

北海道の火山活動とその観測報告*

(1987年10月～1988年4月)

北海道大学理学部有珠火山観測所

(1) 概 報

有珠山は1982年3月の活動終息以後、この期間まで引続き静穏な活動状況を安定して維持していることが、地震及び地殻変動の観測結果から確かめられている。樽前山は、1981年2月の小噴火及びそれに関連した群発地震以後、約7年間にわたり長期的にみて火山性地震活動の系統的低下現象が続いていたが、1988年1月24日から3月9日にかけて、低周波地震を主とする特異な群発地震活動が発生した。北海道駒ヶ岳は引き続き極めて静穏な活動状況にある。十勝岳は、この期間において火山性微動の発生や小噴火などは見られなかったが、数年来続いている引続き活発な状況に特に変化は見られない。

噴火予知計画により、有珠火山観測所(UVO)によりテレメータによる常時観測がなされている上記4火山以外の火山については、雌阿寒岳が火口の高温化、顕著な群発地震を前兆として、1988年1月4日頃より数回にわたり微量の降灰を伴う小噴火が発生した。UVOでは、北海道大学理学部附属地震予知観測地域センター(RCEP)と共同で臨時観測などを実施した。

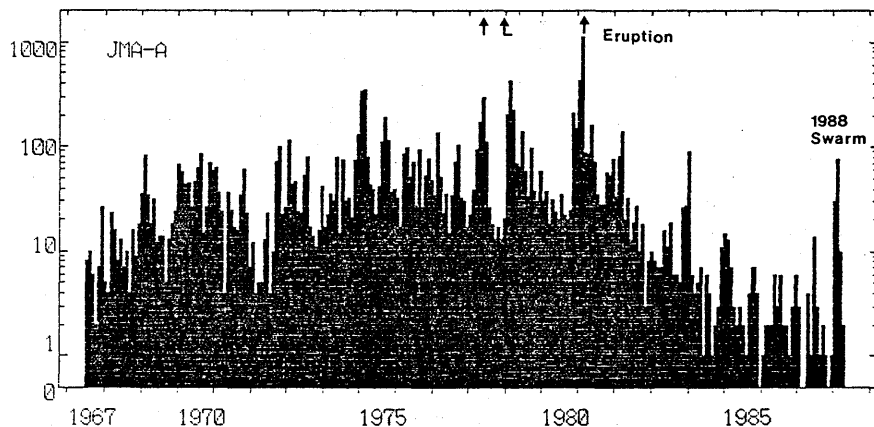
また、北海道大学理学部地質鉱物学教室および室蘭工業大学化学科と共同で、登別火山について噴火の潜在力が認められるという過去の調査研究にもとづき、火山防災上の何等かの対策が必要である旨火山予知連絡会へ報告した¹⁾。

(2) 樽前山

樽前山では、1981年2月の小噴火以後、1988年1月中旬まで数年間にわたり次第に火山性地震活動の静穏化が進み、1967年以来の気象庁の観測結果で見ても、最近の月間地震回数は観測史上最低のレベルに至っていた(第1図)。1988年1月24日17時38分の推定マグニチュード1.8の地震を最初に、顕著な群発地震活動が発生した。活動は2月中旬には急速に衰えたが、3月まで散発的に継続し、4月には再び静穏なレベルに戻った。第1図で分かるように1～2月の地震活動は、1975年～1982年当時の活発な時期と同程度のレベルであった。第2図に、地震タイプ別の月間地震数の推移を示す。今回の群発地震の特徴は、低周波地震(LF)を主体とした特異なもので、LFの活動としては1982年以降で最も活発であったことが分かる。

この群発地震活動は、低周波地震の地震家族(Earthquake Family, 略してファミリー)から成り立つこと、地球の固体潮汐と緊密に関連して発生したことの2点において、極めて特異な活動であった²⁾。なお、小噴火や、火口や地熱域の顕著な変化が、この群発地震と関連して発生するようなことは認められなかった。第3図は、5種類のファミリー各3例の西火口原観測点(WCR)における地震波形例である。群発地震活動の時間的发展過程を第4図に示す。

* Received Aug. 21, 1988



第1図 樽前山の月別地震回数推移

データは気象庁苫小牧測候所による。1981年の小噴火の前兆群発地震以後、系統的に地震活動が低下を続けていたが、1988年1～2月には群発地震が発生し、活動期並の地震活動レベルとなった。

Fig.1 Monthly frequency of volcanic earthquakes observed by JMA. Since the earthquake swarm preceding to the 1981 eruption of Tarumai, the seismicity gradually decreased systematically to the end of 1987. Notable seismic swarm in January-March, 1988 is nearly the same level comparable to the active period during 1965-1981.

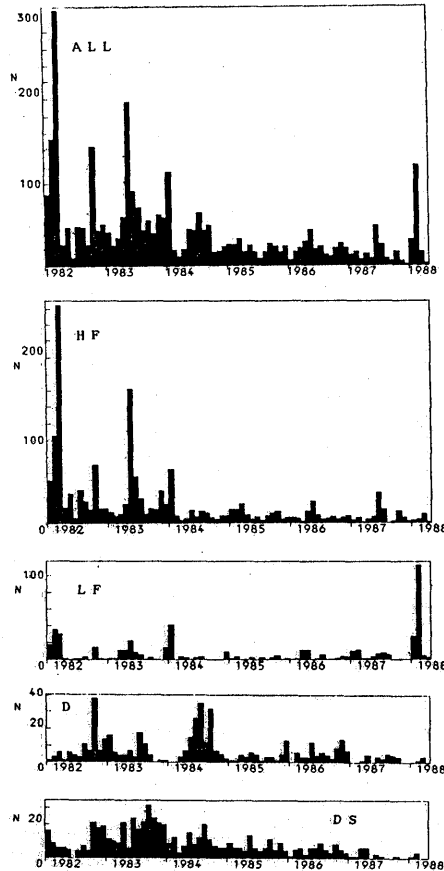
観測された約150個の群発地震は、その95%が21個のファミリーに分類された。ファミリー名は、発現順にA～Uとなっている。上枠内最下列のN.C.は、ファミリーに分類されないもの(Non-classified events)である。活動の最初に、マグニチュード約1.8の最大地震が発生している。2月10日には、今回の群発地震活動と異なる、マグニチュード2.5の高周波地震(HF)が発生し、これを挟んで群発地震活動の様式に変化が認められる。低周波の群発地震の震源位置は、山頂下約2 km程度(地表から)と推測される。各ファミリーを構成する地震間の相互相関係数は8 Hz以上の高周波成分についても約0.9以上と極めて高く、各ファミリーの震源はそれぞれ数10 m以内の極めて狭い領域で発生しているものと考えられる。一方、異なるファミリーに属する地震間の相互相関係数も、約2 Hz以下の成分では高く、異なるファミリーは数100 mの範囲に分布していることが推測される。

時間的な発生様式については、約24時間の周期で数個から10数個が、まとまって発生している特徴が認められる。第4図の最下列には、固体潮汐の上下成分が加速度で示されている。個々の小群発地震は、地表が最も上方に引っ張られる時にのみ発生しており、固体潮汐と著しい相関関係を示している。また、個々の小群発地震群を構成している地震は、総て異なるファミリーから成立っている。以上述べた様なこの群発地震の特異な性格は、極めて安定した微妙な応力状態が、山頂下で一時的に形成されたことによると考えられるが、それがマグマの直接の関与したものか、二次的な熱水系や地下水系の関与したものは明らかでない。群発地震活動は、2月下旬にはかなり衰え3月上旬まで散発した。

以上述べた低周波地震の群発とは別に、この期間5回のマグニチュード2以上の高周波地震が観測された。1月12日1回、2月10日1回、3月20日1回および3月21日2回と、大局的には発生時は群発地

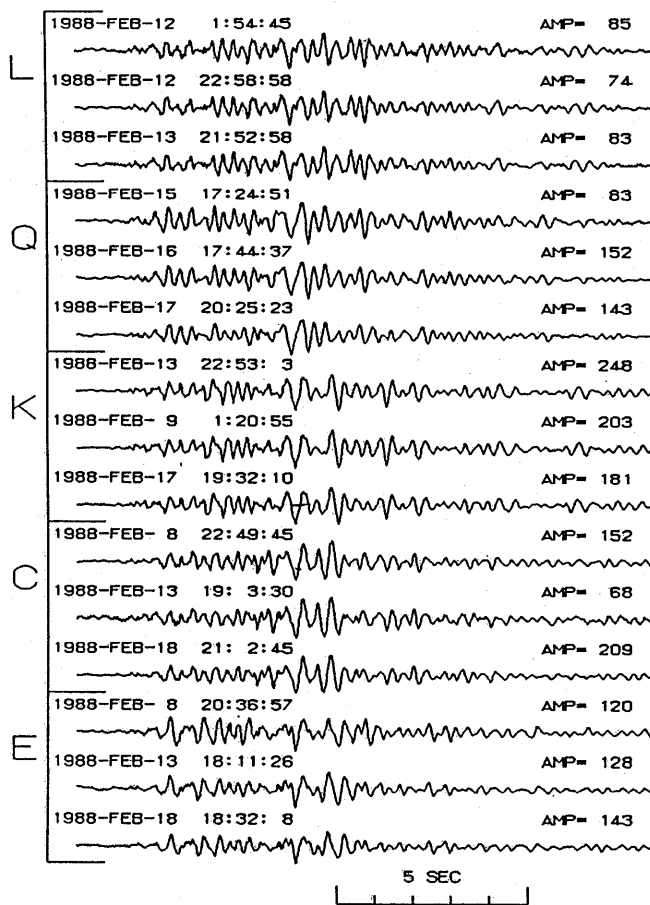
震の前、最盛期、後に対応している。このうち、3月21日04時35分の地震は、7合目ヒュッテで震度2程度の有感地震で、「ドドン」という音を伴い下から突き上げる感じと報告されている。また、同日16時28分の地震は、王子製紙第1発電所で震度2程度であったが、支笏湖畔の消防、駐在等では有感の報告は得られなかった。16時28分の地震の震源位置は、樽前山及びその周辺ではなく、支笏湖方向に数km以上離れていると推測される。

尚、樽前山の群発地震の波形解析に際して、理学部地震予知センターの協力を得ました。



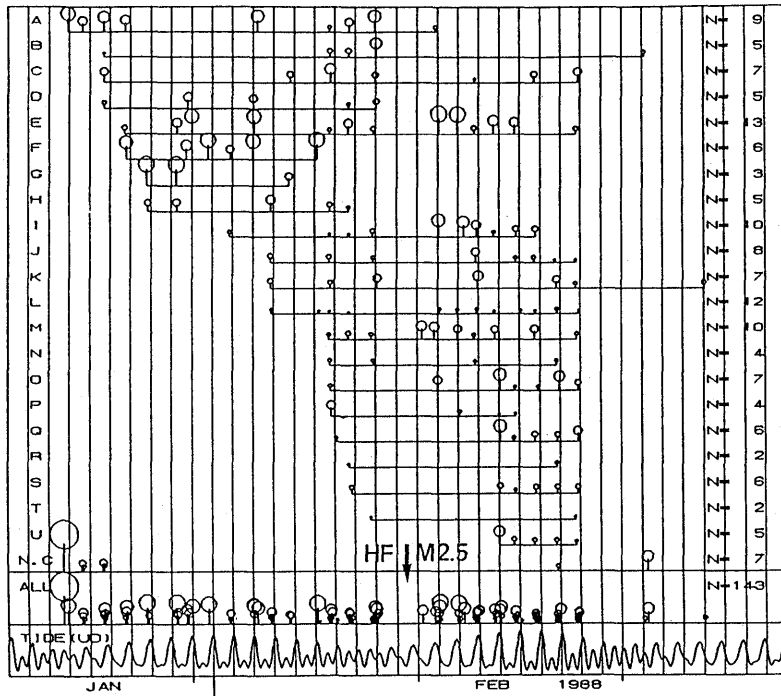
第2図 樽前山で発生する火山性地震のタイプ別月別地震頻度

Fig.2 Monthly frequency of volcanic earthquakes at Tarumai (UVO). Note the predominant activity of low-frequency earthquakes (LF) in the earthquake swarm in January-February, 1988.



第3図 樽前山で発生した群発地震の波形例
5種類のファミリー(Earthquake Family)それぞれ3例ずつ示されている。²⁾

Fig.3 Examples of the 5 earthquake families at the summit seismic station WCR²⁾. 91% of about 150 seismograms of the January-February earthquake swarm at Tarumai can be classified into the 21 earthquake families.

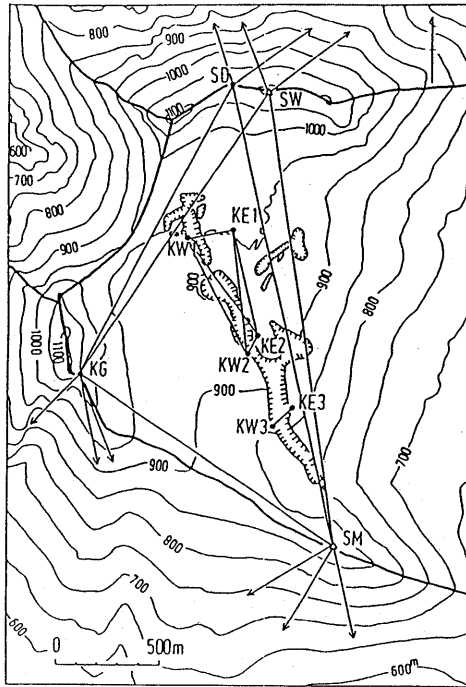


第4図 樽前山で発生した群発地震のファミリー毎の規模別時間分布(MT図)²⁾ 地球潮汐の最大時(上向き最大加速度)に対応して群発地震が発生していること、及び個々の小群発は各ファミリーからそれぞれ1個のメンバーにより構成されている特徴に注意。

Fig. 4 Amplitude-time distribution of Mt. Tarumai swarm in January-February, 1988 and its relation to vertical tidal acceleration. Note the extremely good correlation between seismic swarm and maximum tidal acceleration and that each small swarm is composed of each one member from the various set of families²⁾.

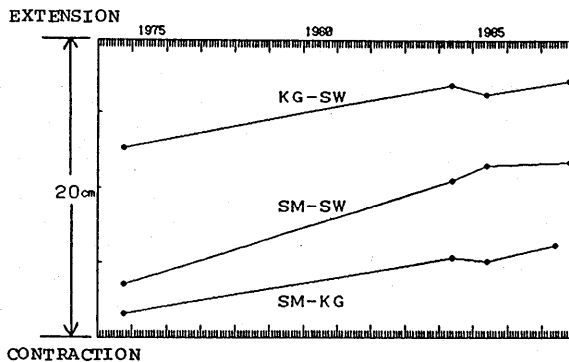
(3) 北海道駒ヶ岳

1987年の北海道駒ヶ岳において、測地観測を中心にした諸観測が実施された。結果の一部は前報に報告されている³⁾。測地観測の内、天候などのため実施が遅れていた山頂大三角ネットにおける辺長測定の補足分が、10月27日に実施された。砂原岳(SW)、剣が峰(KG)、隅田盛(SM)の山頂大火山三角ネットでは、1974年に火山噴火予知計画に基づき北大理学部で火山活動移動観測班が発足した際、測地観測点が設置され光波測量がなされている(第5図)。1975年から1983年にかけて測定がなされていないが、1984年及び1985年のデータと合わせ第6図に結果を示す。全ての測線で辺長が伸びの傾向を示している。1984年以降のデータだけでも伸びの傾向を認められるかも知れないが、ばらつきが大きいので今後1~2年毎に測定を繰り返し変動傾向を確認する必要がある。3辺全てで伸びならば、山頂火山口は膨張していることになる。しかしながら、前報³⁾で述べたように、赤井川登山道路線における水準測量



第5図 北海道駒ヶ岳の山頂火口における測地観測網の見取図

Fig.5 Geodetic network at the summit of Mt. Hokkaido-Komagatake.



第6図 北海道駒ヶ岳の山頂火口の辺長測量結果

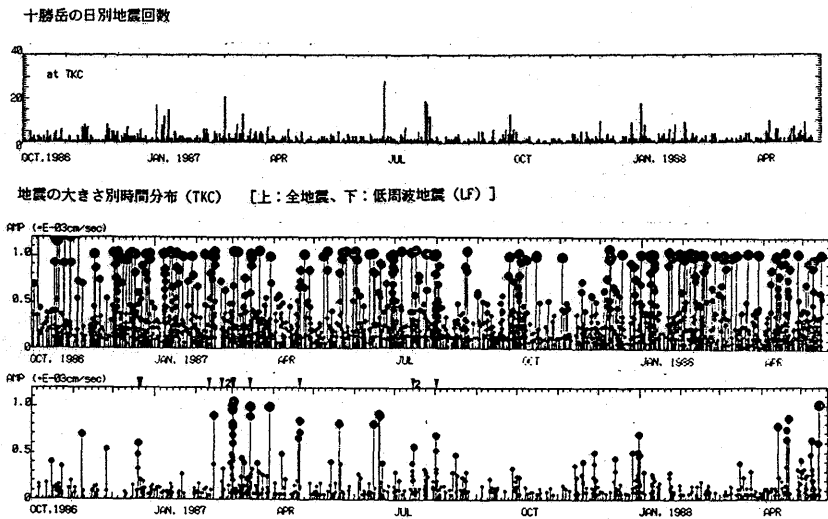
Fig.6 Observational results of the distance measurements at the summit crater of Mt. Hokkaido-Komagatake, Hokkaido. Expansion of the all three lines encompassing the summit crater was observed. The observational result suggests inflational deformation of the summit, however, subsidence of the summit was observed by the precise levelling survey as reported in the previous volume of this report. No simple explanation is possible for these two independent data.

結果からは、マグマの蓄積はなく、マグマの圧力は低いことになる。一方、山頂の辺長測量しか観測が無ければ、山頂部は膨張しているという解釈になる。この様な観測結果は、従来の膨張収縮説のモデルからは理解できない。従来の単純なモデルを出発点にして現象の理解を進めるには、まだ無理があり、多くの他の火山でも総合的な測地データを蓄積し、データの裏付けのある緻密なモデルを構築して行くことが、重要課題であるという教訓を学んだと言えるだろう。

北海道駒ヶ岳の火山性地震活動はこの期間も従来どおり極めて低いレベルにあった。ただし、森測候所の報告によると、3月の月間地震総数は22回と、1983年6月の群発地震時の23回以後の多数を記録した。気象台及び北大理学部地震センター（RCEP）の情報によると、これらの地震の震源地は渡島半島中部（気象台）または大野町付近（RCEP）であり、北海道駒ヶ岳の地震ではないことが判明している。

(4) 十勝岳

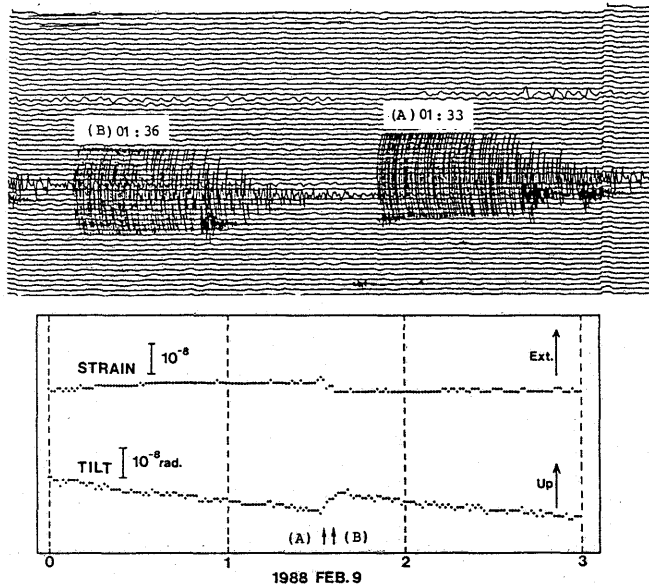
この期間十勝岳では、火山性微動の発生もなく、特に注目すべき群発地震も見られなかった。十勝岳火山観測坑道（TKC）での観測に基づく地震活動の推移を第7図に示す。上図はTKCにおける日別地震回数、中図はこれら全地震の大きさ別時間分布、下図は低周波地震（LF）のみの分布を抜き出したものである。尚、地震の大きさは約 $1 \times 10^{-3} \text{ cm/sec}$ 以上は振り切れとなっている。下図で横軸に示した下向き矢印は、火山性微動12回の発生時を示す。全地震でも地震活動に波がみられるが、低周波地震だけを抜き出してみると、さらに著しい活動の衰盛が見られる。十勝岳の火山性微動の発生が、低周波地震の発生と長期的にみても関連している様子が理解できよう。なお、十勝岳の地震の震源分布については、本会報の別報告⁴⁾を参照のこと。



第7図 十勝岳の火山性地震の活動

上から十勝岳火山観測坑道（TKC）の地震計による日別地震頻度，振幅別活動度，低周波地震のみについての振幅別活動度。

Fig.7 Daily frequency of volcanic earthquakes at Tokachidake recorded at TKC, their amplitude distribution and that for the low-frequency earthquakes (LF).



第 8 図 十勝岳観測坑道の傾斜計及び伸縮計で記録された、火山性地震時の地殻変動

Fig.8 Geodetic change detected by the water-tube tiltmeter and silica tube extensometer at TKC station at the time of occurrence of volcanic earthquakes.

1987年5月以降TKCの地殻変動などの低率サンプリングデータのCPUによるデジタル収録が可能になった³⁾。1988年2月9日の小群発地震の際、傾斜及び伸縮に変化が認められた(第8図)。これらの地震は高周波地震(HF)で、震源は、旧噴火口域で深さは海水面付近、震央距離は約3kmである。ほぼ同じ大きさの地震が3分はなれて連発し、その後小地震が数個続いている。傾斜変動は約 10^{-8} radで山上がり、歪は 3×10^{-8} 程度で縮みである。2つの地震は共に地殻変動に寄与しているようであり、詳しくみると最初の地震の寄与の方がやや大きいかも知れない。

いずれにせよ、観測開始後初めての経験であり、今後観測事例の蓄積を待ち法則性を明らかにする必要がある。また、他の火山での事例をも参考に、火山性地震と火山の地殻変動の関連を解明することが重要であろう。前回の報告の火山性微動と関連した地殻変動³⁾の解明と共に、北海道で初めて実施された観測坑道を利用した高SN比の地殻変動と地震のテレメータ観測は、確実に新しい種類の観測結果をもたらし始めており、今後有珠山、樽前山、北海道駒ヶ岳等においてもこのような観測が実施できるよう計画の検討が必要である。

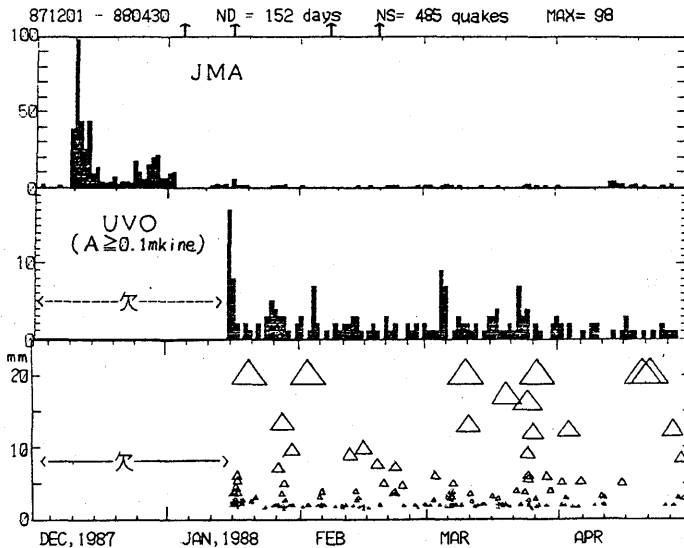
(5) 雌阿寒岳

最近数年間、噴気活動が強まっていた雌阿寒岳において、1987年12月9日13時頃から顕著な群発地震活動が発生したことが、釧路地方気象台の常時観測により検知された。群発地震活動は、12月9日夜から12月10日にかけて地震数を増すと同時に、単周波地震が含まれるようになった。翌12月11日にか

けて地震の発生数は著しく減少したにもかかわらず、地震規模が次第に大きくなりはじめ、12月11日午前には気象台の上下成分で最大振幅数ミクロンから10ミクロンの大粒の地震が30~50分毎に発生し続けるという、特異な群発地震に発展した。小さな地震群を伴わず、大粒の地震のみが発生するという特異な活動は、更に継続したが12月12日00時頃の活動を最後に急速に衰えた。群発地震は、衰えた後も変動しながら持続し、12月末迄で月間地震回数394回となった。これは、1982年3月の群発地震に次ぎ、1973年観測開始時以来2番目に多いことになる。

1988年1月になり、群発地震開始後初めて気象台による地震回数がゼロの日が、1月3日から続いた後、1月4日17時頃より、火山性微動が記録されるようになった。火山性微動は、高周波の連続微動のタイプであり、1月6日03時頃迄断続的に続いた。1月7日10時の気象台による上空からの観測で、山頂のボンマチネシリ火口から、北東方向へ長さ約2 km、幅最大で約900 mの降灰域が確認された。1月5日夕方から1月6日朝にかけて小規模な噴火が発生したものと推定された。

小規模な噴火による降灰は、この後1月8日、2月8日及び2月19日にも確認されており、計4回にわたって発生した(第9図上図横軸に示した矢印)。火山性微動は、散発的に記録され、気象台によると、1月4日から2月26日にかけて、延べ25日にわたって記録されたが、その後4月末まで発生はみられて



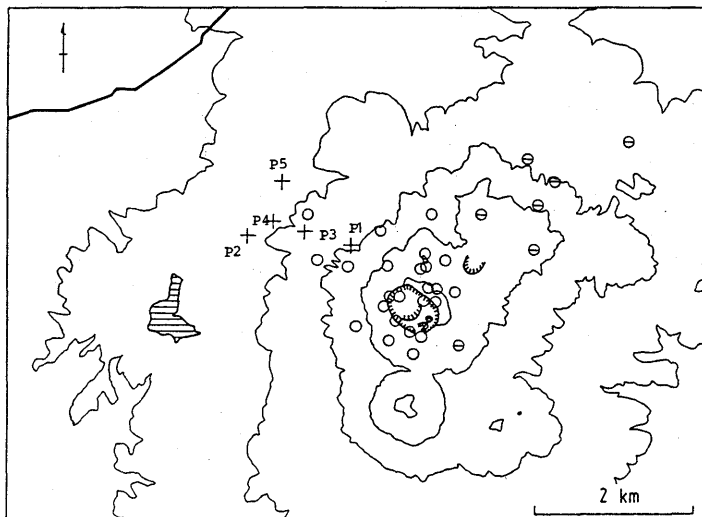
第9図 雌阿寒岳の小噴火と関連して発生した火山性群発地震の活動経過
上から気象庁の常時観測による日別地震回数、北大理学部の時観測による日別地震回数および大きさ別地震活動経過(P1点, UVO)。

Fig. 9 Seismic swarm activity associated with the minor eruptions of Meakandake in January-February, 1988. (Upper: daily frequency of volcanic earthquakes detected by the routine observation by JMA, Middle: same by the temporary observation by Faculty of Science, Hokkaido University, Bottom: amplitude distribution versus time)

いない。群発地震活動も、1987年12月9日から1988年1月2日迄の、噴火前兆地震群と比べ著しく低いレベルで散発的に小地震が続いている程度となっている。第9図に、気象庁の常時観測、及び北大理学部の臨時地震観測点（P1）で検知された群発地震の日別頻度を示す。北大の観測で地震数が多いのは、山頂まで1 km 迄地震計を近づけたこと、気象庁の地震計が変位計であるのに対して、北大の地震計は固有周期1秒の速度計であるため、より小さな地震まで観測可能となっているためである。

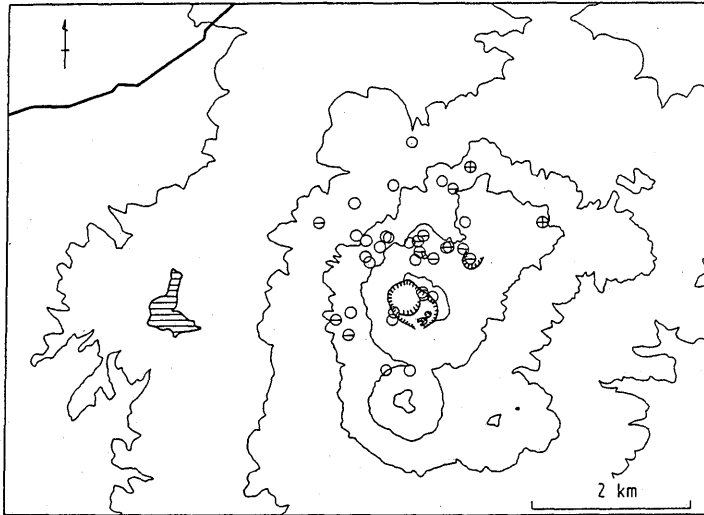
北海道大学理学部では、12月9日に始まった群発地震が、(1)単周波で尾部の減衰が遅い特殊な地震群を含むこと、(2)大粒の地震がほぼ等間隔で発生する特異な発生過程、(3)地震数では1982年の群発地震に及ばないが震央距離数10kmの地震予知の観測点でも記録されるほど、観測開始以来最大規模の地震を含んでいること、等を考慮し火山観測移動観測班を中心に、理学部地震予知センターの協力を得て、12月14日から現地で臨時観測を開始した。気象庁が山頂の西北西約2 km に設置している常時地震観測の1点では、群発地震が雌阿寒岳の火山活動によるものか、或は雌阿寒岳以外の地域で発生しているものか不明であり、震源地を特定する必要があった。気象庁の協力を得て、西山腹に展開した5箇所の地震計（第10図のプラス印が北大による臨時地震観測点である）によるデータにより、震源位置はボンマチネシリ火口を中心とした領域にあることが判明した（第10図）。その後小噴火が、この火口から発生したわけであり、前兆地震群の発生位置から噴火の発生地点を予測する貴重なデータを得ることが出来た。

第11図は、噴火後の震央を示したものである。噴火後の震央は、噴火の発生したボンマチネシリ火口付近に集中せず、北よりと噴火前の分布と比べて変化が認められるが、震源の深さは共に地表より2～3 km 以浅の浅い地震活動で、噴火前と噴火以後で変化は認められなかった。第9図で分かるとおり、北大の臨時観測は、もっとも重要な12月9日から12月13日頃迄の著しい群発地震はカバーしておらず、そ



第10図 雌阿寒岳の小噴火に先駆して発生した火山性群発地震の震央分布

Fig.10 Epicenter distribution of volcanic earthquake which occurred before the minor eruptions of Meakandake in January-February, 1988.



第11図 雌阿寒岳の小噴火以後に発生した群発地震の震央分布

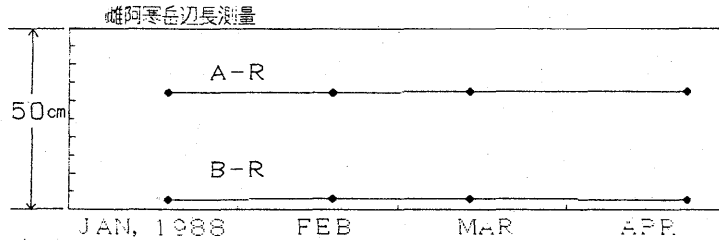
Fig.11 Epicenter distribution of volcanic earthquakes which occurred after the first minor eruption of Meakandake in January 5-6, 1988.

これらの震源位置は、ここに示したものと同一であるという保証はない。

1月中旬から4月末までの間に、新たに光波測量のための辺長測量基線を2測線もうけて、4回の測量が実施された。基点R、A及びBは、それぞれ地震計P1の東約200m、野中温泉、及びオンネトー西湖畔に位置している。AR及びBRの斜距離はそれぞれ約1,580m及び2,986.5mである。両測線とも有意な辺長変化は認められなかった。

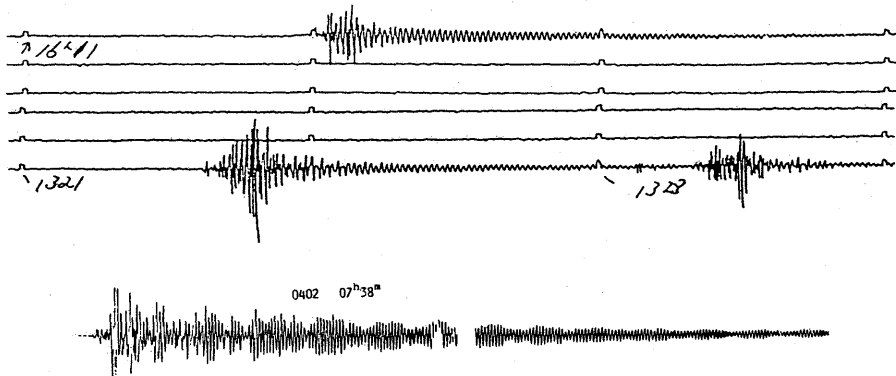
1982年の群発地震に際しても、北海道大学理学部有珠火山観測所では、火山活動移動観測班が現地に出動し、震源位置の推定等を行った⁵⁾。その際、今回12月10日より12月12日02時頃迄にのみ発生した、単周波で尾部の減衰が遅い地震群と同じ様なL型地震が観測総数の1.5%の14例観測されたと報告されている。第13図に、1982年の北大の観測及び今回の気象庁の観測による「単周波地震」の記録例を示す。気象庁の報告によると、雌阿寒岳では今回の群発地震前においても類似の波形の地震がしばしば見られたようである。最近、十勝岳で観測される似たような単純なスペクトル構造を持つ地震についての報告⁶⁾がなされているが、かなり広い範囲の現象を一括して単周波地震と呼んだり、それぞれ異なった火山毎に固有な名称を用いていたりと、微動か地震かの基本的混乱さえあるとの指摘がなされている。少なくとも伊豆大島の単色地震とここに示したものとは、(1)規模、(2)深さ、(3)発生様式、(4)位相等波形の特徴等からみて、全く異なった現象と考えた方が良いだろう。

尚、以上述べた地震活動とは異なる特殊な震動が、雌阿寒岳及び近接の地震予知観測点で記録されている⁷⁾。この震動現象は、3月6日～3月9日にかけて特に集中的に発生した。第14図に雌阿寒岳の臨時観測点及び地震予知観測点で記録されたこの震動記録例を示す。JMAは、P4観測点と同じである。雌阿寒岳の観測点以外に、弟子屈(TSK)、訓子府(KNP)、厚岸(AKK)、岩内(IWN)及び浦幌(URH)で記録が得られており、いずれも詳しい報告が地震予知センターによりなされよう。何れの観



第12図 雌阿寒岳で実施された光波測量による辺長測定結果

Fig.12 Observational results by electro distance measurements (EDM) at Meakandake. No significant change was detected by EDM.



第13図 雌阿寒岳で観測された単周波で尾部の減衰が遅い特殊な火山性地震の波形例(上図:気象庁による1987年の例,下図:UVOによる1982年の例)。

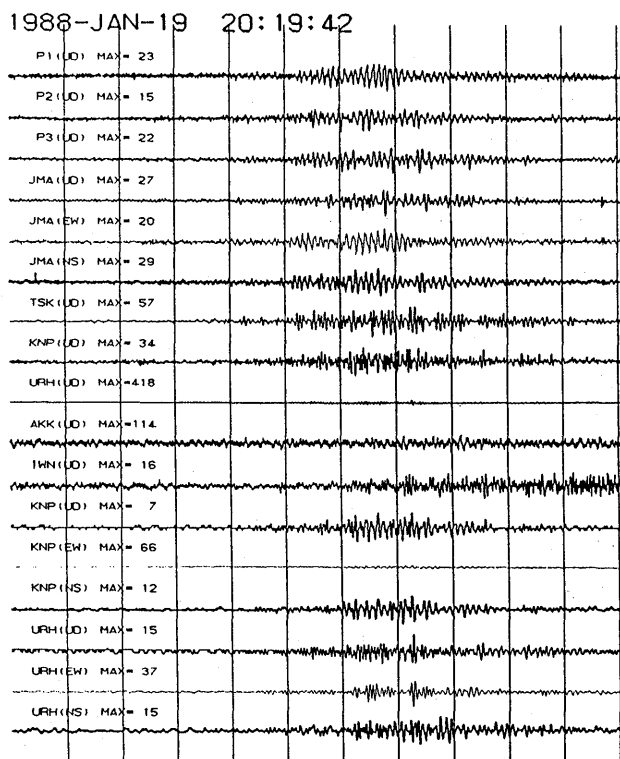
Fig.13 Seismograms of special volcanic earthquake which is characterized by the monotonic frequency contents with slowly decaying coda (Upper:16:11 and 13:21, December 10, 1987 by JMA, lower: 07:38 April 2, 1982).

測点でも 1 Hz の震動が卓越し、紡錘形をしている。地震計の固有周期が 1 Hz であるので、実際にはもっと周波数の低い震動である可能性が強い。阿寒カルデラ付近のやや深い(10 km 以深)特殊な地震ではないかと推測されるが、初動がはっきり読めないため正確な震源は決まらず、今回の雌阿寒岳の火山活動とどの様な関係にあるかを直接示す手がかりは少なく謎に包まれている。この震動現象についても、「単周波地震」という名称が用いられている場合があるが、雌阿寒岳の1982年3月や、1987年12月の「単色地震」とは、規模、深さ、発生様式等からみて全く異なった現象であるので、混乱が生じぬ様注意が必要である。

北大理学部では12月の臨時観測に引き続き、12月23日からは札幌の地震予知観測センターまで、更に小噴火が発生し長期化が予想された1月14日からは、有珠火山観測所迄、臨時に電話回線を用いテレメータによる多点観測を実施した。これらの観測概要は、文献8)および9)にもまとめられている。

(雌阿寒岳の臨時観測に際して、文部省学術国際学術課に大変御世話になりました。釧路地方気象台及び札幌管区気象台とは、情報交換、観測の便宜等につき謝意を表します。野中温泉の野中信郎氏には観測

基地等でお世話頂き有難うございました。)



第14図 北海道東部広域で記録された、特殊な群発震動の記録例

Fig.14 Seismograms of anomalous shock which was widely recorded in the eastern part of Hokkaido (after RCEP). Those events occurred most intensively during March 3-9, 1988. Hypocenter is poorly estimated due to the emergent first arrivals and lack of clear phasses, but may be located not so far from Meakandake. No clear evidence that the events are directly associated with the volcanic activity of Meakandake. Those events are different from the monotonic earthquakes shown in Fig.13 despite of their apparent monotonic appearance on the seismograms.

参 考 文 献

- 1) 北海道大学理学部地質学鉱物学教室・北海道大学理学部有珠火山観測所・室蘭工業大学工業化学科 (1988): 登別火山の活動史。火山噴火予知連会報, 41, 82-90.
- 2) 西村裕一・森 濟・岡田 弘 (1988): 樽前山1988年1~3月の群発地震活動。日本火山学会講演予稿集, No.1, 90.

- 3) 有珠火山観測所(1988):北海道の火山活動とその観測報告。火山噴火予知連会報, 40, 81-93.
- 4) 北大理有珠火山観測所・気象庁十勝岳火山観測所・北海道立地下資源調査所(1988):十勝岳の火山性地震の震源分布。火山噴火予知連会報, 41, 78-81.
- 5) 西村裕一・山下 済(1982):雌阿寒岳における1982年3月の群発地震活動。北大地物研報, 41, 65-76.
- 6) 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, 32, 317-328.
- 7) 西村裕一・道脇正則・笠原 稔(1988):1988年雌阿寒岳小噴火活動に伴い群発した「単色地震」。日本火山学会講演予稿集, No.1, 49.
- 8) 笠原 稔・岡山宗夫・鈴木貞臣・本谷義信・森 済・前川徳光・鈴木敦生・宮町宏樹・岡田 弘・西村裕一・高木朗充(1988):雌阿寒岳1987-88年小噴火に伴う地震活動。地震学会講演予稿集, No.1, 56.
- 9) 笠原 稔・森 済・西村裕一・鈴木敦生・岡山宗夫・鈴木貞臣・後藤芳彦・宮町宏樹・前川徳光・市川隆一・西田泰典・道脇正則・高木朗充・松島喜雄・岡崎紀俊・岡田 弘(1988):1987年-88年雌阿寒岳小噴火活動の概要。日本火山学会講演予稿集, No.1, 47.
- 10) 札幌管区气象台(1988):北海道の火山。札幌管区气象台, 1-230.