

昭和58年(1983年)三宅島噴火調査報告*

気象庁地震火山部・三宅島測候所・気象研究所

Report on the Eruption of Miyakejima, 1983

Seismological and Volcanological Department, J. M. A.,

Miyakejima Weather Station and Meteorological Research Institute

目 次

英文アブストラクト	1
§ 1. 噴火の概要	5
1.1 三宅島火山の概要	5
1.2 噴火の概要	5
1.3 三宅島の活動史	5
1.4 三宅島の噴火の特徴	7
1.5 噴火災害	9
1.6 防災対応	9
1.6.1 三宅島測候所	9
1.6.2 気象庁観測部	12
§ 2. 噴火前後の地震活動	13
2.1 噴火前の地震活動	13
2.2 噴火に前駆した群発地震	13
2.3 噴火微動	14
2.4 噴火後の地震活動	16
2.5 噴火に前駆した地震の規模	18
2.6 まとめ	20
§ 3. 三宅島噴火と同島周辺のテクトニクス	22
3.1 はじめに	22
3.2 三宅島周辺のテクトニクスと地震活動	22
3.3 三宅島周辺の浅発地震の発生状況	24
3.4 群発地震発生域	26
3.5 噴火直前の地震及び噴火後の地震	27
3.6 三宅島周辺の地震のメカニズム	28
3.7 むすび	30

§ 4. 三宅島の噴火前後に伊豆大島の体積歪計に現われた現象	32
4.1 埋込式体積歪計	32
4.2 伊豆大島の歪計	32
4.3 埋設の効果	33
4.4 温度変化	33
4.5 歪計に現れた現象	33
4.6 まとめ	35
§ 5. 雄山山頂部噴気地帯の活動の推移	37
5.1 噴気地帯の形成	37
5.2 噴気地帯の活動推移	37
5.3 噴火後の活動活発化	39
5.4 まとめ	39
§ 6. 三宅島の空中赤外熱映像など画像資料の解析	40
6.1 はじめに	40
6.2 1983年4月21日の地熱異常地域の検出	40
6.3 噴火発生地点(村宮牧場)付近の地表状況の変化	41
6.4 航空自衛隊撮影のIR画像の解析	41
6.5 熱的状态の考察	44
6.6 LANDSAT画像の解析	46
6.7 まとめ	47

Report on the Eruption of Miyakejima, 1983

1. Introduction

On 3 October 1983, after 20 years of quiescence, an eruption occurred at the SW flank of Miyake-jima, the historically active cone, 180km S of Tokyo. Lava fountaining occurred from vents roughly along the upper 2/3 of the 4km-long fissure from the stock farm about 300m below the summit to the SW coast of the island. A dark column reaching a 3km altitude was observed from an airliner at 1529. People living at the foot of the volcano heard explosions at around 1530, and saw incandescent rocks and voluminous clouds of tephra ejected from the SW flank. The major lava flow went down the W flank into the coast town of Ako in the evening.

Phreato-magmatic explosions began at newly formed craters near the SW end of the fissure at around 1640. Lapilli started to fall on the SE coast of the island at 1646. Strong explosive activity intermittently occurred at these vents until around 2300. Submarine phreato-magmatic explosions at the SW end of the fissure were seen from midnight until the early morning of the next day.

Both lava fountaining and explosions had subsided by dawn, but several homes and schools were burning at the flow front of lava at about 0500 on 4 October, when 80% of Ako had been buried. The E half of the island was covered with dark tephra, up to about one meter near vents. The coastal road around the island was blocked at many places by lava flows and tephra.

Most of Ako's 1300 inhabitants had been evacuated by 1730, after which, the road being blocked by lava, 70 persons were transported by fishing boats. Two remaining were rescued at Ako the next morning. There were no casualties. Lava buried the houses of 330 families, 2 schools, one hospital, etc., in Ako. Heavy ashfall and explosions damaged farm crops and trees in the southern half of Miyakejima.

Small earthquakes began to be recorded at the Japan Meteorological Agency (JMA) Miyakejima Weather Station at 1358. Weak shocks were felt at the same time in Ako. By the onset of the eruption, there were five ground shocks that were felt at Miyakejima Weather Station. The major eruptive activity possibly started with a low frequency earthquake at 1522 on 3 October, when the amplitude of the recorded continuous tremor began to increase. Tremors saturated the seismograph by 1540 and high amplitudes persisted for hours, during which time no discrete seismic events were recorded.

Earthquake activity resumed at about 1812, when continuous tremors had already begun to decline. Between the onset of the eruption and 0100 on 4 October, 59 felt shocks, including the largest one of magnitude 6.2, were recorded. High frequency earthquakes had gradually declined since 5 October, although low frequency ones, which first reappeared at 2239 after the onset of the eruption, continued at a similar rate.

Miyakejima is a basaltic volcano with a central cone (Oyama) surrounded by a low somma rim about 1km in diameter. Activity has typically consisted of Hawaiian-type fissure eruptions, which in many cases occurred without any distinct precursory phenomena,

except for an earthquake swarm a few hours preceding an eruption.

An observation team from JMA investigated Miyakejima from 20 August till 8 September 1983 and found no unusual activity.

2. Local seismic activity associated with the eruption

A swarm of earthquakes, precursory indication of an eruption, began to be recorded at Miyakejima Weather Station at 1358 on 3 October, although none was recorded at any other seismic station of JMA until the onset of the eruption. On the other hand, another swarm of earthquakes that resumed after the onset of the eruption was detected by seismographs around Miyakejima. The precursory earthquakes were grouped in two types, i. e. high frequency earthquakes and low frequency ones, according as their predominant frequencies were higher than 2.5Hz or not.

It is unpromising to try to determine hypocenters of precursory events, but both first motions of 5 high frequency events and particle motions of 2 low frequency ones in the horizontal plane indicate that the seismic sources of precursory events were located to the SW of the seismograph, probably on the island.

The amplitude of continuous tremors began to increase immediately after the earthquake at 1522. It had a predominant frequency of about 1.4Hz from initial motion through coda and the following continuous tremor had almost the same predominant frequency. Major eruptive activity probably began with this low frequency earthquake.

The magnitudes of two large precursory earthquakes were estimated to be about 3.0 by applying the relation between the magnitudes of post-eruption earthquakes and their maximum amplitudes or duration time of vertical component at Miyakejima Weather Station. However, this estimation was not appropriate because earthquakes of such size were large enough to be recorded at seismic stations other than Miyakejima.

The seismograph at the sea bottom off Omaezaki (named "TK10BS" in the seismological bulletin of JMA), about 180km W of Miyakejima, detected post-eruption earthquakes of magnitudes larger than 2.5, but did not record any pre-eruption earthquakes. The background noise on 3-4 October had remained at a similar level of 0.02milikine, which corresponds to the expected maximum velocity of the vertical component on TK10BS when an earthquake of magnitude 2.4 occurs at Miyakejima. So, a precursory swarm seems to be of a magnitude less than 2.4.

3. A Study of Miyakejima Volcano with Reference to the Seismic Activity Around the Volcano

The eruptive activity of Miyakejima are studied with reference to tectonics, earthquake swarm activities, and focal mechanisms. Near the volcano, there are three tectonic ridges with a NNE-SSW or NE-SW strike; they are (1) Niijima-Kozushima-Zenisu ridge, (2) Miyakejima-Onoharajima ridge, and (3) Mikurajima-Inanbajima ridge. In one period before the eruption of the volcano, the earthquake swarm tends to concentrate in a narrow part of ridge (1) or (3), and in the next period, in another part of them. In the course of earthquake swarm activities, the regions of ridge (1) and (3) are mostly covered by the seismic focal region. The eruption of volcano starts after the seismic gap has grown up around the volcano (ridge 2), and then the major seismic gap is filled by focal regions after the eruption. This cycle is common to all the eruptions of 1940, 1962, and 1983.

Another phenomenon commonly observed in the volcano since the dawn of history is the complementary relation between eruptive activities and seismic activities just after eruption, that is, seismic activities are remarkable when the duration of eruptive activities is short (approximately two days or less), and not when it is long.

The focal mechanisms for major shallow earthquakes in ridges (1) through (3) are re-determined to infer the tectonic stress in this region. The solutions show an approximately pure strike-slip, and the predominant directions of P axes are N-S or NNE-SSW in the ridge (1) region, and NNW-SSE in the ridges (2) and (3) regions. These are closely correlated with the strike of tectonic ridges.

4. Notable phenomena recorded by volume strainmeter at Izu-Oshima, immediately before and after the 1983 eruption of Miyakejima

The volume strainmeter, placed at the bottom of a drill hole at Izu-Oshima, an insular volcano in the Izu Island, Japan, shows characteristic phenomena such as the cessation, before the 1983 October 3 Miyakejima Eruption, of its contraction tendency and of the frequent occurrence of minor step-like recordings, which had been detected since the beginning of observation in 1981. Besides, the amplitude of earth tide recorded by strain-meter showed continuous increase almost without phase variations during the observation period.

Through the analysis of the strain-meter's response to variations of atmospheric pressure and the calibrations of the amplification of the system, it is confirmed that there was no alteration in the characteristics of instrumentation such as sensitivity etc.. The phenomena are not seen at the neighbouring strain-meter stations, nor are variations of atmospheric pressure, tide level or the temperature at the hole-bottom.

It will be an attractive idea to relate these phenomena with the 1983 eruption of Miyakejima on the basis of tectonic process, although the observation period is not long enough to discuss the matter.

5. Fumarolic activity at the summit of Oyama

Fumarolic activity resumed in April 1963 at the summit area of Oyama after the subsidence of the last eruption in 1962. It was extended to an adjacent cone in September 1963.

Its geothermal activity, as a general tendency, increased until 1969, remained at the same level until 1974, and then gradually declined, although the fumarolic temperature at the north edge has remained at a nearly constant level or gradually increased since 1974.

From the viewpoint of eruption prediction, it is important to know whether an anomalous change in geothermal activity is found prior to the eruption. In the case of the 1983 eruption, no anomalous change was found. It was in March 1984, six months after the eruption, that an increase in thermal activity was observed.

6. Analysis of Image Materials such as Airborne Infrared Thermal Images of Miyakejima Volcano, Related to the 1983 Eruption.

The thermal state and the distribution of ejected and air-fall materials are investigated by the analysis of image data of airborne infrared thermal scanners, aerial photographs and LANDSAT MSS taken before and after the occurrence of the 1983 Miyakejima Eruption.

High temperature areas due to the fumarolic zones at the summit are detected in the

airborne infrared thermal image taken 5 months before the occurrence of the eruption, but there are no thermal anomalies elsewhere.

There were high temperature zones along or on the fissure craterlets in the new lava flow, but they showed gradual cooling process.

§ 1. 噴火の概要*

1.1 三宅島火山の概要*

三宅島は東京から南に約170 Kmに位置する火山島で、伊豆諸島では大島と共に活動的の火山としてよく知られている。直径8 Kmのほぼ円形の玄武岩～安山岩(SiO_2 50～56%)の二重式成層火山である。島のほぼ中央部にある直径約1.5 Kmの山頂カルデラ内に中央火口丘雄山(成層火山, 813m)があり、火口原からの高さは約120mである。山腹には多数の側火山、側火口がある。有史以来の噴火記録によれば、山頂噴火のほか、山頂から放射状に山腹～付近海底に走る地質構造上の弱線に沿って起る割れ目噴火(ストロンボリ式乃至ハワイ式噴火)が多く、諸方向の山腹や海岸から噴火している。山腹噴火の場合は、海岸地域で激的な水蒸気爆発が起りやすい火山である。これは、海岸沿いに分布する爆裂火口跡が示すように極めて破壊力の大きいものである。島の南部には、新瀨地、大路池とよばれる二つの火口湖があり、これらは過去の火山活動により生成された爆裂火口である。

中央火口丘雄山付近と1962(昭.37)年の山腹噴火地帯には噴気・地熱がある。1962(昭.37)年噴火をはじめ、過去のいくつかの噴火では、噴火の後に有感地震が頻発した。1940(昭.15)年、1962(昭.37)年の噴火の後で起った地震の震源は、噴火地域が北東山腹であったにも拘らず島の北西方向であった。

1.2 噴火の概要

昭和59年10月3日の15時23分頃(詳細は後述)、雄山南西山腹海拔約500mの二男山付近に生じた割れ目から噴火が始まった。噴火は、雄山の南西山腹に、ほぼ南々西方向に海岸まで達する延長約4.5 Kmの割れ目(火口列)で起った。

噴煙は高度約8,000m(15時29分の全日空機の情報)に達し、噴出した火山礫は約5 Km離れた島の東海岸寄りの三宅島空港まで達した。割れ目状の火口列から溶岩噴泉を噴き上げ、これに伴う溶岩流は、主として三条に別れて流下し、南々西に流れたものは栗辺を通り海中に達した。西方に流れたものは阿古部落の大半を埋め海岸近くで止まった。さらに、島

の南部の新瀨池と、その南の海岸の新鼻付近でマグマ水蒸気爆発が発生し、多量の火山礫・火山灰を噴出した。これらの一連の噴火活動による大量の噴出物は西風に流されて島の東部から南部にかけて降下し、坪田地区の一部では20 cm以上に達した。溶岩の噴出は10月4日朝にはほぼ止まった。Fig.1.1に噴出物の分布を示す。

この噴火について、気象庁は「昭和58年(1983年)三宅島噴火」と命名した。Tab.1.1に噴火活動の概略の経過を示した。

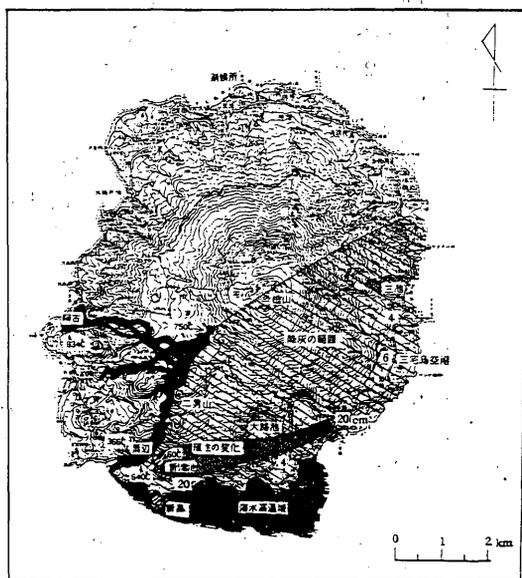


Fig. 1.1 Distribution of ejecta, such as lava and tephra.

噴火の開始については、15時15分頃という地元住民の情報、15時18分に御蔵島(三宅島の南々東約20 Km)からの噴煙確認の情報などがあるが、地震計の噴火微動の記録からみて、溶岩噴出の主たる噴火は15時23分に始まったとみられる。

1.3 三宅島の活動史

三宅島噴火の最も古い記録は1085(応徳2)年である。それ以後13回の噴火の記録がある。

1085(応徳2)年 噴火

1154(久寿元)年 噴火

* 地震火山業務課 金沢茂夫, 永福順則

1469 (文明元)年 噴火

1535 (天文4)年 噴火

1595 (文禄4)年 噴火

以上の5回の噴火については、「噴火」と記録されているが、詳細については不明である。

このうち、注目すべきことは1154年から1469年の315年間に噴火の記録の残っていない事である。

これを三宅島火山の活動休止期とみるべきか、或いは何等かの理由による記録の欠落とみるべきかは専門家による地質調査等によるほかはない。「三宅島火山の過去3000年間の活動」を調査した一色博士は、これを、それまで開口していた山頂火山が何等かの理由で閉じてしまったらしいとしている。また、同じ調査のなかで一色は二千数百年前から

Tab.1.1 火山活動の経過

日時	諸現象	噴火場所
10月3日		
13時58分	三宅島測候所の地震計に地震を記録し始めた。	
14時25分	阿古の萩原氏から「14時すぎ、地震が3回あった」と最初の通報があった。	
14時28分	阿古の住民(氏名不詳)から「地震が5回あった」との通報があった。	
14時47分	神着の三宅島測候所で最初の有感地震(震度I)があった。	
15時08分	阿古の田中氏から「14時すぎ地震が数回あった」との通報があった。	
15時13分	神着友地の広瀬氏から「14時すぎ4回地震があった」との通報があった。	
15時16分	坪田の役場から「14時50分・15時00分に地震があった」との通報があった。	
15時23分	三宅島測候所地震計の火山性微動顕著となる。主たる噴火(溶岩噴出)始まる。	
15時24分	阿古の関東電々三宅統制無線中継所(標高316mの山腹)から有感地震あり、山鳴がしている感じがするとの通報があった。	
15時25分	阿古の無線中継所で噴火(火柱及び黒煙)を確認した。噴火は二男山から山頂方向に拡大、次に海岸方向に拡大した。	南 西 山 腹
15時33分	測候所で最初の噴煙(南方向)を確認した。	
15時40分	三宅島空港出張所に火山灰、火山礫落下し始めた。	
16時22分	測候所で最初の電光(南西方向)を噴煙中に確認した。電光は23時まで続いた。	
16時40分	測候所で弱い雷鳴を聞いた。	
16時45分	無線中継所の架空線が噴石で切断された。	
16時53分	測候所で最初の爆発音(中程度)を聞いた。	
17時20分	溶岩流が阿古の都道に達し、無線中継所停電。	
17時22分	測候所で爆発音を聞く。29分、36分、43分にも各1回。	
17時50分	測候所で火映が阿古方向に見え始める。その後次第に弱くなり、4日未明まで続く。	新 瀨 池 付 近
18時13分	測候所で爆発音(南西方向)を聞く。	
19時55分	測候所で爆発音(南西方向)を聞く。	
20時00分	測候所で爆発音(南西方向)を2回聞く。02分(南西方向)に2回、05分(南西方向)15分(南々西方向)に各1回聞く。	
22時33分	測候所で震度5を観測(マグニチュード6.2)。	
10月4日		
03時00分頃	ストロンボリ式噴火を観測(船上)。	
04時30分	測候所から雄山の稜線がだいたい色に光るのを認める。	
06時以前	溶岩の噴出止まる。	鼻

1154年までの13輪廻の噴火と315年の休止期をおいた後の1469年から現在までの11輪廻の噴火とは、噴火の性質が変っているとしている。即ち、1154年以前の噴火は、山腹噴火とその後の山頂火口からの顕著な火山灰放出が特徴で、噴出物量はおよそ0.02-0.05 Km³、噴火の平均間隔は200年、これに対し、山頂火口が閉じたらしいとした1469年以降の噴火は主として山腹における短期間の噴火で、噴出物量はおよそ0.01-0.02 Km³、噴火の平均間隔は50年であると述べている。

1595年以降の噴火記録は次のようである。

1643(寛永20)年3月31日:噴火

溶岩は海中へ約1Km流出。旧阿古村焼失。旧坪田村は火山灰、焼石多数。

1712(正徳元)年2月4日:噴火

溶岩海中にまで流出。阿古村で泥水噴出し多くの家屋が埋没。牛馬死亡。

1763(宝暦13)年8月17日:噴火

山頂噴火。阿古村薄木でも噴火。阿古、坪田両村に噴石・降灰。新瀨池生成。火山活動は1769(明和6)年まで続く。

1811(文化8)年1月27日:噴火

山頂付近から北東山腹で噴火。

1835(天保6)年11月10日:噴火

西山腹の笠地付近で噴火。噴石、溶岩流。阿古村で温泉湧出。

1874(明治7)年7月3日:噴火

神着村南方の山中(北々東山腹の大穴付近)から噴火。溶岩は北方に流れ東郷に達し、約45軒の人家を埋めて海中へ流下。5,000m²の新しい陸地を作る。死者1名。

1940(昭和15)年7月12日:噴火

北東山腹から噴火。溶岩は島下部落を埋めて赤場峯湾に達した。山腹噴火は13日ではほぼ終り、14日朝から山頂噴火が始まり、多量の火山弾、火山灰を放出。死者11名、負傷者20名、全壊焼失家屋24。この噴火に先立って、いくつかの前兆と考えられる現象が、住民によって気づかれている。

1962(昭和37)年8月24日:噴火

北東山腹で割れ目噴火。溶岩噴泉。溶岩は海中に流出。噴石丘「三七山」生成。焼失家屋5。噴火中から有感地震頻発し、8月30日には伊豆部落で2,000回以上に達した。震源域は噴火地域でなく、島の北西方向であった。この翌年の

1963(昭和38)年4月及び9月に雄山の山頂付近に新しい噴気地帯出現。

1.4 三宅島の噴火の特徴

有史以来の噴火は山頂から放射状に走る割れ目からの噴火が多く、山頂噴火よりも、むしろ山腹噴火の方が主体である。従って、三宅島全体が火山であって、どこから噴火するか判らないのが特徴であるといえる。また、海岸近くでは、破壊力の大きなマグマ水蒸気爆発がおきやすい。

三宅島は海岸が急峻で狭小な孤島のため、島内に平地が乏しく、部落が海岸沿いの各所に散在しており、人家の密集した大部落のない事が大災害を防いでいる。しかし、その反面、避難や救援が難しくなっている。

○前兆現象

今回の噴火については、1962(昭.37)年の噴火と同様に、直前の地震群発以外には前兆と思われるものは認められていない。しかし、1940(昭.15)年の噴火では、前兆現象と考えられるものが前年の12月頃から発生しており、さらに、噴火数日前から各種の現象が気づかれている。噴火前の地震及び鳴動は、噴火地域に近い神着・坪田の境界に近い山腹及び神着部落方面だけ特に明瞭に感じられ、阿古方面では、地震或いは噴火の前兆と考えられる異常現象は気づかれていない。今回の噴火前の有感地震についても、14時頃から阿古方面では地震を感じているが、神着の三宅島測候所では14時47分になって初めて有感地震を観測している。

三宅島の山腹噴火の場合には、過去の記録からみて、噴火の1~2時間前に鳴動や有感地震の現われている例が多い。しかも、初めは、この有感地域はかなり限られた局地的なものである。この最初の有感地域の周辺が噴火地域であるとみられる例もある。三宅島の場合、周辺の地震活動による有感地震の発生がしばしばあるので、識別が困難なケースも多いと思われるが、島内または島の極く近くに震源をもつ有感地震の連続的な発生には十分注意しなければならない。従って、住民からの有感地震や鳴動の通報は貴重な情報となる。

○活動規模

有史以来の記録のある活動でみる限り、噴火活動の規模は比較的一定で、他の火山にみられる様な噴火規模の差は少ないように思われる。噴出物の量はおよそ10⁷m³程度とみられる。

1874 (明治7)年 $1.6 \times 10^7 \text{ m}^3$
 1940 (昭和15)年 $1.9 \times 10^7 \text{ m}^3$
 1962 (昭和37)年 $0.9 \times 10^7 \text{ m}^3$

1983 (昭和58)年 $1.1 \sim 1.3 \times 10^7 \text{ m}^3$
 このことは、4例にすぎないが、三宅島火山の特徴の1つにあげられるものであるかもしれない。

Tab.1.2 過去の記録による噴火と地震活動

a) 前兆地震と噴火

年月日	日本暦	前震	噴火	噴火地域	記事
1643. 3. 31	寛永20年	18時有感地震	20時噴火	山腹	
1712. 2. 4	正徳元年	18時有感頻発	20時噴火	"	
1835.11.11	天保6年	正午過地震数回	直後または同時	"	
1874. 7. 3	明治7年	8時時々地震	12時頃噴火	"	
1940. 7. 12	昭和15年	19時神着で有感数回	20時噴火	山腹～山頂	前兆現象多し
1962. 8. 24	昭和37年	1～2時間前から震動体感	22時噴火	山腹	
1983.10. 3	昭和58年	13時58分無感地震, 14時すぎから阿古地域で有感	15時23分噴火	"	

b) 噴火期間

年月日	日本暦	噴火期間	活動期間	噴火地域	記事
1763. 8. 16	宝暦13年		7年間	山頂	
1811. 1. 27	文化8年	夜半～6時頃(子の刻～卯の刻)	約1週間	山頂～山腹 (八丁平)	
1835.11.11	天保6年	正午～夜半(午の上刻～子の下刻)		山腹	
1874. 7. 3	明治7年	4日間	約2週間	山腹	
1940. 7. 12	昭和15年	{ 約25～26時間 7月14日～8月8日		{ 山腹 山頂	
1962. 8. 24	昭和37年	約24時間		山腹	
1983.10. 3	昭和58年	約15時間		山腹	

c) 噴火後の地震活動

年月日	日本暦	噴火の終り	地震活動	噴火地域	記事
1811. 1. 27	文化8年	1月28日6時頃	2月1日まで地震ひん発	山頂～山腹	
1835.11.10	天保6年	11月10日夜半	11月19日夜まで地震	山腹	13日夜には烈しい地震
1874. 7. 3	明治7年	7月7日頃		"	活動は約2週間続く
1940. 7. 12	昭和15年	8月8日頃	8月5日頃まで地震続く	山腹～山頂	
1962. 8. 24	昭和37年	8月25日	噴火中から有感地震頻発し年末まで続く	山腹	

Tab.1.3 一般被害状況

(昭59.3.31現在)

区 分	単 位	被害数
人	死者, 行方不明	0
	負 傷	0
建 物	全 壊	340
	溶岩流のため出入不能となった家屋	190
	非住家被害	83
	り災世帯数	世 帯 512
	り災者数	人 1,288
その他 被 害	道 路	箇 所 31
	橋りょう	〃 0
	河 川	〃 0
	山(がけ)崩れ	〃 3
	文教施設(全壊)	校(棟) 2(7)
	電 話	戸 602
	水 道	〃 1,642
	電 気	〃 750

1.5 噴火災害

今回の噴火では、溶岩流が阿古部落の大半を埋め、住宅、道路、農地、森林、各種施設等に甚大な被害を生じた。また、断水、停電、電話不通、空港閉鎖等の事態が生じた。しかし、地元防災機関の迅速、適切な対応により人的被害が全くなかったことは不幸中の幸いであった。

1.6 防災対応

1.6.1 三宅島測候所

三宅島測候所では10月3日13時58分から火山性地震が連続的に観測されはじめたため、14時46分、三宅村村長(代理者)に対して「火山性地震が多発しており注意を要する」旨の緊急連絡を行った。

その後、15時33分頃噴火を確認したので、15時45分に火山活動情報第1号を発表した。

以後は火山活動の経過に伴いTab.1.5に示すような火山活動情報及び臨時火山情報の発表を行った。また、三宅島測候所の噴火前後の対応は概ね次のとおりである。

Tab.1.4 施設関係等被害状況

(昭59.3.31現在)

項 目	数 量	被害額(千円)	備 考
公共土木施設関係	32カ所	2,172,500	
建 設 省	32カ所	2,172,500	
農 林 水 産 省		0	
運 輸 省		0	
農林水産業関係		9,519,955	
農 地 等	220カ所	6,400,000	
営農施設等	〃	340,000	
農作物等		152,000	
林業関係		2,390,376	
水産業関係		193,229	
国 有 林		44,350	
文教施設関係		1,793,778	
国立学校施設	校	0	
公立学校施設	6〃	1,717,036	
私立学校施設	〃	0	
社会教育施設	2カ所	76,742	
文 化 財	〃	0	
厚生施設関係	-	618,836	
厚生施設等		101,942	
水道施設		516,894	
中小企業関係		2,446,352	
そ の 他		923,937	
国 有 鉄 道		0	
民 有 鉄 道		0	
電力施設		250,000	
電信電話施設		310,000	
都 市 施 設	5カ所	103,000	
国有庁舎施設等		9,300	
公 営 住 宅	35戸	251,637	
合 計		17,475,358	郵便局 舎施設

Tab.1.5

日時分	記 事
10月3日	
13時58分	火山性地震発生
14時05分	地震計感部付近のノイズ源有無の確認に出発
14時20分	気象庁火山室、東京管区気象台と連絡
14時40分	工事等実施の事実なく地震と判断
14時46分	三宅村村長に要注意の連絡
15時20分	火山室と協議
15時30分	村役場からの噴火の広報を聞く
15時33分	雄山にかかった低い雲の上に噴煙を確認
15時35分	火山室に噴火を連絡
15時40分	空港出張所から降灰・礫落下の連絡あり
15時45分	火山活動情報第1号発表
16時03分	雄山南西山腹レストハウス下で噴火と火山室に連絡
16時06分	15時33分噴火を打電
16時14分	空港出張所に降灰・礫を打電
16時30分	現地調査に出発
16時45分	火山活動情報第2号発表
17時46分	現地調査より帰所
19時52分	火山機動観測班の出動要請打電
20時05分	災害対策本部へ職員派遣

噴火が始まった後は、情報の収集に努めるとともに、測候所において遠望観測やその他の噴火現象に伴う諸現象を観測した。その結果を以下に示す。

(1) 遠望観測

15時30分ころ、噴火の報を聞いた三宅島測候所の職員は、測候所内の測風塔の上から噴火状況を、写真撮影とスケッチにより記録した。

写真撮影では、噴火地点が近く、噴煙高度が高いために、噴火状況の全体的な様相が把握できなかったため、噴火活動の全体像はスケッチにより記録した。

噴火の状況は、一連のスケッチにより十数枚記録されているが、その経過と概況を4枚のスケッチで示した。

3日15時40分、Fig.1.2(上) 噴火地点は、測候所の南約5~8kmで、山のりょう線越しにしか遠望できないが、噴煙が上がり、東に流れ、噴煙の一部で降灰が認められた。また、測候所で最初に噴煙を認めたのは、15時33分であった。

3日16時30分 Fig.1.2(下) 噴火活動が活発になり、噴煙の噴出も激しく、りょう線ぞいに降灰が認められた。

3日17時00分 Fig.1.3(上) 噴火活動は活発でりょう線ぞいに多量の降灰が認められ、降灰のため真黒になった。

3日17時30分 Fig.1.3(下) 噴火活動は衰え始め、噴煙の噴出力も弱くなり、高度も低くなったがまだりょう線ぞいに降灰が認められた。

Tab.1.6 火山情報発表状況

火山情報	発表日時	記 事
火山活動情報第1号	10月3日15時45分	噴火発生と火山礫落下
“ 第2号	“ 16時45分	噴火場所と火山性地震
臨時火山情報第1号	4日10時00分	火山性微動と有感地震
“ 第2号	“ 21時00分	噴火予知連続一見解
“ 第3号	5日10時30分	泥流の注意
“ 第4号	“ 21時30分	異なるタイプの火山性震動の発生
“ 第5号	7日02時15分	火山性微動の増大
“ 第6号	9日17時30分	噴火予知連会長の現地コメント
“ 第7号	11日17時30分	噴火予知連続一見解
“ 第8号	17日18時10分	同上
“ 第9号	28日18時30分	雄山山頂地温上昇
“ 第10号	30日15時50分	噴火予知連会長コメント

(2) 噴火活動に伴う諸現象

三宅島測候所では、遠望観測のほか、噴火に伴う諸現象も観測した。爆発音、電光等は次のとおりである。

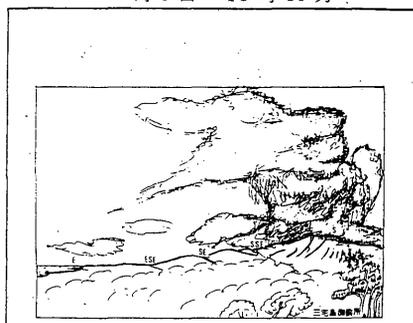
時間	諸 現 象
15時33分	神着の三宅島測候所(以下測候所の観測)で最初の噴煙(南方向)を認めた。
40分	坪田の三宅島空港出張所に火山灰、火山礫が落下し始めた。
16時22分	最初の電光(南西方向)を噴煙中に認めた。電光は23時まで続いた。
40分	弱い雷鳴を聞いた。
53分	最初の爆発音(中程度)を聞いた。
17時22分	爆発音(中程度)を聞いた。
29分	” ”
17時36分	爆発音(弱い)を聞いた。
43分	爆発音(弱い)を聞いた。
50分	火映(溶岩の照り映え、中程度)が阿古方向に見え始めた(日が暮れ始めたため)。その後、次第に弱くなり、4日未明まで続いた。
18時13分	爆発音(南南西方向で中程度)を聞いた。
19時55分	爆発音(南西方向で中程度)を聞いた。
20時00分	爆発音(南西方向で弱い)を2回聞いた。
02分	爆発音(南西方向で中程度)を2回聞いた。
05分	爆発音(南西方向で中程度)を聞いた。
15分	爆発音(南南西方向で弱い)を聞いた。

また、噴火に伴う甚大な被害の発生により、たぐちに三宅支庁内に「三宅島噴火災害対策本部」が設置された。3日夜、測候所職員1名を派遣し、被害状況等の聴取にあたらせた。

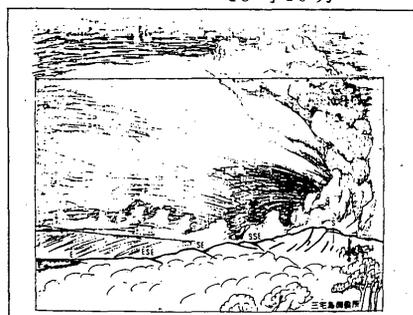
4日には2回の災対本部会議が開かれ、5日以降は毎日1回となったが、これらの災対会議には測候所長または本庁機動観測班員が出席した。また、毎日午前中に火山活動状況の連絡を行った。特に、8日には大雨に伴う火山灰の二次災害について、11日には台風13号の接近について注意を促した。

なお、噴火終息後も住民から異常発見の通報が数

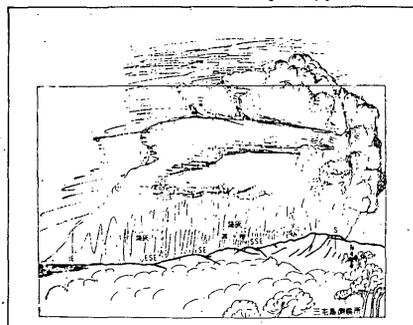
10月3日 15時40分



16時30分



17時00分



17時30分

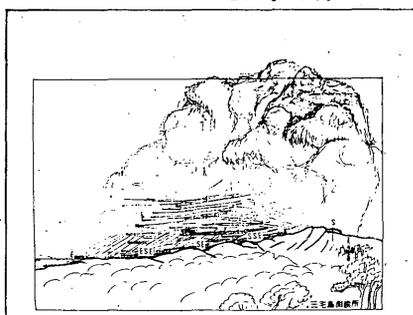


Fig. 1.2 & 1.3 Observation of eruption column from Miyakejima Weather Station.

多く寄せられた。その度、測候所では確認作業を行った。いずれも、気象条件や人為的要因など、本質的に火山活動と関係ないもの、及び溶岩流の未冷却部分が露出したために噴気が多くなったなどの副次的要因によるものであり、火山活動の活発化を示すものではなかった。以下に異常発見の通報リストを示す。

発見年月日時分	通報の場所・内容
昭和58年	
10月7日16時25分	三七山の上から幅100mの白煙
16時50分	" "
8日13時10分	三七山の上に白煙。
9日09時06分	三池の上の方に白煙。
14日13時05分	三池の上の方に白煙。
15時20分	" "
27日08時17分	阿古の山の方に煙。
31日20時30分	粟辺から見て山腹に2, 3日前から赤い炎。
11月1日10時10分	新瀨神社付近で爆発。
昭和59年	
3月22日07時56分	新鼻で噴火?
17時20分	御蔵島から見て新鼻で噴煙

1.6.2 気象庁観測部

気象庁観測部は、10月3日三宅島噴火について東京管区気象台長の要請に基づき、緊急に火山機動観測班を出動させることを決定した。

本庁機動観測班員1名は携帯型地震計1台を携行して、3日夜東京を出発し4日早朝に三宅島に到着した。次いで、5日、6日朝にそれぞれ各1名が現地入りし、三宅島測候所と協力して、5～7日にかけて伊豆、伊ヶ谷、三池に地震計を設置し、火山活動の観測と監視の強化に努めた。5～13日には災害対策本部への状況連絡及び会議出席を行った。また22日に1名が現地入りし、雄山及び周辺の現地観測を行ったほか、島の南東部坪田の東京都畜産試験場三宅分場に公社回線式地震計(F77型)を設置し、測候所でテレメータ記録を行い、既設のA点と併せて2点の震動観測による監視強化を図った。伊豆、伊ヶ谷、三池の機動観測用地震計は、噴火活動の沈静化に伴い、22～24日にそれぞれ撤収し、機動観測班は25日帰京した。

また、気象研究所、地磁気観測所も観測に出動し、協力して活動の監視と防災にあたった。

さらに、大学・研究機関の観測班とも連携をとり、火山活動の監視体制強化に協力した。

このほか、10月4日の政府調査団、10月7日の衆議院災害対策特別委員会現地調査団、10月17日の参議院災害対策特別委員会現地調査団にそれぞれ関係官が同行した。

(3) 火山噴火予地連絡会

火山噴火予知連絡会は、今回の三宅島噴火に際しTab.1.7に示す「統一見解」及び「会長コメント」を発表した。これ等は何れも三宅島測候所から臨時火山情報として関係機関に伝達された。

Tab.1.7 噴火予知連の統一見解等

発表日時	種別	記事
10月4日 20時15分	統一見解	噴火活動の状況、雄山山頂の火山活動も含めて警戒が必要
10月9日 16時15分	会長コメント	噴出物の量、地震は島の南西部の浅い部分で発生、地震活動及び雄山山頂の火山活動について監視が必要、海岸付近の噴気地帯の高濃度火山ガスについて要注意
10月11日 16時00分	統一見解	地震活動は継続、雄山山頂の火山活動を含め観測を強化して監視が必要
10月17日 17時30分	統一見解	新火口群及び雄山山頂とも新たに活発化する兆候はないがしばらく監視が必要
11月30日 15時15分	会長コメント	噴火活動は終息した

§ 2. 噴火前後の地震活動*

2.1 噴火前の地震活動

三宅島測候所では、島の近傍の地震のみならず周辺海域における地震活動も火山を監視する上で重要であるという観点からS-P時間が7秒以下の地震を験測対象としている。ここ数年間の地震活動状況を見ると、1983年12月から翌年1月にかけての群発地震活動が著しかったことがわかる(Fig.2.1)。この群発地震の主な震源域は三宅島の南西約40Kmを中心とする海域であったが、S-P時間が1秒以下の地震も稀には発生していた。この群発地震活動が一段落した後、2, 3, 5, 8, 9月と地震回数は月50回を越えていたが、S-P時間1.5秒以下の地震はなく、三宅島付近にのみ関して言えば地震活動は低調であった。

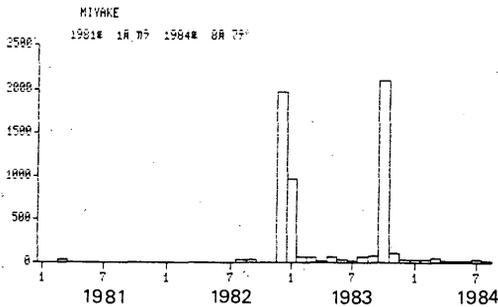


Fig. 2.1 Monthly number of recorded earthquakes (S-P time < 7.0 sec.) at Miyakejima Weather Station, January 1981- August 1984.

噴火の約1ヶ月前の8月20日から9月8日にかけて気象庁は火山機動観測(基礎調査観測)を実施した。地震観測点の位置をFig.2.2に示す。この期間中、8月27~28日には三宅島北西沖で、8月31日~9月2日には新島近海で群発地震が発生しており、この臨時観測で捕捉された地震は大部分がこれらの活動によるものであった。8月27日00時52分のS-P 1.6秒(A点)の地震のみが島に近いものであり、P波速度4.0 Km/secの半無限構造を仮定するとFig.2.2に示すように三宅島の西方沖にもとまった。なお、同図のE, F点には0.13 μ kine/mVの感度で地

震計を設置した。両点とも噴火割れ目のごく近傍であったため磁気テープの再生には特に留意したが、局所的な地震活動は捕捉されていない。従って噴火1ヶ月前の時点では前兆的な地震活動はなかったと考えられる。

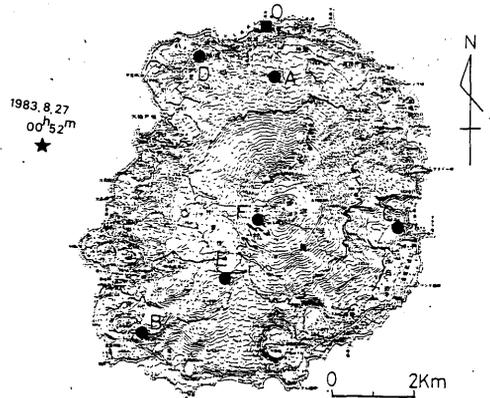


Fig. 2.2 Location of seismographs temporarily installed during the extra observation from 20 August till 8 September 1983 (B-F) and the only epicenter that was determined close to Miyakejima.

2.2 噴火に前駆した群発地震

10月3日13時58分になって噴火の前兆となった群発地震活動が三宅島A点(以下A点と略す)で観測され始めた。最初のうちは立ち上りの不明瞭な高周波地震が続いたが、14時20分頃からは周期0.4~0.8秒のやや低周波の波動が卓越しその上に高周波の波動が乗っている型の地震も出現するようになった。高周波の地震と低周波の地震の対比がよくわかる例として14時27分の地震をFig.2.3に示す。噴火前の群発地震はこの様な高周波地震とやや低周波の地震に分類した。なお、15時22分の地震は一応低周波地震に分類したが、後述するようにさらに卓越周期が長い。

14時25分、28分には三宅島の南西にある阿古地区の住民から14時すぎに地震を感じたという通報があった。これらの地震はA点の記録では微小なものである。15時16分には三宅島の東部にある三宅村役場から通報があり、14時50分と15時00分に地震を感

* 地震火山業務課 宇平幸一, 永福順則, 山本博二, 地震予知情報課 横山博文, 三宅島測候所 荒木卓次

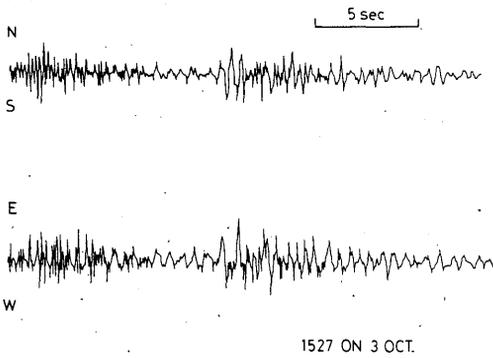


Fig. 2.3 Example of a precursory earthquake swarm of the eruption. High frequency earthquake (left), low frequency earthquake (right)

じたとのことであった。三宅島測候所では14時47分に初めて有感地震を、15時00分には第二回目の有感地震を感じており、三宅村役場から通報のあった地震はこれら2つと考えられる。噴火割れ目付近がこれらの地震の震源であると仮定すると、阿古地区が噴火割れ目に最も近く早い時期から地震を感じていたことと矛盾しない。

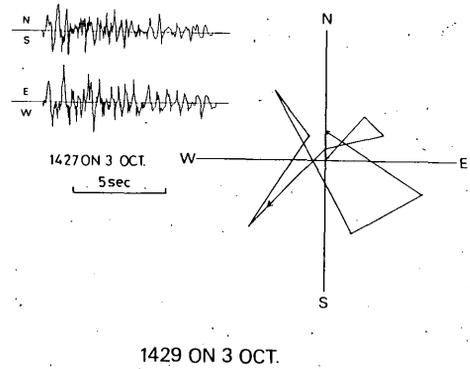


Fig. 2.5 Particle motion of two low frequency earthquakes in horizontal plane.

る。また、低周波地震のうちいくつかについても水平面内の軌跡をつくると、振動の方向は最初北東—南西であるが、その後これと直交する方向に振動する例が見つかった (Fig.2.5)。これらの波が実体波であるとし、P波のあとにSH波が続いたと考えたと低周波地震の震源もA点の南西方向に存在したことが推測される。

また、これらの地震の波形を比較すると波形の似たグループがいくつか認められる。しかし、一つのグループが出現する時間帯は限られたものであるしグループ内での波形の変化も速いので、明確な相似性をもった群に分類することはできない。その中で比較的相似度が高いと思われるグループの例をFig. 2.6に示す。このグループは14時46分から15時11分の間にだけ出現している。噴火割れ目の形成の過程で同一の部分が繰り返すべったことを示唆していると思われる。

2.3 噴火微動

先に述べたように15時22分の地震は低周波地震である。Fig.2.7に示すようにこの地震はその直前に発生した高周波地震とは際立った対照をなしてい

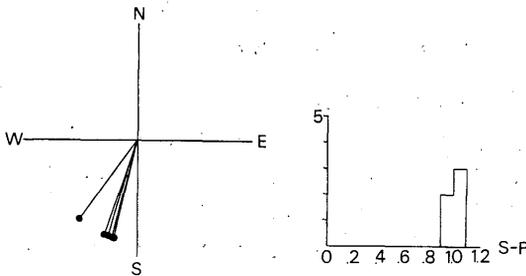


Fig. 2.4 Direction of seismic sources derived from first motions of 5 high frequency earthquakes and distribution of S-P times of these earthquakes.

高周波地震のうち初動3成分とも明瞭でS-P時間が読みとれた地震は5個あった。これらから推定した震央の方向とS-P時間の度数分布をFig.2.4に示す。一点観測から得た結果であるため厳密な議論はできないが、5個すべてが南西の比較的狭い範囲内を指していることから考えてA点の南西方向の島内ないしは島のごく近傍に震源があったと考えられ

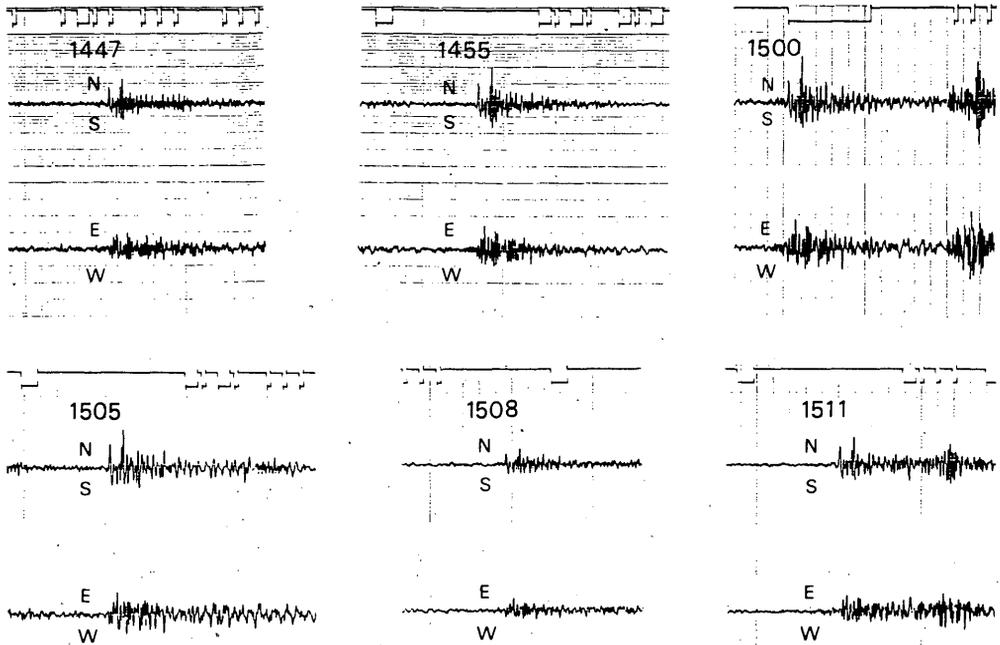


Fig. 2.6 A groupe of earthquakes whose waveforms are similar.

る。初動付近では高周波成分を含んでいるが、それが減衰したあと周期0.4~0.8秒の波動が卓越している。Fig.2.7には6.4秒ごとのランニングスペクトルを示したが、初動部分から約1.4Hz付近にピークが存在し、このピークはコーダに至るまで顕著であることがわかる。(なお1Hz付近より低周波の領域にピークがあっても地震計の特性(固有周期:1秒)のためピークの位置に信頼がおけない。)この地震のコーダは徐々に振幅を増大してゆく連続微動につながっていること、噴火中の微動の卓越周期がほぼ同じであることから、この地震を契機に顕著な表面活動が始まったことが考えられる。一つの推論にすぎないが、本格的な噴火活動が始まる際に地表に達するような割れ目の形成が行なわれ、それが初動付近の高周波成分となって現われたのではないであろうか。

なお、この地震はFig.2.8に示した水平面内の軌跡を見ると初動部分、コーダ部分とも南北動が卓越していることがわかる。これらの波動が表面波であるとすると初動、コーダともラブ波、ラーリー波を含んでいるが、一般にラーリー波の方が卓越しているようである。より詳しい議論は上下動の情報を入

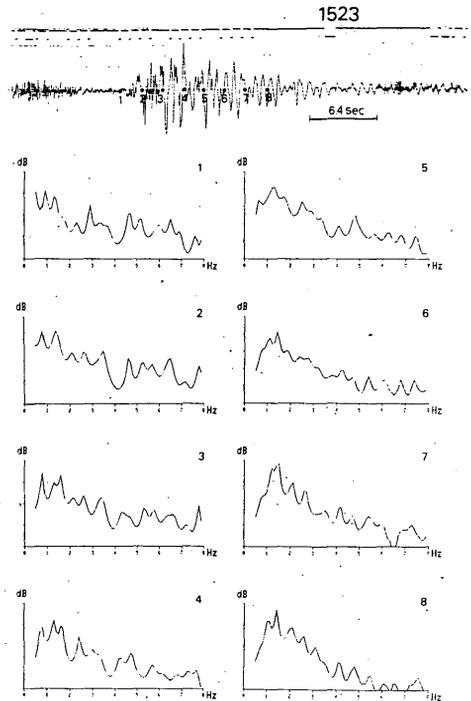


Fig. 2.7 Waveform of a low frequency earthquake at 1522 on 3 October and its running spectrum.

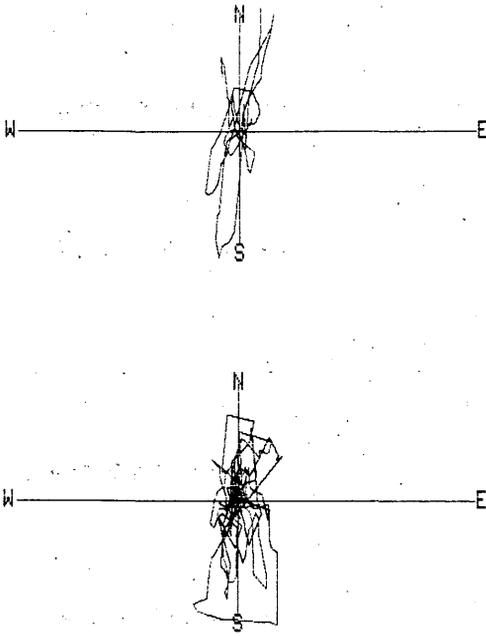


Fig. 2.8 Particle motion of an earthquake at 1522 in horizontal plane. Initial motion (upper) and coda (lower).

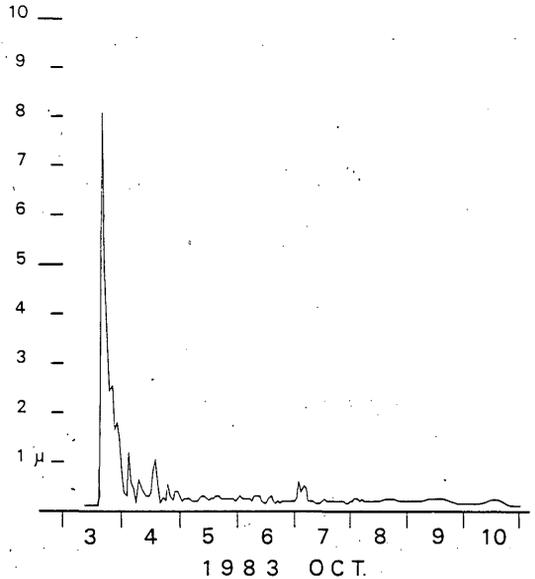


Fig. 2.9 Temporal variation of harmonic tremor amplitude.

れてから行なう予定である。

噴火時間については、浜田他(1984)に記述されているように15時15分頃という報告もある。記録紙上で振動レベルの変化を見てゆくと、3日09時から14時までの正時前後1分間の上下動の平均振幅は $0.1 \mu\text{m}$ 、15時 $0.28 \mu\text{m}$ 、また15時21分 $0.29 \mu\text{m}$ 、22分 $0.3 \mu\text{m}$ となっている。15時から15時22分までは平均振幅はさほど変化していない、この間には微動とも地震とも解釈できる部分もあるが、15時22分の地震以後の連続微動よりも高周波成分に富んでいて高周波地震の連続したもの、あるいは高周波地震、低周波地震の連続と見なすのが適当と思われる。一方Fig. 2.9に示すように15時22分の地震の後の微動振幅の増大は顕著である。これらのことから主要な噴火活動は15時22分の地震を契機に始まったものと思われる。約10分後には微動振幅は最大となり約2時間にわたって高レベルを維持したあと徐々に減少した。荒牧・早川(1984)によると16時40分頃から新瀧池付近の活動が始まったが微動の周期・振幅に目立った変化はない。また、微動と高周波地震の卓越周期は明らかに異なるので、両者が同時に発生したとしても記録紙上区別は容易であるが、15時30分

から約2時間にわたり高周波地震は認められない。

2.4 噴火後の地震活動

微動がピークを過ぎた3日夕方になって高周波地震が再び現われるようになった。再開後は大きな地震も含まれるようになり、22時33分には三宅島測候所で震度Vを記録するなど有感地震が頻発した。有感地震は10月15日の101回目を最後に終息、うち94回が4日までに記録されている。

3日22時50分にはFig. 2.10(上)に示すような卓越周期0.5秒程度の低周波地震が現われた。Fig. 2.10(中)は4日03時01分の例である。また低周波地震の中にはFig. 2.10(下)に示すような比較的立ち上りの良いもの、さらには低周波の孤立型微動など様々な波形を持つものが現れた。ここでは、これらを細かく分類することなしに一括して低周波地震として分類したが、そのために発生原因の異なるものを同一のグループに入れた可能性が大きい。10月3日から10日までの地震回数をFig. 2.11に示す。既に宮崎・沢田(1984)、植木他(1984)に指摘されている通り高周波地震は4日以降順調に減少している。微動の振幅と高周波地震の発生状況を比較すると、4日の前

半までは微動の減少と地震の増加,あるいはその逆の場合が対応しているように見える. 低周波地震は5日以降に多く現われるが,7日の前半には全く観測されていない,これに対し(連続)微動はこの期間一時振幅が増加したことがわかる. 従って微動と高周波地震,及び微動と低周波地震の間に相補的關係が存在した時期のあったことがわかる.

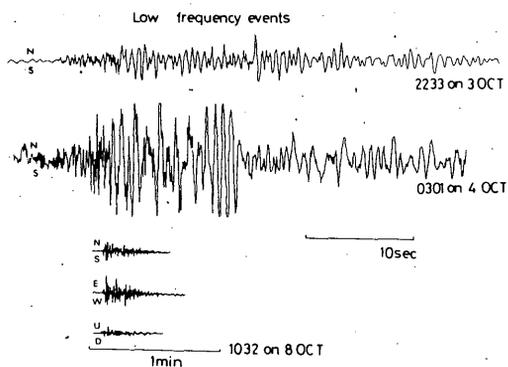


Fig. 2.10 Example of low frequency earthquakes that appeared after onset of the eruption.

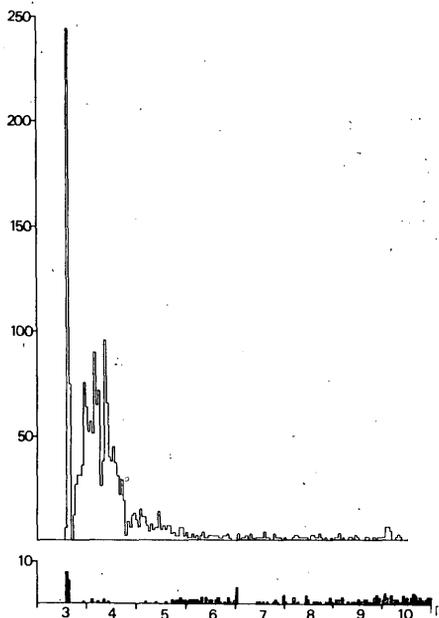


Fig. 2.11 Hourly number of recorded earthquakes at Miyakejima Weather Station, 3-10 October 1983. High frequency earthquakes (upper) and low frequency earthquakes (lower).

10月3日には気象庁機動観測班が出勤し5日に伊豆,6日に伊ヶ谷に地震計を設置した.これらのデータは各大学の臨時観測点のデータと合わせて解析された.各機関の観測班を代表して東京大学地震研究所が決定した噴火後10月7日から11月3日までの震源をFig.2.12に示す(文部省科学研究費自然災害特別研究突発災害研究成果 昭和58年10月3日三宅島噴火および災害に関する調査研究p52, 沢田宗久氏の御好意により転載).震源が噴火割れ目付近を中心に島内に分布しているのが特徴である.一方,気象庁による震源はFig.2.13に示すように島外に出るものが多い.これは両者の間の観測ネット,速度構造,及び対象にしている地震が異なること等によると考えられるが詳細はわからない(この問題に関しては浜田信生氏の研究参照.例えば1984年度秋季大会講演要旨(火山第29巻4号掲載予定)).

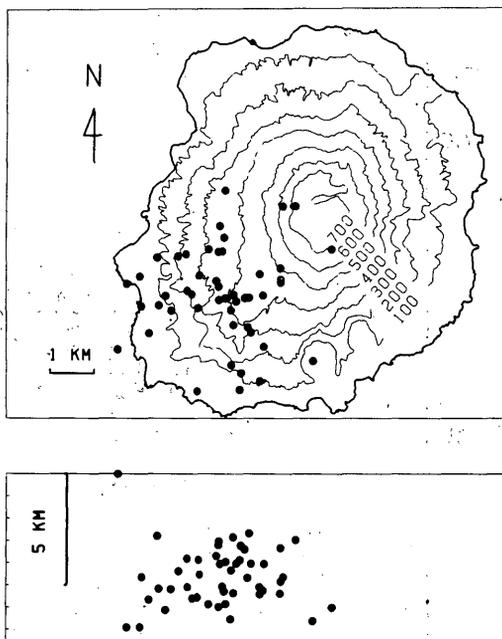


Fig. 2.12 Hypocenter distribution of earthquakes in post-eruptive stage within Miyakejima island. (Courtesy of Joint Observation Team organized by Tokyo Univ., Chiba Univ., JMA etc.)

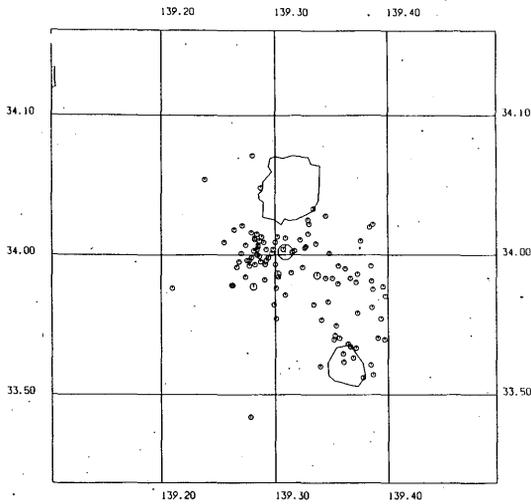


Fig. 2.13 Hypocenter distribution of earthquakes in post-eruptive stage determined by JMA seismic network.

2.5 噴火に前駆した地震の規模

今回の噴火に伴う地震活動は、噴火開始直前と噴火開始後の3日夜~4日早朝という2つのピークを持つが、噴火開始後のものは三宅島の周辺の地震計でも捕捉されたのに対し、噴火直前のものは三宅島測候所で有感であった5個の地震を含むにも拘らずA点でしか記録されていない。このことは噴火直前の地震の規模がかなり小さかったことを意味する。10月3日から4日早朝までの地震について、三宅島測候所の地震計(300倍)の記録から得られた最大振幅とF-Pの関係を図.2.14に示す。この手法は植木他(1984)に用いられており、そこで指摘されているように、これらの地震の震央距離が同じであるとすれば上下動の最大振幅はマグニチュードの指標となる。一方、F-Pは主としてマグニチュードに依存し震央距離の依存性は小さいとされる(Tsumura(1967))。Fig.2.14に記入された数字は気象庁決定のマグニチュードであるが、噴火前後で震央距離が同じであるとすれば噴火前にもマグニチュード3前

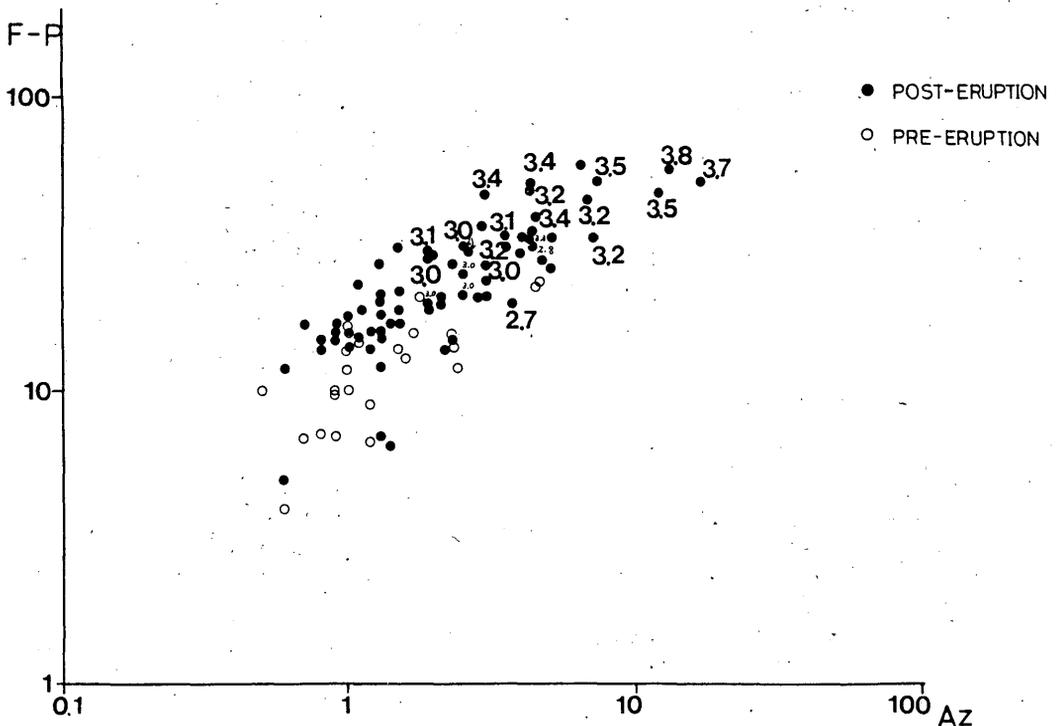


Fig. 2.14 Relation between duration time and maximum vertical displacement at Miyakejima for precursory earthquakes (open circle) and those that occurred from the evening of 3 October till early morning of the next day, after the beginning of the eruption (black circle).

後の地震が発生していたことになる。しかし、この程度の規模の地震が三宅島周辺の地震計に記録されないということは考えにくい。S-P時間を噴火前後で比較するとFig.2.15に示すように噴火後の方が長くなっている。従って平均的な震央距離は噴火前後で異なっている。

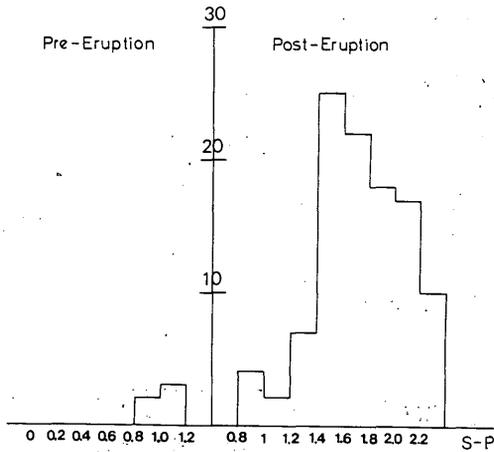


Fig. 2.15 Distribution of S-P time of earthquakes in pre-eruptive and post-eruptive stages, respectively.

そこでF-Pと気象庁決定のマグニチュードの関係式を噴火後の地震について決定し、噴火前の地震のうち大きなもの2つをそれらのF-P値に依じて関係式を示す直線上にプロットしたものをFig.2.16に示す。90%信頼区間の場合、マグニチュードは±0.4、95%で±0.7くらいの誤差がある。F-Pから推定したマグニチュードの誤差が大きいことが噴火前の地震のマグニチュード推定に影響を与えている一因であろう。

ところで噴火後の地震は御前崎沖の海底地震計に記録されている。海底地震計の上下動成分の最大速度と三宅島測候所の上下動の最大振幅の関係を図2.17に示す。両者間にはきれいな正の相関が見られるが、噴火前の地震は海底地震計には記録されていないのですべてノイズレベル以下のところに示した。海底地震計の速度振幅からマグニチュードを計算する式(以下マグニチュードをMと略記)

$$M = \log Az + 1.64 \log d + 0.44$$

Az: 速度の最大振幅 d: 震央距離

に噴火当日のノイズレベル0.02 milikineを代入するとM=2.4となる。このことからM3クラスであれ

ば当然海底地震計に記録されるはずであり、先に述べたF-Pによる推定には問題のあることがわかった。F-Pから求めたMは誤差が大きいというのも一因であろうが、Fig.2.16, Fig.2.17を比較すると同じF-Pから決めたMでも噴火前と噴火後では系統的に噴火前のものを大きく見積るという結果になっているようである。Fig.2.17から噴火前の地震はM2.4以下と推定するのが妥当であろう。

以上のことから、三宅島噴火前後の地震に対してF-PによってMを見積った場合、地震群によっては系統的な差が生じたことがわかる。F-Pで地震の大きさを代表してよいか否かについては、火山性地震のように観測点の極く近傍で発生する微小な地震にまで検証された例がないが、今回の結果では必ずしも妥当なものではないことになった。しかし、ここで用いたF-Pは通常行なわれている速度記録ではなく変位記録をもとにしたものである。F-P

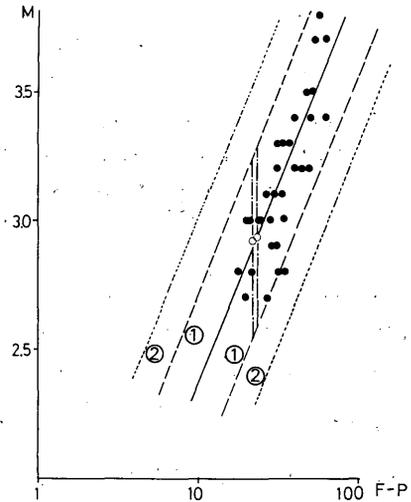


Fig. 2.16 Relation between magnitude in JMA scale and duration time for earthquakes in post-eruptive stage (black circle), with illustrations of an empirical formula of the relation determined by least square method and regions within level of significance of 90% (①) and 95% (②). Two large precursory earthquakes (open circle) were plotted according to their duration times on the line representing the formula.

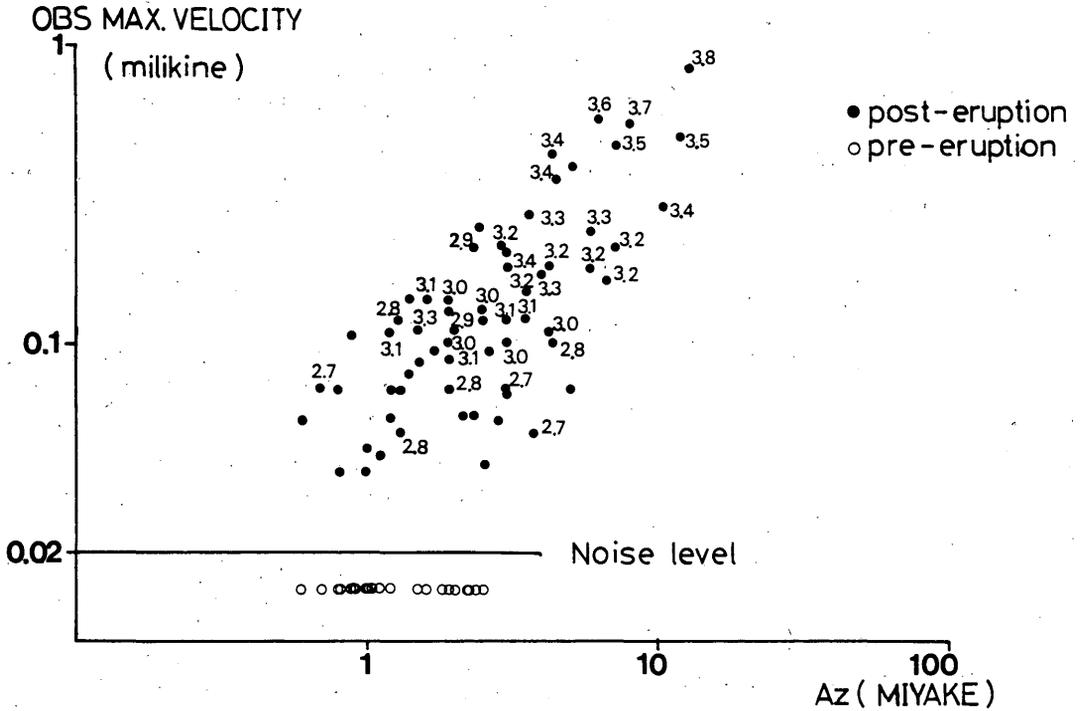


Fig. 2.17 Relation of maximum vertical velocity, recorded by the seismograph on the sea bottom, about 180km W of Miyakejima, with maximum vertical displacement at Miyakejima for earthquakes in post-eruptive stage (blace circle) and in pre-eruptive stage (open circle). Each number represents JMA magnitude.

をマグニチュードスケールに対応させる場合、地震計の特性が適当なのかどうか、地震群の性質との関連で調査する必要があるだろう。

2.6 まとめ

噴火直前に群発した地震は高周波地震と低周波地震に分類できる。一点観測から震源の方位を推定したところ、両者とも噴火割れ目の方向を示すものが見つかった。したがって両者とも噴火割れ目の形成に深い関わりがあるものと考えられる。

また、噴火直前の地震は有感地震5個を含んでいるがすべてM2.4以下と推定された。阿古地区では三宅島測候所で最初に有感地震を記録した時刻より少くとも30分以上前から地震を感じておりM1~M2クラスの地震でも有感になっていた可能性が大きい。

謝辞

この論文をまとめるにあたりいくつかの問題点を

指摘して頂いた気象庁研究所地震火山研究部の中札正明氏、武尾実博士、東京大学地震研究所の宮崎務氏にこの場を借りて謝意を表します。

参考文献

荒牧重雄, 早川由紀夫 (1984) : 1983年10月3・4日三宅島噴火の経過と噴出物, 昭和58年10月3日三宅島噴火および災害に関する調査研究, 自然災害特別研究突発災害研究成果, 文部省科学研究費 No 5802204, 13-31.
 宮崎務, 沢田宗久 (1984) : 1983年10月3日三宅島火山噴火後の地震活動, *ibid*, 35-54.
 Tsumura, K., (1967) Determination of Earthquake Magnitude from Total Duration of Oscillation. *Bull. Earthq. Res. Inst.*, **45**, 7-18.
 植木貞人, 清水洋, 小山順二, 村上栄寿, 堀修一郎, 松沢暢, 高木章雄, 田中和夫 (1984) : 1983年三宅島噴火にともなう微小地震活動, 昭和58年10月

3日三宅島噴火および災害に関する調査研究, 自然災害特別研究突発災害研究成果, 文部省科学研究費No. 58022004, 55-67.

浜田隆士(1984): 火山島の自然環境変遷とその人為との相互作用に関するシステム科学的研究, 昭和57, 58年度文部省特定研究報告書, p16.

§ 3. 三宅島噴火と同島周辺のテクトニクス*

3.1 はじめに

伊豆諸島の三宅島を中心とした新島, 神津島, 三宅島, 御蔵島等を含む海域は, 地震が多数発生する場所である。これらの島々はいずれも火山島であるが, とくに三宅島は, 古来, 噴火発生頻度の多い活火山である。

この章では三宅島を中心として半径約80km以内の地域で起こった浅発地震と三宅島の噴火との関係をテクトニクス的に調べたものである。この研究に用いた資料は気象庁(中央気象台)発行の気象要覧, 地震月報, 地震月報別冊, 火山報告によった。

3.2 三宅島周辺のテクトニクスと地震活動

三宅島はフィリピン海プレートの北端部近くに位置しており, 東方約200kmには日本海溝を, 北な

いし北東数十kmには相模トラフを, また, 北西約100kmには駿河トラフを控えており, かなり複雑なプレートの運動が予想される所にある。

そこで, 三宅島周辺の海底地形をみると, 複雑なプレートの運動や火山活動を反映して生成したと思われる3つの海嶺が北北東から南南西に走っていることがわかる。すなわち, Fig.3.1に示した新島, 神津島, 銭洲等を連ねる海嶺(以下, 銭洲海嶺と呼ぶ), 三宅島, 大野原島を含む海嶺(以下, 三宅海嶺と呼ぶ), 及び, 御蔵島から^{イテンバツ}蘭灘波島に延びる海嶺(以下, 御蔵海嶺と呼ぶ)である。Fig.3.1は海嶺上の島及び浅瀬を連ねた図である。

一方, 三宅島周辺で起こる地震には, 上述の3つの海嶺で発生する浅発地震群と, 三宅島東方の日本海溝付近から西方に向けて次第に深さを増す深発地震群とがある。前者の地震は三宅島付近では深さ0~40km程度であるが, 後者のそれは100~200kmも

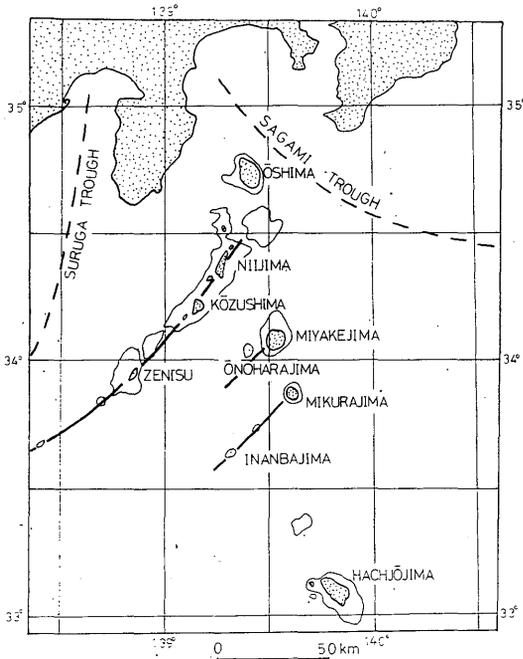


Fig. 3.1 Tectonic map around Miyakejima Volcano. There are three tectonic ridges; (1) Niijima-Kozushima-Zenusu ridge, (2) Miyakejima-Onoharajima ridge, and (3) Mikurajima-Inanbajima ridge.

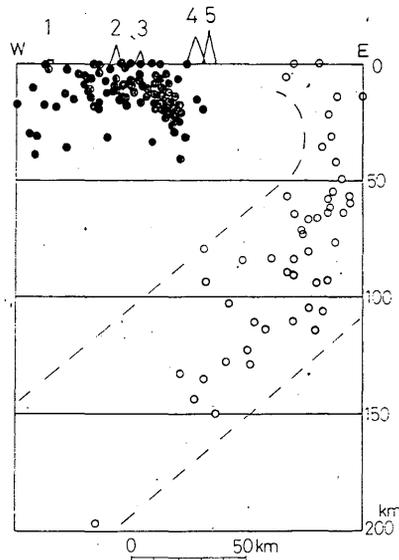


Fig. 3.2 Focal distribution around the Miyakejima Volcano projected on the east-west cross section (1: Zenusu, 2: Kozushima, 3: Niijima, 4: Miyakejima, 5: Mikurajima). Hypocenters within 150km in E-W direction and 150km in N-S direction are plotted. Discussion is restricted to shallow earthquakes (solid circles) around the volcano.

* 気象研究所地震火山研究部 田中康裕, 地震予知情報課 西出則武, 高橋道夫

Table 3.1 Monthly frequencies of earthquakes around Miyakejima Volcano. Bold letters indicate swarm activities. A seismograph was installed at Miyakejima Weather Station on 1961. The numbers of upper sides for the years 1961 and 1962 show the frequencies in cases when no seismograph was installed. These are equivalent to the frequencies before the year 1960. The numbers of lower sides for the years 1961 and 1962 show the frequencies of earthquakes with S-P time less than 7 seconds at Miyakejima. There are equivalent to those after the year 1963. The frequencies before the year 1940 are not uniformly counted. See Table 3.2 and text.

Year.	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Total
1926	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1927	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1928	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
1929	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
1930	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
1931	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	4
1932	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	2
1933	0	0	0	0	1	1	1	1	0	1	0	1	6
1934	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	1	5
1935	0	1	0	0	0	0	2	154	119	20	0	1	297
1936	2	0	0	0	0	1	2	1	0	0	0	92	98
1937	5	1	2	0	0	0	1	0	0	3	0	0	12
1938	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	5
1939	1	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	4
1940	0	1	5	0	1	0	11	0	0	0	0	1	19
1941	0	3	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	5
1942	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	2
1943	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	140	140
1944	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	8	9
1945	26	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	27
1946	1	0	0	1	0	0	0	2	1	2	0	2	8
1947	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	3
1948	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2
1949	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1950	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
1951	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	3
1952	2	1	0	4	2	7	1	0	0	1	3	1	22
1953	0	0	3	1	0	0	0	0	2	0	2	2	10
1954	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	2	0	4
1955	0	3	0	0	0	1	15	1	0	0	4	0	24
1956	0	1	11	0	0	1	1	198	18	2	1	247	480
1957	6	1	1	2	1	1	1	1	1	1	97	3	116
1958	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
1959	1	0	1	0	5	2	0	6	0	0	0	0	15

Year	Jan.	Feb.	Mar.	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sep.	Oct.	Nov.	Dec.	Total
1960	0	0	0	0	0	1	23	1	2	0	0	0	27
1961	0	0	1	2	7	2	0	0	0	0	0	3	15
1962	0	0	0	0	34	8	7	767	408	14	9	8	1255
	2	0	3	2	304	93	57	Many	2705	112	64	14	>3356
1963	11	7	3	4	5	7	3	3	20	2	20	3	88
1964	1	0	0	1	11	1	1	2	2	7	1	16	43
1965	6	6	3	24	6	24	40	65	4	50	5	16	249
1966	5	1	3	9	67	14	17	33	23	6	16	18	212
1967	16	6	6	84	5	26	4	5	22	11	4	2	191
1968	11	112	4	5	5	2	7	0	12	4	10	7	197
1969	4	8	2	12	26	14	7	12	2	17	14	3	121
1970	8	4	2	5	8	10	1	9	9	11	11	9	87
1971	11	3	6	1	6	5	8	4	5	2	2	3	56
1972	3	2	2	5	5	7	5	6	2	8	7	6	58
1973	6	6	4	8	5	5	5	2	4	6	4	5	60
1974	4	2	4	5	9	91	24	8	3	1	2	18	171
1975	3	1	5	3	6	1	1	18	6	12	4	542	602
1976	26	16	5	53	10	19	6	2	13	14	13	6	183
1977	8	4	10	7	5	3	15	8	12	8	7	13	100
1978	4	6	4	14	5	5	10	5	6	28	6	9	102
1979	3	7	4	6	7	6	4	5	10	7	6	4	69
1980	5	5	3	4	5	7	39	5	195	7	4	5	284
1981	3	6	33	6	2	6	4	7	5	3	4	2	81
1982	6	3	3	4	8	2	2	32	27	1	4	1975	2067
1983	111	58	71	19	59	39	10	57	75	2089	110	35	2733
1984	32	30	49	23	25	18	29	11	4	7	3	19	248

あるので、両者は震源の深さによって区別できる。Fig.3.2は1963~1983年に三宅島を中心として東西150km、南北150kmの範囲で起こったマグニチュード4以上の地震の深さの分布を東西断面で示したものである。

3.3 三宅島周辺の浅発地震の発生状況

1926~1984年の間に三宅島周辺で発生した浅発地震の月別回数をTable 3.1に示す。この表で、初期のところにおける地震回数が近年のそれに比べて著しく少ないのは、気象庁の地震観測網の整備が年代とともに進み、地震検知能力が向上してきたためである。

三宅島周辺の地震を検知するためには、その近く

に地震観測点を配置する必要がある。ところで、三宅島に近い東海地方や伊豆半島の気象官署は1930~1940年の間に設立されたものが多く、このころ三島、網代、御前崎、河口湖(船津)、大島、尾鷲、静岡などで相次いで地震観測が開始された。そのため、三宅島周辺の地震の検知能力は年々向上し、地震発生数は見かけ年々増加した(Table 3.2)。こうして気象庁の地震観測網の形態がととのったのが1940年ころであり、それ以降1960年ころまでの間は、これらの観測点によって同程度の観測精度が保たれていた。

Table 3.2 Number of earthquakes around the Miyakejima Volcano, and opening time of the observation station

Year	frequency	Name of the station and its opening time
1926	0	
1927	0	
1928	1	
1929	1	
1930	1	MISHIMA (June)
1931	4	AJIRO (March)
1932	2	OMAEZAKI (December)
1933	6	KAWAGUCHIKO (January)
1934	5	
1935	297	
1936	98	
1937	12	
1938	5	OSHIMA (November)
1939	4	OWASE (September)
1940	19	SHIZUOKA (January)

また、1961年には三宅島測候所に地震計が設置されたので、それ以後は三宅島周辺の地震の検知能力は格段と向上した。Table 3.1で1961年と1962年の欄の地震回数には、三宅島での地震観測がないと仮定した場合(上段の数字)と、三宅島測候所の地震計で観測したS-Pが7秒以下及びそれ相当の地震回数(下段の数字)が比較してある。

このように、気象庁の地震観測網は年代とともに変わってきたが、地震検知能力については、1926~1940年が向上期、1940~1960年が一応安定した時期、1961~1983年が検知能力が一段と向上した状態で安定な観測を行った時期とみなすことができる。これらの時期に観測された三宅島周辺の地震の平均回数は次のとおりである。

1926~1940年：2回/月

1939~1962年：8回/月

ただし、1961、1962年の資料はそれ以前の観測精度に合わせて計算した。

1961~1983年：31回/月

Fig.3.3は1939~1962年に三宅島周辺で発生した浅発地震の月別回数である。この期間に三宅島には1940年と1962年とに噴火があったので、この図はその2回の噴火に伴った地震、並びに両噴火の間に起こった地震の発生状態をみるためのものである。

この地震はマグニチュードがほぼ4以上のもの、及び、島内の一部で人体に感じた局発地震等である。

Fig.3.4は1961~1983年の三宅島周辺の浅発地震の月別回数で、1962年及び1983年の両噴火に伴った地震、並びに両噴火の間に起こった地震の発生状況がわかる。

Fig.3.3, 3.4を通じて、三宅島周辺の地震は群発する性質のあることがわかる。

一方、1940年の噴火と、それ以前の地震活動との関係を調べるためには1940年の噴火からその前回の1874年の噴火までさかのぼった全期間の地震を調べる必要があるかもしれないが、古い時代には地震計測資料がないので、それは不可能である。そこで、ここでは、1940年の噴火から15年間さかのぼった1926年以降の地震の調査にとどめた。この期間にはTable 3.1に示したように、1935年8~10月、及び、1936年12月~1937年1月に群発地震があった。

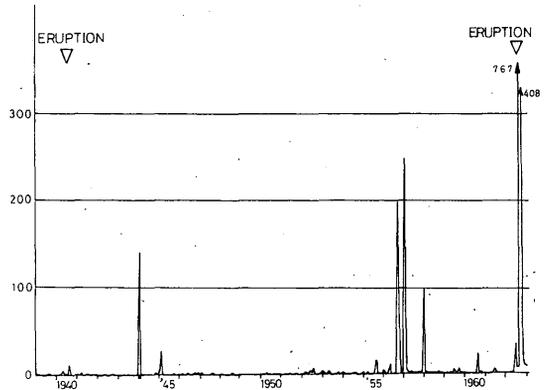


Fig. 3.3 Monthly frequencies of earthquakes around Miyakejima Volcano in the period from 1939 to 1962. These data are picked up from the "Seismological Bulletin" and the "Geophysical Review" published by the Japan Meteorological Agency, and the detection capability could be considered to be approximately uniform throughout this period. Monthly mean frequency is approximately eight times.

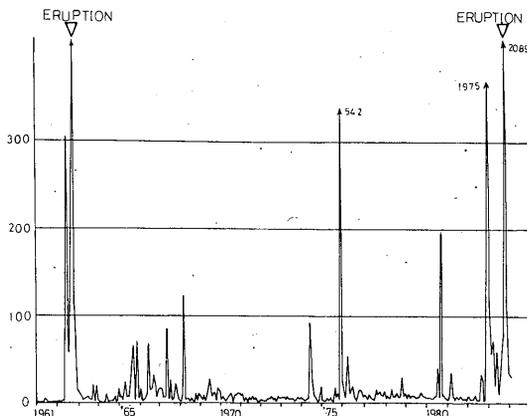


Fig. 3.4 Monthly frequencies of earthquakes of which the S-P time at the Miyakejima Observatory is seven seconds or less. A high gain seismometer was installed at the observatory in 1961, and the detection capability has been uniform since then. Monthly mean frequency is approximately 31 times.

3.4 群発地震発生域

Fig.3.5 は三宅島の1940年の噴火以降1962年の噴火直後までの間に発生した三宅島周辺の地震の震央分布である。Fig.3.3に示した地震のうち、1ヶ月の地震発生数が平均値を上まわった時の地震を群発地震扱いとし、その震央が求められたものすべてを記載してある。図中の黒丸は1962年の噴火前、白丸は噴火直後の群発地震の震央である。

同一時期の群発地震の震央域はまとめてかこい、そのわきに発生年月を示す数字を記入してある。この図から、一時期の群発地震は狭い地域で集中して発生するが、次の時期の群発地震は別の地域で集中する性質があることがわかる。こうして、発生時期の異なる群発地震が回を重ねるうちに、震央は三宅島北西方の銭洲海嶺、及び南の御蔵海嶺のほぼ全域に分布するようになった。しかしそのころ、三宅海嶺の三宅島を中心とした半径約20kmの範囲では地震の起こらない空白域が現われていた。このような現象があった後、1962年8月になって三宅島で噴火が起り、続いて、この空白域の主要部を埋めるような地域で群発地震が発生した。

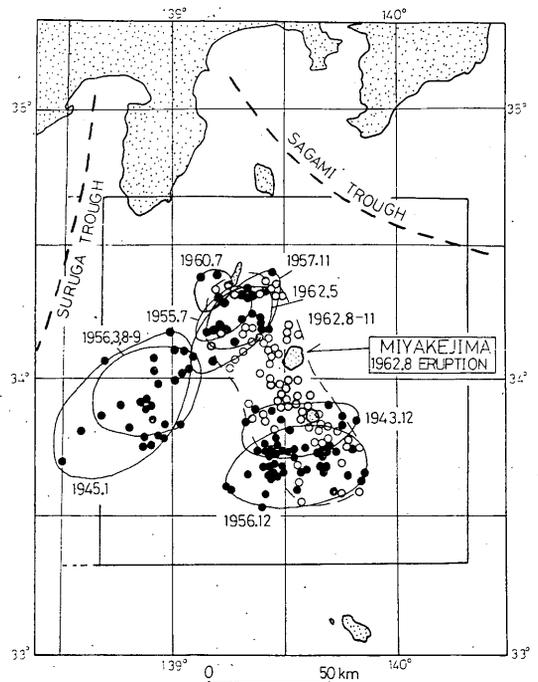


Fig. 3.5 Earthquake swarm activities that occurred in the period from the eruption of 1940 to just after the eruption of 1962. All swarms of which the monthly frequency is greater than the mean frequency are plotted. Before the eruption of 1962, the seismic gap is observed near Miyakejima Volcano, and the gap is filled by the seismic activity just after the eruption.

なお、この海域の地震の震央位置には約10km以内の誤差が見込まれるが(市川・望月, 1971), その誤差を考慮しても震央分布図の大勢は変わらない。

1962年の噴火後には三宅島島内で多数の地震が発生したが(水上・他, 1963, Minakami, 1964), それらは気象庁の地震観測網では震央がきめられない程マグニチュードの小さな地震であった。

次に、1962年の噴火以降1983年噴火前までの間、及び1983年の噴火直後の地震についても、上述と同様な方法で群発期を選び、その震央地域を調べた。すなわち、Fig.3.4に示した地震の群発期における震央分布はFig.3.6のようになった。

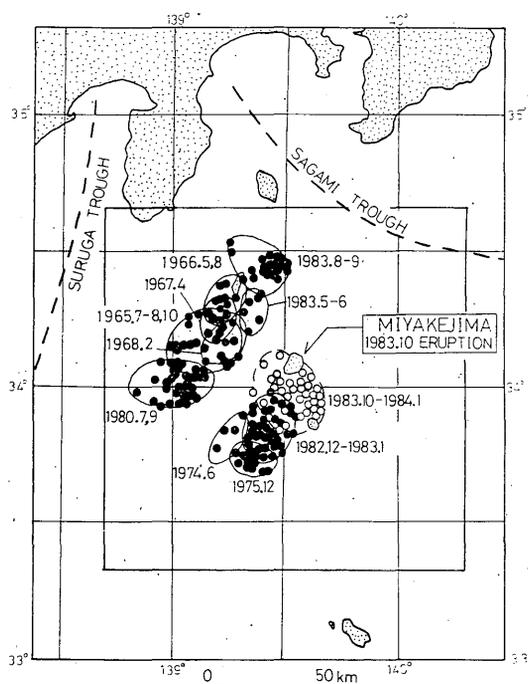


Fig. 3.6 Same as Fig. 3.5, but the eruption of 1983.

この図からわかることは、1983年10月の噴火のときも、1962年8月の噴火の場合と同様、噴火に先立って銭洲海嶺及び御蔵海嶺で地震が群発し、かつ、三宅島付近には地震空白域ができていたことである。さらに、噴火直後に起こった群発地震(Fig.3.6の白丸の地震)によりこの空白域の主要部は埋められた。このことも、1962年の噴火の場合とよく似ている。

また、1983年の噴火後にも、1962年の噴火後と同様、三宅島島内で微小な火山性地震が多数発生したが(宮崎, 1984, 植木・他, 1984), 気象庁の地震観測網では震源が求まらないものが多かった。

このように、1962年、1983年の両噴火と三宅島周辺の地震の発生状況には多くの共通した特徴があった。

気象庁で地震計測が行われるようになってから、三宅島には1940年にも噴火があったので、次に、この噴火と群発地震の震央域との関係について調べた。前節でも述べたが、古い地震資料については1926年までしかさかのぼれないが、1926~1940年の間に起こった群発地震の震央はFig.3.7に示したように銭洲、御蔵両海嶺にあった。このことから、1940年

の噴火前には、三宅島付近が地震空白域になっていたことはほぼたしかである。

一方、1940年の噴火に伴った地震、及び噴火直後の地震の数はきわめて少なく、気象要覧に記されている地震は、噴火直前及び噴火初期に三宅島内で人体に感じた数回と、若干の無感地震だけである。したがって、この程度の小規模な地震活動で三宅島付近の地震空白域の全域を埋めたとは考えられない。このように、1940年の噴火直後の地震の起こり方は、1962年及び1983年の噴火直後のものとくらべて著しく違っていた。その原因については次節で述べることにする。

Fig.3.5~3.7に示した三宅島周辺の地震は、その震央位置の誤差を考慮しても、銭洲、三宅、御蔵の3つの海嶺域に分布していることは明らかである。これらの地震は、その発生場所、深さ、起こり方等からみて、三宅島の火山性地震ではないとされている。しかし、この節で述べてきたように、周辺海嶺や三宅島の噴火との関連が考えられなくはないので、三宅島火山とはテクニクな関係を持つ地震だと考えられる。

3.5 噴火直前の地震及び噴火後の地震

三宅島には有史時代に14回の噴火記録がある。このうち、1643年(江戸時代)以降に起きた9回の噴火については、噴火や地震の様子が記録に残されている。ここでは、震災予防調査会(1918)、一色(1960)、田中(1963)、宮崎(1984)の資料に基づき、1643年以降の噴火とそれに伴った地震の特徴をまとめた。

Table 3.3は1643年から1983年までの間に起こったすべての噴火について、噴火直前の地震、噴火継続時間、噴火後の地震の概要を示したものである。

一般に、安山岩質の火山では噴火の何日も前からその前駆地震が発生することが多いが、玄武岩質の火山では、噴火の前駆地震は発生しにくいとされている。三宅島は玄武岩質の火山であって、噴火の1~2時間前にならないと前駆地震が観測されなかったことがTable 3.3からわかる。この地震は噴火発生地点の近くだけで人体に感じるような微小地震で、前節までに述べてきた三宅島周辺の地震とは異なっている。多くの場合、鳴動を伴い、震源は三宅島内の浅い所にある。これこそ、三宅島の噴火に前駆

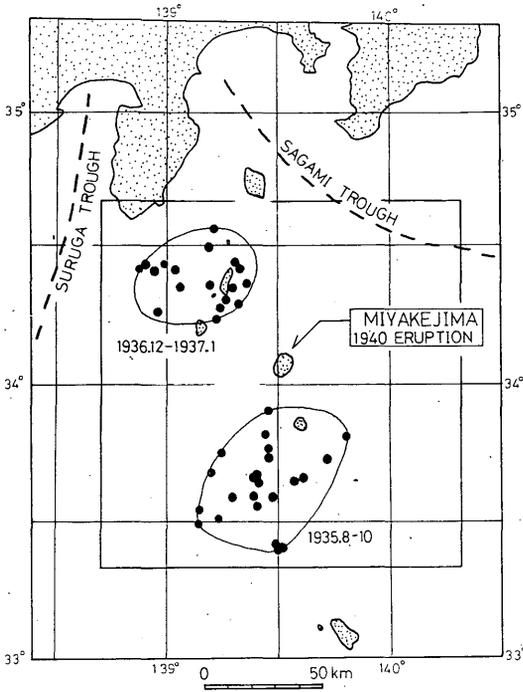


Fig. 3.7 Same as Fig. 3.5, but for the eruption of 1940, on which the available date are less sufficient. It is inferred that the seismic gap had also appeared near Miyakejima Volcano before the eruption of 1940.

する火山性地震で、マグニチュードは2以下のものが多く、震央近くにおける精密な地震観測網によってのみ震源が求められる。

噴火後の地震活動については次のような特徴があげられる。

すなわち、噴火が短時間（おおむね2日以内）で終わった場合には地震活動が活発であるが、長く続いた場合には余り活発でない。このことから、噴火が短時間で終わると、大量の物質を地上へ一挙に放出するため、地下に応力の急激な不均衡を生じ、それを開放するために地震が長く群発する、という解釈ができる。

噴火が短時間で終わり、後の地震が活発だったのは1811, 1835, 1962, 1983年の噴火の場合である。噴火が長く、後の地震活動が短かったのは、1643, 1712, 1763, 1874, 1940年の噴火の場合である。

なお、噴火直後には、噴火地帯で小さな火山性地震が群発するが、これについては3.4節で述べた。

3.6 三宅島周辺の地震のメカニズム

Fig.3.8は1926年から1983年までの間に三宅島周辺で発生したマグニチュード4以上の地震の震央、及び、おもな地震（マグニチュード5以上で、20ヶ所以上の観測資料がある地震）のメカニズムを記載したものである。同図の両側に書いたメカニズムを示す円は、大円がマグニチュード6以上、小円が5~5.9の地震である。メカニズムは上半球投影で、

Table 3.3 Records of durations of eruption and earthquake occurrences before and after the eruptions at Miyakejima Volcano in historical times. Eruptions in 1811, 1835, 1962 and 1983 continued for a short period, but they were accompanied by many earthquakes. Other eruptions continued over a long period of time, but they were accompanied no earthquakes after the eruption.

	Year of eruption	Duration of pre - earthquake	Duration of eruption	Duration of post - earthquake
1	1643	2 hours	3 weeks	no record
2	1712	1 ~ 2 hours	2 weeks	do
3	1763	?	7 years	do
4	1811	?	1/2 day	1 week
5	1835	Short time	1/2 day	10 days
6	1874	3 ~ 4 hours	2 weeks	no earthquake observed
7	1940	1 hour	4 weeks	do
8	1962	2 hours	1.3 days	4 months
9	1983	1 hour	1/2 day	1 week

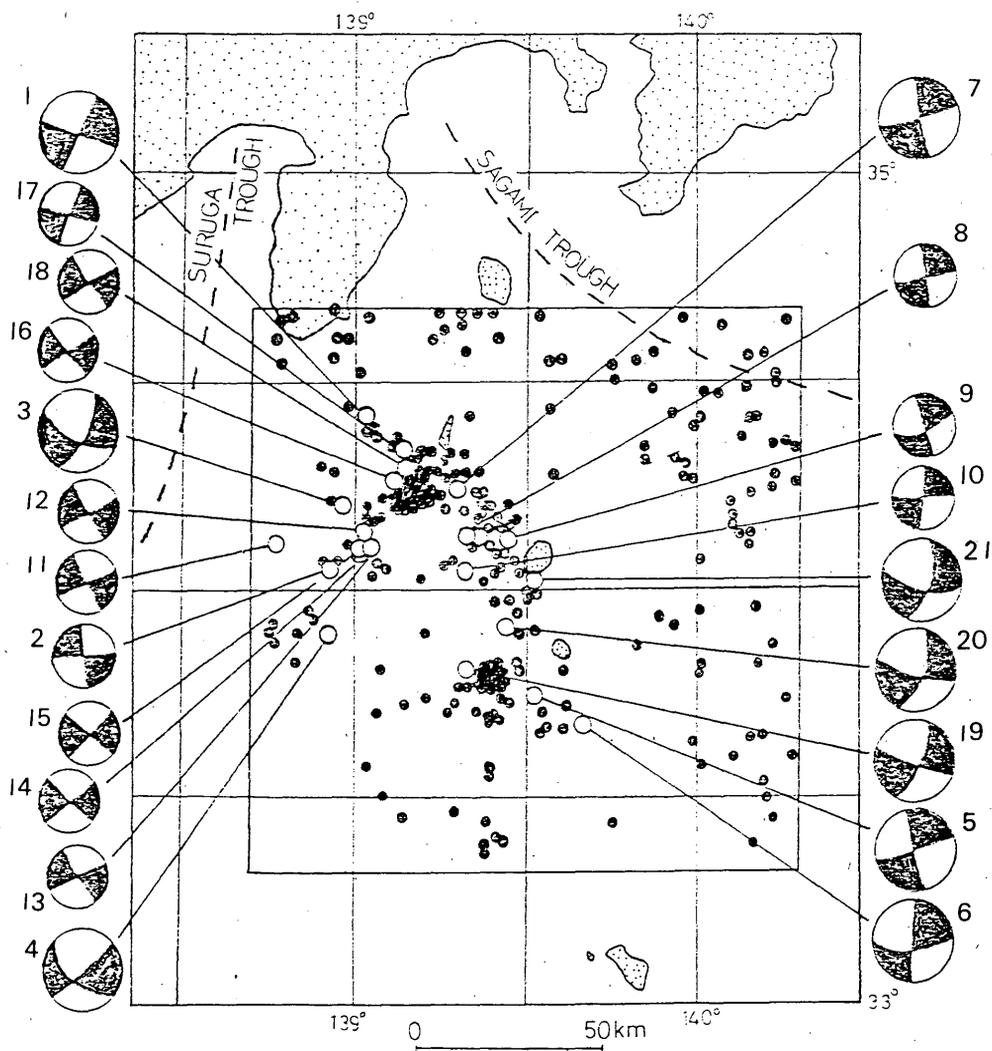


Fig. 3.8 Epicenter ($M \geq 4$) distribution around Miyakejima Volcano in the period from 1926 to 1983, and focal mechanism solutions (upper hemisphere; open: dilatation, solid: compression) for major shallow earthquakes. Large and small circles of mechanism solutions indicate $M \geq 6$ and $6 > M \geq 5$, respectively. The parameters of the earthquakes shown in this figure are listed in Table 3.4.

白色部はP波初動が引き、黒色部は押しの領域を表わしている。なお、Table 3.4はFig.3.8のおもな地震の表であり、メカニズム解の各要素も同時に示した。

Fig.3.8の各地震のメカニズムはすべてstrike slip型をしている。そして、西側の地震のグループは張力軸が東-西ないし西北西-東南東方向であるのに対して、東側のグループは西南西-東北東ないし南西-北東である。これは伊豆半島北でユーランアブ

レートと衝突したフィリピン海プレートが、駿河トラフと相模トラフとに分かれてもぐり込んで行くために生ずる張力場を反映しているものと考えられる。すなわち、西側のグループはフィリピン海プレートの駿河トラフへの沈み込みを強く反映し、東側のそれは相模トラフへの沈み込みを強く反映している。この論説は中村(1979, 1984)によっても既に述べられている。

Table 3.4 Parameters of hypocenters and mechanism solutions of earthquakes shown in Fig. 3.8. Azimuth is given in degree measured counterclockwise from north. I and N in column remarks, indicate that mechanism solution is after Ichikawa (1971) and Nishide, respectively.

No.	Origin time					Long.		Lat.		Dep.	M.	POLE A		POLE B		P		T		Remarks
	Y	M	D	H	M	D	M	D	M			H	AZ	DIP	AZ	DIP	AZ	IN	AZ	
1	36	12	27	09	14	139	02	34	25	0	6.3	69	90	159	90	24	90	114	90	I
2	40	01	27	23	50	138	56	34	02	10	5.7	4	90	94	90	139	90	49	90	I
3	44	12	09	03	20	138	58	34	11	20	6.3	62	72	325	71	14	63	284	90	N
4	56	08	13	01	59	138	56	33	53	50	6.5	39	89	308	59	358	68	259	69	I
5	56	12	22	05	10	139	32	33	44	0	6.0	15	90	285	84	240	86	330	86	N
6	56	12	23	08	12	139	40	33	40	0	6.0	0	67	270	89	47	75	313	74	N
7	57	11	11	04	20	139	18	34	14	0	6.0	11	88	281	88	56	90	326	87	N
8	62	05	05	20	11	139	20	34	07	20	5.8	12	90	102	90	57	90	147	90	I
9	62	08	26	15	48	139	27	34	07	40	5.9	17	69	287	89	64	76	330	75	I
10	62	08	30	07	36	139	19	34	02	10	5.8	83	90	173	90	38	90	128	90	I
11	63	06	03	16	35	138	47	34	06	31	5.9	31	84	121	86	346	89	76	83	N
12	65	11	06	07	02	139	02	34	08	7	5.2	30	90	120	90	165	90	75	90	I
13	65	11	06	17	57	139	02	34	05	14	5.6	53	90	143	90	188	90	98	90	I
14	66	05	15	01	59	139	01	34	05	8	5.4	49	90	139	90	184	90	94	90	I
15	66	05	15	02	04	139	01	34	04	8	5.5	43	90	133	90	178	90	88	90	I
16	67	04	06	15	17	139	09	34	15	12	5.3	33	90	123	90	168	90	78	90	I
17	67	04	06	17	49	139	10	34	20	7	5.2	69	90	159	90	24	90	114	90	I
18	67	04	07	08	28	139	09	34	17	10	5.2	33	90	123	90	168	90	78	90	I
19	74	06	27	10	49	139	20	33	48	0	6.1	69	73	338	88	22	77	115	80	N
20	82	12	28	15	37	139	26	33	54	16	6.4	75	69	341	82	26	69	119	82	N
21	83	10	03	22	33	139	32	34	01	15	6.2	76	69	338	71	27	61	117	89	N

一方、銭洲、三宅、御蔵の3海嶺に並ぶ島々及び浅瀬は、いずれも火山であること、三宅島周辺の地震はこれらの海嶺に集中発生していること、三宅島ではときどき噴火が発生すること等の事象から、海嶺—地震—火山(噴火)の3者は、互に無関係とは言えないように思われる。また、地震のメカニズムが示す圧力軸及び張力軸の方向からみても、一部の地震は海嶺の方向に沿って破碎を生ずるような力が地殻に働いていることを示唆している。その原動力はフィリピン海プレートの動きにあるが、そのエネルギーが海嶺域に蓄積されて、地震や三宅島の噴火となって放出しているのだと考えられる。

3.7 むすび

三宅島周辺の浅発地震と同島の噴火との関係を調べ、次のことを明らかにした。

1) 三宅島周辺には3つの海嶺があり、それらの海嶺域で浅発地震が集中発生している。

2) 三宅島の噴火は同島付近に地震空白域ができた後に発生する。

3) 三宅島の噴火直後には、上述の地震空白域を埋めるような地域で地震が群発することが多い。

4) 三宅島の噴火直後の地震は、噴火が短期間で終わった場合は顕著に群発するが、長期間続いた場合は余り活発ではない。噴火が短時間で終ると応力に不均衡を生じ、それを開放させるために地震が長く群発すると考えられる。

5) 三宅島周辺の浅発地震のメカニズムはすべて strike slip 型である。その主圧力軸及び主張力軸の方向は、フィリピン海プレートの流れ及び相模、駿河両トラフと震源との位置関係に左右されている。

6) 一部の地震は海嶺の走向に沿って破碎を生ず

るようなメカニズムを示しており、地震発生のためのエネルギーが海嶺に蓄積されるとともに、三宅島噴火の原動力になっていると考えられる。

7) 三宅島噴火の1~2時間前から噴火地帯近くで小さな火山性地震が発生する。これは火山活動に直接関係した噴火の前駆地震である。

8) 三宅島噴火直後にも三宅島島内ではマグニチュード2以下程度の小さな火山性地震が群発する。

参考文献

Ichikawa, M. (1971) Reanalyses of Mechanism of Earthquakes which occurred in and near Japan, and Statistical Studies on the Nodal Planes Solutions Obtained; 1926-1968, *Geophys. Mag.*, **35**, 207-274.

市川政治・望月英志(1971): 近地地震用走時表について。気象研究所研究報告; **22**, 229-290.

一色直記(1960): 5万分の1地質図幅説明書, 三宅島。地質調査所, 10-21.

水上武・平賀士郎・宮崎務・伊東喜久子・行田紀也(1963): 三宅島噴火とそれに伴った群発地震について。火山2集, **8**, 33-41.

Minakami, T. (1964): The 1962 Eruption of Miyake-sima, One of the Seven Izu Island, *Japan. Bull. Volcanol.*, **27**, 225-234.

宮崎務(1984 a): 三宅島火山の活動史。自然災害科学総合研究班, No. B-58-4, 5-9.

宮崎務(1984 b): 1983年10月3日三宅島噴火後の地震活動。自然災害科学総合研究班, No. B-58-4, 35-54.

中村一明(1979): 駿河トラフ東方の主応力線 - プレートの曲り, 地震, 2集, **32**, 370-372

中村一明(1984): フィリピン海プレート北端の変動と三宅島噴火, 地球, **66**, 738-743.

震災予防調査会(1918): 日本噴火志(上), 震災予防調査会報告, **86**, 103-106.

田中康裕(1963): 1962年の三宅島の噴火(III), 験震時報, **28** 別冊, 23-28.

田中康裕(1984): 三宅島噴火と周辺の地震活動, 地球, 6巻12号, 732-737.

植木貞人・清水洋・小山順二・村上栄寿・堀修一郎・松沢暢・高木章雄・田中和夫(1984): 1983年三宅島噴火にともなう微小地震活動, 自然災害科学総合研究班, No. B-58-4, 55-67.

§ 4 三宅島の噴火前後に伊豆大島の体積歪計に現われた現象

4.1 埋込式体積歪計*

地震の前兆現象を捕捉し直前予知に結びつけるため、気象庁では、地震予知連絡会によって観測強化地域に指定されている、東海および南関東の31地点に埋込式体積歪計（以下、歪計と略す）を設置して、地殻歪の連続観測を実施している（松皮他、1983など）。

この歪計は、直径11.4cm、長さ375cmの円筒状の地中変換部（Fig.4.1）と地上の観測装置とから成立っていて、地下50~300mに埋込まれた感部は周囲の岩盤に固着されている。岩盤の収縮・膨張に伴って、受感部（S）のオイルは伸縮自由なベローズ（B）に入出入りする。そのベローズの伸縮変化を電

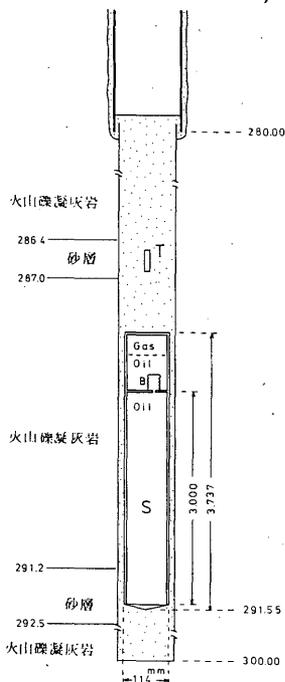


Fig. 4.1 Illustration of the embedded volume strainmater.

The instrument is installed at the bottom of the well.

B: Bellows, S: Sensor section,

T: Thermometer

氣的に検出し、増幅して、長周期成分（LP）と短周期成分（SP）に分離している。長周期成分はベローズの変位そのもので、長期間の歪変化を見る。短周期成分は、約2時間より長い周期の変化をカットして、更に50~100倍に増幅し、短時間の微細な変化を見るのに適している。（観測部地震課、1979）。

4.2 伊豆大島の歪計

伊豆大島（以下、大島と略す）の歪計は、大島測候所構内（標高185m）に垂直にボーリングした291mの孔底（海面下106m）に埋設され、1981年5月から観測を行っている。埋設地点の201m以深の地質柱状図をFig.4.2に示す。

地表面から深度39.7mまではコアの採取が不能であった。深度39.7~201.0mは、途中143.3~146.1mの間が凝灰岩である他は玄武岩であり、多孔質な部分が多くを占めている。

標尺 (m)	深度 (m)	柱状図	地質名	色調
210	201.00	V V	玄武岩	赤黒色
	209.70	V V		灰白色
220	218.00	V V	玄武岩	赤黒色
	224.20	V V		灰白色
230	229.60	V V	凝灰岩、凝灰岩の互層	黄褐色
	234.30	V V		灰白色
240	240.00	V V	凝灰岩	黄褐色
	249.00	V V		灰白色
260	250.00	V V	玄武岩	灰白色
	260.00	V V		黒色
270	285.40	V V	火山礫凝灰岩	黒色
	270.90	V V		灰白色
280	280.00	V V	凝灰岩	灰白色
	290.00	V V		灰白色
300	300.00	V V	凝灰岩	灰白色

Fig. 4.2 Cross section of the columnar illustration of the boring at Izu-Oshima Weather Station.

(Depth: 201- 300 m)

* 地震予知情報課 技術解析係 佐藤馨, 二瓶信一, 福留篤男, 上地清市, 上垣内修

地中変換部が埋設してある深度300m付近の地質は黒灰色の火山礫凝灰岩であり、全体によく固結している。礫の直径は2~5mm位で、まれに1~2cm位の角礫が混入している。しかし孔底部291.2~292.5mと286.4~287.0mは軟質で砂状になっている。埋設した歪計の底部と上部の位置に相当する。

Fig.4.1には、孔底における埋設状況も併せて示す。図で見る通り地中にある歪センサーは、膨張剤を添加したモルタルによって岩盤に結合されている。歪計の上部約1m付近に直径32mm、長さ250mmの容器に入った温度計(T)がモルタルの中に埋込まれている。なお、地表より深度280mまではケーシングパイプが挿入され、孔壁とのすき間にはフルホールセメンティングの処理がされている。

4.3 埋設の効果

モルタルは、当初、硬化によるセメントの化学反応と膨張剤の化学反応による発熱がある。このため温度が上昇し、その後は放熱により次第に周囲の温度まで下降する。

歪計は1℃の温度上昇に対して 10^{-4} ストレインのオーダの縮みの影響がある。

この他、モルタルの硬化に伴う体積変化があるが定量的には分っていない。

Fig.4.3(B)には温度観測値を、(C)に観測開始以来の積算歪を示してある。

図に示すように観測当初は急激な伸びの現象があるが、大島での観測は歪計埋設1ヶ月後から行っているため、埋設後1年位は、岩盤の動きの他に、これら埋設に伴う変化が含まれている。

4.4 温度変化

大島は火山島のため、地中温度による影響を考慮して、前項で述べたように歪計上部のモルタルの中に温度計を埋込んである。

センサーは水晶発振式で0.5℃の絶対精度を有し1/1000℃の分解能がある。

前述の通り、観測初期は急激な温度低下を示していたが(Fig.4.3-(B))、1年経過後の1982年5月末には安定して 16.270 ± 0.001 ℃の状態が1年間続いた。1983年5月末になって、測定誤差の範囲ではあるが、30日当り1/1000℃で上昇をはじめ、最近では上昇の速度がやゝ速くなっている。

4.5 歪計に現れた現象

1983年10月3日の三宅島噴火・地震活動をはさんで、大島の歪計記録に、2・3の特異な現象が見られたので報告する。

なお期間中、気圧補正係数はほぼ一定であり、年1回毎の歪計の感度検定においても感度差は3%以下であった。

以上のことから、歪計と周囲の岩盤とのカップリングおよび歪計の感度に変化はない。次に述べる諸現象は測器系に起因するものではなく、地中の自然現象と考えられる(沢田他, 1984)

(1) 永年変化

Fig.4.3(C)によれば、観測初期の急激な伸びを除外して、1982年1月頃から、歪変化は縮みのセンスを示していたが、三宅島の活動の直前の10月2日に変化傾向が急変した。活動前後における変化率の比は約10対1である。1984年2月中旬から再び縮みの変化が次第に大きくなり始め、活動から10ヶ月以上経過した8月では、活動前の変化率にはほぼ等しい状態になっている。

さらに詳しい変化を見るために、1982年1月以降について一次式によりトレンドを除去した(Fig.4.3(D))。1983年10月~1984年1月を除いて、 10^{-6} の大きさの、季節変化とはみえない2~10ヶ月でゆっくりと伸び縮みする動きがある。

周期1ヶ月以下の帯域における歪変化をみるために、チェビシェフ近似関数によるフィルター特性(石井他, 1978)を利用した、ここでは約30日以下の周期成分は除かれるように次数を選んで近似値を求め、これと歪データとの差からFig.4.3(F)を得ている。この中には停電、伝送障害、ステップ、降水などの影響も含まれているが、 10^{-7} のオーダの現象や1ヶ月前後の周期成分なども認められる。

三宅島活動直前の1983年8・9月は振幅が大きいが、1982年にも同程度の変化があり、降水の影響も含まれていて特に三宅島の活動との関連性は言えない。しかし1983年10月~1984年1月は、この帯域においても変化が非常に小さかった。

気圧補正はきれいに処理されているので、測器系の特性に変化があったとは考えられず、1983年10月~1984年1月は、きわめて特異な期間であったといえよう。

Fig.4.3(E)の矢印は、歪計の観測開始以来、大島から100km以内のM6以上の地震の発生時を示す。

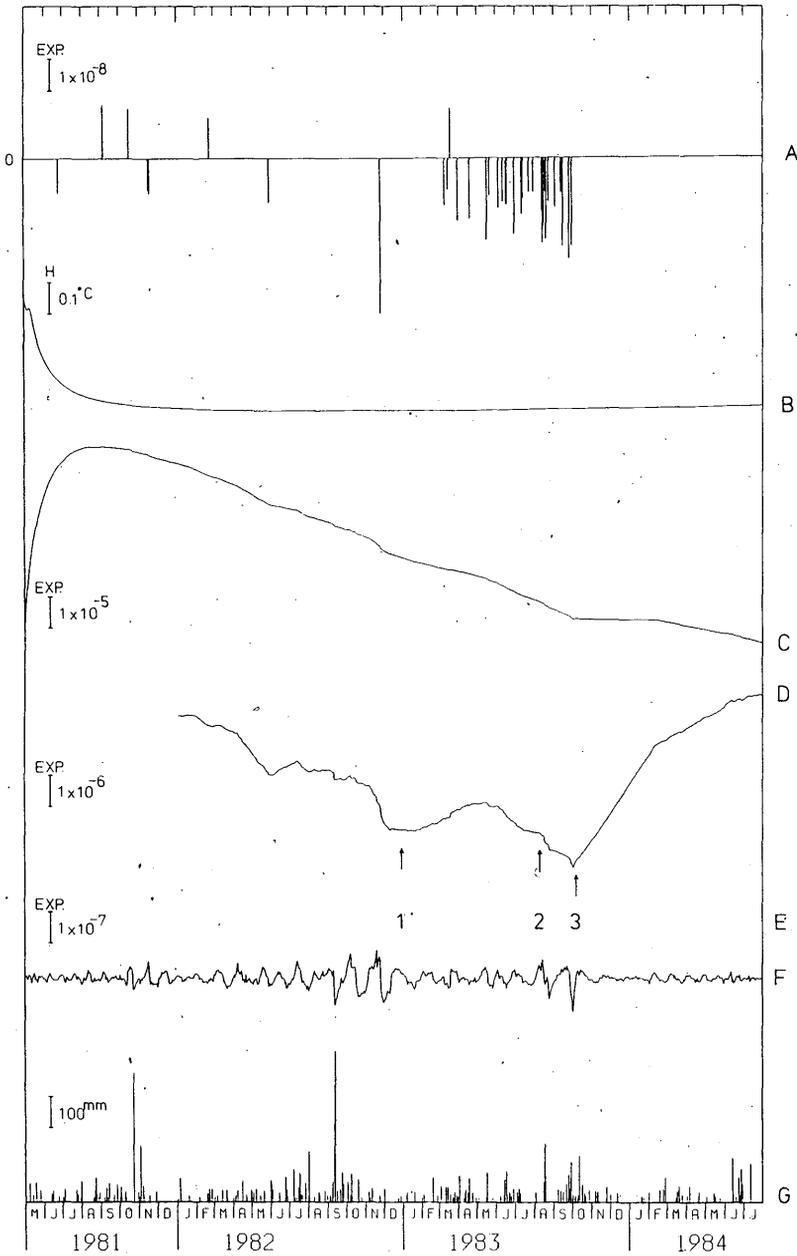


Fig. 4.3 Observed data at Izu-Oshima.

- A: Daily quantity of steplike events (upside for expansion and downside for contraction one).
- B: Temperature at the bottom of the well.
- C: Secular variation of the strainmeter.
- D: Strain variation after January, 1982. (The trend was eliminated.)
- E: Earthquakes near Izu-Oshima. ($\Delta \leq 100\text{km}$, $M \geq 6$)
- F: High pass filtered (30days) strain variation.
- G: Daily precipitation.

図中の番号を以下に示す.

- ① 1982年12月28日 三宅島近海 M=6.4
- ② 1983年 8月 8日 神奈川・山梨県境 M=6.0
- ③ 1983年10月 3日 三宅島近海 M=6.2

これらの地震によって歪計に現れたコサイスミックステップの大きさは、 10^{-9} のオーダーであった。

Fig.4.3 (G)は、大島測候所における日降水量を示す。一般に地殻変動観測における降水の応答は複雑で、設置条件、周辺媒質、地下流水系などを考慮しなければならない。大島の歪計の埋設深度は約300mであり、歪の変化には降水の影響も含まれていると見なければならぬ。ちなみに、1982年9月11・12日の日降水量は249mm, 470mmという記録であったが、歪変化との関係は未だ解析されていない。

(2) ステップ状変化の発生

大島の歪計には、1981年6月からFig.4.4に示すようなステップ状の変化が発生している(以下ステップと略す)。Fig.4.3 (A)に、大きさが 1×10^{-8} 以上のステップの発生状況を示す。図からわかるように1983年5月頃から発生回数が増え、8・9月は、回数も変化の大きさも増加した。 10^{-8} 以下の微小なステップはこの他にも発生している。そして三宅島の活動直前の1983年10月1日20時30分を最後に、1984年7月18日に再び発生するまでの9ヶ月余の期間停止した。再発後は、発生頻度は低く、また変化量の大きさも活動前に比べ小さい。

ステップが地下のどのような現象に起因するものか解明されていないが、他の歪観測点においても、多くの場合縮みのセンスで現れている。大島でもほとんどが縮みのセンスで生じていたため、縮みへ進行

中の積算歪を、さらに縮みへ押し進める作用を有する。

(3) 潮汐の変化

大島の歪計で観測された地球潮汐の振幅は(M_2 にして 10^{-8} オーダー)、観測開始以来ほぼ一様に増大し続け、1984年はじめまでに30%程度も大きくなった。但し、全期間を通じて位相の変化はなかった。岡田港の潮位記録には、この現象に対応する変化は認められていない。今回の三宅島の活動の前後でもこの増大傾向に変化は認められなかった(沢田他, 1984)。

地球潮汐振幅の増大傾向は、他の30点の歪観測点のいずれにも見られず、大島だけの現象である。

4.6 まとめ

以上述べたように、歪の変化傾向の変化、ステップ状変化の発生一停止、観測開始以来続いている地球潮汐の振幅の増大等の現象が、今回の三宅島の活動の前後に発生したため、その関連性が注目されている。特に今回の三宅島の活動では、噴火7時間後にM6.7の地震を伴ったということがあり、広域応力場の変化の面からも検討が必要であろう。

しかし、1982年1月からのデータでは、観測期間が短いため、今回観測された歪現象が、三宅島の噴火と地震活動に直接対応できるものか、あるいは、大島でよくある現象が偶然重なったものかは、今後のデータの蓄積と種々の解析を待たねばならない。

参考文献

石井紘, 佐藤俊也, 立花憲司 (1978) : 秋田地殻変動観測所における地殻変動観測(3), 測地学会誌, 24, 3, 122-131.

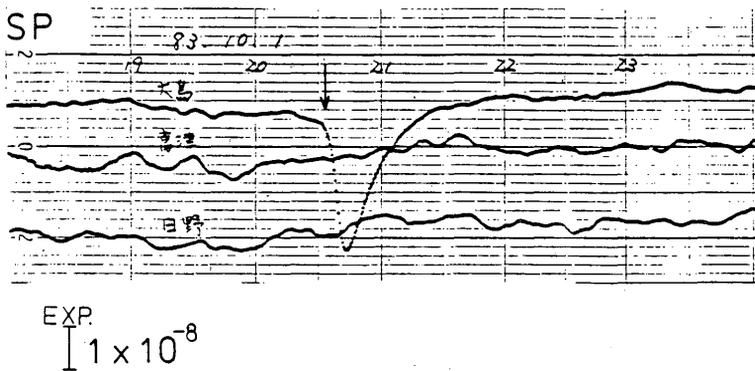


Fig. 4.4 An example of steplike record.

観測部地震課(1979):地殻変動連続観測と埋込式歪計(I),測候時報,46,1~2,9-25.

沢田可洋,福井憲一,佐藤馨,二瓶信一,福留篤男

(1984):1983年三宅島噴火前後に伊豆大島の体

積歪計に現われた特異な現象,火山,投稿中.

桧皮久義,佐藤馨,二瓶信一,福留篤男,竹内新,

古屋逸夫(1983):埋込式体積歪計の気圧補正,

驗震時報,47,3~4,91-111.

§ 5. 雄山山頂部噴気地帯の活動の推移

5.1 噴気地帯の形成

1962年(昭和37年)8月24日雄山北東山腹で噴火が発生し多量の溶岩を流出したが、噴火活動停止後約8ヶ月を経過した1963年4月雄山山頂火口の北西側に噴気活動が再活発化し、1年以上経過した1963年9月には、山頂の噴石丘の北西側斜面でも新たな噴気地帯(第二噴気地帯)が形成されているのが確認された。これらの噴気地帯は現在も活動している(Fig.5.1)。三宅島測候所では噴気地帯が確認されてから年3回の現地観測を実施している。

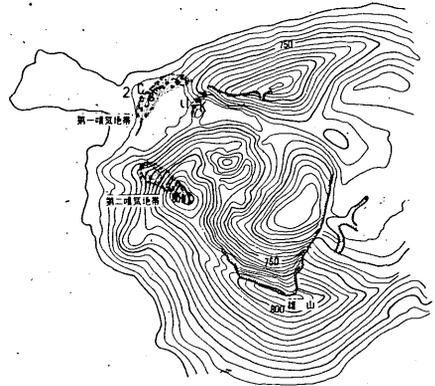


Fig. 5.1 Location of the fumarolic area on the NW outer slope of the summit crater of Oyama, the highest peak in Miyakejima.

5.2 噴気地帯の活動推移

いくつかの観測点における地中温度、噴気温度

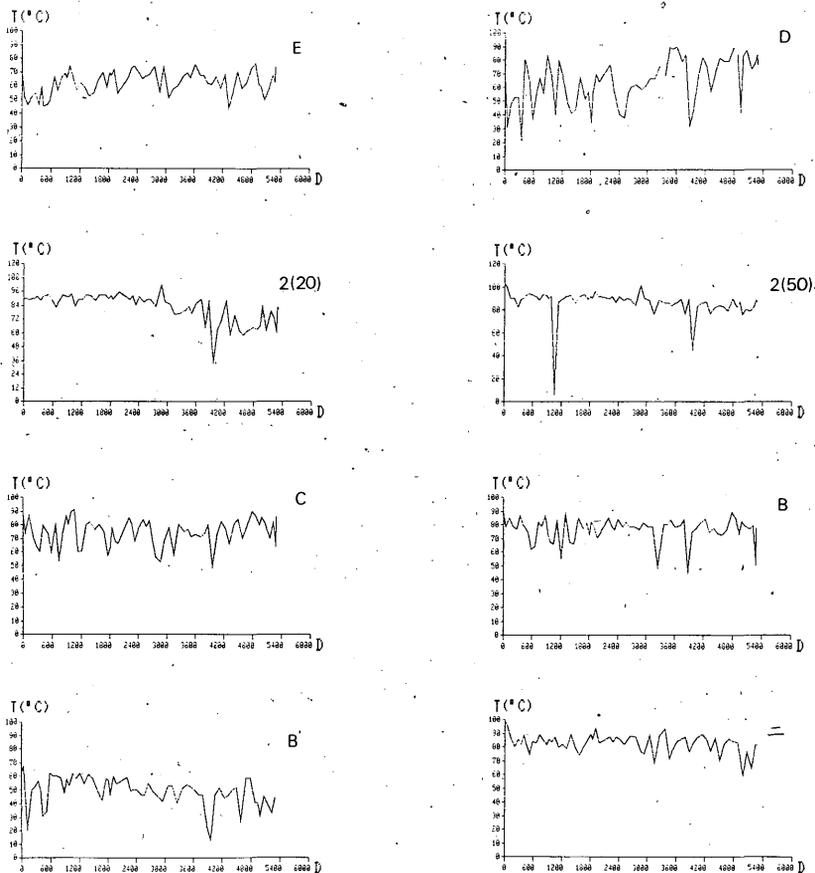


Fig. 5.2 Underground or fumarolic temperature at 8 sites in the fumarolic area.

* 地震火山業務課 安藤邦彦, 宇平幸一, 三宅島測候所 荒木卓次

の推移をFig.5.2に示す。一般に噴気温度より地中温度の方が安定しており、また地中温度でも20cm深より50cm深の方が安定性が良く、熱的状态の変化を知るには信頼性が高い。Fig.5.2で2(50)と示されたグラフ(地点2に於ける50cm深の地中温度の意、地点2についてはFig.5.3参照)からは、測定器の不調が原因と思われる異常に低い測定値を除くと徐々に温度が低下しているのがわかる。また、地中温度については、ニ、5、噴気温度については、B'、A'、Aで徐々に温度の低下が見られる(測定地点はFig.5.3参照)。なお、Fig.5.2のグラフの横軸はすべて、1969年4月24日を起点に各測定日までの日数を示した。

一方、BおよびCにおける噴気温度は経年変化がほとんど見られず、またE、Dでは逆に上昇傾向にあるようにも見える。ただし、Dの場合には変化が大きいのでこの増加が統計的に有意なものか疑わしい。

以上述べてきたように、測定点ごとに経年変化の様子は異なるため各測定点について変化傾向をまとめたものをFig.5.3に示す。第二噴気地帯の①でプラスになっているが、変化量としては小さいものである。Fig.5.3から噴気地帯の北端を除くと全般的な傾向として熱的活動の低下が見られる。また、噴火前

に活動が活発化した傾向はどの点にも現われていない。

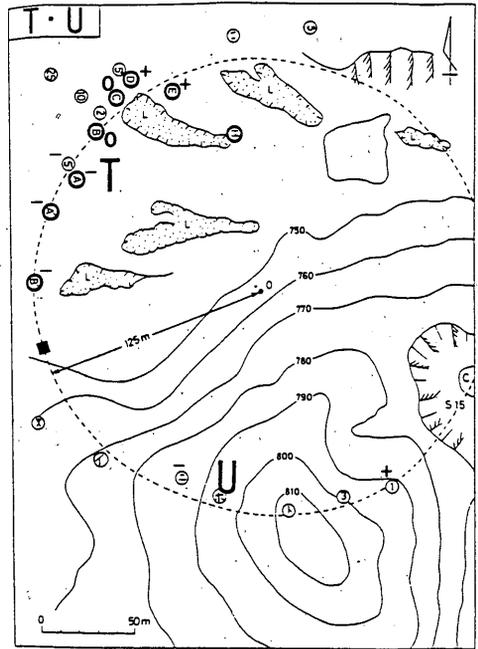


Fig. 5.3 Secular variation of temperature at each observation point.

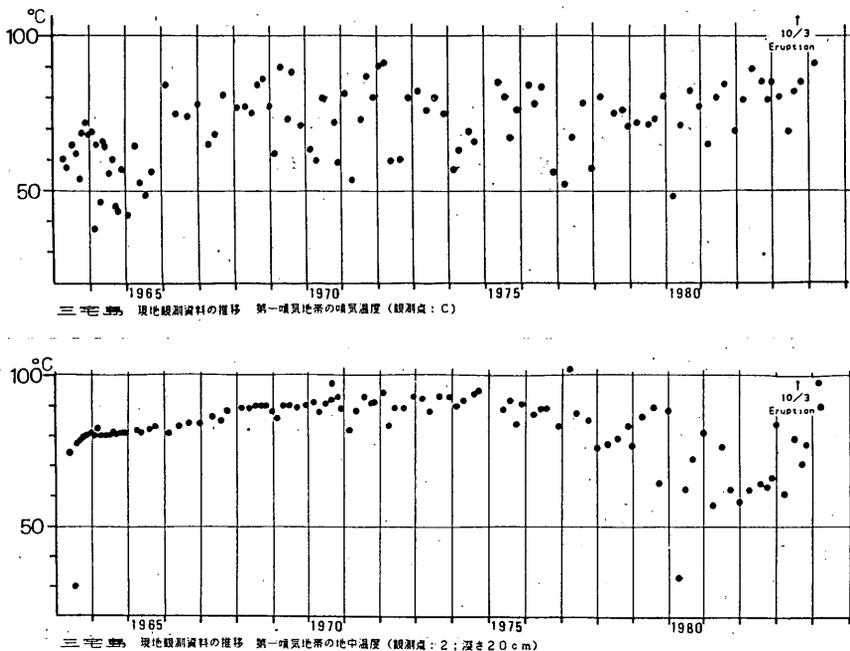


Fig. 5.4 Fumarolic temperature at point C and underground temperature at point 2.

§ 6. 三宅島の空中赤外熱映像など画像資料の解析*

6.1 はじめに

三宅島の1983年10月の噴火の前に、地熱地帯などで熱的異常が発生していたかどうか、また、噴火によって流出した新溶岩の熱的状态を把握する等の目的で、1983年中に撮影された三宅島の空中赤外熱映像、空中写真、及びLANDSAT画像を収集、解析した。

収集できた資料は次の10件である。IRは空中赤外熱映像、VISは空中写真の略、カッコは撮影者である。

(I) 噴火前のもの

- 1) 4月21日夕刻。IR, VIS. (航空自衛隊)

(II) 噴火後のもの

- 1) 10月5日16時ころ。IR, VIS. (航空自衛隊)
- 2) 10月5日19時ころ。IR. (アジア航測)
- 3) 10月6日10時ころ。IR, VIS. (航空自衛隊)
- 4) 10月7日09~11時。IR, VIS. (航空自衛隊)
- 5) 10月7日09時ころ。IR. (中日本航空)
- 6) 10月7日14時ころ。VIS. (朝日航洋)
- 7) 10月13日11時ころ。IR. (航空自衛隊)
- 8) 10月25日09時ころ。LANDSATのMSS可視画像4種類. (宇宙開発事業団)
- 9) 10月25日10時ころ。IR. (航空自衛隊)

これらの映像は昼間撮影されたものが多いので、赤外映像には日射の影響がかなり大きく出ている。それでも、これらの映像を火山観測に多少なりとも活用する道を探るため、あえて解説を試みた。

6.2 1983年4月21日の地熱異常地域の検出

この日のVISの撮影は日没前であったので、三宅島島内の地形がよく判読できる写真が得られた。一方、同日のIRの撮影は日没ころに行われたので、日射の影響が少なくなっていた。

三宅島全体を一枚のIRに撮影した映像からは、1962年噴火による溶岩流が見かけ上高温に現われていたことと、山頂に以前からある噴気地帯が高温に現われていた以外は、とくに変わった様子はなかった。1962年噴火の溶岩流上にはまだ植物が生えていない

ため、輻射率がまわりの地表よりわずかに大きいことが原因して、IR映像では高温に見えるが、実際にはまわりの地表と同じ温度である。

Fig.6.1は山頂部を撮影したIR映像から判読した外輪山内の高温部である。図中で黒色部(A~L)は高温に見える所であるが、このうち、真の高温部はAのみで、他は輻射率によって見かけ上高温になっている所である。Fig.6.1の中の黒色部の概要は次のとおりである。

A₁ : 第1噴気地帯

A₂ : 第2噴気地帯

B, C, D, E, F, G, I, J, K : 露岩。昼間の日射で温められた影響が残っている。

H : 池(雨水をためた人工池)。昼間の日射の影響で温い。

L₁, L₂, L₃ : 道路

a : 放牧中の牛の群

なお、上記の判読結果を確かめるため、1983年6月、気象庁の火山機動観測班により現地調査をもらった。

これまでに知られていた三宅島の地熱高温地帯は山頂の中央火口丘にある「第1噴気地帯」及び「第2噴気地帯」と呼ばれている所だけであったが、この日のIRでも、そのことが確かめられた。また、6月の火山機動観測によっても、1962年の噴火による溶岩流並びに噴火地点は完全に冷えており、山麓、山腹、山頂の全地域を通じて、地熱高温地帯は上記の2つの噴気地帯以外には見あたらなかった。勿論

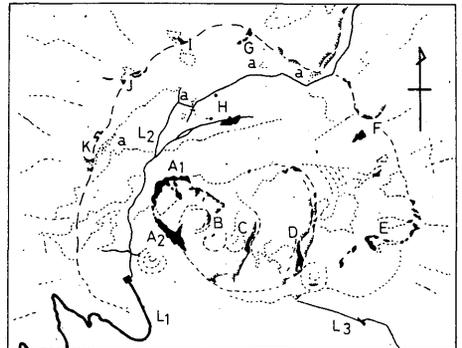


Fig. 6.1 High temperature areas on the summit of Miyakejima, detected from the airborne infrared thermal image taken on April 21, 1983.

* 気象研究所 田中康裕, 澤田可洋

1983年10月に噴火した中腹の村営牧場の噴火地点にも熱異常域は観測されなかった。

6.3 噴火発生地点(村営牧場)付近の地表状況の変化

Fig.6.2は1983年4月21日撮影のVIS画面に、同年10月3日の噴火が始った村営牧場付近の新火孔群、溶岩流、降下噴出物の状況を10月5, 6, 7日に撮影されたVISから読み取って、重ねた図である。

この付近は牛の牧場になっているため、道路、植樹、牧草地、建物などが整然としている。なお、火孔群と溶岩流の形状については大島(1984)の調査結果も参照した。

溶岩流は割れ目火口群の西側に分布している。また、溶岩は既存の樹木や地形の影響を受け、細長い支流を作っている。

空中写真から容易に識別できる降下噴出物堆積物は、新生した火孔群の周辺と風下にあった牧草地である。火孔近くでは降下噴出物が厚く堆積して樹木を覆ってしまったり、あるいは高熱のため樹木を焼失させた。また、火口群の東～東北東方向の樹木は変色しているため、降下噴出物があったことがわかるが、枝葉の陰で地表に落ちている噴出物は見えない。牧場の東部一帯を覆った噴出物の内に見られる北西—南東方向に平行した何本かの線は、高熱のため枯死した樹木の列である。なお、降下噴出物は

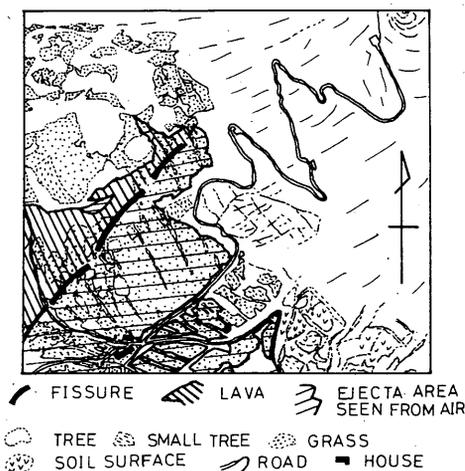


Fig. 6.2 Change of ground surface due to the October 1983 Eruption, around the uppermost craterlets in the village pasture ground.

最上部の火孔とその北東方向を結ぶ直線以南の地域に分布しており、山頂に通づる登山路上には少量ではあるが、山頂まで黒色の降下物が見られる。

6.4 航空自衛隊撮影のIR映像の解析

三宅島の噴火は10月3日15時30分ころ始ったとされている。この噴火では溶岩の流出、新火口丘の生成等、顕著な現象が起こったが、翌4日の朝には噴火活動は終わった。

噴火当初は噴火地点、溶岩流の形態や温度、降下火山砂礫の分布状態を一刻も早く知って、それを防災対策に資する必要がある。航空自衛隊ではいち早く噴火地帯のIRを撮影するとともに、その後もときどき撮影し、その資料を防衛庁を通じて提供してくれた。

このIRは検出器の赤外波長域が広いこと、撮影毎に検出レベルを変更していること、熱映像にグレースケールがないこと、日射の影響がある時間帯に撮影していること、などで、厳密な温度の検出はできない。また、地形の起伏の大きい地域を広い範囲にわたって一度に撮影しているため、映像を地形図上に正確に対応させることはかなり困難である。しかし、溶岩流や地形の概要を迅速に判読する上では大変有効であった。

これらのIR画像は白黒写真印画であったが、溶岩流の状態を求めめるため、気象研究所の衛星資料解析装置(台風研究部所有)を用いて解析した。

IR画像はスキヤニングデンスイメータにより100μm/ピッチでグリーン輝度を0~255(0が輝度値最大)のレベル(1レベル/8bit)に変換した。溶岩流は高温部として検出されているため、輝度レベルを0~5の範囲で抽出し、噴出物はやや温度が低いので5~50のレベル値で表示させ、その他の地表部の輝度レベルも合わせ8色のカラー表示を行った。

Fig.6.3の(a)~(h)は10月5~25日に撮影したIR画像の処理結果を時間順に並べたものである。図中の実線域は輝度レベルの高い領域で、これは溶岩流の外形にほぼ対応する。斑点域は輝度レベルを溶岩流と植物の生えた地表との間の値に設定した領域で、降下噴出物地域及び日射の影響のあった地域が含まれている。各図には撮影月日時、撮影高度、航空機の進行方向(太実線)、海岸線(太点線)などが示してある。

Fig.6.3の(a), (b)は10月5日の映像を処理したものである。両者の撮影時刻には30分の時間差があるが(a), (b)の溶岩流の外形は著しく違い、(b)は(a)より明瞭である。これは夕刻に近い日射と地上風の影響だと考えられる。溶岩が海へ流れ込んだ粟辺海岸や新鼻の新火口では海水の高温域も検出された。

Fig.6.3の(c)は10月6日の映像で、溶岩の流れに沿ってできた溶岩流内の筋状構造がよく見えた。これはIR装置の走査方向あるいは天候、日射等による効果と思われる。

Fig.6.3の(d), (e)は10月7日の映像である。両者撮影の時間差は約50分である。撮影高度、撮影コースは両者で違っているが、溶岩流の形状はよく似たものが得られた。これはFig.6.3の(a), (b)の場合と大変違う。午前の日照のためだと思われる。(d), (e)とも、日照の影響により、村営牧場東部の降下噴出物

の輝度レベルが高く表われている。また、粟辺海岸及び新鼻の海水の高温域の輝度レベルも高い。

Fig.6.3の(f)は10月13日の映像である。映像中に雲があったため一部が見えないものの、溶岩流の形状には変化がなく、外形がより明瞭になった。

Fig.6.3の(g), (h)は10月25日の映像で時間差は約15分である。撮影高度に差はあるが両者の画像処理結果は良く似ており、これは時間差が小さいこと、撮影コースがほぼ同じであるためであろう。噴火発生から約3週間以上たっているが粟辺地区の海水中には高輝度域が見られる。

Fig.6.3(g)は(d)と撮影高度、撮影コース、撮影視野がほぼ同じである。(d)と比べ、(g)では溶岩流内に残された原地表や外形が明瞭であるが、山頂火口や村営牧場付近の噴出物域もかなり広く表示されている。このことは溶岩流本体と山頂火口域、噴出物域との輝度レベルの差が小さくなってきたためであり、両者の温度差が小さくなってきたことを反映しているものと考えられる。

以上の解析により、溶岩流や噴出物降下域の形状と表面温度の推移をある程度判定できることがわかった。撮影の高度、撮影コース、撮影時間、検出レベルが一定であればより有効な火山の熱的現象解析への利用が可能であろう。

OCT. 5, 16:17
(16,730 ft)

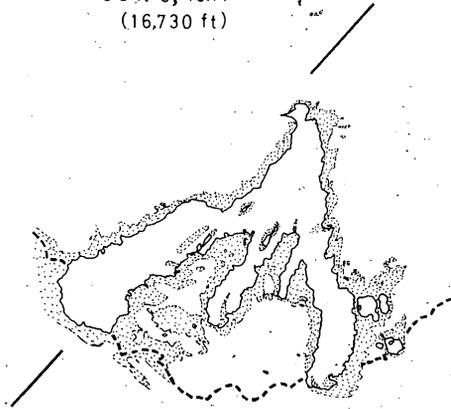


Fig.6.3(a)

OCT. 5, 16:43
(6,400 ft)

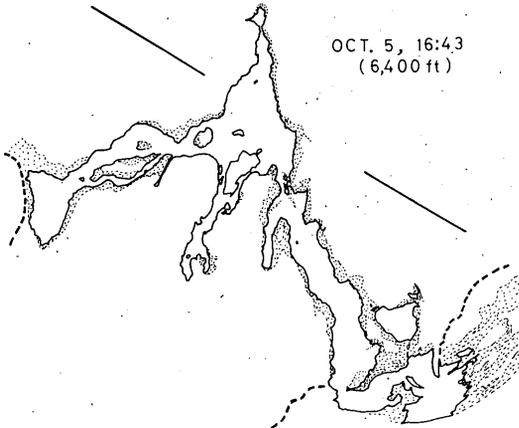


Fig.6.3(b)

OCT. 6, 10:43
(5,960 ft)



Fig.6.3(c)

OCT. 7, 09:12
(15,080 ft)

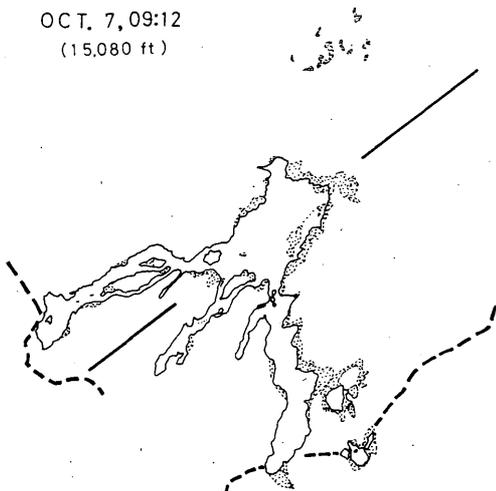


Fig.6.3(d)

OCT. 25, 10:22
(15,750 ft)

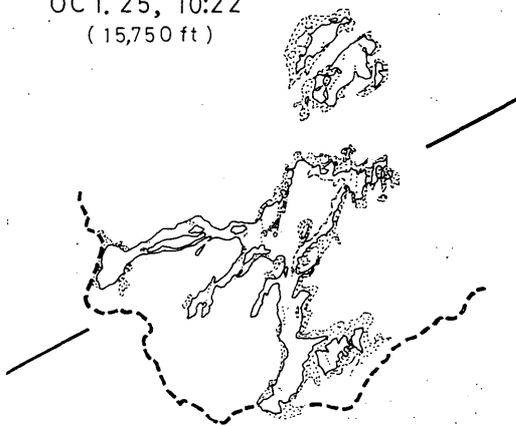


Fig.6.3(g)

OCT. 7, 10:02
(4,380 ft)

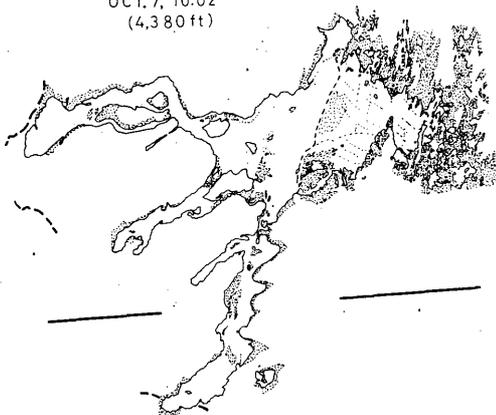


Fig.6.3(e)

OCT. 25, 10:37
(5,860 ft)

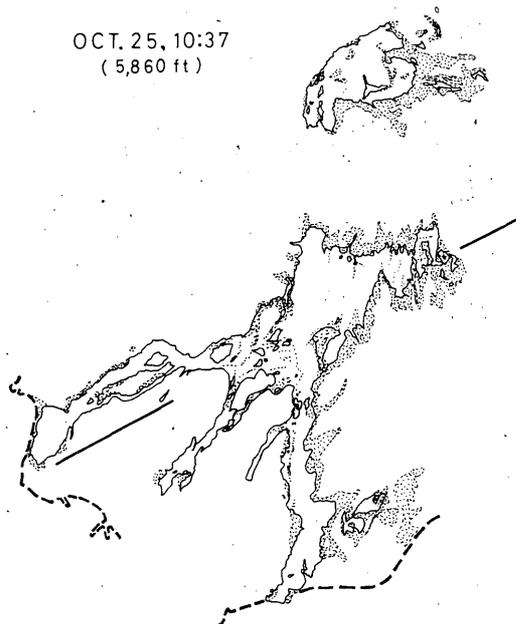


Fig.6.3(h)

OCT. 13, 10:45
(13,100 ft)

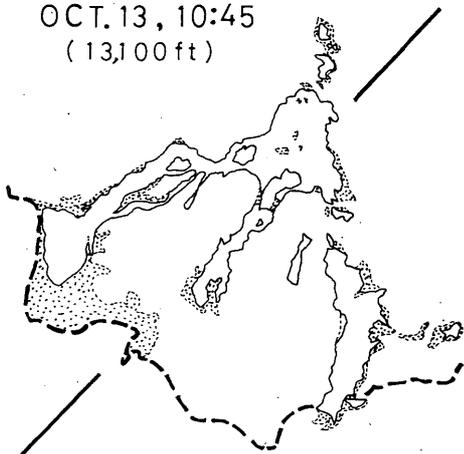


Fig.6.3(f)

Fig. 6.3 (a)-(h) High-temperature areas obtained by the Artificial Satellite Date Analysis System of the Meteorological Research Institute from airborne infrared thermal images.

6.5 熱的状態の考察

前節で述べたIR映像を肉眼で見ると、不鮮明ながら、溶岩流内の筋状構造や狭い低温域が識別できる。しかし、衛星資料解析装置を使うと、その分解能の制約があり、余り細部までは識別できない所もある。そこで、IR資料に肉眼による判読も加え、輝度などで明らかに補正を要する部分はこれを行い、民間の航空会社が実施したIR映像も参考にしながら、噴火後の三宅島の熱的状態の変遷を追った。

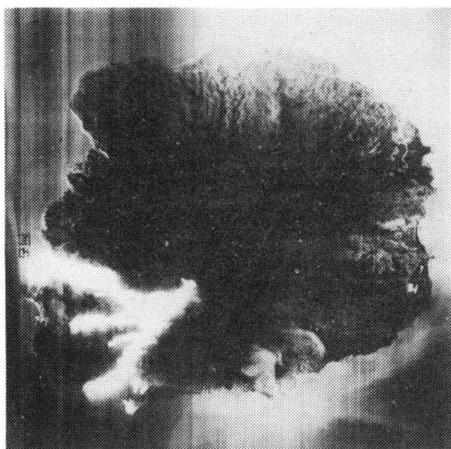


Fig. 6.4 Airborne infrared thermal image taken at 1617 JST on October 5, 1983 (Taken by the Air Self-Defence Force, Japan. By courtesy of the Defence Agency)

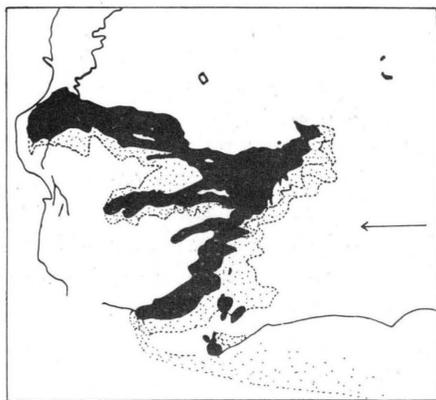


Fig. 6.5 High-temperature areas at 1617 JST on October 5, 1983.

(1) 10月5日のIR

Fig.6.4はFig.6.3の(a)と同じIRである。この映像から真の高温部と思われる所を抽出したのがFig.6.5である。画面は若干ゆがんでいるが、噴火地帯の全要を知ることのできた最初の映像であった。

この映像の撮影は噴火終了後約30時間たったときのものであり、高温域が新溶岩流の全域と新溶池、新鼻などの新生火口地域に見られる。また、溶岩流の南側及び東側の温度がやや高いのは、風で熱気が流されているためと、一部はまだ高温な降下噴出物の堆積によるためであろう。海に流入した溶岩の先端から東側では海水が温められている状態もわかる。噴火前から山頂にあった第1噴気地帯及び第2噴気地帯の高温部も鮮明に現われている。人工的な物体としては、道路や貯水池も高温に写し出されているが、それらの状態から推測して、Fig.6.3に書き入れた高温域は $15^{\circ}\text{C}\sim 1000^{\circ}\text{C}$ くらいと考えられる。

一方、この映像を撮影した同日の日没後、アジア航測株式会社によって三宅島全域をカバーするIRが撮られた。この映像を解析して、高温部を地図上に重ねたものがFig.6.6である、10月3日の噴火地帯についてはほぼ 20°C 以上、山頂の高温域については 15°C 以上の高温域をとり出してある。また、Fig.6.7は噴火地帯の溶岩流等の温度分布の概要を示したものである。噴火により新生した割れ目状火口に沿って最も高温を示す地帯が現われている。

阿古部落に堆積した溶岩流の中央部の高温域は、溶岩流のために発生した火災によるものかもしれない

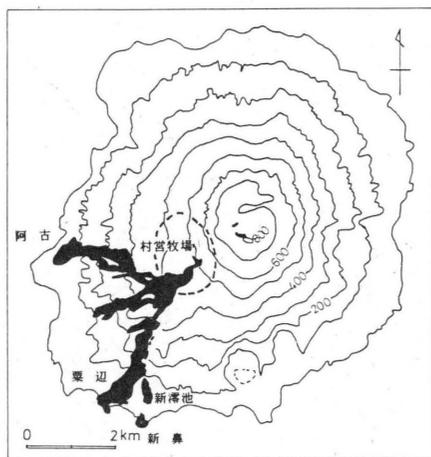


Fig. 6.6 High-temperature areas at around 1900 JST on October 5, 1983.

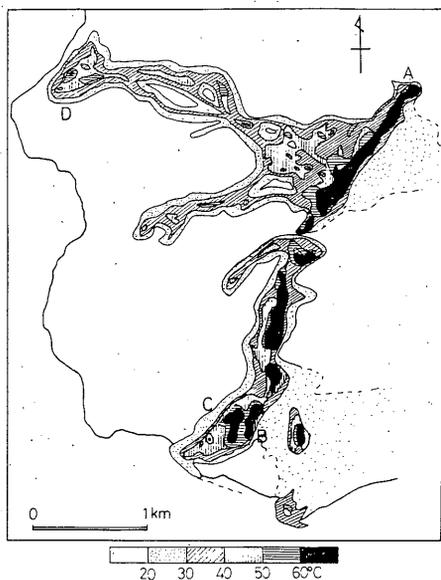


Fig. 6.7 Isothermal distribution in the new lava flow at around 1900 JST on October 5, 1983.

い。新濤池西方の溶岩流内の高温部には新生火口はないが、溶岩流の堆積が厚いためか、異常に高温である。

なお、この温度は溶岩流が外気と接触している表面の平均温度であるから、溶岩の内部では、これよりはるかに高温である。ちなみに、筆者等が10月8～9日に熱電対温度計で測定した溶岩温度は次のとおりである。

- Fig.6.7のA点：759℃
- “ B点：750℃
- “ C点：366℃
- “ D点：824℃

(2) 10月7日のIR

この日に撮影された航空自衛隊及び中日本航空株式会社の映像を解析した。噴火終了後4日目のものである。

この日の映像から気付くことは、溶岩流の主流は未だ初期の状態と同程度に高温で数十℃以上を示していたが、小さな支流では20℃程度まで低下した所があった。

中日本航空撮影のIRは14～62℃の範囲が測定されており、それより高温域は飽和させてある。その中で、40℃以上の高温域の形状は10月5日のFig. 6.7の形とはほぼ同じであった。Fig.6.8は航空自衛隊

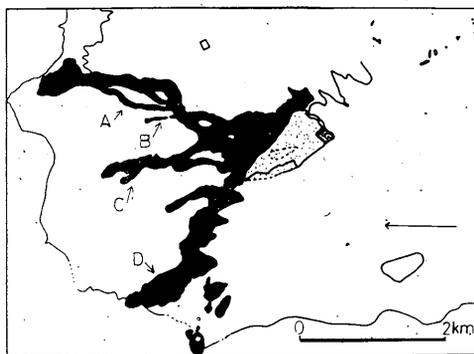


Fig. 6.8 High-temperature areas at 0912 JST on October 7, 1983.
A-D: Distinctly cooled areas.

による10月7日09時12分のIRで、Fig.6.3の(d)と同じものの解析図である。温度低下の顕著な地域が図中のA, B, C, Dの付近にあった。また、溶岩流内に島状にとり残されている地表の面積は10月5日の映像のものより全般に広がった。これは溶岩の温度が冷えるにつれて、まわりの地表への輻射の影響が少なくなってきたためだと思われる。

(3) 10月13日のIR

Fig.6.9は Fig.6.3の(f)と同じIRである。

この映像からは次のようなことが判読できた。

1) 溶岩流内にとり残された島状の地表の形は鮮明になった。これは溶岩と地表との輻射率の違いによって、見かけ上、溶岩流は高温、地表は低温と表示されているためである。このことは、新溶岩流が

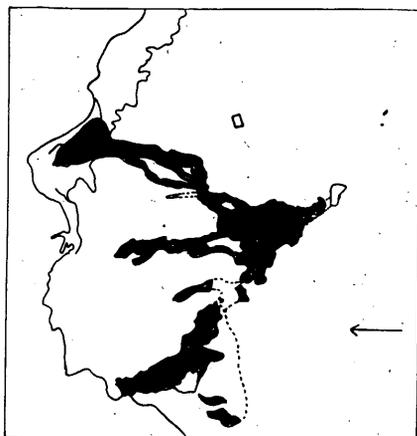


Fig. 6.9 High-temperature areas at 1045 JST on October 13, 1983.

順調に冷却していることを示唆する。

2) 溶岩流の縁辺についても上述と同じことが言える。

3) 噴火後10日たったが、噴火地帯及び山頂の高温地域以外には地熱の異常高温地域は認められない。

4) この映像の東方の一部は雲にさえぎられていて詳細がわからない所もある。

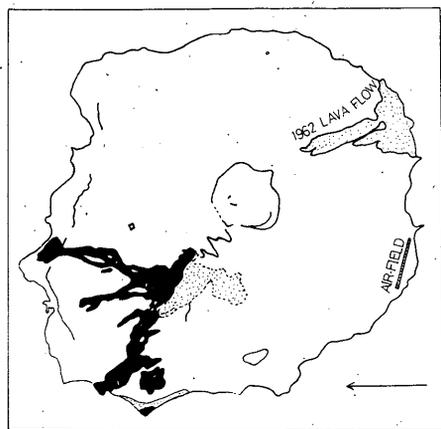


Fig. 6.10 High-temperature areas at 1022 JST on October 25, 1983.

(4) 10月25日のIR

Fig.6.3の(g)と同じIRを解析し Fig.6.10に示す。

このIRは日射の影響が非常に大きい映像であるが、溶岩流と植物との輻射率の違い等で、新溶岩流の形状は判読できる。新溶岩は未だ相当高温だと思われるが、その程度はわからない。

溶岩流、新火口、新噴石丘の形は映像を撮影する方向によって多少違って見えるが、それらの形状の大要は前回に撮影した映像とほとんど変わっていない。また、山頂の第1、第2噴気地帯も映像に高温として表われている。

その他、1962年噴火による溶岩流、飛行場などはやや高温に見えるが、これらは岩石の輻射率によるもので、実際には高温ではない。

6.6 LANDSAT 画像の解析

LANDSAT (4号) による噴火後最初の三宅島の画像は1983年10月25日に撮影された。画像処理はフロッピーディスクデータ (8インチ, 2D, 中心のライン, カラムは1750, 2550, ×1モード, BSQ) を用いて NEC-PC9801F で行った, プログラムは福岡教育大学三浪俊夫氏のものを用いた。

一般に、溶岩流や噴出物はバンド7で判別できる。Fig.6.11は1983年噴火による溶岩流、降下噴出物の領域をバンド7の画像から抽出した結果である。山頂部の露岩地域も表現したが、1962溶岩流の大半は雲の陰であったので表現しなかった。

1983年噴火による溶岩流、降下噴出物域の輝度値は小さく、0~255レベルのうち、使用した輝度値は0~25である。これにより溶岩流、厚く堆積した降下噴出物の分布、岩塊放出域、多量の降下火山礫、砂域を抽出できた。ただし、少量の降下火山砂・灰域の抽出はバンド7の画像だけではできなかった。

Fig.6.11において輝度値0~3の地域のうち、村宮牧場付近、新霽池付近のものはそれぞれ割れ目火孔群に沿った厚い堆積物、岩塊放出域に対応し、そのほかは溶岩流内に取り残された地面や大路池に対応する。4~6, 7~14の輝度値に対応する領域は溶岩流や降下噴出物が厚い部分で、15~21, 22~25の領域ではその厚さが減少した領域である。

LANDSAT画像にもとづく Fig.6.11を、Fig.6.7と比べると、特に西側の溶岩流の形状が極めて良く一致しており、かつ植物に覆われた地域での降下噴

1983 OCT. 25, 09:45 JST
LANDSAT-4 BAND:7

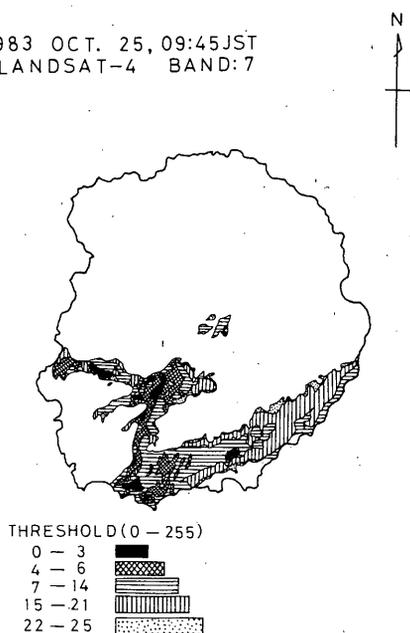


Fig. 6.11 Distribution of the new lava flow, the summit crater and the ejected and air-fall materials, processed from LANDSAT data (band 7) returned on October 25, 1983.

出物の抽出も可能であり、広域の噴出物分布状況の把握に有効であった。そしてフロッピーディスクデータは画像処理の迅速化をもたらした。今後その処理機能をさらに充実させたい。

6.7 まとめ

航空自衛隊、民間会社、宇宙開発事業団により撮影された各種映像を検討・解析した。

噴火前に撮影された1983年4月の空中写真、空中赤外熱映像には噴火地点周辺での地形や熱現象の異常は認められず、山頂火口の地熱状況にも著しい変化はなかった。

噴火後に撮影された空中赤外熱映像のうち、噴火開始直後のものは噴火地点の把握、流出および降下噴出物域の把握に大きな効果があり、その後の映像資料の解析により、噴火活動終了後火孔群周辺や溶岩流が順調に冷却した状況を確認できた。

LANDSAT 画像の解析では、地表の噴出物の分布

状況、その種類や堆積の厚さをも検討することが可能であった。

謝 辞

本調査のとりまとめにあたっては防衛庁提供の空中写真、空中赤外熱映像を使用させていただいた。また、画像処理には気象研究所台風研究部の衛星資料解析装置を使用し、同研究部井上豊志郎氏から御指導いただいた。福岡教育大学三浪俊夫氏にはLANDSAT 画像の処理プログラムを使わせていただいた。厚く御礼申し上げます。

参考文献

大島治(1984)：1983年10月3日三宅島噴火によって生じた火口列と溶岩分布，昭和58年10月3日三宅島噴火および災害に関する調査研究，文部省科研費自然災害特別研究突発災害研究成果，B-58-4, 199-206.