="list-style-type: none"> 全国レベルでの天然放射性核種濃度データの整理
FF	補完的安全性評価技術	<ul style="list-style-type: none"> 具体的な地質環境を対象とした補完的指標の適用性検討

表 3.1-8 地質構造モデルもしくは水理地質構造モデルの構築以外の課題の抽出

領域 ^{*1}	課題 ^{*2}	
FF	不確実性解析(不確実性の評価技術)	<ul style="list-style-type: none"> シナリオ、モデル、パラメータの不確実性を考慮した定量化手法の整備 性能評価上重要なパラメータの確率密度関数の評価
FF	補完的安全評価技術	<ul style="list-style-type: none"> 全国レベルでの天然放射性核種濃度データの整理
FF	補完的安全性評価技術	<ul style="list-style-type: none"> 具体的な地質環境を対象とした補完的指標の適用性検討
NF&FF	物質移行(コロイド)	<ul style="list-style-type: none"> 事例研究の実施。 不可逆な収着を考慮したモデル開発、影響評価 擬似コロイド形成メカニズムの解明 核種自身が中性もしくは負電荷を帯びた形態としてバリア中を移行する場合についての評価 核種との相互作用では不可逆、非線形のモデルの適用性も考慮しつつ、高塩分濃度、アルカリ性環境、堆積岩中でも適用可能な基本的移行モデルの確立 天然コロイドに関する情報の蓄積 低アルカリセメント等の使用を想定した際のコロイド影響に関する知見の蓄積
NF&FF	変動/接近シナリオ評価技術	<ul style="list-style-type: none"> 国内外で用いられている変動シナリオを最新の知見を基に更新する 接近シナリオに関してはシナリオ発生の現実的なプロセスを取り込んだメカニズムの再検討 処分場の想定破壊モードを考慮した評価
NF&FF	廃棄体の配置	<ul style="list-style-type: none"> 廃棄体配置による濃度干渉、熱干渉などのモデル化 上記を考慮した処分場全体からの核種放出のモデル化

注) *1：対象とする現象が発生する領域を示す。(NF：ニアフィールド，FF：ファーフ
ィールド)

*2：課題の項目とその内容を示す。

4 おわりに

本研究では統合解析システムの開発に資する事を目的として、第2次取りまとめに向けて構築されてきた地質環境の調査技術ならびに地質環境モデルの構築技術を整理し、今後建設が進められる深地層の研究施設への適用性を考慮して、これらをデータベースとして体系化するための検討を行った。

まず地質環境特性調査の体系化を行った。対象は地質構造（岩種，断層分布等），地下水流動特性，地球化学特性，及び岩盤熱物性・力学物性等とし，地層処分の設計・性能評価に必要とされる地質環境データを網羅的に検討した。第2次取りまとめ，及びJNC 殿による報告書等をもとにして地質環境調査に関する情報の流れの整理を実施して，調査手法の体系化を検討した。

次に地質構造モデルの構築技術の体系化を行った。体系化を行う対象は，地質構造，及び水理地質構造モデルとした。地質構造モデルの構築手順，データ変換処理，及びデータの整理を行い，さらに地質環境モデル構築の品質保証方法の検討を行い，地質環境モデルの構築に関する情報処理の体系化を行った。検討結果はデータベース設計への反映を容易にするため，情報処理の流れをワーク（作業）とデータ（作業に入出力される情報）に分けて表現するワークフロー図の形式でまとめた。

地質環境モデルの構築に関する情報処理の体系化結果に基づいて，統合解析システムで扱うデータ，及び情報の範囲を検討して，データベース構造の設計を行った。データベースにはリレーショナルデータベースを採用し，テーブル設計およびデータベースの全体構造の設計を行った。また，統合データベースに保存されたデータに対する画像処理機能の設計検討を行った。統合システムに必要な図や画像を検討し，地質構造モデリングツールを使って調査データの入力，地質構造モデルの作成，および画像の作成という一連の機能をGUIやコンピュータグラフィックを利用して実現する場合の検討を行った。

さらに性能・安全評価の体系化に向けて，今後の地層処分研究における詳細モデル開発に関する課題を抽出した。地質環境，および性能評価，処分技術に関して第2次取りまとめと比較しながら今後の研究課題を抽出した。

5 今後の課題

本研究の今後の課題としては以下が挙げられる。

今年度、地質構造および水理地質構造に関する地質環境モデルの構築技術に関する検討を行ったが、さらに以下の検討が必要と考えられる。

- ・ 各ワークシートの充実
- ・ 水理地質構造モデルから一歩進んで地下水流動モデル構築と水理計算実施までのフロー作成

さらに地質環境モデルの構築技術に関する検討としては、今年度は地質構造および水理地質構造に関するモデル構築のみ検討し、ワークフローの形式でモデル構築の情報処理の流れをまとめたのみである。そこで以下が今後の課題である。

- ・ 地球化学モデルの構築
- ・ 岩盤熱物性・力学物性モデルの構築

システム構築の観点からは以下が挙げられる。

- ・ データベース物理設計

本年度は情報処理の流れに基づいてデータベースの論理設計を実施して、データベースの理想的な構造を検討した。データベース・システム構築の次段階である物理設計では、データベースの使用条件を考慮して、検索効率を向上させるなど実用的なデータベースを実現する事を目的としてデータベース構造を見直すことが必要である。

- ・ 3次元グラフィック機能

3次元グラフィック処理技術の利用は、まだコスト的には高いものとなるため、既存のソフトウェアの調査を十分に行い、3次元画像処理機能の多様性を念頭に置いて機能の実現を検討することが必要である。

- ・ イメージデータのデータベース機能

イメージデータは数値データと比較するとデータ量が大きいのが特徴のひとつである。従ってシステムのコスト・パフォーマンスを考慮しつつ、イメージの効率の良い圧縮及び検索機能を持つイメージデータのデータベース機能を検討することが必要である。

- ・ データベースの保守・管理・運営機能

システムの高い操作性、管理運営の容易性、及び入力データのチェックという要件を満足させるための品質管理機能等を持たせたデータベース機能の検討が必要である。

- ・ 他のデータベース・システムとの結合機能

既存データベースとの密接で柔軟な結合を行うための機能の検討が必要である。