

2000年有珠山噴火の活動経過 —2000年3月～2001年5月—*

Activity of the Eruption of Usuzan Volcano in 2000
— March 2000 — May 2001 —

札幌管区気象台
室蘭地方気象台
気象庁火山課

Sapporo District Meteorological Observatory, JMA
Muroran Local Meteorological Observatory, JMA
Volcanological Division, JMA

1. はじめに

有珠山は2000年3月27日から地震活動が活発化し、3月31日13時07分に有珠山西側の西山西麓から1978年10月以来約21年5ヶ月ぶりの噴火を開始した。翌4月1日昼前には金比羅山西側山腹からも噴火が始まった。以後、両地域では次々と新たな火口を開いて火口群を形成し、4月中旬以降はこれらが大きな火口にまとまりながら噴火活動を続けた。5月以降になると噴火活動は3つの火口に限定された。その後は、7月下旬～8月下旬に噴火規模がかなり弱まり、9月～11月には再び活発化が見られるなどの変化は見られたが、総体的には徐々に活動レベルを低下させながら経過した。2001年5月現在もK-B火口で噴石を放出させるごく小規模な水蒸気爆発が続いている。以下には主に気象庁による観測結果に基づいて、2000年3月から2001年5月までの噴火活動の経過を項目別にまとめる。

2. 表面活動

2000年3月31日13時07分、有珠山西側の西山西麓から噴火が始まり、噴煙高度は火口上3500mまで達した。降灰は噴火地点から東北東方向に分布し、約80km離れた千歳でも確認された。翌4月1日昼前には金比羅山西側山腹でも噴火が始まり、噴煙高度は火口上3000mまで達した。その後、それぞれの噴火地点では火山灰混じりの噴煙を伴う噴火を繰り返しながら新たな火口を次々と開き、西山西麓火口群（N火口群）、金比羅山火口群（K火口群）を形成した。両火口群は消長を繰り返しながら噴火活動を続け、火口内ではしばしばコックステールジェット型の土砂噴出や炸裂型噴火による噴石噴泥の放出を繰り返し、火口付近には噴石丘が形成された。火口周辺では炸裂型噴火に対応して多数の空振が体感されたほか、爆発音も確認された。また、K火口群では4月5日頃から火口から熱泥流が発生し始め、9日に発生した熱泥流により西山川にかかる2つの橋梁が流された。噴火活動の経過とともに両火口群は4月中旬以降いくつかの大きな火口にまとまり始め、5月以降の活動は最終的に3つの火口（N-B火口、K-A火口、K-B火口）に限定された。第1図にはN火口群およびK火口群の噴煙高度の推移を示す。白色噴煙および有色噴煙の最大高度は4月中にはそれぞれ200～500mおよび500～1000mで推移していたが、5月以降は噴煙高度を次第に低下させる傾向を示した。4月中旬以降に観測された有色噴煙はコックステールジェット型の土砂噴出による場合が多い。炸裂型噴火は4月中旬まではN火口群で顕著に発生していたが、4月下旬以降には規模が小さくなった。それに取って代わるように、5月以降は主にK火口群で炸裂型噴火が発生した。

K火口群ではその後も炸裂型噴火を繰り返し、火山灰混じりの白色噴煙を主体とした高さ500m前後の活発な噴煙活動が続き、時々コックステールジェット型の土砂噴出も発生した。その後、7月下旬以降には炸裂型噴火が一旦弱まり、有色噴煙も観測されなくなった。ところが、8月末になって炸裂型噴火が再び活発化し、火口縁を越えて噴石噴泥が飛散する活動が続き、コックステールジェット型の土砂噴出もしばしば観測され、火口周辺では連日降灰が続

* Received 5 Sep., 2001

いた。10月以降には数時間に及ぶ噴煙停止が時々見られるようになり、11月下旬には噴煙停止後に一時的な爆発により火口縁から最大400m地点まで噴泥が飛散することもあった。札幌管区気象台の現地調査によると、K-A火口では2000年12月以降には火山灰噴出が停止した模様で、2001年3月に確認した時点ではすでに火口内に湯溜まりを形成し温泉湧出する状態となっていた。K-B火口では炸裂型噴火の規模が徐々に小さくなり、2001年1月以降には火口縁を越える噴石噴泥の飛散はほとんど見られなくなった。また、コックステールジェット型の土砂噴出も徐々に規模が小さくなり、遠望カメラの観測では2001年4月26日を最後に確認されなくなった。K-B火口では4月下旬に乾燥化が一気に進み、噴泥の連続的噴出が停止して小石程度の噴石を火口内で数十m飛散させる状態となった。また、火口周辺ではK-B火口からの弱い降灰がしばしば認められた。

N火口群では、2000年8月以降にはN-B火口が火山灰噴出を停止し、高さ100~300m前後の弱い白色噴煙活動が継続する状態となった。しかし、N-B火口内は火口縁から赤外放射温度計で測定した火口温度は沸点を遙かに超えた150~200℃前後と高温状態が継続した(第2図)。また、N-C火口周辺では弱い地熱活動が継続し、小規模な温泉湧出や北西側方向への森林破壊も生じた。

なお、今回の噴火活動前後において、有珠山山頂火口原、昭和新山および明治新山の噴煙・噴気活動に異常な変化は認められなかった。

3. 微動活動

地震増加が始まった3月27日から31日の噴火開始直後までは明瞭な火山性微動は観測されなかったが、翌4月1日以降になって連続的に微動が観測され始めた。観測された微動は気象庁A点の変位記録でみると周期が0.4~0.8秒のほぼ単色波形を示し、噴火活動の観察結果とパルス状空振や微動振幅増大の対比から、N火口群およびK火口群の炸裂型噴火に密接に関連した微動であると考えられた。第3図には気象庁A点で観測された微動振幅の特別最大の経過が示してある。微動振幅は4月5日以降に増大し(気象庁A点で10 μ m以上)、11日以降には1時間程度の間隔で間欠的に振幅増大を繰り返す(banded tremor)状態となった。17日以降は間欠的な振幅増大は徐々になくなり、24日以降はほぼ一定の振幅レベルで推移するようになった。その後は振幅も徐々に小さくなる傾向を示し、6月下旬以降には振幅がかなり小さくなる時間帯も見られるようになった。その後、7月下旬から8月下旬にかけて微動振幅はかなり小さい状態が続いていたが、8月末以降再び振幅が増大して7月上旬頃のレベルに戻った。その後は11月下旬までやや振幅の大きな状態が続いたが、12月から振幅レベルが低下し、2001年1月以降は振幅の小さな状態となった。4月にはノイズレベル程度にまで振幅が低下し、K-B火口内が乾燥化した4月下旬頃からは間欠的に短時間振幅が増大する状態になった。

4. 空振活動

微動の発生と同時に、炸裂型噴火に伴うパルス状の空振が多数観測された。多点の空振計記録から音速を仮定して計算すると、炸裂型噴火が発生しているN-B火口、K-A火口およびK-B火口付近に数十mの精度で波源位置を求めることができた。第4図には2000年4月中旬以降の虻田栄観測点(2000年6月13日から潮見台観測点)、滝之町観測点(2000年6月1日から中島観測点)および2000年7月14日から観測開始した噴火記念公園観測点(K-B火口から約700m地点)で観測された一定振幅以上のパルス状空振の特別回数および日最大振幅の推移を示す(気象庁空振計の配置図は第10図を参照)。炸裂型噴火は4月中旬までは主にN-B火口で発生したが、4月下旬以降はK火口群の方が活発になった。N-B火口に近い虻田栄観測点(直線距離約2.7km)では、4月中旬までN-B火口の炸裂型噴火に伴うパルス状の空振を多数観測したが、4月下旬頃からは次第に少なくなった。一方、K火口群から洞爺湖を挟んで位置する滝之町観測点(直線距離6.3km)では、4月下旬から6月上旬にかけてK火口群の炸裂型噴火に伴うパルス状の空振を多数観測した。K火口群と滝之町観測点の間には地形の高まりがないため、空振振幅の距離減衰が小さかったと考えられる。K火口群の活動は活発な時期と比較的静穏な時期を繰り返しながら継続したが、6月以降は徐々に規模が小さくなっていった。このため、7月中旬にK火口群に近い噴火記念公園観測点を設置して空振観測の検知能力を向上させた。噴火記念公園観測点では、空振活動は回数、振幅ともに7月下旬から8月下旬にかけて一時的に激

減したが、8月末以降には再び活発化し、9月下旬には7月上旬頃のレベルにまで戻った。しかし、その後の空振レベルは徐々に低下する傾向を示し、11月下旬に一時的な高まりが見られたものの、長期的には徐々に低下する傾向を示し、12月下旬には5 Pa以上の空振がほとんど観測されなくなった。2001年1月以降は多少の増減を繰り返しながら低いレベルで経過した。2001年4月下旬以降になると、それまではほぼ連続的に観測されていた空振は観測されない時間帯が長くなり、間欠的に振幅が高まる状態へと変化して一時的に2000年12月頃のレベルの空振が観測されることもあった。

第5図には2000年10月11日12時台に観測されたK火口群の炸裂型噴火に伴う空振波形および微動波形の例を示す。空振波形にはパルス幅の広い空振とパルス幅の狭い空振の2種類があり、波源計算からそれぞれK-A火口およびK-B火口の炸裂型噴火に対応していることが分かった。空振と同時に観測される微動振幅はK-A火口起源の方が大きくK-B火口起源の方が小さい。

5. 地震活動

第6図に1967年7月から2001年5月までの月別地震回数を示す。1977~1982年の噴火活動以降、気象庁A点の地震回数(振幅 $0.3\mu\text{m}$ 以上)は1ヶ月あたり10回程度で推移していたが、1995年頃からやや増加する傾向が見られ、同時に振幅の大きな地震も目立つようになった。1999年12月には気象庁A点で振幅 $10\mu\text{m}$ 以上の大きな地震が4回発生した(聞き取り調査によるといずれも無感)。

こうした中、2000年3月27日から地震増加が始まり、27日21時以降には1時間あたり10回を越え規模も徐々に大きくなっていった(第7図)。28日01時31分には有珠山北西山麓の虻田町洞爺湖温泉町で体を感じる地震が発生し始め、10時48分には伊達市梅本に設置してある気象庁震度観測点で初めて震度1を観測した。その後も回数と規模はさらに増加増大を続け、30日には杜警町に設置した気象庁の臨時震度観測点で震度5弱を観測するなど地震活動のピークを迎えた。その後、30日午後以降になって地震活動は衰え始め、地震回数が徐々に減少する中、31日13時07分に最初の噴火が始まった。翌4月1日03時12分には一連の地震活動の中で最大規模の地震(M4.6)が発生した。地震回数はその後もさらに減少し、2日以降は1時間あたり10回以下となった。5月以降は1日あたり20~40回、6月中旬以降は1日あたり10回以下になるなど、地震活動レベルは徐々に低下していった。最後に震度1以上を観測したのは8月13日に発生したM2.5の地震であった。地震活動レベルは10月以降ほぼ噴火前の活動レベルに戻った(第8図)。

気象庁および北海道大学の広域地震観測網による札幌管区気象台のルーチン処理結果を第9図に示す。ただし、ルーチン処理に有珠山の火山観測点を加えて震源計算を開始した3月29日から深さの精度が大きく変化したため、深さ分布に見かけ上のステップが現れている。高精度震源決定に基づいた地震活動の詳細については上野ほか(2001)¹⁾が詳しい。3月28日から有珠山付近を震源とするM2前後の地震が発生し始め、29日には規模が次第に大きくなるとともに震源が南側のやや深いところにも分布するようになった。29日午後から30日にかけてはM4クラスの地震も発生した。31日の噴火開始以降、地震活動は急激に低下し、震源分布は有珠山西側を中心にさらに広がった。なお、最大地震(M4.6)は地震活動のピークを過ぎた後の4月1日に発生した。

噴火開始後に緊急対応で展開された気象庁の臨時観測点(第10図)および北海道大学等からなる有珠山総合観測班の観測点からなる狭域の火山観測網データに基づいて、札幌管区気象台がルーチン処理により求めた震源分布を第11図に示す。これによると、4月3日以降の震源は主に有珠山西側の深さ8km以浅に分布し、震源域の南側でより深く(深さ3~6km)、北側でより浅い(深さ0~4km)という分布が明らかにされた。また、4月上旬には有珠山北側で浅い地震とは別に深さ8km前後の深い地震も見られた。震源分布は4月上旬まで有珠山西側を中心として広く分布していたが、4月中旬以降は南西側のやや深い所(深さ3~6km)と西山付近のやや浅い所(深さ1~4km)の2つの領域に限定されていった。特に、M2クラスのやや規模の大きい地震(震度1以上の地震を含む)は南西側のやや深い所に集中して発生した。5月中旬以降になると、徐々に山頂部の浅い所にも地震が発生するようになった。南西側のやや深い地震は7月以降徐々に回数が減少し、9月以降はほとんど発生しなくなった。地震数が減少し噴火前のレベルに戻った10月以降の震源分布では、ほとんどが山頂浅部を震源とする地震で、それ以外には山麓のやや深い所に時々発生する程度となった。

6. 地殻変動

地震増加が始まった2000年3月27日頃から山頂部を含む有珠山全体および周辺の広域にわたって隆起・膨張が生じた。その後、噴火が開始した3月31日頃には広域の隆起・膨張運動は沈降・収縮に転じ、マグマ浅部貫入によると考えられる隆起・膨張は西山西麓火口群から金比羅山火口群にかけての北西山西麓部に局所化され、西山西麓火口群には顕著な隆起域が形成された（たとえば、森ほか（2000）²¹⁾）。

気象庁によるGPS観測網は噴火直後の緊急対策として展開された。これらのうち、2001年2月上旬まで継続した9観測点の配置を第12図に示す。第13図には壮瞥町滝之町観測点を基準とした各観測点における2000年4月から2001年2月までの南北・東西・上下および基線長の時間変化を示す。西山西麓の隆起域における地殻変動（隆起と外側への押し出し）は噴火後の2000年4月以降徐々に鈍化していき、隆起域から距離の遠い観測点の順に変動の反転が見られた。7月中旬には隆起域近傍の観測点でも地殻変動がほぼ停止状態となり、8月以降には沈降へ転じた。その後この沈降傾向も徐々に鈍化する傾向を示し、2001年1月以降にはすべての観測点でほぼ停止状態となった。なお、北海道大学が西山西麓の隆起域内に設置したGPS観測点によると、2001年5月現在でも沈降傾向が続いている。

西山西麓を中心とする地殻変動の経過を踏まえ、気象庁のGPS観測点は2001年2月に第14図のように再配置された。第15図には伊達市梅本観測点を基準とした各観測点における2001年2月以降の南北・東西・上下および基線長の時間変化を示す。各観測点では、2001年2月以降は新たな火山活動を示すような地殻変動は認められていない。

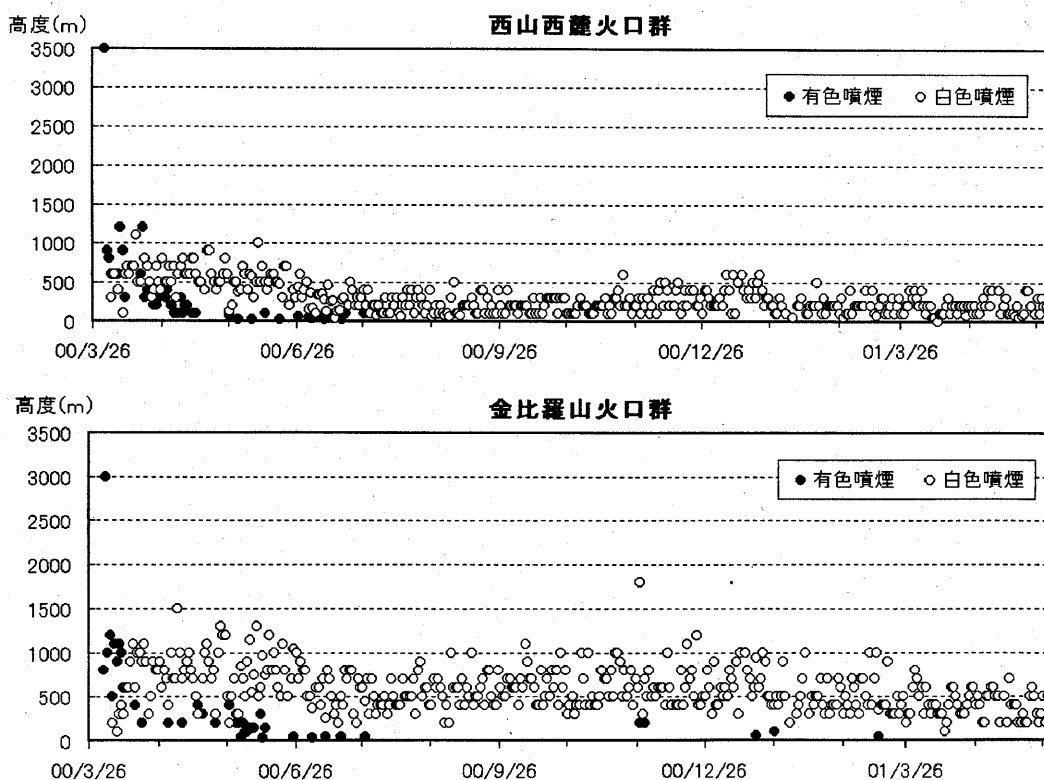
7. 火山情報発表経過（室蘭地方気象台発表）

2000年3月28日00時50分	火山観測情報第1号	地震増加 (以下、火山観測情報は多数発表につき記載省略)
02時50分	臨時火山情報第1号	洞爺湖温泉で現地有感情報
11時10分	臨時火山情報第2号	震度1の有感地震発生、地震増加
11時55分	臨時火山情報第3号	予知連拡大幹事会、噴火の可能性
12時45分	臨時火山情報第4号	M3.1で震度2の有感地震
29日05時30分	臨時火山情報第5号	有感地震増加
07時30分	臨時火山情報第6号	M3.4で震度3の有感地震
29日11時10分	緊急火山情報第1号	予知連拡大幹事会、数日以内に噴火の可能性高い
15時20分	臨時火山情報第7号	規模の大きな地震増加
17時25分	臨時火山情報第8号	規模の大きな地震急増
17時40分	臨時火山情報第9号	M4.2で震度4の有感地震
30日13時20分	緊急火山情報第2号	地殻変動を観測
31日11時50分	緊急火山情報第3号	小有珠に亀裂、洞爺湖温泉の断層発達、国道230号線に亀裂
13時16分	緊急火山情報第4号	13時10分頃に噴火
13時30分	臨時火山情報第10号	噴火継続中、噴火場所は西側山麓
14時05分	臨時火山情報第11号	噴火継続中、噴煙高度3,200m
15時10分	臨時火山情報第12号	噴火継続中、降灰被害、泥流の恐れ
16時30分	臨時火山情報第13号	予知連拡大幹事会、噴火場所移動の可能性も
4月1日03時55分	臨時火山情報第14号	M4.8で震度5弱の有感地震
04時55分	臨時火山情報第15号	02時50分、03時20分、再び噴火
12時05分	緊急火山情報第5号	金比羅山の西側山腹から新たな噴火
2日14時10分	臨時火山情報第16号	金比羅山西側山麓で再噴火、噴煙2,000m
20時10分	臨時火山情報第17号	予知連有珠山部会見解
3日12時40分	臨時火山情報第18号	地殻変動、西山西麓で複数の断層群
5日21時35分	臨時火山情報第19号	予知連有珠山部会見解

12日21時35分	臨時火山情報第20号	予知連統一見解、山頂噴火の兆候なし、北西山麓を警戒
5月22日13時30分	臨時火山情報第21号	予知連統一見解、噴火終息に向かう可能性も
7月10日13時30分	臨時火山情報第22号	予知連統一見解、深部からのマグマ供給はほぼ停止、一連のマグマ活動終息へ
11月 1日13時30分	臨時火山情報第23号	予知連統一見解、一連のマグマ活動終息へ、火口から500m程度範囲で警戒必要

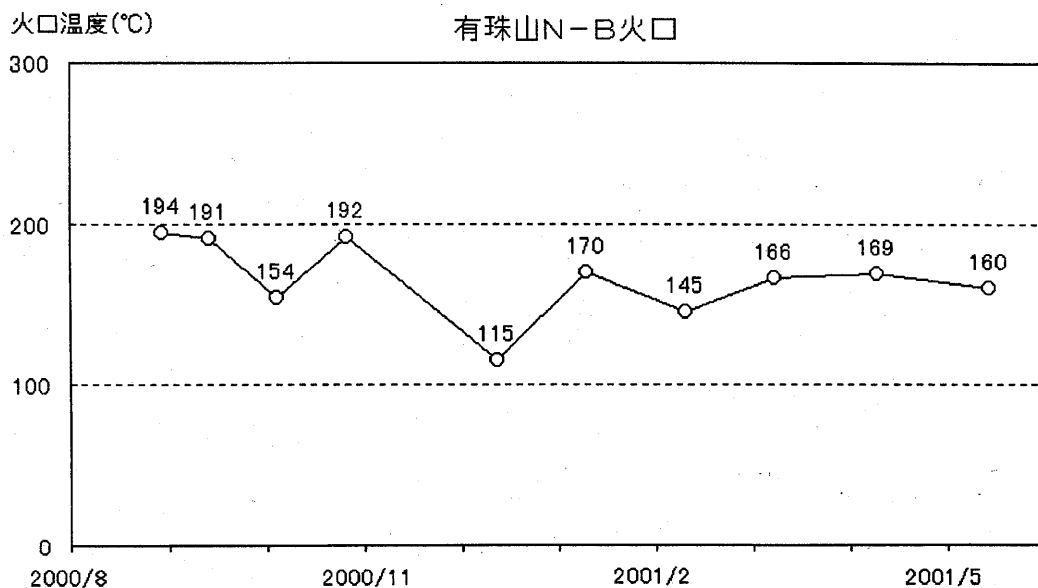
参 考 文 献

- 1) 上野寛・森博一・碓井勇二・宮村淳一・吉川一光・濱田信生 (2001) : 広域の地震観測網で捕らえた平成12年有珠山噴火に伴う初期の地震活動, 火山, 投稿中.
- 2) 森濟・井口正人・味喜大介・伊藤壮介・大島弘光・田村真・前川徳光 (2000) : 2000年有珠山噴火に伴う地殻変動—洞爺カルデラと有珠山周辺の地殻変動—, 日本火山学会講演予稿集2000年度秋季大会, 46.



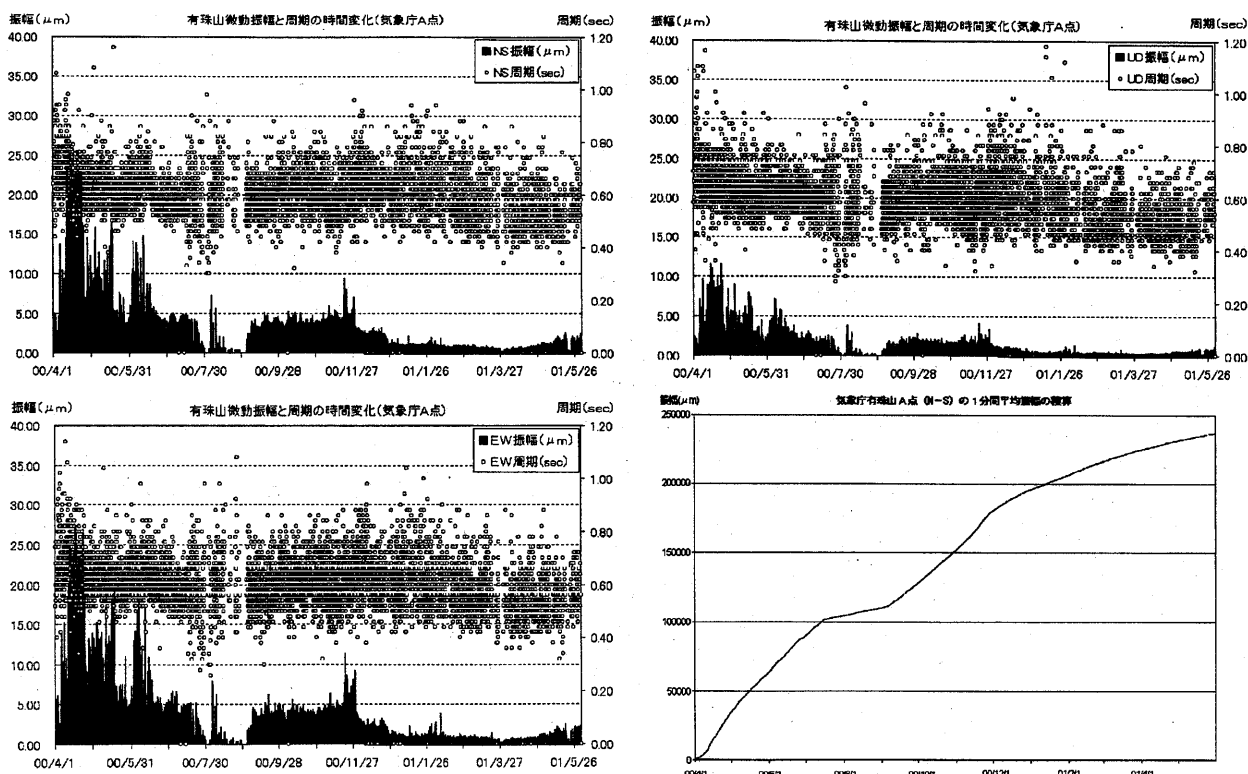
第1図 西山西麓火口群および金比羅山火口群の噴煙高度の推移

Fig.1 Variation of smoke height from Nishiyama vent group and Konpirayama vent group.



第2図 赤外放射温度計によるN-B火口温度の推移（2000年8月～2001年5月）

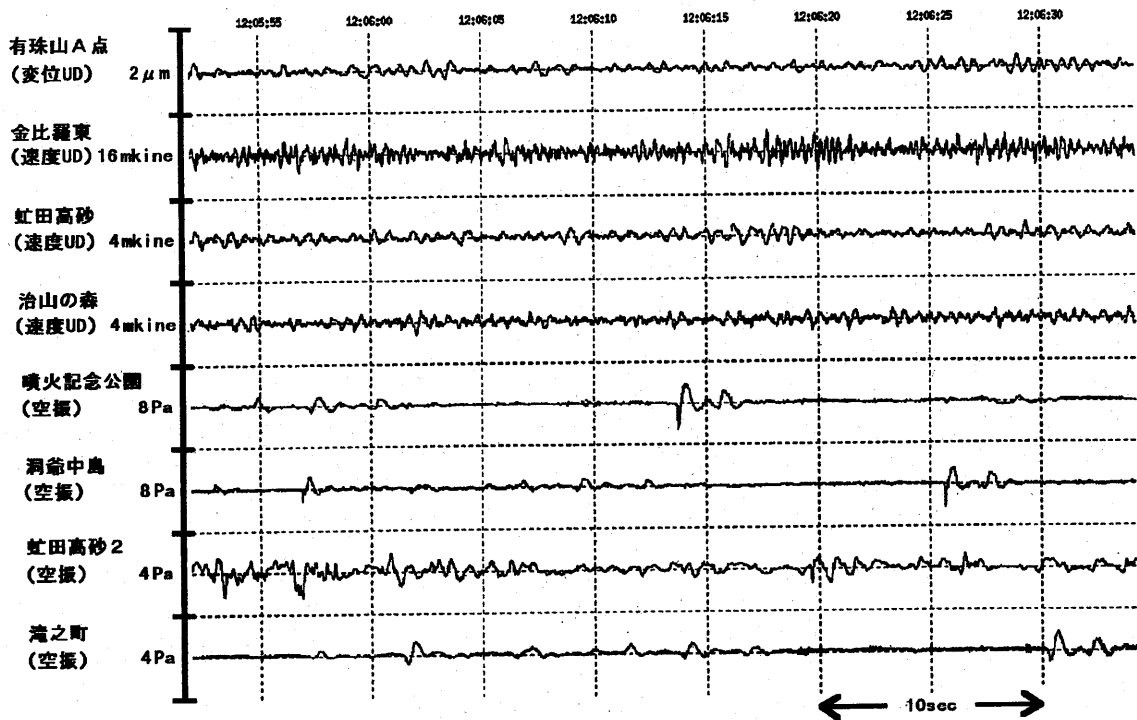
Fig.2 Temperature variation of N-B crater measured by portable infrared radiation thermometer (August 2000 - May 2001).



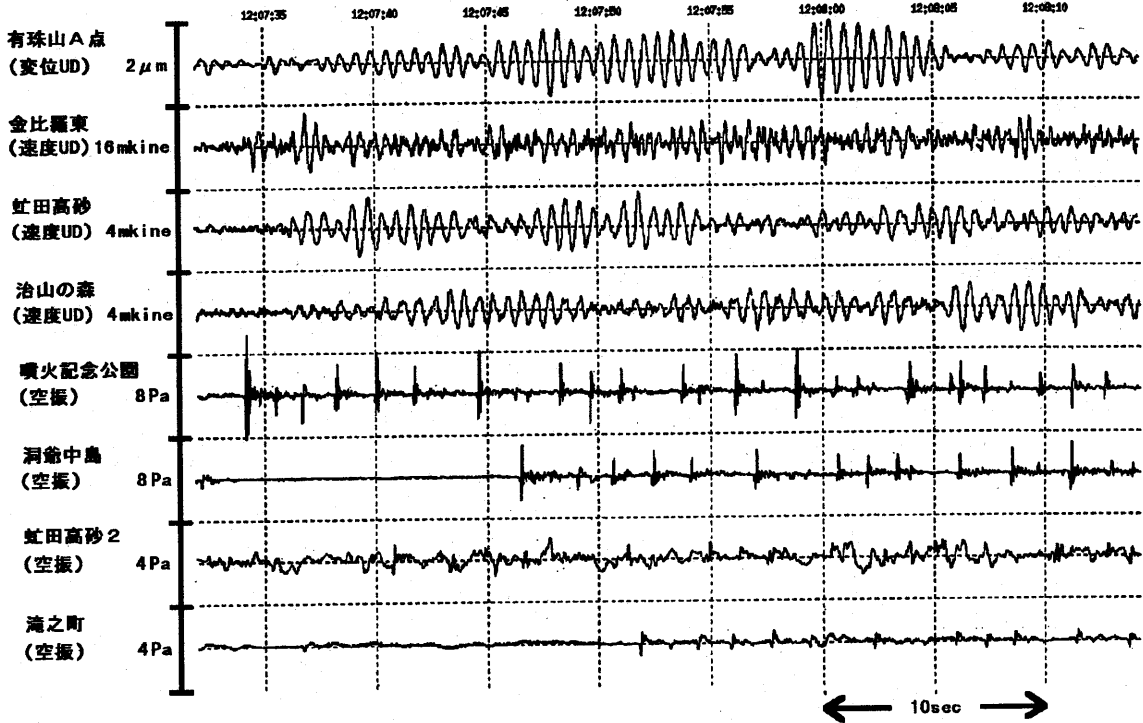
第3図 気象庁A点で観測された火山性微動の特別最大振幅、周期および振幅積算（2000年4月～2001年5月）

Fig.3 Hourly maximum amplitude, period and cumulative amplitude of volcanic tremor observed at point A, JMA.

K-A火口を波源とする空振波形

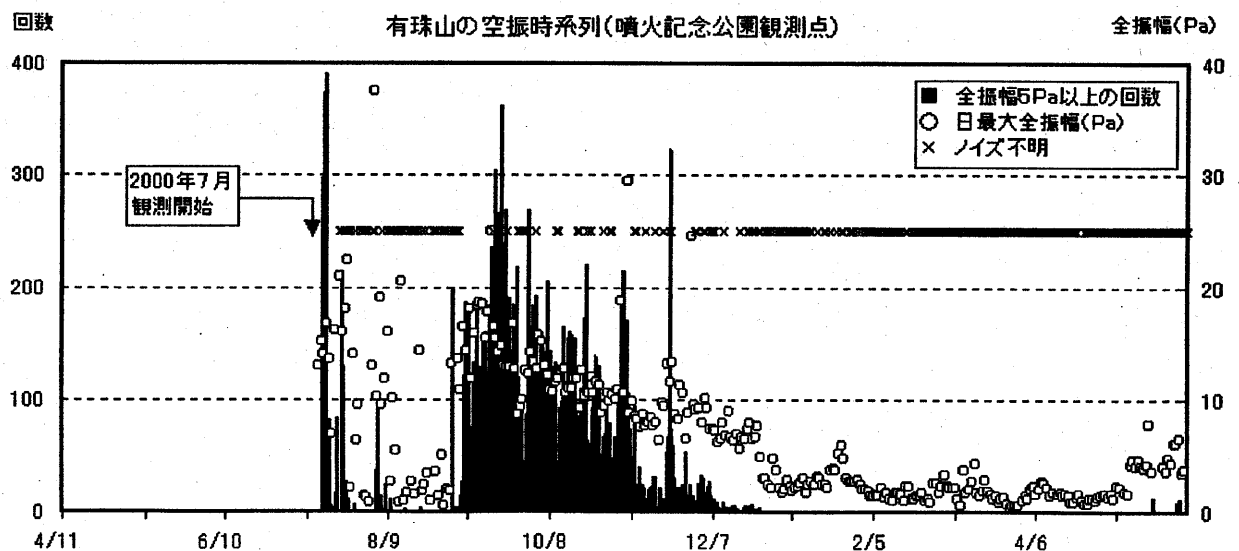
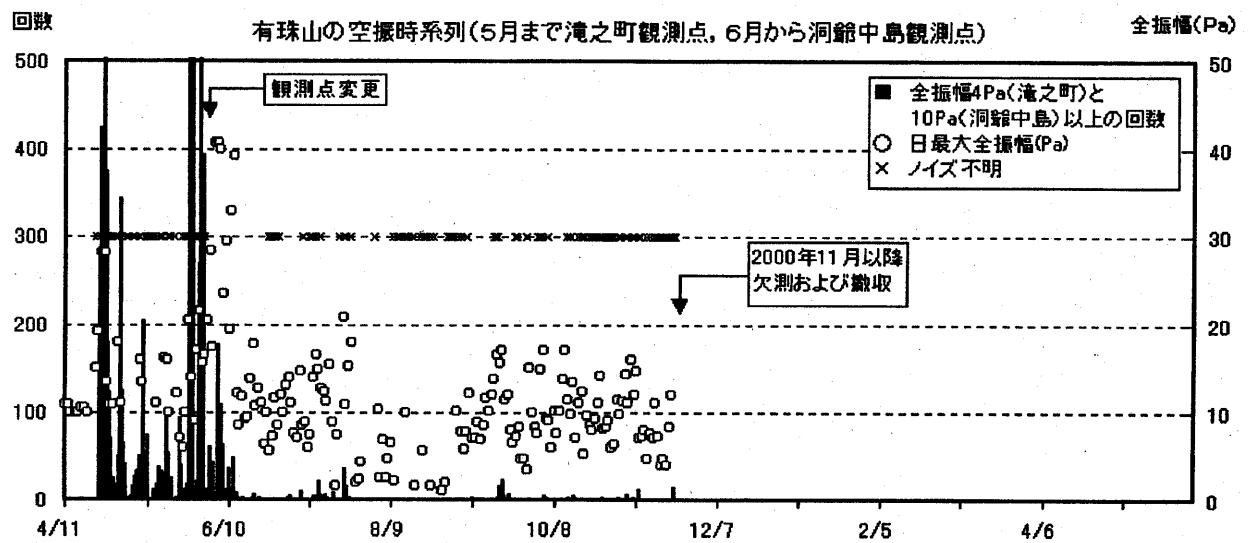
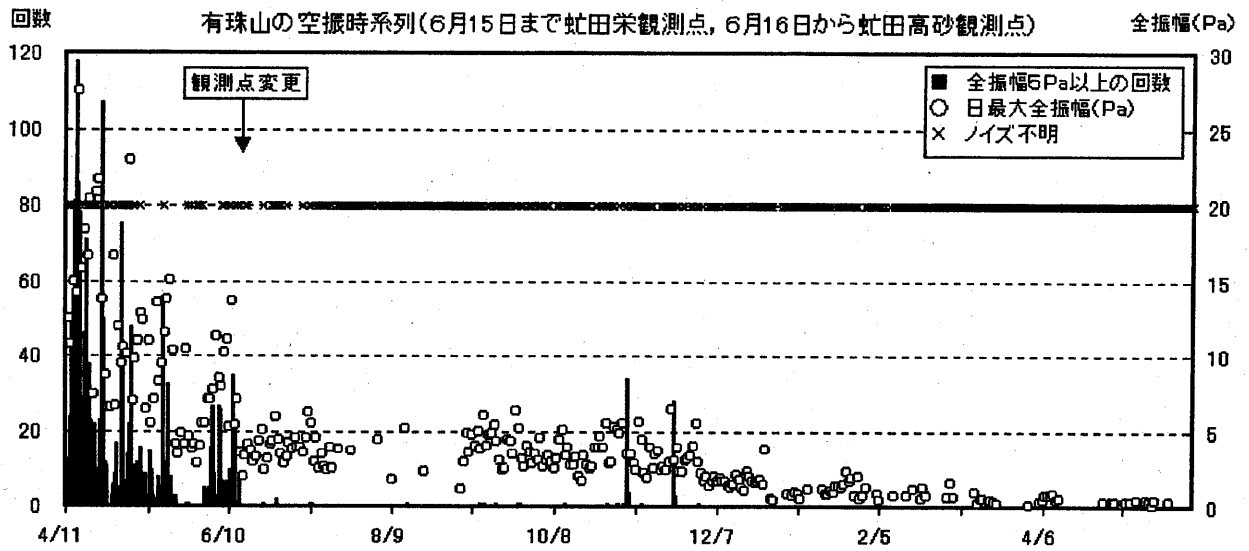


K-B火口を波源とする空振波形

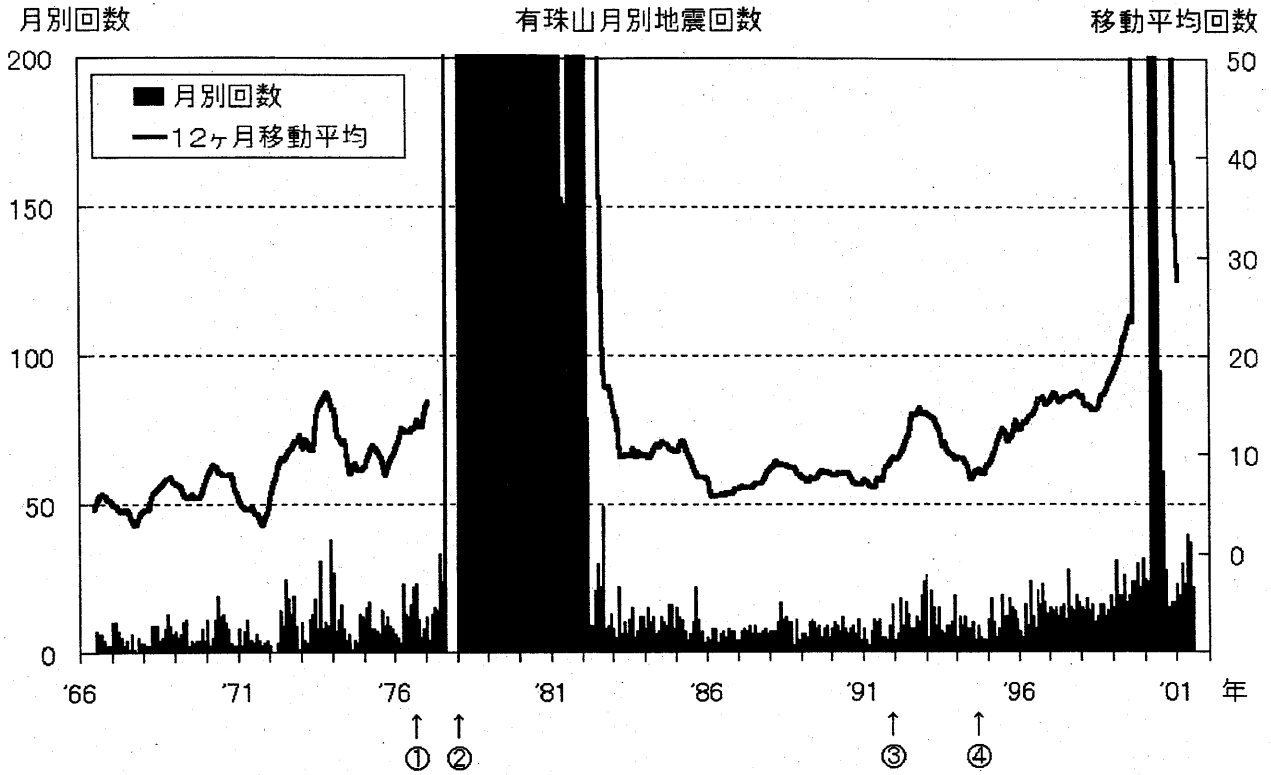


第4図 炸裂型噴火に伴う空振波形および微動波形 (2000年10月12日)

Fig.4 Waveform of infrasonic pulses and tremor accompanying explosive eruption.



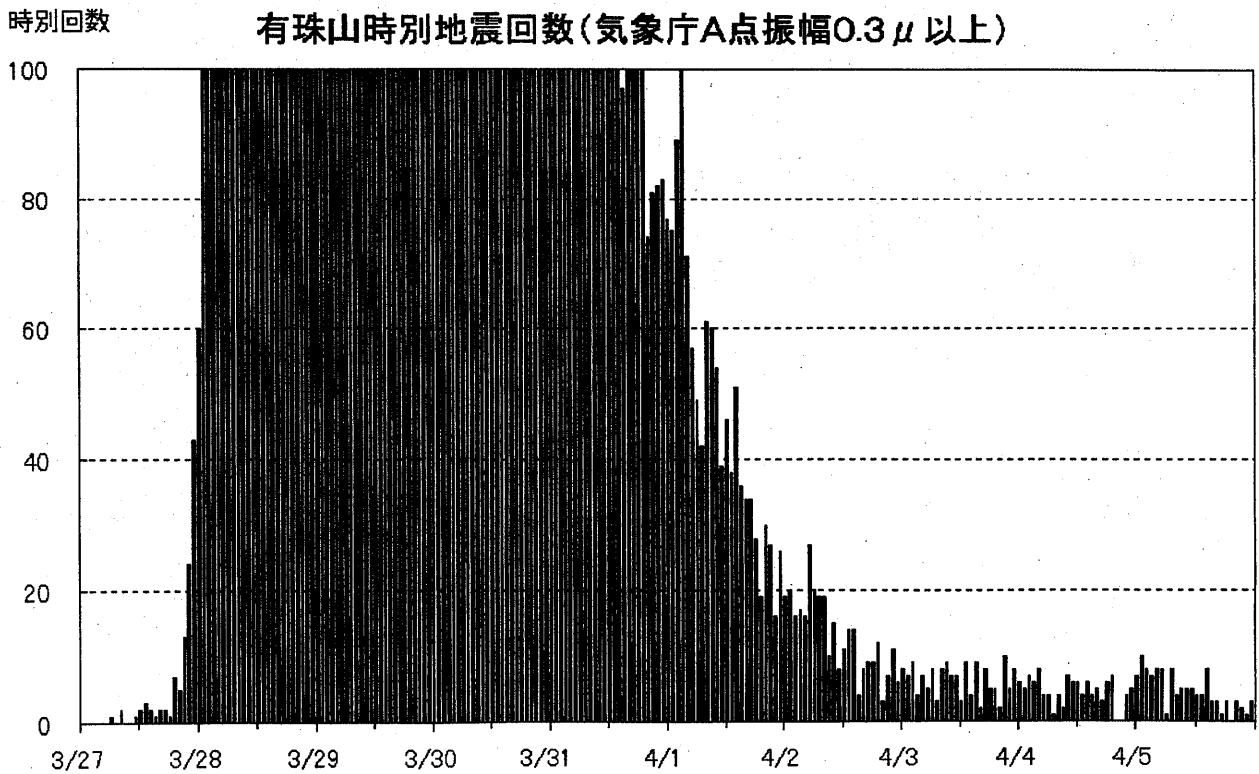
第5図 炸裂型噴火に伴う空振の日別回数および最大振幅の経過(2000年4月~2001年5月)
Fig.5 Hourly number of infrasonic pulses and daily maximum amplitudes at each station(April 2000 - May 2001).



第 6 図 月別地震回数 (1967年 7 月～2001年 5 月)、↑は噴火を示す。

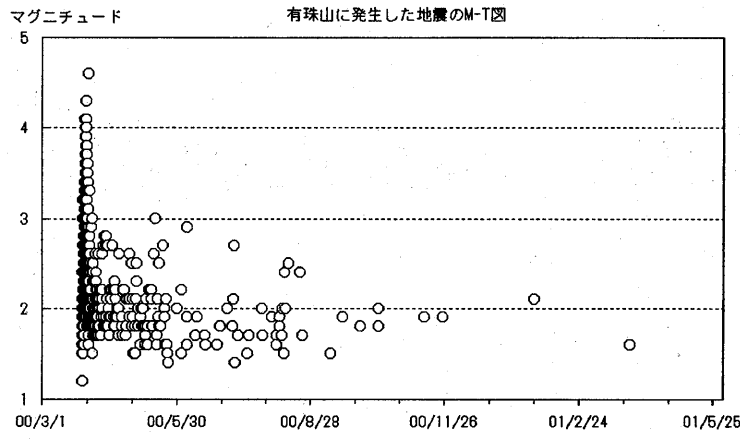
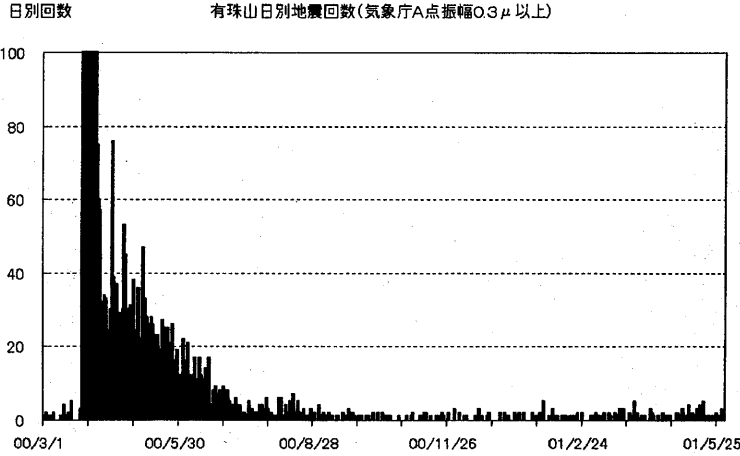
①～③基準観測点変更、④検測基準変更

Fig.6 Monthly frequency of volcanic earthquakes from July 1967 to May 2001.

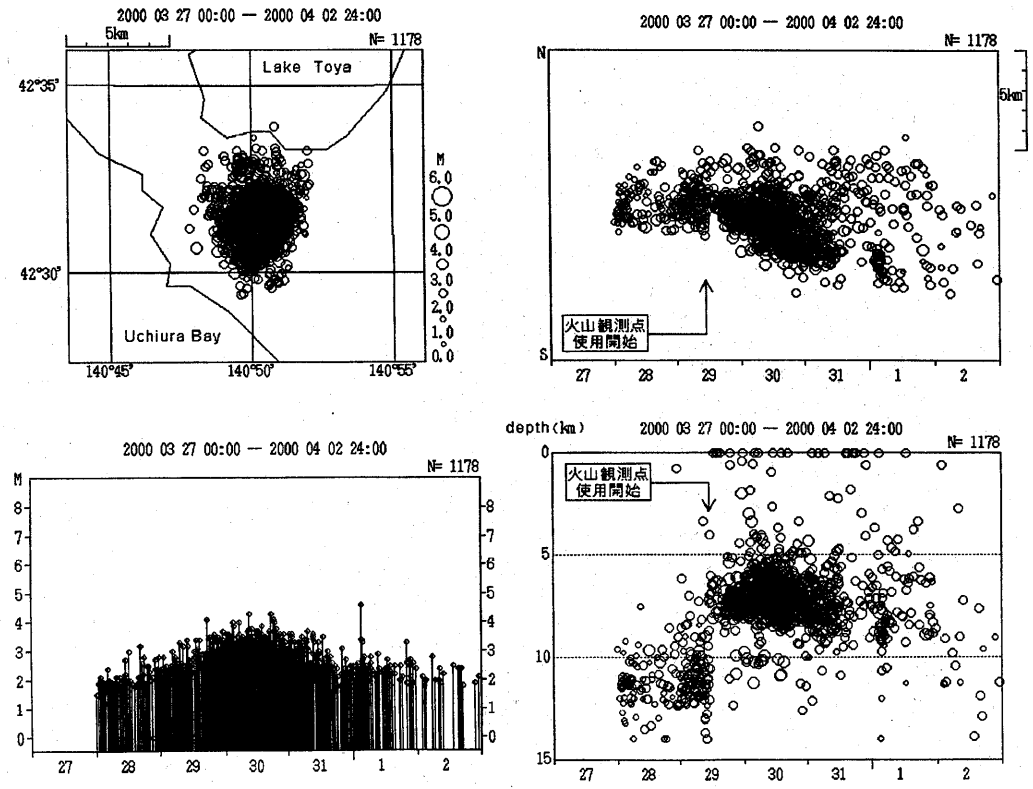


第 7 図 時別地震回数 (2000年 3 月 27 日～4 月 2 日)

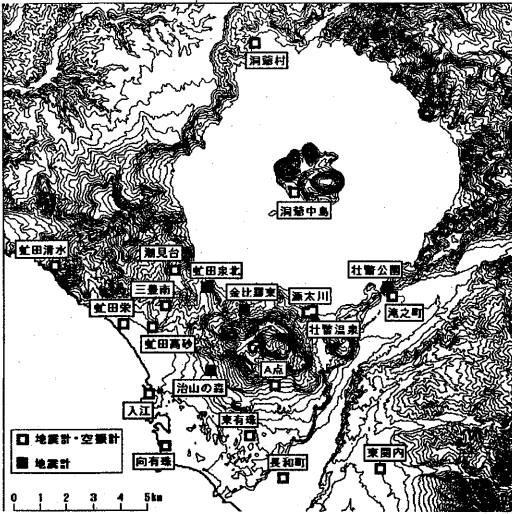
Fig.7 Hourly frequency of volcanic earthquakes from 27 March 2000 to 2 April 2000.



第8図 日別地震回数(2000年1月~2001年5月)およびMT図
Fig.8 Daily frequency of volcanic earthquakes and MT diagram from January 2000 to May 2000.

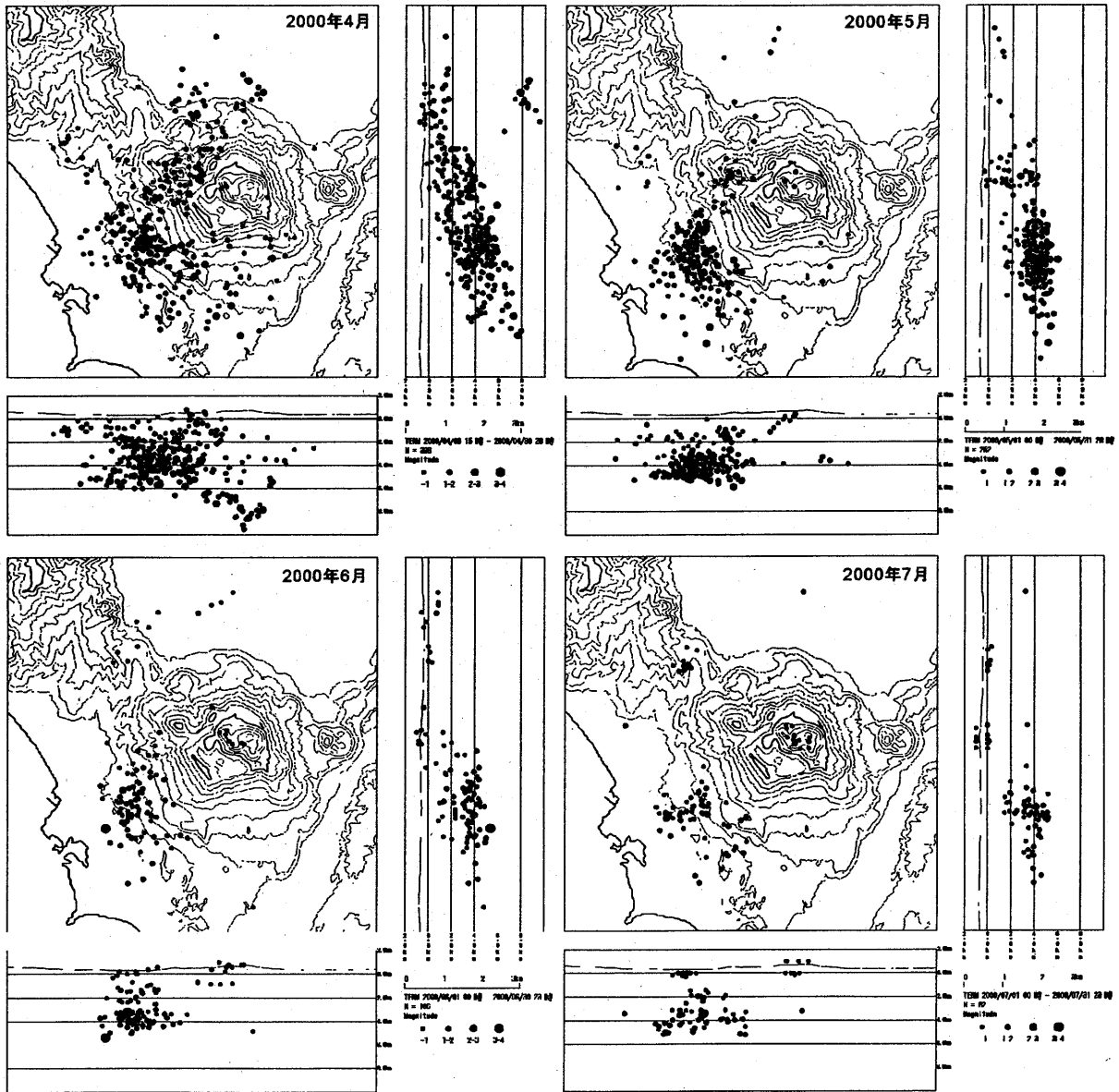


第9図 広域観測網による噴火開始前後の震源分布(2000年3月28日~4月2日)
Fig.9 Hypocentral distribution in and around Usu volcano located by wide seismic station network(28 March 2000 - 2 April 2000).



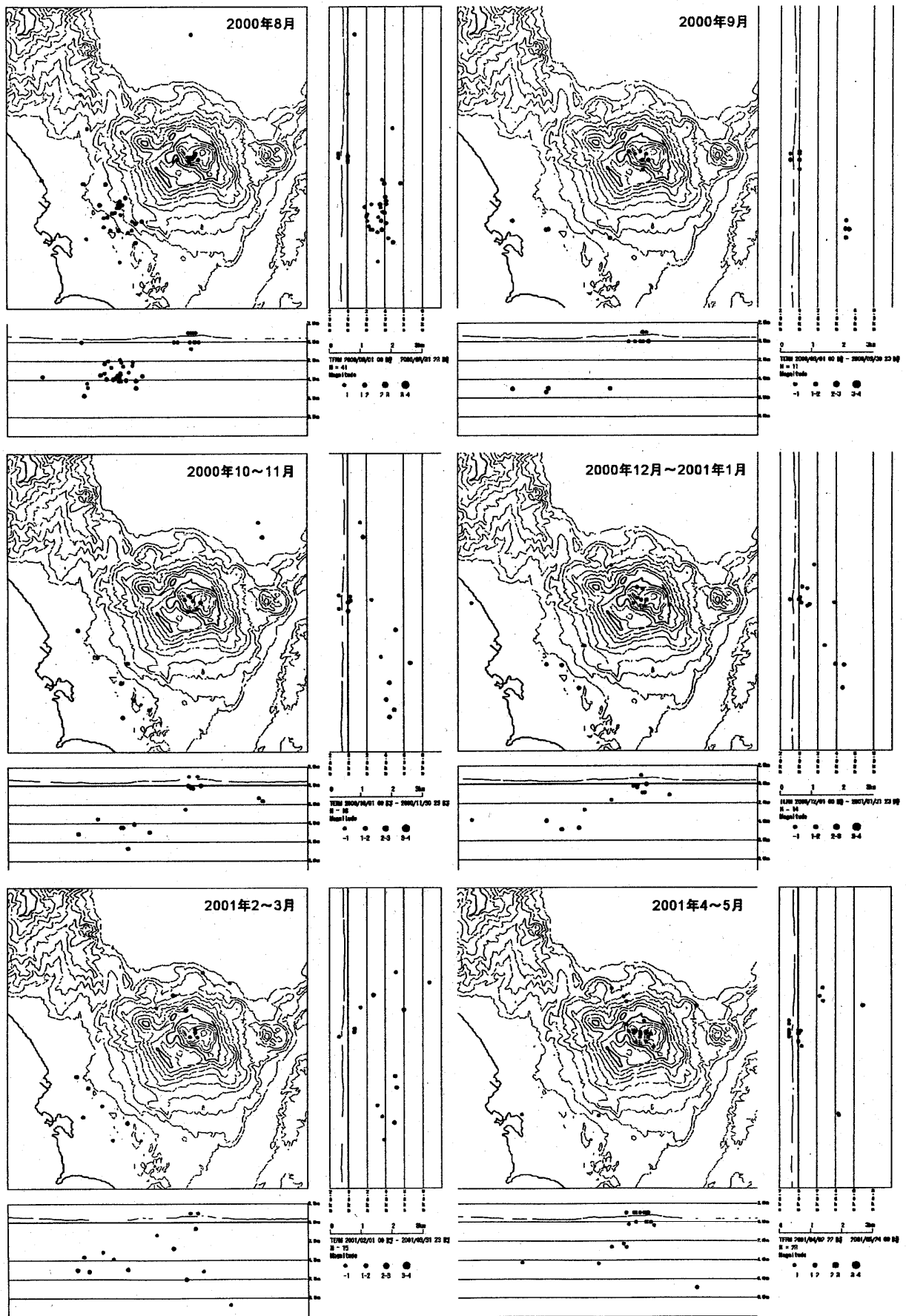
第10図 気象庁による有珠山の火山観測網

Fig.10 Distribution of seismic and infrasonic station by JMA around Usu volcano.

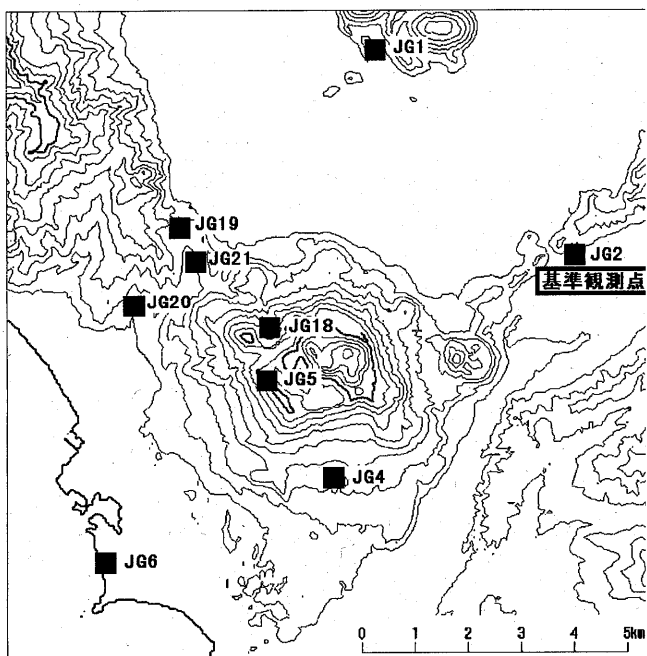


第11-1図 狭域の火山観測網による噴火後の月別震源分布 (2000年4月~2000年7月)

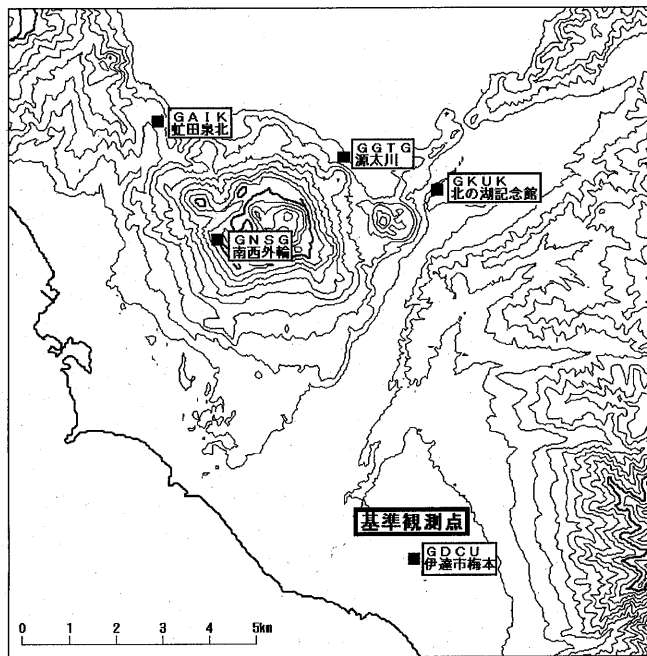
Fig.11-1 Hypocentral distribution in and around Usu volcano located by narrow seismic station network (April 2000 - July 2000).



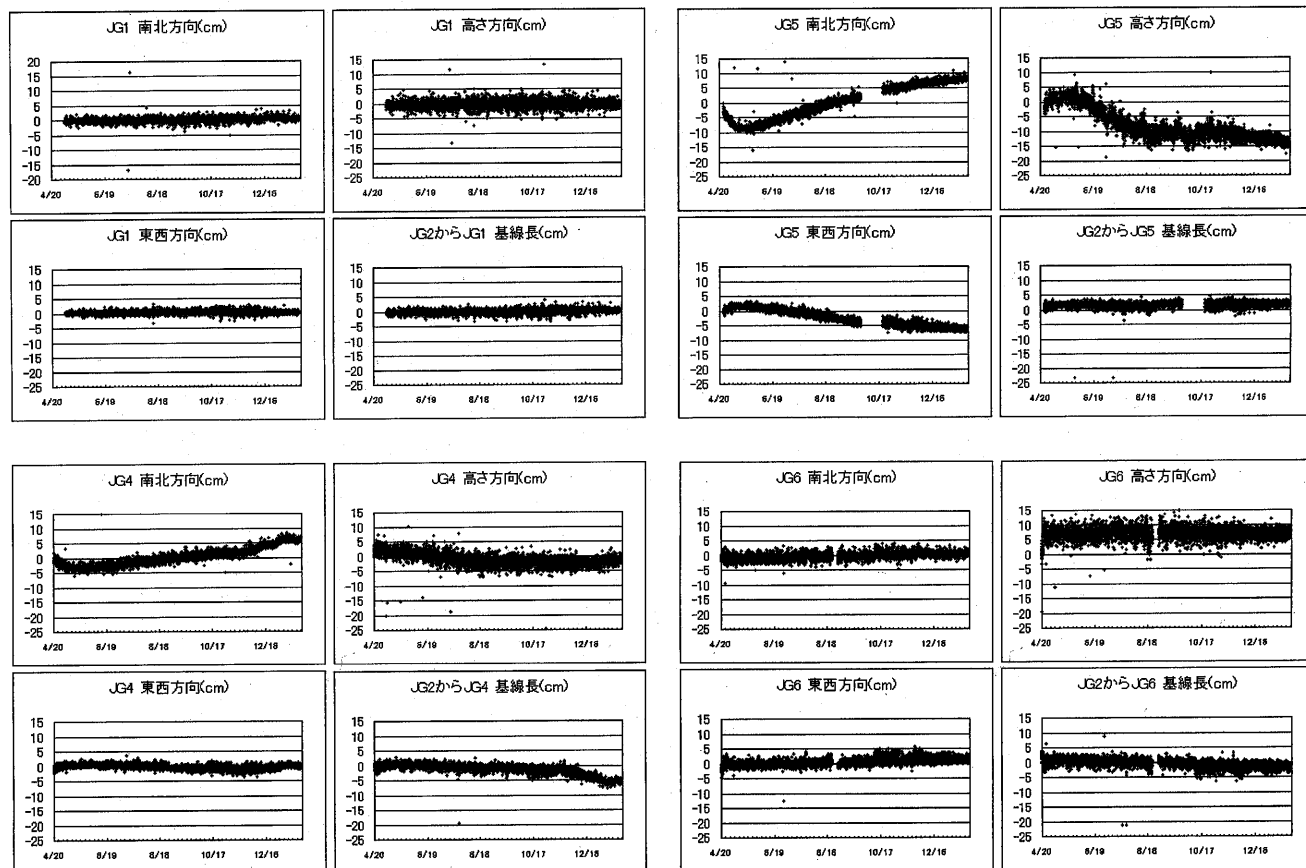
第11-2図 狭域の火山観測網による噴火後の月別震源分布(2000年8月~2001年5月)
 Fig.11-2 Hypocentral distribution in and around Usu volcano located by narrow seismic station network(August 2000 - May 2001).



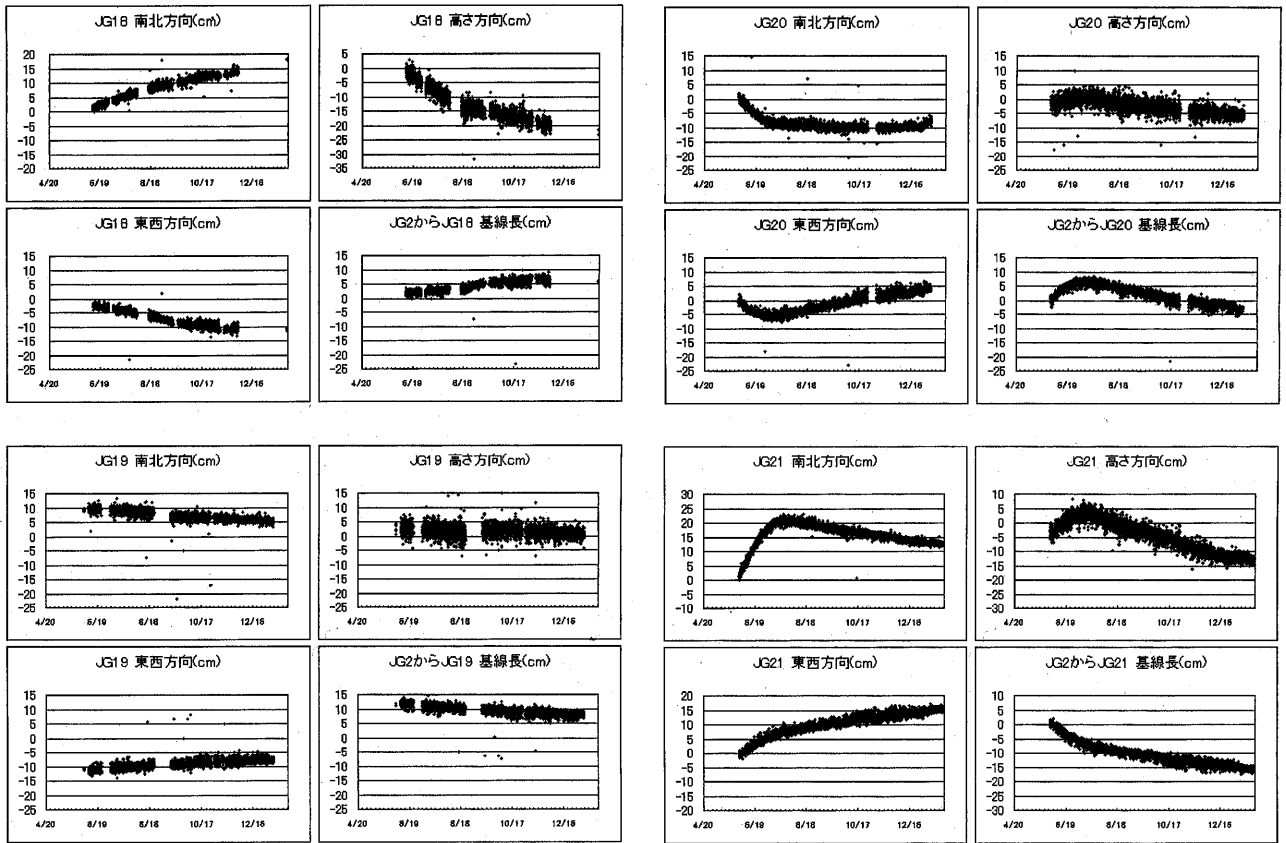
第12図 気象庁GPS観測点配置(2001年2月再配置前)
 Fig.12 Distribution of GPS station by JMA around
 Usu volcano(untill February 2001).



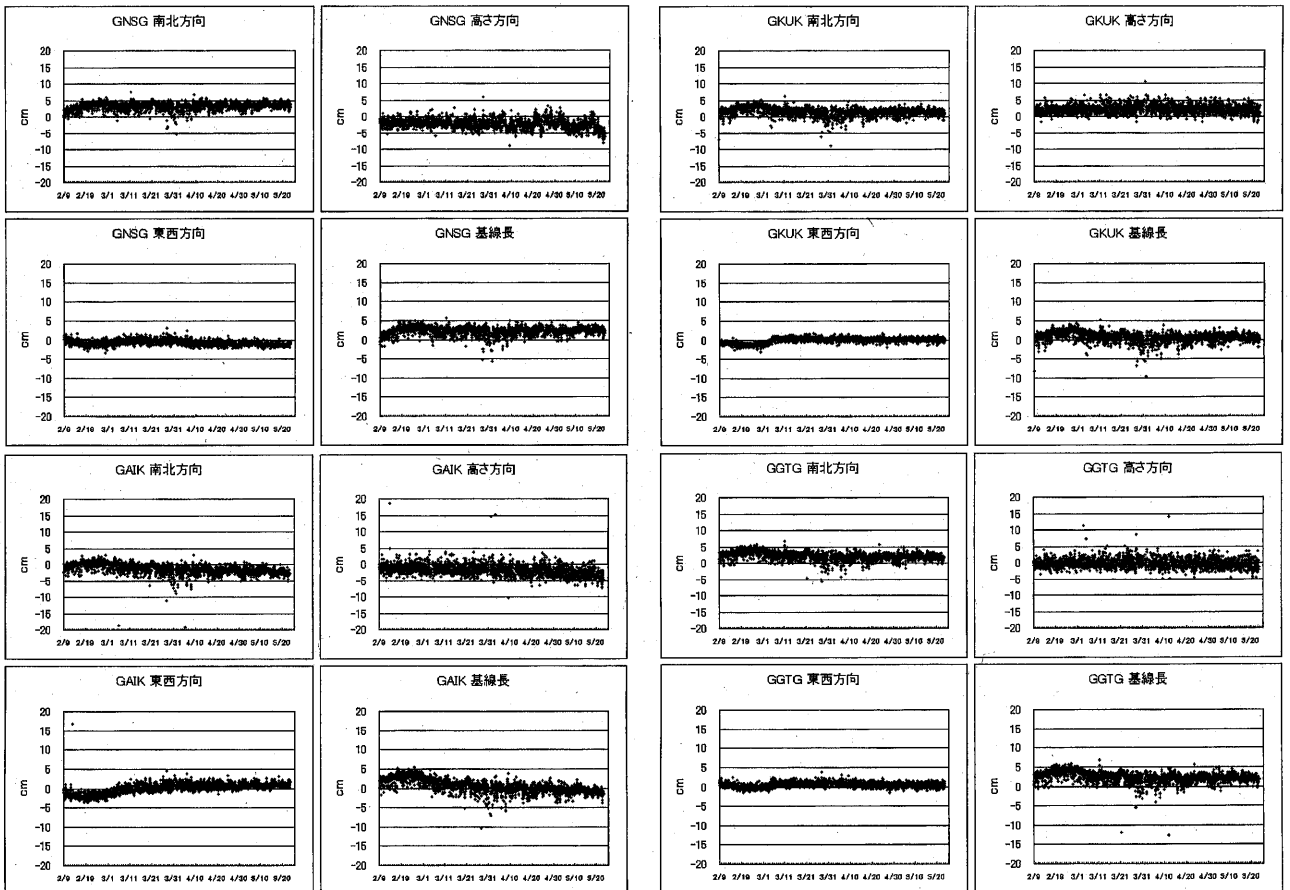
第14図 気象庁GPS観測点配置(2001年2月再配置後)
 Fig.14 Distribution of GPS station by JMA around
 Usu volcano(since February 2001).



第13-1図 GPS連続観測結果(2000年4月~2001年2月)
 Fig.13-1 Result of continuous GPS measurements (April 2000 - February 2001).



第13-2図 G P S連続観測結果 (2000年4月~2001年2月)
 Fig.13-2 Result of continuous GPS measurements (April 2000 - February 2001)



第15図 G P S連続観測結果 (2001年2月~2001年5月)
 Fig.15 Result of continuous GPS measurements (February 2001 - May 2001)