

地質環境モデル化手法に関する文献調査

(核燃料サイクル開発機構 契約業務報告書)

1999年3月

地熱技術開発株式会社

地質環境モデル化手法に関する文献調査

要 旨

1. 目的

一般に、ある領域を対象とした地質環境調査においては、地質構造や地下水の水理、地球化学特性といった地質環境に関するデータを取得する技術と、取得されたデータを解析して地質環境の3次元モデルを構築する技術が必要である。これらの調査技術を合理的に組み合わせて地質環境調査技術の体系化を図る研究の一環として、地質環境モデル構築技術の現状を把握することが本件の目的である。

2. 方法

以下の項目に関して文献調査を実施する。

(1)地質環境モデル化手法に関する情報の収集

以下に記す各分野の地質環境モデルを構築する技術に関する情報収集を、各種学会誌などの文献調査により実施する。

①地質構造モデル

物理探査を中心としたデータから、地下の3次元地質構造モデルを構築する技術。

②水理地質構造モデル

地質構造モデルを基に、地下水流動解析を行うために必要な透水性に関する情報を加えた水理地質構造モデルを構築する技術。

③地下水の地球化学モデル

地表から地下深部までの地下水の水質形成機構や酸化還元電位をモデル化する技術。

(2)モデルを用いて地質環境を総合的に把握する手法に関する情報の収集

(1)で記した各分野の地質環境モデルを用いて（あるいは組み合わせて）、地質環境を総合的に把握した事例について文献調査により情報の収集を実施する。

3. 結果

地質構造モデルの構築技術とその事例について80件、水理地質構造モデルの構築技術とその事例について87件、地下水の地球化学モデルの構築技術とその事例について13件の情報を収集・整理した。

本報告書は、地熱技術開発株式会社が核燃料サイクル開発機構 東濃地科学センターとの契約により実施した業務の結果である。

注文番号：10C1350

サイクル開発機構担当部課室および担当者：調査技術研究グループ 藪内 聡

*：地熱技術開発株式会社 技術部

Investigation of Literature for Modelling Technologies of the Geological Environment

Abstract

1. Purpose

In investigation of the geological environment, both techniques will be needed that the data acquisition and 3-dimensional model construction. The object of this report is to grasp the fundamental status of the modeling technologies, that will be a part of the study on integrating the investigation techniques for the geological environment

2. Methods

The literatures for the following item will be investigated on this report.

(1) Information of modeling method for the geological environment

a. Geological structure modeling

The construction technologies of 3-D subsurface model from geophysical data

b. Hydrogeological modeling

The construction technologies of hydrogeological model based on the geological structure model.

c. Geochemical modeling of ground water

Modeling technologies of mixing, rock-water reaction, and oxidation-reduction potential for the ground water that exists in the surface to the deep subsurface

(2) Information of case studies using these modeling technologies to integrate the geological environment

3. Result

80 literatures of the geological structure modeling and its case studies, 87 literatures of the hydro geological modeling and its case studies, and 13 literatures of the geochemical modeling of the ground water and its case studies were found out and reviewed.

This work was performed by Geothermal Energy Research and Developments Co., Ltd. under the contract with Tono Geoscience Center, Japan Nuclear Cycle Development Institute.

JNC Liaison: Characterization Technology Development Group.

*: Geothermal Energy Research and Development Co., Ltd.

目 次

	頁
1. 概要	1
1. 1 件名	1
1. 2 目的	1
1. 3 作業範囲	1
1. 4 被支給物件	1
1. 5 借用物件	1
1. 6 納入	1
1. 7 実施計画	2
1. 8 調査内容	4
1. 9 調査工程	4
2. 地質環境モデル化手法	5
2. 1 文献検索結果	5
2. 2 地質構造モデル化手法に関する情報のまとめ	6
2. 3 水理地質構造モデル化手法に関する情報のまとめ	17
2. 4 地下水の地球化学モデルに関する情報のまとめ	19
3. 地質環境モデル化手法を用いて地質環境を総合的に把握した例	21
3. 1 地質構造モデル	21
3. 2 水理地質構造モデル	28
3. 3 地下水の地球化学モデル	31
4. まとめ	34
5. 文献検索結果	36
5. 1 地質構造モデル	36
5. 2 水理地質構造モデル	68
5. 3 地下水の地球化学モデル	101

図表一覧

	頁
第 2.2-1 図 ニューラルネットワークを用いた貯留層特性分布の推定概念	9
第 2.2-2 図 ニューラルネットワークの概念	10
第 2.2-3 図 ニューロンの概念とシグモイド関数	10
第 2.2-4 図 階層型ニューラルネットワークと相互結合型ニューラルネットワーク	10
第 2.2-5 図 層序モデル内堆積過程のフローチャート	13
第 2.2-1 表 物理探査を利用した水理モニタリングの方法	15
第 2.3-1 表 代表的な 3 次元多孔質媒体中の非定常浸透流シミュレータ	17
第 2.3-2 表 TOUGH2 と MODFLOW の特徴	18
第 3.1-1 図 システムフロー (桜井ほか,1996)	21
第 3.1-2 図 秋田県駒ヶ岳地域の地質ソリッドモデル (桜井ほか,1996)	22
第 3.1-3 図 「Facies-3D」のフローダイアグラム (松井,1998)	26
第 3.1-4 図 坑井位置を含む研究地域のインデックスマップ (松井,1998)	27
第 3.1-5 図 琉球層群中部層下部に相当する 22 万年 (0.93-0.71Ma) を対象し、 堆積作用を時間ステップ 2,000 年で 110 ステップ計算を行った結果	27
第 3.2-1 図 GEOFLOWS-V2 による地表面の不透水性を想定した場合の河川系形成 過程の計算例 (登坂ほか,1996)	29
第 3.2-2 図 TOUGH2 を用いたユッカ山 (米国ネバダ州) 地層処分試験場における 断層の影響とトレーサ挙動の予測計算	29
第 3.2-2 図 地熱地域における微小重力観測によって求められた地熱発電所操業開始 1 年後の重力変化 (カラー&白色の等位線) と水位シミュレータ (TOUGH2) から計算された重力変化予測値 (黒色の等位線) との比較 (osato, et al., 1998) ..	30
第 3.3-1 図 Rotokawa 地熱フィールドにおける温度断面図	32
第 3.3-2 図 Rotokawa 地熱フィールドにおける pH 計算値を示す断面図	32
第 3.3-3 図 Rotokawa 地熱フィールドにおける硫酸塩イオン濃度計算値を示す断面図	33
第 4.1 図 総合的な地質環境モデルのシステム化に関する概念モデル	35

1. 概要

1. 1 件名

地質環境モデル化手法に関する文献調査

1. 2 目的

一般に、ある領域を対象とした地質環境調査においては、地質構造や地下水の水理、地球化学特性といった地質環境に関する

データを取得する技術と、取得されたデータを解析して地質環境の3次元モデルを構築する技術が必要である。これらの調査技術を合理的に組み合わせて地質環境調査技術の体系化を図る研究の一環として、地質環境モデル構築技術の現状を把握することが本件の目的である。

1. 3 作業範囲

- (1)地質環境モデルの構築に関する情報の収集
- (2)モデルを用いて地質環境を総合的に把握する手法に関する情報の収集
- (3)報告書の作成

1. 4 被支給物件

なし

1. 5 借用物件

なし

1. 6 納入

(1)納期

平成11年3月19日

(2)納入場所

岐阜県土岐市泉町定林寺 959-31

核燃料サイクル開発機構 東濃地科学センター 調査技術研究グループ

(3)納入物件

- | | |
|-----------|-----|
| ・実施計画書 | 3部 |
| ・打ち合わせ議事録 | 2部 |
| ・成果報告書 | 20部 |
| ・デジタルファイル | 1式 |

(納入条件)

- ・報告書および図面はA版で作成する。

たはMOとする。

1. 7 実施内容

本件実施計画書に基づき、文献調査を実施する。

i) 情報収集項目

(1)地質環境モデル化手法に関する情報の収集

以下に記す各分野の地質環境モデルを構築する技術に関する情報収集を、各種学会誌などの文献調査により実施する。

①地質構造モデル

物理探査を中心としたデータから、地下の3次元地質構造モデルを構築する技術

②水理地質構造モデル

地質構造モデルを基に、地下水流動解析を行うために必要な透水性に関する情報を加えた水理地質構造モデルを構築する技術

③地下水の地球化学モデル

地表から地下深部までの地下水の水質形成機構や酸化還元電位をモデル化する技術

これらのモデル構築技術について、

- (a)モデル化の手法
- (b)ハードウェア構成（周辺機器も含む）
- (c)ソフトウェアおよびデータ管理システム
- (d)その他

に分類して記述する。

(2)モデルを用いて地質環境を総合的に把握する手法に関する情報の収集

(1)で記した各分野の地質環境モデルを用いて（あるいは組み合わせ）、地質環境を総合的に把握した事例について文献調査により情報の収集を実施する。

(3)報告書の作成

(1)および(2)の成果をとりまとめて、報告書を作成する。報告書には、モデル構築技術の内容（名称、構成など）、スペック、所有者（団体）、モデルの構築事例、ならびに引用文献の出典を記載する。なお、成果報告書は、核燃料サイクル開発機構作成の「業務委託等報告書作成マニュアル」に従う。

ii) 文献資料の検索・収集

調査すべき文献は、JICSTによる科学技術文献資料検索によって検索を実施する。これによって検索された文献のうち、特に1988年以降に発行された以下に示す文献および資料を対象とする。（登録のない文献・資料に関しては、原典を当たるものとする。）

- ・岩の力学国内シンポジウム講演論文集
- ・岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集
- ・土質工学会論文集
- ・土木技術

- ・土木技術資料
- ・土木学会誌
- ・土木学会論文報告集
- ・土木学会学術講演論文集
- ・トンネルと地下
- ・応用地質
- ・応用地質年報
- ・応用地質学会研究発表講演論文集
- ・石油技術協会誌
- ・石油公団石油開発技術センター年報、研究成果報告会資料
- ・新エネルギー・産業技術総合開発機構 地熱探査等検証調査報告書
- ・地熱
- ・地熱エネルギー
- ・日本原子力学会誌
- ・日本地熱学会誌
- ・電力土木
- ・地下水技術
- ・地下水学会誌
- ・地球化学
- ・地震
- ・資源と素材（日本鉱業会誌）
- ・資源素材学会 地下と土木のA E国内コンファレンス論文集
- ・資源素材学会 年次大会講演報告要旨集
- ・鉱山地質
- ・地質調査所 月報
- ・地質と調査
- ・地質ニュース
- ・土と基礎
- ・ハイドロロジ
- ・物理探査
- ・物理探査学会学術講演会講演論文集
- ・物理探査学会ジオトモグラフィシンポジウムテキスト
- ・その他（国内研究機関および民間企業発行の技術資料や報告書ならびに海外の学会誌等）

[文献検索キーワード]

JICST による文献の検索に当たっては、1988年以降に発行された文献について以下のキーワードを用いて絞り込みを行う。

（一般キーワード）

- ・地質（環境地質、地質環境）
- ・物理探査
- ・地化学
- ・地下水（地下水流動、水理）
- ・フラクチャ（亀裂）

(絞り込みキーワード)

- ・ 3次元モデル (モデリング、モデル化、モデル構築)
- ・ 計算機 (数値解析)
- ・ 総合解析
- ・ 地層処分
- ・ 透水性 (透水性、浸透率)
- ・ 水質形成機構
- ・ 酸化還元電位
- ・ その他必要に応じて適宜

1. 8 実施体制

(1)実施部署

地熱技術開発株式会社 技術部

東京都中央区日本橋兜町11-7 共同ビル

TEL 03-3666-5822 FAX 03-3666-5289

(2)調査員名簿

技術責任者	技術部長	篠原信男 (技術士、応用理学地質部門)
主任技師	技術部専門部長	大里和己 (技術士、応用理学地質部門)
調査技師	技術部課長	岡部高志 (工学博士)
調査技師	技術部課長代理	井上 純
調査技師	技術部課長代理	佐藤 龍也
調査技師	技術部	魏 強
調査技師	技術部	佐藤 真丈

1. 9 調査工程

	平成10年	平成11年		
	12月	1月	2月	3月
計 画				
文献調査				
報告書作成				

2. 地質環境モデル化手法

2. 1 文献検索結果

以下に記す各分野の地質環境モデルを構築する技術に関する情報収集を、各種学会誌などの文献調査により実施した。

①地質構造モデル

物理探査を中心としたデータから、地下の3次元地質構造モデルを構築する技術について検索された80件の文献に関する調査を実施した。

②水理地質構造モデル

地質構造モデルを基に、地下水流動解析を行うために必要な透水性に関する情報を加えた水理地質構造モデルを構築する技術について検索された87件の文献に関する調査を実施した。

③地下水の地球化学モデル

地表から地下深部までの地下水の水質形成機構や酸化還元電位をモデル化する技術について検索された13件の文献に関する調査を実施した。

文献調査により収集された情報をもとに、これらのモデル構築技術について、

- (a)モデル化の手法
- (b)ハードウェア構成（周辺機器も含む）
- (c)ソフトウェアおよびデータ管理システム
- (d)その他

に分類して整理した。次節以降、それぞれの分野でまとめた情報を記述する。また、収集した文献の一覧を5章に示す。

2.2 地質構造モデルに関する情報のまとめ

地質構造モデルの構築手法について文献調査より情報が得られた、地質統計学的アプローチやニューラルネットワーク的アプローチ等について記述する。

(1) 地質統計学的アプローチ

地質統計学（あるいは地球統計学）の手法は、石油開発分野を中心に、コア物性、物理検層、および物理探査より得られた情報を元にして、貯留層物性特性（岩相・孔隙率・浸透率等）を空間的に内外挿して貯留層モデルを構築するツールとして必要不可欠な技術となりつつある。地質統計学の特徴は次の3つに集約される。

- i) 既存データから得られる空間依存性を考慮した空間的内挿ができること
- ii) 油層工学、地質、物理探査などの異種データを統合して解析できること
- iii) 統計的な解析をすることによって不確定性を量的に評価できること

(吉岡ほか,1998)[1]

石油工学における地質統計学の適用は、金属鉱床分野を除けば、他分野に比べて非常に進んでおり、様々な情報より貯留層モデルを構築するための技術（「レザerver・キャラクターゼーション」）の手法として普及が進んでいる。特に、孔隙率や浸透率などの孔隙中の流体を取り扱う分野としては、石油工学分野が最先端にあると言える。

(1-1) 地質統計学で求めるもの

地質統計学は、限られた地下情報をベースに全体の構造を推定する手法であるが、このような手法によって貯留層を対象として評価できることは以下のものである。

- ・貯留層が地質分類学的に（例えば岩層として）分けられるような特性を有する場合、貯留層全体の地質分類学的特性。
- ・様々な物理特性分布。

この時、上記の地質分類学的特性の評価で、貯留層をいくつかのカテゴリーに分類している場合の評価する物理特性がそのカテゴリーの特性に依存する傾向があるときには、そのカテゴリーごとに物理特性分布を評価することが望ましい。

一般に、地下の構造を推定するためには、断続的かつ限られた原位置情報（露頭や坑井）や地表探査の測定点から得られる物性情報を連続的な分布に補間する必要がある。一般的には等方性の補間手法（例えば、球体分布）が考えられるが、地下の物性はある種の異方性を有している。例えば、モデル化の観点から最も単純なケースと考えられる成層的な堆積岩層であってさえ、水平方向への連続性と垂直方向への非連続性を有する。したがって、地下情報の補間に際しては、単純な等方分布を用いるのではなく、地質統計学的に個々の地域的異方性を評価して、それに基づき、補間を行うことが望ましい。これは、貯留層モデルを構築する際にも有効な手段であり、近年、石油分野では、コンピュータを利用した地質統計学に基づく浸透率分布や孔隙率分布の評価の研究が盛んに行われている。

地質統計学の分野では、世界的にいくつかのプログラムが普及しており、これらを利用して総合モデル化アプリケーションを開発している事例も多い。ここでは、石油公団などで採用されている著名なコード GSLIB の概要について述べる。

(1-2) GSLIB の概要

GSLIB は、スタンフォード大学の Deutsch, C.V. & Journel, A.G. (1992)[2] によって開発された地質統計学ソフトウェアライブラリである。GSLIB は、FORTRAN で書かれたソースコードが公開されており、これを利用することが可能である。例えば、石油公団ではこれを利用した石油貯留層評価用地質統計学

アプリケーションを開発している。アプリケーションは、大きく次の4つに分かれている。

i) バリオグラム

バリオグラムは、下記の各種クリッキング手法において、実測データの共分散に最も合致するモデルパラメータを実測データより求めるために、クリッキング手法の前処理段階において適用する手法であり、以下のようなデータ列に対して適用される。

- ・ 等間隔2Dデータ
- ・ 等間隔3Dデータ
- ・ 非等間隔2Dデータ
- ・ 非等間隔3Dデータ

バリオグラムでは、実測値より求められたパラメータの共分散を、例えば球体や回転楕円体等の分布を持つモデルとして最も一致するモデルパラメータを求める。求めたモデルパラメータをその領域における未知地点の推定のための重み関数として、以下のクリッキング手法において利用する。

ii) クリッキング手法

クリッキング手法は、大きく分類するとクリッキングとコクリッキングの2つに分類される。クリッキングやコクリッキングは、既存のデータの重みを付けて足し合わせて、ある未知地点の推定値(ここでは貯留層物性値)を求める手法である。その重み関数は、空間依存性を現す共分散(covariance)を係数とする連立方程式を解くことによって求められる。クリッキングとコクリッキングでは、推定分散値が同時に見積もられる。クリッキングでは推定するパラメータの共分散のみを利用するのに対して、コクリッキングは、推定するパラメータとある特定のソフトデータ(例えば、地震探鉱記録から得られた相対音響インピーダンスあるいはホライゾン解釈による深度等)との相互共分散(Cross-covariance)を利用するため、より拘束条件が増し、結果として予測幅が小さくなり、未知地点の推定値の確度が向上する。クリッキングあるいは、コクリッキングには、以下のような様々な種類がある。

- ・ 単純クリッキング
- ・ オーディナリ・クリッキング
- ・ トレンドモデルを用いたクリッキング
- ・ ファクトリアルクリッキング
- ・ 単純コクリッキング
- ・ 非線形クリッキング
- ・ Markov Bayes モデル
- ・ ブロック・クリッキング

iii) 確率論的シミュレーション

クリッキング、コクリッキングでは、実測データを用いてバリオグラムから決定されたモデルパラメータに従って与えられた空間依存性モデルに対して一つの解析結果が出力されるが、その結果は空間的に平滑化されてしまい、地質構造の不均質性を表現したものとはならない。このような地質構造の不均質性を表現するために、例えば、以下に記すようなガウス分布を仮定したモンテカルロ・シミュレーション、インジケータやシミュレーテッド・アニーリング(焼き鈍し法)等のアルゴリズムを利用して、モデルを確率論的に選択して行うクリッキングやコクリッキングの繰り返しにより、連続変数の物性値を求める方法がある。これを確率論的シミュレーションと呼ぶ。ここでは、実測データを用いてバリオグラムから決定されたモデルパラメータによって与えられる空間依存モデルを確率分布的に変化させて、クリッキングやコクリッキングを繰り返して、物性値の空間分布を推定する。

- ・ ガウシアンに関連したアルゴリズム
- ・ インジケータに基づくアルゴリズム(インジケータ・クリッキング、インジケータ・コクリッキング、インジケータ・プリンシパル・コンポーネント・クリッキング等)
- ・ Boolean アルゴリズム
- ・ シミュレーテッド・アニーリング

iv) ユーティリティ・アプリケーション(プロットプログラム・その他)

GSLIB に付属したユーティリティ用プログラムで、バリオグラム用プロットや物性値の2次元マッピング用プログラム等から構成されている。

(1-3) 石油の貯留層工学で採用されている手法

石油公団の開発したシステムでは、GSLIB で用意されたライブラリより、有効な手法を選定して用いている。なお、石油の貯留層評価分野では、以下の手法の有効性が一般的に認められている。

- ・貯留層内部のカテゴリー評価には、インジケータに基づく確率論的シミュレーションの一種である ISimPDF(Sequential Indicator PDF Simulation)か IPCSim(Indicator Principal Components Simulation)を用いる。カテゴリーの種類が多いときは、その相関性を認識できることから IPCSIM の方が優れている。
- ・データの内挿・外挿問題に関しては、クリッキングか確率論的シミュレーションを用いる。クリッキングは内挿問題には強いが、外挿問題において経験的によい結果を得ることが難しい。外挿問題に関しては、確率論的シミュレーションが有効であり、GSLIB では、ガウシアンに基づくアルゴリズムとして SGSim(Sequential Gaussian Simulation)とインジケータに基づくアルゴリズムとして SISim(Sequential Indicator CDF Simulation)の2種類が用意されている。このうち、SISim の方は、バリオグラムモデルの与え方によっては、その結果のばらつきが大きくなる欠点を持つ。また、ハードデータ(実際に空間分布を推定すべき実データ)に対してソフトデータ(相互共分散のためのパラメータ評価データ)が十分に用意されていれば、クリッキングの中の MBSim(Markov-Bayes モデル)が有効である。

以下に、本項の記載に使用した参考文献を記した。なお、これらの文献の中には、巻末の検索のキーワードから漏れたが、本文献調査の趣旨から有効と判断して別途調査した文献も含まれる。

●参考文献：

- [1] 吉岡克平, 島田伸介, 松岡俊介, “地震探査記録を利用した地球統計学解析における不確定性”, 石油技術協会誌, 第63巻, 第2号, 164-177, 1998
- [2] Deutsch, C.V. and Journel, A.G. “GSLIB Geostatistical Software Library and User's Guide”, OXFORD UNIVERSITY PRESS, p. 335, 1992

(2) 人工ニューラルネットワークを用いたアプローチ

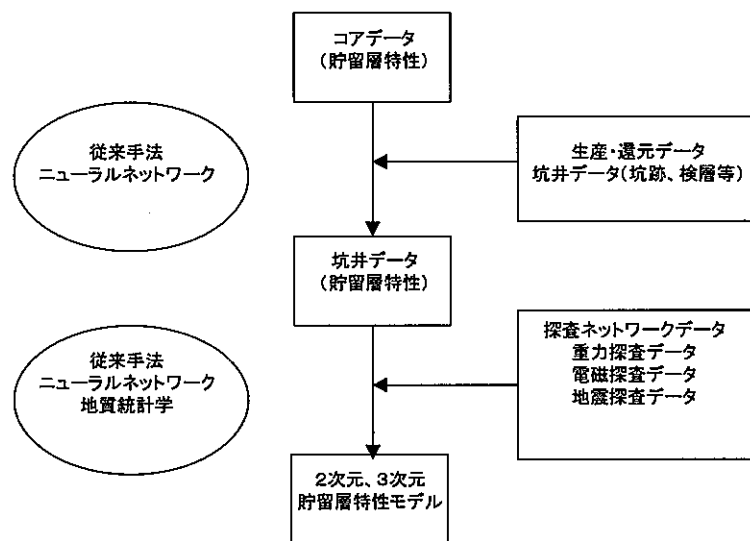
ニューラルネットワークを用いて、生産・還元データ、坑井データ、重力探査法、電気・電磁気探査法及び地震波探査法等のデータから総合的に解析を行い貯留層特性分布を推定する手法が、石油工学等で実用化されつつある。

(2-1) 原理

ある地域で取得された各種探査データおよび把握されている貯留層特性を用いて、周辺地域などの未確認の貯留層特性を推定する。各種探査データを入力とし、既取得の貯留層特性を教師値として、ニューラルネットワークの学習を行い、各種探査データと貯留層特性との関連性を反映したシステムを構築する。学習後のニューラルネットワークを用いて、各種探査データを入力として、未知の貯留層特性の推定を行う。

ニューラルネットワークの特徴は、学習により、入力データと教師データとして与えた理想の出力データとの関連性を構築できることにある。これを利用して、コアデータのように離散的に散在するデータを教師値とし、坑井データを入力とすることにより、坑跡にそった連続的な貯留層特性の推定が可能である。さらに、坑跡に沿った貯留層特性を教師値とし、2次元、

3次元の探索ネットワークデータ（重力探索、電磁探索、地震探索データ）を入力とすることにより、2次元、3次元の貯留層特性分布モデルを構築することが可能である。経験式や理論式を用いた従来の手法、または地質統計学を用いた手法等と、ニューラルネットワークを用いた手法を統合的に用いることにより、より高精度な貯留層特性分布を把握することができる。第 2.2-1 図に、ニューラルネットワークを用いた貯留層特性分布の推定の概念を示す。



第 2.2-1 図 ニューラルネットワークを用いた貯留層特性分布の推定の概念

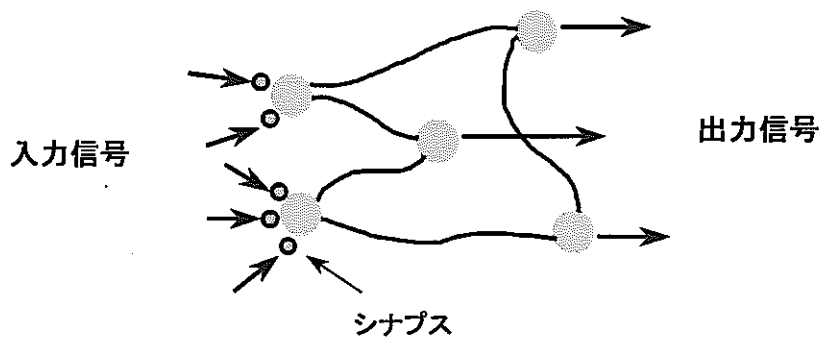
(2-2) ニューラルネットワークの特徴

ニューラルネットワークは、脳神経系を数学的にモデル化したものである。ニューラルネットワークは、非線型なニューロンモデルを人工的に多数結合し並列分散的に情報処理を行う。また、学習や自己組織化機能をもつ。ニューラルネットワークは、パターン認識、最適化、予測、知識情報処理等によく適用されている。ニューラルネットワークの主な特徴を以下に示す。

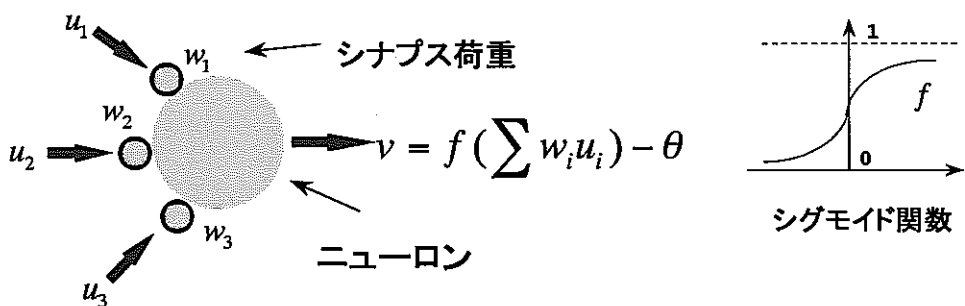
- i) 複数データの入出力が可能であるため、入力として複数の坑井データ、探索データを用いることや、複数のデータの同時推定が可能であり、データ間の関連性を反映できる。
- ii) 学習によってシステムの構築・最適化が可能のため、解析対象に対する柔軟性・適応性がある。
- iii) 非線型問題への適応の可能性がある。

(2-3) ニューラルネットワークの構造

ニューラルネットワークは、脳細胞をモデル化したニューロンを多数結合することにより構成される。ニューロンは多入力1出力であり、入力値の荷重和にシグモイド関数のような非線型関数を作用させたモデルがよく使用される。各ニューロンはシナプスによって結合されている。第 2.2-2 図にニューラルネットワークの概念図を、第 2.2-3 図にニューロンの概念とシグモイド関数を示す。



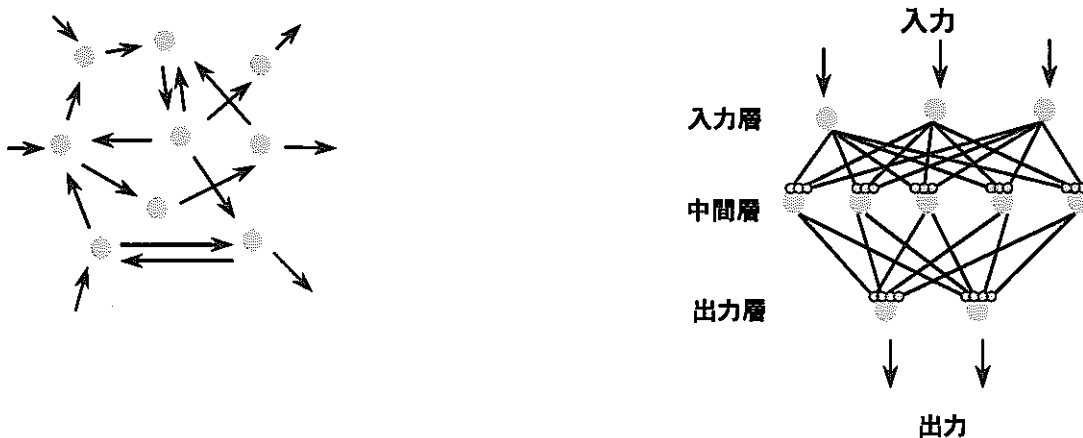
第 2.2-2 図 ニューラルネットワークの概念



第 2.2-3 図 ニューロンの概念とシグモイド関数

この図において、 u は入力値、 w はシナプス荷重、 f は非線型関数（シグモイド関数）、 v は出力値、 θ は閾値である。

ニューラルネットワークの構造は、階層型と相互結合型に大きく分類できる。第 2.2-4 図に、階層型と相互結合型ニューラルネットワークの概念図を示す。



相互結合型ニューラルネットワーク

階層型ニューラルネットワーク

第 2.2-4 図 階層型ニューラルネットワークと相互結合型ニューラルネットワーク

(2-4) ニューラルネットワークの学習

ニューラルネットワークの学習は、教師あり学習と教師なし学習に分類できる。教師あり学習は、学習時に理想とする出力値を教師データとして与え、出力値と教師データとの差異が小さくなるように、ニューラルネットワークを構築する。教師あり学習の代表的なニューラルネットワークとして、バックプロパゲーション・モデルがあげられる。教師なし学習は、ニューラルネットワークの入力に事例データを次々に与えて、事例データに対して選択的に応答するネットワークを構築するもので、自己組織化と呼ばれることがある。

教師なし学習の代表的なモデルとして、コホーネンの自己組織化（LVQモデル）などがある。教師なし学習は、統計的手法でいう主成分分析、クラスタリングに対応づけられ、教師あり学習は原理的には回帰分析に相当する。

(2-5) ニューラルネットワークの貯留層特性分布推定への応用

1990年代から、ニューラルネットワークをはじめとする人工知能技術の地質学分野、物理探査分野、油層工学分野等への適用可能性に関する評価、応用研究が行われており、その有効性が示されている。特に1990年後半からは、これらの人工知能技術を貯留層特性解析へ応用するための研究が行われている。

坑井データを用いた貯留層特性分布の推定手法として、ニューラルネットワークを用いた検層解析の有効性が確認されている。石油探査分野においては、コアサンプルから得られた貯留層特性を教師データ、検層データおよび検層解析データを入力として、坑跡に沿った連続的な孔隙率や浸透率等の貯留層特性を推定する手法の有効性が島田ら([1],[2])によって報告されている。このような事例から、温度検層、電気検層、ガンマ線検層、音波検層、密度検層、中性子検層等の検層データから、水理構造として重要な岩相、地温、熱流量、孔隙率、浸透率、飽和率、フラクチャ等の貯留層特性を推定できる適用可能性はあると考えられる。

物理探査データを用いた貯留層特性分布推定としては、最近のSEG(Society of Exploration Geophysicists)、EAGE(Europe Association of Geoscientist & Engineers)において、重力探査、地震探査、電磁探査のデータ解析・解釈に、ニューラルネットワークを応用した研究成果が報告されている。地震探査データ処理においては、ホライズン(地震探査において反射面より解釈される層準)の認識や初動ピッキング等に応用されていたが、最近では貯留層特性解析にも応用されている。重力探査においては、ポテンシャル場の認識等に応用されている。電磁探査においては、比抵抗構造を求めるためのインバージョン等に応用されている。これらは、ニューラルネットワークのパターン認識、予測、最適化能力を利用したものである。地熱開発において、探査ネットワークデータ(重力探査、電磁探査、地震探査)からの貯留層特性分布の推定や、探査データのインバージョン等に、ニューラルネットワークを応用できる可能性があると考えられる。

以下に、本項の記載に使用した参考文献を記した。なお、これらの文献の中には、巻末の検索のキーワードから漏れたが、本文献調査の趣旨から有効と判断して別途調査した文献も含まれる。

●参考文献：

[1]島田、西川、谷、“ニューラルネットワークを用いた検層解析データの予測”、物理探査学会 1995

[2]島田、谷、西川、“ニューラルネットワークを用いた石油地層の性質把握”、情報処理学会 1997

[3]N.Shimada, N.Nishikawa, A.Tani, "Reservoir Characterization using Artificial Neural

Network”, EAEG 1997

[4] 島田、西川、谷、小澤、 “ニューラルネットワークを用いた貯留層特性解析”、物理探査学会 1997

[5] 升澤、谷、 “炭酸塩岩層における浸透率の予測”、石油技術協会シンポジウム 1997

(3) 堆積層序モデル (中山,1998) [1]としてのアプローチ

従来の層序学では、地質柱状図を並べ地層の対比を行うこと、および対比した地層の年代の細分化に多くの時間を費やしてきた。さらに、層序学で結論される岩相分布や時代対比を基礎資料として過去に起こった現象を推定することが地質学における主なアプローチであった。近年、他の地質学分野からの知識を吸収し、その関連性を最大限に活用することによって、従来の方法ではできなかった予測を行うことを主目的とする層序学の方法が出現してきた。従来の「静的(Static)」に取り扱ってきた事象を、他の事象との関係で「動的(Dynamic)」に捉えることから、QDS (quantitative dynamic stratigraphy) と呼ばれるこの手法は、復元された堆積環境と広域なテクトニクスを考慮した上で、与えられた地点における地質層序の形成を予想する。

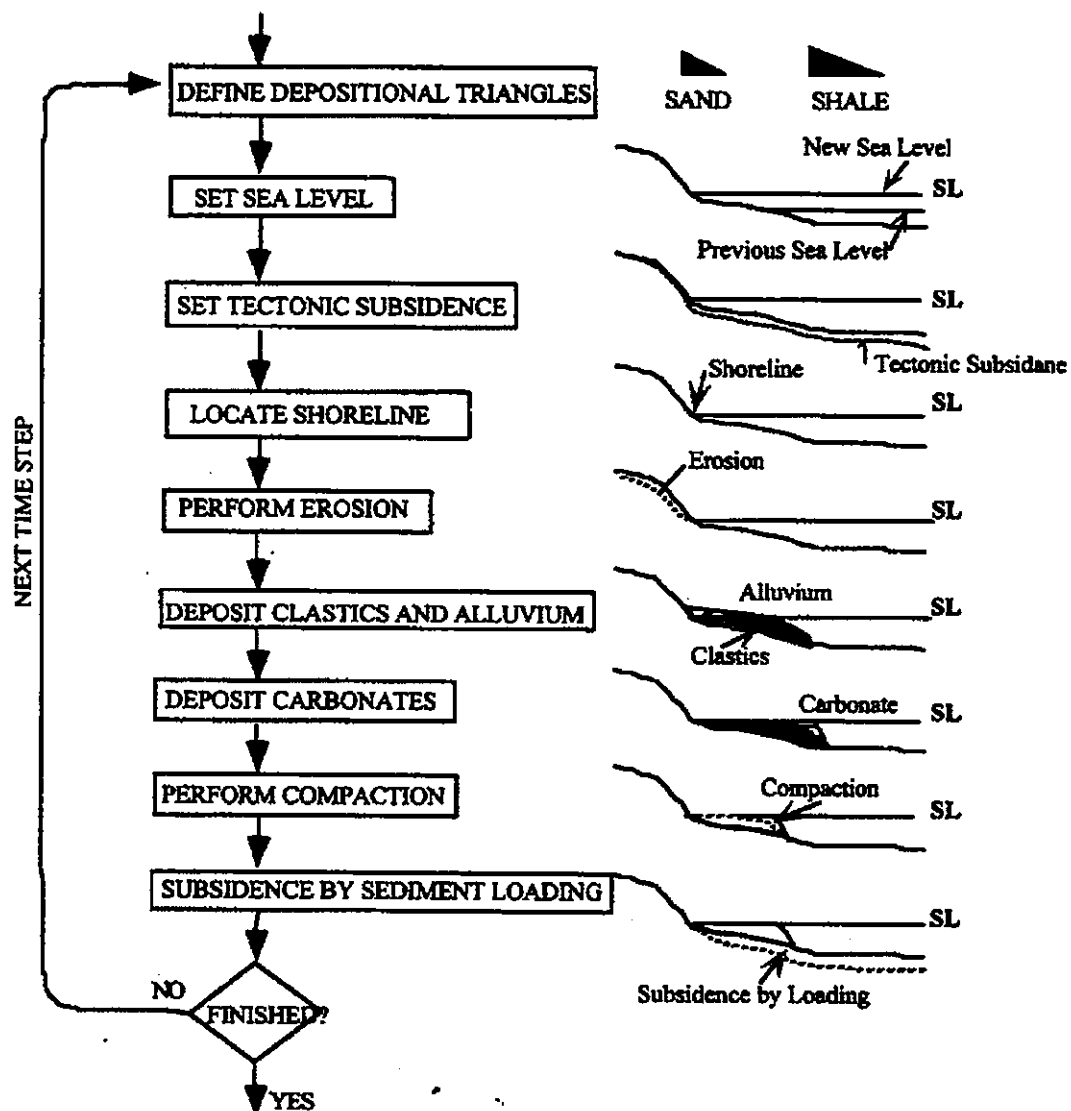
ここでは、QDSモデルの中から幾何学的堆積層序モデルを取り上げる。モデルとして二次元地質断面を等間隔に区分した地質コラムを想定し、与えられたタイムステップ毎に、またステップ内では陸域から沖合へ向けて各地質コラム毎に単純化された一連の堆積過程シミュレーションを実行する(Helland-Hansen et al., 1988; Nakayama and Kendall, 1989;中山,1991)[2~4]。各タイムステップ毎にモデル内で取り扱う基本的なプロセスは次の通りである(第 2.2-5 図)。

- 1) 砂および泥の堆積量の決定
- 2) 海水準の高さの決定
- 3) 構造的要因による上昇または沈降
- 4) 海岸線の同定
- 5) 海水面より上位にある既堆積物の剥離
- 6) 砂泥の堆積
- 7) 炭酸塩岩の堆積
- 8) 圧縮過程
- 9) 堆積物自荷重による沈降

これらのプロセスが各々のタイムステップごとに繰り返されることで、堆積層が順次形成される。入力に必要なパラメータは、

- a) 初期の堆積盆形態
- b) 時間関数としての堆積物供給量
- c) 時間関数としての各地点の沈降/上昇率
- d) 時間関数としての海水準の絶対変化
- e) 水深の関数としての炭酸塩岩の堆積速度

などである。



第 2.2-5 図 層序モデル内堆積過程のフローチャート(出典:After Helland-Hansen et al., 1998)
 層序モデルにおいては、1 タイムステップ内で以上のようなプロセスが順次行われる。(中山,1998)

この技術は、堆積盆形成のシミュレーションとして主に石油で用いられているが、地層処分に伴う非常に長期的な水理問題を取り扱う場合に不可欠な問題であると考えられる。また、一連の解析ではフラクチャの発生を考慮していないが、地層処分ではフラクチャの取り扱いに関して考慮する必要があると考えられる。堆積盆地中に発生するフラクチャの取り扱いについては、堆積層序モデルを基本とした仮想地盤変位法を用いた方法が石油分野で実施されている。(指宿ほか,1991) [5]ただし、これらの手法は堆積層で有効であるが、火山岩においては適用が困難であると考えられる。

以下に、本項の記載に使用した参考文献を記した。なお、これらの文献の中には、巻末の検

索のキーワードから漏れたが、本文献調査の趣旨から有効と判断して別途調査した文献も含まれる。

●参考文献：

- [1] 中山一夫, “石油探鉱におけるシミュレーションの役割—はたして我々の思考法は変わったのか?—”, 石油技術協会誌, 第63巻, 第1号, 2-10, 1998
- [2] Helland-Hansen, W., Kendall, C. G. St. C., Lerche, I. And Nakayama, K., “A simulation of continental basin margin sedimentation in response to crustal movements, eustatic sea level change and sediment accumulation rates”, *Math. Geology*, 20, 777-802, 1988.
- [3] Nakayama, K. and Kendall, C. G. St. C., “A simulation of basin margin sedimentation to infer geometry and lithofacies: -A carbonate example, In Taira, A. and Masuda, F., eds., *Sedimentary Facies in the Active Plate Margin*, 17-31, Terra Scientific Publishing Co., Tokyo., 1989
- [4] 中山一夫, モデルシミュレーションを用いた堆積層の形態解析. 中川久夫教授退官記念地質論文集, 191-202, 1991
- [5] 指宿篤志, 中山一夫, 国安稔, 児玉喜三郎, “フラクチャー型貯留層を有する堆積盆地解析の試み”, 石油技術協会誌, 第56巻, 第1号, 86-95, 1991

(4) フラクタル的アプローチ

火山岩等での透水性亀裂群の評価のために、フラクタルを利用した解析技術がある。フラクタルとは、1975年にMandelbrotが新しく作った造語であり、部分と全体との関わりで扱うことのできる図形、構造、現象、分布を総称する言葉である。フラクタル構造は、3つの大きな特性を持つ。

- ①自己相似性（大きなスケールでも小さなスケールでも同じ様な構造が見える性質）
- ②階層的な偏り（実次元空間の次元Eよりフラクタル構造Sの持つフラクタル次元Dが小さい場合、その構造Sは顔層的に偏る。例えば、石油の産出地域は中東に偏り、その中でも湾岸地域に偏っているといったこともこの性質である。この偏りの中にさらに偏りがある構造、例えば、湾岸地域の油の産出地層にさらに偏りがあるといった構造を階層的な偏りという）
- ③簡単な数式表現（基本式は、以下のような、べき乗型の簡単な数式で表せる。）

$$N = c \cdot a^D$$

ここで、a：あるパラメータ

N：パラメータaに関連した個数

D：フラクタル次元

c：定数

このように、複雑な自然界の構造を簡単な数式表現で得ることができることから、岩盤をはじめとする様々な物質にみられる割れ目系のフラクタルに関する研究が多くなされている。これらの中に、コア・検層・岩盤レーダー等の計測技術を通じて得られた亀裂分布情報から、そのフラクタル特性を算出し、当該地域全体の亀裂分布を求めようとするものがある。(大野,1997;Yokoi et al.,1996;)[1,2]

特に、フラクタルでは、部分が全体を代表することから、地下調査のようにボーリング孔の情報から、全体の地下構造を推定する場合に、先出の地質統計学的アプローチとは別のアプローチ方法として注目される技術である。

以下に、本項の記載に使用した参考文献を記した。

●参考文献：

- [1] 大野博之, “地球科学分野へのフラクタルの応用”, 応用地質, Vol.38, No.3, 159-173, 1997
 [2] Yokoi, Y, Carr, J.R., Watters, R.J., “フラクタル特性を用いた地すべり塊の生成過程の解析”, 応用地質, Vol.37, No.1, 29-39, 1996

(5) 物理探査モニタリングとしてのアプローチ

水理的変動を検知する目的で、石油分野や地熱分野で物理探査を利用した次のような水理モニタリング技術の研究が実施されている。

第 2.2-1 表 物理探査を利用した水理モニタリングの方法

物理探査手法	目的
重力	質量変化（チャージ・リチャージ）、水位変化、不飽和層等に伴う微小重力変動を把握することで、それらの発生した位置や程度を把握する（杉原, 1997[1]） 使用するハードウェアに関しては特に記述はないが、使用しているソフトウェアは、EWS（例えば、SUN ワークステーション等）で作動するものである。
流動電位(SP)	流体流動に伴う自然電位変化から、流体の流動に伴い発生する流動電位を把握することで、流体の流れを把握する（安川ほか, 1998[1]; 西ほか, 1998[2]; 松島ほか, 1997[3]; 大成ほか, 1997[4]; 石戸ほか, 1997[5]; 牛島ほか, 1995[6]） 使用するハードウェアに関しては特に記述はないが、使用しているソフトウェアは、EWS（例えば、SUN ワークステーション等）で作動するものである。
流電電位	坑井に通電した時の地上での電位変化分布から流体分布を把握する（牛島ほか, 1992[7]） 使用するハードウェアに関しては特に記述はない。
比抵抗トモグラフィ	坑井間ないし地表-坑井間における電気探査により、流体流動に伴う比抵抗変化を把握する（島, 1991[8]; 鈴木, 1997[9]; SASAKI, 1993[10]） 使用するハードウェアに関しては特に記述はない。
微小地震・AE	亀裂群での流体流動に伴い発生する微小地震やAEの位置を地上ないし地下に設置した地震計等で位置評定することでその分布より亀裂群の分布を把握する（永野, 1995[11]） 使用するハードウェアは、当時は SUN ワークステーションであったが、現在、PC上で作動するものとなりつつある。
反射法地震探査, VS P, 坑井間地震探査	特に油・ガス層の生産に伴う貯留層内の物性変化から生じる音響インピーダンス等の変化から貯留層内部の変動を把握する（藤井ほか, 1990[12]） 使用するハードウェアに関しては特に記述はない。（ただし、石油分野では、最低限EWSを使用していると推定される。）

これらは、水の流れやそれに伴う水位変化あるいは質量変化を時系列的に観測するために、地域内の複数の定点で定期的に観測されたデータを解析するものである。これらの手法は、次節の(2)で述べる水理モデルと連成して解かれることで、透水性等の水理パラメータに依存した

物性値の変化をモデル化して適正な水理パラメータを推定することが可能であり、当該地域の水理構造解明に役立つ可能性がある。

以下に、本項の記載に使用した参考文献を記した。

●参考文献：

- [1] 杉原光彦, “連続重力測定による地熱活動のモニタリング”, 物理探査学会学術講演会論文集, 96th, 321-323, 1997
- [2] 安川香澄, 茂木透, 江原幸雄, 川平雅子, “自然電位観測データに基づく湧蓋山付近の熱水流動系モデル”, 日本地熱学会誌, Vol.20, No.3, 169-183, 1998
- [3] 西祐司, 石戸経士, 松島喜雄, “自然電位データに基づいた青ヶ島火山の地熱系シミュレーション”, 日本地熱学会誌, Vol.20, No.2, 139-153, 1998
- [4] 松島喜雄, 登舎利行, 石戸経士, Delemen, I., Kiryukhin, A., “カムチャッカ半島トムノフスキーでの地熱井周辺の自然電位モニタリング”, 日本地熱学会誌, Vol.19, No.3, 157-164, 1997
- [5] 大成郁生, 入江彰二郎, 水永秀樹, 牛島恵輔, “自然電位法による地下水探査”, 物理探査学会学術講演会講演論文集, 96th, 296-300, 1997
- [6] 石戸経士, 菊池恒夫, 杉原光彦, 松島喜雄, “地熱貯留層のSPモニタリング”, 地熱, Vol.34, No.2, 85-103, 1997
- [7] 牛島恵輔, 水永秀樹, 海江田秀志, 堀義直, “VEP法電気探査による地下亀裂面の評価”, 日本地熱学会誌, Vol.14, No.1, 13-28, 1992
- [8] 島裕雅, “小特集 ジオトモグラフィ 比抵抗トモグラフィ”, 地質と調査, No.2, 19-26, 1991
- [9] 鈴木浩一, “電力土木業務のシステム化 物理探査法による地下水のモニタリング”, 電力土木, No.268, 70-77, 1997
- [10] Sasaki, Y., Matsuo, K., “釜石鉱山における地表-坑道間・比抵抗トモグラフィ”, 物理探査, Vol.46, No.2, 128-134, 1993
- [11] 永野征児, “微小地震利用探査法開発について 微小地震データ処理・解析システム(MEPAS)”, 地熱, VOL.32, No.4, 371-378, 1995
- [12] 藤井康友, 仙石雄三, 江坂照也, 倉沢由和, 和知登, 岡野正, 出雲谷聡, 清水祥四郎, “3次元地震探査データ, VSPデータ及び坑井間物理探査データを使ったリザーバー・キャラクターリゼーションについて”, 石油技術協会誌, Vol.55, No.6, 405-416, 1990

2. 3 水理地質構造モデルに関する情報のまとめ

地層内の孔隙内に存在する流体の非定常浸透流を3次元的に取り扱うシミュレータは、イン・ハウスで使用されているものを挙げると無数にある。ここでは、海外を含め一般に普及している代表的なもの、および国内で開発された中でも性能の高いと考えられるシミュレータを第2.3-1表に示した。

第2.3-1表 代表的な3次元多孔質媒体中の非定常浸透流シミュレータ

開発機関	プログラム名	解析手法	地下水 流動	熱	物質 移行
米国地質調査所	MODFLOW	差分法	○	—	—
	HST3D	差分法	○	○	○
ローレンスバークレイ 国立研究所 (米国)	TOUGH2	有限差分法	○	○	○
東京大学(登坂ほか,1996[1])	GEOFLOWS-V2	差分法	○	○	○

このうち、ソースコードが公開されており、世界的に普及している MODFLOW と TOUGH2 の特徴を第2.3-2表に示した。MODFLOW は、熱伝導を伴わない地表水および浅層地下水流（単相多成分）、TOUGH2 は、熱伝導を伴う亀裂を含む深層地下水流（多相多成分）の解析に優れている。また、GEOFLOWS-V2 は、東京大学で開発されたものでソースコード・実行モジュールとも未だ非公開であるが、Manning 則に基づく地表流の近似解を導入して地表水・浅層地下水流・深層地下水流の熱伝導を伴う二相二成分解析を行うことが可能で、MODFLOW と TOUGH2 の双方の長所を有する（登坂ほか,1996）。

MODFLOW・TOUGH2・GEOFLOWS-V2 とともに FORTRAN で記述されており、コンピュータの機種は特に問わない。特に、MODFLOW、TOUGH2 は、DOS マシン (PC) 用に最適化されたコード (MODFLOW96、TOUGH2-PC) が存在しており、PC での完全な作動が保証されている。GEOFLOWS-V2 に関しては、公開されていないため、詳細については不明な部分がある。

以下に、本項の記載に使用した参考文献を記した。

●参考文献：

[1]登坂博行, 小島圭二, 三木章生, 千野剛司, “地表流と地下水流を結合した3次元陸水シミュレーション手法の開発”, 地下水学会誌, Vol.38, No.4, 253-267, 1996

第 2.3-2 表 TOUGH2 と MODFLOW の特徴

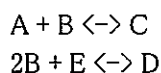
機 能 ほ か	TOUGH2の特徴	MODFLOW96
開発機関	LBNL(ローレンスバークレイ国立研究所)	USGS
公開性	◎ (一部の機能を除き、ソースコード入手可)	◎ (Web上で入手可能)
経済性	○ (基本コードは3000ドル程度で入手可)	◎ (無料)
計算機 プログラム言語	◎ PCからUNIX-EWSまで利用可能 FORTRAN77(一部,FORTRAN90)	◎PC~UNIX FORTRAN77
モデル	IFDM 3次元 (PC上で数万格子以上) 非定常	FDM 3次元(10 万格子以上) 非定常・定常
多成分系の取り扱い ・被圧流れ ・不飽和流れ ・物質移行問題 ・NaCl ・放射性物質移流 ・岩石-水相互反応 ・汚染物質 (揮発性有機溶媒)	◎ ◎ ○ ◎固相からの溶解を含む (EOS7R) ◎核崩壊過程での親核・娘核の取り扱い可 (EOS7R) ◎ (Chemtough2 (非公開) で取り扱い可能) ◎ (T2VOC (公開) で取り扱い可能)	◎ ◎ ○MODPATH 派生コードあり 派生コードあり — 派生コードあり
熱 (伝熱・対流) の取り扱い	◎	—
収束性の取り扱い	○ (時間ステップ自動調整、風上重み係数制御)	○
フラクチャの取り扱い	◎ (MINCおよびECM)	—
井戸モデルの取り扱い	○ (放射状流メッシュの組み込みが可能)	◎ (WEL)
河川の取り扱い	△ (地形形状+リチャージでモデル化)	◎ (RIV)
リチャージ・ディスチャージ	◎ (熱フラックスを含む)	○ (RCH)
プリプロセッサ機能	△ (tough2本体:メッシュ自動発生機能のみ) ◎ (市販品)	△ ◎市販品
ポストプロセッサ機能	○ (Tecplot (マッピングソフト) 用変換機能) ◎ (市販品)	△ ◎市販品
逆解析機能	◎ (iTOUGH2 Ver.4.0: 今春公開予定)	—
並列計算機能 (PVM)	○ (iTOUGH2 Ver4.0で利用可能)	—
総 評	熱やフラクチャの取り扱いが可能であり、深層の対流を取り扱うことに適する。地表流動の取扱いは得意でない。また、逆解析機能を有する。	地表流動の取り扱いが可能で浅層の解析に適する。

2. 4 地下水の地球化学モデルに関する情報のまとめ

地下水の地球化学モデルとしては、岩石-水相互作用を伴う熱と物質移動の数値解析に関するシミュレーションの開発が行われている。(秋林ほか,1996[1];竹野,1993[2],1995[3]) また、地下水における陽イオン交換反応を考慮した地下水における物質輸送の数値解法モデルの研究が成されている。(粉井ほか,1996[4]) 前者は、熱水系における岩石-水相互反応で生成される熱水変質鉱物や熱水系の化学成分の変動を長期的に模擬計算することが可能であり、また、後者は運搬物質の陽イオン交換反応による影響の計算が可能である。また、第 2.3-2 表で示した水理シミュレータ TOUGH2 の派生コードである CHEM/TOUGH2 (White et al.,1995 ほか [5]) においても岩石-水相互作用の計算が可能になっており、水理と同時に無機化学成分の変動を計算することが可能になりつつある。ハードウェアに関して、竹野(1993,1995)のシミュレーションについては、EWSでの作動が確認されているが、PCについては不明である。White(1998,[6])については、PC・EWSでの作動が確認されている。

例えば、CHEM/TOUGH2 における化学反応の取り扱いの概念を以下に述べる。

まず、化学反応の一般式を以下のように定義する。



この時、これらの化学種のための化学量マトリックスの転置行列は、次の式で与えられる。

$$\begin{array}{ccccc} A & B & C & D & E \\ -1 & -1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & -2 & 0 & 1 & -1 \end{array}$$

このマトリックスで、化学反応式の左側の化学種の係数は、負の符号で表され、化学反応式の右側は、正の符号で表されている。もし、ある特定の化学種がある特定の反応で置き換えられない場合、係数はゼロで表される。

もし、これらの化学種が化学平衡にある場合、各々の反応に関係した化学平衡係数が存在する。(ここでは、これを K_e と定義する。) この時、平衡状態を保つための式は、以下のように表される。

$$[A]^{-1} \cdot [B]^{-1} \cdot [C]^1 \cdot [D]^0 \cdot [E]^0 = K_e$$

十分遅い反応速度の場合(例えば、シリカの沈殿)には、反応速度として

$$d[A]/dt = r(t, [A], \dots)$$

を考慮する必要がある。このタイプの反応の扱いは、TOUGH2 上では難しくないが、速度方程式を解くサブルーチンを追加する必要がある。

化学反応のタイプは、以下のように定義される。

- 1 液相における化学平衡反応

- 2 ガス平衡反応
- 3 ガス-液相平衡反応 (ヘンリーの法則)
- 4 液-固相反応 (沈殿)
- 5 非平衡反応
-

初期条件としては、各ブロックごとに化学成分を与えることも、全体を均一に与えることも可能である。入力方法は、TOUGH2 で、温度・圧力条件を与える方法に準拠する。また、化学ソースを TOUGH2 の質量(MASS)ソースと同じ方法で与えることが可能である。

以下に、本項の記載に使用した参考文献を記した。なお、これらの文献は、巻末の検索のキーワードから漏れたが、本文献調査の趣旨から有効と思われる文献に関して、別途調査したものも含む。

●参考文献：

- [1] 秋林智, 杉本文夫, 菊池賢一, 広田建一, 福田道博, “岩石-水相互作用を伴う熱と物質移動の数值解析 割れ目表面積の算定法とその応用”, 日本地熱学会誌, Vol.18, No.4, 241-251, 1996
- [2] 竹野直人, “地熱エネルギーの新技术開発 地化学における数值シミュレーション”, 日本地熱学会誌, Vol.15, No.4, 48-54, 1993
- [3] 竹野直人, “熱水変質の数值シミュレーション”, 地熱, Vol.32, No.2, 154-167, 1995
- [4] 初井和朗, 神野健二, 塩崎功, 和田信一郎, “化学反応を考慮した地下水における物質輸送解析 数值モデル開発と室内実験への適用”, 地下水学会誌, Vol.38, No.2, 113-125, 1996
- [5] White, S.P. : Multiphase nonisothermal transport of systems of reacting chemicals. Water Resou. Res. 31, 7, 1761-1772, 1995
- [6] White, S.P., Xu, T., and Pruess, K.: Reactive Chemical Transport, Proceedings of the TOUGH Workshop'98, LBNL-41995, CONF-980559, 244-249, 1998.

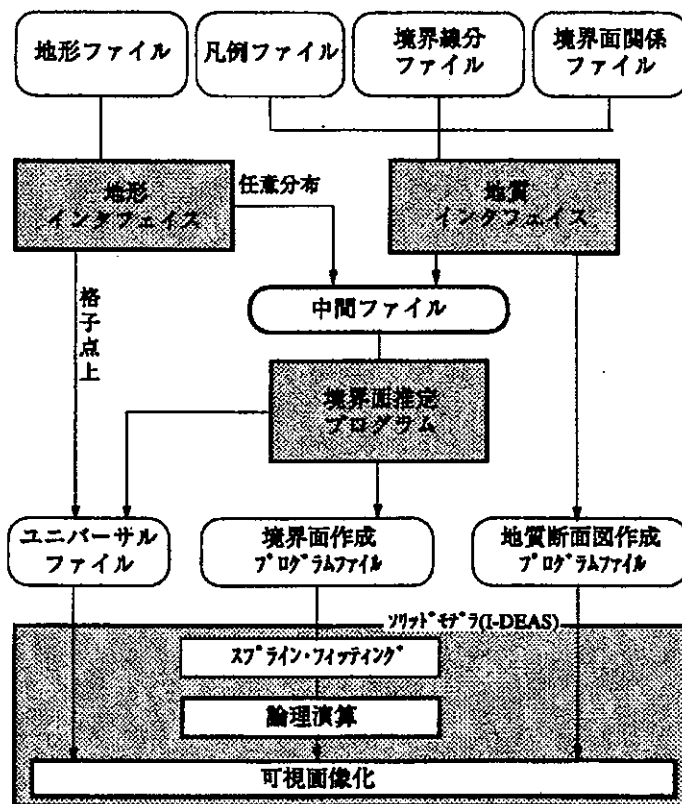
3. 地質環境モデルを用いて地質環境を総合的に把握した事例

ここでは、文献調査により得られた情報をもとに、構築されたモデルを用いて地質環境を総合的に把握した事例の内容を述べる。

3.1 地質構造モデル

(1) 地質統計学的アプローチ

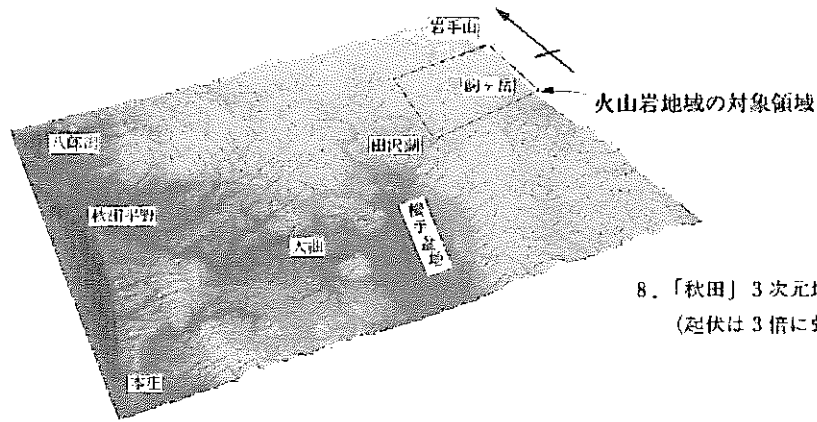
クリッキングと3次元ソリッドモデリングを用いた事例について紹介する（桜井ほか,1996[1]）。この事例では、コンピュータグラフィックを用いて3次元地質構造を可視化している。第3.1-1図にシステムフローを示す。



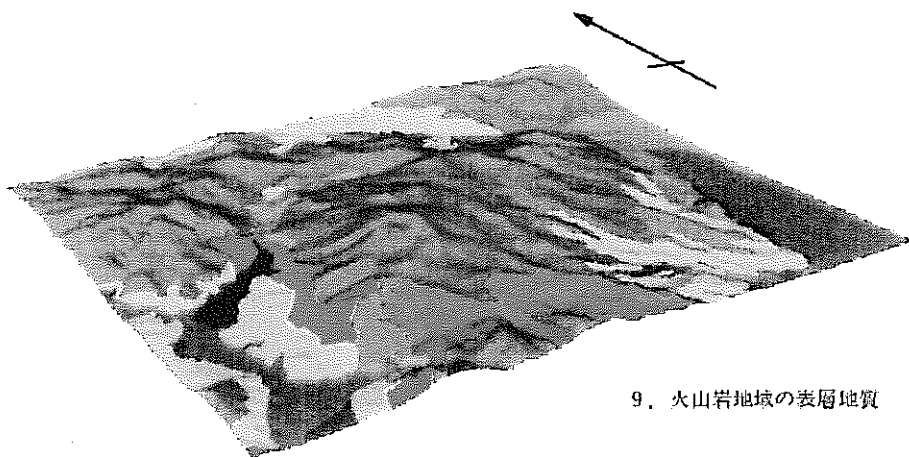
第3.1-1図 システムフロー（桜井ほか,1996）

最上部の4種類のファイルが入力データで、ハッチをかけた要素がシステムを構築するプログラム群である。最下部のソリッド・モデラは市販の汎用システムを用いている。入力データは開発したプログラムを通してソリッドモデラ用のデータやマクロ命令に変換される。

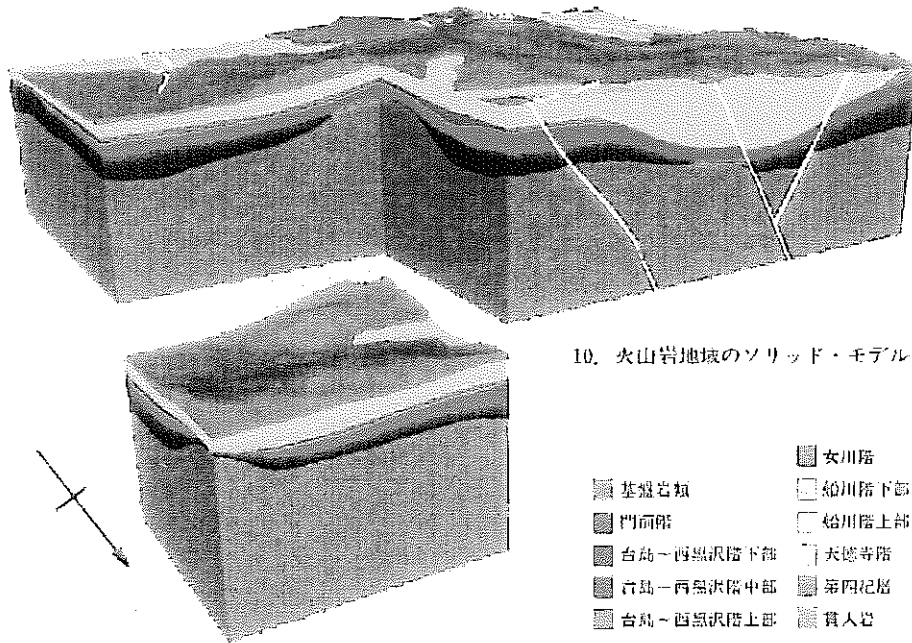
この事例では、ソリッドモデラとして市販のソフトウェア（米国SDRC社のI-DEAS）を用いている。第3.1-2図に秋田県駒ヶ岳地域のデータを元に作成されたソリッドモデルを示す。



8. 「秋田」3次元地形図
(起伏は3倍に強調)



9. 火山岩地域の表層地質



10. 火山岩地域のソリッド・モデル

第 3.1-2 図 秋田県駒ヶ岳地域の地質ソリッドモデル (桜井ほか,1996)

以下に、本項の記載に使用した参考文献を記した。

●参考文献：

- [1] 桜井英行, 難波治之, 古賀小枝子, 小宇田亮一, 升本真二, 原田芳金, “汎用ソリッド・モデルを用いた深成岩地域と火山岩地域の3次元地質構造可視画像化”, 地質ニュース, No.502,36-41,6(1)-6(4),1996

(2) ニューラルネットワーク的アプローチ

ニューラルネットワークの貯留層特性解析への応用事例として、貯留層特性解析において、ニューラルネットワークを用いた孔隙率、浸透率をはじめとする貯留層特性の予測、岩相の予測、比抵抗構造等の地下構造の把握に関する研究が多く報告されている。これらの事例のうち、岩相予測における使用例では、そのほとんどの事例が堆積岩を対象としており、火山岩等への適用事例はほとんどない。これは、油層工学を中心に使用されていることに起因するものと考えられる。また、フラクチャをどのように判定するかという問題を扱った事例は皆無に近い。したがって、現状でニューラルネットワークを岩相予測に適用できる条件は、比較的層序の安定した地質構造であること、教師データ（コアと多種の物理検層）が豊富であることが必須であると考えられる。

ここでは、検索された国内文献およびそれ以外の国内外文献からのニューラルネットワークの貯留層特性解析への応用事例を対象別に示す。

[貯留層特性の予測]

○ ニューラルネットワークを用いた貯留層特性解析

(孔隙率、浸透率、音響インピーダンスの予測) [3] [4]

ニューラルネットワークを用いて、検層データおよび合成地震記録から孔隙率、浸透率、音響インピーダンスの予測を行っている。まず、コアサンプルにより取得された孔隙率、浸透率を教師データとして、検層データから連続的な孔隙率、浸透率の予測を行い、次に、予測した孔隙率、浸透率および音響インピーダンスを教師データとして、合成地震記録とその属性から空間的な孔隙率、浸透率、音響インピーダンスの予測を行っている。検層データを用いた予測においては、経験式による手法と比較して良好な結果が得られており、合成地震記録とその属性を用いた予測においても有効性が認められている。

○ ニューラルネットワークを用いた坑井検層データの予測 [1] [2]

ニューラルネットワークを用いて、坑井における音波検層データの予測を行っている。音波検層が実施されている坑井の検層データを入力データ、音波検層データを教師データとしてニューラルネットワークの学習を行い、学習後のニューラルネットワークに、音波検層データが実施されていない坑井の検層データを入力して、未知の音波検層データを予測している。従来手法であるGardnerの手法による予測結果と比較し、精度の高い音波検層データが予測されている。

○ ガス砂岩層における浸透率の評価 [5]

検層データをニューラルネットワークの入力データとして、浸透率の予測を行っている。他手法で求められた浸透率およびコア浸透率と比較して、良好な結果を得ている。入力データとして、ガンマ線検層、キャリパー検層、比抵抗検層 (Deep, Shallow)、中性子検層により求めた孔隙率、密度検層により算出した孔隙率の6種目のデータを用いている。一方、教師データとして浸透

率、比抵抗検層 (Deep, Shallow)、密度検層により算出した孔隙率を用いている。

○ ニューラルネットワークを用いた浸透率の予測[6]

ニューラルネットワークを用いて、検層データから浸透率の予測を行っている。入力データは深度、ガンマ線検層、密度検層、比抵抗検層、層序を表す指標とし、教師データはコアサンプルにより測定された浸透率としている。米バージニア州の砂岩層のフィールドにおける5坑井のデータ151サンプルのうち、128サンプルを用いてニューラルネットワークの学習を行い、残りの23サンプルに対して予測を行った結果、コアサンプルにより取得された浸透率と予測した浸透率との相関係数が0.963となり、ニューラルネットワークによる予測手法の有効性を確認している。

[岩相の予測]

○ ニューラルネットワークを用いた砂岩含有率の予測[8]

ニューラルネットワークを用いて、地震探査データ属性から砂岩の含有率を予測している。地震探査データから抽出した19属性を入力データ、11坑井において測定された砂岩の含有率を教師データとしてニューラルネットワークの学習を行っている。対象とするフィールドにおいて、ある深度区間の砂岩の含有率の分布を予測し、良好な結果を得ている。

○ ファジィ理論を用いたニューラルネットワークによる岩相予測[9]

ファジィ推論とニューラルネットワークを組み合わせ、検層データを用いた岩相の予測を行っている。「ガンマ線検層の値が非常に大きい。」等の検層データの状態に対してメンバーシップ関数を設定し、メンバーシップ関数の出力値をニューラルネットワークの入力データとしている。教師データとして、検層データと岩相の関係を表したファジィルールにより導かれた岩相をビット表示したものを採用し、ニューラルネットワークの学習を行っている。米カンザス州で取得された、ガンマ線検層、密度検層、中性子検層の3種目の検層データを用いて、良好な予測結果を得ている。

○ ニューラルネットワークと地震探査データを用いた、密度検層からの岩相予測[10]

北海の油田における砂岩層と頁岩層を識別することを目的として、ニューラルネットワークによる、地震探査データを用いた密度検層の予測を行っている。ニューラルネットワークの入力データは、坑井位置における地震探査データから抽出した14属性とし、坑井で取得された密度検層を教師データとして学習を行っている。10坑井を用いて未学習坑井における予測を行ったが、学習に用いる坑井によっては、予測精度が低くなり、ニューラルネットワークを用いた予測においては学習データの選択が重要である。

[地下構造の把握]

○ 空中電磁探査データを用いた比抵抗構造の把握[11]

空中電磁探査による地下の比抵抗構造の把握にニューラルネットワークを用いている。地下を2層に分類し、周波数等の関数で表される4種類の観測値を入力データとして地下の各層の比抵抗値および第1層の層厚を予測している。この手法により、広範囲にわたる地下の比抵抗構造を、比較的短時間に把握することが可能となる。

以下に、本項の記載に使用した参考文献を記した。なお、これらの文献は、巻末の検索のキーワードから漏れたが、本文献調査の趣旨から有効と思われる文献に関して、別途調査したも

のである。

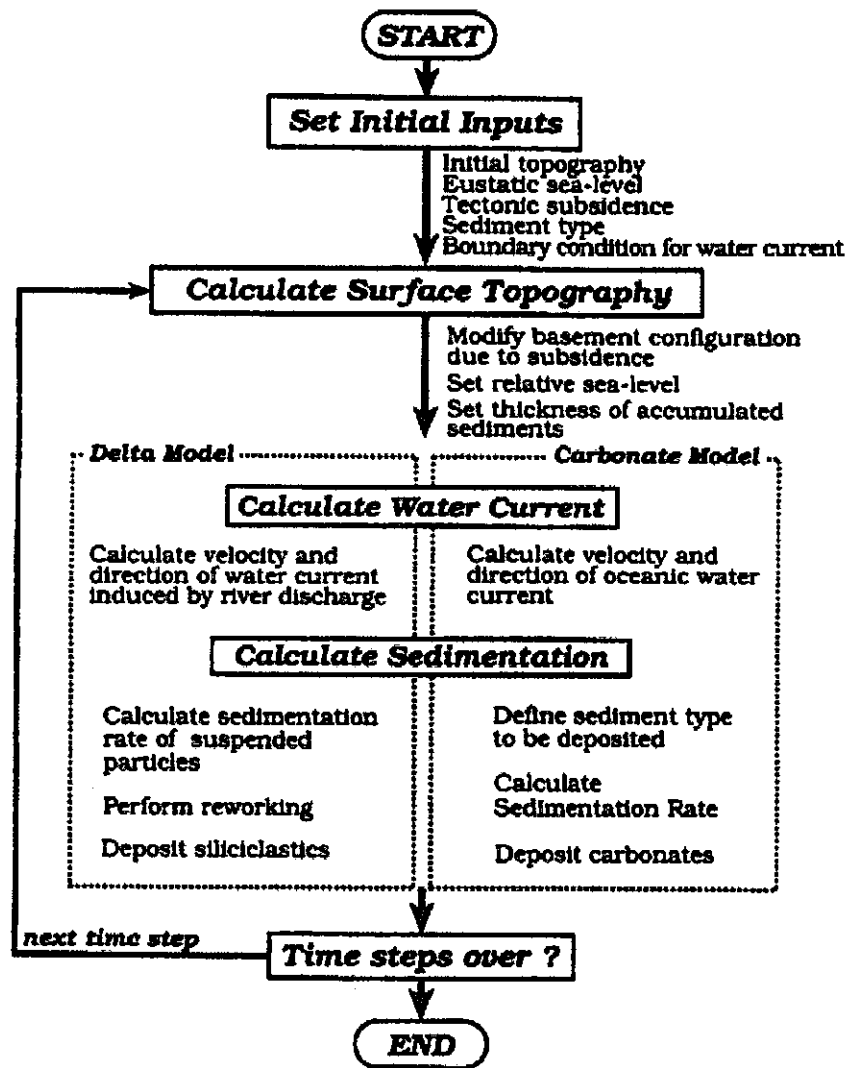
● 参考文献

- [1] 島田、小澤、吉岡、西川、谷, “ニューラルネットワークを用いた坑井検層データの予測”, 物理探査学会 第93回 学術講演会, 1995
- [2] 島田、谷、西川, “ニューラルネットワークを用いた石油地層の性質把握”, 情報処理学会 第54回 全国大会, 1997
- [3] 島田、西川、谷、小澤, “ニューラルネットワークを用いた貯留層特性解析”, 物理探査学会 第96回 学術講演会, 1997
- [4] N. Shimada, N. Nishikawa and A. Tani, Reservoir Characterization using Artificial Neural Network., In Proceedings of the 59th EAGE Conference, 1997
- [5] H. A. Malki, J. L. Baldwin and M. A. Kwari, Estimating Permeability by Use of Neural Networks in Thinly Bedded Shaly Gas Sands., SPE Computer Applications, April 1996
- [6] S. Mohaghegh, R. Arefi, I. Bilgesu, S. Ameri and D. Rose., Design and Development of an Artificial Neural Network for Estimation of Formation Permeability., SPE Computer Applications, December 1995
- [7] W. Habiballah, R. Startzman and M. Barrufet, Use of neural networks for prediction of vapor/liquid equilibrium K values for light-hydrocarbon mixtures, SPE Reservoir Engineering, May 1996
- [8] D. H. Johnston., Seismic attribute calibration using neural networks, the 63rd Annual Meeting of the Society of Exploration Geophysicists, Expanded Abstracts, 1993
- [9] H. Chang, H. Chen and J. Fang., Lithology Determination from Well Logs with Fuzzy Associative Memory Neural Network, IEEE Transaction on Geoscience and Remote Sensing, May 1997
- [10] J. Logel., Lithologic Prediction from Density Logs using Seismic Attributes and Neural Networks, In Proceedings of the 59th EAGE Conference, 1997
- [11] E. Winkler and W. Seiberl., Inversion of airborne electromagnetic data using neural networks, In Proceedings of the 59th EAGE Conference, 1997

(3) 堆積層序学シミュレーションによるアプローチ (松井ほか, 1998[1])

石油公団石油開発技術センターで開発されたシミュレーションモデル「Facies-3D」を用いたシミュレーションの事例を示す。本事例は、沖縄県伊良部島および周辺地域に分布する更新統琉球層群を対象としている。

「Facies-3D」のフローダイアグラムを第 3.1-3 図に示す。



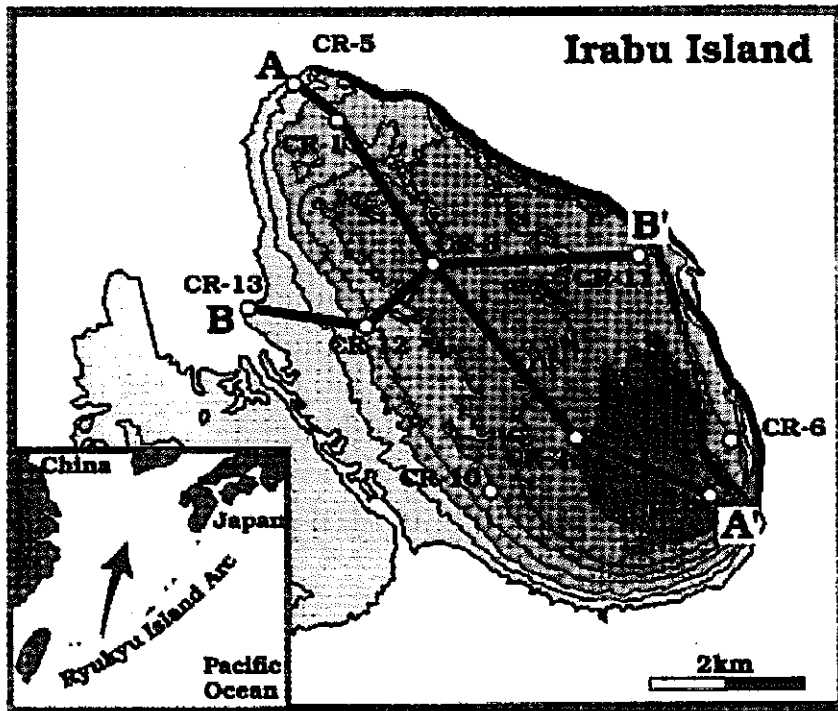
第 3.1-3 図 「Facies-3D」 のフローダイアグラム (松井,1998)

第 3.1-4 図に対象地域のインデックスマップを示した。また、同フローダイアグラムに従い、緩傾斜な初期基盤地形と対極的に西への傾動を伴う沈降を想定した場合を第 3.1-5 図に示した。この条件では、堆積物分布を良好に表現できている。

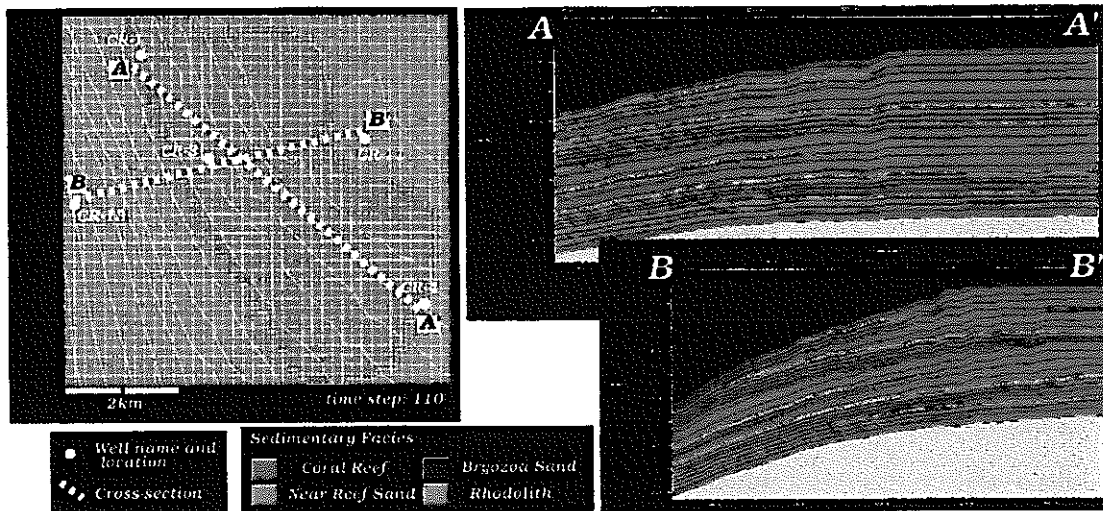
以下に、本項の記載に使用した参考文献を記した。

●参考文献：

- [1] 松井良一, 松田文彰, 今吉秋則, 松田純典, 斉藤道典, 岩崎龍太郎, “堆積シミュレーションモデルによる堆積相分布予測”, 石油技術協会誌, 第 63 巻, 第 1 号, 11-17, 1998



第 3.1-4 図 坑井位置を含む研究地域のインデックスマップ (松井,1998)



第 3.1-5 図 琉球層群中部層下部に相当する 22 万年 (0.93-0.71Ma) を対象層序し、堆積作用を時間ステップ 2,000 年で 110 ステップ計算を行った結果

3. 2 水理地質構造モデル

登坂ほか(1996,[1])による「地表流と地下水流を結合した3次元陸水シミュレーション手法の開発」で開発された GEOFLOWS-V2 は、実際の地下水挙動の解析に関して、地表流と地下水流を結合した数 10 万格子点に及ぶ大型3次元シミュレーションを可能とするコードである。特に、浅層の地表流と深部の熱対流を含む完全な陸域水理環境シミュレーションとして注目されるものである。地表流～浅層の不飽和地下水～深部の被圧地下水（熱対流を含む）の全陸水域を取り扱うことは、地層処分等の地質環境モデル化において不可欠の技術であると考えられる。すなわち、河川水・海水・生活水等地表水が地下に浸透していく過程、地下水の湧出する過程、浅層地下水と深層地下水の間の浸出等、陸水系で考慮すべきモデルを全て網羅して同一の水理モデルとして取り扱える技術である。第 3.2-1 図に GEOFLOWS-V2 によるモデリングの例を示した。世界的に著名なシミュレータである、USGS（米国地質調査所）の MODFLOW や、米国ローレンスバークレイ国立研究所の TOUGH2 と比較して、地表流～浅層の不飽和地下水～深層の被圧地下水（熱対流を含む）の全てを取り扱える点で、GEOFLOWS-V2 は注目に値するシミュレーションコードと考えられる。

TOUGH2 は、本来、地層処分や地熱分野での利用を想定した水理シミュレータで、開発した米国ローレンスバークレイ国立研究所では、米国ネバダ州ユッカ山での地層処分研究において数多く利用している。特に、ユッカ山の凝灰岩中の断層に関して詳細なモデルを作成して挙動予測を実施している（例えば、Cohen and Oldenburg, 1998[2], 第 3.2-2 図参照）。

地熱分野では、流体の移動に伴う質量変化（重力）や流動電位（SP）を検出する手法が注目されている。石戸ほか（1997[3]）による「地熱貯留層のSPモニタリング」では、地熱地帯の熱対流の上昇・下降域に卓越するSP異常現象のメカニズムと各地（秋田焼山、霧島、豊肥、モカイ、葛根田、鬼首等）での観測事例、ならびに水理シミュレーションと連動するポストプロセッサによる数値計算の事例が紹介されている。これらは、地表探査より自然電位の異常域を解釈する上での一つの論拠を与える可能性のある手法であり、広域的な熱対流を含む水理モデルの構築において利用が検討されるべき技術である。Osato et al.(1998[3])による水理シミュレータによる地熱発電所の地下の重力変動予測を実施した例を第 3.2-3 図に示した。この事例は、柳津西山地熱発電所（福島県）の発電所操業開始前後の蒸気生産に伴う地下の質量変化を水理シミュレータ(TOUGH2)を用いて計算し、その結果を重力変化に計算し直して、実際の重力観測結果（83 測点）と比較しているが、実際に生じている蒸気生産に伴う図面中央下側の負の重力変化と熱水の還元に伴う図面右上側の性の重力変化に対して、計算結果は調和的な結果となっている。

以下に、本項の記載に使用した参考文献を記した。なお、これらの文献は、巻末の検索のキーワードから漏れたが、本文献調査の趣旨から有効と思われる文献に関して、別途調査したものも含まれる。

●参考文献：

- [1] 登坂博行, 小島圭二, 三木章生, 千野剛司, “地表流と地下水流を結合した3次元陸水シミュレーション手法の開発”, 地下水学会誌, Vol.38, No.4, 253-267, 1996
- [2] Cohen, A.J.B., and Oldenburg, C.M., Effects of Faulted Stratigraphy on Saturated Zone Flow Beneath Yucca Mountain, Nevada, Proceedings of the TOUGH Workshop '98, LBNL-41995, CONF-980559, 95-100, 1998.

- [3] Osato, K. Sato, T. and Yokomoto, S., The Modeling Study using TOUGH2 and the Micro-gravity Change in Yanaizu-Nishiyama Geothermal Field, Proceedings of the TOUGH Workshop '98, LBNL-41995, CONF-980559, 41-46, 1998.

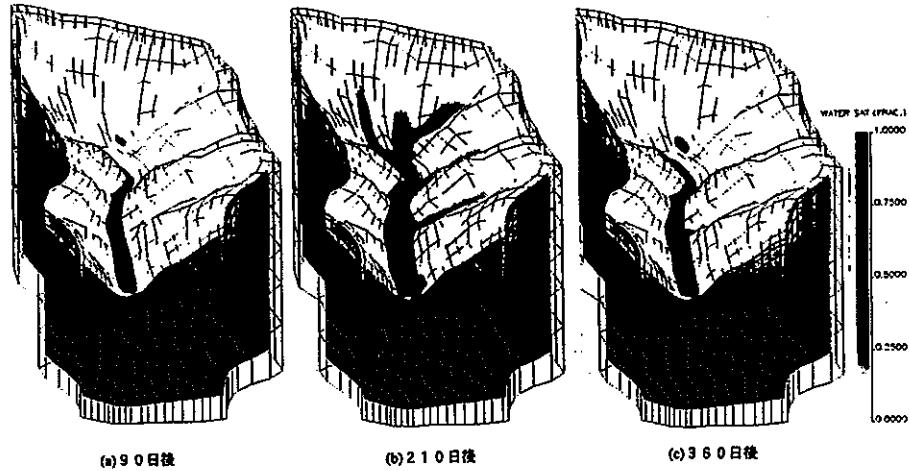


図-14 地表面の不浸透性を想定した場合の河川系形成過程の計算例

Fig.14 Result of an example calculation—schematic views of pattern of river and surface flow formed on impervious surface.

第 3.2-1 図 GEOFLOWS-V2 による地表面の不浸透性を想定した場合の河川系形成過程の計算例 (登坂ほか, 1996)

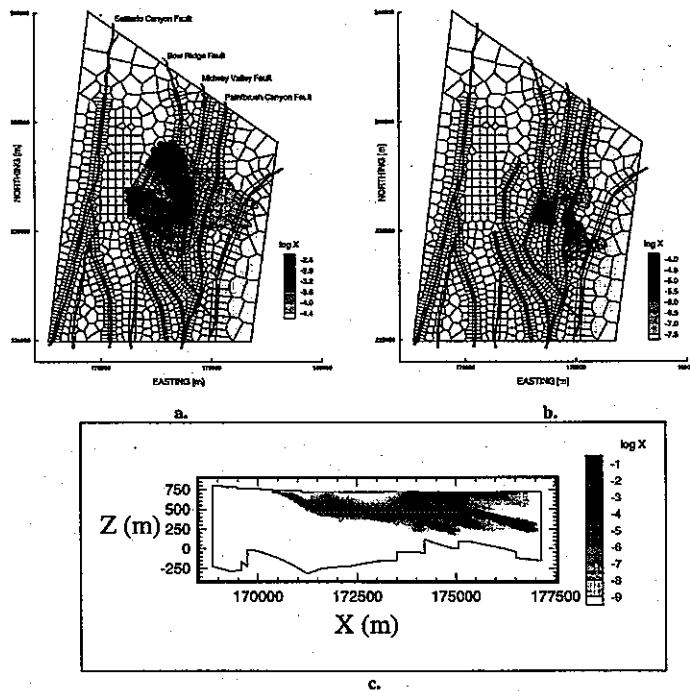
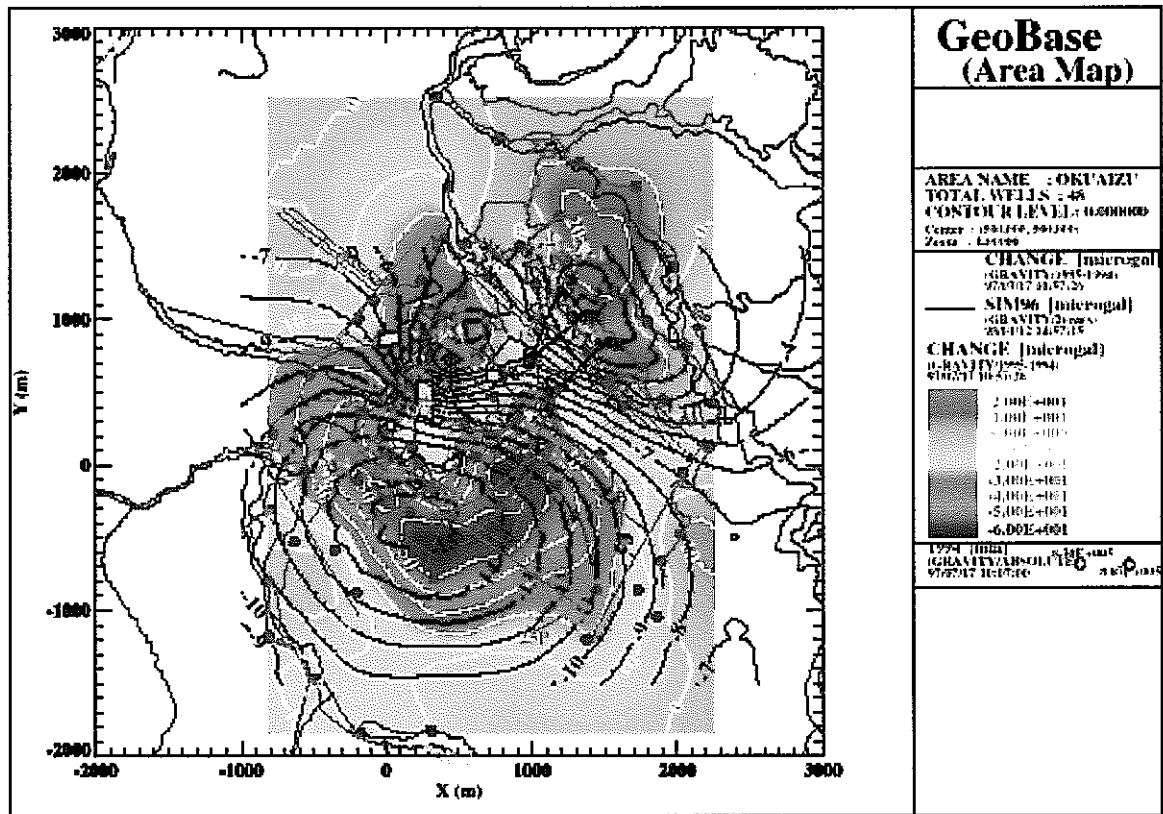


Figure 3. Log tracer mass fraction ($\log X$) at 5 yrs ($\phi = 2 \times 10^{-4}$), or 500 yrs ($\phi = 2 \times 10^{-2}$): a) in the middle Bullfrog Tuff; b) at the water table; c) along west-east cross-section at latitude 232000 m. The sources of tracer are shown in Figure 3a by the black circles.

第 3.2-2 図 TOUGH2 を用いたユッカ山 (米国ネバダ州) 地層処分試験場における断層の影響とトレーサ挙動の予測計算 (Cohen and Oldenburg, 1998)



第 3.2-3 図 地熱地域における微小重力観測によって求められた地熱発電所操業開始 1 年後の重力変化値（カラー&白色の等位線）と水理シミュレータ（TOUGH2）から計算された重力変化予測値（黒色の等位線）との比較 (osato, et al., 1998) : ●は、重力観測点（8 3 点）

3. 3 地下水の地球化学モデル

地下水の地球化学モデル、特に計算モデルに関する適用事例はほとんど認められなかった。これは、現状では地球化学モデルに関するモデル化に多くの研究の時間が割かれているためと考えられる。

大江ほか (1993[1]) では、高レベル放射性廃棄物の地層処分から数百年間に工学的バリアを通過して地下水が侵入して、核種の放出が開始されるまでの過渡的現象について、TOUGH (先出の TOUGH2 の前バージョン) 等と化学反応モデルを組み合わせて、緩衝材層が水分飽和に達する冠水時間と共に、同層内の間隙水中の化学的環境条件や処分場での水素発生量を求めている。このように、地球化学モデルないしは、地下水と廃棄物の接触による化学反応モデルと水理シミュレーションを組み合わせて解析する手法は、水の流れとともにその時生じる現象を解明する上で不可欠な手法であると言えるが、未だ、数値モデルの開発中で、このような組み合わせによる解析手法の確立は、地質環境のモデル化という観点から、今後の課題であるのではないかと考えられる。

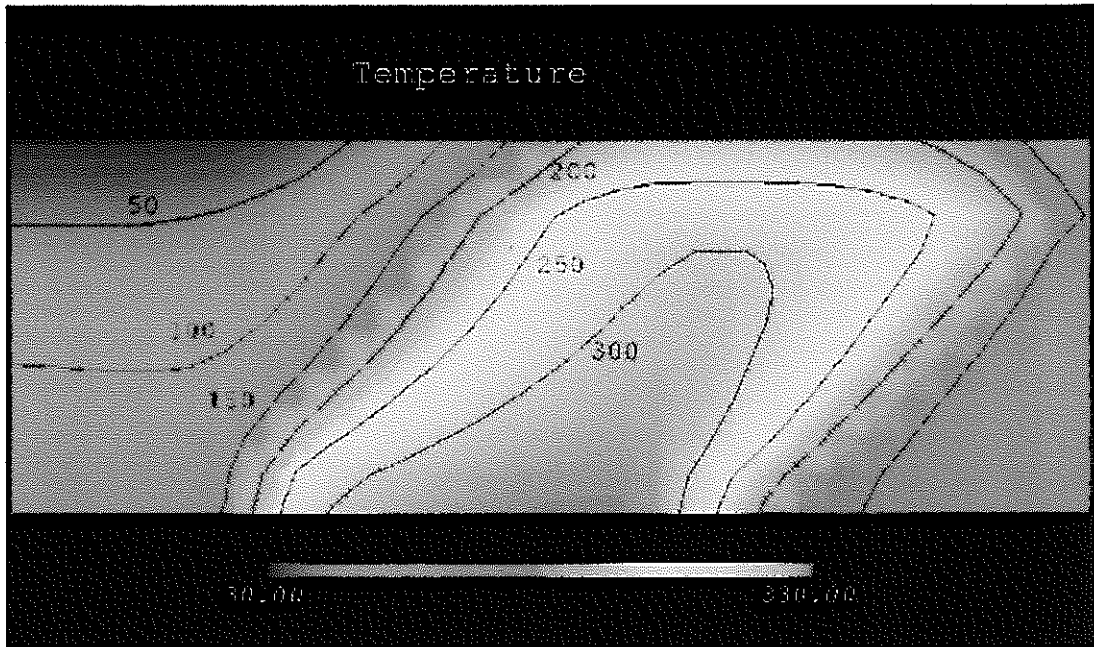
TOUGH2 のファミリーで、流体化学混合モデリングを含む貯留層シミュレータとして開発された CHEMTOUGH2 (White ほか 1996[2], 1997[3]ほか) は、貯留層内の地熱流体の化学特性を予測する貯留層シミュレータである。このモデルは、貯留層モデルを最適化する上で有効となる利点をいくつか持つ。地熱発電所では、一般的に生産流体の地化学性状の分析を定期的に行っているため、このシミュレータを用いることで、従来の温度・圧力・エンタルピーのみのデータに比べて、ヒストリーマッチングにおいてより多くの測定データを提供することが可能になり、それだけヒストリーマッチングの信頼性を向上できる。また、流体化学特性の変遷のモデル化は、貯留層の系外域との繋がりを判別する上でも有効な手法となりうる。また、酸硫酸塩泉 (acid-sulphate springs) や重炭酸塩水 (bicarbonate waters) の存在のような特殊な地表水の化学特性を予測することが可能である。また、貯留層化学特性をモデル化することによって、SPや比抵抗などのような他の物性値の諸特性の計算を行う場合の仮定的要因を減じることができる。貯留層の流体化学特性をモデル化した実例について、(Rotokawa 地区に基づいた) ニュージーランドの地熱地帯でモデル化されて、計算された温度、pH、硫酸塩イオン濃度の断面図を第 3.3-1~3 図に示した。この実例は、貯留層内の温度、圧力、および 13 種の化学種の濃度分布をモデル化したものである。流体化学特性を含む大規模な貯留層モデルの最初の実例は、Kissling et al. (1995[4]) によって公表されたものであり、それは Wairakei 貯留層における pH と他の流体化学特性変化を計算している。これは大規模な三次元貯留層モデルを用いたものであり、そのような貯留層モデルに流体化学特性を連成させることが可能であると考えられる。

以下に、本項の記載に使用した参考文献を記した。なお、これらの文献は、巻末の検索のキーワードから漏れたが、本文献調査の趣旨から有効と思われる文献に関して、別途調査したものである。

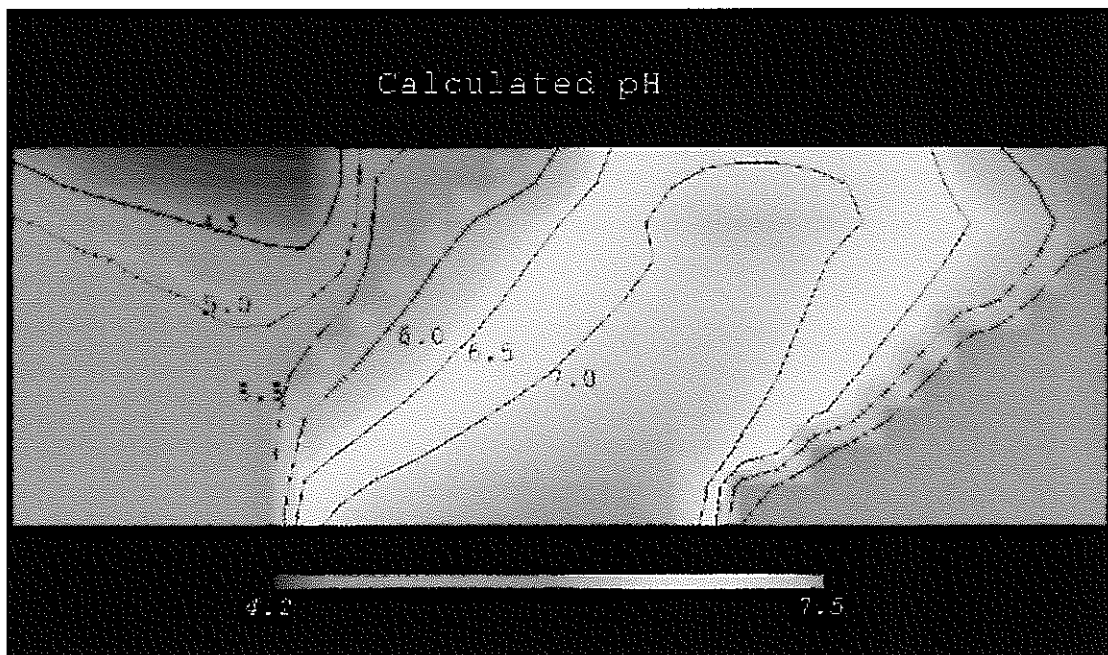
●参考文献

- [1] 大江俊昭, 塚本政樹, 池田孝夫, 千葉保, 菅野毅, 中山真一, 長崎晋也, AHN, J., “高レベル放射性廃棄物地層処分システムの初期過渡状態の解析”, 日本原子力学会誌, Vol. 35, No. 5, 420-437, 1993
- [2] White, S.P., Kissling, W.M., : Including chloride and CO₂ chemistry in large scale reservoir models. Proc. 18th New Zealand Geothermal Workshop 295-300., 1996.
- [3] White, S.P. : Including chemical transport and reaction in numerical reservoir models. In press Geoth. Res. Coun. Trans., 1997.

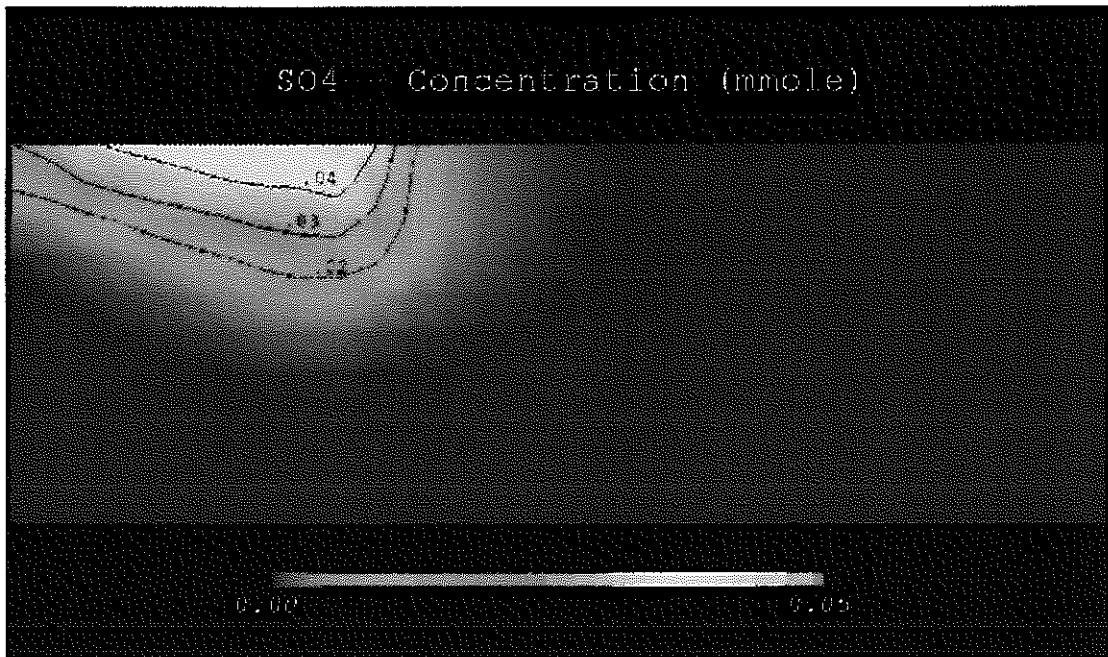
- [4] Kissling W.M., Brown, K.L., O'Sullivan, M.J., White, S.P., Bullivant, D.P. : Modelling Chloride and CO₂ Chemistry in the Wairakei Geothermal Reservoir, *Geothermics*, 25 285-306 (1996), 1996.



第 3.3-1 図： Rotokawa 地熱フィールドにおける温度断面図 (White, 1997)



第 3.3-2 図： Rotokawa 地熱フィールドにおける pH 計算値を示す断面図 (White, 1997)

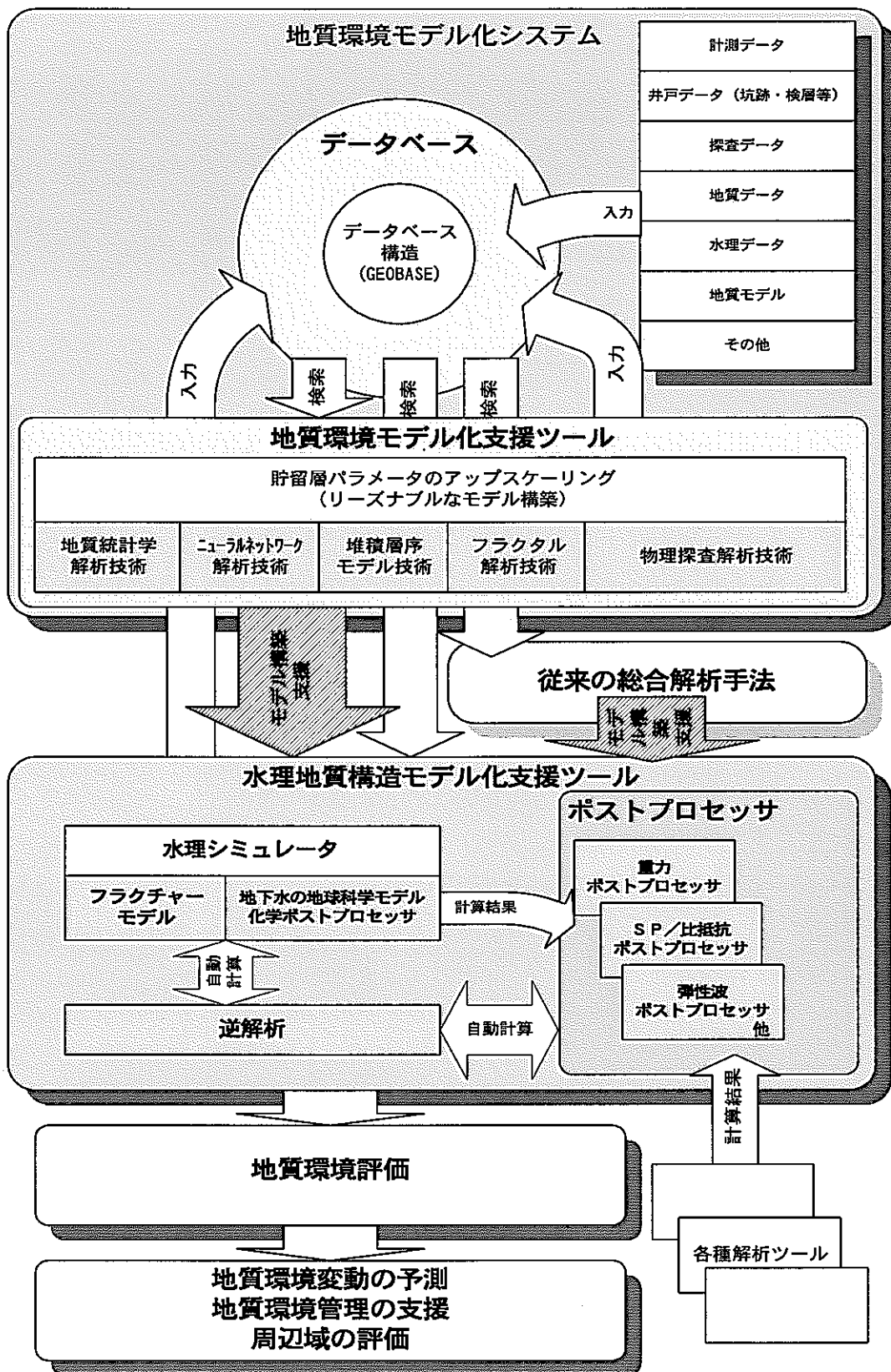


第 3.3-3 図: Rotokawa 地熱フィールドにおける硫酸塩イオン濃度計算値を示す断面図(White, 1997)

4. まとめ

文献調査により収集、整理した情報をもとに、総合的な地質環境モデル化手法に関する概念的なとりまとめを行った。文献調査の結果としては、ここで取り上げる基本的な方法は、個々の要素技術を積み重ねて、対象となる地質モデルをまとめ上げるという意味で、一般的な意味での地質総合解析の手法そのものに他ならない。しかしながら、膨大な情報量の中からいかに効率的に、精度よく総合的なモデルを構築するかという意味では、近年の計算機技術の発達に伴う様々な手法を利用できるようになりつつある。ここでは、文献調査により得られた情報を基に、計算機を利用したシステム化を達成するための概念モデルについてとりまとめて提示する。

第 4.1 図に、総合的な地質環境モデル化手法のシステム化に関するひとつの概念モデルを示した。ここでは、データベース (Geobase) による総合的なデータの数値情報化からスタートし、これらの数値情報からモデルを構築するための支援的ツール (ここでは、データベースを含めて「地質環境モデル化ツール」と名付けた) として、地質統計学解析・ニューラルネットワーク解析・堆積層序モデル・フラクタル解析・各種の物理探査解析技術等がある。これらを用いて、確かな情報から空間的に未知な部分を推定する手法 (アップスケール) により、モデルの空間的な拡張を図り、これをベースとして水理地質構造モデル (数値モデル) を構築する。次に、水理シミュレータによる時間的変動の数値解析を実施する。その計算結果として予測される物理的変動 (例えば、密度変化等) あるいは地球化学的変動に対して、物理探査手法を用いて、いわゆる「レーザーバージオフィジックス (貯留層物理探査)」として実際に観測されるような物理現象 (例えば、地下流体の変動に伴う重力・SP・弾性波速度等の変化) に置き換え計算を行うツール、あるいは、地表や地下で実際に求められる地球化学成分の変動に対して、これらを地下における様々な化学反応モデルに置き換え計算を行うツールがある。これらのツールは、総称してポストプロセッサと呼ばれる。これらのポストプロセッサと水理シミュレータを組み合わせ、地下の水理現象の時間的変動を解明することを支援するツール群 (ここでは、「水理地質モデル化支援ツール」と名付けた) を用いて、観測された物理現象や地球化学的現象と水理地質構造モデルを一対一で対応づけることによって、総合的に矛盾しない地質環境モデルの構築が可能になる。これらのツールを一元化して、計算結果と実測データとの整合性を常に計算機の画面上でフィードバックしながら精度の高いモデルを構築し、それを基にしてより精度の高い地質環境変動の長期的予測やモニタリングが可能になると考えられる。



第 4.1 図 総合的な地質環境モデルのシステム化に関する概念モデル

5. 文献検索結果

検索によって、収集された文献一覧を掲載誌別に以下に示した。

5. 1 地質構造モデル

物理探査を中心としたデータから、地下の3次元地質構造を構築する技術およびそれを用いたモデル構築の実例に関して分類し、整理した。

(1)

和文タイトル	岩盤亀裂群の計測とモデリング
英文タイトル	Field Investigation and Modeling of Rock Joints.
著者 (所属機関)	野口義文, 飯島章夫, 中村直昭 (日鉄鉱業); 小池克明, 金子勝比古 (熊本大工)
出典	資源と素材 VOL. 107, NO. 7 PAGE. 428 - 433 1991
概要	方位が異なる2本の水平坑道と種々の方位を有する複数のボーリング孔における亀裂群を一定の規準を設けて計測し、パーソナルコンピュータ上でデータベース化した結果と、それを用いて処理した広域的な亀裂群の分布特性の数例について述べる。亀裂の大きさや方向および個数についてスキャンライン法で評価した情報を用い、岩盤内の亀裂群のモデル化を行う。
キーワード	節理; 岩盤; 計測; 透水性; 異方性; データベース; 確率モデル; 方位角; モデリング; 密度; 亀裂; 分布; スキャンライン法

(2)

和文タイトル	亀裂岩盤のRQDとP波速度との関係に関する数値シミュレーション
英文タイトル	Numerical simulation on the relation between RQD and P wave velocity of rock mass.
著者 (所属機関)	渡辺俊樹, 佐々宏一 (京大 工)
出典	資源と素材 VOL. 106, NO. 6 PAGE. 331 - 335 1990
概要	亀裂を含む岩盤の数値モデルを作成し、数値シミュレーションによってRQD (岩石中の亀裂の頻度を表す指標) とP波伝搬速度との関係につき検討した。水または水で飽和した粘土や細砂などの充填物が充満した幅がmmオーダーの亀裂を対象としてモデル化し、亀裂の分布状態・数・幅がP波速度に与える影響、岩石物性の変化がP波速度に与える影響を明らかにした。
キーワード	亀裂; 岩盤; 指数; P波【弾性波】; 波動伝搬; シミュレーション; 岩石物性; 弾性波速度; RQD

(3)

和文タイトル	ダイラタンシー状態にある花こう岩への高圧水浸透に伴うP波速度変化から推定されるマイクロクラックの性状
英文タイトル	Characterization of microcracks estimated from P - wave velocity change caused by high - pressure water flow in dilatant granite.
著者 (所属機関)	西沢修, 増田幸治 (地質調査所)
出典	物理探査 VOL. 44, NO. 5 PAGE. 255 - 265 1991
概要	Masuda他(1990)はトモグラフィーによって標題の性状を明らかにしたが, 試料内各部分のデータ解釈が十分ではない。アコースティックエミッション活動の高い場所では破壊とともに流体の通路が形成される。その活動の低い場所では水の供給が十分でなく, 新たな破壊が生じると飽和されていない割れ目が発生し, 見かけのP波速度が遅くなることがある。
キーワード	ダイラタンシー; 花こう岩; 水圧破碎; 浸透水; P波【弾性波】; 弾性波速度; 多孔質体; 微小亀裂; アコースティックエミッション; 岩石破壊; 岩石物性; 地熱流体

(4)

和文タイトル	3次元高分解能地下イメージングのための電気および電磁探査法
英文タイトル	Electrical and EM Methods for High - Resolution Subsurface Imaging in 3 - D.
著者 (所属機関)	LEE K H, XIE G (Lawrence Berkeley National Lab., CA, USA); KIM H J (Pukyong National Univ., Pusan, KOR)
出典	物理探査 VOL. 51, NO. 2 PAGE. 109 - 116 1998
概要	本報では3次元の高分解能電気および電磁イメージングにおける最近の発展について紹介する。電磁法データのイメージングあるいはインバージョンの過程は不適切性を持つことから得られる解は非唯一性を示す。解に事前情報を取り込み非唯一性を減じるためには正則化手法が必要となる。電磁法のインバージョンの質および効率を左右する要素として1) データの質, 2) フォワードモデルの精度および計算効率, 3) 導電率のコントラストや不均質体の大きさといったモデルの複雑さ, 4) インバージョン/イメージングアルゴリズムの効率, および5) 使用する計算機の性能などが挙げられる。このうちデータの質はデータ取得時に使われる測定システムの仕様や性能に大きく依存することからここでは言及しない。関連資料の数が膨大なことから, 本報では3次元における電気および電磁問題のフォワードおよびインバースモデリングのみに焦点を当てる。(著者抄録)
キーワード	電気探査; 電磁法探査; 高分解能; 三次元; データ処理; 性能評価; 構造; 地殻構造; 地下構造

(5)

和文タイトル	平滑化制約付き弾性波トモグラフィによる微細構造検出の試み 湯坪地熱地域における適用例
英文タイトル	Enhancement of detailed structure by smooth constraint seismic tomography inversion—A case study at Yutsubo geothermal area.
著者 (所属機関)	横田俊之, 松島潤, 宮崎光旗 (地質調査所); 六川修一 (東大 工); 芦田譲 (京大 工)
出典	物理探査 VOL. 50, NO. 1 PAGE. 55 - 66 1997
概要	地熱帯の岩石の物理的性質を精度よく解釈するため高分解能のP波及びS波坑井間トモグラム作成手法の開発研究をした。この手法では, 1) 偏向フィルタによるS波抽出, 2) ABC最小化法による平滑化制限付きトモグラフィインバージョン, 3) チェッカーボードレゾリューションによるトモグラムの分解能の評価法などの方法を採用した。この手法を大分県湯坪地熱帯で取得した資料に応用し, 高分解能のP波及びS波トモグラムが得られたことを示した。得られた結果は付近の地質と一致していることから, このP波及びS波分布の信頼度は高いと考えた。
キーワード	地震探査; 坑井; P波【弾性波】; S波【弾性波】; 微細構造; 地震波速度; 速度分布; 分解能; 解析; 逆問題; 地熱地帯; データ解析; トモグラフィ; 地震トモグラフィ; 坑井間トモグラフィ

(6)

和文タイトル	釜石鉱山における地表 - 坑道間・比抵抗トモグラフィ
英文タイトル	Surface - to - Tunnel Resistivity Tomography at the Kamaishi Mine.
著者 (所属機関)	SASAKI Y (Kyushu Univ. Fukuoka, JPN); MATSUO K (Nittetsu Mining Consultants, Co., Ltd., Tokyo, JPN)
出典	物理探査 VOL. 46, NO. 2 PAGE. 128 - 134 1993
概要	地表測線とその同一鉛直面内で深度82~127mにある水平坑道の間で比抵抗測定を行った。解析には有限要素法と反復最小2乗法に基づく佐々木(1989)の2次元インバージョン法を拡張して用いた。結果の比抵抗断面を同じ測線による地表及び坑道内CSAMT見掛比抵抗疑似断面と比較し, 更に比抵抗分布と地質並びに銅鉱体及び黄銅鉱染帯との関係を考察した。
キーワード	岩手; 銅鉱山; 銅鉱床; 比抵抗法探査; トモグラフィ; 逆問題; データ解析; 鉱床探査; 比抵抗トモグラフィ

(7)

和文タイトル	地下水流動に伴う自然電位異常に対する地形の効果 数値モデリングによるアプローチ
英文タイトル	Topographic effects on SP anomaly caused by subsurface fluid flow. Numerical approach.
著者 (所属機関)	安川香澄 (地質調査所); 茂木透 (九大 工)
出典	物理探査 VOL. 51, NO. 1 PAGE. 17 - 26 1998
概要	地下に発生する流動電位による地表の自然電位 (SP) 分布の異常の観測に関連して、地形と物性分布が地表のSPに与える影響を数値シミュレートした。その結果、強制的に圧力ソースを負荷する従来の方法では再現できない電流ソースの分布の様子が明らかとなった。地形効果と不均質構造による効果との組合せで生じるSP異常は二つの効果の線形な重ね合わせの形にはならないことが分かった。SPの実測データと計算結果とが一致しなければ、既存の各種データに矛盾しない範囲で水理構造モデルを調整し、モデルを改善していく必要があることを示した。
キーワード	自然電位法探査; 地下水流動; 流動電位; 地形効果; 数値計算; 計算機シミュレーション; 自然電位異常

(8)

和文タイトル	電気探査法による地下水モニタリング
英文タイトル	Environmental Geophysics - Geophysical Solutions to Near Surface and Environmental Problems. Monitoring of Ground Water Aquifer by Electrical Prospecting.
著者 (所属機関)	牛島恵輔 (九大 工)
出典	物理探査 VOL. 50, NO. 6 PAGE. 632 - 642 1997
概要	地下水の自然生態系との調和を実現する循環システムの構築には、地下水の挙動を地表の物理探査により的確に把握するモニタリング技術が必要である。この論文では地下水の塩水化状態をマクロに診断するための長期モニタリングの電気探査法、及び海岸平野部の塩水化の実体を迅速に調査するための精密電気探査法について述べた。更に、地下浸透流の挙動をパソコンを用いた自動計測によりリアルタイムに可視化する流動電位法を示した。これらから、地下滞水層の長期と短期双方のモニタリングに垂直電気探査法が極めて効果的であることが分かった。
キーワード	電気探査; 地下水流動; 監視; 塩水くさび; 滞水層; 浸透流; 経時変化; 流動電位法; VES法

(9)

和文タイトル	物理探査を用いた地下水・塩類土壌の探査技術
英文タイトル	Environmental Geophysics - Geophysical Solutions to Near Surface and Environmental Problems. Geotechnology for groundwater and salinisation soil using geophysical prospecting.
著者 (所属機関)	千葉昭彦 (住友金属鉱山); 今泉真之, 竹内陸雄 (農工研)
出典	物理探査 VOL. 50, NO. 6 PAGE. 615 - 631 1997
概要	地下水は水資源として利用されるが、地すべりや漏水などの障害を起こし、また土壌の塩類化は農地砂漠化や水資源塩水化により食料生産を阻害するので標題について調べた。その探査手法としては電気探査比抵抗法が最もよく使用されるが、垂直探査から高密度水平探査、トモグラフィへと多様性を増してきた。次いで γ 線放射能探査が用いられ、さらに弾性波、重力、磁気及び地温探査も試みられている。滞水層の特定には各種物理検層が用いられ、複数の物理探査手法を組織的に用いた事例が認められるようになった。土壌の塩類化対策には塩分濃度をモニタリングする必要があり、そのための電気探査や電磁探査法が開発されてきた。
キーワード	物理探査; 地下水; 塩類土; 滞水層; 地下水流動; 数値計算; 計算機シミュレーション

(10)

和文タイトル	物理探査法の地質工学への適用 (その3) 硬質岩盤の透水性評価への適用例
英文タイトル	Application of Geophysical Prospecting to Geological Engineering (III). Application to Estimation of the Permeability of Hard Rocks.
著者 (所属機関)	鈴木浩一 (電力中研)
出典	物理探査 VOL. 51, NO. 1 PAGE. 83 - 95 1998
概要	構造物の施工段階で問題となるのは、硬質岩盤中の軟質化した劣化部、あるいは高透水性箇所である。これに関連して現場で実施した比抵抗法やトモグラフィ法の適用事例を紹介した。神岡鉱山やダム地点での事例のように、比抵抗溶液注入箇所からの距離が短くて割れ目内への拡散があまりない場合には、地下水の浸透経路を把握することは可能であった。しかし、高温岩体実験場での循環実験中の比抵抗探査の事例のように、深度1000m級の規模での地下水挙動を地表面から計測することは困難であると考えた。
キーワード	電気探査; 地質工学; 硬質; 岩盤; 高温岩体; ダム基礎; 地下水流動; 原位置試験;; 事例研究; 数値計算; 計算機シミュレーション

(11)

和文タイトル	物理探査法の地質工学への適用 (その2) 地下水流動モニタリングへの適用例
英文タイトル	Application of Geophysical Prospecting to Geological Engineering (II). Application to Monitoring the Flow of Underground Water.
著者 (所属機関)	鈴木浩一 (電力中研)
出典	物理探査 VOL. 50, NO. 5 PAGE. 497 - 505 1997
概要	岩盤内の地下水の流れは透水性の高い領域に集中し、その流れを可視化するには活断層調査よりも規模の細かい地質構造把握調査が必要であるので標題事例について紹介した。比抵抗トモグラフィ法による地下水位のモニタリングの適用性を調べるため、模型地盤による室内実験と実際の軟質岩盤の傾斜地点での集中豪雨時のモニタリング観測を行った。これにより地下水の流れを把握できる可能性があることが分かった。一方、硬質岩盤の傾斜地点でも同様な観測を試みたが、ボーリング孔内で確認された地下水面に明瞭な比抵抗境界は認められず、また有意な比抵抗変化も計測できなかった。
キーワード	比抵抗法探査; 地下水流動; 監視; 実証実験; 原位置試験; 岩盤; 硬質; 軟弱地盤; 集中豪雨; 比抵抗法トモグラフィ

(12)

和文タイトル	現地調査による異方トモグラフィの適用性に関する研究
英文タイトル	Field Experimental Study on the Applicability of Anisotropic Seismic Tomography.
著者 (所属機関)	KAWAKAMI J, IMAI H (Taisei Corp, Yokohama, JPN); KUBO S (Unitec Corp., Kawasaki, JPN)
出典	物理探査 VOL. 48, NO. 2 PAGE. 73 - 84 1995
概要	地震波の異方性も扱えるトモグラフィ解析アルゴリズムを開発し、ほぼ均質であるが方向の卓越した亀裂の存在する花こう岩採石場でこれを試験した。その結果、在来手法では出るゴースト的縞状分布もなく、異方性の方向はコア測定結果や現地の亀裂卓越方向と一致し、新手法の有効性が確かめられた。また、発振点と受振点の配置の影響も検討した結果、測定点配置が制限されていても異方解析は部分的に適用可能なことも分かった。
キーワード	地震探査; 地震波速度; 異方性; 亀裂; 現地調査; 計算機アルゴリズム; トモグラフィ; 地震トモグラフィ

(13)

和文タイトル	音波検層波形シミュレーションによるフラクチャー開口幅の推定
英文タイトル	Estimation of fracture aperture using synthetic acoustic log.
著者 (所属機関)	菊地恒夫 (地質調査所)
出典	物理探査 VOL. 43, NO. 1 PAGE. 34 - 49 1990
概要	Stephen (1985) の計算手法に基づいてプログラムを作成し、フラクチャーの開口幅を変えた場合の弾性波の伝搬状況を差分法により吟味した。フラクチャーを通過した Stoneley 波の振幅は、フラクチャーの開口幅に逆比例し、簡単な式で表示でき、フラクチャーの位置が既知の場合には開口幅を定量的に推定することが可能であった。
キーワード	地熱開発; 坑井試験; 音波検層; シミュレーション; 亀裂; 開口部; 幅; 水圧破碎; 差分法; 定量分析

(14)

和文タイトル	透過弾性波による岩盤内亀裂計測
英文タイトル	A Measurement of Crack in Rock using Transmitted Elastic Wave.
著者 (所属機関)	富島康夫 (資源環境技総研)
出典	物理探査学会学術講演会講演論文集 VOL. 97th, 秋季 PAGE. 104 - 106 1997
概要	亀裂の先端で回折した P 波は発受振点の位置関係によって位相が逆転する性質がある。そこで、平行な自由表面を持つ岩盤を挟んで発振点と受振点を移動させながら透過 P 波を測定するとその初動極性が変化する点が出る。この初動極性の変化を使って、平行な自由表面を持つ岩盤内の亀裂位置決定法を検討した。この測定法によれば、周波数に依存せず高精度で亀裂位置が決定でき、亀裂の監視や伸展速度測定にも応用可能と考えた。
キーワード	地震探査; P 波【弾性波】; 透過; 回折; 極性; 逆転; 亀裂; 位置決め; 数値計算; 計算機シミュレーション

(15)

和文タイトル	ニューラルネットワークを用いた貯留層特性解析
英文タイトル	Reservoir Characterization using Artificial Neural Network.
著者 (所属機関)	島田伸介, 小沢岳史 (石油公団); 西川宜孝, 谷亜輝紅 (富士総合研)
出典	物理探査学会学術講演会講演論文集 VOL. 96th, 春季 PAGE. 145 - 148 1997
概要	ニューラルネットワークを用いて検層データからの坑跡にそった孔隙率及び浸透率の予測を行った。更に、密度検層及び音波検層から求められた合成地震記象から、貯留層特性を予測する可能性を確認した上で、実油田に対して取得された 3 次元地震探査データを用いて、貯留層における空間的な孔隙率及び浸透率の予測を試みた。現状では、予測精度の評価を行う段階には到っていないが、更なる試行錯誤に基づく特性マッピングの最適化を行うことにより、複雑な手順を踏まずに高精度な貯留層特性の空間分布を導出する手法が開発できると考えられる。
キーワード	神経回路網; 石油貯留層; 炭酸塩岩; 浸透率; 間隙率; 理論地震記象; 試錐コア; 検層; 貯留層特性

(16)

和文タイトル	地上・孔内・空中電磁法の3次元モデリング
英文タイトル	3 - D modeling of surface, borehole, and airborne EM methods.
著者 (所属機関)	佐々木裕 (九大 工)
出典	物理探査学会学術講演会講演論文集 VOL. 97th, 秋季 PAGE. 183 - 187 1997
概要	差分法及び有限要素法を用いた三次元モデリング法を、地上電磁法、ボーリング孔を利用した電磁法、空中電磁法のシミュレーションに適用し、これまでに発表されている計算結果とよく一致することを確認した。差分法の計算時間は大型計算機で数分程度である。差分法と有限要素法を比較すると、有限要素法は係数数列の1行あたりの非零成分が差分法の場合よりかなり多いため、計算時間、使用メモリともに2～3倍程度多くなる。
キーワード	電磁法探査; 電気検層; 空中探査; シミュレーションモデル; 計算機シミュレーション; 差分法; 有限要素法; 三次元

(17)

和文タイトル	連続重力測定による地熱活動のモニタリング
英文タイトル	Continuous Gravity Monitoring of Geothermal Activity.
著者 (所属機関)	杉原光彦 (地質調査所)
出典	物理探査学会学術講演会講演論文集 VOL. 96th, 春季 PAGE. 321 - 323 1997
概要	地熱地帯での重力の時間変化には様々な周期の現象が重なり地熱活動の影響の抽出が困難な場合が多いが重力連続測定はこの問題に対する一解決策になると考えた。この観点からScintrex社の自動重力計CG-3Mを使いニュージーランドの地熱地帯で連続重力測定を行った。その結果、重力計の傾きは重力測定値の補正の目的以外に地下の圧力源による地盤変動を評価するデータとしても有用であることが分かった。地球潮汐モデルによる推定変動と実測値との差が0.01mgal以上もあったが、連続測定により海洋潮汐の影響の補正が可能になった。地熱貯留層内や浅層地下水に起因する周期の短い重力変動自体が検出できる可能性を示した。
キーワード	重力測定; 連続計測; 地熱地帯; 熱水貯留層; 短周期; 経時変化; 監視

(18)

和文タイトル	自然電位法による地下水探査
英文タイトル	Groundwater exploration by self - potential method.
著者 (所属機関)	大成郁生, 入江彰二郎 (九大 大学院); 水永秀樹, 牛島恵輔 (九大 工)
出典	物理探査学会学術講演会講演論文集 VOL. 96th, 春季 PAGE. 296 - 300 1997
概要	福岡市幸の神湧水源の周辺で格子点に配置した30の電極で自然電位分布の経時変化を測定し、地下水挙動を推定した。次に風化花こう岩、石英及び砂れきをそれぞれ詰めた塩化ビニルパイプに一定流量の水を通し、両端電極の電位差の経時変化を測定した。この結果により三次元モデルを作成し、差分法による数値実験を行って実測自然電位分布と比較した。
キーワード	自然電位法探査; 地下水; 探査; 流動電位; 現場試験; 数値計算; 計算機シミュレーション

(19)

和文タイトル	VEP法電気探査による地下亀裂面の評価
英文タイトル	Fracture Evaluation by Vertical Electric Profiling.
著者 (所属機関)	牛島恵輔, 水永秀樹 (九大 工); 海江田秀志, 堀義直 (電力中研)
出典	日本地熱学会誌 VOL. 14, NO. 1 PAGE. 13 - 28 1992
概要	地下亀裂面の進展を評価する方法としてVertical Electric Profiling法を提案し, 水圧破碎坑井のケーシングパイプを線電極として利用することにより水圧破碎実験時の地下亀裂面の評価を試みた。VEP法は調査井を用いた新規地点のレザーバ評価のみならず, すでに稼働中の地熱発電所においてレザーバジオフィジクスの手法として応用できる。
キーワード	比抵抗法探査; 亀裂; 水圧破碎; 坑井; 亀裂伝搬; 電極; 屋外試験; 模型試験; データ処理; 水槽試験; VEP法; VEP3D; VEP (FFT) 法

(20)

和文タイトル	比抵抗構造から解釈される地熱貯留構造について 仙岩地熱地域を例にして
英文タイトル	Reservoir structure of the Sengan geothermal field interpreted from the resistivity data.
著者 (所属機関)	内田利弘 (地質調査所)
出典	日本地熱学会誌 VOL. 12, NO. 1 PAGE. 1 - 21 1990
概要	仙岩地域北部の比抵抗調査と坑井調査などのデータを考察した。同地域の貯留層構造において, キャップロックは10 Ωm以下の低比抵抗であり, フラクチャに富む熱水対流部は相対的に高比抵抗である。ただし, 個々のフラクチャはパルス状の低比抵抗異常を示す。地層の比抵抗は孔隙率や岩相にも左右されるが, 主に変質鉱物 (特に膨潤性粘土鉱物) の含有量による。
キーワード	秋田; 熱水貯留層; 電気抵抗率; 試錐調査; 比抵抗法探査; 地質調査; 孔隙率; 岩相; 粘土鉱物; 熱水変質作用; 依存性; 地熱地帯

(21)

和文タイトル	自然電位観測データに基づく湧蓋山付近の熱水流動系モデル
英文タイトル	Hydrothermal System Model around the Waita Volcano Based on a Self-potential Survey.
著者 (所属機関)	安川香澄 (地質調査所); 茂木透, 江原幸雄 (九大 工); 川平雅子 (九大 大学院)
出典	日本地熱学会誌 VOL. 20, NO. 3 PAGE. 169 - 183 1998
概要	比較的正確な比抵抗構造が把握されている標記地域について、SPプロファイルの測定値に基づいて地下の流動系に関する検討を行った。数値モデリングの結果、地形によってできる流動系だけでは山の中腹部での負のピークを説明できないことから、山頂付近の直下に棒状の高浸透率部が存在する可能性が高いことが示された。SP分布と熱水流動系の関係を検証した。
キーワード	自然電位法探査; 流体流; 電位; 浸透率; 熱水系; デジタルシミュレーション; シミュレーションモデル; 熊本; 火山岩; 湧蓋山

(22)

和文タイトル	自然電位データに基づいた青ヶ島火山の地熱系シミュレーション
英文タイトル	Numerical Simulation of Hydrothermal System in Aogashima Volcano Based upon Self - potential Data.
著者 (所属機関)	西祐司, 石戸経士, 松島喜雄 (地質調査所)
出典	日本地熱学会誌 VOL. 20, NO. 2 PAGE. 139 - 153 1998
概要	伊豆・小笠原火山弧の標記火山において、池の沢火口を中心に自然電位調査を実施し、熱水流動シミュレータとそのポストプロセッサにより熱水対流を考慮した自然電位の解析を行った。解析結果から、同火山の地熱モデルを作成した。火山体浅部は比較的大きな浸透率をもち、天水起源の淡水レンズは海水準よりあまり盛り上がりならず、島の下部には海水が浸透しているものと考えられる。
キーワード	火山島; 島弧; 熱水系; 電位分布; 溶岩円頂丘; クレータ; 火山; デジタルシミュレーション; 自然電位法探査; 火山弧; 伊豆・小笠原火山弧; 青ヶ島火山

(23)

和文タイトル	カムチャッカ半島ムトノフスキーでの地熱井周辺の自然電位モニタリング
英文タイトル	Self - potential Monitoring around Wells in Mutnovsky Geothermal Field, Kamchatka.
著者 (所属機関)	松島喜雄, 当舎利行, 石戸経士 (地質調査所); DELEMEN I, KIRYUKHIN A (Far East Branch Russia Acad. Sci., Petropavlovsk - Kamchatsky, RUS)
出典	日本地熱学会誌 VOL. 19, NO. 3 PAGE. 157 - 164 1997
概要	多孔質媒質中の熱水の流動にカップルした流動電流による自然電位発生モデルによって、坑井からの噴気噴出に伴った自然電位の変動を解析した。観測された80mVの自然電位変化量を説明するには、貯留層での流れが気液2相状態であっても流動電流は液単相に近い状態で生じていたことが示唆される。貯留層流体の塩分濃度、電気伝導度との関係も考察した。
キーワード	流動電位; 地熱井; 多孔質中の流れ; 熱水貯留層; 気液二相流; カムチャッカ; 地熱流体; 自然電位法探査

(24)

タイトル	電力土木業務のシステム化 物理探査法による地下水のモニタリング
著者 (所属機関)	鈴木浩一 (電力中研)
出典	電力土木 NO. 268 PAGE. 70 - 77 1997
概要	比抵抗トモグラフィ法による地下水位のモニタリングの適用性を検討するため、砂およびレンガを使用した模型地盤による室内実験、および実際の軟質岩盤の斜面地点での集中豪雨時のモニタリング観測を行った。その結果、間隙の大きい未固結の第四紀層や風化の強い軟質岩盤では、地下水位面を明瞭な比抵抗境界として測定することができ、地下水の流動を把握できる可能性があることが明らかとなった。一方、地下水の流動が亀裂を主体とするような間隙の小さい硬質岩盤においては、岩盤中の地下水位面が不明瞭であるものと考えられ、比抵抗境界としてとらえることは困難であることがわかった。(著者抄録)
キーワード	地下水; 監視; 物理探査; 地下水位; 岩盤斜面; 集中豪雨; 比抵抗法探査; トモグラフィ

(25)

タイトル	電力土木業務のシステム化 ニューラルネットワークを用いた物理探査解析手法
著者 (所属機関)	小田義也, 阿部信太郎 (電力中研)
出典	電力土木 NO. 268 PAGE. 64 - 69 1997
概要	昨今の環境問題への関心と相まって土木分野における物理探査の重要性は年々高まり、より迅速、かつより高精度な解析結果が求められている。反射法地震探査は、探査深度や分解能の良さから最も有力な物理探査法の一つである。反射法地震探査のデータ処理はいかに精度良く地下をイメージするかという視点に基づき、S/N比と分解能の向上を目的としている。この目的実現のために大きく貢献しているのが急速に発展している情報処理技術である。スーパーコンピュータやワークステーションなどの導入により、データ処理の高速化、自動化が行われてきた。反射法における速度解析は地質構造やその物性値をイメージする上で最も重要な処理である。従来速度解析における速度の読み取りは計算機の支援を受けて解析者が経験を基に手動で行っている。しかし、近年は各種の自動読み取り方法が提案されている。そこで本研究では、近年注目されているニューラルネットワークによる情報処理を応用し、速度解析の自動化を試みた。(著者抄録)
キーワード	物理探査; 神経回路網; 地震記象; 地層; データ解析

(26)

タイトル	ジオトモグラフィーの既設ダム基礎岩盤調査への適用
著者 (所属機関)	鈴木浩一 (電力中研 我孫子研)
出典	電力土木 NO. 241 PAGE. 31 - 40 1992
概要	標記の目的で比抵抗、弾性波及び電磁波の各トモグラフィー法を用いて5箇所の既設ダムサイトを対象にケーススタディを行った。その結果、本手法が破碎帯の位置の把握など、既設ダム基礎岩盤調査に有効であることが判明した。
キーワード	物理探査; トモグラフィー; ダム基礎; 岩盤試験; 電気抵抗率; 弾性波; 電磁波; ダム地点; 弾性波速度; 破碎帯; ポアホール; ジオトモグラフィー; 比抵抗

(27)

タイトル	断層の活動性評価 活断層調査の現状と研究例
著者 (所属機関)	井上大栄 (電力中研)
出典	電力土木 NO. 236 PAGE. 8 - 17 1992
概要	活断層を中心としたネオテクトニクス研究および原子力発電所の耐震設計のための調査について述べた。断層の活動度を示す指標として、平均変位速度という考え方が提案されている。第四紀層に覆われた断層を地表から調べる方法としては、地化学調査法、地磁気地電流法、高密度電気探査法、反射法、屈折法、ラジオトモグラフィ法などがある。ポアホールテレビジョン調査により、断層の走向・傾斜などを明らかにする。
キーワード	原子力発電; 耐震設計; 活断層; 土木地質調査; 断層; 電気探査; 立地条件

(28)

和文タイトル	最近の地下水調査方法と計測技術 (4) 1. 帯水層の分布調査 探査法
英文タイトル	Recent Techniques of Groundwater Investigation (4). 1. Investigation of aquifer using electromagnetic tomography.
著者 (所属機関)	山井忠世 (アジア航測)
出典	地下水学会誌 VOL. 35, NO. 2 PAGE. 123 - 130 1993
概要	標記の探査法について従来法の概観を行った上で、近年注目されつつあるジオトモグラフィでの弾性波、電磁波、比抵抗の手法と地下構造特性との関連をそれぞれの長所や問題点、開発の展望などとともに述べた。比抵抗トモグラフィ、比抵抗 映像法それぞれに関して、測定法、解析法、調査適用例を解析図とともに紹介した。
キーワード	地下水; 帯水層; 比抵抗法探査; 電磁法探査; 地震探査; トモグラフィ; トレーサ法; 逆問題; ジオトモグラフィ

(29)

和文タイトル	最近の地下水調査方法と計測技術 リモートセンシングと地理情報システムの地下水調査への応用
英文タイトル	Recent Techniques of Groundwater Investigation. Applications of Remote Sensing and Geographic Information System to Groundwater Investigation.
著者 (所属機関)	近藤昭彦 (東京都大 理)
出典	地下水学会誌 VOL. 35, NO. 1 PAGE. 37 - 52 1993
概要	人工衛星によるリモートセンシングデータとデジタル地理情報を対象としてその原理と利用できる人工衛星データを説明した。地下水調査に役立つデータの解析方法をリニアメント、地形、植生と土壌等の項目別に概説し、続いて日本におけるラスタ型地理情報の整備状況、地理情報システムの一般的利用法として適地選定などについて詳しく述べた。
キーワード	地下水; 水文調査; 人工衛星; リモートセンシング; 地理情報システム; 反射率; 反射スペクトル; 構造線; 地形; 植生; 土壌含水量; 積雪; 地表面

(30)

和文タイトル	地震探査記録を利用した地球統計学解析における不確定性
英文タイトル	Uncertainty in the geostatistical analysis using seismic data.
著者 (所属機関)	吉岡克平, 島田伸介 (石油公団 石油開技セ); 松岡俊文 (石油資源開発)
出典	石油技術協会誌 VOL. 63, NO. 2 PAGE. 165 - 177 1998
概要	三次元地震探査データは貯留層全域に亘って均一にデータ収集がなされるため、空間的な貯留層の性状の変化が得られる。坑井から得た貯留層データとの相関を用いれば不確定性を減らすことができる。地球統計学のコクリギング法とクリギング法の各評価値と実測値の比較を2油田について実施した。一般にはコクリギング法による方が実測値との誤差が小さかった。しかし、既知データが乏しい場合には、相関関係を誤って評価してしまい、実測値との開きが大きいケースがあることが分かった。
キーワード	地震探査; データ収集; 貯留層特性; 相関; 不確実性; 統計的推定; 油層評価; 油田; 内挿法; クリギング

(31)

和文タイトル	炭酸塩岩貯留岩の特性評価 地震探査データと坑井データによるケーススタディー
英文タイトル	Evaluation of a carbonate reservoir. A case study by using seismic data and well data.
著者 (所属機関)	榎本美津郎 (出光石油開発)
出典	石油技術協会誌 VOL. 58, NO. 1 PAGE. 50 - 57 1993
概要	ミャンマーのアッタマ湾の3DA構造のガス貯留岩評価の事例として、地震探査データと坑井データを組合せた評価結果を述べた。本研究では、3D地震探査データや速度探層データもなかったが、ガス層が広く厚く分布していたため、使用データの品質が良く、その結果評価内容は構造図作成だけでなく、AVO解析や孔隙率計算など貯留岩特性の検討まで行うことができた。
キーワード	炭酸塩岩; 貯留岩; 間隙率; 坑井データ; ガス層; 地震探査; 油層評価; ミャンマー

(32)

和文タイトル	3D震探解釈の一事例—オーストラリア・チモール海, Talbot油田
英文タイトル	An example of 3D seismic interpretation of Talbot Field in the Timor Sea, Australia.
著者 (所属機関)	立石猛雄 (出光石油開発); 松田文彰 (出光東マレーシア石油開発)
出典	石油技術協会誌 VOL. 58, NO. 1 PAGE. 28 - 39 1993
概要	AC/P12 鉱区では1989年3D地震探査データによりTalbot構造を試掘した結果, 油・ガスが発見された。出光石油開発(株)はTalbot油田の構造と埋蔵量評価のため, 試掘後に地震探査解釈用ワークステーションを用いて, 3D地震探査データの構造解釈及び岩相推定を行った。AC/P12 鉱区の地質概要, Talbot油田の概要, 探鉱経緯, Talbot-1号井掘削後の構造解釈, Talbot-2号井掘削後の構造解釈を詳述する。
キーワード	地震探査; 海底油田; オーストラリア; 油層; 断層; 埋蔵量; 計算機利用; Talbot油田

(33)

和文タイトル	余目油田におけるレザバー・キャラクタライゼーション その2
英文タイトル	Reservoir characterization in the Amarume oil field (II).
著者 (所属機関)	仙石雄三, 倉沢由和 (石油公団); 中川洋 (日本オイルエンジニアリング)
出典	石油技術協会誌 VOL. 58, NO. 1 PAGE. 78 - 91 1993
概要	石油公団石油開発技術センターの大型研究「油層構造物理探査技術の開発」では, 山形県余目油田において種々の物理探査データを取得し, 同油田貯留岩の構造・形態及び分布を把握し, 更に孔隙率など貯留岩特性を推定する研究を行ってきた。本報は, 研究のとりまとめとして3D地震探査データのインバージョン処理により得られた音響インピーダンスから貯留岩の孔隙率を推定し, その手法, 結果を報告した。
キーワード	地震探査; 間隙率; 音響インピーダンス; 貯留岩; 坑井データ; P波【弾性波】; 弾性波速度; 油田; 山形; 余目油田

(34)

和文タイトル	余目油田におけるレザバーキャラクタライゼーション (その1)
英文タイトル	Reservoir Characterization in the Amarume Oil Field (I).
著者 (所属機関)	仙石雄三, 須田茂幸 (石油公団); 江坂照也 (地球科学総合研)
出典	石油技術協会誌 VOL. 57, NO. 3 PAGE. 223 - 234 1992
概要	余目(あまるめ)油田における3次元地震探査および坑井間地震探査技術を中心としたレザバーキャラクタライゼーションの現況について報告する。音響インピーダンス・インバージョン処理により層厚5-20mの連続性が乏しいレンズ状砂岩貯留岩の空間的な分布を推定することができ, その分布は周辺坑井データと矛盾のない結果を示した。
キーワード	地震探査; P波【弾性波】; S波【弾性波】; 坑井; 砂岩; 間隙率; 油田開発; 山形; 音響インピーダンス; 層厚; 貯留岩

(35)

和文タイトル	3次元地震探査データ, VSPデータ及び坑井間物理探査データを使ったリザーバー・キャラクタライゼーションについて
英文タイトル	Reservoir chracterization using 3 - D seismic data, VSP data and crosswell seismic data.
著者 (所属機関)	藤井康友, 仙石雄三, 江坂照也, 倉沢由和, 和知登, 岡野正 (石油公団 石油開技セ); 出雲谷聡 (日本オイルエンジニアリング); 清水祥四郎 (地球科学総合研)
出典	石油技術協会誌 VOL. 55, NO. 6 PAGE. 405 - 416 1990
概要	山形県余目油田での研究により, 地震探査データにモデルベース法によるインバージョンを行って, 薄い貯留層でも音響インピーダンス値を高精度に求めることができた。この方法を3次元データに施すことによって, 貯留層の幾何学的3次元情報のほか, 貯留層内の物性変化を示すインピーダンス値の空間的変化を知ることができた。
キーワード	山形; 油田; 石油貯留層; 地震探査; データ解析; 三次元; 音響インピーダンス; 逆変換; 油層評価; S波【弾性波】; キャラクタライゼーション; 特性化; 坑井間地震探査

(36)

和文タイトル	会話型システムを用いた地震探査データ解釈 岩船沖油田における予察
英文タイトル	Seismic interpretation using interactive system. A preliminary study of Iwafune - oki oil field.
著者 (所属機関)	佐藤真 (地球科学総合研); 浅野清継 (ジャベックス・マレーシア); 田中次郎, 宇納貞男 (石油資源開発)
出典	石油技術協会誌 VOL. 53, NO. 1 PAGE. 83 - 90 1988
概要	会話型解釈システムと会話型モデリングシステムを用いて坑井データ, および三次元地震探査データから本油田の構造形態と貯留岩層の分布について記述した。
キーワード	新潟; 海底油田; 会話型言語; 地震探査; データ解析; システム設計; モデリング; 三次元; 層位学; 坑井データ

(37)

和文タイトル	石油探鉱における総合解析システムについて
英文タイトル	Integrated data processing system for oil exploration.
著者 (所属機関)	円谷裕二 (石油公団 石油開技セ); 大塚俊道 (石油公団)
出典	石油技術協会誌 VOL. 53, NO. 1 PAGE. 73 - 82 1988
概要	石油開発におけるデータベース, 石油開発技術センターの総合解析システム概要, データの入力機能, 地質構造および重・磁力解析, 岩相区分図作成および古流系解析機能, グリッド作成・グリッド演算機能, 表示機能について記述した。
キーワード	油田開発; データベース; 石油地質; 地質調査; 物理探査; 地質構造; 構造解析; 岩相層序; ネットワーク構造; システム設計; 表示

(38)

和文タイトル	会話型システム (IES, AIMS) による地震探査記録の解釈
英文タイトル	Seismic data interpretation with interactive workstations (IES, AIMS).
著者 (所属機関)	内田修, 仙石雄三 (帝国石油 技研)
出典	石油技術協会誌 VOL. 53, NO. 1 PAGE. 51 - 58 1988
概要	時間スケールに変換したディップメータ記録を地震探査記録断面にプロットし, 地質・堆積構造を解釈した事例を示した。Geo Quest社が開発したInteractive Exploration Systemの概要, 地質構造解釈の事例, 地震探査記録のモノクロームおよび瞬間位相表示, 堆積構造解釈断面図について記述した。
キーワード	石油; 天然ガス; 地質構造; 堆積構造; 地震探査; 会話型言語; 傾斜計; 記録; 構造解析; 事例研究; 図面

(39)

和文タイトル	鳥海山北麓における地震探査, 電磁探査法の総合解析例
英文タイトル	Integrated interpretation of seismic and electromagnetic data. A case study in Chokai area, Akita Prefecture, Japan.
著者 (所属機関)	志賀信彦, 渡部克哉, 武田祐啓, 小池謙一郎 (石油公団 石油開技セ)
出典	石油技術協会誌 VOL. 58, NO. 1 PAGE. 19 - 27 1993
概要	石油探査では, 重力探査または磁気探査の結果と地震探査結果を組合せた総合解析が従来から行われているが, 電磁探査との総合解析の例は少ない。そこで石油開発技術センターの大型研究「難地域物理探査技術」の一環として, 秋田県鳥海山北麓地域で行った電磁探査の実験に基づき, その電磁探査結果と「仁賀保地域」反射法地震探査結果の比較検討を行った。
キーワード	反射法地震探査; 電磁法探査; 比抵抗法探査; 鉱床探査; モデリング; 石油鉱床; 秋田

(40)

和文タイトル	坑井内計測によるフラクチャー評価技術
英文タイトル	Fracture detection by downhole measurements.
著者 (所属機関)	手塚和彦 (石油資源開発 技研)
出典	石油技術協会誌 VOL. 61, NO. 3 PAGE. 251 - 259 1996
概要	フラクチャー評価のための坑井内計測法は最近いろいろなタイプが開発されている。5例を選んで原理・応用をレビューした。フラクチャーをイメージとして捕らえるBHTVとFMI, 浸透性を評価するストンレー波 (チューブ波) による動的計測法, 坑井から離れた位置にあるフラクチャー探知法としてAE (acoustic emission: 微小地震) モニタリング法を紹介した。
キーワード	坑井試験; 亀裂; 評価; 計測; 原理; 適応; 画像; 浸透検査; AE検査

(41)

和文タイトル	地熱貯留層のSPモニタリング
英文タイトル	Self - potential Monitoring of Geothermal Reservoirs.
著者 (所属機関)	石戸経士, 菊地恒夫, 杉原光彦, 松島喜雄 (地質調所)
出典	地熱 VOL. 34, NO. 2 PAGE. 85 - 103 1997
概要	地熱貯留層の開発に際しては環境監査, 貯留層管理の観点から各種モニタリングが行われるが, ここでは地熱地域を対象とする自然電位 (SP) モニタリングの適用について考察した。地熱地域には通常, 顕著なSP異常が存在するが, その主要原因は界面動電現象 (流動電位) である。測線の設定, 電極, 地電流, 降雨の影響などSP分布測定法の留意点について述べ, 熱水生産前の秋田焼山地域, 霧島地域, 豊肥地域, モカイ地域 (ニュージーランド) におけるSP分布図, 熱水生産開始後の葛根田地域, 鬼首地域等におけるSP分布図の変化を考察した。さらにSPデータを用いた貯留層計算モデルの適用可能性について論じた。
キーワード	地熱開発; 地熱エネルギー; 熱水貯留層; 自然電位法探査; 流動電位; 地熱地帯; 日本; ニュージーランド; 現地調査; 熱水系; 電極; 等高線; 数値計算; 計算モデル

(42)

タイトル	微小地震利用探査法開発について 微小地震データ処理・解析システム (MEPAS)
著者 (所属機関)	永野征児 (新エネルギー・産業技術総合開発機構)
出典	地熱 VOL. 32, NO. 4 PAGE. 371 - 378 1995
概要	地熱地帯は高温の流体の存在と微小な断裂群の局所的な発達があり, 微小地震が存在する。この微小地震の分布の特徴を利用して地熱貯留層を探査するための標記システムを開発した。MEPAS (Micro Earthquake Processing and Analysis System) の概要, MEPASの処理体系, 断裂群の抽出例などについて説明した。
キーワード	微小地震; 地震探査; データ処理システム; 地熱地帯; 地熱流体; 断裂; 熱水貯留層

(43)

和文タイトル	電気探査法による地熱貯留層のモニタリング 流体流動電位法
英文タイトル	Monitoring of Geothermal Reservoirs by Electrical Prospecting. Fluid Flow Tomography (FFT) Method.
著者 (所属機関)	牛島恵輔, 水永秀樹 (九大 工); 海江田秀志 (電力中研 我孫子研); 田中俊昭, 橋本幸治 (九大 大学院)
出典	地熱 VOL. 32, NO. 2 PAGE. 91 - 107 1995
概要	地下深部の浸透流の挙動を地表面の電位分布の計測により即時に映像化する新概念の電気探査法 (流体流動電位法) を考案した。このFFT法は貯留層を人為的に刺激する作業と同期に実施すれば効果的であり, 流体を造影剤として地表電位分布の時空変化を連続観測することにより地下深部のフラクチャーの分布を直接可視化することができる。本法により現場調査をパソコンを用いて自動的に高速で実施できる。
キーワード	電気探査; 熱水貯留層; 監視; 浸透流; 電位分布; 映像; 断裂; 可視化

(44)

和文タイトル	電気検層解析の地層比抵抗係数による地層評価
英文タイトル	Formation Evaluation by Formation Resistivity Factor of Electrical Log Analysis.
著者 (所属機関)	松岡清幸 (物理計測コンサルタント); 藤原忠一 (日本メイン)
出典	地熱エネルギー VOL. 18, NO. 4 PAGE. 424 - 428 1993
概要	油田開発では, 電気検層曲線解析における地層比抵抗係数は油層評価の基礎的事項とされているが, 地下水・温泉・地熱などの開発にはあまり実施されていない。本研究では, 本解析を地下水・温泉・地熱などの開発において種々検討し, その有効性が認められた。地下水開発の場合, 温泉開発の場合, 地熱開発の場合, 石油開発の場合について解説した。
キーワード	電気検層; 電気抵抗率; 地下水; 温泉; 地熱開発; データ解析; 油層評価; 地熱探査; 破碎帯; 粘土盤; 地層評価

(45)

和文タイトル	弾性波調査の最近の適用例 地下き裂に関する能動的調査
英文タイトル	Fracture Characterization with Active Seismic Methods.
著者 (所属機関)	伊藤久男 (地質調査所)
出典	地熱エネルギー VOL. 21, NO. 1 PAGE. 36 - 44 1996
概要	実施した断裂探査研究の概要と特に弾性波を利用した能動的断裂探査の成果について述べた。「断裂型地熱貯留層探査法に関する研究」の概要, S波VSPによる断裂系の推定 (S波の利用, S波VSP実験, 結果, 考察) 及び透水性き裂の評価 (透水性き裂評価の意義, ハイドロフォンVS透水性き裂の評価, き裂透水率の推定, 透水性き裂の走向・傾斜の推定, 実験例, 考察) について述べた。
キーワード	地熱探査; 物理探査; S波【弾性波】; 亀裂; 断裂; 熱水貯留層; 透水性; 透水層

(46)

和文タイトル	地質データベース
英文タイトル	Geological Database.
著者 (所属機関)	横田修一郎 (島根大 総合理工); 升本真二 (大阪市大 理)
出典	応用地質 VOL. 38, NO. 3 PAGE. 153 - 158 1997
概要	地質データベースの現状やこれまでの経緯, 将来に向けた課題を含めて解説した。将来の地質調査に関しては, データベース利用による情報交換は経費節減に効果が大であることが容易に予測できる。その反面, データの著作権という新たな問題が生じることも予測される。しかし, 将来的にはインターネットでのデータベースの共同利用という形態が発展するであろう。
キーワード	地質; データベース; データベース管理システム; 階層構造; ツリー構造; 地理情報システム; 地質柱状図; 試錐調査; 情報サービス; 物理探査; 情報交換; 著作権; 計算機網; プロトコル; FT; インターネット

(47)

和文タイトル	地球科学分野へのフラクタルの応用
英文タイトル	Application of Fractal Concept in Geotechnology.
著者 (所属機関)	大野博之 (応用地質)
出典	応用地質 VOL. 38, NO. 3 PAGE. 159 - 173 1997
概要	フラクタルについて概説し, 地球科学分野における適用の現状を示すとともにその将来性について述べた。フラクタルとは部分と全体とのかかわりで扱うことのできる図形・構造・現象・分布を指す言葉である。複雑な現象や偏った現象を解明する道具として用いられる。将来的には地球科学分野の概念を変え, 調査技術・解析技術にフラクタルが利用されている時代がくると予測される。
キーワード	地質; 地球物理学; 自己相似性; フラクタル; コンピュータグラフィックス; 地形; カオス; フラクタル次元; 階層構造; 分布関数; 集合; Richardson数; 亀裂; モデリング

(48)

和文タイトル	フラクタル特性を用いた地すべり塊の生成過程の解析
英文タイトル	Analysis of Landslide Block Development Process Using Its Fractal Character.
著者 (所属機関)	YOKOI Y (Kiso - Jiban Consultants Co. Ltd.); CARR J R, WATTERS R J (Univ. Nevada, Reno)
出典	応用地質 VOL. 37, NO. 1 PAGE. 29 - 39 1996
概要	39の地すべりに関するデータを選定し, 地すべり塊の分解と生成過程のフラクタル特性を解析した。解析により, フラクタル次数が地すべりの結合構造, 基盤岩の裂け目, 地すべりの活動に関係することを明示した。フラクタル次数は地すべりの規模, すべり面と傾斜の角度, 基盤岩の地質とは無関係であった。浸食が進行すると, フラクタル次数は減少した。
キーワード	地すべり; フラクタル次元; 亀裂; 侵食作用; 滑り面; 岩盤移動; デジタルシミュレーション; フラクタル

(49)

和文タイトル	都市における応用地質学の課題 割れ目系岩盤における水理地質構造の調査手法の提案と適用
英文タイトル	Evaluation of in-situ Measurements in Engineering Geology. Proposal of Surveying System to Investigate Hydrogeological Structure of Fracture Developing Rock Mass and its Application.
著者 (所属機関)	田中和広, 田中靖治, 宮川公雄, 馬原保典, 安池慎治 (電力中研); 本荘静光 (総合地質調査)
出典	応用地質 VOL. 36, NO. 6 PAGE. 414 - 426 1996
概要	地質構造, 透水性, 地下水流動を考慮した水理地質構造モデルを構築し, 調査システムとして提案した。結晶質岩の一辺100mのブロックスケールの岩盤の水理地質構造を明らかにすることを目的にした。海岸付近の地下深度100m, 一辺100mの掘りを持つサイトに実際に適用した。サイトの地質は白亜紀の花こう岩~花こう片麻岩が分布し, 割れ目の発達が著しかった。
キーワード	亀裂; 水文地質; 地質構造; 地下水流動; 透水性; 試験調査; トモグラフィー; 電気抵抗率; 弾性波速度; 透水試験; 間隙水圧; 流速; 流動解析; 岩盤

(50)

和文タイトル	ジオトモグラフィーによる岩盤の画像化 (その2) 岩盤内の地下水の流れの画像化
英文タイトル	Imaging of rock interior using geotomography techniques. Part 2: Imaging of ground water flow in a rock mass.
著者 (所属機関)	小島圭二 (東大 工); 神尾重雄 (水資源開発公団 試); 石橋弘道 (スイモンリサーチ); 内山成和 (応用地質計測技術研究所); 斎藤秀樹, 島裕雅 (応用地質地盤工学研究所)
出典	応用地質 VOL. 30, NO. 4 PAGE. 179 - 188 1989
概要	先ず数値実験 (電位分布: FEM) を実施しその精度や問題点を検討した。次にこの方法を実際のダムサイトにおける浸透ゾーンの調査に適用した。比抵抗トモグラフィーは断層の検出に効果がある。またこれによって岩盤の断面内部におけるトレーサの動きを把握することにより, 浸透ゾーンの分布状況を明瞭に把握することが可能である。
キーワード	地盤調査; 岩盤; トモグラフィー; 浸透流; トレーサ法; デジタルシミュレーション; 電気伝導率; 自動計測; 流れ分布; 濃度分布; 図化; 地下水流; 流れの可視化; 画像処理

(51)

和文タイトル	岩石内部亀裂系のフルカラー可視化法
英文タイトル	A Fullcolored Visualization Method of Stress Induced Microcracks in a Rock.
著者 (所属機関)	清水均 (埼玉大 大学院); 高橋学 (地質調査所); 浜島良吉 (埼玉大 工)
出典	応用地質 VOL. 36, NO. 3 PAGE. 219 - 223 1995
概要	三軸応力下の稲田花こう岩の供試体の断面を一定間隔で連続的にCCDカメラを用いて画像入力し、コンピュータ処理によりフルカラーで内部断面を画像表示する手法を開発した。画像表示方法はAVS (Application Visualization System) を用い、断面画像は取り込んだ順にAVSを用いて積み重ねられ、フルカラーの画像データとして三次元構築される。
キーワード	岩盤; 亀裂; 岩盤試験; 可視化; 三軸圧縮試験; 花こう岩; 画像技術; カラー写真; 画像処理システム; 可視化法

(52)

和文タイトル	特集 省力化と自動化 地質調査の省力化と自動化の現状と課題
著者 (所属機関)	石川浩次 (中央開発)
出典	地質と調査 NO. 1 PAGE. 2 - 8 1994
概要	野外活動、試験のうちで現在自動化が取り入れられている次の7項目について述べた。1) 空中探査計測、2) 地表地質踏査、3) 物理探査、4) ボーリング・サンプリング、5) 孔内原位置試験・孔壁観察、6) 孔内物理検層、7) 地盤、地下水挙動観測。また、室内試験、解析についても述べた。さらに課題として、1) 標準貫入試験器の完全自動化、2) 自動化の方法・手法の拡大について説明した。
キーワード	土木地質調査; 自動化; 省力化; GPS【位置決め】; 試錐調査; 物理探査; 揚水試験; 建設ロボット; エキスパートシステム

(53)

和文タイトル	技術この10年、これからの10年 地下水の調査・解析
著者 (所属機関)	西垣誠 (岡山大 工)
出典	地質と調査 NO. 3 PAGE. 43 - 50 1993
概要	地下水に関する諸問題のうち、地盤および土構造物の安定問題、広域地下水、エネルギー問題に関して解説した。地下水調査では、沖・洪積平野の地下水、斜面および岩盤について述べた。また、地下水解析では浸透流解析の現状と今後の解析手法としてのカップリング解析、逆解析、並列処理型の計算機の使用についても言及した。
キーワード	地下水; 地下水位; 浸透流; 物質移動; 移流; 拡散; 水質汚濁; 地下水流; 水文解析; 逆問題

(54)

タイトル	地盤情報データベースの作成と利用 名古屋地盤図出版に当たっての一つの試み
著者 (所属機関)	多賀直恒 (名古屋大 工); 西堀高弘 (玉野総合コンサルタント); 小松幹雄 (川崎地質); 西川勝広 (基礎地盤コンサルタンツ)
出典	地質と調査 NO. 3 PAGE. 50 - 62 1990
概要	メッシュデータによる位置情報の表示, 土質記号を体系的に記述する表現法の提案等を特に考慮して名古屋地盤図を作成した。今回, 情報のデータベース化と計算機の利用の手法を具体的に試みた本地盤図作成の事例を紹介することにより, 地盤情報の有効な利用と普及に当たって重要と思われることを公開した。
キーワード	愛知; 地盤調査; 土層断面; データベース; 試錐調査; 土性図

(55)

タイトル	特集 地盤情報データベースの現状と利用 地下水地盤環境に関するデータベースについて 大阪平野を対象とする試案
著者 (所属機関)	鶴巻道二 (日本地下水理化学研); 橋本正, 飯田智之 (大阪土質試)
出典	地質と調査 NO. 2 PAGE. 13 - 18 1994
概要	大阪平野の地下水と地盤環境の問題を検討する「地下水地盤環境に関する研究協議会」について, その構想と地下水地盤環境情報網の確立方針について紹介した。この情報網は地下水, 水質等を多くの地点で観測し集中管理するもので, これを構築・運営していくために上記協議会が設立された。
キーワード	地下水; データベース; 地盤沈下; 揚水; 水質管理; 水利用; 滞水層; 大阪

(56)

タイトル	小特集 ジオトモグラフィ 比抵抗トモグラフィ
著者 (所属機関)	島裕雅 (応用地質 探査工学研究所)
出典	地質と調査 NO. 2 PAGE. 19 - 26 1991
概要	ダム基礎岩盤の調査, ダムサイトにおける岩盤の透水性調査, 盛土施工管理等への掲題の使用例を示した。風化層, 堅硬岩, 断層等の地下構造の把握に効果があり, 塩水トレーサ注入を併用すると, 岩盤内の比抵抗の経時変化, 浸透ゾーンの断面分布, 透水性を把握することが可能である。非破壊で地盤内部を可視化できるので, 地盤の経時変化の監視に優れている。
キーワード	トモグラフィ; ダム基礎; 基礎地盤; 比抵抗法探査; 透水性; 盛土; トレーサ法; 電気伝導率; 比抵抗トモグラフィ

(57)

和文タイトル	汎用ソリッド・モデラを用いた深成岩地域と火山岩地域の3次元地質構造可視画像化
英文タイトル	Three dimensional geological visualization of plutonic and volcanic regions with a solid modeler.
著者 (所属機関)	桜井英行, 難波治之, 古賀小枝子 (清水建設); 古宇田亮一 (地質調査所); 升本真二(大阪市大); 原田芳金 (原子力環境整備セ)
出典	地質ニュース NO. 502 PAGE. 36 - 41, 6 (1) - 6 (4) 1996
概要	3次元地質構造の可視化の例として, 六甲地域は秋田駒ヶ岳地域のソリッド・モデリングによるコンピュータ・グラフィックス画像を紹介した。同画像は実際の画面上では, ハードウェア機能によりダイナミックに視点を変えながら見る事が可能なので, 地質構造の3次元的理解は一層容易になる。堆積岩地域より火成岩地域のほうがモデリングがより困難である。
キーワード	三次元; 地質構造; コンピュータグラフィックス; ソリッドモデル; 統計的方法; 可視化; クリッキング

(58)

和文タイトル	地質調査所版全国井戸・水文データベースの概要と新版「いどじびき」について
英文タイトル	Outline of Well and Hydrology Database and New Idojibiki (Software) in Geological Survey of Japan.
著者 (所属機関)	丸井敦尚 (地質調査所)
出典	地質ニュース NO. 522 PAGE. 32 - 36 1998
概要	地質調査所では全国の井戸資料を可視化することのできるソフトを開発した。英語版もあり, 基本地図として海外の地形図を用いれば, その国の井戸データベースを構築することも可能である。標記データベース構築で対象とした井戸資料には, 井戸の地理的情報, 地質の情報, 地下水の情報, 井戸構造の情報が含まれ, 地下水の流動に関する情報を得ることを第一義とした。
キーワード	データベース; 井戸; 地下水流動; ソフトウェア

(59)

和文タイトル	地質調査所版井戸データベースの概要
英文タイトル	Outline of Japanese Well Data Base by Geological Survey of Japan.
著者 (所属機関)	丸井敦尚, 安原正也, 石井武政 (地質調査所)
出典	地質ニュース NO. 502 PAGE. 59 - 62 1996
概要	1995年より井戸情報を網羅したデータベース構築作業を開始し, 同時にパソコンでも検索できる可視化ソフトの開発に着手した。同ソフト“いどじびき”は井戸データを地図上にプロットし, 活断層などとオーバーレイしながら必要な位置の井戸を検索してデータの詳細や, 地質情報の表示が可能である。データベースでは地下水の流動に関する情報を第一義とした。
キーワード	データベース; 井戸; 地下水; 地質; 可視化; ソフトウェア

(60)

和文タイトル	地中を可視化する装置と技法 コンピュータグラフィックス
英文タイトル	Visualization of Exploration Data and Computer Graphics.
著者 (所属機関)	太田賢治, 土屋浩 (応用地質)
出典	土と基礎 VOL. 42, NO. 5 PAGE. 19 - 24, 1 (2) - (3) 1994
概要	現場技術者が比較的容易に利用できるコンピュータ・グラフィックス技術とその利用例を紹介した。まずパーソナルコンピューター及びワークステーションで利用できるコンピュータグラフィックス (CG) 用機器について述べ、次いでCG技術の利用例として物理探査結果の出力ならびに地質断面図作成システムの開発例を述べた。
キーワード	物理探査; 可視化; コンピュータグラフィックス; ソフトウェア; 主題図; 地質構造

(61)

和文タイトル	地盤情報としての「最新名古屋地盤図」
英文タイトル	Database developed for editing "Geotechnical data of subsoil in Nagoya, new edition".
著者 (所属機関)	松沢宏, 杉村昌広 (名古屋大 工); 西堀高弘 (玉野総合コンサルタント)
出典	土と基礎 VOL. 37, NO. 1 PAGE. 53 - 58 1989
概要	「最新名古屋地盤図」を例に、その概要と地盤図作成のために計算機をどのように利用したかを紹介した。また、地盤情報システムの今後のあり方として、1) 全国規模でデータベース化する、2) 最新情報を公開する、3) 地域に適したデータベースとして再構築する、4) 当分はデータの質は二の次とし、量の拡充に努めることなどを述べた。
キーワード	土性図; データ収集; 計算機利用; 情報システム; データベース; 情報流通; データ蓄積; 愛知; 最新名古屋地盤図

(62)

和文タイトル	コンパクトな地盤情報システムの開発と利用事例
英文タイトル	Development and application of a compact information system of subsoil profile.
著者 (所属機関)	諸戸靖史, 長谷川明 (八戸工大)
出典	土と基礎 VOL. 37, NO. 1 PAGE. 41 - 46 1989
概要	八戸市は地下水の塩水化が進行しており、この塩水化と関連が深い地下水位の変動状況を調査するため、地盤沈下と地下水位の関連を調査した。これらのデータをデータベース化して、地下水位と地盤沈下データのデータベースの概略とその利用例を示して、パソコンを用いたデータベースの長所短所を明らかにした。
キーワード	地盤沈下; 地下水位; 水位変動; 塩水くさび; データ収集; データベース; パーソナルコンピューター; 青森; 八戸市

(63)

タイトル	地盤環境汚染の現状とその対策 6. 地盤環境汚染の解析手法 2
著者 (所属機関)	小林晃 (岩手大)
出典	土と基礎 VOL. 42, NO. 9 PAGE. 65 - 72 1994
概要	亀裂媒体中の物質輸送問題のモデル化手法を示した。不連続体としてのモデル化手法として確率分布モデルを用いた地盤構造のモデル化および逆解析により実際の亀裂の不連続性と等価な不連続性を持つモデル化を紹介した。等価連続体モデルとして、地盤統計学を説明し亀裂岩盤内の流速の不均一な分布をモンテカルロ法で再現して、機構的分散を表現する手法を示した。
キーワード	亀裂; 透水係数; 間隙率; 浸透流; トモグラフィー; 土壌汚染; シミュレーション; 物質移動

(64)

和文タイトル	地質統計手法を用いた地盤のモデル化について
英文タイトル	Geological modelling by geostatistical approach.
著者 (所属機関)	青木謙治, 稲葉武史, 堀越清視 (鹿島建設 技研)
出典	岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集 VOL. 22nd PAGE. 501 - 505 1990
概要	資源探査分野で鉱床の定量的評価を行うのに用いられている地質統計手法を、ボーリング孔内の透水試験結果とRQDデータに対して適用し、推定可能範囲の大きさ、推定誤差などの検討を行うとともに、作成した数値解析用モデルの精度について検討した。
キーワード	透水係数; 浸透流; 花こう岩; 泥岩; ポアホール; 統計的方法; 地盤; 数値計算

(65)

和文タイトル	岩盤レーダー・比抵抗探査による水みちおよびグラウト効果の調査
英文タイトル	Investigation of hydraulic pathways and grouting effects by bore hole radar and resistivity measurement.
著者 (所属機関)	北村孝海 (間組); 米田俊一 (宇部興産); 寺戸康隆 (日本基礎技術); 登内正治 (川崎地質); 中川浩二 (山口大)
出典	岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集 VOL. 23rd PAGE. 21 - 25 1991
概要	ダム工事においては対象地盤の複雑化、多様化と相まってグラウトの設計・施工数量は一段と多くなり、グラウトの施工管理・効果の推定に電磁波探査、比抵抗探査が適用できれば、さらに合理的な施工ができる可能性がある。そこで今回、これらの探査法を用いて水みち探査、グラウトの効果推定のための適用実験を行ったので、その結果について示した。
キーワード	比抵抗法探査; グラウト; トモグラフィー; 止水; 透水性; 電磁法探査; 塩水; 注入工法; 建設管理; ダム基礎

(66)

和文タイトル	画像処理技術を用いた岩盤割れ目の調査システム
英文タイトル	Image processing method for the rock joint abstraction and its application to the rock joint survey system.
著者 (所属機関)	橋本文作, 佐藤高史, 本多真 (早稲田大 理工)
出典	岩の力学国内シンポジウム講演論文集 VOL. 8th PAGE. 73 - 78 1990
概要	パソコンで全ての処理が手軽に行える節理抽出システムの構築を目的として, 岩盤写真からの節理の抽出に関する研究を行った。既存の多くの画像処理アルゴリズムを組み合わせるため, 画像処理プログラムは対話形式にせず, C言語を用いて一つ一つ独立して作成した。節理にマーキングを施した岩盤と施さない岩盤の2種類のシステムを適用した結果を示した。
キーワード	亀裂; 岩盤; 画像処理; 節理; 断層; ヒストグラム; パーソナルコンピュータ; アルゴリズム

(67)

和文タイトル	岩盤における亀裂の計測とそのモデリング
英文タイトル	The Study on Estimating and Modeling of Joints in Rock Mass.
著者 (所属機関)	野口義文, 飯島章夫, 中村直昭 (日鉄鉱業); 小池克明, 金子勝比古 (熊本大工)
出典	岩の力学国内シンポジウム講演論文集 VOL. 8th PAGE. 43 - 48 1990
概要	亀裂の大きさと方向, 個数についてスキャンライン法で評価した情報を用い, 岩盤内の亀裂群に関する確率モデルに基づいてモデル化を行った。次に, 充填鉱物が存在する亀裂の幅や開口幅の分析に加えて亀裂の形状を推定した。また亀裂群のモデル化については, ボーリング孔における亀裂計測の結果を用いて, その方法が妥当であることを示した。
キーワード	亀裂; 不連続性; ボアホール; 確率モデル; 岩盤; 原位置試験; テンソル; 計測; 充填鉱物

(68)

タイトル	地質調査所版全国井戸・水文データベース「いどじびき」
著者 (所属機関)	丸井敦尚 (地質調査所)
出典	地下水技術 VOL. 39, NO. 12 PAGE. 28 - 35 1997
概要	工業技術院地質調査所には30万件近くの井戸資料があると言われている。1995年7月からデータベース化を開始し, 同時にパソコンで検索できる可視ソフトの開発に着手した。現在, 約8万点の入力を完了している。データの保存形式を紹介し, これを利用する可視化ソフト「いどじびき」の概要を紹介した。
キーワード	水文地質; 水文調査; 水文データ; データベース; 井戸; 情報サービス; 可視化; 地質柱状図; 水質; パーソナルコンピュータ; 物理検層

(69)

和文タイトル	山岳地帯の地下水探査における比抵抗高密度探査の有用性 その1
英文タイトル	Usefulness of resistivity high-density survey for groundwater exploration in mountainous region (1).
著者 (所属機関)	松井保 (大阪大 大学院); 吉田耕作 (全日本コンサルタント)
出典	地下水技術 VOL. 40, NO. 7 PAGE. 41 - 49 1998
概要	標記探査方法の有用性について事例を示して説明した。比抵抗高密度探査は地層構成・風化帯・断層・破碎帯・地下水分布等の地下構造を何らかの形で示唆する。事前調査計画あるいは他の地表踏査・弾性波探査・ボーリング調査等を補足し精度の向上に役立つことが事例により検証されている。しかし、鮮明さに関しては必ずしも十分ではない。
キーワード	地下水; 山岳地; 滞水層; 比抵抗法探査; 弾性波速度; 地質構造; トモグラフィ; 試錐調査; 電気抵抗率; 解析; 逆問題; 測定精度; 明度; 破碎帯

(70)

タイトル	自然地下水調査法への誘い 2
著者 (所属機関)	竹内篤雄 (京大 防災研); 中山健二 (川崎地質)
出典	地下水技術 VOL. 40, NO. 1 PAGE. 30 - 44 1998
概要	資源地下水調査法と自然地下水調査法の違いについて述べた。前者は地下水が一様に分布しているという概念で捉えていたのに対し、後者はある特定の場所に流れているという見方が必要である。そのためには地下水の流動経路となりやすい地質構造の把握、地下水流脈といわれる地下水が流れやすい場所の特定が必要である。その方法としての1m深地温探査法と自然電位法について説明した。
キーワード	地下水; 地下水資源; 地下水流動; 地質構造; 水文地質; 自然電位法探査; 地温探査; 水位観測; 透水系数

(71)

タイトル	日本列島に分布する中生層および中・古生層中からの地下水湧出状況について
著者 (所属機関)	宮口英雄 (シビルニアース)
出典	地下水技術 VOL. 39, NO. 7 PAGE. 9 - 15 1997
概要	中生層や中・古生層中で掘削された温泉井や地下水井で得られたデータを用いて、地質体中からの地下水の湧出状況を紹介し、若干の検討を加えた。中生層や中・古生層についてのデータを、縦軸に電気比抵抗値、横軸に地下水湧出量をとって両対数グラフで整理した。一つのデータを除いて他のデータは特定の範囲に分布しており、今後地下水や温泉開発を実施する際に参考となる。
キーワード	古生代; 中生代; 日本; 地下水; 湧水; 比抵抗法探査; 温泉

(72)

タイトル	岩盤地下水調査（阿武隈南部地区）の概要と体系および結果について（その2）
著者（所属機関）	長江亮二（農水省 東北農政局）
出典	地下水技術 VOL. 32, NO. 6 PAGE. 1 - 14 1990
概要	棚倉破碎帯、花こう岩分布域、竹貫変成岩分布域においてフォトリニアメントの判読、断裂系解析（方向、傾斜、条線、新旧、開口性等）、岩体区分等を地表調査で把握し、さらに放射能探査、Rnガス調査、水平電気探査、地下レーダー探査の物理探査などで断裂系の性質を把握した。また掘削井の揚水試験、透水試験により阿武隈花こう岩の透水性を検討した。
キーワード	地下水流動；透水性；水文地質；亀裂；花こう岩；放射能探査；破碎帯；揚水試験；水文調査

(73)

タイトル	岩盤地下水調査（阿武隈南部地区）の概要と体系および結果について（その1）
著者（所属機関）	長江亮二（農水省 東北農政局）
出典	地下水技術 VOL. 32, NO. 5 PAGE. 1 - 12 1990
概要	花こう岩で構成される南部阿武隈において亀裂性地下水の開発を行うことを目的にして、地下水の流動機構の解明、探査技術手法、地質調査手法の検討を行った。実施した調査項目や探査手法は下記のようなもので、それぞれの調査結果について概要を記した。断裂系調査、風化度、岩体区分、放射能探査、Rnガス調査、電気探査および地下レーダ探査、水質調査など。
キーワード	福島；花こう岩；地質図；亀裂；地下水流動；水質調査；放射能探査；電気探査；地下水

(74)

タイトル	最近の地下水調査法（1） 地表面からの地下水探査
著者（所属機関）	長瀬みち夫（応用地質）
出典	地下水技術 VOL. 32, NO. 4 PAGE. 1 - 13 1990
概要	最近開発された地下構造を忠実に解析して図化する「比抵抗映像法」および調査孔の中で地下水の微小な動きを直接観察できる「フロービジョン」を紹介した。また、地下掘削空間の地下水処理の如何により周辺地盤で起こり得る「浸透破壊現象とその問題点」を、さらに水の存在や湧出そのものにより止水機能が発揮される「新素材による止水材料」を紹介した。
キーワード	比抵抗法探査；地下水位；電気抵抗率；動水勾配；浸透；流速；地下水流；地下水；ボアホール；トレーサ法

(75)

タイトル	リモートセンシング（選択ガンマ線）による地下水脈の検出とその水量測定（その1）
著者（所属機関）	落合敏郎（地下水技協）
出典	地下水技術 VOL. 34, NO. 2 PAGE. 9 - 13 1992
概要	地下水脈は、一般に透水性の大きい砂れき層や破碎帯などの亀裂・割れ目に富む開口亀裂帯に存在する。これらの上空で地下水脈から上昇するガンマ線を選択し測定すると、地下水脈の存在しない地層のそれに比較して増大傾向を示す。本報では、地下水脈から出るガンマ線に限定して測定する方法について、地球内部の放射性元素の半減期を採用した探査理論を述べた。
キーワード	地下水; 地下水資源; 滞水層; リモートセンシング; ガンマ線; ガンマ線量測定; 放射能放出; 自然放出; 空中調査; 空中探査; 水源; 地下水流

(76)

和文タイトル	遠地地震波形を用いた地中断層のイメージング 数値実験
英文タイトル	Imaging of Subsurface Faults Using Teleseismic Waveform. Numerical Experiments.
著者（所属機関）	村越匠, 竹中博士, 斉田智治 (九大 理); 末次大輔 (建築研)
出典	地震 VOL. 49, NO. 3 PAGE. 389 - 401 1996
概要	活断層下の地下形態や伏在断層の検出のためTakenakaら（1996）は入射波として平面波が仮定できる遠地地震波形を使う方法を提案した。この手法の有効性検討のため、二次元三層構造におけるSH波の波動場において定性的に考えられる五つの初期モデルによる数値実験を行った。その結果、鉛直上向きの1イベントという条件にも関わらず、殆どの初期モデルで断層部分に共通に見られる空間パターンを検出できることが分かった。さらにこの手法の今後の展開を展望した。
キーワード	活断層; 地震探査; 遠地地震; 深発地震; 地震記象; 平面波; SH波; 波動場; 数値計算; 計算機シミュレーション; 伏在断層

(77)

和文タイトル	反射法地震探査による筑波山西方平野部の浅部地下構造 茨城県下妻市における探査
英文タイトル	Shallow Seismic Reflection Profiles, West of Mt. Tsukuba. Survey in Shimotsuma, Ibaraki Prefecture.
著者 (所属機関)	山口和雄, 木口努, 横倉隆伸, 桑原保人 (地質調査所)
出典	地震 VOL. 48, NO. 1 PAGE. 1 - 9 1995
概要	標記地域でCMP重合法地震探査を行った。その結果, 1) 堆積層内の地表から60m, 140mと270m付近に反射面がある, 2) 堆積層はほぼ水平成層構造で, P波速度は1.7~2.4 km/sである, 3) 時間断面0.5s以下で多重反射が認められる, 4) 標記地域の先第三系基盤は花こう岩である, 5) 基盤上面は起伏し西側が深い, 5) 基盤より上位の複数の反射面は鮮新世から更新世の砂れき層に対応する, 7) 基盤の断層活動は鮮新世以降は活発でないなどが分かった。
キーワード	茨城; 反射法地震探査; 反射面; P波【弾性波】; 地震波速度; 速度構造; 地質構造; 鮮新世; 古第三紀; 更新世; 断層運動; 基盤岩層; 堆積物; 花こう岩; 構造; 地殻構造; CMP法; 地下構造

(78)

和文タイトル	首都圏西部におけるやや長周期微動のアレイ観測とS波速度構造の推定
英文タイトル	Array Measurements of Long - Period Microtremors and Estimation of S - Wave Velocity Structure in the Western Part of the Tokyo Metropolitan Area.
著者 (所属機関)	山中浩明, 武村雅之 (鹿島建設); 石田寛, 池浦友則, 野沢貴, 佐々木透, 丹羽正徳 (鹿島建設 技研)
出典	地震 VOL. 47, NO. 2 PAGE. 163 - 172 1994
概要	標記について, 府中深井戸のVSP探査の速度データを初期モデルに用い, 層厚をパラメータとした位相速度の逆解析を行い, アレイ直下での堆積層の構造を推定した。結果はアレイ付近で行った反射法探査のものと整合しており, 推定手法が妥当であることを確認した。さらに, 屈折法探査でS波速度を変数とする逆解析を行い, ほぼ同様の地下構造モデルを得た。屈折法とアレイ観測結果によるP, S波の立体的な速度構造を決定できる可能性を指摘した。
キーワード	地層; 観測井; 反射法地震探査; 屈折法地震探査; 地震波; S波【弾性波】; 地震波速度; 速度構造; 解析; 逆問題; 東京; VSP探査; 堆積層

(79)

和文タイトル	反射法地震探査による琵琶湖東岸, 日野川河口の地下構造の推定
英文タイトル	Exploration of subsurface structure around the estuary of Hino River, southeast shore of Lake Biwa.
著者 (所属機関)	筒井智樹, 小林芳正, 芝良昭, 須田佳之, 村井芳夫 (京大 理); 岩田知孝, 藤原広行, 松井一郎 (京大 防災研)
出典	地震 VOL. 42, NO. 4 PAGE. 405 - 418 1989
概要	日野川河口付近の急傾斜帯を境に東側より西側の方が基盤が深いことは過去の脈動観測から明らかであるが, さらに詳しい地下構造を解明するため, 1987年~1988年に反射法地震探査を行った。日野川河口のBouguer異常の急傾斜帯付近に西側測線, 東側測線を設置し, ショット記録から速度解析を行い, 日野川近傍基盤上面では南西方向に深くなることを確めた。
キーワード	反射法地震探査; 地質構造; 基礎地盤; 地震波速度; 深さ; 滋賀; Bouguer異常; 試錐調査; 湖沼堆積物; 常時微動; 古地形; 沈降運動; 経時変化; 反射面

3. 2 水理地質構造モデル

地質構造モデルを基に、地下水流動解析を行うために必要な透水性に関する情報を加えた水理地質構造モデルを構築する技術およびそれを用いたモデル構築の実例に関して分類し、整理した。

(1)

和文タイトル	数理地質学的手法による亀裂属性の空間分布の解析
英文タイトル	Spatial Distribution Analysis of Attributes of Rock Joints Using Geomathematical Methods.
著者 (所属機関)	小池克明, 金子勝比古 (熊本大 工); 野口義文, 岩崎浩 (日鉄鉱業)
出典	資源と素材 VOL. 112, NO. 13 PAGE. 907 - 914 1996
概要	花こう閃緑岩体中で直交する2方向に掘進された水平ボーリング孔による2, 200本の亀裂群を対象とし, それらの属性の空間分布を解析することで透水性に関連した亀裂の構造を明らかにした。透水性と関連する亀裂属性の抽出, 地球統計学を用いたハローの幅および充填鉱物の幅の空間分布の解析, 岩盤内浸透流に関する考察を行った。
キーワード	亀裂; データベース; 透水性; 水平ボーリング; 岩盤; 空間分布; ファジィ集合; 花こう閃緑岩; 統計的推定; 内挿法; セミバリオグラム; クリギング; 地球統計学

(2)

和文タイトル	高温岩体抽熱システムの評価のための現場試験とモデル化
英文タイトル	Heat extraction tests and reservoir modeling for hot dry rock development.
著者 (所属機関)	山口勉, 佐藤嘉晃, 厨川道雄, 及川寧己 (公害資源研); 松永烈 (新エネルギー総合開発機構); 光永祥子 (東海大 海洋); ZYVOLOSKI G (Los Alamos National Lab.)
出典	資源と素材 VOL. 106, NO. 14 PAGE. 843 - 849 1990
概要	山形県肘折の地熱貯留層の高温岩体開発のための現場試験において, 循環試験で得た温度, 圧力, 流量等の測定結果を基に人工貯留層をモデル化し, シミュレーションにより水の循環に伴う岩盤や循環水の温度変化等を予測した。注水試験の経過, 循環試験における坑井および人工貯留層のシミュレーション, 生産井からの熱水の温度変化について述べた。
キーワード	山形; 高温岩体; 熱水貯留層; 地熱開発; 現場試験; シミュレーション; モデリング; 循環水; 温度変動; 熱水

(3)

和文タイトル	地熱貯留層モデル
英文タイトル	Geothermal reservoir model.
著者 (所属機関)	千田ただし, 新堀雄一 (東北大 工)
出典	資源と素材 VOL. 106, NO. 12 PAGE. 705 - 712 1990
概要	貯留層モデルの役割, モデリングの手順を整理し, モデルの種類および各々の基本 概念を説明した。そして, 貯留層モデルを用いた解析結果の問題点およびその有効な利用について考え, 最後にこれらモデルの最近の研究動向をまとめた。
キーワード	熱水貯留層; シミュレーション; モデリング; 数値解法; 格子模型; 多孔質体; 亀裂; 間隙率; 貯留層モデル

(4)

和文タイトル	3次元非定常熱伝導解析のための境界要素法を用いた直接法解析コードの開発
英文タイトル	Development of Numerical Codes by Direct Boundary Integral Method for Three - dimensional Non - steady Heat Conduction.
著者 (所属機関)	栗山憲, 水田義明 (山口大 工); LIU C (山口大 大学院)
出典	資源と素材 VOL. 114, NO. 4 PAGE. 225 - 228 1998
概要	高温岩体発電の出力と寿命の予測のための三次元数値解析システムの開発を目的として, 著者らが開発した三次元境界要素法 (選点法) による熱伝導解析システムの概要について述べた。球モデルの解析結果を厳密解と比較して数値解の精度を検証し, 無限媒体モデルに対して新たに厳密解を求め, また数値解析を行って得られた結果を厳密解と比較・検証して解析システムの実用性を示した。
キーワード	非定常熱伝導; 熱伝導方程式; 境界要素法; 三次元; 地熱発電; 高温岩体; システム解析; 精度; 温度分布; 経時変化; 熱拡散; 温度伝導率; 無限体; 体積積分

(5)

和文タイトル	水の注入による圧力応答の特性について 丹那盆地のモデル
英文タイトル	On the Characteristics of Pressure Responses by Water Injection. Models for the Tanna Basin.
著者 (所属機関)	FUZINAGA Y, ROKUGAWA S, ISHII Y (Univ. Tokyo, Tokyo, JPN); SASADA M, YONEDA (New Energy and Industrial Technology Development Organization, Tokyo, JPN)
出典	物理探査 VOL. 46, NO. 6 PAGE. 525 - 535 1993
概要	地熱探査技術等検証調査断裂型貯留層探査法開発プロジェクトのために丹那盆地に掘削した3坑井で水注入試験を行った。まず、均質貯留層の場合の注水井からの距離、孔隙率、透水率及び粘性の影響を解析的に考察し、次に物理探査などから導いた幾つかの水理学的モデルによる圧力応答を単相3次元シミュレータを用いて数値的に求め、実際データと比較した。
キーワード	静岡; 断層; 滞水層; 浸透率; 間隙率; 地下水圧; 応答; 応答解析; 注水試験; シミュレーションモデル; 数値計算; 計算機シミュレーション; 水文地質; 丹那盆地

(6)

和文タイトル	鬼首カルデラ熱水系の自然状態モデリング
英文タイトル	Natural State Modeling of the Onikobe Caldera Hydrothermal System.
著者 (所属機関)	安川香澄, 石戸経士 (地質調査所)
出典	物理探査 VOL. 45, NO. 3 PAGE. 172 - 189 1992
概要	宮城県に存在する標題熱水系について、様々なデータを矛盾なく統合した数値モデルを作成した。このモデルで再現した自然状態は、温度・圧力・放熱量の観測量とよく一致している。広域的な浸透率分布について、圧力分布のデータ解析及び比抵抗分布や地化学データ等から初期設定を行い、シミュレーション計算の結果と観測事実とのマッチングによって最終モデルを得た。また、透水ゾーンの浸透率につき感度解析を行った。
キーワード	宮城; カルデラ; 熱水系; 数学モデル; シミュレーションモデル; モデリング; 地質構造; 電気抵抗率; 浸透流; 浸透率; 岩石物性; 物理探査; 感度解析; 数値計算; 計算機シミュレーション; 対流熱伝達; 熱水貯留層; 鬼首カルデラ

(7)

和文タイトル	地熱レザーバのモデルとそのシミュレーション
英文タイトル	Modeling and numerical simulation of geothermal reservoirs.
著者 (所属機関)	矢野雄策 (地質調査所)
出典	物理探査 VOL. 42, NO. 6 PAGE. 469 - 479 1989
概要	地熱レザーバの特質を示し、例示によりシミュレーション手法・問題点について述べ、モデル化とその手順を示した。また、割れ目型レザーバ内の流動をシミュレートするMINCモデルについて考察した。熱源、構造、地形、生産、還元等の影響とそれら各要素のセンシティブティを明らかにしてフォーワードモデル化することが期待される。
キーワード	熱水貯留層; シミュレーション; 地熱流体; 流動; 二相流; 断裂系; 熱水系; 熱力学的性質; 浸透率; 数学モデル

(8)

和文タイトル	豊羽鉾山における天然亀裂を含む鉾脈を用いた熱抽出実験のモデル化
英文タイトル	Simulation of Heat Extraction Test through Natural Joints Zone at Toyoha mine.
著者 (所属機関)	天満則夫, 厨川道雄 (資源環境技総研); 水田義明, 石田毅 (山口大 工); 山下貢 (山口大 大学院); 境収 (豊羽鉾山); ZYVOLOSKI G (Los Alamos National Lab., New Mexico)
出典	日本地熱学会誌 VOL. 16, NO. 2 PAGE. 185 - 202 1994
概要	豊羽鉾山における天然亀裂を含む鉾脈を貯留層とした熱抽出実験や岩盤調査結果をもとに、熱抽出の対象となる鉾脈とその周辺の岩盤のモデル化を行い、10日間の連続注水の熱抽出に関するシミュレーションを行った。各回収孔からの生産流量の違いをもとに、実験現場における鉾脈内の天然水の流れには鉛直方向の流れと水平方向の流れのあることが示された。
キーワード	シミュレーション; 地熱; 鉾脈鉾床; 地下水流; 断裂; 北海道; 岩盤試験; 抽出; 人工注水; 豊羽鉾山

(9)

和文タイトル	高温岩体からの熱抽出に関するシミュレーション・モデル
英文タイトル	A Simulation Model of Heat Extraction from Hot Dry Rock.
著者 (所属機関)	AKIBAYASHI S, YAMAGUCHI S (Akita Univ.); FUKUDA M (Kyushu Univ.)
出典	日本地熱学会誌 VOL. 14, NO. 3 PAGE. 253 - 272 1992
概要	マトリクス・ブロック/フラクチャ・ネットワーク・システム内の熱エネルギー輸送の数値シミュレーションに関して研究した。特に提案したエネルギー輸送シミュレーションモデルの計算アルゴリズムの有効性について、細分割多孔質モデルとの比較により検討した。
キーワード	高温岩体; 熱回収; 熱水貯留層; 亀裂; 熱流; 多孔質中の流れ; シミュレーション; アルゴリズム

(10)

和文タイトル	二重空隙二重透水率モデルを用いたき裂を含む岩体からの熱抽出シミュレーション
英文タイトル	Heat Extraction Simulation from Fractured Rock by a Double Porosity and Double Permeability Model.
著者 (所属機関)	増田善雄, 木村繁男 (東北工技試); 林一夫 (東北大)
出典	日本地熱学会誌 VOL. 13, NO. 3 PAGE. 179 - 190 1991
概要	亀裂を含む岩体内の熱と水の流れを解析するために、二重空隙二重透水率モデルに基づいて有限要素法をプログラム化したLINC法を提案した。この方法を使って高温岩体内に存在する単一亀裂と周囲の低透水性岩石の熱と水の流れを別々に計算し、両者間の相互作用をsinkとsourceを介して説明した。計算結果は地熱貯留層解析の手法として有効であることを確認した。
キーワード	熱水貯留層; 亀裂; 透水係数; 流体流; 流体力学的模型; 計算機シミュレーション; 有限要素法; 実験式; 数値計算; 高温岩体; LINC法

(11)

和文タイトル	フラクチャー・ネットワークのフラクタル圧力遷移応答
英文タイトル	Fractal Pressure - Transient Response of Fracture Networks.
著者 (所属機関)	石戸経士, 矢野雄策, 中尾信典 (地質調査所)
出典	日本地熱学会誌 VOL. 18, NO. 2 PAGE. 107 - 116 1996
概要	貯留層の生産性を予測するにはフラクチャー・ネットワーク (1) の透水性や貯留性について, その特性を明らかにする必要がある。貯留層工学の守備範囲は最も経済的な貯留層開発を目標とした貯留層のキャラクタリゼーション及びモデリングである。フラクタル断裂系での圧力遷移の解析例を紹介するとともに, フラクタル性を反映したデータについて述べた。
キーワード	断裂系; 熱水貯留層; フラクタル; 圧力; 過渡応答; 大分; 地熱地帯; 湯坪地熱地帯

(12)

タイトル	地熱エネルギーの新技术開発 貯留層評価
著者 (所属機関)	由佐悠紀 (京大), 石戸経士 (地質調査所)
出典	日本地熱学会誌 VOL. 15, NO. 4 PAGE. 130 - 146 1993
概要	地熱流体系の形成, 深層熱水系, 広域地下水循環系, 熱水対流系, 二相流系, 貯留層評価技術の現状 (貯留構造のキャラクタリゼーション, 数値シミュレーション), 貯留層評価技術の課題 (断裂型貯留層, 断裂系パラメータのキャラクタリゼーション, 断裂系のフラクタル構造, 貯留層管理) について述べる。
キーワード	熱水貯留層; 熱水系; 地熱エネルギー; 地下水流; 断裂系; 地温; 透水性; デジタルシミュレーション; フラクタル; 収率; 圧力

(13)

和文タイトル	不連続性岩盤における応力, 水, 熱の連成解析の定式化 (応力解析)
英文タイトル	Formulation for the Coupled Mechanical - Hydraulic - Thermal Behavior Analysis in a Discontinuous Rock Mass (Stress Analysis).
著者 (所属機関)	中井仁彦 (情報数理研); 浜島良吉 (埼玉大 工)
出典	日本地熱学会誌 VOL. 16, NO. 4 PAGE. 401 - 434 1994
概要	断層や節理を有する不連続性岩盤内の熱伝達, 流動, 応力の連成問題に関して, 修正仮想変位法による応力均衡及び積分差分法による質量保存とエネルギー保存則の分析を行った。この分析方法により, Voronoi分割を使用した任意多面体要素の分析及び岩体節理の開口と滑動に関する分析が可能となった。応力均衡, せん断破壊, 伸張破壊, 強度変化の関係を定式化し, 三軸載荷試験の弾性破壊をシミュレートした。
キーワード	応力解析; 熱伝達; 地下水流動; 三軸圧縮試験; 岩盤; 差分法; エネルギー保存則; 多面体; シミュレーション; 不連続性; 断層; 節理

(14)

タイトル	岩盤浸透流と数値解析のためのモデル化の考え方について
著者 (所属機関)	大西有三 (京大 工)
出典	電力土木 NO. 226 PAGE. 3 - 11 1990
概要	従来の岩盤力学解析では連続体の力学が用いられてきた。岩盤の割れ目や亀裂に注目して不連続体として解析する力学体系が成長してきている。この傾向は浸透流解析の研究においても同様である。また浸透流の媒体として岩盤を剛体と見るか、変形体と見るかによっても取り扱いが変わる。割れ目は岩盤を異方性なものとし、割れ目モデルを作成するには調査データを統計処理することである。
キーワード	浸透流; 岩盤力学; 亀裂; 数値計算; 異方性; 力学モデル; シミュレーションモデル

(15)

タイトル	地形データ自動入力システムによる地盤数値解析システムの開発
著者 (所属機関)	近藤寛通, 三浦雅彦, 奥田康三 (中部電力 電力技研)
出典	電力土木 NO. 260 PAGE. 112 - 117 1995
概要	近年のコンピュータの目覚ましい発展と数値解析技術の高度化を背景として、地盤の安定評価検討に3次元解析を行うことが多くなってきた。この3次元解析を行うためには、解析領域の地形を数値データ化する必要があり、その作業にかなりの時間と労力を要する。このため当社では、市販の地形図などの等高線図を自動的にコンピュータに読み込ませて数値データ化する地形データ自動入力システムを開発した。また合わせて、既存の種々の解析ソフトとリンクさせて、一貫した地盤数値解析が可能となるようにした。本報では、その概要を報告する。(著者抄録)
キーワード	安定性解析; 地形図; 浸透流; 応力分布; 地層圧; 地盤調査; システム構造; 境界要素法; 入力設計

(16)

タイトル	地質統計学的手法を用いた不連続性岩盤の水理定数推定法
著者 (所属機関)	大石富彦 (関西電力); 堀江正人 (日本原子力発電); 中屋真司 (CRC総合研)
出典	電力土木 NO. 274 PAGE. 104 - 109 1998
概要	岩盤の透水性を把握するには、ボーリング孔を利用した透水試験等の比較的狭い領域における多点観測結果から、広い範囲の水理構造を推定する方法が通常用いられている。しかしながら、ボーリング孔の数が限られることや破碎帯に伴う水みちの把握が困難であるなどの問題点も多い。そこで、岩盤の透水性調査として実施されることが多いルジオン試験結果にK r i g i n gの呼ばれる地質統計学的手法を適用し三次元的な領域全体の水理構造の推定を試みたのでその結果の概要について報告する。(著者抄録)
キーワード	岩盤; 透水性; 透水試験; ポアホール; 空間分布; 破碎帯; 地下水位; 統計的推定; 浸透流; 構造線; 亀裂; 不連続性; ルジオン値; クリッキング

(17)

和文タイトル	節理性岩盤のモデル化と浸透流解析に関する研究 (その2)
英文タイトル	A Modelling Method of Jointed Rock Mass and its Application to Seepage Flow Analysis (2).
著者 (所属機関)	菊地宏吉, 水戸義忠 (京大 工); 三室俊昭 (東電設計)
出典	電力土木 NO. 242 PAGE. 57 - 65 1992
概要	本論文は (その1) においては, 節理性岩盤の浸透流解析を行うことを目的として, 節理分布性状の系統的な調査・推計・モデル化手法を提案したが, 本論文 (その2) においては, 現場において実施した3種の実験結果を基にして, 節理性岩盤の3次元の浸透流ネットワーク解析について詳しく検討するとともに (その1) において提案したモデルを用いた新しい浸透流解析手法を提案する。(同所抄録)
キーワード	節理; 浸透流; 透水試験; 湧水; 流量; 水頭; 動水勾配; 流速

(18)

タイトル	熱水系シミュレーションによる地熱地域のモデリング
著者 (所属機関)	藤光康宏 (電力中研 我孫子研)
出典	電力土木 NO. 234 PAGE. 68 - 77 1991
概要	地熱発電の場合, 天然ポイラである地熱貯留層の能力を把握する必要がある。各種坑井データ, 地質データ, 物理探査データ等を地熱貯留層シミュレータと呼ばれる汎用計算プログラムで編集して数値モデルを作成し解析する方法が採られている。ここでは地熱貯留層モデルを簡単に紹介し, モデリングの一手法と数値実験の例を示した。地熱貯留層モデルの精度は境界条件に大きく依存している。
キーワード	地熱発電; 熱水貯留層; 地熱地帯; モデリング; シミュレータプログラム; 数値計算

(19)

和文タイトル	高温岩体フラクチャー・ネットワーク内の熱移動
英文タイトル	Heat Transfer in a Hot Dry Rock with a Complex - Shaped Fracture Network.
著者 (所属機関)	秋林智, 杉本文男 (秋田大 鉱山); 福田道博 (九大 工)
出典	地下水学会誌 VOL. 36, NO. 1 PAGE. 31 - 44 1994
概要	水圧破碎による高温乾燥岩体からの熱抽出の解析のために, エネルギー式として岩石マトリクス内には有限要素法を, フラクチャー内には差分法を用いて, 複雑な境界条件にも適する解析法を案出した。その数学モデルと基礎方程式の妥当性を, 3タイプのフラクチャー・ネットワークにより検討し, 熱回収率や熱回収期間についての解析としても良い結果を得た。
キーワード	高温岩体; 地熱; 地熱エネルギー; 地熱利用; 熱拡散; 熱流束; 岩石破碎; 内部亀裂; ネットワーク; 多孔質中の流れ; 数学モデル; 数値計算; 計算機シミュレーション

(20)

和文タイトル	飽和・不飽和多孔体中の熱移動とヒステリシスを伴う浸透流の連成解析
英文タイトル	Coupled analysis of heat transport and water flow with hysteresis in saturated - unsaturated porous media.
著者 (所属機関)	藤縄克之 (信州大 工)
出典	地下水学会誌 VOL. 37, NO. 3 PAGE. 175 - 192 1995
概要	飽和・不飽和多孔体中における伝導・分散・対流を考慮した熱移動と土壌水分ヒステリシスを伴う浸透流の連成現象を理論化し、有限要素法等を用いた数値解析手法を示した。さらに、浸透流と熱移動の連成解析モデルを福井県三里浜で実施された不圧帯水層への熱エネルギー貯留回収試験に適用して現地試験結果と対比して、計算結果が十分妥当性のあることを示した。
キーワード	浸透流; 不圧帯水層; ヒステリシス; 熱伝達; 土中水; エネルギー貯蔵; 数値計算; 福井; 多孔質体; 熱回収; 三里浜

(21)

和文タイトル	地下水数値計算法 (7) 1—6 差分法の応用
英文タイトル	Computational methods for groundwater analysis (7) 1—6, application of finite difference methods to saturated flow.
著者 (所属機関)	藤崎克博
出典	地下水学会誌 VOL. 33, NO. 1 PAGE. 35 - 42 1991
概要	標記の応用として、準3次元モデル、準3次元多層滞水層モデル、断面2次元モデル、軸対象モデル、3次元モデルの5種の差分近似モデルの具体例をとりあげて解説した。地下水流の解析法として差分法は有限要素法との実際的な差はほとんど無く、有利な点も多い。差分法は初心者にも取り扱いやすく、対話型シミュレーションプログラムも開発されている。
キーワード	地下水流; 数値計算; 差分法; 滞水層; 水文モデル; 断面; 近似法; 有限要素法; 計算機シミュレーション; 地下水

(22)

和文タイトル	河川を考慮した地域地下水汚染の解析
英文タイトル	Numerical analysis of regional groundwater pollution considering the effect of river.
著者 (所属機関)	古市徹, 真柄泰基 (公衆衛生院); 林田貴範 (パシフィックコンサルタンツ)
出典	地下水学会誌 VOL. 32, NO. 2 PAGE. 71 - 80 1990
概要	国内某地方の盆地内住宅密集地での地下水汚染について、数値モデルにより現況の把握と汚染機構の解明を試みた。原データは1986 - 1989年の4調査を用い、地下水流れ場のモデルはUNISSF、汚染物質の濃度場のモデルはLOD - CFEM有限要素法によって行った。15年後でも汚染物質の大部分が域内帯水層に残存することが分かった。
キーワード	河川; 地域; 地下水汚濁; 盆地; 住居地区; 数学モデル; 汚染物質; 濃度分布; 計算機シミュレーション; モデリング; 地下水流

(23)

和文タイトル	遺伝的アルゴリズムを用いた多層帯水層地盤における揚水試験データの逆解析方法
英文タイトル	Inverse Analysis of Hydraulic Properties of Multilayered Aquifer from Pumping Test Data Using Genetic Algorithms.
著者 (所属機関)	竹下祐二, 河野伊一郎 (岡山大 環境理工); 安井克豊 (岡山大 大学院)
出典	地下水学会誌 VOL. 39, NO. 4 PAGE. 313 - 325 1997
概要	揚水試験データから多数の浸透特性パラメータを安定かつ簡便に算定する方法を提案した。遺伝的アルゴリズムは生物進化の過程である自然淘汰・交叉・突然変異を模した多点探索法であり, 組み合わせ最適化問題の近似解法の一つである。2層被圧帯水層地盤モデルにおける揚水試験のデータを吟味し, 透水係数の異方性および比貯留係数が同時に精度良く算定できた。
キーワード	揚水試験; 逆問題; 帯水層; 成層; アルゴリズム; 数値計算; 地下水

(24)

和文タイトル	地表流と地下水流を結合した3次元陸水シミュレーション手法の開発
英文タイトル	Numerical Simulation of Surface - Subsurface - Coupled, 2 - Phase, 3 - Dimensional Fluid Behavior.
著者 (所属機関)	登坂博行, 小島圭二, 三木章生, 千野剛司 (東大 大学院)
出典	地下水学会誌 VOL. 38, NO. 4 PAGE. 253 - 267 1996
概要	地下水挙動の解析に関して, 2成分2相空気・地下水の流れを扱うシミュレーション技術の中に, Manning則に基づく地表流の近似式を導くとともに, それを2相Darcy流れと同形式で整合的に結びつける定式化方法を提案した。さらに, 陸域での様々な水理環境を十分表現できるように実用性を高めた数値シミュレータを開発し, 斜面モデルの計算例により検証した。
キーワード	地表水; 地下水流; 流動; 二相流; デジタルシミュレーション; 三次元

(25)

和文タイトル	小島での地下水への海水侵入
英文タイトル	Seawater Intrusion into Groundwater in Small Islands.
著者 (所属機関)	柿沼忠男 (愛媛大 工)
出典	地下水学会誌 VOL. 34, NO. 3 PAGE. 171 - 182 1992
概要	サンゴ礁での標記の現象に対して, 淡塩水境界モデルと分散モデルの定常解による理論を述べ, 南太平洋キリバス共和国クリスマス島でのシミュレーションの結果を示した。更にこれらに基づき瀬戸内海の愛媛県興居島, 9.27 km ² に対して二次元定常分散モデルによるシミュレーションを行った。クリスマス島では分散モデルによる淡水層厚が薄く出ることが分かった。
キーワード	珊瑚礁; キリバス; 被圧地下水; 塩水侵入; 地下水流; 地下水流動; 浸透流; 数学モデル; 数値計算; 計算機シミュレーション; 帯水層

(26)

和文タイトル	下方加熱を受ける多孔質体内での自然対流
英文タイトル	Natural Convection in a Saturated Porous Medium Heated from below.
著者 (所属機関)	木村繁男 (東北工技試)
出典	地下水学会誌 VOL. 33, NO. 4 PAGE. 215 - 226 1991
概要	蓄熱に地下水を利用する際の物質と熱の移動を理解するために、標記の問題の基礎方程式を求め、モデル計算を行った。2次元および3次元の対流パターンそれぞれにおいて、レイリー数が増加すると定常流から規則的単振動流へ、更に複雑な振動流へ進化する。またヌッセルト数はレイリー数500以上の領域ではレイリー数と1次の関係になることが分かった。
キーワード	対流熱伝達; 自然対流; 多孔質中の流れ; 地中蓄熱; 多孔質体; Rayleigh数; 流体力学的方程式; 数値計算; 計算機シミュレーション; 流れ分布; 地下水

(27)

和文タイトル	ベースンモデリングによる石油システム評価
英文タイトル	Petroleum system evaluation by basin modeling.
著者 (所属機関)	奥井明彦 (石油公団 石油開技セ)
出典	石油技術協会誌 VOL. 63, NO. 1 PAGE. 78 - 91 1998
概要	多次元ベースンモデリングは動的な石油システムを直接動的に評価するシステムで、歴史的プロセスを定量的に評価できる。地質、地化学現象を統合評価し、また、仮説的に物理、化学法則の制約を加えることができる。複数の仮説を比較検証したり、重要な要因の抽出ができる。JNOC/TRC開発のSIGMA-2Dベースンモデリングシステムによる石油システム評価例を示した。
キーワード	高次元; 混相流; 堆積盆地; モデリング; 石油形成過程; 石油移動集積過程; システム評価

(28)

和文タイトル	石油探鉱におけるシミュレーションの役割 はたして我々の思考法は変わったのか?
英文タイトル	Role of simulation model in petroleum exploration. Have we developed new ideas for exploration?
著者 (所属機関)	中山一夫 (地球科学総合研)
出典	石油技術協会誌 VOL. 63, NO. 1 PAGE. 2 - 10 1998
概要	堆積層序モデルを例にして、記載学的色彩の強い、帰納法をベースにした思考が中心の探鉱作業に演積的物探思考法を導入したシミュレーションが開発されている。これは地質学的探鉱と物理探鉱という相反する思考法に基づく分野双方に新しい視点を導入することになり、従って石油探鉱全体に新たな視点を生むことが期待できると述べた。
キーワード	石油鉱床; 堆積盆地; 物理探査; シミュレーション; 層序; シミュレーションモデル石油; 天然ガス; 地質構造; 堆積構造; 地震探査; 会話型言語; 傾斜計; 記録; 構造解析; 事例研究; 図面

(29)

和文タイトル	堆積盆評価のための二次元総合モデル
英文タイトル	Two - dimensional simulation model for petroleum basin evaluation.
著者 (所属機関)	中山一夫 (石油資源開発)
出典	石油技術協会誌 VOL. 53, NO. 1 PAGE. 41 - 50 1988
概要	演た動的な前進モデル (時間に沿って二次元断面図上での流体移動, 熱移動, 有機物の熟成, 石油・ガスの生成等を再現する) の概略を述べ, 一般的な探鉱問題への応用の一例として新潟地域の一断面を取上げ, 本モデルの適用の仕方, その結果から推定される地域的な石油地質上の特徴につき記述した。
キーワード	新潟; 堆積構造; 構造盆地; 鉱床評価; 石油地質; 石油; 天然ガス; 鉱床探査; 二次元; 移動; モデリング; 適応性

(30)

和文タイトル	一次元堆積盆モデルを用いた根源岩評価 海外における実例
英文タイトル	Source rock evaluation by one - dimensional basin modeling. Examples from foreign explorations.
著者 (所属機関)	中山一夫 (石油資源開発)
出典	石油技術協会誌 VOL. 56, NO. 1 PAGE. 64 - 75 1991
概要	一次元モデルと二, 三次元モデルの質の違いを考察し, それぞれの限界を明確にしたうえで, 実際の探鉱評価作業における一次元モデルを用いた応用例を紹介する。始めに入力パラメータの一つである過去の地温勾配を推定した中東での実例, 次に広域的に根源岩評価を行ったジャワ地域での堆積盆解析の実例を示す。
キーワード	構造盆地; 石油地質; 地温勾配; 石油根源岩; 数学モデル; 油層評価; 熟成度; 地殻熱流量; 推定; 事例研究

(31)

和文タイトル	堆積盆シミュレーションにおける石油の二次移動とそのモデル化
英文タイトル	Can we properly model secondary migration in basin simulation?
著者 (所属機関)	徳永朋祥, 松原修, 茂木勝郎, 登坂博行, 小島圭二 (東大 大学院)
出典	石油技術協会誌 VOL. 63, NO. 1 PAGE. 52 - 64 1998
概要	堆積盆地シミュレータを用いた解析結果を探鉱上有効にするため, 石油の二次移動過程のモデル化を検討し, 問題点とその解決法について論じた。その結果は, 1) 石油の地層内の移動様式を考慮することが, 石油の二次移動モデル化する場合には重要である, 2) 長期にわたる多相流動を表現する相対浸透率は, 二次移動過程のモデル化に対して重要な示唆を与えることが分かった。
キーワード	堆積盆地; シミュレーション; 石油移動集積過程; モデリング; シミュレータ; 数値計算; 問題解決

(32)

和文タイトル	石油生成モデリング技術と熱史評価技術の進歩
英文タイトル	Developments in the art of modelling for petroleum generation and thermal history.
著者 (所属機関)	鈴木徳行 (北大 大学院)
出典	石油技術協会誌 VOL. 63, NO. 1 PAGE. 30 - 43 1998
概要	総合的な石油鉱床形成のシミュレータの適用には石油・ガスの物理化学的性質や生成モデルと反応速度パラメータ評価が重要である。熱史と生成モデルに基づいた生成モデリングは、総合的な堆積盆地モデリングにおける石油・ガス排出タイミングや量の予測に直接影響する。生成モデリングと熱史評価の最近の進歩を述べた。
キーワード	石油形成過程; 堆積盆地; モデリング; 石油根源岩; 熱史; シミュレータ; 熟成度; 熱分解

(33)

和文タイトル	長期油田形成プロセスのモデリングと三次元堆積盆シミュレータの開発
英文タイトル	Modelling petroleum field formation processes and development of a three - dimensional basin simulator.
著者 (所属機関)	徳永朋祥, 登坂博行, 小島圭二 (東大 工)
出典	石油技術協会誌 VOL. 59, NO. 6 PAGE. 519 - 530 1994
概要	油田形成過程を数値的に解析するために、基本的な地質現象のモデル化の手法と物性の取り扱いの手法に関し整理を行ない、三次元堆積盆シミュレータを開発した。また、開発したシミュレータを用い、三次元的な岩質の分布・連続性が流体流動のパターンを決定づけるケースにつき、二次元断面モデルによる計算結果との比較から、三次元解析の必要性を明らかにした。
キーワード	石油形成過程; 石油鉱床; 三次元ディスプレイ; 流動; 圧密; 数値解法; 堆積盆地; シミュレータ

(34)

和文タイトル	カフジ油田におけるシミュレーションモデルを用いた地層水の挙動の把握
英文タイトル	Investigation of formation water flow behavior by reservoir simulation model in Khafji field.
著者 (所属機関)	三谷丈志, 広川詳二, 内村竜一 (アラビア石油)
出典	石油技術協会誌 VOL. 61, NO. 6 PAGE. 502 - 512 1996
概要	カフジ油田の主要産油層である第一, 第二バハレン砂岩は非常に強力な水押型貯留岩である。近年, 水の生産を伴う産油井が増大したため, 水の侵入形態と水のフロントの位置を知り, 将来予測を行う必要性がでてきた。既存シミュレーションモデルを使用した総合的油層研究を実施するに当り, まず, 水平方向に岩質が変化する河川系の解釈に層序概念を適用した地質モデルを構築した。次に, 第二バハレン砂岩の一部を対象とした限定地域モデルを作成し, 油層内の流体挙動, 特に水の侵入形態を把握して全体モデルの再構築を行った。
キーワード	サウジアラビア; クウェート; 油田; 砂岩; 油層; 水押; 貯留岩; シミュレーションモデル; 油田水; 液体流; シミュレーション; 石油貯留層; 油層シミュレーション

(35)

和文タイトル	フラクチャー型貯留層を有する堆積盆地解析の試み
英文タイトル	Basin evaluation for the field with fractured reservoirs.
著者 (所属機関)	指宿敦志, 中山一夫, 国安稔 (石油資源開発); 小玉喜三郎 (地質調査所)
出典	石油技術協会誌 VOL. 56, NO. 1 PAGE. 86 - 95 1991
概要	地質構造が形成される過程において発生する応力に起因する岩石の塑性歪領域の発生場所や塑性歪の強さの時代に伴う変遷, フラクチャーの形成・発達過程を仮想基盤変位法を用いて再現する構造解析を行った。さらに石油・ガスの生成・移動・集積についての堆積盆地解析を行い, フラクチャー型貯留層を有する石油・天然ガス鉱床形成の可能性について考察した。
キーワード	堆積盆地; 塑性歪; 石油貯留層; ガス飽和率; 浸透率; 亀裂; シミュレーション; ガス層圧; 弾塑性解析; 有限要素法; 石油移動集積過程; 異常高圧層; 仮想基盤変位法

(36)

和文タイトル	水溶性天然ガス鉱床とsand/silt system
英文タイトル	Natural gas deposits of dissolved - in - water type and sand/silt system.
著者 (所属機関)	田崎義行 (関東天然瓦斯開発)
出典	石油技術協会誌 VOL. 53, NO. 4 PAGE. 256 - 264 1988
概要	南関東ガス田の貯留層は砂岩とシルト岩の互層から成り、その中での流体流動機構は自然フラクチャ貯留層のそれと類似する。そこで砂岩をフラクチャ、泥岩を母岩とするシステム中の流動挙動を予測する三次元二相ダブル孔隙率モデルを提案。この数値モデルによるシミュレーションにより、茂原型産出挙動の機構検証を試みた。シミュレーション研究を詳述。
キーワード	水溶性; 天然ガス; 石油貯留層; 砂岩; シルト岩; 亀裂; 泥岩; 母岩; 産出挙動; 間隙率; シミュレーションモデル; 三次元; 二相流; 数値計算; 千葉; ガス田

(37)

和文タイトル	炭酸塩岩油層における浸透率の推測
英文タイトル	Permeability prediction in a carbonate reservoir, Middle East.
著者 (所属機関)	榊沢努 (石油公団 石油開技セ); 西川宜孝, 谷亜輝紅 (富士総合研)
出典	石油技術協会誌 VOL. 62, NO. 6 PAGE. 505 - 510 1997
概要	中東地域の炭酸塩岩油層における、コアを採取していない坑井での水平浸透率分布を推測するための手法を試した。孔隙率などの検層データから浸透率を求めるため、ニューラルネットワークを利用した手法、重回帰分析での手法を適用した。その結果を孔隙率 - 浸透率の相関を用いる従来の方法のものと比較した。ニューラルネットワークを利用することで、油層を岩質などであらかじめ分類することなく、従来方法と同程度の精度を得られた。検層データ中の4つを独立変数とした重回帰分析を用いても、従来方法を格段に上回る精度は得られなかった。
キーワード	炭酸塩岩; 油層; 浸透率; 間隙率; 検層; 中近東; 神経回路網; 多重回帰分析

(38)

和文タイトル	石灰岩油層の岩質キャラクタリゼーション
英文タイトル	Lithological characterization of the carbonate oil reservoir.
著者 (所属機関)	江藤公治 (石油公団); 鈴木都美 (日本オイルエンジニアリング)
出典	石油技術協会誌 VOL. 62, NO. 6 PAGE. 474 - 485 1997
概要	油層モデルのための相対浸透率エンドポイントならびに絶対浸透率の精度の高い推定には、採取されたコアでの実測値と検層データでの予測値の間の相関が良いことが必要である。通常の方法では相関の悪い炭酸塩岩油層において、検層信号に対する岩石の応答を基に岩相 (エレクトリカルファシス) をグループ化し、それぞれのグループごとに推定することで良い相関が得られた。比抵抗率、孔隙率、水飽和率など5種の検層データを用い、主成分分析法により4グループに分けた。
キーワード	石灰岩; 油層評価; 岩相; 主成分分析; 相対浸透率; 検層; 浸透率; 電気抵抗率; 間隙率; 水飽和率; エレクトリカルファシス; 油層モデル; 絶対浸透率; 油層キャラクタリゼーション

(39)

和文タイトル	地熱貯留層工学 第6回 貯留層シミュレーション (2) 生産予測
英文タイトル	Geothermal Reservoir Engineering. 6. Reservoir Simulation (2). Performance Prediction.
著者 (所属機関)	石戸経士 (地質調査所)
出典	地熱 VOL. 35, NO. 2 PAGE. 137 - 156 1998
概要	地熱発電の発電規模を決める際には、自然状態の貯留層モデルを初期条件として生産予測シミュレーションが行われる。また、生産・還元プランをつくり、将来の追加井掘さくを検討するには、坑井ごとの予測シミュレーションが有効であり、感度解析によりさまざまなシナリオの比較検討が行われる。ここでは自然状態モデルとして二相型貯留層モデルを選び、岩体区分、空隙率、浸透率等に基づく具体的な予測方法について述べた。
キーワード	地熱発電; 地熱開発; 熱水貯留層; シミュレーションモデル; 予測技法; 高温岩体; 間隙率; 浸透率; 計算モデル; 熱水; 生産量; 還元井; 感度解析

(40)

和文タイトル	地熱貯留層工学技術 III ケーススタディ (2)
英文タイトル	Geothermal reservoir engineering. 3. Case study (2).
著者 (所属機関)	阿部信, 中西繁隆 (電源開発)
出典	地熱 VOL. 24, NO. 5 PAGE. 523 - 530 1988
概要	昭和53~60年度にかけて、資源エネルギー庁では九州豊肥地域で大規模深部地熱発電所環境保全実証調査を行った。各種の坑井試験から得られたデータのうち、地層温度、圧力及び透水性に関するデータは解析上重要である。涌蓋山周辺地域について、単相・非圧縮性を仮定したシミュレータによる3次元熱水流動シミュレーションを実施した。3か月間のドロウダウン並びにその後のビルドアップテストの結果、DY-5坑周辺の浸透率分布に関するモデルを作成でき、高透水性のゾーンを捉えることができた。
キーワード	地熱; 熱水貯留層; 地熱井; 坑井試験; 温度分布; 地層; 圧力変動; 圧力分布; 透水性; 熱水; 流量; 流動; シミュレーション; 浸透率; 事例研究

(41)

和文タイトル	地熱貯留層工学技術 II ケーススタディ (1)
英文タイトル	Geothermal reservoir engineering. 2. Case study (1).
著者 (所属機関)	小原幸正 (日本重化学工業)
出典	地熱 VOL. 24, NO. 5 PAGE. 519 - 523 1988
概要	高温熱水型貯留層として、滝ノ上地域、濁川地域は順調に開発が進められており、両地域で行われた手法を紹介した。貯留層把握のための手法は、貯留層のモデル化、その解析、データの取得及び解析、解析結果及び評価からなる。両地域で実施した解析例及び評価例として、貯留層特性値、流体挙動、還元熱水挙動の解析・評価、噴気流体温度と還元熱水との関係、生産井の生産能力評価について述べた。
キーワード	地熱; 熱水貯留層; シミュレーション; 地熱井; 還元井; 間隙率; 浸透率; 圧力分布; 温度分布; 熱水; 流速; 経時変化; 生産量; 生産能力; 事例研究

(42)

和文タイトル	地熱貯留層工学 第7回 貯留層シミュレータ
英文タイトル	Geothermal Reservoir Engineering. 7. Reservoir Simulator.
著者 (所属機関)	石戸経士 (地質調査所)
出典	地熱 VOL. 35, NO. 3 PAGE. 246 - 260 1998
概要	7章1では現実の地熱貯留層をモデル化する場合に、数値シミュレータに求められる基本的な7つの機能について述べ、その基礎となる流体と熱の輸送現象を記述する支配方程式 (運動量保存則, 質量保存則, エネルギー保存則) の意義, これらの偏微分方程式の数値計算法について論じた。7章2では、坑井内二相流シミュレータの基本方程式, 代表的な生産井の噴気状態, 噴気特性に及ぼす坑井径の影響などへの応用事例について解説した。
キーワード	熱水貯留層; 計算機シミュレーション; シミュレーションモデル; 輸送理論; 運動論的方程式; 物質移動; エネルギー保存則; 偏微分方程式; 数値計算; 坑井; 二相流; 地熱井; 熱水系; 性能分析

(43)

和文タイトル	地熱貯留層工学 第5回 貯留層シミュレーション (1) 自然状態モデリング
英文タイトル	Geothermal Reservoir Engineering 5. Reservoir Simulation (1). Natural State Modeling.
著者 (所属機関)	石戸経士 (地質調査所)
出典	地熱 VOL. 35, NO. 1 PAGE. 76 - 97 1998
概要	自然状態シミュレーションは、さまざまなデータを統合し熱水貯留層の数学モデルを構築するための手段である。得られた数学モデルは地熱系で発生する基本的な物理的過程に関する概念モデルの記述を定量化し、かつ自然状態のダイナミクスを再現したものとなっている。また、生産・還元開始後の貯留層挙動について予測計算を行う場合に、そのベースとして利用可能である。概念モデルの構築, 及び自然状態シミュレーションの進め方, 澄川地熱地帯 (秋田県) への適用事例を示した。
キーワード	熱水貯留層; シミュレーションモデル; 数学モデル; 熱水系; 貯留層特性; 地熱流体; 動特性; 数値計算; 流量; 温度変動; 圧力変動; 地熱井; 還元性; 地熱地帯

(44)

和文タイトル	地熱貯留層工学 第4回 熱水対流系の熱・質量輸送
英文タイトル	Geothermal Reservoir Engineering. 4. Heat and Mass Transfer in Hydrothermal Systems.
著者 (所属機関)	石戸経士 (地質調査所)
出典	地熱 VOL. 34, NO. 4 PAGE. 371 - 390 1997
概要	地熱貯留層は熱水対流系の一部分であり、形があいまいなため、熱や流れの基本的な理解がないと数値シミュレーションによる数学モデルは作れない。地殻流体の流れの不安定性・地形起伏に伴う循環流・熱対流の計算法を示した。さらに、貫入岩の冷却・断層による貯留層の発達・マグマによる熱水対流など、地熱系のモデル化の方法を述べ、計算結果を示した。
キーワード	熱水貯留層; 熱水作用; シミュレーション; モデリング; 流体流; 不安定性; 循環流; 熱対流; マグマ; 熱水系

(45)

和文タイトル	雲仙火山下の熱構造
英文タイトル	Thermal Structure beneath Unzen Volcano, Central Kyushu, Japan.
著者 (所属機関)	高木康宏, 江原幸雄 (九大 工)
出典	地熱 VOL. 33, NO. 4 PAGE. 272 - 284 1996
概要	雲仙火山下の大局的な熱的構造を明らかにするため、地殻熱流量をもとにして雲仙火山下の伝導的な温度分布を推定した。さらに、噴火前(1989年11月1日~1990年11月16日)に起きた地震の下限深度と熱構造との関係について考察した。雲仙地域の地殻熱流量の決定、有限要素法による熱構造モデリング、熱構造の数値解析等について述べた。
キーワード	火山; 火山活動; 熱的構造; 地殻熱流量; 温度分布; 火山性地震; 有限要素法; 数値計算; 熱伝導; 長崎; 模型; 地殻構造; 雲仙普賢岳; 地殻モデル; 熱構造モデル

(46)

和文タイトル	別府南部地域の温泉水の流動について
英文タイトル	Thermal Fluid Flow System in the Southern Part of the Beppu Field, Japan.
著者 (所属機関)	矢原哲也, 島田寛一 (西日本技術開発); 由佐悠紀 (京大 理 地球物理学研施設)
出典	地熱 VOL. 31, NO. 2 PAGE. 114 - 129 1994
概要	標記地域における熱水の流動状況を定量的に把握するため、既存データや今回調査結果を基に地熱流体流動モデルを作成し、また三次元数値モデルを作成してシミュレーションを行った。この地球化学的手法による地熱流体流動のモデリング結果も、シミュレーションによる解析結果も、現在までの種々の研究成果と調和し、この手法の妥当性が実証されたといえる。
キーワード	大分; 温泉; 地下水流動; 熱水; 地熱流体; 流出モデル; シミュレーション; 地球化学; 温泉水流動; 別府

(47)

和文タイトル	地熱開発とレザバー工学
英文タイトル	Geothermal development through reservoir engineering.
著者 (所属機関)	石戸経士 (地質調査所)
出典	地熱 VOL. 27, NO. 2 PAGE. 73 - 92 1990
概要	レザバー工学とは地層評価, 資源評価のためのレザバーのモデル化, 開発戦略の開発 (レザバー管理), 生産トレンドの決定などの機能の連続であって, 地熱開発を与えられた経済的, 技術的条件の下において最適化させるために必要である。特にわが国の場合, 注意深く設計された坑井試験 (圧力変遷及び干渉試験) と自然状態及び生産条件下でのレザバーのモデル化の必要性が強調されている。
キーワード	地熱開発; 熱水貯留層; 容量; 生産量; 最適化; 圧力分布; 坑井試験; モデリング; 圧力変動; 坑井干渉; 鉱床評価; 地熱地帯; 地熱井; 日本

(48)

和文タイトル	地熱貯留層シミュレータ SINGの開発
英文タイトル	Development of geothermal reservoir simulator - SING.
著者 (所属機関)	真木浩之, 石戸経士, 佐々木茂, 河野啓幸 (新エネルギー総合開発機構)
出典	地熱 VOL. 25, NO. 3 PAGE. 260 - 266 1988
概要	NEDOでは昭和59年度より“地熱貯留層評価手法開発”を実施中である。本報では地熱貯留層を定量的に理解し, 開発に伴うリスクを軽減するための標記技術について述べた。SING - I I に関し, 地熱貯留層の数理的モデリングとシミュレータについて述べ, SING - I I の概要, その評価に言及した。霧島, 澄川地域をモデルフィールドとして地熱貯留層モデリングへの適用を行った。
キーワード	地熱; 熱水貯留層; シミュレータ; 数値計算; 評価; 気液二相流; 地熱井

(49)

和文タイトル	地熱貯留層工学技術 IV 展望
英文タイトル	Geothermal reservoir engineering. 4. Perspective.
著者 (所属機関)	石戸経士 (地質調査所)
出典	地熱 VOL. 24, NO. 5 PAGE. 530 - 531 1988
概要	地熱貯留層工学で主体的に実施していくべきものとして, 測定技術, 数理的モデリング, フィールド調査, 2次熱回収技術及び還元に関連した問題があり, フラクチャ・マッピングについても貯留層工学の役割は大きい。技術開発の実施にあたってはNEDO, 企業, 国立研究機関や大学の基礎研究が必要である。地熱系の実態解明研究, 地熱貯留層で発生する物理・化学的過程についての実験的・理論的研究, 将来の技術革新に向けた坑井テストや数理的モデリングの検討が必要である。
キーワード	地熱; 熱水貯留層; 計測; シミュレーションモデル; 現地調査; 熱回収; 地熱井; 還元井; 亀裂; 検層; 坑井試験

(50)

和文タイトル	地熱貯留層工学技術 I 現状
英文タイトル	Geothermal reservoir engineering. 1. Present status.
著者 (所属機関)	石戸経士 (地質調所)
出典	地熱 VOL. 24, NO. 5 PAGE. 512 - 518 1988
概要	地熱貯留層工学は、貯留層開発の最適化のための技術である。貯留層の数理的モデリングは、系全体にわたる物理的状態の定量的記述と時間変化を支配する物理法則の定式化からなる。地熱貯留層モデルの構築と、情報を得るための坑井テストについて述べた。地熱貯留層工学技術の現状に関し、貯留層圧力の測定、坑井テスト、貯留層シミュレータ、地熱貯留層のモデリングについて述べた。
キーワード	地熱; 熱水貯留層; 地熱開発; 地熱井; シミュレーションモデル; 坑井試験; 圧力変動; 坑井干渉; 圧力測定; 圧力分布

(51)

和文タイトル	第21回スタンフォード大学地熱貯留層工学ワークショップの論文紹介
英文タイトル	Selected Papers from the 21th Annual Workshop on Geothermal Reservoir Engineering, Stanford University.
著者 (所属機関)	矢野雄策 (地質調査所)
出典	地熱 VOL. 33, NO. 2 PAGE. 112 - 119 1996
概要	標記ワークショップにおいて発表された論文のなかから次の6編を紹介した。「DOEの地熱部：変革期」, 「水平フラクチャーへの注水の室内実験」, 「自噴小坑径井の発電容量」, 「フラクチャー型蒸気卓越型貯留層における注水プルームの挙動」, 「地熱貯留層における吸着と毛管力効果のシミュレーション」, 「コスタリカ, ミラバジェス地熱貯留層における還元水戻り：数値モデリング及び観測」
キーワード	熱水貯留層; DOE【米国】; 注入; 自噴; 地熱発電; プルーム; 物理吸着; 毛管現象; 計算機シミュレーション; 数値計算; 還元井; 国際会議; 亀裂; 割れ目

(52)

和文タイトル	フラクチャー型レザバーのシミュレーションについて
英文タイトル	Fluid Flow Simulation in Fractured Reservoirs.
著者 (所属機関)	唐崎健二 (Lawrence Berkeley Lab., CA)
出典	地熱エネルギー VOL. 18, NO. 1 PAGE. 36 - 45 1993
概要	本報はLBLをはじめとする米国におけるコンピュータを使ったレザバーシミュレーションの現状について私見を交えて考察を試みた。特に近年地熱エネルギーや核廃棄物の地層埋蔵処分で注目を集めているフラクチャー型レザバー内流体流動の基礎理論研究の紹介を中心に、コンピュータハードウェアとソフトウェア, GIGGOとBUG, レザバーシミュレータの用途, 概念モデルなどについて述べた。
キーワード	亀裂; 熱水貯留層; 計算機シミュレーション; 地熱エネルギー; 放射性廃棄物; 多孔質中の流れ; ハードウェア; ソフトウェア; 相対浸透率

(53)

和文タイトル	資源量評価技術の現状と課題 (その1) 八丁原における貯留層シミュレーションを中心として
英文タイトル	The Present and Future of Resource Assessment Technology (Part - 1). Focusing on the Hatchobaru Reservoir Simulation.
著者 (所属機関)	鴫田洋行 (西日本技術開発)
出典	地熱エネルギー VOL. 22, NO. 4 PAGE. 371 - 380 1997
概要	地熱開発に重要な地熱資源量評価の技術につき解説した。本文ではその1として資源量評価の位置づけと流れについて説明した。まず地上調査と調査井掘削によって地熱貯留層の構造や規模および熱水の流れを把握し、これを基に地下の概念モデルを作成する。さらに概念モデルから数値モデルに加工し、貯留層シミュレーションを行って開発規模の評価を行う。このような手順を説明し、また1995年に論文発表された仮想貯留層シミュレーションによる経済性評価の事例を紹介した。
キーワード	地熱エネルギー; 評価; 技術; 地熱探査; モデリング; 貯留層特性; シミュレーション; 地熱開発; 規模; 地熱発電; 経済性

(54)

和文タイトル	プラント向け景観シミュレーションシステム
英文タイトル	A Landscape Simulation System for Power Plants.
著者 (所属機関)	好永俊昭, 吉田美樹 (日立 日立工場); 宇佐美芳明 (日立 日立研)
出典	日本原子力学会誌 VOL. 39, NO. 10 PAGE. 893 - 899 1997
概要	周囲の環境に調和した発電所を計画するためのツールとして、標記システムを開発した。本稿では特に、地形のモデリング技術の実機プラントへの適用について述べた。このシステムは、CG技術の応用により、発電所と周辺地域のリアルな画像を生成できる。また、従来の格子状の標高値データに加え、地形の特徴線である尾根線の位置データも保持しているので、忠実に地形を再現できる。このシステムを実際の景観評価やプレゼンテーション業務に適用した。その結果、計画プランを可視化できることから景観の事前評価が可能であり、ツールとしての有効性を確認した。
キーワード	景観; シミュレーション; コンピュータグラフィックス; 発電所; 環境保全

(55)

和文タイトル	高レベル放射性廃棄物処分安全評価の現状と課題 VI. 地層処分における安全評価
著者 (所属機関)	梅木博之, 吉田英一 (動燃); 中山真一 (原研); 出光一哉 (九大); 塚本政樹 (電力中研); 大江俊昭 (東海大)
出典	日本原子力学会誌 VOL. 37, NO. 11 PAGE. 999 - 1010 1995
概要	安全評価の一般的手法について述べ, 各国の開発状況を紹介した。欧米諸国では地下実験施設を有し, 地層の地質学的特性, 地下水の水理学的特性, 鉱物の核種収着特性等の化学的特性を検討し, 花こう岩, 岩塩, 凝灰岩, 粘土層等各国に有利な地層に適した処分概念の構築研究を進めている。また安全評価法の解析モデルと評価パラメータを示し, 岩種別に比較した。
キーワード	高レベル廃棄物; 廃棄物処分; 安全評価; 地中処分; 地質構造; 花こう岩; 岩塩; 凝灰岩; 粘土; 数学モデル; 水文学

(56)

和文タイトル	高レベル放射性廃棄物地層処分システムの初期過渡状態の解析
英文タイトル	Analysis on Evolving Environments of Engineered Barriers of High - Level Radioactive Waste Repositories during the First 1,000 Years.
著者 (所属機関)	大江俊昭, 塚本政樹 (電力中研 狛江研); 池田孝夫, 千葉保 (日揮); 菅野毅 (石川島播磨重工業 技研); 中山真一 (原研); 長崎晋也, AHN J (東大 工)
出典	日本原子力学会誌 VOL. 35, NO. 5 PAGE. 420 - 437 1993
概要	高レベル放射性廃棄物を地層処分してから数百年間に工学的バリアを通して地下水が侵入して, 核種の放出が開始されるまでの過渡的事象について解析を行った。計算機コードTOUGH, PHREEQE, CHEMSIMULにより, 緩衝材層が水分飽和に達する冠水時間, 同層内間隙水中の化学的環境条件, 処分場内での水素発生量を求めた。
キーワード	高レベル廃棄物; 廃棄物処分; 地中処分; 環境放射性核種移動; 初期; 過渡解析; 長期管理; 障壁; 地下水; 放射能放出; 計算機シミュレーション; 計算機プログラム; 緩衝材; 水没; 間隙水; 水素

(57)

和文タイトル	Hard Rock Laboratory (HRL) 計画 地下施設の建設を伴う試験研究段階の現状
著者 (所属機関)	大沢英昭 (動燃)
出典	日本原子力学会誌 VOL. 35, NO. 1 PAGE. 67 - 69 1993
概要	スウェーデンの使用済燃料の最終処分場候補地で実施するサイト特性調査を行うHRL計画の、事前調査・建設の各段階における調査の概要とこれまでの結果を紹介した。事前調査では、空中探査・地表地球物理調査での位置決定、試錐孔による詳細調査、地質・地下水理等の予測を行う。建設段階ではアクセス坑道で調査した結果を統計的に解析して予測と比較する。
キーワード	スウェーデン; 高レベル廃棄物; 使用済燃料要素; 地中処分; 廃棄物処分施設; 敷地選定; 研究所; 試錐調査; 予備調査; 空中探査; 物理探査; 地下水流; 水理計算; 開坑; 立入坑道; 統計解析

(58)

和文タイトル	河川水の流量および水質による表層部の地下水流動の推定 岐阜県東濃地域におけるケーススタディ
英文タイトル	Estimation of Subsurface Groundwater Flow by the River Runoff and Water Quality. A Case Study at the Tono Area, Central Japan.
著者 (所属機関)	尾方伸久, 若松尚則, 梅田浩司, 柳沢孝一 (動燃)
出典	応用地質 VOL. 36, NO. 1 PAGE. 2 - 13 1995
概要	渇水期の流量や水質が地質条件によって流域毎にどのように異なるのかを把握し、それぞれの地質体の定性的な透水性および貯留能力を推定した。流量は流出高に換算し基準化を行い、水質については電気伝導度の測定と主要溶存成分分析を行った。また、水質から見た流域の分類、水質と流域地質との相関性を多変量統計解析手法 (判別分析, 主成分分析) によって検討した。
キーワード	地下水流動; 流量; 水質; 河川水; 渇水; 水文地質; 降水量; 流速; 滞水層; 透水性; 多変量解析

(59)

和文タイトル	斜面崩壊の規模と発生数に関するフラクタル
英文タイトル	Fractal of Slope Failure Size - Number Distribution.
著者 (所属機関)	佐々木靖人 (土木研); 阿部昌彦 (建設省 中部地方建設局); 平野勇 (建設省 中国地方建設局)
出典	応用地質 VOL. 32, NO. 3 PAGE. 99 - 109 1991
概要	島根県の三郡変成岩を主体とする調査地において、豪雨による斜面崩壊の崩壊最大幅と崩壊数の関係にフラクタル性を導入し、地形・地質・植生・降雨量等の地域的な要因と崩壊規模や発生数の関係を定量的に表現して、斜面防災に利用することを検討した。
キーワード	斜面崩壊; フラクタル; 降雨量; 地形; 地すべり; 粘着力; フラクタル次元; 防災

(60)

和文タイトル	地質構造を基礎としたフラクチャーネットワークモデルの開発 (その2) 釜石鉱山KD90坑道・トレーサー試験の解析
英文タイトル	Fracture Network Analysis based on the Geologic Model of Channels. Part 2: Analysis of the Tracer Migration Test carried out in the Kamaishi Mine, Japan.
著者 (所属機関)	渡辺邦夫 (埼玉大 工); 田中達也 (大林組); 内田雅大 (動燃); 岩崎浩 (日鉄鉱業)
出典	応用地質 VOL. 35, NO. 4 PAGE. 132 - 142 1994
概要	試行計算を行いながら割れ目モデルを作り地下水流れを解析する現場対話型解析を解説した。これに基づくDon-Chanモデルを釜石鉱山KD90坑道で行われたトレーサー試験の解析に応用し、その妥当性、有用性を検討した。対象岩盤の割れ目は2つの群に分けられ共役の関係にあった。また、長期にわたり割れ目を形成、応力場があまり変わっていないと考えられた。
キーワード	岩盤; 亀裂; 地下水流; モデリング; トレーサ法; 坑道; 主応力; 電気伝導率; 亀裂伝搬; 共役; 地質構造; 浸透流; 透水係数

(61)

和文タイトル	節理分布性状の確率統計学的モデル化に関する研究 (その3) パラメトリック推定手法とモデル化
英文タイトル	Stochastic Modelling of Rock Joint Distribution. Part 3: Parametric Estimation and Modelling.
著者 (所属機関)	菊地宏吉, 水戸義忠 (京大 工); 本多真 (清水建設)
出典	応用地質 VOL. 34, NO. 1 PAGE. 14 - 24 1993
概要	岩盤の工学的特性に影響を与える節理分布性状の定量的把握と確率論的にモデル化手法を開発するために、特性要素毎に確率分布を規定する未知パラメータの統計的推定方法を提案した。さらに解析モデルの予察として、この節理分布モデルを用いた解析手法についても述べた。
キーワード	岩盤; 節理; 確率分布; 確率モデル; パラメータ推定; 確率密度

(62)

和文タイトル	節理分布性状の確率統計学的モデル化に関する研究 (その2) 節理分布特性要素と確率モデル
英文タイトル	Stochastic Modelling of Rock Joint Distribution. Part 2. Joint Characteristic Elements and the Probabilistic Space Model.
著者 (所属機関)	菊地宏吉, 水戸義忠 (京大 工); 本多真 (清水建設)
出典	応用地質 VOL. 33, NO. 5 PAGE. 263 - 275 1992
概要	節理性岩盤の確率統計学的なモデル化手法の提案を目的として節理の分布特性要素を明確にした。その各特性要素毎の分布の形態について検討して確率構造をモデル化した。モデル化に必要な節理の特性要素は方向性、連続性、ち密性、開口性、挟在性、粗面性、連結性である。これらの要素のパラメータを推定して確率構造を決定した。
キーワード	岩盤; 節理; 確率モデル; 方向; 連結性; パラメータ推定; 表面粗さ

(63)

和文タイトル	節理分布性状の確率統計学的モデル化に関する研究 (その1) 対象領域の区分と節理母集団の節理群への区分
英文タイトル	Stochastic Modelling of Rock Joint Distribution. Part 1. The Division of the Objective Area into the Modelling Areas and the Division of a Joint System into Joint Sets.
著者 (所属機関)	菊地宏吉, 水戸義忠 (京大 工); 本多真 (清水建設)
出典	応用地質 VOL. 33, NO. 4 PAGE. 212 - 219 1992
概要	節理標本調査の代表的な2つの手法を述べ, 得られたデータの偏りについて確率統計学的な視点から考察し, 母集団統計量を推定できることを示した。また, 節理特性要素の中で方向性に着目し, 広範な領域を節理分布性状が類似する領域に区分する方法を提案した。さらに節理系をおおむね同じ方向性を示す節理群に区分した。
キーワード	岩盤; 節理; 標本; 岩盤試験; 試錐調査; 方向; クラスタ分析; 類似性; 連続性; 母集団; 確率モデル; パラメータ推定

(64)

和文タイトル	特集 応用地質における画像処理・解析 地熱貯留層の透水性と断裂系との関連を探る手法への画像処理技術の応用
英文タイトル	Image Processing Techniques in Engineering Geology. An Application of Technique of Graphic Processing to a Method to Clarify the Relation between Permeability of Geothermal Reservoir and Fracture System.
著者 (所属機関)	田中威, 加藤昌治, 富長勇作 (北大 工)
出典	応用地質 VOL. 34, NO. 6 PAGE. 284 - 291 1994
概要	地熱貯留層の透水性と断裂系との関連を探る手法の1つとして圧力干渉テストの観測データから, 坑井間圧力干渉の認められる坑井間のつながりの3次元表示可能な平行透過グラフィック表示プログラムを開発した。視覚的に高透水性域の3次元的存在領域の情報を得つつ解析を行うことによって, 解析が容易に, かつ高精度になることが分かった。
キーワード	地熱; 透水性; 断裂; 画像処理; 断層; 熱水貯留層

(65)

和文タイトル	岩盤不連続面の凹凸および開口幅の特徴と水理学的性質
英文タイトル	Surface Roughness and Apertures of an Fractured Rock and Its Hydraulic Properties.
著者 (所属機関)	木村強 (環境研); 江崎哲郎 (九大 工)
出典	応用地質 VOL. 33, NO. 2 PAGE. 61 - 70 1992
概要	触針式のプロファイルメータの代わりに非接触型のレーザー変位計を用いて岩盤不連続面の割れ目両面の凹凸を計測し, それを重ね合わせ開口幅を求めた。さらに表面の凹凸だけでなく, 開口幅についてもスペクトル解析を行い, 自己相関性についても調査した。数値シミュレーションにより自己相関性と割れ目の透水性を検討した。

(66)

和文タイトル	花こう岩地域における地下水流動解析 吉備高原地域をモデルとして
英文タイトル	Groundwater Flow Modeling in the Granite Region. A Case Study in the Kibi Plateau, Okayama Prefecture.
著者 (所属機関)	宮北順一 (国土庁 土地局); 藤崎克博
出典	応用地質 VOL. 33, NO. 1 PAGE. 7 - 16 1992
概要	花こう岩地域の地下水開発手法を検討することを目的として岡山県吉備高原地域を対象に、流れ関数・水頭ポテンシャルに関する数値解析法を用いた地下水流動解析を行った。その結果、このような数値解析により地下水が期待できる所とできない所が区別できること、従来の方法では困難であった複雑な地質構造の流線網を比較的容易に描けることが判明した。
キーワード	地下水; 地下水流; 花こう岩層; 流れ関数; 水頭; 流動解析; 流線; 地質構造

(67)

和文タイトル	地下ダムにおける地下水流の流動解析とその利用
英文タイトル	Analysis of Groundwater Flow in Underground Dam and its Practical Application.
著者 (所属機関)	長谷川高士 (京大 農); 石井将幸 (京大 大学院)
出典	土と基礎 VOL. 42, NO. 11 PAGE. 5 - 10 1994
概要	地下ダム設計に必要な調査内容を述べた。宮古島の砂川地下ダムを対象にした飽和水平二次元流動解析および止水壁越流解析用の鉛直二次元流動解析を行った。運用シミュレーションおよび大量の地下水利用を可能とする井戸配置決定手法 (ポロノイ分割, 井戸配置評価関数の最小化問題の導入) について解説した。
キーワード	地下ダム; 地下水流; 地下水貯留; 止水壁; 流動解析; 井戸; 評価関数; 滞水層; 越流; 揚水; 地下水かん養

(68)

和文タイトル	地下水モデルと帯水層単元
英文タイトル	Groundwater modeling and aquifer unit.
著者 (所属機関)	鎌田烈 (国際航業)
出典	土と基礎 VOL. 37, NO. 6 PAGE. 5 - 9 1989
概要	地盤内の地下水挙動を推定するための地下水シミュレーションやパラメータ同定モデルに関する最近の動向について論述する。流動モデルに関してはほぼ完成・定着段階にある。地下水解析を行う場合の基本となり、地下水の運動の場と言い換えることのできる水文地質単元 (あるいは標題単元) の重要性について、参考例とともに述べた。
キーワード	滞水層; 地下水流動; シミュレーションモデル; 層相; 地下水汚濁; 流出解析; 地下水; パラメータ推定

(69)

和文タイトル	放射性廃棄物の地中処分における地盤環境評価へのアプローチ
英文タイトル	An approach to advanced migration analysis of radioactive nuclides around near and far fields of underground radioactive waste disposal facilities.
著者 (所属機関)	佐藤邦明 (埼玉大 工 地盤水理実験施設); 伊藤洋 (熊谷組); 前川一彦 (三菱マテリアル)
出典	土と基礎 VOL. 38, NO. 12 PAGE. 5 - 10 1990
概要	まず、放射性廃棄物の陸地・地層処分の概念と地下水とのかかわりについて概説した。ついで、これまでの放射性廃棄物の地中処分に関する研究で注目されていなかった岩盤割れ目系・脈絡、岩盤浸透流、放射性核種の移行ならびに熱輸送現象問題に着目して、環境地盤水理解析へのアプローチを述べた。
キーワード	放射性廃棄物; 地中処分; 岩盤; 浸透流; 放射性同位体; 物質移動; 伝熱; 亀裂; 地下水

(70)

和文タイトル	空間的相関特性を考慮した岩盤透水係数分布のモデル化
英文タイトル	Modelling of Spatially Correlated Hydraulic Conductivities in Rock Mass.
著者 (所属機関)	奥野哲夫, 鈴木誠 (清水建設); 中川加明一郎, 田中靖治 (電力中研 我孫子研)
出典	岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集 VOL. 24th PAGE. 46 - 50 1992
概要	岩盤透水係数の空間分布推定に関する基礎的検討を行なうため、花こう岩質岩盤で実施されたルジオン試験結果を用いて岩盤透水係数の空間的相関特性を評価する。現場経験的には、ボーリング孔壁の割れ目分布状況から判断される透水性と、実際の注入量から算定される透水係数の関係にはばらつきが大きい。
キーワード	透水係数; 浸透流; 透水試験; 透水性; 有限要素法; 注水試験; シミュレーション; 確率モデル

(71)

和文タイトル	岩盤割れ目トレースマップのフラクタル次元について
英文タイトル	Fractal dimension of rock joint trace map.
著者 (所属機関)	大西有三 (京大 工); 堀田政国 (清水建設); 戸村豪治 (三井建設)
出典	岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集 VOL. 22nd PAGE. 456 - 460 1990
概要	不連続性岩盤の節理の規則性を見出すため、人為的に発生させたさまざまな節理ネットワークのフラクタル次元をパソコンにより求め、節理密度、卓越群の数および平均節理長とフラクタル次元の関係を調べた。実際の現場から得た節理データと比較し、フラクタルの概念が自然の節理に適用できるかどうかを検討した。
キーワード	節理; フラクタル次元; フラクタル; 岩盤力学; 透水性; 不連続性; 亀裂

(72)

和文タイトル	割れ目系岩盤の透水性に関する確率論的検討
英文タイトル	A stochastic discussion on hydraulic conductivity of discontinuous rock masses.
著者 (所属機関)	奥野哲夫, 百田博宣 (清水建設)
出典	岩盤力学に関するシンポジウム講演論文集 VOL. 20th PAGE. 344 - 348 1988
概要	数値実験として割れ目の幾何学的分布特性をパラメータとし, 割れ目系モデルを模擬生成した後, 浸透流解析結果から透水係数を計算しクラックテンソル理論と比較した結果, クラックテンソルより求まる透水係数は浸透流解析に比べ大きな値となること, また, 浸透流解析による透水係数は, 動水勾配・流れの方向により異なることが判った。
キーワード	亀裂; 岩盤; 透水係数; 浸透流; 流動解析; 動水勾配; パラメータ; 水理モデル; クラックテンソル; 割れ目系モデル

(73)

タイトル	奈良盆地における地下水 (その3) かん養条件図作成と, 浅層地下水に関する地下水流動シミュレーション
著者 (所属機関)	沖泰三 (日本地下水理化学研); 中屋真司 (CRC総合研); 伊藤正明 (応用地学研)
出典	地下水技術 VOL. 36, NO. 12 PAGE. 40 - 50 1994
概要	奈良盆地における地下水動態を明らかにするため, 過去2回の調査を踏まえて, かん養条件図を作成した。これを利用して浅層地下水シミュレーションを行って地下水動態のモデル化を図るとともに, 再現された現況モデルをベースとした予測シミュレーションを行い, 地下水位の挙動を検討した。
キーワード	地下水かん養; 地下水流動; 浸透; 地下水位; 水文地質; 水収支; 有限要素法; シミュレーション; 流速; 取水; 降水量; 水資源; 揚水量

(74)

タイトル	真鶴町の地下水事情
著者 (所属機関)	伊藤彰 (神奈川県真鶴町役場)
出典	地下水技術 VOL. 34, NO. 10 PAGE. 1 - 22 1992
概要	真鶴町には表流水の豊かな河川はなく, 隣接する小田原市や湯河原町に水源を求めている。町の自己水源は3本の井戸だけで, その取水量は全給水量の約3割に過ぎない。そこで町の地下水の現況を把握し水収支を明らかにするために地下水利用量や降水量の変動等による地下水状況の変化をシミュレーション予測し, 地下水の適正利用のあり方について検討した。
キーワード	地下水資源; 上水道; 神奈川; 水需要; 給水; 法規制; 水文調査; 地下水; 水質調査; 滞水層; 電気検層; 電気伝導率; 水文地質; 水収支; シミュレーションモデル; 塩化物; アニオン; 濃度分布; 真鶴町

(75)

タイトル	床内平野の地下水関連事象の実態
著者(所属機関)	建設省 東北地方建設局
出典	地下水技術 VOL. 32, NO. 9 PAGE. 1 - 9 1990
概要	地下水への依存度が極めて高い山形県の庄内平野における地下水域概要(地域概要, 地形, 地質, 地下水概況), 現況の地下水利用(上水道, 工業用水, 消雪用水)実態, 地下水の観測体制, 地下水位の経年変化, 地下水利用の問題点と障害の発生状況, 水源分担の合理化, 水位需給計画及び水源管理, 地下水管理などの地下水利用対策について述べている。
キーワード	山形; 地下水位; 地下水流動; 観測井; 地盤沈下; 水文観測; 水利用; 井戸水; 地下水; 水資源; 給水; 水管理

(76)

タイトル	東富士の地下水系と地下水流出(I)
著者(所属機関)	落合敏郎(地下水技術協)
出典	地下水技術 VOL. 36, NO. 9 PAGE. 1 - 12 1994
概要	電気探査, 自然放射能探査, トリチウムによる地下水年代測定, 人工地下水かん養試験などの調査結果を基にして最近のデータを加え, 長期的かつ総合的な検討を行った。富士東斜面の地下水を包蔵体の水文地質, 拡がりの地理的空間で区分すると, 富士斜面と愛鷹箱根火山裾合谷の2種になる。これらの地下水流動方向と水位変動などの地下水運動についてまとめた。
キーワード	地下水流; 水位変動; 地下水位; 間隙率; 降雨量; 透水試験; 浸透流; 流速; 地下水かん養; 電気探査; 放射能探査; 地下水流動; 山岳地; 中部地方; 富士山

(77)

タイトル	森林流域における物質循環機構の数理モデル化と水質浄化機能の評価手法
著者(所属機関)	端野道夫, 吉田弘(徳島大 工)
出典	地下水技術 VOL. 36, NO. 6 PAGE. 34 - 44 1994
概要	水質浄化機能の評価において不可欠な物質循環過程のモデル化に関する既往の研究を概観し, 新たに開発した森林水循環モデルを基礎におく物質循環タンクモデルを紹介した。一降雨イベントにおいて本モデルによる溪流濃度変化の再現性を検討したところ, 細部には若干の問題があるものの, 概ね溪流濃度変化を再現できることがわかった。
キーワード	山地流域; 流出量; 水循環; 流出モデル; 濃度; 水質; シミュレーション; 降雨

(78)

タイトル	岩ブロックモデルによるダム基礎岩盤の浸透流解析
著者 (所属機関)	坂口雄彦, 伊藤洋 (熊谷組); 佐藤邦明 (埼玉大 工)
出典	地下水技術 VOL. 32, NO. 8 PAGE. 16 - 27 1990
概要	割れ目系岩盤地山を岩塊と弾性介在物を有する岩ブロックモデルの集合体としてモデル化し, 地山応力と地下水挙動の連成解析理論・手法を提示した。実際の地山における透水係数, 空隙率の深度方向の分布に関する実測結果との対比により本理論の妥当性を検討した上で, ダム基礎岩盤における浸透流解析を行い, カーテングラウトとドレーンとの関連を検討した。
キーワード	ダム基礎; 浸透流; 透水係数; 亀裂; 間隙水圧; 有効応力; 空隙率; グラウト; 地山; 地下水流; 変形

(79)

和文タイトル	建設工事に伴う地下水環境影響評価
英文タイトル	Groundwater environment impact assessment of construction work.
著者 (所属機関)	平山光信 (大成基礎設計)
出典	地下水技術 VOL. 40, NO. 3 PAGE. 20 - 36 1998
概要	建設工事に伴う地下水の流動阻害の実例と対策工法の考え方について論じた。実物大の試験施工を行い, 地下水汚濁浸透現象について量的問題と質的問題に分けて検討した。量に関しては, 数値解析等と地盤の浸透特性を結びつけば, ある程度予測が可能になっている。しかし, 質の予測に関しては, 帯水層構造の不均質性 (水ミチ) の存在等を考慮する必要がある, 複雑である。
キーワード	地下水; 建設工事; 環境アセスメント; 地下水流動; 地下水汚濁; 滞水層; 下水道; 河川改修; 地下ダム; 場所打ち杭; 観測井; 矢板工事; 事例研究

(80)

和文タイトル	感潮域自由地下水帯における塩分挙動のFEM解析
英文タイトル	FEM Analysis on Salinity Behavior in Unconfined Aquifer of the Nishiki River Estuary.
著者 (所属機関)	尾島勝, 犬丸潤 (福山大 工)
出典	地下水技術 VOL. 39, NO. 4 PAGE. 38 - 51 1997
概要	岩国市を流れる錦川の感潮河口域における地下水かん養と塩水化現象をパソコンを用いたFEMによって解析した。現地観測データに基づく地下水塩分挙動特性を明らかにし, 地下水流況と塩分挙動の数値解析を試みた。単純な仮定に基づく平面2次元解析の結果ではあるが, パソコンによる数値解析でも十分実用になる精度を有していることが分かった。
キーワード	地下水; 河川水; 塩分; 感潮河川; 感潮区域; 河口; 塩水くさび; 水位変動; 濃度勾配; 流況曲線; 有限要素法; パーソナルコンピュータ; 移流

(81)

タイトル	最近の地下水シミュレーション技術について 実務で用いる数値解析モデル
著者 (所属機関)	斎藤庸 (日本工営)
出典	地下水技術 VOL. 38, NO. 8 PAGE. 25 - 47 1996
概要	実践的かつ実用的な地下水シミュレーション技術について述べた。流出解析モデル, 地下水流動解析モデル, 飽和 - 不飽和浸透流解析モデル, 水循環モデルを紹介した。これら解析の前提となる基礎知識についても略述した。また, 量の評価から質の評価として, 地下水汚染解析の現状等について述べた。
キーワード	被圧地下水; シミュレーション; 流出解析; 地下水流動; 浸透流; 水循環; 水収支; 水利用; 地下水かん養; 水文気象; タンクモデル; 相互相関関数; 土壌水分特性; 透水係数; 地下水汚濁; 時系列分析; 数学モデル; 数値計算; 解析モデル

(82)

タイトル	岩盤の水理学的異方性とルジオン値
著者 (所属機関)	中屋真司 (CRC総合研); 西垣誠 (岡山大 工)
出典	地下水技術 VOL. 36, NO. 8 PAGE. 35 - 43 1994
概要	岩盤を異方性多孔質媒体と考え, ルジオン試験における浸透現象の理論モデルを考察した。3次元の無限領域において線湧水源を仮定してルジオン試験で生じる注水量と水頭増分関係を表す理論式を導き, これを適用して求めた結果と3次元FEM数値解析によって得た関係とを比較したところ良く一致した。節理性岩盤の透水係数テンソルを決定する方法にも言及した。
キーワード	亀裂; 異方性; 透水係数; 注水試験; 透水性; 水頭; テンソル; 節理; 多孔質体; 浸透; 岩盤

(83)

タイトル	高津川中流部における河川水の伏没に関する調査
著者 (所属機関)	東島隆三 (八千代エンジニアリング)
出典	地下水技術 VOL. 32, NO. 7 PAGE. 10 - 20 1990
概要	この調査は河川からの伏没水に関するもので, その機構を明らかにして利用の在り方を検討する基礎資料とするために実施した。本調査では, 電気探査による不透水性基盤は精度よく把握できたが, 揚水試験による透水量係数, 貯留係数は, 揚水井の径が小さかったこと, ストレーナーの開口率が6%と小さかったこと等により十分な精度が得られなかった。
キーワード	島根; 河川水; 地下水; 試錐調査; 揚水試験; 電気探査; 水位変動; 滞水層

(84)

和文タイトル	大阪平野西部の天満層に関わる問題
英文タイトル	Problems related to Tenman layer in west of Osaka Plain.
著者 (所属機関)	三田村宗樹 (大阪市大 大学院)
出典	地下水技術 VOL. 40, NO. 6 PAGE. 41 - 50 1998
概要	天満層の地質学的・工学的位置づけを確定することは、大阪平野地域の形成史を編む上でも、平野地下の地質環境の保全や開発に関わってその意義が大きい。このため、天満層に関わるこれまでの経過を取りまとめるとともに、これまでに得られた年代測定結果や周辺の地層との関係を検討した。透水性や地下水塩水化問題との関係についても若干の考察を行った。
キーワード	支持層; 被圧滞水層; 層序; 沖積平野; 透水係数; 段丘; 地質柱状図; 地形発達史; 試錐調査; 同位体年代測定; 炭素14; れき; コンシステンシー限界; [大阪平野

(85)

タイトル	地質学的情報を用いた亀裂性岩盤の透水性評価
著者 (所属機関)	中屋真司 (CRC総合研); 西垣誠 (岡山大 工)
出典	地下水技術 VOL. 35, NO. 9 PAGE. 31 - 42 1993
概要	標題について亀裂の測定データから地質統計学的手法を用いて亀裂性岩盤の三次元透水係数ポテンシャルを決定する方法を示し、室内試験で求めた岩盤モデルと比較した。さらに野外で亀裂の地質学的情報をサンプリングして亀裂性岩盤の透水性の評価を試み、現位置岩盤透水試験 (ルジオン試験) の結果と比較、検討した。
キーワード	亀裂; 岩盤; 透水性; 透水係数; 多孔質体; 間隙率

(86)

タイトル	九州四万十帯の地帯構造と温泉および地下水開発について
著者 (所属機関)	宮口英雄 (日本地下探査)
出典	地下水技術 VOL. 35, NO. 1 PAGE. 9 - 16 1993
概要	日本列島の先新第三紀地帯構造要素としての四万十帯における地下水の貯留及び流動部は、断層、節理、亀裂などの裂か帯や断層破碎帯中のパイプ状の空隙などが考えられる。本報では、地下水や温泉水の貯留及び流動が可能な空隙を有する九州四万十帯の地質構造要素との関連について述べるとともに、四万十帯において今後、地下水や温泉水を開発する場合の地質学的示唆について論じた。
キーワード	地質構造; 温泉; 地下水流動; 断層; 破碎帯; 湧水; 九州; 岩相; 四万十帯

(87)

タイトル	放射性廃棄物の地中処分に係わる新しい環境地盤水理解析のアプローチ
著者 (所属機関)	佐藤邦明 (埼玉大 工); 伊藤洋 (熊谷組)
出典	地下水技術 VOL. 32, NO. 3 PAGE. 12 - 21 1990
概要	地中処分された放射性廃棄物の地下水による核種移行について、核種の岩への吸着、崩壊を考慮した移流分散方程式によりいくつかの濃度の基本分布を示した。また、高レベル放射性廃棄物の深層処分に当たりガラス固化体からの溶出、応力と熱、岩盤フラクチャーと異方性について基本的性質があることを示し、これらのプロセスを総合的に解析する方向を提案した。
キーワード	放射性廃棄物; 地中処分; 放射性同位体; 低レベル廃棄物; 高レベル廃棄物; 地下水汚濁; ガラス固化; 浸出液; 浸透流; 拡散; 移流; 拡散係数; 亀裂; 透水係数; 計算機シミュレーション; 放射性核種

5. 3 地下水の地球化学モデル

地表から地下深部まで地下水の水質形成機構や酸化還元電位をモデル化する技術とモデル構築の事例に関して分類し、整理した。

(1)

和文タイトル	高温岩石/熱水相互作用シミュレーターの開発
英文タイトル	Development of HDR/Hot Water Interaction Simulator.
著者 (所属機関)	WANG Y, 中塚勝人, 土屋範芳 (東北大 工); 山崎伸道 (高知大 理 水熱化学実験所); 高橋秀明 (東北大 工 破壊力学応用研施設)
出典	日本地熱学会誌 VOL. 18, NO. 1 PAGE. 17 - 25 1996
概要	高温岩体からの抽熱を目的とし、地下での人工亀裂中を移動する熱水と岩石の相互作用解明のための標記装置を開発した。花こう岩と熱水の反応は圧力20MPa, 流量1.0ml/min, 空隙率38%, 最高温度300℃の条件で予備実験を行ったところ, 300℃から90℃への温度急冷却部付近でシリカスケールの沈積が観察された。特性試験の結果を紹介した。
キーワード	高温岩体; 亀裂; 熱水; 温度測定; 圧力制御; 流量; 空隙率; 花こう岩; シミュレータ

(2)

和文タイトル	岩石 - 水相互作用を伴う熱と物質移動の数値解析 割れ目表面積の算定法とその応用
英文タイトル	A Numerical Analysis for Heat and Mass Transfer Accompanied with Rock - Water Interaction. A Computation Method of Fracture Surface Area and its Application.
著者 (所属機関)	秋林智, 杉本文男, 菊池賢一, 広田建一 (秋田大 鉱山); 福田道博 (九大 工)
出典	日本地熱学会誌 VOL. 18, NO. 4 PAGE. 241 - 251 1996
概要	平板間隙並列モデルの考え方を取り入れて, 注入試験において実測値として得られる(浸透率) × (割れ目開口幅) およびボアホール・テレビューアによる割れ目開口幅の測定から, 割れ目表面積の算定法を示した。さらに, 高温岩体人工割れ目貯留層内における熱と物質移動の数値解析へ応用し, 石英の溶解・析出現象に及ぼす割れ目表面積の影響を解析した。
キーワード	伝熱; 物質移動; 表面積; 断裂; 数値計算; 高温岩体; 流体流; 亀裂; 割れ目

(3)

タイトル	地熱エネルギーの新技术開発 地化学における数値シミュレーション
著者 (所属機関)	竹野直人 (日本地熱学会)
出典	日本地熱学会誌 VOL. 15, NO. 4 PAGE. 48 - 54 1993
概要	標記シミュレーションは数値計算により地化学モデルへの検証および定量的予測を行うことを目的とする。シミュレーションを概観するにあたり個々の事例について原則の適用の仕方を述べた。事例として、液相一相のシミュレーションと温度計、気相液相のシミュレーションと沸騰現象、熱水流動のカップルドプロセス、開放系と閉鎖系、速度論を扱った。
キーワード	熱水; デジタルシミュレーション; 相平衡; 地熱探査; 沸騰; 反応速度; 気相; 液相

(4)

和文タイトル	化学反応を考慮した地下水における物質輸送解析 数値モデル開発と室内実験への適用
英文タイトル	Solute Transport Analysis with Chemical Reactions in Groundwater. Model Development and Its Application to Laboratory Experiments.
著者 (所属機関)	籾井和朗 (鹿児島大 農); 神野健二 (九大 工); 塩崎功 (ハザマ 技研); 和田信一郎 (九大 農)
出典	地下水学会誌 VOL. 38, NO. 2 PAGE. 113 - 125 1996
概要	化学反応として陽イオン交換反応を取り上げ、化学反応を考慮した地下水における物質輸送の数値解析モデルを作成し、数値シミュレーションと室内実験結果を比較検討した。多成分化学反応過程を考慮した解析を行うことにより、全体としては従来の単一化学種の輸送形態と同じ傾向を示しても、個々の可動陽イオンの空間分布は異なっていることを明らかにした。
キーワード	物質移動; 地下水; 多成分系; 特性曲線法; 陽イオン交換; デジタルシミュレーション; 模型試験

(5)

和文タイトル	熱水変質の数値シミュレーション
英文タイトル	Numerical Simulation of Hydrothermal Alteration.
著者 (所属機関)	竹野直人 (地質調査所)
出典	地熱 VOL. 32, NO. 2 PAGE. 154 - 167 1995
概要	地熱系において、貯留層を構成する岩石とそこに賦存する流体は一般的に化学的反應して互いにその性質を変える。これが熱水変質であり、熱水や岩石の化学的性質のほか、温度や水の量など地熱系発達過程と密接に関係する。本論文は、化学平衡論に基づいた地化学数値シミュレーションにはどのようなものがあるか、それらに用いる基本法則と解法及び幾つかの適用例を述べ、キネティックスをとり入れた発展を展望した。
キーワード	熱水変質作用; シミュレーション; 熱水系; 熱水貯留層; 岩石; 化学反応; 化学的性質; 化学平衡; 温度; 熱水鉱床; 数値シミュレーション

(6)

和文タイトル	地熱流体の性状と流れ その3 地化学的手法による流体の起源・流動解析法
英文タイトル	Interpretation Method on Characteristics and Flow of Geothermal Fluid (part - 3).
著者 (所属機関)	島田寛一 (西日本技術開発)
出典	地熱エネルギー VOL. 21, NO. 4 PAGE. 319 - 332 1996
概要	地熱エネルギー資源の評価や地熱利用技術開発への適用を目的として、地熱流体流動モデルを調査・検討した。熱水や蒸気の分布状態、地熱貯留層特性、温泉水滯水層、熱水、温泉水、地下水の流動状態などの推定結果を図示した。また地熱発電所運転開始後の化学モニタリング、すなわち地熱井から噴出する熱水の定期的化学分析による貯留層特性変化、スケール生成による坑井・地層の閉塞状況の推定手法について述べた。
キーワード	地熱流体; 熱水; 温泉水; 地下水; 流体流; 貯留層特性; シミュレーションモデル; 地熱発電; 地熱井; 化学分析; 坑井; 保守管理; 滯水層; 地球化学的探査

(7)

和文タイトル	都市における応用地質学の課題 地球化学的手法による岩盤内の広域地下水流動挙動評価 トンネルサイトへの適用例
英文タイトル	Evaluation of in-situ Measurements in Engineering Geology. Evaluation of Regional Groundwater Flow in Rock Mass by Geochemical Survey. A Case Study at Tunnelling Site.
著者 (所属機関)	升本一彦, 日比谷啓介 (鹿島建設 技研)
出典	応用地質 VOL. 36, NO. 6 PAGE. 466 - 475 1996
概要	高レベル放射性廃棄物処分場の建設時に問題となる広域、深部における岩盤内の流動の実態を把握するため、地下水の地球化学的特性に着目した評価方法を掘削中のトンネルサイトに適用した。地質は花こう岩、花こう閃緑岩で断層や破碎帯を数箇所認めた。掘削中に採水を行った。検討結果の経時的变化から、トンネル掘削に伴う地下水流動形態の変化を把握できた。
キーワード	地下水流動; 水温; 水素イオン濃度; 流動解析; 溶存成分; 降水量; 炭酸イオン; 湧水; 廃棄物処分; 三重水素; ラドン; 電気伝導率; 岩盤; 放射性廃棄物

(8)

和文タイトル	水理化学的物質輸送解析
英文タイトル	Analysis of Hydrochemical Mass Transport.
著者 (所属機関)	神野健二 (九大 工)
出典	応用地質 VOL. 33, NO. 3 PAGE. 157 - 167 1992
概要	微細なスケールでの物質変換機構や、場を構成する地質の水理学のおよび化学的な特性に応じた物質輸送についての研究概要を示すとともに将来を展望した。内容は、1) 固相～液相～気相系での物質変換の例、2) 化学反応過程と水理学的過程とのカップリング効果、3) 飽和地下水流動での水理学的な物質輸送における一般式と計算結果、等である。
キーワード	物質移動; 地下水流; 物質収支; 混相流; 反応機構; 水理計算; 一般式

(9)

和文タイトル	深部結晶質岩中の地下水の化学的特性とその挙動（その1） 岩手県釜石鉾山大峰地域における地下水の水質と分類
英文タイトル	Chemical characteristics and flow regime of groundwater in deep crystalline bedrock. Part 1: Chemical characteristics of groundwater and its classification at Ohmine Area in Kamaishi Mine, Iwate Prefecture, Japan.
著者（所属機関）	森田誠也, 嶋田純, 長久 (日鉄鉱業)
出典	応用地質 VOL. 32, NO. 4 PAGE. 155 - 166 1991
概要	副標題鉾山に位置する大峰550mレベル坑道及び垂直下方に掘削したボーリング孔（孔長500m）で採水調査を実施した。地質は主に閃緑岩, 花こう閃緑岩, スカルンから成る。水温, pH, R p H, 電気伝導度, 酸化還元電位, 定量分析結果等をまとめるとともに, これらの水質特性に対する主成分分析, 濃度相関マトリックス解析, クラスタ分析により水質区分を比較した。
キーワード	地下水; 水質試験; 岩盤; 主成分分析; 分類; クラスタ分析; 水温; 水素イオン濃度; 電気伝導率; 酸化還元電位; 定量分析

(10)

和文タイトル	放射性廃棄物処分と地質環境 I 放射性廃棄物の地層処分に対するシミュレーション研究とナチュラルアナログ研究の意義
英文タイトル	Simulation and natural analogue studies on geological disposal of high level radioactive waste.
著者（所属機関）	鹿園直建 (慶応大 理工)
出典	地質ニュース NO. 499 PAGE. 13 - 22 1996
概要	高レベル放射性廃棄物を地下深所に処分した時, 最も問題となるのは廃棄物から放射性核種が岩石圏内に移行し, 地表近くの生物圏へ移行して多大な影響を与える可能性があることである。天然バリア, 特に岩石圏内における地下水と熱水による放射性核種の長期にわたる移行についてシミュレーション研究とナチュラルアナログ研究による解析と予測を紹介した。
キーワード	放射性廃棄物; 地中処分; 放射性同位体; 地下水; 熱水; 物質移動; シミュレーション; ナチュラルアナログ; 地層処分

(11)

和文タイトル	地下水の無機汚染の実態と問題点
英文タイトル	The real state and issue of inorganic contamination for underground water in Japan.
著者 (所属機関)	永井茂 (地質調査所)
出典	地質ニュース NO. 451 PAGE. 20 - 28 1992
概要	一部地域では硝酸性窒素が飲料水の水質基準である10mg/lを上回っており、今後ますます拡大し、進行が予想される。無機汚染は有機汚染とともに水文地質、井戸の構造、土地利用形態などと密接な関係がある。肥料などに起因する無機汚染には、陰イオン (NO ₃ ⁻ , SO ₄ ²⁻)、陽イオン (Ca ²⁺) の含有形態によって三つのタイプに分類できる。
キーワード	地下水汚濁; 硝酸態窒素; 水質基準; 肥料; 水質試験; 永年変化; 浅井戸; 深井戸; 地下水; 水文地質; アニオン; カチオン; 無機汚染

(12)

和文タイトル	岩盤地下水の特徴
英文タイトル	Features of rock mass groundwater.
著者 (所属機関)	本島勲 (電力中研)
出典	地下水技術 VOL. 40, NO. 7 PAGE. 24 - 40 1998
概要	岩盤の水理的特性・地下水の化学組成・水圧などについてその特徴を解説した。岩盤地下水は岩盤内に存在し目視できない上に三次元的で広域な広がりを持ち、その存在や流動状況は極めて複雑である。また、未固結な地層内の地下水とは異なった挙動を示し、その流動は局所的で不飽和流となることがあり、流速・動水勾配は場所により不規則に変化する。また、はっきりした水面形を示さない場合が多い。
キーワード	地下水; 岩盤; 水収支; 地下水流動; 透水係数; 透水試験; 動水勾配; 熱水変質作用; 地殻変動; 貯留岩; 陽イオン交換; 同位体年代測定; 酸素18; 三重水素; トレーサ法; 塩分; 地下水圧; 亀裂; 異方性

(13)

和文タイトル	鹿塩地域に湧出する塩水の季節変動とその要因について
英文タイトル	Seasonal variation in chemical and isotopic compositions of Kashio brines and its interpretation.
著者 (所属機関)	益田晴恵, 酒井均 (東大 海洋研); 橋爪伝 (長野県箕輪町箕輪北小)
出典	地球化学 VOL. 22, NO. 2 PAGE. 149 - 156 1988
概要	鹿塩塩水を月1度程度の割合で採取し、溶存化学成分を酸素、水素安定同位体比の変動を追跡して、当地域の塩水と循環水の希釈をモデル化した。塩水は、1) 集水域に降る雨水に直接由来する地下水、2) 地下深くに浸透して岩石と十分に反応した水の2種類の循環水によって希釈されている。前者には重炭酸イオン、後者には重酸素と重水素がそれぞれ濃集している。
キーワード	長野; 中央構造線; ブライン; 季節的変動; 溶存成分; 酸素同位体; 水素同位体; 循環水; 降水; 地下水; 濃縮; 岩石; 重水素; 炭酸水素塩