



特集

# 森とともに どう生きてきたか





その1

# 花粉から読み解く昔の植生と人間活動

高知大学理工学部准教授

三宅尚

植生の成立や分布に影響を及ぼす環境要因には、気候的要因（気温、降水量、積雪、風など）、土地的要因（地形、地質など）、生物的要因（動物、人間など）がある（1）。光合成を行う植物にとっては、気候が最も基本的な要因で、中でも気温と降水量が重要である。

人類が進化し地球全体に分布を拡大した「第四紀（約260万年前～現在）」という地質時代には、氷期（寒冷期）―間氷期（温暖期）サイクルという、数万～10万年スケールの気候変動が何度も繰り返されてきた（2）。こうした地球規模の気候変動は、植生の成立や分布に大きな影響を与えてきたに違いない。

日本列島は現在、温暖で降雨に恵まれているため、その大部分が森林で覆われている。しかしながら、自然状態に近い森林は少なく、スギなどの人工林のほか、主に薪炭林として維持管理され、その後、放棄された里山の二次林なども多くを占める。このことは、過去の人間活動もまた、植生の成立や分布を考える上で欠かさない環境要因であったことを意味する。

昔の植生やその変遷を知る方法には、どんなものがあるだろうか。有史以降だと、古文書や絵図・地形図などを参照できる。考古遺跡の発

掘調査から森林資源の利用を調べる方法もあるが、遺跡周辺に広がっていた植生景観まで調べるのは難しいこともある。湖沼や湿原には、泥や泥炭（ある程度の分解や炭化を受けた植物遺体が堆積した土）などが厚く堆積していることがある。そこには、葉や種子、果実、木材、植物ケイ酸体（植物細胞に蓄積するケイ酸成分）、微粒炭（山火事などで植物が燃焼してできた炭のかから）など、過去の植生を探る上で重要な手がかりが残されている。「花粉」の化石も多量に残存していることがある。本稿ではまず、花粉がもつ本来の役割や特徴、花粉分析という研究方法などを説明する。次に、花粉分析から過去の人間活動の影響を読み取る方法を解説し、花粉分析と考古・歴史資料から明らかになった京都盆地における過去2千年間の植生変遷と人間活動の関わりについて紹介する。

## 花粉は化石となる

春先にくしゃみをする、「ひよっとして花粉症？」と聞かれるほど、花粉症は身近になった。花粉症に悩まされている人（著者もその一人）にとって、花粉は厄介なものに違いない。

花粉には本来、どんな役割があるのだろうか。

花粉とは、その中にもつ精細胞あるいは精子を、雌しべの中の卵細胞に送り届けるための袋で、種子をつくり次の世代を残す上で大切な役割を果たしている。花粉の大きさはおおむね、20～60 $\mu\text{m}$ （マイクロは1000分の1ミリ）である。ただし、例外はある。そうめんの薬味に使うミョウガの大きさは約200 $\mu\text{m}$ で、園芸植物として人気のあるワスレナグサの間では5 $\mu\text{m}$ を下回る。いずれにしても、肉眼でその外形を捉えることは難しい。

花粉には、二つの大きな特徴がある。一つ目は、花粉は「総壁」と呼ばれる丈夫な壁をもつことである。このため、総壁の最も外側にある「外壁」部分は化石として地層の中に長く保存されることがある。二つ目は、花粉がもつ外形が植物の種類によって異なることである（図1）。ただし、「種」という分類単位で花粉を見定めることは難しく、多くの場合、それよりも上位の分類単位である「属」あるいは「科」での同定となる。花粉を同定するには、形や大きさ、発芽口（花粉管が伸び始める場所）の数や配列の仕方、外壁表面の模様などの特徴が重要である。

図1に示す花粉のうち、アカマツ花粉（写真

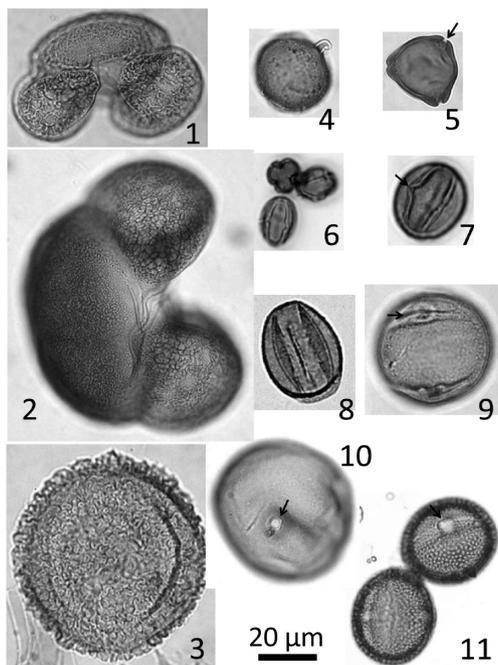


図1 さまざまな植物の花粉の光学顕微鏡像  
 写真1：アカマツ、2：モミ、3：ツガ、4：スギ、5：ヤマモモ、6：スタジイ、7：イチイガシ、8：ミズナラ、9：ブナ、10：栽培イネ、11：ソバ。  
 図中の矢印は発芽口(孔や溝)の一例を示す。アカマツ(写真1)は二葉マツの仲間である。二葉マツ花粉には2つある気の中の間に模様がない。他方、五葉マツ花粉にはソバカス状の模様がある。

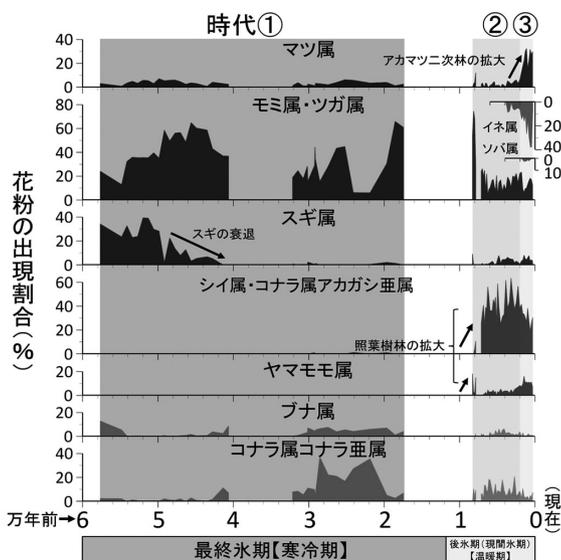


図2 高知平野伊達野低湿地における過去約6万年間の花粉変遷図(文献3をもとに著者が作成)  
 樹木花粉の総数を基本数として、各々の花粉の出現頻度を百分率で表している。花粉の変遷に基づくと、本低湿地周辺では温帯針広混交林(時代①)から照葉樹林(時代②)に、そしてアカマツ二次林(時代③)へと植生が移り変わったことが分かる。

1)のみ解説しよう。花粉の本体は中央の部分で、その両側は気(空気)の袋である。気は空中にとどまり風で飛ばされるのに適した構造といえる。花粉は小さいが、その形は巧みで美しく、それでいて奇妙で愛嬌(あいきょう)がある。「花粉分析」とは、湖沼や湿原などで堆積物を採取し、取り出した花粉化石を同定して、その組成から過去の植生やそれに関わる環境の変遷を調べる方法である。日本では1930年代初頭を皮切りに、花粉分析による研究は大いに進み、現在では古植物学や古生態学のほか、古海洋学、古気候学、考古学など、さまざまな研究に応用されている。

炭素法とは、生物遺体に残存する炭素の放射性同位体(C14)を測ること、遺体の堆積年代を推定する方法である。近年になって、遺体に残るC14を微量でも高感度で測定できるようになり、大気中のC14濃度の経年的な変動が明らかとなるに及び、植生が変化した年代や歴史イベントが起きた年代を精度よく見積もることが可能になった。

### アカマツ花粉と人間活動

植生は、過去に生じたさまざまな環境の変動に多様な影響を受けながら、変遷を繰り返しつつ現在に至っている。このため、花粉分析資料から過去の人間活動の影響を読み取るには、環境変動の影響と人間活動の影響とを区別するための根拠が必要となる。

北海道を除く日本列島の花粉分析資料を見ると、約3000年前以降のある時期からマツ属花粉が増加する現象がある。例えば、高知平野では約2000年前からマツ属花粉が増加する(3)(図2)。1940年代には世界各地の花分析資料から、後氷期後期(約4000年前(現在)における減暖化が示されていた(後年、花粉分析とは別の古気候に関する研究から、この推論が正しいことが確認された)。このため、日本におけるマツ属花粉の増加は当初、この地球規模の気候変動に起因すると考えられていた。元ワシントン大学の(故)塚田松雄博士は、1950~1980年代にかけて、中部地方を中心に花粉分析を行い、マツ属花粉の増加が気候変動ではなく人間活動によって引き起こされたことを証明した。以下で述べる塚田博士の研

究をもとに説明しよう。

中部地方の山地帯域における研究結果を見ると、後氷期後期にモミ属、トウヒ属、ツガ属などの常緑針葉樹の花粉化石が増加する。これらの分類群は山地帯より上部の亜高山帯に発達する常緑針葉樹林の主な構成要素である。塚田博士はこの現象が減暖化に伴う亜高山帯(亜寒帯)常緑針葉樹林の分布拡大を示すと考えた。また、常緑針葉樹花粉はマツ属花粉に先立って増え始めるため、マツ属花粉の増加は減暖化とは異なった要因によることを明らかにした。

長野県野尻湖では、約1500年前からマツ属複雑管束亜属(二葉マツの仲間)花粉がソバ属花粉とともに増加する(4)。日本産のマツ属には、二葉マツのほか、単維管束亜属(五葉マツの仲間)がある。1950年代になると、両者の花粉は外形によって区別できることが分かった。図1ではアカマツの花粉を紹介した。アカマツはクロマツなどとともに、二葉マツに分類される。アカマツとクロマツは現在、丘陵帯から山地帯にかけて分布する。クロマツが海岸沿いに偏る一方、アカマツは内陸にまで広く分布する。このため、日本列島各地における二葉マツ花粉の増加は主に、アカマツ花粉の増加に由来すると推定できる。蕎麦(ソバ属)は大陸起源とされる栽培植物であり、焼畑の主な作物である。野尻湖ではさらに、二葉マツ花粉の増加にやや先行して、湖周辺に広がる自然林の構成要素であるブナ型などの落葉広葉樹花粉が減少する。この時期にはまた、栽培植物である稲(イネ属)のほか、野生のイネ科、ヨモギ属、

アカザ科など、人里に生える草本の花粉も増加する。

山口県宇生賀湿原では、約7000年前とかなり早い時期から二葉マツ花粉が増加する(5)。ソバ属花粉もほぼ同じ時期から出現する。もう一つ大事なものは、これらの花粉と、微粒炭の出現開始期やその後の増減傾向がほぼ一致することである。約1500年前以降には、二葉マツやソバ属花粉はさらに高率となり、そこにイネ属花粉も加わる。

このように、二葉マツ花粉の増加に代表される花粉組成の一連の変化は、人間による農耕活動やそれに伴う自然林の破壊によって二次林や草地などの半自然的な植生景観が広がり、長く維持されてきたことを示す。

それでは、なぜ人間活動の活発化とともにアカマツが増えたのだろうか。本種はもともと、栄養が少なく乾燥した立地にもよく耐えて生育できる。本種はまた、日当たりを好み、安定した自然林のもとでは更新が難しい。溶岩流や地すべりなど、規模の大きい自然攪乱が原因で空所ができると、本種はいち早く侵入し成長して、優勢な林をつくることがある。ただし、現存するアカマツ林の多くは、人間活動によって成立し維持されてきた二次林である。例えば、照葉樹林の一つであるツブラジイ自然林を伐採すると、その跡地にはツブラジイ萌芽林ができる。さらに伐採し続けると、ツブラジイは減ってアラカシなどが増え、やがてコナラなどの優勢な落葉広葉樹二次林に変わる。伐採に加え、柴・山草刈り、落ち葉かき、根掘りなど、森林資源

の利用を繰り返すと、落葉広葉樹二次林はアカマツ二次林へ変化し、最後にはげ山となる。つまり、後氷期後期における二葉マツ花粉の増加は、森林に加えられた人間活動がいかに活発で、しかも持続的であったかを物語っている。

### 花粉分析と考古・歴史資料

最後に、花粉から分かる植生変遷と人間活動について、京都盆地における京都府立大学の佐々木尚子博士の研究(6,7)を紹介しながら説明しよう。京都盆地は平安京などの建都以来、長く政治や文化の中心として栄えた。佐々木博士は盆地北部にある深泥池で堆積物を採取し、その花粉分析や微粒炭分析を行った。それらの分析結果と、近畿地方や深泥池周辺で得られた考古・歴史資料を比べることで、同地域における過去約2000年間の植生変遷と人間活動の関わりを調べた(図3)。

古墳時代以前には、コナラ属アカガシ亜属(常緑カシの仲間)花粉が高い出現割合を示す。他方、二葉マツ花粉はほとんど出現しない。畿内地域や深泥池周辺では人口が少なかったと見られ、常緑カシを主とする照葉樹の自然林が広がっていた。

飛鳥時代から平安時代には、常緑カシ花粉が漸減し二葉マツ花粉が連続して出現し始める。この頃には、律令制をはじめ、国家の統治機構が整うとともに、長岡京、平安京などの都が造営された。深泥池の北方には、7~12世紀に陶質の土器や瓦を焼いていた窯の跡がある。人口がしだいに増加するとともに、都の造営に必要

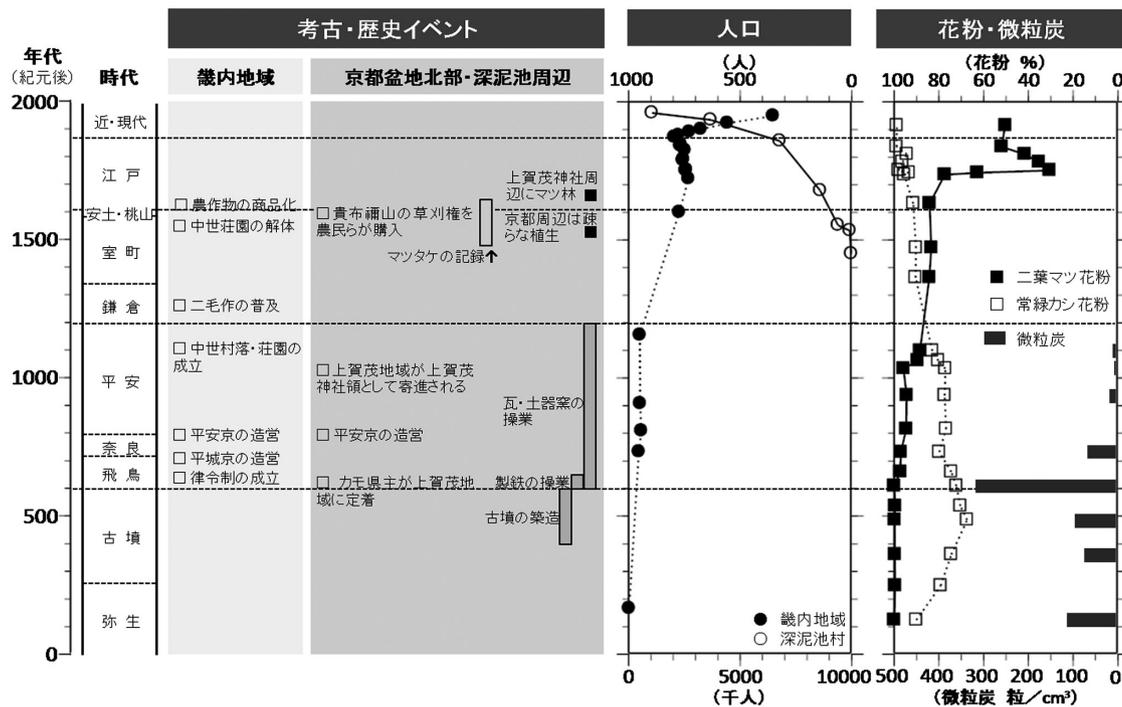


図3 花粉・微粒炭分析資料や考古・歴史資料に基づく、京都盆地における過去約2千年間の植生変遷と人間活動 (文献7をもとに著者が作成)

な瓦の窯業ようぎょうが操業・発展し、燃料や肥料など森林資源の需要が高まっていた。窯業の操業が始まった頃には、堆積物からおびただしい微粒炭も出てくる。深泥池周辺では、このような人間活動を契機にアカマツが増え始めた。

平安時代の後期、平安京の造営の後、深泥池のある上賀茂地域が上賀茂神社の社領となった頃を境に、鎌倉・室町時代にかけて、二葉マツ花粉はさらに増加し、常緑カシ花粉は減少の一端をたどる。人口が増加するとともに、農地が

広く開墾され、中世的な生産・開発活動も活発化したことで、アカマツを主とする二次林に移行した。

江戸時代に入ると、二葉マツ花粉が急激に増加し、常緑カシ花粉は極めて低率となる。深泥池周辺では急激に人口が増加した。この時代の絵図の分析(8)によると、上賀茂神社の周辺にアカマツ林が描かれていることから、深泥池周辺にまとまったアカマツ二次林が広がった。

以上、「花粉から読み解く昔の植生と人間活動」と題して話を進めてきた。堆積物には「花粉」の化石が多量に残存することがある。葉や種実の化石とは異なり、花粉は広い範囲から散布・運搬され堆積するため、

湖沼や湿原の周辺の植生景観を復元する上で有効な化石である。前述の佐々木博士の研究によると、畿内地域あるいは京都盆地では、花粉分析資料から示唆される植生変遷に地域差が認められる(6)。これは地域によって人間社会の発達の違いや森林の利用方法が異なり、二次林化する時期や過程が異なったことを示すものとして興味深い。深泥池のような、詳細に年代決定された花粉分析資料はまだ少ないが、質の高い資料を集めるとともに、植生景観の空間分布とその変遷をきめ細かく復元することが望まれる。地域の地理的な特性や考古・歴史資料から読み取れる歴史的な背景も踏まえることで、過去の植生と人間活動との関わり全体像を把握することができる。

引用文献

- (1) 吉川正人, 植物群落の見方, 福嶋司編, 植生管理学, 朝倉書店, pp.3-13 (2005).
- (2) Lisiecki, L.E. and Raymo, M.E., A Pliocene-Pleistocene stack of 57 globally distributed benthic  $\delta^{18}O$  records, *Paleoclimatology*, Vol.20, PA1003, doi:10.1029/2004P1001071 (2005).
- (3) 三宅高ほか, 高知平野伊達野低湿地周辺における最終氷期以降の植生史, 第四紀研究, Vol.44, 275-287 (2005).
- (4) Tsukada, M., Late-postglacial absolute pollen diagram in Lake Nojiri, *Botanical Magazine, Tokyo*, Vol.79, 179-184 (1966).
- (5) Tsukada, M. et al., Oldest primitive agriculture and vegetational environments, *Japan. Nature*, Vol.322, 632-634 (1986).
- (6) 佐々木尚子・高原 光, 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), 里と林の環境史, 文一総合出版, pp.19-35 (2011).
- (7) 佐々木尚子ほか, 堆積物中の花粉組成からみた京都盆地周辺における「里山」林の成立過程, 地球環境, Vol.16, 115-127 (2011).
- (8) 小椋純一, 絵図から読み解く人と景観の歴史, 雄山閣, 238p. (1992).