

有珠山における航空温度測定及び光波測量^{*}

気象研究所地震火山研究部

1. まえがき

有珠山は1977年8月約30時間の前駆的群発地震を伴って噴火を開始した。また11月にも小規模の噴火が起った。

噴火開始以来、活発な地震活動、地盤変動が続いており、12月現在でもこれら火山活動はほとんど衰えていない。

今回の活動に際し気象研究所では、航空機による火口周辺の地表温度測定及び光波測量を実施したのでそれらの概要を報告する。

なお、今回の測定・測量等は、昭和52年度特別研究促進調整費（科学技術庁）による「1977年有珠山噴火」に関する特別研究の一環として実施したものである。

2. 航空温度測定

2.1 実施方法

DS-1250型MSSを航空機に搭載して、有珠山の上空から地表の熱映像を求め、山頂及び山腹に点在する高温地帯について温度分布図を作成した。

飛行基地には千歳空港を使用し、日出前に有珠山上空を東西に飛んで赤外線熱映像を撮影した。9～11月間に4回の測定を行ったが、これらの撮影記録は第1表のとおりである。各回の飛行コースはほぼ同じで、有珠山を中心にした南北約5km、東西約11kmの範囲が3つのコースでカバーされるようにした。

第1表 赤外線熱映像撮影記録

測定回	測定時	飛行高度	測定繰返し数
第1回	時 日 時 分 時 分 9 13 3 20 ~ 4 13	6600 ft	7
第2回	{ 10 20 5 18 ~ 5 38 10 22 4 40 ~ 5 46	6600 6600	2 7
第3回	11 8 4 27 ~ 5 40	6560	9
第4回	11 29 4 16 ~ 5 49	6700	9

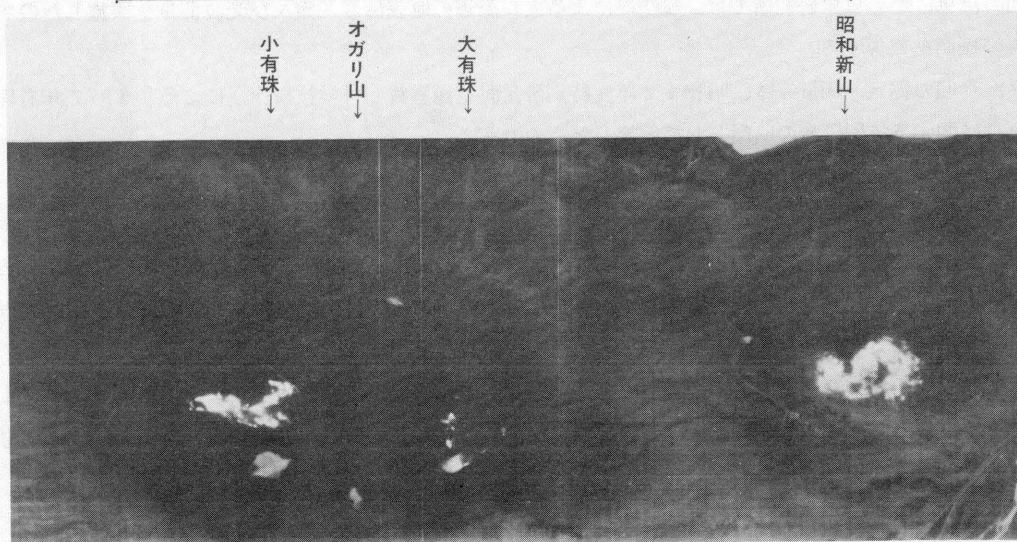
中央のコース内には、小有珠、オガリ山、大有珠、昭和新山などの高温地帯がある。この地帯の撮影は広範囲の温度を検知するため、高温部と低温部に分けて行った。また ground truth は、壮瞥温泉の洞爺湖岸、有珠町の内浦湾岸及び昭和新山付近の路面などで行った。

なお、DS-1250型MSSの特性は第2表のとおりである。

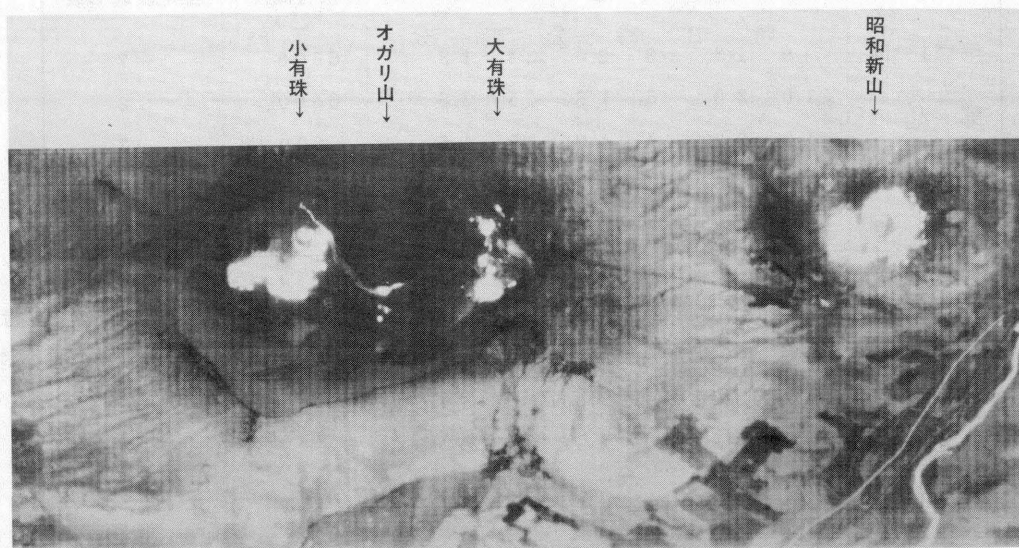
^{*} Received Dec. 23, 1977

第2表 使用した赤外線映像装置(DS - 1250)の特性

検 波 瞬 感 走 走 記 製	出 長 間 査 査 録 作	器 帯 視 本 範 方 所	域 野 度 数 囲 式 所	Cd Hg Te 液体窒素冷却 8 ~ 14 μ 2.5 mrad 0.2° C 80本/秒 87° 磁気テープ(アナログ方式) 米国 Deadalus Co.
--------------------------------------	---------------------------------	---------------------------------	---------------------------------	---



第1図 1977年9月13日の赤外線熱映像

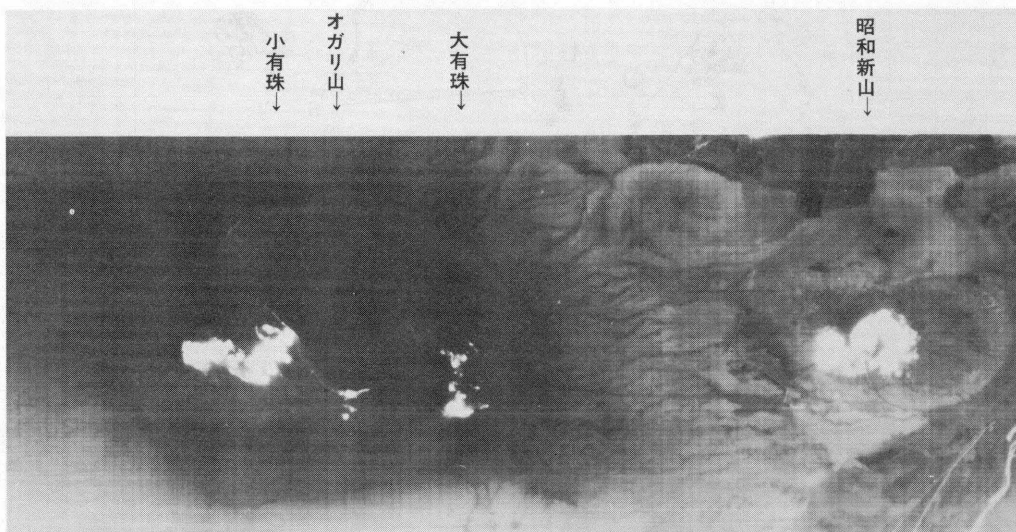


第2図 1977年10月20日の赤外線熱映像

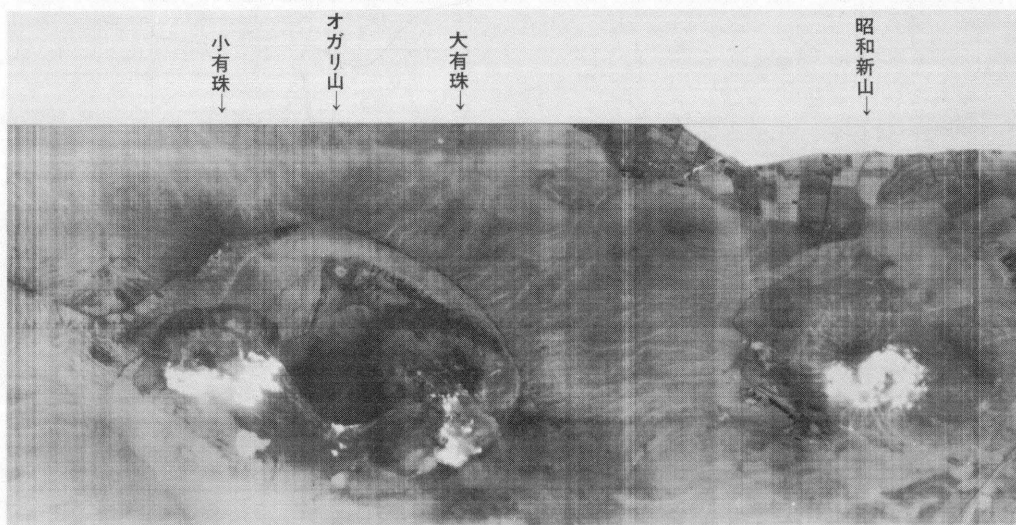
2.2 観測結果

有珠山で地表温度が高い地帯は、外輪山内では小有珠、オガリ山、大有珠にあり、外輪山外では昭和新山にある。第1～4回の測定で得られたこの地帯の熱映像を第1～4図に示す。今回撮影した他の地域では特に異常と思われる高温地帯は見あたらなかった。

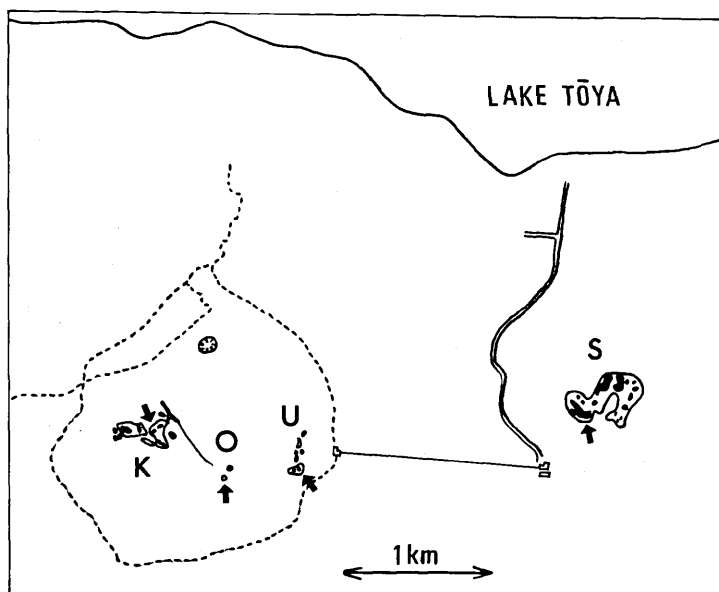
第1～4図に相当する温度分布図をそれぞれ、第5～8図に示す。これらの温度分布図はいずれも速報的なもので、地形補正や航空機のかたむきなどによる画面の補正はまだ十分には行っていない。図中の点線は登山路で、この路は外輪縁に沿って環状に通っているので、地形の概要を推定するために記入してある。



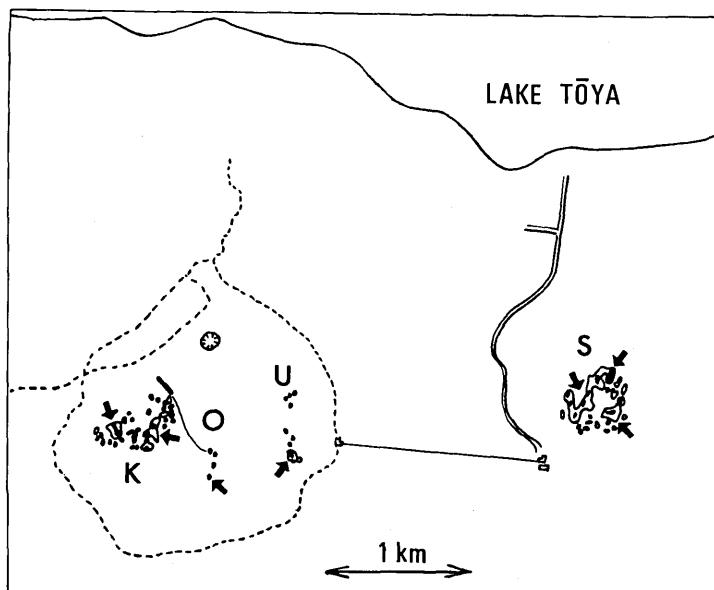
第3図 1977年1月8日の赤外線熱映像



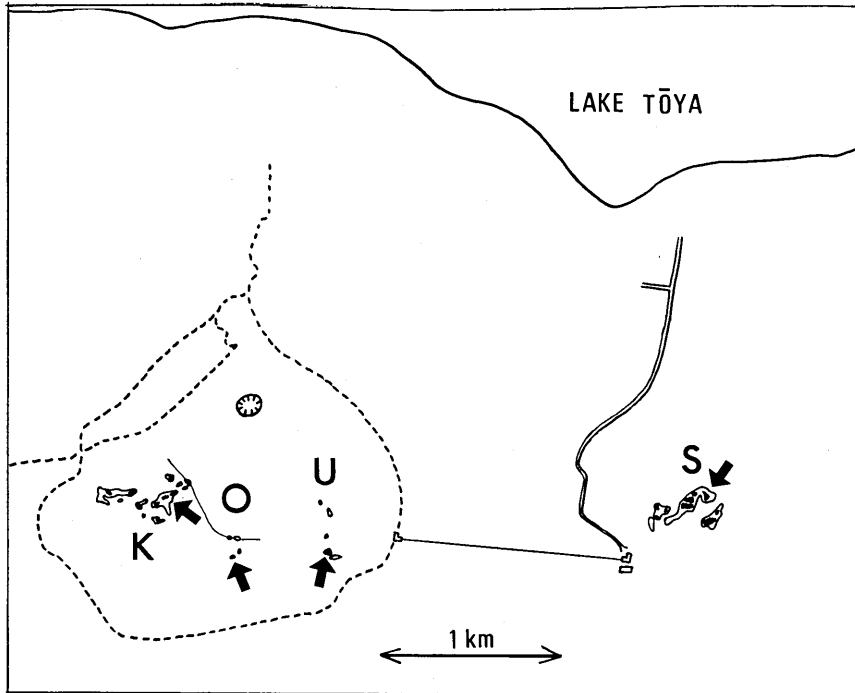
第4図 1977年1月29日の赤外線熱映像



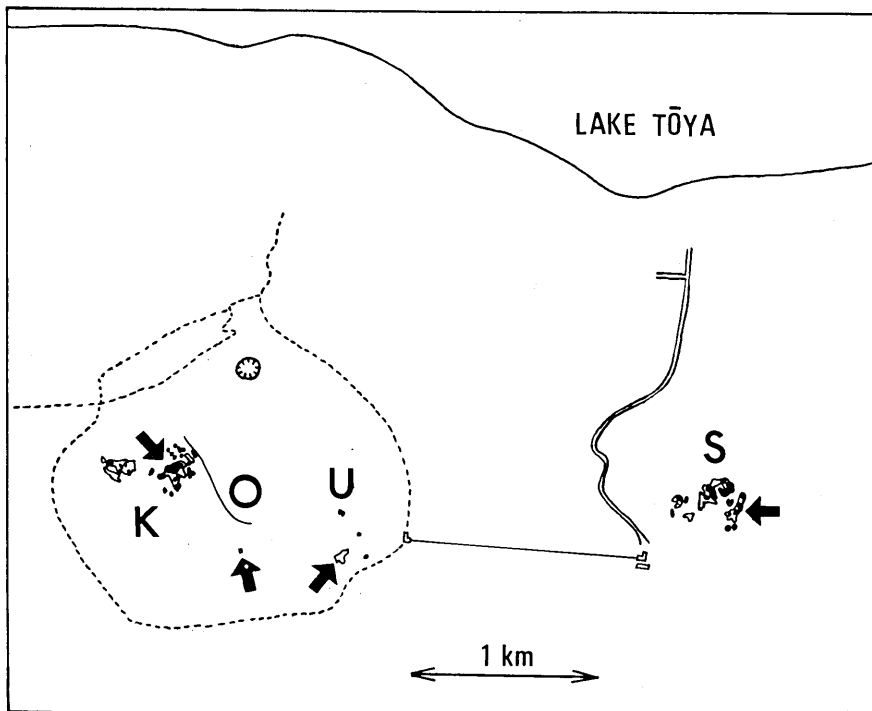
第5図 1977年9月13日の温度分布
 10°C 以上の地域を記入しており、 20°C
 以上の地域は黒くぬりつぶしてある。
 K、O、U、Sはそれぞれ小有珠、オガリ
 山、大有珠、昭和新山の地熱地帯。
 矢印は各地熱地帯で最高温度を観測した位
 置で、その値は第3表に示してある。



第6図 1977年10月20日の温度分布
 図中の記号、温度記載法は第5図と同じ



第7図 1977年11月8日の温度分布 図中の記号、温度記載法は第5図と同じ



第8図 1977年11月29日の温度分布

図中の記号は第5図と同じ。5℃以上の地域を記入してあり、20℃以上の地域は黒くぬりつぶしてある。

各温度分布図は10℃または5℃以上の高温地帯が記入しており、20℃以上の地帯は黒くぬりつぶしてある。

第1回～第4回の温度分布図から、地熱高温地帯の形状、面積などに微細な変動が見受けられるが、その原因の一つは、これらの図は地形補正をしてないことにあるので、この点については今後くわしく解析する予定である。

小有珠、オガリ山、大有珠、昭和新山で最高地表温度を示した位置は、それぞれの温度分布図に矢印で示してある。また、それらの測定値は第3表に示してある。第3回目の温度測定時(11月8日)に小有珠地区の最高温度がかなり高くなっているのが目立つ。11月16日に小有珠の北東部で噴火が起ったが11月8日の温度の高まりは、噴火の前駆現象だったのかもしれない。

第3表 地表温度(最高値)の変化

測 定 回	小 有 珠	オ ガ リ 山	大 有 珠	昭 和 新 山
第 1 回 (9月13日)	30～50℃	10～13℃	20～30℃	70～80℃
第 2 回 (10月20日)	30～40	15～20	20～30	50以上
第 3 回 (11月8日)	70～80	15～20	20～30	70～80
第 4 回 (11月29日)	40～50	15～18	15～18	40～50

第4回目の温度測定値は、各地熱地帯とも全般に温度が低下している。

オガリ山地域は今回の噴火活動に伴って地形変化が特に著しい所だが、第2回目に測った高温域は第1回目のものよりも広がったようであり、かつ温度も若干上昇している。しかし、第4回目の測定では、高温域が狭くなっている。

3. 光波測量

3.1 測線網及び測量

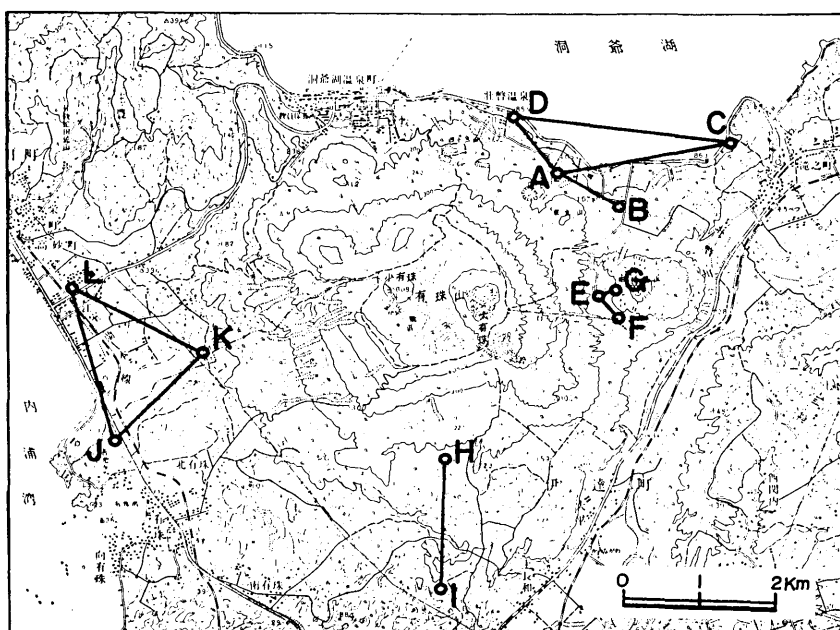
9月中旬、第9図に示してあるように、有珠山の周辺に光波測量用測線網を設置した。A、B、……各点には、この目的のため新たに標石を埋設した。

9月16～17日に最初の測量を実施した。以後9月19～20日、10月13～16日、11月9～11日、及び11月29～12月1日に測量を行った。

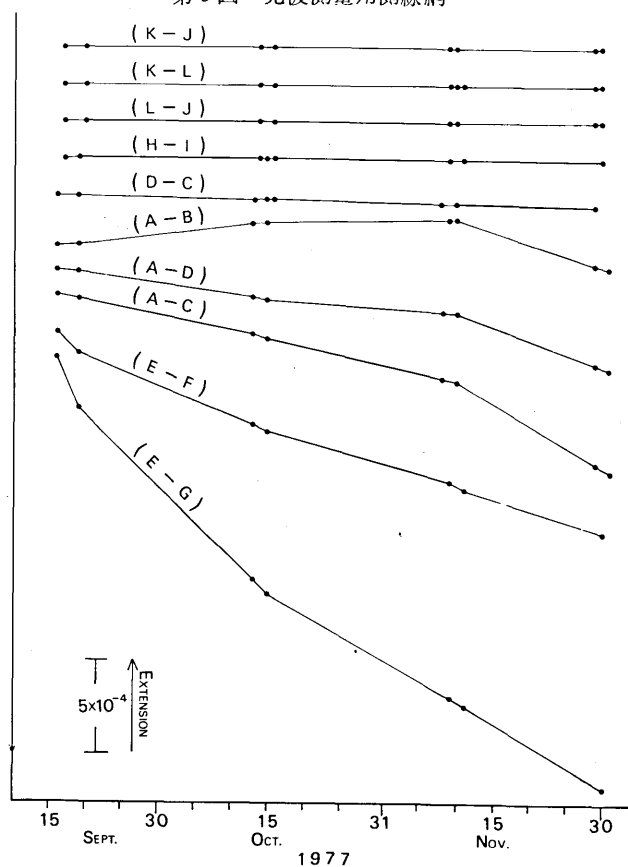
使用した測器はAGAジオジメーター6BLである。各測線について連続して5、6回以上測定を繰り返して、それぞれについて気象補正を行った後それらの値の平均値をとり、測器の設置高度の差による補正を行って、標石間の斜距離を求めた。

3.2 観測結果

第10図は、測量によって得られた各測線の変化の様子を、歪の変化として表わしたものである。黒丸は最初の測定値(左端の黒丸)を基準にした各観測時における歪量を表わしている。最初の測定値は第4表のとおりである。なお第4表に示してある歪量は、最後の測定値によるもの(第10図右端の黒丸の値)



第9図 光波測量用測線網



第10図 各測線の歪変化図

第4表 各測線の基準の長さ（9月16～17日測定）及び歪量

測 線	長 さ	歪 量
A - B	9 8 5 8 8 7 mm	-1.1×10^{-4}
A - C	2 2 7 8 9 6 0	-9.5×10^{-4}
A - D	9 3 2 9 7 0	-5.2×10^{-4}
D - C	2 7 4 2 7 4 8	-4.8×10^{-5}
E - F	4 0 7 4 7 8	-1.1×10^{-3}
E - G	1 7 7 9 8 6	-2.3×10^{-3}
H - I	1 7 0 3 2 1 3	0.6×10^{-6}
L - J	2 0 1 9 8 4 5	5.9×10^{-6}
K - L	1 8 8 0 7 7 5	3.2×10^{-6}
K - J	1 7 1 6 5 4 2	2.9×10^{-6}

注） 1：「長さ」は、両端の標石の頭部間の斜距離である。

2：「歪量」は、最後の測定値による歪量（第10図右端の値）であり、+は伸び、-は縮みを表わす。

である。

今回の有珠山の活動に伴う地盤変動は、有珠山の東～北側の地域において顕著であるが、第10図にもこのことが明りょうに現われている。次に各地域について少し詳しく述べる。

(1) 有珠山の南側

有珠山の西南西方向及びほぼ南方向に設置した4本の測線では、長さにして10～20mm程度の変化も観測されているが、全体を通じて変動量はおよそ 10^{-6} のオーダーで、ほとんど変化はなかったとみることができるようである。

(2) 昭和新山付近

測線は、有珠山と昭和新山との間の平坦な地域に設置してある。第10図でわかるように、これらの測線における変動が最も大きかった。

観測を開始した9月中旬頃は、これらの測線ではかなり大きな（15～16mm/day）縮みが観測されている。その後両測線とも変化の速度がやや減少し、10月中旬頃までは7mm/day程度の割合の、10月中旬から11月末までの間では4～5mm/dayのほぼ一定の割合の変化が続き、約2.5カ月の期間に両測線ともほぼ同じ量（41～44cm）の縮みが観測された。11月末現在の歪量はそれぞれ 1.1×10^{-3} （E-F）及び 2.3×10^{-3} （E-G）である（第4表）。

第10図から想像されるように、この地域では、今回の観測が開始される以前にかなり大きい速度でかなりの量の地盤変動があったものと思われる。

(3) 有珠山の北東側

この地域には洞爺湖岸を含む三角形A-C-D（A点は三恵病院の敷地内）及びA-Bを設置した。

測線A-C、A-D及びD-Cは観測期間を通じていずれも縮みを示しており、A-C、A-Dでは

その量が大きかった。

D-Cは、ほぼ湖岸に平行な方向の測線であるので、湖岸付近のしかも湖岸に平行な方向の地盤変動のパターンを知る上に重要な測線である。

第10図からわかるように、この測線D-Cは、その量はあまり大きくなかったが、ほぼ一定の割合で変化を続けている(11月末までの変化量は、約13cmの縮みであった。第4表参照)。

A-C及びA-Dは、観測当初からかなり大きな変化を示しているが、11月中旬以降の変化は特に大きくなっている。

期間中のこれらの測線の長さの変化量は、それぞれ約216cm(A-C)及び約49cm(A-D)であったが、これらの値の半分以上は、11月10日の観測時以降12月1日までの21日間の変化量である。

このような比較的短期間の大きな変化は、11月中旬～下旬の間で不連続的に大きな変動があったためか、あるいは11月中旬以降変動の速度が大きくなったためか、今回の観測結果だけではわからないが、少なくとも11月末日現在もかなりの速度で変動が進んでいることは、第10図の最後の2回の測定値からも推定される。

A点のある三恵病院付近は、路面の盛り上がり、石垣のふくらみ、家屋の変形、などの現象が著しく、山麓周辺では地盤変動の特に大きいところである。測線A-C、A-Dで、特に変化が大きいのは、A点の有珠山外輪方向からの圧力のため、北東ないし東北東方向に大きく圧縮変動していることによるとと思われる。

A-Bの変化は上の各測線のものと多少異なり、10月中旬の観測時まではやや大きい速度(約4.5mm/day)で伸びを示していたが、その後その速度は減少し、11月10日の観測以降は縮みに転じておりその量もかなり大きい(11月10日と12月1日の測定値の差は約26cmである)。

有珠山外輪からみたA、B两点のおおよその関係位置は、中間に東丸山をはさんで、A点はその左側、B点は右側にあたる。A-Bの上のような変化のパターンは、A、B両地点における地盤変動の相対関係を表わしているものと考えられる。

4. むすび

今回の有珠山の活動に際し、9～11月の間ほぼ定期的に、航空機による有珠山の赤外線熱映像の撮影及びジオジメーターによる有珠山周辺の地盤変動測定を実施した。

現在資料の解析を行っている段階であるが、今までに得られた結果の概要はおおよそ次のとおりである。

(1) 検知された有珠山の地熱地帯は、小有珠、オガリ山、大有珠及び昭和新山にあった。いずれの地熱地帯も、時期によってその形状が若干変動しているようである。

小有珠の地熱地帯では、11月8日の測定においてかなりの高温が観測され、このころ小有珠の一部でかなり地熱が上昇していたと考えられる。たまたま同月16日に小有珠の北東部で小規模の噴火があったが、地熱温度の上昇は、この噴火の前駆現象であったのかも知れない。

(2) 光波測量によって得られた有珠山周辺の地盤変動は、昭和新山付近及び有珠山北東側において顕著で

あった。しかし、有珠山の南側では殆んど変動はみられなかった。

昭和新山付近では、観測の初期にはかなり大きな変化があったが、後半には変化の割合がややゆるやかになり 11 月末現在も続いている。三恵病院敷地内に設置した A 点を含む測線では、11 月中旬以降変化が急に大きくなっていた。11 月 29 日及び 12 月 1 日の測定値からも、これらの測線の変化量は、11 月末現在でもかなり大きいことが推定される。

なお、光波測量によって得られる長さは、両端の標石間の斜距離であるが、測定された長さの変化量は、水平方向の伸縮のほかに、一端が他の端に対して垂直方向に変動する場合にはそれによる変化分も含まれる。特に両端の高低差が大きい場合には垂直変動の影響も大きくなる。

今回の火山活動による地盤変動では、地域によってはかなり大きい地盤の隆起が観測されているので本文中に記載した数値等を見る場合には、このことを考慮する必要があるが、ここでは詳しい議論は省略した。