

阿蘇中央火口丘群西側斜面で発見された
岩屑堆積物とそれらの¹⁴C年代

宮 縁 育 夫*・渡 辺 一 徳**・岡 本 真 也***

(2002年11月1日受付, 2003年2月20日受理)

¹⁴C Ages of Volcaniclastic Deposits Discovered on the Western Slope
of Aso Central Cones, Southwestern Japan

Yasuo MIYABUCHI*, Kazunori WATANABE** and Shinya OKAMOTO***

Two volcaniclastic deposits—a debris-avalanche deposit (NgDA) and a lahar deposit (NgL) were discovered along the Nigorikawa River on the western slope of Aso central cones, southwestern Japan. The Nigorikawa debris-avalanche deposit, having a maximum thickness >3 m, contains numerous plastically deformed debris-avalanche blocks (<3.7 m) of volcanic ash and soil layers in a poorly-sorted silty to clay matrix. The Nigorikawa lahar deposit contains many subangular to subrounded lithic clasts (<0.7 m) and shows clast-supported and matrix-rich depositional structures. We obtained a ¹⁴C age of 2,230±70 years BP from a wood fragment in NgDA, which corresponds to 400–100 cal BC (2σ). The date is consistent with the age of cultural remains (the Yayoi period: 300 BC–300 AD) underlying the debris-avalanche deposit. We obtained a ¹⁴C age of 4,100±60 years BP (2880–2480 cal BC) from a wood fragment in NgL. These ¹⁴C ages indicate that major volcaniclastic flows have inundated the Nigorikawa River multiple times in the past 4,000 years. Although the source and cause of the volcaniclastic flows remain unsolved, this discovery provides important information about volcanic hazards in the western part of Aso central cones.

1. はじめに

阿蘇中央火口丘群西側斜面は、さまざまな溶岩流や火砕岩が分布する地質的にも地形的にも複雑な構造をもつ地域である(小野・渡辺, 1985)。この地域の濁川左岸において、2000年に河陽F遺跡(Fig. 1の地点3)の発掘

調査が実施された。その結果、阿蘇火山においてこれまで認定されていなかった岩屑なだれ堆積物が発見された(宮縁・他, 2001)。その後の道路建設工事により、さらに下位より多量の岩片からなるラハール堆積物が確認された。これらの事実は、地質学的な新知見であるとともに、山地防災上の観点からも重要な意味をもっている。

本論では、阿蘇中央火口丘群西側斜面において発見された2つの岩屑堆積物の特徴と露頭から採取された試料の¹⁴C年代を報告し、さらにそれらの防災上の意義について考察する。

2. 調査地域の地質概要

調査地点は、阿蘇中央火口丘群の西側斜面を流れる濁川沿いに位置する(Fig. 1)。この付近は、地表に存在している阿蘇中央火口丘群の噴出物の中で、比較的古い溶岩が分布する地域である。濁川の上流部には、草千里ヶ浜火口西縁(標高1,140 m)から緩やかに続く斜面(平均傾斜は7~14°程度)が広がっており、デイサイト質の草千里ヶ浜火山溶結火砕岩と一部に玄武岩質の吉岡溶岩が分布している(小野・渡辺, 1985)。一方、中・下流域に

* 〒860-0862 熊本市黒髪4-11-16

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.

** 〒860-8555 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 860-8555, Japan.

*** 〒862-8609 熊本市水前寺6-18-1

熊本県教育庁文化課

Cultural Affairs Division, Kumamoto Prefectural Government, Suizenji 6-18-1, Kumamoto 862-8609, Japan.

Corresponding author: Yasuo Miyabuchi

e-mail: yasuo@affrc.go.jp

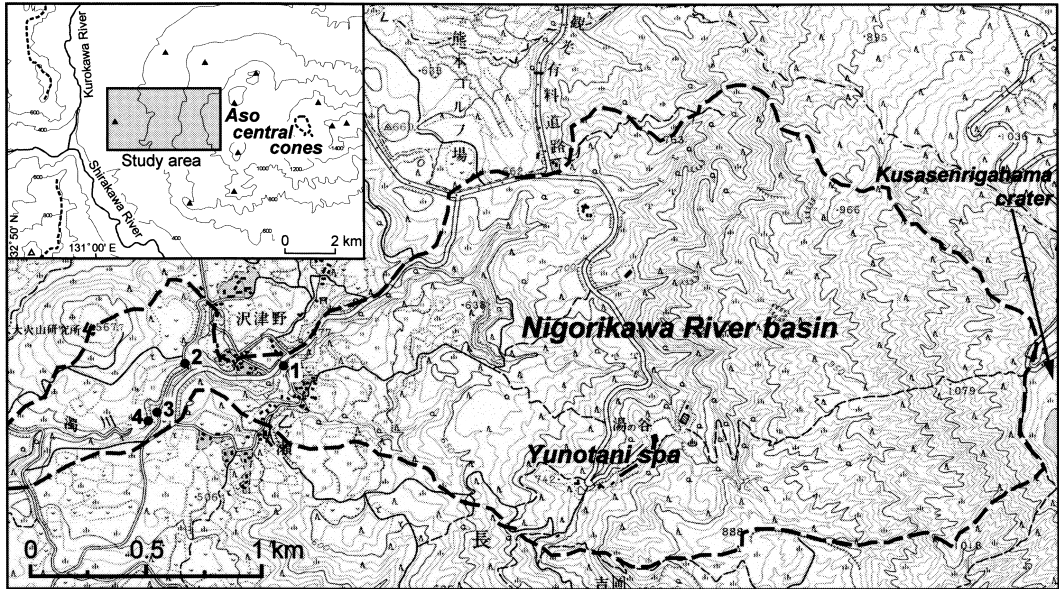


Fig. 1. Topographic map of the Nigorikawa River basin showing localities of the stratigraphic sections referred in text; modified from 1 : 25,000 topographic map "Asosan" published by Geographical Survey Institute. Contour interval is 10 m.

はデイサイト質の沢津野溶岩と流紋岩質の高野尾羽根溶岩（火山研究所溶岩）が分布し、やや起伏に富む斜面からなっている（小野・渡辺, 1985; 渡辺, 2001）。

濁川が西流し高野尾羽根火山の溶岩ドームに突き当たって南に流路を変える地点付近の左岸段丘面上（標高 517 m）には、2000 年 6 月～2001 年 1 月にかけて熊本県文化課によって発掘調査が行われた河陽 F 遺跡がある（Fig. 1 の地点 3）。この遺跡は、1 区（北側：約 1,000 m²）と 2 区（南側：約 100 m²）からなり、調査 2 区は長さ 27 m、最大幅 7 m、深さ 3 m 程度と小規模であり、主に縄文時代草創期～早期（約 12,000～8,000 年前：歴年代）の遺物・遺構が確認されている。一方、調査 1 区は長さ 100 m、最大幅 17 m、深さ 3 m 程度にわたって発掘が行われ、後述する岩屑なだれ堆積物に埋没する弥生時代中期前半期（約 2,100 年前）の遺物や遺構が発見された。また堆積物の上層からは古墳時代後期（約 1,450～1,400 年前）の竪穴式住居跡や弥生時代中期後半～近世（江戸時代）までの遺物が確認されている。さらに調査 1 区の南端約 20 m² からは、縄文時代草創期～早期（約 12,000～8,000 年前）の土器や石器が出土している（岡本, 2003）。なお、筆者らの調査で岩屑堆積物が確認できたのは、河陽 F 遺跡から上流へ約 800 m までの区間である。

濁川流域の地質で防災上特筆すべきことは、湯の谷温泉付近に分布する温泉変質地帯の存在である。そうした変質地帯には、水蒸気爆発や地すべり・崩壊によって形

成されたと考えられる馬蹄形地形も認められる。

3. 岩屑堆積物の記載

本論で述べる 2 つの岩屑堆積物は、層厚 60～70 cm 程度の埋没土壌を挟んで 2 層認められた（Fig. 2, 3A）。本論では上位の堆積物を「濁川岩屑なだれ堆積物」、下位の堆積物を「濁川ラハール堆積物」と命名し、以下にそれぞれの特徴を記載する。

3-1 濁川岩屑なだれ堆積物（NgDA; 新称）

濁川岩屑なだれ堆積物（略称 NgDA）は、河陽 F 遺跡（Fig. 1 の地点 3）の発掘調査によって発見され、阿蘇火山において初めて認定された岩屑なだれによる堆積物である（宮縁・他, 2001）。本堆積物は、遺跡調査区（長さ 100 m、最大幅 17 m、深さ 3 m）のほぼ全面に露出しており、上面は耕作地および道路造成によって削割されていたが、最大層厚は 3 m 程度である。遺跡が立地する濁川の左岸段丘地形（長さ 125 m、幅 25 m、比高 7 m 程度）の上部は、主にこの堆積物によってできている。

地点 3 および 4 では、NgDA の直下にシルト～粘土質の土壌層（層厚 60～70 cm）が認められたが、約 200 m 上流にあたる地点 2 では、後述する濁川ラハール堆積物を直接覆っており、層厚は 2～3 m である（Fig. 2）。さらに約 600 m 上流の地点 1 での層厚は 0.7 m であり、下位のラハール堆積物との間には河川堆積物層（層厚 1 m）が挟んでいる。地点 2～4 にかけての区間には両岸に

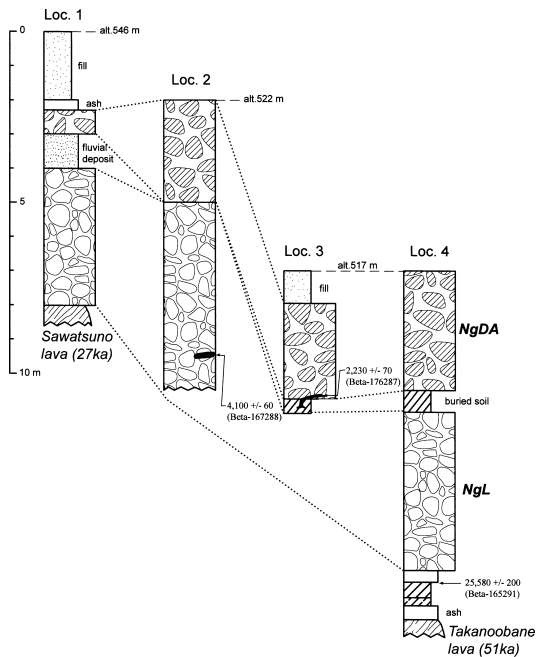


Fig. 2. Stratigraphic sections along the Nigorikawa River. See Fig. 1 for localities. K-Ar dates of Sawatsuno and Takanoobane lavas are from Matsumoto *et al.* (1991). NgDA: Nigorikawa debris-avalanche deposit; NgL: Nigorikawa lahar deposit.

段丘面が発達しているが、本堆積物は分布からみて、最も高い段丘地形を形成しているようである。

いずれの地点においても NgDA は、全体的に粘土～シルト質の細粒物質によって構成されており、火山灰層や土壤層からなる塊（以下、ローム質ブロックと呼ぶ）を多量に含むことが特徴である (Fig. 3B)。本堆積物が最もよく観察できた地点 3 では、ローム質ブロック（最大径 3.7 m）は著しく変形を受けているとともに、その一部が流走中に分裂した形跡も認められた (Fig. 3C)。また堆積物中には、濁川流域内に分布する沢津野溶岩、草千里ヶ浜火砕岩、吉岡溶岩（小野・渡辺，1985）由来の石質岩片（最大径 1.6 m；形状は亜円礫～亜角礫）が基底から 0.5～1 m 付近に集中して含まれている（宮録・他，2001）が、その岩片集中の理由についてはよくわからない。

以上のように NgDA は、岩屑なだれ堆積物の特徴を示している。しかしながら、その体積は 10^3 m^3 のオーダーであり、流れ山地形も現存していない。また発生源も特定されておらず、他火山で観察されるような山体の巨大崩壊に起因するもの (Ui *et al.*, 1986 など) とは考えにくい。このように、発生・流下・堆積機構などについ

てはさらに検討すべき問題を残している。

3-2 濁川ラハール堆積物 (NgL; 新称)

濁川ラハール堆積物 (略称 NgL) は、上位の NgDA と同様に、濁川沿いで発見された堆積物である。最上流の地点 1 では層厚約 4 m で、約 27 ka の沢津野溶岩 (松本・他, 1991) を直接覆っている。地点 2 で最も厚く、層厚は 5 m 以上である (Fig. 3D) が、地点 4 の層厚は約 4.6 m で、NgDA との間に埋没土壤層を挟む (Fig. 2)。NgL の堆積面は、地点 2～4 にかけての区間の両岸に発達する段丘面とほぼ並行であり、段丘地形の基礎をつくっていると考えられる。

NgL は、上位の NgDA とは異なり、多量の石質岩片を含み、礫支持 (clast supported) である (Fig. 3E)。その石質岩片には、前述した流域内に存在する 3 種の溶岩・火砕岩以外に、これまで確認されていないガラス質の黒色流紋岩も認められる。それら岩片の形状は、亜角礫～亜円礫を呈しており、最大粒径（各露頭における最大の岩片 3 個の長径平均値）は地点 2 で 0.7 m、地点 4 で 0.6 m であった。堆積物中には、礫支持の堆積構造を示す部分と、粘土～シルト質の基質に富む部分が認められる。岩片がある程度円磨され、礫支持であることから、本堆積物は水によって運搬されたラハール堆積物と判断できる。しかし基質に富む部分には、最大径が 4.5 m に及ぶ粘土質ブロックが観察されるなど、岩屑なだれ堆積物の特徴を保持している部分も存在している。

4. 採取試料の¹⁴C年代

以上述べた 2 つの岩屑堆積物の年代を明らかにするため、これらから採取した木片試料と NgL 下位の土壤試料について¹⁴C年代測定を行った。

濁川岩屑なだれ堆積物 (NgDA) については、地点 3 の河陽 F 遺跡において堆積物下面付近に存在した木片試料（長さ 23 cm、直径 4 cm）を採取した。この木片は、下位の土壤層から生えており、上部は岩屑なだれによって、その流下方向に倒伏していた (Fig. 2)。

濁川ラハール堆積物 (NgL) に関しては、地点 2 の堆積物中から、黒色を呈する未炭化の木片（長さ 16 cm、直径 4 cm）を採取した。また地点 4 において、このラハールによって上面を侵食された火山灰層（層厚 34 cm）直下の暗褐色（10YR3/3；マンセル方式の土色帖による色調）土壤層から、土壤試料を採取した (Fig. 2)。

年代測定は米国 Beta Analytic 社に依頼し、2 点の木片試料については β 線計数法によって、1 点の土壤試料に関しては加速器質量分析 (AMS) 法によって測定が実施された。¹⁴C年代の算出には Libby の半減期 5,568 年を使用しており、 $\delta^{13}\text{C}$ ($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$) による同位体分別効果の

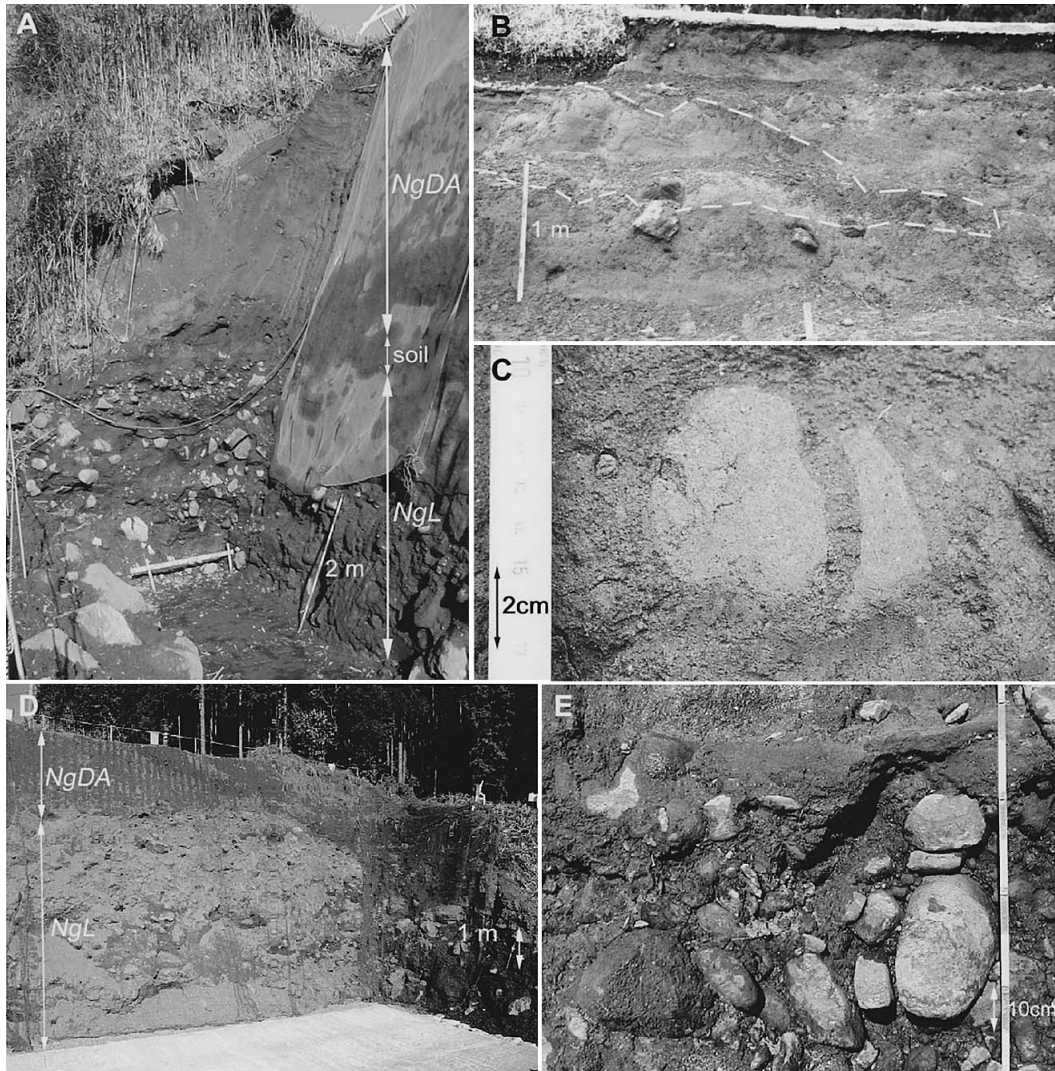


Fig. 3. Photographs of two volcaniclastic deposits. (A) Nigorikawa debris-avalanche deposit (NgDA) underlain by a paleosol bed and further by lahar deposits (NgL) at locality 4. (B) A block (inside broken line) plastically deformed in Nigorikawa debris-avalanche deposit at locality 3. Flow right to left. (C) A block separated in situ in Nigorikawa debris-avalanche deposit at locality 3. (D) Nigorikawa lahar deposit (NgL) directly overlain by Nigorikawa debris-avalanche deposit (NgDA) at locality 2. (E) Subrounded to subangular lithic clasts in the Nigorikawa lahar deposit at locality 4.

補正が行われている。また、歴年代較正には Beta Analytic 社製のプログラムを用いた。そのプログラムはデータセットとして INTCAL 98 (Stuiver *et al.*, 1998) を使用し、Talma and Vogel (1993) による数学的近似を行っている。

年代測定結果を Table 1 に示す。NgDA によって倒伏した木片から得られた補正 ^{14}C 年代は、 $2,230 \pm 70$ 年 BP (Beta-167287) であった。この年代を暦年代較正すると、BC 400~BC 100 年の範囲 (誤差範囲 2σ) となる。

また、NgL 中の炭化木試料からは、 $4,100 \pm 60$ 年 BP (Beta-167288) という補正 ^{14}C 年代が得られ、同様に暦年代較正すると BC 2880~2480 年の範囲 (誤差範囲 2σ) となった。さらに NgL 下位の埋没土壌試料の補正 ^{14}C 年代は $25,580 \pm 200$ 年 BP (Beta-165291) となり、層序的に矛盾しない結果であった。

^{14}C 年代測定の結果、濁川流域では BC 2880~2480 年頃 (約 4,570 cal 年 BP) にやや規模の大きなラハールが流下し、さらに BC 400~BC 100 年頃 (約 2,310~2,190

Table 1. Results of ¹⁴C dating for wood fragments in Nigorikawa debris-avalanche deposit (NgDA) and Nigorikawa lahar deposit (NgL), and the soil underlying NgL, the Nigorikawa River basin.

Sample	Sampling site	¹⁴ C age* (yrs BP)	δ ¹³ C (¹³ C/ ¹² C ratio)	Conventional ¹⁴ C age** (yrs BP)	Lab code	Calibrated result*** (2σ: 95% probability)
Wood fragment in NgDA	Site 3	2,240 ± 70	-25.1	2,230 ± 70	Beta- 167287	400 - 100 cal BC
Wood fragment in NgL	Site 2	4,110 ± 60	-25.7	4,100 ± 60	Beta- 167288	2880 - 2480 cal BC
Soil underlying NgL	Site 4	25,470 ± 200	-18.5	25,580 ± 200	Beta- 165291	

* ¹⁴C ages were analyzed based on the Libby's ¹⁴C half life of 5,568 years. Two wood fragment samples and a soil sample were measured by radiometric and AMS methods, respectively.

** Conventional ¹⁴C ages were calculated using δ¹³C values.

*** Using the program (Talma and Vogel, 1993) based on calibration data sets (Stuiver *et al.*, 1998).

cal年BP)に岩屑なだれが発生したことが明らかとなった。

5. 考察

5-1 濁川岩屑なだれ堆積物の年代

堆積物中に含まれる木片の¹⁴C年代から、濁川流域ではBC 400~BC 100年頃に岩屑なだれが起こっていることになる。河陽F遺跡の発掘調査で、濁川岩屑なだれ堆積物(NgDA)の下位から発見された遺物の大部分を占める土器片は城ノ越式土器の影響を受けたものであることがわかっている(岡本, 2003)。城ノ越式土器は、九州北部における弥生時代中期前半の土器形式とされている(大塚・戸沢, 1996)。弥生時代中期の歴年代は、従来BC 100~AD 100年までの約200年間とされてきた。しかし近年、考古学分野では遺跡で発見される樹木の年輪年代法による検討が行われるなど、弥生時代の歴年代の見直しが進められており、武末(2002)は中国・朝鮮の文物や平行関係を考慮して、弥生時代中期前半の歴年代をBC 150~BC 50年としている。こうしたことを考慮すると、堆積物中の木片から得られた¹⁴C年代と、その堆積物に覆われる遺物の年代は、十分に一致する。したがって、濁川流域で岩屑なだれが発生したのは、少なくとも弥生時代中期頃のことであり、河陽F遺跡には弥生時代の土砂災害が鮮明に記録されていることになる。

5-2 調査地域における岩屑堆積物の発見とその意義

調査を行った阿蘇中央火口丘群西側斜面は、湯の谷温泉や地獄・垂玉温泉など、自然湧出する温泉が存在するなどの理由で、年間に15万人以上の人々が訪れる観光地域となっている(池辺・藤岡, 2001; 長陽村商工観光課未公表資料による)。今回の岩屑堆積物の発見は、火山地質学的に興味深い問題であるだけでなく、山地防災的な観点においても重要な意味をもっている。

濁川流域の上流部には、古くからの湯治場として利用されてきた湯の谷温泉がある。最近、長陽村史の編纂作業で古文書と絵図史料が発見され、1816(文化13)年の噴火は湯の谷温泉において発生したものであり、水蒸気爆発により湯治場が被害を受けていたことが明らかにされた(池辺・藤岡, 2001)。また、湯の谷温泉の南南東2.5kmにある地獄温泉(濁川とは流域が異なる)では、約4,500年前と約10,000年前に比較的規模の大きな水蒸気爆発(ともに噴出物量10⁵m³)が起こっている(宮縁・渡辺, 2000)。これらの水蒸気爆発の発生履歴は、阿蘇中央火口丘群の西側斜面において、湯の谷温泉および地獄・垂玉温泉などの噴気活動を伴う変質地帯で、過去にしばしば水蒸気爆発による火山災害が発生したことを裏付けている。

阿蘇火山においてはこれまで認められていないが、水蒸気爆発に伴ってはラハールが発生し、下流域においても災害が起こる事例が報告されている(塚本・他, 1998)。また、火山体では火山活動そのものではなく地震などによって斜面が崩壊し、岩屑なだれが発生することがある(宇井, 1987)。しかしながら、堆積物のみからは岩屑なだれの発生要因を特定できないこともあり(宇井, 1997)、火山活動を直接の原因にしていなくても、岩屑なだれによる被害は、一般的に火山災害として扱われている。さらに火山地域では、一般の山地よりも土石流などの土砂移動現象の発生頻度が高いとされ(小橋・他, 1982)、これも移動材料となる火山噴出物の特性に起因するものである。火山地域の防災対策を構築する上で、こうした多様なマスマーブメントすべてを対象にする必要があると考える。したがって筆者らは、火山活動の有無に関わらず、火山体斜面で発生する災害は、すべて火山災害としてとらえている。

今回発見された岩屑堆積物は、弥生時代以前に濁川流

域において岩屑なだれや規模のやや大きなラハールが谷に沿って流れ下っていたことを物語っている。それらの堆積物の特徴から、岩屑なだれやラハールは水蒸気爆発やマグマ噴火に伴うものである可能性は低く、他の何らかの誘因による斜面崩壊・地すべりが契機になったと考えられるが、過去の火山災害を示す重要な記録である。

阿蘇中央火口丘群西側斜面に位置する濁川流域では水蒸気爆発、斜面崩壊、地すべり、岩屑なだれやラハールの発生が予想され、こうした現象は防災対策を立案する上で考慮すべき問題である。今後も詳細な現地調査を実施して、新たな堆積物の発見に努め、過去の火山災害発生履歴を検討する必要がある。

6. ま と め

阿蘇中央火口丘群西側斜面の濁川流域において、新たに2つの岩屑堆積物が発見された。それらの堆積物を、岩相から濁川岩屑なだれ堆積物（上位）と濁川ラハール堆積物（下位）と命名した。堆積物中の木片試料から得られた¹⁴C年代から、濁川流域ではBC 400~BC 100年頃に弥生遺跡を埋積する岩屑なだれが、さらにBC 2880~2480年頃にはやや規模の大きなラハールが発生していたことが明らかとなった。これらの堆積物の発見は、阿蘇火山において、弥生時代以前に人々の生活を襲う火山災害が発生していたことを記録しており、今後対象地域の火山防災対策を立案する際には、十分検討すべき問題であると考えられる。

謝 辞

阿蘇火山博物館の池辺伸一郎氏には、日頃から貴重な情報を提供していただくとともに、現地において熱心に議論していただいた。熊本県文化課の宮崎敬士氏には弥生時代の年代についてご教示いただくとともに、年代測定を行う際に便宜をはかっていただいた。また、U.S. Geological SurveyのJon J. Major氏には英文の不備を指摘していただいた。さらに、査読者である小林哲夫氏と鹿野和彦氏のコメントは本稿を改善する上で、たいへん有益であった。以上の方々に心から感謝いたします。

引用文献

- 池辺伸一郎・藤岡美寿夫 (2001) 文化十三年 (1816) の阿蘇「湯の谷大変」—古文書・絵図資料による水蒸気爆発記録—。火山, 46, 147-163.
- 小橋澄治・中山政一・今村遼平 (1982) 土砂移動現象の実態。地すべり・崩壊・土石流—予測と対策 (武居有恒監修), 鹿島出版会, 28-64.
- 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・渡辺一徳 (2000) 阿蘇火山地獄温泉付近における水蒸気爆発とその堆積物。火山, 45, 25-32.
- 宮縁育夫・渡辺一徳・岡本真也・出田久斉・松本博幸 (2001) 阿蘇中央火口丘西麓の弥生遺跡を覆う岩屑なだれ堆積物。日本火山学会 2001 年秋季大会講演予稿集, 99.
- 岡本真也 (2003) 河陽 F 遺跡。熊本県文化財調査報告第 209 集, 熊本県教育委員会, 320p.
- 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。
- 大塚初重・戸沢充則 (編) (1996) 最新日本考古学用語辞典。柏書房, 362p.
- 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) INTCAL 98 radiocarbon age calibration, 24,000-0 cal BP. *Radiocarbon*, 40, 1041-1083.
- 武末純一 (2002) 弥生の村。日本史リブレット 3, 山川図書出版, 106p.
- Talma, A. S. and Vogel, J. C. (1993) A simplified approach to calibration ¹⁴C dates. *Radiocarbon*, 35, 317-322.
- 塚本 齊・遠藤秀典・高橋正明・伊藤順一 (1998) 1997 年澄川地すべりにおける地すべり・水蒸気爆発・土砂流出の発生プロセスとそのメカニズム。地すべり, 35, 54-61.
- 宇井忠英 (1987) 火山体で発生する岩屑流の流動プロセス。地形, 8, 83-93.
- 宇井忠英 (1997) 火山現象の多様性。火山噴火と災害 (宇井忠英編), 東京大学出版会, 17-47.
- Ui, T., Yamamoto, H. and Suzuki-Kamata, K. (1986) Characterization of debris avalanche deposits in Japan. *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, 29, 231-243.
- 渡辺一徳 (2001) 阿蘇火山の生い立ち—地質が語る大地の鼓動—。一の宮町史自然と文化阿蘇選書 7, 一の宮町, 241p.

(編集担当 伴 雅雄)