

## 高密度電気探査による地熱地域の精密な浅部比抵抗調査および比抵抗モニタリング

### Precious shallow resistivity survey and monitoring by a high-density electrical method in geothermal areas

# 高倉 伸一[1]

# Shinichi Takakura[1]

[1] 地質調査所

[1] Geological Survey of Japan

地熱発電所のあるいくつかの地熱地域では、地熱貯留層の変動を推定するために、重力、自然電位、比抵抗、弾性波などの様々な地球物理学的モニタリングの適用試験が実施されている。しかし、地表で観測されるモニタリングデータは、深部にある地熱貯留層の変動とは直接関連しない浅部構造の影響を受ける。特に浅部地下水の変動はモニタリングデータに大きな影響を与える。そこで地質調査所では、鹿児島県大霧地熱地域と福島県奥会津地熱地域において、浅部構造の詳細な把握を目的に高密度電気探査を実施した。また、大霧地熱地域では、比抵抗の年変化および季節変化を探るため、年に夏季と冬季の2回、電気探査の繰り返し調査を実施している。

地熱発電所のあるいくつかの地熱地域では、地熱貯留層変動探査法開発プロジェクトの一環として、新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）や地質調査所によって、重力、自然電位、比抵抗、弾性波などの様々な地球物理学的モニタリングの適用試験が実施されている。これらのモニタリングの目的は、地熱流体の生産や還元に伴う地下物性の時間的変化を検出して、地熱貯留層の特性や変動を推定することである。しかし、地表で観測されるモニタリングデータは、深部にある地熱貯留層の変動とは直接関連しない浅部の構造の影響を受ける。特に浅部地下水の変動はモニタリングのデータに大きな影響を与える。したがって、得られたモニタリングのデータを評価するためには、浅部構造とくに地下水の分布やその変動機構を正確に知ることが必要である。比抵抗は水の存在に敏感であるので、電気探査は地下水の調査に適している。そこで地質調査所では、鹿児島県大霧地熱地域と福島県奥会津地熱地域において、浅部構造の詳細な把握を目的に高密度電気探査を実施した。

大霧地熱地域では、1998年11月より自然電位モニタリングが、1999年10月よりMT法による深部比抵抗モニタリングが開始された。高密度電気探査は1998年7月に実施された。調査測線は北西-南東方向の長さ2.5~3kmの4本であり、地熱貯留層の構造を規制する断層系とほぼ直交している。また、これらの測線では同時期にNEDOによりMT法やアレイ式CSAMT法が実施された。測定では、各測線に沿って電極を水平距離20m間隔で配置した。測定装置にはフランス国アイリス社のSYSCAL-R2を使用し、分割式双方向型多芯ケーブルを用いて、2極法配置により電極間隔が20mから240mまでのデータを取得した。得られたデータに平滑化制約付2次元インバージョンを適用し、深度200mまでの比抵抗断面を求めた。これはアレイ式CSAMT法から求められた浅部比抵抗断面と整合的なものであったが、地表付近は同じ地質構造の中でも局所的な比抵抗変化が見られ、複雑な比抵抗構造であると判断できた。この原因として局所的に変質の程度が異なるという可能性と、貯留層やキャップロックの上部に広がる不飽和領域の水飽和度が異なるという可能性が考えられる。もし、後者が原因であるならば、降雨の浸透や浅部の地下水変動により、自然電位や比抵抗モニタリングデータが変化すると考えられるので、貯留層変動を予測するためには、地表付近の比抵抗変化の程度を把握する必要があると考えられた。そこで、1999年7月より、1年に夏季と冬季の2回、浅部比抵抗変化を把握するための繰り返し調査を開始した。この調査では、自然電位モニタリングに用いられている電極群を電位電極とし、新たに11カ所に電流電極を設置した。これまで、4度の測定が行われ、比抵抗の季節変化をとらえている。

奥会津地熱地域では、1994年より重力の繰り返し測定が行われており、最近では重力に加えてGPSや水準測量の繰り返し測定と自然電位の連続モニタリングが実施されている。高密度電気探査は2000年6月に実施された。調査測線は北東-南西方向の長さ2.5kmの測線で、地熱貯留層の構造を規制する北西-南東系の断層破碎帯ほぼ直交している。また、測線は自然電位異常や重力変動が最も大きな場所も横切っている。測定方法および解析方法は、前述の大霧地熱地域と同じである。求められた比抵抗断面によると、地表付近は比較的高比抵抗であるが、深度200m以下は全測線にわたって低比抵抗である。全体的には、標高の高い場所ほど高比抵抗を示す傾向がある。これは浸食が進んだ結果、間隙の大きな軟らかい地層が削られ、間隙の小さな固い地層が残った結果と推測される。しかし、局所的に見ると、地表付近はかなり細かい比抵抗変化を示し、複雑な比抵抗構造であるとも判断できる。地熱流体の上昇ゾーンとされる血の池沢断層破碎帯や猿倉沢断層破碎帯は低比抵抗を示し、深部から地表まで低比抵抗帯が伸びている。一方、還元ゾーンと考えられている老沢断層破碎帯は、地表付近は高比抵抗である。これらの比抵抗構造の違いは、温度および塩濃度の差によるものと推測され、地熱構造が比抵抗構造に良く反映されている。

ると判断できた。

このように両地域における高密度電気探査の結果は、地表付近の比抵抗構造は複雑で、天水起源の地下水と深部からの地熱流体の影響が複合されていると予想される。モニタリングにより貯留層変動を推定するためには、高密度電気探査などにより連続的に正確に浅部構造のモニタリングをすることや、センサーを天水の影響が及ばない地下深部に設置する必要があると考えられる。