

九重火山の噴火史研究 (レビュー)
Studies on Eruptive History of Kuju Volcano: A Review

奥野 充^{1,2*}・長岡信治³・小林哲夫^{4,2}
Mitsuru Okuno^{1,2*}, Shinji Nagaoka³, Tetsuo Kobayashi^{4,2}

¹福岡大学理学部地球圏科学科・²福岡大学国際火山噴火史情報研究所
³長崎大学教育学部 (故人)・⁴鹿児島大学大学院理工学研究科

¹ Faculty of Science, Fukuoka University, Nanakuma, Fukuoka 814-0180, Japan.

² International Research Center for Eruptive History and Informatics, Fukuoka University, Nanakuma, Fukuoka 814-0180, Japan.

³ Faculty of Education, Nagasaki University, Bunkyo-machi, Nagasaki 852-8521, Japan (deceased).

⁴ Graduate School of Science and Engineering, Kagoshima University, Korimoto, Kagoshima 890-0065, Japan.

*Corresponding author. E-mail: okuno@fukuoka-u.ac.jp

Abstract

We reviewed geological and chronological studies on eruptive history of Kuju volcano, SW Japan. Kuju volcano located between Aso and Yufu-Tsurumi volcanoes in middle Kyushu, consists of lava domes and cones. Although Kamata and Kobayashi (1997) established its eruptive history after AT tephra (30 cal kBP) based on stratigraphic relationships for all eruptive units and ¹⁴C ages. However, stratigraphic position of some lava domes was not consistent with their geomorphological features. Recently, the TL ages (Inenaga *et al.*, 2006 and Okuno *et al.*, 2012) expected to indicate the eruptive age of lavas directly are consistent with their volcanic topography. The ¹⁴C ages for pyroclastic flow deposits on the south foot (Nagaoka and Okuno, in preparation) can be correlated with TL ages for lavas mentioned above. Therefore, both dating methods will reveal a eruptive sequence (lava dome on mountains and pyroclastic flows on foot). These studies also make clear that these eruptive activities have been repeated after the Handa pyroclastic flows (*ca.* 53 kBP) without a long dormant period. Therefore, eruptive rate will be smaller than Kamata and Kobayashi (1997).

Keywords: Kuju Volcano; Eruptive History; Radiocarbon age; Thermoluminescence age

キーワード: 九重火山; 噴火史; 放射性炭素年代; 熱ルミネッセンス年代

1. はじめに

九重火山は、九州中部の阿蘇火山と由布岳・鶴見岳火山の中間に位置し、20 座以上の溶岩ドームや小型成層火山からなる複成火山であり (Fig. 1), 地形的には西から湧蓋山系, 久住山系, 大船山系の3つに区分される (鎌田・池邊, 1999). 最近では1995年に水蒸気噴火が333年ぶりにおこっている (星住ほか, 1996; 井村・鎌田, 1996; 鎌田, 1997). Kamata and Kobayashi (1997) は, テフラ層序と¹⁴C年代にもとづいて始良 Tn テフラ (AT: 町田・新井, 1976) 以降の噴火史を編んで

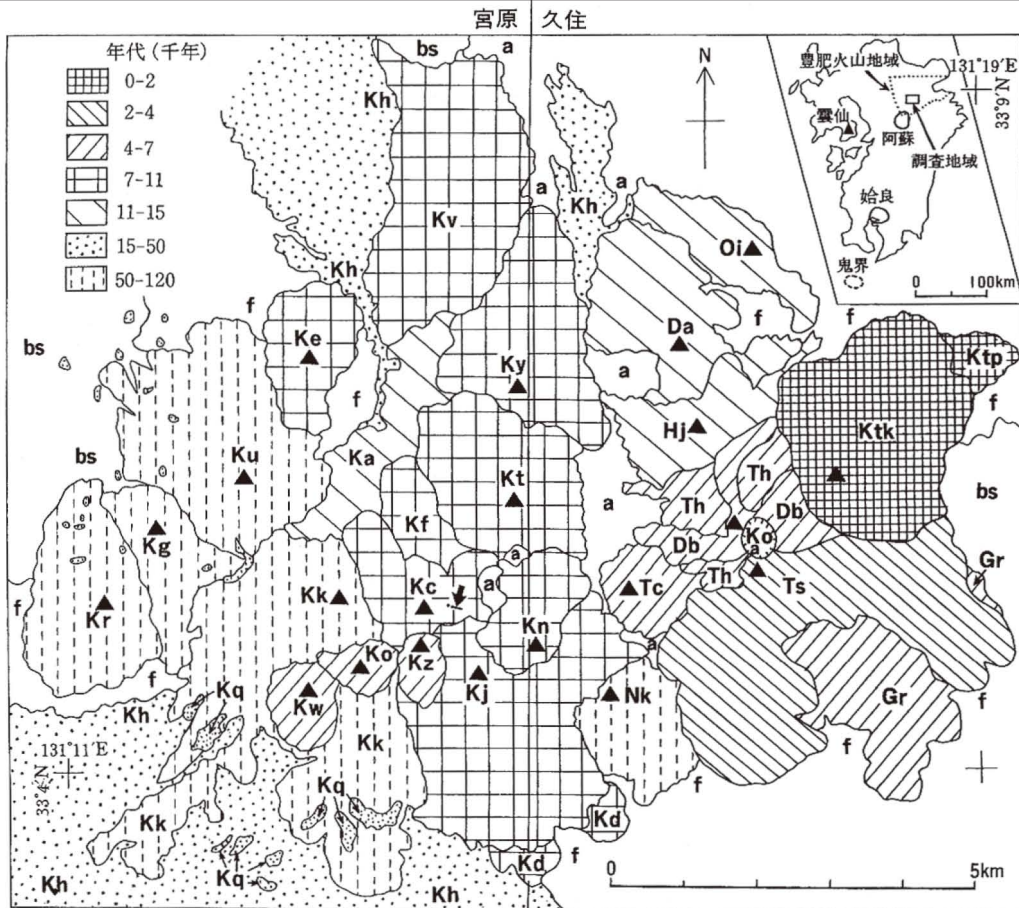


Fig. 1 Geological map of Kuju volcano (after, Kamata, 1997; Kamata and Ikebe, 1999). Solid triangles indicate summits of mountains. Symbol for geologic units is shown in Fig. 2.

[単位; 年前]	
1700	黒岳溶岩(Ktk) および 黒岳火砕流堆積物(Ktp)
2000	米窪玄武岩質降下スコリア [米窪火口の最終開口]
3000	米窪安山岩質降下火山灰 大船南溶岩(Ts)
4000	段原降下スコリア および 段原溶岩(Db) 肥前ヶ城溶岩(Kz)・扇ヶ鼻溶岩(Ko)・岩井川岳溶岩(Kw)
5000	A 1 降下火山灰 および 大船北部溶岩(Th) 岳麓寺溶岩(Gr) 立中山溶岩(Tc)
6300	アカホヤ火山灰 (K-Ah) 泉水山溶岩(Ke) 松の台岩層なだれ堆積物(Kv)
1万	A 2 降下火山灰 および 九重中岳溶岩(Kn)・星生山溶岩(Kc) ・三俣山溶岩(Kt)・湯沢山溶岩(Ky) 星生北溶岩(Kf)・久住山溶岩(Kj)・展望台溶岩(Kd)
1-1.5万	平治岳降下スコリア および 平治岳溶岩(Hj) 台の山溶岩(Da) 男池溶岩(Oi)
1.53万	寒ノ地獄火砕流堆積物(Ka)
2.5万	A T 火山灰(AT) 稲葉川泥流堆積物(Ki) 白丹火砕流堆積物(Kq)
7-8万	飯田火砕流堆積物(Kh) および 九重第1降下軽石(Kj-P1) 鳴子山溶岩(Nk) 杵掛山溶岩(Kk)
9万	阿蘇-4火砕流堆積物 豊後渡火砕流堆積物(Kb) 黒岩山溶岩(Ku)・合頭山溶岩(Kg)・獺師山溶岩(Kr)

Fig. 2 Stratigraphy of Kuju volcano (after, Kamata, 1997; Kamata and Ikebe, 1999). Eruptive ages after AT tephra are shown in [BP].

(Fig. 2), $0.4\sim 0.7\text{ km}^3/\text{kyr}$ の噴出率を得ており, 日本列島の第四紀後期の平均噴出率($0.1\sim 1\text{ km}^3/\text{kyr}$, 小野, 1990) の範囲内にある. なお, AT の噴出年代は, 秋田県の一ノ目瀧マールの湖底堆積物から約 30 cal kBP と考えられる (Okuno *et al.*, 2011). 一方, 稲永ほか (2006) は, いくつかの熱ルミネッセンス (TL) 年代を測定し, 扇ヶ鼻溶岩 (Ko) を約 76 ka, 肥前ヶ城溶岩 (Kz) を約 26 ka の年代を得るなど, Kamata and Kobayashi (1997) の編年と一致していない. これは, テフラが溶岩を覆っていないことを, どのように解釈するかという点に起因していると考えられる. 本稿では, Kamata and Kobayashi (1997) 以降の研究を中心にレビューして, 今後の九重火山の噴火史研究を展望する.

2. テフロクロノジーによる噴火史編年

テフラは, 火山の爆発的噴火によって短時間に広域に分布するため, 時間指標層として有効である. このようなテフラの特長を利用した編年学的研究をテフロクロノロジーという. この方法は, 「地層累重の法則」にもとづくものであり, 指標となるテフラとの上下関係が, 年代の前後関係に変換されるものといえる. 九重火山では, 山体を構成する溶岩がどのテフラで覆われるかで編年されている (Kamata and Kobayashi, 1997). これは, 太田 (1991) も同様で, 両者とも広域テフラである AT や鬼界アカホヤテフラ (K-Ah: 町田・新井, 1978) が重要な指標層として用いられている.

テフロクロノロジーの火山噴火史への適用例を示すと, K-Ah がある溶岩を覆う場合, この溶岩は K-Ah より古いことを示すと考えられる. 一方, ある溶岩の上に K-Ah がない場合, (a) K-Ah より後にこの溶岩が噴出した, (b) K-Ah が一旦堆積した後に浸食された, 2つの可能性がある. Kamata and Kobayashi (1997) では, (a) が採用されており, 岩井川溶岩 (Kw), 扇ヶ鼻溶岩 (Ko), 肥前ヶ城溶岩 (Kz) は, K-Ah の上位に対比されている (Fig. 2). しかし, 溶岩地形の鮮明度から判断すると, 完新世のものとは考え難いため, 上記の (b) である可能性がある. 泉水山溶岩 (Ke) も松の台岩層なだれ堆積物 (Kv) の給源とされ, 約 10 kBP に噴出したとされたが (Kamata and Kobayashi, 1997; 渡辺ほか, 1999a, b), この溶岩も先の例と同様に完新世とは考え難い. この岩層なだれ堆積物は, “高温岩層なだれ堆積物” の典型例とされているが (Kamata and Kobayashi, 1997; 渡辺ほか, 1999a, b; 鎌田ほか, 2001; 鎌田, 2006), 小林ほか (2008) は常温の岩層なだれ堆積物とみなし, その給源も現在の三俣山溶岩 (Kt) であると考えている.

九重火山の山頂付近一帯は, 現在でも植生に乏しいため, テフラを挟在するローム層やクロボク層が形成されにくい場所であったと推定される. 一般に, 溶岩に覆われたテフラを観察することはできないので, (a) であるか (b) であるかを定めることは難しい. 火山地形の鮮明度や溶岩の分布関係から, 噴出順序の枠組みを定めることが大切であろう.

3. 溶岩の TL 年代

熱ルミネッセンス (TL) は, 鉱物中に蓄積された放射線量 (PD) をルミネッセンス光量に換算して地質年代を求める方法で, 1年当りに受ける放射線量 (AD) で割ることにより算出される (Aitken, 1985). この方法は, 直接, 溶岩の年代を求めることができる利点がある (例えば, 高島ほか, 2006). 九重火山については, 前述の稲永ほか (2006) に加えて, 奥野ほか (2012) が中・西部 (久住山系の西部と湧蓋山系の一部) の溶岩についてさらに多くの TL 年代を得ている (Fig. 3). これらの TL 年代は予察的なものであるため, その信頼性をさらに詳しく検討する必要があるが, おおよその傾

向を読み取ることはできる。西部の黒岩山 (Ku) や泉水山 (Ke) は、湧蓋山系に区分される山体であるが、主な山体は約 80 ka であり、最新の黒岩山東部で 52 ka が得られている。さらに下泉水は約 130 ka であり、小林ほか (2008) が指摘したように、松の台岩屑なだれ堆積物 (Kv) の給源ではないことを示す。杳掛山 (Kk) は 50~60 ka の年代値を示し、先の黒岩山の最新溶岩とほぼ同時期に噴出したと考えられる。岩井川溶岩 (Kw) は、完新世とされていたが、156 ka と古く下泉水溶岩とほぼ同時期に入る。杳掛山、星生山 (Kc)、扇ヶ鼻 (Ko) の各溶岩は、50~55 ka にかけて噴出したと考えられる。また、肥前ヶ城溶岩 (Kz) や扇ヶ鼻から南西麓に流下した溶岩は約 30 ka の年代を示す。久住山はさらに若く約 20 ka である。これらの TL 年代は、火山地形の鮮明度や溶岩の分布から類推できる前後関係と調和的である。

4. 南麓の火砕流堆積物の ^{14}C 年代

九重火山の南麓には、飯田火砕流 (Kh) および九重第 1 軽石 (Kj-P1 : Fig. 4) の上位に複数のブロック・アンド・アッシュ・フローが分布している (川辺ほか, 1996)。川辺ほか (1997) は、飯田火砕流または Kj-P1 を覆う白丹火砕流堆積物 (Kq) に含まれる炭化木片について $45,690 \pm 990$ BP を、その上位の室火砕流堆積物 (長岡・奥野, 2010, 準備中) について $31,690 \pm 190$ BP の ^{14}C 年代を得ている。飯田火砕流堆積物については、これまで >40 kBP の ^{14}C 年代が報告されていたが (奥野ほか, 1998)、同じ地点の炭化木片について $53,520 \pm 1140$ BP が得られており (長岡・奥野, 準備中)、この方が白丹火砕流堆積物と調和的である。なお、飯田火砕流については、含まれるジルコンについて 70-80 ka のフィッシュン・トラック (FT) 年代も得られている (鎌田ほか, 1998)。さらに白丹火砕流堆積物について $48,390 \pm 1140$ BP と $41,060 \pm 380$ BP、室火砕流堆積物について $31,500 \pm 170$ BP、 $32,970 \pm 210$ BP、 $33,950 \pm 220$ BP の ^{14}C 年代がそれぞれ得られている (長岡・奥野, 準備中)。先述の TL 年代は、信頼性の問題が残るものの、星生山 (Kc) や杳掛山 (Kk) の溶岩が白丹火砕流堆積物に対応し、室火砕流も肥前ヶ城溶岩 (Kz) などに対応する可能性を示唆している。

5. まとめ

これまで述べてきたように、テフクロノロジーは、火山噴火史の編年にも有効であるが、連続的にテフラが堆積・保存されることが前提となる。ここで紹介した TL 年代については信頼性の検証が必要であるが、直接、溶岩の年代を知ることができ、山麓の火砕流堆積物の ^{14}C 年代と組み合わせることによって、よりリアルな噴火史を復元できる。火山地形のみから、具体的な噴火年代を知ることはできないが、テフクロノロジーを併用することにより、種々の年代測定法による年代値を検証する判断材料になりうる。本稿で紹介した研究例は、まだほとんどが予察的な段階ではあるが、これらのデータにもとづけば、九重火山の噴出率は Kamata and Kobayashi (1997) の値より小さくなると思われる。また、約 53 kBP の飯田火砕流の噴出の後、あまり長い休止期間を置かずに、山頂付近に溶岩ドームが形成され、山麓には溶岩ドームの崩落による火砕流が流下するというタイプの噴火が、比較的コンスタントに繰り返されてきたことが見えてきた。

謝辞

本稿は、2011 年度名古屋大学年代測定総合研究センターシンポジウムでの発表内容に加筆・修正してまとめたものである。国立公園内の岩石およびテフラ試料採取に際して、環境省の阿蘇自然環境事務所およびくじゅう自然保護官事務所の担当官に、その申請方法の指導と許可をいただいた。

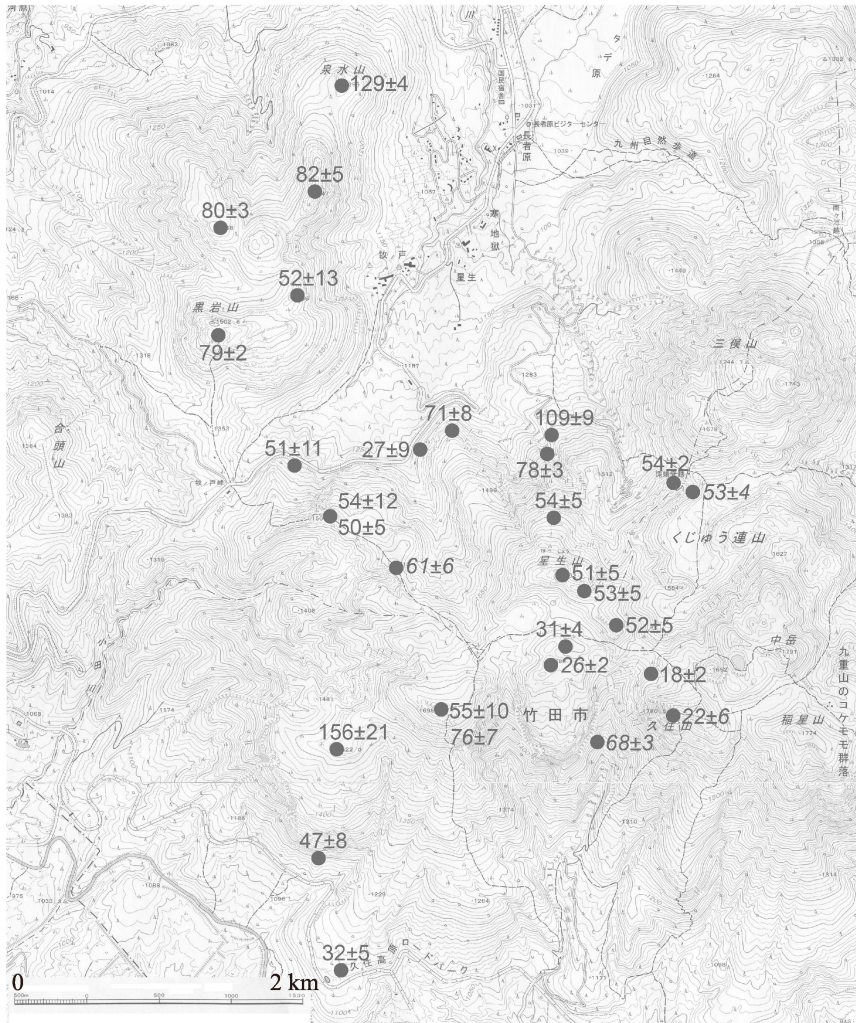


Fig. 3 Preliminary results of TL dating (Okuno *et al.*, 2012). It is noted that these ages are tentative values.

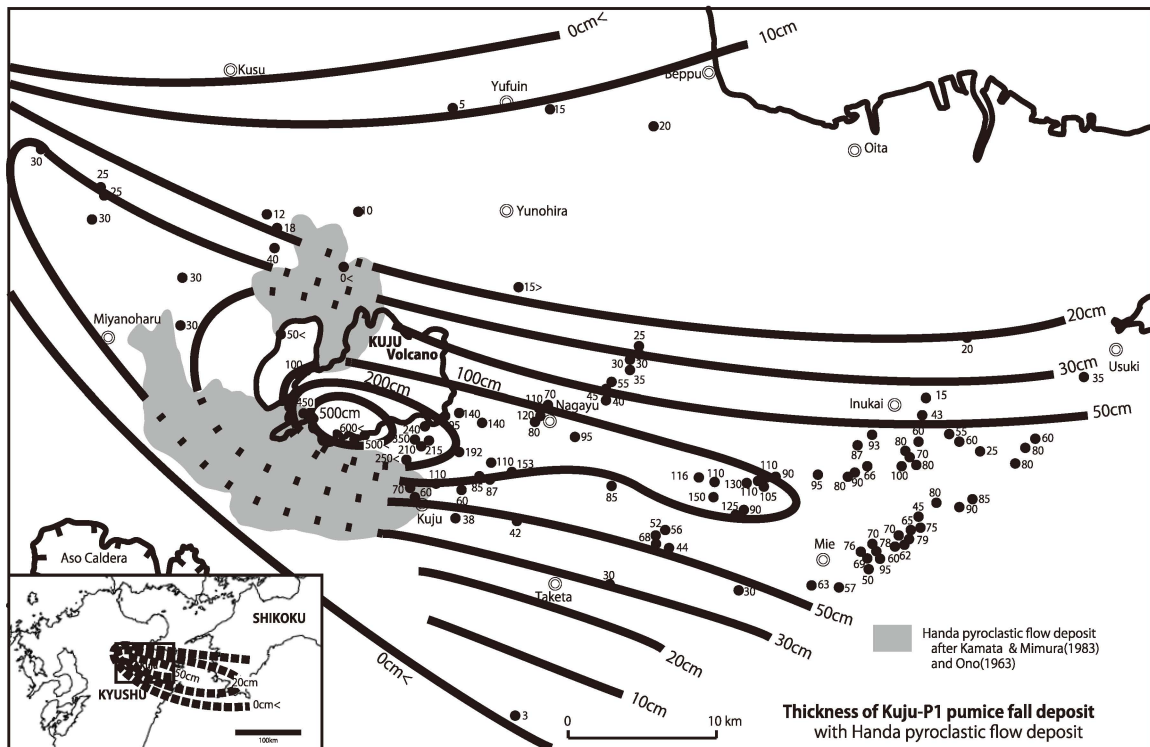


Fig. 4 Distribution of Handa pyroclastic flow deposits and Kjp1 (Nagaoka and Okuno, in preparation).

本稿で紹介した TL 年代は、福岡大学理学部地球圏科学科の 2010～2011 年度の卒業論文の研究として得られたものである（奥野ほか, 2012）。同学科地球科学分野の諸先生および学生諸氏には、種々のアドバイス・激励をいただいた。なお、長岡・奥野（準備中）の AMS¹⁴C 年代は、（独）日本原子力研究開発機構の施設供用制度を利用したものである。文部科学省および日本学術振興会の科学研究補助金（新学術領域研究、代表者：米延仁志、課題番号：21101002；基盤研究（B）、代表者：奥村晃史、課題番号：17300295）を使用した。記して謝意を表します。

参考文献

Aitken, M.J. (1985) *Thermoluminescence dating*. Academic Press, 359p.

星住英夫・川辺禎久・鎌田浩毅・斉藤英二（1996）九重火山 1995 年 10 月の噴火とその堆積物。地質ニュース, **498**, 33–35.

井村隆介・鎌田浩毅（1996）九重火山の歴史時代の活動記録の再検討。地学雑誌, **105**, 208–214

稲永康平・奥野 充・高島 勲・鮎沢 潤・小林哲夫（2006）熱ルミネッセンス法による九重火山の噴火史の再検討（予報）。名古屋大学加速器質量分析計業績報告書, **17**, 92–101.

鎌田浩毅（1997）官原地域の地質。地域地質研究報告（5 万分の 1 地質図幅），地質調査所, 127p.

鎌田浩毅（2006）九重火山の噴火史と災害予測。月刊地球, **28**, 369–378.

鎌田浩毅・池邊浩司（1999）2. 九重火山 333 年ぶりに目覚めた溶岩ドームの連なる活火山。高橋正樹・小林哲夫 編「九州の火山」, フィールドガイド 日本の火山⑤, 33–48.

Kamata, H. and Kobayashi, T. (1997) The eruptive rate and history of Kuju volcano in Japan during the past 15,000 years. *Jour. Volcanol. Geotherm.Res.*, **76**, 163–171.

Kamata, H. and Mimura, K. (1983) Flow directions inferred from imbrication in the Handa pyroclastic flow deposit in Japan. *Bull. Volcanol.*, **46**, 277–282.

鎌田浩毅・檀原 徹・伊藤順一・星住英夫・川辺禎久（1998）九重火山起源の宮城・下坂田・飯田火砕流堆積物のジルコンのフィッシュン・トラック年代。火山, **43**, 69–73.

鎌田浩毅・齋藤武士・石川尚人（2001）九重火山と由布火山の火砕堆積物の地質と残留磁化。月刊地球, **23**, 522–527.

川辺禎久・星住英夫・伊藤順一・鎌田浩毅, 1996, 九重火山南麓に分布する Kj-P1 以降の小規模火砕流堆積物。日本火山学会講演予稿集, 1996 (2), 120.

川辺禎久・星住英夫・伊藤順一・鎌田浩毅, 1997, 鬼界アカホヤ火山灰以前の九重火山テフラ層序。日本火山学会講演予稿集, 1997 (2), 105.

小林哲夫・筒井正明・奥野 充（2008）九重火山, 松の台岩層なだれの給源と特性。日本地質学会第 115 年学術大会講演要旨, 57.

町田 洋・新井房夫（1976）広域に分布する火山灰—始良 Tn 火山灰の発見とその意義。科学, **46**, 339–347.

町田 洋・新井房夫（1978）南九州鬼界カルデラから噴出した広域テフラ—アカホヤ火山灰。第四紀研究, **17**, 143–163.

長岡信治・奥野 充（2010）中部九州, 九重火山のテフラ層序と噴火史。日本地質学会第 117 年学

術大会講演要旨, 123.

長岡信治・奥野 充 (準備中) 九重火山のテフラ層序と噴火史.

奥野 充・中村俊夫・鎌田浩毅・小野晃司・星住英夫 (1998) 九重火山, 飯田火砕流堆積物の加速器 ^{14}C 年代. 火山, **43**, 75–79.

Okuno, M., Torii, M., Yamada, K., Shinozuka, Y., Danhara, T., Gotanda, K., Yonenobu, H. and Yasuda, Y. (2011) Widespread tephra in sediments from Lake Ichi-no-Megata in northern Japan: their description, correlation and significance. *Quaternary International*, **246**, 270–277.

奥野 充・今里 博・大淵真吾・葺本信太郎・兼田大道・鮎沢 潤・高島 勲 (2012) 九重火山中西部の熱ルミネッセンス年代測定. 日本地質学会西日本支部第 162 回例会講演要旨集 (2012 年 2 月 11 日, 鹿児島大学), O-11.

小野晃司 (1963) 5 万分の 1 地質図幅「久住」及び同説明書. 地質調査所, 124p.

小野晃司 (1990) 火山噴火の長期的予測. 火山, **34**, S201–S214.

太田岳洋 (1991) 九重火山群, 東部及び中部域の形成史. 岩鉱, **86**, 243–263.

高島 勲・村上英樹・ホン ディク グエン・エディ スチプタ・毛利陽司・柴田 能辰 (2006) 鬼首・鳴子カルデラ周辺の後期更新世火砕流堆積物及び火山岩の熱ルミネッセンス年代. 岩石鉱物科学, **35**, 70–77.

渡辺一徳・横山勝三・高木秀和 (1999a) 九重火山北麓に分布する松の台岩層なだれ堆積物とその残留磁化特性. 渡辺一徳 編「高温岩層なだれ」による火山災害に関する基礎研究. 平成 9～10 年度科研費 (基盤研究 C) 研究成果報告書, 9–61.

渡辺一徳・横山勝三・高木秀和 (1999b) 九重火山北麓に分布する松の台岩層なだれ堆積物とその残留磁化特性. 日本火山学会講演予稿集, 1999 (2), 21.

日本語要旨

九重火山は, 九州中部の阿蘇火山と由布岳・鶴見岳火山の中間に位置し, 20 座以上の溶岩ドームや小型成層火山からなる複成火山である. Kamata and Kobayashi (1997) は, テフラ層序と ^{14}C 年代にもとづいて AT 以降の噴火史を編んだが, 火山地形の鮮明度や分布関係から制約される噴火順序と合致しない部分がある. 稲永ほか (2006) や奥野ほか (2012) の TL 年代は, 直接, 溶岩の年代を示すことが期待でき, 火山地形とも調和的である. 南麓の火砕流堆積物の ^{14}C 年代ともほぼ対応し, 山頂付近に溶岩ドームが形成され, 山麓には溶岩ドームの崩落による火砕流が流下するというタイプの噴火であることがわかってきた. これらの噴火活動が, 約 53 kBP の飯田火砕流の噴出後, あまり長い休止期間を置かずにコンスタントに繰り返されたことが判明した. これらの結果, 九重火山の噴出率は Kamata and Kobayashi (1997) の値より小さくなると考えられる.