



Title	樽前山の火山性地震 (1979年3月-1980年3月)
Author(s)	梅原, 浩之; UMEHARA, Hiroyuki; 山下, 濟 他
Citation	北海道大学地球物理学研究報告, 39, 47-56
Issue Date	1981-01-31
DOI	<a href="https://doi.org/10.14943/gbhu.39.47">https://doi.org/10.14943/gbhu.39.47</a>
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/14086">https://hdl.handle.net/2115/14086</a>
Type	departmental bulletin paper
File Information	39_p47-56.pdf



**樽前山の火山性地震  
(1979年3月-1980年3月)**

梅原宏之

北海道大学理学部地球物理学教室

山下 濟・前川 徳光

北海道大学理学部附属有珠火山観測所

(昭和55年6月16日受理)

**Volcanic Earthquakes Originating at Tarumai Volcano  
(March 1979-March 1980)**

By Hiroyuki UMEHARA

Department of Geophysics, Faculty of Science, Hokkaido University

Hitoshi YAMASHITA and Tokumitsu MAEKAWA

Usu Volcano Observatory, Faculty of Science, Hokkaido University

(Received June 16, 1980)

At Tarumai volcano, notable volcanic activities, including several large eruptions, have been recorded in history since 1667. The first small eruption in the recent activity occurred on May 14, 1978 after 23 years' dormancy since 1955. The recent activity is characterized by volcanic earthquakes, many small phreatic eruptions and fumarolic activities. A number of small eruptions of ashy steam and fumarolic activities took place in May 1978, and also between December 1978 and May 1979. The number of volcanic earthquakes increased in March 1979 and decreased in June 1979.

Seismic activity of the volcano have been observed by the Japan Meteorological Agency at one station on the northeastern side of the volcano since 1967. Seismic observations at some stations have been performed by the Usu Volcano Observatory since May 1978. Using the data after March 1979, hypocenters have been determined by the method of successive approximation using P-arrival times at 3 or 4 stations and S-arrival time at the JMA station assuming a uniform infinite space ( $V_p=2.5\text{km/sec}$ ,  $V_s=1.35\text{km/sec}$ ). Hypocenters are less reliable in the earlier period, because of the one-side-biased distribution of seismometers and the small magnitude of earthquakes. After the last fumarolic activity in May 1979, the network of seismometers was improved and the hypocenters are determined with reasonable accuracy. The results are as follows :

The predominant periods of seismic waves notably decreased between May and September 1979. In the stage of fumarolic activity (March-May 1979), earthquakes are small in

size but numerous in number, and the predominant periods are long (0.3-0.5 sec). After the end of the fumarolic activity, earthquakes became larger than those in the previous period, though the seismic activity was decaying, and at the same time the predominant periods became relatively short (less than 0.1 sec). The hypocenters are distributed in a small zone to the WNW of the central lava dome. The depth of hypocenters were found to be less than 3km below sea level. There are several special earthquake groups which consist of earthquakes occurring successively in a few minutes or several hours in most cases. Wave forms of the earthquakes in a group resemble each other. Hypocenters of such a group are concentrated in a small area. So it is inferred that earthquakes in a group occur at the same fault.

The analysis of the first motion data shows that most of the earthquakes have similar pressure axes in this period. As the general trend of the observed pressure axes is vertical, normal type earthquakes are predominant ones in Tarumai. Earthquake magnitudes are estimated by the method of F-P time. The calculated magnitude, however, is the relative scale for the earthquakes. As a result it was found that larger earthquakes are concentrated in a few regions.

## I. はじめに

樽前山は、北海道中西部の札幌から苫小牧に抜ける石狩低地帯の西側に位置する支笏カルデラの南東端に形成された活火山である。支笏カルデラは、約3万年前に形成された。その後、その北西部に恵庭岳、南東部に風不死岳および樽前山が噴出して、北西-南東方向に3火山が並び、支笏湖が現在のようなまゆ型になった。(Fig. 1)

樽前山は、3火山の中では最も新しく、歴史時代にもはげしい噴火をくり返している。1804年から1817年にかけての大噴火により、溶岩円頂丘(旧ドーム)が火口原内に形成され、1874年の大噴火で崩壊した。現存のドームは、1909年の大噴火時に形成されたものである。その後、1955年までしばしば活動を繰り返し、ドームには北西-南東方向および北東-南西方向に亀裂が生じた。また、亀裂に沿っていくつかの火口ができた。(石川, 横山, 勝井, 1972)

その後、しばらく静穏な状態を保っていたが、1978年5月14日に23年ぶりにA火口(Fig. 1のA)から小噴火をおこした。続いて、17日、23日にも噴煙が認められた。(勝井ら, 1979)その後、

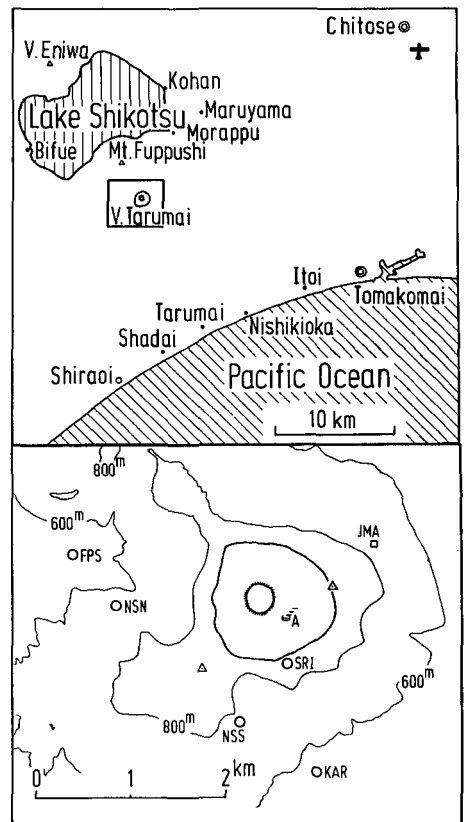


Fig. 1. Maps showing Tarumai volcano and the seismometer network.

比較的静穏であった。しかし、同年12月12日に再び小噴火をおこし、翌年の5月11日まで、噴煙活動を繰り返した。また、これらの小噴火に伴って、地震活動も活発化した。

気象庁による樽前山の地震観測は、1951年に苫小牧市内の測候所において開始された。さらに、1959年には樽前山北麓支笏湖畔のモーラップ (Fig. 1) にも設置された。それは、倍率350倍水平1成分 (1 Hz 速度型) であった。その後、1967年に北東斜面の気象庁A点 (Fig. 1のJMA) に移転され、3000倍3成分 (1 Hz 速度型、上下、南北、東西) に強化された。その信号は、苫小牧市内の測候所に無線で送られ、変位で記録されている。

一方、北海道大学理学部などによって、1961年以来たびたび臨時観測が行なわれ、その結果が、阿部 (1963)、広田、佐久間 (1977)、江原、笠原 (1977) などにより報告されている。また、今回の噴火に伴う地震活動の状況を把握し、今後の活動を監視する目的で、北大理学部有珠火山観測所では、1978年5月以来地震観測を行なっている。

今回は、序報として、震源が決定されるようになった1979年3月以降の地震活動について報告する。

## II. 観 測

北大理学部有珠火山観測所では、最初の小噴火がおこった1978年5月以来、継続して地震観測を行なっている。しかし、その当初は上下動のみのトリパタイト観測であるためにP-S時間が読みにくく、震源決定が困難であった。そこで、1979年2月末以降JMAの3成分の信号を同時記録し、この水平成分のS波の到達時刻を用いて、震源を決定するようにした。

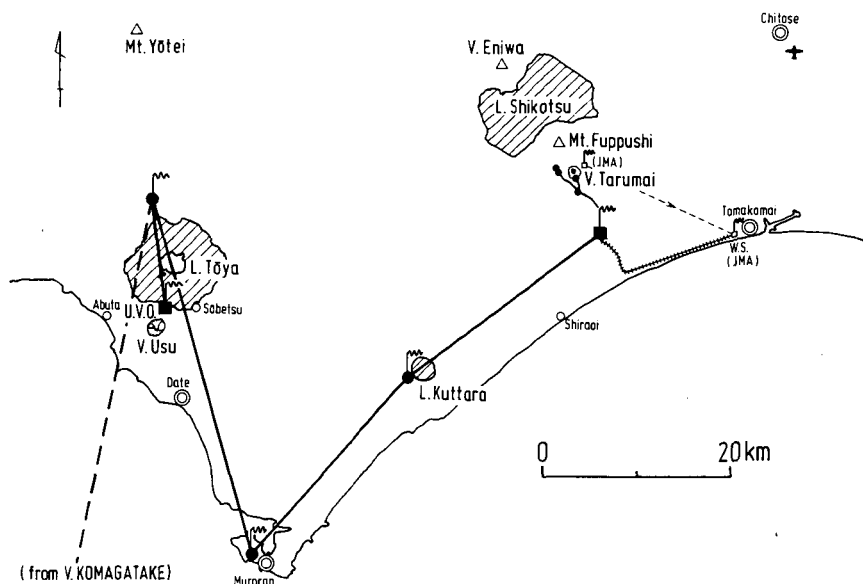


Fig. 2. Seismometric observation system on Tarumai volcano telemetered to the Usu Volcano Observatory (UVO).

Fig. 1. は、1979年2月末以降の地震観測点を示したものである。その時点での観測点は、A点(JMA)と、北大が設置したKAR, NSSの3点であった。その後、5月末にNSN, 10月に、SRI, FPSを増設した。なお、北大の設置した地震計は、垂直成分の1Hz速度型である。また、NSSは11月に撤収された。

Fig. 2は、1980年5月現在の地震の観測体制を示したものである。北大が設置した地震計の信号は、有線で南麓にある送信所に送られている。また、苫小牧測候所で分流したJMAの信号も、電話回線により同じ送信所に送られている。これらは、現在、登別の四方嶺山頂、室蘭の測量山山頂、および洞爺湖北岸の香川の中継所を経て、有珠山北麓にある有珠火山観測所に送られ、そこで同時記録されている。なお、

1980年1月以前は電話回線を使って北大苫小牧演習林に、1979年8月以前は有珠火山観測所に送られ記録されていた。Fig. 3に、その記録例を示す。上の3つの成分が北大の速度記録であるのに対して、下の3つの成分は、JMAの3成分変位記録である。これらの記録感度は、前者が1Hzの変位倍率で約3000倍であるのに対し、後者は4000倍である。また、記録の送りは1cm/secである。これらを比較すると、数Hz以上の短周期の卓越する樽前山の火山性地震については、前者の速度記録ではP波がきわめて明瞭なのに対して、後者の変位記録ではP波が不明瞭で、わずかに水平成分の記録にS波がみられる程度である。

### III. 結 果

Fig. 4は、気象庁が発表した1978年以降の地震数の月別変化である。その上に、矢印で主な噴火を示している。表面の活動期には、地震数が増大している。それ以降は、しだいに減少しているが、ときどき増大している月がある。ここでは、震源が決められる1979年3月以降について議論する。この時期は、Fig. 4を見ると小噴火をおこした時期の後半期以降にあたり、平穏化して行く期間に相当している。得られた記録より、本期間の地震活動について以下のことがわかった。

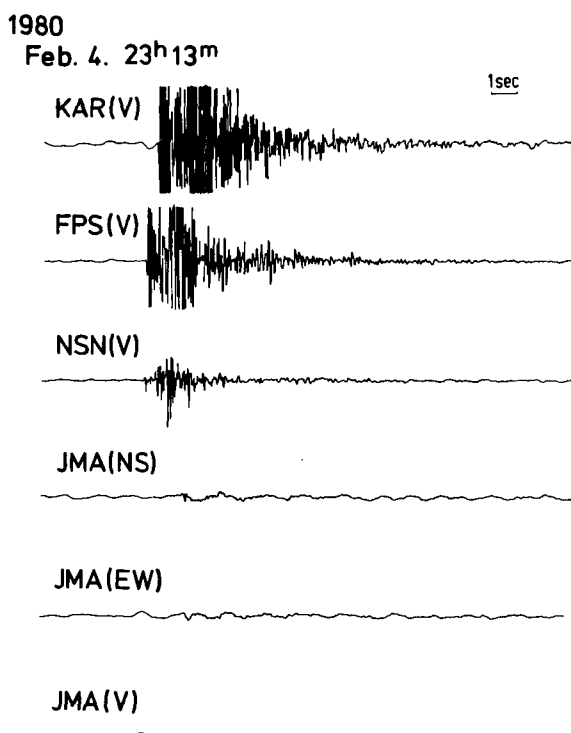


Fig. 3. Examples of the seismograms (V : vertical component, NS : north-south component, EW : east-west component).

## (1) 震源分布

震源決定には、以下の方法を採用した。まず垂直成分の地震記録よりP波、JMAの水平成分の地震記録よりS波の到着時刻を読みとる。次に、このデータを用い、P波およびS波の速度をそれぞれ2.5 km/sec, 1.35 km/secとし、均質無限媒質を仮定して逐次近似法で震源と発震時を計算する。

1979年3月～5月は、観測点がJMA, KAR, NSSの3点である、配置が山体の南東側に片寄っていた。この時期の地震は2～3 Hz程度の長周期が卓越し、立ち上がり

りが以降の地震に比べて不明瞭であった。また、ノイズと同程度の大きさの地震が大部分を占めていた。よって、決定された震源の信頼性は高くない。そこで、この時期の震源については述べない。また、6月以降についても同様な理由で、立ち上がりが不明瞭な地震は除外した。

その結果がFig. 5である。ただし、1979年8月は、JMAの3成分を同時記録していないので除外した。震源はドーム付近より西北西方向に連なり、西北西-東南東方向に切った断面図(Fig. 5b)を見ると、ドームから離れるほど深くなる傾向がある。また、震源の深さは海面下3 km以内で、ほとんどが1 km以内の浅部に集中している。

## (2) 波形変化

1979年前半期から後半期にかけて波形変化があらわれた。それをFig. 6に示した。これらの記録は、ドームの南方約2 kmにあるKARで記録されたもので、記録感度および送りの速度は、すべて同じである。また、震源が比較的浅く決定されたもの(深さ1 km以内)を示してある。

表面活動の活発な時期にあたる1979年3月～5月は、それ以降の記録と比較して、すべての地震にわたってFig. 6(a)のように、2～3 Hzの比較的長い周期が卓越していた。しかし、表面活動の鎮静化後、しだいにFig. 6(b)のような2～3 Hz以上の短周期成分を含む地震が発生し始めた。7月ごろには、長周期卓越と短周期卓越の地震が、ほぼ半数ずつになった。さらに、9月以降は、わずかに数例を残して、Fig. 6(c)のような短周期卓越の地震がおこるようになったそれ以降1980年3月までは、顕著な波形変化は見られていない。

このように、顕著な波形変化があらわれた原因として、地震が発生している部分の媒質の状態の変化、あるいは、震源位置の変化が考えられる。

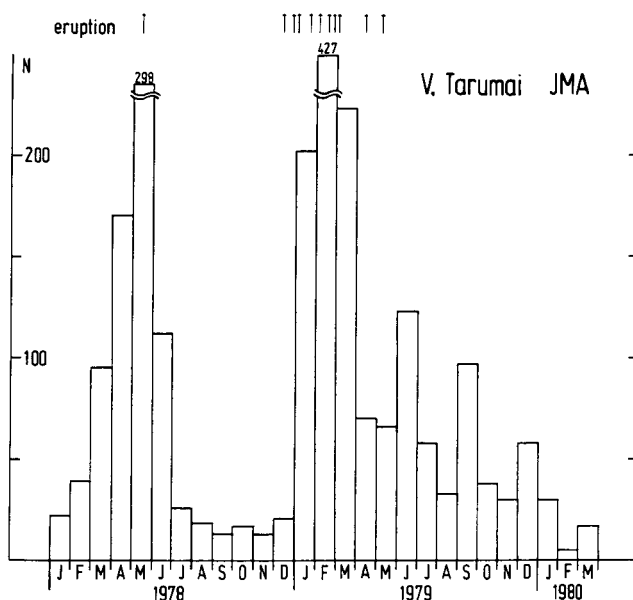
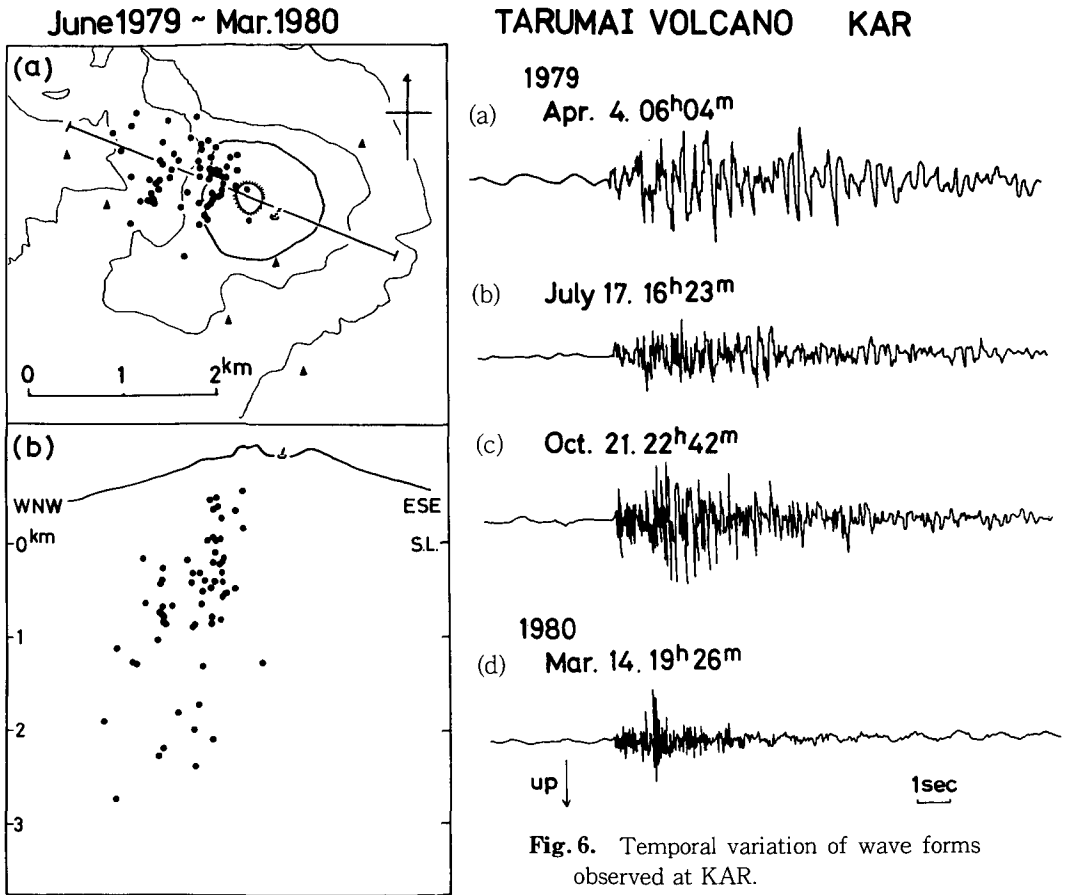
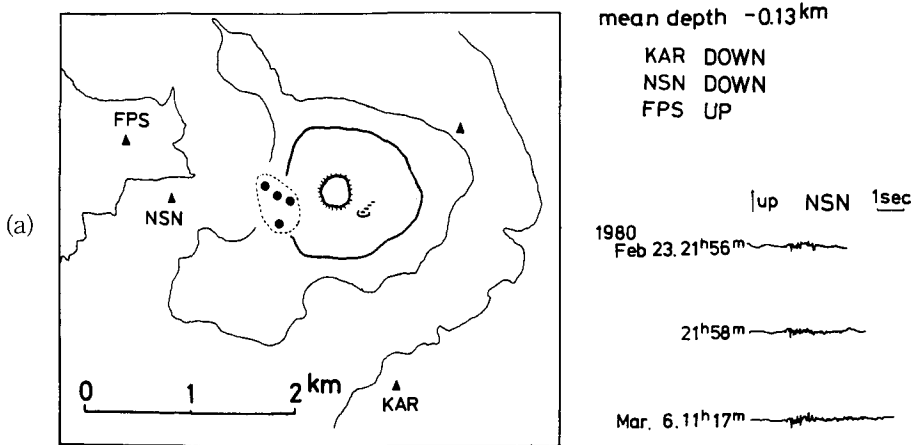
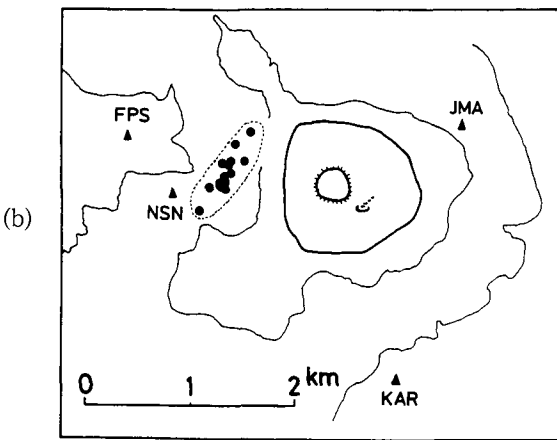


Fig. 4. Major eruptions and monthly frequency of volcanic earthquakes observed by the JMA.



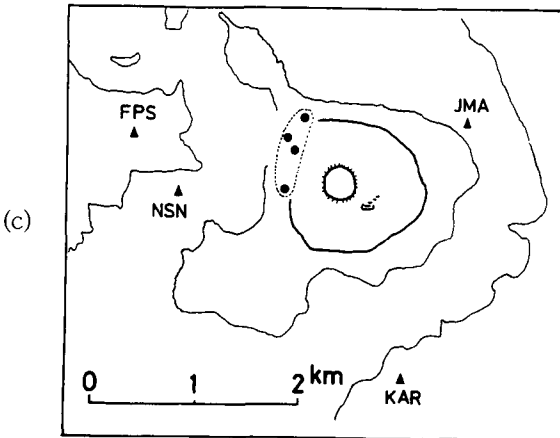
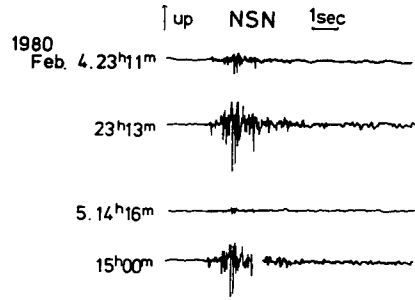
**Fig. 5.** Epicenter distribution (a) and the WNW-ESE vertical cross section of hypocenters (b) from June 1979 to March 1980.





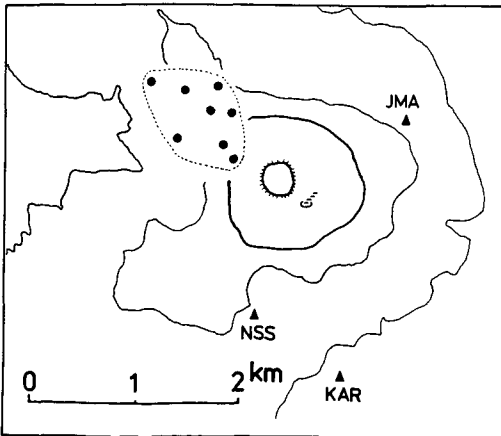
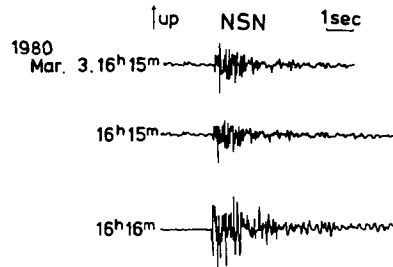
mean depth +0.70km

JMA DOWN  
 KAR UP  
 NSN UP  
 FPS UP



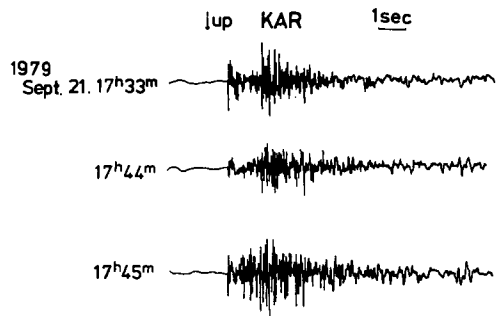
mean depth +0.87km

JMA DOWN  
 KAR UP  
 NSN DOWN  
 FPS UP



mean depth +2.14km

JMA UP  
 KAR UP  
 NSS UP



### (3) 単発性地震と群発性地震

樽前山に発生する地震には、単発的に発生するものと、群発的に発生するものがある。群発性地震は、長いときには数時間、短いときには数分の間に続けて発生する。両者の震源には違いがみられる。単発的に発生する地震の大部分は、ドーム直下の海拔付近に決まる。それに対し、群発的に発生する地震は、それらよりも比較的深い。これは、浅部と深部の状態が異なっているためと考えられる。

Fig. 7は、今回の解析期間の中で、特に集中して発生した群発性地震の震央、平均的深さ、初動の方向および波形を示している。これらは、震源の位置が近いだけでなく、各観測点での初動の向きが同じであり、波形にも著しい類似性がみられる。また、(a)のように単発的に発生した地震の波形が、以前の群発性地震の波形に類似していたり、(b)のように群発性地震どうしが類似していたりする例もみられる。また、(d)の1979年9月21日の群発性地震は、平均的深さが2km程度である。このような深い地震は、今回の解析期間中では、この日にしか発生していない。これは、非常に特殊な地震と言えよう。

以上のような相似地震は、ほぼ同じ断層面でおきていると考えられる。すなわち、樽前山に発生する地震は、単発性地震の集中する浅部を除いて限られた場所でしか発生しないものと考えられる。

### (4) 初動分布

群発性地震には、Fig. 7のような著しい波形の類似性がみられた。また、単発性地震には、そのような顕著な類似性はみられなかった。しかし、初動方向をみると、どちらのタイプの地震にも、同じ方向を向くものが多数見られた。これは、方向の安定した応力が本期間中に働いていたからと考えられる。

観測点数が少ないために、発震機構の詳細な議論は行わない。しかし、初動分布が同一である地震が多数あることを利用して、ある程度推定することができる。その結果、P軸が上下方向を向く正断層型が卓越していることがわかった。

### (5) マグニチュード

マグニチュードの決定法は、現在、いろいろ考えられている。今回は、 $F-P$  (振動継続時間) を用いて求めた。

$F-P$ を用いてマグニチュードを決める方法は、BISZTRICSANY (1958) により提唱された。その後、津村(1967)、TSUMURA (1967) によりその有用性が実証された。また、渡辺 (1973) は、極微小地震にも適用できることを確かめた。この方法を使用する際に有利なことは、火山性地震のように地震の発生場所の近くで観測を行なう場合に問題となる震源距離を考慮に入れなくてもよいことと、記録が振り切れた場合にも使用できることである。さらに、樽前山の地震は短周期が卓越しており、 $F$ 時刻が読みやすいのも有利な点である。しかし、連発した場合は使用できない欠点がある。

一般に、 $F-P$ によりマグニチュードを決定するには次の式が用いられる。

$$M_{F-P} = a + b \log(F-P) + c\Delta \quad (1)$$

ここで、 $a$ 、 $b$ 、 $c$ は定数、 $\Delta$ は震央距離である。 $c$ は、 $a$ 、 $b$ に比較して充分小さい値なので近地地震では、 $c\Delta \approx 0$ が成立する。よって、

$$M_{F-P} = a + b \log(F-P) \quad (2)$$

となる。ここでは、渡辺 (1973) が、固有周波数が 1.7 Hz 程度の速度型地震計について用いたマグニチュードと  $\log(F-P)$  の関係より求めた係数  $a = 2.16$ 、 $b = -0.97$  をそのまま採用した。これらの係数は、地震計の特性や感度だけではなく、観測点自体の振動特性にも依存する。よって、ここで述べるマグニチュードは相対的なものである。そこで、ここでは相対的にマグニチュードの大きな地震がどこで発生しているかについてのみに議論する。

この結果を、1980年2月と3月を例にとって、分布として示したのが Fig. 8 である。これによると、マグニチュードの大きな地震がドーム北西方向の2ヶ所に集中していることがわかる。

#### IV. 結 論

以上の解析結果より、次の結論が導かれる。

(1) 1979年6月から1980年3月までの震央はドームから西北西方向へ約2 km までの範囲に分布し、深さは海水面下2 km より浅いものが大部分である。

(2) 活動期である1979年前半期が長周期卓越だったのに対し、その後次第に短周期卓越へと波形変化をおこした。この原因として、地震が発生している部分の媒質の状態の変化、あるいは、震源位置の変化が考えられる。

(3) 地震には、単発的に発生するものと群発的に発生するものがあり、震源を比較すると、群発性地震のほうが深く決まる傾向がみられる。これは、浅部と深部の状態が異なっているためと考えられる。

(4) 群発的な地震には、波形の著しい類似性がみられる。これらは、同じ断層面で発生してい

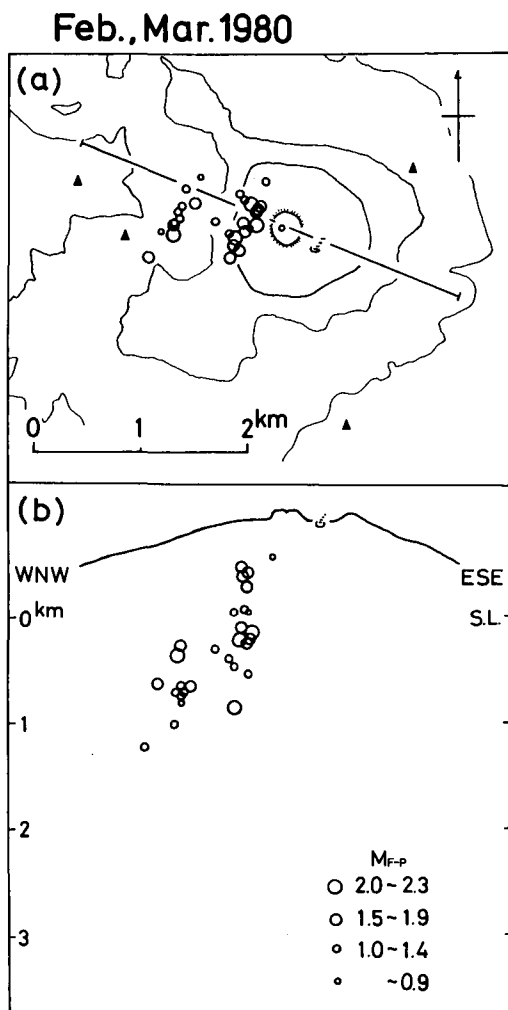


Fig. 8. Epicenter distribution (a) and the WNW-ESE vertical cross section of hypocenters (b) in February and March 1980. Diameters of each event are in proportion to their magnitudes.

るものと考えられる。

(5) P波初動方向より、樽前山の火山性地震には、P軸がほぼ垂直方向の正断層型のものが多いことが推定される。

(6)  $F-P$ より相対的なマグニチュードを決定した。これによると、マグニチュードの大きな地震は1980年2月及び3月には、ドーム西方約300mの海面下200m付近とドーム西方約1kmの海面下約300mの2ヶ所で起きている。

**謝 辞** この報告をまとめるにあたって観測への協力および有益な助言をしていただいた横山泉教授をはじめとする当教室地震学及び火山学講座の皆様、並びに有珠火山観測所の渡辺秀文博士に感謝します。樽前山A点の地震計の信号を分流していただいている気象庁苫小牧測候所並びに札幌管区气象台に感謝致します。1979年9月から1980年1月まで記録計の保守をしていただいた北海道大学苫小牧演習林の皆様にお礼を申し上げます。また観測上の便宜をはかっていただいた白老営林署並びに樽前担当区の関係者に深く感謝致します。

#### 文 献

- 阿部誉, 1963, 北海道の火山に起る地震の観測—1961—, 北大地球物理学研究報告, **10**, 89—100.
- BISZTRICSANY, E. A., 1958, A new method for the determination of the magnitude of earthquakes, *Geofiz. Kozl.*, **7**, No. 2.
- 江原幸雄・笠原稔, 1977, 樽前山の地震活動の特徴と最近の震源分布, 第14回自然災害科学シンポジウム, 1977年8月, 469—472.
- 広田知保・佐久間勉, 1977, 樽前山における地震活動の様式, 地下資源調査所報告, **50**, 183—191.
- 石川俊夫・横山泉・勝井義雄, 1972, 樽前山—火山地質・噴火史・活動の現況および防災対策, 北海道防災会議, 1—124.
- 勝井義雄・大沼晃助・新井田清信・鈴木建夫・近堂祐弘, 1979, 樽前山1978年5月の噴火, 火山, 第2集, **24**, 31—40.
- 津村建四朗, 1967, 振動継続時間による地震のマグニチュードの決定, 地震, 第2輯, **20**, 30—40.
- TSUMURA, K., 1967, Determination of earthquake magnitude from total duration of oscillation, *Bull. Earthq. Res. Inst.*, **45**, 7—18.
- 渡辺晃, 1973, 近地地震のマグニチュード(続報), 地震, 第2輯, **26**, 160—170.