

## 松代地域の電気探査 (Ⅱ)

小野吉彦

地質調査所

### Electrical Sounding at Matsushiro District

(Report Ⅱ)

By

Yoshihiko Ono

Geological Survey of Japan, Tokyo

### Abstract

Electrical surveys were carried out at the Matsushiro Earthquake Swarm district, in order to obtain the information of its underground structures (Ind. survey).

In this survey, about fifty vertical electric soundings were carried out in an area around Mt. Minakami and extending to Wakaho and other places, using Schlumberger's array (Max.  $AB/2 = 4$  km).

The results of the survey are summarized in this report.

#### 1. はじめに

松代地震地下構造調査の一環として実施された第一次第Ⅱ探査(1966.6~7月)にひきつづいて、翌1967年2~3月に松代周辺地域で、Schlumberger法による深部電気探査が実施された。

第一次探査の場合と同様、今回も、最大電流電極間隔ABは8 km、最大流電電流は約10Aで、測定はすべて記録方式により実施された。

現場の測定作業は住友コンサルタントK.K.の協力を得て実施され、測定結果の吟味、解析等筆者が行なった。

今回の調査では、皆神山東方をほぼ南北に走り、前回のA測線を横切る約3.5 kmのB測線、皆神山南麓を南東から北西にのびる約5 kmのC測線、若穂より千曲川を落合橋付近で横切り長池に至る延長9 kmのD測線の他、補足的に設けられた信越線西方のE測線等が選ばれ、VES点は総計51点に及んだ。図-1に各測線およびVES点の位置を示す。

#### 2. 測定結果-VES曲線

前回同様、長野電鉄の発する漏洩電流はしばしば測定を妨害した。信越線の影響はこれに比べてはるかに小さかった。測定データはおよそむね再現

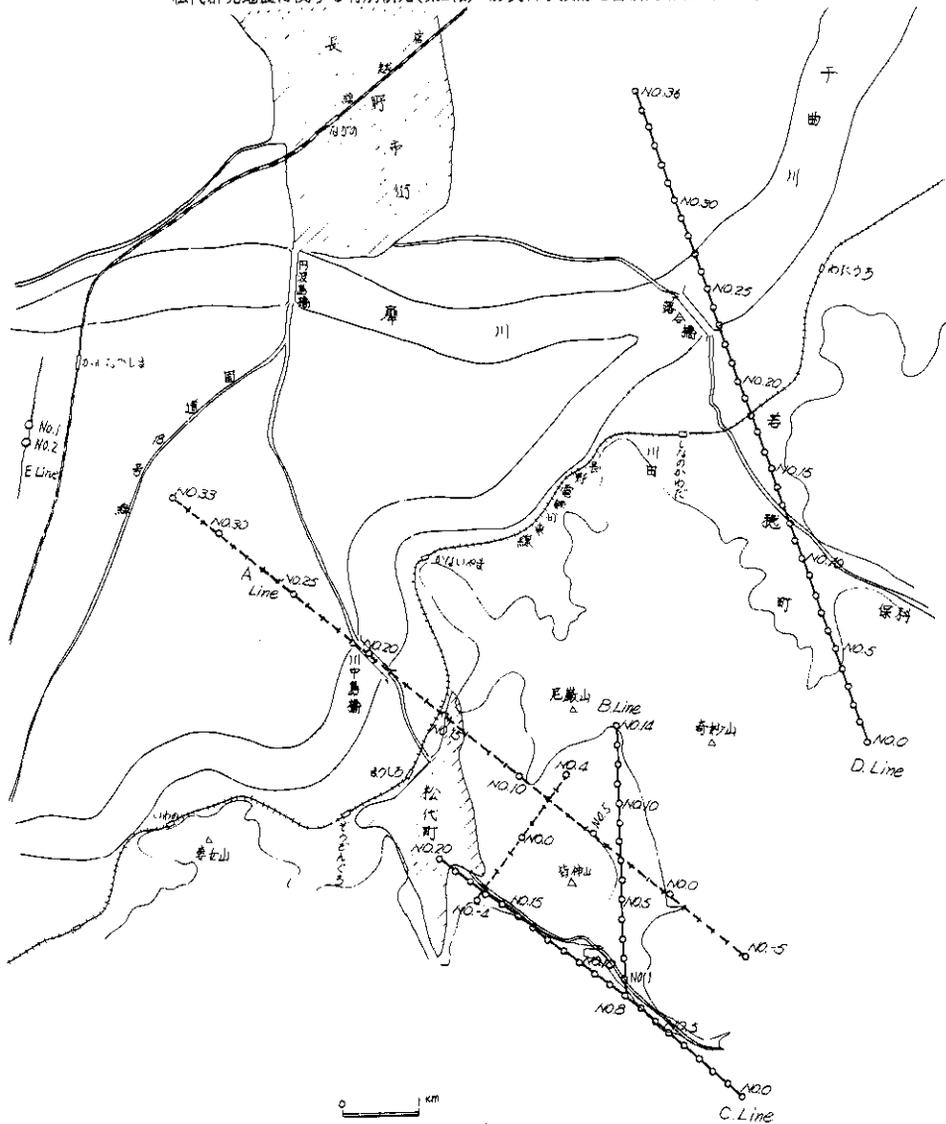


図-1 調査地域  
Area of our Electrical Survey

性を有し、VES 曲線として表現された。本地域で測定されたVES 曲線の例(D測線)を図-3に示す、また、A,B,C の各測線で得られたVES 曲線を分類すると図-2のようになる。すなわち、a~f の6種類で、そのうち、a~dの4種類は皆神山の周囲で得られたものである。

aは皆神山の西南方で得られ、これに属するVES 曲線はC11~14で、下降部の不明瞭なK型曲線<sup>(註)</sup>となっている。bも同様なK型曲線であ

るが、比 $\frac{\rho_s}{\rho_1}$ がaの場合よりも大きいと考えられ、極大点も右寄り(定性的にいうならば、高比抵抗下底面深度が前者より大きいと考えられる)に現われている。

cはa、bに比べて上昇部がもっと右寄りに現われ、下降部は測定にかゝってこない。したがって、見掛け上、2層曲線( $\rho_1 < \rho_2$ )となっている。B3以南、O10より東南にあるVES 点、A1点等で得られたVES 曲線はbに属し、皆神

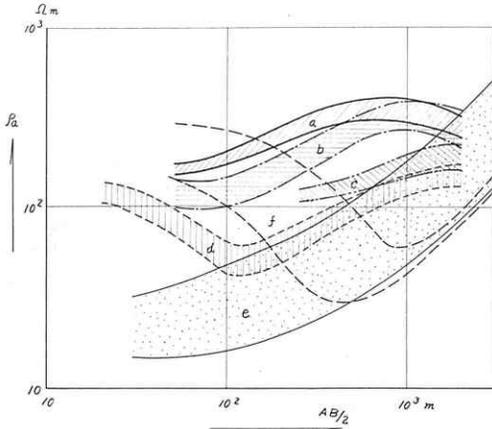


図-2 VES曲線の分類(A, BおよびC線)  
Classification of VES Curves  
(A, B and C Lines)

山の東側で得られたA2~5, B4~5曲線はcに属する。

dに属する曲線は大略H型曲線<sup>注2)</sup>に属する。極小比抵抗値は40~60Ωmとやや低い値となっている。d型の曲線はA6, 7, B7, 8の諸曲線で、B9, 10の曲線もこれに近い。

松代観測井付近で得られたVES曲線、C17曲線はc型に近く、C16曲線はb型に近い。

このようなVES曲線の型が皆神山をとり囲む狭い区域内でかなり変動することは、この区域内における電気的構成が僅かの距離をへたで変動することを意味し、それだけ、地質的構成が複雑である証拠となる。しかし、各型の曲線が地区的関連をもっていて、皆神山の周辺部の電気的構成が同心状分布をなさずに方向によって若干ずつ異なる点に注意したい。

eに属するVES曲線は松代付近の平地で得られたものであり、長野盆地での測定曲線はf型に属する。(A17~27の例)。D測線でもD24より北西側ではこのグループに入る。

図-3からD測線上では、曲線上昇部が番号の増加に伴って右側に移り、しかも、極小部が次第に発達する模様が見られる。

### 3. 解析結果

上記のVES曲線を解析した結果を電気構造断面図として図-4, 5に示す。前述のように狭い範囲で電気的構成にいちじるしい変動がある場合、解析結果に重大な誤まりが持ちこまれることは十

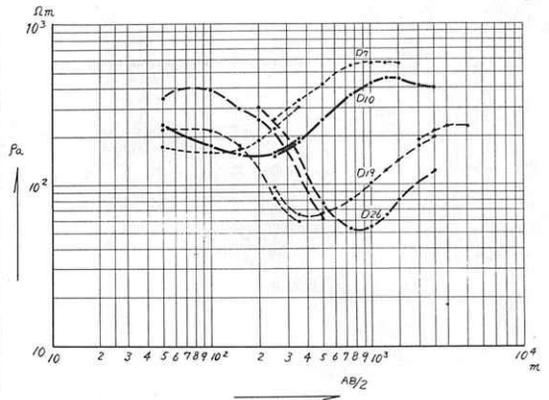


図-3 VES曲線例(D測線)  
Examples of VES Curves (D Line)

分考えられることであり、また警戒しなければならない。そこで、種々な角度から検討を行なった。図-6はその一例である。同図は縦軸に $AB/2$ を、横軸に測線(水平距離)をとり、等見掛比抵抗線をひいて作ったもので、いわゆる局部異常がVES曲線を乱していないか、あるいは、非層状構造の影響が現われていないか等が吟味される。こうした検討を行なった上で、さらに若干の仮定(主として中間層比抵抗に関する仮定)を入れて解析<sup>注3)</sup>を行なった。このようにして、図-4の電気構造断面図が作成された。解析の任意性を考慮に入れても比較的動かない境界面(線)は実線で表わしており、測定範囲( $AB/2$ )が十分でなかったり、存在が確実視されても薄層効果等のため、その位置が十分な精度で決定し得ないような境界面は破線で表わしてある。特に疑わしい場合には?印を付した。また、水平的にいちじるしい差異の認められるときには垂直線をひいているが、これは必ずしも断層を意味しない。

一方、図-5のD測線断面図作成には、曲線上昇部を利用した図式解析法をも併用した。同図下方に示されたHmaxおよびS曲線が図上左方に向かって下降していることは、全体として、高比抵抗基盤が左落ちの傾向をもっていることを意味する。Sは被覆層の全線電導度を、Hmaxは最大深度、すなわち、解析の任意性の如何を問わず、これ以上の深度には高比抵抗基盤上面は来ないという仮想的限界深度を表わす。

図の左方で、低比抵抗層が発達し、同時にその

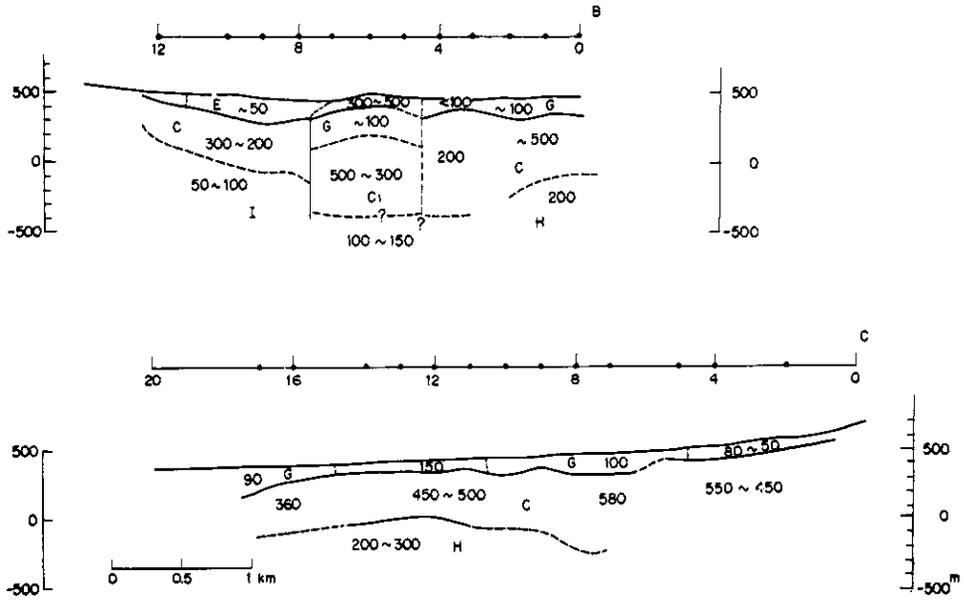


図-4 電気構造断面図 (BおよびC測線)  
Geoelectrical Section at Matsushiro District (B and C Lines)

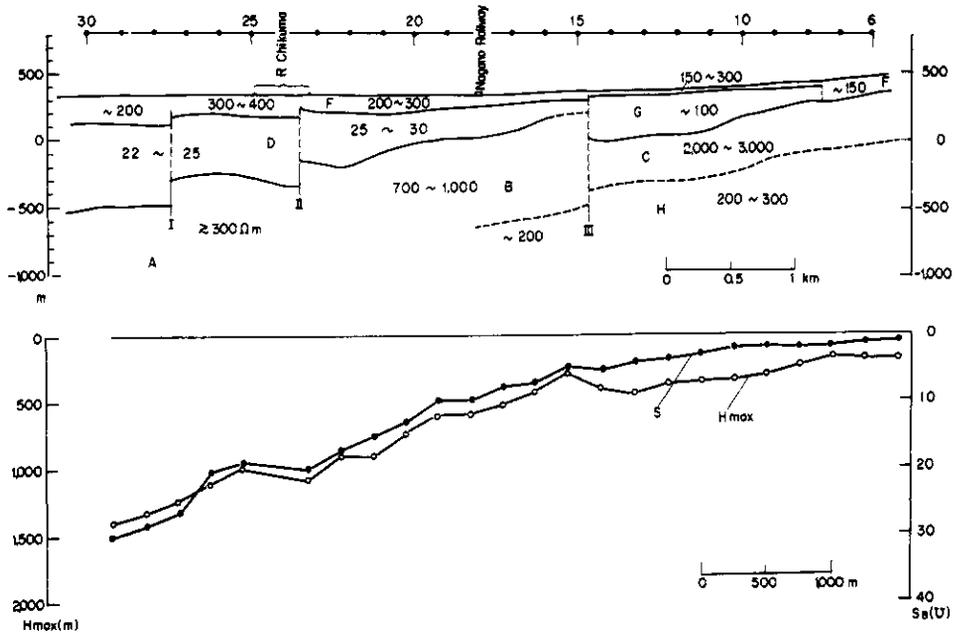


図-5 電気構造断面図 (D測線)  
Geoelectrical Section at Matsushiro District (D Line)

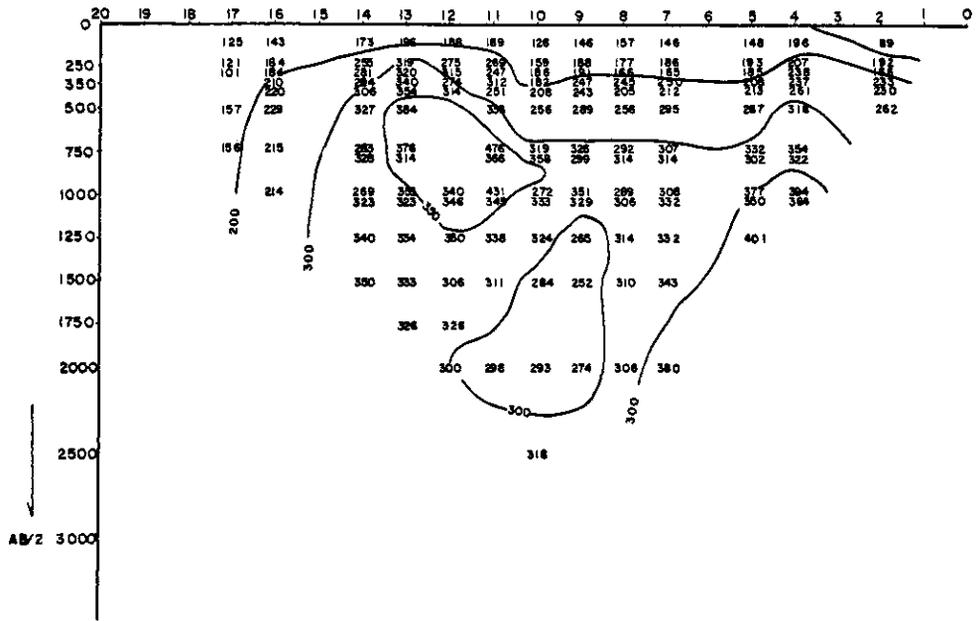


図-6 見掛比抵抗断面図(C測線)  
Apparent Resistivity Section (C Line)

被覆高比抵抗層が厚みを増している点ならびに、  
構造的な不連続が3ヶ所でみられる点が注目になる。

4. 考察

4.1 皆神山周辺部

地質調査によれば皆神山の南側で SE-NW 方向  
に断層が走っていると推定されている。C線はこれ  
と08点付近で斜交しながらも、ほぼ平行して  
いる。電気構造断面図に現われている08点付近  
でのO層(主として黑色頁岩と考えられる)の厚  
みの変化は断層を横切ったために現われたと考  
えることができる。また、第1層の厚みおよび比  
抵抗の変化はこの断層ならびに露出黑色頁岩、凝  
灰角礫岩等の構成物による差異によってもたら  
されたものと解せられる。この測線での電気構  
造断面図から皆神山の構成について議論するこ  
とは難しい。

一方、B測線に沿う電気構造断面図の観察から  
皆神山付近で陥没状構造が想像される。また、総

体的に北側で比抵抗値が低くなっている。この部  
分でO層は200~300Ωmとやや低い。地質  
図を参考にして石英閃緑岩類と同層を対応せしめ  
るならば、上記のような予想より低い値を何に帰  
することができるであろうか?。総体的に低い値、  
またこの部分で地震に随伴して生じた異常湧水等  
を合せ考えると、亀裂の発達、温泉水のかん養等  
に原因を求めることができる。

H層をCと同様、黑色頁岩に対応せしめるべき  
か否かは議論の分れるところであるが、今後の検  
討課題としたい。

なお、皆神山北側にみられる重力低域部と電気  
探査結果とは大勢的に一致する。

4.2 若穂-長池測線(D測線)

G層を保科玄武岩類、石英斑岩類、C層を石英  
閃緑岩類に対比せしめる。これらの層は黑色頁岩  
等を合してB層となり、A層は黑色頁岩類以下  
に対比せしめる。その上部のD層は上部泥岩類に  
相当すると考えられ、その上の高比抵抗層(F層)

は第四紀砂礫層に当ると考えられる。

CおよびB層上面はD15点付近で浅く、その右側で盆地状構造をなしている。この部分は重力正規およびノイズ構造図で負の部分に当り、D15点付近の高まりはほぼ正の部分に当る。また、左方の断深部は等重力線図の傾向を反映する。

千曲川付近でみられる不連続状構造はA測線の千曲川付近での不連続に連なるものと推定される。

#### 5. まとめとむすび

松代地震群発区域の地下構造推定の手段として電気探査法が用いられた。この種の目的で電気探査が実施されたのは松代区域がはじめてである。けれども探査時期等の関係もあって、同地域の地下構造を十分明らかにしたとはいえない。特に本所で開発した双極子探査法の適用がなされなかったもので、上部構造の把握に留まったのは残念である。しかし、地震群発時に地震探査の実施が困難であり、また、超深層試錐が事実上不可能である今日、電気的手段によって、いさゝかなりとも、地震群発地域の地下構造を調べるのに役に立ち得るのではなからうか。

さて、今回の探査によって、皆神山周辺の電氣的構造に関する資料が得られた。この周辺部は比較的構造変化の多い地域であり、この部分の電氣的構成の地質的意味について、若干考察を行なった。

また、千曲川付近での断層状構造を思わせる不連続性が認められたことも大きな収穫である。

最後に本調査の実施に当り協力を頂いた長野県および長野市関係者の方々、長谷川淳、勝部照雄の両氏のほか住鉱コンサルタントKK関係者の方々、未発表資料を貸して下さった地質調査所沢村孝之助技官、各種の助言を賜った本所佐野俊一、瀬谷清、防災センター高橋博各技官には紙上を借りて深甚の謝意を表する次第である。

注1) K型曲線とは $\rho_1 < \rho_2 > \rho_3$ 型の凸型比抵抗分布をなす構造で得られるVES曲線をいう。

注2) H型曲線とは $\rho_1 > \rho_2 < \rho_3$ なる構造に対応するVES曲線をいう。

注3) 解析にはCurve-matching methodを主用した。