

# 北海道の火山活動とその観測報告\*

(1985年10月～1987年4月)

北海道大学理学部有珠火山観測所

## 1. 概 報

北海道大学理学部有珠火山観測所(UVO)では、この期間も引続き有珠山・樽前山・北海道駒ヶ岳の道南地方の主要三火山に於てテレメータによる火山観測を継続実施した。三火山ともこの期間に於て特に著しい異常活動は認められなかった。有珠山は1977年の噴火から10周年目をむかえたので、活動のその後の現況について本報告でやや詳しく述べる。

第三次火山噴火予知計画に基づいて、新たに十勝岳の火山観測体制の整備が始められ、1985年12月より順次観測データがテレメータによりUVOへ送信され、収録が始まりつつある。1983年頃より続いている十勝岳の活発化の兆候は、<sup>1),2)</sup> 引き続いて認められる。1986年12月から1987年4月にかけて、火山性微動の発生が9回見られたことは、火山活動の新たな高まりと考えられ、活動経過に注意が必要な状況と思われる。北大や気象台の観測に基づき、この期間4回の臨時火山情報が出されている。

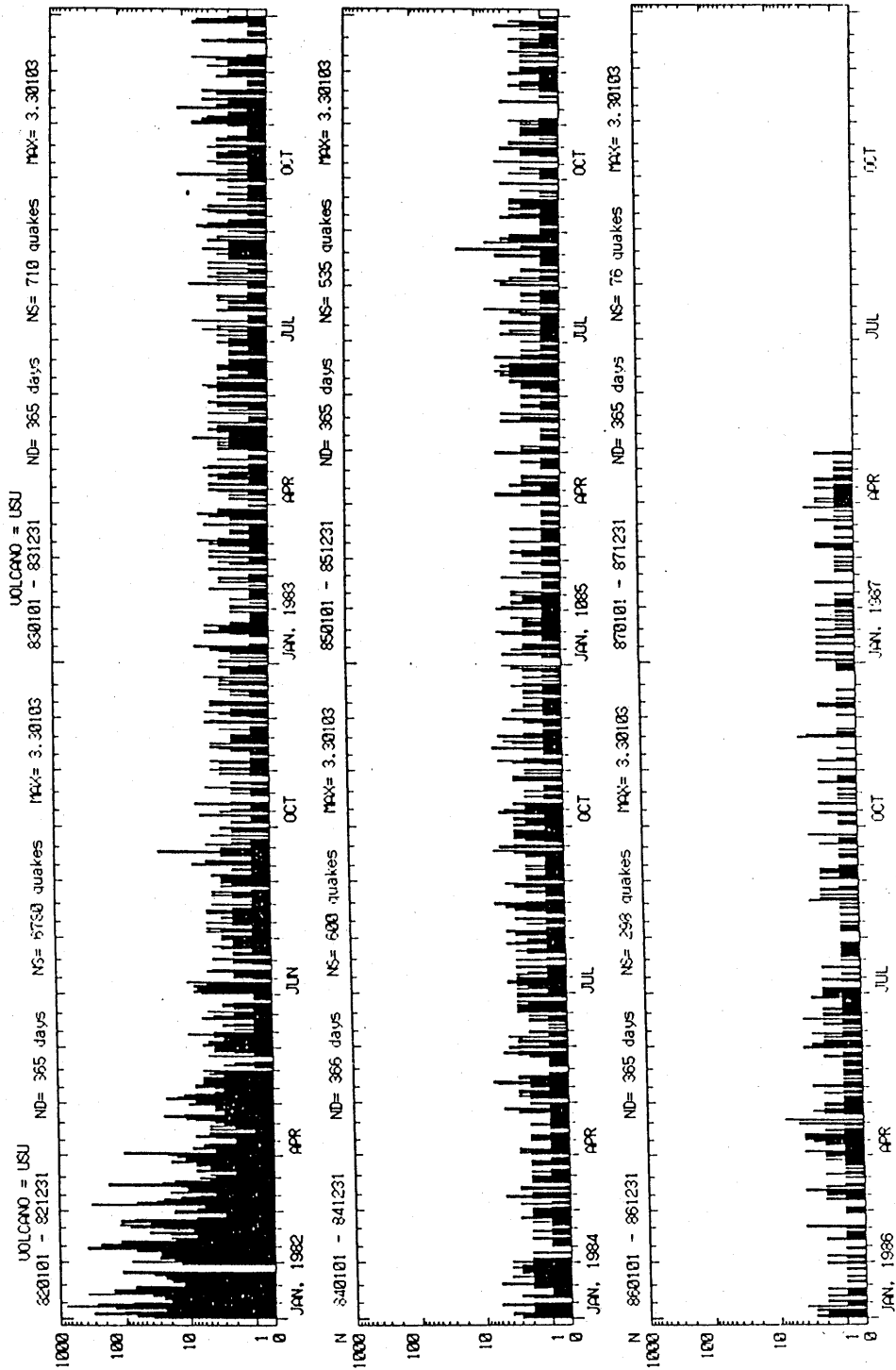
## 2. 有 珠 山

1982年の活動終息後約5年間の有珠山における火山性地震の日別頻度分布を第1図に示す。ここで数えられている地震はUVOの観測網で観測され、有珠山地域の地震と判断される総てのものであり、従来からのLEVEL-Bに相当し、マグニチュードがほぼ-1以上に相当すると考えられている。<sup>3)</sup> 活動終息後5年間の地震活動は、ハッキリした背景的活動レベルを保っていることが明瞭である。この期間山麓で体感となるような有感地震を含むような顕著な群発地震も、孤立的な有感地震も共に皆無だったことは、粘性の高いデイサイト質マグマの特徴的な現象であると考えられる。更に長期に渡る地震活動度は、気象庁の観測結果(第2図)においても同様のことが明らかである。観測された地震波形の例を第3図に示す。

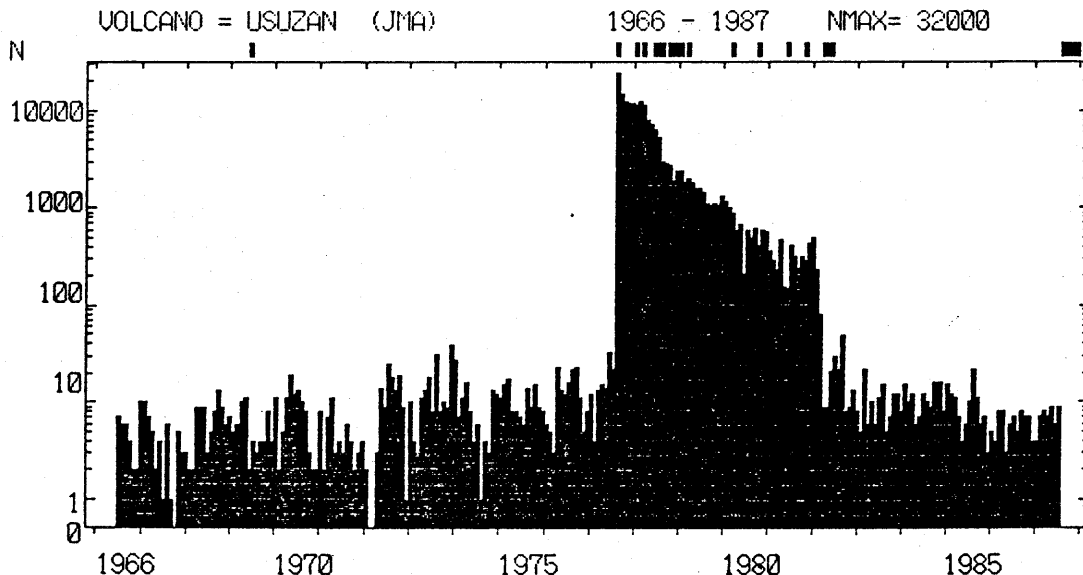
さらに詳しくみると、活動終息後の地震活動は僅かながら系統的に減少を続けているように見える。ノイズや個々の観測点の欠測等のための資料の均質性に問題は残るが、もしこの傾向が事実ならば、活動期と活動期間の一時的な静穏期においても、単に背景的な定常活動というだけでなく、地下で進行している検知でき得るゆっくりしたプロセスが存在していることになる。

1977年の噴火前兆現象は、約30時間前から顕著な群発地震及び噴火の2～3時間前に急速に進行したとみられる火口原の顕著な地殻変動という、明瞭な直前前兆現象はあったものの、長期的或いは中期的な前兆現象が極めて乏しかった。僅かに期待の持てる現象は、噴火に至る迄の10年間に、気象庁の観測による地震回数がやや増加していたらしいということのみに限られる。現在の所、噴火活動期から次の噴火活動期までの「一時的静穏期のフルサイクル」通じての観測データは一度も得られた訳ではないが、1977年から1982年の活動期について、活動期以前は僅かな増加、活動期以後は僅かな減少傾向を持つ

\* Received Aug. 24, 1987

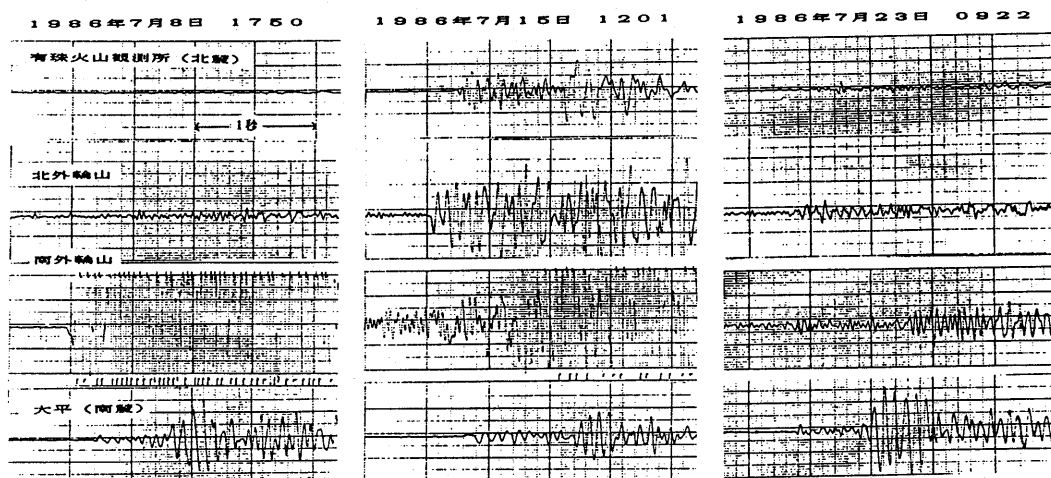


第1図 有珠山で発生する火山性地震の日別頻度分布（有珠火山観測所による）  
 Fig.1 Daily frequency of volcanic earthquakes at Uzu volcano (by UVO)



第2図 有珠山で発生する火山性地震の月別分布（気象庁の資料による）。1977年8月～1982年3月までの活動期と、その前後の一時的な静穏期との間の活動に顕著な差があることが分かる。

Fig.2 Monthly frequency of volcanic earthquakes at Usu volcano (JMA data).  
Note the great contrast between the seismic activities in the active period (August, 1977–March, 1982) and the dormant period before and after that period.



第3図 活動終息以降に発生した有珠山の火山性地震の記録例。

Fig.3 Example of seismograms recorded at UVO network.

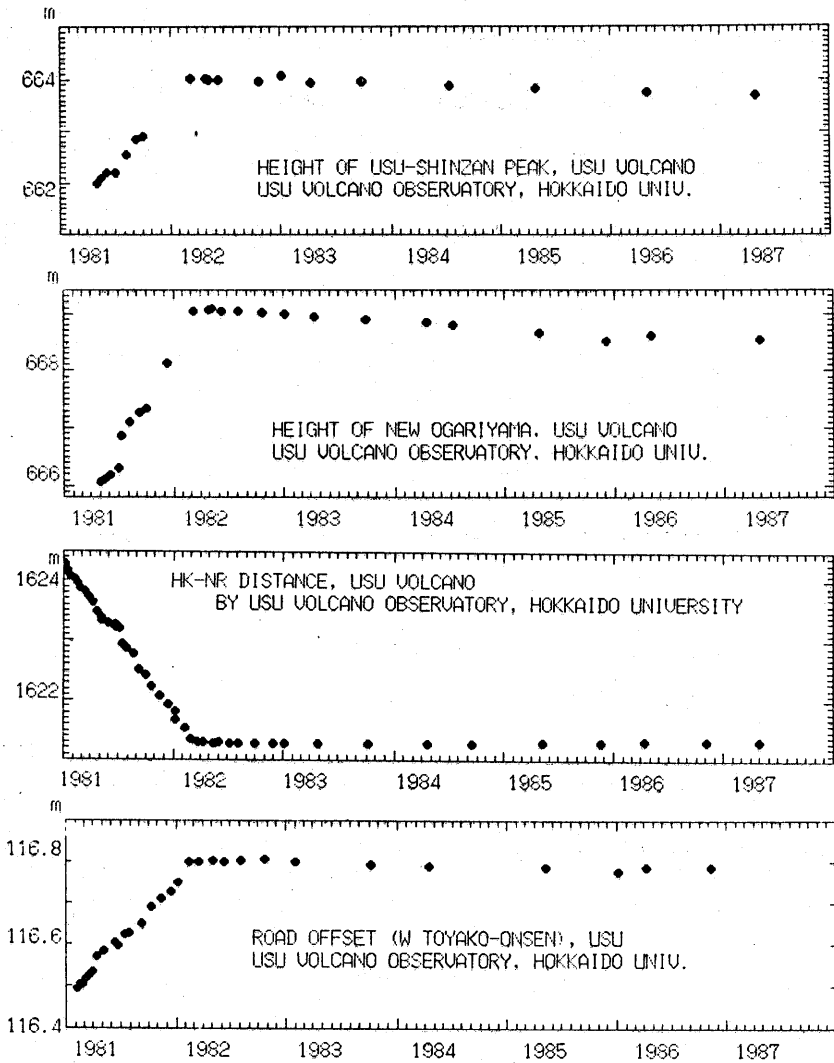
背景的活動をしていることになる。もし仮に、これらが一般的な傾向であるならば、活動期と活動期のある時点で、減少傾向が増加傾向に転ずることが期待される。

噴火予知や防災対策のためには、上記のようなゆっくりしたプロセスが存在しかつ観測により確実に補足できるとしたら願ってもないことである。しかし、以下のような問題点が解決されることが前提条件である。(1)噴火前の地震数増加が地震観測点の移設や検知能力変化など見かけ上のものでないことの確認。(2)最近の地震数の減少が、ノイズの増加などのためでないことの確認。とりわけ山頂部や山腹における土砂災害防止工事や観光用登山バスの外輪山までの運行などによるノイズが最近増加し、観測環境は加速度的に悪化している。火山の利用状況及び熱雲災害を出し易いマグマの性質を考えると、有珠山にSN比の高い観測を常に保証する。100m程度の長さの火山観測坑道を建設することなどにより、より確実な観測データをうる対策が必要である。

1982年以後地震活動が背景的活動レベルに落ち込んだのに対応し、地殻変動の測定結果もハッキリした新しい傾向を示している。第4図は、有珠新山(US)及びおがり山(OG)の最高点の高度、および北外輪山-洞爺湖岸の斜距離(HK)および洞爺湖温泉町西部の国道に於ける断層変位(TK)に示したものである。著しい地殻変動を示していたこれら4種類全ての観測データは、1982年3月に突然その変動がほぼ停止したことをはっきりと示している。その後現在(1987年4月)まで地殻変動は、極めてゆっくりした変動率を保っていることが分かる。尚、TKに於ける測定は町道敷に設置されていた測量基点(高さ約1m、コンクリート製、火山観測所の名前明示)が、工事のため通知なく撤去されてしまっており、洞爺湖温泉町唯一の精密地殻変動観測が継続不能となったのは大変残念である。

山頂に新たに生成された潜在溶岩円頂丘(有珠新山)は1982年3月中旬の活動終息に際し隆起から沈降へ転じ、1982年3月8日に664017mあった有珠新山(US)の高度は1987年4月30日には663696mとなり321cmの沈降量を示している。これは1年間あたり6.2cmの沈降率になり、活動終息後の有珠新山の隆起率1年間あたり2.41mに比べ、約400分の1の変動率となっている。おがり山(OG)は、1982年5月8日に669078mまで隆起した後1987年4月30日には668535mまで5.43cm沈降した結果になっている。しかし、おがり山山頂部では、測量標識が傾いたり、標点の稜線部が崩壊したりしており、この影響が除ききれずOGの観測結果がUSに比べて大きめになっていると考えられる。従って、この5年間の新山の沈降量として、321cmを用いることが望ましいと考えられる。なお、USおよびOGの1977年噴火前の高度はそれぞれ約488mおよび約487mであった。また図から分かる通り、USの変動はこの5年間通じほぼ一定の沈降率で進んでおり、沈降率が次第に減少するなどの有意な時間的な変化が認められない特徴がある。TKでも活動終息と共に僅かではあるが変動方向が逆転している。NRの測定結果に変動方向の逆転現象が認められないのは、測定方向が実際の変動方向を向いていないため、測角測定の結果によると実際の変動方向は逆転している。従って、第4図に示した4種類の地殻変動データは活動終息と共に、全て変動方向を転じたことになる。これらの観測結果の概要を第1表にまとめて示す。

観測によって確認された地殻変動の様子は、活動期には地下のマグマが膨張し、静穏期にはいと収縮するという、いわゆる「Inflation-Deflation(膨張収縮)」の考えと極めて良く対応していると考えられる。「Inflation-Deflation」の考えが導かれる基となった桜島やハワイの例では、一般にDeflationは噴火による大量の溶岩噴出開始と同時に起こったと考えられているが、有珠山の場合は1977年8月の



第4図 有珠山の地殻変動。上から有珠新山の高さ変化、おがり山の高さ変化、北外輪山と北麓の洞爺湖岸の間の斜距離変化、および洞爺湖温泉西部の道路を横切る断層の変動。ここに示した全ての地殻変動の観測結果は、地震活動の終息と同時に、地殻変動もほぼ終わったことが分かる。山頂の変動は隆起から沈降に転じている。

Fig.4 Deformation data at Usu volcano. Height change of new cryptodome Usushinzan, and Ogariyama, and distance change between the north rim to Toya shore-line, and the fault displacement at the western part of Toyako-Spa.

第1表 有珠山の活動の概要

Fig.1 Summary of some important observational results at Usu volcano.

	噴火前	活動終息時	現在	備考
有珠新山の高度	約488m	664.017m	663.696m	隆起量 約176m
		1982.3.8	1987.4.30	沈降量 32.1cm
おがり山新山高度	約487m	669.078m	*668.535m	隆起量 約182m
		1982.5.8	1987.4.30	沈降量*54.3cm
	( *測定点崩壊のため参考値 )			
有珠新山の隆起率	ほぼ0	+2.4m/year	-6.2cm/year	
	(最大隆起率は活動初期の約1m/day程度と推定される)			

注意：1977年から1982年の活動で有珠山の山頂に隆起した新しい潜在岩円頂丘は、有珠新山と命名されている。ピークは2つあり、区別する必要があるときは有珠新山ピーク、おがり山新山ピークと呼ぶことがある。おがり山新山の方が実際の標高は高い。

軽石噴火活動期や1978年にかけての第2期噴火活動期以後も5年間に渡りInflationが続き、1982年3月になって突然Deflationに転じたことになる。有珠山のような粘性の高いデイサイト質マグマは、マグマの放出(噴火)即Deflationとならず、噴火後もかなり長期に渡りInflationを続けることができ、ある時点で不連続的にDeflationに転じたわけである。

第5図は、昭和新山ドーム(GIH1)および道道昭和新山線の松本山(GIH3)の高度の変化を示したものである。昭和新山地域の水準測量については、前回の噴火以前より北大理学部による観測資料があり、図には過去20年分の長期観測に基づく測定結果を洞爺湖岸の水準点BM1053からの比高変化が示されている。GIH1のドームは大変崩れ易いため3ヶ所に測点が設置されている(GIH1A, GIH1BおよびGIH1C)。示された3点の変動パターンは全体として良く似ており、共に昭和新山の溶岩ドームが過去20年の間に約80cm程沈降したことを示している。平均的な沈降率は1年当り約4.5cmとなり、前述の有珠新山の観測値である1年当り約6.2cmの沈降率と比べて、やや小さめではあるが

むしろ大変良く似た率であることが注目される。

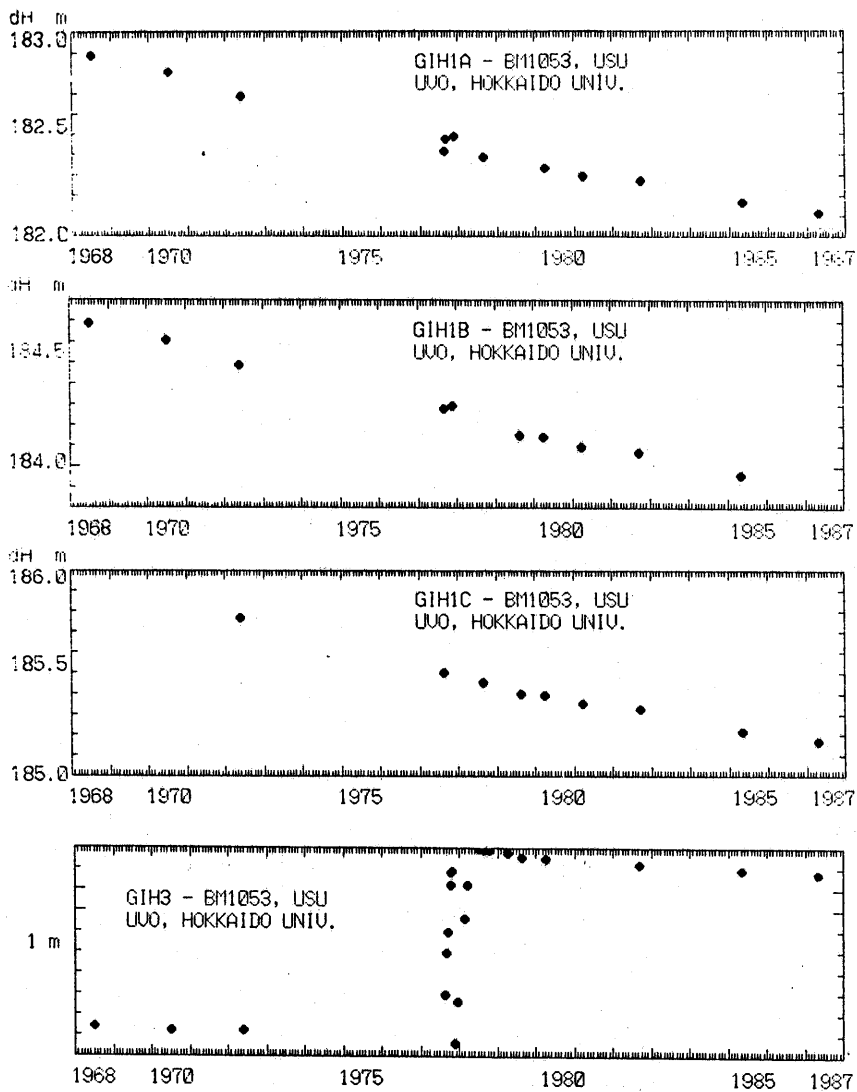
更に詳細にみると、有珠山の活動の影響が見られる。1977年から1978年にかけて最大で約10 cm程度隆起し、更にその後1982年の活動終息迄の期間やや沈降率が小さめの様に見える。これらの影響が若干あるにしても、昭和新山の溶岩ドームは大局的にみるとほぼ同じ割合で沈降を続けており、今回の有珠山本体の活動の影響をほとんど受けなかったことは重要な観測事実である。なお、昭和新山ではドームの南側基部にある測点(GIH2)では前回の活動の影響として数十cmの顕著な隆起を受けている。このことは外輪山の押しだしの影響が山麓では柔らかく変形し易い地表浅部に集中しており、地下深部から貫入し固結している溶岩円頂丘は変形に抗していることを示している。有珠山からみて東丸山の裏側で地殻変動が少なくなっていることも類似の現象と考えられる。

松本山(GIH3)では1977年から1978年春にかけて約2 mの顕著な隆起が認められる。有珠山の活動の影響を受けたこの部分を除くと、全体として僅かなしきし有意な沈降を示している。沈降率は1年当り約5mmで昭和新山や有珠新山と比べその10分の1のオーダーである。GIH3の基点は松本山の有珠山側にあり、外輪山の押し出しにより地表浅部が変形した影響は強く受けたが、これを除くと一貫して沈降状態にあることは、昭和新山の事例と合わせ極めて興味深い新しい観測事実である。

前回の活動終了後5年間の山麓における上下変動の平面分布図を第6図に示す。測量基点の変遷が激しいため、1982年8月と1987年4月の2回の測定を直接比べられるデータは少ないが、観測により幾つかのはっきりした結論を得ることが出来た。最も大量の変動を示しているのは昭和新山の溶岩ドームのGIH1の点である。前述したように、この変動は昭和新山独自のものであり、今回の有珠山の活動の影響ではない。次に大きな変動量を示しているのは壮瞥温泉地区である。変動量は10~15 cm程度で、潜在溶岩円頂丘である東丸山の陰になると急激に3 cm程度と少なくなっている。

比較資料として、活動期の観測結果を第6図に併せて示す。第7図は湖岸路線に沿った上下変動観測結果をまとめたものである。壮瞥温泉地区で沈降量が多い西側境界は有珠山からみて西丸山の裏側辺りであることが分かる。このように、洞爺湖岸で活動期に最も激しい沈降を観測した明治新山の洞爺湖側まで沈降量が多い地域が続いていると思われる。洞爺湖温泉地区の湖岸での変動は少なめになっており、3~5 cm程度の沈降となっている。活動期の山麓の地殻変動は、部分的な隆起と沈降が複雑に入り組んでいたことが知られている。しかしながら、活動終息後は図に示される限りにおいては、全面的な沈降となっており、かつ壮瞥温泉地区で沈降量が多いという、比較的単純なパターンになっていることを特徴としている。第7図より、沈降量は時間経過と共に僅かながら少なくなっている可能性がある。

観測により明らかにされたこのような単純な沈降現象が、どのような物理的機構で起こっているのか必ずしも明らかでない。有珠新山の沈降に直接対応した変動という考えでは、壮瞥温泉地区の沈降量は大き過ぎるようである。有珠新山は前述のように約180m隆起した後、約32cm沈降したに過ぎない。山頂の沈降量の30~50%に及ぶ山麓の沈降現象を、山頂変動の単純な直接の波及効果とするのは無理であろう。山麓に特有の他の変動機構として、重力的な地滑り効果があろう。活動期には、北~北東外輪山の押しだしの結果、壮瞥温泉地区は洞爺湖岸で20mを越える湖水中心方向への水平移動があり、かつ上下変動は全体として沈降が優っていたと見られる(第6図, 第7図)。従って、活動終息後も引続き地滑りの変動が継続した可能性は高いと思われる。

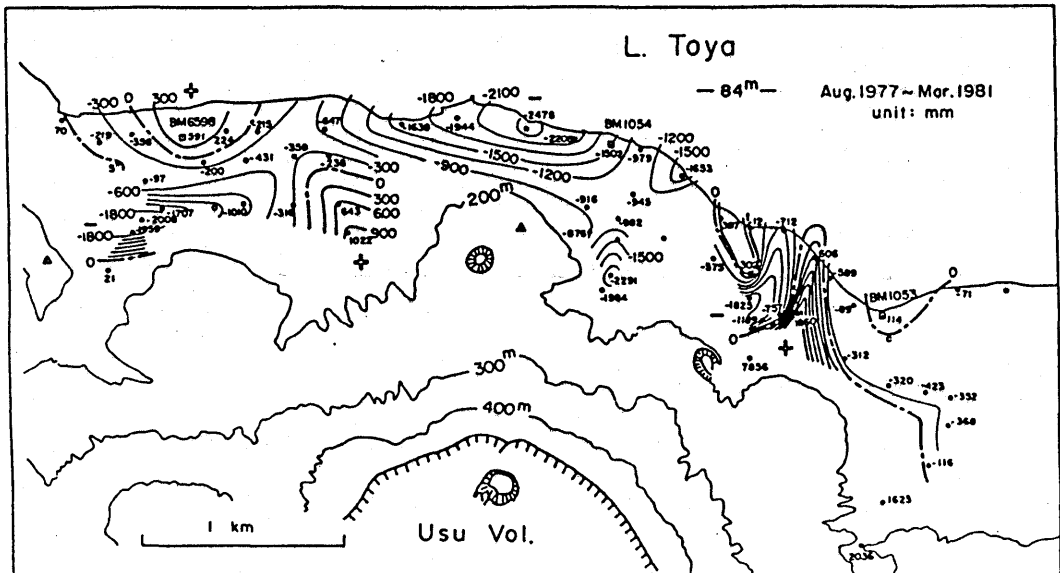
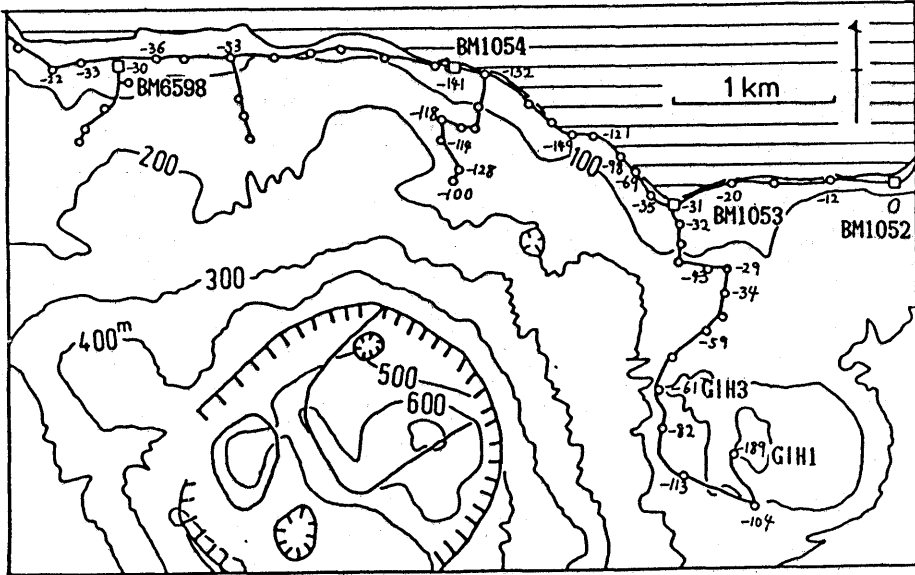


第5図 有珠山麓の地殻変動。昭和新山溶岩ドーム(GIH1)は、1977年—1982年の活動の影響をほとんど受けずに、過去20年間にわたり約80 cm沈降した。これに反し、松本山(GIH3)では有珠山の活動の影響を強く受けているが、やはり僅かな沈降現象が見られる。

Fig.5 Subsidence of the Shouwa-shinzan lava dome(GIH1) and the flank of Matsumotoyama(GIH3) relative to BM1053. The large effects due to the 1977-1978 activity of Usu to GIH3 but apparently no effects to GHI1 are remarkable.



Aug. 1982-Apr. 1987 unit: mm



第 6 図 洞爺湖温泉，壮瞥温泉，昭和新山地区の山麓における上下変動の比較。

(a)活動終息後，1982年8月-1987年4月，(b)活動期1977年8月-1981年3月。活動終息後は全域で沈降状態にある。西丸山と東丸山に挟まれた壮瞥温泉地区では，最近5年間で10-15cmの沈下量になり地殻変動の被害も散見される。

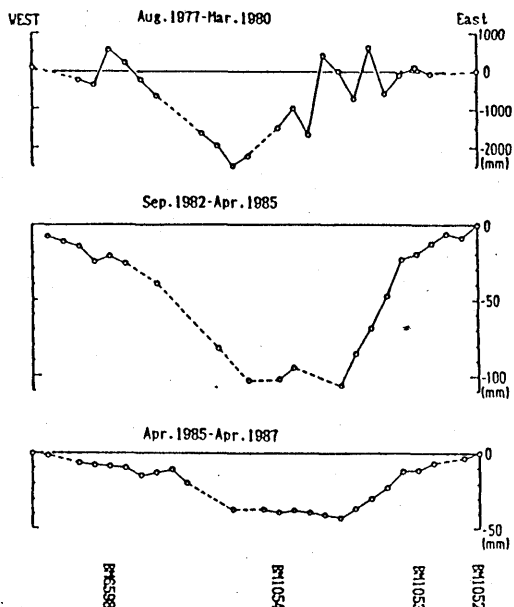
Fig.6 Vertical deformation during (a) and (b) the 1977-1982 activity of Usu.

一方、明治新山生成後にかなり広い地域で2~3 cmの沈降が観測されている。<sup>4)</sup> 活動終息後の広域的な沈降現象は、大噴火の場合良くみられる。桜島(1914年)や北海道駒ヶ岳(1929年)の例が典型的な観測例である。これは、マグマの活動終息を意味するDeflationと考えられている。粘性の高い有珠山のようなデイサイト質のマグマの場合、Deflationは地表浅部に貫入した局在するドームのみでなく、更に深部の根元にあたるマグマ溜り本体のDeflationも起っていると考えべきであろう。この効果がどの様に現れ、山麓の変動にどれだけ寄与しているかの問題も残されている。

また、明治新山においても、昭和新山や有珠新山で見られたように、明治以来沈降が続いており、これが壮瞥温泉地域の変動を大きくしている可能性も否定できない。明治の活動では、西丸山と東丸山の2つの潜在円頂丘で囲まれた地域が隆起して明治新山を形成している(普通明治新山と呼ばれているのはこのうち西半分であるが、壮瞥温泉川と源田川の間地域も明治新山の半分ぐらいの隆起を示しマグマの貫入があったと思われるので、第2明治新山とでも呼ぶべきである)。今回の観測で沈降量が特に多かったのは、これら2つの明治新山のかげとなる部分である。大森は、明治新山が傾いたため湖岸が沈降水没するモデルを提出している。<sup>5)</sup> 今回の活動で明治新山は、昭和新山や東丸山と異なり外輪山の押し出しに抵抗できず、傾動しその不安定さが残っているという考えも可能である。

以上述べたように、山麓の沈降を説明するモデルは多種多様であり、更に広域の地殻変動の実態が明らかになると共に、変動ベクトルの精密測量データを得ることが先決となっている。最近人工衛星を利用した測地測量技術が急速な進歩をみせ、有珠山のような変動する火山の観測には既に実用化可能な精度に達している。GPS(衛星測位システム)の導入や、広域測量の繰り返し実施による変動ベクトルの観測が待たれる。

山麓で続いている変動は活動期と比べ僅かな量であるが、5年間の積算量は必ずしも少ないとは言えない。このため、所によっては建造物や地下埋設物等に被害が出ている。長大な建造物や、変形しにくい構造物に被害が目立つようである。観測による変形の進み具合を正確につかみながら、適切な対応策を施す必要があろう。



第7図 洞爺湖岸線に沿った水準路線の上下変動測定結果。

Fig.7 Cross section of vertical deformation along the shoreline of Toya lake.

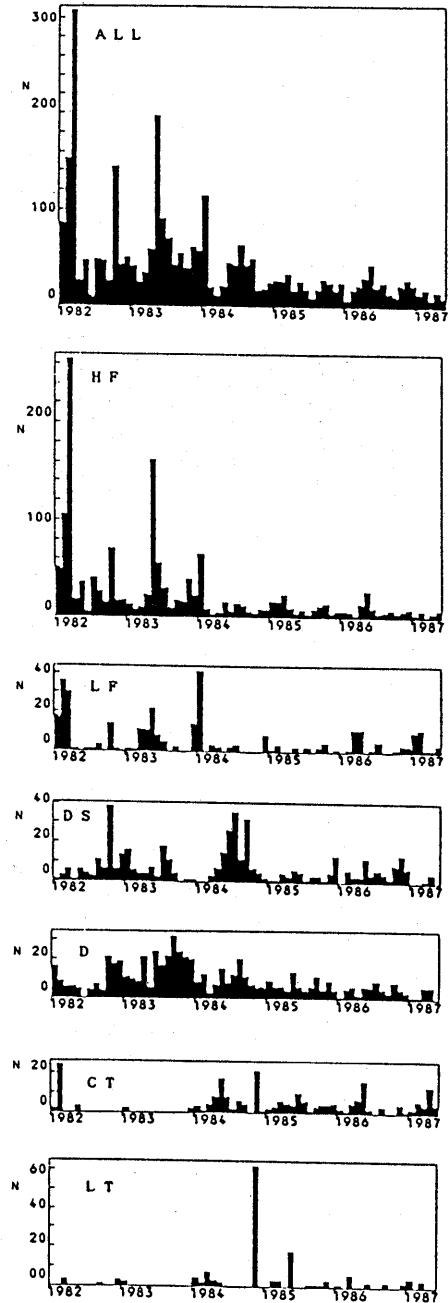
### 3. 樽前山

樽前山はこの期間静穏な活動を示し、特に注目される異常な火山活動は観測されなかった。1982年より1987年5月までのUVOによる火山性地震の月別頻度分布を第8図に示す。記録波形の目視分類により各タイプ別の頻度も同時に示されている。1982年から1984年にかけての活動とそれ以後の活動では、どのタイプの地震活動でもはっきりした活動低下が明らかである。第9図はより長期に渡る地震活動の推移を気象庁の観測データに基づいて示したものである。既に注目されているように、1981年2月の小噴火以後、極めてシステムティックに地震活動レベルが長期的衰退傾向を示していることが良く分かる。第10図は日別地震回数と特に大きな地震の活動状態を見るためマグニチュード別の活動図(MT図)を示す。これらの観測資料から、最近の地震活動は若干の変動はあるものの、静穏な活動状態を保っていることは明瞭である。

気象庁の1967年からの観測によると、長期的な樽前山の地震活動は観測開始以来増加を示した後、1978年5月、1978年12月、1981年2月の3回にわたって小噴火を繰り返した(噴火指数、VEI=0~1)。地震活動はこれら3回の噴火に前後して顕著な増加を示した後、多少の増減はあるものの極めて系統的に静穏化が進み、この期間観測開始以来最も地震活動の低い状態になっている。<sup>6)</sup>

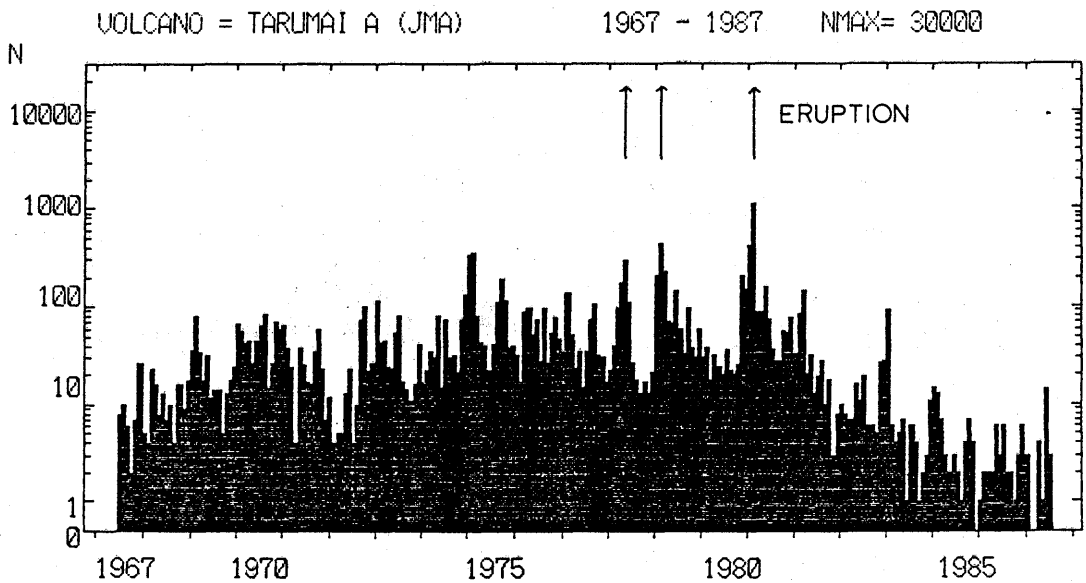
地震活動の静穏化現象が進行すると同時に発現した山頂ドームの熱的活動の顕著な活発化は、1983年から1984年にかけて新たな問題として注目された<sup>7)</sup>が、その後活発化が進行せずむしろやや衰退化を示している。このことから、活動エネルギーが地震から熱活動中心へ移っていったのではないかという懸念はなくなり、1967年~1981年にかけての一連の活動と異なった、新しいタイプの一時的静穏期に現在はあるものと思われる。

樽前山の地震の震源分布を第11図に示す。UVOでは気象庁の観測点(A点)の地震記録を分流し提供して頂いているが、変位記録のため震源決定には使えな



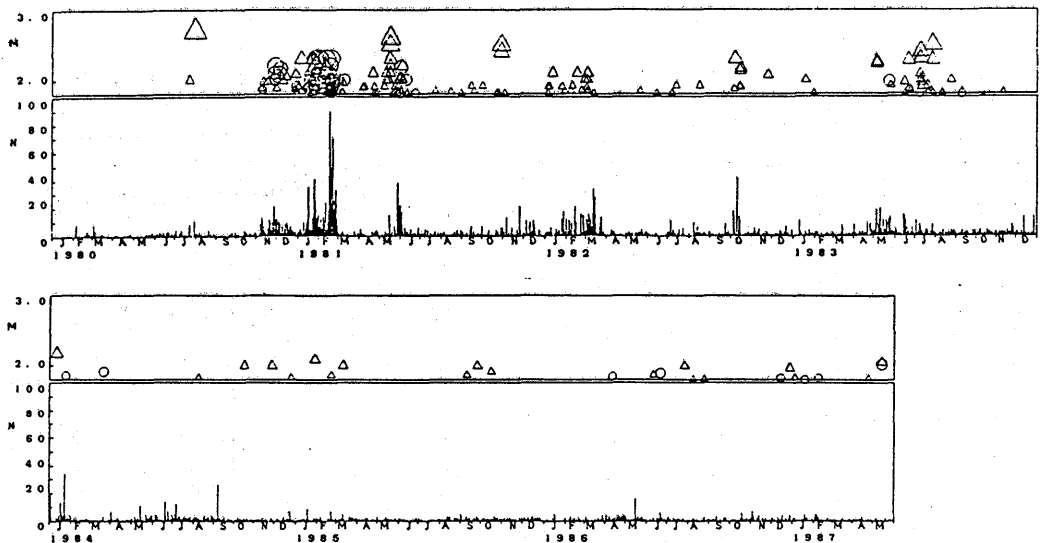
第8図 樽前山で発生する火山性地震のタイプ別月別頻度。

Fig.8 Monthly frequency of volcanic earthquakes at Tarumai volcano.



第9図 より長期間の資料でみた樽前山の火山性地震の月別頻度（気象庁資料による）。  
縦軸は変形対数表示である。

Fig.9 Monthly frequency of volcanic earthquakes at Tarumai volcano (JMA data). Note the systematic decay of activity after the minor eruption in February, 1981.



第10図 樽前山の火山性地震の活動推移。上：大きい地震の規模別時間分布,  
下：日別地震回数。

Fig.10 Activity of large volcanic earthquakes (upper) and daily frequency of earthquakes (lower) at Tarumai volcano.

いことが多い。この点を除くと山体の地震計は、FPS, WCR, KARの直線上の3点であり、震源の精度に問題があったり、山体直下から外れる地震についての震源位置は不明であった。UVOでは1986年5月末から11月始め迄、A点の南約500m地点(ESL)に臨時に地震計を設置し、太陽電池、無線テレメータを利用しデータを白老送信所へ送り、常時観測の回線を利用し臨時観測を実施した。<sup>8), 9)</sup>従来の震源分布図と異なり、山頂ドームの西約1.5kmに地震の集中域があることが初めて確認された。震源の深さは地表から約2kmである。

樽前山における地殻変動観測として、山頂火口原で行われている、傾斜水準測量について第12図、第13図及び第14図に示す。1981年10月に南西火口原にL字型基線網が設置された後、1983年の集中総合観測の際に基線網は拡張されている。第12図で大きな黒丸印で示されているのが、1983年拡張された基線網である。第13図はこの基線網における3年間の積算上下変動量の分布を示したものである。0点を基準とした相対変位量がmm単位で示されている。変動量は最大6mm程度に達しているが、単純な平面的傾動運動ではなく複雑であることがわかる。特に、火口原の周辺部である0点および地震観測点WCRの外側は、局地的なゆがみ変形が大きいことが分かる。これに対し、火口原の中央部に近い他の測点では、ほぼ北上がりの傾動が得られている。第14図に0点を基準とした時の、R1, R2およびR3の変動の時間変化を示す。以上の観測結果は、火口原の縁を除き、南西火口原は山頂ドーム上がりの変動を示していることになる。

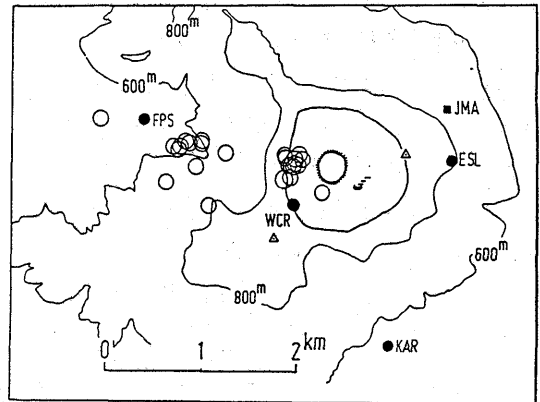
観測で明らかになった山頂ドーム(山頂火口)方向の隆起が、いわゆるInflationであるのかどうか、確実に把握する必要が生じたため、UVOでは1986年山頂火口原においてドームを挟む4方向に、傾斜水準測量網を拡張した。第12図で小さな黒丸印で示されているのが、増設された基線網である。1987年に夏に初めての再測がなされる予定である。

#### 4. 北海道駒ヶ岳

気象庁およびUVOの観測によると、地震活動は引続き極めて静穏な状態にある。1987年には、集中総合観測が諸大学協力の基に計画されている。

#### 5. 十勝岳

1983年以降次第に熱活動を強めていた十勝岳では、1985年に入り62-I火口で熱泥噴出、小噴火、硫黄の自然燃焼などが観測されるようになった。<sup>1), 2), 17)</sup>前報でこれらの活動に対するUVOの臨時観測結果について報告している。<sup>1)</sup>第三次火山噴火予知計画に基づき、北海道大学では1985年から3年計画で十勝岳の火山観測を新たに整備し始めた。現在(1987年4月末)のところ、現地観測網と有珠火山観測

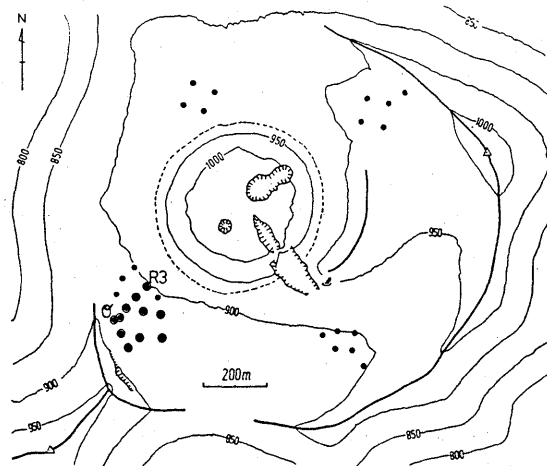


第11図 樽前山の火山性地震の震央分布図

Fig.11 Epicenter map of volcanic earthquakes at Tarumai volcano.

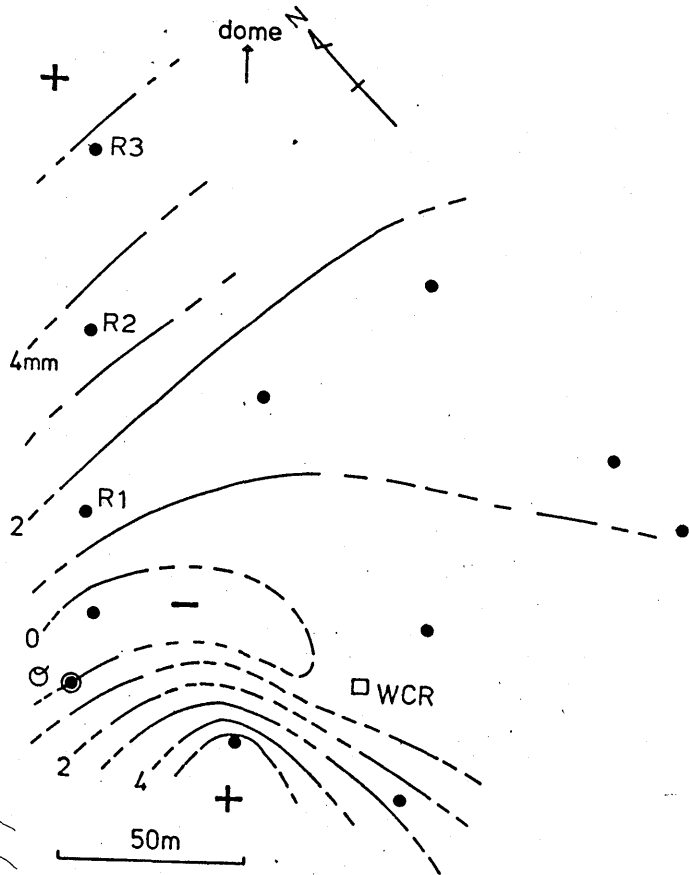
所(UVO)へのテレメータが完成している。データの収集解析は、地殻変動等の収録が始まったところで、地震のデジタル収録等はまだ計画中でモニター記録の段階である。ここでは、これらの計画の概要を述べると共に、ペンレコーダー等のモニター記録に基づき、十勝岳の活動状況について得られた結果を報告する。

始めに十勝岳のテレメータ観測体制の基本的考え方について述べる。十勝岳はUVOから約200km離れた遠隔地にあり、山岳、寒冷、多雪等特有の劣悪な自然環境にあるため、無人でテレメータによる常時観測を実施するためには、十分な対策を考えておく必要がある。商用電源等が得られ、冬季も観測車が行き来できる山麓に基本観測点を展開することを基本とした。基本観測点として、上富良野町吹上温泉に十勝岳送信所(FKA)、十勝岳温泉に十勝岳温泉観測点(TDO)、望岳台に望岳台無線中継点(BGK)を設置し、美瑛町白金温泉にある気



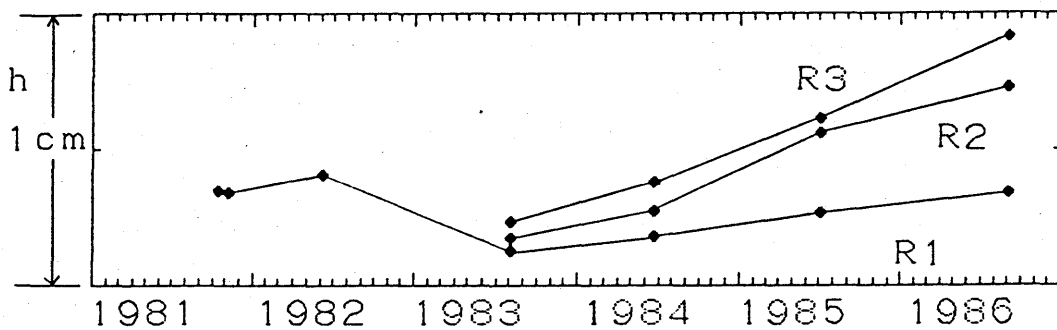
第12図 樽前山山頂火口原における傾斜変動検出のための短距離水準観測基点網。

Fig.12 Short-span levelling network for tilt measurements at the summit crater basin of Tarumai volcano.

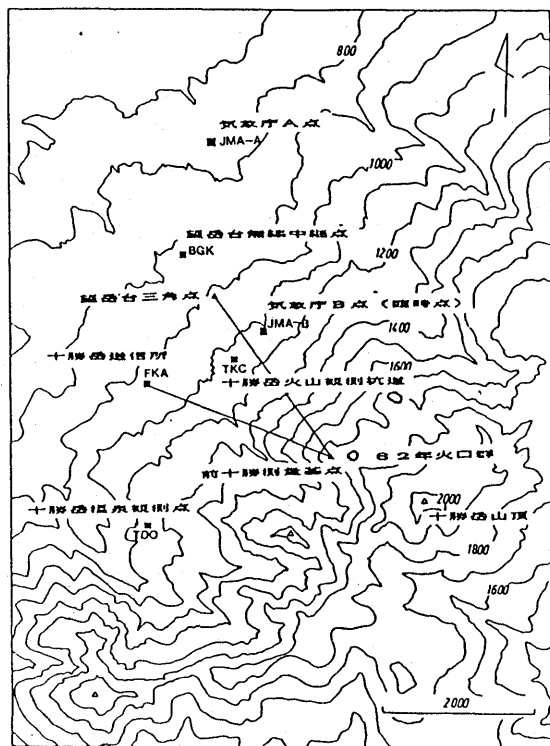


第13図 樽前山南西火口原における短距離水準観測網で検出された、累積上下変動(1983-1986年)。

Fig.13 Cumulative vertical deformation detected by tilt levelling at the southwestern part of the summit crater at Tarumai volcano. Since dome inflating pattern was detected, other three networks were urgently installed in 1986.



第14図 樽前山南西火口原における短距離水準測量で検出された、上下変動の時間変化。  
 Fig.14 Temporal change of vertical deformation detected by the repeated tilt levelling survey at the southwestern part of summit basin of Tarumai volcano.



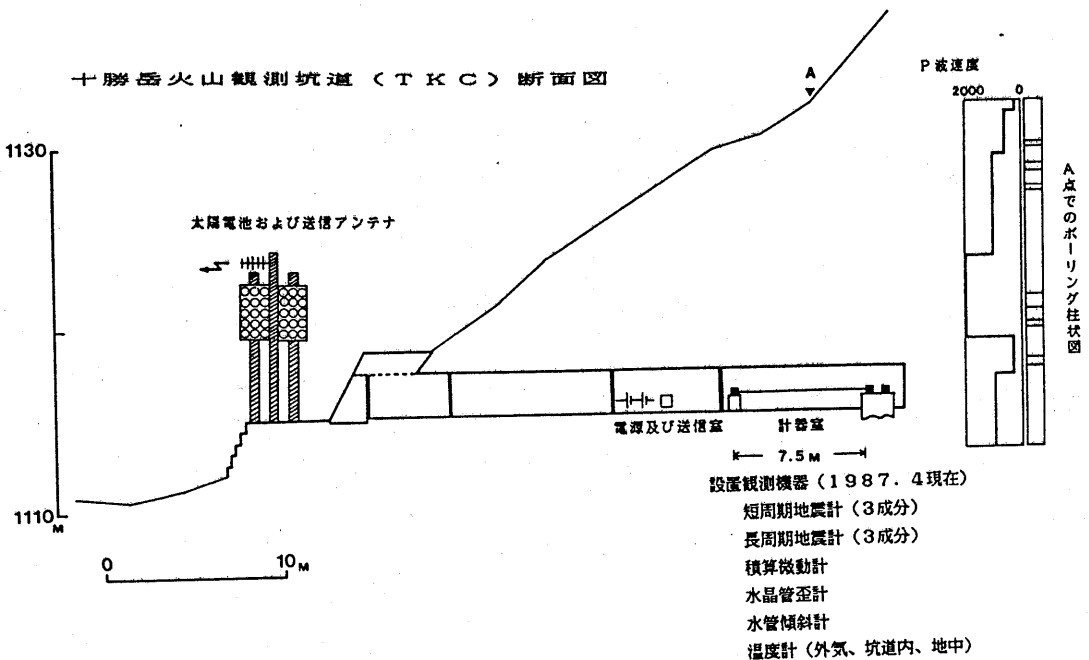
第15図 十勝岳の火山観測網。  
 Fig.15 Map and the net for volcano observation of Tokachidake volcano.

象庁の十勝岳火山観測所と合わせ、基本4点で十勝岳の西山麓をカバーしようとするものである。

一方、第三次火山噴火予知計画で重要な研究目標として掲げている、SN比の改善を図った総合観測を行うため、活動火口になるべく近く、かつ冬季も必要に応じ保守管理が可能な前進観測点を設け研究面の充実を図ることを基本構想とした。前進観測点として、望岳台から62火口の方向に約2kmの所に、延長30mの十勝岳火山観測坑道を建設した。ここでは、商用電源や電話回線を用いたテレメータは使えないため、パンザマストに太陽電池と無線送信アンテナをのせ、坑道内の蓄電池を充電しながら低電力消費型のPCM無線テレメータや各種の測定器の運用を図っている。これら基本観測点や、前進観測点は将来それぞれ衛星観測点の増設つなぎこみが必要になる。この際、雷による被害を遮断する技術的検討が必要である。

1987年4月現在の観測点及び観測項目は以下の通りである。十勝岳火山観測坑道(TKC:短周期地震計3成分,長周期地震計3成分,水管傾斜計1成分,水晶管伸縮計1成分,坑道内および地中温度計,積算微動計,電源電圧),望岳台無線中継点(BGK:短周期地震計上下動),十勝岳送信所(TKC:短周期地震計上下動,微気圧計),および十勝岳温泉観測点(TDO:短周期地震計上下動)である。この他に,気象庁の協力を得て常設地震観測点A点(JMA-A:短周期地震計2成分)および臨時地震観測点B点(JMA-B:短周期地震計上下動)の2点分のデータが分流されBGKで北大のテレメータに取り入れられている。観測点の位置図を第15図に示す。また,TKCの説明図を第16図に示す。

十勝岳の全ての観測データはいったんFKAに集められ,NTTの回線によりUVOに送信されている。FKAは噴火などの際,現地観測基地として機能することが必要と思われるので,全てのデータはFKA



第16図 十勝岳火山観測坑道(TKC)の説明図。

Fig.16 Schematic explanation of Tokachidake-Kazankansoku-Koudou (vault for volcano observation at Tokachidake: abbr. TKC).

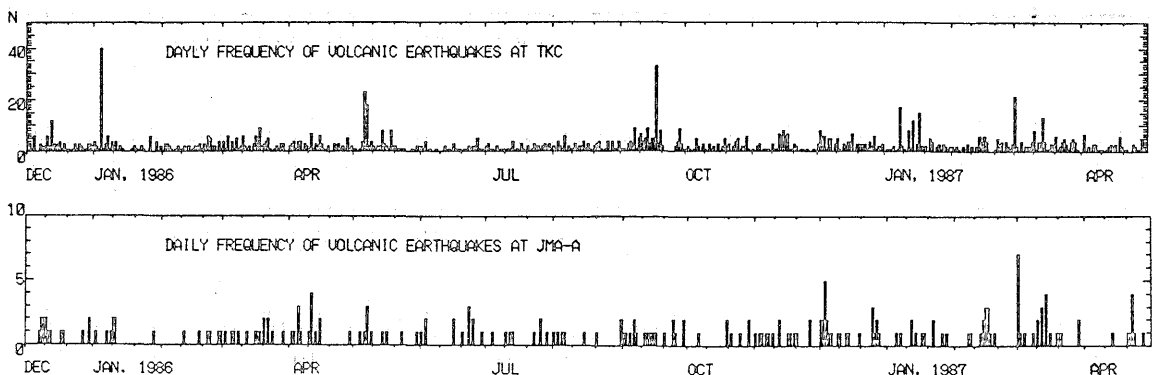


で出力可能になっている。FKAとUVOの間の送信可能なデータ容量は、75Hzサンプリングの地震データが15チャンネル、地殻変動関係のデータは0.6秒サンプリングが15チャンネル、32秒サンプリングが25チャンネルに設計されている。現在の記録システムは、TKCの地震信号のうち短周期上下動1成分が4mm/secで連続的にモニターされている他、12チャンネル分の地震データがトリガーにより5cm/secで多チャンネルペンレコーダーでモニターされている。地震記録のデジタル収録は1987年度に計画中である。地殻変動等のデジタル収録は現在プログラム等の開発中である。

TKC(1985年12月より運用開始)における連続モニター記録で検出された十勝岳の地震回数を第17図に示す。参考のため従来のJMA-A点における地震回数を合わせて示す。地震計が坑道の中にありかつ火口に近く、SN比が著しく改善されたため、従来の約6倍の地震の検知率になったことが分かる。第18図は地震の大きさの時間分布を示したものである。図から十勝岳の地震活動は、いくつかの小規模な群発地震を挟みながら、大局においては系統的な増加傾向など認められず、かなり安定した背景的活動を保っているように見える。

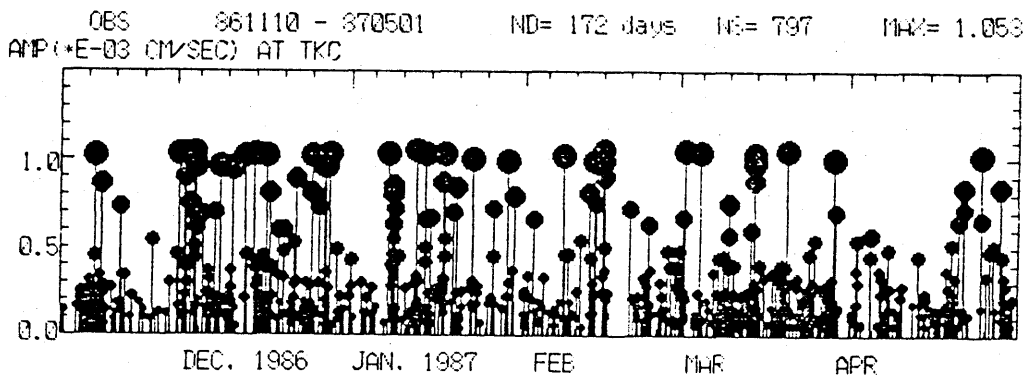
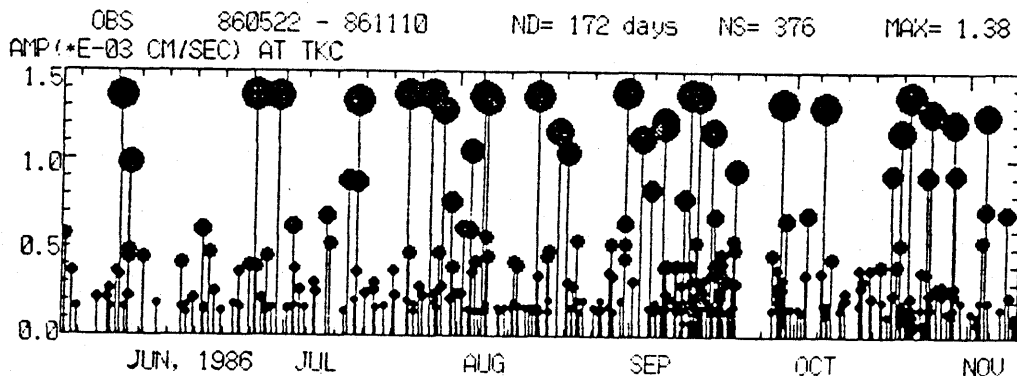
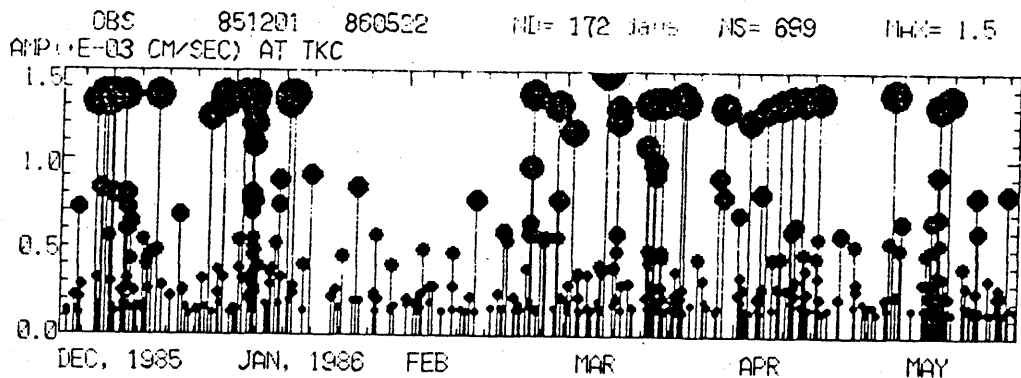
TKCの地震記録にたいし、最近多くの火山で行われているように、周波数成分に注目した目視分類が行われている。高周波地震(HF)、中周波地震(MF)、低周波地震(LF)、単周波地震(SF)およびその他の地震と分類している。<sup>13)</sup>,<sup>14)</sup>このうちSF, HF, およびLFの4観測点における波形例を第19図に示す。最大エントロピー法(MEM)による各タイプの地震の、周波数空間における特徴を第20図に示す。当然のことながら、各タイプの地震はそれぞれスペクトル構造が顕著に異なる。HFおよびMFは、いずれも約10Hzに卓越周波数を持つが、MFでは10Hz以上の高周波成分が少ない。

これに対し、LFは約2Hzに卓越周波数を持ち数Hz以上の高周波成分が乏しい。一方、SFは他と比較して非常に鋭いピークを複数個持つ極めて単純なスペクトル構造を持ち、厳密な意味で「単周波」地震とは言えないことが分かる。第21図はSFのスペクトルの時間変化を見たものである。SFのスペクトルがこのようにバンド状のスペクトル構造を持つことから、バンド状スペクトル地震(Banded Spectrum Earthquake: BS地震)と呼び、このうちあるバンドのスペクトルが特に強いものを従来どうり単周波地震(SF)と呼ぶようにするという提案もある。<sup>14)</sup>



第17図 十勝岳の火山性地震の日別頻度(TKC)。

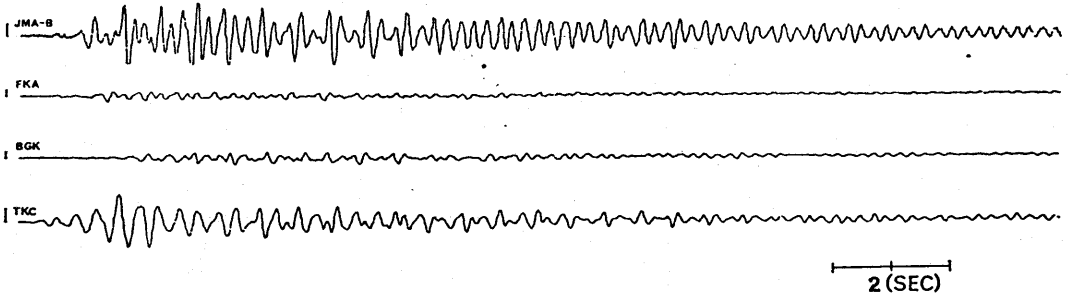
Fig.17 Daily frequency of volcanic earthquakes at Tokachidake(at TKC).



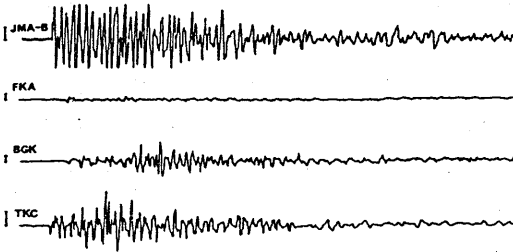
第18図 十勝岳の火山性地震の規模別時間分布 (TKC)。

Fig.18 Amplitude-time distribution of volcanic earthquakes at Toka chidake (TKC).

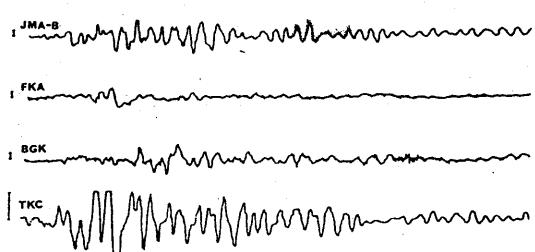
SF 860627 2133



HF 860723 0154

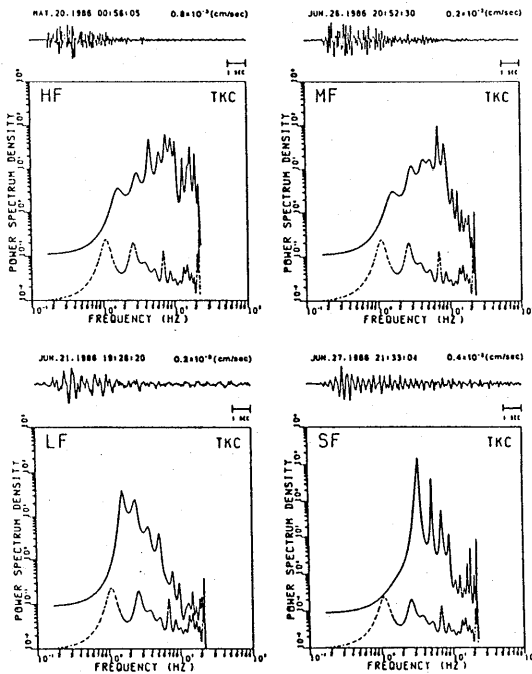


LF 861126 1516



第19図 十勝岳で発生する地震の記録例。

Fig.19 Example of seismograms of volcanic earthquakes at Tokachidake.

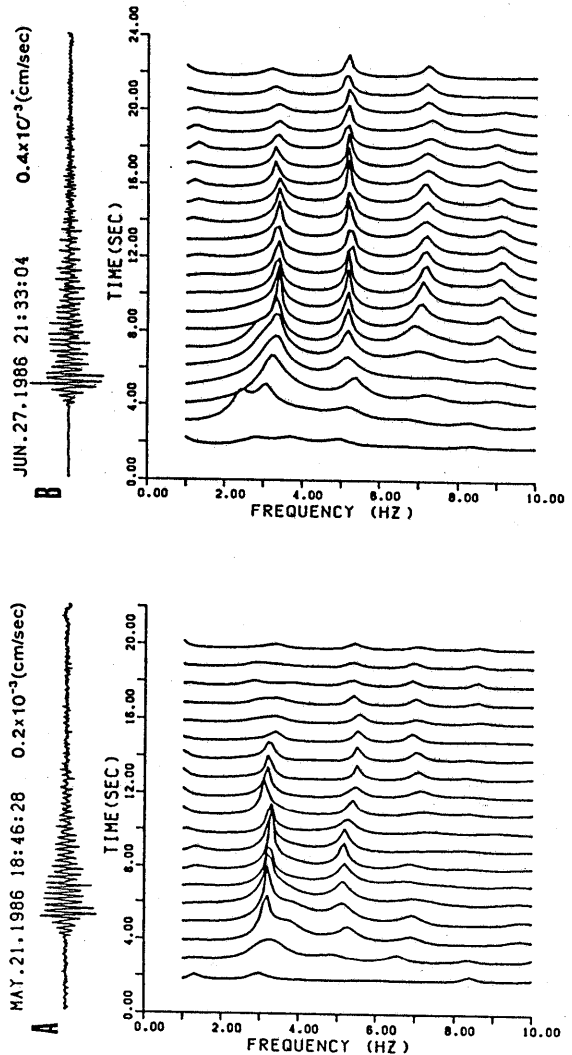


第20図 十勝岳で発生する異なったタイプの地震のスペクトル特性(最大エントロピー法による, TKC)。

Fig.20 Spectral characteristics of different type of volcanic earthquakes at TKC (by Maximum Entropy Method).

TKCで1985年12月にテレメータ観測が始まって以来1986年12月20日に初めて火山性微動が観測された。<sup>12), 15)</sup> 火山性微動の発生は、その後1987年4月末までに9回確認された(第2表)。このうち特に顕著の振幅及び継続時間を持つ2例の微動の連続モニター記録を第22図に示す。第2表の最後の3例の微動(No.7~No.9)は他と著しく異なり、極めて大振幅の低周波地震(LF)が1ヶ発生し、その地震の尾部が連続的に小振幅の微動につながってゆく形式であり(第23図)LFが微動発生の直接的な引き金となっていると考えられる明瞭な事例である。No.5~No.7の微動は互いに12時間はなれて発生しており、地球潮汐で地表がもっとも膨れる時刻に対応して発生していることが注目される。しかし、他の微動については地球潮汐との対応は明瞭でなかった。第24図で微動発生時刻を縦の点線と上部の大きな黒丸で示した。上図はこの期間の地震発生を示したもので、中段の図はその部分的な拡大図である。No.6の微動発生後特に顕著な群発地震が発生したことが分かる。ただし、3月1日12時台の地震は図には含まれていない。

第22図~第24図および第2表から分かるように、今回の十勝岳の微動発生は振幅の大きな低周波地震やこれらを含む群発地震と密接に関係して発生しており、微動発生の物理機構において低周波地震の果たす動力的役割が注目される。このように微動発生と低周波地震の発生が直接的に関連しているのに加え、顕著な微動発生が低周波地震の長期的発生様式にも強い影響を持っていることを付け加える必要がある。第25図は先に述べた地震記録の目視分類に基づき、地震タイプ毎に印を変えて示したMT図(上図)および低周波地震のみを抜き出したMT図(下図)である。No.1の微動発生後約2ヶ月にわたり微小な振幅のLFが増加しており、



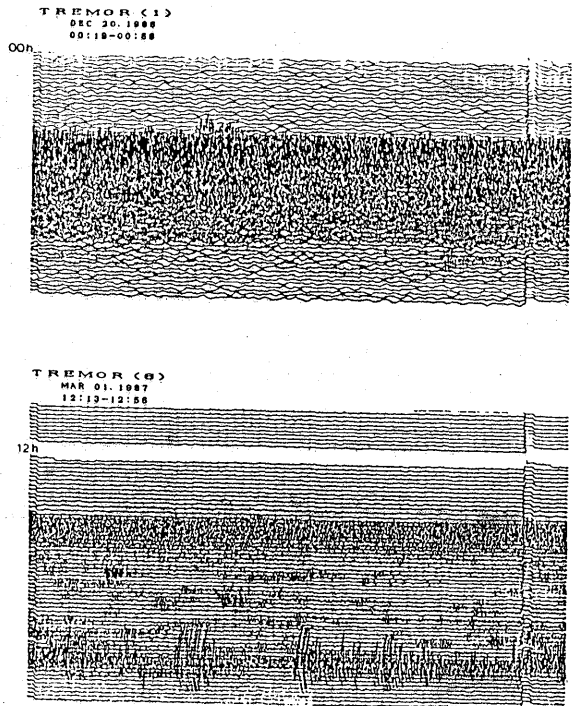
第21図 単周波地震(SF)のスペクトル構造の時間的变化(TKC)。

Fig.21 Time variation of spectral structure of SF earthquakes at TKC.

更にNo.6 (またはNo.5~No.7)の微動発生後L Fの発生は頻度を増したのみならず大振幅のL Fが増えていくことが分かる。HFおよびMFのMT図では微動発生と関連した活動状況の変化は認められなかった。この結果は、簡単な地震の波形分類という手法が、単なる頻度分布(第17図)やMT図(第18図)で見えなかった地震発生の構造的変化を明らかにする上で有力な手段となっていることを示している。活動的な火山で良くみられることが指摘されているSFは、第26図に示したように目視により5種類に分けられる。SFの発生はここに示したもので全てであり、頻度が少なく微動発生と関連しているようには見えない。

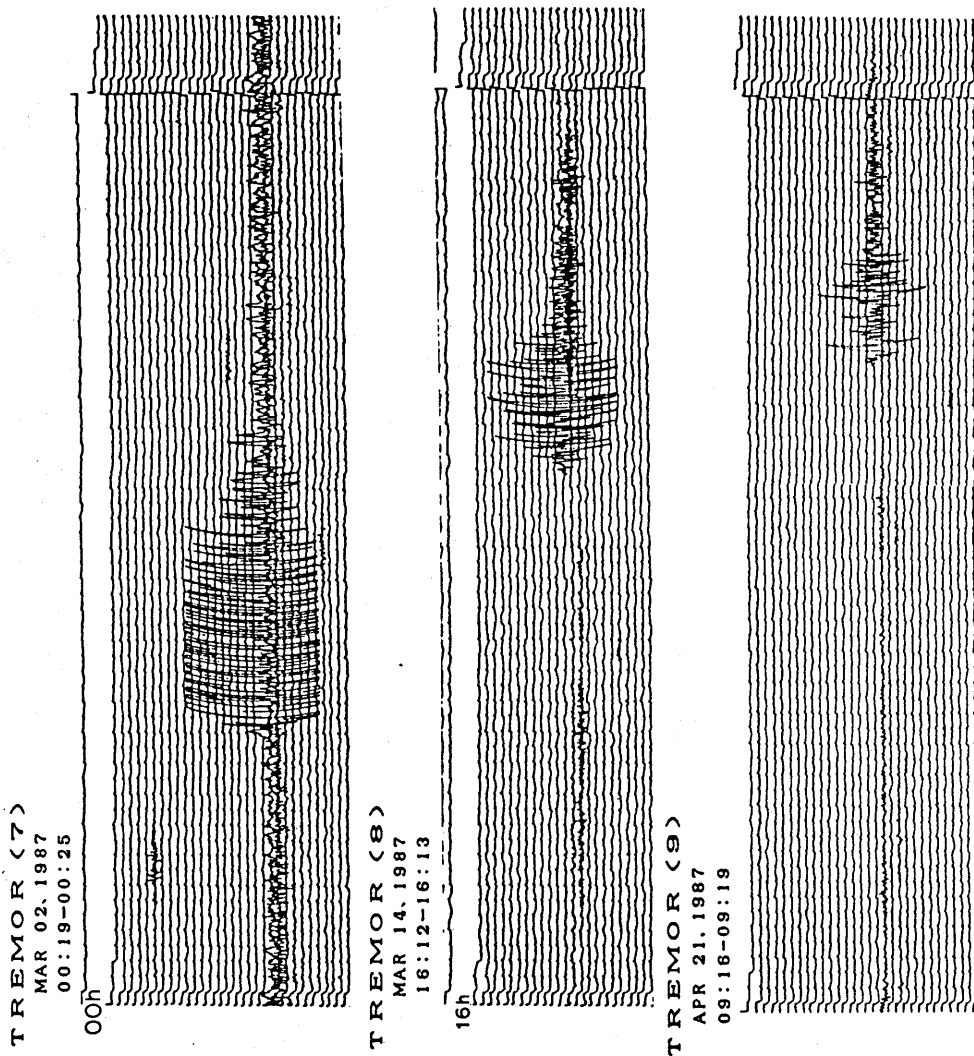
火山性微動およびこれと関連した群発地震発生等に基づき、旭川地方気象台はこの期間に4回の臨時火山情報を出し注意を呼びかけた。UVOでは現象の確認、緊急連絡、観測解析資料の提供等により気象台と密接な連携をとった。背景には1983年以降の62-I火口の活発化、1985年の小噴火等発生以後も火山活動が依然として高い状態にあり、微動発生もこれら一連の活動兆候の一つの新しい現れとして考えておく必要があり、要注意の段階と懸念されたからである。

美瑛町白金温泉における気象台の観測によると、1986年8月31日および12月3日の2回、震度1の有感地震が観測された。十勝岳で地震の委託観測を実施している北海道立地下資源調査所のデータの提供を受け、気象台およびUVOの観測データを総合し解析した結果、8月の地震は十勝岳の地震ではないが、12月の地震は十勝岳山頂付近に震源が求められた。第27図に星印でこの有感地震の震央位置を示す。震央はスリバチ火口東壁付近で深さは1km程度であった。<sup>12)</sup> 1986年12月26日に十勝岳温泉観測点(TDO)が運用開始になってからテレメータ観測による震源位置の決定能力がある程度向上した。第27図にこれら震央位置が黒丸で示されている。まだ決定される地震数が少なくまた震源精度に問題が多いが、大多数の地震はグランド火口周辺の0~2km程度の深さにあるようである。これとは別に数パーセント以下の小数の地震は旧噴火口付近に位置していることが明らかになった。



第22図 十勝岳で発生した顕著な火山性微動のTKCにおけるモニター記録例。

Fig.22 Monitor seismograms at TKC showing the two remarkable volcanic tremor at Tokachidake.



第23図 十勝岳で発生する特殊な火山性微動の例（TKCモニター記録）。規模の大きな低周波地震の尾部が火山性微動につながってゆく例。

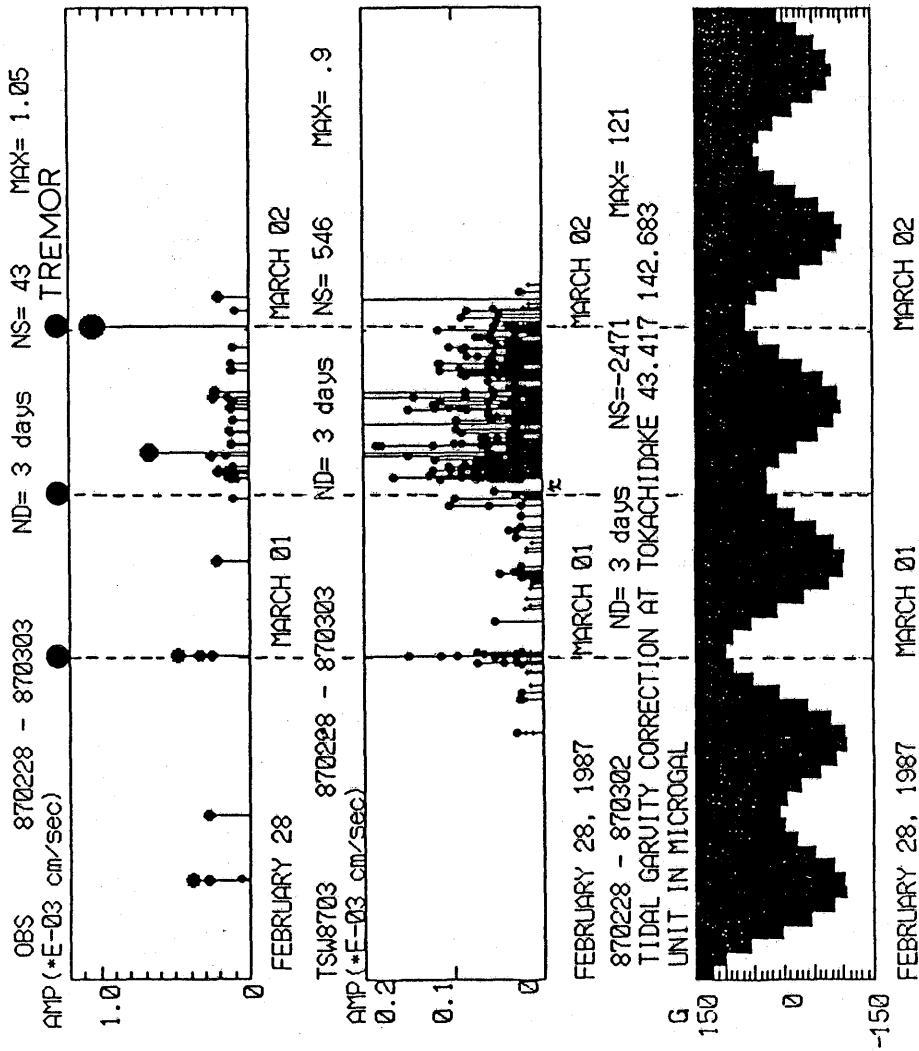
Fig. 23 Special type of volcanic tremor observed at TKC, Tokachidake. The coda of large low-frequency earthquake (LF) gradually transformed to minor high-frequency tremor.

第2表 十勝岳で発生した火山性微動の表

Table. 2 List of volcanic tremors at Tokachidake volcano.

番号	年月日	時間	継続	規模	特徴、備考
1.	1986.12.20	0019-0056	37分	4	L Fで始まる、最も顕著で持続 臨時火山情報(12.20 13h)
2.	1986.12.21	0508-0522	14	1	微小、MF群発型 臨時火山情報(12.26 1645)
3.	1987. 2.11	0716-0747	31	2	前半3分中振幅連続、以後間欠 臨時火山情報(2.11 1130)
4.	1987.02.21	0416-0428	12	1	小振幅MF群発型
5.	1987.03.01	0002-0014	12	2	中規模L Fで始まる、群発型
6.	1987.03.01	1213-1256	43	3	中振幅持続、顕著な群発地震発生に発展 臨時火山情報(3.1 15h)
7.	1987.03.02	0019-0025	6	1	大振幅L Fで始まる微小微動
8.	1987.03.14	1612-1613	2	1	No.7と類似の微小微動
9.	1987.04.21	0916-0919	4	1	No.7と類似の微小微動

(注：TKCの1985年12月1日～1987年4月30日までの連続モニター記録による。)

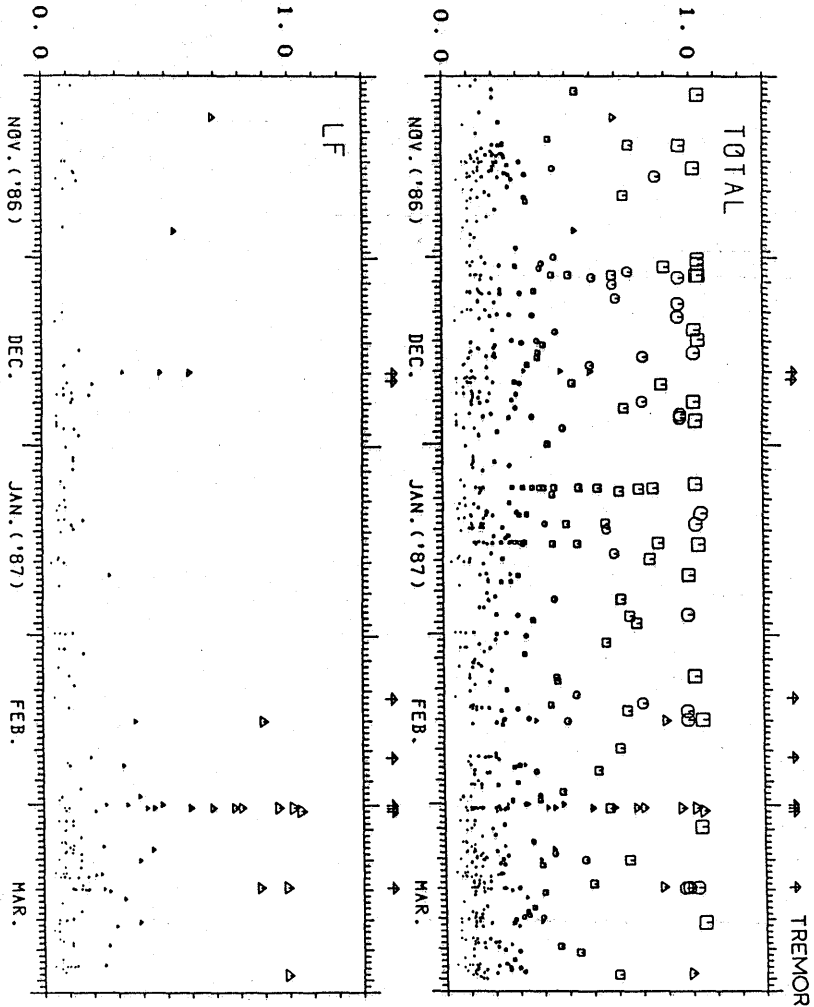


第24図 地球潮汐と関係して発生した十勝岳の火山性微動と微小群発地震。

Fig.24 Three volcanic tremors were well correlated with earth tide. Several large low-frequency earthquakes and earthquake swarm followed after the occurrence of the second tremor.



AMPLITUDE (\*10E-3 CM/SEC)



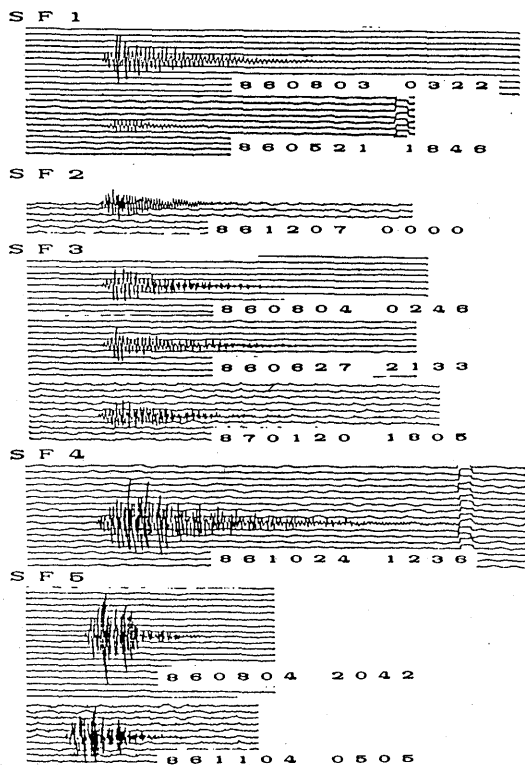
第25図 低周波地震(LF)と微動発生との関係。下図はLFのみを抜きだしたものである。

Fig.25 General correlation between volcanic tremor and low-frequency earthquakes.

以上述べてきたように、十勝岳の最近の活動は、1983年以來の活動活発化が引き続いていることを示している。前回報告した噴気増大、熱異常域の拡大、火口の高温化、熱泥水の噴出、小噴火、硫黄の自然燃焼など<sup>1)</sup>に続き、今回更に火口付近を震源とする有感地震、火山性微動の発生、微動と関連した群発地震や低周波地震、火口の高温化（気象庁62-I火口現地観測で529度C、1986年10月7日）が確認されている。これらの諸現象は一般に活動活発化を示すということに留まらず、十勝岳の過去2回の噴火の前兆現象として報告されている現象と似ているため、特に注意を要すると思われる。しかし、一方では十勝岳はかなりの異常現象を示しながらも、1968年～1969年の活動のように、噴火に至らずいわゆる「死産噴火（スチル・ボーン）」活動で終る可能性もある。いずれにせよ、十勝岳は活動期に入っており、観測の強化により今後の活動推移を注意深く見守る必要がある。<sup>17)</sup>

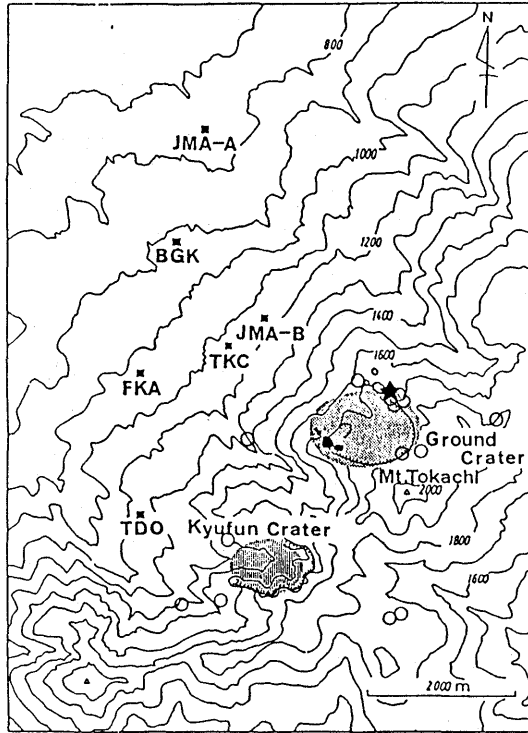
北海道防災会議では、「火山に関する研究報告書」を1971年より順次刊行している。第1編の十勝岳についてのとりまとめ<sup>16)</sup>より既に16年が経過したこと、その後の観測調査結果を取り入れる必要がある等の理由で、第11編として十勝岳の活動や防災に関する追加報告書を作成している。<sup>17)</sup>

1987年夏期に、火山噴火予知計画の年次計画として行われる北海道駒ヶ岳の集中総合観測の機会を利用して、全国の大学の協力を得て、十勝岳で臨時共同観測が計画されている。更に、精度の良い震源情報や地震や微動の多チャンネル波形データが得られ、活動の詳細な全容が明らかになることが期待される。



第26図 十勝岳で発生する5種類の単周波地震（TKCモニター記録）。

Fig. 26 Five different types of single-frequency earthquakes at TKC.



第27図 十勝岳で発生している火山性地震の震央分布図。星印は1986年12月3日に発生した白金温泉震度1の有感地震の震央で、深さは1km程度と考えられる。

Fig.27 Epicenter map at Tokachidake volcano. Star mark indicates the Dec 3, 1986 event, which was felt at Shirogane-Spa.

## 参 考 文 献

- 1) 北海道大学有珠火山観測所(1986):北海道の火山活動とその観測報告。噴火予知連会報, 35, 13-25。
- 2) 宮町宏樹, 森濟, 前川徳光, 鈴木敦生, 岡田弘(1985):十勝岳の最近の火山活動, 火山, 30, 292-293。
- 3) 岡田弘, 渡辺秀文, 山下済, 前川徳光, 鈴木敦生, 横山泉(1984):有珠火山の地震活動(1977年~1983年), 主要火山の集中総合観測報告:有珠山・樽前山, 3-13。
- 4) Omori, F. (1913): The Usu-san eruption and earthquakes and elevation phenomena; comparison of the bench mark heights in the base district before and after the eruption. Bull. Imp. Invest. Com., 5, 101-107.
- 5) Omori, F. (1911): The Usu-san eruption and earthquakes and elevation phenomena. Bull. Imp. Earthq. Invest. Com., 5, 1-38.
- 6) 岡田弘, 森濟, 渡辺秀文, 鈴木敦生, 前川徳光, 横山泉(1985):樽前火山の火山性地震と山頂ドームの熱的状态。火山体の物理的場に比較研究による噴火災害予測(科研費報告書), 125-133。
- 7) 北海道大学有珠火山観測所(1984):主要火山の集中総合観測報告。143-214。
- 8) 森濟, 鈴木敦生(1987):樽前火山に発生するやや深い地震。火山学会講演予稿集, No.1, 68。
- 9) Garcia, D. C. (1986): Surveillance of Tarumai volcano, Japan with reference to the seismic phenomena preceding the February 27, 1981 activity. Indiv. Stud. Particip. Inter. Inst. Seismol. Earthq. Engin., 22, 127-141.
- 10) 宮町宏樹, 森濟, 前川徳光, 鈴木敦生, 岡田弘, 横山泉(1986):十勝岳の火山観測, 火山学会講演予稿集, No.2, 19。
- 11) 宮町宏樹, 前川徳光, 鈴木敦生, 松島喜雄, 森濟, 岡田弘(1986):十勝岳の地震と火山活動。地震学会講演予稿集, No.2, 104。
- 12) 宮町宏樹, 鈴木敦生, 前川徳光, 森濟, 岡田弘(1987):十勝岳の火山観測(2)。火山学会講演予稿集, No.1, 67。
- 13) 松島喜雄, 西村裕一, 鈴木敦生, 岡田弘(1986):十勝岳で観測される低周波地震の特性。火山学会講演予稿集, No.2, 20。
- 14) 松島喜雄, 西村裕一, 鈴木敦生, 岡田弘(1987):十勝岳で観測される火山性地震のスペクトル解析;特に単純なスペクトル構造を持つ地震について。火山(投稿準備中)。
- 15) 松島喜雄, 西村裕一, 岡田弘(1987):十勝岳の火山性微動の波形解析。火山学会講演予稿集, No.1, 66。
- 16) 北海道防災会議(1971):十勝岳, 火山地質・噴火史・活動の現況および防災対策, 北海道の火山に関する研究報告書第1編, 1-136。
- 17) 北海道防災会議(1987):十勝岳, 火山地質・噴火史・活動の現況および防災対策(補遺), 北海道の火山に関する研究報告書第11編, 1-87。