

樽前山における地震活動の様式

広田 知保・佐久間 勉

まえがき

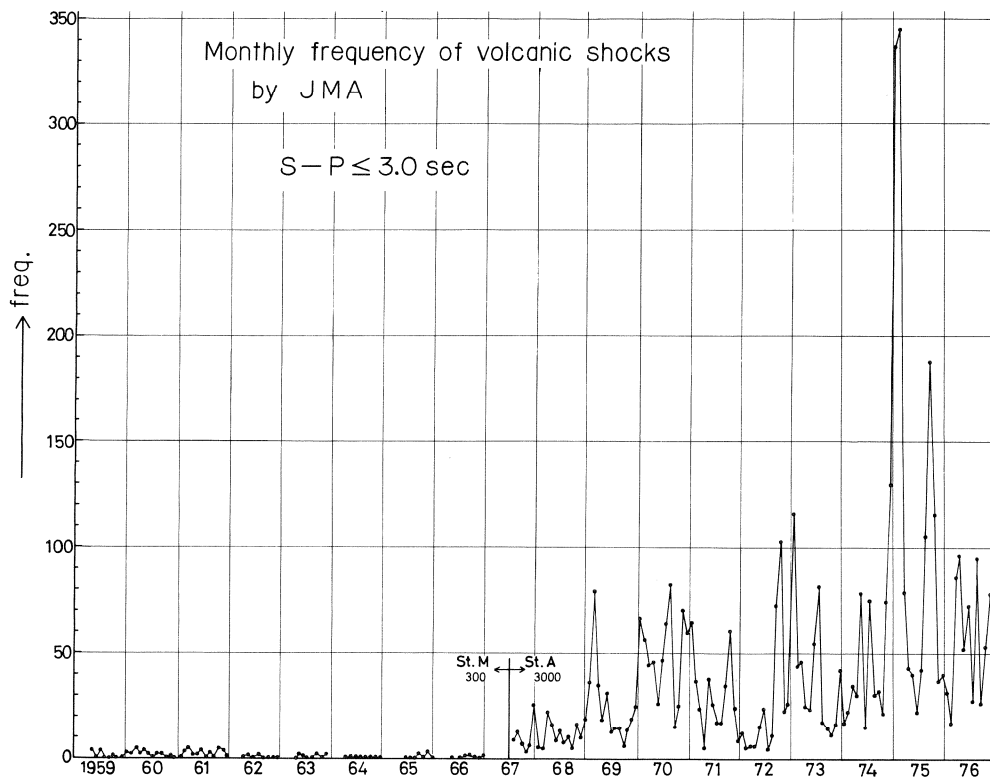
樽前山は、1955年2月14日の小噴火があって以来およそ23年間、とくに異常な火山活動もなく静穏な状態を保っている。

気象庁苫小牧測候所は、樽前山の火山活動の状況を監視するために、樽前山7合目において倍率3000倍の地震計3成分による地震観測を行なっている。また、年に2~3回の現地調査によって、噴煙・地温・火山ガス成分の観測を実施している。

地下資源調査所においても、噴火予知のための基礎資料の収集という観点から、地磁気測量（広田、

1975）などを実施した。これに続いて、樽前山の最近の地震活動の状況を把握するために、1975年および1976年の両年に、山腹において、高感度地震観測を実施した。この観測において、群発地震をも含む多数の火山性地震が記録された。この記録を解析した結果、樽前山における最近の地震活動の様式が、かなり明らかになったので、以下に報告する。

この報告をとりまとめるにあたって、観測の実施に際して御援助して戴いた北大地震予知観測地域センターの岡山宗夫氏、および震源決定の計算の際全面的に御世話して戴いた北海道総務部電子計算課の諸氏に対し深く感謝いたします。



第1図 樽前山とその付近で発生した地震の月別頻度（気象庁苫小牧測候所の観測による）

Fig. 1 Monthly frequency of volcanic shocks at and near Tarumae Volcano recorded by the JMA station (Tomakomai Weather Station).

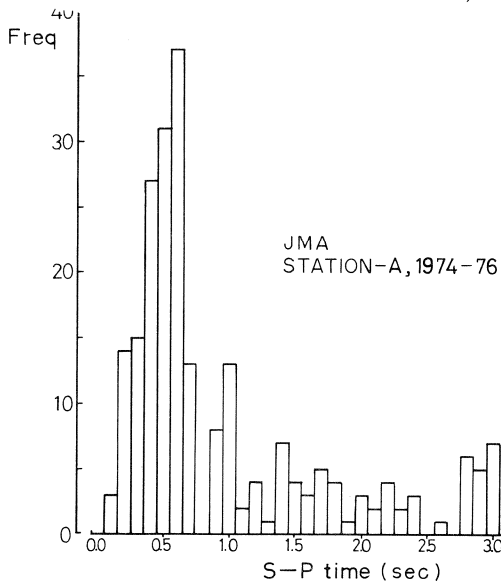
1. 気象庁による地震観測結果の概要

苫小牧候候所では、1959年5月から1966年末まで支笏湖畔モーラップで、倍率300倍の地震計による観測を行なった。1967年7月1日からは、樽前山7合目(第4図A点)で、倍率3000倍の地震計3成分による地震観測を開始し、今日に至っている。

S-P時間が3.0秒以下の地震について、1959~'76年間の月別地震頻度を第1図に、'74~'76年のS-P時間の頻度分布を第2図に示した(北海道地震火山月報の資料による)。

1969年以後活発になった地震活動は、1974年末からは急激に旺盛な活動を呈するようになった。とくに、1975年1月には337個、2月には345個の地震が発生し、極めて激しい活動がみられた。その後、4~7月は地震は少なかったが、9月には188個の地震が発生し、一つの活動のピークを示した。'76年に入ると、各月によって消長はあるものの、'73年以前の活動をやや上回る程度の活動度を示すようになった。

1974~'76年のS-P時間の頻度分は、'73年以前の分布(広田, 1975)とはやや異なっている。'67~'70年においてS-P時間が1.0秒以下の地震は非常に少なかった。'71~'73年には1.0秒以下の地震が3.0秒以下の地震全体の74%を占めるようになったが、



第2図 樽前山とその付近で発生した地震のS-P時間頻度分布(気象庁の観測による)

Fig. 2 S-P time distribution of volcanic shocks recorded by the JMA station.

0.5秒以下のものはそれほど多くなかった。これに対して、'74~'76年には1.0秒以下の地震が全体の71%を占める点では'71~'73年と同じであるが、0.6秒以下の地震が非常に多くなって、全体の約60%を占めるようになったことが特徴的である。

このように、1971年から次第に樽前山の山体直下付近で発生する地震が増加してきたが、'74年後半までは、まだそれほど地震活動度は高くなかった。しかし、'74年末以後は活動度が非常に高くなり、しかも火山体直下の地震が、極めて多く発生するようになったといえよう。

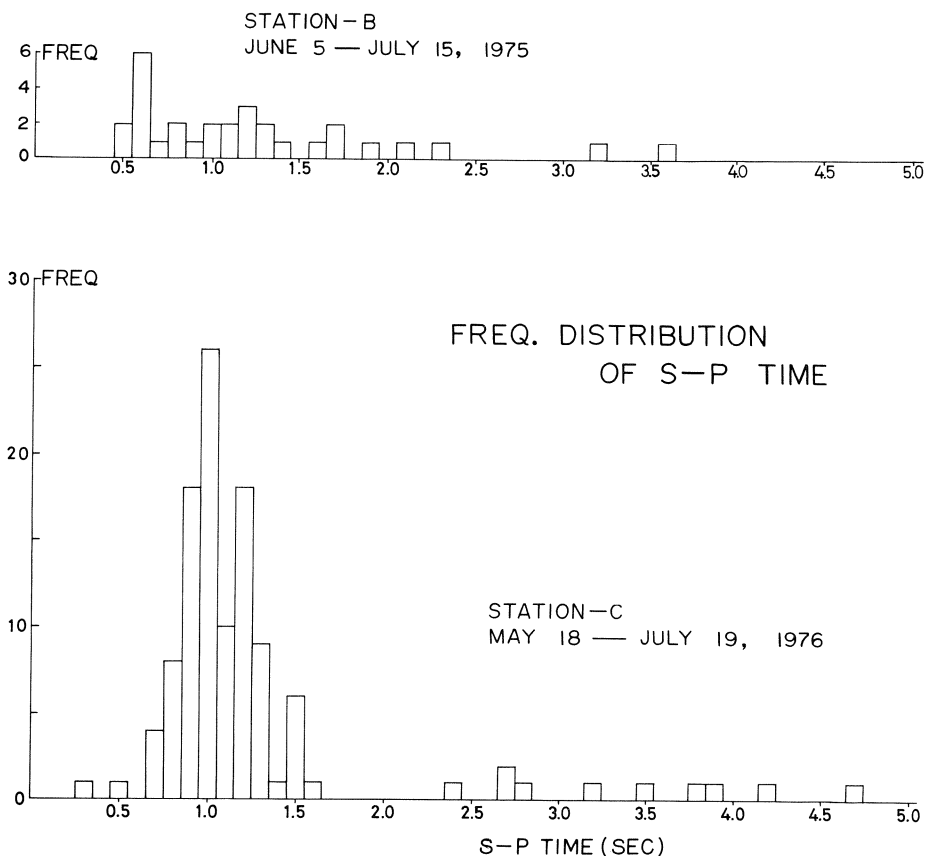
2. 樽前山における高感度地震観測

前項で述べた気象庁の観測は、地震活動の長期的監視には非常に重要な役割を果たすが、1点観測のために精確な震源を決定することができない。北海道大学理学部によって行なわれた臨時地震観測(北海道防災会議, 1972)においても、観測点が山麓にあったために、樽前山直下で発生する地震の震源を決めることができなかった。

そこで、筆者らは、樽前山の地震活動の状況を明らかにするために、とくに山体の直下付近で発生していると思われる地震の震源決定を目的として、地震観測を行なった。1975年6月5日から7月15日までは、樽前山北東側の山腹(第4図B)で、1976年5月18日から7月19日までは、南南東の山腹(第4図C)で、計104日間にわたって高感度地震観測を実施した。

2.1 観測方法

観測の方法は tripartite 法であり、周有周期1.0秒、出力3.0 volt/kineの上下動地震計3台を、第4図にB, Cとしめた三角形の各頂点に配置した。各地震計の出力を増幅器に入力させて充分に増幅し、これをData Recorder(森谷, 1970)によって磁気テープに記録した。この磁気テープを、別のData Recorderによって録音時の約50倍のテープ速度で再生し、再び増幅した後、Visigraphによって可視記録とした。観測の際、地震の減衰定数は0.7となるように増幅器の入力インピーダンスを調整したが、この地震観測システムの総合周波数特性は、1.2~30 Hzではほぼ一様であった。今回の観測の場合、いずれの観測点でも雑振動が大きかったので、あまり感度を高くすることができず1975年、'76年の両年とも総合速度感度はおよそ250 μ kine/mm、変位倍率では30 Hzで7.5万倍程度であった。なお、刻時には水晶時計を用い、これをラジオの時報信号によって較正



第3図 .3点観測によって記録された地震のS-P時間頻度分布

Fig. 3 S-P time distribution of microearthquakes recorded by the temporary tripartite arrays of GSH (Geological Survey of Hokkaido).

した。

2.2 観測結果の概要

1975年6月から7月にかけては、苫小牧測候所の観測によれば、1975年中で最も地震活動の低い時期にあっていたので、筆者らの観測網で記録された地震も、41日間で約50個と少なかった。S-P時間が読めた30個の地震に関しては、1.5秒以下のものが多く、0.6秒にピークをもっている(第3図)。'75年の観測では、1台の地震計は苫小牧測候所の観測点A(第4図)と、ほとんど全く同じ場所に設置された。従って、S-P時間の分布に関して、筆者らの結果と苫小牧測候所の結果(第2図)とはよく一致している。

1976年5月~7月の観測では、6月が比較的地震活動の高い時期にあっていたので、前年の観測よりも相当数多くの地震が記録された。63日間でおよそ800個の地震が記録されたが、そのうちおよそ650個は群発地震として発生したものである。第3図には、115個の地震についてS-P時間の頻度分布を示した。

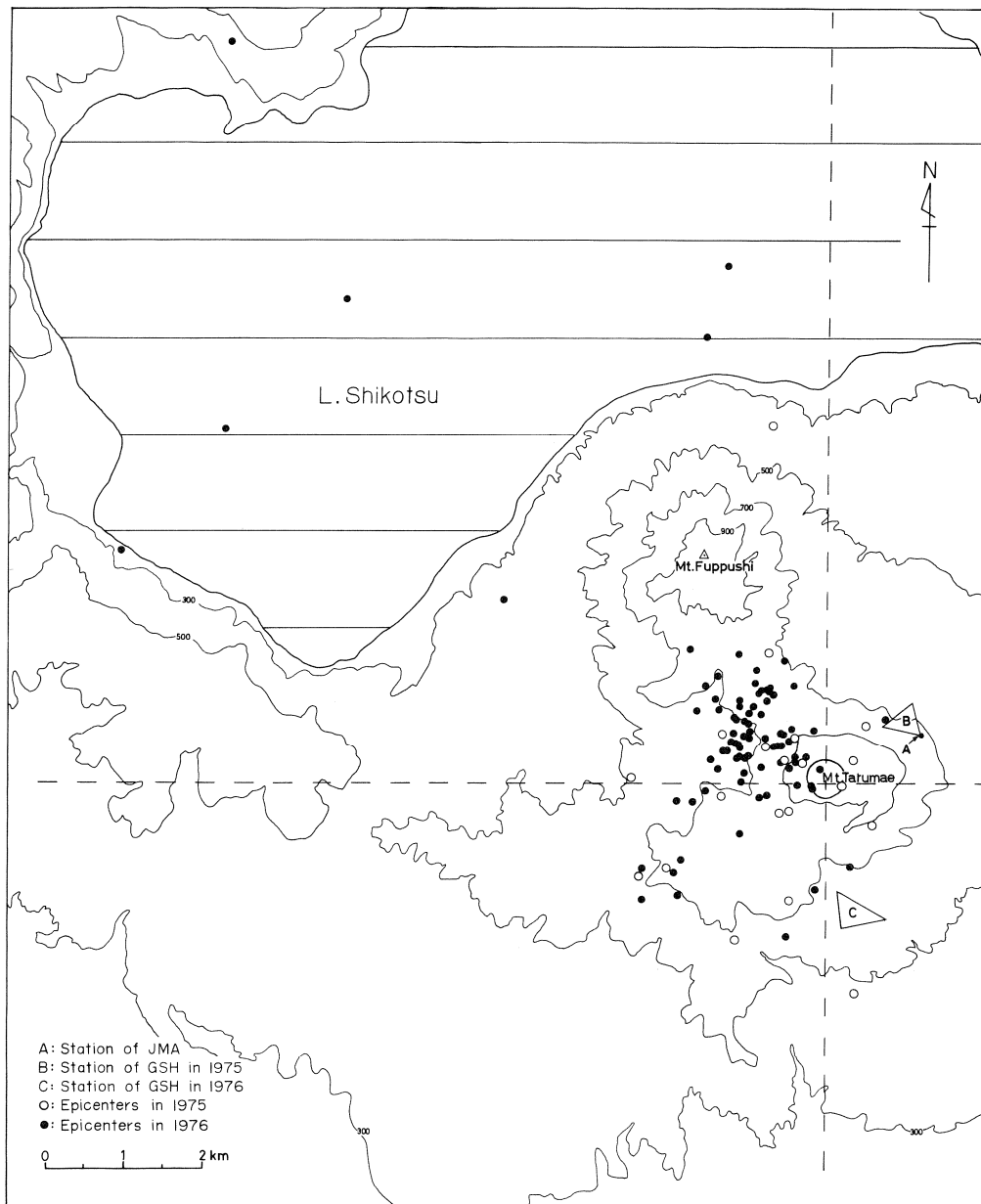
S-P時間が1.5秒以下のものが約90%、1.0秒以下のものが約50%を占め、1.0秒にピークをもっている。

なお、両年において観測された地震について、村松(1966)の方法によってMagnitudeを計算すると、-1~+2の範囲に入り、極微小地震ないし微小地震として分類される。

3. 震源の分布

初動の立ちあがりが見え、かつS-P時間が読みとれた地震は、'75年の観測で20個、'76年では86個であった。これら106個の地震について、震源を決定した。この計算を行なう際、地震波はPoisson比0.3、P波速度2.5 km/secの半無限均質媒質を平面波として伝播すると仮定した。

決定された震源について、第4図には震央分布を、第5図および第6図には震源の南北断面および東西断面を示した。これらの図によって、震源分布の特



第4図 観測点の位置と3点観測によって決定された震央の分布

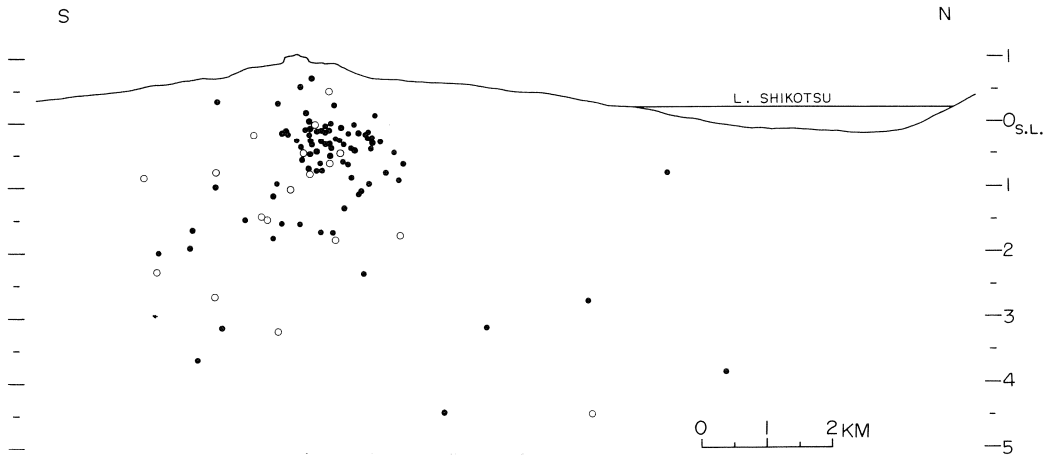
Fig. 4 Location of observation stations and epicenters located with the GSH arrays.

徴について簡単に述べる。

まず、1975年と'76年の震源の分布が、ほとんど同じ領域の中に入り混っており、両年で偏った分布を示してはいない。このことは、両年の観測点が樽前山の北東山腹と南南東山腹という異なった観測条件のもとで得られた結果である。従って、地下構造はかなり一様であり、決定された震源の位置もかなり

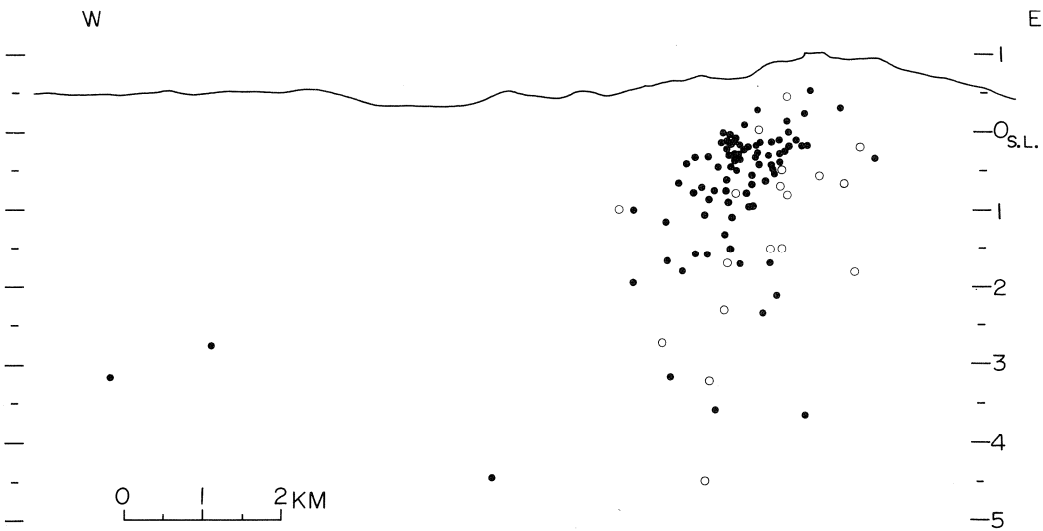
信頼性の高いものであろうと考えられる。

次に特徴的なことは、樽前山のドームから僅かに北西側に片寄った比較的に狭い領域で、ほとんどの地震が発生していることである。震源の深さをみると、大部分の地震は山頂ドームの下1~3 km(海面下0~2 km)の範囲に、集中的に発生している。最も浅いものでは、山頂ドームの下およそ500 m付近の浅部に



第5図 3点観測によって決定された震源の南北断面

Fig. 5 North-south cross section of hypocenters located with the GSH arrays.



第6図 3点観測によって決定された震源の東西断面

Fig. 6 East-west cross section of hypocenters located with the GSH arrays.

発生している地震がある。

震源は、ほとんど山頂ドームの直下といてよいところに集中しているが、僅かに北西側に片寄っている。樽前山地質図幅（土居，1957）によれば、樽前山と風不死岳の中間に位置するこの領域には、樽前山の活動に関係した溶結凝灰岩と北山溶岩が分布している。とくに、後者の北山溶岩の分布地域は、地磁気測量（広田，1975）の際かなり大きい正異常を示した。地震の発生は、これらの溶岩をもたらした地質条件と、何らかの関係をもつかもしれない。

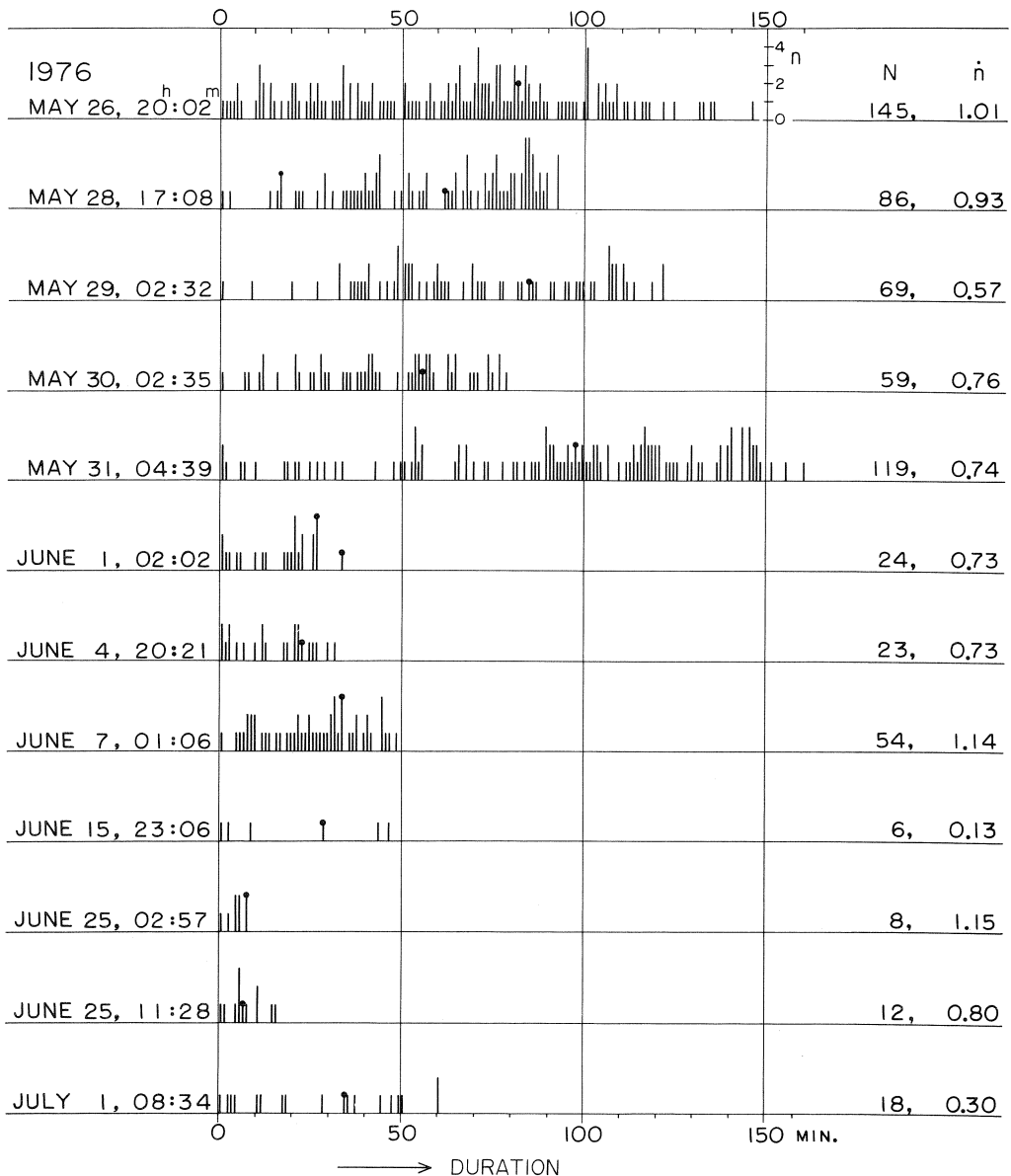
地震が集中的に発生しているドームの北西側以外のところでは、南西側で比較的多くの地震が発生しているが、北東側および南東側にはあまり地震が発

生していない。ドームから離れた領域では、支笏湖とその周辺に散発的に地震が発生しているだけである。

なお、筆者らの観測網で記録されてS-P時間の読めた地震145個（1975年30個，'76年115個）のうち、苫小牧測候所でも記録された共通の地震は、両年で52個（'75年7個，'76年45個）であったが、いずれもS-P時間は報告されていない。これらの地震のうち、筆者らの観測網で震源が決定されたものは、両年で39個（'75年6個，'76年33個）であった。

4. 群発地震の発生

1976年5月26日から7月1日にかけて、筆者らの



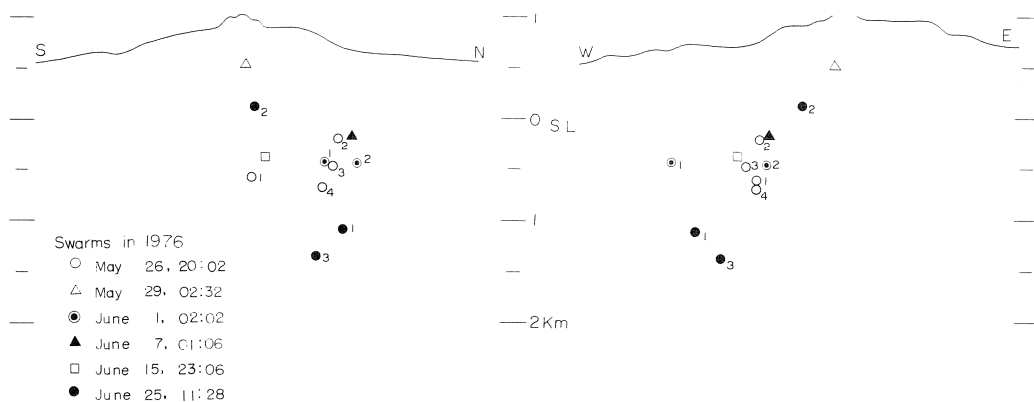
第7図 群発地震の時間系列—1分毎の地震頻度

Fig. 7 Time distribution of microearthquake swarms. Histogram shows the number of microearthquakes per minutes recorded by the GSH array in 1976.

観測網によって極めて規模の小さい12組の群発地震が観測された。各群発地震について、地震発生の時間系列の様子を、第7図に示した。この図では、各群発地震の中で最初に発生した地震の発震時をすべてそろえて、それ以後の1分間あたりの地震発生回数 \bar{n} を示した。黒丸をつけた地震は、各群の中で最大振幅を与える地震である。また、同図の右の欄に

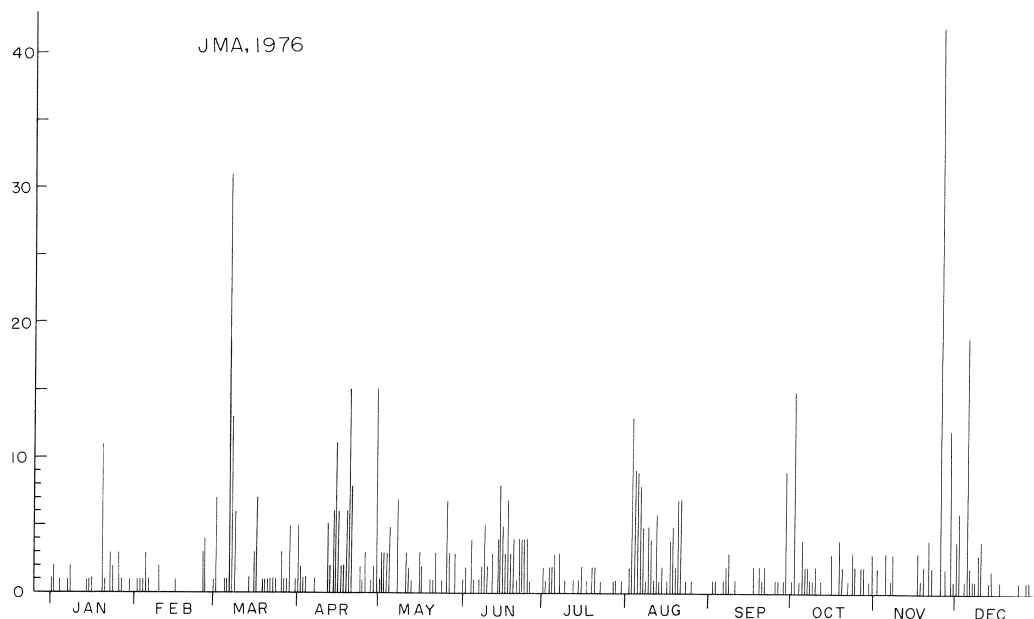
は、各群の地震総数 N および1分間あたりの平均地震回数 \bar{n} を示した。第8図は、群発地震の中で震源が決定された地震についての、南北・東西断面である。第7図、第8図により、群発地震の発生様式の特徴について述べる。

まず、各群発地震の持続時間は、最も短いもので7分間、最も長いものでは2時間41分間に達するも



第 8 図 群発地震の震源断面

Fig. 8 Vertical section showing hypocenters of microearthquakes in swarm located with the GSH array.



第 9 図 1976 年に樽前山とその付近で発生した地震の日別頻度 (気象庁の観測による)

Fig. 9 Daily frequency of volcanic shocks at and near Tarumae

Volcano recorded by the JMA station in 1976.

のがあった。各群の中で 1 分あたりの地震発生回数 n の最高値は 4 個であり、地震発生総数 N は 6~145 個と種々の規模を示し、そして 1 分間あたりの平均地震回数 \bar{n} は 0.13~1.15 と変化する。

次に、各群の中で最大振幅をもつ地震は、それ自身の余震を発生させていないことに注目すべきである。すなわち、最大振幅をもつ地震の発生直後に急激に地震が増え、その後指数函数的に地震が減少して行くという、一般的な余震系列にみられる傾向を示していない。このことは、各群の最大振幅の地震

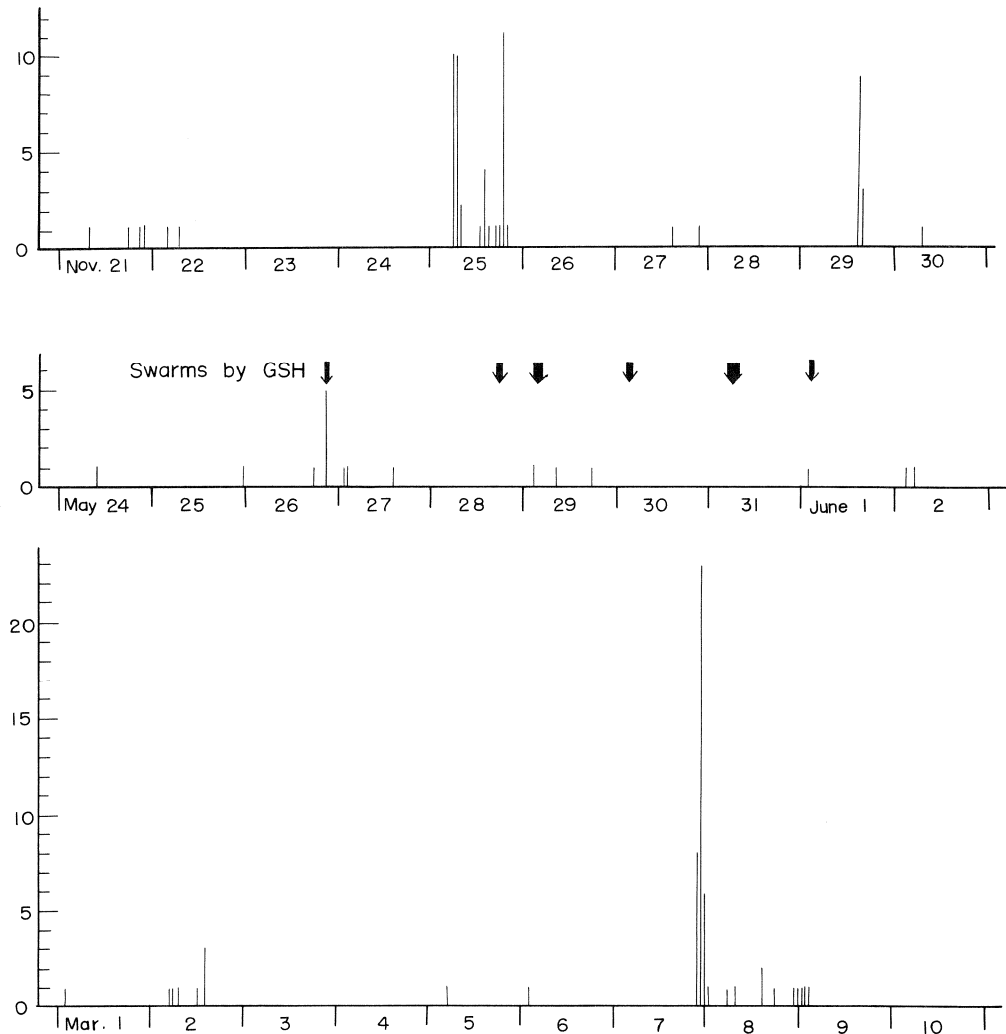
は、本震—余震系列の中で本震が果す役割を果さず、各地震群の中でたまたま振幅の最も大きい地震に過ぎないことを意味する。

さらに、震源の断面図をみると、各群の地震はそれぞれ互いに近いところで発生し、しかもほとんどの地震がドームの下 2 km 以内の深さで発生していることが特徴的である。これは、群発性を示さない地震のうちかなりの数の地震が、ドームの下 2 km より深いところでも発生しているのと比較して対照的である。

樽前山の地震活動が、1974年末から急激に高くなってきたことに関連して、苫小牧測候所の低感度観測の結果によって、地震の発生様式を詳細に調べてみる。第9図には、1976年1年間に記録された地震の日別頻度を示した。さらに、第9図にみられるいくつかの発生回数のピークのうち、3月7日と11月25日を中心とする10日間、および筆者らの観測で6組の群発地震が確認されている5月24日から6月2日まで10日間について、それぞれ1時間ごとの地震頻度を第10図に示した。

1976年1年間では684個の地震が記録されたが、第9図によってより短い時間間隔で見ると、これらの地震は、定常的に発生しているというよりも、むしろいくつかの発生回数のピークをもって群発的に発生していることが明らかである。このことは、第10図をみると、さらに明瞭になる。すなわち、3月1日からの10日間に発生した55個の地震のうち、実に37個が3月7日の22時から2.6時間で、つまり240時間のうちのわずかに1.08%の時間で67%の地震が発生したのである。11月の場合でも、11月

JMA, 1976



第10図 1976年3月、6~7月および11月に発生した群発性を示す地震群（気象庁の観測による）

Fig. 10 Hourly frequency of volcanic shocks in swarm recorded by the JMA station for the periods of 1 to 10 March, 24 June to 2 July, and 21 to 30 November 1976.

25日の2組, 11月29日の1組, 計3組の群発地震によって, ほとんどの地震が発生したのである。

また, 5月24日以後の10日間をみると, 低感度観測で群発地震と考えられるのは, 5月26日の21時11分から30分以内に発生した5個の地震のみである。第9, 10図によっても, この時期はそれほど地震活動が活発であったわけではなく, わずかの地震が単発的に発生しているにすぎない。しかし, 高感度観測では, 第7図に示したように5月26日にはじまる, 計6組の群発地震の発生が確認されているのである。

このように低感度観測では, 単発的に発生しているとみられる地震であっても, 高感度観測でより小さな地震まで把えることができれば, 群発的に発生している地震群の中で, 振幅の大きい一つの地震とみることでできる場合がある。このような実例が, 今回の高感度観測によって示されたといえよう。

樽前山で, 上に述べたような群発地震の発生が確認されたのは, ごく最近のことであり, これらの地震が, 近年急激に増加してきた地震回数的大部分を占めていると考えられる。このことは, 樽前山の活動史の中で大きな意義をもつものであり, 樽前山の火山活動が一つの新しい時期を迎えたことを意味すると考えられる。

あとがき

1975, '76年の高感度観測によって, 樽前山の火山活動に伴う多数の地震の震源が決定された。これらの震源は, 樽前山山頂ドームの僅かに北西側の比較的狭い領域に分布し, しかも(山頂からの)深さ1~3 km付近に集中している。

また, 1976年中でそれほど地震活動の活発でなかった5月から7月にかけて, いくつかの群発地震の発生が確認された。この群発地震は, 群発性を示さない地震よりも浅い部分(山頂からの深さ1~2 km)で, 発生していることが明らかになった。

さらに, 1974年末から急に激しくなった地震活動には, 群発地震の発生が大きな役割を果していることもわかってきた。

以上のことから, 1955年2月以来23年間, 表面的には静穏な状態を保っている樽前山の火山活動に, 一つの新しい時期が到来したと考えられる。従って, 今後の気象庁の観測結果に充分注意するとともに, 機会あるごとに種々の火山観測を実施し, 活動状態の変化を監視してゆく必要がある。

文 献

- 土居繁雄(1957): 5万分の1地質図幅および説明書, 樽前山, 北海道開発庁, 1-51.
- 広田知保(1975): 樽前山における最近の火山活動および地磁気測定, 地下資源調査所報告, 第47号, 71-79.
- 北海道防災会議(1972): 樽前山-火山地質・噴火史・活動の現況および防災対策, 北海道における火山に関する研究報告書, 第2編, 1-124.
- 森谷武男(1970): 地震観測用長時間データ・レコーダーの試作, 北大地球物理学研究報告, 第23号, 91-97.
- 村松郁栄(1966): Magnitudeの式の訂正および注釈, 地震, 第2輯, 第19巻, 282-285.

Recent Pattern of Microearthquake Activity of Tarumae Volcano

by

Tomoyasu HIROTA and Tsutomu SAKUMA

Abstract

Tarumae Volcano, one of the most active volcanoes in Hokkaido, appears to keep the calm state for the last twenty three years since the slight eruption of February 14, 1955. However, on the basis of the seismological data of JMA (Tomakomai Weather Station), it is evident that the seismic activity have become higher since the end of the year 1974 and volcanic earthquakes with S-P intervals of less than 1.0 second have increased predominantly.

Geological Survey of Hokkaido (GSH) established tripartite arrays in June to July 1975 and May to July 1976 in order to record earthquakes under Tarumae Volcano.

During these recording periods, which amounted to 104 days, some 850 earthquakes were recorded of which 106 were strong enough for the determination of hypocenters. Foci were found to concentrate at a depth of 1 to 3 kilometers below the dome and to cluster in a relatively small area toward the north-west of this volcano.

The velocity magnitudes of these shocks ranged from -1.8 to 1.5 .

The array of GSH also recorded twelve sets of microearthquake swarms from 26 May to 1 July 1976. The duration of these swarms ranged from 7 to 161 minutes and the number of shocks per minute from 0.13 to 1.15. All of earthquakes in swarm occurred at a depth of 1 to 2 kilometers, shallower than the others.

On closer examination of JMA data, it is obvious that earthquakes in swarm play an important role in the high seismic activity since the end of the year 1974.

It is hereafter necessary to monitor the volcanic activity of Tarumae Volcano by various techniques of observation.