

篠坂における人工電流法による
富士川断層の調査

気象庁地磁気観測所 山本哲也、仲谷清
東京大学地震研究所 歌田久司、笹井洋一、小山茂
気象庁地震観測所 森俊雄
気象庁気象研究所 小泉岳司
日本IBM 中川一郎

Induced Polarization Resistivity Survey
of the Fujikawa Fault in Shinosaka

Tetsuya YAMAMOTO, Kiyoshi NAKAYA¹⁾, Hisashi UTADA, Yoichi SASAI,
Shigeru KOYAMA²⁾, Toshio MORI³⁾, Takeshi KOIZUMI⁴⁾, Ichiro NAKAGAWA⁵⁾

1) Kakioka Magnetic Observatory, Japan Meteorological Agency, 2) Earthquake Research Institute, University of Tokyo, 3) Matsushiro Seismological Observatory, Japan Meteorological Agency, 4) Meteorological Research Institute, Japan Meteorological Agency, 5) IBM Japan

1. はじめに

発生の予想される東海地震の震源となりうる断層として、富士川断層があげられている¹⁾。この断層は、左横ずれ成分の卓越した断層であり、駿河湾から富士山西麓に向かってのび、富士宮市篠坂付近をとおるとされている。この篠坂付近では、富士川断層の調査としてVLF-MT法による調査が実施されており、予想された断層線よりも東側に、幅数10mの低比抵抗帯が存在することが明らかにされている²⁾。この低比抵抗帯が、篠坂付近の富士川断層の位置を示していると考えられる。

ここで報告するのは、1985年2月に篠坂で実施した人工電流法による調査の結果である。この調査では、富士川断層の比抵抗構造を調査対象としている。富士川断層の推定位置をもとに(第1図の中央をほぼ南北に走っているらしい)、断層を横切るであろう位置に調査測線を3本(第1図の#1, #2, #3)配置し、各測線で、シュランベルジャー法と傾度法による地下比抵抗構造の調査を行なった。測線の選定にあたっては、高圧送電線のためにVLF-MT法では十分に調査のできない場所をとおるような配慮もなされている。

この3測線の他に、参照すべき資料とするために、断層を横切らないであろう測線を2本(第1図の#4, #5)とって、シュランベルジャー法による調査を行い、篠坂付近の標準的な構造を求めた。

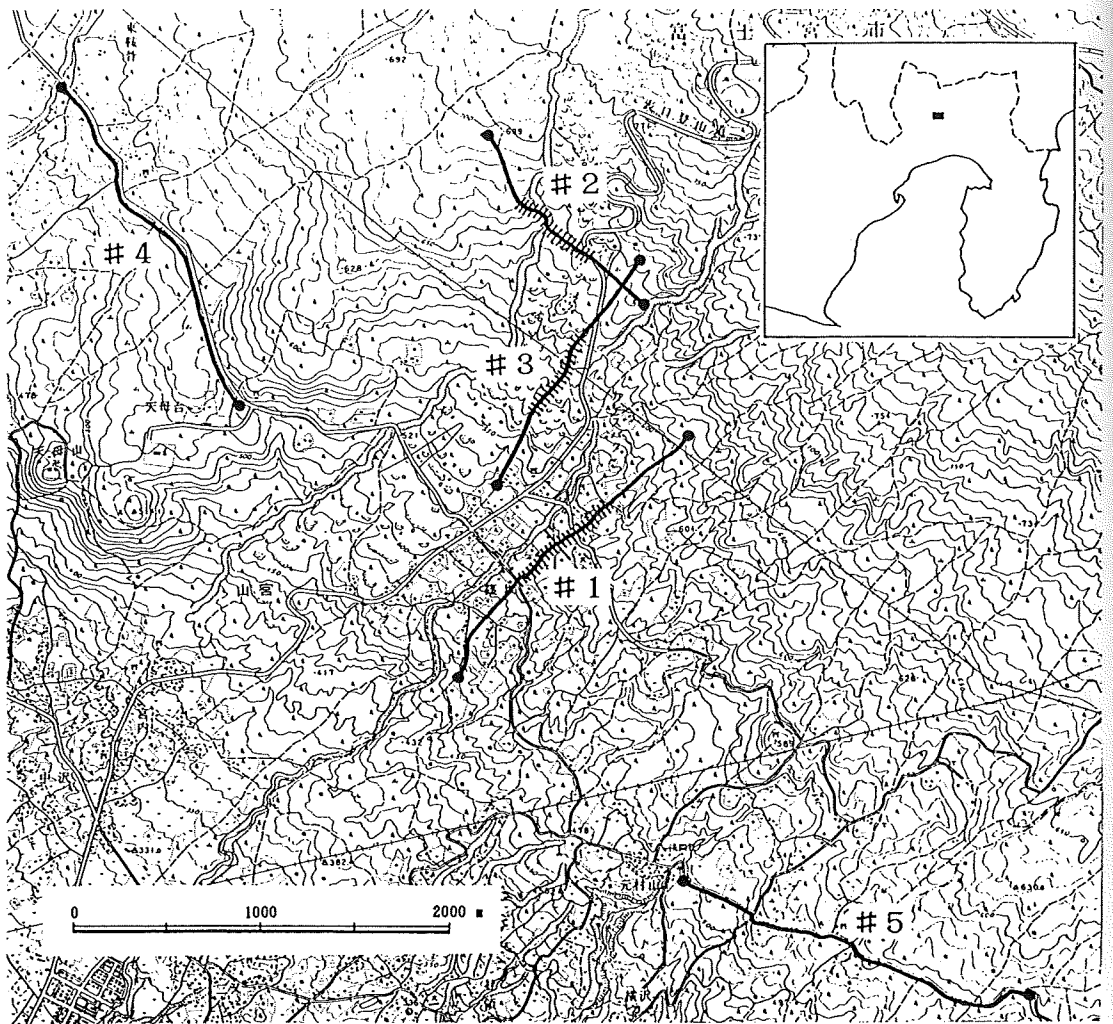
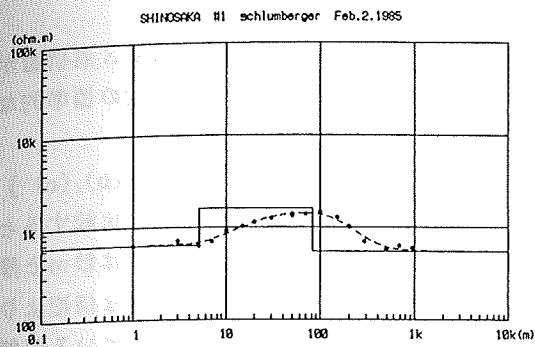


Fig.1 Site locations of induced polarization resistivity survey.

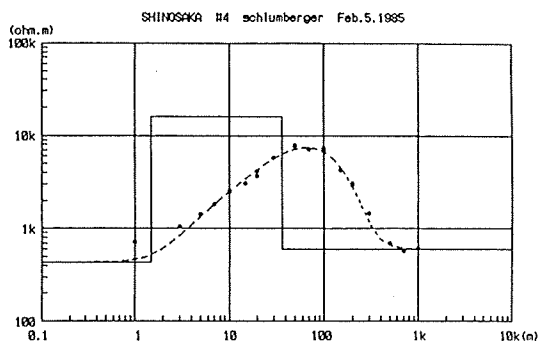
2. シュランベルジャー法による調査

比抵抗の垂直探査として、各測線でシュランベルジャー法による調査を行った。

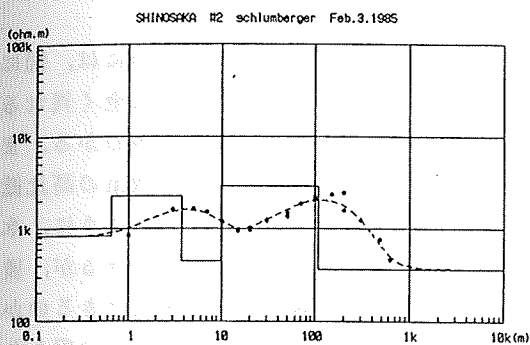
まず、篠坂付近の標準的な構造をみるために予想される富士川断層の東西の測線#4、#5の調査結果(第2図(d),(e))をみることにする。調査に用いた電極間隔($AB/2$)は最大1 kmである。#4、#5の測定結果は共通して電極間隔が100 m程度のところに見かけ比抵抗の極大をもつ。極大値こそ#4で7 k Ω m、#5で3-4 k Ω mと異なるものの、#4、#5の見かけ比抵抗曲線の振舞いは類似している。#4、#5の測定結果は3層の水平成層構造モデルでよく説明できる。そのモデルには、地表から深さ1-2 mぐらいまでが数100 Ω mの第1層、そこから深さ数10 mまでが数k-10 k Ω mの第2層、それより



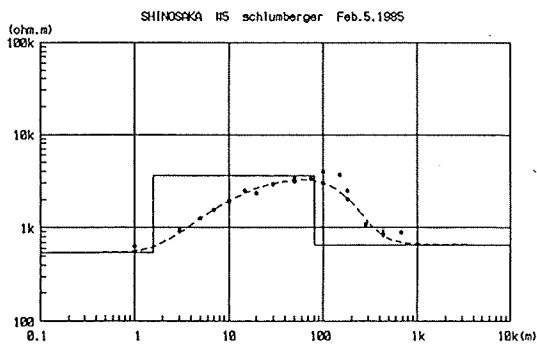
(a)



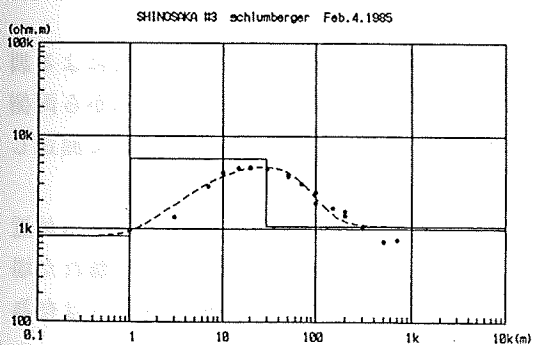
(d)



(b)



(e)



(c)

Fig.2 Apparent resistivities of the Schlumberger method (circle), resistivity models (solid line) and calculated apparent resistivities (dashed line).

井
は
見
の
水
が
り

深いところが数100Ωmの第3層という構造が、共通してみられる。

富士川断層の東西で類似した構造がみられたことから、地表から低-高-低の3層構造がこの地域の基本的な構造であると考え、ここでは#4、#5のモデルを篠坂付近の標準的な比抵抗構造とみなすことにする。

次に、富士川断層を横切る測線での比抵抗構造をみることにする(第2図(a),(b),(c))。

#1の測定結果は、3層構造を考えるとかなりよく説明できる。標準的構造と比較すると、第2層の比抵抗は低いようである(2kΩmより小さい)。また、第1層の厚さは数mと厚いようである。したがって深さ100mぐらいまでの比抵抗は全体として標準的な構造よりも低めである。活断層によくみられる低抵抗の破碎帯の影響で比抵抗が低くなっている可能性はあるが、標準的構造との差異はそれほど大きなものではなく、断層の特徴的な構造がみえているとはいいいにくい。

#3の調査結果は3層構造で説明できて、その構造も第3層までの深さがいくぶん浅いかと思われる程度で、篠坂付近の標準的な構造と際だって異なるところはない。

#2の調査結果は、3層構造では説明できない。水平成層構造で説明するためには、図に示したような5層構造を考える必要がある。この構造は、一見標準的な構造とは全く異なるものとみえるが、深さ10m以深をみれば、標準的な構造によく似ていることがわかる。また、深さが10mより浅いところも、#1の第1層と同様の層の中間に、厚さ数mの高比抵抗層(たとえば溶岩流の様なもの)を挟んでいる構造とみることができる。このように、水平成層構造の仮定の中でも、それほど不自然な事を考えずに#2の特徴は説明できるが、後述する傾度法の結果に示唆される水平方向の不均一性でも、この調査結果は説明できるのかもしれない。#2の特徴的な構造と断層の構造とが、どのように結びついているかは明らかではない。

3. 傾度法による調査

#1-#3の断層を横切るであろう測線では、比抵抗の水平探査として、傾度法による調査を行った。測定は、シュランベルジャー法の最大電流電極配置を利用して、中心から両側に200-300mにわたって実施した。電位電極間隔は20mとし、20mごとに測定した。

#1(第3図(a))は、ほぼ一様に600-700Ωmの比抵抗であるが、+70m付近と-250m付近に低比抵抗な部分がみられる。低比抵抗な部分は20-40m離れた場所と比較して、電場(見かけ比抵抗)が1/2-1/3になっており、測定精度からは有為な低比抵抗である。

#3(第3図(c))では、-200m付近に非常に明瞭な比抵抗のギャップがみられる。このギャップでは北東側が低比抵抗となっている。その低比抵抗は、さらに北東に行くにしたがって少しずつ高くなり、ギャップの100-150m北東側で、ほぼ元のレベルにもどっている。また、やや不明瞭ながら、-50mと+130mにもギャップがあり、2つのギャップとも、ギャップの北東側が低比抵抗であり北東側に向かってだんだんと比抵抗がもと

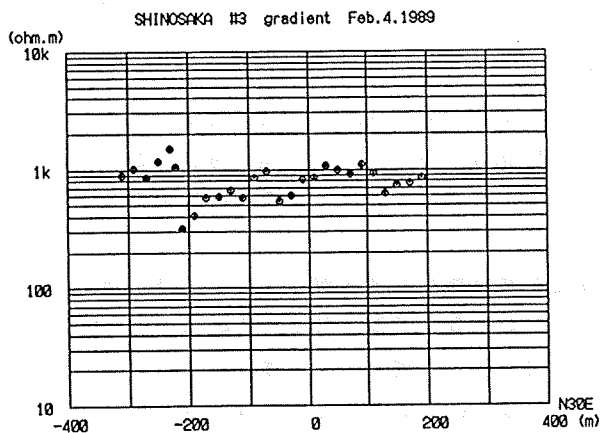
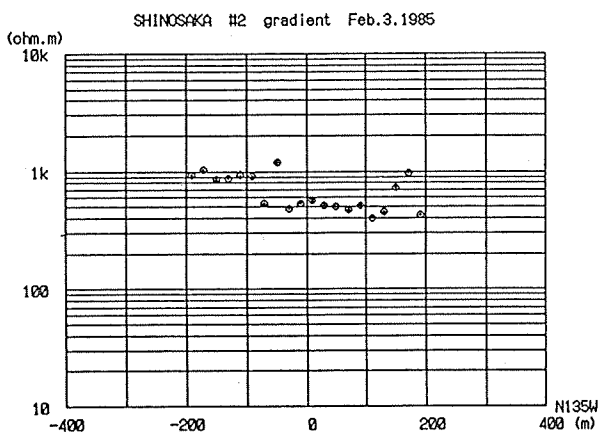
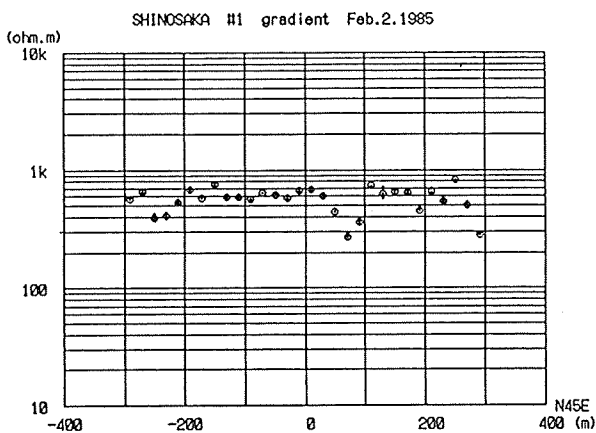


Fig.3 Apparent resistivities of the gradient method.

にもどるなど、 -200 m 付近のギャップとよく似ている。#3付近では、一般的な比抵抗が $800-1\text{ k}\Omega\text{ m}$ で、比抵抗のギャップの北東側に低比抵抗の部分があるという構造をしているようである。

#2 (第3図(b)) は、低比抵抗と高比抵抗のブロックに分けられる。 -80 m から $+130\text{ m}$ までが、低比抵抗のブロックにあたり $500\Omega\text{ m}$ ぐらい、それ以外が高比抵抗のブロックで $1\text{ k}\Omega\text{ m}$ 程度の比抵抗である。この結果は、明らかに、水平方向の非一様な比抵抗構造が存在するということを示している。したがって、シュランベルジャー法の結果を解釈する際には、十分な注意が必要である。この測線とほぼ同じ場所で、過去にVLF-MT法による調査が行われている。その調査では、 -30 m 付近にあたる場所で、非常に低比抵抗な部分が見つけられているが、今回の傾度法の結果には見いだせない。

4. まとめ

シュランベルジャー法による調査では、この地域の標準的な構造と考えられる低-高-低の比抵抗構造がほとんどの測線でみられた。この比抵抗構造と地質が、どのように対応しているのかは、とても興味深い問題であり、多少の検討を加えることにする。

篠坂付近で行なわれた地質調査で、今回の結果を解釈するうえで非常に参考になるのは、篠坂よりもやや富士山頂よりの、箱荒沢に掘られた坑道での調査結果である³⁾。その調査によれば、箱荒沢(標高 1050 m)では、地表から深さ 300 m までが新富士の噴出物、それ以下が古富士の噴出物とされている。古富士とは、今から2万年ほど前に活発な噴火活動を行った火山で、山体は現在の富士山の下に埋もれている。その噴出物は、火山泥流、火砕流堆積物、火山灰砂層などからなる。新富士は、現在の富士山のことで、過去1万年程にわたって活動を続けている。その噴出物は主として溶岩からなっている。

噴出物の構成からすると、新富士の噴出物は、古富士の噴出物よりも比抵抗が高いであろうと予想される。地質と対応させて、篠坂付近の3層の比抵抗構造を解釈する際には、このことを考慮する必要がある。したがって対応は、第1層が表層、高比抵抗の第2層が新富士の噴出物(数 10 m)、低比抵抗の第3層が古富士の噴出物となるだろう。ただし、箱荒沢で 300 m の厚さのあった新富士の噴出物が、篠坂付近で数 10 m の厚さしかないというのは、山頂からの距離や篠坂の標高($500-650\text{ m}$)を考慮したとしても、やや薄いのではないかと思われる。

富士山麓では、古富士の噴出物は不透水層となっており、新富士の溶岩の最下部から、伏流していた地下水が流出しているのがみられる。これは、地下水位が古富士の噴出物までの深さに比べ浅いことを意味する。同様のことが篠坂付近にもあてはまり、また、地下水位が第3層の低比抵抗層までの深さに対応するとすれば、数 10 m というのは高比抵抗層の妥当な厚さかもしれない。

いうまでもなく、地質と比抵抗が完全に対応する必然性はないが、高比抵抗層の厚さが新富士の噴出物の厚さに概ね対応するであろうことは、今回の調査の重要な結果である。

傾度法による調査では、各測線とも一般的な比抵抗は数 $100-1\text{ k}\Omega\text{ m}$ 程度であり、そ

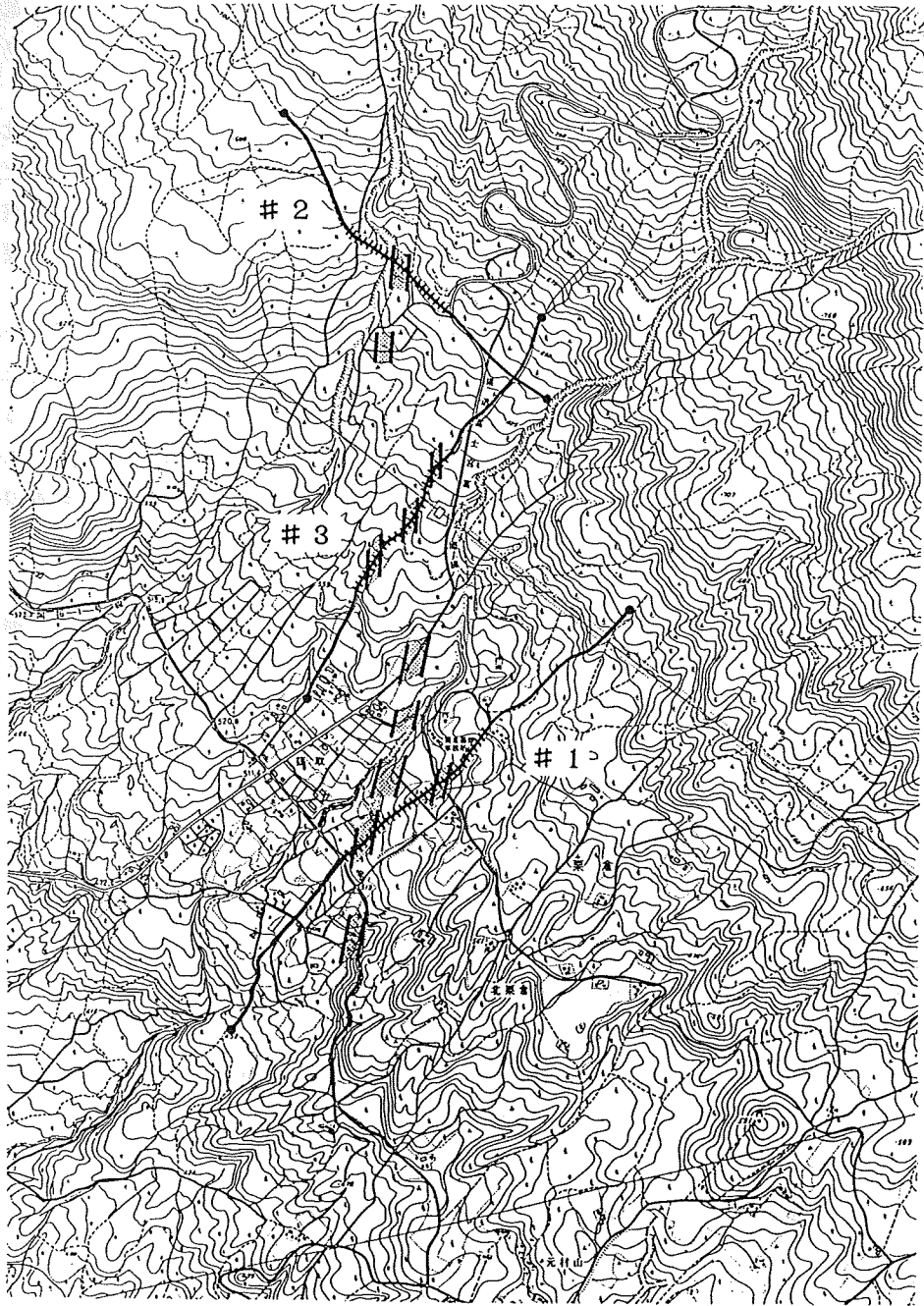


Fig.4 Locations of low resistivity zone.

の中に数100Ωm以下の低比抵抗の部分が散在しているという構造が見られた。低比抵抗部分の形態は、#1では点状(帯状)の、#3ではギャップ状の、#2ではブロック状の分布と、それぞれの測線で異なっている。

活断層の破碎帯は一般に低比抵抗であると考えられているが、ここで見られる低比抵抗部分が、富士川断層の破碎帯であると断言することは難しい。低比抵抗帯を説明するだけであれば、たまたま地下に溶岩流のない部分を見ていると考えれば充分である。低比抵抗部分を富士川断層に結び付けるためには、低比抵抗部分の篠坂付近での分布を検討する必要がある。

今回の結果も含めた、これまでに明らかにされている低比抵抗の分布(第4図)をみると、南北に走向をもった低比抵抗の帯状構造があるように思われる。この走向は、流出した溶岩流の方向とは明らかに異なると考えらるため、低比抵抗部分が溶岩流の狭間にあるとは考えにくい。富士川断層の走向は篠坂付近ではほぼ南北であると考えられており、これは低比抵抗帯の分布と一致しているといえる。したがって、この低比抵抗帯を富士川断層の破碎帯であるとするのは自然なことであろう。

低比抵抗帯を南側からたどった場合と、北側からたどった場合、#3付近では、2つの低比抵抗帯がくいちがってしまう。断層線は、全体としてはひとつの線であっても、細かくみると寸断され雁行していることがしばしばあるが、このくいちがいはも富士川断層のひとつの雁行にあたるようである。なお、雁行によってくいちがっている北側の低比抵抗帯は、恒石らによって予想された断層の位置とほぼ一致している。

参考文献

- 1) 恒石幸正・塩坂邦雄, 富士川断層と東海地震, 応用地質, 22, 51-65, 1981.
- 2) 乗富一雄(代表者), 地球電磁気的手法による断層活動度の研究, 自然災害特別研究成果, NO. A-56-2, 1981.
- 3) Tsuya, H., Geological and petrological studies of Volcano Fuji(VI), 6. Geology of the volcano as observed in some borings on its flanks, Bull. Earthq. Res. Inst., 40, 767-804, 1962.