

立山火山地獄谷産“火口”硫黄について

河野俊夫*

“Hoguchi” Sulfur from the Jigokudani
Valley, Tateyama Volcano

Toshio KOUNO

はじめに

昭和56年7月末、立山登山の途中に立ち寄った地獄谷で火口硫黄の多産することを見いだした(第1図)。昭和59年8月には、火口硫黄の形成過程を一部目撃した。以前から、時折火口硫黄が舌状に流出しているところを登山客や山小屋の人々等が目撃している。また、新聞紙上を連日賑わしたこともある(第2図)。しかしながら、この立山産火口硫黄について明瞭に記載されたものが見あたらないので報告したい。なお、火口硫黄という名称は、一応、木下(1963)が鉱石として用いる硫黄を産状と種類によって分類しているものによった



第1図 火口硫黄 A 43



第2図 火口硫黄 A 22, A 23 の流出する様子。
昭和48年8月8日(夕方)田口松男氏提供

(第1表)。

この報告作成に当たり、島根大学横山鼎先生には全般にわたって終始丁寧なご指導を受けた。日本地学研究会の益富寿之助先生には標本を見ていただきご助言頂いた。富山県自然観察員田口松男氏には、貴重な資料提供を受けた。中部山岳国立公園黒部管理員事務所の上原裕雄氏には環境庁より標本採集の許可を受けるに当たり、便宜を図って頂いた。以上の皆様に感謝の意を表します。

第1表 硫黄鉱石の名称(木下, 1963から作表)

鷹の目	透明な黄色結晶の集合よりなる純硫黄
華硫黄	硫気孔に昇華した結晶集合体
溶融硫黄	硫黄の溶融点113℃以上で溶融状態にあるもの
溶流硫黄	溶融硫黄の流下固結したもの
火口硫黄	硫気孔の煙道に昇華したものが溶流したもの
沈澱鉱	火口湖などに沈澱したもの
湯の華	現在の温泉中に沈澱している微粒の硫黄
石硫黄	岩石が硫黄で交代されたもの

* 滋賀県立堅田高等学校
(昭和46年島根大学文理学部理学科(地学)卒業)

地形・地質の概要

立山地獄谷は爆裂火口である。地獄谷の北半分には粉状硫黄を多く含む粘土層及び礫層からなる湖成層が分布する。この粉状硫黄は火山ガスの H_2S が酸化されて生じたと考えられている(日下部・他, 1983)。

地獄谷の南半分, 特に小さな丘陵部は安山岩質の凝灰角礫岩からなり, 平坦地は凝灰角礫岩上に粘土層や砂礫層からなる湖成層が薄くのっている。特に, 中央丘陵と南西平坦地では今も噴気活動が激しく, 地表付近は昇華硫黄によって広く鉱染されている。以下, 鉱染の著しい部分を黄変部と呼ぶ。黄変部の厚さは数cm~数10cmと一定していないが, 白煙を常時あげているような噴気孔の周りで厚い。また, 不規則な割れ目が多数見られる。この黄変部の表面を部分的に覆うように火口硫黄がみられる。

火口硫黄の構成物

この火口硫黄は多くの碎屑物を含み, ほとんどのものが灰色をしている。

硫黄の含有量は50%前後と少ないが, いずれもマッチで発火可能である。但し, 燃え尽きることはない。火口硫黄の断面を観察すると, 針状硫黄が底面から表面に向かって灰色粘土中を多数成長しているのがわかる。この針状硫黄は, 硫黄含有量の少ないものや大きな碎屑物を多く含むものでは発達が悪いが, 気泡の近くや表面を破って絞り出されたような部分ではっきり認められる。

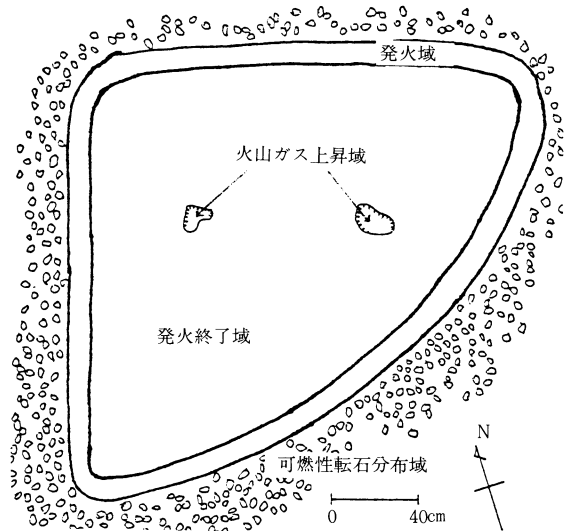
含まれる碎屑物は角礫凝灰岩や湖成層に由来するものが多く, 数cm大以下の安山岩片, 円磨された高温石英, クリストバライト, 灰色粘土, 自形をなす微粒黄鉄鉱からなる。なお, 乾燥すると繊維状の緑ばんが析出する。

火口硫黄形成過程の観察

昭和59年8月17日, 火口硫黄が形成されていく過程の一部をたまたま目撃した。以下に要約する。

(1) 15時13分, 白煙に気付く。近寄ると既に $2m^2$ 程度の範囲が発火を終えており, その外縁部数cm幅の範囲が発火・液化し, さかんに白煙を上空に, 褐色気体を地表近くにあげていた。以下, 前者を発火終了域, 後者を発火域と呼ぶ。発火域の外側には, 黄変部に由来する転石が分布するが, これを可燃性転石と呼ぶ(第3図)。

(2) 発火域は, 周りの可燃性転石を次々に発火・液化させながら外側へ広がっていった。その表面を, 赤



第3図 B型火口硫黄形成過程スケッチ
(15時15分頃)

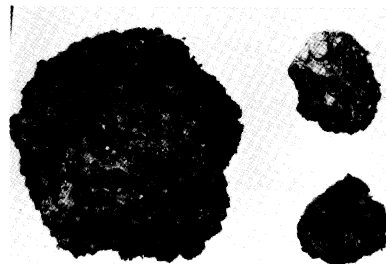
色残さが覆うようになると, 内部まで燃え尽きることなく次第に冷却固化していった。即ち, 内側に発火終了域が広がっていった。

(3) 発火終了域のうち, 特定の二ヶ所は観察していた2時間ほどの間, 白煙を出し続け, 次第に周囲より低くくぼんでいった。そのうち一ヶ所は最終的に長径20cm, 短径15cm, 深さ5cmの楕円形に近い凹地となった。火山ガスの上昇場所が凹地となることを示す。

(4) 発火域の広がる方向と速さは, 可燃性転石の分布量と風向によって変化する。

(5) 17時20分, 東側 $2m^2$ 程度の範囲に分布する可燃性転石がほぼ同時に発火・液化し, やがてその一部が低所に向かって舌状に流下した。長さ1m, 幅10cm程度, 厚さは1cm以下である。

(6) 17時30分頃山小屋の職員によって散水された。散水終了後, 生成物を観察した。発火域と凹地底の火口硫黄は, 急冷によりゴム状硫黄の外観を示していた。



第4図 アンマン状火口硫黄片

発火終了域は、典型的な火口硫黄の外観を示していた。また、お互いにつながらず孤立して発火していた可燃性転石は、アンマン状の形態を示していた（第4図）。

(7) こうして火口硫黄が6.5m×3.5mの長楕円形の範囲に形成された。

形成のしくみとタイプわけ

火口硫黄は、既に形成されているものの観察結果と前述した目撃結果から次の2タイプに分けられる。

1. A型

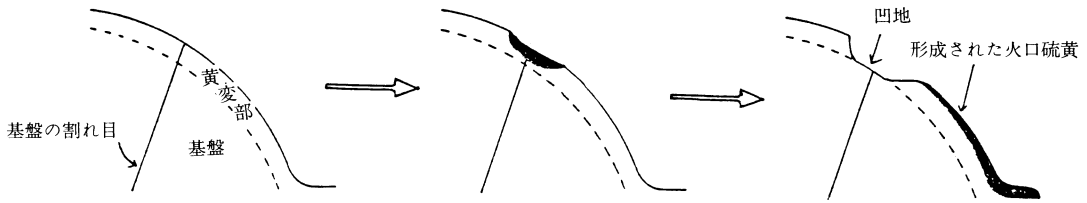
A型の火口硫黄は、黄変部の昇華硫黄が割れ目を上昇してきた高温の火山ガスによって液化し、地形的な低所に向かって流下しながら冷却固化したものである。

従って、舌状ないし川のように蛇行した細長い外形を持ち、よく目立つ。その規模は幅数10cm、長さ数m、厚さ数cm程度のもが多い。また、肉眼的な大きさ砕屑物を多く含む比較脆い。

火山ガスの上昇場所は小さな凹地となっているが、斜面上にあるため、凹地底にはほとんど火口硫黄は残存せず、黄変した角礫凝灰岩が露出していることが多

第2表 A型火口硫黄の特徴一覧

番号	長さ (m)	幅 (m)	厚さ (cm)	奥行き (m)	凹幅 (m)	地深さ (m)	溝状構造	縄状構造	房状突起	硫黄含有量	備考
A0	110+	15	10				無	無	有		砕屑物に覆われ両端不明。何枚も積層している。
A1	55	0.6	18				有	有	無	49.3	上端部不明
A2	17	1.6	5	1.6	1.5	0.5	有	有	無	52.8	末端部が2本に分流する。
A3	7.8	1.4+	6				無	無	無		A4, A5に覆われ、上端や側面の広がり不明
A4	21	1.6	6				有	有	無		異なる凹地からほぼ同時に流下したものが途中で合流し一枚になっている。
A5	9.2	0.5	10	0.6	0.6	0.35	有	有	無		末端部が2本に合流する。
A6	10.8	0.7	7				無	有	無	60.0	一つの凹地から2枚流下。おうどう色をしている。
A7	4.7	0.4	4				無	無	無		一つの凹地から3枚流下。
A8	5.7	0.5	3				有	有	無		A9と同一の凹地から流下。
A9	5	0.35	2				有	無	無		
A10	7.5	0.5	4				有	有	無		A11と同一の凹地から流下。
A11	6.7	0.5	6				無	有	無		
A12	10			2.0	1.7	0.5	無	無	無		
A13	5.5	0.4	8	1.8	1.5	0.4	有	有	無		
A14	9+						有	無	無		三つの凹地から流下したものが途中で合流し一枚になっている。
A15	100+	2.5	25				有	有	有	49.8	何枚も積層し大規模
A16	4.8	1.2	7				有	無	無		崩壊により両端が存在しない。
A17	12	0.9	3	1.4	2	0.4	有	有	無		S.58.8下旬～S.59.8中旬の間に流出。
A18	100+	3	40				無	無	有		水面下にあるため表面に珪華や粉状硫黄が付着し詳細不明。
A19	33+			5	4	1.0	有	無	無		崩壊が著しく、一部は砂礫サイズにまで壊れている。
A20	30+			2	1	0.5	有	無	無		崩壊が著しく、一部は砂礫サイズにまで壊れている。
A21	60+	3	15				無	無	有	91.3	かじや地獄の噴気塔に由来する。硫黄含有量が唯一高い火口硫黄である。
A22	32	1	9				有	無	無		S.48.8.8夕方流出。流下を止めるため散水された。
A23	14	0.6	2				有	無	無		8.48.8.8夕方流出。流下を止めるため散水された。
A24	22	1	6				有	無	無		S.56.8初旬に流下した。
A25	4	0.3	2				無	無	無		S.56.8初旬に流下した。
A26	13	0.4	2	1	1.5	0.3	有	無	無		S.56.8初旬に流下した。
A27	16	0.9	5	3	1.6	0.25	有	無	無		凹地の保存状態がよい。
A28	6	1.8	10	1	1.5		有	有	無		保存状態良好
A29	19	0.8	4	2.2	5	0.4	有	有	有		保存状態良好
A30	29+						有	有	有		保存状態悪い。数枚積層している。
A31	3.5	0.6	5				無	有	無		
A32	10	0.4	3				無	無	無		おうどう色。A34と同一の凹地から流出。
A33	4.5	0.5	5	0.7	1	0.3	無	有	無		
A34	10	0.5	5				無	有	無		おうどう色
A35	7	0.4	3	1	1		無	無	無		
A36	7+	1	6				有	無	無		一部のみ残存
A37	13+	0.5	5				無	無	無		一部のみ残存
A38	4.6	0.5	5	0.8	1.5	0.1	無	無	無		2枚積層している。
A39	14	0.5	5	4.8	4.8	2	有	無	有		
A40	7.5	0.5	4	0.6			有	有	無		2枚積層している。
A41	5.5	0.4	2				有	有	無		
A42	2.7	0.4	2	0.8	0.6	5	有	無	無		平地に達した末端部は膨らむ。
A43	14	1.5	10	1.0	1.5		有	有	無		2枚積層している。
A44	10+	0.8	5	0.8	0.6	0.1	無	有	無		
A45	10	0.5	10	1.8	0.5	0.1	有	有	有		角材の上を流れ焦がしている。
A46	5.5	0.4	3				無	有	無		破壊が著しい。
A47	17+	0.5	30				有	無	無		S.58.8中旬～S.59.8中旬の間に流出。

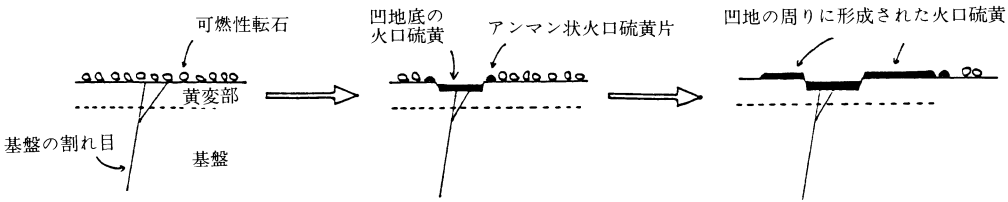


割れ目に沿って地下から、高温(114.5°C以上)の火山ガスが上昇してくる。

高温の火山ガスが黄変部を通過する時、その一部をとかす。

とけた黄変部が一定の体積になると重力によって流下する。

第5図 A型火口硫黄形成模式図



割れ目に沿って高温(190°C以上)の火山ガスが上昇してくる。

高温の火山ガスが黄変部を通過する時、その一部や可燃性転石を発火させる。

発火した可燃性転石は次々と周りの可燃性転石を発火・液化させながら、それらとつながり凹地の周りに、薄く広く火口硫黄を形成していく。

第6図 B型火口硫黄形成模式図

い。
一つの凹地には一枚の火口硫黄の対応していることが多いが、2枚見られるものや、上下に重なっているものもある。隣接する複数の凹地から流出したものが流下途中で合流し一枚となったものもみられる。

比較的保存の良いA型火口硫黄の特徴を第2表に示した。また、形成過程を第5図に模式的に示した。

2. B型

B型の火口硫黄は目撃したように、主として火山ガス上昇場所の周りに散存する可燃性転石が次々と発火・液化しながら連続することによってできる。

B型の火口硫黄は凹地と凹地をつなぐようにはほぼ楕円形に広がっている。その規模は、広がり数m²、厚さ数cmである。なお、表面は部分的に赤色を呈するが、これは可燃性転石が発火した時、含まれていた緑ばんが酸化され酸化鉄が生じるためである。

火山ガスの上昇場所は凹地となっているが、平坦な場所に形成されているため、火口硫黄でおおわれている。

前述のように、比較的広範囲の可燃性転石がほぼ同時に発火した場合、A型のような舌状流を伴うことがある。また、希に凹地の周りにアンマン状の形態を持つ火口硫黄片が散在するだけの場合もある。

今回の観察では2時間程で深さ約5cmの凹地が2箇所

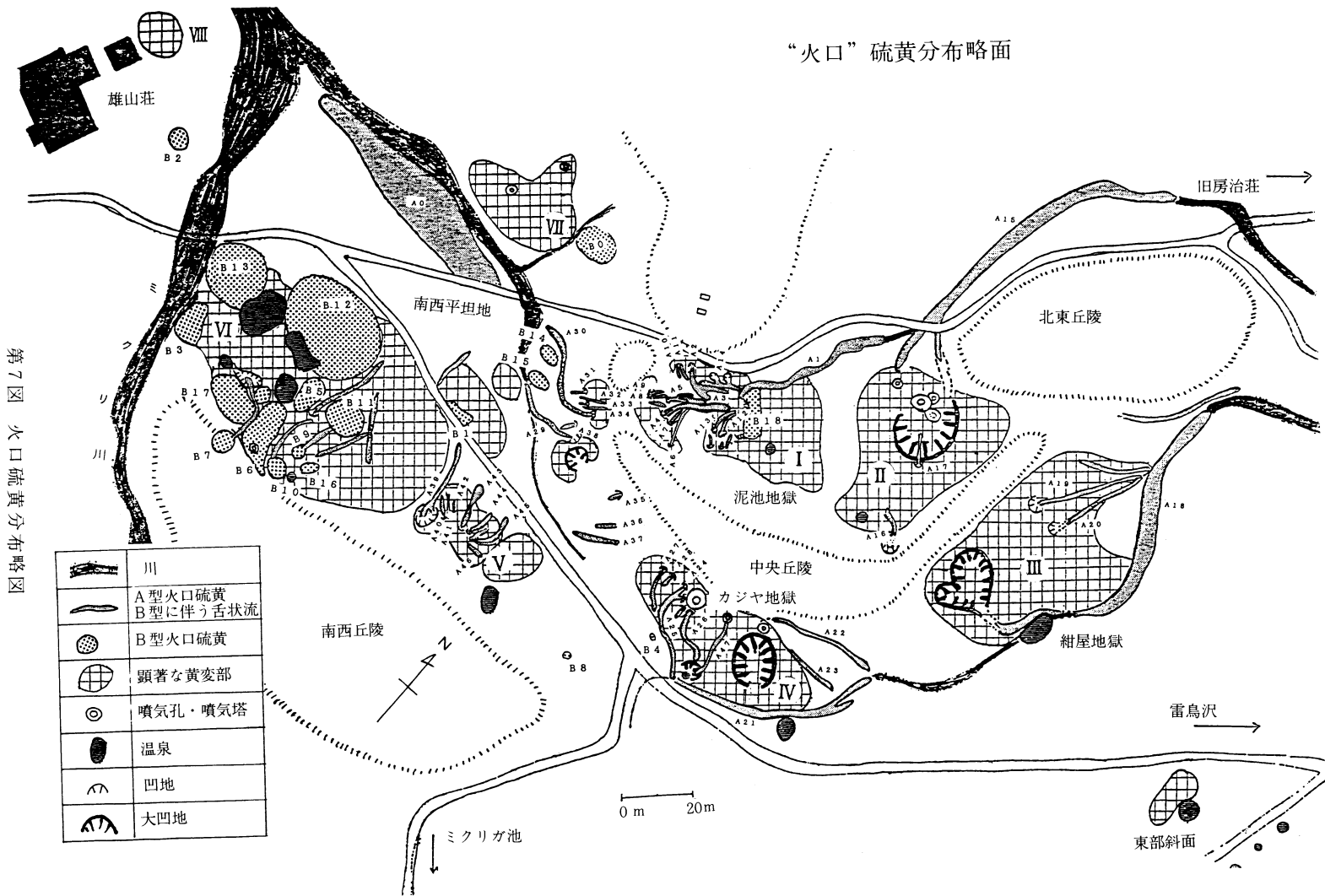
所できたが、南西平坦地にはこれより深くて広い凹地が多数見られる。このことは火山ガスの上昇継続時間か温度において、より活発な活動が行われた事を示している。

比較的保存状態の良いB型火口硫黄の特徴を第3表に示した。また、形成過程を第6図に模式的に示した。

第3表 B型火口硫黄の特徴一覧

番号	広がり 長径	短径	舌状流	アンマン状硫黄片	備考
B0	10.0	8.0	有	有	S.60.8中旬~S.61.8.23の間に形成
B1	6.5	3.5	有	有	S.59.8.17形成 舌状流は1m程度
B2	3.4	2.0	無	無	S.59.7下旬に形成 噴気孔有り
B3	10.8	8.5	無	無	同上 凹地多い
B4	2.5	2.0	無	無	同上
B5	10.0	6.0	有	有	同上 舌状流は2m程度
B6	13.0	7.0	有	有	同上 噴気孔有り
B7	7.6	5.0	有	無	同上 凹地多い
B8	2.5	1.7	無	無	S.57.10初旬~S.58.8中旬に形成
B9	4.0	3.3	有	無	同上 舌状流の末端は分流している
B10	8.0	4.5	有	無	同上 舌状流の末端が温泉パイプにぶつかっている
B11	12.0	9.0	無	有	同上 凹地間をつなぐ火口硫黄の発達が悪い
B12	31.0	22.0	有	無	形成時不明 凹地が多く保存状態も良い
B13	24.0	18.0	無	無	同上 温泉見学者の立ち入りによる崩壊が著しい
B14	7.4	1.0	無	無	同上 崩壊が著しい
B15	8.5	1.0	無	無	同上 崩壊が著しい
B16	5.5	3.0	無	無	同上
B17	15.5	9.0	有	無	同上 凹地が密集
B18	20.0	6.0	無	無	同上 比較的保存状態が良い。凹地は10ヶ所以上

“火口”硫黄分布略面



第7図 火口硫黄分布略図

分布と形成時期について

火口硫黄の分布について、昭和57年8月に悉皆調査を行い、林野庁航空写真（一万分の一）に記入した。その後、昭和62年7月30日までに形成されたものを一年毎に加筆しトレースして第7図を作成した。

A型は一つの凹地に対応する一枚の火口硫黄を記入単位としたが、同一谷筋を流下して上下に積層し区分困難なものも一枚として記入した。B型は、凹地の周りに広がる火口硫黄の分布範囲を記入単位としたが、顕著な舌状流も記入した。また、顕著な黄変部を便宜上Ⅰ～Ⅷに区分して示した。

図示しなかったが、たいていの黄変部上で古い火口硫黄の断片が認められる。また、黄変部ⅠやⅣでは、火口硫黄や碎屑物のさらに下に古い火口硫黄が見られるがこれらも図示していない。

A型は、主として中央丘陵を取り囲むように、その斜面上に分布する。黄変部Ⅳが現在最も活動的であり、特にカジヤ地獄と呼ばれている噴気塔はときおり高温ガスの上昇によって液化し流下している。即ち、唯一純度の高い火口硫黄を形成している。黄変部Ⅳに見られるA型火口硫黄のうち、A22とA23は昭和48年に流下したものであるが、最も外形の保存状態が悪い。時間経過と共に、崩壊が進行していくとすると、黄変部ⅠやⅤにみられる火口硫黄は小規模なものまでよく保存されているのでその形成時期は新しい。長くても10数年以内に形成されたものといえる。黄変部ⅡやⅢでは、A16を除くと、何枚も積層した規模の大きいものがみられるが、どれも外形や両端が定かたでなく、かなり以前に形成されたといえる。

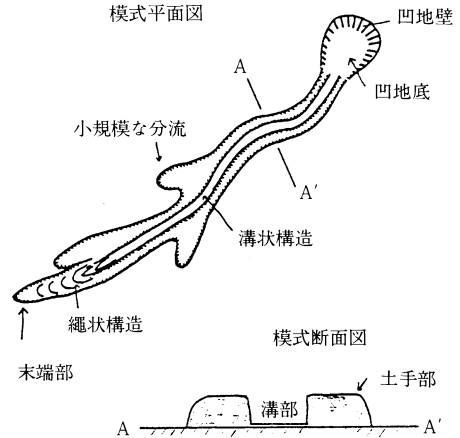
B型は南西平坦地に集中している。ここは現在最も活動的であり、第3表に示したように調査期間中に何箇所かで新たに形成された。B型は一般に薄いので壊れやすく、したがって、比較的新しいものしかみられない。特に黄変部Ⅵに形成されたものは、その上を多数の観光客が踏み歩くため、1～数年程度で壊れてしまい、外観が大きく変わる。

火口硫黄の表面及び底面にみられる現象

火口硫黄の表面及び底面に興味深い現象がみられるので以下に記載する。

1. 溝状構造と繩状構造

A型およびB型にともなう舌状流の表面には第8図に模式的に示したような溝状構造がみられる。この溝は凹地近くで深く溝底は平である。流下した末端部につれ浅くなり、土手部との高低差がなくなっ



第8図 A型火口硫黄の表面にみられる構造

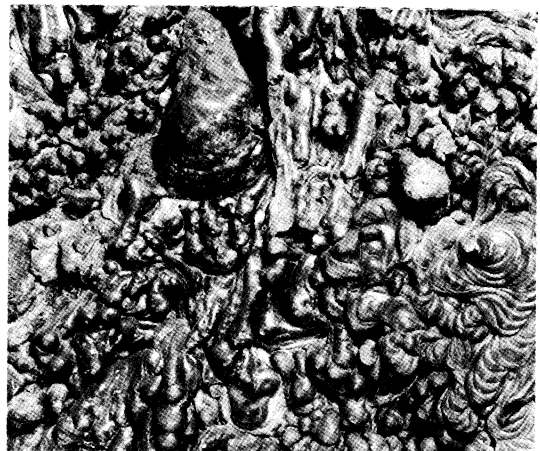
ていく。それと共に表面は不規則な凹凸ないし流下方向に凸な繩状溶岩様の模様に移化する。

溝状構造は、融けた硫黄が斜面を流下する時、側部や底部は急冷されるが、中央部はまだ高温で流動性を保ったまま流下してしまうことによって生じる。流下とともに温度は低下していくが、繩状溶岩の形成と同様に内部はまだ高温で溝状構造をつくらぬ程度に流動するため、冷却固化したうすい表面がよじれて繩状構造を生じる。

2. 房状突起

底面には第9図で示したような太さ数mm、長さ数mm～数cmの多数の房状突起を持つものがある。これは、火口硫黄が流下途中や末端部で水面上を移動する時に生じる。

水に接した部分が表面張力と重力によって水中に房状に垂れ下がる途中、冷却してしまうことによって生



第9図 底面にみられる房状突起

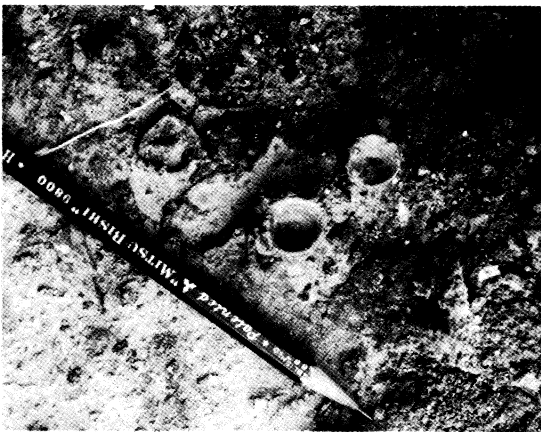
じる。

急冷されるため、房状突起の表面にも内部にも針状硫黄の成長がみられない。融けた硫黄と水との温度差が大きいほど、光沢が良く長い房状突起が出来る。このことは、火口硫黄を加熱融解後、水面に浮かすことによっておおよそ再現できる。

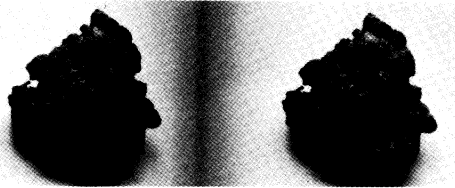
3. 茸状生成物

B型の凹地底には第10図で示したような茸状の特異な形態をもつ生成物がみられる。これは人工的な散水によって生じたものである。以下にできかたを示す。

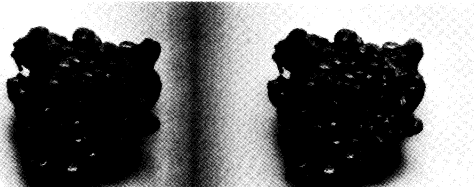
- (1) 散水により凹地底に、深さ1cm程度の水が溜る。
- (2) 散水とほぼ同時に、急冷された表面を破って、内部から融けた硫黄が水中に絞り出される。
- (3) 絞り出された未固結硫黄はただちに水中を上昇する。その時水に接した部分は急冷されるが、内側は未固結の状態で水面上に達し、パイプを



第10図 キノコ状生成物



第11図-a 表 面



第11図-b 裏 面

形成する。

- (4) パイプを通して、未固結の硫黄が水面上に供給される。
- (5) 水面上に達した未固結硫黄は、周りに押し出されていく。その時、表面は空冷徐冷され針状硫黄を生成するが、底面は水冷され房状突起を形成する。

なお、(4)~(5)が何回も繰り返されると第11図a, bのような複雑な形態を示すものが出来る。

ま と め

1. 昇華硫黄が、上昇してきた普段より高温の火山ガスによって、液化または発火・液化して形成された火口硫黄の存在とその特徴を明らかにした。ただし、B型については、ぴったりする用語が見あたらないので一応火口硫黄としたが火山溶融物とでも呼んだほうが適切かも知れない。

2. 高温の火山ガスは、火口硫黄の断片の分布から、地獄谷の南半分で広く上昇していたと思われる。しかし、最近では地獄谷の南半分のなかでも更に南に局限されてきていると言える。

参 考 文 献

- 大滝武道, 1961: 松尾硫黄・硫化鉄鉱床の構造規制. 鉱山地質, 11, 589-594.
- 北日本新聞社, 1973: 北日本新聞, 8月10日~12日.
- 木下亀城, 1963: 原色鉱石図鑑, 43-44.
- 日下部 実・林 尚美・小林武彦, 1983: 立山火山, 地獄谷に見られる縞状硫黄堆積物の成因. 火山第2集, 1, 45-261.
- 地団研地学辞典編集委員会, 1970: 地学辞典, 55-56, 富山県, 1979: 立山の自然. 立山自然保護センターパンフレット.
- 広瀬 誠, 1975: 立山の火山活動記録に関する覚書. 富山詩壇, 59, 33-56.
- 深井三郎, 1976: 富山の地形と地質. 富山県自然保護協会発行.
- ・他3名, 1976: 立山黒部ルート周辺の地形と地質. 中部山岳公園立山黒部地区学術調査報告, 11-70.
- 藤井昭二・矢後一夫, 1960: 地獄谷に見られる湖沼堆積物と地獄谷温泉. 富山教育, 6, 1-6.
- 松本徂夫・他, 1977: 鉱物採集の旅. 九州北部編, 108-113.
- 向山 広, 1958: 火山性硫黄鉱床の“深さ”の問題について. 鉱山地質, 8, 75-81.
- 村山 馨, 1978: 日本の火山(1), 大明堂, 29-32.