

岩石の含水量の比抵抗に与える影響

奥 山 良 俊

The Effects of Water Content on the Electrical
Resistivity of Rocks

Ryosyun OKUYAMA

(昭和47年10月31日受理)

まえがき

先きに筆者は岩手県土畑鉱山付近の火山岩について比抵抗の測定を試み、特にその測定方法と資料に含まれる水分の比抵抗に及ぼす影響のおおよその程度について報告したが、さらに測定を重ねそれらの間の関係を示す実験式を得ることができた。また試錐されたコアの比抵抗についても測定し、火山岩類のように水分の影響が大きくないことを知り得たのでその結果も合わせて次に報告する。

1 測定方法

1.1 測定資料

測定資料として岩手県土畑鉱山付近の火山岩から畑平流紋岩 (H_3, H_4, H_{14}, H_{18}), 川尻層安山岩 (A_7, A_8), 川尻層凝灰角礫岩 (Ty), 大石層凝灰岩 (Ot_3) を選んだ。また秋田県大館比内地区畑沢グループ 40PAOH-20 号の試錐コアの中から OH-20-1 ~ OH-20-27 を選んだがこれらは安山岩質火山凝灰岩、同質凝灰角礫岩、同質火山角礫岩からなり地表の砂礫層下の着盤した地層のもので地下約45mから95mの範囲の資料である。

1.2 測定方法

測定にはチョッパー型超絶縁計 SM-10, SM-15 を用い資料の主電極, 対電極, 保護電極として導電塗料を塗付し, 室内の水蒸気の付着することを避けるために常温圧力 5 mmHg の真空デシケーター内の資料について測定した。

資料の含水量を変えるには資料を常温常湿自然の状態の室内に長時間放置し, 室内の湿度の変化によることにした。これは資料を水蒸気で飽和した容器内に置くことも試みたが, 表面のみ湿潤して短時間では一様な吸湿状態にならないなど良好な結果が得られなかったためである。

また電圧印加後20分から30分程度で飽和電流に達するものとみなされたので殆んどの資料について電圧印加からこの程度の時間後に体積抵抗値を読みとっている。

2 測定結果と考察

2.1 火山岩類の測定

吸湿状態における岩石資料の質量を m , 含まれている水分の質量を Δm として $w = \Delta m/m$ (%) を含水率と約束し, w に対する比抵抗値 ρ ($\Omega \cdot \text{cm}$) を表 1, 表 2, 表 3 に示す。また w と $\log \rho$ の関係は図 1, 図 2, 図 3, 図 4 のように示される。

$w = \Delta m/m$ は常温常湿の室内での吸湿によって変えておるので含まれる水分に限界があり, また気象条件, 各々の岩体の種類によっても異なるが, 乾燥した状態から自然に吸湿した場合に含水率は 1% 以下で, 特に乾燥状態から 0.3~0.4% までの w に対して ρ が極めて大きく変化し, 0.5% 程度以上になるとグラフが折れ曲って含水量の比抵抗に及ぼす影響の減少することが示されている。これははじめに岩石中の電解質によって電荷を運ぶイオンを多量に生じその影響が大きく, 或る程度以上になると飽和する形に近づく傾向にあるためと考えられる。

2.2 試錐コアの測定

試錐コアについての測定結果を図 5, 図 6 及び表 4 に示す。図 5 は常温常湿の室内での体積抵抗値と常温真空状態での体積抵抗値の電圧印加後の時間に対する変化を比較したものである。常湿での測定では水蒸気の付着による影響が大きく体積抵抗値が時間とともに減少し, 真空状態ではその影響が除かれ, 資料を流れる電流が充電電流から飽和電流へと移行しながら減少し時間とともに体積抵抗値が増加することを意味する。図 6 は乾燥した資料と吸湿した資料の体積抵抗値の時間に対する変化を真空デシケーター内で測定した例である。これらにみら

表1 流紋岩の比抵抗

表2 安山岩の比抵抗

Sample	$\rho (\Omega \cdot \text{cm})$	$\Delta m/m (\%)$
H ₈ ($\rho_0 = 5.3 \times 10^{14} \Omega \cdot \text{cm}$)	3.6×10^{14}	0.0065
	7.5×10^{13}	0.058
	1.7×10^{12}	0.12
	7.5×10^{11}	0.15
	4.5×10^9	0.23
	6.0×10^7	0.33
	4.5×10^7	0.37
H ₉ ($\rho_0 = 4.1 \times 10^{14} \Omega \cdot \text{cm}$)	2.7×10^{14}	0.0061
	2.2×10^{13}	0.033
	1.4×10^{13}	0.037
	9.7×10^{11}	0.081
	2.1×10^{10}	0.15
	$3.4 \times 10_9$	0.16
	$1.7 \times 10_7$	0.24
H ₁₄ ($\rho_0 = 8.1 \times 10^{13} \Omega \cdot \text{cm}$)	2.6×10^{13}	0.078
	9.2×10^{12}	0.079
	1.2×10^{12}	0.14
	5.8×10^{10}	0.22
	5.8×10^7	0.47
	5.8×10^7	0.50
	2.5×10^3	0.68
H ₁₈ ($\rho_0 = 3.3 \times 10^{13} \Omega \cdot \text{cm}$)	1.1×10^1	0.74
	4.8×10^{12}	0.062
	2.4×10^{12}	0.065
	6.4×10^{11}	0.12
	1.6×10^{10}	0.19
	2.6×10^9	0.32
	8.8×10^7	0.35
	5.6×10^5	0.49
2.8×10^5	0.52	

Sample	$\rho (\Omega \cdot \text{cm})$	$\Delta m/m (\%)$
A ₇ ($\rho_0 = 5.5 \times 10^{13} \Omega \cdot \text{cm}$)	5.8×10^{12}	0.049
	1.3×10^{12}	0.075
	2.1×10^{10}	0.16
	3.0×10^3	0.26
	2.4×10^3	0.28
	2.4×10^3	0.31
	3.0×10^3	0.62
A ₈ ($\rho_0 = 5.9 \times 10^{14} \Omega \cdot \text{cm}$)	2.0×10^6	0.69
	1.1×10^{14}	0.023
	5.7×10^{13}	0.045
	4.1×10^{13}	0.050
	7.4×10^{12}	0.097
	1.3×10^{12}	0.15
	1.5×10^{10}	0.30
	4.0×10^8	0.41
	7.4×10^7	0.48
	1.2×10^7	0.54
	1.1×10^7	0.57

表3 凝灰角礫岩と凝灰岩の比抵抗

Sample	$\rho (\Omega \cdot \text{cm})$	$\Delta m/m (\%)$
Ty ($\rho_0 = 1.0 \times 10^{13} \Omega \cdot \text{cm}$)	1.5×10^{11}	0.073
	7.1×10^{10}	0.081
	7.1×10^3	0.19
	1.9×10^7	0.28
	3.2×10^6	0.38
Ot ₃ ($\rho_0 = 6.3 \times 10^{13} \Omega \cdot \text{cm}$)	1.6×10^3	0.44
	6.5×10^{11}	0.040
	2.5×10^9	0.13
	4.6×10^2	0.14
	4.2×10^5	0.21
	2.3×10^6	0.22

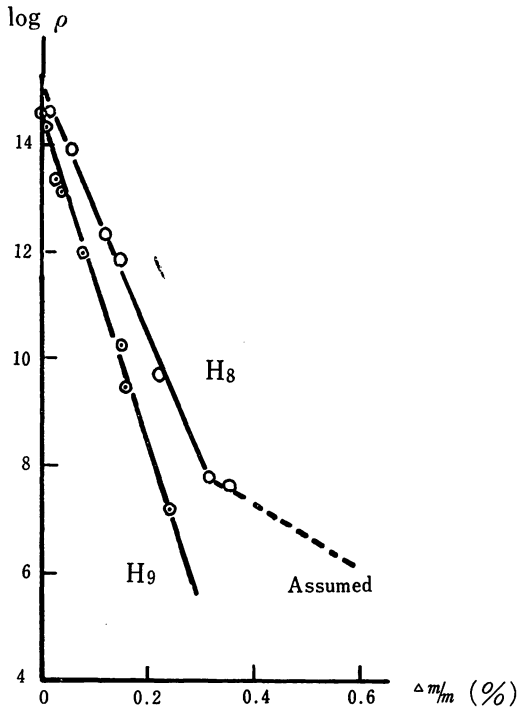


図1 流紋岩の比抵抗と含水率

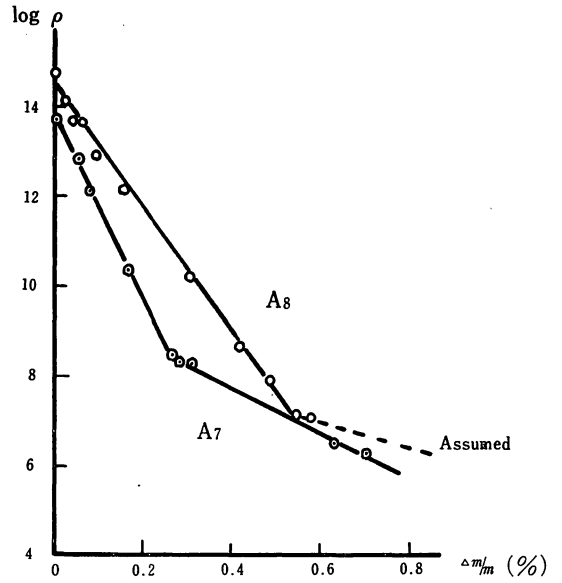


図3 安山岩の比抵抗と含水率

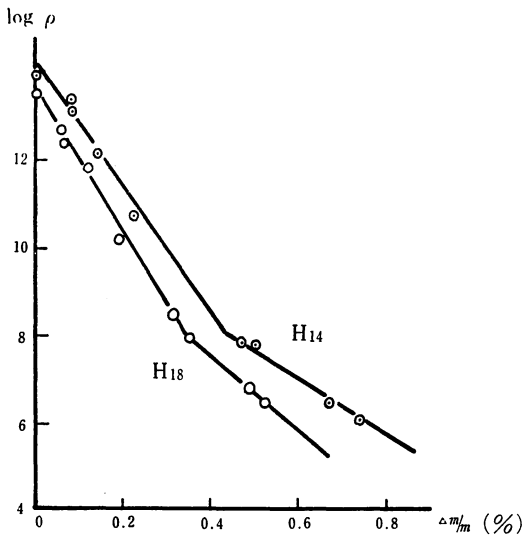


図2 流紋岩の比抵抗と含水率

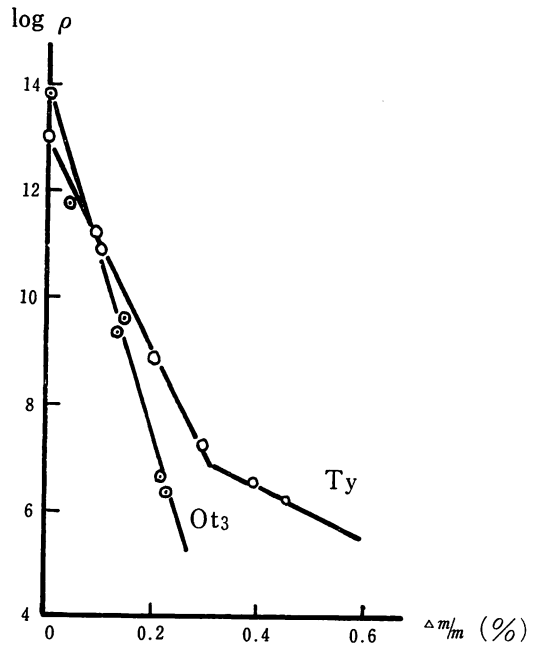


図4 凝灰角礫岩及び凝灰岩の比抵抗と含水率

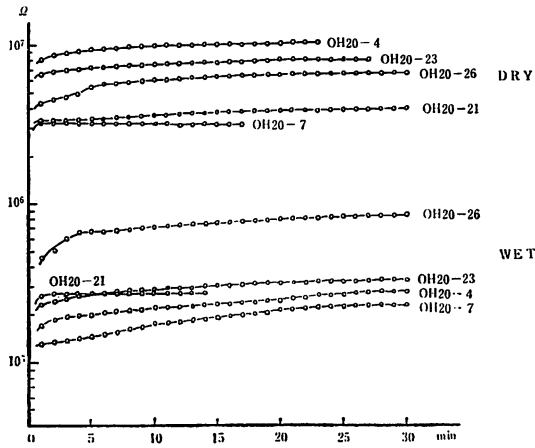
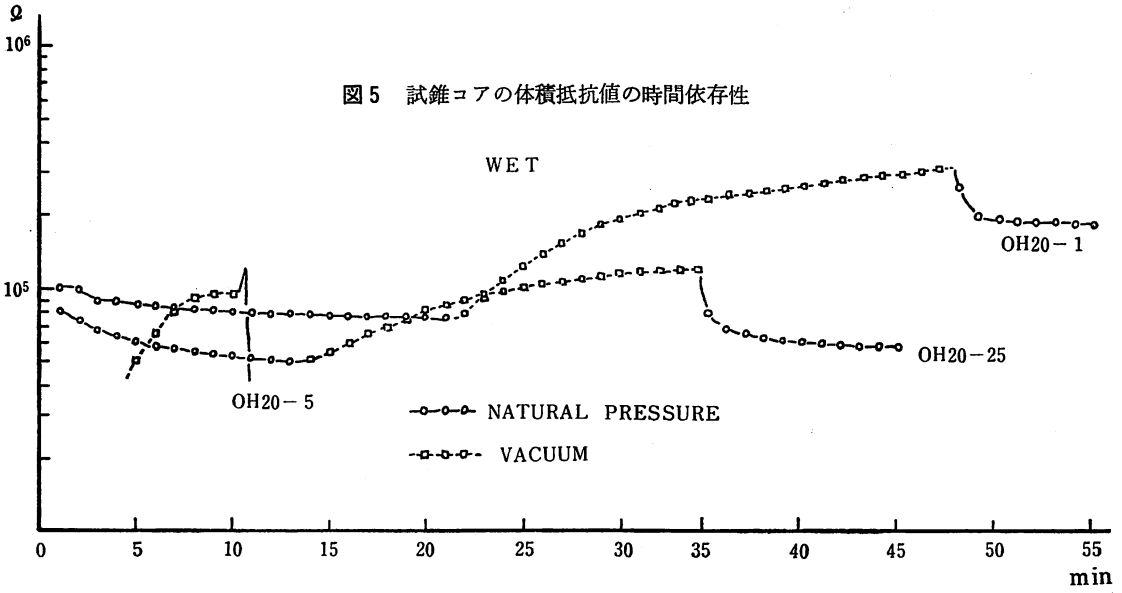


図6 試錐コアの体積抵抗値の時間依存性

表4

試錐コアの比抵抗と含水量

Sample	$\rho_0 (\Omega \cdot \text{cm})$	$\rho (\Omega \cdot \text{cm})$	$\Delta m/m (\%)$	$m_0 (\text{g})$	$m (\text{g})$	$\Delta m (\text{g})$
OH20-1	1.3×10^{10}	1.4×10^5	2.8	8.0896	8.3218	0.2322
OH20-4	8.5×10^7	2.3×10^5	1.7	12.3663	12.5832	0.3169
OH20-5	7.0×10^8	6.6×10^5	4.4	14.5967	15.2678	0.6711
OH20-7	2.1×10^7	1.6×10^5	0.43	19.2806	19.3640	0.0834
OH20-19	1.9×10^8	6.4×10^5	2.8	14.3044	14.7094	0.4050
OH20-21	3.1×10^7	2.1×10^5	1.8	13.5303	13.7776	0.2473
OH20-23	7.1×10^7	2.9×10^6	2.1	12.9350	12.2158	0.2808
OH20-25	1.1×10^8	6.0×10^5	5.2	9.7430	10.2751	0.5321
OH20-26	8.4×10^7	1.1×10^7	2.0	9.5061	9.7004	0.1933
OH20-27	8.8×10^7	1.4×10^7	2.3	12.7125	13.0124	0.2999

表5 $w=0.1\%$ の比抵抗及びk値

Sample	$w=0.1\%$ に対する 比抵抗値 $\rho(\Omega \cdot \text{cm})$	k
H ₅	5.0×10^{12}	23.5
H ₉	8.0×10^{11}	30.0
H ₁₄	6.3×10^{12}	14.0
H ₁₈	1.0×10^{12}	17.5
A ₇	3.2×10^{11}	20.0
A ₈	8.0×10^{12}	14.0
Ty	3.2×10^{10}	19.0
Ot ₃	5.6×10^{10}	33.5

れる性質は火山岩類と共通のもので、電圧印加後20分～30分で体積抵抗値が求められることと水分の影響が示されている。

表4の m_0 は乾燥状態の資料の質量、 m は吸湿状態の質量、 Δm は含まれる水蒸気の質量、 $w = \Delta m/m$ (%) は含水率、 ρ_0 は乾燥状態の比抵抗値、 ρ は吸湿状態の比抵抗値であるが、常温常湿のもとで自然に吸湿した場合火山岩類では畑平流紋岩H₂₂、白土沢玄武岩B₈₄を除いて w が1%以下であるのに対して試錐コアではOH-20-7を除いて1%以上でOH-20-25のように5%を超えるものもみられる。測定に用いた試錐コアは大きい含水率に対して比抵抗値の変化が比較的小さく火山岩類の例のようには水分の影響が大きくないことがわかる。

2.3 比抵抗値と含水率の関係

火山岩類の図1から図4の $\log \rho$ と $w = \Delta m/m$ の直線性から実験式として次の関係が得られる。

$$\log \rho = \log \rho_0 - kw$$

或は

$$\rho = \rho_0 e^{-2.30kw}$$

次に各々の資料について図1から図4を用いてk及び $w=0.1\%$ に対する比抵抗値 ρ を求めると表5が得られる。岩石の電気伝導の機構を考えると岩石の組成、鉱物粒の大きさ、結晶構造、孔隙率、電気分極など多くの困難な問題を含んでいるが表5は岩体の性質を比較するための一つの基準となり得るものと思う。

3 結 語

(1) 火山岩類の比抵抗 ρ ($\Omega \cdot \text{cm}$) と含水率 $w = \Delta m/m$ (%) の関係は乾燥状態の比抵抗を ρ_0 ($\Omega \cdot \text{cm}$) として

$$\rho = \rho_0 e^{-2.3kw}$$

で示され、kの値は各々の岩体によって異なる。

(2) 火山岩類の $\log \rho$ と w の関係からkの値が求まるが $w=0.3\sim 0.4\%$ 程度以上の吸湿状態になると直線のグラフが折れ曲ってkが変化し水分の影響の減少する傾向にあることがわかる。

(3) 試錐コアと火山岩類を比較してみると、火山岩類では0.5%以下の含水率に対して比抵抗の変化は $10^6\sim 10^7$ にも及ぶが試錐コアの資料では平均2.5%の含水率に対して 10^2 程度であり吸湿しやすい性質とは逆に含水量の比抵抗に及ぼす影響は小さい。

以上報告するにあたり御指導戴いた秋田大学鉱山学部教授乗富一雄先生に厚く御礼申し上げるとともに資料の作製と測定の御手伝いを願った鈴木正明氏(当時秋田大学鉱山学部院生)、桜井芳雄氏(当時秋田大学鉱山学部四年次学生)に深く感謝致します。

参 考 文 献

- (1) E. I. Parkhomenko
"Electrical Properties of Rocks"
PLENUM PRESS (1967)
- (2) 乗富一雄・鈴木正明
「岩手県土畑鉱山付近の火山岩の磁性」
秋田大学地下資源開発研究所報告,
No. 39, p. 74~p. 81 (1970)
- (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—」
秋田高専研究紀要第7号, p. 96~p. 100 (1971)
- (4) 金属鉱物探鉱促進事業団
「昭和40年度地質構造調査報告書」
p. 300~p. 301
p. 191~p. 194 (1966)