

## 短 報

## 阿蘇火山において立野溶岩を流出した噴火サイクルの特徴と年代

宮 縁 育 夫\*<sup>1</sup>・増 田 直 朗\*<sup>2</sup>・渡 辺 一 徳\*<sup>3</sup>

阿蘇カルデラ西部に分布する立野溶岩の直下に、軽石層が存在することが認められ、その軽石層は阿蘇中央火口丘第4軽石(ACP4)に対比された。また、ACP4直下から未炭化の樹木根を採取し、加速器質量分析法による<sup>14</sup>C年代測定を行った。得られた年代は>43,200<sup>14</sup>C yrs BP (>約46 cal kaに相当)であり、立野溶岩の上位に存在する高野尾羽根溶岩のK-Ar年代(51±5 ka)とも矛盾しない。阿蘇火山中央火口丘群の西部地域では、50 ka前後に数100年程度の時間において、立野溶岩と高野尾羽根溶岩というデイサイト～流紋岩質溶岩の流出が2回あり、それらの直前にはプリニー式噴火が発生し、多量の降下軽石が放出されていることが明らかになった。

キーワード：阿蘇火山，中央火口丘群，立野溶岩，降下軽石，加速器<sup>14</sup>C年代

## I. はじめに

阿蘇カルデラ内には、約89 ka (K-Ar: 松本ほか, 1991)<sup>1)</sup>のAso-4噴火直後に活動を開始した(小野・渡辺, 1983)17座以上の火山の複合体である中央火口丘群が存在している。この阿蘇火山中央火口丘群の地形地質については、これまで本間・迎(1938)やMatsumoto(1963), 渡辺(1972)などの研究があるが、現在地表に露出している岩体の特徴・分布・形成順序は小野・渡辺(1985)と渡辺(2001)によって詳しく記載されている。また、中央火口丘群起源の降下テフラについては、高田(1989)が6層の降下軽石と広域テフラとの層序関係を報告している。最近では、宮縁ほか(2003)が鍵層となる36層の降下軽石堆積物を基礎に、Aso-4以降のテフラ層序を確立しつつある。

阿蘇火山中央火口丘群噴出物の放射年代に関しては、5つの溶岩のK-Ar年代が得られている(松本ほか, 1991)。さらに、降下テフラ直下の埋没土壌層を対象とし

て、数多くの<sup>14</sup>C年代測定が行われてきた(宮縁・渡辺, 1997; 宮縁・高田, 2002; 宮縁ほか, 2003)。しかし、約31 cal kaの草千里ヶ浜降下軽石(Kpfa: 渡辺ほか, 1982)より下位については、層序関係と矛盾する年代値が報告されている(宮縁ほか, 2003)。

阿蘇カルデラ西端の立野火口瀬にはデイサイト質の溶岩流である立野溶岩(小野・渡辺, 1985)が厚く堆積している。筆者らは、その溶岩の下位に土壌層や火山灰層を挟まずに降下軽石層が存在することを認定した。そして、その軽石層直下の土壌層中から樹木根を採取し、加速器質量分析(AMS)法による<sup>14</sup>C年代測定を行った。本論では、その測定結果を報告し、得られた年代値の層序学的意義や立野溶岩を流出した噴火の特徴について考察する。なお、本論では土壌層が形成されるような時間間隙を挟まない一連の噴火現象に対して、噴火サイクル(小野ほか, 1977)という用語を使用する。

## II. 調査地点の地質層序

2003年11月14日受付。2004年4月17日受理。

\*1 森林総合研究所九州支所 〒860-0862 熊本市黒髪4-11-16. E-mail: [REDACTED]

\*2 阿蘇中学校 〒869-2225 熊本県阿蘇郡阿蘇町大字黒川1266.

\*3 熊本大学教育学部 〒860-8555 熊本市黒髪2-40-1.

1)本論では、年代表記の単位として、<sup>14</sup>C年代を<sup>14</sup>C yrs BP, 較正暦年代をcal kaで示す。また、数万年前という若い火山岩にも適応可能なことが実証されている<sup>40</sup>Ar/<sup>36</sup>Ar比推定法によるK-Ar年代測定(Matsumoto and Kobayashi, 1995)が、5つの阿蘇火山中央火口丘群溶岩について実施されており(松本ほか, 1991), このK-Ar年代についてはka(K-Ar)の単位で表記する。さらに、層位から推定された年代はka(ST)の単位で示し、以上を統合して述べる際は単にkaとする。これには年代決定法ごとの尺度や精度の違いが内包されている。

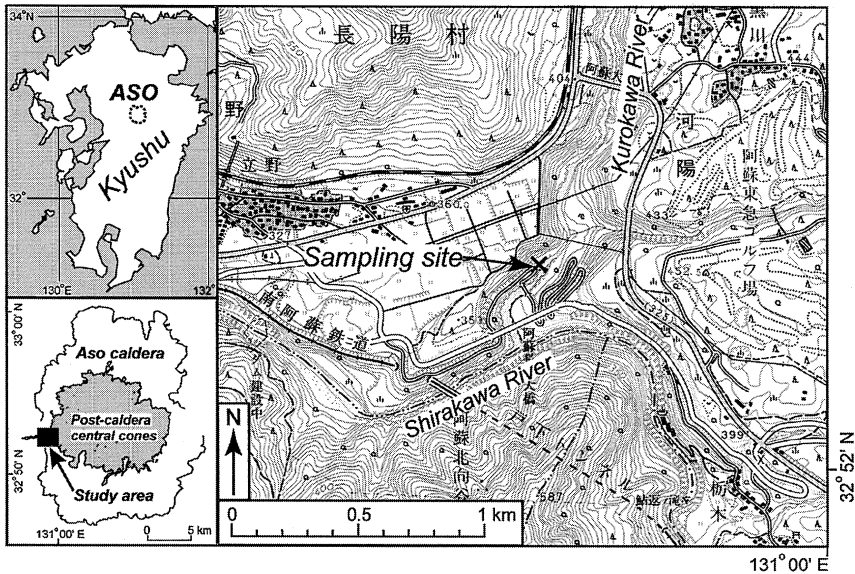


図 1 試料採取地点

国土地理院発行 1 : 25,000 地形図「立野」の一部を使用. 経緯度は日本測地系による.

Fig. 1 Location of the sampling site

A part of 1 : 25,000 topographic map of the Tateno district published by the Geographical Survey Institute was used. Longitude and latitude are shown as Tokyo Datum.

調査および年代測定試料の採取を行った地点は、阿蘇カルデラ西端の熊本県阿蘇郡長陽村戸下の黒川右岸に位置する(図 1)。本地点は、カルデラ唯一の河川流出口である立野火口瀬に流れ込んだ最も厚い溶岩流であるデイサイト質の立野溶岩(小野・渡辺, 1985)の模式露頭の一つである。本露頭で立野溶岩の層厚は約 70 m に達し、顕著な柱状節理が発達する。立野溶岩は阿蘇火山中央火口丘群西部地域に分布する最大規模の溶岩流の一つで、その体積は 0.4 km<sup>3</sup> (溶岩換算量 : DRE) 程度である。

本地点における地質の層序を図 2 に示す。露頭最下位には、玄武岩質の粘返ノ滝溶岩(小野・渡辺, 1985)が存在し、その層厚は 8 m 以上である。その直上には、最大層厚 45 cm の溶岩が認められる。この溶岩はデイサイト質(SiO<sub>2</sub> = 65 wt.% : 筆者らによる分析値)で、斑晶がきわめて少ないことが特徴であることから、栃ノ木溶岩(小野・渡辺, 1985)に相当するものと判断した。本地点の栃ノ木溶岩は層厚も薄いことから、溶岩流の末端相と考えられる。栃ノ木溶岩の上位には、灰黄褐色(10YR4/2 : 標準土色帖による色調)のシルト～砂質土壌層(層厚 70 cm)が存在する。さらに、その土壌層は層厚 60 cm の灰黄色(2.5Y7/2)の降下軽石層に覆われる。この軽石層

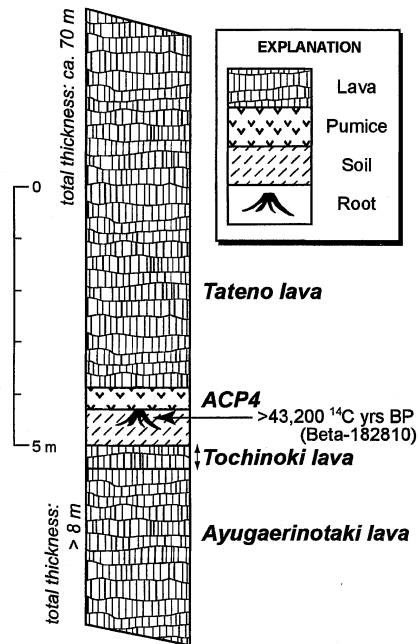


図 2 試料採取地点における地質柱状図

Fig. 2 Stratigraphic section of the sampling site

には最大粒径3.2 cm (最大3個の長径平均値: 以下, 同様)の軽石のほか, 暗赤褐色(7.5R3/3)のスコリア(最大粒径2 cm)が点在する. このような層相の特徴のほか, 周辺域におけるテフラ層および溶岩層との層序関係から, 本軽石層は阿蘇中央火口丘第4軽石(ACP4: 高田, 1989)に対比された. ACP4の体積は約0.2 km<sup>3</sup>(DRE)と報告されている(宮緑ほか, 2003). この軽石層は, デイサイト質の立野溶岩に時間間隙を示す地層(土壌層)を挟むことなく, 直接覆われている. このことは, ACP4と立野溶岩が一連の噴火サイクルで噴出したものであることを意味している.

### III. 年代測定試料

年代測定試料は, ACP4直下の土壌層中に存在する樹木根である(図3, 中央の実線内). この樹木根は炭化しておらず, ACP4直下にも, 軽石の降下で倒伏した樹幹や叩き落とされた枝葉は見当たらない. このため, 現段階では枯死の原因を確定するに至らない. しかし, 樹木根はACP4層下面付近に存在しており, かつて直上を覆っていた軽石が侵食で失われたために露出したものと考えられる. こうしたことから, 樹木根がACP4の降下で埋没・枯死し, 根系だけが残存したと判断するのが自然であろう. 本論では, この樹木の枯死年代と軽石層の

降下年代をほぼ同時とみなして, 以下の議論を進める. 試料は, 樹木根の直径約5 cmの部分長さ約10 cmにわたって切り取って採取した(図3, 破線円内).

### IV. 試料の<sup>14</sup>C年代測定結果

<sup>14</sup>C年代測定は, 米国Beta Analytic社に依頼し, 加速器質量分析(AMS)法によって実施した. <sup>14</sup>C年代の算出にはLibbyの半減期5,568年を使用し,  $\delta^{13}\text{C}$ 値(-25.9‰)による同位体分別効果の補正を行った. この結果, 今回採取した樹木根の補正<sup>14</sup>C年代は,  $46,400 \pm 1,600$  <sup>14</sup>C yrs BP (Beta-182810)であった. なお, 年代値の誤差範囲は1 $\sigma$ で示している.

阿蘇火山においてはこれまで多くの<sup>14</sup>C年代測定が実施されてきた(宮緑ほか, 2003など)が, この年代は最古のものと考えられる. このような年代の古い試料の測定では, AMS法による<sup>14</sup>C計数のバックグラウンドレベルに注意する必要がある(奥野ほか, 1998). 今回の年代測定では, ペンシルヴェニア産の中新世石炭を用いて, バックグラウンドレベルが調べられた. この石炭は<sup>14</sup>C年代測定法の適用限界より十分に古く, <sup>14</sup>Cはまったく含まれないはずである. 今回の測定時におけるバックグラウンドレベルは $47,070 \pm 250$  <sup>14</sup>C yrs BPであった. 試料の年代値は, バックグラウンドレベルよりもわずかに

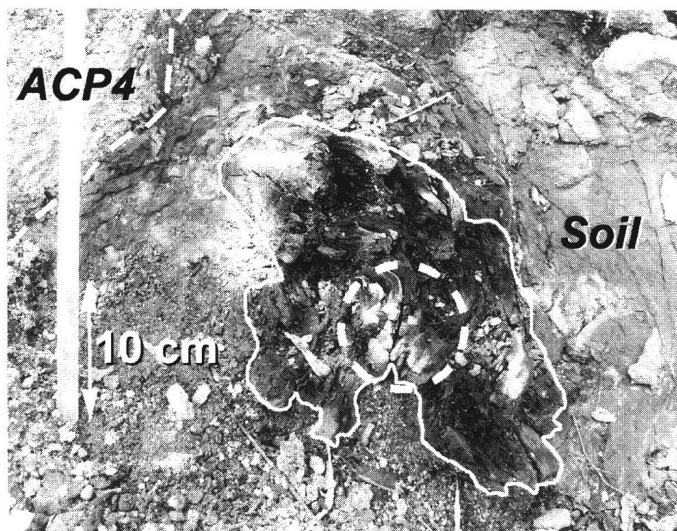


図3 阿蘇中央火口丘第4軽石層(ACP4)直下で発見された樹木根  
破線内が採取部位.

Fig. 3 A non-carbonized root discovered just below the Aso central cone pumice 4 (ACP4)

A broken circle indicates sampling part for <sup>14</sup>C dating.

に若い方が、両者は $1\sigma$ の誤差範囲内で重なる。このことから、試料の真の年代(樹木が枯死した年代)は今回の年代測定値よりも古いと考えるのが妥当である。バックグラウンドとみなされる年代値については、 $2\sigma$ の誤差範囲を差し引いて表示することが提案されている(Stuiver and Polach, 1977)。したがって、樹木根を覆う降下軽石であるACP4および同じ噴火サイクルによって流出した立野溶岩の年代は、 $2\sigma$ の誤差範囲も考慮して $>43,200$   $^{14}\text{C}$  yrs BPと判断した。

### V. 得られた年代値の層序学的意義と立野溶岩を流出した噴火サイクルの特徴

今回得られた樹木根の $^{14}\text{C}$ 年代は、阿蘇火山中央火口丘群の発達史を考える上で重要であり、ここではその意義について考察する。

これまでの研究では、Kpfa直下の埋没黒ボク土層(渡辺・高田, 1990; 山田・久保寺, 1996)より下位については、層序関係と調和する $^{14}\text{C}$ 年代値が得られていなかった。そこで、宮縁ほか(2003)では、Kpfa直下の埋没黒ボク土層(約32 cal ka)とAso-4火砕流堆積物(約89 ka: K-Ar)間のテフラおよび土壌層の堆積速度を一定と仮定して、層位から各テフラの噴出年代が推定された。この方法によると、ACP4の噴出年代は約40.2 ka (ST)と報告されている。本研究によって明らかにされたACP4の噴出年代は $>43,200$   $^{14}\text{C}$  yrs BPであり、これはKitagawa and van der Plicht (1998a, b)が示した $^{14}\text{C}$ 年代較正曲線によると、 $>$ 約46 cal kaとなる。つまり、今回得られたACP4の噴出年代は、テフラ堆積速度から推定した年代より6,000年以上古い。

このような年代値の差異が生じた原因の一つとしては、宮縁ほか(2003)が土壌層だけでなく、テフラ層の堆積速度も一定と仮定したことが考えられる。彼らが年代推定を行った地点(産山村牧野牧場)において、Kpfa直下の埋没黒ボク土層基底からAso-4火砕流堆積物間の堆積物全層厚は約13.1 mである。その間に挟在する全テフラ(軽石・スコリア・火山灰)の総層厚は約4.8 mで、全体の約36%を占める。すべてのテフラの堆積時間を0年として、ACP4の年代を再計算すると40.3 ka (ST)となった。一方、宮縁ほか(2003)が報告した年代は40.2 ka (ST)であり、両者の推定年代にほとんど差がない。しかも、軽石やスコリア(全層厚の約10%)は、ほぼ0年とみなしてよい程度のきわめて短時間に降り積もったものであろうが、阿蘇火山で特徴的である小規模な灰噴火(小野ほか, 1995; Ono *et al.*, 1995)による噴出

物が累積した火山灰層(全層厚の約26%)の堆積時間を0年と仮定してよいかどうかは議論の余地がある。また、土壌層とした堆積物の中にも砂質なものがあり、火山灰層などのテフラと明瞭に区別できないこともある。このようなことから、阿蘇火山周辺域におけるテフラの年代推定時に、テフラ層と土壌層を区別して、それぞれ別の堆積速度を仮定することは難しい。土壌層の堆積速度は母材の供給量(テフラ堆積量)、気候、植生の要因によって時間的に変化することは十分に考えられ、一定である保証はない。実際には、最近約9万年間の中で、Kpfa直下の黒ボク土層からACP4間のテフラおよび土壌層の堆積速度が著しく遅かったものと判断される。このことが、宮縁ほか(2003)の推定年代と今回得られた較正暦年代に6,000年以上の差異が生じた原因である。このように、土壌層(ローム層を含む)の厚さを用いた年代推定では6,000年以上の誤差を生じうることに留意すべきである。しかし、こうした年代推定方法はほかの火山においても行われており(藤沢ほか, 2002など)、詳細な放射年代が得られない場合にはやむを得ないといえる。

立野溶岩の上位には、流紋岩質の高野尾羽根溶岩(渡辺, 2001: 火山研究所溶岩)が存在する(小野・渡辺, 1985)。今回の試料採取地点から東北東約2.5 kmに位置する京都大学火山研究センター付近において、近年深さ150~200 mに達する4本のボーリングが行われた。そして、それらのボーリングコアでは高野尾羽根溶岩の直下に時間間隙を示す土壌層を挟むことなく、降下軽石層が確認された。その軽石層には黒雲母斑晶が多量に含まれることや他テフラとの層序関係から、阿蘇中央火口丘第3軽石(ACP3: 高田, 1989)に対比された。このことから、ACP3と高野尾羽根溶岩は同じ噴火サイクルによる噴出物であることがわかる。カルデラ周辺域においては、ACP4とACP3間には厚さ0.2~2 mの砂質火山灰層(層厚2~20 cmのシルト~砂質土壌層が挟在する場合あり)が認められる。両テフラ間の土壌層の層厚からそれらの年代差を推定すると、100年程度となる。また、前述したボーリングコアでも、立野溶岩と高野尾羽根溶岩直下の軽石層(ACP3)との間には、層厚0.4~1.5 mの火山灰混じりの土壌層が認められるのみで、両者の層厚は近接している。これらのことから、ACP4/立野溶岩の噴火サイクルとACP3/高野尾羽根溶岩の噴火サイクルの間には、数100年程度の時間間隙しか存在しないと考えられる。

ACP3と同じ噴火サイクルで流出した高野尾羽根溶岩

には、 $51 \pm 5$  ka という K-Ar 年代が得られている(松本ほか, 1991)。前述の層序関係から、ACP4/立野溶岩噴火サイクルの年代は、高野尾羽根溶岩の K-Ar 年代よりも数 100 年程度古いことになる。今回得られた ACP4 の年代 ( $>46$  cal ka) は、高野尾羽根溶岩の K-Ar 年代とも矛盾しない。

阿蘇火山中央火口丘群西部地域において、最大規模の溶岩流であるデイサイト質の立野溶岩流出に先行して、爆発的な噴火(プリニー式噴火)が起こり、ACP4 が放出された。その後、数 100 年程度の時間をおいて、流紋岩質の ACP3 と高野尾羽根溶岩が噴出している。今回得られた  $^{14}\text{C}$  年代値や松本ほか(1991)による K-Ar 年代値からみて、軽石放出から溶岩流出に至る一連の珪長質噴火活動が、50 ka 前後の近い時期に 2 回発生していることが明らかになった。

**謝辞** 京都大学火山研究センターの須藤靖明先生には同センターで掘削されたボーリングコアを観察する機会を与えていただき、その観察は調査地域の地質層序を理解する上で、たいへん有益であった。また、(株)地球科学研究所の松山澄久氏には  $^{14}\text{C}$  年代測定の試料調製や分析方法について、福岡大学の奥野 充氏には  $^{14}\text{C}$  年代のバックグラウンド判定に関して詳しくご教示いただいた。匿名査読者と編集委員の荻谷愛彦氏の指摘により、本論の内容は大いに改善された。以上の方々に深く感謝いたします。

#### 引用文献

- 藤沢康弘・奥野 充・中村俊夫・小林哲夫(2002)九州北東部、鶴見火山の最近 3 万年間の噴火活動。地質学雑誌, 108, 48-58.
- 本間不二男・迎三千壽(1938)阿蘇中央火口丘群地質構造概報。火山, 4, 168-181.
- Kitagawa, H. and van der Plicht, J. (1998a) A 40,000-year varve chronology from lake Suigetsu, Japan: Extension of the  $^{14}\text{C}$  calibration curve. Radiocarbon, 40, 505-515.
- Kitagawa, H. and van der Plicht, J. (1998b) Atmospheric radiocarbon calibration to 45,000 yr B.P.: Late Glacial fluctuations and cosmogenic isotope production. Science, 279, 1187-1190.
- Matsumoto, A. and Kobayashi, T. (1995) K-Ar age determination of late Quaternary volcanic rocks using the "mass fractionation correction procedure": application to the Younger Ontake Volcano, central Japan. Chemical Geology, 125, 123-135.
- Matsumoto, H. (1963) Petrological study on rocks from Aso volcano. Kumamoto Journal of Science, Series B, Section 1, 5, 1-67.
- 松本哲一・宇都浩三・小野晃司・渡辺一徳(1991)阿蘇火山岩類の K-Ar 年代測定—火山層序との整合性と火砕流試料への適応—. 日本火山学会 1991 年度秋季大会講演予稿集, 73.
- 宮縁育夫・高田英樹(2002)波野村笹倉永迫遺跡のテフラ層序。熊本地学会誌, 129, 2-12.
- 宮縁育夫・渡辺一徳(1997)埋没黒ボク土層の  $^{14}\text{C}$  年代からみた完新世阿蘇火山テフラの噴出年代。火山, 42, 403-408.
- 宮縁育夫・星住英夫・高田英樹・渡辺一徳・徐 勝(2003)阿蘇火山における過去約 9 万年間の降下軽石堆積物。火山, 48, 195-214.
- 奥野 充・中村俊夫・鎌田浩毅・小野晃司・星住英夫(1998)九重火山、飯田火砕流堆積物の加速器  $^{14}\text{C}$  年代。火山, 43, 75-79.
- 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・松本徭夫・宮久三千年・寺岡易司・神戸信和(1977)竹田地域の地質。地域地質研究報告, 5 万分の 1 図幅, 145 p, 地質調査所。
- Ono, K., Watanabe, K., Hoshizumi, H. and Ikebe, S. (1995) Ash eruption of the Naka-dake crater, Aso volcano, southwestern Japan. Journal of Volcanology and Geothermal Research, 66, 137-148.
- 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.
- Stuiver, M. and Polach, H.A. (1977) Discussion: reporting of  $^{14}\text{C}$  data. Radiocarbon, 19, 355-363.
- 高田英樹(1989)阿蘇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(1972)阿蘇カルデラ西部の地質。熊本大学教育学部紀要, 第 1 分冊(自然科学), 21, 75-85.
- 渡辺一徳(2001)阿蘇火山の生い立ち—地質が語る大地の鼓動—. 一の宮町史編纂委員会「一の宮町史—自然と文化—阿蘇選書 7」: 241 p, 熊本県一の宮町。

渡辺一徳・高田英樹（1990）阿蘇カルデラ周辺域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・小野晃司・平塚勝一（1982）草千里ヶ浜火山

の軽石噴火について. 火山, 27, 337-338.

山田一郎・久保寺秀夫（1996）阿蘇外輪山およびその周辺地域における阿蘇4以降のテフラ層序と土壌層序.

九州農業試験場研究資料, 83, 1-35.

## Characteristics and Age of Eruption Cycle Producing Tateno Lava at Aso Volcano, Southwestern Japan

Yasuo Miyabuchi\*<sup>1</sup>, Naoaki Masuda\*<sup>2</sup> and Kazunori Watanabe\*<sup>3</sup>

The Tateno lava is the thickest lava flow distributed in the western part of post-caldera central cones of Aso Volcano, SW Japan. A pumice-fall deposit underlying the lava was identified, and it was correlated to Aso central cone pumice 4 (ACP4), one of the key tephra layers in and around Aso caldera. A non-carbonized root sample was discovered just below ACP4, and its <sup>14</sup>C age was measured to determine the age of the eruption cycle producing ACP4 and the Tateno lava. The AMS <sup>14</sup>C

age was >43,200 yrs BP, which corresponded to >ca. 46 calka. The age is consistent with a K-Ar age (51±5 ka) for the Takanoobane lava, which occurs above the Tateno lava. In the western part of Aso central cones, two thick felsic lava flows, the Tateno lava (dacite) and the Takanoobane lava (rhyolite), were discharged at an interval of a few hundreds years around 50 ka, and they accompanied precursor plinian pumice-fall deposits.

\*1 Kyushu Research Center, Forestry and Forest Products Research Institute. 4-11-16 Kurokami, Kumamoto, 860-0862, Japan. E-mail : [REDACTED]

\*2 Aso Junior High School. 1266 Kurokawa, Aso-machi, Kumamoto, 869-2225, Japan.

\*3 Faculty of Education, Kumamoto University. 2-40-1 Kurokami, Kumamoto, 860-8555, Japan.