

短報

渡邊稜也¹・江口誠一²・藏本隆博³：秋吉台北部における
大シブリ・ドリーネ堆積物中の植物珪酸体からみた植生変遷
—特に草地景観の成立時期について—

Takaya Watanabe¹, Sei-ichi Eguchi² and Takahiro Kuramoto³:
Vegetation history, especially of the development age of grassland landscape,
based on fossil phytolith assemblages from the soils in the Ooshiburi-dorine
on Akiyoshi-dai Plateau, Japan

Abstract Vegetation history was reconstructed from phytolith assemblages and macro-charcoal from sediments in the Ooshiburi-dorine on northern Akiyoshi-dai Plateau, Yamaguchi Pref., Japan. Eleven phytolith morphotypes were identified from samples, and phytolith zones were divided into zones I and II. Phytolith assemblages and charcoal concentrations in the sediments indicate that arboreal vegetation existed with abundant *Sasa* on the forest floor at study sites in zones I and II corresponding to the period of the last 200–300 years and that *Miscanthus* and *Bamboisidae* grassland was developed under the influence of human disturbance such as fire.

はじめに

山口県に位置する秋吉台は日本最大級のカルスト台地とされ、ドリーネやウバーレといった溶食窪地が数多くみられる。台地上にはネザサーススキ群落を中心に半自然草地在が広範囲に広がる。台地縁辺の斜面には、森林が立地し、僅かにカシ類やタブが優占する常緑広葉樹林がみられる。(塩見, 1969; 塩見・中村, 1981; 太田, 2011)。草地は周辺村落における草資源需要を背景に入会地として維持されてきたもので、観光資源となった現在も年に一度、縁辺部から一斉に火入れを実施し草地景観を保っている(庫本, 1996; 中安, 1997)。最近では高齢化などの社会的背景から草地面積は減少傾向にあり(羽田・乙幡, 2016)、草地の形成と維持に関する歴史的な知見は草地の管理において有益な情報を提供できると期待される。

この地域における草地の成立時期については、栗崎ほか(2006, 2013)、岡本・藤川(2013a, b)の研究がある。前者は鍾乳洞より採取された石筍を用いて炭素同位体比分析を行い、およそ1700年頃に草地が成立したと推定されている。後者は絵図などの史料面から検討を加えたもので、

江戸時代から明治初期にかけて台地上に草地が広がっていたことを指摘している。しかし、これらの研究は間接的な指標や資料を用いて草地形成の時期を推定している。

植物珪酸体及びmacro-charcoalなどと呼ばれるサイズの大きい微粒炭は、現地性が高く、台地など高燥な環境下でも残存する機会が多い微化石とされる。堆積物中のこれらを分析することで前者からはイネ科などの草本類の詳しい情報が、後者からは近隣で発生した火事などについての情報が得られる(江口・河野, 2009; 井上, 2007)。この二つを組み合わせた分析の結果に基づき、日本各地において植生変遷とその変遷への火の影響が明らかにされている。宮縁ほか(2010)では阿蘇谷流域においてススキ草原が過去11,000年間存在し、約6000年前の層準においてススキ属型の珪酸体量と微粒炭量の両者が増加することから草原と火災の関連を示唆した。高岡・吉田(2011)は箱根の仙石原において西暦1200年頃にススキ草原へ植生が変化し、火事を伴う人為的影響の増大との関係を指摘した。Inoue et al. (2016)では、西日本における火入れの頻度と過去の植生型の関係が検討されている。一方、Sasaki

¹ 〒156-8550 東京都世田谷区桜上水 3-25-40 日本大学大学院理工学研究科地理学専攻

Department of Geography, Graduate School of Science and Technology, Nihon University, 3-25-40 Sakurajosui, Setagaya, Tokyo 156-8550, Japan

² 〒156-8550 東京都世田谷区桜上水 3-25-40 日本大学文理学部地理学科

Department of Geography, College of Humanities and Sciences, Nihon University, 3-25-40 Sakurajosui, Setagaya, Tokyo 156-8550, Japan

³ 〒754-0511 山口県美祢市秋芳町秋吉 1237-938 秋吉台科学博物館

Akiyoshi-dai Museum of Natural History, 1237-938 Akiyoshi, Syuhou Cho, Mine City, Yamaguchi 754-0511, Japan

et. al (2004) は四国の瓶ヶ森においてササが過去約700年に渡って優占し、火はその要因でないことを明らかにした。

以上のように、局所的な植生変遷や、火の歴史と植生への影響を明らかにする上で、植物珪酸体分析と微粒炭分析を組み合わせた手法が有効であることが示されている。そこで、本研究では秋吉台における半自然草地の詳細な植生変遷と植物の燃焼との関連を明らかにすることを目的に、植物珪酸体分析及び微粒炭分析を行い、草地景観の成立時期とその要因について検討した。

試料と方法

調査地は秋吉台の北部に位置する「大シブリ」ドリーネである(図1)。「大シブリ」とは台上を利用する人々が用いていた地名であり、聞き取り調査や文献を基に作成された蔵本(2011)の地名地図を基に命名された。標高は285 mで、配川(1994)の地形面区分では長者ヶ森面にあたる。集水域は基盤地図情報数値標高モデル(5 mメッシュ)を基に、ArcMap(ESRI社, ver.10.4.1)を用いて抽出し、その面積は約5800 m²である。周辺にはネザサーススキ群落が優占しており、火入れが行われる区域と重なる(塩見, 1969; 塩見・中村, 1981)。試料はOS-1~4の4地点において検土杖を用いて、深度1 mまで10 cmごとに分析用に採取した(図2)。深度0 cmの試料として、リターを除いた堆積物の表面から2~3 cmのものを採取した。層相は、下層より褐色微細砂質シルト、褐色シルト質細砂、暗褐色シルト質細砂と変化する。OS-4の30 cm, 40 cmで採取した炭化物について放射性炭素年代測定を行った(表1)。暦年較正にはIntCal13(Reimer et al., 2013)の較正曲線を基にしたOxCal4.2を用い、2σの

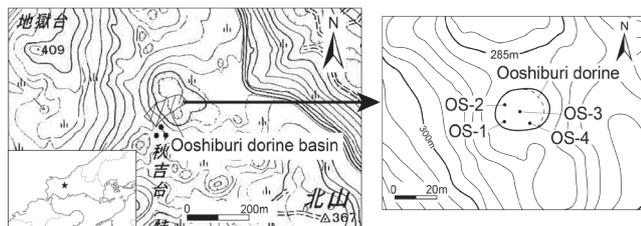


図1 対象地区及び試料採取地点。左図:国土地理院発行1/25,000地形図「秋吉台北部」の一部に加筆。右図:国土基盤情報数値標高モデル(5 mメッシュ)を基にArcMap(ESRI社, ver.10.4.1)で作成。

Fig. 1 Study area on Akiyoshi-dai plateau and sampling sites in the Ooshiburi-doline. Left map modified from a 1/25,000 topographic map of “Akiyoshidai hokubu” issued by the Geospatial Information Authority of Japan. Right map constructed by ArcMap(ESRI, ver.10.4.1) based on 5 m mesh DEM (Geospatial Information Authority of Japan).

年代範囲を記載した。¹⁴C年代は、深度30 cmで294 ± 22 yr BP (PLD-28654)であり、深度40 cmでは207 ± 18 yr BP (PLD-28955)の値であった。これらの較正結果はそれぞれ、1514–1599 cal AD, 1617–1654 cal ADと、1650–1681 cal AD, 1738–1745 cal AD, 1763–1802 cal AD, 1938–1954 cal ADで、おおむね300年前を中心とした値であった。

植物珪酸体分析にあたっての試料処理は江口(1996)にほぼ準拠し以下のように行った。0.2~0.5 gの乾燥試料を300 mlのトルビーカーに入れ、6%以上の過酸化水素水によって150°Cのホットプレート上で有機物を分解した。次に6Nの濃塩酸(HCl)を加えて酸化物を除いた後、1分間の超音波洗浄によって試料の分散を図った。25 μmふるいを通した水道水を300 mlまで加え、沈降法によって10 μm以下の粒子を取り除き試料を画分した。それを20 mlに希釈・保存し、よく攪拌した後0.5~1 mlをピペットで吸引し、乾燥させたものからプレパラートを作成した。封入材にはキシレンを溶媒に用いたオイキットを使用した。植物珪酸体の分類は近藤・佐瀬(1996)、近藤(2004, 2010)、杉山・藤原(1986)や現生植物から作成した標本を参考に、機動細胞起源のものは*Miscanthus* type(ススキ属型)、*Miscanthus-Imperata* type(ススキ属-チガヤ属型)、*Imperata* type(チガヤ属型)、*Pleiblastus* sect. *Nezasa* type(ネザサ節型)、*Sasa* type(ササ属型)、*Zoysia* type(シバ属型)、*Oryza sativa* type

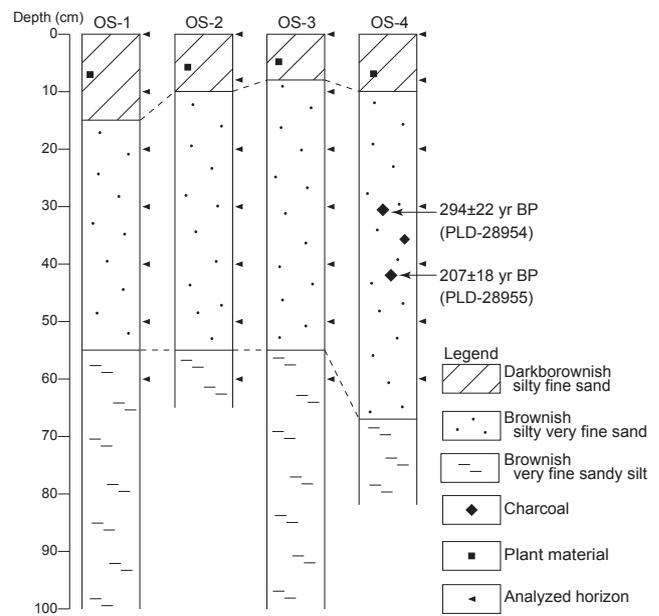


図2 大シブリ・ドリーネにおける柱状図と炭化物の¹⁴C年代。Fig. 2 Columnar section in the Ooshiburi doline and radiocarbon ages of charcoal.

表1 大シブリ・ドリーネより産出した炭化物の ^{14}C 年代
 Table 1 Radiocarbon dates of charcoal from the Ooshiburi doline

Sampling site	Depth (cm)	Material	$\delta^{13}\text{C}$ (‰)	^{14}C age	Calibrated age (2 σ)	Laboratory number
OS-4	30	charcoal	-31.02 \pm 0.50	294 \pm 22	1514–1599 cal AD (65.9%) 1617–1654 cal AD (29.5%)	PLD-28954
OS-4	40	charcoal	-26.09 \pm 0.32	207 \pm 18	1650–1681 cal AD (29.1%) 1738–1745 cal AD (1.5%) 1763–1802 cal AD (47.8%) 1938–1954 cal AD (16.9%)	PLD-28955

^{14}C ages were calibrated by using OxCal 4.1 based on IntCal13.

(イネ型), 短細胞起源のものは *Miscanthus-Imperata* type (ススキチガヤ属型), *Themeda* type (メガルカヤ属型), *Bambusoideae* type (タケ亜科型) とし, *Arboreal* type (樹木型) を加え 11 分類とした。同定, 計数は 400 倍の生物顕微鏡下で実施し, 堆積物 1 g あたりの個数を算出した後, これら 11 タイプの合計を基数として割合を算出しダイアグラムを作成した。

微粒炭分析は 125 μm 以上の macro-charcoal を対象として, 井上 (2007) を参考に次のように実施した。0.3 g 以上の乾燥試料と 6% 未満に調整した過酸化水素水をトルビーカー内に入れ, 常温で 48 時間以上放置し有機物を分解し, 試料を分散させた。水面に浮きあがってきた異物はサイフォンで除去し, 目開き 125 μm のふるいを用いて水洗篩分した。残渣の全量をシャーレ上で乾燥させ, 20 ~ 40 倍の実体顕微鏡下で計数し堆積物 1 g あたりの個数を求めた。

結 果

植物珪酸体分析の結果, 深度 60 ~ 40 cm では, 樹木型やササ属型が多くを占めた (図 3 ~ 6)。前者は特に OS-1

において 17 ~ 27% と高い割合を示し, 後者は OS-2 において 23 ~ 47% と顕著であった。深度 30 cm 以浅では, これらのタイプの珪酸体は減少傾向となり, OS-1 の深度 20 ~ 10 cm において樹木型は認められなかった。一方で, ススキ属やネザサ節型, タケ亜科型が増加傾向に転じ, 多くの層準からシバ属型が産出した。深度 30 cm では, すべての地点でススキ属型の割合が 20% を超えた。OS-3 における深度 0 cm と, その他の地点の深度 10 cm 以浅では, ネザサ節型やタケ亜科型が 30% を超える層準もみられ, 特に高い割合を示した。

これらのことより, 樹木型, ササ属型が多くを占める深度 60 ~ 40 cm を I 帯, ススキ属型やネザサ節型, タケ亜科型の割合が高い深度 30 ~ 0 cm を II 帯と分帯した。表層付近においては後者二つが特に高い割合を占めた。このため, II 帯のうち, ネザサ節型が低率で出現する帯を IIa 帯, ネザサ節型が優占する帯を IIb 帯とした。OS-3 では深度 0 cm のみを IIb 帯とした。

微粒炭は全ての地点, 層準で連続的に産出したが, OS-1 では深度 50 ~ 40 cm で 97 ~ 135 個/g, OS-2 と OS-4 では深度 40 cm において 100 個/g 以上と増加した。OS-3

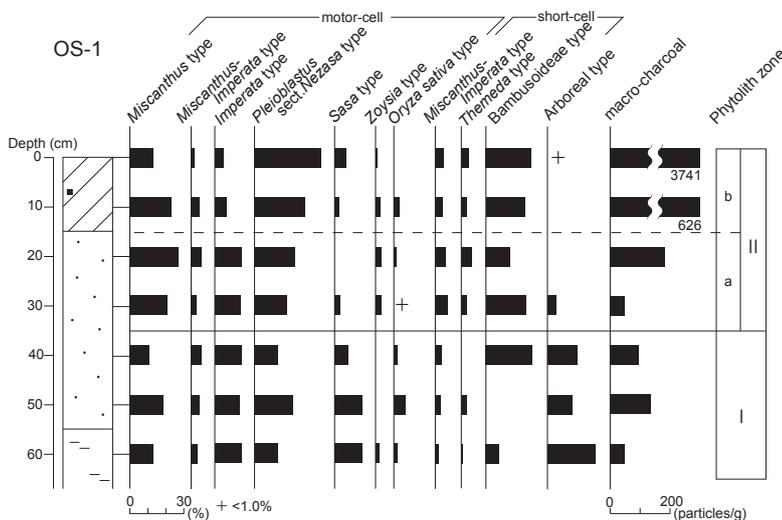


図3 OS-1の植物珪酸体及び微粒炭ダイアグラム。
 Fig. 3 Phytolith and macro-charcoal diagram at OS-1.

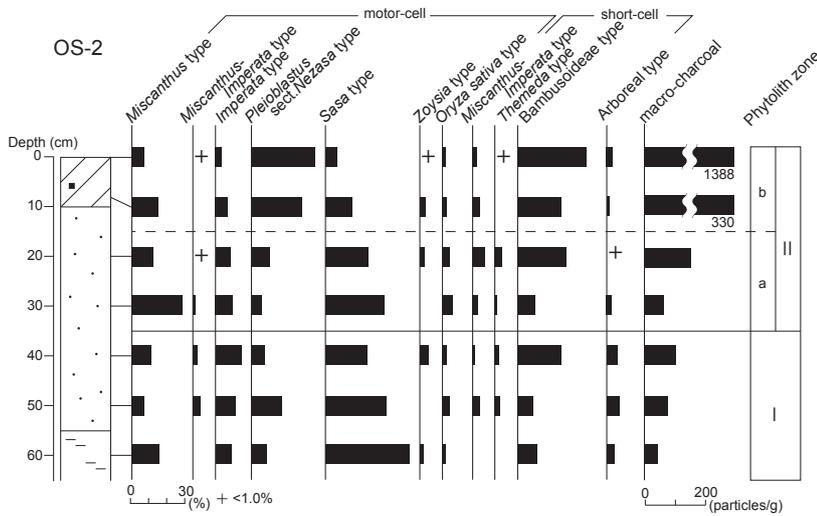


図4 OS-2の植物珪酸体及び微粒炭ダイアグラム。
Fig. 4 Phytolith and macro-charcoal diagram at OS-2.

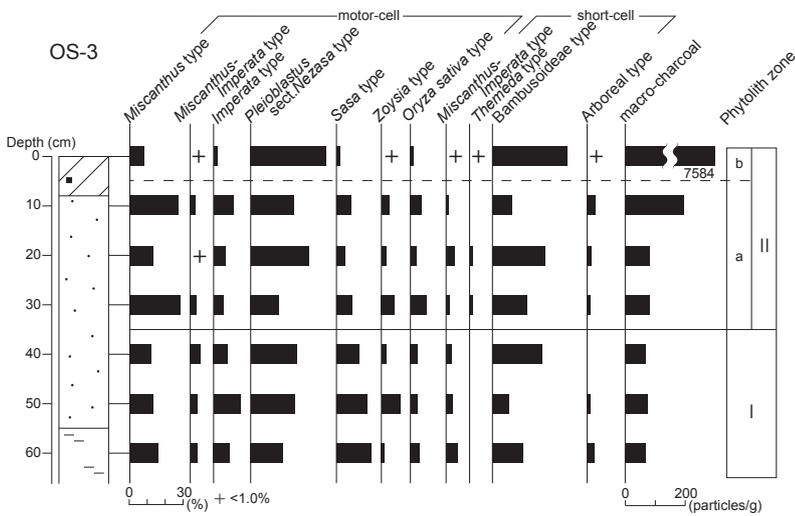


図5 OS-3の植物珪酸体及び微粒炭ダイアグラム。
Fig. 5 Phytolith and macro-charcoal diagram at OS-3.

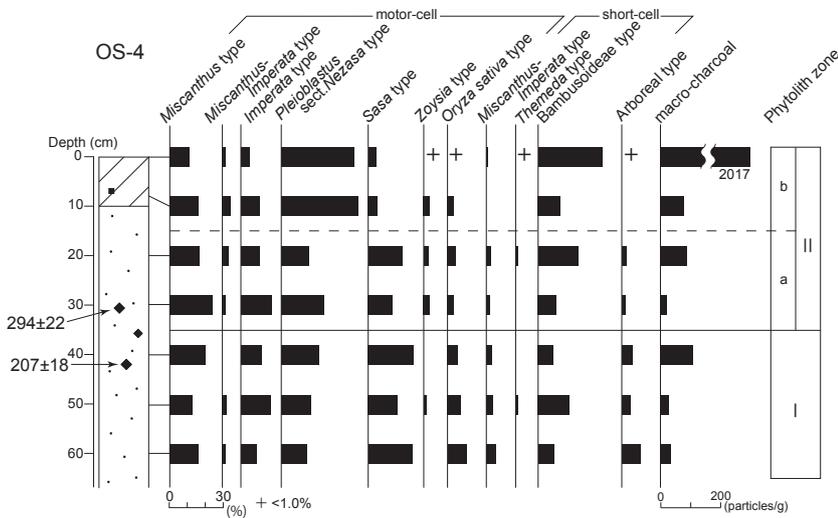


図6 OS-4の植物珪酸体及び微粒炭ダイアグラム。
Fig. 6 Phytolith and macro-charcoal diagram at OS-4.

ではこのような傾向はみられなかった。全ての地点の IIb 帯にあたる層準では、300 個/g を超え、表層では 1000 個

g を超えた。これは、堆積物の暗褐色層に対応する。

考 察

「大シブリ」ドリーネの集水域は、南西側が約 110 m であり、北側は約 20 m、東側が 40 m である。植物珪酸体及び macro-charcoal の何れも現地性が高く、本研究におけるこれらの供給源域は主にその範囲からとみられる（江口・河野, 2009; 井上, 2007）。ドリーネ底は耕地として利用されていた歴史があり（喜多, 1996）、表層付近においては堆積物の攪乱があった可能性がある。しかし、植物珪酸体の産出傾向と微粒炭量は共に深度 10 cm 以浅で変化しており、それより下位に及ぶような大きな攪乱はなかったと考えられることから、結果の解釈を妨げるものではないとした。

植物珪酸体分析の結果はから、上述のように深度 60 ~ 40 cm が I 帯、深度 30 ~ 0 cm が II 帯と区分された。I 帯では草本類起源の割合は比較的少なく、樹木型及びササ属型が多く産出する傾向がみられることから、「大シブリ」ドリーネの近隣は現在よりも木本類が優勢で、林床にはササ類が繁茂する植生であったと考えられる。II 帯ではススキ属型やネザサ節型の増加が各地点で共通し、樹木型とササ属の減少が 3 地点でみられ、シバ属型が多くの層準で産出した。現在、当ドリーネの周辺はネザサススキ群落が発立するため（塩見, 1969; 塩見・中村, 1981）、本帯ではこうした群落の構成種を母植物とした植物珪酸体の割合が増加したと考えられる。シバはススキの刈り取り回数が増えることにより侵入することが知られており（伊藤, 1977）、草資源の利用に関連し生育していた可能性がある。これらのことから、II 帯の植物珪酸体の堆積時には、すでに「大シブリ」ドリーネ周辺が草地であったと考えられる。OS-4 における 30 cm、40 cm では、 294 ± 22 yr BP、 207 ± 18 yr BP の ^{14}C 年代値が得られており、それらの暦年較正值はおおむね 300 年前を中心としている。また、当地区の近隣で炭素同位体比分析を行った栗崎ほか（2006, 2013）は、草原植生への変化時期について約 300 年前という値を得ており、岡本・藤川（2013a, b）では史料を基に江戸 ~ 明治期に台上が草地であったことが明らかとなっている。以上のことから、当ドリーネ周辺域における草地の成立年代はおおよそ 300 年前頃であると推察される。

微粒炭は II 帯、特に IIb 帯で増加する。これと共に、植物珪酸体組成が大きく変化する。このことは、植物燃焼の増加に伴い、植生が変化したことを示唆する。内藤（1988）は、二次林の林床にササ類が優勢する状態で林野火災が発生し裸地となると、ササ類やススキの地下茎からの萌芽再生が促進され、後者においては種子が風散布であることからその侵入・定着が起こるなど、火がこれらの植物に対して有利に働くことを説明している。また、植物珪酸体組成の変化に微粒炭量の増加が伴うことは、阿蘇地域で研究を

行った宮縁ほか（2010）や、仙石原での高岡・吉田（2011）などの事例においても確認されており、ススキ草原の成立と火入れとの関連が示唆されている。これらから、本地域のネザサススキ群落の成立には攪乱としての火に関連した可能性が高いと考えられる。

IIb 帯に比べて、IIa 帯におけるネザサ節型はそれほど高い割合を示さない。これについては、現在ほどネザサが優占していなかったと推察される。小松ほか（2015）が 2013 年にドリーネ斜面から底面にかけて行った植生調査ではネザサが優占しており、要因は火が入りにくいことであるとしている。また、Inoue et al.（2016）によれば、西日本の草地における火入れの頻度とその過去の植生型の関連は、年に一度のように頻繁な場合はススキを含むウシクサ族が、数年に一度の場合はネザサなどのメダケ属が優勢となる。そのため、台地縁辺部から一斉に火を入れる現在の管理では、ドリーネには火が入りにくく、ネザサが繁茂しやすい環境にある。IIb 帯と比べ IIa 帯での高いススキ属型と低いネザサ節型の出現率から、以前は火入れだけでなく、刈り取りなどの人為的な植生攪乱がより高い頻度で作用していたと考えられる。喜多（1996）はドリーネ斜面の草刈りは「刈り上げ」と呼ばれ、地権者の義務とされていたことを挙げ、昭和 45 年に利用されていたドリーネ周辺の写真（小松ほか, 2015）からも当時の積極的な草刈りの事実が明らかとなっている。このような刈り取りの事実の存在は植物珪酸体組成から推察されたことと調和的である。火がドリーネに及ぶように管理されていたかは現時点で明確でないが、OS-3 地点を除き、深度 30 cm における微粒炭量が少量であることから、草地が発立した当初は植物燃焼の頻度が比較的 low、刈り取りが主な管理方法であった可能性がある。

おわりに

本研究では、秋吉台に成立する草地景観の形成過程を明らかにすることを目的に、植物珪酸体分析及び微粒炭分析を実施した。その結果、「大シブリ」ドリーネの集水域において、おおよそ 300 年前に草地が発立し、それには火に関連していたことが推察された。本稿では 1 つのドリーネから得られた結果を基に議論を進めたが、より多くの地点で同様な研究を進めることで秋吉台全体の形成過程を明らかにすることや、樹木起源の植物珪酸体についてより詳細に検討・分類を行うことや周辺地域での花粉分析を実施することで、草地化以前の植生を明らかにすることが期待される。

謝 辞

本研究を進めるにあたり、日本大学文理学部地理学科の田代崇助手には調査・分析にあたって格別の助言と指導を

賜った。現地調査の際には秋吉台科学博物館及び現地住民の皆様へ便宜を図って頂いた。また、日頃より日本大学文理学部地理学教室の先生方、大学院生の方々には多くの助言を頂戴している。以上の方に記して御礼申し上げます。

なお、本稿は2017年1月に日本大学文理学部地理学科に提出した卒業論文を加筆・修正したものであり、科学研究費基盤研究(C)課題番号16K08135代表者：江口誠一の成果の一部である。

引用文献

- 江口誠一. 1996. 植物珪酸体の試料処理法. 関東平野 4: 25–28.
- 江口誠一・河野樹一郎. 2009. 第四紀の生物群：植物珪酸体. 「デジタルブック最新第四紀学」(日本第四紀学会50周年電子出版編集委員会編), 10-169–10-194. 日本第四紀学会, 東京.
- 羽田麻美・乙幡康之. 2016. 秋吉台における草地縮小に伴う岩上蘚苔類群落の侵入とその構成種. 地理誌叢 57(2): 13–24.
- 配川武彦. 1994. 秋芳洞水系の発達史. 洞人 10: 71–101.
- 井上 淳. 2007. 火災史を考える上での macro-charcoal 研究の重要性と分析方法—日本の火災史研究におけるその役割—. 植生史研究 15: 77–84.
- Inoue, J., Okumura, R. & Kawano, T. 2016. The relationship between past vegetation type and fire frequency in western Japan inferred from phytolith and charcoal records in cumulative soils. *Quaternary International* 397: 513–522.
- 伊藤秀三. 1977. ススキ草原—採草地—. 「日本の植生」(宮脇昭編), 288–293. 学研, 東京.
- 喜多朝子. 1996. 秋吉台の土地利用. 「カルスト その環境と人びとのかかわり」(漆原和子編), 45–56. 大明堂, 東京.
- 小松久美・藏本隆博・江口誠一. 2015. 山口県秋吉台におけるドリーネ畑周辺域の景観変化. 地理誌叢 57(1): 29–41.
- 庫本 正. 1996. 秋吉台の利用. 「カルスト その環境と人びとのかかわり」(漆原和子編), 21–28. 大明堂, 東京.
- 近藤鍊三. 2004. 植物ケイ酸体研究. ペドロジスト 48: 46–64.
- 近藤鍊三. 2010. プラント・オパール図譜. 387 pp. 北海道大学出版会, 北海道.
- 近藤鍊三・佐瀬 隆. 1996. 植物珪酸体, その特性と応用. 第四紀研究 25: 31–63.
- 栗崎弘輔・中尾武史・富田麻井・藤川将之・岡本 透・能登征美・吉村和久. 2013. 石筍が語る山口県秋吉台の土地利用と植生の変遷. 月刊地球 35: 585–593.
- 栗崎弘輔・中村 久・川村秀久・畑江久美・吉村和久. 2006. 鍾乳石に記録された山口県秋吉台カルスト地域の植生変遷. 地球化学 40: 245–251.
- 藏本隆博. 2011. 秋吉台の地名と地名地図作成. 秋吉台科学博物館報告 46: 45–60.
- 宮縁育夫・杉山真二・佐々木尚子. 2010. 阿蘇カルデラ北部, 阿蘇谷千町無田ボーリングコアの植物珪酸体および微粒炭分析. 地学雑誌 119: 17–32.
- 内藤俊彦. 1988. 農耕文化と植物社会. 「日本の植生—侵略と攪乱の生態学」(矢野悟道編). 22–30, 東海大学出版会, 東京.
- 中安直子. 1997. 秋吉台の「山焼き」をめぐる住民意識. 新地理 45: 1–10.
- 太田陽子. 2011. 秋吉台地域の相関植生図. 秋吉台科学博物館報告 46: 37–44.
- 岡本 透・藤川将之. 2013a. 江戸時代の史料からみた秋吉台の土地利用と植生. 洞窟学雑誌 37: 1–20.
- 岡本 透・藤川将之. 2013b. 山口県秋吉台の植生と土地利用の歴史. 月刊地球 35: 577–584.
- Reimer, P. J., Bard, E., Bayliss, A., Beck, J. W., Blackwell, P. G., Bronk Ramsey, C., Buck, C. E., Cheng, H., Edwards, R. L., Friedrich, M., Grootes, P. M., Guilderson, T. P., Hafflidason, H., Hajdas, I., Hatt, C., Heaton, T. J., Hogg, A. G., Hughen, K. A., Kaiser, K. F., Kromer, B., Manning, S. W., Niu, M., Reimer, R. W., Richards, D. A., Scott, E. M., Southon, J. R., Turney, C. S. M. & van der Plicht, J. 2013. IntCal13 and MARINE13 radiocarbon age calibration curves 0–50,000 years cal BP. *Radiocarbon* 55: 1869–1887.
- Sasaki, N., Kawano, T. Takahara, H. & Sugita, S. 2004. Phytolith evidence for the 700-year history of a dwarf-bamboo community in the sub-alpine zone of Mt. Kamemamori, Shikoku Island, Japan. *Japanese Journal of Historical Botany* 13: 35–40.
- 塩見隆行・中村 久. 1981. 秋吉台の現存植生図. 秋吉台科学博物館報告 No. 16: 71–93.
- 塩見隆行. 1969. 秋吉台草原の植生図. 秋吉台科学博物館報告 No. 6: 35–43.
- 杉山真二・藤原宏志. 1986. 機動細胞珪酸体の形態によるタケ亜科植物の同定—古環境推定の基礎資料として—. 考古学と自然科学 20: 69–84.
- 高岡貞夫・吉田真弥. 2011. 植物珪酸体と微粒炭の分析から推定される箱根仙石原におけるススキ草原の成立過程. 第四紀研究 50: 316–325.

(2018年2月14日受理)