草津白根山の噴出物中の粘土鉱物とその噴火形態

黒 崎 誠*・小 坂 丈 予*・松 田 敏 彦*

Clay Minerals in the Volcanic Ejectas from Kusatsu-Shirane Volcano and the Style of Eruption

Makoto KUROSAKI, Joyo OSSAKA and Toshihiko MATSUDA

Abstract

Phyllosilicates were present in the volcanic ashes from several 1982-1983 eruptions of Kusatsu-Shirane Volcano. Pyrophyllite, kaolin and smectite were present as major clay minerals. Hydrothermally altered rocks collected from the western flank showed that, the basement rocks of this volcano were altered to form silica minerals, alunite and various clay minerals such as pyrophyllite, kaolin and smectite. The presence of pyrophyllite in the volcanic ashes indicates that the explosions probably have taken at a depth corresponding to the basement rocks. On the other hand, samples of air-fall tephra from 1897 and 1925 eruptions contained little or no pyrophyllite suggesting that these explosions likely occurred in the volcanic rocks of Kusatsu-Shirane Volcano. Based on the distribution and amounts of clay minerals in the volcanic ejectas, the depth of explosions during repeated eruptions may be inferred.

1. 緒 言

活動中の火山から放出される固形噴出物にしばしば粘土鉱物が含まれる、という知見は比較的新しいものである。1962年焼岳、1977-1978年有珠山、1979年木曾御岳山、1980年セントヘレンズ火山などの活動で、その固形噴出物中に粘土鉱物が確認された(近堂ら⁴⁾、曾屋ら¹⁴⁾、小坂・平林⁷⁾、Pevear *et al.*¹³⁾、小坂ら⁹⁾)。粘土鉱物の種類は、スメクタイト、カオリンに属するものが最も多く、緑泥石が含まれる場合もある。小坂⁸⁾は多くの事例から、噴出物中の粘土鉱物を調べることによって火山の活動様式、活動経過の推移などが予測できることを示した。

草津白根山は群馬県と長野県の県境付近に位置し(Fig. 1)、有史以来幾度も噴火を繰り返している我が

国でも有数の活動的な火山の1つである。同火山の1982-1983年噴火の際の固形噴出物は、スメクタイト、カオリンに加えてパイロフィライトを含有することが判明した(小坂ら¹⁰⁾)。パイロフィライトは粘土鉱物としては比較的高温・高圧下でないと生成しないと考えられており、現在までのところ他の火山では、木曾御岳山の1979年噴火の噴出物中にその存在が報告されているのみである(曾屋ら¹⁴⁾)。

本研究では草津白根山の最近の噴火に伴う噴出物中にパイロフィライトが含有される事実を、同火山の噴火発生機構と関連して考察することにした。

2. 1982-1983年噴火の噴出物

草津白根山では、1982年10月26日に湯釜を中心とした噴火が始まり、同年12月29日、翌1983年7月26

平成元年9月21日受付、平成元年11月20日受理

*岡山大学理学部地学教室

Faculty of Science, Okayama University, 3-1-1, Tsushima-naka, Okayama, 700.

日、11月13日、12月21日の計5回噴火が繰り返された。その活動経過については既に数多くの報告があるので(曾屋ら¹⁵⁾、小坂ら¹⁰⁾、小坂・平林¹¹⁾)、ここでは噴出物の鉱物組成についてのみ述べる。

今回研究に用いたのは、1982年12月29日、1983年7月26日、11月13日噴火の噴出物試料(C, E, F)で、いずれも湯釜周辺で採取されたもので、正確な採取地点は小坂ら¹⁰⁾により記載されている。X線回折分析によって、石英、クリストバライト、トリディマイト、石膏、硬石膏、明ばん石、黄鉄鉱、カオリン、パイロフィライト、スメクタイトの含有が確認された。

これは小坂ら¹⁰⁾の結果と一致する。Fig. 2に、粘土鉱物

を比較的多量に含有する細粒部分のX線回折曲線(試料C, F)を示す。

X線粉末法によるパイロフィライト定量分析の結果、その含有量は試料Cが最も多く約20%であった。

3. 白根山周辺地域における

パイロフィライトの分布とその特徴

草津白根山の周辺には、現在および過去の噴気・温泉活動による数多くの変質帯が存在し、各々の変質帯に各種の変質鉱物が分布する。変質帯で採取した試料について主としてX線回折分析によって含有鉱物を同定した結果、白根山周辺地域の変質鉱物の分布に関して幾つかの特徴が明らかになった(Fig. 3)。

現在噴気活動が盛んな地域は、近年の活動の中心である白根山頂周辺、山頂より東へ約3kmの殺生河原、西麓の万座温泉である。これらの地域の噴気孔あるいは酸性泉の湧出地点付近では、周囲の岩石が酸性条件下で変質作用を受け、オパールなどのシリカ鉱物及び明ばん石などの硫酸塩鉱物を主とするものに変化している。

一方草津白根山西麓には、同火山の基盤をなす新第三紀に噴出したと考えられる火山岩類を原岩とする、規模の大きな熱水変質帯が存在する。これは珪化帯、粘土化帯などからなり、シリカ鉱物、硫化物、硫酸塩鉱物及び粘土鉱物が認められる(Fig. 4)。中村・比留川⁵⁾によれば、この変質帯の生成は過去のより活発な時期にあった噴気作用によったものが主で、特に万座

Fig. 1 Map showing the location of Kusatsu-Shirane Volcano.

Fig. 2 X-ray diffraction patterns of the clay fractions of the ejectas after various treatments. UT: untreated, EG: treated with ethylene glycol, HCl: treated with 6N HCl, C: Dec. 29, 1982, F: Nov. 13, 1983.

Fig. 3 Distribution map of minerals (1). 1: silica minerals, 2: alunite, 3: pyrophyllite, 4: pyrophyllite+kaolin, 5: kaolin, 6: smectite.

Fig. 4 Distribution map of minerals (2). 1-6: same as for Fig. 3, 7: silica zone, 8: pyrophyllite zone, 9: pyrophyllite - kaoline zone, 10: kaoline zone.

Fig. 5 X-ray diffraction patterns of the altered rocks containing pyrophyllite. Locations of these samples are shown on Fig. 4. A: alunite, K: kaolin, R: rutile.

温泉地区では現在の噴気・温泉活動による変質がそれと重っており、複雑な様相を呈している。

パイロフィライトの産出は西麓の大規模な変質帯内に限られており、東麓では近年の降下火山灰中以外には見られない。Fig. 5 にこの鉱物を含む試料のうち代表的なものの X 線回折曲線を示す。パイロフィライトには Brindley and Wardle²⁾ の報告による単斜晶系と三斜晶系に属する 2 つの型があり、天然で両者はしばしば混合物となっていることが知られている。本地域では産出場所によって両者の割合が異なる。カオリン

Fig. 6 Plots of weight proportions of SiO_2 , Al_2O_3 , and $\Sigma\text{Fe}_2\text{O}_3$ for pyrophyllite. P: ideal pyrophyllite composition, ●: pyrophyllite in the ejectas (小坂ら¹²⁾), △: pyrophyllite in the altered rocks, □: pyrophyllite in the altered rocks (安藤¹⁾).

と共存するものの X 線回折曲線は、単斜晶系に属するものの特徴をよく示している。一方カオリンと共存しないものの X 線回折曲線には、4.07 Å, 3.18 Å などの三斜晶系に属するものに特徴的な回折線が明瞭に現われている。Fig. 4 に示したように前者は主として西側に、後者は主として東側に分布する。

これらのパイロフィライトの化学分析の結果を SiO_2 - Al_2O_3 - $\Sigma\text{Fe}_2\text{O}_3$ 三成分比で Fig. 6 に示す。カオリンと共存しない試料を選び、明ばん石と共存する場合は分析値からその含有量を計算して Al_2O_3 を補正し

た、分析は通常の湿式重量法にて行った、図に示されるように、本地域より産するパイロフィライトは通常の組成より Al_2O_3 に富むものであると考えられる。

4. 考 察

草津白根山 1982-1983 年噴火の噴出物には粘土鉱物として、パイロフィライト、カオリン、スメクタイトの含有が確認された。それ以前の噴火の噴出物については、1976 年水釜爆発によって生じた爆裂火孔内壁に露出した堆積層の記載(安藤¹⁾、小坂²⁾)よりその鉱物組成を知ることができる。1897 年や 1925 年噴火の噴出物と考えられる層にはパイロフィライトはほとんど含まれていなかったが、最近のものになるに従ってその含有量は多くなってきている。

一方筆者らの今回の研究において、草津白根山周辺地域でパイロフィライトを産するのは、同火山の基盤をなす火山岩類中に生じた大規模な変質帯のみであることが確認された。

1982-1983 年噴火の噴出物中のパイロフィライトの化学組成は、小坂ら¹²⁾の分析電子顕微鏡による測定によって明らかにされている。Fig. 6 に示すようにパイロフィライトの理想的な組成に比べやや Al_2O_3 に富むものであり、白根山西麓の変質帯より産するパイロフィライトとこの点で非常によく一致している。このことから両者の起源は同一であると考えられ、噴出物中のパイロフィライトはこの変質帯から供給されたものであったと解釈される。

草津白根山の近來の噴火はいずれも水蒸気爆発であることが判明している。従って新しい溶岩の流出は認められず、これらの噴火の噴出物はすべて山体の一部を形成している既存の岩石からなっている。太田・松野⁶⁾、早川³⁾らによれば、草津白根山の基盤岩類は同火山の北西側に最も高く、2,000 m を超える高さまで分布しており、その上にのる草津白根山の噴出物はおもっぱら東および南へ流下したと考えられ、その厚みも比較的薄いと報告されている。

既述の通り同火山における以前の噴出物中にはパイロフィライトを含んでいなかったのが、最近のものにはこれが含まれるようになった。これは以前の噴火(水蒸気爆発)が、基盤より浅い草津白根本体の噴出物層内で起こっていたのが、噴火の進行(繰返し)に伴

って、その噴火点が次第に深くなり、ついにその基盤にまで達したためと推察される。

5. 総括と結論

草津白根山噴出物中の粘土鉱物、特にパイロフィライトの存在に注目し、得られた結果から同火山の噴火の際の地下状況の推定を試みた。

1. 周辺地域においてパイロフィライトを産出するのは、西麓の草津白根山の基盤岩を原岩とする変質帯のみに限られている。

2. 1982-1983 年噴火の際の噴出物中には、粘土鉱物としてパイロフィライト、カオリン、スメクタイトが含まれており、このうちパイロフィライト含有量は最高約 20% で、それ以前の噴火における噴出物に比べて多くなっている。

3. 噴出物中のパイロフィライトは、 Al_2O_3 の多い点でその化学組成が変質帯中のそれと相互によく一致しており、基盤の変質帯から供給されたものと解釈される。

4. 水蒸気爆発の発生点は、噴火を繰返すに従って次第に深くなっていると考えられる。

謝 辞

本研究に用いた火山噴出物試料を提供下さった、上智大学理工学部化学科および東京工業大学草津白根火山観測所の各位に感謝申し上げたい。現地調査のおりには上智大学の観測施設を利用することができ、また種々便宜を図っていただきました東工大の平林順一助教授や草津町役場の方々にも御礼申し上げる。

文 献

- 1) 安藤保雄：上智大学修士論文(1981)。
- 2) Brindley, G.W. and Wardle, R.: *Am. Mineral.*, **55**, 1259 (1970)。
- 3) 早川由紀夫：地質雑, **89**, 511 (1983)。
- 4) 近堂祐弘・藤谷朋夫・勝井義雄・新井田清信：火山, 2 集, **24**, 223 (1979)。
- 5) 中村久由・比留川貴：地調月報, **8**, 1 (1957)。
- 6) 太田良平・松野久也：地調月報, **21**, 43 (1970)。

- 7) 小坂丈予・平林順一：鉱物学雑誌, **15**, 特別号, 223 (1981).
- 8) 小坂丈予：粘土科学, **22**, 127 (1982).
- 9) 小坂丈予・小沢竹二郎・酒井 均・平林順一：火山, 2 集, **28**, 59 (1983).
- 10) 小坂丈予・平林順一・小沢竹二郎：火山ガス測定による噴火予測に関する基礎研究, 96 (1984).
- 11) 小坂丈予・平林順一：第 2 回草津白根火山集中総合観測報告書, 3 (1985).
- 12) 小坂丈予・大津賀望・平林順一・岡田 清・林 茲生・福井恭子・小坂知子：日本鉱物学会 1986 年年会講演要旨集, 92 (1986).
- 13) Pevear, D.R., Dethier, D.P. and Frank, D. : Clays Clay Miner., **30**, 241 (1982).
- 14) 曾屋龍典・近藤善教・下坂康哉：地質ニュース, **306**, 6 (1980).
- 15) 曾屋龍典・宇都浩三・下谷昌幸：地質ニュース, **341**, 7 (1983).