

## 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）

稲永康平\*・奥野 充\*\*,#・高島 勲\*\*\*・鮎沢 潤\*\*・小林哲夫\*\*\*\*

\* 〒814-0180 福岡市城南区七隈 8-19-1

福岡大学大学院理学研究科地球圏科学専攻

\*\* 〒814-0180 福岡市城南区七隈 8-19-1

福岡大学理学部地球圏科学教室（地球科学分野）

# e-mail: okuno@fukuoka-u.ac.jp

\*\*\* 〒010-8502 秋田市手形学園町 1-1

秋田大学工学資源学部附属素材資源システム研究施設

\*\*\*\* 〒890-0065 鹿児島市郡元 1-21-35

鹿児島大学理学部地球環境科学教室

## 1. はじめに

九州中央部に位置する九重火山（Fig. 1）は、急峻な溶岩ドームや小規模な成層火山からなる。この火山の噴火史は、主として火山地形やテフラ層序によって組み立てられており（太田，1991；Kamata and Kobayashi，1997；鎌田，1997），溶岩の放射年代はほとんど報告されていない。

熱ルミネッセンス（以下では TL と略記）年代は、鉱物中に蓄積された放射線量（Paleodose, 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（Annual dose, AD）で割ることにより算出される（Aitken, 1985）。この年代測定法は、石英斑晶を含む火山岩を対象として、比較的簡単に多数の試料を測定でき、数千年前（Takashima and Watanabe, 1994；高島，1999）から50万年前（高島・他，1990）までの広い年代範囲をほぼ同一の精度で求めることができる（高島，1995）。TL年代測定の誤差要因は多岐にわたるが、最近では不確定要素をできるだけ排除した試料の選択や石英粒径補正による精密化がはかられ、雲仙火山（Fig.

1) について 10%以下の誤差で年代値が得られている (島雄・他, 1999; 山縣・他, 2004). 稲永・他 (2006) は, 始良カルデラ (Fig. 1) 起源の入戸火砕流堆積物 (以下, 堆積物を省略する) について  $30.3 \pm 2.7$  ka の TL 年代を得ている. この火砕流に伴う火山灰 (co-ignimbrite ash) の始良 Tn 火山灰 (AT: 町田・新井, 1976, 2003) の噴出年代は,  $^{14}\text{C}$  年代の較正暦年で約 29 cal kyr BP と考えられており (Kitagawa *et al.*, 1998; 奥野, 2002), 両者はよく一致している. 本稿では, 主として九重火山の溶岩について測定した TL 年代にもとづいて, その噴火史を再検討する.

## 2. 九重火山の概略と測定試料

九重火山を構成している溶岩ドーム群や小規模な成層火山は, 西から涌蓋山系, 久住山系, 大船山系の 3 つに区分され, 南麓と北麓には火砕流や土石流堆積物からなる緩斜面が広がっている (鎌田, 1997). 小野・他 (1977) は, 比較的大規模な火砕流堆積物として, 下位より宮城火砕流, 下坂田火砕流, 飯田火砕流を認め, 阿蘇カルデラ起源の火砕流堆積物との層位関係を明らかにしている. このうちの飯田火砕流は, 阿蘇-4 火砕流 (Aso-4) の上位に位置しており (小野・他, 1977; 鎌田, 1997),  $79 \pm 20$  ka のフィッシュン・トラック (FT) 年代 (鎌田・他, 1998) が,  $>40$  kyr BP の  $^{14}\text{C}$  年代 (奥野・他, 1998) などが得られている. 飯田火砕流と一連の噴火では, 九重第 1 軽石 (Kj-P1) も噴出しており (小野, 1963; Kamata and Mimura, 1983), AT (29 cal kyr BP) と Aso-4 (90 ka: 松本・他, 1991) との層位関係 (町田, 1980) から約 52 ka と推定される. そこで本稿では, 飯田火砕流の噴出年代を 52 ka として議論を進める.

今回, TL 年代が得られた試料 (計 9 点) の採取地点を Fig. 2 に示す. なお, これらの岩体区分および名称は, 小野 (1963) および鎌田 (1997) に従っている. 久住山系の久住山溶岩 (山頂および斜面), 扇ヶ鼻溶岩, 沓掛山溶岩, 星生山溶岩, 肥前ヶ城溶岩の各 1 点, 計 6 点を測定した. また, 北麓の飯田火砕流から採取した類質岩片 (15×22 cm) 1 点を測定した. 大船山系では, 大船南溶岩 (東および西ローブ) の各 1 点, 計 2 点を測定した.

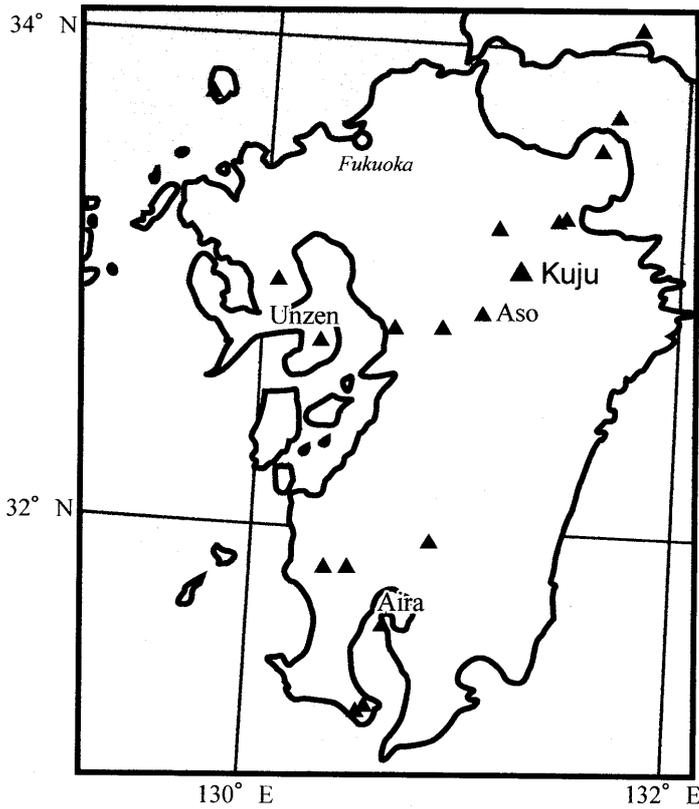


Fig. 1 Locality map of Kuju Volcano. Solid triangles show location of Quaternary volcanoes in and around Kyushu Island.

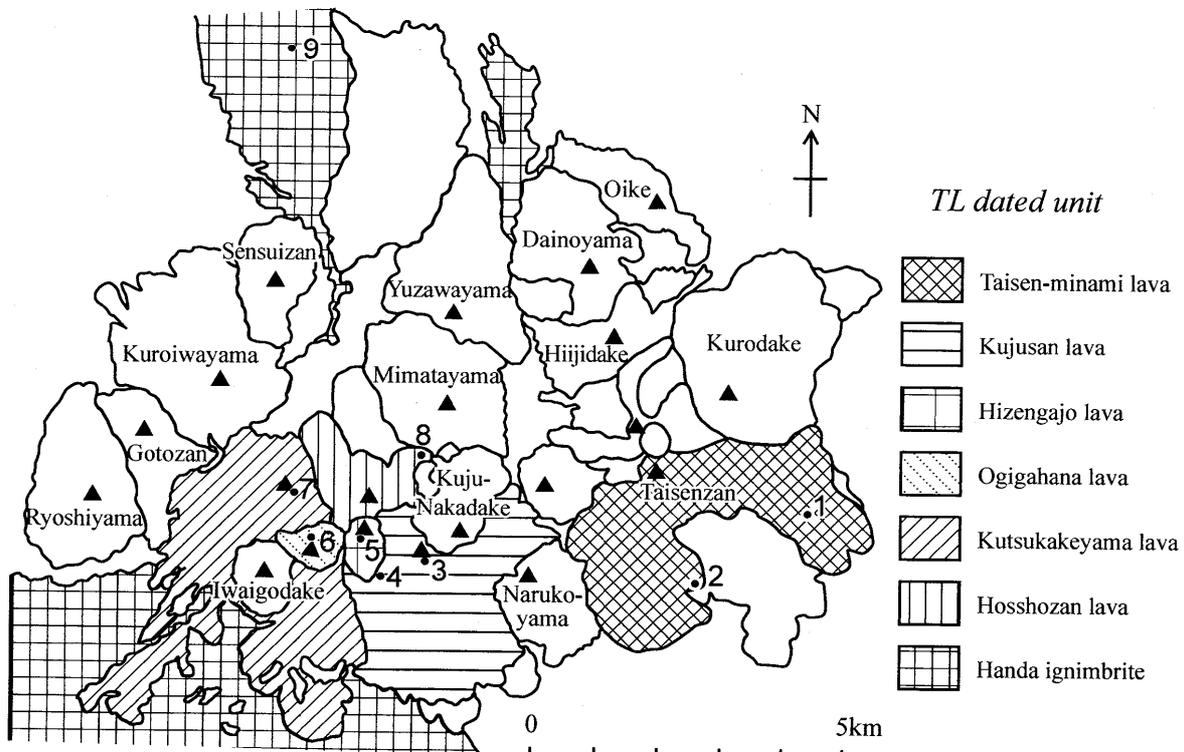


Fig. 2 Geological map of Kuju Volcano (after Kamata and Kobayashi, 1997) showing TL dated units. Circles with numbers indicate sampling sites (Table 1). Solid triangles are peaks of small-scale cones and lava domes.

### 3. 測定方法

年代測定の手順は、高島（1995）にもとづいた。試料約 400 g をステンレス乳鉢で粉碎し、20 メッシュ（開口径 0.84 mm）のふるいを全量通過させた。この試料から 290 g を秤量し、プラスチック製容器に詰めて  $\gamma$  線スペクトロメトリーによる放射性元素（U, Th,  $K_2O$ ）の測定を行った。残りの試料の 60～200 メッシュ（0.25～0.074 mm）の部分からアイソダイナミックセパレーターにより無色鉱物を分離した後、フッ酸及び塩酸処理により純化・精製して発光測定用の石英試料を得た。発光測定は、①未処理である天然の石英、②天然試料に追加して人工的に  $\gamma$  線照射した石英、③320°C、1 時間の加熱により蓄積した TL をゼロにリセットした後、 $\gamma$  線照射した石英、の 3 種について行った。この結果から、生長曲線法（高島・他、1989）を用いて PD を算出した。AD は全岩試料の放射性元素含有量と付着水分量から算出し（Bell, 1979; Aitken, 1985）、石英斑晶の粒径による  $\beta$  線寄与率（Mejdahl, 1979）を補正した。

得られた PD と AD から、以下の式に従って TL 年代を算出した。

$$\text{TL age (ka)} = \text{PD/AD} \{1 \pm (\sigma^2 + \delta^2)^{1/2}\}$$

ここで、 $\sigma$  は PD の誤差として成長曲線の標準偏差を、 $\delta$  は AD の誤差として放射性元素測定誤差（高島・他、2006）を採用した。

### 4. 結果と考察

測定結果を Table 1 に、火山層序（鎌田、1997）との比較を Fig. 3 に示す。大船山系である大船南溶岩の TL 年代は  $4.9 \pm 0.5$  ka および  $5.7 \pm 0.9$  ka と誤差範囲内で一致している。両者の加重平均値は  $5.1 \pm 0.4$  ka であり、これまでの層序ともほぼ矛盾しない。

久住山系の溶岩については 6 点の年代値が得られた。久住山溶岩の TL 年代は、山頂で  $22.3 \pm 6.2$  ka、斜面で  $68.0 \pm 3.1$  ka と大きく異なった。しかし、太田（1991）の岩体区分では、前者が久住円頂丘溶岩、後者が扇ヶ鼻南溶岩に相当しており、こ

Table 1 TL age data for Kuju Volcano

Loc. No.	Geologic unit	U (ppm)	Th (ppm)	K <sub>2</sub> O (%)	#D (mm)	H <sub>2</sub> O (%)	AD (mGy/a)	PD (Gy)	TL age (ka)
1	Taisen-minami lava (E)	1.85	7.38	2.72	1.11	0.78	2.63	12.9	4.9±0.5
2	Taisen-minami lava (W)	1.62	6.46	2.45	1.80	0.27	2.02	11.6	5.7±0.9
3	Kujusan lava (ME)	1.47	6.44	2.30	1.77	5.04	1.83	124.1	68.0±3.1
4	Kujusan lava (SM)	1.42	5.77	2.12	0.91	1.19	2.13	47.5	22.3±6.2
5	Hizengajo lava	1.65	6.91	2.29	0.91	5.37	2.26	58.3	25.8±1.6
6	Ogigahana lava	1.36	6.36	2.12	1.91	2.48	1.71	129.0	75.6±7.0
7	Kutsukakeyama lava	1.55	6.75	2.27	1.16	3.38	2.15	130.5	60.8±6.4
8	Hosshozan lava	1.60	6.24	2.49	1.33	1.26	2.23	117.7	52.8±3.8
9	Handa ignimbrite (L)	1.54	5.71	2.13	1.33	1.70	1.95	142.1	72.8±5.1

Locality number and geologic unit are shown in Fig. 2. #: Diameter of quartz phenocryst

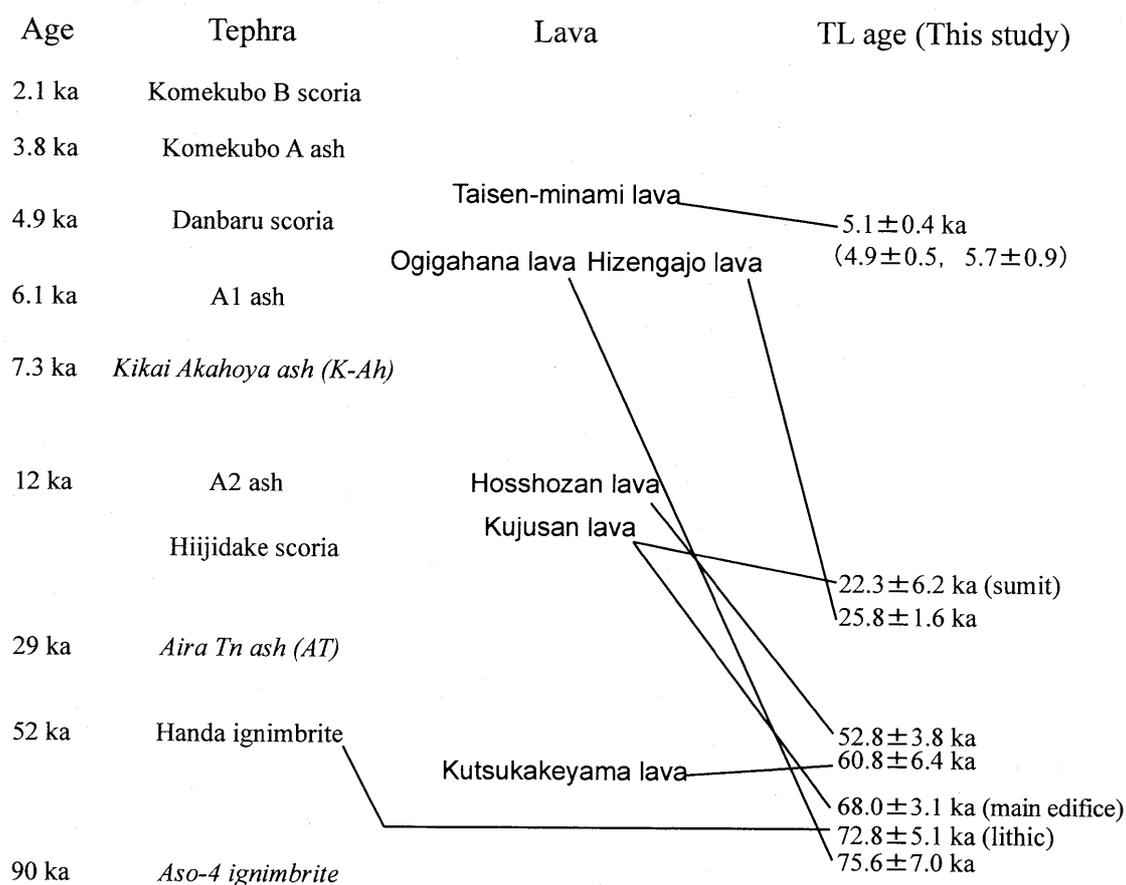


Fig. 3 Stratigraphic relation between tephra layers and dated lavas in Kuju Volcano (after Kamata, 1997) and TL ages. Age of tephra layers are given by calibrated radiocarbon dates (cal kyr BP), with exceptions for Handa and Aso-4 ignimbrites. These ages are given by stratigraphic position and K-Ar date, respectively.

の区分とは矛盾しない。今後、火山地形および記載岩石学的に検討する必要がある。今回の年代値は、次の3グループに大別できる (Fig. 3)。最も古い扇ヶ鼻溶岩の TL 年代は  $75.6 \pm 7.0$  ka であり、久住山溶岩の斜面 ( $68.0 \pm 3.1$  ka) とあわせて、これらの火山体が 52 ka の飯田火砕流の噴出以前に形成されたことを示す。飯田火砕流の類質岩片の TL 年代は  $72.8 \pm 5.1$  ka で、扇ヶ鼻溶岩 ( $75.6 \pm 7.0$  ka) と誤差範囲内で一致することから、給源の久住山系を構成する溶岩の流出年代を示すものと考えられる。次の第2グループは杳掛山溶岩と星生山溶岩で、それらの TL 年代は  $60.8 \pm 6.4$  ka と  $52.8 \pm 3.8$  ka である。両者は誤差範囲内で一致しており、杳掛山溶岩と星生山溶岩は飯田火砕流の噴出 (52 ka) 前後に形成されたと考えられる。第3のグループは、肥前ヶ城溶岩 ( $25.8 \pm 1.6$  ka) と久住山溶岩の山頂部 ( $22.3 \pm 6.2$  ka) であり、両者は誤差範囲内で一致している。

今回の TL 年代を考慮すると、久住山系では約 80 ka から飯田火砕流の噴出 (52 ka) までに幾度かの溶岩流出によって火山体が成長し、飯田火砕流の噴出前後にも溶岩が流出している。さらに 26~22 ka を中心として山頂部に溶岩ドーム群が形成されたと考えられる。Kamata and Mimura (1983) は、飯田火砕流中の軽石および岩片の覆瓦構造から星生山・三俣山・久住山の周辺がその噴出源であると考えたが、今回の TL 年代は、星生山溶岩および肥前ヶ城溶岩がその噴出口を埋積した可能性を強く示唆する。現段階での TL 年代の測定数は必ずしも十分とはいえないため、今後、TL 年代をさらに測定して再現性を検証する予定である。

Kamata and Kobayashi (1997) は、最近 1.5 万年間の噴出量の変化を示す階段ダイアグラムから  $0.4 \sim 0.7$  km<sup>3</sup>/ky の噴出率を見積った。今回得られた TL 年代によって修正した Aso-4 以降の階段ダイアグラムを Fig. 4 に示す。なお、噴出量の見積りには、太田 (1991) のデータもあわせて参照した。九重火山における 90 ka 以降の噴出率は、18 ka 付近までの  $0.06 \sim 0.26$  km<sup>3</sup>/ky から、それ以降の  $0.36 \sim 0.45$  km<sup>3</sup>/ky と大きく増加しており、最近は比較的活動的であるといえよう。しかし、今回の TL 年代測定によって、久住山系の溶岩群がこれまでよりも古いものと考えられるため、Kamata and Kobayashi (1997) の見積りよりはやや小さくなっている。

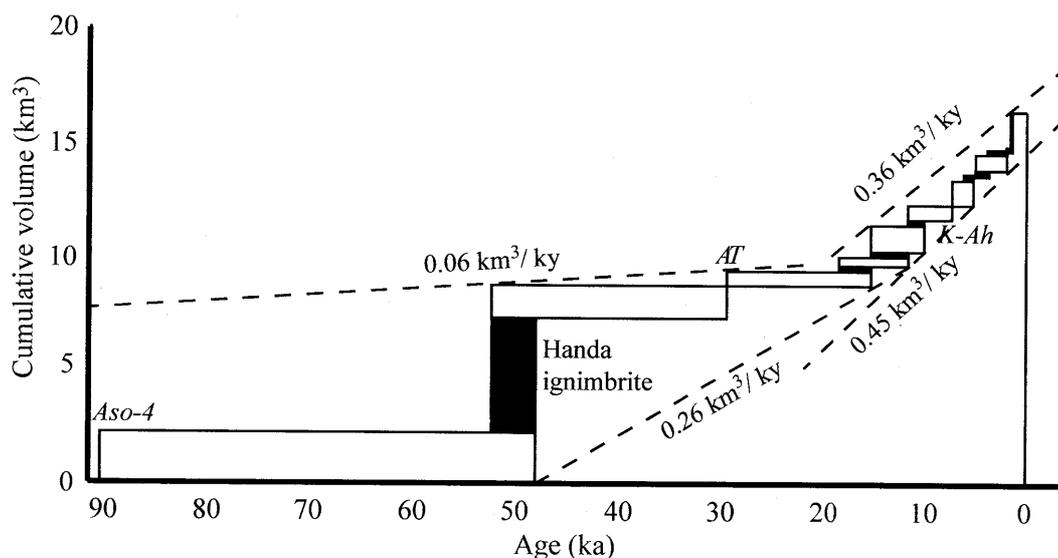


Fig. 4 Diagram showing relationship between cumulative volume and time in Kuju Volcano for the past 90,000 years (modified from Kamata and Kobayashi, 1997).

## 謝辞

本稿で報告した TL 年代は、筆頭著者である稲永が 2006 年 1 月 10 日に提出した修士論文（稲永，2006MS）の研究として測定したものであり，2005 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（2006 年 1 月 18 日，名古屋大）および日本地質学会西日本支部第 152 回例会（2006 年 2 月 11 日，佐賀大）においてその概要を発表した．この研究を進めるにあたり，田口幸洋教授，柚原雅樹博士をはじめとする福岡大学理学部地球圏科学科の皆様には，種々のご意見・激励をいただいた．また，石英の  $\gamma$  線照射では，（社）日本アイソトープ協会甲賀研究所の廣庭隆行氏にお世話になった．鹿児島大学の Maria Hannah Mirabueno 氏に英文要旨の不備を指摘していただいた．なお，この研究には，基盤研究 (B) 「地形と表層地質情報に基づく自然環境の定量的近未来予測に関する基礎的研究」（課題番号：17300295，研究代表者：奥村晃史）および 2004 年度福岡大学高度化推進経費（研究科共同研究経費，課題名：火山層序・炭素 14・熱ルミネッセンスの複合年代測定による火山活動度の中・長期的評価，代表者：奥野 充）を使用した．記して謝意を表します．

## 引用文献

- Aitken, M.J. (1985) *Thermoluminescence dating*. Academic Press, 359p.
- Bell, W.T. (1979) Thermoluminescence dating: radiation dose-rate data. *Archaeometry*, **21**, 243-245.
- 稲永康平 (2006MS) 熱ルミネッセンス年代法による九重火山の年代決定—最近 10 万年間の火山活動度評価—. 福岡大学大学院理学研究科平成 17 年度修士論文.
- 稲永康平・奥野 充・高島 勲・福島大輔・鮎沢 潤・小林哲夫 (2006) 南九州, 入戸火砕流堆積物の熱ルミネッセンス年代. 福岡大学理学集報, **36** (1), 印刷中.
- 鎌田浩毅 (1997) 宮原地域の地質. 地域地質研究報告 (5 万分の 1 地質図幅), 地質調査所, 127p.
- 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.
- Kitagawa, H. and van der Plicht, J. (1998) A 40,000-year varve chronology from Lake Suigetsu, Japan: Extention of the  $^{14}\text{C}$  Calibration Curve. *Radiocarbon*, **40**, 495-504.
- 町田 洋 (1980) 岩戸遺跡のテフラ (火山灰). 「大分県岩戸遺跡」—大分県清川村岩戸における後期旧石器文化の研究, 広雅堂書店, 443-453.
- 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 (2003) 新編 火山灰アトラス—日本列島とその周辺—. 東京大学出版会, 336p.
- 松本哲一・宇都浩三・小野晃司・渡辺一徳 (1991) 阿蘇火砕流の K-Ar 年代 (演旨). 日本地球化学会年会講演要旨集, 1991, 111.
- Mejdahl, V. (1979) Thermoluminescence dating: beta-dose attenuation in quartz grains. *Archaeometry*, **21**, 61-72.

- 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.
- 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.
- 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  $^{14}\text{C}$  年代. 火山, **43**, 75-79.
- 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・松本徭夫・宮久三千年・寺岡易司・神戸信和 (1977) 竹田地域の地質. 地域地質研究報告 (5 万分の 1 地質図幅), 地質調査所, 145p.
- 島雄 隆・高島 勲・渡辺公一郎・井沢英二 (1999) 火山岩類の熱ルミネッセンス年代測定の精度検証—雲仙火山火砕流堆積物の  $\beta$  線量精密補正年代—. 岩鉱, **94**, 109-119.
- 高島 勲 (1995) 熱ルミネッセンス年代測定—特に石英による火山岩類の測定精度について—. 第四紀研究, **34**, 209-220.
- 高島 勲 (1999) 北関東高原火山富士山溶岩ドームの熱ルミネッセンス年代. 火山, **44**, 275-277.
- Takashima, I. and Watanabe, K. (1994) Thermoluminescence age determination of lava flows/domes and collapsed materials at Unzen volcano, SW Japan. *Bull. Volcanol. Soc. Japan*, **39**, 1-12.
- 高島 勲・本多朔郎・納谷 宏 (1989) 生長曲線法による熱ルミネッセンス年代測定の問題点. 秋田大学鉱山学部資源地学研究施設報告, no. 23, 23-30.
- 高島 勲・本多朔郎・納谷 宏 (1990) 青森県八甲田地域の火砕流堆積物の TL 年代. 岩鉱, **85**, 459-468.
- 高島 勲・村上英樹・デュク グエン ホン・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**, 印刷中.
- 山縣武彦・高島 勲・渡辺公一郎・井沢英二 (2004) 熱ルミネッセンス法による新期雲仙火山溶岩ドームの年代測定—妙見岳火山以降 2 万 5 千年の噴火活動史—. 火山, **49**, 73-81.

## Re-examination of Eruptive History of Kuju Volcano (SW Japan) by Thermoluminescence Dating — a Preliminary Report

Kohei INENAGA<sup>\*</sup>, Mitsuru OKUNO<sup>\*\*</sup>, Isao TAKASHIMA<sup>\*\*\*</sup>  
Jun AIZAWA<sup>\*\*</sup> and Tetsuo KOBAYASHI<sup>\*\*\*\*</sup>

\* Graduate School of Science, Fukuoka University, 8-19-1 Nanakuma, Jonan-ku, Fukuoka 814-0180, Japan

\*\* Department of Earth System Science, Faculty of Science, Fukuoka University, 8-19-1 Nanakuma, Jonan-ku, Fukuoka 814-0180, Japan

\*\*\* Research Institute of Materials and Resources, Faculty of Engineering and Resource Science, Akita University, 1-1 Tegatagakuen-machi, Akita 010-8502, Japan

\*\*\*\* Department of Earth and Environmental Sciences, Faculty of Science, Kagoshima University, 1-21-35 Korimoto, Kagoshima 890-0065, Japan

### Abstract

Kuju Volcano in central Kyushu, Japan, consists of many lava domes and lava flows of hornblende andesite composition, together with aprons of pyroclastic/debris flow deposits on its flanks. To re-examine the eruptive history of the volcano, we performed thermoluminescence (TL) dating for 9 samples from lavas and a lithic fragment of an ignimbrite samples. The obtained ages are  $4.9 \pm 0.5$  ka and  $5.7 \pm 0.9$  ka (weighted mean:  $5.1 \pm 0.4$  ka) for Taisen-minami lava,  $22.3 \pm 6.2$  ka for the summit lava dome of Kujusan,  $68.0 \pm 3.1$  ka for the main edifice of Kujusan,  $75.6 \pm 7.0$  ka for Ogigahana lava,  $60.8 \pm 6.4$  ka for Kutsukakeyama lava,  $52.8 \pm 3.8$  ka for Hosshozan lava,  $25.8 \pm 1.6$  ka for Hizengajo lava and  $72.8 \pm 5.1$  ka for a lithic fragment in the Handa ignimbrite. The 52 ka eruption age obtained for the Handa ignimbrite is estimated from the stratigraphic position between Aso-4 and Aira Tn ash. These TL ages suggest that the Ogigahana lava and the main edifice of Kujusan were formed before the Handa ignimbrite eruption (52 ka), and that immediately before/after the Handa ignimbrite eruption, Kutsukakeyama lava and Hosshozan lava were effused. Furthermore, the Hizengajo lava and the summit lava dome of Kujusan were formed near the summit of the volcano probably after the deposition of Aira Tn ash in 29 ka.

**Key words:** thermoluminescence age, eruptive history, Kyushu, Kuju Volcano