

火山噴煙に匹敵する噴気活動 —大町市硫黄沢における突発的な噴気の発生—

及川 輝樹¹⁾・中野 俊¹⁾・田村 茂樹²⁾

1. はじめに

2020年8月31日、北アルプスの山中にある長野県大町市の硫黄沢(第1図)から、小規模な火山噴煙に匹敵する、比高にして1300 mあまりの高さの噴気が立ち昇っているのが観察された(口絵1, 2)。この噴気の発生は突然であったこと、周囲の登山道や山小屋からも視認されたため大変驚かれ、新聞報道(信濃毎日新聞2020年9月1日朝刊)もされた。

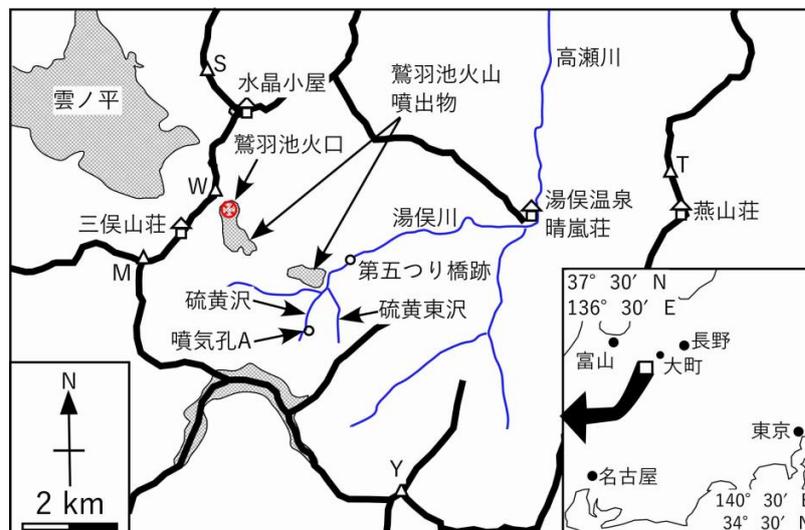
この硫黄沢周辺は古第三紀の花崗岩体中から湧き出す高温の温泉や噴気が認められる噴気地帯で、かつて地質ニュースで「北アルプスの白い滝」(佐藤ほか, 1998)として紹介された場所でもある。しかし平時は、周囲の尾根沿いの登山道や山小屋などの離れた場所から、視認できるような噴気活動が発生しているような場所ではない。その一方、過去にも高い噴気が希に発生したことは知られていた(高橋ほか, 1996; 及川・山田, 2020など)。しかし、山奥であることから、その詳しい観察記録などの報告はなく、その詳細は明らかでなかった。

この8月31日の火山噴煙状の噴気活動は、好天天下で発生したことから、様々な方向から観察され、その後も複数回同様の活動が観察された。そこで、硫黄沢の地熱地帯についての紹介とあわせて、その観察結果を口絵(及川・中野, 2021)と共に報告する。

なお、本報告を作成する際、長野県危機管理課、長野県警察、国土交通省北陸地方整備局松本砂防事務所、気象庁火山監視警報センター、土岐智子さん、湯本智子さん、燕山荘の赤沼健至さんおよび河地清人さん、三俣山荘の伊藤圭・敦子ご夫妻および伊藤弘也さんなどから現地での情報や写真の提供などを受けた。また、及川が1995年の硫黄沢調査同行の機会を与您にいただいた活断層・火山研究部門の高橋正明さんには、本稿に対するコメントもいただいた。ここに記して感謝します。

2. 硫黄沢の噴気地帯

日本で最も高い山脈である北アルプス(飛騨山脈)には、複数の第四紀火山が分布するが、それ以外にも非火山性の

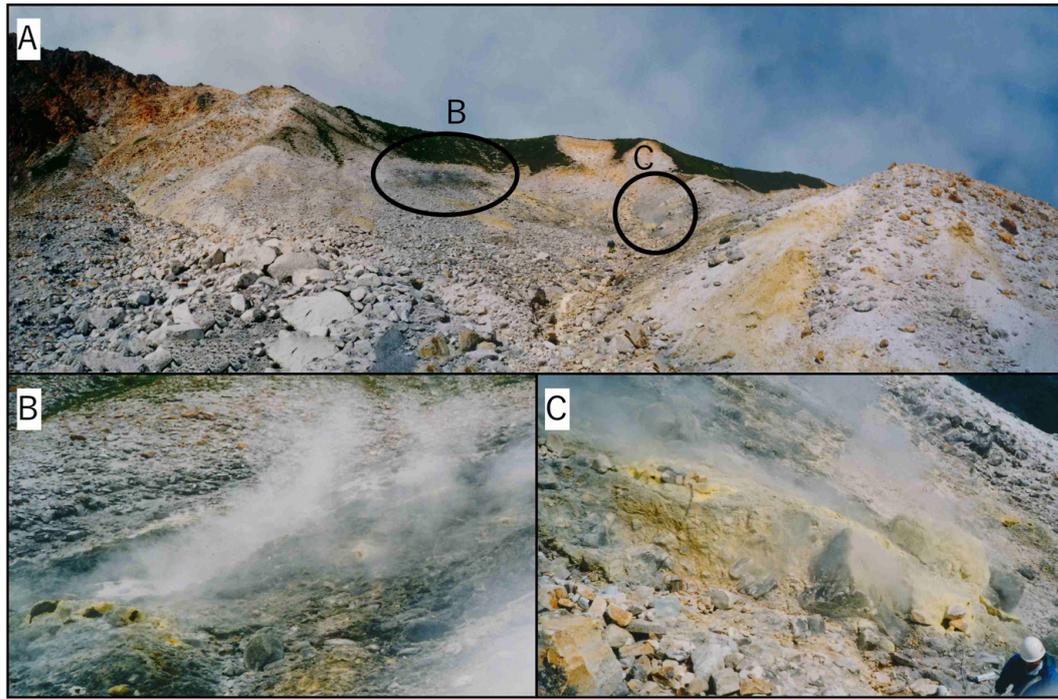


第1図 位置図・地質略図。ハッチ部分は第四紀火山岩(原山ほか, 1991)の分布。M:三俣蓮華岳, S:水晶岳, T:燕岳, W:驚羽岳, Y:槍ヶ岳。

1) 産総研 地質調査総合センター 活断層・火山研究部門

2) 田村茂樹登山ガイド事務所 たむ屋マウンテン(日本山岳ガイド協会認定登山ガイド・信州登山案内人), 〒399-7501 長野県東筑摩郡筑北村西条4293-3

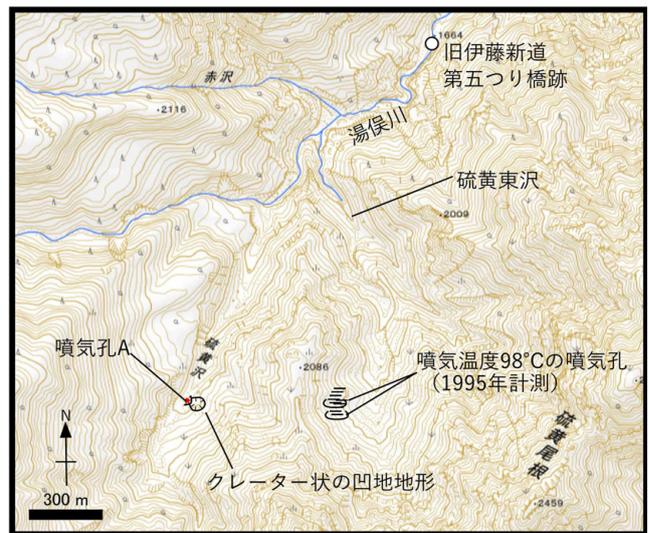
キーワード: 噴気, 噴煙, 活火山, 硫黄沢, 長野県, 北アルプス, 飛騨山脈



第2図 硫黄東沢噴気地帯（写真A）. 主な噴気孔は丸で囲んだ部分にあり二つ（クローズアップ写真B, C）ある.

地質体上にある噴気地帯が存在し、そこから沸点に近い高温温泉の湧出も認められる（例えば、蓮華温泉、湯俣温泉、中房温泉）。そのうち、長野県高瀬川上流の湯俣川支流にあたる硫黄沢と東隣の無名の沢（以下、硫黄東沢とよぶ）は、白亜紀から古第三紀に貫入した有明花崗岩中から、高温の温泉の湧出や噴気の発生が認められる噴気地帯である（原山ほか、1991；高橋ほか、1996；佐藤ほか、1998）。硫黄沢の近くには、完新世火山の疑いが持たれている（及川ほか、2003）、鷲羽池火山（中野、1989）が存在するが、硫黄沢は、その火口（鷲羽池火口）からは南東側に3 km以上離れた場所に位置し、沢には第四紀火山岩は分布していない（第1図）。

この噴気地帯でもっとも活発な噴気孔は硫黄東沢にあり（第1, 2図）、1995年の調査では硫黄昇華物が付着する98℃の噴気のある噴気孔が確認され（第2, 3図）、その近くから泉温92℃の温泉の湧出も確認された（高橋ほか、1996）。この噴気孔は、2015年撮影の空中写真を使用したGoogle Earthでも確認できることから、少なくともここ数十年継続して活動していると判断される。ただし、これら硫黄東沢や硫黄沢にある噴気孔から立ち昇る噴気は、数km以上離れた周囲の登山道や山小屋などから視認できるほどの規模ではない。なお、硫黄沢、硫黄東沢とも高温の温泉の湧出や噴気の噴出する場所が複数存在し、その付近では強い硫化水素臭もする関係から、周囲の植生も乏しく裸地が広がる（第2図）。その裸地の地表を形成す



第3図 硫黄沢のクレーター状地形位置及び噴気発生地点. 背景地形図は、地理院地図（国土地理院）を使用. 噴気温度98℃の噴気孔が第2図の噴気孔.

る変質した岩片からなる岩屑の中には、まだ樹幹の形状を残した枯死した樹木が地表付近に存在する。そのため、この噴気地帯の形成は比較的新しいか、もしくは噴気の発生場所が度々移動していると推察される。高橋ほか（1996）は、硫黄沢と硫黄東沢に湧く温泉は、酸性硫酸塩泉であるが、硫黄沢のクレーター状の凹地地形の中から湧く温泉のみ、50℃と低温ながら酸性塩化物・硫酸塩温泉であり、その形成過程に火山ガスの直接的な寄与が考えられること



第4図 硫黄沢の角礫岩脈。人物の左側などにある角礫岩脈(白矢印)の上部がじょうご状に開いている。

を指摘した。さらに、クレーター状の凹地地形(第3図)は水蒸気噴火により形成された可能性を指摘した。このクレーター状の凹地地形は直径50mほどで、その凹地の縁が周囲よりわずかに高くなっており、タフリング的な形状をなす。なお、このクレーター状の地形は、1947年撮影の空中写真でも確認できるため、少なくとも80年ほど前から存在している。この硫黄沢・硫黄東沢の花崗岩体中には、花崗岩と同質の角礫と変質した細粒物からなる角礫岩脈(Hydrothermal breccia: Sillitoe, 1985; Jébrak, 1997など)が複数認められ、一部は地表に達して上部がじょうご状に開いているような形状をしている(第4図)。このような角礫岩脈の存在からも、過去の硫黄沢地域において水蒸気爆発(噴火)が複数回発生した可能性は高く、硫黄沢のクレーター状の地形もそのような爆発で形成された可能性がある。

3. 2020年の噴気活動

2020年に硫黄沢で確認された突発的な噴気活動は、8月31日の後、少なくとも9月9日と9月28日にも発生した。それぞれの様子を登山者及び山小屋従業員などの観察やヘリコプターからの上空の観察結果などを基にまとめる。なお、8月31日、9月9日、28日に突発的に噴気が上がった場所は、写真に写った噴気場所から、いずれも同じであると考えられる。そのためここでは、この噴気の上上がった場所を噴気孔A(第3図; 北緯36°22'36", 東経137°37'32")と名づけて以下使用する。



第5図 水晶小屋付近からの8月31日の噴気(湯本智子さん7:50頃撮影)。

8月31日

この日に発生した突発的な噴気活動は、水晶小屋(標高2900m, 硫黄沢から北北西約5km)、三俣山荘(標高2545m, 北西約3.3km)、燕山荘(標高2700m, 東北東約8.4km)などの各方面の山小屋から視認された(口絵1, 2および第5図)。噴気は、燕山荘からは朝6:30頃、水晶小屋や三俣山荘からは7時頃に最初に確認されており、6:30頃に発生したようである。この噴気上昇の開始時に爆発音や振動などは体感されなかったことから、この噴気は大きな爆発現象を伴わなかったようである。

それぞれの地点で撮影された写真を基に推定した噴気発生場所(噴気孔A)は、硫黄沢の標高1940m付近で、そこは高橋ほか(1996)が指摘したクレーター状の凹地地形のすぐ西側に位置する(第3図)。噴気高は7:30頃に最大に達し、三俣山荘から見ると、見かけ槍ヶ岳(標高3180m)の高さより高い高度まで上昇し、南側にたなびいていった(口絵1, 2)。仰角から噴気の高さを求めると、噴気孔から約1300mの高さまで上がったと見積もられる。三俣山荘からの観察によると、この噴気の上昇は、数時間は続き、夕方には収まったようである。水晶小屋付近からは、噴気の上昇は少なくとも9:45ごろまで継続していたことが確認されている。燕山荘では、9:00頃から強い硫化水素臭が山荘内でも感じられるようになり、午前中いっぱい強い臭いがし、午後になると臭いは弱まってきたようである。なお、午後は視界が遮られていたため、噴気の上昇は直接観察できなかったようである。これらをまとめると、噴気の発生は、6:30頃で、7:30頃には最大高度に達し、午前中は継続したが、午後には収まったとなる。

この噴気が発生した、硫黄沢と湯俣川の合流地点より約

5 km 下流に位置する湯俣にある晴嵐荘によると、8月31日に湯俣川が白く濁り、その濁りの発生源は山荘のすぐ上流にある湯俣温泉より上流であるとの報告があった。また、三俣山荘から撮影された動画や写真(口絵2)からは、一番高く上がった噴気の根元から左側の硫黄沢沿いにかけて、徐々に低くなる噴気が上がっていることが確認される。これは噴気孔Aから熱水が沢沿いに流れ下ることで沢沿いに噴気が上がり、徐々に熱水が冷えていくことで噴気の高さも低くなっていったと解釈できる。これらの観察結果から、噴気の発生に伴い、熱水(泥水)が流れ出て、川を白濁したと考えられる。

なお、9月4日9:40~9:50に、長野県警がヘリコプターで上空から硫黄沢を観察した所、噴気が上がったと推定される地点(噴気孔A)やその周辺においては、噴気の発生などは認められず、熱水の湧出なども確認できなかった(口絵3)。その他、投出岩塊や火山灰などの噴出物や新たな火口状の地形の形成なども認められなかった。噴気孔A周辺に、噴出物がないことから、高い噴気の発生時には爆発現象は起きなかった可能性が高い。しかし、9月4日撮影の写真には、噴気孔Aより下流の河原において、泥をかぶったような灰色に変色した部分が認められる。これは8月31日に川が濁ったとの観察と整合的であるため、31日の噴気の発生時に、噴気孔Aから熱水(泥水)が湧きだしたと考えられる。

9月9日

一旦収まったかと思われた噴気活動だが、北陸地方整備局松本砂防事務所が9月9日にヘリコプターで上空から観察した結果、噴気活動が再開しているのが確認された。

噴気の発生場所は、推定された8月31日の噴気発生場所と同じ噴気孔Aからで、噴気の出口の直径は15mほど、最高100mほどの高さまで噴気が上昇しているのが確認できた(口絵3, 4)。噴気孔の範囲は、周囲より少し凹んでいるが、周囲には新たな火山灰や投出岩塊などの噴出物は認められず、爆発とよべるような衝撃を伴う噴出はなかったのだろう。また上昇する噴気は白色で火山灰などが多量に混ざったものとは考えにくく、噴気からの降灰や投出岩塊の放出なども観察されなかった。この噴気発生時には、下流の河川水が濁ったなどの現象の観察は報告されていないが、上空からは噴気孔の下流側の流水沿いに泥水が出た跡のような灰色に変色した部分がわずかに認められるため、泥水が噴気孔から溢れ出た可能性はある。

この時発生した噴気は、三俣山荘からも目撃できたそうだが、燕山荘からは視認されなかった。そのため燕山荘と噴気孔の間を遮る硫黄尾根を越える比高約500mの高さ



第6図 三俣山荘からの9月28日の噴気(三俣山荘伊藤弘也さん18時すぎ撮影)。写真右側の一番高いピークが槍ヶ岳。



第7図 9月28日19時ごろの旧伊藤新道第五つり橋からの噴気(A)と湯俣川の濁り(B)(田村茂樹撮影)。

までは、噴気が上がることはなかったのであろう。しかし、燕山荘では再び硫化水素の臭いがしたそうである。

9月28日

9月28日18:00頃、再び1200mほどの高さの噴気が立ち昇っているのが三俣山荘から観察された(第6図)。丁度その時、筆者の一人の田村が硫黄沢の下流、湯俣川の旧伊藤新道第五つり橋跡にいたので、その観察を中心にまとめる。

17~18時頃、噴気かどうかは不明だが、その後

噴煙が立ち上がった位置と同じ方向に雲が出た。その後19:00頃に、湯俣川の水が灰色に濁り、わずかに河川の水位が上昇し、水温も上昇しているのを確認した(第7図)。その時、噴気孔Aの方向に噴気と考えられる雲が立ち昇っているのに気がついた(第7図)。この水の濁りと噴気は、少なくとも19:30頃まで続いたが、その後は翌朝まで川の観察は行わなかった。なお、水の濁りなどは、翌29日早朝5:30頃には一旦収まっていた。その後の29日7:00頃に、再び川の水が濁り、河川水のわずかな増水や水温の上昇が認められたが、8:10頃にはそれも収まった。29日の朝は、噴気は第五つり橋跡からは確認できなかった。

28日は、高度の高い噴気の発生と同時に川の濁りや増水、水温上昇が観察されたため、噴気の発生と共に熱水も流れ出たと考えられる。29日の朝は、噴気は確認できなかったが、噴気孔Aから500mあまりの高さまで噴気が上昇しないと、第五つり橋からみえないため、それ以下の噴気が昇っていた可能性は否定できない。そのため、29日朝の川の濁りと水温上昇時にも突発的な噴気が発生していた可能性が高い。

4. 1980年代の活動

このような硫黄沢からの突発的な火山噴煙状の噴気活動は、80年代には度々発生したようである。その時の様子を、著者の一人の中野が、2003年3月に三俣山荘・雲ノ平山荘・水晶小屋などの創設者の伊藤正一さん(故人)から聞き取っているのを、以下に紹介する。

「1979年の高瀬ダム竣工後、1992～1993年までの間、硫黄沢から噴煙のような噴気が立ち昇るのが頻繁に観察された(第8図)。特に秋に見えることが多かった。また、高瀬ダムの貯水以前に、槍よりも高く水蒸気が立ちのぼったことを観察したこともあった。その時は、キノコ雲を縦に4段に連ねたような形の高い噴気が上がり、約2時間継続していた。4段のきのこ雲のうち、上部は消えかかっていたが、下部は形状がはっきりしていた。1980年代にもキノコ雲が縦に3段に連なるような形をした高い噴気が目撃された。このような高い噴気が上がる時には、爆発音があることもないこともあった。キノコ雲のようになるようなときは、爆発音があるようだ。高い噴気の発生の場所には、直径20m以上の黒色の池があり、鷲羽岳より見えた。この池の水は、高い噴気の発生のたびに溢れ川へ流れ込んでいた。この池は1995～1996年頃埋まった。」

80年代頃に頻発した高い噴気の発生場所は、伊藤氏が



第8図 1980年代の三俣山荘からの硫黄沢の噴気(三俣山荘伊藤正一さん提供)。写真右上の一番高いピークが槍ヶ岳。

ら提供された写真(第8図)から推定すると、2020年の高い噴気発生場所、噴気孔Aとほぼ同じと推定される。そのため、少なくとも最近40年間は、噴気孔Aからたびたび高い噴気が発生していたと考えられる。なお、伊藤氏の「黒色の池」は、1990年撮影の空中写真には写っていない。また国土地理院の地図・空中写真閲覧サービス掲載の1947、1973、1977年撮影の空中写真にも写っていない。その一方、高橋ほか(1996)や佐藤ほか(1998)の1994年の調査時には同地に温泉でできた小池を確認したが、1995年の調査時にはその池は存在していなかった。そのため、おそらく伊藤氏が指摘した「黒色の池」は定常的であったのではなく、高い噴気の発生前後に一時的に形成されたものと考えられる。

5. 硫黄沢で何が起きていたのか?

2020年に発生した火山噴煙状の高い噴気の発生は、観察結果から次のようにまとめられる。噴気発生前後には、定常的な噴気の発生が認められないが、そのような場で突発的に高い噴気の発生と同時に熱水も噴き出し、下流の河川水を濁らせ温度の上昇を起すような活動が発生した。また、そのような活動が1週間以上の間隔を空け、散発的に発生したことも特徴である。なお2020年の活動では、噴出孔から固体を飛散させるような爆発現象は発生しなかったと考えられる。伊藤氏の観察結果に基づくと、80年代の活動は、高い噴気の発生のたびに「黒い池」から水があふれ出たとの証言から、この地でおきている現象は、噴気の発生と共に熱水も噴出するようなものであったと考えられる。また、噴気の高さも2020年と同程度であることから、その規模も同程度であったのだろう。ただし、

文 献

80年代の活動は爆発音が聞こえたとの証言があるので、2020年の活動より爆発的なものも発生したのだろう。

このような火山噴煙に匹敵するような、噴気を高く立ち昇らせるような熱量をもった水蒸気を多量に発生させるには、地表では沸点以上の温度であるような過熱水状態の地下の熱水が、突発的に地表に湧出することが必要であろう。過熱水の急減圧により発生するフラッシュ蒸気は、高温の蒸気を多量に発生させることが可能である。下流の河川水の濁りや温度上昇から噴気の発生と共に熱水の湧出を伴ったと考えられることから、突発的に地下から過熱水が湧出したことで、噴煙状の噴気が発生したと考えられる。

なお、火山で発生する水蒸気噴火の多くは、過熱水の急減圧によって引き起こされると考えられている(例えば、及川ほか, 2018)。そのため、場合によっては火山体の上以外で発生する過熱水の急減圧によって発生する爆発、水蒸気爆発(中ノ湯 1995年:三宅・小坂, 1998;澄川温泉 1997年:塚本ほか, 1998など)とよばれるような爆発的な現象が硫黄沢において発生する・していた可能性もある。実際、過去の噴気発生時には爆発音がしたことの証言や、噴気孔Aの周囲にはクレーター状の地形、硫黄沢や硫黄東沢に露出する花崗岩中に地表まで突き抜けた角礫岩脈などが存在することから、この地域では、過去にはより爆発的な現象、水蒸気爆発とよばれるような現象が繰り返し発生していた可能性が高い。

また三俣山荘によると、山小屋が営業している夏季だけの観察結果ではあるが、硫黄沢では最近も数(3~5)年に一度程度、今回のような噴煙状の噴気が確認されることがあるそうである。先述の伊藤氏への聞き取り調査からは1990年代は高い噴気を上げるような活動は低調であったようだが、硫黄沢は過去も2020年同様の活動が度々発生している場所であることは間違いない。噴気孔Aのある硫黄沢や噴気活動の活発な硫黄東沢は、突発的に噴煙状の噴気が発生する場であるだけでなく、濃い硫化水素ガスが噴出している地域でもある。死者こそ出ていないが、2014年9月には、火山ガス中毒と考えられる事故も発生していることが、信濃毎日新聞2020年9月1日朝刊記事に記されている。そのため、山奥であることから立ち入る人もめったにいない場所ではあるが、特に噴気孔A付近には、不用意に立ち入らないほうが良いであろう。

- 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, 190p.
- Jébrak, M. (1997) Hydrothermal breccias in vein-type ore deposits: A review of mechanisms, morphology and size distribution. *Ore Geology Reviews*, 12, 111-134.
- 三宅康幸・小坂丈予(1998) 長野県安曇村中ノ湯における1995年2月11日の水蒸気爆発。火山, 43, 113-121.
- 中野 俊(1989) 北アルプス, 鷲羽・雲ノ平火山の地質。火山, 34, 197-212.
- 及川輝樹・中野 俊(2021) 2020年8~9月の長野県大町市硫黄沢における突発的な噴気活動。GSJ地質ニュース, 10, 25-26.
- 及川輝樹・山田久美(2020) ヤマケイ新書 日本の火山に登る。山と溪谷社, 272p.
- 及川輝樹・原山 智・梅田浩司(2003) 飛騨山脈中央部, 上廊下~雲ノ平周辺の第四紀火山岩類のK-Ar年代。火山, 48, 337-344.
- 及川輝樹・大場 司・藤縄明彦・佐々木 寿(2018) 水蒸気噴火の地質学的研究。地質学雑誌, 124, 231-250.
- 佐藤 努・高橋正明・原山 智・前川竜男・藤本光一郎・佐々木宗建・伊藤順一・及川輝樹・高橋 康・吉澤杉洋(1998) 北アルプスの白い滝-硫黄沢の滝状石灰華。地質ニュース, no. 524, 10-13, 口絵.
- Sillitoe, R.H. (1985) Ore-Related Breccias in Volcanoplutonic Arcs. *Economic Geology*, 80, 1467-1514.
- 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年日本地球化学会年会講演要旨集, 246-246.
- 塚本 齊・遠藤秀典・高橋正明・伊藤順一(1998) 1997年澄川地すべりにおける地すべり・水蒸気爆発・土砂流出の発生プロセスとそのメカニズム。地すべり, 35, 54-61.

OIKAWA Teruki, NAKANO Shun and TAMURA Shigeki (2021) Fumarolic activity comparable to volcanic plume; Suddened plume activity in Io-zawa, Omachi City, Nagano, Japan.

(受付: 2021年1月20日)