

埋没黒ボク土層の¹⁴C年代からみた
完新世阿蘇火山テフラの噴出年代

宮縁育夫*・渡辺一徳**

(1996年12月24日受付, 1997年10月27日受理)

Eruption Ages of Holocene Tephros from Aso Volcano, Southwestern
Japan, Inferred from ¹⁴C Ages of Buried Andisols

Yasuo MIYABUCHI* and Kazunori WATANABE**

Aso central cones initiated their eruptive activity just after the Aso-4 eruption, about 90,000 yrs BP and have produced large volumes of tephros and lava flows. However, few studies have been made to determine the dates of eruption. We obtained ¹⁴C ages of buried Andisols interbedded between tephra layers to determine the eruption ages of Holocene tephros from Aso volcano. The eruption ages are estimated to be 1,600 yrs BP for N2 scoria from Nakadake (N2S), 2,700 yrs BP for Ojodake scoria (OjS), 3,400 yrs BP for Kishimadake scoria (KsS) and 3,700 yrs BP for Aso central cone pumice 1 (ACP-1). In addition, the date of the last lava extrusion from Nakadake is estimated to be 4,800 yrs BP. During the last 6,300 years ash eruption of Nakadake was most active between 3,800 and 3,600 yrs BP. Sub-plinian eruptions of Kishimadake and Ojodake, which accompanied with scoria fall deposits, occurred during the period 3,400 to 2,700 yrs BP.

1. はじめに

阿蘇火山中央火口丘群は、約9万年前のAso-4火砕流噴出直後に活動を開始し(小野・渡辺, 1983), その後、多くのテフラと溶岩流を噴出しながら、現在まで活動を継続している。その山体は17座以上の火山の複合体であり、岩体の形成順序は小野・渡辺(1985)や渡辺(1992)によって詳しく述べられ、また降下テフラについては高田(1989)と早川・井村(1991)が概観している。最近になって、その約15,000年間の活動史の概要が明らかにされつつある(渡辺・他, 1991; 渡辺, 1991, 1992)。

完新世における主な噴火堆積物としては、中岳のマグマ水蒸気爆発に伴う降下スコリア(宮縁・渡辺, 1996; 以下、中岳N2スコリア、略称N2Sとよぶ)、往生岳・

杵島岳の降下スコリア(小野・渡辺, 1985; 中村・渡辺, 1995)、阿蘇中央火口丘第1軽石ACP-1(高田, 1989)、中岳新期山体溶岩(小野・渡辺, 1985; 渡辺, 1991, 1992)などがあげられる。これらの噴出年代は小野・渡辺(1985)など、ごく一部を除いてほとんど報告されていない。

阿蘇火山周辺においては、中央火口丘起源の数多くの降下テフラが堆積しているが、それらテフラの間には腐植に富む埋没黒ボク土層が挟在している。本論で述べる「黒ボク土層」とは、火山灰を主な母材として生成し、無層理で腐植に富み、黒色味の強い土層をいう(久馬・他, 1993, p. 104-105)。また「火山灰」の語は、直径2mm以下の火山砕屑物の意で使用し、単に「火山灰」というときには成因を含まないものとする。なお、火山灰層には大陸起源の風成塵が微量含まれていることは否定しない。

筆者らは、阿蘇カルデラ北東部のテフラ層序を調査するとともに、模式的露頭における埋没黒ボク土層の¹⁴C年代を得た。本論では、埋没黒ボク土層の¹⁴C年代から推定された完新世における阿蘇中央火口丘テフラの噴出年代を報告し、さらに鬼界アカホヤ火山灰(町田・新井, 1978, 1992)より上位の過去約6,300年間における阿蘇火山の噴火活動の推移について予察する。

* 〒860-0862 熊本市黒髪4-11-16
農林水産省森林総合研究所九州支所
Kyushu Research Center, Forestry and Forest Products Research Institute, Kurokami 4-11-16, Kumamoto 860-0862, Japan.

** 〒860-0862 熊本市黒髪2-40-1
熊本大学教育学部
Faculty of Education, Kumamoto University, Kurokami 2-40-1, Kumamoto 860-0862, Japan.

2. 試料採取地点とその層序

年代試料の採取地点は、中岳火口から北北東へ約 4 km に位置する (Fig. 1)。ここでの柱状図を Fig. 2 に示した。

露頭断面には降下スコリア、火砕流、土石流等の堆積物がみられるが、大部分は中岳の灰噴火の産物である砂質火山灰 (小野・他, 1995; Ono *et al.*, 1995) で構成されている。この火山灰層は、短時間の一連の噴火によるものではなく、数十年から数百年間における灰噴火の堆積物が累積したものである。

渡辺 (1992) は、本地点の層序の概略を報告し、腐植に富む黒ボク土を活動の長い休止期あるいは静穏期と考え、それをもとに過去約 15,000 年間に上位から N1~N16 という 16 の活動期に区分している。その区分の概要は、本論での区分とほぼ一致しているが、今回 N14 期より下位の区分を若干変更した。なお、N19 期以前の活動期の部分については、土石流によって侵食されている可能性もあるので更なる検討を要する。

ここで各活動期における堆積物の特徴と主要テフラの概要について述べる。なお、各活動期とも最上部は黒色から暗褐色 (以下に述べる色調はマンセル方式の標準土色帖による) を呈する黒ボク土層からなり、最下部には粗粒な変質岩片を含み、本質火山灰やスコリアからなる堆積物が認められることが多い。これは、長い休止期あ

るいは静穏期後の、火口の開口を伴うような爆発的活動による産物であり、本質スコリアを含むことからマグマ水蒸気爆発による堆積物と考える。N1 期の堆積物は全層厚が 150 cm で、主に黒色で砂質の火山灰からなり、大部分は中岳の灰噴火 (小野・他, 1995; Ono *et al.*, 1995) の産物と考えられる。N2 期の上部は腐植が多量に集積した黒ボク土層 (層厚 21 cm)、下部は白色変質岩片を多量に含んで褐色を呈する中岳の降下スコリア (N2S) からなる。本層はカルデラ東方において、遠望すると明褐色にみえることから鬼界アカホヤ火山灰と誤認されることもあった (早川・井村, 1991; Fig. 3 の 24 地点)。N2 期の黒ボク土層とスコリア層は、カルデラ北東部におけるよい鍵層となっている。つぎの N3 期の堆積物は上部が黒ボク土層 (層厚 44 cm)、下部がスコリア混じりのシルト質褐色火山灰層 (層厚 48 cm) である。N4 期の堆積物は全層厚が 124 cm で、その中には往生岳スコリア (略称 OjS) など数枚の降下スコリアが認められる。なお、暗褐色を呈する往生岳スコリアの層厚は 25 cm で、スコリアの最大粒径 (MS) は 4.6 cm である。N5 期の堆積物は薄く (全層厚 25 cm)、他地点では N4 期や N6 期と区分できないことが多い。N6 期 (全層厚 144 cm) には厚さ 43 cm, MS 4.8 cm で黒色の杵島岳スコリア (略称 KsS) が存在し、下部にはやや硬い砂質火山灰層がある。N7 期 (全層厚 193 cm) は全体的に硬い砂質火山灰層で構成

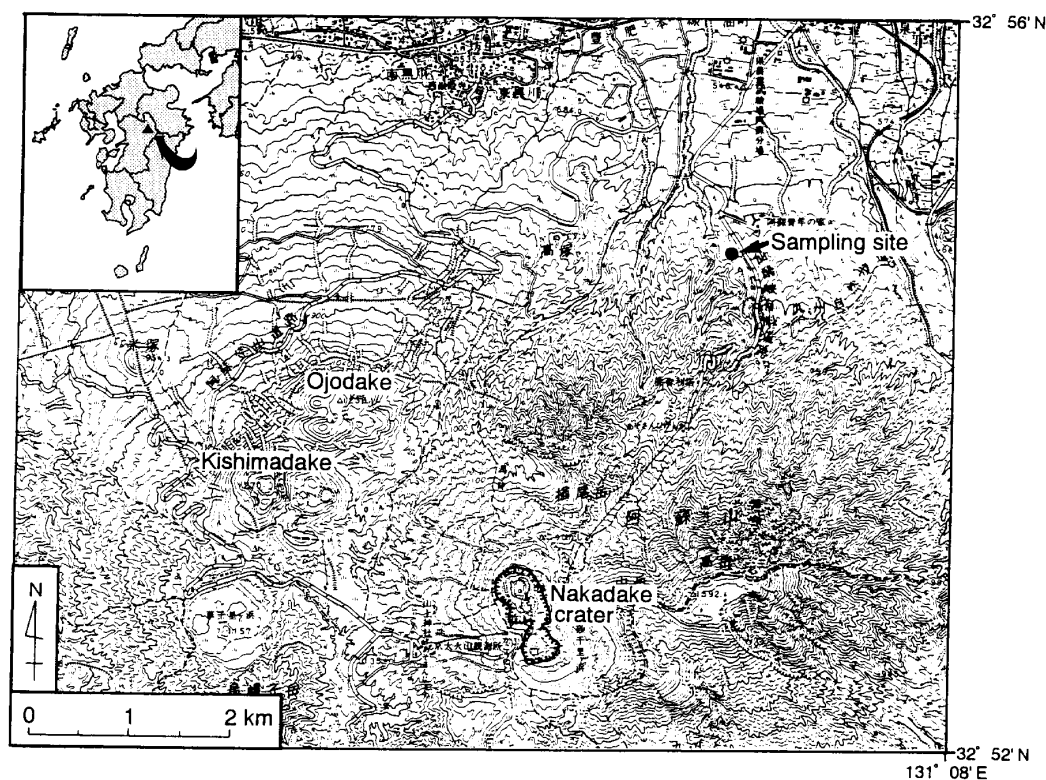


Fig. 1. Location of the sampling site (32° 54' 43" N, 131° 06' 34" E); 1 : 50,000 topographic map "Asosan" published by Geographical Survey Institute, Ministry of Construction.

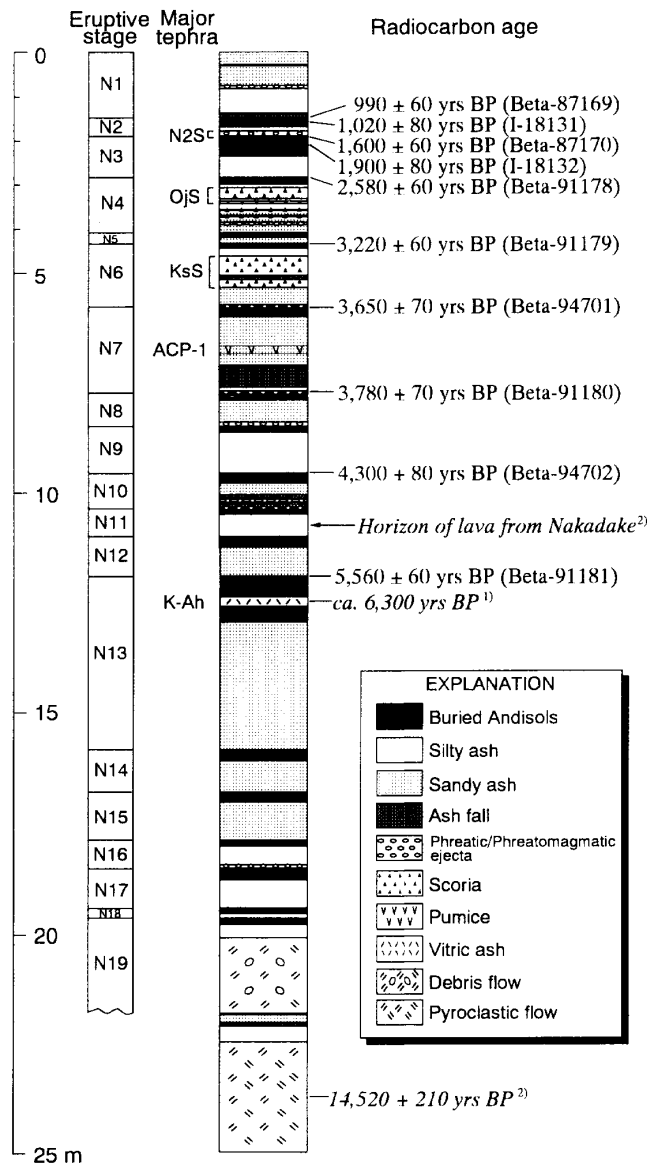


Fig. 2. Stratigraphic column of the sampling site showing horizons of buried Andisols and their radiocarbon ages. Marker tephras are Nakadake N2 scoria (N2S), Ojodake scoria (OjS), Kishimadake scoria (KsS), Aso central cone pumice 1 (ACP-1), Kikai Akahoya ash (K-Ah) in descending order.

1) after Machida and Arai (1978, 1992), 2) after Watanabe (1991, 1992).

され、下部には成層した火山灰層が認められるなど、中岳の灰噴火が活発な時期の堆積物と考えられる。また N7 期の暗オリーブ褐色を呈する砂質火山灰層（層厚 87 cm）中には幅約 15 cm の範囲に阿蘇中央火口丘第 1 軽石 (ACP-1; 高田, 1989) が散在している。このテフラは連続した軽石層ではなく、火山灰層中に全体の層理に平行して、新鮮な白色軽石粒が孤立して並んでいる産状を示しているが、カルデラ東方 15 km 付近まで追跡することのできるよい指標となっている（小野・他, 1995）。N8 期から N12 期にかけては、主にシルト質および砂質

の火山灰層からなるが、N10 期の下部には成層した黒褐色の火山灰層やマグマ水蒸気爆発に伴うと考えられる変質岩片を含む火山灰層が認められる。また本地点には露出しないが、中岳新期山体溶岩が N11 の層準に相当することがわかっている（渡辺, 1991, 1992）。N13 期の厚さ 104 cm の黒ボク土層中には層厚 20 cm の鬼界アカホヤ火山灰（以下、K-Ah と略記）が挟んでいる（地表面下約 12 m）。N13 期より下位は、大部分が無層理の火山灰層と黒ボク土層からなるが、N19 期には垂角礫を含む層厚 170 cm の土石流堆積物がみられる。さらに露頭最下位には 14,520 ± 210 yrs BP の玄武岩質火砕流堆積物が存在しており（渡辺, 1991, 1992）、これは中岳火山古期山体（小野・渡辺, 1985）の崩壊の時期にあたる堆積物と考えられている（小野・他, 1995）。

年代測定試料は、K-Ah より上位にあって、黒色から暗褐色を呈して腐植含量が高いと考えられる（ペドロジスト懇談会, 1984, p. 50-52）埋没黒ボク土層より採取した（層厚約 2 cm）。採取位置は N2 と N3 は最上部と中央部、N4, N6, N7, N8, N10, N13 に関しては最上部のみである。

3. 採取試料の ^{14}C 年代

採取した試料には、現世植物の細根が若干混入していたので、乾燥後にできるだけ除去した。年代測定は、N2 と N3 のそれぞれ中央部から採取した試料に関しては Teledyne 社に依頼し、それ以外の 8 点の試料は Beta Analytic 社が行った。いずれも β 線計数法によって測定されている。

得られた ^{14}C 年代値を Table 1 に示した。 ^{14}C 年代の算出には Libby の半減期 5,568 年を使用しており、Beta Analytic 社が測定した試料については $\delta^{13}\text{C}$ ($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ 比) による同位体分別効果の補正が行われている。

4. 各テフラの推定噴出年代

Fig. 2 は、得られた ^{14}C 年代とその層位を示す。本露頭のテフラ中からは炭化木などの試料を採取することができなかつたため、テフラを挟む埋没黒ボク土層の ^{14}C 年代とその間の火山灰層等の層厚から完新世阿蘇中央火口丘テフラの噴出年代を推定した。

N1 期は現在の中岳の活動に連続する活動期であり、N1 期直下の黒ボク土層の年代は約 1,000 年前の値を示している。なお、杵島岳北西麓の地点では、N1 期直下の年代として約 1,200 年前の値も報告されている（小野・他, 1995）。福岡管区气象台 (1990) と気象庁 (1996, p. 334) によると、中岳における最古の噴火記録としては「西暦 553 年噴火?」となっている。その年号の信憑性に

Table 1. ^{14}C ages of buried Andisols.

Stratigraphic position	^{14}C age* (yrs BP)	$\delta^{13}\text{C}$ PDB (‰)	Corrected ^{14}C age** (yrs BP)	Lab no.
N2 (top)	830 ± 60	-14.9	990 ± 60	Beta-87169
N2 (middle)	1,020 ± 80	—	—	I-18131
N3 (top)	1,480 ± 60	-17.5	1,600 ± 60	Beta-87170
N3 (middle)	1,900 ± 80	—	—	I-18132
N4 (top)	2,440 ± 60	-16.2	2,580 ± 60	Beta-91178
N6 (top)	3,100 ± 60	-17.7	3,220 ± 60	Beta-91179
N7 (top)	3,530 ± 70	-17.9	3,650 ± 70	Beta-94701
N8 (top)	3,670 ± 70	-18.1	3,780 ± 70	Beta-91180
N10 (top)	4,180 ± 80	-18.0	4,300 ± 80	Beta-94702
N13 (top)	5,420 ± 60	-16.4	5,560 ± 60	Beta-91181

* The Libby's ^{14}C half life of 5,568 years is used.

** ^{14}C age is corrected by $\delta^{13}\text{C}$ value.

については疑問とする見方もあるが、中国の史書「隋書」には「阿蘇山あり、その石、故なく火起きて天に接する云々——」の記述がある。隋書そのものの読み方には諸説あるらしいが、隋書の完成が西暦 636 年とされることや当時すでに随とは相当の交流があったことを考えると、この記述は少なくとも 7 世紀初頭以前に中岳の噴火があったことを示しているとみるのが自然である(渡辺・星住, 1997)。得られた年代値から、少なくとも N1 期の活動は噴火記録に対応するものと考えられる。

中岳 N2 スコリアの噴出年代は、直下黒ボク土層の ^{14}C 年代から約 1,600 年前と推定される。上位の黒ボク土層の ^{14}C 年代と層厚からも、この年代はほぼ妥当なものとする。この堆積物は中岳の噴出物としては最も大規模なもので、粒径 1-2 mm 程度の本質スコリアで構成されるが、白色変質した類質岩片を多量に含むことから、中岳のいずれかの火口が開いたときの産物と推測される。

N4 期の往生岳スコリアに関しては、N4 期黒ボク土層最上部が 2,580 年前、N6 期最上部が 3,220 年前の ^{14}C 年代を示しており、スコリア上位と下位にはそれぞれ厚さ 23 cm と 79 cm の黒ボク土層および火山灰層が存在することから、噴出年代は約 2,700 年前と推定された。また N6 期堆積物中のほぼ中央に挟在する杵島岳スコリアは、N6 期最上部から 3,220 年前、N7 期最上部から 3,650 年前という ^{14}C 年代が得られたことから、約 3,400 年前に降下したものと考えられる。これらの噴出年代は、往生岳火山の年代を 1,740 ± 100 yrs BP より少し古いとした小野・渡辺(1985)の結果とも矛盾しない。往生岳スコリアと杵島岳スコリアの両降下火砕物(本露頭ではど

ちらも粒径 5-15 mm) は準プリニー式噴火によるもの(中村・渡辺, 1995)で、カルデラ縁より東方まで追跡することができる鍵層となっている(小野・渡辺, 1985)。どちらも数枚以上の fall unit で構成され、さらにそれらの間には 2 層以上の降下スコリアが存在している。こうしたことから、約 3,400-2,700 年前に阿蘇火山では高い噴煙柱を伴うような準プリニー式のスコリア噴火が少なくとも 4 回発生したことがわかる。なお、小野・他(1995)や Ono *et al.* (1995) では N4 期の黒ボク土層中央部の年代として約 1,700 年前の値が示されているが、それは今回の年代と一致していない。その原因としては、N3 期の黒ボク土が混じっている可能性が考えられる。

ACP-1 は連続した層ではなく、N7 期砂質火山灰層中に約 15 cm の幅で散在する降下軽石であるが、その散在幅の下限付近(N7 期堆積物のほぼ中央)を降下年代と仮定すると、N7 期と N8 期の最上部の ^{14}C 年代がそれぞれ 3,650 年前、3,780 年前であることから、噴出年代は約 3,700 年前と推定された。この年代は ACP-1 の噴出年代を 3,000-4,000 年前とした渡辺・高田(1990)の結果にも調和している。ACP-1 の給源は蛇ノ尾付近の米塚溶岩に覆われた地域である(小野・他, 1995)が、正確な火口位置は特定されていない。過去約 6,300 年間においては唯一の降下軽石である。

また中岳から北へ約 5 km、南へ約 6 km 流下している中岳新期山体溶岩(小野・渡辺, 1985)は、本露頭には存在しないが、N11 の層準にあるとされている(渡辺, 1991, 1992)。N10 期最上部が 4,300 年前、N13 期最上部が 5,560 年前という ^{14}C 年代を示し、N10 期から N12 期までの堆積物(全層厚 233 cm)のほぼ中央の層準にある

ことから、その噴出年代は約 4,800 年前と推定される。それ以降、現在までの約 4,800 年間に中岳からの溶岩流出は起こっていない。

5. 本露頭から推定される噴火活動の推移

本露頭は、筆者らがこれまで行ってきた阿蘇カルデラ周辺の調査から阿蘇中央火口丘起源のテフラを模式的に観察できる地点であることがわかっている（渡辺・宮縁, 1996）。一地点の観察結果から火山全体の噴火史を議論することはできないが、本論では模式的露頭におけるテフラ層序を明らかにすると同時に多くの埋没黒ボク土層の ^{14}C 年代が得られたので、阿蘇火山における噴火活動の推移について予察する。なお、対象地域全域の調査結果と阿蘇中央火口丘群の詳細な噴火史については、別の機会に報告する予定である。

Fig. 3 には、本露頭での過去約 6,300 年間におけるテフラの厚さを示す。太線は得られた ^{14}C 年代とその層準の位置を結んだものであるが、細線は降下スコリア等の明らかな噴火堆積物の堆積時間を 0 年とし、2つの ^{14}C 年代間の黒ボク土層および火山灰層の堆積速度を一定と考えて引いたものである。現在のところ、各テフラの体積に関する詳細なデータは得られていないため、縦軸はあくまでも試料採取地点における堆積物の厚さである。

N13 期の K-Ah 降下以降（6,300–5,560 年前）の堆積物は、腐植に富む黒褐色の黒ボク土層から構成されており、この時期は活動の休止期あるいは静穏期であったと考えられる。N12 期に入って（5,560 年前以降）、活動がやや活発となり、とくに N10 期と N8 期のそれぞれ初期には成層した火山灰層やマグマ水蒸気爆発の堆積物が認

められる。N7 期（3,780–3,650 年前）における火山灰の堆積量は急増している。この活動期には中岳の灰噴火がかなり活発で、とくに前期には成層した火山灰層がみられる。また N7 期の堆積物のほぼ中央の幅約 15 cm の部分には ACP-1 が散在しており、ごく短時間に降下した ACP-1 が散在することは、堆積後の擾乱により上下方向へ移動した結果と考えられている（小野・他, 1995）。N6 期（3,650–3,220 年前）には完新世において最大級の噴火である杵島岳の準プリニー式噴火が発生しているが、N7 期と比べると中岳の活動は穏やかであったと推定される。N5–N4 期（3,220–2,580 年前）は活動がさらに静穏化するが、N4 期には往生岳スコリアなど数回のスコリア噴出が起こっている。N3 期（2,580–1,600 年前）にはかなり活動が穏やかになり、シルト質火山灰層と黒ボク土層が形成されている。とくに後半はほとんど休止期のように多量の腐植が集積して黒色味の強い黒ボク土層となっている。その休止あるいは静穏な時期の後、中岳では大規模なマグマ水蒸気爆発による岩片とスコリアの噴出で N2 期（1,600–990 年前）が開始するが、その噴火後は再び、休止期か静穏期に入っている。N1 期（990 年前–現在）は活動がやや活発となり、灰噴火によって多量の黒色砂質火山灰を降下させている。現在のような灰噴火を繰り返す活動は約 1,000 年間にわたって断続的に続いているものと考えられる。

6. まとめ

阿蘇火山中央火口丘群は、約 9 万年前の Aso-4 火砕流噴出後に活動を開始し、その後、多くのテフラや溶岩流を噴出しているが、それらの年代に関する報告は少ない。そこで中岳火口から北北東約 4 km 地点における埋没黒ボク土層の ^{14}C 年代を得て、完新世における阿蘇火山起源テフラの噴出年代を推定し、さらに過去約 6,300 年間における阿蘇火山の噴火活動の推移について予察した。結果は次のようにまとめられる。

各テフラの噴出年代は、中岳 N2 スコリアが約 1,600 年前、往生岳スコリアが約 2,700 年前、杵島岳スコリアが約 3,400 年前、阿蘇中央火口丘第 1 軽石 (ACP-1) が約 3,700 年前と推定された。また他地点との層序の対比と今回得られた ^{14}C 年代から、中岳における最後の溶岩流出は約 4,800 年前と考えられた。過去約 6,300 年間に阿蘇火山においては、約 3,800–3,600 年前に中岳の灰噴火が最も活発で、さらに杵島岳や往生岳で準プリニー式のスコリア噴火が発生した時期は、約 3,400–2,700 年前であったと推定された。

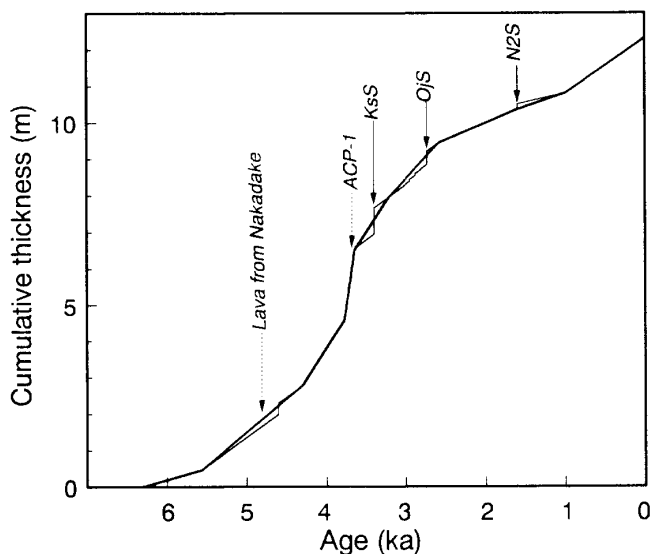


Fig. 3. Cumulative thickness of tephras in the last 6,300 years.

See Fig. 2 for names of marker tephras.

謝 辞

農林水産省九州農業試験場の山田一郎氏には、日頃から阿蘇火山周辺のテフラと土壌についてご教示いただいている。U.S. Geological Survey, Cascades Volcano Observatory の C. Dan Miller 氏と Landcare Research (New Zealand) の Noel A. Trustrum 氏には英文の不備を直していただいた。また2人の査読者(鎌田浩毅氏と他1名は匿名)からは、本稿の内容を改善する上で有益なご指摘をいただいた。以上の方々に心から感謝いたします。

引用文献

- 福岡管区気象台 (1990) 阿蘇山. 九州地方の火山, 福岡管区気象台要報, **45**, 1-46.
- 早川由紀夫・井村隆介 (1991) 阿蘇火山の過去8万年の噴火史と1989年噴火. 火山, **36**, 25-35.
- 気象庁 (1996) 日本活火山総覧 (第2版). 500 p.
- 久馬一剛・佐久間敏雄・庄子貞雄・鈴木 皓・服部勉・三土正則・和田光史編 (1993) 土壌の事典. 朝倉書店, 566 p.
- 町田 洋・新井房夫 (1978) 南九州鬼界カルデラから噴出した広域テフラ—アカホヤ火山灰. 第四紀研究, **17**, 143-163.
- 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, 276 p.
- 宮縁育夫・渡辺一徳 (1996) 阿蘇火山・中岳における大規模なマグマ水蒸気爆発堆積物. 地球惑星科学関連学会1996年合同大会予稿集, 439.
- 中村 武・渡辺一徳 (1995) 阿蘇火山杵島岳・往生岳の噴出物と黒ボク土に関する知見について. 熊本地学会誌, **110**, 2-5.
- 小野晃司・渡辺一徳 (1983) 阿蘇カルデラ. 月刊地球, **5**, 73-82.
- 小野晃司・渡辺一徳 (1985) 阿蘇火山地質図 (5万分の1). 火山地質図4, 地質調査所.
- 小野晃司・渡辺一徳・星住英夫・高田英樹・池辺伸一郎 (1995) 阿蘇火山中岳の灰噴火とその噴出物. 火山, **40**, 133-151.
- Ono, K., Watanabe, K., Hoshizumi, H. and Ikebe, S. (1995) Ash eruption of the Naka-dake crater, Aso volcano, southwestern Japan. *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, **66**, 137-148.
- ペドロジスト懇談会 (1984) 土壌調査ハンドブック. 博友社, 156 p.
- 高田英樹 (1989) 阿蘇火山中央火口丘群のテフラ概報. 熊本地学会誌, **90**, 8-11.
- 渡辺一徳 (1991) 阿蘇火山中岳の火山活動. 熊本地学会誌, **98**, 2-13.
- 渡辺一徳 (1992) 阿蘇火山. 日本地質学会第99年学術大会見学旅行案内書, 13-32.
- 渡辺一徳・高田英樹 (1990) 阿蘇カルデラ周辺における火山灰層と黒ボク土の斜交. 熊本大学教育学部紀要(自然科学), **39**, 21-27.
- 渡辺一徳・宮縁育夫 (1996) 熊本県阿蘇青年の家付近の阿蘇中央火口丘テフラ. 第四紀露頭集—日本のテフラ, 第四紀学会, 302.
- 渡辺一徳・星住英夫 (1997) 阿蘇の火山地質学. 日本地質学会第104年学術大会講演要旨, 9.
- 渡辺一徳・河野年美・田上貴史・平江美香・高田恵美 (1991) 阿蘇火山中岳の最近1.5万年の活動史. 地球惑星科学関連学会合同大会日本火山学会固有セッション講演予稿集, 39.

(編集担当 小林哲夫)