

1783年浅間山天明噴火で噴出した「火山硫黄毛」

塚原えりか*・津久井雅志*・古川 登*・小林哲夫**

(2015年5月15日受付, 2015年9月10日受理)

“Volcanic sulfur thread” of the 1783 Tenmei Eruption, Asama Volcano

Erika TSUKAHARA*, Masashi TSUKUI*, Noboru FURUKAWA* and Tetsuo KOBAYASHI**

During the 1783 Asama eruption, volcanic threads were thrown and fell as well as a large quantity of pumice and volcanic ash over the Kanto and the southern part of Tohoku area. We observed and analyzed two samples of the volcanic thread, which were collected and stored by a pharmacopoeia-seller. One is translucent white to pale yellow, and the other is black to dark brown. Our studies with an optical microscope, SEM-EDX and XRD equipment revealed that these volcanic threads are not made of silicate glass as produced in basaltic eruptions, but are made of amorphous sulfur.

Key words: volcanic thread, sulfur, Asama Volcano, Tenmei eruption

1. はじめに

浅間山天明噴火は、天明三年四月九日^{注1}（1783年5月9日）から9ヶ月余りにわたり断続して起きた大規模な噴火で、七月はじめ（8月はじめ）に大量の軽石、火砕流や溶岩を噴出した（Aramaki, 1956; 1957など）。大規模な噴火であったため、浅間山周辺だけでなく日本国内の広い地域で噴火を記録した文書が多数残されており、茨城県龍ヶ崎市（8月5日、白色、長さ21cmや34cm）、栃木県日光市（8月13日、白色あるいは赤さび色、長さ15~18cm）、福島県南会津郡（9月23・24日、白色、長さ15~35cm）などで「火山毛」が降下したことも知られていた（津久井, 2011）。

今回、長野県須坂市の山下八右衛門家文書のうち天明噴火の経緯を記録した史料と山麓、吾妻川、利根川を流下した岩なだれ・泥流を描いた絵図と一緒に保存されていた、白色~淡黄色「火山毛」1本と褐色~黒色「火山毛」（試料が少なかったため）1本から半分を切断して提

供を受け、検討した。

山下八右衛門家は1700年代より続く旧家で、代々薬種商を営んでいた。史料には主に天明噴火最盛期直前の七月五日（8月2日）から最盛期の七月八日（8月5日）までの浅間山周辺における被害状況の記述がある。「火山毛」試料の包紙には「天明三癸卯年七月六日ヨリ八日^{まで} 浅間山大焼之節砂石共降毛」と記されていることから、1783年8月3日から8月5日までの期間に火山灰や軽石とともに噴出したと考えられる。文書には「所ニヨリ黒白ノ毛交リ降、短キハ三四寸、長ハ七八寸之由」という解説もあり、白色と黒色の「毛」は、短いもので10cm程、長いもので20cm余であったことがわかる。ただし採取地についての情報は無い。

2. 「火山毛」の記載

「白色」火山毛と、「黒色」火山毛試料の全体像を写真1に示す。「火山毛」試料のうち、白色~淡黄色の「火山毛」（以下「白色」火山毛）は半透明で、長さ21.2cm、直径0.16cm、重さ4.6mgであった。ゆるく湾曲し（写真1）、

注1 西暦（グレゴリオ暦）はアラビア数字で、和暦は漢数字で示す。

* 〒263-0022 千葉県千葉市稲毛区弥生町1-33
千葉大学大学院理学研究科地球生命圏科学専攻地球科学コース
Department of Earth Sciences, Graduate School of Science, Chiba University, 1-33, Yayoi-cho, Inage-ku, Chiba 263-8522, Japan.

** 〒890-0065 鹿児島県鹿児島市郡元1-21-35

鹿児島大学大学院理工学研究科（理学系）
Graduate School of Science and Engineering, Kagoshima University, 1-21-35, Korimoto, Kagoshima 890-0065, Japan.

Corresponding author: Erika Tsukahara
e-mail: aeka3272@chiba-u.jp

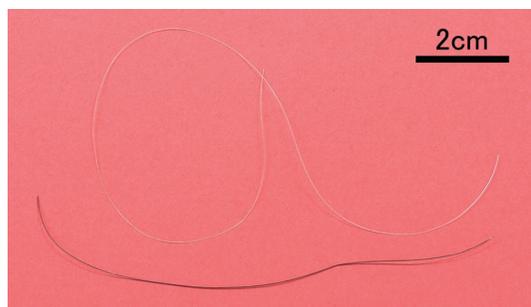


写真 1. 火山毛の全体像。上が「白色」毛, 下が「黒色」毛

Photo 1. Volcanic threads of the 1783 Tenmei Asama eruption. upper: white to transparent thread (“white” thread), lower: black to dark brown (“black” thread).

ナイロン釣り糸程度の柔軟性がある。実体顕微鏡で観察したところ、試料の両端はともに破断されたような面に見えた(写真2(a)の上)。鏡下では斑晶・石基に相当する結晶はみられない。球状の気泡が「毛」の中で長さ方向に並び(写真2(b)), 長径1mm程まで引き延ばされたものも観察された(写真2(c))。濃褐色～黒色の「火山毛」(以下「黒色」火山毛)は直径0.21mmで、「白色」火山毛よりもやや太く透明度が低い。「白色」火山毛と同程度の柔軟性がある。先端は液滴状であった(写真2(a)の下)。

3. 火山毛の定性化学分析および結晶相の検討

「火山毛」2 試料をエポキシ樹脂でスライドガラスに固定し研磨した後、カーボン蒸着をして EDX (JEOL JSM-5600 型走査電子顕微鏡, Si (Li) 検出器, 加速電圧 15kV, 照射電流 0.8nA) で定性分析した。「白色」毛と「黒色」毛ともに硫黄のピーク ($K\alpha$ 2.307 keV) が見られ(図1), 珪素のピーク ($K\alpha$ 1.739 keV) はなく、珪酸成分を含まないことがわかった。低エネルギー側に見られるピークは、それぞれ C ($K\alpha$ 0.282 keV), O ($K\alpha$ 0.523 keV), Li ($K\alpha$ 0.052 keV) で、蒸着カーボン, エポキシ樹脂, Si (Li) 検出器に由来する擬似ピークにあたり、火山毛試料を構成している元素ではないと考えられる。

粉末 X 線回折による結晶相の同定をあわせて行なった。試料粉砕時には弾力を感じ、わずかに「硫黄臭」を感じた。測定には Rigaku Rad-X システムを使用し、管電圧 40kV, 管電流 25mA, CuK α 線 (1.5418 Å), ステップスキャン法 (fixed time 12 秒) の条件で解析を行った。図2は、「火山毛」試料の回折強度パターンと石英無反射板のみのブランク強度ブランクパターンの差 (青線) を

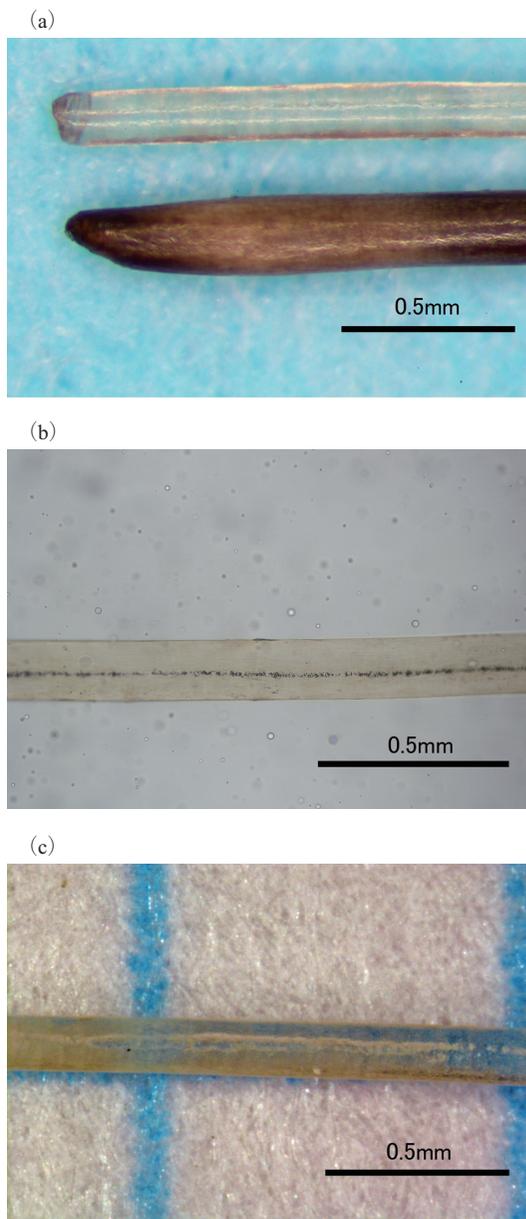


写真 2「火山毛」の顕微鏡写真。(a) : 「白色」毛と「黒色」毛それぞれの先端部分。(b) : 「白色」毛中の長い気泡。1mm程に引き延ばされている。(c) : 「白色」毛中で球状の気泡が連なっている。

Photo 2. Microphotograph of volcanic threads. (a) : tip sections of a “white” and a “black” thread. (b) : elongated vesicles in a “white” thread. (c) : vesicles lined in a “white” thread.

とったものである。比較のため、結晶質硫黄(斜方硫黄)の強度パターン(赤線)も示した。「火山毛」試料はブロー

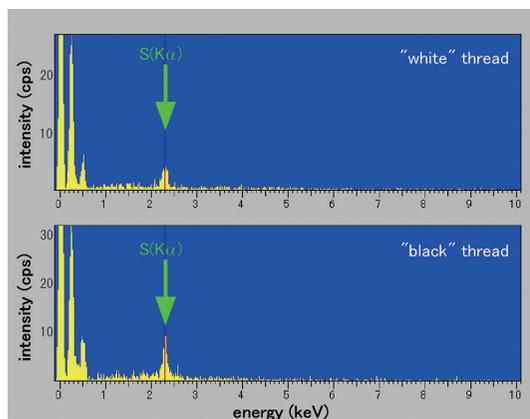


図 1. EDX による定性分析の結果、「白色」毛、「黒色」毛ともに S の $K\alpha$ ピークを示す。

Fig. 1. EDS X-ray energy profiles of a “white” thread (upper) and a “black” thread (lower). Both have a peak at the $K\alpha$ energy level of S.

ドなピークで、結晶質硫黄ピークの位置とはずれており、非晶質であると推定される。以上のことから、「火山毛」試料は硫黄の多形の一つで、非晶質で弾性のある「ゴム状硫黄」から成っていると判断した。ゴム状硫黄は常温で不安定で、短時間のうちに斜方硫黄へ転移することが知られているが、非晶質硫黄の構造が均質であると結晶への転移速度が遅くなる (Yu *et al.*, 2009)。この試料が噴火以来 230 年間斜方硫黄に転移せずに保存された理由として、火山毛が均質な構造をもって生成されたことによる可能性が挙げられる。

4. 硫黄の起源

天明噴火最盛期の七月六日～八日（8月3日～5日）には群馬県桐生市や安中市で「硫黄臭」を感じたという記録が残っている（津久井, 2011）。山口・他（2003）は浅間山天明噴火噴出物のかんらん石斑晶中に捕獲されたマフィックメルトの硫黄濃度の最大値が 2700 ppm であることを報告している。また、浅間山 2004 年噴火の噴出物中には、硫化物メルトが急冷して形成された硫化物球粒が石基中に散在したり、かんらん石斑晶に捕獲されて産出したりする (Yamaguchi *et al.*, 2013)。浅間火山前掛山の釜山火口からは現在でも火山活動が活発になると、おそらくマグマ由来の硫黄が脱ガスすることにより二酸化硫黄が多量に放出されることがある。2015（平成 27）年 6 月 16 日と 19 日には小規模な噴火が起こり、6 月 25 日に測定された二酸化硫黄放出量の 4 回の平均値は 5600 t/日と、平時の数百 t/日以下に対し一桁高い値を

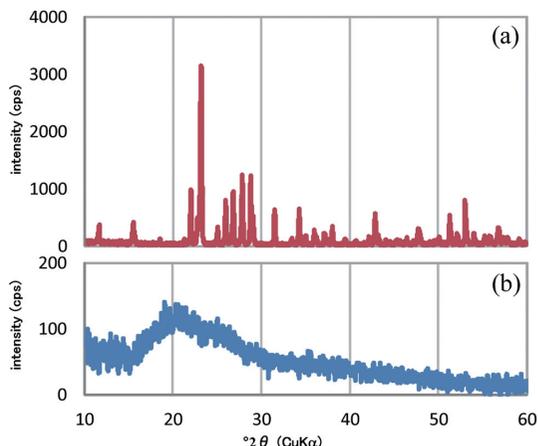


図 2. 粉末 X 線回折による強度: (a) 斜方硫黄と (b) 「白色」火山毛と ブランク強度。

Fig. 2. Intensity of XRD analysis: (a) crystalline orthorhombic sulfur and (b) the ‘white’ volcanic thread referenced to the blank condition.

示した^{注2}。

現段階では、硫黄の起源として、硫黄成分に富むマグマから脱ガスし (Yamaguchi *et al.*, 2013)、分離して「火山毛」を形成した可能性や、既にマグマから析出した地表近くの自然硫黄が噴火の際の熱で再融解して引き伸ばされ放出された可能性が考えられるものの、特定することはできなかった。

5. これまでに知られている「火山毛」

「火山毛」は粘性の低い玄武岩質マグマに特徴的に産し、Pele’s hair と呼ばれる（たとえば Katsura, 1967; Moune *et al.*, 2007）。今回検討した試料は従来知られている Pele’s hair とは化学組成が異なり、形成の過程も異なるものである。

火山毛の降下を観測したと思われる記録は、浅間山以外でも確認されている（佐々木・他, 1981; 震災予防調査会編, 1918）ものの、実際の試料はこれまで検討されていない。佐々木・他（1981）は 1640 年北海道駒ヶ岳噴火や 1977 年有珠山のような珪長質の火山噴火の降下軽石に伴って走査電子顕微鏡で観察しうる程度の火山毛が多数含まれていたことを報告した。これらの火山毛は、その形態から固結前には低粘性であったと推定されるが、化学組成は報告されていない。今後試料が見つれば、「火山硫黄毛」である可能性も含め、検証すべきであろう。

^{注2} 気象庁: http://www.data.jma.go.jp/svd/vois/data/tokyo/306_Asamayama/306_So2emission.htm

6. ま と め

天明噴火の際に降下した「火山毛」試料を検討した結果、従来知られていたような、噴出時に珪酸塩メルトの一部が引きのばされ、急冷固結して糸状になったガラス片ではなく、非晶質の硫黄からなる「火山硫黄毛」であることがわかった。

謝 辞

「火山毛」所蔵者の山下徹様には試料を提供していただいた。長野県須坂市立博物館荒井清治館長、中村紀子学芸員には史料の閲覧、試料検討の便宜を図っていただいた。査読者の山口佳昭博士、匿名の査読者および編集担当横尾亮彦博士から数多く建設的なご指摘をいただき、本報告を大きく改善することができた。本研究の一部に平成24~27年度科学研究費補助金(24510245 代表:津久井雅志)、災害の軽減に貢献するための地震火山観測研究計画(課題番号1004 代表:中川光弘北海道大学教授)研究費を使用した。ご協力いただいた皆様と諸機関に心より感謝します。

引用文献

Aramaki, S. (1956) The 1783 activity of Asama Volcano. Part I. *Jpn. J. Geol. Geogr.*, **27**, 189-229.

Aramaki, S. (1957) The 1783 activity of Asama Volcano. Part II. *Jpn. J. Geol. Geogr.*, **28**, 11-33.

Katsura, T. (1967) Pele's hair as a liquid of Hawaiian tholeiitic basalts. *Geochem. J.*, **1**, 157-168.

Moune, S., Faure, F., Gauthier, P.-J. and Sims, K.W.W. (2007) Pele's hairs and tears: Natural probe of volcanic plume. *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, **164**, 244-253.

佐々木龍男・勝井義雄・熊野純男 (1981) 軽石噴火で生じた珪長質ペレーの毛. *火山*, **26**, 113-116.

震災豫防調査會編 (1918) 日本噴火志 上 (震災豫防調査會報告, **86**), 45-47. 復刻版: 五月書房, 1982. 有明書房, 1991.

津久井雅志 (2011) 浅間火山天明噴火: 遠隔地の史料から明らかになった降灰分布と活動推移. *火山*, **56**, 65-87.

山口佳昭・原田英男・太田 靖 (2003) 浅間および妙高火山のマフィック端成分マグマ: 斑晶メルト包有物の組成と硫黄含有量. 日本火山学会講演予稿集 2003, 75.

Yamaguchi, Y., Kawasaki, T., Yamaguchi, T. and Ohta, Y. (2013) Early sulfide precipitation in basaltic magma intruding into felsic reservoir beneath the summit of Asama volcano: a melt inclusion study for the 2004 eruption. *Mineral. Mag.*, **77**, 2541.

Yu P., Wang W.H., Wang R.J., Lin S.X., Liu X.R., Hong S.M. and Bai H.Y. (2009) Understanding exceptional thermodynamic and kinetic stability of amorphous sulfur obtained by rapid compression. *Appl. Phys. Lett.*, **94**, 011910.

(編集担当 横尾亮彦)