

## 科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 25 年 5 月 31 日現在

機関番号：16401

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010～2012

課題番号：22570021

研究課題名（和文） 過去の火事攪乱を指標する微粒炭の堆積様式に関する基礎研究

研究課題名（英文） Accumulation patterns of charcoal as an indicator of past fire disturbance

研究代表者

三宅 尚 (MIYAKE NAO)

高知大学・教育研究部自然科学系・准教授

研究者番号：60294823

研究成果の概要（和文）：

広島県江田島市において、山火事や植生の歴史記録と、水源地堆積物の微粒炭や花粉の記録との対応関係を調べることで、微粒炭や花粉の堆積様式を明らかにした。大きな微粒炭の堆積様式は山火事の大きさとそこからの距離によって説明でき、大きな微粒炭は近隣で起きた山火事の指標になることが分かった。山火事を契機とする植生変化は、集水域が山火事で焼けた水源地でのみ、花粉情報として記録されていた。本研究は、微粒炭・花粉記録から過去の山火事やそれに起因する植生変化を復元する際の基礎情報となるだろう。

研究成果の概要（英文）：

Charcoal accumulation was elucidated by comparing recent fire events with sedimentary charcoal records from small basins in the Eda-jima Island, Hiroshima Bay, southwestern Japan. Accumulation patterns of macroscopic charcoal were affected mainly by the size and proximity of fires. Macroscopic charcoal provides information about local, extralocal fire events, as predicted by previous studies of charcoal transport and accumulation.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010 年度	1,400,000	420,000	1,820,000
2011 年度	1,800,000	540,000	2,340,000
2012 年度	500,000	150,000	650,000
年度			
年度			
総計	3,700,000	1,110,000	4,810,000

研究分野：生物学

科研費の分科・細目：基礎生物学・生態・環境

キーワード：火事レジーム・花粉化石・Pb-210, Cs-137 法・瀬戸内海・堆積様式・ため池・微粒炭

## 1. 研究開始当初の背景

微粒炭は、自然発生した山火事、焼畑などの人為火災、植物質燃料（木炭など）などから生成される炭化した微細な植物片である。微粒炭は化学的に安定して堆積物に保存されることと、特に径 100  $\mu\text{m}$  以上の粗粒な微粒炭（大微粒炭）は他の有機物や炭質物と明

瞭に区別して同定できることから、これを用いた火事史研究が世界各地で行われている。

微粒炭の大気中での飛散特性に関する数学的理論モデルが構築され、粒子径によって微粒炭が反映する火事の空間領域が異なることが理論的にも実験的にも解明されるに及び、大微粒炭を対象としてごく近隣で生じ

た火事攪乱を解明しようとする研究が進められている。最近では Global Paleofire Working Group (GPWG) による世界各地の微粒炭資料のデータベース化が進み、地球レベルでの火事攪乱と気候変動、人間活動などとの関連性について研究が進められている。

このような中、研究の着想に至った課題は次の3つである：

#### ①微粒炭・花粉化石資料による植生への火事攪乱の影響評価

植生への火事攪乱の影響評価は、それが森林の維持・更新に重要な影響を及ぼしてきた地域で言及されてきた。しかし、微粒炭と花粉とでは大気中への放出・飛散様式が本来的に異なり、Sugita (1997) のシミュレート実験によると、攪乱パッチが大面積（堆積盆の8倍以上）で、しかもそれが堆積盆の周囲か、ごく近接する場所に生じた場合に、火事攪乱の影響は花粉沈積量に記録されるという。この研究は、同じ堆積盆から得られた微粒炭と花粉の分析資料であっても、場合によっては両者の比較から植生への火事攪乱の影響を評価できないことを意味する。しかし、これを検証した研究例はない。

#### ②日本の「冷温帯林の背腹性」に関する検証

太平洋側と日本海側の冷温帯林の背腹性は、冬期の気候（乾燥⇔湿潤）とそれに伴う火事攪乱の多寡と対応し、多雪地の日本海側ではブナが優勢な一方、山火事の多い太平洋側ではナラ類、シデ類などの落葉樹混生林が優勢であったと考えられている。しかし、日本では従来、森林型の形成過程における火事攪乱の影響は、十分に論じられてこなかった。近年の火事史研究によると、後期更新世末～完新世初頭の微粒炭量は完新世後期よりも高レベルで推移することから、この時期に火事が頻発したと推定されている。西南日本の低地ではこの時期、アカガシ亜属などの照葉樹花粉に、コナラ亜属、クマシデ属などの落葉広葉樹花粉が比較的高率で随伴する。これらの樹種は実生バンクを形成せず大規模攪乱に依存して更新することから、地球レベルの気候変動とは別に、火事攪乱が落葉広葉樹混生林の組成や更新にどの程度影響を及ぼしたのかを検討する必要がある。

#### ③日本の微粒炭を用いた火事史研究の促進

日本では1980年代から研究が始まり、現在、大阪市大の井上淳を中心に研究が進んでいる。分析試料は湖底・湿原堆積物や氾濫原堆積物、森林土壌に、年代範囲は最終間氷期～現在におよぶ。目的は火事史の解明のほか、炭層の層位的検討、燃焼温度の推定など多様である。しかし、過去の火事攪乱やそのレジームを時空間的に解析するには事例が圧

倒的に少ない。これは微粒炭の堆積様式に関する知見に乏しく、その有用性に関する理解が進んでいないことも一因である。この分野で世界的なリーダーシップを発揮するためにも、基礎研究の蓄積が必要である。

## 2. 研究の目的

本研究では、山火事の頻発する広島県江田島市において、ため池や水源地の表層底泥に着目し、まず、1) 史実資料等の収集・分析による近過去の火事攪乱と土地利用・植生景観の変遷の把握、2) Pb-210, Cs-137 年代測定による表層底泥の高精度編年および3) 微粒炭分析・花粉分析による微粒炭・花粉量の垂直変動の把握を行う。その上で、火事攪乱履歴（年代・頻度・規模）、火事攪乱地の大きさ・空間分布、堆積盆の大きさなどと、微粒炭量（およびその垂直変化）との関連性を定量解析し、さらに植生への火事攪乱の影響評価を行う。これら一連の作業を通して、近過去の多様な火事攪乱レジームが微粒炭シグナルとしてどう記録されているかを検証し、火事攪乱の指標としての微粒炭の堆積様式を解明する。

## 3. 研究の方法

### (1) 史実資料などの分析

#### ①史実資料の収集

市役所や消防本部などの行政機関や地域住民を対象とした聞き取り調査を行うとともに、地域史、森林開発簿、林野火災記録などの文献資料を収集した。

#### ②空中写真の判読と植生図の作成

国土地理院撮影の2万分の1空中写真（厳島・柱島）（1962～2008年）を用いて、それらの判読により、堆積盆周辺の相観植生図を作成した。植生図をスキャナによりイメージファイルとして取り込んだ後、Adobe社のPhotoShop9.0を用いて各植生セグメントのピクセル数を記録し、面積に換算した。

空中写真の判読範囲の決定に際しては、Sugita (1993) のモデルにしたがい、Characteristic Radius. V1.4.0プログラムを用いて、有効花粉飛来範囲の1つの目安となる、アカマツの70%花粉飛来距離を算出した。ただし、アカマツ花粉の終端速度は未知であるため、ヨーロッパアカマツのそれを代用した。また、風速は江田島に近い呉特別地域観測所の平年値を採用した。

### (2) 表層底泥の年代測定と微化石分析

#### ①表層底泥の採取と分取

江田島市のため池や水源地を対象に、堆積盆の大きさや近年の林野火災の焼損地からの距離を考慮して、アクリルパイプ（全長1m、内径10cm）を用いた潜水ボーリングによる

表層底泥の採取を行った（合計4地点）。

採取した表層底泥コアを、厚さ1~2cmを1試料として、連続的に切り分け、花粉分析と微粒炭分析のための試料を採取した。

#### ②Pb-210, Cs-137年代測定

乾燥試料をメノウ乳鉢で粉碎し、Orec社製の低バックグラウンド仕様の井戸型ゲルマニウム半導体ガンマ線スペクトロメーター（GML-120-10）を用いて、粉碎した試料のPb-210, Pb-214およびCs-137の放射能を測定した（測定時間は24時間）。各核種の放射能濃度の算出には、Pb-210, 46.5keV; Pb-214, 352keV; Cs-137, 662keVのピークを使用した。

試料に含まれるRa-226起源のPb-210は、Pb-214と放射平衡であるため、測定されたPb-210の放射能濃度からPb-214の放射能濃度を差し引くことにより、大気中から供給されたPb-210（過剰Pb-210）の放射能濃度を算出した。

表層底泥の堆積速度は、この過剰Pb-210放射能濃度と堆積物の積算質量をもとに、CICモデルを用いて算出した。また、Cs-137は大気圏内核実験が始まった1950年代初頭から放出され始め、1963年に年間降下量が極大に達したことを利用し、堆積物中のCs-137濃度のピークを年代指標として、堆積速度を算出した。

#### ③花粉分析

花粉分析試料（1cm<sup>3</sup>）を、10%KOHによる解膠、径200μmメッシュによる篩い分け、ZnCl<sub>2</sub>溶液による比重分離、アセトリシス処理の順序にしたがって処理した。ただし、後述する微粒炭の濃度（個/cm<sup>3</sup>）を算出するため、上述の処理に入る前に、既知量のマイクロスフィア（直径25μm）を添加した。

濃集した花粉・胞子をマイクロピペットで0.01mlとり、スライドガラス上に滴下しグリセリンゼリーで封入した。400倍の光学顕微鏡下でプレパラートの全面を走査し、木本花粉が少なくとも400個に達するまで、出現したすべての花粉・胞子の同定・計数を行った。

#### ④微粒炭分析

Bradbury et al. (1997)と井上 (2007)に基づき、粒径が0.1mmより小さな炭を微粒炭、0.1~1mmの炭を大微粒炭と呼ぶ。試料中の微粒炭は「花粉スライド法」によって、大微粒炭は「篩い分け法」によって濃集した。

##### 花粉スライド法

花粉分析のために作成したプレパラートを用い、400倍の光学顕微鏡下で、マイクロスフィアが少なくとも200個に達するまで、

同時に出現した長径100μm未満の微粒炭を計数した。同定に際しては、完全に黒色で鋭角的なものを微粒炭とした。

##### 篩い分け法

微粒炭分析試料（1cm<sup>3</sup>）に5%過酸化水素水を加え、常温で24時間、放置した。水洗後、試料の分散のため、7%のヘキサメタリン酸溶液を加え、常温で約24時間、放置した。その後、試料を径100μmの篩に通し、篩に残った100μm以上の残渣物をシャーレの上に広げ、それらを実体顕微鏡下で観察し、大微粒炭を同定・計数した。同定に際しては、完全に黒色で光反射が認められ、表面に植物組織の痕跡が見られるものを大微粒炭とした。

#### 4. 研究成果

##### (1) 研究の主な成果

##### ①江田島市における近年の林野火災

過去約30年間に発生した焼損面積1ha以上の林野火災は15件で、それらの多くは江田島の北部と南部で発生していた。最も大規模な林野火災は1978年に北部の古鷹山で発生し、その焼損面積は約1,000haで、持続時間は44時間であった。それ以外の林野火災の規模は相対的に小さく、焼損面積は1~80ha、持続時間は1~33時間であった。

##### ②江田島市における近年の植生景観の変化

1960年代には、丘陵地の斜面中・下部にミカン畑、竹林などが多く、斜面中・上部にアカマツ林とコナラ-アベマキ林が優占していた。1970年代以降、アカマツ林の衰退とそれに続くコナラ-アベマキ林の拡大、丘陵地中・下部における草地やミカン畑の減少とそれに続く低木林、竹林などの増加が顕著であった。1970年代には場所によってスギが植林された。これらの植生変化は、マツの材線虫病の蔓延のほか、戦後の社会情勢や産業構造の変化に伴う伝統的な農林業の衰退と土地利用の放棄に起因すると推定される。

古鷹山とその周辺では、1978年の大規模な林野火災の前後で、アカマツ林の焼失とその後の疎らな低木林からコナラ-アベマキ林にいたる遷移や人工林の造成が確認された。

##### ③表層底泥の堆積速度と年代

表層底泥のCs-137濃度の垂直変化を見ると、建造年が戦中以前に遡る地点において、Cs-137濃度のピークが認められた。Cs-137濃度のピークの年代を、過剰Pb-210濃度から推定すると1963年前後となることから、このピークは大気圏内核実験によるCs-137降下量の極大期を示すと考えられる。過剰Pb-210とCs-137濃度から推定した表層底泥の堆積速度は0.8~1.4cm/年であった。

#### ④表層底泥の微粒炭量の垂直変化と林野火災記録との対比

微粒炭濃度の垂直変化を見ると、まず、大微粒炭はいずれの地点でも共通する鋭いピークと、それぞれの地点でのみ固有に認められる、いくつかのピークで構成されていた。Cs-137、Pb-210年代測定から、この鋭いピークの層の堆積年代は1970年代後半～1980年代初頭と推定された。このことから、この鋭いピークは1978年に発生した古鷹山の大規模な林野火災に対比されると考えられる。地点ごとの固有のピークについても、近隣で生じた過去の林野火災記録との対比を行った。その結果、以下のことが明らかになった。

大、中規模の林野火災（焼損面積>20ha）は概ね、焼損地およびその周辺の堆積盆において、大微粒炭ピークとして記録されていた。他方、小規模の林野火災（<5ha）は必ずしも記録されていなかった。火災時の気象条件と関連づけると、風向よりも火災の持続時間と火災時の卓越風の風向が大微粒炭の堆積様式に重要な影響を及ぼしていると推定される。

他方、小微粒炭濃度の垂直変化は、いずれの地点でも、大まかに見て同様のパターンを示すことから、調査地全体の総和的な火災史を表していると考えられる。

#### ⑤表層底泥の花粉の組成・出現率の垂直変化と植生変化記録との対比

産出した主な樹木花粉は、マツ属複維管束亜属、スギ属、コナラ属アカガシ亜属、同コナラ亜属、アカメガシワ属、ウルシ属などであった。主な樹木花粉の出現率の垂直変化と、近隣で生じた過去の林野火災および植生景観の変化との対比を行った。その結果、以下のことが明らかになった。

林野火災を契機とする植生変化は、集水域が焼損した堆積盆において、花粉出現率の垂直変化パターンとして記録されていた。それ以外の堆積盆では、焼損地の近隣に位置する場合でも、林野火災に起因する植生変化と花粉の堆積様式の対応は認めがたかった。林野火災がほとんど発生していない地域で、堆積盆のサイズによる花粉の堆積様式に違いに着目すると、大きな堆積盆では集水域とその周辺の景観全体がある要素から別の要素に置き換わるような植生変化（戦後の土地利用の変化に伴う遷移）が記録されていた。他方、相対値で示される花粉データの場合、小規模の堆積盆ではごく近隣で生じた特定の景観要素の変化（例えば、人工林の造成）が過大に表現され、他の景観要素の変化が歪められていた。

(2) 研究成果の国内外における位置づけと

#### インパクト、今後の展望

近過去に生じた火災攪乱とそのレジームや植生景観の変化を、史実資料から定量的に把握し、堆積物中の微粒炭や花粉記録との対応関係を体系的に調べた研究は世界的にも稀である。

本研究から、大微粒炭の堆積様式は、林野火災による焼損面積の大きさと焼損地からの距離によって、ある程度、説明できることが明らかとなった。さらに、火災時の気象条件もその堆積様式に影響を及ぼしていると考えられる。

大微粒炭は、微粒炭の運搬・堆積様式に関する既存のシミュレーション研究で示唆されたように、局地（local）、局地外（extra-local）の火災攪乱のシグナルとして記録されていると推定された。他方、小微粒炭は広範囲の総和的な火災史を表していることが示唆された。

大規模な林野火災の場合、焼損地から8km以上離れた地点でも、大微粒炭のピークが認められた。花粉分析の結果、林野火災を契機とする植生変化は、集水域が焼損した堆積盆においてのみ、花粉出現率の垂直変化パターンとして記録されていた。これらのことから、大微粒炭と花粉による火災攪乱とそれに起因する植生変化の空間分布の復元には、十分な注意が必要である。

堆積盆とその集水域の大きさ、堆積物の堆積様式などが異なり、また、得られる微粒炭・花粉記録の時間解像度も異なるものの、本研究の成果は湖沼や湿原の堆積物の微粒炭・花粉記録を解釈する上での基礎情報となるであろう。

#### (3) 今後の展望

「1. 研究の背景」で挙げた火災史研究の2つの課題について触れる。「微粒炭・花粉記録による植生への火災攪乱の影響評価」に関連して、現段階ではその検証に適した堆積盆が十分に得られなかった。本質的な課題であるため、本調査地において今後も研究を進め、検証を行う。

「冷温帯林の背腹性」に関しては、東北地方では近年、年代観の確かな最終氷期以降の花粉記録が得られていることから、分析済みの堆積物試料の微粒炭分析を進め、日本海側と太平洋側の微粒炭・花粉記録を比較し、過去の火災攪乱およびそのレジームと植生変化の関連性についての検討が必要である。

#### 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）

〔学会発表〕（計12件）

① 三宅 尚，中川 起．徳島県黒沢湿原周辺

における最終氷期以降の植生変遷と火事.  
第27回日本植生史学会大会, 2012年11月  
6日, アオーレ長岡(新潟).

三宅 尚 (MIYAKE NAO)  
高知大学・教育研究部自然科学系・准教授  
研究者番号: 60294823

②Miyake, N. and Inao, H. Recent fire events and sedimentary charcoal records from small basins in the Edajima Island, Hiroshima Bay, southwestern Japan. The 13th International Palynological Congress, Aug. 29 2012, Chuo University (Tokyo).

③三宅 尚, 稲生逸人. 広島県江田島市における近年の火事レジームと水源地表層堆積物の微粒炭. 第56回日本生態学会中国四国地区大会, 2012年5月12日, 島根大学(島根).

④Sugiura, M. et al. (+6 co-researchers, 4th). Lastglacial plant macrofossil assemblages below the Aira-Tn Tephra dominated by herbaceous plants in Shika, South Kyushu, Miyazaki, Japan. The 5th EAFES International Congress, Mar. 18 2012, Ryukoku University (Shiga).

⑤Miyake, N. and Inao, H. Recent actual fire events and sedimentary charcoal records from irrigation ponds in the Edajima Island, Hiroshima Bay, southwestern Japan. The 5th EAFES International Congress, Mar. 18 2012, Ryukoku University (Shiga).

⑥Momohara, A., Miyake, N. and Kudo, Y. Inland temperate tree refugia in LGM in central Japan based on plant macrofossil records and its significance for the rapid expansion of temperate forest with high species diversity. The 18th INQUA Congress, Jul. 23 2011, Bern (Switzerland).

⑦三宅 尚, 島 道生, 村上 将, 百原 新, 赤崎広志, 松田清孝, 河野樹一郎. 宮崎県都城市四家における始良 Tn テフラ直下の花粉化石群と微粒炭. 第25回日本植生史学会大会, 2010年11月28日, 名古屋大学(愛知).

⑧三宅 尚, 渡久山長作, 中川 赳. 日本における最終氷期最盛期以降の火事レジームの変化. 第54回日本生態学会中国四国地区大会, 2010年5月15日, 山口大学(山口).

## 6. 研究組織

(1) 研究代表者