

北海道駒ヶ岳の1996年3月の噴火*

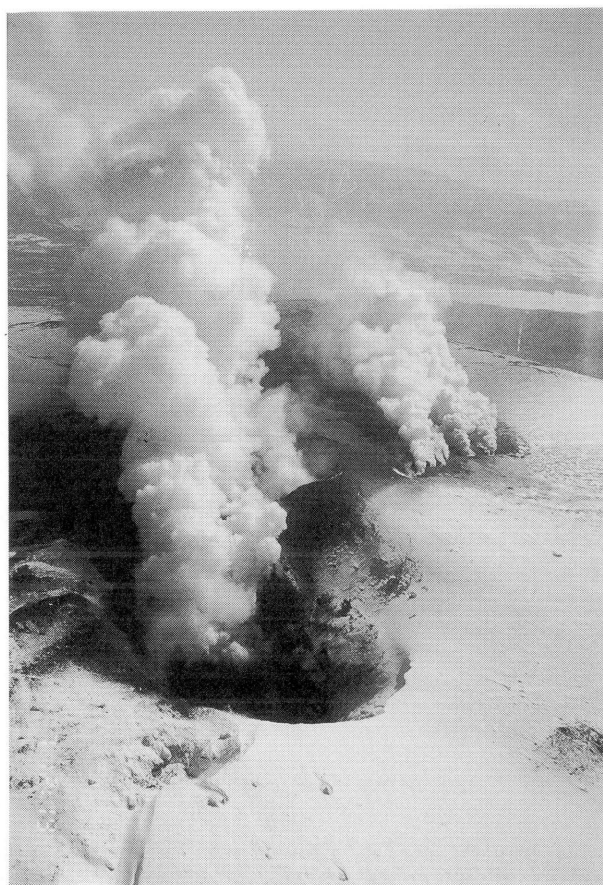
The March, 1996 Eruption of Mt. Komagatake, Hokkaido

北海道大学理学部附属有珠火山観測所

Usu Volcano Observatory, Faculty of Science, Hokkaido University

1. はじめに

北海道駒ヶ岳は、1640年以降数十年毎に規模の大きな軽石噴火を繰り返している火山で、1929年（昭和4年）の噴火は、20世紀のわが国最大の爆発的噴火である。その後、1942年の噴火で山頂にN30° E-S30° W方向に1.6Kmの長さをもつ大亀裂を形成した中噴火を最後に噴火活動は途絶えていた。1996年3月5日、54年ぶりの噴火が発生した^{1), 2), 3), 4)}（第1図）。噴火の規模は小さく、その後現在まで噴火の再発はなく落ちついた状態にあるが、以下の3つの視点から、噴火予知と火山防災に関する問題を概観しよう。初めに、噴火の特徴と今回の噴火の予測について、次に、来るべき将来の大噴火の長期的予測について、最後に火山泥流・土砂移動現象について述べる。



第1図 1996年北海道駒ヶ岳の噴火。主火口が1929年火口の南部に開口し、南火口原に南北約200mの割れ目火口列が開き、活発な噴煙活動がみられた。（道庁防災ヘリコプターより、岡田撮影、1996.3.7）

Fig. 1 The 1996 eruption of Mt. Hokkaido-Komagatake, southwestern Hokkaido, Japan. The main crater opened at the southern side of the 1929 central crater (center), and a new fissure craterlets (206m long and N-S directed) was formed on the southern summit (right center). Vigorous fuming activity from those craters declined with time. (view from NNW, photo by H. Okada, March 07, 1996)

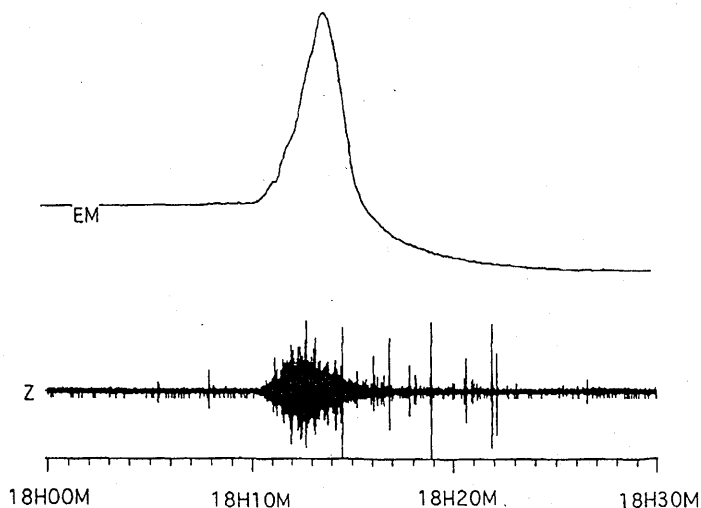
* Received 20 Jan., 1997

2. 1996年北海道駒ヶ岳の噴火

噴火が発生したのは、地震計に記録された振幅の大きな噴火微動から判断して、1996年3月5日18時10分である。噴火は、約6分間継続した。噴火に先立つ3日程の間にきわめて微小な地震活動があったが、ほとんど異常と思えるような活発化を示さぬまま、激しい火山性微動が、気象台と北大理学部の火山観測用の地震計に記録された。雪雲で山は見え、この微動現象が噴火活動であると判明したのは、強い北風に流された降灰が、数キロ離れた南麓の七飯町の東大沼の集落や、道路に達したという情報が得られてからである。

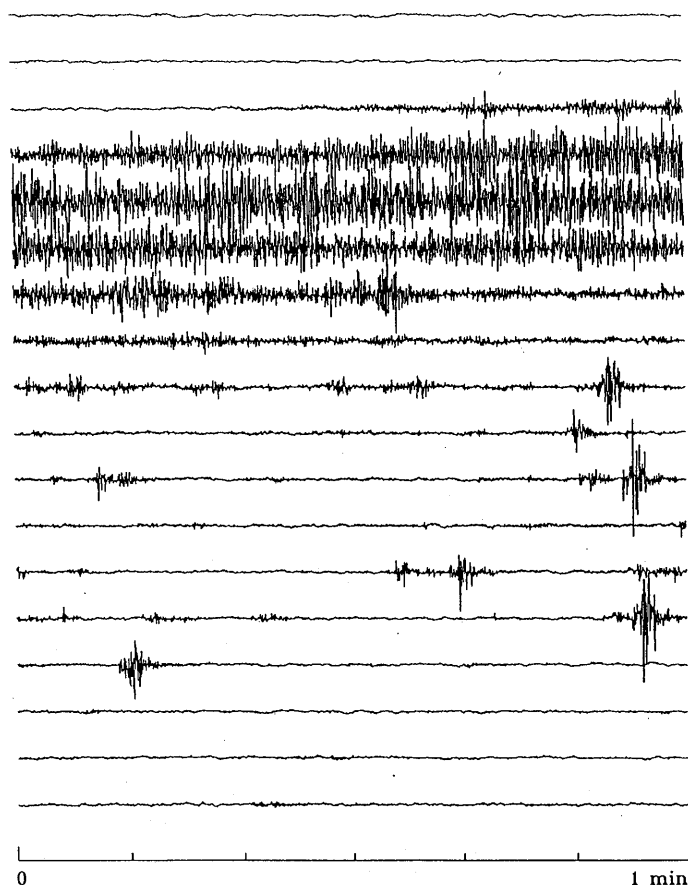
北大では噴火予知計画に基づき、1982年からテレメータによる火山活動の研究を開始した。当初は北麓を中心に臨時観測点を展開し、データは砂原町の無線送信所を経て、有珠火山観測所へ送信されていた。その後、1993年の北海道南西沖地震の災害対策の一環として取り組まれた補正予算で、駒ヶ岳の観測設備の抜本的強化が図られ、南西登山道駐車場付近に500mの深さの精密総合観測井が、南山麓の軍川観測・中継点が新たに整備された。これらのデータは64K電話回線の有珠火山観測所へリアルタイムで伝送され、1994年より運用を開始していた⁵⁾。今回の噴火は、これら最近の観測整備が当初の目的どおり役に立つのかどうか点検するよい機会にもなった。

精密総合観測井で得られた噴火現象を、500mの深さの孔底に設置された地震計と伸縮計の記録で示す(第2図)。地震計の記録で見ると、爆発地震や突発的な地震が噴火微動の最初に発生しておらず、ゆっくり2分程度の時間をかけて微動振幅が増大していることが分かる(第3図)。また、微動振幅が最大になった頃から、微小な群発地震(図中パルスの振動に対応)が発生し始めている。微動は発生6分後にはかなり小さな振幅になったが、群発地震は尚継続したことが分かる。



第2図 地震計と伸縮計による北海道駒ヶ岳の噴火の記録、小噴火に対応して地震計には噴火微動と群発地震が、伸縮計(N131°E方向)には、 1.6×10^{-8} の伸びと 0.5×10^{-8} の永久収縮歪で特徴つけられる長周期パルス変動が観測された。

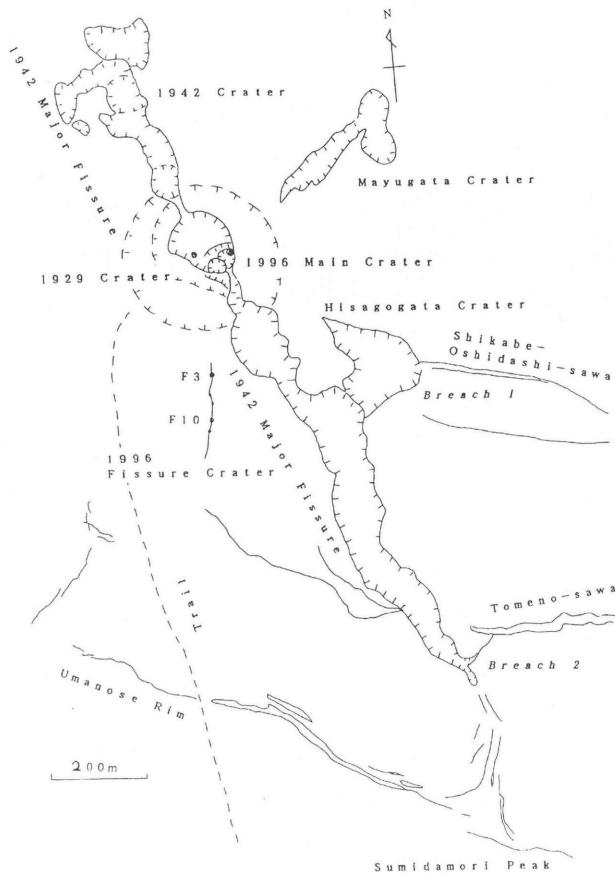
Fig. 2 Instrumentally recorded eruption of Mt. Komagatake: records of borehole strainmeter (upper) and borehole seismometer (bottom) at KMB station operated by Usu Volcano Observatory, Hokkaido University. KMB station is located ca. 2.6 km south of the 1929 crater, and had been constructed in 1994. Those sensors are placed at the bottom of the 500 m deep borehole, to allowing improved quality of micro geodetic and seismic data. The radio telemetry is operated by the solar battery facility, unmanned for long winter season. A long-period strain pulse (first 215 sec long extension of 1.6×10^{-8} , then several minutes long contraction of 2.1×10^{-8}) was generated corresponding to minutes long eruption tremor. Small earthquake swarm illustrated by series of spike like signals were also generated after the eruption.



第3図 総合観測井孔底の地震計でみた噴火微動と地震群（観測点KMB）
 Fig. 3 Seismic record of the eruption tremor and eruption-triggered small earthquakes (Z-component accelerometer, at KMB)

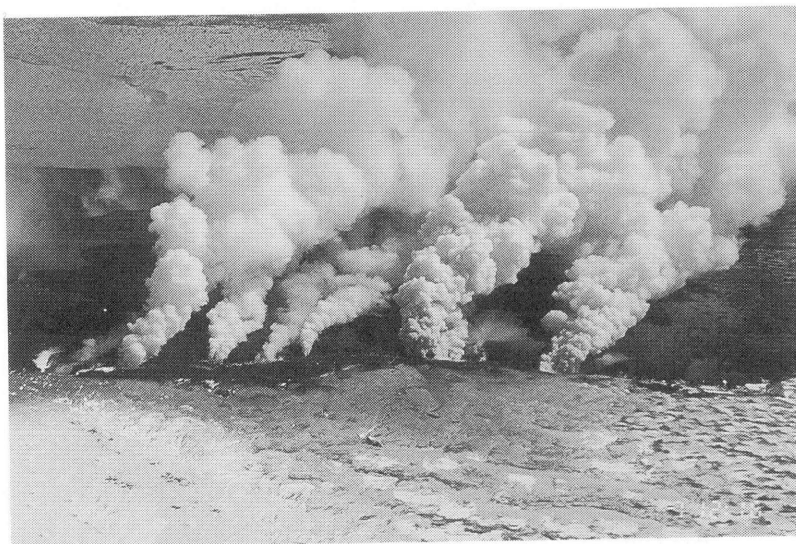
一方、伸縮計の記録（N131° E成分）では、微動の発生開始に対応して長周期の歪みパルスと永久歪を記録している。歪みパルスは、初めの約3分35秒間に 1.6×10^{-8} の伸張を示し、その後収縮に反転し、10分以上の時間をかけてゆっくり安定レベルに戻っている。収縮量の方が大きいため、 0.5×10^{-8} の収縮の永久歪が残った。他の伸縮成分や傾斜計記録の吟味とモデル化等今後の検討が残されているが、微小な噴火が、この様な微小な長周期歪みパルスとして発生していることが明らかになったのは、最新の学問的成果になろう。噴火に対応して、爆発的空気振動も、噴煙噴出型の連続的な空気振動も、空振計では記録されていない。

この噴火で火口元中央に位置する1929年火口底南部に主火口が開口し、多量の噴出岩塊が1929年火口北壁上付近へ放出され、火山灰は大亀裂の南東側の火口原に厚く堆積した。また、南火口原に南北方向に伸びる約206mの長さの火口列が形成され、火山灰は大亀裂の南西側の火口原に厚く堆積した。火口原の見取図を第4図に示す。上空に上がった火山灰は、強い北風に乗って七飯町東大沼～函館市北部方向へ流された。噴火翌朝の道庁防災ヘリコプターからの観察では、主火口と火口列の一部では火山灰混じりの激しい噴煙活動がみられ、火口列は南端部を除き全域で噴煙活動が認められ、特に活発な部分では火山灰混じりの噴煙がみられた（第5図）。



第4図 北海道駒ヶ岳の山頂部の見取図。1929年火口が中央に、これを横切る長さ約1.6kmの1942年大亀裂がN30° E方向に開口していた。1996年3月の噴火では、1929年火口底南に主火口が、南火口原に南北方向の約206mの長さの火口列(第6図参照)が新しく形成され、火山灰を噴出した。

Fig. 4 Sketch map of the summit area of Mt. Komagatake. There exist the 1929 crater (center) and the 1942 major fissure crater (1.6 km long and trending N30E-S30W) on the wide atrio basin. Ash ejected from the 1996 main crater at the southern part of the 1929 crater and from the 206 m long fissure craterlets in N-S direction. Two breaches newly opened to the eastern flanks since the heavy rain on July 1, 1996, due to the overflow from the old craters which were filled up by the mud flow from the new ash deposits.



第5図 北海道駒ヶ岳の1996年の噴火で開口した火口列からの噴煙活動(道庁防災ヘリコプターより、岡田撮影、1996. 3. 7)

Fig. 5 Vigorous fuming activity from the 1996 new fissure craterlets. Ash laden strong fuming activity from the F10 pit. (looking from WSW, photo by H. Okada, March 07, 1996)

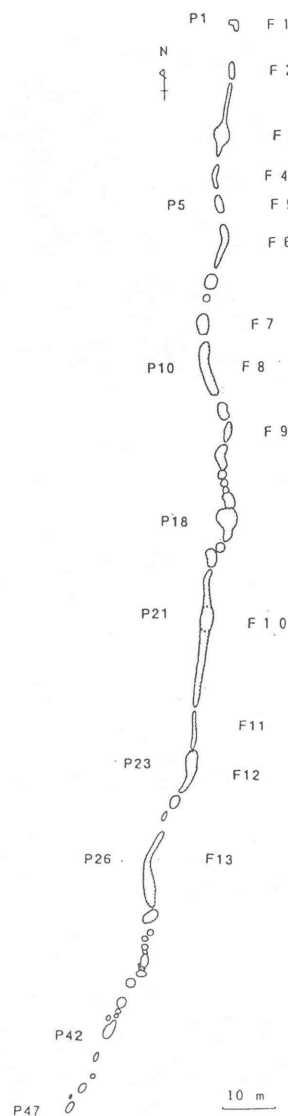
当初の観察では、駒ヶ岳は「火口が閉鎖系から開放系へ変化した」と思われたが、噴煙活動は日を追う毎に急速に衰退し、火山灰混じりの噴煙は2～3日後には収まり、火口列の噴気活動も次第に幾つかの活発なピットに集中し、かつ衰退を示した。火口列の北延長域に、5～6月の観察では延長数10mの新鮮な開口割れ目群が観察され(第6図)、その推移が警戒されたが、目視観察によるとその後開口現象の進行はなかった。

1996年5月～6月の火口列の詳しい調査では、火口列は47個のピットから構成され、そのうち13カ所で噴気活動がみられた(第7図)。火口列北方のF1～F8噴気孔では、硫黄などの昇華物は全く認められないのに対し、火口列中央のF9～F13噴気孔では、何れも噴気孔に新鮮な黄色の昇華物が堆積していた。また、火口列南部緩斜面上に形成されたP27～P47のピットは、何れも、火山灰の高まりの上が小口径で浅くへこんだ形状の閉塞ピット群をなしている。この様に火口列に沿って、北から噴気孔・硫気孔・小閉塞孔群と、地域的特色がはっきりとみられる。



第6図 火口原でみられた新鮮な開口地割れ群(岡田撮影、1996.5.14)。地割れに沿って土砂が盛り上がった直線上の列をなす場合もあった。

Fig. 6 Open cracks extended few tens meters between the 1996 crater and the 1996 new fissure craterlets. Those cracks became fortunately inactive after snow-melt season. (photo by H. Okada, May 14, 1996)

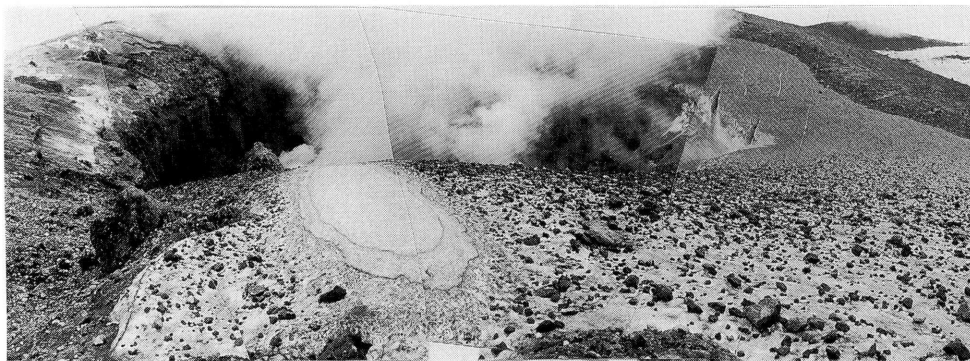


第7図 1996年3月の噴火で開口した火口列の見取図(1996年5～7月時点)。47個の噴出孔(P1～P47)が図化されている。F1～F13は噴気活動が認められたピットで、F10が最も活発な硫気孔、F3が勢いの強い「蒸気孔」。第3図ではF3とF10の位置が示されている

Fig. 7 Distribution of the 1996 fissure craterlets. 13 pits (F1 to F13) among the 47 pits (P1 to P47) displayed fuming activity. F1 to F8 are steam vents without any sulfur subrimates, and F9 to F13 are characterized by the fresh deposits of yellowish subrimates around the vent mouths.

噴出岩塊は、火口原内の一部の登山道を越えて無数落下しており（第8図）、登山者の多い季節であれば大惨事の可能性もあった。最大噴石の直径は60～80cm程度である。ヘリコプターによる噴火翌朝の上空からの観察時には、噴石は既に新雪に埋もれており、多量の噴出岩塊の実態が確認されたのは、融雪が進んだ5月中旬になってからであった。

融雪期の現地調査では、噴火後の積雪の大半は溶けており、無数の岩塊が堅雪の上空に散在し、堅雪をつら抜いて地表に到達していなかった。着地速度が遅く、かつ岩塊が高温でなかったことを意味している。噴出岩塊が軟着陸をしたことを考慮し、1929年火口の深さ程度を噴出放物線軌道の最大高度とみなすと、岩塊の噴出速度はほぼ45～50 m/sec程度と推定できる。この値は1988～1989年の十勝岳の一連の爆発的噴火における噴出速度に比べ約20%程度低い。



第8図 1996年主火口から1929年火口北壁上へ噴出した多量の放出岩塊（岡田撮影，1996.5.14）。噴石は角が丸みを帯びており、積雪上に着地していることから、温度も低く着地速度も遅かったようだ。登山客がいなかったのは幸いした。

Fig. 8 Extensive rock fall deposits on the northern margin of the 1929 crater which were only recognized after snow melt in May. Soft landing on the compact snow suggests slow landing speed and relative low temperature of the ejecta, both suggesting a nature of small scale phreatic eruption. Luckily no climbers during this time of the season.

3、1996年噴火の予測について

3.1 1996年噴火の噴火の長期予測

噴火予知の観点から今回の駒ヶ岳の小噴火を吟味しよう。駒ヶ岳では長期間噴火がなく、気象庁の監視火山中で最も火山性地震の活動レベルが低かったが、（1）長期的には数十年毎に大噴火を繰り返していること、（2）火山学的に重要な火山であること（プリニー式噴火の予知、及び噴火予知の作業仮説である「茂木モデル」の検証）、（3）火山災害の軽減の重要性等を考慮し、北大理学部では兼ねてよりテレメータ観測網の構築と地殻変動等の繰り返し観測を、噴火予知の基礎研究の中心課題として進めていた。

半世紀以上噴火が発生していない火山で、噴火予知へのこのような地道な取り組みがなされてきた火山は、他にはほとんど例がない。将来の来るべき大噴火の長期予測へ向けた、より適切なプログラムを再構築する上で、今回の小噴火と観測経験を総合的に検討し評価しておくことは、噴火予知の新しい展望を切り開く上で重要なステップと考える。

今回の小噴火は、事前に噴火を予告することはできなかったが、噴火予知の幾つかの重要な教訓や課題が明らかになった。噴火予知の理論的基礎として「噴火前の膨張・隆起と大噴火時の収縮・沈降」で知られる、いわゆる「圧力点源モデル（＝茂木モデル）」は、今世紀のわが国の2最大噴火（駒ヶ岳，1929年；桜島，1914年）をその基礎としている。桜島ではその後大噴火はないが、中噴火や小噴火連続期においても、マグマの供給と噴出の程度に応じた、膨張・収縮が観測されている。

一方、数十年以上の活動休止後にプリニー式大噴火に至る場合で、その後実際にこの考え方がうまく当てはまった

しいう事例はまだほとんどない。1986年の伊豆大島の噴火では、各種の異常現象は噴火到来を示したにもかかわらず、山頂の沈降が根拠になり「大噴火は切迫していない」と、「誤解」を生むもとなった。駒ヶ岳では、1929年噴火で沈降は確認できたが、大噴火前に隆起していたかについては、データがなく明かでない。

従って、駒ヶ岳で「次のプリニー式大噴火をどう予測するのか？、茂木モデルは応用可能なのか？」は、観測・研究者の共通の関心事であり、半世紀以上噴火がないにも関わらず、様々な努力が払われてきた⁶⁾。古くは佐久間による湖水面を利用した変動調査の試み等もあったが、本格的な調査が始まったのは噴火予知計画開始後のことである。北大理学部では、南西山腹7合目までの駒ヶ岳登山道路線（第9図）の水準測量を1985、1987、1995年11月に実施し、噴火後も5月・11月と実施した（但し、1987年は集中総合観測として東大地震研・京大防災研が山麓部で共同観測）。また国土地理院では、1968年の測量以後しばらく測量を実施していなかったが、噴火後の1996年7月の山麓一周路線の再測に加え、8月登山道路線の測量も追加して実施した。

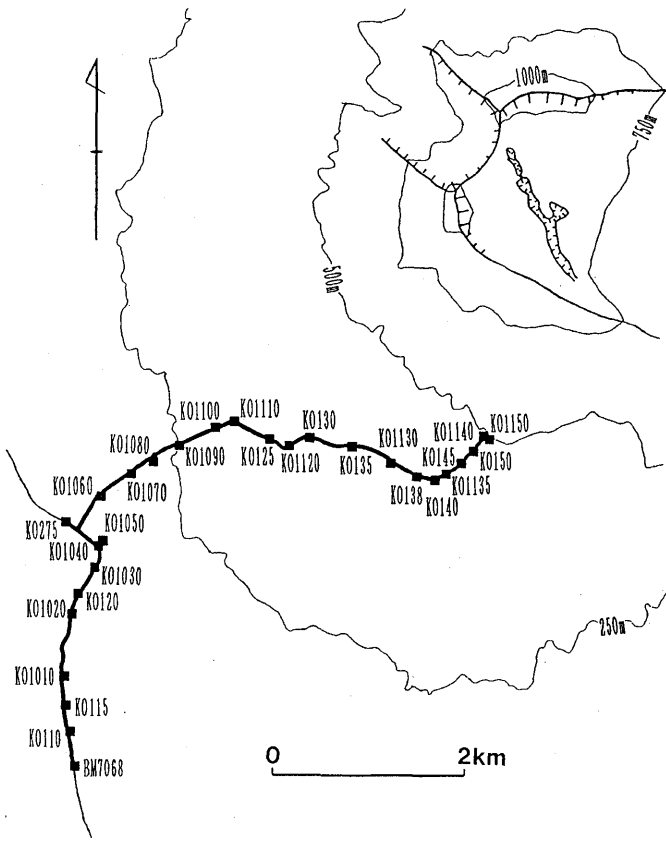
初期の測量で、1985～1987年に山腹が山麓部に対して、約5.5mm沈降する、山頂沈降のパターンが認められた⁷⁾。この期間には群発地震など特別な火山活動も、付近の大地震もなく、駒ヶ岳の活動休止期の変動は、「茂木モデル」の予測と異なり沈降であることが分かった。沈降は、駒ヶ岳が地質構造上、地構帯に位置していることと関係しているのかも知れない。ところが、噴火4カ月前の水準測量では、1987年からの8年間で約2.5mmの山頂隆起が認められ、何れかの時期に沈降から隆起への変動逆転が生じたことが明らかになった⁸⁾。（第10図）

この8年間には、1989年12月及び1990年4月の群発地震・微動発生現象があり⁹⁾、また1993年の北海道南西沖地震で、駒ヶ岳の山頂部では落石崩壊、山麓の一部で著しい流砂現象が認められるなど、かなりの影響を受けた可能性がある。実際、水準測量の結果は、流砂現象が顕著だった南麓の各所で、数cmを越える不規則的変動がみられ、測量標石も大きな変動を受けていたことが明らかになった。図では、このような大きな不規則変動は、表示されていない。国土地理院による1995年7月の山麓一周路線の再測においても、南西沖地震の影響によるとみられる著しい不規則変動が多数みられる。

一方、辺長測量は、山頂大亀裂測線、外輪山測線および外輪山山麓測線について繰り返し観測が実施されている。第11図および第12図に山頂大亀裂の辺長測量の観測網および測量結果を示す⁴⁾。この期間の最も顕著な変動は、1929年火口を南北に挟む4測線全てで、1989年頃から10cmを越える量の、伸びの傾向が顕著に認められることである。今回の噴火の2カ月後の5月の測定も、伸びの傾向の延長線上にある。その後8～9月の再測量では、僅かな縮み傾向もみられるが、11月の再測量では一部で伸びへの反転もみられ、全体として伸びを解消する量ではない。

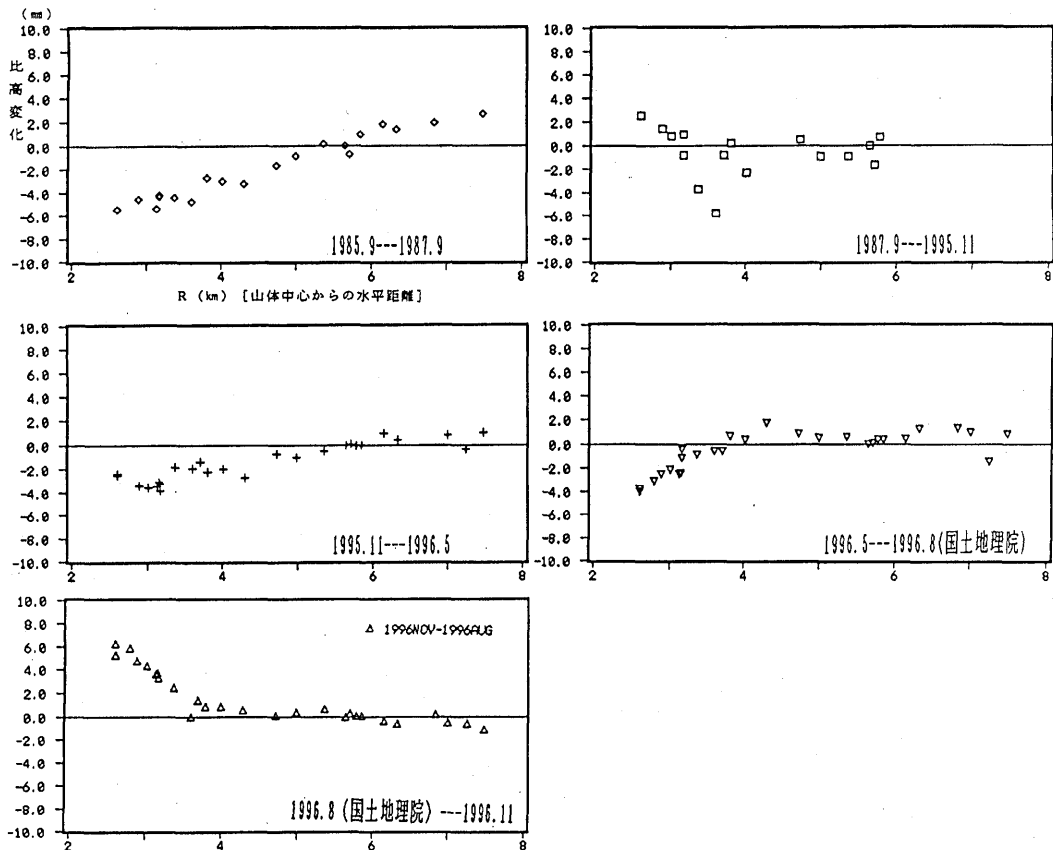
辺長測量の結果を考慮すると、前途の水準測量の沈降から隆起への反転現象は、1989年以降に発生した可能性が高いように思われる。1989年の反転を仮定し、1985～1987年の沈降率を1989年迄に適用すると、1989年から1995年迄の山腹部の隆起量は約7mm、平均隆起率で約1mm/yrとなる。

以上の議論から、今回の噴火は微小であるにも関わらず、主火口の開口した1929年火口での数年にわたる伸び変形と、山頂隆起の変形が進んでいる中で発生したことが、明らかにされた。



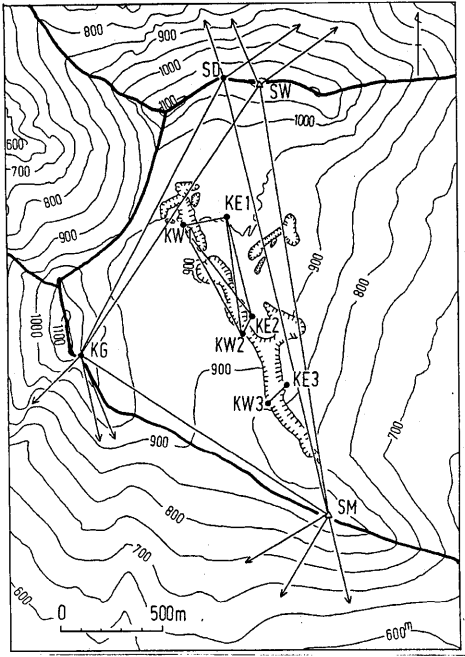
第9図 駒ヶ岳における水準測量路線図。
南西山麓から中腹の7合目南登山口駐車場までの間で繰り返し水準測量が実施されている。

Fig. 9 Route map of leveling survey along the southwestern access road at Mt. Komagatake. Despite the decades long dormancy, Hokkaido University have been conducting serious efforts of repeated levelling survey, and detected subsidence during the quiet period, and inflation reversal 4 months before the 1996 eruption.

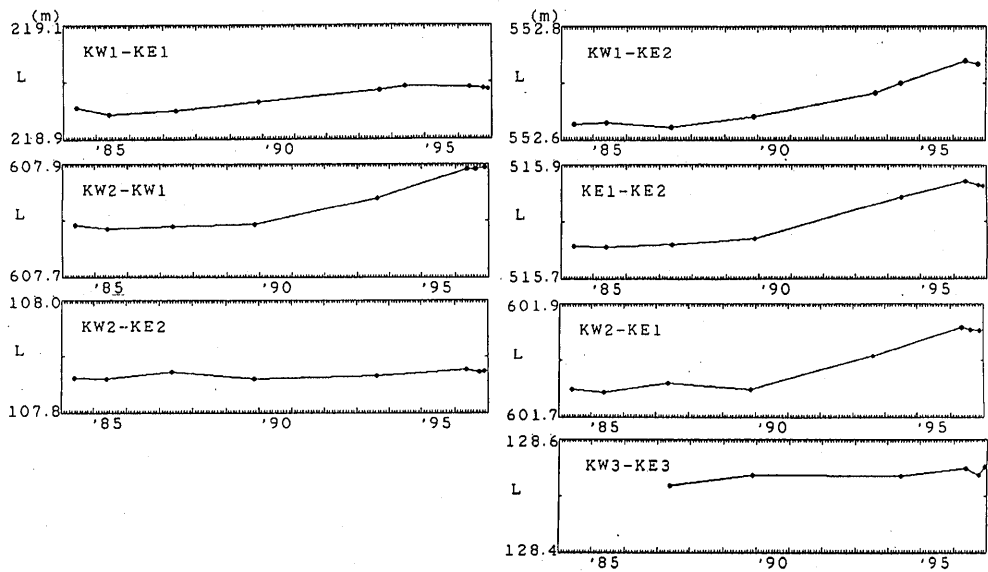


第10図 駒ヶ岳の登山道路線における水準測量の観測結果^{2),3),8)}

Fig. 10 Observational results by levelling survey along the southwestern access road at Mt. Komagatake.



第11図 駒ヶ岳の山頂部における辺長測定の観測網
 Fig. 11 Geodetic network at the summit area of Mt. Komagatake. Repeated EDM and angle measurements provided clear extensional deformation preceded several years before the 1996 eruption.



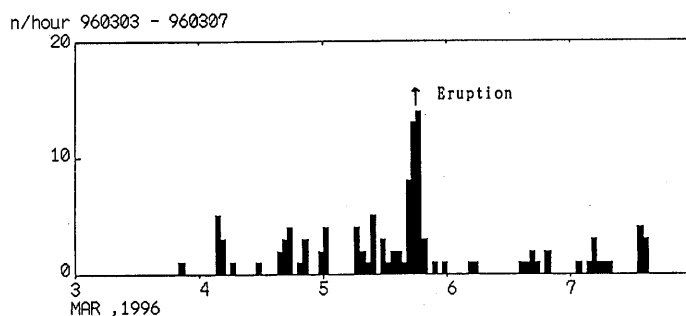
第12図 駒ヶ岳の山頂部における辺長測定の観測結果²⁾⁴⁾。1996年3月の小噴火に数年間先立ち、山頂の1929年火口で膨張現象が進行していた。1996年噴火で若干の収縮はあったが、今後膨張に転ずる可能性もあり、追跡が重要になっている。

Fig. 12 Observational results by the repeated EDM measurements at the summit geodetic network. Deflational contributions corresponding to the 1996 minor ash eruption seem to be too small compared to several years of extension, and it still may be suffer more future extension. Followup study becomes more important for the forecasting future course of activity.

3. 2 1996年噴火の直前予測

短期予測についてみてみよう。気象庁森測候所による地震計による監視観測では、噴火前日から噴火まで5回、噴火直後の約20分間に7回の微小な地震を観測しただけで、地震活動は極めて低いレベルであったことが分かる。気象庁の水平合成振幅の最大値から推定されるマグニチュードは、それぞれ前駆地震で0.5、噴火後では0.2程度と見積られる。北大の総合観測井における、ふだん観測していないごく微小なレベルの地震活動の再吟味によると、3月3

日20時過ぎから活動が始まり、噴火の2時間前の3月5日16時過ぎから、一時間当たり8回、12回と僅かな増加を示した。その後、噴火直後約20分間に14回連発したが、以後は再び地震のきわめて少ない状態に落ちついている(第13図)。総合観測井における傾斜計・伸縮計による連続観測で、短期予測に結びつくような直前の変動現象は認められなかった。

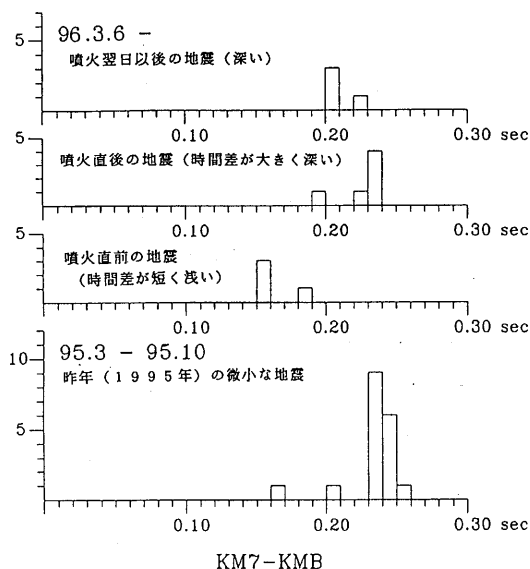


第13図 駒ヶ岳の小噴火に関連して発生したきわめて微小な地震群の活動推移。
Fig. 13 Minor seismicity associated with the 1996 eruption of Mt. Komagatake.

北大理学部では噴火予知計画に基づき、1982年2月から北海道駒ヶ岳でテレメータによる火山観測を開始している。観測開始以来今回の噴火までに、3回の小規模な火山活動が検出され、駒ヶ岳火山の活動の特徴の一部が明らかにされてきている。1983年6月13日に群発地震(Mmax=3, 無感)が発生した。日本海中部地震(M7.7)から18日後であったことから、地震に誘発された火山活動である可能性が指摘された。その後、1989年12月および1990年4月に、微動や低周波地震を含む、小規模な群発地震が観測された。これら3回の火山活動は、突発的で持続せず、きわめて小規模な現象に留まっているという共通の特徴を持っており、その意味では今回の小噴火に関連して発生した群発地震と類似した現象である。過去3回の火山活動については、気象台による正式な火山情報の公表はおこなわれていない。

1994年に設置した総合火山観測井の目的の一つに、深部孔井底と地表における火山性地震等の振動到達時刻の差を、迅速で確実な活動評価の手法として用いる手法が想定されていた。この時間差は、水平方向からの入射波線にたいしてはゼロとなり、深部からの入射波にたいしては一定の時間差となる。走時の深さ方向の差分($\Delta T/\Delta Z$)を大きくとることができると、震源の深さの精度を改善することができる。従って、走時差の時間変化を調べることにより、震源の深さの時間変化を直接推定することが可能になるはずである。今回の噴火と関連して発生した群発地震の地表と孔底での走時差の統計は、噴火直前には0.15秒にピークをもち、噴火直後には0.23秒にピークがずれていることが分かった(第14図)。噴火を挟み時間差が増大したことは、噴火直前の地震は浅く、噴火後の地震は深くなっていることを意味している。地震波速度構造などが分かっていないので、正確な震源の深さ変化を評価することはできないが、噴火前には地表から2~3km以浅、噴火後は4km程度以深と、全く性質の違う地震群が発生したようだ。

以上述べてきたように、噴火直前に震源が浅い微小地震群の発生等の前駆現象はあったが、規模が小さくかつ突発性であり、以前から指摘してきたように、「駒ヶ岳の噴火の前兆現象は乏しい」ことを、今回の噴火で再確認したことになる。



第14図 500m深の観測井孔底と地表の地震計におけるP波走時差の噴火前後における変化。噴火後時間差が長くなったことは、直前に浅い地震が、噴火開始後には深めの地震が発生したことを意味している。

Fig. 14 Time differences between P wave arrival times observed by seismometers at surface (KM7) and at the bottom of 500 m deep well (KMB). This time differences showed significant time variation before and after the eruption, indicating possible depth change of hypocenter from shallow precursory events to post deeper earthquakes. Post eruption seismicity may be originated by the stress readjustment at the vent system.

4. 今後の活動推移と大噴火の予知

1996年3月の駒ヶ岳の噴火は、噴火微動でみる限り約6分間で終息し、火山灰混じりの噴煙活動も2~3日で急速に衰えた。噴火活動も、時間ともに勢いを失い、地震や微動の活動も低い状態にある。この様な活動推移の観察に基づき、早い段階から「噴火活動は短時間で終息した」ことを公表することができた。

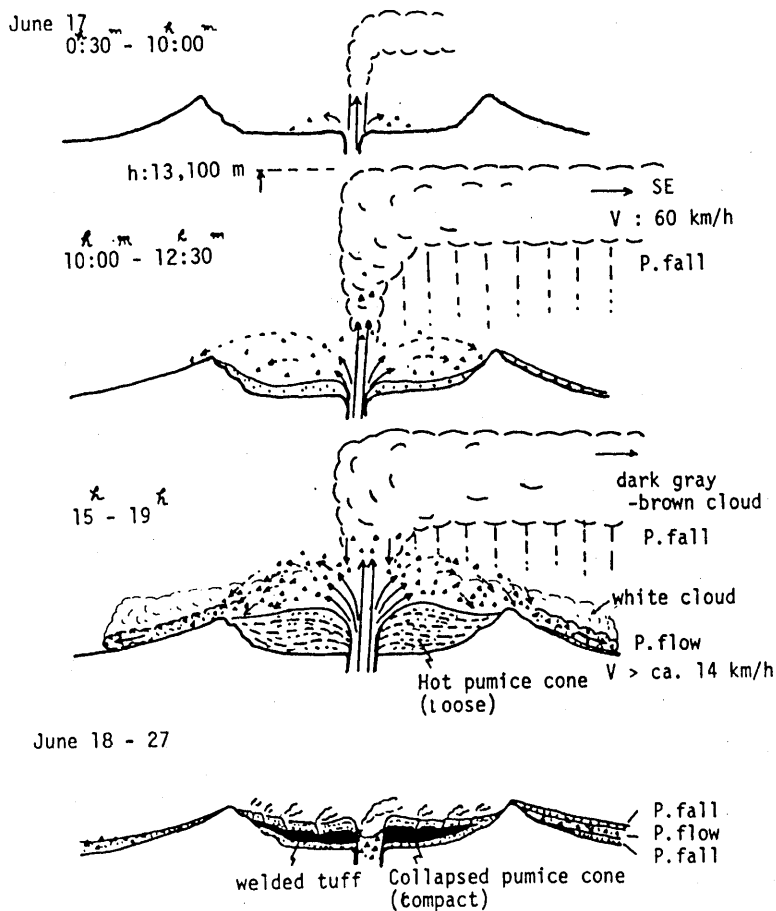
一方、今回のように山麓で僅かな降灰を伴う微少な噴火は、1929年の噴火開始時にも発生している。深夜に始まった微少な噴火は、朝9時には噴煙柱をとまなう軽石噴火となり、昼過ぎからは火砕流を四方へ噴出する噴火最盛期へと急速に発展した。このことを考えると、今後もとえ小さな噴火であっても、しばらくはその推移に迅速な最大警戒が必要である。

小噴火にも関わらず、今回の噴火で地元自治体や住民が迅速な対応をとれたことは貴重な経験である。この基礎には、専門家の分かりやすい地道な努力があった。文献や写真資料から、1929年の噴火を駒ヶ岳の全方位からみた現象の推移として分かりやすい形式にまとめたポスターの作成⁹⁾、1929年噴火推移のイラスト表示⁹⁾ (第15図)などは、その一端であり、これらの資料は、地元の火山防災協議会により印刷されたり、ハザードマップや防災パンフレット等に活用されていた。

1929年の噴火は、大規模噴火であったにも関わらず前兆現象が乏しかったという理解は、一部修正する必要があるようだ。前兆現象を、人間側の都合のよい2~3日前からの加速的な異常現象の発生と固定して考えるのは明かに誤りであり、自然現象の非可逆的な仕組み全体を理解することに努力が払われるべきである。大噴火の開始が小噴火から始まるのであれば、その小噴火の前兆現象は微小でささいな現象に過ぎないかも知れない。その場合においても、小噴火の発生それ自体は、然るべき観測に基づき確実に把握可能であるだろうし、その推移を警戒する事で効果的な減災を達成できるはずである。1929年の噴火はまさにこの様な事例であった。

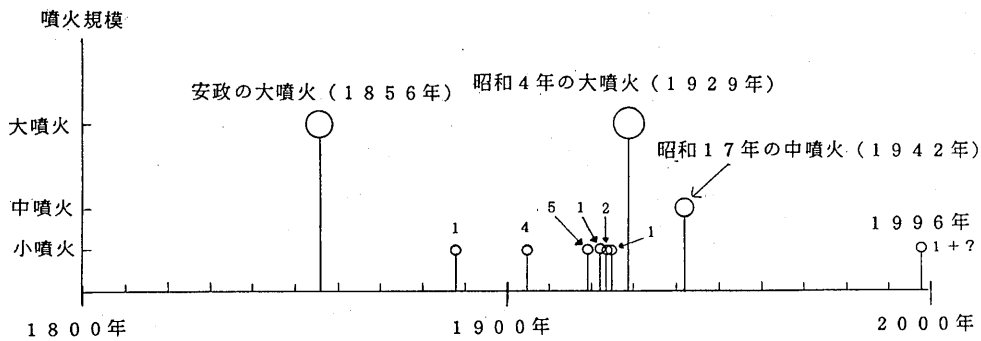
駒ヶ岳の噴火の歴史をたどると、小噴火がある期間にまとまって発生した時期があり注目される(第16図)。1919年から1924年の期間で、4回の噴火期があり、合わせて9回の小噴火が発生した。1929年の大噴火に先立つこの10年間の小噴火は、大噴火の長期的前兆であったのではないだろうか? 残念ながら、これらの噴火は、微小のためか詳しいデータや調査報告は存在しないようであるが、今回の小噴火の意味を考える上で極めて重要な噴火である。

当時の噴火がどのようなものであったか、その様子を示す写真資料が、幸いにも残っている。東大地震研究所が所蔵していた資料で、下鶴大輔東大名誉教授より1996年2月5日に一式複製資料を提供頂いたものである。この写真の中に、今回の噴火との比較で極めて注目される写真が数枚ある。まだ固まりきっていない新しい降灰でおおわれた、



第15図 勝井による1929年大噴火の活動推移のモデル表。駒ヶ岳では小噴火の迅速な対応が、防災の基本としていかに重要か、分かりやすく示した図になっている⁶⁾。

Fig. 15 Simplified and easy understandable illustration of the 1929 major eruption sequence (Katsui et al.,)



第16図 最近の北海道駒ヶ岳の噴火史。1929年大噴火の直前10年間に小噴火が集中発生した。これらの小噴火を大噴火の長期的な前兆現象と考えることもできる。

Fig. 16 Recent eruption history of Mt. Komagatake. Small eruption repeatedly occurred in the preceding 10 years before the 1929 major eruption, and may be a long-term precursor. Major question of the 1996 small eruption is whether this event could initiate similar story or not.

平坦な火口原の大きな火口の中から活発な噴気活動がみられる。更に、火口原の数カ所で噴気が直線状の列をなして分布している。主火口と割れ目火口列の形式、この状況はまとして今回の噴火と類似しているように思える(第17図)。

現象が似ているからといって、全く同一の物理過程であると断定はできない。しかしながら、先述したように、今回の小噴火は数年かかって火口周辺が膨張・隆起している背景で発生したこと、今回の噴火ではほとんど膨張は解消せず、今後更に膨張を続ける可能性が残っていること。噴火後の水準測量による山頂隆起もみられることなど、新たな地球物理学的な観測データを総合的に照合して解釈することが初めて可能になっており、作業仮説としての意味は

大きい。

今回の小噴火が、現時点で次期大噴火の前兆として発生したかどうかを断定することはできない。しかしながらその可能性も残る。今後重要なことは、観測によって、(1) 山頂の膨張傾向の推移の把握、(2) 水準測量による山体隆起の進行の把握³⁾、(3) GPS測量や精密重力測定などの本格的導入、(4) 主火口内の火口湖の熱水活動や割れ目火口列を含めた噴気や地熱活動の推移把握(第18図)、(5) 群発地震や微動などの活動の追跡、(6) 電磁気等の新しい観測手法の導入などにより、総合的に火山活動の推移を理解することであろう。



第17図 1929年の大噴火に先立つ山頂の様子(地震研究所資料、下鶴大輔提供、大正年間撮影であるが日時不詳)。当時山頂火口原は現在よりも約100m低かった。今回の噴火と同様、主火口及び火口列からの噴気活動が見られ、今回の噴火によく似た活動だったことがわかる。

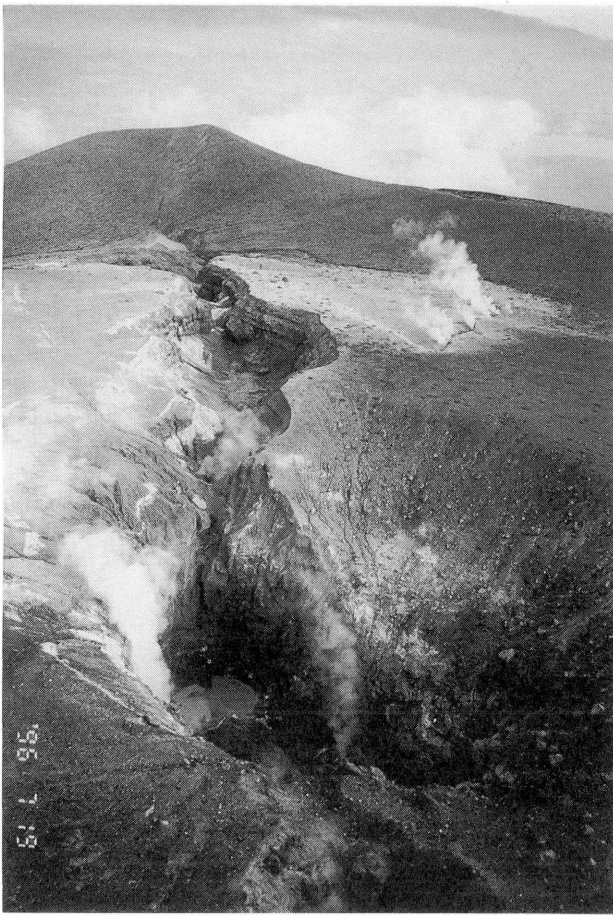
Fig. 17 The summit view of Mt. Komagatake during the minor eruptions in Taisho-era, the preceding decade of small eruptions before the 1996 major eruption. The summit was ca.100 m lower than the present. Two fumings, one from the main crater, another from the fissure crater, indicate that very similar eruption to the 1996 eruption had occurred before the 1929 major eruption.

5. 駒ヶ岳の噴火と火山泥流

駒ヶ岳の噴火直後のヘリコプターからの観察では、日射により雪面に薄く堆積した火山灰が融雪剤として作用し、雪の斜面上を幾筋かの小さな泥流となって流下する現象が観察された。融雪期の現地観察では、山体南部を広く覆っている火山灰はきわめて薄く、降雨による泥流発生の可能性はほとんどないものと考えていた。山頂部では、降灰が数10cmに達する厚い降灰域があるが、山頂のごく一部であり、かつ平坦部であることから、たとえ雨で侵食されても透水性のよい軽石斜面で、従来通りにほとんど処理されてしまうものと思われていた。

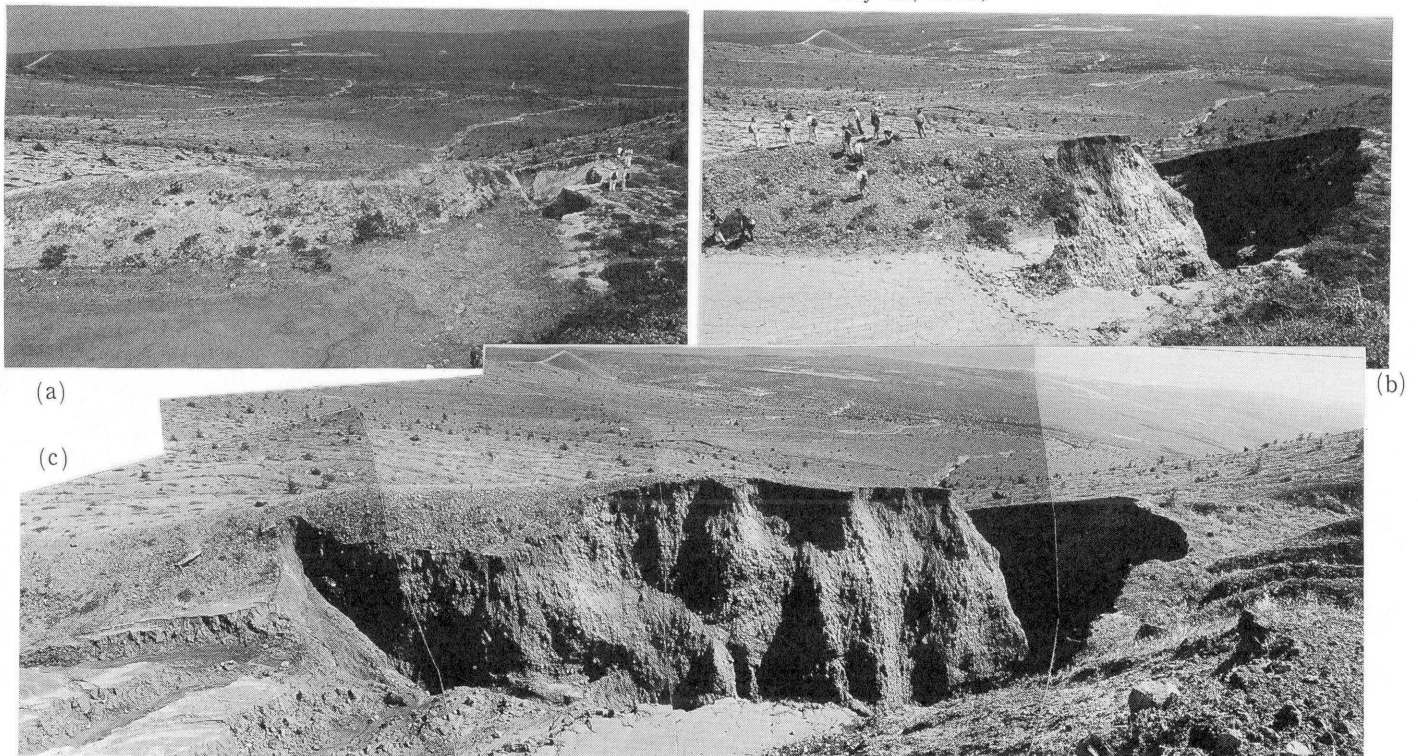
しかしながら、1996年7月1日の降雨で状況は一変した。駒ヶ岳を取り囲む四方のいくつかの沢筋で、火山泥流(土石流や土砂流)が発生した。現象は2種類にはっきり区別され、1996年3月の噴火が原因となったものと、今回の噴火と全く関係がないものに分類された。噴火が原因になった土砂流は、留の沢および鹿部押出沢からの流出で、何れも古い火口が埋積・決壊したことが原因である。

留の沢の土砂流は、大亀裂南端の「南端火口」の越流に起因している。1996年の新火口列から噴出した火山灰は、融雪期からゆっくりと侵食が進んでいたが、これらの土砂は1942年の大亀裂火口南端部の孤立した火口地形(南端火口と呼ぶ)に少しずつ運搬され、埋積していた。南端火口の、南東側の火口縁は低かったため、7月1日の大雨でついに越流したのが原因である。南端火口は、1929年火口から南南東に約1 km離れて位置しているためか、火口縁の軽石埋積物の溶結度はきわめて弱く、その後も雨の度に大きく侵食・崩壊が進んでいる(第19図)。



第18図 北海道駒ヶ岳の火口原の様子、湯沼が主火口内に形成され、噴煙活動は次第に弱まっている。隅田盛（後ろのピーク）手前の白っぽい部分が、埋積され7月1日から越流決壊により土砂流出が始まった「南端火口」。(朝日ヘリ、岡田撮影、1996.7.19)

Fig. 18 Summit view of Mt. Komagatake. Small pond was formed at the 1996 major crater, and fuming activity gradually declined with time. (photo by H. Okada, July 19, 1996)



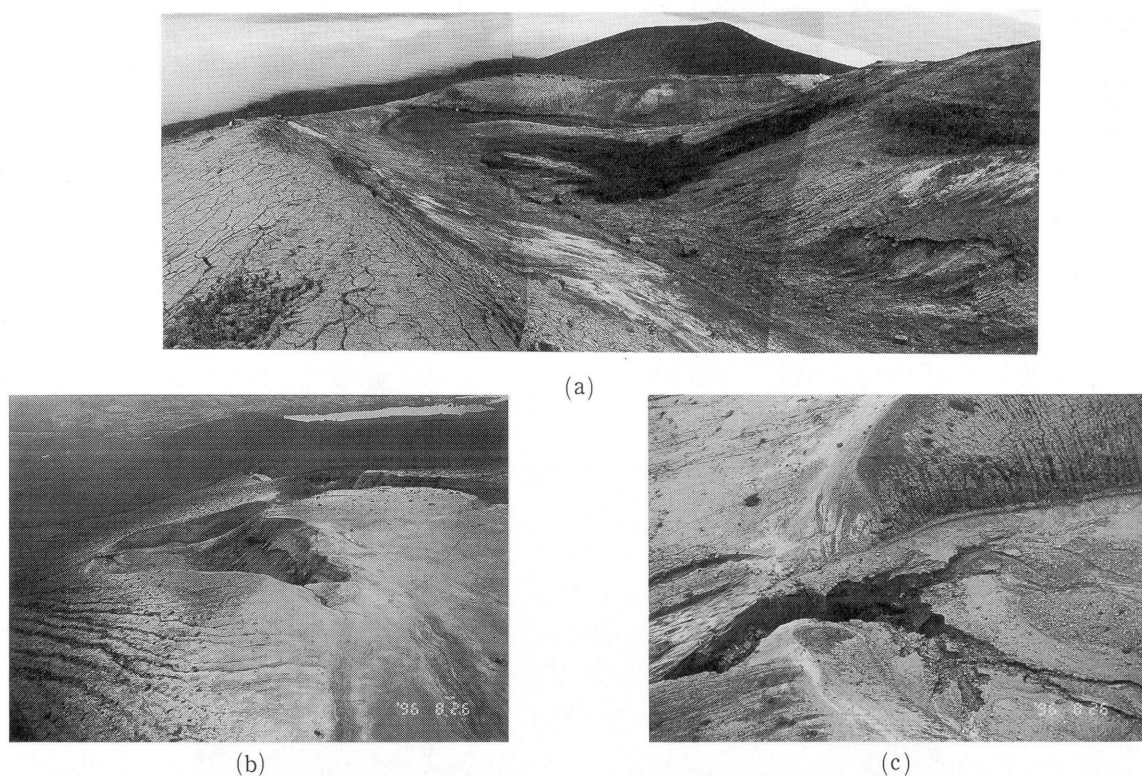
第19図 駒ヶ岳の「南端火口」(1942年大亀裂南端部)における、越流・崩壊現象(岡田撮影、a:1996.7.7、b:1996.8.19、c:1996.9.28)。侵食された新しい火山灰の流入で火口が埋まり、東麓の留の沢へ本格的な土砂流下を繰り返した。

Fig. 19 One of the new Lahar originated from the summit of Mt. Komagatake. Mudflow from the fresh ash erosion east of the 1996 fissure craterlets completely filled up this crater, and overflows were repeatedly generated, and the lahar rushed down along Tomeno-sawa to Tomeno-yu area, in the eastern flanks. (photo by H. Okada, a: July 7, 1996, b: August 19, 1996, c: September 28, 1996).

鹿部押出沢においても、状況は驚くほどよく似ている。主火口から噴出した火山灰が厚く埋積している、ひさご型火口との間の火口原の平坦部は、ひさご型火口に接している東側で崖侵食が加速され、その結果ひさご型火口が埋積され、火口縁の低い東縁で7月1日の雨から越流が開始した。この地点は、火口壁の溶結度がやや高く、侵食の進み方は今のところ緩やかである。しかしながら、崖崩壊の軽石質の土砂のほとんどは、まだひさご型火口の火口底に運び出されたばかりで、流出口まで運ばれていないことから、この火口でも今後侵食は進むものと考えer必要がある(第20図)。

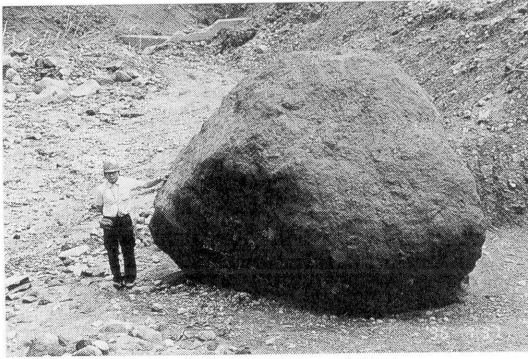
留の沢も鹿部押出沢も、7月1日の初めの土砂流出は、下流部に設置されていた火山砂防用の床固ダム群等により効果的に制御された。しかしダム群が埋没された後の流出では、繰り返して居住域へ土砂流が押し出し、道路を遮断し、ホテルやゴルフ場の施設の一部等に被害を及ぼす結果になった。鹿部押出沢では、どのうを用いた緊急遮断壁が、8月15日の台風の大雨で決壊したため、雨が弱まり警戒体制が解除された後で鉄砲水が分譲地を襲う事例もあった。下流部の居住域や道路横断部で、「みずうち」が確保されていないという大きな課題がある。

一方、駒ヶ岳の北西に位置する尾白内の押出沢(森町と砂原町の境界線)では、7月1日の雨で破壊的な土石流が発生した。直径数mの大岩塊(第21図)を含む土石流は、途中、砂防ダムを損傷させ、「鉢巻林道」のコンクリート橋をダムとして一部を堆積した後、更にその下部でコンクリートブロック積みの床固工群を破壊しながら流下した(第22図)。砂防工事の重機が3台、この土石流に巻き込まれて全壊する被害もあった(第23図)。その後の雨でも、鉢巻林道橋を再び埋めるような土石流が発生したが、大岩塊は含まれなくなり、その後土石流の勢いは弱まった。また土石流は居住域まで達さなかった。



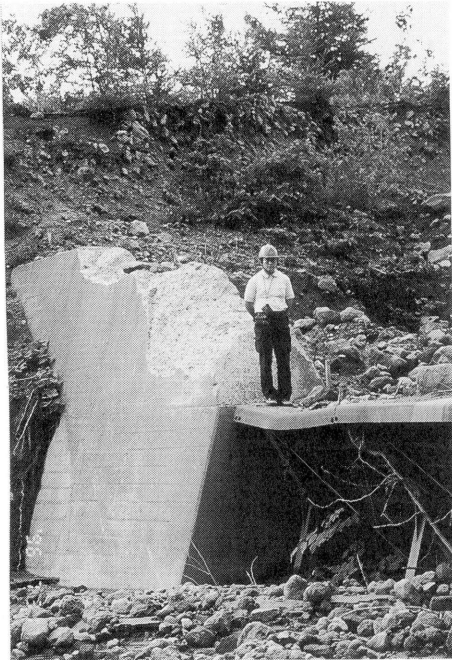
第20図 駒ヶ岳の「ひさご型火口」における、越流・侵食現象(岡田撮影、1996) a:越流前1996.6.6、b&c:越流後、道庁防災ヘリより1996.8.26). 火山灰による降雨の浸透性悪化で崖錐侵食が進み、火口が埋積され、北東麓の鹿部押出沢へ土砂流下を繰り返した。

Fig. 20 The other lahar also originated from the summit of Mt. Komagatake. An old crater, Hisago-gata crater, was also filled up due to the impermeable new ash cover. The overflow at this crater triggered repeated lahars along the Shikabe Oshidashi-sawa to the eastern flanks of Shikabe-cho, where hotel facilities (golf courses) and settlements suffered the rain triggered lahars. (photo by H. Okada, a: June 6, 1996, b and c: August 26, 1996)



第21図 北西麓の押出沢の1996年7月1日の土石流で運ばれた大岩 (岡田撮影、1996.7.31)

Fig. 21 Large boulders transported by the debris flow generated by heavy rain on July 1, 1996 in the Oshidashi-sawa, in the northwestern flank of Mt. Komagatake. This debris flow was no relation to the 1996 eruption. The source unstability might be originated by the strong ground shaking of the 1993 Hokkaido Nansei-oki (SW off) earthquake (M=7.8) to the steep sided slopes of the volcano. (photo by H. Okada. July 31,1996)



第22図 北西麓の押出沢の土石流による砂防ダムの被害 (岡田撮影、1996.7.31)

Fig. 22 Damages casued by the extensive debris flow in the Oshidashi-sawa, in the northwestern flanks of Mt. Komagatake. (photo by H. Okada, July 31, 1996)



第23図 北西麓の押出沢の土石流で被害にあった重機 (森町役場提供、1996.7.2)

Fig. 23 Damages on heavy machineries by the destructive debris flow on July 1, 1996 in the Oshidashi-sawa, in the northwestern flank of Mt. Komagatake. Heavy rain finally pushed down destructive debris flow originated from the upper valley where large amount of unstable rocks and debris had been accumulated by the slope failures, which was caused mostlikely by the 1993 Hokkaido Nansei-oki earthquake. (photo by courtesy of Mori Town Office, July 02, 1996)

この押出沢の源頭部は、鋭い山頂をなす剣が峰（北西ピーク）及び砂原岳（北ピーク）で挟まれた、「駒の背」と呼ばれる火口瀬である。火口瀬からの流出はなく、もちろん1996年噴火の降灰にいつさい破っていない地域であり、今回の小噴火との因果関係はない。道庁防災ヘリコプターや現地調査の結果によると、この源頭部で1993年北海道南西沖地震（M=7.8）の際に崩壊した不安定土砂（大岩塊と細粒土石）が、ついに7月1日の大雨で突出した可能性がきわめて高そうである。砂原町なしの木沢での農地への土砂流出も、やはり源頭部での地震崩壊による不安定土砂の流出と考えられる。

北海道南西沖地震の際、剣が峰内壁では直径6mの大岩塊の火口原への崩落があり、また大亀裂では火口壁の崩壊もみられた。砂原岳や剣が峰の外斜面も各所で崩壊があったが、沢の源頭部の調査は行われず、今回の突出現象となったようだ。今後、土砂移動に責任を持つ機関が、大地震後の状況調査を組織的に実施するようなシステム作りが必要ではなかろうか。

6. まとめにかえて

1996年3月5日の北海道駒ヶ岳の小噴火に関連して、その特徴、噴火予知、特に長期予測や次期大噴火との関連、火山泥流について概観した。この程度の小噴火にもかかわらず、火山活動の実態の解明や噴火予知の基礎となる、貴重な観測成果が得られた。横山泉北大名誉教授が開始した予知研究の戦略⁹⁾が、10余年して試されたわけであるが、この噴火を経験することにより今後の観測・研究方針は、かなり明確になってきたのではないだろうか。

「謝辞」以下の個人及び関係機関には、研究・観測、資料や情報提供で特にお世話になった。駒ヶ岳火山防災会議協議会（森町、砂原町、鹿部町、七飯町、南茅部町）、森測候所、札幌管区气象台、森営林署、大沼公園管理事務所、函館土木現業所、道立地下資源調査所、道庁防災消防課、道警航空隊、横山泉、勝井義雄、下鶴大輔、宇井忠英、岡崎紀俊の諸氏、シン技術コンサル、国際航業、アジア航測、北大本部及び理学部事務局。

（注）この報告文の調査研究には以下のメンバーが参加した。

岡田弘、森濟、鈴木敦生、前川徳光、大島弘光、西村裕一、ミルトン・オールドネス、フィリップ・ジュセ、干野眞、土井剛

参考文献

- 1) 岡田弘、森濟、西村裕一、大島弘光、前川徳光、鈴木敦生、干野眞、ミルトン・オールドネス、フィリップ・ジュセ、1996、北海道駒ヶ岳1996年3月の噴火（その1）、日本火山学会議演予稿集、1996-2、77.
- 2) 森濟、鈴木敦生、前川徳光、西村裕一、岡田弘、1996b、北海道駒ヶ岳1996年3月の噴火（その2）、日本火山学会議演予稿集、1996-2、78.
- 3) 森濟、鈴木敦生、干野眞、岡田弘、1997b、北海道駒ヶ岳1996年3月の小噴火前後の火山性地殻変動（1）南西登山道水準路線、地球惑星合同学会予稿集、（印刷中）.
- 4) 森濟、鈴木敦生、干野眞、土井剛、前川徳光、岡田弘、1997a、北海道駒ヶ岳1996年3月の小噴火前後の火山性地殻変動（2）辺長測量、地球惑星合同学会予稿集、（印刷中）.
- 5) 西村裕一、森濟、前川徳光、鈴木敦生、岡田弘（1996）：北海道駒ヶ岳における火山総合観測システム、北大地物研報、59、255-260.
- 6) 勝井義雄、横山泉、藤田隆男、江原幸雄（1975）：駒ヶ岳、火山地質・噴火史・活動の現況及び防災対策、北海道防災会議特別報告書、4、1-194.
- 7) 北海道大学理学部有珠火山観測所（1994）：北海道の火山活動とその観測報告、噴火予知連会報、58、1-34.
- 8) 森濟、鈴木敦生、前川徳光、西村裕一、岡田弘、1996a、北海道駒ヶ岳南西登山道の水準測量、地球惑星合同学会予稿集、445.
- 9) 勝井義雄、1985、駒ヶ岳昭和4年6月17日大噴火の記録、駒ヶ岳火山防災会議協議会、2色刷り大判ポスター一葉.