

阿武単成火山群, 宇生賀盆地から採取したコア試料の層序と年代
**Stratigraphy and age of sediment cores from the Ubuka Basin in Abu monogenic volcanoes,
western Honshu, Japan**

大下愛央¹・奥野 充^{1*}・西川 空¹・藤木利之²・中西利典³・林田 明⁴・鳥井真之⁵・洪 完⁶
Mao Oshita¹, Mitsuru Okuno^{1*}, Ku Nishikawa¹, Toshiyuki Fujiki², Toshimichi Nakanishi³, Akira Hayashida⁴,
Masayuki Torii⁵, Wan Hong⁶

¹大阪公立大学大学院理学研究科地球学専攻・²岡山理科大学理学部基礎理学科・

³ふじのくに地球環境史ミュージアム・⁴同志社大学理工学部環境システム学科・

⁵熊本大学くまもと水循環・減災研究教育センター減災型社会システム部門・

⁶韓国地質資源研究院 (KIGAM) 地質資源分析センター

¹ Department of Geosciences, Graduate School of Science, Osaka Metropolitan University, 1-1 Gakuen-cho, Sakai 599-8531, Japan.

² Department of Applied Science, Faculty of Science, Okayama University of Science, 1-1 Ridai-cho, Okayama 700-8621, Japan.

³ Museum of Natural and Environmental History, Shizuoka, 5762 Oya, Shizuoka 422-8017, Japan.

⁴ Department of Environmental Systems Science, Faculty of Science and Engineering, Doshisha University, 1-3 Tataramiyadani, Kyotanabe 610-0394, Japan.

⁵ Disaster Mitigation Laboratory, Center for Water Cycle, Marine Environment and Disaster Management, Kumamoto University, 2-39-1 Kurokami, Kumamoto 860-8555, Japan.

⁶ Geochemical Analysis Center, Korea Institute of Geoscience and Mineral Resources (KIGAM), Yuseong-gu, Daejeon 305-350, Republic of Korea.

*Corresponding author. E-mail: okuno326@omu.ac.jp

Abstract

In the Abu monogenic volcanoes, lava flows/domes and the scoria cones are scattered at about 400 km², and started activities from about 2 Ma. The Ubuka basin is surrounded by Gongenyama (ca. 0.31 Ma) on the south side, Takamureyama (ca. 0.18 Ma) on the north side, Nishidai and Higashidai (ca. 0.04 Ma) on the east side, and Horikoshi lava from Nabeyama scoria cone (-0.08 Ma) on the west side. Buried sediments cover a long range from the last glacial to the postglacial, but tephra such as Kikai-Akahoya (K-Ah) has not been detected. Many buried trees (5130-3676 cal BP) are occurred in the depth of 50 to 60 cm. In this study, to reveal the burial process of the basin, and estimate an eruption age of Nabeyama scoria cone, a total of 10 sediment cores (up to 710 cm in depth) were collected from eight sites in the basin. The facies observation, X-ray imaging, digital color measurement, initial magnetic susceptibility measurement, mud content measurement, major-element compositional analysis of volcanic glass, and AMS ¹⁴C dating were performed. The sediment cores are gradually changed from the lowest silt and clay layer to the top of the peaty layers. A peaty layer (up to a depth of 180 cm) was found at only one site, and a bubble-wall type volcanic glass that could be correlated with the K-Ah tephra was detected. In the other seven sites, K-Ah could not be found and it is considered that there was sedimentation hiatus before and after K-Ah.

Keywords: Abu monogenic volcanoes, Ubuka Basin, Kikai-Akahoya (K-Ah) tephra, Nabeyama scoria cone

1. はじめに

宇生賀盆地は、南側の^{こんげんやま}権現山(約0.31 Ma)、北側の^{たかむれやま}高牟礼山(約0.18 Ma)、東側の西台・東台(約0.04 Ma)、鍋山スコリア丘・堀越溶岩(-0.08 Ma)に取り囲まれる低地である(Fig. 1)。これらの火山が属する阿武単成火山群は、溶岩流やスコリア丘などの単成火山が約400 km²に点在し(Koyaguchi, 1986)、約2 Maから活動を開始した(角縁ほか、2000)。この火山群西部にある笠山スコリア丘は、地表面がほとんど浸食されていないことから完新世に形成された可能性が指摘されていた(中村ほか、1987)。その後、約9 kaのTL年代(永尾ほか、2001; 永尾、2002)が得られたことから、2003年に活火山に指定された(気象庁編、2013)。

宇生賀盆地では、現在の地表から深さ(深度)50~60 cmには、スギを中心とした埋もれ木(5130~3676 cal BP)が多数産出している(Hakozaki et al., 2012)。畑中・三好(1980)は、深度100 cmと300 cmの有機堆積物について、それぞれ6600 ± 75 BP(N-2916)と15,500 ± 175 BP(N-2917)の¹⁴C年代を報告し、低地堆積物は最終氷期最盛期(LGM)から後氷期(完新世)に渡ることを示した。ただし、鬼界アカホヤ(K-Ah: 町田・新井、1978)や始良Tn(AT: 町田・新井、1976)などの広域テフラの報告はない。本研究は、この低地の埋積過程の詳細を明らかにし、周囲の火山の中で最も新しい鍋山スコリア丘の形成年代を推定するためにコア試料を採取した。本稿では、採取したコア試料の層序と年代を報告する。

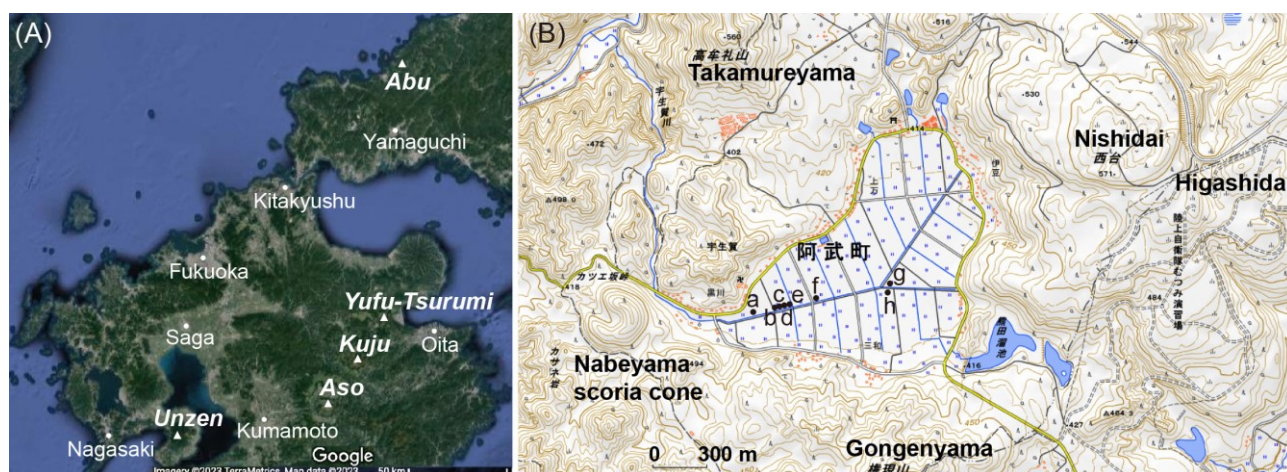


Fig. 1. Location maps. (A) Satellite imagery of Kyushu Island and western end of Honshu Island issued by Google Map© showing locality of the Ubuka basin. Closed triangles and circles indicate active volcano and major city, respectively. (B) GSI Maps (Chiri-in-Chizu) of the Ubuka basin and its surroundings published by the Geospatial Information Authority of Japan (GSI). Solid circles with letters indicate the location of coring sites.

2. コア試料の層序

筆者らは、2022年9月27日と11月26日、27日に宇生賀盆地内の東西直線上の約700 mに渡る8カ所(Fig. 2; 地点a~h)から計10本のコア試料(地点gのみ3本)を、ピートサンプラーやルートオーガー(共にRoyal Eijkelkamp社製)により採取した(Figs. 1 and 2)。

採取したコア試料は、最下部のシルト・粘土層から上位に向かって徐々に植物片に富む泥炭質に移化する傾向を示し(Fig. 2)、畑中・三好(1980)が示した層序と概ね一致する。ただし、地点fだけ深度180 cmまで泥炭層が認められ、深度85 cmからバブルウォール型火山ガラスが検出された。

3. コア試料の分析概要

コア試料の層相を観察し、色調 (L^* , a^* , b^*) 測定、X線写真撮影、初磁化率測定、湿潤かさ密度測定、含泥率測定、火山ガラスの主成分化学組成 ($Si \cdot Ti \cdot Al \cdot Fe \cdot Mn \cdot Mg \cdot Ca \cdot Na \cdot K$) 分析、加速器質量分析 (AMS) ^{14}C 年代測定を行った。色調測定はデジタル土色計 (コニカミノルタ社製、SPAD-503)、X線写真撮影はふじのくに地球環境史ミュージアムのX線検査装置 (イメージテック株式会社製、ITX-S40T)、初磁化率測定は同志社大学の磁化率計 (Bartington社製、MS2)、主成分化学組成分析は熊本大学理学部のエネルギー分散型X線マイクロアナライザー (JEOL社製、JSM-7001FとOxford社製、X-Max, AZtec) を使用した。加速器質量分析 (AMS) 法による ^{14}C 年代測定は (株) 加速器分析研究所 (IAAA) に依頼し、 ^{14}C -AMS専用装置 (NEC社製) を用いた。なお、一部試料の酸-アルカリ-酸 (AAA) 処理は、岡山理科大学 (OUS) とふじのくに地球環境史ミュージアム (FM) でも行った。 ^{14}C 年代 (BP) は、 ^{14}C 年代-暦年代データセット IntCal20 (Reimer et al., 2020) とコンピュータソフト Calib 8.20 (Stuiver and Reimer, 1993) を用いて暦年 (cal BP) に較正した。

4. 結果と考察

AMS ^{14}C 年代測定の結果をTable 1に示す。地点aの深度100 cmで 4210 ± 25 BP、地点eの深度100 cmで 4745 ± 25 BP、地点fの深度225 cmで $13,100 \pm 45$ BP、深度175 cmで $12,325 \pm 40$ BP、深度120 cmで $10,765 \pm 35$ BP、深度63 cmで 4490 ± 25 BP、地点gの3番コア (g-3) では深度90 cmで 2260 ± 20 BP、深度168 cmで 4670 ± 25 BPが得られた (Fig. 2)。それぞれの較正暦年中央値は4741 cal BP、5519 cal BP、15,706 cal BP、14,292 cal BP、12,737 cal BP、5170 cal BP、2233 cal BP、5396 cal BPである (Table 1)。これらの年代値は、Hakozaki et al. (2012) の埋もれ木の暦年代 (5130~3676 cal BP) や畑中・三好 (1980) の埋もれ木 (深度60 cm) の ^{14}C 年代 3100 ± 90 BP (N-2217) などとも矛盾しない。

Table 1 AMS radiocarbon dates of sediment cores from Ubuka basin in Abu monogenic volcanoes

Site code* (with Core No.)	Depth from surface (cm)	Material**	$\delta^{13}C$ *** (%)	Conventional ^{14}C age (BP)	Lab code (IAAA-)	Calibrated years range in cal BP (probability % in 2 σ)	Median probability (cal BP)
a	100	Wood (2)	-30.1	4210 ± 25	221362	4628 - 4632 (0.3)	4741
						4644 - 4677 (14.9)	
						4694 - 4759 (50.1)	
						4798 - 4846 (34.6)	
e	100	Wood (2)	-30.6	4745 ± 25	221361	5330 - 5379 (17.0)	5519
						5454 - 5493 (21.0)	
						5498 - 5581 (61.9)	
f	63	Wood (2)	-30.6	4490 ± 25	221363	4994 - 4999 (0.5) 5041 - 5293 (99.5)	5170
f	120	Plant fragment (3)	-25.8	$10,765 \pm 35$	221909	12,710 - 12,758 (100)	12,737
f	175	Plant fragment (3)	-23.1	$12,325 \pm 40$	221910	14,103 - 14,500 (81.2) 14,702 - 14,813 (18.8)	14,292
f	225	Plant fragment (3)	-21.2	$13,100 \pm 45$	221911	15,545 - 15,869 (100)	15,706
g-3	90	Wood (1)	-28.9	2260 ± 20	221359	2157 - 2241 (54.7) 2300 - 2343 (45.3)	2233
						5320 - 5426 (75.0) 5431 - 5467 (25.0)	
g-3	168	Wood (1)	-28.2	4670 ± 25	221360	5320 - 5426 (75.0) 5431 - 5467 (25.0)	5396

* See Fig. 1 (b), **AAA-treatment at (1) OUS (2) FM (3) IAAA, *** Measured by AMS

Fig. 3に地点f(深度50~200 cm)の分析例を示す。ここでは深度85 cmに初磁化率をはじめ多くのパラメーターでピークが認められる。含泥率測定の際にふるい上の砂画分を観察し、バブルウォール型火山ガラスを確認した(Fig. 4)。この火山ガラスは、主成分化学組成から約7.3 cal ka BP (Smith et al., 2013)のK-Ahに対比できる(Table 2)。上下の¹⁴C年代(Fig. 2, Table 1)もこの対比と矛盾しない。ただし、他の7カ所ではK-Ahは検出できなかった。

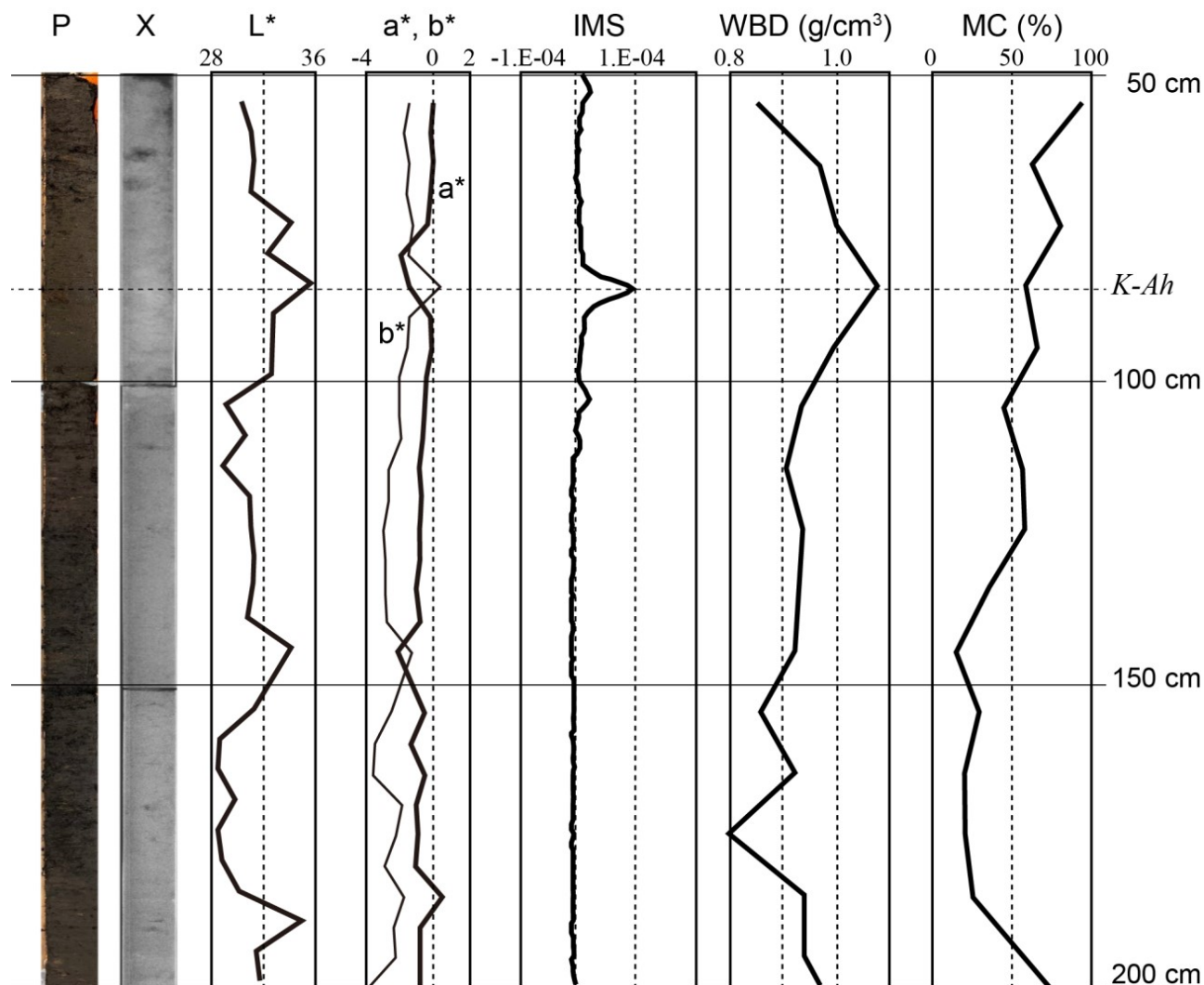


Fig. 3. Analysis results of sediment cores from 50 cm to 200 cm in depth at Site f. P: Photograph of core sample, X: X-ray image, L*, a*, b* digital color measurement, IMS: Initial magnetic susceptibility, WBD: Wet bulk density, MC: Mud content. Peaks in various parameters, especially initial magnetic susceptibility appear clearly for K-Ah.

Table 2 EDS-EPMA results (major-element compositions in 100% normalized) of glass shards from a depth of 85 cm at Site f in Ubuka basin

		SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO ^{*3}	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Total ^{*4}	N
Loc. f (type1)	Ave.	72.95	0.62	13.21	2.83	0.15	0.57	2.36	4.55	2.77	95.84	4
	1σ	0.10	0.07	0.08	0.04	0.04	0.04	0.04	0.10	0.04	0.25	
Loc. f (type2)	Ave.	74.16	0.54	12.75	2.52	0.07	0.45	2.03	4.53	2.94	96.56	22
	1σ	0.18	0.07	0.07	0.12	0.05	0.05	0.07	0.07	0.07	0.97	
K-Ah (Type1) ^{*1}	Ave.	72.85	0.55	13.18	2.89	0.12	0.58	2.45	4.50	2.87	94.45	6
K-Ah (Type2) ^{*1}	Ave.	74.13	0.54	12.82	2.53	0.08	0.46	2.04	4.43	2.98	95.10	22
AT*	Ave.	77.52	0.17	12.16	1.27	0.04	0.12	1.16	4.06	3.50	92.75	22
Lipari obsidian	Ave.	74.65	0.07	13.02	1.57	0.06	0.02	0.79	4.37	5.46	99.15	35
(ID3506) ^{*2}	1σ	0.17	0.05	0.08	0.10	0.06	0.04	0.06	0.06	0.07	0.78	

*1 Torii, M. (unpublished data), *2 Provided by Kuehn et al. (2011), *3 Total iron oxide as FeO, *4 Calculated from raw chemical data.

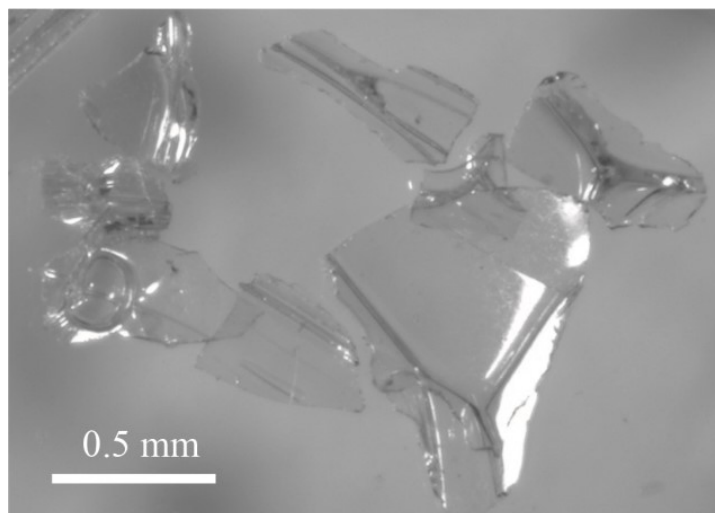


Fig. 4. Microphotograph of volcanic ash from a depth of 85 cm at Site f.

コアg-3の2層準(深度90 cmと168 cm)の中央値(2233 cal BPと5396 cal BP)から得られる堆積速度は0.25 mm/yrであり、地点gで単純に上下にそれぞれ外挿すると、最深の710 cmで約27 cal ka BP、耕作土との境界付近の深度約50 cmでは約0.6 cal ka BPとなる。すなわち、約30 cal ka BP (Smith *et al.*, 2013)のATまでには及んでいないと考えられる。

地点fの泥炭層の基底(深度約180 cm)は約16 cal ka BPとなり、較正暦年中央値4点とK-Ah (7.3 cal ka BP)から、堆積速度は225~175 cmが ≈ 0.35 mm/yr、175~120 cmが ≈ 0.35 mm/yr、120~85 cmが ≈ 0.06 mm/yr、85~63 cmが ≈ 0.10 mm/yrとなる。このように地点fでは完新世に入ってから遅くなり、この地点以外ではK-Ahが検出されないため、その前後に堆積中断があった可能性がある。また5130 cal BP以降にスギなどが低地内に侵入しており、そのような環境変化と堆積中断が何らかの関係があると考えられる。

5. 結論と今後の展望

この研究では、地点fの泥炭層(深度85 cm)でK-Ahを発見し、深度180 cmまでの泥炭層の堆積速度は完新世に入ってから急激に遅くなった。地点gでは2層準の ^{14}C 年代から得られた堆積速度0.25 mm/yrが一定とすると、コア試料の年代は約27 cal ka BPから約0.6 cal ka BPに及ぶが、ATはそのさらに下位層準となる。地点f以外ではK-Ahは検出されておらず、その前後に堆積中断があった可能性がある。

一方、低地の堆積環境に鍋山スコリア丘と堀越溶岩の形成の影響は認められなかった。低地堆積域の拡大・縮小をできるだけ精密に復元し、鍋山スコリア丘と堀越溶岩の形成年代を検証するために、より鋭敏に堆積環境の変化を記録している周辺部からコア試料を採取する必要がある。また、K-Ah前後の堆積中断を検討するために、地点fで見られた泥炭層(深度180 cmまで)の分布も確認する必要がある。

謝辞

この論文は、筆頭著者が大阪府立大学生命環境科学域理学類物理科学課程に提出した令和4年度卒業論文をもとに加筆・修正したもので、三浦大助教授をはじめとする地球科学研究室の皆様には有益な助言をいただいた。現地調査は、農事組合法人「うもれ木の郷」の田中敏雄組合長、阿武町教育委員会の藤田康志事務局長に許可ならびに便宜を図っていただいた。試料採取には、岡山理科大学理学部3年(当時)の坂田優斗、松本郁海、宇根本直樹の各氏にご協力いただいた。なお、この研究の一部に、日本学術振興会科学研究補助金(課題番号: 22H00758)および大阪公立大学2022年度戦略的研究「STEP-UP研究費」(課題番号: OMU-SRPP_SU05)を使用した。記して謝意を表します。

引用文献

- Hakozaki, M., Kimura, K., Tsuji, S., Suzuki, M. (2012) Tree-ring study of a lake Holocene forest buried in the Ubuka basin, Southwestern Japan. *IAWA Journal*, **33**, 287–299.
- 畑中健一・三好教夫 (1980) 宇生賀盆地 (山口県) における最終氷期最盛期以降の植生変遷. *日本生態学会誌*, **30**, 239–244.
- 角縁進・永尾隆志・長尾敬介 (2000) 阿武単成火山群のK-Ar年代とマグマ活動史. *岩石鉱物科学*, **29**, 191–198.
- 中村一明・松田時彦・守屋以智雄 (1987) 日本海沿岸の小火山群. 火山と地震の国 (日本の自然1), 岩波書店, 268–274.
- 永尾隆志 (2002) オープンエア・ミュージアム 山口の火山-阿武単成火山群と青野火山群-. 桜プリント社, 51p.
- 永尾隆志・高島勲・角縁進・木村純一 (2001) 阿武単成火山群の熱ルミネッセンス年代: 萩・笠山火山のスコリア丘は3,000年前に噴火した. *日本火山学会講演予稿集*, **2**.
- 気象庁編 (2013) 80. 阿武火山群. 日本活火山総覧 (第4版). 1142–1150.
- Koyaguchi, T. (1986) Textual and compositional evidence for magma mixing and its mechanism, Abu volcano group, Southwestern Japan. *Contrib. Mineral. Petrol.*, **93**, 33–45.
- 町田洋・新井房夫 (1976) 広域に分布する火山灰—始良Tn火山灰の発見とその意義. *科学*, **46**, 339–347.
- 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.
- Reimer, P.J., Austin, W.E.N., Bard, E., Bayliss, A., Blackwell, P.G., Bronk Ramsey, C., Butzin, M., Cheng, H., Edwards, R.L., Friedrich, M., Grootes, P.M., Guilderson, T.P., Hajdas, I., Heaton, T.J., Hogg, A., Hughen, K.A., Kromer, B., Manning, S.W., Muscheler, R., Palmer, J.G., Pearson, C., van der Plicht, J., Reimer, R.W., Richards, D.A., Scott, E.M., Southon, J.R., Turney, C.S.M., Wacker, L., Adolphi, F., Büntgen, U., Capano, M., Fahrni, S.M., Fogtmann-Schulz, A., Friedrich, R., Köhler, P., Kudsk, S., Miyake, F., Olsen, J., Reinig, F., Sakamoto, M., Sookdeo, A., Talamo, S. (2020) The IntCal20 Northern Hemisphere radiocarbon age calibration curve (0–55 cal kBP). *Radiocarbon*, **62**, 725–757.
- Smith, V. C., Staff, R. A., Blockley, S. P. E., Bronk Ramsey, C., Nakagawa, T., Mark, D. F., Takemura, K., Danhara, T. and Suigetsu 2006 Project Members (2013) Identification and correlation of visible tephras in the Lake Suigetsu SG06 sedimentary archive, Japan: chronostratigraphic markers for synchronising of east Asian/west Pacific palaeoclimatic records across the last 150 ka. *Quat. Sci. Rev.*, **67**, 121–137.
- Stuiver, M. and Reimer, P. J. (1993) Extended ^{14}C data base and revised CALIB 3.0 ^{14}C age calibration program. *Radiocarbon*, **35**, 215–230.

日本語要旨

宇生賀盆地は、阿武単成火山群に属する火山に囲まれた低地であり、最終氷期以降の環境変遷を記録している。この低地の埋積過程ならび鍋山スコリア丘と堀越溶岩の形成年代を明らかにするため、8カ所から計10本のコア試料を採取した。そのうち地点fの泥炭層でのみK-Ahテフラ (約7.3 cal ka BP) が検出され、その堆積速度は深度 225～120 cmが 0.35 mm/yr 、120～85 cmが 0.06 mm/yr 、85～63 cmが 0.10 mm/yr である。地点gは2層準の ^{14}C 年代から得た堆積速度 (0.25 mm/yr) をそれぞれ上下に外挿すると、約27 cal ka BPから約0.6 cal ka BPに及ぶが、K-Ahは検出できず、その前後に堆積中断があった可能性がある。鍋山スコリア丘と堀越溶岩の形成に伴う明確な堆積環境の変化は認められず、今後、低地周辺部のコア試料を詳しく検討すべきである。