

地球電磁気学的測定から推定される有珠山の地下構造

西田 泰典
北海道大学理学部

Subsurface Structure of Usu Volcano, as Revealed by Geomagnetic and Geoelectric Measurements

Yasunori Nishida
Faculty of Science, Hokkaido University

1. はじめに

一般に火山地域は種々の岩石で構成されており、特殊な温度場や熱水系の存在とあいまって複雑な構造をしている。しかしこのような条件下では、地下物質の帯磁や電気伝導度のコントラストが強いことが期待されるので、地下構造を知るには地球電磁気学的調査が有効であると思われる。1977年噴火以後、有珠山火口原には北西-南東に延びる有珠新山断層が発達し、その北側は最大180mも隆起した(Katsui et al., 1985)。又この断層の延長上には北屏風山断層も形成されている(Fig. 1)。これらの断層に平行して、Fig. 2に見る如く高地温域も発達している(松島、1988)。噴気ガスの最高温度は断層上に位置する1点(Fig. 7)で観測され、約700°Cにも上っている。著者はこの有珠山の地下構造を知る目的で全磁力測定、VLF-ELFマグネトテルリック測定、自然電位測定等を行なってきたので、まとめて報告する。

2. 観測結果

地磁気測量 有珠山全体にわたってプロトン磁力計を用いた全磁力測定を実施した。結果はすでにNishida and Miyajima(1984)によって公表されているので、本稿ではその簡単なまとめを述べる。有珠山本体は非常に強く帯磁した($\sim 10\text{A/m}$)玄武岩質外輪山で構成されているが、その中央部は相対的に弱く帯磁した($\sim 3\text{A/m}$)火口原堆積物および石英安山岩質の溶岩円頂丘で占められている。ところで、南側外輪において外輪山溶岩の縁は現在の地形的外輪の直下でなく、それより約200m南の山腹斜面に位置しなければ観測結果を説明できないことがわかった。Fig. 7の推定断面図にその様子が示されている。はじめ成層火山として成長した有珠山は、数千年前に頂上部を破壊して南側に山体崩壊物として流下、その際南に開く馬蹄形の火口を持つ外輪山になったと推定されている。ここで得られた結果は、後の火山活動によって埋没した馬蹄形火口縁を示しているものと思われる。

VLF-MT 17.4kHzの人工電磁波を用いたマグネトテルリック観測を行なった。測点および見掛け比抵抗分布をFig. 3に示す。大有珠(OU)および小有珠(KU)の溶岩円頂丘を除き、火口原内は低比抵抗値を示すのに対し、外輪山は一般的に1000ohm-m以上の高比抵抗であることがわかった。しかし詳しくみると、山体北側では地形的外輪の直下に高比抵抗物質が分布しており、玄武岩質外輪山溶岩の存在が示唆されるのに対し、南側では、火口原から地形的外輪を越えて南山腹斜面まで低比抵抗値が観測される。そして、外輪の約

200m南で突然1000ohm-m以上の値に急増している。この位置は磁気測量から推定される火口縁とまさに一致しており、埋没した馬蹄形火口の存在およびその火口縁の位置は、これで確定したものである。低比抵抗である火口原内でも、有珠新山断層(Fig. 1)の南側は数10ohm-mととりわけ低い値を示す。この領域はFig. 2に見る如く、高地温域と一致している。マグマにより過熱された蒸気が上昇し、地表付近に凝縮した結果、このような低比抵抗分布になったと解釈される。

ELF-MT 17、37、80、170、370Hzの周波数を用いたマグネトテリック観測を行なった(Ballestracci and Nishida, 1987)。測線に沿って50m毎に電場および直交方向の磁場を測定している。従ってスカラーインスピーダンスしか求められていない。火口原は全体的に数10ohm-mの低比抵抗値を示すが、一部数100ohm-mの高比抵抗値を示す場所がある。一例として24-35測線の結果をFig. 5に示す。縦軸に $\delta = 0.503\sqrt{\rho a T}$ で定義されるskin depthに対する見掛け比抵抗値をプロットしてある。ここでTは周期(秒)を示す。これをみると測点番号30を中心に高比抵抗値が左右対称に分布していることがわかる。測点30はFig. 1に見る如く、有珠新山断層と北屏風山断層を結ぶ線上に位置している。地表は火口原堆積物で覆われているため明らかではないが、その下には断層が潜在している可能性が高い。このような高比抵抗値は測点16-23でも得られており、ここはまさに有珠新山断層に沿っている。断層沿いに上昇してきた過熱蒸気が周辺を乾燥させたため、高比抵抗になったと解釈される。更に多くの測定を行えば、地下に潜在する断層系を発見できる可能性がある。

自然電位測定 1983、85、87年の3回にわたり自然電位測定を行ってきた。Fig. 6に示す結果をみると、350~400mVにものぼる正の電位異常が火口原に分布していることがわかる。この異常は少なくともこの数年間比較的安定して存在している。分布域は高温異常域と略一致している。異常の最大振幅は1983年には約400mVであったが、2年後の1985年には約50mV低下し350mV程度になっている。1987年の最大振幅は約350mVと変わっていない。しかしながら、例えば太線のコンターで囲まれた300mV以上の面積は1983年に降着実時間にともな減少している。

有珠山表面からの放熱量は1977年噴火以後急激に増加し、1979年にはピークに達して1000MWにものぼっている。その後は次第に減少傾向をみせ、1987年現在200MW程度まで低下している(松島、1988)。有珠山における自然電位異常は地下の熱水対流に伴う流動電位に起因すると思われるが、自然電位異常の減少傾向はこの数年間の放熱量の時間的变化によく対応している。

3. まとめ

Fig. 6のN-S測線に沿った観測諸量および推定地下構造断層を示したものがFig. 7である。この測線は北西-南東走向の断層にほぼ直交している。構造断面のうち、黒でぬりつぶした部分は玄武岩質外輪山溶岩を、斜線部は安山岩質基盤を、そして砂目は火口堆積物を示している。

火口原堆積物の帯磁の強さはほぼ3A/mと一様であるが、比抵抗分布は場所により異なっている。例えば有珠新山の下では表層が比較的高比抵抗であるのに対し、深部では10~50ohm-mと低比抵抗値をとる(VLFおよびELF1-7測線の結果にもとづく)。又断層付近は、粗

い砂目で示すように500ohm-m程度の高比抵抗域となっている(N-S測線に沿ったELF測定が十分でないため、24-35測線のデータをインバージョンして得られた構造を重ねている)。これは先にも述べたように過熱蒸気の上昇により断層周辺が乾燥したためと解釈される。

断層の南側では、高地温・正の自然電位異常・低比抵抗の関係がみられるのに対し、北側ではあまり地温の上昇がみられず、表層の比抵抗も高い。又自然電位のピークも南火口原に寄っている。このように断層をはさんでみられる非対称性は、北側の隆起部分が熱の伝達を妨げるなどしたために生じたものと思われる。外輪の外側では玄武岩質溶岩のために、高帯磁・高比抵抗となっている。

以上述べてきたように、火山地域における地球電磁気学的観測は、山体の地下構造や熱的構造を把握する上で、きわめて有効である。しかし、より深い所に存在すると思われるマグマ溜り等の重要な情報を得るためには、更に観測、解析上の工夫が必要であろう。

参 考 文 献

Ballestracci, R. and Y. Nishida, Fracturing associated with the 1977-1978 eruption of Usu volcano, North Japan, as revealed by geophysical measurements, *J. Volc. Geotherm. Res.*, 34, 107-121, 1987.

Katsui, Y., H. Komuro and T. Uda, Development of faults and growth of Usu-Shinzan cryptodome in 1977-1978 at Usu volcano, North Japan, *J. Fac. Sci. Hokkaido Univ.*, Ser. 4, 21, 339-362, 1985.

松島喜雄, 有珠山の熱活動: 1977-87年における放熱量の時間的变化とその解釈, 北海道大学修士論文, 98pp, 1988.

Nishida, Y. and E. Miyajima, Subsurface structure of Usu volcano, Japan as revealed by detailed magnetic survey, *J. Volc. Geotherm. Res.*, 22, 271-285, 1984.

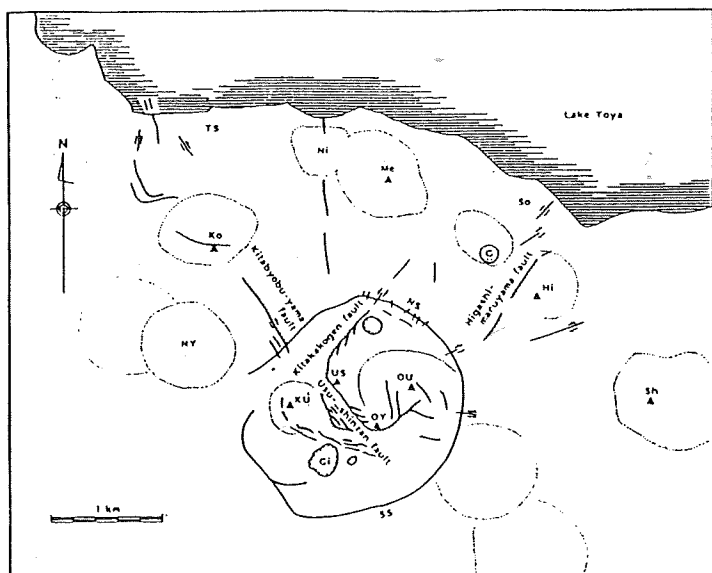


Fig. 1. Major faults appeared during the 1977-1978 crisis. (after Katsui et al., 1985)

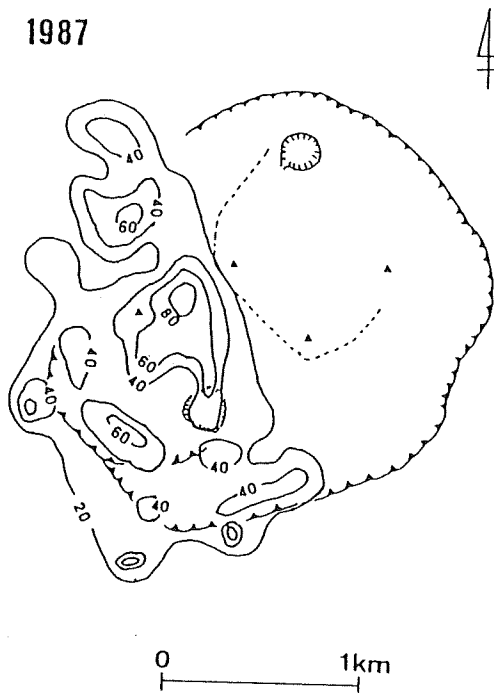


Fig. 2. Distribution of ground temperature in °C measured at a depth of 1 m. (after Matsushima, 1988)

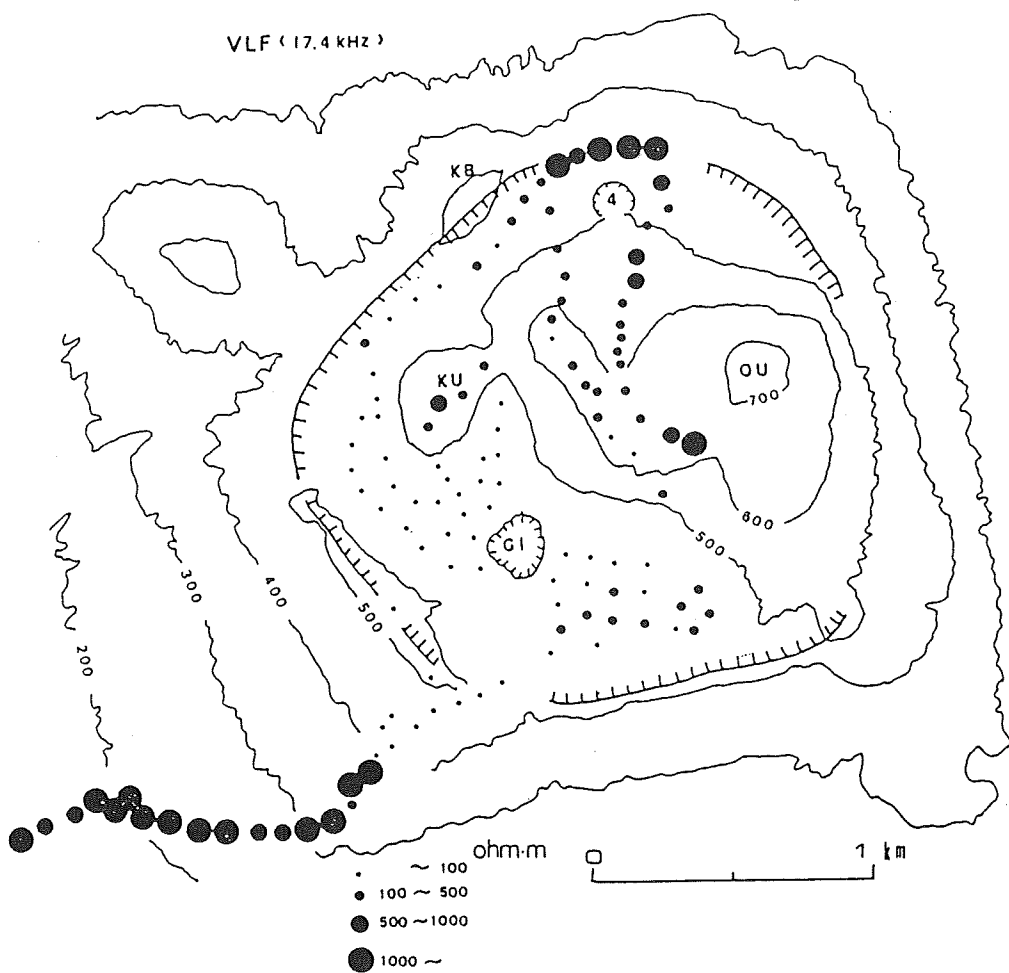


Fig. 3. Distribution of apparent resistivity in ohm-m as derived from VLF-MT (17.4 KHz). KU:Ko-Usu lava dome, OU:Oo-Usu lava dome, GI:Ginnuma crater, 4:No. 4 crater, KB:Kitabyobu-yama.

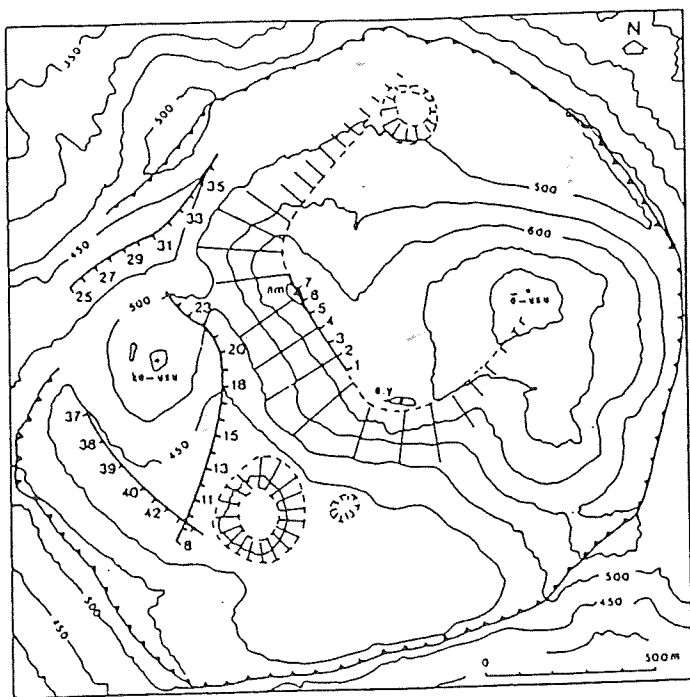


Fig. 4. Somma caldera and ELF-MT traverses.
 nm:Usu-Shinzan, oy:Ogari-yama. (after
 Ballestracci and Nishida, 1987)

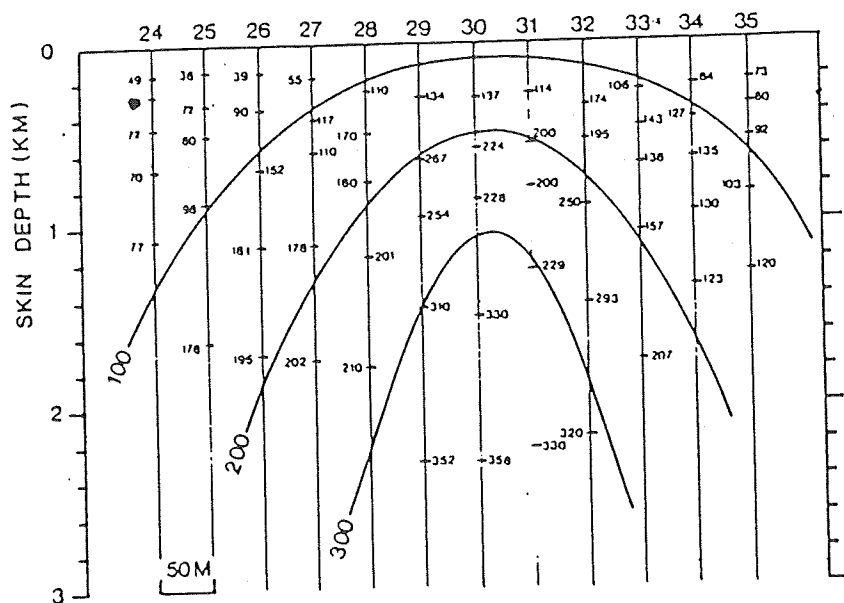


Fig. 5. Skin depth pseudo-section at 370, 170,
 80, 37 and 17 Hz along 24-35 traverse. (after
 Ballestracci and Nishida, 1987)

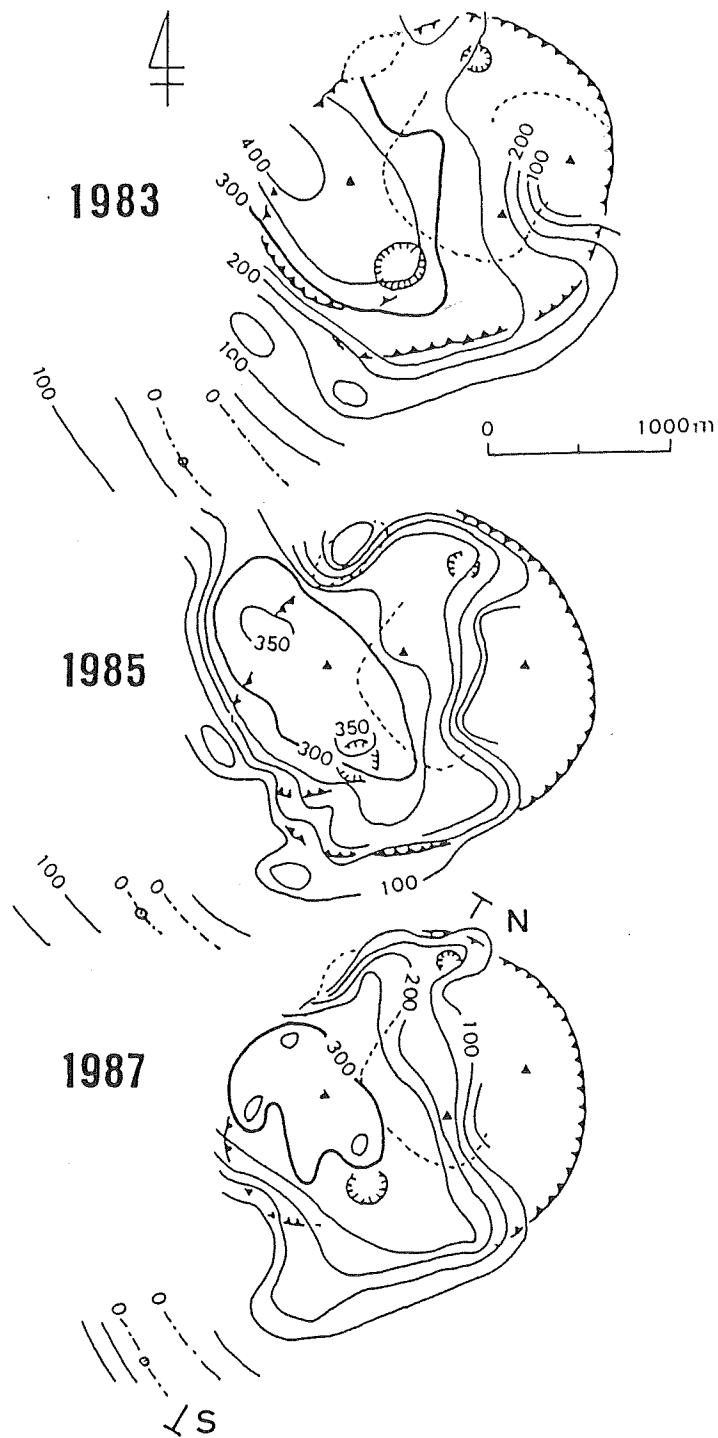


Fig. 6. Contour map of self-potential distribution over the surface of Usu volcano. Contour interval is 50 mV.

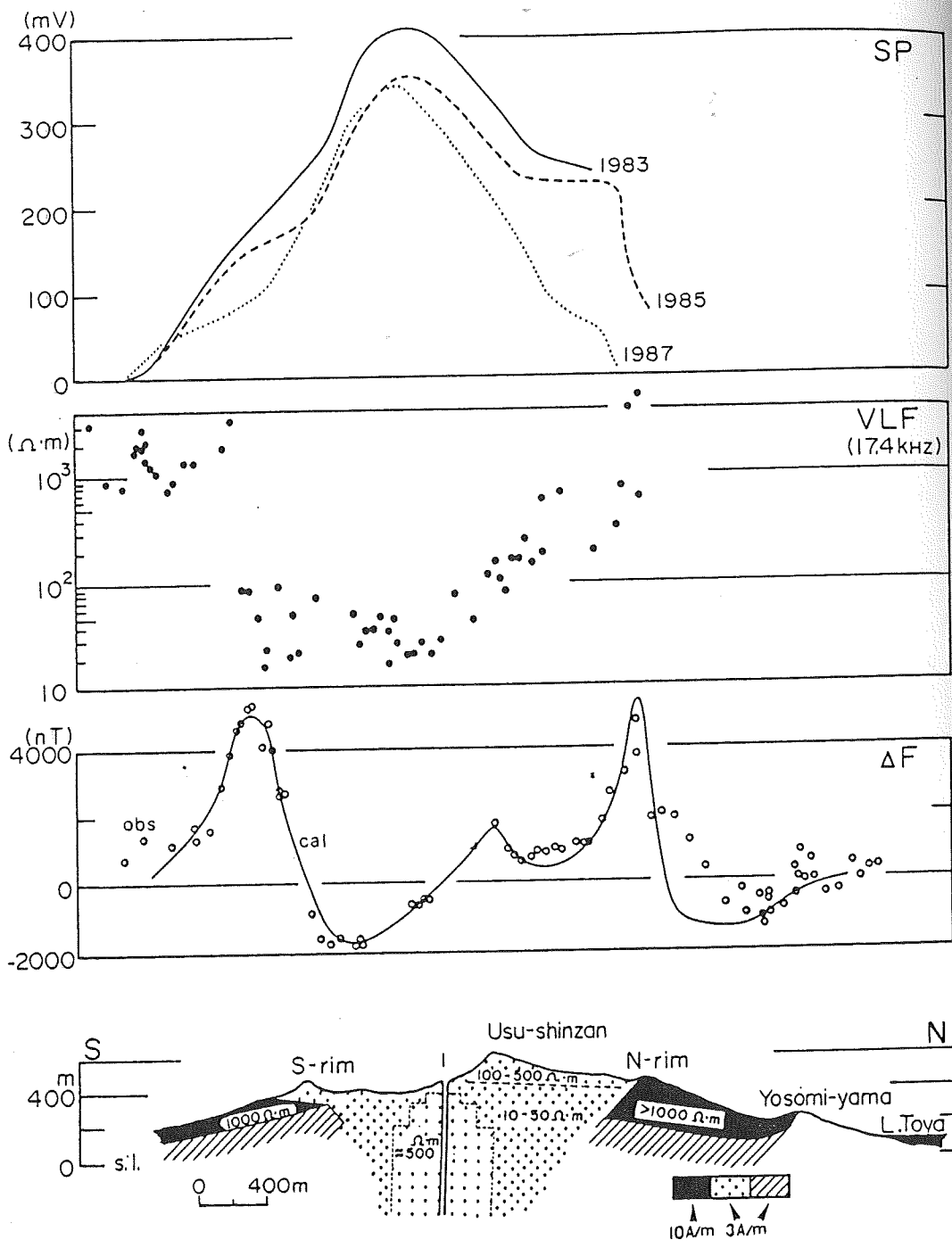


Fig. 7. Temporal variation of self-potential, apparent resistivity as derived from VLF-MT (17.4KHz), and magnetic anomalies along the profile N-S, with the corresponding model cross-section.