

# 松川地域地熱電気探査

小野 吉彦\* 陶山 淳治\* 高木 慎一郎\*

## Geoelectrical Prospecting at Matsukawa Geothermal Field

by

Yoshihiko Ono, Junji Suyama & Shin'ichirō Takagi

### Abstract

For the purpose of investigation for the sub-surface geological structures and geophysical phenomena in Matsukawa hot spring district surrounding the Marumori volcano, Iwate prefecture (Fig. 7), the writers carried out vertical electrical sounding by means of direct current method.

Geoelectrical measurements were performed on the debris or Matsukawa riverfloor deposits in the caldera of Marumori volcano, and eighteen vertical sounding diagrams were obtained (Figs. 3~5).

From these data, the following informations are obtained.

- (1) The general mode of vertical resistivity distribution is that of the descending steps.
- (2) The low resistivity zone (several  $\Omega\text{m}$ ), which is estimated to be equivalent to the altered zone, covers the whole of surveyed area.
- (3) The various rocks in this area perhaps have the following resistivity values. debris riverfloor deposits or non-altered igneous rocks .....  $10^2\text{--}10^3\Omega\text{m}$   
debris (clay facies), weakly altered rocks and argilized rocks at very shallow depth .....  $10\text{--}10^2\Omega\text{m}$   
argilized rocks saturated by hot spring water ..... several  $\Omega\text{m}$

It seems that there are some relations between resistivity and rock alteration.

(4) Data of electrical soundings being compared qualitatively with the resistivities of rock, soil and water or with the porosities of the samples of rocks, the possible geological structures and conditions are estimated (Tables 4~6).

(5) In particular, the figure of the upper limit of the low resistivity zone is delineated (Fig. 9). Horizontal discontinuity is suggested from it, though this phenomenon can not be completely interpreted geologically.

### 要 旨

昭和 33 年 10~11 月および翌 34 年 7~8 月の 2 回にわたって、岩手県岩手郡松尾村松川温泉地域における地熱調査の一環として電気探査を実施した。

その結果、同地域の地下構造ないし状態に関して次のような知識を得た。

- (1) 比抵抗の垂直分布は概して下降階段型であり、解析結果は断面図として表わされた(第 7~9 図)。
- (2) 特に低い比抵抗層が地下数 10m ないし 2~300 m の深さに存在することが確認され、この拡がりは一全調査区域に及んでいる。この層は主として粘土化作用を

うけた岩石に相当するものと思われる。

(3) 各岩石の比抵抗はおよそ次の範囲の値をとるものと考えられ、これから比抵抗層と地質との対比が試みられた。

岩屑・河床堆積物・非変質岩石	$10^2\text{--}10^3\Omega\text{m}$
岩屑(粘土相)・弱変質岩石・きわめて浅い所に存在する粘土化岩石	$10\text{--}10^2\Omega\text{m}$
温泉水で湿潤せる粘土化岩石	数 $\Omega\text{m}$

(4) その他、附屬的に行なわれた岩石・水の比抵抗の測定結果および岩石孔隙率の測定結果を利用して、地下構造や状態の推定を行なった(第 4~6 表)。

(5) 低比抵抗帯の上限の形状が等高線で示された

\* 物理探査部

(第10図)。これによると、水平的不連続が暗示されるが、地質的關係は不明である。

1. 緒言

岩手県松川地熱地帯の地質調査に並行して電気探査が実施された。以下その結果を報告する。

松川地域の具体的調査は昭和28年、地元松尾村の手になる温泉開発用試錐工事 (No. 1~7) の実施にはじまる。その際、副産物として地下約160~300mにかなり著しい蒸気帯の存在が明らかとなった。

その後、昭和31年より東化学工業 K. K. が調査を継続し、昭和33年になって本所と東化工との共同研究として同地域の地熱調査を実施することになり、われわれもその一端を担うべく、電気探査を実施するに至った。

本地域で採用された電気探査法は直流による比抵抗垂直探査法であって、特に岩屑下の地下構造ないし状態推定に役立たせようとする意図の下に実施したものである。

本調査は昭和33および34年の2回にわたって実施された。調査期間・分担等を第1表に示す。

第1表

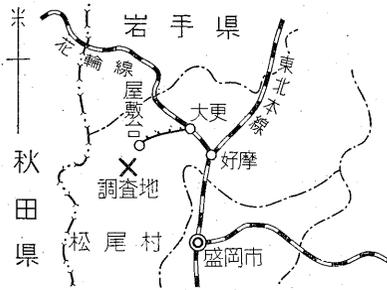
調査	期間	分担	調査員
第1次	33. 10. 下旬	電探	陶山淳治・小野吉彦 高木慎一郎・早川正巳
	33. 11. 上旬		
第2次	34. 7. 下旬	電探 測量	小野吉彦・高木慎一郎 本間一郎・馬場健三 宮沢芳紀・小野寺公児
	34. 8. 中旬		

なお、本調査の実施に当り、種々の便誼を賜った東化工 K. K.・松尾村・岩手県庁および沼宮内営林署関係者の方々に対し紙上を借りて深甚なる謝意を表す次第である。

2. 位置および交通

調査地域は岩手県岩手郡松尾村松川温泉 (松尾鉾山鉄道終点屋敷台西方約7km, 5万分の1地形図: 八幡平参照) にあり、松川で境された丸森山麓帯を占める。なお屋敷台一松川温泉間はバスの便がある (同区間約50分)。

調査地域の一部は十和田・八幡平国立公園に属し、当地を起点として源太岳・大深岳および三つ石山への登山道が走っている。第1図に本地域の位置を示す。



第1図 位置図

3. 地形および地質

地形・地質の詳細については昭和31年受託報告 (角清愛他) および昭和32年度地熱調査報告 (中村久由・角清愛) を参照されたい。その他、参考になるものとして八幡平地質図幅 (河野義礼他) および岩手県松川温泉地熱調査報告 (安藤武ら) がある。ここではわれわれに必要な部分だけの地質の概要を述べるに止める。

松川流域の地熱帯は岩手火山群に属し、これを構成するものは第四紀安山岩類とこれを覆う丸森火山である。これらの基盤をなすものは北又川流域に点在露出する第三紀石英安山岩質凝灰岩および石英安山岩といわれ、その下部に葛根田川流域にみられる頁岩・砂岩および礫岩からなる山津田層がくる。さらにその下部は緑色凝灰岩および古生層になることが推測されている。

地熱帯に関連する変質帯の方向は ENE-WSW の方向にあるとのことである。

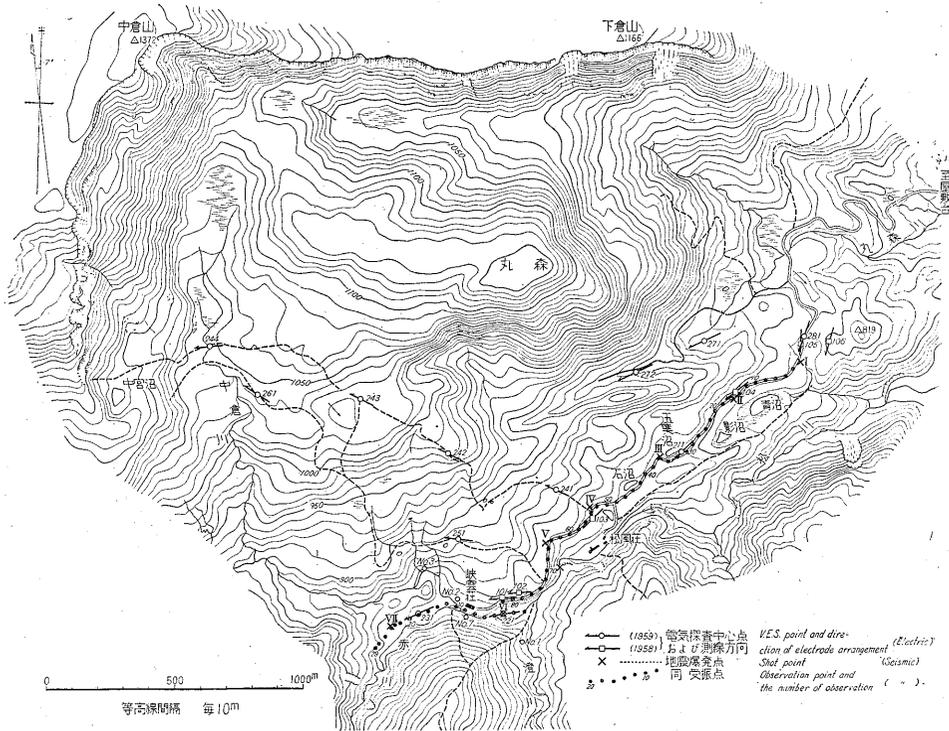
丸森火山は外輪山と丸森火口丘とからなる複式火山である。外輪山はおもに北部に発達しており、南部は湯の森付近にわずかに残存するのみで、特に南西部は侵食著しく、現在は認めることができない。また丸森火口丘南部のカルデラは岩屑で覆われ、松川北岸に達している。

地表調査の結果によれば、無変質地帯は山地の比較的高所に限られ、これに接して、広範囲の暗緑色変質地帯があり、その内側部に珪化帯および粘土化帯が存在している。地表調査の結果から、変質帯の幅や変質の程度はかなり明らかにされたけれども、松川北岸の岩屑被覆帯の下部の変質の様子は詳かでない。

地表に噴気がみられないので、地熱帯の位置および深さについては試錐結果を手掛りとするだけである。試錐の結果判明したことは松川より丸森火口丘に向かい蒸気の噴出深度は大きくなる。またその深さは160~300mである。

4. 調査目的

松川地熱帯の特徴の一つは地上に噴気露頭をみないこ



第2図 松川地域物理探査測線配置図

とであり、いまなお地下に蒸気の蓄積している可能性が充分想像できる。こうした地域の地下構造なり物理的性状に関する基礎的資料を得ることは、本地域の地熱開発に対する見透しを立てるうえにも、またもっと一般的にいて、同種の問題の取り扱い方をきめるうえにも一つの手掛りとなることが期待される。

第一次調査は本地域の構造に関する基礎資料の収集を目的として実施されたもので、多分に予備調査的性格を有するものである。この調査結果を検討して、第二次調査では調査地域を拡大して、本地域の地下構造に関する資料を充足し、同時に、現在われわれが手元に保有している物性的知識を活用することによって、地下の性状の一片をうかがおうとするものである。すなわち

- (1) 岩屑下の水平的あるいは垂直的地下構造の推定
- (2) 特に第一次調査で認められた低比抵抗帯の拡がりを知ることとその意味づけを行なうこと
- (3) 可能な限り深い部分の構造の推定

これらが第二次電気探査の主要目的といえる。

### 5. 電気探査—その方法

今回の電気探査は直流法による垂直探査を主体とするものである。直流法の詳細については別の機会にゆずることにして、こゝではこの報告の説明に必要な程度の概

略を記すに止めよう。

従来、わが国で適用されてきた比抵抗法はいずれの方式にせよ、矩形波状の低周波交替直流を用いるものであるとって過言ではなく、直流の直接的利用はその例に乏しい。ところで、比抵抗法の基礎理論が定常電場のみを問題にしているという事情を考慮すれば、直流をそのままの形で用いる方が望ましいはずであるが、これまで低周波であっても交流が主として利用されてきたのは、次のような測定上の理由によるものと解せられる。すなわち、直流を用いれば、観測される電位は、われわれが欲している人工的電位だけでなく、それと自然電位や分極作用によるものことから合成されたものである。この場合、後者はいわば、妨害電位とみなされるので、これを除去することを考えねばならない。一方、交流を使うならば、上記の妨害因子を除去することは比較的簡単であるうえ、強いて直流を用いなくても、10数サイクル程度の低い周波数のものならば、近似的に直流として扱っても実際上大した差支えも起るまいと考えられる。このような観点から、いわゆる Gish-Rooney 型転換器を用いた電気探査器は最も標準的な探査器とみなされるに到り、したがって、同転換器の改良に積極的努力が払われてきた。

この方式は浅部の問題の研究には確かに効力を発揮す

ることができたけれども、深部構造探査用としては、2, 3 の大きな欠陥を内蔵している。その一つは、周波数が高いほど、電流は深部に透入し難いという表皮効果によって、深部の異常の反映を求めることは次第に困難になること、第二の点は、転換器を用いて大電流を流すことは一般に困難であるうえ、微小電位差の測定を精度よく行なうこともきわめて難かしい問題である。これらの理由によって、電極間隔を増大して深部の様子を知らうとしても、必要な精度を保持することは著しく困難となる。

松川地域のように岩屑を被っていて、電流の流れ難い場所で、しかも、深部では比抵抗が 10 Ωm 以下という低い値であるために、従来の方式による垂直探査の実施はきわめて困難な問題となる。こうした事情を考慮して、われわれは、直流法の研究がまだその緒についたばかりであるにもかかわらず、この方法を採用することにしたのである。

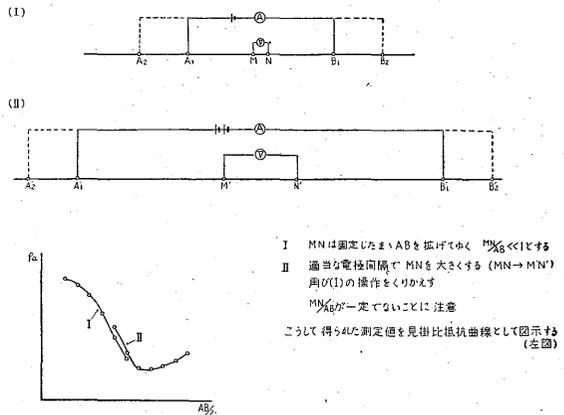
観測は、自然電位分を逆起電力を与えて除去するための自然電位補償回路を挿入した特殊電位差計によって行なった。この電位差計の測定範囲は 0.05 mV から 550 mV までである。一方、分極作用の影響から逃れるために、電位電極として非分極性電極（硫酸銅過飽和溶液を入れたブツク製の筒状容器に銅棒を挿入したもの）を使用した。電流電極としてステンレス棒を採用したため、分極現象はさげられないわけであるが、これによる影響は実際にはそれほど心配はないようである。なぜならば、分極作用のため電流は減少するが、測定電位差の方もそれに応じて減少し、しかも、われわれがピック・アップしている電位差は、分極作用の影響の最も小さい部分、すなわち電流電極の対の中間部に関するものであるからである。いわゆる残留電荷の影響についても電流電極を挿入した点に電位電極の点が重ならないように電極間隔を適当に選んである（第2表参照）ので、大した問題にするには及ばないものと思われる。以上の点は確かに直流法を採用するとき、想像される危惧ではあるが、実際の測定では 5% 以内で充分、再現性が認められているので、少なくとも、このような地域では上記の問題は、地形や地質の不規則性の問題より御し易いと思われる。測定上、難儀を極めたのは、しばしば見舞われた風雨によってもたらされたノイズを処置することであった。迷走電流による妨害は調査地域が山地で、付近に送電線も架線されておらず、ほとんど認められなかった。

電極配置としては、微分型4極法 (Schlumberger 型) を採用した。わが国で、最も普及している等間隔4極法 (Wenner 型) の採用も一応考慮に入れたのであるが、種々の点で長所を有する上の方式を採用することにした。なお、この方法による見掛比抵抗  $\rho_a$  は次式より算

出される。

$$\left. \begin{aligned} \rho_a &= -\frac{\pi R^2}{I} \frac{dV}{dR} && \text{(理論式)} \\ \rho_a &= \pi \left[ \frac{R^2}{l} - \frac{l}{4} \right] \frac{dV}{I} && \text{(実際式)} \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

こゝに、 $R$  は電流電極間隔の半分 ( $AB/2$ ) で、 $l$  は電位電極間隔 ( $MN$ )、 $I$  は流入電流、 $dV$  は  $MN$  間に生じた人工的電位差である。 $l$  としては  $l/2 \leq 1/5 R$  にするのが望ましい。こうすることによって、電位電極を半固定にすることができる。電極配置の概念図を第3図に示す。



第3図 微分型4極法の概念図

さて、得られた観測値（見掛比抵抗値）を両対数方眼紙（横軸に  $AB/2$  を、縦軸に  $\rho_a$  をとる）上に比抵抗曲線として図示する。(1) の括弧内の  $R$  および  $l$  とし

第2表

A				B			
$AB/2$	$MN/2$	$AB/2$	$MN/2$	$AB/2$	$MN/2$	$AB/2$	$MN/2$
m	m	m	m	m	m	m	m
2	0.5	40	5	3	1	100	5
3	0.5	50	1	4.5	1	100	20
4	0.5	50	5	6	1	150	20
5	0.5	60	5	9	1	225	20
6	0.5	80	5	12	1	225	75
6	1	100	5	15	1	325	20
8	0.5	100	20	15	5	325	75
8	1	120	5	25	1	500	75
10	1	120	20	25	5	750	75
12	1	150	20	40	5	750	250
15	1	200	20	65	5	1000	75
20	1	250	20	65	20	1000	250
25	1	300	20				
32	1	400	20				
40	1						

て第一次調査では第2表 A を、第二次調査では同表 B を採用した。ただし、作業上その他の理由から、同表から若干外れた値を採用することもあった。しかしながら、いずれの場合においても、電位電極間隔  $MN$  を変えるときには、2つの  $AB/2$  の値に対し、それぞれ2つの  $l$  に対応する測定値  $\rho_a$  を得るように努めた。これは電位電極の近傍における不規則性の影響をチェックするためと、測定値に漏洩電流の影響の入りこんでいるか否かのチェックに役立たせるためである。

### 6. 電気探査—比抵抗曲線

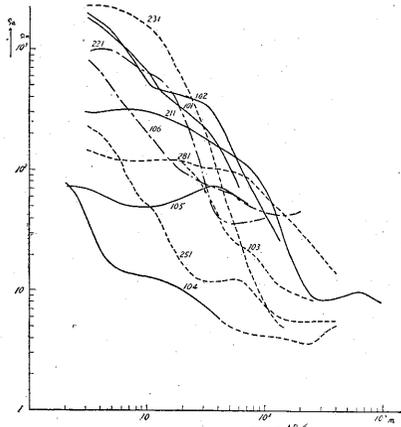
電気探査の測点（垂直探査中心点）を第2図に示す。図中矢印は電極展開方向（測線方向）を表すものである。初年度のデータには100台、次年度には200台の番号を附して、両者を区別することとした。

ほゞバス道路に沿って、西から 101, 102, 103, 211, 104, 105, 281 および 106 の 8 点、源太岳旧登山道沿いに (104), 241, 242, 243 および 244, 同新登山道沿いに 251, 261 の各点、丸森山腹道路（丸森川沿いの）に沿って 271 と 272, 峽雲荘東南の松川河床上に 221, キャンプ場に 231 と合計 18 測点が設定された。

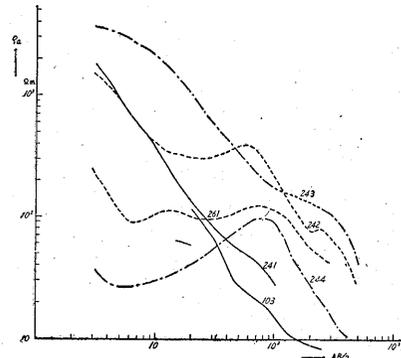
電極間隔としては、 $AB/2$  を努めて 500 m 以上上げることを目標にしたのであるが、測定および作業上の制約から必ずしも実現できなかった。第3表に各測点における最大電極間隔を表示しておく。

第3表 電極間隔の長さ

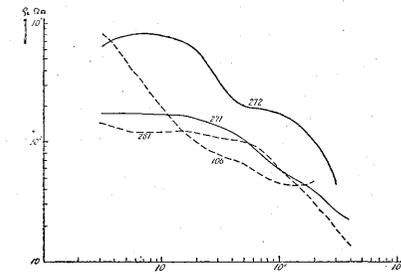
測点番号	最大電流電極間隔 $\frac{1}{2}AB$ (m)
101	60
102	150
103	250
104	400
105	80
106	200
211	1,000
221	100
231	150
241	150
242	500
243	500
244	400
251	300
261	300
271	400
272	300
281	400



第4図 松川地域比抵抗曲線（その1）



第5図 松川地域比抵抗曲線（その2）



第6図 松川地域比抵抗曲線（その3）

測点の大半は岩屑上に属しているが、221 と 231 のみは松川河床堆積物上にある。そのほか、244 は松川支流の中倉川河畔の平地上におかれた。

本地域で得られた比抵抗曲線の特性を第4～第6図に示す。それらの曲線群を通覧して最も著しい特徴の一つは、電極間隔の小さい部分で高比抵抗を示し、 $AB/2$  をますにつれて急激に降下するいわゆる下降階段型比抵抗曲線を示すものが多いことである。最もはげしい下降は曲線 231 にみられる。この場合には見掛比抵抗値は数千  $\Omega m$  から数  $\Omega m$  まで3桁も下っている。変動の少ない

曲線 105 の場合でさえも、電極間隔をさらに増大してゆけば曲線が下降を迎えることはすぐ近くの曲線 281 等から容易に判断できるであろう。曲線 244 は一見して凸型曲線の特性を示すけれども、 $AB/2$  の小さいところで曲線の上昇がはじまることから、最初の低比抵抗部はごく浅い部分を覆っているにすぎず、これを除外して考えれば、浅部高比抵抗、深部低比抵抗という一般性は毫も失われまいと思われる。

第 2 の特徴は下部の低比抵抗物 (おそらく数  $\Omega\text{m}$  程度のものと考えられる) の水平的拡がり、全調査区域にわたるほど規模の大きなものであろうと想像することができるほど、各曲線とも、電極間隔をまずにつれ、下降を迎える。

第 3 に、上記の低比抵抗部までの深さが各測点で、相当変動していることを暗示するかのよう、例えば曲線 104 や 251 では急激な降下が  $AB/2$  の小さいところで見られるのに対し、曲線 242 や 243 の場合にはかなり大きい電極間隔でようやく現われている。

ところで、垂直探査の基礎的理論は成層構造を前提にして成立することは論をまたないところであるが、本地域のような変化のはげしい火山性の地形や地質のところではこの仮定が近似的にせよ成立することはきわめて疑わしいと考えられる。したがって、何らかの補正ないし修正を施さずにそのまま探査理論をあてはめようとするならば、当然、解析結果は誤差の大きいものとなるであろう。残念ながら、現在のところ、複雑な構造に対する一般的補正法は見出されていない。そこで、明らかに水平的な不規則性の異常の影響を受けていると判断されるものの中で、曲線修正の行ないうるものはこれを行ない、行ない得ないものはそのままにして解析を行なった。第 4~第 6 図はこのように修正された曲線である。山地で得られた曲線、例えば曲線 242~244 等は水平異常の影響をうけていることが直観的に明らかである。また、電位電極付近に著しい異常の存在した例として曲線 104 がある。このような部分的修正にもかかわらず、なお、前述のような一般特性を示すことは、局所的な変動の影響が遮蔽し得ないほど、充分大きな拡がりの構造が存在するとしか考えられない。

たゞ、曲線 106 における大きな電極間隔での曲線の上昇は水平的異常によるものと判断する方が妥当であろうが、確認するには至らなかった。曲線 221 も同様である。

最後に、曲線 211 は  $AB/2$  が 1,000 m まで拡げられた唯一の例であるが、 $AB/2 \sim 250$  m 付近で曲線は上昇傾向を示し、約 500 m から再び下降を迎える。このことは全調査区域を覆っていると思われる低比抵抗物の下

部に高比抵抗層が、そのまた下部に低比抵抗層が存在することを暗示するものとして注意すべきであろう。曲線 204 でも曲線の上昇がみとめられるが、 $AB/2$  の値が 400 m までであるので、この高い比抵抗が 211 の場合の高比抵抗に相当するかを断定することはできない。

## 7. 解析結果

第 4~6 図の各曲線を解析し、得られた結果をまとめたものが第 7~9 図である。解析は先に筆者らの一人 (小野) が提唱した方法<sup>註1)</sup>に従って行なった。前に述べたような水平的異常の吟味と補正は、一般的にはなかなか難しい問題であるけれども、大勢を見失しなわれないならば、多少の誤差はあってもやむを得ないと考え、若干の修正を行なった。修正を行なうに当たって、次の点に留意した。すなわち、

1) 明らかに水平異常の影響をうけていると思われる部分に関しては、その部分を除けば最も標準曲線に重ね合うように修正した。

2) 水平異常についての修正が多様に考えられるものは、そのようにして修正を行なった。

3) 電位電極移動によって生ずる食い違いは、どちらかを基準にして平行移動的に修正を行なった。

解析結果では、比抵抗変化は境界、すなわち、線によって分けられているが、実際には漸次的変化をしている場合もありうる。本地域のように、変質、非変質の部分が入りこんでいたりするところでは、堆積岩地域のような境界を地表の測定から決定するのは困難でむしろ、いかなる深さでいかなる状態 (電気的) が卓越しているかということが推定できるだけである。

ともあれ、解析結果をみると、道路沿い断面 (第 7 図) では、地下数 10 m で数  $\Omega\text{m}$  の低比抵抗帯に達する。281 のみはずっと深く、百数 10 m にしてこの低い比抵抗部に達する。曲線 106 と 221 とにおける曲線の上昇が疑問視されたのは、単に付近の曲線が下降を示しているだけからではなく、解析を行なうことができないか、もしくは不自然な上昇のし方をしているからである。そこで、解析に当たっては水平的な影響によると仮定して解析を行なった。104 と 251 とにおいてはこの低比抵抗部の上限は浅く判定される。いずれも  $10^2 \sim 10^3 \Omega\text{m}$  の高比抵抗層が表層として厚さ 10~20 m で連続し、次の  $10 \sim 10^2 \Omega\text{m}$  の層につらなる。この下部が上に述べた数  $\Omega\text{m}$  の低比抵抗層になるわけであるが、101 と 102 では、

註1) 小野吉彦：垂直探査法の解析法の改良について、地質調査所月報、Vol. 10, No. 8 (1959) 参照。

10~10<sup>2</sup>Ωm 層に相当する層が不明瞭である。また、東の方の3点は単に低比抵抗帯が深いだけでなく、上部層でも104との続き工合が判然としない。低比抵抗帯の下部層は211で約280m, 104で200mの深部にあり、その下部の低比抵抗層は600m前後と判断される。

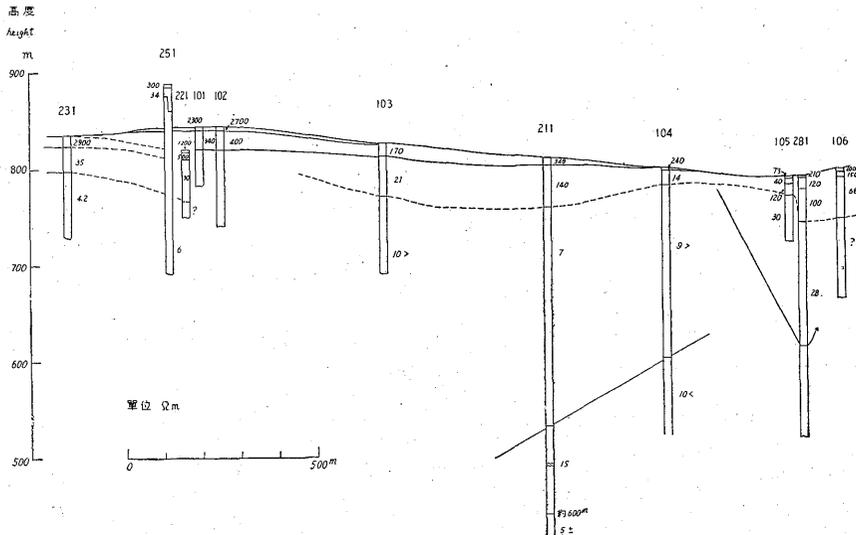
山沿いの断面(第8図)では上記低比抵抗帯は次第に深くなり、例えば243では深さ二百数十mにも及んでいる。103, 241~243はいずれも10<sup>3</sup>Ωm台の比抵抗層の下部に10<sup>2</sup>Ωm台の層がその下部に10Ωm台の層がくる。低比抵抗層の深さを大きく変動させるのはこの10Ωm台の層の厚さであって、この層は同時に比抵抗の値もかなり変動し、103の20Ωmから243では10<sup>2</sup>

Ωmをこえるほどになっている。そして、不連続的に261で40Ωm, 244で25Ωmと変っている。なお、261と244では10<sup>3</sup>Ωm層の上部に10Ωm台のものがくることは特記してよいであろう。

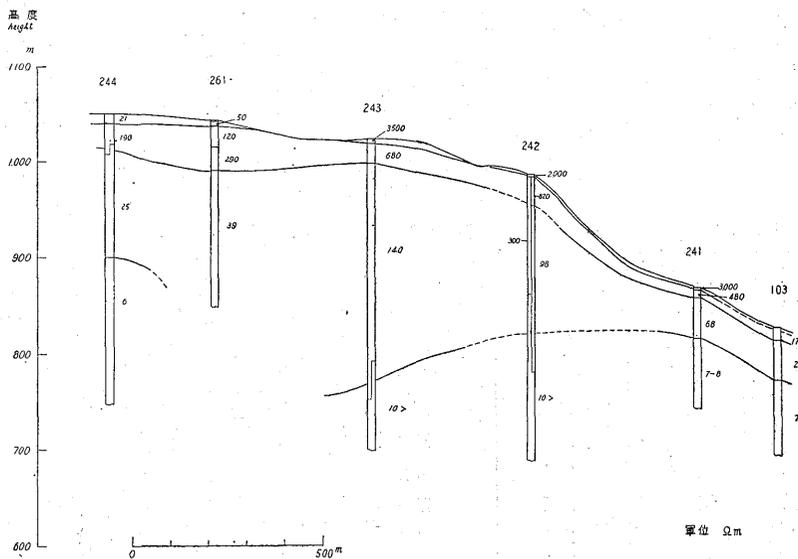
第9図で明らかなように271と281とではきわめて特性が類似しており、271と272との間には若干の差異が認められる。271および281で認められる10Ωm台層の存在が272では明らかではなく、低比抵抗帯までの深さも272で幾分浅くなっている模様である。

### 8. 結果の解釈と考察

得られた結果をどのように解釈して地熱の問題と結び



第7図 松川地域比抵抗垂直分布図(その1)



第8図 松川地域比抵抗垂直分布図(その2)

つけたらよいかということにはなほだ難しい問題である。ことに試錐柱状図や、電気検層の資料の乏しい現状では、果して、有効適切な資料となりうるかは若干疑問ではあるけれども、これまで述べた結果からどのような事柄が考えられるかについて論じてみよう。

解析結果から分類された比抵抗層を次のように格付けするとしてしよう。

- 10<sup>3</sup>Ωm 台比抵抗層—比抵抗層 [I]
- 10<sup>2</sup>Ωm " — " [II]
- 10 Ωm " — " [III]
- 数 Ωm " — " [IV]

[I] が岩屑、あるいは松川河成堆積物であるとは自明である。[II] は岩屑あるいは非変質ないし弱変質岩石(松川安山岩、外輪山熔岩等)に相当するものと一応考えられる。[III] は地表近くに存在する粘土化作用をうけた岩石か、粘土もしくは泥土質の岩屑を主体にしたものと推定される。[IV] は地下の温泉水等で湿潤した粘土質岩石であると考えられる。もちろん、上の区分は概念的なものであって、互いに重複していることは想像に難くない。なお 10 Ωm 台比抵抗層の著しい変動は概して変質の程度を表わす可能性も考えられる。

これらの区分の基礎は第4表として表示した松川地域で得られた地表付近の岩石・土壌の比抵抗の実測結果にある。なお、第5表に付近の水の比抵抗を示す。これらからうかがえることは、地表に露出している粘土化岩石でも10 Ωm 以上あり、暗緑色変質部ではそれより1桁高い値を示していることである。これらの値は地表水ないし地下浅所を流れている淡水もしくはこれに近い水で飽和していると思われるものについて測定して得られたものである。この飽和水の比抵抗値は第5表から、一般に 100 Ωm 以上あると考えてよいであろう。一方、松川温泉峡雲荘で得られた温泉水はこれより1桁小さい10 数 Ωm の比抵抗値をもつにすぎない。しかも、われわれが地表の電気探査から求めた数 Ωm の低比抵抗値は数 10 m あるいは数 100 m にわたつての平均的な値とみなされるので、部分的にはもっと低い値の物質も存在すると考えられる。これらの事情を考慮すれば、上の低比抵抗は各種イオンを溶解している温泉水の影響によってもたらされたものと考えて差支えないであろう。

変質の程度が比抵抗値に影響する度合は第4表のような地表で得られた資料から想像することができるが、地下においても、類似の傾向を示すのではなからうか。

第4表 松川地熱帯付近で得られた浅所の岩石・土壌の比抵抗値

地 点	変 質 の 状 況	比 抵 抗 Ωm	電 流
キャンプ場南赤川南岸崖	粘土化帯と珪化帯の接触部	80	交 流 (10数サイクル)
キャンプ場北松川西岸崖	暗緑色変質安山岩	110	
キャンプ場西赤川北岸	粘土化	15	
峡雲荘西北方	"	18	
251 付近湿地	{表土泥	40	"
	{2~3m 下部変質状況不明	9	
105	岩屑(粘土質)	70	直 流
岩屑上	岩屑 非変質	数100~3,000	"
河床(221, 231)	河成堆積物 非変質	1,000~3,000	"

第5表 松川地熱帯付近の水比抵抗値

採 取 地	最近測点	比 抵 抗 Ωm	温 度 (°C)	備 考
五 葉 沼	211	130		沼 水
影 沼	104	120		"
五葉沼東方	211	190		流水(岩屑中)
104 付近沢	104	120		"
105 付近沢	105	110		"
251 付近湿地	251	110	11	"
赤 川	231	52	16	キャンプ場付近
松 川	231	110	15	" (赤川と合流前)
キャンプ地水道	231	80	16	
温 泉 水		16	40	峡雲荘の湯口

第6表 松川付近の岩石の孔隙率

岩 石	時 代	採 取 地	孔隙率
松川安山岩	第四紀	No. 7 試錐孔 96 m コア	1%>
石英安山岩質凝灰岩	第三紀(橋場層)	No. 3 試錐孔 204 m コア	5.8
石英安山岩	" ( " )	葛根田川	1>
石英安山岩質凝灰岩	" ( " )	"	26.3
頁 岩	" (山津田層)	"	18.7
緑色凝灰岩	"	鷹ノ巣	6.5
チャート	古生代	弘 前	1>
粘 板 岩	"	"	1>

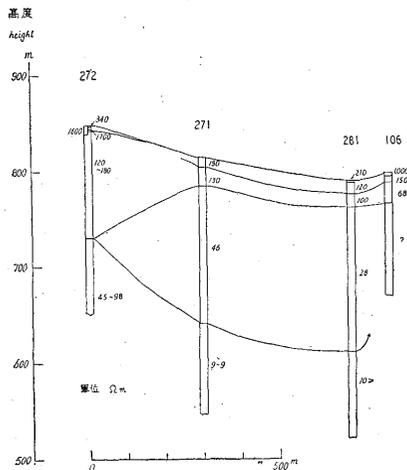
附記 試料はいずれも地質部角清受技官より拝借したもので、測定は小野が行なった。

第6表に、松川付近で得られた岩石試料についての孔隙率の測定結果を示す。定性的にいえば、孔隙率の大きいものほど、比抵抗は一般に小さくなり、また、粘土分が多くなれば、比抵抗は同様に小さくなる。

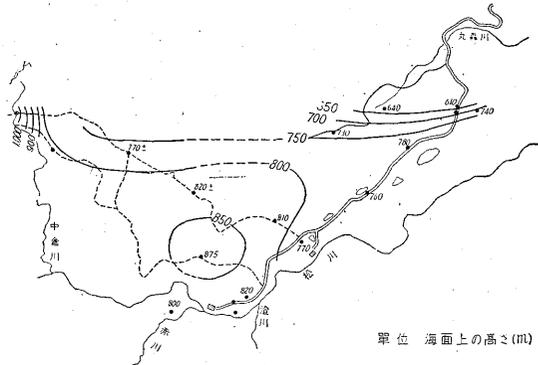
コア採取率の関係から、必ずしも、これらの試料がそれぞれの岩石を代表するものとは考えられ難いけれども、一つの目安として孔隙率の測定結果と比抵抗との対応を考えてみると、数  $\Omega m$  低比抵抗帯は粘土化する岩石(松川安山岩・外輪山熔岩および石英安山岩質凝灰岩その他)に相当し、211 でみられる低比抵抗層の下部の高い比抵抗層は石英安山岩質凝灰岩の下部にくと推定される石英安山岩もしくは熔結凝灰岩が主体を占めるの

ではないかと考えられる。また、その下部の低比抵抗層はほぼ、山津田層に相当するものと考えられる。

次に、低比抵抗部 [I] の上限の形状を等高線によって示したものを第10図に示す。測点密度が充分でないので、粗雑の感をまぬかれないが、概略の傾向を把握するのには役立つであろう。これが真であるならば、地熱帯に斜行して、断層状のギャップがみられる。それが果して断層を示すものか否かは今後の調査にまたなければ判然としない。



第9図 松川地域比抵抗垂直分布図(その3)



第10図 低比抵抗上面の形状

将来、岩屑等を被覆していない地域の電氣的性状を知って、これと現在の結果とを比較することも重要であるが、電気検層資料の充足によって、われわれの得たデータを再検討することはこれに劣らず大切なことであると考えられる。

(昭和33年10月, 34年8月調査)