

森林土壌の花粉分析による植生動態の解析

三宅 尚

高知大学理学部自然環境科学科

Pollen analysis of forest soils and its application to studies on vegetation dynamics

Nao MIYAKE

*Department of Natural Environmental Science, Faculty of Science, Kochi University,
Kochi 780-8520, Japan*

要 旨

第1章 序 論

従来、森林の動態に関する研究においては、毎木データに基づくサイズ分布や空間分布の解析、これに年輪情報を加えて過去の個体群動態を考察するという手法がとられてきた。さらに、大面積プロットの長期継続調査によって、種々の攪乱体制や種間の相互作用の研究が進んできた。しかし、大面積プロットの継続調査は現段階では時間的制約があり、様々な規模の攪乱を短期間に観察することは極めて難しい。

森林内の小凹地堆積物やモル型腐植に堆積する花粉群は、ごく局地的な植生（ $10^1 \sim 10^3 \text{ m}^2$ ）の過去数十～数百年の動態を反映しているとされ、二次遷移やギャップ相動態の研究に貢献してきている。しかし、これら試料が得られる地域は限定されることが多い。その一方で、森林土壌は基本的にどの地域でも容易に採取できるという利点がある。

森林土壌は堆積物を採取不能な地域において特に後氷期以降の植生変遷を解明するという観点からも期待されるが、これを花粉分析の対象として扱った研究例は少ない。その要因として以下に示す3つの方法論的問題点が挙げられる。すなわち、1) 土壌花粉が反映する植生の復元領域が明確でないこと、2) 土壌中の堆積花粉の保存状態が相対的に悪いと考えられること、3) 土壌花粉の層位的扱いが困難であると考えられることである。

そこで本研究では、日本の林野に広く分布する褐色森林土を対象に、まず上記の3つの問題点を解決するための基礎的研究を行い、さらにそれらを踏まえて森林土壌の花粉分析により植生動態の解析を行うことを目的とした。

第2章 森林域における花粉堆積様式

この章では、森林域における花粉堆積様式、および土壌花粉が反映する植生の空間スケールを調べることを目的とした。

工石山温帯混交林では、優占種であるアカガシを対象として、森林域における花粉堆積様式を調査した。リターフォール（雄花序の落下・落葉）による堆積花粉数は、通年の堆積花粉総数の10%に満たなかった。開花期（4～6月）における堆積花粉数は、通年の堆積花粉総数の90%以上を占めていた。このように森林域の堆積花粉が示す局地性は、リターフォールによるものではなく、開花期を通して植物器官に付着した花粉がその後の再飛散と集中降雨（梅雨）による洗脱を受けることに起因するものと考えられた。

長野県上高地の河辺林では、閉鎖林冠下と林冠ギャップ下の表層花粉について調査した。閉鎖林冠下の花粉群は局地要素の占める割合が高く、調査地点周辺の植生と対応関係が認められる一方で、林冠ギャップ下のそれは局地外要素の割合が相対的に高くなっていた。林冠ギャップ下の堆積花粉数は、ギャップ面積が約100 m²のとき最大となり、それ以上面積が増加すると減少した。

剣山地カヤハゲ山の温帯混交林では、主な樹木分類群を対象として、閉鎖林冠下の表層花粉の出現率と試料採取地点から半径10～50 mの円内に生育する高木の基底面積割合との関係を、回帰分析と最尤法（ERV-model）を用いて検討した。両者間の相関係数および尤度関数のスコアは、基底面積を試料採取地点からの距離により重みづけた場合、調査領域の半径が増加するにともないそれぞれ上昇および減少して、その半径が20～40 mのときに漸近的となった。バックグラウンド花粉は調査半径の増加とともに減少した。このことから、土壌中の堆積花粉は林分レベルの植生の組成・構造を反映していることが示唆された。

第3章 森林土壌に堆積した花粉・胞子の保存状態

本章では森林土壌中の堆積花粉・胞子の保存状態を調べることを目的とした。

工石山において、数種の樹木花粉とシダ胞子を土壌（A層）に埋め込み、埋め込み後2.7年までこれらの保存状態を追跡調査した。土壌中の花粉・シダ胞子は、堆積後の初期段階で化学的酸化、あるいは土壌粒子や腐植アグリゲートの形成・崩壊による物理的破壊を受け、その後土壌微生物により生化学的に分解されるものと考えられた。シダ胞子では埋め込み後2.7年でも腐蝕したものは極めて少なかった。実験に用いた樹木花粉の腐蝕に対する耐性には、花粉による違いが認められた。

次に、異なった環境下に発達する数種の森林土壌を採取して、土壌花粉・胞子の絶対数およびその保存状態と環境条件との関係、さらに主な分類群の花粉・胞子の保存状態を調べた。土壌中の花粉・胞子の絶対数とその保存状態は、土性や気温より、土壌のpH値や乾湿に強く影響を受けていると考えられた。土壌中の花粉・胞子は、どの地域でも化学的分解と機械的変形・破損を受けているものが多かった。土壌中の花粉と比べると、胞子の保存は極めて良好であった。花粉の保存はその粒径、外部形態および外壁の厚さと対応関係が認められた。

上記の調査結果から、適湿で強い酸性を示す土壌は分析対象として最も有効であること、*Fagus*、*Acer*花粉など腐蝕に対する耐性が相対的に低く、結果として土壌中では過小に出現している花粉があることなどが明らかとなった。

第4章 土壌中における花粉の垂直分布の形成過程

本章では土壌中における花粉の垂直分布の形成過程を調べることを目的とした。

工石山では、粒径の異なる2種類の花粉を土壌表層に実験的に散布して、その後の花粉の垂直分布の変化を追跡した。土壌中における2花粉の垂直分布は、単一の頻度のピークがしだいに下層へ移動することによって形成されていた。散布後4.3年における頻度のピークは2花粉ともO層に限られていた。このように、O層における花粉の下方移動はリターの腐植化に強く結びついていることが示唆された。

工石山の土壌断面を通した花粉の垂直分布とその散布樹種の樹齢との関係をみると、花粉の出現率が土壌表層に向かい上昇を始める土壌深度は、ほぼ散布個体の樹齢の順序にしたがっていた。石鎚山地筒上山の土壌断面（O層～B層上部）における花粉・胞子の垂直分布は、当地域で約30年前に生じたササの一斉開花・枯死、ならびに試料採取地点に隣接するブナのギャップ形成にともなう植生変化を反映していた。

これらの結果から、少なくともO層～A層の花粉群の堆積は累積的であり、過去数十～百年程度の植生動態を記録しているものと考えられた。

工石山の土壌断面では、藩政時代からのスギ植林に由来する *Cryptomeria* 花粉が土壌表層に向かって出現頻度を上昇させていた。 *Cryptomeria* 花粉が頻度を上昇させる層位はどの調査地点ともB層中部～下部に限られ、しかも類似した垂直変動パターンを示していた。 *Cryptomeria* 花粉は百数十年の間に20cm以上下方に移動したものと考えられた。

最後に土壌中における花粉の垂直分布の形成過程についての図式モデルを提示した。

第5章 総合考察

本章では、第1～4章で得られた知見をもとに、森林土壌の花粉分析により植生動態の解析を行った。また、この章の事例研究を含め本研究で得られた知見、ならびに問題点・改善すべき点を整理し直し、森林土壌を用いた花粉分析的研究における今後の課題と展望について提言した。

カヤハゲ山の谷頭部に位置する調査区内4地点の土壌断面には、過去の大規模な森林伐採によって生じたとみられる植生変化が記録されていた。現在この調査区はモミとヨグソミネバリが優占する林分であるが、伐採以前では極めて多様な広葉樹を交えたモミ・ツガ林であったとみられる。土壌を採取した4地点は近接しているが、花粉分布パターンは大きく異なり、伐採以前では微地形単位により植生の組成がかなり異なっていたものと考えられた。

工石山では土壌試料の採取地点を調査区全域に設けて、林分の更新動態と古植生の空間分布を調べた。この調査区のアガガシ林は300 m²以下の小林分の更新によって維持されてきたこと、アカガシの個体群が増加傾向にあることが示唆された。さらに各調査地点において、スギの植林に由来する *Cryptomeria* 花粉の出現率が上昇を始める直前の層位の花粉帯を同一時間面上での植生分布を示すものと仮定して、この時期の植生の空間分布をGrid-methodによって表現した。その結果、当時のアカガシの優占度は現在よりも低かったこと、調査区中央部にはソヨゴとヤマヤナギが優占する約1,000 m²のパッチが存在していたことが明らかとなった。

最後に、本研究は、古生態学的手法をこれまで充分交流のなかった群集生態学の研究分野に応用するものであり、森林土壌の花粉分析は大面積プロットの継続調査では得られなかった時間スケールにおける林分レベルの植生動態の記録を提供できる有効な手法の一つであると結論づけた。