

# 変質地域における試錐岩芯の粉末状試料による 浸出溶液の電気比抵抗について

奥山 良俊

## Some Consideration on the Electrical Resistivity of Solution for Powdered Core Samples from the Altered District.

Ryoshun OKUYAMA

(昭和60年10月31日受理)

Hokuroku district, Akita Prefecture, Japan, is well known as the geothermal and altered area, and it is surely supposed that the electrical resistivity of core samples from the district depends upon the electrolyte of altered minerals in the pore space saturated with water.

Therefore, in this experiment, the author measured the electrical resistivity of water in which powdered core samples were immersed. The results of this measurement are summarized as follows;

- (1) The electrical resistivities of solution for powdered rock samples are clearly correlated to those of solid-state rocks saturated with pure water.
- (2) The different characteristics between basic and intermediate rocks are found in relation to the resistivities of solution.

### 1. ま え が き

著者らは秋田県北鹿地域における試錐岩芯の電気比抵抗測定を続けてきたが、同地域は変質地帯としても知られているところから特に含水状態でのコアの比抵抗測定においては変質した岩石成分がイオンとして溶出し電流に関与するものと考えられるので今回の実験ではコアの粉末状試料による浸出溶液の電気比抵抗と水素イオン濃度の測定を行ない、すでに得られている円柱状固体試料の比抵抗値及び孔隙率と対比してみた。固体試料及び浸出溶液の比抵抗値、孔隙率そして水素イオン濃度の間に良好な相関関係のあることが知られたので次に報告する。

### 2. 測定試料及び測定方法

#### 2・1 測定試料

北鹿地域の中で北に位置する孔井番号HT-15(古遠部地区)、同じくHT-25(青椋地区)の孔井では各々地下数百米の深度まではほぼ一様な粗粒玄武岩(D<sub>01</sub>)と石英安山岩(D<sub>0</sub>)の地層から成り立っており数多くの試料が連続して得られているので、主としてこれらの試料を測定し、合わせて

HT-18(古遠部地区)の玄武岩(B<sub>1</sub>)とHT-23(古遠部地区)の石英安山岩(D<sub>3</sub>)について測定した。岩相区分<sup>1)~3)</sup>、記号はすべて金属鉱業事業団精密調査報告書によっている。

#### 2・2 測定方法

コアを微粉状態に碎き、その粉末状試料2.0gを100ccの蒸留水中において1時間強制攪拌し、上澄み溶液の電気比抵抗と水素イオン濃度を測定した。測定に用いた電気伝導度計及び水素イオン濃度計はともに市販(東亜電波CM-50AT, HM-20E)のもので、測定値はすべて25°C換算値をもって示している。円柱状固体試料の比抵抗測定は完全湿润状態、直流四極法によっており、溶液、固体試料ともに常温常湿の下での測定で、また用いた蒸留水の電気伝導度は $1.2 \times 10^{-6} \text{ U/cm}$ 程度である。

### 3. 測定結果と考察

#### 3・1 粗粒玄武岩(D<sub>01</sub>)及び玄武岩(B<sub>1</sub>)による浸出溶液の比抵抗値と固体試料の比抵抗値及び孔隙率との関係

図1は粗粒玄武岩(D<sub>01</sub>)の固体試料の比抵抗

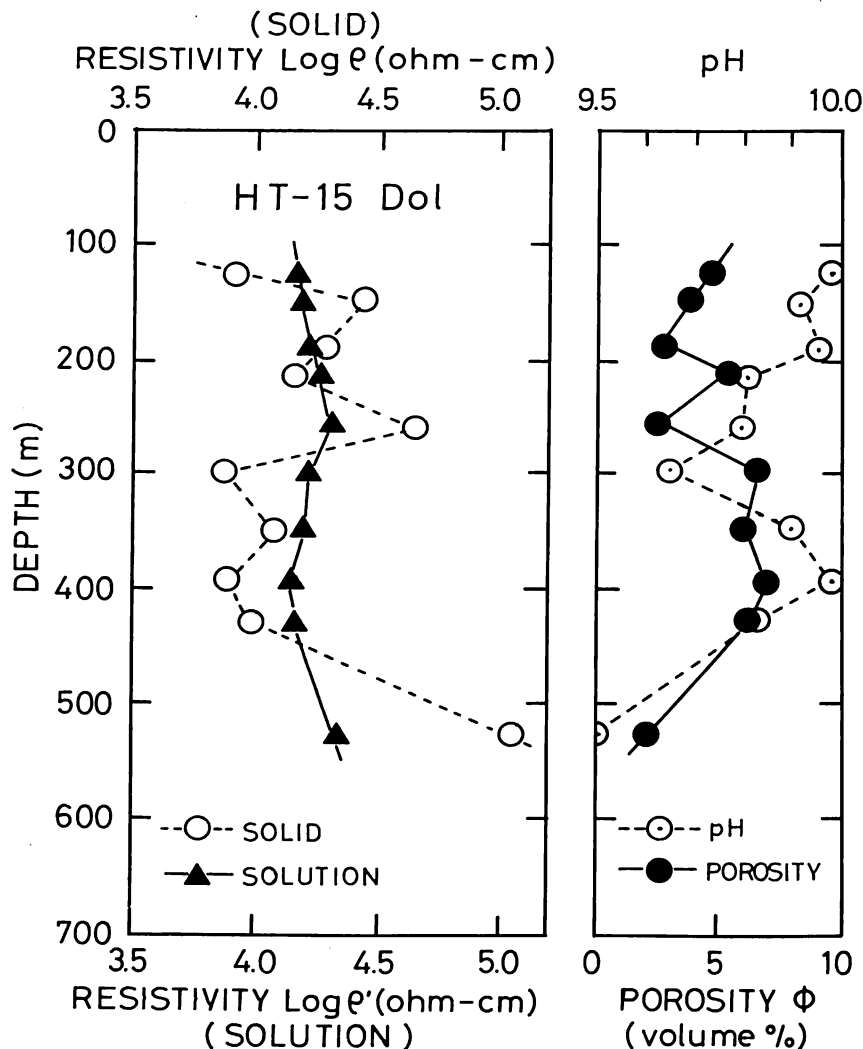


図1 固体試料の比抵抗値、孔隙率及び溶液の比抵抗値、pHと深度の関係(粗粒玄武岩)

対数値  $\log \rho$  ( $\Omega \cdot \text{cm}$ )、孔隙率  $\phi$  (volume %)、また浸出溶液の比抵抗対数値  $\log \rho'$  ( $\Omega \cdot \text{cm}$ )、水素イオン濃度 pH の深度 (m) に対する変化を示すものである。

完全湿潤状態における固体試料の比抵抗値は孔隙率によって大きく支配され、アーチーの式に従っていることはすでに報告しているが、深度とともに各々の測定値の対応していることが図から明らかで、また固体試料の比抵抗値と溶液の比抵抗値の深度に対する分布がよく対応している。そして孔隙率と水素イオン濃度の深度に対する分布も同様に対応していることが示されている。これらのことから  $\log \rho$ 、 $\log \rho'$ 、 $\phi$  そして pH の間に密接な相関関係のあることが示唆されている。

次に図2において  $\log \rho$  と  $\log \rho'$  の間の関係を示す。岩石試料が微粉状態に砕かれており、その溶液の比抵抗値には孔隙率の影響が除かれているものと考えられる。従って仮に岩質が一様であるとすると溶液の比抵抗値は一定で図のような傾きをもたないものと思われるが、 $\log \rho'$  が  $\log \rho$  に対して正の相関を示し、また  $\log \phi$  の増加とともに減少することが示されている。この傾向は図3の玄武岩(B<sub>1</sub>)においても、試料数は少ないが同様に認められる。

さて、粗粒玄武岩(Dol)、玄武岩(B<sub>1</sub>)ともに塩基性岩であるから有色鉱物の含有量が50%程度と推定され、これらの有色鉱物が例えば熱水によって変質し、脆くなった岩石成分がイオンとして溶出し電流或は比抵抗に関係するものと考えられるが、孔隙

変質地域における試錐岩芯の粉末状試料による浸出溶液の電気比抵抗について

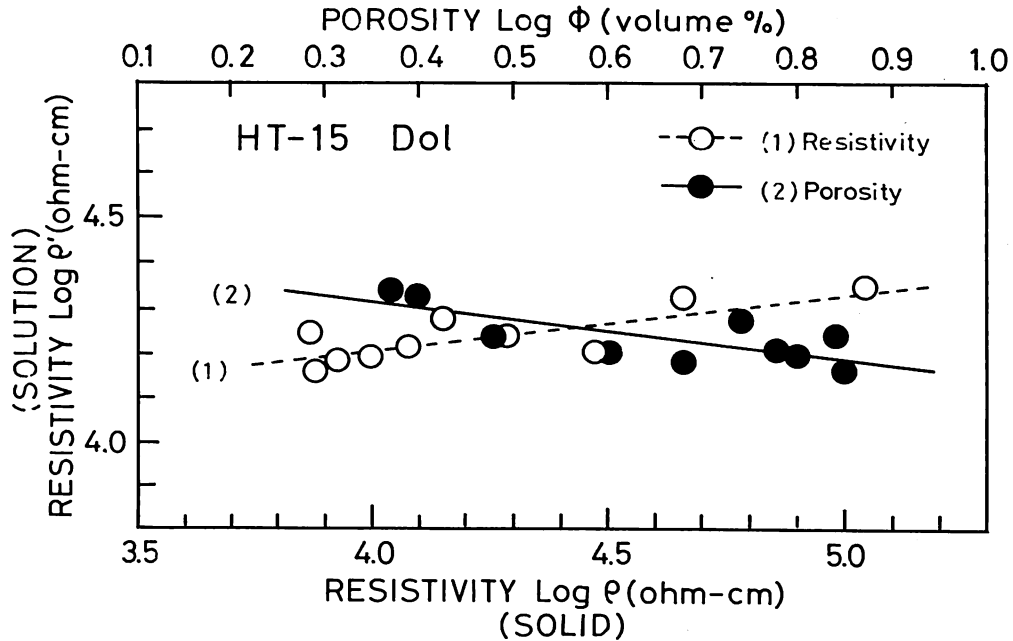


図2 固体試料の比抵抗値、孔隙率と溶液の比抵抗値の関係 (粗粒玄武岩)

に富むということは単純に孔隙としての空間が広いというだけでなく、孔隙を生ずる過程が反映しており孔隙率の増加とともに岩質が脆くイオンとして溶出しやすい性質を合わせ持つことが図2及び図3によって明らかとなった。

粗粒玄武岩(Dol)及び玄武岩(B<sub>1</sub>)の固体試料の比抵抗対数値  $\log \rho$  ( $\Omega \cdot \text{cm}$ )、孔隙率  $\log \phi$  (volume %)、溶液の比抵抗対数値  $\log \rho'$  ( $\Omega \cdot \text{cm}$ )、水素イオン濃度 Y (pH) に関して得られた関係式を次の(1)~(6)式で示す。ただし  $r$  は相関係数である。

(Dol):  $\log \rho' = 3.7 + 0.13 \log \rho$  (1)

( $r = 0.81$ )

$\log \rho' = 4.4 - 0.24 \log \phi$  (2)

( $r = -0.72$ )

$Y = 18.6 - 2.1 \log \rho'$  (3)

( $r = -0.77$ )

(B<sub>1</sub>):  $\log \rho' = 3.7 + 0.27 \log \rho$  (4)

( $r = 0.94$ )

$\log \rho' = 5.6 - 0.73 \log \phi$  (5)

( $r = -0.92$ )

$Y = 17.3 - 1.9 \log \rho'$  (6)

( $r = -0.94$ )

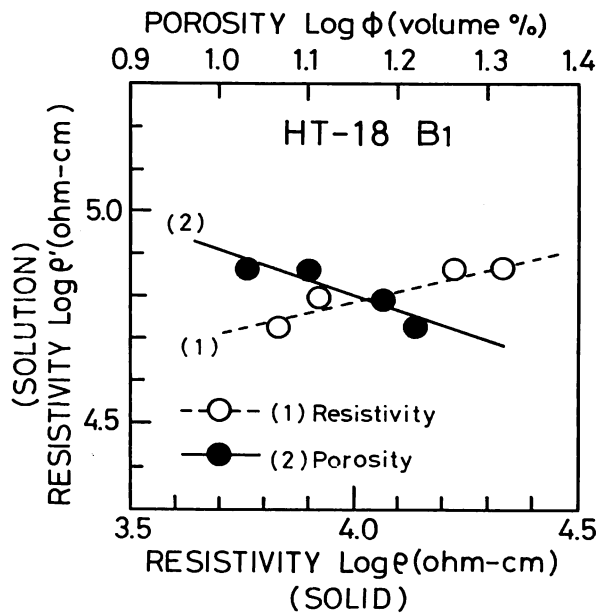


図3 固体試料の比抵抗値、孔隙率と溶液の比抵抗値の関係 (玄武岩)

3・2 石英安山岩(D<sub>0</sub>)及び(D<sub>3</sub>)による浸出溶液の比抵抗値と固体試料の比抵抗値及び孔隙率との関係

図4は石英安山岩(D<sub>0</sub>)の固体試料の比抵抗対数値  $\log \rho$  ( $\Omega \cdot \text{cm}$ ) 及び孔隙率  $\log \phi$  (volume %) と浸

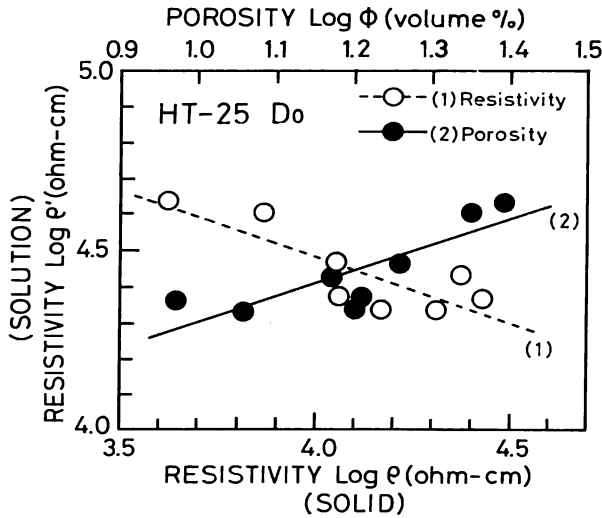


図4 固体試料の比抵抗値、孔隙率と溶液の比抵抗値の関係 (石英安山岩)

出溶液の比抵抗対数値  $\log \rho'$  ( $\Omega \cdot \text{cm}$ ) の関係を示し、 $\log \rho'$  が  $\log \rho$  に対して負の相関を、また  $\log \phi$  の増加とともに増加することを示している。この傾向は図5の石英安山岩 ( $D_3$ ) においても認められるが、これは3・1で述べた粗粒玄武岩 ( $D_0$ )、玄武岩 ( $B_1$ ) とは全く逆の性質である。石英安山岩 ( $D_0$ ) 及び ( $D_3$ ) は中性岩で有色鉱物の含有量は30%以下と推定され、塩基性岩に比べてその量が少ない。そして変質の影響を受け可成りの溶脱がすすみ安定なシリカ成分と殆ど水に溶けないアルミナ成分が卓越しているものと思われる。孔隙率の増加とともに溶質となるべき有色鉱物の含有量が少なくなるものと考えられる。従って溶出するイオンも少なくなり孔隙率の増加は溶液の比抵抗値を増大させる結果を来す。

石英安山岩 ( $D_0$ ) 及び ( $D_3$ ) の固体試料の比抵抗対数値  $\log \rho$  ( $\Omega \cdot \text{cm}$ )、孔隙率  $\log \phi$  (volume %)、溶液の比抵抗対数値  $\log \rho'$  ( $\Omega \cdot \text{cm}$ )、水素イオン濃度  $Y$  (pH) に関して得られた関係式を次の(7)~(12)式で示す。ただし、 $r$  は相関係数である。

$$(D_0) : \log \rho' = 5.9 - 0.37 \log \rho \quad (7)$$

$$(r = -0.83)$$

$$\log \rho' = 3.6 + 0.70 \log \phi \quad (8)$$

$$(r = 0.82)$$

$$Y = 15.4 - 1.4 \log \rho' \quad (9)$$

$$(r = -0.94)$$

$$(D_3) : \log \rho' = 4.4 - 0.13 \log \rho \quad (10)$$

$$(r = -0.93)$$

$$\log \rho' = 3.4 + 0.40 \log \phi \quad (11)$$

$$(r = 0.98)$$

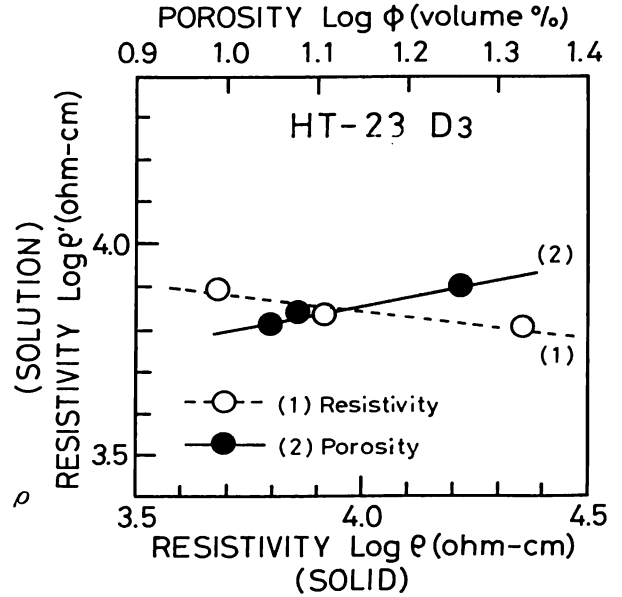


図5 固体試料の比抵抗値、孔隙率と溶液の比抵抗値の関係 (石英安山岩)

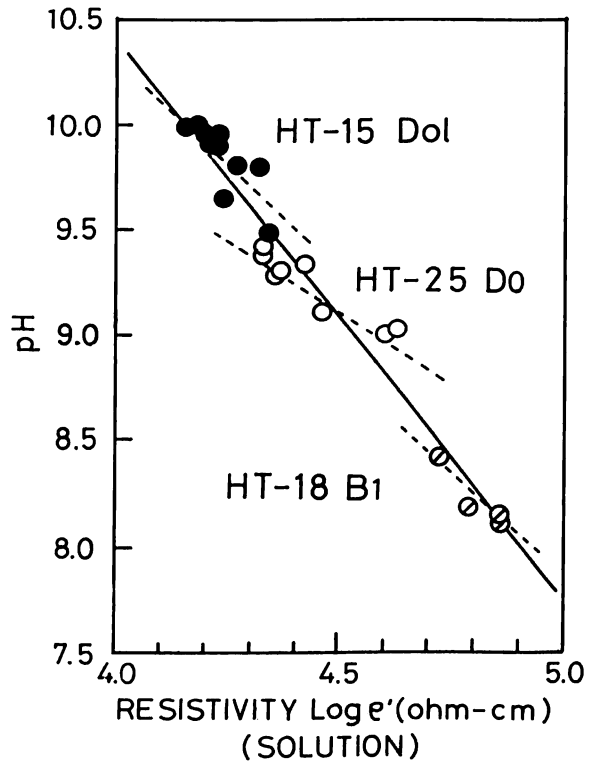


図6 溶液の比抵抗値とpHの関係(アルカリ性)

変質地域における試錐岩芯の粉末状試料による浸出溶液の電気比抵抗について

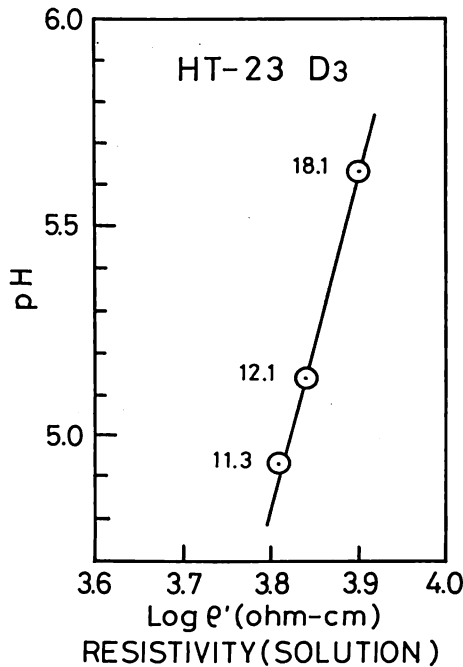


図7 溶液の比抵抗値とpHの関係 (酸性)

$$Y = -24.9 + 7.8 \log \rho' \quad (12)$$

$(r = 1.0)$

3・3 浸出溶液の比抵抗値と水素イオン濃度の関係

3・1の図1及び(3), (6)式, そして3・2の(9), (12)式で示したように溶液の比抵抗値と水素イオン濃度は密接な関係にあり, 溶出イオンが直接電流に関与することを意味する。図6に粗粒玄武岩(D<sub>01</sub>), 玄武岩(B<sub>1</sub>)及び石英安山岩(D<sub>0</sub>)による浸出溶液の比抵抗対数値  $\log \rho'$  ( $\Omega \cdot \text{cm}$ )と水素イオン濃度(pH)の関係を示す。各々の岩石が図中に点線で示される通り異なった分布を示すが, 広く解釈すると図の実線に近く分布しており, 溶出するイオンの種類が或る程度共通でこのような挙動を示すものと推定される。実験に用いている蒸溜水のpHが空気中の二酸化炭素の影響を受けて5.7程度であるのに対して, 図6のようにpHがおおよそ8~10のアルカリ性を示すのは, 前述の如く有色鉱物の中の主としてアルカリ金属そして鉄の酸化物が溶出するためと考えられる。図6においてpHの増加は溶出イオンの増加を意味し溶液の比抵抗値を減少させることを示している。また  $\log \rho'$  と pH の間に直線性が認められることは  $\log \rho$ ,  $\log \phi$  と pH の間にも各々相関のある

ことが明らかで, 例えば図1がそれを示す好例である。

次に石英安山岩(D<sub>3</sub>)の比抵抗対数値  $\log \rho'$  ( $\Omega \cdot \text{cm}$ )とpHの関係を図7に示す。前述の粗粒玄武岩(D<sub>01</sub>), 玄武岩(B<sub>1</sub>), 石英安山岩(D<sub>0</sub>)と異なりpHがおおよそ4.9~5.6と酸性を示すが, 変質鉱物としての粘度鉱物の影響によるものと考えられる。尚, 図7の中で添付している数値は孔隙率で, その増加とともにpHが増加(溶出イオンの減少)し溶液の比抵抗値が増加しているのは酸性のためである。

4. ま と め

変質地域におけるボーリング・コアの粉末状試料による浸出溶液の比抵抗値及び水素イオン濃度と, 固体試料の比抵抗値並びに孔隙率との対比において有意性がみられ次の結果が得られた。

- (1) 粗粒玄武岩(D<sub>01</sub>)及び玄武岩(B<sub>1</sub>)の溶液の比抵抗対数値  $\log \rho'$  ( $\Omega \cdot \text{cm}$ )は固体試料の比抵抗対数値  $\log \rho$  ( $\Omega \cdot \text{cm}$ )に対して正の相関を示し, また孔隙率  $\log \phi$  (volume %)に対しては負の相関を示した。これは有色鉱物を比較的多く(50%程度)含む塩基性岩では孔隙率が大きい程岩質が脆くイオンとして溶出しやすい傾向を示すことを意味している。
- (2) 石英安山岩(D<sub>0</sub>)及び(D<sub>3</sub>)に関しては前記(1)とは全く逆の傾向を示し,  $\log \rho'$  は  $\log \rho$  に対して負の相関を,  $\log \phi$  に対しては正の相関を示す。これは有色鉱物の少ない(30%以下)中性岩であることに加えて, 変質によってその多くが溶脱し, 孔隙率が大きい程安定なシリカ成分が卓越しているものと思われ, 溶出イオンが少なく比抵抗値の増加することを示している。
- (3) 浸出溶液がアルカリ性を示すとき,  $\log \rho'$  に対してpHは負の相関を示し, 酸性であるときは正の相関を示す。尚, 酸性を示す場合は粘土鉱物の影響が大きいものと推定される。
- (4) 以上のように固体試料の比抵抗測定に加えて, 浸出溶液の比抵抗並びにpHを測定することは変質地域におけるコアの岩質と変質の程度を知る上で有効な手掛りを与えるものと思われる。

以上報告するにあたり御指導戴いた九州大学工学部乗富一雄教授に厚く御礼申し上げ, 種々御教示をお願いした本校一般化学軽部昭夫教授並びに佐藤孝行技官に謝意を表します。また試料としてのコアを

提供して戴いた金属鉱業事業団の御厚意に感謝申し上げます。

参 考 文 献

- 1)~3) 金属鉱業事業団 (1974, 1975, 1976) :  
精密調査報告書 北鹿地域, 北鹿北地域
- 4) 奥山良俊・乗富一雄 (1983) :  
秋田県北鹿地域における試錐岩芯の電気比抵抗について  
秋田大学鉱山学部地下資源研究施設報告  
No.48, 43-60, 1983
- 5) 奥山良俊・乗富一雄 (1984) :  
秋田県北鹿地域における試錐岩芯の電気比抵抗について (その2)  
秋田大学鉱山学部地下資源研究施設報告  
No.49, 41-52, 1984
- 6) 奥山良俊・上杉良市 (1984) :  
秋田県北鹿地域における試錐岩芯の電気比抵抗と孔隙率について  
秋田工業高等専門学校研究紀要  
No.19, 88-91, 1984
- 7) 奥山良俊・上杉良市 (1985) :  
青森県久吉地区における玄武岩の電気比抵抗測定について  
秋田工業高等専門学校研究紀要  
No.20, 83-89, 1985