

## 16. 櫻島噴火に伴ふ鳴動及び噴煙

地震研究所	永	田	武
地球物理學教室	川	野	實
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)

### § 1. 鳴動及び噴煙の一般的狀況

3月10日前後に鳴動を伴つて活動を始めた櫻島は、爾後約2ヶ月間にわたり相當強烈な鳴動が續き、これに伴つて噴煙も1500米乃至2000米の高さに噴出を繼續した。しかしながら6月下旬に於てはその活動も漸く終つた様で、噴煙に於ても時々見受けられる程度であつた。

筆者等が現地に着した3月中旬より4月中旬までその鳴動の強度を5段階に分けて記録した結果、一般的に見ても3月中旬より旺盛となつた鳴動は下旬及び4月上旬に到つて最高に達しその後は次第にその勢力を減じつゝあつた模様である。

この間に於て噴煙も同様の狀況を示し、同地には當時南西風が卓越して居り従つて噴煙も又北東方面即ち始良地方へ流れてゐた。降灰量も相當多くその爲農作物の被害は相當認められたが有毒ガス等を含む徴候は無かつた模様である。

### § 2. 鳴動の週期及び變動

噴火に伴ふ鳴動の大きい變化は上述の如き經過を辿つたのであるが、更に小週期の變化が顯著に認められた。その活動狀況に對する間接的の觀測として望遠鏡により火口南斜面に落下する火山彈の數をその視野内(約50米平方)に於て10秒毎に纏めて記録した。(第1圖)

圖に於て明らかな様に大なる週期は6分乃至7分前後に起り、その週期變動は同時に行はれた噴煙に對する尖端放電の記録に於ても見られる。更に3分乃至4分位の週期が認められ、これは自己相關係數によつて決定した結果3分20秒位が妥當と思はれる。

次に火山彈の出現する數であるが、その現れる數(0.1.2.3....)の確率をポアツソン分布に従ふものとして計算した値と實測値を比較すると次の如くなる。

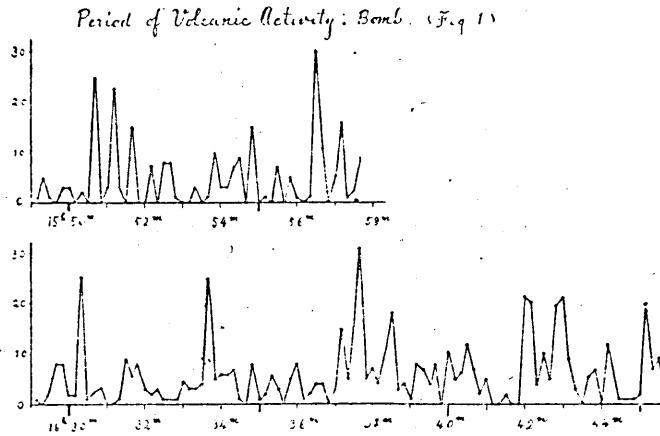
表に於いて明らかに見られる如く小さい數の出現數が平均値に比して非常に多く、これは第2圖の如く出現數 $n_i$ の次に $n_{i+1}$ が出る頻度をプロットした表に於ても明瞭に

見られる。

確	率	出現回数(計算)	観測値
W(0)	0.006	0.7	19
1	0.029	3.4	16
2	0.075	9.0	10
3	0.129	15.5	14
4	0.168	20.2	9
5	0.175	21.2	12
6	0.152	18.3	8
7	0.113	13.5	9
8	0.073	8.8	4
9	0.042	5.1	3
10	0.022	2.6	2
11	0.010	1.3	0
12	0.005	0.5	2
13	0.002	0.2	1
14	0.001	0.1	0
15	0.000	0.0	2

§ 3. 鳴動と傾斜變動の關係

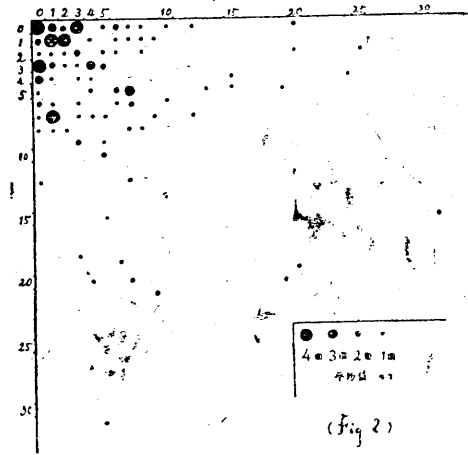
鳴動の消長に伴ふ地盤傾斜の關係は、櫻島東岸有村部落に於けるスピリットレベルによる観測の結果火口方向の變動は第3圖の如くである。その變動量については第4圖に



第1圖 火山活動と火山弾の週期

現れてゐる様に3月下旬4月と次第に變動の幅が小さくなつて居り全般的に見て火山活動が漸次弱化したある傾向を示し、又観測開始以來有村の観測地點に於ては火口の方

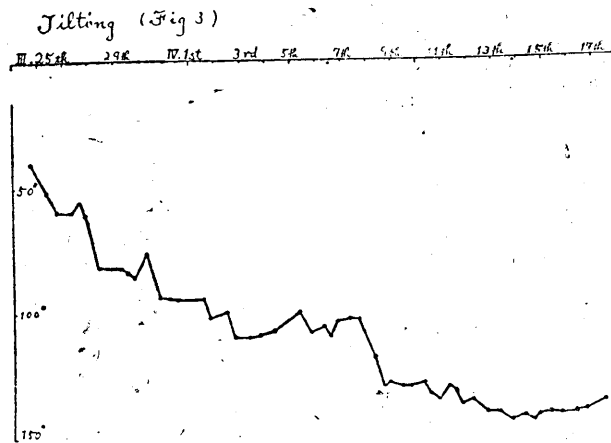
が下降する傾向を示してゐたものが、13日、14日以後には逆に上昇する傾向を示してゐる。この傾斜變動量と鳴動の強度とを比較するに、鳴動の盛んなるときは火口の方に沈下し、活動が弱くなると上昇する傾向を明瞭に示し、その相関係数は 0.62 である。なほ鳴動と傾斜變化の時間差を見るために 1 日前後させてその相関を取つたが著しい結果は現れなかつた。この傾斜變動には温度による補正は行つてゐない事を附記して置く。



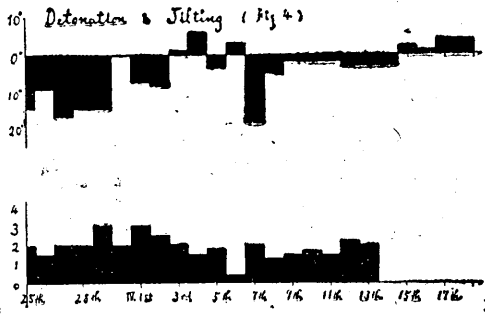
第2圖 火山彈落下数の頻度

§ 4. 噴煙の渦動と噴出壓力

噴煙の上昇する模様を観察すれば、噴煙の中央の軸を中心として右廻りに廻轉してゐるものと、煙の内側から外側へ廻轉しつつ上昇する二種の渦のある事が認められる。その成因を考へるに前者は噴煙に働く地球偏向力の影響にして、後者は管中を流れる流體のレイノルツ數が大なるときはその境界面に於て剝離を起して渦を生ずると同じ現象と考へられる。かゝる前提の下に第5圖の如くの中央軸を通る断面を書けば噴煙以外の部分は静止してゐるものとして圖の如く不連続面を考へることが出来る。この不連続面に圍まれた管内の流體について考へると、今任意の高さ、 $h_1, h_2$  に於ける煙の上昇速度を  $q_1, q_2$ 、中央軸に直角な断面の半径を  $R_1, R_2$ 、不連続面に起される渦動の半径を  $r_1, r_2$  と



第3圖 地盤傾斜變動



第4圖

する。連続の条件により。

$$q_1 R_1^2 = q_2 R_2^2 \therefore q_1/q_2 = R_2^2/R_1^2 \dots\dots\dots(1)$$

寫眞の資測 (第6,7圖) より

$$r_1/r_2 = \sqrt{h_1/h_2} \dots\dots\dots(2)$$

$$r_1/r_2 = R_1/R_2 \dots\dots\dots(3)$$

(1) (2) (3) より

$$R_1^2/R_2^2 = h_1/h_2 \dots\dots\dots(4)$$

(1) (4) より

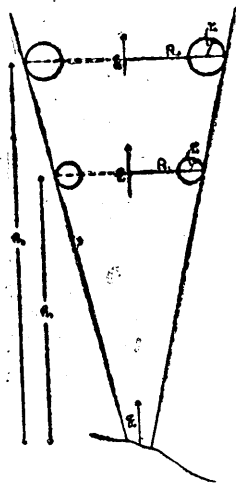
$$q_1/q_2 = h_1/h_2 \dots\dots\dots(5)$$

を得る。次に之等の渦の渦動度を考へるに、一般に渦動度  $\Gamma$  は、 $r$  を渦の半径、 $\omega$  を角速度として、 $2\pi r^2 \omega$  で與へられるから、高さ  $h_1$ 、 $h_2$  に於ては

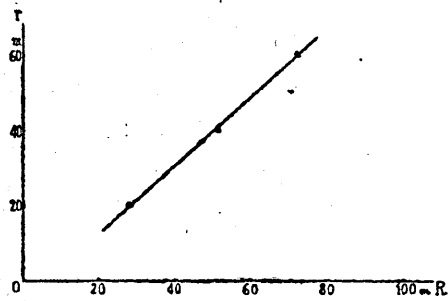
$$\Gamma_1 = 2\pi r_1^2 \omega_1, \Gamma_2 = 2\pi r_2^2 \omega_2$$

依つて  $\Gamma_1/\Gamma_2 = \omega_1 r_1^2 / \omega_2 r_2^2 = h_2 r_1 / h_1 r_2$

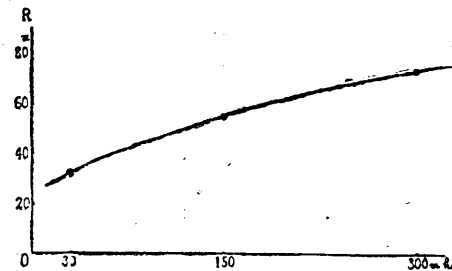
$$\therefore \omega_1/\omega_2 = h_2 r_2 / h_1 r_1$$



第5圖



第6圖 寫眞測定より得たる RとYとの關係



第7圖 寫眞測定に依て得たる hとRとの關係

$\omega$  は観測によれば、高度 150 米に於て  $0.44 \text{ 秒}^{-1}$  であつた。 $q=r\omega$  なることを考慮して (5) 式を適用すると煙の噴出速度は毎秒 5.5 米となる。噴煙を形成する氣體分子及び粒子の有する運動エネルギーが上層風に依つて爲される仕事よりも小さくなつたとき、煙は風に流される。かゝる高さに於ける噴煙の壓力を 1 氣壓とすればベルヌーイの定理に依て煙の壓力は大體 2 氣壓となる。

次に之等の結果を用ひて爆發直前の内部ガス壓力を推定してみるに、噴煙が鳴動と共に噴出する際にその形狀を廻轉楕圓體と假定して、高さ 30 米、直径 10 米とすれば體積は約 1500 立方米である。此の煙の塊の部分は、爆發の瞬間からその形を完成するまで同一の速度で噴出するものとして、體積膨脹速度は

$$dV/dt = q_0 s \quad \text{但し、} s \text{ は塊の斷面積である、} t=0 \text{ なるとき } V=0. \text{ よつて}$$

$$V = q_0 s t$$

$$q_0 = 55 \text{ m/sec} \quad s = 78.5 \text{ m}^2$$

よつて煙の塊を噴出し終るに 0.35 秒を要する。Saint-Venant-Wentzel の式

$$P_0/P = \left( 1 - \frac{\kappa-1}{2} \frac{q_0^2 - q^2}{c^2} \right)^{\frac{\kappa}{\kappa-1}}$$

但し、 $P_0$  ; 爆發前の内部壓力

$P$  ; 煙の塊の部分の壓力

$\kappa$  ;  $c_p/c_v$  として  $\text{CO}_2$  のものを用ひた

$q_0$  ; 爆發瞬間の噴出速度

$c$  ; 煙の塊の内部に於ける音速

を用ひて塊の部分の密度を知れば  $P_0$  を計算し得る。然し今の處この密度を知り得ないのは残念である。他方火山彈が噴煙と同一の速度で飛び出すものとして<sup>1)</sup>

$$MV = Ft$$

$M$  ; 火山彈の質量

$V$  ; 噴出速度

$F$  ; 火山彈の受くる全壓力

$t$  ; 變化に要する時間

によつて内部壓力を計算すると 18 氣壓となる。この値を用ふれば塊の部分の密度は 0.05 となる。

以上噴煙について流體力學的な考察を試みたのであるが、塊の部分の密度 0.05 は大

1) 松澤武雄 震研彙報 11 (1938), 329, 345 ; 永田武 震研彙報 16 (1938), 714.

福富孝治 地震 1 (1929), 852 ; 水上武 火山 4 (1941), 141.

體妥當なるものと考へられ、噴煙の鳴動と火山彈の兩者からの推論の結果が大體一致するのは興味ある事である。

終にあつて平尾、鈴木兩君ほか協力下さつた諸君に感謝致します。

---

*16. Detonation and Smoke that Accompanied the  
Eruption of Sakura-jima.*

By

Takesi NAGATA,

Earthquake Research Institute;

Minoru KAWANO and Tatzō ŌBAYASHI,

Geophysical Institut .

In March 1946, Sakura-jima erupted with a large detonation, and smoke shot up in the sky. Detonation in the end of March was the most intense ones, it became feeble gradually. The change in volume ejected smoke was nearly equal to the intensity of detonation. There was a distinct short period of variation, 4~6 minutes in average period. Comparing the result of observation of tilting motion of ground by means of the spirit level with the strength of detonation, we found that there were some correlation between those two quantities.

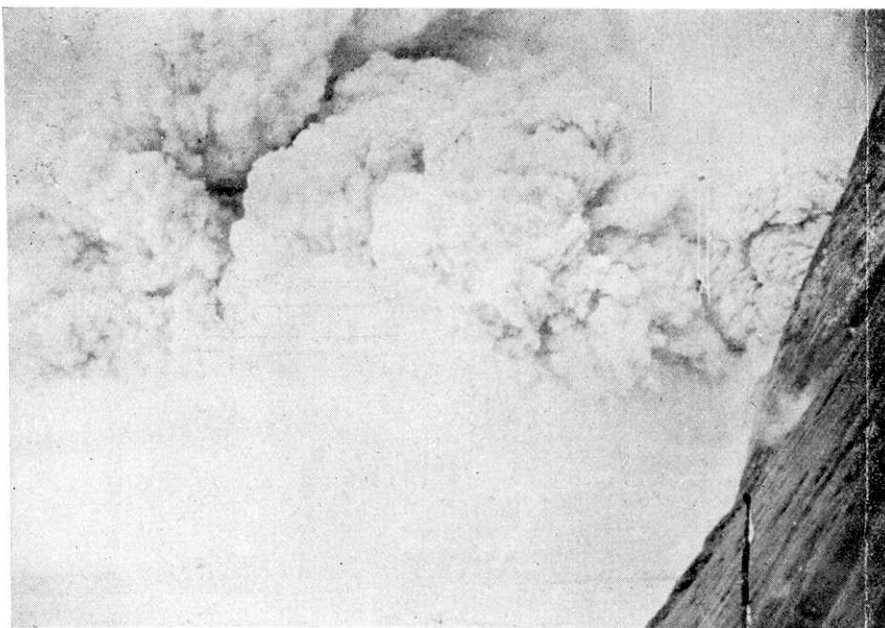
On the other hand, we observed that the ejected smoke consists with two kinds of vortex. One of them is the horizontal vortex caused by the Corioll's force of the earth, while the other is the vertical one which is hydrodynamically caused. From the observed values of vorticities of the latter type, we estimate the initial velocity of ejection of smoke from the crater, the result being that it was about 55 m/sec. On the other hand, the initial velocity of ejection of volcanic bombs was also estimated from its flying pathes, the result just agreeing with that estimate from the vorticities. Then, the pressure of gas at the time of ejection was estimated to be about 18 atm., under the assumption "momentum conservation" in the case of ejection of bombs. While from the pressure equation of compressible fluid, we can observe relation between the gas pressure into the above-mentioned equation and its density. Putting  $P = 18 \text{ atm.}$ , we get that the density of volcanic smoke at the crater is about 0.05.

[Bull. Earthq. Res. Inst., Vol. XXIV, Pl. IX]



噴火口より 300 米にて撮影——4 月 10 日

[T. NAGATA, M. KAWANO and T. OBAYASHI.]



噴火口より 200 米にて撮影——4 月 10 日