JAEA-Research
2008-085
(Part II)

JAEA-Research

「地質環境総合評価技術高度化開発 -次世代型サイト特性調査情報統合システムの開発-」

平成19年度成果報告書

Establishment of Advanced Integration Technology for Site Characterization of Deep Geological Repository
- Development of Information Synthesis and Interpretation System -
Annual Report 2007

大澤 英昭　太田 久仁雄　濱 克宏　澤田 淳
竹内 真司　天野 健治　三枝 博光　松岡 稔幸
宮本 哲雄　豊田 岳司　岩月 輝希　前川 恵輔
國丸 貴紀　新里 忠史　浅森 浩一　平賀 正人
山中 義彰　重廣 道子　島田 顕臣　阿部 寛信
梅木 博之

Hideaki OSAWA, Kunio OTA, Katsuhiro HAMA, Atsushi SAWADA
Shinji TAKEUCHI, Kenji AMANO, Hiromitsu SAEGUSA, Toshiyuki MATSUOKA
Tetsuo MIYAMOTO, Gakuji TOYODA, Teruki IWATSUKI, Keisuke MAEKAWA
Takanori KUNIMARU, Tadafumi NIIZATO, Koichi ASAMORI, Naoto HIRAGA
Yoshiaki YAMANAKA, Michiko SHIGEHIRO, Akiomi SHIMADA, Hironobu ABE
and Hiroyuki UMEKI

地層処分研究開発部門

Geological Isolation Research and Development Directorate

November 2008

Japan Atomic Energy Agency　日本原子力研究開発機構

本レポートは独立行政法人日本原子力研究開発機構が不定期に発行する成果報告書です。
本レポートの入手並びに著作権利用に関するお問い合わせは、下記あてにお問い合わせ下さい。
なお、本レポートの全文は日本原子力研究開発機構ホームページ（http://www.jaea.go.jp）
より発信されています。

独立行政法人日本原子力研究開発機構　研究技術情報部　研究技術情報課
〒319-1195　茨城県那珂郡東海村白方白根 2 番地 4
電話 029-282-6387, Fax 029-282-5920, E-mail:ird-support@jaea.go.jp

This report is issued irregularly by Japan Atomic Energy Agency
Inquiries about availability and/or copyright of this report should be addressed to
Intellectual Resources Section, Intellectual Resources Department,
Japan Atomic Energy Agency
2-4 Shirakata Shirane, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki-ken 319-1195 Japan
Tel +81-29-282-6387, Fax +81-29-282-5920, E-mail:ird-support@jaea.go.jp

© Japan Atomic Energy Agency, 2008

目　次

1. はじめに ……1
1.1 本事業の背景と目的 ……1
1.2 本事業の概要 ……3
1.3 本報告書の構成 ……7

2. 次世代型サイト特性調査情報統合システム（ISIS）の開発 ……8
2.1 従来の地質環境調査評価に関する体系化技術の課題 ……8
2.2 ISIS 開発の視点とアプローチ ……13
2.2.1 地質環境調査評価に必要な知識とその分類 ……13
2.2.2 ISIS 開発の手順 ……16
2.2.3 エキスパートシステムの実現可能性 ……18
2.2.4 処分場設計・性能評価との連携 ……19
2.2.5 沿岸域プロジェクト ……21
2.3 平成 19 年度の ISIS 開発の達成目標 ……23

3. 地質環境調査評価情報の分析・整理 ……26
3.1 基本的考え方 ……26
3.2 東濃地域の地質環境調査事例を対象とした情報の抽出及び分析 ……27
3.2.1 背景 ……27
3.2.2 アプローチ ……29
3.2.3 分析結果 ……36
3.3 諸外国の地質環境調査事例を対象としたノウハウ・判断根拠などの抽出・分析・整理 ……81
3.3.1 背景 ……81
3.3.2 アプローチ ……82
3.3.3 分析結果 ……82
3.4 沿岸域を対象としたノウハウ・判断根拠の蓄積 ……113
3.4.1 背景と目標 ……113
3.4.2 アプローチ ……118
3.4.3 実施結果 ……121

4. ISIS の開発 ……179
4.1 システムの基本コンセプト ……179
4.1.1 エキスパートシステムに向けた地質環境調査評価の分析・整理の対象範囲 ……179
4.1.2 インデックスフローダイアグラムの構築 ……181
4.1.3 知識協働ダイアグラム ……185
4.2 知識構造のモデル化 ……188
4.2.1 知識構造のモデル化手法 ……188
4.2.2 階層モデルによる知識構造の表現 ……190
4.2.3 知識ネットワークによる知識構造の表現 ……192
4.2.4 より深い知識の知識ベースの構築 ……195
4.2.5 不確実なルールに基づくエキスパートシステム ……197

4.3 プロトタイプシステムの構築 ……200
4.3.1 システムの基本設計 ……200
4.3.2 プロトタイプシステムの構築 ……204
4.3.3 詳細設計に向けた課題の抽出 ……234

5. まとめ ……237
5.1 本年度成果のまとめ ……237
5.2 今後の課題 ……240

謝辞 ……245

付録 1：地質環境調査評価情報の統合化に関する既存事例 ……247
付録 2：東濃の調査事例の分析結果 ……421
付録 3：諸外国の調査事例の分析結果 ……527
付録 4：沿岸域プロジェクトの調査結果 ……561
付録 5：プロトタイプの概要 ……631
付録 6：地質環境総合評価技術高度化開発委員会 ……731

CONTENTS

1. Introduction ……1
1.1 Background and purpose of the project ……1
1.2 Summary of the project ……3
1.3 Structure of the report ……7

2. Development of Information Synthesis and Interpretation System (ISIS) ……8
2.1 Issues of conventional synthesis methodology for site characterization ……8
2.2 Approach for development of ISIS ……13
2.2.1 Classification of knowledge on site characterization ……13
2.2.2 Procedure of the development ……16
2.2.3 Feasibility of construction of expert system ……18
2.2.4 Linkage with design of repository and performance assessment ……19
2.2.5 Project for characterisation of the coastal geological environment ……21
2.3 Goals in FY 2007 ……23

3. Information analysis of site characterization ……26
3.1 Basic concept ……26
3.2 Technical know-how and decision process for characterization of Tono geological environment ……27
3.2.1 Background ……27
3.2.2 Approach ……29
3.2.3 Results ……36
3.3 Know-how and the technical basis for site investigation developed in foreign programes ……81
3.3.1 Background ……81
3.3.2 Approach ……82
3.3.3 Results ……82
3.4 Technical know-how and decision process for characterization of the coastal geological environment ……113
3.4.1 Background and Purpose ……113
3.4.2 Approach ……118
3.4.3 Results ……121

4. Development of intelligent system ……179
4.1 Basic Concept of the System ……179
4.1.1 Target for trial of expert system building ……179
4.1.2 Development of index-flow diagram ……181
4.1.3 Diagram for knowledge coordination ……185
4.2 Knowledge modeling ……188
4.2.1 Methods for knowledge modeling ……188
4.2.2 Knowledge mapping ……190

4.2.3 Network model ……192
4.2.4 Accumulation of deep knowledge ……195
4.2.5 Treatment of epistemic uncertainty ……197
4.3 Development of prototype ……200
4.3.1 Basic design of the system ……200
4.3.2 Development of prototype ……204
4.3.3 Issues of detailed design ……234

5. Summary ……237
5.1 Results of the study ……237
5.2 Future issues ……240

Acknowledgment ……245

Appendix 1 : Case example of conventional synthesis methodology ……247
Appendix 2 : Technical know-how and decision process for characterization of Tono geological environment ……421
Appendix 3 : Know-how and the technical basis for site investigation developed in foreign programes ……527
Appendix 4 : Technical know-how and decision process for characterization of the coastal geological environment ……561
Appendix 5 : Summary of the prototype ……631
Appendix 6 : Committee of establishment of comprehensive site characterization technology ……731

付録 1

地質環境調査評価情報の統合化に関する

既存事例

A. 日本原子力研究開発機構における統合化データフローダイアグラム
（幌延深地層研究計画）
B. 資源エネルギー庁における統合化データフローダイアグラム
C. 地質環境調査評価情報の統合化に関する国内外事例の参考文献リスト

This is a blank page.

付録 1-A

日本原子力研究開発機構における統合化データフローダイアグラム

（幌延深地層研究計画）

(1)　幌延町全域を対象とした調査研究段階（既存情報を用いた調査）
(2)　幌延町全域を対象とした調査研究段階（空中・地表からの調査／ボーリング孔を利用した調査）
(3)　研究所設置地区及びその周辺を対象とした調査研究段階（既存情報を用いた調査／地表からの調査／ボーリング孔を利用した調査）
(4)-1) 地質環境長期安定性の調査（古水理学）（北海道全域と周辺海域（約 700×900 km）から北海道北部（約 100×100 km）までを対象とした既存情報の調査段階）
(4)-2) 地質環境長期安定性の調査（古水理学）（幌延地域とその西方海域（約 100×40 km）から北進地区（研究所設置地区とその周辺、約 6×10 km）までを対象とした既存情報の調査段階）
(4)-3) 地質環境長期安定性の調査（古水理学）（幌延地域とその西方海域（約 100×40 km）から幌延地域（約 40×40 km）を対象とした地表調査段階）
(4)-4) 地質環境長期安定性の調査（古水理学）（幌延町北進地区（約 6×10 km）を対象とした地表及びボーリング調査段階）

（超深地層研究所計画における統合化データフローダイアグラムは、付録 2-A に示す。）

This is a blank page.

(1) 幌延町全域を対象とした調査研究段階（既存情報を用いた調査）

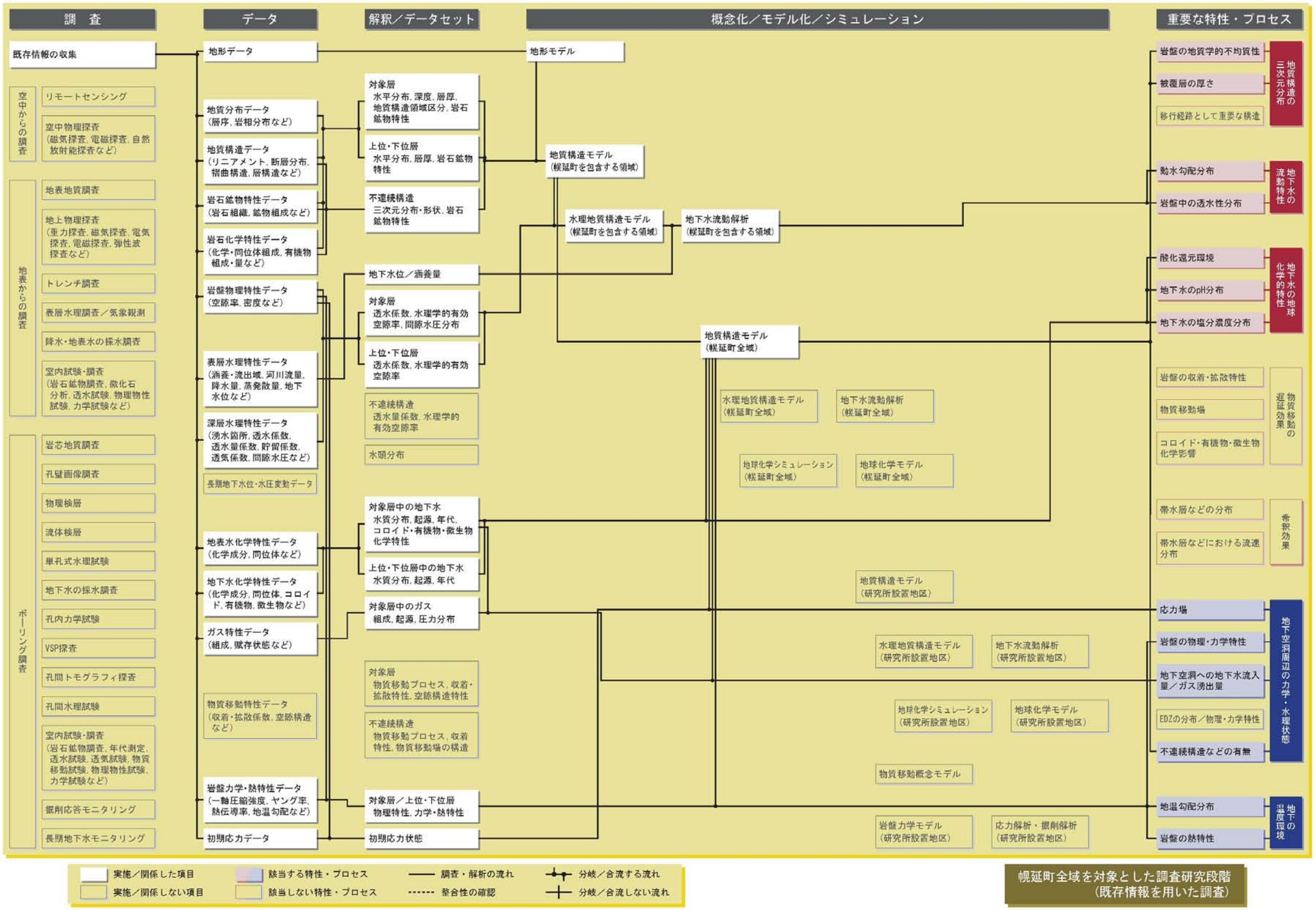


図 1-A-1) 幌延町全域を対象とした調査研究段階（既存情報を用いた調査）

(2) 幌延町全域を対象とした調査研究段階（空中・地表からの調査／ボーリング孔を利用した調査）

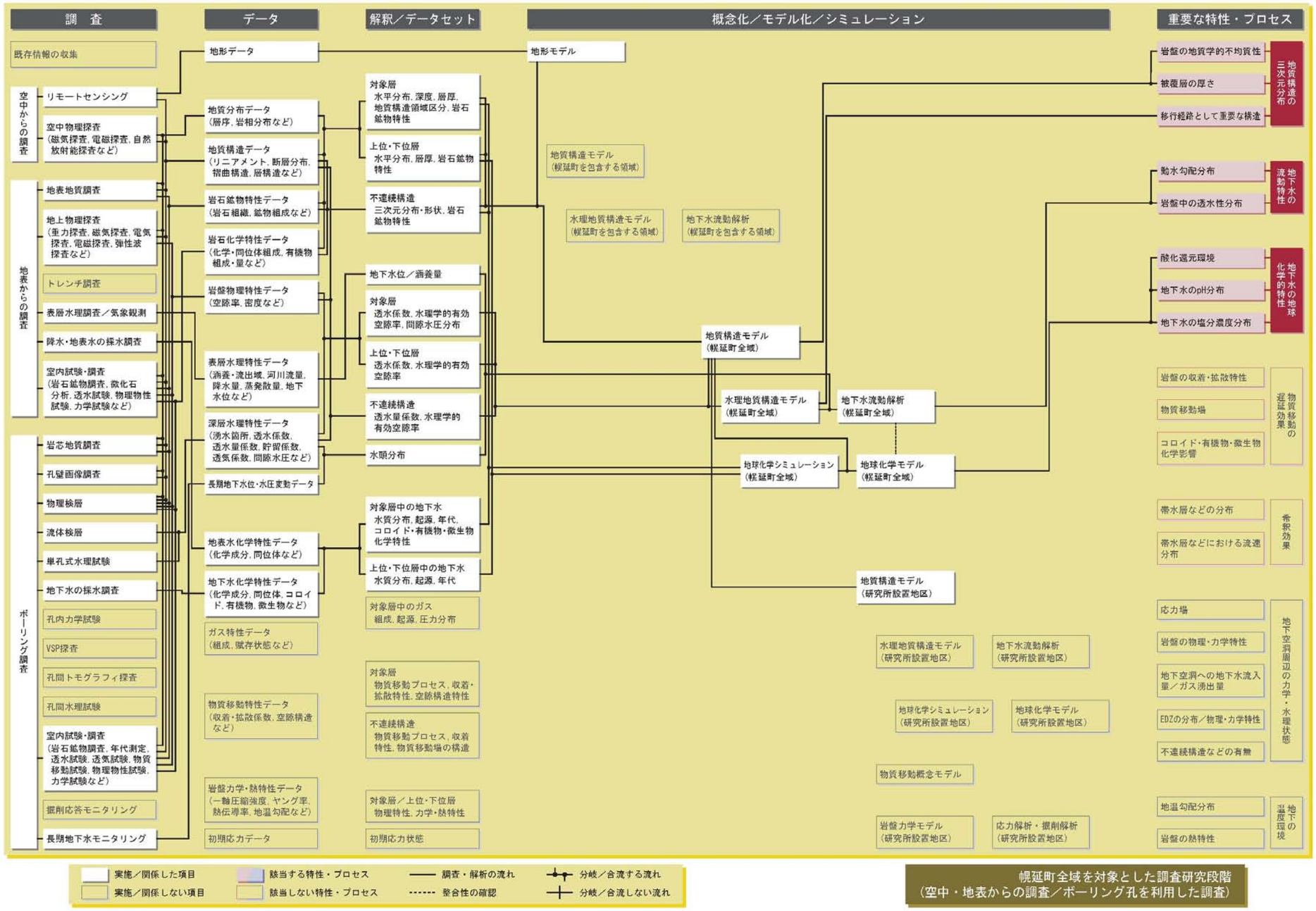


図 1-A -2) 幌延町全域を対象とした調査研究段階（空中・地表からの調査／ボーリング孔を利用した調査）

(3) 研究所設置地区及びその周辺を対象とした調査研究段階（既存情報を用いた調査／地表からの調査／ボーリング孔を利用した調査）

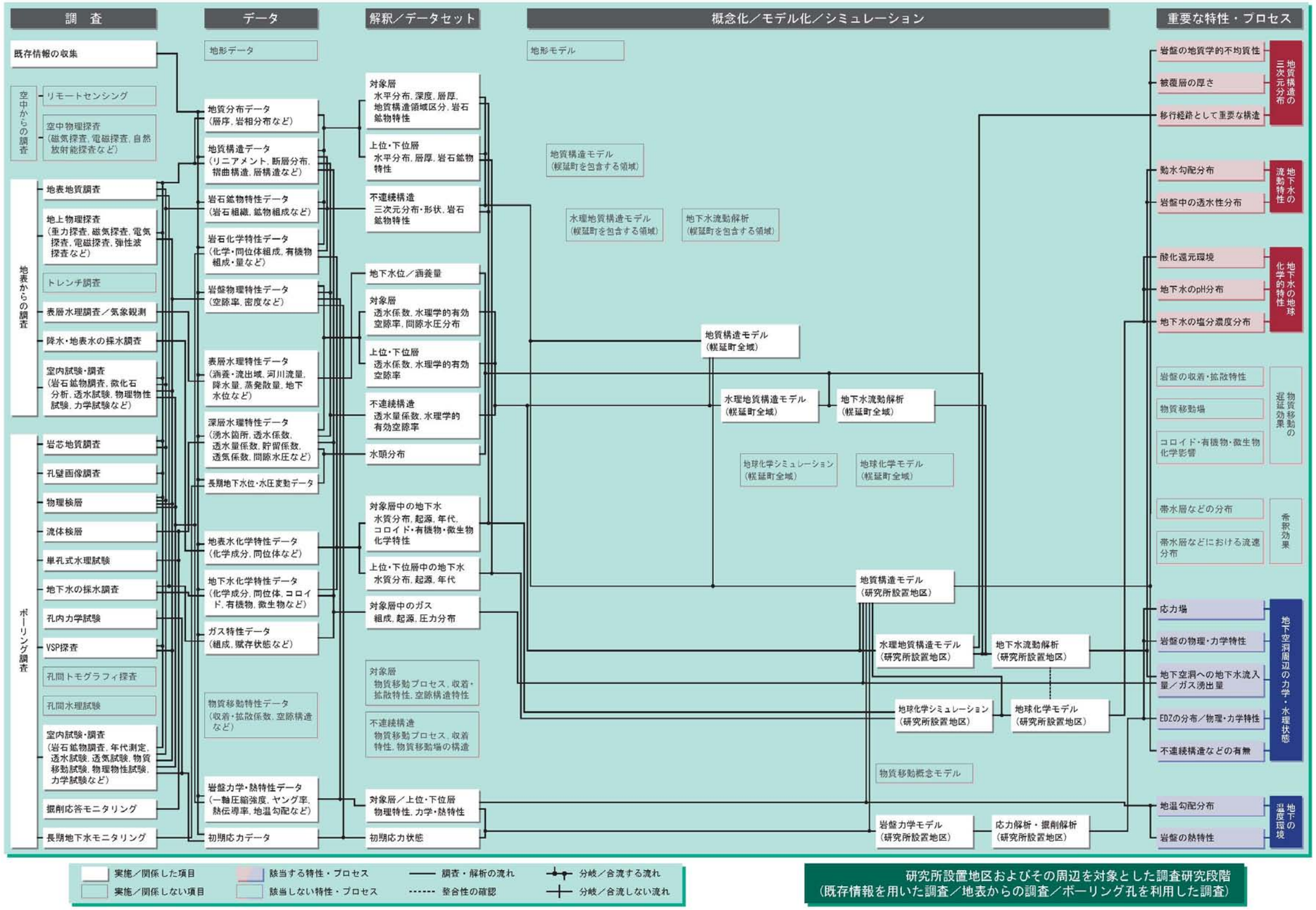


図 1-A -3) 研究所設置地区及びその周辺を対象とした調査研究段階（既存情報を用いた調査／地表からの調査／ボーリング孔を利用した調査）

(4)-1) 地質環境長期安定性の調査（古水理学）（北海道全域と周辺海域（約 700×900 km）から北海道北部（約 100×100 km）までを対象とした既存情報の調査段階）

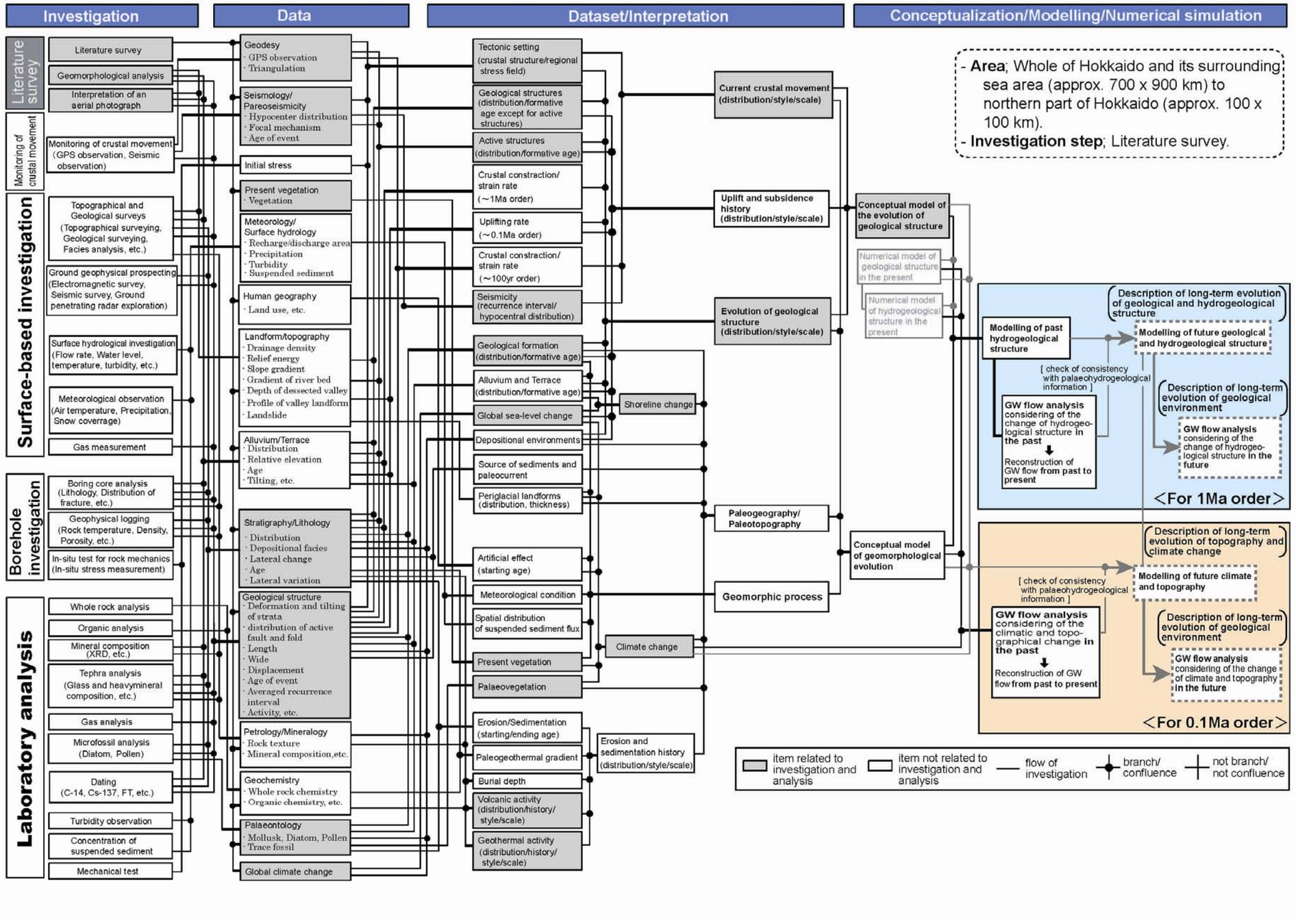


図 1-A -4-1) 地質環境長期安定性の調査（古水理学）（北海道全域と周辺海域（約 700×900 km）から北海道北部（約 100×100 km）までを対象とした既存情報の調査段階）

(4)-2) 地質環境長期安定性の調査（古水理学）（幌延地域とその西方海域（約 100×40 km）から北進地区（研究所設置地区とその周辺、約 6×10 km）までを対象とした既存情報の調査段階）

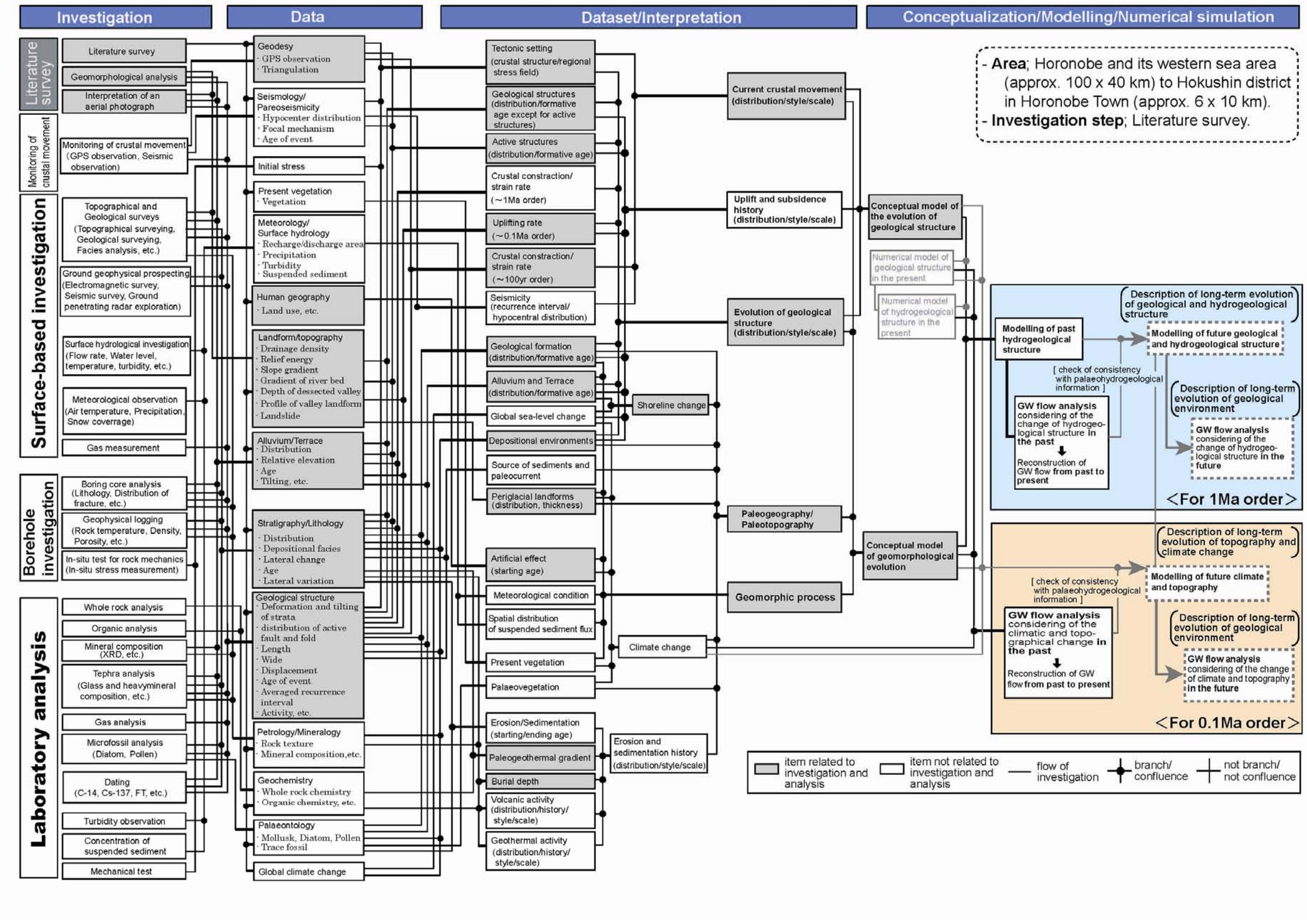


図 1-A (4)-2) 地質環境長期安定性の調査（古水理学）（幌延地域とその西方海域（約 100×40 km）から北進地区（研究所設置地区とその周辺、約 6×10 km）までを対象とした既存情報の調査段階）

(4)-3) 地質環境長期安定性の調査（古水理学）（幌延地域とその西方海域（約 100×40 km）から幌延地域（約 40×40 km）を対象とした地表調査段階）

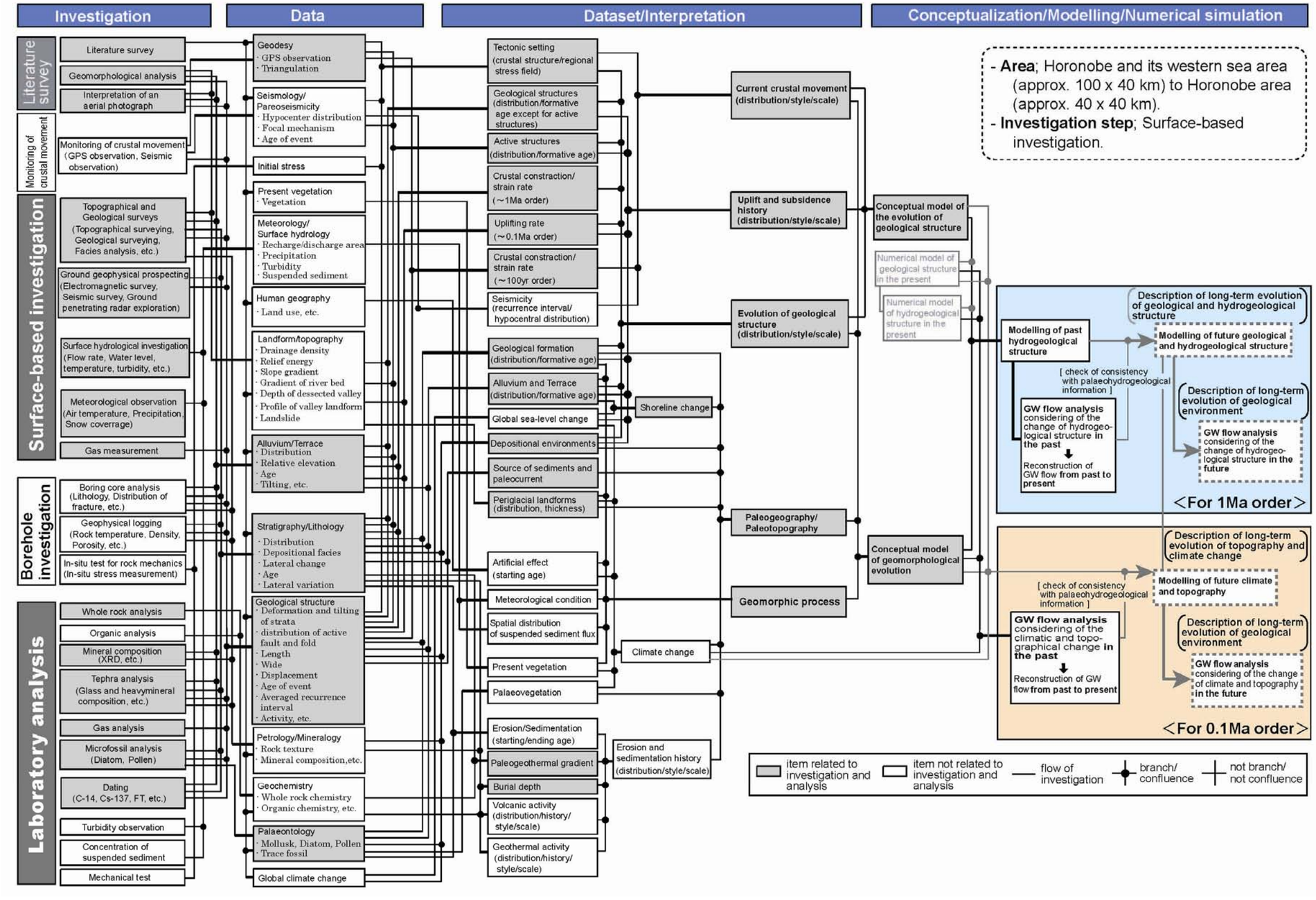


図 1-A (4)-3) 地質環境長期安定性の調査（古水理学）（幌延地域とその西方海域（約 100×40 km）から幌延地域（約 40×40 km）を対象とした地表調査段階）

(4)-4) 地質環境長期安定性の調査（古水理学）（幌延町北進地区（約 6×10 km）を対象とした地表及びボーリング調査段階階）

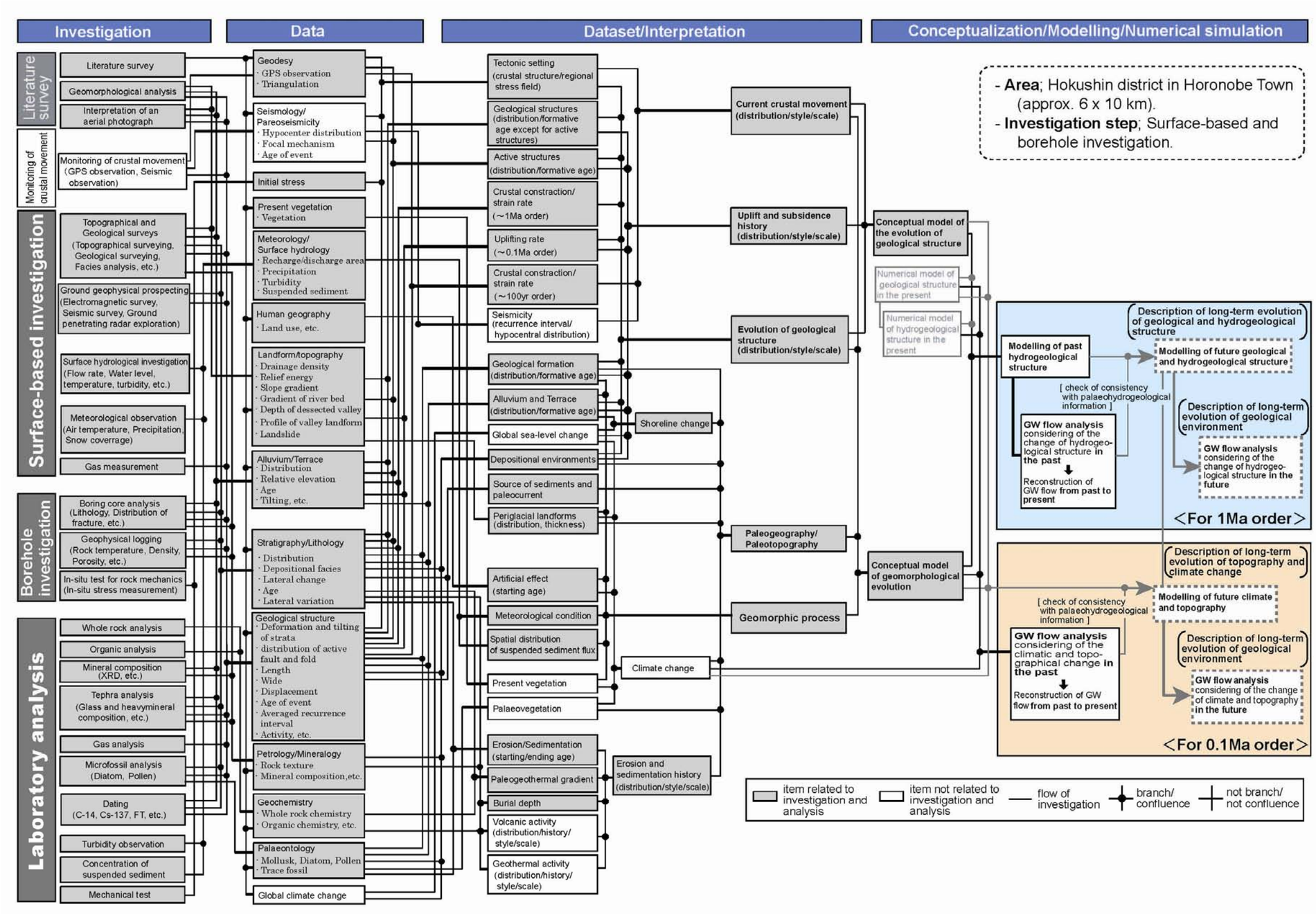


図 1-A (4)-4) 地質環境長期安定性の調査（古水理学）（幌延町北進地区（約 6×10 km）を対象とした地表及びボーリング調査段階階）

付録 1-B

資源エネルギー庁における統合化データフローダイアグラム

(1) 分析の対象とした文献とその概要
(2) 調査システムフロー構築に関する前提条件
(3) 調査システムフローの全体構成
(4) 調査システムフローの構成要素の特徴
(5) 調査システムフローに含まれる知識の分析
(6) 分析シート

This is a blank page.

(1) 分析の対象とした文献とその概要

① 財団法人原子力環境整備促進・資金管理センター：“平成 13 年度地層処分経済性向上調査　地層処分サイト評価技術確証試験報告書（第 3 分冊）調査システムの総合評価（1/2)”(2001).

② 財団法人原子力環境整備促進・資金管理センター：“平成 13 年度地層処分経済性向上調査　地層処分サイト評価技術確証試験報告書（第 3 分冊）調査システムの総合評価（2/2)”(2001).

地点選定段階における地質環境評価で必要となる評価項目が「地質環境の長期安定性評価」、「性能評価」、「施設設計」に分けて検討され、調査及び評価の考え方ならびに適用する調査手法（ボーリング調査、物理探査、トレンチ調査など）や評価技術が整理された上で、調査から解析、評価に至る複雑で多岐にわたる地質環境調査のプロセスが調査システムフローとして体系化されている。調査システムフローでは､階層的に複数のデータフローダイアグラム（以下、DFD）が示されている。なお、本文献では、日本における代表的な地質環境として、淡水域（陸域）・結晶質岩と、塩・淡水域（沿岸域）・堆積岩が設定され、それら 2 つの地質環境に対して DFD が作成されている。

③ 財団法人原子力環境整備促進・資金管理センター：“平成 14 年度　地層処分技術調査など高精度物理探査技術高度化調査報告書（第 2 分冊）－調査システムフローに関する検討－”(2002).

淡水域（陸域）・結晶質岩における地下水流動評価を対象として模擬検討（既存の地質環境調査データを用いて調査システムフローに従って仮想的に地質環境評価を実施してフローの妥当性を検討すること）が実施され、平成 13 年度に作成された DFD の確認が行われている。また、塩・淡水域（沿岸域）・堆積岩に関し、模擬検討に必要なデータセットの有無や､模擬検討における着目点及び優先度に関する基本的な考え方が検討されている。さらに、地質環境調査の「全体像と個別項目の相互関係の把握」を容易にし、その「トレーサビリティ」と「透明性」の確保の実現に向け、DFD と関連情報を IT（情報化技術）により可視化するシステムが構築されている。

④ 財団法人原子力環境整備促進・資金管理センター：“平成 15 年度　地層処分技術調査など高精度物理探査技術高度化調査報告書（第 2 分冊）－調査システムフローに関する検討－”(2003).

Nagra 主催の国際ワークショップにおいて、平成 14 年度までに作成した淡水域・結晶質岩の DFD に関する報告を行い、海外専門家によるレビューを受けている。また、DFD 作成に関する課題を抽出している。塩淡域・堆積岩環境については事例調査の対象がないため、塩水域・結晶質岩を対象としているスウェーデンやフィンラ

ンドのプロジェクトを対象に事例調査が行われている。これらの結果を参考とし、塩淡域・堆積岩環境における技術課題に関する模擬検討シナリオの構築が課題とされている。

⑤ 財団法人原子力環境整備促進・資金管理センター：“平成 16 年度地層処分技術調査など地質環境評価技術高度化調査報告書”（2004）.

①～④の検討により抽出された塩・淡水域（沿岸域）・堆積岩の地質環境評価における課題に基づき、その課題解決に向けた調査上の重要因子が抽出され、分析・評価が行われている。また、塩・淡水域（沿岸域）・堆積岩環境を対象とした DFD のうち、特に調査及び調査結果の分析・解釈における部分の見直しが行われている。また、沿岸域・堆積岩を対象とした地下水流動解析結果が地層・地質構造、海底地形構造、海水準変動が地下水流動に大きな影響を及ぼすこと、また移行経路の形状、長さ、トラベルタイムにも大きな影響を及ぼすことから、性能評価上、地層・地質構造、海底地形構造の調査が重要であると指摘されている。さらに、国内外の塩・淡水域（沿岸域）あるいは堆積岩系における最新の地質環境評価技術の調査が行われている。この地質環境評価技術の調査結果などを踏まえ、塩・淡水域（沿岸域）・堆積岩系における地質環境評価上の重要課題を整理した上で、DFD 模擬検討シナリオが検討されている。課題として、これらの模擬検討を実施し、平成 13 年度に仮構築した塩・淡水域（沿岸域）・堆積岩系の調査システムフローにフィードバックすることが挙げられている。

⑥ 財団法人原子力環境整備促進・資金管理センター：“平成 17 年度地層処分技術調査など地質環境評価技術高度化調査報告書”（2005）.

平成 16 年度に検討されたシナリオに基づき、塩・淡水域（沿岸域）・堆積岩系における施設設計及び地下水流動評価の模擬検討、Simpevarp サイトを対象とした地下水流動評価の模擬検討が行われている。また、英国セラフィールドサイトにおける地下水流動評価の模擬検討シナリオが検討されている。また、コンピュータベースの調査システムフローを用いて概要調査全般を説明し、仮想的な質問に答える様子をビデオ撮影し、調査システムフローを用いた説明の方法や、説明に用いるために必要な改善点が検討されている。

この結果、さらに次の事項に関する検討が必要であるとされている。

- 堆積岩環境での施設設計に関する物性値の温度依存性と設計値への影響の評価
- 堆積岩環境における立坑建設時の湧水量に関して、数値解析における不飽和浸透特性や坑道内部の境界条件の設定による影響の評価
- 広域の水理評価における化学的評価手法を用いた流動系の把握に関する DFD の検討
- 広域の水理場評価における異なる評価手法による評価結果の比較検討
- 小規模な島嶼を含む塩・淡水域（沿岸城）・結晶質岩環境での調査上重要な着

目点に関する検討

・設計技術に係わる調査データのばらつき評価に関する検討

・地質環境調査の計画・実施や説明に活用するために必要な DFD の改善事項の検討

⑦ 財団法人原子力環境整備促進・資金管理センター：“平成 18 年度地層処分技術調査など地質環境評価技術高度化調査報告書”（2006）.

塩・淡水域（沿岸域）・堆積岩系における施設設計に係わる調査システムフローに関して、力学的物性値の温度依存性を考慮したデータセットの評価及びその物性値を用いた模擬的施設設計解析が行われている。また、塩・淡水域（沿岸域）・堆積岩系の地下水流動評価に係わる DFD において、坑道への湧水量の評価解析に用いる不飽和浸透特性や坑道内部を表す境界条件の設定などによる影響度合いが評価されている。さらに、塩・淡水域（沿岸域）・堆積岩系の水理評価に係わる調査システムフローに関して、NIREX がセラフイールドにおいて、化学的評価手法によって地下水流動の概念モデル化や解析結果のキャリブレーションを行なったプロセスが追跡され、DFD への反映が検討されている。塩・淡水域（沿岸域）・結晶質岩環境（小規模な島嶼を含む）を対象に、既往の調査事例を調査され、当該地質環境における地質環境調査において重要な課題や着目点が抽出されている。また、調査事例から示唆される、塩・淡水域（沿岸域）・結晶質岩を対象とした地質環境調査における一般的な調査技術の適用性、あるいは調査・評価を行う際の留意点や着目点などが取りまとめられている。複数のモデル化アプローチによって水理モデリングの信頼性を向上できる可能性を示すことを目的に、スウェーデン Simpevarp サイトでの SKB の水理評価におけるモデル化手法と異なる手法によって構築した水理地質モデル（代替モデル）を用いて数値解析を試み、両者の解析結果について比較検討されている。また、設計技術に係わるデータのばらつき評価に関する検討が行われている。最後に、調査システムフローを、地質環境調査のデータ管理システム及び説明用のシステムとして活用するために必要な改善などが検討されている。

調査システムフローをベースにしたデータ管理システムとして活用するためには、概念的に以下のような事項が必要と考えられることがわかったとされている。

・調査システムフローを入口としてデータ管理が行われる。

・複数のユーザーが作業場所に係わらず使用できるように、インターネット環境下で動作するシステムである。

・調査手法⇒解釈⇒概念化⇒モデル化⇒評価という一連の流れの中で、データの授受が行われることから、管理されるデータは時間的なステータス、プロジェクト管理者による承認／未承認ステータスなどの各種ステータス情報を有する。

・調査システムフローが個人の IT スキルにかかわらず、比較的容易に構築／更新できるシステムである。

・複数の調査システムフローがリンクすることから、調査システムフローを階層化し、構築する際に統合化できる。
・調査システムフロー内にあるボックスは複数の線により連結するため煩雑である。したがって、連結したボックス及び線のみを視覚的に分かりやすく表示できる。
・ボックスにはIN、OUTデータ／情報が存在することから、ユーザーがそれらの情報を容易に認識できる。

上記のシステム概念に基づいて、以下の機能に重点を置いて、調査システムフローをベースにしたデータ管理システムが試構築されている。

・IT版調査システムフロー作成システム
・IT版調査システムフローデータ管理システム
・ユーザー管理機能

また、地層処分技術の専門家ではない有識者に説明するためのツールとして活用するためには、現行のシステムについて、以下の点を改善点として考慮することができるとされている。

・説明の受け手が関心を持つテーマに着目したフローの作成
・統合化DFDをさらに簡略化したフローの作成
・項目から項目への判断が示されるような情報の格納方法

(2) 調査システムフロー構築に関する前提条件

1. 基本方針

調査システムフローは、下記の基本方針で構築されている。

① 地層処分事業に資する地質環境調査技術として、物理探査、トレンチ調査及びボーリング調査など、主として地上からの調査技術を対象とする。

② わが国において処分地として想定される代表的、典型的な地質環境条件を複数設定し、それらを対象として検討を実施する。

③ 国内の他の機関において実施されている類似の研究成果を考慮し、それらの結果との適切な整合性を確保する。

④ 海外のプロジェクトにおける地点選定手法及び地点選定段階における地質環境調査の実施事例などを参考にし、必要に応じて本業務の成果に関して海外の機関との意見交換などを実施する。

2. 調査エリア

地質調査計画の検討においては、調査エリアの広さを基準として以下の 3 つの調査に区分している。

① 広域調査：主として長期地質安定性の評価に関わる情報の取得を目的として、広いエリアを対象として実施する調査。リモートセンシング、地表調査、空中からの物理探査など、原則として地表を乱さない調査手法を中心とする。

② 中域調査：中規模なエリアを対象とした調査。調査は、主として長期地質安定性の評価に関わる調査と、性能評価、施設設計に関わる評価に大別される。適用が考えられる調査手法としては、トレンチ調査、地上からの物理探査、ボーリング調査などが考えられ、地表の一部を改変する調査を含む調査を含めるものとする。

③ 狭域調査：主として性能評価や設計技術の観点から、より詳細な情報を取得することを目的とした、中域調査より狭い範囲を対象とした調査。適用する調査手法としては、物理探査やボーリング調査などが考えられる。

3. 地質環境の分類

既存文献では、わが国において処分地として想定される地域の典型的・代表的な地質環境条件が検討され、次のようにその分類が試みられている。

日本に分布する地質は、岩盤の力学特性、地下水の流動特性及び物質移動特性に着目した場合、表 1-B (2)-1)に示すように大きく 3 つのタイプに分類されるとしている。さらに、これらの分類を地形・地理的条件を考慮の上、表 1-B (2) -2)に示す地理的条件（3 パターン）×地理的条件（2 パターン）の組み合わせにより、6 パターンに分類されるとしている。

これらの地質環境の組み合わせより、本年度の検討において用いる地質環境条件モデル

として、2パターン（淡水域・結晶質岩環境、塩淡域・堆積岩環境）が設定されている。

表 1-B (2)-1)　地質分類と地質環境特性

分類	地　質	岩盤の力学特性	地下水の流動特性･物質移動特性
I	火成岩類	固結度が高く、緻密で一軸圧縮強度が 20MPa を超える。	岩石の間隙率が低く、断層、節理等の割れ目が主要な移行経路となる。
II	変成岩類		岩石の間隙率が低く、断層、節理等の割れ目が主要な移行経路となる 片理面、層理面等に沿う割れ目が移行経路として機能し水理地質的異方性を示すことがある。
	古第三紀以前の堆積岩類		
III	新第三紀以降の堆積岩類	固結度が低く、一軸圧縮強度が 20MPa を超えない。	岩石の間隙率が高く、粒子間隙、節理等の割れ目が移行経路となる。 層理面等に沿う割れ目が移行経路として機能し水理地質的異方性を示すことがある。

（財団法人原子力環境整備促進・資金管理センター：“平成 13 年度地層処分経済性向上調査　地層処分サイト評価技術確証試験報告書（第 3 分冊）調査システムの総合評価（1/2）”, 2001, pp.1-9, 表 1.4.1-2 より転載）

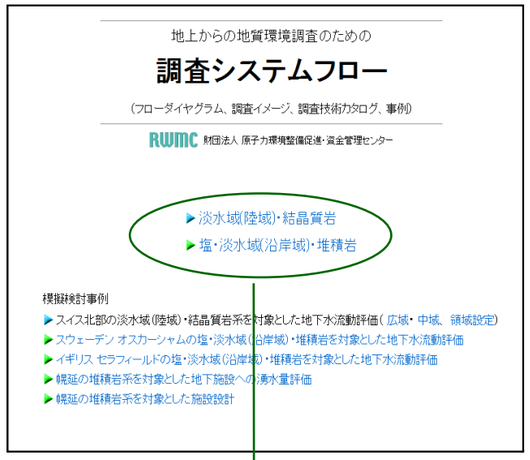
表 1-B (2)-2)　わが国の地形・地理的条件と地質環境特性の評価

区　分		各カテゴリーの特徴	地質環境特性
*地形区分	山地	起伏量が 200m 以上	・相対的に動水勾配が大きい
	丘陵	起伏量が 200m 以下、数 10m以上	・動水勾配が山地より小さく、平野より大きい
	平野	起伏量が極めて小さく平らである	・相対的に動水勾配が小さい ・谷底平野などでは地下水の浸出域である場合が多い
地理区分	淡水域	海岸線から離れた陸域	・一般に降水起源の地下水が存在 地下水流動場が複雑
	塩淡域 （海域・島を含む）	海岸線に沿う浅海域を含む地域	・一般に海水起源の地下水が存在 ・塩水（海水）と淡水（陸水）との境界が存在 ・地下水流動場が単純

＊：経済企画庁 1/20 万土地分類図による定義で、起伏量は山稜と谷底との比高、平野は台地・低地を併せた地形とする

（財団法人原子力環境整備促進・資金管理センター：“平成 13 年度地層処分経済性向上調査　地層処分サイト評価技術確証試験報告書（第 3 分冊）調査システムの総合評価（1/2）”, 2001, pp.1-9, 表 1.4.1-3 より転載）

(3) 調査システムフローの全体構成（1/3）



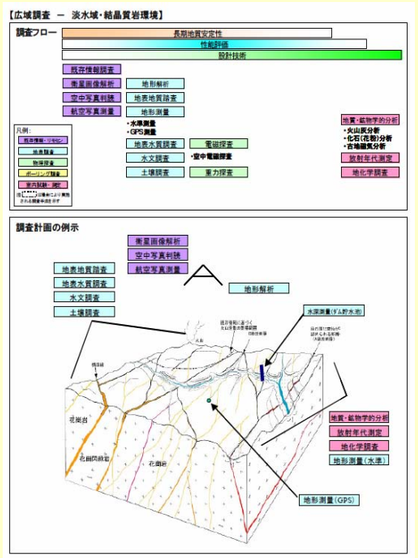
（財団法人原子力環境整備促進・資金管理センター: “平成 18 年度地層処分技術調査等地質環境評価技術高度化調査報告書”, 2006, p.7-8, 図 7.2.1-2 より転載）

調査イメージ

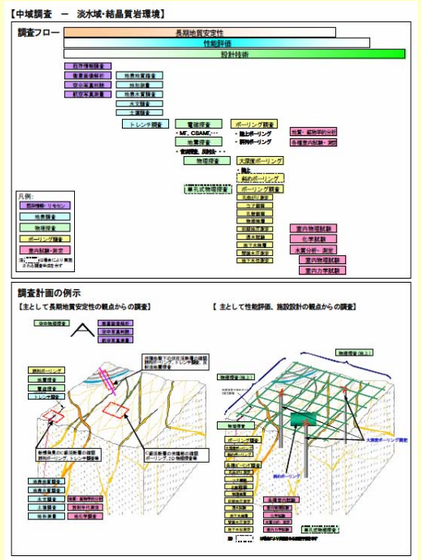
・長期地質安定性評価、性能評価、施設設計の観点から構築した調査イメージを調査領域ごとに示している。

（財団法人原子力環境整備促進・資金管理センター: “平成 13 年度地層処分経済性向上調査 地層処分サイト評価技術確証試験報告書 (第 3 分冊) 調査システムの総合評価 (1/2)”, 2001, pp.1-43-1-45, 図 1.4.3-2－図 1.4.3-4 より転載）

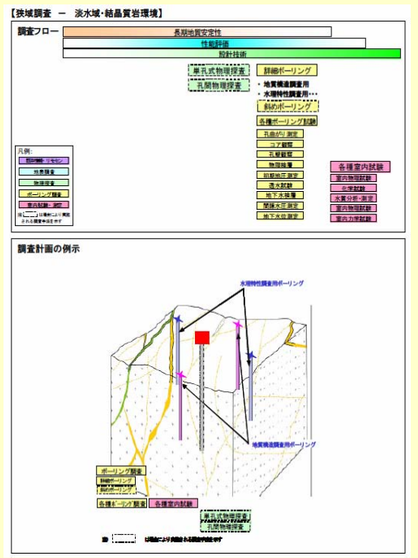
1.広域調査イメージ



2.中域調査イメージ

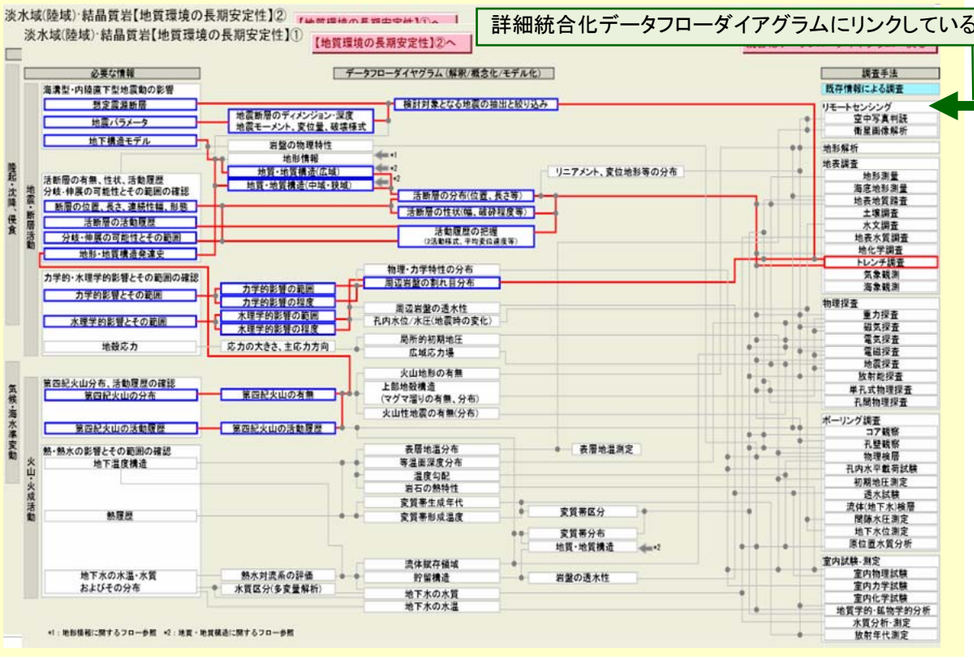


3.狭域調査イメージ



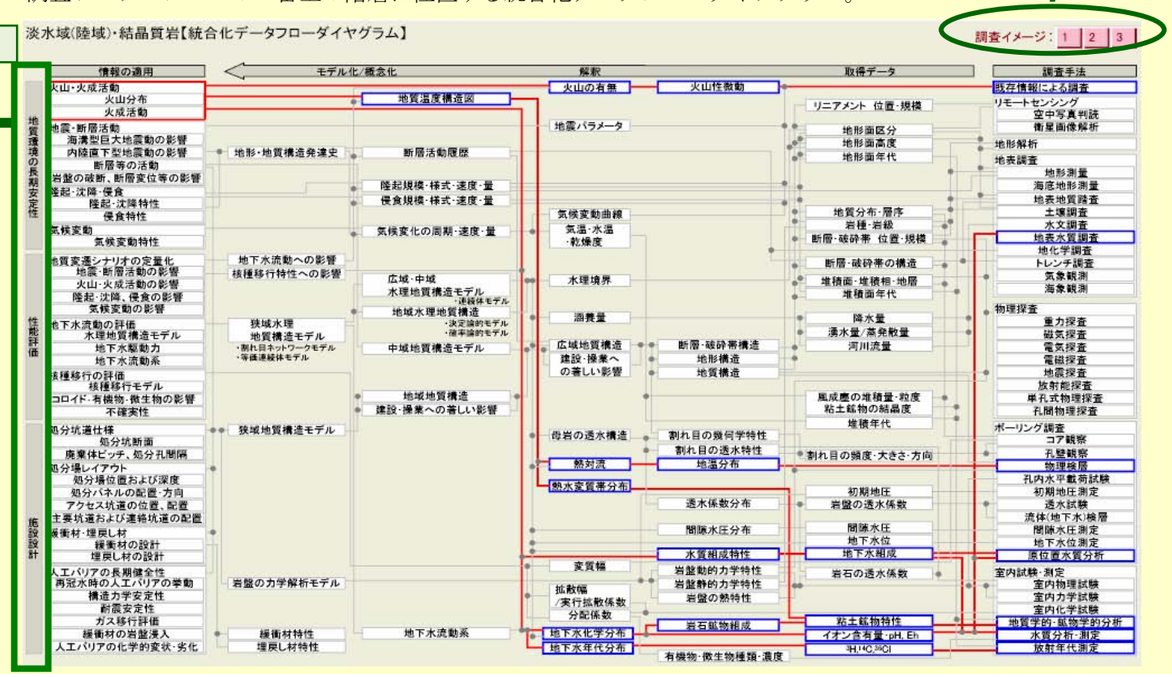
詳細統合化データフローダイアグラム

・長期地質安定性評価、性能評価、施設設計ごとに調査手法から評価までの流れを提示。



全体統合化データフローダイアグラム

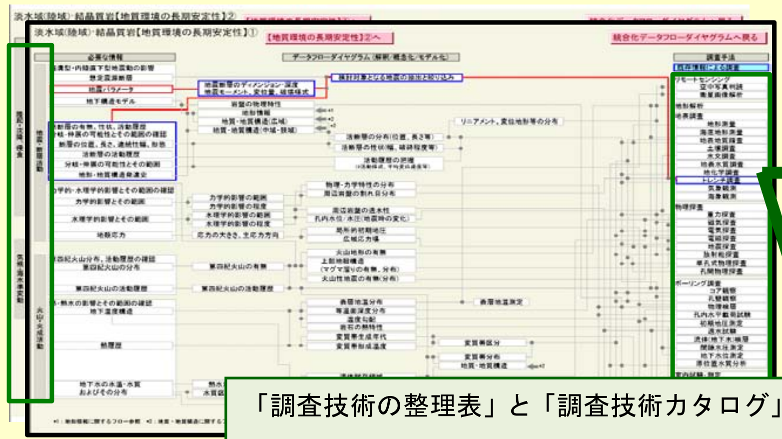
・調査システムフローの一番上の階層に位置する統合化データフローダイアグラム。



（財団法人原子力環境整備促進・資金管理センター: “平成 18 年度地層処分技術調査等地質環境評価技術高度化調査報告書”, 2006, p.7-9, 図 7.2.1-3 より転載）

(3) 調査システムフローの全体構成（2/3）

詳細統合化フローダイアグラム



「調査技術の整理表」と「調査技術カタログ」を結合した１つのファイルとしてリンク

調査技術の整理表

地表調査技術の概要，適用性，取得データ及び現状（地表地質踏査，トレンチ調査，地化学調査）

調査技術	概要（原理・手法）	実績	適用性 地形・地理 陸	海	地質 火	変	堆 硬	堆 軟	未	取得情報・データ	調査・測定精度および限界	調査規格・規準	調査・試験機器の検定または校正	参考文献
トレンチ調査	トレンチ調査は，活断層の通過場所や，その活動の記録が保存されていると考えられている場所を掘削し，人工的に露頭を作り，詳細な観察・記載，年代データなどの取得を目的として行われる。トレンチ壁面の詳細な観察・記載，年代測定結果に基づき，活断層の活動履歴（最新活動時期，活動間隔など），変位量などを明らかにすることができる。	多	○	×	×	×	×	×	○	・(活)断層位置 ・地質分布，層序 ・断層の性状 ・(活)断層活動特性	・一般に活断層の活動履歴調査に適用されている。 ・通常は，深さ3～5m程度，長さ数～10数m程度であるが，調査用地(掘削用地＋土砂保管用地)が十分に確保できる場合，深さ5m程度以上を掘削することが可能である。 ・地下深部に埋没している伏在断層や幅数100mに及ぶ撓曲帯伴う断層には適用が難しい。 ・トレンチ調査の結果は，トレンチ調査地点における結果であり，必ずしも調査対象断層の全体に適用できる結果ではない。[8] ・1 地点のトレンチ調査だけでは，断層活動の見逃しや活動イベントの誤った認定を完全に取り除くことは困難である。[8]	―	―	8) 加藤・脇田編(2001)

適用性　陸：陸域，海：海域，火：火成岩，変：変成岩，堆：堆積岩，硬：硬岩，軟：軟岩，未：未固結堆積物，○：適用性あり，△*数字：条件によって適用性あり（適応条件については調査・測定精度および限界の欄に記述，右肩の＊数字はその記述内容との対応を示す)，×：適用性なし，?：適用性に関する情報なし，－：適用性に影響しない

（財団法人原子力環境整備促進・資金管理センター：“平成 16 年度地層処分技術調査など地質環境評価技術高度化調査報告書”, 2004，添付資料, p.4，表-4 より転載）

調査技術カタログ

調査技術カタログ

調査技術名称：地表調査／トレンチ調査／活断層の評価

概要（原理・手法）
トレンチ調査は、活断層の通過場所やその活動の記録が保存されていると考えられる場所を掘削して人工的に露頭を作り、詳細な地質観察・記載と年代データ等の取得に基づいて、活断層の活動履歴（最新活動時期、活動間隔など），変位量などを明らかにする目的で行われている。トレンチの掘削規模は、通常深度3～5m程度、長さ数～10数m程度であるが、調査用地が広く確保できる場合においては、深度5m程度以上の掘削が可能となる。深さ1～1.5m程度の小規模なもの（人力によって掘削されたものなど）は、一般にピットと呼ばれている。

通常のトレンチ調査では、活断層及びこれに伴う変形の断面形態の観察を主な目的としているため、活断層の（推定）走向と直交する方向に1～2箇所のトレンチを掘削することが多い。このようなトレンチの形態では、横ずれ成分が卓越する活断層の実変位量を取得することは困難である。このため広い調査用地が確保できる場合には、横ずれ変位量や実変位量を解明するために鍵型、櫛状などの３次元的なトレンチの形態に掘削する場合や１層準毎に面的に掘削することもある。

トレンチ調査の一般的な手順は、通常、①掘削地点の選定・掘削仕様の検討，②トレンチの掘削，③トレンチ壁面の観察及びスケッチなど，④各種の分析・測定用試料の採取，⑤分析・測定結果を含む調査結果の取りまとめ、の手順で行われる。

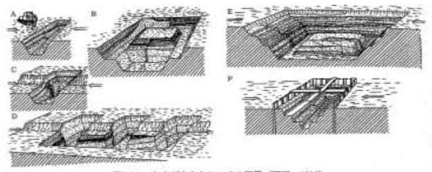


図5.25　さまざまなトレンチの形態（岡田，1990）
A：通常の壁面調査溝（例：鹿野断層法楽寺トレンチ，山崎断層系安富断層安志トレンチほか），B：トレンチ内に凹凸をもつ大規模調査溝（例：丹那断層子乃神トレンチ），C：低断層崖を横切る傾斜調査溝（例：阿寺断層付知トレンチ），D：低断層崖を横切る連続型調査溝（例：千屋断層千畑トレンチ，糸魚川-静岡構造線国谷トレンチ），E：3次元的な断層・地質構造を解明しつつ掘り下げた大規模調査溝，F：鋼矢板で囲んだ掘り込み型調査溝（例：断層ではないが，鳥浜遺跡などの低湿地遺跡で実際に適用されている），矢印は断層の通過位置を示す。

トレンチの形態　　引用：加藤・脇田編（2001）

解析・解釈方法
トレンチ壁面の観察においては、露出した地層や断層・変形などの特徴を観察・検討し、壁面に記録された地史を把握する。把握した地史を適切に示す層序単位毎に区分し、各単層の層相・粒度・堆積構造、地層境界の形状、層位関係、断層及び破断、地割れ、液状化跡、腐植及び炭化物、テフラ、考古遺物などに注意し、詳細観察とスケッチを行う。
層序区分を基に、地層と断層の切った・覆ったの関係、層序による変形の違い、楔状の崩壊堆積物、噴砂跡、不整合などを検討し、断層活動が生じた層準（イベント層準）を認定し、同時にその確からしさを判定する。また、断層の両側に堆積時の位置関係を復元可能な同一層が認められる場合には、これらの地層を変位基準として変位量を見積もる。
上記の調査結果に、各種分析・測定結果を加え、総合的な再検討を行い、層序区分の確定、イベント層準とその確度、イベント層準の年代、変位量とその誤差、及びその意味を検討する。

適用地質条件：未固結堆積物

調査成果
トレンチ壁面の詳細な観察・スケッチ及び採取された試料の分析・測定結果に基づき、以下の情報が取得可能。
- トレンチ掘削地点における断層の詳細な位置
- 断層の性状：走向・傾斜，幅，破砕の程度，挟在物の有無，条線の有無及びその方向など
- 断層の活動時期：最新活動時期，活動履歴
- 断層活動に伴う変形の断面形態
- 断層による変位量：単変位量，累積変位量

調査精度・測定限界
断層及びその周辺の地質状況を直接確認できるため、地表付近における断層の位置や性状について詳細な情報が取得可能。
断層の活動性の把握に関しては、トレンチ調査地点に分布する被覆層（第四系）の分布状況によって異なる。すなわち断層の活動時期を特定できる幅（誤差）は、イベント層準の年代分解能とイベント層準の年代を特定するための手法自体が有する精度によって決定される。

適用限界・課題など
調査用地の広さ、掘削対象となる地層の性状、地下水位などの自然，社会，技術的な制約により、トレンチの掘削深度、長さが制限される（掘削深度5～10m程度、長さ15～20m程度とする場合が多い）。そのため変位・変形を受けた地層が地下深くに埋没している伏在断層や、幅数100mに及ぶ撓曲帯からなる断層の調査には適用が難しい。

トレンチ調査の結果は、トレンチ調査地点における結果であり、必ずしも調査対象活断層全体に適用できる結果ではない。
また、1地点のトレンチ調査だけでは、断層活動の見逃しや活動イベントの誤った認定を完全に取り除くことは困難である。
調査対象活断層全体の活動履歴、変位量、セグメンテーションなどの解明には、個々のトレンチ地点の調査精度を向上させるとともに、できるだけ多くの地点でのデータを取得する必要がある。

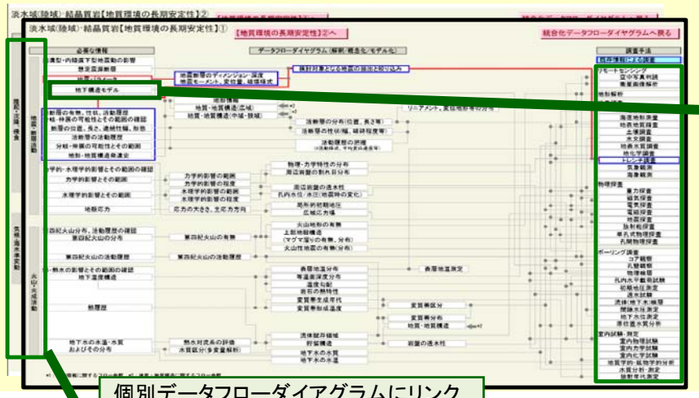
備考
ボーリング調査の長所（大きな調査深度、狭いスペースや水中で実施可能）とトレンチ調査の長所（面的な広がりがあるため、地層や断層の構造が読み取れる）をあわせもつ新しい調査手法（地層抜き取り調査：ジオスライサー調査）が、いくつかの活断層調査において実施されている。活断層調査のほか、津波堆積物等の第四紀の堆積物や液状化層の調査にも用いられている。

参考文献：加藤・脇田編（2001）：地質学ハンドブック，朝倉書店，696p.
武田・今村編（1996）：応用地学ノート，共立出版，447p.
原口・中田・島崎・今泉・小島・石丸（1998）：未固結堆積物の定方位連続地層採取方法の開発とその応用，応用地質，39，pp.306-314.
中田・島崎（1997）：活断層研究のための地層抜き取り装置（Geo-slicer），地学雑誌，106，pp.59-69.
宍倉・原口・宮内（2001）：房総半島南西部岩井低地の離水海岸地形からみた大正型関と宇治新の発生年代と再来間隔，地震，53，pp.357-372.
岡田（2000）：兵庫県南部地震以後のトレンチ調査の成果と課題，月刊地球，31，pp.15-24.

（財団法人原子力環境整備促進・資金管理センター: “平成 13 年度地層処分経済性向上調査 地層処分サイト評価技術確証試験報告書 (第 3 分冊) 調査システムの総合評価 (2/2)”, 2001, p.6-210 より転載）

(3) 調査システムフローの全体構成（3/3）

詳細統合化データフローダイアグラム

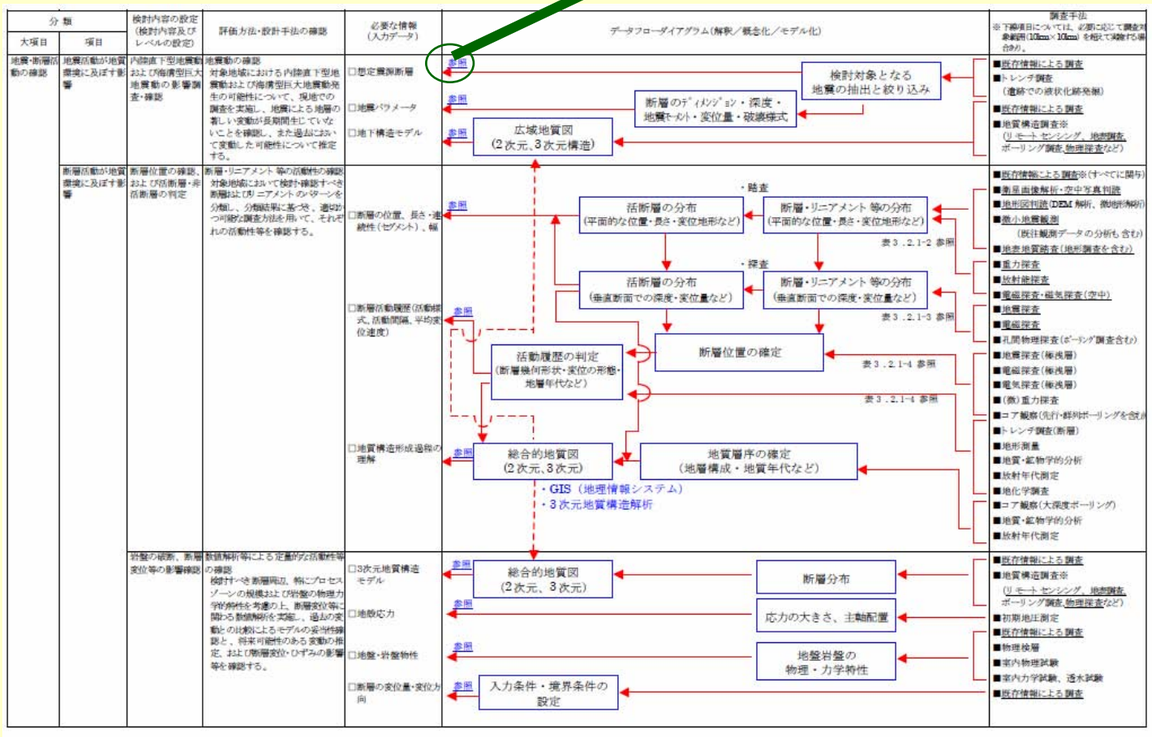


個別データフローダイアグラムにリンク

個々の必要な情報項目の調査技術、評価について説明された表にリンク

個別データフローダイアグラム

・個々の必要な情報項目による調査、評価の流れを提示。



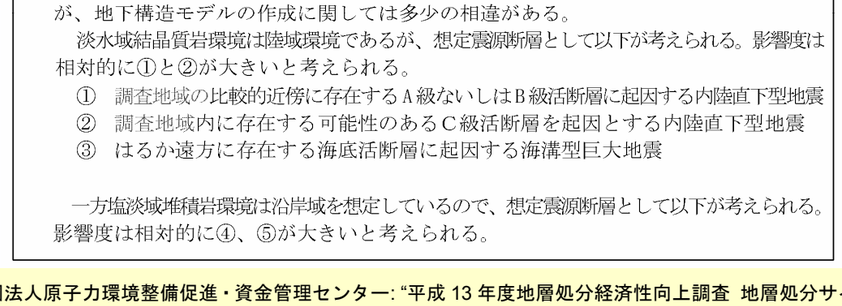
長期地質安定性の確認／地震・断層活動／淡水域・結晶質岩環境　データフローダイアグラム

（財団法人原子力環境整備促進・資金管理センター: “平成 13 年度地層処分経済性向上調査 地層処分サイト評価技術確証試験報告書 (第 3 分冊) 調査システムの総合評価 (1/2)”, 2001, p. 3-21, 図 3.2.1-1 より転載）

個別データフローダイアグラム及び評価技術の説明

内陸直下型・海溝型巨大地震動の影響調査・確認
（淡水域結晶質岩環境／塩淡域堆積岩環境 共通）

1．データフローダイアグラム



2．必要な情報を得るための手順

(1) 全体の流れと関連調査技術

内陸直下型地震および海溝型巨大地震の地震動の確認は、阪神淡路大震災以降のトレンドとして実施される可能性が高いと考えられる。この場合、想定震源断層の選定、地震パラメータの選定、サイト周辺の広域地下構造モデルの作成、地震動シミュレーション、入力地震動の設定、影響評価という流れになる。

すなわち、古文書からの歴史被害地震の抽出結果、既往の活断層調査（トレンチ調査を含む）結果（既往情報による調査）、ならびに遺跡での液状化跡発掘調査による古文書に残らなかったような歴史地震の調査結果（トレンチ調査）などから、将来の地震被害予測の検討対象となる地震の抽出と絞り込みを行い、想定震源断層を決める。選定の基準作成ならびに選定作業は、地震の規模、発生位置、設計思想など様々な要因を考慮して行われる。

決定された想定震源断層に対して、既往情報調査により断層のディメンジョン・深度・地震モーメント・変位量・破壊様式などの地震パラメータを設定する。既往情報が無い場合は、新たに断層モデルで数値解析を行い、パラメータを設定する必要がある。

地下構造モデルは、既存情報による調査に負うところが多いが、地質調査において得られる各種の地質構造調査結果も利用することが望ましい。これらのデータは、地質学的・地球物理学的に総合的な解釈と評価が行われ、２次元・３次元の広域地質構造図として編纂される。さらにこれをベースとして、地震波のＳ波速度構造を中心とした地震動シミュレーション用の地下構造モデルが構築される。

(2) 淡水域結晶質岩環境と塩淡域堆積岩環境での流れの相違

想定震源断層と地震パラメータの選定に関しては環境の相違による違いはないと考えられるが、地下構造モデルの作成に関しては多少の相違がある。

淡水域結晶質岩環境は陸域環境であるが、想定震源断層として以下が考えられる。影響度は相対的に①と②が大きいと考えられる。

① 調査地域の比較的近傍に存在するＡ級ないしはＢ級活断層に起因する内陸直下型地震
② 調査地域内に存在する可能性のあるＣ級活断層を起因とする内陸直下型地震
③ はるか遠方に存在する海底活断層に起因する海溝型巨大地震

一方塩淡域堆積岩環境は沿岸域を想定しているので、想定震源断層として以下が考えられる。影響度は相対的に④、⑤が大きいと考えられる。

（財団法人原子力環境整備促進・資金管理センター: “平成 13 年度地層処分経済性向上調査 地層処分サイト評価技術確証試験報告書 (第 3 分冊) 調査システムの総合評価 (1/2)”, 2001, p.3-22, 表 3.2.1-1 より転載）

(4) 調査システムフローの構成要素の特徴

階層化された各々の部分についての特徴を示す（表 1-B (4)-1)～4))。

表 1-B (4)-1) 全体統合化 DFD の特徴

概要	・地質環境調査の合理化、効率化の観点も含め、個別検討の枠組みでとらえたものではなく、統合化した DFD を示している。調査システムフローの最上階層に位置し、システム全体のインデックスの役割を成している。 ・調査手法から、取得データ、解釈、モデル化/概念化を経て、必要な情報に至る流れを示している。 ・地質環境調査は段階的に行われるが、DFD には調査段階は考慮されていない。
適用性	日本国内において、処分地として想定される代表的な二つの地質環境 （淡水域（陸域）・結晶質岩と塩・淡水域（沿岸域）堆積岩）
情報源	・土木学会原子力土木委員会地下環境部会編: “概要調査地区選定時に考慮すべき地質環境に関する基本的考え方”, 土木学会, p.102 (2001). ・核燃料サイクル開発機構: “わが国における高レベル放射性廃棄物地層処分の技術的信頼性-地層処分研究開発第 2 次取りまとめ-総論レポート”, JNC TN1400 99-020 (1999). ・欧米諸国における既往の HLW 地層処分プロジェクトなど

表 1-B (4)-2) 詳細統合化 DFD の特徴

概要	・地質環境の長期安定性、性能評価、設計技術ごとに、調査手法から必要な情報に至る流れを示している。 ・時間、空間スケールは考慮されていない。
	日本国内における処分地として想定される代表的な二つの地質環境 （淡水域（陸域）・結晶質岩と塩・淡水域（沿岸域）堆積岩）
情報源	・核燃料サイクル開発機構: “わが国における高レベル放射性廃棄物地層処分の技術的信頼性-地層処分研究開発第 2 次取りまとめ-総論レポート”, JNC TN1400 99-020 (1999). ・特定放射性廃棄物の最終処分に関する法律（2000）など

表 1-B (4)-3) 個別 DFD の特徴

概要	・地質環境の長期安定性、性能評価、施設設計に関するそれぞれの観点から設定された必要な情報ごとに、個々の調査技術から必要な情報に向けての流れを示している。 ・必要な情報を得るための手順の補足説明、関連説明資料をまとめている。
情報源	地質変遷シナリオの定量化に必要な情報： ・核燃料サイクル開発機構: “わが国における高レベル放射性廃棄物地層処分の技術的信頼性-地層処分研究開発第 2 次取りまとめ-総論レポート”, JNC TN1400 99-020 (1999). ・土木学会原子力土木委員会地下環境部会編:“概要調査地区選定時に考慮すべき地質環境に関する基本的考え方”, 土木学会, p.102 (2001). 施設設計において必要な情報： ・核燃料サイクル開発機構: “わが国における高レベル放射性廃棄物地層処分の技術的信頼性-地層処分研究開発第 2 次取りまとめ-総論レポート”, JNC TN1400 99-020 (1999). ・(財) 電力中央研究所・電気事業連合会: “高レベル放射性廃棄物地層処分の事業化技術” (1999). 及び国外のプロジェクトの施設設計の必要な情報

表 1-B (4)-4) 調査技術の整理表及び調査技術カタログの特徴

概要	[調査技術の整理表] （ア）国内外プロジェクトに関する文献調査の結果に基づき、概要（原理・手法）、実績、適用性、取得情報・データ、調査・測定精度及び限界、調査規格・限界について整理している （イ）国内外の各種プロジェクトを対象とした調査結果にもとづき、地質環境の長期地質安定性、性能評価、設計技術の観点で、空中・地上からの調査段階において適用可能な調査技術を抽出している。 （ウ）調査技術の適用性は、地形・地理（陸域・海域）、地質（火成岩、変成岩、堆積岩（軟・硬）、未固結）に対し、科学的観点からだけではなく、地層処分の観点からも評価している。 （エ）実績・適用性の評価は、国内外の各種プロジェクトの結果のまとめ及び専門家のエキスパートジャッジメントに基づいている。 [調査技術カタログ] （オ）国内外の事例プロジェクトを対象に、調査手法ごとの原理・手法、解析・解釈方法、調査成果、調査精度・調査限界、適用限界・課題をまとめている。
情報源	国内プロジェクト 地下発電所、地下揚水発電技術調査、地下石油備蓄基地、地層研究所、原子力発電所 海外プロジェクト • スイス（結晶質岩プロジェクト:スイス北部、堆積岩サイト：Wellenberg） • フィンランド（処分所候補地：Olkiluoto サイト） • スウェーデン（調査研究地点：Finnsjön サイト、地下研究施設：Äspö-HRL（Hard Rock Laboratory）、サイト調査計画） • カナダ（地下研究施設：Whiteshell サイト） • アメリカ（処分候補地：Yucca Mountain サイト）

(5) 調査システムフローに含まれる知識の分析

資源エネルギー庁の調査システムフローの報告書に記述されている調査技術、解析手法、その結果を用いた解釈やモデル化､評価手法に関する情報の知識のレベルについて検討した。

分析の対象としたのは、以下の通りである。

- 調査技術 : 調査技術カタログに記載されている事項
- 解釈・概念化・モデル化 : 個別データフローダイアグラムに記載されている事項
- 必要な情報 : 個別データフローダイアグラムに入力データとして記載されている事項
- 評価手法、設計手法 : 詳細統合化データフローダイアグラムに記載されている事項

知識のレベルは、以下の 3 つに分類し、分析した。

a) 専門書により取得できるレベル
b) 経験者へのヒアリングで取得できるレベル
c) 高度な技術者のノウハウに属するレベル

結果は以下の通りである（表 1-B (5)-1)）。

- 専門書に書かれているレベルが大部分であり、経験者へのヒアリングで取得できるレベルや高度な技術者のノウハウに属するレベルと判断できるものが 1 割ほど認められた。
- 調査技術カタログには、実際に地質環境の調査・評価を行う上で必要と想定されるより深い知識（分析シートの「より深い知識」参照）が記述されていなかった。
- 各技術の実績・適用性については、既存文献の引用か、あるいは資源エネルギー庁の調査システムフロー報告書の著者のエキスパートジャッジメントに基づくもので、実績・適用性の判断のための客観的な記述や指標が示されていない。
- 対象とする参考文献の選択の条件や基準は報告書に示されていない。また、文献や情報の品質については、公表されているということで、文献に記述されている情報はある程度の品質が担保されると判断されている。

分析結果として、分析シートを添付する。

表 1-B (5)-1) 調査技術に関する評価結果（1/5）

調査カタログの一覧	知識レベル		
目 次	専門書より取得できるレベル	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	高度な技術者のノウハウに属するレベル
1．リモートセンシング	+	−	−
1．1 空中写真判読	+	−	−
1．2 衛星画像解析（共通）	+	−	−
1．2．1 可視域～近赤外域	+	−	−
1．2．2 短波長赤外域	+	−	−
1．2．3 熱赤外線域	+	−	−
1．2．4 マイクロ波	+	−	−
2． 地形解析	+	−	−
3． 地表調査	+	−	−
3．1 地形測量	+	−	−
3．1．1 水準測量	+	−	−
3．1．2 三角測量	+	−	−
3．1．3 三辺測量	+	−	−
3．1．4 多角測量	+	−	−
3．1．5 GPS 測量（Global Positioning System）	+	−	−
3．1．6 空中写真測量（地形図作製）	+	−	−
3．2 海底地形測量	+	−	−
3．2．1 音響測探機	+	−	−
3．2．2 マルチビーム音響測深機	+	−	−
3．2．3 音響画像探査(ｻｲﾄﾞｽｷｬﾝｿﾅｰ)	+	−	−
3．2．4 レーザー測深	+	−	−
3．3 地表地質調査	+	−	−
3．3．1 地表地質調査	+	−	−
3．3．2 海底試料採取	+	−	−
（1）ドレッジ式	+	−	−
（2）グラブ式	+	−	−
（3）柱状採泥器(ﾋﾟｽﾄﾝｺｱ，ｸﾞﾗﾋﾞﾃｨｺｱ等)	+	−	−
3．3．3 海底潜水調査	+	−	−
（1）ディープトゥ	+	−	−
（2）有策式無人潜水機（ROV）	+	−	−
（3）無策式(自律式)無人潜水機	+	−	−
3．3．4 土壌調査（土壌断面調査）	+	−	−
3．4 水文調査	+	−	−
3．4．1 水文地質調査	+	−	−
3．4．2 降水量測定	+	−	−
3．4．3 河川流量測定	+	−	−
（1）流速・断面積計測法	+	−	−
（2）水理構造物による計測法	+	−	−
3．4．4 湧水量測定	+	−	−
3．4．5 蒸発散量測定	+	−	−
3．5 地表水質調査	+	−	−
3．5．1 水素イオン濃度（pH）測定	+	−	−
3．5．2 酸化還元電位測定	+	−	−
3．5．3 電気伝導度測定	+	−	−
3．5．4 水温測定	+	−	−
3．6 地化学調査	+	−	−
3．6．1 ラドン測定（土壌ガス測定）	+	−	−

表 1-B (5)-1) 調査技術に関する評価結果（2/5）

調査カタログの一覧	知識レベル		
目 次	専門書より取得できるレベル	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	高度な技術者のノウハウに属するレベル
3．6．2 水銀測定（土壌ガス測定）	+	−	−
3．6．3 CO2測定(土壌ガス測定)	+	−	−
3．7 トレンチ調査	+	+	−
3．8 気象観測	+	−	−
3．8．1 気温測定	+	−	−
3．8．2 風向・風速測定	+	−	−
3．8．3 気圧測定	+	−	−
3．8．4 降水量測定	+	−	−
3．9 海象観測	+	−	−
3．9．1 流向・流速測定	+	−	−
3．9．2 波浪測定	+	−	−
3．9．3 潮位測定	+	−	−
4．物理探査	+	−	−
4．1 重力探査（共通）	+	−	−
4．1．1 空中重力探査	+	−	−
4．1．2 陸上重力探査	+	−	−
（1）一般的な探査	+	−	−
（2）マイクログラビティ探査	+	−	−
4．1．3 海上重力探査	+	−	−
4．2 磁気探査（共通）	+	−	−
4．2．1 空中磁気探査	+	−	−
4．2．2 陸上磁気探査	+	−	−
4．2．3 海上磁気探査	+	−	−
4．3 電気探査	+	−	−
4．3．1 地上電気探査	+	−	−
（1）自然電位法	+	−	−
（2）比抵抗法　垂直探査	+	−	−
（3）比抵抗法　水平探査	+	−	−
（4）比抵抗法　2次元探査	+	−	−
（5）強制分極(IP)法	+	−	−
4．3．2 海上電気探査	+	−	−
（1）比抵抗法	+	−	−
4．4 電磁探査	+	−	−
4．4．1 空中電磁探査	+	−	−
（1）VLF法	+	−	−
（2）EM法	+	−	−
4．4．2 地上電磁探査	+	−	−
（1）MT法	+	−	−
（2）CSAMT法	+	−	−
（3）VLF法	+	−	−
4．5 地震探査	+	−	−
4．5．1 地上地震探査	+	−	−
（1）微動探査(微動アレイ)	+	−	−
（2）常時微動測定	+	−	−
（3）反射法地震探査　浅層	+	−	−
（4）反射法地震探査　深部	+	−	−
（5）屈折法地震探査	+	−	−

表 1-B (5)-1) 調査技術に関する評価結果（3/5）

調査カタログの一覧	知識レベル		
目 次	専門書より取得できるレベル	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	高度な技術者のノウハウに属するレベル
4．6 放射能探査（共通）	+	−	−
4．6．1 空中放射能探査	+	−	−
4．6．2 陸上放射能探査	+	−	−
4．6．3 海底放射能探査	+	−	−
4．7 単孔式物理探査	+	−	−
4．7．1 VSP	+	−	−
4．7．2 ハイドロフォンVSP	+	−	−
4．7．3 シングルホールイメージング	+	−	−
4．7．4 流電電位法	+	−	−
4．7．5 シングルホールレーダ	+	−	−
4．8 孔間物理探査	+	−	−
4．8．1 弾性波トモグラフィ	+	−	−
（1）走時トモグラフィ	+	−	−
（2）反射トモグラフィ	+	−	−
（3）フルウェーブトモグラフィ	+	−	−
4．8．2 比抵抗トモグラフィ	+	−	−
4．8．3 IPトモグラフィ	+	−	−
4．8．4 電磁気トモグラフィ	+	−	−
4．8．5 レーダトモグラフィ	+	−	−
5． ボーリング調査	+	−	−
5．1 コア観察	+	−	−
5．2 孔壁観察	+	−	−
（1）光学式	+	−	−
（2）超音波式(ボーアホールテレビュア)	+	−	−
5．3 物理検層	+	−	−
5．3．1 キャリパー検層(孔径検層)	+	−	−
5．3．2 音波検層	+	−	−
5．3．3 速度検層(PS 検層)	+	−	−
（1）ダウンホール法	+	−	−
（2）漂遊法	+	−	−
5．4 孔内水平載荷試験	+	+	−
5．4．1 孔内水平載荷試験	+	+	−
5．5 初期地圧測定（共通）	+	+	−
5．5．1 応力解放法(ｵｰﾊﾞｰｺｱﾘﾝｸﾞ法)	+	+	−
5．5．2 水圧破砕法	+	+	−
5．5．3 AE法	+	+	−
5．5．4 DRA法	+	+	−
5．5．5 DSCA法	+	+	−
5．5．6 ASR法	+	+	−
5．6 透水試験	+	+	+
5．6．1 注水法(低圧透水試験)	+	+	−
5．6．2 揚水法	+	+	−
5．6．3 ダイポール法	+	+	−
5．6．4 湧水圧試験(JFT)	+	+	−
5．6．5 パルス試験	+	+	−
5．6．6 スラグ試験	+	+	−
5．6．7 孔間透水試験	+	+	−

表 1-B (5)-1) 調査技術に関する評価結果（4/5）

調査カタログの一覧	知識レベル		
目 次	専門書より取得できるレベル	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	高度な技術者のノウハウに属するレベル
5. 6. 8 トレーサ(希釈)試験	+	+	−
5. 7 流体(地下水)検層（共通）	+	+	−
5. 7. 1 地下水検層	+	+	−
(1) 露出型多電極方式	+	+	−
(2) 単一電極・懸走方式	+	+	−
5. 7. 2 流向・流速測定	+	+	−
5. 7. 3 フローメータ検層	+	+	−
(3) 光ファイバー測定	+	+	−
5. 8 間隙水圧測定	+	+	−
5. 8. 1 長期間間隙水圧測定	+	+	−
(1) MPシステム	+	+	−
(2) PIEZOシステム	+	+	−
(1) 共通	+	−	−
(2) 温度測定手法融点測定	+	−	−
(3) 温度測定手法均質化温度測定	+	−	−
(4) 化学分析手法破砕法	+	−	−
5. 15 水質分析・測定	+	−	−
5. 15. 1 イオン含有量測定	+	−	−
(1) 共通	+	−	−
(2) 吸光光度分析法	+	−	−
(3) 蛍光光度分析法	+	−	−
(4) 原子吸光分析法	+	−	−
(5) ICP 発光分析法	+	−	−
(6) イオンクロマトグラフ分析法	+	−	−
5. 15. 2 同位対比測定	+	−	−
5. 15. 3 溶存ガス測定	+	−	−
(1) ガスクロマトグラフィ分析法	+	−	−
(2) ガスクロマトグラフ質量分析法	+	−	−
5. 15. 4 微生物調査	+	−	−
5. 15. 5 有機物分析	+	−	−
(1) 共通	+	−	−
(2) 燃焼酸化—赤外線式全有機炭素分析法	+	−	−
(3) 燃焼酸化—赤外線式全有機炭素自動計測法	+	−	−
5. 15. 6 コロイド分析	+	−	−
5. 16 放射年代測定(放射年代測定:岩石・鉱物など)	+	−	−
5. 16. 1 放射性核種の親核種と娘核種の比を利用する方法	+	−	−
(1) 共通	+	−	−
(2) K−Ar 法	+	−	−
(3) Ar−Ar 法	+	−	−
(4) Rb−Sr 法	+	−	−
(5) 238U−206Pb 法	+	−	−
(6) 235U−207Pb 法	+	−	−
(7) Th−Pb 法	+	−	−
(8) Pb−Pb 法	+	−	−
(9) Sm−Nd 法	+	−	−
(10) Lu−Hf 法	+	−	−

表 1-B (5)-1) 調査技術に関する評価結果（5/5）

調査カタログの一覧	知識レベル		
目 次	専門書より取得できるレベル	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	高度な技術者のノウハウに属するレベル
(11) La－Ce 法	+	−	−
(12) La－Ba 法	+	−	−
5. 16. 2 宇宙線により生成した核種を利用する方法	+	−	−
(1) 共通	+	−	−
(2) 14C法	+	−	−
(3) 10Be 法	+	−	−
(4) 26Al 法	+	−	−
(5) 41Ca 法	+	−	−
(6) 53Mn 法	+	−	−
(7) 129I 法	+	−	−
(8) 39Ar 法	+	−	−
(9) 81Kr 法	+	−	−
5. 16. 3 放射平衡からのずれを利用する方法	+	−	−
(1) 共通	+	−	−
(2) 230Th－234U法	+	−	−
(3) 231Pa－235U法	+	−	−
(4) 234U－238U法	+	−	−
(5) 230Th 法	+	−	−
(6) 231Pa 法	+	−	−
5. 16. 4 放射線損傷を利用する方法	+	−	−
(1) フィッション・トラック(FT)法	+	−	−
(2) 熱ルミネッセンス(TL)法	+	−	−
(3) 電子スピン共鳴(ESR)法	+	−	−
5. 17 放射年代測定（(放射年代測定：水試料)	+	−	−
5. 17. 1 宇宙線により生成した核種を利用する方法	+	−	−
(1) 共通	+	−	−
(2) 14C法	+	+	−
(3) 3H+3He 法	+	−	−
(4) 32Si 法	+	−	−
(5) 36Cl 法	+	+	−
(6) 41Ca 法	+	−	−
(7) 53Mn 法	+	−	−
(8) 129I 法	+	−	−
(9) 39Ar 法	+	+	−
(10) 81Kr 法	+	+	−
(11) 85Kr 法	+	−	−
5. 17. 2 放射平衡からのずれを利用する方法	+	−	−
(1) 210Pb 法	+	−	−
5. 17. 3 地下水中に蓄積される希ガスを利用する方法	+	−	−
(1) 3H＋3He 法	+	−	−
(2) 4He 法	+	−	−

(6) 分析シート

1. リモートセンシング

大分類	空中写真判読	
中分類	－	
小分類	－	
概　要	航空機を用いて上空から撮影された空中写真を、実体鏡を用いて立体視し、水系分布、地形面分布、山の形状などの地形的特徴や色調などを判読・抽出することにより地質学的情報（断層分布、岩質の違い、地質構造など）を推定する。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・地形情報（リニアメント、水系、地形面分布など） ・地質情報（岩質の差異、地質構造など） など	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・撮影条件（積雪、雲、太陽反射）により情報を取得することができない場合がある。 ・地表面の情報のみ取得可能である。取得情報に基づき、地下構造を推定することは可能である。 ・空中写真判読で取得される情報は、あくまでも推測の域を超えることはできないため現地での確認が必要とされる[3)]。 ・判読内容と要求精度に応じて、適正な縮尺の空中写真を選定することにより、様々な規模の要素を抽出することが可能である。 ・判読できる精度（空間分解能）は、数10 cm～数m（撮影高度の約1/5,000）である[3)]。	
関連項目 3	－	
文献など	3) 武田, 今村編: (1996).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・空中写真からの活断層線の判読方法 ・空中写真からの地滑り地形の判読方法	

大分類	衛星画像解析	
中分類	（共通）	
小分類	－	
概　要	物体は種類によって異なる電磁波の反射・放射特性を有している。衛星画像解析は、物体から反射・放射された電磁波の強さを人工衛星によって間接的に取得し、その反射・放射特性に基づき、識別・分類・分析する技術である。取得された衛星画像を基にスペクトル解析、画像処理、画像判読によって、地形、地質、地表状況（植生分布、温度分布）などの情報抽出を行う。抽出する情報によって、電磁波の波長域（可視域、近赤外域、短波長赤外域、熱赤外域、マイクロ波）の異なる衛星画像を利用する。	
関連項目 1（取得情報・データ）	－	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・衛星画像解析により取得される情報は、あくまでも推測の域を超えることはできないため、現地での確認が必要である。	
関連項目 3	－	
文献など	1) 日本リモートセンシング研究会: (1992). 2) 資源・環境観測解析センター: (1995). 3) 武田, 今村編: (1996). 4) 大林, 小島編: (2002). 5) リモートセンシング技術センターHP: ＜http://www.restec.or.jp/＞.	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	－	

大分類	衛星画像解析
中分類	短波長赤外域（1.3～3 μm）
小分類	－
概　要	物体は種類によって異なる電磁波の反射・放射特性を有している。衛星画像解析は、物体から反射・放射された電磁波の強さを人工衛星によって間接的に取得し、その反射・放射特性に基づき、識別・分類・分析する技術である。取得された衛星画像を基にスペクトル解析、画像処理、画像判読によって、地形、地質、地表状況（植生分布、温度分布）などの情報抽出を行う。抽出する情報によって、電磁波の波長域（可視域、近赤外域、短波長赤外域、熱赤外域、マイクロ波）の異なる衛星画像を利用する。
関連項目 1 （取得情報・データ）	・地質情報（地表地質分布）
関連項目 2 （調査・測定精度及び限界）	・曇天の場合、地表面の撮影は不可能である（解析に使用する衛星画像の撮影時期を考慮する必要がある）。 ・地表面、海面付近の情報のみ取得可能（海底面の情報取得は不可能）である。取得情報に基づき地下構造を推定することは可能である。 ・取得される情報は、表層の分光反射特性を捉えたものであるため、解析結果には精度・内容に限界がある [3]。 ・人工衛星に搭載されているセンサーにより撮影エリア、空間分解能が異なる [1),4),5)]。 観測幅：60～185 km [1),4),5)] 空間分解能：20～30 m [1),4),5)]
関連項目 3	－
文献など	1）日本リモートセンシング研究会: (1992). 2）資源・環境観測解析センター: (1995). 3）武田, 今村編: (1996). 4）大林, 小島編: (2002). 5）リモートセンシング技術センターHP: ＜http://www.restec.or.jp/＞.
知識レベル	専門書により取得できるレベル：＋ 経験者へのヒアリングで取得できるレベル：－ 高度な技術者のノウハウに属するレベル：－
より深い知識	・人工衛星に搭載されているセンサーとその空間分解能 ・取得したデータの解析方法

大分類	衛星画像解析
中分類	可視域～近赤外域（0.4～1.3 μm）
小分類	－
概　要	物体は種類によって異なる電磁波の反射・放射特性を有している。衛星画像解析は、物体から反射・放射された電磁波の強さを人工衛星によって間接的に取得し、その反射・放射特性に基づき、識別・分類・分析する技術である。取得された衛星画像を基にスペクトル解析、画像処理、画像判読によって、地形、地質、地表状況（植生分布、温度分布）などの情報抽出を行う。抽出する情報によって、電磁波の波長域（可視域、近赤外域、短波長赤外域、熱赤外域、マイクロ波）の異なる衛星画像を利用する。
関連項目 1 （取得情報・データ）	・地形情報（リニアメント、水系、標高など） ・土地被覆状況など ・地質情報（地質構造） ・陸水分布 ・氷河分布
関連項目 2 （調査・測定精度及び限界）	・曇天の場合、地表面の撮影は不可能である（解析に使用する衛星画像の撮影時期を考慮する必要がある）。 ・地表面、海面付近の情報のみ取得可能（海底面の情報取得は不可能）である。取得情報に基づき地下構造を推定することは可能である。 ・取得される情報は、表層の分光反射特性を捉えたものであるため、解析結果には精度・内容に限界がある [3]。 ・人工衛星に搭載されているセンサーにより撮影エリア、空間分解能が異なる [1),4),5)]。 観測幅：11～185 km [1),4),5)] 空間分解能：0.6～30 m [1),4),5)]
関連項目 3	－
文献など	1）日本リモートセンシング研究会: (1992). 2）資源・環境観測解析センター: (1995). 3）武田, 今村編: (1996). 4）大林, 小島編: (2002). 5）リモートセンシング技術センターHP: <http://www.restec.or.jp/>.
知識レベル	専門書により取得できるレベル：＋ 経験者へのヒアリングで取得できるレベル：－ 高度な技術者のノウハウに属するレベル：－
より深い知識	・取得したデータの解析方法 ・地質情報（地質構造）などの解釈方法

大分類	衛星画像解析	
中分類	熱赤外線域（8～14 μm）	
小分類	－	
概　要	物体は種類によって異なる電磁波の反射・放射特性を有している。衛星画像解析は、物体から反射・放射された電磁波の強さを人工衛星によって間接的に取得し、その反射・放射特性に基づき、識別・分類・分析する技術である。取得された衛星画像を基にスペクトル解析、画像処理、画像判読によって、地形、地質、地表状況（植生分布、温度分布）などの情報抽出を行う。抽出する情報によって、電磁波の波長域（可視域、近赤外域、短波長赤外域、熱赤外域、マイクロ波）の異なる衛星画像を利用する。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・温度分布 ・地質情報（地表地質分布）	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・地表面、海面付近の情報のみ取得可能（海底面の情報取得は不可能）である。取得情報に基づき地下構造を推定することは可能である。 ・地表地質分布は、昼と夜の二時期の温度データから求められる見かけ熱慣性の違いにより取得されるため、堆積岩ではある程度識別可能であるが、火成岩では識別困難である [2)]。 ・人工衛星に搭載されているセンサーにより撮影エリア、空間分解能が異なる [1),4),5)]。 観測幅：60～185 km[1),4),5)]　空間分解能：60～120 m[1),4),5)]	
関連項目 3	－	
文献など	1）日本リモートセンシング研究会: (1992). 2）資源・環境観測解析センター: (1995). 3）武田, 今村編: (1996). 4）大林, 小島編: (2002). 5）リモートセンシング技術センターHP: ＜http://www.restec.or.jp/＞.	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・人工衛星に搭載されているセンサーとその空間分解能 ・取得したデータの解析方法	

大分類	衛星画像解析	
中分類	マイクロ波（300 MHz～40 GHz）	
小分類	－	
概　要	物体は種類によって異なる電磁波の反射・放射特性を有している。衛星画像解析は、物体から反射・放射された電磁波の強さを人工衛星によって間接的に取得し、その反射・放射特性に基づき、識別・分類・分析する技術である。取得された衛星画像を基にスペクトル解析、画像処理、画像判読によって、地形、地質、地表状況（植生分布、温度分布）などの情報抽出を行う。抽出する情報によって、電磁波の波長域（可視域、近赤外域、短波長赤外域、熱赤外域、マイクロ波）の異なる衛星画像を利用する。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・地形情報（リニアメント、水系、表面の凹凸、傾斜など） ・地質情報（地質構造）	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・極めて乾燥した砂漠では、地下数 m 程度の情報を取得した事例があるが、それ以外の地域では、地表面の情報のみ取得可能である [1)]。 ・昼夜、天候によらず画像を撮影することが可能である [3)]。 ・人工衛星に搭載されているセンサーにより撮影エリア、空間分解能が異なる [1),4),5)]。 観測幅：45～510 km[1),4),5)]　空間分解能：10～100 m[1),4),5)]	
関連項目 3	－	
文献など	1）日本リモートセンシング研究会: (1992). 2）資源・環境観測解析センター: (1995). 3）武田, 今村編: (1996). 4）大林, 小島編: (2002). 5）リモートセンシング技術センターHP: <http://www.restec.or.jp/>.	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・人工衛星に搭載されているセンサーとその空間分解能 ・取得したデータの解析方法	

2. 地形解析

大分類	地形解析	
中分類	－	
小分類	－	
概　要	空中写真測量、地形測量海底地形測量などにより作製された地形図を基に、各種の地形学的に分類された地形要素を判読・抽出することにより、地質学的情報（断層分布など）を推定する際の基礎資料とする。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・地形情報（リニアメント、水系、地形面分布、起伏量、地形発達史など）	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・地形図に記述されている事象のみが情報として取得される（など高線の間の地形は推測の域を超えることができない）[9]。 ・解析結果は、基図となる地形図の縮尺に依存する。 平面位置分解能 陸域：数～数 10 m、海域：数 m 以上 高度（深度）分解能 陸域：1～10 m、海域：1 m 以上	
関連項目 3	－	
文献など	9）鈴木: (1997).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・地形図からの活断層線の判読方法 ・地形図からの地滑り地形の判読方法	

3. 地表調査

大分類	地形測量	
中分類	水準測量	
小分類	－	
概　要	基準とする水平面からの高さを測る測量である。水準測量には、水平に置かれた水準儀の望遠鏡を通じて、垂直に立てた標尺の目盛りの差を読み取り、標尺を立てた 2 点間の高度差を求める直接水準測量と、2 点間の高度角と水平距離から 2 点間の高度差を求める三角水準測量などの間接水準測量がある。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・水準点の高度 ・任意点の高度、比高 ・傾斜変動量及び速度（既存測量結果との対比による）	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・一般的に、精度がよい直接水準測量が行われるが、直接水準測量が行えない場合、標高の精度に関する要求が高くない場合には、間接水準測量が行われる [16]。 ・直接水準測量の成果に要求される精度（往復観測値の較差）[14] 1 級水準測量：2.5 $mm\sqrt{S}$ 2 級水準測量：5 $mm\sqrt{S}$ 3 級水準測量：10 $mm\sqrt{S}$ 4 級水準測量：20 $mm\sqrt{S}$ S：観測距離（片道、km）	
関連項目 3	－	
文献など	14）大島: (1997). 15）国土地理院 HP: ＜http://www.gsi.go.jp/＞. 16）海津: (2002).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・実際の測量時に注意すべき事項 ・人為的誤差範囲	

大分類	地形測量
中分類	三角測量
小分類	－
概　要	三角形の 2 角の大きさと挟辺の長さを把握することによって、三角形の形と大きさが一意的に決定することを利用し、測点の水平面内の位置関係を決定する測量手法である。
関連項目 1 （取得情報・データ）	・水準点の高度 ・任意点の高度、比高 ・傾斜変動量及び速度（既存測量結果との対比による）
関連項目 2 （調査・測定精度及び限界）	・面的な測量方式であるため、急峻な地形や都市部など 3 測点の視界確保が困難な場合、適用できない。 ・近年は、トータルステーションの普及により、角度と距離を同時に測定する多角測量が採用されることが多くなり、三角測量による測量が行われる場面は少なくなっている[16]。 ・測定機器に求められる性能基準（一部）[14] 1～2 級基準点測量：最小読定値 1 秒読　測定精度 5 mm+5 ppm D 2～3 級基準点測量：最小読定値 10 秒読　測定精度 5mm+5 ppm D 4 級基準点測量：最小読定値 20 秒読　測定精度 5 mm+5 ppm D D：測定距離[km]
関連項目 3	－
文献など	14) 大島: (1997). 15) 国土地理院 HP: ＜http://www.gsi.go.jp/＞. 16) 海津: (2002).
知識レベル	専門書により取得できるレベル：＋ 経験者へのヒアリングで取得できるレベル：－ 高度な技術者のノウハウに属するレベル：－
より深い知識	・実際の測量時に注意すべき事項 ・人為的誤差範囲

大分類	地形測量
中分類	三辺測量
小分類	－
概　要	三角形の 3 辺すべての長さを把握することにより、三角形の大きさが一意的に決定されることを利用し、測点の水平面内の位置関係を決定する測量手法である。
関連項目 1 （取得情報・データ）	・水準点の高度 ・任意点の高度、比高 ・傾斜変動量及び速度（既存測量結果との対比による）
関連項目 2 （調査・測定精度及び限界）	・面的な測量方式であるため、急峻な地形や都市部など 3 測点の視界確保が困難な場合、適用できない。 ・測定機器に求められる性能基準（一部）[14] 1～2 級基準点測量：最小読定値 1 秒読　測定精度 5 mm+5 ppm D 2～3 級基準点測量：最小読定値 10 秒読　測定精度 5 mm+5 ppm D 4 級基準点測量：最小読定値 20 秒読　測定精度 5 mm+5 ppm D D：測定距離[km]
関連項目 3	－
文献など	14) 大島: (1997). 15) 国土地理院 HP：＜http://www.gsi.go.jp/＞. 16) 海津: (2002).
知識レベル	専門書により取得できるレベル：＋ 経験者へのヒアリングで取得できるレベル：－ 高度な技術者のノウハウに属するレベル：－
より深い知識	・実際の測量時に注意すべき事項 ・人為的誤差範囲

大分類	地形測量
中分類	GPS 測量（Global Positioning System）
小分類	－
概　要	GPS 衛星群から発射される電波を専用の受信機で受け、コード情報や搬送波位相を用いて測点の位置を決定する測量手法である。GPS 観測では、通常無指向性のアンテナを用い、複数の衛星からの搬送波位相を同時に受信・記録する。衛星間及び測点間の位相差（二重位相差）をデータとして、衛星位置からの情報を基に計算を行い、測点間の相対位置を推定する。船舶、航空機などの位置を把握するため、DGPS（Differential GPS）測位システムが利用されるようになっている。
関連項目 1 （取得情報・データ）	・基準点の位置 ・任意点の位置 ・水平変動（地殻の歪）量及び速度（既存測量結果との対比による）
関連項目 2 （調査・測定精度及び限界）	・4 個以上の GPS 衛星からの情報を受信できない場合、観測点の位置を精度よく決定できない。 ・測位方式により測定誤差、精度が異なる。 単独測位：測定誤差 約 10 m[15] 相対測位：測定精度 1 ppm D[15] DGPS 測位：測定誤差 数 m[15] RTK-GPS 測位：測定誤差 数 cm[15] ・測量機器に求められる性能基準（一部）[14] 1～4 級基準点測量：10 mm+2 ppm D D：2 点間の距離
関連項目 3	－
文献など	14）大島: (1997). 15）国土地理院 HP: ＜http://www.gsi.go.jp/＞.
知識レベル	専門書により取得できるレベル：＋ 経験者へのヒアリングで取得できるレベル：－ 高度な技術者のノウハウに属するレベル：－
より深い知識	・実際の測量時に注意すべき事項 ・人為的誤差範囲

大分類	地形測量
中分類	多角測量
小分類	－
概　要	折線の各辺の長さとその挟角を把握することにより、各測点の位置を決定する測量手法である。多角測量の測量方式は、線状に測点が位置する単路線方式、閉合した多角形状に測点が配置される閉合多角方式、閉合多角形を複数結合した結合多角方式がある。
関連項目 1 （取得情報・データ）	・基準点の位置 ・任意点の位置 ・水平変動（地殻の歪）量及び速度（既存測量結果との対比による）
関連項目 2 （調査・測定精度及び限界）	・線的な測量方式であるため、急峻な地形や都市部など上方視界確保が困難な場合にも適用可能である[16]。 ・線状に測量が行われるため、特定点の位置（座標）を決定する際に効率的な手法である[16]。 ・必要最小限の観測しか行われないため、一般に 3 点以上の既知点とつなげることにより、精度を確保するように観測が行われている[16]。 ・測定機器に求められる性能基準（一部）[14] 1～2 級基準点測量：最小読定値 1 秒読　測定精度 5 mm+5 ppm D 2～3 級基準点測量：最小読定値 10 秒読　測定精度 5 mm+5 ppm D 4 級基準点測量：最小読定値 20 秒読　測定精度 5 mm+5 ppm D D：測定距離[km]
関連項目 3	－
文献など	14）大島: (1997). 15）国土地理院 HP: ＜http://www.gsi.go.jp/＞. 16）海津: (2002).
知識レベル	専門書により取得できるレベル：＋ 経験者へのヒアリングで取得できるレベル：－ 高度な技術者のノウハウに属するレベル：－
より深い知識	・実際の測量時に注意すべき事項 ・人為的誤差範囲

大分類	地形測量	
中分類	空中写真測量（地形図作製）	
小分類	－	
概　要	航空機から測量用カメラを用いて空中写真を撮影し、その空中写真を用いて実体図化を行い、地形図を作製する。 空中写真測量では、対空標識の設置、空中写真の撮影、空中三角測量、現地での地形測量、実体図化、地形図作製などの作業が行われる。	
関連項目 1 （取得情報・データ）	・空中写真 ・地形図	
関連項目 2 （調査・測定精度及び限界）	・作製する地形図の縮尺に応じて、撮影する空中写真の縮尺が異なる [81]。 ・地形図の図化を行う際に、現地における測量を必要とする。	
関連項目 3	－	
文献など	81）国土交通省大臣官房技術調査課監修: (2003).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・測量データからの解析方法	

大分類	海底地形測量	
中分類	音響測深機	
小分類	－	
概　要	音波は、水中でも減衰しないことを利用し、海底地形を調査する手段として用いられている。調査船に装備した音響測深機から発信し、海底から反射してくる音波の往復時間を測定し、水中音速度により換算し、水深を求める。連続的に測定することにより海底地形断面が把握できる。また、平行測線を複数設定し、水深を測定することにより、海底地形を把握することができる。	
関連項目 1 （取得情報・データ）	・海底地形	
関連項目 2 （調査・測定精度及び限界）	・調査船の直下の水深のみ取得可能である。 ・水深データの精度を上げるためには、水中音速度の補正、潮汐高の補正が必要となる [17]。 ・調査船が航行できない海岸線付近では、データ取得ができない。 ・可探深度：10,000 m 以上 [17] ・測定精度（水中音速度補正+潮汐高補正） 浅海域（200～500 kHz）：10 cm [17] 深海域（10～20 kHz）：水深の 1/100 [17]	
関連項目 3	－	
文献など	17）加茂: (2002). 82）海洋調査技術学会編: (1993).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・取得したデータの解析方法 ・調査船が航行できない浅海での調査方法	

大分類	海底地形測量	
中分類	音響画像探査（サイドスキャンソナー）	
小分類	－	
概　要	調査船から曳航した送受信器である曳航体から進行方向と直交する方向に扇形の指向性もった音波を発信し反射し戻ってきた音波の強弱をとらえ、海底の白黒写真のような音響画像を取得する。海底活断層、活褶曲、海流などにより形成された海底地形、堆積構造などの海底面の微細構造探査に用いられる。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・海底の音響画	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・調査船が航行できない海岸線付近では、データ取得ができない。 ・一般にソナーはケーブルにより水中曳航するため、潮流により位置の精度が低下する可能性がある。 ・音波の陰になる部分の画像は取得できない[17]。	
関連項目 3	－	
文献など	17) 加茂: (2002). 82) 海洋調査技術学会編: (1993).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・取得したデータの解析方法	

大分類	海底地形測量	
中分類	マルチビーム音響測深機	
小分類	－	
概　要	調査船の直下だけでなく、調査船の進行方向と直交する方向（左右）に一度に数十本以上のビームを照射し、水深を測定するもので、調査船の航走に伴い、ある幅をもって面的な水深測定を行う。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・海底地形	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・水深データの精度を上げるためには、水中音速度の補正、潮汐高の補正が必要となる[17]。 ・調査船が航行できない海岸線付近では、データ取得ができない。 ・可探深度：10,000 m 以上[17] ・探査幅　スワス幅 90°　：水深の 2 倍[17] 　　スワス幅 150°　：水深の 7 倍[17] ・測定精度（水中音速度補正+潮汐高補正） 浅海域（200～500 kHz）：10 cm[17] 深海域（10～20 kHz）　：水深の 1/100[17]	
関連項目 3	－	
文献など	17) 加茂: (2002). 82) 海洋調査技術学会編: (1993).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・取得したデータの解析方法 ・調査船が航行できない浅海での調査方法	

大分類	海底地形測量	
中分類	レーザー測深	
小分類	－	
概　要	航空機からパルスレーザー光を海面に向けて発射し、その一部を海面で、一部を海底で反射させ、それぞれの反射レーザー光の往復時間を測定し、その差から水深を測定する。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・海底地形	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・光の透過する透明度の高い浅海域でのみ適用可能である [17]。 ・探査可能水深：0.5～55 m[17] ・測深精度：0.3～1.0 m[17]	
関連項目 3	－	
文献など	17) 加茂: (2002). 82) 海洋調査技術学会編: (1993).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・取得したデータの解析方法	

大分類	地表地質踏査	
中分類	－	
小分類	－	
概　要	地表に露出する岩石・地層の種類・分布、それらの相互関係を把握することを目的として、主に肉眼によって観察・記載、地質学的試料の採取などを行う。地表地質踏査によって取得されたデータは、ルートマップとして取りまとめられ、地質図、地質断面図、地史・地質構造の解明などの基礎データとなる。地質図、地質構造、地史は、地表地質踏査の結果に顕微鏡観察、微化石分析などの室内分析の結果を統合し、明らかにされる。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・地形面分布 ・地質分布（層相・岩相、層序） ・地質構造など	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・一般に成果となる地質図の縮尺に対して、5～10 程度の大縮尺のルートマップを作成する。 ・取得される情報は、地表面の情報のみである。これらのデータに基づく地下構造は推測の域を超えることができない。 ・取得される情報は、点または線沿いのデータであるため、それらから不足の情報を補完する必要がある [8]。 ・一般に、大縮尺の図面になると露頭の密度が小さくなることから、必ずしも図面の縮尺に応じて地質図の精度が上がるわけではない [18]。 ・露頭の位置、高度の精度：数 m～数 10 m 程度	
関連項目 3	－	
文献など	8) 加藤, 脇田編: (2001). 18) 土質調査法改訂編集委員会編: (1995).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・取得したルートマップから周辺地質及び地質構造の解釈方法	

大分類	地表地質踏査	
中分類	海底試料採取	
小分類	ドレッジ式	
概　要	海底に分布する地質試料を採取することを目的として実施される調査技術である､円筒形もしくは箱型の容器を海底面で引きずることで底質または露岩を採取する。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・岩種、層相 ・海底表層部の地質分布（側方変化が著しい場合の把握は困難）	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・海底面を一定距離引き回して試料を採取するため、異なった地質試料が混合される[103]。 ・海底面を一定距離引き回して試料を採取するため、採取位置の特定が困難である[103]。	
関連項目 3	－	
文献など	103) 海洋調査技術学会編: (1993).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・採取した試料からの地質分布の解釈方法	

大分類	地表地質踏査	
中分類	海底試料採取	
小分類	グラブ式	
概　要	海底に分布する地質試料を採取することを目的として実施される調査技術である。左右に開いた試料採集部（バケット）を海底上で閉じることにより、底質または露岩をつかみとることで試料を採取する。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・岩種、層相 ・堆積物の層厚 ・海底表層部の地質分布	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・採取位置、採取試料の層厚を特定することが可能[103]	
関連項目 3	－	
文献など	103) 海洋調査技術学会編: (1993).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・採取した試料の分析方法 ・採取した試料からの地質分布の解釈方法	

大分類	地表地質踏査	
中分類	海底試料採取	
小分類	柱状採泥器（ピストンコア、グラビティコアなど）	
概　要	重錘に取り付けられた長尺の円筒形の採泥管を、海底上数 m から自由落下させ、海底に垂直に突き刺し、海底面下の堆積層を保持した状態のまま採取する。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・層相 ・堆積物の層厚 ・地質分布	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・自由落下により採泥管を海底に突き刺すため、採取装置の自重で貫入することが困難な地層が分布する場所（例えば、露岩地域）では、適用が困難である。 ・採取位置、採取試料の層厚の特定が可能である [103]。 ・試料採取可能深度 最大 20 m 程度 [103]。	
関連項目 3	－	
文献など	103）海洋調査技術学会編: (1993).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・採取した試料の分析方法 ・採取した試料から地質分布の解釈事例	

大分類	地表地質踏査	
中分類	海底潜水調査	
小分類	ディープトウ	
概　要	サイドスキャンソナ（SSS）、サブボトムプロファイラ（SBP）、TV カメラ、水中ライト、CTD センサー（導電率、水温、深度）などを装備した曳航体で海底近傍を曳航することにより地形、地質、生物などの探査を行う。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・海底地形 ・地質分布 ・岩種、層相 ・海底面の状況 ・海水の水質	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・リアルタイムの観察を活かし、箱形ドレッジや柱状採泥器を装備することにより選択的な試料の採取が可能である [104]。 ・自らの推進力を有しないため海底の目標にピンポイントで誘導することは難しい [104]。 ・探査精度（JAMSTEC 6,000 m 級ディープトウの場合）[104] SSS 探査幅：片側 500〜2,000 m、距離分解能：1 m SBP 探査深度：海底下約 30 m（軟泥の場合）、距離分解能：30 cm CTD センサー水温：-5〜35 ℃、分解能：0.0003 ℃、精度：±0.004 ℃ 導電率：0〜70 S/m、分解能：0.0004 S/m、精度：±0.003 S/m 深度：0〜15,000 psia、分解能：0.1 %F.S.、精度：±0.15 %F.S.	
関連項目 3	－	
文献など	104）海洋調査技術学会編: (2004).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・取得したデータの分析方法 ・取得したデータの解釈事例	

大分類	地表地質踏査	
中分類	海底潜水調査	
小分類	無策式（自律式）無人潜水機	
概　要	広範囲の潜航調査が可能な無人水中ロボットで、コンピュータ制御により海中を自力で移動し、計測あるいはサンプリング機能を有する。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・海底地形 ・地質分布 ・海底面の状況 ・海水の水質	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・長時間海中で正確に位置を把握するための技術課題がある [104]。 ・潜航深度、航続距離は、潜水機により異なる [104]。 巡航速度：3〜4 ノット、潜航深度：数 100〜数 1,000 m、航続距離：数 100 km ・装備 [104] R-one ロボット（東京大学生産技術研究所） SSS、ビデオカメラ、CTDO（電気伝導度、温度、深度、溶存酸素）、現場化学分析装置（GAMOS） 深海巡航探査機「うらしま」（JAMSTEC） SSS、CTDO、テレビカメラ、スナップショットデジタルカメラ、前方確認用音響画像装置、前方障害物回避ソナー	
関連項目 3	−	
文献など	104) 海洋調査技術学会編: (2004).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	−
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	−
より深い知識	・取得したデータの分析方法 ・取得したデータの解釈事例	

大分類	地表地質踏査	
中分類	海底潜水調査	
小分類	有策式無人潜水機（ROV）	
概　要	ケーブルを介して遠隔操作が可能で、水中では自らの推進力で移動可能な無人水中ロボットである。 推進装置と水中カメラだけを装備した小型のものから SSS、SBP、水質調査機器（CTD、pH など）、マニュピレータなどの装備が可能な中型〜大型のものまで多くのものが存在する。 ケーブルと水中ロボットの接続方法により、無中継方式と中継方式に細分される。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・海底地形 ・地質分布 ・海底面の状況 ・海水の水質	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・水中ロボットの行動範囲は、ケーブルの長さ範囲に限定される。[104] ・装備 [104] 無中継方式（ハイパードルフィンの例）：スーパーハープハイビジョンカメラ、カラーCCD カメラ、デジタルスチルカメラ、後方監視カメラ、照明灯、可動式ライトムーブ、前方障害物探査ソナー、マニュピレータ 中継方式（かいこう（JAMSTEC）の例） 中継器：CTD、SSS、SBP 水中ロボット：カラー3CCD カメラ、カラーCCD カメラ、後方白黒 TV カメラ、35 mm スチルカメラ、照明灯、前方障害物探査ソナー、マニュピレータ ・最大潜航深度 無中継方式：3,000 m（ハイパードルフィン）[104] 中継方式：11,000 m（かいこう（JAMSTEC））[104]	
関連項目 3	−	
文献など	104) 海洋調査技術学会編: (2004).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	−
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	−
より深い知識	・取得したデータの分析方法 ・取得したデータの解釈事例	

大分類	地表地質踏査	
中分類	土壌調査（土壌断面調査）	
小分類	－	
概　要	土壌分布、土壌の性状などを把握することを目的として行われる調査技術である。土壌断面の調査では、深度１ m 程度のピットを掘削し、主に肉眼による観察、記載（色調、硬さ、有機物の有無、粒径など）を行うとともに土壌試料の採取を行う。	
関連項目１（取得情報・データ）	・土壌分布（平面、鉛直） ・土壌の産状	
関連項目２（調査・測定精度及び限界）	・国土調査における５万分の１土壌図の場合、25 ha に１点の調査密度となるように調査精度が設定されているが、実際の調査においては、経費や時間の制約の観点から空中写真判読などによる地形面区分図を基に、同じ地形面区分内の調査地点の数を出来るだけ少なくする方法が採用されている[28]。 ・取得される情報は、点または線沿いのデータであるため、それらから不足の情報を補完する必要がある。	
関連項目３	－	
文献など	28) 永塚ほか: (2002).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・土壌分布、土壌の産状とその解釈方法	

大分類	水文調査	
中分類	水文地質踏査	
小分類	－	
概　要	水文地質踏査では、地表地質踏査と同様に、地表に分布する岩石・地層の種類・分布、それらの相互関係を把握するほかに、河川水の量・水質、地下水位、湧水の位置・量・水質など水理構造に関するデータを取得することを目的に行われる。 水文地質踏査の解析では、水理構造と地質構造の関連について検討し、水文地質図として取りまとめる。 水文地質踏査では、地表地質踏査と同様に、地表に分布する岩石・地層の種類・分布、それらの相互関係を把握するほかに、河川水の量・水質、地下水位、湧水の位置・量・水質など水理構造に関するデータを取得することを目的に行われる。 水文地質踏査の解析では、水理構造と地質構造の関連について検討し、水文地質図として取りまとめる。	
関連項目１（取得情報・データ）	・源頭部、湧水の位置 ・水量、水質の把握	
関連項目２（調査・測定精度及び限界）	・水理地質構造を把握するためには、地表地質踏査の結果と併せて、検討・解析が必要となる。	
関連項目３	－	
文献など	－	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・水理構造と地質構造の関連事例及び解釈方法	

大分類	水文調査	
中分類	降水量測定	
小分類	－	
概　要	降水量は、降雨量と降雪量に分けられる。雨量の測定には、一般に自記雨量計である転倒ます型雨量計が用いられている。 降雪量の測定には、雪を水当量として測定する方法、雪の深さを測定する方法がある。雪を水当量として測定する方法では、転倒ます型雨雪量計、はかり型自記雪量計などが用いられている。雪の深さを測定する方法では、一般に雪板や雪尺が用いられている。	
関連項目 1 （取得情報・データ）	・降水量（時間、日、月、年）	
関連項目 2 （調査・測定精度及び限界）	・一般に、公的機関などにより計測された降水量のデータを用いるが、調査対象地域に観測点がない場合、新たに観測点を設ける必要がある [24]。 ・観測点を設ける場合、調査対象地域の降水状況を代表し得る地点を選定する必要がある。また、公的機関が実施している観測方法に準拠する必要がある [24]。 ・測定精度 降水量：1/10 mm[24]　積雪深：1 cm[24]	
関連項目 3 （調査規格・規準）	気象業務法 水文観測業務規定	
文献など	24) 地盤調査ハンドブック編集委員会編: (1995).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・使用する機器の測定精度	

大分類	水文調査	
中分類	河川流量測定	
小分類	流速・断面積計測法	
概　要	可搬式流速計を必要な測線・深度に直接投入することによって、流水断面中の流速分布を実測し、水深測定結果と併せて区分断面ごとに平均流速・流量を算出し、河川全断面における流量を算出する方法であり、わが国における低水流量観測において最も広く用いられている。 国土交通省の基準では、水深測線間隔を水面幅の 10 %程度以下に設定し、各水深測線において、水深の 2 割と 8 割の深度で流速測定を行うこととされている。流速測定には、回転式流速計、可搬型電磁流速計が用いられる。	
関連項目 1 （取得情報・データ）	・河川流量	
関連項目 2 （調査・測定精度及び限界）	・比較的な大きな河川において適用される [24]。 国土交通省の基準：水深測線の間隔は水面幅の 10 %程度、流速測定位置は水深測線の水深の 2 割と 8 割の深さ [25] ・流速測定位置は、断面形や流速分布に応じて適切に設定する必要がある [25]。 ・流量観測誤差：10 %以内 [25]	
関連項目 3 （調査規格・規準）	水文観測業務規定	
文献など	24) 地盤調査ハンドブック編集委員会編: (1995). 25) 深見: (2003).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・使用する機器の測定精度	

大分類	水文調査	
中分類	河川流量測定	
小分類	水理構造物による計測法	
概　要	堰や限界流フリュームなどの構造物を河川断面に設置し、常流から射流に遷移する支配断面などを作ることによって、一意的な水位流量関係を得る方法である。 流れを大きく阻害するため、極小規模の渓流、沢などの流量を測定する際に適用される。	
関連項目 1 （取得情報・データ）	・河川流量	
関連項目 2 （調査・測定精度及び限界）	・堰や限界流フリュームなどの構造物が設置可能な比較的小さい河川に適用される[24),25)]。	
関連項目 3 （調査規格・規準）	水文観測業務規定 JIS B 8302:2002	
文献など	24) 地盤調査ハンドブック編集委員会編: (1995). 25) 深見: (2003).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・測定可能な河川の規模	

大分類	水文調査	
中分類	湧水量測定	
小分類	－	
概　要	湧水地点における湧水の規模を把握するために行われる。 湧水量の測定は、ノッチ法、流速法、流量計法、一定容積法によって計測される。 ノッチ法は、堰（ノッチ）の越流水深から流量を算出する方法である。流速法は、湧水を集めた水路において流速と水路の断面積を測定することにより流量を計算する方法である。流量計法は、水道メータなどの流量計を用いて、実際の流量を測定する方法である。一定容積法は、容積既知の容器を用いて、その容器が一杯になるまでの時間を測定し、その値から流量を測定する方法である。	
関連項目 1 （取得情報・データ）	・湧水量	
関連項目 2 （調査・測定精度及び限界）	・湧水量に応じて測定方法が異なる（三角堰法、流速法、流量計法、一定容積法）[26)]。 ・流速法は、かなりの誤差を含んでいる[26)]。 ・流量計法の精度は、測定に供する流量計により異なる。	
関連項目 3 （調査規格・規準）	三角堰法：JIS B8302:2002	
文献など	26) 黒田, 中村: (2003).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・各方法による誤差の比較	

大分類	水文調査	
中分類	蒸発散量測定	
小分類	－	
概　要	蒸発散量は、地表面から大気中への水の輸送であることから、大気の運動に伴う鉛直方向の水蒸気の輸送量を測定する直接計測法、気象観測データに基づき推定する方法によって求められる。 直接計測法では、大気の密度、温度、湿度を 0.1 秒間隔で測定し、蒸発散量を求める。 気象観測データに基づく推定方法は、月平均気温から推定するソーンスウェイト法、平均気温、相対湿度、風速、日射量、水面日射量から推定するペンマン法が用いられている。	
関連項目 1 （取得情報・データ）	・蒸発散量	
関連項目 2 （調査・測定精度及び限界）	・現地で正確に測定する方法は確立されていない [24]。 ・測定原理上の問題、降水中の観測の難しさなどから、現時点では長期間連続して質のよいデータを取得することは必ずしも容易ではない [27]。 ・一般に測定器による蒸発散量（蒸発量）の観測結果は、広域の蒸発散量を代表しているわけではない。そのため観測値は、経験的に知られている広い地域での蒸発散量との関係を用いて補正する必要がある [24]。	
関連項目 3	－	
文献など	24）地盤調査ハンドブック編集委員会編: (1995). 27）沖: (2003).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・得られた蒸発散量から水の移動の解釈。	

大分類	地表水質調査	
中分類	水素イオン濃度（pH）測定	
小分類	－	
概　要	pH は、水の酸性、アルカリ性を示す指標で溶液中の水素イオン濃度（水素イオン活量）の逆数を常用対数表示したものである。pH の測定は、ガラス電極法、アンチモン電極法、比色法があるが、簡便で信頼性の高いガラス電極法が広く用いられている。 ガラス電極法は、水素イオン濃度の異なる二つの溶液がガラスの薄膜を隔てて接すると水素イオンのみを通す半透膜となり、二つの溶液の pH の差に応じた膜電位が生じることを利用した pH 測定方法で、検水中にガラス電極と比較電極をいれ、両電極間に生じた電位差を測定することによって pH を求める。	
関連項目 1 （取得情報・データ）	・河川、海水などの水素イオン濃度（pH）	
関連項目 2 （調査・測定精度及び限界）	・測定精度は、測定に供する機器（ガラス電極法）により異なる [83]。 測定範囲：pH 0～14 測定精度：±0.01～0.1	
関連項目 3 （調査規格・規準）	河川水質試験方法（案）(1997) JIS K 0101:1998 JIS K 0102:1998 JIS K 0400-12:2000 JIS Z 8802:1984　など	
文献など	83）高橋: (2003).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・使用する方法による誤差の比較	

大分類	地表水質調査	
中分類	電気伝導度測定	
小分類	－	
概　要	電気伝導度（S）は、溶液がもつ電気抵抗（Ω）の逆数に相当する。また電気伝導率（S/m）は、溶液がもつ電気抵抗率（Ω･m）の逆数に相当する。 電気伝導率は、溶液中に含まれる陽イオン、陰イオンの合計量と関係があり、電気伝導率の測定によって溶液中の全溶解物質量を推定することができる。	
関連項目 1 （取得情報・データ）	・河川、海水などの電気伝導度	
関連項目 2 （調査・測定精度及び限界）	・測定範囲・精度は、測定に供する機器により異なる [83]。 測定範囲：0～1,999 μS/cm 測定精度：±2 %F.S.	
関連項目 3 （調査規格・規準）	河川水質試験方法（案）（1997） JIS K 0101:1998 JIS K 0102:1998 JIS K 0400-13:1999　など	
文献など	83）高橋: (2003).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・使用する方法による誤差の比較 ・測定環境から生じる誤差の程度	

大分類	地表水質調査	
中分類	酸化還元電位測定	
小分類	－	
概　要	Fe^{2+}と Fe^{3+}のように、酸化体と還元体の両者が溶解しているような酸化還元反応系を含む溶液では、白金のように化学的に安定な金属を浸すと、金属と溶液中の物質の間に電子の授受が生じ、平衡状態の金属はある単極電位をもつことになる。 この原理を利用し、この単極電位を基準水素電極に対して電位が既知の参照電極と組合せ両電極間の電位差を測定する。この測定された電位差が酸化還元電位（ORP）である。	
関連項目 1 （取得情報・データ）	・河川、海水などの酸化還元電位	
関連項目 2 （調査・測定精度及び限界）	測定範囲・精度は、測定に供する機器により異なる [83]。 測定範囲：-1,999～1,999 mV 測定精度：±1～10 mV	
関連項目 3 （調査規格・規準）	河川水質試験方法（案）（1997）など	
文献など	83）高橋: (2003).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・使用する方法による誤差の比較 ・測定環境から生じる誤差の程度	

大分類	地表水質調査	
中分類	水温測定	
小分類	－	
概　要	水温測定は、棒状水銀温度計、ペッテンコーヘル温度計、電気水温計によって測定される。	
関連項目 1（取得情報・データ）		
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・測定範囲・精度は、測定に供する機器により異なる [83]。 測定範囲：-5.0～100 ℃ 測定精度：±0.1～1 ℃	
関連項目 3（調査規格・規準）	河川水質試験方法（案）（1997） JIS K 0101:1998 JIS K 0102:1998　など	
文献など	83）高橋: (2003).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・使用する方法による誤差の比較 ・測定環境から生じる誤差の程度	

大分類	地化学調査	
中分類	ラドン測定（土壌ガス測定）	
小分類	－	
概　要	地化学調査は、地表において土壌ガスの濃度分布を把握し、地熱資源賦存地域の抽出、断層・破砕帯の抽出などを目的に行われる。 土壌中のラドンガス濃度を測定する調査技術であり、地熱資源探査、ウラン探鉱などに適用されている。ラドンガスが地下の割れ目の移動しやすい部分を通じて地表付近まで移動すると仮定し、断層・破砕帯の推定も行われている。測定は、調査地域内に複数の濃度測定孔（深度 1 m 程度）を掘削し、測定孔から放出される土壌ガスを直接採取し濃度測定する方法と、測定孔に硝酸セルロースのフィルムを数日間放置した後に回収し、衝突したα線の飛跡を計測し濃度を求める方法がある。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・土壌中のラドンガス濃度及びその分布	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・ラドン測定により断層破砕帯の推定に適用性が検討されているが、すべての活断層、地震断層及び地質断層の探査に有効な手法ではない [20]。 ・ラドンの濃度異常は、測定孔周辺の地質、土壌、閉鎖的な地下ガス循環系などを反映することから他の調査データと併せて解釈する必要がある [20]。 ・測定孔の設置条件、測定方法により測定結果が変化するため、各測点における条件を一定にする必要がある [20]。 ・シンチレーション法は、野外で手軽に測定できる手法であるが、測定原理上瞬間値の測定しかできないため、ラドンの逸出が外的条件の変化により大きく変動する [19]。 ・αトラック法は、土壌中に数日間放置したフィルムの回収、回収後にエッチング処理が必要となる。また、フィルム面が濡れた場合、トラッキング効率が低下するなどの問題点が多い [19]。	
関連項目 3（調査・試験機器の検定または校正）	（校正）放射能検出器	
文献など	19）野田: (1982). 20）杉山ほか: (1986).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・土壌中のラドンガス濃度及びその分布からの割れ目や水みちなどの推定解釈方法	

大分類	地化学調査	
中分類	水銀測定（土壌ガス測定）	
小分類	－	
概　要	地化学調査は、地表において土壌ガスの濃度分布を把握し、地熱資源賦存地域の抽出、断層・破砕帯の抽出などを目的に行われる。 土壌中の水銀ガス濃度を測定する調査技術であり、地熱資源探査に適用されている。測定は、調査地域内に複数の濃度測定孔（深度 1 m 程度）を掘削し、測定孔から放出される土壌ガスを直接採取し濃度測定する方法と、測定孔に金線を数日間放置した後に回収し、アマルガム化した水銀量を測定する方法がある。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・土壌中の水銀濃度及びその分布	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・表面の水銀汚染を避けるため、深度 0.5 m の土壌試料を採取する必要がある [21]。 ・地表から脱ガスする水銀は、気圧、温度、降雨、地下水位などの影響により間欠的で変動が大きいため、瞬間値の測定より一定期間の測定（深度 0.5 m 程度の孔内に金線を放置・吸着させ、回収後水銀計で測定）が有効である [21]。 ・未知の地域では、50～100 m の格子状間隔での試料採取が必要となる [21]。 ・土壌ガス中の水銀濃度の測定範囲・精度は、測定に供される水銀計により異なる。	
関連項目 3（調査・試験機器の検定または校正）	（校正）水銀用濃度計	
文献など	21）古賀: (1982).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・土壌中の水銀濃度及びその分布から断層、破砕帯及び地熱資源賦存地域の抽出の推定解釈方法	

大分類	地化学調査	
中分類	CO_2 測定（土壌ガス測定）	
小分類	－	
概　要	地化学調査は、地表において土壌ガスの濃度分布を把握し、地熱資源賦存地域の抽出、断層・破砕帯の抽出などを目的に行われる。 土壌中の二酸化炭素ガス濃度を測定する調査技術であり、地熱資源探査、（活）断層調査などに適用されている。測定は、調査地域内に複数の濃度測定孔（深度 1 m 程度）を掘削し、測定孔から放出される土壌ガスを直接採取し濃度測定する。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・土壌中の CO_2 濃度及びその分布	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・土壌ガスの供給速度が遅く、採取に時間を要する [19]。 ・大気の混入が避けられず、純粋な試料を得にくい [19]。 ・土壌中の CO_2 濃度の測定範囲・精度は、測定に供される手法・機器（ガスクロマトグラフィ、二酸化炭素検知管）により異なる。	
関連項目 3（調査・試験機器の検定または校正）	（校正）二酸化炭素濃度測定器	
文献など	19）野田: (1982). 20）杉山ほか: (1986).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・土壌中の CO_2 濃度及びその分布から断層、破砕帯及び地熱資源賦存地域の抽出の推定解釈方法	

大分類	トレンチ調査	
中分類	－	
小分類	－	
概　要	トレンチ調査は、活断層の通過場所や、その活動の記録が保存されていると考えられている場所を掘削し、人工的に露頭を作り、詳細な観察・記載、年代データなどの取得を目的として行われる。トレンチ壁面の詳細な観察・記載、年代測定結果に基づき、活断層の活動履歴（最新活動時期、活動間隔など）、変位量などを明らかにすることができる。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・（活）断層位置 ・地質分布、層序 ・断層の性状 ・（活）断層活動特性	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・一般に活断層の活動履歴調査に適用されている。 ・通常は、深さ 3～5 m 程度、長さ数～10 数 m 程度であるが、調査用地（掘削用地＋土砂保管用地）が十分に確保できる場合、深さ 5 m 程度以上を掘削することが可能である。 ・地下深部に埋没している伏在断層や幅数 100 m に及ぶ撓曲帯伴う断層には適用が難しい。 ・トレンチ調査の結果は、トレンチ調査地点における結果であり、必ずしも調査対象断層の全体に適用できる結果ではない[8]。 ・1 地点のトレンチ調査だけでは、断層活動の見逃しや活動イベントの誤った認定を完全に取り除くことは困難である[8]。	
関連項目 3	－	
文献など	8) 加藤, 脇田編: (2001).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	＋
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・ 活断層の評価（平成 13 年調査システムの総合評価報告書 pp.6-210-211） ・岩盤性状の把握（平成 13 年調査システムの総合評価報告書 pp.6-212） ・広域地質（トレンチ調査地域以外の地質）との対比による解釈法	

大分類	気象観測	
中分類	気温測定	
小分類	－	
概　要	気温とは大気の温度である。地表付近の気温は、建物、アスファルト道路といった局地的な構造物などの影響を受けやすいが、開けた自然の土地では比較的広い範囲ではほぼ一様である。 温度計にはガラス式温度計、金属製自己温度計、電気温度計があり、温度の細かな変動を取り除いた値が必要であることから、時定数 30 秒から 180 秒のものが使用されている。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・気温（時間、日、月、年）	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・一般に、公的機関などにより計測された気温のデータを用いるが調査対象地域に観測点がない場合、新たに観測点を設ける必要がある。 ・観測点を設ける場合、調査対象地域の状況を代表し得る地点を選定する必要がある。また、公的機関が実施している観測方法に準拠する必要がある[24]。 ・測定精度　気温 1/10 度[25]	
関連項目 3（調査規格・基準）	・気象業務法 ・気象測器検定規則	
文献など	24) 山内: (2002). 25) 気象観測の手引き.	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・温度計各種の特徴と精度	

大分類	気象観測	
中分類	風向・風速測定	
小分類	－	
概　要	風は、大気の地表面に対する相対的な動きであり、風向・風速によってベクトル（普通は極座標による方向と速さ）で表す。風向は、16 方位または 36 方位で表す。風向及び風速は、0.25 秒ごとの瞬間風向と風速を計測している。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・風向・風速（時間、日、月、年）	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・一般に、公的機関などにより計測された風向・風速・気圧のデータを用いるが調査対象地域に観測点がない場合、新たに観測点を設ける必要がある。 ・観測点を設ける場合、調査対象地域の状況を代表し得る地点を選定する必要がある。また、公的機関が実施している観測方法に準拠する必要がある [24]。 ・測定精度　風向：10 度 [25]、風速 1/10 m/s[25]	
関連項目 3（調査規格・基準）	・気象業務法 ・気象測器検定規則	
文献など	24）山内: (2002). 25）気象観測の手引き.	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・風向・風速計各種の特徴と精度	

大分類	気象観測	
中分類	気圧測定	
小分類	－	
概　要	気圧は台風の中心付近の竜巻の中といった特別な気象状態の場合を除き、広い範囲でその値が大きく変わることがない、空間代表性の大きな要素である。気圧の単位はヘクトパスカル（hPa）を用いる。 気圧を測定する機器は、絶対圧を測定するもの（水銀気圧計）と相対圧を測定するもの（アネロイド型、電気気圧計）がある。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・気圧（時間、日、月、年）	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・一般に、公的機関などにより計測されたデータを用いるが調査対象地域に観測点がない場合、新たに観測点を設ける必要がある。 ・観測点を設ける場合、調査対象地域の状況を代表し得る地点を選定する必要がある。また、公的機関が実施している観測方法に準拠する必要がある [24]。 ・測定精度　気圧：1/10 hPa[25] 水銀気圧計の場合、機器調整、温度補整、重力補整が必要である。	
関連項目 3（調査規格・基準）	・気象業務法 ・気象測器検定規則	
文献など	24）山内: (2002). 25）気象観測の手引き.	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・気圧計各種の特徴と精度	

大分類	気象観測	
中分類	降水量測定	
小分類	－	
概　要	降水量は、降雨量と降雪量に分けられる。雨量の測定には、一般に自己雨量計である転倒ます型雨量計が用いられている。 降雪量の測定には、雪を水当量として測定する方法、雪の深さを測定する方法がある。雪を水当量として測定する方法では、転倒ます型雨量計、はかり型自己雪量計などが用いられている。雪の深さを測定する方法では、一般に雪板や雪尺が用いられている。また、氷の測定として、結氷の初日及び終日、河川・湖沼の氷の厚さを測定する。	
関連項目 1 （取得情報・データ）	・降水量（時間、日、月、年）	
関連項目 2 （調査・測定精度及び限界）	・一般に、公的機関などにより計測された降水量データを用いるが調査対象地域に観測点がない場合、新たに観測点を設ける必要がある。 ・観測点を設ける場合、調査対象地域の状況を代表し得る地点を選定する必要がある。また、公的機関が実施している観測方法に準拠する必要がある [24]。 ・測定精度　降水量 1/10 mm[24] 積雪深：1 cm[24]	
関連項目 3 （調査規格・基準）	・気象業務法 ・気象測器検定規則 ・水文観測業務規定	
文献など	24）地盤調査ハンドブック編集委員会編: (1995). 24）山内: (2002).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・雨量計各種の特徴と精度	

大分類	海象観測	
中分類	流向・流速測定	
小分類	－	
概　要	海流の要素としては、潮の干満に伴う潮流、風による吹送流、流入する河川水や外洋の海況に伴って生じる密度流などがある。測定方法には、一般に、固定された 1 点で測定する方法（例えばベーン式流速計）とフロートの流れを追跡する方法とがある。最新の測定方法としては、ドップラー効果を利用する音響式測定により、三次元空間内の流速分布を得ることができる。また、電波式は陸上から電波を発し、波に当たって後方散乱する電波を解析して数十 km 四方の流れを継続的にモニターできる。	
関連項目 1 （取得情報・データ）	・流向・流速（時間、日、月、年）	
関連項目 2 （調査・測定精度及び限界）	・一般に、公的機関などにより計測された流向・流速データを用いるが調査対象地域に観測点がない場合、新たに観測点を設ける必要がある。 ・観測点を設ける場合、調査対象地域の状況を代表し得る地点を選定する必要がある。また、公的機関が実施している観測方法に準拠する必要がある [26]。 ・測定精度（ベーン式流速計の場合）流向：0.35 度 [26]、流速：±1 cm/s[26]	
関連項目 3 （調査規格・基準）	・気象業務法	
文献など	26）糸井: (2006).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・風力と流速の関係 ・潮の干満、地形などの影響	

大分類	海象観測	
中分類	波浪測定	
小分類	－	
概　要	周期 1 秒から 30 秒の波を一般に波浪と呼ぶ。波高（m）とその周期（s）で定義される。国土交通省のルーチン波浪観測では、代表波を定義するための観測時間として 20 分が標準とされている。波高及び周期の測定には、水圧及び超音波で測定する方法がある。水中発射型と空中発射型の各波高計があり、国土交通省港湾局が全国規模で実施している波浪観測は、水中発射型波高計が用いられている。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・波高（時間、日、月、年）	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・一般に、公的機関などにより計測された流向・流速データを用いるが調査対象地域に観測点がない場合、新たに観測点を設ける必要がある。 ・観測点を設ける場合、調査対象地域の状況を代表し得る地点を選定する必要がある。また、公的機関が実施している観測方法に準拠する必要がある [26]。 ・測定精度　波高：1 cm[26]、周期：1/10 s[26]	
関連項目 3（調査規格・基準）	・気象業務法	
文献など	26) 糸井: (2006).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・波高計各種の特徴と精度	

大分類	海象観測	
中分類	潮位測定	
小分類	－	
概　要	波浪のような短周期変動を除き、潮汐のような長周期の界面変動と定義される。潮位の変動は、月や太陽の引力による天文潮と気圧変動や風の影響による気象潮などからなる。験潮器にはフロート式、圧力式、超音波式がある。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・潮位（時間、日、月、年）	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・一般に、公的機関などにより計測された流向・流速データを用いるが調査対象地域に観測点がない場合、新たに観測点を設ける必要がある。 ・観測点を設ける場合、調査対象地域の状況を代表し得る地点を選定する必要がある。また、公的機関が実施している観測方法に準拠する必要がある [26]。 ・測定精度　潮位：1 cm[26]	
関連項目 3（調査規格・基準）	・気象業務法	
文献など	26) 糸井: (2006).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・潮位計各種の特徴と精度 ・天文潮及び気象潮と潮位の関係及び解釈法	

大分類	重力探査	
中分類	共通	
小分類	－	
概　要	重力は、地下の密度構造の違いを反映し、場所によって異なる。周囲の地層に比べ密度の小さい地層が地下に分布する場合、その場所における重力は小さくなり、逆に密度の大きい地層が分布する場合は、その場所における重力が大きくなる。場所による重力の差を測定することにより、重力異常分布を把握し、地下構造の推定に用いられている。重力は、地球の引力と自転による遠心力の合力であるが、重力探査では、重力の空間的、または時間的な変化を問題とするため、単位質量あたりの重力（重力加速度）を測定する。	
関連項目 1 （取得情報・データ）	・重力異常分布（ブーゲ異常） ・地質構造（解釈結果）	
関連項目 2 （調査・測定精度及び限界）	・重力の絶対値を求められない[64]。 ・地下構造を一義的に決定することはできず、他の調査結果との複合解釈が必要である[64]。 ・堆積岩は密度差が小さいため、地質構造の識別が困難な場合が多い[64]。	
関連項目 3	－	
文献など	64) 原子力環境整備促進・資金管理センター: (2001). 65) 福田: (2002b). 66) 物理探査学会編: (2000).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	－	

大分類	重力探査	
中分類	空中重力探査	
小分類	－	
概　要	重力は、地下の密度構造の違いを反映し、場所によって異なる。周囲の地層に比べ密度の小さい地層が地下に分布する場合、その場所における重力は小さくなり、逆に密度の大きい地層が分布する場合は、その場所における重力が大きくなる。場所による重力の差を測定することにより、重力異常分布を把握し、地下構造の推定に用いられている。重力は、地球の引力と自転による遠心力の合力であるが、重力探査では、重力の空間的、または時間的な変化を問題とするため、単位質量あたりの重力（重力加速度）を測定する。	
関連項目 1 （取得情報・データ）	・重力異常分布（ブーゲ異常） ・地質構造（解釈結果）	
関連項目 2 （調査・測定精度及び限界）	・地下浅部に重力異常源が多い場合、深部の解釈は困難である[64]。 ・地形の起伏が大きい場合、解析、解釈は困難である[64]。 ・航空機の位置の測位精度が、測定結果に影響する[65]。 ・陸域では、陸上重力探査に比べ、精度が低い[65]。 ・可探深度：数 100 m～数 km[66] ・測定精度：2～5 mgal[65]	
関連項目 3	－	
文献など	64) 原子力環境整備促進・資金管理センター: (2001). 65) 福田: (2002b). 66) 物理探査学会編: (2000).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・重力異常分布から地質構造、地質分布の解釈方法	

大分類	重力探査	
中分類	陸上重力探査	
小分類	一般的な探査	
概　要	重力は、地下の密度構造の違いを反映し、場所によって異なる。周囲の地層に比べ密度の小さい地層が地下に分布する場合、その場所における重力は小さくなり、逆に密度の大きい地層が分布する場合は、その場所における重力が大きくなる。場所による重力の差を測定することにより、重力異常分布を把握し、地下構造の推定に用いられている。重力は、地球の引力と自転による遠心力の合力であるが、重力探査では、重力の空間的、または時間的な変化を問題とするため、単位質量あたりの重力（重力加速度）を測定する。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・重力異常分布（ブーゲ異常） ・地質構造（解釈結果）	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・気象条件、地盤条件により、1 測点あたりの測定時間が異なる 64)。 ・地下浅部に重力異常源が多い場合、深部の解釈は困難である 64)。 ・地形起伏が大きい場合、密な測線配置が必要となる 64)。 ・地形補正の誤差が大きい 64)。 ・可探深度：数 100 m～数 km66) ・測定精度：約 0.1 mgal66)	
関連項目 3	－	
文献など	64) 原子力環境整備促進・資金管理センター: (2001). 65) 福田: (2002b). 66) 物理探査学会編: (2000).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・重力異常分布から地質構造、地質分布の解釈方法	

大分類	重力探査	
中分類	陸上重力探査	
小分類	マイクログラビティ探査	
概　要	陸上重力探査の一つの手法で、携帯型、高精度の重力計を用いて、地下浅部の地質構造、廃坑、埋設物、造成地盤の締め固め程度の差などを把握するために行われる	
関連項目 1（取得情報・データ）	・重力異常分布（ブーゲ異常） ・地質構造（解釈結果）	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・気象条件、地盤条件により、1 測点あたりの測定時間が異なる 64)。 ・マイクログラビティ探査の測定結果は、測点の測量精度の影響が大きい 66)。 ・可探深度：数 10 m～数 100 m66) ・測定精度：数 μgal 66)	
関連項目 3	－	
文献など	64) 原子力環境整備促進・資金管理センター: (2001). 65) 福田: (2002b). 6) 物理探査学会編: (2000).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・重力異常分布から地質構造、地質分布の解釈方法	

大分類	磁気探査	
中分類	（共通）	
小分類	－	
概　要	ある地点における磁気強度は、地下の磁性体の分布を反映し、場所によって異なっている。周囲の地層に比べ帯磁率の高い地層が分布する場合、その場所における磁気強度は高くなり、逆に帯磁率の低い地層が分布する場合は、その場所における磁気強度が小さくなる。このことを利用し、磁力計によって磁気強度の空間分布を把握し、地下構造、地質分布の推定に用いられている。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・磁気図（平面） ・鉛直微分磁気図 ・キュリー点深度分布 ・地質構造（解釈結果） ・地質分布（解釈結果） ・地熱地域分布の推定（解釈結果）	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・地下構造を一義的に決定することはできず、他の調査結果との複合解釈が必要である 64)。 ・地形が複雑な場合、その補正が難しい 64)。 ・地表付近に強磁性体が分布する場合、深部構造を把握することは困難である 64)。 ・磁性体強度の差が小さい場合、適用が困難である 64)。	
関連項目 3	－	
文献など	34) 物理探査学会編: (1998). 64) 原子力環境整備促進・資金管理センター: (2001). 67) 山本: (2002).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	－	

大分類	重力探査	
中分類	海上重力探査	
小分類	－	
概　要	重力は、地下の密度構造の違いを反映し、場所によって異なる。周囲の地層に比べ密度の小さい地層が地下に分布する場合、その場所における重力は小さくなり、逆に密度の大きい地層が分布する場合は、その場所における重力が大きくなる。場所による重力の差を測定することにより、重力異常分布を把握し、地下構造の推定に用いられている。重力は、地球の引力と自転による遠心力の合力であるが、重力探査では、重力の空間的、または時間的な変化を問題とするため、単位質量あたりの重力（重力加速度）を測定する。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・重力異常分布（ブーゲ異常） ・地質構造（解釈結果）	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・地形補正の誤差が大きい 64)。 ・海域の測定結果は、数分間のサンプリングのため、陸上重力探査に比べ精度が低い 64)。 ・船舶の位置の測位精度が測定結果に影響する 65)。 ・探査船の規模によっては、浅海域での探査は困難である。 ・可探深度：数 100 m～数 km66) ・測定精度：1 mgal 以下 65)	
関連項目 3	－	
文献など	64) 原子力環境整備促進・資金管理センター: (2001). 65) 福田: (2002b). 66) 物理探査学会編: (2000).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・重力異常分布から地質構造、地質分布の解釈方法	

大分類	磁気探査	
中分類	空中磁気探査	
小分類	－	
概　要	航空機の機体がもつ磁気の影響を小さくするため非磁性素材で作られたスティンガーと呼ばれる突起部を機体の後方に設け、その中に磁力計のセンサーを収納し、磁気強度を測定する。局地的な磁気強度を測定する場合には、ヘリコプターにより低高度での測定が行われる。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・磁気図（平面） ・鉛直微分磁気図 ・キュリー点深度分布 ・地質構造（解釈結果） ・地質分布（解釈結果） ・地熱地域分布の推定（解釈結果）	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・局所的な磁気異常を測定する場合、低高度での測定が有効である 67)。 ・地磁気日変化などの変動磁場の影響を取り除くためには、探査地域の地上において地磁気観測が必要となる 67)。 ・航空機の位置の測位精度が、測定結果に影響する 65)。 ・磁力計は、電磁測定と干渉しないため通常は、空中磁気探査と空中電磁探査は同時に行われる 34)。 ・可探深度：数 km 64) ・空間分解能：測線間隔による 64)。	
関連項目 3	－	
文献など	34) 物理探査学会編: (1998). 64) 原子力環境整備促進・資金管理センター: (2001). 65) 福田: (2002b). 67) 山本: (2002).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・磁気分布から地質構造、地質分布、地質分布の解釈方法 ・磁気分布から地熱地域分布の推定方法	

大分類	磁気探査	
中分類	陸上磁気探査	
小分類	－	
概　要	携帯型の磁力計を用いて行われる。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・磁気図（平面） ・鉛直微分磁気図 ・キュリー点深度分布 ・地質構造（解釈結果） ・地質分布（解釈結果） ・地熱地域分布の推定（解釈結果）	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・人工構造物による磁気異常が、測定結果に影響を与える 64)。 ・可探深度：数 km 64) ・空間分解能：測線間隔による 64)。	
関連項目 3	－	
文献など	64) 原子力環境整備促進・資金管理センター: (2001). 65) 福田: (2002b). 67) 山本: (2002).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・磁気分布から地質構造、地質分布、地質分布の解釈方法 ・磁気分布から地熱地域分布の推定方法	

大分類	電気探査	
中分類	地上電気探査	
小分類	自然電位法	
概　要	地盤には、種々の自然現象に起因した電位異常が存在し、常に電流が流れている。自然電位法は、この電流のうち直流成分を利用し、地表面における比抵抗分布を測定し、破砕帯分布、鉱床分布などを推定する調査技術である。自然電位の測定では、一対の非分極電極の一つを固定極、もう一つを移動極にして、2 極間の電位差を測定し、固定極を基準にした地表の電位分布を求める。金属鉱床や地熱資源の探査にしばしば用いられている。	
関連項目 1 （取得情報・データ）	・電位分布 ・電位分布変化 ・破砕帯分布（解釈結果） ・鉱床分布（解釈結果） ・熱水対流分布域（解釈結果）など	
関連項目 2 （調査・測定精度及び限界）	・定量的な解釈が困難である 64)。 ・目的対象外に起因する電位差を分離する必要がある 64)。 ・点電流源と電流ダイポールを仮定するのか判断する必要がある 64)。 ・可探深度：30 m64) ・空間分解能：測点間隔の 5 倍 64)	
関連項目 3	－	
文献など	64) 原子力環境整備促進・資金管理センター: (2001).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・電位分布から帯水層の推定方法 ・電位分布から破砕帯分布の推定方法	

大分類	磁気探査	
中分類	海上磁気探査	
小分類	－	
概　要	船舶がもつ磁気の影響を小さくするため、船舶用プロトン磁力計を船尾から 200～300 m 後方に曳航し、全磁力強度の測定を行う。	
関連項目 1 （取得情報・データ）	・磁気図（平面） ・鉛直微分磁気図 ・キュリー点深度分布 ・地質構造（解釈結果） ・地質分布（解釈結果） ・地熱地域分布の推定（解釈結果）	
関連項目 2 （調査・測定精度及び限界）	・船舶の位置の測位精度が、測定結果に影響する 65)。 ・探査地域に海底磁力計（固定観測点）がない場合、変動磁場の影響を正確に取り除けないため、他の手法に比べ精度が低くなる 67)。 ・曳航式磁力計を用いる場合、他の測定機器と干渉することがあるため同時測定を行うことができない 64)。 ・可探深度：数 km64) ・空間分解能：測線間隔による 64)。	
関連項目 3	－	
文献など	64) 原子力環境整備促進・資金管理センター: (2001). 65) 福田: (2002b). 67) 山本: (2002).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・磁気分布から地質構造、地質分布、地質分布の解釈方法 ・磁気分布から地熱地域分布の推定方法	

大分類	電気探査	
中分類	地上電気探査	
小分類	水平探査	
概　要	比抵抗法では、地下に直流電流を流すことによって生じる電位分布を測定し、地層の比抵抗構造を把握する調査技術である。 比抵抗の測定では、四つの電極を使用し、二つの電流電極から地中に電流を流し込み、二つの電位電極間の電位差を測定することにより、比抵抗構造を把握する。これら 4 電極の開の仕方に基づき、シュランベルジャ配置、ウェンナー配置、ダイポール・ダイポール配置などの電極配置が考案されている。 電流電極、電位電極の間隔を固定し、平面的に分布する各測定点の比抵抗を測定し平面的な比抵抗構造を把握する調査技術である。電極配置は、ウェンナー配置、ダイポール・ダイポール配置がよく用いられている。	
関連項目 1 （取得情報・データ）	・比抵抗構造（二次元平面） ・地質構造（解釈結果） ・飽和領域分布（解釈結果）など	
関連項目 2 （調査・測定精度及び限界）	・地表近傍の不均一性などのノイズ源が多く、測定結果に影響を与える[64]。 ・急峻地における水平探査は困難である[6]。 ・可探深度：300～1 km[64]	
関連項目 3	－	
文献など	6) 全地連積算(調査編担当)委員会編: (2003). 64) 原子力環境整備促進・資金管理センター: (2001).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・比抵抗分布から帯水層及び地質構造の推定方法 ・三次元的立体面における比抵抗分布の解析方法	

大分類	電気探査	
中分類	地上電気探査	
小分類	比抵抗法　垂直探査	
概　要	比抵抗法では、地下に直流電流を流すことによって生じる電位分布を測定し、地層の比抵抗構造を把握する調査技術である。比抵抗の測定では、四つの電極を使用し、二つの電流電極から地中に電流を流し込み、二つの電位電極間の電位差を測定することにより比抵抗構造を把握する。これら 4 電極の展開の仕方に基づき、シュランベルジャ配置、ウェンナー配置、ダイポール・ダイポール配置などの電極配置が考案されている測定点の中心を固定点とし、電流電極、電位電極の間隔を順次拡げ比抵抗を測定することにより鉛直方向の比抵抗構造を把握する調査技術である。電極配置は、ウェンナー配置、シュランベルジャ配置がよく用いられる。	
関連項目 1 （取得情報・データ）	・比抵抗構造（一次元） ・地質構造（解釈結果） ・飽和領域分布（解釈結果）など	
関連項目 2 （調査・測定精度及び限界）	・探査深度の 4 倍以上の電極間隔が必要となるため深部構造の探査では、他の手法（電磁法：MT 法、CSAMT 法）が適用される[64]。 ・比抵抗断面は、地表地質踏査、水理試験データなどに基づき総合的な解釈が必要となる[64]。 ・地表近傍の不均一性などのノイズ源が多く、測定結果に影響を与える[64]。 ・可探深度：300～1 km[64]	
関連項目 3	－	
文献など	64) 原子力環境整備促進・資金管理センター: (2001).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・比抵抗分布から帯水層及び地質構造の推定方法 ・三次元的立体面における比抵抗分布の解析方法	

大分類	電気探査	
中分類	地上電気探査	
小分類	強制分極（IP）法	
概　要	金属鉱物を含む岩石中に直流電流を流すと、鉱物の表面と周囲の間隙水の間に電位差が生じ電荷が蓄えられる。加えた電流を切ると蓄えられた電荷は徐々に放出される。鉱物の種類によって蓄えられる電荷の容量や放出に要する時間が異なる。この現象を利用し、地盤の電気的な分極効果（IP 効果）を観測することによって、地下構造を推定する調査技術であり金属鉱床探査に用いられている。IP 効果を探知する測定法には、時間領域測定と周波数領域測定がある。時間領域測定では、一定時間電流を流し電場を形成した後、この電流を切断したときに残留する減衰電圧（二次電位）を観測する。周波数領域測定では、電流切断後の減衰波形に含まれる周波数成分を分離し、応答電圧の振幅と位相を周波数の関数として測定する。	
関連項目 1 （取得情報・データ）	・二次元比抵抗構造 ・充電率分布 ・地質構造（解釈結果）	
関連項目 2 （調査・測定精度及び限界）	・探査深度に対して、約 4～5 倍の測線長を必要とする [64]。 ・比抵抗法に比べ、人工ノイズや構造物の影響を受けやすく、都市部での適用に問題が多い [64]。 ・比抵抗断面は、地表地質踏査、水理試験データなどに基づき総合的な解釈が必要となる [64]。 ・可探深度：150～300 m 程度 [64] ・空間分解能：電極間隔による [64]	
関連項目 3	－	
文献など	6) 全地連積算(調査編担当)委員会編: (2003). 64) 原子力環境整備促進・資金管理センター: (2001).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・ノイズを除去するフィルターに関する事項 ・比抵抗構造や充電率分布から地質構造の推定方法	

大分類	電気探査	
中分類	地上電気探査	
小分類	二次元探査	
概　要	比抵抗法では、地下に直流電流を流すことによって生じる電位分布を測定し、地層の比抵抗構造を把握する調査技術である。 比抵抗の測定では、四つの電極を使用し、二つの電流電極から地中に電流を流し込み、二つの電位電極間の電位差を測定することにより、比抵抗構造を把握する。これら四電極の展開の仕方に基づき、シュランベルジャ配置、ウェンナー配置、ダイポール・ダイポール配置などの電極配置が考案されている。 電極間隔を一定に配置した測線上において、電極の組み合わせを変えながら比抵抗を測定し測線に沿う断面の比抵抗構造を把握する調査技術である。	
関連項目 1 （取得情報・データ）	・比抵抗構造（二次元断面） ・地質構造（解釈結果） ・飽和領域分布（解釈結果）など	
関連項目 2 （調査・測定精度及び限界）	・探査予定区間の両サイドに探査深度の 1/2～1 倍程度、測線長を長く設定する必要がある [6]。 ・探査深度の 4 倍以上の測線長が必要となるため、深部構造の探査では、他の手法（電磁法：MT 法、CSAMT 法）が適用される [64]。 ・比抵抗断面は、地表地質踏査、水理試験データなどに基づき総合的な解釈が必要となる [64]。 ・可探深度：500 m 程度 [64] ・空間分解能：測点間隔と同程度 [64]	
関連項目 3	－	
文献など	6) 全地連積算(調査編担当)委員会編: (2003). 64) 原子力環境整備促進・資金管理センター: (2001).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・比抵抗分布から帯水層及び地質構造の推定方法 ・三次元的立体面における比抵抗分布の解析方法	

大分類	電気探査	
中分類	海上電気探査	
小分類	比抵抗法	
概　要	測定原理は、陸上電気探査（比抵抗法）と同様である。海上電気探査では、電極を海底に設置することが困難であることから、船尾から電極を埋め込んだケーブルを曳航することにより、海底下の比抵抗構造を把握する。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・比抵抗構造 ・地質構造（解釈結果）など	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・水面曳航式の電極アレイ長は、探査深度の 15～20 倍が必要となる [64]。 ・信号が小さい（陸上に比べ 2 桁程度小さい）[64]。 ・水平方向の分解能が低い [64]。 ・可探深度：150 m[64]	
関連項目 3	－	
文献など	6）全地連積算(調査編担当)委員会編: (2003). 64）原子力環境整備促進・資金管理センター: (2001).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・比抵抗分布から地質構造の推定方法 ・三次元的立体面における比抵抗分布の解析方法	

大分類	電磁探査	
中分類	空中電磁探査	
小分類	VLF 法	
概　要	電磁探査では、交流磁場が地下に伝播する際に生じる誘導電流による二次的な電場・磁場を測定することにより比抵抗構造を把握し、地下構造を推定する手法である。VLF 法は、潜水艦などとの通信用に設けられた大電力の送信局から放射される VLF 電波（3～30 kHz）を利用する受動方式の調査技術である。 VLF 法の測定では、地下の誘導電流が形成する磁場によって地表面に現れる異常な垂直磁場を測定する方法と水平電場とそれに直交する水平磁場を測定する方法がある。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・VLF 曲線 ・VLF 異常分布 ・浅部地質構造（平面：解釈結果）	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・地下ケーブルなどの影響を受けやすい [64]。 ・発信局方向と地質構造の位置関係により応答が異なる [64]。 ・可探深度：10～30 m[64] ・空間分解能 水平：100 m 程度 [64]	
関連項目 3	－	
文献など	64）原子力環境整備促進・資金管理センター: (2001).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・比抵抗構造から地質構造の推定方法	

大分類	電磁探査	
中分類	空中電磁探査	
小分類	EM 法	
概　要	送受信コイルを搭載した測定機器を用いて送信磁場に対する地表の電磁応答である二次磁場の位相の遅れを測定する。測定結果より比抵抗構造を把握することにより地下構造を推定する手法である。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・見掛比抵抗分布 ・比抵抗断面 ・浅部地質構造（解釈結果） ・地下水面深度（解釈結果） ・岩相分布（平面：解釈結果） ・風化帯、変質帯分布（解釈結果）	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・索道、高圧電力線などの障害物近傍では、測定が不可能である [64]。 ・人工構造物によるかく乱が解析結果に影響を与える [64]。 ・磁力計は、電磁測定と干渉しないため通常は、空中磁気探査と空中電磁探査は同時に行われる [64]。 ・可探深度：周波数領域法：100 m[64]、時間領域法：400～500 m[64] ・空間分解能 水平：5～15 m[64]、鉛直：50～100 m[64]	
関連項目 3	－	
文献など	64) 原子力環境整備促進・資金管理センター: (2001).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・比抵抗構造から地下水面深度、地質分布、地質構造の推定方法	

大分類	電磁探査	
中分類	地上電磁探査	
小分類	MT 法	
概　要	地磁気の変動、雷放電による電磁波に伴って発生する誘導電流などの自然の電磁場の信号を測定する。測定結果の解析により広域かつ深部の比抵抗構造を把握する調査技術である。 MT 法の測定では、電場 2 成分、磁場 3 成分を測定し、測定点における比抵抗構造（鉛直方向）を把握する。測定点を、測線上に複数設置・測定することにより、二次元的または、三次元的な比抵抗構造を把握することもできる。 深部探査が可能な特徴を有しているため、石油資源探査、地熱資源探査などに用いられている。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・二次元比抵抗構造 ・地質構造（解釈結果）	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・高圧電力線を避ける（500 m 程度）必要がある [64]。 ・高比抵抗地域では、浅部構造の分解能が低い [64]。 ・探査深度により、測定する周波数が異なる。 ・可探深度：数 100 m～10 km 程度 [64] ・空間分解能：15～20 %[64]	
関連項目 3	－	
文献など	64) 原子力環境整備促進・資金管理センター: (2001).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・比抵抗構造から地質構造の推定方法	

大分類	電磁探査	
中分類	地上電磁探査	
小分類	VLF 法	
概　要	電磁探査では、交流磁場が地下に伝播する際に生じる誘導電流による二次的な電場・磁場を測定することにより比抵抗構造を把握し、地下構造を推定する手法である。 VLF 法は、潜水艦などとの通信用に設けられた大電力の送信局から放射される VLF 電波（3～30 kHz）を利用する受動方式の調査技術である。 VLF 法の測定では、地下の誘導電流が形成する磁場によって地表面に現れる異常な垂直磁場を測定する方法と平電場とそれに直交する水平磁場を測定する方法がある。	
関連項目 1 （取得情報・データ）	・見掛比抵抗 ・位相差曲線 ・浅部地質構造（解釈結果）	
関連項目 2 （調査・測定精度及び限界）	・地下ケーブルなどの影響を受けやすい [64]。 ・測線の配置により、異常の検出能力が異なる [64]。 ・探査対象物の深度情報を得ることは難しい [64]。 ・発信局方向と地質構造の位置関係により応答が異なる [64]。 ・可探深度：10～30 m [64]	
関連項目 3	－	
文献など	64) 原子力環境整備促進・資金管理センター: (2001).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・送信局から放射される VLF 電波の受動の最適環境について ・比抵抗構造から地質構造の推定方法	

大分類	電磁探査	
中分類	地上電磁探査	
小分類	CSAMT 法	
概　要	人工信号源を用いた MT 法であり、地下浅部の比抵抗構造を把握するために用いられる調査技術である。 CSAMT 法の測定では、測定点から十分遠くに離れた地点において信号源となる電流を流し測定点において電場 2 成分、磁場 3 成分を測定し、比抵抗構造（鉛直方向）を把握する。測定点を測線上に複数設置・測定することにより二次元的または、三次元的な比抵抗構造を把握することもできる。	
関連項目 1 （取得情報・データ）	・二次元比抵抗構造 ・地質構造（解釈結果） ・流体分布（解釈結果）など	
関連項目 2 （調査・測定精度及び限界）	・高圧電力線を避ける必要がある [64]。 ・磁場垂直成分は、水平成分に比べ減衰が早く、調査可能な範囲が狭い [64]。 ・安全面の観点から、送電電流に制約がある [64]。 ・可探深度：500～1 km [64] ・空間分解能：深度に対して 1/10 [64]	
関連項目 3	－	
文献など	64) 原子力環境整備促進・資金管理センター: (2001).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・測定点と信号源の地点との最適距離と周辺環境の関連について ・比抵抗構造から地質構造の推定方法	

大分類	地震探査	
中分類	地上地震探査	
小分類	常時微動測定	
概　要	常時微動は、伝播する過程において、その地盤特性を励起した固有の性質を有しているとされ、地盤の振動特性を検討する重要な資料として利用されている。常時微動の観測は、起振源を用いず、感振器を観測点（地表面、地層境界、基盤内など）に設置し、自然に発生している 3 成分方向の微動信号（周期：0.1～1.0 秒程度）を観測・記録する。微動観測によって取得された観測波形をスペクトル解析することにより、観測点の表層地盤の卓越周期、増幅特性を推定する。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・スペクトル ・スペクトル比 ・地盤種別の判定 ・地盤の増幅特性	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・地下構造、物性値分布の推定を目的とした探査はできない [64]。 ・解析過程において水平多層構造を前提としていることから、急傾斜地盤や断層構造などを有する複雑な構造地盤、岩盤地域での適用は特殊な目的以外難しい [66]。 ・可探深度：100 m [64, 66]	
関連項目 3	－	
文献など	64) 原子力環境整備促進・資金管理センター: (2001). 66) 物理探査学会編: (2000).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・自然に発生している微動信号の大きさとその成因の関連 ・地盤の卓越周期、増幅特性と地質構造、地盤種との関連	

大分類	地震探査	
中分類	地上地震探査	
小分類	微動探査（微動アレイ）	
概　要	地下構造（S 波速度構造）を推定することを目的として行われる微動探査では、周期 5～10 秒程度の長周期微動を観測対象として行われる。微動探査では、感振器を観測点に設置し、自然に発生している 3 成分方向の微動信号（周期：5～10 秒程度）を観測・記録する。微動探査の解析では、観測によって取得された表面波（レイリー波）の分散曲線を F-K 法（周波数-波数スペクトル法）または SPAC 法（空間自己相関法）によって求めた後、この分散曲線を利用して逆解析による方法で S 波速度構造を推定する。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・S 波速度構造 ・概略の一次元地質構造（解釈結果）	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・周期 8 秒程度の記録までしか測定できない [64]。 ・解析結果は、空間方向の不均質性の影響を受け、浅部の不均一性が深部の構造に影響する [64]。 ・可探深度：3～4 km [64] ・空間分解能：深度の 1/5 程度 [64]	
関連項目 3	－	
文献など	64) 原子力環境整備促進・資金管理センター: (2001). 66) 物理探査学会編: (2000).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・微動アレイ配置の最適間隔と地質構造との関連 ・S 波の速度構造の解釈方法（断層などとの関連性など） ・過去の事例と対比による解釈方法	

大分類	地震探査	
中分類	地上地震探査	
小分類	反射法地震探査　深部	
概　要	地表付近で、人工的に弾性波（P 波、S 波）を発生させ、その弾性波が地中を伝播し音響インピーダンス境界に達すると、屈折、透過、反射し、その一部は反射波として地表に戻ってくる。この反射波に注目し、微弱な反射信号を地表に多数設置した受振器で測定することにより地下構造を推定する手法である。人工的に弾性波を発生させる起振源としては、重錘落下、バイブレータ、爆薬などの方法が用いられる。	
関連項目 1 （取得情報・データ）	・表層速度構造 ・重合速度分布 ・反射記録断面 ・二次元地質構造（解釈結果） ・三次元地質構造（解釈結果）など	
関連項目 2 （調査・測定精度及び限界）	・海岸線付近（船舶航行不能で音波探査の実施不可能な範囲）では、ベイケーブルを敷設し、反射波を測定することは可能であるが、陸上と同じ起振手法を用いることができない。 ・結晶質岩では、速度変化が小さいため明瞭な反射面が存在しないことが多い[64]。 ・断層の落差、傾斜や上位層の変位状況の判定が容易にできる反面、破砕帯としての検出は困難である[66]。 ・可探深度：インパクター：1 km[64]　S 波バイブレータ：1.5 km[64] P 波バイブレータ+爆薬：5 km[64] ・空間分解能：20～数 10 m（受振点間隔による）[64]	
関連項目 3	－	
文献など	64) 原子力環境整備促進・資金管理センター: (2001). 66) 物理探査学会編: (2000).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・ノイズが大きい場合の S 波の読み取り方法に ・P 波及び S 波反射面から断層及び破砕帯の解釈方法 ・ノイズの除去方法	

大分類	地震探査	
中分類	地上地震探査	
小分類	反射法地震探査　浅層	
概　要	地表付近で、人工的に弾性波（P 波、S 波）を発生させ、その弾性波が地中を伝播し音響インピーダンス境界に達すると、屈折、透過、反射し、その一部は反射波として地表に戻ってくる。この反射波に注目し、微弱な反射信号を地表に多数設置した受振器で測定することにより、地下構造を推定する手法である。人工的に弾性波を発生させる起振源としては、重錘落下、バイブレータ、爆薬などの方法が用いられる。	
関連項目 1 （取得情報・データ）	・表層速度構造 ・重合速度分布 ・反射記録断面 ・二次元地質構造（解釈結果） ・三次元地質構造（解釈結果）など	
関連項目 2 （調査・測定精度及び限界）	・海岸線付近（船舶航行不能で音波探査の実施不可能な範囲）では、ベイケーブルを敷設し、反射波を測定することは可能であるが、陸上と同じ起振手法を用いることができない。 ・結晶質岩では、速度変化が小さいため、明瞭な反射面が存在しないことが多い[64]。 ・断層の落差、傾斜や上位層の変位状況の判定が容易にできる反面、破砕帯としての検出は困難である[66]。 ・可探深度：2～100 m[64] ・空間分解能 水平：数 m[64]、鉛直：1 m[64]	
関連項目 3	－	
文献など	64) 原子力環境整備促進・資金管理センター: (2001). 66) 物理探査学会編: (2000).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・ノイズが大きい場合の S 波の読み取り方法 ・P 波及び S 波反射面から断層及び破砕帯の解釈方法 ・ノイズの除去方法	

大分類	放射能探査	
中分類	共通	
小分類	－	
概　要	岩石、鉱物中には、わずかであるが天然放射性同位元素が含まれている。これらの元素が放出するγ線を検出し、その強度、エネルギーを測定し、その分布状況から表層の地質状況を推定する調査技術である。γ線の検出には、シンチレーション計数管を用いた全係数法とγ線スペクトルを計数するスペクトル法が用いられている。 本来は、ウラン鉱床などの放射性鉱物の探査に適用されていたが、最近では地下水・温泉開発、断層・破砕帯の検出などに利用されるようになっている。測定を行う空間的位置により、空中放射能探査、陸上放射能探査、海底放射能探査に区分される。	
関連項目 1 （取得情報・データ）	（下記参照）	
関連項目 2 （調査・測定精度及び限界）	・他の調査結果と併せて地質構造、岩相区分などの解釈を行う必要がある[64]。	
関連項目 3	－	
文献など	64）原子力環境整備促進・資金管理センター: (2001).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	－	

大分類	地震探査	
中分類	地上地震探査	
小分類	屈折法地震探査	
概　要	地表付近で、人工的に弾性波（P 波、S 波）を発生させ、地下の速度の異なる地層境界で屈折し、地表に戻ってきた屈折波を地表に多数設置した受振器で観測することにより地下の速度構造を求める手法である。人工的に弾性波を発生させる起振源としては、重錘落下、バイブレータ、爆薬などの方法が用いられる。	
関連項目 1 （取得情報・データ）	・弾性波速度構造（P 並み、S 波） ・初動走時曲線 ・二次元地質構造（解釈結果） ・三次元地質構造（解釈結果）など	
関連項目 2 （調査・測定精度及び限界）	・海岸線付近（船舶航行不能で音波探査の実施不可能な範囲）では、ベイケーブルを敷設し、反射波を測定することは可能であるが、陸上と同じ起振手法を用いることができない。 ・反射法に比べ探査深度に対して長い測線長（探査深度の 7～10 倍）、大きな発振エネルギーを必要とする[64]。 ・断層に伴う破砕帯の分布や規模を低速度帯として検出することは可能であるが、断層の変位、傾斜を解析することは困難である[6]。 ・対象領域が広範囲にわたる場合、各受振点に地震計と記録器を設置し、屈折波の測定を行こともある。 ・速度逆転層、薄層の検出は難しい[64]。 ・可探深度 浅部：100～200 m[64]、深部：数～100 km[64] ・空間分解能 水平：受振点間隔程度[64]、鉛直：深度に対して±10 %[64]	
関連項目 3	－	
文献など	6）全地連積算(調査編担当)委員会編: (2003). 64）原子力環境整備促進・資金管理センター: (2001).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・ノイズが大きい場合の S 波の読み取り方法 ・P 波及び S 波速度構造から二次元及び三次元地質構造の解釈方法 ・ノイズの除去方法	

大分類	放射能探査
中分類	陸上放射能探査
小分類	－
概　要	岩石、鉱物中には、わずかであるが天然放射性同位元素が含まれている。これらの元素が放出するγ線を検出し、その強度、エネルギーを測定し、その分布状況から表層の地質状況を推定する調査技術である。γ線の検出には、シンチレーション計数管を用いた全係数法とγ線スペクトルを計数するスペクトル法が用いられている。 本来は、ウラン鉱床などの放射性鉱物の探査に適用されていたが、最近では地下水・温泉開発、断層・破砕帯の検出などに利用されるようになっている。測定を行う空間的位置により、空中放射能探査、陸上放射能探査、海底放射能探査に区分される。
関連項目 1 （取得情報・データ）	・全放射能強度 ・元素別放射線強度 ・放射性元素含有量 ・地質構造：岩相区分（解釈結果） ・開口性断層、破砕帯分布（解釈結果） ・熱水変質帯分布（解釈結果）
関連項目 2 （調査・測定精度及び限界）	・地形の起伏が大きい場合、解釈が困難となる。 ・地表付近の水分が多いところ、被覆土壌が厚いところでは測定が困難である[64]。 ・可探深度：数 cm～0.5 m[64] ・空間分解能：1～5 m[64]
関連項目 3	－
文献など	64）原子力環境整備促進・資金管理センター: (2001).
知識レベル	専門書により取得できるレベル：＋ 経験者へのヒアリングで取得できるレベル：－ 高度な技術者のノウハウに属するレベル：－
より深い知識	・放射性強度と地質構造との関連 ・周辺環境（水が多いところなど）と精度の関連

大分類	放射能探査
中分類	空中放射能探査
小分類	－
概　要	岩石、鉱物中には、わずかであるが天然放射性同位元素が含まれている。これらの元素が放出するγ線を検出し、その強度、エネルギーを測定し、その分布状況から表層の地質状況を推定する調査技術である。 γ線の検出には、シンチレーション計数管を用いた全係数法とγ線スペクトルを計数するスペクトル法が用いられている。 本来は、ウラン鉱床などの放射性鉱物の探査に適用されていたが、最近では地下水・温泉開発、断層・破砕帯の検出などに利用されるようになっている。測定を行う空間的位置により、空中放射能探査、陸上放射能探査、海底放射能探査に区分される。
関連項目 1 （取得情報・データ）	・全放射能強度 ・元素別放射線強度 ・放射性元素含有量 ・地質構造：岩相区分（解釈結果） ・開口性断層、破砕帯分布（解釈結果） ・熱水変質帯分布（解釈結果）
関連項目 2 （調査・測定精度及び限界）	・地表付近の水分が多いところ、被覆土壌が厚いところでは測定が困難である[64]。 ・可探深度：0.5 m[64] ・空間分解能：100～300 m[64]
関連項目 3	－
文献など	64）原子力環境整備促進・資金管理センター: (2001).
知識レベル	専門書により取得できるレベル：＋ 経験者へのヒアリングで取得できるレベル：－ 高度な技術者のノウハウに属するレベル：－
より深い知識	・放射性強度と地質構造との関連 ・周辺環境（水が多いところなど）と精度の関連

大分類	単孔式物理探査	
中分類	VSP	
小分類	－	
概　要	地表に設置した振源から発生させた弾性波をボーリング孔内に一定間隔の深度で設置した受振器により観測するボーリング孔を利用した弾性波探査である。測定結果は、反射法地震探査の反射面と地層境界との同定、ボーリング孔周辺の詳細な地質構造解析に用いられている。測定原理、測定方法は、速度検層（PS 検層・ダウンホール法）と基本的に同様であるが、速度検層では、初動走時を対象として測定するが、VSP ではその他の後続波形に含まれる反射波を測定対象とする。ボーリング孔と振源の位置関係により、ゼロオフセット VSP とオフセット VSP に区分される。ゼロオフセット VSP では、地盤の速度構造とボーリング地点の反射波形である VSP 波形が取得される。一方、オフセット VSP では、ボーリング孔から振源までの距離の 1/2 の間の反射断面が取得される。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・時間－深度曲線　・弾性波速度　・減衰率　・反射記録断面 ・ボーリング孔近傍の地質構造（解釈結果）	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・VSP で特徴的に観測されるチューブ波の影響を軽減するため、受振器を孔壁に接触させ測定する。このため、孔壁拡大部での測定は困難である [34]。 ・ケーシングパイプやワイヤラインロッド内でも測定可能であるが、地層を伝播する弾性波のエネルギーが著しく減衰する場合がある [66]。 ・受振器が調査対象の反射面に近づいて測定できるため、反射法地震探査に比べ精度が高いとされている [66]。 ・急傾斜の地層では適用が困難である [66]。 ・可探深度は、オフセット距離、振源に依存する [64),66]（バイブレータ振源：4 km、爆薬振源：数 km 以上）。 ・解析可能範囲：ボーリング孔から振源位置の中間点までの CMP ・空間分解能：波長の 1/4 程度	
関連項目 3	－	
文献など	34）物理探査学会編:（1998）. 64）原子力環境整備促進・資金管理センター:（2001）. 66）物理探査学会編:（2000）.	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・受振器の最適間隔と地質構造との関連 ・反射断面及び反射波から地質構造の推定方法	

大分類	放射能探査	
中分類	海底放射能探査	
小分類	－	
概　要	岩石、鉱物中には、わずかであるが天然放射性同位元素が含まれている。これらの元素が放出するγ線を検出し、その強度、エネルギーを測定し、その分布状況から表層の地質状況を推定する調査技術である。 γ線の検出には、シンチレーション計数管を用いた全係数法とγ線スペクトルを計数するスペクトル法が用いられている。 本来は、ウラン鉱床などの放射性鉱物の探査に適用されていたが、最近では地下水・温泉開発、断層・破砕帯の検出などに利用されるようになっている。 測定を行う空間的位置により、空中放射能探査、陸上放射能探査、海底放射能探査に区分される。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・全放射能強度 ・元素別放射線強度 ・放射性元素含有量 ・地質構造：岩相区分（解釈結果） ・開口性断層、破砕帯分布（解釈結果） ・熱水変質帯分布（解釈結果）	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・測定機器を海底に設置する必要がある。 ・地形の起伏が大きい場合、解釈が困難となる [64]。 ・可探深度：数 cm～0.5 m [64] ・空間分解能：1～5 m [64]	
関連項目 3	－	
文献など	64）原子力環境整備促進・資金管理センター:（2001）.	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・放射性強度と岩相との関連 ・周辺環境（起伏が多いところなど）と精度の関連	

大分類	単孔式物理探査	
中分類	ハイドロフォン VSP	
小分類	－	
概　要	地表振源から地盤中に P 波が入射されると、亀裂内の流体がボーリング孔内に押し出されチューブ波（弾性体の壁で囲まれた液体柱を伝播する音波）が励起される。このことを利用し、一般的な VSP では、ノイズとして取り扱われるチューブ波を観測し、透水性亀裂の検出を行うことを目的に実施される調査技術である。ハイドロフォン VSP では、ボーリング孔内の流体圧を測定可能なハイドロフォンセンサーが受振器として用いられる。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・透水性亀裂の分布深度 ・透水性亀裂の透水係数	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・利用され始めたばかりの調査技術であり、技術的に高度化する余地が残されている [34]。 ・亀裂モデルの妥当性については、問題が残されている [34),64)]。 ・解析モデルの妥当性検討による確度の高い透水係数の推定方法が課題である [64)]。 ・可探深度：4 km[64)] ・空間分解能：2.5 m[64)]	
関連項目 3	－	
文献など	34) 物理探査学会編: (1998). 64) 原子力環境整備促進・資金管理センター: (2001).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・音波の大きさと亀裂の開口性との関連 ・推定された亀裂の透水係数の算定方法	

大分類	単孔式物理探査	
中分類	シングルホールイメージング	
小分類	－	
概　要	同一のボーリング孔内に振源、受振器を設置し、ボーリング孔内から地層中に入射し、ボーリング孔と平行または低角度で交わる断層や地質境界から反射した反射波を測定し、これらの分布を推定することを目的とした調査技術である。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・二次元反射記録断面 ・三次元反射記録断面 ・ボーリング孔近傍の地質構造（解釈結果、特に高角度の断層、地層境界などの分布）	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・一般的に利用されている調査技術ではない [64)]。 ・孔内振源のエネルギー出力により、探査可能範囲が限られている [64)]。 ・同一孔内で発振、受振を行ため、チューブ波がノイズとして観測され効果的な抑制装置が必要となる [64)]。 ・空間分解能：0.1～1 m[64)] ・探査可能範囲：ボーリング孔から 10～数 10 m[64)] ・適応深度：ボーリング孔深度	
関連項目 3	－	
文献など	64) 原子力環境整備促進・資金管理センター: (2001).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・推定可能なボーリングに対する反射面の角度の限界 ・反射断面及び反射波から地質構造、断層の推定方法	

大分類	単項式物理探査	
中分類	流電電位法	
小分類	－	
概　要	ボーリング孔内に流電電極を設置し、電流を流し、これによって生じる地表面の電位分布を測定することにより、見掛け比抵抗分布、電位偏差分布を求める調査技術である。地下資源の三次元分布の推定、潜頭鉱床の追跡調査などに利用されている。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・電位分布 ・見掛比抵抗分布（地表面） ・比抵抗変化 ・地質構造（解釈結果） ・鉱床分布（解釈結果） ・流体挙動（解釈結果）	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・周辺岩盤が、異方性、非均一性を示す場合、これらを補正することは困難である 64)。 ・比抵抗コントラストが小さい場合（2 桁未満）、比抵抗構造を検出することが困難である 64)。 ・電位電極の 1 端である基準電位電極（固定点）の位置が、測定結果に大きな影響を与える 34)。 ・可探深度：300 m64)	
関連項目 3	－	
文献など	34) 物理探査学会編: (1998). 64) 原子力環境整備促進・資金管理センター: (2001).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・電位分布及び比抵抗分布から地質構造の推定方法 ・比抵抗及び電位分布の精度と岩種との関連	

大分類	単項式物理探査	
中分類	シングルホールレーダ	
小分類	－	
概　要	同一のボーリング孔内にレーダ発信器、受信アンテナが組み込まれたゾンデを挿入し、ボーリング孔内から地層中に電磁波を発信し、ボーリング孔と平行または低角度で交わる断層や地質境界から反射した電磁波を測定し、これらの分布を推定することを目的とした調査技術である。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・反射記録断面 ・地質構造（解釈結果） ・流体分布（解釈結果）など	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・ケーシング内での測定は、困難である 64)。 ・金属性ケーブルを用いた場合、ケーブル自体が、レーダアンテナとして動作するため、アンテナの指向性、測定結果に大きな影響を与える 34)。 ・ボーリング孔周辺に塩水が分布する場合、測定は困難である 64)。 ・泥壁が形成されている場合、測定は困難である 64)。 ・空間分解能：数 cm 以上（発信する周波数、地下の電磁気的な性質により異なる）64) ・探査可能範囲：ボーリング孔から 1〜10 m（発信する周波数、地下の電磁気的な性質により異なる）64)	
関連項目 3	－	
文献など	34) 物理探査学会編: (1998). 64) 原子力環境整備促進・資金管理センター: (2001).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・推定可能なボーリングに対する反射面の角度の限界 ・反射断面及び反射波から地質構造、断層の推定方法	

大分類	孔間物理探査	
中分類	弾性波トモグラフィ	
小分類	反射トモグラフィ	
概　要	地表及び複数のボーリング孔内に起振点、受振点を設置し、探査対象領域内に分布する地層境界、断層などからの反射波を観測し、地下構造を推定する調査技術である。解析では、逆解析的手法により速度構造と反射面構造を同時に求める。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・反射記録断面（P 波） ・重合速度断面（P 波） ・地質構造（解釈結果）	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・エリアシングを避けるため、密な観測点配置が必要となる [66]。 ・速度構造と反射面深度を同時に求める解析手法に関する数学的な研究の余地が多分にある [34]。 ・研究的要素が多く、開発途上の調査技術であり、実用化にいたっていない [34]。 ・可探深度：3 km 以上 [64] ・最大孔間距離：500 m 程度 [64] ・空間分解能：孔間距離の 1/40 程度 [64]	
関連項目 3	－	
文献など	34) 物理探査学会編: (1998). 64) 原子力環境整備促進・資金管理センター: (2001). 66) 物理探査学会編: (2000).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・P 波速度分布と地質構造、亀裂分布の解釈方法 ・三次元速度分布の解析方法 ・対象エリアに対する最適なボーリング孔の配置	

大分類	孔間物理探査	
中分類	弾性波トモグラフィ	
小分類	走時トモグラフィ	
概　要	地表及び複数のボーリング孔内を利用し、探査対象領域を取り囲むように起振点、受振点を設置し、起振点で起振した際に発生する弾性波を多数の受振点で観測し、観測された初動走時用いて速度構造を把握する調査技術である。解析では、初期モデルを設定し、このモデルにおける理論走時を計算し観測走時との残差を求め残差を最小化するようにモデルを修正する逆解析手法が用いられている。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・P 波速度分布（二次元、三次元） ・S 波速度分布（二次元） ・減衰率 ・地質構造（解釈結果）など	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・対象領域全体に十分な波線密度が与えられるように、発振点、受振点を設置することは困難である [64]。 ・探査ジオメトリーの制限、探査対象領域内に極度に大きい速度コントラストの存在、探査対象領域が大きく対象領域の外側を通過した波線が解析に用いられることにより解析断面に偽像が現れることがある [66]。 ・可探深度：3 km 以上 [64] ・最大孔間距離：500 m 程度 [64] ・空間分解能：孔間距離の 1/20 程度 [64]	
関連項目 3	－	
文献など	34) 物理探査学会編: (1998). 64) 原子力環境整備促進・資金管理センター: (2001). 66) 物理探査学会編: (2000).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・S 波速度分布と地質構造、亀裂分布の解釈方法 ・対象エリアに対する最適なボーリング孔の配置	

大分類	孔間物理探査	
中分類	比抵抗トモグラフ	
小分類	－	
概　要	地表及び複数のボーリング孔を利用し、探査対象領域を取り囲むように電流電極、電位電極を設置し、電流電極から地盤中に電流を流し、電位電極により発生した電位を測定し、比抵抗構造を求め地下構造を推定する調査技術である。解析では、比抵抗初期モデルを設定し、このモデルにおける理論電位を計算し、観測データとの残差を求め残差を最小化するようにモデルを修正する逆解析的な手法が用いられる。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・比抵抗構造（二次元、三次元） ・比抵抗変化率（繰り返し測定の場合） ・地質構造（解釈結果） ・流体の流動状況（解釈結果）	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・金属製のケーシング内での測定は、困難である[64]。 ・電極配置がコの字型の場合、電極が設置されていない辺では、分解能が著しく低下する[66]。 ・測定結果は、送電線、鉄道、鋼製構造物などの影響を大きく受ける[66]。 ・探査断面の側方で、地形、地質構造が著しく変化する場合、測定結果に三次元的影響が生じる[66]。 ・最大孔間距離：200 m 程度[64] ・空間分解能：電極間隔程度[64]	
関連項目 3	－	
文献など	64) 原子力環境整備促進・資金管理センター: (2001). 66) 物理探査学会編: (2000).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・比抵抗分布と地質構造、亀裂分布、含水率の解釈方法 ・三次元比抵抗分布の解析方法 ・対象エリアに対する最適なボーリング孔の配置	

大分類	孔間物理探査	
中分類	弾性波トモグラフィ	
小分類	フルウェーブトモグラフィ	
概　要	弾性波探査で観測される弾性波の波形は、地盤の P 波速度、S 波速度、減衰定数、及びそれらの異方性や密度などの物性値の分布によって決定される。このことを利用し、他の弾性波トモグラフィと同様の起振点、受振点配置、測定方法により観測された弾性波の波形全体をデータとして解析し、弾性波速度構想、各物性値分布を推定する調査技術である。解析では、各物性値を適当に仮定した初期モデルを設定し、そのモデルから計算される数値シミュレーション波形と観測波形との差が最小になるようにモデルを修正する逆解析的手法が用いられる。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・P 波速度分布　・S 波速度分布　・密度分布 ・減衰定数分布　・異方性 ・地質構造（解釈結果）	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・観測された弾性波の波形全体を解析対象とするため、他の手法に比べ解析時間が長い。 ・安定解を得るための解析方法を確立する必要がある[64]。 ・チューブ波などの解析対象外の波動を分離抽出する方法を確立する必要がある[64]。 ・新しい調査技術であり、一般的には行われていない[34]。 ・可探深度：3 km 以上[64] ・最大孔間距離：500 m 程度[64] ・空間分解能：波長の数分の一[64]	
関連項目 3	－	
文献など	34) 物理探査学会編: (1998). 64) 原子力環境整備促進・資金管理センター: (2001). 66) 物理探査学会編: (2000).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・P 波及び S 波速度分布と地質構造、亀裂分布、密度の解釈方法 ・三次元速度分布の解析方法 ・対象エリアに対する最適なボーリング孔の配置	

大分類	孔間物理探査	
中分類	IP トモグラフィ	
小分類	－	
概　要	地表及び複数のボーリング孔内を利用し、探査対象領域を取り囲むように電流電極、電位電極を設置し、電流電極から電流を地盤中に流した後、電流を切ったときに残留する減衰電圧（二次電位）を測定し、地下構造を推定する調査技術である。解析では、比抵抗、充電率の初期モデルを設定し、このモデルにおける理論値を求め、観測データとの残差が最小となるように逆解析的な手法が用いられる。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・二次元比抵抗分布 ・二次元充電率分布 ・地質構造（解釈結果） ・流体の流動状況（解釈結果） ・粘土鉱物を識別した岩相区分（解釈結果）	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・金属製のケーシング内での測定は、困難である [64]。 ・比抵抗トモグラフィより人工的なノイズの影響を強く受けるため、都市部での適用は、困難である [64]。 ・最大孔間距離：200 m 程度 [64]	
関連項目 3	－	
文献など	64）原子力環境整備促進・資金管理センター: (2001).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・比抵抗及び充電率分布と地質構造、岩相区分、流体流動の解釈方法 ・三次元比抵抗及び充電率分布の解析方法 ・対象エリアに対する最適なボーリング孔の配置	

大分類	孔間物理探査	
中分類	電磁気トモグラフィ	
小分類	－	
概　要	2 孔のボーリング孔を利用し、一方に送信装置、もう一方に受信装置を設置し、送信装置から磁場（一時磁場）を発生させ、地盤の電磁応答である二次磁場を受信装置で観測し、逆解析により地盤の比抵抗構造を推定する調査技術である。測定は、受信装置の移動に伴い発生する磁場の影響を避けるため、受信装置を固定し、送信装置を移動させることによって行われる。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・比抵抗分布（二次元、三次元） ・帯磁率分布 ・地質構造（解釈結果） ・異常体の位置（解釈結果）	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・金属製のケーシング内での測定は、困難である [64]。 ・比抵抗値が、数 1,000 Ωm となる地盤では、適用が困難である [34]。 ・対象領域周辺に電気的・電磁気的ノイズがある場合、測定結果に大きな影響がある [34]。 ・適用孔径：60 mm 以上（機器により異なる）[34] ・最大孔間距離：25 m 程度 [64]	
関連項目 3	－	
文献など	34）物理探査学会編: (1998) 64）原子力環境整備促進・資金管理センター: (2001).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・帯磁率分布と地質構造の解釈方法 ・三次元帯磁率分布の解析方法 ・対象エリアに対する最適なボーリング間の距離	

大分類	孔間物理探査	
中分類	レーダトモグラフィ	
小分類	－	
概　要	地表及び複数のボーリング孔を利用し、探査対象領域を取り囲むようにレーダ受信アンテナを設置し、送信器から電磁波を放射し、地盤中を透過した電磁波の走時を測定する調査技術である。解析は、弾性波・走時トモグラフィと同様の解析を行い、地下構造を推定する。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・電磁波伝播速度 ・電磁波減衰率分布 ・反射記録断面 ・地質構造（解釈結果） ・流体の分布（解釈結果）	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・金属製のケーシング内での測定は、困難である 64)。 ・周辺に金属、塩水などが存在する場合、著しく信号が減衰するため、探査可能な孔間距離が狭くなる 64)。 ・泥壁が形成されている場合、測定は困難である 64)。 ・最大孔間距離：100 m64) ・空間分解能：数 cm 以上（使用周波数、地盤の電磁気的な性質により異なる）64)	
関連項目 3	－	
文献など	64) 原子力環境整備促進・資金管理センター: (2001).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・電磁波分布と地質構造、岩相区分、流体流動の解釈方法 ・三次元電磁波分布の解析方法 ・対象エリアに対する最適なボーリング孔の配置	

5. ボーリング調査

大分類	コア観察	
中分類	－	
小分類	－	
概　要	ボーリングによって採取されたコア試料を主に肉眼による観察を行い、柱状図として取りまとめる。また、コア写真の撮影も行う。観察・記載項目には、岩石名、地層名、色調、岩相、硬度、割れ目（形状、傾斜、充填鉱物など）、変質（程度、変質鉱物など）、風化、RQD、岩級区分などがある。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・地質分布 ・地質構造 ・割れ目分布など	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・取得される情報は、ボーリング孔沿いの一次元（直線的）情報に限られる。 ・観察結果の精度は、コア採集率、採集コアの形状（柱状、岩片状、角礫状）に依存する。 ・空間分解能：cm オーダー	
関連項目 3	－	
文献など	6) 全地連積算(調査編担当)委員会編: (2003).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・機械割れ目と潜在割れ目との識別方法 ・変質・風化の程度の定性的評価方法 ・コアから認定された断層の連続性に関する検討方法	

大分類	孔壁観察	
中分類	超音波式（ボーアホールテレビュア）	
小分類	－	
概　要	二つの物質境界に入射した音波は、その境界面でその一部は反射し、残りは透過する。この原理を利用し、発振器から放射された超音波が、孔内水を媒介としてボーリング孔壁で反射する超音波を測定し、割れ目の頻度・走向・傾斜、孔壁の形状などを把握する。 測定は、超音波の発・受振子を組み込んだゾンデをボーリング孔内に挿入し、孔壁からの反射波を連続的に測定し、孔壁画像として出力する。ゾンデに組み込まれた発・受振器は、1 秒間に 10～600 回転し、孔壁全周を測定する構造となっている。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・孔壁画像 ・割れ目の走向・傾斜（画像解析結果）・孔径 ・孔壁の形状	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・孔内水より浅い深度では、測定できない [64]。 ・ケーシング内での観察は、困難である [11]。 ・孔内水が清水、泥水のどちらでも測定可能であるが、密度の大きな泥水中では、超音波が大きく減衰されるため、適用が困難である [29),64]。 ・孔壁画像の品質は、孔壁と孔内水の音響インピーダンスに依存する [10),64]。 ・適用孔径：66～150 mm（機器により異なる） ・適用可能深度：2,000 m [64] ・空間分解能：2 mm 程度 [64]	
関連項目 3	－	
文献など	10）関東地質調査業協会技術委員会編: (1995). 11）社団法人全国地質調査業協会連合会編: (2003). 29）岩の調査と試験編集委員会編: (1989). 64）原子力環境整備促進・資金管理センター: (2001).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・孔壁の形状と岩相との関連 ・認定された断層の連続性に関する検討方法	

大分類	孔壁観察	
中分類	光学式	
小分類	－	
概　要	ボーリング孔壁をテレビカメラによって撮影し、テレビ画像に映し出された孔壁状況を観察することにより、孔壁の性状、割れ目の頻度・走向・傾斜などを把握する調査技術である。 測定は、テレビカメラが組み込まれたゾンデをボーリング孔内に挿入し、カメラの前に取り付けられた反射ミラーに映し出された孔壁を撮影し、孔壁展開画像として出力する	
関連項目 1（取得情報・データ）	・孔壁画像	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・カラー撮影の場合、孔壁の反射率の関係で、必ずしも色温度を正しく設定できない場合が多い [10)]。 ・ケーシング内での観察は、困難である [11)]。 ・孔壁画像の品質は、水の透明度に影響されるため、泥水中での観察には適用できず、孔内洗浄、清水置換などを行う必要がある [10)]。 ・適用孔径：56～300 mm [24)] ・適用可能深度：1,500 m（機器により異なる）[64)] ・空間分解能：1 mm 以下 [64)]	
関連項目 3	－	
文献など	10）関東地質調査業協会技術委員会編: (1995). 11）社団法人全国地質調査業協会連合会編: (2003). 24）地盤調査ハンドブック編集委員会編: (1995). 29）岩の調査と試験編集委員会編: (1989). 64）原子力環境整備促進・資金管理センター: (2001).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・色から識別が必要な観察で生じる誤差 ・認定された断層の連続性に関する検討方法	

大分類	物理検層	
中分類	キャリパー検層（孔径検層）	
小分類	－	
概　要	アームが孔壁に触れ、そのアームの開放量を測定することにより孔径（直径）を連続的に求める調査技術であり測定結果は、電気検層、密度検層などの測定結果の補正、透水試験、孔内載荷試験などの測定位置の決定などに利用される。 測定は、アームを閉じた状態で、ゾンデをボーリング孔内に挿入し、孔底でアームを開放し、ゾンデを引き上げながら測定する。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・孔径分布（孔径−深度曲線） ・地層の対比（解釈結果） ・地層傾斜の推定（解釈結果） ・応力場の推定（経時記録の解釈結果）	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・アームの解放量は、ゾンデ内に組み込まれた差動トランスにより測定するため、内径既知のリングにより較正試験を行う必要がある [29]。 ・1〜4 本のアームにより孔径を測定するため、孔の形状を把握することは困難である。 ・ケーシング内での測定は、困難である [11]。 ・測定孔径範囲：32〜300 mm[29] ・測定可能深度：0〜3,000 m[29]	
関連項目 3	－	
文献など	11）社団法人全国地質調査業協会連合会編: (2003). 29）岩の調査と試験編集委員会編: (1989).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・孔壁分布と岩相の関連 ・孔壁分布と応力場の関連	

大分類	物理検層	
中分類	音波検層	
小分類	－	
概　要	ボーリング孔近傍地盤の一定区間を音波が伝播する時間を測定し、伝播速度を算出する調査技術である。ボーリング孔内に挿入されたゾンデ中の発振器より音波を発振し、このうち孔内水を通って孔壁に到達し、孔壁沿いに地盤中を伝播した後、再び孔内水を伝播する波動をゾンデ中の受振器でとらえる。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・P 波走時曲線　・S 波走時曲線　・亀裂分布深度　・弾性波速度構造 ・動ポアソン比　・動剛性率　・動体積弾性率　・動弾性係数	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・孔内水位より浅い深度では、測定できない [11),64)]。 ・測定区間の最深部までゾンデを降下させ、一定速度で引き上げながら測定するため連続記録を得ることができる [29)]。 ・ケーシング挿入区間では測定できない [11),29)]。 ・地盤の P 波速度が、水の速度（約 1,500 m/s）より小さい場合には、地盤を伝播して受振器に戻ってくる波動が原理的に存在しないため測定することは困難である [29)]。 ・測定結果は、ボーリング孔径の変化に大きく影響されるためキャリパー検層を併せて実施し、音波伝播速度の算出、結果の地盤の評価を行う際に参考にすることが必要である [29)]。 ・適用孔径：66〜300 mm（機器により異なる） ・適用可能深度：数 1,000 m[64)] ・探査範囲：ボーリング孔周辺の数 10 cm（波長の 1/2）[64)] ・空間分解能：20 cm 程度 [64)]	
関連項目 3	－	
文献など	11）社団法人全国地質調査業協会連合会編: (2003). 29）岩の調査と試験編集委員会編: (1989). 64）原子力環境整備促進・資金管理センター: (2001).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・P 波及び S 波速度構造から地質構造、亀裂分布の解釈方法 ・キャリパー検層結果との関連	

大分類	物理検層	
中分類	速度検層（PS 検層）	
小分類	漂遊法	
概　要	P 波及び S 波用振源・受振器をゾンデ内に一体化して組み込み、孔内水位以深部分において、弾性波速度を測定する調査技術である。ボーリング孔径に比べて発生する波動の波長が十分長いため、孔内水の変位が地盤の変位になどしくなり受振器を孔壁に圧着していない状態で測定を行うことができる。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・P 波走時曲線 ・S 波走時曲線 ・弾性波速度構造 ・動ポアソン比 ・動剛性率 ・動体積弾性率 ・動弾性係数	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・孔内水位より浅い深度では、測定できない[29),10)]。 ・孔中振源を用いるため、調査深度に制限はない[10)]。 ・適用孔径：66～300 mm（機器により異なる） ・空間分解能：1 m[64)]	
関連項目 3	－	
文献など	10）関東地質調査業協会技術委員会編: (1995). 11）社団法人全国地質調査業協会連合会編: (2003). 29）岩の調査と試験編集委員会編: (1989). 64）原子力環境整備促進・資金管理センター: (2001).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・P 波及び S 波速度構造から地質構造、亀裂分布の解釈方法	

大分類	物理検層	
中分類	速度検層（PS 検層）	
小分類	ダウンホール法	
概　要	ボーリング孔周辺の地盤における弾性波（P 波、S 波）の伝播速度を求め、地盤の物理的性質を把握する調査技術である。 振源を地表に振動を観測する受振器をボーリング孔内に設置し、振源から受振器までの波動の伝播時間を観測し、弾性波速度を算出する。受振器は圧着型または浮遊型の孔内受振器が用いられる。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・P 波走時曲線・S 波走時曲線・弾性波速度構造・動ポアソン比 ・動剛性率・動体積弾性率・動弾性係数	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・P 波と S 波を同時に測定することはできない[29)]。 ・ケーシング内でも測定可能であるが、ケーシングと地盤中に隙間がある場合、地盤の正確な弾性波速度を測定できない[11)]。 ・圧着型受振器を使用する場合、測定深度ごとに受振器を設置するため浮遊性型受振器を使用する場合に比べ測定に時間を要する。 ・適用可能深度 板叩き法：深度 100 m 程度[10)] ・適用孔径：66～300 mm（機器により異なる） ・空間分解能：1 m[64)]	
関連項目 3	－	
文献など	10）関東地質調査業協会技術委員会編: (1995). 11）社団法人全国地質調査業協会連合会編: (2003). 29）岩の調査と試験編集委員会編: (1989). 64）原子力環境整備促進・資金管理センター: (2001).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・P 波及び S 波速度構造から地質構造、亀裂分布の解釈方法	

大分類	孔内水平載荷試験
中分類	など圧分布載荷方式　など変位載荷方式
小分類	－
概　要	ボーリング孔近傍地盤の変形特性を把握することを目的として行われる調査技術である。載荷方式の違いによりなど圧分布載荷方式、など変位載荷方式に区分される。ボーリング孔内に円筒状のゴムスリーブを挿入・設置し、円筒の内側から水圧、油圧、またはガス圧を加えてスリーブを膨張させ圧力を地盤に与え、地盤に与える荷重強度と変位量の経時変化を測定し、変形特性を把握する。ボーリング孔内に載荷板と小型ジャッキが組み込まれた試験装置を挿入・設置し、油圧により小型ジャッキを作動させ載荷板を介して地盤に圧力を与える。地盤に与える荷重強度と変位量を測定し、変形特性を把握する。
関連項目 1 （取得情報・データ）	・荷重強度–変異曲線 ・変形係数 ・弾性係数
関連項目 2 （調査・測定精度及び限界）	・測定対象の地質、孔壁状況に応じて測定装置を選択する必要がある [85]。 ・開口割れ目が存在する地層では、など圧分布載荷方式では、測定データに異常を示すことがある [85]。 ・測定可能な変位量は、プローブの直径の 20 %程度が限度である [85]。 ・大深度、堆積軟岩に適用な試験装置が現状ではない [84]。 ・試験区間は、孔壁が滑らかで自立している必要がある [85]。 ・適用孔径：58～96 mm 程度 [31]、（プローブ径：40～90 mm 程度）[85] ・適用可能深度：1,000 m 程度 ・測定精度 荷重強度：0.1～0.5 %F.S.[85]　変位量：0.01 mm（軟岩）[85]、0.001 mm（硬岩用）[85]
関連項目 3	－
文献など	31) 土木学会岩盤力学委員会編: (1991). 84) 原子力環境整備促進・資金管理センター: (2002). 85) 土木学会岩盤力学委員会偏: (2000).
知識レベル	専門書により取得できるレベル：＋ 経験者へのヒアリングで取得できるレベル：－ 高度な技術者のノウハウに属するレベル：－
より深い知識	－

大分類	孔内水平載荷試験
中分類	圧分布載荷方式、変位載荷方式など
小分類	－
概　要	孔内水平載荷試験は、ボーリング孔を利用し、ボーリング孔近傍の地盤の変形特性を把握することを目的として行われる原位置試験である。試験結果から、変形係数、弾性係数を算出することができる。試験では、ボーリング孔の孔壁面を加圧し、加圧時の孔壁面の変形量（孔壁の広がり）を測定する。試験方法は、その載荷状態によりなど圧分布載荷方式、など変位載荷方式の 2 種類に分類される。 ＜など圧分布載荷方式＞ 載荷圧力源として、低圧では CO_2、N_2 などのガス圧、高圧では油圧または水圧を用いる。ガス圧は液圧に転換され、高圧ホースで載荷部に伝達される。載荷部は耐圧製のゴムチューブからなり、一般に調査ボーリングの標準孔径（φ＝66 mm）に合わせて、外径φ60-64 mm のものが使用されている。載荷圧力は地上部の圧力ゲージ、もしくは最下部のゴムチューブ内に取り付けられた圧力センサーで検出される。最大の加圧力は、ゴムの材質によるが約 20 MPa である。 ＜など変位載荷方式＞ 載荷部は、かまぼこ型の鋼製載荷板と小型ジャッキからなり、載荷板の反対側の孔壁に反力をとって載荷する。載荷には油圧を用い、油圧ポンプ小型ジャッキは、高圧ホースでつながれる。この方式では油圧ジャッキにより高い加圧力を発生させることが可能である。載荷板は、試験孔壁面と同じ曲率をもち、全面を密着させるようにするが、それを確認するために感圧紙を用いることがある。プローブの外径は、調査ボーリングの標準孔径（φ＝66 mm）に合わせて作成されている。載荷圧力は、ジャッキに内蔵されている圧力センサーによって検出する。最大の加圧力は、ジャッキの性能によるが、30~60 MPa である。 孔内載荷による孔壁変位の測定方法は、間接測定法、直接測定法の二つの方法がある。 ＜間接測定法＞ 載荷部のゴムチューブへの液体（水または油）の注入量（載荷部のゴムチューブの容積変化）から変位を求める方法で、求められる変位は試験区間全体の平均的な値を示す。この場合の注入量は、孔口の容積計で読み取る方式とプローブに内蔵された容積計で読み取る方式がある ＜直接測定法＞ 載荷部の一点もしくは数点の変位を直接測定する方式である。この方法に

	は、個別の変位計データを変位として読み取る方式と個別の変位計データを平均した平均変位量として求める方式がある。	
関連項目 1（調査成果）	・試験によって得られた荷重強度と変位結果を基に作成する荷重強度－変形曲線から、変形係数及び弾性係数を算出する。	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	＜荷重の測定＞ 載荷部に荷重を伝達する油圧もしくは水圧などを圧力センサーで読み取る。荷重の測定精度は、フルスケールの 0.1~0.5 %程度とされている。地表に設置した圧力センサーで読み取る方式の場合、試験区間深度に相当する孔内の水頭圧による補正が必要である。 ＜変位量の測定＞ 間接測定法、直接測定法のいずれの方法においても、変位量の測定精度は 0.1 mm を基本としているが、硬質岩盤では変位量が小さいため、0.001 mm の精度が必要とされている。 最近のなど圧分布載荷装置として、スリープフラクチャリング法の初期地圧測定装置を応用した多方向載荷試験装置が製作されている。また、など変位載荷法の一種として、2 方向 4 組の載荷ピストンを岩盤に加圧する多軸載荷試験装置が製作されている。これらの試験装置の測定精度は、圧力（荷重）0.05 %、変位 0.002 mm である。	
関連項目 3（適用限界・課題など）	現状の載荷試験装置では、など変位法、など圧分布法ともに深度 1,000 m 程度を超える大深度地下に適用可能な能力が不足している。地下深部の正確な岩盤物性を把握するためには、試験装置の開発が必要と考えられる。具体的には、変位の検出精度の向上、プローブの耐圧・耐熱性の向上、地下深部での試験となることからケーブルによる試験装置の昇降及び圧力伝達システムの改良などが課題である。	
文献など	土木学会岩盤力学委員会編: “原位置岩盤試験法の指針”, pp. 43-55, (2000). 通商産業省 資源エネルギー庁 新エネルギー財団: “平成 9 年度地下揚水発電技術調査報告書”, pp.163-166 (1998).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・大深度における測定課題 ・室内試験で得られた変形係数及び弾性係数との値のばらつきに対する解釈	

大分類	初期地圧測定	
中分類	共通	
小分類	－	
概　要	地下に空洞などを掘削する以前に岩盤が受けている応力状態（初期地圧）を把握することを目的として行われる調査技術である。 初期地圧の測定方法は、原位置における測定手法とコア試料を用いた測定手法に区分される。	
関連項目 1（取得情報・データ）	（下記参照）	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・測定結果は、岩質、亀裂状況などの原位置の影響を大きく受けるため複数の試験による結果を基に初期地圧を評価する必要がある [86]。 ・初期地圧測定の各手法には、それぞれ一長一短があり、決定的な測定手法が確立されていない [86]。	
関連項目 3	－	
文献など	29) 岩の調査と試験編集委員会編: (1989). 86) 土木学会岩盤力学委員会編: (1992).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	＋
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	－	

大分類	初期地圧測定	
中分類	水圧破砕法	
小分類	－	
概　要	測定区間にパッカーを設置し、パッカーで密閉された区間に水圧を作用させ孔壁に亀裂が発生するまで加圧し、加圧した圧力の時間変化を測定する。圧力変化曲線から試験開始前の圧力と亀裂発生時の圧力から初期地圧を求める。応力方向については、試験実施前後の孔壁を比較し試験実施時に形成された亀裂の方向から求める。	
関連項目 1 （取得情報・データ）	・最大水平応力 ・最小水平応力	
関連項目 2 （調査・測定精度及び限界）	・孔壁を加圧する測定手法であるためボーリング孔の軸方向の応力を測定することができない [29),86)]。 ・遮蔽空間に注水する方法であるため地盤中への水の浸透、遮蔽区間の間隙水圧の上昇が測定結果に与える影響を把握できていない [86)]。 ・亀裂が多い岩盤、浸透性の高い岩盤では、既存の亀裂、孔壁を介して岩盤中に水が流入するため適用は困難である [86)]。 ・堆積軟岩において亀裂の発生方向を型取りパッカーにより確認する場合、不鮮明に亀裂が映し出されることが多く、亀裂発生方向を判別できないことがある [86)]。 ・適応深度：5,000 m	
関連項目 3	－	
文献など	29) 岩の調査と試験編集委員会編: (1989). 86) 土木学会岩盤力学委員会編: (1992).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	＋
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・透水性の高い岩盤条件での測定精度の検討	

大分類	初期地圧測定	
中分類	応力解放法（オーバーコアリング法）	
小分類	－	
概　要	測定器（ひずみ計）を取り付けた岩盤の一部を周辺岩盤から切り離すことにより、周囲からの拘束圧を解放し、そのときのひずみ量の変化を測定することによって初期地圧を求める。 ひずみ計の設置方法、設置箇所によって埋設法、孔径変化法、球面孔底法、円錐孔底ひずみ法に分けられる。	
関連項目 1 （取得情報・データ）	・最大水平応力 ・最小水平応力 ・鉛直応力	
関連項目 2 （調査・測定精度及び限界）	・埋設法、球面孔底法、円錐孔底法では、1 本のボーリング孔から、三次元の初期地圧を求めることが可能である [86)]。 ・孔径変化法、平面孔底法では、ボーリング孔の軸方向と直交する二次元平面の地圧しか求めることができない [29),86)]。 ・埋設法で使用されるひずみ計の感度・定格容量の観点から深度 50 m 以深での測定は、困難である [86)]。 ・孔底ひずみ法では、孔底に正確にひずみ計を設置する必要があり孔内水のあるボーリング孔、大深度での測定は、困難である [86)]。 ・測定精度：0.5 %F.S.	
関連項目 3	－	
文献など	29) 岩の調査と試験編集委員会編: (1989). 86) 土木学会岩盤力学委員会編: (1992).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	＋
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・最適な掘削コア径、コア深度と地質条件との関連	

大分類	初期地圧測定	
中分類	AE 法	
小分類	－	
概　要	岩石に荷重を加え岩石から発生する AE を測定すると、ある荷重を境に微小亀裂が成長し AE が活発に測定される（ガイザー効果）。AE が活発になり始める荷重が過去に受けた荷重（地圧）に一致することを利用し、初期地圧を推定する手法である。 定方位試料を用い数供試体の測定を行うことによって三次元的に応力場を推定することができる。	
関連項目 1 （取得情報・データ）	・最大水平応力 ・最小水平応力 ・鉛直応力	
関連項目 2 （調査・測定精度及び限界）	・試料採取後、時間経過とともに応力開放が進み地圧の記録が少なくなるといわれている [86]。 ・AE のガイザー効果自体が常に明瞭な現象であるとは限らず試料採取からの経過時間、測定成分と直交する応力成分の大小が測定結果に与える影響が未解明である [86]。	
関連項目 3	－	
文献など	29) 岩の調査と試験編集委員会編: (1989). 86) 土木学会岩盤力学委員会編: (1992).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	＋
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・カイザー効果の記憶減衰までの時間と岩種の関連 ・各岩種と最適な載荷速度の関連	

大分類	初期地圧測定	
中分類	DRA 法	
小分類	－	
概　要	岩石試料を一軸圧縮試験装置により載荷し、非弾性ひずみが急増する応力を求め初期地圧を推定する手法である。定方位試料を用い数供試体の測定を行うことによって三次元的に応力場を推定することができる。	
関連項目 1 （取得情報・データ）	・最大水平応力 ・最小水平応力 ・鉛直応力	
関連項目 2 （調査・測定精度及び限界）	・試料採取後、時間経過とともに応力開放が進み地圧の記録が少なくなるといわれている [86]。 ・ひずみ計の貼り付け不可能（表面が滑らかでない）な試料は、適用が困難である [86]。 ・非弾性的挙動の解釈、供試体個体間の差異の解釈に課題が残されている [86]。	
関連項目 3	－	
文献など	29) 岩の調査と試験編集委員会編: (1989). 86) 土木学会岩盤力学委員会編: (1992).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	＋
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・カイザー効果の記憶減衰までの時間と岩種の関連 ・各岩種と最適な載荷速度の関連 ・非弾性ひずみの急増点の読み値の精度	

大分類	初期地圧測定	
中分類	ASR 法	
小分類	－	
概　要	地盤を構成する岩石が、応力解放された後の非弾性ひずみ回復量を測定することにより、初期地圧を間接的に求める方法である。測定は、ボーリング孔から回収した直後のコアにひずみ計を取り付け応力解放に伴う膨張ひずみを測定し膨張ひずみの経時変化から非弾性回復ひずみを求める。	
関連項目 1 （取得情報・データ）	・最大水平応力 ・最小水平応力 ・鉛直応力	
関連項目 2 （調査・測定精度及び限界）	・試料採取後、時間経過とともに応力開放が進み地圧の記録が少なくなるといわれている [86]。 ・ひずみ計の貼り付け不可能（表面が滑らかでない）な試料は、適用が困難である [86]。 ・非弾性的挙動の解釈、供試体個体間の差異の解釈に課題が残されている [86]。	
関連項目 3	－	
文献など	29) 岩の調査と試験編集委員会編: (1989). 86) 土木学会岩盤力学委員会編: (1992).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	＋
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・カイザー効果の記憶減衰までの時間と岩種の関連	

大分類	初期地圧測定	
中分類	DSCA 法	
小分類	－	
概　要	立方体に整形した岩石試料の直交する三つの面にひずみケージを取り付け、など方圧載荷試験を行い加えた圧力とひずみの経時変化を測定し、初期地圧を推定する手法である。 など方圧載荷試験で測定された周圧と主ひずみの関係から主応力比とその方向を求める。	
関連項目 1 （取得情報・データ）	・最大水平応力 ・最小水平応力 ・鉛直応力	
関連項目 2 （調査・測定精度及び限界）	・試料採取後、時間経過とともに応力開放が進み地圧の記録が少なくなるといわれている [86]。 ・ひずみ計の貼り付け不可能（表面が滑らかでない）な試料は、適用が困難である [86]。 ・非弾性的挙動の解釈、供試体個体間の差異の解釈に課題が残されている [86]。	
関連項目 3	－	
文献など	29) 岩の調査と試験編集委員会編: (1989). 86) 土木学会岩盤力学委員会編: (1992).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	＋
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・カイザー効果の記憶減衰までの時間と岩種の関連	

大分類	透水試験	
中分類	共通	
小分類	－	
概　要	地盤の透水性を把握するための調査技術であり、測定原理の違いにより注水法、揚水法、ダイポール試験、湧水圧試験、パルス試験、スラグ試験に区分される。	
関連項目 1（取得情報・データ）	（下記参照）	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・泥水掘削孔において泥壁が残存している場合、測定結果に影響を与える可能性がある。 ・パッカーにより試験区間を設定するため孔壁拡大部では、試験を実施することは困難である。 ・地下水位より浅い深度での測定は、困難である。	
関連項目 3	－	
文献など	(下記参照).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	＋
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	＋
より深い知識	・水理試験におけるテストシーケンスの考え方（平成 13 年度調査システムの総合評価報告書 p.6-220）	

大分類	透水試験	
中分類	注水法（低圧透水試験）	
小分類	－	
概　要	ボーリング孔内に挿入・設置したパッカーによって試験区間を設け、試験区間に一定注水圧で注水した定常流量を測定し透水係数を求める。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・透水係数 ・間隙水圧	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・透水性が小さい地盤では、非定常状態における試験となる [84]。 ・地盤中に注水し試験を行うため地下水の水質に影響を与える可能性がある。 ・原理的に均質な多孔質媒体に適用可能な手法である [18]。 ・亀裂の多い岩盤では、試験区間が多孔質媒体とみなされる場合を除いて水みちを考慮した特殊なモデルに基づく評価が必要となる [18]。 ・著しく地下水位が低い場合、測定は困難である [18]。 ・適用範囲：透水係数 10^{-10} m/s 以上 [84]	
関連項目 3	－	
文献など	18) 土質調査法改訂編集委員会編: (1995). 84) 原子力環境整備促進・資金管理センター: (2002).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	＋
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・得られた結果から水理構造の解釈 ・他の試験方法との結果のばらつき	

大分類	透水試験	
中分類	ダイポール試験	
小分類	－	
概　要	ボーリング孔にパッカーを挿入・設置しボーリング孔内に二つの試験区間を設け、下部試験区間より地盤中に一定流量で水を送水し、地盤を介して循環した水を上部試験区間より吸引する。両試験区間の圧力を安定するまで測定し、岩盤中の透水異方性を求める。水平方向及び鉛直方向の透水係数は、試験区間の圧力変化を理論曲線にフィッティングすることによって推定される。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・透水係数（水平、鉛直） ・比貯留係数 ・透水異方性（解釈結果）	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・ボーリング孔周辺の不均質性が大きい場合（例えば、亀裂の多い岩盤）、適用が困難である 87)。 ・理論解の制約により試験領域の大きさが制限される 87)。 ・測定結果は、試験区間の上下の境界条件（例えば、難透水層の存在）の影響を強く受ける 87)。 ・適用範囲：透水係数 10^{-6}〜10^{-9} m/s87)	
関連項目 3	－	
文献など	87) 菱田ほか: (2001).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	＋
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・得られた結果から水理構造の解釈 ・他の試験方法との結果のばらつき	

大分類	透水試験	
中分類	揚水法	
小分類	－	
概　要	ボーリング孔内に挿入・設置したパッカーによって試験区間を設け、試験区間から一定流量により揚水し孔内水位と流量が一定となった時の値を測定し透水係数を求める。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・透水係数 ・間隙水圧 ・比貯留係数	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・透水性が小さい場合、揚水が不可能であり試験の実施が困難である 84)。 ・透水性が高い場合、高吐出量のポンプが必要となるが孔径の制約から測定が実施できないことがある 84)。 ・一般に均質岩盤と仮定し、透水係数を求めている 84)。 ・適用範囲：透水係数 10^{-9} m/s 以上 84)	
関連項目 3	－	
文献など	84) 原子力環境整備促進・資金管理センター: (2002).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	＋
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・得られた結果から水理構造の解釈 ・他の試験方法との結果のばらつき	

大分類	透水試験	
中分類	湧水圧試験（JFT）	
小分類	－	
概　要	ボーリング孔にパッカーとバルブが組み込まれた水位測定管を挿入・設置し、パッカーによって試験区間を設け、水位測定管に設けられたバルブを瞬間的に開放し、測定管内を上昇する水位変化と最終平衡水位を測定し、透水係数を求める。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・透水係数 ・貯留係数 ・間隙水圧	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・試験装置により、測定可能範囲が異なっており地盤の透水性に応じて試験装置を選定する必要がある。 ・一般に、均質岩盤と仮定し、透水係数を求めている 84)。 ・測定精度　水位：1 cm 29) ・適用深度：最大 1,000 m 89) ・適用孔径：φ75～100 mm（パッカーの交換によりφ140 mm まで対応可能：JFT1000 の場合） 89) ・適用範囲：透水係数 10^{-9} m/s 以上 89)	
関連項目 3	－	
文献など	29) 岩の調査と試験編集委員会編: (1989). 84) 原子力環境整備促進・資金管理センター: (2002). 88) 柳沢ほか: (1988). 89) 中野ほか: (1997).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	＋
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・得られた結果から水理構造の解釈 ・他の試験方法との結果のばらつき	

大分類	透水試験	
中分類	パルス試験	
小分類	－	
概　要	試験装置と水の弾性による体積変化量を透過水量として非定常解析によって透水係数を求める。湧水圧試験装置の水位測定管にインナーパッカーを挿入・設置し、閉鎖空間を作りインナーパッカーに内蔵された電磁バルブにより閉鎖空間内の圧力を変化させ圧力の回復過程を測定する。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・透水係数 ・比貯留係数 ・間隙水圧	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・移動水量が極めて少ないため測定結果は、ボーリング孔の極近傍の透水係数を測定している 84)。 ・一般に、均質岩盤と仮定し透水係数を求めている 84)。 ・スラグ試験と同時に行われている 90)。 ・適用深度：最大 1,000 m 89) ・適用孔径：φ75～100 mm（パッカーの交換によりφ140 mm まで対応可能：JFT1000 の場合） 89) ・適用範囲：透水係数 10^{-9}～10^{-12} m/s	
関連項目 3	－	
文献など	84) 原子力環境整備促進・資金管理センター: (2002). 89) 中野ほか: (1997). 90) Enachescu et al.: (1997).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	＋
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・得られた結果から水理構造の解釈 ・他の試験方法との結果のばらつき	

大分類	透水試験	
中分類	スラグ試験	
小分類	－	
概　要	瞬間的に水位を変化させ、その回復挙動から透水係数を求める。水位変化は、注水による方法、揚水による方法がある。 土質調査・地質調査（浅深度）で一般的に行われているオーガー法、ピエゾメーター法などがスラグ試験に含まれる。	
関連項目 1 （取得情報・データ）	・透水係数 ・貯留係数 ・間隙水圧	
関連項目 2 （調査・測定精度及び限界）	・一般に、均質岩盤と仮定し透水係数を求めている [84]。 ・深部での測定では、パルス試験と同時に行われている [90]。 ・適用深度：最大 1,000 m[89] ・適用孔径：φ75～100 mm（パッカーの交換により φ140 mm まで対応可能：JFT1000 の場合）[89] ・適用範囲：透水係数 10^{-4}～10^{-7} m/s[18),91)]	
関連項目 3	－	
文献など	18) 土質調査法改訂編集委員会編: (1995). 84) 原子力環境整備促進・資金管理センター: (2002). 89) 中野ほか: (1997). 90) Enachescu et al.: (1997). 91) 柳沢ほか: (1989).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	＋
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・得られた結果から水理構造の解釈 ・他の試験方法との結果のばらつきの程度	

大分類	透水試験	
中分類	孔間透水試験	
小分類	－	
概　要	複数のボーリング孔を利用した透水試験で、1 本の注水孔、1 本または複数の観測孔を必要とする。 測定は、注水孔で水圧を変化させ観測孔においてその圧力応答を測定し、透水性、貯留性を解析によって求める。	
関連項目 1 （取得情報・データ）	・孔間の透水係数（透水テンソル） ・透水係数分布 ・比貯留係数	
関連項目 2 （調査・測定精度及び限界）	・孔間距離が離れている場合、適用は困難である [84]。 ・調査精度は、対象領域のジオメトリーに依存する [84]。 ・適用事例は多く見られるが、未だ研究要素が多く一般化された調査技術となっていない [84]。 ・適用孔間距離：約 100 m（透水係数 1×10^{-9} m/s 程度の場合）[84]	
関連項目 3	－	
文献など	84) 原子力環境整備促進・資金管理センター: (2002).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	＋
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・得られた結果から水理構造の解釈 ・最適な孔間距離と地盤条件の関連	

大分類	透水試験	
中分類	トレーサ（希釈）試験	
小分類	－	
概　要	試験区間内のトレーサ濃度の経時変化から試験区間を通過する流量を算出し、ボーリング孔近傍のダルシー流速を求める手法である。測定は、パッカーをボーリング孔内に挿入・設置し、試験区間を設定する。試験区間内にトレーサ材を注入し、トレーサの濃度の経時変化を測定し、希釈速度を求める。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・通過流量 ・ダルシー流速	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・測定結果は、拡散・吸着の影響を受ける場合がある 84)。 ・一般に、均質岩盤と仮定し、ボーリング孔を通過する流量を求めている 84)。 ・トレーサ濃度測定のため一定時間ごとにサンプリングを行っており誤差要因となっている 84)。 ・流速が速い場合、試験区間内のトレーサ濃度を一定化するための循環機構が追随せず、適用は困難である 84)。	
関連項目 3	－	
文献など	84) 原子力環境整備促進・資金管理センター: (2002).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	＋
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・得られた結果から水理構造の解釈 ・最適な孔間距離と地盤条件の関連	

大分類	流体（地下水）検層	
中分類	共通	
小分類	－	
概　要	地下水の流動位置を把握するための調査技術であり測定する対象（電解物資の希釈量、温度変化など）の違いにより地下水検層、流向・流速測定、フローメータ検層などに区分される。	
関連項目 1（取得情報・データ）	（下記参照）	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・泥水掘削孔において泥壁が残存している場合、測定結果に影響を与える可能性がある。 ・地下水位より浅い深度での測定は、困難である。	
関連項目 3	－	
文献など	(下記参照).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	＋
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	－	

大分類	流体（地下水）検層	
中分類	地下水検層	
小分類	単一電極・懸走方式	
概　要	電解質を投入したボーリング孔内水が新たに流入する地下水によって希釈され、孔内水の電気伝導度が低下する原理を利用する。地下水流入に伴う孔内水の電気伝導度の経時変化を測定し、その変動状況により地下水の流動位置、速度を把握する調査技術である。 測定は、電解物質の投入前における孔内水の電気伝導度の測定、電解物質をボーリング孔内に投入・攪拌、地下水検層器の挿入、一定時間間隔で電気伝導度の測定の順に行う。 測定に用いられる地下水検層器は、露出型多電極方式、単一電極懸走方式の 2 種類がある。	
関連項目 1 （取得情報・データ）	・孔内水の比抵抗値 ・孔内水の流動状況 ・湧水、逸水位置（解釈結果）	
関連項目 2 （調査・測定精度及び限界）	・ゾンデを引き上げながら測定するため、孔内水の攪拌が生じ測定結果に影響が生じる可能性がある [10]。 ・測定可能深度は、一般的なツールでは 200 m 程度までであるがケーブル線長を長くすることにより深深度まで対応可能である [10]。 ・適用孔径：30 mm 以上 [10]	
関連項目 3	－	
文献など	10）関東地質調査業協会技術委員会編: (1995). 11）全国地質調査業協会連合会編: (2003).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	＋
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・比抵抗値の変化量と逸水位置の推定方法 ・孔内水の流動状況と地下水流動との関連	

大分類	流体（地下水）検層	
中分類	地下水検層	
小分類	露出型多電極方式	
概　要	電解質を投入したボーリング孔内水が新たに流入する地下水によって希釈され、孔内水の電気伝導度が低下する原理を利用する。地下水流入に伴う孔内水の電気伝導度の経時変化を測定し、その変動状況により地下水の流動位置、速度を把握する調査技術である。 測定は、電解物質の投入前における孔内水の電気伝導度の測定、電解物質をボーリング孔内に投入・攪拌、地下水検層器の挿入、一定時間間隔で電気伝道度の測定の順に行う。 測定に用いられる地下水検層器は、露出型多電極方式、単一電極懸走方式の 2 種類がある。	
関連項目 1 （取得情報・データ）	・孔内水の比抵抗値 ・孔内水の流動状況 ・湧水、逸水位置（解釈結果）	
関連項目 2 （調査・測定精度及び限界）	・測定結果は、導体の形状（水中体積）の影響を強く受ける [10]。 ・各電極で特性が異なるため測定値に互換性がなく、ばらつきが大きい [10]。 ・ステップ検層、深深度への適用は難しい。 ・ケーシング内での測定は、困難である [11]。 ・測定精度：10 Ω[10] ・電極間隔：25 cm[10] ・測定可能深度：深度 200 m 程度 [10]	
関連項目 3	－	
文献など	10）関東地質調査業協会技術委員会編: (1995). 11）全国地質調査業協会連合会編: (2003).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	＋
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・比抵抗値の変化量と逸水位置の推定方法 ・孔内水の流動状況と地下水流動との関連	

大分類	流体（地下水）検層	
中分類	フローメータ検層	
小分類	－	
概　要	孔内水位と異なる水圧をもつ水みちからは、ボーリング孔に対して地下水の流出入が発生するが、水みちでない割れ目では、このような流れが発生しない。このことを利用しボーリング孔内に生じる鉛直方向の流速を連続的に測定し、水みちを検出する調査技術である。 測定では、自然状態及び揚水（注水）状態の 2 回の測定が行われている。 地下水の流速を検知する方法は、測定器によって異なっておりヒートパルス式、超音波式、電磁流量計式、プロペラ（スピナー）式などがある。	
関連項目 1 （取得情報・データ）	・透水性割れ目分布深度・流速、流量 ・透水性割れ目の透水係数の推定	
関連項目 2 （調査・測定精度及び限界）	・孔径の変化が測定結果に大きく影響する [84]。 ・測定可能流量範囲　プロペラ式：50～2,400 ml/s[93] 超音波式：0.4～3,300 mm/s[96] 電磁式：0.6～600 ml/s[94] ヒートパルス式：0.8～133 ml/s[95]、0.1～5,000 ml/min[92] ・測定可能深度：最大 1,400 m（測定器により異なる）[92] ・適用孔径：56～120 mm（測定器により異なる）[96]	
関連項目 3	－	
文献など	84) 原子力環境整備促進・資金管理センター: (2002). 92) POSIVA: (2000). 93) Nagra: (1989). 94) 平田ほか: (1999). 95) SKB: (1991). 96) 田中: (2000).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	＋
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・得られた電気比抵抗結果からの水みちの特定にいたるまでの解釈方法 ・水理地質構造の推定までの解釈方法	

大分類	流体（地下水）検層	
中分類	流向・流速測定	
小分類	－	
概　要	ボーリング孔にパッカーを挿入・設置し、測定区間を設け、測定区間を通過する地下水の流向と流速を測定する調査技術である。 流向・流速の測定は、①孔内の水平面を地下水とともに通過する粒子に着目し、その軌跡から流向、流速を測定する固体粒子追跡法、②孔内に水溶性の物質（トレーサ材）を流し、この溶液の希釈度を測定することにより流向、流速を求める孔内希釈法、③センサーの中心部に置かれた発熱部から地下水に熱を与え、その加熱平衡量、熱の移流拡散を測定し流向、流速を求める熱量法に区分される。	
関連項目 1 （取得情報・データ）	・地下水の流向 ・地下水の流速	
関連項目 2 （調査・測定精度及び限界）	・局所的な流れを測定するため大局的な流れを見誤る可能性がある [18]。 ・測定精度流速：±10～15 %（測定器により異なる）[99] ・流向：±7.5～30°　（測定器により異なる）[99] ・適用可能孔径：66～150 mm（測定器により異なる） ・測定範囲　固体粒子測定法：10^{-5}～10^{-3} cm/s[99] ・孔内希釈法：10^{-6}～10^{-1} cm/s[99]　熱量法：10^{-4}～10^{-1} cm/s[99]	
関連項目 3	－	
文献など	18) 土質調査法改訂編集委員会編: (1995). 99) 加藤: (2003b).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	＋
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・孔内で得られた流向・流速から広域的な地下水の流向・流速の推定方法 ・透水性の低い環境下での地下水の流向・流速の推定方法	

大分類	流体（地下水）検層	
中分類	光ファイバー測定	
小分類	－	
概　要	光ファイバーケーブルの一端からパルス波形のレーザー光を入射するとレーザー光は各通過位置において微弱な散乱光を生成しながらケーブル中を伝播する。散乱光に含まれるラマン散乱光は、相対強度が非常に小さいものの温度に強く依存する特性を有している。ラマン散乱光の 2 成分であるストークス光と反ストークス光の強度比は、理論的に絶対温度の関数として表すことができる。このことを利用し、ボーリング孔内に設置した光ファイバケーブル内の各点からの後方散乱光を再度レーザー光としてとらえ、ストークス光と反ストークス光の強度を測定する。測定結果よりボーリング孔内の温度分布を推定し、水みちを検知する調査技術である。測定では、自然状態、温水（冷水）注入後の温度の経時変化を測定する。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・透水性割れ目分布深度 ・透水性割れ目の透水係数の推定（1 本挿入の場合） ・透水性割れ目の流向、流速（4 本挿入の場合）	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・基本的に孔内水位より浅い深度での測定には、適用できないが、空気の流れとして検知することが可能である。 ・ボーリング孔内全体の透水性が高く孔内水位が変化しない場合、孔内水位より間隙水圧が低い透水性割れ目は、検出できない場合がある [98]。 ・透水係数は、1×10^{-9} m/s 以上の場合、算出可能であるが透水試験結果と 1～2 桁異なる場合がある [97]。 ・測定精度　温度精度±0.1℃の場合：測定間隔：最小 25 cm [98] ・測定可能深度：2,000 m [98]	
関連項目 3	－	
文献など	96) 田中: (2000). 97) 永井ほか: (2000). 98) 永井, 武富: (2001).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	＋
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・透水割れ目の特定にいたるまでの解釈方法 ・透水性が低い環境下での透水割れ目の特定方法	

大分類	長期間隙水圧測定	
中分類	MP システム	
小分類	－	
概　要	1 本のボーリング孔に複数のパッカーを挿入・設置し、ボーリング孔内に多区間の測定区間を設ける。測定区間ごとに設けられた測定ポートまで専用のプローブを降下させ、間隙水圧測定を測定する。採水用プローブにより採水も可能である。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・間隙水圧 ・採水	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・立坑周辺などで発生する大きな圧力差に対応できない [100]。 ・MOSDAX と呼ばれる多連装の圧力測定プローブを設置することにより、同時に多区間の間隙圧力測定を行ことができる。 ・MOSDAX により取得された時系列データの処理方法が確立されていない。 ・測定精度 圧力：±0.1 %F.S. ・適応孔径　MP38 system：φ76～115 mm、 MP55 system：φ98～170 mm ・適応深度：300～1,500 m [101]	
関連項目 3	－	
文献など	100) 核燃料サイクル開発機構: (1999). 101) Schlumberger: (2004).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	＋
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・水圧、採水結果からの水理構造の解釈方法	

大分類	長期間隙水圧測定	
中分類	PIEZO システム	
小分類	－	
概　要	1 本のボーリング孔に複数のパッカーを挿入・設置し、多区間の測定区間を設ける。間隙水圧は、各測定区間に設置された圧力検知ユニットとチューブを介して孔口付近まで水柱として立ち上げ圧力センサーによって測定する。各測定区間に設けられた採水ユニットと採水用チューブを介して地表付近に設置した揚水ポンプによって採水することも可能である。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・間隙水圧 ・採水	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・測定区間の圧力を保持したままの状態で採水することは困難である [84]。 ・時系列データの解釈方法が明確化されていない [84]。 ・海外の処分事業においても、同様の測定原理を用いた測定システムが適用されている [84]。 ・測定精度：±1.5～3.0 cm H_2O [102] ・適応深度：500 m 程度（実績）[102] ・適応孔径：76～176 mm [102]	
関連項目 3	－	
文献など	84）原子力環境整備促進・資金管理センター: (2002). 102）細谷ほか: (2000).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	＋
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・得られた他区間での水圧・採水結果からの水理構造の解釈方法 ・長期計測に対する耐久性、その事例	

大分類	地下水位測定	
中分類	共通	
小分類	－	
概　要	地下水位は、地下水の賦存状況、流動状況などを把握する上で基本となる情報である。	
関連項目 1（取得情報・データ）	（下記参照）	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	（下記参照）	
関連項目 3	－	
文献など	103）根岸: (2003).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	－	

大分類	地下水位測定	
中分類	触針式	
小分類	－	
概　要	2本の電極によって、電気的に水面をとらえ、電極までの深度を測定することにより地下水位を求める。	
関連項目1（取得情報・データ）	・地下水位	
関連項目2（調査・測定精度及び限界）	・地下水位が深い場合や観測井が曲がっている場合、測定ケーブルが井戸側壁に張り付き測定困難となる場合がある[103]。 ・プーリー回転の追従速度が遅いため水位が急激に変動する井戸では、適用できない[103]。	
関連項目3	－	
文献など	103）根岸: (2003).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・触針式の種類と適用条件	

大分類	地下水位測定	
中分類	フロート式	
小分類	－	
概　要	地下水面の昇降をフロートでとらえ、フロートまでの深度を測定することにより地下水位を求める。	
関連項目1（取得情報・データ）	・地下水位	
関連項目2（調査・測定精度及び限界）	・地下水位が深い場合や観測井が曲がっている場合、フロートの深度を測定するワイヤーが井戸側壁に張り付き、測定困難となる場合がある[103]。 ・フロート、プーリー回転の追従速度が遅いため水位が急激に変動する井戸では、適用できない[103]。 ・測定精度：1 cm[103] ・適応孔径：50 mm 以上[103]	
関連項目3	－	
文献など	103）根岸: (2003).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・フロートの種類と適用条件	

大分類	地下水位測定	
中分類	水圧式	
小分類	－	
概　要	地下水中に挿入した圧力センサーにより、その深度での圧力を測定し、挿入深度と圧力から地下水位を算出する。	
関連項目 1 （取得情報・データ）	・地下水の水圧 ・地下水位	
関連項目 2 （調査・測定精度及び限界）	・測定ケーブルは、水位計測に直接関与しないため曲がった井戸においても適用可能である [103]。 ・追従速度が速いため水位が急激に変動する井戸においても適用可能である [103]。 ・測定精度：1 mm ・適応孔径：30 mm 以上	
関連項目 3	－	
文献など	103）根岸: (2003).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・気圧、潮汐などによる圧力変化などの影響因子の除去	

大分類	原位置水質分析	
中分類	－	
小分類	－	
概　要	ボーリング孔内に水質分析が可能なセンサーを搭載したプローブを挿入・設置することによって測定する。 測定可能な水質項目は、水温、Ph、酸化還元電位、電気伝導度、溶存酸素、硫化物イオン濃度である。	
関連項目 1 （取得情報・データ）	・水温 ・pH ・酸化還元電位 ・電気伝導度 ・硫化物イオン濃度	
関連項目 2 （調査・測定精度及び限界）	・原位置において測定されるため地表での測定に比べ信頼性が高いとされる [84]。 ・測定範囲 水温：0～100℃[89]、pH：0～14 [89]、 酸化還元電位：-1,000～1,000 mV[89] 電気伝導度：0～200 mS/m、0～10,000 mS/m[89] 硫化物イオン濃度：-1,000～0 mV[89] ・測定精度 水温：±0.2℃[89]、pH：±0.2[89]、酸化還元電位：±10 mV[89] 電気伝導度：±2 %F.S.[89]、硫化物イオン濃度：±10 mV[89] ・適用孔径：φ75～130 mm[89] ・適用可能深度：1,000 m[89]	
関連項目 3	－	
文献など	84）原子力環境整備促進・資金管理センター: (2002). 89）中野ほか: (1997).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・長期モニタリングでの各センサープローブの校正及び調整のメンテナンス	

大分類	原位置水質分析	
中分類	地下水採取	
小分類	ベーラー採水	
概　要	上端と下端に弁が設置された筒状の採水器をボーリング孔内に挿入・投下し、地下水を採水する方法である。採水器の弁は、孔内降下中に開放し採水器内を孔内水が通過し引揚時には水圧により閉じられ所定深度の水を採取可能な機構となっている。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・大気圧開放された地下水試料	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・孔内水を採取するため、所定深度の地下水を代表する試料であるか問題がある [84]。 ・採取された試料を用いた溶存ガス成分の分析は、困難である。 ・適用孔径：30 mm 以上 [58]	
関連項目 3	－	
文献など	58) 吉岡: (2003). 84) 原子力環境整備促進・資金管理センター: (2002). 89) 中野ほか: (1997).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・採取した地下水の水質と地下水を代表する試料との水質の誤差	

大分類	原位置水質分析	
中分類	地下水採取	
小分類	パッカー式採水	
概　要	ボーリング孔内にパッカーを挿入・設置し、遮へい空間を設ける。この遮蔽空間内の孔内水及び周辺地盤から孔内に流入する地下水を揚水ポンプによってくみ上げ採取する。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・大気圧開放された地下水試料	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・孔内水が、周辺地盤の地下水に置換したことを確認した後、採水することが可能である。 ・孔内水が周辺地盤の地下水に置換するまでの揚水量は、パッカーにより設けられた遮蔽空間の体積の約 3 倍である。 ・採取された試料を用いた溶存ガス成分の分析は、困難である [84]。 ・低透水性地層からの採水には、長期間の揚水が必要となり時間的な制約から困難と考えられる [84]。	
関連項目 3	－	
文献など	58) 吉岡: (2003). 84) 原子力環境整備促進・資金管理センター: (2002). 89) 中野ほか: (1997).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・採取した水が所定の深度の代表的な地下水であるかどうかの判定方法	

大分類	原位置水質分析	
中分類	地下水採取	
小分類	封圧採水	
概　要	ボーリング孔内にパッカーを挿入・設置し、遮蔽空間を設ける。 この遮蔽空間内の孔内水を揚水ポンプでくみ上げた後、間隙水圧の回復後、原位置の圧力状態を保持した水試料を回収する。	
関連項目 1 （取得情報・データ）	・原位置圧力を保持した地下水試料	
関連項目 2 （調査・測定精度及び限界）	・孔内水が周辺地盤の地下水に置換したことを確認した後、採水することが可能である。 ・孔内水が周辺地盤の地下水に置換するまでの揚水量は、パッカーにより設けられた遮蔽空間の体積の約 3 倍である。 ・低透水性地層からの採水には、長期間の揚水が必要となり、時間的な制約から困難と考えられる [84]。 ・適用孔径：φ75～130 mm[89] ・適用可能深度：1,000 m[89]	
関連項目 3	－	
文献など	58) 吉岡: (2003). 84) 原子力環境整備促進・資金管理センター: (2002). 89) 中野ほか: (1997).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・低透水性地層での事例	

大分類	原位置水質分析	
中分類	地下水採取	
小分類	コア間隙水抽出	
概　要	ボーリング孔から回収されたコア中の間隙水をコアの粉砕、遠心分離などによって抽出し地下水試料とする方法である。	
関連項目 1 （取得情報・データ）	・岩石間隙中の地下水試料	
関連項目 2 （調査・測定精度及び限界）	・パッカー式採水で地下水試料を得ることが難しい低透水性の地層から地下水試料を採取することが可能である [84]。 ・掘削水の影響範囲を取り除く必要がある [84]。	
関連項目 3	－	
文献など	58) 吉岡: (2003). 84) 原子力環境整備促進・資金管理センター: (2002). 89) 中野ほか: (1997).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・コア採取から間隙水抽出までの保管方法	

大分類	室内試験・測定	
中分類	比重試験	
小分類	真比重測定	
概　要	岩石の比重は、試料の質量と同体積の純粋な水の質量との比で表される。岩石試料が均質で間隙が無い理想的な状態であれば岩石の真の比重（真比重）を得ることができる。岩石には多くの間隙が存在しているため実質部の体積を求めることが困難であり、岩石における見掛けの体積から比重（見掛け比重）を算出する。 見かけ比重の測定では、岩石の空中重量と水中重量から見掛けの体積を求める方法が一般的で、含水状態の異なる状態（自然、強制湿潤、強制乾燥）で体積を求める。真比重の測定では、土粒子の比重を求める場合と同様に岩石を粉砕し、比重瓶に入れ静かに煮沸した後、真の体積を求める方法が用いられる。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・比重	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・一般に土粒子に適用され、岩石には適用されていない[24]。 ・岩石は必ずしも均質ではなく試料によっては比重の値にばらつきがみられるため、同一試料について 3 個以上の試験を実施することが望ましい[29]。	
関連項目 3（調査規格・規準）	土木学会 軟岩の調査・試験の指針（案）	
文献など	24) 地盤調査ハンドブック編集委員会編: (1995). 29) 岩の調査と試験編集委員会編: (1989).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・測定精度のばらつきその対処方法	

大分類	室内試験・測定	
中分類	比重試験	
小分類	見掛比重測定	
概　要	岩石の比重は、試料の質量と同体積の純粋な水の質量との比で表される。岩石試料が均質で間隙が無い理想的な状態であれば岩石の真の比重（真比重）を得ることができる。岩石には多くの間隙が存在しているため実質部の体積を求めることが困難であり、岩石における見掛けの体積から比重（見掛け比重）を算出する。 見かけ比重の測定では、岩石の空中重量と水中重量から見掛けの体積を求める方法が一般的で、含水状態の異なる状態（自然、強制湿潤、強制乾燥）で体積を求める。真比重の測定では、土粒子の比重を求める場合と同様に岩石を粉砕し、比重瓶に入れ静かに煮沸した後、真の体積を求める方法が用いられる。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・比重（自然状態、強制湿潤状態、強制乾燥状態）	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・岩石は必ずしも均質ではなく試料によっては比重の値にばらつきがみられるため、同一試料について 3 個以上の試験を実施することが望ましい[29]。 ・測定過程において体積の変化、水に溶解する試料の測定は困難である[29]。	
関連項目 3（調査規格・規準）	ISRM 指針	
文献など	24) 地盤調査ハンドブック編集委員会編: (1995). 29) 岩の調査と試験編集委員会編: (1989).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・測定精度のばらつき	

大分類	室内試験・測定	
中分類	密度試験	
小分類	－	
概　要	試料の質量と体積を測定することにより算出する。体積の測定においては、岩石の硬さ、間隙の程度、水に対する性質などによって測定方法が異なる。 浮力法は、任意形状の試料を用い強制湿潤状態の試料の空中質量と水中質量の差から求める方法である。 ノギス法は、整形した試料を用いノギスにより試料の寸法を測定し体積を算出する方法である。 水銀置換法は、試料を水銀中に入れ置換（排出）した水銀の量から試料の体積を算定する方法である。表面塗布法は、含水状態により体積変化を生じる試料に対して適用され、表面にパラフィンなどを塗布し水の置換（排出）量から体積を算定する方法である。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・密度（自然状態、強制湿潤状態、強制乾燥状態）	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・体積の測定方法により浮力法、ノギス法、水銀置換法、表面塗布法があり試料の状態により手法を選択する必要がある [29]。 ・測定過程において体積変化を生じない試料については 3 状態（自然、強制湿潤、強制乾燥）について測定するが、体積変化を生じる試料については自然状態しか測定できない [29]。 ・秤量計の感度：1/100 g[6] ・ノギス法の測定精度：0.05 mm[29]	
関連項目 3	－	
文献など	6) 全地連積算(調査編担当)委員会編: (2003). 29) 岩の調査と試験編集委員会編: (1989).	
識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・測定精度のばらつきその対処方法	

大分類	室内試験・測定	
中分類	吸水率試験	
小分類	－	
概　要	吸水率は、対象となる岩石試料の間隙に水がどの程度浸透するかを示すもので、試料の強制乾燥状態及び強制湿潤状態の測定質量から求められる（比重試験の見かけ比重測定または密度試験と同一の試験方法である）。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・吸水率	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・岩石は必ずしも均質ではなく試料によってばらつきがみられるため同一試料について 3 個以上の試験を実施することが望ましい [29]。	
関連項目 3	－	
文献など	29) 岩の調査と試験編集委員会編: (1989).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・測定精度のばらつきその対処方法	

大分類	室内試験・測定	
中分類	含水量（比）試験	
小分類	－	
概　要	含水量は、自然状態すなわち原位置と同じ条件下での試料中に存在する水分の量を示すもので、試料の自然状態及び強制乾燥状態の測定質量から求められる（比重試験の見かけ比重測定または密度試験と同一の試験方法である）。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・自然状態における含水量	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・岩石は必ずしも均質ではなく試料によってばらつきがみられるため同一試料について 3 個以上の試験を実施することが望ましい[29]。	
関連項目 3	－	
文献など	29) 岩の調査と試験編集委員会編: (1989).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・測定精度のばらつきその対処方法	

大分類	室内試験・測定	
中分類	有効間隙率試験	
小分類	－	
概　要	試料中に存在する間隙が試料全体の体積に占める割合を間隙率という。試料内部の間隙には空気や水が流通し得ない部分があるため、試験上すべての間隙の体積を知ることは難しい。試料外部と通じている間隙だけを考えることとし、これを有効間隙率という。有効間隙率は、強制乾燥状態、強制湿潤状態の空中質量及び強制湿潤状態の水中重量から算出される。また、試料の体積を直接求めることによって算出することもできる（比重試験の見かけ比重測定または密度試験と同一の試験方法である）。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・有効間隙率	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・試験条件（最高・最低温度、冷却・加熱速度、供試体の数）により試験結果が異なることがある[29]。 ・物性値の低下率のみからでは、凍結融解の抵抗性の判断を誤る恐れがあるため崩壊の仕方についても観察しておく必要がある[29]。 ・凍結融解の抵抗性の判定基準とする物性値は、異なる性質のものを組み合わせておくことが望まれる[29]。	
関連項目 3	－	
文献など	29) 岩の調査と試験編集委員会編: (1989).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	測定精度のばらつきその対処方法	

大分類	室内試験・測定	
中分類	超音波速度測定	
小分類	－	
概　要	超音波速度試験は、岩石の動的な特性を把握するために超音波を用いて弾性波速度を決定することを目的としている。測定方法には、超音波パルスが試料内部を伝播する速度を直接測定する透過法と境界面での反射パルスを測定する反射法がある。通常は前者の方法が用いられている。測定には、円柱（直径：2～6 cm、高さ：直径の 1～2.5 倍）または、直方体（一辺：2～5 cm、高さ：一辺の長さの 1～2 倍）に整形された供試体（自然状態）を用いる。速度測定には、透過式超音波速度測定装置が用いられ超音波パルスの繰り返し信号を発振子を介して供試体に与え、この超音波が受振子に到達する時間を測定する。P 波及び S 波速度の測定には、それぞれ専用の振動子が用いられる。測定においては、同一供試体に対し発振と受振の位置を正逆 2 通りに入れ替え、両者の測定値が 5 %以上相違する場合には再度測定する。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・弾性波速度（Vp、Vs） ・動弾性係数（動ポアソン比、動せん断性係数、動弾性係数）	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・岩石の弾性波速度は、拘束応力、含水状態などにより影響されるため測定に際しては、試験の目的、原位置での賦存条件を考慮した測定条件を設定する必要がある [29]。 ・測定された結果は岩石の弾性波速度であり、岩盤の弾性波速度との比較に際しては留意する必要がある [24]。 ・亀裂の多い軟岩、崩れやすい軟岩では測定が困難な場合がある [31]。 ・同一供試体に対して発振と受振の位置を正逆 2 通り入れ替えて測定を行い、測定値の相違が 5 %以下となるまで再測定する [29]。 ・供試体の高さの測定精度：0.05 mm 以下 [6] ・超音波到達時間の読取精度：0.1 μs 程度 [6),29]	
関連項目 3（調査規格・規準）	土木学会 軟岩の調査･試験の指針（案）　地盤工学会 JGS 2110-1998 日本鉄道建設公団 地質調査標準示方書　ISRM 指針など	
文献など	6) 全地連積算(調査編担当)委員会編: (2003). 24) 地盤調査ハンドブック編集委員会編: (1995). 29) 岩の調査と試験編集委員会編: (1989). 31) 土木学会岩盤力学委員会編: (1991).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・測定に最適な試料サイズと岩種	

大分類	室内試験・測定	
中分類	浸水崩壊試験	
小分類	－	
概　要	浸水崩壊度試験は、水浸による試料の形態変化からその試料が有する結合の程度（崩壊のしやすさ）を定性的に把握することを目的とする。 試験には、同一地点、同一岩種の試料を 3 個用い供試体を乾燥させた後、大気圧下で水浸し、その形態変化を観察する	
関連項目 1（取得情報・データ）	・スレーキング指数（岩石の結合の程度）	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・供試体の採取方法や保存状態、乾燥温度や乾燥の速さにより、崩壊の程度に変化が生じる [29]。	
関連項目 3（調査規格・規準）	日本鉄道建設公団 地質調査標準示方書など	
文献など	29) 岩の調査と試験編集委員会編: (1989).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・スレーキングのメカニズム	

大分類	室内試験・測定	
中分類	スレーキング試験	
小分類	－	
概　要	スレーキング試験では、試料の炉乾燥による乾燥化と水浸による飽和化を多数回繰り返すことにより急激に固結力を失い組織が破壊される現象（スレーキング）の特性を調べる。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・吸水量増加率 ・スレーキング指数　※試験方法により異なる ・耐スレーキング指数	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・スレーキング現象は、試験条件の与え方によりその現れ方が大きく異なってくる物理的・化学的現象であるため、原位置の条件に見合った試験方法でなければならない点に難しさがあり、試験方法が統一されていない[29]。 ・スレーキング現象の発生・進行のメカニズムについて統一した見解が得られていない[29]。	
関連項目 3（調査規格・規準）	道路公団 JHS 111-2001、IRMS 指針 土木学会 軟岩の調査･試験の指針（案）など	
文献など	29) 岩の調査と試験編集委員会編: (1989).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・スレーキングのメカニズム	

大分類	室内試験・測定	
中分類	吸水膨張試験	
小分類	－	
概　要	試料が吸水することによって生じる体積変化を供試体の形状・寸法の変化を測定することにより膨張率を求める。 測定方法には、円周方向を拘束した方法と非拘束状態で測定する方法がある。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・吸水膨張率	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・応力条件や拘束条件とともに、供試体の初期含水比の状態や水質、温度などの条件により試験結果に非常に大きな違いが生じる[29]。 ・軸方向の伸びを測定するため層理方向などの測定条件により結果に差が生じることがある[24]。	
関連項目 3（調査規格・規準）	土木学会 軟岩の調査･試験の指針（案） 地盤工学会 JGS 2121-1998、ISRM 指針など	
文献など	24) 地盤調査ハンドブック編集委員会編: (1995). 29) 岩の調査と試験編集委員会編: (1989).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・試験に適した水質・温度環境	

大分類	室内試験・測定	
中分類	膨張圧試験	
小分類	－	
概　要	膨潤とは、有効間隙率が水で満たされても実質部分を構成する鉱物が水を取り込み大きな体積変化を生じる現象であるが、膨潤圧試験は、体積変化を生じさせないでそのときに発生する圧力を測定する。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・膨潤圧	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・試料の採取方法や保管方法、供試体の整形状況などの初期状態が試験結果に大きく影響する [29]。 ・供試体をセットする容器の剛性、試験中の温度や湿度の変化も試験結果に影響する [29]。	
関連項目 3（調査規格・規準）	土木学会 軟岩の調査･試験の指針（案） ISRM 指針	
文献など	29) 岩の調査と試験編集委員会編: (1989).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・試験に適した水質・温度環境	

大分類	室内試験・測定	
中分類	凍結融解試験	
小分類	－	
概　要	凍結融解試験は、物理的風化作用の一つである凍結融解作用（凍結破砕作用）に対する試料の抵抗性を求める試験である冷却・加熱が自動制御可能な試験槽に試料を入れ、ある一定周期で冷却、加熱し、任意のサイクルにおいて密度・吸水率・間隙率・弾性波速度などの物性値を測定する。物性値の経時変化から凍結融解作用による抵抗性を評価する。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・凍結融解による岩石の劣化状況 ・凍結融解の抵抗性	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・試験条件（最高・最低温度、冷却・加熱速度、供試体の数）により試験結果が異なることがある [29]。 ・物性値の低下率のみからでは、凍結融解の抵抗性の判断を誤る恐れがあるため、崩壊の仕方についても観察しておく必要がある [29]。 ・凍結融解の抵抗性の判定基準とする物性値は、異なる性質のものを組み合わせておくことが望まれる [29]。	
関連項目 3（調査規格・規準）	土木学会 ASTM	
文献など	29) 岩の調査と試験編集委員会編: (1989).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・冷却速度と劣化状況及び比抵抗性の関連	

大分類	室内試験・測定	
中分類	室内透水試験	
小分類	定水位	
概　要	定水位法は、一定の断面積と長さをもつ円筒状の供試体の中を一定の水位差の下で一定時間内に浸透する水量を測定し透水係数を求める。	
関連項目 1 （取得情報・データ）	・透水係数	
関連項目 2 （調査・測定精度及び限界）	・測定時間が長い場合、流出水の蒸発の問題などにより測定精度が低くなる [30]。 ・三軸試験装置を用いた拘束圧下での試験には適用されていない。 ・測定精度は、水の流出量の測定方法に依存する。 ・測定範囲：透水係数 10^{-5}〜10^{-3} m/s[30),32)]	
関連項目 3 （調査規格・規準）	JIS A 1218:1998 地盤工学会 JGS 0311-2000	
文献など	24) 地盤調査ハンドブック編集委員会編: (1995). 29) 岩の調査と試験編集委員会編: (1989). 30) 改訂地下水ハンドブック編集委員会編: (1998). 32) 砂川: (2003).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	＋
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・測定時間や試料のサイズなどの諸条件と測定精度のばらつき ・得られた結果における亀裂の影響の解釈	

大分類	室内試験・測定	
中分類	室内透水試験	
小分類	共通	
概　要	Darcy（ダルシー）の法則に基づき飽和状態における透水係数を求めることを目的としている。試験方法には、定水位法、変水位法、トランジェント・パルス法の 3 種類があり、それぞれ測定可能な透水係数が異なる。	
関連項目 1 （取得情報・データ）	・透水係数	
関連項目 2 （調査・測定精度及び限界）	・非常に微細な割れ目をもつ岩石試料は、評価可能であるが、大きな割れ目については評価できない [29)]。 ・供試体の断面に直交方向の透水係数しか測定できないため、水理学的異方性を有する試料については、直交する 2 方向の試料により試験を行うことが望ましい [24)]。	
関連項目 3 （調査規格・規準）	（下記参照）	
文献など	24) 地盤調査ハンドブック編集委員会編: (1995). 29) 岩の調査と試験編集委員会編: (1989). 30) 改訂地下水ハンドブック編集委員会編: (1998). 32) 砂川: (2003).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	＋
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	－	

大分類	室内試験・測定	
中分類	室内透水試験	
小分類	変水位	
概　要	変水位法は、一定の断面積と長さをもつ円筒状の供試体の中をある初期状態の水位差として浸透して降下した水位差の差とその経過した時間を測定し透水係数を求める。 原位置における地圧条件を再現できるように三軸試験装置を用いることも可能である。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・透水係数	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・三軸試験装置を用いた拘束圧下での試験にも適用されている [24),29)]。 ・測定精度は、水の流入量の測定精度に依存する。 ・測定範囲：透水係数 10^{-9}〜10^{-5} m/s（一般的な装置）[30),32)] 透水係数 10^{-11}〜10^{-9} m/s（特殊な装置）[30)]	
関連項目 3（調査規格・規準）	JIS A 1218:1998 地盤工学会 JGS 0311-2000	
文献など	24) 地盤調査ハンドブック編集委員会編: (1995). 29) 岩の調査と試験編集委員会編: (1989). 30) 改訂地下水ハンドブック編集委員会編: (1998). 32) 砂川: (2003).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	＋
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・透水係数に応じたスタンドパイプの適用例 ・測定適用可能な岩種と風化の程度の実例	

大分類	室内試験・測定	
中分類	室内透水試験	
小分類	トランジェント・パルス法	
概　要	トランジェント・パルス法は、一定の断面と長さをもつ供試体の中をある圧力差（水位差）を初期状態として浸透する時の圧力差の減衰比率とその経過時間を測定し透水係数を求める。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・透水係数	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・拘束圧及び間隙水圧を再現した試験が実施可能であり、ある程度の封圧、間隙水圧を負荷する必要がある（封圧：0.3 MPa 未満、間隙水圧：0.2 MPa 未満の条件には向かない）。 ・測定範囲：透水係数 10^{-14}〜10^{-8} m/s	
関連項目 3（調査規格・規準）	JIS A 1218:1998 地盤工学会 JGS 0311-2000	
文献など	24) 地盤調査ハンドブック編集委員会編: (1995). 29) 岩の調査と試験編集委員会編: (1989).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	＋
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・岩石の透水係数と最も適した動水勾配の実例 ・減衰曲線から勾配求める決定方法	

大分類	室内試験・測定
中分類	比熱測定（混合法）
小分類	－
概　要	比熱容量は、混合法により直接求める方法とフラッシュ法などで熱容量を求め、密度を用いて計算する方法がある。一般的には混合法による測定が行われている。 混合法では、ある温度に加熱した試料を比熱既知の液体を入れた熱量計に投入し、液体の初期温度と試料投入後、熱平衡に達した温度を測定し、その温度差から比熱容量を求める。
関連項目 1（取得情報・データ）	比熱容量
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・混合法で求めるのが一般的であるが、岩石では、比熱容量を測定することはあまりない [24),29)]。 ・測定原理上、試料を加熱するため強制乾燥状態における比熱容量が求められる [33)]。 ・同一試料において、熱伝導率、熱拡散率、比熱容量をそれぞれ測定することにより計算式から結果の妥当性を検討することができる [29)]。
関連項目 3（調査規格・規準）	JIS A 1218:1998 地盤工学会 JGS 0311-2000
文献など	24) 地盤調査ハンドブック編集委員会編: (1995). 29) 岩の調査と試験編集委員会編: (1989). 33) 伊藤: (1982).
知識レベル	専門書により取得できるレベル：＋ 経験者へのヒアリングで取得できるレベル：－ 高度な技術者のノウハウに属するレベル：－
より深い知識	・試験の加熱速度と精度との関連

大分類	室内試験・測定
中分類	トレーサ試験
小分類	－
概　要	室内トレーサ試験は、岩石基質中や亀裂中の物質移行パラメータの取得を目的としている。コア試料もしくはブロック試料を用いて実施される。試験は、試料の一端からトレーサを注入し、他端から流出するトレーサ濃度の変化（濃度破過曲線）を測定する。測定結果は、理論解とのフィッティングにより物質移行パラメータを求める。トレーサには、非収着性のウラニン（蛍光染料）、トリチウム、He、Br などや収着性の放射性同位体である Na、Sr、Ba、Rb、Cs などが用いられる。
関連項目 1（取得情報・データ）	（非収着トレーサ） ・移流に係わる岩石基質や亀裂内の実流速 ・分散に係わる分散長（分散係数） （収着トレーサ） ・鉱物表面及び亀裂表面への分配係数（遅延係数） （理論解） ・マトリックス拡散寄与面積　・マトリックス拡散深さ　・実効拡散係数
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・室内トレーサ試験では、数分～数時間のトレーサの挙動を対象とするため拡散係数が小さい岩石では、マトリックス拡散の影響を評価することが困難であり測定されたパラメータ値の信頼性が低くなる [84)]。 ・試験に供する試料の大きさ（コアまたはブロック）が限られるため巨視的なパラメータの取得は困難である [55),84)]。 ・断層破砕帯などの低強度の岩盤は擾乱しない試料を採取することが難しいため、これらを対象とした室内トレーサ試験は困難である [84)]。
関連項目 3（調査規格・規準）	JIS A 1218:1998 地盤工学会 JGS 0311-2000
文献など	55) 吉野ほか: (2003). 84) 原子力環境整備促進・資金管理センター: (2002).
知識レベル	専門書により取得できるレベル：＋ 経験者へのヒアリングで取得できるレベル：－ 高度な技術者のノウハウに属するレベル：－
より深い知識	・花崗岩類などの拡散係数が小さい岩石でのマトリクス拡散の影響評価方法 ・室内トレーサ試験から得られた結果から広範囲のエリアへの適用例

大分類	三軸圧縮試験	
中分類	共通	
小分類	－	
概　要	円柱に整形した供試体を用いて、拘束圧下において軸方向に圧力を加えて圧縮強度、変形特性を求める力学試験である。三軸圧縮試験で再現できる応力条件は、①など方圧縮条件（$\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma_3$）、②三軸圧縮条件（$\sigma_1 > \sigma_2 = \sigma_3$）、③三軸伸張条件（$\sigma_1 = \sigma_2 > \sigma_3$）の３種類である。	
関連項目１ （取得情報・データ）	・せん断強度 ・内部摩擦角 ・粘着力	
関連項目２ （調査・測定精度及び限界）	・拘束圧、荷重強度、温度などの外的条件並びに供試体の含水状態、寸法などにより変形挙動が変化する[29]。	
関連項目３		
文献など	6) 全地連積算(調査編担当)委員会編: (2003). 29) 岩の調査と試験編集委員会編: (1989). 31) 土木学会岩盤力学委員会編: (1991).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	－	

大分類	室内力学試験	
中分類	一軸圧縮試験	
小分類	－	
概　要	円柱や角柱に整形した供試体を用いて非拘束状態において、軸方向にのみ圧力を加え、圧縮強度を求める力学試験である。供試体の変形量やひずみを測定することにより、弾性係数、ポアソン比などの力学的性質を求めることができる。	
関連項目１ （取得情報・データ）	・一軸圧縮強度 ・静弾性係数 ・静ポアソン比	
関連項目２ （調査・測定精度及び限界）	・供試体の形状、寸法、含水率の違いが試験結果に影響する[29]。 ・試験結果は、荷重速度の影響を受ける[29]。 ・測定精度、軸荷重：最大荷重の１%以下[31] 軸方向変位：供試体の高さの 0.1 %以下[31]	
関連項目３ （調査規格・規準）	（未固結堆積物） JIS A 1216:1998 地盤工学会 JGS 0511-2000 （岩石） JIS M0302:2000 地盤工学会 JGS 2521-2000 土木学会 軟岩の調査･試験の指針（案）など	
文献など	6) 全地連積算(調査編担当)委員会編: (2003). 29) 岩の調査と試験編集委員会編: (1989). 31) 土木学会岩盤力学委員会編: (1991).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・最適な加重速度と岩種との関連 ・寸法効果と岩種との関連	

大分類	三軸圧縮試験	
中分類	圧密非排水試験（CU）	
小分類	－	
概　要	圧密終了後､圧密応力と同じ側圧のもと非排水状態で軸方向に圧縮する試験方法である。	
関連項目 1 （取得情報・データ）	・せん断強度 ・内部摩擦角 ・粘着力	
関連項目 2	・試験結果は、圧密させた時に期待される強度の見積もりに適用される[6]。 ・測定精度 軸荷重：最大荷重の 1 %以下[31] 軸方向変位：供試体の高さ 0.1 %以下[31] 体積変化：0.1 ml 以下[31]	
関連項目 3 （調査規格・規準）	（未固結堆積物） 地盤工学会 JGS 0522-2000（岩石） 土木学会 軟岩の調査･試験の指針（案）など	
文献など	6) 全地連積算(調査編担当)委員会編: (2003). 29) 岩の調査と試験編集委員会編: (1989). 31) 土木学会岩盤力学委員会編: (1991).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・最適な荷重速度と岩種との関連 ・最適な側圧条件と岩種との関連	

大分類	三軸圧縮試験	
中分類	非圧密非排水試験（UU）	
小分類	－	
概　要	全試験過程を通して非排水状態で行う試験方法である	
関連項目 1 （取得情報・データ）	・せん断強度 ・内部摩擦角 ・粘着力	
関連項目 2 （調査・測定精度及び限界）	・試験結果は、施工中の短期安定問題に適用される[6),31)]。 ・測定精度 軸荷重：最大荷重の 1 %以下[31)] 軸方向変位：供試体の高さ 0.1 %以下[31)] 体積変化：0.1 ml 以下[31)]	
関連項目 3 （調査規格・規準）	（未固結堆積物） 地盤工学会 JGS 0521-2000 （岩石） 土木学会 軟岩の調査･試験の指針（案）など	
文献など	6) 全地連積算(調査編担当)委員会編: (2003). 29) 岩の調査と試験編集委員会編: (1989). 31) 土木学会岩盤力学委員会編: (1991).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・最適な荷重速度と岩種との関連 ・最適な側圧条件と岩種との関連	

大分類	三軸圧縮試験	
中分類	間隙水圧の測定を行圧密非排水試験（CU－）	
小分類	－	
概　要	圧密終了後､圧密応力と同じ側圧のもと非排水状態で軸方向に圧縮する試験方法である｡軸方向の圧縮を行う際に間隙水圧を測定することにより試験中の有効応力の変化を把握する。	
関連項目 1 （取得情報・データ）	・せん断強度 ・内部摩擦角 ・粘着力	
関連項目 2 （調査・測定精度及び限界）	・試験結果は、常時受けている荷重以外に地震力などの新たな荷重が作用する場合の短期安定問題に適用される [6),31)]。 ・試験結果を有効応力で解析することにより、粘性土、泥質軟岩を対象とした圧密排水試験（CD）の代用として用いられる [6),31)]。 ・測定精度軸荷重：最大荷重の 1 %以下 [31)]　軸方向変位：供試体の高さ 0.1 %以下 [31)]　体積変化：0.1 ml 以下 [31)]	
関連項目 3 （調査規格・規準）	（未固結堆積物） 地盤工学会 JGS 0523-2000 （岩石） 土木学会 軟岩の調査･試験の指針（案）など	
文献など	6）全地連積算(調査編担当)委員会編: (2003). 29）岩の調査と試験編集委員会編: (1989). 31）土木学会岩盤力学委員会編: (1991).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・最適なひずみ速度と間隙水圧との関連 ・最適な側圧条件と岩種との関連	

大分類	三軸圧縮試験	
中分類	圧密排水試験（CD）	
小分類	－	
概　要	圧密過程及び軸方向圧縮過程を通して排水状態で行う試験方法である｡圧縮中に間隙水圧が発生しないように試験を行う。	
関連項目 1 （取得情報・データ）	・せん断強度 ・内部摩擦角 ・粘着力	
関連項目 2 （調査・測定精度及び限界）	・試験結果は、長期安定問題に適用される [6),31)]。 ・粘性土や泥質軟岩の場合、試験中に間隙水圧が発生しないようにするため、ひずみ速度を小さくする必要がある。そのため試験に要する時間が長くなり実用的でない [6),31)]。 ・測定精度 軸荷重：最大荷重の 1 %以下 [31)] 軸方向変位：供試体の高さ 0.1 %以下 [31)] 体積変化：0.1 ml 以下 [31)]	
関連項目 3 （調査規格・規準）	（未固結堆積物） 地盤工学会 JGS 0524-2000 （岩石） 土木学会 軟岩の調査･試験の指針（案）など	
文献など	6）全地連積算(調査編担当)委員会編: (2003). 29）岩の調査と試験編集委員会編: (1989). 31）土木学会岩盤力学委員会編: (1991).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・最適なひずみ速度と間隙水圧との関連 ・最適な側圧条件と岩種との関連	

大分類	化学分析（水試料を除く）	
中分類	湿式分析	
小分類	－	
概　要	粉砕後の試料を酸で溶解し溶液にしたものを用いて成分分析を行う。沈殿反応を利用して沈殿を作り、その質量を計測し、化学組成を求める重量分析と一定体積中の物質と反応する物質量を滴定によって測定する容量分析がある。	
関連項目 1（取得情報・データ）	主要成分成分元素（Si、Fe_2O_3、FeO、H_2O^+、H_2O^-など） ・微量元素	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・1970 年代前半までは、岩石の成分分析の中心であったが、簡便で迅速な機器分析の進展・普及により現在は中心的な手法ではない [36]。 ・分析には、かなりの熟練と労力・時間が必要である [36]。 ・分析試料：酸分解による試料溶液 ・分析対象：全岩	
関連項目 3（調査規格・規準）	地質調査所化学分析法	
文献など	8) 加藤, 脇田編: (2001). 36) 廣井: (2002).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・分析精度と処理方法の関連	

大分類	化学分析（水試料を除く）	
中分類	吸光光度法	
小分類	－	
概　要	試料溶液の色の濃さまたは色調を標準物質と比較する（比色法）、もしくは特定波長の光の吸収の程度を測定し濃度を求める。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・主要成分成分元素 ・微量元素	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・湿式分析（重量分析、容量分析）に比べ感度が高く、1 %～1 ppm の濃度範囲の化学種の定量に適用されている [8]。 ・分析試料：酸分解による試料溶液 ・分析対象：全岩	
関連項目 3（調査規格・規準）	JIS K 0115:1992	
文献など	8) 加藤, 脇田編: (2001). 36) 廣井: (2002).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・分析精度と処理方法の関連	

大分類	化学分析（水試料を除く）	
中分類	蛍光 X 線分析法	
小分類	－	
概　要	物質に短波長の X 線を照射すると物質中の元素に応じて固有のいくつかの波長を持った特性 X 線（蛍光 X 線）が発生する。この蛍光 X 線の波長を検出することにより試料中の元素を特定する定性分析が行われる。また、蛍光 X 線の強度を測定することにより試料中の元素の定量分析が行われる。検出器の違いにより波長分散型（WDS）、エネルギー分散型（EDS）に区分される。主要成分分析には、ホウ酸リチウムを融剤とするガラスビード試料が用いられ微量成分分析には、粉末試料を加圧整形したペレット試料が用いられる。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・主要成分成分元素 ・微量元素	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・岩石の主要成分元素、微量元素の定量分析方法として広く普及している [8),36)]。 ・軽元素の検出感度が低く、軽元素の分析には向いていない [36)]。 ・化学的性質が互いによく似た希土類元素、白金族元素の分析に有用である [36)]。 ・試料面の凹凸が試験結果に影響する [36)] ・分析濃度範囲：ppm～100 % ・分析試料：ガラスビード、粉体加圧成型試料 ・分析対象：全岩、火山灰など	
関連項目 3（調査規格・規準）	JIS K 0119:1997 JIS M 8205:2000	
文献など	8）加藤，脇田編:（2001）. 36）廣井:（2002）. 41）松田:（2002）.	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・分析精度と処理方法の関連	

大分類	化学分析（水試料を除く）	
中分類	ICP（誘導結合プラズマ）発光分析法	
小分類	－	
概　要	高周波電流をかけたコイル中にアルゴンガスを流すことにより生成する高温（5,000 ℃以上）のプラズマ（誘導結合プラズマ）の中で、元素やイオンは強く加熱され、各元素に特有な光で発光する。この光の強度を測定し、分析する。試料は、酸で分解し、溶液にしたものを用いる	
関連項目 1（取得情報・データ）	・主要成分成分元素 ・微量元素	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・分光干渉を避けるため、高分解能の分光器の採用、または分析元素の線スペクトルのうち干渉の少ないものを選択する必要がある [8)]。 ・分析感度：ppm～ppb レベル [36)]　原子吸光法と同程度 [8)] ・分析濃度範囲：ppb～% [8)] ・分析試料：酸分解、アルカリ融解による試料溶液、固体試料 ・分析対象：全岩、鉱物、火山灰、流体包有物など	
関連項目 3	－	
文献など	8）加藤，脇田編:（2001）. 36）廣井:（2002）. 49）日本第四紀学会編:（1993）.	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・分析精度と処理方法の関連	

大分類	化学分析（水試料を除く）	
中分類	原子吸光法	
小分類	－	
概　要	試料を適切な方法で解離して蒸気状態の原子にした場合、原子にある一定の波長の光を当てるとその光は原子によって吸収される。吸収される光の波長は、各原子に特有である。この原理を利用して、各原子に特有な波長の光の吸収量を測定し、試料中の元素の濃度を求める。 試料の原子化方法には、試料溶液をバーナーによりフレーム中に噴霧するフレーム方式と固体・液体試料を電気加熱炉によって急激に過熱する電気加熱方式（フレームレス方式）がある。	
関連項目 1 （取得情報・データ）	主要成分成分元素 ・微量・元素	
関連項目 2 （調査・測定精度及び限界）	・多くの成分について低濃度の検出が可能である [8]。 ・試料調整時に、共存成分による干渉を抑制、除去する必要がある [8]。 ・測定元素により異なる光源が必要となる [36]。 ・測定対象元素数：約 80 種類 [40] ・測定感度：10 pg～1 ng [40] ・分析試料：酸分解、アルカリ融解による試料溶液、固体試料 ・分析対象：全岩化学組成、火山灰、流体包有物組成など	
関連項目 3 （調査規格・規準）	JIS K 0121:1993	
文献など	8）加藤, 脇田編, (2001). 36）廣井, (2002). 40）中村, (2002a).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・分析精度と処理方法の関連	

大分類	化学分析（水試料を除く）	
中分類	ICP 質量分析法	
小分類	－	
概　要	高周波電流をかけたコイル中にアルゴンガスを流すことにより生成する高温（5,000 ℃以上）のプラズマ（誘導結合プラズマ）の中で、生成したイオンを質量分析する方法である。 試料の導入方法は、酸で分解して溶液にしたものを噴霧する方法と固体試料にレーザーをあて試料を気化する方法がある。	
関連項目 1 （取得情報・データ）	・微量元素（希土類元素、U、Th）	
関連項目 2 （調査・測定精度及び限界）	・低質量側の成分測定において干渉が問題となる [8]。 ・分析感度：ppt～ppq レベル（10^{-12}～10^{-15} g/ml）[36] ICP 発光分析法の 100 倍以上 [8] ・分析濃度範囲：ppt～% [8] ・分析試料：酸分解、アルカリ融解による試料溶液、固体試料 ・分析対象：全岩、鉱物、火山灰、流体包有物など	
関連項目 3 （調査規格・規準）	JIS K 0118:1979	
文献など	8）加藤, 脇田編: (2001). 36）廣井: (2002). 49）日本第四紀学会編: (1993).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・分析精度と処理方法の関連	

大分類	化学分析（水試料を除く）	
中分類	機器中性子放射化分析法	
小分類	－	
概　要	測定対象の元素の原子核反応によって生成する放射性核種の放射能を利用する分析方法である。地質試料を対象とした分析で最もよく用いられる方法は、元素が中性子を捕獲してガンマ線を放出する（n、γ）反応を利用したものである。	
関連項目 1（取得情報・データ）	測定 S：Na、Mg、Al、Cl、Ca、Ti、V、Mn、Br、In、I など 測定 M：Na、K、As、Br、Mo、Cd、Sb、La、Sm、W、Au、U など 測定 L：Cr、Fe、Co、Ni、Zn、Se、Rb、Sr、Ag、Sb、Cs、Ba、Ce、Yb、Lu、Hf、Ta、Hg、Th など	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・測定試料が少量（数 10～数 100 mg）で、多数の元素が測定可能である[8]。 ・金、白金族元素、希土類元素などの微量元素の分析法として有用である[8]。 ・測定試料が少量でよいため試料の均質性、代表性が測定結果に影響する[36]。 ・中性子を照射するため取り扱いに法律の規制を受ける[8]。 ・分析誤差：数～10 %程度[8] ・分析試料：粉末固体試料 ・分析対象：全岩化学組成、火山灰など	
関連項目 3	－	
文献など	8) 加藤, 脇田編: (2001). 36) 廣井: (2002). 37) 溝畑: (2002).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・分析精度と処理方法の関連	

大分類	化学分析（水試料を除く）	
中分類	同位体質量分析法	
小分類	－	
概　要	試料を熱によって蒸発・イオン化し、発生したプラス 1 価のイオンを測定対象として質量分析し、同位体比を測定する。同位体比の測定方法には、1 個の検出器を用いるシングルコレクター方式と複数の検出器を用いる方式がある。 測定試料は、固体または酸で分解し溶液にしたものを用いる。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・微量元素（同位対比）	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・シングルコレクター方式は、測定結果がイオンビーム強度の時間変化の影響を受ける[8]。 ・複数の検出器による測定方式では、イオンビーム強度の時間変化の影響を受けないが、各検出器間の効率、アンプのゲインの差などに対する補正が必要となる[8]。 ・分析試料：酸分解、アルカリ融解による試料溶液、固体試料 ・分析対象：全岩化学組成、火山灰など	
関連項目 3（調査規格・規準）	JIS K 0118:1979	
文献など	8) 加藤, 脇田編: (2001). 36) 廣井: (2002).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・分析精度と処理方法の関連	

大分類	化学分析（水試料を除く）	
中分類	ガスクロマトグラフ質量分析法	
小分類	－	
概　要	試料成分を加熱気化・イオン化した後、キャリアガスとともにカラムを通過させカラム中の固定相との吸着性の違いを利用し成分を分離する。カラムの出口から溶出するガスを質量分析計により質量スペクトルを測定し、成分の同定、定量を行う。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・有機物 ・化合物	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・質量スペクトルを測定するためガスクロマトグラフにより成分分離できない成分種についても測定が可能である [55]。 ・分析試料：酸分解、アルカリ融解による試料溶液 ・分析対象：堆積岩中の有機物、流体包有物のガス成分など	
関連項目 3（調査規格・規準）	JIS K 0123:1995 JIS K 0118:1979	
文献など	8) 加藤, 脇田編: (2001). 55) 落合: (2002).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・分析精度と処理方法の関連	

大分類	化学分析（水試料を除く）	
中分類	ガスクロマトグラフ分析法	
小分類	－	
概　要	試料成分を加熱気化した後、キャリアガスとともにカラムを通過させ、カラム中の固定相との吸着性の違いを利用し成分を分離する。カラムの出口から溶出するガスを検出器により測定する。検出器では試料導入から検出までの時間（保持期間）、ピーク面積または強度を測定し、成分の同定、定量を行う。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・有機物 ・化合物	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・対象成分のピークがクロマトグラム上に明瞭に現れない場合、定量分析はできない [8]。 ・測定成分と他成分のピーク位置が重なる場合には、測定できない [8]。 ・測定感度は、検出器により異なる（10^{-14}〜10^{-6} g）[8]。 ・分析試料：酸分解、アルカリ融解による試料溶液 ・分析対象：堆積岩中の有機物、流体包有物のガス成分など	
関連項目 3（調査規格・規準）	JIS K 0114:2000	
文献など	8) 加藤, 脇田編: (2001). 36) 廣井: (2002). 55) 落合: (2002).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・分析精度と処理方法の関連	

大分類	化学分析（水試料を除く）	
中分類	イオンクロマトグラフ分析法	
小分類	－	
概　要	試料溶液を溶離液と混合させ液相のまま分析装置内に流入させ、高性能イオン交換体または、中性樹脂などによりカラム内でイオン種成分を展開溶離させ、カラムから溶出する溶液を検出器により測定する。 検出器では、試料導入から検出までの時間（保持期間）、ピーク面積または強度を測定し、成分の同定、定量を行う。	
関連項目 1 （取得情報・データ）	・微量成分など	
関連項目 2 （調査・測定精度及び限界）	・少量の試料、高精度の分析が可能である [8),56)]。 ・測定対象となる成分により、イオン交換体、検出器が異なる [56)]。 ・測定対象成分とピーク位置が重なる成分は、サプレッサーにより分離することが可能である [56)]。 ・測定感度は、検出器により異なる（10^{-14}〜10^{-6} g）[8)]。 ・測定濃度範囲：0.6〜1,000 μmol/l、イオン種により異なる [56)]。 ・検出限界：0.2〜0.8 μmol/l、イオン種により異なる [56)]。 ・分析試料：酸分解、アルカリ融解による試料溶液 ・分析対象：流体包有物	
関連項目 3 （調査規格・規準）	JIS K 0127:2001	
文献など	8) 加藤, 脇田編: (2001). 54) 佐脇: (1994). 56) 及川: (2002).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・分析精度と処理方法の関連	

大分類	化学分析（水試料を除く）	
中分類	EPMA 分析法	
小分類	－	
概　要	固体試料表面に細く絞った電子線を照射し、試料を構成する原子と試料に入射した電子との相互作用により発生した特性 X 線を検出し、その強度を測定することにより試料を構成する元素の種類と量を求める。検出器の違いにより波長分散型（WDS）、エネルギー分散型（EDS）に区分される。	
関連項目 1 （取得情報・データ）	・主要成分成分元素 ・微量元素	
関連項目 2 （調査・測定精度及び限界）	・数 μm の電子線を照射するため微小領域の分析に適している [8)]。 ・分析領域は、深さ方向には最大 5 μm 程度、水平方向には電子線照射範囲とその外側最大数 μm である [8)]。 ・波長分散型（WDS）分析では、試料面の凹凸が測定結果に影響する。 ・分析可能元素：Be〜U（WDS）[8)] ・検出限界：0.01〜0.05 %（Be〜F：WDS）[8)]、0.001〜0.01 %（Na〜U：WDS）[8)] ・分析試料：固体試料 ・分析対象：鉱物、火山灰、流体包有物など	
関連項目 3 （調査規格・規準）	JIS K 0127:2001	
文献など	8) 加藤, 脇田編: (2001). 36) 廣井: (2002). 49) 日本第四紀学会編: (1993).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・分析精度と処理方法の関連	

大分類	化学分析（水試料を除く）	
中分類	PIXE（陽子励起X線分光）分析法	
小分類	－	
概　要	加速された陽子やα粒子などのイオンが試料中の原子に衝突すると元素ごとに特有なエネルギーを持つ特性 X 線が放出されることを利用し、この特性 X 線のエネルギーとその強度を測定することにより試料中の元素の種類と量を求める。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・微量元素	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・μg オーダーの微オーダー対し、ng オーダーの微量分析が可能であるオーダー[57)] ・多元素を同時に短時間で分析可能である[57)]。 ・原子番号 12（Mg）以下の元素分析はできない[57)]。 ・本来表面分析に対し有効な手法であるため、試料表面から奥深く入り込んで存在している流体包有物には適用できない[54)]。 ・分析試料：固体試料 ・分析対象：流体包有物	
関連項目 3	－	
文献など	54) 佐脇: (1994). 57) 笠原: (2002).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・分析精度と処理方法の関連	

大分類	分配係数測定	
中分類	バッチ法	
小分類	－	
概　要	二つの異なる溶媒中において分配されている溶質の割合を示す係数を分配係数という。一定量の溶質を含む溶液と固相を粉砕した試料を混合し、平衡状態に達した後、固相である試料と液相である溶液とを分離し溶液中の溶質濃度を測定し、その濃度変化量を固相への分配・抽出量として分配係数を算出する。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・分配係数	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・溶液中の初期濃度と平衡濃度の差が小さい場合、または平衡濃度が極端に低い場合、分配係数が大きく変動する[38)]。 ・試料を粉砕して測定に用いるため試料の粒径が測定結果に影響する[38)]。	
関連項目 3	－	
文献など	38) 電力中央研究所・電気事業連合会: (1999). 53) 吉田ほか: (2002).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・最適な試料サイズ（粉砕程度）と測定結果との関連	

大分類	分配係数測定	
中分類	カラム法	
小分類	－	
概　要	二つの異なる溶媒中において分配されている溶質の割合を示す係数を分配係数という。カラム中に試料を充填し、これに一定量の溶質を含む溶液を一端から流通させ、他端から流出した溶液中の溶質濃度を測定するほか、カラム中の間隙水を抽出し、抽出水中の溶質濃度を測定することによって溶質の破過パターンを求める。求められた破過曲線に対して一次元移流拡散式を適用し、遅延係数求めた後、分配係数を算出する。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・分配係数 ・遅延係数	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・粉砕した試料を用いる場合、試料の粒径、カラムへの充填密度などが測定結果に影響する [38]。	
関連項目 3	－	
文献など	38) 電力中央研究所・電気事業連合会: (1999). 53) 吉田ほか: (2002).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・最適な試料サイズ（粉砕程度）と測定結果との関連	

大分類	分配係数測定	
中分類	拡散法（拡散試験）	
小分類	－	
概　要	二つの異なる溶媒中において分配されている溶質の割合を示す係数を分配係数という。不かく乱または非破壊の試料を用いた測定方法であり試験方法の違いにより through-diffusion 法と in-diffusion 法に区分される。 through-diffusion 法は、異なる濃度の溶液の間に試料を挟み溶液が試料中に浸透する際の溶液中の濃度変化を測定し拡散係数を求める。 吸着性物質と非吸着性物質の拡散係数の相違から遅延係数、すなわち分配係数を求める。 in-diffusion 法は、試料表面に溶質を塗布し、拡散による試料内部への侵入程度の時間変化を測定し拡散係数及び分配係数を求める。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・分配係数 ・実効拡散係数	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・難透水性試料の測定に適している [38]。 ・他の試験法に比べ測定に長い時間を要する [38]。	
関連項目 3	－	
文献など	38) 電力中央研究所・電気事業連合会: (1999). 53) 吉田ほか: (2002).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・測定精度と岩種との関連	

大分類	CEC 試験	
中分類	－	
小分類	－	
概　要	土粒子、粘土鉱物などは、その粒子表面、破断面に負の電荷を帯びており、これらは、電気的な平衡を保つため陽イオンと静電気的に結合している。この陽イオンは、交換性陽イオンと呼ばれ、溶液中に異種の陽イオンがあると容易に置換される。CEC 試験は、この現象を利用し試料中の交換性陽イオンの総量を求める試験である。乾燥した試料に酢酸アンモニウムを浸透させ試料中の負電荷をアンモニウムイオンで飽和させる。エチルアルコール、塩化ナトリウムで試料を洗浄し、イオン交換現象により試料中のアンモニウムイオンをナトリウムイオンに置換し浸出液中のアンモニウムイオン濃度を測定する。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・陽イオン交換容量	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・試料によっては、イオン交換容量が pH の影響を受けるため、試薬の pH の調整を正確に行う必要がある [29]。 ・試験中の温度、試料の粒度が測定値に影響する [29]。 ・試験結果は、膨潤性地山の判定、地すべり面の推定などに利用される [29]。 ・試験対象試料：風化岩の粉砕試料、断層粘土、地すべり粘土、土壌など [29]	
関連項目 3	－	
文献など	29) 岩の調査と試験編集委員会編: (1989).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・最適な温度、試料サイズ（粒径）、pH 条件と岩種との関連	

大分類	同位体測定	
中分類	軽元素安定同位体測定	
小分類	－	
概　要	試料中の安定同位体は、真空加熱炉、真空ボールミルあるいはレーザーサンプリングを用いて抽出され、磁場偏向型質量分析計によって同位体比を測定する。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・同位体比	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・測定に必要とする試料量がサブマイクロモル程度は必要であるため、0.1～1 g の岩石・鉱物試料から抽出した試料では分析できない [39]。 ・測定精度：水素：0.1 ‰以内 [42]、酸素：0.01 ‰以内 [42]、炭素：0.01 ‰以内 [42]	
関連項目 3（調査規格・規準）	JIS K0118:1979	
文献など	39) 佐野: (2002). 42) 日下部ほか: (2002).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・最適な試料サイズ（重量）と精度との関係	

大分類	同位体測定	
中分類	希ガス同位体測定	
小分類	－	
概　要	試料中の希ガス同位体は、真空加熱炉、真空ボールミルあるいはレーザーサンプリングを用いて抽出され、希ガス用質量分析計によって同位体比を測定する。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・同位体比	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・サブナノモル程度の試料が必要である [39]。 ・測定精度：0.5 %程度 [39]	
関連項目 3（調査規格・規準）	JIS K0118:1979	
文献など	39) 佐野: (2002). 42) 日下部ほか: (2002).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・最適な試料濃度と測定精度との関連	

大分類	同位体測定	
中分類	金属元素同位体測定	
小分類	－	
概　要	試料中の金属元素同位体は、固体試料を化学分解し液体の状態に精製・分離した後、表面電離型質量分析計で加熱・イオン化し測定する。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・同位体比	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・数 100 ng 程度の試料量が必要である [43]。 ・測定精度：0.05～0.1 %程度 [39),42)]	
関連項目 3（調査規格・規準）	JIS K0118:1979	
文献など	39) 佐野: (2002). 42) 日下部ほか: (2002). 43) 山内ほか: (2004).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・最適な試料重量と測定精度との関連	

大分類	地質学的・鉱物学的分析	
中分類	電子顕微鏡観察	
小分類	－	
概　要	微化石の観察、岩石・鉱物の微細組織の観察を行う際に用いられる。 観察に供される試料は、炭素、金などを蒸着したものを用いる。電子顕微鏡には、走査型電子顕微鏡（SEM：Scanning Electron Microprobe）と透過型電子顕微鏡（TEM：Transmission Electron Microprobe）の２種類がある。SEMは、加速した電子を試料にあて試料表面から生じる二次電子を利用して試料表面の立体的な形態の観察に用いられる。TEMは、試料を透過する電子の量の差を明暗差として観察するもので微細な形態、構造の観察に用いられる。	
関連項目１（取得情報・データ）	・表面分析 ・形態分析	
関連項目２（調査・測定精度及び限界）	・電子線の量の差を画像として表現するため明暗像しかえられない[46]。 ・TEMは、試料を透過した電子線の量の差を観察するため試料は電子線が透過可能な材質、厚さ（数10～数100 Å）である必要がある[45),46)]。 ・空間分解能：走査型電子顕微鏡 数10 Å[45)] 透過型電子顕微鏡 数Å[45)]	
関連項目３	－	
文献など	45）高柳: (1978). 46）山田: (2002).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・観察が可能な試料のサイズ	

大分類	地質学的・鉱物学的分析	
中分類	偏光顕微鏡観察	
小分類	－	
概　要	岩石、鉱物の鑑定は、肉眼観察と偏光顕微鏡観察によって行われる。 偏光顕微鏡観察では、薄片試料が用いられる。偏光顕微鏡は、二枚の偏光装置（ポーラー：直線偏光の振動方向が互いに直交する）が備え付けられた光学機器である。鉱物はそれぞれ固有の光学的性質（干渉色、屈折率、消光など）を有している。偏光顕微鏡観察により、各鉱物の光学的性質を調べ、鉱物を特定するとともに鉱物組み合わせ、組織を観察し岩石名を決定する。岩石中の鉱物の量比（モード組成）は、薄片を一定間隔で移動させ、各点における視野中心の鉱物を同定し、観察された鉱物の量（点数）を測定することによって求められる。	
関連項目１（取得情報・データ）	・鉱物の同定 ・岩石の同定 ・モード組成	
関連項目２（調査・測定精度及び限界）	・偏光顕微鏡観察だけでは岩石名の同定が困難となることも少なくない。また、肉眼観察のみでは不十分である[8),29)]。 ・岩石の鑑定は肉眼観察と偏光顕微鏡観察に基づいて行う必要がある[8),29)]。 ・観察結果の信頼性は、技術者の力量により異なる。 ・鉱物組成（モード組成）を求める場合には、1,500～2,000 点の計測が必要である[48)]。 ・空間分解能：0.2 μm（2,000 Å）[45)]	
関連項目３	－	
文献など	8）加藤・脇田編: (2001). 29）岩の調査と試験編集委員会編: (1989). 45）高柳: (1978). 48）周藤, 小山内: (2002).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・鑑定が困難な鉱物の事例	

大分類	地質学的・鉱物学的分析	
中分類	化石鑑定	
小分類	大型化石	
概　要	生物の進化は非可逆的であり種の出現、消滅は同一の生物地理区の中では地質学的に同時に起こったとみなされている。また、生物の生息条件は、生物種によってさまざまであり、各生物種は固有の環境適性条件を有している。そのため地層中に含まれる化石の種の同定、化石群集組成を求めることにより、その地層の地質年代の決定、堆積環境の推定が可能である。地質時代を特定できる化石は示準化石、古環境を推定できる化石は示相化石と呼ばれている。 動物化石（三葉虫、アンモナイト、貝など）、植物化石（葉、木片）が対象となる。化石を含む試料は、泥、砂などの基質と化石を分離し、抽出された化石の形態、組織などに基づき分類、種の同定を行う。	
関連項目 1 （取得情報・データ）	・化石種の同定 ・地質時代 ・古環境の推定	
関連項目 2 （調査・測定精度及び限界）	・新生代の大型化石は、示準化石としてあまり有効であるとはいえない[8]。 ・大型化石の産出は、ある特定の堆積層に限られる[8]。 ・示準化石は、階をさらに細分できる精度を有しているが、それ以外の大型化石では、階レベルまでの対比が可能である[8]。	
関連項目 3	－	
文献など	8) 加藤, 脇田編: (2001). 49) 日本第四紀学会編: (1993). 50) 真野: (2003).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・化石の形態・組織の変化と古環境及び進化との関連	

大分類	地質学的・鉱物学的分析	
中分類	X 線分析	
小分類	－	
概　要	X 線の波動性とその波長が結晶の原子間距離とほぼ同じであるため、結晶性の物質に X 線を照射すると各原子で散乱された X 線が相互に干渉し、回折 X 線が測定されることを利用した分析法である。土壌中の鉱物、粘土鉱物などの同定、定量に用いられる。回折 X 線の測定は、粉末にした試料に特定 X 線を連続的に角度を変えて照射し、X 線の照射角と回折 X 線の強度を測定する。定性分析では、回折 X 線のピーク（通常、回折強度の強いもの三つ程度）における照射角から試料中に含まれる結晶の面間隔を求め、既知試料の面間隔データの中から該当するものを検索し鉱物を同定する。また、定量分析では、試料の回折強度と含有量既知の標準試料の回折強度から試料中の鉱物含有量を求めることが可能である。	
関連項目 1 （取得情報・データ）	・鉱物の同定 ・鉱物含有量	
関連項目 2 （調査・測定精度及び限界）	・結晶構造がはっきりしていない鉱物は、X 線による分析が困難である[29]。 ・定性分析においては、試料の変化、構造の類似による鉱物の誤った同定に注意が必要である[47]。 ・X 線の回折強度は、試料中の含有量にほぼ比例するが、他の鉱物による X 線の吸収効果が定量分析における誤差となる[29]。 ・測定対象：熱水変質帯、断層破砕帯、堆積岩、未固結堆積物、風化帯中に含まれる粘土鉱物	
関連項目 3	－	
文献など	29) 岩の調査と試験編集委員会編: (1989). 47) 福田: (2002a).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・X 線による分析が困難な鉱物事例	

大分類	地質学的・鉱物学的分析	
中分類	化石鑑定	
小分類	微化石	
概　要	生物の進化は非可逆的であり、種の出現、消滅は同一の生物地理区の中では地質学的に同時に起こったとみなされている。また、生物の生息条件は、生物種によってさまざまであり、各生物種は固有の環境適性条件を有している。そのため、地層中に含まれる化石の種の同定、化石群集組成を求めることにより、その地層の地質年代の決定、堆積環境の推定が可能である。地質時代を特定できる化石は示準化石、古環境を推定できる化石は示相化石と呼ばれている。有孔虫、貝形虫、放散虫、珪藻、花粉などが対象となる。化石を含む試料は、泥、砂などの基質と化石を分離し、抽出された化石の形態、組織などに基づき分類、種の同定を行う。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・化石種の同定・地質時代 ・古環境の推定	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・1 回の処理に必要な試料の量は、化石の種類により異なるが、数～数 100 g 程度である [8]。 ・化石の種類によっては、風化による溶脱、続成作用に伴う溶解などにより微化石が産出しないので、試料採取時に注意が必要である [8]。 ・年代決定の精度は、扱う地質時代、化石の種類により異なるが、20～数 100 万年程度の分解能である [8]。 ・年代決定に用いられる微化石：石灰質微化石（有孔虫、石灰質ナンノプランクトン、貝形虫）、珪質微化石（放散虫、珪藻）、珪質鞭毛藻、有機質微化石（渦鞭毛藻、花粉、胞子）、コノドントなど [8),49)] ・古環境推定に用いられる微化石：有孔虫、珪藻、花粉など [49),50)]	
関連項目 3	－	
文献など	8) 加藤, 脇田編: (2001). 49) 日本第四紀学会編: (1993). 50) 真野: (2003).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・微化石の産出と古環境の推定方法	

大分類	地質学的・鉱物学的分析	
中分類	火山灰分析	
小分類	共通	
概　要	火山灰分析に供される試料は、火山噴火によって放出された砕屑物（テフラ：軽石、スコリア、火山灰、火砕流堆積物など）である。大規模に噴出したテフラは、広範囲にわたり追跡が可能であり、また噴出の期間も地質学的な時間スケールでは極めて短時間であると考えられることが多いため、同時間面として重要な鍵層となる。個々のテフラは固有の岩石学的な特徴（鉱物組成、化学組成など）を有している。このことから、テフラの特徴に基づき、同定・対比することによりテフラを含む一連の地層に時間軸を与えることが可能となる。テフラ同定の手法は、層位学的方法（主として野外調査）、岩石記載的方法（主として室内試験）に区分される。岩石記載的方法は、構成鉱物の観察、屈折率測定、化学分析などである。	
関連項目 1（取得情報・データ）	－	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・鮮新世以降の広域に分布するテフラのカタログ化が進んできている [8]。 ・テフラの一つの特徴（例えば屈折率）のみからの対比・同定は、確実度が落ちる。複数の特徴に基づき総合的に対比・同定することが必要である [51]。※火山灰の成分分析については、化学分析を参照。	
関連項目 3	－	
文献など	8) 加藤, 脇田編: (2001). 49) 日本第四紀学会編: (1993). 51) 町田・新井: (2003).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・テフラの同定方法	

大分類	地質学的・鉱物学的分析	
中分類	火山灰分析	
小分類	構成鉱物の観察	
概　要	構成粒子（岩片、火山ガラス片、鉱物粒子）の量比、火山ガラスの形状、鉱物組成などに基づき、テフラの同定・対比を行う。	
関連項目 1 （取得情報・データ）	・火山ガラスの形態 ・鉱物組成 など	
関連項目 2 （調査・測定精度及び限界）	・異なるテフラでも類似した特徴を持つことがあり、同時代のものであるか検討が必要である [8),51)]。 ・噴出源からの距離に応じて粒度、構成鉱物の比率が変化するので空間的変化を考慮する必要がある [8),51)]。	
関連項目 3	－	
文献など	8）加藤，脇田編: (2001). 49）日本第四紀学会編: (1993). 51）町田，新井: (2003).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・テフラの形態と空間的変化との関連	

大分類	地質学的・鉱物学的分析	
中分類	火山灰分析	
小分類	屈折率測定　温度一定型屈折率測定法	
概　要	物質の細粉を液体に浸し、顕微鏡で観察すると物質と液体の屈折率の違いから一般には細粉の輪郭が明瞭に観察される。物質と液体の屈折率が一致する場合には、細粉の輪郭は消えて観察されなくなる。 この現象を利用し、火山ガラス、鉱物粒子の屈折率を測定し、テフラの同定・対比を行う。屈折率既知の液体（浸液）に同一の温度、光条件下で試料を浸し、試料の屈折率と一致する浸液を検出し試料の屈折率を求める。	
関連項目 1 （取得情報・データ）	・屈折率（火山ガラス、鉱物）	
関連項目 2 （調査・測定精度及び限界）	・2、3 種類の鉱物の屈折率を組み合わせることにより、精度を高めることが可能である [51)]。 ・測定には、熟練を要する。 ・測定誤差：屈折率±0.001 [49)]	
関連項目 3	－	
文献など	8）加藤，脇田編: (2001). 49）日本第四紀学会編: (1993). 51）町田，新井: (2003).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・測定精度と鉱物種の関連	

大分類	地質学的・鉱物学的分析	
中分類	火山灰分析	
小分類	キュリー温度法	
概　要	磁性体を加熱するとキュリー温度以上で磁性がなくなること強磁性のチタノマグネタイトの組成とキュリー温度は、相関関係があることチタノマグネタイトの組成は、マグマ成分を反映することを利用し、テフラに含まれる磁性鉱物のキュリー温度を測定し、テフラの同定・対比を行う。 試料を電磁石で引張り、加熱過程における磁場強度の経時変化を測定し、磁化温度曲線を求め、キュリー温度を求める。	
関連項目 1 （取得情報・データ）	・キュリー温度	
関連項目 2 （調査・測定精度及び限界）	・軽石、スコリア、粗粒火山灰には、適用可能であるが、火山ガラス主体の細粒火山灰では、含まれる強磁性鉱物が二次的に混入したものである可能性が高いため適用できない[49]。 ・風成ローム層中のものは、変質しているものがあり、測定結果を対比・同定に使用できない[49]。 ・降下ユニットごとにキュリー温度が異なることがあるが、火山活動の変化を反映したものであり、対比を行う際に注意が必要である[49]。 ・測定に必要な試料の量：50 mg 程度[49] ・測定誤差：10 ℃以下[49]	
関連項目 3	－	
文献など	8) 加藤, 脇田編: (2001). 49) 日本第四紀学会編: (1993). 51) 町田, 新井: (2003).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・測定精度と鉱物種の関連	

大分類	地質学的・鉱物学的分析	
中分類	火山灰分析	
小分類	屈折率測定　温度変化型屈折率測定	
概　要	物質の細粉を液体に浸し、顕微鏡で観察すると物質と液体の屈折率の違いから一般には細粉の輪郭が明瞭に観察される。物質と液体の屈折率が一致する場合には、細粉の輪郭は消えて観察されなくなる。 この現象を利用し、火山ガラス、鉱物粒子の屈折率を測定し、テフラの同定・対比を行う。物質の屈折率は、温度上昇に伴い小さくなる傾向を持つ。液体の屈折率は、固体比べ温度に非常に敏感である。このことを利用し、温度－屈折率関係が既知の浸液に試料を浸し、温度を変化させ試料の輪郭が観察できない温度を測定し屈折率を求める。	
関連項目 1 （取得情報・データ）	・屈折率（火山ガラス、鉱物）	
関連項目 2 （調査・測定精度及び限界）	・2、3 種類の鉱物の屈折率を組み合わせることにより精度を高めることが可能である[51]。 ・測定にあまり熟練を必要としない[49]。 ・測定範囲：nd＝1.48～1.76 程度[49] ・測定誤差：火山ガラス±0.0002、鉱物：±0.0005[49]	
関連項目 3	－	
文献など	8) 加藤, 脇田編: (2001). 49) 日本第四紀学会編: (1993). 51) 町田, 新井: (2003).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・測定精度と鉱物種の関連	

大分類	地質学的・鉱物学的分析	
中分類	古地磁気分析	
小分類	－	
概　要	強磁性物質は、高温状態から冷却する過程でキュリー温度以下になった時点で磁性を帯びる。このとき強磁性物質は、地球磁場に平行に磁化し、火成岩には形成時の地磁気が記録される。また、強磁性物質が堆積・固定されるまでの間に地球磁場の方向に統計的に配列し堆積岩に記録される。この現象を利用し火成岩、堆積岩などに記録された古地磁気を測定する。地球の磁場、すなわち地磁気は、長い地球の歴史の間に磁極が逆転し変動していることが海洋地磁気縞模様として記録されている。海洋地磁気縞模様に基づき極性間隔の相対幅が求められ、生層序と放射年代を組み合わせて求められた陸上の極性反転層準の年代に基づき地磁気極性年代尺度が作成されている。この地磁気極性年代尺度と試料の測定結果を比較することにより、地層の同定・対比が可能である。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・古地磁気の方向（偏角、伏角） ・帯磁率	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・古地磁気測定の結果のみから、直接年代を決定することはできない[52)]。 ・一層準の測定結果から、地層の同定・対比を行うことは困難で、連続試料における測定が必要である[52)]。 ・ジュラ紀後期以降について、地磁気極性年代尺度の枠組みは確立されているが、地質年代区分との対比において見解の一致しない部分がある[8)]。 ・古磁気極性（正帯磁、逆帯磁）を用いた地層の同定・対比は、ジュラ紀後期（約 160 Ma）以降の地層に対してよく用いられ、特に鮮新・更新統の編年のために欠かせない手法となっている[8)]。	
関連項目 3	－	
文献など	8) 加藤, 脇田編: (2001). 52) 会田: (2003).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・磁性鉱物の配列方向と堆積過程との関連	

大分類	地質学的・鉱物学的分析	
中分類	流体包有物測定	
小分類	共通	
概　要	流体包有物とは、流体が鉱物中に捕獲されたものである。包有物中の流体の性質を調査することにより過去に活動した流体の性質（温度、化学組成、起源など）を推定することが可能である。流体包有物の分析手法としては、温度測定手法、化学分析手法に大きく区分される。	
関連項目 1（取得情報・データ）	－	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	※流体包有物の化学分析手法のうち機器分析については、化学分析を参照。	
関連項目 3	－	
文献など	8) 加藤, 脇田編: (2001). 54) 佐脇: (1994).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	－	

大分類	地質学的・鉱物学的分析	
中分類	流体包有物測定	
小分類	温度測定手法融点測定	
概　要	溶液の凝固点降下を利用し、流体包有物の塩濃度を推定する方法である。流体包有物を含む試料を急冷し、流体包有物の液相部分を凍結させる。顕微鏡で観察しながら試料をゆっくり加熱し、流体包有物中の氷が消滅する温度（氷点）を測定する。氷点温度から NaCl に換算した塩濃度を算出する。また、均質化温度測定によって求められた均質化温度と融点から流体包有物中のガス濃度の上限値を定めることが可能である。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・氷点 ・NaCl 換算塩濃度	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・間接的な手法のため精度が粗い[8]。 ・分析機器の発達に伴い、流体包有物の化学成分の実測値が、近年、報告されるようになってきている[8]。	
関連項目 3	－	
文献など	8) 加藤, 脇田編: (2001). 54) 佐脇: (1994).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・急冷速度と測定精度の関連。	

大分類	地質学的・鉱物学的分析	
中分類	流体包有物測定	
小分類	温度測定手法均質化温度測定	
概　要	気相と液相からなる流体包有物を加熱し、気相または液相のどちらかが消滅し、最終的に液相一相もしくは気相一相になる温度（均質化温度）を測定し、試料採集深度での流体の被圧を考慮した圧力補正を行うことにより流体包有物の形成温度を推定する方法である。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・均質化温度 ・形成温度	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・液相のみを捕獲した流体包有物であれば、均質化温度が形成温度となるが、捕獲時の状態を見極めることは困難である[8]。	
関連項目 3	－	
文献など	8) 加藤, 脇田編: (2001). 54) 佐脇: (1994).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・形成温度の信頼性と測定精度の関連	

大分類	地質学的・鉱物学的分析	
中分類	流体包有物測定	
小分類	化学分析手法破砕法	
概　要	気相と液相からなる流体包有物中の気相は、閉じ込められたときの気相の分圧の違いによって、試料の圧縮に伴い収縮または膨張する。このことを利用し、圧縮に伴う流体包有物中の気相の変化を観察し、CO_2 濃度の下限を求めることが可能である。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・CO_2 濃度下限	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・半定量的な手法であり精度が悪い[54]。 ・温度測定手法から見積もられる CO_2 濃度の上限と併せて、概略の範囲を定めることが可能である[54]。	
関連項目 3	－	
文献など	8) 加藤, 脇田編: (2001). 54) 佐脇: (1994).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・測定精度について	

大分類	水質分析・測定	
中分類	イオン含有量測定	
小分類	共通	
概　要	水中で電離している陽イオン、陰イオンの濃度を測定するもので、一般に水質を地球化学的に検討する場合、主要 7 成分（Na^+、K^+、Ca^{2+}、Mg^{2+}、Cl^-、HCO_3^-、SO_4^{2-}）が測定される。その他の成分は、一般に極低濃度であり、目的に応じて測定が行われる。主要成分の測定結果は、地下水組成の把握、タイプ分類（水質区分）、起源の異なる水の混合割合の検討などに用いられる。	
関連項目 1（取得情報・データ）	（下記参照）	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・地下水試料は、目的、分析対象成分に応じて前処理が必要となる[58]。	
関連項目 3	－	
文献など	58) 吉岡: (2003). 59) 佐々木: (2003). 60) 山崎: (2003).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	－	

大分類	水質分析・測定	
中分類	イオン含有量測定	
小分類	吸光光度分析法	
概　要	試料溶液中の分析対象成分を適当な試薬（呈色試薬）で光吸収物質に変え、特定波長における光の吸収の程度を測定し濃度を求める。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・主要イオン濃度 ・微量イオン濃度 ・有機物濃度	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・感度が高く、微量分析に適する [58]。 ・妨害イオンを不活性化できない場合、クロマトグラフなどによるイオン分離が必要となる [58]。 ・測定対象：有機物、無機物 [58] ・定量範囲：数 ppm～数% [58),59),60)] ・必要試料量：数 ml 以上 [58]	
関連項目 3	－	
文献など	58) 吉岡: (2003). 59) 佐々木: (2003). 60) 山崎: (2003).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・測定精度の例	

大分類	水質分析・測定	
中分類	イオン含有量測定	
小分類	蛍光光度分析法	
概　要	試料溶液に適当な試薬を加え、紫外光または可視光を照射すると、試料中の分子が励起した後、基底状態に戻る際に蛍光を生じる。この蛍光の強度を測定することによって濃度を求める。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・主要イオン濃度 ・微量イオン濃度 ・有機物濃度	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・蛍光を出す分子種が比較的限られていることから、吸光光度法に比べ測定対象成分が限られるが、目的とする成分を選択的に検出することが可能である [58]。 ・感度が高く、極低濃度の物質の定量に用いられる [58]。 ・蛍光強度は、pH、温度により大きく変化する [58]。 ・測定対象：有機物、無機物 [58] ・測定範囲：数 ppb～数 100 ppm [58] ・必要試料量：数 ml 以上 [58]	
関連項目 3	－	
文献など	58) 吉岡: (2003). 59) 佐々木: (2003). 60) 山崎: (2003).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・用いる分析方法に対する測定精度の例	

大分類	水質分析・測定	
中分類	イオン含有量測定	
小分類	ICP 発光分析法	
概　要	高周波により 6,000～10,000 ℃に加熱されたアルゴンプラズマ中に導入され、その中で励起された原子またはイオンの発光を測定し、濃度を求める。	
関連項目 1 （取得情報・データ）	・主要イオン濃度 ・微量イオン濃度	
関連項目 2 （調査・測定精度及び限界）	・水質分析の公定法（JIS 規格、水道法など）に採用され、ルーチン分析法として、定着しつつある [58]。 ・多元素の同時測定が可能である [58]。 ・金属元素の定量に有効である [58]。 ・ほとんどの元素で超微量レベルの分析が可能である [58]。 ・化学干渉がない [58]。 ・測定対象：無機物 [58] ・定量範囲：数 ppb～数 % [58),59),60)] ・必要試料量：数 ml 以上 [58]	
関連項目 3	－	
文献など	58) 吉岡: (2003). 59) 佐々木: (2003). 60) 山崎: (2003).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・測定精度の例	

大分類	水質分析・測定	
中分類	イオン含有量測定	
小分類	原子吸光分析法	
概　要	測定対象の元素を原子化し、原子蒸気を発生させる。この原子状態の原子に、その元素に固有な波長の光を照射したときに生じる光の吸収を測定し、濃度を求める。	
関連項目 1 （取得情報・データ）	・主要イオン濃度 ・微量イオン濃度	
関連項目 2 （調査・測定精度及び限界）	・微量金属元素の分析に最も汎用的に用いられる [58]。 ・特定元素の幅の狭い原子スペクトル線を使用するため、近接線の影響、共存元素による吸収の影響が少なく、分析感度が高い [58]。 ・試料溶液を原子蒸気化するため、試料溶液の濃度と原子蒸気の濃度が必ずしも一定の対応をせず、測定条件により異なる [58]。 ・測定対象：無機物 [58] ・定量範囲：数 ppb～数 100 ppm [58),59),60)] ・必要試料量：数 ml 以上 [58]	
関連項目 3	－	
文献など	58) 吉岡: (2003). 59) 佐々木: (2003). 60) 山崎: (2003).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・測定精度の例	

大分類	水質分析・測定	
中分類	イオン含有量測定	
小分類	イオンクロマトグラフ分析法	
概　要	電解質を含む溶離液を移動相とし、イオン交換体などを固定相とした分離カラム内で試料中のイオンを分離・溶出させ、カラムから溶出する溶液を検出器により測定する。検出器では、試料導入から検出までの時間（保持期間）、ピーク面積または強度を測定し、成分の同定、定量を行う。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・主要イオン濃度 ・微量イオン濃度 ・有機物濃度	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・陰イオン分析に広く用いられている [58]。 ・1 回の試料注入で多数の陰イオンを同時に分析することが可能である [58]。 ・高感度、高性能の分析が可能である [58]。 ・分析精度は、検出器により異なる。 ・測定対象：無機物、有機物 [58] ・定量範囲：数 ppb～数 % [60] ・必要試料量：数 μl～数 ml [58]	
関連項目 3	－	
文献など	58) 吉岡: (2003). 59) 佐々木: (2003). 60) 山崎: (2003).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・測定精度の例	

大分類	水質分析・測定	
中分類	同位体比測定	
小分類	－	
概　要	同一の元素の同位体は、化学的には同じであっても質量数が異なることによって、2 相間での同位対比が異なる。液相と気相が共存する場合、質量数の大きい同位体は、質量数の小さい同位体に比べ液相に多くなる傾向がある。この同位体分別作用を利用し、地下水の起源の把握、涵養域の把握、起源の異なる地下水の混合割合の検討などを目的として、地下水中の水素、酸素、炭素、硫黄の同位体比測定が主に行われている。 これらの同位体比は、安定同位体比用質量分析計によって測定される。水試料の同位体比測定では、H_2 ガス、CO_2 ガス、SO_2 ガスに調整された試料が用いられ、標準試料と交互に測定される。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・δD（水素同位体比） ・$\delta {}^{18}O$ ・$\delta {}^{13}C$ ・$\delta {}^{34}S$	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・必要試料量：100 ml 程度 ・測定精度：水素：0.1 ‰以内 [42]、酸素：0.01 ‰以内 [42]、 炭素：0.01 ‰以内 [42]	
関連項目 3	－	
文献など	42) 日下部ほか: (2002).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・測定精度の例	

大分類	水質分析・測定	
中分類	溶存ガス測定	
小分類	ガスクロマトグラフィ分析法	
概　要	試料成分を加熱気化した後、キャリアガスとともにカラムを通過させ、カラム中の固定相との吸着性の違いを利用し成分を分離する。カラムの出口から溶出するガスを検出器により測定する。検出器では試料導入から検出までの時間（保持期間）、ピーク面積または強度を測定し、成分の同定、定量を行う。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・溶存ガス成分 ・溶存ガス濃度 ・有機物 ・化合物	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・対象成分のピークが、クロマトグラム上に明瞭に現れない場合、定量分析はできない[8]。 ・測定成分と他成分のピーク位置が重なる場合には、測定できない[8]。 ・測定感度は、検出器により異なる（10^{-14}〜10^{-6} g）[8]。	
関連項目 3	－	
文献など	8) 加藤, 脇田編: (2001). 55) 落合: (2002).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・検出器の種類別の感度	

大分類	水質分析・測定	
中分類	溶存ガス測定	
小分類	ガスクロマトグラフ質量分析法	
概　要	試料成分を加熱気化・イオン化した後、キャリアガスとともにカラムを通過させ、カラム中の固定相との吸着性の違いを利用し成分を分離する。カラムの出口から溶出するガスを質量分析計により質量スペクトルを測定し、成分の同定、定量を行う。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・溶存ガス成分 ・溶存ガス濃度 ・有機物 ・化合物	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・質量スペクトルを測定するため、ガスクロマトグラフにより成分分離できない成分種についても測定が可能である[55]。	
関連項目 3	－	
文献など	8) 加藤, 脇田編: (2001). 55) 落合: (2002).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・各ガスの吸着性とその精度	

大分類	水質分析・測定	
中分類	微生物調査	
小分類	－	
概　要	地下水中に含まれる微生物量を顕微鏡下で計測し、単位体積あたりの微生物量を求める。微生物調査の結果は、原位置の化学的雰囲気の検討に利用される。微生物の検鏡、計数を行うためには、まず濃縮操作が必要となる。濃縮操作はプランクトンネットによる方法、遠心分離機による方法などがある。濃縮された検体をよくかくはんした後、一定量を採取し、界線入りスライドグラスに滴下し、界線に沿って、種類ごとに個体数を計測する。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・微生物の種類 ・微生物量	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・試料中には、死んで殻だけ残っている場合もあるため、活性のある個体数の計数には注意深い観察が必要である [56]。 ・嫌気的な雰囲気を好む微生物は、計数中に運動性を失い死滅していくため短時間で計測する必要がある [56]。 ・微生物調査に使用する器具類は、十分な滅菌処理が必要となる [56]。 ・地下深部の地下水中の微生物調査の事例は少ない。	
関連項目 3	－	
文献など	56) 及川: (2002).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・保管・処理方法とコンタミネーションの関係と影響	

大分類	水質分析・測定	
中分類	有機物分析	
小分類	共通	
概　要	水中の有機物量は、有機炭素量により表現される。全有機炭素（TOC）は、混濁性有機炭素（NDOC）と溶存有機炭素（DOC）に分類される。全有機炭素の定量には、燃焼酸化—赤外線式全有機炭素分析法、燃焼酸化—赤外線式全有機炭素自動計測法が用いられる。有機化合物の同定・定量には、吸光光度分析法、蛍光光度分析法、イオンクロマトグラフ分析法が用いられる。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・有機炭素量	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	※有機化合物の分析・定量は、イオン含有量測定を参照。	
関連項目 3	－	
文献など	57) 加藤: (2003a).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	－	

大分類	水質分析・測定	
中分類	有機物分析	
小分類	燃焼酸化―赤外線式全有機炭素分析法	
概　要	試料と酸素を高温（950 ℃）の全炭素測定管に送り込み、有機物中の炭素及び無機物中の炭素を二酸化炭素とし、その濃度を測定する。別の試料と酸素を有機物が分解されない温度（150 ℃）に保った無機炭素測定管に送り込み、生成された二酸化炭素の濃度を測定する。全炭素濃度と無機炭素濃度から有機炭素量を求める。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・有機炭素量	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・全有機炭素の測定は、他の物質の影響を受けることなくほぼ完全に測定することが可能である [57]。	
関連項目 3	－	
文献など	57) 加藤: (2003a).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・測定精度	

大分類	水質分析・測定	
中分類	有機物分析	
小分類	燃焼酸化―赤外線式全有機炭素自動計測法	
概　要	計測器に連続的に供給した試料に酸を加えて pH を 2 以下にし、通気して無機体炭素を除去する。試料の一定量を酸素とともに高温の全炭素測定管に送りこみ、生成された二酸化炭素濃度を測定し、有機炭素量を求める。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・有機炭素量	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・全有機炭素の測定は、他の物質の影響を受けることなくほぼ完全に測定することが可能である [57]。 ・定量範囲：0.05～150 mg/l [57]	
関連項目 3	－	
文献など	57) 加藤: (2003a).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・測定精度	

大分類	水質分析・測定	
中分類	コロイド分析	
小分類	－	
概　要	水、大気中などに浮遊している物質のうち、数 μm 以下、数 nm 以上の微細な粒子をコロイド粒子（第 2 次取りまとめでは 1 μm 以下の粒子と定義）といい、分散している状態をコロイド状態という。コロイド分析には、コロイド粒子の濃度測定とコロイド粒子の種類の同定、計数が行われる。コロイド粒子の濃度測定では、一定量の水をろ過し、質量を測定し濃度を求める。コロイド粒子の種類の同定と計数は、顕微鏡下でコロイド粒子観察し、種類の同定、粒子数の計測を行う。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・コロイド粒子濃度 ・コロイド粒子の種類	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・1 μm 以上の浮遊性物質の濃度測定は、水質分析の一つとして実施されることがあるが、コロイド粒子の分析事例は少ない。	
関連項目 3	－	
文献など	8) 核燃料サイクル開発機構: (1999).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・処理方法と測定精度	

大分類	放射年代測定	
中分類	放射性核種の親核種と娘核種の比を利用する方法	
小分類	共通	
概　要	放射壊変によって生成した娘核種の量は、壊変する親核種の量になどしいことから、時間の経過とともに娘核種の量が増加し、親核種の量が減少する原理を利用した測定方法である。測定は親・娘核種の絶対量の測定よりも安定同位体との比として測定する方が精度よく測定されるため、娘核種の安定同位体との比が測定されている。測定には質量分析計などが用いられる。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・放射年代	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・試料形成後、閉鎖系であること（風化、変質、変成などが生じていないこと）が必要条件となる 59)。 ・閉鎖温度が異なる試料（深成岩、変成岩など）の場合、鉱物の年代測定が必要となる 59)。	
関連項目 3	－	
文献など	8) 加藤, 脇田編: (2001). 49) 日本第四紀学会編: (1993). 59) 兼岡: (1998).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・　測定精度の例	

大分類	放射年代測定	
中分類	放射性核種の親核種と娘核種の比を利用する方法	
小分類	K－Ar 法	
概　要	^{40}K が半減期 12.5 億年で電子捕獲により ^{40}Ar に壊変することを利用した年代測定手法である。^{40}K と放射性起源 ^{40}Ar を測定し、放射年代を求める。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・放射年代	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・試料の変質や二次的な加熱などに伴う ^{40}Ar の損失により年代値の若返りが生じる可能性がある [8),59)]。 ・過剰 ^{40}Ar の存在により測定結果が実際より古くなることがある（t＝0 で過剰 ^{40}Ar が存在していないことが必要条件）[8),59)]。 ・必要試料量：Ar として 1 mg 程度 ・測定年代範囲：10^4〜5×10^9 年前 [49),59)] ・測定精度：数%程度 [8)] ・測定対象試料：火山岩、黒曜石、角閃石類、雲母類、長石類、海緑石など [59)]	
関連項目 3	－	
文献など	8) 加藤, 脇田編: (2001). 49) 日本第四紀学会編: (1993). 59) 兼岡: (1998).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・試料の変質（二次的な加熱）の程度が測定精度に及ぼす影響	

大分類	放射年代測定	
中分類	放射性核種の親核種と娘核種の比を利用する方法	
小分類	Ar－Ar 法	
概　要	K－Ar 法に用いられる試料に対して、速中性子照射を行い、^{39}Ar を生成し、放射性起源 ^{40}Ar と ^{39}Ar の同位体比を測定し、放射年代を求める。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・放射年代	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・年代既知の標準試料が必要となり、標準試料の K－Ar 年代としての測定精度が、試料の測定精度に反映される [59)]。 ・必要試料量：Ar として 1 mg 程度 ・測定年代範囲：10^5〜5×10^9 年前 [59)] ・測定対象試料：火山岩、角閃石類、雲母類、長石類など [59)]	
関連項目 3	－	
文献など	8) 加藤, 脇田編: (2001). 49) 日本第四紀学会編: (1993). 59) 兼岡: (1998).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・試料の変質（二次的な加熱）の程度が測定精度に及ぼす影響	

大分類	放射年代測定	
中分類	放射性核種の親核種と娘核種の比を利用する方法	
小分類	Rb－Sr 法	
概　要	^{87}Rb が半減期 488 億年で β 壊変により ^{87}Sr に壊変することを利用した年代測定手法である。^{87}Rr/^{86}Sr、^{87}Sr/^{86}Sr を 4 種類以上の試料について測定し、アイソクロン法により放射年代を求める。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・放射年代	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・アイソクロン法により放射年代を求める場合、Rb/Sr 比が異なる 4 種類以上の試料を測定することが望ましい [8),59)]。 ・Rb 及び Sr は相対的に移動しやすく、変成温度程度でも鉱物間の移動を起こす。また、熱水、地下水、海水などの影響を受けやすい [59)]。 ・鉱物のみを用いて求められた年代と全岩を用いて求められた年代は必ずしも一致するとは限らない [8),59)]。 ・必要試料量：Sr として 20 mg 程度 ・測定年代範囲：2×10^6〜5×10^9 年前 [59)] ・測定精度：0.1 %程度 ・測定対象試料：火成岩、変成岩、雲母類、長石類、輝石類、角閃石類、粘土鉱物など [59)]	
関連項目 3	－	
文献など	8) 加藤, 脇田編: (2001). 49) 日本第四紀学会編: (1993). 59) 兼岡: (1998).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・熱水、地下水、海水などが測定精度に及ぼす影響	

大分類	放射年代測定	
中分類	放射性核種の親核種と娘核種の比を利用する方法	
小分類	^{238}U－^{206}Pb 法	
概　要	^{238}U が 8 回の α 壊変、6 回の β 壊変により ^{206}Pb に壊変することを利用した年代測定手法である。^{238}U/^{204}Pb、^{206}Pb/^{204}Pb を複数試料について測定し、アイソクロン法により放射年代を求める。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・放射年代	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・地表付近にさらされた岩石、鉱物中の U は変質により失われやすく、正確な ^{232}Th 量を測定することは容易ではない [59)]。 ・U－Pb 系が地質時代を通じて完全な閉鎖系を保持していることは必ずしも多くない [59)]。 ・測定年代範囲：2×10^6〜5×10^9 年前 [59)] ・測定対象試料：火成岩、堆積岩、方鉛鉱、瀝青ウラン鉱山、ウラン鉱物、ジルコン、モナザイトなど [8),59)]	
関連項目 3	－	
文献など	8) 加藤, 脇田編: (2001). 49) 日本第四紀学会編: (1993). 59) 兼岡: (1998).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・風化の度合いが測定精度に及ぼす影響	

大分類	放射年代測定	
中分類	放射性核種の親核種と娘核種の比を利用する方法	
小分類	$^{235}U-^{207}Pb$ 法	
概　要	^{235}U が 7 回のα壊変、4 回のβ壊変により ^{207}Pb に壊変することを利用した年代測定手法である。$^{235}U/^{204}Pb$、$^{207}Pb/^{204}Pb$ を複数試料について測定し、アイソクロン法により放射年代を求める。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・放射年代	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・地表付近にさらされた岩石、鉱物中の U は変質により失われやすく、正確な ^{232}Th 量を測定することは容易ではない [59]。 ・U－Pb 系が地質時代を通じて完全な閉鎖系を保持していることは必ずしも多くない [59]。 ・測定年代範囲：2×10^6～5×10^9 年前 [59] ・測定対象試料：火成岩、堆積岩、方鉛鉱、瀝青ウラン鉱山、ウラン鉱物、ジルコン、モナザイトなど [8),59]	
関連項目 3	－	
文献など	8) 加藤, 脇田編: (2001). 49) 日本第四紀学会編: (1993). 59) 兼岡: (1998).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・風化の度合いが測定精度に及ぼす影響	

大分類	放射年代測定	
中分類	放射性核種の親核種と娘核種の比を利用する方法	
小分類	Th－Pb 法	
概　要	^{232}Th が 6 回のα壊変、4 回のβ壊変により ^{208}Pb に壊変することを利用した年代測定手法である。$^{232}Th/^{204}Pb$、$^{208}Pb/^{204}Pb$ を複数試料について測定し、アイソクロン法により放射年代を求める。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・放射年代	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・地表付近にさらされた岩石、鉱物中の U は変質により失われやすく、正確な ^{232}Th 量を測定することは容易ではない [59]。 ・U－Pb 系が地質時代を通じて完全な閉鎖系を保持していることは必ずしも多くない [59]。 ・測定年代範囲：2×10^6～5×10^9 年前 [59] ・測定対象試料：火成岩、堆積岩、方鉛鉱、瀝青ウラン鉱山、ウラン鉱物、ジルコン、モナザイトなど [8),59]	
関連項目 3	－	
文献など	8) 加藤・脇田編: (2001). 49) 日本第四紀学会編: (1993). 59) 兼岡: (1998).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・風化の度合いが測定精度に及ぼす影響	

大分類	放射年代測定	
中分類	放射性核種の親核種と娘核種の比を利用する方法	
小分類	Sm－Nd 法	
概　要	^{147}Sm が α 壊変により ^{143}Nd に壊変することを利用した年代測定手法である。^{147}Sm/^{144}Nd、^{143}Nd/^{144}Nd を複数試料について測定し、アイソクロン法により放射年代を求める。	
関連項目 1 （取得情報・データ）	・放射年代	
関連項目 2 （調査・測定精度及び限界）	・試料の全岩を用いた全岩アイソクロン年代より鉱物を試料として用いた鉱物アイソクロン年代が用いられることが多い[59]。 ・岩石、鉱物の変質、二次的な加熱などに対して、測定対象元素が移動しにくいため、閉鎖系を保持している可能性が高く、二次的な影響を受けている試料の年代測定に用いられることが多い[59]。 ・半減期が 10^{10} 年オーダーと長く、娘核種同位体の生成量が少ないため、精密な同位体測定が必要となる。 ・測定年代範囲：2×10^{7}〜5×10^{9} 年前[59] ・測定対象試料：超塩基性岩、変成岩、鉱床生成物、ざくろ石、普通角閃石、斜長石、燐灰石など[59]	
関連項目 3	－	
文献など	8) 加藤, 脇田編: (2001). 59) 兼岡: (1998).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・試料状態と測定精度の関連	

大分類	放射年代測定	
中分類	放射性核種の親核種と娘核種の比を利用する方法	
小分類	Pb－Pb 法	
概　要	U、Th が放射壊変によって質量の異なる Pb になることを利用し、^{207}Pb/^{204}Pb、^{208}Pb/^{204}Pb を測定することによって、放射年代を求める方法である。	
関連項目 1 （取得情報・データ）	・放射年代	
関連項目 2 （調査・測定精度及び限界）	・U—Pb 法、Th－Pb 法に比べ、測定精度が高く、よく用いられる[59]。 ・測定試料が異なる同位体組成を持つ岩石、鉱物の混合作用を受けていないことが必要である[59]。 ・測定年代範囲：2×10^{6}〜5×10^{9} 年前[59] ・測定対象試料：火成岩、堆積岩、方鉛鉱、瀝青ウラン鉱、ウラン鉱物、ジルコン、モナザイトなど[8),59]	
関連項目 3	－	
文献など	8) 加藤, 脇田編: (2001). 49) 日本第四紀学会編: (1993). 59) 兼岡: (1998).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・試料状態と測定精度の関連	

大分類	放射年代測定	
中分類	放射性核種の親核種と娘核種の比を利用する方法	
小分類	La－Ce 法	
概　要	^{138}La が β 壊変により ^{138}Ce に壊変することを利用した年代測定手法である。^{138}La/^{142}Ce、^{138}Ce/^{142}Ce を複数試料について測定し、アイソクロン法により放射年代を求める。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・放射年代	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・岩石、鉱物の変質、二次的な加熱などに対して、測定対象元素が移動しにくいため、閉鎖系を保持している可能性が高く、二次的な影響を受けている試料の年代測定に用いられることが多い [59]。 ・半減期が 10^{11} 年オーダーと長く、娘核種同位体の生成量が少ないため、精密な同位体測定が必要となる [59]。 ・測定年代範囲：2×10^{8}〜5×10^{9} 年前 [59] ・測定対象試料：火成岩、変成岩、輝石、斜長石、褐簾石、燐灰石など [59]	
関連項目 3	－	
文献など	8) 加藤, 脇田編: (2001). 59) 兼岡: (1998).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・試料状態と測定精度の関連	

大分類	放射年代測定	
中分類	放射性核種の親核種と娘核種の比を利用する方法	
小分類	Lu－Hf 法	
概　要	^{176}Lu が半減期 35 億年で β 壊変により ^{176}Hf に壊変することを利用した年代測定手法である。^{176}Lu/^{177}Hf、^{176}Hf/^{176}Hf を複数試料について測定し、アイソクロン法により放射年代を求める。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・放射年代	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・岩石、鉱物の変質、二次的な加熱などに対して、測定対象元素が移動しにくいため、閉鎖系を保持している可能性が高く、二次的な影響を受けている試料の年代測定に用いられることが多い [59]。 ・半減期が 10^{10} 年オーダーと長く、娘核種同位体の生成量が少ないため、精密な同位体測定が必要となる。 ・必要試料量：10 g 程度 ・測定年代範囲：5×10^{8}〜5×10^{9} 年前 [59] ・測定対象試料：火成岩、変成岩、燐灰石、スフェン、褐簾石、ジルコンなど [59]	
関連項目 3	－	
文献など	8) 加藤, 脇田編: (2001). 59) 兼岡: (1998).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・試料状態と測定精度の関連	

大分類	放射年代測定	
中分類	放射性核種の親核種と娘核種の比を利用する方法	
小分類	La－Ba 法	
概　要	^{138}La が電子捕獲により ^{138}Ba に壊変することを利用した年代測定手法である。^{138}La/^{137}Ba、^{138}Ba/^{137}Ba を複数試料について測定し、アイソクロン法により放射年代を求める。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・放射年代	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・岩石、鉱物の変質、二次的な加熱などに対して、測定対象元素が移動しにくいため、閉鎖系を保持している可能性が高く、二次的な影響を受けている試料の年代測定に用いられることが多い 59)。 ・半減期が 10^{12} 年オーダーと長く、娘核種同位体の生成量が少ないため、精密な同位体測定が必要となる。 ・測定年代範囲：2×10^{8}～5×10^{9} 年前 59) ・測定対象試料：褐簾石、モザナイト、緑簾石など 59)	
関連項目 3	－	
文献など	8) 加藤, 脇田編: (2001). 59) 兼岡: (1998).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・試料状態と測定精度の関連	

大分類	放射年代測定	
中分類	宇宙線により生成した核種を利用する方法	
小分類	共通	
概　要	宇宙線が大気中の元素などと衝突する際に各種の放射性核種を生成する。宇宙線量が一定で、生成される核種の量も変わらない場合は、放射性核種の生成量と壊変量が釣り合った状態で一定となる。そのような物質が、宇宙線の影響を受けない状態に置かれると、放射性核種は時間の経過とともに壊変し、その量が減少する原理を利用した測定方法で、親核種の残存量を測定する。測定は親核種の安定同位体比として測定され、放射能測定法や加速器質量分析計などが用いられる。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・放射年代	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・宇宙線の照射条件が一定であることが前提条件となる 59)。 ・宇宙線の影響を受けない状態になった後、閉鎖系であることが必要条件となる 59)。	
関連項目 3	－	
文献など	8) 加藤, 脇田編: (2001). 59) 兼岡: (1998). 60) 中村: (2002b).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	－	

大分類	放射年代測定	
中分類	宇宙線により生成した核種を利用する方法	
小分類	^{14}C 法	
概　要	大気中の ^{14}N は、宇宙線を構成する中性子と衝突し、^{14}C を生成する。^{14}C は半減期 5,730 年で β 壊変により ^{14}N となる。宇宙線による照射条件が一定であれば、大気中の ^{14}C は生成される量と壊変する量がなどしくなる一定値をとる。大気中の CO_2 には、この生成された ^{14}C を含み、地表における炭素循環の要素となっている。生物は生存している限り大気中の CO_2 と生体中の C を交換していることから、生体中の ^{14}C と全炭素の比は大気中と同一になっている。生物が死ぬと外界との炭素交換が行われなくなるため、生体中の ^{14}C の割合は年代とともに減少する。このことを利用した年代測定手法が ^{14}C 法である。^{14}C の測定には、気体計数管、シンチレーションカウンタを用いて β 線を計数する方法、質量分析計により測定する方法がある。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・放射年代	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・必要試料量：10 mg～5 g（加速器質量分析計）[60] 5～500 g（放射能測定法）[60] ・測定年代範囲：50～5×10^4 年前 [8),59)] ・測定精度：0.5 %程度（加速器質量分析計）[59)] ・測定対象試料：木片、花粉、泥炭、有機物、貝化石、微化石など [8),59)]	
関連項目 3	－	
文献など	8) 加藤・脇田編: (2001). 59) 兼岡: (1998). 60) 中村: (2002b).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・試料状態と測定精度の関連	

大分類	放射年代測定	
中分類	宇宙線により生成した核種を利用する方法	
小分類	^{10}Be 法	
概　要	^{10}Be は、大気中で宇宙線が窒素や酸素と衝突した際の破砕反応によって生成され、半減期約 150 万年で ^{10}Be に β 壊変する。大気中の ^{10}Be は雨滴、沈下により地表に運ばれ大洋底最上部の堆積物中に固定される。その後、^{10}Be は放射壊変により減少する。このことを利用し、^{10}Be 量、または ^{10}Be/^{9}Be 比を測定することにより放射年代を求める。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・放射年代	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・気体計数管、シンチレーションカウンタなどによる放射能測定の場合、kg オーダーの試料が必要である [59)]。 ・加速器質量分析計による測定が行われるようになり、微少量の試料で測定ができるようになるとともに、測定感度、精度が向上している [59)]。 ・必要試料量：10～20 g 程度 ・測定年代範囲：5×10^4～10^7 年前 [59)] ・測定対象試料：堆積物、マンガン塊、氷床など [59)]	
関連項目 3	－	
文献など	8) 加藤, 脇田編: (2001). 59) 兼岡: (1998). 60) 中村: (2002b).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・試料状態と測定精度の関連	

大分類	放射年代測定	
中分類	宇宙線により生成した核種を利用する方法	
小分類	^{26}Al 法	
概　要	^{26}Al は、大気中で宇宙線による Ar の破砕反応によって生成され、半減期約 7,100 万年で陽電子壊変により ^{26}Mg に壊変する。大気中の ^{26}Al は雨滴、沈下により地表に運ばれ、大洋底最上部の堆積物中に固定される。その後、^{26}Al は放射壊変により減少する。このことを利用し、^{26}Al 量、または、^{26}Al/^{27}Al 比を測定することにより放射年代を求める。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・放射年代	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・気体計数管、シンチレーションカウンタなどによる放射能測定の場合、kg オーダーの試料が必要である [59]。 ・加速器質量分析計による測定が行われるようになり、微少量の試料で測定ができるようになるとともに、測定感度、精度が向上している [59]。 ・必要試料量：10〜20 g 程度 ・測定年代範囲：5×10^4〜10^7 年前 [59] ・測定対象試料：堆積物、氷床など [59]	
関連項目 3	−	
文献など	8) 加藤, 脇田編: (2001). 59) 兼岡: (1998). 60) 中村: (2002b).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	−
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	−
より深い知識	・試料状態と測定精度の関連	

大分類	放射年代測定	
中分類	宇宙線により生成した核種を利用する方法	
小分類	^{41}Ca 法	
概　要	^{41}Ca は、大気中で宇宙線と ^{40}Ca の反応によって生成され、半減期 10 万年で壊変する。大気中の ^{41}Ca は雨、雪により地表に運ばれ、堆積物中に固定される。その後、^{41}Ca は放射壊変により減少する。このことを利用し、^{41}Ca 量を測定することにより放射年代を求める。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・放射年代	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・加速器質量分析計による測定が行われるようになり、微少量の試料で測定ができるようになるとともに、測定感度、精度が向上している [59]。 ・測定年代範囲：10^4〜10^7 年前 [59] ・測定対象試料：氷床、堆積物など [59]	
関連項目 3	−	
文献など	8) 加藤, 脇田編: (2001). 59) 兼岡: (1998). 60) 中村: (2002b).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	−
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	−
より深い知識	・試料状態と測定精度の関連	

大分類	放射年代測定	
中分類	宇宙線により生成した核種を利用する方法	
小分類	^{53}Mn 法	
概　要	^{53}Mn は、大気中で宇宙線と Fe の反応によって生成され、半減期 370 万年で壊変する。大気中の ^{53}Mn は雨、雪により地表に運ばれ、堆積物中に固定される。その後、^{53}Mn は放射壊変により減少する。このことを利用し、^{53}Mn 量を測定することにより放射年代を求める。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・放射年代	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・加速器質量分析計による測定が行われるようになり、微少量の試料で測定ができるようになるとともに、測定感度、精度が向上している [59]。 ・測定年代範囲：10^4〜10^7 年前 [59] ・測定対象試料：氷床、堆積物など [59]	
関連項目 3	−	
文献など	8) 加藤, 脇田編: (2001). 59) 兼岡: (1998). 60) 中村: (2002b).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	−
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	−
より深い知識	・試料状態と測定精度の関連	

大分類	放射年代測定	
中分類	宇宙線により生成した核種を利用する方法	
小分類	^{129}I 法	
概　要	^{129}I は、大気中で宇宙線と ^{129}Xe の反応、^{238}U の自発核分裂によって生成され、半減期 1,600 万年で壊変する。大気中の ^{129}I は雨、雪により地表に運ばれ、堆積物中に固定される。その後、^{129}I は放射壊変により減少する。このことを利用し、^{129}I 量を測定することにより放射年代を求める。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・放射年代	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・加速器質量分析計による測定が行われるようになり、微少量の試料で測定ができるようになるとともに、測定感度、精度が向上している [59]。 ・必要試料量：1,000 ml 以上 ・測定年代範囲：10^4〜10^7 年前 [59] ・測定精度：10 %程度（濃度の測定誤差） ・測定対象試料：氷床、堆積物など [59]	
関連項目 3	−	
文献など	8) 加藤, 脇田編: (2001). 59) 兼岡: (1998). 60) 中村: (2002b).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	−
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	−
より深い知識	・試料状態と測定精度の関連	

大分類	放射年代測定	
中分類	宇宙線により生成した核種を利用する方法	
小分類	^{39}Ar 法	
概　要	^{39}Ar は、大気中で宇宙線と ^{40}Ar の反応によって生成され、半減期 269 年で壊変する。大気中の ^{39}Ar は雨、雪により地表に運ばれ、堆積物中に固定される。その後、^{39}Ar は放射壊変により減少する。このことを利用し、^{39}Ar 量を測定することにより放射年代を求める。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・放射年代	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・加速器質量分析計による測定が行われるようになり、微少量の試料で測定ができるようになるとともに、測定感度、精度が向上している [59]。 ・必要試料量：7,000～9,000 l ・測定年代範囲：0～2×10^3 年前 [59] ・測定精度：10 %程度 ・測定対象試料：氷床、堆積物など [59]	
関連項目 3	－	
文献など	59) 兼岡: (1998).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・試料状態と測定精度の関連	

大分類	放射年代測定	
中分類	宇宙線により生成した核種を利用する方法	
小分類	^{81}Kr 法	
概　要	^{81}Kr は、大気中で宇宙線と Zr、Sr、Rb、Kr などの核反応、破砕反応によって生成され、半減期 21 万年で壊変する。大気中の ^{81}Kr は雨、雪により地表に運ばれ、堆積物中に固定される。その後、^{81}Kr は放射壊変により減少する。このことを利用し、^{81}Kr 量、または ^{10}Be/^{9}Be 比を測定することにより放射年代を求める。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・放射年代	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・加速器質量分析計による測定が行われるようになり、微少量の試料で測定ができるようになるとともに、測定感度、精度が向上している [59]。 ・必要試料量：50 l 程度 ・測定年代範囲：10^4～10^7 年前 [59] ・測定精度：20 %程度（同位体比の測定誤差） ・測定対象試料：氷床、堆積物など [59]	
関連項目 3	－	
文献など	59) 兼岡: (1998).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・試料状態と測定精度の関連	

大分類	放射年代測定	
中分類	放射平衡からのずれを利用する方法	
小分類	共通	
概　要	ウラン系列、プロトアクチニウム系列、トリウム系列の放射壊変は、様々な半減期をもった放射性核種を経て、Pb 同位体になるが、それらが特に永続平衡の状態であるときには、各核種の存在数と壊変定数の積が一定となる。しかし、堆積、侵食などの地質的過程によって、親核種と娘核種の間の平衡状態としての量比が乱され、その結果として娘核種の量が放射平衡の状態より少なくなるか逆に過剰な状態になる原理を利用した測定方法である。測定は、放射能測定もしくは表面電離型質量分析計が行われる。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・放射年代	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・過剰の娘核種の量、または相対的な量比が対象環境において一定であることが前提条件となる [59]。 ・測定対象試料が、ウラン、トリウムに関して閉鎖系を維持していることが必要条件となる [59]。	
関連項目 3	－	
文献など	8) 加藤, 脇田編: (2001). 49) 日本第四紀学会編: (1993). 59) 兼岡: (1998).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・試料状態と測定精度の関連	

大分類	放射年代測定	
中分類	放射平衡からのずれを利用する方法	
小分類	^{230}Th－^{234}U 法	
概　要	海中の生物は、炭酸塩硬組織をつくる際に海水中に安定な錯イオンとして溶存しているウラン同位体を取り込むが、トリウム同位体をほとんど取り込まず炭酸塩硬組織の生成時には、ウランに対してトリウムの存在量は無視できるほど少ない。このような試料では、時間の経過とともに ^{234}U の壊変によって ^{230}Th が生成され、その ^{230}Th/^{234}U の放射能比は約 50 万年で永続平衡に到達する。このことを利用し、^{230}Th、^{238}U の量または ^{230}Th/^{238}U 比を測定することにより放射年代を求める。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・放射年代	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・必要試料量：数～10 g 程度（放射能測定）[59] 数 100 mg 以下（同位体測定）[59] ・測定年代範囲：10^3～5×10^5 年前 [49), 59] ・測定精度：数%（放射能測定）[59] 数分の 1 %程度（同位体測定）[59] ・測定対象試料：石灰岩、マンガン団塊、有孔虫、熱水性硫化物など [8),59]	
関連項目 3	－	
文献など	8) 加藤, 脇田編: (2001). 49) 日本第四紀学会編: (1993). 59) 兼岡: (1998).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・試料状態と測定精度の関連	

大分類	放射年代測定	
中分類	放射平衡からのずれを利用する方法	
小分類	^{234}U－^{238}U 法	
概　要	^{238}U に対して永続平衡の値から過剰に存在する ^{234}U が、その過剰状態を維持している系（海水など）から切り離され、サンゴ、堆積物などの閉鎖系となった後は、^{234}U が時間の経過とともに減少し平衡状態に近づく。このことを利用し、^{234}U、^{238}U の量または ^{234}U/^{238}U 比を測定することにより放射年代を求める。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・放射年代	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・必要試料量：数～10 g 程度（放射能測定）[59] 数 100 mg 以下（同位体測定）[59] ・必要試料量：U として 0.1 mg 程度 ・測定年代範囲：10^3～10^6 年前 [59] ・測定精度：数%（放射能測定）[59] 数分の 1 %程度（同位体測定）[59] ・測定対象試料：堆積物、石灰岩、マンガン団塊など [8),59]	
関連項目 3	－	
文献など	8）加藤，脇田編:（2001）. 49）日本第四紀学会編:（1993）. 59）兼岡:（1998）.	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・試料状態と測定精度の関連	

大分類	放射年代測定	
中分類	放射平衡からのずれを利用する方法	
小分類	^{231}Pa－^{235}U 法	
概　要	海中の生物は、炭酸塩硬組織をつくる際に海水中に安定な錯イオンとして溶存しているウラン同位体を取り込むが、Pa をほとんど取り込まず炭酸塩硬組織の生成時には、ウランに対して Pa の存在量は無視できるほど少ない。このような試料では、時間の経過とともに ^{235}U の壊変によって ^{231}Pa が生成され、その ^{231}Pa/^{235}U の放射能比は、放射平衡に到達する。このことを利用し、^{231}Pa、^{235}U の量または ^{231}Pa/^{235}U 比を測定することにより放射年代を求める。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・放射年代	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・必要試料量：数～10 g 程度（放射能測定）[59] 数 100 mg 以下（同位体測定）[59] ・測定年代範囲：10^3～2×10^5 年前 [49),59] ・測定精度：数%（放射能測定）[59] 数分の 1 %程度（同位体測定）[59] ・測定対象試料：石灰岩、マンガン団塊、有孔虫、熱水性硫化物など [8),59]	
関連項目 3	－	
文献など	8）加藤，脇田編:（2001）. 49）日本第四紀学会編:（1993）. 59）兼岡:（1998）.	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・試料状態と測定精度の関連	

大分類	放射年代測定	
中分類	放射平衡からのずれを利用する方法	
小分類	^{230}Th 法	
概　要	海底に砕屑物、生物遺骸などが沈殿し堆積物となると、その表面には、トリウム、パラジウムなどが選択的に吸着される。海水中に溶存しているウラン壊変系列の生成核種の一つである ^{230}Th も海底の堆積物の表面に吸着し、過剰の ^{230}Th となる。堆積物として海底に溜まり海水から隔てられた時点から、堆積物中の ^{230}Th は、放射壊変によって減少する。このことを利用し、深度の異なる ^{230}Th の量を測定することにより放射年代を求める。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・放射年代	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・必要試料量：数～10 g 程度（放射能測定）[59] 数 100 mg 以下（同位体測定）[59] ・測定年代範囲：10^3～10^6 年前 [59] ・測定精度：数%（放射能測定）[59] 数分の 1 %程度（同位体測定）[59] ・測定対象試料：堆積物、石灰岩、マンガン団塊など [8),59]	
関連項目 3	－	
文献など	8) 加藤, 脇田編: (2001). 49) 日本第四紀学会編: (1993). 59) 兼岡: (1998).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・試料状態と測定精度の関連	

大分類	放射年代測定	
中分類	放射平衡からのずれを利用する方法	
小分類	^{231}Pa 法	
概　要	海底に砕屑物、生物遺骸などが沈殿し堆積物となると、その表面には、トリウム、パラジウムなどが選択的に吸着される。海水中に溶存しているウラン壊変系列の生成核種の一つである ^{231}Pa も海底の堆積物の表面に吸着し、過剰の ^{231}Pa となる。堆積物として海底に溜まり海水から隔てられた時点から、堆積物中の ^{231}Pa は、放射壊変によって減少する。このことを利用し、深度の異なる ^{231}Pa の量を測定することにより放射年代を求める。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・放射年代	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・必要試料量：数～10 g 程度（放射能測定）[59] 数 100 mg 以下（同位体測定）[59] ・測定年代範囲：10^3～10^6 年前 [59] ・測定精度：数%（放射能測定）[59] 数分の 1 %程度（同位体測定） ・測定対象試料：堆積物、石灰岩、マンガン団塊など [8),59]	
関連項目 3	－	
文献など	8) 加藤, 脇田編: (2001). 59) 兼岡: (1998).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・試料状態と測定精度の関連	

大分類	放射年代測定
中分類	放射線損傷を利用する方法
小分類	フィッション・トラック（FT）法
概　要	放射性核種が壊変する際にエネルギー強度の強い放射線を放出する。それにより周囲に様々な放射線損傷を与える。その放射線損傷の生じる割合が年代の関数になることを利用した測定方法である。鉱物、火山ガラスなどに含まれる^{238}Uが自発核分裂を起こすと約200 MeVのエネルギーを放出し、核分裂により生じた二つの粒子は固体中を反対方向に移動する。その結果、固体中には、約10～20 μm程度の長さを有する損傷が生じる。この自発核分裂で生じた単位体積あたりの自発核分裂FT密度は、試料の年代値とウラン濃度に比例する。この原理を利用し、試料中に記録されたFTを計測し、その密度を求め、年代を算出する。
関連項目1（取得情報・データ）	・FT年代
関連項目2（調査・測定精度及び限界）	・^{238}Uの自発核分裂により生じたFTが、二次的な影響により消失していないことが前提条件となる[59]。 ・FTの計数自動化は一般的に行われておらず、顕微鏡下での計数が主流である。そのため、人的な要因により測定結果が影響を受ける[59]。 ・鉱物によりFTの閉鎖温度が異なる。そのため、異なる鉱物のFT年代を求めることにより、熱史の解析が実施可能である[8),59)]。 ・測定年代範囲：10^3～3×10^9年前[49),61)] ・測定対象試料：火山ガラス、黒曜石、ジルコン、燐灰石、雲母、褐簾石、普通角閃石など[8),49),59),61)]
関連項目3	－
文献など	8）加藤，脇田編:（2001）. 49）日本第四紀学会編:（1993）. 59）兼岡:（1998）. 61）鈴木:（2002）.
知識レベル	専門書により取得できるレベル：＋ 経験者へのヒアリングで取得できるレベル：－ 高度な技術者のノウハウに属するレベル：－
より深い知識	・試料状態と測定精度の関連

大分類	放射年代測定
中分類	放射平衡からのずれを利用する方法
小分類	^{210}Pb法
概　要	^{238}Uの壊変系列の中で、^{226}Raは気体である^{222}Rnに壊変するため、地表面から大気中に放出される。しかし、^{222}Rnの半減期は3.8日しかないため、さらに壊変して半減期が約22.3年の^{210}Pbとなり、大気中から大部分が雨、雪として地表に戻ってくる。このような^{210}Pbは、直接対応する^{238}Uを特定することができないため過剰の^{210}Pbとして存在することになる。このことを利用し、^{210}Pbの量を測定することにより放射年代を求める。
関連項目1（取得情報・データ）	・放射年代
関連項目2（調査・測定精度及び限界）	・必要試料量：数～10 g程度（放射能測定）[59] 数100 mg以下（同位体測定）[59] ・測定年代範囲：0～10^2年前[59] ・測定精度：数%（放射能測定）[59] 数分の1 %程度（同位体測定）[59] ・測定対象試料：堆積物、石灰岩、マンガン団塊など[8),59)]
関連項目3	－
文献など	8）加藤，脇田編:（2001）. 59）兼岡:（1998）.
知識レベル	専門書により取得できるレベル：＋ 経験者へのヒアリングで取得できるレベル：－ 高度な技術者のノウハウに属するレベル：－
より深い知識	・試料状態と測定精度の関連

大分類	放射年代測定	
中分類	放射線損傷を利用する方法	
小分類	電子スピン共鳴（ESR）法	
概　要	放射性核種が壊変する際にエネルギー強度の強い放射線を放出する。それにより周囲に様々な放射線損傷を与える。その放射線損傷の生じる割合が年代の関数になることを利用した測定方法である。自然界に存在している各種の放射線によって、通常は対電子として存在している試料中の電子の一方が弾き飛ばされ、不対電子を形成する。電子はスピン運動をしているため電子の周囲に磁界を生じるが、対電子の場合にはスピン方向が逆の電子同士が互いにその効果を相殺し、その影響が現れない。このようにして生成された不対電子の大部分は、瞬時にもとの対電子に戻るが、一部は結晶中の正孔、不純物に捕らえられて安定に存在するようになり、常磁性体としての性質を示すようになる。このような不対電子の量は、年代と増加する。このことを利用し、試料中の不対電子の量を測定し、単位年代あたりの不対電子生成量から年代を算出する。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・ESR 年代	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・年代測定の対象となる期間は、一度生成された格子欠陥は安定であること、二次的に格子欠陥などを生じる影響を受けないこと、放射線損傷を与える環境が一定であることが前提条件となる [59]。 ・必要試料量：100～200 mg [8] ・測定年代範囲：10^3～3×10^6 年前 [49),59)] ・測定対象試料：石灰石、有孔虫、方解石、火山岩、火山灰、火砕流、石英、断層、チャートなど [8),49),59)]	
関連項目 3	－	
文献など	8）加藤，脇田編:（2001）. 49）日本第四紀学会編:（1993）. 59）兼岡:（1998）.	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・試料状態と測定精度の関連	

大分類	放射年代測定	
中分類	放射線損傷を利用する方法	
小分類	熱ルミネッセンス（TL）法	
概　要	放射性核種が壊変する際にエネルギー強度の強い放射線を放出する。それにより周囲に様々な放射線損傷を与える。その放射線損傷の生じる割合が年代の関数になることを利用した測定方法である。天然環境中のウラン系列、トリウム系列、^{40}K などの壊変の際に発せられる放射線によって、結晶中の親原子から電子が引き離される。これらの電子は、結晶中を移動する間に、元の状態より高いエネルギーレベルで正孔、不純物などに捕らえられ捕獲電子となる。このような結晶を加熱すると、格子の熱振動により捕獲電子は一度伝導帯に励起され、結晶中を移動した後発光中止の正孔と再結合するが、そのときに発光（熱ルミネッセンス）する。捕獲電子の総量は、放射線によって照射された照射線量と比例する。このことを利用し、これまでに試料が受けた放射線量と試料が 1 年間に受ける放射線量から年代値を算出する。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・TL 年代	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・熱ルミネッセンスは、500 ℃以上で消滅するとみなされているため、求められた年代は、試料が 500 ℃以下になった時点に相当する [59]。 ・放射線を受ける割合が、現在まで一定であることが前提条件となる [59]。 ・必要試料量：10 mg 程度 [8] ・測定年代範囲：10^3～5×10^5 年前 [49),59)] ・測定対象試料：火山灰、火砕流、火山ガラス、石英、長石、貝化石、深海性堆積物など [8),49),59)]	
関連項目 3	－	
文献など	8）加藤，脇田編:（2001）. 49）日本第四紀学会編:（1993）. 59）兼岡:（1998）.	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・試料状態と測定精度の関連	

大分類	放射年代測定	
中分類	宇宙線により生成した核種を利用する方法	
小分類	^{14}C 法	
概　要	大気中の ^{14}N は、宇宙線を構成する中性子と衝突し、^{14}C を生成する。^{14}C は半減期 5,730 年で β 壊変により ^{14}N となる。宇宙線による照射条件が一定であれば、大気中の ^{14}C は生成される量と壊変する量がなどしくなる一定値をとる。大気中の CO_2 には、この生成された ^{14}C が含まれ、雨、雪として地表運ばれ地下水、氷床として固定される。 その後、大気中との同位体交換が発生しなくなると ^{14}C の割合は年代とともに減少する。このことを利用した年代測定手法が ^{14}C 法である。^{14}C の測定には、気体計数管、シンチレーションカウンタを用いて β 線を計数する方法、質量分析計により測定する方法がある。	
関連項目 1 （取得情報・データ）	・放射年代	
関連項目 2 （調査・測定精度及び限界）	・地下水中の炭酸根の炭素が周辺物質と容易に同位体交換を行ため、^{13}C 濃度を同時に測定し補正が行われているが、全炭酸の起源モデルの構築が非常に難しい [61]。 ・必要試料量：200～500 ml（加速器質量分析計）[60] 200～500 l（放射能測定）[60] ・測定年代範囲：50～5×10^4 年前 [8),59)] ・測定精度：0.5 %程度（加速器質量分析計）[59] ・測定対象試料：水資料中の溶存炭素、溶存有機物、氷床など [8),59)]	
関連項目 3	－	
文献など	59) 兼岡: (1998). 60) 中村: (2002b). 61) 馬原: (1991). 62) 馬原: (1999).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	＋
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・試料状態と測定精度の関連	

大分類	放射年代測定	
中分類	宇宙線により生成した核種を利用する方法	
小分類	共通	
概　要	宇宙線が大気中の元素などと衝突する際に各種の放射性核種を生成する。宇宙線量が一定で、生成される核種の量も変わらない場合は、放射性核種の生成量と壊変量が釣り合った状態で一定となる。そのような物質が宇宙線の影響を受けない状態に置かれると、放射性核種は時間の経過とともに壊変し、その量が減少する原理を利用した測定方法で親核種の残存量を測定する。測定は親核種の安定同位体比として測定され、放射能測定法や加速器質量分析計などが用いられる。	
関連項目 1 （取得情報・データ）	・放射年代	
関連項目 2 （調査・測定精度及び限界）	・宇宙線の照射条件が、一定であることが前提条件となる [59)]。 ・宇宙線の影響を受けない状態になった後は、閉鎖系であることが必要条件となる。	
関連項目 3	－	
文献など	59) 兼岡: (1998). 60) 中村: (2002b). 61) 馬原: (1991). 62) 馬原: (1999).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・試料状態と測定精度の関連	

大分類	放射年代測定	
中分類	宇宙線により生成した核種を利用する方法	
小分類	^{3}H＋^{3}He 法	
概　要	^{3}H は、大気中で宇宙線と窒素や酸素の核反応、破砕反応によって生成され、半減期 12.4 年で ^{3}He に壊変する。大気中の ^{3}H は、雨、雪として地表に運ばれ地下水、氷床などとして固定される。その後、^{3}H は放射壊変により減少する。このことを利用し、^{3}H 量または、^{3}H/^{3}He 比を測定することにより放射年代を求める。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・放射年代	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・系統的に経年的な観測を行わなければ ^{3}H 濃度だけによる地下水年代の推定は困難な状況にある [61]。 ・必要試料量：1,000 ml [61),62)] ・測定年代範囲：0〜60 年前 [61),62)] ・測定精度：数%程度 ・測定対象試料：地下水、氷床 [59)]	
関連項目 3	－	
文献など	59) 兼岡: (1998). 60) 中村: (2002b). 61) 馬原: (1991). 62) 馬原: (1999).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・試料状態と測定精度の関連	

大分類	放射年代測定	
中分類	宇宙線により生成した核種を利用する方法	
小分類	^{32}Si 法	
概　要	^{32}Si は、大気中で宇宙線による Ar の破砕反応によって生成され、半減期 172 年で壊変する。大気中の ^{32}Si は、雨、雪により地表に運ばれ地下水、氷床などとして固定される。その後、^{32}Si は放射壊変により減少する。このことを利用し、^{32}Si 量を測定することにより放射年代を求める。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・放射年代	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・加速器質量分析計による測定が行われるようになり、微少量の試料で測定ができるようになるとともに、測定感度、精度が向上している [59)]。 ・測定年代範囲：0〜1,500 年前程度 [59)] ・測定精度：10〜20 %程度（濃度の測定誤差） ・測定対象試料：地下水、氷床 [59)]	
関連項目 3	－	
文献など	59) 兼岡: (1998). 60) 中村: (2002b). 61) 馬原: (1991). 62) 馬原: (1999).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・試料状態と測定精度の関連	

大分類	放射年代測定	
中分類	宇宙線により生成した核種を利用する方法	
小分類	^{41}Ca 法	
概　要	^{41}Ca は、大気中で宇宙線と ^{40}Ca の反応によって生成され、半減期 10 万年で壊変する。大気中の ^{41}Ca は、雨、雪により地表に運ばれ地下水、氷床などとして固定される。その後、^{41}Ca は放射壊変により減少する。このことを利用し、^{41}Ca 量を測定することにより放射年代を求める。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・放射年代	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・加速器質量分析計による測定が行われるようになり、微少量の試料で測定ができるようになるとともに、測定感度、精度が向上している [59]。 ・測定年代範囲：10^4〜10^7 年前 [59] ・測定対象試料：地下水、氷床、堆積物など [59]	
関連項目 3	−	
文献など	59) 兼岡: (1998). 60) 中村: (2002b). 61) 馬原: (1991). 62) 馬原: (1999).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	−
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	−
より深い知識	・試料状態と測定精度の関連	

大分類	放射年代測定	
中分類	宇宙線により生成した核種を利用する方法	
小分類	^{36}Cl 法	
概　要	^{36}Cl は、大気中で宇宙線と Ar の核反応、破砕反応によって生成され、半減期 30 万年で壊変する。大気中の ^{36}Cl は、雨、雪により地表に運ばれ地下水、氷床などとして固定される。その後、^{36}Cl は放射壊変により減少する。このことを利用し、^{36}Cl 量または、^{36}Cl/Cl を測定することにより放射年代を求める。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・放射年代	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・加速器質量分析計による測定が行われるようになり、微少量の試料で測定ができるようになるとともに、測定感度、精度が向上している [59]。 ・必要試料量：1〜5 l（加速器質量分析計）[61),62)] 100〜1,000 kl（放射能測定）[61),62)] ・測定年代範囲：5×10^4〜2×10^6 年前 [59), 61),62)] ・測定精度：数% ・測定対象試料：地下水、氷床など [59]	
関連項目 3	−	
文献など	59) 兼岡: (1998). 60) 中村: (2002b). 61) 馬原: (1991). 62) 馬原: (1999).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	＋
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	−
より深い知識	・試料状態と測定精度の関連	

大分類	放射年代測定	
中分類	宇宙線により生成した核種を利用する方法	
小分類	^{53}Mn 法	
概　要	^{53}Mn は、大気中で宇宙線と Fe の反応によって生成され、半減期 370 万年で壊変する。大気中の ^{53}Mn は、雨、雪により地表に運ばれ地下水、氷床などとして固定される。その後、^{53}Mn は放射壊変により減少する。このことを利用し、^{53}Mn 量を測定することにより放射年代を求める。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・放射年代	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・加速器質量分析計による測定が行われるようになり、微少量の試料で測定ができるようになるとともに、測定感度、精度が向上している [59]。 ・測定年代範囲：10^4〜10^7 年前 [59] ・測定対象試料：地下水、氷床など [59]	
関連項目 3	−	
文献など	59) 兼岡: (1998). 60) 中村: (2002b). 61) 馬原: (1991). 62) 馬原: (1999).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	−
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	−
より深い知識	・試料状態と測定精度の関連	

大分類	放射年代測定	
中分類	宇宙線により生成した核種を利用する方法	
小分類	^{129}I 法	
概　要	^{129}I は、大気中で宇宙線と ^{129}Xe の反応、^{238}U の自発核分裂によって生成され、半減期 1,600 万年で壊変する。大気中の ^{129}I は、雨、雪により地表に運ばれ地下水、氷床、堆積物などとして固定される。その後、^{129}I は放射壊変により減少する。このことを利用し、^{129}I 量を測定することにより放射年代を求める。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・放射年代	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・加速器質量分析計による測定が行われるようになり、微少量の試料で測定ができるようになるとともに、測定感度、精度が向上している [59]。 ・必要試料量：1,000 ml 以上 ・測定年代範囲：10^4〜10^7 年前 [59] ・測定精度：10 %程度（濃度の測定誤差） ・測定対象試料：地下水、氷床など [59]	
関連項目 3	−	
文献など	59) 兼岡: (1998). 60) 中村: (2002b). 61) 馬原: (1991). 62) 馬原: (1999).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	−
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	−
より深い知識	・試料状態と測定精度の関連	

大分類	放射年代測定	
中分類	宇宙線により生成した核種を利用する方法	
小分類	^{81}Kr 法	
概　要	^{81}Kr は、大気中で宇宙線と Zr、Sr、Rb、Kr などの核反応、破砕反応によって生成され、半減期 21 万年で壊変する。大気中の ^{81}Kr は、雨、雪により地表に運ばれ地下水、氷床などとして固定される。その後、^{81}Kr は放射壊変により減少する。このことを利用し、^{81}Kr 量を測定することにより放射年代を求める。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・放射年代	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・加速器質量分析計による測定が行われるようになり、微少量の試料で測定ができるようになるとともに、測定感度、精度が向上している [59]。 ・必要試料量：100～1,000 kl [61),62)] ・測定年代範囲：10^4～10^7 年前 [59),61),62)] ・測定精度：数%程度 ・測定対象試料：地下水、氷床など [59)]	
関連項目 3	－	
文献など	59) 兼岡: (1998). 61) 馬原: (1991). 62) 馬原: (1999).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	＋
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・試料状態と測定精度の関連	

大分類	放射年代測定	
中分類	宇宙線により生成した核種を利用する方法	
小分類	^{39}Ar 法	
概　要	^{39}Ar は、大気中で宇宙線と ^{40}Ar の反応によって生成され、半減期 269 年で壊変する。大気中の ^{39}Ar は、雨、雪により地表に運ばれ地下水、氷床などとして固定される。その後、^{39}Ar は放射壊変により減少する。このことを利用し、^{39}Ar 量を測定することにより放射年代を求める。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・放射年代	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・加速器質量分析計による測定が行われるようになり、微少量の試料で測定ができるようになるとともに、測定感度、精度が向上している [59]。 ・必要試料量：7,000～9,000 l [61),62)] ・測定年代範囲：50～2×10^3 年前 [59),61),62)] ・測定精度：数%程度 ・測定対象試料：地下水、氷床など [59)]	
関連項目 3	－	
文献など	59) 兼岡: (1998). 61) 馬原: (1991). 62) 馬原: (1999).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	＋
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・試料状態と測定精度の関連	

大分類	放射年代測定	
中分類	宇宙線により生成した核種を利用する方法	
小分類	^{85}Kr 法	
概　要	^{85}Kr は、大気中で宇宙線との反応によって生成され、半減期 10.7 年で壊変する。大気中の ^{85}Kr は、雨、雪により地表に運ばれ地下水、氷床などとして固定される。その後、^{85}Kr は放射壊変により減少する。このことを利用し、^{85}Kr 量を測定することにより放射年代を求める。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・放射年代	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・必要試料量：120〜360 l [61),62)] ・測定年代範囲：1〜40 年前 [61), 62)] ・測定精度：数%程度 ・測定対象試料：地下水、氷床など [61),62)]	
関連項目 3	−	
文献など	59) 兼岡: (1998). 61) 馬原: (1991). 62) 馬原: (1999).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	−
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	−
より深い知識	・試料状態と測定精度の関連	

大分類	放射年代測定	
中分類	放射平衡からのずれを利用する方法	
小分類	^{210}Pb 法	
概　要	^{238}U の壊変系列の中で、^{226}Ra は気体である ^{222}Rn に壊変するため、地表面から大気中に放出される。しかし、^{222}Rn の半減期は 3.8 日しかないため、さらに壊変して半減期が約 22.3 年の ^{210}Pb となり、大気中から大部分が雨、雪として地表に戻ってくる。このような ^{210}Pb は、直接対応する ^{238}U を特定することができないため、過剰の ^{210}Pb として存在することになる。このことを利用し、^{210}Pb の量を測定することにより放射年代を求める。測定は、放射能測定もしくは、表面電離型質量分析計が行われる。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・放射年代	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・過剰の娘核種の量または、相対的な量比が対象環境において一定であることが前提条件となる [59)]。 ・測定対象試料がウラン、トリウムに関して閉鎖系を維持していることが必要条件となる [59)]。 ・必要試料量：数〜10 g 程度（放射能測定）[59)] 数 100 mg 以下（同位体測定）[59)] ・測定年代範囲：0〜10^2 年前 [59)] ・測定精度：数% ・測定対象試料：地下水、氷床など [59)]	
関連項目 3	−	
文献など	59) 兼岡: (1998).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	−
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	−
より深い知識	・試料状態と測定精度の関連	

大分類	放射年代測定	
中分類	地下水中に蓄積される希ガスを利用する方法	
小分類	$^{3}H+^{3}He$ 法	
概　要	宇宙線により生成された ^{3}H を含む降水が地下に浸透した時の初期濃度を決定するために、^{3}H が β 崩壊して ^{3}He に壊変することに着目し、同一地下水試料の ^{3}H 濃度と ^{3}He 濃度を測定し、年代を求める。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・放射年代	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・降水が地下に涵養された時点での初期 ^{3}H 濃度を一義的に決定することが可能である [62]。 ・必要試料量：15 ml[61), 62)] ・測定年代範囲：0〜120 年前 [61), 62)] ・測定対象試料：地下水	
関連項目 3	－	
文献など	61) 馬原: (1991). 62) 馬原: (1999).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・試料状態と測定精度の関連	

大分類	放射年代測定	
中分類	地下水中に蓄積される希ガスを利用する方法	
小分類	^{4}He 法	
概　要	地層中には、ウラン、トリウムとその娘核種である α 核種が含まれている。これらの α 核種が、α 壊変するたびに、He が地層中に蓄積されることになる。これらの α 壊変に伴う He の地下水中に流入する量が一定であれば、大気平衡溶解量を上回り地下水中に過剰な He が溶存することとなる。このことを利用し、地下水中の He 濃度、地層中のウラン濃度、トリチウム濃度を測定することにより放射年代を求める。	
関連項目 1（取得情報・データ）	・放射年代	
関連項目 2（調査・測定精度及び限界）	・岩石中の ^{238}U、^{235}U、^{232}Th を親核種とする壊変系列核種との放射平衡が成立していることが前提である [62]。 ・求められた地下水年代は、かなりの誤差が含まれているが、測定対象の地下水が非常に古く滞留性が高い地下水であるかの判断に十分活用することが可能である [62]。 ・必要試料量：15 ml[61),62)] ・測定年代範囲：10^{4}〜10^{7} 年前 [61),62)] ・測定対象試料：地下水	
関連項目 3	－	
文献など	61) 馬原: (1991). 62) 馬原: (1999).	
知識レベル	専門書により取得できるレベル	＋
	経験者へのヒアリングで取得できるレベル	－
	高度な技術者のノウハウに属するレベル	－
より深い知識	・試料状態と測定精度の関連	

付録 1-C

地質環境調査評価情報の統合化に関する

国内外事例の参考文献リスト

(1) Nagra
(2) SKB
(3) 日本原子力研究開発機構
(4) 財団法人原子力環境整備促進・資金管理センター

This is a blank page.

付録 1-C　地質環境調査評価情報の統合化に関する国内外事例の参考文献リスト

(1) Nagra :

a-1) Hufschmied, P. and Adank, P.: “Modeling groundwater flow in the rock body surrounding the Grimsel Test Site”, Nagra Bulletin, Special Edition, pp. 50-52 (1988).

a-2) Gautschi, A., and Scholtis, A.: “Sampling and analysis of groundwaters from deep boreholes”, Nagra Bulletin, Special Edition, pp.50-66 (1989).

a-3) McCombie, C., Papp, T. and Coplan S.: “The development and status of performance assessment in radioactive waste disposal”, Nagra Bulletin, No.1, pp.20-30 (1991).

a-4) Nagra: “The planned repository at Wellenberg”, Nagra Bulletin, No. 24 (1994).

a-5) Voborny, O., Resele, G., Hürlimann, W., Lanyon, W., Vomvoris, S. and Wilson, W.: “Hydrodynamic Synthesis and Modeling of Groundwater Flow in Crystalline Rocks of Northern Switzerland”, Nagra Technical Report, NTB 92-04 (1994).

a-6) Nagra: “Kristallin-I Safety Assessment Report”, Nagra Technical Report, NTB 93-22 (1994).

a-7) Gautschi, A.: “The “Kristallin Programme: Investigations, Results, Future Procedure”, Nagra Bulletin, No. 25, pp.10-21 (1995).

a-8) Smith, P., Zuidema, P. and McKinley, I. G.: “Assessing the performance of the Nagra HLW disposal concept”, Nagra Bulletin, No. 25, pp.34-46 (1995).

a-9) Konietzuky, H., Blüming, P. and Rummel, F.: “In situ stress field in the Wellenberg area”, Nagra Bulletin, No. 26, pp. 38-48 (1995).

a-10) Vomvoris, S., Andrews, R. W., Lanyon, G. W., Voborny, O. and Wilson, W.: “Methodology for Deriving Hydrogeological Input Parameters for Safety-Analysis Models - Application to Fractured Crystalline Rocks in Northern Switzerland”, Nagra Technical Report, NTB 93-14 (1996).

a-11) Enachescu, C., Lavanchy, J., -M., Ostrowski, L., Senger, R. and Woziewicz, J.: “Hydrological Investigations at Wellenberg: Hydraulic Packer Testing in Boreholes SB4a/v and SB4a/s Methods and Field Results”, Nagra Technical Report, NTB 95-02 (1997).

a-12) Nagra: “Geosynthese Wellenberg 1996, Ergebnisse der Untersuchungspasen I und II”, Nagra Technical Report, NTB 96-01 (1997).

a-13) Kappeler, S.: “Synthesis of the geological investigations at Wellenberg”, Nagra Bulletin, No. 32, pp.2-15 (1999).
a-14) Nagra: “Project Opalinus Clay: Safety Report” Demonstration of disposal feasibility for spent fuel, vitrified high-level waste and long-lived intermediate-level waste (Entsorgungsnachweis), Nagra Technical Report, NTB 02-05 (2002).
a-15) Vomvoris, S.: “Synthesizing site data into a site model for design and PA”, School of Underground Waste Storage and Disposal (2006).

(2) SKB :

b-1) SKB: “Hydraulic Testing in Crystalline Rock. A Comparative Study of Single-Hole Test Methods”, SKB Technical Report, TR-86-27 (1986).
b-2) SKB: “FARF31 - A Far Field Radionuclide Migration Code for Use with the PROPER Package”, SKB Technical Report, TR-90-01 (1990).
b-3) SKB: “Overview of Geologic and Geohydrologic Conditions at the Finnsjön Site It’s Surroundings”, SKB Technical Report, TR-91-08 (1991).
b-4) SKB: “Final Disposal of Spent Nuclear Fuel. Importance of the Bedrock for Safety”, SKB Technical Report, TR-92-20 (1992).
b-5) SKB: “Feasibility Study for Siting of a Deep Repository within the Storumanmunicipality”, SKB Technical Report, TR-95-08 (1995).
b-6) SKB: “General Siting Study 95. Siting of a Deep Repository for Spent Nuclear Fuel”, SKB Technical Report, TR-95-34 (1995).
b-7) SKB: “Äspö HRL - Geoscientific Evaluation 1997/1. Overview of Site Characterization 1986-1995”, SKB Technical Report, TR-97-02 (1997).
b-8) SKB: “Äspö HRL - Geoscientific Evaluation 1997/2. Results from Pre-investigations and Detailed Site Characterization. Summary Report”, SKB Technical Report, TR-97-03 (1997).
b-9) SKB: “Äspö HRL - Geoscientific Evaluation 1997/3. Results from Pre-investigations and Detailed Site Characterization. Comparison of Predictions and Observations. Geology and Mechanical Stability”, SKB Technical Report TR-97-04 (1997)
b-10) SKB: “Äspö HRL - Geoscientific Evaluation 1997/4. Results from Pre-investigations and Detailed Site Characterization. Comparison of Predictions and Observations. Hydrogeology, Groundwater Chemistry and Transport of Solutes”, SKB Technical Report, TR-97-05 (1997).

b-11) SKB: “Äspö HRL - Geoscientific Evaluation 1997/5. Models based on Site Characterization 1986-1995”, SKB Technical Report, TR-97-06 (1997).
b-12) SKB: “Characterization and Evaluation of Sites for Deep Geological Disposal of Radioactive Waste in Fractured Rocks”, Proceedings from The 3rd Äspö International Seminar, Oskarshamn, June 10-12, 1998”, SKB Technical Report, TR-98-10 (1998).
b-13) SKB: “Main Report Volume II Deep Repository for Spent Nuclear Fuel SR 97 - Post-Closure Safety”, SKB Technical Report, TR-99-06 (1999).
b-14) SKB: “Background Report to SR 97. Waste, Repository Design and Sites”, SKB, Technical Report, TR-99-08 (1999).
b-15) SKB: “SR97 Data and Data Uncertainties. Compilation of Data and Data Uncertainties for Radionuclide Transport Calculations”, SKB Technical Report, TR-99-09 (1999).
b-16) SKB: “Äspö Hard Rock Laboratory Annual Report 1999”, SKB Technical Report, TR-00-10 (2000).
b-17) SKB: “What Requirements Dose the KBS-3 Repository Make on the Host Rock? Geoscientific suitability indicators and criteria for siting and site evaluation”, SKB Technical Report, TR-00-12 (2000).
b-18) SKB: “Geoscientific Programme for Investigation and Evaluation of Sites for the Deep Repository”, SKB Technical Report, TR-00-20 (2000).
b-19) SKB: “Integrated Account of Method, Site Selection and Programme prior to the Site Investigation Phase”, SKB Technical Report, TR-01-03 (2001).
b-20) SKB: “Analysis of Groundwater Flow Beneath Ice Sheets”, SKB Technical Report, TR-01-06 (2001).
b-21) SKB: “Experimental Study of the Effect of High Porewater Salinity on the Physical Properties of a Natural Smectitic Clay”, SKB Technical Report, TR-01-07 (2001).
b-22) SKB: “Äspö Hard Rock Laboratory Annual Report 2000”, SKB Technical Report, TR-01-10 (2001).
b-23) SKB: “Äspö Hard Rock Laboratory Analysis of Fracture Networks based on the Integration of Structural and Hydrogeological Observations on Different Scales”, SKB, Technical Report, TR-01-21 (2001).
b-24) SKB: “First TRUE Stage - Transport of Solutes in an Interpreted Single Fracture”, Proceedings from the 4th International Seminar Äspö, September 9-11, 2000, SKB Technical Report, TR-01-24 (2001).

b-25) SKB: “Site Investigations：Investigation Methods and General Execution Programme”, SKB Technical Report, TR-01-29 (2001).
b-26) SKB: “Site Investigations Strategy for Rock Mechanics Site Descriptive Model”, SKB Technical Report, TR-02-01 (2002).
b-27) SKB: “Final Report of the TRUE Blok Scale Project. 3.Modelling of Flow and Transport”, SKB Technical Report, TR-02-15 (2002).
b-28) SKB: “Testing the Methodology for Site Descriptive Modelling - Application for the Laxemar Area”, SKB Technical Report, TR-02-19 (2002).
b-29) SKB: “Task Force on Modelling of Groundwater Flow and Transport of Solutes. Task 5 Summary Report”, SKB Technical Report, TR-03-01 (2003).

(3) 日本原子力研究開発機構：

c-1) 中野勝志, 竹内真司, 濱克宏, 松井裕哉, 池田幸喜, 天野健治, 山内大祐, 大澤英昭, 長谷川健, 杉原弘造, 武田精悦: “超深地層研究所計画の現状－平成８年度～平成11年度－”, JNC TN7400 2001-001 (2001).
c-2) 小出馨, 杉原弘造: “広域地下水流動研究年度計画書（平成 12 年度）”, JNC TN7410 2001-002 (2000).
c-3) 島田顕臣, 天野健治, 三枝博光, 竹内真司, 濱克宏, 大澤英昭, 杉原弘造: ”超深地層研究所計画年度報告書（平成 12 年度）（技術報告）”, JNC TN7400 2001-011 (2001).
c-4) 島田顕臣: “平成 13 年度地層科学研究情報・意見交換会―要旨集―”, JNC TN7410 2001-011 (2001).
c-5) 小出馨, 杉原弘造: “広域地下水流動研究年度計画書（平成 13 年度）”, JNC TN7410 2001-012（2001）.
c-6) 大澤英昭, 中野勝志, 杉原弘造, 武田精悦: “超深地層研究所計画年度計画書（平成 13 年度）（技術報告）”, JNC TN7410 2001-013 (2001).
c-7) 大澤英昭, 中野勝志, 大田久仁雄: “超深地層研究所計画における地表での調査研究成果の統合化”, 日本原子力学会 2001 年秋の大会予稿集, p.918 (2001).
c-8) 仙波毅, 大澤英昭: “広域地下水流動研究年度計画書（平成 14 年度）”, JNC TN7410 2002-004 (2002).
c-9) 大澤英昭, 中野勝志, 茂田直孝: “東濃地域における地層環境特性に関する調査研究-地表からの調査研究の考え方と進め方”, JNC TN7410 2002-008 (2002).
c-10) 花室孝広: “平成 15 年度地層科学研究情報・意見交換会－要旨集－, JNC TN7410 2003-002 (2003).
c-11) 水野崇: “広域地下水流動研究年度計画書（平成 15 年度）”, JNC TN7410 2003-004 (2003).
c-12) 向井圭, 小出馨, 太田久仁雄, 竹内真司, 岩月輝希, 中間茂雄, 見掛信一郎: “超深地層

研究所計画年度計画書（平成 15 年度）”, JNC TN7410 2003-005 (2003).
c-13) 三枝博光, 澤田淳: “地層環境特性調査における地下水流動の不確実性評価に対する試み”, 原子力バックエンド研究, 9, 2,pp.167-178 (2003).
c-14) 小出馨, 池田幸喜, 太田久仁雄, 竹内真司, 佐藤稔紀, 岩月輝希, 天野健治: “超深地層研究所計画年度計画書（2004 年度）”, JNC TN7410 2004-003 (2004).
c-15) 竹内真司, 天野健治, 三枝博光, 岩月輝希, 佐藤稔紀, 池田幸喜, 藪内聡: “超深地層研究所計画年度報告書（平成 15 年度）（技術報告）”, JNC TN7400 2005-002 (2004).
c-16) 核燃料サイクル開発機構: “高レベル放射性廃棄物の地層処分技術に関する知識基盤の構築―平成 17 年度取りまとめ―　―分冊 1 深地層の科学的研究―”, JNC TN1400 2005-014 (2005).
c-17) 太田久仁雄, 佐藤稔紀, 竹内真司, 岩月輝希, 天野健治, 三枝博光, 松岡稔幸, 尾上博則: “東濃地域における地上からの地質環境の調査・評価技術”, TN7400 2005-023 (2007).
c-18) 西尾和久, 水野崇, 大山卓也, 中間茂雄, 三枝博光, 竹内竜史, 天野健治, 鶴田忠彦, 濱克宏,弥富洋介, 見掛信一郎, 黒田英高, 佐藤稔紀, 尾方伸久, 仙波毅, 内田雅大, 山本勝, 杉原弘造, 坂巻昌工: “超深地層研究所計画 年度計画書（2006 年度）”, JAEA-Review 2007-037 (2007).
c-19) 西尾和久, 水野崇, 大山卓也, 中間茂雄, 三枝博光, 竹内竜史, 天野健治, 鶴田忠彦, 濱克宏, 弥富洋介, 見掛信一郎, 黒田英高, 佐藤稔紀, 尾方伸久, 仙波毅, 内田雅大, 山本勝, 杉原弘造, 坂巻昌工: “超深地層研究所計画 年度計画書（2007 年度）”, JAEA-Review 2007-038 (2007).
c-20) 三枝博光, 瀬野康弘, 中間茂雄, 鶴田忠彦, 岩月輝希, 天野健治, 竹内竜史, 松岡稔幸, 尾上博則, 水野崇, 大山卓也, 濱克宏, 佐藤稔紀, 九慈雅栄, 黒田英高, 仙波毅, 内田雅大, 杉原弘造, 坂巻昌工: “地質処分研究開発部門システム性能研究グループ: 瑞浪深地層研究計画における地表からの調査予測研究段階（第 1 段階）研究成果報告書”, JAEA-Research 2007-043 (2007).
c-21) 太田久仁雄, 阿部寛信, 山口雄大, 國丸貴紀, 石井英一, 繰上広志, 戸村豪治, 柴野一則, 濱克宏, 松井裕哉, 新里忠史, 高橋一晴, 丹生屋純夫, 大原英史, 浅森浩一, 森岡宏之, 舟木泰智, 茂田直孝, 福島龍朗: “幌延深地層研究計画における地上からの調査研究段階（第 1 段階）研究成果報告書”, JAEA-Research 2007-045 (2007).
c-22) 梅田浩司, 大井貴夫, 大澤英昭, 大山卓也, 小田治恵, 亀井玄人, 久慈雅栄, 黒澤英樹, 小林保之, 佐々木康雄, 佐藤治夫, 真田祐幸, 澤田淳, 仙波毅, 谷口直樹, 竹内真司, 棚井憲治, 田力正好, 鶴田忠彦, 内藤守正, 中山雅, 新里忠史, 久野義夫, 藤島敦, 藤田朝雄, 藤原健壮, 舟木泰智, 本田明, 前川恵輔, 三原守弘, 宮原要, 安江健一: “地層処分技術に関する知識基盤の構築―平成 18 年度報告―”, JAEA-Review 2007-050 (2007).

(4) 財団法人　原子力環境整備促進・資金管理センター：

d-1) 財団法人　原子力環境整備促進・資金管理センター: “平成 13 年度地層処分経済性向上調査 地層処分サイト評価技術確証試験 報告書（第 3 分冊）調査システムの総合評価（1/2）” (2001).

d-2) 財団法人　原子力環境整備促進・資金管理センター: “平成 13 年度地層処分経済性向上調査 地層処分サイト評価技術確証試験 報告書（第 3 分冊）調査システムの総合評価（2/2）” (2001).

d-3) 財団法人　原子力環境整備促進・資金管理センター: “平成 14 年度地層処分技術調査等高精度物理探査技術高度化調査報告書（第 2 分冊）―調査システムフローに関する検討―” (2002).

d-4) 安藤賢一, 安達哲也, 藤原愛, 竹内邦文, 志村友行, 井尻裕二, 畑明仁, 吉村実義, 梶尾淳, 小山俊博, 鈴木康正: “高レベル放射性廃棄物の地層処分事業に重要な地質環境調査システムフローの構築”, 土木学会第 57 回年次学術講演会概要集（CD-ROM), 57, CS-10-004, pp. 389-390 (2002).

d-5) 財団法人　原子力環境整備促進・資金管理センター: “平成 15 年度地層処分技術調査等高精度物理探査技術高度化調査報告書（第 2 分冊）―調査システムフローに関する検討―” (2004).

d-6) 吉村公孝, 大久保秀一, 須山泰宏, 戸井田克, 河野健二, 吉村実義, 堀尾淳: “地質環境調査支援ツールの開発”, 物理探査学会第 108 回学術講演会論文集, pp.219-222 (2003).

d-7) 安藤賢一, 安達哲也, 吉村公孝, 武内邦文, 井尻裕二, 堀尾淳, 鈴木康正: “サイト選定における調査～評価の体系化：IT ベースの調査システムフローの試構築”, 物理探査学会第 108 回学術講演会論文集, pp.215-218 (2003).

d-8) Yoshimura, K., Ando, K., Adachi, T., Fujiwara, A., Ohuchi, J. and Tsuboya, T.: “Development of the Site Investigation Flow Diagram in Geological Disposal”, Proceedings of the 10th International High-Level Radioactive Waste Management Conference”, pp. 76-82 (2003).

d-9) 財団法人　原子力環境整備促進・資金管理センター: “平成 16 度地層処分技術調査等地質環境評価技術高度化調査報告書” (2004).

d-10) 吉村公孝, 安藤賢一: “地質環境調査における信頼性向上の検討”, 物理探査, No.57, 4, pp.337-349 (2004).

d-11) 大久保秀一, 吉村公孝, 須藤泰宏, 安藤賢一, 吉村実義, 堀尾淳: “地質環境調査支援ツールの概念モデルへの適用性検討”, 物理探査学会第 110 回学術講演会論文集, pp.155-158 (2004).

d-12) 吉村公孝, 山本修一, 石橋勝彦, 中野靖, 安藤賢一, 田中達也, 井尻裕二, 松村淳, 吉

村実義: “塩淡域・堆積岩環境を対象とした調査システムフロー構築において考慮すべき事項について”, 土木学会第 59 回年次学術講演会概要集（CD-ROM), 59, CS1-066, pp.131-132 (2004).

d-13) 財団法人　原子力環境整備促進・資金管理センター: “平成 17 年度地層処分技術調査等地質環境評価技術高度化調査報告書” (2005).

d-14) 山本修一, 吉村公孝, 岡本修一, 大久保秀一, 井尻裕二: “海水準変動を考慮した沿岸地域の地下水流道に及ぼす地層構造の影響について”, 土木学会第 60 回年次学術講演会概要集, 60, 3-307, pp. 613-614 (2005).

d-15) Yamamoto, S., Yoshimura, K., Ando, K., Ohuchi, J. and Tsuboya, T.: “Development of the web-based site investigation flow diagram in repository development program”, Proceedings of International Symposium of Radiation Safety Management, pp.414-424 (2005).

d-16) 財団法人　原子力環境整備促進・資金管理センター: “平成 18 年度地層処分技術調査等地質環境評価技術高度化調査報告書” (2006).

d-17) Yoshimura, K., Yamamoto, S., Sato, S., Ando, K., Ohuchi, J. and Tsuboya, T.: “Development of a web-based site investigation flow diagram for HLW repository development”, Proceedings of the 11th International High-Level Radioactive Waste Management Conference, pp.1255-1262 (2006).

d-18) Yoshimura, K., Yamamoto, S., Sato, S., Ando, K., Ohuchi, J. and Tsuboya, T.: “Development of a web-based site investigation flow diagram for HLW repository development”, 2006 International High-Level Radioactive Waste Management Conference, 2006 4. 30 - 5. 4, Las Vegas, U.S. (2006).

d-19) 三好悟, 吉村公孝, 井尻裕二, 本島貴之: “沿岸域における複数の塩水成分を考慮した密度流解析による地下水流動の評価について”, 土木学会第 61 回年次学術講演会概要集（CD-ROM）, 61, CS05-022, pp.249-250 (2006).

d-20) 三好悟, 吉村公孝, 山本修一, 安藤賢一: “地下施設への湧水量評価に関する調査システムフローの検討”, 土木学会第 61 回年次学術講演会概要集（CD-ROM）, 61, CS05-014, pp.233-234 (2006).

d-21) 坪谷隆夫, 安藤賢一, 山本修一, 佐藤晶子: “高レベル放射性廃棄物の最終処分地選定に関わる地質環境調査の社会技術的アプローチ”, 社会技術研究論文集, 4, pp.136-146 (2006).

d-22) 吉村公孝, 三好悟, 山本修一, 安藤賢一, 佐藤晶子: “地質環境調査における調査システムフローの開発とその応用　その 1　調査システムフローの構築と活用方策に関する検討”, 原子力学会 2007 年秋の大会予稿集（CD-ROM）, p.483 (2007).

d-23) 山本修一, 安藤賢一, 佐藤晶子, 吉村公孝, 三好悟, 武田康人: “地質環境調査における調査システムフローの開発とその応用　その 2　調査システムフローを活用した情

報管理システムの検討”, 日本原子力学会 2007 年秋の大会予稿集（CD-ROM）, p.484 (2007).

d-24) 三好悟, 吉村公孝, 安藤賢一, 橋本秀爾, 堀尾淳: “不連続性岩盤における地下水流動場の評価手法についてー決定論的割れ目と地球統計学的手法のハイブリッド型モデリングー”, 土木学会第 62 回年次学術講演会概要集（CD-ROM）, 62, CS5-080, pp.319-320 (2007).

d-25) Yoshimura, K., Miyoshi, S., Ohuchi, J. and Tsuboya, T.: “Study on information management tool for site characterization of radioactive waste repository based on site investigation flow diagram”, International Symposium on Radiation Safety Management, November 7-9, 2007, Daejeon, Korea (2007).

付録２

東濃の調査事例の分析結果

A. 統合化データフローダイアグラム
B. 統合化データフローダイアグラム比較図
C. 水質形成機構解析
D. 水理地質構造モデル構築に関わる意思決定のプロセスのフローダイアグラム図
E. 地下水流動解析に関わる意思決定のプロセスのフローダイアグラム図

This is a blank page.

付録 2-A

統合化データフローダイアグラム

(1)　　統合化データフローダイアグラム（2000 年 5 月）
(2)　　統合化データフローダイアグラム（2001 年 4 月）
(3)　　統合化データフローダイアグラム（2002 年 6 月）
(4)　　統合化データフローダイアグラム（2003 年 4 月）
(5)-1)　統合化データフローダイアグラム（2005 年 4 月　ローカルスケール）
(5)-2)　統合化データフローダイアグラム（2005 年 4 月　サイトスケール）
(6)　　統合化データフローダイアグラム（2007 年 3 月）
(7)　　概要調査地区選定データフローダイアグラム（2003 年 4 月）

This is a blank page.

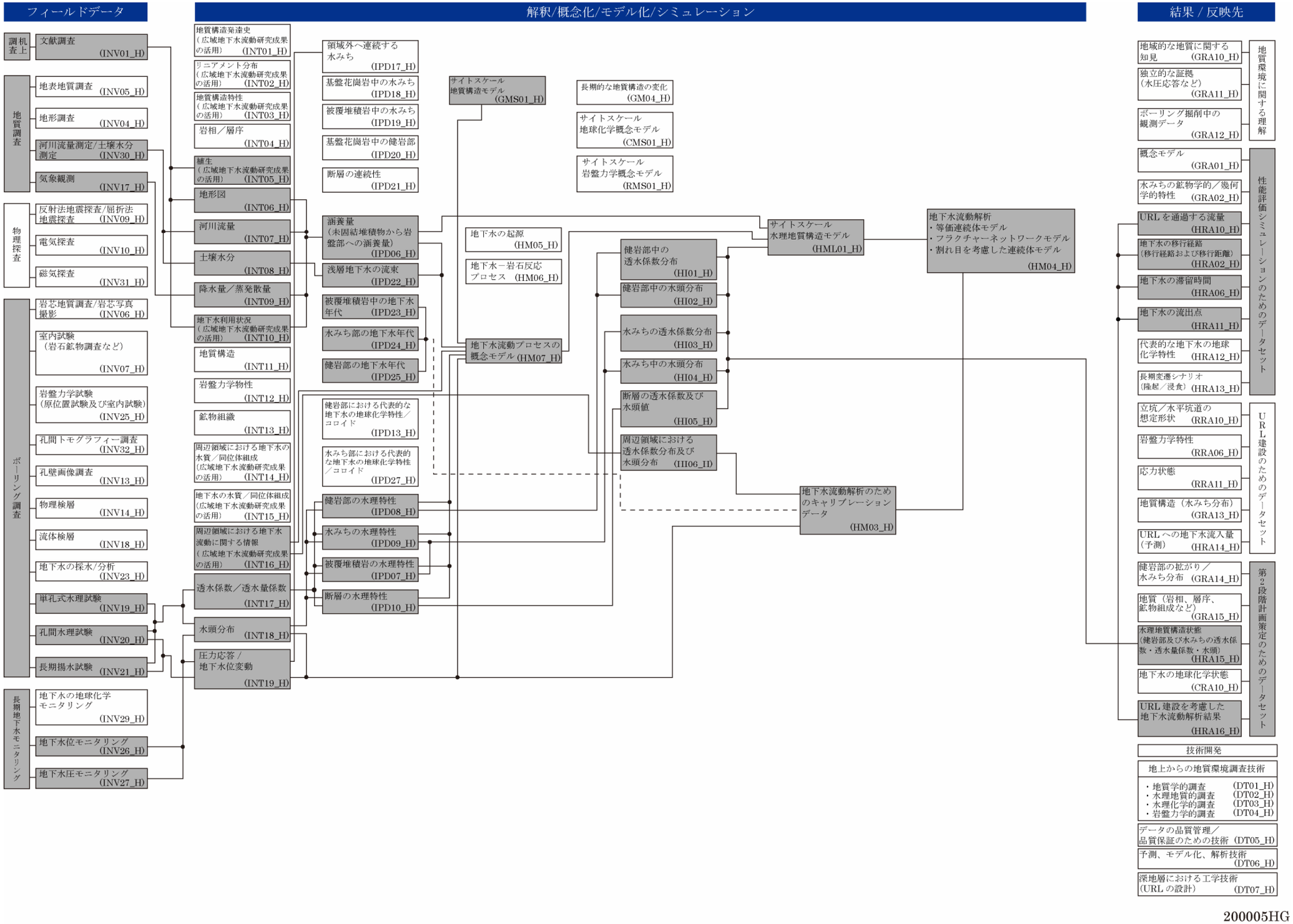


図 2-A (1)　統合化データフローダイアグラム（2000 年 5 月　水理地質）

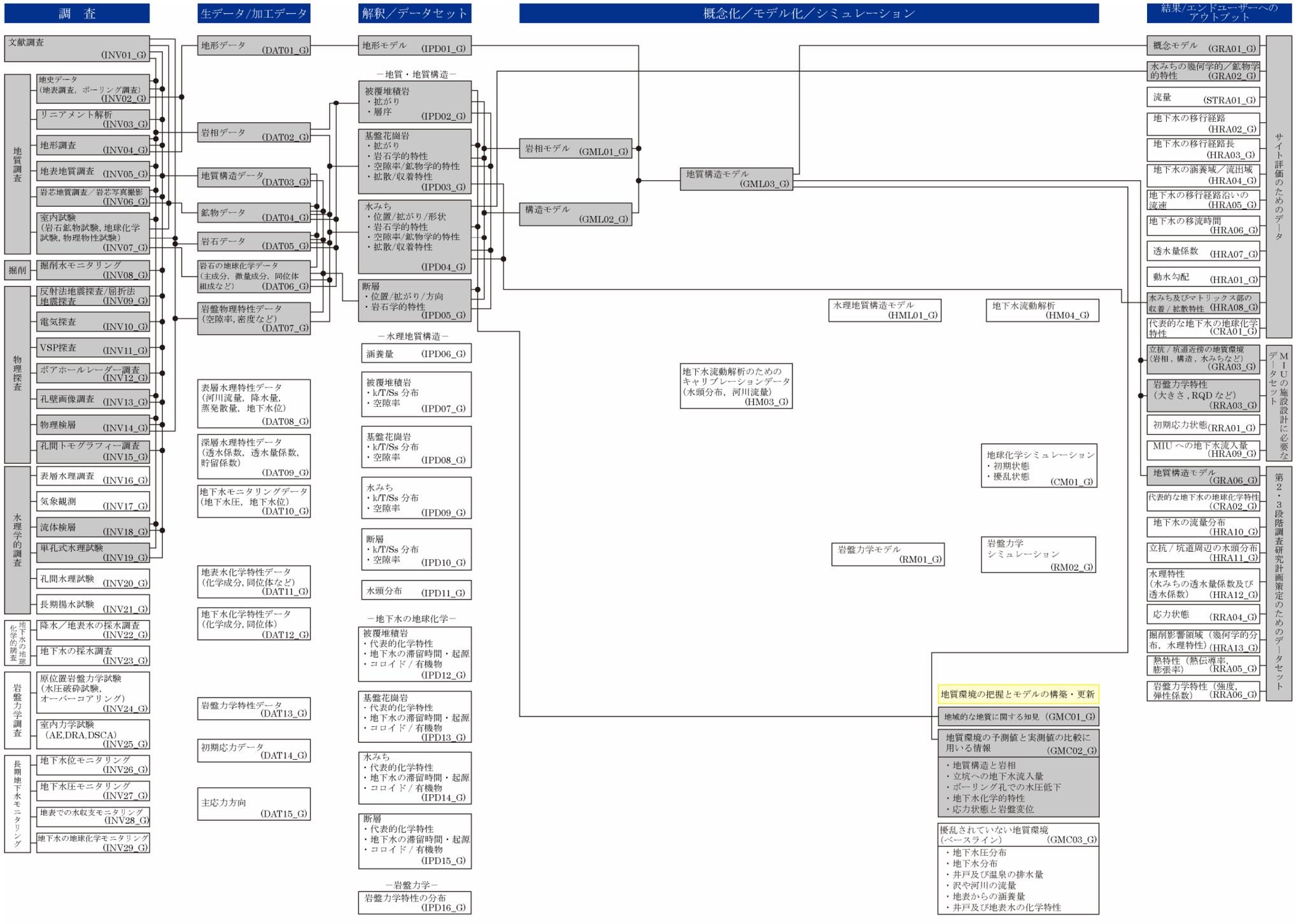


図 2-A (2)-1)　統合化データフローダイアグラム（2001 年 4 月　地質）

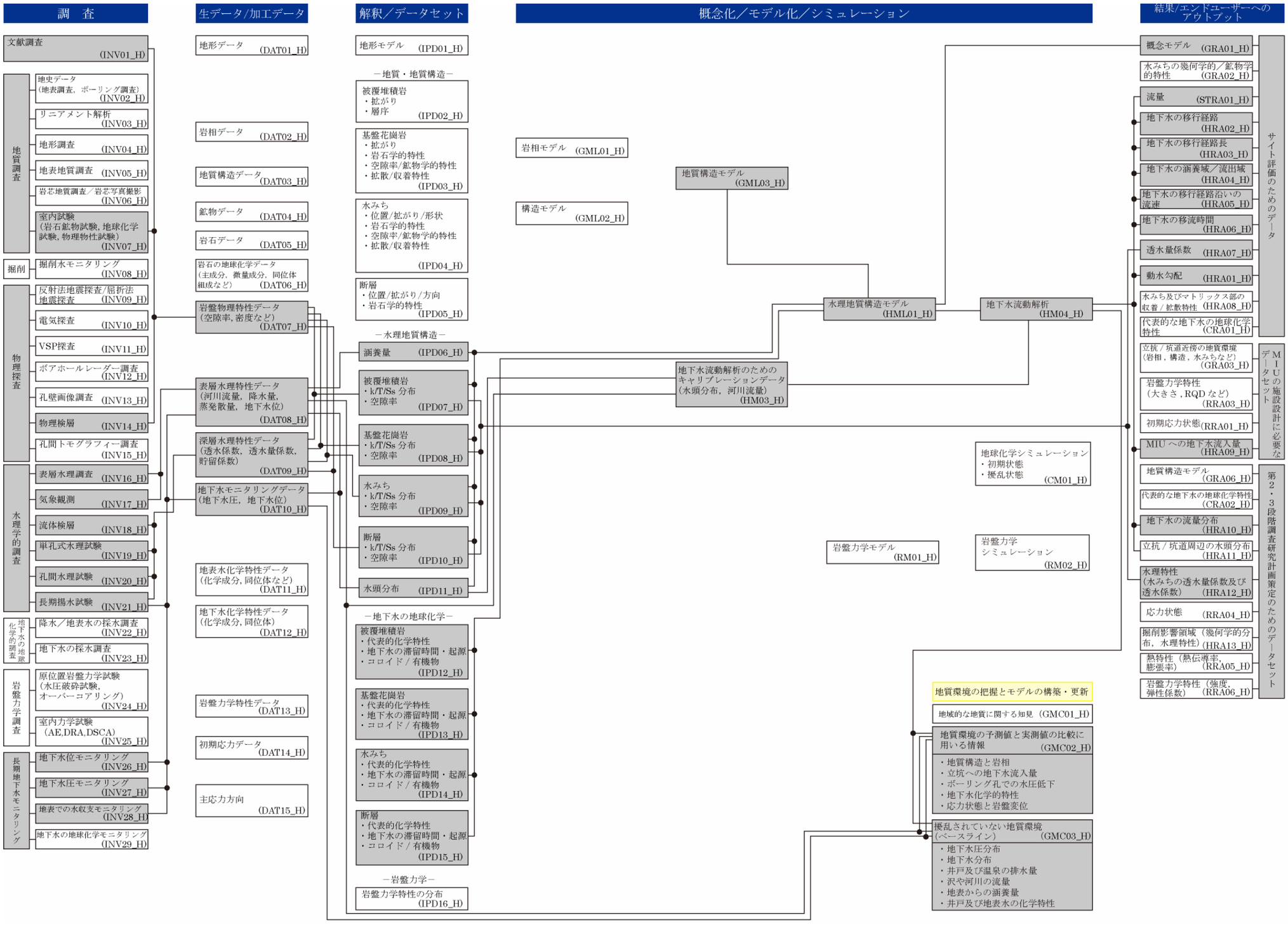
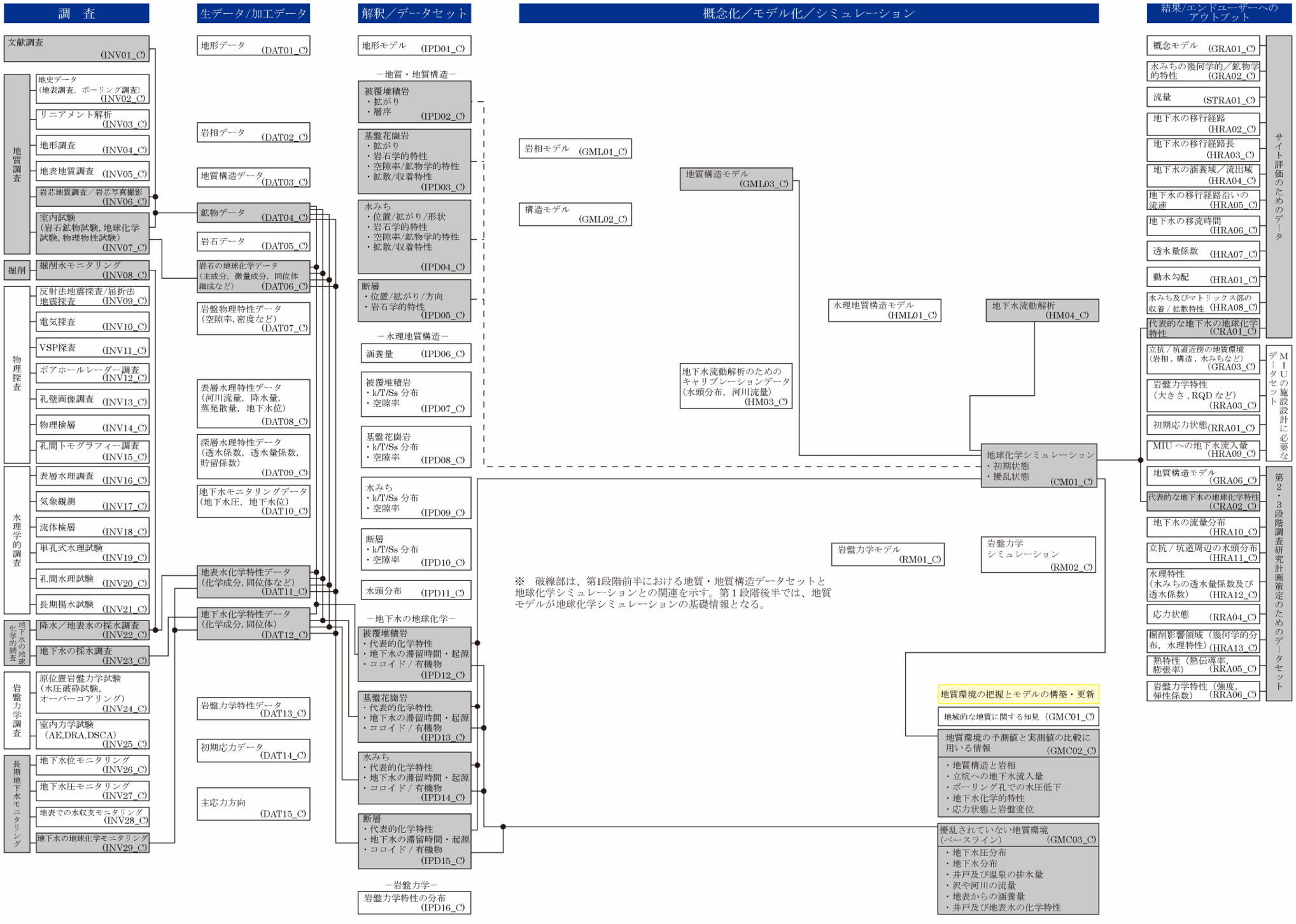


図 2-A (2)-2)　統合化データフローダイアグラム（2001 年 4 月　水理地質）



200104HC

図 2-A (2)-3)　統合化データフローダイアグラム（2001 年 4 月　地下水化学）

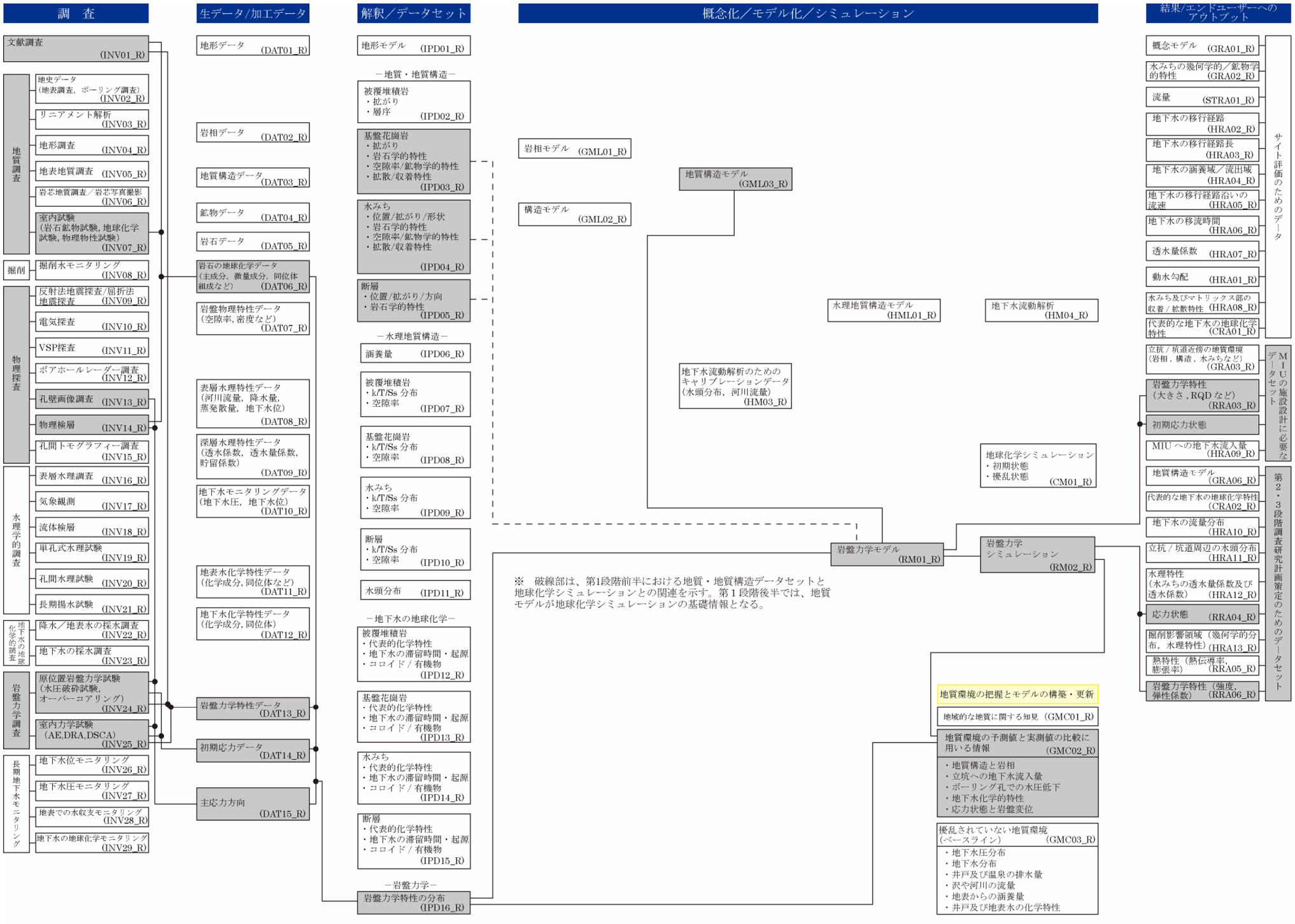


図 2-A (2)-4)　統合化データフローダイアグラム（2001 年 4 月　岩盤力学）

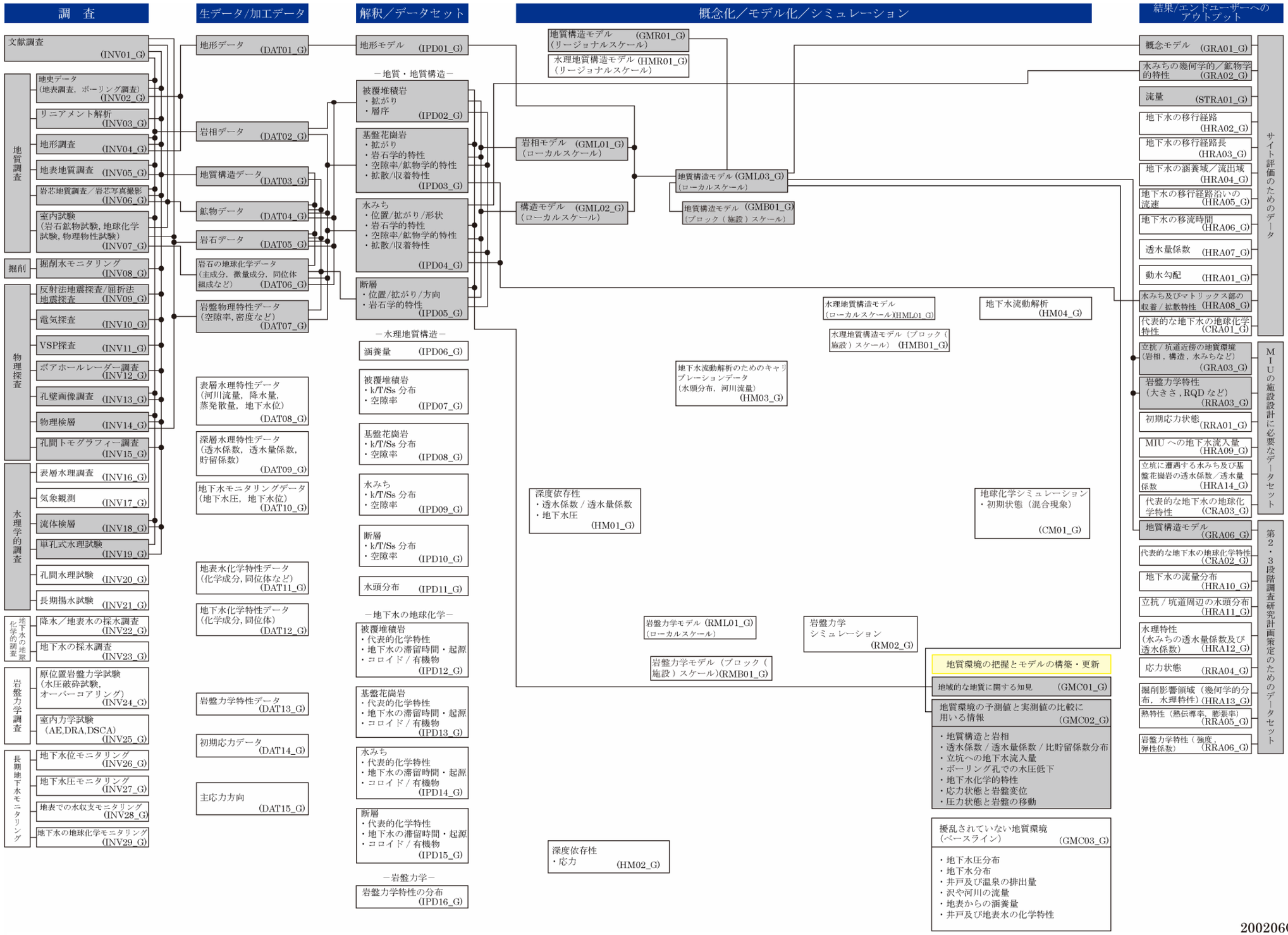


図 2-A (3)-1)　統合化データフローダイアグラム（2002 年 6 月　地質）

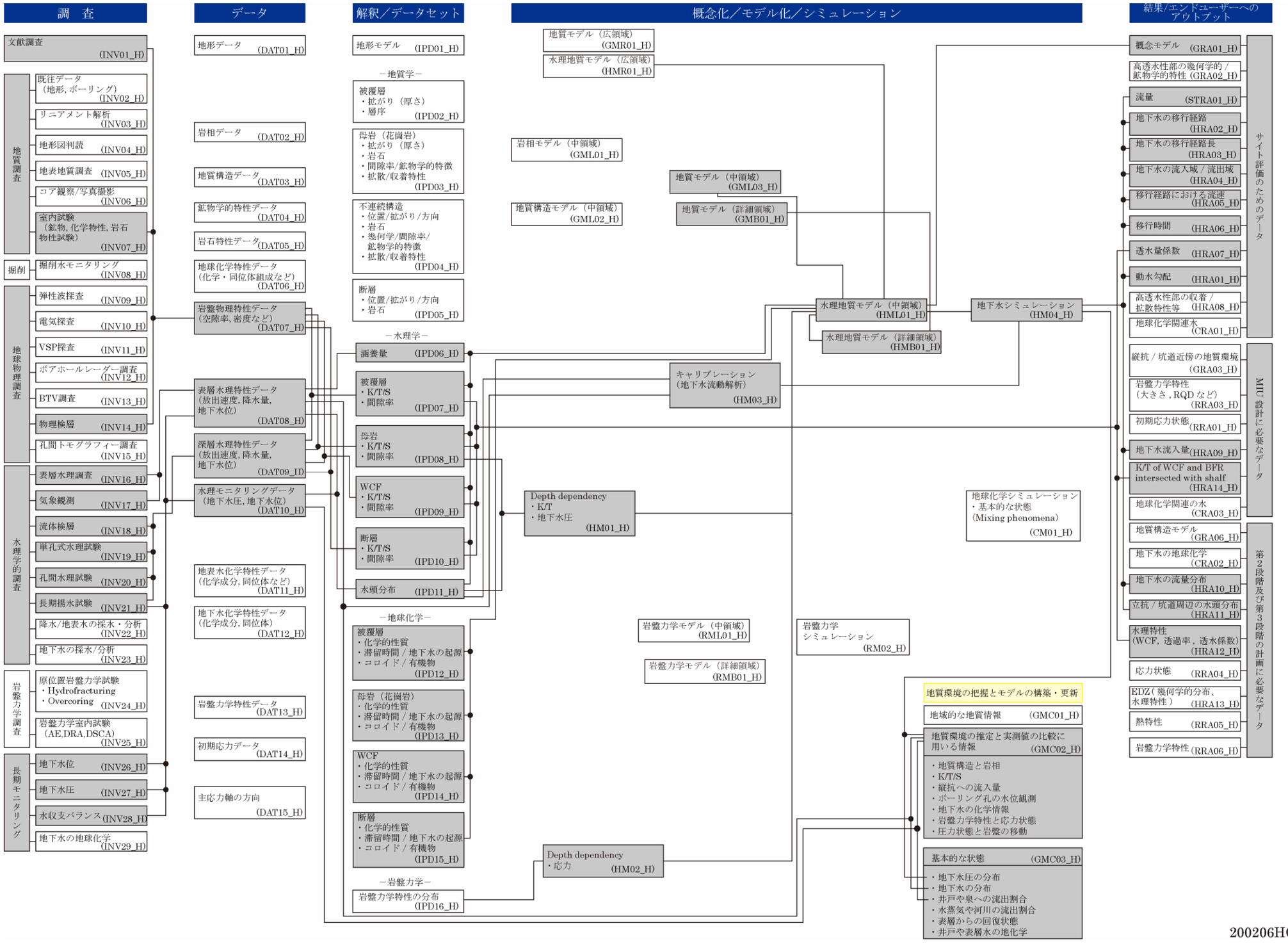


図 2-A (3)-2)　統合化データフローダイアグラム（2002 年 6 月　水理地質）

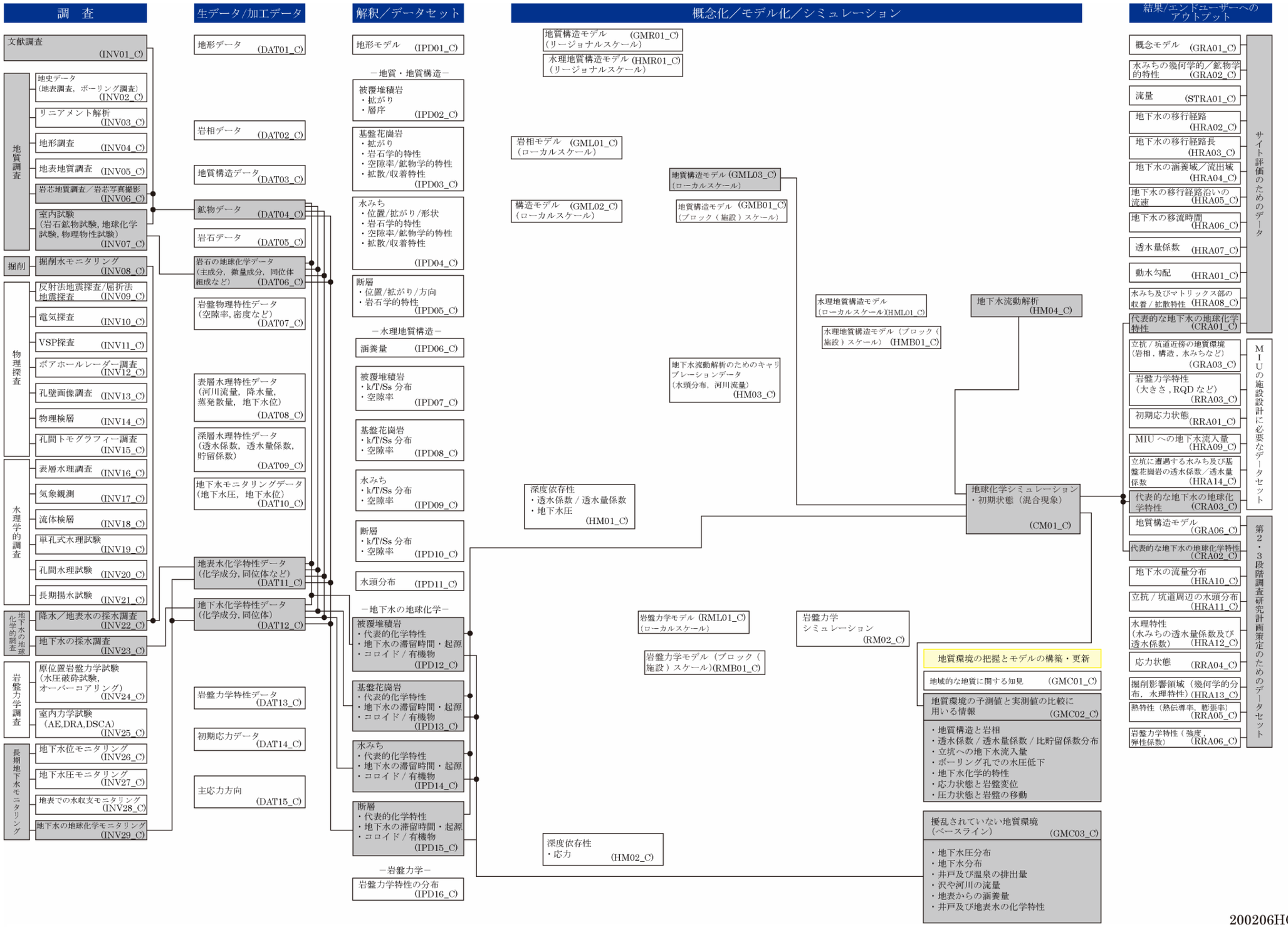


図 2-A (3)-3)　統合化データフローダイアグラム（2002 年 6 月　地下水化学）

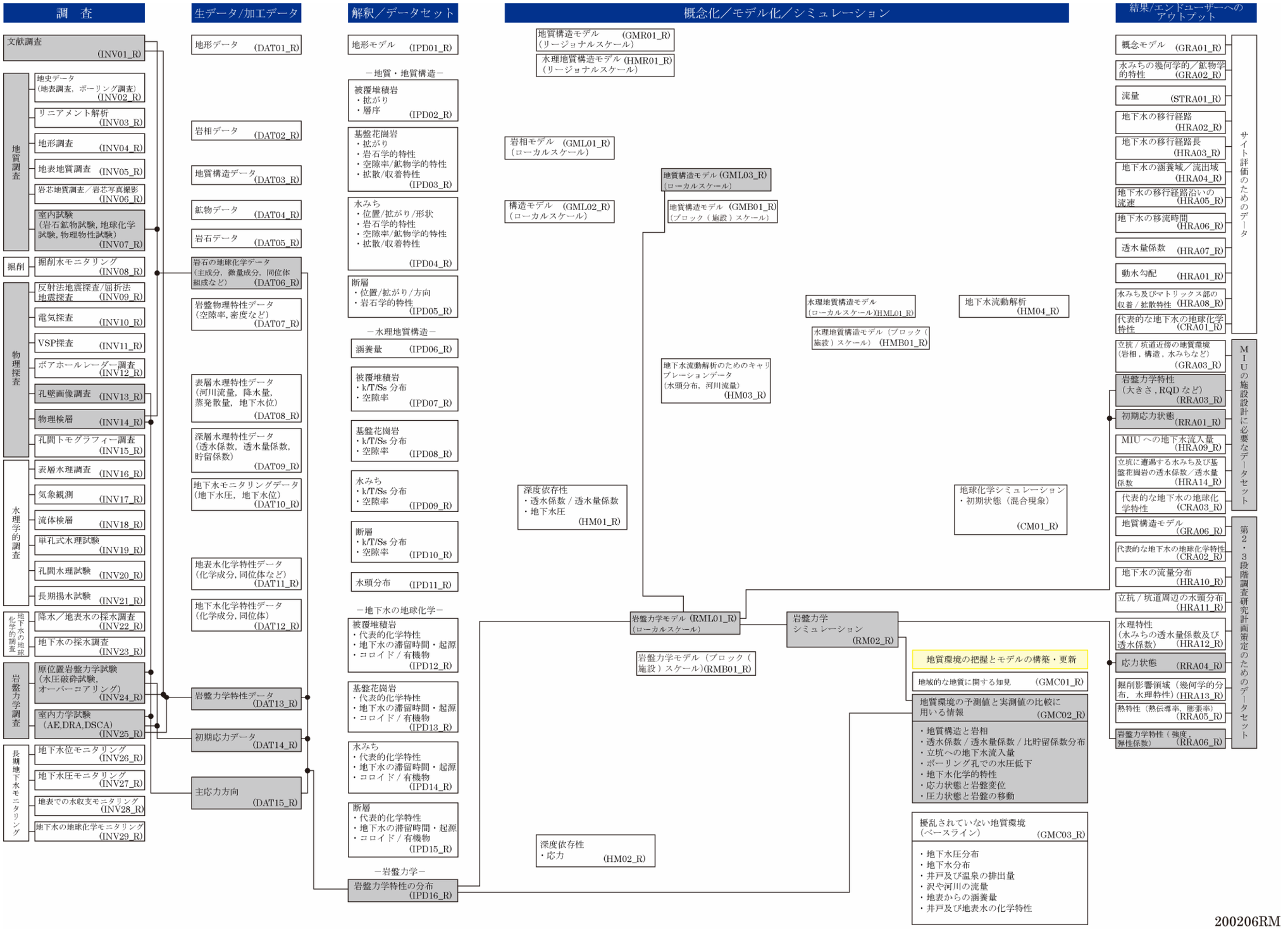


図 2-A (3)-4)　統合化データフローダイアグラム（2002 年 6 月　岩盤力学）

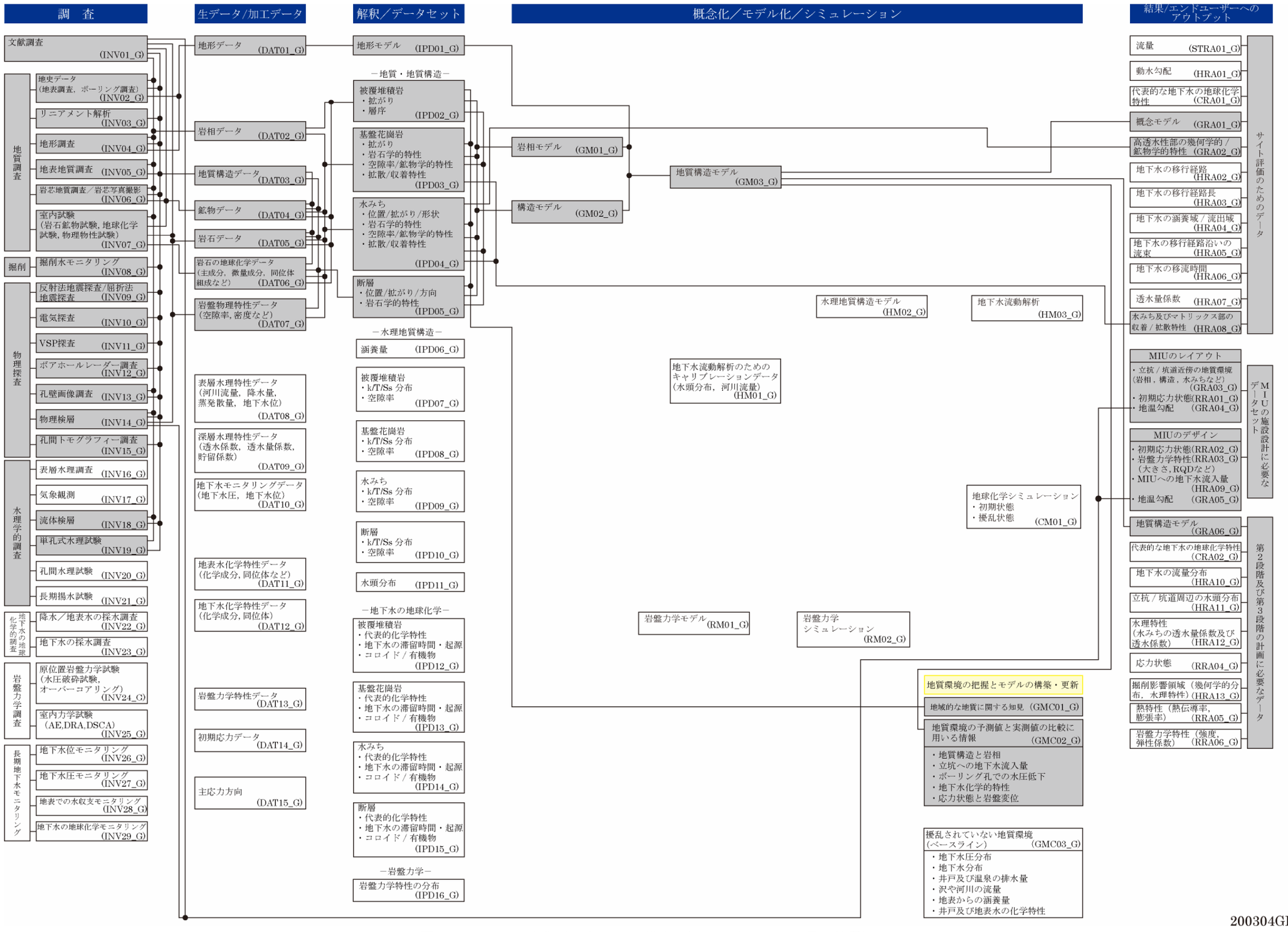


図 2-A (4)-1)　統合化データフローダイアグラム（2003 年 4 月　地質）

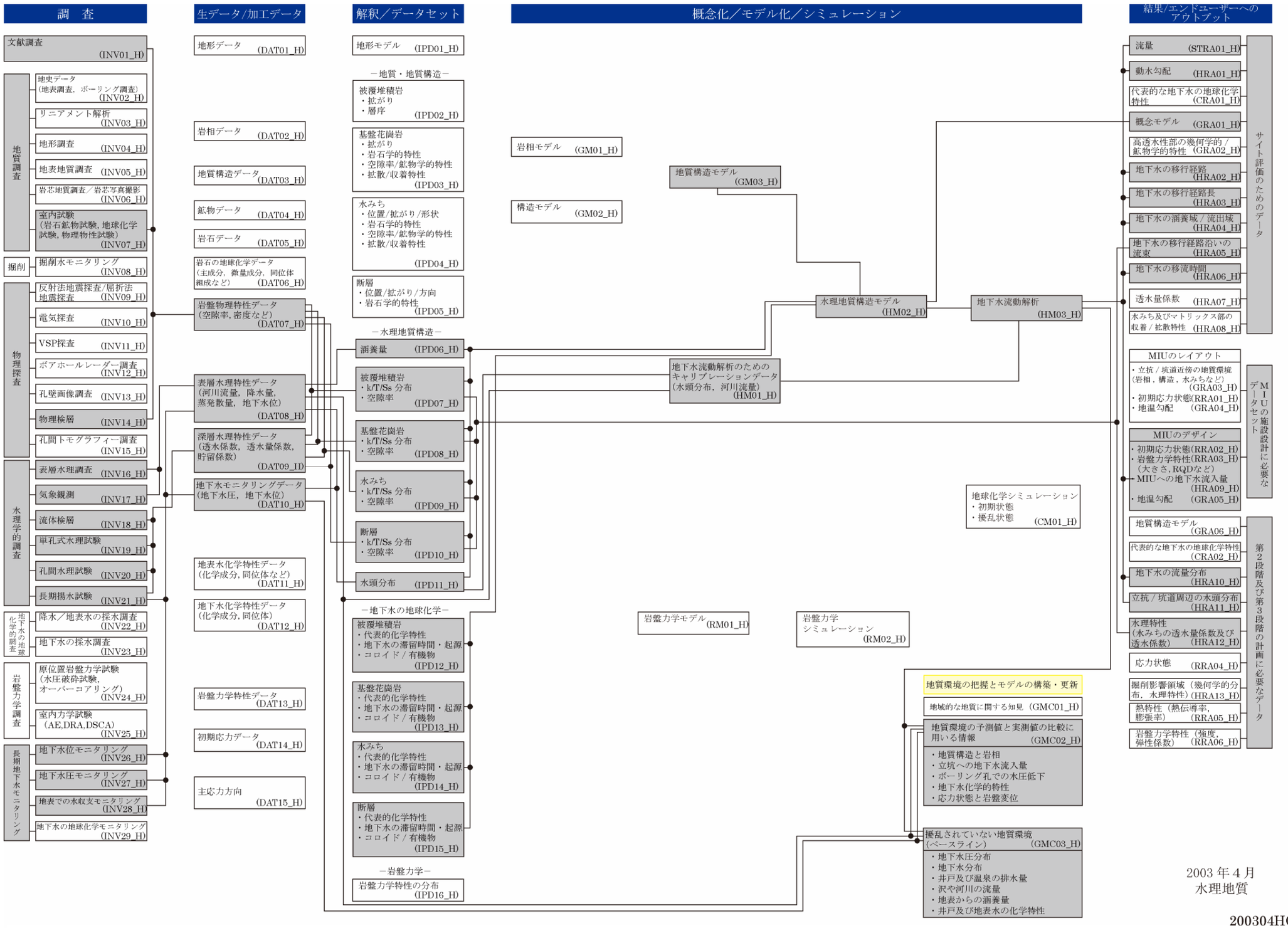


図 2-A (4)-2)　統合化データフローダイアグラム（2003 年 4 月　水理地質）

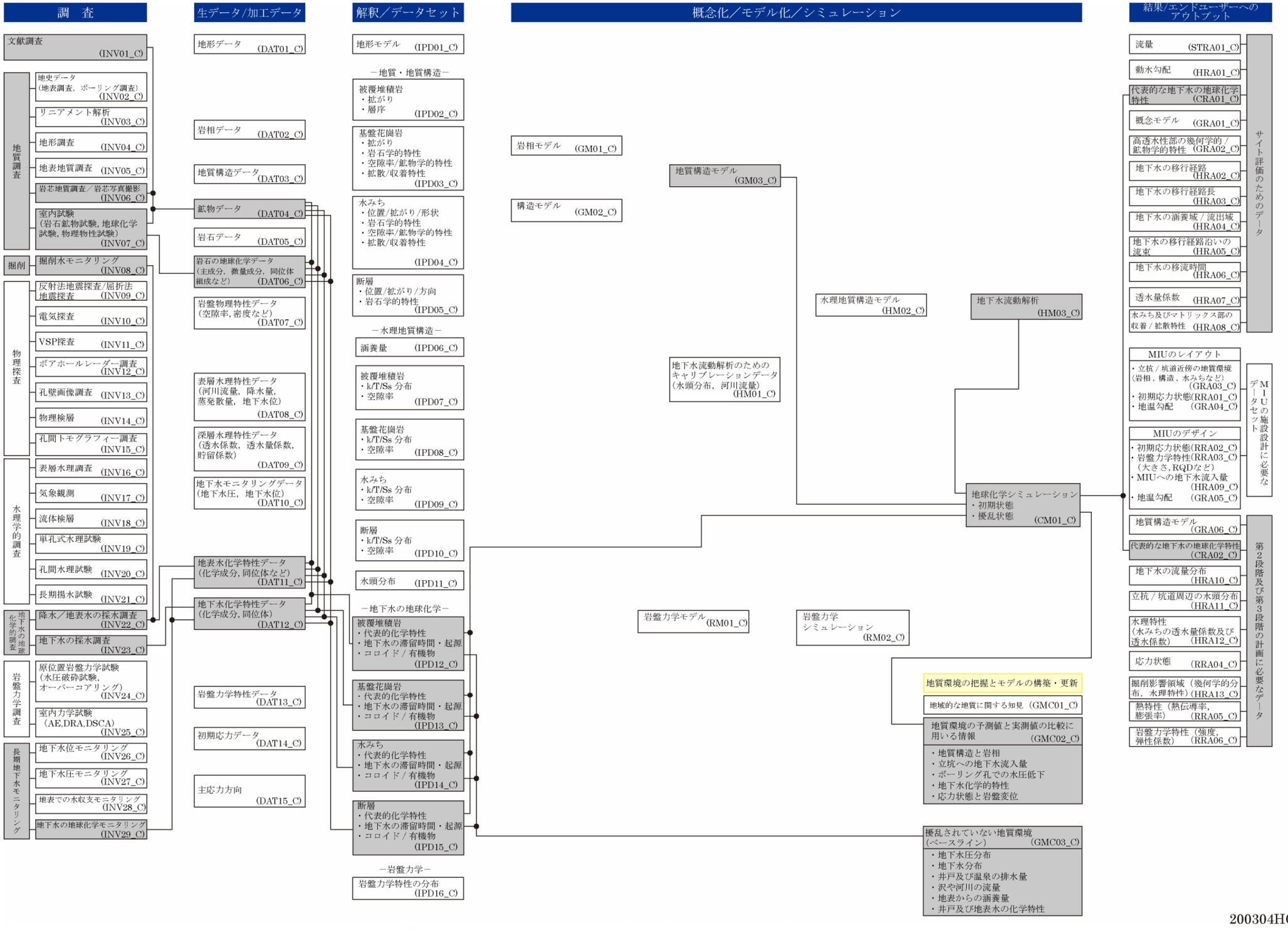


図 2-A (4)-3)　統合化データフローダイアグラム（2003 年 4 月　地下水化学）

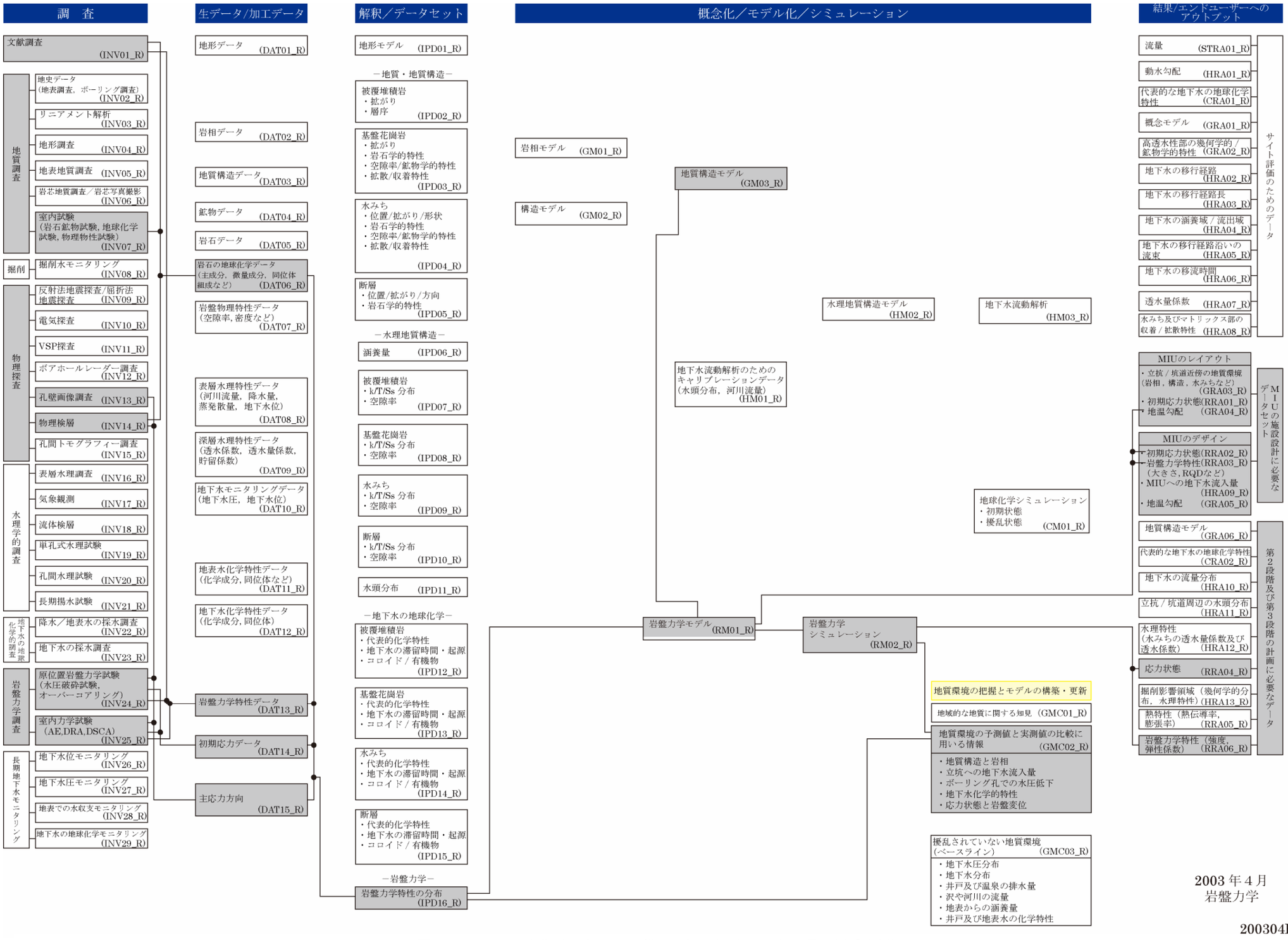


図 2-A (4)-4)　統合化データフローダイアグラム（2003 年 4 月　岩盤力学）

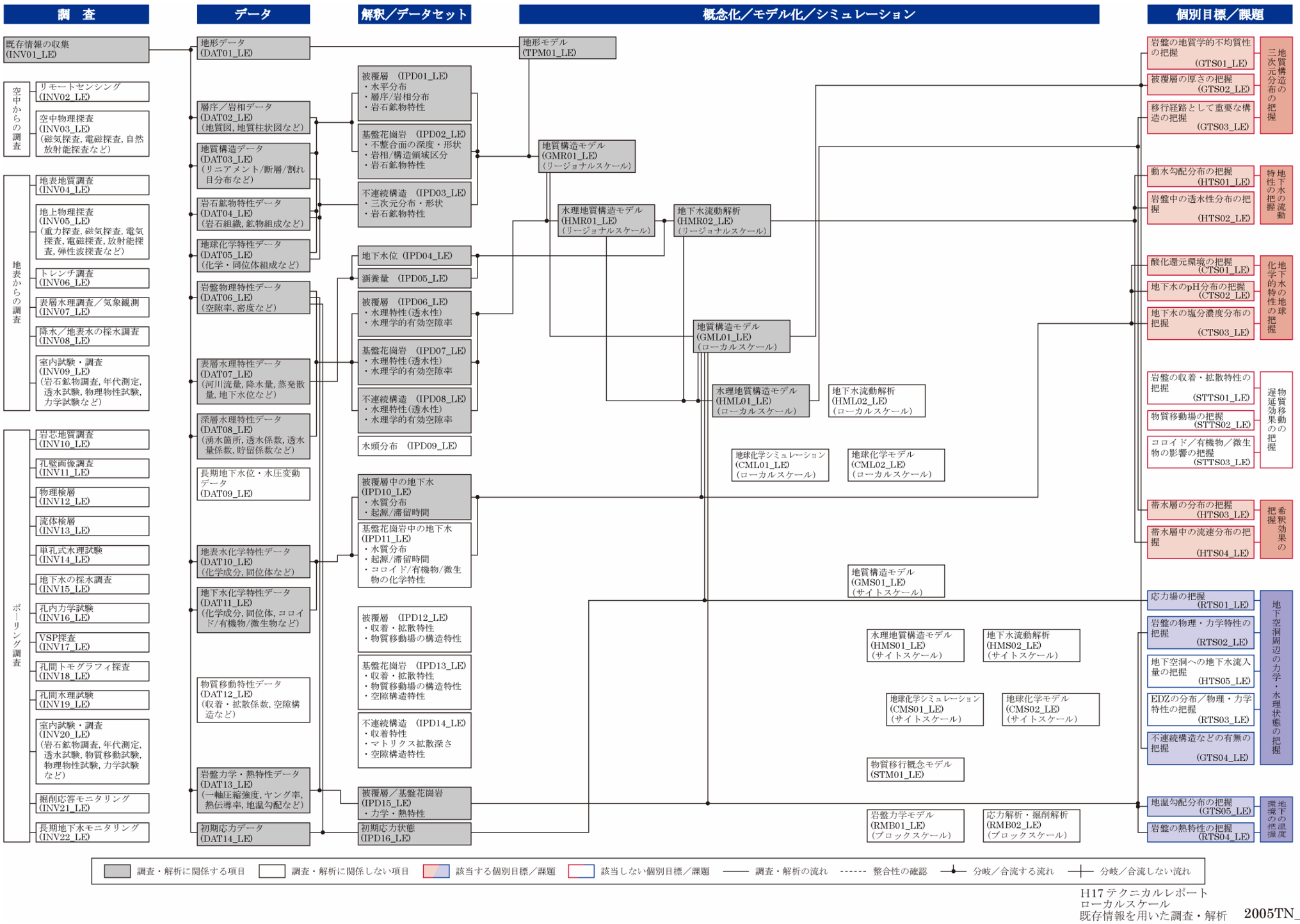


図 2-A (5)-1)-①　統合化データフローダイアグラム（2005 年 4 月　ローカルスケール　ステップ 0）

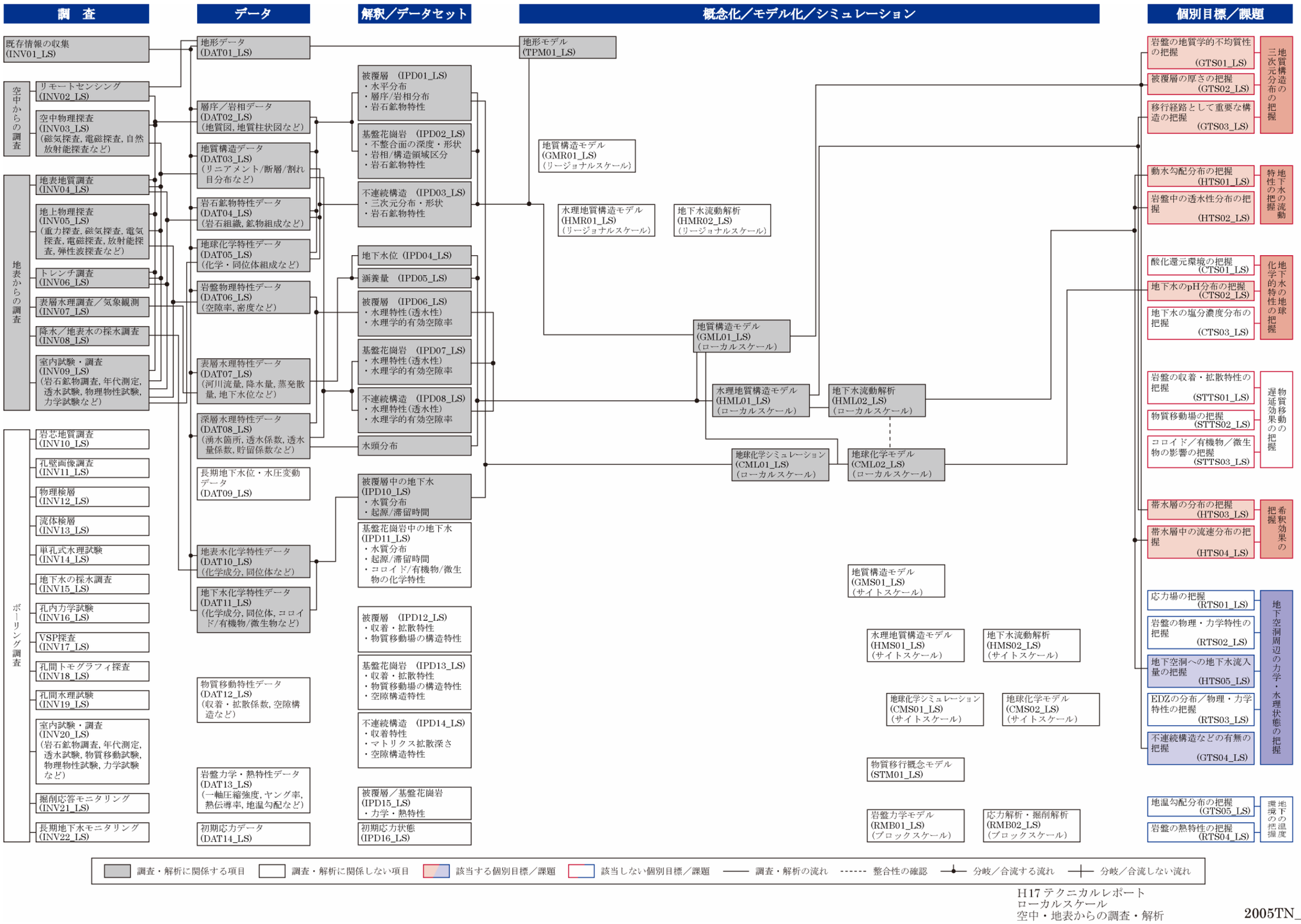


図 2-A (5)-1)-②　統合化データフローダイアグラム（2005 年 4 月　ローカルスケール　ステップ 1）

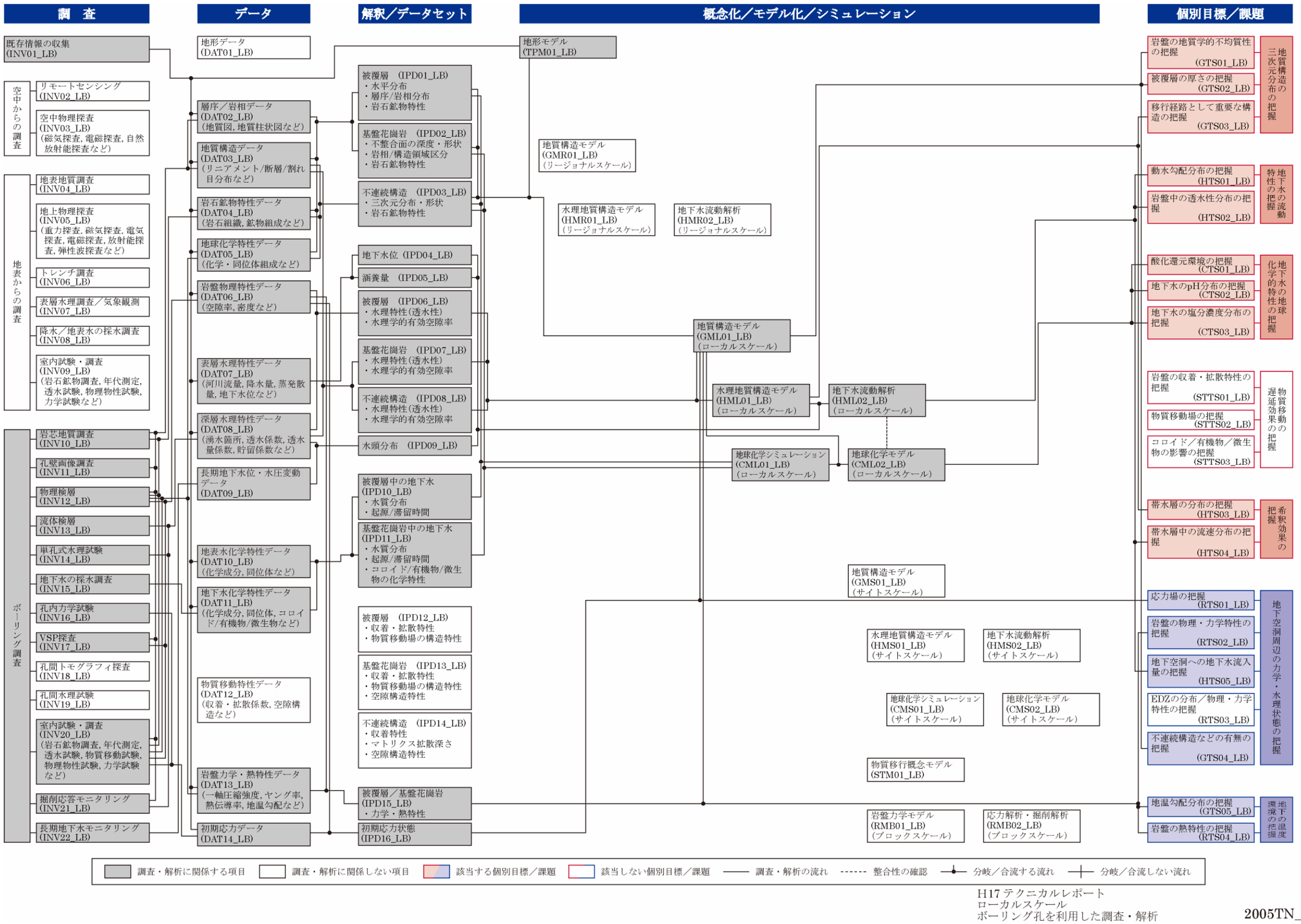


図 2-A (5)-1)-③　統合化データフローダイアグラム（2005 年 4 月　ローカルスケール　ステップ 2）

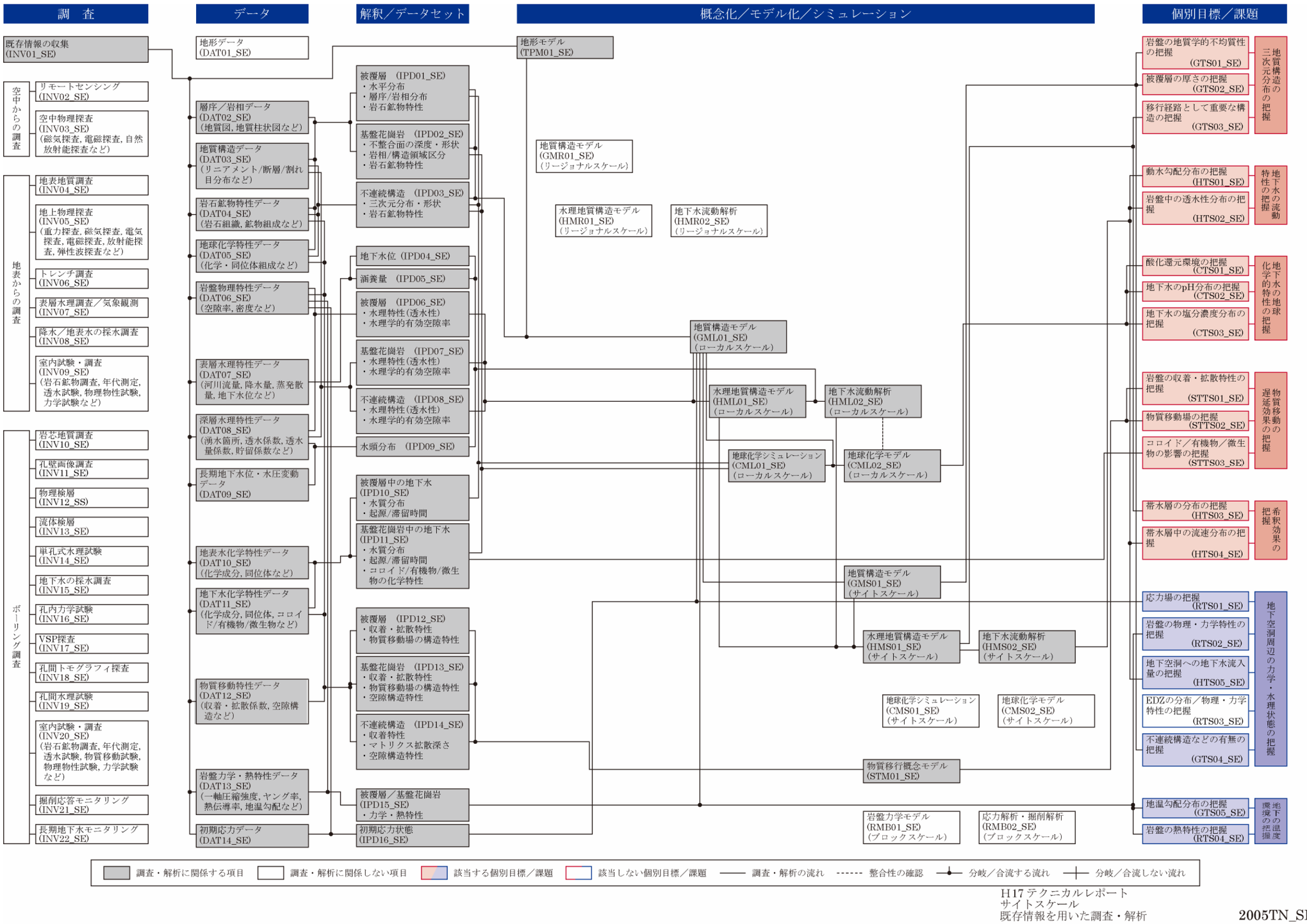


図 2-A (5)-2)-①　統合化データフローダイアグラム（2005 年 4 月　サイトスケール　ステップ 0）

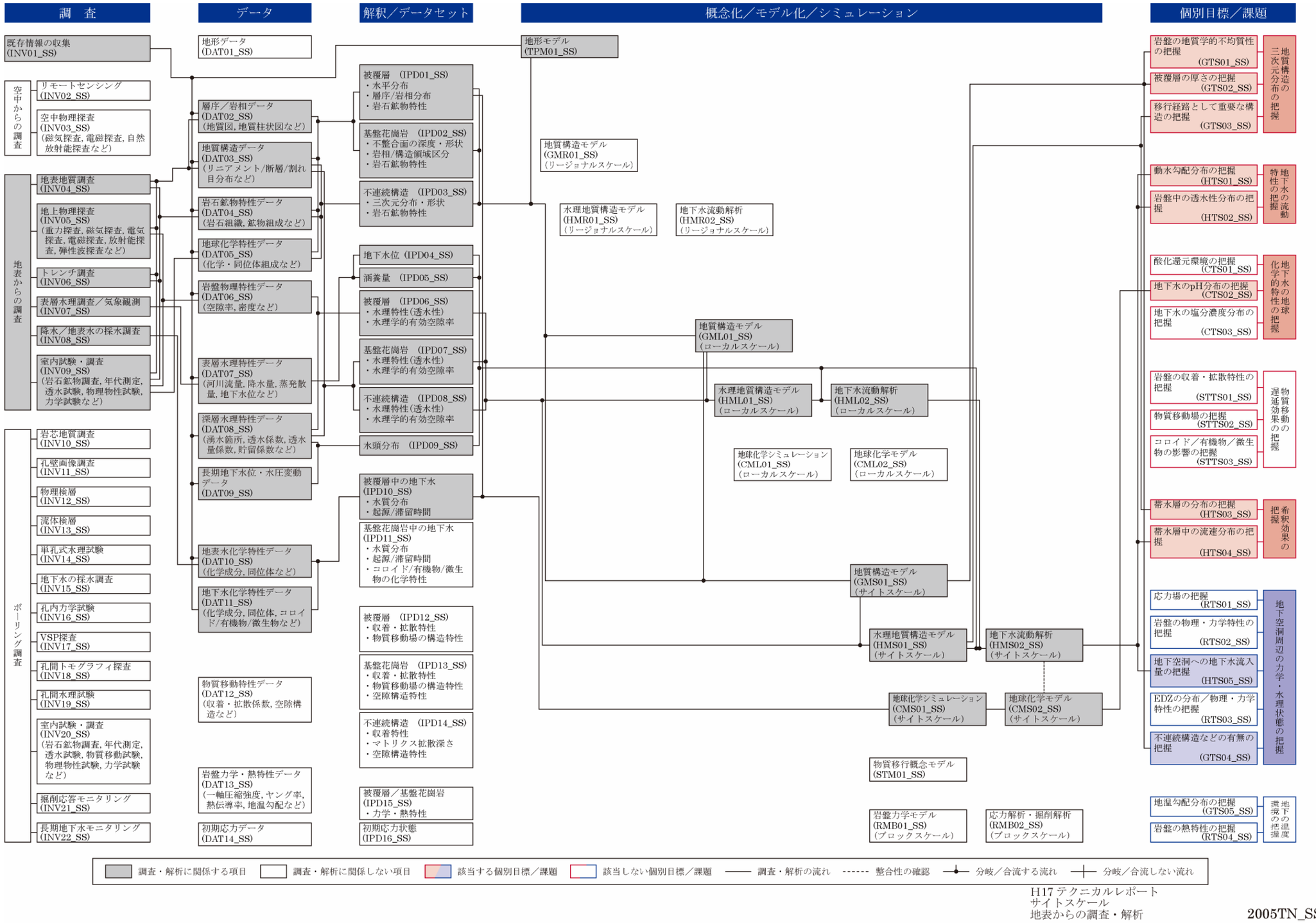


図 2-A (5)-2)-②　統合化データフローダイアグラム（2005 年 4 月　サイトスケール　ステップ 1）

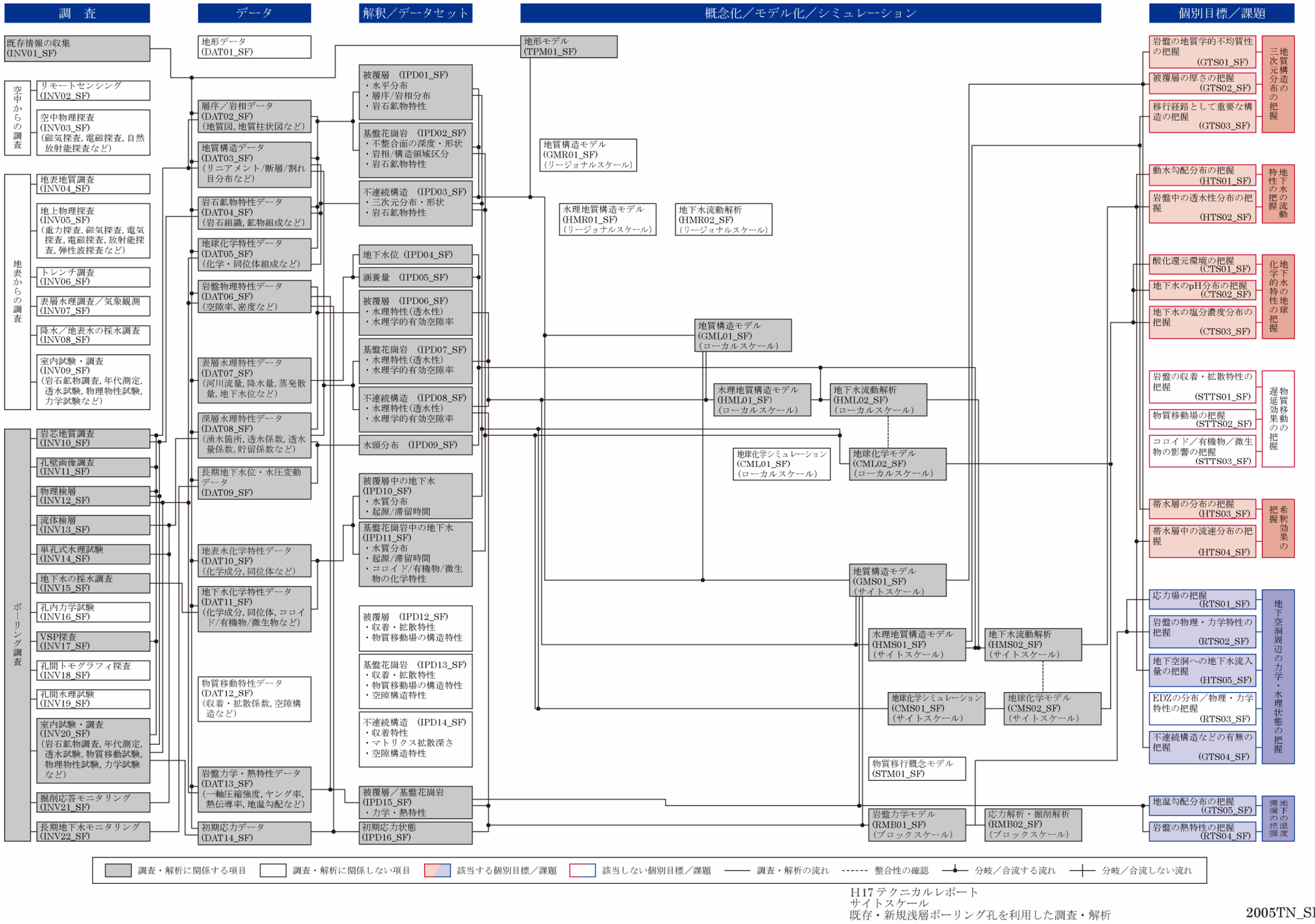


図 2-A (5)-2)-③　統合化データフローダイアグラム（2005 年 4 月　サイトスケール　ステップ 2）

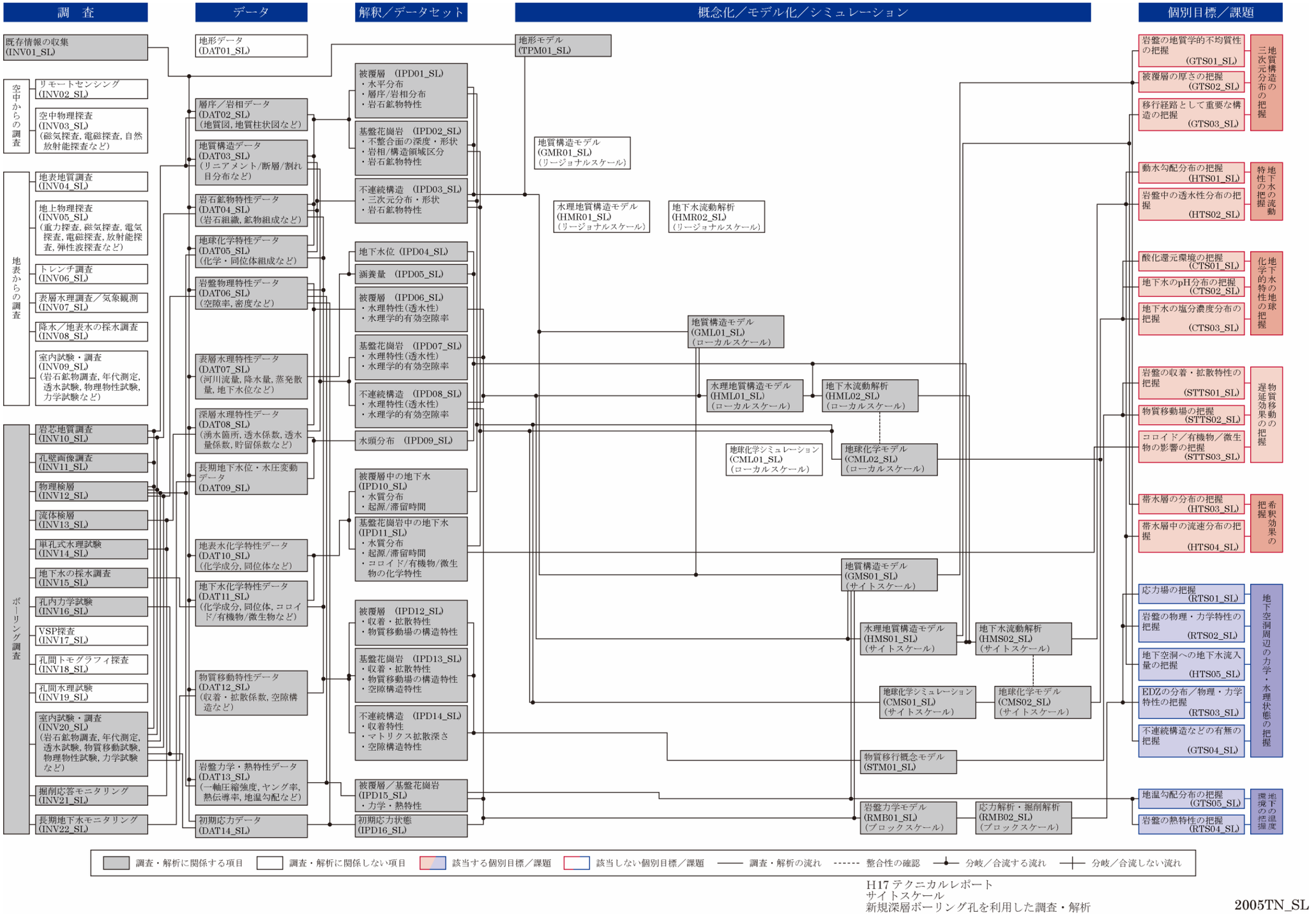


図 2-A (5)-2)-④　統合化データフローダイアグラム（2005 年 4 月　サイトスケール　ステップ 3）

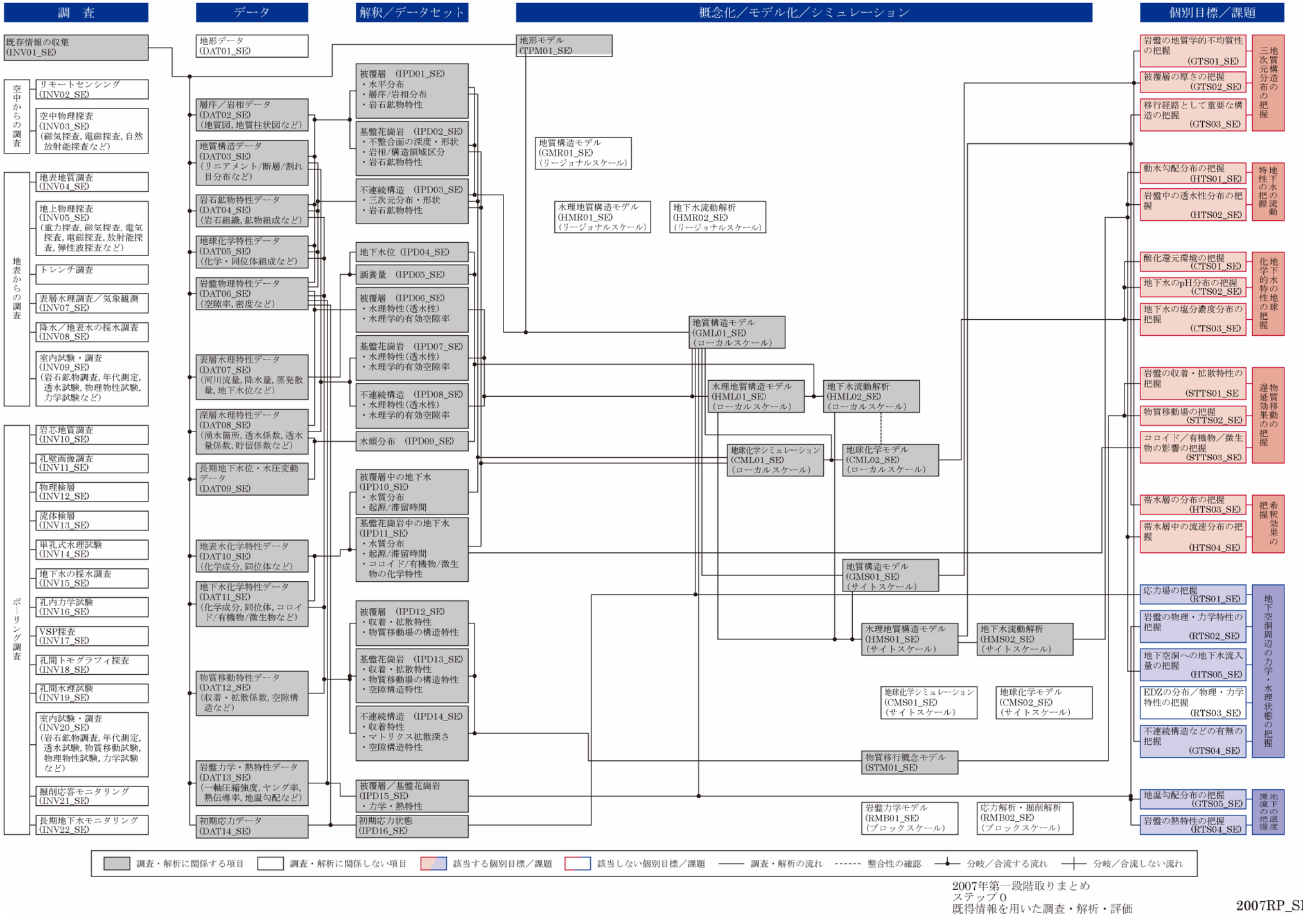


図 2-A (6)-1)　統合化データフローダイアグラム（2007 年 3 月　ステップ 0）

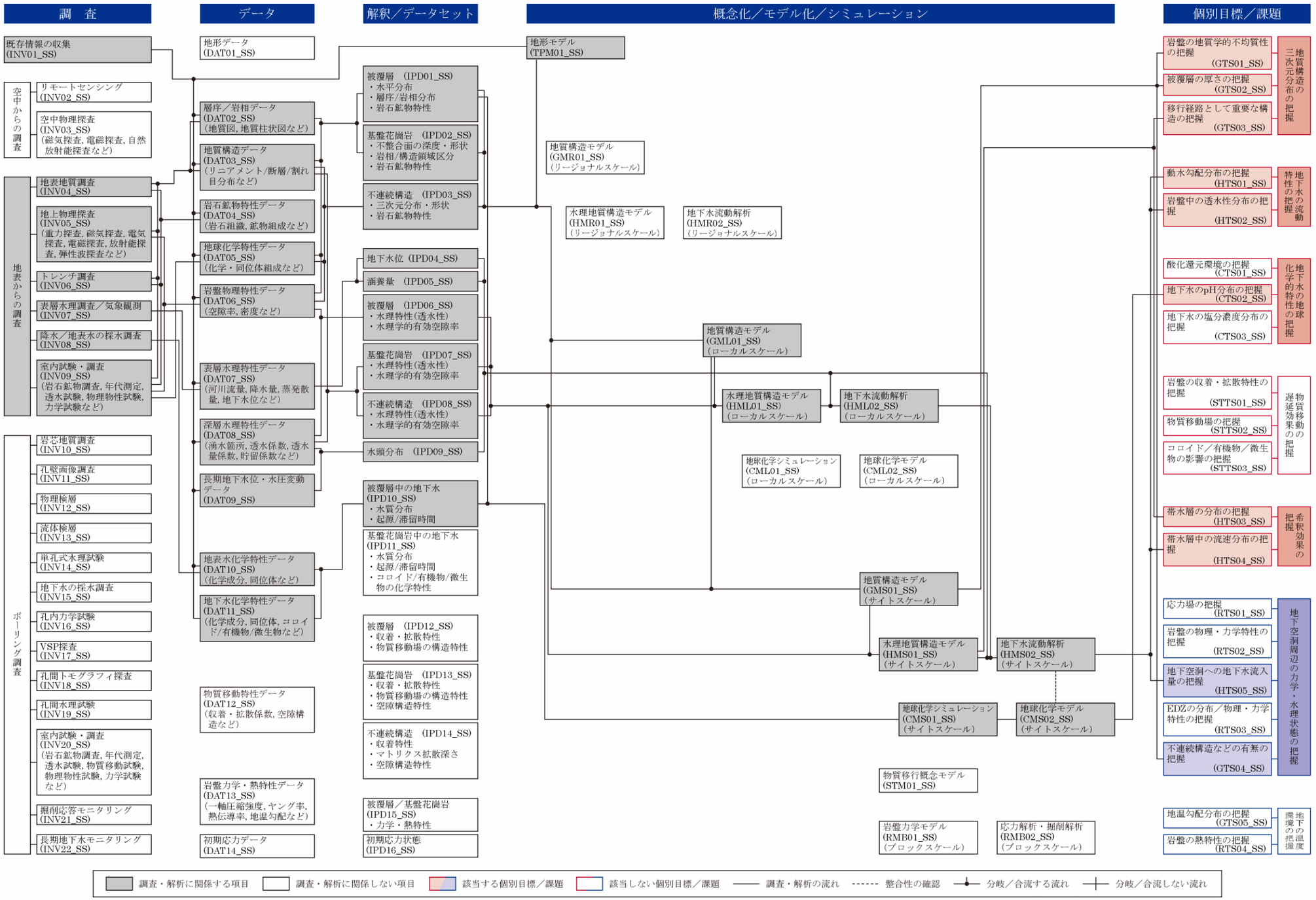
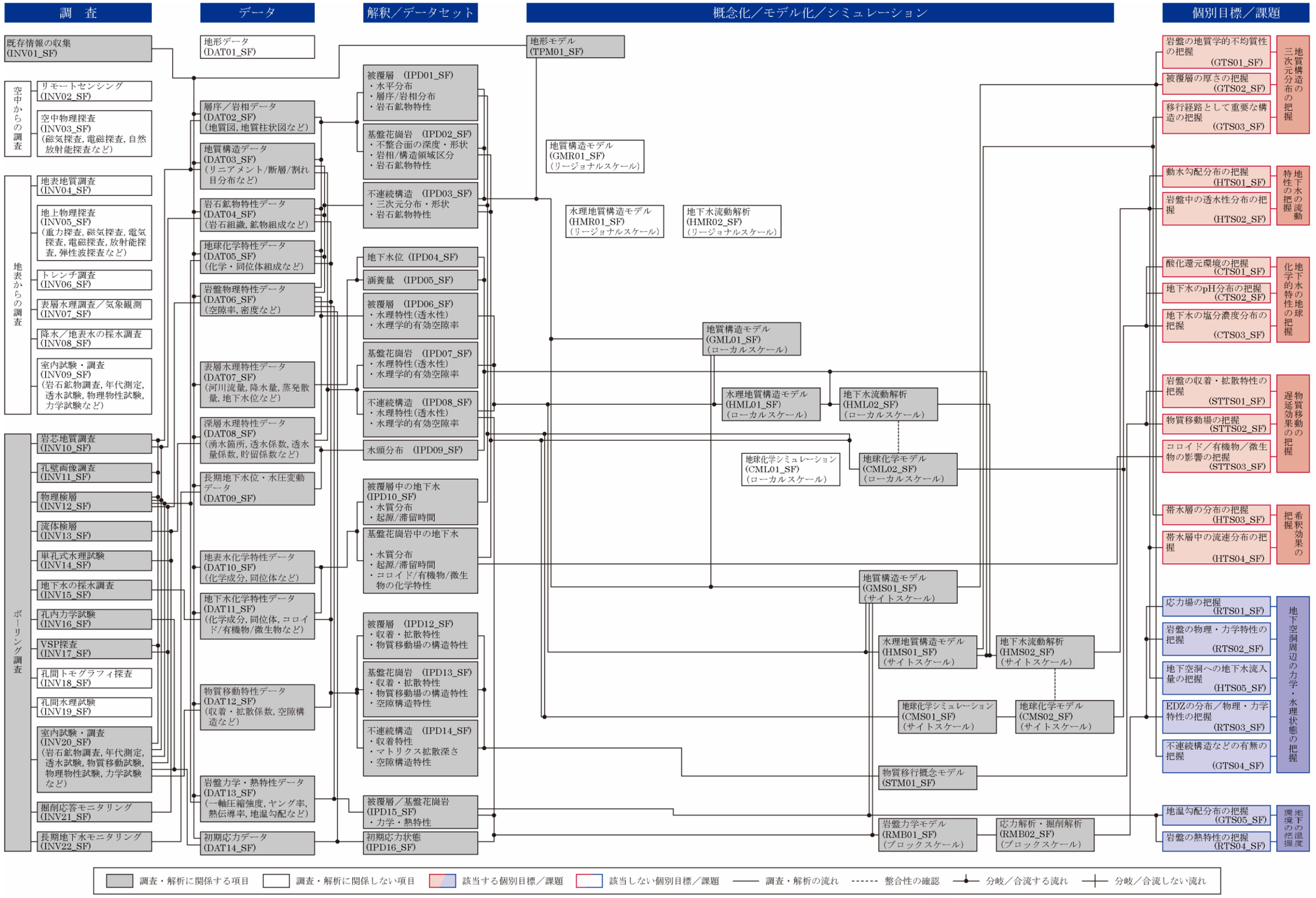


図 2-A (6)-2)　統合化データフローダイアグラム（2007 年 3 月　ステップ 1）



（「既存情報」とはステップ１までに取得した情報を示す。）

2007年第一段階取りまとめ
ステップ２
既存・浅層ボーリング孔を利用した調査・解析・評価

2007RP_SF

図 2-A (6)-3)　統合化データフローダイアグラム（2007 年 3 月　ステップ 2）

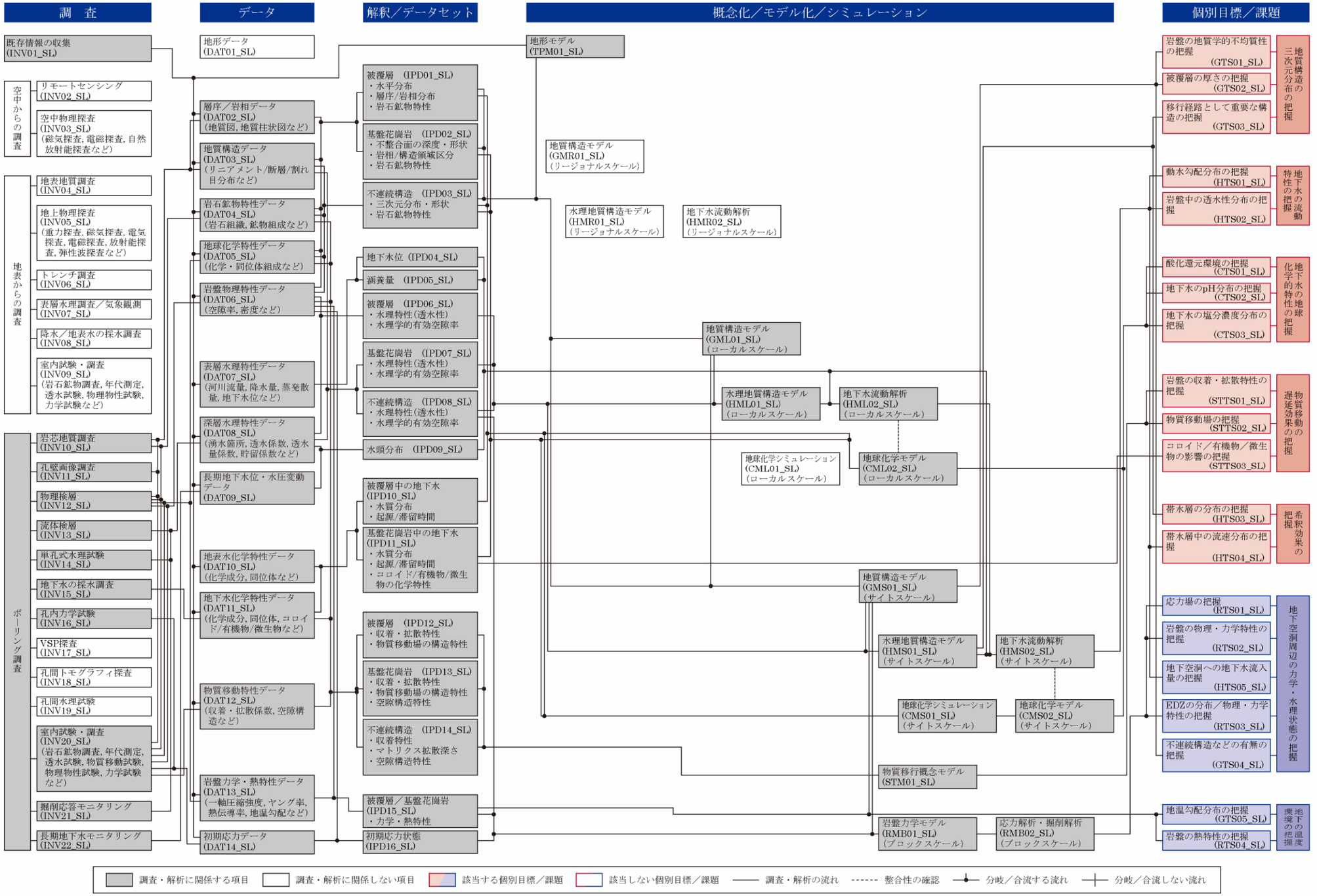
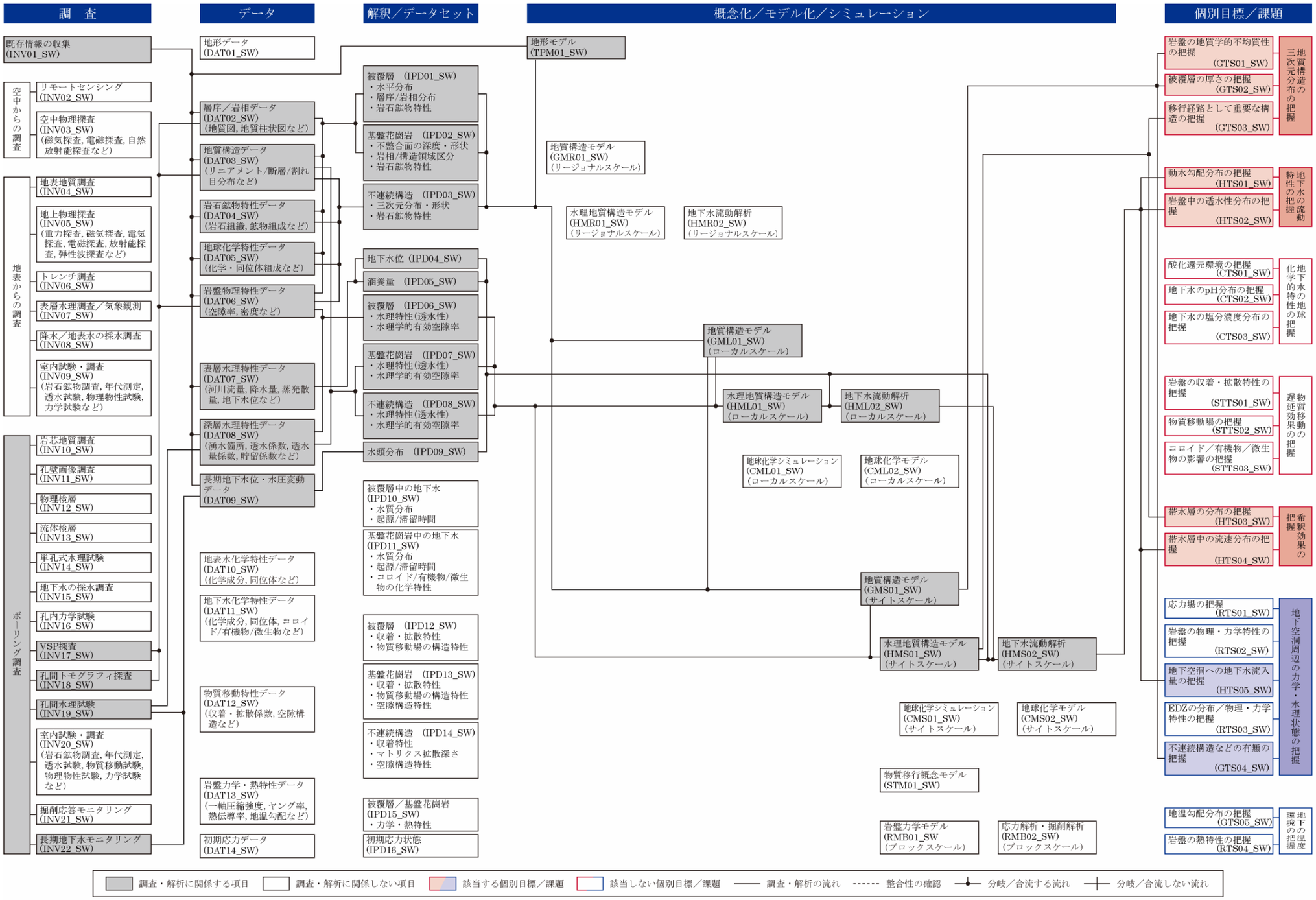


図 2-A (6)-4)　統合化データフローダイアグラム（2007 年 3 月　ステップ 3）



（「既存情報」とはステップ３までに取得した情報を示す。）

2007年第一段階取りまとめ
ステップ４
ボーリング孔間を対象とした調査・解析・評価

2007RP_SW

図 2-A (6)-5)　統合化データフローダイアグラム（2007 年 3 月　ステップ 4）

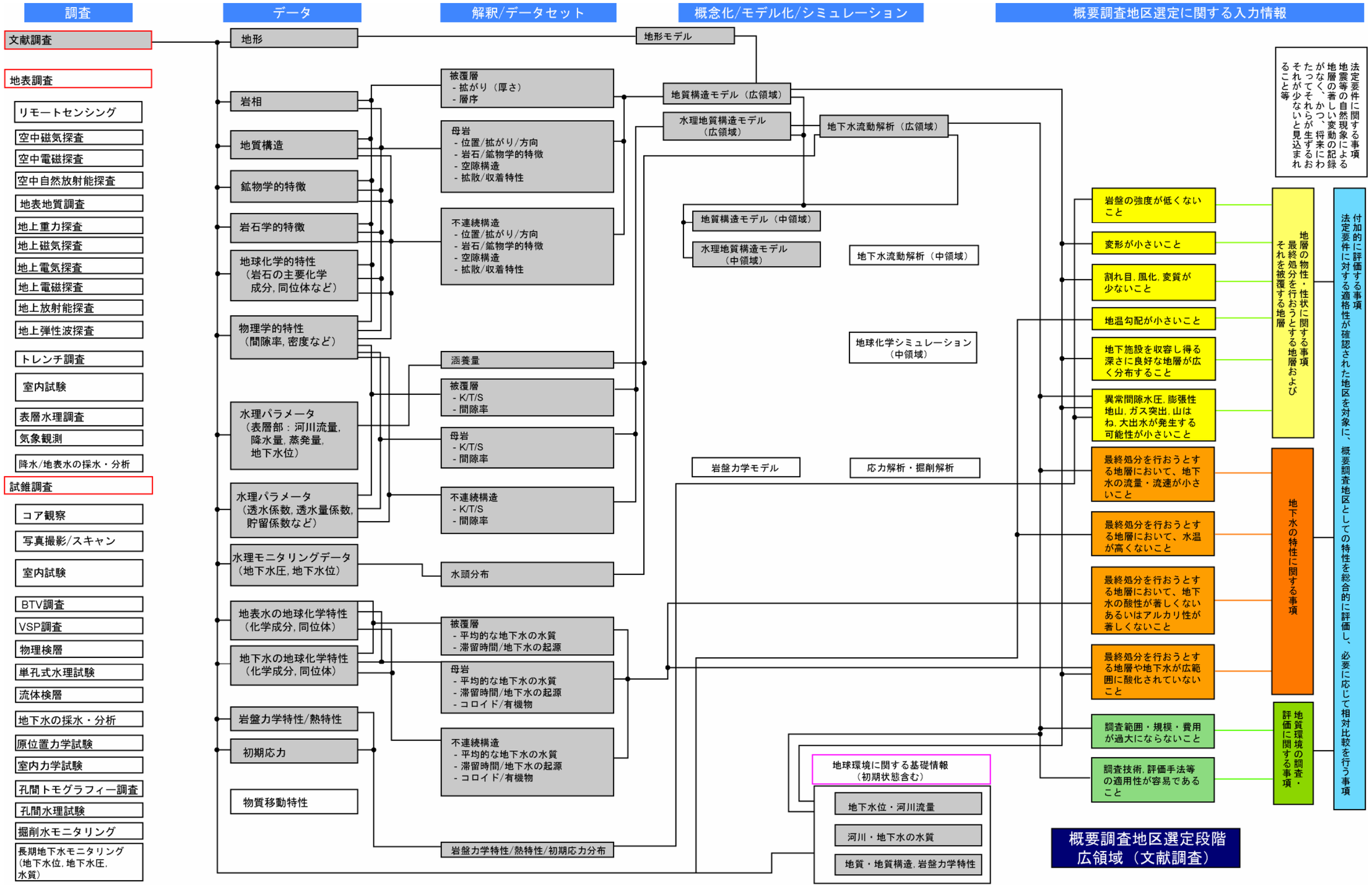


図 2-A (7)-1)　概要調査地区選定データフローダイアグラム（2003 年 4 月　文献調査）

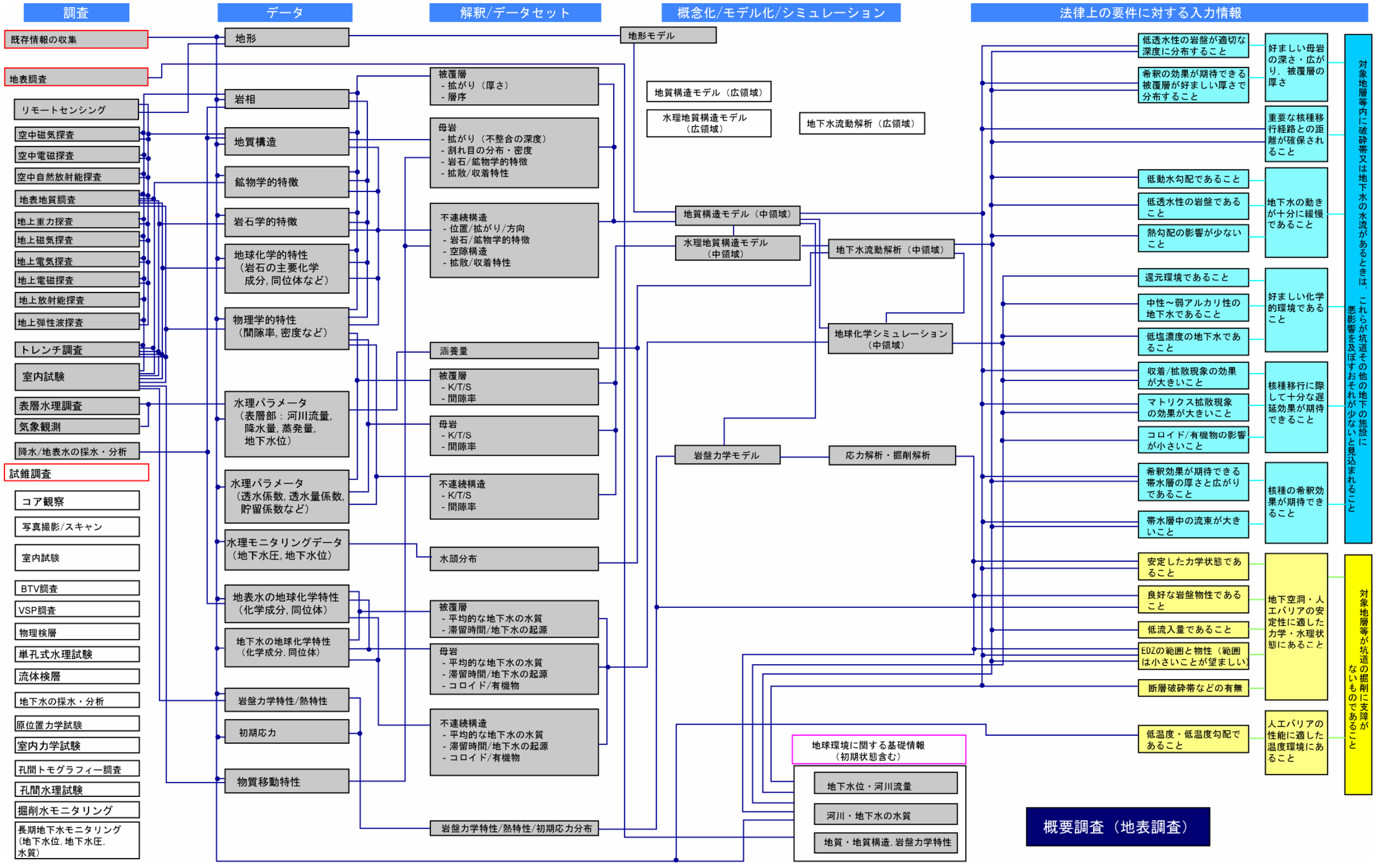


図 2-A (7)-2)　概要調査地区選定データフローダイアグラム（2003 年 4 月　地表調査）

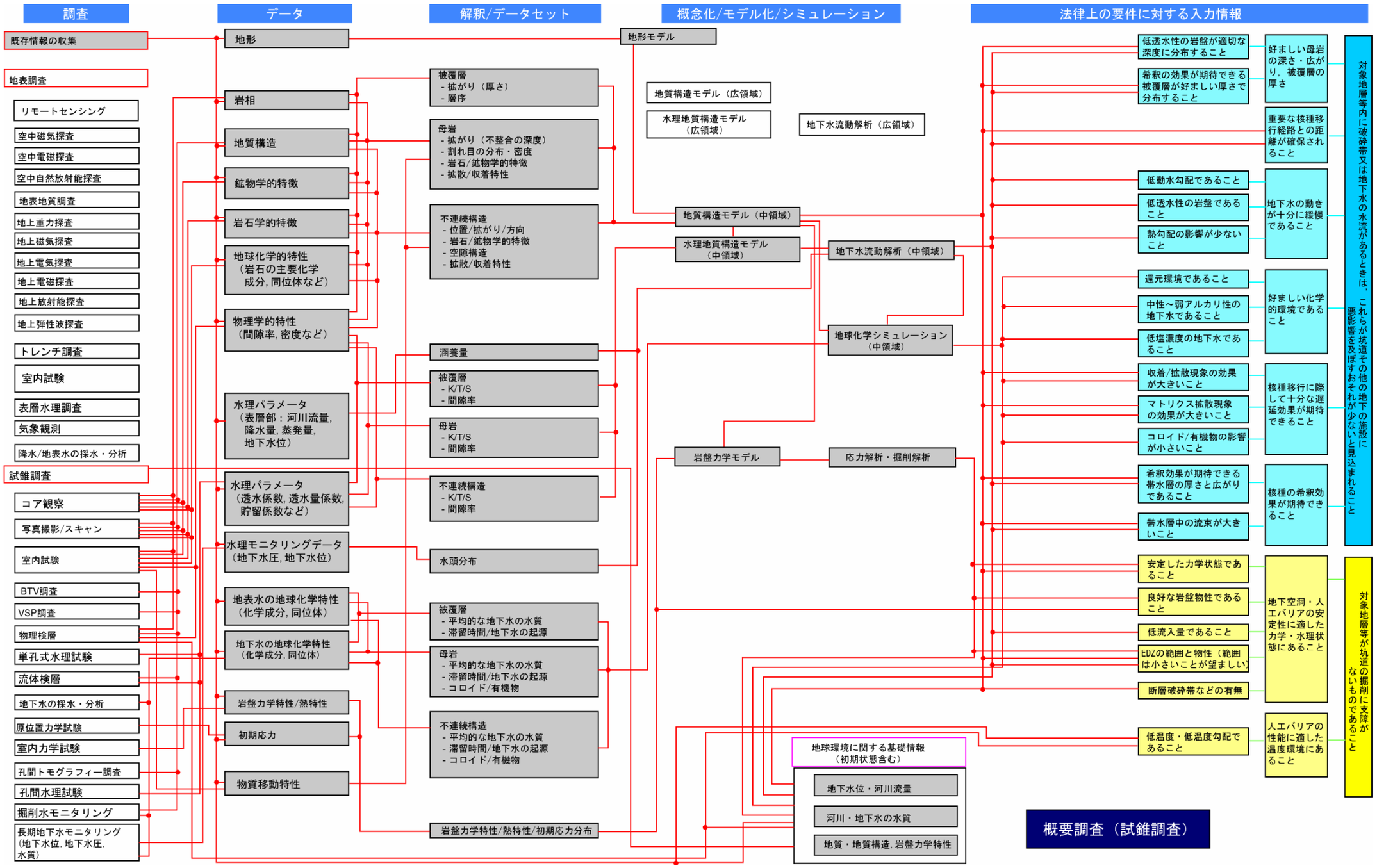


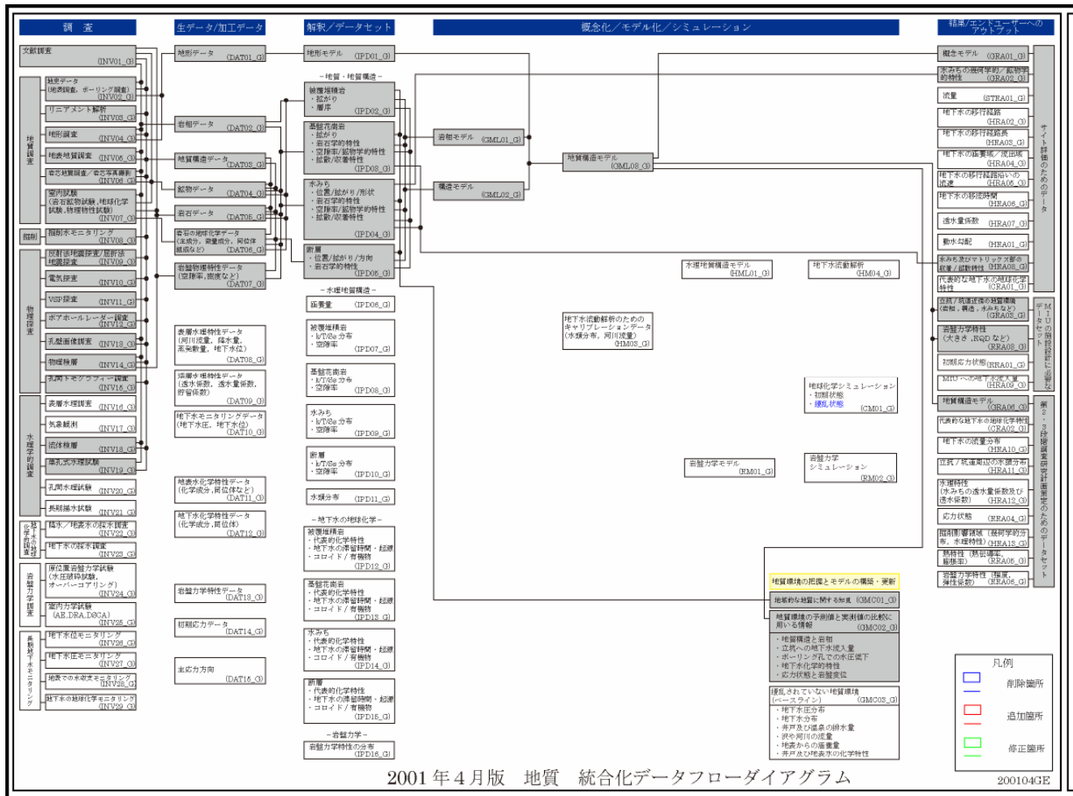
図 2-A (7)-3)　概要調査地区選定データフローダイアグラム（2003 年 4 月　試錐調査）

付録 2-B

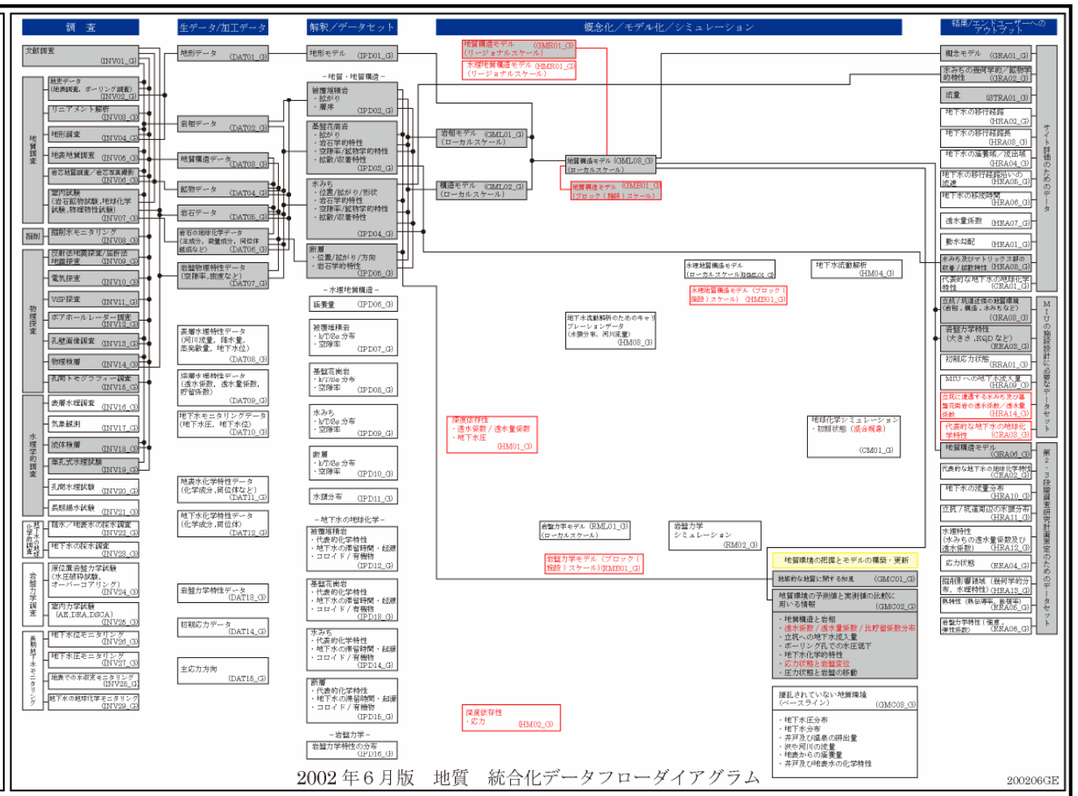
統合化データフローダイアグラム比較図

(1) 2001 年版と 2002 年版の統合化データフローダイアグラムの比較図
(2) 2001 年版と 2003 年版の統合化データフローダイアグラムの比較図
(3) 2003 年版と 2005 年版の統合化データフローダイアグラムの比較図
(4) 2005 年版と 2007 年版の統合化データフローダイアグラムの比較図

This is a blank page.



2001年4月版　地質　統合化データフローダイアグラム



2002年6月版　地質　統合化データフローダイアグラム

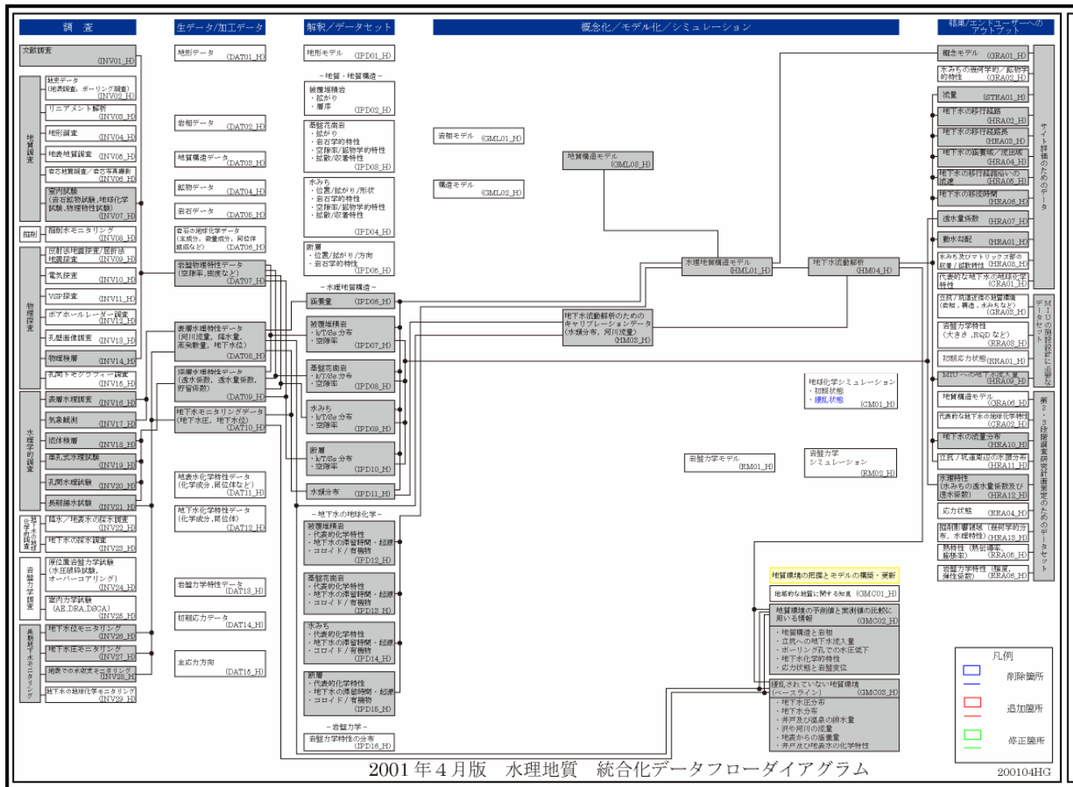
全体的な変更点
・　正馬様用地から市有地への変更に伴い作成。 ・　東濃地域で行ってきた広域地下水流動研究の成果を取り入れたことにより、リージョナルスケール・ローカルスケール・ブロック（施設）スケールの３つのスケール概念を導入。

各項目の変更点

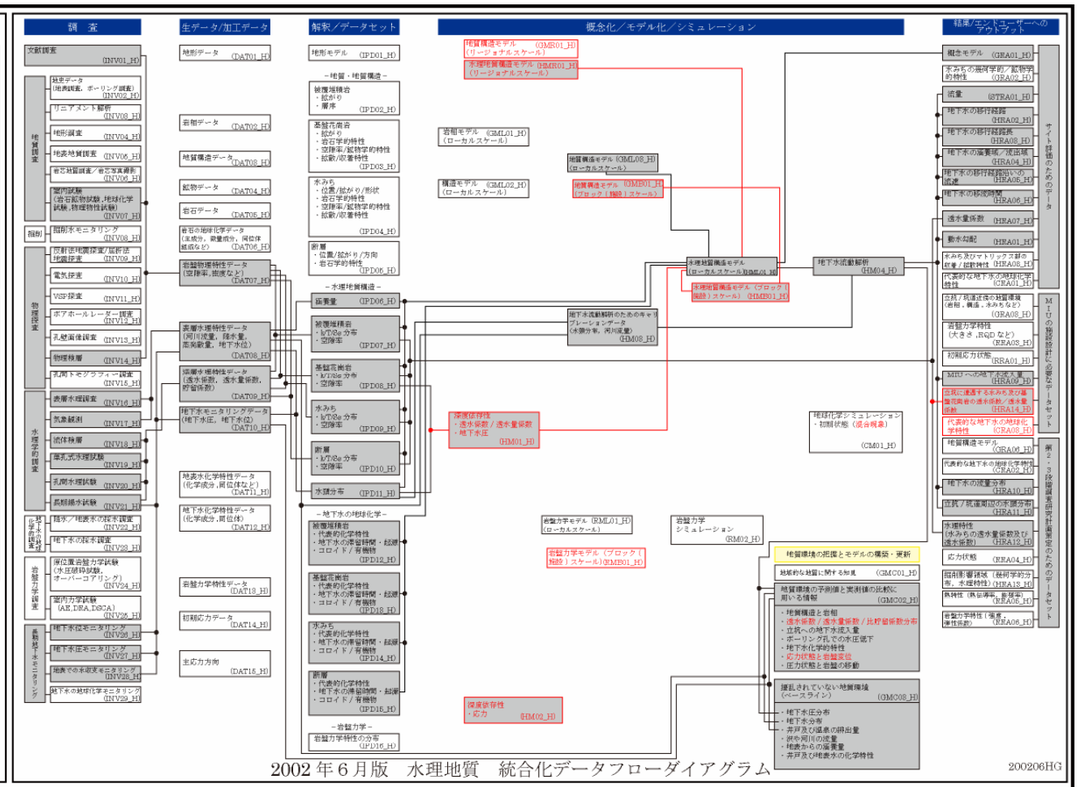
項目識別番号	GMR01_G	GMB01_G								
項目	地質構造モデル（リージョナルスケール）	地質構造モデル（ブロック（施設）スケール）								
変更内容	新　規	新　規								
変更理由	用地変更に伴い、スケール概念を導入	用地変更に伴い、スケール概念を導入								
参考資料										

項目識別番号	GMR01_G	GML03_G	GML03_G	GMB01_G								
項目	地質構造モデル（リージョナルスケール）	地質構造モデル（ローカルスケール）	地質構造モデル（ローカルスケール）	地質構造モデル（ブロック（施設）スケール）								
変更内容	新　規		新　規									
変更理由	用地変更に伴い、スケール概念を導入		用地変更に伴い、スケール概念を導入									
参考資料												

図 2-B (1)-1)　2001 年版と 2002 年版の統合化データフローダイアグラムの比較図（地質）



2001年4月版　水理地質　統合化データフローダイアグラム



2002年6月版　水理地質　統合化データフローダイアグラム

全体的な変更点

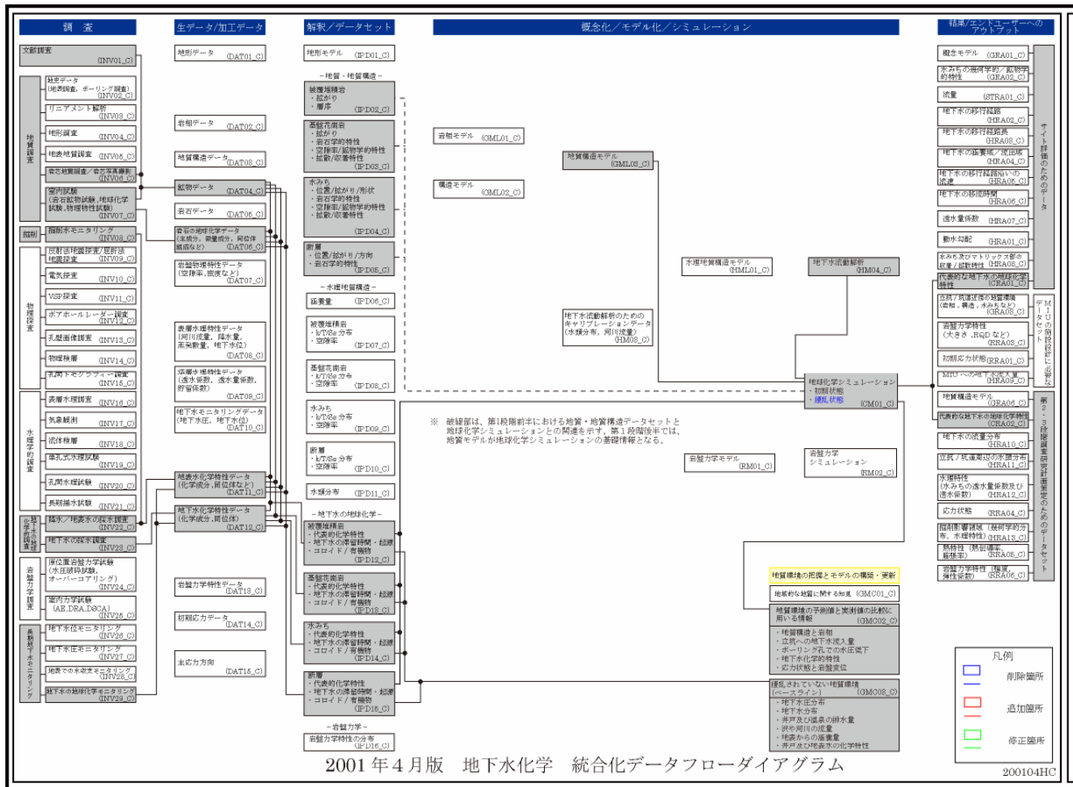
- 正馬様用地から市有地への変更に伴い作成。
- 東濃地域で行ってきた広域地下水流動研究の成果を取り入れたことにより、リージョナルスケール・ローカルスケール・ブロック（施設）スケールの３つのスケール概念を導入。

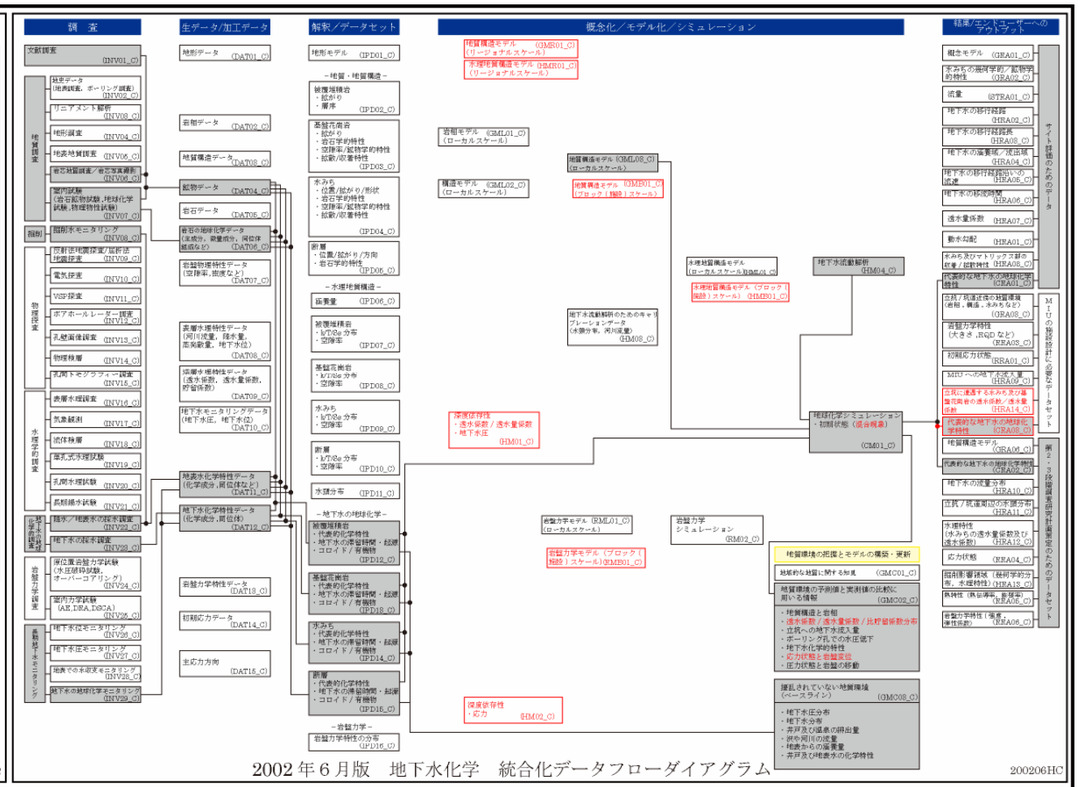
各項目の変更点

項目識別番号	HMR01_H	GMB01_H	HMB01_H	HM01_H	GHC02_H	HRA14_H				
項目	水理地質構造モデル（リージョナルスケール）	地質構造モデル（ブロック（施設）スケール）	水理地質構造モデル（ブロック（施設）スケール）	深度依存性 透水係数／透水量係数 地下水圧	地質環境の予測値と実測値の比較に用いる情報	立坑に遭遇する水みち及び基盤花崗岩の透水係数／透水量係数				
変更内容	新　規	新　規	新　規	新　規	一部追加	新　規				
変更理由	用地変更に伴い、スケール概念を導入	用地変更に伴い、スケール概念を導入	用地変更に伴い、スケール概念を導入			施設設計においても水みちの概念が重要視された				
参考資料										

項目識別番号	HMR01_H	HML01_H	GMB01_H	HMB01_H	HML01_H	HMB01_H	IPD08_H	IPD11_H	HM01_H	HM01_H	HML01_H	
項目	水理地質構造モデル（リージョナルスケール）	水理地質構造モデル（ローカルスケール）	地質構造モデル（ブロック（施設）スケール）	水理地質構造モデル（ブロック（施設）スケール）	水理地質構造モデル（ローカルスケール）	水理地質構造モデル（ブロック（施設）スケール）	被覆堆積岩 ・k/T/Ss 分布 ・空隙率	水頭分布	深度依存性 透水係数／透水量係数 地下水圧	深度依存性 透水係数／透水量係数 地下水圧	水理地質構造モデル（ローカルスケール）	
変更内容	新　規		新　規		新　規		HM01_H の追加に伴う変更		新　規			
変更理由	用地変更に伴い、スケール概念を導入		用地変更に伴い、スケール概念を導入		用地変更に伴い、スケール概念を導入							
参考資料												

図 2-B (1)-2)　2001 年版と 2002 年版の統合化データフローダイアグラムの比較図（水理地質）

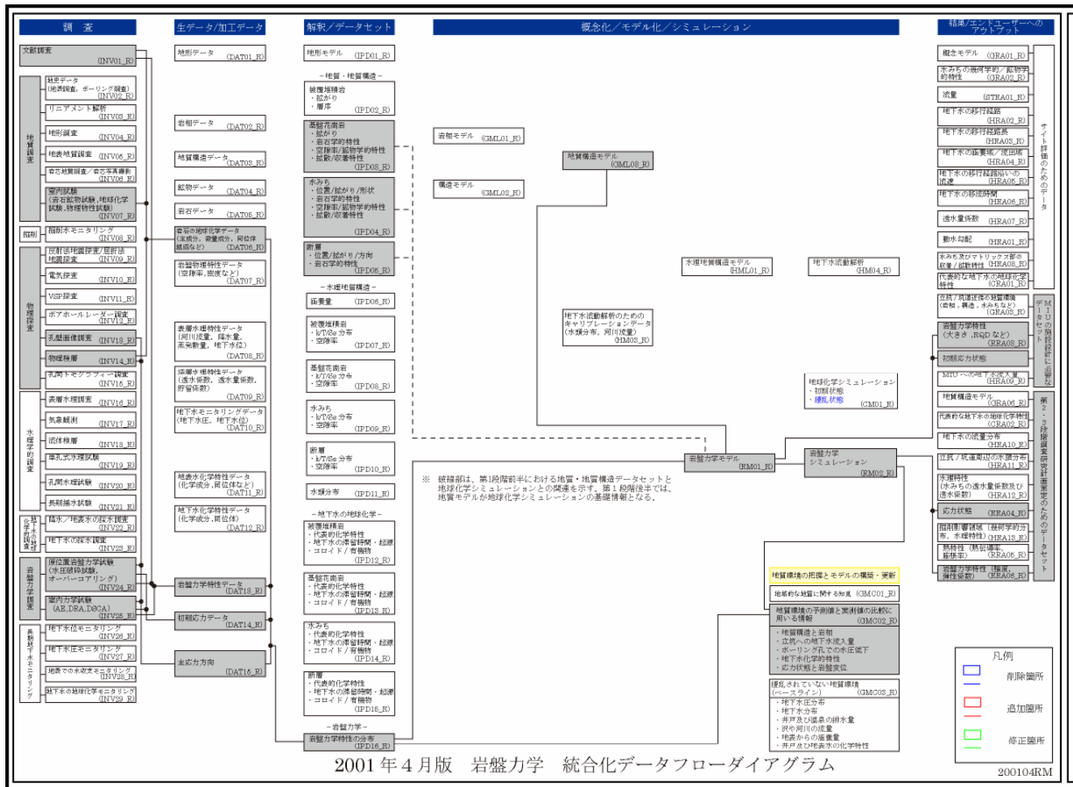




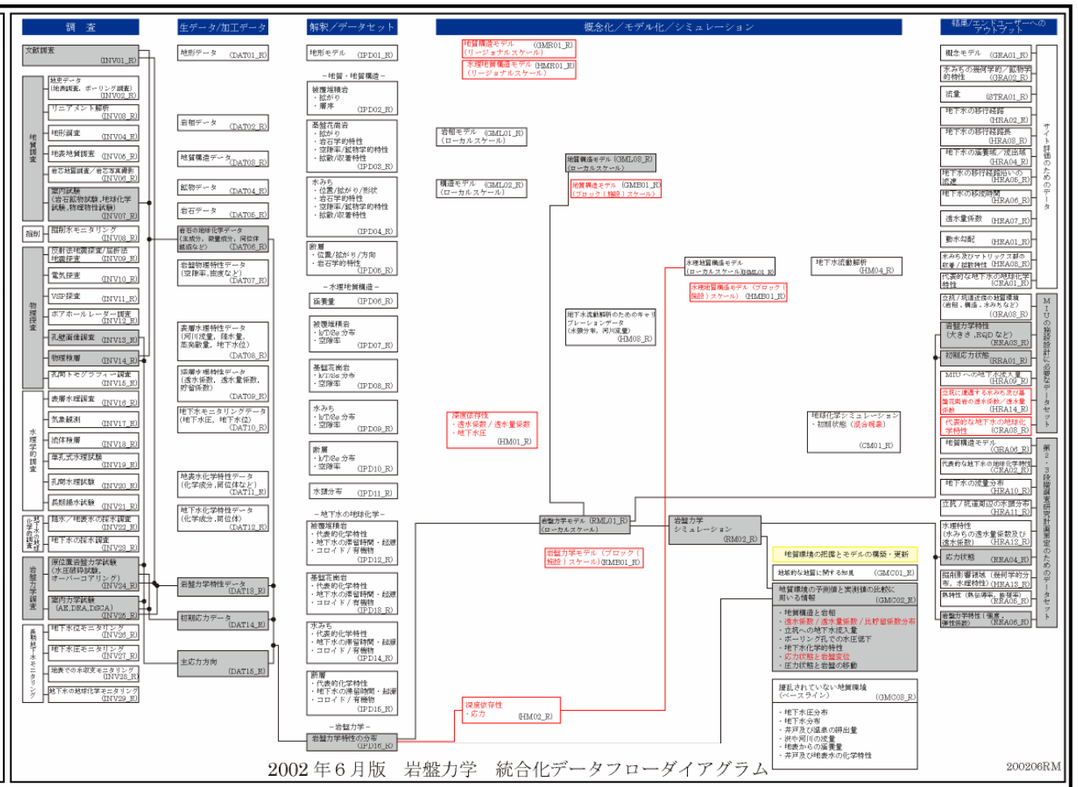
全体的な変更点	各項目の変更点											
・ 正馬様用地から市有地への変更に伴い作成。 ・ 東濃地域で行ってきた広域地下水流動研究の成果を取り入れたことにより、リージョナルスケール・ローカルスケール・ブロック（施設）スケールの３つのスケール概念を導入。	項目識別番号	CM01_C	CRA03_C									
	項目	地球化学シミュレーション初期状態（混合状態）	代表的な地下水の地球化学特性									
	変更内容	一部追加削除	新 規									
	変更理由		重要な地下水形成プロセスを明記した。									
	参考資料											

項目識別番号												
項目												
変更内容												
変更理由												
参考資料												

図 2-B (1)-3) 2001 年版と 2002 年版の統合化データフローダイアグラムの比較図（地下水化学）



2001年4月版 岩盤力学 統合化データフローダイアグラム

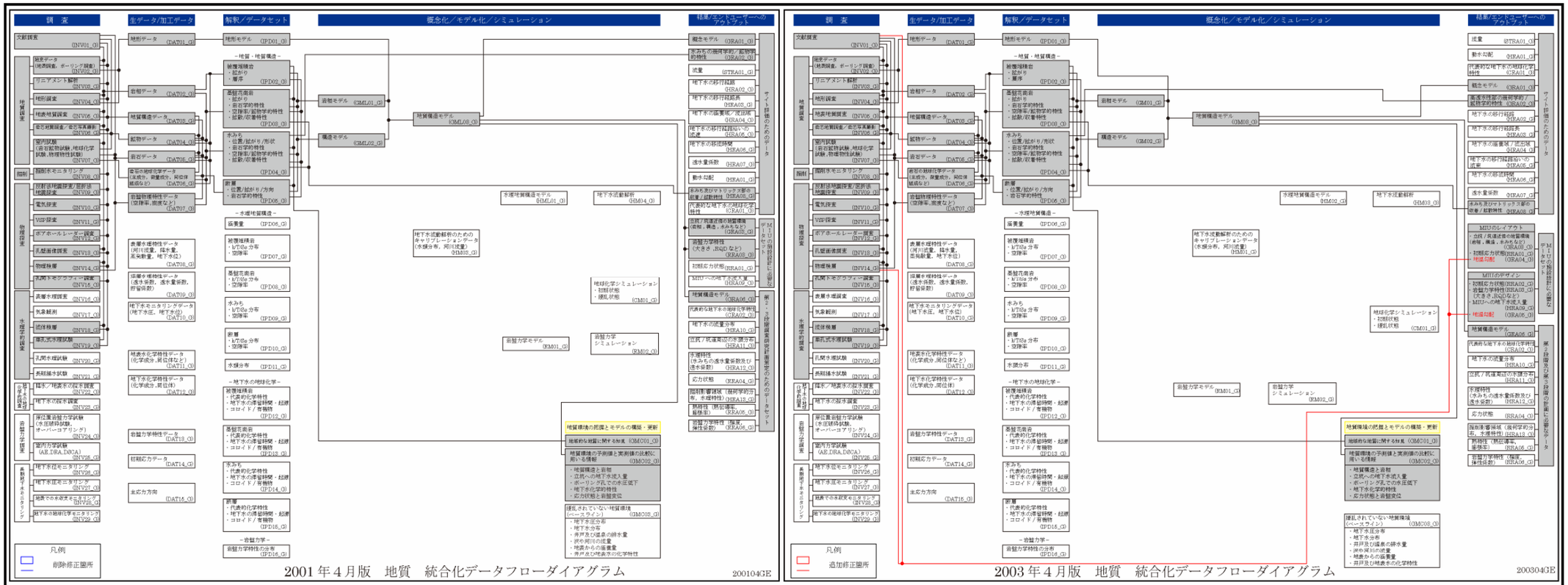


2002年6月版 岩盤力学 統合化データフローダイアグラム

全体的な変更点	各項目の変更点										
・ 正馬様用地から市有地への変更に伴い作成。 ・ 東濃地域で行ってきた広域地下水流動研究の成果を取り入れたことにより、リージョナルスケール・ローカルスケール・ブロック（施設）スケールの３つのスケール概念を導入。	項目識別番号	GMC02_R	HM02_H								
	項目	地質環境の推定と実測値の比較に用いる情報	深度依存性（応力）								
	変更内容	一部追加	新 規								
	変更理由										
	参考資料										

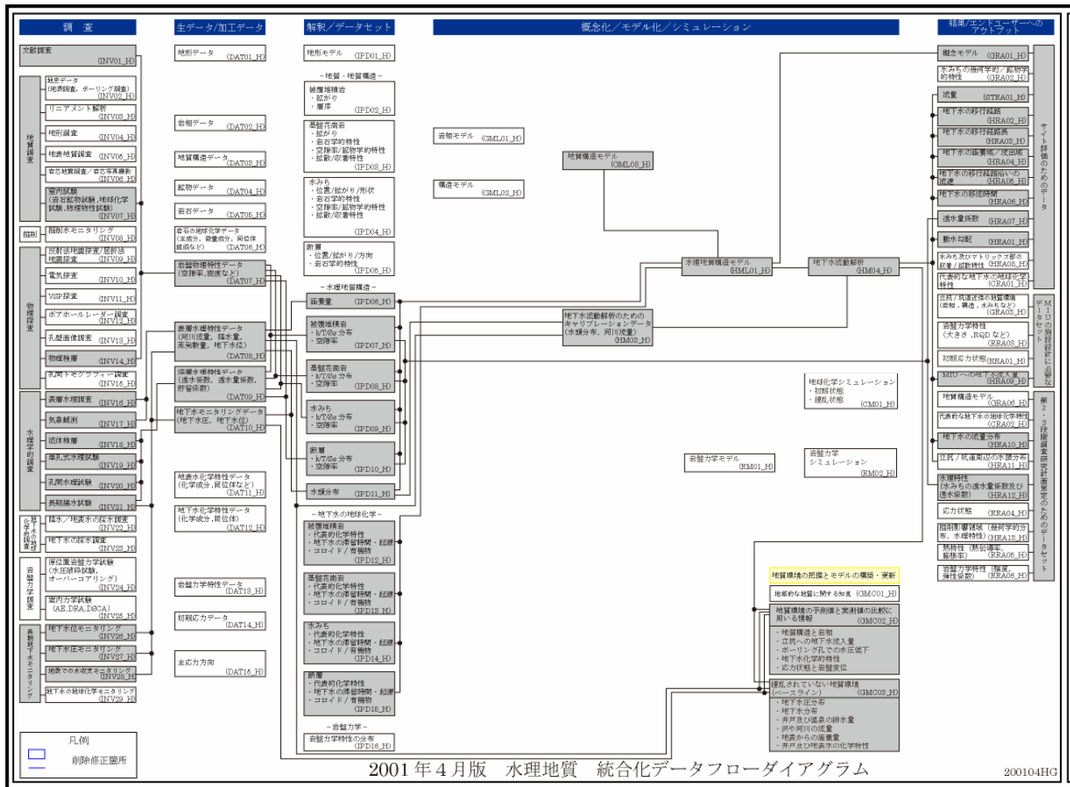
項目識別番号	RM02_R	GMC02-R	IPD16_R	GMC02_R	IPD16_R	HM02_R	HM02_R	IPD16_R			
項目	岩盤力学シミュレーション	地質環境の推定と実測値の比較に用いる情報	岩盤力学特性の分布	地質環境の推定と実測値の比較に用いる情報	岩盤力学特性の分布	深度依存性（応力）	深度依存性（応力）	岩盤力学特性の分布			
変更内容	GMC02-R の一部変更による変更		GMC02-R の一部変更による変更		HM02_R の追加による変更		HM02_R の追加による変更				
変更理由											
参考資料											

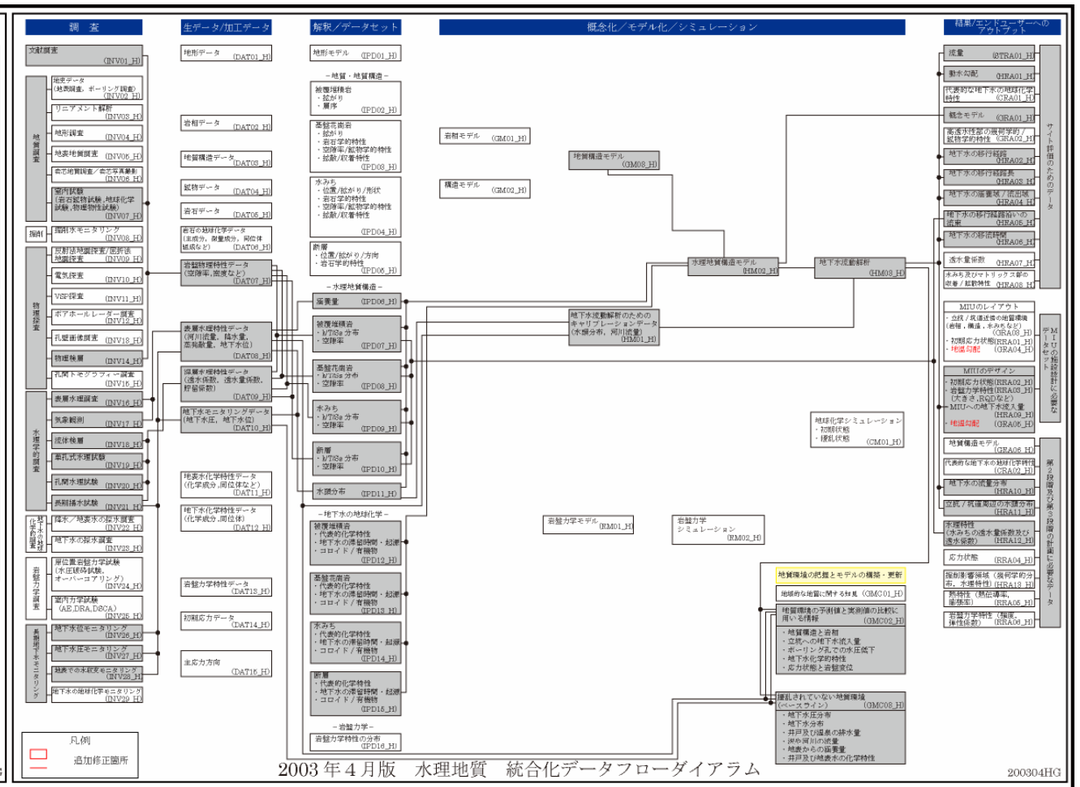
図 2-B (1)-4) 2001年版と2002年版の統合化データフローダイアグラムの比較図（岩盤力学）



全体的な変更点	各項目の変更点											
・ 第1段階調査の進展に伴い、研究坑道の設計・施工のためにレイアウトとデザインの両面からアプローチすべきであるとの考えから、2003年版の「エンドユーザーへのアウトプット」の項目に「MIUのレイアウト」と「MIUのデザイン」の項目が分けられ、各分野によるアウトプットが分けられいる。	項目識別番号	GRA04G	GRA05G									
	項目	MIU レイアウト（地温勾配）	MIU デザイン（地温勾配）									
	変更内容	追　加	追　加									
	変更理由	研究坑道の建設において、必要な情報であるため										
	項目識別番号	INV_01G	INV_14G	GRA04_G	GRA05_G							
	項目	文献調査	物理検層	MIU のレイアウト（地温勾配）	MIU のデザイン（地温勾配）							
	変更内容	追　加										
	変更理由	GRA04_G と GRA05_G の追加に伴う変更										
	参考資料											

図 2-B (2)-1)　2001 年版と 2003 年版の統合化データフローダイアグラムの比較図（地質）

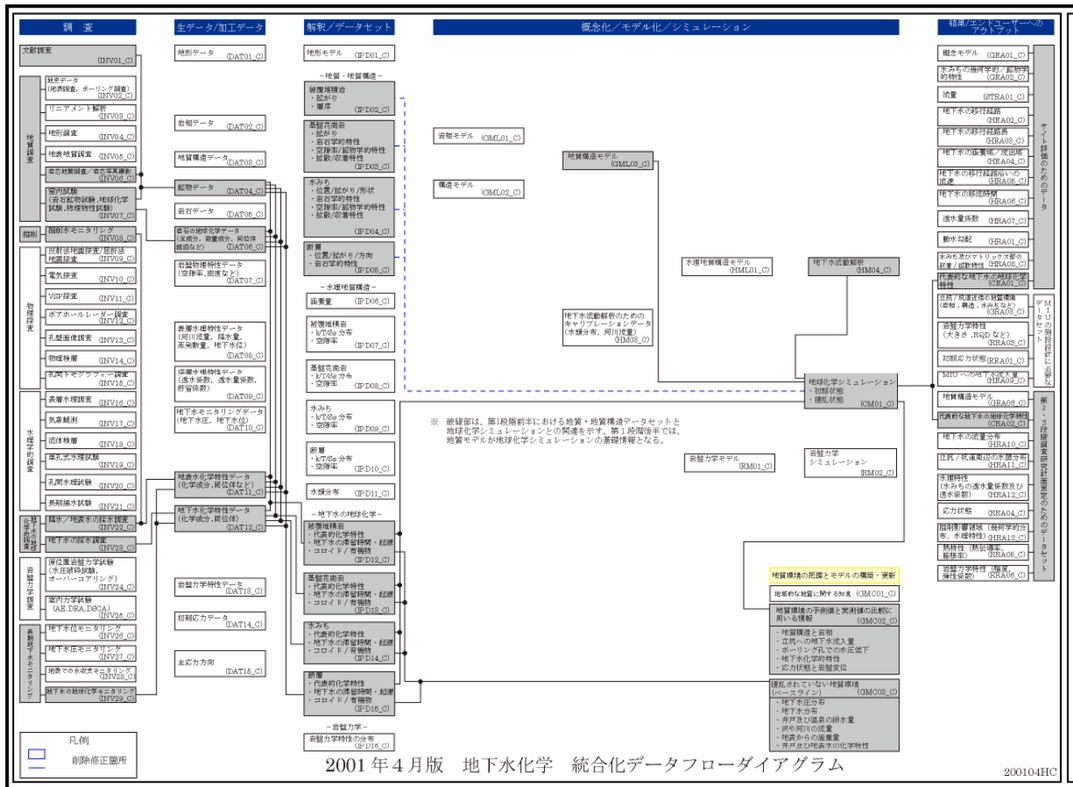


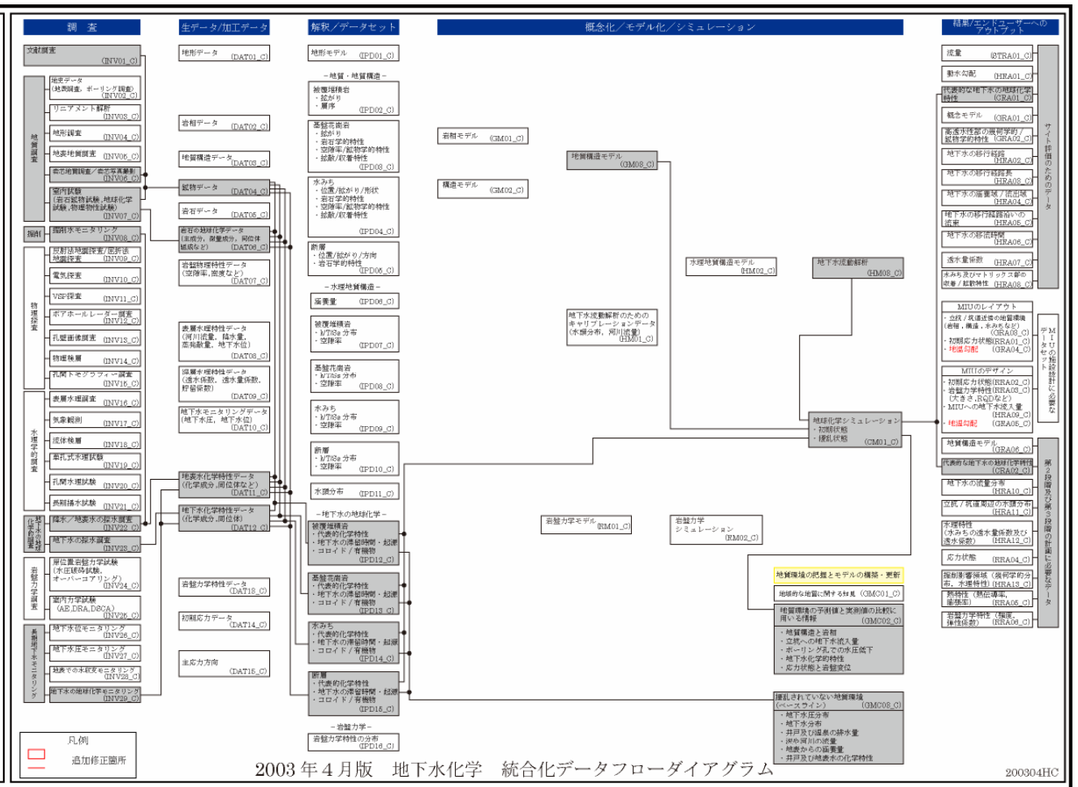


全体的な変更点	各項目の変更点										
・ 第1段階調査の進展に伴い、研究坑道の設計・施工のためにレイアウトとデザインの両面からアプローチすべきであるとの考えから、2003年版の「エンドユーザーへのアウトプット」の項目に「MIUのレイアウト」と「MIUのデザイン」の項目が分けられ、各分野によるアウトプットが分けられいる。	項目識別番号										
	項目										
	変更内容										
	変更理由										

項目識別番号												
項目												
変更内容												
変更理由												
参考資料												

図 2-B (2)-2) 2001年版と2003年版の統合化データフローダイアグラムの比較図（水理地質）

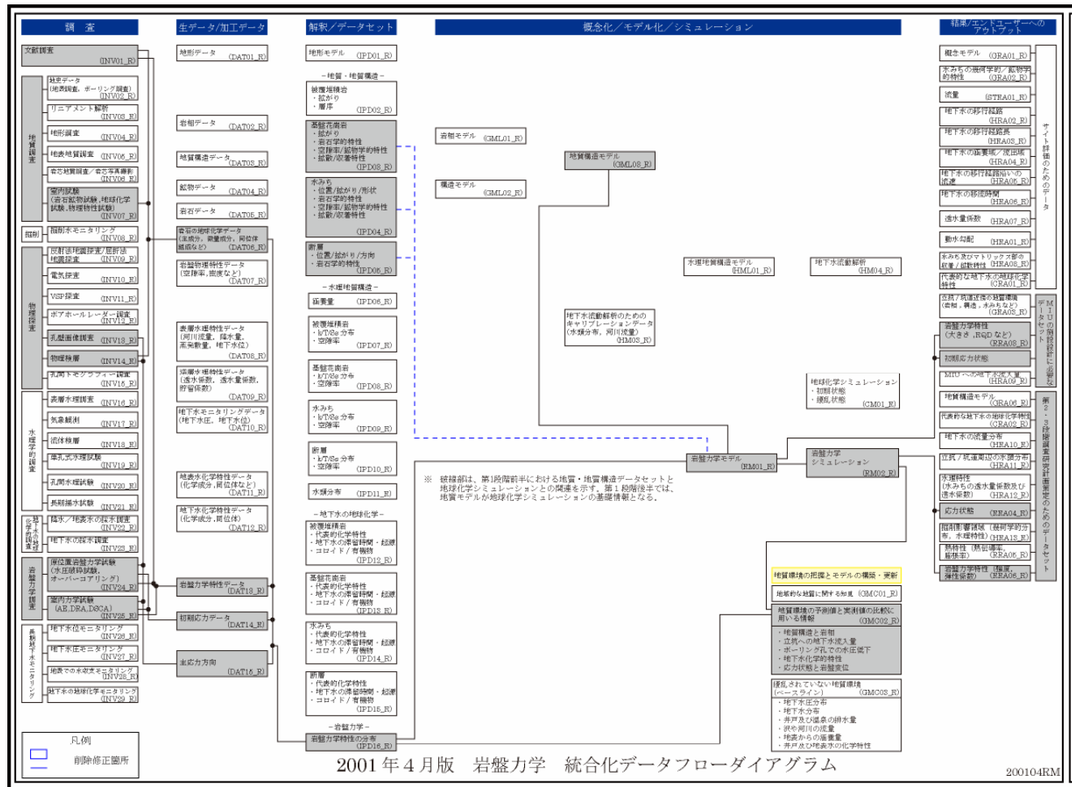


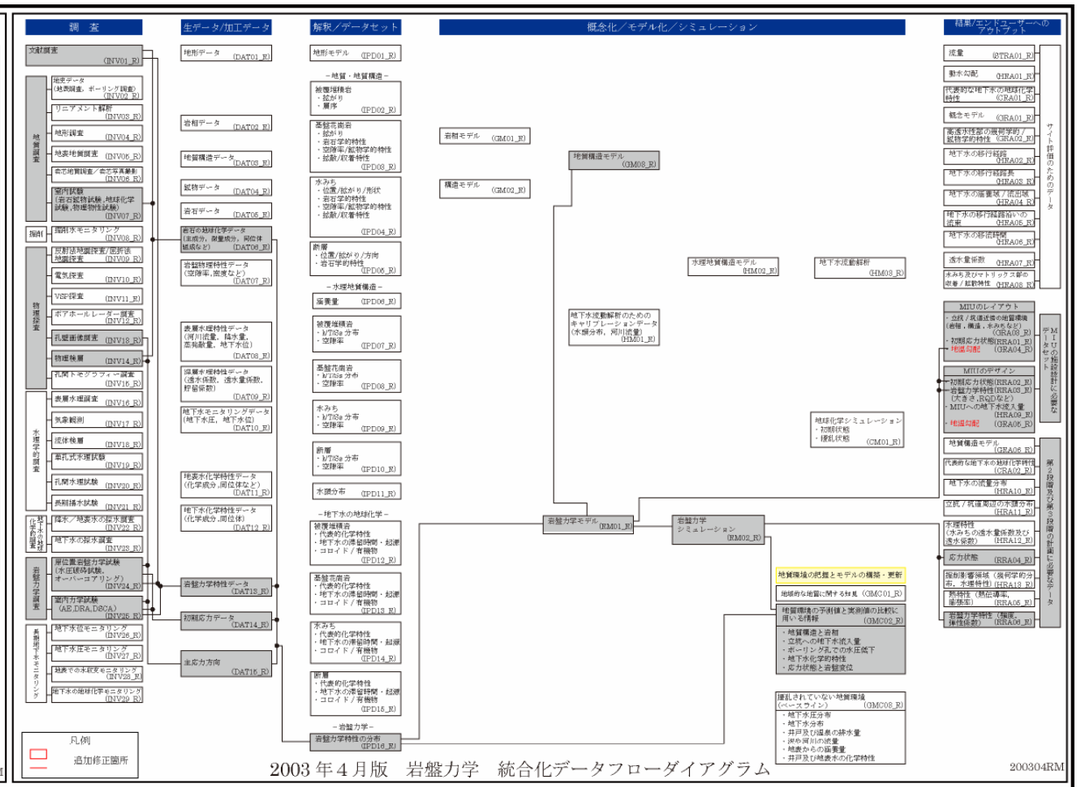


全体的な変更点	各項目の変更点										
・ 第1段階調査の進展に伴い、研究坑道の設計・施工のためにレイアウトとデザインの両面からアプローチすべきであるとの考えから、2003年版の「エンドユーザーへのアウトプット」の項目に「MIUのレイアウト」と「MIUのデザイン」の項目が分けられ、各分野によるアウトプットが分けられいる。	項目識別番号										
	項目										
	変更内容										
	変更理由										

項目識別番号	IPD03_C	IPD04_C	IPD05_C	CM01_C								
項目	被覆堆積岩 ・拡がり ・層序	基盤花崗岩 ・拡がり ・岩石学的特性 ・空隙率/鉱物学的特性 ・拡散/収着特性	水みち ・位置/拡がり/形状 ・岩石学的特性 ・空隙率/鉱物学的特性 ・拡散/収着特性	断層 ・位置/拡がり/方向 ・岩石学的特性								
変更内容	削 除											
変更理由												
参考資料												

図 2-B (2)-3) 2001年版と2003年版の統合化データフローダイアグラムの比較図（地下水化学）

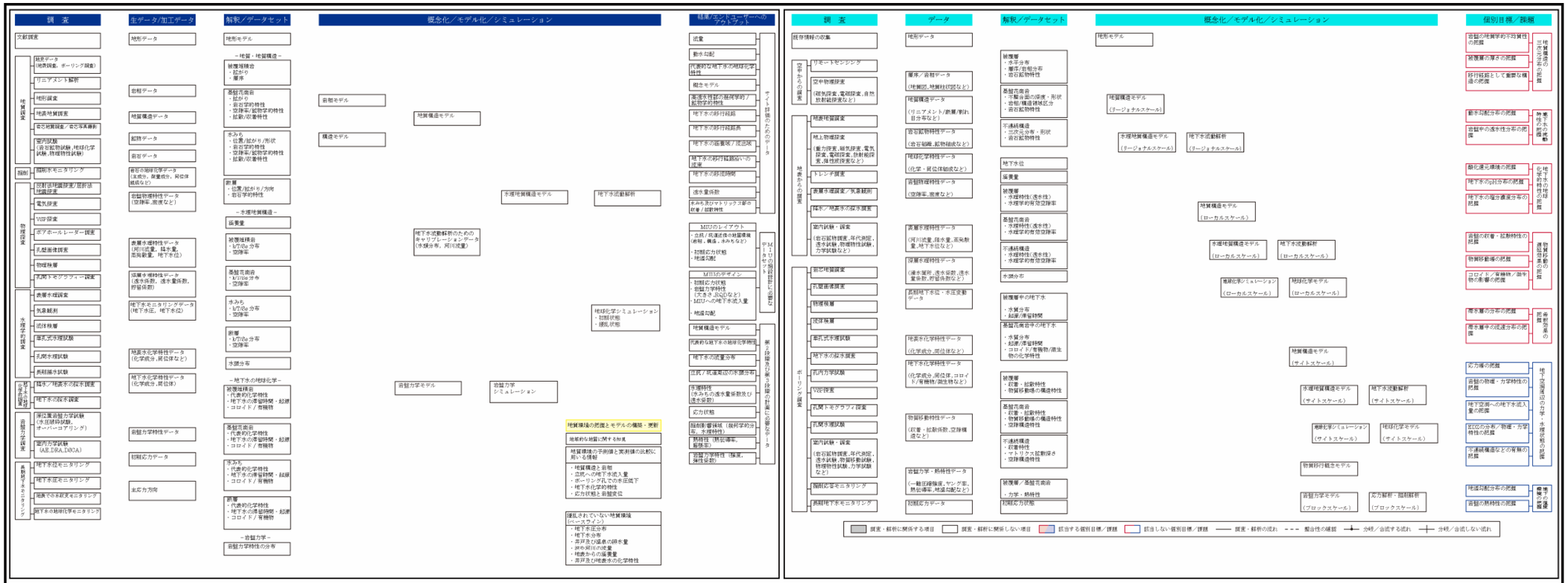




全体的な変更点	各項目の変更点										
・ 第1段階調査の進展に伴い、研究坑道の設計・施工のためにレイアウトとデザインの両面からアプローチすべきであるとの考えから、2003年版の「エンドユーザーへのアウトプット」の項目に「MIUのレイアウト」と「MIUのデザイン」の項目が分けられ、各分野によるアウトプットが分けられいる。	項目識別番号										
	項目										
	変更内容										
	変更理由										

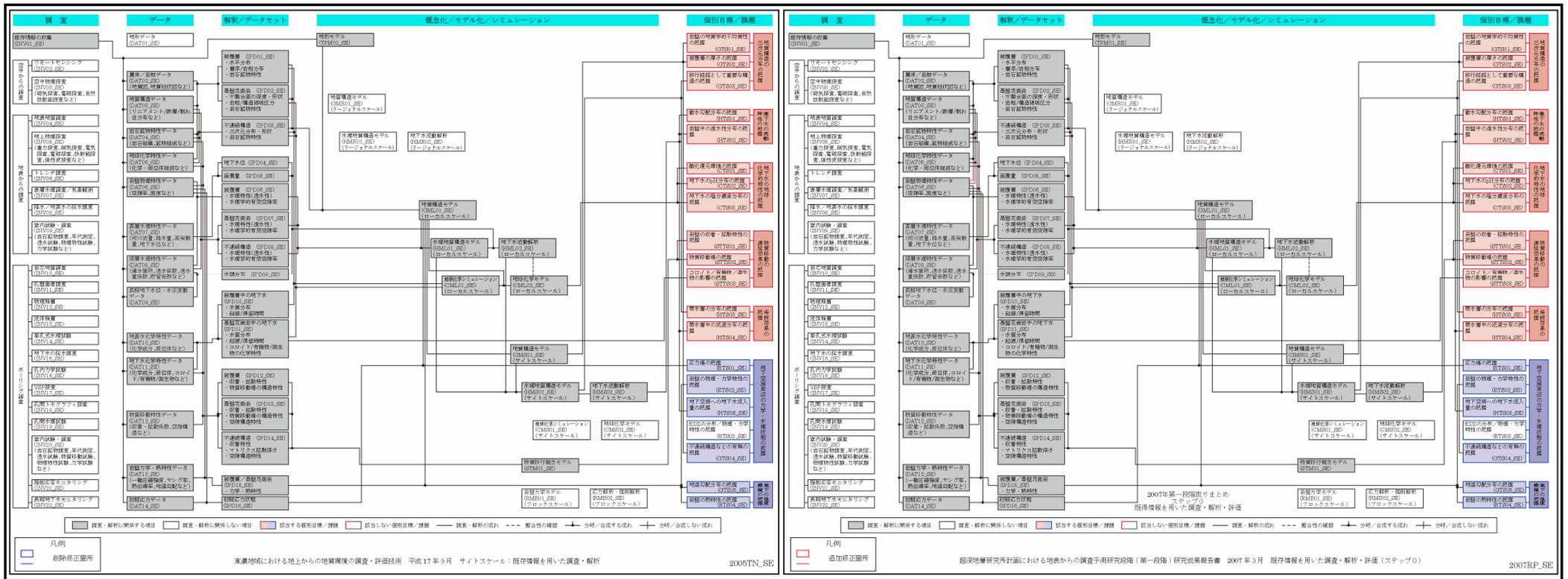
項目識別番号	IPD03_R	IPD04_R	IPD05_R	CM01_R								
項目	被覆堆積岩 ・拡がり ・層序	基盤花崗岩 ・拡がり ・岩石学的特性 ・空隙率/鉱物学的特性 ・拡散/収着特性	水みち ・位置/拡がり/形状 ・岩石学的特性 ・空隙率/鉱物学的特性 ・拡散/収着特性	岩石力学モデル								
変更内容	削 除											
変更理由												
参考資料												

図 2-B (2)-4) 2001年版と2003年版の統合化データフローダイアグラムの比較図（岩盤力学）



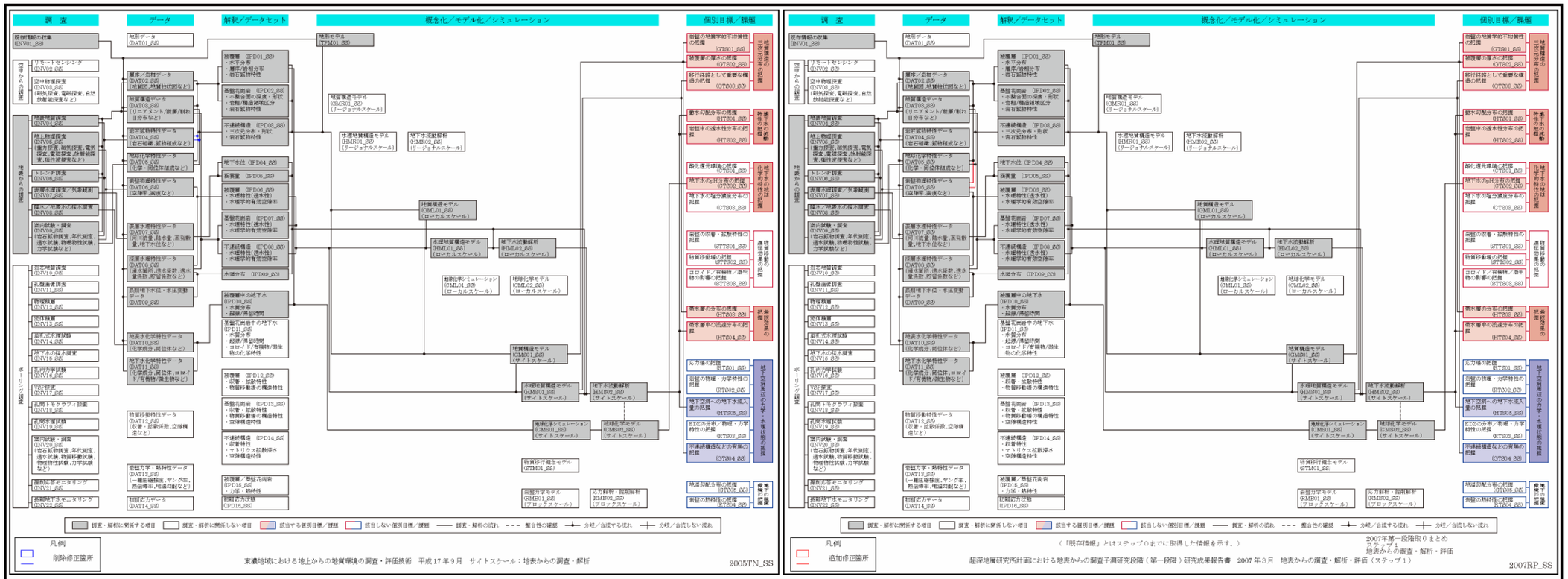
全体的な変更点	各項目の変更点							
・ NUMO の設立及び関係法の成立により、個別目標及び課題を設定。 ・ 上記の理由により全てのフロー及び項目を改定	項目識別番号							
	項目							
	変更内容							
	変更理由							
	調査方法							
	参考資料							
	項目識別番号							
	項目							
	変更内容							
	変更理由							
	調査方法							
	参考資料							

図 2-B (3)　2003 年版と 2005 年版の統合化データフローダイアグラムの比較図（項目のみ）



全体的な変更点	各項目の変更点												
・ 第一段階取りまとめでは、サイトスケールのみのフローを作成。 ・ 各フローはステップ(0～4)毎に分けて作成し、新しく、ボーリング孔間を対象とした調査・解析のフローが作成された。	項目識別番号	DAT03_SE	DAT04_SE	DAT05_SE	DAT06_SE	IPD03_SE							
	項目	地質構造データ	岩石鉱物特性データ	地球化学特性データ	岩盤物理特性データ	不連続構造（三次元分布・形状岩石鉱物特性）							
	変更内容	DAT06_SE の追加による変更											
	変更理由	同位体組成を解釈するために、γ線スペクトルデータを活用											
	参考資料												
	項目識別番号	DAT02_SE	DAT03_SE	DAT04_SE	DAT05_SE	DAT06_SE	IPD01_SE	IPD02_SE					
	項目	層序／岩相データ	地質構造データ	岩石鉱物特性データ	地球化学特性データ	岩盤物理特性データ	被覆層（水平分布，層序，岩石鉱物特性）	基盤花崗岩					
	変更内容	DAT06_SE の追加による変更											
	変更理由	同位体組成を解釈するために、γ線スペクトルデータを活用											
	参考資料												

図 2-B (4)-1) 2005年版と2007年版の統合化データフローダイアグラムの比較図（既存情報を用いた調査・解析）



全体的な変更点

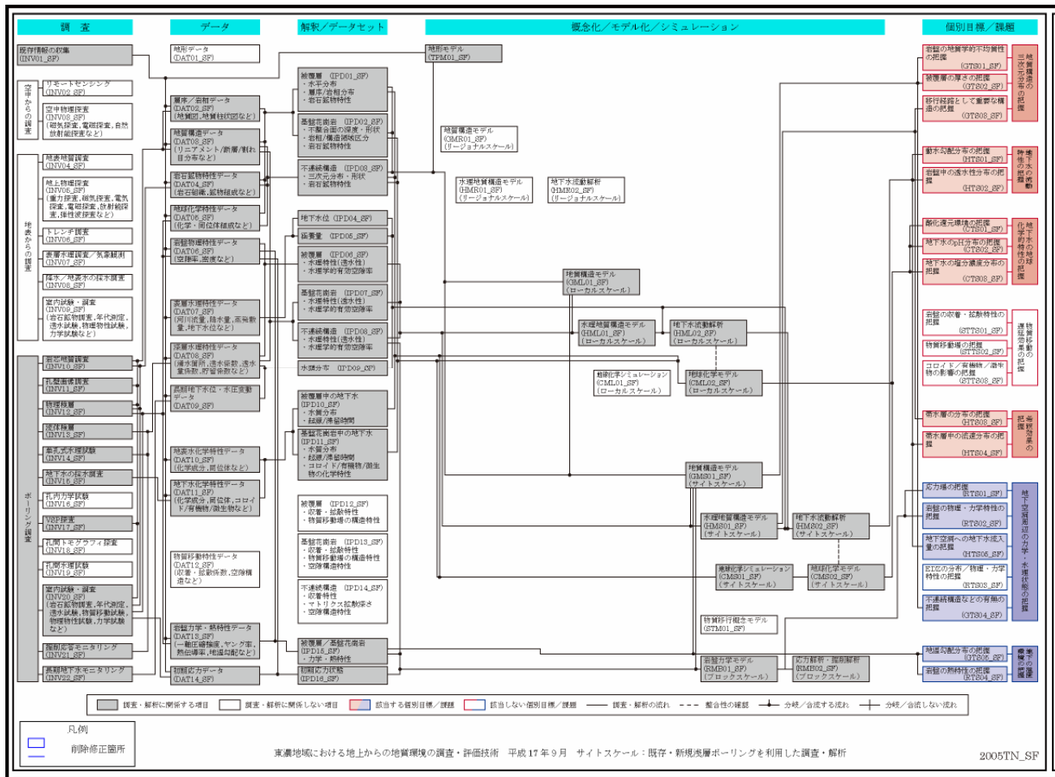
- 第一段階取りまとめでは、サイトスケールのみのフローを作成。
- 各フローはステップ(0～4)毎に分けて作成し、新しく、ボーリング孔間を対象とした調査・解析のフローが作成された。

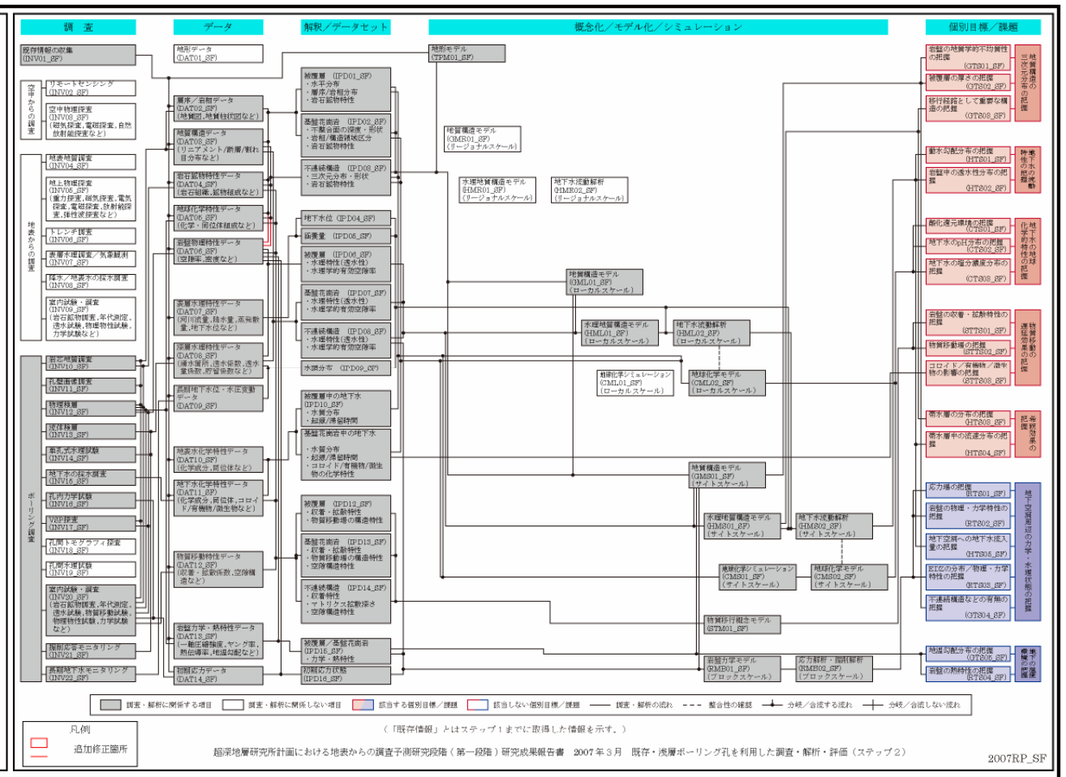
各項目の変更点

項目識別番号	DAT02_SS	DAT03_SS	DAT04_SS	DAT05_SS	IPD01_SS	IPD02_SS	DAT02_SS	DAT03_SS	DAT05_SS	DAT06_SS	IPD01_SS IPD02_SS	
項目	層序／岩相データ	地質構造データ	岩石鉱物特性データ	地球化学特性データ	被覆層（水平分布，層序，岩石鉱物特性）	基盤花崗岩	層序／岩相データ	地質構造データ	地球化学特性データ	岩盤物理特性データ	被覆層 基盤花崗岩	
変更内容	DAT04_SS の削除による変更						DAT06_SS の追加による変更					
変更理由	データのサンプリングが出来ないため削除						同位体組成を解釈するために、γ線スペクトルデータを活用					
参考資料												

項目識別番号	DAT03_SS	DAT04_SS	DAT05_SS	IPD01_SS	IPD03_SE	DAT02_SS	DAT03_SS	DAT05_SS	DAT06_SS	IPD03_SE		
項目	地質構造データ	岩石鉱物特性データ	地球化学特性データ	被覆層（水平分布，層序，岩石鉱物特性）	不連続構造（三次元分布・形状岩石鉱物特性）	層序／岩相データ	地質構造データ	地球化学特性データ	岩盤物理特性データ	不連続構造（三次元分布・形状岩石鉱物特性）		
変更内容	DAT04_SS の削除による変更					DAT06_SS の追加による変更						
変更理由	データのサンプリングができないため削除					同位体組成を解釈するために、γ線スペクトルデータを活用						
参考資料												

図 2-B (4)-2) 2005 年版と 2007 年版の統合化データフローダイアグラムの比較図（地表からの調査・解析）





全体的な変更点

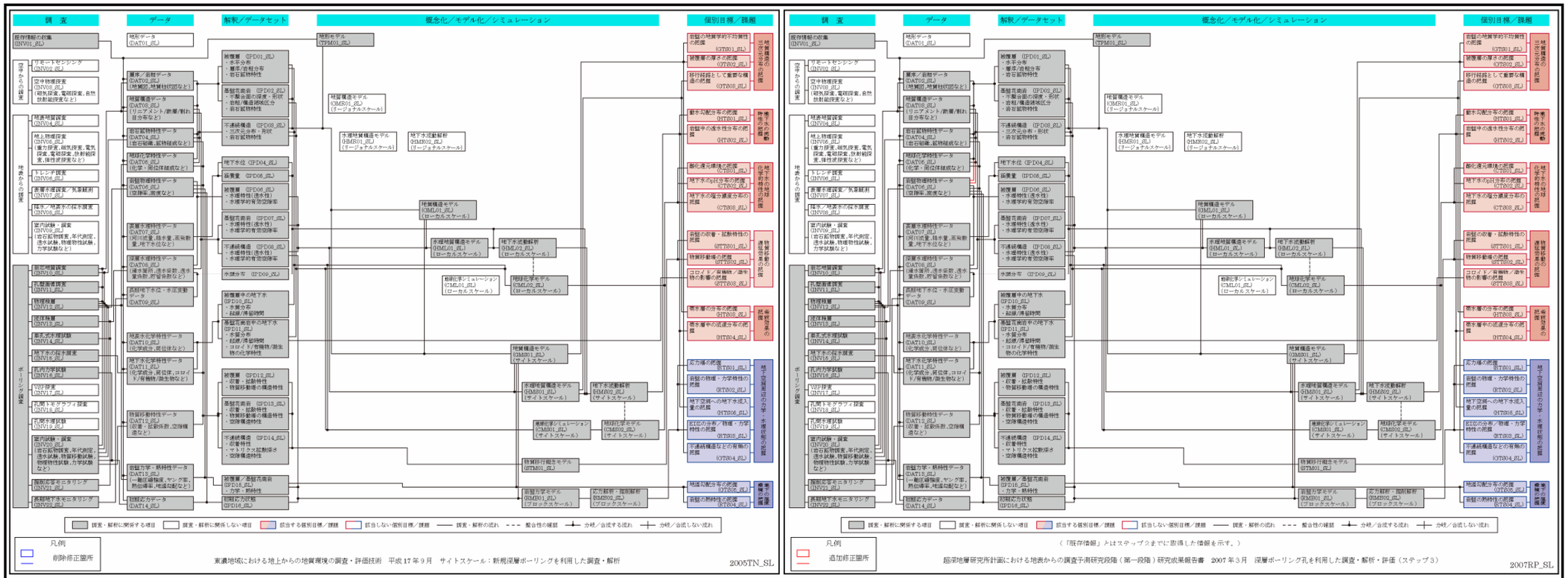
- 第一段階取りまとめでは、サイトスケールのみのフローを作成。
- 各フローはステップ(0～4)毎に分けて作成し、新しく、ボーリング孔間を対象とした調査・解析のフローが作成された。

各項目の変更点

項目識別番号	DAT03_SF	DAT04_SF	DAT05_SF	DAT06_SF	IPD03_SF							
項目	地質構造データ	岩石鉱物特性データ	地球化学特性データ	岩盤物理特性データ	不連続構造（三次元分布・形状岩石鉱物特性）							
変更内容	DAT06_SF の追加による変更											
変更理由	同位体組成を解釈するために、γ線スペクトルデータを活用											
参考資料												

項目識別番号	DAT02_SF	DAT03_SF	DAT04_SF	DAT05_SF	DAT06_SF	IPD01_SF	IPD02_SF					
項目	層序／岩相データ	地質構造データ	岩石鉱物特性データ	地球化学特性データ	岩盤物理特性データ	被覆層（水平分布，層序，岩石鉱物特性）	基盤花崗岩					
変更内容	DAT06_SF の追加による変更											
変更理由	同位体組成を解釈するために、γ線スペクトルデータを活用											
参考資料												

図 2-B (4)-3) 2005 年版と 2007 年版の統合化データフローダイアグラムの比較図（既存・浅層ボーリング孔を利用した調査・解析）



全体的な変更点

- 第一段階取りまとめでは、サイトスケールのみのフローを作成。
- 各フローはステップ(0～4)毎に分けて作成し、新しく、ボーリング孔間を対象とした調査・解析のフローが作成された。

各項目の変更点

項目識別番号	DAT03_SL	DAT04_SL	DAT05_SL	DAT06_SL	IPD03_SL							
項目	地質構造データ	岩石鉱物特性データ	地球化学特性データ	岩盤物理特性データ	不連続構造（三次元分布・形状岩石鉱物特性）							
変更内容	DAT06_SL の追加による変更											
変更理由	同位体組成を解釈するために、γ線スペクトルデータを活用											
参考資料												

項目識別番号	DAT02_SL	DAT03_SL	DAT04_SL	DAT05_SL	DAT06_SL	IPD01_SL	IPD02_SL					
項目	層序／岩相データ	地質構造データ	岩石鉱物特性データ	地球化学特性データ	岩盤物理特性データ	被覆層（水平分布，層序，岩石鉱物特性）	基盤花崗岩					
変更内容	DAT06_SL の追加による変更											
変更理由	同位体組成を解釈するために、γ線スペクトルデータを活用											
参考資料												

図 2-B (4)-4) 2005 年版と 2007 年版の統合化データフローダイアグラムの比較図（新規深層ボーリング孔を利用した調査・解析）

付録２－Ｃ

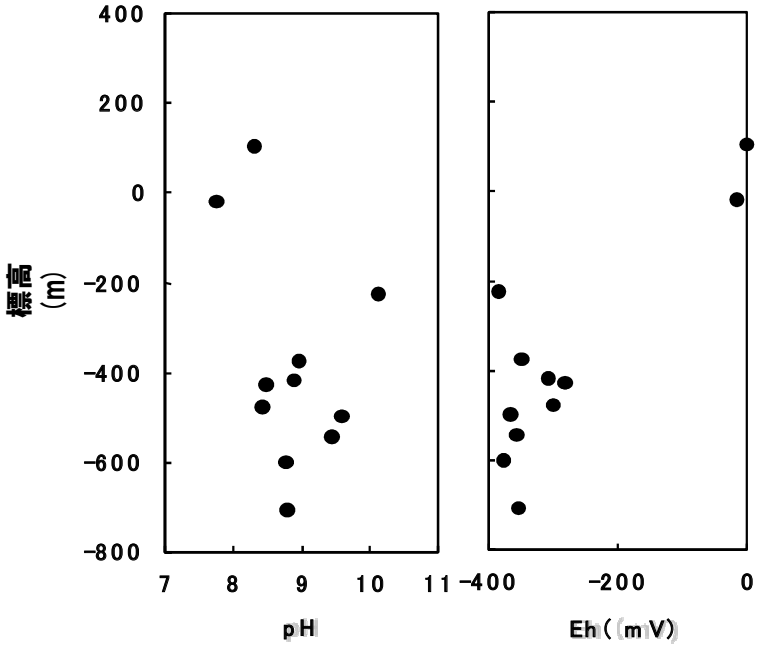
水質形成機構解析

(1) 地下水の水質形成機構解析手順

This is a blank page.

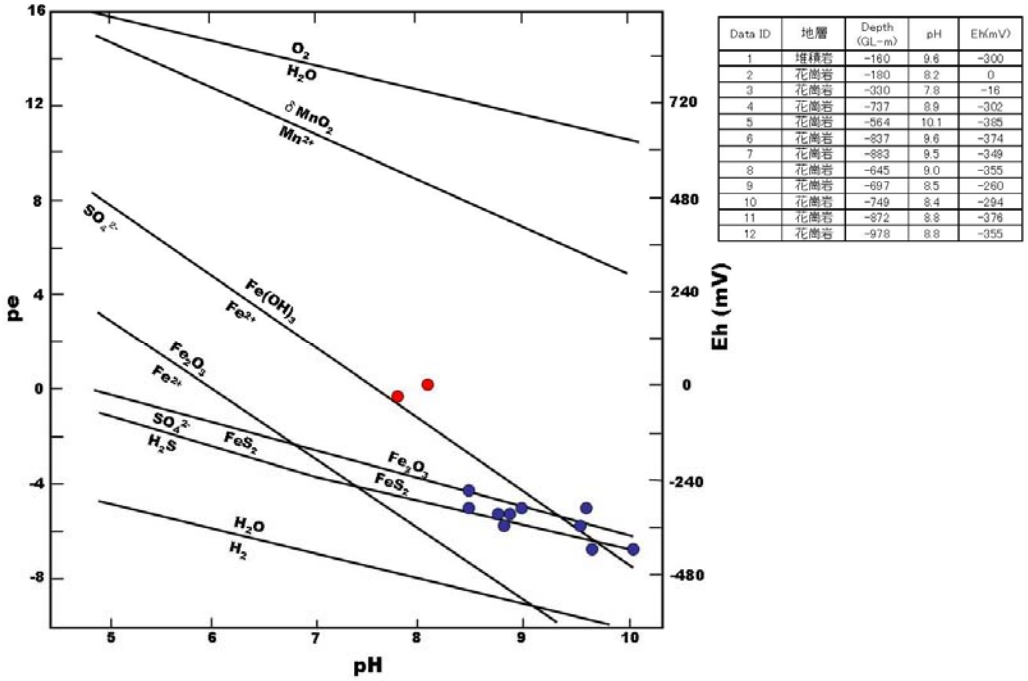
(1) 地下水の水質形成機構解析手順

手順１：pH、酸化還元電位を実測する。（例　東濃地域）



地下水は，深度に伴い中性・弱還元状態から，弱アルカリ性・強還元状態へ変化する。

図 2-D (1)　地下水の水質形成機構解析手順（手順 1）



Data ID	地層	Depth (GL-m)	pH	Eh(mV)
1	堆積岩	-160	9.6	-300
2	花崗岩	-180	8.2	0
3	花崗岩	-330	7.8	-16
4	花崗岩	-737	8.9	-302
5	花崗岩	-564	10.1	-385
6	花崗岩	-837	9.6	-374
7	花崗岩	-883	9.5	-349
8	花崗岩	-645	9.0	-355
9	花崗岩	-697	8.5	-260
10	花崗岩	-749	8.4	-294
11	花崗岩	-872	8.8	-376
12	花崗岩	-978	8.8	-355

浅部は鉄の化学種，深部は硫黄の化学種の酸化還元反応が関与している可能性がある。

図 2-D (2)　地下水の水質形成機構解析手順（手順 2）

手順 3：詳細な相図に実測値をプロットし、酸化還元反応を同定する。（硫黄の場合）

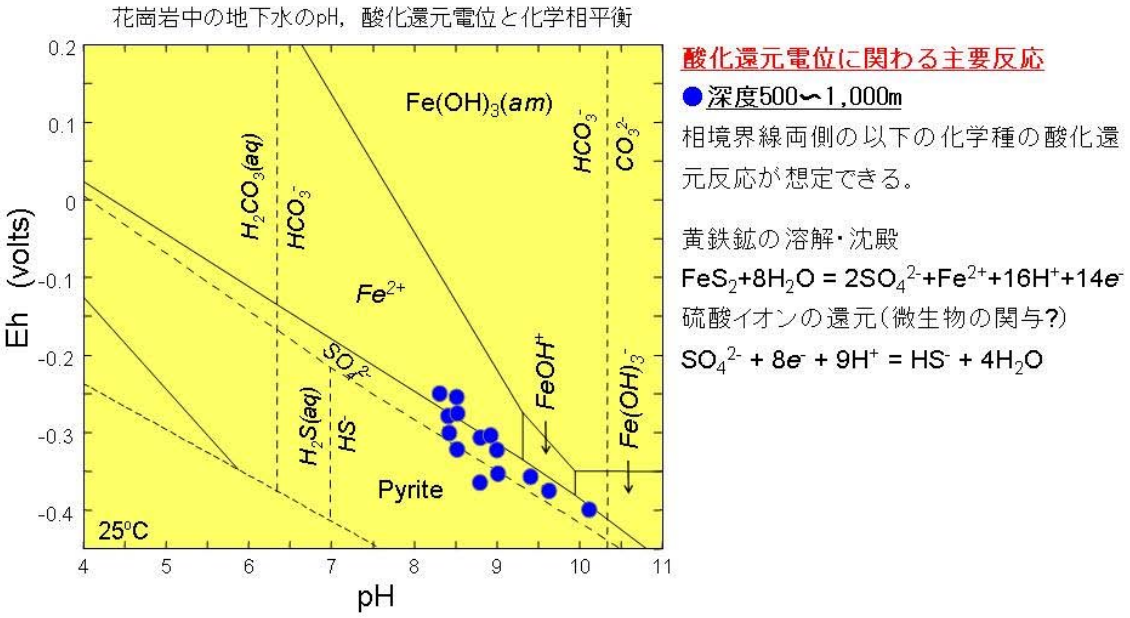


図 2-D (3)　地下水の水質形成機構解析手順（手順 3）

手順 4：酸化還元反応式に実測された化学成分濃度を代入して、理論的酸化還元電位を計算し、実測値の誤差範囲内にあるか否か確認する。（硫黄の場合）

DH-6の例

理論値の計算

$FeS_2+8H_2O = 2SO_4^{2-}+Fe^{2+}+16H^{+}+14e^{-}$

$Eh = E^0 + 0.00423 \log [Fe^{2+}][SO_4^{2-}]^2 [H^{+}]^{16}$　E^0 : 0.355　Aqueous Environmental Geochemistry p.456

= -305mV

実測値= -307mV　←代入

Input No.	Depth (CL m)	pH	Eh (mV)	pe	Si (mM) 13	Al (mM) 10	Σ Fe (mM) 8	Mn (mM) 9	Mg++ (mM) 5	Ca++ (mM) 4	Na+ (mM) 6	K+ (mM) 7	F- (mM) 20	Cl- (mM) 14	SO4-- (mM) 16	TC (mM) 15
KNA-3S	-160	9.6	-360	-6.10	2.3E-01	3.3E-09	8.2E-04	3.5E-04	8.2E-04	5.3E-02	1.3E+00	6.4E-03	2.3E-01	2.5E-02	7.4E-03	1.3E+00
KNA-3G	-180	8.2	0	0.00	3.7E-01	3.5E-09	1.3E-04	1.8E-04	7.3E-03	3.1E-01	1.3E+00	1.1E-02	2.0E-01	3.0E-02	1.8E-03	2.0E+00
DH-5	-330	7.8	-15	-0.27	6.3E-01	6.3E-09	7.3E-03	5.8E-05	3.3E-02	4.7E-01	4.5E-01	7.7E-02	1.3E-01	3.8E-02	8.2E-02	1.2E+00
DH 8	787	8.0	807	5.20	8.3E 01	1.3E 08	8.3E 08	2.0E 04	2.4E 08	8.3E 02	0.8E 01	1.6E 02	2.1E 01	0.6E 02	6.7E 02	1.0E100
DH-7	-564	10.1	-585	-6.53	8.3E-07	7.7E-08	1.7E-01	3.3E-03	1.3E-07	1.7E-01	1.2E+00	7.4E-02	1.1E-01	1.9E-01	4.8E-02	1.5E+00
DH-7	-837	9.6	-366	-6.20	2.3E-01	4.4E-09	1.4E-01	2.2E-03	2.3E-02	1.1E-01	1.6E+00	2.8E-01	5.2E-01	6.7E-02	5.8E-02	1.7E+00
DH-7	-888	9.5	-357	-6.06	5.1E-01	1.3E-01	2.1E-01	8.9E-03	3.5E-02	1.4E-01	2.1E+00	6.4E-01	4.5E-01	1.4E-01	5.8E-02	1.8E+00
DH-8	-845	9.0	-346	-5.90	4.7E-01	2.3E-09	7.5E-04	1.8E-04	1.3E-09	7.3E-02	1.0E+00	1.9E-01	1.7E-01	1.1E-01	4.2E-04	1.2E+00
DH 8	807	8.5	282	4.78	6.3E 01	1.3E 08	8.3E 08	8.3E 04	6.7E 08	1.3E 01	1.1E100	1.4E 02	1.0E 01	1.1E 01	4.4E 02	1.4E100
DH-8	-749	8.4	-288	-5.07	5.3E-01	1.2E-09	4.3E-03	2.0E-04	4.3E-03	3.3E-02	1.2E+00	1.3E-01	2.3E-01	1.1E-01	3.9E-02	1.4E+00
DH-8	-872	8.8	-378	-6.37	4.4E-01	9.3E-09	1.4E-03	9.1E-05	2.3E-02	1.1E-01	1.7E+00	2.8E-01	5.9E-01	5.4E-01	9.2E-02	1.3E+00
DH-8	-976	8.6	-355	-6.02	5.3E-01	3.3E-08	4.1E-03	2.4E-04	2.3E-02	1.3E-01	1.1E+00	2.5E-02	3.6E-01	1.8E-01	1.8E-02	1.3E+00

図 2-D (4)　地下水の水質形成機構解析手順（手順 4）

手順５：熱力学解析による酸化還元反応が平衡状態にあるか否か確認する。

	Deph (GL-m)	pH		Si (mM)	Al (mM)	Σ Fe (mM)	Mn (mM)	Mg++ (mM)	Ca++ (mM)	Na+ (mM)	K+ (mM)	F- (mM)	Cl- (mM)	SO4-- (mM)	I C (mM)
input No.		pH	pe	13	10	8	9	5	4	6	7	20	14	16	15
KNA-6S	-160	9.6	-6.10	2.6E-01	3.5E-02	8.2E-04	3.5E-04	8.2E-04	5.8E-02	1.8E+00	6.4E-03	2.3E-01	2.5E-02	7.4E-03	1.8E+00
KNA-6G	-180	8.2	0.00	3.7E-01	3.5E-02	1.3E-04	1.8E-04	7.3E-03	3.1E-01	1.3E+00	1.1E-02	2.0E-01	3.0E-02	1.8E-03	2.0E+00
DH-5	-330	7.8	-0.27	6.8E-01	6.3E-04	7.3E-03	5.8E-03	3.3E-02	4.7E-01	4.5E-01	7.7E-02	1.3E-01	3.9E-02	8.2E-02	1.2E+00
DH-6	-737	8.9	-5.20	3.0E-01	1.6E-03	3.9E-03	2.0E-04	2.4E-03	8.0E-02	9.6E-01	1.5E-02	2.1E-01	9.5E-02	5.7E-02	1.0E+00
DH-7	-564	10.1	-6.53	6.6E-02	7.0E-03	1.7E-01	3.3E-03	1.8E-02	1.7E-01	1.2E+00	7.4E-02	1.1E-01	1.2E-01	4.8E-02	1.5E+00
DH-7	-837	9.6	-6.20	2.9E-01	4.4E-02	1.4E-01	2.2E-03	2.6E-02	1.1E-01	1.6E+00	2.9E-01	5.2E-01	8.7E-02	5.8E-02	1.7E+00
DH-7	-883	9.5	-6.05	5.1E-01	1.6E-01	2.1E-01	8.9E-03	3.3E-02	1.4E-01	2.1E+00	6.4E-01	4.5E-01	1.4E-01	5.6E-02	1.8E+00
DH-8	-645	9.0	-5.90	4.7E-01	2.5E-02	7.5E-04	1.6E-04	1.8E-03	7.0E-02	1.0E+00	1.3E-01	1.7E-01	1.1E-01	4.2E-04	1.2E+00
DH-8	-697	8.5	-4.78	5.9E-01	1.9E-03	3.8E-03	3.3E-04	5.7E-03	1.8E-01	1.1E+00	1.4E-02	1.9E-01	1.1E-01	4.4E-02	1.4E+00
DH-8	-749	8.4	-5.07	5.8E-01	1.2E-02	4.3E-03	2.0E-04	4.0E-03	3.0E-02	1.2E+00	1.3E-01	2.3E-01	1.1E-01	3.9E-02	1.4E+00
DH-8	-872	8.8	-6.37	4.4E-01	3.6E-02	1.4E-03	9.1E-05	2.8E-02	1.1E-01	1.7E+00	2.8E-01	5.9E-01	5.4E-01	3.2E-02	1.3E+00
DH-8	-978	8.8	-6.02	5.0E-01	3.0E-03	4.1E-03	2.4E-04	2.8E-02	1.8E-01	1.1E+00	2.5E-02	3.6E-01	1.8E-01	1.8E-02	1.3E+00

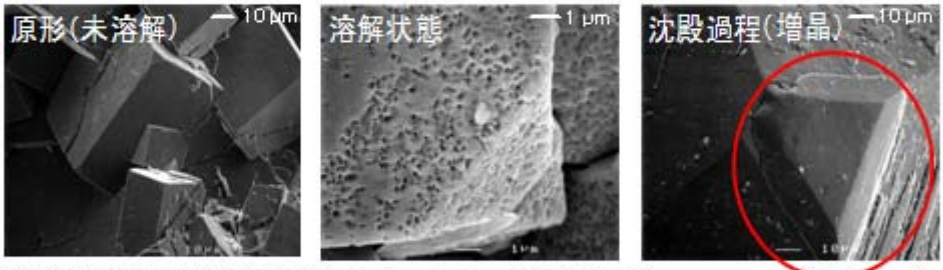
浅部地下水（KNA-6G）の例
酸化還元反応式中の鉄水酸化物（$Fe(OH)_{3(a)}$）が飽和指数±1内にあり、飽和平衡状態にあると推測できる。

熱力学解析（PHREEQE）による各鉱物の飽和指数の計算例

鉱物名	飽和指数	化学形
Anhydrite	-5.11	CaSO4
Calcite	-0.00	CaCO3
Fe(OH)3(a)	-0.48	Fe(OH)3
Fluorite	-0.47	CaF2
Goethite	5.41	FeOOH
Gypsum	-4.89	CaSO4:2H2O
Hausmannite	-16.86	Mn3O4
Hematite	12.82	Fe2O3
Melanterite	-10.82	FeSO4:7H2O
Rhodochrosite	-0.88	MnCO3
Siderite	-1.15	FeCO3
SiO2(a)	-0.73	SiO2

図 2-D (5)　地下水の水質形成機構解析手順（手順 5）

手順6：酸化還元反応式に関わる反応物質の産状を確認する。（硫黄の場合）

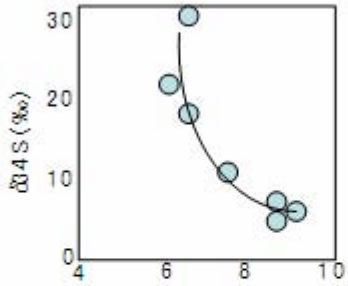


Euhedralpyrite suggesting no Intense Interaction with groundwater (DH8/-599mbsl)
黄鉄鉱の表面に認められる溶解跡
Dissolution texture (DH8/15masl)
Overgrowth texture (DH8/103masl)
黄鉄鉱の表面に認められる増晶

黄鉄鉱の未溶解、溶解、増晶、水-黄鉄鉱の反応が起こっていることを確認。

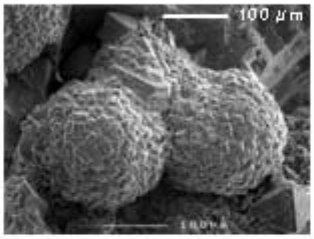
図 2-D (6)　地下水の水質形成機構解析手順（手順 6）

手順7：酸化還元反応に関わる溶存イオン、鉱物相の同位体を確認（硫黄の場合）



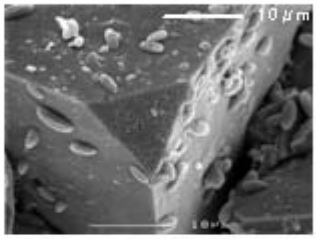
地下水中の硫酸イオン濃度と硫酸イオン中の硫黄の同位体比を測定した結果

硫酸イオン濃度が減少する（硫酸イオンが還元されて硫化物イオンになる）と、硫黄の同位体比が大きくなる。
微生物は質量数の小さい同位体を選択的に活用する傾向があり、硫黄の同位体では^{32}Sよりも^{34}Sを活用する。そのため、硫酸イオンが還元される（減少する）につれ、硫酸イオン中の^{34}Sが大きくなる。



Framboidal pyrite suggesting microbial reaction (DH8/81.1.-373mbsl)

フランボイダル（球状）黄鉄鉱



Bacteriaon pyrite surface (DH8/81masl)

黄鉄鉱表面に認められる硫酸還元菌

微生物が硫酸還元反応に寄与すると、沈殿する黄鉄鉱が球状になることが知られている。

硫酸還元菌による黄鉄鉱の沈殿（中央図）、硫酸還元菌（右図）、微生物的硫酸還元に伴う同位体濃縮（左図）から、微生物による硫酸還元反応も実際に起こっていることを確認。

図 2-D (7)　地下水の水質形成機構解析手順（手順 7）

付録２－Ｄ

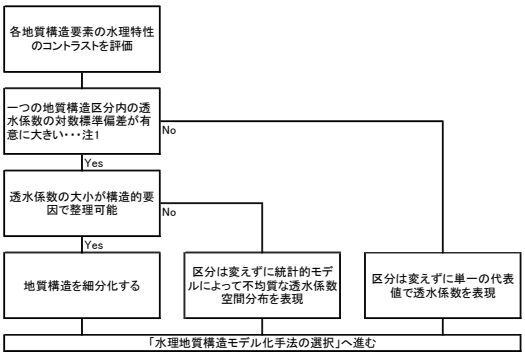
水理地質構造モデル構築に関わる

意思決定のプロセスのフローダイアグラム図

(1) 水理地質構造概念モデルの構築に関するフローダイアグラム
(2) 大規模不連続構造のモデル化手法選択に関するフローダイアグラム
(3) 小規模不連続構造のモデル化手法選択に関するフローダイアグラム
(4) 大規模不連続構造部のメッシュ作成に関するフローダイアグラム
(5) モデル化領域全体のメッシュ作成に関するフローダイアグラム

This is a blank page.

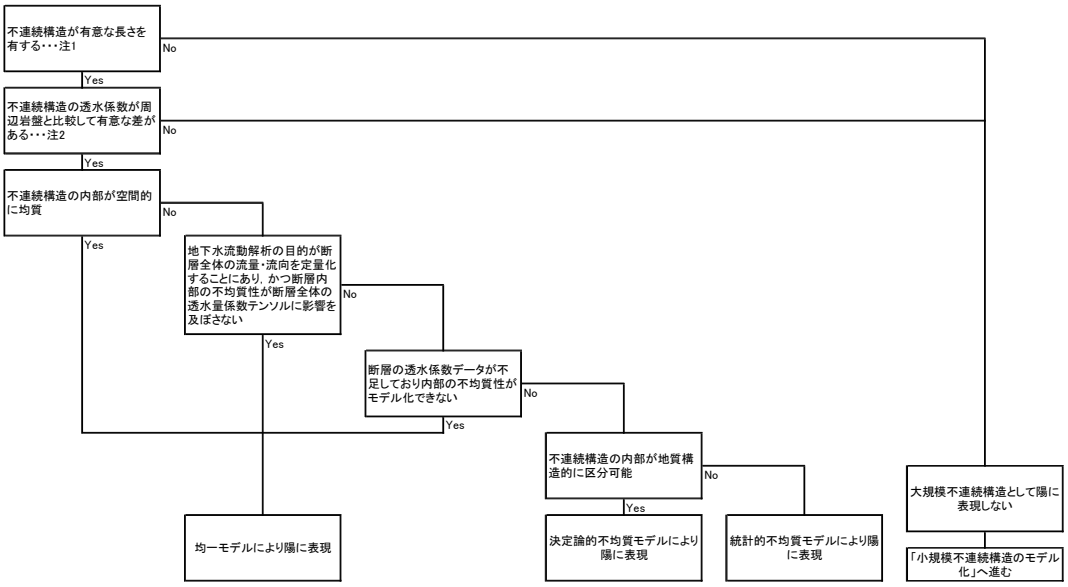
(1) 水理地質構造概念モデルの構築に関するフローダイアグラム



注1：ステップ2では東濃地域での経験則から透水係数の対数標準偏差が2以上の場合は有意な不均質性があると判断

図 2-E(1) 水理地質構造概念モデルの構築に関するフローダイアグラム

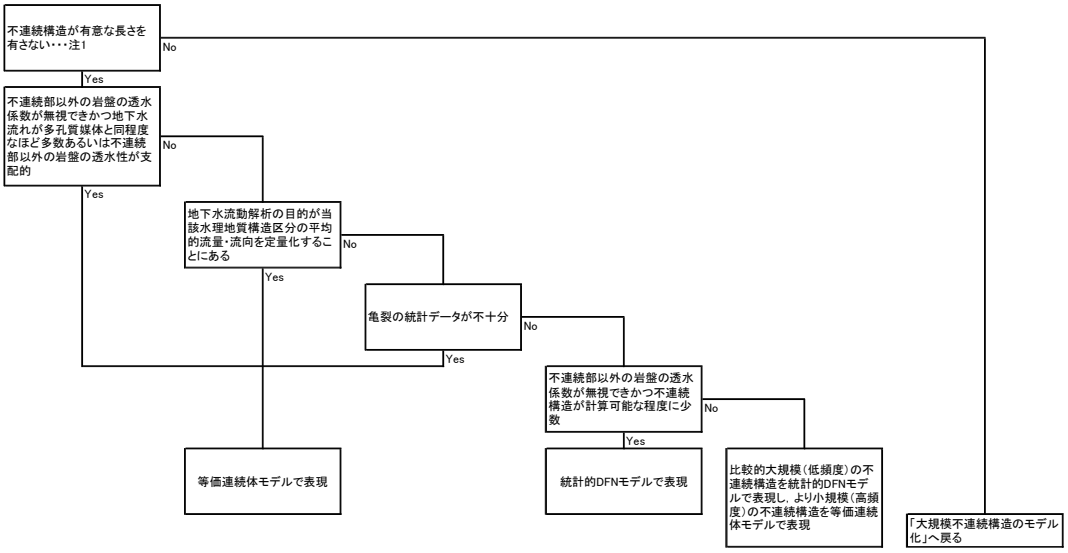
(2) 大規模不連続構造のモデル化手法選択に関するフローダイアグラム



注1：サイトスケールでの領域面積および東濃地域での経験則を考慮し，数100m以上の長さを有する不連続構造が地下水流動特性に与える影響が大きいと判断
注2：ステップ2ではこれまでの試験結果に基づき2オーダー程度と設定

図 2-E(2) 大規模不連続構造のモデル化手法選択に関するフローダイアグラム

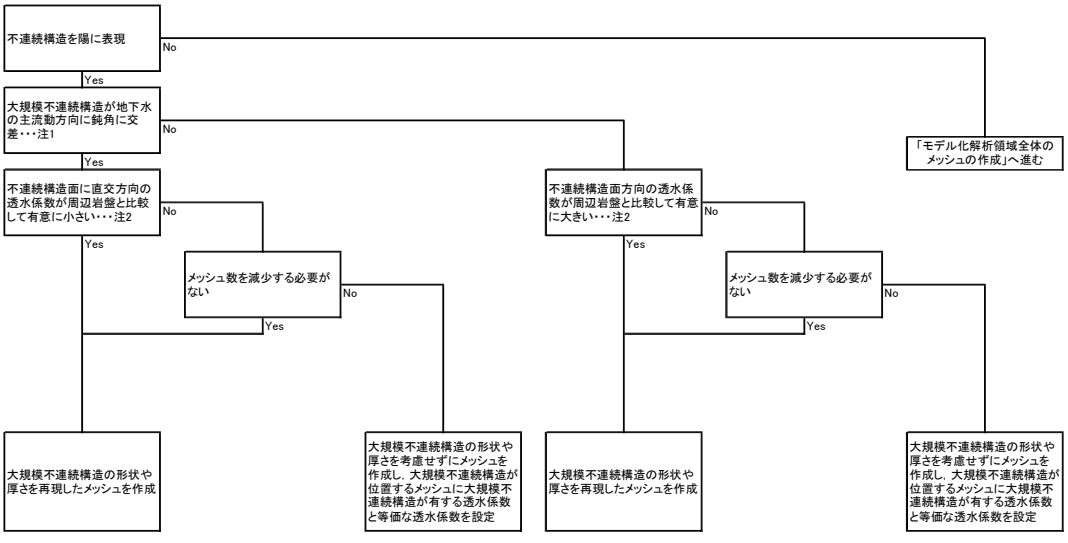
(3) 小規模不連続構造のモデル化手法選択に関するフローダイアグラム



注1：サイトスケールでの領域面積および東濃地域での経験則を考慮し，数100m以上の長さを有する不連続構造が地下水流動特性に与える影響が大きいと判断

図 2-E(3) 小規模不連続構造モデルのモデル化手法選択に関するフローダイアグラム

(4) 大規模不連続構造部のメッシュ作成に関するフローダイアグラム



注1：ステップ2では東濃地域での経験則から45～90度として設定
注2：ステップ2ではこれまでの試験結果に基づき2オーダー程度と設定

図 2-E(4) 大規模不連続構造部のメッシュ作成に関するフローダイアグラム

(5) モデル化領域全体のメッシュ作成に関するフローダイアグラム

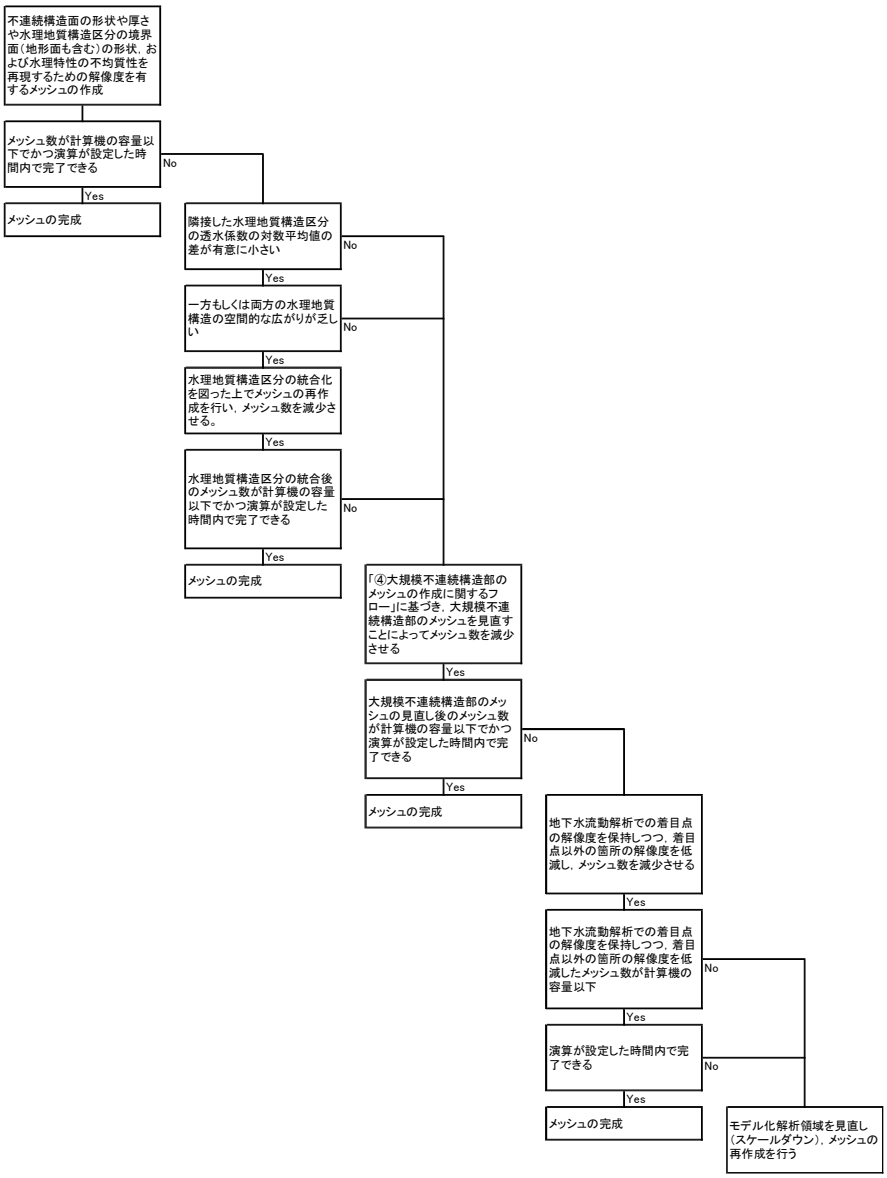


図 2-E(5)　モデル化領域全体のメッシュ作成に関するフローダイアグラム

This is a blank page.

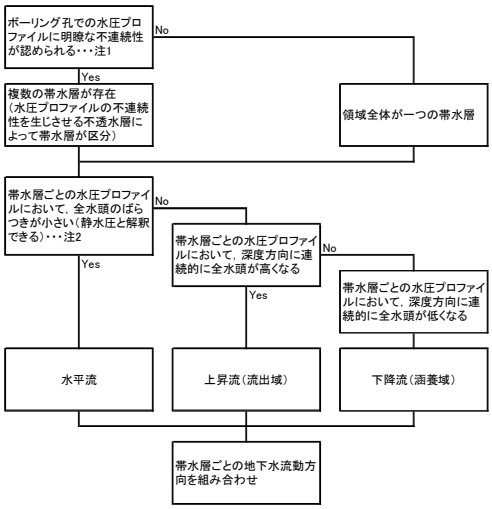
付録２－Ｅ

地下水流動解析に関わる意思決定のプロセスの

フローダイアグラム図

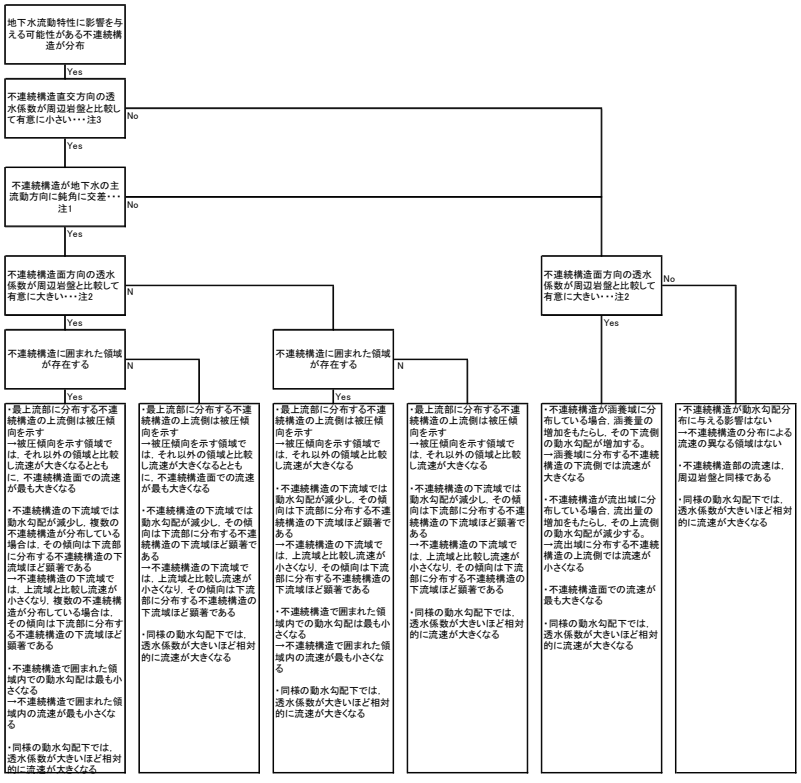
(1) 地下水の大局的な流動方向の推定に関するフローダイアグラム
(2) 流速コントラストの推定に関わるフローダイアグラム
(3) 解析手法選択に関わるフローダイアグラム
(4) 上部境界条件設定に関わるフローダイアグラム
(5) 側方境界条件設定に関わるフローダイアグラム
(6) 下部境界条件設定に関わるフローダイアグラム
(7) 解析実施に関わるフローダイアグラム
(8) 解析結果の妥当性に関わるフローダイアグラム
(9) 解析結果の考察に関わるフローダイアグラム

This is a blank page.



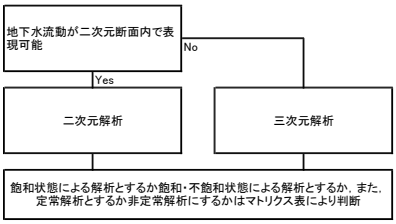
注1：東濃地域での経験則から10m程度の全水頭変化を明瞭な不連続性として認定
注2：東濃地域での経験則から全水頭が5m程度のばらつきの範囲内であれば静水圧と判断

図 2-F (1)　地下水の大局的な流動方向の推定に関するフローダイアグラム



注1：ステップ2では東濃地域での経験則から45～90度として設定
注2：ステップ2ではこれまでの試験結果に基づき2オーダー程度と設定

図 2-F (2)　流速コントラストの推定に関わるフローダイアグラム



解析手法選択のためのマトリクス表

	境界条件の時間的変化を考慮する	境界条件の時間的変化を考慮しない
地下水面を解析領域の上部境界面として設定可能（地下水面の形状が推定されている）	飽和状態における非定常解析	飽和状態における定常解析
地下水面の形状が推定されていない	飽和・不飽和状態における非定常解析	飽和・不飽和状態における定常解析

図 2-F (3)　解析手法選択に関わるフローダイアグラム

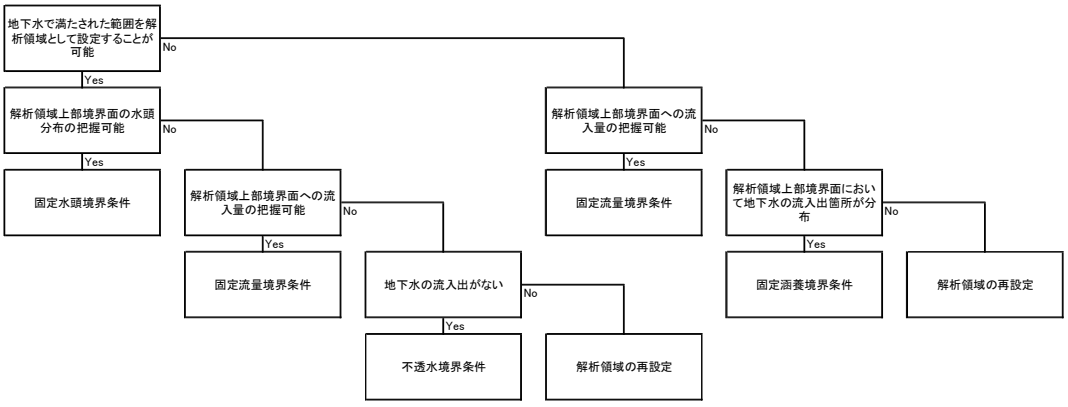


図 2-F (4)　上部境界条件設定に関わるフローダイアグラム

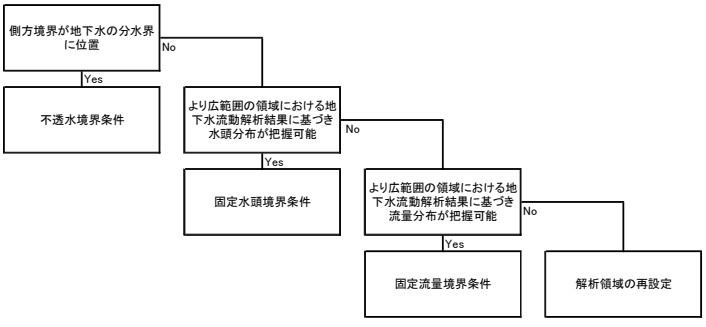


図 2-F (5)　側方境界条件設定に関わるフローダイアグラム

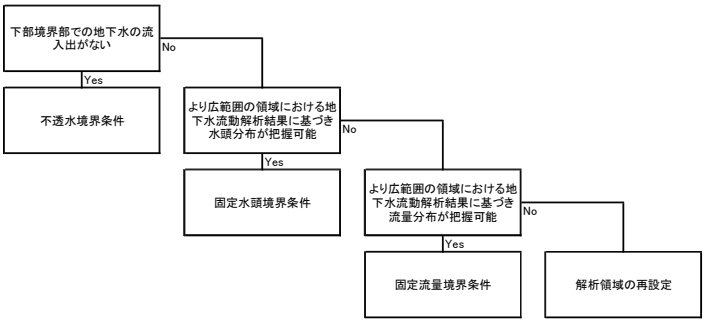


図 2-F (6)　下部境界条件設定に関わるフローダイアグラム

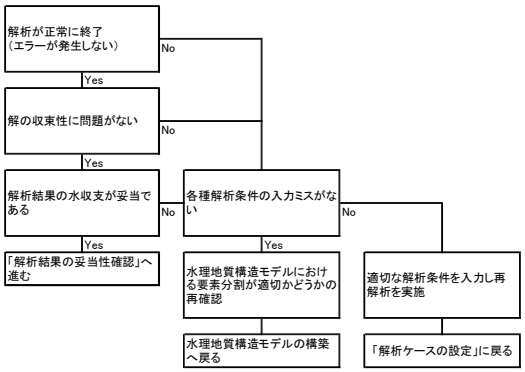


図 2-F (7)　解析実施に関わるフローダイアグラム

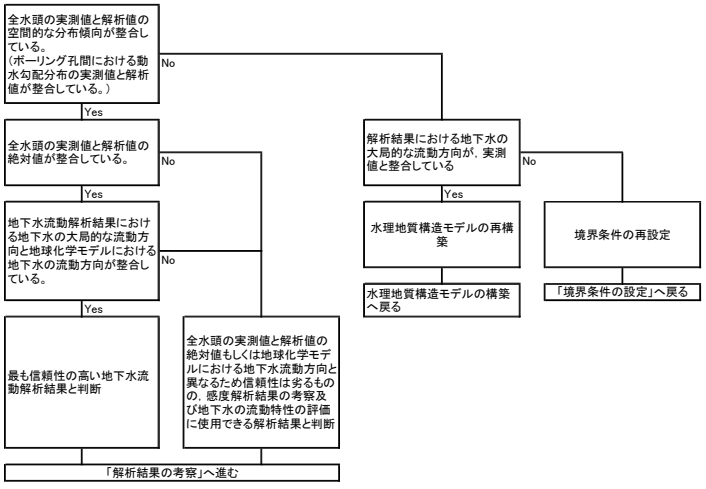


図 2-F (8)　解析結果の妥当性に関わるフローダイアグラム

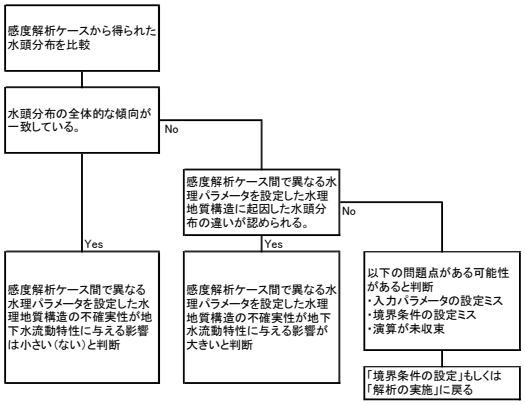


図 2-F (9)　解析結果の考察に関わるフローダイアグラム

国際単位系（SI）

表１．SI 基本単位

基本量	SI 基本単位	
	名称	記号
長さ	メートル	m
質量	キログラム	kg
時間	秒	s
電流	アンペア	A
熱力学温度	ケルビン	K
物質量	モル	mol
光度	カンデラ	cd

表２．基本単位を用いて表されるSI組立単位の例

組立量	SI 基本単位	
	名称	記号
面積	平方メートル	m^2
体積	立法メートル	m^3
速さ，速度	メートル毎秒	m/s
加速度	メートル毎秒毎秒	m/s^2
波数	毎メートル	m^{-1}
密度（質量密度）	キログラム毎立法メートル	kg/m^3
質量体積（比体積）	立法メートル毎キログラム	m^3/kg
電流密度	アンペア毎平方メートル	A/m^2
磁界の強さ	アンペア毎メートル	A/m
（物質量の）濃度	モル毎立方メートル	mol/m^3
輝度	カンデラ毎平方メートル	cd/m^2
屈折率	（数の）1	1

表５．SI 接頭語

乗数	接頭語	記号	乗数	接頭語	記号
10^{24}	ヨタ	Y	10^{-1}	デシ	d
10^{21}	ゼタ	Z	10^{-2}	センチ	c
10^{18}	エクサ	E	10^{-3}	ミリ	m
10^{15}	ペタ	P	10^{-6}	マイクロ	μ
10^{12}	テラ	T	10^{-9}	ナノ	n
10^{9}	ギガ	G	10^{-12}	ピコ	p
10^{6}	メガ	M	10^{-15}	フェムト	f
10^{3}	キロ	k	10^{-18}	アト	a
10^{2}	ヘクト	h	10^{-21}	ゼプト	z
10^{1}	デカ	da	10^{-24}	ヨクト	y

表３．固有の名称とその独自の記号で表されるSI組立単位

組立量	SI 組立単位			
	名称	記号	他のSI単位による表し方	SI基本単位による表し方
平面角	ラジアン(a)	rad		$m \cdot m^{-1}=1$(b)
立体角	ステラジアン(a)	sr(c)		$m^2 \cdot m^{-2}=1$(b)
周波数	ヘルツ	Hz		s^{-1}
力	ニュートン	N		$m \cdot kg \cdot s^{-2}$
圧力，応力	パスカル	Pa	N/m^2	$m^{-1} \cdot kg \cdot s^{-2}$
エネルギー，仕事，熱量	ジュール	J	N・m	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2}$
工率，放射束	ワット	W	J/s	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3}$
電荷，電気量	クーロン	C		s・A
電位差（電圧），起電力	ボルト	V	W/A	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-1}$
静電容量	ファラド	F	C/V	$m^{-2} \cdot kg^{-1} \cdot s^4 \cdot A^2$
電気抵抗	オーム	Ω	V/A	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-2}$
コンダクタンス	ジーメンス	S	A/V	$m^{-2} \cdot kg^{-1} \cdot s^3 \cdot A^2$
磁束	ウエーバ	Wb	V・s	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-1}$
磁束密度	テスラ	T	Wb/m^2	$kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-1}$
インダクタンス	ヘンリー	H	Wb/A	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-2}$
セルシウス温度	セルシウス度(d)	℃		K
光束	ルーメン	lm	cd・sr(c)	$m^2 \cdot m^{-2} \cdot cd=cd$
照度	ルクス	lx	lm/m^2	$m^2 \cdot m^{-4} \cdot cd=m^{-2} \cdot cd$
（放射性核種の）放射能	ベクレル	Bq		s^{-1}
吸収線量，質量エネルギー分与，カーマ	グレイ	Gy	J/kg	$m^2 \cdot s^{-2}$
線量当量，周辺線量当量，方向性線量当量，個人線量当量，組織線量当	シーベルト	Sv	J/kg	$m^2 \cdot s^{-2}$

(a)ラジアン及びステラジアンの使用は、同じ次元であっても異なった性質をもった量を区別するときの組立単位の表し方として利点がある。組立単位を形作るときのいくつかの用例は表４に示されている。
(b)実際には、使用する時には記号rad及びsrが用いられるが、習慣として組立単位としての記号“１”は明示されない。
(c)測光学では、ステラジアンの名称と記号srを単位の表し方の中にそのまま維持している。
(d)この単位は、例としてミリセルシウス度m℃のようにSI接頭語を伴って用いても良い。

表４．単位の中に固有の名称とその独自の記号を含むSI組立単位の例

組立量	SI 組立単位		
	名称	記号	SI 基本単位による表し方
粘度	パスカル秒	Pa・s	$m^{-1} \cdot kg \cdot s^{-1}$
力のモーメント	ニュートンメートル	N・m	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2}$
表面張力	ニュートン毎メートル	N/m	$kg \cdot s^{-2}$
角速度	ラジアン毎秒	rad/s	$m \cdot m^{-1} \cdot s^{-1}=s^{-1}$
角加速度	ラジアン毎平方秒	rad/s^2	$m \cdot m^{-1} \cdot s^{-2}=s^{-2}$
熱流密度，放射照度	ワット毎平方メートル	W/m^2	$kg \cdot s^{-3}$
熱容量，エントロピー	ジュール毎ケルビン	J/K	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot K^{-1}$
質量熱容量（比熱容量），質量エントロピー	ジュール毎キログラム毎ケルビン	J/(kg・K)	$m^2 \cdot s^{-2} \cdot K^{-1}$
質量エネルギー（比エネルギー）	ジュール毎キログラム	J/kg	$m^2 \cdot s^{-2} \cdot K^{-1}$
熱伝導率	ワット毎メートル毎ケルビン	W/(m・K)	$m \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot K^{-1}$
体積エネルギー	ジュール毎立方メートル	J/m^3	$m^{-1} \cdot kg \cdot s^{-2}$
電界の強さ	ボルト毎メートル	V/m	$m \cdot kg \cdot s^{-3} \cdot A^{-1}$
体積電荷	クーロン毎立方メートル	C/m^3	$m^{-3} \cdot s \cdot A$
電気変位	クーロン毎平方メートル	C/m^2	$m^{-2} \cdot s \cdot A$
誘電率	ファラド毎メートル	F/m	$m^{-3} \cdot kg^{-1} \cdot s^4 \cdot A^2$
透磁率	ヘンリー毎メートル	H/m	$m \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot A^{-2}$
モルエネルギー	ジュール毎モル	J/mol	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot mol^{-1}$
モルエントロピー，モル熱容量	ジュール毎モル毎ケルビン	J/(mol・K)	$m^2 \cdot kg \cdot s^{-2} \cdot K^{-1} \cdot mol^{-1}$
照射線量（X線及びγ線）	クーロン毎キログラム	C/kg	$kg^{-1} \cdot s \cdot A$
吸収線量率	グレイ毎秒	Gy/s	$m^2 \cdot s^{-3}$
放射強度	ワット毎ステラジアン	W/sr	$m^4 \cdot m^{-2} \cdot kg \cdot s^{-3}=m^2 \cdot kg \cdot s^{-3}$
放射輝度	ワット毎平方メートル毎ステラジアン	$W/(m^2 \cdot sr)$	$m^2 \cdot m^{-2} \cdot kg \cdot s^{-3}=kg \cdot s^{-3}$

表６．国際単位系と併用されるが国際単位系に属さない単位

名称	記号	SI 単位による値
分	min	1 min=60s
時	h	1h =60 min=3600 s
日	d	1 d=24 h=86400 s
度	°	1° =(π/180) rad
分	’	1’=(1/60)° =(π/10800) rad
秒	”	1”=(1/60)’ =(π/648000) rad
リットル	l、L	1l=1 $dm^3=10^{-3}m^3$
トン	t	$1t=10^3$ kg
ネーパ	Np	1Np=1
ベル	B	1B=(1/2)ln10(Np)

表７．国際単位系と併用されこれに属さない単位で SI単位で表される数値が実験的に得られるもの

名称	記号	SI 単位であらわされる数値
電子ボルト	eV	$1eV=1.60217733(49) \times 10^{-19}J$
統一原子質量単位	u	$1u=1.6605402(10) \times 10^{-27}kg$
天文単位	ua	$1ua=1.49597870691(30) \times 10^{11}m$

表８．国際単位系に属さないが国際単位系と 併用されるその他の単位

名称	記号	SI 単位であらわされる数値
海里		1海里=1852m
ノット		1ノット=1海里毎時=(1852/3600)m/s
アール	a	1a=1 $dam^2=10^2m^2$
ヘクタール	ha	1ha=1 $hm^2=10^4m^2$
バール	bar	1bar=0.1MPa=100kPa=1000hPa=10^5Pa
オングストローム	Å	1 Å=0.1nm=10^{-10}m
バーン	b	1b=100$fm^2=10^{-28}m^2$

表９．固有の名称を含むCGS組立単位

名称	記号	SI 単位であらわされる数値
エルグ	erg	1 erg=10^{-7} J
ダイン	dyn	1 dyn=10^{-5}N
ポアズ	P	1 P=1 dyn・s/cm^2=0.1Pa・s
ストークス	St	1 St =$1cm^2/s=10^{-4}m^2/s$
ガウス	G	1 G ≙10^{-4}T
エルステッド	Oe	1 Oe ≙(1000/4π)A/m
マクスウェル	Mx	1 Mx ≙10^{-8}Wb
スチルブ	sb	1 sb =$1cd/cm^2=10^4cd/m^2$
ホト	ph	1 ph=10^4lx
ガル	Gal	1 Gal =$1cm/s^2=10^{-2}m/s^2$

表10．国際単位に属さないその他の単位の例

名称	記号	SI 単位であらわされる数値
キュリー	Ci	1 Ci=3.7×10^{10}Bq
レントゲン	R	1 R = 2.58×10^{-4}C/kg
ラド	rad	1 rad=1cGy=10^{-2}Gy
レム	rem	1 rem=1 cSv=10^{-2}Sv
X線単位		1X unit=1.002×10^{-4}nm
ガンマ	γ	1γ=1 nT=10^{-9}T
ジャンスキー	Jy	1 Jy=$10^{-26}W \cdot m^{-2} \cdot Hz^{-1}$
フェルミ		1 fermi=1 fm=10^{-15}m
メートル系カラット		1 metric carat = 200 mg = 2×10^{-4}kg
トル	Torr	1 Torr = (101 325/760) Pa
標準大気圧	atm	1 atm = 101 325 Pa
カロリー	cal	
ミクロン	μ	1 μ =1um=10^{-6}m

（第７版，1998年改訂）

この印刷物は再生紙を使用しています