

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 29 日現在

機関番号：34317

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2011～2015

課題番号：23520937

研究課題名(和文) 微粒炭分析のための基礎的研究

研究課題名(英文) Basic Research for the Studies based on Minute Charcoal Particles

研究代表者

小椋 純一(Ogura, Junichi)

京都精華大学・人文学部・教授

研究者番号：60141503

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,800,000円

研究成果の概要(和文)： 土壌中などに含まれる微粒炭を基にした研究を行う上で、まだ不十分な段階にある微粒炭についての基礎研究のため、山林火災跡地を詳しく観察し、またそこに残された微粒炭の顕微鏡観察を行った。

その結果、草原的植生が燃えた場合に残る微粒炭群と、森林が燃えた場合に残る微粒炭群の違いをある程度明らかにすることができた。ただ、微粒炭を基にして燃えた森林等の植生を特定するには、慎重になされる必要があることも明らかになった。

一方、本研究において、微粒炭を基にした考察を行ってゆく上で有効と思われる微粒炭データベースを構築した。

研究成果の概要(英文)： As part of the basic study of minute charcoal particles, I visited 11 wildfire sites in Japan and New Zealand, observed the sites in detail, collected charcoal particles on the ground surface and observed them under a microscope.

As a result, the differences between minute charcoal particles derived from grassland fires and those from woodland fires became clear to some extent. However it also became clear to identify carefully burnt vegetation based on minute charcoal particles.

On the other hand, in this study, I built a database of minute charcoal particles which seems to be useful for the studies based on them.

研究分野：植生景観史

キーワード：植生 歴史 微粒炭 草原 森林 データベース

## 1. 研究開始当初の背景

人為などによる過去の植生への火の影響を知る上で、泥炭や土壌などに含まれる微粒炭は重要な手がかりになる。その量的な分析もそれなりに有効ではあるが、微粒炭の起源となった植物種や植生のタイプが明らかになれば、微粒炭から得られる情報ははるかに大きいものとなる。海外の研究例では、そうした微粒炭の起源となった植物種や植生のタイプをかなり明らかにしたとする研究もあるが、微粒炭は植物等の燃焼温度や燃焼時間などによって、同じ植物からも決まったタイプの微粒炭が決まった割合でできるわけではない(小椋 2007)。そのようなこともあり、多様な植生が存在する日本では、微粒炭の起源となった植物種や植生のタイプを明らかにすることは、一般にまだ容易でない段階にある。このように、微粒炭についての基礎的研究はかなり不足している。

## 2. 研究の目的

本研究は、土壌や泥炭などに含まれる微粒炭を基にした研究を行う上で、まだかなり不十分な段階にある微粒炭の起源となった植物種や植生のタイプの特定に関する基礎研究である。そのために、本研究期間内においては、草原的植生が燃えた場合に残る微粒炭群と、森林が燃えた場合に残る微粒炭群の違いを明らかにすることを具体的な目的の一つとした。また、微粒炭を基にした考察を行ってゆく上で有効と思われる微粒炭データベースの構築も研究の具体的な目的の一つとした。

## 3. 研究の方法

本研究の具体的な目的の一つである、草原的植生が燃えた場合に残る微粒炭群と、森林が燃えた場合に残る微粒炭群の違いを明らかにするために、草原やさまざまな植生の森林が燃えた場所を訪ね、それぞれの場所で燃えた植生や地形などを考慮しながら、地表部の微粒炭等炭化物を含む試料を採取した。また、それぞれの地で草原や森林が燃えた跡地の状況について、そこに残る微粒炭等炭化物との関係を中心に詳しく観察した。

採取した地表部試料は、常温の室内で水酸化カリウム溶液(10%)や過酸化水素水(6%)などで処理することにより微粒炭等炭化物を抽出し、抽出した微粒炭等炭化物は、指で軽く圧力をかけて細粒化した後、それぞれ1mm、500 $\mu$ m、250 $\mu$ m、125 $\mu$ mのメッシュの篩を用いて篩分けし、500 $\mu$ m、250 $\mu$ m、125 $\mu$ mのメッシュの篩に残ったものをプレパラートとした。そのうち、主に観察したも

のは125 $\mu$ mのメッシュの篩に残ったもの(125 - 250 $\mu$ mクラス)で、それを落射顕微鏡を用い、400倍の倍率で観察した。また、意図的にならないよう順次100個の微粒炭の写真を撮影し、撮影後、その表面形態ごとに数種のタイプ(通常8タイプ)と「その他」に分類して検討した。

一方、微粒炭データベースの作成については、まず微粒炭標本の作製方法を確立した上で、試料となる植物採集を行い、植物の部位や組織ごと、また炭化温度ごとの標本を作製し、その後、無作為に一定数(通常100)の微粒炭の顕微鏡写真撮影を行い、その写真分類をもとに微粒炭データベースの構築を試みた。

## 4. 研究成果

草原やさまざまな植生の森林が燃えた跡地で、地表部の微粒炭等炭化物を含む試料を採取したのは以下のところである。それぞれの場所では、燃えた植生や地形などを見ながら、数地点から二十数地点において地表部の試料を採取した。

熊本県阿蘇山周辺の草原(ススキを中心とした草原;一部にササやハギなどを中心とした草原の部分もあり) 野焼き日: 2011年3月、面積:約2万ha、現地調査日:2012年3月10~12日

兵庫県高砂市の高御位山(たかみくらやま;比較的 low 木のアカマツ林などの火災) 火災発生日:2011年1月24日、火災面積:約117ha、現地調査日:2012年3月7日

兵庫県姫路市広畑区のトンガリ山(比較的 low 木のアカマツ林などの火災) 火災発生日:2011年4月4日、火災面積:約63ha、現地調査日:2012年3月8日

広島県三原市深町の森林(アカマツ林、コナラ林などの火災) 火災発生日:2012年10月15日、火災面積:約44ha、現地調査日:2012年10月20日

ニュージーランドのオークランド中心部から北西約70kmのところにある Tapora 西方海岸近くの森林など(ラジアータパイン *Pinus radiata* の林、マヌカ *Leptospermum scoparium* などの低木林、大型のイネ科草本などからなる草地) 火災発生日:2013年2月19日、火災面積:約85ha、現地調査日:2013年3月12日

大分県別府市湯山の山林(旧採草地の火災;野焼き停止後15~16年経過し、森林化が進みつつあるところ) 火災発生日:2014年4月24日、火災面積:約150ha、現

地調査日：2014年5月1日  
群馬県桐生市菱町付近の山林（スギの人工林が多いところで、山地上部にはヒノキの人工林や天然と見られるアカマツ林やミズナラ林も少しあり）火災発生日：2014年4月15日、火災面積：約400ha、現地調査日：2014年5月9日  
兵庫県赤穂市木津の山林（コバノミツバツツジ、ネズミサシなどの中低木中心のところで、元はほとんどアカマツ林であったと見られる）火災発生日：2014年5月11日、火災面積：約70ha、現地調査日：2014年5月17日  
岩手県盛岡市玉山区の山林（スギ林が多いが、ほかにスギ林の伐採跡地、アカマツ林、カラマツ林、雑木林もあり）火災発生日：2014年4月27日、火災面積：約200ha、現地調査日：2014年5月24日  
広島県北広島町の雲月山（ススキを中心とした多雪地帯の草原；一部にササやワラビなどを中心とした大小の草原の部分もあり）山焼き日：2015年4月11日、面積：約10ha、現地調査日：2015年11月14日  
兵庫県新温泉町の上山高原（ススキを中心とした多雪地帯の草原；一部にササやワラビなどを中心とした大小の草原の部分もあり）山焼き日：2015年4月25日、面積：約45ha、現地調査日：2015年11月21日

また、地表部の微粒炭等炭化物の採取をせずに訪ねた地としては、ほかにも大室山（静岡県伊東市；2012年5月20日）、秋吉台（山口県美祿市；2012年10月12日～14日）、深入山（広島県安芸太田町；2015年11月15日）がある。それらの地はすべて、まとまった面積の草原が見られるところで、今も草原の野焼きが続けられている。

森林や草原が燃えた跡地の肉眼中心の観察からわかった主なこと、また燃えた植生を踏まえながら地表に残る微粒炭の顕微鏡観察を行うことによりわかった主なことは下記の通りである。

#### ( )肉眼中心の観察から（一部、顕微鏡観察結果も含む；〔 〕内は補足説明）

・森林火災の際、ふつつ生木（低木も含む）は樹幹の樹皮が焦げるだけで、火災後立った状態で残る。

・森林火災の際、木の燃え方は、樹種によって大きく異なる。〔これまでの森林火災の観察では、よく燃えていた木はアカマツやスギやヒノキなどの針葉樹で、広葉樹でよく燃えたものは、針葉樹中心の林の中にあたり、それに隣接してあたりするようなものを

除けば見られなかった。なお、比較的近年までマツ林であったと思われる広葉樹林の場合、マツ葉起源の腐植層が主に燃える森林火災もあった。〕

・森林火災の際、樹幹の樹皮は大なり小なり燃え（焦げ）るが、比較的高所にあることが多い樹木の葉や枝は、火勢により燃える場合と燃えない場合がある。

・森林火災の際、地表に残る微粒炭等炭化物は、個々の場所に存在する落葉落枝、燃えやすい草本層の植物や腐植など、地表付近の有機物を起源としたものが大部分を占める。

・森林などの火災で腐植層が燃える場合、その炭化物には、落葉など地上部の植物遺体起源のものほかに、植物の根や土壌微生物起源のものも含まれることもある。

・森林や草原が燃えた場所からわずかしが離れていないところの地表でも、微粒炭等炭化物はほとんど確認できない。〔これは森林や草原が燃えた場合、燃えた直後の地表部に残された微粒炭等炭化物の多くは、局所的な植生、および地表付近の有機物を反映している場合が多いことを示すと考えられる。このことに関しては、たとえば上山高原（兵庫県新温泉町）には、ススキ草原の中にごく小面積のシバ草原があるところがあるが、そこで採取した地表試料には、他の地点とは全く異なり、母材植物がシバであることをよく示す微粒炭がたいへん多く含まれていた。なお、地表の微粒炭等炭化物は、地形などによっては、降雨などの影響によって大きく移動することもある。〕

・わずかに離れた地点でも、地表に残る微粒炭等炭化物の残り方は大きく異なることがあり、それはとくに燃えやすい下層植生や腐植の乏しい森林火災で顕著である。

・燃えやすい下層植生や腐植の乏しい森林火災の場合、地表に残る微粒炭等炭化物は草原が燃えた場合に比べ、概してかなり少ない。

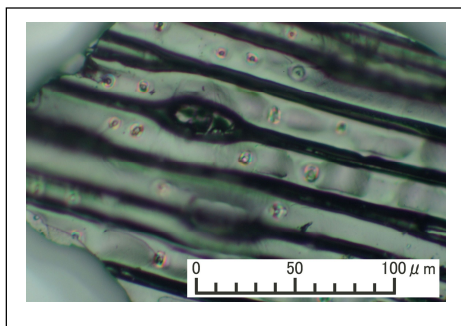
#### ( )地表に残る微粒炭 125 - 250 μm クラスの顕微鏡観察から（燃えた植生を踏まえた上での観察であり、微粒炭等炭化物の処理過程の観察も一部含む；〔 〕内は補足説明）

・森林火災で樹木が多く燃えても、火災跡地に森林火災を明確に示す微粒炭はわずかしが残らない。〔肉眼中心の観察から、立木の樹皮は燃え（焦げ）ても、材まで燃えないことが大きく関係していると考えられる。ただし、樹皮起源の微粒炭の詳しい研究などによって、今後この認識は変わる可能性もある。〕

・森林に燃えやすい下層植生や腐植がある場合、火災後そこに残る微粒炭にはそれらを母材としたものが中心となる。

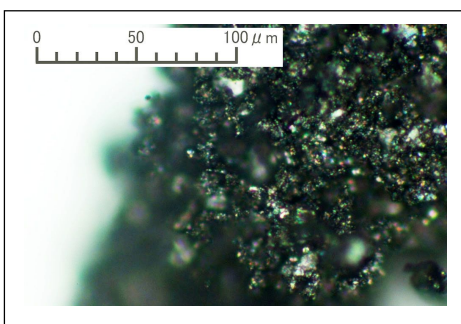
・針葉樹林が燃えた跡地では、そこに残る微粒炭には、針葉樹の材起源であることを示す

もの（例；下図）が数パーセント含まれることが多い（稀にそれ以上のこともある）。また、微粒炭に見える起源植物の組織の形態から、その樹種を特定できる場合もある。



〔肉眼中心の観察から、森林火災では立木の材まで燃えないことが多いが、顕微鏡観察で針葉樹の材起源とわかる微粒炭は、燃えやすい枝や地表の落枝起源のものが多くと考えられる。森林の下層に燃えやすい草本などが多い場合は、上記の割合は小さくなる。〕

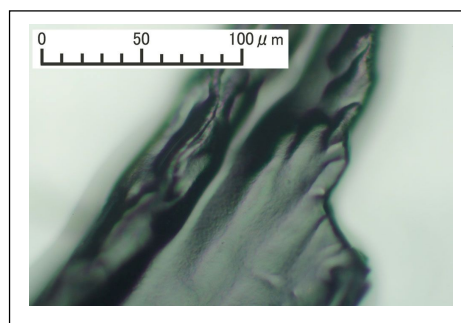
・森林の下層に燃えやすい植生や落葉落枝がない（あるいはわずかしかない）場合、森林火災跡地に残る微粒炭には母材植物を特定することが難しいラフな表面形態のもの（例；下図）の割合が大きい。



〔肉眼中心の観察から、そのような形態の微粒炭の多くは、樹皮起源、あるいは落葉などがよく分解された腐植起源のものである可能性が高いと思われる。〕

・同じ山林火災跡地のわずかに離れた地点でも、その地表に残る微粒炭の量や形態割合が大きく異なることがよくある。〔肉眼中心の観察から、とくに森林火災の場合、わずかに離れた地点でも地表に残る微粒炭等炭化物の残り方が大きく異なることがよくあることが関係していると考えられる。〕

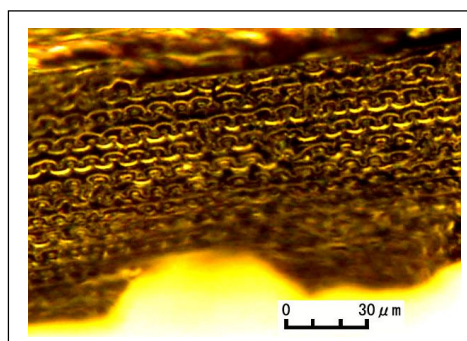
・微粒炭には、表面が溶けたような状態で元の植物の組織がわからなくなっている特徴的形態のタイプ（例；下図）があるが、そのようなタイプの微粒炭は草原的植生が燃えたときにできやすい。これまでの調査結果では、そのようなタイプの微粒炭は、ススキ（*Miscanthus sinensis*）を中心とした草原よりも、ネザサ（*Pleiblastus variegatus*）を中心とした草原で、より多くできることが



確認できた。また、そのタイプの微粒炭は、山の尾根や山の頂上付近でより多くできることが多い。ただし、高標高などのために植生が乏しい山頂付近などは例外である。

〔これらの理由としては、そのタイプの微粒炭は、高温の燃焼でより多く生産されやすいため、尾根や山頂付近の風の強さ、またそれぞれの場所の植物量が大きく関係しているものと考えられる。〕

・ススキやササなどのイネ科草本が多い草原などが燃えた跡地では、そこに残る微粒炭の中には波形の縁のある棒状珪酸体が確認できる微粒炭（例；下図）が数パーセント含



まれる。

・草原が燃えた跡地の炭化物は比較的柔らかく、ふつつ指で簡単に小さく粉状にすることができる。そのため、そのような処理をしたときに1mm以上の大きさのものはわずかしが残らないが、森林火災跡地の炭化物には、（やや）固いものが含まれることが多いために、同様にしても1mm以上の大きな炭化物が残りやすい。

・山林火災跡地に残された微粒炭から、どのような植生が燃えたかを知る手がかりは大なり小なり得ることができるとはいえ、燃えた森林等の植生の特定は、さまざまな情報をもとに慎重になさる必要がある。〔たとえば、森林火災の場合であっても、その下層に燃えやすいササなどの草本類が多い場合、そこに残された微粒炭だけを見れば、草原的植生が燃えたように見えることになる。そのため、燃えた植生を考える上で有効な面もある微粒炭のタイプ分類も、その結果は慎重に検討される必要がある。〕

一方、微粒炭データベース構築のため、微粒炭標本の作製方法を確立し、試料となる植物採集を行い、植物の部位や組織ごと、また炭化温度ごとの微粒炭データベースの構築を試みた。その概要は以下の通りである。

#### (A) 微粒炭標本の作成

微粒炭のデータベース構築ためには、まずしっかりとした微粒炭標本の作成が必要となる。そのために次のような方法を考えた。

##### a) 植物試料の炭化

微粒炭の標本作成のためには、まず標本とする植物の茎や葉、あるいは材や樹皮などの部位や組織ごとの試料をつくる。それらの試料は、野外で燃やすだけでは一定温度などの一定の条件で炭化させることは困難であるため、電気炉などの炉内で一定温度で一定時間加熱する。その際、高温で空気が入ると灰化しやすくなるため、特殊な炉を用いることも考えられるが、排気可能で温度設定ができる一般的な電気炉などの炉を用いることもできる。その場合、蓋にわずかな隙間しかない茶缶などの金属容器中に植物試料を入れ炉内で加熱する。(筆者の場合、電気炉はSHIROTA GT-P2Sを用い、排気には小さなガラス窓のガラスを外して排気口とした。)

金属容器の大きさは炉の大きさに制限されるため、小型の炉であれば、それに応じた小型の容器を用いる必要がある。一つの金属容器中には、金属箔などで仕切る形で、複数の試料を入れることもできる。炉内の温度に応じて、適切な種類の金属の箔や容器を使う必要がある。

##### b) プレパラートの作成

炭化した試料は手の指などで適度な圧力を加えて粉状にし、それを100~500 $\mu\text{m}$ 程度のメッシュサイズの篩により篩分けをする。篩に残った微粒炭は、水道の水流で篩の隅の一角所に集めた後、小さく四角に切った紙の角などを使って適量採取し、少量の水 droplet を垂らしたガラス板上に移し、適度に広げる。その後、ガラス板上の微粒炭が乾いたら、スライドグラス大に切った厚紙に薄く木工用接着剤を塗り、その面に微粒炭を付着させてプレパラートとする。

#### (B) 微粒炭データベースの作成

ある植物の組織、あるいはできるだけ細分化された部位の微粒炭を一定数顕微鏡写真撮影した後分類すると、大まかに2~3の主なパターンに分類できる場合が多い。一方、数は多くはないものの特徴的な形態をした微粒炭が見られることもよくある。そのようなことや微粒炭標本作成の過程から、微粒炭デー

タベースには下記の検索項目を考えた。

- ・植物種名：たとえば、ススキ、ネザサ、ヨシ、スギ、ヒノキ、ヤマザクラ など
- ・炭化条件：たとえば、350 -10 分、650 -10 分 など
- ・部位：たとえば、葉、葉鞘、稈、節、幹、枝 など
- ・組織：材(木部)、樹皮 など
- ・最多形態例(400 $\times$ )：代表的な写真例を5枚程度掲載
- ・2番目に多い形態例(400 $\times$ )：代表的な写真例を3~4枚程度掲載
- ・〔3番目に多い形態例(400 $\times$ )〕：3番目に多い形態がある場合、代表的な例を少し掲載
- ・数は少ないが特徴的な形態例(400 $\times$ )：その例を1~2枚程度ずつ掲載
- ・その他形態例：上記に分類できないものが多い場合は、その例を数枚掲載

微粒炭データベース用に、草原やさまざまな植生の森林において、草本類および木本類約200種を採集した。

微粒炭データベースのシステムは、平成27年度中にとりあえずのものは完成したが、そのシステムを改善し、またそこに含まれる情報をもう少し充実させた段階で、平成28年度内にインターネット上で公開し、順次充実させてゆく予定である。

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 2件)

小椋 純一、森林火災跡地に残された微粒炭等炭化物についての基礎的研究、京都精華大学紀要 46、165-185、2015、査読なし

小椋 純一、植生景観の復元、歴史評論 vol.768、27-32、2014、査読なし

〔学会発表〕(計 16件)

小椋 純一、半自然草原地表部の微粒炭等炭化物についての基礎的研究、日本生態学会、仙台国際センター(宮城県)、2016年3月24日

小椋 純一、微粒炭から見える草原の歴史、西日本草原研究会、京都テルサ(京都府)、2016年3月18日

小椋 純一、微粒炭データベース作成の試み、日本植生史学会、北海道博物館(北海道)、2015年11月8日

小椋 純一、微粒炭標本作製法の紹介、日



本第四紀学会、早稲田大学(東京都)、2015年8月29日

小椋 純一、Basic Research on Charcoal Particles at Four Wildfire Sites in Japan, XIX INQUA Congress (国際第四紀学連合第19回大会)、名古屋国際会議場(愛知県)、2015年8月1日

小椋 純一、平舘 俊太郎、藤間 充、柳 由貴子、太田 陽子、微粒炭分析から見た秋吉台の草原の歴史、日本生態学会、鹿児島大学郡元キャンパス(鹿児島県)、2015年3月21日

小椋 純一、森林火災跡地に残された微粒炭等炭化物についての基礎的研究(5)、日本植生史学会、鹿児島大学郡元キャンパス稲盛会館(鹿児島県)、2014年11月26日

小椋 純一、森林火災跡地に残された微粒炭等炭化物についての基礎的研究(4)、日本第四紀学会、東京大学柏キャンパス(東京都)、2014年9月6日

小椋 純一、森林火災跡地に残された微粒炭等炭化物についての基礎的研究(3)、日本生態学会、広島国際会議場(広島県)、2014年3月15日

小椋 純一、広島県西部中国山地における微粒炭分析、日本植生史学会、高知大学(高知県)、2013年12月1日

小椋 純一、森林火災跡地に残された微粒炭等炭化物についての基礎的研究(2)、日本生態学会、静岡県コンベンションアーツセンター、2013年3月7日

小椋 純一、森林火災跡地に残された微粒炭等炭化物についての基礎的研究(1)、日本植生史学会、アオーレ長岡(新潟県)、2012年11月24日

小椋 純一、Morphological features of minute charcoal particles in the soil of grassland of Japan、第13回国際花粉学会〔IPC XIII〕/第9回国際古植物学会〔IOPC IX〕、中央大学後楽園キャンパス(東京都)、2012年8月28日

小椋 純一、鳥取県伯耆町井後草里遺跡(Tr7)の微粒炭分析、日本第四紀学会、立正大学熊谷キャンパス(埼玉県)、2012年8月20日

小椋 純一、出雲北山東部における微粒炭分析、日本植生史学会、弘前大学(青森県)、2011年11月6日

小椋 純一、Where had charcoal fragments gone? Or not burnt? : Questions from charcoal analyses around the Hanase Pass, Kyoto, Japan、国際第四紀学連合第18回大会、BERNEXPO、ベルン(スイス)、2011年7月21日

〔図書〕(計 2件)

植村 善博、石田 志朗、小椋 純一ほか16名、京都府レッドデータブック 2015 第3巻、京都府、2015年、308-359(432pp)  
小椋 純一、森と草原の歴史、古今書院、2012年、360pp

〔産業財産権〕

出願状況(計 0件)

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

小椋 純一(OGURA, Junichi)  
京都精華大学・人文学部・教授

研究者番号: 60141503