

都市部周辺での電気比抵抗構造調査に向けて - 花折断層周辺を例として -

講演者 吉村令慧
レポート作成 池上裕

電磁気の擾乱を入力信号として地下の構造を調べる。

・電気比抵抗とは

電気の通しやすさはモノの形状による。太くて短いものよりも細くて長いものの方が電気を通しやすく、ゆえに単位長さ単位・断面積で表される。電気伝導度 σ (S/m)は電気の通りやすさを、電気比抵抗 ρ (Ω m)は電気の通りにくさを表しており、二者には $\rho=1/\sigma$ という関係がなりたつ。この変化の原因として組成の違い、水の存在が挙げられる。岩石によって電気比抵抗が異なることは調べられており、また岩石内の隙間にイオンを溶かし込んだ水が入り込むことでも変わる。その量や成分などによっても変化があるかもしれない。また岩石が溶けているか否か、岩石の温度によっても変化すると思われる。

・内陸地震発生場と比抵抗構造の概要

電気比抵抗による構造の調査は各地で行われており、千屋断層を含む東北日本の脊梁山地、山陰、糸魚川-静岡構造線などがある。地震発生層は高比抵抗を持っており、アスペリティー(固着域)が高比抵抗なのではないか。また地震発生層の深部延長、または周辺部分は低比抵抗で、水が存在しているのではないかと思われる。糸魚川-静岡構造線においては歪集中域が低比抵抗ゾーンと思われる。

・電気比抵抗探査の手法

地下の電氣的性質を知るために人口または自然な入力信号と出力を比較する。このときの人口的な入力信号とは大地に直流電流を流す、様々な周波数の交流電流、通信用 VFL 電波などで、自然なものは雷で発生する空電・太陽風で発生する磁気脈動・磁気嵐などが挙げられる。磁場の 3 成分、電場の 2 成分を測定し入力と出力の比でもって、インピーダンスを求め見かけ比抵抗を求める(MT 法)。

電磁誘導の特徴として、構造によって信号の到達する深さが変わり、平均的に比抵抗が高いとき不覚まで到達する。また信号の周期(周波数)によっても異なり、長周期ほど深くまで到達する。また比抵抗の高いものが下部に存在するとき位相差は小さくなる。モデリングの方法として 2 次元解析を行う。これには構造の走行に垂直な観測点が必要となる。

データの処理は、まず測定データから変換関数であるインピーダンス Z を求める。

$$\begin{pmatrix} F_x \\ F_y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Z_{xx} & Z_{xy} \\ Z_{yx} & Z_{yy} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} H_x \\ H_y \end{pmatrix}$$

比抵抗構造が 2 次元の場合多角成分が 0 になるように Z を回転させる。

$$\begin{pmatrix} F'_x \\ F'_y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & Z'_{xy} \\ Z'_{yx} & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} H'_x \\ H'_y \end{pmatrix}$$

現実には 0 になることは稀なので 0 に近づくようにする。主軸は 90°の任意性を持つ。数十 km の構造探査のために広帯域 MT 探査で、 $10^3 \sim 10^{-3}$ Hz による磁場 3 成分・電場 2 成分を調べる。

・花折・琵琶湖西岸断層系周辺での探査例

都市部周辺なのでノイズの問題が大きく、S/N の悪い場所での探査の方針が必要となる。この地域での探査を試みた理由は、入力シグナルとして大きいものを狙う状況が出来ていたこと、今後 30 年に地震の発生する可能性が高いことなどが挙げられる。琵琶湖西岸断層はマキノ町～大津市の約 59km で、西に傾斜しており西側が東側に相対的に隆起する逆断層になっている。花折断層は今津町～京都市～宇治市の約 58km で、北中部は右横ずれ、南部は東側隆起の逆断層である。この花折断層を境にして地震の発生する深さ分布の上面が段差を持っている。また歪み集中帯が存在している地域でもある。

MT 観測をする上での方針として磁気擾乱を狙う。これは昨年秋の磁気擾乱を受けてのことである。観測はノイズの少ない時間帯のデータを使い、またノイズ環境の良いデータをリファレンスとして用いる。柿岡で 2003,2004 年に測定されたデータでは時間とともに発達する磁気擾乱が観測された。

広帯域 MT 観測では 2003 年 11 月 20～27 日に 4 点で取得、2004 年 11 月 1～11 日に 6 点 + 1 点(再測)のデータを取った。これらは花折れ断層周辺から琵琶湖西岸、東岸に直線上の観測点である。人口のイズの環境について。ノイズ環境のよい鹿児島を観測に比べるとこれらの点では明らかにノイズが大きかった。しかし、ある時間帯で 30 分～1 時間程度ノイズが小さくなる。

2 次元構造解析を行う場合、走行の方向を決定しないといけない。これは詳細に決定する時間がなかったため N25E-S25W という直線であると仮定した。解析の速報として、花折断層を境として西側には地下に低比抵抗ゾーンが存在している。東側は琵琶湖になるが、琵琶湖の西側には湖西線が、東側には東海道線が通っているためやや信頼のあるデータではないが、高比抵抗の領域があるようだ。走行が N-S であった場合には地下の比抵抗の分布はがらりと変わるが、花折断層を境に西に低比抵抗、東に高比抵抗というおおまかな配置は変わっていない。

・まとめと今後の課題

磁気擾乱の様子・宇宙天気予報を参考に機動的観測を実施できれば、都市部周辺の悪ノイズ環境でも調査の可能性が見えた。しかし入力信号が大きくても湖西線・東海道線周辺ではデータの質は悪い(夜間でも貨物列車が頻繁に通る)。鯖街道まで湖西線から離れるとノイズの影響は小さくなるが機材と投入できる場所も少ない(東西方向にアクセスが非常に悪い)。この辺りまでなら日帰り、かつ 2 人いれば観測可能であるので、地磁気活動を見ながら機動的に観測を実施できる。しかしノイズフリーなリファレンスが必要となる。花折断層側では予備的解析より、花折断層を境に東西で比抵抗構造に大きなコントラストがあることが見出せた。データの質を上げるために時系列の精査をさらに行う必要がある。構造の走行の判断・ローカルな 3 次元効果の除去を行う。今回話はなかったが 2 観測点で並行して取得した長周期データがあり、それを解析する。断層に沿って比抵抗コントラストが存在するかの検証(固着域の検出)は次年度以降の観測で行う。