

一般・萌芽的共同研究（課題番号：29H-4）

課題名：新たな電気比抵抗測定手順の検証的研究 —自然乾燥状態の岩石試料に対して—

研究代表者：鈴木 健士

所属機関名：京都大学大学院 理学研究科

所内担当者名：吉村 令慧

研究期間：平成 29 年 4 月 1 日 ～ 平成 30 年 3 月 31 日

研究場所：京都大学および産業技術総合研究所

共同研究参加者数：3 名 (所外 2 名, 所内 1 名)

- ・大学院生の参加状況：1 名 (修士 1 名, 博士 1 名) (内数)
- ・大学院生の参加形態 [研究代表者：岩石実験, 数値実験]

研究及び教育への波及効果について

本研究により、高抵抗な岩石試料にも適用可能な電気比抵抗測定手順が確立された。クラックの集合などで形成される不均質構造を検出し、母岩に対する比抵抗の違いを議論できる可能性が高まった。また、研究代表者の博士論文に向け、実験手順の高度化が進んだ。

研究報告

(1) 目的・趣旨

本研究の目的は、高抵抗な岩石試料にも適用可能な電気比抵抗測定手順の最適化と、その妥当性の検証である。これまで、岩石試料中における水分飽和度と電気比抵抗などの関係を明らかにするため、いくつかの室内実験が行われてきた(例えば、Borsic *et al.*, 2005; Stacey 2006 など)。これら実験の目的は、地下比抵抗構造探査により推定された比抵抗構造解釈への応用である。しかし、先行研究では、測定時における岩石試料中の水分飽和度は制約されている。そこで、本研究では岩石試料の水分飽和度に依らない、高抵抗な乾燥岩石にも適用できる新たな測定手法の開発を進めてきた。測定手順の最適化に向け、測定に最適な電流源の選定、ノイズを生じさせない測定端子切り替え手順の確立、温度・湿度条件が測定結果に及ぼす効果の検証、測定値と数値計算値に残る差異要因の検証を行う。

(2) 研究経過の概要

測定手順の最適化を以下の 4 項目に分割して実施した。なお、本研究全般で、直径 52mm、高さ 100mm の水にぬらしていない状態の円筒形花崗岩試料を実験試料に用いた。試料は目視確認の範囲内で亀裂・損傷等を含まないものである。

a) 測定に最適な電流源の選定

選定対象機器として Keithley6514 エレクトロメータ(以下、6514 とする)とアドバンテスト R6243 直流電圧・電流源(以下、R6243 とする)を選択した。高密度測定に用いる 10mm 四方の電流電極を用いて、どちらがより大きな電流量を安定して印加できるか調べた。

b) ノイズを生じさせない測定端子切り替え手順の確立

ワニ口クリップを手で操作して端子を切り替える方法と、HP 34970A データ収集/データロガー・スイッチ・ユニット(以下、34970A)を介して端子切り替えを行う方法とで、どちらの発生ノイズが小さいかを調べた。

c) 温度・湿度条件が測定結果に及ぼす効果の検証

エアコンや加湿器を用いて実験室の温度・湿度を変化させたとき、岩石試料に流すことの出来る電流量はどのように変化するかを調べ、安定した電流印加を行うために必要な温度・湿度条件を調べた。

d) 測定値と数値計算値に残る誤差要因の検証

試料を完全な均質構造と仮定して、数値計算による実験値の再現を試みた。そして、数値計算結果と実測値の間に残存する誤差は、電極面上の導通点位置のずれで説明可能かを調べた。具体的には、数値計算における電位電極グリッド

を 10mm 四方の電極面積上で動かし、その際変化する電位幅の中に実測値と数値計算値の差異幅が収まるかを検証した。

(3) 研究成果の概要

a) 測定に最適な電流源の選定

6514 では $G\Omega$ レンジの抵抗をもつ実験試料に対して最大で 1nA しか電流を印加できなかった。一方、R6243 は最大印加電圧 110V の範囲内で 1nA 以上の電流を印加できた。このことから、SN 比の高いデータを得るための電流源として、R6243 は 6514 よりも適していることが分かった。

b) ノイズを生じさせない測定端子切り替え手順の確立

ワニ口クリップを介した方法では、クリップを端子から端子へ付け替える際、測定値にオフセットが生じた。このオフセットは、クリップ付け替え時に 6514 の測定端子が一時的に開放状態になり、その際に機器内部で用いられている電子部品の微小な入力バイアス電流が入力容量に充電され、その影響で生じたものであることがわかった。一方、34970A を使った端子切り替えでは、スイッチングが電子制御を介したラッチングリレーで行われるため、上記現象は殆ど確認されなかった。よって、34970A を介して行う端子切り替えの方がノイズは少ないということが分かった。

c) 温度・湿度条件が測定結果に及ぼす効果の検証

温度の増減と電流電極間抵抗の増減、湿度の増減と電流電極間抵抗の増減、はそれぞれ反比例関係にあった。特に、非常に低温・低湿(相対湿度<20%(温度 10°C以下において))環境においては電流電極間抵抗が非常に高くなり、10mm 四方電極を介して 1nA 以上の電流を印加することが出来なくなった。よって、低温・低湿条件を避け、少なくとも 20°C 前後・湿度 50%以上の測定条件が、安定した電流印加を行うために必要であることが分かった。電流電極間抵抗が高くなる理由は、電流電極と試料の間の接触抵抗が温度・湿度条件に敏感であるからだと先行研究などから解釈した。

d) 測定値と数値計算値に残る誤差要因の検証

テーマ(a)から(c)までの結果を元に最適化された測定手順で得られた測定値を数値計算で再現した。その結果、数値計算値と実測値の大まかな傾向は一致したが、無視できない差異も残った。しかし、その差異は、電位電極面上における試料との導通点位置が、数値計算上での電極位置とずれてしまうことによる影響で説明可能であった。

(4) 研究成果の公表

(国内学会・シンポジウム等における発表)

1. 鈴木 健士, 吉村 令慧, 山崎 健一, 大志万 直人, ”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”, 第 142 回 地球電磁気・地球惑星圏学会総会・講演会, R003-01, 京都, 2017 年 10 月(口頭発表) *地球惑星圏学会 第 142 回講演会 学生発表賞 (オーロラメダル) 受賞
2. 鈴木 健士, 吉村 令慧, 山崎 健一, 大志万 直人, ”直流法による岩石試料の比抵抗構造イメージング手法の構築”, 平成 29 年度 Conductivity Anomaly 研究会, 東京, 2018 年 1 月(ポスター発表)
3. 鈴木 健士, 吉村 令慧, 山崎 健一, 大志万 直人, ”直流法による岩石試料の比抵抗構造イメージング手法の構築”, 平成 29 年度 京都大学防災研究所研究発表講演会, 京都, 2018 年 2 月(ポスター発表)