

## 草津白根火山の再調査

太田良平\* 松野久也\*\*

### Reinvestigation of Kusatsu-Shirane Volcano

By

Ryohei Ota & Kyûya Matsuno

#### Abstract

Recently the writers made a field survey of Kusatsu-Shirane volcano, Gumma Prefecture, for the purpose of developing geothermal resources to find that the contents of Sheet Map "Kusatsu" which had been made by Ota, one of the writers, ten and several years ago should be partly revised.

The geological history of Kusatsu-Shirane volcano can be summarized as follows.

The basement rocks of the volcano are plagioclase-rhyolite, prophyllite, acid plutonic rocks which intruded into the first two and old pyroxene andesite lavas which flowed on the already mentioned rocks. The first three are supposedly of Neogene, the last being of Plio-Pleistocene. Afterwards this district was subjected to a crustal movement to be partitioned into many blocks.

In Pleistocene, Omeshi, Azumaya and Kusatsu-Shirane volcanoes were constructed on these blocks one after another. Accordingly these volcanic bodies are remarkably asymmetrical in their sections. In Kusatsu-Shirane volcano, the newest among them, a thick layer of tuff-breccia intercalated with thin lava flows was accumulated and then the primary horseshoe-shaped caldera was formed. Afterwards a pumice flow having five or more cooling units and pyroxene andesite lavas were flowed out before the formation of the secondary horseshoe-shaped caldera. With the interval of the deposition of loam, pyroxene andesite lavas were flowed out again. The pyroxene andesite lavas, old and new, of the volcano usually contain xenocrystic quartz. And then a crustal movement caused many tectonic lines, which can be easily recognized on the volcanic body as well as the basement rocks through the observation of aerial photographs. Kusatsu fault is one of the tectonic lines, on which fumaroles and hot springs are arranged in a line. In recent, explosion craters were formed around the summit of the volcano, being active even today.

Fumaroles are active at Sessho-gawara, west of Kusatsu hot spring, and Manza hot spring, west of the summit, being important from economic point of view.

#### 要 旨

地熱開発の受託調査で草津白根火山の2万5千分の1地質図を作製したが、10数年前に作製した5万分の1草津図幅の一部を改訂する。新第三紀の斜長流紋岩類・変朽安山岩類およびこれらを貫く酸性深成岩類の上に大規模な輝石安山岩の流出があり、その後著しい断層運動が

あってこの地域は地塊化した。明らかに更新世に入ってからこれら地塊の上に御飯・四阿・草津白根の諸火山が噴出した。草津白根火山はもっとも新しく、まず厚い凝灰角礫岩を堆積し第1次馬蹄形カルデラができ、次に大規模な軽石流が流出したが、これには少なくとも5枚ある。その上に輝石安山岩を流出し第2次馬蹄形カルデラができた。ロームおよび軽石の堆積期を隔ててさらに輝石安山岩の流出があり、ついで断層運動がおこり山体には多くの構造線が刻まれた。草津断層もこのときできた

\* 地質部

\*\* 応用地質部

もので、同温泉の泉源はこの上に並んでいる。現世に入ってから白根山頂付近に爆裂火口を多く生じ火山活動は現在もなお続いている。

緒言

筆者ら2名は群馬県企業局の依頼により、草津白根火山を地熱開発を目的とし、昭和43年6月24日～7月9日の16日間(往復日数を含む)、下記の業務分担により現地調査に従事し、2万5千分の1地質図を作製した。

太田 地表地質調査

松野 空中写真による地質判読および地表地質調査

この地域は昭和28・29年に、筆者らの1人太田が5万分の1地質図幅“草津”および“須坂”作製のため踏査したことがあるが、この踏査以後の地域内の開発は目ざましく、観光道路や産業道路が多く開通し諸所に新しい露頭ができ、また空中写真による地質判読の成果をも加え、多くの新事実を知ることができた。その報告書は群馬県企業局からすでに印刷され出版になっているが、謄写印刷であって部数および配布範囲が限られているため、各方面から広く公表するよう要望がある。幸いに群馬県企業局企業管理者落合林吉氏から、その大要を印刷公表することについて御快諾を得ることができ、ここに厚く謝意を表わす次第である。

本報告では、主として新しい地質学的事実の列記にとどめ、火山岩の鏡下での観察についての詳細な記載については別の機会に譲ることとする。

1. 地質概説

広くこの地方一帯でもっとも古い岩石は斜長流紋岩類<sup>注1)</sup>で熔岩と火山碎屑岩の互層からなり、吾妻川および須川沿岸の処々にみいだされ局部的に珪化作用を受けているが、この調査区域内には露出しない。次いで変朽安山岩類の活動に入ったが、これは主として熔岩からなり火山碎屑岩はまれにしか挟まれておらず、調査地域北西隅にみいだされるほか、地域外の須川沿岸にも分布する。その後、上記両岩類を貫いて酸性深成岩類の進入があり、この調査地域内には露出しないが地下深所には存在すると考えられる。上記諸岩石の地質時代は新第三紀といわれている。

次いでふたたび大規模な輝石安山岩の活動に入り、最初現われたのが高井熔岩で、その上に各種熔岩がつぎつぎに流出し当地方を厚く覆った。これらは須川東方山地に特に広く分布し、この調査地域内に分布する洞口・旧

注1) 前回の報告の用語をそのまま用いたが、これは現在ではあまり用いられず単に流紋岩ということが多い。

第1表 草津白根火山付近地史

有史の活動記録	湯釜(8回), 弓池(1回)	
現世	空釜・湯釜・水釜などの爆裂火口 弓池付近の爆裂火口	草津断層 その他
草津	断層運動 薄いロームの堆積	草津断層 その他
	新期熔岩の流出 <ul style="list-style-type: none"> <li>本白根噴石丘 殺生熔岩</li> <li>平兵衛池熔岩</li> <li>白根熔岩</li> <li>本白根熔岩</li> <li>山田峠頂丘熔岩</li> </ul>	
更津	厚いロームの堆積(浅間軽石層を挟む) 扇状地堆積層	
白根	第2次カルデラの形成	
新世	旧期熔岩の流出 <ul style="list-style-type: none"> <li>逢の峯噴石丘 双子山頂丘熔岩</li> <li>弓池熔岩</li> <li>本白根西熔岩</li> <li>米無熔岩</li> <li>独活ガ沢熔岩</li> <li>矢筈平熔岩</li> <li>青葉熔岩</li> <li>松尾沢熔岩</li> <li>谷所熔岩</li> </ul>	
	白根軽石流の流出(5枚ある) (第1次カルデラの形成) 白根凝灰角礫岩の堆積	
四阿火山 御飯火山		
更新世第三紀	断層運動がおり、この地域は地塊化する 大規模な輝石安山岩の流出 <ul style="list-style-type: none"> <li>横手山熔岩</li> <li>洞口熔岩</li> <li>旧白根熔岩</li> <li>高井熔岩</li> </ul>	万座断層, 早蕨断層, 奥万座断層 その他
新第三紀	酸成深成岩類(下記2者を貫く) 変朽安山岩類 斜長流紋岩類	

白根・横手山の諸熔岩もこれに属する。これら諸熔岩の外観は必ずしも一様ではないが、鏡下ではいずれも輝石安山岩に属し、まれに橄欖石あるいは外来結晶として石英を含んでいる。その後、この地方に大規模な断層運動が起こり、上記諸岩石からなる地層は多くの地塊に分断され、かつ転位した。調査地域外ではあるが門貝付近に分布する門貝層(砂・礫からなる)はこの後に堆積したものと思われる。以上諸岩石の地質時代については、これを正確に決める材料がないので、一応新第三紀～更新世にしておく。

明らかに更新世に入ってから御飯火山・四阿火山およ

び草津白根火山がつぎつぎに噴出した。これらはいずれも輝石安山岩からなり、現在も火山形態を留めており、とくに草津白根火山では火山活動が今もなお続いている。

草津白根火山の噴出以前の地形はかなり凹凸に富んでいたと推察される。この火山の最初の噴出物は白根凝灰角礫岩で、主として厚い凝灰角礫岩からなり熔岩を挟んでいる。この堆積以後に第1次の馬蹄形カルデラの形成があったと考えられるが、その後の噴出物により覆われているためその位置は一部分しか明らかではない。その後、白根軽石流が流出し広大な面積を覆い厚く堆積した。これは流出回数により少なくとも5枚に分けることができ、おのおのの軽石流はそれぞれ基底に近い部分が熔結しており、下部の熔結部と上部の非熔結部とに分けることができ、両者は漸移する。第1～第4の軽石流についてみるとそれらの間隙は著しいものではないが、第4と第5の軽石流の間には水成ローム層が挟まれておりやや間隙が大きいものと判断される。この調査地域内には5枚の軽石流のうち第3～第5の軽石流だけが分布する。この軽石流の上に谷所・松尾沢・青葉・矢管平・独活ガ沢・米無・本白根西・弓池の諸熔岩と双子山頂丘熔岩が流出し、逢の峯噴石丘ができた。以上を総括して旧期熔岩と呼ぶ。その後第2次の馬蹄形カルデラができたものと考えられる。また旧期熔岩と軽石流台地との境界付近に崖錐性の堆積物が形成され、これらおよび既述諸岩石の上に浅間降下軽石を含む厚いローム層が堆積した。さらにその後、山田峠頂丘・本白根・白根・平兵衛池・殺生などの新期熔岩が流出したが、これらの上にはローム層はわずかしか載っていない。草津白根火山の活動のはじめは現在の本白根山を中心としておこったと考えられるが、青葉熔岩の一部は現在の白根山付近から、弓池熔岩は本白根・白根両山の間付近から流出したようである。新期熔岩の流出時期に入ってから、本白根・殺生の両熔岩は本白根山から、山田峠・白根・平兵衛池の3熔岩は白根山およびその付近から流出した。現世に入ってから本白根山はほとんど静隠であったらしく、火山活動はもっぱら白根山および弓池付近に移っている。しかしながら有史の火山活動は爆裂活動だけで熔岩を流出したことはない。噴気活動は山体東側の殺生河原付近と西側の万座付近でもっとも盛んである。

## 2. 草津白根火山の基盤岩類

### 2.1 変朽安山岩類 Pr

変朽安山岩類は調査地域の北西隅にみいだされるほか調査地域外の須川沿岸にも分布し、斜長流紋岩類の上に

載り酸性深成岩類に貫かれ、高井熔岩に覆われている。この岩石は主として熔岩からなりときに火山砕屑岩を伴っている。熔岩は暗緑黒色の石基中に長さ1.5 mm以下の斜長石および輝石斑晶が比較的密に散在したもので、一般的に緑色を帯び、鏡下においても斜長石の一部は緑簾石・絹雲母・方解石などに変わり、輝石も著しく緑泥石化している。

### 2.2 高井熔岩 (石英含有輝石安山岩) T

高井熔岩は調査地域北西部に分布し、変朽安山岩類の上に載り、横手山熔岩・旧白根熔岩および草津白根火山噴出物などにより覆われている。熔岩と火山砕屑岩との互層からなり下部ほど火山砕屑岩に富む。万座温泉付近やその北の横手山山頂付近では広い面積にわたり著しく変質して、脱色作用にとどまらず、所によっては著しく粘土化しており、また珪化や明礬石化もみられるが、この上に載る横手山熔岩や旧白根熔岩の変質はあまり進んでいない。この熔岩は輝石安山岩で、全体が堅硬で、かつ黒色を呈するのが特徴で節理がよく発達する。個々の斑晶は肉眼ではあまり顕著ではないが、長さ2 mm以下の斑晶が不明瞭に点在している。鏡下では斑晶は斜長石・紫蘇輝石および普通輝石からなり、まれに石英を伴う。

### 2.3 洞口熔岩 (石英含有輝石安山岩) H

洞口熔岩は長野原一草津間の有料道路にそい洞口部落付近に分布し、白根軽石流の原表面に近いと思われる面から突出してそびえている。白根軽石流以外の岩石との関係は不明であるが岩石があまり新鮮ではないので、新第三紀～更新世火山岩類に属し地塊化運動により突出したと解釈した。この熔岩は輝石安山岩で、暗青色石基中に長さ1.5 mm以下の斜長石および長さ1 mm以下の輝石斑晶が散在し、変質がすすみ一見してやや古い感じを与える。鏡下では斑晶は斜長石・紫蘇輝石および普通輝石からなり、まれに石英を伴う。

### 2.4 旧白根熔岩 (輝石安山岩) Ol+Ou

旧白根熔岩はこれまで草津白根火山熔岩として取り扱われてきた。この熔岩を切る奥万座断層の落差は200 m以上と推定されるが、この断層と早蕨断層の西方への延長は御飯火山熔岩をわずかに転位したにとどまり、東方への延長も草津白根火山の弓池熔岩の下をくぐり青葉熔岩にもまったく影響を与えていない。また空中写真上での観察によると、旧白根熔岩の表面は侵食程度において本白根西熔岩はもちろん横手山熔岩に較べても格段に古いと思われるので、草津白根火山の基盤と考えるのが適当である。旧白根熔岩は下部と上部とに分けることができ、下部熔岩は灰褐色の石基中に径1.5 mm以下の斜長石斑晶と長さ0.5 mm以下で比較的小さい輝石斑晶とが

比較的密に散在しており、上部熔岩は灰緑色の石基中に長さ1mm以下の斜長石および輝石の斑晶が密に散在していて、いずれも変質がすすみや古い感がある。両者はともに輝石安山岩で鏡下では斑晶は斜長石・紫蘇輝石および普通輝石からなる。

### 2.5 横手山熔岩 (石英含有橄欖石輝石安山岩) Y

横手山熔岩は草津白根火山の北方一帯に高井熔岩を覆って広く分布し、草津白根火山噴出物によって覆われている。この熔岩の東西方向の断面を考えると著しく非対称で、西側は急傾斜であるに反し東側は緩やかで、かつ分布が広い。笠岳(調査地域外)から横手山々頂・渋峠・山田峠・万座山々頂を経て万座峠に至る山稜付近の地形を考察すると、この山稜は南に開く馬蹄形を示し内部の水は集められ松川となって西へ排出され、この山稜の内部には硫黄鉱床や変質帯が多く、この地形はあるいは開析されたカルデラではないかと想像される。この熔岩は輝石安山岩で斑晶は比較的大きく長さ2.5mm以下の斜長石および長さ1.2mm以下の輝石の諸斑晶が青黒色石基中に顕著に散在していて、変質がすすみ一見やや古い感じがある。鏡下では斑晶は斜長石・紫蘇輝石および普通輝石のほか橄欖石がみいだされ、まれに石英を伴っている。草津白根火山熔岩および基盤の火山岩にはしばしば石英が含まれているが、この石英は外来結晶と考えられる。

### 2.6 御飯火山噴出物 (輝石安山岩) Om

御飯火山は新第三紀の火山岩類・酸性深成岩類および高井熔岩などを基盤とする截頭円錐形の成層火山で、やや侵食が進んでいるが山頂には長径約3km、短径約2kmの楕円形のカルデラがある。この調査地域内に分布するものは外輪山熔岩の一部で細分が可能であるが、草津白根火山の地熱開発とは直接の関係がないので図上では一括して示した。いずれも輝石安山岩に属し、斑晶は斜長石・紫蘇輝石および普通輝石からなり、しばしば石英または橄欖石を伴っている。

### 2.7 四阿火山噴出物 (輝石安山岩) Az

四阿火山は新第三紀堆積岩類・同火山岩類・酸性深成岩類および高井熔岩を基盤とする截頭円錐形の成層火山で、山頂に径約3kmでほぼ円形のカルデラがある。この調査地域内に分布するのは外輪山熔岩の一部で細分が可能であるが、草津白根火山の地熱開発と直接の関係がないのでここでは一括して示した。この火山の熔岩はいずれも輝石安山岩に属し、鏡下では斑晶は斜長石・紫蘇輝石および普通輝石からなりしばしば石英および橄欖石を伴っている。なお御飯および四阿両火山の詳細については5万分の1須坂図幅および同説明書(1955)を参照

されたい。

## 3. 草津白根火山の構造

### 3.1 基盤岩の構造とくに断裂系

この火山の基盤岩の分布をみると、山体の北西部と南東部とはその高さにおいて著しい相違がある。北西部の高井熔岩・旧白根熔岩および横手山熔岩など基盤岩の分布する区域では、これらの熔岩からなる山嶺は海拔1,900~2,200mを示し、草津白根火山の高さに比較して著しい差がないばかりでなく、横手山山頂(海拔2,304.9m)は草津白根火山の最高点である本白根山よりもはるかに高い。しかしながら、南東部において草津白根火山噴出物が基盤岩と接するあたりの高さはいずれもずっと低く、長野原(調査区域外)付近で海拔700~800m、楽泉園(同じく調査区域外)付近で海拔700~900mを示している。一方、白根軽石流の堆積原面上に突出してそびえる洞口熔岩は基盤岩であるが、その最高点は1,170mとかなり高いが、北西部における基盤岩の高さと較べるとなお1,000m余も低い。このように草津白根火山のNW—SE方向の断面を考えると、その形態は著しく、非対称であって、山体は南東部で自由に展開しているにもかかわらず、北西部では基盤岩に遮られその発達を見ない。これと同様な形は四阿火山でもみられ、群馬県側では基盤岩はほとんど露われておらず、山体は自由に延び広大な裾野が発達しているのに反し、長野県側では基盤岩が高い位置にあり、これに遮られて山体の発達が阻まれている。このように大局的にみると、草津白根火山と四阿火山との結ぶNE—SW方向に顕著な構造線があると考えられる。

そして、基盤岩の広く露出する5万分の1草津図幅地域の東半部、すなわちこの調査地域の東に隣接し主として新第三紀~更新世の火山岩類からなる山地は、多くの断層によって地塊に分断されている。これらの断層の主要なものはENE—WSWおよびNNW—SSE方向である。この地区に接する調査地域内の草津白根火山噴出物で覆われた区域でも、その下位にある基盤岩中に同様な断層系が走り地塊化されていることが推察され、白根軽石流の堆積面上に突出している洞口熔岩は地塊化された地塁ではないかと考えられる。

また調査区域北西部の万座付近には、東側とは多少方向が異なるが、奥万座・早蕨および万座等の諸断層が基盤岩類にかなり大きな転位を与えており、また殺生熔岩を切る草津断層のような新しい断層は、深所の基盤岩中の断層の再動した結果と考えられる。

野外調査の結果から、多くの温泉・噴気・変質帯など

の地熱の地表徴候は、その分布からみて上述の断層に関連がある。したがって、断層・破碎帯などの断裂系に関する考察は、地質構造の解釈ばかりでなく、地熱開発に対し重要な手がかりを提供するものと考えられる。

断裂系は、空中写真上に谷の直線部などの地形的特徴・写真のトーン・植物被覆などの断続的あるいは連続的な直線状の配列によって示される。これらの直線状の特徴の長大なものは、地下深部の構造に由来するものであり、短小なものは局所的な断層あるいは節理系を反映するものであることが、従来の多くの研究・調査の結果明らかにされている。空中写真上に記録され識別できるこれら線状の特徴には、地層の層理・変成岩の片理など自然の線状の組織・構造ばかりでなく、時にははっきりしない人工のものまで、断裂系以外のものが必然的に含まれる。したがって、空中写真上で識別できるこれら自然の線状の特徴に対して、断列系そのものとは区別して、写真地質線形（以下単に線形という）および写真地質断裂痕（同じく断裂痕という）という名称が与えられている。そしてこれら両者は、作図ならびに統計的処理の便宜を考慮して、長さ 2 km を境にして区分され、写真地質線形は一般に 2 km 以上数 10 km に達する。

第 2 図は、空中写真上で識別された線形をプロットし、併せて、カルデラ壁あるいは火口壁・噴気ならびに温泉の位置・変質帯の範囲をプロットしたものである。線形中、野外調査・隧道工事などの結果、断層と確認されたものを太線で示してある。

これら線形の分布をみると、大津—草津温泉間の有料道路以西の新期熔岩の分布する地域においてもっとも少なく、基盤岩類の露出する調査地域北西部においてもっとも顕著である。また調査地域の東部および南東部においてやや顕著である。この線形のあらわれ方の程度は、それぞれの地域に露出する岩石・地層の時代にほぼ対応することから、これらの線形が基盤岩中の断裂系（主として断層）であって、これを地塊に分断し、かつ転位させたものであり、これらが逐次新期の熔岩に覆われたが、そのうちのあるものは、二次的あるいは三次的に再動し、より新期の熔岩にも影響を与えたものと考えられる。その 1 例が前述の草津断層である。

さらに細かくみると、この図の南東部と北西部とでは、線形の方向性に顕著な差がある。南東部では、EN E—WSW および NNW—SSE 方向の 2 系統のものが顕著である。この方向は、草津図幅東部地域の基盤岩中の断層群の方向に一致し、この地域における基盤岩中の断層群の基本的な方向である。北西部では、上記の方向のほか、EW および NS 方向のものが顕著である。とくに

断層と確認されるものには、EW および NS 方向のものが大部分である。草津断層は、両地域の接合部付近にあって、EW 方向をとっている。

### 3.2 草津白根火山の構造

草津白根火山は前述の地塊化したかなり高低差のある基盤岩類の上に載り、本白根山（海拔 2,164.8m）と白根山（海拔 2,150m）とが鞍状部を隔てて南北に相對しているが、有史以来の活動は主として白根山南東中腹の 3 爆裂火口の中央にある湯釜、および鞍状部にある弓池で行なわれた。しかし、草津白根火山の山体のほとんど大部分は、一部現在の白根山付近を中心として噴出したものを除いて、現在の本白根山付近を活動の中心として建設されたものである。

この火山の基盤岩の分布は、前述のとおり北西部と南東部で高さにおいて、約 1,000m に近い差がある。そして山体は南東部で自由に展開しているにもかかわらず、北西部では基盤岩に遮られてその発達をみない。草津白根火山の最初の噴出物は白根凝灰角礫岩で万座川に沿って露われ、ほかに大沢の北・草津温泉の北東や石津の西にも分布し、当時の火山活動の中心はおそらく現在の本白根山付近にあったと推察される。この堆積以後に第 1 次の馬蹄形カルデラの形成が行なわれたらしい。このカルデラ壁の位置はその後の軽石流や熔岩の流出および侵食作用のためあまり明確ではないが、吾妻鉱山の西をほぼ南北に走る谷の西側の崖や大沢北側の崖などはおそらくカルデラ壁の一部を示すものと思われる。ついで流出した白根軽石流は本火山の南部から東部にかけて高原状に広く分布し、その堆積原面を復原して考えると、やはり現在の本白根山頂付近から流出したように思われる。大量の軽石流の流出により、その直後にカルデラの形成が行なわれて差支えないと考えられるが、これまでの調査結果ではそのような形跡は認められない。白根軽石流の上に旧期熔岩が載り、第 2 次の馬蹄形カルデラの形成があつて後に新期熔岩が流出した。旧期熔岩を流出した火口は現在では窺うことができないが、地形および熔岩の分布から考え、やはり現在の本白根山頂付近にあったらしく、青葉熔岩の一部は現在の白根山頂付近から、弓池熔岩は両山頂の間の鞍状部から流出したと思われる。第 2 次馬蹄形カルデラの位置は地質図に示したように、米無山の東から双子山頂丘の東を通り、おそらくここで分岐して 1 つは青葉山の南を、他はその北側の山嶺の南を通るものと思われ、いずれも顕著な断層崖地形がみられる。このように馬蹄形カルデラの一端が 2 分したのは、奥万座断層の延長が前者の下位を走るためと解釈できる。またおそらく第 2 次馬蹄形カルデラの形成と前後

して、芳ガ平・現在の吾妻鉾山付近および独活が沢付近に爆裂活動がおり、山体は著しく破壊された。さらに現在の本白根山頂付近や現在の白根山頂付近にふたたび活動がおり既述の新期熔岩を流出した。おそらく現世に入って白根山南東山腹に水釜・湯釜・空釜の3爆裂火口ができ、本白根山・白根山の間の鞍部にも多くの爆裂火口ができ、そのうちで弓池がもっとも大きく、湯釜と弓池とは有史の活動記録を有する。殺生河原北東の武具脱池や西南西の富貴原池も爆裂火口あとであるが、平兵衛池や草津温泉西方窪地(旧万代鉾山坑口付近)などはほぼ円形を呈するが爆裂火口あとではなく、熔岩流表面にできた凹地、あるいは熔岩流が谷をふさいだためできた凹地である。

新期熔岩の流出後、基盤岩を切った断層が再動した。草津温泉から太子<sup>おとし</sup>にのびる断層、これにはほぼ直交する断層など白根軽石流を切る断層や殺生熔岩を切るほぼ東西方向の草津断層はその結果生じたものである。後者の東方への延長は草津温泉西の河原を通り旅館街へと真直ぐ延びていて、草津温泉の泉源はこの線上に並んでいる。山地ではこの断層に雁行する小断層が空中写真上で識別され、この断層の南側で坑道掘進中に湯脈に当り、放棄を余儀なくされた万代鉾山の坑道は、上述の雁行する小断層に当たったものと思われる。

現在の噴気活動は、湯釜の周辺・殺生河原付近および万座温泉付近でとくに盛んである。

#### 4. 草津白根火山の噴出物

##### 4.1 白根凝灰角礫岩 Tb

これは草津白根火山の最初の噴出物で万座川東岸にそい広く分布し、御飯・四阿両火山噴出物の上に載り白根軽石流によって覆われている。ほかに大沢の北・草津温泉の北東や石津の東にも白根軽石流に覆われみいだされる。これは爆発による陸上堆積の火山砕屑岩であって凝灰角礫岩を主とし、万座川の東に分布するものは拳大(まれに人頭大)以下の各種安山岩角礫が暗灰色の火山灰で凝結され、厚さ3~数mの熔岩をしばしば挟んでいる。大沢の北にみいだされるものはかなり広く分布するが熔岩は挟んでおらず、この分布区域は草津温泉付近の軽石流台地よりも高い位置にあるので、大沢に面する崖が本岩堆積後のカルデラ壁と考えられる。他の2カ所に分布するものは厚く表土に覆われ露出はあまり多くないが、空中写真の観察によっても大沢の北に分布するものと同様の特徴ある地形を示す。

##### 4.2 白根軽石流 P<sub>3-5</sub>・W<sub>3-5</sub>

白根軽石流は草津白根火山南方から東方の広い面積を

占めて分布し、白根凝灰角礫岩の上に載り旧期熔岩によって覆われ、すこぶる厚く200~400mに達する。流出回数によって第1~第5の5枚の軽石流に分けることができるが、第1軽石流が基盤と直接した露頭は地表では見当らない。したがってこの下にさらに別の軽石流があるかも知れない。しかし一応ここでは5枚として取り扱うことにする。

この調査地域内に分布するのは第3~第5の3枚で、これ以下の2枚は須川沿岸の小雨・太子付近(調査地域外)で認められる。第2~第5の軽石流はおおの基底に近い部分が熔結しているため、各軽石流を岩質によりさらに非熔結部と熔結部とに分けることができ、両者は漸移する。第1~第4の軽石流は非熔結部および熔結部とも岩質が互いに酷似していて、第1と第2各軽石流の境界は太子駅西の谷で、第2と第3各軽石流の境界は太子部落と太子駅との間の谷で認められるが、いずれも前者の非熔結部の上に後者の熔結部が一見砕屑物なしに直接重なっている。第3と第4軽石流の境界は栗生楽泉園から須川に下る自動車道(調査地域外)にそい観察することができ、前者の非熔結部の上に厚さ10~100cmで淘汰の悪い各種安山岩や軽石からなる砂礫層があって、その上に第4軽石流の熔結部が載っている。第4と第5軽石流の境界は谷沢原の南の崖でみられ、第4軽石流の非熔結部の上に厚さ2~3mの成層したローム層(厳密には褐色の火山灰層)を隔てて第5軽石流の熔結部が載っており、同様の現象を草津温泉南の谷の南側の崖でも認めることができる。このように第5軽石流はそれ以下の4枚の軽石流に較べ時代的にやや大きな間隙があったと考えられるばかりではなく、その表面も以下の4枚に較べ著しく平坦であり、かつ傾斜も緩い。地質図では米無山南方一帯に第5軽石流が分布するように示してあるが、これは表面が比較的平坦であるためこのように取り扱ったので、前記水成ロームの存在を示す露頭は確認していない。

これら軽石流の非熔結部は、灰~灰青色の軽石質火山灰が凝結しその中に胡桃大以下の軽石および大豆大以下の安山岩角礫を点々と含んだもので、軽石凝灰角礫岩と呼ぶべき岩質であり、無層理・粗鬆・脆弱で節理に乏しく風化作用により崩れやすく、角礫は安山岩より軽石の方が遙かに多い。非熔結部はしだいに凝結度を高くしやがて熔結部に漸移する。熔結部すなわち熔結凝灰岩の部分はやや粗鬆であるが硬く全体として灰青色を示し、その中に長さ10~20cm(まれに50cm)の暗色のレンズ形の部分がみられ、時に柱状節理を示し、またうずら大豆以下の安山岩角礫を点々として含む。熔結度は必ずし

も高くなく弱～中熔結で、須川沿岸の太子付近でもっとも顕著にみることができる。ここでは下沢から<sup>なます</sup>須付付近までの約4 kmの間を須川に臨む両岸の山腹に柱状節理を連ねた断崖が何段にも並び、時には合計100mに及ぶことがある。これは第2～第4の軽石流の熔結部である。第2～第5各軽石流の熔結部を鏡下すると、岩体ごとの相違はほとんどなく、斑状鉱物は斜長石・紫蘇輝石および普通輝石からなり、時に外来結晶として石英を伴う。

#### 4.3 岩脈(輝石安山岩) D

群馬鉄山近くの道路ぎわで白根軽石流を貫き露出しており、幅10数mあり、走向N 35°Eでほとんど直立している。堅硬な岩石で黒色緻密な石基中に長さ1.5 mm以下の斜長石斑晶が比較的密に散在していて、有色鉱物斑晶は肉眼では明らかではないが、鏡下では紫蘇輝石および普通輝石である。

#### 4.4 旧期熔岩

白根軽石流の流出以後で第二次カルデラ生成までの諸熔岩を旧期熔岩と総称し、いずれも浅間降下軽石を含む厚いロームで覆われている。

##### 谷所熔岩(石英含有輝石安山岩) Yt

谷所熔岩は白根鉱山付近に分布し、熔岩と火山砕屑岩の互層からなり、白根鉱山の硫黄鉱床を胚胎し、白根軽石流の上に載り青葉熔岩に覆われている。堅緻な岩石で全体が黒色を呈し、長さ1.2 mmの斜長石および長さ1.5 mm以下の輝石の諸斑晶が比較的密に散在している。鏡下では斑晶は斜長石・紫蘇輝石および普通輝石からなり、少量の石英を伴う。谷所熔岩に限らず、この火山の熔岩は輝石安山岩であるにもかかわらず石英を含むことが多いが、これは外来結晶であって、マグマ溜りが酸性深成岩類の中にあるためと推察される。

##### 松尾沢熔岩(輝石安山岩) Mz

松尾沢熔岩は米無山の周辺に分布し、熔岩と凝灰角礫岩の互層からなるが、熔岩よりむしろ凝灰角礫岩の方がやや多く、走向はほぼE-Wで南方に傾斜している。白根軽石流の上に載り独活ガ沢熔岩・米無熔岩および本白根西熔岩によって覆われていて、吾妻鉱山や石津鉱山の硫黄鉱床を胚胎している。この熔岩は堅硬で全体が黒色を呈し、個々の斑晶は肉眼ではあまり明らかではなく、よく注意すると長さ1 mm以下の斑晶が散在しているのが認められる。鏡下では斑晶は斜長石・紫蘇輝石および普通輝石からなり、斜長石は多いが両輝石は少なく、かつ小さい。

##### 青葉熔岩(黒雲母石英含有輝石ガラス質安山岩) Ab

青葉熔岩は青葉山とその北方一帯や草津温泉西方一帯および石津鉱山付近などに広く分布する。この熔岩は本

火山諸熔岩中特異なもので、粘性が大きく、そのため熔岩流末端の急崖地形や表面が比較的平坦な熔岩台地地形などがよく保存されていて、少なくとも数回の流出があったと考えられ、白根軽石流および谷所熔岩を覆い新期熔岩に覆われている。岩質にも特徴があり、石基は黒色ガラスの中に長さ2 mm以下の斜長石および長さ1.5 mm以下の輝石斑晶が密に散在していて、やや脆く風化をうけ容易に白色化し、一見して他熔岩と区別し得る。鏡下では斑晶は斜長石・紫蘇輝石および普通輝石からなり、まれに外来結晶として黒雲母や石英を伴う。

##### 矢筈平熔岩(輝石安山岩) Yh

矢筈平熔岩は矢筈平(本白根山頂から西方2.9 kmのやや平坦なところ)付近に分布し、白根凝灰角礫岩や松尾沢熔岩の上に載り独活ガ沢熔岩により覆われている。堅硬な岩石で全体が一樣に灰青色を呈し、その中に長さ0.8 mm以下のかかなり微細な斜長石斑晶が密に散在しているのが特徴で、輝石斑晶は肉眼では認められない。鏡下では斑晶は斜長石・紫蘇輝石および普通輝石からなり、輝石は長さ0.5 mm以下で著しく小さい。

##### 独活ガ沢熔岩(輝石安山岩) Ud

独活ガ沢熔岩は独活ガ沢(吾妻鉱山から北方1.5 kmの沢)以南に分布し、熔岩を主とするがわずかの凝灰角礫岩を伴う。矢筈平熔岩や松尾沢熔岩の上に載り本白根西熔岩により覆われている。熔岩は堅硬で斑状組織が明瞭であり、暗褐色の石基中に長さ1.2 mm、まれに1.8 mmに達する比較的大きい斜長石斑晶が顕著に散在していて、また長さ1.2 mm以下の輝石斑晶も点々とみだされる。鏡下では斑晶は斜長石・紫蘇輝石および普通輝石からなる。

##### 米無熔岩(輝石安山岩) Km

米無熔岩は本火山南部に松尾沢熔岩を覆い分布し緩傾斜の広い熔岩台地地形を示している。堅硬な岩石で灰青色石基中に長さ1.2 mm以下の比較的小さい斜長石および輝石の諸斑晶が密に散在していて板状節理が著しく、また大豆大以下の外来岩片に富む。鏡下では斑晶は斜長石・紫蘇輝石および普通輝石からなる。

##### 本白根西熔岩(輝石安山岩) Mn

本白根西熔岩は本白根山の西に分布し、独活ガ沢熔岩や米無熔岩を覆うが、独活ガ沢にそった爆裂活動のため岩体の北に大きい断崖ができていて、熔岩は暗青色の石基に長さ3 mm以下の斜長石と長さ1.5 mm以下の輝石の諸斑晶が密に散在したもので、鏡下では斑晶は斜長石・紫蘇輝石および普通輝石からなる。

##### 弓池熔岩(石英含有輝石安山岩) Ym

弓池熔岩は白根山と本白根山との間の鞍部を形成し、

高井熔岩・旧白根熔岩・青葉熔岩などを覆い白根熔岩や双子山円頂丘熔岩によって覆われており、弓池付近には計 7 個の爆裂火口が数えられる。堅硬な岩石で暗青色石基中に長さ 1 mm 以下の斜長石および長さ 0.7 mm 以下の輝石斑晶が密に散在している。鏡下では斑晶は斜長石・紫蘇輝石および普通輝石からなり、外来結晶として石英を伴っている。

#### 双子山円頂丘熔岩 (輝石安山岩) Ft

双子山は逢の峯のすぐ南に接続した 2 個の熔岩円頂丘をなし弓池熔岩の上にそびえ、東側の熔岩円頂丘の東部はカルデラ壁をなし急崖地形を示す。厚いローム層で覆われているため露出は少ないが、熔岩は堅硬で濃灰色の石基中に長さ 2.5 mm 以下の斜長石斑晶が顕著に散在しており、輝石斑晶は肉眼ではあまり明らかではなく長さ 0.4 mm 以下である。鏡下では斑晶は斜長石・紫蘇輝石および普通輝石からなる。

#### 逢の峯噴石丘 On

逢の峯は弓池の東に比高 60m の小丘をなしそびえる噴石丘で、山頂に径 100m の火口がある。全山樹木に覆われ岩石はまったく露出していないが、山体の割に火口が大きく山体の傾斜が急であることなどから噴石丘と推察した。

#### 4.5 崖錐性堆積物 (付ローム層) †

草津温泉付近から石津付近にかけて、旧期熔岩と白根軽石流の境界付近の白根軽石流の上に崖錐性の堆積物が広く連なり、緩傾斜の台地をつくっている。これは主として鶏卵～人頭大の各種安山岩の亜角礫～円礫が累積したもので、厚さは 30～40m に達し、浅間降下軽石を含む厚いローム層で覆われている。

なお地質図には記載していないが、ほとんど調査地域全域にわたりローム層が地表を覆っている。新期熔岩の上にも厚さ 10～20 cm のローム層がみられ、また白根第 4 軽石流と第 5 軽石流との間に厚さ 2～3 m の水成ローム層がみられるが、もっとも顕著にみられるのは旧期熔岩と新期熔岩との間の時期に堆積したローム層で、灰褐色粘土質でかなり厚く 1 m に達する所もある。このローム層中には例外なく大豆～胡桃大の軽石層が挟まれており、この軽石層の厚さは 50～80 cm で浅間火山に近くに従ってしだいに厚く粒も大きく、遠くからに従ってしだいに薄く粒も小さくなる。荒牧重雄 (1968) によると、これは孿恋降下軽石と呼ばれるもので、浅間火山第 2 軽石流 ( $^{14}\text{C}$  法によると 10,650 ± 250 年前および 11,300 ± 400 年前の 2 つの値が出ている) の流出前に噴出したものである。

#### 4.6 新期熔岩

第 2 次カルデラ生成以後の諸熔岩を新期熔岩と総称し、この上にはローム層がほとんど載っていないが、まれに厚さ 10～20 cm のロームがみいだされることがある。

#### 山田峠円頂丘熔岩 (石英含有輝石安山岩) Yd

これは山田峠の西に高井熔岩の上に載り、なだらかな傾斜の熔岩円頂丘地形を示す。堅硬な岩石で灰緑青色の石基中に長さ 2 mm 以下の斜長石および長さ 1 mm 以下の輝石の諸斑晶が比較的密に散在している。鏡下では斑晶は斜長石・紫蘇輝石および普通輝石からなり石英を伴う。

#### 本白根熔岩 (輝石安山岩) Mt

本白根熔岩は本白根山頂からカルデラ内に流入し東方に広く分布し、谷所熔岩や青葉熔岩を覆っており、舌状の熔岩流が何枚も重なった地形がよく保存されていて数回の流出を識別することができる。堅硬な岩石で新鮮な感があり、暗青色石基中に長さ 1.2 mm 以下の斜長石斑晶、および長さ 0.8 mm 以下の輝石斑晶が比較的密に散在している。鏡下では斑晶は斜長石・紫蘇輝石および普通輝石からなる。

#### 白根熔岩 (輝石安山岩) Sr

白根熔岩は白根山の山頂部を構成し、山頂付近には計 5 個の爆裂火口地形が認められ、ほかに東方山腹には空釜・湯釜・水釜の 3 爆裂火口が 1 列に並んでいる。この熔岩は高井熔岩や弓池熔岩の上に載り、すこぶる堅硬で暗青黒色の石基中に長さ 3 mm 以下の斜長石斑晶と長さ 4 mm 以下の輝石斑晶が比較的密に散在し新鮮な感じがある。鏡下では斑晶は斜長石・紫蘇輝石および普通輝石からなる。

#### 平兵衛池熔岩 (橄欖石含有輝石安山岩) Hb

平兵衛池熔岩は白根山付近から東へ流出したもので青葉熔岩の上に載っており、岩体は必ずしも厚くはないが、その表面が進行方向に波うっている状況を空中写真でよく観察することができる。これは堅硬な岩石で濃灰色の石基中に長さ 1.5 mm 以下の斜長石斑晶と長さ 1 mm 以下の輝石斑晶とが密に散在している。鏡下では斑晶は斜長石・紫蘇輝石および普通輝石からなり橄欖石を伴う。

#### 殺生熔岩 (石英含有輝石安山岩) Ss

殺生熔岩は本白根熔岩の上に載り、本白根山頂の火口から流下したものは草津温泉付近まで延び、また本白根山頂南部の火口から流下したものは石津の近くまで及んでいる。殺生熔岩の分布区域を空中写真で観察すると実に興味深い。火口のすぐ下付近から熔岩流の末端に至る

約3分の2までの部分は、岩体の両縁に沿い高さ5~20mの狭長な山脈が連続していて、内部は両縁よりも一段と低い。これは岩体の冷却に際し、両縁辺部および表層部が先に固結し内部がまだ半熔融体にある時、傾斜による荷重に耐えきれず半熔融体が押し出したもので、進行方向に波状に進んでいった状況がよく窺われる。地表では巨大な岩塊が累々と重なり起伏に富んだ地形をつくっている。この熔岩はすこぶる堅硬で、かつ新鮮な感があり、光沢ある純黒色石基中に長さ1.8mm以下の斜長石が比較的密に散在しており、輝石斑晶は長さ1.2mm以下で肉眼ではあまり顕著ではない。鏡下では斑晶は斜長石・紫蘇輝石および普通輝石からなり、外来結晶として石英を伴う。

**本白根噴石丘 Ms**

本白根山頂の噴火口周辺に分布し、拋出岩塊の集積からなり、外側の傾斜は急で多くの雨裂が刻まれている。

**4.7 湿地堆積層 SW**

これは芳ガ平の窪地をうずめ堆積したものである。このほか同様のものが石津釜山付近や早蕨温泉付近などにもみられるが、小規模なので地質図には省略してある。

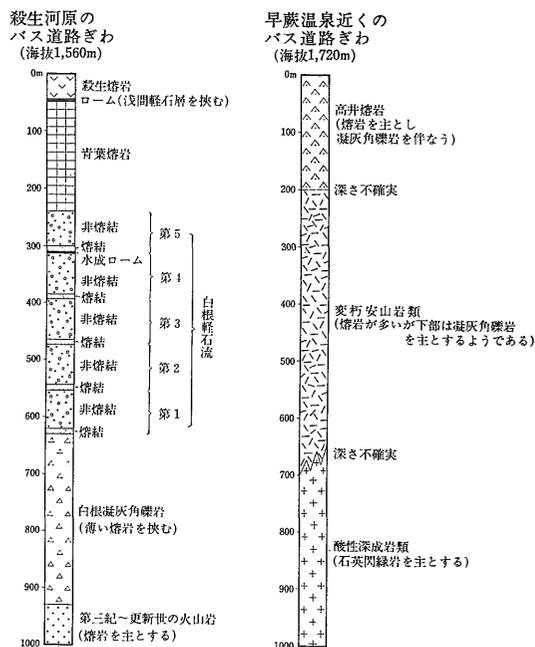
**4.8 現世火山抛物体 V**

白根山頂の水釜・湯釜・空釜の3爆裂火口を中心とし付近一帯に広く分布し、小牛大以下の大小種々の安山岩塊が火山礫・火山灰とともに飛散堆積したもので、その大部分は上記3爆裂火口から噴出したと思われる、この分布範囲は草木がまったく生えず、処々に樹木の立枯れがあり荒涼たる感がある。

**5. 草津白根火山の有史の活動**

草津白根火山の活動について古い記録はなく、本火山のうちもっとも新しい爆裂火口である水釜・湯釜・空釜の生成時期についてもまったく知られていない。もっとも古い記録は文化2年(1805)の活動であって、長野県方面に降灰して樹木を枯らし、このため松川上流には100年以上の樹齢のものが無いという。これ以後9回の活動(明治15・30・33・35・38年、大正14年、昭和2・7・14年)が記録されているが、熔岩を流出したことはなく爆発を繰り返しているに過ぎない。爆発はほとんど湯釜内またはこれに近接して起こっており、明治35年の活動のみは弓池北岸で起こった。これら活動の概要は草津図幅説明書中に述べてある。また最近の地震観測の結果(金沢茂夫, 1968)では、地震の活動域は逢の峯-白根山頂-横手山を連ねる線上にあるという。

**6. 地熱開発に対する意見**



第3図 1,000m 試錐予想柱状図

草津白根火山の地熱開発に際しまず注目しなければならないのは噴気・温泉・変質帯などの地表候微が特に顕著な殺生河原と万座温泉付近の2カ所であって、殺生河原から西の振子沢一帯、奥万座からカラフキ・早蕨温泉一帯を物理探査の候補地として挙げることができる。

**6.1 殺生河原**

ここは殺生熔岩の分布区域で、その中に長さ約150m、幅約50mの範囲に変質帯があり、多数の噴気口が白煙をあげ、孔口には自然硫黄が付着し、付近一帯は変質作用のため白一色となり樹木は生育していない。殺生河原のバス道路ぎわ(海拔1,560m)で試錐した場合の柱状図をかなり大胆に推察し第3図に示した。殺生熔岩を突き抜けると、軽石層を挟むローム層の下位に青葉熔岩があり、さらにこれを抜けると白根第5軽石流に到達する。第5軽石流の表面はかなり平坦で東方にゆるやかに傾斜しており、青葉熔岩と第5軽石流との境界は推定することができ、海拔1,320m付近である。白根軽石流は須川沿岸で計算できる厚さよりもかなり薄いと思われる、第5と第4軽石流の間には水成ロームが挟まれている。軽石流の下には白根凝灰角礫岩があって薄い熔岩を挟む。さらにその下に更新世~新第三紀の火山岩があると推察できる。凝灰角礫岩と軽石流の非熔結部はおそらく良好な蒸気貯溜層となりうると考えられ、軽石流の熔結部は塊状であるためこれらの帽子岩となり、青葉熔岩は

さらにその上にあつて全体の帽子岩をなしているものと思われる。

## 6.2 万座付近

この付近には草津白根火山噴出物の下位にある高井熔岩や旧白根熔岩などの基盤岩が分布し、その中を地質図に示すように万座断層・奥万座断層および早蕨断層などが走り、万座付近一帯の噴気・温泉・変質帯などは明らかにこれらの断層に関係がある。万座断層にそいその西側約500mの地帯は著しい変質帯をなしているが、すでに温泉旅館その他の施設が多く設けられているばかりではなく土地の権利関係の問題があるので、今後の地熱開発には奥万座断層や早蕨断層にそつた場所が適当であろうと思われる。

奥万座温泉・早蕨温泉やカラフキその他の噴気などはこれら断層線上にあり、また西方延長上にも変質帯が続いていることは空中写真の観察や実地踏査で認められる。早蕨断層が万座・三原間の有料道路を横切る付近(海拔1,720m)で試錐した場合、旧白根熔岩を突き抜けると高井熔岩に到達し、さらに変朽安山岩類に達するが、深さを数字で示すのは難しく、さらに地下深所に酸性深成岩類が存在すると考えられる。高井熔岩や変朽安山岩類は主として熔岩からなり火山砕屑岩の部分は比較的少ないが、変朽安山岩類の下部は凝灰角礫岩を主とするものようである。蒸気貯溜層としては熔岩の節理の

ほか、これら火山砕屑岩に期待することができる。

(昭和43年6月調査)

## 文 献

草津白根火山については多くの文献があり草津図幅説明書中に掲げてあるが、その後に発表された文献は次の7である。

中村久由・比留川貴(1957):群馬県万座温泉調査報告—特に変質帯と噴気・温泉との関係2—,地質調査所月報, vol. 8, no. 1

安藤 武(1957):草津殺生河原地熱地帯調査報告—特に内部変質帯の性質について—,地質調査所月報, vol. 8, no. 3

大橋良一(1966):草津白根火山と草津温泉地学研究, vol. 17, no. 10・11・12 合併号

荒牧重雄(1968):浅間火山の地質,地団研専報, no. 14

金沢茂夫(1968):草津白根山の火山活動状況について,火山, ser. 2, vol. 13, no. 1

太田良平・松野久也(1969):草津白根火山地質調査報告,群馬県草津白根火山地熱基礎調査報告書(謄写),群馬県企業局

前田憲二郎・阿部喜久男(1969):草津万座地域地熱調査報告(謄写),同上