

17. 櫻島に於ける地球磁氣觀測結果 及び新熔岩の磁氣的性質*

地球物理學教室 原 田 美 道
地球物理學教室 畠 山 勉
地球物理學教室 大 林 辰 藏

(昭和 21 年 5 月 21 日 發表——昭和 21 年 6 月 30 日 受理)

緒 論

火山或ひは其の噴火に伴ふ地球磁氣異常現象の觀測は既に三宅島、⁽¹⁾大島、⁽²⁾淺間山、⁽³⁾⁽⁴⁾更に昭和 14 年の櫻島小噴火⁽⁵⁾に就いて永田先生、水上博士等に依り行はれ、其の活動と地球磁氣變化との及び其の局部異常現象に就いて論ぜられ其等の間の興味ある問題を示されたが、今回の櫻島噴火に際しても其の局部異常、及び噴出活動が地球磁場へ及ぼす影響を明らかに爲すべく 3 月 23 日より 4 月 17 日に亘り櫻島周邊に於ける地球磁氣觀測を行つた。前回の小噴火に際しては噴火活動期間中の記録は無く今回が始めてでもあるので興味ある結果が得らるゝの豫想の許に行つた。

§ 1. 測點及器械の精度

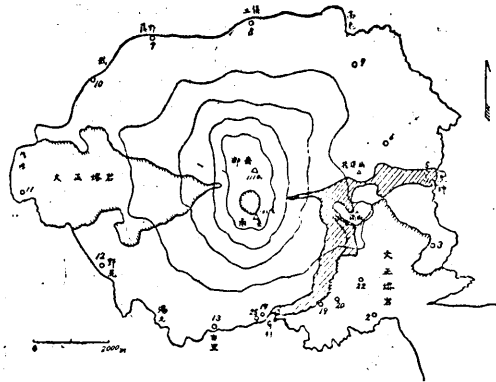
櫻島の帶磁に依る地球磁氣局部異常の觀測は主として其の周邊の偏角異常の觀測に依つたものであるが、其の測點は圖に示される地點で、各地點の地理的方位は太陽觀測に依つて得られたもので、測點は圖に見られる如く約三十度毎に平坦地を選定した。

使用した器械は Kew 型を改良した器械で其の精度は $\pm 5'$ であり、今回の異常量の大きさから見て充分な精度であつたと考へる。

別に、噴火活動と地球磁場變化との關係を明らかにすべく、有村の民家に於て、偏角變化計、水平磁力變化計に依る ΔD 、 ΔH の連續觀測を行つたが、その際用ひられた器械の感度は ΔD の方では $1.44'/\text{mm}$ 、 ΔH では $2.50\gamma/\text{mm}$ 光挺距離は各々 1 米であつた。

* 永田囑託紹介

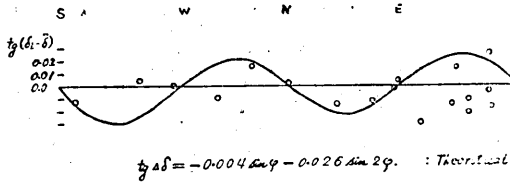
- 1) 永田 武 震研彙報 19 (1941), 336.
- 2) 永田 武 震研彙報 16 (1938), 288.
- 3) 永田 武 震研彙報 19 (1941), 336.
- 4) 水上 武 震研彙報 18 (1940), 237.
- 5) 津屋弘遠 水上武 震研彙報 18 (1940), 358.



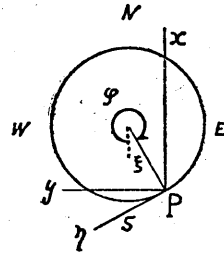
第1圖 櫻島に於ける磁氣測點の分布

§ 2. 櫻島周辺の地球磁氣異常

櫻島の構成物質の帯磁に依る偏角異常の観測結果は第2圖で示さる。此處では $tg(D_0 - \bar{D})$ の値が表はされる。但し、 \bar{D} は異常値の平均を示す。



第2圖 偏角異常量の實測値



第1圖—(2)

一方此の結果の解析⁽⁶⁾から其の帯磁の方向、及び其の磁氣的性質を知る目的から、假りに島全體が一樣に帯磁され、更に計算の簡便の爲に近似的に島が圓形と假定し座標軸 x, y, z 及び ξ, η, ζ を第1圖—(2) で示される様に取りれば、 p 點に於ける全磁場 H の ξ, η 成分は次の如くなる。

$$H_{\xi} = H_0 \cos \varphi + \frac{I}{k^2 \rho} \left\{ \cos I_0 \cos \varphi \frac{\partial^2 V}{\partial \xi^2} + \sin I_0 \frac{\partial^2 V}{\partial \xi \partial \zeta} \right\},$$

$$H_{\eta} = H_0 \sin \varphi,$$

この場合、

$$\frac{\partial^2 V}{\partial \xi \partial \eta} = \frac{\partial^2 V}{\partial \eta \partial \zeta} = 0.$$

と見做す事が出来る。

又 H_x, H_y で全磁場の北成分、西成分とせば、

$$\begin{aligned}
 H_x &= H_z \cos \varphi + H_y \sin \varphi \\
 &= H_0 + \frac{J \cos I_0}{k^2 \rho} \left\{ \frac{\partial^2 V}{\partial \xi^2} \cos^2 \varphi + \frac{\partial^2 V}{\partial \xi \partial \zeta} \tan I_0 \cos \varphi \right\}, \dots\dots\dots (1)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 H_y &= -H_z \sin \varphi + H_x \cos \varphi \\
 &= -\frac{J \cos I_0}{k^2 \rho} \left\{ \frac{\partial^2 V}{\partial \xi \partial \zeta} \tan I_0 \sin \varphi + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 V}{\partial \xi^2} \sin 2\varphi \right\}, \dots\dots\dots (2)
 \end{aligned}$$

但、 I_0, F_0, H_0 は各伏角全磁力、及其の水平磁力とす。又 φ は磁氣南を O とし左廻りに正と採り、 $\frac{\partial^2 V}{\partial \xi \partial \zeta} \frac{\partial^2 V}{\partial \xi^2}$ は海面上の平均圓型地形に依る重力二次微係數で計算に依り求まる。

ΔD で偏角異常とせば (1), (2), 式から

$$\text{tg} \Delta D = \frac{J}{F_0 k^2 \rho} \left\{ \frac{\partial^2 V}{\partial \xi \partial \zeta} \tan I_0 \sin \varphi + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 V}{\partial \xi^2} \sin 2\varphi \right\}, \dots\dots\dots (3)$$

之に $\frac{\partial^2 V}{\partial \xi \partial \zeta} \frac{\partial^2 V}{\partial \xi^2}$ の値とし各 $-0.118 k^2 \rho, -1.69) k^2 \rho$, 又、水上博士の前の伏角

測定から $I_0 = 45^\circ 22'$, 又 $F_0 = 0.45 Oe, \sigma = 2.5, J = 1.5 \times 10^{-2} \text{e.m.u.}$

と置けば、(3) 式は

$$\text{tg} \Delta D = -0.004 \sin \varphi - 0.026 \sin 2\varphi \dots\dots\dots (4)$$

此處に J の値として假りに櫻島構成物質が一樣に帶磁され、其の比強度 J が新熔岩の表面の自然残留磁氣 J_n とほゞ等しいと假定し、後に實驗結果から求めた J_n の値を使用した。

第2圖に示される實線は即、第(4)式であり、この圖から明らかになる様に觀測値と上の理論値がほゞ一致して居る事が分る。

唯島の南東部及南西部に若干の相違があるが觀測値と理論値の差を以つて第二次異常とせば上述の異常は第2圖(2)で示される如くなる。

この二次異常の値は觀測値と同程度の異常量である事から、上述の數値の誤差のみではなく、寧ろ測點近傍の大量に流出した大正熔岩に依るものであらうと考へて、第二次補正量 $\Delta D'$ は大正熔岩を扁平廻轉橢圓體の帶磁に依ると考へ、且其が殆んど自然残留磁氣に依つて表はれる磁氣強度を有すると假定せば、⁷⁾

$$\begin{aligned}
 -\text{tg} \Delta D' &= \frac{3V_0 k}{1-kL} \text{tg} I_0 \frac{\sqrt{a^2+ab}}{2ab(a+b)^2} \sin \varphi' + \frac{V_0 k}{1-kM} \frac{\sqrt{a^2+ab}}{ab(a+b)^2} \sin 2\varphi' \\
 &\dots\dots\dots (5)
 \end{aligned}$$

6) 永田 武 震研彙報 16 (1938), 288.

7) J. KÖNIGSBERGER, Gerl. Beitr. 31 (1928), 288.

但, $V_0 = \frac{4}{3}\pi ab^2$, a, b は楕圓體の短, 長軸, k は帯磁率, 又.

$$L = -4\pi \frac{1+u^2}{u^3} (u - \text{arctg } u),$$

$$M = -2\pi \frac{1+u^2}{u^3} \text{arctg} \left(u - \frac{u}{1+u^2} \right)$$

$$u = \frac{e}{a}, \quad b^2 - a^2 = e^2$$

とせば, 之に $k = \frac{J_n}{H_0} = 0.033$, $a = 0.05\text{km}$, $b = 1.5\text{km}$

と假定し,

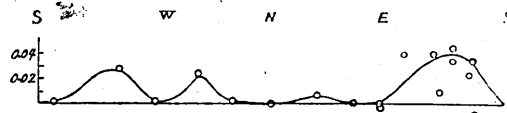
$$L = -11.8, \quad M = -3.19, \quad V_0 = 0.470\text{km}^3$$

を代入せば, (5) 式は

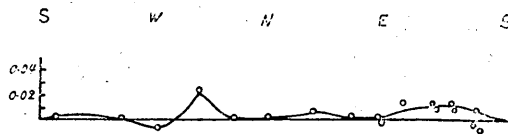
$$-tg \Delta D' = 0.026 \sin \varphi' + 0.022 \sin 2\varphi' \dots \dots \dots (6)$$

を得る.

此處でこの楕圓體の中心を大正熔岩の中心と考へられる點に置き, 異常を示す測點の方位角, φ' を定め (6) 式に代入し, 求めた $\Delta D'$ の値を第2圖(2)の第二次異常から差引いた量を示せば, 第2圖(3)で表はされる. 之に依れば先づ第二の二次的異常量は上述の補正に依つて表す事が出来る事が分る.



第2圖(2) 第二次異常量



第2圖(3) 第三次異常量

以上を括めれば吾々は観測値と理論値の大略の一致, 並びに大正熔岩の補正の事實から第一に櫻島も帯磁が一樣であるとせばその方向は現在の磁北の方向である事が分り, 第二に, 磁氣異常が近似的に海面上の地形に依つて生ずるものと考へれば, 上述の(3)式に於て,

$$J = J_n.$$

なる假定が相當信頼し得る事にならう.

他方、水上博士の論文に依れば、櫻島の伏角異常を廻轉楕圓體の誘導磁氣に依る異常と假定され、帯磁率、 $\chi \sim 0.0077$ 、を求められ、又海底下 100m 乃至 150m 迄異常物質の存在を考へられ $\chi \sim 0.004$ 、を出され、後の値が淺間山の表面熔岩の平均帯磁率に近いと説明されたが、吾々の場合には寧ろ $J \sim J_n$ 、の假定を爲し實測値との相當の一致を示しにものであるので之から求めた $\frac{J}{\rho H_0} \sim 1.3 \times 10^{-2}$ は水上博士の出された値と大きな相違を見せる。

此點を明らかにする積りで新噴出岩の磁氣的性質を調べて以て判斷し様と試みた。

§ 3. 新噴出熔岩の磁氣的性質

研究の試料と爲つた岩石は有村、黒神分流の先端から採集したもの、及び、火口近傍に打出された火山彈の二三であり、試料番號は I-1 表の如し。

試料中 No. 1 は多孔性のもので比重は小さく他は見掛の上は殆ど同質の黒色、緻密質のもので何れも今回火口から流出されたものである。

比帯磁率 χ に就いては Ballistic method⁸⁾ に依る H は 0~20Oe 迄の磁化曲線から決定し、自然残留磁氣比強度 J_n は無定位磁力計⁹⁾ によつて求めた。

測定結果は表 I-2 に示される。

第 I-1 表

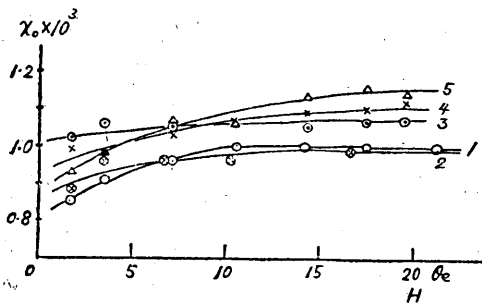
番 號	探 取 場 所
1	火口(火山彈)
2	黒神熔岩流
3	火口(火山彈)
4	有村熔岩流
5	有村熔岩流

第 I-2 表

No.	H. Oe	$\chi_0 \times 10^{+3}$	$J_{0.45} \times 10^3$	Q_n	$J_n \times 10^3$
No. 1.	1.75	0.85	0.38	4.0	1.54
	3.52	0.91	0.41	3.8	
	7.04	0.96	0.43	3.6	
	10.55	1.00	0.45	3.4	
	14.07	0.99	0.45	3.4	
	17.59	0.93	0.45	3.4	
	21.11	0.99	0.45	3.4	
No. 2.	1.80	0.83	0.39	11.6	4.52
	3.20	0.96	0.43	10.5	
	6.90	0.96	0.43	10.5	
	10.20	0.97	0.44	10.3	
	16.70	0.99	0.45	10.1	

No. 3.	1.76	1.02	0.46	5.3	2.42
	3.52	1.06	0.48	5.1	
	7.04	1.05	0.47	5.1	
	10.55	1.06	0.48	5.1	
	14.07	1.05	0.47	5.2	
	17.59	1.07	0.48	5.0	
	19.35	1.07	0.48	5.0	
No. 4.	1.76	0.98	0.44	16.5	7.27
	3.52	0.97	0.14	16.6	
	7.04	1.03	0.46	15.7	
	10.55	1.07	0.48	15.1	
	14.07	1.09	0.49	14.7	
	17.59	1.10	0.50	14.6	
	19.35	1.12	0.50	14.5	
No. 5.	1.76	0.93	0.42	14.4	6.05
	3.52	0.97	0.44	13.7	
	7.04	1.07	0.48	12.6	
	10.55	1.06	0.48	12.6	
	14.07	1.14	0.51	11.9	
	17.59	1.11	0.52	11.6	
	20.42	1.14	0.51	11.9	

初帯磁率 χ_0 は平均, 0.94×10^{-3} で黒神, 有村, 火山弾共同値を示し, H との圖は第3圖に示される。



第3圖 櫻島新噴出岩の帯磁率

一方 J_n に就いても黒神, 有村分流の各熔岩では平均 6.0×10^{-3} emu/gr で測定試料が少いが大略同じ値を示す。唯, 火山弾では約 $\frac{1}{3}$ の程度である。

上述の測定結果を浅間山, 三原山に就いての永田先生の結果と比べると Table I-3 で示される如くなる。

8) 永田 武 震研彙報 18 (1940), 102.

9) 永田 武 震研彙報 21 (1943), 521.

第 I-3 表

Place	χ_0	J_n	J	$\frac{J}{\rho H_0}$	$\frac{J}{\rho}$
櫻 島	0.98×10^{-3}	6.0×10^{-8}	$15 \sim 7 \times 10^{-3}$	$1.3 \sim 0.7 \times 10^{-2}$	$6.0 \sim 3.0 \times 10^{-3}$
淺 間 山	$0.5 \sim 1.1$	$1.3 \sim 2.5 \times 10^{-3}$	2.5	2.2	1.0
三 原 山	$0.4 \sim 1.4$	$1.6 \sim 3.6 \times 10^{-2}$	5.8	5.8	2.3

第 5. 第 6 欄で $\frac{1}{\rho}$ を掛けたのは specific value にする爲である。

櫻島では、 $\chi_0 \sim 0.98 \times 10^{-3}$ 、 $J \sim J_n$ 又として $\frac{J}{\rho H_0} \sim 1.3 \times 10^{-2}$

故に、
$$\chi_0 \ll \frac{J}{\rho H_0},$$

淺間では、 $\chi_0, 0. \sim 1.1 \times 10^{-3}$ 、偏角異常の観測から求めた $J \sim 0.0025$ 、から $\frac{J}{\rho H_0} \sim 2.2 \times 10^{-3}$ 、

故に、
$$\chi_0 < \frac{J}{\rho H_0},$$

又三原では $\chi_0, 0.4 \sim 1.4 \times 10^{-3}$ 、 $J \sim 0.0058$ を得、 $\frac{J}{\rho H_0} \sim 5.2 \times 10^{-3}$ 、

同様に、
$$\chi_0 < \frac{J}{\rho H_0},$$

各々最後の不等式から分る事は三者火山共、其の帯磁には J_n を考慮すべきで、誘導磁気 $\rho \chi_0 H_0$ のみでは解釋がつかない事が分り此の事實は既に永田先生の前論文で指摘された通りであつた。

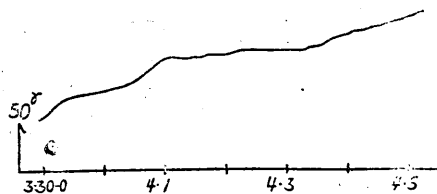
一方、水上博士の言はれる如く櫻島の平均帯磁率、 $\chi \sim 0.004$ であり、淺間で $\frac{J}{\rho H_0} \sim 2.2 \times 10^{-3}$ 、三原で 5.2×10^{-3} の事實に比し、今回吾々の解析の結果の 1.3×10^{-2} 、海底の地形を考慮に入れても、 7.0×10^{-3} の値は上の何れに比しても過大である。

此の事は前節に既に述べたが、 J_n に就いて櫻島の 6.0×10^{-8} 、淺間の 2.5×10^{-3} 、三原の $1.6 \sim 3.6 \times 10^{-2}$ 、丁度櫻島の値は中間の値を取り、それ故に岩石學的に見て淺間山と櫻島のものの類似せる點から、磁氣的にも兩者共、其の平均帯磁率が同じ程度の者であると假定すれば、櫻島の $\frac{J}{\rho H_0} \sim 7.0 \times 10^{-3}$ が淺間の $\frac{J}{\rho H_0} \sim 2.2 \times 10^{-3}$ より過大である理由として水上博士の言はれる様に海面下迄櫻島の磁気異常物質の存在を考へると

極めて都合の良い結果を與へる。

§ 4. ΔH , ΔD , の観測結果

櫻島噴火活動及び噴火中の諸現象と地球磁氣變化との關聯を見出すべく約二十日間に亘つて ΔH , ΔD の観測を行つたが、何れも期待される著しい變化は無く、僅かに ΔH 3月下旬より4月上旬に亘つて凡そ 100γ の増加を示すが、之に對しては ΔD の變化は全く無く、又、地電流其他とも關係なく理由は判らない。



第4圖 水平磁力(日變化を消去したもの)
の變化の實測例

何れにしても、今回の連続観測からは、他の三原、三宅島に於ける如き噴火活動に伴ふ著しい地球磁氣の變化は見られず、此の事實は、前節の熔岩の磁氣的性質からも併せ知る如く櫻島の構成物質の比較的磁氣的に弱い事が推論される。

長谷川教授¹⁰⁾に依れば、阿蘇山に於いても火山活動と關聯すると思はれる地球磁氣異常變化は認められないとの事であるが、阿蘇山、櫻島の地質學的類似性を考慮すると、活動に際して磁氣異常變化を伴ふ火山は、其の岩石に特異の性質(例へば玄武岩質と云ふ如き)を必要條件とするのではないかと考へられる。

§ 5. 結 論

櫻島の偏角異常竝に熔岩の磁氣的性質の研究の結果から、第一に其の帶磁の方向が現在の磁北に向く事、第二に其の偏角局部異常を其の地形に原因するとせば $J \sim J_m$ と近似され従つて地球磁場に依る誘導磁氣のみに依ると考へる事は不可能であり、自然残留磁氣に依る影響の方が多大であると考へられる。

然し何れにせよ求められた帶磁率は淺間、其の他に比し過大な結果を與へる事から前述の如く、水上博士の前回の小噴火の際の伏角異常から推論された結果と一致させた方が都合が良い事になる。

第三に火山活動と地球磁場變化との間には三宅、大島に於ける様な著しい關係は見出されず、此の事實は今回の噴火には明瞭な磁場變化を伴はなかつたのか、或ひは前節で

10) 私的通信による。

述べた様にその岩石の磁氣的性質の弱いと云ふ如き特異から考慮して、観測精度に比し微弱であつたかとも考へる。

この點他の地質的條件を異にする種々の火山に就いて吟味する必要が多大にあると考へる。尙偏角測定は將來の再測を豫期して居る事は勿論である。

終りに永田先生の御懇切なる御指導並びに観測整理に協力して戴いた西田春海、佐久間修三の諸君に厚く感謝の意を呈する。

17. *The Result of Geomagnetic Study on the Latest Eruption of Sakurazima and Magnetic Properties of the New Ejecta.*

By

Y. HARADA, T. HATAKEYAMA and T. ÔBAYASI,

Geophysical Institute.

On March 9, 1946. Volcanic island Sakurazima began its activity. The writers measured the anomalous magnetic field and its changes on the volcanic island, Sakurazima, during the period of March 23 to April 17. The chief results are as follows.

(1) The local anomaly of geomagnetic declination, D , due to the magnetization of the Sakurazima is shown in Fig. 2. Assuming that the specific intensity of magnetization J is equal to that of the natural residual magnetization J_n , we get the equation of the anomaly of the declination as,

$$\operatorname{tg} \Delta D = -0.004 \sin \varphi - 0.026 \sin 2\varphi.$$

In this equation, if we make some corrections of the observed values we can find that the observed values of D are well expressed in this equation.

From this fact, it may be said that the direction of the magnetization agrees with that of the present meridian, and that a part of this magnetization of Sakurazima, for the most part, is due to the presence of the natural remanent magnetization in rock.

(2) The result of the measuring of the magnetic properties of the newly ejected lava are shown in Table I-2, I-3.

The average value of specific susceptibility is about 0.98×10^{-3} , while that of natural residual magnetization is $J_n \sim 6.0 \times 10^{-3}$ e. m. u., these values being fairly smaller than those of basaltic rocks.

(3) Although it has been reported that there was some remarkable magnetic changes accompanying eruption of volcanoes, Asama and Mihara, we could find

no changes in both of ΔD and ΔH in the case of present eruption of Sakurazima.

This fact may suggest us that there is some necessary conditions for anomalous changes in geomagnetic field accompanying volcanic eruption, such, for example, as the "magnetizibility" which is usually predominant in the basaltic rocks.