

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 5 月 29 日現在

機関番号：17401

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2014

課題番号：23501244

研究課題名(和文)阿蘇カルデラ周辺域における草原の歴史と成立要因の解明

研究課題名(英文)Grassland history and factors maintaining grassland vegetation in and around Aso caldera, central Kyusyu, Japan

研究代表者

宮縁 育夫(MIYABUCHI, YASUO)

熊本大学・教育学部・准教授

研究者番号：30353874

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円

研究成果の概要(和文)：わが国最大級の面積を誇る阿蘇カルデラ周辺域の草原の歴史と成立要因について、植物珪酸体および微粒炭分析によって科学的に検討を行った。その結果、同地域では基本的に最近約9万年間にわたってイネ科草本が優占する草原植生下にあったことが明らかとなった。ただ、完新世(最近約13500年間)においては、カルデラ西方域でタケ亜科植物を主体とした草原、東方域ではススキ属を主体とした草原が続いていたなど、地域によって草原植生の構成種に明瞭な違いが認められた。こうした植生変遷の違いは微粒炭分析の結果から判明した火事発生頻度と密接な関係があると考えられる。

研究成果の概要(英文)：Vegetation history during the last 90,000 years has been reconstructed using phytolith and macroscopic charcoal records obtained from tephra sections in and around Aso caldera, southwestern Japan. Phytolith assemblage from sections revealed that grassland vegetation dominated by Gramineae consistently occurred for 90,000 years. In the Holocene (the last 13,500 years), Miscanthus (pampas grass) grassland was established and continued consistently to the present in the eastern area whereas Sasa and Pleioblastus (warm-temperate dwarf bamboo) grassland has existed in the western area of the volcano. The difference of grassland vegetation transition in the Holocene grassland vegetation between the eastern and western regions can be explained as difference of fire regime between both areas inferred from macroscopic charcoal records.

研究分野：地理学

キーワード：草原植生 植生変遷 阿蘇カルデラ 火山 噴火活動 人間活動

1. 研究開始当初の背景

九州中央部に位置する阿蘇カルデラとその周辺域には約 220 km² に及ぶわが国最大級の草原が広がっており、その大部分はススキ草原、ネザサ草原、シバ草原といった半自然草地(野草地)である。その広大な草原景観は、この地域の重要な観光資源として活用されてきたが、1960年代頃から畜産業の低迷や農業従事者の減少等によって草原の面積は減少を続けている。

こうした阿蘇の草原は、長年にわたる採草・放牧・火入れにより発達・維持されてきたといわれている。なかでも火入れ(野焼き)は最も効率的に草原植生を維持できる方法であり、現在でも毎年春季に行われているが、その開始時期については明らかではない。この雄大な草原の景観は、西暦 720 年に成立した『日本書紀』にも記載されていることから、阿蘇の草原は“千年の草原”といわれてきたが、科学的な根拠に乏しいことが問題であった。

この草原の歴史を科学的に解明するため、乾燥した台地上の環境での植生推定に有効な植物珪酸体分析による研究が始められており、その予察的研究により、“千年の草原”といわれてきた阿蘇の草原が“万年オーダー”のものである可能性が示されていた。しかし、植物珪酸体分析は花粉分析のような広域の植生推定が難しいという問題点があり、阿蘇カルデラ周辺域という広い面積の植生変遷を明らかにするためには、多数の地点で分析を行ってデータを集積する必要があった。また、阿蘇火山周辺に広がる草原が、いつの時代まで遡ることができるのかや、その成立にどのような要因が関係しているのかについては未解明の問題として残されていた。

2. 研究の目的

わが国最大級の面積を誇る阿蘇カルデラ周辺域の草原がいつの時代から存在し、どのような植生種によって構成されてきたのか、また、どのような要因によって草原が成立して維持されてきたのかを地質学的調査と植物珪酸体分析および微粒炭分析を行うことによって解明することが本研究の目的である。

3. 研究の方法

阿蘇火山周辺域においては、カルデラ内湖沼堆積物の花粉分析により、最終氷期以降の植生変遷に関する研究が行われてきた(岩内・長谷, 1992)。しかし、花粉分析による研究は花粉の保存性の問題から湖沼や低湿地、山間の高層湿原などに限定されるという欠点がある。現在草原が存在する阿蘇火砕流台地のような乾燥した環境での植生を直接推定するためには、植物珪酸体分析が有効である。植物珪酸体(プラント・オパール)とは、植物細胞内に珪酸(SiO₂)が蓄積したも

のであり、植物が枯れて分解した後もガラス質の微化石となって長期間土壌中に残留している。このため、植物珪酸体分析は台地や山地などの古植生・古環境の推定に応用されている(杉山, 2000)。

本研究では、阿蘇火山周辺の草原の歴史を科学的に解明するため、阿蘇カルデラ内および周辺域において、地域や地形が異なる 6 箇所の調査断面(そのうち 1 箇所はボーリングコア)を設定し、火山灰層序学に基づいて各断面の地層の年代を明らかにするとともに、各地層から土壌試料を採取して、植物珪酸体分析と微粒炭分析を行った。

植物珪酸体の抽出と定量は、プラント・オパール定量分析法(藤原, 1976)に従って、つぎの手順で行った。(1)試料を 105 °C で 24 時間乾燥(絶乾)、(2)試料約 1 g に対し直径約 40 μm のガラスビーズを約 0.02 g 添加(電子分析天秤により 0.1 mg の精度で秤量、約 30 万個)、(3)電気炉灰化法(550 °C で 6 時間)による脱有機物処理、(4)超音波水中照射(300 W, 42 KHz, 10 分間)による分散、(5)沈底法による 20 μm 未満の微粒子除去、(6)乾燥、(7)封入剤(オイキット)中に分散してプレパラート作成、(8)検鏡・計数。

同定と定量は、400 倍の偏光顕微鏡下で、おもにイネ科植物の機動細胞に由来する植物珪酸体を対象とし、計数はガラスビーズ個数が 400 以上になるまで行った。これは、ほぼプレパラート 1 枚分の精査に相当する。試料 1 g あたりのガラスビーズ個数に、計数された植物珪酸体とガラスビーズ個数の比率をかけて、試料 1 g 中の植物珪酸体個数を求めた。なお、本研究における植物珪酸体の主な分類基準等については、藤原(1976)、藤原・佐々木(1978)、近藤・佐瀬(1986)、杉山・藤原(1986)、杉山ほか(1988)、杉山(1999)を参照されたい。また、タケ亜科植物の分類に関しては、鈴木(1996)にしたがった。

微粒炭量の測定には「篩い分け法」を用い、以下の手順で 125 μm 以上の微粒炭を計数した。乾燥試料 0.5 g を秤量し、10 %水酸化カリウム水溶液に浸して 24 時間放置(常温)した後、目開き 125 μm の金属製篩で水洗篩別した。篩の上の残渣を回収して 5 %ヘキサメタリン酸水溶液に常温で 24 時間浸して分散させ、目開き 125 μm の金属製篩で水洗篩別した。篩の上の残渣を 1 %過酸化水素水に常温で 24 時間浸して植物遺体などを分解・漂白・分散させた後、目開き 125 μm の金属製篩で水洗篩別した。得られた 125 μm 以上の残渣物をシャーレに広げ、20 倍の実体顕微鏡下で観察しながら、処理した試料の全量について微粒炭(macroscopic charcoal)を計数した。微粒炭の同定基準は井上ほか(2005)に従って、黒色で植物組織と光反射が認められるものとした。なお、紛らわしいものはピンセットで軽く触れて壊れ方や断面などを観察して同定した。

4. 研究成果

(1) 阿蘇カルデラ周辺地域の植生変遷 - 阿蘇草原の歴史 -

植物珪酸体分析と微粒炭分析によって明らかになった阿蘇カルデラ周辺域における植生変遷は、つぎのようにまとめられる。

約9万年前の破局的なAso-4噴火はカルデラ周辺のほぼすべての植生を焼き尽くしたため、広大な火砕流台地上では植生の一次遷移が始まったと考えられる。北東カルデラ壁付近で行われた植物珪酸体分析(Miyabuchi and Sugiyama, 2011)によると、Aso-4火砕流堆積物直上の土壌層には少量の植物珪酸体が含まれることから、破局的噴火から1000年以内にはミヤコザサ節やシバなどからなる疎密な植生が成立したとされている。その後もわずかな増減を繰り返しながら、ササ属を主体とする草原植生が続いたとみられる。

約30000~13500年前の時期にもミヤコザサ節やチマキザサ節が優占する草原植生が継続したが、その時期は最終氷期最寒冷期にあたり、植被密度がやや低い環境下となった(宮縁・杉山, 2008)。とくに、カルデラ東方域ではこの時期の土壌層中に含まれる植物珪酸体総数は著しく少ないことから、ササ属が優占する草原植生はかなり衰退していたと推察されている(宮縁・杉山, 2006)。この時期は阿蘇火山では爆発的な噴火が間欠的に発生した時期に当たる(宮縁ほか, 2004)ため、気候の寒冷化とともに急速なテフラ(火山砕屑物)の堆積によって地表では植生が十分に繁茂できなかつたのであろう。

約13500年前以降、カルデラ西方域では再び植被密度の高いササ属草原へと変化した。10000年前頃からメダケ属も加わるようになり、7300年前以降の時期にはミヤコザサ節などササ属の量が減少する一方で、ネザサ節の量が急増し、ススキ属やシバ属も出現するようになった。さらに、完新世には樹木起源の植物珪酸体も連続して認められ、とくにイスノキ属は7300年前以降、急激に増加し、アカガシ属や他の樹木も顕著にみられた(宮縁・杉山, 2008)。一方、カルデラ東方域でも急速に植被密度の高い草原環境へと変化した。草原植生の主な構成種はササ属やメダケ属ではなく、ススキ属であった。そうしたススキ属を主体としてキビ族やウシクサ族も見られる草原植生が最近13500年間にわたって継続して存在したことがカルデラ東方域での植生環境の特徴である(宮縁・杉山, 2006)。

このように完新世の時期に阿蘇カルデラ周辺域では草原植生が広がっていたとみられるが、急峻なカルデラ壁斜面では林床にササ属やメダケ属を伴う森林植生が存在していたことがわかった(Miyabuchi and Sugiyama, 2012)。さらに、8900年前までカルデラ湖が存在した阿蘇谷(阿蘇カルデラ北半分)中央部はその後湿地や河川環境にあり、完新世の時期には湖や湿地周辺にヨシなどの植物

が繁茂していたとされている(宮縁ほか, 2010)。

(2) 阿蘇カルデラ周辺に広がる草原の成立要因

阿蘇カルデラ周辺域ではAso-4噴火以降、約9万年間にわたってイネ科草本が優占する草原植生下にあったことが植物珪酸体分析により明らかになった(Miyabuchi and Sugiyama, 2011)。約13500年前以前についてはいずれの地域もミヤコザサ節などのササ属を主体とする草原植生であったが、完新世においてはカルデラ西方域でタケ亜科(ササ属-メダケ属)を主体とした草原、東方域ではススキ属を主体とした草原が続いていたと推定される。このように、阿蘇カルデラの東方域と西方域とでは、完新世における草原植生の構成種に明瞭な違いが認められている(宮縁・杉山, 2006, 2008)。両者の違いを生じた原因としては、両地点における標高差や火山活動による影響の違いに加えて、人間活動の有無や程度の差が想定されよう。

阿蘇カルデラ周辺域の植生変遷について、とくに注目すべき点はカルデラ東方域においてススキ属が優占する草原がごく最近までの13500年間にわたって継続しているということである。このような長期間、ススキ草原が継続したという事例は他の地域を含めて、これまで報告されていない。ススキの種子は風で飛散するため、裸地などに容易に侵入することが可能であるが、一旦は定着したとしても、ススキ草原が自然状態で長期間継続することは難しいといわれている(山根, 1973)。阿蘇地域の採草地でも、野焼きの影響が弱まると、ススキが衰退してノリウツギなどの灌木が急速に成長するという調査結果が報告されている(大滝, 1997)。ススキ草原を長期間継続させるためには、定期的に刈り取りを行うなどの作業が必要で、実際に阿蘇地域の草原は長年にわたる採草・放牧・火入れにより発達・維持されてきている(宮脇, 1981)。なかでも火入れ(野焼き)は刈り取りなどよりも効率的に草原植生を維持できる方法であり、少なくとも15世紀中頃~16世紀末頃の下野狩(阿蘇社の宗教行事の一つとして阿蘇カルデラ北西部で実施された狩猟)時には火入れが行われていたことが指摘されている(阿蘇品, 1999)。阿蘇地域における具体的な野焼き開始時期は明らかではないが、北側カルデラ壁の大観峰付近では9700~9500年前頃より上位の土層中に草本植物起源と考えられる微粒炭が多量に存在するという報告(小椋ほか, 2002)や7500年前以降火事発生頻度が増加するという分析結果(Kawano et al., 2012)もある。さらに今回、阿蘇カルデラの西方域と東方域において行われた微粒炭分析(Miyabuchi et al., 2012)によると、カルデラ東方域では13500年前以降に微粒炭量が急増しており、西方域に比べて火事発生頻度が有意に高いことが

明らかとなった。したがって、阿蘇カルデラ東方域では完新世に高頻度の火事発生によってススキ草原が継続していた可能性がある。カルデラの東西で気候条件はほとんど変わらないので、カルデラ東方域で自然の山火事が多かったとは考えにくい。つまり、阿蘇カルデラ東方域などでは1万年前頃より人間による火入れが行われてススキ草原が維持されていたのかもしれない。

<引用文献>

- 阿蘇品保夫 (1999) : 阿蘇社と大宮司 - 中世の阿蘇 - .一の宮町史編纂委員会編:一の宮町史自然と文化阿蘇選書2 .熊本県一の宮町 .
- 藤原宏志 (1976) : プラント・オパール分析法の基礎的研究(1) - 数種イネ科栽培植物の珪酸体標本と定量分析法 - .考古学と自然科学, 9, 15-29.
- 藤原宏志・佐々木 章 (1978) : プラント・オパール分析法の基礎的研究(2) - イネ (Oryza) 属植物における機動細胞珪酸体の形状 - .考古学と自然科学, 11, 9-20.
- 井上 淳・高原 光・千々和一豊・吉川周作 (2005) : 滋賀県曾根沼堆積物の微粒炭分析による約17,000年前以降の火事の歴史 . 植生史研究, 13, 47-54.
- 岩内明子・長谷義隆 (1992) 熊本平野および阿蘇カルデラ地域における最終氷期以降の植生変遷 . 日本花粉学会会誌, 38, 116-133.
- Kawano, T., Sasaki, N., Hayashi, T., Takahara, H. (2012) Grassland and fire history since the late-lacial in northern part of Aso Caldera, central Kyusyu, Japan, inferred from phytolith and charcoal records. *Quaternary International*, 254, 18-27.
- 近藤鍊三・佐瀬 隆 (1986) : 植物珪酸体, その特性と応用 . 第四紀研究, 25, 31-63.
- 宮縁育夫・杉山真二 (2006) 阿蘇カルデラ東方域のテフラ累層における最近約3万年間の植物珪酸体分析 . 第四紀研究, 45, 15-28.
- 宮縁育夫・杉山真二 (2008) 阿蘇火山南西麓のテフラ累層における最近約3万年間の植物珪酸体分析 . 地学雑誌, 117, 704-717.
- Miyabuchi, Y., Sugiyama, S. (2011) 90,000-year phytolith record from tephra section at the northeastern rim of Aso caldera, Japan. *Quaternary International*, 246, 239-246.
- Miyabuchi, Y., Sugiyama, S. (2012) Holocene vegetation history based on phytolith records in Asodani Valley, northern part of the Aso caldera, Japan. *Quaternary International*, 254, 73-82.
- 宮縁育夫・星住英夫・渡辺一徳 (2004) 阿蘇火山における更新世末期, AT 火山灰以降のテフラ層序 . 火山, 49, 51-64.
- 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.

- Miyabuchi, Y., Sugiyama, S., Nagaoka, Y. (2012) Vegetation and fire history during the last 30,000 years based on phytolith and macroscopic charcoal records in the eastern and western areas of Aso Volcano, Japan. *Quaternary International*, 254, 28-35.
- 宮脇 昭編 (1981) 日本植生誌 九州 . 至文堂 .
- 小椋純一・山本進一・池田晃子 (2002) 微粒炭分析から見た阿蘇外輪山の草原の起源 . 名古屋大学加速器質量分析計業績報告書, 大滝典雄 (1997) 草原と人々の営み - 自然とのバランスを求めて - .一の宮町史編纂委員会編:一の宮町史自然と文化阿蘇選書10 . 熊本県一の宮町 .
- 杉山真二 (1999) : 植物珪酸体分析からみた最終氷期以降の九州南部における照葉樹林発達史 . 第四紀研究, 38, 109-123.
- 杉山真二 (2000) 植物珪酸体 (プラント・オパール) . 辻誠一郎編「考古学と植物学」, 同成, 189-213.
- 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, 19, 69-84.
- 杉山真二・松田隆二・藤原宏志 (1988) : 機動細胞珪酸体の形態によるキビ族植物の同定とその応用 - 古代農耕追究のための基礎資料として - . 考古学と自然科学, 20, 81-92.
- 鈴木貞雄 (1996) : タケ科植物の概説 . 鈴木貞雄編 : 日本タケ科植物図鑑 . 聚海書林, 8-27.
- 山根一郎 (1973) 黒ボク土の生成におけるススキの意義 . ペドロジスト, 17, 84-94.

5 . 主な発表論文等

[雑誌論文] (計11件)

- Miyabuchi, Y. (2011) Post-caldera explosive activity inferred from improved 67-30 ka tephrostratigraphy at Aso Volcano, Japan. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 205(3-4), 94-113. doi:10.1016/j.jvolgeores.2011.05.004 査読有
- Miyabuchi, Y., Sugiyama, S. (2011) 90,000-year phytolith record from tephra section at the northeastern rim of Aso caldera, Japan. *Quaternary International*, 246, 239-246. doi:10.1016/j.quaint.2011.06.036 査読有
- Miyabuchi, Y., Sugiyama, S., Nagaoka, Y. (2012) Vegetation and fire history during the last 30,000 years based on phytolith and macroscopic charcoal records in the eastern and western areas of Aso Volcano, Japan. *Quaternary International*, 254, 28-35. doi:10.1016/j.quaint.2010.11.01 査読有
- Miyabuchi, Y., Sugiyama, S. (2012)

Holocene vegetation history based on phytolith records in Asodani Valley, northern part of the Aso caldera, Japan. *Quaternary International*, 254, 73-82. doi:10.1016/j.quaint.2011.09.024 査読有
Miyoshi, M., Sumino, H., Miyabuchi, Y., Shinmura, T., Mori, Y., Hasenaka, T., Furukawa, K., Uno, K., Nagao, K. (2012) K-Ar ages determined for post-caldera volcanic products from Aso volcano, central Kyushu, Japan. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 229-230, 64-73. doi:10.1016/j.jvolgeores.2012.04.003 査読有
久保田哲也・地頭 隆・清水 収・平川 泰之・本田 健・飯島康夫・泉山寛明・海堀正博・北原哲郎・小林 浩・松本俊雄・松尾新二郎・松澤 真・宮縁育夫・長野英次・中濃耕司・奥山悠木・島田 徹・篠原慶規・杉原成満・武澤永純・田中 信・内田太郎(2012)平成24年7月九州北部豪雨による阿蘇地域の土砂災害。砂防学会誌, 65(4), 50-61. 査読有
宮縁育夫(2012)阿蘇カルデラにおいて2012年7月の九州北部豪雨によって発生した斜面崩壊。地学雑誌, 121(6), 1073-1080. 査読有
Takarada, S., Miyabuchi, Y., Hoshizumi, H., Matsushima, T., Nagai, D. (2013) Unzen and Aso volcanoes, central Kyushu, Japan: Unzen's new lava dome climb and 1991-95 pyroclastic flows and Aso's active crater and one of the largest calderas in Japan. *Bulletin of the Volcanological Society of Japan*, 58(2) (CD book), A2, 1-35. 査読有
Miyoshi, M., Shinmura, T., Sumino, H., Sano, T., Miyabuchi, Y., Mori, Y., Inakura, H., Furukawa, K., Uno, K., Hasenaka, T., Nagao, K., Arakawa, Y., Yamamoto, J. (2013) Lateral magma intrusion from a caldera-forming magma chamber: Constraints from geochronology and geochemistry of volcanic products from lateral cones around the Aso caldera, SW Japan. *Chemical Geology*, 352, 202-210. doi:10.1016/j.chemgeo.2013.06.003 査読有
Tsukamoto, S., Kataoka, K.S., Miyabuchi, Y. (2013) Luminescence dating of volcanogenic outburst flood sediments from Aso volcano and tephric loess deposits, southwest Japan. *Geochronometria*, 40(4), 294-303. doi:10.2478/s13386-013-0135-4 査読有
宮縁育夫・星住英夫(2013)2009年気象庁阿蘇山ボーリングコアの層序。火山, 58(4), 543-550. 査読有

〔学会発表〕(計7件)

三好雅也・角野浩史・宮縁育夫・長尾敬介, 中部九州阿蘇カルデラ形成後火山噴出物の噴火年代。日本地球惑星科学連合2011年大会, 2011年5月22日, 千葉市。

長井雅史・池辺伸一郎・宮縁育夫・三好雅也・大倉敬宏・竹村恵二・渡辺一徳, 阿蘇山一の宮及び白水火山観測施設の観測井岩石コア試料のK-Ar年代。日本火山学会2011年秋季大会, 2011年10月2日, 北海道旭川市。

Kataoka, K.S., Miyabuchi, Y. Large-scale bouldery volcanoclastic apron by a possible gigantic outburst flood, Aso caldera, southwest Japan. 2011 PERC Planetary Geology Field Symposium, 2011年11月6日, 福岡県北九州市。

宮縁育夫・望月伸竜・弥頭隆典・久保田恭平・渋谷秀敏, 古地磁気方位からみた阿蘇火山中央火口丘群北西部の活動。日本火山学会2012年秋季大会, 2012年10月16日, 長野県御代田町。

弥頭隆典・望月伸竜・宮縁育夫・久保田恭平・渋谷秀敏, 阿蘇火山中央火口丘群における完新世火山噴出物の古地磁気学的研究。日本地球惑星科学連合2013年大会, 2013年5月19日, 千葉市。

Miyoshi, M., Shinmura, T., Sumino, H., Miyabuchi, Y., Hasenaka, T., Arakawa, Y., Lateral magma intrusion from a caldera-forming magma chamber: Constraints from geochronology and geochemistry of volcanic products from lateral cones around the Aso caldera, SW Japan. IAVCEI 2013 Scientific Assembly, 2013年7月23日, 鹿児島市。

Nishimura, K., Miyabuchi, Y., Inakura, H., Kobayashi, T., Unusually high-temperature andesitic magma erupted shortly before the Aso-2 pyroclastic flow from Aso caldera, Japan. IAVCEI 2013 Scientific Assembly, 2013年7月23日, 鹿児島市。

〔図書〕(計1件)

宮縁育夫・春田直紀(2013)阿蘇カルデラの環境と地域史研究。吉村豊雄・春田直紀編「阿蘇カルデラの地域社会と宗教」, 清文堂, 1-22。

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

取得状況(計0件)

〔その他〕

ホームページ等

とくに公開していない

6. 研究組織

(1)研究代表者

宮縁 育夫 (MIYABUCHI, Yasuo)

熊本大学・教育学部・准教授

研究者番号: 30353874

(2)研究分担者
なし

(3)連携研究者
なし