

# 霧島火山群・新燃岳の1991年群発地震と微噴火\*

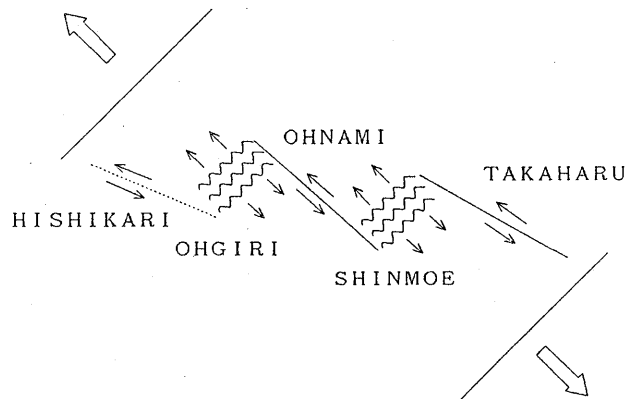
東京大学地震研究所  
京都大学防災研究所  
京都大学理学部  
鹿児島大学理学部

## 1. はじめに

霧島火山群・新燃岳において1991年11月13日の夕刻から火口直下において通常の数百倍の頻度で微小地震の群発が始まった。この群発活動が大規模な噴火に結び付くかどうかは即断できないが、火山学的見地からも、防災上の見地からも、群発地震活動が今後どのように推移するか、どのような理由で発生しているかを解明する事は重要である。霧島火山観測所では、群発地震発生直後から地震研究所内外の研究機関の協力の基に観測体制の強化に務めている。ここでは、1992年2月までの活動の経過を報告する。なお、火山ガスに関する調査結果は、東京工業大学から別に報告される予定である。

## 2. 霧島の地震活動の特徴と最近の状況

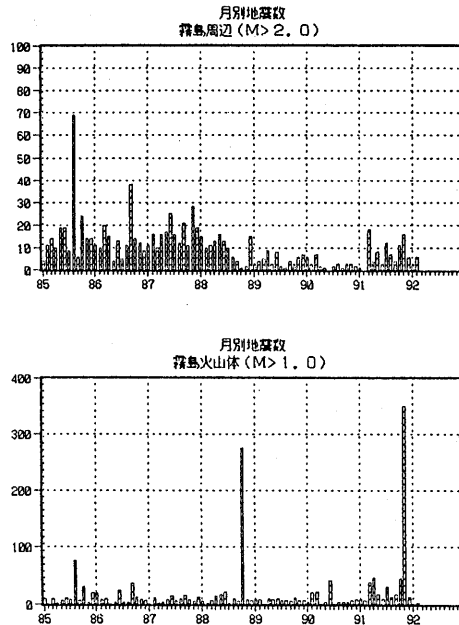
霧島火山群周辺の地震活動は、震源が北西—南東あるいは北東—南西方向に並ぶ事が多く、かつそれぞれが時間的に密接に関連し合っ発生する傾向がある。これらの地震の多くは第1図に模式的に示すように、北西—南東方向に張力軸を持つ正断層あるいは横ずれ断層解を持ち、霧島火山群をなす個々の火山は、これらの断層に沿って形成されている<sup>1)2)</sup>。最近の地震活動は、第2図に示すように、1991年に入り、霧島火山群周辺、火山群内とも、それまでの減少傾向から増加



第1図 霧島火山群周辺のテクトニックなモデル

Fig. 1 Tectonic model around Kirishima Volcanoes.

\* Received 6 May, 1992



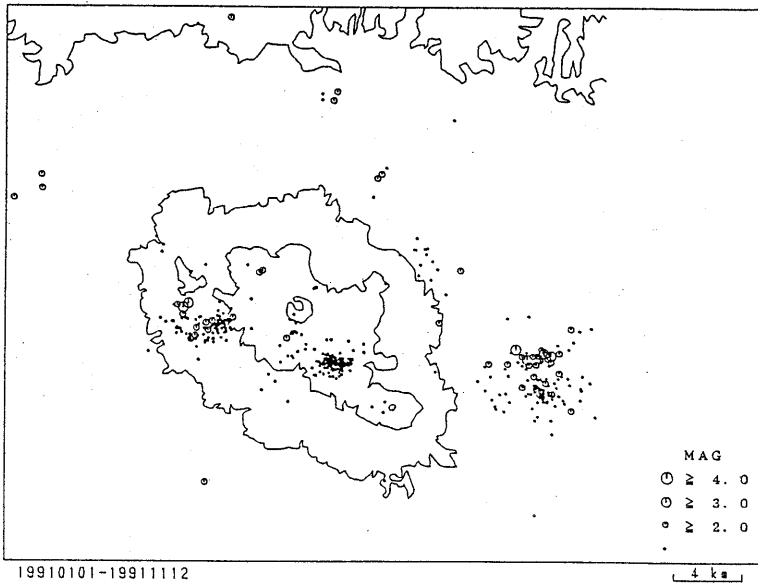
第2図 上図：霧島火山群周辺の月別地震数 ( $M \geq 2$ )  
 下図：霧島火山群内の月別地震数 ( $M \geq 1$ )

Fig. 2 Monthly frequency of earthquakes.  
 Upper : Around Kirishima Volcanoes ( $M \geq 2$ )  
 Lower : Beneath Kirishima Volcanoes ( $M \geq 1$ )

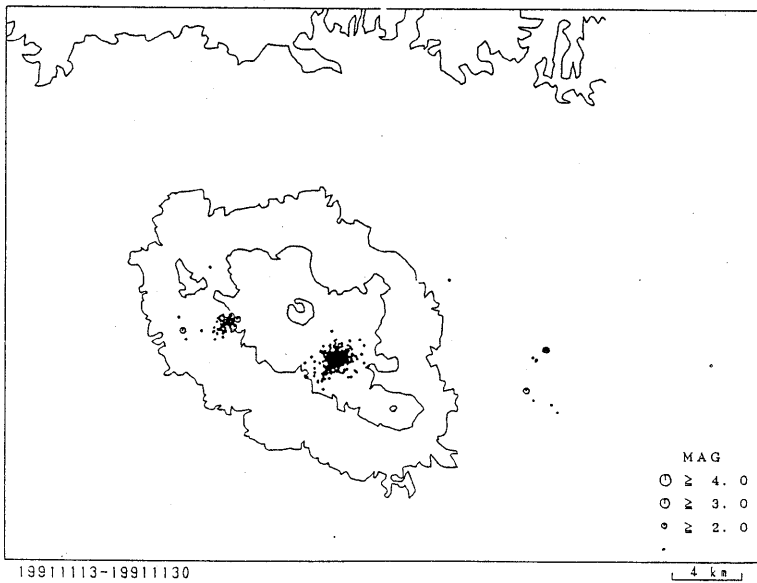
へと転じていた。しかし、これらの地震は、第3図の震源分布に示すように、上述の断層系でまんべんなく発生しており、特定の火山（たとえば、新燃岳や御鉢など）に集中するものではなかった。したがって、これらは特定の火山の活発化を示すものではなく、霧島周辺のテクトニックなストレスが増大した事を反映したものと思われる。

### 3. 1991年11月の地震活動・火山活動

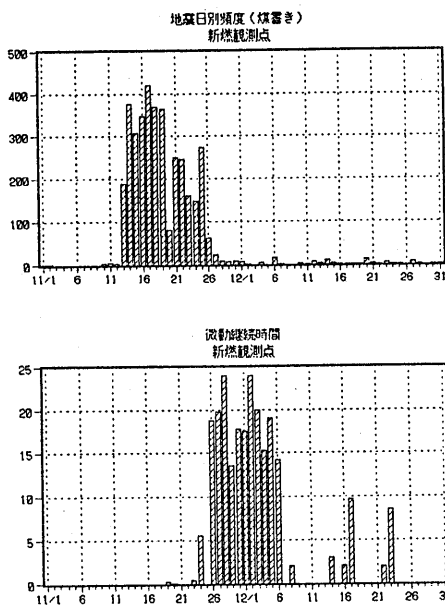
以上のような状況下で、11月13日夕刻から新燃岳において微小地震の群発活動が始まった。震源は新燃岳の海拔下1 km 前後で、全てがマグニチュード2以下の小さなものである（第4図）。霧島火山群西側に別に集中している地震は、11月16日の01時から06時までに大霧地区で群発したものであり、前述の断層系に属するものである。第5図に、新燃観測点（新燃岳火口から西に1.5 km）で観測された地震の日別頻度と微動の継続時間を示す。全般的な傾向として、11月26日までには地震活動が活発で、それ以降は微動が多く発生している。この間、11月19日の18時と23日の12時に数分間程度の連続微動（後述の連続微動とは異なり、振幅が大きく、地震の連発、あるいは噴火に伴う振動、たとえば浅間火山の1982年10月2日の微噴火など、のように見える）が発生し、その後それぞれ約1日間地震活動度が低下した。これらの連続微動に対応した異常は、20日の正午にヘリコプターから視察した限り、火口湖の北側に湯の湧き出しのようなパターンが見られた以



第3図 霧島火山群周辺の震源分布 (1991年1月1日 - 11月12日)  
 Fig. 3 Hypocenters around Kirishima Volcanoes (Jan. 1 - Nov. 12, 1991)



第4図 霧島火山群周辺の震源分布 (1991年11月13日 - 30日)  
 Fig. 4 Hypocenters around Kirishima Volcanoes after the beginning of the seismic swarm in Shinmoe-dake (Jan. 1 - Nov. 12, 1991).



第5図 新燃岳の地震数・微動継続時間 (新燃観測点)

左上：地震数 (1991年11月 - 12月)

右上：地震数 (1992年1月 - 2月)

左下：微動継続時間 (1991年11月 - 12月)

Fig. 5 Number of earthquakes and duration time of volcanic tremor observed at Shinmoe station.

Upper left : Number of earthquakes (Nov. - Dec., 1991)

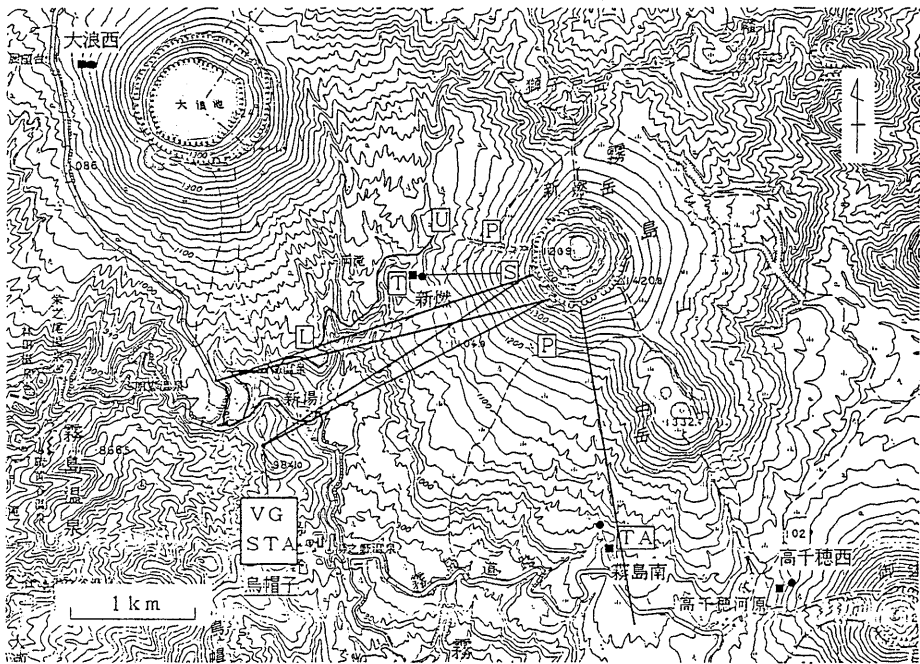
Upper right : Number of earthquakes (Jan. - Feb., 1992)

Lower left : Duration time of tremor (Nov. - Dec., 1991)

外には、噴気異常、火口壁の崩落などの異常は何も観察されなかったが、24日の午後2時頃に火口の東側内壁から水蒸気を噴出した。当時、火口縁には登山者がいたが、幸い死傷者はなかった。水蒸気噴出の時刻は、長時間ビデオの映像から、13時53分と推定される。この時間帯には、地震が頻発しているものの、噴出に対応した地震や微動、空振などは観測されず、また噴出の前後で地震の発生頻度が変化した様子も見られない。11月25日にヘリコプターから観察したところでは、以前の地形を変えるような新しい孔などは見られず、1822年の火口壁の岩の隙間から水蒸気を噴出していた。こうした事実は、水蒸気の噴出が、ほとんど爆発的でない状況で発生した事を示しているであろう。11月26日以降地震は激減し、かわって小振幅で数時間以上続く連続微動が発生し始めた。火口内東側に噴出した噴気は、11月30日頃から増大し、12月2日には鹿児島地方気象台により火山灰噴出が確認されるに至った (火山灰の噴出は、12月1日に、長時間ビデオの映像や目視で灰色の噴煙が勢いよく上昇している様子が見られた事、後述する光波測量で伸びが観測された事などから判断して12月1日にはすでに噴出していたものと思われる)。

#### 4. 観測強化の概要

こうした群発地震の発生に対応して、霧島火山観測所では11月14日から観測体制の強化に努めてきた。当観測所では霧島火山群および加久藤カルデラ周辺の15ヶ所に設置した地震計のデータを無線テレメータにより収録しており、同地域で発生する地震の震源の概略を把握する能力を有している。しかし、個別の火山の火口近傍で発生する地震の震源を精密に決定するには不十分であり、また、テレメータ系の制約から、地震以外の噴気温度、電気比抵抗、傾斜、地磁気等の観測も行われていない。こうした現状を踏まえた上で、地震研究所内外の研究・観測機関に協力を依頼し、新燃岳近傍にプロント磁力計、傾斜計、空振計、長時間ビデオ、地震計等を緊急に設置して連続観測を行うとともに、光波測量、水準測量、電気比抵抗測定、火山ガス分析等を可能なものから順次実施した(第1表、第6図)。なお、これらの観測データは、空振計を除いてはすべて現地収録となっており、新燃岳の地震活動や表面現象に異常が観測された場合に即座にこれらのデータを参照することができず、活動状況を迅速に把握する事はできないが、当観測所がとれる最善の対応である。



緊急展開観測装置 S:地震計 T:傾斜計 A:空振計 P:磁力計 U:電気抵抗 G:光波測量 L:水準測量 V:ビデオ

第6図 新燃岳周辺に緊急に展開した観測網

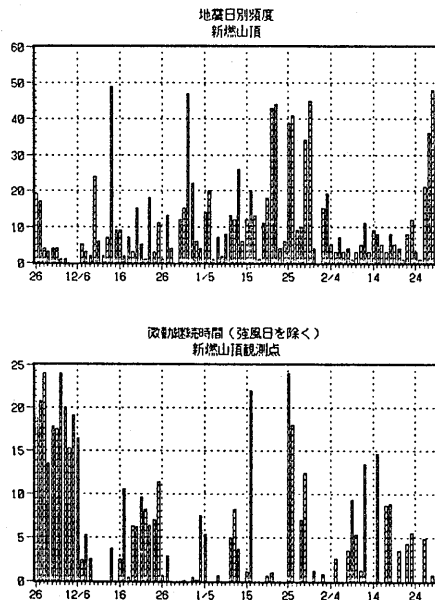
Fig. 6 Urgent observation net around Shinmoe-dake against the seismic swarm.

第1表 観測の状況 (1992年2月まで)

11月14日	地震群発を鹿児島地方気象台、火山室に連絡 プロトン磁力計等の借用を依頼	
16日	霧島南観測点に空振計を設置 (京大桜島火山観測所から借用)	テレメータ
	烏帽子観測点に長時間ビデオを設置	現地収録
19日	観測所に長周期地震計を設置	
20日	観測所にプロトン磁力計を設置	
21日	新燃岳の南1kmにプロトン磁力計を設置	現地収録
24日	振燃観測点に傾斜計を設置	現地収録
	新燃岳の北西1kmにプロトン磁力計を設置	現地収録
25日	新燃岳山頂(兎ノ耳)に光波測量用の鏡を設置 新燃岳山頂に地震計を設置	テレメータ
27日	烏帽子観測点に地震計、傾斜計、空振計を設置 (京大桜島火山観測所で収録)	桜島収録
	烏帽子観測点 — 兎ノ耳の光波測量を開始	毎夕実施
12月2日	空中赤外(第1回, 京大防災研)	
4日	新燃観測点に電気抵抗測定装置(ULF)を設置	現地収録
5日	新燃岳西側山腹で自然電位観測開始(京大理)	現地収録
12日	新湯温泉 — 新燃観測点に水準測量網を設置 火口内の火山ガス測定(第1回, 東工大)	
14日	新湯, 霧島南に光波測量の基準点設置	
17~19日	新湯 — 新燃の水準測量(第1回, 鹿大と共同)	
19~21日	山頂 — 新湯, 烏帽子, 霧島南の光波測量 (第1回, 京大防災研)	
20日	空中赤外(第2回)	
1月7日	霧島南観測点に傾斜計を設置	現地収録
10日	山頂 — 新湯, 烏帽子, 霧島南の光波測量 (第2回, 京大防災研)	
11日	火口内の火山ガス測定(第2回, 東工大)	
20~25日	新湯 — 新燃の水準測量(第2回, 鹿大と共同)	
22日	山頂 — 新湯, 烏帽子, 霧島南の光波測量 (第3回, 京大防災研)	
2月5日	空中赤外(第3回)	
20, 21日	山頂 — 新湯, 烏帽子, 霧島南の光波測量 (第4回, 京大防災研)	

## 5. 12月以降の活動

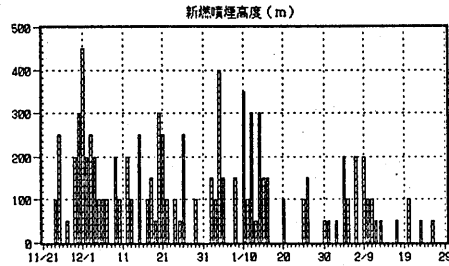
12月2日に火山灰噴出が確認された後も、連続微動は活発に継続し、12月4日頃には高周波の小振動に低周波の振動が重なり、数珠玉状の波形を呈するようになった。また、この時期には微動の開始と噴煙の増大とがよく対応するようになった事が長時間ビデオの観測から明らかとなった。こうした状態は12月6日頃まで続いたが、12月半ば以降は地震・微動とも活動のレベルは低下している(第5図)。しかし、山頂に設置した地震計には、山頂でのみ観測される地震や微動が記録されており、その活動度は12月半ば以降単調に低下しているのではなく、12月14日、1月1日、1月下旬に小さな活動の山が見られる(第7図)。特に1月下旬には、地震・微動が増え、1月28日には火山灰が火口内の広い範囲に堆積しているのが鹿児島地方気象台により確認された。東工大の12月および1月の現地調査によれば、微量の火山灰が常時噴気とともに噴出しており、ある特定の時期だけに火山灰を噴出しているわけではないが、1月28日に見られた火山灰は、量的に多く、何らかの活動があったと考えられる。1月下旬は天候不順のため詳細は明らかでないが、1月26日に灰色の噴煙が通常より勢いよく上昇している状況が長時間ビデオに見られる事、25、26日に活発であった地震・微動がその後急激に減少している事から、この時期に噴出したものと考えられる。1月下旬の地震数は、多い日と少ない日の差が極端であるが、これは、1月22日の23時33分と23日04時02分の日向灘地震(M3.6, M3.4)、26日の火山灰噴出、30日10時51分の鹿児島県西方沖地震(M5.1)に対応するように地震数が減少しているためである。2月に入り、地震数は少



第7図 新燃山頂観測点で観測される地震数(上)、微動継続時間(下)

Fig. 7 Daily frequency of earthquakes (Upper) and duration time of volcanic tremor (Lower) observed at the summit of Shinmoe-dake.

ない状態が続いていたが、2月26日から再び増加している。また、長時間ビデオから毎日の噴煙の最高上昇高度を読みとると、第8図に示すように、12月初旬に比べると減少しているが、その後は横ばいの状態が続いている。



第8図 長時間ビデオで測定した噴煙の最高高度

Fig. 8 Maximum height of the volcanic plume observed by a time-lapse video.

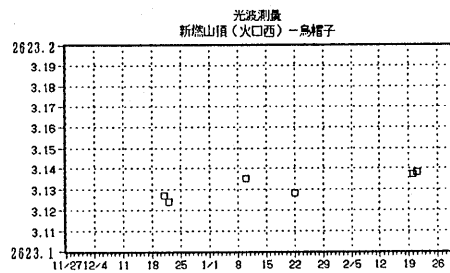
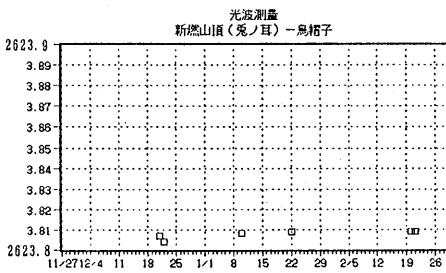
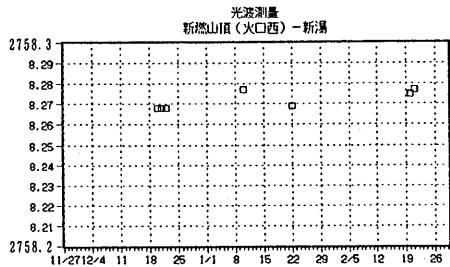
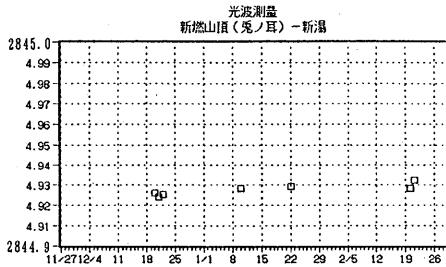
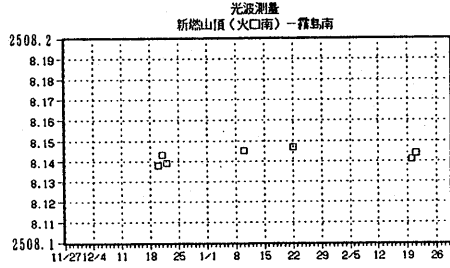
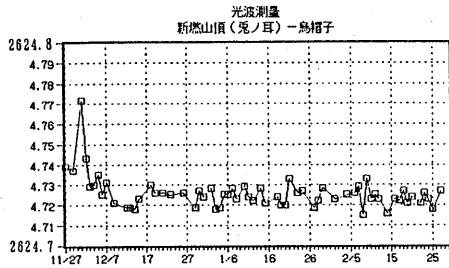
## 6. 光波測量

新燃岳山頂部の3点(北から火口西, 兎ノ耳, 火口南), 山麓部の西側(新湯), 南西側(烏帽子), 南側(霧島南)に基準点を設けている(第6図)。このうち, 兎ノ耳—烏帽子の測線は11月27日に初回の測定を行い, それ以降原則として毎夕, 他の測線は12月19~21日に初回の測定を行い, 以後2~3週間おきに測定を行っている(第9図)。兎ノ耳—烏帽子では, 測量開始直後の11月29日と12月1日の間に35mmの伸びを観測し, 同日, 関係機関に急きょ注意を促したが, これは翌2日に火山灰噴出確認として功を奏した。これ以降, 距離はしだいに短縮し, 12月半ば以降は変化が見られない。2月現在まで長さに変動がない事から, 現在が平常の長さを示していると思われる。その場合には, 兎ノ耳—烏帽子間は11月末の段階には既に15~20mm伸びていた事になる。その他の測線には, 大きな変化は見られない。これは, 初回の測定が12月半ばであり, その時点で兎ノ耳—烏帽子間の長さは既に落ちついていた事を考えれば, 調和的な結果であろう。火口西—山麓の測線に伸びの傾向が見られなくもないが, これまでの結果からは, 10mm程度の誤差を考える必要があり, 有意とは言えない。なお, 烏帽子観測点には2つの基準点があり, 毎日測定用の基準点にはジオジメーターが常時セットされ, 他の基準点には適宜ジオジメーターがセットされる。

## 7. 傾斜

新燃岳の西約1.5km(新燃), 南西約3km(烏帽子), 南約3km(霧島南)の3点に傾斜計を設置している(第6図)。いずれも設置深度が1~5mと浅く, 気温の変化や雨の影響を受けやすいが, 大規模な活動が発生した場合に最低限の地殻変動データを確保するために設置している。このうち, 新燃観測点の傾斜計は, 図10, 11に示すように11月下旬から12月半ばまで山上がり, それ以降は山下がりとなっている。1月19日以降, センスとしては北東下がり(山下がり)であるが,





第9図 光波測量の結果

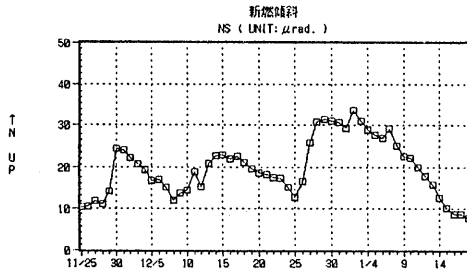
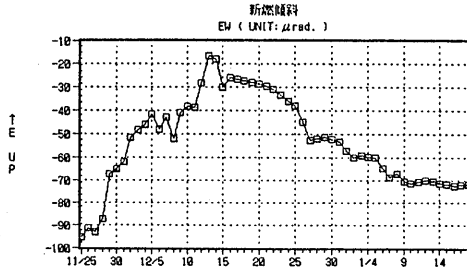
左上：兎ノ耳 — 烏帽子  
 左中：兎ノ耳 — 新湯  
 左下：兎ノ耳 — 烏帽子

右上：火口南 — 霧島南  
 右中：火口西 — 新湯  
 右下：火口西 — 烏帽子

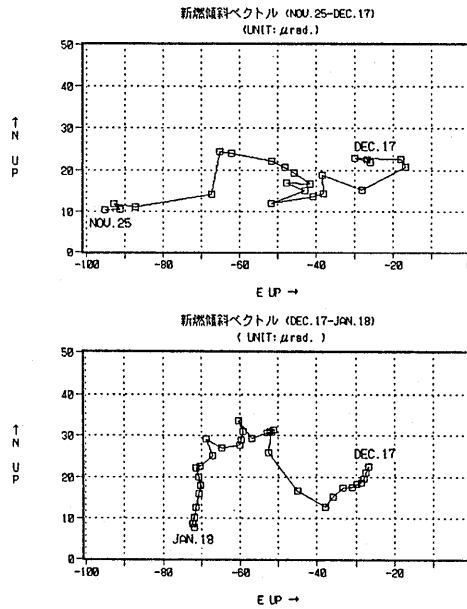
Fig. 9 EDM survey.

Upper left : Usaginomimi -  
 Eboshi,  
 Middle left : Usaginomimi -  
 Shinyu,  
 Lower left : Usaginomimi -  
 Eboshi,

Upper right : Kakouminami -  
 Kirishimaminami  
 Middle right : Kakounishi -  
 Shinyu  
 Lower right : Kakounishi -  
 Eboshi



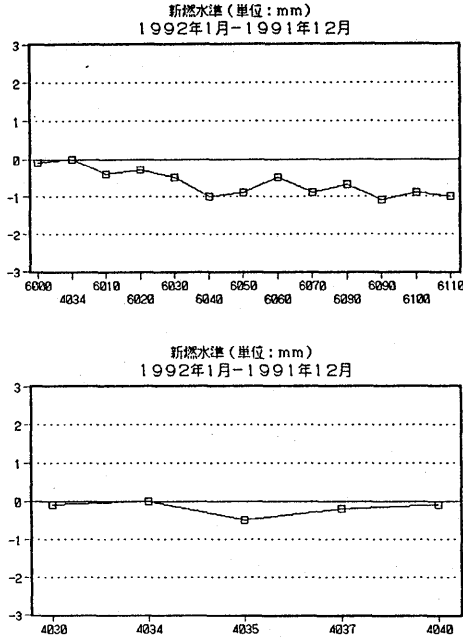
第10図 新燃観測点における傾斜  
Fig. 10 Tilt observation at Shinmoe station.



第11図 新燃観測点における傾斜ベクトル  
Fig. 11 Tilt vector observed at Shinmoe station.

異常に大きな変化を記録するようになり、何らかのトラブルが発生しているようであるが、原因はよくわからない。霧島南（深さ5m）に設置した傾斜計は、比較的良好であるが、1月7日に設置したためまだ傾向がよくわかっていない。





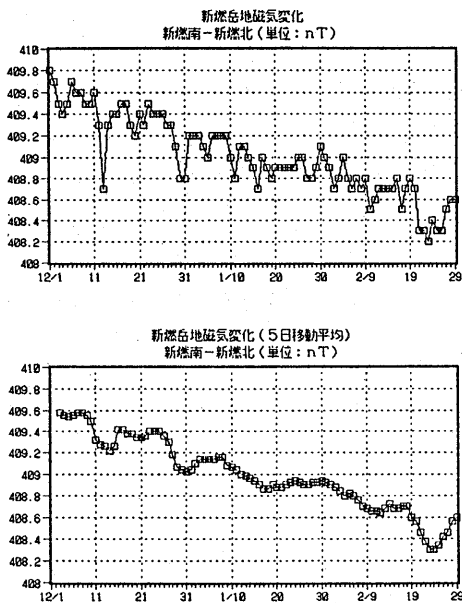
第13図 新湯—新燃の水準変動

Fig. 13 Height changes of bench marks along the route at the southwestern flank of Shinmoe-dake from December, 1991 to January, 1992.

の低抵抗層となる。第15図には、この層が11kmの深さまで続くように示してあるが、これは、探査に使用した ELF 帯 (8 Hz) と ULF 帯 (数10秒~数100秒) との間にデータが無いために、数 km 付近の情報得られず、インバージョンの解により細かな構造が表現されていないせいである。この層の正体は不明であるが、少なくとも浅い部分は熱水層である可能性が高い。深さ11km付近では  $9 \Omega \cdot m$  の低抵抗を示すが、これはマグマに関連した構造であるかもしれない。霧島では歴史的に見て、水蒸気爆発、マグマ水蒸気爆発が頻繁に起きているが、これはマグマ、あるいはマグマから分離した高温の火山ガスが地下の浅い部分に上昇して、地下に存在する大量の水と接触するために発生すると考えれば、霧島にこの種の噴火が多い事が当然と理解されよう。今回の活動 (地震群発→連続微動発生→山体膨脹→火山灰噴出) は、高温の火山ガスが下側の熱水層 (深さ3 km 程度) に入り、熱水の沸騰を引き起こしたため、内部の圧力が増大し地表に噴き出したものと考えれば、多くの観測事実を説明できる。自然電位は、現在まで特に変化は見られない。

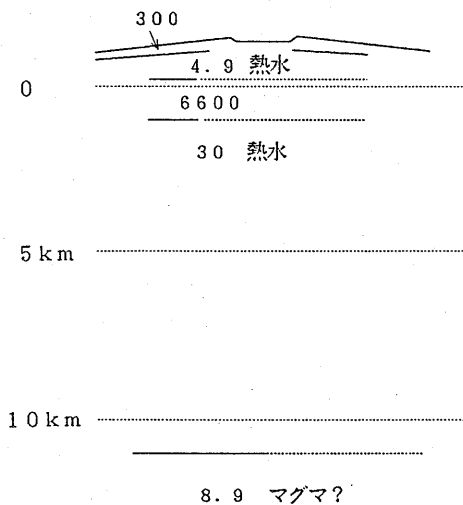
## 10. 火山ガス

12月12日および1月11日に、東工大が火口内の火山ガス採取を行った。その結果、噴気温度は、103℃に上昇した。ガスの分析結果等の詳細は、別に報告の予定である。



第14図 新燃岳における地磁気変化

Fig. 14 Change of the difference of total magnetic intensity between southern flank and norhtwestern flank of Shinmoe-dake. The lower figure shows the running average for 5 days.



第15図 ULF, ELF, VLE-MTにより推定される新燃岳下の電気抵抗構造

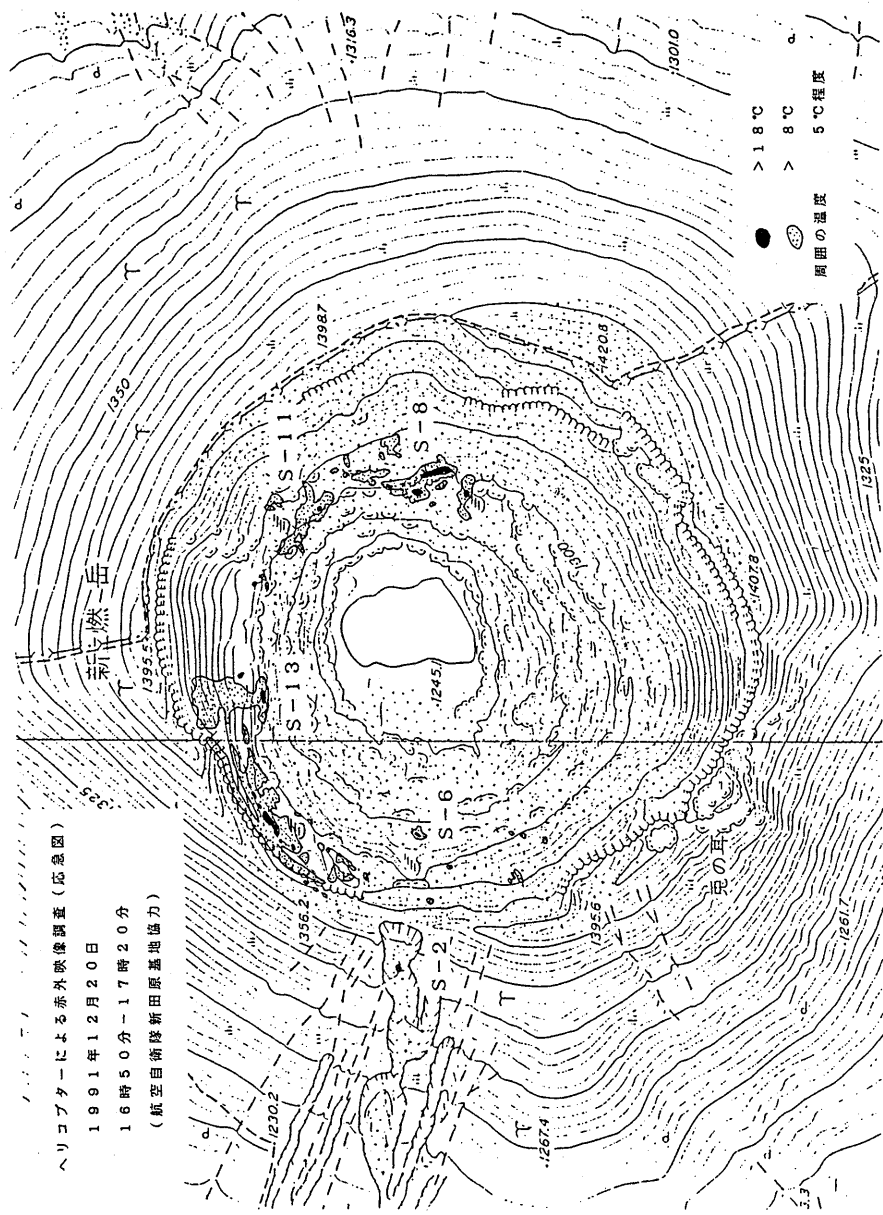
Fig. 15 Electrical resistivity structure beneath Shinmoe-dake revealed by the ULF-ELF-VLF magnetotelluric method.

## 11. 空中赤外

火口内外の熱的な状態を把握しておく事は重要であるため、ヘリコプターによる空中赤外調査を実施した。11月下旬から幾度も調査を試みたが、天候不順のため有意なデータが得られたのは、第2表に示す3回である。第16図に測定例として第2回目に測定した温度分布を示す。火口の西側からS-2, S-6の1959年の噴火孔に対応した高温部が並び、東の延長上に今回水蒸気を噴出したS-8の高温部が存在する。これら以外にも、火口内壁の北東側(S-11)からリング状に高温部が分布している。これまでに行われた3回の測定について、それぞれの高温部の最高温度と周辺の平常温度との差を比較すると、第3表に示すように、S-6, S-8で温度が上昇し、火口の北および北西側内壁では変化が見られない。この事は、1959年の噴火列方向(東西)にやや温度が上昇しているように見え、今後の変化に注意する必要がある。

第2表 空中赤外映像調査

第1回(京大防災研, 協力海上自衛隊鹿屋基地)	
日 時	1991年12月 2日 17時05分 - 18時06分
使用機器	日本アビオニクス社製 TVS-2000
撮像範囲	えびの高原~新燃岳~御鉢に至る幅約2 km
飛行高度	2300m
第2回(東大震研, 協力航空自衛隊新田原基地)	
日 時	1991年12月20日 16時50分 - 17時20分
使用機器	日本アビオニクス社製 TVS-3000
撮像範囲	新燃岳火口周辺
飛行高度	7500フィート
第3回(東大震研, 協力宮崎県警)	
日 時	1992年2月5日 17時09分 - 40分
使用機器	日本アビオニクス社製 TVS-3000
撮像範囲	新燃岳火口周辺
飛行高度	7500フィート



第16図 新燃岳の地表面温度分布 (1991年12月20日)

Fig. 16 Surface temperature distribution of Shinmoe-dake measured on December 20, 1991.

第3表 最高温度と周囲の温度との差

Table 3 Temperature difference between maximum point and normal point.

		12 / 2	12 / 20	2 / 5
新噴気	S-8	19°C	16-20	26-40
北東側	S-11	13	10	22-25
西側	S-6	11	20-25	32
北西側		21	20-30	25-30
北側	S-13		15	15
西外壁	S-2			17-19

## 12. 今後の活動について

これまでの活動の経過を見ると、11月下旬から12月上旬にかけて地震、微動が増加し、山体膨張も検知されるなど、活発な活動状況であったが、2月末現在では、地震、微動とも減少し、山体膨張を示すデータも得られていないなど、活動は低下している。したがって、直ちに大規模な噴火に移行する可能性は少ないであろう。しかし、地磁気観測からは、引き続き熱消磁が継続している結果が得られている他、山頂で観測される地震、微動も単調に減少せずに増減を繰り返しており、1月26日には若干の火山灰噴出も行っている。こうした事から、小規模の噴火が発生する事は十分に考えられ、これに加えて地震、微動、地殻変動のデータに異常が見られる場合には、より大きな噴火に移行する可能性も否定できない。今後とも活動の推移に留意する必要がある。仮により大きな噴火活動に移行した場合、過去4回の歴史時代の噴火中3回までは、水蒸気爆発→マグマ水蒸気爆発→マグマ噴火（火砕流の発生）へと推移しており<sup>4)</sup>、今後の活動を考えていく場合には、同様の事態を想定しておく事が必要である。

## 参 考 文 献

- 1) 井田喜明・山口 勝・増谷文雄 (1986) : 霧島火山における最近の地震活動と応用場, 地震, 39, 111-121.
- 2) Kagiya, T., Ida, Y., Yamaguchi, M. and Masutani, F. (1990) : Multi-active volcanic group generated in a slightly tensile stress field. EOS, 71, 964.
- 3) 鍵山恒臣・山口 勝・増谷文雄・歌田久司 (1990) : 霧島火山群硫黄山周辺の ELF-MT 測定, 火山学会, 1990年度春季大会予稿集, 60
- 4) 井村隆介, 小林哲夫 (1991) : 霧島火山群新燃岳の最近300年間の噴火活動, 火山, 36, 135-148