

三宅島で発生する火山性地震及び微動

—2000年6月～2001年5月—*

Seismicity and Behavior of Volcanic Earthquake and Tremor in Miyakejima Volcano
— June 2000 — May 2001 —

気象庁火山課

気象庁気象研究所**

Volcanological Division, JMA

Meteorological Research Institute, JMA

1. 概要

2000年6月26日の18時半頃から、三宅島では活発な地震活動が始まった。震源域は雄山山頂の南西部から、次第に西方に移動した。翌27日の午前中に三宅島西方沖で海底噴火と考えられる変色水を確認した。この噴火後も顕著な地震活動は継続し、震源域は三宅島の北西海域方向へ移動した¹⁾。この顕著な活動は2000年9月まで継続し、三宅島西方から新島・神津島付近ではM6.4を最大に、M4～5クラスの地震が多発し、地震活動が活発になった。顕著な地殻変動も観測され、これらは三宅島の火山活動とは別のマグマが、この地域に岩脈状に貫入したことによるものと考えられている。この地域でのこのような活発な地震活動の記録は、地震観測がなされるようになった20世紀に入ってから知られていない。

一方、三宅島島内の地震活動は、6月28日以降は低調となったが、7月に入ってから山頂直下の地震が増え始め、7月8日からの山頂での噴火活動に至った。顕著な山頂噴火活動が継続する9月上旬までは、島内の地震活動も活発な状態が続いた。この間、地震活動がいつそう活発化した後、島が一時的に膨張するセンスの地殻変動が生じ²⁾、その後地震活動が低下するという現象を繰り返した。この現象は1～2日に1～2回発生した。この間、連続微動のレベルは高い状態が続き、とりわけ山頂噴火発生時には顕著であった。また、空振も伴った³⁾。

顕著な山頂噴火が発生しなくなった2000年9月以降、地震活動も明瞭に低調となった。ところが、2001年2月以降、浅い低周波地震が山頂直下で発生し始めた。発生の頻度・規模も徐々に大きくなり、3月24日以降は、有感となる規模のものも発生するようになった。5月27日の地震発生時には、雄山からの小噴火が確認された。また、この低周波地震は短時間にまとまって発生する傾向がある。

連続微動は、山頂噴火期の2000年7～9月は高いレベルを維持し、とりわけ噴火時には顕著に高まった。2000年9月以降は継続して発生しているものの、地震活動同様、顕著な山頂噴火活動が終了後は、低いレベルで継続している。しかし、周期的に微動レベルが変化する現象や、低周波地震等の発生がトリガーとなって微動レベルが明瞭に変化する現象がみられた。

2. 地震活動

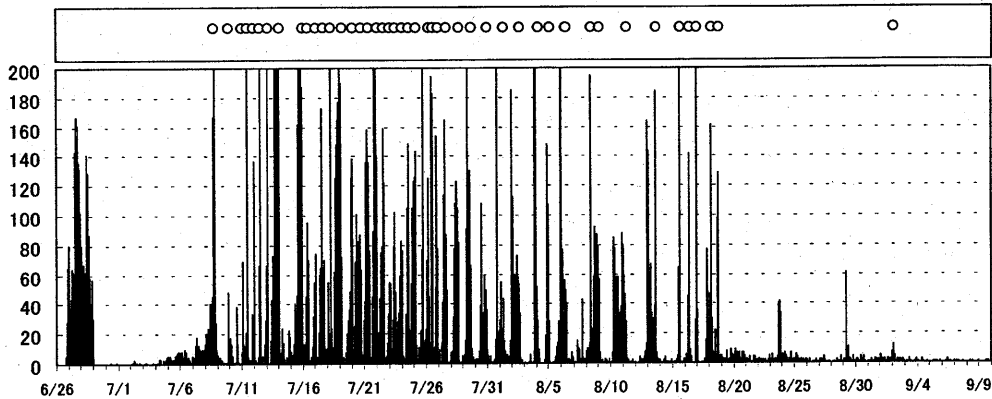
2.1 概要

6月26日18時半頃より活発な地震活動が始まった。地震の規模・頻度とも、急激な勢いで活発化し、19時台以降、有感となる地震⁴⁾が頻発した。27日午前中に西方沖で海底噴火が起き、震源域が三宅島西方沖へ移動した6月28日以降は、三宅島島内及び周辺の地震活動は低調となった。しかし、7月4日頃から山頂直下を震源とする地震の回数が増え始めた。7月8日には山頂噴火が発生し、それ以降、顕著な山頂噴火活動が終息する9月上旬までは、顕著な地震活動は続いた。この間、地震がバースト的に増加して活発化した後、島が一時的に膨張するセンスの地殻変動が生

* Received 26 Sep., 2001

** 高木朗充

Akimichi Takagi



第1図 三宅島特別地震回数(2000年6月26日~9月9日)

A点(UD)、20mkine以上の地震回数。1時間当たり200回以上は計数不能。

上図の○印は、傾斜ステップの発生を示す(防災科学技術研究所による)。

Fig.1 Hourly frequency of earthquake by station A on Miyakejima volcano in the period from June 26 to September 9, 2000. Earthquake which velocity amplitude of vertical component is above 20 mkine is counted. Open circles indicate occurrence of sudden tilt change by NIED.

じ²⁾、その後地震活動が急激に低下するという現象を繰り返した。この現象は7月上旬には、1日に1~2回の頻度で発生していたが、その発生間隔は徐々に伸び、8月には1~2日に1回の頻度となり、9月以降はみられなくなった。第1図は特別地震回数と防災科学技術研究所の観測による傾斜計のステップの発生を示す。

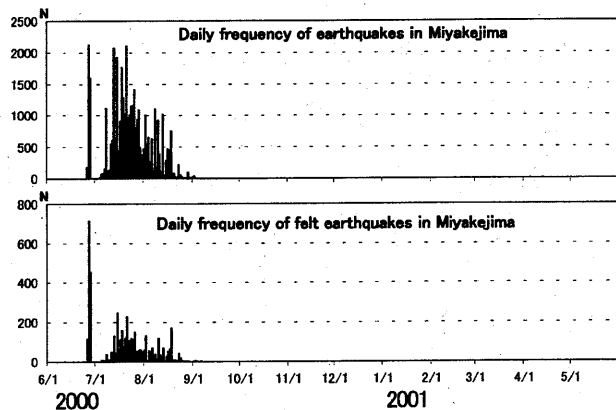
地震回数^{*2)}は、2000年6月から始まった活動直前までの数年間は、月当たり0~4回であった。しかし、6~8月には有感地震が1ヶ月当たり1,000回を超えるなど、極めて顕著な地震活動となった(第2図)。9月中旬以降は、地震回数は1日当たり0~4回と少ない状態になったが、2000年6月からの活動前と比べると、依然高い状態である(2000年10月以降の計数基準以下の地震活動については2.3.2参照)。有感地震は2000年9月14日を最後に発生せず、発生する地震の規模も、頻度と同様小さい状態であったが、2001年3月以降、有感となる規模の地震が発生するようになった。

また、2001年2月以降、山頂直下を震源とする低周波地震が、時折まとまって発生するようになった。第1図には、2001年2月以降の低周波地震の回数は含まれていない。この活動については切り分けて2.3.2で報告する。

なお、観測点配置は第15図を参照のこと。

*1: 気象庁等の計測震度計で震度1以上を観測した地震のことで、以下「有感地震」と略す。島内の震度観測点は、時期によって点数が異なる。

*2: 地震回数の計数基準は、基準観測点(A点)でS-P時間が3.00秒以内、かつ振幅が0.05mkine(上下動)以上であった。しかし、極めて顕著な地震活動となったため、2000年6月以降、計数基準を基準観測点(2001年2月以降は、AKOC点)で20mkine以上の振幅とした。また、この引き上げた計数基準においても1時間当たり200回を超える場合は計数が不可能となったため、この場合は「200回以上」とした。



第2図 三宅島日別地震回数(2000年6月~2001年5月)

上図 A点(UD)、20mkine以上の地震回数

下図 有感地震回数

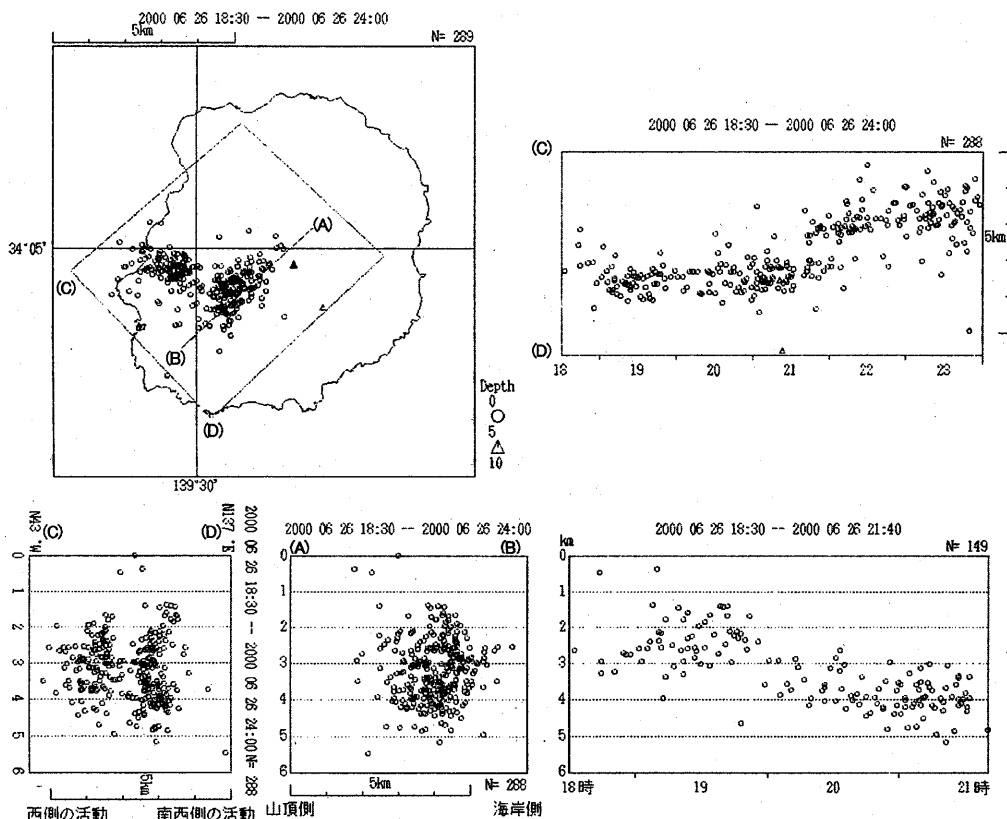
Fig.2 Daily frequency of earthquake by station A on Miyakejima volcano in the period from June 2000 to May 2001.

(Upper) Earthquake which velocity amplitude of vertical component is above 20 mkine is counted. (Lower) Felt earthquake is counted.

2.2 震源

2.2.1 2000年6月26日の震源

6月26日に発生した地震のうち289個の震源を



第3図 三宅島の震源分布図(2000年6月26日)

左上 震央分布図

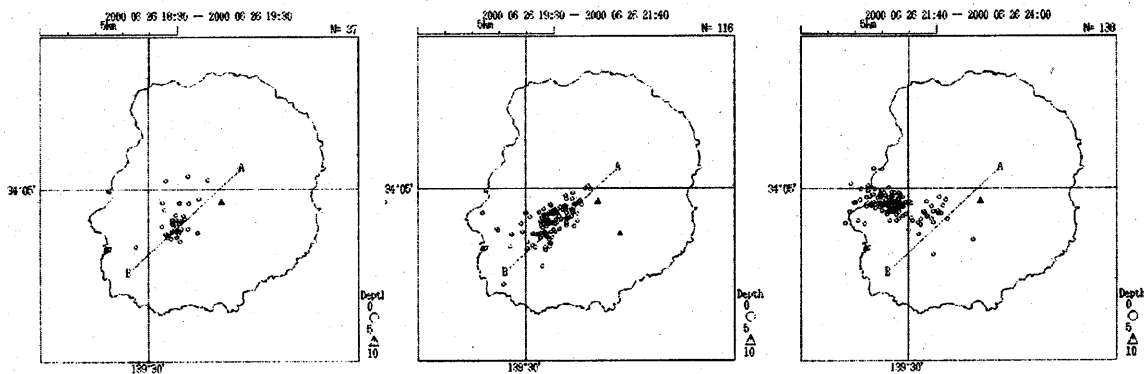
右上 矩形領域内のC-Dを投影面とする時空間分布図

左下 矩形領域内のC-Dでの鉛直断面図

中下 矩形領域内のA-Bでの鉛直断面図

右下 矩形領域内の深さの時空間分布図(21時40分まで)

Fig.3 Hypocenter distribution in Miyakejima Island on June 26, 2000. (Upper left) Epicenter distribution. (upper right) Time-space distribution which hypocenter in the rectangle of upper left diagram is projected into (c)-(d) line. (Lower left) Vertical projection of hypocenter in the rectangle of upper left diagram into the (c)-(d) line. (Lower center) Vertical projection of hypocenter in the rectangle of upper left diagram into (a)-(b) line. (Lower right) Time-space distribution of focal depth in the rectangle of upper left diagram till 21:40.



第4図 三宅島の震源変化(2000年6月26日)

左 18:30~19:30の震央分布図

中 19:30~21:40の震央分布図

右 21:40~24:00の震央分布図

Fig.4 Epicenter distribution on June 26, 2000. (Left) 18:30-19:30. (Center) 19:30-21:40. (Right) 21:40-24:00.

までに多くが分布したが、8月中旬以降は徐々に深まり、浅いものはなくなり深さ2~6kmのものがほとんどであった。9月中旬から10月下旬までは観測点の欠測のため震源決定がされなかったため、その後しばらくの震源の変化はわからないが、顕著な山頂噴火が落ち着いた9月中旬以降は、地震回数は激減している。11月以降の震源は、それ以前と比較して少ないながらも山頂直下に決まり、深さは概ね0~3kmであった。

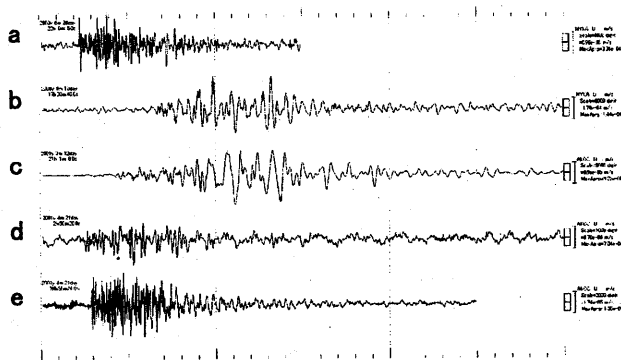
期間を通して、震源の分布は山頂直下以外に、島の北西部のやや深いところにも存在する。ただし、震源決定は半無限速度構造で行われているので、島外に決まった地震の震源については、誤差が大きいと推定される。

注：震源は、島内の観測点のデータのみを用い、半無限速度構造（P波速度3.3km/s）で決定した。また、観測点補正も行った。2000年9月までは気象庁、東京都、東京大学地震研究所及び防災科学技術研究所の観測点を用いた。2000年10月以降は気象庁の観測点のみを用いた。なお、2000年10月以降は観測条件が悪く、観測点数が少ないため、震源精度が悪い震源も含む。地震の検知力も一定ではない。また、マグニチュードは求められていない。

2.3 波形

2.3.1 顕著な地震活動期の地震波形

2000年6月の地震活動で観測された地震波形は、高周波で継続時間は比較的短く、P波及びS波初動は明瞭である（第6図a）。一方、7~9月の顕著な山頂噴火の活動があった時期の地震波形は、低周波であり継続時間は長く、初動は不明瞭である（第6図b）。図はすべてA点上下動成分。

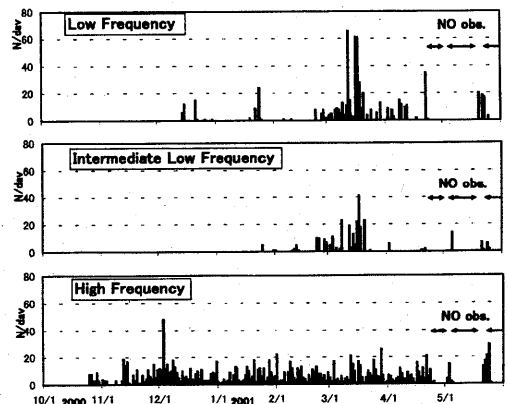


第6図 三宅島で観測された地震波形

- a 顕著な地震活動期の高周波地震
(2000年6月26日)
- b 顕著な地震活動期の低周波地震
(2000年8月10日)
- c 顕著な地震活動終了後の低周波地震
(2001年3月12日)
- d 顕著な地震活動終了後のやや低周波地震
(2001年4月21日)
- e 顕著な地震活動終了後の高周波地震
(2001年4月21日)

Fig.6 Various seismograms observed on Miyakejima volcano.

(a) High frequency earthquake in the period of active seismicity, June 26 2000. (b) Low frequency earthquake in the period of active seismicity, August 10, 2000. (c) Low frequency earthquake after the period of active seismicity, March 12, 2001. (d) Intermediate low frequency earthquake after the period of active seismicity, April 21, 2001. (e) High frequency earthquake after the period of active seismicity, April 21, 2001.



第7図 計数基準以下の地震及び低周波地震(LF)を含む日別地震回数(2000年10月25日~2001年5月)

- 上 低周波地震(LF)
- 中 やや低周波地震(ILF)
- 下 高周波地震(HF)

Fig.7 Daily frequency of various seismograms observed in the period from 25 October 2000 to May 2001. (Top) Low frequency earthquake (LF). (Middle) Intermediate low frequency earthquake (ILF). (Bottom) High frequency earthquake (HF).

2.3.2 顕著な地震活動終了以後の地震波形

2000年10月以降、地震活動は低調になった。しかし、2001年2月以降は低周波地震（以下、LFとする）が時折まとまって発生するようになった（第6図c）。基準観測点A点は欠測となったため、替わってAKOCの上下動成分で示す（以下同様）。低周波地震の波形は、顕著な山頂噴火の活動があった時期の地震波形（第6図b）と似ている。2000年5月27日06時04分の低周波地震発生直後には、小噴火が確認されている（灰色の噴煙、火口上1,200m）。これらの低周波地震の規模ほどは大きくはないものの、山頂直下を震源とする高周波地震（以下、HFとする）も観測されている（第6図e）。これは、2000年6月の活動期の地震波形（第6図a）と似ている。また、HF（第6図e）とLF（第6図c）の他に、やや低周波地震（以下、ILFとする）の発生（第6図d）が見られる。この地震の規模は小さいものの、この時期の低周波地震と同様、短期間にまとまって発生する傾向がある。これら3つの波形タイプの日別回数を第7図に示す。

第8図は、地震波形の最大振幅部分の周期の度数分布を、3つのタイプ別に示したものである（観測点：AKOC、上下動）。度数の最大はそれぞれ、HF：0.04～0.06秒、ILH：0.20～0.22秒、LF：0.28～0.30秒の前後となっており、LFはそれよりも更に大きい周期をもつものの割合が相対的に多い。第9図は、3つのタイプの、振幅別累積度数分布である。ILFは規模の大きなものが発生しないのに対し、LFは規模の大きなものの発生する割合が大きい。

3. 微動活動

連続的に観測された微動の振幅は、2000年7～9月に非常に高いレベルであった。とりわけ、山頂噴火の発生時に観測された微動は、極めて大きかった。しかし、顕著な山頂噴火が終わった2000年9月中旬以降はレベルは低いものの、依然、微動は連続的に観測されている（第10図）。火山性微動の観測は、2001年1月まではA点で、2000年11月以降はAKOC、2001年2月以降はRSTでも観測している。微動レベルは各点とも上下動振幅の1分間平均の全振幅で示している。2000年7～9月は、活発な変化を示す時を除いて、毎時の最大を記録紙から読み取った。2001年10月以降は、毎分の値を火山解析処理装置で自動計算させている。なお、活発な地震活動期には地震部分を除いた部分の平均的な振幅を読み取ったが、自動化された2000年10月以降の毎分の値は、地震部分を含むレベルが存在する。

3.1 顕著な山頂噴火期の微動活動

第11図は、顕著な山頂噴火を繰り返した2000年7月から9月までのA点の微動レベルを示す。最大の振幅値を観測したのは、7月8日18時43分の最初の山頂噴火が発生したときの170mkine以上（振り切れ）であった。他に、7月9日、8月18日、8月29日等、山頂噴火が発生したときに高いレベルを観測した。この微動は噴出に伴うものと考えられるが、今回の三宅島噴火で特徴的な、火口底陥没に伴う震動を反映している可能性も高い。

3.2 顕著な山頂噴火期以降の微動活動

第12図は、顕著な山頂噴火活動が終了した後の、2000年10月以降の微動レベルを示す。この時期は、観測環境の悪化で欠測期間が多いため、3箇所の観測点におけるレベルを示した。期間中、顕著な噴火に伴う微動レベルの極端な増大はなく、図中のパルス的な増大は、地震発生のレベルの上昇を示している。火口中心からの距離はA点1.5km、AKOC4.1km、RST2.0kmである。AKOCは最も火口に遠く海岸に近いので、天候によっては、気象や波浪のシグナルが火山性微動のレベルを上まわることがあった。図中の、A点とRSTの地震の発生を示すパルス状のノイズを除いたバックグラウンドレベルが、噴出に伴う微動レベルと推定される。

またこの期間の連続微動は、顕著な山頂噴火期と比べればはるかに小さい量ではあるが、興味深い振幅の変化を示した。第13図はRSTの微動の連続波形である。左は2001年2月1日の微動レベルの急激な変化を、右は2001年4月22日の微動レベルの周期的な変化を示す波形の典型例である。

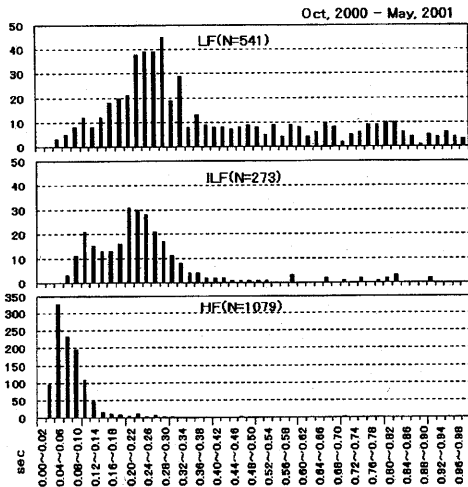
連続微動の発生様式は、低周波地震の発生を契機に変化が生じる現象が時折観測された。第14図の上図は、低周波地震の発生後、振幅レベルが明瞭に低下した例の振幅変化図である。この現象の発生の有無は、低周波地震の規模等には依存していない。また、まれではあるが低周波地震以外の、遠地震等が契機になって生じた例がある。

また第14図の下図は、低周波地震の多発後、微動振幅がおよそ30～40分周期の変化を始めた例である。2001年4月22日から始まり、周期性は保ちながら振幅差は小さくなり、5日間ほどは明瞭に観測された後、不明瞭になった。こ

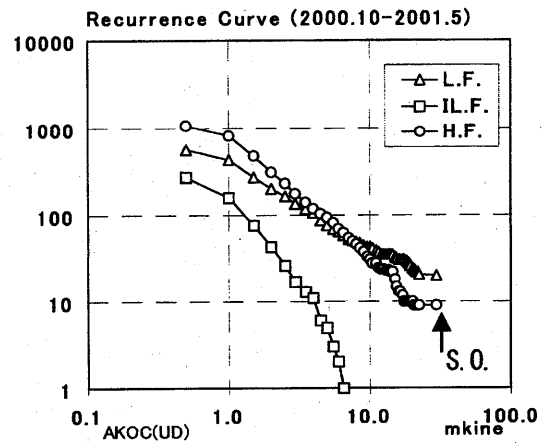
れら微動レベルが変化したときに、表面現象に異常が観測されたという報告は今のところない。

参 考 文 献

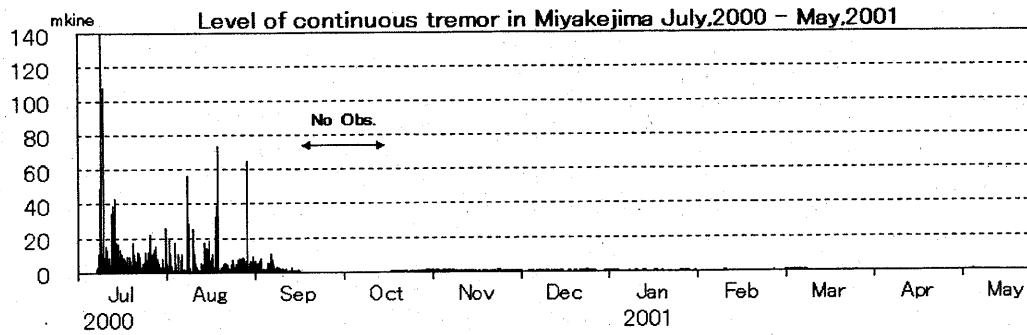
- 1) 気象庁地震予知情報課 (2001) : 三宅島~新島・神津島周辺の地震活動, 火山噴火予知連絡会会報, 78, 9-13.
- 2) 鶴川元雄・藤田英輔・山本英二 (2001) : 三宅島火山の地震・地殻変動観測結果, 火山噴火予知連絡会会報, 78, 29-40.
- 3) 気象庁火山課 (2001) : 三宅島噴火に伴う空気振動, 火山噴火予知連絡会会報, 78, 24-28.



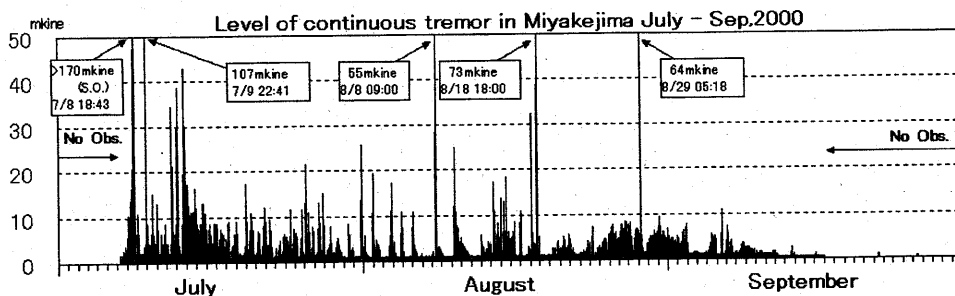
第 8 図 周期の度数分布 (2000年10月~2001年 5月)
 上 低周波地震 (LF) 中 やや低周波地震 (ILF)
 下 高周波地震 (HF)
 AKOC (UD) の最大振幅部分の周期の度数分布
 Fig.8 Histograms of dominant period of LF (top),
 ILF (middle) and HF (bottom) seismogram
 by station AKOC in the period from October
 2000 to May 2001.



第 9 図 三宅島で発生した地震の振幅の累積度数分布
 AKOC (UD) (2000年10月~2001年 5月)
 △低周波地震 (LF) □やや低周波地震 (ILF)
 ○高周波地震 (HF)
 Fig.9 Amplitude distribution of various type
 earthquake by station AKOC in the period
 from October 2000 to May 2001. Open trian-
 gles indicate LF, open squares ILF and open
 circles HF.

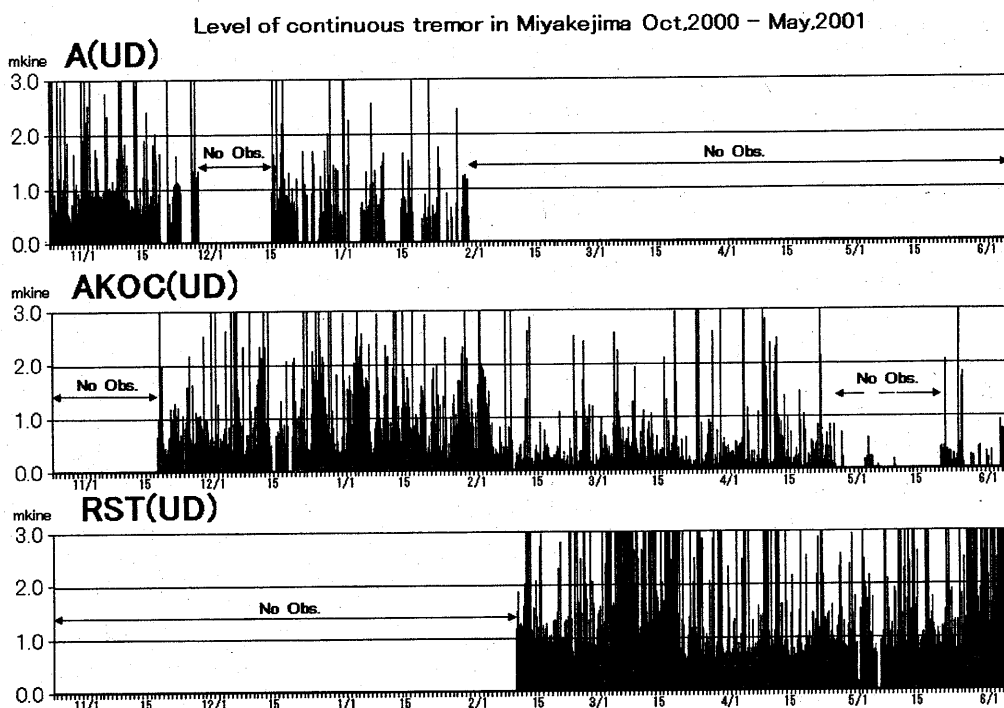


第10図 三宅島で連続的に観測される微動振幅の時間変化 (2000年7月~2001年5月)
 上下動全振幅で表示。2001年1月まではA点、それ以後はAKOC。
 Fig.10 Amplitude of continuous tremor observed by station A or AKOC in the period from July 2000 to
 May 2001.



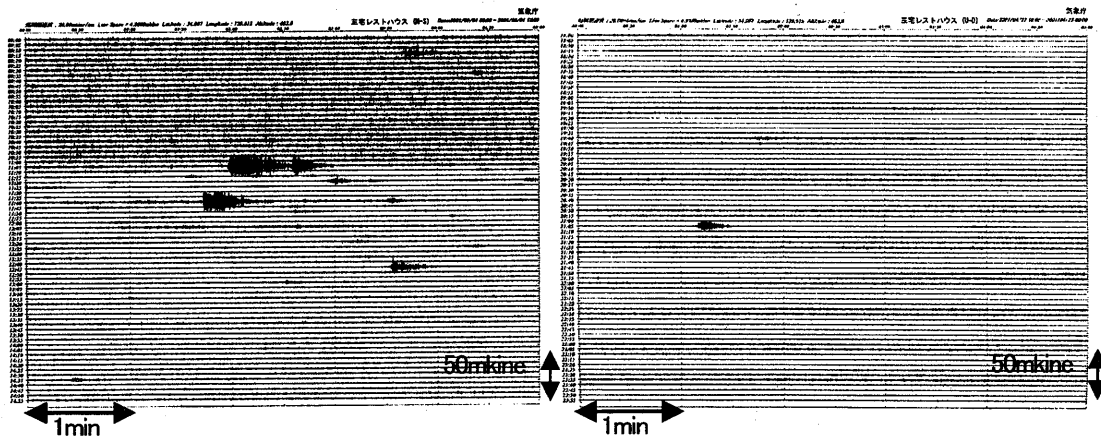
第11図 三宅島で連続的に観測される微動振幅の時間変化 (2000年7~9月)
A点 (UD) 全振幅

Fig.11 Amplitude of continuous tremor observed by station A in the period from July to September, 2000.



第12図 三宅島で連続的に観測される微動振幅の時間変化 (2000年10月~2001年5月)
上 A点 中 AKOC 下 RST すべて上下動全振幅

Fig.12 Amplitude of continuous tremor observed by station A (top), AKOC (middle) and RST (bottom) in the period from October 2000 to May 2001.

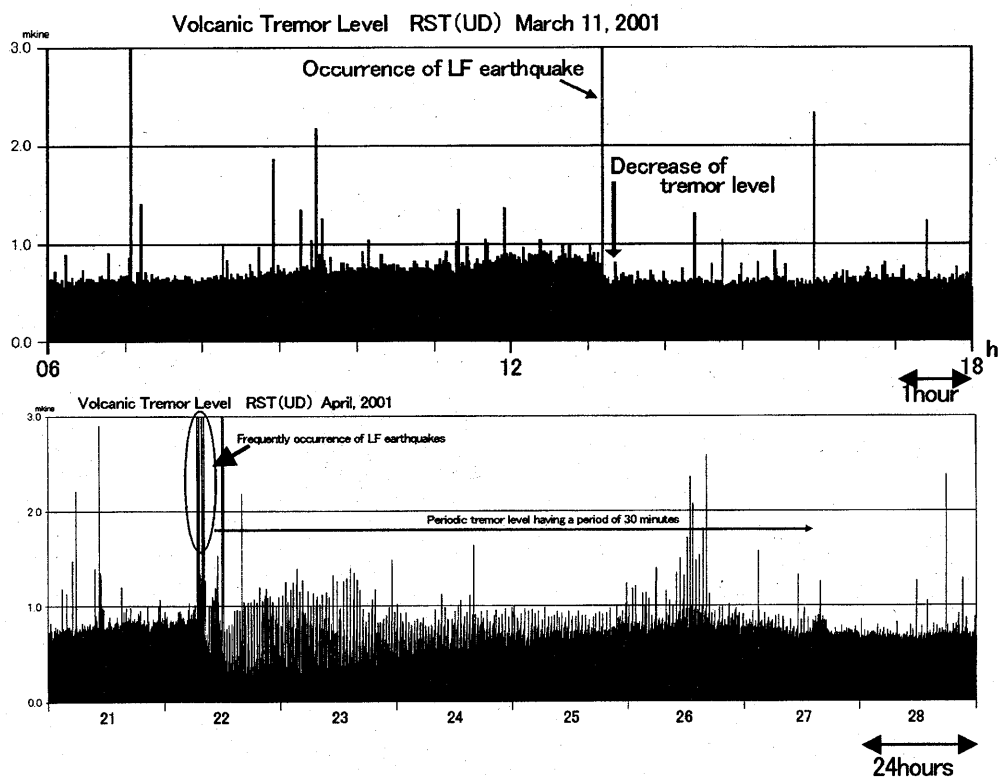


第13図 連続微動の波形例

左 微動振幅が急激に変化する例 (2001年2月1日 RST(UD))

右 微動振幅が周期的(30~40分)に変化する例 (2001年4月22日 RST(UD))

Fig.13 Monitoring seismograms of vertical component recorded at station RST. (Left) Example of sudden change of continuous tremor level, February 1, 2001. (Right) Example of cyclic change of continuous tremor level, April 22, 2001.

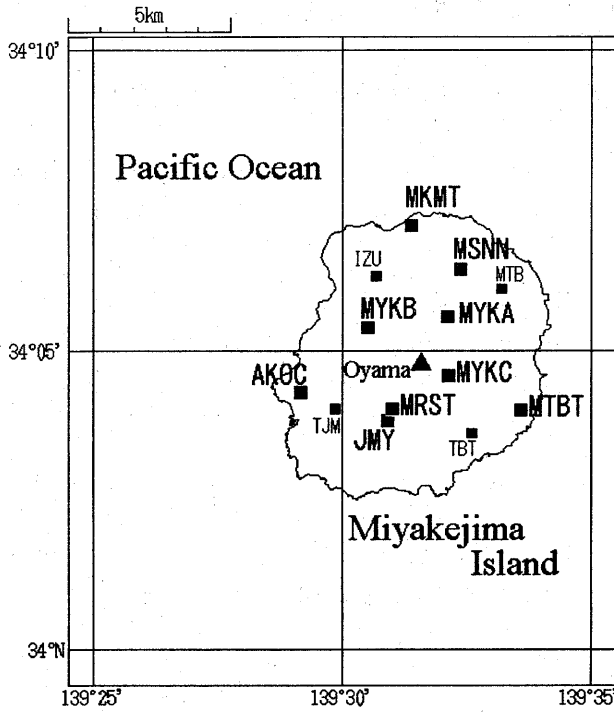


第14図 連続微動の発生様式が変化した例 RST(UD)

上 低周波地震の発生後、レベルが低下した。(2001年3月11日)

下 低周波地震の頻発後、レベルが30~40分の周期的変化を示す。(2001年4月21日~)

Fig.14 Amplitude variance of continuous tremor by station RST. (Left) After a LH event occurrence, tremor amplitude was small suddenly, March 11, 2001. (Right) After LF events swarm, tremor amplitude changed cyclically every 30 to 40 minutes, April 21, 2001.



第15図 三宅島の震動観測点配置図

■は気象庁の観測点を、■は東京都の観測点を示す。
震源決定等は、これらの観測点をもちいて行った。
運用されていた時期は観測点によって異なる。

- | | |
|-------------------|-----------------|
| MYKA : 三宅A点 | MRST : 三宅レストハウス |
| MYKB : 三宅雄山 | MSNN : 三宅三ノ宮 |
| MYKC : 三宅牧場 | IZU : 都伊豆 |
| JMY : 津波検知網阿古 | TJM : 都手島牧場 |
| AKOC : 三宅阿古中 | TBT : 都坪田 |
| MTBT : 三宅坪田 | MTB : 都見取畑 |
| MKMT : 三宅神着 (測候所) | |

Fig.15 Distribution of seismic observations in Miyakejima Island. Large solid squares indicate JMA stations and small solid squares indicate stations of Tokyo Metropolitan Government.