

地殻内流体の電磁イメージング

Electromagnetic imaging of fluids in the crust

小川 康雄 [1]

Yasuo Ogawa[1]

[1] 東工大火山流体

[1] TITECH, VFRC

1. はじめに

地殻を構成する岩石の比抵抗は、主として岩石の空隙や鉱物の粒界に存在する流体の存在とそのつながりによって決定される。そのため、地殻の比抵抗構造を推定することによって、微量に存在する地殻内流体を高感度に捉えることができるのである。本稿では、とくに自然電磁場を用いる電磁探査法 (MT法) によって見えてきた“内陸地震地域の流体分布”について成果を概観する。

2. 広帯域 MT 観測と解析手法の確立

広帯域 MT 法では自然界の 0.5mHz から 300Hz の電磁場信号を利用して地下比抵抗構造を決定する。90 年代後半にポータブルな広帯域 MT 観測機器が開発され、また、モデル解析についても、深部構造が 2 次元構造で観測点近傍の浅部構造が 3 次元構造である場合に関する場合について、90 年代後半に方法論が確立し、実用的になった。これらによって、地震学的なデータとは全く独立に、信頼できる地殻深部構造を推定することができるようになった。

3. 内陸地震地域の地震発生層と比抵抗構造

内陸地震地域では、地震発生層は地殻の高比抵抗部に存在し、その下方に非常に顕著な低比抵抗異常が存在しているということがわかった。この特徴は、東北脊梁 (北由利断層・千屋断層・北上山地西縁断層) (Ogawa et al., 2001; 小川, 2002)、1963 年宮城県北部地震地域 (Mistuhata et al., 2001); 小川, 2002b)、長町利府断層 (小川ほか, 2005)、糸魚川静岡構造線北部 (Ogawa et al., 2002; Ogawa & Honkura, 2004)、2007 年能登半島地震震源域 (Yoshimura et al., 2008) で共通して見出された。

糸魚川静岡構造線北部地域では、地殻中深部の低比抵抗異常が、GPS による面積費ひずみの大きい地域とよく対応することも見出された (Ogawa and Honkura, 2004)。長町利府断層では、地表の水平変位の分布を存在するための断層深部延長が、脊梁直下の下部地殻にある低比抵抗異常に対応することが明らかにされた (小川ほか, 2005)。

これらのことから、低比抵抗異常体には流体が存在し、そこでは塑性変形できる一方で、その周辺の高比抵抗部では塑性変形ができずに地震発生にいたるといふ図式が考えられる。あるいは、流体が高比抵抗側の流体に乏しい領域に間歇的に侵入することによって高比抵抗側 (地震発生層) の間隙圧を高めて、地震が発生するという仮説も成り立つ (たとえば Ogawa et al., 2001)。

一方、これらの流体がどのように供給されるかを知ることは重要である。紀伊半島では、低比抵抗層への流体の供給がフィリピン海プレートから来ていることが比抵抗構造から明らかにされた (Umeda et al., 2006a)。紀伊半島中南部の深度 20-40km の範囲に低比抵抗異常体が検出されたが、その底面は沈み込むフィリピン海プレート上面に相当し、非火山性の長周期微動が観測されている深度に対応する。またこの低比抵抗体の上方には地殻内地震が発生しており、これは前述の内陸地震発生場の特徴に合致する。

また、火山前線上の鳴子火山周辺地域や、非火山である飯豊山地 (Umeda et al., 2006b) においては、中深部地殻低比抵抗体が存在し、それが高温域の直下に向かって浅くなる詳細な構造が得られた。さらにそれを地震発生と比較すると、地震の下限はこれら中深部地殻低比抵抗体上面に極めて良く一致する。すなわち、地震は低比抵抗体を避けるようにその上方の高比抵抗体に発生していることがさらに精密化された。

さらに、長大な横ずれ断層であるトルコ国北アナトリア断層 (Tank et al., 2003, 2005)、ニュージーランド国アルパイン断層マルボロ地域、スマトラ断層に関しては、プロジェクトが進行中である。このうち、トルコ国北アナトリア断層で発生した 1999 年のイズミット地震震源域では、上部マントルから下部地殻に至る深度で、断層に向かって低比抵抗異常が徐々に浅くなる背斜構造がみられる。本震はこの低 / 高比抵抗境界の高比抵抗側で発生していることがわかった。

4. 結論

(1) 内陸地震地域の中深部地殻 (mid-crust) の比抵抗構造はきわめて不均質で、低比抵抗異常体は流体に富むと考えられること、(2) 低比抵抗異常の上面が地震発生層の下面に対応すること、(3) 巨大内陸地震の本震が低 / 高比抵抗境界の高比抵抗側で発生すること、(4) 低比抵抗異常体がひずみ集中に対応していること。これらは、力学的な側面から研究が進められてきた地震予知研究にとっても重要な視点を与えることができたと考えられる。