

Vulcano 式噴火活動における大爆発の起こり方について*

田 中 康 裕**

551. 21

On the Violent Explosion in the Eruption Activity of Vulcanian Type

Y. Tanaka

(The Seismological Section, J. M. A.)
(The Seismological Laboratory, M. R. I.)

The present paper is the descriptions of seismological studies of the violent Vulcanian type explosions at the volcano Asamayama and Sakurajima, in recent years.

At those volcanoes, explosive eruptions and volcanic earthquakes take place frequently, and several interesting phenomena are detected as follows:

1) Frequency number of volcanic earthquakes increases during active period of the volcano. And remarkable frequent time of the volcanic earthquakes appears twice at first stage of eruption activity and at later stage of eruption activity.

2) Length of calm stage of volcanic activities is not related to magnitude of re-opening eruption.

3) The premonitory phenomena continued after a long calm stage are detected just before the eruption, as follows:

a) Many number of premonitory volcanic earthquakes take place before an eruption activity.

b) Locally maximum frequency of volcanic earthquakes appears before a violent explosion.

c) Large magnitude volcanic earthquakes take place before a violent outburst. Time lag between a maximum active time of earthquakes and the most active stage of eruption is seemed to relate to outburst point and origin of the earthquake.

4) Sometimes, violent explosions take place during a long period of active eruption. The occurrences of small explosions before and after violent explosion have remarkable different properties.

1 緒 言

火山爆発には大小様々なものがある。このうち、より大きな爆発ほど、その予知が必要であることは論をまたない。

火山爆発の大きさに関して、我々の一般的経験から、次のようなことがいわれている。

1) 長期間噴火活動を休止した後で起こる火山爆発は

一般に大きい。また、爆発前の休止期が長いほど、より大きな爆発になりやすい。

2) 一度噴火活動を始めた火山では、かなり長期間にわたって爆発をくり返すのが常である。こうした一連の噴火活動中には、かなり大きな爆発も含まれることがある。

3) 各火山は、主として噴出岩の化学的組成の違いにより、爆発様式が異っている。プレー式、ブルカノ式、ストロンボリ式、ハワイ式、その他の噴火様式があるが、爆発力は、一般に、前者のものほど大き

* Received June 8, 1970

** 気象庁地震課, 気象研究所地震研究部

いといわれている。

さて、本邦の大部分の火山は、爆発の際、安山岩質の溶岩を放出してブルカノ式噴火をする。その代表的な火山が浅間山と桜島である。これらの火山では、噴火が近づくと、一般に、火山性地震が増加することが知られている。地震数の変動と大爆発の時期および噴火活動の推移が、どんな関係にあるかがわかれば大変有益である。

一方、火山性地震の大きさには、いろいろなものがある。一つの大きな地震のエネルギーは、多数の小さな地震のエネルギーの総和よりも、はるかに大きなことがしばしばあるので、地震数の増加または減少が、必ずしも、地震の放出エネルギーの増加または減少を意味することにはならない。そこで、地震数の変動を論ずるには、それらの大きさをも合わせて考慮する必要がある。

一連の火山活動の変遷に伴って、どんな種類の、どんな大きさの地震が、どんな時期に発生するか、もし、これらの発生に関して、何らかの規則性が見あたるならば、噴火予知ないし噴火の機構を調べる上に、大変役立つことはいうまでもない。

この論文では、近年の浅間山と桜島で起こった大きな爆発に関連して、上記1)および2)の事柄をたしかめると共に、大きな爆発前後の小爆発、火山性地震の起こり方、噴火活動期を通しての火山性地震の発生頻度などについて考察した。

2. 長い噴火休止期後の大爆発

2.1 浅間山の噴火と火山性地震

ここでは、1950~69年の20年間に起こった噴火について

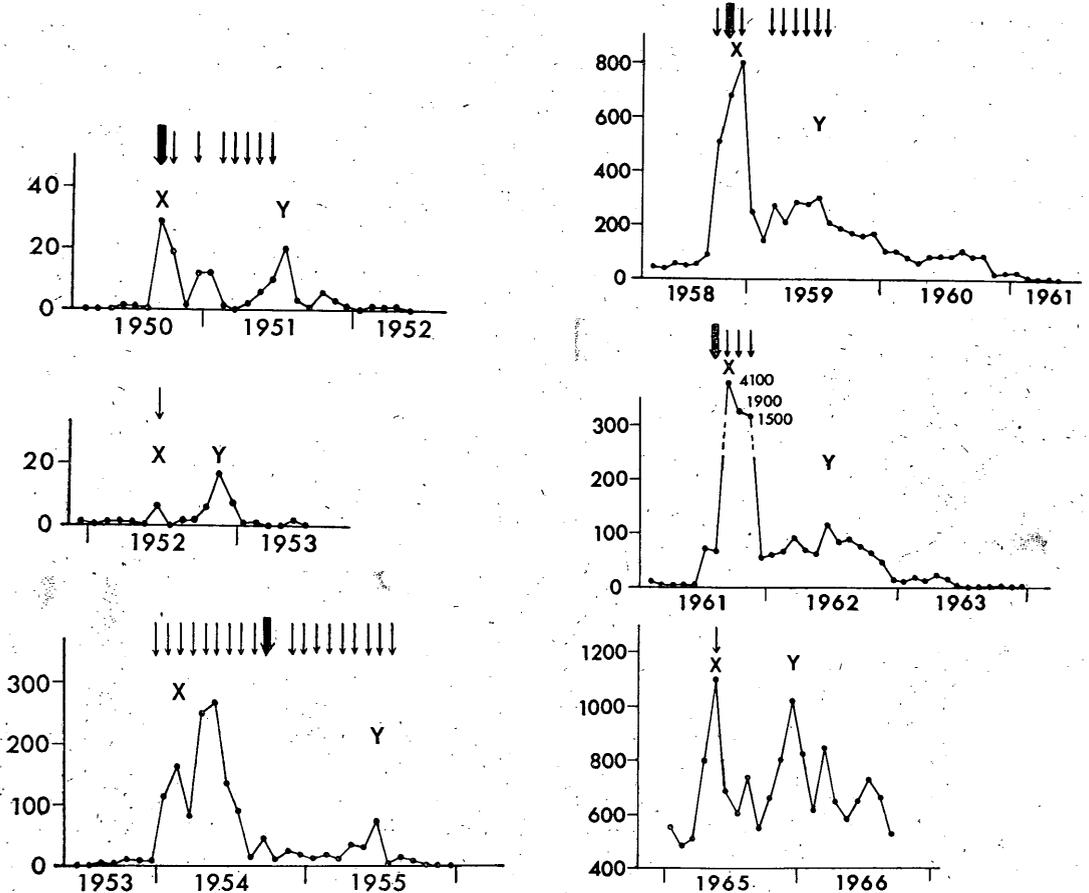


Fig. 1. Monthly number of volcanic earthquakes in relation to volcanic activities at the volcano Asamayama.

Arrow marks: Thick—violent explosion, Thin—small explosion.

X: First remarkable swarm time of volcanic earthquakes.

Y: Later remarkable swarm time of volcanic earthquakes.

てあつかう。この期間に該火山では Table 1 に示した 6 の概要は Fig. 1 のとおりである。回の噴火活動期があった。各噴火期の火山性地震、爆発

Table 1. Eruption activities at the volcano Asamayama, from 1950 to 1969.

X: First remarkable frequent time of volcanic earthquakes

Y: Later remarkable frequent time of volcanic earthquakes

Eruption period	Calm stage	The largest explosion		X	Y
		Date	Kinetic energy		
Aug. 15, 1950—Jun. 1951	year	Sep. 23, 1950	3.6 × 10 ¹⁷	Sep. 1950	Jul. 1951
Jun. 7 — 14, 1952	1	Jun. 7, 1952	(10 ¹²)	Jun. 1952	Nov. 1952
Dec. 27, 1953 — Jul. 1955	1 ½	Sep. 6, 1954	2.0 × 10 ¹⁶	May 1954	Jun. 1955
Oct. 3, 1958 — Aug. 1959	3 ¼	Nov. 10, 1958	2.0 × 10 ¹⁸	Dec. 1958	Jul. 1959
Aug. 18, 1961—Nov. 1961	2	Aug. 18, 1961	4.8 × 10 ¹⁶	Sep. 1961	Jun. 1962
May 23, 1965	3 ½	May 23, 1965	1.1 × 10 ¹²	May 1965	Dec. 1965

各噴火活動期に発生した火山性地震の頻度は大きく異なっているが、その原因の一つは、観測点および地震計の種類によるものである。すなわち、1950~52年の観測は、軽井沢測候所（浅間山頂火口の南々東 8.0 km）に設置した40倍の大森式地動計により、1952~55年の観測は、同測候所に設置した300倍石本式地震計に、1958~63年の観測は、同測候所に設置した3500倍光学式地震計による。また、1965~66年の観測は、山頂火口の南1.8 km に設置した5000倍の JMA-62A 型電磁地震計による観測である。

また、Fig. 1 の矢印は、爆発のあった月を示しているが、このうち、太い矢印は、爆発地震の振動のエネルギーが 15¹⁵ エルグ以上の大爆発を示し、細い矢印は、それ以下の小爆発である。太い矢印で示した爆発地震のエネルギーは極度に大きくて、一連の噴火活動期中の小爆発すべての振動のエネルギーを合せたものより、はるかに大きい。

ここで、エネルギーの算出には、地震計が記録した爆発地震の最大振幅(A)、火口と観測点との距離(D)から $M = 1.83 \log D + \log A - 0.83$ (坪井 1954)

$\log E = 1.5 M + 11.8$ (Gutenberg-Richter 1956) の式を使って、マグマチユード(M)からエネルギー(E)を求めた。

火山爆発のエネルギーは、爆発地震の振動のエネルギーだけではなく、これよりも、はるかに大きな、噴出物による熱エネルギー、位置エネルギー、機械的エネルギーなどが総括されたものでなければならない。しかし、

該火山では、同じような様式のブルカノ式爆発をするので、個々の爆発の大小は、爆発地震の大小によって比較できるものと考えられる。

Table 1, Fig. 1 から、全般的なこととして次のようなことが言える。

- 1) 噴火活動に前駆して、火山性地震が増加し始める。
- 2) 大爆発に先がけて、小爆発が起こることが多い。
- 3) 爆発の大きさは、その噴火活動前の休止期の長さには無関係である。
- 4) 火山性地震が多い時期は、たとえ爆発は起こらなくても、その火山は活動期にあるとみななければならない。火山性地震の頻度には、活動期が始ったころと終りごろとに顕著な極大がある。始めの極大は、噴火活動期の開始をつける現象として、また、後の極大は、噴火活動期の終末をつける現象として注目される。これと同じような現象は、プレー式噴火をして 1944-45 年に生成した昭和新山 (Kizawa, 1957)ブルカノ式噴火をした1914年の桜島 (Kizawa, 1963) についても述べられている。

次に、噴火活動期に前駆した火山性地震の状態を、さらにくわしく知るために、軽井沢測候所で高性能の地震観測を行うようになった1958年以降の噴火と地震の発生状況を図にしたものが Figs. 2~4 である。それぞれの図に、日別の爆発の有無(矢印)、日別火山性地震回数(N)、火山性地震の日別最大振幅(A)、火山性地震の日別エネルギー(E、最大振幅の自乗に比例していると仮

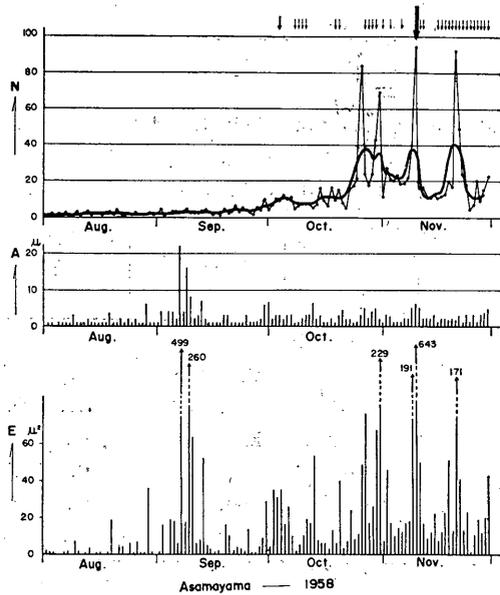


Fig. 2. Volcanic earthquakes in relation to the eruption activities of 1958 at the volcano Asamayama.

- N: Daily number of volcanic earthquakes
- A: Daily max. amplitude of volcanic earthquakes
- E: Daily energy of volcanic earthquakes
- Arrow mark: Thick—violent explosion
Thin—small explosion

定して、個々の地震の最大振幅の自乗を加え合せたもの)が記入してある。

Fig. 2は1958年の噴火で、同年10月3日から小爆発開始、11月10日に大爆発した。噴火に前駆して、1958年7月ごろから火山性地震が次第に増加し、さらに、9月上旬には、大きな火山性地震群が発生した。9月上旬の地震のエネルギーが異常的に大きいことから、前駆地震活動の最盛期は、大爆発より約2か月前に現われていたことを示している。

Fig. 3は1961年の噴火で、同年8月18日に大爆発、以後小爆発が群発した。この時の噴火では、大爆発に前駆した小爆発がなかったことが注目される。火山性地震は、7月上旬ころから増加し始め、一たん減少し、再び増加したときに噴火活動に入った。地震のエネルギーも7月に大きく、前駆地震活動の極大時が、大爆発の約20日前に現われたことを示している。

Fig. 4は1965年の噴火で、この時は5月23日に小爆発が1回起こっただけで終わった。火山性地震は4月上旬から増加し、4月28日、5月14、15日には大きな火山性地震が発生した。このことは、地震活動の極大時が、爆

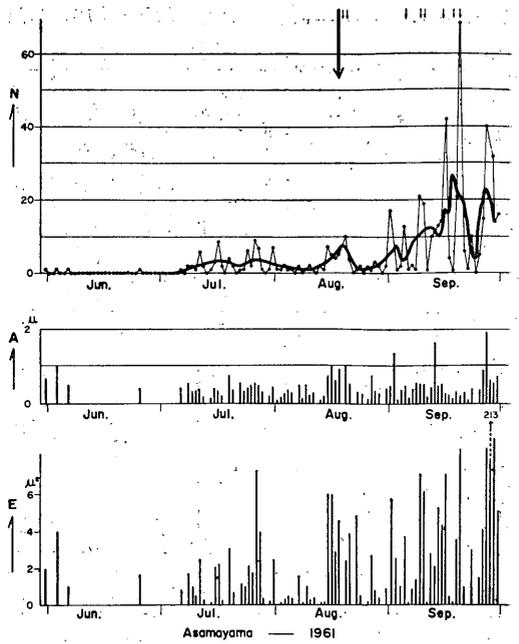


Fig. 3. Volcanic earthquakes in relation to the eruption activities of 1961 at the volcano Asamayama. The notations are the same ones shown in Fig. 2.

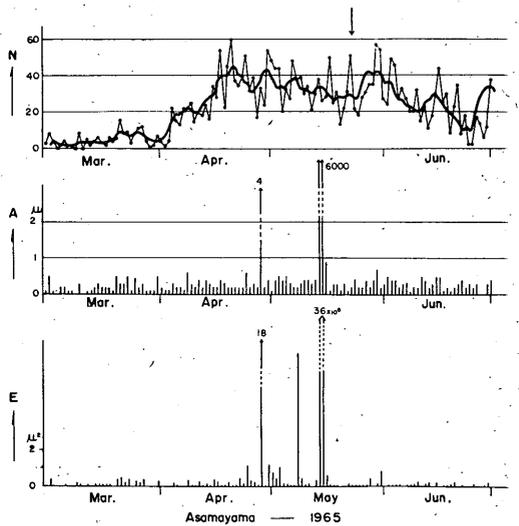


Fig. 4. Volcanic earthquakes in relation to the eruption activities of 1965 at the volcano Asamayama. The notations are the same ones shown in Fig. 2.

発時より約10日間前駆していたことを示している。

なお、この時の前駆地震の初動方向には注目すべき現象がみられ、山頂火口の南々東3.7 kmに設置したJMA

Table 2. Direction and displacement of initial motion of P wave of pre-eruption earthquakes in the eruption of 1965 at the volcano Asamayama, observed at the observation point situated on the distance of 3.7 km, SSE direction from the summit crater.

Time					$P \sim S$	P_N	P_E	P_Z	Time					$P \sim S$	P_N	P_E	P_Z	
d	h	m	s		(μ)	(μ)	(μ)		d	h	m	s		(μ)	(μ)	(μ)		
Apr.	8	15	40		1.0	(+)	(+)	-0.1	May	9	00	19		0.7	(+)	(+)	(-)	
	28	08	59		0.9	-0.3	+0.3	+0.4		00	19			0.7	(+)	(+)	(-)	
May	8	12	20		0.8	(+)	-0.1	-0.1		06	43			0.8	(+)	(+)	(-)	
		12	51		0.7	(+)	(+)	(-)	14	22	48			1.0	-0.6	+0.4	+0.6	
		13	30		1.0	(+)	(+)	(-)		22	48			1.0	-0.4	+0.2	+0.5	
		20	34		0.8	(+)	(+)	(-)		22	49			1.0	-0.1	+0.1	+0.1	
		21	32		0.9	(+)	(+)	(-)	15	03	39			1.0	-0.4	+0.2	+0.5	
		21	36		0.7	(+)	(+)	(-)	16	09	42			0.7	-0.1	(+)	+0.2	
		21	54		0.8	(+)	(+)	(-)	23	14	49			(explosion)				
		22	19		0.8	(+)	(+)	(-)	Jun.	13	11	32		0.9	(-)	+0.1	+0.1	

-62 A型電磁地震計による観測結果は Table 2 のとおりである。すなわち、5月上旬までに起こった地震の初動は、火口に対して引き波であったのが、5月14日の地震以降、反転して押し波に変わった。

南北、東西、上下3成分を合成した初動方向から考えて、この現象は、震源が若干移動したことを示している。噴火の前に、大きな火山性地震が起こること、しかも、その時の地震の初動方向が反転することの意義は重大である。これらは、噴火に先がけて、地下の殻を打ち破ってマグマなどが上昇するための現象であるに違いない。大噴火の前に、大きな前駆地震があった事例は、1943~45年にプレー式噴火をして生成した昭和新山(Kizawa, 1959), 1914年の桜島の大噴火(Omori, 1916; Kizawa, 1963)などでも述べられているとおりである。また、著者(田中, 1968; 1969; 1970)は、伊豆大島のストロンボリ式噴火についても、地下の殻を打ち破ると考えられる前駆地震があることを述べた。これらのことから、噴火様式のいかにかわららず、噴火の前には、大きな前駆地震が発生する現象があることは注目すべきことである。

次に、これらの前駆地震に関して、桜島の噴火に例をとって、くわしく述べることにする。

2.2 桜島の噴火と火山性地震

桜島の南岳山頂の西10 kmにある鹿児島地方気象台が、地震観測を始めた1899年以来1969年までの間に、桜島では、1899年9月、1914年1~3月、1938年9月、1938年2~3月、1939年10~11月、1940年4~7月、1941年

4~9月、1942年7月、1946年2~11月、1948年7月、1950年6~9月、1954年11~12月、1955年10月~現在に、噴火活動または活発な噴煙活動があった。このうち、火山活動に伴った地震群が観測されたのは、1914年の噴火(Gray-Milne 地震計、倍率は水平動5倍、上下動10倍で観測)、1939年の噴火(Wiechert 地震計、倍率約100倍で観測)、1941年の噴火(Wiechert 地震計で観測)、1946年の噴火(Wiechert 地震計で観測)および1955年以降の噴火〔石本式150倍地震計、JMA-56型高倍率地震計(倍率300倍)、JMA-62型電磁地震計(倍率2000倍)などで観測。観測点は南岳山頂火口の西5 kmの鹿児島地方気象台桜島火山観測所〕だけであった。火山性地震が観測できたかどうかは、地震計の性能や観測位置にもよるが、一般に、大きな噴火活動に伴った地震活動は地震計に記録できたようである。

Figs. 5~9は、上記5回の桜島の噴火活動に伴った火山性地震および爆発の発生状況を示したものである。各噴火活動期全般を通じて共通している現象は、噴火活動期に前駆して火山性地震が増加していること、噴火活動の初期と末期とに、火山性地震発生頻度の極大が存在していたことなどである。また、大爆発に前駆して小爆発が起こる場合が多く、かつ、大きな火山性地震が大爆発に前駆して起こっている。これらは、すべて、前述した浅間山の爆発の状態とよく似ている事柄である。また、噴火休止期の長短が、次期噴火の大小を左右している事実は認められない。

次に、Figs. 5~9の噴火活動について、さらに説明を

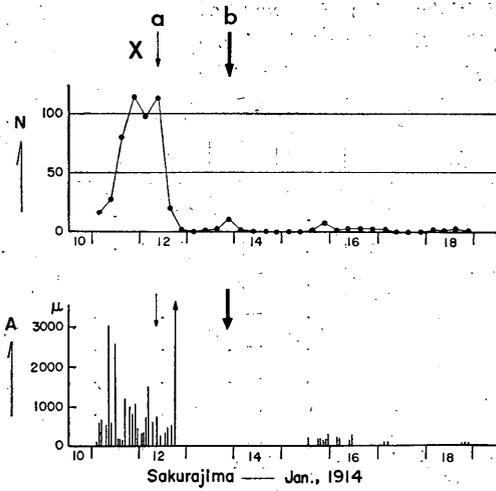


Fig. 5. Volcanic earthquakes in relation to the eruption activities of 1914 at the volcano Sakurajima.

- N: Number of volcanic earthquakes
- A: Daily maximum amplitude of volcanic earthquake
- a: First explosion
- b: Violent explosion
- X: First remarkable swarm time of volcanic earthquakes
- Y: Later remarkable swarm time of volcanic earthquakes

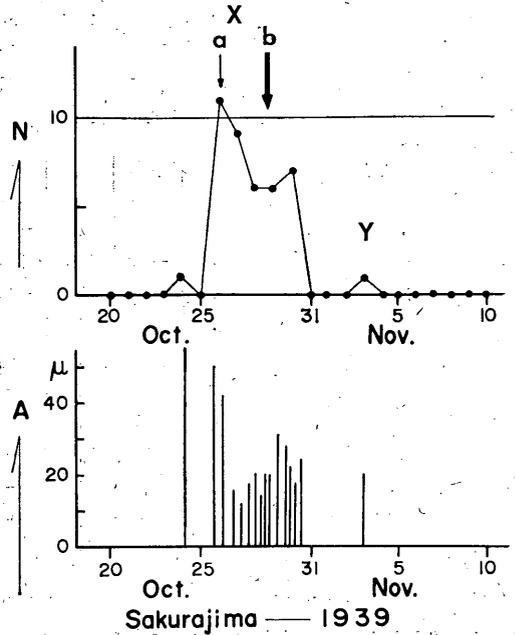


Fig. 6. Volcanic earthquakes in relation to the eruption activities of 1939 at the volcano Sakurajima. The notations are the same ones shown in Fig. 5.

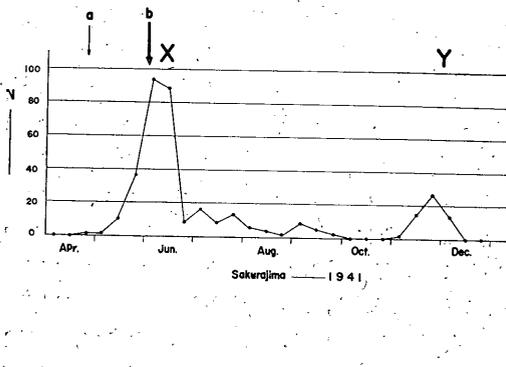


Fig. 7. Volcanic earthquakes in relation to the eruption activities of 1941 at the volcano Sakurajima. The notations are the same ones shown in Fig. 5.

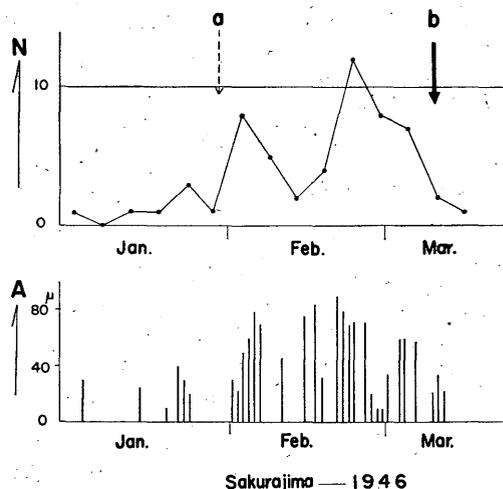
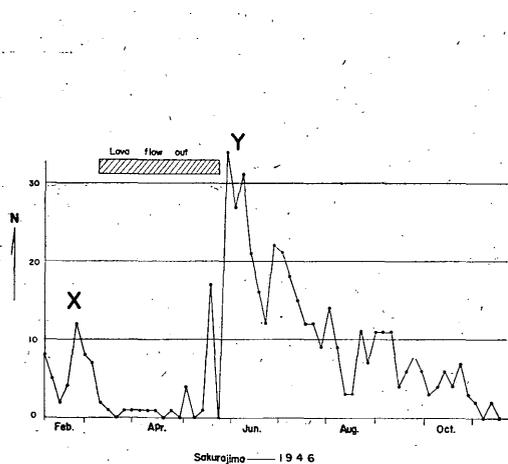


Fig. 8. Volcanic earthquakes in relation to the eruption activities of 1946 at the volcano Sakurajima. The notations are the same ones shown in Fig. 5.

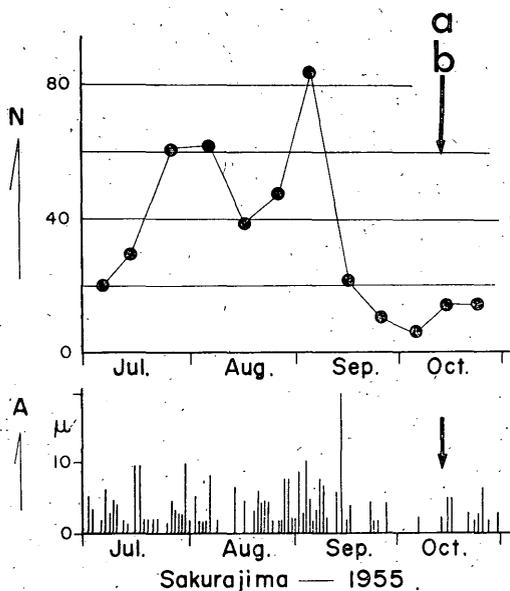


Fig. 9. Volcanic earthquakes in relation to the eruptoin activities of 1955 at the volcano Sakurajima. The notations are the same ones shown in Fig. 5.

加えることにしよう。

Fig. 5 は1914年1月の大噴火で「大正3年の大噴火」と呼ばれているものである。1月12日10時ごろ、桜島の西側中腹の海拔570m付近で噴火を始め、次いで約10分後、東側中腹の海拔470m付近でも噴火を始めた。翌13日20時ごろからは溶岩を流出させ、大噴火に発展した。火山性地震は噴火発生の前日から増加し、噴火開始と共に

減少した。また、溶岩流出開始時より約26時間前の12日18時30分ごろには、この時の地震群中の最大地震（マグニチュード6.2）が起こった。これらの事柄を総合すると、大噴火（溶岩流出）に約1日前駆して地震活動に最盛期があったことになる。

Fig. 6 は1939年10～11月の噴火活動である。10月26日、桜島の東側中腹の海拔750m付近で爆発を始めた。10月28日には多数の小爆発が群発、翌29日には、噴火活動が最高潮に達して熱雲を発生させた。その後、小爆発が間歇的に11月中旬まで続いた。この活動では、大きな火山性地震が大噴火（熱雲）発生5日前に起こっている。

Fig. 7 は1941年4～9月の噴火活動である。4月28日～5月1日、5月15～6日14日、および8月26日～9月末に噴火活動があった。噴火地点は桜島の東側中腹の海拔750m付近であったといわれている（安井1957）。この時の活動では、大きな爆発は6月2日ごろに集中しており、さらに、8月26日にも顕著な爆発があった。その他の爆発は、いずれも小さかった。火山性地震は4月末から増加し始め、6月2日の大爆発より7日前の5月26日を中心として大きな地震群が起こっている。

Fig. 8 は1946年1～11月の噴火活動で「昭和21年の大噴火」と呼ばれているものである。この年の1月以降、桜島の噴煙活動が活発化し、ときどき降灰があった、3月9日に至り、桜島の東側中腹の海拔820m付近で噴火を始め、溶岩を流出して大噴火に発展した。溶岩流出活動は5月下旬に終わったが、小爆発は11月上旬までの間に

ときどき起こった。火山性地震は1月中旬から増加し始め、地震活動の極大が溶岩流出開始時より約17日前に現われた。

Fig. 9は1955年10月の噴火活動である。10月13日、南岳山頂火口(海拔約900m)で大爆発が起こり、以後同月末まで小爆発をくり返した。さらに、翌年1月からは、噴火活動を再開し、現在(1970年)まで続いている。1955年10月の大爆発には、小爆発が前駆しなかったことが一つの特徴である。また、この大爆発に前駆した火山性地震は小さくて、鹿児島地方気象台のwiechert地震計には記録されなかったが、活動火口の西5kmの袴腰にあった気象台の分室(1960年に隣接の城山台地上に移転して鹿児島地方気象台桜島火山観測所となった)の150倍石本式地震計には、最大振幅 10μ 以下の小さな火山性地震を多数記録した。それによると、噴火の9か月前、すなわち、1955年1月ごろから火山性地震が次第に増加し(竹山・田中, 1958)、噴火発生より約1か月前に極大を示し、その後、やや減少したところ爆発が起こった。また、大きな地震が発生したのも大爆発の29日前であった。

さて、桜島の1914年以降の噴火は、既に、Tsuya(1956)、安井(1958)等によって述べられているとおり、いずれも南岳をほぼ東西に横切る弱線上で起こっている。そして、1914年の噴火は山ろくで起こり、以後の噴火では、噴火点が次第に南岳山頂火口に近づくような傾向で火口を生成しながら上方に進み、1955年の噴火に至って、とうとう噴火点が山頂火口に達した。

一方、大爆発と火山性地震の最盛期との時間差は、近年のものほど長くなっている。そこで、活動火口の位置(海拔の高さ)と、上述の時間差とが何らかの関係を持っているように考えられる。すなわち、大変大胆な仮定ではあるが、ほぼ一定した深さの所に火山噴火の原因をなす活動源があって、それが活動を始めると、固くふさがれていた地下の殻を破るための大きな地震を起こす。以後、破れた部分にそってマグマなどが上昇を始めるとすれば、上昇径路が長い程、地表で爆発するまでに時間を要するはずである。この場合、火山ガスは早く上昇するので、溶岩などを噴出する大爆発に先がけて、小爆発が発生しやすくなると考えられる。

Fig. 10は、観測事実に基づいて、噴火地点の海拔の高さ(h メートル)、噴火開始時と最大前駆地震との時間差(τ 日)を図にしたものである。この場合、 h と τ との関係は

$$h = 200.64 \log \tau + 582.37$$

で表わされる。

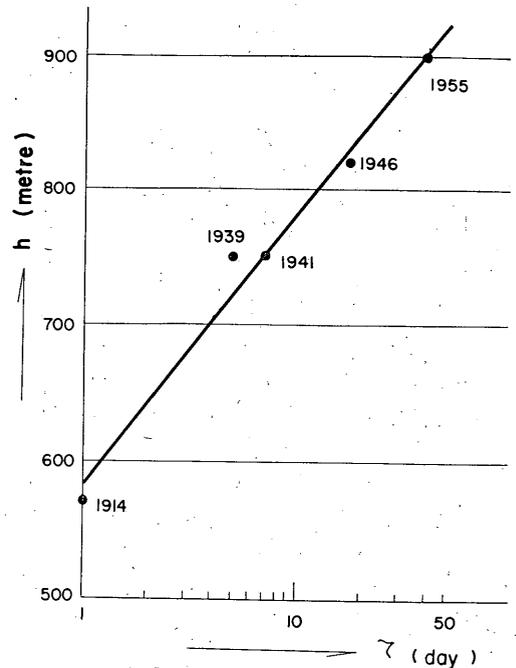


Fig. 10. Relation between h and τ .

h : Height of out burst crater, above sea level
 τ : Time interval between large pre-eruption earthquake and violent explosion

3. やや長い噴火休止期の後で起こる爆発

桜島の1955年10月の大爆発以来、現在まで続いている長い火山活動は、火山地震の発生数も多く、全体的にみて、一連の噴火活動期とみなされる。しかし、この長い期間中にも、爆発をさかんに行った時期と、爆発を休止した時期とを何回かくり返した。

そこで、やや長い爆発休止期をいくつか選び、その後、爆発活動を再開した時期の火山性地震の起こり方について調べた。Figs. 11~14はその例である。

Fig. 11は、1962年3月8日から小爆発を再開した時のもので、その前に39日間の爆発休止期があり、大きな火山性地震が爆発再開より23日前に起こっている。

Fig. 12は、1963年2月11日から小爆発を再開した時のもので、その前に61日間の爆発休止期があり、大きな火山性地震が爆発再開より約40日、約30日、16日、8日、7日前に起こった。なお、爆発に前駆して、火山性地震が増加した。

Fig. 13は、1965年3月29日から小爆発を再開した時のもので、その前に60日間の爆発休止期があり、大きな火山性地震が爆発再開より32日前に起こった。

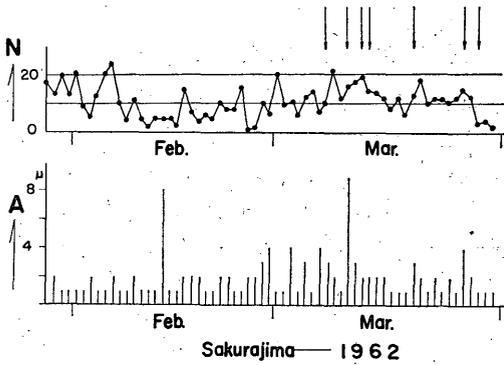


Fig. 11. Volcanic earthquakes in relation to the eruption activities of 1962 at the volcano Sakurajima.

N: Daily number of volcanic earthquake
 A: Daily max. amplitude of volcanic earthquakes
 Arrow mark: Small explosion

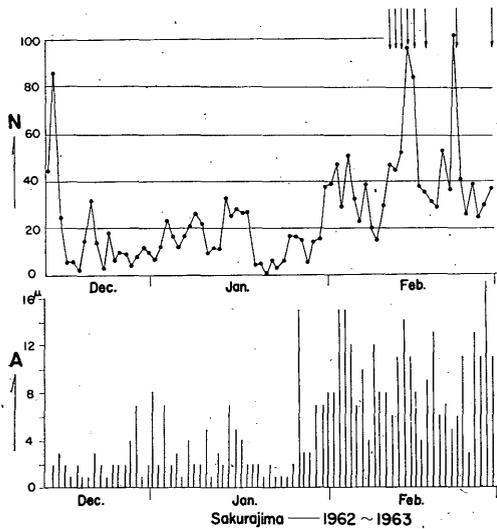


Fig. 12. Volcanic earthquakes in relation to the eruption activities of 1962-1963 at the volcano Sakurajima. The notations are the same ones shown in Fig. 11.

Fig. 14. は、1966年4月5日から小爆発を再開した時のもので、その前に21日間の爆発休止期があり、大きな火山性地震が爆発再開より32日および14日前に起こった。なお、爆発に前駆して、火山性地震が増加した。

以上は少数例ではあるが、活動休止期後の爆発には、間違いなく、大きな火山性地震が前駆する現象があることを示している。その火山性地震と爆発との時間差は、

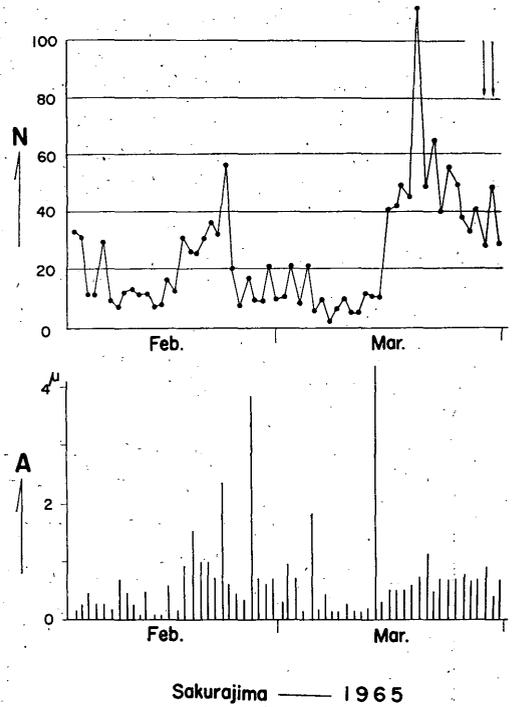


Fig. 13. Volcanic earthquakes in relation to the eruption activities of 1965 at the volcano Sakurajima. The notations are the same ones shown in Fig. 11.

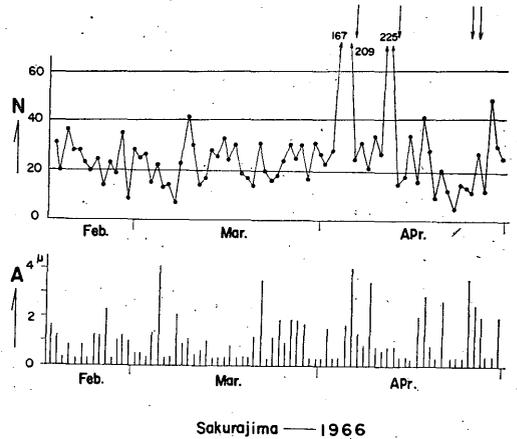


Fig. 14. Volcanic earthquakes in relation to the eruption activities of 1966 at the volcano Sakurajima. The notations are the same ones shown in Fig. 11.

7~40日もあり、かなり長い。

なお、東谷・永福(1967)は、1964~65年に、南岳山頂

火口で爆発が断続した時期の5回の小爆発(1964年9月8日, 10月26日, 1965年1月9日, 9月1日, 9月29日)について, それらに伴った火山性地震の発生状態を調べている。これによると, 火山性地震活動の極大時と爆発時との時間差は, わずか, 1時間ないし数日しかない。これらの例は, 噴火活動中においては, 地下の活動源が非常に浅いため, 前駆地震が起こってから爆発までに長い時間を要しないためだと考えられる。

4. 小爆発群発中に起こる大爆発

桜島は, 1955年10月以来, ひんぱんに爆発をくり返すようになった。以来1966年末までに, 活動火口の西10 kmの鹿児島地方気象台に設置した Wiechert 地震計が記録した爆発地震は, 最大振幅 10μ を越えるものだけでも1602回に達した(田中, 1967 a)。その中から, 最大振幅が 200μ 以上に及んだ爆発を選び, それらの大爆発の起

Table 3. Remarkable explosion activities at the volcano Sakurajima, during the period from 1955 to 1964.

No.	Eruption period	Main explosion		Energy of volcanic earthquakes during the active period	
		Time	Energy	Before the main explosion	After the main explosion
1	Oct. 13—31, 1955	Oct. 14, 1955	$159 \times 10^{15} \text{erg}$	$1 > \times 10^{15} \text{erg}$	$30 \times 10^{15} \text{erg}$
2	Sep. 4—9, 1959	Sep. 5, 1959	42	59	198
3		Sep. 5, 1959	58		
4	Sep. 15—Oct. 18, 1959	Sep. 18, 1959	43	4	163
5	Dec. 19, 1959—Feb. 21, 1960	Jan. 21, 1960	42	122	128
6	Mar. 29—Jul. 25, 1960	Apr. 4, 1960	70	326	561
7	Feb. 4—Apr. 6, 1961	Mar. 6, 1961	110	40	49
8	Sep. 18—23, 1962	Sep. 19, 1962	51	26	33
9	Sep. 23—Dec. 14, 1963	Oct. 23, 1963	46	135	164
10	Jan. 5—Feb. 23, 1964	Jan. 20, 1964	59	174	146
11	Mar. 23—May 23, 1964	Apr. 24, 1964	56	19	90

こり方について検討した。

上記の期間に大爆発は Table 3 に示した11回のものであり, いずれも, 大きな爆発音と強に空振を伴って, 噴石を中腹ないし山ろくまで飛ばせた。

Fig. 15 は, Table 3 の大爆発前後の小爆発と地震の状態を, 各図の上段から, それぞれ, 日別爆発回数, 地震回数, および, 地震波動のエネルギー(第2章で述べたものと同様な方法で算出)の変動経過を示してある。ただし, Table 3 の No. 2 と No. 3 の大爆発は引続いて起こったので, Fig. 15 には一つの図に含ませてある。

これらの図からわかるように, 小爆発群発中の大爆発時には, 火山性地震が特に多くなるようなことはない。しかし, 次のような顕著な現象が認められる。

- 1) 大爆発直前の地震活動のエネルギー放出速度は, 大爆発直後のそれにくらべてかんまんである。
- 2) 大爆発前の地震活動のエネルギー放出量は, 大爆

発後のそれにくらべて小さい。これは, 大爆発後に続く爆発は, 大爆発前のものより概して大きなものが起こるためである。

- 3) 大爆発直前に小爆発を休止している時間は, 大爆発後の休止時間とくらべて一般に長い。この傾向が著しい時には, 大爆発に先がけて小爆発の休止期がある。

以上のことから, 大爆発の前と後との小爆発の起こり方には違いがあることがわかる。

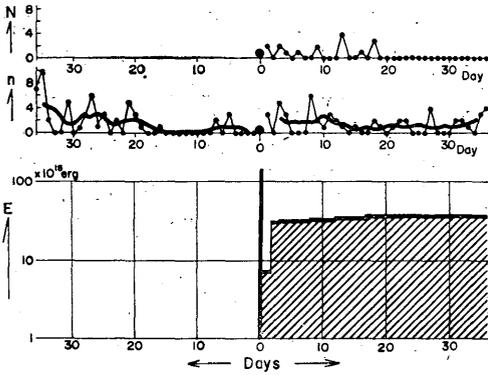
一方, 爆発は random に起こるので, 爆発の時間間隔頻度 $F(\tau)$ は

$$F(\tau) d\tau = a e^{-\lambda \tau} d\tau$$

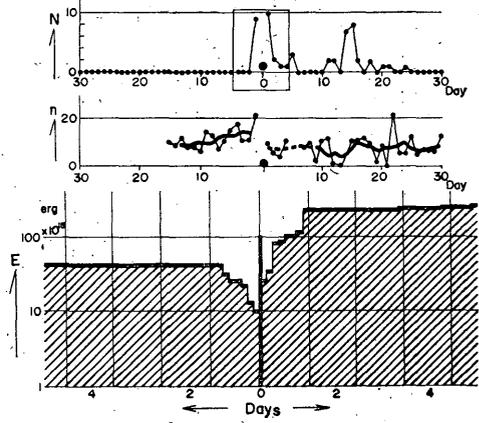
で表わされる。ここで, a, λ は定数である。

大きな爆発をはさんで, その前後各1か月間に起こった小爆発の時間々隔を統計したものを Fig. 16 に示す。この図でわかるように, 両者には著しい差があり, 大き

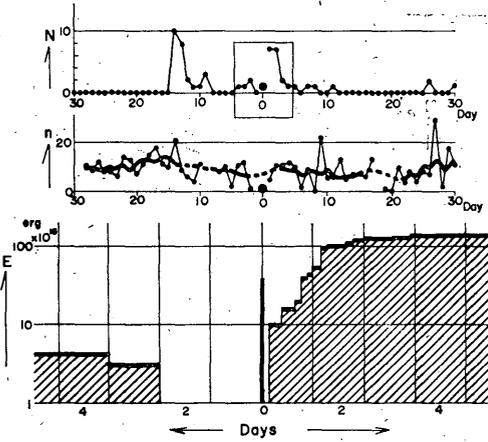
No.1(Oct.13,1955)



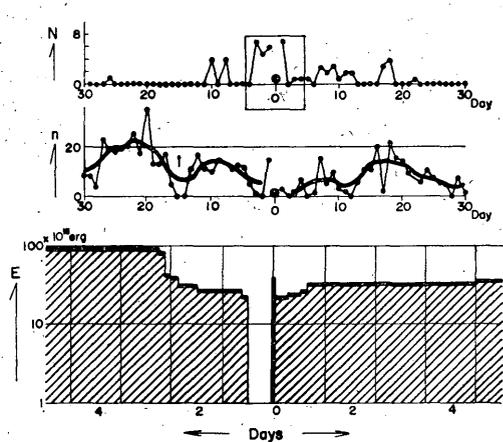
Nos.2,3(Sep.5,1959)



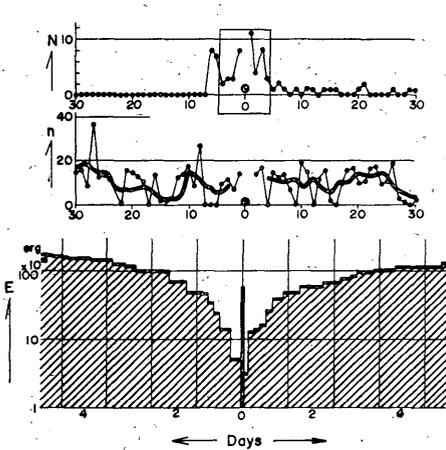
No.4(Sep.18,1959)



No.5(Jun.21,1960)



No.6(Apr.4,1960)



No.7(Mar.6,1961)

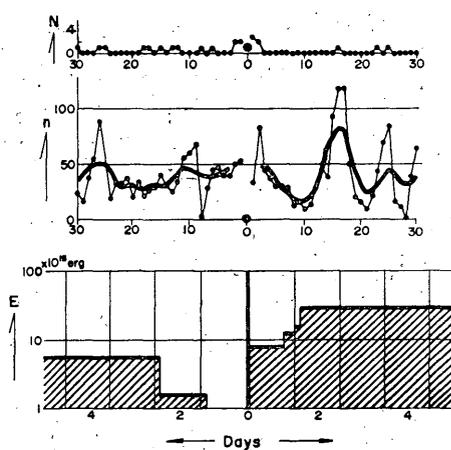


Fig. 15-1.

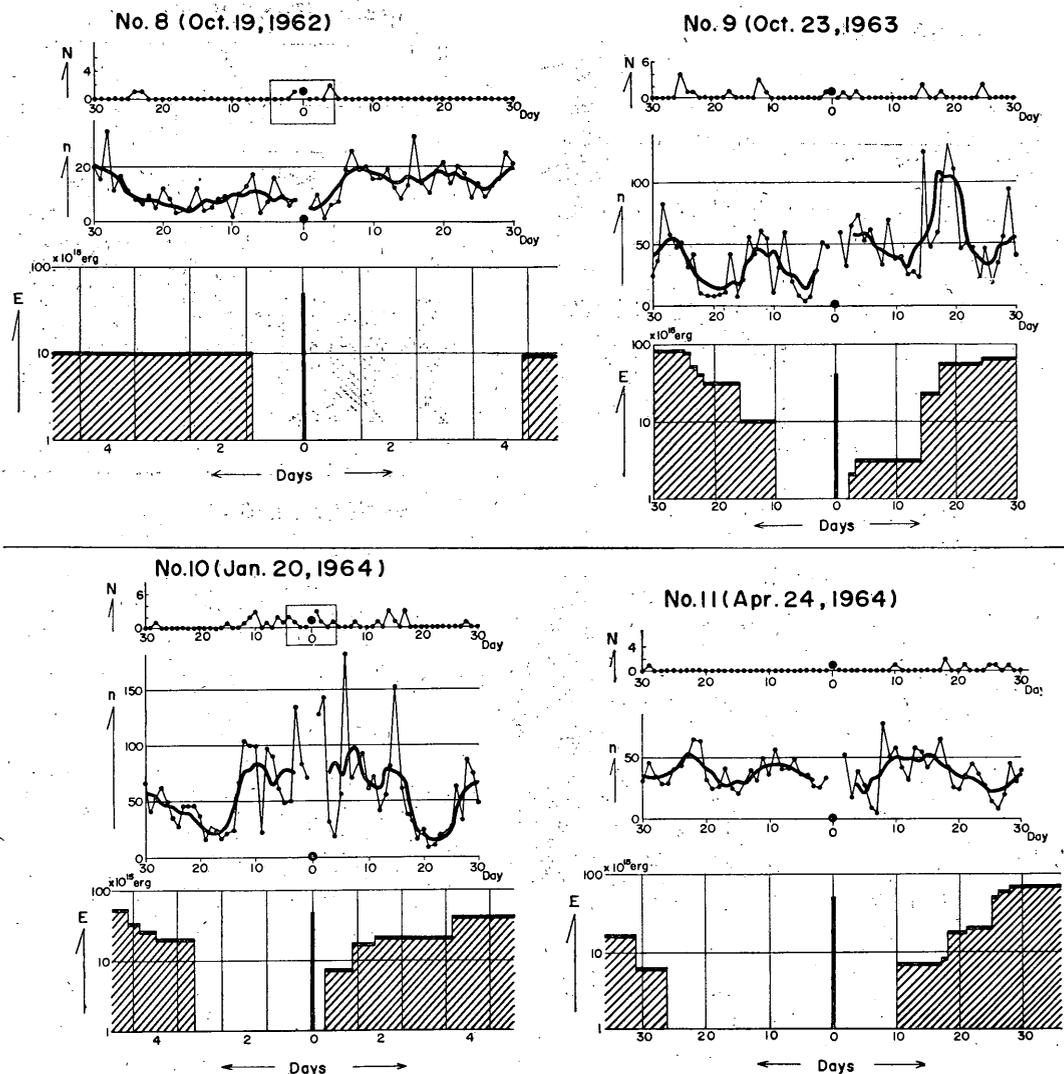


Fig. 15-2. Occurrence of small explosions before and after a large explosion, at the volcano Sakurajima.

N: Daily number of explosions
 n: Daily number of volcanic earthquakes
 E: Energy of explosion earthquakes

Table 4. Value of a and λ in equation

$$\sum_{\tau=0}^{\infty} F(\tau) = \frac{a}{\lambda} e^{-\lambda\tau}$$

τ (unit: day): Time interval of two consecutive explosions

a, λ : constant number

$E(\times 10^{15}\text{erg})$: Energy of explosion earthquakes

Year	a	λ	E	Year	a	λ	E
1955	27.0	3.0	182	1961	98.4	1.2	674
1956	158.0	1.8	179	1962	69.0	1.2	492
1957	28.0	1.0	183	1963	66.0	1.1	798
1958	25.8	0.6	305	1964	35.0	0.7	693
1959	16.5	0.5	646	1965	19.2	0.6	64
1960	40.0	1.0	2059	1966	20.4	0.6	158

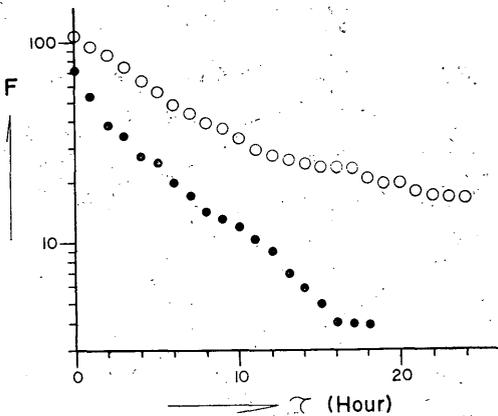


Fig. 16. Time interval between two successive explosions at the volcano Sakurajima.

○: After large explosion
●: Before large explosion

な爆発前の小爆発群の λ は、後の小爆発群の値よりも大きく、また、 a の値は、大きな爆発前のものの方が小さい。

これらのことは、大きな爆発前には、その後よりも、短期間に多数の小爆発が発生することを示している。しかし、そのエネルギーは小さなものであることは前に述べたとおりである。

5. 爆発の時間々隔の統計

前章で述べた a および λ の値は、噴火活動の強弱を示す一つの要素である。長い噴火活動期中には噴火活動の盛衰もある。そこで、1955~66年の間に、桜島で起こったすべての爆発について、その時間間隔別頻度図を年別にして比較したのが Fig. 17 である。プロットした点が、いずれも、片対数方眼紙上でほとんど直線状に分布しているので、爆発は常に random に起こっていると考えられる。また、年によって、分布の形が異なることは、爆発の起こり方にも強弱があったことを示している。 a 、 λ の値は Table 4 のように求められた。また、この表には、参考のため、爆発地震が放出した年別エネルギーの量も記しておいた。

6. 結論

浅間山、桜島のブルカノ式噴火、および、それに伴った大きな爆発について研究し、次の性質があることがわかった。

1) 噴火活動期になると、火山性地震の発生数が多く

なる。ことに、噴火活動期の初期と末期には、地震が顕著に増加する時がある。

2) 噴火活動休止期の長短は次期噴火の大小には関係しない。

3) 長期間噴火活動を休止した後に起こった噴火活動には、次のような顕著な前駆現象が現われる。

a) 噴火活動に前駆して、火山性地震が増加する。

b) 大爆発に前駆して、火山性地震の頻度に極大が現われる。

c) 大爆発に前駆して、大きな火山性地震が発生する。大爆発と地震活動の極大時との時間差は、噴火地点および活動源の位置と関係が深いと考えられる。

4) 一連の噴火活動期中に、大きな爆発が起こることがある。この時は、大爆発を境にして、小爆発の起こり方が変わってくる。すなわち、大爆発前の小爆発群は、短期間に、短い時間々隔をおいて、小さなエネルギーのものが起こり、大爆発後の小爆発群はやや長い時間々隔をおきながら、やや大きなエネルギーのものが長期間にわたって発生する。

上記 1) は、長期間続く一連の火山活動の推移を予測する上に役立つ、3) は、大爆発の時期を予測する上に役立つ現象である。

また、1)~4) を含めて、火山爆発の機構を破究するには、見のがすことのできない重要な現象である。

参考文献

- Gutenberg, B. and C. F. Richter, (1956): Magnitude and Energy of Earthquakes. *Geofisica*, **19**, 1~15.
- 東谷幸男・永福順則 (1967): 昭和30年10月以降の桜島火山活動観測および調査報告. 福岡管区気象台要報, **22**, 60~61.
- 鹿児島測候所 (1951): 1946年3月~5月桜島噴火報告, 験震時報, **15**, No. 3~4, 42~57.
- Kizawa, T. (1957): A Study of Earthquakes in Relation to Volcanic Activity (I). *Papers Met. Geophy.*, **8**, 150~169.
- (1959): A Study of Earthquakes in Relation to Volcanic Activity (II). *Papers Met. Geophy.*, **9**, 304~239.
- (1963): A Study of Earthquakes in Relation to Volcanic Activity (IV). *Geophysical Papers Dedicated to Professor Kenzo Sassa*, 187~198.
- Omori, F. (1916): The Sakurajima Eruptions and Earthquakes. *Bull. Imp. Earthq. Inv. Com.*, **8**.
- 大迫盛夫 (1957): 昭和14~昭和21年の桜島の火山活動, 福岡管

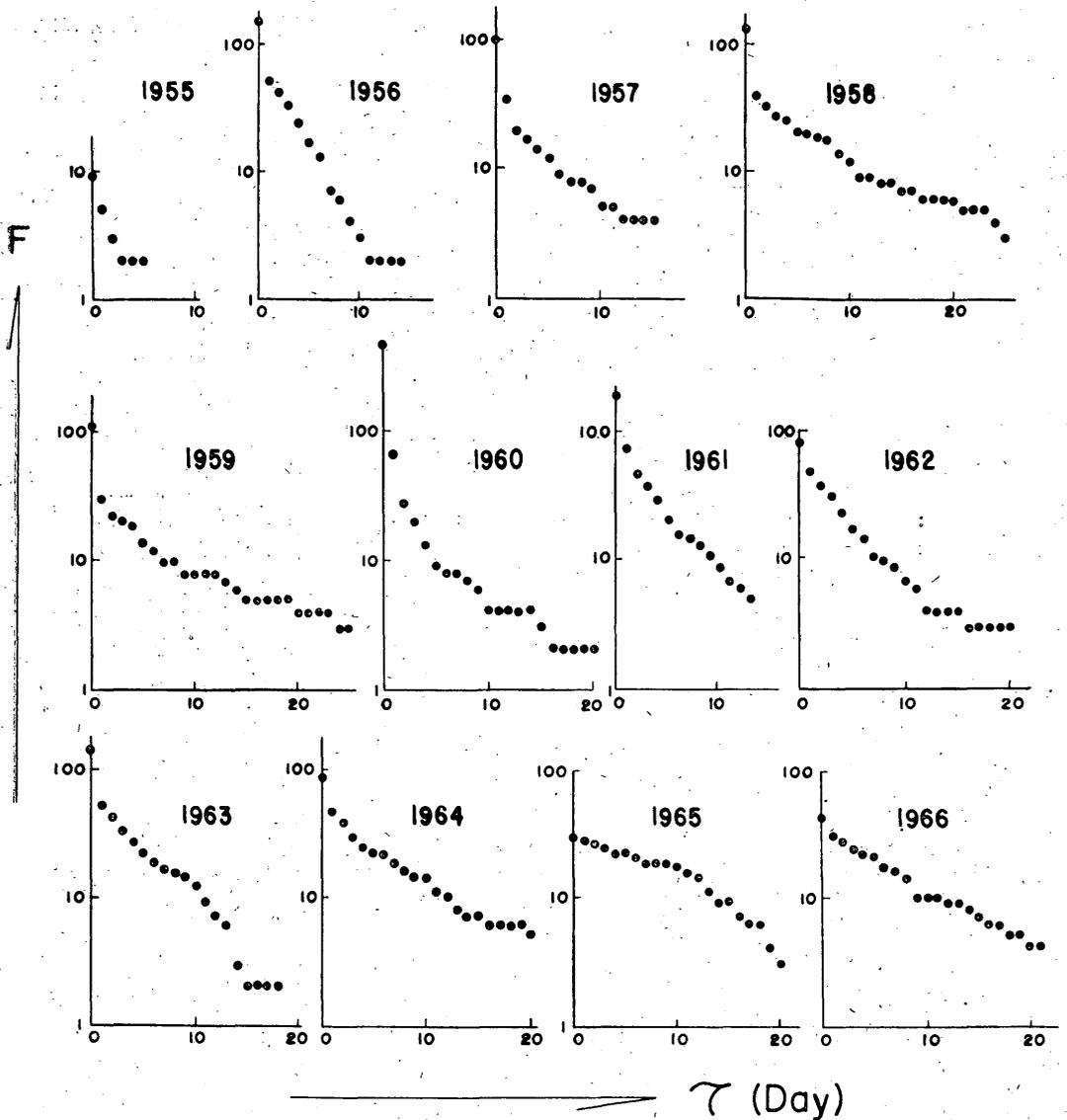


Fig. 17. Time interval between two successive explosions at the volcano Sakurajima.

区気象台要報, 13, 63~68.

坪井忠二(1954): 地震動の最大振幅から地震の規模 M を定めることについて, 地震, 2集, 7, 185~193.

Tsuya, H (1956): On the Recent Explosive Eruptions of Volcano Sakurajima, Southern Kyushu, Japan(I). Bull. Earthq. Res. Inst., 14, 307~333.

竹山一郎・田中康裕 (1958): 噴火予知問題の展望, 測候時報, 25, 489~496.

田中康裕(1967 a): 桜島の爆発地震について. 火山, 2集, 12, 26~40.

—— (1967 b): 火山の噴火による地震の研究. 火山, 2集, 12, 91.

—— (1968): 伊豆大島の地震計測学的研究(I): 三原山の火山性微動と火山活動. 気象研究所研究報告, 19, 627~650.

—— (1969): 伊豆大島の地震計測学的研究(II): 三原山で起こる4種類の火山性微動について. 気象研究所研究報告, 20.

—— (1970): 伊豆大島の地震計測学的研究(III). 噴火微動・前駆地震, A型地震. 気象研究所研究報告, 21, 234~289.

安井 豊 (1957): 昭和30年, 31年の桜島噴火推移, 福岡管区気象台要報, 13, 3~53.