

京都北山, 八丁平湿原から採取したコア試料の層序と年代
**Stratigraphy and age of sediment cores from the Hatchodaira moor, Kyoto-Kitayama area,
west-central Honshu, Japan**

西川 空¹・奥野 充^{1*}・大下愛央¹・藤木利之²・中西利典³・林田 明⁴・鳥井真之⁵・洪 完⁶
Ku Nishikawa¹, Mitsuru Okuno^{1*}, Mao Oshita¹, 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

Hatchodaira moor is located at an altitude of 800 to 820 meters of the water source of the Egaya River in the Ado River water system flowing to Lake Biwa. The U-Oki and AT tephras have been detected from this moor, and the environmental changes for the past 30 kyr has been revealed. In the past 30 kyr, the Hatchodaira moor has three cycles of gravel layers, clay layers, and peat layers. However, the K-Ah tephra (7.3 cal ka BP) has been not found, and it is necessary to consider the succession of sedimentary records. In this study, sediment cores were collected from a total of seven locations, five sites from the moor (about 200 m range) and two sites in branch valley. The lower horizon could not be collected because it hits the gravel layer near 1 m from the surface. First, the facies of sediment cores were observed, and then X-ray imaging, digital color measurement, initial magnetic susceptibility measurement, elemental analysis (C, N, S), mud content measurement, major-element compositional analysis of volcanic glass, and AMS ¹⁴C dating were performed. A volcanic glass correlated with the AT was detected from around 85 cm in depth. The calibrated ages of about 13.4 cal ka BP are obtained from the plant fragments in the clay layer at the bottom. The U-Oki and K-Ah could not be found in this study. In the last cycle during the Holocene, there was sedimentation hiatus before and after K-Ah.

Keywords: Hatchodaira moor, Holocene, Kikai-Akahoya (K-Ah) tephra, Ulleung-Oki (U-Oki) tephra, Aira-Tn (AT) tephra

1. はじめに

八丁平湿原 (Fig. 1) は、琵琶湖に注ぐ^{あど}安曇川水系の^{えがや}江賀谷川の水源にある標高800~820 mの高層湿原で (高原・竹岡, 1986)、その基盤は丹波層群に属するチャート碎屑岩シーケンス (ジュラ紀に形成された付加体、由良川コンプレックス) からなる (鈴木, 1990; 木村ほか, 2001)。八丁平湿原には砂礫層、粘土層、泥炭層のサイクルが3回認められている (最下位は泥炭層のみ)。このサイクルは、周囲の山地斜面の崩壊による塞き止め、池沼から湿原までの遷移に相当すると考えられる。

高原・竹岡 (1986) では、A地点の深度25~35 cmで 1660 ± 80 BP (N-3322)、45~55 cmで 4450 ± 80 BP (N-3323)、B地点の70~80 cmで 6980 ± 200 BP (KSU-289) の ^{14}C 年代と、始良Tn火山灰 (AT: 町田・新井, 1976) と鬱陵隠岐火山灰 (U-Ok: 町田ほか, 1981; 椎原ほか, 2013) のテフラ、花粉分析により最近約3万年間の環境変遷が復元されている。ただし、鬼界アカホヤ (K-Ah: 町田・新井, 1978) の層準は認められていない。そこで本研究では、完新世における堆積記録の連続性を詳しく検討するため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。

2. コア試料の層序

筆者らは、2022年8月19日と11月13日に湿原内の約200 mにわたる5カ所と支谷2カ所の計7カ所 (Fig. 1B; 地点4で2本、地点5と6で各3本) から計12本のコア試料を、ピートサンプラーやルートオーガー (共にRoyal Eijkelpkamp社製) により採取した (Figs. 1 and 2)。今回の調査では、深度100 cmまでしか採取できなかった。なお、地点5では近接する河岸露頭からコア試料より下位の層準と考えられる植物片を多く含む粘土層をブロック試料 (5-BL; 深度110 cmとする) として採取した (Fig. 3)。

採取したコア試料は、最下部の砂礫層からシルト・粘土層、泥炭層に移化しており (Fig. 2)、高原・竹岡 (1986) が示した3回のサイクルの最後に相当する。地点5の深度85 cmからバブルウォール型火山ガラスが検出された。



Fig. 1. Location maps. (A) Satellite imagery of central and northern Kansai area issued by Google Map© showing locality of the Hatchodaira moor, (B) GSI Map of the Hatchodaira moor and its surroundings published by the Geospatial Information Authority of Japan (GSI). Solid circles with numbers indicate the location of coring sites.

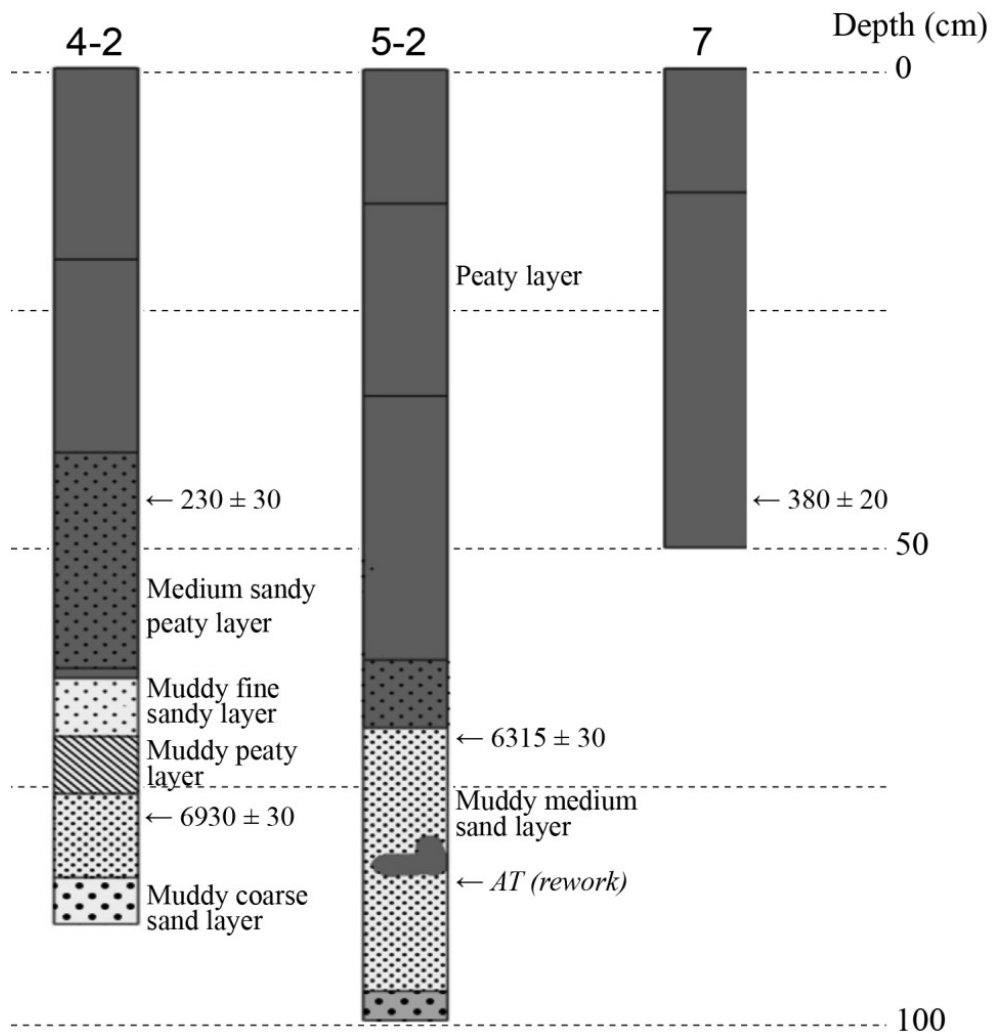


Fig. 2. Selected columnar sections (Locs. 4-2, 5-2, 7) of the sediment cores from the Hatchodaira moor. Localities of sampling sites are shown in Fig. 1B.



Fig. 3. Photographs of Sample 5-BL. (A) Outcrop along the river bank at Site 5. The stratigraphy is almost same as the adjacent core sample. A scraper inside white circle is for scale. The white arrow indicates stratigraphic position of the block sample (5-BL). (B) A block sample (5-BL) collected from the lowest part of the deposits under water surface. It is a clay layer containing many pieces of plants and wood, and three ^{14}C dates were obtained.

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、元素分析 (C, N, S)、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線写真撮影と元素分析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) と元素分析装置 (サーモサイエンティフィック社製、FLASH2000)、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。 ^{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) に校正した。

4. 結果と考察

AMS ^{14}C 年代測定の結果をTable 1に示す。地点5の露頭 (5-BL) から採取した3点の年代値は、 $11,600 \pm 40$ BP、 $11,610 \pm 40$ BP、 $11,530 \pm 40$ BPとほぼ一致しており、深度69-71 cmのバルク試料 (土壌有機物) で 6315 ± 30 BPである (Fig. 2)。一方、地点4の2番コア (4-2) では深度75-80 cmで 6930 ± 30 BP、深度45 cmで 230 ± 30 BP、地点7では同じ深度45 cmで 380 ± 20 BPが得られている。それぞれの校正暦年中央値は13,465 cal BP、13,474 cal BP、13,398 cal BP、7218 cal BP、7751 cal BP、207 cal BP、459 cal BPである (Table 1)。

Fig. 4にコア試料4-2の分析例を示す。初磁化率は、深度80 cm付近で最も高く、下位の砂礫層の影響を受けていると考えられる。湿潤かさ密度も類似した挙動を示す。一方、C/N比は20~50と高い値を示し、陸上植物に由来する有機物と考えられる (中井ほか, 1982)。すなわち、地点4付近では、周囲からの砂礫の流れ込み以降も植物遺体が周囲から流れ込むような環境であった可能性がある。

Table 1 AMS radiocarbon dates of sediment cores from the Hatchodaira moor

Site No.* (with Lot 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)
						0 - 23 (9.1)	
4-2	45	Plant fragment (1)	-29.2	230 ± 30	221354	146 - 218 (44.6) 265 - 314 (45.2) 413 - 421 (1.1)	207
4-2	75-80	Plant fragment (3)	-27.3	6930 ± 30	221913	7680 - 7800 (88.3) 7805 - 7836 (11.7)	7751
5-2	69-71	Bulk (SOM) (3)	-18.0	6315 ± 30	221912	7164 - 7284 (95.6) 7291 - 7307 (4.4)	7218
5-BL	110	Plant fragment (2)	-28.2	$11,600 \pm 40$	221357	13,351 - 13,513 (90.1) 13,552 - 13,578 (9.9) 13,354 - 13,389 (7.1)	13,465
5-BL	110	Plant fragment (2)	-27.4	$11,610 \pm 40$	221358	13,396 - 13,517 (77.8) 13,548 - 13,582 (15.1)	13,474
5-BL	110	Wood (2)	-25.0	$11,530 \pm 40$	221521	13,314 - 13,476 (100)	13,398
7	45	Plant fragment (2)	-27.9	380 ± 20	221356	328 - 371 (28.8) 429 - 499 (71.2)	459

* See Fig. 1 (B), ** SOM: Soil organic matter, AAA treatment at (1) OUS (2) FM (3) IAAA, *** Measured by AMS.

地点5の深度85 cmのバブルウォール型火山ガラス (Fig. 4) の主成分化学組成は、約30 cal ka BP (Smith *et al.*, 2013) のATのものと一致する (Table 2)。しかし、これより下位である河岸露頭のブロック試料の較正暦年が約13.4 cal ka BPであることから、ATの再堆積であると考えられる。ATは、高原・竹岡 (1986) の地点Bの深度188-202 cmなどより下位の層準で知られており、その再堆積物も深度88-90 cmから約10.2 cal ka BP (Smith *et al.*, 2013) のU-OkIと共に認められている。今回の再堆積ATとほぼ同じ深度であり、広範囲に存在する可能性がある。

Table 2 EDS–EPMA results (major-element compositions in 100% normalized) of glass shards from a depth of 85 cm at Site 5 in the Hatchodaira moor

		SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO ^{*3}	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Total ^{*4}	N
5 -1 85 cm	Ave.	77.65	0.17	12.09	1.25	0.03	0.11	1.13	4.10	3.47	93.83	27
	1σ	0.16	0.06	0.09	0.08	0.07	0.04	0.06	0.08	0.07	1.82	
5 -2 85 cm	Ave.	77.64	0.14	12.09	1.26	0.06	0.12	1.16	4.07	3.47	93.22	27
	1σ	0.16	0.07	0.10	0.10	0.05	0.04	0.06	0.08	0.09	1.20	
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.

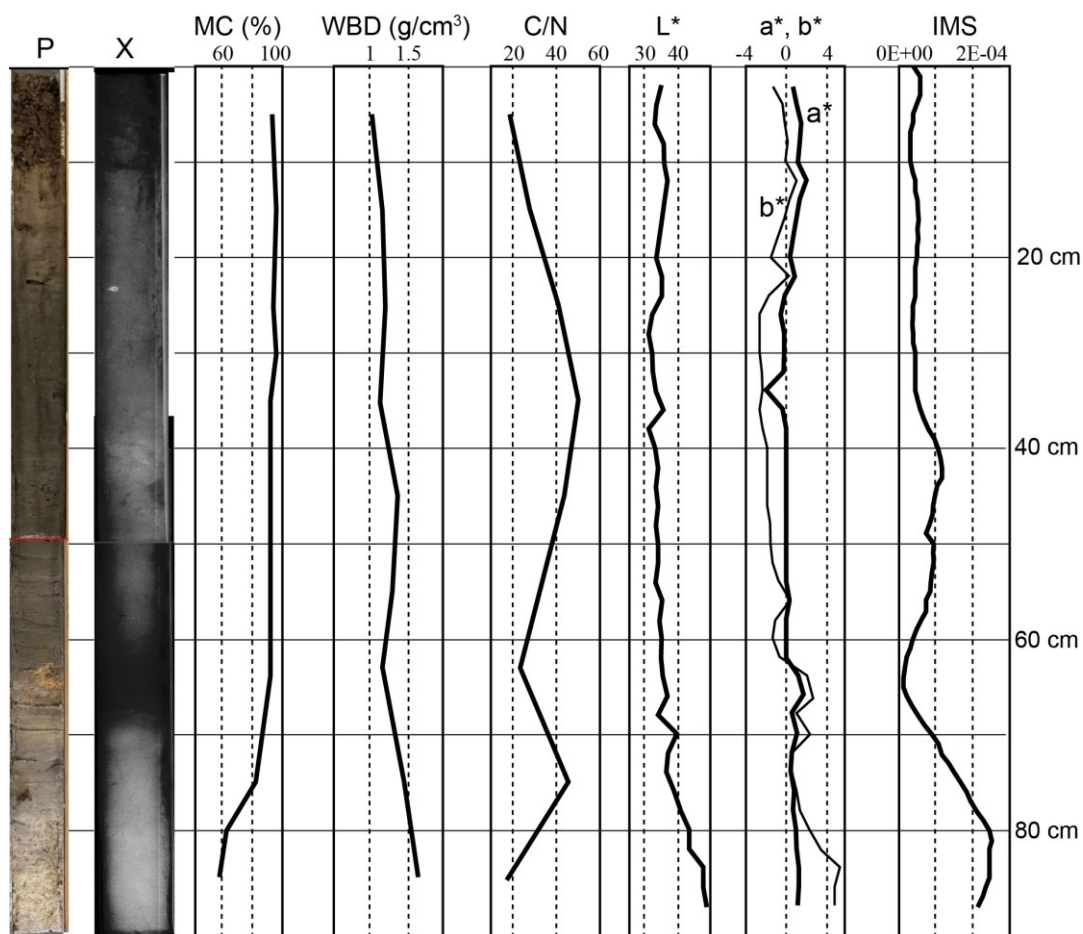


Fig. 4. Analysis results of sediment cores 4-2 from Site 4. P: Photograph of core sample, X: X-ray image, MC: Mud content, WBD: Wet bulk density, C/N: Carbon-to-Nitrogen ratio, L*, a*, b* digital color measurement, IMS: Initial magnetic susceptibility.

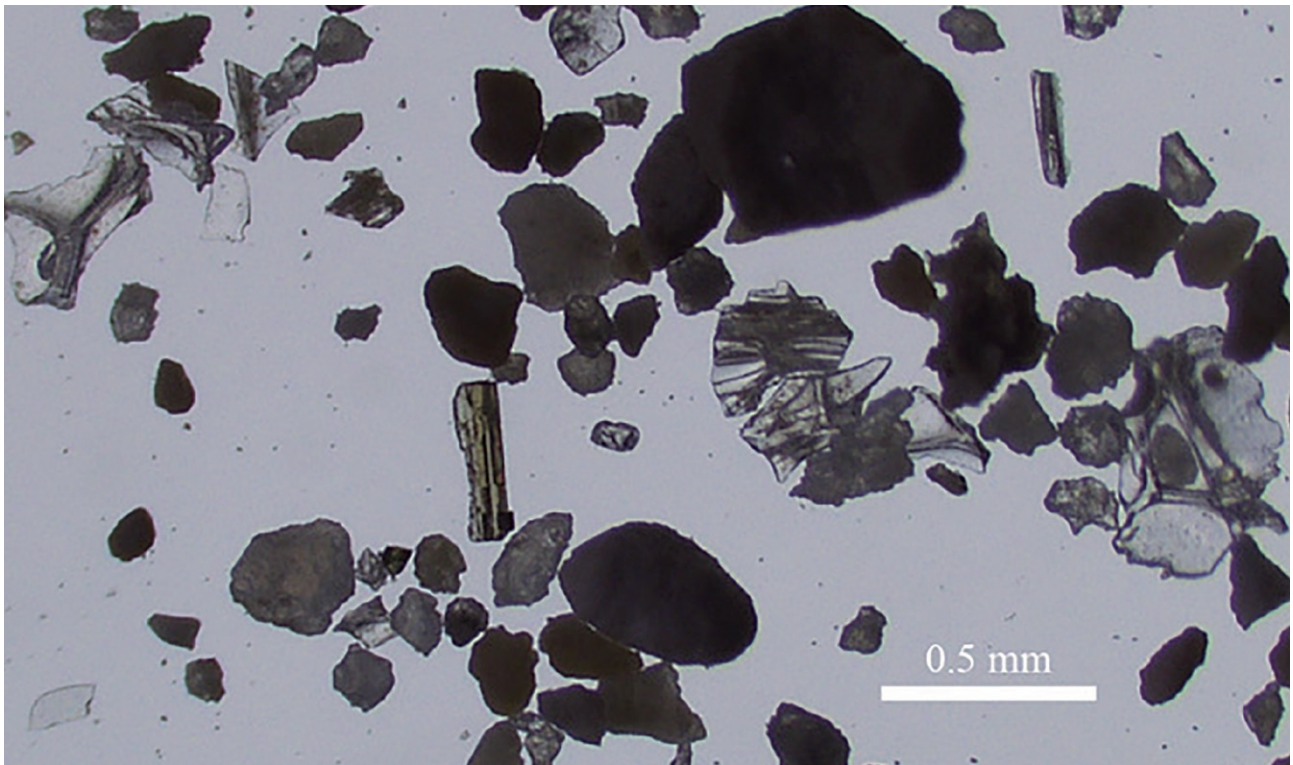


Fig. 5. Microphotograph of volcanic ash from a depth of 85 cm in sediment cores 5-2 from Site 5.

5. 結論と今後の展望

八丁平における完新世の堆積物の連続性を検証するために、コア試料を採取して堆積物の記載や ^{14}C 年代測定を行った。得られた ^{14}C 年代は概ね層序と矛盾しない結果となった。テフラとしてはATの再堆積物を確認できたのみで、すべてのコア試料からU-OkIとK-Ahは検出できなかった。完新世である最新サイクルでは、砂礫層の堆積後も周辺からの流れ込みが続くなど、安定した堆積環境が継続しておらず、K-Ah前後に堆積中断があつて記録が欠如している可能性がある。

今回のATなどの再堆積テフラは、周辺からの流入量を評価する指標としても使える。今後、コア試料の採取範囲を拡大し、再堆積テフラの認定やそれを用いた周辺斜面の安定度評価を検討したい。

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、京都土木事務所施設保全・用地課第一係に事前に届け出て実施した。試料採取には、岡山理科大学理学部4年(当時)の森 涼氏にご協力いただいた。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

- 木村克己・吉岡敏和・中野聰志・松岡 篤(2001)北小松地域の地質. 地域地質研究報告(5万分の1 地質図幅), 地質調査所, 102p.
- Kuehn, S.C., Froese, D.G. and Shane, P.A.R. (2011) The INTAV intercomparison of electron-beam microanalysis of glass by tephrochronology laboratories: Results and recommendations. *Quaternary International*, **246**, 19-47.
- 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.
- 町田 洋・新井房夫・森脇 広 (1981) 日本海を渡ってきたテフラ. *科学*, **51**, 562–569.
- 中井信之・太田友子・藤澤 寛・吉田正夫 (1982) 堆積物コアの炭素同位体比, C/N比およびFeS₂含有量からみた名古屋港周辺の古気候, 古海水準変動. *第四紀研究*, **21**, 169–177.
- 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.
- 椎原美紀・堂満華子・鳥井真之・長橋良隆・奥野 充 (2013) 日本海とその周辺に分布する鬱陵島起源の完新世テフラ. *第四紀研究*, **52**, 225–236.
- 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 ¹⁴C data base and revised CALIB 3.0 ¹⁴C age calibration program. *Radiocarbon*, **35**, 215–230.
- 鈴木博之 (1990) 京都北山八丁平湿原の基盤地質. *同志社大学理工学研究報告*, **31**, 23–35.
- 高原 光・竹岡政治 (1986) 京都市八丁平湿原周辺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*, **46**, 339–347.

日本語要旨

琵琶湖に注ぐ安曇川水系の江賀谷川を水源付近の標高800～820メートルに位置する八丁平は、AT (約30 cal ka BP) とU-Ok (約10.2 cal ka BP) テフラが検出され、最近3万年間の環境変遷が復元されている。K-Ahテフラ (約7.3 cal ka BP) は発見されておらず、堆積記録の推移を考慮する必要がある。本研究では、湿地 (約200 m 範囲) から5か所、支谷の2か所の計7か所からコア試料を採取した。下部層準は、地表から100 cm近くの砂礫層に当たるため採取できなかった。コア試料の層相観察、X線撮影、色調測定、初磁化率測定、元素分析 (C、N、S)、含泥率測定、¹⁴C年代測定を行った。地点5の河岸露頭から約13.4 cal ka BPの年代が得られた。深度85 cm付近からATに対比される火山ガラス (再堆積) が検出されたが、U-OkとK-Ahは見つからなかった。八丁平では最新の完新世サイクルではK-Ah前後の記録が残っていない可能性が高い。