

19. 櫻島火山の噴煙雲による尖端 放電電流

地震研究所	永	田	武
地球物理學教室	平	尾	邦
地球物理學教室	福	島	圓
地球物理學教室	高	橋	忠

(昭和21年5月21日發表—昭和21年6月30日受理)

§ 緒 言

従來火山の爆發にあつて種々の地球物理學的研究が爲され、火山の内部状態や火口附近の状態等に就き各方面より研究が爲されてゐる。一方空中電氣の立場からも中央氣象臺の畠山博士等¹⁾によつて淺間山の噴煙雲についてしらべられてゐる。今回櫻島の噴火に當つて吾々は空中電氣的探索によつて噴煙雲の電氣的性質のみならず火口の活動状態迄も或程度知り得るのではないかと云ふ豫想の下に調査した。

§ 観測方法並に観測装置

観測に當つて吾々は野外に於ける観測及び輸送等の考慮の下に尖端放電電流の観測を行ふ事とした。観測装置としては約1 厘の白金線を銅線の先に熔接し約10 厘のパラフィンをつめた硝子管を通し白金部分を突出せしめ、これを約12 米の竹桿の尖端にとりつけ四種線を用ひ碍子を以て絶縁しつつ検流計の一端に接續する。検流計の他の一端は接地しこの検流計の振れを記録するのである。吾々は二臺の装置を携行したが一臺は検流計の適當なものを得ることができず、そのためにそれによつては異常變化の開始時間を知りうるのみであつた。良好な一装置については絶縁抵抗100 M Ω 以上、検流計については内部抵抗30 Ω 、外部臨界制動1400 Ω 、週期5 秒、電流感度 2×10^{-8} Amp であり記録には一日捲リシヤール時計を用ひ光學挺子51 厘であつた。検流計は實際には 2×10^{-8} Amp にして使用した。接地板は約3000 平方厘の銅板を用ひ地表下約80 厘のところに埋設した。

1) 畠山久尚・久保時夫 氣象集誌 21 (昭和18年), No. 2, 49.

” ”, No. 9, 24.

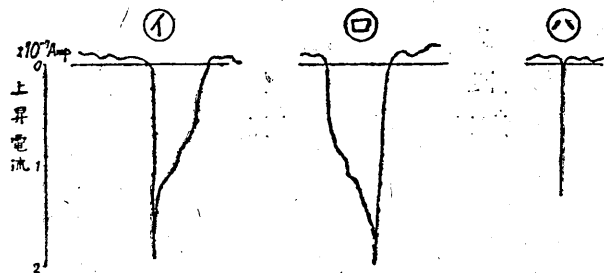
” ”, ” 30.

§ 観測場所

観測場所の設定は往々にして観測の成否を決定する。先づ櫻島の風向の統計をしらべたところ、鹿児島のものしか得られなかつたが、それによれば3月はN33°W, 4月は28°Wであつたので吾々は場所としてはその方面に近い二つの部落有村及古里を選定した。各部落における観測場所も出来るだけ気温地温地面のしめり工合等の變らぬ所を選ぶ様に努力した。有村に於ける場所は特に良好で、この爲にその様な影響は殆んどないものと思はれる。ここには良好な装置を置いた。實際観測をしたところ晴天の日は噴煙は高免、黒神方面か有村、古里方面に流れ、曇天の際は武、鹿児島方面に流れたので観測された記録は純粹に噴煙雲のみによるものであつた。附圖(プレート)にそのうちの代表的なもの二三を示す。

§ 観測結果(其一)

今回の櫻島噴火は3月9日に始まつたものの如くである。吾々の観測は3月25日より4月17日にわたつて行はれたが、その間絶えず噴煙をはきつづけてゐた。且噴煙は絶えず火口より帶狀に流れ、それが風向の變化に伴ひ全方向を掃過する如き状態にあつた。以上の如き状況の下で観測し得た異常變化についてしらべると次の事柄が著しい事實として見られる。第一に大きな異常變化は第1圖に示される如く三つの型に分類することができる。即ち或時刻に急に大きな上昇電流が始まりそれが時間の経過と共に徐々に正常値に戻る(イ)の型と、それと逆に徐々に大きな上昇電流を示し或時間後に急に正常値に戻る(ロ)の型と最後に短い時間かなり大きな上昇電流を示す(ハ)の型との三つである。さうしてこの三つは次の三つの外界條件に對應するのである。即ち(イ)の型は噴煙雲が観測地點を西から東に掃過するとき、(ロ)の型は逆に噴煙雲が東から西に掃過するときで、(ハ)の型は噴煙雲が直上にはないが降灰のあつた時でそれぞれ100%の對應を示すのである。吾々の記録中には4月6日19時から4月9日19時迄の間に多くの變化が起つてゐるからこの間に於ける異常變化の回數を見ると第1表の如くなる。

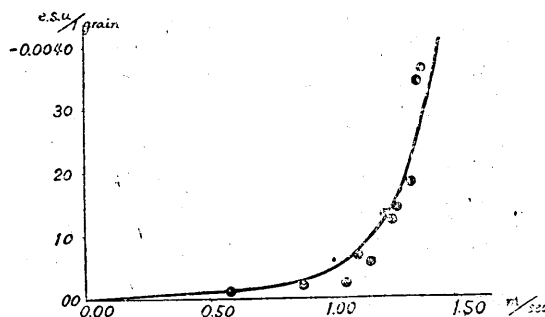


第1圖 異常變化の型

第 1 表

異常變化ノ回数	(イ)ノ型	(ロ)ノ型	(ハ)ノ型	備考
15	6	5	4	(イ)(ロ)の型は交互に起る

さてこれらの異常變化は如何にして生起されるのであろうか。(イ)及(ロ)の型は噴煙雲が直上に来たとき生起されるのであるから、この二つの變化は噴煙雲の主體の電氣的構造によるものと考へられる。噴煙雲が頭上に来たときに負の電場變化を示すことは前掲の論文に於て畠山博士により報告されてゐる。このことの詳細については論文中に述べられてあるが、ともかく一部の噴煙雲の粒子は負の電荷を帯びてゐることが考へられる。D. Rudge²⁾の水晶の粒による實驗及び吉田氏³⁾による氷粒の實驗等についても小粒に負の電荷が帯びることが報告されてゐる。更に一つの實驗的研究として、吾々は今回の噴火に際して火口附近において採集された火山彈を碎き、その細粒を同じ岩に衝突させて後その粒の電荷をはかることにより明らかに負の電荷が帯びることが明らかにされた。且その電荷は衝突速度が大になるに従ひ大きくなることも明らかにされた。(第2圖)しかしここに行はれたのは衝突速度 0.5 乃至 1.5 米毎秒の間における値



第 2 圖 衝突速度と電荷との關係

であるから、これによつて實際の如く 55 米毎秒で噴出される狀況を推定することは困難でもあり、又噴出後そのまま電荷が保存されるか否かもたしかめ得ないから實際の噴煙雲中の粒子のもつ電荷を知ることはできない。ここに於ては吾々は畠山博士の幾間の噴煙雲について觀測された平均 1 粒當り 0.015 靜電單位といふ値を借用させて戴くが、このことは或は若干の過誤を導くことになるかもしれない。

有村及古里は火口より南方にある。従つて觀測地點上空に噴煙雲が流れそれが帯電してゐるのであるから、地球磁場の垂直成分のため粒子が風向より直角の方向に變位を起すことが考へられる。その變位の大きさ D は近似的に次の式であらはされる。

2) D. Rudge, *Proc. Roy. Soc. London*, (A) 90, 257 (1914)

3) 吉田順吾 低温科學 岩波書店

$$D = 3\sigma ZL^2 / 8\pi r^3 \rho v$$

但し

 r : 粒子の半径 ρ : 粒子の比重 σ : 粒子の電荷 v : 風速 Z : 地球磁場の垂直成分 L : 飛行距離

今

$$\rho = 1.5 \quad \sigma = -0.015 \text{esu}$$

$Z = 0.350e$ $L = 3$ 軒として r 及 v の値をかへてみると D は下の表の如くなる。

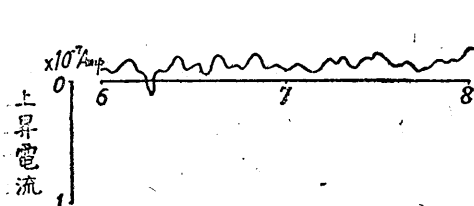
r cm	v m/sec	5	10	20
	0.0005	216m	108	54
	0.001	27	13.5	6.8
	0.01	0.2	0.1	

一方肉眼により観測されたところ及寫眞より見られる所によれば、火口より噴煙雲が南方に流れるときは東縁が濃いことが見られる。且前にものべた如く、噴煙雲の帯が観測所上空を東から西にうつるときは必ず(ロ)の型、西から東に移るときは必ず(イ)の型を示す。さて噴火口より噴出される噴煙中の粒が例へば 10^{-3} 位の平均直径を有するものが他に比較して多量にあると考へられるからそのことを假定すると、上述の観測事實を次の様に説明することができるであらう。即ち上にあげた D は $1/r^3$ に比例するから $r = 10^{-3}$ より小さいものは非常に D の大きさも大きくなり全體として稀薄になつて終ひ、 $r = 10^{-3}$ のところに實質的にも電氣的にも濃いところができ $r = 10^{-3}$ より大きいものは粒子の分布に従ひうすくなつてゐるであらう。この様な模型を考へることによつてともかく定性的には説明しうるのであるが、もし吾々が噴煙雲中の粒子の分布状態及電荷對粒子の關係を知りうるならば、以上の事實を定量的にも説明しうるであらう。それでは斯の如くにして上空に流れる電流は幾何程であらうか。又それによつて地球磁場にどの位の擾亂を與へ得るであらうか。尖端放電流と電位傾度との大きさの關係については Schonland や Wormell によつてしらべられてゐるがいつれも可成その實驗及その場所特有の事の如くに見える。櫻島において吾々はこれをしらべ得なかつたので大體の様子を見るために Schonland により得られた關係を使用することにする。異常變化に際し吾々は $2 \sim 4 \times 10^{-7}$ Amp の上昇電流を得たが、これは彼によれば 5000~7000v/m の電位傾度に相當する。今電位傾度を 6000v/m、電流の高さを 1.5 軒とし幅 20) 米、風速 20m/sec とすれば地上に於て観測される磁場の變化は X 成分について約 4γ あり偏角にして約 $0.4'$ となる。今回観測に當つて偏角變化計の観測も殆んど同所に行はれたがこの影響は明瞭には認められなかつた。

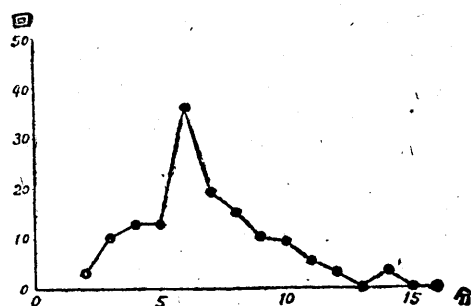
次に(ハ)の型の異常變化は前述の如く噴煙雲が頭上近くにあつて數分乃至十數分の短時間降灰を觀測した時刻に生じてゐる。故にこれは降灰中空間電荷密度の異常に増大する事に起因するものと思はれる。そこで降灰中400平方寸の紙片で3分間露出して採集した灰により、1粒の電荷を-0.015 靜電單位にして空間電荷密度を見積ると約-0.00011 靜電單位となる。ここに得た値のみにて考へられる地表附近の電位傾度は 1×10^{-7} Amp の上昇電流に對應する -4000 v/m に等しい。尙(イ)及(ロ)の型に重疊する短時間の變化の一部も以上述べた(ハ)の型のもものと見做しうるのであらう。

§ 觀測結果(其二)

次に著しい事は、噴煙雲が頭上近くにあるときに記録紙上看られる短週期の變化である(第3圖)この變化の同じ位相を示す時間間隔とその發現回數とを兩軸にとつて圖を書くと第4圖の如くなつて6分のところにかなり大きき極大値を有する。



第3圖 短週期の小變化



第4圖 短週期小變化における週期發現回數

一方火山彈の抛出數の觀測或は爆鳴の記録等においても六分の週期が見られるやうであつて、このことから火口の活動状態に何か6分位の週期があり、そのとき噴出した噴煙雲が上記の短週期變化を示す原因となるのではないかと思はれる。それではこの噴煙雲塊がどの位の電荷をもつかを考へて見る。前節に述べた(イ)及(ロ)の型に重なる短週期の變化にもこの6分の週期があるのが見られるから、(ハ)の型のもの以外にここに述べる如き雲塊による變化をも含むものと思はれる。今この頭上を通る雲塊によつてその電荷量を見積ることとする。一般にA點よりLだけはなれた所の上空Hの高さにQなる電荷があるときA點における電位傾度は

$$\frac{\partial V}{\partial Z} = \frac{2QH}{(H^2 + L^2)^{3/2}}$$

となる

$$H=1.5 \text{ 杆} \quad L=0$$

$$\frac{\partial V}{\partial Z} \approx 2000 \text{ v/m} \quad \text{とすると}$$

$$Q=0.25 \text{ クーロンとなる}$$

故にこの短週期変化は約6分毎に襲來する0.3~0.5クーロンの電氣量をもつ雲塊によつて生じるものであると考へられる。

§ 結 論

以上によつて噴煙雲の電氣的構造及噴煙状態のごく一部分を知り得たのであるが、此等はいづれも將來に於て直接的測定を行つて確かめられねばならない。尙正の電荷については前述の吾々の實驗に於てある種の岩石細粒においては出ることも認められてゐる。今回の櫻島火山に於ては殆んど火口壁及大粒のものに正の電荷が生じて火口附近において消失し、觀測地點迄到達したのはごく稀であつたらうと推定される。

19. *The Change in Point-Discharge Current due to the Volcanic Smoke of Sakura-jima.*

By

Takesi NAGATA,

Earthquake Research Institute;

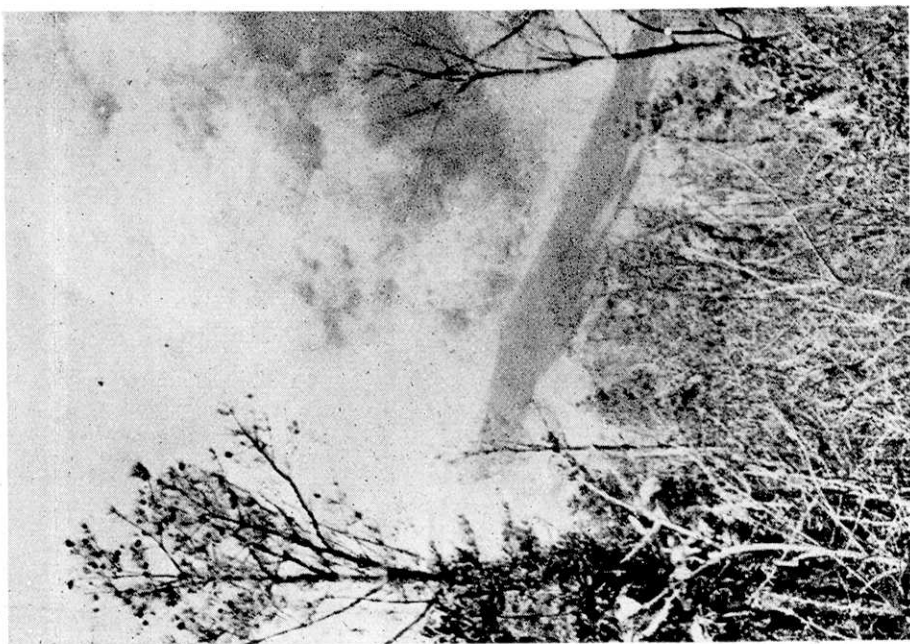
Kunio HIRAO, Madoka FUKUSHIMA and Tadasi TAKAHASHI,

Geophysical Institute.

The observation of point-discharge current was carried out during the period of from March 25 to April 17.

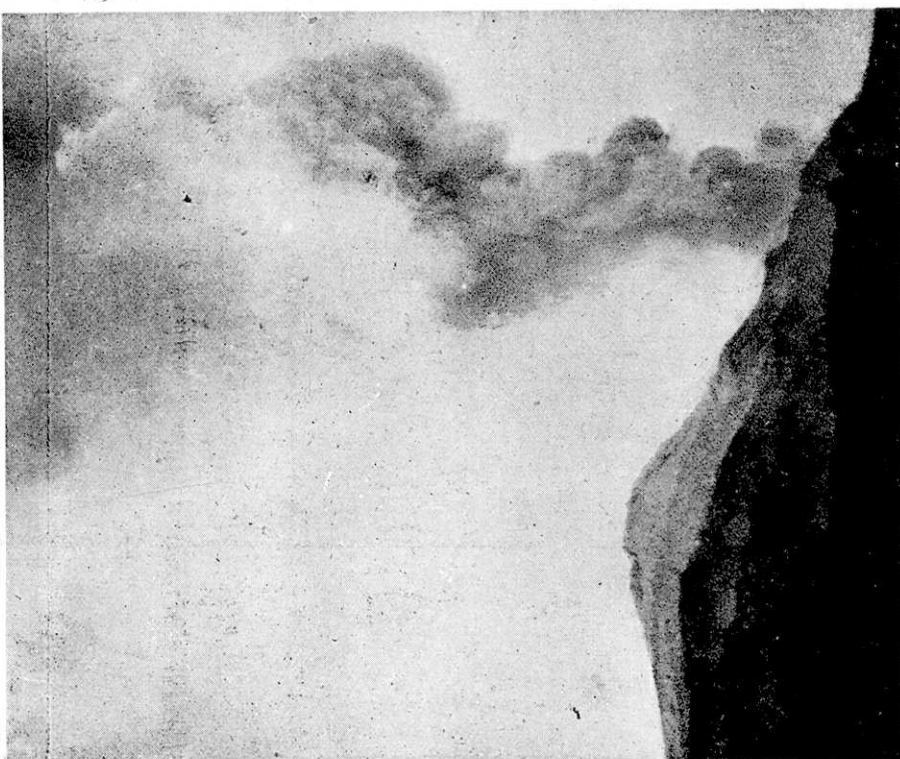
We found three types of anomalous changes, that is, (1) the change, which suddenly commenced and gradually recovered, (2) ones that gradually commenced and suddenly recovered, and (3) ones that commenced and recovered in a very short time, about in a few minutes. While on the other hand, corresponding to the above mentioned three anomalous changes we observed the following three conditions respectively: the transference of the belt of volcanic smoke from west to east; the transference of the belt from east to west; the falling of ashes notwithstanding that there was no smoke overhead. Moreover, we observed that the eastern edge of the smoke belt was everytime thicker than the other edge. This phenomenon will be explained as follows. When the smoke is drifted by the wind southward from the crater, the charged particles shifted from its course due to the force caused by the vertical component of the geomagnetic field, resulting that the smoke becomes concentrated in the east edge of the belt. From this assumption mentioned above, the first and the second anomalous changes will be explained obviously. The short period change (the third type of anomaly) will be explained as the anomalous

[Eull. Farthq. Res. Inst., Vol. XXIV, Pl. X.]



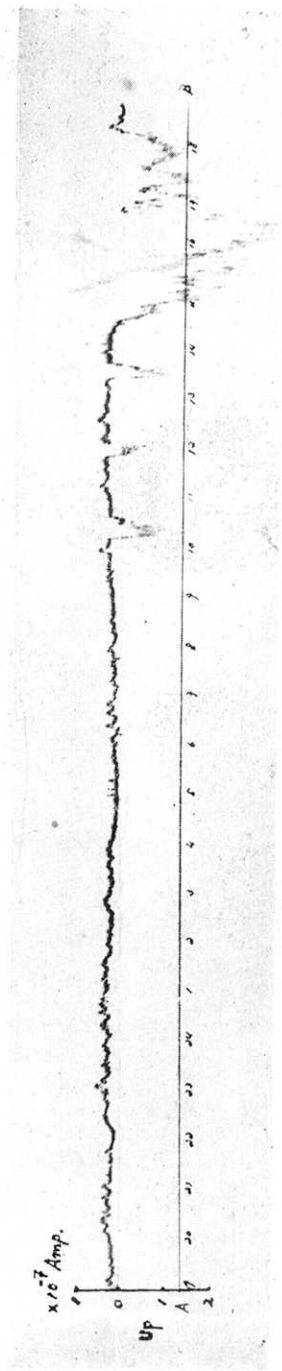
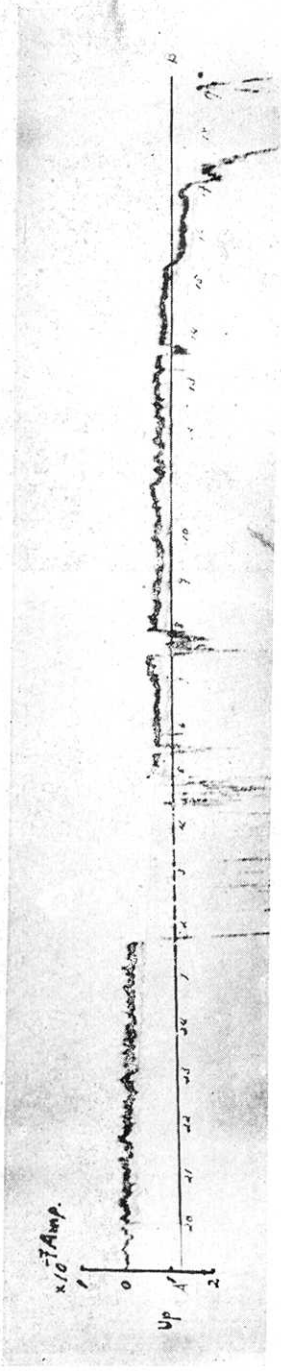
古里より見たる噴煙

[T. NAGATA, K. HIRAO, M. FUKUSHIMA and I. TAKAHISI.]



有村より見たる噴煙

[T. NAGATA, K. HIRAO, M. FUKUSHIMA and I. TAKAHSI.] [Bull. Earthq. Res. Inst., Vol. XXIV., Pl. XI.]



噴煙雲通過による尖端放電電流の異常變化

Increasing of the space charge caused by the falling ashes. They were observed while the volcanic smoke belt had come near the zenith. While, the activity of the volcano has the period of few minutes, 6 minutes in average. Hence, we believe that the mass of smoke, having electric charge of 0.3 to 0.5 Coulombs, are drifted successively on the wind from the crater.

We hope to carry out, in future, the more direct measurement of the properties of the volcanic smoke.