

広帯域電磁場観測からみた地殻内の流体

Fluids in the crust as viewed from wideband magnetotellurics

小川 康雄[1]

Yasuo Ogawa[1]

[1] 東工大火山流体

[1] TITECH, VFRC

<http://131.112.25.6/ogawa/index.html>

電磁波で描出されるのは比抵抗（電気伝導度の逆数）の分布である。この物理量は流体の存在（つながり）に敏感なパラメータであり、8 オーダーにもわたって変化する。多くの地殻を構成する岩石は、岩石の空隙中の流体と、岩石鉱物自体との複合物質である。そのバルクの比抵抗は、鉱物そのものではなく、流体の比抵抗と空隙率、流体のつながり方によっている。地殻深部に向かうと、圧力によって空隙率が低下し、比抵抗が高くなる。しかしながら、下部地殻では、比抵抗の低い層が存在することが大陸性地殻で知られており、鉱物の粒境界表面に存在する流体が電気の担体となっていると考えられている。特に高塩濃度の流体は、電気的につながりやすいことが知られている。また、地殻物質には、硫化物やグラファイトのように、電子伝導によって比抵抗が極めて低くなるものもあり、大陸性地殻下部の低比抵抗の原因として、これらの可能性も無視できない。

地殻内の流体分布を知ることは、地震発生の場合に関して重要な意義を持つ。ここでは出羽丘陵-脊梁山地測線（Ogawa et al., 2001）を紹介する。東北日本の背弧側は、中新世の日本海形成時には伸張場であり、正断層系が発達した。これに対し、現在は、東西方向の圧縮応力場の下にあり、かつての正断層が逆断層として再活動している。この地域では、過去に2つの大きな内陸地震が知られている。1986年の陸羽地震（M7.2）と1914年の仙北地震（M7.1）である。これらはそれぞれ千屋断層と北由利衝上断層の深部延長に関連して発生したと考えられている。現在の微小地震活動はこれら大地震の周辺で起こり、100年ほど前の大地震の余震と考えられている。

周波数 1Hz 以下の電磁場解析から、比抵抗構造は島弧の走向と調和的な2次元構造であることがわかる。2次元比抵抗モデルは、以下のような特徴を持つ。出羽丘陵直下には厚さ 10km 程度にも達する低比抵抗層が存在する。これは中新世の日本海拡大時に堆積した海性堆積物や火山岩であると思われる。北由利衝上断層、千屋断層、北上低地西縁断層の深部延長の形状については、変動地形と反射法地震探査から推定されている。比抵抗構造からは、これら断層そのものの延長との対応は読み取れない。これは、断層破碎帯の幅が電磁場で見ると狭すぎるためと考えられる。深度 10-15km には、低比抵抗ブロックが存在し、これらは、互いに横方向につながっていない。さて、ここで比抵抗モデルを、地震学的な構造と比較してみる。奥羽脊梁山地の東半分では地震波の散乱体が解析されている。散乱体の多くは、地殻中深部の低比抵抗に対応して分布している。また自然地震の地震波速度トモグラフィーでは脊梁山地で低比抵抗異常に対応する低速度異常があり、流体の存在が示唆される。比抵抗モデルも地震波トモグラフィーとともに、断層そのものではなく、その下方に異常が存在している。また、出羽丘陵と奥羽脊梁山地で決められた微小地震の震源位置は、低比抵抗異常の上方の境界付近に多く存在していることがわかる。流体が、貯留部である低比抵抗異常から上方に移動して、より透水性の低い（高比抵抗を示す）地殻中で水圧破碎を起こすことによって地震が発生している可能性がある。このように、低比抵抗異常体が流体の分布を表すと考えることは、散乱体の分布、地震波の低速度域の分布、地震の分布とも整合的である。

これら流体の分布はどうしてできたのであろうか？ 屈折法地震探査の結果によると、低比抵抗異常はコンラッド面付近にあるが、どちらかというとコンラッド面の上方にあり、従来大陸性地殻で見られているような下部地殻上面の低比抵抗とは性質が異なるかもしれない。さらに、400 等温面によって低比抵抗がコントロールされているとすれば、低比抵抗体の上面が起伏を持って連続的に存在すべきで、水平方向に途切れるべきでない。むしろ、局在するひずみによって空隙率が増加したことによって低比抵抗異常ができていている可能性がある。同様の構造は他の地域（ヒマラヤや NZ 南島）でも見出されつつある。このように、最近の電磁気学的な観測は、地殻内の歪の大きな部分や、地震発生場の流体の分布を描き出しつつある。