

直流電流により生じる岩石試料表面の電位イメージング

鈴木 健士 [1]; 吉村 令慧 [2]; 山崎 健一 [2]; 大志万 直人 [2]
[1] 京大院理・地球惑星; [2] 京大・防災研

DC potential imaging of a granite surface

Takeshi Suzuki[1]; Ryokei Yoshimura[2]; Ken'ichi Yamazaki[2]; Naoto Oshiman[2]
[1] Earth and Planetary Sciences, Kyoto Univ.; [2] DPRI, Kyoto Univ.

We are planning to perform resistivity imaging of small-scale (~10cm) rock samples. Resistivity imaging of objects with geophysical scales (~100 km) have been carried out for quite a few targets. However, it is unclear how the resistivity structures with such scales are quantitatively related with mechanical structures including fractures and cracks. In contrast, mechanical structure of rock samples with laboratory scales (~10 cm) can be directly observed. For this reason, resistivity imaging of rock samples possibly clarifies quantitative relationship between mechanical structure and resistivity structure.

To achieve resistivity imaging, it is necessary to inject electric current into a resistive rock sample and to measure the potential distribution on it. In our previous works, we have established a high-density electrode arrangement on surface of rock samples. We measured the potential distribution by using electrometers with a high input impedance of over 200T ohm (Suzuki et al., 2017, JpGU). However, obtained values of voltages have not been stable, possibly because of two reasons. First, current intensity of the injected current (over 1nA) to the sample is not very stable. Second, injected current is leaked through an electrometer.

In the present work, we have made the following two improvements to the measurement of voltage distribution. First, we use a new direct current source with a maximum voltage of 110 V that can control intensity of the current with an accuracy of a few nA. Second, we use differential measurement method to prevent leakage current through the LO terminals of electrometers. In differential measurement, HI terminals connected to potential electrodes and each LO terminal is connected to LO terminal of current source. Because the input impedance of HI terminal is much higher than insulation resistance between LO terminal and ground, we can expect no leakage current from terminal of electrometer. We also use Guarding to remove leakage current through cable. In the Guarding, the signal line is surrounded by a conductor with high impedance. By keeping the voltage of the surrounding to the signal voltage, leakage current is avoided.

Abovementioned improvements of measurement method produce the following result. Intensity of the direct current injected to a rock sample are kept stable during more than one hour with the order of 10^{-30} nA. Leakage current is prevented by the differential measurement, which is confirmed by a fact that there was no leakage current from the HI to LO terminal of the current source. The time required for the measured values of potential differences to be stable is reduced to several ten seconds. Because of these improvements, we have succeeded to obtain measurement values of the potential with high precisions.

本研究では岩石試料(~10cm程度)の比抵抗イメージングを目指している。大地(~100km程度)の比抵抗イメージングは極めて多く行われているが、実際の大地において比抵抗構造が破碎や空隙をどう反映しているのか確認することは難しい。ゆえにそれらの対応関係は明らかでない。一方、岩石試料は内部構造の直接的な観察が可能であるから、岩石試料の比抵抗イメージングが実現すれば、比抵抗イメージと内部構造の対比が可能になると期待できる。

比抵抗イメージングの実現には、岩石試料への電流印加と印加電流により生じた電位分布の測定が必要である。我々はこれまでに試料表面に高密度で接着できる電極を開発し、高入力インピーダンス(200T Ω以上)のエレクトロメーターを用いた電位分布の測定を試みてきた(鈴木、2017、JpGUなど)。しかし、以下に挙げる課題が残った。1) 試料への安定した1nA以上の電流印加、2) エレクトロメーターを介した漏えい電流の防止。正しく電位分布を測定するためにはこれらの課題を解決する必要がある。

そこで、以下の工夫を取り入れて測定手法を改善し、前述の問題解決を試みた。まず、最大印加電圧110Vに対し数nA単位で電流量を制御可能な高精度電流源を導入した。また、2台のエレクトロメーターを用いる差動測定法を用いて、漏えい電流を防止した。差動測定とは、エレクトロメーター2台の負極を電流源の負極と短絡させ、200T Ω以上の高入力インピーダンスが保証される正極2つを電位電極につなぐ手法である。それぞれの測定値の差から電位差が求められる。加えて、ガード測定により測定ケーブルを介した漏えい電流を取り除いた。ガード測定とは、信号線の周りを信号線と同電位に保たれた導体で取り囲む測定手法である。信号線の外側に対して電位差が生じなくなるため、電流は流れない。

上記の方法を用いて測定手法を改善した結果、以下の成果を得た。まず、高抵抗な岩石試料に対し、数10nAオーダーの印加電流量を1時間以上安定して印加することができた。また、エレクトロメーターを介した漏えい電流を無くすることができた。電流源の正極から負極までに電流の損失がないことを確認した。そして、電位電極を付け替える際、数10秒のスケールで電位差が安定するようになった。これらの改善により、異なる複数の日に測定しても、高い再現性を示すようになった。電位分布は安定して測定できているものと考えられる。