

噴火により放出された 火山灰について

麓の村（焼岳の東方約 20km 地点）にお住まいだった大野利和氏は、昭和 37 年 6 月 17 日の噴火の翌日、自宅屋根に積もった火山灰を採取し、現在まで保管されてきました。当時、大野氏は小学校 5 年生。養蚕を営んでいた両親が、桑の葉にも積もった火山灰を苦労して取り除いていたと記憶しているそうです。

この度、保管していた火山灰を提供いただき、気象庁気象研究所にて分析を行いました。

この火山灰は、採取場所や日時がはっきりしていることに加え、保存状態も良好である極めて貴重な試料で分析の結果、多くの重要な成果が得られました。大野氏には、貴重な試料の提供をいただいたことに感謝申し上げます。



提供いただいた火山灰

以下に、気象庁気象研究所による分析結果を掲載します。

「 焼岳 1962 年 6 月 17 日噴火で放出された火山灰
－火山灰が地下から運び出した噴火の記録－ 」

（作成：気象庁気象研究所）

焼岳1962年6月17日噴火で放出された火山灰

—火山灰が地下から運び出した噴火の記録—

約2400年前に最後のマグマ噴火を起こし、その後も水蒸気噴火を繰り返してきた焼岳^[1]は、現在でも山頂域で噴気活動があり、2022年5月24日には初めて火口周辺警報（噴火警戒レベル2）が発表されるなど（同年7月12日に警報解除）活発な活動がみられる活火山です^[2]。最も新しい噴火は1962-63年の噴火で、一連の噴火が始まった1962年6月17日噴火では多量の噴石・降灰が発生し、2名が負傷しました^[3・4]。この時放出された火山灰は構成鉱物や化学組成など様々な特徴が調べられ、この噴火が泥漿溜りでの爆発（≡水蒸気噴火）であったことなどが判明しています^[5]。この様に噴火の発生場から放出される火山灰は噴火の発生場や様式などを知る貴重な情報源の一つですが、当時の文献には火山灰の顕微鏡写真などは残されていませんでした。

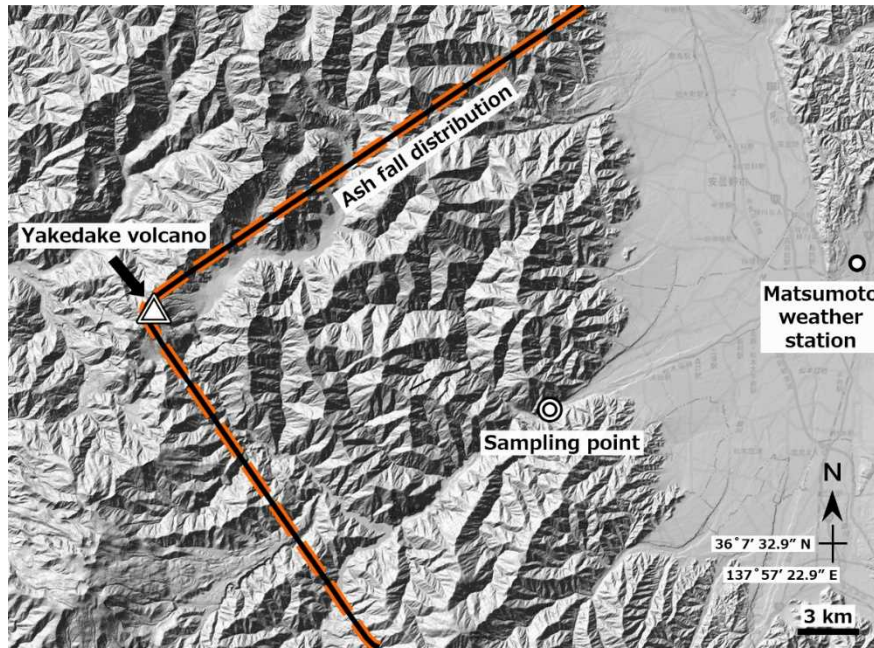
今回、[昭和37年（1962年）の焼岳火山噴火資料集](#)（長野県松本地域振興局）の取り組みの一環で、1962年6月17日噴火後に採取され、丁寧に保管された火山灰が気象台に寄せられました。そこで火山灰の顕微鏡観察を実施するとともに構成鉱物や水溶性成分の分析などを実施した結果、従来の研究では十分な証拠が得られていなかった黄鉄鉱や石膏などの鉱物が見つかり、また火山灰には多量の水溶性成分が含まれていることが明らかになりました。これらの発見は、当時の噴火が“泥漿溜りでの爆発”とする当時の見解を覆すものではありませんが、噴火発生場の理解や火山灰層の同定、将来の活動と比較するための情報として貴重な知見の集積となります。ここでは、今回の分析で得られた成果の一部を紹介します。

この研究成果は災害分野の英文学術雑誌「Journal of Disaster Research」に掲載されました。
全文は下記URLでご覧になれます。

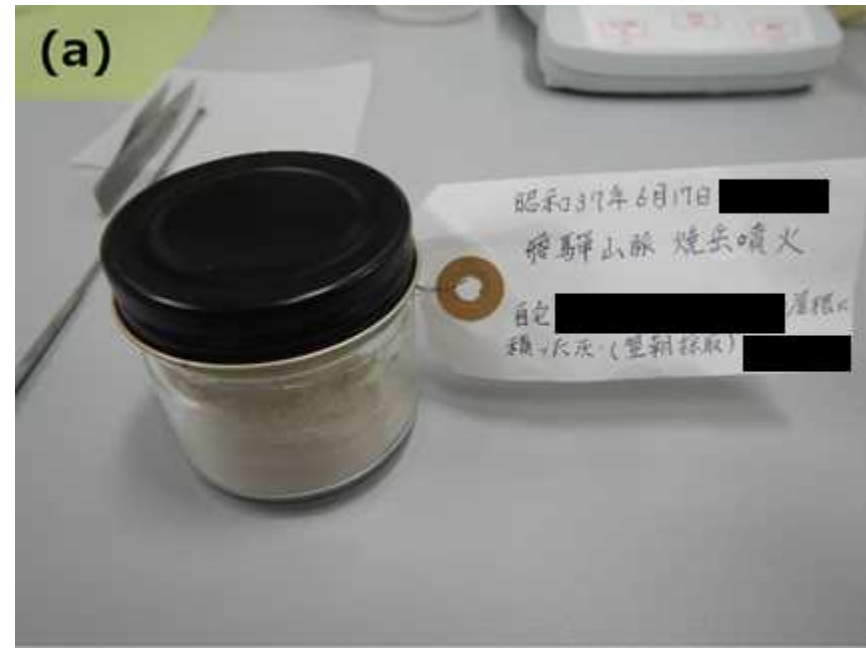
[Muga Yaguchi, Takeshi Ohba, Yasuo Hirayama, and Nozomi Numanami, "Volcanic Ash from the June 17, 1962 Eruption of Yakedake Volcano: Stereomicroscopic, XRD, and Water-Soluble Components Analyses," J. Disaster Res., Vol.17, No.2, pp. 257-262, 2022.](#)

試料の出自

火山灰採取の状況



Murai (1962)^[3]を簡略化した1962年6月17日噴の降灰範囲
背景には地理院地図を使用 *Yaguchi et al.(2022)を引用



提供された1962年6月17日噴火火山灰 *Yaguchi et al.(2022)を引用

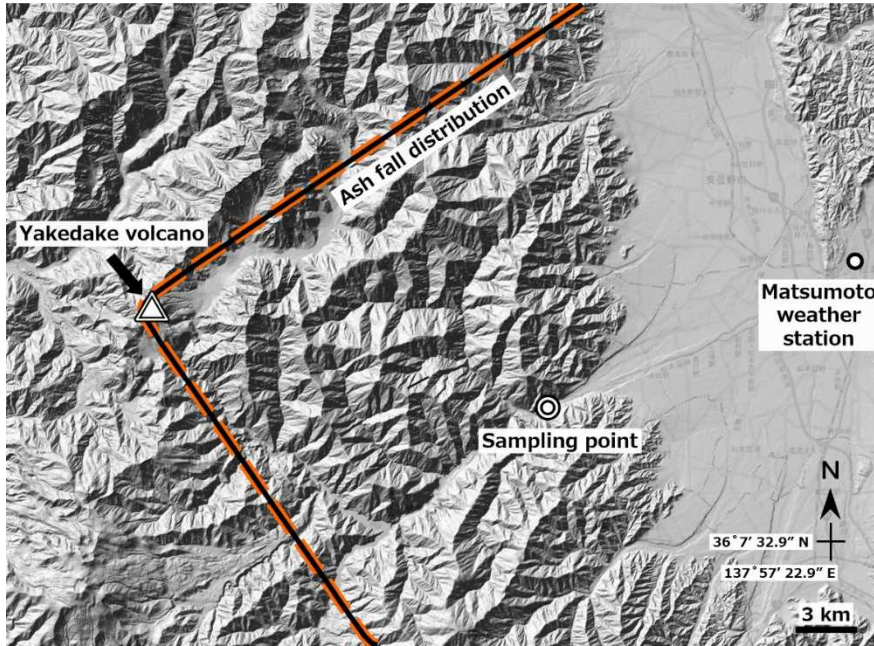
火山灰の特徴を正しく読み取るためには、泥流や降水、降灰地点の土壌などと混合していない試料を分析することが必要です。そこで聞き取り調査や記録を参照して、試料採取の状態を調べました。

聞き取り調査・記載によると、今回提供された火山灰は「噴火の翌朝（1962年6月18日、時間は記録なし）、自宅（焼岳東方約20km）の屋根から採取したもの」であることが確かめられました。

- 火山灰は噴火後の泥流によって流されたものではなく、家屋の屋根から採取されているため地上の土壌が混ざり込んだ可能性も低いと判断されます。

試料の出自

火山灰採取の状況



Murai (1962)^[3]を簡略化した1962年6月17日噴の降灰範囲
背景には地理院地図を使用 *Yaguchi et al.(2022)を引用

普通気候観測日原簿 1962年6月17日

観測時刻	方位	気温	湿度	風向	風速	降水	雲	天候	備考
1		20.1	78	SE	1.5		100	晴	
2		19.8	78	SE	1.5		100	晴	
3		19.5	78	SE	1.5		100	晴	
4		19.2	78	SE	1.5		100	晴	
5		18.9	78	SE	1.5		100	晴	
6		18.6	78	SE	1.5		100	晴	
7		18.3	78	SE	1.5		100	晴	
8		18.0	78	SE	1.5		100	晴	
9		17.7	78	SE	1.5		100	晴	
10		17.4	78	SE	1.5		100	晴	
11		17.1	78	SE	1.5		100	晴	
12		16.8	78	SE	1.5		100	晴	
13		16.5	78	SE	1.5		100	晴	
14		16.2	78	SE	1.5		100	晴	
15		15.9	78	SE	1.5		100	晴	
16		15.6	78	SE	1.5		100	晴	
17		15.3	78	SE	1.5		100	晴	
18		15.0	78	SE	1.5		100	晴	
19		14.7	78	SE	1.5		100	晴	
20		14.4	78	SE	1.5		100	晴	
21		14.1	78	SE	1.5		100	晴	
22		13.8	78	SE	1.5		100	晴	
23		13.5	78	SE	1.5		100	晴	
24		13.2	78	SE	1.5		100	晴	
25		12.9	78	SE	1.5		100	晴	
26		12.6	78	SE	1.5		100	晴	
27		12.3	78	SE	1.5		100	晴	
28		12.0	78	SE	1.5		100	晴	
29		11.7	78	SE	1.5		100	晴	
30		11.4	78	SE	1.5		100	晴	
31		11.1	78	SE	1.5		100	晴	
32		10.8	78	SE	1.5		100	晴	
33		10.5	78	SE	1.5		100	晴	
34		10.2	78	SE	1.5		100	晴	
35		9.9	78	SE	1.5		100	晴	
36		9.6	78	SE	1.5		100	晴	
37		9.3	78	SE	1.5		100	晴	
38		9.0	78	SE	1.5		100	晴	
39		8.7	78	SE	1.5		100	晴	
40		8.4	78	SE	1.5		100	晴	
41		8.1	78	SE	1.5		100	晴	
42		7.8	78	SE	1.5		100	晴	
43		7.5	78	SE	1.5		100	晴	
44		7.2	78	SE	1.5		100	晴	
45		6.9	78	SE	1.5		100	晴	
46		6.6	78	SE	1.5		100	晴	
47		6.3	78	SE	1.5		100	晴	
48		6.0	78	SE	1.5		100	晴	
49		5.7	78	SE	1.5		100	晴	
50		5.4	78	SE	1.5		100	晴	
51		5.1	78	SE	1.5		100	晴	
52		4.8	78	SE	1.5		100	晴	
53		4.5	78	SE	1.5		100	晴	
54		4.2	78	SE	1.5		100	晴	
55		3.9	78	SE	1.5		100	晴	
56		3.6	78	SE	1.5		100	晴	
57		3.3	78	SE	1.5		100	晴	
58		3.0	78	SE	1.5		100	晴	
59		2.7	78	SE	1.5		100	晴	
60		2.4	78	SE	1.5		100	晴	
61		2.1	78	SE	1.5		100	晴	
62		1.8	78	SE	1.5		100	晴	
63		1.5	78	SE	1.5		100	晴	
64		1.2	78	SE	1.5		100	晴	
65		0.9	78	SE	1.5		100	晴	
66		0.6	78	SE	1.5		100	晴	
67		0.3	78	SE	1.5		100	晴	
68		0.0	78	SE	1.5		100	晴	
69		0.0	78	SE	1.5		100	晴	
70		0.0	78	SE	1.5		100	晴	
71		0.0	78	SE	1.5		100	晴	
72		0.0	78	SE	1.5		100	晴	
73		0.0	78	SE	1.5		100	晴	
74		0.0	78	SE	1.5		100	晴	
75		0.0	78	SE	1.5		100	晴	
76		0.0	78	SE	1.5		100	晴	
77		0.0	78	SE	1.5		100	晴	
78		0.0	78	SE	1.5		100	晴	
79		0.0	78	SE	1.5		100	晴	
80		0.0	78	SE	1.5		100	晴	

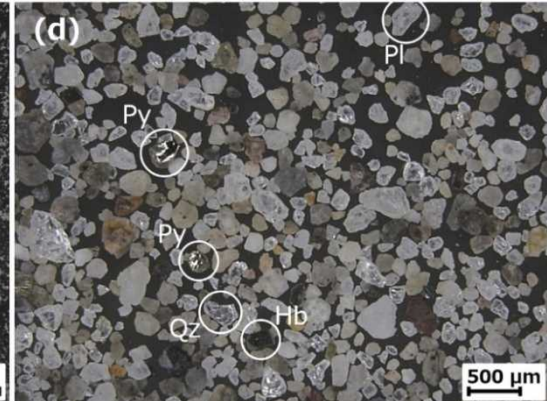
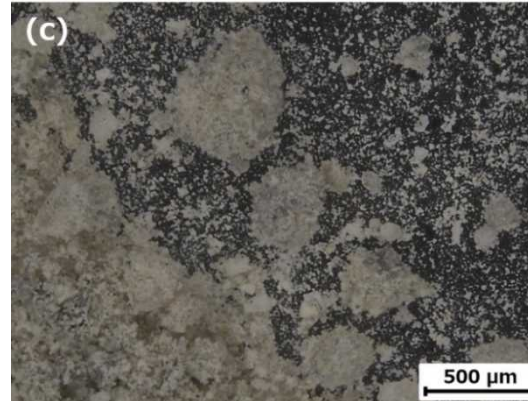
普通気候観測日原簿 1962年6月18日

観測時刻	方位	気温	湿度	風向	風速	降水	雲	天候	備考
1		18.5	75	SE	1.5		100	晴	
2		18.2	75	SE	1.5		100	晴	
3		17.9	75	SE	1.5		100	晴	
4		17.6	75	SE	1.5		100	晴	
5		17.3	75	SE	1.5		100	晴	
6		17.0	75	SE	1.5		100	晴	
7		16.7	75	SE	1.5		100	晴	
8		16.4	75	SE	1.5		100	晴	
9		16.1	75	SE	1.5		100	晴	
10		15.8	75	SE	1.5		100	晴	
11		15.5	75	SE	1.5		100	晴	
12		15.2	75	SE	1.5		100	晴	
13		14.9	75	SE	1.5		100	晴	
14		14.6	75	SE	1.5		100	晴	
15		14.3	75	SE	1.5		100	晴	
16		14.0	75	SE	1.5		100	晴	
17		13.7	75	SE	1.5		100	晴	
18		13.4	75	SE	1.5		100	晴	
19		13.1	75	SE	1.5		100	晴	
20		12.8	75	SE	1.5		100	晴	
21		12.5	75	SE	1.5		100	晴	
22		12.2	75	SE	1.5		100	晴	
23		11.9	75	SE	1.5		100	晴	
24		11.6	75	SE	1.5		100	晴	
25		11.3	75	SE	1.5		100	晴	
26		11.0	75	SE	1.5		100	晴	
27		10.7	75	SE	1.5		100	晴	
28		10.4	75	SE	1.5		100	晴	
29		10.1	75	SE	1.5		100	晴	
30		9.8	75	SE	1.5		100	晴	
31		9.5	75	SE	1.5		100	晴	
32		9.2	75	SE	1.5		100	晴	
33		8.9	75	SE	1.5		100	晴	
34		8.6	75	SE	1.5		100	晴	
35		8.3	75	SE	1.5		100	晴	
36		8.0	75	SE	1.5		100	晴	
37		7.7	75	SE	1.5		100	晴	
38		7.4	75	SE	1.5		100	晴	
39		7.1	75	SE	1.5		100	晴	
40		6.8	75	SE	1.5		100	晴	
41		6.5	75	SE	1.5		100	晴	
42		6.2	75	SE	1.5		100	晴	
43		5.9	75	SE	1.5		100	晴	
44		5.6	75	SE	1.5		100	晴	
45		5.3	75	SE	1.5		100	晴	
46		5.0	75	SE	1.5		100	晴	
47		4.7	75	SE	1.5		100	晴	
48		4.4	75	SE	1.5		100	晴	
49		4.1	75	SE	1.5		100	晴	
50		3.8	75	SE	1.5		100	晴	
51		3.5	75	SE	1.5		100	晴	
52		3.2	75	SE	1.5		100	晴	
53		2.9	75	SE	1.5		100	晴	
54		2.6	75	SE	1.5		100	晴	
55		2.3	75	SE	1.5		100	晴	
56		2.0	75	SE	1.5		100	晴	
57		1.7	75	SE	1.5		100	晴	
58		1.4	75	SE	1.5		100	晴	
59		1.1	75	SE	1.5		100	晴	
60		0.8	75	SE	1.5		100	晴	
61		0.5	75	SE	1.5		100	晴	
62		0.2	75	SE	1.5		100	晴	
63		0.0	75	SE	1.5		100	晴	
64		0.0	75	SE	1.5		100	晴	
65		0.0	75	SE	1.5		100	晴	
66		0.0	75	SE	1.5		100	晴	
67		0.0	75	SE	1.5		100	晴	
68		0.0	75	SE	1.5		100	晴	
69		0.0	75	SE	1.5		100	晴	
70		0.0	75	SE	1.5		100	晴	
71		0.0	75	SE	1.5		100	晴	
72		0.0	75	SE	1.5		100	晴	
73		0.0	75	SE	1.5		100	晴	
74		0.0	75	SE	1.5		100	晴	
75		0.0	75	SE	1.5		100	晴	
76		0.0	75	SE	1.5		100	晴	
77		0.0	75	SE	1.5		100	晴	
78		0.0	75	SE	1.5		100	晴	
79		0.0	75	SE	1.5		100	晴	
80		0.0	75	SE	1.5		100	晴	

普通気候観測日原簿（気象観測記録） [6][7]

火山灰は降水に曝されると成分が溶け出すなど変質してしまう可能性があります。
 そこで長野地方気象台松本測候所（焼岳の東約35km）の観測記録で降水の有無を調べました^{[6][7]}。
 ◦ 1962年噴火は6月17日21:55頃発生し、降灰は6月17日23:50から翌18日01:45まで。
 ◦ 6月17日PMに露（強度0）、6月18日AMに露（強度1）、6月18日17:24～17:40まで驟雨。
 → 火山灰は6月18日の朝に採取されているため降雨に曝された心配はありません。

分析結果 (1) 顕微鏡観察



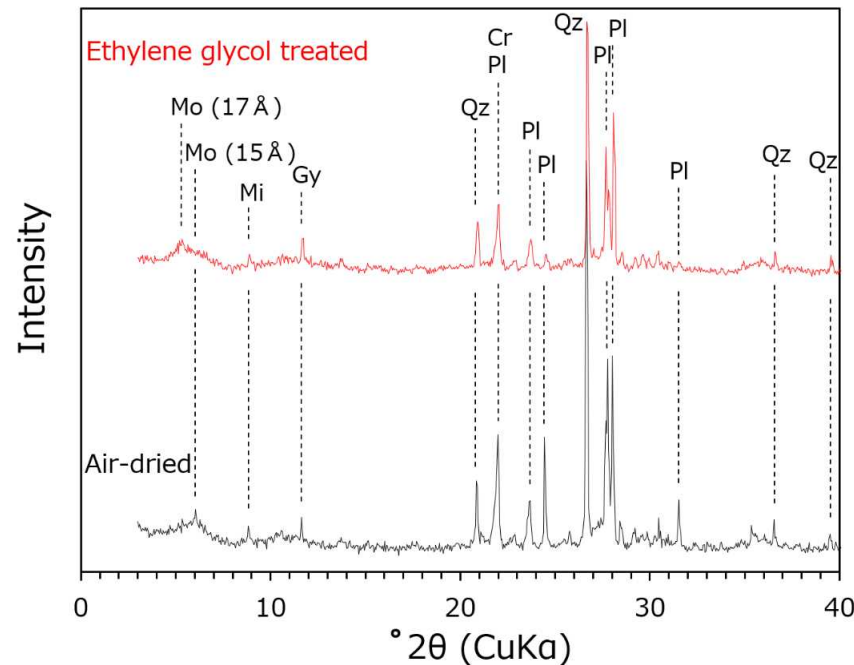
【参考】西之島2017年5月26日噴火の火山灰
*高木(2017)[8]を引用

分析した1962年6月17日噴火火山灰 *Yaguchi et al. (2022)を引用

火山灰はガラス瓶に分取されて送致されました(a). 火山灰の概観は極細粒の粒子に覆われて灰色に見えますが(b,c), 水洗いしてみると多くの粒子は100~200μm程度以下と小さく, 透明~灰白色の粒子が大半を占めています. 一部には, 角閃石(Hb), 斜長石(Pl), 黄鉄鉱(Py), 石英(Qz) などが見えます(d). 粒子が小さく, 白っぽい粒子が多いのは水蒸気噴火によって放出された火山灰の一つの特徴です.

一方, 新鮮なマグマに直接由来するような粒子 (例えば, 2017年の西之島火山灰; 左図) は見当たりませんでした.

分析結果 (2) 粉末X線回折装置による構成鉱物の同定



火山灰の粉末X線回折パターン
*Yaguchi et al. (2022) を引用

粉末X線回折と呼ばれる装置で火山灰の構成鉱物を調べると、モンモリロナイト(Mo)、雲母(Mi)、石膏(Gy)、石英(Qz)、クリストバライト(Cr)、斜長石(Pl)といった鉱物が含まれていることがわかりました。

この中で、石膏(Gy)は従来の研究では報告されていなかった鉱物です。

石膏($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$)は100~200°C程度になると脱水して硬石膏(CaSO_4)に変化する性質があり^[10]、モンモリロナイトは100~150°Cで安定^[11]な鉱物です。

すなわち、石膏やモンモリロナイトの存在は、火山灰がそれほど高温に曝されなかったことを意味していると考えられます。これは、顕微鏡観察下でマグマに直接由来する様な粒子が見当たらなかったことと整合的です。

分析結果 (3) 水溶性成分の分析

水溶性成分の分析結果 *Yaguchi et al. (2022)を引用

Volcanoes	Eruption date	Eruption type	Water-soluble components*	
			Cl mg/kg	SO ₄ mg/kg
Yakedake ^[this study]	June 17, 1962	Phreatic	1,250	10,800
Below are references				
Fuji ^[11]	December 16, 1707	Magmatic	90.6	146.5
Nishinoshima ^[12]	May 26, 2017	Magmatic	425	579
Kusatsu-Shirane (Yugama) ^[13]	December 29, 1982	Phreatic	1,950–2,030	17,480–18,160
Hakone ^[14]	June 30, 2015	Phreatic	12,200	6,600

* 1962年6月18日朝採取(1962年6月17日23:50から翌18日01:45頃までに降灰).

**水溶性成分は一定量の火山灰と超純水と混合して超音波抽出法^[15]を実施後、懸濁液を0.45μmフィルタでろ過して得た溶液に含まれるCl, SO₄をイオンクロマトグラフ法で分析した. 火山灰1kgあたりに含まれる水溶性成分の量(mg/kg)に換算した.

火山灰には噴火時に放出された火山ガスや熱水、あるいは既存の山体に存在していた変質鉱物などに由来する水溶性の成分が含まれています(例えば、Cl, SO₄など) ^[16・17など]. これらの成分の量や組成を分析することで噴火時の火山ガスや熱水の化学組成や噴火の様式などを推察するのに役立ちます.

例えば、火山灰から検出される水溶性成分の量は、一般的にはマグマ噴火火山灰で少なく(代表的なものでは、ClとSO₄の合計は火山灰1kgあたり数10～数100mg程度)、水蒸気噴火火山灰で多い(同、数1000～数10,000mg)ことが知られています(上表)。

今回分析した1962年6月17日の焼岳噴火火山灰からは、火山灰1kgあたりCl=1,250mg, SO₄=10,800mgと多量の水溶性成分が検出されました。検出された水溶性成分の量は比較的多い部類であり、当該噴火が水蒸気噴火であった可能性を示唆するその他の分析結果と整合的です。

成果の要点

聴き取り調査や当時の気象観測記録などを調査した結果、今回提供された火山灰は焼岳1962年6月17日噴火の翌18日朝に家屋の屋根から採取したもので、火山灰以外の物質（地上の土壌など）の混ざり込みや降水による変質などを被っている可能性は低いことが判りました。

冒頭に述べた通り、1962年の焼岳噴火火山灰については既に詳しい分析がなされていますが^[5]、今回、顕微鏡・粉末X線回折・水溶性成分分析を実施したことで、新たに次の知見を得ることができました。

1. 顕鏡下で黄鉄鉱（熱水鉱物の一つ）を視認
2. 粉末X線回折分析によって石膏の存在が判明
3. 水溶性成分として1,250mg/kgのCl, 10,800mg/kgのSO₄を検出

これらの知見は、いずれもこの噴火が熱水変質帯での水蒸気爆発に起因していることを示唆しており、これは“泥漿だまりでの爆発”と結論した従来の研究^[5]を覆すものではありません。

一方、火山灰に含まれる鉱物の組み合わせや水溶性成分の量や組成は噴火の発生場や様式、噴火推移に応じて変化するため^[18]、今回得られた知見は焼岳が再び噴火した場合の参照情報として利用できると考えられます。また、火山灰に含まれていた“黄鉄鉱”は従来の研究でも熱示唆分析などによってその存在が予想されてきましたが^[5]、これを裏付ける顕微鏡観察結果やX線分析などの証拠は得られていませんでした。その一方で黄鉄鉱の存在は1962年火山灰層を同定する上での重要な指標にもなってきたなど^[19]、その存否の確認は課題の一つでした。今回、顕鏡下で黄鉄鉱を視認でき、その証拠を残せたことは、今後の火山灰層の同定などにも役立つと考えられます。

謝辞 火山灰を適切に採取・保全し、ご提供下さいました大野利和 氏（長野県松本市）に感謝致します。

参考文献

- [1] 及川輝樹ほか (2002) 北アルプス南部, 焼岳火山の最近約3000年間の噴火史. 地質学雑誌, 108, 88-102.
- [2] 気象庁 (2022) <https://www.data.jma.go.jp/svd/vois/data/tokyo/STOCK/volinfo/volinfo.php?info=VJ&id=310>
- [3] Murai I. (1962) A brief note on the eruption of the Yake-dake volcano of June 17, 1962. Bull. Earthquake Res. Inst., 40, 805-814.
- [4] Yamada T. (1963) Report of the 1962 activity of Yakedake Volcano, central Japan. J. Fac. Liberal Arts and Sci., Shinshu Univ., 12, 47-68.
- [5] 小坂丈予, 小沢竹次郎 (1966) 1962年焼岳活動の噴出物とその噴火様式について. 火山, 11, 17-29.
- [6] 松本測候所 (現: 長野地方気象台) (1962) 普通気候観測日原簿, 1962年6月17日.
- [7] 松本測候所 (現: 長野地方気象台) (1962) 普通気候観測日原簿, 1962年6月18日.
- [8] 高木朗充 (2018) 観測船による西之島の噴火活動(2017年5月). 火山噴火予知連絡会会報, 127, 183-188.
- [9] Kosztolanyi C. et al. (1987) Measurements of the phase transformation temperature of gypsum-anhydrite, included in quartz, by microthermometry and Raman microprobe techniques. Chem. Geol., 61, 19-28.
- [10] 吉村尚久 (2001) 粘土鉱物と変質作用. 地学双書32, pp293.
- [11] 宮地直道, 尾口俊一 (2004) 富士火山1707年降下火砕物の付着水溶性成分. 日本大学文理学部自然科学研究所紀要, 39, 199-204.
- [12] 谷口無我ほか (2017) 気象研究所の地球化学的手法を用いた火山観測の取り組み. 火山学会2017年度秋季大会, P124.
- [13] 平林順一 (1984) 火山ガスの成分変化と火山活動. 東京工業大学博士論文, 乙第1311, 190pp.
- [14] Yaguchi M. et al. (2019) The nature and source of the volcanic ash during the 2015 small phreatic eruption at Hakone volcano, central Japan. Geochemical Journal, 53, 209-217.
- [15] 斉藤浩子 ほか (1982) イオンクロマトグラフィーによる火山灰可溶性成分の迅速分析. 地球化学, 16, 43-47.
- [16] 小坂丈予 ほか (1998) 十勝岳1988-1989年噴火で放出された火山灰の付着水溶性成分. 火山, 43, 25-31.
- [17] 風早康平 ほか (2003) 三宅島火山 2000 年噴火における火山ガス-火山灰の付着ガス成分およびSO₂放出量から推測される脱ガス環境-. 地学雑誌, 110, 271-279.
- [18] 大学合同観測班地球化学班 (1992) 雲仙火山の火山活動と地球化学的観測. 火山, 37, 103-108.
- [19] 滝口大智ほか (2018) 焼岳火山南部中ノ湯登山道に分布する火山性堆積物. JpGU2018, SVC-P18.