

機関番号：24302

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2007～2010

課題番号：19380090

研究課題名（和文） 西日本における植生と景観形成に及ぼした野火の影響

研究課題名（英文） Fire impact on vegetation and landscape in western Japan

研究代表者

高原 光 (TAKAHARA HIKARU)

京都府立大学・大学院生命環境科学研究科・教授

研究者番号：30216775

研究成果の概要（和文）：堆積物中に残存している花粉や微小な炭（微粒炭）の分析から、特に過去 1 万年間には、火が植生景観に強く影響してきたことを解明した。特に 1 万-8 千年前頃には火事が多発して、森林植生の構成に影響を及ぼした。また、過去 3 千年間には、農耕活動などに関連して火事が多発し、照葉樹林やスギ林などの自然植生はマツ林と落葉広葉樹林へと大きく変化した。火入れによって、ナラ類を中心とする落葉広葉樹林が成立する機構も解明できた。草原や里山景観の形成には、火入れが強く関連していることが明らかになった。

研究成果の概要（英文）：It was made clear by pollen and charcoal analysis that fire events have affected the vegetation landscape for the last 10,000 years in western Japan. In the period from 10,000 to 8,000 years ago, frequent fire events affected on the composition of forests. Also, for the last 3,000 years, pine and deciduous broad-leaved forests replaced natural vegetation such as evergreen broad-leaved forests and Sugi (*Cryptomeria japonica*) forests by the strong disturbance of fire events related to agricultural activities. The mechanism of vegetation changes by fire events was, also, made clear. The grassland and Satoyama landscape in western Japan have been affected by frequent fire events.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007 年度	3,500,000	1,050,000	4,550,000
2008 年度	3,600,000	1,080,000	4,680,000
2009 年度	3,600,000	1,080,000	4,680,000
2010 年度	2,900,000	870,000	3,770,000
総計	13,600,000	4,080,000	17,680,000

研究分野：森林植生学，古生態学

科研費の分科・細目：林学・林学・森林工学

キーワード：野火，植生景観，森林動態，花粉分析，微粒炭分析，焼畑，ナラ類，クリ

## 1. 研究開始当初の背景

これまで、北米，南米，オーストラリア，ヨーロッパでは、火事がどのように植生や生物群集に影響を与えてきたかを明らかにするため、火事に関する古生態学的な研究成果は、花粉分析と共にこの 20 年間ほどの間にデータが蓄積されてきた (Clark et. al., Eds., 1997 など)。

日本列島では、上記の北米などと比べると、現在における火事の頻度も規模も大きくな

い。ところが、最近の古生態学的研究によって、この約 1 万年間に火事が多発していたことが明らかになってきた (井上ほか, 2001, 2005)。京都周辺の山地においても、この時期に火事が頻発し、さらには、人口の増加する弥生時代以降には、火事が多発し、二次林化が起こっていたことも、明らかになりつつある。

しかし、我が国においては、上述の研究成

果と中国山地における杉田・塚田 (1983) や Tsukada et al (1996) などの他には資料がほとんどないのが現状である。

## 2. 研究の目的

日本列島における氷期以降の気候変動に関連した植生変遷は、多くの研究によって解明されてきたが、上記のように、過去1万年間に火事が多発していたことを考慮に入れて植生の分布や成立過程を理解しようとする研究は非常に少ない。本研究では、このような植生に及ぼした野火の影響を解明することを目的としている。

過去1年以上にわたる「火と植生の関係史の解明」と生態学的な「火が植生に及ぼす影響の解明」を連携して研究を進め、さらに、その成果から、現在の里山景観の形成過程をも明らかにする。

## 3. 研究の方法

(1) 野火と植生の関係の歴史を解明するための古生態学的研究について、方法論(微粒炭の形態、花粉のSEMによる形態など)を確立する。

(2) 西日本において、過去1万年間に、火事が多発していたことを考慮に入れて、西日本各地において、堆積物の花粉分析や微粒炭分析によって、植生の成立過程と火の歴史を解明し、各地域における火が植生に与えた影響を明らかにする。

(3) クリ、カシワなどの落葉広葉樹林や草原植生などの成立・維持機構を森林生態学的手法によって解明する。

(4) これらを総合して、火に関連した現在の里山景観の形成過程をまとめる。

## 4. 研究成果

(1) 野火と植生に関する基礎研究

① 微粒炭の形態 小椋さん(植生史研 2007) 植物が燃焼することによって炭化した微小な炭化物(微粒炭)が含まれている。この微粒炭を堆積物から取り出して、その大きさや量を測定することによって過去に起こった火事の歴史を知ることができる。ここでは、さらに、微粒炭の形態から、燃焼した植物を同定するための基礎研究を行った。

草本、灌木類、広葉樹、針葉樹のそれぞれ数種～十数種から生成される微粒炭の形態タイプをもとに、大まかな微粒炭分類の可能性について検討した。また、イネ科植物の微粒炭に特有な波形パターンを有するものについて、その形態タイプの種ごとの違いについても検討した。

その結果、個々の微粒炭からは、その起源がどのような植生タイプのものかを判断することは難しい場合が少なくないが、草本、灌木類、広葉樹、針葉樹の微粒炭では、それ

ぞれの植物群の微粒炭に特徴があることから、ある微粒炭分析で多く出現する微粒炭の元となった植生タイプを推測することなど、ある程度可能であると考えられる。また、一部のイネ科植物の微粒炭からは、種の特異も可能な場合があると考えられる。

標本試料の観察から、以下のことが明らかとなった(小椋, 2007)。

a. 植物起源の微粒炭の表面形態は、ふつうそれぞれの母材植物の組織を反映しており、ある母材植物の材や樹皮などの組織ごとにいくつかのタイプに分類することができる。ただ、その分類の難易は、植物種によって、また樹皮か材かなどの組織によって異なる。

b. 樹木の材の場合、針葉樹と広葉樹では、その微粒炭の形態は概して大きく異なり、微粒炭の形態から針葉樹と広葉樹かを容易に識別できるものが多い。ただし、一部にはその識別が難しいものもある。

c. 樹木の樹皮を200倍程度の倍率で観察する場合、針葉樹か広葉樹かを問わず、その微粒炭の形態は材や葉の組織とは全く異なり、互いに似たものも多く見られる。一方、スギやヤマザクラなどのように、特徴的な樹皮の微粒炭が多くできるものもある。

d. 樹木の葉の微粒炭には、多様な形態のものがある。その中には、樹皮に多いタイプのものやイネ科草本に見られるタイプのものなども含まれる。

e. 微粒炭の中には、ススキの微粒炭のように、光の反射が少なく斜め上方からの光では表面形態が観察しにくいものがある。そのような微粒炭の観察には、垂直落射光源(またはそれに代わるもの)が必要である。

f. 針葉樹の分野壁孔の部分などを400倍以上の倍率で観察することにより、一部の微粒炭からはその母材植物を特定ないし絞ることができる。その際、植物組織に関する既存の文献は大いに参考になる(例えば、島地・伊東 1982; 佐伯, 1982; Watson & Dallwitz, 1992)。

g. そのように母材植物を特定ないし絞ることができる鍵となる組織(痕)としては、針葉樹の分野壁孔の他に、針葉樹の仮道管のらせん肥厚、樹脂道、広葉樹の道管側壁の壁孔、気孔などがある。

② 花粉の電子顕微鏡学的研究

花粉形態には、しばしば、種内の変異がみられるため、その形態の特徴を明確にするためには、複数の異なる産地において、できるだけ多くの個体について、形態を調べる必要がある。ブナ科のコナラ亜属、アカガシ亜属について、それぞれ、7種62個体、7種65個体の花粉の表面構造を、走査電子顕微鏡によって明らかにした(牧野ほか, 2009)。その内、コナラ亜属について、明らかになった花粉同定の基準を、表1に示した。

表1. コナラ亜属7種の表面微細構造とその類型

類型	該当種	表面微細構造の特徴
カシワ型	カシワ	「顆粒」が大きく盛り上がり、尖る
コナラ節型	ミズナラ	「顆粒」が大きく盛り上がり、丸い
	コナラ	
	ナラガシワ	
クヌギ節型	クヌギ	「顆粒が」やや盛り上がり、しわ状になっている
	アベマキ	
ウバメガシ型	ウバメガシ	長く直線的な線状の「突起」が認められ、これが集まって交差し、三角錐状になる

コナラ亜属は、花粉の表面微細構造によって、カシワ型、コナラ節型、クヌギ節型、ウバメガシ型の4型に識別することができ、カシワ、ウバメガシは花粉の表面微細構造の違いによって、種まで同定が可能である。ここでは、特に、火事に対して大勢のあるカシワを種レベルで同定できることを、多くの標本によって明らかにしたことに意義がある。

③ 火入れ地における植生動態

中国山地の蒜山地域において、火入れ地および火入れ跡地において、火入れの物理的環境と植物の動態を調べた(佐野, 2009 など)。毎年火入れを受ける場所では樹木が成長できず、草原となっている場所が多い。樹木も火入れ後に萌芽によってシュートを伸ばしてくるが、毎年地上部は焼かれるため、地下部だけ肥大する。火入れ跡地では、初めはクリやカシワが多いが、遷移が進むにつれて成長の速いコナラが優占してくることなどが解明された。

- a. 火入れによる温度上昇は地表付近で最も高く、燃料となるリターなどのバイオマスが多いほど燃焼温度が高くなる。
- b. 地表より数 cm 入っただけで温度は上がらず、埋められたドングリや植物の地下部、土壌中の動物などが生き延びることが可能である。
- c. カシワは焼けた後の再生能力が高く、火入れ地で徐々に優先度を高めていく。
- d. カシワ、クリ、コナラなどは毎年4月に地上部が焼かれても5月には根元から萌芽して再生を繰り返す、地下部が肥大化してくる。
- e. 火入れ地ではすすきなどの高茎草本が優占するが、微地形に応じてオキナグサ、サクラソウ、キキョウなどの草原や荒地地に依存する希少植物が分布する。
- f. 毎年火入れを受けている場所では、樹木が成長できず、見かけ上草原となっている場所が多い。樹木も火入れ後に萌芽によってシュートを伸ばしてくるが、毎年地上部は焼かれるため、地下部だけ肥大してくる。主な出現樹種は、ブナ科のコナラ、カシワ、ミズナラ、クヌギ、クリなどである。火入れ跡地では、初めはクリやカシワが多いが、遷移が進むにつれて成長の速いコナラが優占した。

(2) 西日本における最終氷期以降の植生変遷と野火の影響

宮崎県御池湿原、阿蘇地域、奈良県山間部、丹後半島、丹波山地、琵琶湖周辺等から採取

した堆積物の、花粉分析、微粒炭分析、放射性炭素年代測定を行い、各地点周辺における火事と植生の歴史の解明を進めた。

西日本のいずれの地域も、約3万年前から1万年前には、主に、マツ科針葉樹を中心とする針葉樹林が広がっていた。これらの針葉樹は、モミ、ツガ、チョウセンゴヨウ、トウヒ類などの温帯性のマツ科針葉樹を中心としていた。このように、マツ科針葉樹の優占する時代であったが、当時、本州とつながって半島となっていた日本海側の隠岐島では、これらのマツ科針葉樹とともにスギも多い傾向にあった(Takahara ほか, 2001)。また、四国沿岸部の室戸岬周辺においても、スギが比較的高い割合で、ブナやモミ類、ツガなどと混じって生育していたことが示されている(Miyake, 2011)。最も寒冷で乾燥していた最終氷期最盛期には、ブナやコナラ亜属などの落葉広葉樹は、沿岸域を中心に分布していたが、最終氷期最盛期前後にはコナラ亜属は西日本全域において存在していた。以上のように各地で最終氷期の堆積物について花粉分析、微粒炭分析を行ったが、火事が多くなるのは晩氷期以降であった。

この時代の約3万年前には九州の鹿児島湾に近い始良カルデラで巨大な噴火が起こり、大量の火山灰が日本列島に降下した。特に九州南部では厚く火山灰が堆積し、広範囲にわたって植生が衰退したと考えられる。しかし、熊本(Hase ほか, 印刷中)や大分、福岡(畑中ほか, 1998)など各地で、マツ属、モミ属、トウヒ属、ツガ属などマツ科針葉樹の優占する植生が認められている。また一方、阿蘇地域などでは、火による影響によってイネ科などの優占する植生が成立していたことが認められている(宮縁・杉山, 2006, 2008)。

1.2 万年前以降の氷期の末期である晩氷期には、マツ科針葉樹林は衰退し、各地で広葉樹林へ移行する。特に、西日本の日本海側地域では、ブナが急激に増加し、低地から山地までブナ林が広がる。しかし、内陸部や太平洋側では、ブナの増加は日本海側ほど著しくなく、落葉広葉樹のコナラ亜属やマツ属などが比較的多い傾向にあった。九州でもブナを含む落葉広葉樹が晩氷期から8,000年前まで分布拡大する(岩内・長谷, 1992)。九州中央山地の御池周辺では、7000年前以前に火事が多発し、それ以降にブナ林が発達した。

完新世の前半には、各地で落葉広葉樹のエノキ、ムクノキが増加する。この時期は九州では、約8,000年から7,000年前、近畿地方では、8,000年から6,000年前までである。エノキ、ムクノキが衰退する時期は、照葉樹林の発達時期でもある。常緑広葉樹であるカシ類やシイからなる照葉樹林の発達は、九州では約7,000年前、西日本内陸では6,000年前に起こった。四国沿岸部の室戸岬ではシイを中

心とする常緑広葉樹林が8,500年前にはすでに成立していた(松下, 1992)。しかし、西日本の日本海側では、特に丹後半島において、晩氷期からスギが増加し、約9,000年前以降優勢となり、低地帯を中心にスギ林が拡大していった。照葉樹林の発達には顕著ではないが、約5,500~5,000年前に増加する。

以上のように、完新世の中期には、日本海側地域でスギ林が顕著に発達し、太平洋側から内陸にかけては照葉樹林が拡大していった。地域によって詳細な年代は異なるが、およそ1,000年前には、これらの森林は人間活動によって破壊され、アカマツやコナラなどの二次林が形成された。

琵琶湖堆積物における微粒炭の研究(井上ほか, 2001)によると、1万年前から1,500年前までは、微粒炭量が多く、比較的大きい微粒炭が多く認められている。このことは、晩氷期から完新世初期には頻繁に火事が起こっていたことを示している。特に、1万年前から8000年前頃の完新世初期に微粒炭量が最大になる。これらの微粒炭がどこから飛来、流入したのかを明らかにするため、琵琶湖周辺や丹波山地における堆積物の微粒炭分析が進められ結果、琵琶湖東岸の彦根市曾根沼(井上ほか, 2005)、京都盆地の深泥池(小椋, 2002)などにおいても、完新世初期に、微粒炭量が多く認められ、これらの地域でも火事が多発していた。上記曾根沼(下図)では、この時代に優占するナラ類を中心とする落葉広葉樹林には、耐火性のあるカシワの割合が多かったことが、走査電子顕微鏡による花粉分析によって明らかになった(Hayashi ほか, 印刷中)。さらに、四国南西部の高知県具同低湿地(三宅・石川, 2004)でも、1万年から9500年前に微粒炭量が最大値を示している。中国地方西部の山口県宇生賀(Tsukada ほか, 1986)では後氷期初期から中期、島根県沼原(杉田・塚田, 1983)では、7000年前前後に微粒炭の急増が報告されている。九州では九重(大井ほか, 2009)や阿蘇カルデラ(小椋ほか, 2002, 宮縁ほか, 2010, Kawano ほか, 印刷中)では、完新世初

期以降の堆積物に微粒炭が多量に認められ、草原植生が卓越していたことが示された。

完新世後期になると、上述の琵琶湖東岸の低地帯、丹後半島などでも、約3000年前から微粒炭量が増加し、イネ科花粉が増加し、森林に覆われていない立地が増加したことが示されたが、植生が大規模に変化することはなかった。約1000年前になると、近畿地方では、地点によって、詳細な年代は異なるが、微粒炭の増加と共に植生は大きく変化し、マツや陽樹の落葉広葉樹が増加し二次林化が急速に進行したことが明らかとなった。この植生の変化と共に、多くの地点で、日本では栽培植物であるソバ花粉が出現していることから、焼畑によって森林が破壊されソバ栽培が行われていたことを示している。

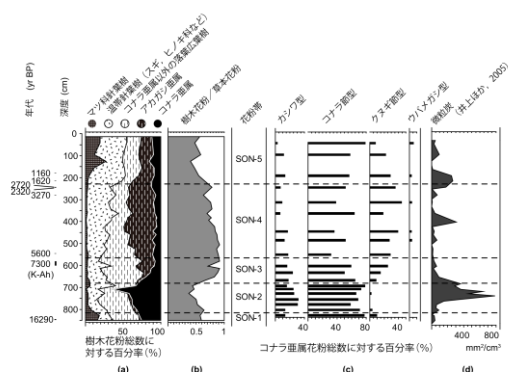
里山景観の形成過程が明らかになった例を下記に示す。三重県津市美杉村池の平湿原(610m)の堆積物の花粉分析、微粒炭分析を行った結果、約800年前以前には周辺にアカガシ亜属やスギ、モミの生育する本来の植生が広がっていたが、約800年前(cal BP)以降になると、火事が急増し、上記の本来の植生が失われ陸生草本花粉の増加が認められた。これはこの時期以降、池の平湿原周辺でも連続的な火事の発生に伴って、常緑カシ類が減少する一方で、落葉ナラ類や草原性植物の増加が起こったためと考えられた。さらに、約500年前(cal BP)以降にはアカマツに由来すると考えられるマツ属花粉の増加とともに、陸生草本花粉の出現率のさらなる増加が認められたことから、人間活動による周辺植生への攪乱の強度が高まって、池の平湿原周辺でのアカマツ二次林の形成と草原の拡大がおこったことが示めされた。また、堆積物の表層付近では微粒炭量が増減し、マツ属複維管束亜属花粉と陸生草本花粉の減少、そしてスギ属花粉の急増が認められた。これは、戦後における人間の自然利用形態の変化に伴う、二次林や半自然草原の減少とスギ植林地の増加を示している。

また、現地調査や資料調査によってから、丹後半島では、比較的急峻な斜面の中腹より下部で焼畑が小面積で行われ、ソバ、アズキなどが順番に栽培されていたこと、また、湖西地方では、20世紀初頭には、アカマツ林、ナラ林が用材や薪炭として利用され、また、屋根材として利用するススキなどの生育する採草地なども存在したことも示された。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計25件)

①Sasaki, N. and Takahara, H. (in press) Fire and human impact on the vegetation of the western Tamba Highlands, Kyoto, Japan during the late Holocene. *Quaternary International*



Hayashi et al (Quaternary International doi:10.1016/j.quaint.2010.08.011)を改変

DOI:10.1016/j.quaint.2010.12.003. 査読有  
②Kawano, T., Sasaki, N., Hayashi, T. and Takahara, H. (in press) Grassland and fire history since the late-glacial in northern part of Aso Caldera, central Kyusyu, Japan, inferred from phytolith and charcoal records. *Quaternary International* DOI:10.1016/j.quaint.2010.12.008. 査読有

③Hayashi, R., Inoue, J., Makino, M., and Takahara, H. (in press) Vegetation history during the last 17,000 years around Sonenuma Swamp in the eastern shore area of Lake Biwa, western Japan: with special reference to changes in species composition of *Quercus* subgenus *Lepidobalanus* trees based on SEM pollen morphology. *Quaternary International* DOI:10.1016/j.quaint.2010.08.011 査読有

④米川修平・佐野淳之 (2011) 火入れ地における炭素蓄積量の定量化. 広葉樹研究, 14:1-8. 査読有

⑤Iwata, Y., Fukamachi, K., Morimoto, Y. (2010) Public perception of the cultural value of Satoyama landscape types in Japan. *Landscape Ecol Eng*

DOI 10.1007/s11355-010-0128-x 査読有

⑥小椋純一 (2007) 微粒炭の母材植物特定に関する研究. 植生史研究, 15 卷 2 号 85-95, 査読有

[学会発表] (計 39 件)

①高原 光・井上 淳(2010) 近畿地方における過去 1 万年間の火と植生史. 第 57 回日本生態学会大会, 2010. 3. 18. 東京

②佐野淳之 (2010) 火とブナ科樹木の生態. 第 57 回日本生態学会大会, 2010. 3. 18. 東京

③大住克博 (2010) 火と二次的な植生景観. 第 57 回日本生態学会大会, 2010. 3. 18. 東京

④Takahara, H., Hayashi, R., Inoue, J., Kawano, T., Matsushita, M., Miyoshi, S., Nishimura, R. and Sasaki, N. (2008) Fire and human impacts on vegetation during the late Holocene around Kyoto, Nara and lake Biwa, in western Japan. 12th International Palynological Congress (IPC). Sep. 3, 2008. Bonn, Germany.

[図書] (計 12 件)

①高原 光 (2011) 日本列島とその周辺域における最終間氷期以降の植生史. (高原光・村上哲明 編)「シリーズ日本列島の三万五千年一人と自然の環境史 第 6 巻 環境史をとらえる技法」15-43

②佐々木尚子・高原 光 (2011) 花粉化石と微粒炭からみた近畿地方のさまざまな里山の歴史. (大住克博・湯本貴和 編)「シリー

ズ日本列島の三万五千年——人と自然の環境史 第 3 巻 里と森の環境史」19-35

③深町加津枝・奥 敬一 (2011) 比較里山論の試み—丹後半島山間部・琵琶湖西岸・京阪奈丘陵のフィールドワークから. (大住克博・湯本貴和 編)「シリーズ日本列島の三万五千年一人と自然の環境史 第 3 巻 里と森の環境史」209-237

④小椋純一 (2010) 里山の植生の変化. (国立歴史民俗博物館編)「高度経済成長と生活革命—民俗学と経済史学との対話から—, 吉川弘文館, 137-139

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

○取得状況 (計 0 件)

[その他]

<http://eureka.kpu.ac.jp/~takahara/index.html>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

高原 光 (TAKAHARA HIKARU)

京都府立大学生命環境科学研究科・教授

研究者番号: 30216775

### (2) 研究分担者

深町 加津枝 (FUKAMACHI KAZUE)

京都大学・地球環境学堂・准教授

研究者番号: 20353831

大迫 敬義 (OHSAKO TAKANORI)

京都府立大学生命環境科学研究科・講師

研究者番号: 80363969

小椋 純一 (OGURA JUN-ICHI)

京都精華大学・人文社会学部・教授

研究者番号: 60141503

佐々木 尚子 (SASAKI NAOKO)

総合地球環境学研究所・研究部・プロジェクト研究員

研究者番号: 50425427

佐野 淳之 (SANO JUNJI)

鳥取大学・農学部・教授

研究者番号: 60283975

大住 克博 (OSUMI KATSUHIRO)

鳥取大学・農学部・教授

研究者番号: 60353611

### (3) 研究協力者

林 竜馬 (HAYASHI RYOMA)

京都府立大学・生命環境学部・特任助教

(2010 年度)

河野 樹一郎 (KAWANO TASTUICHIRO)

京都府立大学・生命環境学部・特任

(2008 年度)