

3-1 火山列島硫黄島の地震活動
(1974.5-6, 1975.2)

熊谷貞治
国立防災科学技術センター

Seismic Activities in and near Iwo-jima
(Sulphur Island), Volcano Islands
(1974.5-6, 1975.2)

By
Teiji Kumagai

National Research Center for Disaster Prevention, Tokyo

Abstract

A temporary seismographical network was set up in the direction of Iwo-jima (Sulphur Island), Volcano Islands, and observations were carried out in the first period from May 30 to June 5, 1974 and in the second period from February 13 to 18, 1975.

Results obtained are as follows: 61 earthquakes and 144 volcanic tremors were observed in the first period, but in the second period no earthquakes and tremors were observed.

The Ishimoto-Iidas coefficient, m , for earthquakes in this area is found to be 1.9-2.0 which is not so large as the values of m for the shallow volcanic earthquakes.

The energy release in this area is about 1.1×10^{13} erg in the first observation period.

The maximum value of the peaks in the frequency distribution of earthquakes at the P-S time intervals was 0.6 sec.

Seismicity in the second observation period was not brisk, compared with the corresponding period of the preceding year. A long-term observation is required for obtaining the seismicity of this area.

1. ま え が き

火山列島硫黄島は元山と摺鉢山の2火山地域からなり、所々に噴気活動がみられ、ミリオンダラーホール等において時々水蒸気爆発が発生する。また、近年隆起活動も活発であるのでこの島の地震活動については当センターはじめ気象庁および東京都の調査団などにより観測がさ

表1 火山列島硫黄島の地震観測履歴

観測期間	観測場所	観測要領	観測者
1968年 7月 9日- 13日 7月16日- 8月 7日 8月 9日- 11日	北東海岸 東海岸 北東海岸	3点観測, 10,000倍 3点観測, 10,000倍 1点観測, 10,000倍 (3成分)	岡田義光(東京大学), 磯部 宏(読売新聞社) " 平林順一(上智大学), 磯部 宏(読売新聞社)
8月12日- 13日 8月21日- 11月11日 1970年11月 5日, 6日	摺鉢山 二段岩 居住区(旧気象室)	3点観測, 10,000倍 1点観測, 10,000倍 1点観測, 4,000倍	" 大野 謙, 沢田可洋(気象庁) 高橋 博, 高橋末雄, 熊谷貞治 (国立防災科学技術センター)
1972年 6月15日- 19日	西海岸	(上下, 水平成分) 1点観測, 30,000倍 (上下成分)	赤尾 勝
1974年 5月29日 5月30日- 6月 4日	武蔵野壕, 粟津壕 武蔵野壕	微動観測, 34,500倍 1点観測, 34,500倍 (上下成分)	熊谷貞治(国立防災科学技術センター) "
1975年 2月13日- 18日	二段岩	1点観測, 35,000倍	熊谷貞治(国立防災科学技術センター) 山本達雄(防衛庁)
2月14日- 18日	武蔵野壕	(水平2成分) 1点観測, 35,000倍 (3成分)	"
2月16日- 18日	粟津壕, 南方空炊事場跡 天山壕, 阿蘇台断層付近 トーチカ 南観音, 千鳥ヶ原B断層	1点移動観測35,000倍 (上下成分)	"
3月12日- 18日	武蔵野壕(夜間4時間) 島内37地点	1点観測, 100,000倍 (上下成分)	笠原 徳(北海道大学)

れているがいずれも短期間のため断片的な状況しか知られていない(表1)。

そこで在島者の安全のため1975年度に地震計を設置する計画がすすめられているので、設置地点の調査および地震活動状況の把握のため1974年5-6月に地震観測を行なった。

これまでの観測ではほとんどの場合地震活動は極めて静穏であったのに対し、この観測期間には地震活動が活発であった。そこでそれらの震源を明らかにするため観測を1975年2月に行なったが地震活動はすでに静穏にもどっていた。ここにこれらの結果について報告する。

2. 地震観測の概況

観測点は1974年5月30日から6月4日までは(以下前期観測と言う)地震活動の状況を知ることが目的であったので武蔵野壕の1点でのみ観測し、1975年2月13日から2月18日の観測(以下後期観測と言う)は前期に観測された浅い地震の震源分布を明らかにすることが目的であったので武蔵野壕および1968年に気象庁が観測した二段岩を固定点として他に島内6地

火山列島硫黄島の地震活動（1974.5-6, 1975.2）—熊谷

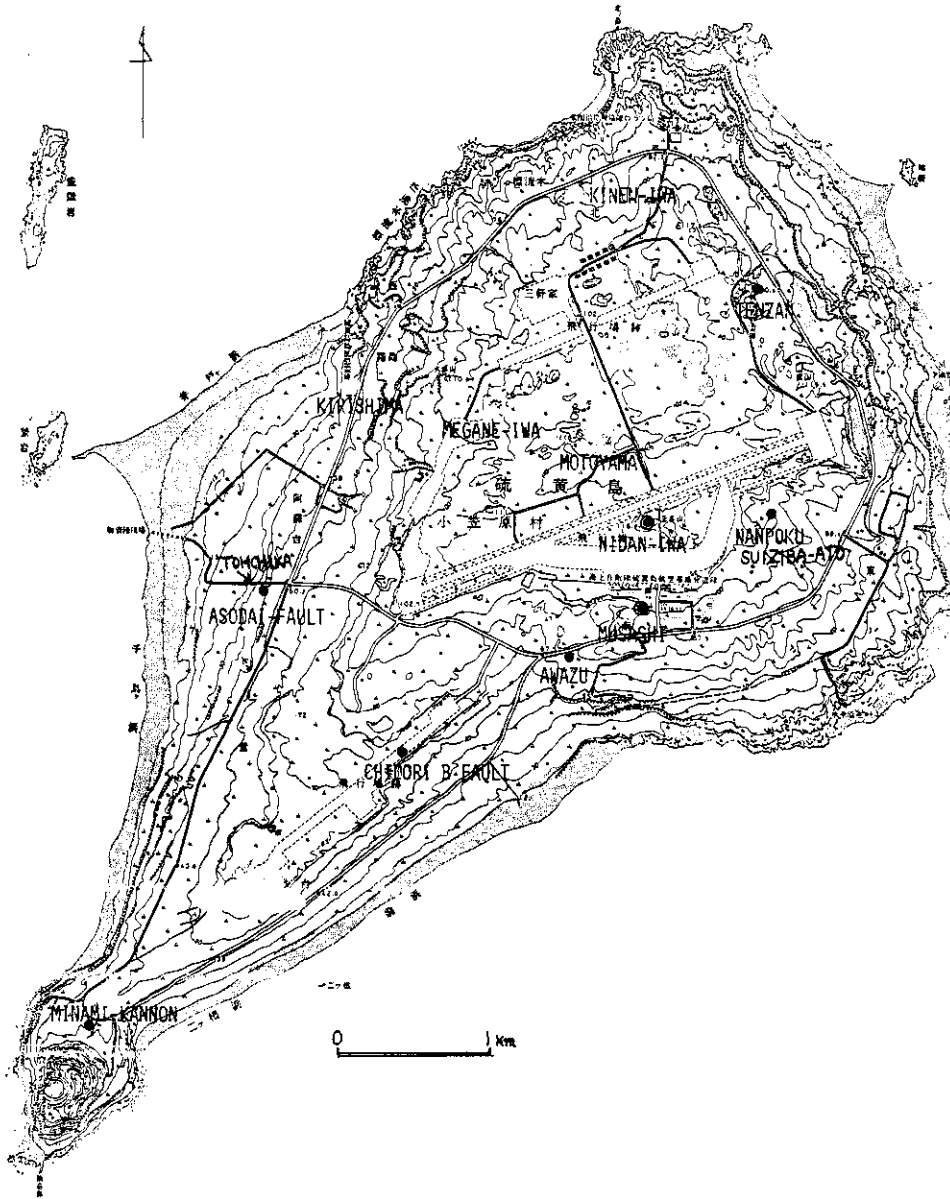


図1 地震観測点分布図、基図：国土地理院 2.5 万分の 1 地形図

●：固定観測点

●：移動観測点

Fig. 1. Location map of observation point

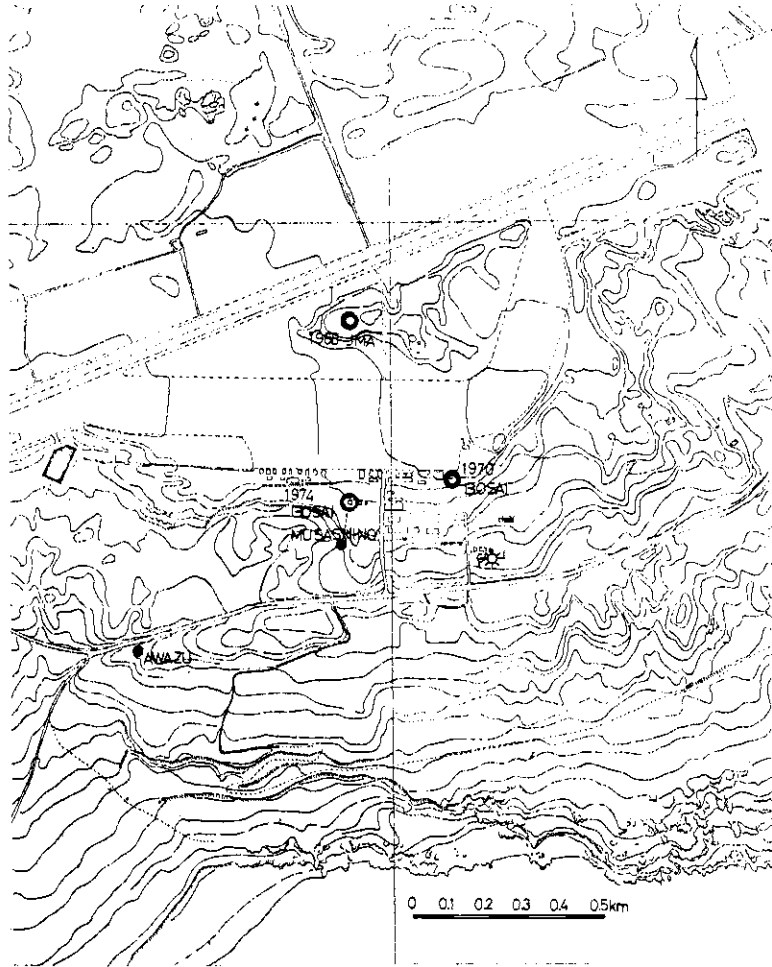


図2 地震固定観測点

Fig. 2. Location map of J.M.A. and N.R.C.D.P. observation point

点において短時間の移動観測を行なった。(図1, 2)

2.1 観測点の状況

武蔵野壕：戦争中本島守備の混成第2旅団工兵第2中隊の生息壕として掘削されたもので全長841 mあり凝灰岩をくりぬいている。地震計は坑口より約10 m深さ約2 mの地点で地表より約5 mの深さである。この地表部分はギンネムの木におおわれゴムの大木が散在している。坑道の全長は841 mあるが坑内は温度も高く、酸欠ガスの発生する恐れがあるので作業の安全を考え、また、さいわいノイズレベルも低かったのでこの位置に地震計を設置した(図3)。

二段岩：ここは、1968年に気象庁が3カ月間地震の連続観測をした地点で、地震計を設置したコンクリート台の大きさは12.5 m×7.5 mあるが基礎の深さは不明である。二方に側壁があり天井はない。

武蔵野壕平面図

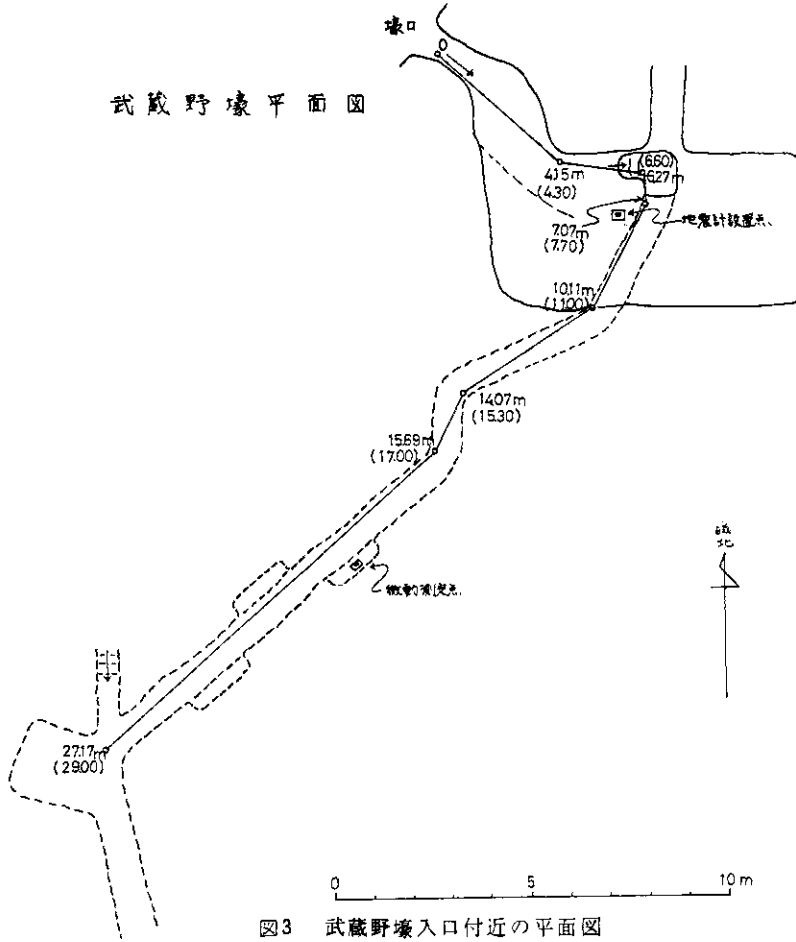


図3 武蔵野壕入口付近の平面図

Fig. 3. Guide map of MUSASHINO-GO (Seismograph set point)

地震計を風から防ぐためコンクリートブロックを周囲につんだがそれでも風向によってはノイズがますなど風の影響を受けた。

栗津壕：武蔵野壕と同じく戦争中に独立歩兵第309大隊機関銃中隊の生息壕として掘削されたもので全長約624mあって凝灰岩中をくりぬいたものである。ここもやはり酸欠ガスに対する安全と坑口より16m以上はしばらくの間道路の上になり自動車等によるノイズの影響を考慮して坑口より約7mの地点に地震計を設置した（図1）。

南方空炊事場跡：戦争中に建設されたコンクリート製の建造物でジャングルの中に珍らしく残っている。長さは約10mで厚さ30cm程度の壁で、ところどころに窓があけてある。半地上なので基礎はしっかりしているらしいが1秒前後の固有振動がある。地表のため風によるノイズを防げない。周囲はギンネムの林で、その中にタコの木、ゴムの木とガジュマルの大木がかな

り見受けられる(図1)。

天山壕：戦争中、海軍警備隊北地区の指揮所で全長161mある。ここは坑内温度が高く47°Cにも違ふところがあるがノイズレベルは低く本島では南方空炊事場跡(ただし、天候静穏な時)とともに良好な観測点である。風の影響はうけない。ここでも安全のため坑口より約6m付近に地震計を設置した。岩質は凝灰岩である(図1)。

阿蘇台断層付近のトーチカ：戦争中建造されたトーチカで約10m西側を本島でも最大級の阿蘇台断層がほぼ南北方向に走っている。風の影響はあまり受ない(図1)。

南観音：大きさは不明であるが、かなり大きな溶岩の上に観音像が建設され、その台座に風向を考慮して地震計を設置した。付近はやや離れるとギンネムの林である(図1)。

千鳥ヶ原B断層：ここは、旧千鳥飛行場の第1滑走路で米軍によりアスファルト舗装が施された。滑走路は約1,800mあるが多数の断層で切られており(本報告書付図参照)、このB断層の北側数mのアスファルト上で観測した。滑走路の両側は銀ネムの林である(図1)。

2.2 観測期間、測定系

観測点ごとに位置、観測期間、観測成分、測定系および感度を表2に示す。

刻時装置としては固定点の武蔵野壕、二段岩は水晶時計を用いその他の移動観測点では水晶時計と較正のためJJYを併用した。時計の較正はNHKの時報あるいはJJYを受信し、毎日1ないし2回行なった。中波帯の時報は、受信が困難で夜間か早朝でないと感じないが、JJYは2.5、5、10Mcとも良好に受信できた。また、JJYの放送がない毎期25分から35分までの間は上海のBPV(上海)による代用が可能である。JJYとBPVには時刻の差(伝ば距離の差ではなく、絶対時刻に差がある)があるが、本島と付近の地震が対象なので絶

表2 観測状況表

OBSERVATIONS	LAT.	LOG.	h.	PERIOD	COM-PONENT	AMP GAIN	TRACE AMPLITUDE	SENSIBILITY
MUSASHINO GO	24°46'51.1"N	141°19'34.3"E	94m	1974.5.30.13h44m-6.4.14h30m 1975.2.14.17h58m-2.18.14h43m	U-D U-D,E-W,N-S	53.6db 58 db	2V/2cm 5-10V/2cm	1.1mV/1μkine 1.7mV/1μkine
NIDANIWA	24°47'09.8"N	141°19'33.0"E	120m	1975.2.13.18h04m-2.18.13h50m	E-W,N-S	58 db	5-20V/2cm	1.7mV/1μkine
AWAZUGO	24°46'42.6"N	141°19'16.2"E	74m	1975.2.16.08h15m-10h15m	U-D	59.6db	5V/2cm*	2.2mV/1μkine
NANPOKU	24°47'12.6"N	141°20'03.2"E	101m	1975.2.16.12h13m-14h15m	U-D	59.6db	5V/2cm*	2.2mV/1μkine
TENZANGO	24°48'00.8"N	141°20'00.0"E	110m	1975.2.17.08h10m-10h13m	U-D	59.6db	5V/2cm*	2.2mV/1μkine
ASODAI-FAULT	24°46'56.6"N	141°18'07.9"E	40m	1975.2.17.12h35m-14h38m	U-D	59.6db	5V/2cm*	2.2mV/1μkine
MINAMIKANNON	24°45'24.1"N	141°17'27.0"E	40m	1975.2.18.08h05m-10h08m	U-D	59.6db	5V/2cm*	2.2mV/1μkine
CHIDORIGAHARA B	24°46'23.2"N	141°18'40.1"E	608m	1975.2.18.11h30m-13h30m	U-D	59.6db	5V/2cm*	2.2mV/1μkine

*磁気テープによる観測。その他はペン書き記録

注1、地震計の出力は増幅器と結線したとき、2.2V/μkine

注2、固有周期は1秒

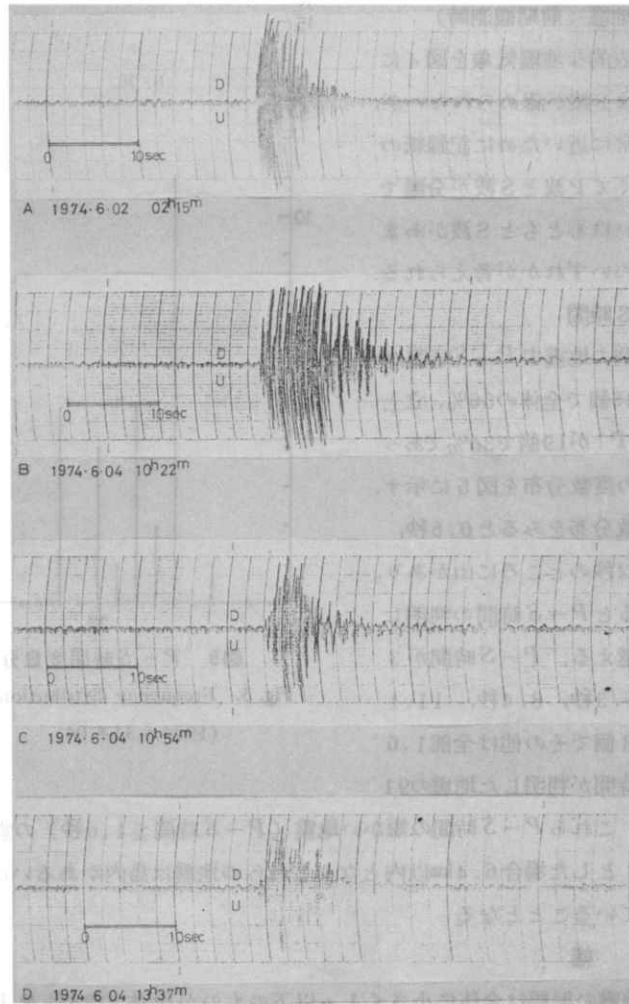


図4 硫黄島で観測された火山性地震の記録例

Fig. 4. Examples of record of volcanic earthquakes at Iwo jima

対時刻は必要でないため十分使用出来る。

3. 観測結果

観測された地震は前期観測時の約120時間で64個後期観測時の約116時間で10個記録された。火山性微動は前期観測が114個と多数記録されたが後期観測は固定点では1個もなくわずかに移動観測点の天山壕で孤立型のものが数個記録されたのみであった。従ってここでは前期の観測結果を主体として述べる。

3.1 火山性地震（前期観測時）

観測された代表的な地震気象を図4に示す。図4のAはS波が認められないが、これは震源が非常に近いために記録紙の送り速度がおそくてP波とS波が分離できないか、あるいはもともとS波があまり卓越しないかのいずれかが考えられる。

3.1.1 P-S時間

観測された64個の地震中P-S時間の判明したものが36個で全体の56%、立上りが明瞭なもの（iP）が19個で30%であった。P-S時間の度数分布を図5に示す。P-S時間の度数分布をみると0.6秒、次が0.8秒、1.2秒のところには山があり、これらをあわせるとP-S時間の判明したものの半数を越える。P-S時間が3秒以上のものは6.3秒、8.4秒、11.1秒の各1個の計3個でその他は全部1.6秒以下でP-S時間が判明した地震の91

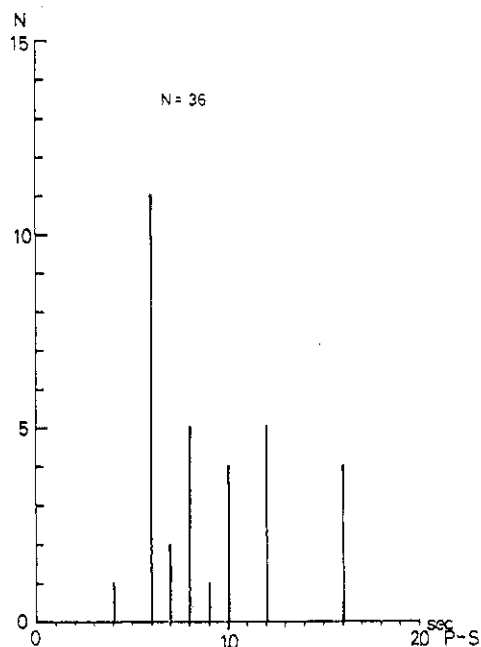


図5 P-S時間度数分布図

Fig. 5. Frequency distribution of P-S times
(1974.5.31-6.04)

%を占めている。これらP-S時間の短い地震（P-S時間 \leq 1.6秒）の震源距離はK=4（大野ら1971）とした場合6.4km以内となりこれらの地震は島内かあるいは海岸線からごく近い所で発生していることとなる。

3.1.2 振 幅

観測された地震の振幅は全体に小さく1 μ 以下のものが全体の88%を占め最大のものは1.4 μ であった。（但し、1.5 μ 以上のスケールアウトしたものが2個あった）

振幅別の度数分布を図6に示す。観測された地震の大きさとその度数の関係をみるために石本一飯田の係数を図から求めると（図6による） $m=19.6$ となり一般の地震と比べて特に差はない。

P-S時間と振幅の知っている34個の地震について坪井の式

$$M = \log A + 1.73 \log d - 0.83$$

により地震の規模を計算すると（微小地震のMをこの式から求めることに問題があるが、1968年の気象庁により報告されているMがこの式を用いているので比較のため使用した）、Mは-1.2から0.6の間に分布する。

Mの決まった地震のエネルギーを Gutenberg の式

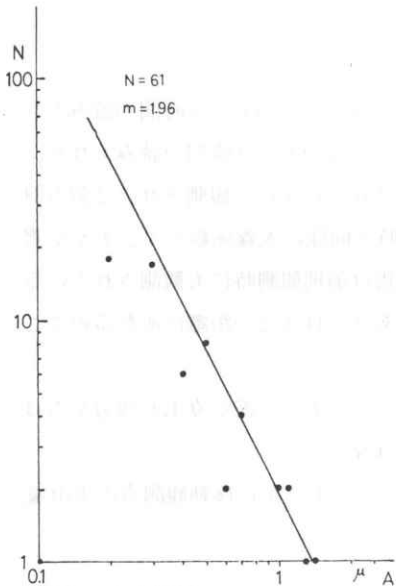


図6 火山性地震の最大振幅とその度数分布図

Fig. 6. Frequency distribution of maximum amplitudes (1974.5.31-6.04)

$$\log E = 11.8 + 1.5 M$$

により積算すると 1.1×10^{13} erg となる。5 日間にこの島とその周辺地域で放出した振動のエネルギー量は大略この程度と考えられる。

3.2 火山性微動（前期観測時）

観測期間中に火山微動と思われるものは144個観測された。これらの代表的と思われるものを図7に示す。観測された微動は、振幅が0.1-0.6 μ 、周期は0.4秒-0.6秒のものが大部分を占めている。震動の継続時間は最大で2分以内であり短いものは10秒以下である。これら微動の発生源は不明であるが観測点から噴気温度の最も高い金剛岩まで2.4km、噴気活動が活発でしかも噴気帯が最も大きい元山までが1.3kmと至近距離にあることからこの辺と考えることができる。しかし、上下動一成分のみの観測であるため推測にすぎな

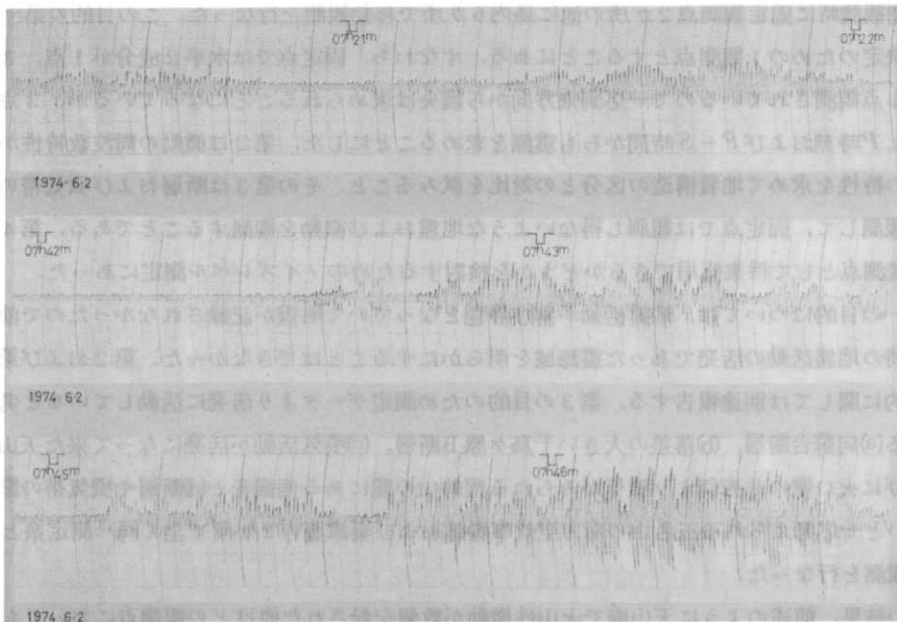


図7 硫黄島で観測された火山性微動の記録例

Fig. 7. Examples of record of volcanic tremors at Iwojima

い。

3.3 火山性地震および微動（後期観測時）

観測により地震と思われるものは期間中10個であった。これらのうちP-S時間の読みとれたものは2個、初動方向の読みとれたものは1個もなかった。このP-S時間の読みとれた2個も振幅が小さく倍率の高い武蔵野壕観測点以外では観測されていない。観測された2個の地震のP-S時間は11.8秒、13.8秒であった。前期観測時と同様に大森係数を4とすると震源は観測点より40-50km離れた地点になる。この距離の地震は前期観測時にも観測されている。当時南硫黄島近海で海面が変色し火山活動の活発な地域があり、ほぼこの距離にあたるのでこの2個は南硫黄島付近の地震と一応考えられる。

なお、地震の記象をみるとP、Sの立上りが不明瞭なことや、P、S波が立上り部分からほとんど減衰がないことから直下で発生したものは考えられない。

固定観測点の武蔵野壕、二段岩では微動が観測されなかった。わずかに移動観測点の天山壕で数個孤立型の微動が記録された。

4. 考 察

4.1 断層および噴気活動と地震の関係

後期観測時に固定観測点2カ所の他に島内6カ所で移動観測を行なった。この目的の第一は、震源決定のための1観測点とすることにある。すなわち、固定点では水平2成分が1点、3成分が1点観測されているので一応到来方向から震央は求められることになっているが、3点で観測しP時刻およびP-S時間からも震源を求めることにした。第2は微動の周波数特性から地盤の特性を求めて地質構造の区分との対比を試みることにした。その第3は断層および噴気帯の近傍で観測して、固定点では観測し得ないような地震および微動を観測することである。第4は、地震観測点として将来使用できるかどうかを検討するためのノイズレベル測定にあった。

第一の目的については、地震活動が再び静穏となっていて地震が記録されなかったので前期観測時の地震活動の活発であった震源域を明らかにすることはできなかった。第2および第4の目的に関しては別途報告する。第3の目的のため測定データより活発に活動していると考えられる(a)阿蘇台断層、(b)落差の大きい千鳥ヶ原B断層、(c)噴気活動が活発になって来た天山壕ならびに火口壁の北西側より噴気のみられる権鉢山の麓にある南観音と(d)断層や噴気帯の影響がないと一応考えられる玉名山の南方空炊事場跡および粟津壕の2カ所で全く同一測定系と感度で観測を行なった。

その結果、前述のように天山壕で火山性微動が数個記録された他はどの観測点においても地震や火山性微動は全く記録されなかった。

阿蘇台断層は、釜岩に至る道路を横切るところで前期回観測時から後期観測時の間約8.5月

間に落差が6.2cm増加していることからこの断層付近で地震が発生していることが予想されたが今回の観測時には地震がなかった。

なお、この断層の変動は、渡島した際に行なう水準測量であるため途中の変動の仕方は不明である。

阿蘇台断層付近で地震の観測されなかったことは(1)観測中は断層の変動がなかった、(2)断層の変動はクリープ性で地震や微動を発生しないのと通り考えられるので今後断層変化の連続観測と並行しながら地震観測を行なって検討する予定である。

火山壕の噴気活動は前期観測時に比較して後期観測時は噴気量の増加が認められ、また噴気点も増加しているが噴気温度の変化はほとんどみられない。火山性地震や微動については静穏であった。

4.2 地震活動

次に前、後期観測結果と1968年8月から11月の期間行なった結果(以下1968年観測という)について比較検討し本島の地震活動について考察する。

4.2.1 地震回数

P-S時間3秒以下の地震について3回の地震数を比較する。観測時の総合倍率が1968年観測に比較し今回の観測は約3.5倍高いという差があるが、1968年観測は83日間で129個で1日平均1.6個、前期観測は5日間で61個で1日平均12.2個で後期観測は零であった。

日平均回数でみる限り前期観測時が非常に多い。しかし、1968年観測の期間中10月下旬に

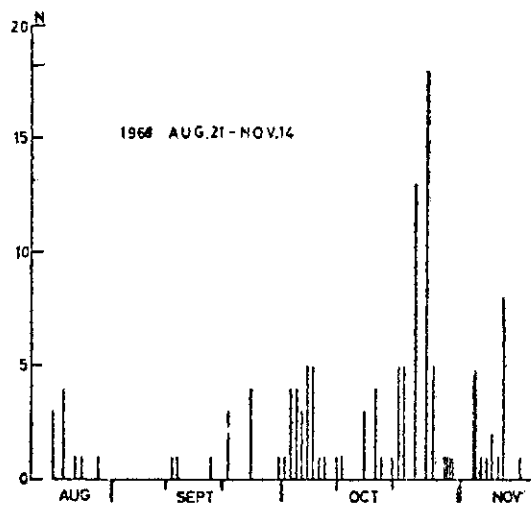


図8 月別地震回数 大野他(1971)

Fig. 8. Daily number of volcanic earthquakes (J.M.A., 1968)

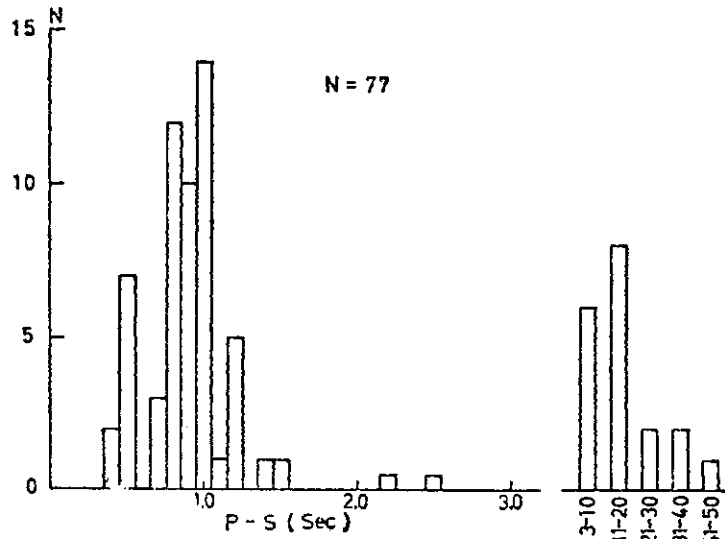


図9 P-S時間度数分布図 大野他(1971)

Fig. 9. Frequency distribution of P-S times (J.M.A., 1968)

1日18個観測されたことがあり(図8)前期観測の16個よりは多い。また1968年観測の10月下旬の地震回数の多かった連続の5日間についてみると46個で前期観測の61個より少ない。また1968年観測の期間中10日間以上も地震が観測されない期間があり、後期観測も5日間で零であったということから本島における地震の発生はかなり変化があって地震回数でいえば1日18個から零までの幅があることがわかった。

これらのことから前期観測の観測期間が丁度地震の多い期間に行なわれたと思われるが、常時観測が行なわれていないのではありません。はっきりしたことが言えない。

4.2.2 P-S 時間

前期観測で観測されたP-S時間の最も短いものは0.4秒で1968年観測の場合と変わらない。しかしP-S時間の度数分布をみると1968年観測の場合ピークは1.0秒にあるが、前期観測では0.6秒にあり、P-S時間が3秒以下のものの大部分は0.6-0.8秒の間に属する。

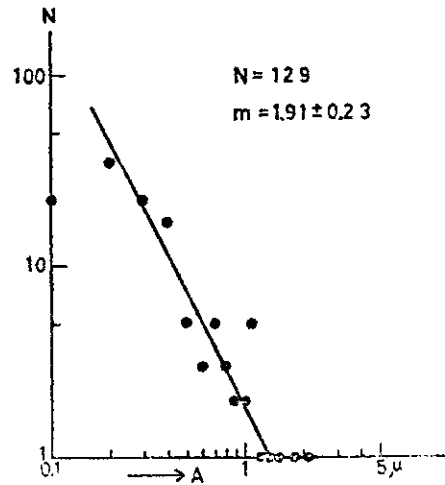


図10 最大振幅とその度数分布 大野他(1971)

Fig. 10. Frequency distribution of maximum amplitudes (J.M.A., 1968)

1968年観測と前期観測の観測点は0.5kmはなれている。この差は大森係数を4とした場合 $P-S$ 時間で0.1秒に相当し、 $P-S$ 時間の度数分布のピークの差が観測点の違いによるものではないことがわかる。従って、地震の主として発生している所が1968年観測の時と比べて1974年(前期観測時)の方がやや近いといえよう(図9)。

4.2.3 振 幅

石本一飯田の式による m は1968年観測時の1.91に対して前期観測時は1.96であるから振幅別の地震回数の分布は特に差があるとはいえない。火山性地震の場合、噴火が近づくと小規模な地震が増加するので一般に m が大きくなる場合が多いといわれている。従って、前期観測時のように火山性地震の多くなったことがただちに噴火につながるとはいえないと言えよう。事実前期観測から後期観測までに噴火などの現象はみられなかった。

マグニチュードの分布は1968年観測時が-1.2から0.7で前期観測時が-1.2から0.6とほとんど変わらない。しかし、振動エネルギーの放出量は1968年観測の3カ月間で 7.2×10^{13} erg に対し、前期観測時は 1.1×10^{13} erg となり簡単に日平均をとると前期観測時の方が1968年観測時の約3倍弱となる。

これは前期観測時の地震活動が活発であったためである。なお、地震の規模はあまり変らなかった。

4.2.4 火山性微動

1968年観測は月平均2個ないし3個であったが、前期観測時には5日間で144個と非常に多い。微動の場合、回数の数え方に問題があるとしても前期観測時における微動の発生はやはり多い。ここに記録された微動は少なくとも気象じょう乱や波浪にもとづくものではないことが記象型からは言えると思うので、この微動は噴気帯における間欠的な噴気活動に原因していることが考えられる。

1968年観測時に観測された微動は、振幅0.2-0.4 μ 、周期は0.2-0.4秒であった。前期観測時は振幅0.1-0.6 μ 、周期0.4-0.6秒と1968年の観測時に比較して振幅の範囲がややひろがり周期が長くなっている。この微動の変化の原因はわからない。

5. ま と め

5.1 硫黄島の隆起量は他に例をみないほど著しいにもかかわらず地震活動が極めて不活発であると言うことが幾つかの機関により行なわれた短期間の地震観測のたびに言われてきた。当センターによるこれまでの数回の観測からも平常時は本島の地震活動が不活発であることが明らかとなった。しかし、原因は明らかではないが、時として島内の地震活動が急に活発になることがあることも明らかになった。ただし、期間的には非常に短いように思われる。

5.2 1974年5-6月に観測された地震活動の中心は、大森係数を4と仮定すると1968

年8-11月の地震活動の中心より0.8km程度近くなっている。

5.3 1974年5-6月頃活発に活動していた地震群の震源は決定出来なかった。しかし、大森係数を4と仮定すれば発生している大部分の地震は島内とその付近で発生しているものと考えられる。しかし、噴火活動に直接関連するような火山現象はみられなかったので地震活動の活発化と火山現象との間の関連は明らかでない。

5.4 1975年2月に断層と噴気帯の極く近傍で地震観測を行なった。この時期は本島の地震活動が静穏な時期であったためか断層や噴気帯を発生源とするような地震は全く観測されず、噴気帯の一部で微動がわずかに観測されたのみであった。

終りに、1974年の地震観測に御協力いただいた海上自衛隊西浦幸雄氏、当センター大八木規夫氏、1975年2月の地震観測に御協力いただいた海上自衛隊山本達雄氏、西浦幸雄氏、明石製作所福尾信平氏、観測に関して御助言をいただいた気象研究所田中康裕氏に記して感謝いたします。

参考文献

- 笠原稔(1975):小笠原硫黄島の最近の地震活動と微動について,火山,第2集,20,106
国立防災科学技術センター(1975):小笠原硫黄島における火山性異常について,火山噴火予知連絡会会報,2,32-37
熊谷貞治(1975):小笠原硫黄島の火山活動(2),防災科学技術,29,11-12
森本良平,小坂文予,羽鳥徳太郎,井筒屋貞勝,浦部和順,高橋春男,岡田義光,平林順一,伊佐喬三,磯部宏(1968):小笠原硫黄島の異常隆起と最近の火山現象について,地学雑誌,77,135-283
大野謙,沢田可洋,久保木忠夫(1968):小笠原硫黄島機動観測実施報告,機動観測実施報告4,15-32
大野謙,沢田可洋(1969):小笠原硫黄島における地震活動,火山,第2集,14,33
大野謙,沢田可洋,久保木忠夫(1971):小笠原硫黄島調査報告,気象庁技術報告,75,138-156
高橋博,熊谷貞治,大八木規夫(1975):小笠原硫黄島の火山活動,火山,第2集,19,175
東京都三多摩島しょ対策室(1972):小笠原硫黄島火山活動調査報告書,1-35,(調査者:小坂文予,小沢竹二郎,平林順一,富田毅,赤尾勝,小椋英明)

(1976年1月30日原稿受理)