

直流法による岩石の比抵抗測定における分極現象について

奥山良俊・上杉良市

Polarization Effects on the Resistivity of Rocks in Measuring by Direct Current Method.

Ryoshun OKUYAMA, Ryoichi UESUGI
(昭和56年10月31日受理)

In direct current method, the resistivity of rocks is so much affected by electrical polarization that the different values are obtained with the measuring systems, so-called Two-and Four-Electrode methods.

The authors measured the current change with time and the potential distribution of rock samples to make clear the source of these phenomena.

The results of measurement are summarized as follows.

- (1) The applied voltage to the samples is considerably lost by the polarization e.m.f., and then the specific resistivity, in the Two-Electrode method, is measured as if it were about 2 or 3 times larger than the true resistivity.
- (2) In the Four-Electrode method, the effect of polarization is avoided; therefore, in case of direct current method, it must be used to measure the true resistivity of rocks.

1. ま え が き

一般に岩石の比抵抗測定において測定値が岩石の誘電性や温度、含水率、孔隙率、伝導機構、その他の性質によって影響を受け多くの困難な問題を伴う。本稿においては特に誘電性を考え加電圧によって誘起される電気分極の現象に触れながら直流による二極法と四極法について比較し考察してみたい。

2. 直流法による測定回路

直流を用いた測定方法として所謂二極法と四極法があり円柱状資料について測定回路を図1に示す。電極の部分には導電塗料(銀ペースト)を塗布して接触抵抗を小さく、またガード電極を用いて表面を流れる電流を除いている。資料の大きさは直径25mm、長さ40mm程度に成形しているが四極法によるときはこの程度の大きさが適しているように思われる。両端の電極に近い部分に電位差測定電極をとると測定が不安定でよい結果を得にくい。円柱状資料は二極

法にも四極法にも用いられるという利点があり成形もしやすいが、ガード電極、測定電極をつけるのに細く導電塗料を塗布し0.5mm径の銅線を巻き付けるので直接精度に関係し、細心の注意が必要である。因に円板状資料は二極法に限られ、また厚さが主電極の有効面積と複雑に関係することからできるだけ薄く成形する必要がある。しかし岩石資料の場合は脆さや変質の程度にもよるが5mm以下の厚さに成形

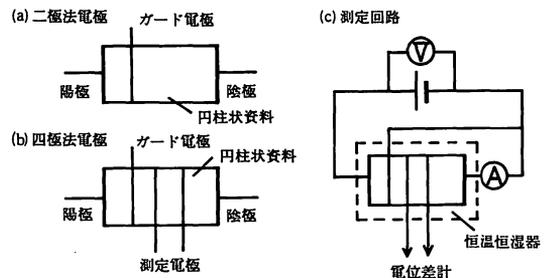


図1 岩石資料の電極と測定回路

直流法による岩石の比抵抗測定における分極現象について

表1 測定資料

| 資料名 | 資料採取地 |
|-------|-------------------------------|
| 安山岩 | 岩手県土畑鉱山 |
| 輝緑岩 | 北海道下川鉱山 |
| 玄武岩 | 秋田県十和田地区試錐井 (HT-15 地下586m) |
| 石英安山岩 | 秋田県十和田地区試錐井 (HT-18 地下250m) |

することは難かしいことが多い。

測定回路において円柱状資料の一つの断面が等電位面であると考え測定電極間の電位差を測定するが、測定には零点法を用いることとし電位差計によっている。なお厳密な測定では電流計を用いないで標準抵抗ともう一つの電位差計から電流を決定するが、岩石資料の場合はそれ程の精度は期待できないのでマイクロアンメーターを用いている。また岩石は含水率によって大きく比抵抗が変わるので完全乾燥状態、完全湿潤状態、或いは恒温恒湿器内で測定するなど測定条件を厳しくしないと測定値の再現性が得にくい。

3. 測定結果と考察

3・1 岩石資料と電気分極

表1に示す資料について一定の加電圧のもとで流れる電流の時間に対する変化が図2から図4に示される。これは誘電体や造岩鉱物の研究で知られる分極現象と類似した性質を示し次の式(1)に従うものと思われる。

$$i = At^{-n} \quad (1)$$

ここでAは加電圧に関係し、nは温度の函数としてあらわされる定数である。乗富等¹⁾の研究によれば $A = kV, n = B \exp(-\alpha T)$ の式が石英などについて成り立つことが示されており、600℃を超える高温のもとでは分極の影響の無視できることも示されている。

以上のことから図2から図4のように常温での測定では分極の影響は避けられない問題である。

次に輝緑岩について、一定の加電圧に対する資料の電位分布を測定すると図5となり電流電極付近を除いて一様な電界の存在していることが明らかで、

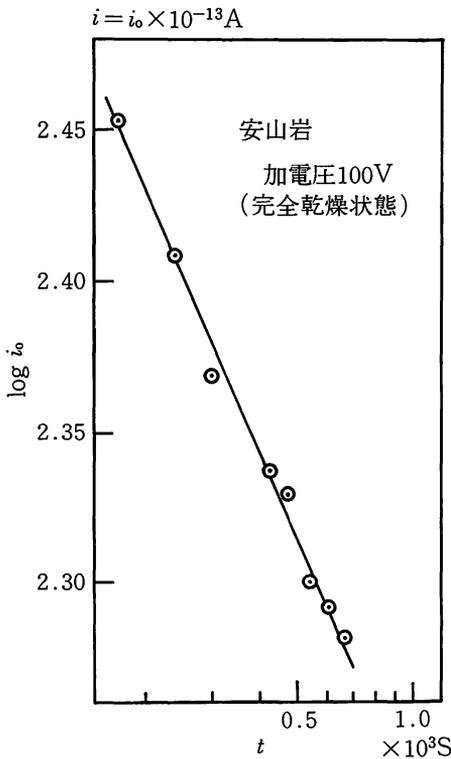


図2 電流の時間に対する変化

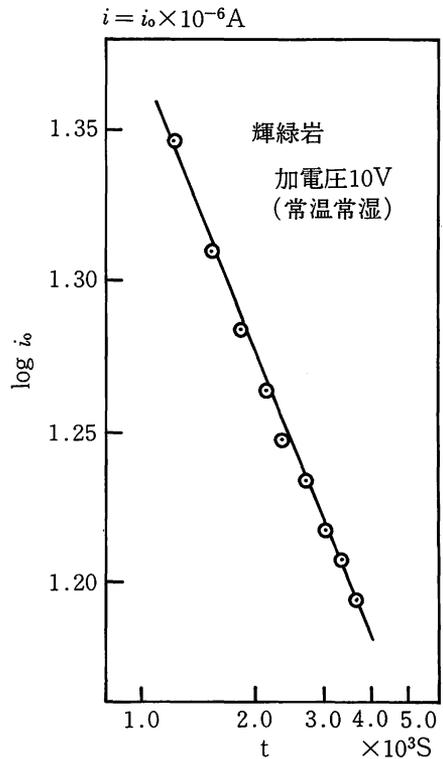


図3 電流の時間に対する変化

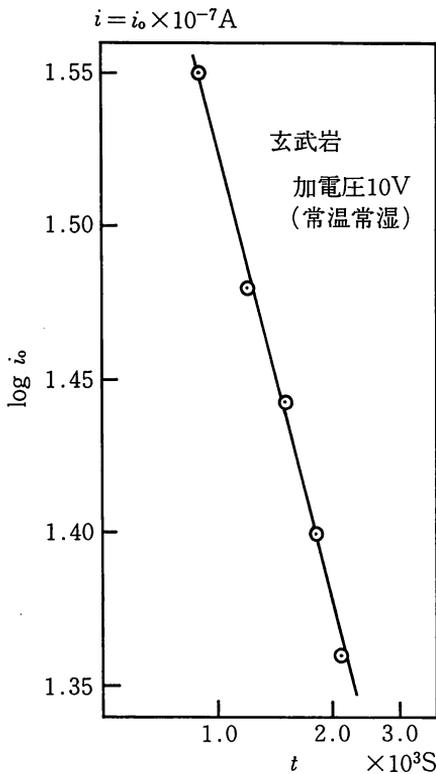


図4 電流の時間に対する変化

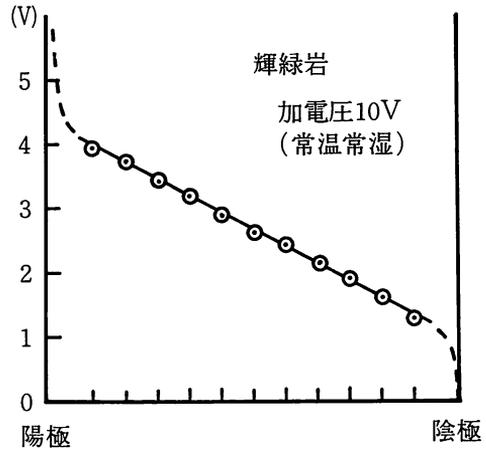
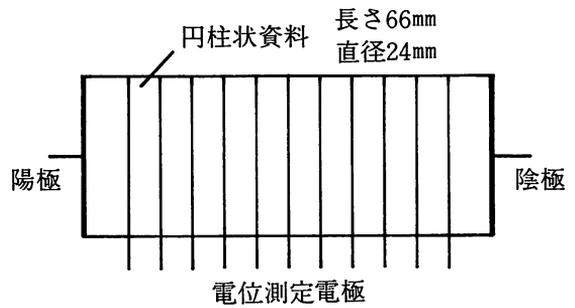


図5 岩石資料の電位分布

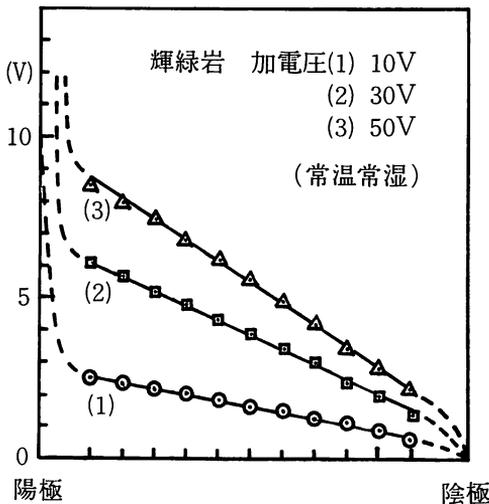


図6 加電圧による電位分布の変化

その傾きから分極電荷の起電力によって、加電圧による電界が可成り打ち消されることが示されている。また図6は加電圧の変化に対する電位分布を示したものである。石英安山岩、玄武岩についてもほぼ同様の結果が得られ、岩石の種類によって若干の相違

表2 加電圧後の経過時間と抵抗値 (常温常湿)

| 輝緑岩 | 加電圧 10V 比抵抗 $3.10 \times 10^5 \Omega \cdot \text{cm}$ | | |
|--------|---|---------------------------------|---------------------------|
| t | ΔV | I | R |
| 17 min | 0.287V | $8.35 \times 10^{-6} \text{ A}$ | $3.44 \times 10^4 \Omega$ |
| 20 | 0.285 | 8.30 | 3.43 |
| 22 | 0.283 | 8.25 | 3.43 |
| 25 | 0.281 | 8.20 | 3.43 |
| 28 | 0.281 | 8.18 | 3.44 |

はあっても類似した傾向が認められた。

3・2 二極法と四極法による測定

二極法では図1に示すように資料の両端に加わる電圧Vと電流Iを用いて比抵抗を求めるが、市販の抵抗計、絶縁計はすべてこの方法によっている。簡便な方法としての利点はあるものの前述の図5、図6にみられる分極の影響を無視しており測定値は2~3倍から、加電圧と資料によっては数倍もの大きさの値を求めてしまう。

次に四極法では加電圧による電界と分極に基づく起電力による電界の総和として電位差測定電極間の

直流法による岩石の比抵抗測定における分極現象について

表3 二極法と四極法による比抵抗値(常温常湿)

| 資料名 | 石英安山岩 | | 輝緑岩 | |
|-----|---|---|---|---|
| | 二極法 | 四極法 | 二極法 | 四極法 |
| 加電圧 | | | | |
| 10V | $22.8 \times 10^4 \Omega \cdot \text{cm}$ | $4.66 \times 10^4 \Omega \cdot \text{cm}$ | $9.52 \times 10^5 \Omega \cdot \text{cm}$ | $2.60 \times 10^5 \Omega \cdot \text{cm}$ |
| 20 | 11.9 | 4.19 | 9.25 | 2.54 |

ΔV を測定し、電流 I 、電極間距離 L 、断面積 S を用いて次の式(2)から比抵抗 ρ を求める。

$$\rho = \frac{S}{L} \cdot \frac{\Delta V}{I} \quad (2)$$

これは測定のための加電圧によって誘起された分極の影響が除かれているので真の比抵抗値を示すものとする。

また二極法では図2~図4で明らかであるように電流が時間とともに変動することから抵抗値が時間に依存し、どの時点で抵抗値を決定するかが問題となる。これに対して四極法では表2に示すように時間の経過に対して、その時点で ΔV 、 I を各々読みとれば抵抗値が時間と関係なく一定であることが知れる。勿論分極が完了し安定した状態での測定が望ましいが、加電圧後1時間程度の経過を必要とすることが多い。

二極法と四極法による測定値の相違を表3に示す。前述のように二極法では四極法による値に比べて可成り大きい値になることが示されている。表3では加電圧に対する比抵抗値の依存性も示されているが加電圧が大きい程比抵抗の小さくなることが知れる。このような現象は伝導機構が電子伝導の他にイオン伝導によることで説明される。数多くの資料について比較測定するときは加電圧を一定にする必要があり測定条件が問題となる。なお著者は電位差計による測定をしているので ΔV は1.5V以下であり加電圧は資料の長さにもよるが5~10V程度のことが多い。

4. む す び

直流法による岩石の比抵抗測定について要約すると次のようになる。

(1) 資料を流れる電流は $i = At^{-n}$ で示され、誘電体や石英などにみられる分極現象と類似している。また資料内の電位分布の測定から分極電荷によって電界が可成り打ち消されその影響の無視できないことが知れた。二極法では分極と関係なく比抵抗を求

めるのに対し、四極法では加電圧と分極電荷による電界の総和として電位差を測定しているので分極の影響が除かれ真の比抵抗値が求まる。

(2) 二極法では電流が時間とともに変動することから比抵抗値が時間に依存する結果となるが、四極法では電位差、電流を測定しているので抵抗値としては一定であり比抵抗値の決定が容易である。

以上のことから乗富等⁵⁾によってすでに指摘されているように直流法による岩石の比抵抗測定において真の比抵抗値を得るためには四極法によらなければならないことが知れた。

終りに乗富一雄教授の御指導に感謝致します。

参 考 文 献

- 1) K.NORITOMI and A.TAKAGI
A Note on the Electrical Polarization in Quartz and Perthite.
Sci. Rep. Tohoku Univ. Ser. 5, 5, 183—190, 1953
- 2) E.I.Parkhomenko
Electrical Properties of Rocks.
Plenum Press, New York. 1967
- 3) 奥山良俊
岩石の比抵抗測定—岩手県土畑鉱山付近の火山岩について
秋田工業高等専門学校研究紀要 No. 7, 96—100, 1972
- 4) 奥山良俊
岩石の含水量の比抵抗に与える影響
秋田工業高等専門学校研究紀要 No. 8, 110—114, 1973
- 5) 乗富一雄・松岡清幸
含水岩石の温度に対する比抵抗の変化
秋田大学鉱山学部地下資源研究施設報告 No. 44, 17—26, 1977