



Eruptive history of Ohachidaira volcano and evolution of the summit caldera, Taisetsu volcano group, central Hokkaido, Japan

Yasuda, Yuki

(Degree)

博士 (学術)

(Date of Degree)

2018-03-25

(Date of Publication)

2020-03-25

(Resource Type)

doctoral thesis

(Report Number)

甲第7125号

(URL)

<https://hdl.handle.net/20.500.14094/D1007125>

※ 当コンテンツは神戸大学の学術成果です。無断複製・不正使用等を禁じます。著作権法で認められている範囲内で、適切にご利用ください。



(別紙様式 3)

論文内容の要旨

氏名 安田裕紀

専攻 地球惑星科学

論文題目 (外国語の場合は、その和訳を併記すること。)

Eruptive history of Ohachidaira volcano and evolution of the summit caldera, Taisetsu volcano group, central Hokkaido, Japan

(北海道大雪山御鉢平火山の噴火史と、山頂カルデラの形成過程)

指導教員 鈴木桂子

The 34 ka Sounkyo eruption is the most voluminous explosive volcanic event of Ohachidaira volcano in the Taisetsu volcano group (central Hokkaido, Japan) and made a substantial contribution to the formation of the 2-km-diameter summit caldera (Ohachidaira caldera). This eruption provides an ideal opportunity to study small calderas and their formation mechanisms. In Chapter 1 of this thesis, I present a short review of the current understanding of caldera formation mechanisms based on geological studies, and highlight major challenges in the field that I deal with. In Chapter 2, I present a brief description of the evolution of the Taisetsu volcano group and the stratigraphy of its basement, along with previous studies of Ohachidaira volcano. In Chapter 3, I describe the geology of Ohachidaira volcano to reconstruct its eruptive history and to investigate how the summit caldera developed in relation to each eruptive event, with special focus on the Sounkyo eruption in Chapter 4. I also present magnetic remanence data to correlate between the spatially isolated proximal and distal eruptive products from Ohachidaira volcano in Chapter 5. Finally, in Chapter 6, I summarize the major findings in this study.

Ohachidaira volcano is an andesitic to dacitic stratovolcano located in the center of the Taisetsu volcano group. Early volcanism (600 ka-) at Ohachidaira was characterized by an alternation of effusive and explosive activities, producing 0.17 km³ of lava flows, the Ohachidaira lava, and intermittent pyroclastic deposits to construct the main lower edifice of Ohachidaira. The 80-40 ka Hb-type ignimbrite (>4.6 km³ in bulk volume), whose source was believed to be the Ohachidaira caldera, attains at least 130 m thick on the foot of the Taisetsu volcano group and appears to overlie the Ohachidaira lava on the southern side of Ohachidaira volcano. However, my geological data indicates that there is no proof for or against its source to be the Ohachidaira caldera, and in fact supports the inference that the ignimbrite was vented from somewhere in the Taisetsu volcano group rather than the Ohachidaira caldera. Between 80-40 ka and 34 ka, Ohachidaira produced two relatively small explosive eruptions, the Kobachidaira ignimbrite and Mamiyadake Scoria Member. The Kobachidaira ignimbrite (0.04 km³ in bulk volume) occurs only in the summit area, covering the middle to lower flanks of Ohachidaira volcano and overlain by the Mamiyadake Scoria Member, and is a <30-m-thick, lithic-rich, pyroclastic density current (PDC) deposit. Its

coarseness (<5.5 m) and abundance (~50 vol%) of lithic fragments throughout the deposit reflects a vent opening and development. The Mamiyadake Scoria Member (0.08 km³ in bulk volume) forms a tephra ring as much as ~60 m thick, occurring around the caldera and comprising the upper edifice of Ohachidaira. The tephra ring is dominated by pyroclastic breccia and stratified and cross-stratified lapilli-tuff beds with interstratified fine-ash beds, formed by phreatomagmatic and magmatic activities. The tephra ring deposits are generally enriched in lithic clasts (~40 vol%), whose assemblage is dominated by shallow-origin volcanic rocks, indicating that the shallow conduit and vent were progressively widened as the eruption proceeded. The total volume of lithic fragments ejected during the two small explosive eruptions is estimated to be ~0.05 km³.

The 34 ka Sounkyo eruption produced 7.6 km³ of tephra (~5 km³ DRE) as fallout, ignimbrite, and lithic breccia units. The Sounkyo eruption products are made up of five eruptive units (SK-A to -E) in proximal (near source) regions, corresponding to the distal deposits, a 1- to 2-m-thick pumice fallout and the Px-type ignimbrite up to 220 m thick. The eruption began with a fallout phase, producing unstable low eruption columns during the earlier phase to form a <7-m-thick succession of well-stratified fallouts, occasionally interrupted by thin PDC beds suggestive of small-scale column collapse (SK-A1 and the lower part of the distal fallout). The eruption column reached up to 25 km high (subplinian to plinian) and became more stable at the late of the phase, producing a <60-m-thick, pumice-dominated fallout (SK-A2 and the upper part of the distal fallout). The second phase, the climax of the Sounkyo eruption, produced a widespread, valley-filling ignimbrite in both proximal and distal regions (SK-B and the Px-type ignimbrite). This phase culminated in extensive failure of the wall-rock of the shallow conduit, generating dense, lithic-rich, low-mobile PDCs to form a >27-m-thick, unstratified and ungraded, coarse lithic breccia (SK-C). The failure in turn choked the conduit and stopped the eruption. After a short eruptive hiatus, as evidenced by the occurrence of a fine-ash layer or reworked deposit sandwiched between SK-C lithic breccia and SK-D, the eruption resumed with a short-lived fall phase, establishing an eruption column up to 16 km high and producing a <6-m-thick scoria fallout (SK-D) in the vicinity of the source. Finally, the eruption ended with the generation of PDCs by

eruption column collapse to form a 5- to 15-m-thick ignimbrite in the proximal area (SK-E). The PDCs may have traveled down to accumulate the Px-type ignimbrite.

The caldera volume (0.35 km³) is an order of magnitude less than that of magma ejected and is comparable with that of lithic fragments ejected (0.28 km³) during the Sounkyo eruption, suggesting that the caldera was not essentially formed by caldera collapse but, instead, by vent widening as a consequence of explosive erosion and failure of the shallow conduit. The dominance of shallow-origin volcanic rocks in the lithic fraction throughout the Sounkyo eruption products implies the development of a flaring funnel-shaped vent. Hence, the occurrence of lithic breccias within small caldera-forming eruption products does not necessarily reflect the presence and the timing of caldera collapse, as commonly assumed in literature. Lithic breccias commonly overlie climactic ignimbrite/fallout deposits in small caldera-forming eruptions, and a new model for the formation of such lithic breccias is proposed based on comparison my results with other small caldera-forming events. In the model, I hypothesize that (1) the shallow conduit has been explosively eroded and enlarged with consequent fragmentation and brecciation of the walls before and during an eruption climax (e.g. SK-A to -B), (2) the subsequent waning of the eruption lead to the collapse of unstable fractured walls and the production of lithic breccias (e.g. SK-C), and (3) the collapsing mixture composed predominantly of fragments of basement rocks with minor eruptive materials contributes, at least in part, its caldera fill.

Remanence data from juvenile clasts and welded tuff collected at nine sites within the Kobachidaira ignimbrite, Mamiyadake Scoria Member, and Sounkyo Member (SK-A, -B, and -E) have been used to determine the paleomagnetic directions of each eruptive episodes and to correlate the deposits. Stable primary components of remanence were isolated through thermal demagnetization experiments. The within-site dispersion of characteristic remanent magnetization (ChRM) directions for each site is small ($k > 100$, $\alpha_{95} < 6^\circ$), suggesting that the estimated site mean directions are representative of the ChRM for the deposits of that location. Moreover, the between-site mean ChRM directions for each eruptive episodes has moderate to low dispersion and is significantly distinct each other, indicating that the estimated ChRM may record the direction of the Earth's magnetic field at the time of emplacement and thus allows

correlation of deposits. ChRM directions for the Souunkyo Member (SK-A, -B, and -E) are statistically indistinguishable from the paleomagnetic direction for the Px-type ignimbrite estimated by Yasuda et al. (2015; *Bulletin of the Volcanological Society of Japan*), together with their lithological and petrological characteristics, confirms a correlation between them.

氏名	安田 裕紀		
論文 題目	Eruptive history of Ohachidaira volcano and evolution of the summit caldera, Taisetsu volcano group, central Hokkaido, Japan (北海道大雪山御鉢平火山の噴火史と、山頂カルデラの形成過程)		
審査委員	区分	職名	氏名
	主査	教授	鈴木 桂子
	副査	教授	巽 好幸
	副査	教授	島 伸和
	副査	教授	牧野 淳一郎
	副査		
要 旨			
<p>本報告は、火山体山頂部でのカルデラ形成過程を論じた論文である。カルデラ形成を伴う火砕流噴火は瞬時に発生する地球のエネルギーを放出する激しい現象の一つである。火山体頂部に形成される直径2~3kmの小規模カルデラは、従来大規模カルデラと同等に扱われていた。本報告は、噴出物の岩相の詳細な調査に基づき、その形成過程を新たに見直すことを意図したものである。本報告は以下の章から構成されている。</p> <p>1章では本研究の背景と目的が述べられている。</p> <p>2章では、これまでの研究成果と新たな調査結果に基づき、大雪火山群全体の発達史の概要をまとめている。大雪火山群の活動時期は、古期・新期に分けられる。古期(1-0.7Ma)は、複数の火道を持ち、安山岩質の溶岩流、溶岩ドーム、成層火山を形成した。新期(0.2Ma・現在)は、火山群の中央部分で爆発的な火砕流噴火を行い、安山岩質からデイサイト質の溶岩ドームや成層火山を形成した。</p> <p>3章では、3章では、大雪火山群の中央部に位置するお鉢平火山の噴火史を噴出物の地質調査及び堆積物層序に基づき、復元することを試みている。お鉢平火山は、0.6Maのお鉢平溶岩の噴出で活動を開始し、安山岩質からデイサイト質の溶岩や火砕物を噴出することによって山体の基盤を形成した。その後6万から3.4万年前に2回の大規模噴火と2回の小規模噴火が発生した。約6万年前の角閃石を多く含む火砕流堆積物(Hb型火砕流)は、大雪火山群の北部と南部の谷を埋めて厚く堆積している。その上位に小鉢平火砕流堆積物と間宮岳スコリア層が堆積した。小鉢平火砕流堆積物は山頂部に露出するだけであるが、上位の間宮岳スコリア層は、マグマ水蒸気爆発によるスコリア質のサージ堆積物で、現在のお鉢平カルデラ付近にタフリングを形成した。間宮岳スコリア層は、石質岩片に富むことから、噴火の際に、新たに火道を形成したと推定した。お鉢平火山の最新の噴火は、3.4万年前に輝石に富む火砕流堆積物(Px型火砕流)で、現在の山頂カルデラ形成に関わった噴火であると結論付けた。お鉢平カルデラは、従来、1回の火砕流噴火でカルデラが生じたと考えられていたが少なくとも2回の火砕流噴火が存在したことを明らかにした。さらに火山岩が冷却するときに獲得する熱残留磁化と地球磁場の永年変化を用いて、お鉢平火山の噴出物の噴出年代の時間差を議論した。噴出物毎に、熱残留磁化として岩石中に記録された堆積当時の地球磁場方向を測定し、比較した。測定された地球磁場の方向は、95%信頼度で、小鉢平火砕物、間宮岳火砕物、層雲峡火砕物、Hb型火砕流堆積物のそれぞれが有意に異なる偏角・伏角を示すことから、噴火時期がそれぞれ異なっていることを明らかにした。</p> <p>4章では、お鉢平カルデラ形成に伴った噴出物を山頂部の給源近傍地域から山麓まで、詳細な野外調査を行い、噴火現象の復元及び、カルデラの形成過程を検証した。まず地質層序に基づき、給源近傍と山麓の堆積物を対比した。山麓では、Px型火砕流が降下軽石堆積物を覆って堆積し、主としてスコリアや軽石、火山灰、少量の石質岩片からなる淘汰の悪い火砕流堆積物が、給源から山麓まで谷を埋めて堆積している。最大到達距離は16kmで、層雲峡溪谷では、強く溶結している。一方、給源</p>			

氏名	安田裕紀
<p>近傍では、下位から降下火砕物(SK-A)、火砕流堆積物(SK-B)、粗粒石質岩片に富む火砕流堆積物(SK-C)、スコリア質の降下火砕物(SK-D)、火砕流堆積物(SK-E)を識別し、山麓域に比べて多様な岩相を呈することを明らかにした。給源近傍の堆積物と山麓の堆積物を対比するために、地質層序の他に、本質物質の全岩化学分析を行い、それぞれの地域の火砕堆積物が等しい化学組成トレンド上に乗ることにより、堆積物の同定を行なった。SK-Aの降下火砕物は、最大層厚がカルデラ壁で、60mで溶結しているが、カルデラから遠ざかるにつれて層厚は減少し、溶結度も下がる。噴煙柱高度を25kmと推定した。SK-Bは、谷埋め型の火砕流堆積物で、層厚は、最大45mで、淘汰の悪い軽石とスコリア、火山灰、石質岩片から成り、最大粒径70cmの本質物質を含む。岩相は塊状から成層構造を示す部分にまで変化する。SK-Cは、最大層厚27mの塊状で、淘汰の悪い石質岩片に富む堆積物で、石質岩片は最大2.6mの粒径を含む。細粒火山灰に枯渇する部分や、細粒火山灰を含む部分が共存する火砕流堆積物と判断されるが、石質岩片に富むことから lithic breccia と判断した。SK-Cは、地形的な低所に厚く堆積し、SK-Bが遷移することから一連の噴火現象の堆積物と判断した。SK-Dは平均層厚1mの降下火砕物で、噴煙柱高度は16kmと見積もった。SK-Eは斜交層理を示す火砕サーージ堆積物である。山頂部給源近傍では、複数の堆積物が認められるのに対し、山麓地域では、降下火砕物と層雲峡火砕流堆積物(Px型火砕流)が認められるのみである。従来、石質岩片に富む lithic breccia は、カルデラ直径が10kmを超える大規模カルデラでは、火砕流噴出に先立ち、火道を形成するために、大量の石質岩片を給源付近に堆積させ、lag breccia と呼ばれていた。お鉢平火山においても同様の lithic breccia が堆積していることからカルデラ形成に伴うと考えやすいが、lithic breccia の噴出に先行して大量の火砕流堆積物が噴出していることから従来のカルデラ形成モデルとは異なると結論し、以下のモデルを提唱した。</p> <p>お鉢平火山では、lithic breccia が堆積する前に大量の火砕流堆積物が噴出しており、大規模カルデラの例とは矛盾する。また構成物質の構成種分析から山体深部に存在する深成岩を初期の降下軽石噴火では、数%と乏しいものの、次の火砕流堆積物では、石質岩片の50%が深成岩であり、その上位の lithic breccia では、数%に減少することから lithic breccia はカルデラ陥没ではなく、火道拡大によるものと推察した。</p> <p>第5章では、結論が述べられている。従来、先駆的な研究がなされつつもアクセスの悪さから研究が乏しかった北海道大雪山において、山頂部のお鉢平カルデラ近傍の堆積物の詳細な調査を行い、噴出物の分布と層序を明らかにし、岩石の熱残留磁化に着目し、個々の噴出物に時間軸を入れ噴火史を確立した。更に噴出物の化学組成分析や構成種分析を行い、カルデラ形成に至る噴火機構やカルデラ形成機構を解明した。</p> <p>これらの成果は、成層火山の頂部で発生するカルデラ噴火の形成機構メカニズムを統一的に説明するものであり、今後、関連する研究に幅広く影響を及ぼすことが予想される。これらの成果は、火山学に新たな重要な貢献を与える価値ある成果と認める。従って、学位申請者の安田裕紀は、博士(学術)の学位を得る資格があると認める。</p>	