

三原山で起る火山性地震・微動の性質*

田 中 康 裕**

551.21

Character of the Volcanic Earthquakes and Tremors at Miharayama, Oshima

Y. Tanaka

(*Seismological Section, J. M. A.*)

Miharayama had 40 volcanic activities during the period from 1938 to 1957. These activities were eruptions, emissions of much smoke, swarms of earthquakes and swarms of tremors, and they were observed by the Oshima Weather Station, 14% of recorded volcanic earthquakes were felt at the station. $P\sim S$ times of the volcanic earthquakes were mostly 1 to 3 seconds. The Ishimoto-Iida's statistical formula is shown as $NA^{1.7}=C$. The epicenters of the volcanic earthquakes were distributed in the NW to N area outside the caldera.

Swarms of earthquakes occurred very suddenly and they became to be calm after a few days. Epicenters of each swarms of earthquakes concentrated into a limited area, respectively. But no surface volcanic activities such as eruptions or emissions of much smoke occurred while the swarms of earthquakes were taking place.

Swarms of tremors were classified into discontinuous and continuous types. The duration of each discontinuous type tremor was about 40 seconds, and such tremors increased in number gradually day by day, and within half a month to 3 months decreased gradually. The Ishimoto-Iida's statistical formula is unable to exist. Any surface volcanic activity did not followed these types of tremors.

Continuous type tremors were followed by surface volcanic activities and they continued usually during the surface activities. The continuous type tremors began a few hours to several days prior to the outbreak of eruptions or emissions of much smoke.

The source of all the volcanic tremors were perhaps very shallow in depth under the area of caldera.

§ 1. ま え が き

三原山は古くから多くの火山活動の歴史を持つ活火山である。この火山でみられる火山活動には、噴火・噴煙活動のような地上に現れた現象もあるが、火山性地震や微動のような地下だけで起っている現象もある。本稿は、大島測候所（1938年10月設立、Wiechert 地震計設置）で記録された地震によって、三原山の火山性地震・微動の性質を調査したものである。

* Received Jan. 16, 1958.

** 気象庁地震課

§ 2. 1938~1957年の三原山の火山活動⁽¹⁾

この期間に三原山は Table 1 のような活動をした。三原山は常時、噴煙または噴気活動を続け

Table 1. Activities at Miharayama (1938~1957)

No.	Time	Activities	Felt shocks	Unfelt shocks	Total
1	Year Month Day 1939 VI 18~19	Earthquake swarm			About 30 ⁽²⁾ (Lava flowed out a little).
2	1938 VIII 10~11	Slight eruption			
3	1939 I ~II	Slight eruption			
4	1939 VII	Emission of much smoke			
5	1939 IX 2	Tremor swarm			
6	1939 IX 2~3, 16~17	Slight eruption			
7	1939 IX 29~X 3	Earthquake swarm	9	60	
8	1939 XII 15~22	Earthquake swarm	18	172	
9	1940 III 29~30	Earthquake swarm	1	28	
10	1940 VIII 19	Eruption		(Ash-fall much)	
11	1941 IX 19~21	Earthquake swarm	3	16	19
12	1941 X 30	Earthquake swarm	5	75	80
13	1942 IV 30	Earthquake swarm	3	19	22
14	1942 VIII 25~31	Earthquake swarm	13	15	28
15	1942 XI 4~30	Earthquake swarm	69	240	309
16	1943 XII 27~1944 I 1	Earthquake swarm	1	20	21
17	1944 II 15~16	Earthquake swarm	59	115	174
18	1944 IV 27~28, V 4~5	Earthquake swarm	9	47	56
19	1944 XII 7~13	Earthquake swarm	30	125	155
20	1948 XII 15~24	Earthquake swarm	52	214	266
21	1949 IV 12~19	Earthquake swarm	3	42	45
22	1950 VII ~IX	Great eruption		(Lava flowed out much)	
23	1950 IX 7~9, 20	Earthquake swarm	6	46	52
24	1951 II ~VI	Great eruption		(Lava flowed out much)	
25	1952 X 4~5, 8~10	Earthquake swarm	2	26	28
26	1952 XII 10~26	Earthquake swarm	2	135	137
27	1953 V 26~29	Earthquake swarm	2	21	23
28	1953 X ~1954 II	Eruption		(Lava flowed out much New craters were born)	
29	1954 IV ~VII	Tremor swarm			
30	1954 XI 1st decade	Emission of much smoke			
31	1955 IX 7~8	Earthquake swarm	14	67	81
32	1955 XII ~1956 I	Eruption		(A new crater was born)	
33	1956 IV 24~V 12	Earthquake swarm	42	219	261
34	1956 VIII 25~26	Emission of much smoke			
35	1956 XI 11~12, 17~XII 20	Tremor swarm			
36	1957 I 9~10, 13~ 21, 30	Earthquake swarm	21	152	173
37	1957 I 21~II 21	Tremor swarm			
38	1957 IV 3rd decade ~VII 10	Tremor swarm			
39	1957 VI 4~9	Earthquake swarm	2	18	20
40	1957 VIII 5~XII	Eruption		Oct. 13, a new crater was born and 54 people were casualties)	

1) 中央気象台 (気象庁) : 気象要覧, 地震年報, 地震月報, 地震調査原簿.

2) 高橋龍太郎・永田武: 昭和13年6月18日頃大島に頻発した地震群, 地震 11 No. 4 (1939) 17~23.

ているが、表中で Emission of much smoke とあるのは、そのときに噴煙活動が特に顕著になったことを意味する。なお、1944年12月のひん発地震は、同年12月7日の東南海地震直後から発生したもので、同大地震のために誘発されたものと考えられている。

§ 3. 三原山で起る火山性地震・微動の概要

火山性地震 大島付近は、もともと地震の多い所であるが、 $P\sim S$ 数秒以内の局地型地震は、三原山に関連する火山性のものであると考えられる。1938年11月～1957年12月（この間、1945年3月～1947年1月は戦争のため欠測）の間に起った三原山の火山性地震総回数は 3550 回余に及び、このうち有感地震は 500 回余（総地震回数の 14%）であった。浅間山のような安山岩質火山で起る火山性地震は、そのほとんどすべてを無感地震がしめている事実からみて、三原火山（玄武岩質）の特質を示すものというべきであろう。また、地震の起り方は毎年その回数がはなはだ相異している（Fig. 1—A）。この原因は総地震回数の6割をしめているひん発地震によるもので、ひん発地震回数（Fig. 1—B）を除けば、一般の火山性地震は毎年同じくらいづつ起っていることがわかる（Fig. 1—C）。なお、 $P\sim S$ のひん度は1～3秒程度のものが最も多い（Fig. 2）。石本・飯田の統計式 $NA^m=C$ で m を計算すると、 $m=1.7$ となる（Fig. 3）。

ひん発地震はすべて突発的に起り、たいてい数日以内にほとんど平穩にもどってしまう（Fig. 4）。なお、噴火や活発な噴煙活動などの火山現象は伴わない。

火山性微動 脈動性の連続した波で、地震動の特性に数えられる位相の関係が明らかに認めたいものである。すなわち、記象の初部に短周期の部分がほとんどみあたらず、いくつかの地震が重なってひとつの記象をなしているように見え、初めから終わりまでほとんど同じくらいの大きさの振幅で継続する。もっとも中には、火山性地震と火山性微動とを区別することが困難であるような中間型もあるが、これらは、ひん発地震中のものであれば地震に入れ、ひん発微動中のものであれば微動に入れられている。

微動の出現状態にはふたつの型が認められる。すなわち、孤立した微動（継続時間は平均40秒前後）がひん発するもの（孤立型）と、何日間もほとんど連続的に現れるもの（連続型）とである。

孤立型微動は、噴火や噴煙活動などを伴わない。前述のひん発地震が突発的に出現するのに対し孤立型微動はすべて徐々にその出現ひん度を増加し、また、徐々にひん度を減ずる。その発現期間は半月～3か月くらいが普通である（Fig. 5）。なお、孤立型微動については、石本・飯田の統計式は成り立たない（Fig. 6）。

連続型微動の多くは噴火や活発な噴煙活動を伴い、かつ、その発現時刻は噴火開始時刻より半日～数日くらい先行し、噴火が終息するのとほとんど同時に微動も終息してしまう（Fig. 7）。今までに

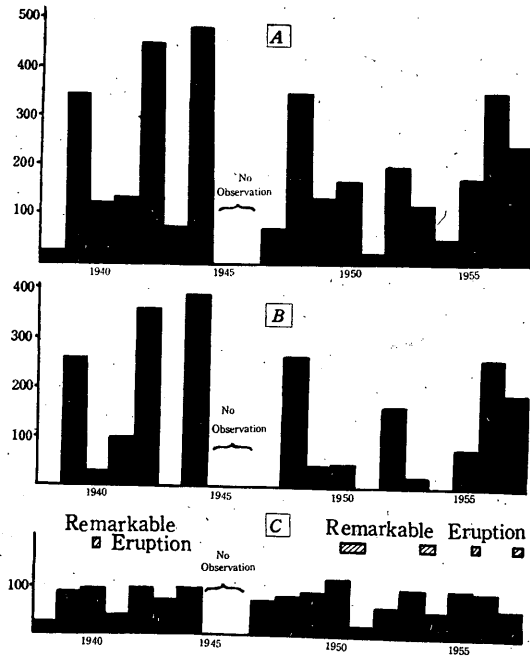


Fig. 1. Number of volcanic earthquakes at Miharayama, observed at the Oshima Weather Station
 (A) : Number of volcanic earthquakes
 (B) : Number of earthquakes in swarms
 (C) : (A) - (B)

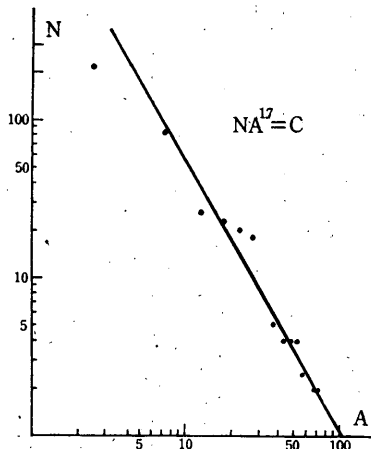


Fig. 3. Relation between maximum amplitude $A(\mu)$ and number of volcanic earthquakes N at Miharayama

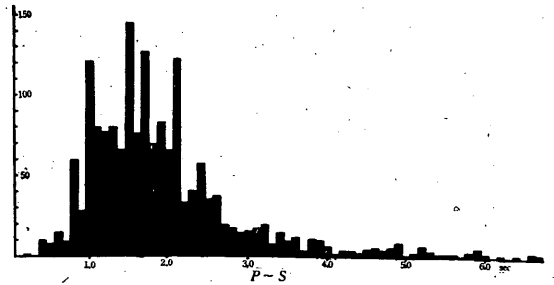


Fig. 2. Frequency distribution of $P-S$ of volcanic earthquakes at Miharayama observed from 1938 to 1957 at the Oshima Weather Station

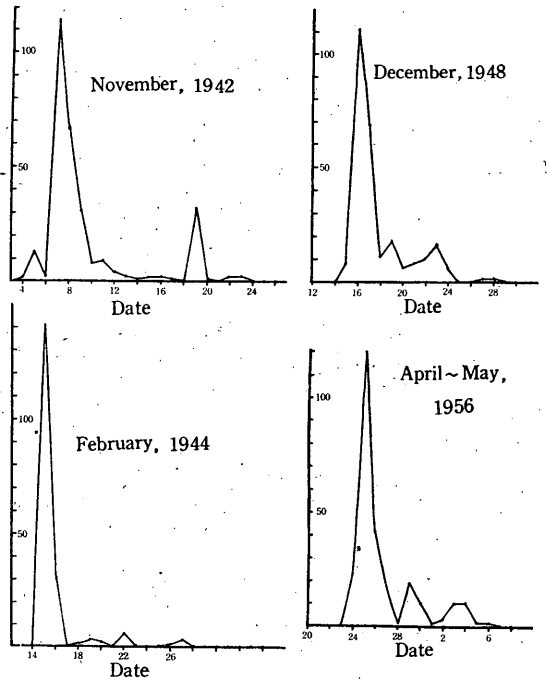


Fig. 4. Examples of the daily number of earthquakes occurred in swarms observed at the Oshima Weather Station

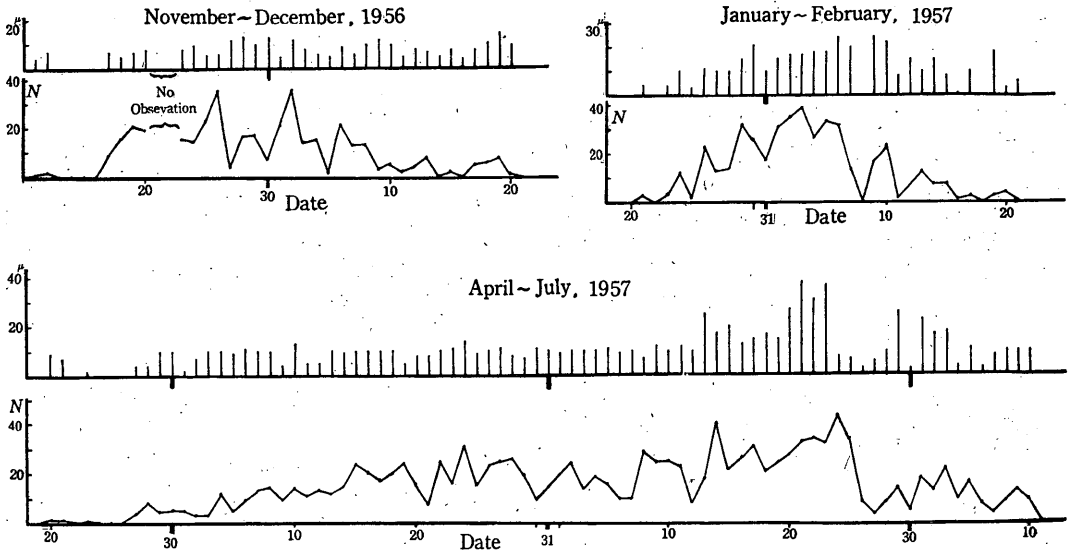


Fig. 5. Examples of discontinuous type tremors. Maximum double amplitude and numbers of volcanic tremors N recorded daily on the Wiechert's seismograph (N—S component) at the Oshima Weather Station

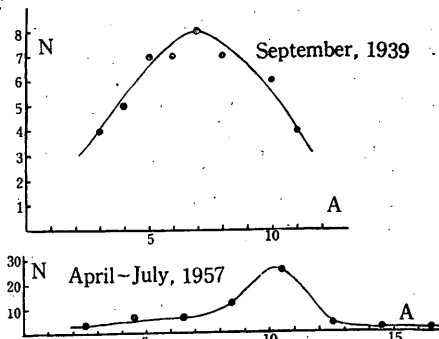


Fig. 6. Examples of the relation between maximum double amplitude $A(\mu)$ and number of discontinuous type tremors N at Miharayama

判明している連続型微動発現時と噴火開始時との時間差は Table 2 のようであった。ここで噴火開始時刻とは、火口茶屋（火口縁）、御神火茶屋（外輪山、火口から 2km）、登山者あるいは測候所員などによって噴火が認められた時刻を総合して、大島測候所が公式に発表したものである。純学問的には、微動発現と同時に噴火活動が始まったものとみなす方が適當であるかもしれない。しかし、噴火初期にはその表面活動は人体感覚によっては認めがたいようなおだやかな活動であるために、微動の消長と表面活動との間にかかなりの差異を生ずることも考えられる。この事実は、

1950 年の三原山の噴石丘生成時の活動に関しても、木沢氏が指摘しているところであり³⁾防災措置のための重要な手掛りとしてすることができるわけである。

3) 木沢綏：火山活動に現れた地球物理学上の諸現象（2），研究時報 3 No. 8（1951），277～291。

Table 2. Examples of the relation between beginning time of continuous type tremors and that of surface volcanic activities

Beginning time of tremors	Beginning time of surface volcanic activities	Difference
Year Month 1953 X 4d about 1h 1954 XI 1d 10h 17m 1955 XII 11d 1956 VIII 19d about 6h 1957 VIII 4d 01h 47m	Year Month 1953 X 5d 8h 32m 1954 XI 2d afternoon 1955 XII 19d 1956 VIII 25d 7h 1957 VIII 4d 16h~5d 4h 30m	1 day 7 hours 1 day or more 8 days 6 days 1 hour 14 hours~1 day 2 hours
<p>(1957 VIII 4d 01h 47m ~ 07h 40m : discontinuous type tremors) (4d 07h 40m ~ : continuous type tremors)</p>		

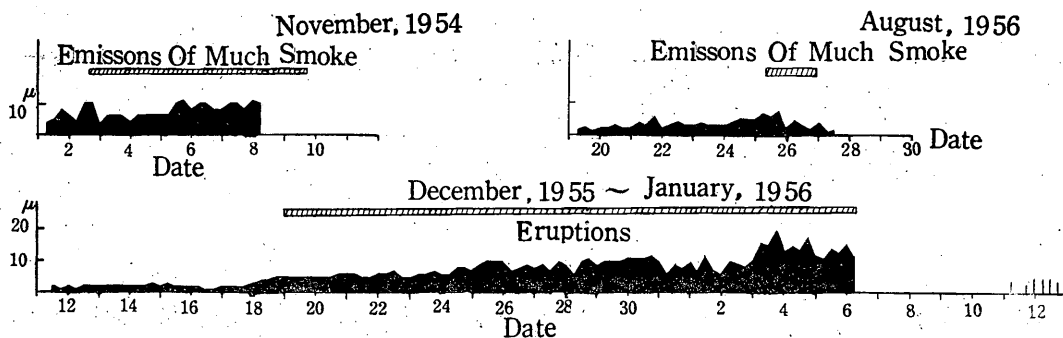


Fig. 7. Examples of the continuous-type tremors: Surface volcanic activities and maximum double amplitude of volcanic tremors recorded every 6 hours on the Wiechert's seismograph ($N-S$ component) at the Oshima Weather Station

§ 4. 火山性地震・微動の震源について

地震の正確な震源をきめるためには、大島測候所 1 か所だけの資料では不十分であるが、 $P-S$ 時間や初動方向などから大体の震源を推定することはできる。

いま、各ひん発地震ごとに、その $P-S$ のひん度を百分率で示すならば (Fig. 8)、最多発部は各ひん発地震によって異なっていることがわかる。

また、初動方向は同一ひん発地震群のものであれば、おのおのが類似している点からみて、ひん発地震の活動源は初動が示す方向の、 $P-S$ ひん度が最も多い部分に相当する距離で、まとまって起っているものと考えられる。

さきに、高橋・永田両博士は、島内に数か所の観測点を設けて、1938 年 6 月および 1939 年 9 月のひん発地震についてくわしく調査され、大森係数を $K = 2.2 + 0.41d$ (d は震源の深さ)、震源

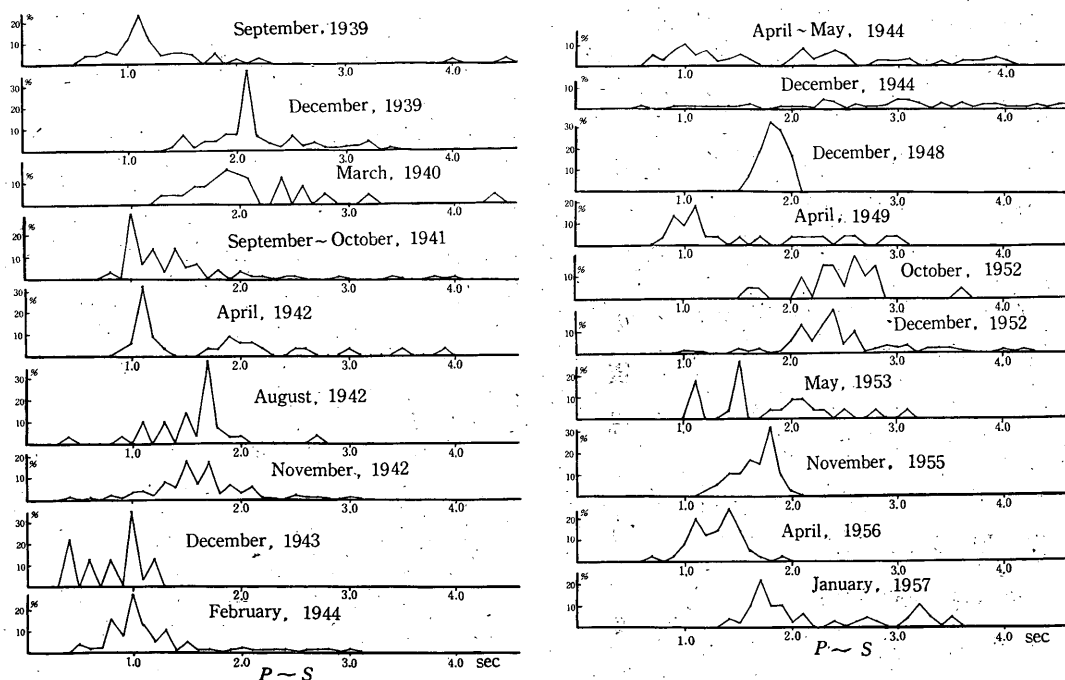


Fig. 8. Frequency distribution of $P\sim S$ times of each swarm of earthquakes observed at the Oshima Weather Station

の深さを $0\sim 4$ km (0 km 最多) と算出された。⁴⁾⁵⁾ このうち、1939年9月のものについては、測候所でも地震計をすでに設置してあったので、両者の資料を比較することができる。高橋博士らによれば、同ひん発地震は、測候所・湯場を含む一帯に分布しているが、測候所で観測した $P\sim S$ は $0.6\sim 2.2$ 秒 (1.1 秒最多) であったから、上記の K で $d=0$ とすれば、測候所の資料を使っても震央はほぼ同じ地帯に分布することになる。したがって、測候所付近に発生する地震については $K=2.2$ が適用される。

田沢氏によれば、測候所付近で起る地震が最も浅く、そこから離れるにしたがって深い所で起る傾向がみられるが⁶⁾、その正確な深さは示していない。

竹花氏は1939年12月のひん発地震の震央をきめるにあたって深さを 0 km ($K=2.2$) とした⁷⁾。なお、ひん発地震などによっても、三原山火口内の溶岩温度が変動する事実からみて⁸⁾、震源の

4) 2) と同じ

5) 竹花峰夫：昭和14年12月15~21日伊豆大島に頻発した地震群に就て、*験震時報* **11** No. 1 (1940), 68~80.

6) 田沢堅太郎：大島における火山性地震と三原山の噴火(第2報)、*研究時報* **9** No. 6 (1957), 431~435.

7) 5) と同じ

8) 諏訪彰・田中康裕・田沢堅太郎：1955年1月~56年6月の大島三原山の火山活動に関連する火口内の溶岩温度の変動、*験震時報* **21** No. 4 (1957), 27~34.

深さはごく浅いものであることが推定される。

そこで、ここでは震源の深さを 0 km と仮定し、 $K=2.2$ として、1938～1957 年に起ったひん発地震の震央域を推定してみた (Fig. 9)。初動の読みとれた資料が少ないので、これらの震央域が確定的なものとはいえないが、各地震群の活動部は、大体、これらの区域内にあるとみなしてさしつかえないように考えられる。なお、震央がきめられなくて、Fig. 9 にはのせられなかったものもあるが、これらもおそらく同図と同じような地域で起っているものであろう。

ひん発地震を除いた一般の火山性地震については、初動を読みとった資料がほとんどないが、 $P-S$ 時間はひん発地震のそれとほぼ同じくらいであり、記象もまた、ひん発地震のものと似ているので、おそらく、ひん発地震発生域と同じような所で起っているものと思われる (初動のわかっているもの数個について試みたが、その震央はすべて上記のひん発地震発生域と同じ地域に分布していた)。

しかし、外輪山以内の火口にごく近い地域には、こうした地震が発生していないことは、三原山の火山性地震はごく浅い所で起るのに対し、地質構造上のカルデラ壁が相当深くまで落ち込んでいるため、そこでさえぎられて地震が起りにくいのであるかもしれぬ。

火山性微動は、その記象型からみて、火山性地震よりはるかに浅いところで起っていると考えられる。しかも微動の波動はカルデラ

方面から卓越する傾向があり⁹⁾、微動発現中には、山頂火口でしばしば人体に感ずる地震や鳴動が観測されるから、その震源はカルデラ内にあると考えるのが妥当であろう。

§ 5. 火山性地震と微動と噴火との関係

Fig. 1—C をみると、顕著な噴火活動の起る前には、一般の火山性地震回数が増加するような傾向が認められないでもないが、確定的なこととはいえない。三原山の最近の噴火は、いずれも山

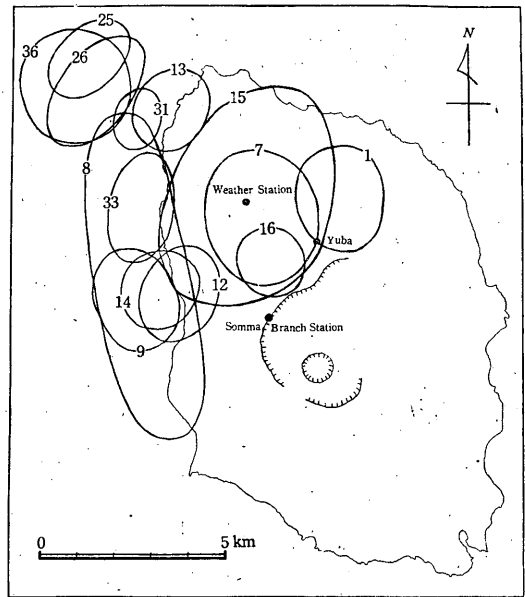


Fig. 9. Epicentral areas of the main swarms of earthquakes at Miharayama, from 1938 to 1957.

The number of each circle corresponds to that in Table 1. 1 & 7 are the epicentral areas determined by Dr. Takahashi & Dr. Nagata. 8 is the epicentral area determined by Mr. Takehana.

9) 3) と同じ

頂噴火であるから、噴火のエネルギーは山頂火口で放出されていることになる。したがって、なんらかの方法でそのエネルギー源が火口へ運ばれていくはずである。ひん発地震はその発生のつど異なった所で群発しているが、それがしだいに火口に近ずいて噴火を起した例は一度もなかった。しかし、噴火を起す物質的本源が火山性地震発生域にあるとするならば、それは震央分布図 (Fig. 9) が示すように、カルデラの北西～北側一帯にあることになる。

微動はその発源地からみて、カルデラ内で起る地震ともいえよう。火口に近い所で起るため、直接、噴火と結びつけて考えるのがつごうがよい。1953年以後は孤立型微動がしばしば現れており、噴火もまたしばしば起った。しかし、それらの間の関係の詳細はまだわからない。ただ、連続型微動には、たいてい噴火や噴煙活動を伴うことを重ねて記しておく。

§ 6. む す び

三原火山で起る地震をより詳細に調べるためには、島内にいくつかの観測点を設け、より高精能の地震計で観測することが望ましい。さいわい、1958年度からは、今まで荒廃していた山頂観測所の改装がなり、火山観測に威力を加えることになったので、その成果が期待される。終りに臨み、御教導をいただいた地震課長 広野卓蔵博士、火山係長 諏訪彰氏に深謝申しあげる。