

# 浅間山の火山活動の解析 (第3報)\*

関 谷 溥\*\*

551.21

## An Analysis of Volcanic Activity of Mt. Asama (3rd paper)

H. Sekiya

(Karuizawa Weather Station)

In the 1st paper, the author discussed the secular variation and periodicity of the eruptions of volcano Asama in 1869—1958, and in the 2nd paper he analyzed the volcanic activity in 1958.

The purpose of this paper is to make clear the several statistical properties of the volcanic activity of Mt. Asama.

The obtained results are as follows;

- 1) The volcanic activities occur in groups as shown in Figs. 1—6. Fig. 7 shows the mean properties of groups of volcanic activity and Tab. 1 shows the standard deviations.
- 2) The correlation coefficients between the monthly number of volcanic micro-earthquakes observed at Oiwake with a seismograph of magnification about 70—100 and both probability of eruptions and explosion energies are calculated. The results are shown in Tables 2—3, from which the following facts can be confirmed;

(a) The correlation coefficients show a wide difference between the period Jan. 1931—Feb. 1945 and Jan. 1949—Oct. 1959.

The instability of the correlation in this case seems to be probably due to different intensities of volcanic activity, as shown in Figs. 1—3.

(b) A fairly large correlation can be found between factors of the same month. Correlations of factors directly related to eruption with the number of aftershocks are larger than those with number of foreshocks.

- 3) The correlation coefficients of the monthly frequency of the quantity of smoke of class 5 or more with both probability of eruptions and explosion energies are calculated. They are shown in Tables 4—5, from which the following facts can be confirmed;

(a) The correlations of energy or probability of eruption with the smoke are larger than those with the volcanic earthquakes.

(b) The correlations are the largest between factors of the same month, correlation between quantity of smoke of a certain month and eruptions of both next month and the month two months later are also large.

That is to say, the fluctuation of observed frequency of smoke of class 5 or more is useful for long range forecast of eruption, as shown in Figs. 11—12.

### § 1. ま え が き

第1報<sup>1)</sup>は浅間山の1869年以後の噴火資料と1927年以後の観測資料の統計的解析によって、火山活動の持続

性、周期性等をいろいろの角度から検討し、第2報<sup>2)</sup>はこれらの結果を参考にして1958年—1959年の観測資料

\* Received Jan. 16, 1960.

\*\* 軽井沢測候所

から主として噴火活動を開始する前後の状態を詳細に解析した。

そこで本報は前報の中でさらに詳細に解析する必要がある部分と、新しく得られた結果をもとにして、特に噴火活動群の状態、噴火と地震ならびに噴煙量との関係について詳しく論じ、やや長期の噴火予知の方法についても検討を加えた。

## § 2. 噴火活動群の性質

過去にどのような噴火が起きたかは第1報ですでに詳しく述べたのであるが、噴火活動開始以後の状態を推測するためには、噴火活動の諸性質を究明する必要があるのです、いままで扱ってきた資料を見方をかえて解析した。

Fig. 1—Fig. 3はすでに第1報で述べた畠山博士<sup>3)</sup>の天気の持続性についての理論を、日単位の噴火資料に応用し、それを月ごとに求めてその変化を示したものである。

これによると月ごとに求めた平均噴火持続日数や噴火日の確率は、図から明りょうなようにいずれも噴火活動が開始する初期においては大きいけれども、月がたつにつれて次第に小さくなって1つの活動が終り、また何年かたつと前と同じような過程を繰返していることが認められる。したがって月ごとの噴火の持続率の変化も一般に噴火活動が始まる初期においては持続性があるが、月がたつにつれて持続性がなくなり1つの活動が終っていることが認められる(ただし、ここでいう平均噴火持続日数、噴火日の確率、噴火の持続率等は第1報のものと同一思想のものであるが、ただ第1報では月単位の噴火に応用し、ここでは日単位の噴火に応用してそれを月ごとにまとめたものである)。

そこでこのような噴火活動の1つの過程を活動群と名づけることにすると、同図の下に示したような噴火活動群に分離することができ、第1報で求めた活動群と全く同じものになる。

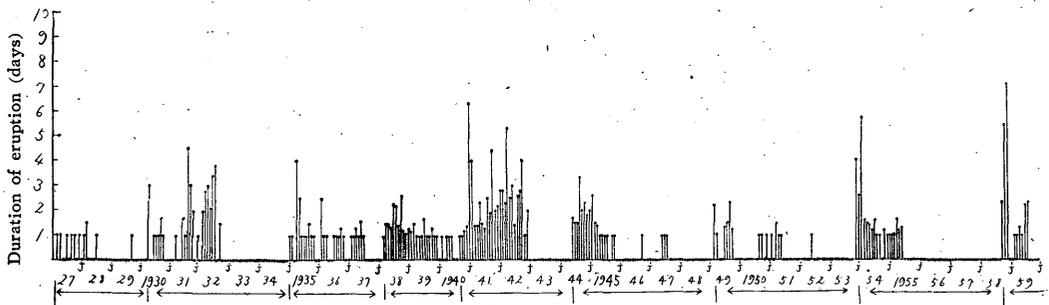


Fig. 1. Secular variation of the monthly mean duration of eruption of Mt. Asama from 1927 to 1959.

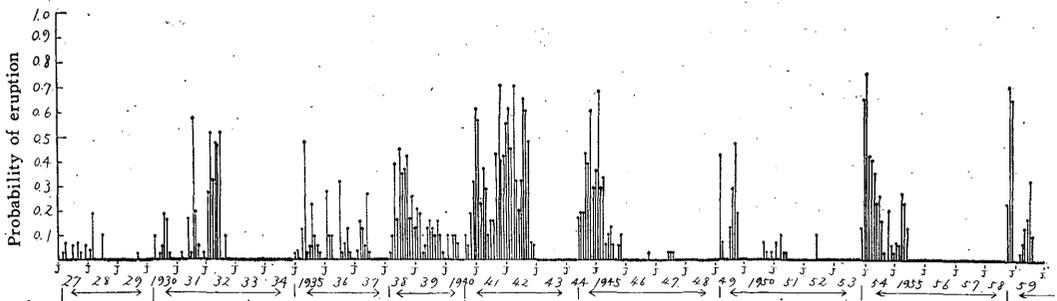


Fig. 2. Secular variation of the monthly probability of eruption of Mt. Asama from 1927 to 1959.

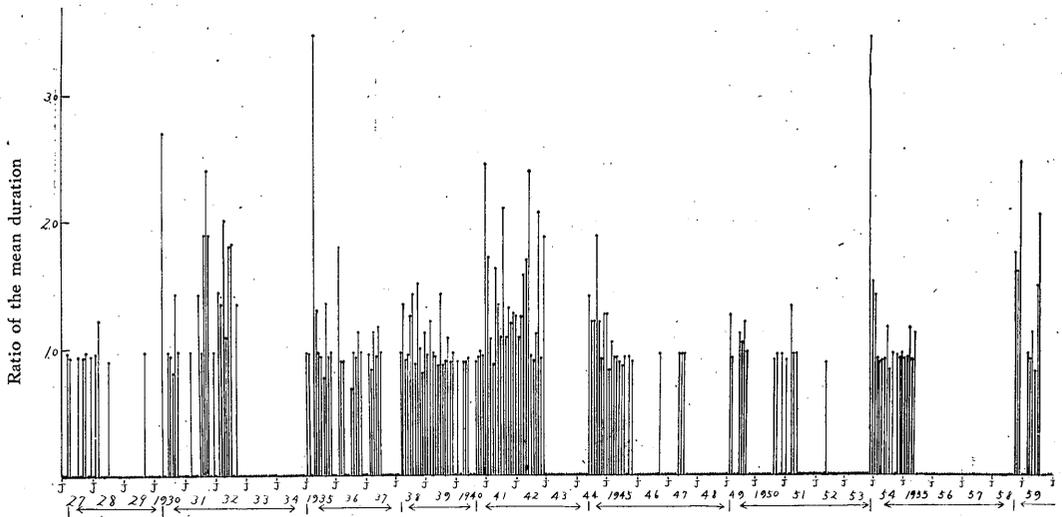


Fig. 3. Secular variation of the ratio of the observed mean duration of eruption to the mean duration calculated from the probability of eruption of Mt. Asama from 1927 to 1959.

また、追分分室で観測した月別の火山性地震や微動の数(大森式70—100倍)を求め、その累年の変化を調べてみると Fig. 4 となり、Fig. 1—Fig. 3 と比べると地震の発生数が多い時は噴火の持続性が大きい傾向のあることが認められる。また、第2報では1958年の噴火活動開始の前後において、噴煙量の増加につれて火口付近の地震や微動の数が増加したことを述べ、特に現在軽井沢測候所で測定している噴煙量階級5以上が火口付近の地震や微動の増加と関係が深いことを述べた。

そこで1939年の軽井沢測候所創立以来の噴煙量5以上の月ごとの発生ひん度(観測回数で噴煙量階級5以上の発生回数を除した百分率)を求め、この累年の変化を調べてみると Fig. 5 となる。これは Fig. 4 の地震回数や Fig. 1—Fig. 3 の噴火の状態等と比べると、噴煙量の増加は追分分室で観測した火山性地震や微動(大森式70—100倍)ならびに噴火に2—3か月先行して現われていることが認められる。

また、Fig. 6 は噴火の機械的エネルギー\*の累年変化を求めこれらの状態と比べたものである。

このようにして噴火の起り方、それに伴う地震、噴煙量の変化等が求められたので、このような状態を前に定義した噴火活動の群に分離し、各群の最初の状態を合せ

て噴火活動群の平均状態を求めてみると Fig. 7 となる。

すなわち、これからも噴煙量は噴火に先だって増加し始め、その極大も他のものに比べて早く現われていることがわかるが、追分分室の大森式70—100倍の地震計で測定した火山性地震や微動の数は、噴火とほとんど同時現象として現われている。そして平均状態では1つの活動群の中に極大が2—3個あり、噴火の機械的エネルギーも、噴火日の確率も、地震数とともに最初の極大に比べて次の極大は次第に小さくなり、特に噴煙量の減少が大きくなっている。このようなことは噴火の機構と関係のある重要な問題と思われる。

また、噴火活動の予知の上からは平均値からの変動が重要なので Table 1 のように各要素のそれぞれの標準偏差を求めてみるとかなり大きいことがわかる。それは Fig. 8 のように個々の状態から原因を調べてみると、平均値は Fig. 7 のようになっていても各群の状態は場合によってかなり変動する性質のものであることが認められる。

### § 3. 噴火の諸性質と地震、噴煙量等との関係

前節では噴火活動に伴う諸量の変化の状態を求め、定性的には Fig. 7 のように噴煙量の変化が噴火に2—3か月先行して現われ、追分で測定した大森式70—100倍の火山性地震や微動の数は、月単位では噴火とほとんど同時現象として現われていることなどを述べた。そこで

\* 第1報で求めた噴火の機械的エネルギーと同じものである。

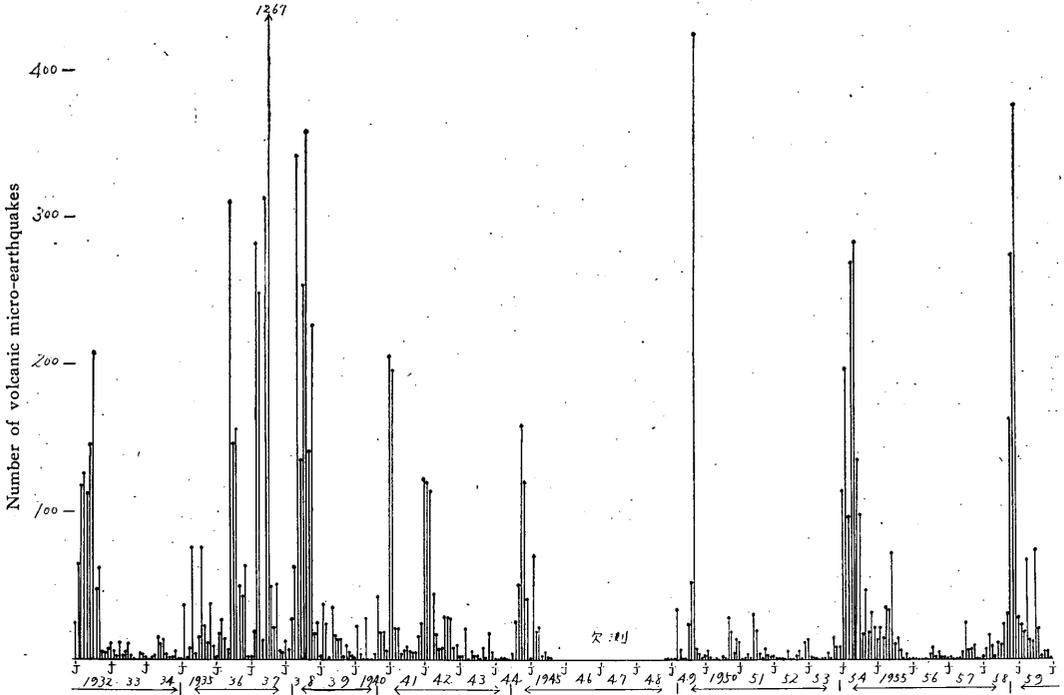


Fig. 4. Secular variation of the monthly number of volcanic micro-earthquakes at Oiwake from 1932 to 1959 (magnification of seismograph is about 70—100).

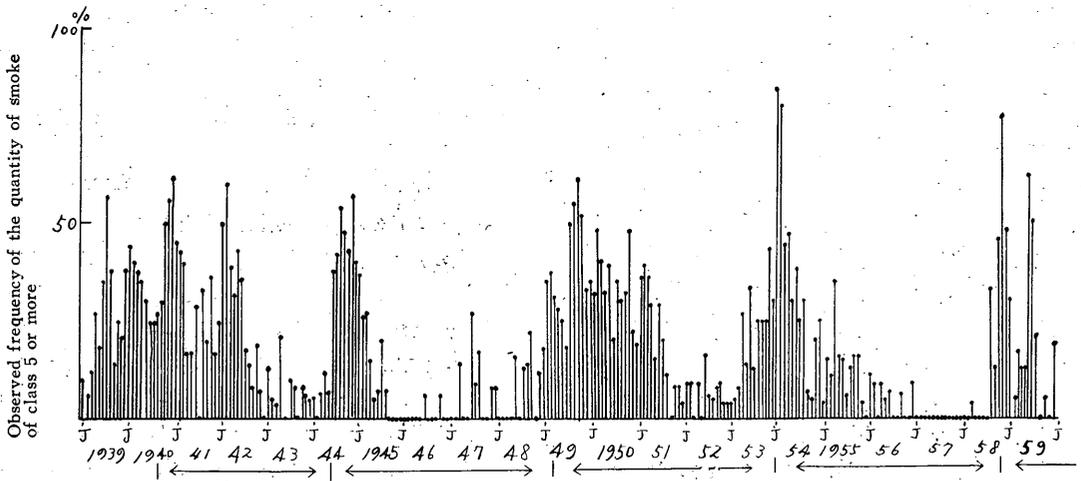


Fig. 5. Secular variation of the monthly observed frequency of the quantity of smoke of class 5 or more of Mt. Asama from 1939 to 1959.

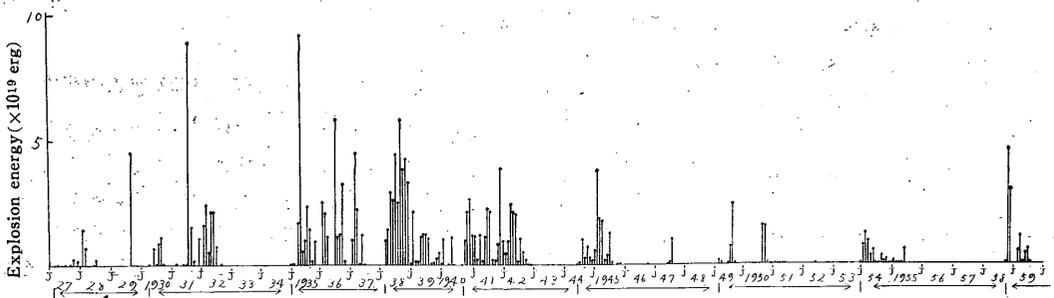


Fig. 6. Secular variation of the monthly explosion energy of Mt. Asama from 1927 to 1959.

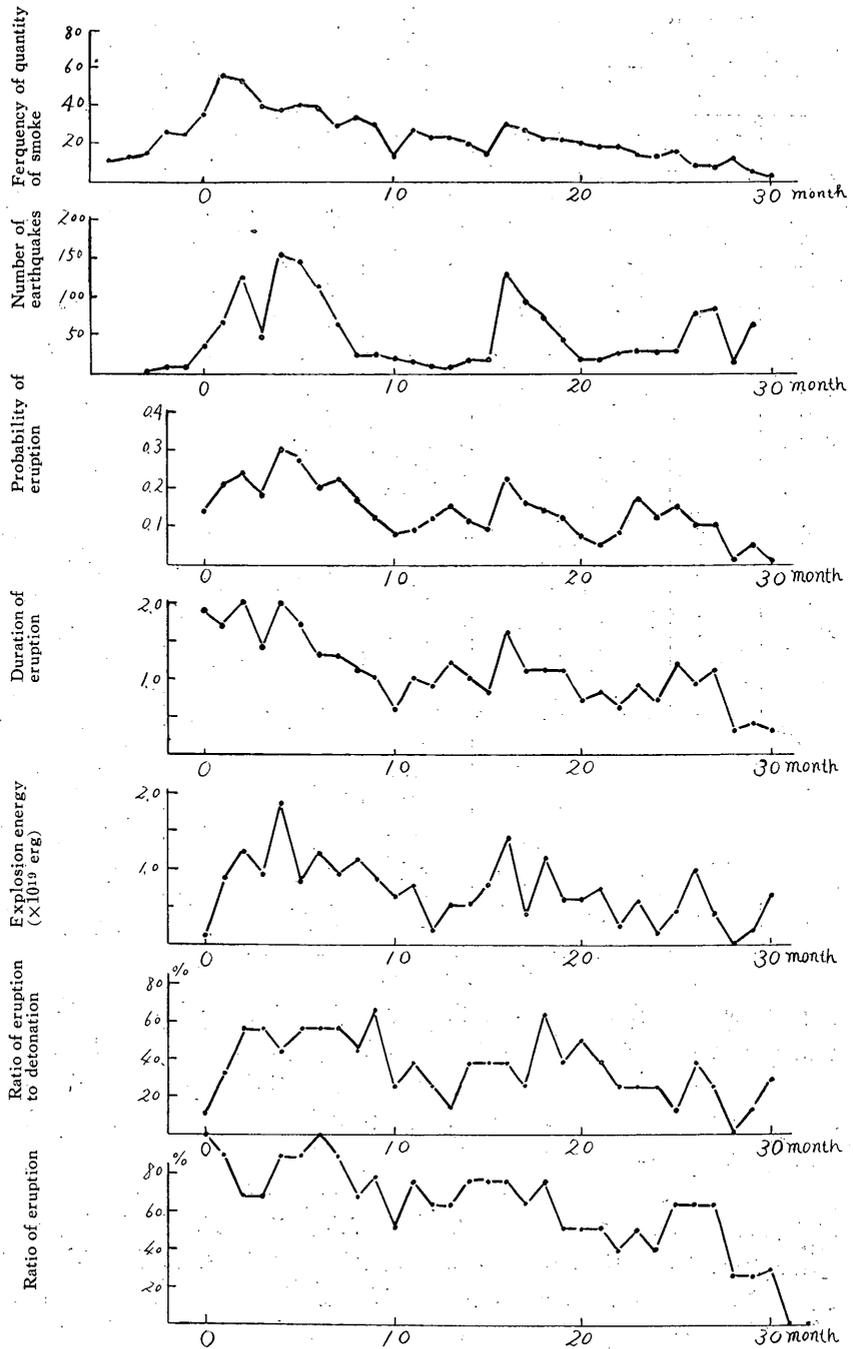


Fig. 7. Mean properties of groups of volcanic activity of Mt. Asama from 1927 to 1959.

Table 1. Mean properties of groups of volcanic activity of Mt. Asama from 1927 to 1959.  
 $\sigma$  is standard deviation.

month	mean duration of eruption		number of earthquakes		probability of eruption		frequency of quantity of smoke (%)		explosion energy ( $\times 10^{19}$ erg)	
	mean	$\sigma$	mean	$\sigma$	mean	$\sigma$	mean	$\sigma$	mean	$\sigma$
	day									
1	1.9	1.0	35	51	0.14	0.12	35	6	0.13	0.31
2	1.7	1.7	66	88	0.21	0.25	56	21	0.88	1.38
3	2.0	2.4	123	150	0.24	0.27	53	18	1.21	1.13
4	1.4	1.4	47	45	0.18	0.17	40	15	0.91	1.07
5	2.0	1.7	153	93	0.30	0.20	38	17	1.86	2.91
6	1.7	1.1	145	119	0.27	0.21	40	15	0.82	0.69
7	1.3	0.4	112	128	0.20	0.15	38	15	1.20	1.80
8	1.3	0.7	63	75	0.22	0.14	29	14	0.92	1.28
9	1.1	0.9	21	21	0.17	0.20	34	15	0.12	1.61
10	1.0	0.7	24	23	0.12	0.12	30	14	0.85	1.05
11	0.6	0.6	16	11	0.08	0.11	13	12	0.63	0.86
12	1.0	0.7	15	13	0.09	0.03	27	16	0.76	0.91
13	0.9	0.7	9	9	0.12	0.14	23	12	0.18	0.23
14	1.2	1.4	8	8	0.15	0.23	23	12	0.51	0.85
15	1.0	0.7	16	13	0.11	0.12	20	12	0.53	0.73
16	0.8	0.7	17	9	0.09	0.13	14	10	0.78	1.27
17	1.6	1.4	127	207	0.22	0.22	30	18	1.40	2.85
18	1.1	1.1	91	105	0.16	0.19	27	22	0.40	0.54
19	1.1	0.8	70	49	0.14	0.15	22	15	1.14	1.86
20	1.1	1.7	42	53	0.12	0.23	22	20	0.59	0.84
21	0.7	0.8	17	16	0.07	0.10	20	16	0.59	0.74
22	0.8	1.0	17	14	0.05	0.07	18	13	0.72	1.15
23	0.6	0.6	25	28	0.08	0.13	18	13	0.24	0.52
24	0.9	1.1	29	41	0.17	0.25	14	15	0.56	0.82
25	0.7	1.3	27	45	0.12	0.21	13	14	0.13	0.22
26	1.2	1.3	27	40	0.15	0.20	15	11	0.42	0.72
27	0.9	1.0	78	104	0.10	0.15	8	5	0.97	1.52
28	1.1	1.2	83	104	0.10	0.16	7	13	0.38	0.76
29	0.3	0.4	14	17	0.01	0.02	12	5	0.00	—
30	0.4	0.7	64	113	0.05	0.09	5	4	0.16	0.41

このような諸量の間の量的な関係を求めることは、火山活動の予測上重要な意味をもっているので、各々の量の間の相関を求めてみると次のようになる。

(1) 追分で測定した大森式 70—100 倍の地震計による地震や微動の月合計数と月ごとにまとめた噴火日の確率との相関

1946 年から 1948 年にかけては地震観測が一時欠測しているため、この期間を中心として前後に分け、さらに地震資料の精度等をも考慮して 1931 年 1 月—1945 年 2 月の 170 か月と、1949 年 1 月—1959 年 10 月の 130 か月の 2 つの期間について求めてみた。その結果は Table 2 となる。これからみると著しい現象として 2 つのことがいわれる。第 1 は期間を異にした 2 つのグループで同じ量の相関が著しく異なることである。この原因はその時代の地震計の取扱いなども多少は関係していることとは

思われるが、Fig. 1—Fig. 4 からみると、根本的な問題は前者が非常に活発な噴火をほとんど連続的に繰返した期間であるのに対して、後者はやや規則的な噴火を群発した期間であることが 1 つの原因と考えられる。しかし、このことについては詳細な解析を必要とするので次の報告で検討したい。

また第 2 の現象としては、地震数や噴火日の確率の期間を前後にづらして求めた相関が、同じ月ごとの資料の場合が最も大きく、1 か月前の地震数と翌月の噴火日の確率との相関よりも、1 か月前の噴火日の確率と翌月の地震数の相関の方がより大きく、この関係は期間的に分けた 2 つのグループの間でも相関の値が異なるだけで傾向は同じである。すなわち、このことは月単位でみると地震が多い月は噴火が次々に発生し易く、前月に噴火が続発して翌月地震が発生し易い状態の方が、前月地震が

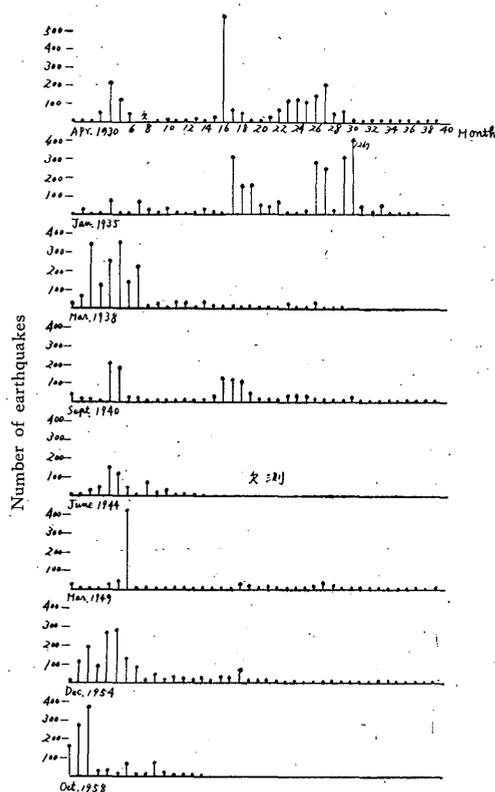


Fig. 8. Variation of number of earthquakes in every group of volcanic activity from 1930 to 1959.

Table 2. Correlation coefficient between the monthly probability of eruption and the monthly number of volcanic micro-earthquakes at Oiwake (magnification of seismograph is about 70—100).

	Jan. 1931- Feb. 1945	Jan. 1949- Oct. 1959
Correlation coefficient between the quantities of same month	+0.29	+0.80
Correlation coefficient between number of earthquakes of month and probability of eruption of month in question	+0.14	+0.46
Correlation coefficient between probability of eruption of preceding month and number of earthquakes of month in question	+0.21	+0.63

続発して翌月噴火が起り易い状態よりも相関が大きいと

いうことである。もちろん、ここでいう地震数とは、前述のように追分でしかも大森式70—100倍の地震計で測定したものに限られた条件のもので、火山性地震や微動の発生のすべてを代表しているわけではないが1つの目安を与えているものと思われる。

いわばこういう条件で火山性地震を観測すると、噴火の前震よりも余震の方がより多く捕捉されているということがいえよう。

(2) 追分の地震の月合計数と噴火の機械的エネルギーの月合計値との相関

(1) と同じ期間についてこれら2つの量の間の相関を求めてみると Table 3 になる。

Table 3. Correlation coefficient between the monthly explosion energy and the monthly number of volcanic micro-earthquakes at Oiwake (magnification of seismograph is about 70—100).

	Jan. 1931- Feb. 1945	Jan. 1949- Oct. 1959
Correlation coefficient between the quantities of same month	+0.35	+0.68
Correlation coefficient between number of earthquake of preceding month and explosion energy of in question	+0.12	+0.29
Correlation coefficient between explosion energy of preceding month and number of earthquake of in question	+0.21	+0.45

これからみると期間を異にした2つのグループの間で、同じ量の間の相関が著しく異なり、その傾向は相関の値が異なるだけで(1)の結果と全く同じである。

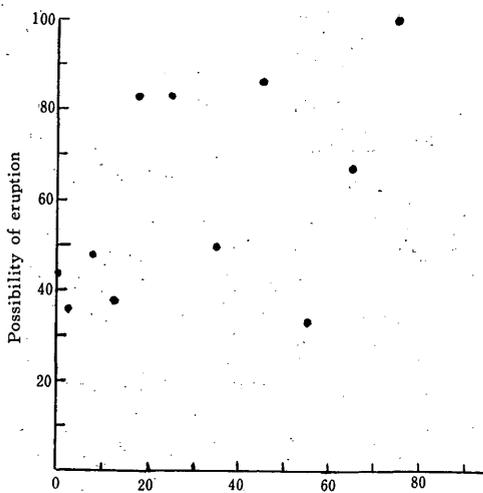
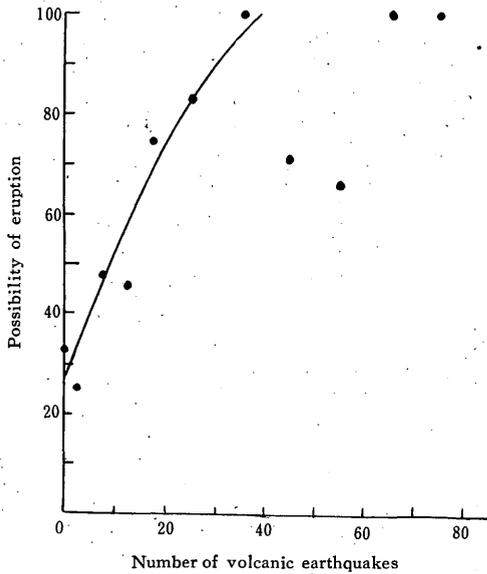
すなわち、第1は活発な噴火をほとんど連続的に繰返した1931年1月—1945年2月には、地震数と噴火の機械的エネルギーとの間の相関が小さいのに比べて、やや規則的な噴火を群発した1949年1月—1959年10月では有意な相関を示している。

また、第2には一方の期間を前後につらして2つの量の間の相関を求めると、同じ月ごとの資料の場合が最も大きく、ある月の地震数と翌月の噴火の機械的エネルギーとの相関よりも、ある月の噴火の機械的エネルギーと翌月の地震数の相関の方がより大きく、地震数と噴火日の確率との関係と全く同じである。

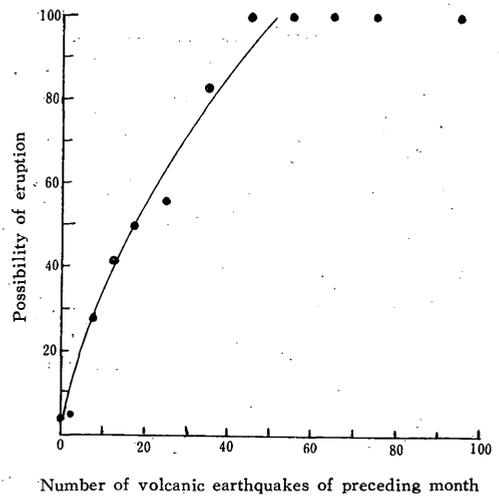
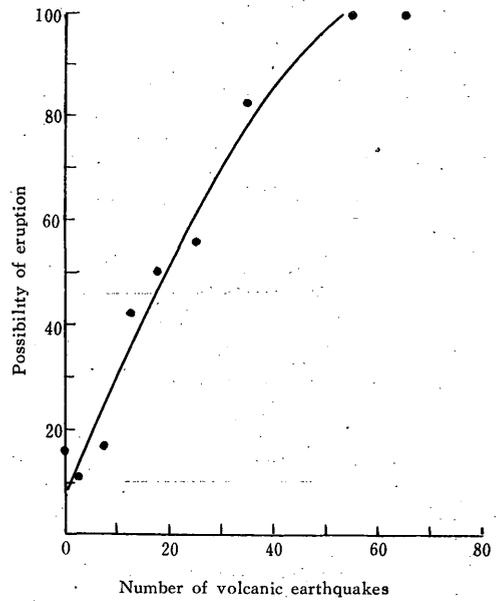
したがって以上のことから、噴火日の確率と同様噴火が連続的に続発するような状態では、やや規則的に噴火を群発する状態よりも、地震数から噴火の機械的エネル

ギーを予測することは困難であり、また、ある月に強い噴火があって翌月まで地震が発生し易い状態の方が、ある月の地震が続発して翌月強い噴火が起り易い状態よりも相関が大きい。

そこで (1) と (2) の結果から噴火の危険率を統計的に求めてみると Fig. 9, Fig. 10 となる (ただし、ここでいう噴火の危険率とは地震や微動の全体の数を 0, 1-5, 6-10, ……のような階級に分けてそれぞれの発生



Number of volcanic earthquakes of preceding month  
 Fig. 9. Relation between the eruption and the monthly sum of the number of volcanic micro-earthquakes observed at Oiwake from Jan. 1931 to Feb. 1945. Magnification of seismograph is about 70-100.



Number of volcanic earthquakes of preceding month  
 Fig. 10. Relation between the eruption and the monthly sum of the number of volcanic micro-earthquakes observed at Oiwake from Jan. 1949 to Oct. 1959. Magnification of seismograph is about 70-100.

のひん度月数を求め、その値でそれぞれの階級で噴火した場合のひん度月数を除してその百分率を求めたものである。

この結果によると、1949年1月-1959年10月 (Fig. 10) では前述のように相関が大きいために、同じ月ごとの資料ではもちろんのこと、ある月の地震数からも翌月

の噴火の危険率が比較的明りょうに求められるが、しかし、Fig. 9 の 1931 年 1 月—1945 年 2 月では相関が小さいのでこの関係は非常に不明りょうである。

すなわち、このことから地震の発生と噴火との関係は同じような条件で観測した資料でも、噴火活動の強さなどが大きく影響し、やや長期の予測をするためには、短期間の資料から結論を出すことは危険であり、何故前述の 2 つのグループの間でこのような違いが起るかを追究しなければならない。

(3) 月ごとに求めた噴煙量階級 5 以上の発生ひん度と月ごとにまとめた噴火日の確率との相関

§2 の結果では、噴煙量階級 5 またはそれ以上の発生ひ

Table 4. Correlation coefficient between the monthly probability of the eruption and the monthly observed frequency of smoke of class 5 or more from Jan. 1939 to Dec. 1958.

Correlation coefficient between the quantities of the same month	+0.64
Correlation coefficient between frequency of quantity of smoke of preceding month and probability of eruption of month in question	+0.62
Correlation coefficient between of eruption of a month and probability frequency of quantity of smoke of the month two months before	+0.55
Correlation coefficient between of eruption of a month and probability frequency of quantity of smoke of a month three months before	+0.49
Correlation coefficient between probability of eruption of preceding month and frequency of quantity of smoke of month in question	+0.50

ん度は定性的には噴火に 2—3 か月先行して現われ易いということがわかったので、噴煙量の観測が開始された 1939 年 1 月から 1958 年 12 月までの 240 か月の全資料について、この 2 つの量の間の相関を求めた。その結果は Table 4 となり、噴煙量 5 またはそれ以上の発生ひん度と噴火日の確率との相関は、前述の地震数と噴火との関係に比べるとかなり大きく、§2 で定性的に認められた噴煙量が噴火に先行して増加しているという傾向は有意であることも同時に認められた。そしてある月の噴煙量 5 以上の発生ひん度と 2 か月後の噴火日の確率との相関は、ある月の噴火日の確率と翌月の噴煙量 5 以上の発生ひん度との相関よりも大きいこともわかった。

(4) 噴煙量階級 5 以上の発生ひん度と噴火の機械的

エネルギーとの相関

(3) と同じ期間の 1939 年 1 月—1958 年 12 月について前月同様相関を求めてみると、Table 5 となり、噴煙量 5 以上の発生ひん度は噴火日の確率と同様、噴火の機械的エネルギーにも先行してあらわれる大きな相関があることが認められた。

すなわち、(3)、(4) の結果から現在軽井沢測候所が行っている噴煙量階級 5 以上の発生ひん度は 1—2 か月先の噴火日の確率や、噴火のエネルギーを予知する上に大変有効な資料となり得ることを示しているものである。

そこで 1939 年 1 月—1959 年 9 月までの資料で 1 か月、2 か月前の噴煙量 5 以上の発生ひん度から、それぞれ 1

Table 5. Correlation coefficient between the monthly explosion energy and the monthly observed frequency of smoke of class 5 or more from Jan. 1939 to Dec. 1958.

Correlation coefficient between the quantities of the same month	+0.47
Correlation coefficient between frequency of quantity of smoke of preceding month and explosion energy of month in question	+0.44
Correlation coefficient between energy of a month explosion and frequency of quantity of smoke of the month two months before	+0.38
Correlation coefficient between energy of a month explosion and frequency of quantity of smoke of a month three months before	+0.30
Correlation coefficient between explosion energy of preceding month and frequency of quantity of smoke of a month in question	+0.38

か月後、2 か月後のいろいろな強さの噴火の発生危険率を求めてみると Fig. 11—Fig. 12 となる (噴火危険率の求め方は地震の場合と同じ方法であるが、上記の期間について各月の噴煙量階級 5 以上の発生ひん度を求め、それを 0, 0—10, 11—20, ……のような階級に分けて各階級の全体の発生ひん度月数を求め、その値で 1 か月、または 2 か月後のそれぞれの対応した階級で各強さの噴火をした場合のひん度月数を除し、その百分率を求めたものである)。

これは相関が大きいことから当然予想されるように、噴火の長期予測上大変重要な結果である。ただし以上のことはあくまで過去の観測結果であって将来の予知の方

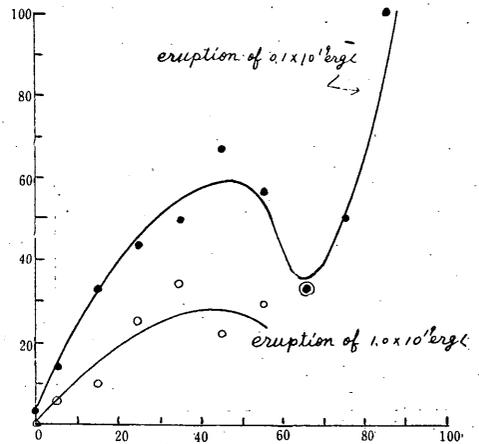
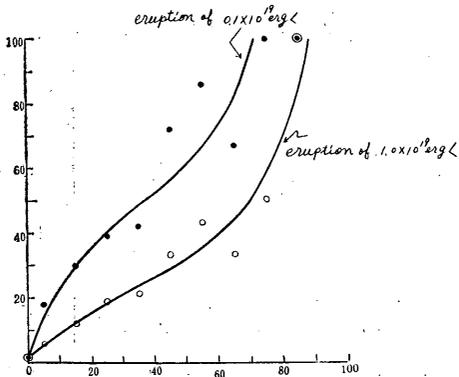
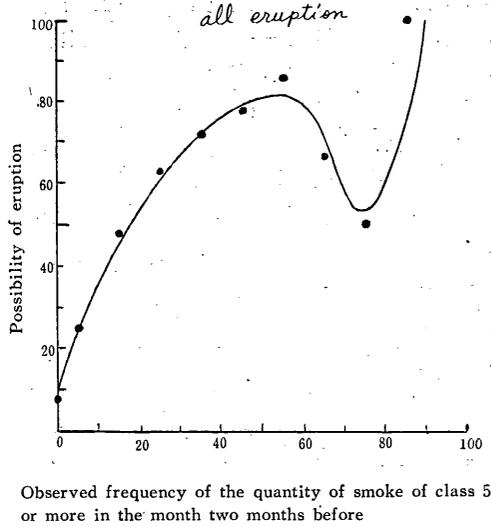
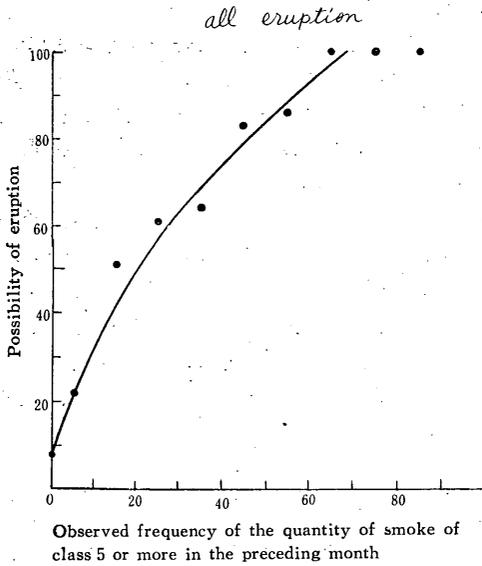


Fig. 11 Relation between the eruption month and the monthly observed frequency of class 5 or more of the quantity of smoke of the preceding month of Mt. Asama from 1939 to 1959.

Fig. 12 Relation between the eruption of the month and the monthly observed frequency of the quantity of smoke of class 5 or more in the month two month before of Mt. Asama from 1939 to 1959.

法として使う場合は、過去の過程が将来も繰返されると  
いう仮定を含んでいることはもちろんである。

§ 4. 結 語

以上のように本報では主として噴火群の性質並びに平均の状態とその変動、噴火の諸性質と地震ならびに噴煙量等との間の量的な関係を求めたのであるが、要約すると次のようになる。

(1) 噴火の状態は Fig. 1—Fig. 6 のように場合によって必ずしも一様ではないが噴火群が存在する。そして Fig. 7 のように噴火群の各要素の平均の状態を求め

ることもできるが、各々の標準偏差を求めるとかなり大きい (Tab. 1)。これは噴火群の平均的な状態が常に起るとは限らないということで、だいたいの目安をつける上に平均状態は重要であるが、個々の性質は平均状態を考慮の上、場合々々によって Fig. 8 のように特徴を考慮しながら解析しなければならないことを物語っている。

(2) 追分で大森式 70—100 倍の地震計で観測した火山性地震や微動の月合計数と、月ごとに求めた噴火日の確率ならびに噴火の機械的エネルギーとの相関を求めると Table 2—3 のように 1931 年 1 月—1945 年 2 月と 1949

年2月と1959年10月の間では大きな違いがあり、後者は大きな相関があるが、前者は不明りょうである。

したがって地震数から噴火の危険率を統計的に求めると、Fig. 9, Fig. 10 のようになり、相関の大きいやや規則的な噴火を群発した1949年1月—1959年10月の資料では、ある月の地震数から翌月の噴火の危険率を確率的に予測することもできるが、噴火を次々に繰返した期間の Fig. 9 からは不明りょうである。このように同じ量の間で資料のとり方の期間が異なると別の結果が出てくることは、地震数と噴火との関係が、噴火の強さとか状態によって著しく異ってくることを示すもので、重要な結果を含んでいるものと思われる。

なおこのことについては次報で詳細に検討する予定である。また、このようにして観測した月ごとの地震数と噴火との期間的な相関関係を求めると、前兆地震よりも余震の発生の方が多く観測されているという結果となる。

(3) 月ごとに求めた噴煙量階級5以上の発生ひん度と噴火との相関は、Table 4—5 のように地震数のそれよりも大きく、噴煙量が噴火に2—3か月先行して増加するという現象は有意であることが認められた。そして噴

煙量階級5以上の発生ひん度から、噴火の危険率を確率的に求めると Fig. 11, Fig. 12 となり、噴火の長期予測上大変重要な結果が得られた。

なお、本研究に対しては東京管区気象台から研究費の御援助を戴いたほか、和達長官、畠山東京管区気象台長、藤田技術部長始め管区関係官、川畑観測部長、広野地震課長、三浦技官、諏訪技官、竹山技官等の御指導御援助に負うところが多く、地震研究所水上教授には文献等いつでも御指導を戴いていることを感謝します。また、解析に使わせて戴いた資料は追分、軽井沢両観測所創立以来幾多の先輩同僚が残された貴重な資料であり、これらの方々に深甚の敬意を表したい。

#### 参 考 文 献

- 1) 関谷 溥：浅間山の火山活動の解析 (第1報)、*験震時報*, **24** (1959), 1~10.
- 2) 関谷 溥：浅間山の火山活動の解析 (第2報)、*験震時報*, **24** (1959), 91~102.
- 3) 畠山久尙：天気を持続性について、*気象集誌*, **II**, **10** (1932), 453~459.



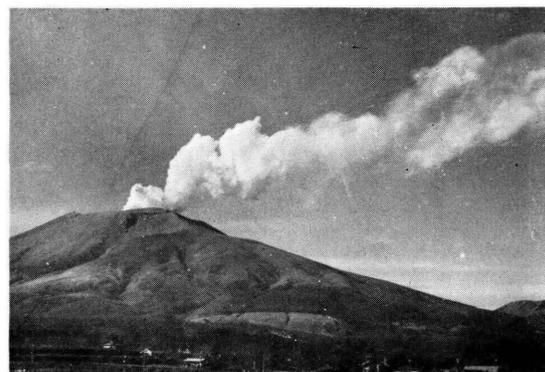
Scale 1.



Scale 4.



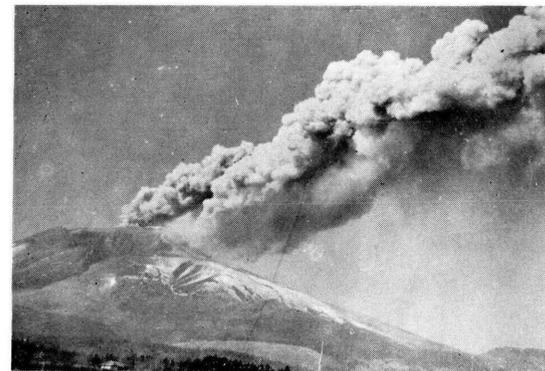
Scale 2.



Scale 5.



Scale 3.



Scale 6.

Photo. 1. Quantity of smoke.