

## 第245回地質調査所研究発表会講演要旨\*

### 特集 貯留層変動解明をめざした熱水系ダイナミクス研究

#### 流体包有物の化学分析に基づく地熱流体の変遷に関する研究

佐脇貴幸

本研究ではこれまでに多くの地熱地帯産流体包有物についてガス分析を行ってきた。今回の発表では霧島地域を例として取上げ、熱水性鉱物脈に含まれる流体包有物から霧島地域の地熱流体の化学的変遷を考察した結果について述べた。ガス分析の結果、霧島地域の流体包有物の主成分は $H_2O$ であり、非凝縮性ガスとしては $CO_2$ が主で、その他に少量の $N_2$ ・ $CH_4$ が含まれていた。また現在の噴出流体と比較すると、流体包有物は脱ガス・希釈過程、及び変質作用の影響をあまり受けていない流体を捕獲して形成されたものと推定される。(地殻熱部)

Keywords: fluid inclusion, geothermal water

#### ESR年代測定による熱水系タイムスケール

水垣桂子

熱水性脈鉱物の年代を直接測定することにより、熱水活動のタイムスケールを明らかにすることができる。ある程度広い範囲に分布する熱水性脈の年代を比較することにより、その熱水系全体の衰退速度または移動速度が分かる。また脈どうしの新旧関係がある場合は、複数回の熱水活動時期の識別ができる。さらに厚い層状の脈について層ごとの年代差が検出されれば、断裂の充填速度が分かる。

調査地域は秋田県雄勝郡皆瀬村の皆瀬川河床で、約1 kmにわたり多数の石英脈が露出している。年代測定法としては電子スピン共鳴(ESR)法を使用した。ESR法は、自然放射線によって物質内に生成される不対電子が電磁波を吸収して自転(スピン)の向きを反転させる現象を利用して、物質の被曝線量(TD)を測定するものである。測定試料および母岩の放射性元素を定量して年間あたりの自然放射線量(年間線量)を算出し、TDを年間線量で割ることにより年代値を算出する。

年代値は、全35試料のうち34試料が5.8ka-25kaの範囲にあり、1試料が0.47kaという若い値を示した。同一の脈の別々の場所から採取した2試料は7.9kaと18kaの年代値を示した。また同一の脈を厚さ方向に分割した試料は8.5

ka-24kaの年代値を示したが、一方に向かって若くなる等の傾向は認められなかった。したがって5.8ka-25kaの数値は誤差の範囲で一致したとみるべきであり、試料採取位置と年代値との相関は認められなかった。0.47kaの試料は、他の石英脈を母岩ごと破砕している新しい石英脈に囲まれた試料であり、新期の熱水活動によって年代値が若返っていると解釈される。結論として、この熱水系の主な活動は1-2万年の誤差で一様に衰退し、一部で新期の熱水活動があった。(地殻熱部)

Keywords: ESR dating, reservoir history

#### 熱水対流系の岩石・水反応数値シミュレーション

竹野直人

熱水系の数値シミュレーションは、貯留層のモデル化に利用されている。これに水岩石相互作用の扱いを組み込むことで、モデル選択の拘束条件を増して、貯留層のより現実的な挙動予測が行なえる。このような目的で、熱水系の数値シミュレータに、水岩石相互作用の計算機能を組み込むことを試みた。我々は計算機の能力を勘案して、いきなり大きな化学的系を扱うことを避け、簡単な系から始めることにした。本講演ではシリカを含む系について紹介する。(地殻熱部)

Keywords: water-rock interaction, reservoir modeling

#### 流体化学モニタリングによる地熱貯留層の変動および深部探査

茂野 博

生産・還元が実施されている貯留層の維持管理とともに、将来の開発が期待される周辺・深部探査の目的で、地熱流体中の各種化学成分(反応性・非反応性)の濃度・同位体比等の経時変化の測定・解析は、非常に重要な情報を提供する。今回の講演では、はじめに受動的および能動的な各種の地熱流体化学モニタリング手法の原理、目的、観測法、解析法等の概要を取りまとめた。続いて熱水系ダイナミクスに関する基礎的研究で進めてきた一連の研究の成果について、人工トレーサーの長期履歴データを利用した大沼地域の開発貯留層の巨視的パラメーターと深部環境の推定、ガス組成を用いた肘折地域の高温岩体人工貯留層環

\*平成9年1月14日日本所において開催

境の経時変化の推定を中心に紹介した。(地殻熱部)  
Keywords: chemical monitoring, deep reservoir

### 精密重力モニタリングによる貯留層変動調査

杉原光彦

貯留層へのリチャージ量の推定を第一の目標として、十分に広い領域で精密重力モニタリングを試みた。このために、高精度重力モニタリングにとって不可欠な精密測量にはGPSを導入した。重力計の特性に合ったデータ処理法、種々の重力変動要因から貯留層変動に起因する成分を抽出する方法について検討を進めている。平成7年3月に地熱発電所が運転開始した澄川地熱地域での測定結果に基づいて検討した。(地殻熱部)

Keywords: accurate gravity monitoring, reservoir monitoring

### ヒストリーマッチングにおける地球物理データの可能性

石戸経士

生産・還元に伴う貯留層の変動を捉え、さらに将来の挙動を予測することは、地熱貯留層の管理を行う上で基本となる。貯留層変動の把握は、生産井の流量、エンタルピー、化学成分、および観測井圧力等のモニタリングにより行われるが、貯留層変動の予測のためには、これらに加え、重力、自然電位等の地球物理モニタリングを行うことが効果的である。貯留層の数学モデルを使ったヒストリーマッチングにおいて、地球物理データは、貯留層変動を全体的に捉える上での新たな拘束条件を提供する。(地殻熱部)  
Keywords: geophysical monitoring, history matching

### 八丁原地域における2号機運転後の貯留層変動とその管理

鴫田洋行

八丁原発電所は平成2年に2号機(55MW)を運転してから1号機(55MW)と合わせて合計110MWの出力に達したが、その後の急激な貯留層変動、すなわち主要断層沿い1kmに及ぶ広範囲の貯留層圧力変化と推定流速4-14m/hに達する還元熱水の急速な回帰によって出力の安定維持が困難な状況が発生した。しかしながら、還元位置の適正化と坑井干渉を考慮した生産補充井の掘削とによって出力回復の目処が立ち、現在、安定出力の軌道にのせつつある。ここでは、貯留層変動の原因究明と対策検討に寄与

した貯留層モニタリング、トレーサーテスト、数値シミュレーションなどの貯留層管理技術の現状とその成果について述べた。また解析結果を視覚化したCG画像も紹介した。(西日本技術開発株)

Keywords: Hatchobaru geothermal field, reservoir monitoring

### 鬼首地域の開発後の貯留層変動

中西繁隆

鬼首地域の地熱系の広域の地質構造の中での位置付け、並びに液性が異なる流体が狭い範囲内で混在するという貯留層の特性を踏まえて各種のモニタリングデータを検討し、運転以来約22年間の貯留層の挙動変化を評価した。蒸気量及び熱水量測定に基づく噴出比エンタルピーの変化並びに噴出流体の化学性状(pH, Cl, SiO<sub>2</sub>等)の変化から、周辺の冷地下水の浸入が主な原因と考えられる運転開始初期の貯留層の急激な冷却を明らかとした。また、還元熱水の生産井への混入とその温度的な影響が生産量と地化学データのモニタリング及びトレーサー試験等で明確に把握できることを多くの事例により提示し、モニタリングの重要性並びにデータの持つ空間的意味合いの評価の重要性を指摘した。(電源開発株)

Keywords: Onikobe geothermal field, reservoir monitoring

### 澄川地域のモニタリングと生産・還元状況

有木和春

秋田県八幡平に位置する澄川地域は、平成7年3月の営業運転開始以来、ほぼ順調に出力50MWeで操業している。現在、澄川地域では、6本の生産井と10本の還元井(分離熱水用=6-7本・冷却排水用=2-3本)が稼働している。各生産井は、生産・還元の開始とともに噴出流量、比エンタルピーおよび化学性状に変化が現れ、一部の生産井では還元の影響が認められている。他方、還元井では、時間経過とともに還元能力の低下が認められた。本講演では、澄川地域の地熱系、開発の方針、モニタリング項目とその結果および特記事項(生産井の噴気変動、化学モニタリング利用の事例、シミュレーション結果)について紹介した。(三菱マテリアル株)

Keywords: Sumikawa geothermal field, reservoir monitoring

### 貯留層変動探査法開発の概要

堀越孝昌

新エネルギー・産業技術総合開発機構は、平成9年度からニューサンシャイン計画の一環として地質調査所の協力を得て「貯留層変動探査法開発」に着手する。本探査法開発では、貯留層を形成する断裂系の水理特性を明らかにし、また蒸気生産に伴う貯留層の変化を正確に捉えることにより、貯留層の広がりやの把握、さらに将来の変動的な予測を行うための技術を開発する。開発初期の貯留層評価、運転開始後の出力安定維持及び既開発地区の周辺開発にとって有効な技術を目指とする。本講演ではこの貯留層変動探査法開発についてその背景と目的および内容について紹介を行った。

(新エネルギー・産業技術総合開発機構)

Keywords: reservoir monitoring, reservoir prospecting

カムチャッカ半島ムトノフスキー地熱地域の噴気試験と長期圧力観測について (ポスター展示)

矢野雄策\*・中尾信典\*・松島喜雄\*・

当舎利行\*・石戸経士\*・

A.V. Kiryuhin\*\*・I. Delemen\*\*・

M.D. Lesnykh\*\*・A.Y. Polyakov\*\*・

D.G. Zorin\*\*\*

平成7年9月、ムトノフスキー地熱地域においてキャピラリー式圧力測定装置を設置して坑井内圧力観測を開始し、1年間の長期圧力観測を実施した。この間の長期噴出試験と短期噴出試験の圧力干渉データの解析を試みた。観測圧力には短周期の振動が含まれており、短期噴出試験の応答信号は明瞭ではない。長期噴出試験では坑井間干渉信号が認められ、インバージョン解析の結果、浸透率層厚積は5-10Darcy-mという値を得た。本研究は地質調査所とロシア科学アカデミー火山研究所の共同研究の一環として行われ、ロシア国内では初めて地熱井におけるキャピラリーチューブ式圧力観測に成功した。

(\*地殻熱部\*\*ロシア科学アカデミー火山研究所\*\*\*ムトノフスキー州事業団)

Keywords: Kamchatka geothermal area, long-time pressure monitoring

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

松島喜雄\*・当舎利行\*・石戸経士\*・

I. Delemen\*\*・A. Kiryukhin\*\*

1995年9月にムトノフスキーの調査井にて、噴気(30kg/secで2時間)させた坑井の近傍とそれより遠方の二地点

間(200m間隔)の電位差をモニターした。その結果、噴気に伴い80mV電位差が増加する現象が捉えられた。坑井から遠方の点を基準にしているため、坑井周辺の電位がより高くなったことになる。貯留層を流体が移動する際に、流れにカップルした電流(流動電流)が流れる。貯留層内の流体は坑井を通過して地表から噴出される。ところが流動電流は貯留層中に限られるので、電荷の保存を考えれば坑井のケーシングに伝導電流のソースが存在する。それによって、観測されたような電位差が発生することが確認された。また、貯留層(温度270°C)内の流れは気液2相であったが、液相が流れている限り流動電流は小さくならないことが分かった。

(\*地殻熱部\*\*ロシア科学アカデミー火山研究所)

Keywords: Kamchatka geothermal area, SP monitoring

ニュージーランド ホワイト島火山における自然電位及びAMT法調査

西 祐司\*・石戸経士\*・松島喜雄\*・

小川康雄\*\*・当舎利行\*・B.J. Scott\*\*\*・

S. Sherburn\*\*\*・C. Bromley\*\*\*

ホワイト島火山は、ニュージーランド タウポ火山帯の北東端の活火山で、海水から遮断されたマグマ-熱水系の存在が推定されている。この火山の電磁気学的構造を明らかにするために、自然電位調査とAMT(audio-magnetotelluric)法調査を1996年2-3月に実施した。

主クレータ内における自然電位の正異常域は活動的な地熱微候周辺に分布し、熱赤外調査における温度異常域との相関も高い。AMT法調査では、eastern subcrater内の2点では、10Ωm程度を示す表層の下に0.3Ωmという極めて低い比抵抗が推定され、シーリング・ゾーンの存在を示唆している。

(\*地殻熱部\*\*地殻物理部\*\*\*ニュージーランド地質核科学研究所)

Keywords: White Island, AMT exploration

タウポ火山帯での重力調査

杉原光彦\*・宮崎純一\*\*・駒澤正夫\*\*\*・村岡洋文\*・

B.J. Scott\*\*\*\*・T.M. Hunt\*\*\*\*

地質調査所とニュージーランド地質核科学研究所(IGNS)の共同研究の一環として、1996年の1月から3月にかけて、ニュージーランドのタウポ火山帯で3種類の重力調査を行った:(1)自動重力計を用いた連続重力測定を行い、その有効性を確かめた。特異な信号について考察した。(2)GPSを用いた湖上でのジオイド起伏測定による重力異常の評価をタウポカルデラとロトルアカルデラで行

った。(3)陸域での測定空白域を埋める重力測定を行い,既存のデータも加えてタウポ火山帯での重力異常の再解析を行った。

(\*地殻熱部・\*\*地形情報課・\*\*\*地殻構造課・\*\*\*\*ニュージーランド地質・核科学研究所)

Keywords: Taupo volcanic area, gravity exploration

#### ワイマング地熱地帯での微動・自然電位観測

当舎利行\*・石戸経士\*・西 祐司\*・  
松島喜雄\*・B.J. Scott\*\*

ニュージーランドの活動的な地熱・火山地帯のタウポ火山帯に属するワイマング地熱地帯では,インフェルノクレーター湖が平均周期が38日で水位変動をしている。この湖の周辺で微動観測を,及び地熱地帯全般で自然電位観測を行って水位変動とこれらの地球物理要因との関係を調べた。微動観測では水位の上昇時に強い微動が観測され,自然電位では下降時に湖からやや離れたカイザー後で電位の上昇が観測された。これらの結果を基に,今後同地域の物理モデルを作成して行く。

(\*地殻熱部・\*\*ニュージーランド地質・核科学研究所)

Keywords: Waimangu geothermal area, micro-themor exploration

#### ニュージーランド, ファカレワレワ間欠泉の SPモニタリング

石戸経士\*・松島喜雄\*・西 祐司\*・杉原光彦\*・  
宮崎純一\*\*・当舎利行\*・B.J. Scott\*\*\*

間欠泉の流れは,パイプ状の空洞中に局在するので,観測可能な電場の発生は自明ではない。1996年2月に,ファカレワレワにて観測を行い,噴出口から数十cmの測点(A)と5m程の測点(B)で,間欠泉に伴う電位変動を捉えた。Aでは,噴出とともに急激に電位が20mV近く上昇し, Bでは,電位がゆっくりと上昇し5mV程度であった。間欠泉は急激な沸騰によって始まり,流路上部では,蒸気,熱水の上昇流が形成される。界面導電現象によりその上端に正電流源,下端に負電流源を生じる。Aでは,正電流源の効果が始めから強いのに対し, Bでは,上昇流区間の下端が深くなるまで,正負の電流源の効果が拮抗し電位変化が緩やかであったと考えられる。今回観測された電位変化は予想以上に大きかったが,これは,流路の壁の有効表面積が極めて大きいことを示唆する。

(\*地殻熱部・\*\*地形情報課・\*\*\*ニュージーランド地質・核科学研究所)

Keywords: Whakawarewa geyser SP monitoring