

# 草津白根火山地質図 GEOLOGICAL MAP OF KUSATSU-SHIRANE VOLCANO

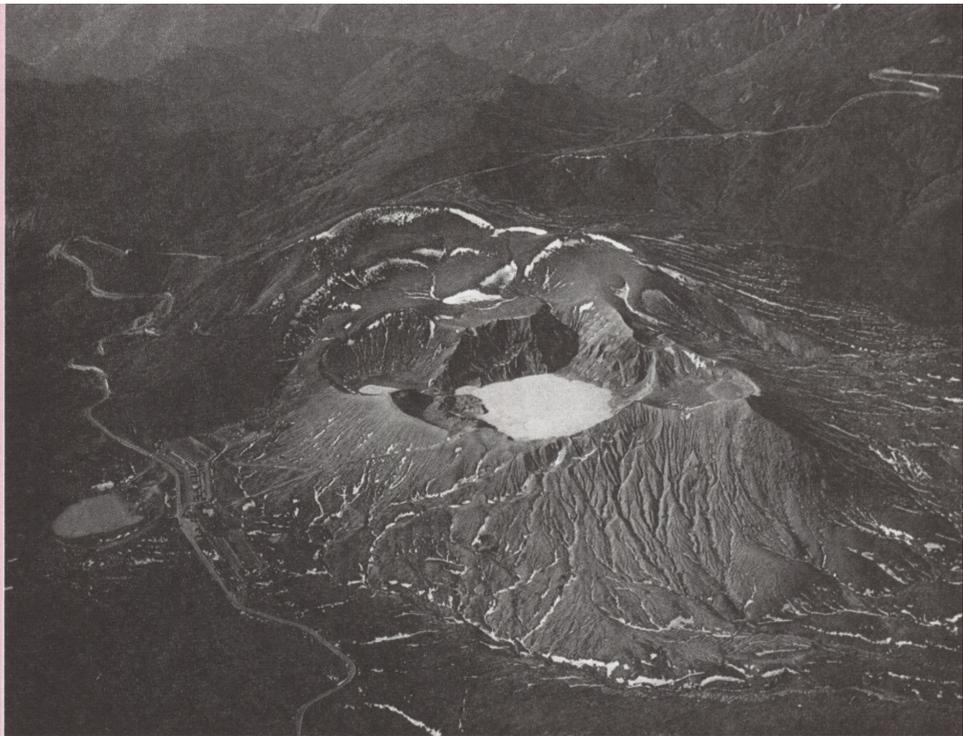
1:25,000

宇都浩三\*・早川由紀夫\*\*  
K.UTO , Y.HAYAKAWA  
荒牧重雄\*\*・小坂丈予\*\*\*  
S.ARAMAKI and J.OSSAKA

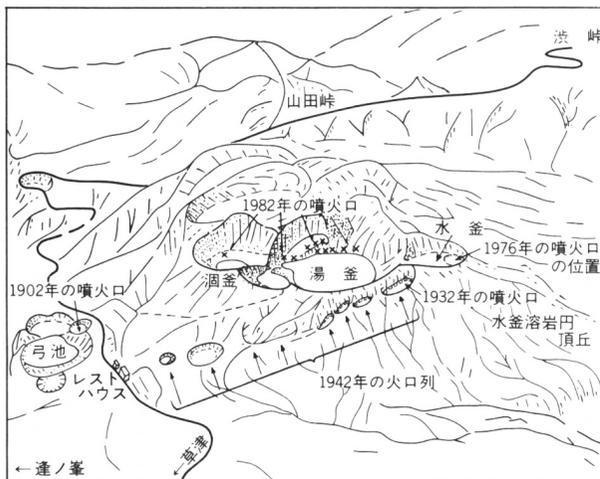
地質調査所

GEOLOGICAL SURVEY OF JAPAN

1983



\* 地質調査所技術部  
\*\* 東京大学地震研究所  
\*\*\* 東京工業大学工学部



## 表紙写真解説

東南方から見た白根火砕丘と弓池爆發火口。頂上中央の大きな池が湯釜。その左右の凹地が涸釜、水釜である。この三つの円形の窪地の奥にも、大小の半円形の凹地がみられるが、古い爆發火口の跡である。湯釜の東外壁に、南北方向に、小さい円形の凹地の列がみられるが、これは、昭和7年の爆發の際の噴火口の跡である。弓池の周囲にも、大小の円形爆發火口がみえる。(1972年春撮影、提供株式会社東光社)

Shirane Cone and Yumi-ike Crater (bottom left) viewed from the southeast.

## 主な用語

**安山岩**：草津白根火山をはじめ日本の火山に最も多い岩石、火山岩の分類の項をみよ。

**火砕丘**：噴火によって火口から放出された大小の岩片が火口周辺に累積して生じた小丘、頂部に火口を持つ。

**火砕流**：火山灰・軽石・岩塊などがガスと混合し、地表に沿って高速で流れる現象。太子火砕流・谷沢原火砕流に代表される高温(500℃以上)でかつ本質物質に富む狭義の火砕流(pyroclastic flow)と、入道沢火砕流のように低温(100—200℃?)で類質及び異質岩片に富む広義の火砕流(volcaniclastic flow)に2分される。

**火砕物(火山砕屑物)**：噴火の際、火口から放出される岩石破片の総称。径64mm以上のものは火山岩塊、64—2mmのものは火山礫、2mm以下のものは火山灰。火砕物のみからなる地層及び岩石を火砕岩(火山砕屑岩)と呼ぶ。

**火山岩の分類**：火山岩は、化学組成・鉱物組成等により分類される。火山岩は一連の連続した化学組成を持っており、その分類の仕方には、いろいろ方法がある。化学組成で分類するとSiO<sub>2</sub>量で53%以下を玄武岩、53—63%を安山岩、63—70%をデイサイト、70%以上を流紋岩と一般に呼んでいる。

**軽石**：気泡を多量に含む軽い本質火砕物質。灰色—白色を呈する。

**輝石**：火山岩を構成する重要な鉱物。暗黒色を呈しており、基地が黒っぽい安山岩質溶岩(殺生溶岩など)では、みえにくい、基地が灰白色のデイサイト質溶岩(青葉溶岩など)では、径1—2mmの斑晶が散在しているのがよく観察できる。

**斜長石**：火山岩の中で最も多くみられる無色透明な鉱物。草津白根火山の溶岩では、径1—2mmの白い斑点状に散在しているのがよく観察できる。化学組成は、CaAl<sub>2</sub>Si<sub>2</sub>O<sub>8</sub>とNaAlSi<sub>3</sub>O<sub>8</sub>を端成分として、その中間の任意の組成を持つ。

**水蒸気爆發**：高圧の水蒸気によっておこる爆發的噴火で、噴出物は火山ガスと既存の岩石の破片からなる。マグマの熱によって地下水があたためられて水蒸気になる場合と、マグマと地下水が接触する場合がある。

**石基**：火山岩の基地をつくる細粒の結晶及びガラスの集合体。

**造岩鉱物**：岩石を構成している鉱物。日本の火山岩の主要な造岩鉱物は斜長石・斜方輝石(主に紫蘇輝石)・単斜輝石(主に普通輝石)・かんらん石・角閃石・黒雲母・石英・磁鉄鉱などである。石英以外のほとんどの鉱物は、固溶体(いくつかの化学成分が任意の割合で混り合った単一結晶)を形成している。

**デイサイト**：火山岩の1種。ややSiO<sub>2</sub>に富む岩石。火山岩の分類をみよ。

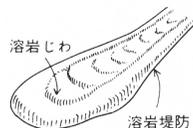
**斑晶**：火山岩において、細粒の結晶・ガラス等の基地(石基)中に散在している大形(肉眼でみとめられる程度)の結晶。

**マグマ**：地下において溶融状態にある岩石物質(珪酸塩物質)。

**溶岩**：マグマが地表にあらわれたもの(溶融状態にある珪酸塩物質)及びその固結したもの。

**溶岩円頂丘**：溶岩が広く拡がらず、噴出口の上にもり上ってできた小丘。多くは粘性の大きいSiO<sub>2</sub>に富む岩石よりなる。

**溶岩の表面地形**：溶岩流が流れて固結する時にできる表面の起伏。溶岩流の中心部が流下し去り、早期に固結した側縁部が高く残った溶岩堤防や、溶岩流の進行方に向けて凸に湾曲したしわ状の地形の溶岩じわが、代表的な溶岩地形である。一般に粘性の高い溶岩ほど起伏が大きい。また新しい溶岩流ほど、原地形の保存が良いので、明瞭な表面地形がみられる。



本図の内容に関する問合せ先

工業技術院地質調査所技術部 宇都浩三

## 取扱先

東京地学協会  
〒102 東京都千代田区2番町12-2  
TEL (03) 261-0809

地学文献センター  
〒183 東京都府中市栄町1-18-16  
TEL (0423) 62-5050  
その他各地主要書店

著作権所有・発行者 許可なく複製を禁ずる  
昭和58年3月17日発行

通商産業省工業技術院地質調査所

〒305 茨城県筑波郡谷田部町東1丁目1-3  
TEL (0298) 54-3518 (業務課)

GEOLOGICAL SURVEY  
OF JAPAN © 1983

昇寿チャート株式会社印刷(9色刷)

まえがき

草津白根火山は、群馬県の北部と長野県との県境近くに位置し、上信越高原国立公園の中にあつて四季を通じて観光・登山・スキーなどの客が訪れている。この火山はわが国でも有数の活動的な火山であり、文化2年(1805年)以来1982年まで、13回の噴火が記録されている。近年の活動は、湯釜・水釜等の白根火砕丘周辺での水蒸気爆発に限られているが、この地域での噴気活動はいまなおさかんである。草津白根火山は、硫黄の産地としても知られている。現在はすべて閉山したが、かつては5つの硫黄鉱山が稼行していた。現在でも、湯釜の底には、溶融した硫黄がたまっている。また、殺生河原、万座沢などでは、硫黄臭の強い噴気が盛んであり、その周囲には、昇華した硫黄や、硫黄変質作用をうけて、黄褐色化した岩石がみられる。この火山の周囲には、草津・万座の温泉地があり、豊富な湯量と強い硫酸酸性泉とで有名である。加えて、白根火砕丘のすぐ近くを、自動車道が通っている為、毎年多くの観光客が、湯釜の火口壁まで訪れその景観を楽しんでいる。しかし、前述したように、湯釜周辺の火山活動は、いまなお活発であり、昭和7年におきた水蒸気爆発では、死傷者を生じている。また殺生河原、万座沢等では硫化水素ガスによって人的被害を生じており、その対策も重要である。この火山地質図は、草津白根火山についての地質学的、火山化学的研究の結果をまとめたものである。同火山の将来の研究のためばかりでなく、噴火防災・地域開発・観光などにも利用されれば幸いである。

草津白根火山周辺の地質

群馬・長野県境の地域には、多くの第四紀火山があり、それらは、いずれも安山岩類からなる成層火山である。草津白根火山の周囲には、南に浅間、烏帽子、西に四阿、御飯、北に志賀(志賀高原)、高社、毛無・焼額、苗場、東に榛名、小野子、子持などの第四紀火山が分布しており、日本で最も火山が密集している地域の1つである(第1図)。その中で歴史時代に噴火活動の記録があるのは、浅間火山と草津白根火山である。

この地域の基盤をなす岩石は、新第三紀の火山岩類であり、草津白根火山の周囲に広く分布している。これらの火山岩類の厚さは1,000m以上あるらしい。多くは安山岩質の溶岩類からなり、広域的に熱水変質作用や珪化変質作用をこうむって、緑色や褐色のみかけを呈している。この地質図の中に分布する岩石は、新第三紀の火山岩から草津白根火山の最も新しい噴出物までを通じ、すべて安山岩質ないしデイサイト質の火山岩である。そのため、どこまでが草津白根火山よりも古い

(つまり基盤の)岩石で、どこからが草津白根火山の岩石であるのかは容易には決めにくい。ここでは、広域に分布して、かつ、変質作用の影響が著しい岩石を基盤と考え、その上位にのり現在の草津白根火山の周囲だけに分布している岩石(松尾沢溶岩類など)を草津白根火山に属する岩石と考える。

基盤岩類は、草津白根火山の北西側で最も高く、群馬・長野県境の稜線、すなわち標高約2,000mの高さまで露出している。一方、東側及び南側では低く、草津温泉の北方元山付近や石津の南の三原付近などでは、標高約1,100m以下にしか見られない。従って、草津白根火山は、東及び南側へゆるく傾いた基盤地形の上に発達したと考えられる。この火山の山頂部である白根山・本白根山の西側では、基盤の安山岩類は、西側の谷に向けて急な斜面をつくっている。これらの岩石は、著しい熱水及び珪化変質をこうむっているため、侵食を受けやすい。そのために、新鮮な草津白根火山の岩石が、上部を覆って保護している部分まで侵食が進み、現在のように、新期の草津白根火山噴出物のすぐ西に、急な斜面ができたのであろう。

白根火砕丘のすぐ北側の横手山付近には、基盤の安山岩の上に、東側になだらかな斜面をもつ、安山岩の溶岩類が分布している。この斜面の溶岩地形の保存状態は、草津白根火山の古期溶岩(米無溶岩、独活ヶ沢溶岩など)とよく似ているので、それらとほぼ同じ頃に噴出したのであろう。しかし、この溶岩の噴出口は、あきらかに現在の草津白根火山の噴出中心から北にはずれているので、この溶岩は草津白根火山とは別の、横手火山を形成する溶岩と考える。横手山のさらに北側には、火山地形が非常に明瞭で、従って形成年代がかなり新しいと思われる志賀(志賀高原)火山がある。

草津白根火山の地質

草津白根火山は、その西端にある新期活動の噴出口である3つの火砕丘群(0.33km<sup>2</sup>)と、そこから東及び南側に放射状に流出した新旧の溶岩類(約7km<sup>3</sup>)と、さらにその東及び南の裾野に扇状に広く分布する大量(10km<sup>3</sup>)の火砕流堆積物とから構成されている。草津白根火山は、先に述べたように、東及び南にゆるく傾いた基盤岩の上に発達したので、その噴出物(溶岩及び火砕流堆積物)は、噴出口より東側ないし南側に流出している。従って、噴出口が西側の端にあるという非対称な形態をしている。各噴出時期の噴出物の分布からみると、この火山の歴史を通じて、火口の位置は、現在の本白根火砕丘と白根火砕丘とを結ぶ線上に固定されていたようである。

草津白根火山の最初期の活動は今から約200万年前頃に起こった。現在の本白根山あたりを活動中心として、松尾沢溶岩類が噴出し、それにより1つの成層火山を形成していたらしい。長い侵食の時間を経て約70万年前に洞口溶岩が噴出し



第1図 草津白根火山周辺の第四紀火山の分布  
Fig. 1. Distribution of Quaternary volcanoes around Kusatsu-Shirane Volcano.



第2図 浅間火山麓恋降下軽石の分布  
Fig. 2. Distribution of Tsumagoi Pumice Fall from Asama Volcano

た。洞口溶岩は、現在は太子火砕流におおわれてしまって露出面積が小さく、噴出当時の溶岩の分布は分からない。

洞口溶岩の噴出後、太子火砕流とよばれる大規模な火砕流の流出が起こり、広くこの地域一帯に堆積した。この火砕流は、露頭での見かけが変化に富んでおり、ほとんど固結していない非溶結部から、堅く固結した強溶結部までが連続して露出している。この火砕流は、本白根農場や仙ノ入などの比較的平坦な台地を形成している一方、谷沢川や小雨川にみられるように、河川の両岸に50m以上の急崖を形成している。

太子火砕流の噴出のあとの草津白根火山の溶岩類は、大きく3つの活動時期（古期，中期，新期）に分けられる。古期溶岩類（米無溶岩・独活ヶ沢溶岩）は、本白根山のあたりを噴出中心として流出しており、現在では、本白根山から、西及び南にのびるゆるやかな斜面を形成している。現在、米無山の東側は今井川に面する急崖となっているが、この急崖が何の作用で作られたかはまだわかっていない。

この急崖の形成後、中期溶岩類（青葉溶岩・平兵衛池溶岩・双子山溶岩円頂丘・白根溶岩）の活動が起こった。青葉溶岩は、数枚の溶岩流から構成されている。複数の火口からほぼ同時に東方ないし東南方向に流出したと考えられ、扇状の分布を示す。一枚の溶岩流の厚さは100m以上であるために、何段ものほぼ平坦な面が階段状につみかさなった地形をつくっている。平兵衛池溶岩も青葉溶岩と同様に厚い数枚の溶岩流からなり、岩質も似ている。しかし、分布が独立していることと、溶岩の表面地形がやや新鮮であることから、青葉溶岩とは別の独立した地質単位として考えられ、やや新しい時代に噴出した可能性がある。山頂部では、これらの青葉溶岩と平兵衛池溶岩の上に白根溶岩の流出と双子山溶岩円頂丘の形成とがあった。以上の中期溶岩類の流出のあと、草津町のあたりを中心に火山灰が厚く（4-5m）堆積した。この火山灰の噴出源はまだよくわかっていない。草津白根火山が浅間火山のいずれからか噴出したものであろう。その後、再び少量な

から火砕流（谷沢原火砕流）が噴出し、草津町の北に扇状の平坦な台地（谷沢原）を形成した。中期溶岩類と谷沢原火砕流の活動の後、草津白根火山はしばらく（約20-30万年程度）活動が静穏な時期があったと考えられる。

約11,000年前、草津白根火山の南隣りの浅間火山で大規模な噴火が起こり、大量の軽石が草津町方面にも降った。この軽石層は、嬌恋降下軽石とよばれ、浅間山から遠ざかるほど厚さが薄くなり、仙ノ入あたりでは厚さ90cm以上あるが、草津町の中心部では、50-70cmの厚さになっている（第2図）。やや風化した黄色の粗粒（径1-3cm）な軽石がびっしりつまった層が、道路の切り割りでよく観察できる。

草津白根火山の新期火山活動は、嬌恋降下軽石の噴出とほぼ同じ時期に開始された。新期の各溶岩流は、それより古い溶岩類に比べ、明瞭な溶岩地形（溶岩堤防・溶岩じわなど）がみられ、空中写真によってこれらの溶岩類が、どこから噴出し、どういうふうに流下したかを容易に読み取ることができる（第3図）。これらの新期溶岩の中で、殺生溶岩は、前述の嬌恋降下軽石の上ののっているもので、11,000年よりも新しいことが分かる。他の新期溶岩についても、地形の新鮮さからみて、ほぼ同時期、つまり約10,000年前ごろ噴火しただろうと考えられる。新期溶岩類の噴出口付近では、本質物質や類質物質の放出があり、南北に並ぶ3つの火砕丘群が形成された（本白根・白根各複合火砕丘と逢ノ峯火砕丘）。その後、草津白根火山の活動は、弓池から白根火砕丘にかけての地域に限られるようになり、水蒸気爆発によって、大小の爆発火口が形成された。この活動は、現在まで続いている。

#### 歴史時代の噴火

草津白根火山の噴火活動については、近隣の浅間火山とは対照的に、古い歴史記録が残されていない。最も古い記録は、1805年（文化2年）の湯釜の活動である。歴史時代の活動は、白根火砕丘の周囲の、いくつかの爆発火口（湯釜・水釜・溜釜・弓池）周辺での水蒸気爆発に限られており、溶岩流、火砕流などの流出は知られていない。以下に記す約180年間の13回の噴火のうち、10回は1882年から1942年までの61年間に起きている。

#### 1805年（文化2年）の噴火

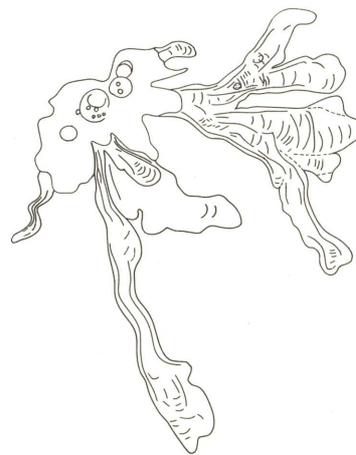
湯釜での水蒸気爆発であったらしく、西方の長野県側に大量の降灰をもたらした、樹木を枯らしたらしい。

#### 1882年（明治15年）の噴火

1805年の噴火以来、77年間、草津白根火山は平穏であったようで、湯釜周辺には草木が茂っていた。同年の7月初め頃から鳴動があり、8月6日午後2時頃湯釜西方で爆発、多くの爆発火口を生じ、大小の岩塊・火山灰及び泥を放出、湯釜  
(5ページに続く)



第3図 (A) 新期火砕丘群及び新期溶岩類の空中写真  
Fig. 3. (A) Air-photograph of younger pyroclastic cones and lavas.



第3図 (B) 空中写真から読みとれる顕著な噴火口及び溶岩表面の起伏(谷線)  
(B) Remarkable surface features as craters and linear depressions on lava surface.

(2 ページより)

中央部に硫黄の小丘形成。活動は数日間続き、以後湯釜・水釜・溜釜は酸性泉となる。

1897年(明治30年)の噴火

1月以來たびたび鳴動があり、6月初めから頻繁となる。7月7日午後から鳴動烈しく、翌8日午前4時頃、湯釜北東壁爆発、巨大岩塊を放出し付近数100mに降灰。1時間後、南西岸で爆発し、熱湯及び泥土を約150mの高さに噴き上げ、3時間続く。7月31日午前5時、再び爆発し、硫黄製錬所の人夫1名負傷。直径10m内外の噴気孔が数ヶ所に生じ、長さ約10mの割れ目を生じた。8月2日午前2時頃鳴動が盛んになり夜明けに爆発。9日午後2時頃に再爆発し1名負傷。16日まで鳴動。小爆発続く。

1900年(明治33年)の噴火

10月7日に小爆発。詳細は不明。

1902年(明治35年)の噴火

7月15日午後4時頃、弓池北東岸が爆発。円錐形の爆発火口が生じ、水蒸気を噴き岩塊を飛散させた。8月20日同所で小爆発。9月4日前記火口の外側に小爆発火口を生じ、万座温泉で約3cmの降灰。9月17日午後7時、同所で再び爆発、20分間の活動でかなりの降灰。同23・24日にも爆発があり、12月頃まで、活動続く。以後弓池の水は酸性化し、飲用不能となる。

1905年(明治38年)の噴火

10月に小爆発。詳細は不明。

1925年(大正14年)の噴火

1月22日、湯釜の北壁上部が爆発し、山灰及び岩塊を放出、直立の急崖に長さ20m幅7mの爆発火口を生じた。火山灰は、南東3kmの地点まで10-20cmの厚さで堆積。

1927年(昭和2年)の噴火

12月29日午前7時及び30日午前9時に鳴動があり、31日午

前11時に爆発。湯釜北壁の下底に長さ100mの割れ目を生じ、南東壁外側斜面にも大小の割れ目が多数生じた。岩塊・火山灰・泥土及びガスを多量に噴出し、湯釜の水位が14m低下した。

1932年(昭和7年)の噴火

10月1日午後2時、前兆現象を伴わず突如爆発し、湯釜北東壁に大小10余個の爆発火口が群生した。最大の火口は径50m、割れ目は、湯釜の南東壁を越え外側に延び、長さ500mに達し、各所で水蒸気及びガスが盛んに噴出した。硫黄採掘の人夫が噴石のため2名死亡し、7名負傷した。4日午前2時半、再び爆発し黒煙柱が昇り、夕刻まで殺生河原方面に降灰が続いた。6日午前3時頃黒煙上昇が認められ降灰が盛んであった。8日午前6時40分に小爆発があり、14日午前3時湯釜外側の割れ目に沿い径2m内外の噴気孔を7個生じ、猛烈な黒煙を上げた。16日から17日まで数回の小爆発と降灰があった。

1937年-39年(昭和12-14年)の噴火

37年11月27日に湯釜内において爆発を起こし、38年2月16日までに10数回の爆発をくりかえした。その後やや平静化した。10月5日の小爆発後再び活動的となり39年3月4日5月と著しい爆発がくりかえされた。とくに39年4月中の爆発は著しく草津町、長野原町方面に多くの降灰をもらした。

1942年(昭和17年)の噴火

2月2日、湯釜で小爆発を起こし、噴煙を上げた。火口付近の施設が噴石により破損した。

1976年(昭和51年)の噴火

3月初旬、水釜の北壁付近で、小爆発を起こし大小の岩塊を放出した。

1982年(昭和57年)の噴火

10月26日午前9時頃、湯釜及び溜釜の西壁で小爆発。溜釜は少量の黒灰を放出し約20分で鎮静した。湯釜は数ヶ所から

第1表 代表的な火山岩の化学組成

Table 1. Chemical compositions of representative volcanic rocks.

	1	2	3	4	5	6	7	8	A	B
SiO <sub>2</sub>	54.19	64.02	58.46	63.63	58.53	59.80	64.90	60.80	57.07	83.94
TiO <sub>2</sub>	0.77	0.59	0.77	0.39	0.64	0.70	0.53	0.64	0.81	0.96
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18.47	15.82	16.90	16.22	17.19	16.34	15.34	16.39	18.79	4.46
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.07	3.84	4.54	3.03	3.19	3.82	1.76	2.12	3.69	0.00
FeO	4.61	1.21	2.93	2.15	4.00	3.18	3.67	4.71	1.73	0.62
MnO	0.14	0.08	0.13	0.09	0.12	0.12	0.12	0.14	0.09	0.02
MgO	4.18	2.29	4.22	2.59	3.47	3.37	2.30	3.27	2.10	0.20
CaO	8.51	3.69	7.14	5.42	7.07	6.66	5.03	6.69	2.96	0.00
Na <sub>2</sub> O	3.02	2.73	2.59	2.87	2.81	2.93	2.92	2.82	1.54	0.24
K <sub>2</sub> O	0.67	2.65	1.53	2.26	1.66	1.85	2.60	1.87	1.29	0.62
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.19	0.10	0.15	0.13	0.14	0.13	0.08	0.11	0.04	0.01
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	0.57	1.73	0.49	0.93	0.99	0.83	0.52	0.46	8.43	4.08
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	0.35	0.85	0.22	0.07	0.10	0.03	0.18	0.15	1.67	4.94
Total	99.74	99.60	100.07	99.78	99.91	99.76	99.95	100.17	100.18	100.11

1. 安山岩<sup>a)</sup> 松尾沢溶岩類、吾妻硫黄鉱山。

2. テイサイト<sup>a)</sup> 太子火砕流、火砕流堆積物の本質岩塊(黒曜石)、楽生園。

3. 安山岩<sup>a)</sup> 米無溶岩、吾妻硫黄鉱山。

4. テイサイト<sup>b)</sup> 平兵衛池溶岩、元山(群馬鉄山)。

5. 安山岩<sup>a)</sup> 本白根溶岩、石津硫黄鉱山の1km東。

6. 安山岩<sup>a)</sup> 石津溶岩、石津。

7. 安山岩<sup>a)</sup> 香草溶岩。

8. 安山岩<sup>a)</sup> 殺生溶岩、殺生河原。

A. 灰黒色の変質火山岩塊、1976年3月水釜噴出物。

B. 白色の変質火山岩塊、1976年3月水釜噴出物。

分析者: 1-6 (原村 寛)

7, 8 (田中専三郎)

A, B (林 保)

斑晶組み合せ a) 普通輝石・紫蘇輝石

b) 石英・普通輝石・紫蘇輝石

c) かんらん石・普通輝石・紫蘇輝石

d) 黒雲母・石英・紫蘇輝石・普通輝石

1. Andesite<sup>a)</sup>Matsuzawa Lavas.

2. Dacite<sup>a)</sup>Ōshi Pyroclastic Flow, essential block (obsidian) of the pyroclastic flow.

3. Andesite<sup>a)</sup>Komenashi Lava.

4. Dacite<sup>b)</sup>Hēbei-ike Lava.

5. Andesite<sup>a)</sup>Motoshirane Lava.

6. Andesite<sup>a)</sup>Ishizu Lava.

7. Andsite<sup>a)</sup>Kagusa Lava.

8. Andesite<sup>a)</sup>Sessho Lava.

A. Altered volcanic rock (dark grey-colored), ejecta from Mizugama, March 1976.

B. Altered volcanic rock (white-colored), ejecta from Mizugama, March 1976.

Analysist: 1-6; H. Haramura

7, 8; S. Tanaka

A, B; T. Hayashi

Phenocryst assemblage a) augite, hypersthene

b) quartz, augite, hypersthene

c) olivine, augite, hypersthene

d) biotite, quartz, hypersthene, augite

第2表 草津白根火山地域噴気孔ガスの化学成分 (vol. %)

Table 2. Chemical compositions of fumarolic gases at Kusatsu-Shirane Volcano.

採取地	採取年月日	℃	H <sub>2</sub> O (%)	H <sub>2</sub> O以外の gas 中の (%)				R 中の (%)				
				SO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> S	CO <sub>2</sub>	R	H <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	Ar	He	CH <sub>4</sub>
殺生河原	'78.8. 1	94.5	96.6	0.11	34.1	64.5	1.32	0.074	97.7	0.67	0.031	1.59
	'79.7.24	94.1	96.4	0.08	35.4	63.2	1.35	0.079	97.5	0.74	0.036	1.69
山頂北側	'78.7.28	102.0	98.2	0.13	19.8	78.9	1.23	0.13	99.6	0.11	0.035	0.09
	'79.7.30	94.1	98.5	0.07	15.5	82.9	1.54	0.074	99.8	0.115	0.033	0.021
水釜	'78.7.28	94.4	98.8	0.05	12.8	83.9	3.2	2.56	96.7	0.71	0.012	tr.
	'79.7.30	93.3	98.8	tr.	13.9	84.3	1.77	10.5	89.3	0.146	0.027	0.030
空噴	'78.7.30	94.6	96.3	0.90	89.6	9.0	0.46	1.81	95.9	1.52	0.014	0.67
	'79.8. 4	94.5	99.0	0.23	88.9	10.5	0.41	1.59	96.4	1.38	0.014	0.64
地熱	'78.7.23	94.9	99.6	0.33	58.8	38.8	2.1	1.31	96.2	1.47	0.011	1.04
	'79.8. 2	94.8	99.6	0.15	57.6	40.2	2.1	0.62	96.6	1.55	0.0097	1.18

黒灰を放出、北西の強風にあおられ南東方向に降灰をもたらす、殺生河原付近まで降灰した。また最大で人頭大の大小の岩塊を水釜火口原方向に弾道放出した。

12月20日ごろ再び火山性微小地震が頻繁に発生した。12月29日午前4時半ごろ微動が発生、午前5時半すぎ水蒸気爆発を起こした。噴煙は最大700mまで上昇し、北東約4kmまで降灰した。又、東及び西方向に最大径40cmの大小の岩塊を放出した。翌83年1月初めの時点で、噴煙・微動とも続いている。

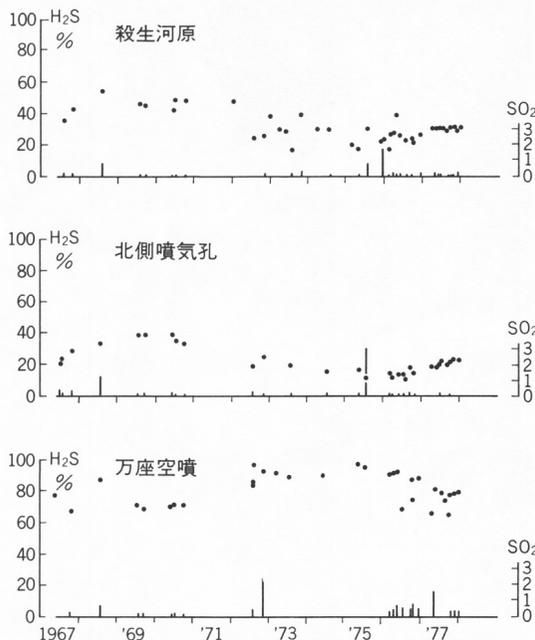
草津白根火山の岩石

草津白根火山を構成している岩石の大部分は、日本の火山で最も一般的な輝石安山岩であり、一部に輝石デイサイトがある。これは、安山岩とデイサイトという二種類の異なる岩石があるというわけではなく、化学組成の上でやや幅のある(SiO<sub>2</sub>=54-65%)一連の火山岩のうち、SiO<sub>2</sub>量の少ない方の岩石(約62%以下)を安山岩、SiO<sub>2</sub>量の多い方の岩石(約63%以上)をデイサイトと区別したものである(用語の欄を参照)。草津白根火山の各噴出ステージの岩石の代表的な化学組成を第1表に示す。草津白根火山の岩石のなかで、白根溶岩を除く中期溶岩類。新期溶岩類の中の香草溶岩の一部そして火砕流(太子・谷沢原)の岩石は、一般にSiO<sub>2</sub>量に富んでおり(58-64%)、その他の岩石はSiO<sub>2</sub>量にやや乏しい(54-

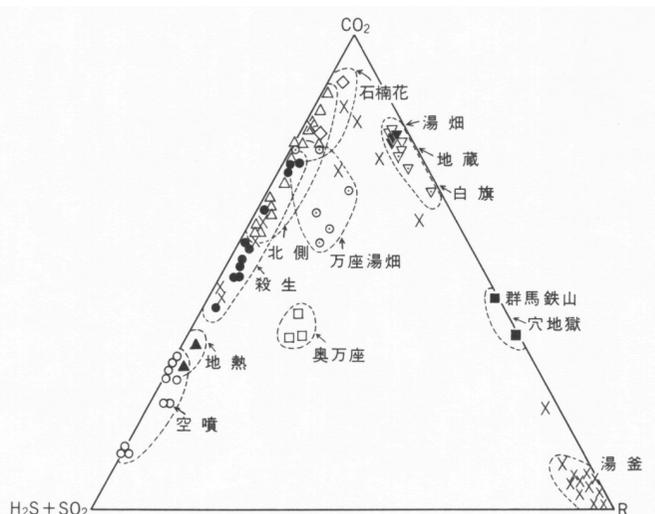
59%)傾向がある。草津白根火山の岩石はすべて、斑晶に富んでおり、径1-2mmの白っぽい透明な斜長石と、黒色にみえる2種の輝石が、暗黒色(例えば殺生溶岩)から灰白色(例えば青葉溶岩)まで変化に富む石基の中に、ポツポツと点在しているのが肉眼でもよく観察できる。

斑晶鉱物として、すべての岩石に、斜長石・紫蘇輝石・普通輝石・チタン磁鉄鉱がふくまれて、そのほか多くの岩石に石英・かんらん石がみられる。一部の岩石にまれに普通角閃石がみられることがある。新期溶岩の中の香草溶岩には、少量だが黒雲母の斑晶がふくまれるが、常に斜長石・紫蘇輝石・普通輝石・チタン磁鉄鉱からなるコロナにとりかこまれている。

石基は、SiO<sub>2</sub>量の少ない岩石(60%未満)では、細粒の斜長石・輝石・珪酸鉱物及び、それらの間をうめる褐色のガラスからなる。SiO<sub>2</sub>量の多い岩石(60%以上)では、石基は一般にガラス質であり、無色透明なガラスと少量の針状の斜長石や輝石の細かい結晶からなっている。一部では、ガラスが脱ガラス化し、球顆と呼ばれる微細な針状結晶の放射状集合体が形成されている。中期溶岩の青葉溶岩・平兵衛池溶岩と新期溶岩の香草溶岩とは、岩相の変化が激しく、一枚の溶岩流の中でも、安山岩質の部分(暗褐色)とデイサイト質の部分(灰白色)があり、一部には、両者が10-30cmの幅で縞状に重なり合っている部分もみられる。顕微鏡下でも、両者が複雑に混じり合っている組織がみられ、安山岩質な部分とデイサイト質な部分とで、斑晶鉱物の組合せが異なる場合もみられる。これらの溶岩は2種類の化学組成の異なるマ



第4図 草津白根火山地域的主要な噴気孔ガスの成分変化  
Fig. 4. Changes of the chemical compositions of main fumarolic gases at Kusatsu-Shirane Volcano.



第5図 草津白根火山地域の火山性ガスのH<sub>2</sub>S+SO<sub>2</sub>-CO<sub>2</sub>-R3成分図  
野村ほか(1979)による。  
Fig. 5. A plot of CO<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>S+SO<sub>2</sub>-R(residual) contents of the volcanic gases at Kusatsu-Shirane Volcano.

第3表 草津白根火山地域の温泉ガス・湖底ガスの化学成分 (vol. %)

Table 3. Chemical compositions of hot spring gases and the gases erupted from the bottom of the crater lakes at Kusatsu-Shirane Volcano.

	採取地	採取年月日	℃	SO <sub>2</sub>	H <sub>2</sub> S	CO <sub>2</sub>	R	R 中の (%)					
								H <sub>2</sub>	N <sub>2</sub>	Ar	He	CH <sub>4</sub>	O <sub>2</sub>
温泉ガス	草津湯畑	'79.7.24	64.0	—	4.4	65.2	30.4	0.0005	97.1	1.96	0.0014	0.12	0.82
	白旗の湯	'79.7.24	64.5	—	3.9	60.8	35.3	0.0004	97.5	1.77	0.0014	0.10	0.62
	地蔵の湯	'79.7.24	62.0	—	4.2	67.3	28.5	0.0027	97.7	1.96	0.0015	0.12	0.20
	群馬鉄山・穴地獄	'79.7.25	26.3	—	0.44	43.8	55.8	0.0000	98.1	1.46	0.0040	0.19	0.23
	奥万座源泉	'79.7.29	53.2	—	40.4	35.8	23.8	0.0004	95.1	2.05	0.0054	0.59	2.23
	万座湯畑	'78.7.23	50.2	—	11.3	8.7	70.0	0.00	97.6	1.53	0.00	0.37	0.45
	鈴之湯	'79.8.2	93.9	—	45.9	47.1	7.0	0.40	92.2	2.00	0.0039	0.77	4.84
湖底ガス	石楠花	'79.8.2	61.6	—	6.2	82.2	11.6	45.0	43.3	0.82	0.0023	10.4	0.46
	湯釜I (-32m)	'78.7.27	19.0	0.44	0.59	40.3	58.7	0.28	97.4	0.72	0.032	0.00	1.57
	湯釜II (-25m)	'78.7.27	19.6	0.13	29.0	63.6	7.3	1.49	91.3	1.44	0.020	0.00	5.8
	水釜	'79.7.31	24.2	—	12.0	83.0	5.0	3.08	89.0	0.95	0.0178	0.016	6.98

グマの混合によって形成されたものと考えられる。

#### 草津白根火山の地球化学

#### 火山ガスの成分とその変化

草津白根火山は近來新しい溶岩を噴出したことのない火山であるが、その山腹・山麓には多くの噴気孔が存在する。その大部分は殺生河原、山頂北側、水釜付近、空噴、地熱の各地域に密集している。それらのガス温度は第2表のように、93-102℃と比較的低い値を示し、H<sub>2</sub>O(水蒸気)を除く主要ガス成分はH<sub>2</sub>S(硫化水素)とCO<sub>2</sub>(二酸化炭素)で、これにわずかのRガス(残留ガス)を伴っており、時にはSO<sub>2</sub>(二酸化硫黄)やHCl(塩化水素)を少量含むときがある。特に空噴はH<sub>2</sub>Sが多く最高90%(H<sub>2</sub>Oを除いたあとの組成)に達したこともある。これらの噴気孔ガスの成分は第4図に示すような変動をしており、ときとしてSO<sub>2</sub>が増加する。

またこの地域には温泉に伴って噴出したり、湖底から湧出するガスもあり、それらの一部を第3表に示し、さらに以上の諸ガスの成分特徴を第5図に示した。

#### 温泉・湧泉の特徴

この地域には多数の温泉が存在しているが、その主要なものを第4表に示す。草津白根火山東麓の草津・万代・香草の諸温泉群は酸性が強く、それぞれの濃度は異なるがその組成割合は相互に近い値を示している(第6図中のA)。これまでの研究者の考えを総合すると東麓の温泉群は、草津白根山山腹の富貴原の池付近より浸透し、青葉溶岩・殺生溶岩の下の太子火砕流中を流下する伏流水が、殺生河原などの多くの噴気地帯を通過する際、地下において火山ガスの温度と酸性

成分を与えられ、さらに流下するうちに流路の周囲の岩石の成分を溶入し、高温・強酸性・高濃度の温泉伏流水となる。これに北方の谷沢原火砕流中の伏流水をはじめとする低温、低濃度の一般伏流水が種々の割合で混合し、草津市街地及びその周辺地域に湧出してくるものと考えられている。

これに引きかえ同火山西麓の万座・橘・石楠花などの各温泉にも多くの源泉が存在するが、その成分は第6図のI-IIIに示すような広範囲にわたっており、この地域の温泉成分が著しく変化に富んでいることを示している。この地域は草津白根火山系より古い数種の溶岩におおわれており、さらに時代も深さも異なるいくつかの断層の走る複雑な地下構造をしているため、温泉水の起源や湧出機構も単純なものではない。これらの湧水群は少なくとも第6図のIとIIIの2系統の源水の混合割合並びに地表水との希釈の程度により、これらの成分の多様性が生じて来たものと考えられる。

これらの諸温泉の中でも草津温泉は古くから有名で、長期にわたる研究が続けられており、1888年以来90余年間の成分変化を第7図に示した。

#### 湖沼・河川水の水質

この地域には爆裂火口に水の溜った湖や池が多い、それらの湖沼のいくつかの水質を第5表に示したが、なかでも活動中の火口に水の溜った草津白根山山頂の湯釜はその湖水の酸性も著しく強くまた含有成分濃度も極めて高い。またその湖底には、下方からのガスにより運ばれた溶融硫黄がたまっており116℃の高温を示している。

この山麓の河川水は上述の強酸性温泉、火山噴気等のほか、

第4表 草津白根火山山麓温泉水の化学成分 (mg/l)

Table 4. Chemical compositions in hot springs around Kusatsu-Shirane Volcano.

採取地	W.T.℃	pH	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	ΣFe	Al <sup>3+</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	H <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>	
白根山・東麓	地蔵	64.5	1.83	31.9	15.7	76.6	34.5	21.8	85.0	414	1190	290
	草津湯畑	66.5	1.82	32.9	15.8	77.8	33.2	20.9	85.7	423	1185	289
	白旗	67.0	1.81	33.4	15.4	75.2	33.9	20.3	73.3	400	1182	291
	西之河原	55.6	1.88	33.5	14.0	72.1	35.6	19.7	79.4	346	1054	250
	万代鉦	87.2	1.60	45.5	19.0	87.5	44.0	8.5	79.0	770	1564	547
	常布	32.0	3.6	102	38.5	257	109	129	194	870	2288	249
	香草A	53.7	1.56	124	62	268	160	192	312	1731	1133	287
香草B	54.3	1.40	117	65	242	145	200	319	1910	1340	276	
白根山・西麓	奥万座	59.0	3.2	33.1	7.0	103	16.4	0.5	12.3	44.7	404	95.7
	万座湯畑	83.0	2.4	127	32.0	49.3	61.9	2.4	11.7	160	781	152
	地熱	87.3	2.0	57.2	15.2	31.7	20.7	10.8	53.1	65.4	1237	239
	空噴	94.5	1.2	418	110	56.9	189	14.2	106	864	4418	517
	橘	31.7	4.3	64.0	64.0	55.7	21.9	1.2	7.35	68.2	359	123
	石楠花2	91.5	2.08	19.2	15.2	34.9	26.2	193	136	0.60	2326	405
石楠花3	81.3	7.22	48.4	10.4	31.7	3.61	0.38	3.15	0.60	175	148	

第5表 草津白根火山地域の主な湖沼・河川水の化学成分 (mg/l)

Table 5. Chemical compositions in waters of lakes, ponds and rivers at Kusatsu-Shirane Volcano.

	採取地	pH	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Fe <sup>2+</sup>	Fe <sup>3+</sup>	Al <sup>3+</sup>	Cl <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	H <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub>
湖沼水	湯釜	1.10	11.8	9.1	85.9	6.8	93.4	0.3	147	2680	5522	174
	水釜	2.76	5.8	1.2	95.9	0.29	31.1	8.59	37.6	0.70	518	45
	涸釜	3.55	1.1	1.8	6.70	0.10	0.14	0.06	3.42	0.50	29.4	3.64
	弓池	4.29	0.3	0.3	1.60	0	0.14	0.07	3.44	0.50	4.20	3.12
河川水	湯川	2.12	26.1	9.4	58.4	17.9	13.3	2.53	51.6	265	551	182
	谷沢川	2.68	16.4	4.3	61.6	13.8	2.14	21.1	33.4	72.2	391	83.7
	大沢川	3.01	29.6	9.3	82.8	19.1	3.79	8.13	42.7	184	321	92.6
	万座川	3.10	6.7	2.2	23.6	3.9	1.60	12.2	22.0	11.6	285	50.4
	遅沢川	2.73	9.7	4.4	32.9	9.7	30.6	41.1	23.1	49.2	490	85.7

付近にかつて存在していた多くの硫黄鉱山の廃坑から涌出する強酸性の坑内水にも影響をうけ、酸性を呈するものが多い(第5表)。これらの酸性河川のうち湯川、谷沢川などは主として流域の温泉水の、また大沢川、遅沢川などは上流の硫黄鉱山跡からの廃水、さらに万座川などではこの両者の影響をうけたものであろうと考えられる。

1976年水釜噴火と火山ガス・水質の成分変化

1976年(昭和51年)3月草津白根火山の水釜火口の北東隅において、結水下の湖底から水蒸気爆発が発生した(第8図)。この噴火は白根山としては1942年(昭和17年)以来34年目であり、水釜が噴火したのは有史以来はじめてであった。顕著な爆発は最初の1回限りであり、冬季でもあり被害はほとんどなかったが、この活動の前に同地区の火山ガス並びに水釜の水質に次のような異変が認められた。

- 1) この地域の主要な噴気孔ガスにしばしば少量のSO<sub>2</sub>が見出されるようになった(第4図)。
- 2) 噴気孔地域における大気中のH<sub>2</sub>S濃度と滞留範囲が拡大した。
- 3) 水釜付近にSO<sub>2</sub>を含む新しい噴気孔が多数発見された。
- 4) 噴火の前年から水釜の湖水の成分の中のFe<sup>3+</sup>(三価鉄)が突然減少し、逆にFe<sup>2+</sup>(二価鉄)が増加した。

これらの異変の多くは噴火の1年以上前から判明しており、十分警戒を行っているうちに1976年の爆発が起こったもので、同火山のように水蒸気爆発を主とする噴火を行う火山では、上述のような地球化学的異変が先行して起こる場合もあることが判明した。

近年の活動における噴出物の変質状況と含有二次鉱物

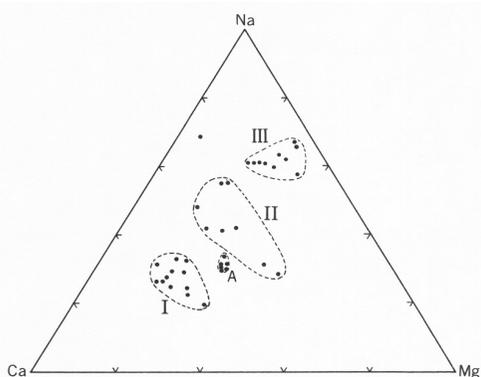
なお本火山は多年にわたり主として水蒸気爆発のみをくり返して来ており、このため近年の活動における噴出物はマグ

マから直接由来したものではなく、すでに固結した岩石が何らかの変質作用をうけたもので、粘土鉱物をはじめ多くの変質二次鉱物を含んでいる。その一例として1976年3月水釜噴出物の化学組成を第1表に示す。またその噴出物に含まれる二次鉱物としてモンモリロナイト・カオリナイト・パイロフィライト・蛋白石・明ばん石・石膏・硬石膏・硫黄が確認された。

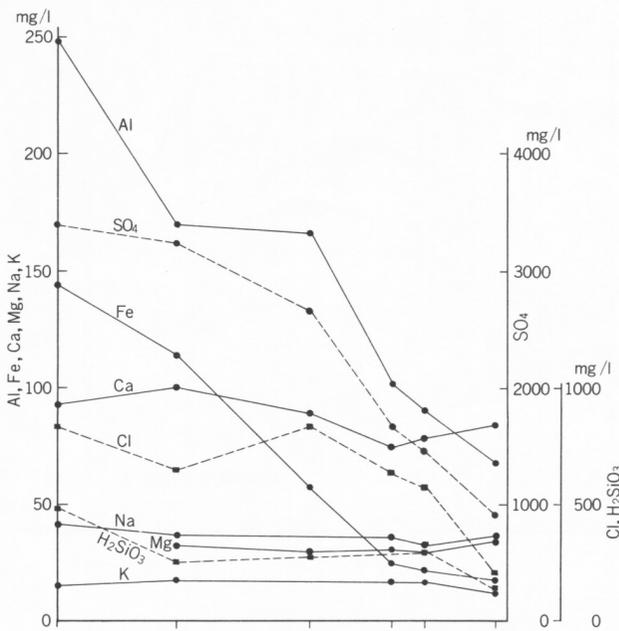
硫化水素自動監視・警報装置

草津白根火山山麓一帯には高温並びに低温の噴気孔が多数分布しており、場所によっては地形・天候等の状況で火山ガスが滞留・濃縮し、その中の有毒なH<sub>2</sub>Sの大気中の濃度が増加し、時には危険な状態になることも予想される。このため近年火山ガスの大気中における分布状況が全域にわたり再調査され、硫化水素危険予想地域が設定された(地質図参照)。

本図には環境・条件が悪ければ大気中の硫化水素(H<sub>2</sub>S)濃度が(1)100-1000ppm以上に達する可能性のある地区、(2)10-100ppmになるおそれのある地区の2段にわけて示した。これらの地区は現在木柵で囲まれ、立入禁止の看板が立てられているので、この規制を守るならば危険はほとんどない。ガスは、比重が大きいため無風に近い時、或は夜間下降気流の時、ガス温度の低い時などに、低地にたまる場合が多く、



第6図 万座温泉 Na - Ca - Mg成分図 I, II, IIIは本文参照。Aは草津温泉群  
Fig. 6. The molar ratios of Na - Ca - Mg contents of hot spring at Manza area. (A: hot spring at Kusatsu area.)



第7図 草津湯畑温泉の成分変化  
Fig. 7. Changes of the compositions of water at Kusatsu-yubatake hot spring.



第8図 水釜火口1976年噴火模式図 ----- 噴出物分布域

● 多量の噴出物の堆積範囲 × 新噴気地点 ▲ 噴火前の噴気地点  
 Fig. 8. A picture of 1976 eruption at Mizugama.  
 ----- distribution of ejecta ● deposition of a large amount of ejecta × new fumarole ▲ fumaroles before explosion

かつ無色透明なためその発見が難しい。もし万一硫化水素の臭気を感じたなら、湿した布を鼻と口にあてがい、姿勢を低くしないようにして脱出させ、新鮮な空気のもとで応急処置をほどこせばほとんどもともどることが知られている。

さらに多人数の出入が予想される殺生河原と万座地区にはH<sub>2</sub>S濃度自動測定警報装置が設置された。1977年(昭和52年)からはこの地域での大気中のH<sub>2</sub>S濃度が危険な濃度に達すると感知器11, 制御警報器5からなる監視網によって、自動的に警報が発せられ、事故発生を未然に防ぐことができた。

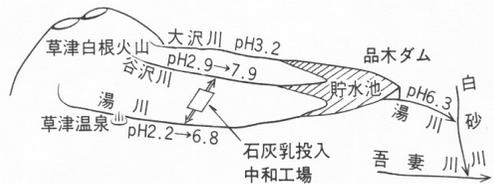
#### 酸性河川水の人工中和事業

既述のようにこの地域には酸性河川水が多く、下流地域に及ぼす影響が少なくない(第5表)。そこでそれらの河川のうち草津温泉のほとんどが流入する、最も酸性の強い湯川と、これと併流する谷沢川・大沢川の3河川を対象として、1964年(昭和39年)から石灰乳投入法による人工中和作業が開始された。このため第9図に示すような水質の改良が行われ白砂川・吾妻川をはじめとする下流河川におけるダム建設・発電・橋梁工事・灌漑・養魚等の諸事業に著しい改善が見られるようになった。

#### 噴火の予知・防災と火山の恩恵

歴史に記録されている草津白根火山の火山活動は、すべて水蒸気爆発である。この火山の周辺には硫化水素などの火山ガスを放出している噴気活動もある。これらの活動は、1982年に小爆発があったように、今後も続くことであろう。硫化水素に対する自動監視・警報装置が設置されて活動中であることは既に述べた。噴火活動に対しても、常時監視を行って、災害が起こらないように対策を立てなければならぬ。

1976年の水釜の爆発の際には、地球化学の項で述べたように、火山ガスや湖水の化学組成に前駆的变化が観測された。



第9図 湯川水系3河川の中和による水質改善

Fig. 9. Neutralization of the water of the Yukawa River system.

また、赤外線映像による放熱量分布の調査では、爆発地点付近には、3年前から熱的異常が生じていることが分った。水蒸気爆発に伴って微小な火山性地震の発生も報告されている。又、1974年には湯釜湖底に溶融硫黄の存在が確認され、注意を喚起されていた。

国の火山噴火予知計画に基づいて1978年に、気象庁は水釜付近に地震計を設置し、テレメーターによる地震の常時観測が始められた。しかし、噴火予知の科学の現状では、この火山で起こるような小規模の水蒸気爆発を確実に予知することは容易でない。草津白根火山では、爆発自体は小規模であっても、観光客が火口縁まで容易に訪れることができるので、不測の場合にそなえた防災対策も必要である。

一方草津白根火山は災害をもたらすだけではない、この火山の周囲には、湯量・温度・成分とも一級の温泉がいたるところに湧出し、草津・万座などの有名な温泉地が開かれた。殺生河原などの噴気活動や、湯釜など山頂付近の景観、周辺の美しい高原は、温泉とともに、四季を通じて観光・スポーツに多くの人を集めている。温泉活動はまた、鉄や硫黄などの資源を生み、鉱山として採掘された。

最近では、新しいエネルギー源としての地熱エネルギーが注目され、すでに草津温泉街において道路融雪のための地熱利用が行われているほか、石津地区では調査井の掘削を含む概査も行われた。

#### 謝辞

本図の作成にあたり、地域北東部の元山地区の地質について、鋼管鉱業株式会社佐藤政夫・曾野哲人両氏から御教示頂いた。記して深く感謝する。

#### 文献

この火山地質図の説明文では、いちいち引用文献を示していないが、主な参考文献を以下にあげておく。また、火山についての一般的参考書もあげておく。

#### 地質について

- 早川由紀夫：草津白根火山の地質。地質学雑誌(投稿中)。  
 Hayakawa, Y., Aramaki, S., Shimozuru, D. and Ossaka, J. (1981) Kusatsu-Shirane Volcano. In Field Excursion Guide to Fuji, Asama, Kusatsu-Shirane and Nantai Volcanoes, Volcanological Society of Japan, Tokyo, p. 49 - 63.  
 間遠治孝(1965) 群馬県北硫石津鉱山の地質及び鉱床—草津白根地区の硫黄鉱床の研究II—。鉱山地質, vol.17, p. 180 - 199.  
 太田良平(1954) 5万分の1地質図幅「草津」及び同説明書。地質調査所, 83p.  
 太田良平・松野久也(1970) 草津白根火山の再調査。地調月報, vol. 21, p. 609 - 618.  
 曾屋龍典・宇都浩三・下谷昌幸(1983) 草津白根火山1982年10月26日の噴火について。地質ニュース, no. 341, p. 7 - 16.  
 Tsuya, H. (1934) On some lavas of the Volcano Kusatsu-Shirane, Koduke Province, Japan. Bull. Earthq. Res. Inst., vol. 12, p. 52 - 76.  
 上野三義・間遠治孝・金原啓司・西村進(1978) 群馬県吾妻郡草津白根・花敷地熱地域の熱水変質帯。地調報告, no. 259, p. 467 - 516.  
 地球化学・温泉・地熱について  
 Sekioka, M., Sato, M. and Ishihara, M. (1979) Geothermal

snow melting system in Japan. Geothermal Resources Transactions, vol.3, p.639—642.

- 南 英一・山縣 登・島 誠・西條八束(1952) 草津白根山の火山湖「湯釜」に就て(その1). 陸水学雑誌, vol.16, p.1—5.
- 武藤速夫(1978) 石灰乳中和法による酸性河川の水質改善について. 土木学会論文報告集, no.275, p.41—52.
- 野村昭之助・高江洲登・小坂知子・小坂丈予(1979) 草津白根火山周辺の火山ガスの成分特徴とその由来について. 日本地熱学会誌, vol.1, p.117—134.
- 小坂丈予・平林順一・野村昭之助・小坂知子(1972) 万座温泉地域の水質とその由来について. 1972年度地球化学討論会演旨集, p.92.
- 小坂丈予・平林順一・林 保(1976) 草津白根火山新噴出物の成分と噴火様式. 1976年度日本地球化学会年會講演要旨集, p.110.
- 小坂丈予・平林順一・野村昭之助・小坂知子(1980) 草津白根火山一帯の大気中の $H_2S$ ガス分布と自動測定警報システムについて, 昭和55年度日本地熱学会演旨集, p.37.
- Ossaka, J., Ozawa, T., Nomura, T., Ossaka, T., Hirabayashi, J., Takaesu, A. and Hayashi, T. (1980) Variation of chemical compositions in volcanic gases and waters at Kusatsu-Shirane Volcano and its activity in 1976. Bull. Volcanologique, vol.43, p.207—216.
- 平沢 清(1978) 地熱開発調査の地域レポート [8] 白根南部地域. 地熱エネルギー, vol.3, no.9, p.11—29.
- 一般参考書
- 横山 泉・荒牧重雄・中村一明(編)(1979) 岩波講座地球科学 7, 火山. 岩波書店, 東京, 294p.
- 村山 磐(1977) 日本の火山災害, 記録による性格調べ. ブルーバックス, 講談社, 東京, 206p.

#### 追 記

1983年1月初旬現在も, 草津白根火山は噴火活動を継続中である. この活動が長期間にわたるものかどうかはわからない.

#### Geology of Kusatsu-Shirane Volcano

Kusatsu-Shirane Volcano is an active volcano, which has erupted several times in history. It is located in the Jō-Shin-Etsu Kōgen National Park, a scenic mountain region well known because of Kusatsu and Manza spas. The volcano is in the westernmost part of Gumma Prefecture in central Japan, where many Quaternary volcanoes cluster. The basement of this volcano consists mainly of Tertiary andesites, the thickness of which exceeds 1,000m. Exposed basement rocks are highest (about 2,000m) on the north slope and lower on the south and east slopes (less than 1,100m), which indicates that the volcano developed on a southeasterly inclined surface of the basement. Thus, most lava flows and pyroclastic flows flowed east and south from the vents, resulting in vents being situated at the northwestern end of the volcano.

The volcano consists of three pyroclastic cones ( $0.33\text{km}^3$ ) located at the northwestern end, lava flows of various stages ( $7\text{km}^3$ ) which flowed down to the east and south, and large amounts of pyroclastic flow deposits ( $10\text{km}^3$ ) spreading in gentle slopes eastward and southward. Activity started in the early Pleistocene age and a small stratovolcano (Matsuzawa Lavas) was formed. After a long time of quiescence, Horaguchi Lava extruded and was followed by a large amount of pyroclastic flow (Ōshi Pyroclastic Flow) 0.6—0.7 Ma ago.

The activity of lavas extruded after the eruption of the Ōshi Pyroclastic Flow is divided into three stages; older, middle and younger lavas. Erosional interval appears to exist between each of them. After the activity of middle lavas, a small-scale pyroclastic flow, the Yazawahara Pyroclastic Flow, erupted.

About 11,000 y.B.P. a large amount of pumice erupted from Asama Volcano, 25km south of Kusatsu-Shirane and deposited the Tsumagoi Pumice Fall to the north of the source vent. This pumice is 50 to 100cm thick around the town of Kusatsu (Fig. 2). Some younger lavas of Kusatsu-Shirane Volcano lie on this air-fall pumice deposit, therefore, the activity of the younger lava flows and pyroclastic cones at the top of this volcano are thought to have occurred about 10,000 years ago.

All the historically recorded eruption of this volcano are steam explosions which occurred in and around the Shirane Pyroclastic Cone and Yumi-ike Crater. The oldest eruption recorded is that of 1805, which was followed by 77 years of quiescence. The eruption of 1882 acidized the water of Yu-gama and Mizu-gama crater lakes, and vegetation in and around the Shirane Cone withered. After the eruption of 1882, steam explosions occurred frequently and two people were killed in the 1932 explosion. The latest explosion occurred in Yu-gama in 1982.

Rocks of Kusatsu-Shirane Volcano are pyroxene andesite and dacite with  $SiO_2$  content from 54 to 64 weight percent. All rocks are porphyritic carrying phenocrysts of plagioclase, augite, hypersthene, magnetite and some of them have quartz and/or olivine phenocrysts. Kagusa Lava, one of the younger lavas, only has a small amount of biotite phenocryst, which is always surrounded by a corona of plagioclase, hypersthene, augite and magnetite. Andesites have a fine-grained groundmass of plagioclase, clino- and orthopyroxenes and magnetite with interstitial brown glass, but dacites are glassy and are made up of colorless glass with a little amount of acicular feldspar and pyroxene. Chemical analyses of some representative rocks are shown in Table 1.

#### Geochemistry of Kusatsu-Shirane Volcano

There are many fumaroles around Kusatsu-Shirane Volcano. The temperatures of them are between 92 and  $104^\circ\text{C}$ , and the gas except  $H_2O$  are largely composed of  $H_2S$  and  $CO_2$ . Many hot springs including those of famous Kusatsu and Manza spas exist in this area. Most of them, especially those on the eastern foot of this volcano, are strongly acidic and have high  $SO_4^{2-}$  contents.

Many small lakes or ponds have been formed in craters or other depressions around the volcanoes. Yu-gama (hot-water kettle) at the summit of Shirane Pyroclastic Cone is discharging melted sulfur from the lake bottom, hence, the lake water is strongly acidic and concentration of constituent ions are extremely high (1st line of Table 5).

Before the steam explosion of 1976 increase of  $SO_2$  or  $H_2S$  content in the fumarolic gas or atmosphere around there and the ratio of ferrous iron to the ferric in the lake water of Mizu-gama was observed.

Many rivers in this district are highly acidic by acid waters from hot springs and drains from sulfur mines. Rivers of strongest acidity have been artificially neutralized since 1964 with milk of lime in order to prevent the poisoning and corrosive action of acid water in the downstream.

Emanated  $H_2S$  gas collected in low topography may cause a fatal poisoning accident. Automatic alarm systems to give an alarm when the concentrations of  $H_2S$  gas in atmosphere exceeds an designated value have been working since 1977.

## No.3 草津白根火山地質図 正誤表

(2007. 2 現在)

		誤	正
本文 p. 1	右列上から 14 行目	向って	向 <b>か</b> って
本文 p. 7	右列上から 11 行目	異なる	異 <b>な</b> る
本文 p. 9	文献 下から 23 行目	早川由紀夫:	早川由紀夫 (1983)
	文献下から 23 行目	地質学雑誌 (投稿中)	地質学雑誌, vol. 89, p. 511-525.
	文献 下から 15-16 行目	vol. 17, p. 180-199.	vol. <b>15</b> , p. <b>12-25</b> .
	文献 下から 14 行目	太田良平 (1954)	太田良平 (195 <b>7</b> )
	文献 下から 9 行目	噴火について	水蒸気爆発
本文 p. 10	文献 上から 18 行目	について,	について.
	左列下から 21 行目	southeastery	southeaster <b>ly</b>
	右列上から 7 行目	ac <b>i</b> tivity	act <b>i</b> ty
	右列上から 17 行目	vegitation	veg <b>e</b> tation
	右列上から 20 行目	ocourred	oc <b>o</b> rrred
	右列下から 3 行目	concentrations <b>s</b>	concentration