

和歌山県生石高原における草原の歴史と火入れの役割について －累積性土壌の植物珪酸体と微粒炭分析に基づいて

井上 淳

和歌山県

本報告の詳細な内容については、日本植生史学会発行の『植生史研究』第 33 巻第 2 号（pp.43-50）に、井原佑弥・林尚輝・井上淳「和歌山県生石高原における植生の歴史と火入れの履歴－累積性土壌中の植物珪酸体と微粒炭を用いて－」として公表されている。本報告書の内容を参照される際には、そちらを引用していただきたい。

1. はじめに

日本列島のような温暖湿潤な気候帯では、本来、土地を放置しておくと樹木が急速に生長し、最終的には極相林と呼ばれる成熟した森林が形成される。そのため、日本においては自然状態で長期間にわたって草原環境を維持することは極めて難しく、特別な自然条件や、あるいは人間の手による定期的な攪乱がない限り、草原は樹林に遷移してしまうのが一般的である。すなわち、日本に残されている草原の多くは、自然状態というよりは人の活動によって維持されており、しばしば半自然植生などと呼ばれる。

こうした草原は、単なる自然環境ではなく、人と自然の相互作用の中で長い年月をかけて形成された「文化的景観」としての性格を色濃く持っている。たとえば、ススキ草原は古くからカヤ場として利用され、屋根を葺くための材料や家畜の飼料、さらには農地に投入する堆肥の原料として重要視されてきた。人々はススキの定期的な火入れや刈り取りに

より、草原を維持し、暮らしの基盤としてきた。このような草原管理は、日本各地の農村社会の中で世代を超えて受け継がれ、農耕文化を支える重要な要素として位置づけられてきた。

しかし、19 世紀後半から 20 世紀にかけて日本社会の近代化に伴い、農村における農業活動の様式が大きく変化した。明治期には化学肥料が普及し、農業生産における草資源への依存度が減少した。さこれらの変化に伴って草原は管理放棄されるケースが増え、放置された草原には低木や樹木が侵入して森林化が急速に進行した。

こうした急激な草原消失の背景には、社会変化があることは明白であるが、その一方で、草原が単なる景観資源にとどまらず、生態系サービスの供給源としても極めて重要であることが近年改めて認識されている。ススキ草原のような半自然草原は、希少な草原性生物の生息地であり、多様な動植物の遺伝資源を守るホットスポットである。また、草原景観は人々の文化的アイデンティティとも深く結びついており、地域の歴史や文化を物語る貴重な存在として、文化財的価値を有している。

このような背景から、草原の成り立ちや維持の歴史を正確に解明することは、自然保護の観点からも、文化的景観としての価値評価の観点からも重要である。特に、古文書や文献に乏しい近世以前の時代については、累積性土壌に記録された微細な証拠を調べることで過去の環境を復元する自然科学的手法が有効で、日本各地で研究が行われている。累積性土壌には、長期にわたり堆積した植物珪酸体（植物起源の微細なガラス質粒子）や微粒炭（山火事や火入れの際に生じる微細な炭）が含まれており、これらを分析することで当時の植生や火災履歴、さらには人為的攪乱の有無を推定できる。

そこで本研究では、紀伊半島北部に位置する和歌山県生石高原を対象に、累積性土壌中の植物珪酸体と微粒炭を詳細に分析し、放射性炭素年代測定と組み合わせることで、過去約 2,000 年にわたる植生変遷および火入れの履歴を復元することを試みた。生石高原は、近畿地方においてススキ草原がまとまった面積で現存する数少ない地域であり、草原管理に関する歴史的情報を得る上で非常に重要なフィールドである。これまでも周辺地域を含めた聞き取り調査や史料調査が行われてきたが、生石高原そのものにおける長期的な植生と火の歴史を自然科学的に解明した事例はない。

2. 生石高原の地理・歴史的背景

生石高原は和歌山県北部、紀伊半島の中央部よりやや北寄りに位置する紀美野町と有田川町にまたがり、標高 820～870m の高所に広がっている。この生石高原は、和歌山県を代表する自然景勝地としても知られており、その草原景観は古くから多くの人々に親しまれてきた。

地質的には、生石高原は三波川変成帯の中に位置しており、基盤岩としては石英片岩や御荷鉾緑色岩類に分類される節理の発達した硬質な玄武岩が広く分布している。これらの基盤岩は硬く風化しにくい一方で、岩盤の割れ目からの浸透性が高く、地表水が地下へとすぐに浸透してしまう。これにより土壌の保水性が低く、表層の土壌は乾燥しやすい特性を持っている。このような土壌条件は、樹木が成長するのに必要な十分な水分を供給できず、森林の発達を物理的に制限する重要な要因となっている。このため、一般的には樹木が優占して森林へと遷移することが多い日本の気候下においても、生石高原では自然条件

だけである程度草原環境を維持しやすい素地があったと考えられる。

生石高原周辺には、歴史的にも人間活動の痕跡が多く残されている。平安時代に建立された生石神社が高原の東側山麓に位置する。また平安末期から鎌倉時代にかけては、周辺地域に神野荘や真国荘などの荘園が成立している。荘園制度のもとで行われた農業経営の中で、草材は堆肥や屋根材の供給地として利用された可能性があるが、この地域に関する詳細な文献資料はなく、よくわかっていない。江戸末期の 1851 年に編纂された『紀伊国名所図会』には、広大なススキ原として描かれた生石ヶ峰の景観が登場しており、当時から草原としての姿が確立していたことがわかる。こうした史料により、19 世紀中葉の段階で既に草原が形成され、農村社会の中で重要な資源地として利用されていたことが強く示唆される。

しかし、近代化が進むと、農業形態は急速に変化し、草資源の重要性は次第に低下していった。生石高原においても採草活動は次第に衰退していった。戦後には、刈り取りによる維持は途絶え、草原は徐々に放置されるようになった。その後、次第に低木や樹木が侵入して、ススキ主体の草原は急速に縮小した。このような危機的状況を受け、和歌山県は景観保全や生物多様性の維持を目的に 2003 年から計画的な山焼きを実施し、往時の草原景観の復元と保全に取り組んでいる。

3. 分析方法

本研究では、和歌山県の生石高原に広がるススキ草原を対象に、累積性土壌の柱状試料採取を実施した。調査地点は、高原中央に位置する場所に設定した地点 1 と、高原のススキ草原の縁辺部に位置する地点 2 の 2 地点を選定した (図 1)。

各地点で地表から約 1m の柱状試料を採取した (図 2)。持ち帰った柱状試料を、植物珪酸体分析、微粒炭分析、放射性炭素年代測定に使用した。

植物珪酸体の抽出は、各土壌試料から 1cm³分を秤量し、過酸化水素水を加えて加熱処理を行い、有機物を分解した。続いて塩酸を添加して鉱物成分に含まれる鉄分を溶解除去した。さらに超音波処理により凝集物を分散し、沈降法を用いて細粒鉱物を除去した。最終的に残留物を乾燥させ、珪酸体試料とした。

光学顕微鏡による観察は 400 倍の倍率を用い、植物珪酸体の分類は、機動細胞起源のものは *Sasa* type (ササ型), *Pleioblastus* type (メダケ属型), *Bambusoideae* type (タケ亜科型), *Andropogoneae* type (ヒメアブラスススキ連型), *Miscanthus* type (ススキ属型), *Panicoideae* type (キビ亜科型), *Zoysia* type (シバ型) の 7 形態、短細胞起源のものは SADDLE (*Bambusoideae*-type, *Chloridoideae*-type) (鞍型 (タケ亜科, ヒゲシバ)), BILLOBATE (ダンベル型), RONDEL (円錐台形型), POLYLOBATE (複合ダンベル型), CROSS (十字型), CRENATE (長台型) の 7 形態、その他の細胞起源のものは ELONGATE (棒型), ACUTE BULBOSUS (ポイント型) の 2 形態、樹木起源の Jigsaw puzzle type (ハメパズル型) の計 17 形態に分類した (図 3)。

微粒炭分析では、各深度層から 0.5cm³を採取し、125 μm 以上の微粒炭を対象に含有量

測定を行った。10%KOH 水溶液を加え、試料中の有機物を分解した。125 μm のふるいを用いてふるい分けし、7.5%HCl 水溶液を加え放置した。その後 125 μm , 250 μm , 1000 μm でふるい分けし、それぞれの残留物をシャーレ上で完全に乾燥させた。微粒炭は 10~50 倍の実体顕微鏡下で土壌試料 0.5 cm^3 に含まれる微粒炭全てを計数し、それに基づき土壌試料 1 cm^3 あたりの個数を算出した。

さらに、層位ごとに複数のサンプルから炭化木片や微粒炭、土壌有機物を用いて放射性炭素年代測定を実施した。測定は、(株) 加速器分析研究所に依頼し、加速器質量分析計 (AMS) を用いた。得られた ^{14}C 年代は IntCal20 較正曲線を用いて暦年代に補正した。さらに、1950 年以降の年代結果のものについては Post-bomb atmospheric NH_2 較正曲線を用いて年代を求めた。これにより、植物珪酸体群集や微粒炭含有量の変化を時系列で捉え、過去 2,000 年にわたる生石高原の植生変遷と火の利用履歴を明らかにした。

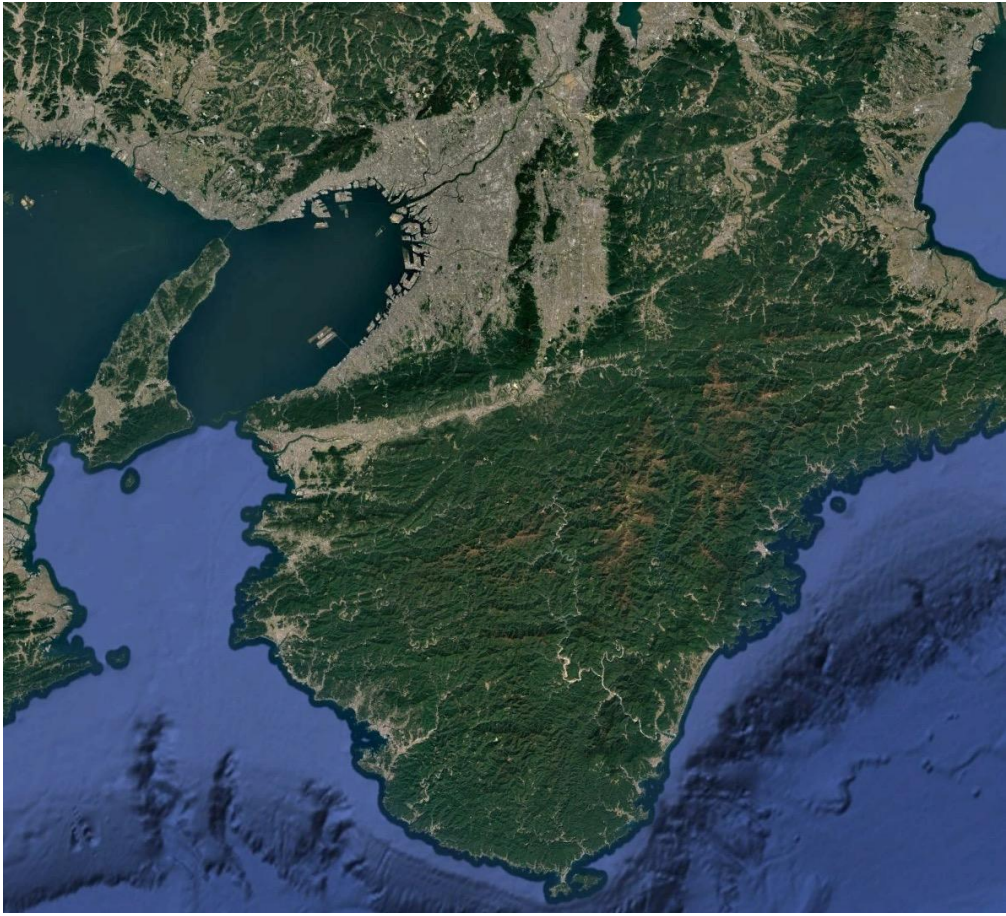




図1 生石高原の位置（上図）と生石高原内のススキ原（主に茶色の部分）



図2 採取時の生石高原のススキ原の様子（上写真）と土壌試料採取の様子（下写真）

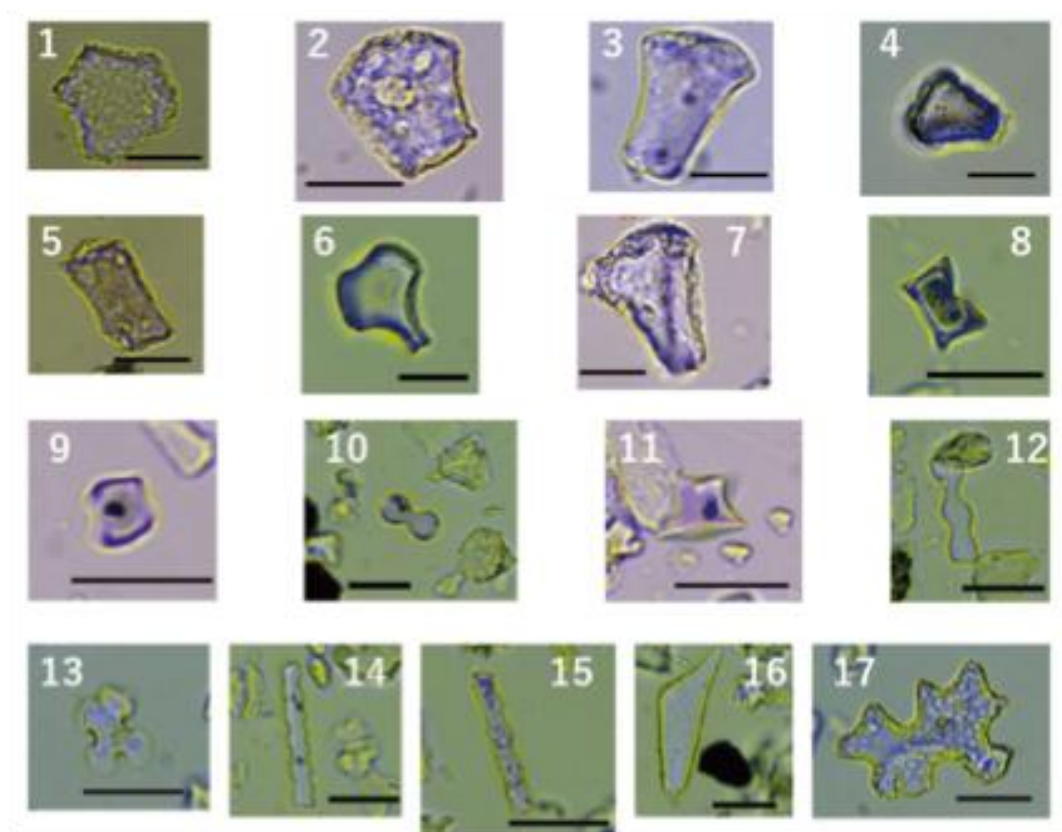


図3 観察された主な植物珪酸体分類群 17 タイプ

4. 結果

4.1 植物珪酸体分析

2 地点の累積性土壤に含まれる植物珪酸体の組成は、各層位ごとに異なっていた（図 4, 5）。最下層部（図 4 の 1-1 帯，図 5 の 2-1 帯），すなわち 2,000～900 年前に相当する土壤層では，ススキ属由来（*Andropogoneae* type, *Miscanthus* type）やメダケ属由来（*Pleioblastus* type）の珪酸体が出現していたものの，同時にハメパズル型（Jigsaw puzzle type）と呼ばれる樹木由来の珪酸体も相当数含まれていた。これは，ススキやメダケなどのイネ科草本が優占していた一方で，樹木が部分的に混生する疎林的環境が形成されていたことを強く示唆している。ススキ属特有のダンベル型（*B_{ILLOBATE}*）短細胞珪酸体はこの時代から一定量確認されており，こうした植物が重要な構成要素だったことがうかがえる。

900～400 年前に相当する中層部（図 4 の 1-2 帯，図 5 の 2-2 帯）では，樹木由来のハメパズル型（Jigsaw puzzle type）が大きく減少し，イネ科草本に特徴的なダンベル型（*B_{ILLOBATE}*）や円錐台形型（*R_{ONDEL}*）などの短細胞珪酸体の出現率が急増した。植物珪酸体総量もこの時期から上昇傾向を示し，特にダンベル型の増加はススキ優占度の向上を強く反映していた。この変化は樹木の減退と草原化の進行を物語っており，樹木の侵入が抑制され，イネ科草本が卓越する草原環境が確立しつつあったことを示していた。

400 年前以降に相当する上層部（図 4 の 1-3 帯，図 5 の 2-3 帯）では，ススキ由来のダンベル型（*B_{ILLOBATE}*）が優占し，植物珪酸体群集は現代のススキ優占草原とほぼ一致する構成を示していた。この層では樹木由来のハメパズル型（Jigsaw puzzle type）はほとんど

確認されず、イネ科草本特有の短細胞珪酸体が全体の 80%以上を占めていた。この結果は、400 年前頃から生石高原がススキ草原として安定的に成立し、現在に至るまでその植生が維持されてきたことを示している。

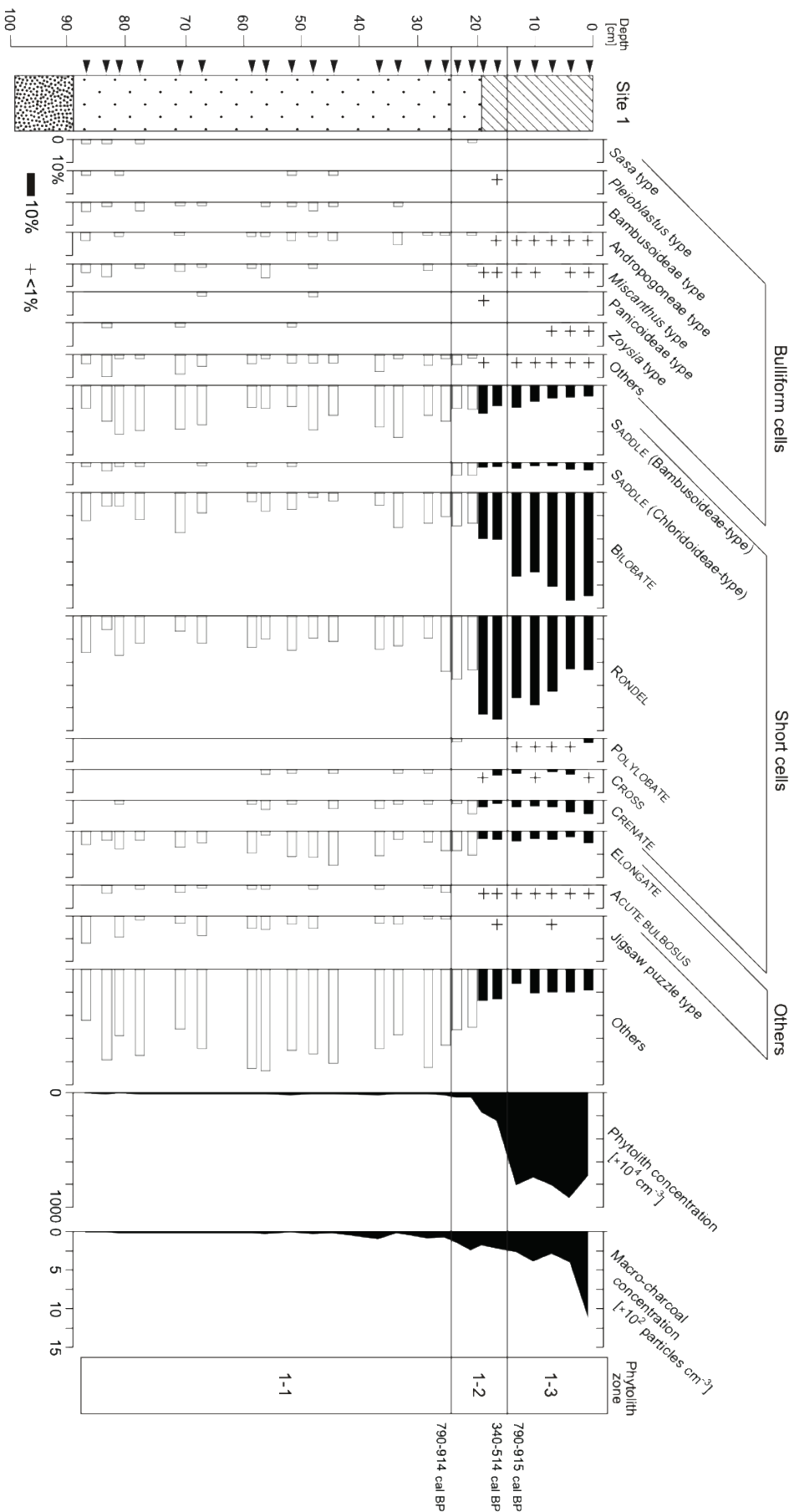


図 4 地点 1 の土壌における各植物珪酸体タイプの出現頻度と植物珪酸体含有量 (右から 2 番目グラフ)

と微粒炭量 (右端グラフ) と得られた放射性炭素年代値 (右端の数値) (井原ほか, 2025).

植物珪酸体分類群の和名は, 本文の「分析方法」の章に記述

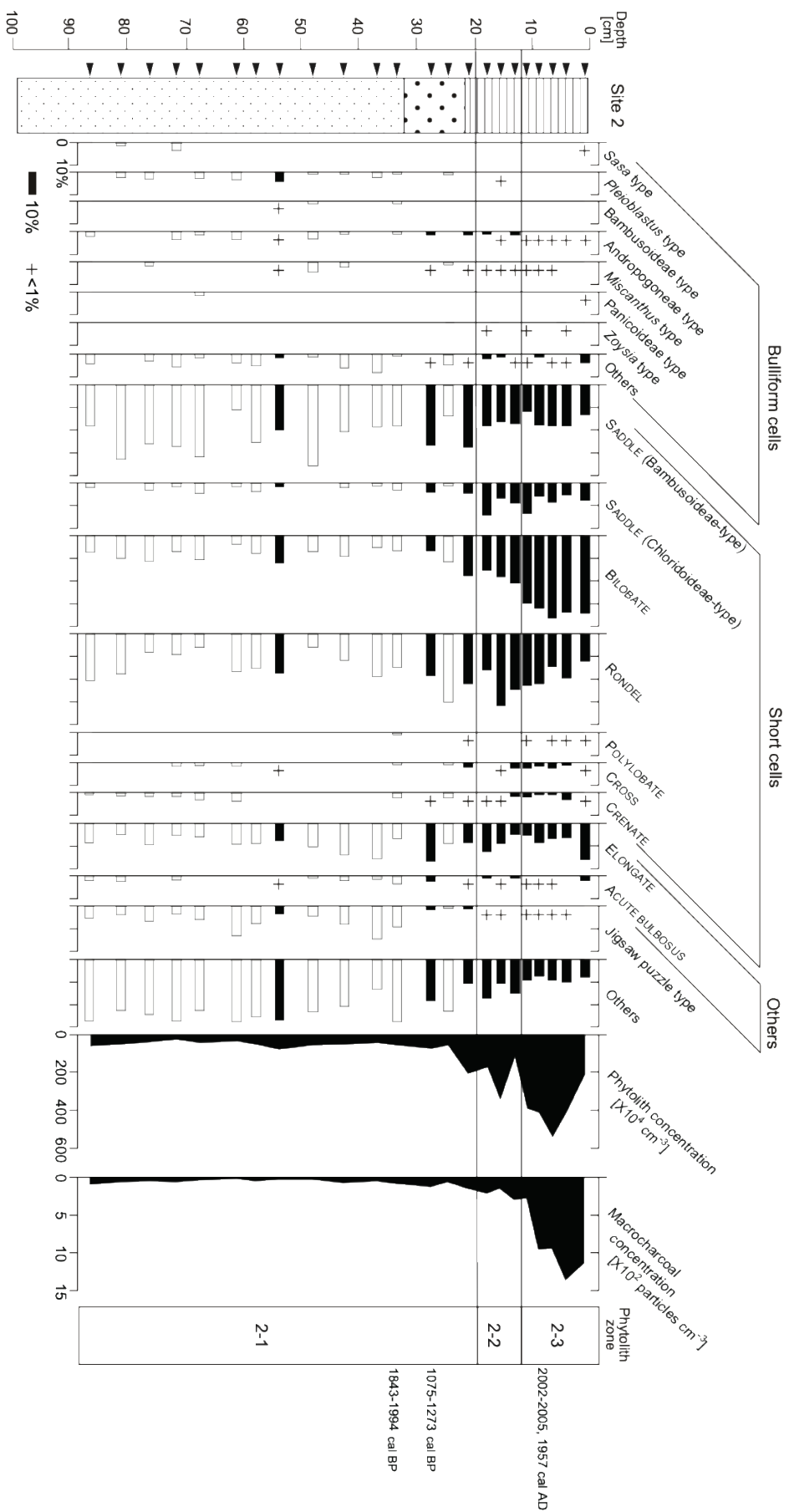


図5 地点2の土壌における各植物珪酸体タイプの出現頻度と植物珪酸体含有量 (右から2番目グラフ)

と微粒炭量 (右端グラフ) と得られた放射性炭素年代値 (右端の数値) (井原ほか, 2025).

植物珪酸体分類群の和名は, 本文の「分析方法」の章に記述

4.2 微粒炭含有量分析

深度 20cm 以上の古い層，すなわち 2,000 年前から近現代までの期間に該当する部分では，微粒炭は極めて少なく，土壌 1cm³あたり数十個から数百個程度の範囲で推移していた（図 4，5）．この数値は散発的な火災や火入れがごく稀にあった可能性を示唆するものの，継続的な火入れは行われていなかったことを示唆する．

一方，深度 10cm 未満，特に 0～10cm にあたる表層部では，微粒炭濃度は急激に増加した．最大で 1,000 個/cm³を超える高濃度の微粒炭が確認され，下位の層準とは比較にならないレベルで火が入ったことが示された．放射性炭素年代測定から，この微粒炭の急増し始めの年代は，西暦 2000 年代初頭（AD 2002－2005）に相当することが明らかになり，2003 年からの火入れ開始時期と良い一致を示した．これは近年行われている火入れ管理が土壌中に微粒炭として明瞭に記録されていることを意味しており，過去の火入れがほとんど行われなかったのに対して，近年の約 20 年間のみ継続して火入れが行われていることを示唆する．

5. 考察

今回の調査で得られた植物珪酸体分析や微粒炭分析，さらに放射性炭素年代測定の結果を総合的に検討すると，生石高原におけるススキ草原の成立過程，維持機構，火入れ管理の履歴について，従来は史料的に不明だった詳細な歴史が明らかになった．以下では，2,000～900 年前，900～400 年前，400 年前以降，近年約 20 年間という大きく 4 つに区分して，それぞれの時代の環境や人間活動，火入れ履歴を考察するとともに，現在の火入

れ管理の意義についても多角的に検討する。

5.1 2,000～900 年前の植生環境

最下層に該当する 2,000～900 年前の土壌からは、ススキやメダケといったイネ科草本由来の珪酸体が検出されたが、同時に樹木由来のハメパズル型珪酸体も数多く含まれていた。これはこの時代の生石高原が、ススキやメダケが優占しつつも、樹木が点在して生育する疎林的環境にあったことを示唆している。さらに、微粒炭の含有量は極めて低く、散発的な自然火災を除けば、人為的火入れはほとんど行われていなかったと考えられる。この時期のススキやメダケは、人為的な影響は小さく、自然攪乱や地形・土壌特性によって生じた疎林環境であったと考えられる。

5.2 900～400 年前の草原形成期

900 年前頃からは、珪酸体分析の結果、樹木由来のハメパズル型の出現頻度が急減し、代わってイネ科草本に由来する短細胞珪酸体、特にダンベル型や円錐台形型が急増していた。この変化は、草原環境への移行を示し、疎林が衰退し、草本優占植生へ進行していたことが示唆される。この時期、紀伊半島各地では荘園制度が発展し、生石高原周辺の神野荘や真国荘でも本格的な農業経営が開始されていたことが史料からわかっている。堆肥や屋根材として草資源の需要が高まったことで、生石高原の草原は採草地として利用が活発化した可能性が高い。一方、微粒炭の量はこの時期も低い水準にとどまっており、定期的な火入れによる管理は行われていなかったと考えられる。

5.3 400 年前以降のススキ草原成立

400 年前以降の層では、植物珪酸体群集はススキ属由来のダンベル型が全体の大半を占め、現在のようなススキ主体の草原環境が安定して継続していたことが明らかになった。この時期は江戸時代初期に相当し、刈り取りによる継続的な攪乱がススキ優占環境を維持していたと考えられる。微粒炭量はこの時期も非常に少なく、火入れは草原の管理手段ではなかったことがわかる。

5.4 近年約 20 年間の火入れ

微粒炭含有量が表層部で急激に増加していた。この微粒炭増加の始点に相当する層の放射性炭素年代は西暦 2000 年代初頭を示し、現地で記録されている西暦 2003 年からの火入れと一致する。これは 2000 年代に入ってから生石高原で行われている火入れが、累積性土壌に微粒炭として記録されていることを示している。この結果は、生石高原の長い草原史において火入れは近年まで行われておらず、現在の火入れ管理は歴史的に見ても例外的な取り組みであることを意味している。過去は刈り取りによる管理だけでススキ草原が維持されてきたが、草の利用が途絶えた現代では、樹木侵入を抑えきれなくなったため、火入れが不可欠になったと考えられる。

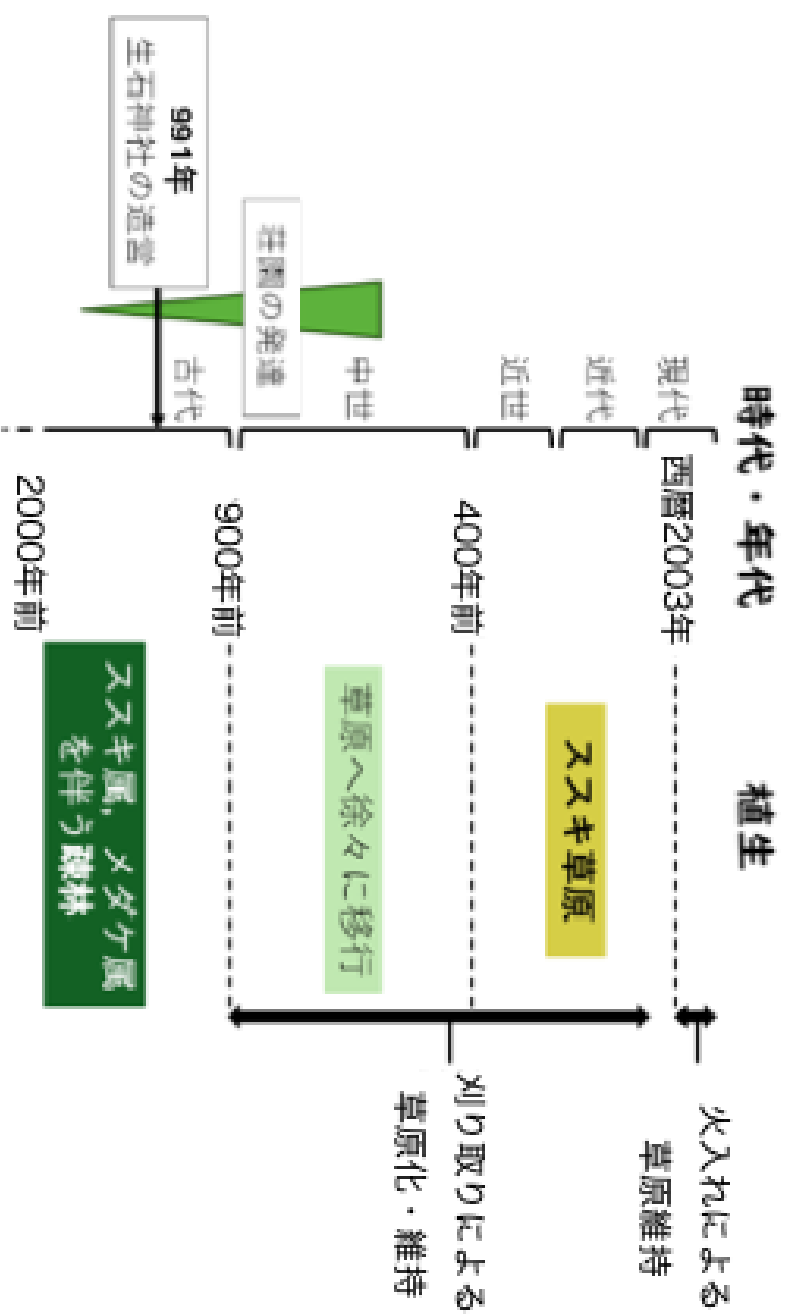


図 6 本研究により明らかになった生石高原における植生変化と、草原維持の手段の歴史とその背景の概念図

6. まとめ

本研究では、和歌山県生石高原のススキ草原を対象として累積性土壌の詳細分析を行い、植物珪酸体や微粒炭の分布、さらに放射性炭素年代測定を組み合わせることで、過去約 2,000 年間にわたる草原植生の変遷と火の利用履歴を復元した。その結果、2,000 年前～900 年前頃まではススキやメダケを含むイネ科草本が樹木と混生する疎林的環境が続き、900～400 年前にかけては樹木が減退してイネ科草本が優占する草原環境へと移行していったことが明らかとなった。さらに 400 年前頃からはススキが卓越する現在と同様のススキ優占草原が確立し、長期間にわたり安定して維持されてきたことが確認できた。また、微粒炭の分析結果からは、過去においては火入れが行われておらず、継続的なススキ原への火入れは近年の約 20 年間に限定されるものであることが明らかとなった。火の利用を示す微粒炭の急増は、2003 年以降に再開された現代の火入れ管理と対応しており、長い歴史の中で火入れは必要とされておらず、現代になって初めて導入された管理手段である。この知見は、生石高原のススキ草原が刈り取りを主体に維持されてきた極めて特異な事例であることを示しており、日本全国に分布するススキ草原の中でも例外的な管理形態であったことがわかった。

文献

井原佑弥・林 尚輝・井上 淳：和歌山県生石高原における植生の歴史と火入れの履歴－累積土壌中の植物珪酸体分析と微粒炭分析を用いて－。植生史研究，33 巻，43–50。