

28. 草津白根山の1976年の水蒸気爆発と、 それに関連した集中火山観測

地震研究所

}	下	鶴	大	輔
	行	田	紀	也
	小	山	悦	郎
	宮	崎		務
	沢	田	宗	久
	長	田		昇
	萩	原	道	徳
	竹	田	豊	太郎

(昭和53年4月28日受理)

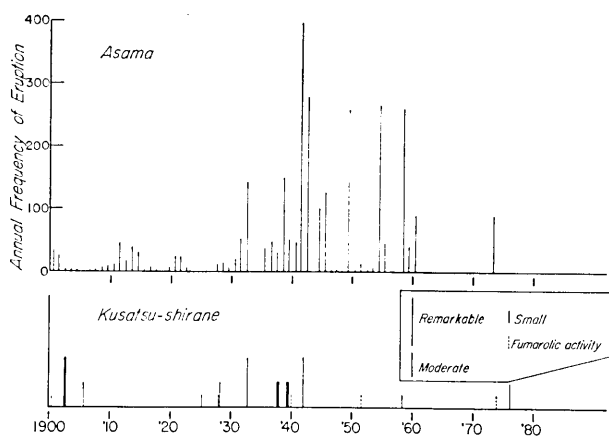
1. 緒 言

浅間山の北 30 km に位置する草津白根山は長い間静穏であったが、1976年(昭和51年)2月末—3月2日の間に、小規模の水蒸気爆発を起した。噴火は厳冬期であったため、幸い人命に損害はなかったが、草津白根山には年間を通じて250万人の観光客が訪れるといわれているので、その後の火山活動が注目された。白根山の常時観測としては気象庁が、逢の峯に地震計上下動1成分を置いて委託観測をしていたに過ぎなかった。以上の条件を考慮して、地震研究所が主体となって、草津白根山の集中火山観測を行なった。諸種の観測のうち、重力測定は、浅間山集中火山観測の報告の中に含まれており、また、地熱調査および地磁気調査に関しては、本報告と別途に本彙報に報告されている。

2. 1976年の噴火以前の活動

今世紀に入ってから草津白根山の噴火活動は、今世紀初頭と、1930—40年代に活動期があった。特に1932年10月1日の噴火では、山上施設の被害が甚大で死者2、負傷者7を出している。さらに1942年2月2日の噴火でも火口附近の施設が被害を受けている。それ以後は、1958年に湯釜内で小噴火が報告された以外に噴火はなく、異常噴気活動等が時にはあった程度であった。

草津白根山は浅間山の北 30 km に位置しており、浅間山の活動との関係が興味深い。第1図は、1900年以降の両火山の噴火を日本活火山要覧(1975)にもとづいて示したものである。草津白根山は、記述に従って、噴火の規模をわけて表わしてある。浅間山は、毎年の噴火回数を表わしている。1900年の前半では、噴火回数が少なく報告されている恐れがある。両者の活動には明瞭な関係があるとは判じ難い。



第1図 浅間山と草津白根山の噴火の関係

小坂らは、1960年頃から、白根山周辺の噴気ガス成分の調査を続けていたが、近年になって、高温型のガスの特徴である SO_2 が若干混在するようになったことを見出した。また、 H_2S ガスもその濃度および噴出量が共に増加し、噴出面積も広がってくる現象が認められたと報告した(小坂, 1975)。特に、山頂水釜付近の噴気孔では噴出総量は少ないが、比較的 SO_2 濃度の高いガス孔が発見されたことは注目すべき事実であった。

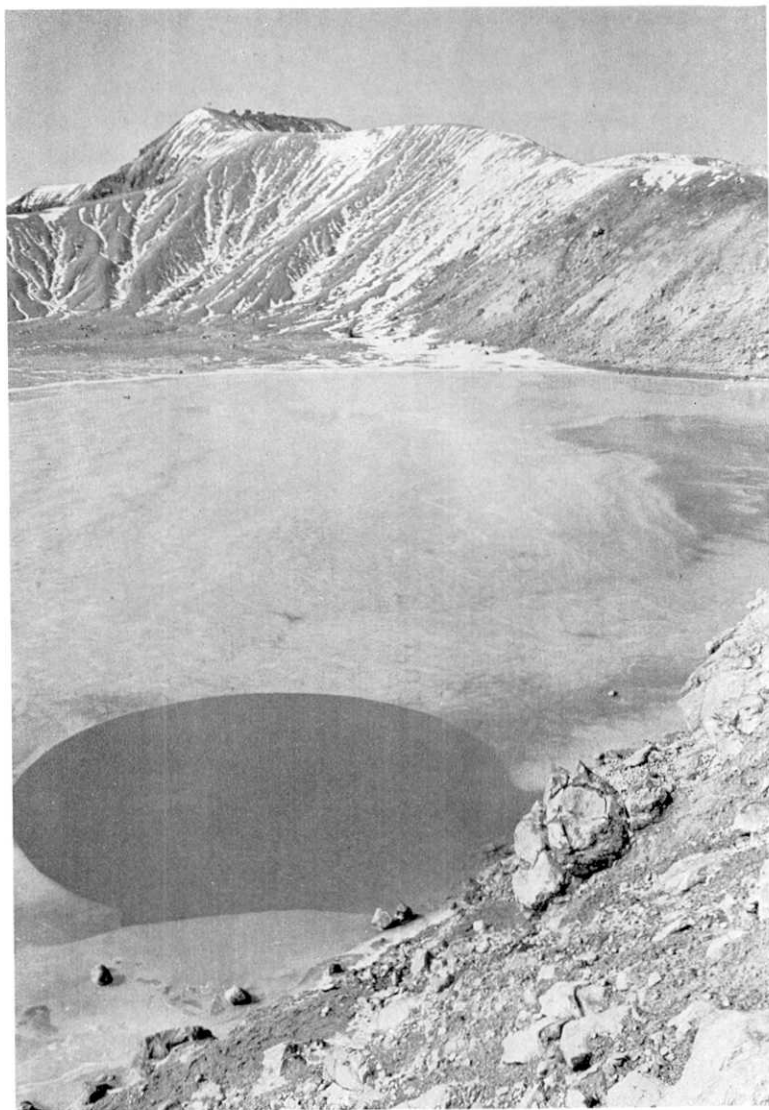
また、前橋市の宮崎三郎氏が1975年11月24日(噴火の3ヶ月前)に白根山に登山し、水釜の写真を撮影している。この写真(第2図)によれば、水釜の表面は凍結しているが、北東部に丸く溶け、その中央部に変色部分が見られる。この部分は、丁度3ヶ月後に噴火した場所に相当するのであって、既に熱的前兆現象が明瞭であった。

しかるに、この種の水蒸気爆発に共通とも思われることは、前橋地方気象台の逢の峯の地震計には、火山活動の活発化を示す火山性地震の発生は記録されていなかった。

我々は、過去の火山性地震の活動度と比較すべく、1974年10月に地震観測を行なったが、特に高いレベルの地震活動を観測することはなかった(後述)。

3. 1976年の噴火

以上のような状況のもとにあった草津白根山は、1976年の2月末か3月はじめに水釜北東部火口内より噴火したのである。最初の発見は、3月11日に前橋地方気象台員および草津町役場職員が、白根山山頂附近を視察中に、水釜の新噴火孔を見つけた。噴火発生の日時は明確ではない。小坂らは、噴出物と降雪の層序から噴火は2月29日と推定している。一方、芳ヶ平ヒュッテの佐藤万吉氏によれば、2月28、29日は雨で白根山が見えず、3月2日に快晴となって山頂に黒く灰が積もっているのを確認した。気象庁逢の峯の地震記録によれば、3月2日18時頃をピークとして地震数が急増している。(気象庁観測部地震課, 1976) この地震活動が今回の爆発に伴ったものかどうかは、即座には断じ難い。従って、今回の噴火が2月29日か3月2日かは明らかでない。このことは、近年の火山

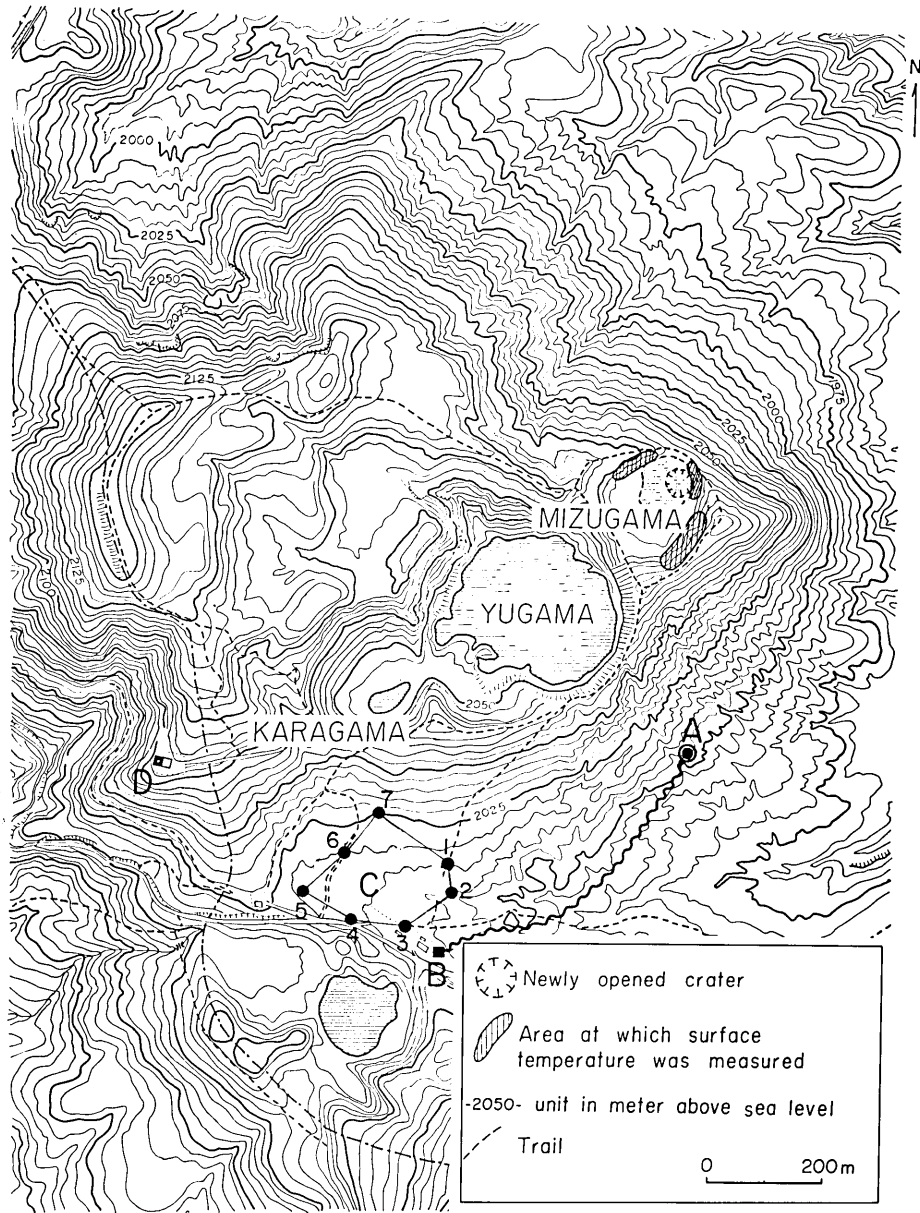


第2図 1975年11月24日に撮影した水釜の写真
(前橋市宮崎三郎氏による)

噴火の記載としては甚だ異例の出来事であって残念であるが、噴火規模が小さく音が聞えず、天候が悪く、かつ冬期のため登山客が居なかったことなどから止むを得ないことと思う。

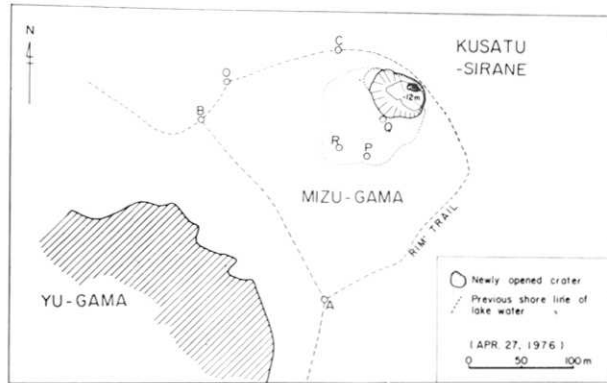
我々は草津白根山有料道路の除雪開通後直ちに、現地に赴き、新噴火口の測量および熱測定を行なった。

新噴火口は、第3図に示すように、水釜の北東端であって、測定によれば、長径 60 m,



第3図 草津白根山の地形図と新噴火口の位置および地震(A, B), 水準(C), 傾斜計(D)の観測点

短径 43 m, 深さは 12 m であった。今回の噴火によってとばされた全体積は、回転楕円体の半分として計算すると $16,200 \text{ m}^3$ となる。第4図は水釜内に生じた新噴火口の位置を示す。噴火時には、水釜内に水が約 30 cm, その上に氷および雪が約 50 cm あったが、噴火によって、水は、新噴火口内に激しく流入した。噴出物は新噴火口の北西方向に分布



第4図 水釜と新噴口の大きさ。1977年4月27日の測量による

し、小岩塊および、砂礫、粘土質のものであった。今回噴火した場所は、1942年の噴火の際にも、explosion crater が出来た場所の一つであって、水上の論文(MINAKAMI, T., et al., 1942) の Fig. 9 および Fig. 28 に記載されている場所と殆んど同じである。また、津屋(津屋, 1933) による1932年10月の噴火の際に生じた水釜南部の火口群および、1942年の火口群の一配列の北への延長上にあたる。おそらく、弱線上に乗っている場所であろうと思われる。第5図は、水釜西方壁上より見た新噴火口である。



第5図 水釜西方壁上より見た新噴火口。1977年4月27日撮影

4. 集中火山観測

今回の噴火を期に、草津白根山が今後どのような活動を示すかは、観光シーズンを迎えて重要な問題であった。従って、我々は、第1表に示すように、地震、地熱、地形変動、地磁気、重力等の測定を柿岡地磁気観測所および北大理学部との協同で実施した。これらの測定のうち、地熱、地磁気および重力の測定結果については、本号に別途報告してある。ここでは、地震および地形変動の測定結果の概略について述べる。

4-1. 1974年の観測

草津白根山で火山ガスの成分に変化が生じてきたこと(小坂, 1975)から、草津白根山の山体に発生する地震の活動度に異常が認められるか否かを調査する目的で、地震の臨時

第1表 1976年に行われた草津白根山の集中火山観測に関する観測項目その他

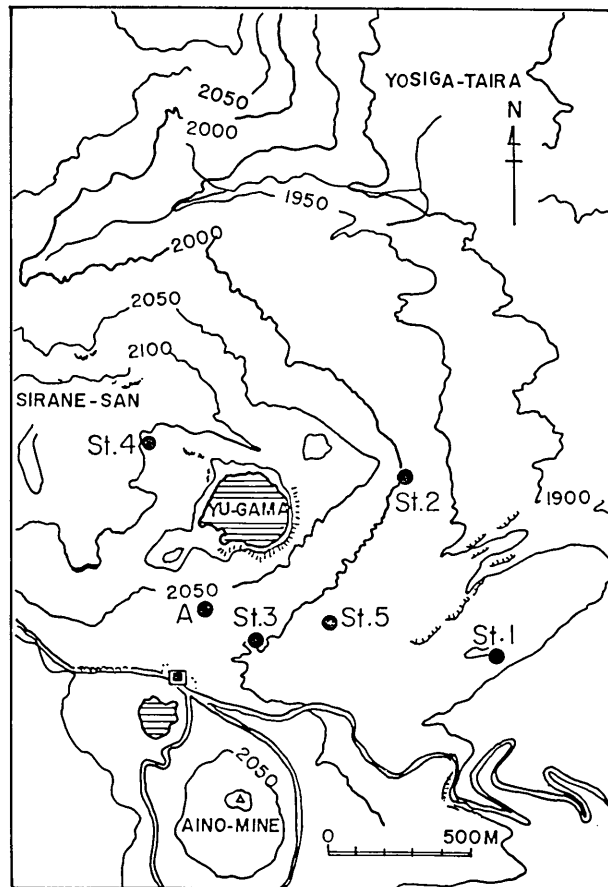
項 目	期 間	観 測 内 容
地震測定	1976年6月24日—10月28日	倍率30,000/1HZの上下動地震計1台による観測 草津町役場委託
地熱測定	1976年7月31日—8月1日	主として山腹および湯釜の撮像
{ 1) キャノンサーモカメラによる熱撮像 2) IR Radiometerによる温度測定 3) 1m深温度分布	1976年4月25日—27日 8月29日	主として水釜内新火口、および水釜火口壁の温度分布と、その時間的变化
	1976年7月31日—8月8日 8月23日—29日	水釜、湯釜、潤釜の内外を中心として157点の温度測定、サーミスター24個使用
地形変動測定	1976年6月18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
{ 1) 傾斜変化 2) 水準測量	1976年9月6日 10月6日	
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

第2表 1974年の地震観測諸量

換振器	成分 (台数)	倍 率	記録方式	観測期間
1 Hz	V ₁ H	(変位) 3000倍	ス書き (1 mm/sec)	1974年 10月20日～11月1日
3 Hz	V(4)	(速度) 20万倍 (10 Hz 変位換算)	インク書き (10 mm/sec)	1974年 10月21日～11月1日

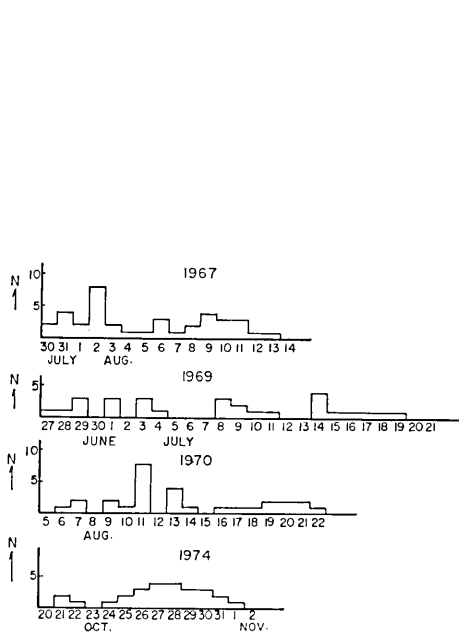
観測を行なった。地震計の種類および観測期間は第2表の通りである。観測点の位置は第6図に示す。図中、St. 1~4には3 Hzの上下動地震計を、St. 5には1 Hzの上下・水平2成分の地震計を設置した。記録計は白根山レストハウスに置いた。刻時は水晶時計およびNHKの時報によった。煤書き記録によれば、草津白根山に発生していると思われる火山性地震の型は、1) S-P時間が短く、いきなり大きな初動から始まるもの、2) (S-P)が1)に比べやや長く、S相が比較的判り易いもの、3) 振動周期が1), 2)に比べやや長く、S相の明瞭でないものの3種類に分類出来る。これは、1973年の気象庁の観測結果と符合する(気象庁観測部, 1974)。

煤書き記録による(S-P)が3秒以下の地震について、日別頻度を示すと、第7図の一番下のようになる。参考のために、同じ倍率で観測された過去3回の地震観測結果も示してある。これによって明らかなように、1974年の観測期間中では、過去3回の観測結果と比較して、草津白根山に発生する火山性地震の活動度が特に活発になったとは認められない。



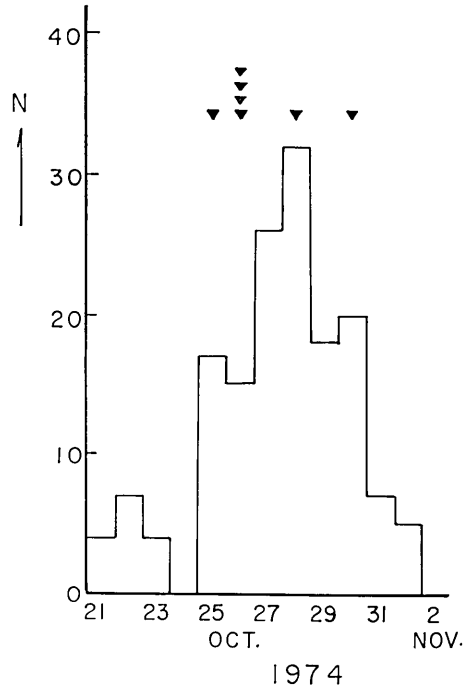
第6図 1974年の臨時地震観測の換振器の設置位置。四角印は記録計設置場所

高倍率のペンレコーダに記録された火山性地震の総数は、火山性脈動と考えられるものも含めて、160個であった。このうち、4点で発震時がよみとれた地震の回数は20個である。ペンレコーダ記録による地震の日別頻度を第8図に示す。P波の速度を2.4 km/sと仮定して、4点の発震時差から震源を求めると、湯釜の縁より南東方向へ1 km、深さ1~2 kmの範囲におさまる。



第7図 火山性地震の日別頻度
(3,000倍地震計による)

1967年…2.7個/日, 1969年…1.2個/日
1970年…1.8個/日, 1974年…2.2個/日



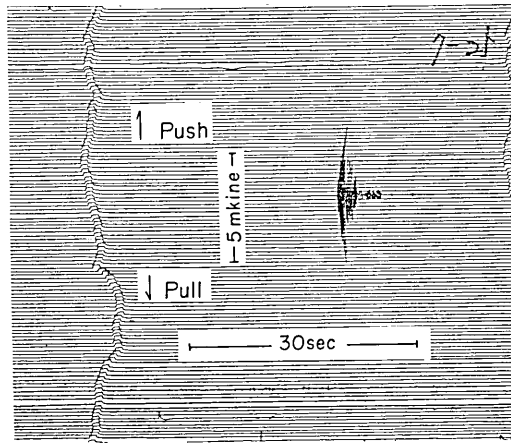
第8図 火山性地震の日別頻度 (高倍率ペンレコーダ記録器による) ▼印は火山性脈動

4-2. 1976年の観測

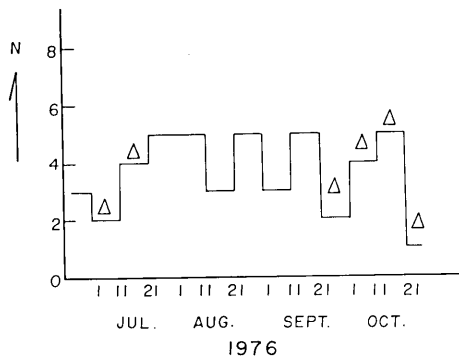
1 Hz 水平動地震計を第3図のA点に設置し、白根山レストハウス事務室にインク書きドラム式レコーダを置いた。観測は6月24日より開始し、レストハウスの冬期閉鎖直前の10月26日まで行なった。記録の取りかえは、レストハウスの方々の御協力を得た。第9図に示すように、(S-P)が殆んど読みとれず初動の大きい地震が殆んどであり、1974年の場合と異なり、発生している地震は、ごく浅い所に限られていると思われる。これらの地震の10日毎の数を第10図に示してある。地震発生回数は1日平均0.4回で、1日に3回以上地震が起きた日は観測期間中皆無であった。この地震活動は、前述の過去の地震観測結果と比較すれば、活動度がむしろ低下したと考えてよい。

4-3. 地形変動観測

地震観測終了後の冬期の火山活動を追跡するために、TEM型傾斜計を第3図中のD点にある国土計画所有の旧火山館のロープウェイのコンクリートブロック上に設置した。傾



第9図 1976年の地震の記録例



第10図 1976年の火山性地震の10日毎の頻度分布。Δ…一部欠測

第3表 水準測量成果

BM. No.	R. H.	ΔH_1	ΔH_2	$\Sigma \delta h_1$ $\Delta H_2 - \Delta H_1$
	Date	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	



第 11 図 1978 年 5 月 2 日の水釜新火口の状況

斜計は2台ずつを1成分として、2成分を打点式記録計に記録させた。記録交換は1月毎に現地へ赴いて行なったが、当初数ヶ月は種々のトラブルがあって信頼出来る記録は得られていない。記録途中で電氣的故障、スケールアウト、インク切れなどで満足出来るデータを得ることが出来ず、1977年3月12日には観測を打切った。

一方、山体の傾動を知る他の方法として、第3図中にCで示されてあるように駐車場を中心として、4点に金標の埋設および3点の自然石の加工によって、小スパンの水準路線を設けた。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量を第3表に示してある。これによれば、1ヶ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られない。

5. まとめと考察

種々の観測結果の主な点を省述すると次のようになる。

イ) 火山性地震の活動度は低く、発生している地震の震源は極めて浅い。

ロ) 2回の水準測量では地盤の傾動は検出されなかった。

ハ) 別途報告による熱測定では、水釜火口内の表面温度が4ヶ月間で高いところで10程度の温度上昇がある。

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

以上の観測結果を総合すると、1976年11月頃までの草津白根山では、火山活動が衰退しつつあると推察された。火口内では温度が上昇しているが、これについては次のように解釈出来る。即ち、4月の測定時には、水釜火口底にあった水および融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変化によるものと考えられる。

草津白根山は、水蒸気爆発が将来も予想されるが、この種の噴火の前兆現象としての地震活動はあまり期待出来ない。Fig. 2に示したように、噴火前に、地熱が高くなったことは、今後の噴火予知研究上、重要な示唆を与えている。なお、草津白根山の地中温度分布の測定結果から推定すると、将来、活動が活発化するとすれば、湯釜より北一北東一東の部分の可能性が強いであろうと予測される。

6. 謝 辞

本集中火山観測を実施するにあたり、多くの方々の御協力を載いた。地震観測記録器の設置、記録紙の交換その他、多くの面で御協力を載いた草津町役場および現地の白根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、種々御援助をいたした国土計画株式会社に御礼申し上げる。傾斜計を貸与し、設置に御協力下さった本所の柳沢道夫氏に併せて謝意を表する。

この観測に要した経費の一部は、火山地震移動観測事業費によった。

文 献

- 気象庁観測部地震課 (1976), 草津白根山の火山活動, 特に震動観測結果について. 噴火予知連絡会報, 7号, 23-27.
- 水上 武他, (1942), 最近の草津白根火山の活動 (其の二). 地震, 14, 213-227.
- MINAKAMI, T. et al. (1942), Explosive activities of Volcano Kusatsu-sirane during 1938 and 1942 (Part II). *Bull. Earthq. Res. Inst.*, 20, 505-526.
- 小坂文予 (1975), 草津白根火山噴気ガス成分の変化. 噴火予知連絡会報, 2号, 15-20.
- 東京工業大学工学部・理学部, 上智大学理工学部 (1976), 草津白根火山1976年活動とその前後の水質・ガス成分の変化. 噴火予知連絡会報, 7号, 11-19.
- 東京大学地震研究所 (1975), 草津白根火山における臨時地震観測. 噴火予知連絡会報, 2号, 21-24.
- 東京大学地震研究所 (1977), 草津白根山の集中観測. 噴火予知連絡会報, 8号, 33-43.
- TSUYA, H. (1933), Explosive activity of Volcano Kusatsu-sirané in October, 1932. *Bull. Earthq. Res. Inst.*, 11, 82-112.

28. *The 1976 Steam Explosion of the Kusatsu-shirane Volcano and the Outline of the Joint Geophysical Observation.*

By D. SHIMOZURU, N. GYODA, E. KOYAMA, T. MIYAZAKI, M. SAWADA,
N. OSADA, M. HAGIWARA and T. TAKEDA,
Earthquake Research Institute.

The Kusatsu-shirane Volcano, located 30 km north of the Asama Volcano made a steam explosion in 1976 at the NE corner of the crater of Mizugama. The newly opened crater is elliptical in shape with axes of 42 m and 60 m and a depth of 12 m immediately after the eruption. No juvenile substance was thrown out. At the end of November, 1975, a photographer, S. Miyazaki, visited the volcano and found a circular patch of melted ice on the crater lake three months before the eruption. The melted part is approximately 15 m in diameter and just coincides with the site of the newly opened crater.

The Earthquake Research Institute organized joint geophysical observations including seismic, geomagnetic, geothermal, geodetic and gravimetric surveys. Temporary seismic observation and repeated surveys of total geomagnetic intensity implied the eruptive activity was over and no symptoms of the supply of heat from the source beneath the Kusatsu-shirane Volcano were found. In spite of such degenerated volcanic activity, we observed increased temperature inside the crater which seems to be a contradictory phenomenon. After the formation of the new crater, a large amount of cold water and melted snow were drained into the new vent. Therefore, at the time of the first infra-red survey in April, the temperature beneath Kusatsu-shirane was expected to drop for a while. This may be the reason why the temperature has markedly increased in spite of the declining volcanic activity. The results of the joint observations for each discipline are described in detail in the following articles.