

北海道の火山活動とその観測報告*

(1990年3月~1994年2月)

Observational Report on the Volcanic Activities in Hokkaido (March 1990 - February 1994)

北海道大学理学部附属有珠火山観測所
Usu Volcanological Observatory,
Faculty of Science, Hokkaido University

1. はじめに

北海道における火山噴火は、1988年1~2月の雌阿寒岳の小噴火、及び1988年12月~1989年3月の十勝岳の小規模爆発的噴火を最後に、ここ5年間発生していない。噴火はなかったが、雌阿寒岳は断続的に群発地震を繰り返しており、火山性微動の発生もあり、更に火口の噴気温度も高い状態が続いている。また、十勝岳でも小規模な群発地震や火山性微動の発生がみられる。

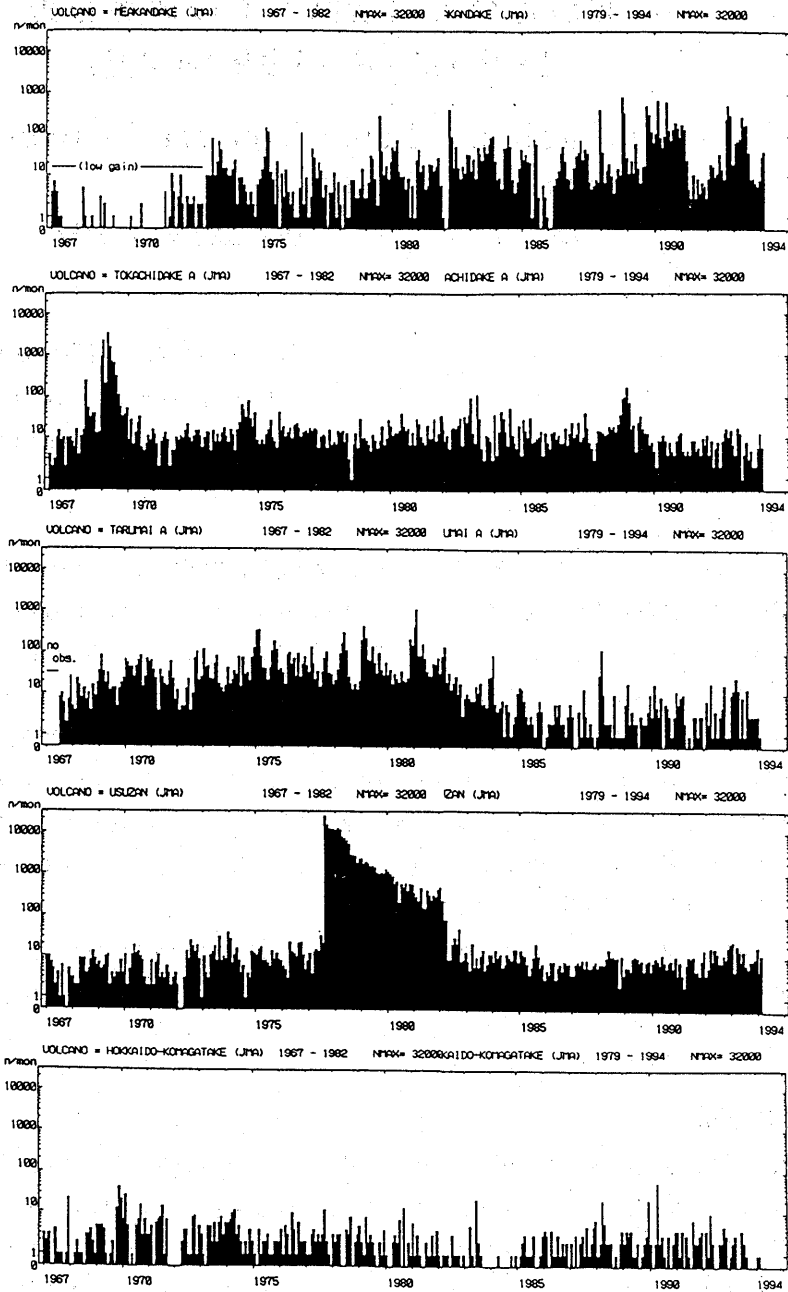
北海道駒ヶ岳の活動は、1989年12月に続き1990年4月に火山性微動、低周波地震、及び小規模な群発地震が見られたが、その後静穏な状態が続けている。有珠山及び樽前山も地震活動等は引続き静穏である。気象庁による最近の火山の地震活動の推移を第1図に示す。倶多楽火山では、大湯沼火口の東壁に位置する虚無地獄火口で熱異常現象が1992年5月以降認められ、1993年春以降は泥火山やピットの開口等、変化も小規模ながら顕著である。

この期間、釧路沖地震や北海道南西沖地震が発生し、従来の活動の特徴から、火山活動が刺激され活発化するおそれが懸念されたため、特別な注意を払ったが、対応した著しい火山活動は、幸い見られなかった。

2. 雌阿寒岳

雌阿寒岳では北大理学部により、1988年小噴火の前兆群発地震の発生以来、現地観測や臨時テレメータ観測が断続的に実施されてきた。1989年9月の群発地震の再開に際して、データを常時¹⁾有珠火山観測所で記録する臨時観測体制を整えた²⁾。また、小噴火や度重なる群発地震の発生を考慮し、雌阿寒岳の観測研究の強化が、第4次火山噴火予知計画(1989~1992年)で検討され、1992年2月には有珠火山観測所による、テレメータによる観測体制が整備され、臨時観測から本観測に移行した。第2図に雌阿寒岳の野中温泉送信所及び観測点の写真を示す。これらの観測により、1989年9月末以降の地震活動については、有珠火山観測所において連続した均質データが解析できるようになっている(第3図)。

* Received 25 Apr., 1994



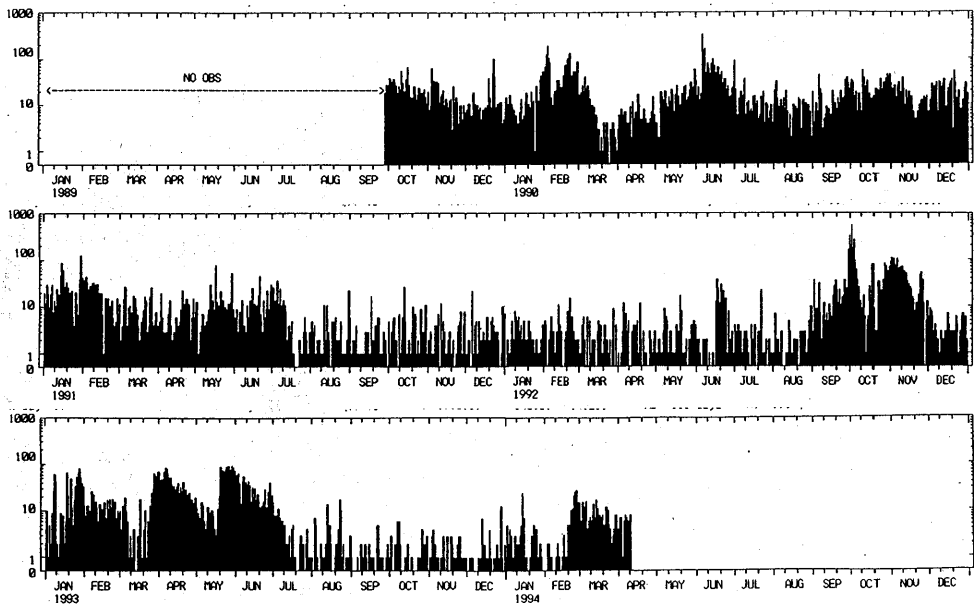
第 1 図 北海道 5 火山の地震活動の概要
 (1966-1994年2月, 気象庁観測データによる)。

Fig. 1 Monthly number of earthquakes at five active volcanoes in Hokkaido, Japan (after JMA routine observation). Seismic activity became higher in recent years at Meakan-dake volcano. Other distinctive seismicity occurred corresponding to each eruptive activity, at Mt. Usu in 1977-1982, and at Mt. Tarumai in 1978-1981.



第 2 図 噴火予知計画に基づく北海道大学理学部の雌阿寒岳の火山観測研究施設（平成 4 年 2 月竣工）。右図；雌阿寒岳野中温泉送信所（空振計，テレメータ機器設置，左手前前），左図；地震観測井（38 m 深，1 Hz 3 成分地震計，手前のマンホール），及び地表加速度計，傾斜計，増幅器類（奥のマンホール）。右図奥のアンテナ付きの小屋は，北海道開発局の雨量テレメータ。

Fig. 2 Newly built research facilities for prediction of volcanic eruptions at Meakandake volcano by Faculty of Science, Hokkaido University. Meakandake Transmitting Station (equipped air wave detector and telemeters, left of the right figure), and housing manholes for 38m borehole seismometer (1Hz), 3-components surface accelerometer, tiltmeter, and electrical units. (Feb 5, 1992, H. O.)



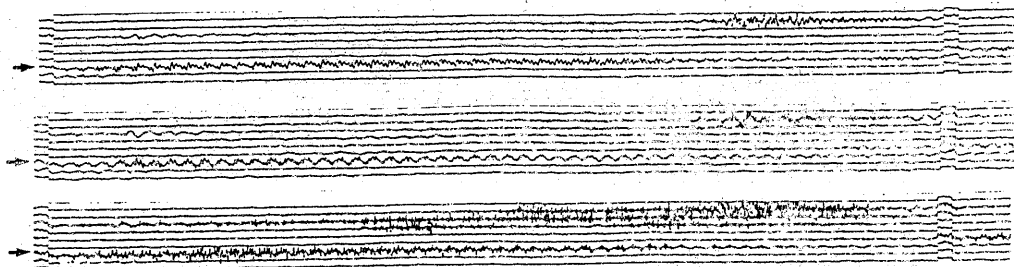
第 3 図 雌阿寒岳における日別地震回数の推移 (北大理)。

Fig. 3 Daily number of volcanic earthquakes observed at Meakan-dake, Hokkaido (UVO data). Repeated waves of increased seismicity were observed during September, 1992-July, 1993.

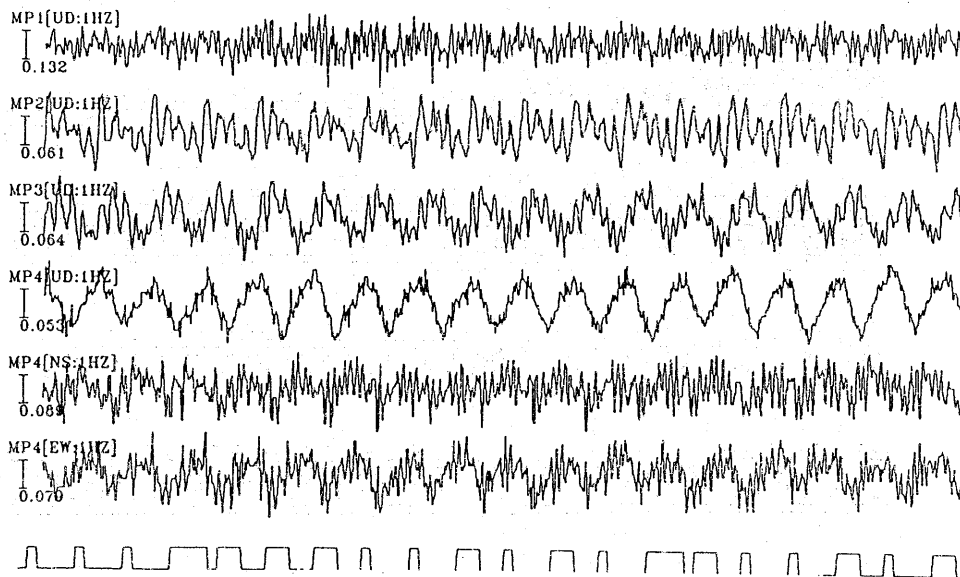
雌阿寒岳の火山性地震の活動は、1989年9月の群発地震再開以後、断続的に増減はあるものの、1991年7月上旬まで、活動的な状態を継続した。この間、特に1989年9～10月、1990年1～2月、1990年6月、1991年1～2月の4回にわたって群発地震活動が特に強まった。気象庁の観測では、群発地震の活動は1991年2月中旬に早くも収まっている。この差異は、北大の観測の方が小さい地震まで数えているためであろう。

地震活動はいったん低下し、その後1992年6月の小群発を除き、ほぼ1年間低い活動レベルを維持した。1992年9月から地震活動は再び勢いを取り戻し、1993年7月まで群発地震活動が波状的に記録された。この期間の群発地震は、5回にわたる活動の繰り返りで、1992年9月～10月上旬、同年10月下旬～11月、1993年1月下旬～2月、同年3月下旬～4月、同年5月下旬～7月上旬の活動から成り立っている。1993年7月中旬に低下した地震活動は、安定した低いレベルを半年ほど続け、1994年に入り再び、活動レベルがやや上がった状況にある。

雌阿寒岳の地震観測で注目すべき観測事項として、微小な火山性微動の発生と、地震の尾部振幅が長く継続する「長尾地震 (LC ; LONG CODA EVENTS)」の存在がある。火山性微動は、振幅が小さく継続時間も数十秒から数分以内のものが多い。1990年12月23日には、観測以来1回しか記録されていない珍しい微動が記録された。記録例を第4図に示す。いわゆるハーモニック微動との類似性も認められる。



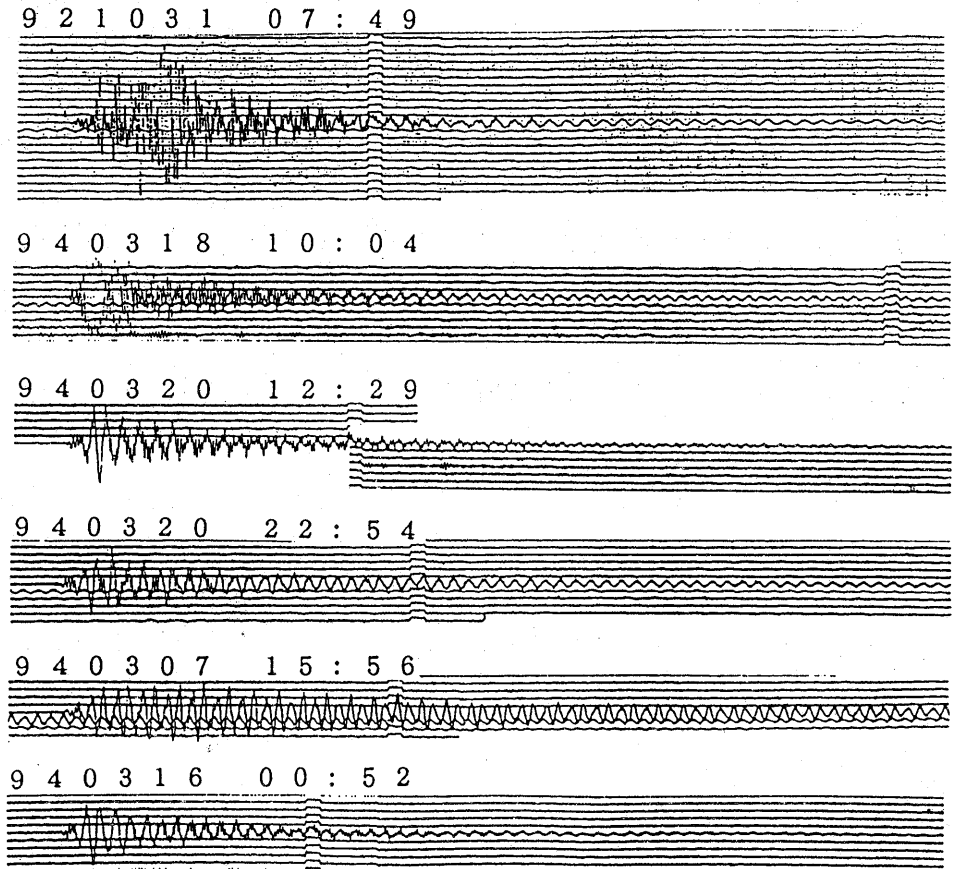
90/12/23 19:57:06 - 90/12/23 19:57:25



第 4 図 雌阿寒岳で観測された珍しい波形の火山性微動

Fig. 4 Special type of volcanic tremor observed at Meakan-dake on Dec 23, 1990. The wave forms and spectrum are somewhat similar to so-called "harmonic tremor", which should be defined with over-tone spectral structure and believed to be close relation to possible fluid motion.

長尾地震の記録例を第 5 図に示す。長尾地震は、有珠火山観測所が常時観測している火山では、十勝岳においても発生している^{1), 2)}。雌阿寒岳においては長尾地震が多数発生すること、及び 1988 年噴火の前兆となったことで特に注目される^{2, 4)}。気象台などの観測では、樽前山でも観測されたことがある。長尾地震の発生と群発地震の衰勢の予備的な調査を行った。1992 年から 1993 年 7 月の活動期のどの時期に長尾地震が多いかに注目したところ、最も活発な最初の群発地震 (1992 年 9 月) の活動期には発生せず、以後 4 回の波状的に群発地震が繰り返す時期にまとまって発生している傾向が見られる様である。今後更に解析調査を進める必要がある。



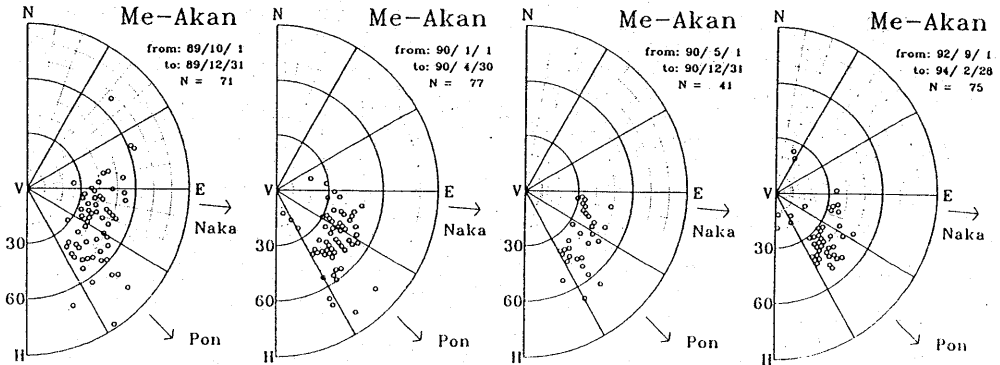
第 5 図 雌阿寒岳でしばしば観測される長尾地震 (LC : Long-coda events) の波形例
 Fig. 5 Examples of "long-coda events (LC)" which are frequently observed at Meakan-dake.

記録される地震の震源域の推定のため、P1、P2及びP3の3点の初動時刻から、入射角と入射方位を求めている。震源域の変動は検出されることが期待できる。特に、山頂部は北にナカマチネシリ火口、南にボンマチネシリ火口があり、過去の噴火ではどちらの火口からも噴火している。将来の噴火が、どちらの火口から発生するかは、災害などの観点からも重要な情報である。結果を第6図に示す。2つの火口方向は図中矢印で示されており、全体通してボンマチネシリ火口方向からの地震が多いことが分かる。時間的な推移もあるようで、1992年以降は特にボンマチネシリ側の地震が多いようだ。

雌阿寒岳における歴史時代の噴火は、比較的小規模の水蒸気爆発で、周辺集落への影響はほとんど無いものであったが、歴史が短いため、約500年前の先史時代には、ボンマチネシリ火口で赤沼火口を開くマグマ噴火があったことが、噴出物の調査から明らかになっている。大量のマグマが関与する噴火の場合、検出可能な程度の山体の変動が見られる場合もあるので、1988年の小噴火以来、北大理学部では測地

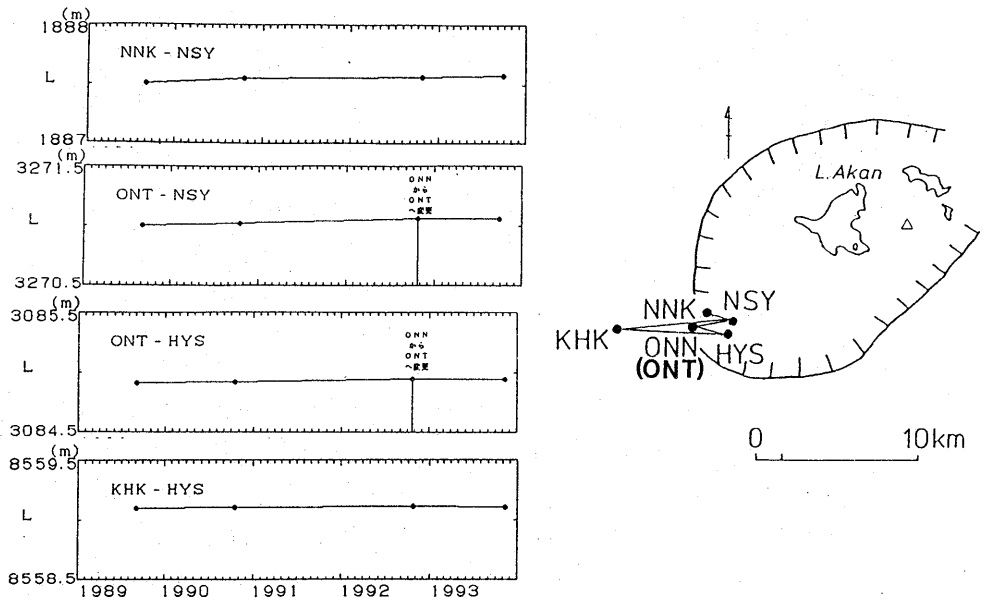
観測を繰り返し実施している。

第7図に雌阿寒岳西麓で行われている、辺長測量の結果を示す。観測基点等の状況を第8図に示す。有意な変動は認められず、群発地震の繰り返しは山体変動を伴っていないことを示している。今後、活動が大きく変化した場合、このベースラインの観測が多いに役立つものと期待される。



第6図 観測網への地震波入射方位及び入射角の分布 (P1, P2及びP3の3点トリパタイト網)

Fig. 6 Distribution of incident angle/azimuth of seismic waves to a tripartite array at stations P1, P2 and P3.



第7図 雌阿寒岳における辺長測量

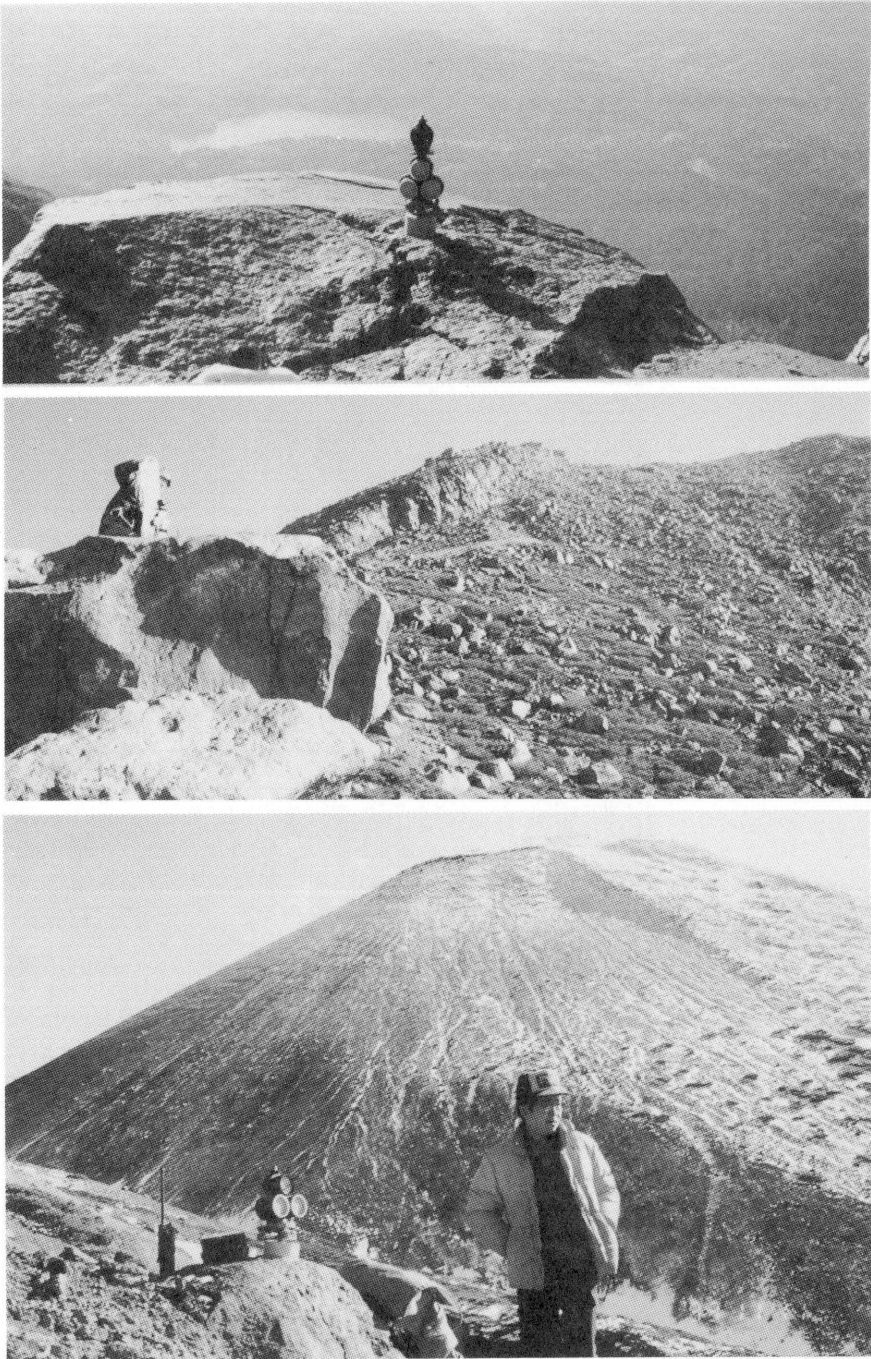
Fig. 7 Deformation survey by means of EDM measurement at Meakan-dake. Two base points, NSY and HYS are located near the western summit of Ponnachi-neshiri crater.

1993年秋の現地観測の際、ボンマチネシリ火口の南壁周辺で火口微動の調査を実施した。記録の一部を第9図に示す。激しい噴気活動は、ボンマチネシリ第4火口で発生しており、第1火口は弱い噴気が見られ静穏であった。これに比べ、第10図に示すように、1990年10月(上図)では第4火口は湯沼となって第1火口の噴気活動がより活発である。最近のボンマチネシリ火口の噴気活動は、ある時は第1火口と第4火口が交互に活発となっており、小噴火もこの火口及びその周辺で発生している。噴気孔からの距離に対する地動振幅を第11図に示す。地動振幅は約30m地点で急に曲がっており、2種類の振動が重なっている可能性もある。第4火口では約0.1 cm/secの地動源に相当すると推測される。ボンマチネシリ火口では、第4火口と第1火口が活発で、時期により活動の推移が認められる。前記の現地観測の際は、第1火口の噴気活動は穏やかだった。

雌阿寒岳の最近の活動は、以上見てきたように、群発地震が断続的に発生し易い状況が続いていると推測される。この活動は、従来の活動がそうであった様に、群発地震で終る可能性が高いが、場合によってはボンマチネシリ火口の南縁での小噴火に至る可能性もあると思われる。噴火地点は第4火口及び第1火口である可能性が高いが、その周辺の場合もあろう。

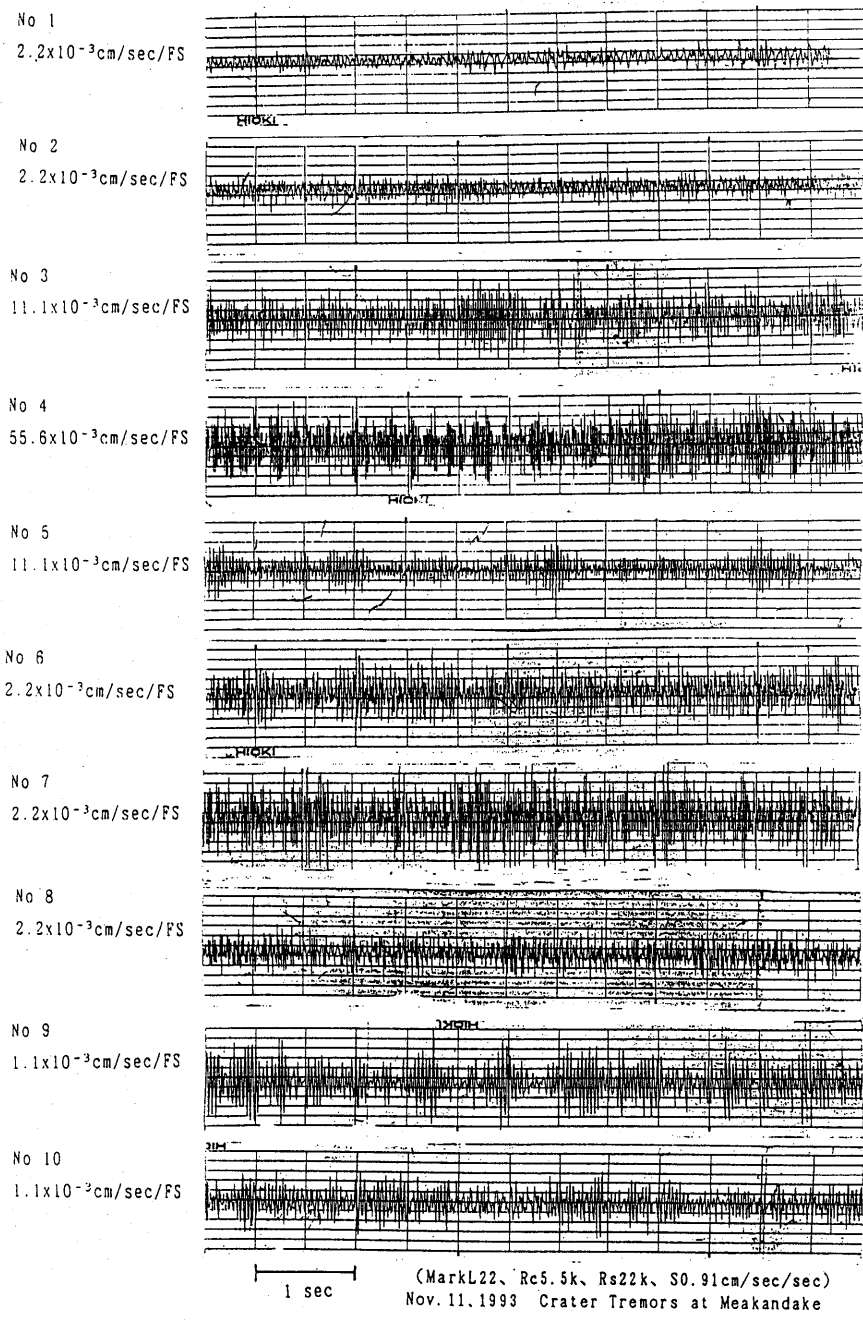
より大きな噴火の場合は、(1)これらの小噴火から始まり、火口を広げたり移動し大規模になる場合と、(2)ボンマチネシリ及びナカマチネシリ両火口内のどこか新しい場所で火口を開き、中規模以上の噴火で始まる場合等が考えられる。前者(1)の場合は、噴火の推移を的確に把握することが重要であり、後者(2)の場合は群発地震や微動現象が、現在の状況とは著しく異なることが期待できるかも知れない。この意味で観測によるベースラインの的確な把握が重要である。

雌阿寒岳の観測では、足寄町茂足寄の国民宿舎野中温泉別館の野中信郎氏他皆様の協力を頂いております。また、1992年2月の新施設の建設では、同氏をはじめ、足寄町役場、足寄営林署、国立公園事務所、文部省学術課、北大施設部及び理学部事務部、他多くの関連機関の皆様のご協力を頂きました。臨時観測では釧路地方気象台にお世話になりました。記して謝意を表します。また、1989年までの臨時観測は北大理学部地震センターとの協力で実施された。

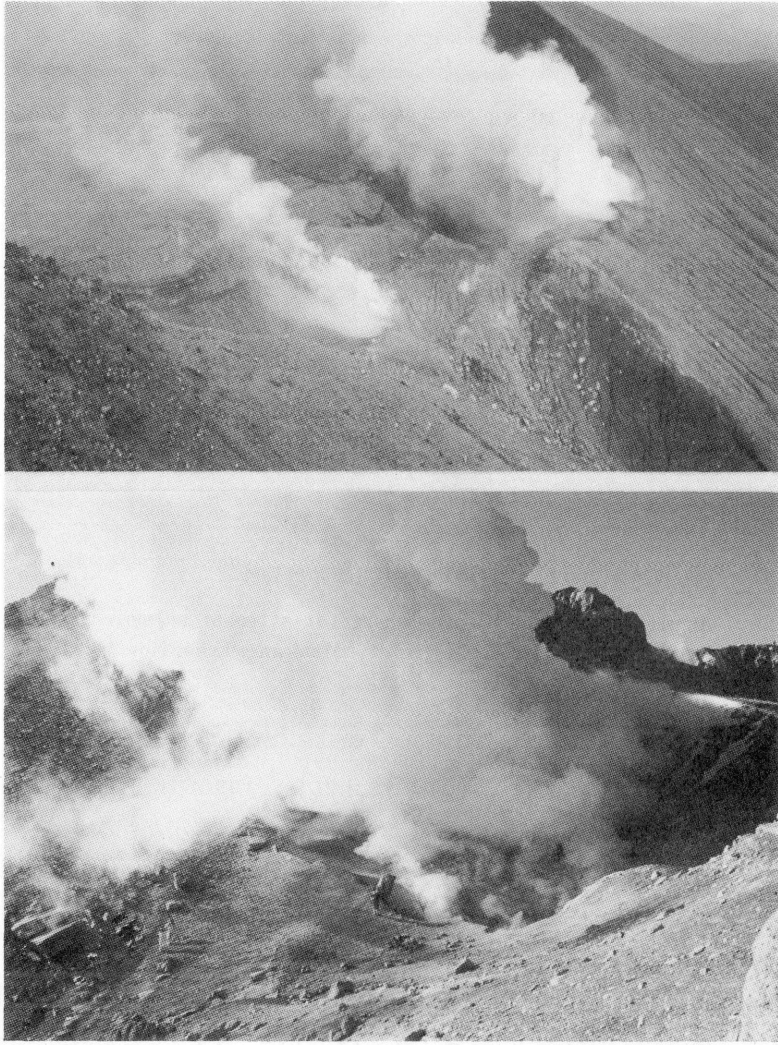


第 8 図 雌阿寒岳の辺長測量基点

Fig. 8 Map showing EDM base lines at Meakan-dake. (upper and middle photos ; NSY ; Nishiyama on Oct 17, 1990, and lower one HYS ; Hayashi on Nov 11, 1993, H. O.)

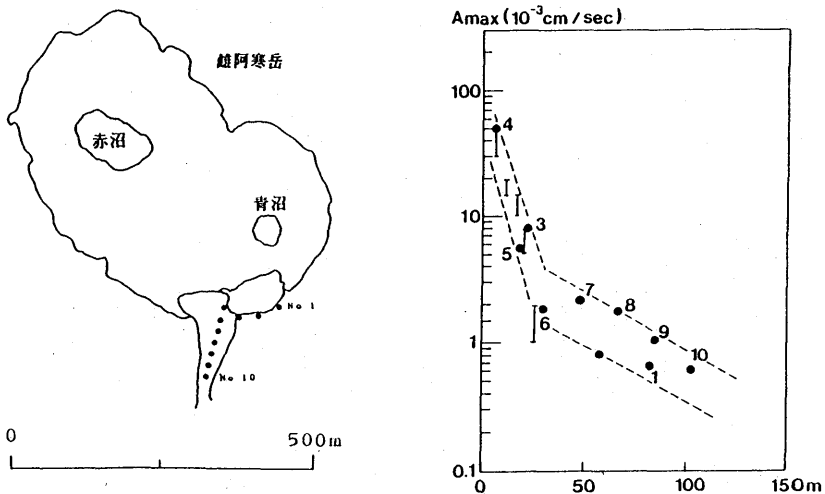


第 9 図 雌阿寒岳のポンマチネシリ火口の噴気活動による微動記録
 Fig. 9 Seismic tremor originated from fuming activity of Pommachinshiri No.4 crater, on Nov 11, 1993.



第 10 図 ポンマチネシリ第 4 火口の噴気活動

Fig.10 Rigorous fuming activity of the Ponmachi-neshiri crater of Meakan-dake. Upper picture shows that the Ponmachi-neshiri No.1 crater (right) is more active than the No.4 crater (left), the latter was occupied by white-green pond in Oct 5, 1991 (H. O. during the helicopter reconnaissance by Disaster Prevention Committee of Hokkaido Prefecture Office). On Nov 11, 1993 (lower. H. O.) shows rigorous gas and steam emission from No.4 crater, but weak fuming from the No.1.



第 11 図 ポンマチネシリ第 4 火口の微動の振幅距離特性

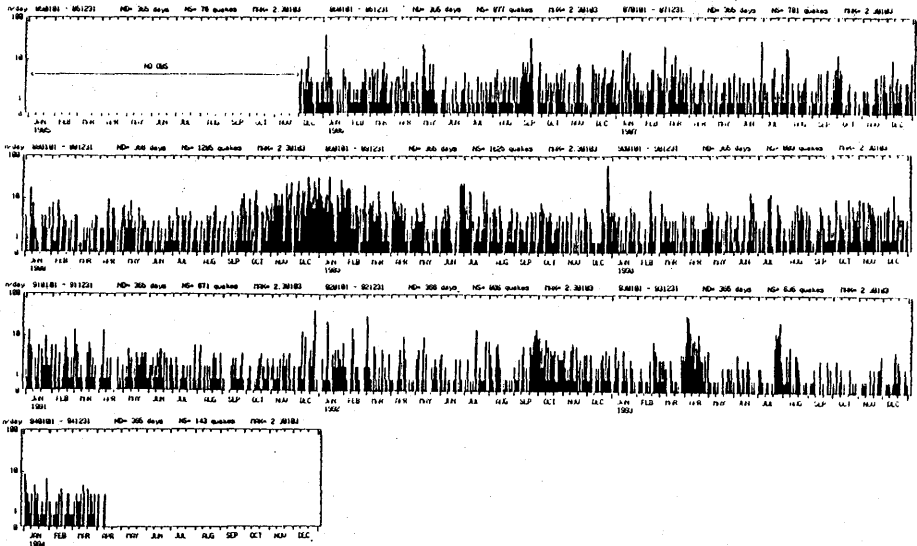
Fig.11 Amplitude-distance decay characteristics of seismic tremor at Ponmachi-neshiri No.4 crater, Meakan-dake, Nov 11, 1993.

3. 十勝岳

1990年3月以降の主な群発地震は、1991年12月25日、1992年11月11日、3月1日、9月下旬、1993年4月上旬、及び7月下旬の6回である(第12図)。更に微小なものは数多くある。また、火山性微動も数回にわたって見られたが、どれも小振幅であった。気象庁の1964年以降の観測点(JMA-A)における観測データでは、これらの群発地震や微動は、検知されていない。

この理由は地震が小さいためともいえるが、JMA-A点は火口から数km離れており、十勝岳で重要な微小な微動や群発地震を検出するには遠すぎる事が分かっている。なお雌阿寒岳、樽前山、有珠山等では、気象庁の観測点は火口から2km圏に設置されている。気象庁ではそのため1988年の噴火以前から、火口に近接した臨時観測を継続的に実施しており、噴火後は避難小屋付近に臨時観測点(B点)をおき運用している。また、北大理学部では、高精度多項目観測を目的として1985年に整備した十勝岳火山観測坑道等の常時観測点に加え、更に火口に近い避難小屋の臨時観測点を、北海道開発局の協力を得て、維持し運用している。

北大による十勝岳の観測研究施設で最も重要な、火山観測坑道(TKC)は、1985年以降太陽電池で連続運用する計画であった。始めの年の冬は障害なく運用できたが、翌年から冬季間に電源不足が生じて、欠測や観測機器の使用制限等の困難に直面した。湿雪時にパネル表面が氷結し、青氷で覆われたパネルは全く発電能力を失うためである。1988~1989年の噴火時には、この問題を回避するため、使い捨ての空気積層電池を1ヶ月毎に、危険地域に搬入する作業が必要だった。この問題の根本的な解決のため、1989年夏、約43度の傾斜角で設置されていたパネルを、約80度の急傾斜に変更し、パネルを更に3枚追加する作業を行った。この改善作業はきわめて有効で、その後5年間、冬季の特別な保



第 12 図 十勝岳の日別地震回数 (UVO データ)

Fig.12 Daily number of earthquakes at Mt. Tokachi (at TKC, UVO data)

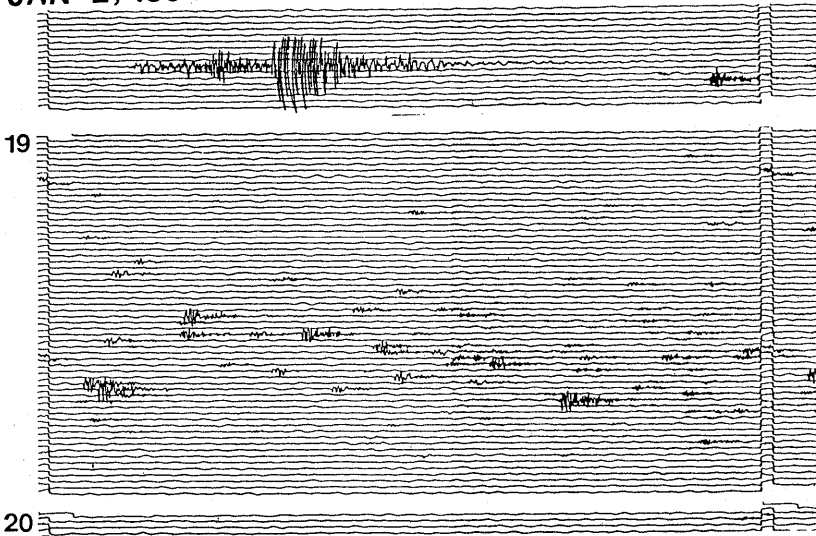
守作業を行う事なく、システムは無事運用されている。

1994年1月2日の群発地震のモニター記録を第13図に示す。この活動は微小であったが、非常に気がかりな出来事だった。なぜならば、同様な地震が群発した、1988年12月24日の場合は、爆発的噴火に数10分間先行した噴火前兆であったからである⁵⁾。1994年の群発地震は幸い数10分継続して完全に収まった。共通点はともに微小な低周波地震であることである。ある時は直前前兆となり、ある時は前兆とならない。しかもきわめて小振幅、短時間の継続である。これらの地震群は、桜島や浅間山でB型の低周波地震と呼ばれているものと似ているようだ。第14図に、1988-1989年噴火をはさむ3時期に分けて、震源分布を示す。また、図中のX軸に震央を投影した時空間分布を第15図に示す。北東のグラウンド火口域、及び南西の旧噴火口域の2つの領域に地震活動が集中している様子が分かる。

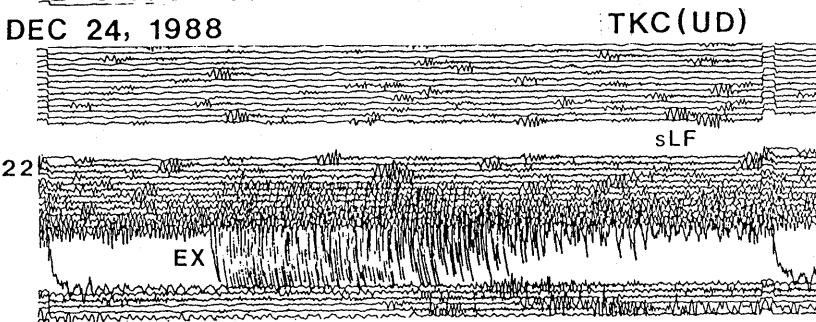
十勝岳の活動状況を一口で表現することは難しい。概観すれば、比較的安定した活動状況にあるといえる反面、小規模な異常が突然現れ易い傾向があることも事実である。1993年夏のグラウンド火口での臨時観測では、常時観測では把握できない微小な地震が無数群発している場合があることも明らかになっている。前回の活動の中心であった62-2火口からの噴気活動は弱まり、62-1火口域の熱活動は著しく弱まっている。

なお、1988~1989年の噴火で小規模火砕流が直進した領域では、その後の降雨による侵食が進み、大正泥流堆積物を深さ15m以上の深さでガリー侵食するまでに至っている(第16図)。これらの侵食にともなう主な火山泥流は火山活動用の地震計で検出されている。今後の状況次第では、登山道や観測施設への影響も出てくる恐れもあろう。

JAN 2, 1994

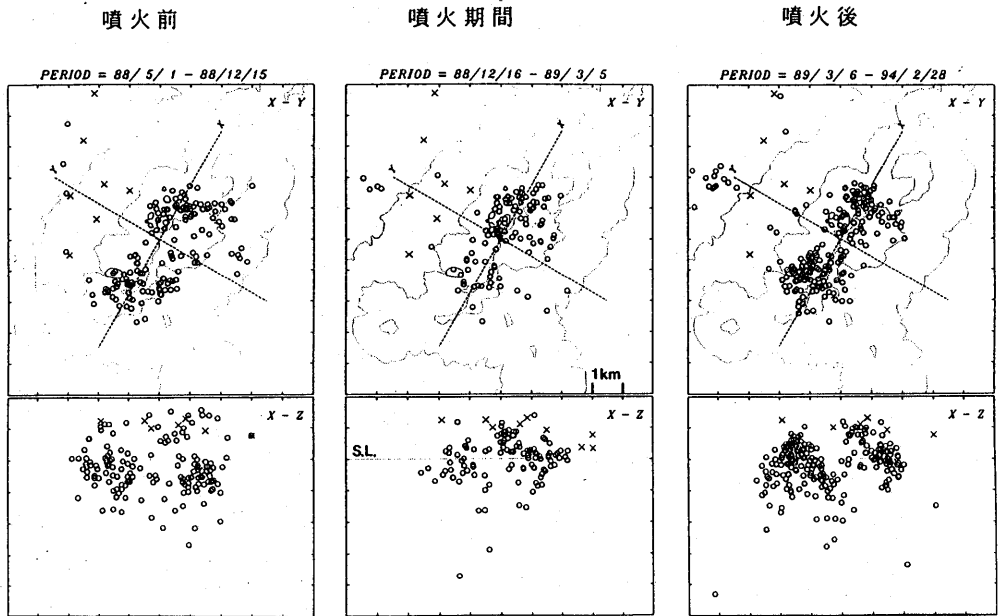


DEC 24, 1988



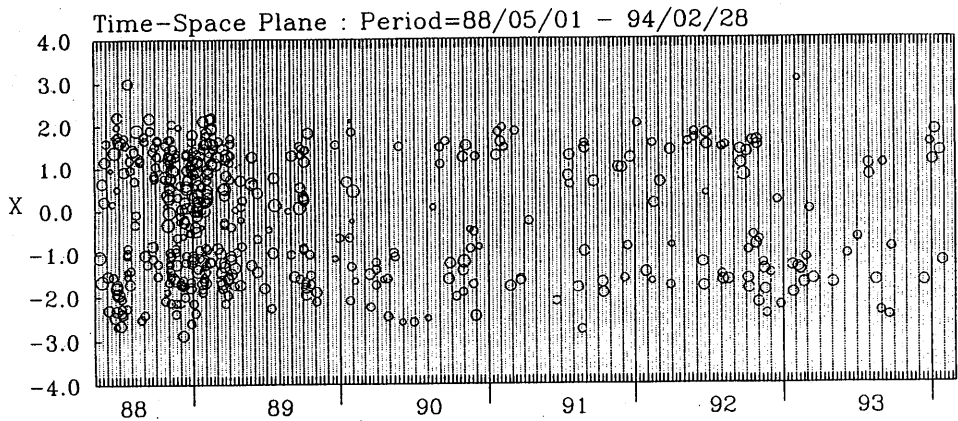
第 13 図 十勝岳の微小低周波地震の群発例 (1994 年 1 月 2 日)

Fig.13 Swarm of small low-frequency earthquakes at Mt. Tokachi on Jan 2, 1994. Similar swarm had heralded to a explosive eruption in Dec 24, 1988, in which 3 months long evacuation was conducted.



第 14 図 十勝岳で発生する火山性地震の震源分布図

Fig.14 Hypocenter map of volcanic earthquakes at Mt. Tokachi.



第 15 図 十勝岳の火山性地震の時・空間分布

Fig.15 Time-space distribution of volcanic earthquakes at Mt. Tokachi.



第 16 図 1988～1989年の火砕流噴火の堆積物が引金となった新しいガリー侵食。火山観測用の地震計に、降雨と対応した泥流記録が数回観測されている。

Fig. 16 Ongoing gully erosion which was triggered by the new deposits of the 1988-1989 pyroclastic flow. Mud flow signals were always recorded by seismometers. (upper ; July 2, 1992, lower ; May 25, 1989, H. O.)

4. 北海道駒ヶ岳

活動変化があまりない北海道駒ヶ岳で、1989年12月30日の群発地震と火山性微動の発生²⁾に引続き、1990年4月に注目すべき活動が見られた。活動の内容は(1)4月3日の低周波地震(21:14)とそれに続く群発地震(第17図)、(2)4月6日の低周波地震、(3)4月4日00:34頃の大きな振幅の火山性微動とそれに続く群発地震(第18図)、の3回の活動から構成されている。

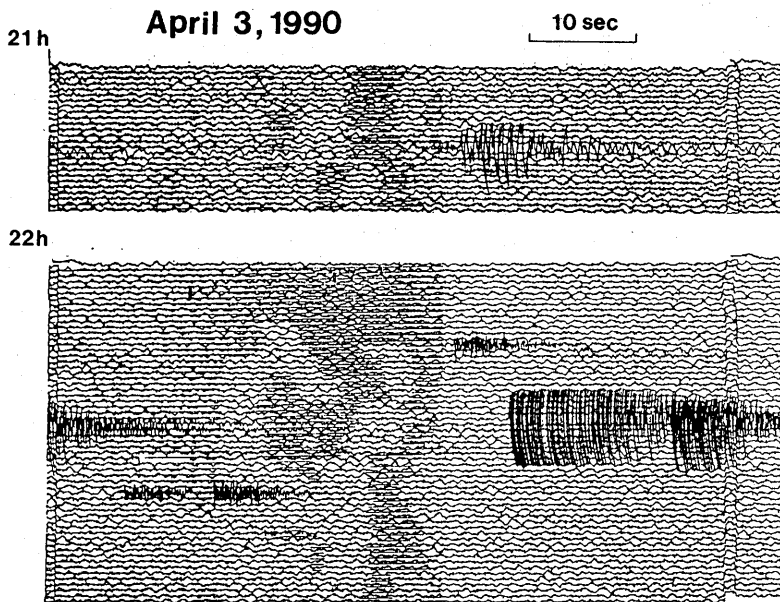
北大理学部では、1982年2月に火山噴火予知計画に基づき北海道駒ヶ岳のテレメータ観測を開始したが、その後現在(1994年3月)迄の約12年の期間に、このような顕著な低周波地震は他に観測されていない。また、微動についても今回以外では、1989年12月の1例に限られる。観測開始以降の3回の群発地震や微動発生の状況を、比較のため第1表にまとめて示す。これら3回の火山現象に際して、臨時火山情報などの情報は気象台から何れの場合も発表されていない。

1983年の群発地震^{6),7)}は、微動や低周波地震がみられず、結果としては群発地震だけで収まった。日本海中部地震(同年5月26日、 $M=7.7$)から18日後であったことから、なんらかのメカニズムで地震が火山の群発地震を誘発した可能性に関心が寄せられた。また、同年秋から山頂割れ目小口の南側の噴気温度が上昇したこととの関連も指摘されている。

1989年12月の活動は、渡島支庁東部の地震として、マスコミでも報道された。最大地震の震度は森測候所で3、室蘭で1である。気象台による聞き取り調査では、砂原及び尾白内で3~4程度、駒ヶ岳や鹿部で2~3程度で、駒ヶ岳、砂原、鹿部では「ドン」或は「ドスン」という音響があったという。震源は駒ヶ岳北麓の海岸線付近と推定される。この活動では特に火山性微動が注目される。駒ヶ岳の観測網で山頂部に近い観測点で特に振幅が大きくなっていないこと、更に数10km以上離れた有珠山や樽前山の観測網で、微小な振幅ながら記録された事から、微動源の深さはかなり深いもの(少なくとも数km以深)と推定される。

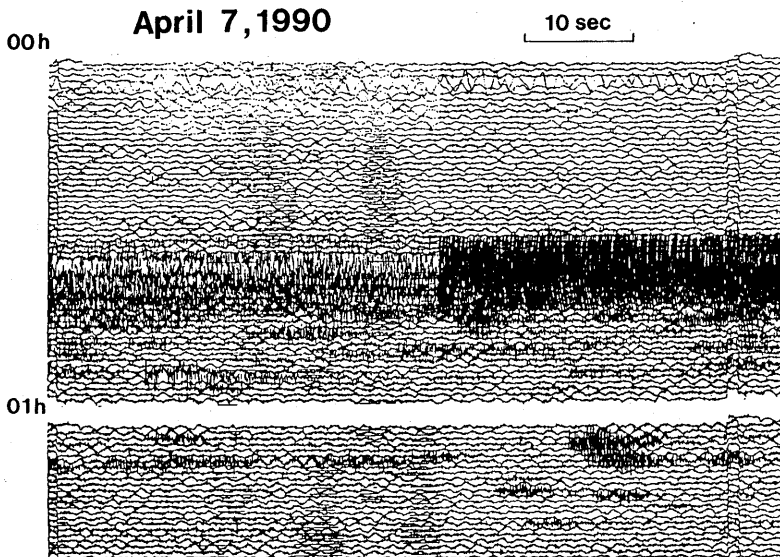
1990年4月の活動では、新たに低周波地震が記録され、更に微動も再び観測された。活動は上述の様に(1)~(3)の3期間に分けられるが、何れも持続時間は短い。有珠火山観測所では、出張中の職員が急遽帰所し対応に当たるとともに、前2回と同様気象台と繰り返し情報の交換を行った。また、北海道防災会議に依頼し、防災ヘリによる空からの火口観察を気象台や火山地質研究者と合同で4月11日に実施した。また、山頂割れ目火口での辺長測量、および6合目登山道水準路線の一部を傾斜水準網とみなした再測量、爆発に備えた空振計の砂原送信所への臨時設置等の対応を行った。なお、渡島支庁及び地元自治体にたいして森測候所では活動状況の説明を4月7日に行っている。

北海道駒ヶ岳は、噴火予知研究の観点からみると、大きな課題を抱えている。1929年(昭和4年)の噴火のように大規模な火砕流噴火を繰り返すくせがあるにもかかわらず、過去の噴火の前兆現象が乏しいと考えられることである。さきに述べた最近の火山性異常現象の3回の観測経験から考えると、なんらかの現象を予め観測し検知できる可能性はある程度ありそうである。しかし、同時に今回の現象が単発的で、持続せず、突発的である点からみて、前兆現象として最も望ましい月・日単位のゆっくりした事前現象は期待できない可能性も高く、急激な展開を覚悟しておく必要があるそうである。現象の確実な検出と、的確かつ迅速な解釈のため精密多項目観測の整備が急がれる。特に、今回の微動や群発地震の解釈において、精密地殻変動の連続観測データが得られていないことが悔やまれる。なお、臨時の測地観測では、幸い顕著な変化は認められなかったが、ベースラインが把握されたため、今後期待され



第 17 図 北海道駒ヶ岳の低周波地震とそれに続く高周波地震の群発
(1990年4月3日)

Fig.17 Low-frequency earthquake and the following high-frequency events at Komagatake volcano on April 3, 1990.



第 18 図 北海道駒ヶ岳の1990年4月の火山性微動とそれに続く小地震の群発

Fig.18 Volcanic tremor and following minor seismic swarm on April 7, 1990 at Komagatake volcano.

	1983年6月	1989年12月	1989年4月
群発地震 継続期間	6月13日18:43~	12月30日	4月3日(LF→HFswarm) 4月6日(LF) 4月7日(TR→HFswarm)
時系列様式	(F→)M→A	F→Tr(2-3h) M→A(14h)	LF→SW(4/3) LF(4/6)、Tr→SW(4/7)
最大地震 (マキシムム) 最大震度	6月13日18:43 M=3.0 有感報告無し	12月30日14:16 M=3.4 3(森)、1(室蘭) 3~4(砂原)	最大4/3, 22:27, M=2.5(RCEP) 微動最大4/7, 00:35-00:42 4/7の群発地震は微小 有感報告なし
震源等	山体内部	北麓(群発地震) 深部・広域(微動)	北麓(SW) 山体内部(Tr、LF)
地震回数(JMA) (UV0) S-P時間(JMA)	23回 423回以上 1.3秒	23回 (13回) 約2秒	61回 (26回) 約1秒
低周波地震(LF) 火山性微動発生(Tr)	なし なし	なし あり(深部・広域)	あり(4/3, 4/6) なし
臨時観測 参考資料	現調、地震 北大有珠(1984a, 1984b)	臨時観測実施せず 北大有珠(1990)	現調、辺長、傾斜水準 空振、防災ヘリ 本報告

注； Tr：火山性微動、LF：低周波地震、SW：群発地震、M：本震(的)、F：前震(的)、A：余震(的)

第1表 北海道駒ヶ岳の3回の火山性群発地震の比較表

Tab. 1 Recent three earthquake swarms at Mt. Komagatake.

る変動の際には役立つであろう。

この期間、釧路沖地震や北海道南西沖地震が発生したが、北海道駒ヶ岳の火山活動には、幸い大きな変化は認められなかった。しかしながら、北海道南西沖地震の際は、北海道駒ヶ岳が震源域に近く、強振動を受けたため、火口壁や急斜面での落石や崩壊があちこちで見られた。特に顕著なものとしては、1942年火口東壁の崩壊(第19図)、及び剣ヶ峰からの巨石の落石(第20図)がある。北海道防災会議によるヘリコプターからの観察も実施された。

また、北海道駒ヶ岳の南山麓一帯で、噴砂現象が多発し、建物や道路、ライフライン等に大きな被害をもたらした。噴砂現象は、山頂部が崩壊した際の土石なだれ堆積物の分布域で、かつ水位が高く地表すれすれとなっている地域で発生した。このような現象は、1910年有珠山噴火の際、噴火の前兆地震(M 5.5)によって、有珠山の南麓の善光寺岩屑流の地域(有珠・虻田)で集中的に発生したことが知られている⁸⁾。このような現象の危険地帯は調査により事前に明らかに出来るはずであるので、国内の火山に於て系統的な調査研究がなされる必要がある。

なお、平成5年度の補正予算で、北海道駒ヶ岳において、多項目精密火山観測の実現のための観測井(計画深度500m)等の整備が認められ、準備が進んでいる。



第 19 図 北海道南西沖地震の震動で崩壊した北海道駒ヶ岳の 1942 年火口壁

Fig.19 Collapsed wall of the 1942 Crater of Komagatake volcano due to the strong shock of the Hokkaido SW Off Earthquake of June 14, 1994. Note that collapse occurred along the vertical cooling joint of the 1929 eruption. (Aug 13, 1993, H. O.)



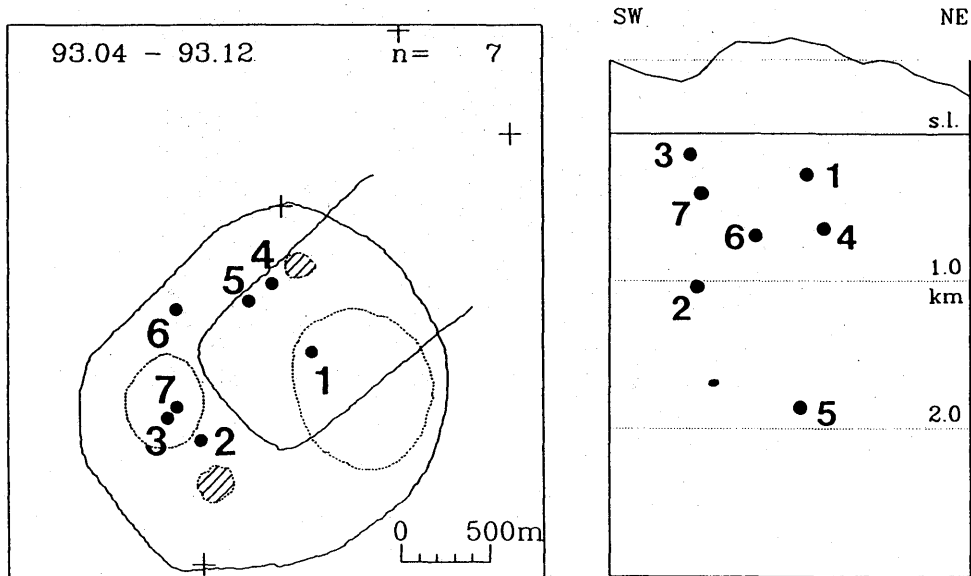
第 20 図 北海道南西沖地震の震動で崩れた北海道駒ヶ岳の剣ヶ峰頂部からの巨大な落石

Fig.20 Large rock fall due to the shock of the 1994 SW off Hokkaido earthquake from Kenga-mine, the highest horse-shoe crater peak at the summit of Komagatake volcano. (Aug 13, 1993, H. O.)

5. 有珠山

有珠山の火山活動は1977～1982年の活動終息以後、引続き落ちついた状態にある。活動終息後の地震活動は、有感地震がなく、目立った小地震の群発も見られない。1977年の噴火の際も、噴火直前の約32時間前まで、現状と同様の落ちついた状態にあった事が知られている。微小～小地震は散発的に発生しており、最近の震源は山頂の有珠新山を取り囲む断層域に位置している(第21図)。波形例も第22図に示す。

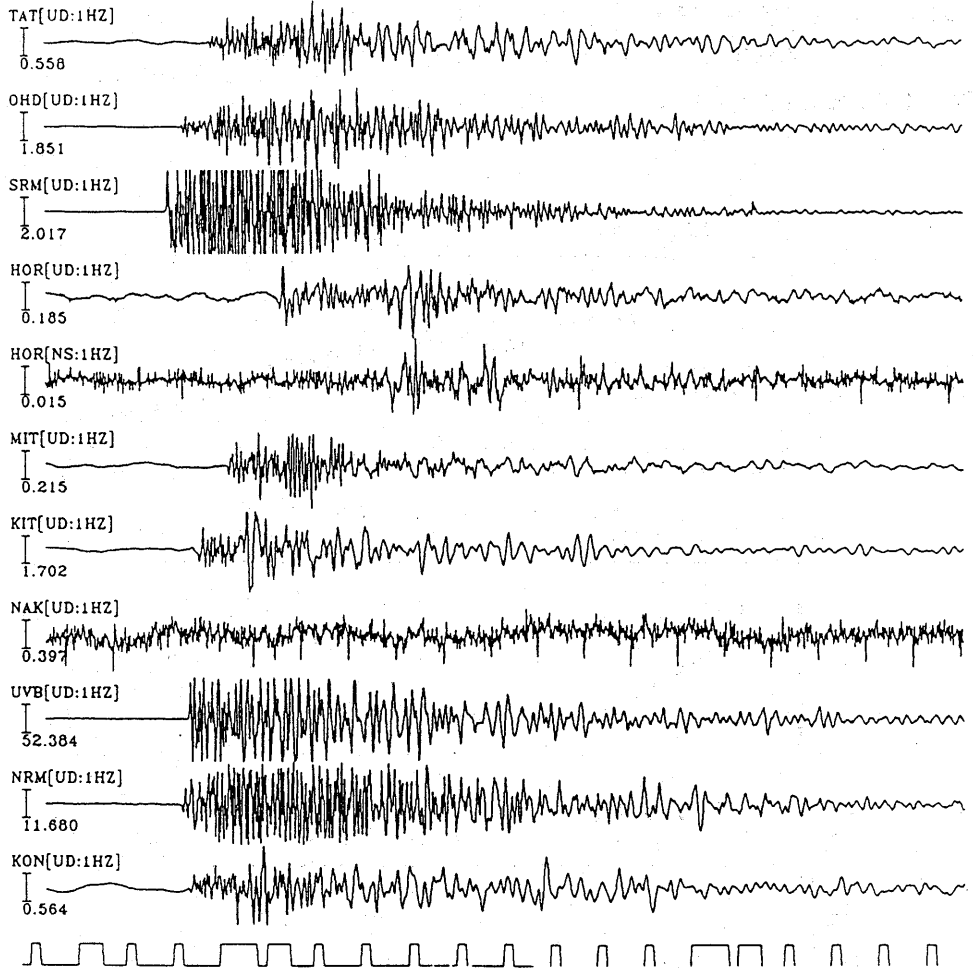
有珠山の地殻変動は、1977～1988年の有珠新山隆起(隆起量約185m)と北東側を主とした膨張、終息後引き続いている緩やかな沈降・収縮という、分かりやすいパターンが明らかになっている⁹⁾。精密水準測量、辺長測角測量、GPS、精密重力測定などが実施されている。有珠山の地殻変動については、別報¹⁰⁾に詳しく報告しているので参照されたい。



第21図 有珠山で発生している最近の小地震の震源分布

Fig. 21 Hypocenter distribution of the small volcanic earthquakes at Mt. Usu. The earthquakes occur along the marginal faults of uplifted Usu-shinzan as similar as that during 1977-1982 active period.

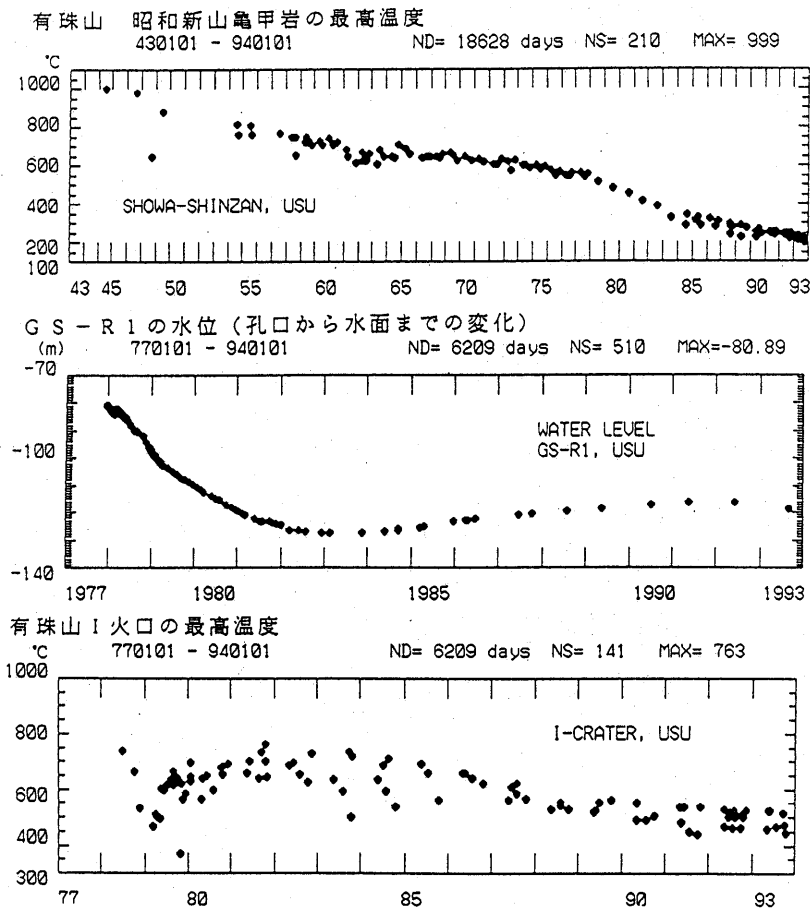
USU_931101.01420 (RECORD=93/11/01 20:56:25 - 93/11/01 20:56:44)



第 22 図 有珠山で発生している最近の小地震の波形例

Fig.22 An example of seismograms of the recent earthquakes occurring at Mt. Usu.

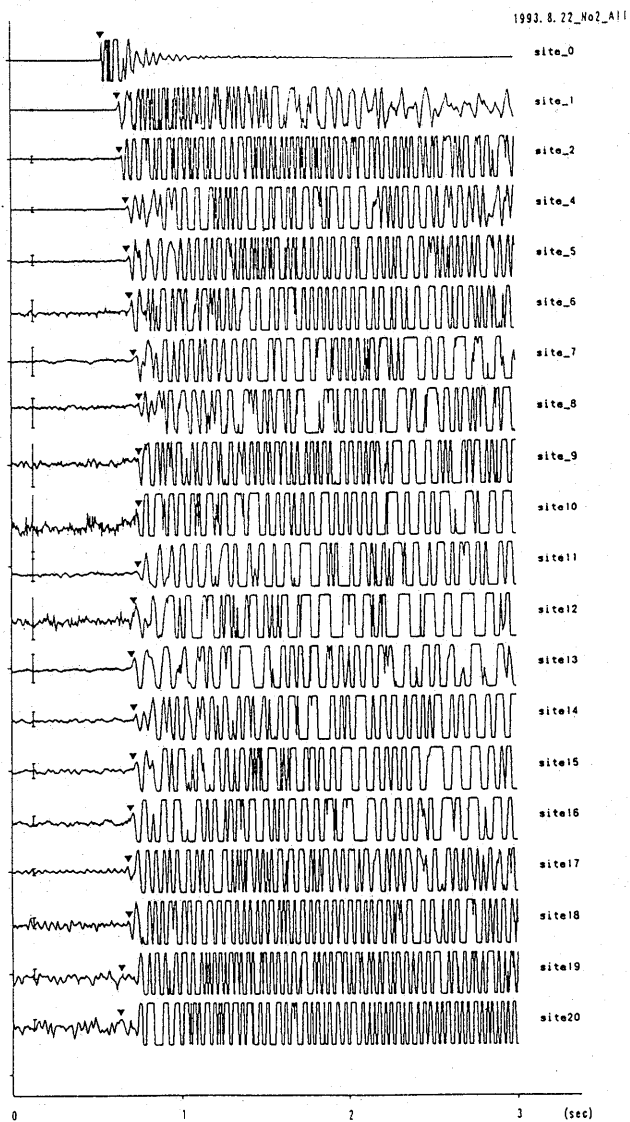
有珠新山のI火口及び昭和新山の亀甲岩の地温，及び有珠山東麓の観測井(GS-R1)における水位変化をまとめて第23図に示す。I火口の最高温度は，1981年に763℃が測定され，その後低下を続け1993年には516～523℃となった。この期間の平均温度低下率は約20℃/年である。1993年には，青白い炎は見られるが，赤い赤熱部分はほとんど見るのが困難になっている。昭和新山は，活動開始から50周年の1993年には最高温度は234℃となっており，50年間の平均温度低下率は15.2℃/年と，有珠新山より著しく緩やかである。東麓の水位変化は，1982年から1983年に最も低くなってから反転し，緩やかな上昇傾向にあったが，1993年には再び低下傾向に反転したようである。赤外熱映像装置による地表面温度分布の測定なども実施されている¹¹⁾。



第 23 図 有珠山の噴気温度の変化；昭和新山亀甲岩(上)，有珠新山I火口(下)，及び有珠山東麓GS-R1点での水位変化(中)

Fig. 23 Temperature variation at Kame-iwa, Showa-shinzan (upper) and I-th crater, Usu-shinzan (lower), and water level variation at GS-R1 in the eastern flank of Mt, Usu (middle).

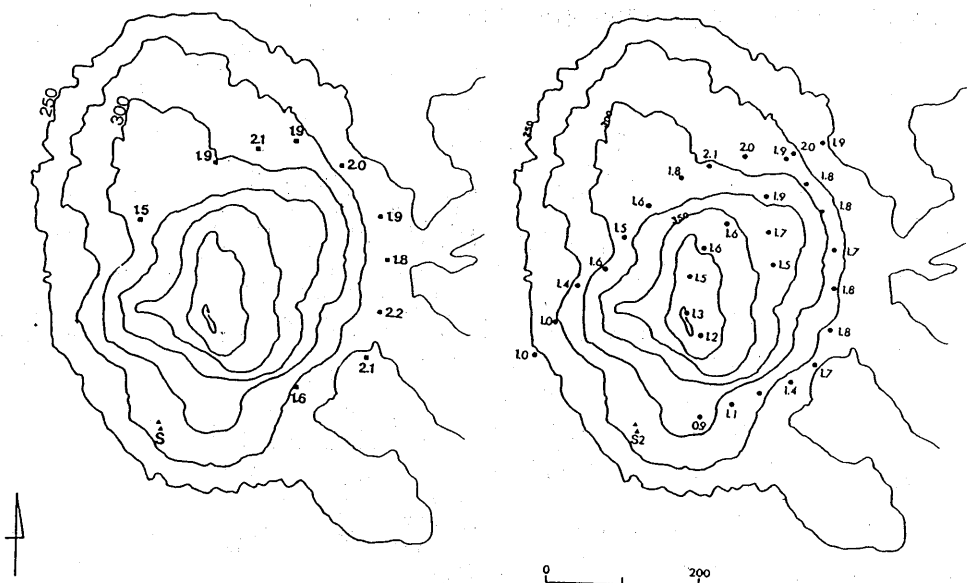
昭和新山の火祭りの地上爆裂型の花火を用いた溶岩ドームの地震波探査実験を、1992年及び1993年に実施した^{12),13)}。結果の一部を第24図及び第25図に示す。



[10^{-4} kein

第 24 図 昭和新山における溶岩ドームの地震探査記録例。観光火祭りの地割れ花火が、人工震源として用いられた。

Fig.24 Sample seismograms from the ground-fired firework explosion during the 1993 summer festival. Those records were analyzed for evaluating the internal structure of lava-dome "Showa-shinzan", 50 years later of its birth.



第 25 図 昭和新山溶岩ドームの地震波速度分布 (P 波区間速度で表示)。

Fig. 25 Distribution of interval velocity (V_p in km/sec) at the Showa-shizan lava-dome and their temporal variations between 1984 (left) and 1993 (right). Shot point is S for 1984 and S2 for 1993.

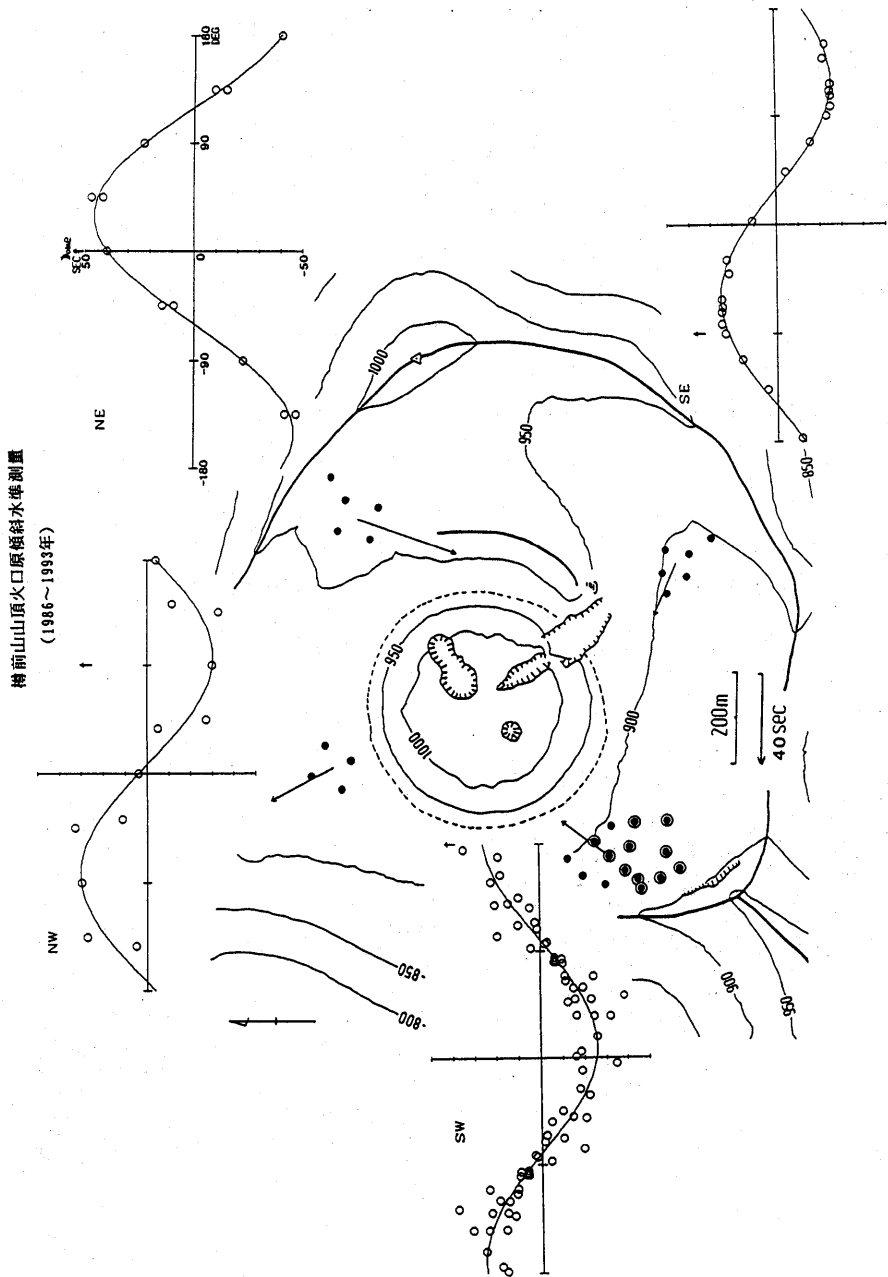
北海道南西沖地震に際して、壮瞥温泉では戸外に飛び出した住民は、昭和新山と有珠山の両方から、ゴゴゴという落石の音響を耳にした。現地調査を行った結果、昭和新山の溶岩ドームやおがり山新山の斜面を中心に、崩壊や落石跡が散見された。銀沼火口周辺にも亀裂が認められた。これらは震動による表面的な影響であり、火山活動への直接的な影響は見られなかった。

なお、多項目精密観測の実現のため、有珠山の南山腹に火山観測坑道を整備する計画が検討され、平成 5 年度より予算要求に入っている。

6. 樽前山

樽前山は、1978 年から 1981 年の小噴火活動が終息した後、地震活動の低い状況が続いている。1988 年及び 1989 年の 1～2 月に発生した、特殊な地震波ファミリーを主体とする群発地震は、1990 年以降観測されていない。山頂火口原では 1987 年以降、短距離傾斜水準測量を毎年実施している¹⁴⁾。結果を第 26 図に示す。ドームの 3 方向では、今までの結果と同様ドーム方向が隆起の傾斜変動となっている。他の現象との関連性が認められないこともあり、この傾斜変動がどのような意味を持っているのか、解釈は困難な状態である。

1983 年以来熱活動が再活発化した溶岩ドームの B 噴気域の地表面温度測定のため、南側の白老方向から 1987 年に赤外熱映像観測が開始され、その後毎年実施されている。辺長測量も繰り返されている。これら傾斜水準や熱映像、地震などのデータは、今後活動に新たな展開がみられる際、重要なベース



第 26 図 樽前山の山頂火口原における短距離傾斜水準測量の観測網と測定結果
 Fig.26 Map of the four tilt leveling networks and the results of the survey. Dome direction upward tilt is clear for three networks except NW one.

ラインを与えるものと期待される。

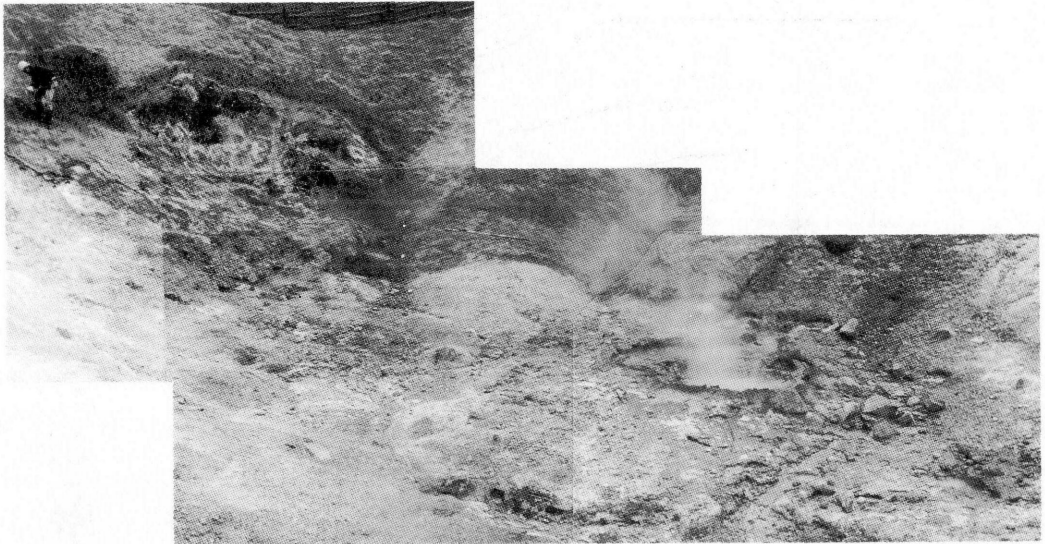
1990年春、溶岩ドーム上の北東亀裂に開口しているD火口の南壁で溶岩の崩壊があったと推定される(1990年5月23日観察)。1989年春に、南東亀裂で発生した崩壊と同様に、溶岩ドームの垂直の冷却割れ目(節理)にそって崩壊したことが、地震などとは対応せず雪解け時期に発生したことに、共通点がある。なお、北海道南西沖地震の際は、顕著な変化は認められなかった。

震源決定精度の向上と、多項目精密観測の実現のため、南山腹7合目の唐沢臨時観測点近くに、火山観測坑道を整備する計画が検討されており、平成3年度より予算要求に入っている。

7. 倶多楽火山

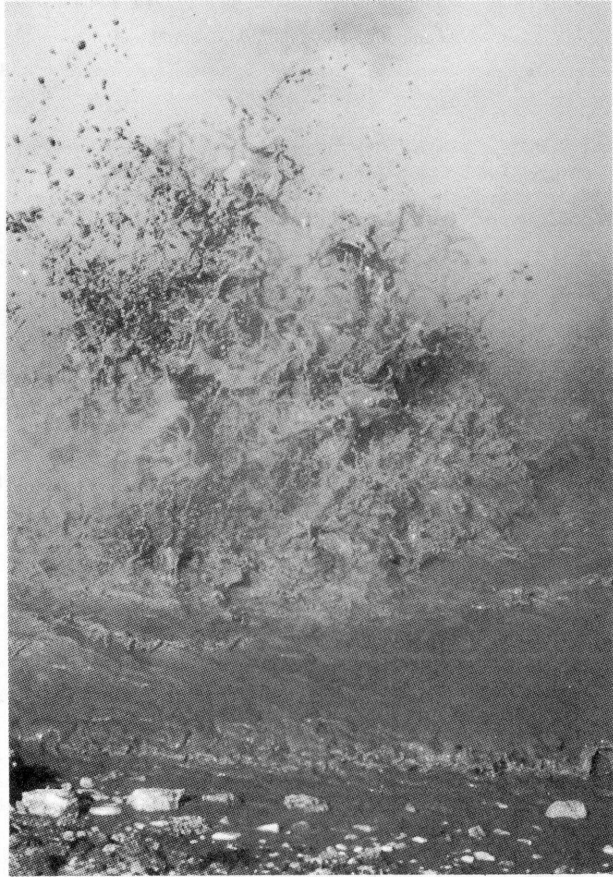
倶多楽火山の活動火口は、地獄谷及び大湯沼の2つの火口域から成り立っている。約200年前に地獄谷火口から噴出した火山灰層が認められたことから、1991年2月に気象庁により活火山に指定された。多くの地熱地帯で経験されているように、これら2つの火口域では、従来から熱異常現象が繰り返し観測されてきた^{15),16)}。1992年春から、新たな熱現象が大湯沼火口域を中心に発生しているの、概略を報告する。

ふだん噴気が認められない大湯沼の東壁で中段をなす虚無地獄火口で、1992年5月噴気が見られるようになった。火口底に湯溜りが形成され、火口壁等で植生死滅等が認められたのが最初である(第27図)。熱活動の概略を第2表に示す。1992年中の活動は、7月に大湯沼西岸噴気域で、熱泥水の噴出が始まった(第28図)のを除き、大きな変化はなかった¹⁷⁾。



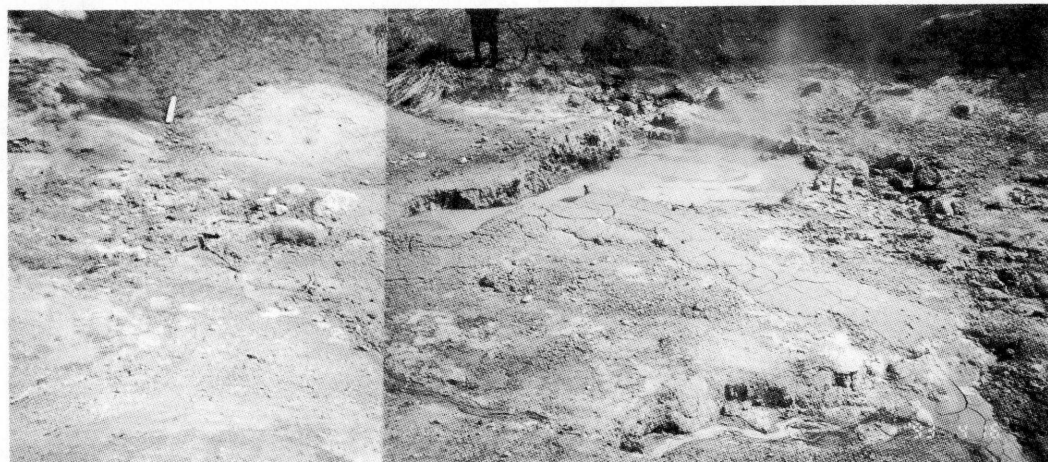
第27図 倶多楽火山虚無地獄の新湯沼の活動

Fig. 27 Early phenomena of renewal geothermal manifestation at Kyomu-jigoku of O-yunuma Crater, Kuttara volcano. Muddy hot pool at the crater floor (right) and vegetation kill at the eastern crater wall (left). (May 13, 1992 H. O.)



第 28 図 倶多楽火山の大湯沼西縁噴気域における熱泥水噴出活動

Fig. 28 Muddy fountain activity at the western solfatara of O-yunuma crater lake of Kuttara volcano (Oct 28, 1992 H. O.). The fountain first recognized on May, 1992, and continued its activity in February, 1994. Another similar but short-lived fountain also recognized at the northern solfatara in 1992. The previous fountain activity occurred during 1974-1975 at the northern solfatara.



第 29 図 倶多楽火山虚無地獄の新湯沼の拡大と泥水噴出跡

Fig. 29 Enlarged muddy hot pool at Kyomu-jigoku crater recognized on April, 1993 (April 16, 1993, H. O.). Many minor changes were recognized in 1993 compared with nearly steady activity in 1992.

年	月日	主な熱活動など
1992	0512	大湯沼火口西壁の虚無地獄で熱水プール（大小各1）の形成と噴気活動、植生死滅などを確認（第27図）
	0710	大湯沼西縁噴気域で熱泥水噴出活動を確認（第28図） （1994.02現在衰退しつつ継続中）
1993	0416	虚無地獄の熱泥水プールが北東へ拡大、泥を小量流す（第29図） 大湯沼北縁噴気域で新たに熱泥水噴出活動を確認、6月には停止
	0512	虚無地獄の北東壁でピット開口、内部で泥火山1活動 （1994.02継続中）
	06頃	地獄谷火口域で地温上昇開始、植生死滅、水道が40°Cの温水に
	0913	0912～0913の間に、大湯沼、地獄谷火口の下流の登別川で遡上した 鮭が数千匹死ぬ
	0918	再び登別川で鮭が約2000匹死ぬ
	0928	虚無地獄の北東縁で新たに第2小プール形成、噴泉活動活発
	1019	虚無地獄の南西火口底縁で熱泥噴出し小泥丘1形成 大正地獄で間欠突沸現象確認
1994	1109	虚無地獄の南火口底縁で小泥丘2形成 大正火口で間欠突沸現象確認
	0208	虚無地獄の小泥丘1は成長して泥塔となり「煙突」から噴気 虚無地獄の小泥丘2は南北割れ目ピットとなり、南縁で泥火山2活動開始
	0228	虚無地獄で東壁大穴が開口、小石が数mに散乱、内部で激しい泥噴泉、泥塔は破壊され活動停止、南縁の泥火山2活動停止

(KUTtab44) ver. 940421

第 2 表 倶多楽火山の1992年～1994年2月の熱活動

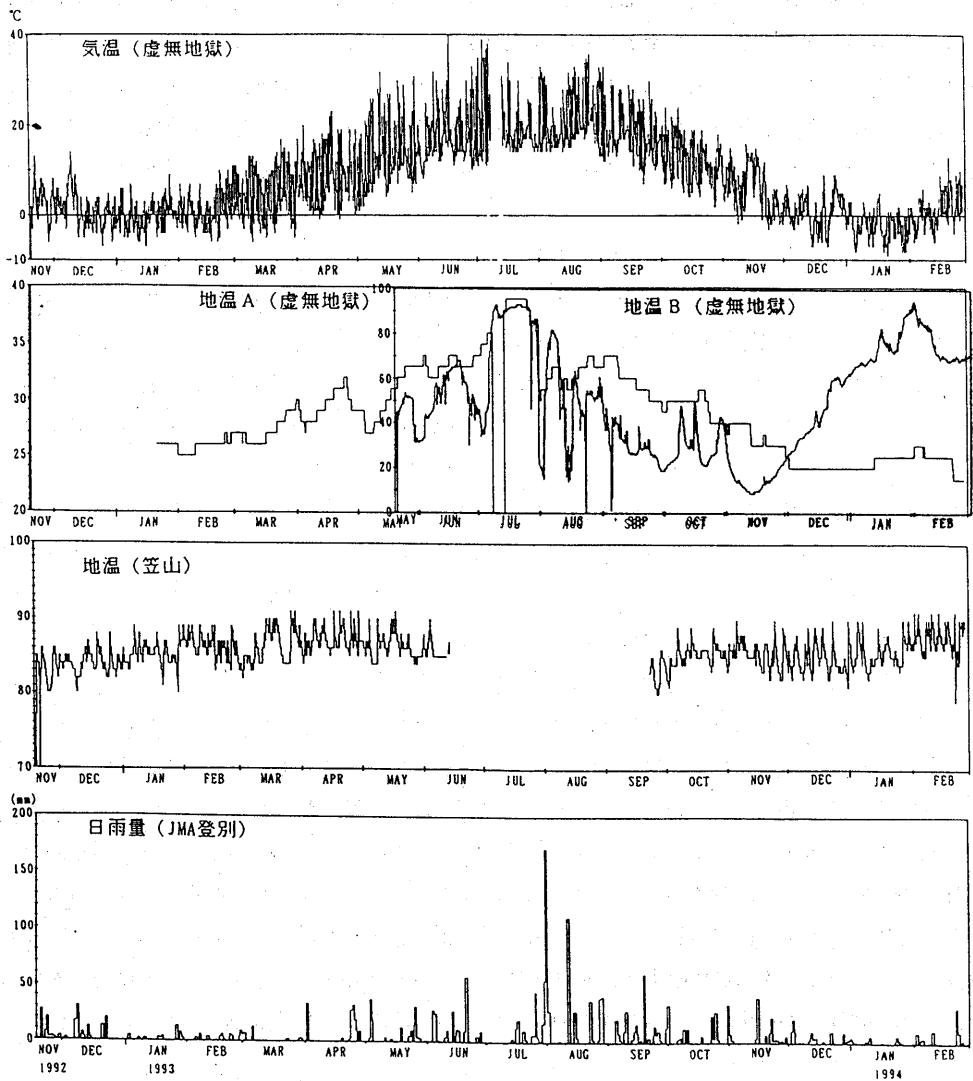
Tab. 2 Geothermal activity at Kuttara volcano, Hokkaido during 1992～Feb, 1994.

1993年春以降になると、虚無地獄域でピットの開口や拡大(第29図)、泥水噴出、火口底の熱水溜り化、等の変化が次々と見られるようになってきている¹⁸⁾。また、大正地獄での突沸や大湯沼北西噴気域での一時的熱泥水の噴出、地獄谷付近で水道がお湯になったり、芝が枯れる等、より広域で新しい熱現象が見られるようになった。大正地獄では1993年10～11月に20～30分毎にまとまった突沸が見られた。大湯沼西岸噴気域での熱泥水の噴出は、1994年2月現在勢いを弱めたものの継続している。地温の連続観測(第30図)、湧泉活動等の震動記録や熱赤外映像による表面温度分布等の調査も実施されている。

熱現象の規模は軽微であり、1994年2月に虚無地獄東壁で新たに開口した際、小指の先程度の小石が周辺数mに飛び散ったのが最大の出来事である。室蘭工業大学等によると、1993年夏の総合熱水調査では、大湯沼の湖底の熔融硫黄が固結していることが明らかになった。従って、湖底が詰まった結果、熱活動が大湯沼火口周辺部に集中している可能性も考えられるという(室工大安孫子氏私信)。前回の1984 - 1985年の大湯沼北西噴気域での熱泥水噴出活動を上回る程度で、1975年の笠山異変に比べ規模スケールとも小さいといえる。

以上のような熱活動は、地獄と呼ばれる地熱地帯では、一般に珍しいことではないと考えられる。しかし、倶多楽火山は噴火歴があり、かつ火口域を直接利用している特殊性を考慮し、熱異常活動の推移を正確に把握し、観察を積み上げることにより、噴火に至る場合を判断できる材料を蓄積していく必要があるだろう。常時観測が実施されていないことは、大きなハンディキャップとなっているが、観察が容易であることを生かして、見回りや民間情報等を更に活用することも必要であろう。

なお、1993年9月これら火口域を原流としている登別川で、遡上した鮭が大量に死ぬ現象が見られた(第31図)。被害の程度ははっきりしないが、新聞報道などでは少なくとも数千匹に及ぶらしい。火口域における熱活動の変化が、この現象に関連しているか興味がある。酸性水、アルミ等の有害物質、温泉排水など、複雑な要因が絡んでおり、平常時のレベルが分からないこともあり、定量的な因果関係を明らかにすることは困難であるようだ。応急対策として、捕獲場を河口近くへ移し、毒水にさらされる時間を短くする事が検討されている。火山活動と関連した河川の魚への影響については、1889年の東大雪の丸山火山の例の様に噴火等活動変化による一時的なものと、長期にわたる場合とが知られている。長期間酸性水が流出している草津白根山では、河川の中和作業が継続的に実施されている。



第 30 図 倶多楽火山の虚無地獄 (2 段目)・笠山 (3 段目) における地温連続観測。
 気温 (上) は虚無地獄における測定, 雨量 (下) は気象庁の登別の観測データ。

Fig.30 Continuous monitoring of ground temperature at Kyomu-jigoku
 (2-nd row) and Kasa-yama (3-rd row), air temperature at
 Kasayama (top), and rain fall (bottom) at Noboribetsu (JMA data).



第 31 図 俱多楽火山火口域下流の登別川で 1993 年 9 月に発生した遡上鮭の大量死を報じる新聞見出し

Fig. 31 Sample titles of news paper reports of the event of numerous dead salmon in Noboribetsu river to where acid water from solfataras of Kuttara volcano join.

参 考 文 献

- 1) 北大有珠火山観測所 (1989) : 北海道の火山活動とその観測報告 (1988 年 5 月 ~ 1989 年 9 月), 噴火予知連会報, 45, 1-45.
- 2) 北大有珠火山観測所 (1990) : 北海道の火山活動とその観測報告 (1989 年 10 月 ~ 1990 年 2 月), 噴火予知連会報, 46, 1-10.
- 3) 北大有珠火山観測所 (1988) : 北海道の火山活動とその観測報告 (1985 年 10 月 ~ 1987 年 4 月), 火山噴火予知連絡会報告, 39, 203-233.

- 4) 北大有珠火山観測所 (1988) : 北海道の火山活動とその観測報告 (1987年10月~1988年4月), 火山噴火予知連絡会報告, 41, 64-77.
- 5) 北大有珠火山観測所 (1989) : 十勝岳の爆発的噴火活動とその観測結果 (速報), 火山噴火予知連絡会報告, 43, 31-46.
- 6) 北大有珠火山観測所 (1984a) : 北海道駒ヶ岳 1983年6月の群発地震, 噴火予知連会報, 29, 63-67.
- 7) 北大有珠火山観測所 (1984b) : 北海道駒ヶ岳の最近の地震活動, 噴火予知連会報, 31, 47-49.
- 8) 佐藤伝蔵 (1913) : 有珠火山破裂調査報文, 地質要報, 23.1, 1-62.
- 9) 森濟, 西村裕一, 鈴木敦生, 前川徳光, 岡田弘 (1994) : 1977-1982年活動終息後の有珠山の火山活動 (その2), 地球惑星 1994年合同大会予稿集, 371.
- 10) 北大有珠火山観測所 (1994) : 有珠山の1977~1982年の火山活動終息後の地殻変動, 噴火予知連会報 (本号).
- 11) 鈴木敦生, 森濟, 岡田弘, 大島弘光 (1994) : 赤外映像装置による有珠山の表面温度測定, 地球惑星 1994年合同大会予稿集, 356.
- 12) 菅野智之, 前川徳光, 鈴木敦生, 後藤章夫, 大島弘光, 森濟, 岡田弘 (1994) : 昭和新山溶岩ドームにおける地上爆裂型花火の地震動観測, 地球惑星 1994年合同大会予稿集, 372.
- 13) 菅野智之, 前川徳光, 森濟, 鈴木敦生, 岡田弘 (1992) : 昭和新山溶岩ドームにおける地上爆破型花火の地震動観測, 火山学会 1992年秋期予稿, 124.
- 14) 森濟, 鈴木敦生 (1988) : 樽前火山山頂部における傾斜観測, 北大地物研報, 50, 47-53.
- 15) 勝井義雄, 岡田弘, 安孫子勤 (1988) : 登別火山の活動史, 噴火予知連会報, 41, 82-90.
- 16) 勝井義雄, 横山泉, 岡田弘, 安孫子勤, 武藤晴達 (1988) : 倶多楽 (日和山), 北海道における火山に関する研究報告書第12編, 北海道防災会議, 99 p.
- 17) 岡田弘, 森濟, 前川徳光, 鈴木敦生, 菅野智之, (1994) : 倶多楽火山の最近の熱活動, 地球惑星 1994年合同大会予稿, 355.
- 18) 岡田弘, 森濟, 前川徳光, 鈴木敦生, 菅野智之 (1994) : 倶多楽火山の最近の熱活動 (その2). 地球惑星 1994年合同大会予稿集, 355.