

## 南九州，入戸火砕流堆積物の熱ルミネッセンス年代

稲永 康平\*<sup>1</sup>・奥野 充\*<sup>2</sup>・高島 勲\*<sup>3</sup>・福島 大輔\*<sup>4</sup>  
鮎沢 潤\*<sup>2</sup>・小林 哲夫\*<sup>5</sup>

(平成17年11月30日受理)

## Thermoluminescence Age of the Ito Ignimbrite, Southern Kyushu, Japan

Kohei INENAGA\*<sup>1</sup>, Mitsuru OKUNO\*<sup>2</sup>, Isao TAKASHIMA\*<sup>3</sup>, Daisuke FUKUSHIMA\*<sup>4</sup>,  
Jun AIZAWA\*<sup>2</sup> and Tetsuo KOBAYASHI\*<sup>5</sup>

(Received November 30, 2005)

### Abstract

The Ito ignimbrite is one of the most voluminous pumice flow deposit in the Late Pleistocene in Japan, and is mostly non-welded. However, the deposit distributed to the northeast part of Aira caldera shows a wide range of welding. To evaluate the reliability of thermoluminescence (TL) age for the ignimbrite, we performed TL dating of the partially welded ignimbrite. The TL growth curve method was used for quartz phenocrysts to determine the paleodose (PD). The beta-ray correction in estimating the annual dose (AD) was done by measuring the diameter of quartz phenocryst on thin sections and water content. The obtained  $30.3 \pm 2.7$  ka TL age for the ignimbrite is identical within measurement errors to the calibrated  $^{14}\text{C}$  age, *ca.* 29 cal kyr BP.

Key words: Southern Kyushu, Ito ignimbrite, thermoluminescence age

---

\*1 福岡大学大学院理学研究科地球圏科学専攻

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

\*2 福岡大学理学部地球圏科学教室

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

\*3 秋田大学工学資源学部附属素材資源システム研究施設

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

\*4 NPO 法人桜島ミュージアム

Sakurajima Museum, 1504 Sakurajima Koike-cho, Kagoshima 891-1418, Japan

\*5 鹿児島大学理学部地球環境科学教室

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

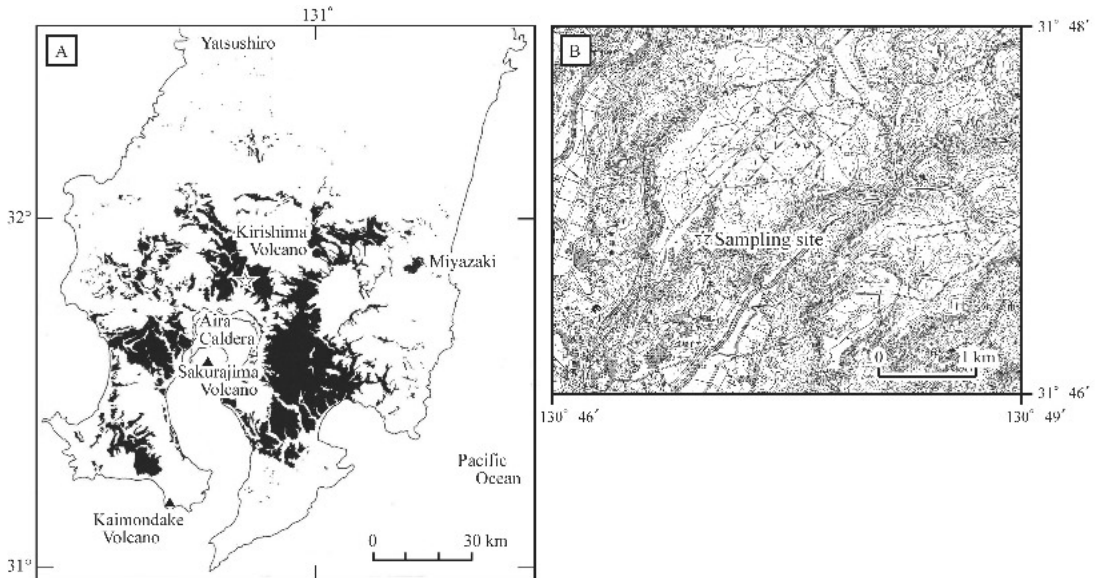
## はじめに

入戸火砕流堆積物 (A-Ito) は、後期更新世に始良カルデラ (Matumoto, 1943) で起こった大規模火砕噴火による産物であり、南九州一円に広く分布している (Fig. 1: 横山, 1972, 2000; Aramaki, 1984). この噴火では、まずプリニー式噴火による大隅降下軽石 (A-Os) が噴出し、次いでやや規模の小さな妻屋火砕流 (A-Tm) が噴出し、最後に巨大な入戸火砕流の噴火へと推移した。始良 Tn (AT) 火山灰は、この火砕流に伴う co-ignimbrite ash であり (町田・新井, 2003; Nagaoka, 1988), 日本ではじめて co-ignimbrite ash の広域テフラとして認定された (町田・新井, 1976). この AT は、日本列島を広く覆っていることから、指標テフラとしてきわめて重要である。これら一連のテフラの噴出年代については、木越ほか (1972) をはじめとして放射性炭素 ( $^{14}\text{C}$ ) 年代が多数得られている (町田・新井, 2003). 最近の暦年較正では、福井県、水月湖の湖底堆積物の  $^{14}\text{C}$  年代 (Kitagawa and van der Plicht,

1998) により、約 29 cal kyr BP と考えられている (奥野, 2002).

熱ルミネッセンス (Thermoluminescence: TL) 年代測定法では、石英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 (高島ほか, 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、10%以下の誤差で年代値が得られている (島雄ほか, 1999; 山縣ほか, 2004). 火砕流堆積物については、その堆積から現在までの間に付着水分量が変化したり、ウランやカリウムなどの放射性元素が溶脱している可能性がある。特に非溶結の火砕流堆積物ではその傾向が強く、これらの変動を定量的に評価することは難しいと考えられる。

この研究では、このような火砕流堆積物の TL 年代の信頼度を検証することを目的に、入戸火砕流堆積物の中でも付着水分量の変動や放



**Fig. 1.** Index and location maps. (A) Map showing the distribution of the Ito ignimbrite (after Yokoyama, 2000). (B) Locality of sampling site (N31° 46' 50", E130° 46' 56"). A part of 1 : 25,000 topographic map, "Hinatayama" published by Geographical Survey Institute was used. Open star in (A) and (B) indicates sampling site, respectively.

放射性元素の溶脱が比較的少ないと考えられる弱溶結部を試料として TL 年代を測定した。本稿では、その結果を報告する。

### 入戸火砕流の概略と測定試料

入戸火砕流堆積物は、主として軽石と火山ガラスからなる灰白色非溶結の軽石流堆積物である。その分布域は、鹿児島県本土のほぼ全域のみならず、宮崎県の中・南部、熊本県の南部などきわめて広範囲であり、噴出源の始良カルデラから約 90 km 離れた地域にまで及んでいる (Fig. 1: 横山, 2000)。また、主な分布域では、層厚は数十メートル以上、最大で約 150 m に達しており、シラス台地とよばれる火砕流台地を形成している (荒牧, 1969; 横山, 1972)。

この火砕流堆積物のほとんどは非溶結であるが、中～下部にかけては弱溶結を示すことがある。この弱溶結部は、熱残留磁化方位から 500 °C 以上で堆積したと推定されている (田邊ほか, 1996)。今回、鹿児島県霧島市国分重久 (Fig. 1: N31° 46' 50", E130° 46' 56") でみられる弱溶結部から約 3 kg の試料を採取した。なお、試料採取の際には、露頭表面などの風化した部分を採取しないように注意した。

### 測定方法

TL 年代を得るには (1) 地質時代に受けた放射線量 (Paleodose, PD) を知るための発光測定, (2) 鉱物の TL 感度を求めるための人工的な  $\gamma$  線照射とその後の発光測定, (3) 放射線元素の含有量による年間線量 (Annual dose, AD) の計算, という 3 つの基本的作業が必要である (高島・本多, 1985)。TL 年代は、以下の式により算出される。なお、 $\sigma$  と  $\delta$  はそれぞれ PD と AD の誤差である。

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

年代測定の手順は、Takashima and Watanabe (1994) および高島 (1995) にもとづいた。すべての試料について採取状態から自然乾燥させた減量を求めた後、後述する粉碎試料 1

g を 5 点秤量して、105°C で恒量に達するまで乾燥させた減量を求めた。自然乾燥した試料約 400 g をステンレス乳鉢により粉碎して、20 メッシュ (開口径 0.84 mm) のふるいを全量通過させた。この粉碎試料 266.8 g をプラスチック製容器 (直径 80 mm, 高さ 40 mm) に詰め、秋田大学工学資源学部附属素材資源システム研究施設の  $\gamma$  線スペクトロメーターを用いて放射性元素 (U, Th, K<sub>2</sub>O) を測定した。石英斑晶の粒径は、岩石薄片を偏光顕微鏡下 (ニコン社製 OPTIPHOT2-POL) で観察して石英斑晶の長径と短径を計測した。

残りの粉碎試料は石英分離用であり、60 メッシュ (開口径 0.25 mm) と 200 メッシュ (開口径 0.074 mm) のふるいを用いて 60～200 メッシュに粒度を揃えた。この試料を蒸留水で洗浄した後、45°C の恒温乾燥器 (Advantec 社製, FS-420) で乾燥させた。磁石を用いて強磁性鉱物を取り除き、アイソダイナミックセパレーター (Frantz 社製, Model L-1) によって無色鉱物のみを分離した。得られた無色鉱物は石英と斜長石であり、24% のフッ酸を用いて石英のみに分離、塩酸を用いて純化・精製し、発光測定用の石英試料を得た。

①天然石英, ②天然石英に  $\gamma$  線を照射した石英, ③これまでに蓄積した TL をゼロにした後に  $\gamma$  線を照射した石英の 3 種について発光測定を行った。TL をゼロにする試料は 320°C で 1 時間加熱した (高島ほか, 1989)。 $\gamma$  線照射は <sup>60</sup>Co によるもので、(社) 日本アイソトープ協会甲賀研究所に依頼して天然石英に 201 Gy, TL をゼロにした石英に 48 Gy, 104 Gy, 201 Gy を照射した。これらの照射試料は、130°C で 24 時間加熱して不安定な低温ピークを消去した。発光測定は、福岡大学理学部地球圏科学教室に設置されている簡易型温度制御ユニット (チノー製, SU12N1240-N1NNNN) による温度コントロールと、浜松ホトニクス社製フォトンカウンティングヘッド (H7828-01) およびカウンティングユニット (C8855) からなる測定装置で行った。窒素ガスの雰囲気中で 420°C まで 200 °C/分で昇温させ、受光波長は 550–650 nm である。1 回の測定に石英 15 mg を使用し、各種 3 回、計 15 回測定した。

**Table 1.** TL age data for the Ito ignimbrite.

U (ppm)	Th (ppm)	K <sub>2</sub> O (%)	#D (mm)	H <sub>2</sub> O (%)	AD (mGy/a)	PD (Gy)	TL age (ka)
2.05	8.80	2.49	1.05	3.89	2.55	77.4	30.3±2.7

# : Diameter of quartz phenocryst

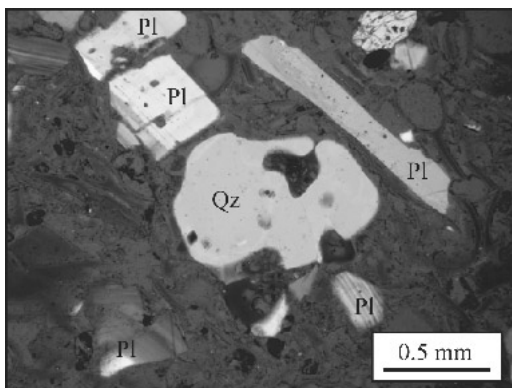
### 測定結果と考察

TL年代測定の結果を Table 1 に示す。

ADは、全岩試料中の放射性元素と付着水分量から、Bell (1979) および Aitken (1985) のデータにもとづいて算出し、2.55 mGy/a が得られた。付着水分量は、自然乾燥による減量が3.46%、105℃で恒量に達するまでの減量が0.45%で、両者の値を総合して3.89%が得られる。石英斑晶 (Fig. 2) 計140点の加重平均粒径は1.05 mmで、Mejdahl (1979) により得られた粒度別のβ線寄与率データに適用して補正した。なお、ADの誤差(δ)は放射性元素分析の誤差であり、高島ほか(2006)に従って4.2%を得た。

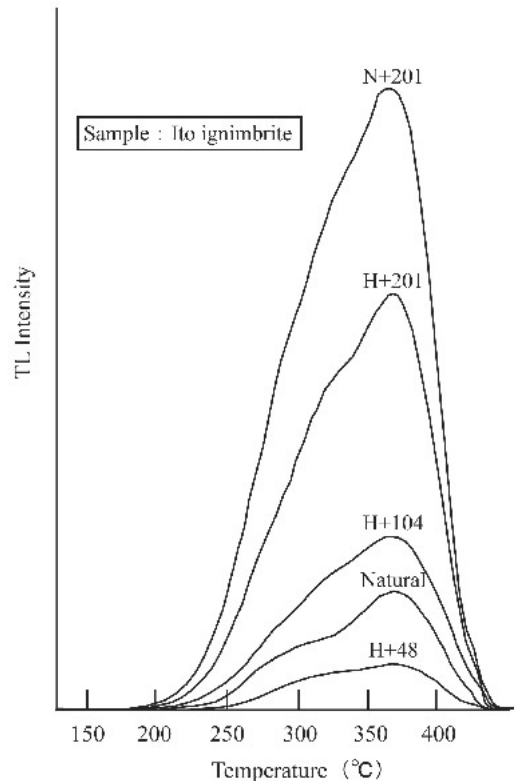
一方、PDは、発光測定で得られたグローカーブ (Fig. 3) の360℃付近のピーク強度から、生長曲線法 (高島ほか, 1989) を用いて77.4 Gyが得られた (Fig. 4)。なお、PDの誤差(σ)は、生長曲線の標準偏差から7.8%と見積もられる。

今回得られた入戸火砕流堆積物の TL 年代は



**Fig. 2.** Photomicrograph (crossed nicols) of the Ito ignimbrite.  
Q: quartz, Pl: plagioclase.

30.3±2.7 kaである。この年代値は、<sup>14</sup>C年代の較正暦年(約 29 cal kyr BP)と誤差範囲内で一致しており、下位にある岩戸火砕流堆積物 (Nagaoka, 1988; 長岡ほか, 2001) の TL 年代 (40.4±6.3 ka, 38.4±7.6 ka: 山下ほか, 2002) の加重平均 39.6±4.9 kaとも矛盾しない。これらのことから、ほぼ妥当な値であると判断される。ただし、更なる信頼度の向上には、



**Fig. 3.** TL glow curves of the Ito ignimbrite for preparation of the growth curve. N+ : γ-ray irradiated to natural quartz, H+ : γ-ray irradiated to pre-heated quartz. Background TL intensity was deducted from each curve.

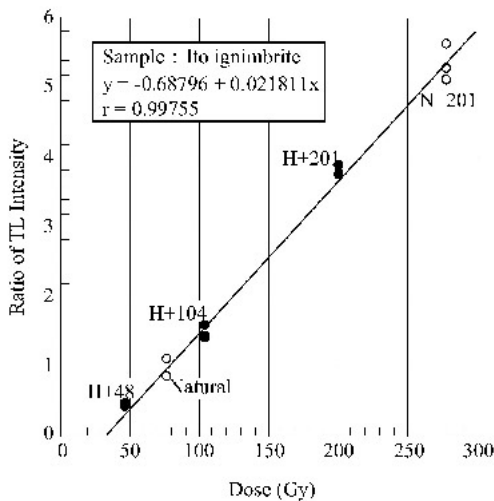


Fig. 4. TL growth curve (sample: Ito ignimbrite) for calculating paleodose (PD). Natural: cross point of TL growth line and natural peak height expressed as TL ratio, N+ and H+: same as Fig. 3.

付着水分量の変動や放射性元素の溶脱の定量的評価が不可欠である。そのためには、今後、溶結度の異なる複数地点での年代値，付着水分量および放射性元素の分析値を比較することなどが必要であろう。

## 謝 辞

本稿は、筆頭著者である稲永の福岡大学大学院理学研究科における修士論文の一部をもとにしたものである。その際、田口幸洋教授、柚原雅樹博士をはじめとする地球圏科学科の皆様には、種々のご意見や激励をいただいた。特に試料採取では、同学科4年生（当時）の溝口哲幸、長通隆次、山王堂伸雄の各氏にご助力いただいた。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。また、鳥井真之博士（熊本学園大学）には、草稿に対して多くの有益なコメントをいただいた。Maria Hannah Mirabueno氏（鹿児島大学）には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、福岡大学大学院の2004年度高度化推進経費（研究科共同研究経費，課題番号：KD04057，研究課題：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，研究代表者：奥野充）の一部を使用した。記して謝意を表します。

## 引用文献

- Aitken, M. J., 1985, *Thermoluminescence dating*. Academic Press, 359p.
- 荒牧重雄, 1969, 鹿児島県国分地域の地質と火砕流堆積物. 地質雑, **75**, 425-442.
- Aramaki, S., 1984, Formation of Aira caldera, southern Kyushu. *Jour. Geophys. Res.*, **89**, 8485-8501.
- Bell, W. T., 1979, Thermoluminescence dating: radiation dose-rate data. *Archaeometry*, **21**, 243-245.
- 木越邦彦・福岡孝昭・横山勝三, 1972, 始良カルデラ妻屋火砕流の $^{14}\text{C}$ 年代. 火山, **17**, 1-8.
- Kitagawa, H. and van der Plicht, J., 1998, A 40,000-year varve chronology from Lake Suigetsu, Japan: extension of the  $^{14}\text{C}$  calibration curve. *Radiocarbon*, **40**, 495-504.
- 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.
- Matumoto, T., 1943, The four gigantic caldera volcanoes of Kyushu. *Japanese Jour. Geol. Geogr.*, **19**, special number, 1-57.
- Mejdahl, V., 1979, Thermoluminescence dating: beta-dose attenuation in quartz grains. *Archaeometry*, **21**, 61-72.
- Nagaoka, S., 1988, Late Quaternary tephra layers from the caldera volcanoes in and around Kagoshima Bay, southern Kyushu, Japan. *Geogr. Rept. Tokyo Metropol. Univ.*, no. 23, 49-122.
- 長岡信治・奥野 充・新井房夫, 2001, 10万～3万年前の始良カルデラ火山のテフラ層序と噴火史. 地質雑, **107**, 432-450.
- 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.

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.

高島 勲・本多朔郎, 1985, 火山岩および変質岩の熱ルミネッセンス年代測定における問題点. 地熱, **22**, 216-223.

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).

田邊博之・鎌田桂子・井口博夫, 1996, 熱残留磁化方位からみた大規模火砕流の堆積温度の推定: 特に給源より北東方向に流走した入戸火砕流について (演旨). 地球惑星科学関連学会合同大会予稿集 1996, 441.

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.

山下正孝・奥野 充・高島 勲・副島多聞・渡辺公一郎・長岡信治・福島大輔, 2002, 南九州, 始良岩戸テフラの熱ルミネッセンス年代 (予報). 福岡大学理学集報, **32**(2), 63-67.

横山勝三, 1972, 始良カルデラ入戸火砕流の流動・堆積機構. 東京教育大学理学部地理学研究報告, **XVI**, 127-167.

横山勝三, 2000, 入戸火砕流の分布北限. 火山, **45**, 209-216.