

松代地域の電気探査 (I)

小野 吉彦

地質調査所物理探査部

Electrical Sounding at Matsushiro Earthquake District (Report I)

By

Y. ONO

Geological Survey of Japan, Tokyo

Abstract

Electrical DC sounding was carried out at Matsushiro earthquake district, to obtain the information of its underground structure. The results of the survey are summarized in this report.

The informations which may be interest and important on the study of the earthquake occurrences at the district are that several geoelectrical discontinuities are recognized from the data, and that two of them divide electrically high resistant basement into three parts.

1. 緒言

1965年8月にはじまる松代地震は1年有半を経過してなお終結をみない。この間、各機関の手で、地球物理学的観測が継続されている。一方、地質調査所では、地震の発生が当該区域の地質構造を背景とするものであり、また、震源分布が深度2~10km程度の比較的浅所に集中している点を考慮に入れて、物理探査の適用を計画した。すなわち、重力および電気探査である。

電気探査が地震発生との関連性において実施されたことはこれまで例をみない。たまたま、地質調査所では深部物理探査技術の開発を行っており、その一つである直流法はすでに各分野において有効性を立証しているので、当地域の地下構造推定に対しても有用な武器となるであろうという見地から採用されるに至った。

なお、現場の測定作業は住鉦コンサルタントK. の協力で実施されたことを付記する。

2. 探査方法および探査区域

直流法に関しては筆者による多くの紹介^{*}があるので、それらを参考にされたい。要するに、地表の電流電極を通じて大地内に定常電流を流して人工電場を作り、地表において電位傾度を測定し、これを見掛け比抵抗なる量に表現し、これと探査深度を規定する量(たとえば電流電極間隔)との間の関係から垂直探査曲線を作成し、この曲線を解析することによって地下構造を推定しようとするものである。

今回採用された電極配置はSchlumberger配置であり、最大電流電極間隔ABは8kmにおよび最大流電流値は約9Aに達する。使用探査装置は記録方式である。

*たとえば小野吉彦:直流法による電気探査。物理探査, Vol. 17, No. 4 (1964), p. 188-194を参照されたい。

垂直探査曲線は通常VES曲線と略称され、両対数方眼紙上に、縦軸に見掛け比抵抗 ρ_a を、横軸に電流電極間隔の半分、すなわち $AB/2$ をとって表示される。

今回の調査では、測線は皆神山北麓をとおって、千曲川を川中島橋付近で横切り、NE-NW方向にのびている。その全長は9.5kmに達する。この測

線上に垂直探査中心点(VES点)を23点設けた。VES点間隔は原則として250mになるように選ばれた。こうして、測線は松代・更北・篠井・川中島4市町村にまたがっている(図-1)。

その他、補足的に松代観測井の近傍にVES点一つが選ばれた*。

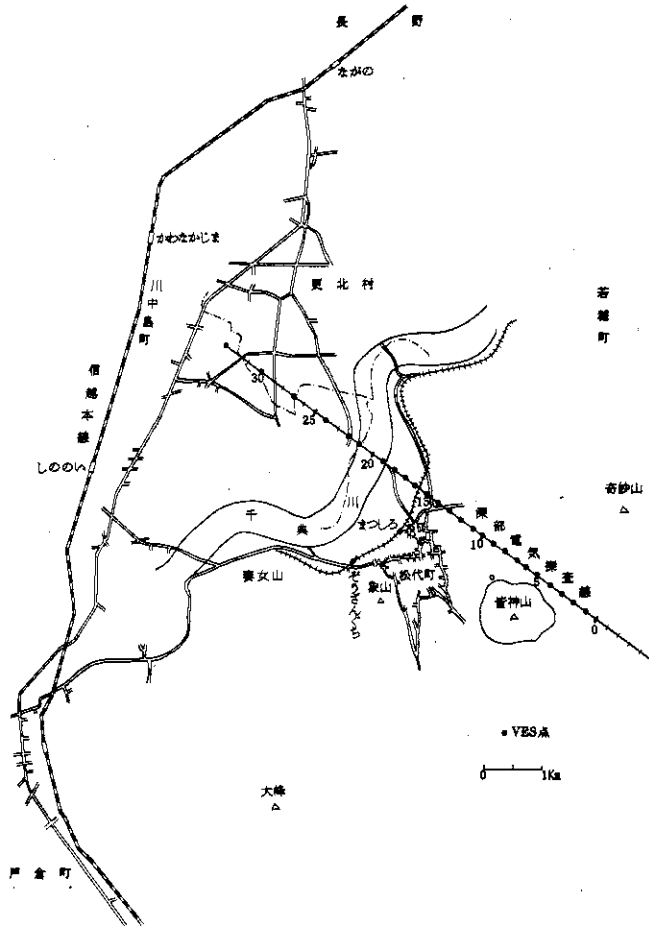


図-1 松代地域電気探査測線位置図
Location map of VES points at Matsushiro district.

3. 測定結果

測定は長野電鉄、信越線に由来する漏洩電流によって妨害されたが、測定値はおおむね再現性を有し、その結果はVES曲線として表現された。その

*今回の報告ではこれに関する説明は省略する。

例を図-2に示す。同図にはNo. 7, No. 17, No. 24の3曲線が示されている。3曲線とも一見して明らかかなことは、高、低、高なる垂直比抵抗分布を反映していることである。特に、 $AB/2$ の大きい部分であられる曲線の上昇に注目して測定を行なった。

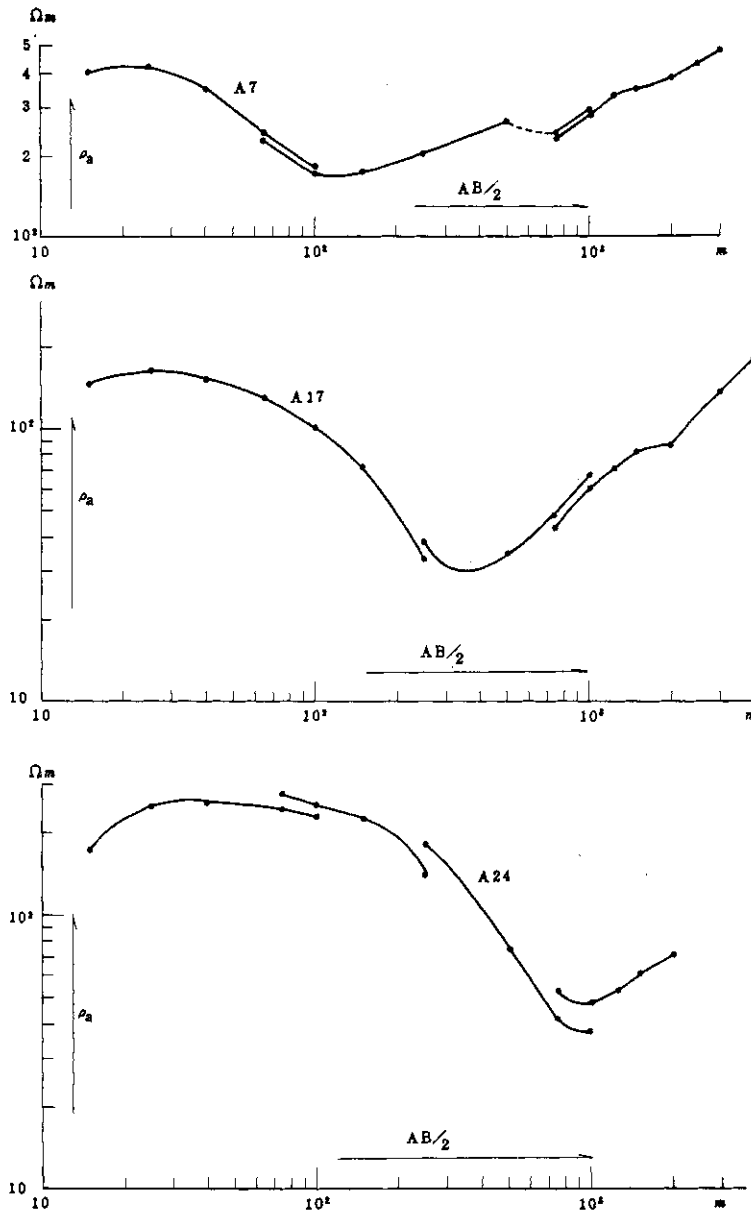


図-2 松代地域で得られたVES曲線例
Examples of VES curves at Matsushiro district.

4. 解析結果とその考察

VES曲線の解析結果を電気構造断面図として図-3に示す。

VES曲線の解析に際して、3層標準曲線法*が採用された。しかし、本地域で得られた測定曲線は水平方向の比抵抗変化の影響を受けている可能性があり、もしこのような効果を深所比抵抗分布の反映であるとして解析を実施するならば、真と異なる

構造断面図が得られることになるので、これに関する検討を十分行なった。地質ニュースその他に既に発表されている断面図はこの検討以前のものであるので注意していただきたい。ただ、測線の端に近い部分では $AB/2$ が十分の長さではなく、また、VES曲線によつては $AB/2$ の小さな部分が欠けている等のために、若干解析精度が落ちているものもある。

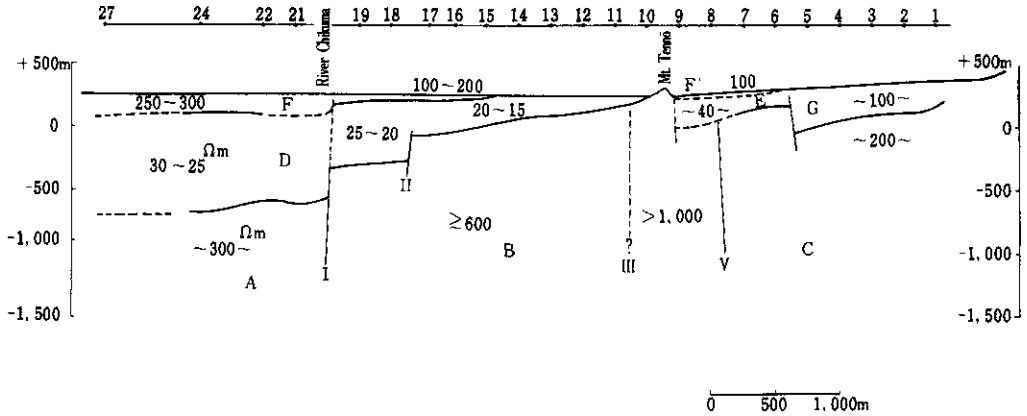


図-3 松代地域電気構造断面図

Geoelectrical section at Matsushiro district.

以下、同図にもとづいて解析結果を説明する。

同断面図内に随所に断層状不連続線がみられる。この不連続線は存在の不確実なものを含めて、IからVIまで6本あると解釈される。

断面深所の高比抵抗基盤面は図の中央部に隆起状形状を示しながら、右方(東南方)から左方に向かって傾斜している。No.20付近(千曲川)とNo.7~8(天王山東方)に認められる大きな不連続線I、Vによって電気的基盤を分け、左からA、B、Cと名付ける。

Aの比抵抗値は略300Ωmであると推定される。Bは600Ωmあるいはそれ以上の値をもつことは確実であり、ことに、右部では1,000Ωmを超えることも考えられる。一方、CはA、Bに比して若干低く、約200Ωmの比抵抗値をもつ。このように、I、Vは形状のみならず、比抵抗値に

おいても不連続性をもたらず点で重要である。

IIは地表地質調査において確認されている断層に相当し、No.17~18付近に存在する。IVは天王山東側(No.9の左側)、VはNo.5-6付近に位する。これらの不連続線を断層であると速断することはできないにしても、その中の幾つかは断層であるように考えられる。

図の中央より左側に、高比抵抗基盤を被覆するD層がある。D層は比較的低い比抵抗値をもち(15~30Ωm)、右方で次第に浅く、しかも薄く、左方に向かって発達する。D層内では比抵抗は右部で低く、左部で高い傾向がある。

D層をおおってF層がある。この比抵抗層は100~300Ωmという比抵抗値を有し、千曲川付近でその厚さを変えている。

また、図の右方に約40ΩmのE層と約100Ωm

*たとえば E. N. Kalenov: Interpretation of Vertical Electric Sounding Curves (露文). Gostoptekhizdat, Moscow, 1957 を参照されたい。

のG層が高比抵抗基盤をおおっている。

このようにして求められた電気的構造を重力探査結果と比較してみる。

等重力線図によれば、天王山の西北方で重力値は漸減し、また、その東南方、皆神山北方に低重力異常部が形成されている。前者の傾向は、電気的基盤が西北方に向かって深くなる傾向と一致し、後者の存在は基盤Oの領域と関係をもつように考えられる。天王山付近の鞍部は基盤Bの存在する区域に対応する。

そこで、基盤A、B、Oを地質的にどのようにあてはめることができるか考えてみる。

Bの示すきわめて高い比抵抗値は通常、深成岩あるいは半深成岩において認められ、溶岩類はきわめて新しいとか、地表に露呈しているとかいう場合でないか普通この値に達しない。また、第三紀の堆積岩ではこのような値になることは期待されえない。天王山付近で閃緑岩類が露呈し、また付近に閃緑岩類が分布していることを考慮するならば、Bがこれらに相当すると解釈するのが妥当であろう。

地層は一般に古いほど、あるいは深所にあるほど、固結度が進み、同時にその比抵抗を増す。基盤Aを泥岩類で特色づけられる別所層に対応せしめるには若干抵抗を感ずる。このような岩質のもとは高比抵抗値は期待しえないからである。筆者の考えるところでは内村層あるいはそれ以前のものに対比される。

OをBと同様、貫入岩とみなすならば、かなりの破碎性に富む、あるいは変質を受けているものと考えねばならない。比抵抗値に示される不連続性からみて、むしろ別のものである公算の方が大きい。この部分についてはなお調査が必要であるが、現時点ではカルデラ状構造に関係したものであると解釈しておく。

D層の主体は別所層の泥岩類であると考えられる。ただし、この比抵抗値が堆積盆地の周縁部でむしろ低い傾向にあることは興味深い。通常は逆である。この原因は加賀井付近に分布する温泉の

存在と関係があるかもしれない。

Gは比較的新しい火山性堆積物を主体にするものと考えられる。E層についてはよくわからないが、あるいはGと同様、火山性堆積物からなり、その構成の差異が比抵抗値に差となって現われたものとも解せられる。

F層は第四紀砂礫層を主体にしたものと解釈されるが、青木層まで含められるかもしれない。ただ、千曲川を境にして厚さを変じているのが注目される。

以上、解析結果の概要を述べ、地質との関係について触れた。

松代地震の震源分布を眺めると、そのほとんどが千曲川の東方、すなわちIの左方の基盤BおよびOあるいはその下部に集中している。したがって、地震発生と地下構造との関連性を考える上において、今後BおよびOのひろがり、内部の性状相互の関係を調査する必要があると考えられる。

5. 要約および結言

松代地震頻発区域の地下構造推定的手段として電気探査法が用いられた。この種の目的に対して電気探査が実施されたのははじめてのことである。

電気探査は測線(全長9.5km)に沿って垂直探査法によって実施された。深度1~2kmまでの地下構造断面を得るために電流電極間隔は最大8kmまでひろげられた。

電気構造断面図によると、不連続線がいくつも求められ、そのうち、二つは構造的な不連続を示すものである。電気的構成物の地質的意味について若干考察がなされた。地下構造と地震発生との関係を考える上で興味深いこととして、電気的基盤の比抵抗値の差異および不連続線があげられる。

最後に、本調査の実施に当り協力をいただいた長谷川淳、二日市宏の両氏(いずれも住鉄コンサルタントK. K.)には謝意を表したい。また、各種の助言を賜った地質調査所物探部佐野俊一・瀬谷清尚技官ならびに防災センター高橋博技官には紙上をかりて深甚の感謝の意を表する次第である。