

平成30年6月14日現在

機関番号：16401

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2015～2017

課題番号：15K12476

研究課題名(和文)法花粉学的検査の方法論や検査データの科学的解釈法の構築に関する基礎研究

研究課題名(英文)Towards a methodology of forensic palynology: an investigation into pollen deposition in surface soil and on clothes in urban green spaces

研究代表者

三宅 尚 (MIYAKE, NAO)

高知大学・教育研究部自然科学系理学部門・准教授

研究者番号：60294823

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,600,000円

研究成果の概要(和文)：高知市の市街において、都市域における花粉堆積様式と衣服への花粉付着様式に関する基礎研究を行った。都市緑地の土壌表層では丘陵地から飛来する局外域の樹木花粉が多産するものの、その花粉組成は緑地内の植栽樹木・草本の植被割合、土壌pHおよびシルト含量で概ね説明できる。空中花粉は開花期をピークとして衣服に多量に付着するものの、開花期後に二次飛散したのもも相当量、付着する。植栽樹花粉の衣服への付着様式は花の構造や花粉形態に影響を受け、付着花粉は手で払っても雨にさらしても完全に除去できないことなどが分かった。本研究は、法花粉学的検査の方法論や検査データの科学的解釈法を構築する上での基礎情報となる。

研究成果の概要(英文)：Pollen deposition in surface soil and on clothes was investigated in urban green spaces, Kochi City, Shikoku, southwestern Japan. Pollen deposition patterns in surface soil can be explained by planted tree and herb coverage, soil pH, and silt content in urban green spaces, though extralocal tree pollen types coming from hilly areas usually became dominant. Airborne pollen types on clothes changed seasonally, showing sharp peaks in abundance during their flowering periods, but were also relatively abundant after the periods. Pollen types through direct contact with planted trees were on clothes in clumps. The abundance for each pollen type was influenced by their flower structure and pollen morphology. They could not be completely removed through brushing off and exposing to the rain. This study provides information for establishing a methodology to interpret forensic palynological data in urban areas.

研究分野：生物学

キーワード：空中花粉 花粉堆積様式 花粉付着様式 都市緑地 土壌表層花粉 法花粉学(的検査)

1. 研究開始当初の背景

法花粉学 (forensic palynology) とは、司法制度への科学技術の応用である「法科学」の一分野であり、現生あるいは化石の花粉、孢子および他の微細な植物遺体に関する研究領域である。法花粉学は 1950 年代を端緒とし、1980 年代以降、特にイギリス、ニュージーランド、オーストラリアなどで、花粉が犯罪の証拠物件の 1 つとして容疑者の供述の裏付けや犯罪現場の推定などに活用されている。現在、法科学に用いる種々の試料の採取法や土壌試料から得た花粉組成の解釈のほか、衣服を含む試料への花粉の残存状況、刑事裁判への花粉学的証拠物件の価値、花粉データによる殺人現場の特定など、多様な観点から議論されている。しかし、日本を含む他の国や地域では、司法制度への法花粉学の事例研究は極めて少ない。また、この分野の先進国でも、法花粉学は主として、法花粉学的検査が実際に事件解決に寄与した事例の蓄積をもとに発達してきた。しかも、これらの事例での検査法の記述が不明瞭で、検査法自体や検査データの解釈の妥当性の検証が困難な場合がある。

2. 研究の目的

本研究では、法花粉学的検査に供されることが多い、人体のほか、靴底や衣類などに付着した花粉を想定し、(1) 都市域における花粉堆積様式と (2) 衣服への花粉付着様式に関する基礎研究を通して、都市域における包括的な花粉堆積モデルの構築と衣服の花粉付着様式の体系的な理解を目指す。これらを踏まえ、法花粉学的検査の方法論や検査データの科学的解釈法の構築に向けた指針を策定する。

3. 研究の方法

(1) 都市域における花粉堆積様式

市街中心部の緑地分布調査

空中写真の判読と現地踏査により、高知市市街中心部とその周辺の丘陵地の植生と都市緑地の空間分布を把握した。

調査地の選定

本研究では、高知市はりまや町 1 丁目 5 の「はりまや橋交差点」を中心とする半径 2 km の円内に分布する都市緑地と、丘陵地の自然状態に近い照葉樹林 (スダジイ林、朝倉神社と筆山公園) を調査地として選定した。都市緑地に関しては、緑地の空間分布のほか、その規模、利用形態、周囲の建物の配置、植栽樹の組成・分布密度、土壌型などを考慮し、高知公園 (高知城)、高知大学朝倉キャンパスなどを主とする 20 箇所の調査地を選び、重点的に調査した。

土壌表層試料の採取、土壌分析および植生調査

調査地ごとに、1~6 つの調査区域を設け、区域ごとに 1~5 つの調査地点を設置して、土壌表層試料の採取と植生調査 (階層構造、

種組成、植被率など) を行った。また、丘陵地の照葉樹林でも試料採取と植生調査を行った。ただし、試料採取にあたっては、50 ml 採土管 (高さ約 2.5 cm) を用い、リターを除く土壌表層部を採取した。試料数は全部で 155 である。採取した試料を標準的な花粉分析法 (KOH-アセトリシス法) で処理し、花粉・孢子を同定・計数するとともに、主な花粉・孢子型に関しては、Cushing (1967) と Delcourt and Delcourt (1980) の方法にしたがい、それらの保存状態 (生化学的分解、化学的変質および物理的破壊の程度) も調べた。また、花粉・孢子的保存に影響を及ぼすと想定される、土壌 pH、土性、三相分布、有機物含有量なども調べた。

(2) 衣服への花粉付着様式

空中花粉調査

高知大学朝倉キャンパス内の研究棟 (口の字型) の外側、内側および屋上の 3 地点において、胸の位置 (高さ 130 cm) に布地試料 (10 cm × 10 cm) を貼り付けたマネキンを設置し、試料に付着した花粉を追跡調査した。ただし、本調査は 2015 年 6 月 ~ 2017 年 12 月にかけて、2~3 週間の間隔をおいて実施した。また、ポリエステルと綿の 2 種類の布地を用いた。

野外に放置した布地試料を 1% ポリソルベート 80 溶液で洗浄し、この洗浄液の水洗後、残渣物を標準的な花粉分析法で処理し、濃集したすべての花粉を同定・計数した。

花粉付着実験

開花直後の花に布地試料 (5 cm × 5 cm) を擦りつけ、それらを 1) 手のひらで 5 回、払う (手で払う)、2) 人工降雨装置内で雨 (約 80 mm/時、10 分) にさらす (雨にさらす)、3) 市販の粉末合成洗剤を用い、全自動洗濯機で洗濯する (洗い 8 分、すすぎ 2.5 分、脱水 5 分 (約 1,000 r.p.m.)) (洗濯する) という処理にかけ、処理後の花粉の残存様式を調べた。ただし本実験では、花冠からの雄ずい (葯) の露出と花粉の粘着系の有無に注目して、モデル植物としてサツキ (ツツジ科)、キンシバイ (オトギリソウ科) およびノウゼンカズラ (ノウゼンカズラ科) の 3 種を選定した。また、ポリエステルと綿の 2 種類の布地を用いた。

4. 研究成果

(1) 研究の主な成果

都市域における花粉堆積様式

高知市市街中心部には、高知市都市公園条例に基づき設置された都市公園だけでも、50 箇所を超える。レクリエーションや災害時の避難場所として機能する街区公園 (平均で 0.2 ha) が大半を占め、その他として近隣公園、地区公園、総合公園 (筆山公園、38.7 ha)、特殊公園 (高知公園、0.5 ha など) なども分布する。都市緑地の植栽樹は 63 科 193 種 (外来種は 67 種) におよび、クスノキ、サクラ属 (ヤマザクラ、ソメイヨシノなど)、ヒラ

ドツツジ品種群などの出現頻度が高かった。同定された分類群数は、木本花粉 45, 草本花粉 26, 孢子 8 であった。花粉・孢子の保存は概して良好とは言えず、特に生化学的分解や化学的変質を受けたものが多いものの、土壤乾燥重 1 g あたり数千～数万粒の花粉・孢子が含まれていた。

都市緑地の土壤表層花粉には、a) シイ属、スギ属など、都市を囲む丘陵地に散布源が広く分布する樹木の花粉（局外花粉）が多産することが多い、b) 都市域に散布源が偏在する樹木の花粉（局地花粉、特に外来樹種）がしばしば特徴的に産出する、c) 草本花粉や孢子が多産することもあるなどの特徴が認められた。他方、照葉樹林ではシイ属花粉が多産した。

土壤表層花粉データを用いて除歪対応分析を行い、試料採取地点を序列づけたところ、a) 都市緑地の花粉組成は少なくとも丘陵地の照葉樹林のそれとはかなり異質である、b) 都市緑地においても調査地ごとあるいは調査区域ごとで花粉組成に程度のまとまりのあることが示唆された。

土壤表層花粉データと、花粉データに影響を及ぼすと想定される環境要因のデータを用いて、正準対応分析を行った。ただし、花粉データに関しては、出現した花粉・孢子をそれらの散布源の空間配置、生育型および媒介システムをもとに、全部で 11 つの機能グループに分類したものをを用いた。その結果、a) 土壤表層部の花粉組成は都市緑地内の植栽樹・草本の植被割合、土壤 pH およびシルト含量で概ね説明が可能である、b) 草本の植被割合が高い場所では草本花粉と孢子が多産する、c) 植栽樹の植被割合が低い上に、土壤 pH が高くシルト含量が少ない場所では局外樹木花粉と孢子が多産する、d) 植栽樹の植被割合が高い場所では局地樹木花粉が多産することなどが分かった。

布地試料に付着した空中花粉とその季節変化

同定された分類群数は、木本花粉 41, 草本花粉 27, 孢子 6 であった。花粉・孢子の量と組成はともに季節的に大きく変化した。主な樹木の開花期（3～6月）には数百～千数百個/100 cm²/日の樹木花粉が付着し、開花期を過ぎても二次飛散した樹木花粉が 20～50 個/100 cm²/日で付着した。スギ型、シイ属・クリ属などの局外花粉がそれらの開花期をピークとして付着し、付着花粉の過半を占めた。アキニレ型、ケヤキ属型、シラキ属など、キャンパス内に植栽され、調査期間中に開花が確認された樹木の花粉（局地花粉）も、それらの開花期をピークとして付着した。イネ科、イラクサ科、ヨモギ属などの草本花粉も、夏から秋にかけて比較的多く付着した。

調査地点の違いに着目すると、花粉量は研究棟内側でやや少なく、特に局地花粉の季節変化パターンは地点間で異なった。これは主

に、研究棟との位置関係による風の強さや植栽樹の空間分布の違いに起因すると推定される。また、布地の違いに着目すると、ポリエステルに比べ、布地表面が複雑な綿の方が付着花粉数は多い傾向にあるものの、その季節的な変化は概ね、一致した。

布地試料に付着させた花粉の残存様式

1 つの布地試料に付着する花粉数は布地に触れた薬の数などで大きく変化した。多数の雄ずいが露出するキンシバイでは付着花粉数が最大で 2.6 万粒/25 cm² に達した一方、雄ずいが花冠からほぼ露出しないノウゼンカズラでは多くても数百粒程度であった。

キンシバイとノウゼンカズラでは、それらの花粉が数十～数百粒の塊として布地に付着している場合が多かった。他方、花粉表面に複数の粘着糸をもつサツキでは、数百粒の花粉が数珠玉状に連なる状態で布地に付着する傾向があった。

「手で払う」処理では、花粉塊がほどけ分散するものの、綿の場合、綿糸を構成する繊維に絡まったり、布地表面の凹部にはまり込んだりすることで、過半の花粉が残存した。布地表面が平滑なポリエステルでも数十%の花粉残存率を示す。「雨にさらす」処理では、「手で払う」処理よりも花粉が分散する程度は低く、綿、ポリエステルとともに残存率は高くなった。他方、「洗濯する」処理では、いずれの布地でもほぼ 0% であった。

(2) 研究成果の国内外における位置づけとインパクト

「1. 研究開始当初の背景」で述べたように、法花粉学は主として事例研究の蓄積をもとに発達してきたため、検査データを科学的に解釈するための基礎研究の蓄積が未だ不十分である。日本では司法制度への法花粉学の事例研究自体が極めて少ない。本研究は従来の事例研究における検査データの解釈の妥当性を検証し、今後の検査法のあり方を提示することに貢献できる。

人体のほか、靴底や衣類などに付着した土壤が証拠物件資料となった場合を想定する。本研究が示唆するように、都市緑地では局外花粉が多産する傾向がある上に、花粉の保存状態は概して良好と言えない。これは、花粉散布源としての強度が都市緑地よりも丘陵地の方が圧倒的に強く、都市緑地の土壤環境が本来、花粉の保存に不適であることに起因する。

正準対応分析結果を見ると、土壤表層部の花粉組成は緑地内の植栽樹・草本の植被割合、土壤 pH およびシルト含量で概ね説明できる。都市緑地では、外来樹種の花粉が特徴的に出現することもある。これらの知見は土壤資料の花粉組成から犯罪現場を推定する際に重要である。ある地域内の都市緑地に関する基本情報として、植栽樹の分布密度（外来樹種のリストアップも）、草地の在・不在、土壤

の pH・土性などの調査を予め重点的に調査しデータベース化しておくこと、捜査の進捗に有効である。同時に、対象地を囲む丘陵地の植生景観も把握しておくことが望まれる。

次に、人体や衣類などの付着花粉が証拠物件資料となった場合を想定する。人体や衣類などに付着する花粉群は主に、a) ある場所に滞在する間に付着した空中花粉と、b) ある場所の植物に接触することで付着した花粉の主に 2 つの花粉群からなる。

欧州では、さまざまな証拠物件資料の季節性を解明することを目的に、「犯罪花粉カレンダー (crime pollen calendar)」を整備するための研究が進んでいる。本研究では、a) の場合、多種類の樹木の花粉が開花期をピークとして付着したものの、開花期後に二次飛散したのもも相当量、付着した。しかも、付着花粉の過半は局地外花粉であった。さらに、付着花粉の量や組成は、周囲の建物との位置関係、近隣の植栽樹の空間分布、布地の種類の違いに影響を受けることが示唆された。

他方、証拠物件資料にランダムに付着する a) とは異なり、b) は集中して分布することで識別が可能であろう。本研究では、例えば、粘着糸をもつサツキ花粉では、数百粒の花粉が数珠玉状に連なる状態で布地に付着した。花粉の付着様式は、花の構造や花粉形態に影響を受ける。付着花粉は手で払っても雨にさらしても完全に除去することは困難であることなども示唆された。

犯罪花粉カレンダーの整備にあたっては、これらの基礎情報を踏まえる必要がある。

(3) 今後の展望

本研究の結果、都市緑地では局地外花粉が多産する傾向があることが分かった。しかし、都市緑地との比較のため、丘陵地を構成する景観要素のうち、その潜在的な自然植生である照葉樹林 (スダジイ林) のみ対象とした。他の景観要素 (スギ人工林、二次林、草原、河畔、農耕地、道路など) の花粉データも網羅し、都市部とその近郊における包括的な花粉堆積モデルの構築を進めたい。

犯罪捜査で得られる証拠物件資料は多岐にわたる。分取した試料はさまざまな法科学的検査に供される上、再検に備え試料の一部が保管されるため、法花粉学的検査の試料量は限定される。また、検査は簡便で迅速に行われることが望ましい。このため、法花粉学的検査の現状や問題点を把握し、従来花粉標本作製法の点検整理や生物由来の他の微粒子の処理法の探索・適用を通して、多様な証拠物件資料を合理的、効率的に処理し必要な花粉情報を得るための検査法を再構築・体系化することも肝要である。検査者の利活用を前提とした、図解式の検査法マニュアルを作成することも意義がある。このことは、現場捜査官や検査者の検査法に対する正しい理解を促し、法花粉学を志向する初学者の分

野理解や育成を図ることで、司法制度への応用を通じ犯罪解決につながる。

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 5 件)

- 1) 逢坂美佳子, 三宅 尚. 高知大学朝倉キャンパスにおける土壌表層花粉の堆積様式. 日本法科学技術学会第 23 回学術集会, 2017 年 11 月 10 日, 中野サンプラザ (東京).
- 2) 三宅 尚, 木織朱音, 原田 稜. 高知大学朝倉キャンパスにおける布地試料に付着した空中花粉の季節変化. 日本法科学技術学会第 22 回学術集会, 2016 年 11 月 11 日, 中野サンプラザ (東京).
- 3) 三宅 尚. 花粉と花粉学. 微細天然物研究会 (日本法科学技術学会), 2016 年 11 月 9 日, 中野サンプラザ (東京).
- 4) 三宅 尚, 濱井俊輔. 高知市高知公園における表層花粉の堆積様式. 日本花粉学会第 57 回大会, 2016 年 10 月 1 日, 日立シビックセンター (茨木).
- 5) 三宅 尚, 藤田雄大. 布地試料に付着させた花粉の残存様式に関する法花粉学的研究: サツキ (ツツジ科) の例. 日本法科学技術学会第 21 回学術集会, 2015 年 11 月 13 日, 柏の葉カンファレンスセンター (千葉).

[その他]

ホームページ等

三宅 尚. 花粉と犯罪捜査. 高知大学ラジオ番組「THE 高知ユニバーシティ CLUB」, 2016 年 9 月 11 日放送分, <http://www.fmkochi.com/>

三宅 尚. 花粉を犯罪捜査に活用!? 高知大学・三宅准教授が法花粉学研究. 高知新聞, 2017 年 4 月 11 日掲載分, https://www.kochinews.co.jp/sp/news/k_social/

6. 研究組織

(1) 研究代表者

三宅 尚 (MIYAKE NAO)

高知大学・教育研究部・准教授

研究者番号: 60294823