

## 放射性炭素および熱ルミネッセンス年代測定による 鍋島岳火山の噴火年代の検討

奥野 充<sup>1</sup>・前垣内 勇作<sup>1,\*</sup>・高島 勲<sup>2</sup>  
中村 俊夫<sup>3</sup>・稲永 康平<sup>4</sup>・小林 哲夫<sup>5</sup>

(平成16年11月30日受理)

## Eruption Age of Nabeshima-dake Volcano (Southern Kyushu, Japan) Determined by Radiocarbon and Thermoluminescence Methods

Mitsuru OKUNO<sup>1</sup>, Yusaku MAEGAKIUCHI<sup>1,\*</sup>, Isao TAKASHIMA<sup>2</sup>,  
Toshio NAKAMURA<sup>3</sup>, Kohei INENAGA<sup>4</sup> and Tetsuo KOBAYASHI<sup>5</sup>

(Received November 30, 2004)

### Abstract

Nabeshima-dake volcano is situated at the southern rim of Ikeda caldera, southern Kyushu, Japan. The eruption of the volcano started by emission of tephra (Nb-1, 2, 3 and 4) and ceased with effusion of lava (Lava , and ). To establish the chronology of the eruption sequence, we performed radiocarbon (<sup>14</sup>C) and thermoluminescence (TL) dating.

A charcoal fragment collected from Nb-2 member of the Nabeshima-dake tephra was analyzed by accelerator mass spectrometry (AMS). The obtained <sup>14</sup>C age of 4330 ± 100 BP (NUTA-4319) showed a good agreement with previous ages, 4220 ± 160 BP (NUTA-2536) and 4380 ± 140 BP (NUTA-2537). These <sup>14</sup>C ages are calibrated dendrochronologically to a calendar year of approximately 4800 cal BP. In addition, the TL growth curve method was applied to quartz phenocrysts to determine the age. The beta-ray correction was done by measurements of quartz phenocryst diameter on thin sections as well as water contents.

- 
- 1 福岡大学理学部地球圏科学教室 (地球科学分野), 〒814-0180 福岡市城南区七隈8-19-1  
Department of Earth System Science, Faculty of Science, Fukuoka University, 8-19-1 Nanakuma, Fukuoka 814-0180, Japan
- \* 現所属: 鹿児島市立桜島中学校, 〒891-1415 鹿児島市桜島藤野町1342  
Present Address: Sakurajima Junior-high School, 1342 Sakurajima-Fujino-cho, Kagoshima 891-1415, Japan
- 2 秋田大学工学資源学部附属素材資源システム研究施設, 〒010-8502 秋田市手形学園町1-1  
Research Institute of Materials and Resources, Faculty of Engineering and Resource Science, Akita University, 1-1 Togatagakuen-machi, Akita 010-8502, Japan
- 3 名古屋大学年代測定総合研究センター, 〒464-8602 名古屋市千種区不老町  
Center for Chronological Research, Nagoya University, Furo-cho, Chikusa-ku, Nagoya 464-8602, Japan
- 4 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  
Graduate School of Science, Fukuoka University, 8-19-1 Nanakuma, Fukuoka 814-0180, Japan
- 5 鹿児島大学理学部地球環境科学教室, 〒890-0065 鹿児島市郡元1-21-35  
Department of Earth and Environmental Science, Faculty of Science, Kagoshima University, 1-21-35 Korimoto, Kagoshima 890-0065, Japan

The obtained TL ages are  $4.6 \pm 0.6$  ka and  $4.3 \pm 0.2$  ka (average  $4.3 \pm 0.3$  ka) for Lava I,  $4.2 \pm 0.4$  ka and  $3.9 \pm 0.3$  ka (average  $4.0 \pm 0.2$  ka) for Lava II. The average of four TL ages,  $4.2 \pm 0.2$  ka, is slightly younger than the calibrated  $^{14}\text{C}$  age. On the basis of tephra-stratigraphy and science-based dating, we assign the eruption age of Nabeshima-dake volcano to be around 4800 years ago.

*Key words:* Southern Kyushu, Nabeshima-dake volcano, Radiocarbon age, Thermoluminescence age

## はじめに

放射性炭素 ( $^{14}\text{C}$ ) 年代測定法は、最近約 4 万年間を対象とした年代測定法の中で最も信頼できるものの 1 つであり、同位体分別効果の補正や暦年較正など高精度化・正確度の向上が著しい (中村, 2001).  $^{14}\text{C}$  年代による火山噴火の年代決定では、主としてテフラに関連した炭化木片や土壌有機物が測定試料となるため、溶岩の流出年代についてはテフラとの層位関係から推定されることが多い。一方、熱ルミネッセンス (TL) 年代は、石英を含む火山岩を対象として数千年前 (Takashima and Watanabe, 1994) から 50 万年前 (高島ほか, 1990) までの年代範囲をほぼ同じ精度で測定できる (高島, 1995)。しかし、TL 年代の算出には不確定要素が多いため、これまでは高精度に年代を求める状況ではなかった。最近、石英斑晶を対象とした線量精密補正年代が、雲仙火山の火砕流堆積物や溶岩について報告されるようになってきた (島雄ほか, 1999)。筆者らは、噴火年代の精密決定を目的として、火山層序にもとづいて  $^{14}\text{C}$  年代と TL 年代を組み合わせる年代学的研究を進めている (例えば、山下ほか, 2002; 奥野ほか, 2003)。今回、南九州の鍋島岳火山 (Fig.1) について、炭化木片の  $^{14}\text{C}$  年代と岩石試料の TL 年代を測定した。本稿では、これらの年代測定結果を報告して鍋島岳火山の噴火年代を議論する。

## 池田カルデラ形成以降の火山層序

鍋島岳火山は、Matumoto (1943) の提唱した阿多カルデラ西部に位置する。この地域の地質は、太田 (1966)、宇井 (1967) によって報告されて

いる。ここでは、池田カルデラ形成以降の火山層序の概略について記述する。この地域の火山層序は、下位より池田湖カルデラ、鍋島岳火山、開聞岳火山である (Fig.2)。これらの暦年代 (cal BP) は奥野 (2002) による。

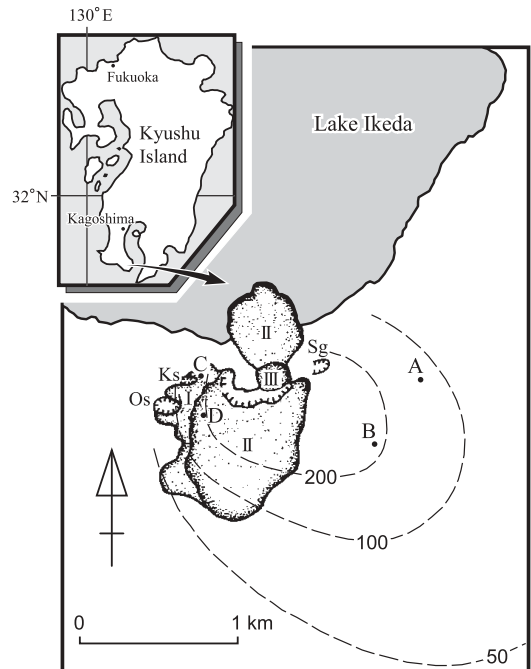


Fig.1 Geomorphologic map of Nabeshima-dake lava dome. Broken lines represent isopachs of the Nabeshima-dake tephra in centimeter (after Okuno and Kobayashi, 1991). Dating samples were collected from localities A to D. I: Nabeshima-dake lava, II: Nabeshima-dake lava, III: Nabeshima-dake lava, IV: Nabeshima-dake lava, Os: Osokozuki maar, Ks: Kosokozuki maar, Sg: Suigenchi maar

池田カルデラ形成に関連したテフラは、下位より池崎火山灰、尾下スコリア、池田降下軽石、池田火砕流、山川ベースサージ、池田湖火山灰からなり (宇井, 1967; 成尾・小林, 1980), 池田湖テフラと総称される (Fig.2: 町田・新井, 1992). 池田火砕流に含まれる炭化木片の<sup>14</sup>C年代は、5500~5800BPで (成尾・小林, 1984; 奥野ほか, 1996), 約6400 cal BPの暦年代に相当する.

鍋島岳火山は、池田カルデラ南縁に位置する溶岩ドームであり (Fig.1), テフラの噴出にはじまり溶岩の流出でおわる一連の噴火によって形成されたものである (奥野・小林, 1991). 鍋島岳テフラに含まれる炭化木片の<sup>14</sup>C年代は、約4300BPで (奥野ほか, 1993), 約4800 cal BPの暦年代に相当する.

開聞岳火山は、約4400 cal BPからAD885までの噴火活動によって形成された成層火山である (中村, 1967). 開聞岳から噴出したテフラ群は、鍋島岳火山を覆っており (奥野・小林, 1991), 12層に区分される (藤野・小林, 1997).

### 鍋島岳火山の地質概略および測定試料

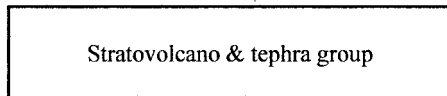
鍋島岳火山は、鍋島岳テフラと鍋島岳溶岩ドームからなる (奥野・小林, 1991). ここでは、鍋島岳火山の噴出物および年代測定に供した試料について記述する. 測定試料の採取地点を Fig.1 に示す.

鍋島岳テフラは、スコリア、軽石、縞状軽石、岩片および火山灰からなる降下物で、層相から Nb-1~4 の4つのメンバーに細分される (Fig.2). スコリアには、カンラン石、普通輝石、斜長石が、軽石には、角閃石、紫蘇輝石、斜長石、石英が斑晶として認められる. 今回、<sup>14</sup>C年代測定のために Loc. A の Nb-2 から炭化木片を採取した. なお、奥野ほか (1993) は、Loc. B の Nb-2 から炭化木片を採取し、4220 ± 160 BP (NUTA-2536) および4380 ± 140 BP (NUTA-2537) の<sup>14</sup>C年代を報告している.

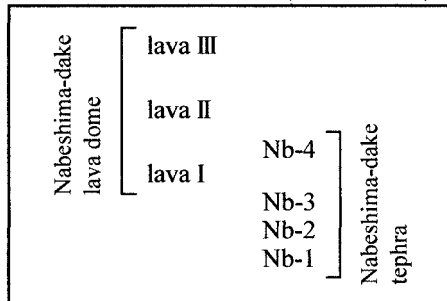
鍋島岳溶岩ドームは、灰白色~灰黒色の角閃石デイサイトからなり、鍋島岳溶岩 ~ の3つの岩体に区分される (Fig.1). 角閃石、紫蘇輝石、普通輝石、カンラン石、斜長石、石英が斑晶として認められる. 灰白色の部分はガラス基流晶質組織を呈する. これらの溶岩には多量の玄武岩質捕獲岩が包含される (種子田, 1944). 溶岩は玄武岩質捕獲岩を特に多く含み、比較的薄く広がった溶岩流の形態を示す. 溶岩は溶岩ドームの主体をなす. その北半分は池田カルデラ内に滑落しており、舌状の溶岩流の形態を示す (小林, 1984). 溶岩は滑落底付近に存在した火道から噴出した小規模な溶岩ドームである.

今回、TL年代を測定するために、溶岩の Loc. C と溶岩の Loc. D から岩石試料を各2点採取した. Loc. C での溶岩は Nb-4 に直接覆われているが (Fig.3), Nb-4 には高温酸化など直下の溶岩からの熱の影響が認められない. Loc. D の溶岩は Nb-4 にも被覆されていない.

#### Kaimon-dake volcano (4400 cal BP - AD885)



#### Nabeshima-dake volcano (4800 cal BP)



#### Ikeda caldera (6400 cal BP)

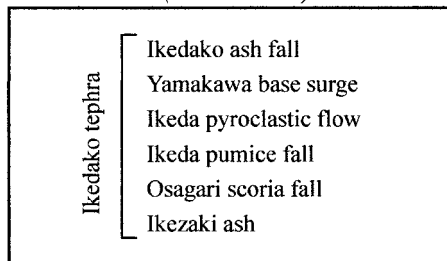


Fig.2 Block diagram showing stratigraphic relation of eruptive products of Nabeshima-dake and its adjacent volcanoes.



Fig.3 Photograph showing stratigraphic relation of the Nabeshima-dake tephra and lava at Loc. C. The upper member of the Nabeshima-dake tephra (Nb-4) directly overlies the Nabeshima-dake lava .

### 年代測定の方法

採取した炭化木片の $^{14}\text{C}$ 年代は、名古屋大学年代測定総合研究センターの General Ionex 社製タンデトロン加速器質量分析計 (Nakamura *et al.*, 1985 ; 中村・中井, 1988) を用いて測定した。試料の調製方法は、中村・中井 (1988) に従った。まず、炭化木片を蒸留水中での超音波洗浄後、酸 - アルカリ - 酸 (Acid-Alkali-Acid, AAA) 処理を施して、酸化銅と共にパイコール管に真空封入した。これを約900 °C, 2時間加熱し、生じた気体を真空ライン中において精製して二酸化炭素 ( $\text{CO}_2$ ) を得て、Kitagawa *et al.* (1993) の水素還元法によりグラフィイト・ターゲットを作製した。 $^{14}\text{C}$ 濃度の標準体として NBS 蔞酸 ( $\text{HOx I}$ ) を用いた。 $\text{CO}_2$ の一部は、気体用質量分析計 (Finnigan MAT 社製, MAT-252) により  $^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$  を測定した。

TL年代の測定方法は、高島・本多 (1989) および島雄ほか (1999) に従った。まず、ステンレス乳鉢により粉砕した岩石試料を開口径0.84mm (20メッシュ) のふるいを通過させ、粒径0.84mm以下のものを290g回収し、後述する線スペクトロメリーによる放射性元素分析に用いた。さらに粉砕した試料から、ふるいをういて0.25 ~ 0.074

mm (60 ~ 200メッシュ) の粒子を回収し、蒸留水による洗浄と定温乾燥器 (45 °C) での乾燥の後、磁石を用いて強磁性鉱物を除去した。さらにアイソダイナミックセパレーター (Frantz 社製, Model L-1) により磁性鉱物を分離した後、塩酸および弗化水素酸処理により純化・精製して石英試料を得た。石英試料の一部は、320 °C, 1時間加熱してこれまでに蓄積した TL をゼロにした。(社) 日本アイソトープ協会甲賀研究所に依頼して $^{60}\text{Co}$ の線照射した。このようにして得られた天然石英、天然試料に線照射した石英、これまでに蓄積した TL をゼロにした後に線照射した石英の3種について発光測定を行った (Fig.4)。その結果から成長曲線法 (高島・本多, 1989) を用いて、パレオドーズ (Paleodose, PD) を求めた (Fig.5)。一方、年間線量 (Annual dose, AD) は、Bell (1979) および Aitken (1985) にもとづき全岩試料中の放射性元素 (U, Th,  $\text{K}_2\text{O}$ ) の含有量を用いて算出し、石英斑晶の粒径と試料の水分含有量を用いて線量を補正した。放射性元素は、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線スペクトロメーターで測定した。また、石英斑晶の粒径は、岩石薄片を偏光顕微鏡下で観察して計測した。試料の水分含有量は、105 °C 恒量法によって求めた。

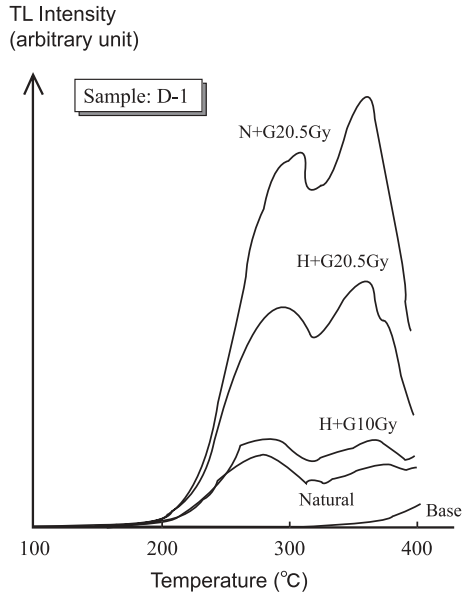


Fig.4 TL glow curves for sample D-1 to establish TL growth curve. N+ is for natural quartz irradiated to gamma ray, H+ is for pre-heated quartz irradiated to gamma ray. Absorbed dose is given by gray (Gy).

## 結果と考察

$^{14}\text{C}$  年代測定の結果を Table 1 に示す. 得られた  $^{14}\text{C}$  年代は  $4330 \pm 100 \text{ BP}$  (NUTA-4319) である.  $^{14}\text{C}$  年代値の算出には Libby の半減期 5568 年を用い, 測定誤差は 1 で示した. 試料の  $^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$  を用いて同位体分別効果を補正した (中村, 1995, 2001). 今回の  $^{14}\text{C}$  年代は奥野ほか (1993) のそれとよく一致しているが, 試料調製や測定方法で異なる点がある. すなわち, 奥野ほか (1993) では Ag-C ターゲットを調製し,  $^{14}\text{C}$  濃度の標準体として木曾ヒノキ (AD 1840 ~ 1860 の年輪) を用いており (中村・中井, 1988), 同位体分別効果も補正していない. 今回の  $^{14}\text{C}$  年代を, コンピュータプログラム CALIB 4.3 (Stuiver and Reimer, 1993) を用いて暦年に較正すると, 約 4800 cal BP が最も確率が高い. なお,  $^{14}\text{C}$  年代 - 暦年較正曲線には, Stuiver *et al.* (1998) を用いた.

TL 年代測定の結果を Table 2 に示す. 測定誤差は PD および AD の誤差を総合したものであり, PD の誤差は成長曲線の標準偏差, AD の誤差は放射性元素分析の誤差を 10% と仮定したものである (高島, 1995). 得られた TL 年代は, Loc.

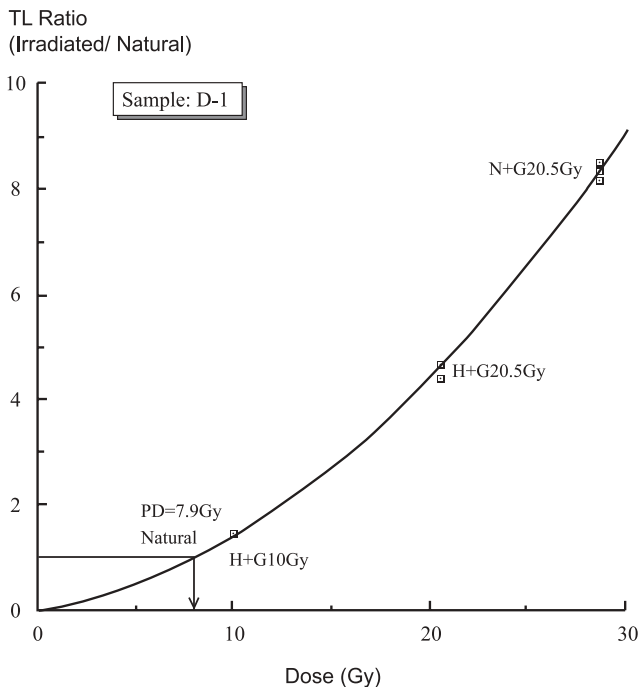


Fig.5 TL growth curve for sample D-1 to evaluate paleodose (PD). Natural is an intersection point of TL growth line and natural peak height expressed by the TL ratio of 1.0 in vertical axis. N+ and H+ are the same as given in Fig. 4.



Cの溶岩 について $4.6 \pm 0.6$ kaおよび $4.3 \pm 0.2$ kaで、Loc.Dの溶岩 について $4.2 \pm 0.4$ kaおよび $3.9 \pm 0.3$ kaである。岩体ごとの年代値は誤差範囲内で一致しており、加重平均値は溶岩 が $4.3 \pm 0.3$ ka、溶岩 が $4.0 \pm 0.2$ kaである。

Loc.Cにおける溶岩 とNb-4の層位関係から、溶岩 の流出に先行してNb-1~3が噴出したと考えられる。このことは、Loc.Bで溶岩 と酷似した本質岩塊がNb-4に認められること(奥野・小林, 1991)とも調和的である。Loc.Dの溶岩 とNb-4の層位関係から、溶岩 の流出に先行してNb-4が噴出したものと考えられる。また、Loc.CのNb-4が溶岩 からの熱の影響を受けていないことは、溶岩 の流出からNb-4の噴出までの間には多少の時間差があったことを示している。このように、溶岩 と溶岩 の流出の間には多少の時間差が推定されるが、地質学的にはほぼ一連の噴火とみなされる。それゆえ、この溶岩ドームが同時期の噴火で形成されたものとして、4点の加重平均値を求めると $4.2 \pm 0.2$ kaが得られる。開聞岳テフラ群との層位関係から、この溶岩ド

ムが約4400cal BPより古いことは確実である。以上のことから判断すると、溶岩のTL年代とした $4.2 \pm 0.2$ kaは、やや若い値を示していると考えられるものの、テフラの暦年代(4800cal BP)とも誤差範囲内で一致する。

## 謝 辞

本稿で報告したTL年代は、著者のひとり前垣内勇作が福岡大学理学部地球圏科学科の平成15年度卒業研究によるものである。その際、同学科4年の関友美子氏と同大学院の祐徳信武氏(いずれも当時)にご助力を、同学科の鮎沢 潤、柚原雅樹の両博士に有益なご助言をいただいた。本稿作成に際して、同大学院の瀬戸間洋平氏にご協力いただいた。石英の線照射では、(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。長崎大学教育学部の長岡信治助教授には、粗稿を読んで有益なコメントをいただいた。なお、この研究には、福岡大学大学院の平成16年度高度化推進経費(課題番号:KD04057, 研究

Table 1 AMS radiocarbon dates of charcoal fragments from Nabeshima-dake tephra

* Locality	# $\delta^{13}\text{C}_{\text{PDB}}$ (‰)	$^{14}\text{C}$ date (BP)	Lab no (NUTA-)	Calibrated date (cal BP)/ probability (%)	Reference
A	-27.7	4330±100	4319	5289-5155 (13.4) 5148-5095 (3.9) 5091-4788 (68.3) 4766-4614 (14.1) 4595-4590 (0.3)	This paper
B	(-25)	4220±160	2536		Okuno <i>et al.</i> (1993)
B	(-25)	4380±140	2537		Okuno <i>et al.</i> (1993)

\*: See Fig.1, #:  $^{13}\text{C}$  value in parenthesis is assumed.

Table 2 TL age data of Nabeshima-dake lava

* Locality	Sample name	U (ppm)	Th (ppm)	K <sub>2</sub> O (%)	# D (mm)	H <sub>2</sub> O (%)	AD (mGy/a)	PD (Gy)	TL age (ka)
C	C-1	1.77	6.34	2.05	1.38	0.4	2.00	9.1	4.6±0.6
(Lava I)	C-2	1.82	6.57	2.26	1.33	0.1	2.19	9.3	4.3±0.2
D	D-1	1.39	6.06	1.88	1.19	0.2	1.89	7.9	4.2±0.4
(Lava II)	D-2	1.91	7.50	2.54	1.29	0.2	2.46	9.6	3.9±0.3

\*: See Fig.1, #: Diameter of quartz phenocryst

課題：火山層序・炭素<sup>14</sup>・熱ルミネッセンスの複合年代測定による火山活動の中・長期的評価，研究代表者：奥野 充)の一部を用いた．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.
- 藤野直樹・小林哲夫, 1997, 開聞岳火山の噴火史. *火山*, **42**, 195-211.
- Kitagawa, H., Masuzawa, T., Nakamura, T. and Matsumoto, E., 1993, A batch preparation method for graphite targets with low background for AMS <sup>14</sup>C measurements. *Radiocarbon*, **35**, 295-300.
- 小林哲夫, 1984, 池田カルデラの鍋島岳溶岩円頂丘. 日本火山学会編「空中写真による日本の火山地形」, 東京大学出版会, 52-53.
- 町田 洋・新井房夫, 1992, 火山灰アトラス - 日本列島とその周辺. 東京大学出版会, 276p.
- Matumoto, T., 1943, The four gigantic caldera volcanoes of Kyushu. *Japanese Jour. Geol. Geogr.*, **19**, 1-57.
- 中村真人, 1967, 開聞岳の火山噴出物と火山活動史 - とくに噴出物の量と年代関係について. *火山*, **12**, 119-131.
- 中村俊夫, 1995, 加速器質量分析 (AMS) 法による<sup>14</sup>C年代測定の高精度化および正確度の向上の検討. *第四紀研究*, **34**, 171-183.
- 中村俊夫, 2001, 放射性炭素年代とその高精度化. *第四紀研究*, **40**, 445-459.
- 中村俊夫・中井信之, 1988, 放射性炭素年代測定法の基礎 - 加速器質量分析法に重点を置いて -. *地質学論集*, no. 29, 83-106.
- Nakamura, T., Nakai, N., Sakase, T., Kimura, M., Ohishi, S., Taniguchi, M. and Yoshioka, S., 1985, Direct detection of radiocarbon using accelerator techniques and its application to age measurements. *Japanese Jour. Appl. Phys.*, **24**, 1716-1723.
- 成尾英仁・小林哲夫, 1980, 池田カルデラの火山活動史. *火山*, **25**, 306.
- 成尾英仁・小林哲夫, 1984, 池田カルデラ形成時の降下堆積物. *火山*, **29**, 148.
- 太田良平, 1966, 鹿児島県指宿地方地質調査報告. *地調月報*, **17**, 129-139.
- 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・小林哲夫, 1991, 鍋島岳火山の地質. 鹿児島大学理学部紀要 (地学・生物), no. 24, 23-35.
- 奥野 充・小林哲夫・中村俊夫, 1993, 南九州, 鍋島岳テフラ層中の炭化木片の加速器<sup>14</sup>C年代. *火山*, **38**, 91-94.
- 奥野 充・中村俊夫・高島 勲・長岡信治, 2003, 南九州, 始良岩戸テフラの比較年代学的研究 (予報). 平成14年度科学研究費補助金 (基盤研究 (C) (1)) 研究成果報告書「加速器 C-14 年代測定の実験室間の比較検定」 (研究代表者: 中村俊夫), 40-45.
- 奥野 充・成尾英仁・中村俊夫・小林哲夫, 1996, 南九州, 池田湖テフラ層に関連する試料の加速器<sup>14</sup>C年代. 名古屋大学古川総合研究資料館報告, no. 12, 49-55.
- 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線量精密補正年代 -. *岩鉱*, **94**, 109-119.
- Stuiver, M. and Reimer, P.J., 1993, Extended <sup>14</sup>C data base and revised CALIB 3.0 <sup>14</sup>C age calibration program. *Radiocarbon*, **35**, 215-230.
- Stuiver, M., Reimer, P. J., Bard, E., Beck, J. W., Burr, G. S., Hughen, K. A., Kromer, B., McCormac, G., van der Plicht, J. and Spurk, M., 1998, INTCAL98 radiocarbon age calibration, 24,000-0 cal BP. *Radiocarbon*, **40**, 1041-1083.
- 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・本多朔郎, 1989, 福島県会津田島地域の火砕流堆積物の K-Ar 年代と TL 年代の比

- 較. 地質雑, 95, 807-816.
- 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・本多朔朗・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.
- 種子田定勝, 1944, 鍋島溶岩およびその捕獲岩様岩石に就いて. 岩鉱, 31, 477-490.
- 宇井忠英, 1967, 鹿児島県指宿地方の地質. 地質雑, 73, 477-490.
- 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.