

平成 22 年 3 月 31 日現在

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2006～2009

課題番号：18500781

研究課題名（和文）テフラ・データベース作成のための最近 10 万年間の高精度火山噴火編年

研究課題名（英文）High-Precision Chronology of Volcanic Eruptions during the Past 0.1Ma for Tephra Database

研究代表者

長岡 信治 (Nagaoka, Shinji)

長崎大学・教育学部・教授

研究者番号：80244028

研究成果の概要（和文）：九州の霧島火山，阿蘇火山，九重火山の過去約 10 万年間のテフラの層序と分布の詳細を明らかにした。テフラから霧島・阿蘇・九重の各火山の高解像度の爆発的噴火史の復元を試みた。霧島火山や阿蘇火山は成層火山の形成を伴う爆発的噴火を繰り返しているが，九重は，溶岩ドーム形成が主体で，爆発的噴火は少ない。噴出率については，阿蘇は最近低下しているが，霧島と九重は増加傾向にあり，将来大規模な噴火が発生する可能性が高い。

研究成果の概要（英文）：The study investigates the past 0.1Ma tephrostratigraphy of Kirishima, Aso, and Kuju Volcanoes. the Miyazaki plain in southern Japan. Their high-precision explosive eruptive histories are reconstructed on the basis of the tephrochronology. Kirishima and Aso Volcanoes have characters that the volcanic edifices are stratovolcanoes or large cinder cones with tephra-forming eruptions. Kuju Volcano has been forming mainly lava domes, while the large-scale plinian and pyroclastic flow eruptions occurred at 0.5 ka. Though the magma discharge rate of Aso is decreasing recently, during the past 0.5 Ma, Kirishima and Kuju have the increasing rates, that show the possibility of some large-scale eruption in near future.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006 年度	1,600,000	0	1,600,000
2007 年度	800,000	240,000	1,040,000
2008 年度	700,000	210,000	910,000
2009 年度	500,000	150,000	650,000
年度			
総計	3,600,000	600,000	4,200,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：地理学

キーワード：テフラ，高精度編年，爆発的噴火史，阿蘇火山，九重火山，霧島火山

## 1. 研究開始当初の背景

### 1-1 阿蘇火山

阿蘇火山は日本の代表的な第四紀火山で、阿蘇 1-2-3-4 の大規模火砕流を噴出した 28 万-9 万年前のカルデラ形成期に引き続いて、約 9 万年前以降から現在は阿蘇中央火口丘の活動期となっている。阿蘇中央火口丘群の地質については、小野・渡辺 (1985)、渡辺 (1992, 2001) などにより明らかにされている。しかし、ボーリング調査により、カルデラの地下に中央火口丘群初期の火山体が埋没しており (宇都ほか, 1994)、現在地表に露出している中央火口丘群は 8 万年前から現在までの活動の後半の部分にすぎないことがわかってきた。

一方、カルデラ周辺は、阿蘇中央火口丘群のテフラ群に厚く覆われている (小野ほか, 1977; 酒井ほか, 1993)。完新世のテフラについては、渡辺・高田 (1990)、渡辺 (1992)、中村・渡辺 (1995)、小野ほか (1995)、Ono et al. (1995)、渡辺・宮縁 (1996)、宮縁・渡辺 (1997)、馬場ほか (1999)、宮縁・渡辺 (2000)、池辺・藤岡 (2001) など数多くの研究があり、層序はもとより、中岳などの給源火山との関係や 14C 年代などが明らかとなっている。一方、阿蘇 4 火砕流以後から 1 万年前までのテフラについては、高田 (1989) により予察的な調査が行われたが、露出条件の悪さにより層序に混乱 (早川・井村; 1991) が生じていた。しかし、近年、宮縁ほか (2002) 1 万-2 万年前の中岳初期のテフラの詳細と活動史が明らかにされ、さらに宮縁ほか (2003)、Miyabuchi (2009) は、精力的な調査により、降下軽石を主体とする 9 万年前以降の基本層

序を確立した。

こうした 2 万年前以前のテフラは、中岳以前の火山体、特に阿蘇-4 火砕流直後の埋没した初期火山体の活動による噴出物を含んでいて、阿蘇中央火口丘群の噴火史を考える上できわめて重要である (渡辺, 2001)。つまり、阿蘇中央火口丘群からのテフラは、給源火山そのものからは得られない爆発的な噴火の情報を持ち、その調査は、埋没火山体を含めた中央火口丘群の総合的な活動史を考察する上で極めて意義が大きいと考えられる。しかしながら、2 万年前以前のテフラについては、宮縁ほか (2003)、Miyabuchi (2009) が示標的な降下軽石中心の層序を確立したのみであった。それ以外の大量のスコリア・火山灰を含めたテフラ全体の層序や分布、それらから読み取れる火山活動については課題として残された。

九重火山は、九州中部の地溝帯西部、阿蘇火山と由布岳・鶴見岳火山の中間に位置し、20 以上の溶岩ドームからなる複成火山であり、最近では 1995 年に噴火した (星住ほか, 1995a, b; 鎌田, 1997) 活火山である (図 1)。

### 1-2 九重火山

九重火山の地質学的研究は、古くは佐藤 (1910) や新宮 (1920) などの報告があるが、本格的に進展したのは小野 (1963) の地質図幅調査が先駆けである。小野 (1963) は九重火山西半分の溶岩ドームの岩石学的記載を行い、その後、太田ほか (1968)、Yamazaki et al. (1970)、松本 (1974)、松本ほか (1973)、小野ほか (1977)、鎌田・三村 (1981)、Kamata and Miura (1983)、星住ほか (1996) は九重

火山周辺の火砕流堆積物の層序や特徴を明らかにしている。さらに松本 (1983), 太田 (1991), 鎌田 (1997) は九重火山全体の溶岩・火砕流の層序を構築した。一方, 田村 (1967) は九重火山起源の完新世の降下テフラを記載し分布図を描いている。太田 (1991), 伊藤ほか (1996), Kamata and Kobayashi (1997), 鎌田 (1997) は過去 5 万年間のテフラ層序やその年代を明らかにし, 溶岩の対比や噴火史に応用した。さらに井村・鎌田 (1996) は古文書に記載された噴火の記録を示した。

このように, 九重火山研究は, 溶岩・火砕流堆積物の記載に始まり, テフロクロロジーを応用した噴火史解明に発展してきた。しかし, これまでのテフロクロロジーは山体域が中心で, 山麓や遠方地域での記載や対比は十分に行われてきていない。ところが, 北西の由布岳・鶴見岳火山周辺や南東方の大野川流域, さらに四国西部でも九重火山起源のテフラが認識されるようになった (小林, 1984; 星住ほか, 1988; 寺岡ほか, 1992; 酒井ほか, 1993; 熊原・長岡, 2002)。これは九重火山のテフラが周辺にかなり堆積していて, 編年が可能であることを示唆する。九重火山の活動は溶岩ドーム噴火主体であるが, テフラをもっと評価し, 噴火史に位置づける必要があると考えられる。

### 1-3 霧島火山

宮崎平野では, 西方の西日本火山帯に属す霧島火山を主として, 加久藤カルデラ, 小林カルデラ, 桜島火山, 始良カルデラ, 阿多カルデラ, 鬼界カルデラ, 阿蘇カルデラなどから供給された風成テフラが段丘面を覆っている。段丘面を覆うテフラは, 南東部で 25 m 以上, 北部で 5 m 以下の厚さで分布しており, 日向ローム層 (伊田, 1948; 伊田ほか, 1956; 遠藤ほか, 1962; 遠藤, 1963; 成瀬, 1966; 遠藤・

小林ローム研究グループ, 1969) と呼ばれている。また, 河成層や海成層などの堆積物中にも多数の水成テフラが挟在する (Endo, 1968; 木野・太田, 1976; 木野ほか, 1984; 遠藤・鈴木, 1986; 長岡, 1986; 図 2)。これらのうち後期更新世から完新世までのテフラに関しては, その層序や分布, 給源火山などがほぼ明らかにされている (遠藤ほか, 1962; 長岡, 1984; 遠藤・鈴木, 1986; 長岡, 1986; 長岡ほか, 2001)。しかしながら, 中一前期更新世のテフラについては, 露頭が少ないなどの悪条件が加わって, 層序や平野全体の対比がいまだ確立されていない。

## 2. 研究の目的

本研究では, 過去 10 万年間の阿蘇・九重・霧島火山の層序・分布・層相を明らかにし, それらに基づいて各火山の活動史, 特にテフラを生産するような爆発的噴火史やその特徴を考察する。また, マグマの噴出量や噴出率の変化や火山活動の将来予測も行う。

## 3. 研究の方法

野外における地層観察記録, 試料採取, ボーリングなどの実施。

顕微鏡下の鉱物観察, 火山ガラスの屈折率測定。

炭素同位体年代測定, フィッショントラック年代測定の依頼。

各テフラ等層厚線図の作成と体積の算出, およびそれに基づくマグマ噴出量, 噴出率の算出。

## 4. 研究成果

### 4-1 阿蘇火山

阿蘇中央火口丘テフラ群 (ACTG と略称) は, 外輪山での最大層厚 60m 以上, 100 噴火サイクル以上の累層, 300 降下単位以上からなる複雑な層序を持つが, 大局として, 層相から神原・荻・波野・山崎・宮地の 5 つのステー

ジ分けられる。各ステージ間には明瞭な土壌やテフラの斜交関係が認められる。それぞれのステージには土壌を伴う多数の噴火サイクル（累層単位）のテフラが含まれ、ステージ毎に特徴的な噴火様式や噴火様式の変化パターンを持ち、時にはパターンがリズムカルに複数存在する。

分布図から求めたACTGの見かけの総噴出体積は  $47.1 \text{ km}^3$ （DRE :  $20\text{--}30 \text{ km}^3$ ）で、内訳は神原ステージ  $13.1 \text{ km}^3$ 、萩ステージ  $4.2 \text{ km}^3$ 、波野ステージ  $17.2 \text{ km}^3$ 、山崎ステージ  $6.9 \text{ km}^3$ 、宮地ステージ  $5.7 \text{ km}^3$ である。

既存の14C年代測定値や広域テフラの年代、噴出率等から求めた年代は、神原ステージが  $90\text{--}67 \text{ ka}$ 、萩ステージが  $67\text{--}60 \text{ ka}$ 、波野ステージが  $60\text{--}22 \text{ ka}$ 、山崎ステージが  $22\text{--}13.5 \text{ ka}$ 、宮地ステージが  $13.5\text{--}0 \text{ ka}$ である。また、既存の年代測定値から求めたACTG全体の平均的な噴出率は  $0.52 \text{ km}^3/\text{ka}$ であり、 $90\text{--}50 \text{ ka}$ は  $0.57 \text{ km}^3/\text{ka}$ 、 $50\text{--}32\text{ka}$ は  $0.64 \text{ km}^3/\text{ka}$ 、 $22\text{--}13.5\text{ka}$ は  $0.81 \text{ km}^3/\text{ka}$ 、 $13.5\text{--}0\text{ka}$ は  $0.42 \text{ km}^3/\text{ka}$ である。ACTG中、神原・萩・波野ステージは平均的である。一方、山崎ステージの噴出率が高く、宮地ステージは小さい。

ACTGの岩質は大局的に珪長質から苦鉄質へ変化している。火山活動が珪長質なマグマ溜りが卓越するカルデラ南縁および西縁からより苦鉄質のマグマ溜りが存在する中央部へ移動したためと考えられる。

#### 4-2 九重火山

九重火山は、過去15万年間に  $22.4 \text{ km}^3$ のマグマを噴出した。その内、溶岩が  $15.5 \text{ km}^3$ 、火砕流・火砕サージ岩屑なだれ堆積物が  $4.4 \text{ km}^3$ 、降下テフラが  $2.5 \text{ km}^3$ で、マグマ噴出率の平均は  $0.17 \text{ km}^3/\text{ka}$ である。溶岩は大半が

普通角閃石安山岩・デイサイト質の溶岩ドームを形成しているが、平治岳のみが玄武岩質である。火砕流堆積物は軽石流タイプとblock-and-ash flowタイプである。軽石流タイプは量的にはblock-and-ash flowタイプを凌ぐが、溶岩ドーム形成が多いのを反映して、頻度はblock-and-ash flowタイプが高い。降下堆積物は石質火山灰、石質岩片などの固結したマグマに由来するテフラのユニット数が多く、スコリアや軽石は量的には多いが、頻度は低い

噴火様式、噴出率などに基づいて、噴火史はK1( $150\text{--}110\text{ka}$ )、K2( $110\text{--}60\text{ka}$ )、K3( $60\text{ka}$ )、K4( $50\text{--}0\text{ka}$ )の4ステージに区分できる。

K1ステージは、普通角閃石デイサイト質の軽石流噴火が主体である。火口の位置は九重火山西半部であるが、詳細は不明である。マグマ噴出量は  $1.2 \text{ km}^3$ 、噴火頻度は低いため噴出率は  $0.055 \text{ km}^3/\text{ka}$ と平均をかなり下回っている。

K2ステージでは、マグマ噴出量は  $8.4 \text{ km}^3$ であるが、その99%が輝石普通角閃石安山岩質の溶岩ドームである。

K3ステージは、1サイクルで  $4.1 \text{ km}^3$ 以上のデイサイト質マグマを短時間に噴出した過去15万年間で最大規模の噴火からなる。噴火は九重D降下火山灰層の噴出から始まった。マグマ噴出量は  $0.2 \text{ km}^3$ である。この降下火山灰層の噴火に引き続いて、破局的フェイズに入る。一挙に  $4.0 \text{ km}^3$ のデイサイト質マグマが九重火山南西部から噴出し、軽石流タイプの飯田火砕流 ( $2.0 \text{ km}^3\text{DRE}$ )と九重第1降下軽石 ( $2.0 \text{ km}^3\text{DRE}$ )を形成した。

K4ステージは、九重火山中部が活動域である。マグマ噴出量は  $8.7 \text{ km}^3$ で、そのうち82%が溶岩ドーム溶岩流、14%がblock-and-ash flowを主とすると火砕流・火砕サージ・岩屑なだれ堆積物、4%が降下堆積物である。K4

ステージの平均の噴出率は $0.18\text{km}^3/\text{ka}$ であるが、最近になるほど加速する傾向がある。この噴出率の変化や給源の位置によって、古期(50~30ka), 中期(30~7ka), 新期(7~0ka)の3つのサブステージに区分できる。

K4 古期は噴出率が $0.06\text{km}^3/\text{ka}$ ともっと低い時期である。噴火の中心は九重火山中西部で星生山, 扇ヶ鼻などの普通角閃石安山岩質溶岩ドームが形成された。それに伴って, 寒ノ地獄火砕流, 白丹火砕流, 室火砕流などのblock-and-ash flowが発生した。K4 中期は噴出率が $0.14\text{km}^3/\text{ka}$ で, 噴火は主に九重火山中部であった。新期の噴出率は $0.53\text{km}^3/\text{ka}$ とK4ステージでは最も大きく, この7千年間にK4ステージのマグマ噴出量 $8.7\text{km}^3$ の43%の $3.8\text{km}^3$ が一挙に放出される。噴火の中心は年代と共に西から東へ移動する。

#### 4-3 霧島火山

テフラから霧島火山周辺の爆発的噴火史の復元を試みた。テフラは, 900~600 ka の先霧島火山群と600~0 ka の霧島火山によるものに分けられる。先霧島火山群の詳細は不明である。さらに, 霧島火山は, 600~330 ka の古期霧島火山と330~0 ka の新期霧島火山の2つの活動時期に分けられる。

新期霧島火山の爆発的活動は, 加久藤火砕流噴火直後の330 kaからはじまり, 現在に至る。テフラに基づくと, 霧島火山の爆発的噴火は, 平穏期および休止期の存在, 噴出率の違いなどにより, Y1ステージ(330~130 ka), Y2ステージ(130~50 ka)は, Y3ステージ(50~30 ka), Y4ステージ(30~0 ka)に区分される。いずれの活動も溶岩流と降下テフラを主体とする噴火からなる。Y3ステージは霧島火山の活動の中で, テフラの噴出率が最も高く, 爆発的で大量の降下テフラを広い範囲に飛散させた時期である。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 15 件)

(1) 長岡信治・新井房夫・檀原 徹 (2009) 宮崎平野に分布するテフラから推定される過去60万年間の霧島火山の爆発的噴火史. 地学雑誌, 119巻, 121-152. 査読有

(2) 西山賢一・長岡信治 (2007) 宮崎平野で観察できる主要なテフラ. めらんじゅ, 宮崎応用地質研究会, 18号, 28-41. 査読無

(3) 土橋潤二・長岡信治・田中啓司 (2007) 長崎大学附属中学校における総合的学習「火山を知り, 火山と生きる」のための教材開発とその実践. 教育実践総合センター紀要, 長崎大学教育学部附属教育実践総合センター, 6号, 127-136. 査読無

(4) Nagaoka, S., Danhara, T., Itaya, T., Sakuyama, T., Watanabe, M., Kidong Bae, Matsufuji, K. (2006) Stratigraphy and age of Quaternary basaltic lavas in the Chongok Basin, Korea. *Proceedings of New Development in Age Dates and Geology of the Chongokni Paleolithic site Korea*, Institute of Cultural Properties, Hanyang University, 5-6. 査読無

(5) 井上 弦・遠部 慎・長岡信治・西山賢一 (2006) 島原半島南西部における火山系暗赤色土の性状. ペドロジスト, 50巻, 2号, 60-67. 査読有

(6) 山下大輔・吉川周作・塚腰 実・長岡信治・熊原康博 (2006) 愛媛県大洲・内子盆地に分布する下部-中部更新統の層序と編年. 第四紀研究, 45巻, 6号, 463-477.

(7) 井上 弦・長岡信治・杉山真二 (2006) 島原半島東南部における始良Tnテフラを挟在する黒ボク土の成因. 第四紀研究, 45巻,

4号, 303-311.

〔学会発表〕(計6件)

(1)Nagaoka, S. (2010) The Past 600 ka Explosive Eruptive History of Kirishima Volcano Based on Tephra Layers in Miyazaki Plain, Southern Japan.

International Field Conference and Workshop on Tephrochronology, Volcanism and Human Activity, “*Active Tephra in Kyushu, 2010*”, Kirishima City, JAPAN.

(2)長岡信治・新井房夫・檀原 徹 (2009) 宮崎平野に分布するテフラから推定される霧島火山の爆発的噴火史. 日本火山学会, 2009年度秋季大会, 神奈川県立生命の星・地球博物館.

(3)長岡信治・新井房夫・檀原 徹 (2009) 宮崎平野に分布するテフラから推定される霧島火山の爆発的噴火史. 日本第四紀学会 2009年大会, 滋賀県立琵琶湖博物館.

(4)Nagaoka, S., Danhara, T., Itaya, T., Sakuyama, T., Watanabe, M. Kidong, B. Stratigraphy and Ages of Quaternary basaltic lavas from Choogaryong Volcano, Center of the Korean Peninsula. Cities on Volcanoes 5, Shinamara, Japan, 2007年11月

(5)長岡信治・中村有吾・奥野充, 阿蘇中央火口丘のテフラ層序と爆発的噴火史, 日本火山学会, 2006年10月熊本

〔図書〕(計1件)

(1)長岡信治・檀原徹・板谷徹丸・柵山徹也・渡辺満久 (2008) 大韓民国・全谷里周辺における第四紀玄武岩類の層序と年代および古地理復元. 松藤和人(編)「東アジアのレス-古土壌と旧石器編年」, 雄山閣, 87-102.

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

長岡信治 (NAGAOKA, Shinji)

長崎大学・教育学部・教授

研究者番号: 80244028