

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

奥山良俊・上杉良市

Measurement of Electrical Resistivity for Basalt from Hisayoshi
Area, Aomori Prefecture, Japan.

Ryoshun OKUYAMA, Ryoichi UESUGI

(昭和59年10月31日受理)

The electrical resistivities of core samples from Hisayoshi area were measured by the Four-Electrode method under the condition super-saturated with pure water and at room temperature.

In this paper the authors pointed out the regional variation of electrical resistivity in relation to litho-facies, water content, porosity and intensity of NRM for basalt (B₁-2) from the bore holes, KH-2 and KH-3.

Then, some problems on geological structures must be considered to justify the various values for basalt (B₁-2) from the area.

1. ま え が き

著者ら¹⁾²⁾は秋田県北鹿地域における試錐岩芯の電気比抵抗を測定してきたが、本稿においては青森県久吉地区の4孔井から得られた測定結果の中から特に玄武岩に関する電気比抵抗、飽和含水率、孔隙率、磁化の強さにみられる関係について考察してみたい。久吉地区は一般的には北鹿北地域として取り扱われているが、地質構造的には北鹿地域に類似していることが報告されている。本論文中に用いている岩相区分、記号等はすべて金属鉱業事業団による精密調査報告書⁴⁾に従っており、また自然残留磁気に関する測定結果も同報告書によるもので引用させて戴いた。

2. 久吉地区の地質概要

本地区は図1に示されるように秋田県北鹿地域の古遠部地区に隣接し、秋田・青森県境に位置している。主な地層は新第三紀中新生の西黒沢階から女川階とされており石英安山岩及び玄武岩等の火山岩類が卓越しているが、図2の地質断面図にみられる玄武岩(B₁-1)、(B₁-2)、玄武岩貫入岩(B')、粗粒玄武岩貫入岩(D')、石英安山岩(Da₂-1)~(Da₂-4)、石英安山岩貫入岩(Da₁'')で示される。これらの地層を挟んで上部に船川階の火山礫凝灰岩

(To-b)、下部に台島階の礫岩(C₃)、そして最下部に先新第三紀層の粘板岩(P-p)がみられる。尚、玄武岩貫入岩(B')及び粗粒玄武岩貫入岩(D')は各々船川階から台島階、女川階から台島階にわたっている。またこの地域では一部第四紀八甲田火山噴出物によって覆われている。

3. 測定方法

図1に示されている久吉地区のKH-2、KH-3、KH-6及びKH-8の孔井から得られたボーリングコアから直径25mm、長さ40mm程度の円柱状試料に形成し、完全湿潤状態、常温、常湿の下で直流四極

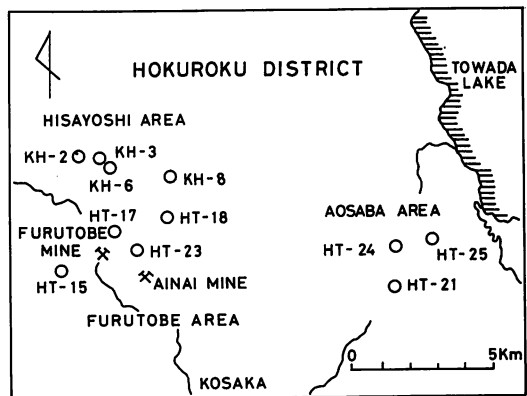


図1 孔井位置(北鹿地域)

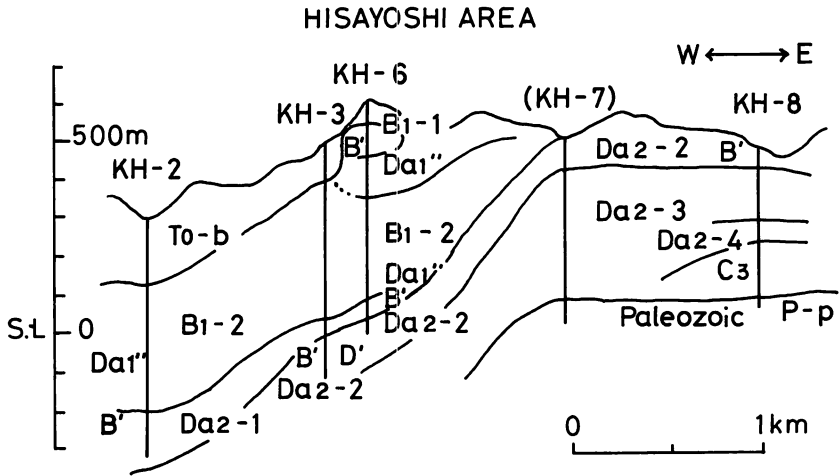


図2 久吉地区の地質断面図

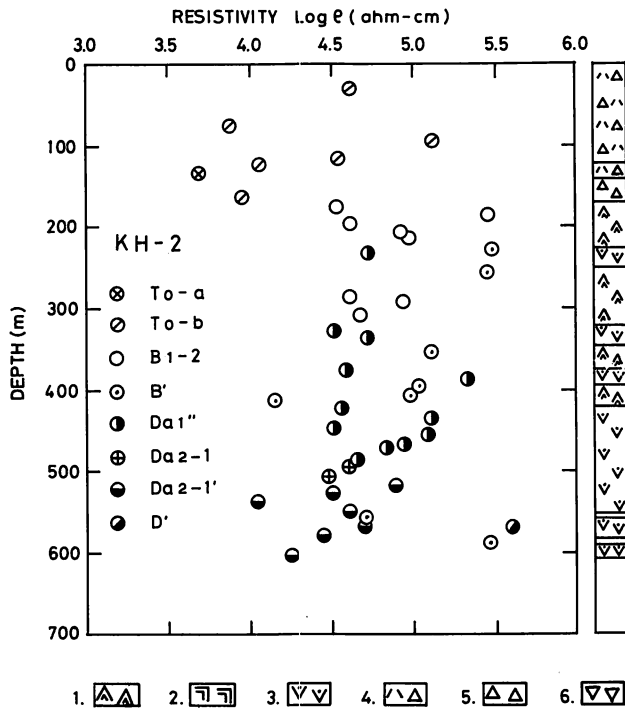


図3 比抵抗と深度・岩相の関係

凡例：1. 玄武岩 2. 粗粒玄武岩 3. 石英安山岩
4. 火山礫凝灰岩 5. 凝灰角礫岩 6. 角礫化

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

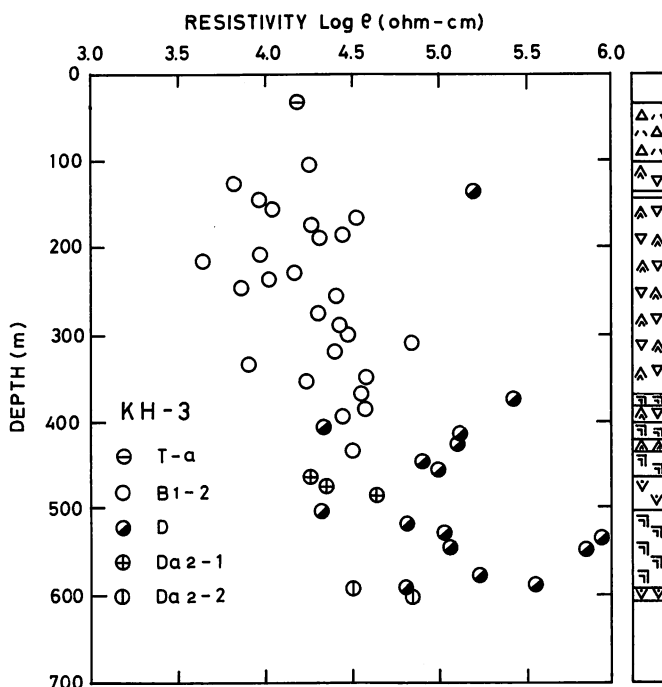


図4 比抵抗と深度・岩相の関係

法による比抵抗測定を行なっているが、良好な測定値の再現性が得られていることは前報¹⁾において述べた通りで今回の測定においてもすべて同様の方法によっているので測定回路など詳細については省略する。

4. 測定結果と考察

図2の地質断面図で示されるようにKH-2, KH-3及びKH-6において玄武岩(B₁-2)が卓越し、電気比抵抗(Ω・cm)、飽和含水率(weight %), 孔隙率(volume %)及び磁化の強さ(C.G.S.e.m.u)に関してKH-2と、KH-3及びKH-6では測定値に顕著な相異が認められたがKH-3とKH-6では類似した値が得られているので、玄武岩(B₁-2)のKH-2とKH-3における測定値の比較、対比として以下に述べる。

4・1 玄武岩(B₁-2)の電気比抵抗と飽和含水率との関係

図3はKH-2におけるボーリング・コアの電気比抵抗と深度、岩相の関係を示すもので(T₀-a), (T₀-b)は火山礫凝灰岩, (B₁-2)は玄武岩,

(B')は玄武岩貫入岩, (Da₁'')は石英安山岩貫入岩, (Da₂-1)は石英安山岩, (Da₂-1')は石英安山岩貫入岩, (D')は粗粒玄武岩貫入岩である。尚、これらの岩相区分については前述の金属鉱業事業団の精密調査報告書に詳しく記載されているので参照されたい。

そこで深度171m~490mの早瀬森層上部層(女川階)の相内玄武岩(B₁-2)についてみると、測定された320mまでのものでは比抵抗対数値log ρ(Ω・cm)が4.5~5.5の範囲に分布することが示されている。

次に図4はKH-3におけるボーリング・コアの電気比抵抗と深度、岩相の関係を示すもので(T-a)は第四紀層八甲田火山噴出物, (B₁-2)は玄武岩, (D')は粗粒玄武岩貫入岩, (Da₂-1)及び(Da₂-2)は各々石英安山岩である。

いま深度101m~434mの相内玄武岩(B₁-2)についてKH-2におけると同様にみると、log ρが3.5~4.8で4.0~4.5程度のところに多く分布していることが知られる。

この地域は変質地帯でもあり、岩相的特徴では相内玄武岩(B₁-2)とそれより上位の四熊沢玄武岩(B₁-1)との区別が困難で層序的に区別されたも

のであり KH-2, KH-3 とも (B₁-1) と (B₁-2) の双方が混入していることが推測されるという指摘もあり⁴⁾, KH-2 と KH-3 における比抵抗値の顕著な相異は興味ある問題を提起するものと思われるが, (B₁-1) に関する試料が KH-6 の表層近くで一個得られたのみでその測定値との比較においては有意性が得られない。因みに KH-6 で得られた (B₁-1) は深度 36m で log ρ が 3.8 である。

このような比抵抗値の相異を飽和含水率 (weight %) との関係において示したのが図 5 及び図 6 である。図 5 において KH-2 の (B₁-2) は (1), (2) のように飽和含水率 X が 1.2% 以下と小さく, 0.6% を境に異なった傾きをもつ直線で示される。そして 0.6% 以下のものは KH-2 の玄武岩貫入岩 (B') に類似した傾向がみられる。(D') は KH-3 における粗粒玄武岩貫入岩の値を示したものだが, 飽和含水率 X が 0.5% 以下, 比抵抗値に及ぼす影響がさらに大きいことがわかる。玄武岩類の貫入岩がより岩体が緻密で比抵抗値の大きい傾向を一般的に示すが KH-2 における (B₁-2) は, これらの貫入岩類と同程度の飽和含水率 (0.6% 以下) と比抵抗値を示すのが特徴的である。

次に図 6 で示される KH-3 の (B₁-2) について, 全部の測定値を一括した関係を求めると相関係数が 0.5 程度と有意性に乏しくなるが, 深度によって比抵抗値と飽和含水率に特徴のあることに着目し区分すると図の (1) ~ (4) のようになり各々良好な相関を示し層状をなして性質の異なることが知られる。尚, 飽和含水率は 4% 以下で前述の KH-2 におけ

る値とは顕著に異なり, 比抵抗値についても同様に log ρ がおよそ 4.5 以下で, KH-2 において log ρ が 4.5 以上であることと対比される。

図 5, 図 6 にみられる玄武岩 (B₁-2) の比抵抗対数値 log ρ (Ω · cm) と飽和含水率 X (weight %) との関係は次の (1) ~ (6) 式によって示される。尚, r は相関係数である。

KH-2 : (B₁-2)

$$\log \rho = 5.3 - 0.61 X \quad \dots\dots\dots(1)$$

(X > 0.6 %, r = -1.00)

$$\log \rho = 5.8 - 2.0 X \quad \dots\dots\dots(2)$$

(X < 0.6 %, r = -0.99)

KH-3 : (B₁-2)

$$\log \rho = 4.4 - 0.30 X \quad \dots\dots\dots(3)$$

(190 ~ 217m, r = -0.98)

$$\log \rho = 4.6 - 0.26 X \quad \dots\dots\dots(4)$$

(125 ~ 183m, r = -0.91)

$$\log \rho = 4.8 - 0.27 X \quad \dots\dots\dots(5)$$

(227 ~ 319m, r = -0.95)

$$\log \rho = 5.3 - 0.35 X \quad \dots\dots\dots(6)$$

(336 ~ 385m, r = -0.99)

4・2 玄武岩 (B₁-2) の電気比抵抗と孔隙率との関係

電気比抵抗と孔隙率の関係式としてアーチーの法則があり, 砂岩などの堆積岩類について得られた関係式であることはよく知られているが, 著者等²⁾ は

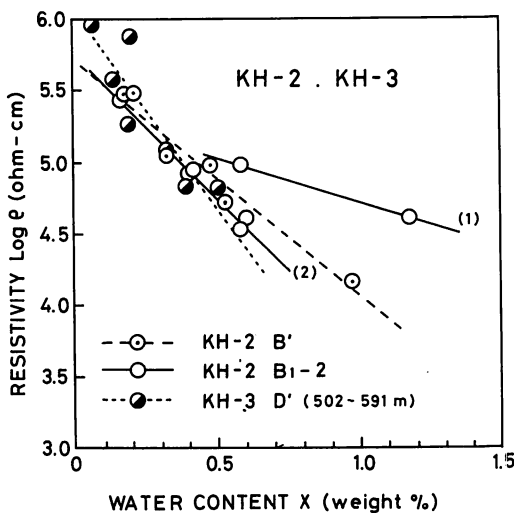


図 5 比抵抗と飽和含水率の関係

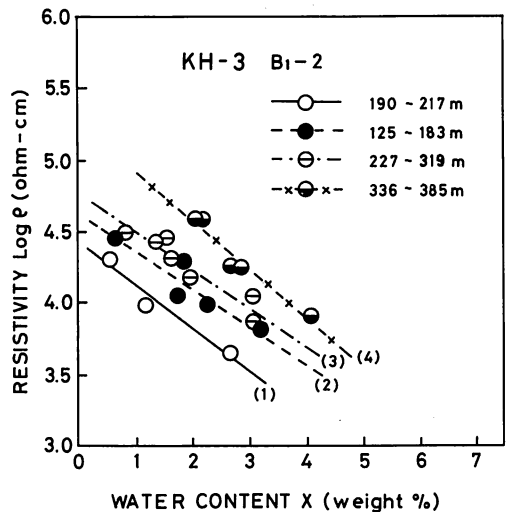


図 6 比抵抗と飽和含水率の関係

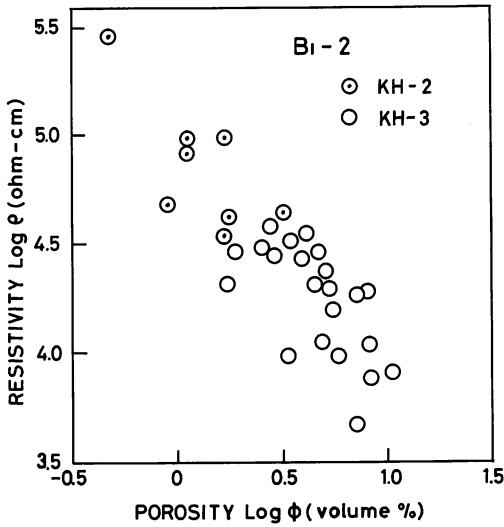


図7 比抵抗と孔隙率の関係

火山岩類についても適用できることを指摘してきた。そこでKH-2とKH-3における玄武岩(B₁-2)について比抵抗対数値 $\log \rho$ ($\Omega \cdot \text{cm}$) と孔隙率 $\log \phi$ (volume %) との関係を示したものが図7である。 $\log \rho$ がKH-2で4.5以上、KH-3で4.5以下という傾向は4.1で述べた通りであるが $\log \phi$ でみてもおよそ0.5付近を境に分布が大きく二つに区別される。KH-2、KH-3ともに $\log \rho$ と $\log \phi$ の間の直線の関係が示されているが、飽和含水率、深度に関して前述の如くKH-2においては孔隙率 ϕ がおおよそ1.7%を境に二つに区別され、KH-3においては深度との関連において四つの層状をなして性質が変化している。それらの関係を次の(7)~(12)式に示す。尚、 r は相関係数である。

KH-2 : (B₁-2)

$$\log \rho = 5.3 - 1.2 \log \phi \quad \dots\dots\dots(7)$$

($\phi > 1.7\%$, $r = -1.00$)

$$\log \rho = 5.0 - 1.6 \log \phi \quad \dots\dots\dots(8)$$

($\phi < 1.7\%$, $r = -0.99$)

KH-3 : (B₁-2)

$$\log \rho = 4.6 - 1.1 \log \phi \quad \dots\dots\dots(9)$$

(190~217m, $r = -1.00$)

$$\log \rho = 4.7 - 0.99 \log \phi \quad \dots\dots\dots(10)$$

(125~183m, $r = -1.00$)

$$\log \rho = 5.0 - 1.1 \log \phi \quad \dots\dots\dots(11)$$

(227~319m, $r = -0.93$)

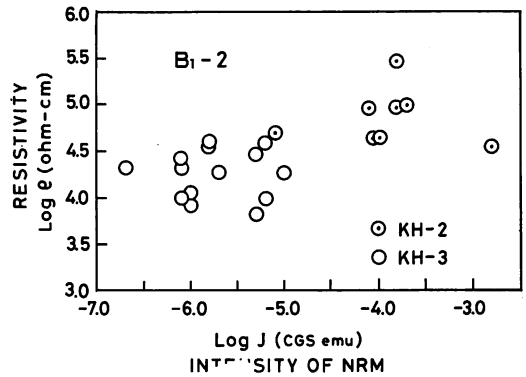


図8 比抵抗と磁化の強さの関係

$$\log \rho = 5.0 - 0.81 \log \phi \quad \dots\dots\dots(12)$$

(336~433m, $r = -0.94$)

4.3 玄武岩(B₁-2)の電気比抵抗と磁化の強さとの対比

KH-2及びKH-3において変質が著しいことはよく指摘されるところであるが、沸石類の生成に関して地熱変質或は続成変質などの問題があり、熱水変質による溶脱、また粘度鉱物、シリカ鉱物を主とする変質岩への変化などを考慮すると特に本地域に関しては電気比抵抗と変質の問題が密接に関係していることは明らかであり、一方残留磁気を示す磁性鉱物も変質の影響を受ける筈である。そこで変質という問題を介して電気比抵抗と自然残留磁気の磁化の強さとの対比を試みてみた。

図8は比抵抗値 $\log \rho$ ($\Omega \cdot \text{cm}$) と磁化の強さ $\log J$ (C.G.S. e.m.u) の関係を、KH-2、KH-3における玄武岩(B₁-2)について示したものである。ただし、磁化の強さは、交流消磁を行なって二次的な残留磁気を除いた値であり初生的な岩石生成時のものとみなされている³⁾。従って岩石が固結後に変質して受けた影響は除かれてしまっているが初生的な磁気の変質による影響という意味で対比している。尚、磁気層序で問題としている磁化の方向(正帯磁、逆帯磁)については今後の検討課題として特に触れない。図8で比抵抗値 $\log \rho$ がおおよそ4.5付近で、KH-2とKH-3が区別されることと対応して、 $\log J$ が-5.0付近で明らかに分布が異なっている。KH-2ではおおよそ $\log J$ が-4.0程度を示し共通性がみられるが、比抵抗値はより多くの微細な影響に左右されて上下に分布が散らばっている。KH-3では層状の地質構造を考えると、各々の層についてほぼ

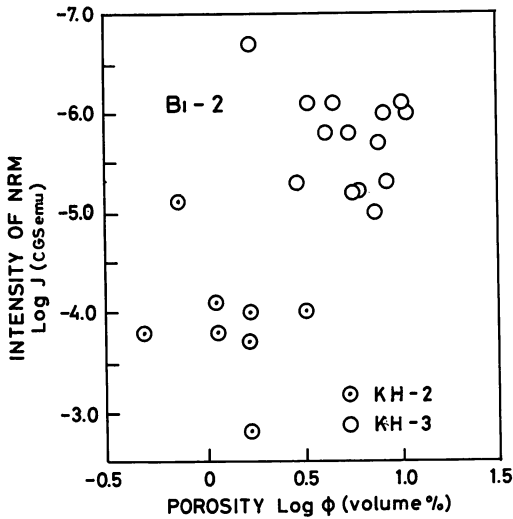


図9 磁化の強さと孔隙率の関係

共通な磁化の強さを有し、その層の中で比抵抗値がKH-2におけると同様に変化しているものとして説明できる。KH-3の全体としてはおおよそlog Jが-5.0から-6.7の間に分布しKH-2においてlog Jが-4.0程度であることと対照的である。log ρとlog Jの間に直接的な関係は考えられないとしても、KH-2とKH-3における玄武岩(B₁-2)の生成過程、その後の変質の過程など多くの地質学的問題を示唆するものと考えられる。

4.4 玄武岩(B₁-2)の磁化の強さと孔隙率との対比

4.3において電気比抵抗と磁化の強さとの対比について述べたが、飽和含水状態での比抵抗測定であるから孔隙率による比抵抗への影響については屢々触れているところであり、従って磁化の強さと孔隙率との対比も意味を有する筈である。

図9に磁化の強さlog J (C. G. S. e. m. u) と孔隙率log φ (volume %) の関係を示す。log Jが-5.0付近で、またlog φが0.5付近で玄武岩(B₁-2)がKH-2及びKH-3において違った分布を示すことは前述の通りであるが、図9によると孔隙率が大きい程磁化の強さの大きい傾向が試料数の多いKH-3に認められる。KH-2については試料数が少なく、また値もばらついて明確なことは言えないが孔隙の生成される過程、圧密作用、或は熱水変質による磁性鉱物への影響など興味ある問題を提起しているものと思われる。

5. ま と め

青森県久吉地区の4孔井から得られたボーリング・コアによる電気比抵抗測定において特にKH-2とKH-3における相内玄武岩(B₁-2)の測定値の比較、また磁化の強さとの対比から次の結果が得られた。

- 1) KH-2及びKH-3における相内玄武岩(B₁-2)の電気比抵抗log ρ (Ω・cm) と飽和含水率X (weight %) 及び孔隙率log φ (volume %) の値に顕著な相異が認められ次式の関係において各々異なった特性を示した。

$$\log \rho = A - BX$$

$$\log \rho = K - n \log \phi$$

ここでA, B及びK, nは岩体の岩質に関係した定数である。

- 2) KH-2及びKH-3における相内玄武岩(B₁-2)の磁化の強さlog J (C. G. S. e. m. u) と電気比抵抗log ρ (Ω・cm) 及び孔隙率log φ (volume %) との対比において顕著な相異が認められた。
- 3) KH-2及びKH-3にみられる相内玄武岩(B₁-2)の測定値の相異は岩体の生成される過程、その後の変質作用、磁性鉱物への影響など地質学上の検討課題として多くの問題を提起しているものと思われる。

以上報告するにあたり御指導戴いた秋田大学鉱山学部乗富一雄教授に厚く御礼申し上げ、岩石試料のコアを提供して戴いた金属鉱業事業団に謝意を表します。

参 考 文 献

- 1) 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、第48号、43-60、1983。
- 2) 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、第49号、41-52、1984。

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

- 3) 石川洋平・乗富一雄 (1980) : 北鹿地域の火山層序と磁気層序の対応 (深沢鉦床地区), 秋田大学鉦山学部地下資源研究施設報告, 第45号, 146—157, 1980.
- 4) 金属鉦業事業団 (1974, 1975, 1976) : 精密調査報告書, 北鹿地域, 同北鹿北地域.