

## 1973年浅間山の噴火時とその前後における地震活動\*

—2, 3 の前駆的現象に関連して—

渡 部 貢\*\*

551. 21

### On the Sequence of Seismic Activities in and around the 1973 Eruption at Asama Volcano

— Related to a few Forerunners based on the Seismic Activities —

M. Watanabe

(The Seismological Division, J.M.A.)

In February 1, 1973 volcano Asama exploded at the summit crater after an interval of eleven years. After this eruption there occurred nine small or moderate explosions and seventy-eight micro-eruptions from February 1 to May 24, 1973. Immediately after the explosions, many volcanic earthquakes took place under the volcano. In this paper are mentioned the sequence of seismic activities at the volcano from the latter part of 1972 to early 1975 and forerunning seismic activities of the eruptions. The period of the present volcanic activity is divided into the following four:

First stage (August, 1972~January, 1973): Prior to the explosion. This contains the pre-eruptive stage characterized by some increase of the volcanic earthquakes about one month of period preceding the explosion.

Second stage (February-June, 1973): This corresponds to the eruptive stage with high seismic activities.

Third stage (July, 1973-October 1974): Extremely weak seismic activities after the eruptive stage.

Fourth stage (November, 1974-June, 1975): Return to seismic activities without surface volcanic phenomenon.

Before entering the discussion we mention the terms "5 day amount", "5 day mean" and "ratio" which are used later in this paper. The 5 day amount  $N$  means total number of volcanic earthquakes in successive five days, and the 5 day mean  $\bar{N}_m$  implies mean value for the 5 day amount. The ratio, which is of interest, here, is given by  $N_C/N_B$ , where  $N_B$  and  $N_C$  are the 5-day amount at stations B and C (Fig. 1), respectively.

Generally in quiescent status of the volcanic activities the number of volcanic activities at station B is much larger than that at station C, and the ratio is an order of magnitude 0.4-0.7 at the beginning of the first stage. However, the ratio increases to reach to about 1.0 in the pre-eruptive stage, and becomes more than 1.0 in the eruptive stage. After this stage, the ratio decreases gradually, and fall into the initial status in the fourth stage. The relative increase in the number of volcanic earthquakes at station C seems to be closely related to eruptions at volcano Asama.

Usually hypocenters of the earthquakes generated by volcano Asama are confined to

\* Received Jan. 12, 1976

\*\* 気象庁地震課火山室 (現青森地方気象台)

shallow depths under the summit crater. According to Fig. 7 it seems to be reasonable to assume that something happens in the hypocentral volume, and the ratio as a reliable indicator is associated with eruptions prior to and during volcanic eruptions.

As there is an excellent correlation between the frequencies of volcanic earthquakes and eruptions, a formula for predicting eruption has been statistically introduced based on the 5 day amount at station B (cf. Tab. 1 and Fig. 11). As the result, there is scarcely any possibilities of eruption when the 5 day amount is less than 200. However, the 5 day amount becomes larger than 200, the notice for an eruption is required. And also, the warning for eruption should be issued when seismic activity becomes vigorous and the amount reaches more than 300 but less than 500. Finally, when the amount reaches 500 or more an eruption may occur in full probabilities.

As for whether an eruption occur or not, the ratio must be effectively taken into consideration jointly with the above empirical formula for predicting eruptions of volcano Asama.

## § 1. はじめに

1973年2月1日19時20分、浅間山は山頂火口で中規模の爆発を生じた。これは1961年以来、11年ぶりに起った本格的な噴火活動の再開である。中〜小爆発をはじめとして微噴火に至るまで、その回数は87回に及び5月24日の噴火を最後に終息した。この間、こぶし大の噴石を火口から数 km 離れた地点に放出し、火山灰は 200 km 離れた鹿島灘を越えて太平洋上に移流した。このほか、火

砕流・火柱・空振及び鳴動等の火山現象を随伴し、火山性地震・微動も極めて活発であった。

本調査は、1973年2月から5月までの噴火活動期及びその前期6か月間、後期25か月間、通算して約3か年(1972年8月~1975年6月)の地震活動の経過、特徴を述べたもので、その過程で噴火の前駆の現象に関する若干の考察も行なった。

使用した資料は気象庁火山報告 Vol. 12, No. 3~Vol. 14, No. 2 及び震動観測の定期報告(軽井沢測候所)である。

昭和37年度を初年度とする第1次火山施設整備に基づいて、軽井沢測候所はA、B及びC点(Fig. 1)で震動観測を実施し、以来10余年を経過している。使用地震計は各点とも62A型直視式電磁地震計であって、信号は有線テレメータ方式によって基地観測点0(軽井沢測候所)に送られ、集中管理している。その後、第2次火山施設整備計画によって、49年度には該地震計はA74型直視式電磁地震計に更新されることとなり、翌50年4月以降はこの型式に移行した。従って、本調査期間中、この時期以降の3か月間分についてはA74型による地震資料を使用したことになる。しかし、新旧両地震計とも周波数特性は共通であり、倍率も同じく5,000に設定されていることから、データの不連続についてとくに考慮する必要はなかった。

Fig. 1 のとおり、山頂火口を中心にして、A点は南南東3.7 km、B点は南1.8 km、C点は南東3.0 km 性の所に位置し、B点が最短距離にある。通例、火山地震はこの3観測点中B点で最多記録が得られているが、このことは震源域が山頂火口付近を中心にして存在していることの1つの証拠であろう。本論に先立ち、このたびの噴火に前駆する時期から終息に至る間に発現した火山現象を概観することにする。

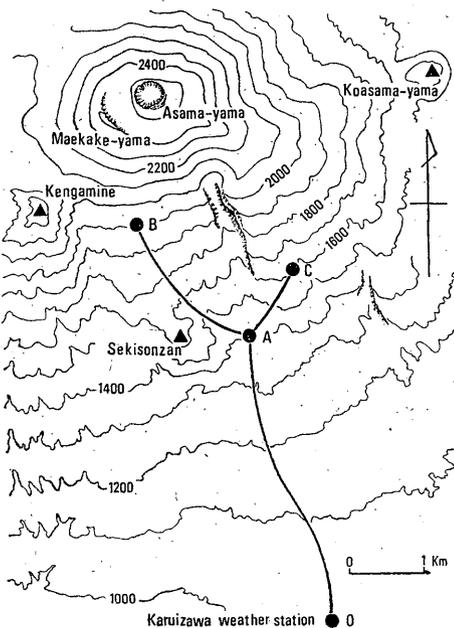


Fig. 1. Topographic map at Asama volcano. Solid circles A, B, C and 0 show location of seismometer station and thick lines the telemetering cable.

## § 2. 今度の火山現象のあらまし

噴火前年の12月21日、珍らしくやや多量の白色噴煙を観測したが、その時点では地震活動は平常と何ら変わるところがなかった。ところが、当年の1月中旬には、Fig. 2のとおり噴火に前駆して地震活動に1つの極大が現われ、とくに13、14日の両日は地震回数はそれぞれ87回と74回に増加した。さらに10日後の23日には高度約1,000mの白色噴煙を遠望した。浅間火山の活動からみると、上記の現象は噴火がなければそのまま見逃されるほど軽度のものである。しかし、後述の解析結果を根拠に、噴火に前駆して地震活動がやや活発化した約1か月間を pre-eruptive stage と考える。この pre-eruptive stage に関連して今度の爆発では下鶴が、また1958年の爆発では水上その他(1959)、及び関谷(1959)がそれぞれその存在を指摘している。前者は2月1日の爆発開始に対して12-1月を、後者は11月3日のそれに対して7-9月をそれぞれ pre-eruptive stage としている。

以上の経過があつてのち、2月1日19時20分に最初の爆発が起つたが、その当日、爆発に先駆して現われた2つの顕著な現象が注目される。1つは、未明の4時には既に山頂に火映(強度2; 明らかに認められる程度)が

遠望されたこと(軽井沢測候所)、これは以後濃淡を示しながら夜明けごろの6時には不可視となっている。他の1つは、10時過ぎから振幅の大きいA型地震が群発し、爆発開始までの約9時間に290回(B点)も発生したことである。比較的長期間に亘る pre-eruptive stage については、事後解析の結果その存在が確認されるという難点があるのに反して、この種の直前に現われる顕著な火山現象は、ごく短期的な噴火予知の立場から有効である。

気象庁発行の火山報告(以下「火山報告」とする)中の遠望観測資料によって、今度の噴火活動の中・小爆発と微噴火に分類した。この分類に基づく噴火活動期中(2月1日~5月24日)の中・小爆発は9回、微噴火は78回(連続的なもの42回、単発性のもの36回)である。なお、この分類に基づく中・小爆発とは、噴火規模が比較的大きく、かつ爆発音と空振を伴ったもので、噴煙量は極めて多量、その高度は2,000~4,500m(最初の爆発を含め4個分については夜間、または雲のため高度不明)である。一方、微噴火は噴煙量が中量~やや多量、一部多量~極めて多量も含まれ、高度は一般に200~400mである。ただし、爆発音や空振は伴わない。微噴火中、連続的なものは数分から数時間、なかには1日半に亘って

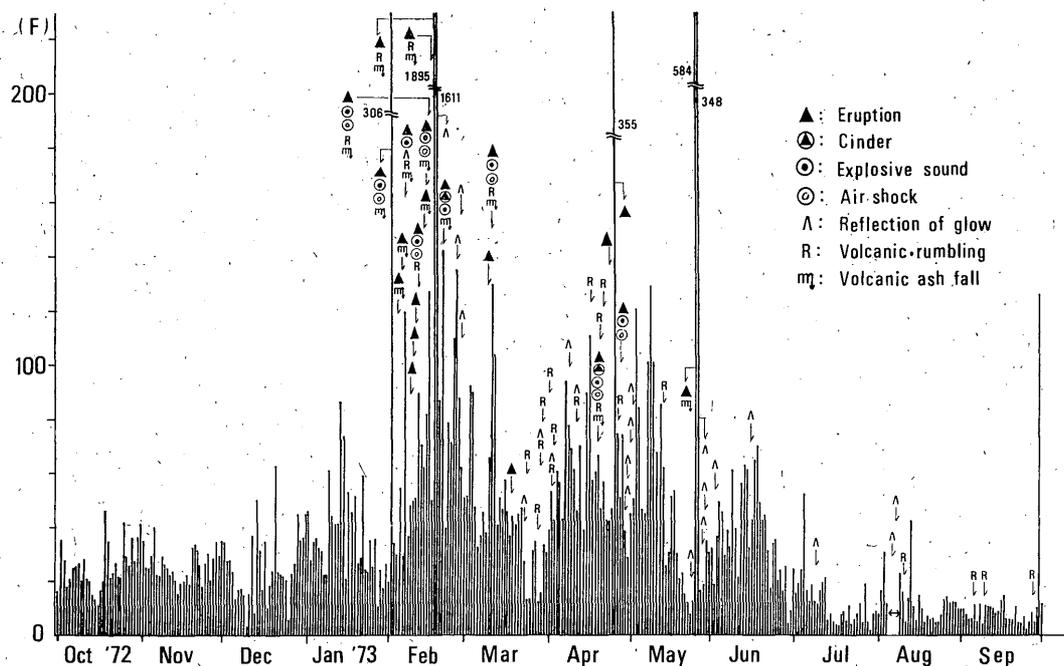


Fig. 2. Daily frequencies of the volcanic earthquakes at Station B and the volcanic activities in and around the 1973 Eruption at Asama volcano.

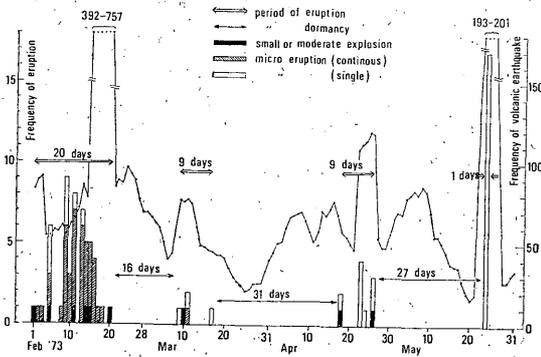


Fig. 3. A histogram of daily small or moderate explosions and micro-eruptions, and daily frequencies of volcanic earthquakes based upon 5 day moving average at station B.

継続し、単発は極く短時間で終わる現象である。

以上の分類に基づく中・小爆発と微噴火の日別出現ひん度を、B点の日別地震回数（5日移動平均）と合わせ記入したのが Fig. 3 である。今度の噴火活動の経過を同図によって要約すると、当初、中・小爆発と連続的の微噴火を主体として活発な噴火活動が約20日間続いた。のち約半月、または1か月の休止期を狭んで中・小爆発と単発性微噴火が散発的に起り、最後は単発性微噴火で終末を迎えたということになる。

### § 3. 1972年8月~1975年6月の地震活動の移り変わり

どのような経過をへて本格的噴火活動に発展し、また終息時前後にはどのように推移したかについて、これを地震活動の立場から検討を行なうことは、噴火の前ぶれを捕え終息期の目安を得るうえで大切である。まず手始めとして、噴火活動期を中心とした該期間全体の地震活動のパターンを取上げてみる (Fig. 4)。本図中の日別地震回数は、5日平均 (B点) によるもので、予知の立場から水上が採用した方法を参照して次のように定義される。すなわち、当日、1日前、2日前、……の地震回数をそれぞれ  $n_0, n_1, n_2, \dots$  として  $(n_0 + n_1 + n_2 + n_3 + n_4)$  を5日合計  $N$ 、 $N/5$  を5日平均  $N_m$  としたものである。なお、以下に呼称される5日合計と5日平均はこの定義による。

Fig. 4 によると、噴火以前の1972年8~12月は、5日平均で平常の20~30回を変動する程度だったが、翌年1月には稍活発化して中旬のピーク時には60回近くまで増大し、かつ、振幅の大きい地震をより多く含むようにな

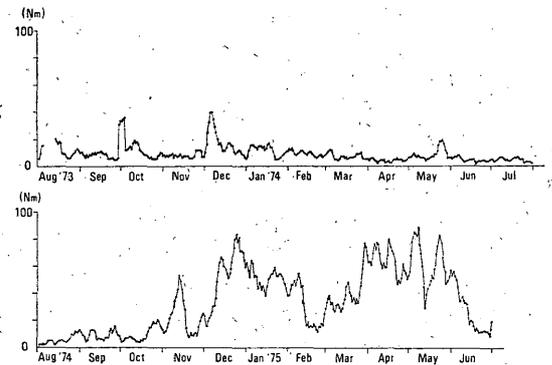
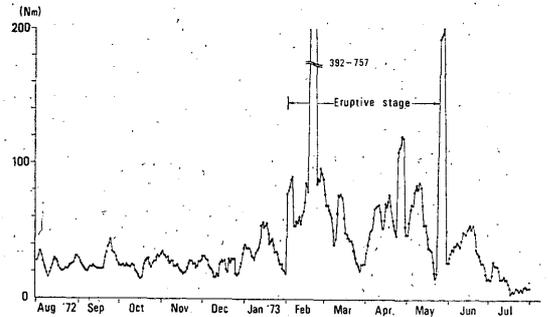


Fig. 4. A sequence of seismic activities at station B during the period from August, 1972 to June, 1975.

Broken line shows the daily frequencies of volcanic earthquakes based on 5 day mean.

った。この時期がいわゆる pre-eruptive stage に相当する。しかし、単にこの程度の微候が pre-eruptive stage として事前に認識できるかどうかは疑問であって、これに関連しては必要に応じて後述することとする。

爆発初期から6月までの5か月間は、地震活動は極めて活発な様相を示している。とくに噴火初期の2月中旬から下旬にかけては、5日平均で最大757回 (対応する1日最大1895回; 2月17日)、続いて4月下旬には5日平均で最大120回 (同1日最大355回; 4月24日)、終息期の5月下旬にも突発的に増加して5日平均で最大201回 (同1日最大1003回; 5月28日) である。これらのピーク時はいずれも Fig. 3 の中・小爆発及び微噴火の発現時期とほぼ対応する。噴火終息後の6月以降9月までは、火映・鳴動が後遺症として若干残ったものの、1973年7月から翌年10月までの長期間は地震活動は極端に低調となり、多少の変動はあっても、5日平均で5回、ま

たは10回前後に過ぎない。

このような1年4か月もの低調期を経て、1974年11月以降、再び地震活動が活発化した。1つは1974年12月をピークとするもの、次いで1975年4、5月期のもので、最盛時における5日平均の最大は、それぞれ84回と90回である。この5日平均による日地震回数は、先きに指摘した pre-eruptive stage における最大57回を大きく上回っているが、何ら表面現象を随伴せず火口活動は平穏であった。これは、地震数の増加が単純には噴火の前駆現象と結び付かないこと具体例である。関谷も、本火山の1958年噴火を解析した論文のなかで、これと同様の事例を指摘している。おそらく、地震数の増加とは別の前駆的要因が潜在することは明らかで、噴火予知技術の前進のためその解明が望まれる。

なお、「火山報告」中、基準観測点(A点)については、震動観測表等ある程度詳細な資料が記載されており、B、C点は主に地震回数のみに限られている。本調査に使用した資料をこのような「火山報告」に限定し、かつ、B、C点に重点を置いて取り進めたこともあって、資料のうえで相当の制約があった。従って、以下に述べる内容が断片的なものになったことをあらかじめ付記する。

#### § 4. B、C点における地震数に関連して

浅間山に発生する火山性地震は、たいてい、山頂火口直下、またはその周辺の極く浅い所に震源を持つと言われ、当然火口から最短距離にあるB点でより多くの地震を捕そくすることになる。実際、平常時の火山活動の状態下で、3観測点中B点で最多地震回数を記録している。ところが、今度の噴火活動期中、C点の地震数がB点のそれを上回る事例のあることを認め、最初に月別地震回数のC点のB点に対する割合について検討を進めることにした。その結果は Fig. 5 のとおりである。

pre-eruptive stage において相対的にC点の地震数が増加し、噴火活動期ではB点と同等、またはそれ以上となる。さらに噴火終息後は trend として下降線をたどり、噴火以前の状態に戻る。このC点での相対的地震数の増加は、単純には震源域が山頂火口付近から該地点に近い方向に拡大するか、あるいは別個の震源域が同方向のある部分に形成するか、など考えられるが、これに関連しては別の観点から後述する。

時間スケールを月単位にとることによって一応 trend として該期間におけるB、C点間の地震数の相対的変動がわかった。しかし、月単位を日単位に変えると同時に、各活動期毎に区分して解析することも、各期毎の特

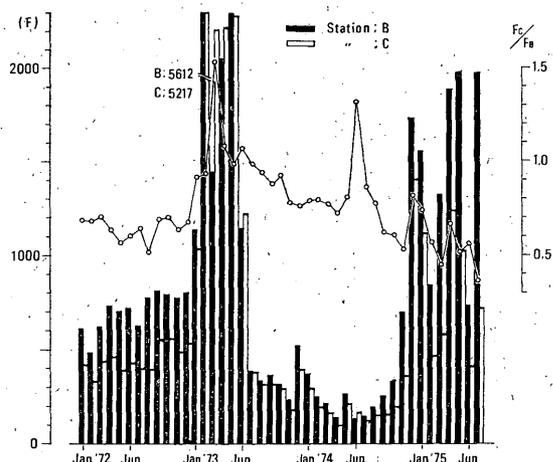


Fig. 5. A histogram of monthly frequencies of volcanic earthquakes at stations B and C. Broken line shows the rate between those of stations B and C.

徴をとらえるうえで有効な方法と考える。Fig. 6はこの観点から作成したもので、図中の横軸は先きに定義した5日平均によるB点の地震回数であり、縦軸はB点と同様の操作によって求めた5日平均によるC点の地震回数である。また、各活動期の区分については；

stage-1 (1972年8月～1973年1月) pre-eruptive stageを含む噴火活動開始以前の時期。

stage-2 (1973年2月～6月) 噴火活動期及び終息以後の約1か月間。

stage-3 (1973年7月～1974年10月) 噴火活動終息以後の地震活動の低調期。

stage-4 (1974年11月～1975年6月) 前記低調期以後、地震活動が再活発化した時期。ただし表面現象は随伴しない。

のとおりである。

Fig. 6中の stage-1 では、大別して ratio 1.0の線上に配列するグループと、その斜下方に集団状に分布するグループとに分けられる。前者 (ratio: 1.0 前後) はおもに1973年1月、後者 (ratio: 0.4~0.7 最大 0.8) は前年8~12月にそれぞれ属する。結局、12月末から噴火直前まで続いたC点の地震数の相対的増大は、ratio 0.9をボーダー・ラインとして pre-eruptive stageに移行したかどうかの判断の基準とすることができる。噴火活動期にあたる同図 stage-2 では、大部分が ratio 1.0線上とその近傍に配列し、一部この線上の上方に点在するものは、3月中・下旬の ratio 1.5~2.3に対応

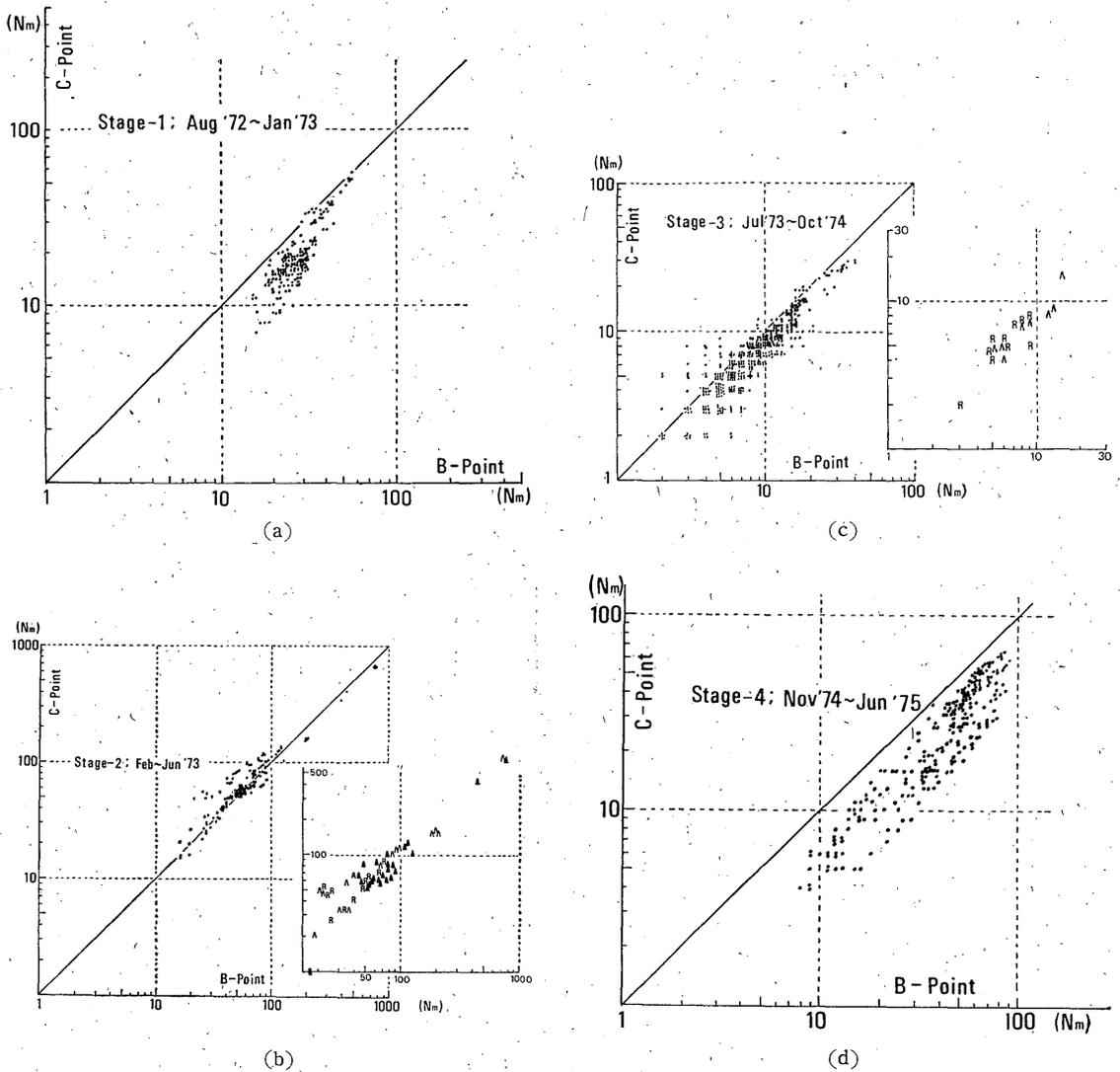


Fig. 6. Relation between 5 day mean at stations B and C in each stage.

Right figure in stages 2 and 3 is the plotting of symbols of volcanic phenomena which occurred to correspond to the co-ordinates of the left one. Symbols are same as in Fig. 2.

したものである。なお、同図中の右図は、発現した火山現象（噴火、火映、鳴動）を、発現当日のB、C点の地震数（左図と同じ）を座標としてプロットしたものである。これによると、5日平均ではB点は40数回、C点は50回が噴火発生ボーダー・ラインとなる。地震活動低調期のstage-3では、当初1.0線上にあったratioは、その後次第に下方、つまり減少の方向へ転移する。同図中の右図もstage-2の場合と同様の操作に基づくもので、本低調期初期の4か月間は火映、鳴動が後遺症として残

った。なお、Fig. 5でも明らかのように、1974年6月中～下旬の短期間にratioがずばぬけて増大した。これについてはよくわからない。地震活動再発期のstage-4では、1974年12月から翌年1月上旬にかけてratioが0.8で多少高水準にあったが、一般には0.4~0.7である。地震活動では、その水準がpre-eruptive stageを凌いでいるものの、ratioでは、火口活動が平穏時のときの状態と同様の低水準にある。

§ 5. ratio に対する1つの考察

Fig. 1. のB点を原点として、B、C点を結ぶ線上をx軸、これとB点からの直角方向をy軸とする直角座標系を採用することとする。いま、B、C点の5日平均による地震数  $(N_m)_B$ ,  $(N_m)_C$  が、それぞれの地点からの震源距離（計算上は震源からの水平距離）に逆比例すると仮定し、震源の水平座標を  $(x, y)$ 、B、C間の水平距離を  $L$  とすれば、ratio  $\alpha$  は；

$$\alpha = \sqrt{x^2 + y^2} / \sqrt{(L-x)^2 + y^2} \quad [\alpha = (N_m)_C / (N_m)_B]$$

上式を変形して

$$\{x^2 + \alpha^2 L / (1 - \alpha^2)\}^2 + y^2 = \{\alpha L / (1 - \alpha^2)\}^2$$

を得る。これは円の方程式であって、ratio  $\alpha$  を表わす軌跡は  $(x = -\alpha^2 L / (1 - \alpha^2), y = 0)$  を中心とし、 $|\alpha L / (1 - \alpha^2)|$  を半径とする円周上にある。Fig. 7 は  $\alpha$  が 0.5 から 1.5 まで 0.1 単位毎に、また BC 間の距離  $L$  を 2.15 km として作図したものである。

図から明らかなように、これら等軌跡線の地表面での切り口は、 $\alpha$  が 1.0 から離れるに従って小さく、1.0 に近似的ほど大きい。つまり、前者の場合は狭領域内のある部分に震源域が想定され、後者では広領域内の何れかの部分ということの不確定性はかなり大きくなる。通例浅間山の場合、火山性地震は山頂火口、またはその付近の直下に発生すると指摘されている。いま、これに準

拠して平常時の震源を火口付近に想定し、各 stage 順に  $\alpha$  の意味を考察すると以下のようになる。

すでに §4 で指摘のとおり、stage-1 の初期には、一般に  $\alpha$  は 0.4~0.7 であって、これに相当する軌跡、すなわち震源域は火口を狭んで介在している。しかし、pre-eruptive stage ( $\alpha = 0.9 \sim 1.0$ ) では、当初火口付近にあった震源域が東側に広がるか、または同方向に新たな震源域を形成し、さらに噴火活動期 ( $\alpha = 1.0$  前後) には一層東側に指向することになる。この時点で震源域は B、C 両点から等距離か、または若干 C 点に近接する。噴火終息後、震源域は元の火口方向に収縮し、stage-4 ( $\alpha = 0.4 \sim 0.7$ ) では完全に stage-1 の初期の状態、すなわち火口付近に戻る。

もし、震源域に上述のような位置の変動があるとすれば、同一地震による B、C 両地点の記録振幅には、それぞれの距離に応じた地震波の減衰によって相違が現われるはずである。事実、本火山の過去の 1 調査例が示すように、噴火活動期と平穩期等そのときどきの火山活動状況に応じて、火口に近い 2 地点の振幅比に系統的特性が認められている。従って、B、C 両地点間の振幅比について、これを各 stage 別に検討を行うならば、あるいは ratio によって得られた考え方を裏づける別の検証が得られるのかも知れない。しかし、「火山報告」中には B、C 点の振幅に関する資料の記載がなく、結局は A 点の資料を利用した以下の 3 例、すなわち各活動期に対する (i) 水平成分 (最大動) の振幅比、(ii) P~S の出現ひん度、及び全調査期間中の (iii) P 波初動分布 (水平成分) を付記するにとどめざるを得なかった。

(i) は噴火開始以前 (stage-1 の後期で pre-eruptive

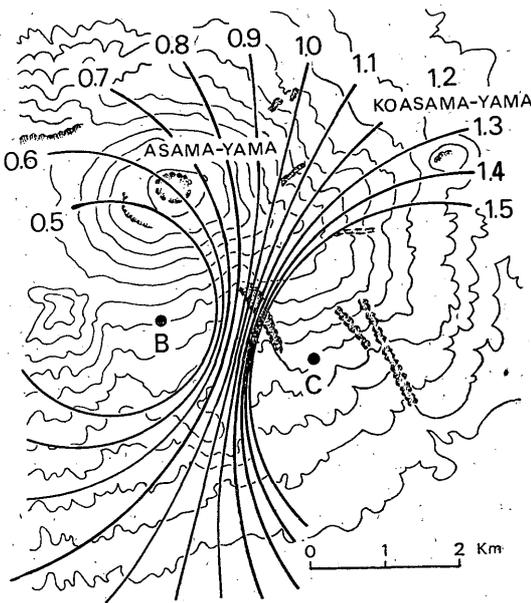


Fig. 7. Equi-loci lines of the ratio  $N_C/N_B$ .

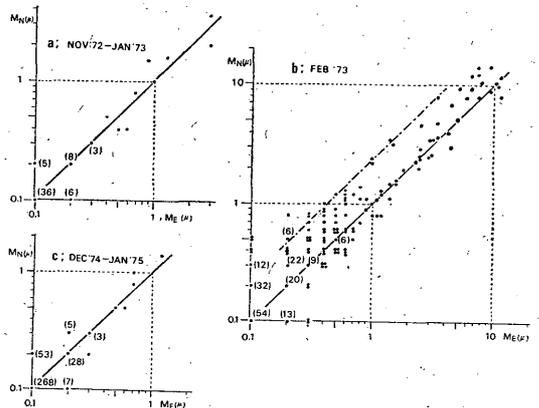


Fig. 8. Relation between the amplitudes of NS and EW maximum motion at station A.

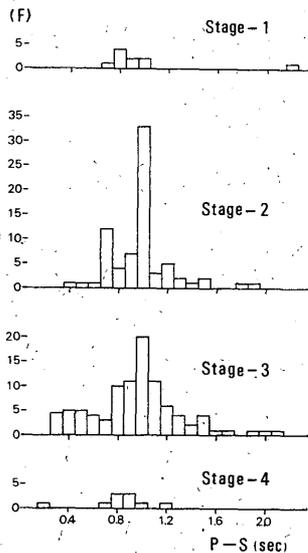


Fig. 9. A histogram of  $P-S$  at station A in each stage.

stage を含む), 噴火最盛期 (stage—2 の初期) 及び噴火終息以後の地震活動再活発期 (stage—4 の前期) を抽出したうえ, これら各期別に南北・東西動 (最大振幅) の振幅比について検討を行なったものである. この結果は Fig. 8 のとおりで, 振幅比の特徴としては, 噴火開始以前(a)は平均的に 1:1 (図中の実線) であり, 噴火最盛期(b)では 1:1~1:2.3 (図中の鎖線) の中間値, 及びそれぞれの線上とその近傍に存在するものが多数を占める. つまり, この南北動の卓越する部分が, §5 中の考察に際して提起した震源域の変動に参与しているものかどうかである. 以後 stage—4 の前期(c)では, 振幅比は噴火以前と同様, ほぼ 1:1 の状態に戻る.  $P-S$  の出現ひん度に関する(ii)については, §4 で区分した各 stage 別にその分布を示すと Fig. 9 のとおりになる. stage—1 及び 4 は事例が少なく言及するまでもないが, 噴火活動期の stage—2 では,  $P-S$ : 0.7 と 1.0 sec にピークがあり, 活動終息期の stage—3 では  $P-S$ : 1.0 sec をピークとして分散の傾向をもつ. なお, 図中の  $P-S$  ひん度の総数は 188 個で, すべて A type に類するとみられること, また, この 188 個は本調査期間の全地震数 5873 個(A点)の 3%に過ぎないことを断わっておく. (iii) の  $P$  波初動分布については例数がさらに少なく, 全調査期間を対象に Fig. 10 のとおり作図される. 一部を除きほぼ火口方向 (平均的には浅間山火口の南西方前掛山) に指向する. ただし, dilatational

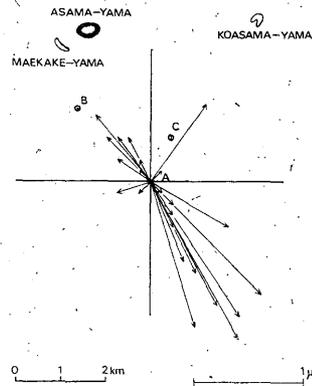


Fig. 10. The distribution of  $P$ -wave initial motion at station A.

な場合に比べて compressional の方が例数が多く, かつ, 振幅も大きい. もちろん, これら数例も A type に属する.

## §6. 噴火の確率

§3 では, 当日, 1 日前, 2 日前, ……の地震回数をそれぞれ  $n_0, n_1, n_2, \dots$  として,  $n_0+n_1+n_2+n_3+n_4$  を 5 日合計と定義した. Tab. 1 は, 本調査期間中, 12 階級に分類した各 5 日合計 (Tab. 1 の II 欄) の出現度数 (同 III 欄) にたいして, その当日を含めて向う 5 日以内に噴火が起った場合の (II) の出現度数 (同 IV 欄), 及び噴火の確率 (同 V, VI 欄) を示したものである.

噴火の確率は, まず最初に, Tab. 1 中の IV の III に対する割合 (%) として同表中の V 欄に示してあるが, これらは各階級に対して離散的に分布するに過ぎない. ところが, 5 日合計の出現度数がごく少数例, または皆無である階級 7 以上を除外すれば, 単純な曲線へのあてはめが可能のように見える. 従って, 階級 6 までの離散的な点の 6 組を, 2 次曲線 (拋物線)  $Y=aX^2+bX+c$  にあてはめて平滑化し, 最終的に  $Y=2.57X^2+1.52X-4.80$  を得た. 同式中,  $X$  は Tab. 1 中の階級を,  $Y$  は同表中の VI 欄に示される smoothing したあとの確率 (%) である. これらの曲線を図化したのが Fig. 11 である. なお, 同図中の横軸には, 階級値のかわりに対応する 5 日合計の地震回数 (中央値) を記入してある. これは後述する Fig. 12 を作成するための 1 つの操作であると同時に, これによって 5 日合計の地震回数に対する噴火の確率を連続量として取扱える利便があるからである.

Tab. 1. Probability of 1973 Eruption based on the seismic frequency of five days.

I	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
II	0	101	201	301	401	501	601	701	801	901	1001	1501
	} 100	} 200	} 300	} 400	} 500	} 600	} 700	} 800	} 900	} 1000	} 1500	}
	(50)	(150)	(250)	(350)	(450)	(550)	(650)	(750)	(850)	(950)	(1250)	
III	533	255	148	77	27	4	2	0	0	3	1	6
IV	5	5	43	35	16	4	1	0	0	0	0	5
V(%)	1	2	29	46	59	100	50	—	—	0	0	83
VI(%)	0	8	23	42	67	97	(100)	(100)	(100)	(100)	(100)	(100)

- Notes 1. I : Class (X).  
 II : Seismic frequency of successive five days. Figures in parentheses show a central value in each rank.  
 III : Number of frequency of successive five days.  
 IV : Number of frequency in five days preceding eruption.  
 V : Probability of eruptions resulting from IV/III.  
 VI : Probability of eruptions after smoothing (Y).
- Notes 2. Empirical formula:  $Y = 2.57 X^2 + 1.52 X - 4.80$ .

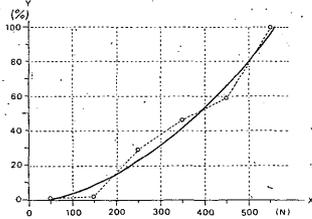


Fig. 11. The empirical formula for predicting Asama volcano eruptions. A dotted line indicates the curve for original data and real line the one after smoothing.  
 Abscissa: 5 day amount  
 Ordinate: Probabilities of eruption

噴火発生に至るまでの諸種の段階は、地震活動と噴火との対応を参照しつつ、Tab. 1, または Fig. 11 によって次のように分類される:

- (i) 5日合計 (B点) の地震回数が 200 回 (5日平均で40回) 以内ならば噴火の可能性はない。
- (ii) 同上の地震回数が 200 回を越えて要注意段階に入る。
- (iii) 同上の地震回数が 300~500 回 (5日平均で60~100回) では要警戒~危険段階である。
- (iv) 同上の地震回数が 500 回, またはそれ以上 (5日平均で 100~) 回でほぼ噴火が起る。

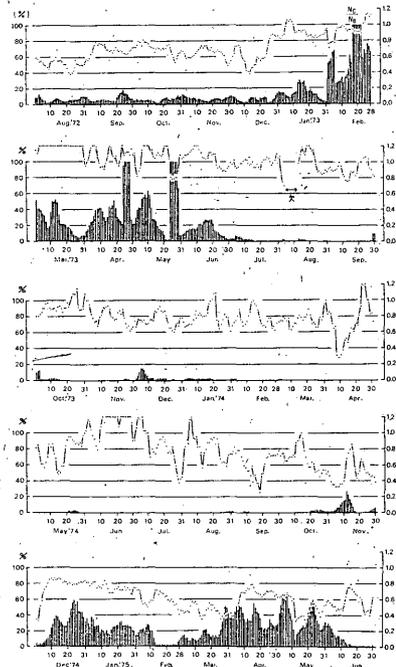


Fig. 12. Supplementary trial of the smoothing probabilities all over the period of this investigation.

ただし、上記の分類は、1973年噴火を狭んでその前後約3か年という期間を設定して得られたものであって、

もし噴火活動期を中心にして、その期間を延長もしくは短縮した場合には、その確率は相対的に変動することになる。従って、前述の結論は、そのまま今後得り起る火山活動の予測に適用できるとは限らず、引用する際には注意を要する。

次いで、前述の噴火確率を全調査期間の地震活動に置き換えて、その追試を行なった。その結果は Fig. 12 のとおりである。確率を求めた過程から考えて当然のことであるが、図中棒グラフで示す噴火確率のパターンは、Fig. 4の地震活動の移り変わりと同様である。なお、同図中には、C点のB点に対する地震数の割合（5日合計による）、すなわち、§4で論じたratioを折線グラフとして記入してある。

以下は、各 stage についての特徴を Fig. 12 によって要約したものである。

stage—1: 噴火確率が10%前後、ratio が 0.4~0.7 という当初の基調は、pre-eruptive stage に入ると大きく変わり、噴火確率では30%、ratio では1.0前後まで高まる。

stage—2: 最初の噴火は約50%の確率で起り、以後の噴火は100%にほぼ対応して発現している。Fig. 3でも明らかであったように、噴火があつてのち地震が群発する傾向が強いが、このことは Fig. 12 で一層強調されている。つまり、本図は、先きに定義した前5日間の地震数を基礎に作成したものであるからである。従って、100%で初めて噴火が起るというのではなく、例えば、噴火確率36%（3月10日）、51%（4月18日）、がそれぞれ中・小爆発に対応しているように、前述の警戒段階で、すでに爆発が起きていることに留意しなければならない。

stage—3: 噴火終息以後、地震活動は極端に低調であり、確率のうえからも論ずるほどのことはない。

stage—4: 地震活動が活発化したこの時期の噴火確率はかなり大きく、該期間中、警戒~危険段階（確率40~60%）は数次に及んでいる。にもかかわらず、表面現象の異常さえ現われることなく、単に地震活動のみに終始した。このような表面現象を随伴しない地震活動に対する疑問が、本調査を手がけた動機の一つではあったが、結局、§4で指摘したratio (0.4~0.7, 最大0.8) が関与しているらしいということ以外、解決の糸口が見出せなかった。

## §7. 火山性微動

「火山報告」中、火山性微動は火山性地震の場合と同

様、A点では出現回数、振幅及び継続時間等の要素が記載され、B、C点は回数だけに限られている。従って、本節ではおもにA点における微動の出現状況について、簡単に報告するにとどめる。

stage—1 では、pre-eruptive を含めて微動は記録されていない。しかし、2月1日19時21分、噴火開始（19時20分）とほぼ同時に微動が発現し、以後、噴火活動の最盛期に相当する同月16日までひん繁に出現した。その模様は微動の継続時間（日合計）、及び日別最大振幅を示す Fig. 13 によって明らかである。以上のように、A点

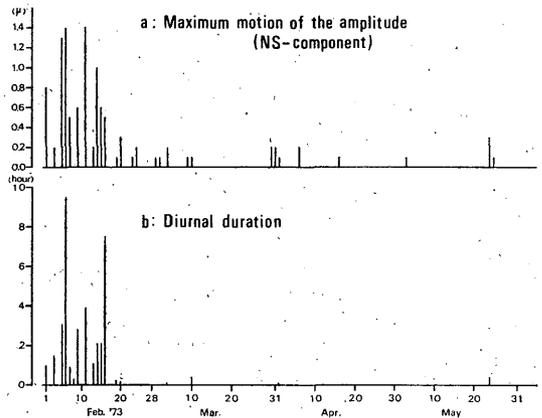


Fig. 13. The occurrence of volcanic tremors at station A.

の記録に関する限りでは、噴火と火山性微動は同時現象として生起していることになるが、2月半ば以降から、その回数、振幅とも急減し、stage—3では短時間（1~2 min, 最大5 min）、かつ、微小振幅（0.1~0.2  $\mu$ , 最大0.4  $\mu$ ）のものが6回現われたに過ぎない。また、stage—4では皆無である。

なお、stage—2 期中のB、C点の微動の出現回数は同程度で、A点のそれに比べてかなり多い（A: 116回 B: 354回 C: 346回）。微動の発生源も、火山性地震と同様、山頂火口付近に存在しているのかも知れない。

## §8. 結 語

浅間山は世界的にも調査、研究の最もよく行き届いた火山の1つであり、日本では水上、関谷などを始めとして多数の論文が発表されている。今度の噴火は、気象庁が第1次火山業務計画に基づく観測体制を本火山に整備して以来、初めて起つたものであった。本報告も、この精密観測によって得られた資料を噴火活動に適用し、その解明に幾分なりとも寄与できた点で有意義だったと言

える。

通説として、火山性地震は magma の活動と連動して起ると言われるが、この論旨からすれば、magma の活動が活発なほど地震が多発生し、その逆も成立つ。ところが、本報告でも指摘したように、pre-eruptive stage の比較的低下水準の地震活動から噴火に発展し、地震活動がより高水準にあった stage—4 では、噴煙の異常さえ認められなかった。おそらく、magma 活動は、それと連動して火山性地震・微動が消長することはあっても、直接的に表面現象に結び付くことはあり得ないということの証拠であろう。ここに噴火予知のむづかしさがあり、震動観測以外の、例えば地盤変動、地磁気等の精密観測の必要性が痛感される。

一般に、火山活動の平穏期には、山体のある部分に定期的に震源域を構成していると考えられるが、より下部からの magma 補給によって、火道内の magma 活動に新たな始動が起った場合には、それに相応して震源域が拡大したり、あるいは別個の震源域を形成することもあり得る。これに対し、本論文は、C点のB点に対する地震数の増大、つまり ratio の立場から逆説的に1つの推論を試みたものといえることができる。

本報告で使用した資料の大部分を「火山報告」に限定したことにより、調査上かなりの制約があった。結果と

して、その内容は地震回数を主体としたものに偏り過ぎた嫌いがある。その意味では、現地官署が基準観測点と同様、B、C点についても臨機応変に必要な記録の収集に努め、火山噴火予知技術の向上に意欲的に取り組むことを期待したい。また、本報告の不十分な点については、今後資料を重ね、機会をみて補そくするなどしていただければ幸いである。

#### 参 考 文 献

- 1) 気象庁 (1972-1974) : 火山報告, 12, No. 3-14, No. 2.
- 2) 長野地方気象台・前橋地方気象台・軽井沢測候所(1973) : 昭和48年2月1日の浅間山火山噴火に関する火山速報.
- 3) 下鶴大輔(1973) : 浅間山火山の最近の噴火活動について, 火山, 第2集, 18, 33-34.
- 4) 水上武・平賀士郎・内堀貞雄・宮崎務(1959) : 噴火と火山に発生する地震との研究(第2報), 火山, 第2集, 4, 115-130.
- 5) 関谷溥(1959) : 浅間山の火山活動の解析(第2報), 験震時報, 24, 91-101.
- 6) 水上武(1961) : 地球の構成(坪井忠二編), 第1版, 岩波書店, p. 323.
- 7) Minakami, T. (1974) : Seismology of Volcanoes in Japan (chapter 1), Reprinted by Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, 1-27.
- 8) Minakami, T. (1974) : Prediction of Volcanic Eruption (chapter 14), Reprinted by Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, 313-333.