



Title	5. 屈斜路カルデラ内のボーリング・コアの物理的諸性質について
Author(s)	西田, 泰典; NISHIDA, Yasunori; 横山, 泉 他
Citation	北海道大学地球物理学研究報告, 14, 53-58
Issue Date	1965-09-20
DOI	https://doi.org/10.14943/gbhu.14.53
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/13897
Type	departmental bulletin paper
File Information	14_p53-58.pdf



5. 屈斜路カルデラ内のボーリング・コアの 物理的諸性質について

西田 泰典・横山 泉

(北海道大学理学部地球物理学教室)

— 昭和40年4月受理 —

I. ま え が き

北海道屈斜路カルデラは、直径約20 kmの世界でも最も大きいカルデラの一つであり、また著者の一人横山¹⁾によって、45 mgalにもものぼる低重力異常が報告されている場所でもある。このように大きな低重力異常は、軽石、火山灰または集塊凝灰岩の堆積の影響によるものであり、火山性地域の地下構造や噴出の機構を研究する上に何らかの糸口を与えるものではないかと思われる。

このカルデラの内側東方で、1962年から63年にかけて電源開発株式会社の手により、地熱調査のためのボーリングが数本行なわれた。そのうち沼湯の近くに掘られた、最も深い1000 mボーリングのコアを入手する機会を得たので、コアの物理的諸性質を調べた。

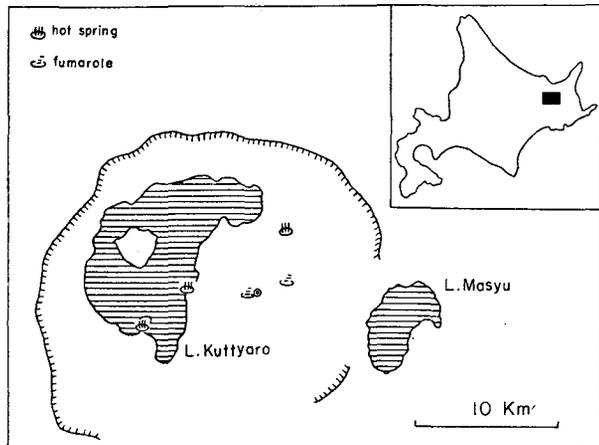
II. 測定結果およびその説明

種々の測定の結果は第2図にまとめて示すが、個々の説明は次の通りである。

1) 地質柱状図

ボーリング地点の海拔標高は190 mで、カルデラの中心から約4 km離れた、Post-caldera domeで囲まれた盆地内に位置している(第1図)。基盤よりも密度の小さいカルデラ堆積物のこの辺における深さは、密度差を0.3 gr./ccと仮定すれば、重力異常の解析により約2 kmと見積られる。

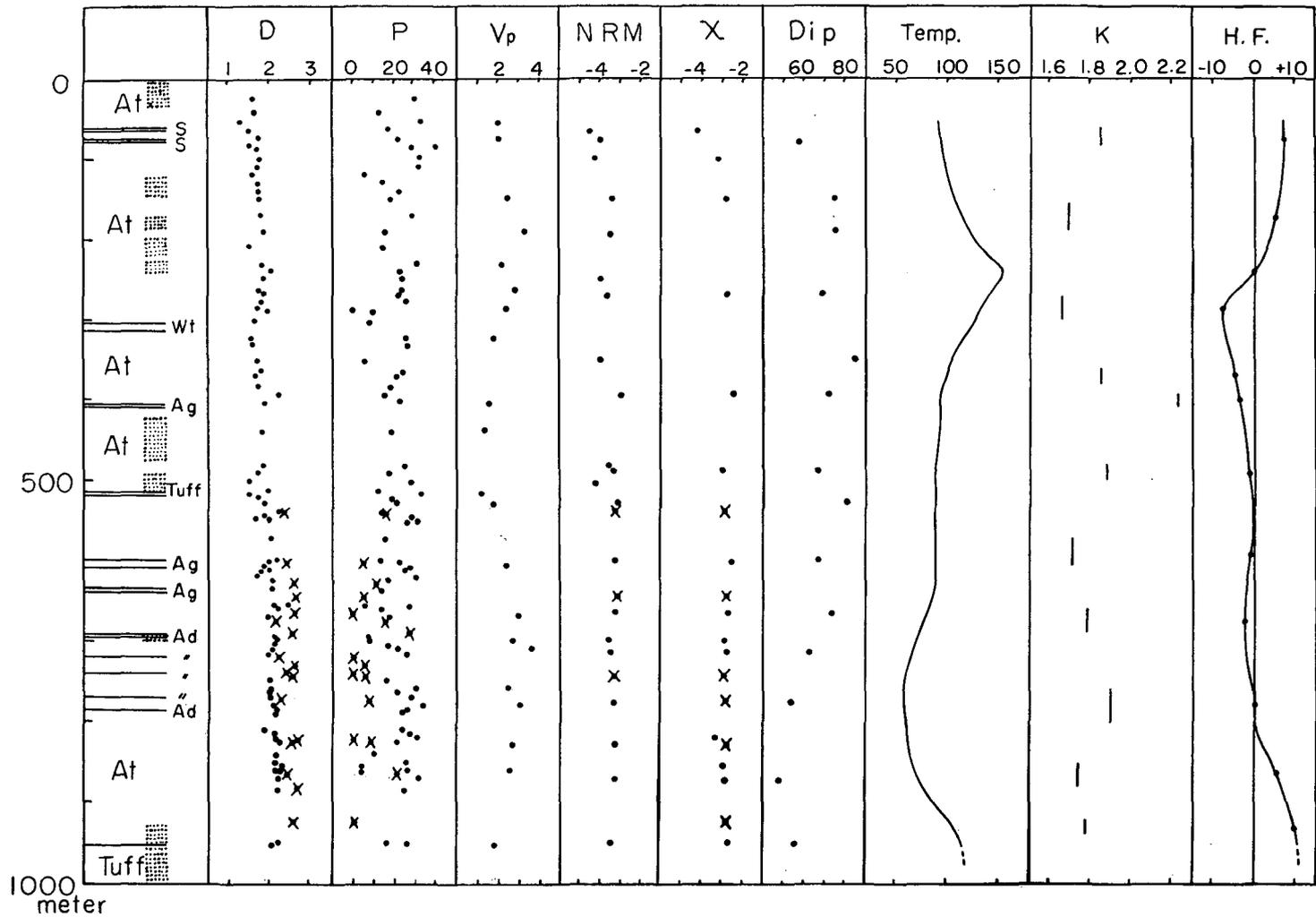
コアの大部分は集塊凝灰岩であるが、一部熔結凝灰岩、極く少量の安山岩質の熔岩破片を含んで



第1図 屈斜路カルデラ (◎印はボーリング位置)

Fig. 1. Kuttaryo Caldera. Double circle denotes the boring site.

1) I. YOKOYAMA; Gravity Survey on Kuttaryo Caldera Lake, Jour. Phys. Earth., 6 (1958), 75.



第2図 測定結果

Fig. 2. Various physical properties of the boring cores.

いる。熔岩部分の総延長は、ボーリングの深さ 1000 m のうち約 20 m に過ぎない。また、カルデラ堆積物は多孔質で軽石状のものが多く、種々の深さにおいて、コアの採集は不可能であった。特に 970 m 以下においてはそれが甚しいようである。多孔質もしくは軽石状のものが甚しく多い部分については、第 2 図の地質柱状図に斑点をほどこし、熔岩片は一般にカルデラ堆積物とは物理的性質が異なるので、図中では×印を使って堆積物と区別した。又図中で、S は砂岩、Ag は集塊岩、At は集塊凝灰岩、Wt は熔結凝灰岩、そして Ad は安山岩片を示している。

2) 密度 (D): 単位は gr./cc.

含水飽和状態で測定した。深さの増加に伴って密度は増加する傾向を示し、深さ 1000 m 付近では 2.2 gr./cc に達している。カルデラ堆積物と基盤岩との密度差の平均値 0.3~0.4 gr./cc は、45 mgal にもほる低重力異常の原因となっている。

3) 孔隙率 (P): 単位は %.

これはコアの試料片の孔隙率であるが、柱状図の斑点はその深さにおけるこれらの物質の集合状態が粗であることを示すものである。熔岩片を別とすれば、カルデラ堆積物は非常に多孔質である。これは噴火の規模と形式とに関して示唆を与えるものであろう。

4) 弾性波(縦波)の速度 (V_p): 単位は km/sec.

含水飽和状態のサンプルに超音波パルスを与え、シンクロスコープを用いて測定した。その値は 2~4 km/sec の間にあり、凝灰岩としては普通の値である。しかし、密度の変化からわかるように深所へゆくほど圧力によって膠結されるにもかかわらず、弾性波速度は系統的には変化していない。これは深さによって、例えば同じ集塊凝灰岩であっても、その構成物質が種々に異なる為であろうと考えられる。

5) 自然残留磁気の強さ ($N.R.M.$): 単位は emu/gr. で、対数で表わしている。

無定位磁力計を用いて測定したが、熔岩片を除けばすべて 10^{-4} ~ 10^{-3} emu/gr. である。

6) 帯磁率 (χ): 単位は emu/gr. で、対数で表わしている。

無定位磁力計を用いて測定したが、ほとんど 10^{-3} emu/gr. のオーダーである。第 2 図において N.R.M. と χ のグラフを比較してみると、両者が非常によく比例しており、熔岩片を除けば自然残留磁気の強さは帯磁率のほとんど半分の値を持っていることがわかる。現在この地域での地球磁場の強さは約 0.4 emu であることを考慮すると、集塊凝灰岩の持っている自然残留磁気は主として、等温残留磁気として獲得されたものであろう。自然残留磁気の強さや帯磁率は、温度によって変化するのであるが、後で述べるように、このボーリング井で測定された地下温度は 50~156°C の範囲におさまっているから、その影響は著しくないと考えられる。

7) 伏角 (Dip): 単位は度。

深さの増加に伴って減少する傾向を示しているが、これは堆積残留磁気 ($D.R.M.$) の影響によるものであると考えられる。

8) 温度分布 ($Temp.$): 単位は °C.

掘削終了後6日をおいて電源開発株式会社の手により、サーミスター温度計を用いて測定された。これはボーリングによる攪乱を避ける為である。それによると、約230m附近までは深さの増加と共に上昇、1000mの範囲のうちでの最高温度156°Cに達する。さらに深さが増すと、今度は不規則に減少、800m附近で50°Cとなり、その後は再び深さと共に上昇する傾向を示している。

9) 熱伝導率 (K): 単位は $\times 10^{-3}$ cal/cm sec °C.

4つの種類の異なったコア・サンプルについて、含水飽和状態で、divided-bar-methodにより測定した。その値は、

集塊凝灰岩; 1.66 集塊岩; 2.30

凝灰質砂岩; 4.92 安山岩; 5.36

であるが、これらの値は同じサンプルにつき乾いた状態で測定した値の1.3~2.4倍の値となっている。

ここで、厚さ d の物質が、それぞれ熱伝導率 k_1, k_2, \dots, k_n , 厚さ $\delta_1, \delta_2, \dots, \delta_n$ の平行平板で成り立っているものとする、積層の垂直方向の物質全体の熱伝導率 K は、

$$K = \frac{d}{\frac{\delta_1}{k_1} + \frac{\delta_2}{k_2} + \dots + \frac{\delta_n}{k_n}}$$

なる式で表わされることが知られている。そこで、地下においても上記4種の岩石が互層状をなしていると仮定して、詳しいコアの地質柱状図を参照し、各深さで約30mづつの厚さについて熱伝導率を計算した。その結果は、第1表および第2図に示す。図中の縦棒の長さは、熱

第1表 熱流量の深度分布
Table 1. Distribution of heat flow.

Depth (m)	Thermal Conductivity ($\times 10^{-3}$ cal/cmsec°C)	Temperature Gradient ($\times 10^{-3}$ °C/cm)	Heat Flow ($\times 10^{-6}$ cal/cm ² sec)
60~86	1.85	3.85	7.12
156~190	1.69	3.24	5.48
270~300	1.66	-4.67	-7.75
360~380	1.85	-2.50	-4.61
390~408	2.22	-1.67	-3.71
480~500	1.88	-0.75	-1.41
570~608	1.71	-0.52	-0.91
660~690	1.78	-1.33	-2.37
760~800	1.89	0	0
850~880	1.74	3.17	5.52
920~930	1.78	5.50	9.81

伝導率を合成した厚さを表わしている。

10) 熱流量 (*H.F.*): 単位は $\times 10^{-6}$ cal/cm² sec.

各深さについて、温度勾配および合成熱伝導率から熱流量を求めたが、その結果を第1表および第2図に示す。ここで、熱流量が正の値を示す部分は熱が地表に向って流れ、負の部分は熱が逆に向って流れていることを示している。第2図に示した結果から、垂直方向の熱流のモデルを考えると、屈斜路カルデラの活動の余燼の影響によるものと思われる熱が 1000 m 以下の深い所から上昇してきて (深さ 930 m では 9.81×10^{-6} cal/cm² sec の熱流量を持っている)、800 m 附近の冷熱源の為に吸収され、又 200~280 m 附近の、厚さ 80 m におよぶ高温地下水層によるものと思われる高熱源からは、そこより浅い方と深い方へと熱が流れ出ており、浅い方への熱流はそのまま地表へ、そして深い方への熱流は横方向へ吸収されながら深さ 420 m 付近まで続いている、という解釈をすることが出来る。

特に深さ 200~280 m の熱源から流れ出た地表方向への熱流に言及すると、岩石の熱伝導率よりもむしろ、異常に大きい温度勾配に強く影響され、深さ 75 m 附近では 7.12×10^{-6} cal/cm² sec もの熱流量がある。75 m より浅い部分の温度分布については、ボーリング孔を通しての地上からの攪乱の為か、あまり信頼性の高いデータが得られておらず、熱流量の計算は出来なかったが、恐らく地表面からも 7×10^{-6} cal/cm² sec 程度の熱が放出されているものと考えてさしつかえないように思われる。実際に噴気孔から蒸気の噴出している現場を考えると、このように大きな値が得られたことは妥当であると考えられる。

なお西村雅吉、室住正世²⁾博士により、500 m ほど離れた地点での別のボーリングから得られた地下水が化学分析されているが、それによると、地表より、少なくとも深さ 308 m までにわたってアルカリ金属イオン (Na⁺, K⁺) や Cl⁻, HCO₃⁻ に富む水が一様に胚胎し、深さ 170 m 附近で SO₄⁻², Ca⁺², Mg⁺² に富む水が横から流入している、という結果が出されている。従って、多少深さのずれがあるが、SO₄⁻², Ca⁺², Mg⁺² に富む水が横から流入しているということは、深さ 200~280 m に高温地下水層が存在しているということを裏づけているものと見てよいようである。

III. あとがき

以上のような、いろいろな角度からのボーリング・コアの調査は、はじめに述べたように火山性地域の地下構造を決める上に非常に大切なものとなってくると思われる。熱流量に関しては、この稿においては量的な議論しか出来なかったが、今後更に機構に関する議論を進めてゆく必要がある。

おわりに、試料を提供して下さった、電源開発株式会社へ深く感謝いたします。

2) 私信によるもので未発表。

5. A Note on Physical Properties of Boring Cores dug at Kuttyaro Caldera, Hokkaido

By Yasunori NISHIDA and Izumi YOKOYAMA

(Department of Geophysics, Faculty of Science, Hokkaido University)

At the middle of Kuttyaro Caldera, a series of boring for the purpose of preliminary investigation of developing geothermal energy was carried out by the Electric Power Development Company Limited, in 1962 and 63.

The authors measured the various physical properties of the 1000 meters boring core which is the deepest in a series of boring: i.e. density, porosity, seismic P-wave velocity, intensity of natural remanent magnetization, susceptibility, magnetic dip, temperature distribution in the boring, thermal conductivity, and heat flow.

According to the results of the last three kinds of measurements, heat flow from abnormal heat source beneath a depth of 1000 meters, which may be characteristic of some remnants of activities of Kuttyaro Caldera, is wholly absorbed by heat sink of low temperature at a depth of about 800 meters, and besides the above deep source, there is another heat source at a depth of about 200 meters, perhaps due to a horizontal water current. The latter is also confirmed by chemical analysis of water in the boring and this is an origin of heat flow as large as 7×10^{-6} cal/cm² sec observed at the earth-surface.