

松川地熱地帯における地震探査

早川 正巳* 森 喜義*

Seismic Prospecting at Matsukawa Geothermal Area, Iwate Prefecture

by

Masami Hayakawa & Kiyoshi Mori

Abstract

To clear up the underground structure of Matsukawa geothermal area in Iwate prefecture, the seismic prospecting was carried out from 1st to 22nd Sept. 1959 just after the electrical prospecting held at the same area.

The schema of this survey is as follows:

1. area—ref. Fig. 1, inside the rim of the somma of Marumori volcano.
2. member of crew

Seismic survey	Boring for shot	Land survey	Remark
M. Hayakawa	C. Yanagiwara	Y. Miyazawa	H. Masuda
K. Mori	& T. Okubo	& K. Onodera	(Tech. Institute of
J. Chūjō			Electric Power)
S. Furuya			(Tech. assist.)
& K. Inami			

3. method

Seismic reflection and refraction methods using group setting of geophones, sometimes using pattern shooting.

4. Equipment

FR-1, magnetic tape reflection seismograph, manufactured by E. T. L. (U. S. A.)

The area is covered with compact somma lava and the data obtained by several borings show the existence of natural steam below this cover (rock) layer. Furthermore considering the data of geological survey and electrical prospecting carried out in 1958 & 1959, the inside of caldera seems to consist of compact cover rock, altered layer steam reservoir and others.

Considering from these results, this time, seismic survey has been conducted in this area.

However, it is not easy to perform such survey due to the presence of many unknown factors. Therefore, the writers examined the velocity differences and density differences among several specimens of volcanic rocks obtained from the subsurface formations. The result is shown in Table 1.

Judging from this data, planning was made and chiefly reflection seismic survey was carried out.

* 物理探査部

The traverse line is shown in Fig. 1.

The records of reflection by conventional method, those of reflection by distant shooting using pattern shooting and refraction results are shown in 1, 2, 3 in Fig. 2, respectively. The results of calculation are given in Fig. 3.

By approaching near the fractured zone, only obscure reflection signals appear, while, aparting from the zone and coming to the center of this volcano, obvious reflection records appear in both shallow and deeper places.

From several geological and geophysical data including electrical prospecting, these reflection phases may correspond to the rock formations as like in Table 2.

Stillmore, the non-reflection layers may correspond to the steam reservoirs.

1. 緒言

昭和34年9月1日から22日に至る22日間、岩手県岩手郡松尾村松川温泉地域において地震探査を実施した。この調査は地熱地帯の開発を目的とする研究の一部として実施されたものである。この調査に先立ち、一連の研究として直流法による電気探査がこの地域で実施されており、これについてはすでに報告されている。したがって全体の目的や調査地の概要、および地形・地質に関しては本文では省略する。

調査には筆者らのほか、中条純輔・古谷重政・井波和夫が担当し、また測量は宮沢芳樹・小野寺公兒、作孔は柳原親孝・大久保太治が担当した。なお、電力中央研究所増田秀夫技師が本調査に参加した。

また地熱開発の見地から、東化工株式会社はおもに試験およびその孔井における諸調査の面で地質調査所と協

同研究を行なっている。

2. 地震探査の目的

すでに実施された地表調査により、本地域の全般にわたってカオリンまたはモンモリロナイトの変質帯が分布することが明らかにされている。しかしこの地域は、地表の大部分が、丸森山火山砕屑岩 (debris)、松川熔岩または外輪山熔岩によって覆われており、大規模の地熱蒸気の露頭はみられない。したがって地表調査から地下深部の構造を推定することははなはだ困難である。また上記試錐孔井から得られている資料も、せいぜい150~300m程度までである。このような火山地帯において、以上のような状況でさらに深部の構造を地表探査によって究明しようとすることは、確かにあまりにも多くの問題を含んでいる。

第1に反射波を捕捉、記録し、これを反射波として顕

第1表 岩石速度・孔隙率・密度および音響インピーダンス

推定深度	地層名	孔隙率	密度 ρ		岩石速度 (km/s)	屈折法による速度 (km/s)	音響インピーダンス	音響インピーダンスの差
			真	見掛				
950	Debris							
	Matsukawa ande. or Somma (Lava)	0	2.6		4.3	3.4	11.2	0.8~1.1
	橋場層	Tuff	5.8	2.6	2.5	3.9~4.0	3.1	
		Tuff breccia	26.3	2.5	1.8	1.7	1.4	4.3
	Welded tuff(Lava)	0	2.6		≤ 5.3		≤ 13.8	9.5
	山津田層	Up { S. shale Q. ss Tuff congl.						
M { Dacite tuff B. shale		18.7	2.6	2.1	3.3		8.6	0.3
L { Tuff ss Tuff ss & Hard shale								
2000	Green tuff	6.5	2.4	2.26	3.7		8.9	9.1~9.4
	Chert, Slate	0	>3		6.0~6.1		18~18.3	

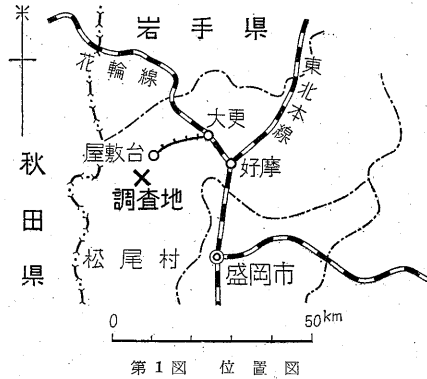
出しうるものがどの程度期待されるか、第2に反射波が捕捉しえたとしても、地下速度分布をいかに決定するか等の困難性がある。すなわち記録を得る点からも解析の点からも多くの困難性が予想されるし、それぞれの反射と地質的な対応もかなり難解なものになる。

今回の調査は将来、本格的な調査を実施する場合を想定して、以上の問題点、特に解析以前の反射波の記録という点に重点をおいて反射法により解明できる可能性の程度を試験的に吟味することを主目的とした。

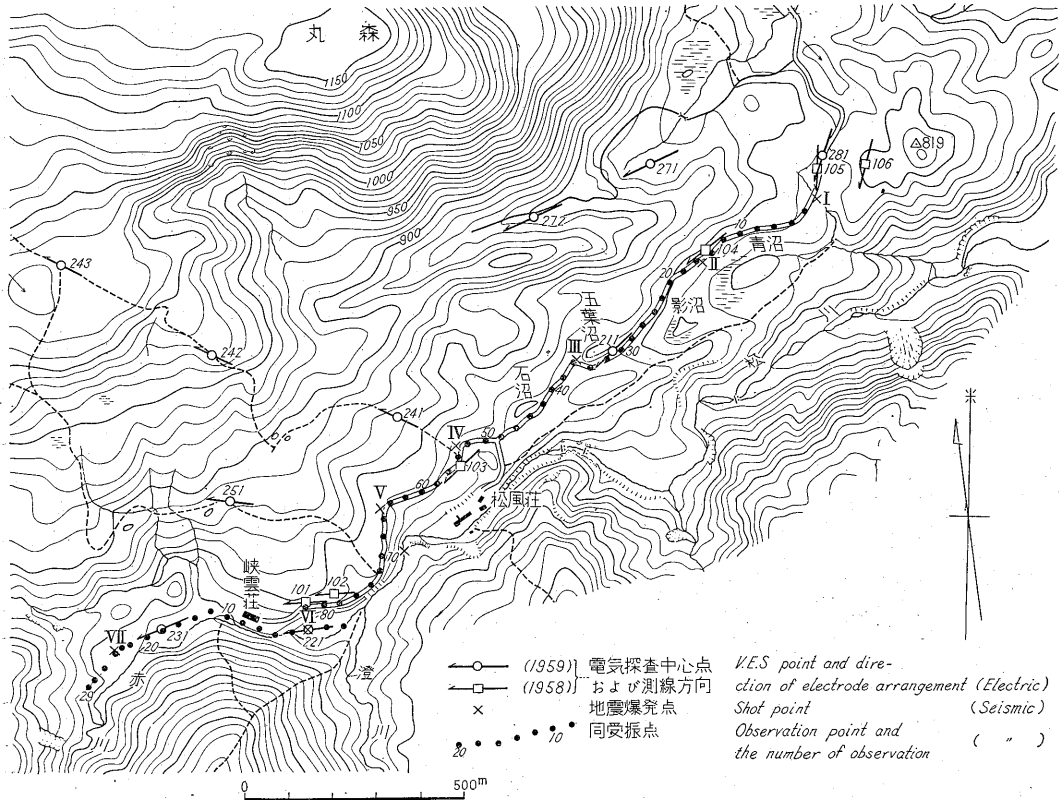
3. 調査方法および使用機械

調査地東北方の北又川、西南方の葛根田川その他、調査地周辺の露頭および試錐の試料から実験室において岩石速度、孔隙率および密度について測定した（第1表）。その結果から、反射層の良否の目安としての速度×密度は、古生層の上部および橋場層群下部の welded tuff 上下部などからの反射波が期待できるものとおもわれる。また予想される反射面までの深度は、それぞれ地表より2km および 500m 前後であることが地表調査から推定される。また反射面の状態は、その地質の歴史が隆起、噴火、陥没等の経過から予想して非常に複雑であること

が考えられる。測線上でみれば、爆発孔 I から II の方向、すなわち火山中心部から断層へ進むにつれて複雑さが増加するとおもわれる。以上のことを考慮して測線は第1図に示すように松川温泉北東部から南西部にかけて、約2km にわたり設けた。測線中に20m 間隔で105点の受振点を設け、また爆発点は約350mの間隔で7点、深度は5~10m である。また多孔爆発用として手掘りによる5孔で深度各1mの爆発孔を数カ所設けた。まず I, II, III 各爆発孔を使い地震計間隔20mの



第1図 位置図



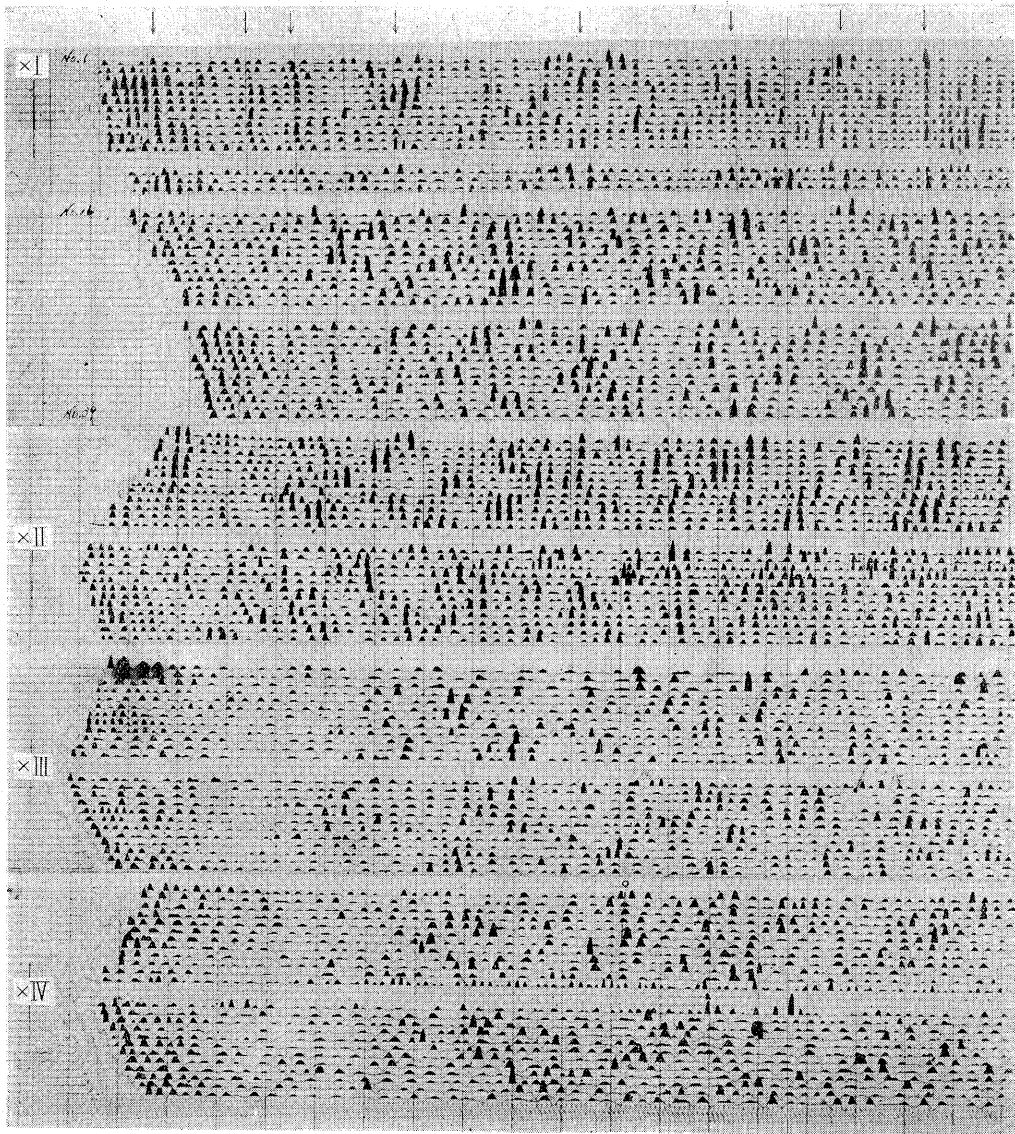
第2図 松川地域物理探査測線配置図

単設置で、単孔の爆発の組合わせで観測した。この方法では表面波が顕著に現われ、反射波を認めることはできなかった。これは爆発孔が比較的浅かったために表面波が卓越したものと考えられる。次の組合わせとして群設置、単爆発を行なった。すなわち地震計間隔3mまたは5mで地震計9個の群設置を行なった。この結果、表面波の消去と、わずかながら反射波らしきものを認めることができた。さらに火薬量の増加と、一部手掘りによる群爆発を併用して、全測線にわたってこの方法で観測した。また地表付近およびその下部の速度分布を調べる意味で、地震計間隔20mで遠隔爆発による屈折法を一部行なった。

使用器械はアメリカ E. T. L. 社製 FR-1 型地震探鉱器を用いた。本探鉱器は記録時には広帯域周波数特性の状態に磁気録音し、再生時に電気的ロ波器を通して反射波をとりだす方式で当地域では56~28 c/secのロ波器が最も有効であった。記録装置は、放電電極を用いて1成分ずつ放電記録紙に記録する。地震計は NEC 製 VP-202 型を使用した。

4. 観測結果

第3図は得られた反射記録の一例を示す。この記録は濃淡法 (variable area) と呼ばれる表現法によるものである。全体的にみて、反射波振幅対雑振動振幅比は低

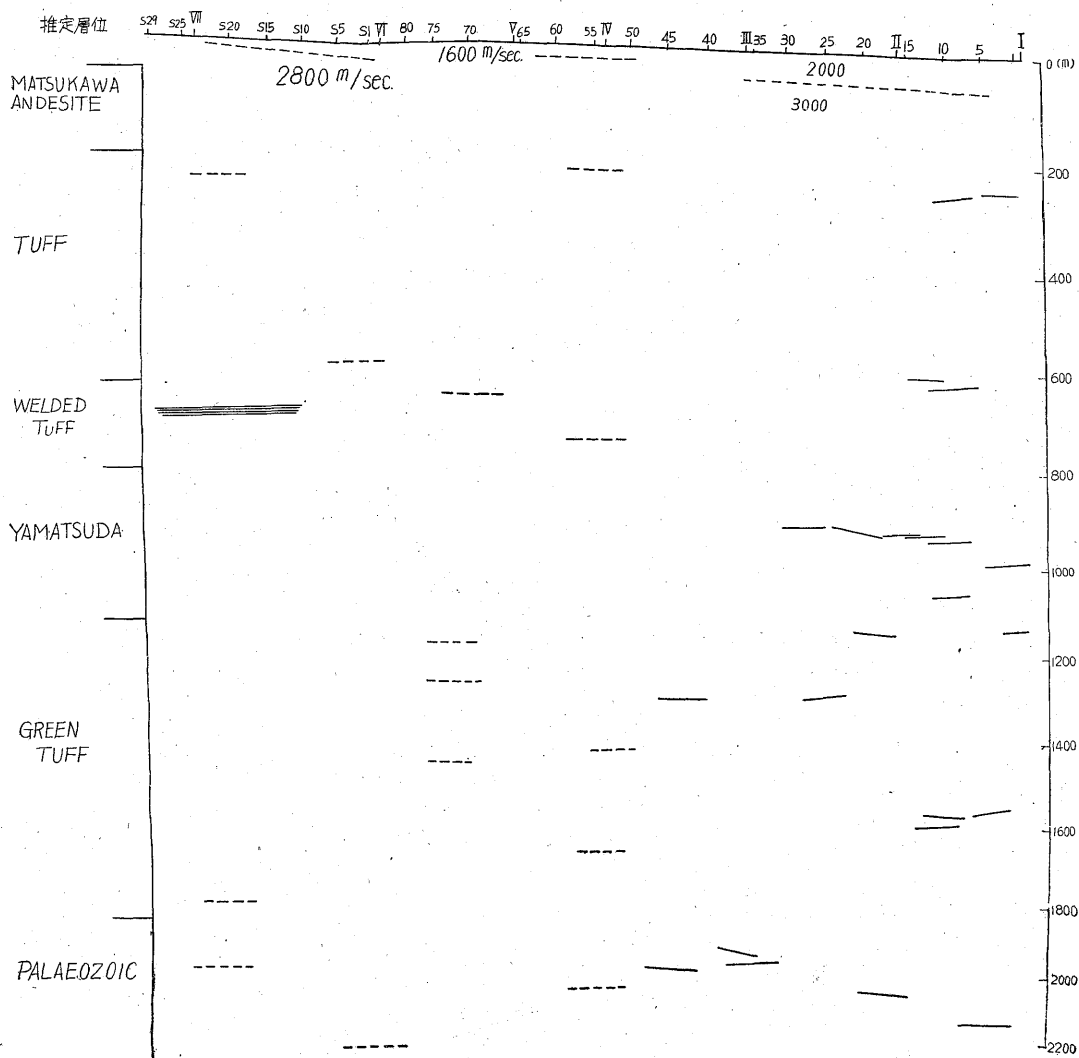


第3図 反射記録の一例

く、連続する位相が少ない。また解析の際の速度の決定は重要な問題であるが、一応後記の室内実験の資料から、平均速度 2 (地表) → 3 (0.2 sec の場所) km/sec と直線的に増加するものと仮定して、概略の深度断面を求めたものが第 4 図である。

950m 付近および 2,000m 付近にやや連続する反射面が認められるが、他はほとんど連続しない。また爆発 V, VI に近づくに従って反射波の信号対雑音比の低下していく傾向が認められる。このように、反射波の質が変わっていくことは、地熱による変成作用および外輪山内部の破碎帯となんらかの関係があるものとも考えられる。次に以上の反射断面と地質層序との関係を求めるわけであるが、これはかなり困難な問題である。筆者らは現地の露頭および試掘コアの資料について孔隙率、密度

および岩石速度を求めてみた。このうち速度値は超音波法によって得られた値であり、また含水率その他の条件からも必ずしも屈折法からの結果と厳密な対応をつけることには問題はあるが、反射面となりうる境界面を考慮するには有効な手段と思われた。第 1 表から明らかなように、各層について音響インピーダンスの差を求めてみると、古生層の上面境界、および welded tuff 下部山津田層上面境界が最も大きく、同層中の tuff breccia の上面境界がこれについている。その他の境界においては、その差はあまり顕著でない。以上のことから第 4 図に示すように 950m および 2,000m 付近の反射面は、それぞれ山津田層上面および古生層上面に対応するものと考えた。



第 4 図

5. 考 察

筆者らは、できるだけ明瞭な反射波を捕捉する目的から、

(1) 地震波の発生には多孔爆発法を、受振においては群設置法を用いた。

(2) 磁気記録式の観測装置を用いて、再生の際多くの周波数分析から、最も明瞭な反射波を求めた。

(3) 記録の表現方式として濃淡法 (variable area) を用い、反射波の最も妥当で可能性の多い位相を取上げる等の手続きをとった。

その結果、予想よりはやや良好な反射波を一応捕捉しえたが、しかし、これらの努力にもかかわらず堆積構造地帯における反射波に較べると、遙かに信号対雑音比が

低く、位相の連続性にも欠けている。これは、このような地域における地層の弾性的性質から本質的に止むを得ないことがらともいえるが、一方爆発作業等が爆発孔等の関係から必ずしも十分な条件で行なわれていないことも考慮する必要がある。爆発孔の掘さくは山岳地帯であるために、運搬等の制約から大型掘さく機の利用が困難で、このことは現場作業として深刻な問題である。

(4) 地熱の中心地域と思われるところで、各反射層の信号対雑音比が低下し、位相の相互関係のつけにくくなることは、熱源地域の fractured zone と考えると説明がつく。

(5) この意味から将来広い範囲に測線を設けて、反射波の質の分布を求め、これから地熱分布との関係を推定する方法も考えられる。(昭和 34 年 9 月調査)