

北アルプスの白い滝 —硫黄沢の滝状石灰華—

佐藤 努¹⁾・高橋正明²⁾・原山 智³⁾・前川竜男⁴⁾・佐々木宗建²⁾・
藤本光一郎²⁾・伊藤順一⁵⁾・及川輝樹³⁾・高橋 康³⁾・吉澤杉洋³⁾

1. はじめに

北アルプス槍ヶ岳の北西約4kmの硫黄沢という所に、地図には載っていない滝がある(第1図)。水の流れは毎分100リットル程度とわずかなものだが、標高差約45mの流床に見事な石灰華が形成されている(口絵参照)。

石灰華は湯の華(花)の一種である。湯の華とは、温泉や冷泉から生成した沈殿物のことを指し、よく温泉場の土産屋で売られている。その中でも、主成分が炭酸カルシウム(CaCO₃)のものを石灰華という。鍾乳洞などで見られる白く美しい鍾乳石も、主成分は石灰華と同じCaCO₃で、主に地下水からの沈殿物で構成されている。硫黄沢の無名の滝は、その流床が鍾乳石のように白い石灰華に覆われた、見事な「白い滝」なのである。

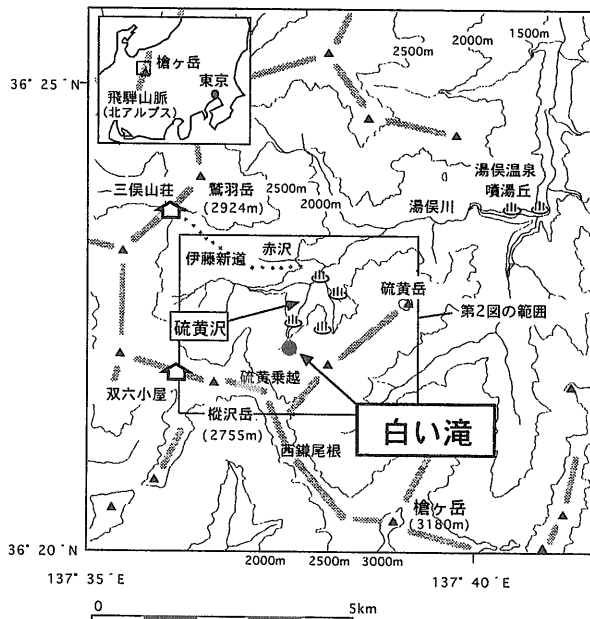
我々が初めてこの白い滝を目にしたのは、噴気・温泉調査のために硫黄沢を訪れた時のことであった。本稿では、白い滝に遭遇するまでのいきさつや白い滝の概要・成因などについて紹介する。

2. 白い滝との遭遇

硫黄沢は、長野県大町市の西部、湯俣川の上流部に位置する噴気地帯である(第1図)。標高は1,750mから2,100mほどで、周囲は2,500m級の山々に囲まれている。沢の方向はほぼ南北で、上流部に噴気活動と温泉湧出が見られる。白い滝はさらにその上流に位置している。

我々は、この硫黄沢の噴気ガスや温泉の調査を1993年から1997年にかけて行った(高橋ほか, 1994; 高橋ほか, 1995)。現在のところ硫黄沢に通じる登山ルートは一つも無く、噴気ガスや温泉の採取器具を持ち込んでの調査は困難の連続であった。硫黄沢の噴気ガスは火山性で有毒のため、身を守るための防毒マスクも欠かせない。硫黄沢に到達するためには、これらの器具を背負って下流側から沢を登って行か、2,500m級の尾根を越えて沢を下るしか方法はない。

1年目は、尾根越えのルートの調査を行った。ま



第1図 白い滝の位置。

1) 地質調査所 地震地質部
2) 地質調査所 地殻熱部
3) 信州大学 理学部
4) 地質調査所 地殻化学部
5) 地質調査所 環境地質部

キーワード: 石灰華, 北アルプス, 硫黄沢, 温泉

ず岐阜県の新穂高温泉から小池新道で双六小屋まで登り、尾根沿いの登山道を通して南側と北側の両側から硫黄沢に近づいた。調査の結果、南側からのアプローチ方法としては、西鎌尾根の硫黄乗越付近まで登山道で登り、そこからガレ場や急な沢を標高差500mほど降りて行く方法が挙げられ、北側からのアプローチ方法としては、三俣山荘から伊藤新道を東へ進み、赤沢から湯俣川に出て川を渡る方法が挙げられた。伊藤新道とは三俣山荘と湯俣温泉とを結ぶ登山道であったが、残念ながら現在湯俣温泉から赤沢までは廃道に近い状態となっている。三俣山荘から赤沢までは整備がなされており(第1図の点線の部分)、硫黄沢を見渡せるところまで安全に近づくことができる。表紙の写真は、この時に伊藤新道から撮影したものである。この写真から、硫黄沢の白い熱水変質帯が高さ200m以上も及ぶことがよくわかる。また沢の上流部(写真右下)には、白く曲がった筋状のものが存在することが新たに判明した。実はこれが白い滝であるが、当時我々はこの白い筋状のものは熱水変質物が熱水から析出した硫黄ではないかと考えていた。

2年目の調査で、我々は南側からの尾根越えルートで硫黄沢に降り立った。下流からのルートや伊藤新道を使うルートを選択しなかったのは、万一湯俣川を渡渉することができない場合を考えてのことである。この時我々が白い筋の場所で見えたものは、高さが45mほどもある巨大な滝状石灰華だった。まさに白い滝と呼ぶにふさわしい光景であった。

その後の2年間の調査では、残念ながら我々は白い滝に出会うことはできなかった。3年目と4年目の調査におけるアプローチは、湯俣川を登る下流からのルートを選択した。まず大町から高瀬ダムを経由して湯俣温泉に入り、渡渉を繰り返しながら湯俣川を5kmほど登って硫黄沢の入口に到達する。しかし、3年目の調査では硫黄沢最上流部の白い滝までは調査することができず、4年目の調査では前日の雨による増水と土砂崩れによる地形変化のため、硫黄沢にすら到達することができなかったのである。白い滝との再会には、南側からの尾根越えルートをとった5年目の調査まで待たねばならなかった。口絵の写真のほとんどは、この5年目の調査時に撮影されたものである。

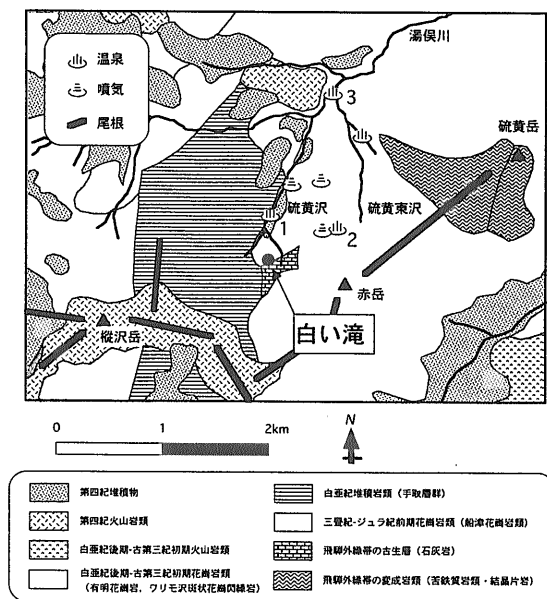
3. 地形と地質

硫黄沢が北アルプスの中央部に位置し、上流部に噴気活動と温泉湧出が見られる南北にのびる沢であることは前章で述べた。この章では、硫黄沢付近の噴気・温泉活動や地質について紹介する。

硫黄沢の東側にも、硫黄沢と同様な噴気活動と温泉湧出が見られる沢が存在する(第2図)。地形図に沢の名が載っていないため、我々は「硫黄東沢」と呼んでいる。この硫黄東沢と硫黄沢との間の尾根においても噴気活動が見られ、さらに硫黄東沢と湯俣川の出合い付近や硫黄東沢からさらに東側に分岐する沢においても温泉湧出が見られる。

硫黄沢および硫黄東沢で主に見られる岩石は、花崗岩である(第2図)。花崗岩は一般に御影石と呼ばれ、墓石としてよく使われる白色～灰色系の石材である。硫黄沢ではこの花崗岩が熱水変質を受け、さらに白く変色している(表紙参照)。熱水変質についての詳細は、佐々木ほか(1997)を参照されたい。ちなみに硫黄沢で見られる花崗岩は有明花崗岩と呼ばれ、生成年代は白亜紀から古第三紀にかけてと考えられている(原山ほか, 1991)。

硫黄沢で露出する岩石は花崗岩だけではなく、白亜紀の堆積岩や古生代の石灰岩も見ることができる(第2図)。特に石灰岩については、硫黄沢に



第2図 白い滝周辺の地質。原山ほか(1991)より。

おけるその存在は白い滝の成因にとって重要な意味を持つ。なぜなら白い滝を生成している水の流れは、石灰岩と花崗岩との地質境界から湧き出している冷泉だからである(口絵2参照)。鍾乳石が石灰岩中を流れる地下水によって形成されているのと同様に、白い滝の成因もこの石灰岩と深く関係していると思われる(第5章参照)。

4. 白い滝の概要

白い滝は標高差およそ45m, 最大幅およそ3mの滝状の石灰華である。標高2,050m付近から冷泉が湧出し、その流れに沿って炭酸カルシウムが沈積して形成したと考えられる。傾斜の違いから、滝は上部、中部、下部と3つに分けることができる(口絵1参照)。

まず上部だが、傾斜はゆるく幅は広めである(口絵2参照)。石灰岩(上側)と有明花崗岩(下側)との地質境界から水温8℃ほどの冷泉が毎分100リットルオーダーで湧出し、流床は白い沈殿物に覆われている。湧出口から5mほどの範囲は沈殿物が固着しておらず、沈殿物の色もやや黄色みを帯びている。この部分は硫黄が析出したものと考えられる。これより下流側では石灰華が発達し、沈殿物は流床にしっかりと固着している。

中部は、白い滝の中でも最も美しい部分である。傾斜は上部や下部に比べてかなり急になっており、その標高差は25mほどである(口絵3参照)。水は滝となって流下し、その流床には水の流れを凝固させたような形をした石灰華(フローストーン)が発達しており、澄んだ白色が美しい(口絵4参照)。このフローストーンの一つの波の大きさは、20～50cm程度である。

下部になると傾斜は再び緩やかになり、皿を並べたような形をした石灰華(リムストーン)が小規模ながら形成されている(口絵5参照)。皿の中には砂が堆積しているものもあり、過去の増水時に硫黄沢の水位が白い滝の下部まで達したものと思われる。滝の水の流れから外れた場所にも茶色く変質したリムストーンが見られ、以前滝の水はそのリムストーンの方へ流れていたと予想される。増水などによる地形変化によって、滝の流れが変化したのであろう。水の流れは最後に硫黄沢にそそぎ込ん

でいるが、硫黄沢の河床には石灰華はほとんど形成されていない。

5. 白い滝の成因

鍾乳石の形成に関する研究によると、その過程は以下のように考えられている(橋本・河野, 1980)。

- 1) 炭酸ガス(CO₂)が地下水に溶け込むことによって、周囲の石灰岩(主成分はCaCO₃)が地下水に溶ける。その結果、地下水にはカルシウムイオン(Ca²⁺)と重炭酸イオン(HCO₃⁻)が多く含まれるようになる。
- 2) 地下水が空気に触れた際にCO₂が空気中に逃げ出し、これによって炭酸カルシウム(CaCO₃)が沈殿する。

白い滝の石灰華も、同様な成因で形成したのであろうか? まず第1表において、白い滝の最上部から湧出している冷泉の主要化学成分を見てみると、確かにCa²⁺とHCO₃⁻濃度がその他の硫黄沢周辺の温泉に比べてかなり多いことがわかる。また国の天然記念物に指定されている石灰華「噴湯丘」を形成する湯俣温泉の成分と比較しても、これらの濃度は高い。したがって、この冷泉に含まれるCa²⁺とHCO₃⁻から白い滝の石灰華が形成していることは、間違いないと思われる。

次にCa²⁺とHCO₃⁻の起源であるが、やはり冷泉の湧出口に露出する石灰岩であろう。その他の硫

第1表 白い滝冷泉及び硫黄沢周辺の温泉の主要化学組成。

試料名	白い滝冷泉	温泉1	温泉2	温泉3	湯俣温泉噴湯丘
試料採取日	1994/9/9	1994/9/9	1994/9/8	1995/9/8	1995/9/6
温度(℃)	8.3*	57.8*	92.9*	60.7	88.3
pH	7.6	2.3	2.6	6.8	7.5
Na ⁺ (mg/l)	5.79	90.9	27.9	359	253
K ⁺ (mg/l)	3.12	73.9	8.80	31.1	118
Ca ²⁺ (mg/l)	257	60.3	2.32	137	97.1
Mg ²⁺ (mg/l)	10.6	4.97	0.67	4.24	3.43
Cl ⁻ (mg/l)	22.8	370	10.0	638	288
SO ₄ ²⁻ (mg/l)	292	510	326	121	76.3
HCO ₃ ⁻ (mg/l)	536	<0.5	<0.5	215	374
SiO ₂ (mg/l)	39.5	123	187	137	145

* 温度測定は1997年の調査による。温泉の番号は、第2図と同じ。

黄沢周辺の温泉はいずれも変質した有明花崗岩から湧出し、 Ca^{2+} と HCO_3^- の濃度は低い。石灰岩と有明花崗岩の地質境界から湧出する冷泉においてのみ Ca^{2+} と HCO_3^- の濃度が高いということは、これらの起源は石灰岩であることを示すと思われる。

硫黄沢周辺の温泉には、pHが3以下と強い酸性を示すものがある(第1表)。これは噴気に含まれる硫化水素ガス(H_2S)が温泉水に溶解込み、硫酸(SO_4^{2-})になっているためと考えられる。第1表を見ても、これらの温泉の主成分は SO_4^{2-} である。このような強い酸性を示す温泉が石灰岩に触れれば、石灰岩は温泉に溶解出すであろう。白い滝を形成する冷泉の SO_4^{2-} 濃度もかなり高い。もしかすると噴気起源の H_2S が冷泉に溶解込んで酸性となり、鍾乳洞などで考えられている CO_2 の溶解込み効果と共に、より大量の石灰岩を溶かしているのではないだろうか。今後、石灰華の成長速度などの研究を行い、これらの問題を解決していく必要がある。

硫黄沢の噴気の成因については現在調査中(高橋ほか, 1996)で、なぜここに石灰岩が存在するのかもはっきりとしない(原山ほか, 1991)。しかし、もし硫黄沢に噴気帯と石灰岩がなかったら、これほど大規模な石灰華は形成されなかったであろう。北アルプスの白い滝は、この2つの偶然が作り上げた芸術と言える。

6. おわりに

前章にも記したが、硫黄沢の下流約5kmに位置する湯俣温泉には、85°C以上の温泉が作り出す石灰華「噴湯丘」があり、国の天然記念物に指定されている(口絵7参照)。見た目の美しさや大きさに関しては、白い滝は噴湯丘に十分匹敵するものと思われる。噴湯丘においてはその形態や成因についての研究が行われており(宮沢, 1981)、今後白い滝についても研究を重ねて学術的な価値をアピールしなければならぬであろう。将来は白い滝まで

の登山道が整備され、その美しい姿を容易に觀賞できるようにする日が来るかもしれない。

硫黄沢の調査に当たっては、地質調査所地殻熱部の玉生志郎氏、地殻化学部の三田直樹氏、信州大学理学部三宅康幸助教授および三井金属資源開発(株)の山田直利氏から様々なご指導・助言をいただいた。神岡営林署および松本営林署の方々には、新穂高温泉上流部、左俣林道の通行および高瀬ダムの通行に便宜を計っていただいた。双六小屋、三俣山荘、湯俣温泉晴嵐荘の方々には、硫黄沢の様子やアプローチ方法、伊藤新道の状態などについてご指導・助言をいただいた。ここに記して深甚なる謝意を表します。

参考文献

- 佐々木宗建・藤本光一郎・高橋正明・原山 智・佐藤 努・前川竜男(1997): 長野県大町市硫黄沢の酸性変質について, 日本地熱学会平成9年学術講演会, p18.
- 高橋正明・佐々木宗建・佐藤 努(1994): 深部起源流体放出域の解析・評価 長野県大町市硫黄沢地域, 平成5年度ニューサンシャイン計画研究開発成果中間報告書「深部地熱資源調査の解析・評価」, 61-66.
- 高橋正明・佐々木宗建・佐藤 努・藤本光一郎・前川竜男・原山智(1995): 深部起源流体放出域の解析・評価 長野県大町市硫黄沢地域, 平成6年度ニューサンシャイン計画研究開発成果中間報告書「深部地熱資源調査の解析・評価」, 103-110.
- 高橋正明・佐藤 努・佐々木宗建・藤本光一郎・前川竜男・原山智・及川輝樹・高橋 康(1996): 長野県大町市硫黄沢の噴気活動について, 1996年度日本地球化学会年会講演要旨集, p246.
- 橋本和正・河野通弘(1980): 石灰洞の洞窟生成物。「秋吉台の鍾乳洞—石灰洞の科学—」河野通弘教授退官記念事業会, 山口, pp. 117-133.
- 原山 智・竹内 誠・中野 俊・佐藤岱生・滝沢文教(1991): 槍ヶ岳地域の地質。地域地質研究報告(5万分の1地質図幅), 地質調査所.
- 宮沢文人(1981): 湯俣温泉の噴湯丘。大町山岳博物館「山と博物館」, vol. 26, no. 10, 2-4.

SATO Tsutomu, TAKAHASHI Masaaki, HARAYAMA Satoshi, MAEKAWA Tatsuo, SASAKI Munetake, FUJIMOTO Koichiro, ITO Junichi, OIKAWA Teruki, TAKAHASHI Yasushi and YOSHIZAWA Sugihiro (1998): A white falls in the Japan Alps—a travertine in the Iwosawa area—

<受付: 1998年3月12日>