

草津白根山の集中観測*

東京大学地震研究所

1. はじめに

草津白根山水釜の1976年2月末の新しい噴火活動を機に、同火山の今後の活動の推移をみるべく、地震研究所が地球物理学的予備調査を行うことが決まり、申し合せによって、概略下記の要領で観測を行った。

第 1 表

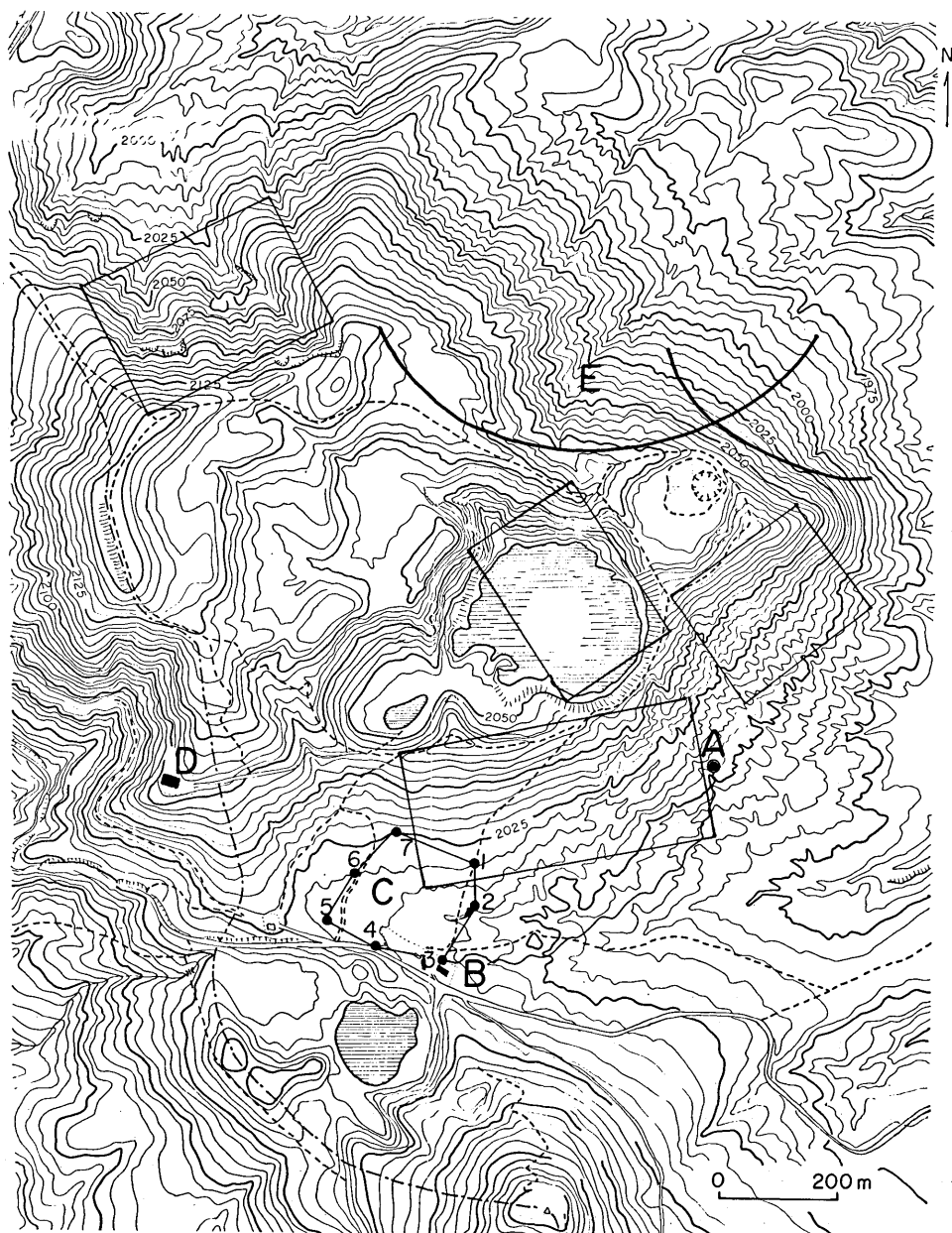
項 目	期 間	観 測 内 容
地 震 測 定	1976年6月24日-10月28日	倍率30,000/10HZの上下動地震計 1台による観測 草津町役場委託
地 熱 測 定 { 1) キャノンサーモカメラ による熱撮像 2) IR Radiometer による温度測定 3) 1m深温度分布	1976年7月31日-8月1日 1976年 4月25日-27日 8月29日 1976年 7月31日-8月8日 8月23日-29日	主として山腹および湯釜の撮像 主として水釜内新火口、および水釜火 口壁の温度分布と、その時間的变化 水釜、湯釜、洞釜の内外を中心として 157点の温度測定、サーミスター24個使用
地形変動測定 { 1) 傾斜変化 2) 水準測量	1976年6月18日- 1976年9月6日 10月6日	白根山旧火山館にTEM型傾斜計4台 (2台×2成分)を設置観測中 白根山南側自動車駐車場を中心として周 囲1Kmの路線設置2回測定
地 磁 気 測 定	1976年6月30日-7月2日 7月13日-17日 10月16日-17日	磁気点設置 伏角4点、全磁力13点測定、逢峯南方 に全磁力基準点を設け連続測定 全磁力15点測定 柿岡地磁気観測所 と協同
重 力 測 定	1976年8月6日-10日	ラコステ重力計2台により25点で測定 (うち浅間山との等重力点が1点) 北大と協同

この報告では、これらの観測項目のうち、主要なものについて項目別に述べ、ここに記載されなかったものについては、本年更に観測を実施して解析をつづけて、他の観測結果をも参考にして将来の活動の予測の資料としたい。

* Received Jan. 31, 1977

なお、地震観測記録器の設置、記録紙の取り替え、その他、多くの面で御協力をいただいた草津町役場の山田武平企画課長および現地のレストハウスの職員の方々に謝意を表したい。また、傾斜計設置に際しては、旧火山館の施設の利用を認め、種々御援助いただいた国土計画株式会社に御礼申し上げる。

草津白根山の地形図（建設省関東地方建設局利根川水系砂防工事事務所製）ならびに、種々の観測点を第1.1図に示す。



第1.1図 A……換振器設置位置、B……地震計記録部、C……水準測量網、D……傾斜計
E……サーモカメラによる赤外撮像区域（6区域を矩形枠および円弧で示す）

2. 地震観測

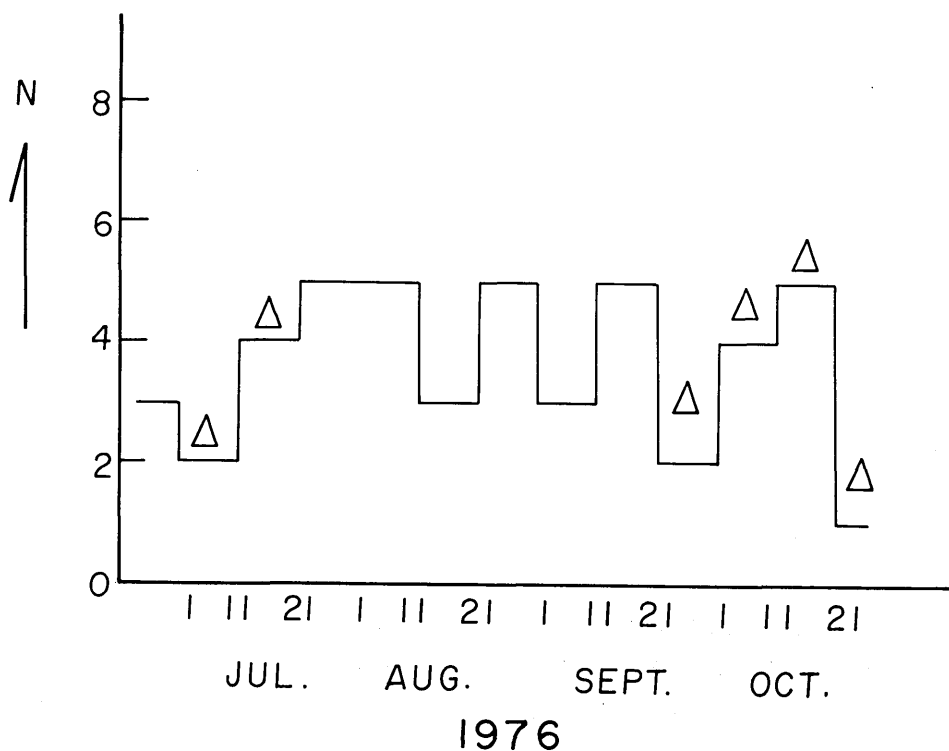
2.1 観測方法

噴火以後の草津白根山の湯釜、水釜付近の火山性地震の活動度を監視する目的で、水平動地震計による一点観測をほぼ4か月間実施した。換振器は第1図中のA点に設置し、記録器は白根山レストハウス事務室(B点)に置いた。観測はレストハウスが冬期閉鎖される直前までつづけられた。

換振器	成分	倍率	記録方式	観測期間
1Hz	水平動	(速度) 30,000 (10Hz変位換算)	インキ書き 2mm/s	1976年6月24日 —10月26日

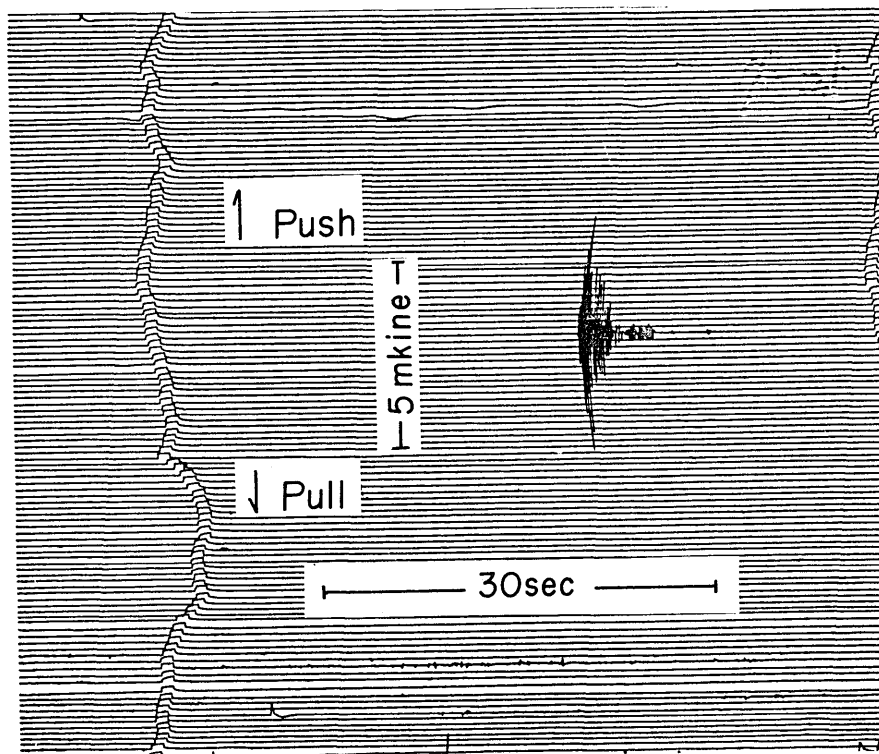
2.2 観測結果

湯釜周辺に発生していると思われる火山性地震の10日ごとの数を第2.1図に示す。



第2.1図 草津白根山に発生する火山性地震の10日ごとの数
(Δ……1部欠測)

また、記録された地震のタイプは、第 2.2 図の例でわかるように、大きな初動ではじまり、(S-P) は読みとれないというものが大部分であった。地震の数は 1 日平均 0.39 回で、1 日に 3 回以上地震のあった日は、観測期間中皆無であった。これは東大地震研究所が、過去、草津白根山で行なった観測結果と比較しても、静穏な部類に属する。



第 2.2 図 草津白根山に発生する火山性地震の記録例

3. 地熱測定

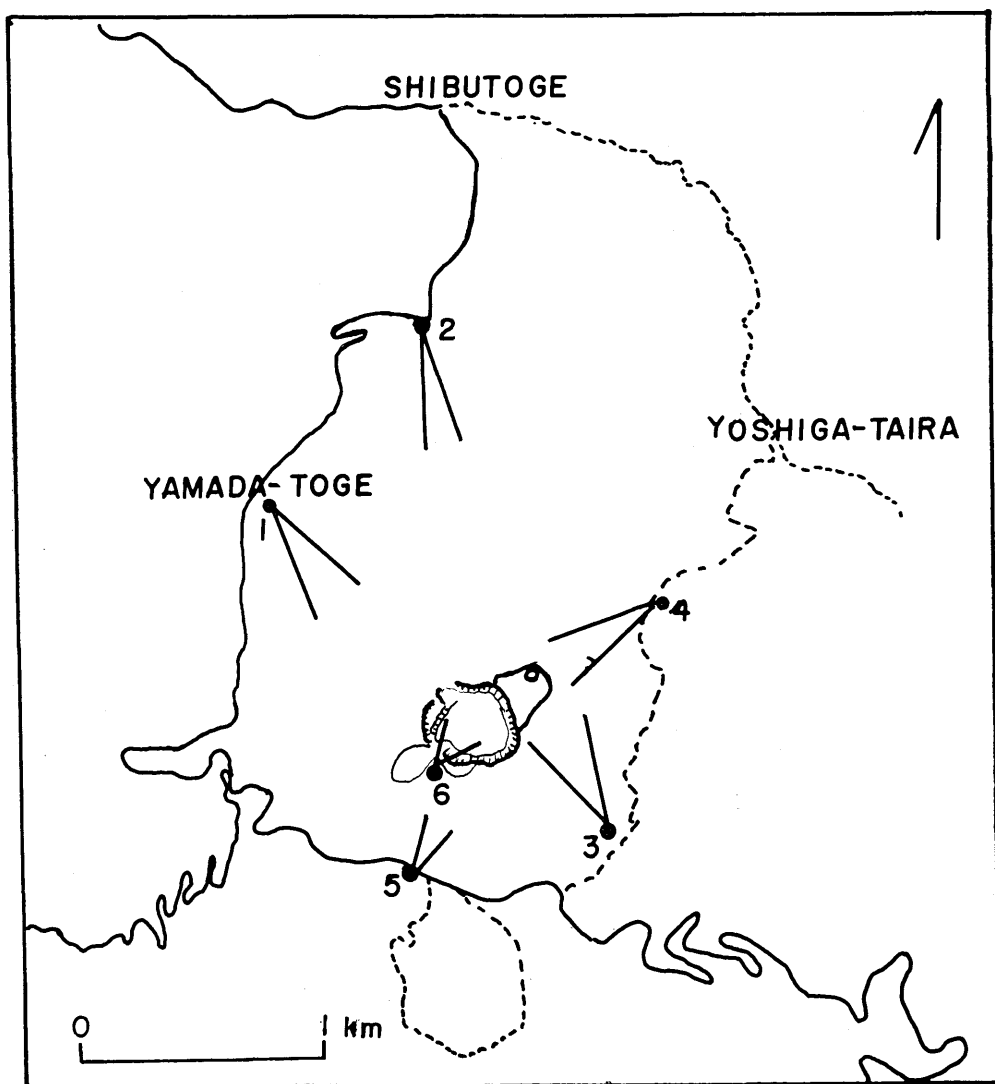
地熱測定としては、1) サーモカメラによる撮像、2) ERI 型赤外放射温度計による水釜火口内測定、3) 1 m 深の多数点における地温測定の 3 種類の測定を行った。

3.1 サーモカメラによる熱撮像

キャノンサーモカメラ CT4B を使用して 1976 年 7 月 31 日～8 月 1 日に、主として山腹および湯釜の撮像を行った。装置全体の重量がかなりあるので運搬範囲の制限を受けた。

第 3.1 図に示すように、山腹は 5 か所に順次設置したサーモカメラにより撮像された。また、湯釜は火口壁上から撮像された。

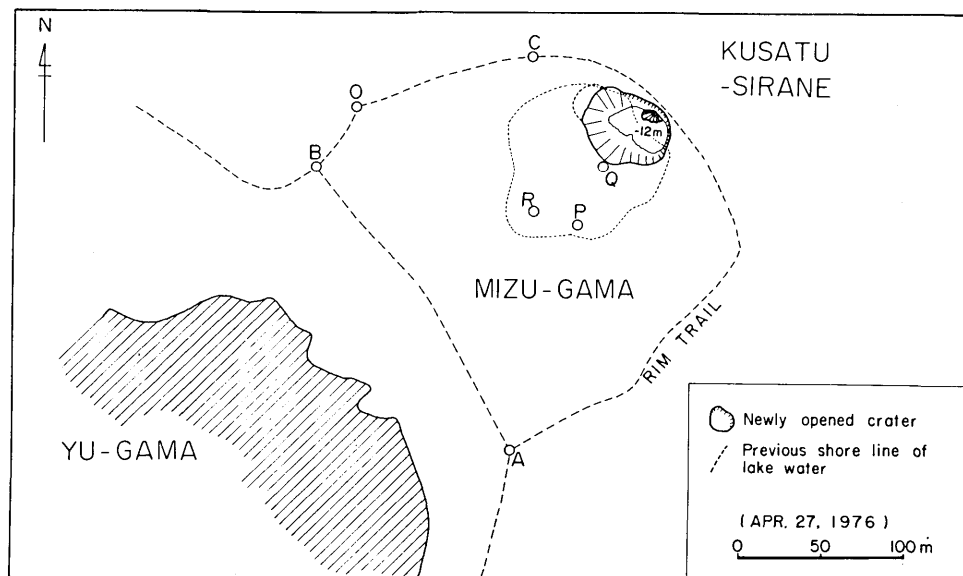
サーモカメラで得られたパターン映像によれば、草津白根山北部および北東部の割れ目高温部は依然として温度が高いが、南側斜面については、格別の高温部は見出されず、かつ、1942 年の割れ目も温度異常として検出されなかった。



第 3.1 図 キャンソサーモカメラの設置位置

3.2 ERI 型赤外放射温度計による水釜火口内温度測定

ERI 型 IR ground scanner による水釜火口内温度測定は第 1 回が 1976 年 4 月 25 日 - 27 日に行われている。同一規格の測定を 8 月 29 日に実施した。第 3.2 図は ground scanner の設置点を示す。NW 内壁は 4 月、8 月とも P 点から測定。SE 内壁は 4 月には O 点から、8 月には R 点から測定。また、新火口内部の測定は両回とも Q 点より行った。

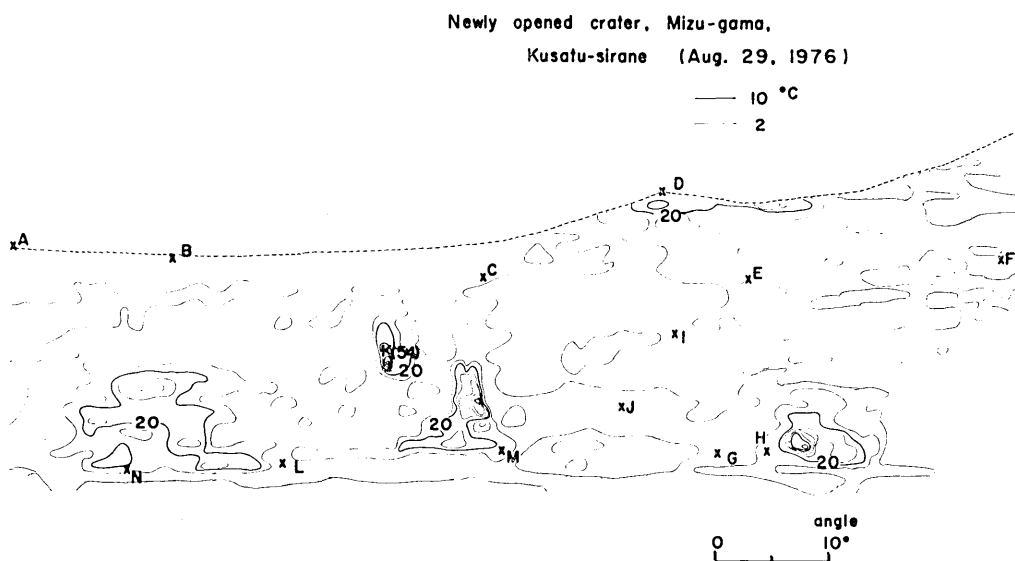
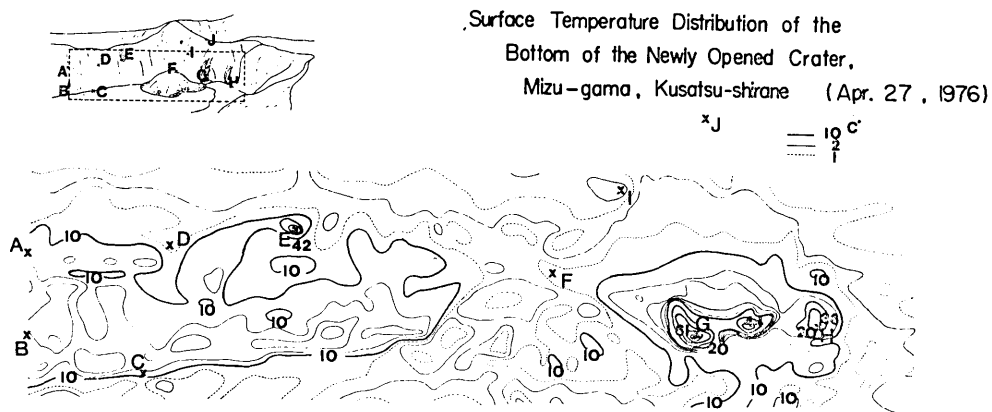


第 3.2 図 赤外放射温度計 (ERI 型 IR Ground Scanner) の設置位置 (O, P, Q, R) と、水釜新火口の位置

第 3.3 図は 4 月と 8 月における新火口内部の NE 壁面の温度である。上図左上のスケッチ上の点線で囲まれた部分の表面温度分布が上の図であり、8 月の測定範囲 (下図) は、稜線まで測定してある。下図の点線 (A-B-D) は稜線を示す。上図と下図とで地点の記号 (A, B, C, ……) は一致していない。この両図を比較すると、火口底の深さは流入土砂のため浅くなっており噴気孔の温度を直接比較できないが、4 月にかなり温度が高かった噴気孔付近の温度は低くなっている。これに反して、北東内壁中央部にある穴の温度は 12℃ の温度上昇を示している。更に、火口壁最高点 (下図の D 点) にやや高温部が見出される。

一方、水釜の北西火口内壁にはいくつかの噴気がある。その付近を中心とした 2 回の測定例を第 3.4 図に示してある。図中、点線は稜線であり、地表面温度のコンターは 5℃ ごとに引いてある。一番下の図は 4 月と 8 月の温度差である。これらはすべて垂直、水平 1 度ごとの温度をスプライン関数を用いて計算機処理したものである。中央部で、温度が高くなっていることがわかる。

以上 ground scanner による 2 回の測定によれば、新火口の噴気孔の温度は、埋まったため見かけ上、温度が下ったように見えるが、他の場所では、測定時の気温の差以上に、地温が上昇している場所が見出された。

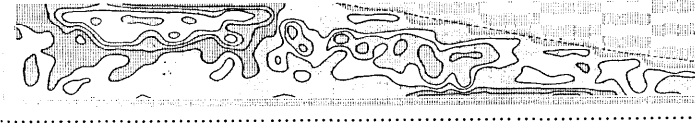


第 3.3 図 水釜内新火口北東内壁の表面温度分布、上図は 1976 年 4 月 27 日、下図は同年 8 月 29 日測定。細線のコンターは 2℃ ごと、太線は 10℃ ごとに引いてある。

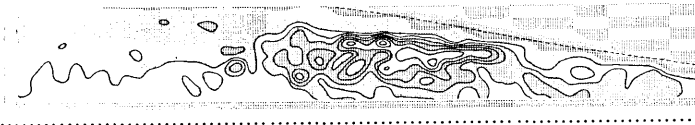
Inner wall(NW) of Mizu-gama,
Kusatsu-sirane

— 5 °C

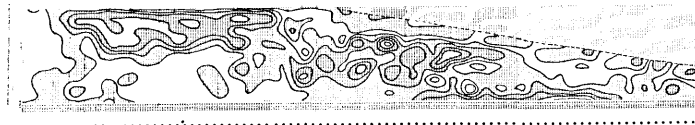
(Apr. 27, 1976)



(Aug. 29, 1976)



(Aug. — Apr.)

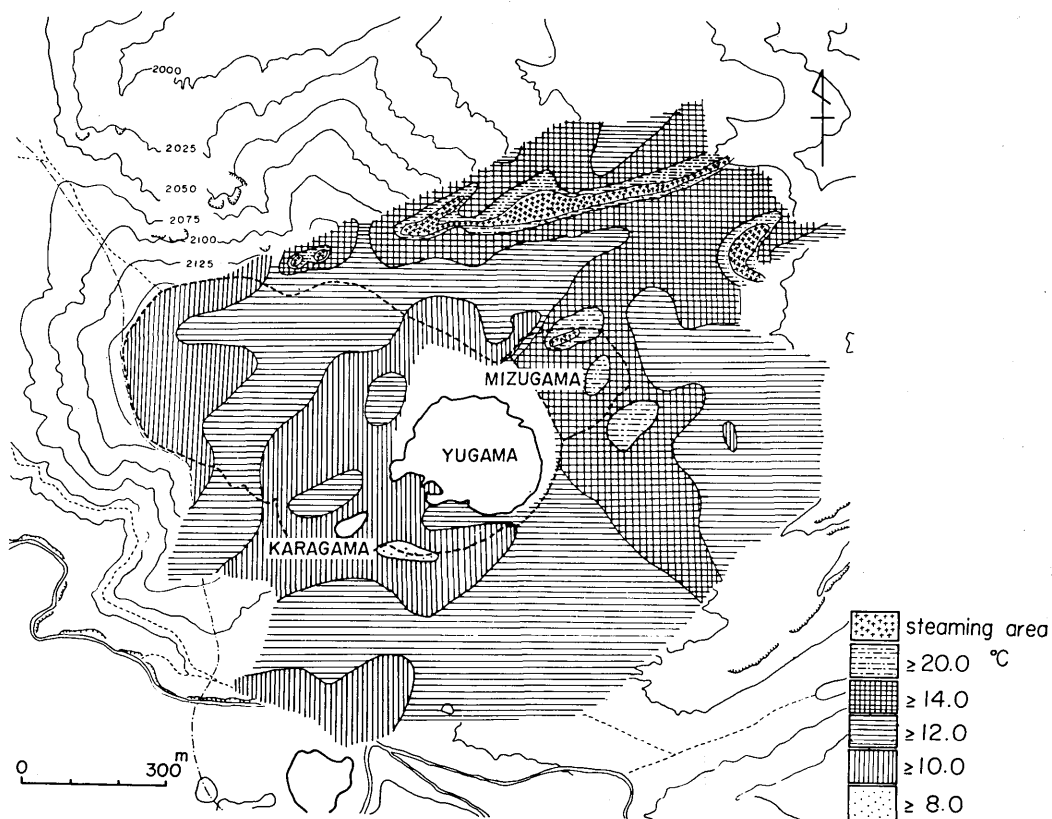


第 3.4 図 水釜北西火口壁噴気地帯の表面温度分布。
上よりそれぞれ 4 月の測定値、8 月の測定値、両測定値
の差である。これらは、すべて計算機処理によった。

3.3 1 m 深の温度分布

草津白根山全体の地中温度分布のパターンを知る目的で、7 月 31 日—8 月 8 日、および 8 月 23 日—29 日の 2 回にわたり、24 個のサーミスタを用いて合計 157 点の 1 m の深さの地中温度を測定した。多数のサーミスタを使用した理由は、測定温度が定常値に至るまでの時間を節約するためである。測定はブリッジボックスにより、測定精度は $5/100^{\circ}\text{C}$ である。測定結果から等温線を引くと第 3.5 図の如くなる。北側の山腹の噴気地帯を中心とした部分および、水釜から SSE に延びる帯状の地帯と NE に延びる地帯とが温度が高い。それに反して湯釜から西および南の部分には高温の部分が見られない。また、1942 年にできた南側の割れ目地帯も、温度の異常が見当たらない。

この測定結果から、現在草津白根山の地下温度の異状は、湯釜より北および東に偏在していることがわかった。



第 3.5 図 草津白根山を中心とした 1 m 深の温度分布

4. 傾斜変動測定

草津白根山の今後の活動を監視する目的で、T E M型傾斜計を第1図のD点（国土計画所有の旧火山館）に設置して、1976年6月18日から記録を開始した。一方、長期間にわたる傾斜変動およびその方向を、任意の時間間隔で知る目的で、第1図にCで示される位置に水準測量網をつくった。

4.1 傾斜計による観測

旧火山館ロープウェイ基礎コンクリート台上にT E M型傾斜計を1成分2台ずつ2成分設置して、旧事務室内に打点式記録器を置き観測を行った。1月ごとに現地へ行って記録のとりかえを行ったが、設置当初数か月は種々のトラブルがあって信頼できる記録は得られていない。現在も観測続行中であって、冬の唯一の傾斜変動のモニターである。

4.2 水準測量

水準測量結果の処理、および測量作業の難易さを考慮して、水準点は東西にやや長い環状になるように設置した。水準点は金属標の埋設（4点）、および自然石の加工（3点）によって作製した。第1図にはこれらの水準点の位置が示してある。測量は1976年9月6日と、10月6日の2回実施した。

測量結果と比較変動値は第4.1表に示すとおりである。変動値によれば、1か月間に、東下りまたは西上りの傾動があるように見られるが、測量誤差を考慮すると、有意義とは認めがたい。今後も引続いて再測を実施する予定である。

第4.1表 草津白根火山の傾斜変動測定用小水準測量網測量結果および比較変動値

R. H. Date. BM. No.	ΔH_1	ΔH_2	$\Sigma \delta h_i$ $\Delta H_2 - \Delta H_1$
	1976.9.6.	1976.10.6.	
1	Fixed	Fixed	0.0 mm
2	-8.1101 m	-8.1101 m	0.0
3	-11.9589	-11.9585	+0.4
4	-5.2884	-5.2872	+1.2
5	-2.5807	-2.5795	+1.2
6	+3.7088	+3.7100	+1.2
7	+8.7992	+8.8002	+1.0
Closing E.	+0.0002	+0.0012	

5. 地磁気測定

別報告参照（本号）

6. 重力測定

別途に報告

7. 草津白根山の現状の検討

種々の観測結果の主な点を項目的に再録すると次のようになる。

イ) 地震活動度は低く、いずれも浅い地震である。

ロ) 水釜火口内の表面温度の再測によれば、高い所で10数度の温度上昇が見られる。

ハ) 2回の水準測量では地盤傾斜は検出されない。

ニ) 全磁力の2回の測定（1976年7月、10月）によれば0.2～5.7ガンの増加を示した。

以上の観測結果を総合すると、現在草津白根火山では1976年11月頃までは、火山活動がやや衰退の傾向にあると推察された。火口内の温度上昇については次のように解釈した。即ち、4月の測定時には水釜火口底にあった水および雪が新火口底に流入し、相当量の冷水が新しいベントの中に流れこんだ。しかし、8月には、もはやこのような流入水もなくなっていた。従って、見かけ上の温度上昇は、流入水の変化により、やや深部での熱の収支の状態の変化によるものと考えられる。

なお、地中温度分布の測定結果から推定すると、近い将来、もし活動が活発化することがあるとすれば湯釜より北一北東一東の部分の可能性が強いと予測される。

冬は積雪が深いので、傾斜計の連続観測のみを行っているが、融雪後は、適当な時期に、空中赤外映像、地上赤外測定、水準測量、地磁気、重力測定を実施する。草津白根山では、特に、地熱の詳細な観測が噴火予知研究に重要である。