

桜島火山北斜面における武テフラの露頭記載：
北岳末期の噴火推移平 嶺 浩 人^{*}・宮 縁 育 夫^{**}・小 林 哲 夫^{*}

(2014 年 9 月 1 日受付, 2014 年 12 月 26 日受理)

Description of Outcrops for Take Tephra Located on the Northern Slope of
Sakurajima Volcano, Southwest Japan :
Implications for Sequence of the Last Eruption at Kitadake ConeHiroto HIRAMINE^{*}, Yasuo MIYABUCHI^{**} and Tetsuo KOBAYASHI^{*}

Take tephra occurs on the northern slope of Kitadake cone, which is one of the main edifices of Sakurajima volcano, Southwest Japan. It is the products of the last eruption of Kitadake at 5,600 cal BP, and the bulk volume is estimated at 0.03 km³. The tephra forms two different lithofacies: stratified facies and massive facies. The stratified facies are alternating beds of thin pyroclastic flow deposits and pumice fall deposits, whereas the massive facies are composed of thick pyroclastic flow deposits. The total thickness of the stratified facies reaches 1 m, and thin small pyroclastic flow deposits contain accretionary lapilli. In contrast, massive facies are more than 10 m thick and contain abundant pumice clasts set in a fine matrix. The thick pyroclastic flow deposits constituting massive facies are mostly welded within 2.2 km from the summit crater of Kitadake. At the vicinity of the summit of Kitadake, densely welded pyroclastic rocks are formed agglutinates. It occurs as secondary flowage at near the altitude of 500 m. At least two cycles of massive facies and stratified facies can be confirmed in Take tephra. These facts suggest that multiple intra-plinian flows were generated by partial collapses of the sustained plinian eruption column. The presence of accretionary lapilli in stratified facies indicates that an interaction of magma and water occurred during the last eruption of Kitadake cone.

Key words: Sakurajima volcano, Kitadake, Take tephra, pyroclastic flow, agglutinate

1. はじめに

桜島火山は始良カルデラ (Matumoto, 1943) の南縁に位置し、わが国で最も活動的な活火山のひとつである。同火山は単一の火山体ではなく、北岳の南斜面に南岳が重なった成層火山である。歴史時代に大規模噴火（プリニー式噴火）を繰り返し、最後の大規模噴火は 1914（大正 3）年に発生した大正噴火である。その後も 1946 年には山腹の昭和火口から溶岩を流出し、1955 年からは約 60 年間におよび山頂および昭和火口での断続的な噴火活動を続けてきた。同火山の誕生は約 26,000 cal BP（奥

野, 2002 による較正年代値, 以下同様）であり、現在までに 17 回の大規模噴火が発生した（P17～P1: 小林, 1986a）。地質学的には約 5,600 cal BP（奥野, 2002）までを北岳の活動期（古期北岳火山・新期北岳火山）に、約 4,500 cal BP（奥野, 2002）からは南岳の活動期（古期南岳火山・新期南岳火山）に区分される（小林・他, 2013）。歴史時代には、天平宝字噴火（P4: 764 年）、文明噴火（P3: 1471 年）、安永噴火（P2: 1779 年）および大正噴火（P1: 1914 年）と 4 回の大規模噴火が発生した。それらはまず山腹に生じた割れ目火口から多量の降下軽石を噴

^{*} 〒890-0065 鹿児島市郡元 1-21-30
鹿児島大学大学院理工学研究科
Graduate School of Science and Engineering, Kagoshima University, 1-21-30 Korimoto, Kagoshima 890-0065, Japan.

^{**} 〒860-8555 熊本市中央区黒髪 2-40-1
熊本大学教育学部

Faculty of Education, Kumamoto University, 2-40-1 Kurokami, Chuo-ku, Kumamoto 860-8555, Japan.

Corresponding author: Hiroto Hiramine
e-mail: h.hiramine0520@gmail.com

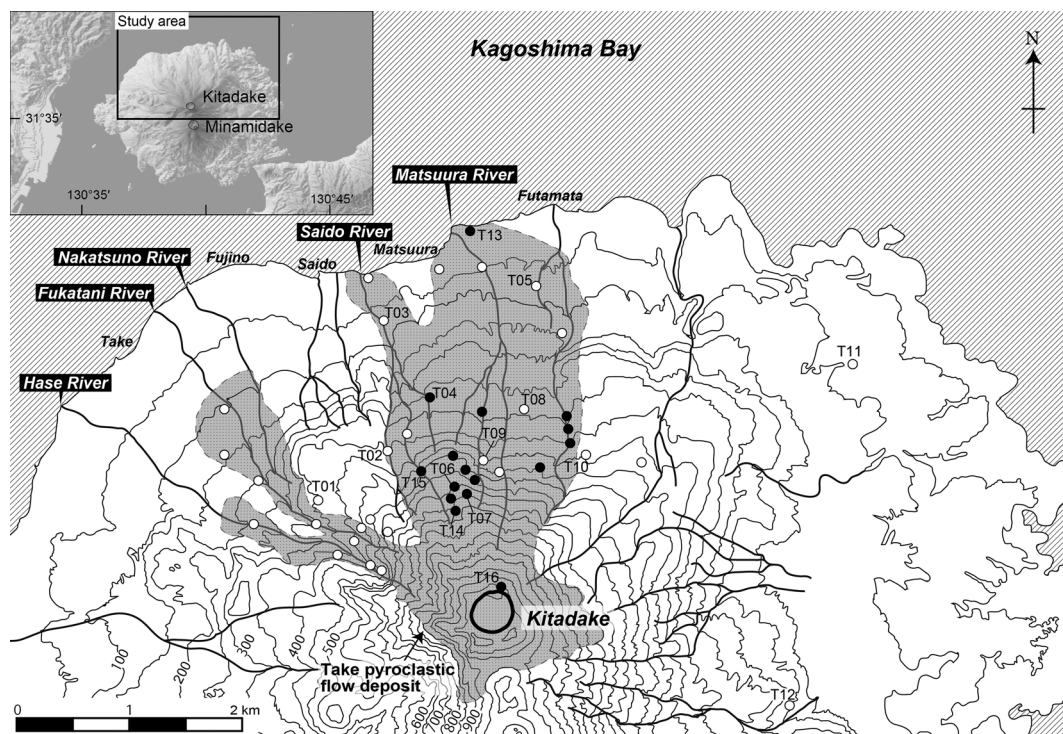


Fig. 1. Location map of measured stratigraphic sections of the northern slope of Sakurajima volcano, showing distribution of Take pyroclastic flow deposit. Solid and open circles denote localities of welded and non-welded pyroclastic flow deposits, respectively. The stratigraphic section at localities of T01, T02, T05, T08, T10, T11 and T12 are from Kobayashi (1986a). The inset relief map was produced by Kashmir 3D using the 10-m-mesh DEM data published by the Geospatial Information Authority of Japan.

出し、その後、火砕流や溶岩を流出した（小林・溜池, 2002）。このように、桜島火山の噴火史についての層序学的研究や年代測定は行われてきたが、北岳山体に関する詳細な研究は少ない。本研究の対象は約 5,600 cal BP（奥野, 2002）に北岳山頂火口で発生した北岳末期の大規模噴火による産物（P5）であり、北岳の斜面はこのときのテフラ（軽石質堆積物）で覆い尽くされている。この山頂噴火はそれ以降の南岳の大規模噴火とは異なり、降下軽石と火砕流の噴出だけで溶岩の流出を伴っていない（小林, 1986a）。この噴火の際に発生した火砕流堆積物は武火砕流堆積物と呼ばれ、その分布は2つの火山地質図（Kobayashi, 1988; 小林・他, 2013）に示されている。なお本研究の記載にあたり、北岳末期の噴火に関する降下軽石堆積物と武火砕流堆積物を総称して武テフラと呼ぶ。この噴火以降、北岳から南岳に活動の中心が移動したため、本研究は今後の南岳噴火活動における一考察になりうると考えられる。本論では一連の噴火における詳細な露頭記載や噴火推移の考察に重点を置いて報告する。

2. 調査地域の地形および地質概要

本研究の調査地域は、桜島火山の北岳北半分と南岳山体の一部である（Fig. 1）。北岳の北斜面の山腹から山麓には多数の溶岩流が分布しており、その先端部にあたる藤野や西道地域では溶岩末端崖が認められる。北岳の北西側の長谷川や深谷川の上流では谷地形が発達し、そこから侵食・運搬された堆積物が山麓で広大な扇状地を形成している。地形の表層部には上位より大正テフラ（P1）、文明テフラ（P3: 小林, 1986a）および南岳火山灰（小林, 1986b）が分布するが、特に文明テフラが厚く堆積しており、山腹には軽石層を刻む深いガリー侵食が発達する（小林, 1982）。松浦川、西道川および深谷川などによって下刻された谷壁や道路沿いの切土斜面において、本研究で述べる武テフラが確認できた。

3. 武テフラの分布と特徴

3-1 堆積物の層序関係

北岳の北斜面のテフラ層序を Fig. 2 に示す。調査地域では、地表面より土壌を挟み大正テフラ、文明テフラお

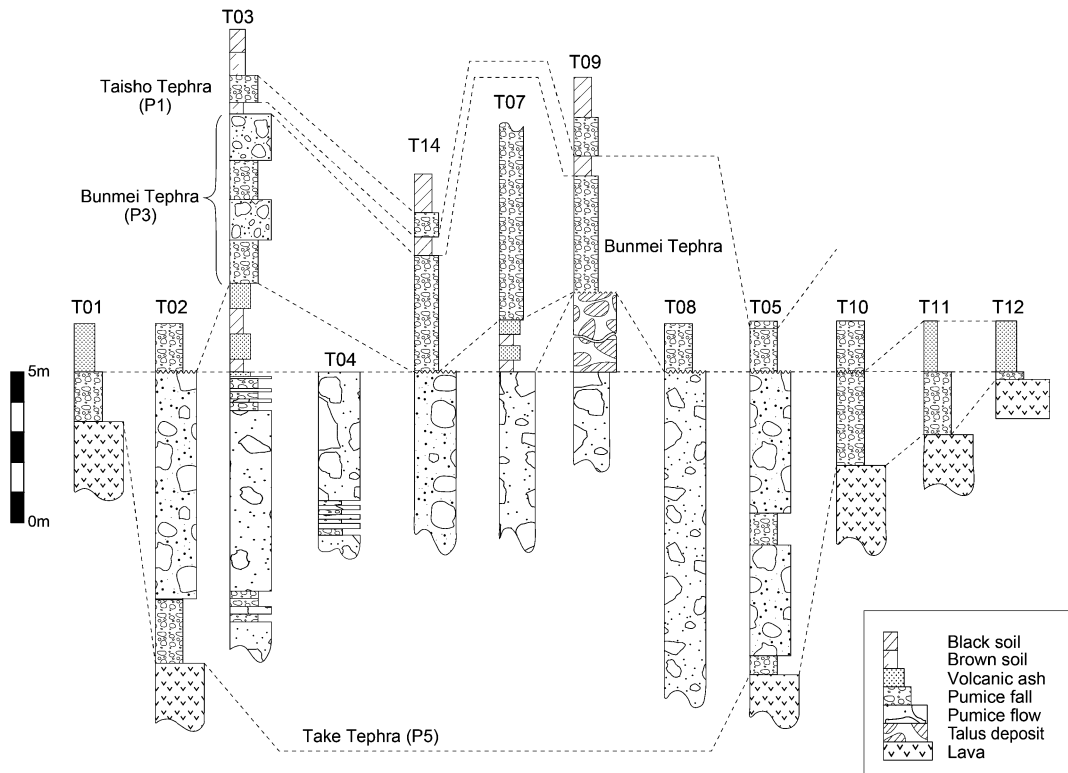


Fig. 2. Stratigraphic correlation of tephra layers and lava flows observed at the northern slope of Kitadake cone, Sakurajima volcano.

よび南岳火山灰層の3つの南岳起源のテフラが存在する。武テフラは、地点 T03 や T07 のように文明テフラ直下に黒色土壌と南岳火山灰との互層（全体の層厚約 2m）の下位に認められることが多いが、地点 T02 や T14 のように文明テフラの直下に存在する場合もある。武テフラは地点 T02 や T05 において層厚は約 10m があり、火口からの距離に近い地点 T15 では武火砕流堆積物が 20m 以上の厚さで崖を形成している。

3-2 堆積物の分布

武テフラの大部分は軽石質火砕流堆積物（武火砕流堆積物）であり、北岳北斜面に刻まれたガリーなどに露出している。武火砕流堆積物が確認できた地点は、北岳山頂から海岸線にかけて分布する（Fig. 1）。武火砕流堆積物は北斜面をほぼ覆っているが、中津野川と西道川に挟まれた山腹の尾根部では、降下軽石堆積物と尾根部に乗り上げた武火砕流堆積物の薄層が認められた。降下軽石堆積物は、武火砕流堆積物と挟在して露出することが多い。尾根部や平地では上位の文明テフラが厚く堆積しているため、観察できる地点は限られていた。北岳火口より東側および北東側では、文明噴火および安永噴火に

伴って噴出したテフラや溶岩が厚く覆っており、武火砕流堆積物は深く刻まれた東側河床の一部にわずかに露出するだけである（Kobayashi, 1988）。また西側では大正噴火時の溶岩や火砕物が表面を厚く覆っているため、武火砕流堆積物は確認できなかった。このように武火砕流はほぼ全方位に流下した可能性があるが、北岳の南側斜面では、ほとんどが南岳の噴出物に覆われてしまったと考えられる。武火砕流堆積物末端部の正確な位置を把握することは難しいものの、桜島北側の松浦海岸付近（地点 T13）では弱溶結部が存在する。それゆえ武火砕流が海岸まで到達したとみなすと、北岳北斜面の地表面を覆う武火砕流堆積物の分布面積は約 6 km² と推定される。平均層厚を 5m 程度と仮定すると、北岳北斜面の武テフラの主体をなす武火砕流堆積物の見かけ体積は 0.03 km³ 程度となる。降下軽石堆積物（P5）は北岳の北方に厚く分布している。鹿児島湾対岸の北東の地域においても一部土壌中に認められており（小林・江崎, 1996）、見かけ体積は、0.4 km³ 程度である（小林・他, 2013）。武テフラをもたらしした噴火の規模は、桜島起源の他の噴火と比較しても中規模程度（0.1 km³ オーダー）といえる。

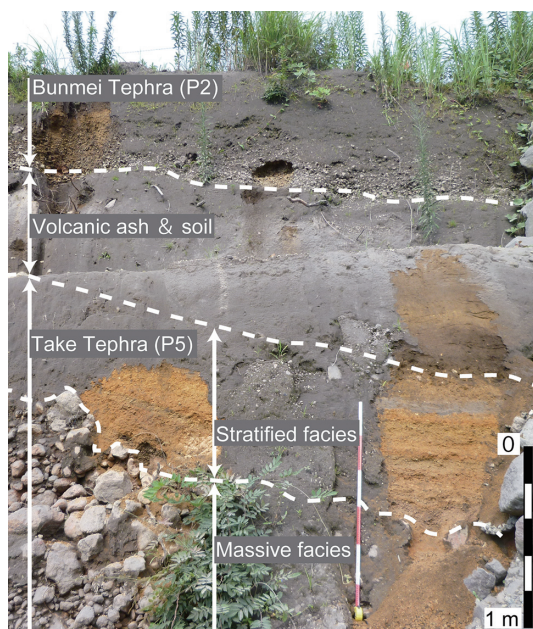


Fig. 3. Photograph of Take tephra at locality T03. Take tephra (P5) is overlain by alternation of volcanic ash and soil and Bunmei tephra (P3). Take tephra shows two different facies: the stratified facies and the massive facies.

3-3 堆積物の産状

武テフラの堆積物全体は、成層構造の顕著な成層相と塊状の塊状相に大別できる (Fig. 3)。小林 (1986a) では、成層相および塊状相の記載ではなく「粉まぶしの降下軽石堆積物相」と「火砕流堆積物相」と表現されている。本研究の成層相は降下軽石堆積物を含み、塊状相は軽石質火砕流堆積物である。そのため成層相と塊状相は、それぞれ小林 (1986a) の粉まぶしの降下軽石堆積物相、火砕流堆積物相に相当する。武テフラ全体において成層相と塊状相のサイクルが少なくとも 2 回確認され、小林 (1986a) の記載と一致する。地点 T03 は海岸に近い左岸であるが、武テフラの最上部に約 1 m の成層相が存在する。その成層相は 7 つのユニットに区分でき、粒径が粗粒砂～中礫サイズを主体とする淘汰の良い亜角礫の軽石を主とする降下軽石堆積物と、シルト～細礫サイズにわたる淘汰の悪い薄い火砕流堆積物に分けられる。各ユニットの層厚は 7～20 cm であり、それらが互層して平行層理を形成している。両者に含まれる軽石は白色～褐色を呈し、最大粒径（露頭における最大の軽石 3 つの長径平均値）は 2 cm である。また、火山豆石（最大径 1 cm）を含む細粒火山灰層も認められる。同様に淘汰の良い軽石層と淘汰の悪い軽石層の互層を地点 T04 など複数の

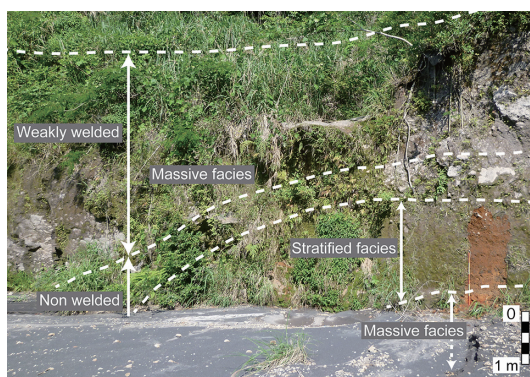


Fig. 4. Photograph of two different facies of Take tephra (P5) at locality T04.

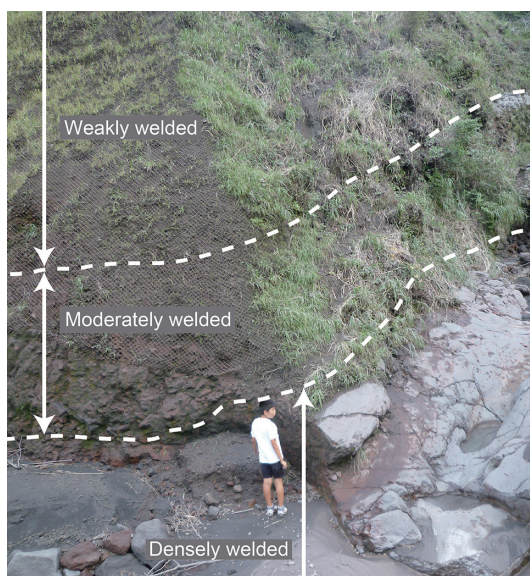


Fig. 5. Photograph of a welded part of Take pyroclastic flow deposit at locality T06. The pyroclastic flow deposit displays vertical variation of welding.

地点で観察することができた。地点 T03 では成層相の下位に非常に淘汰が悪い軽石質の塊状相が認められ、その層厚は 5 m 以上であった。含まれる岩塊は橙色から赤褐色の比較的円磨度の高い軽石からなり、最大粒径は 60 cm である。基質は軽石と同色を呈し、シルト粒子を主体としている。少し上流の工事現場の弱溶結した厚い火砕流堆積物中には多くの火山豆石が存在していた。地点 T04 の塊状相は約 4 m の厚さであり、上部 2～3 m の堆積物は橙色を呈して弱溶結している (Fig. 4)。北岳山頂から 2.2 km 以内の北斜面では、武火砕流堆積物はほとんど

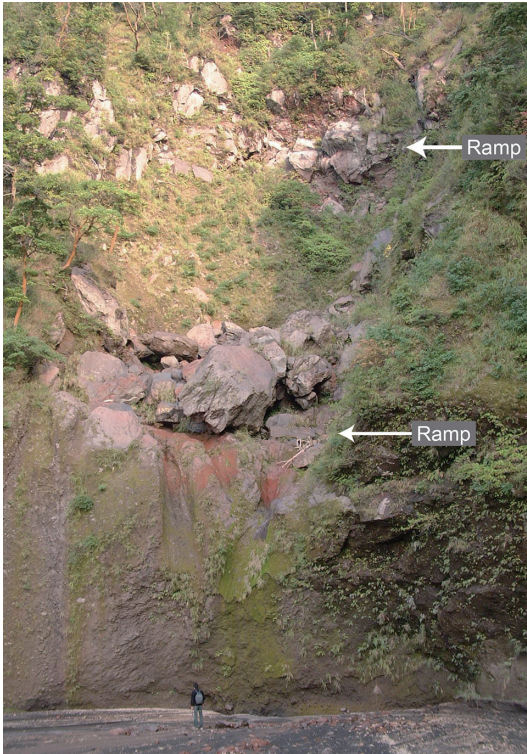


Fig. 6. Photograph of a welded Take pyroclastic flow deposit showing secondary flowage at near the altitude of 500 m at locality of T15.

溶結していた (Fig. 1 の黒丸の地点)。地点 T06 のガリー河床では強く溶結しており、谷壁では上方に向かって溶結度が低くなっている (Fig. 5)。溶結部は橙色から赤褐色を呈してガリーの河床および谷壁に露出し、標高 500~700 m の松浦地域の山腹では武火砕流堆積物が溶結後に二次流動したランプ構造が見られる (Fig. 6)。ただし塑性変形をしている程度であり、溶岩のように大きく流動はしていない。溶結部を偏光顕微鏡下で観察するとユータキシティック構造が認められる。溶結した武火砕流堆積物は沢に沿って山頂まで連続的に存在しており、北岳火口縁には主に武火砕流堆積物が強く溶結したと考えられるアグルチネートが分布していた (Fig. 7)。この武テフラを噴出した一連の噴火において溶岩は確認されなかった。成層相および塊状相を各層ごとに双眼実体顕微鏡下で観察すると、苦鉄質鋳物組み合わせはいずれも斜方輝石 \geq 単斜輝石であった。高橋・他 (2011) の全岩化学組成分析では、武テフラの降下軽石堆積物の SiO_2 量は 58.3~65.3 wt% であり、他の桜島噴出物に比べて TiO_2 量、 P_2O_5 量および Na_2O 量に乏しい。また、武テフラの降下軽石堆積物と火砕流堆積物も組成的にほぼ



Fig. 7. Photograph of densely welded pyroclastic deposits forming agglutinates at the vicinity of the summit of Kitadake cone at locality of T16.

同じ値が得られている。

4. 武テフラをもたらした噴火の推移

プリニー式噴火では一般的に淘汰の良い降下軽石層を形成するが、噴煙柱の一部あるいは全部が崩壊して火砕流が発生する場合もある (Walker, 1981)。前述したように、沢を埋める武テフラ中には明瞭な降下軽石堆積物と厚い火砕流堆積物 (塊状相) の重なりが 2 回繰り返して堆積している (Fig. 2)。しかし尾根などの地形の高所では降下軽石堆積物と薄い火砕流堆積物からなる成層相に漸移する。この両者の堆積相の違いは、降下軽石の噴出中に何度も火砕流が発生したためと推察される。すなわち塊状相の部分は比較的厚い火砕流が流下し、降下軽石と混合したためにその識別は難しいのであろう。武テフラの産状は、北岳の山頂噴火で intra-plinian flow を伴う軽石噴火が、少なくとも 2 回繰り返して発生したことを示唆している。桜島近郊の始良カルデラでは、約 29,000 cal BP (奥野, 2002) の大隅降下軽石の噴火でカルデラの南東に位置する垂水地域に intra-plinian flow である垂水火砕流が堆積した (福島・小林, 2000)。武テフラを供給した噴火においても同様にプリニー式噴火の途中から噴煙柱の崩壊による火砕流が発生したと考えられる。発生した火砕流が谷に沿って流下・堆積した部分は厚い塊状相となり、一方で尾根部には武火砕流堆積物が乗り上げて薄く堆積した部分と降下軽石堆積物が互層して成層相を形成したと考えられる。塊状相は山頂から山腹にかけて部分的に溶結し、とくに火口近傍では強溶結のアグルチネートとなった。また、溶結した火砕流堆積物の一部は、急斜面において二次流動したと推察される。

5. ま と め

本研究では、桜島北岳末期の噴出物である武テフラについて分布や産状を報告するとともに、その噴火推移について検討した。その結果は以下のようにまとめられる。武テフラは北岳山頂から海岸にかけて分布しており、文明テフラおよび黒色土壌と南岳火山灰の互層を挟んだ下位に存在する。堆積物は谷埋めの厚い軽石質火砕流堆積物の塊状相と、その周辺の高まりに存在する薄い降下軽石堆積物と火砕流堆積物が互層した成層相とに識別される。このような産状から、武テフラを噴出した噴火では、プリニー式噴火の途中から噴煙柱の部分崩壊による火砕流が発生したと推察される。塊状相の大部分はさまざまな程度に溶結したが、山体上部の急斜面上の強溶結部では二次流動の構造を示し、さらに火口近傍域では強溶結のアグランチネートとなっている。武火砕流堆積物の平均層厚は5mと考えられ、見かけの体積は 0.03 km^3 程度と推定される。

桜島北斜面では治山・砂防工事によってごく短時間に露頭が出現するが、それらは工事終了後に擁壁工や緑化工に覆われるため、現在では武テフラが観察できる露頭はほとんどない。本研究では短期的に集中して露頭記載、堆積物採取を実施することによって桜島火山北岳末期の噴火推移がある程度解明できた。今後の課題としては、国分地域や大隅半島など島外地域において武テフラの遠方相の分布や層序を明らかにすることであろう。

謝 辞

本論は査読者であるダイヤコンサルタント(株)の筒井正明博士、茨城大学理学部の長谷川 健准教授、産業技術総合研究所の星住英夫研究主幹および編集担当の福岡大学奥野 充教授の建設的な意見により大いに改善された。心から感謝いたします。

引用文献

- 福島大輔・小林哲夫 (2000) 大隅降下軽石に伴う垂水火砕流の発生・堆積様式。火山, **45**, 225-240.
- 小林哲夫 (1982) 桜島火山の地質: これまでの研究成果と今後の課題。火山, **27**, 277-292.
- 小林哲夫 (1986a) 桜島火山の形成史と火砕流。文部科学省科学研究費自然災害特別研究, 計画研究「火山噴火に伴う乾燥粉体流(火砕流等)の特質と災害」(代表 荒牧重雄) 報告書, 137-163.
- 小林哲夫 (1986b) 桜島火山の断続噴火によって形成された火山灰層。鹿児島大学南科研資料センター報告特別号, No.1, 1-12.
- Kobayashi, T. (1988) Geological map of Sakurajima volcano. In: Aramaki, S., Kamo, K., Kamada, M., and Kagoshima Prefectural Government (eds) *A guidebook for Sakurajima volcano. Kagoshima International Conference on Volcanoes*, 88 p.
- 小林哲夫・江崎真美子 (1996) 桜島火山の噴火史。名古屋大学加速器質量分析計業績報告書, **7**, 70-81.
- 小林哲夫・溜池俊彦 (2002) 桜島火山の噴火史と火山災害の歴史。第四紀研究, **41**, 269-278.
- 小林哲夫・味喜大介・佐々木 寿・井口正人・山元孝広・宇都浩三 (2013) 桜島火山地質図 (第2版). 1: 25000, (独)産業技術総合研究所 地質調査総合センター.
- Matumoto, T. (1943) The four gigantic caldera volcanoes of Kyusyu. *Jap. J. Geol. Geogra.*, **19**, sp. no. 1-57.
- 奥野 充 (2002) 南九州に分布する最近約3万年間のテフラの年代学的研究。第四紀研究, **41**, 225-236.
- 高橋正樹・大塚 匡・川俣博史・迫 寿・安井真也・金丸龍夫・大槻 明・島田 純・厚地貴文・梅澤孝典・白石哲朗・市来祐美・佐竹 紳・小林哲夫・石原和弘・味喜大介 (2011) 桜島火山および始良カルデラ噴出物の全岩化学組成—分析データ538個の総括—。日本大学文理学部自然科学研究所研究紀要, **46**, 133-200.
- Walker, G.P.L. (1981) Characteristics of two phreatoplinian ashes, and their water-flushed origin. *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, **9**, 395-407.

(編集担当 奥野 充)