

24. 伊豆大島湯場地域における地熱調査

地震研究所 上田 誠 也

(昭和 31 年 9 月 25 日発表—昭和 31 年 9 月 30 日受理)

§1. は し が き

地中温度、或は地熱を地球物理学的な興味にもとづいて測定することは、諸外国においては古くから行われ、最近では益々盛になつてきた。我国では、この方面の測定は余り行われておらず、特に地中からの熱輸送量の場所的、時間的变化を問題とした試みはないようである。我々は地中からの熱輸送量が、地殻内部の他の地球物理学的諸現象と、どういふ関係にあるかという点に興味をもっている。このためには、出来るだけ深い坑での地温測定を広く行うことが必要なのであるが、そのような試みのための全くの予備実験として、1956 年 7 月末、伊豆大島湯場附近の小地域に於て地温測定を行つた。

坑の深さは最大 2 m であつて、地殻内の状態を調べるという目的のためにはおよそ不充分なものではあるが、上記のように予備実験として行つたものであるから仕方がない。

§2. 測定地及び測定法

地温測定を行つた伊豆大島湯場は、Fig. 1 の示すように、三原火山外輪山八合目に位し、地中から水蒸気を噴出する天然の蒸風呂として知られている。このような蒸風呂は、大島では他処には見られないものであるので、極めて局地的な機構によるものと考えられる。従つて、我々の行つたような小規模の調査には適したものであろうと判断された。この辺りの地表には、熔岩の露出はすくなく、樹木の繁茂した土壤に覆われている。土壤の厚さは場所によつて異なるが、高々数 m である。蒸風呂の蒸気は熔岩の露出の間隙から噴出しているが、その噴出は甚だ緩慢である。

Fig. 2 は、湯場附近の概略地形図であり、我々の測量に依つたものである。番号を附した黒丸は、地温測定が行われた地点である。

温度測定は、サーミスターの電気抵抗の温度変化によつて行つた。サーミスターの抵抗温度特性は周知の如く、

$$R = J \cdot e^{B/T}$$

但し、 R ……抵抗 (Ω)

T ……絶対温度 ($^{\circ}\text{K}$)

J, B ……与えられたサーミスターの常数、

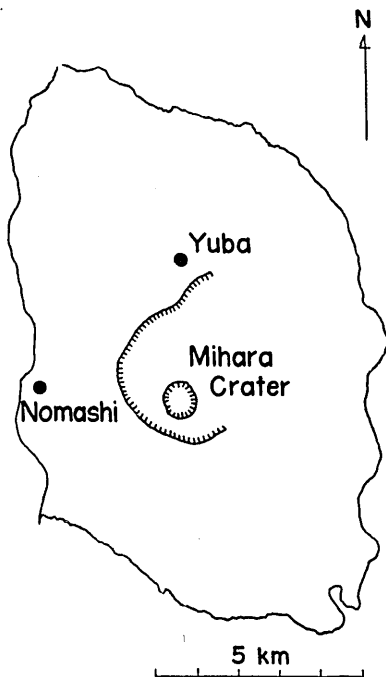


Fig. 1. Map of Ooshima Island, Izu.

1) 伊木常誠 地震研究所彙報 2 (1927), 109.

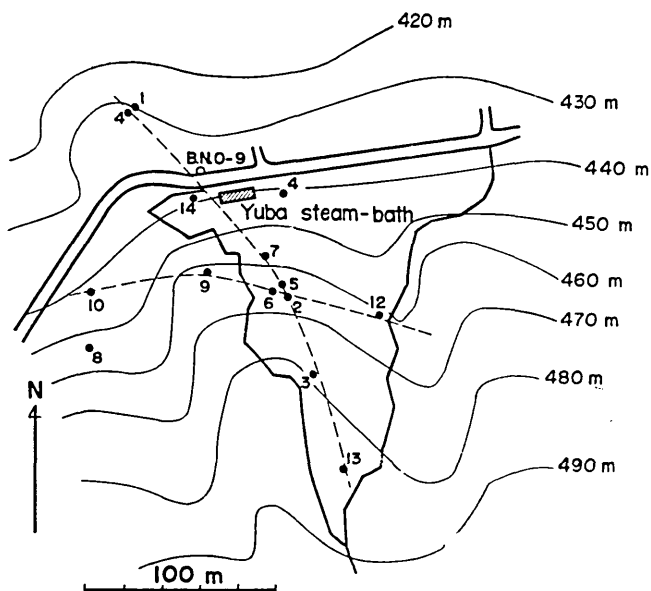


Fig. 2. Map of Yuba district, Ooshima Island.

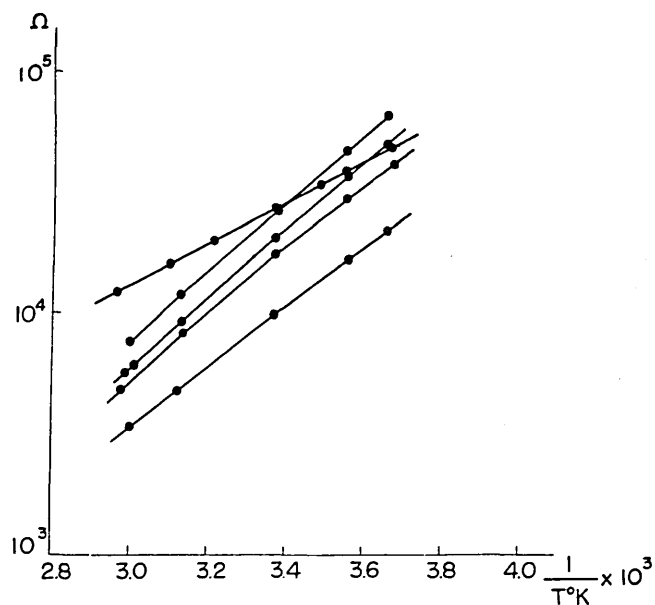


Fig. 3. Temperature-resistance characteristics of the thermistors used.

と表わされる。(但し B は僅かに温度変化をする場合が多い。) 使用したサーミスターの検定結果は Fig. 3 の通りである。温度 1° の変化に対して数百 Ω の抵抗変化があるので、ホイートストーン・ブリッジ法で抵抗を測れば、 0.1° の精度で温度を測定すること

は容易である。サーミスターとブリッジによる方法は、温度の遠隔測定を要する野外での地温測定等の場合、導線を長くしてもその影響が誤差範囲内に入ってしまう点においても、コールドジャンクションの不要な点においても、熱電対等による方法に比べて優れているようである。

実際の測定に当つては、測定地点に、真鍮尖頭付の肉厚 2 mm, 内径 15 mm の硬化ビニール管を垂直に埋設し、その中にサーミスターを挿入した。硬化ビニール管の長さは 1 m 及び 2 m であつた。

管の埋設に伴う地温の擾乱の影響は、測定を管埋設数時間後に行えば、既に問題とならぬことは理論的にも予想されるが、実際にもそうであつた。ボーリング坑等の場合には、温度の擾乱が大きく、その影響がなくなるには相当の期間を要するといわれている²⁾。使用サーミスターは、径約 2 mm の小球であつて時定数は極めて短い。防湿及び衝撃防止のためにビニール管被覆のガラス管中に封入してあるので、硬化ビニール管中に挿入してから温度が一定になるまでには約 30 分を要した。

Table I. Observed temperatures and estimated heat flows.

Hole No.	Time	Temperature °C			Q_Y	$Q_Y - Q_N$
		Surface	Depth 1 m	Depth 2 m		
1	July, 26, 15h	22.6	17.5			
"	27, 12	22.6	17.4			
2	26, 16	24.0	22.4	24.9		
"	27, 15	24.2		24.9	2.9	} 7.5
"	28, 9	22.5	21.9			
"	29, 10	24.0	21.8	24.9		
3	26, 17	23.5	20.5	17.9		
"	28, 10	24.4	19.9	17.8	- 2.2	} 2.4
"	30, 12	25.8	19.6	17.8		
4	27, 12	22.6	19.0	15.8	- 3.2	1.4
5	27, 16	24.4		21.5	0.3	} 4.9
"	28, 10	25.4	21.2	21.5		
6	28, 9	26.0	37.9(0.9m)			
7	28, 11	25.7	21.6			
8	27, 15	25.0	19.5			
9	28, 9	22.6		14.0		
"	28, 11	24.2	17.0		- 3.1	} 1.5
"	29, 15	25.8	17.1	13.9		
10	28, 12	25.8	19.9	16.5	- 3.4	1.2
11	28, 14	26.2	22.0	16.7 (1.5m)	-11.0	-6.4
12	28, 13	24.8	20.1	15.5 (1.8m)	- 6.0	-1.4
13	29, 9	22.8	17.7	14.9	- 2.8	1.8
14	29, 16	24.0	24.6	25.0(1.25m)	1.3	5.9

2) E. C. BULLARD, *M.N.R.A.S. Geophys. Suppl.*, 5 (1947), 127.

§3. 測定結果

地温測定結果は Table I の通りである。表からみられるように、深さ 1 m の点では温度は測定時刻によつて多少変動を示すが、2 m の点では略一定している。従つて季節変化のような緩慢な変化は当然期待されるとはいえ、深さ 2 m の点では、地中温度の日変化は甚だ小さいとみることが出来る。勿論地表温度は測定時の日射量に直接大きく支配されている。なお、調査期間中にも、その前約 10 日間にも降雨はなかつた。

これらの結果にもとづいて、深さによる温度変化を図示すれば、Fig. 4 のようになる。

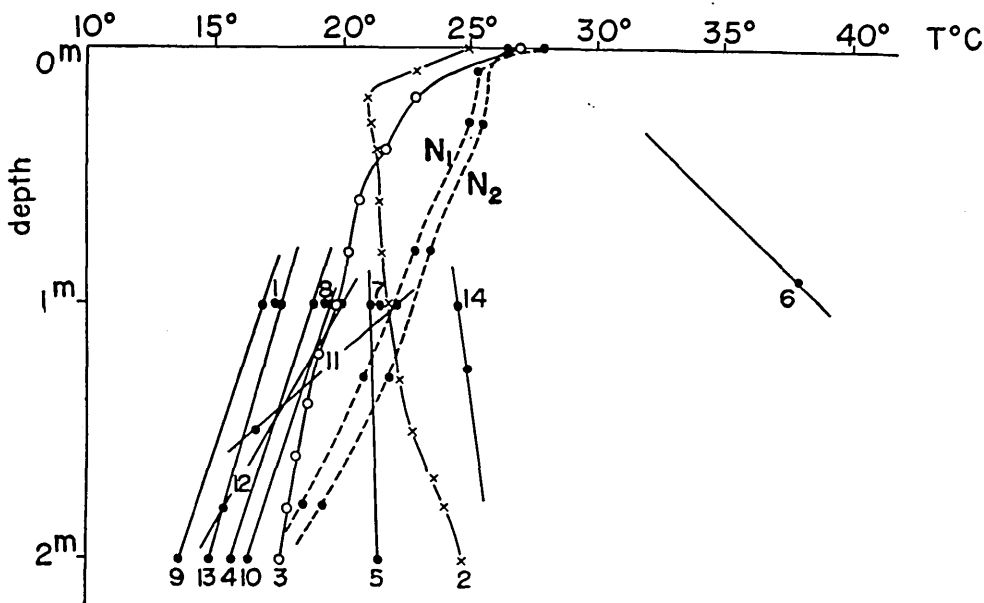


Fig. 4. Temperature-depth curves for each hole.

孔 No. 2 及び No. 3 については、深さに対する温度変化はやや詳しく測定されている。温度勾配が大きく変化していて、外部の気象条件に大きく支配されているのは、約 20~30 cm 迄であることが見られよう、この図において、破線は、現場より約 4.5 km 離れた野増村の地震研究所大島支所の庭に埋設した管中での測定結果である。N₁ 及び N₂ は、それぞれ硬化ビニール管及び鉄管を埋設したもので、互に約 50cm 離れている。N₁ と N₂ の温度の差異は、硬化ビニールと鋼鉄の熱伝導率の差異によつて生じたものと考えられる。N₁ の方が真の地中温度に近いものであろう。野増村での地中温度が、湯場附近での地中温度より一般的に高いのは、高度差による気温の違いに帰せられるべきものである。しかし、温度勾配を比べてみると、湯場附近の方が、平均的にみて、深さによる温度低下がすくない。若し、野増村での温度勾配を、大きくみたこの島全体での平均的なものと仮定し、更に土壤の熱伝導率も略等しいとみなせば、湯場附近には確かに地下に局地的熱源が存在することが考えられる。

次に Fig. 4 にもとづいて、測定点 10, 9, 6, 2, 12 を連ねる線、及び 4, 14, 7, 5, 2, 3, 13 を連ねる線 (Fig. 2 に破線をもつて示した) を含む二つの鉛直断面での等温線図をかいてみると Fig. 5 a), b) のようになる。但し、湯場の蒸風呂の蒸気の温度が調査時には

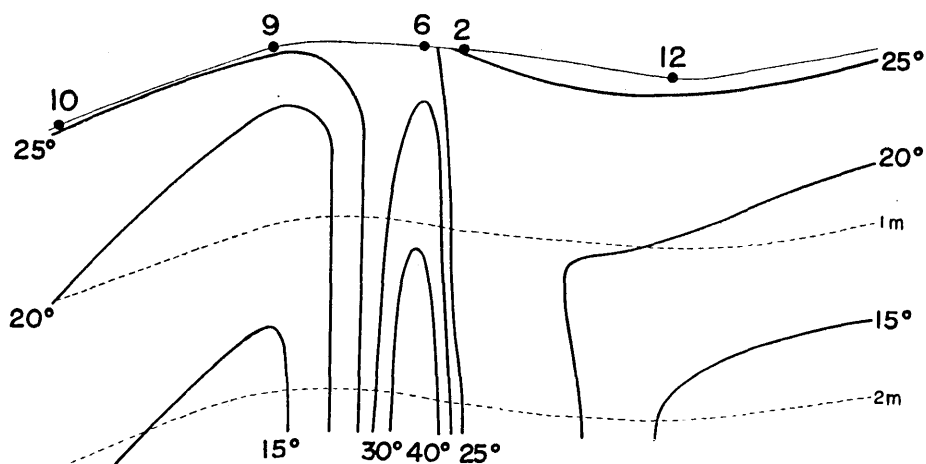


Fig. 5, a. Temperature profile of the vertical section passing through the holes 10, 9, 6, 2 and 12.

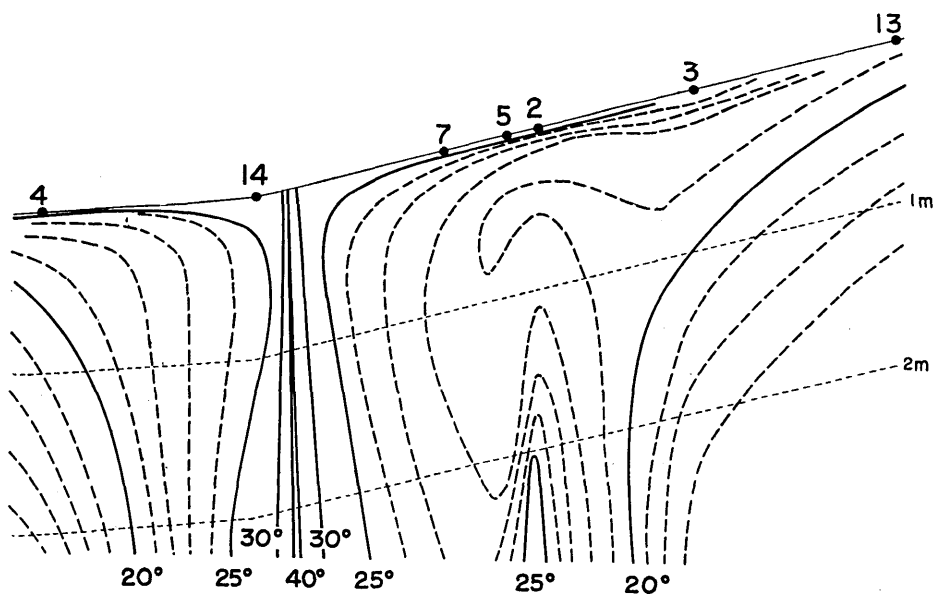


Fig. 5, b. Temperature profile of the vertical section passing through the holes 4, 14, 7, 5, 2, 3 and 13.

42°であつたことから、その場所では42°の等温線は地表にまで到つているとした。更に状態を見易くするために、この地域での水平等温線図を画いてみると大凡Fig. 6のようになる。(但し、測定値の多い深さ1mでのものである。)深さ1mでは測定値は時間的に多少変動しているから、この図はもとより概略的なものである。それでも、湯場蒸風呂の地点の他にも、測点6の近傍に高温部分が上昇して来ていることは明らかであろう。

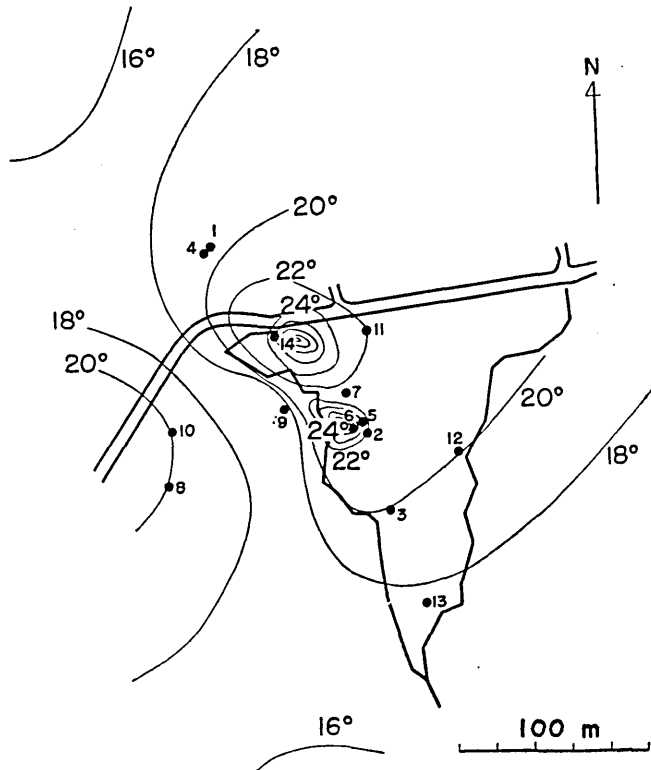


Fig. 6. Isothermal contour map at the depth of 1 m.

単位面積当りの、単位時間中の、熱伝導による熱輸送量 (Q_r) は、一般に、

$$Q_r = K \frac{dT}{dh} \quad (K \cdots \text{熱伝導率}, T \cdots \text{温度}, h \cdots \text{深さ})$$

である。いま各測点での熱輸送量を、この式によつて概算してみたものが Table I に掲げてある。 K としては、土壤についての値として、 $0.001 \text{ cal/cm. sec. deg.}^3)$ を用い、 $\frac{dT}{dh}$ としては、深さ 1 m 及び 2 m での平均温度勾配の値を用いた。 $Q_r < 0$ の測点では、熱は外部から内部に向つて流れているのであるが、これは勿論、気象学的な因子によるものである。一方、野増村の地震研究所支所庭での熱輸送量 (Q_N) を同様の仮定で計算すると、

$$Q_N = -4.6 \times 10^{-5} \text{ cal/sec, cm}^2$$

である。4.5 km も離れた地点での土壤の K の値を等しいと仮定することには大いに問題はあるが、ここではそれを仮定する。さて、この値を、大きく見たこの地域、例えば大島全体での、この深さにおける気象学的熱流入量の平均とみなすと、湯場地域での局地異常

3) 正しくは、 K の値は現地において実測さるべきものである。八鉄利助 海と空 **10** (1930), 95.

値は、 $Q_F - Q_N$ とみてよいことになる。但し Q_F は湯場での熱輸送量のなまの値である。深井温度測定等で得られている、世界的な平均地熱輸送量は、概ね 1×10^{-6} cal/cm². secであり、一桁小さいものであるから考慮しないことにする。 $Q_F - Q_N$ の値は Table Iの最右列に記してある。こうしてみると、概して湯場近傍では、異常に大量の地熱が外部に向つて流れていることが見られるであろう。

§1にのべたように、この地熱調査は、更に大規模な地熱調査のための予備実験であつた。非常に狭い地域において、非常に浅い孔中で温度測定を行つたにとどまるが、今後の研究のための準備として、一応所期の目的を達したので報告する。

終りに、現地までおもむいて、終始御指導、御援助を得た力武常次助教授、横山泉、中村英世両氏及び図版作製に御助力を得た佐藤節子嬢に御礼のことばを申し上げる。

24. *A Geothermal Survey at Yuba in Ooshima Island, Izu.*

By Seiya UYEDA,

Earthquake Research Institute.

A brief survey of underground temperature at Yuba in Ooshima Island was made (Fig. 1). Yuba is known for a natural steam-bath and is located on the outer slope of the somma of the Volcano Mihara. The temperature measurement was conducted by thermistors. 14 hard vinyl-tubes with a length of 1-2 m were buried vertically around the steam-bath as seen in Fig. 2 and the thermistors were inserted into them. The results are listed in Table I and Fig. 4, in which it is noticed that the temperature rises with depth actually in some holes near the steam-bath. Based upon these data, temperature profiles for the vertical sections passing through the holes 10, 9, 6, 2, 12 and 4, 14, 7, 5, 2, 3, 13 (Fig. 5 a, b) and an isothermal contour map at a depth of 1 m (Fig. 6) were tentatively plotted. An underground hot body separated from the steam-bath itself can be clearly observed from these figures. By using the observed temperature gradient at a depth between 1 m and 2 m and by assuming the thermal conductivity of the soil as 0.001 cal/cm. sec. deg., the approximate amount of heat flow was estimated to be of the order of 10^{-5} cal/sec. cm² near the hot bodies. (The amount of the heat flowing-in due to the meteorological factors was eliminated empirically.)
