

桜島火山における地震観測について（第3報）

（噴火直前の微小地震群について）

吉川 圭三・西 潔

SEISMIC OBSERVATION AT THE VOLCANO SAKURAJIMA (3)

(On the earthquake swarm just before the eruption)

By Keizo YOSHIKAWA and Kiyoshi NISHI

Synopsis

To study the prediction of volcanic eruption, seismic routine observation with high sensitive seismographs has been carried out since 1962 at Sakurajima Observatory, Kyoto Univ.. On the seismograms of this observation, we found sometimes the tremendous earthquake swarm in the case of the eruption. The frequency of these earthquakes became greater and greater with time, and at last they appeared in the continuous tremors just before the eruption. Otherwise, the maximum amplitude of them did larger and larger till the eruption. After the eruption, the frequency and the maximum amplitude either became smaller and smaller as time goes on. It seems that all of these earthquakes have their origins in quite near the crater.

Owing to find such a tremendous earthquake swarm, we have been able to surely predict some eruptions, which were accompanied with the detonation and the thrown out ejecta.

は じ め に

昭和30年10月13日から、新しい噴火活動を始めた桜島火山は、9年を経た今日もなおかなり活潑な活動をつづけている。この火山の活動に伴う諸現象を観測し、噴火予知の研究を推進するために、昭和37年に京大桜島火山観測所が設立せられ、高感度地震計による有線遠隔多点同時観測が始められた。そして火山性地震の性質とか、噴火前の異常現象の一部については、この論文の第1報および第2報において記述されている。第3報においては、噴火の前2時間ほどに、おびただしい地震の発生する例がいくつか得られたので、これらの地震群の性質および噴火との関係について述べる。

観測点の位置および観測計器について

観測点の位置については、前の報告でのべた通り、Fig. 1 の如きものである。観測計器については、従来のもから一部変更した。従来は地震計からトランジスター増巾器を通して、0.7 秒のペンガルパによって煤書き記録をとっていたが、このようなシステムでは、雷雨期にたえずトランジスターが故障し、その修理に追われたので、別記のごとき真空管増巾器と取替えた。また短週期の地震波に対するレスポンスをよくするために、ペンガルパの固有週期を 0.3 秒とした。現在使用している観測システムおよびその総合感度特性は Fig. 2 の通りである。

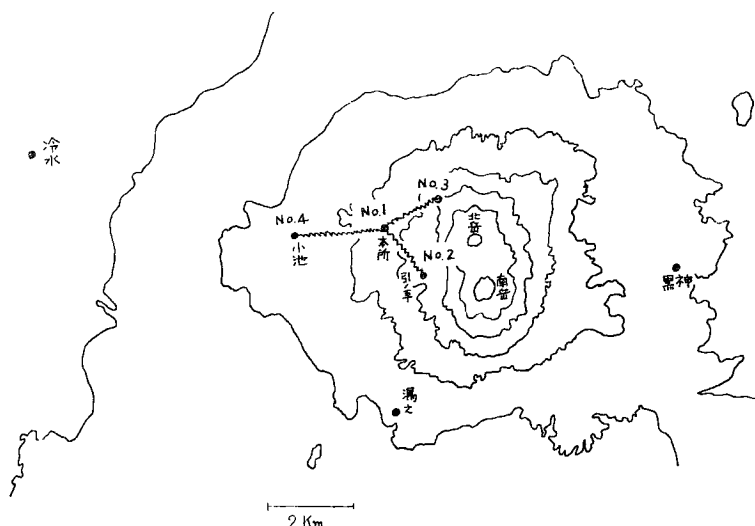
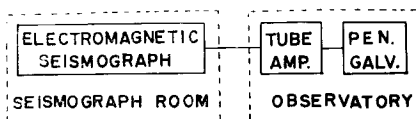


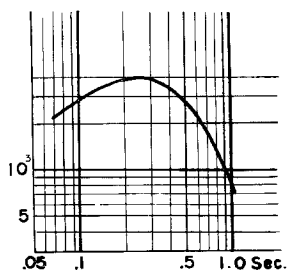
Fig. 1. The locality of seismographs.

噴火直前の微小地震群について

上記のごとく、短週期の波に対するレスポンスをよくした所、噴火の直前に発生する shock type の微小地震が非常に明瞭に記録されるようになった。Photo. 1 および 2 は昭和38年12月12日の噴火の際の、引ノ平および北岳における微小地震群の記録である。この場合には、噴火の約2時間ほど前から shock type の地震が発生しだし、時間が経過するにつれて、発生頻度が次第に増大してゆき、噴火の20分ほど前からは連続微動のようにになっている。一方地震の最大振幅も噴火が近づくに従って、大きくなっていく。噴火の後、



BLOCK DIAGRAM OF THE
SEISMOGRAPH SYSTEM



MAGNIFICATION CURVE OF THE
SEISMOGRAPH SYSTEM

Fig. 2

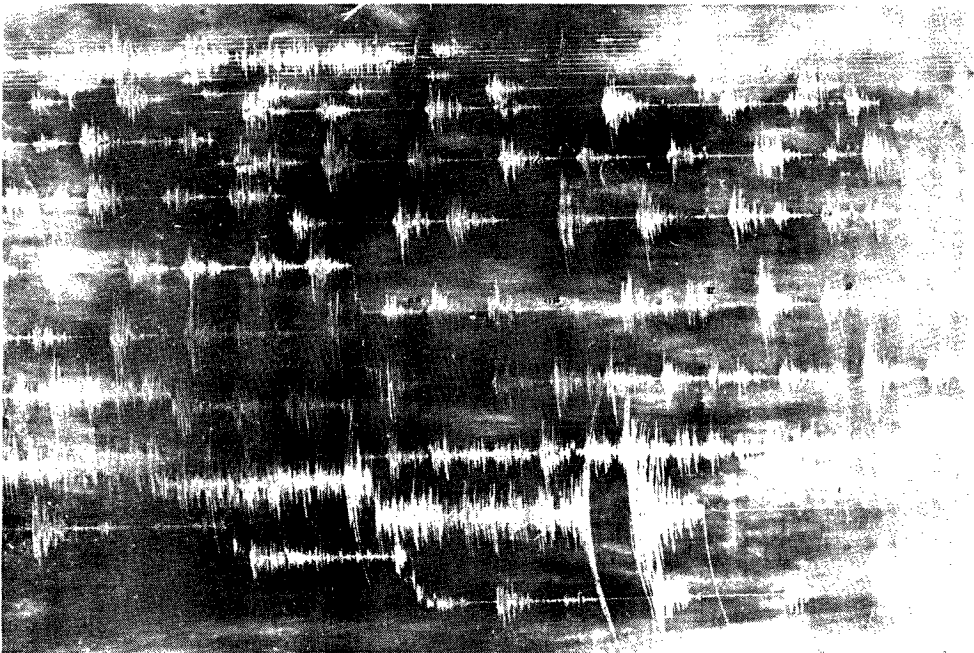


Photo. 1. The tremendous earthquake swarm just before the eruption on 12 Dec. 1963, observed at station 2.

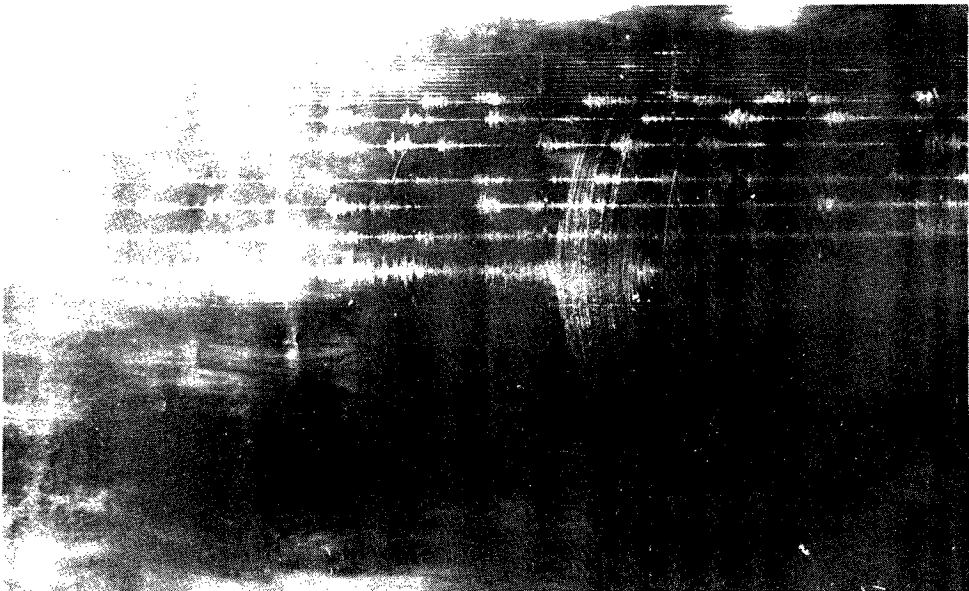


Photo. 2. The same one as Photo. 1, observed at station 3.

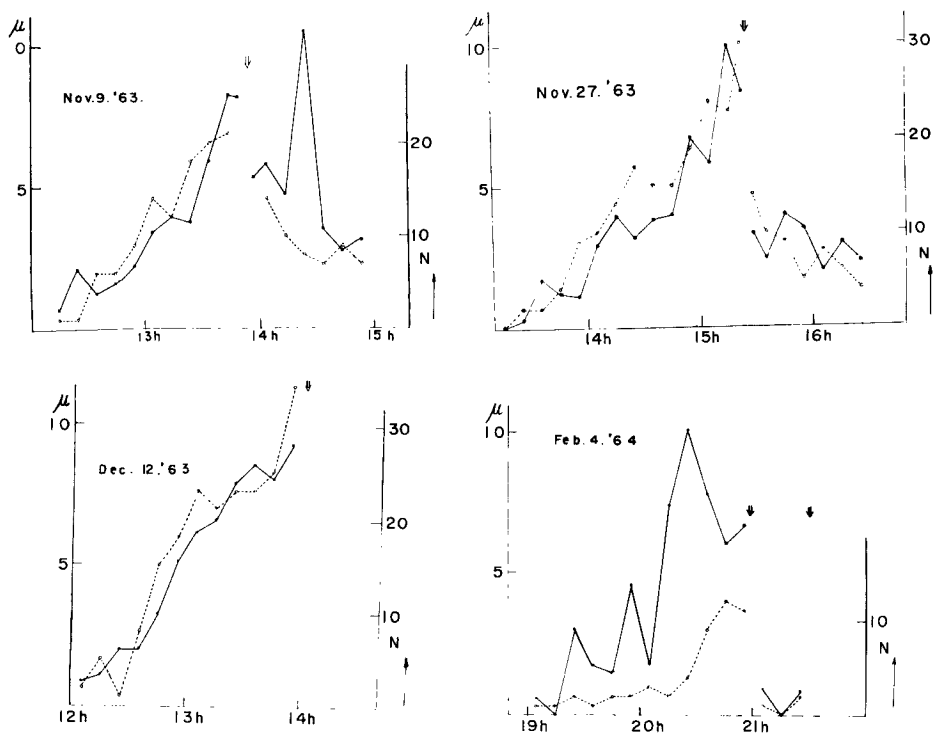


Fig. 3. Mean maximum amplitude (solid line) and number (broken line) of the earthquake swarm at every ten min. Arrows show the eruption.

噴火の際に伴った火山雷のため、フューズが切断され、一部記録が中断されたが、その後は次第に地震の発生頻度も最大振幅も小さくなっていった。

Fig. 3 に同じような地震群の発生を伴った噴火について、これら地震の10分間毎の発生頻度および最大振幅の平均値が、時間と共にどのように変化するかを示した。これらの時間的変化はそれぞれの場合によって異なるが、いずれも噴火が近づくに従って大きくなり、噴火後次第に小さくなる事は同じである。

次にこれらの地震群が大体どこで発生しているかを検討するために、火口からそれぞれ 1.6 km および 2.7 km 距った引ノ平および北岳における最大振幅を比較してみると、**Fig. 4** のごとくになり、引ノ平における最大振幅は、北岳におけるものの 3 ~ 4 倍になっている。この事からこれらの地震はいずれも火口のきわめて近くで発生したものと推定される。この図は昭和38年12月12日のものについて、時間別に印をかえてされているが、これからも噴火に近づくほど大きな地震になっていく事がわかる。同様な比較を噴火前の地震と噴火後の地震とにわけて行なってみたが、**Fig. 5** に示されたように、両者の間には差異が認められなかった。

これら地震群の大きさ別の頻度分布、すなわち石本—飯田の統計式の m の値を求めてみると、**Fig. 6** のようになり、噴火前後の地震全てについて行なった場合、 $m=2.87$ となり、噴火の前の地震だけについては $m=2.48$ 、噴火後の地震だけについては、 $m=2.31$ となる。しかしながらこれらの値の誤差が0.2~0.3であるので、噴火前も噴火後の地震も、ほとんど同じ位の値であると考えられる。

昭和38年10月から39年3月までの期間に、このような地震群を伴って噴火した例が、20数例ある。これら

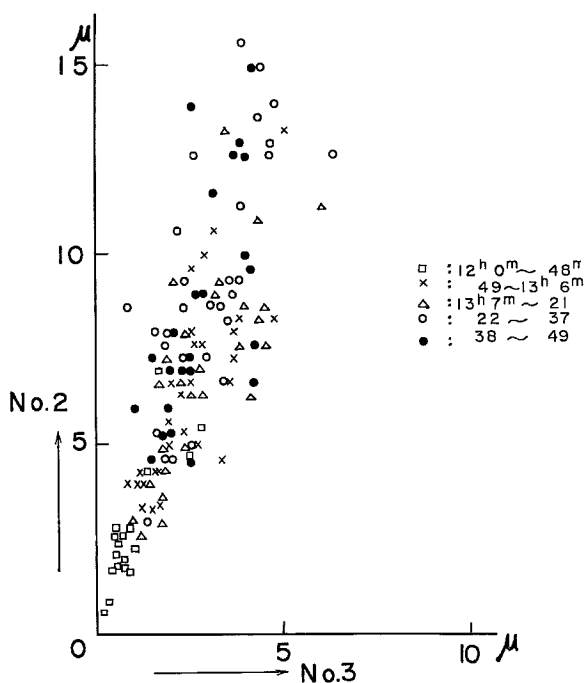


Fig. 4. Relation between the maximum amplitudes of shock type earthquakes at the station 2 and 3, which were observed in the case of eruption on 12 Dec. 1963.

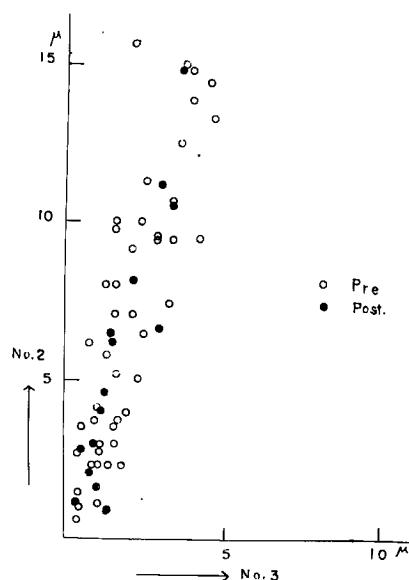


Fig. 5. Relation between the maximum amplitude of shock type earthquakes before and after the eruption a at the station 2 and 3.

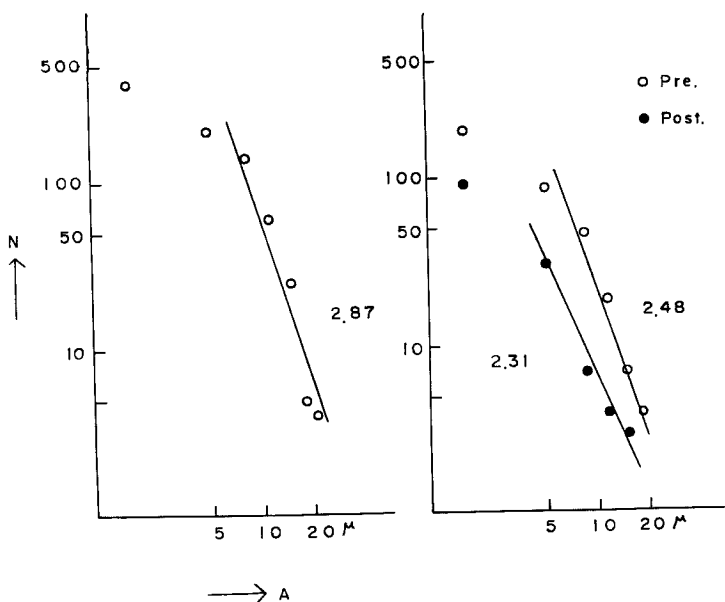


Fig. 6. Relation between the maximum amplitude and the frequency of shock type earthquakes. Left side show the relation for all of shock type earthquakes, and right side does the relations for ones before and after the eruption respectively. Numerals by the straight lines are the values of m in Ishimoto-Iida's expression.

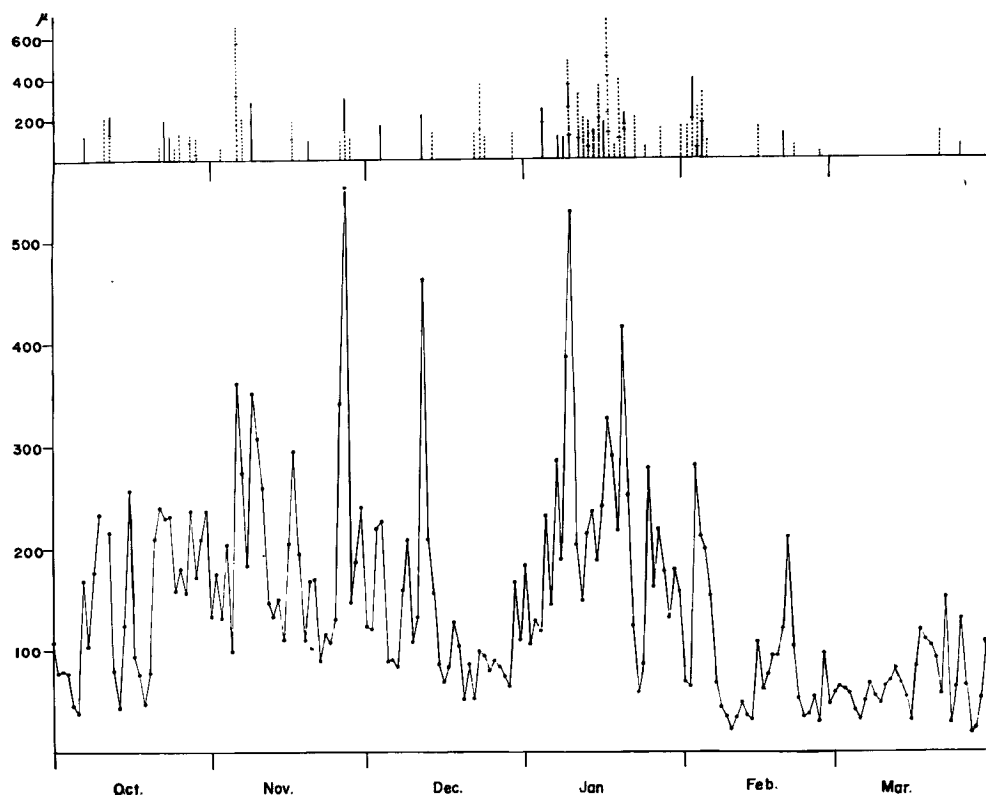


Fig. 7. Mximum amplitude of the eruption earthquake at the observatory (upper part), and daily total number of the volcanic earthquakes observed at the station 2 (lower part). In upper part, solid line show the maximum amplitude of eruption earthquake accompanied with the earthquake swarm, and broken line shows one accompanied with the nothing like that.

の噴火はいずれも、かなりの噴石を放出する噴火ばかりである。**Fig. 7** に上記の期間における噴火と火山性地震の日合計回数との関係を示してあるが、上段は倍率約400倍の S-1000 型地震計に記録された噴火地震の最大振巾で、実線は地震群を伴った噴火であり、点線は顕著な地震群を伴わずに噴火したものである。この期間では全噴火の約 $\frac{1}{3}$ ~ $\frac{1}{4}$ が、このような顕著な地震群を伴った噴火であった。

このような地震群が発生した場合、今日まで例外なく噴火が引続いて起っているので、信頼度の高い噴火の予測ができる。

ま と め

短週期の波に対する特性をよくした事によって、噴火直前に発生する顕著な地震群が明瞭に記録された。これらの地震群はいずれも火口のきわめて近くで発生していると考えられる。そして噴火が近づくと共に、発生頻度が大きくなり、また最大振巾の大きな地震がふえてくる。噴火後は逆に発生頻度は時間と共に小さくなり、地震も小さくなっていく。このような地震群が発生すると、今日まで例外なく噴火を起しており、信頼度の高い噴火の予測ができる。

おわりに、終始御鞭撻下さった佐々憲三京大名誉教授に厚く感謝の意を表します。また観測に従事された

中村俊造・園田忠惟の両君および記録整理をやって下さった村山小夜子嬢に御礼申し上げます。
本研究の観測は文部省特別事業費によって行なわれている事を附記します。

附 記

現在使用している真空管増巾器の配線図は下記の通りである。

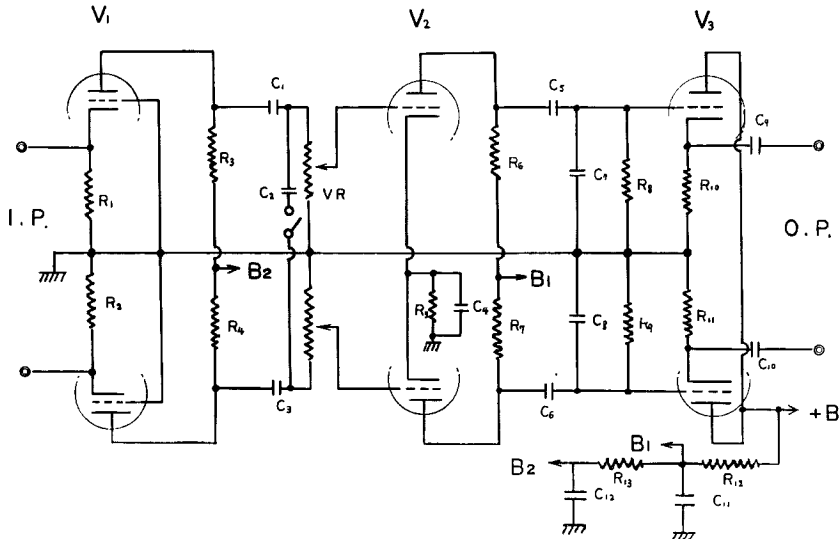


Fig. 8 V_1, V_2, V_3 : 12AT7

$R_1, R_2, R_5, R_{10}, R_{11}$: 5 K Ω

R_3, R_4, R_6, R_7 : 100 K Ω

R_8, R_9 : 1 M Ω

R_{12}, R_{13} : 20 K Ω

VR : 500 K $\Omega \times 2$

C_1, C_3 : 4 μ F

C_2 : 0.1 μ F

C_4 : 400 μ F

C_5, C_6 : 2 μ F

C_7, C_8 : 0.05 μ F

C_9, C_{10} : 1000 μ F