

開聞岳火山の海食崖に露出するテフラ層から得られた  
炭化木片の放射性炭素年代

片平 要\*・奥野 充\*\*

(2014年7月20日受付, 2015年7月11日受理)

Radiocarbon Dates of Charcoal Fragments Collected from Tephra Layers Exposed at  
Sea Cliffs Surrounding Kaimondake Volcano, Southern Kyushu, Japan

Kaname KATAHIRA\* and Mitsuru OKUNO\*\*

Kaimondake volcano, located in southwest Japan, first erupted *ca.* 4.4 cal kBP and produced 12 eruptive episodes (Km1 to Km12, in ascending order) until AD 885. As radiocarbon dating is a useful tool for establishing a chronostratigraphic framework, this study determined five radiocarbon dates of charcoal fragments to check the stratigraphy of tephra layers exposed at sea cliffs surrounding the volcano. Km12 a pyroclastic flow deposits (AD 874) are distributed at the western foot of the volcano (Hanasezaki to Tanosaki). Three dates (1310±40 BP, 1235±40 BP, and 1045±40 BP) obtained from the deposits are nearly consistent with ancient documents pertaining to Km12. The remaining part of the sea cliff (Tanosaki to Kawajiri) consists of tephra layers and lavas of the Km10 (3rd Century) and Km11 (7th Century) eruptions. Two dates (1690±35 BP and 1705±45 BP) obtained from an ash fall deposit distributed from Kurose to Kaimonzaki suggest that this deposit was a product of the Km10 eruption.

**Key words:** Kaimondake volcano, radiocarbon dates, tephra stratigraphy

## 1. はじめに

開聞岳火山は、基底直径約4.5 km、標高924 mで (Fig. 1)、阿多カルデラ (Matumoto, 1943) の西半分をなす指宿火山地域で最も新しい火山である (桑代, 1966; 宇井, 1967)。開聞岳火山からのテフラ群 (tephra group) (以下、開聞岳テフラ群と呼ぶ) は、休止期を示す土壌層を介して Km1~12 のテフラ層 (tephra formation) に区分される (Fig. 2: 藤野・小林, 1997)。最初期の Km1 は約 4.4 cal kBP であり (奥野, 2002)、最新の Km12 は、貞観 16 年 (AD 874: Km12 a) と仁和元年 (AD 885: Km12b) の噴火活動として『日本三代実録』に記録されている (成尾, 1986; 成尾・他, 1997)。本稿でのテフラ層の名称は、基本的に藤野・小林 (1997) を踏襲する。なお、数字のあとの「a,

b, c」といった区分は、軽微な侵食や薄い土壌層の挟在が認められるテフラ亜層 (tephra sub-formation) であり、「1, 2, 3」は岩相および色調、粒径の変化にもとづいて細分されるテフラメンバー (tephra member) である。なお、テフラ亜層は、Km12 a と b のように 10 年程度の休止期が想定される (藤野・小林, 1997)。

片平・奥野 (2010) は、海食崖に露出するテフラ層や溶岩などを連続的に追跡し (Figs. 3 and 4)、これらの大部分が Km10 と Km11 の噴出物であると考えた。片平・奥野 (2012) は、片平・奥野 (2010) が Km11 afa<sub>1</sub> に対比した火山灰層に含まれる炭化木片の <sup>14</sup>C 年代を 1740±40 BP (JAT-7758) と報告した。この <sup>14</sup>C 年代は 3 世紀ごろに相当し、この火山灰層が Km10 の噴出物である可能性が考

\* 〒812-0013 福岡市博多区博多駅東 2-6-23  
日鉄鉦コンサルタント株式会社九州本社  
Kyushu Head Office, Nittetsu Mining Consultants Co.,  
Ltd., 2-6-23 Hakata-Ekihigashi, Hakata-ku, Fukuoka 812-  
0013, Japan.

\*\* 〒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科・産学官連携研究機関  
国際火山噴火史情報研究所

Department of Earth System Science, Faculty of Science,  
Also; AIG Collaborative Research Institute for Inter-  
national Study on Eruptive History and Informatics  
(ACRIFIS-EHAI), Fukuoka University, 8-19-1 Nanakuma,  
Jonan-ku, Fukuoka 814-0180, Japan.

Corresponding author: Kaname Katahira  
e-mail: katahira@nittetsuko.com

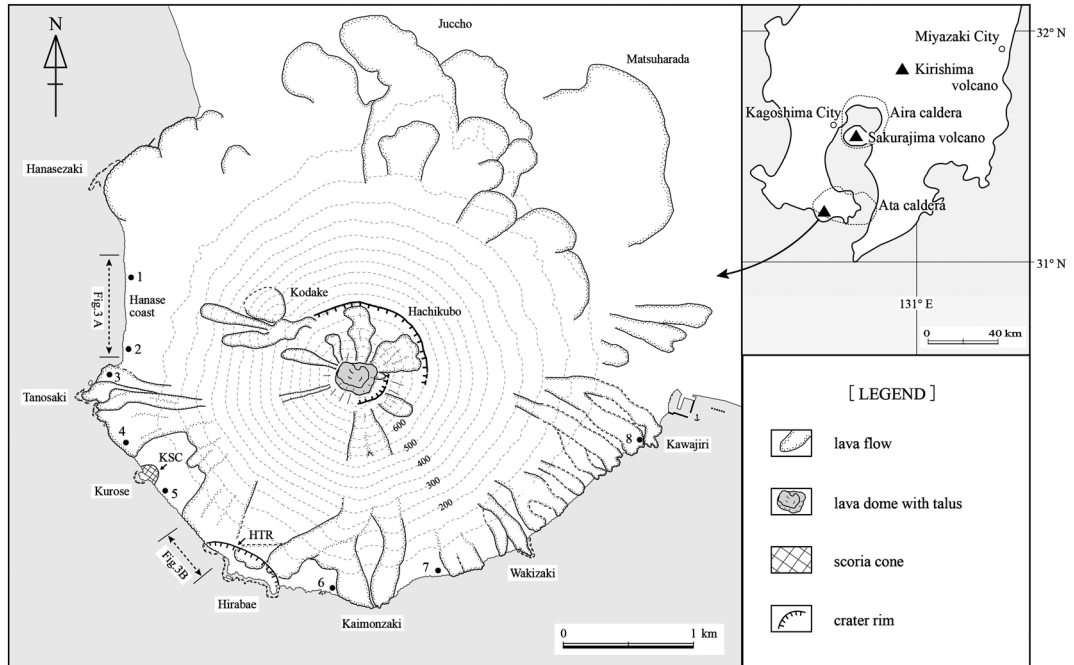


Fig. 1. Topographic map of Kaimondake volcano. Localities of stratigraphic columns and geological sketches in Figs. 3 and 4 are shown. Countour interval is 50 m. KSC: Kurose scoria cone, HTR: Hirabae tuff ring. Closed circles with numbers indicate observation points.

えられた。本稿では、この火山灰層の模式地を黒瀬 (Loc. 4) に設定して Km10 黒瀬火山灰 (Km10-Ks) と改称する (Fig. 5)。このような層序の混乱は、海岸付近でテフラ層に挟まる土壌層の発達が乏しく、岩相追跡だけではテフラ層の区分が不十分なため  $^{14}\text{C}$  年代を組み合わせる必要があることを示す。本稿では、海食崖に露出するテフラ層から採取した炭化木片の  $^{14}\text{C}$  年代を報告し、その意義を議論する。なお、年代表記については奥野・他 (2013) に従う。

## 2. 噴火史研究の概略

開聞岳テフラ群の層序学的研究は、桑代 (1966, 1967) に始まり、中村 (1967) や成尾 (1986) などを経て、藤野・小林 (1997) によりほぼ完成されたと言える。最新噴火の Km12 の噴火年代は古記録から詳しくわかっており、その他は考古遺跡での層位関係から明らかにされている (成尾, 1986; 成尾・他, 1997)。藤野・小林 (1997) は、いくつかの層準の  $^{14}\text{C}$  年代 (古川・中村, 1969; 石川・他, 1979 など) も加えて、テフラ層に挟まれる土壌層の厚さの比例配分から年代を算出した。本稿では  $^{14}\text{C}$  年代を暦年校正して再計算した年代 (奥野, 2002) を採用する (Fig. 2)。

北側斜面の標高 600 m 付近には、鉢窪火口 (桑代, 1966) があり、それを境として火山体は山頂部の中央火口丘と下部の成層火山に区分される (Fig. 1; 藤野・小林, 1997; 桑代, 1966, 1967; 中村, 1967)。鉢窪火口南縁は、中央火口丘に埋積されているが、現存する北側の地形から推定される直径は約 800~900 m と比較的大きい。中村 (1967, 1971) は、鉢窪火口を成層火山体の山体崩壊による馬蹄形カルデラとし、海食崖に露出する堆積物を爆發角礫層 (km $\gamma$ ) と考えた。一方、藤野・小林 (1997) は、南側の火口縁が追跡できない部分と Km12 の火砕流堆積物の分布範囲が一致するとして、Km12 の火砕流噴火によって火口地形が拡大したと考えた。片平・奥野 (2010) は、概述のように海食崖に露出する堆積物の大部分を Km10 と Km11 の噴出物であるとした。

溶岩についても、これらのテフラとの層位関係が知られている (Fig. 2; 藤野・小林, 1997; 桑代, 1966, 1967; 中村, 1967, 1971)。Km10 以降では、Km10 噴火で犬埴溶岩 (IgL), Km11 噴火で黒瀬溶岩 (KsL), 十町溶岩 (JcL), 横瀬溶岩 (YsL), Km12 噴火で田の崎溶岩 (TsL) や山頂の溶岩ドームなどを噴出している。これらの溶岩は、ほとんどが斜長石斑晶に富むかんらん石斜方輝石単斜輝石玄武岩であるが、山頂の溶岩ドームやその周辺に分布す

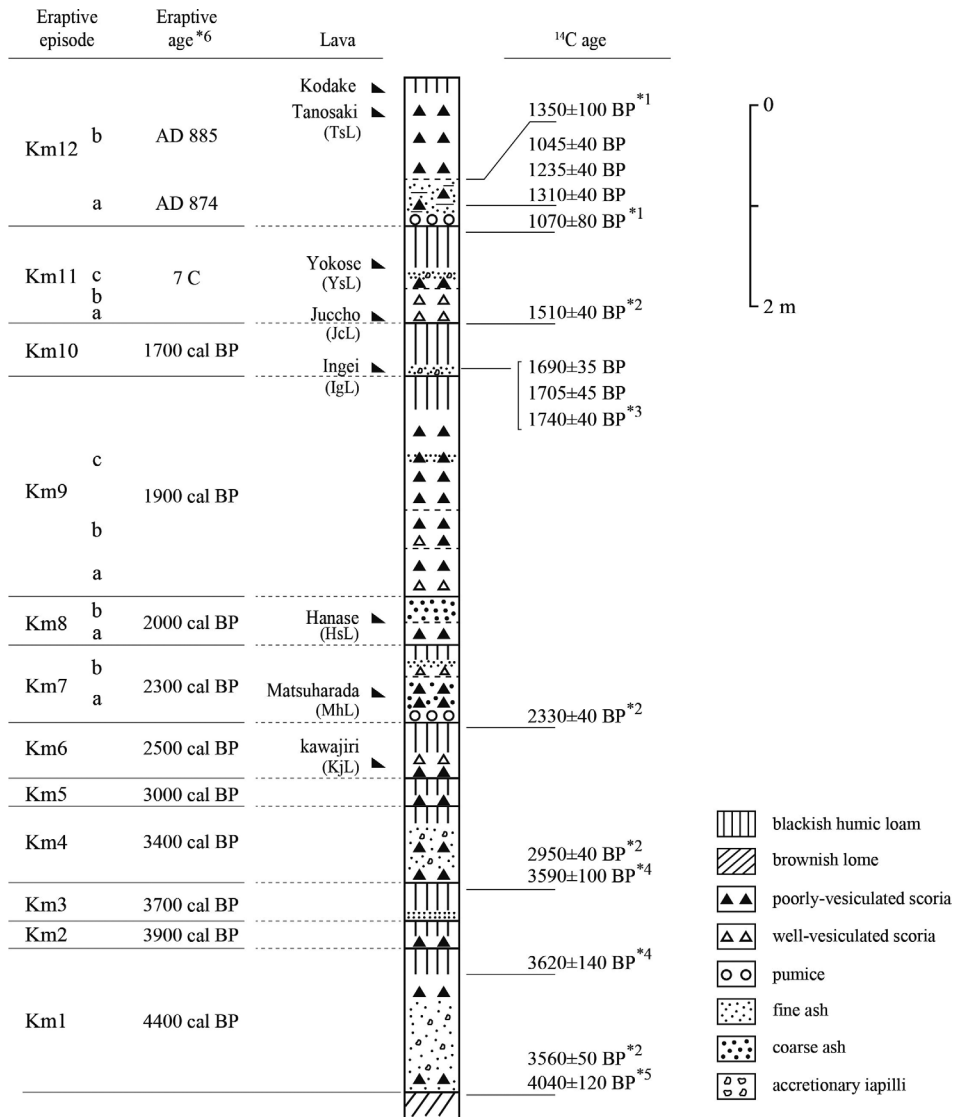


Fig. 2. Summarized columnar section for Kaimondake Tephra Group (after Fujino and Kobayashi, 1997). \*1: Okuno *et al.* (1998), \*2: Kawanabe and Sakaguchi (2005), \*3: Katahira and Okuno (2010), \*4: Furukawa and Nakamura (1969), \*5: Ishikawa *et al.* (1979), \*6: Okuno (2002).

る溶岩は、斜方輝石単斜輝石安山岩で SiO<sub>2</sub> 含有量が開聞岳噴出物中で最も高い(川辺・阪口, 2005; 中村, 1971)。

### 3. 海食崖の地質記載

開聞岳西麓から南東麓にかけての海食崖には、主に Km10 から Km12 までのテフラ、溶岩およびラハール堆積物が露出している (Figs. 3 and 4) (片平・奥野, 2010)。それらの年代は、Km10 が 3 世紀ごろ (1.7cal kBP)、Km11 が 7 世紀後半、Km12 が AD 874~885 である (Fig.

2)。Km12 の火砕流およびラハール堆積物は、花瀬崎から田の崎にかけてのみ認められる。溶岩は Km10 の犬尾溶岩 (IgL)、Km11 の黒瀬溶岩 (KsL)、十町溶岩 (JcL)、横瀬溶岩 (YsL)、Km12 の田の崎溶岩 (TsL) がある (藤野・小林, 1997; 片平・奥野, 2010; 桑代, 1966, 1967)。以下に各地点での地質層序を記載する。

#### 3-1 花瀬海岸

花瀬海岸では、Km12 a の堆積物が露出し、その上位を Km12b の降下火山灰層 (Km12b<sub>i</sub>) や降下スコリア層

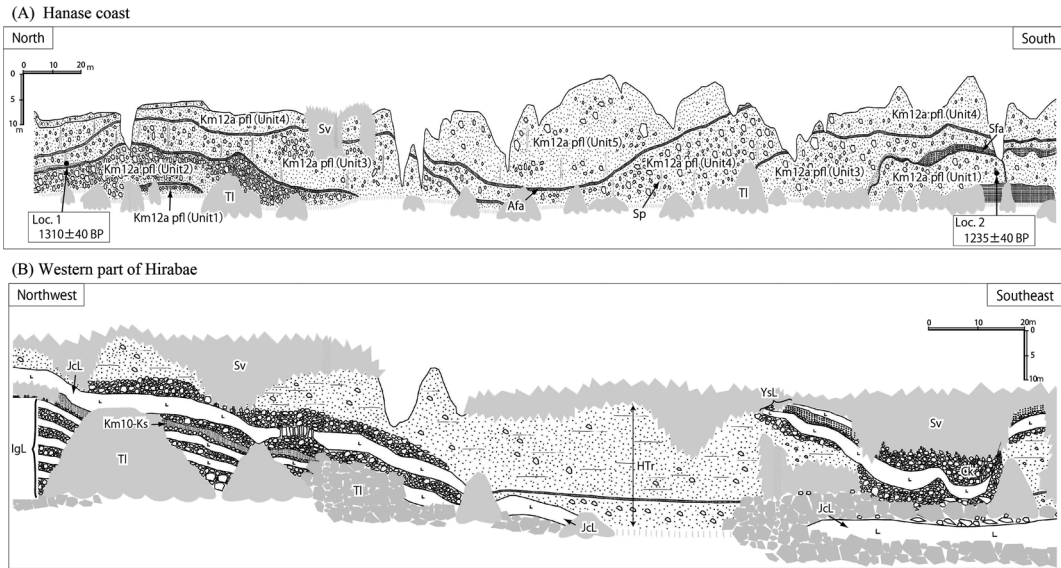


Fig. 3. Geologic sketches of the sea cliff along the western to southern foot of Kaimondake volcano (modified from Katahira and Okuno, 2010). Locality is shown in Fig. 1. (A) Hanase Coast, (B) Hirabae. YsL: Yokose lava; JcL: Juccho lava; IgL: Ingei lava; HTr: Hirabae tuff ring; Sp: segregation pipe; Ck: clinker; TI: Talus; Sv: Surface vegetation; afa: ash fall deposit; sfa: scoria fall deposit; pfl: pyroclastic flow deposit; Km 10-Ks: Kaimondake 10-Kurose ash.

(Km12b<sub>8</sub>)などが覆う(藤野・小林, 1997; Fig. 3A)。なお、発泡の悪い濃紺色スコリアのKm12b<sub>2~7</sub>は主に東方に分布しており(藤野・小林, 1997)、花瀬海岸では確認できない。ここでのKm12aは、下位からユニット1~5に細分される(片平・奥野, 2010)。ユニット2と5は、多量の類質岩塊を含み、ラミナの発達が認められることから、ラハール堆積物であると考えられる。ユニット1, 3, 4は、火砕流堆積物と降下火山灰層のセットであり、各ユニットの層厚は数m~10mである。火砕流堆積物は本質岩塊に富むblock-and-ash flow堆積物であり、全体として高温酸化により赤味を帯び、最大約1mの類質岩塊を含む。断片的に露出するユニット1は、上部に黒色で緻密な本質岩片があり、Km12a<sub>4</sub>に対比される比較的発泡の悪い降下スコリア層に覆われる(Fig. 3A)。

### 3-2 田の崎

田の崎北側のLoc. 3では、Km12aが十町溶岩(JcL)を覆っており、その南側で田の崎溶岩(TsL; 層厚=約4m)がこれらを覆っている(Fig. 4)。田の崎溶岩は、Km12b噴火末期に山腹火口から流出しており、Km12b<sub>9</sub>の降下スコリア層に覆われる(藤野・小林, 1997)。田の崎から開聞崎、さらに川尻までは、主としてKm10およびKm11の噴出物が分布している。Loc. 4では、下位よりKm10の犬埴溶岩(IgL)、黄褐色粘土質火山灰層(Km10

開聞崎火山灰; Km10-Kz)、火山灰層(Km10-Ks)、Km11のスコリア質火砕流堆積物(Km11 pfl)、ラハール堆積物(Lh<sub>1</sub>)、十町溶岩(JcL)が累重する(Fig. 4)。本稿では、Km10-Kzの模式地を開聞崎(Loc. 6)に設定する(Fig. 5)。ここでのKm10-Kzは下位の犬埴溶岩を直接覆っており、層厚約10cmで5mm程度の火山豆石を多数含んでいる。Km10-Ksは層厚約1mで、粗粒砂層とシルト混じり細粒砂層の互層からなる。粗粒砂層は、厚さ5~20cmで黄褐色から暗灰色を呈す。細粒砂層は、最大層厚40cmで暗灰色を呈し、炭化木片を含む。

### 3-3 黒瀬

Loc. 5では、厚さ約2mの溶岩が3枚重なっており、溶岩の上下面には厚さ約1mのクリンカーが発達している(Fig. 4)。これらは犬埴溶岩(IgL)に相当し、その上位を火山灰層(Km10-Ks)、黒瀬溶岩(KsL)、ラハール堆積物(Lh<sub>1</sub>)が覆い、Km10-Ksには炭化木片が含まれる。黒瀬では、基底100m、高さ10mのスコリア丘の断面が見られる。黒瀬溶岩はこのスコリア丘を破壊して海側に流下し、南西方向に突出した黒瀬を形成している。このスコリア丘の形成時期は、上位のラハール堆積物がLoc. 2で十町溶岩(JcL)に覆われることから、Km11の初期かそれ以前であると考えられる。

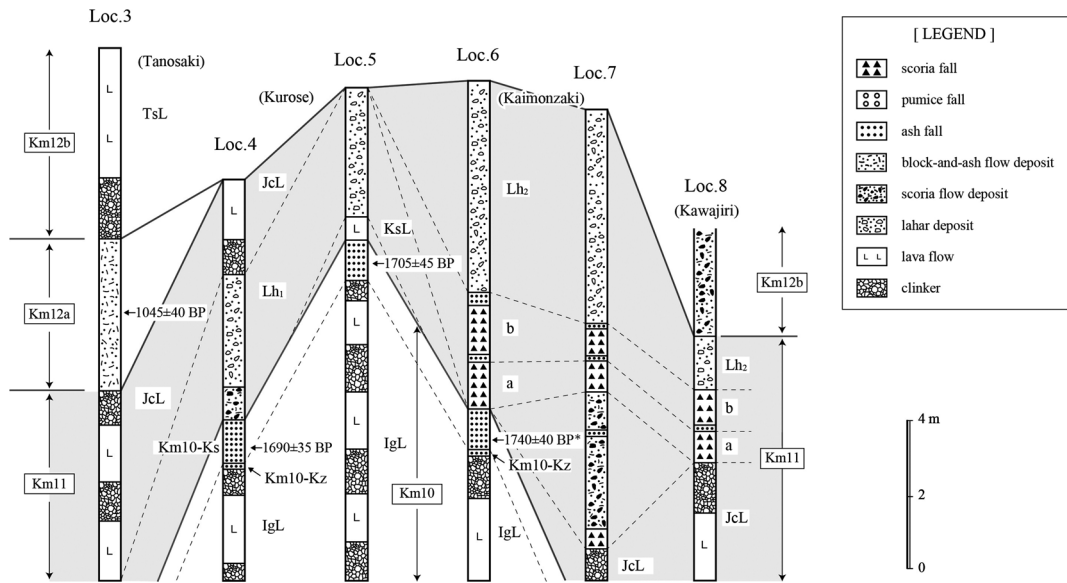


Fig. 4. Columnar sections of representative sites at the southern foot of the volcano. TsL: Tanosaki lava; YsL: Yokose lava; JcL: Juccho lava; IgL: Ingei lava; Lh: Lahar deposit; Km 10-Kz: Kaimondake 10-Kaimonzaki ash; Km 10-Ks: Kaimondake 10-Kurose ash. \*: Katahira and Okuno (2012)

### 3-4 平ばえ

平ばえ付近では、Km10の犬焔溶岩(IgL)と火山灰層(Km10-Ks), Km11の十町溶岩(JcL), タフリング堆積物(藤野・小林, 1992), 横瀬溶岩(YsL)が累重する(Fig. 3B)。タフリングの比高は約30mで、ラミナも発達しており、いくつかのユニットに細分できる。また、含まれる岩片は、主に類質物質である。横瀬溶岩は、Km11噴火の後半に流出したもので(藤野・小林, 1997), タフリングの侵食面に沿って流下し、平ばえと呼ばれるテラスを形成している。

### 3-5 開聞崎から川尻

開聞崎西のLoc. 6では、下位より犬焔溶岩(IgL)と黄褐色粘土質火山灰層(Km10-Kz), 火山灰層(Km10-Ks), 降下スコリア層(Km11a, b), ラハール堆積物(Lh<sub>2</sub>)が堆積している(Fig. 4)。Km11a, bの降下スコリア層は、ともに発泡の良い黒色スコリアからなり、粒径変化によっていくつかのユニットに区分される(藤野・小林, 1997)。両者の層厚は約1~2mで、赤褐色細粒火山灰層などを挟んでいる。この降下スコリア層は広範囲に分布し、脇崎から川尻にかけて十町溶岩を直接覆う。脇崎付近では、降下スコリア層(Km11a)の下位に細粒火山灰層(Km11脇崎火山灰; Km11-Wz)が堆積する(Fig. 5; 片平・奥野, 2010)。本稿では、Km11-Wzの模式地を脇崎に設定する(Fig. 5)。ここでのKm11-Wzは、層厚10~20cmで、直径1cm程度のスコリア粒が散在する。既述の通

りKm10-Ks中の炭化木片の<sup>14</sup>C年代は、1740±40BP(JAT-7758)である(片平・奥野, 2012)。

Loc. 7ではKm11の降下スコリア層中に、下部が高温暖化して赤色を呈するスコリア質火砕流堆積物が局部的に挟んでいる(Fig. 4)。川尻付近のLoc. 8では、Km10およびKm11の噴出物を覆うようにKm12bのスコリア質火砕流堆積物が累重する(Fig. 4)。

## 4. <sup>14</sup>C年代測定とその結果

測定試料の炭化木片は、酸-アルカリ-酸(AAA)処理した後、水素還元法によるグラファイト化(Kitagawa *et al.*, 1993)を福岡大学理学部で行い、日本原子力研究開発機構東濃地科学センターのNEC社製15SDH-2型AMSシステム(Xu *et al.*, 2000)で<sup>14</sup>C濃度を測定した。<sup>14</sup>C濃度の標準体としてNIST OxII(シュウ酸)を、バックグラウンド値にIAEA C1(大理石)を用いた。<sup>14</sup>C年代値の算出には、Libbyの半減期5568年を用い、試料の $\delta^{13}\text{C}$ 値により同位体分別効果(中村, 1995)を補正した。暦年較正には、コンピュータプログラムCalib 7.0(Stuiver and Reimer, 1993)とデータセットIntCal13(Reimer *et al.*, 2013)を使用した。

測定結果をTable 1に示す。花瀬海岸に露出するKm12aの火砕流堆積物中の炭化木片の<sup>14</sup>C年代は、Loc. 1(ユニット3)から1310±40BP(JAT-7759)、Loc. 2(ユニット1)から1235±40BP(JAT-8673)が、Loc. 3(ユニ

Table 1. Results of AMS radiocarbon dating

Stratigraphic position	Location	Material	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	$^{14}\text{C}$ age (BP)	Calibrated year ranges (2 $\sigma$ , cal AD)	Probability (%)	Labo. ID (JAT-)
Km12a (Unit4)	Loc. 3	Charcoal	-28.0	1045±40	892-1040	99.6	8674
					1110-1115	0.4	
Km12a (Unit3)	Loc. 1	Charcoal	-28.3	1310±40	651-771	100	7759
Km12a (Unit1)	Loc. 2	Charcoal	-26.5	1235±40	682-884	100	8673
Km10-Ks	Loc. 4	Charcoal	-29.1	1690±35	253-304 313-419	20.5 79.5	7820
	Loc. 5	Charcoal	-27.9	1705±45	235-422	100	8675

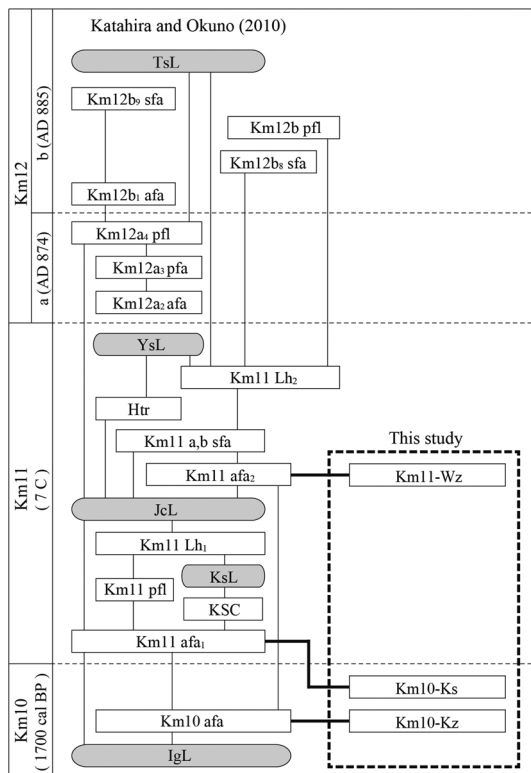


Fig. 5. Block diagram showing stratigraphy along the sea cliff of Kaimondake volcano (modified from Katahira and Okuno, 2010). Km 10-Kz: Kaimondake 10-Kaimonzaki ash; Km 10-Ks: Kaimondake 10-Kurose ash; Km 11-Wz: Kaimondake 11-Wakizaki ash.

ト 4) から  $1045 \pm 40$  BP (JAT-8674) が得られた。一方、黒瀬から開間崎付近に分布する Km10-Ks 中の炭化木片では、Loc. 4 から  $1690 \pm 35$  BP (JAT-7820)、Loc. 5 から  $1705 \pm 45$  BP (JAT-8675) が得られた。

## 5. 議 論

花瀬海岸付近 (Loc. 1~3) の Km12 a の火砕流堆積物中の炭化木片の  $^{14}\text{C}$  年代は、ややばらついているが 7 世紀末から 10 世紀の暦年代に相当し (Table 1), 『日本三代実録』から知られる噴火年代 (AD 874) と矛盾せず、藤野・小林 (1997) を支持する。

黒瀬から開間崎付近 (Loc. 4~6) に分布する Km10-Ks 中の炭化木片の  $^{14}\text{C}$  年代は、片平・奥野 (2012) の年代値 ( $1740 \pm 40$  BP) も含めてほぼ一致している。その較正暦年代は、3 世紀中ごろから後半を示し (Table 1)、これまでの Km10 の噴火年代 (3 世紀ごろ) と良く一致する。

開間岳火山の南側斜面は、Km12 の噴火で形成されたとこれまで考えられてきた (藤野・小林, 1997)。しかし、火砕流堆積物は Km12 a が花瀬海岸に、Km12 b が川尻付近に厚く堆積するのみで (片平・奥野, 2010),  $^{14}\text{C}$  年代からも海食崖を構成する堆積物のほとんどが Km10 から Km11 のものであることが確認できた。従って、現在の山体の主たる部分は、Km10 および Km11 の噴火によって形成されたと考えられ、それらの後に起こった Km12 噴火の全貌もこのことを踏まえて検証する必要がある。

## 謝 辞

本稿は、筆頭著者の片平が福岡大学大学院理学研究科に提出した修士論文の一部を加筆・修正したものであり、同学理学部の田口幸洋教授ほかの皆様にも多くの助言をいただいた。小林哲夫教授 (鹿児島大学) と成尾英仁博士 (武岡台高) にも、この論文を執筆する際にご教示いただいた。2 名の匿名査読者と編集委員の宮縁育夫博士の適切な助言により、本稿は大幅に改善された。 $^{14}\text{C}$  年代測定は、日本原子力研究開発機構の施設共用制度を利用したものであり、東濃地科学研究センターの國分 (齋藤) 陽子博士にお世話になった。この研究の一部に、日本学術振興会の科学研究費補助金 (基盤研究 (A)), 課題番号:

22240082, 代表者: 中村俊夫) を使用した。記して深く謝意を表します。

### 引用文献

- 藤野直樹・小林哲夫 (1992) 開聞岳火山起源のコラ層の噴火堆積様式。鹿児島大学理学部紀要(地学・生物学), **25**, 69-83.
- 藤野直樹・小林哲夫 (1997) 開聞岳火山の噴火史。火山, **42**, 195-211.
- 古川博恭・中村真人 (1969) 開聞岳噴火の火山灰層の  $^{14}\text{C}$  年代。地球科学, **23**, 259-260.
- 石川秀雄・有村兼誠・大木公彦・丸野勝敏 (1979) 阿多火砕流および開聞岳火山灰層の  $^{14}\text{C}$  年代。地質雑, **85**, 695-697.
- 片平 要・奥野 充 (2010) 開聞岳南麓の海食崖の地質スケッチ。福岡大学研究部論集, C (理工学編), **2**, 53-63.
- 片平 要・奥野 充 (2012) 開聞岳火山南麓の海食崖のデータベース。月刊地球, **34**, 296-298.
- 川辺禎久・阪口圭一 (2005) 開聞岳地域の地質。地域地質研究報告 (5 万分の 1 地質図幅)。産総研地質調査総合センター, 82p.
- Kitagawa, H., Masuzawa, T., Nakamura, T. and Matsumoto, E. (1993) A batch preparation method for graphite targets with low background for AMS  $^{14}\text{C}$  measurements. *Radiocarbon*, **35**, 295-300.
- 桑代 勲 (1966) 新期ロームのうち (A) 開聞火山噴出物について: 薩摩半島中南部の火山噴出物 (2)。知覧文化, **3**, 1-12.
- 桑代 勲 (1967) 新期ロームのうち (A) 開聞火山噴出物について (その 2): 薩摩半島中南部の火山噴出物 (3)。知覧文化, **4**, 72-94.
- Matsumoto, T. (1943) The four gigantic caldera volcanoes of Kyushu. *Jpn. Geol. Geogr.*, **19**, 1-57.
- 中村真人 (1967) 開聞岳の火山噴出物と活動史—とくに噴出物の量と時代関係について—。火山, **12**, 199-231.
- 中村真人 (1971) 開聞岳火山の岩石学的研究。地質雑, **77**, 359-364.
- 中村俊夫 (1995) 加速器質量分析 (AMS) 法による  $^{14}\text{C}$  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.
- 成尾英仁 (1986) 開聞岳と遺跡。隼人文化, **18**, 47-60.
- 成尾英二・永山修一・下山 覚 (1997) 開聞岳の古墳時代噴火と平安時代噴火による災害—遺跡発掘と史料からの検討。月刊地球, **19**, 215-222.
- 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.
- Okuno, M., Nakamura, T. and Kobayashi, T. (1998) AMS  $^{14}\text{C}$  dating of historic eruptions of the Kirishima, Sakurajima and Kaimondake volcanoes, southern Kyushu, Japan. *Radiocarbon*, **40**, 825-832.
- 奥野 充・中村俊夫・及川輝樹・苅谷愛彦 (2013) 放射性炭素 ( $^{14}\text{C}$ ) 年代をどのように報告するか? 月刊地球, **35**, 565-568.
- Reimer, P. J., Bard, E., Bayliss, A., Beck, J. W., Blackwell, P. G., Bronk Ramsey, C., Buck, C. E., Cheng, H., Edwards, R. L., Friedrich, M., Grootes, P. M., Guilderson, T. P., Haflidason, H., Hajdas, I., Hatté, C., Heaton, T. J., Hoffmann, D. L., Hogg, A. G., Hughen, K. A., Kaiser, K. F., Kromer, B., Manning, S. W., Niu, M., Reimer, R. W., Richards, D. A., Scott, E. M., Southon, J. R., Staff, R. A., Turney, C. S. M. and van der Plicht, J. (2013) IntCal13 and Marine13 radiocarbon age calibration curves 0-50,000 years cal BP. *Radiocarbon*, **55**, 1869-1887.
- Stuiver, M. and Reimer, P. J. (1993) Extended  $^{14}\text{C}$  database and revised CALIB 3.0  $^{14}\text{C}$  calibration program. *Radiocarbon*, **35**, 215-230.
- 宇井忠英 (1967) 鹿児島県指宿地方の地質。地質雑, **73**, 477-490.
- Xu, S., Ito, S., Iwatsuki, T., Abe, M. and Watanabe, M. (2000) A new AMS facility at the Tono Geoscience Center, Japan. *Nucl. Instr. Meth. Phys. Res.*, **B172**, 8-12.

(編集担当 宮縁育夫)