

3. 飛来性付着物の原因調査（異物解析技術を応用した苦情処理の一例）

西山泰彦・客野建一*・清岡有紀*・所谷壽美*

A case of falling dust around a bark compost factory and honey bee droppings Foreign matter analysis by optical microscope, FT-IR and fluorescent Xray spectroscopy for residents consultation

Yasuhiko Nishiyama・Kenichi Kyakuno・Yuki Kiyooka・Toshimi Tokorodani

【要旨】 バーク堆肥化工場周辺地区から飛散粉じんの相談が福祉保健所に持ち込まれたが、原因を特定することができなかった。このため環境研究センターに持ち込まれた付着物に様々な解析手法を試みた。付着物中から花粉が見つかったことから、ミツバチの糞公害が原因であることが確認され、相談者側の納得も得られた。

Key words：バーク，飛散，粉じん，異物，ミツバチ，糞公害，花粉，機器分析

1. はじめに

工場・事業場は設置者が十分な施設管理を怠ると周辺からの苦情が起きることがある。今回、苦情解決の過程で興味深い事例を経験したので報告する。

2. 事案の概要

平成22年4月にバーク（樹皮）堆肥を製造している事業場からバークなどのホコリが飛来し、大変迷惑しているという相談が福祉保健所などにあった。発生源とみられる事業場に立入調査を実施したが、事業場は比較的整理されており一時的な強風が原因ではないかと考えられたが原因不明だった。

平成23年2月初頭には、道路施設管理者から「洗車したばかりの従業員の車にホコリが付いてしまう。」という相談があった（図1）。

また、駐車場を利用した観光客から「車から降りてベンチで休んでいたら服にシミがついてとれない。なんとかして欲しい。」との苦情相談も寄せられた（図2）。

このため、環境研究センターに対し苦情先で採取した付着物（図4 a）を解析して何か情報が得られないかとの相談があった。このことから機器分析技術を応用した異物解析を試みた。

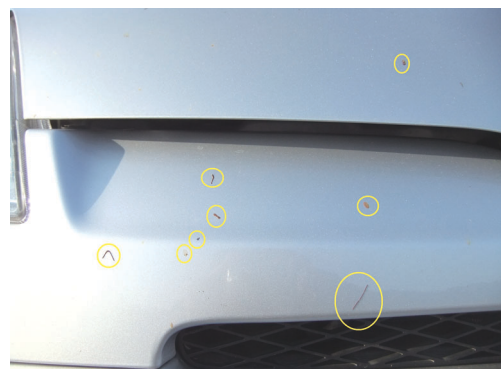


図1 被害に遭った車両

* 高知県中央西福祉保健所



図2 苦情があったベンチ

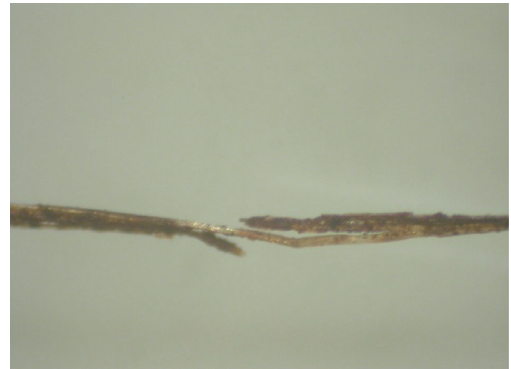


図3 c バーク繊維 (63倍)

3. 実体顕微鏡による両者の比較

付着物がバークである可能性があるため、事業場からバーク試料の提供を受け、苦情のあった付着物と比較してみることにした（図3 a～3 c，図4 a～4 d）。

検鏡にはニコン社製実体顕微鏡SMZ-2T，撮影にはニコンインステック社製COOLPIX4500を用いた。



図4 a 付着物（1）



図3 a 提供されたバーク試料（一目盛り1mm）



図4 b 付着物（2）



図3 b 提供されたバーク試料（60倍）

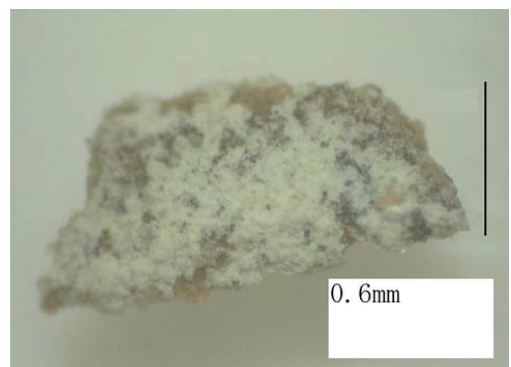


図4 c 付着物（60倍）



図4 d 付着物反対面 (60倍)

図3 a, 4 aに示したとおり両者とも褐色から黄色をしており苦情者側から同一発生源との印象を持たれることがあるのではないかと考えられた。

両者を詳細に比較してみると、バークは肉眼でも繊維が確認できるのに対し、付着物は繊維状のものは確認できず、全体的にのっぺりとした感じであった。また、通常バークには粘着性はなく自動車やベンチに落下することはあっても付着することは考えづらい。

バークを拡大したものを図3 b, 3 c, 付着物を拡大したものを4 c, 4 dに示した。

図3 b, 3 cに示したとおり、バークには明らかな繊維が認められるが、相談のあった付着物は、表と裏で状態が違い、一面には表面に白い粉状のものが認められるが、裏面は褐色であり干物に似たような印象を受けた(図4 c, 4 d)。

この結果を道路施設管理者に示し、原因がバークによるものではないことは納得してもらえたが、発生源はなお不明であり、図4 a～4 dが何なのか全く手掛かりがなかった。

4. 付着物の機器分析による解析

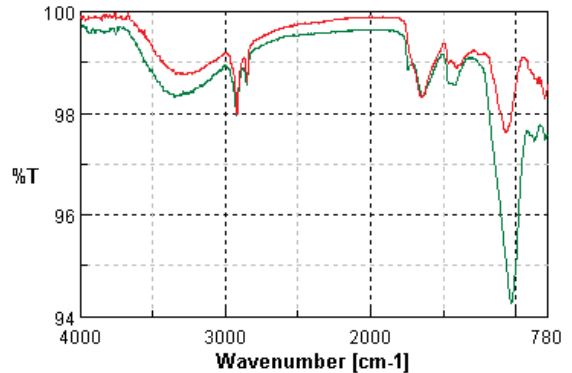
4. 1 FT-IR (フーリエ変換赤外分光法) による解析

物質は特定の赤外線を吸収し、物質組成によりスペクトルに違いが出る。付着物の外観から有機物主体であると考えられたため、赤外線吸収スペクトルの測定を試みることにした。

測定には日本分光社製FT/IR-480PLUSを使用し4000 cm^{-1} ～780 cm^{-1} について全反射法で測定をおこなった。分解能は8 cm^{-1} とし64回積算測定した。全反射法にはPIKE社製MIRacle Ge結晶を使用した。

Ge結晶を使うと付着物表面約1 μm 以浅のスペクトルを得ることが出来る。

得られたスペクトルを図5に示した。異物の面の違いで1050 cm^{-1} 付近の吸収の大きさに違いがあるが基本的なパターンは同じと考えられた。

図5 付着物FT-IR測定結果
(緑：図4 c, 赤：図4 d)

付着物は1050 cm^{-1} 付近に最大の吸収がみられ、これはアルコールなどのC-O伸縮振動に帰属される可能性も考えられた。また3400～3200 cm^{-1} の広い吸収はO-H基に、1420-1410 cm^{-1} はC-H基に、1648-1638 cm^{-1} はC=C基に帰属され二重結合をもった化合物の存在も推定される。

2936-2916 cm^{-1} と2863-2843 cm^{-1} の特徴的な吸収はC-H基の振動に帰属された。

これらのことから付着物表面にはアルコールなどが含まれる可能性もあるのではないかと考えられた。

また、付着物とバークとの赤外吸収スペクトルを比較すると2350 cm^{-1} , 2830～3500 cm^{-1} 付近では大きな差があり両者は別の特性を持っていると考えられた(図6)。バークで見られた2350 cm^{-1} の吸収は波数から二酸化炭素由来と考えられ、バーク繊維間などに残った二酸化炭素が測定されているもので、バーク本体からのピークではないと考えられる。

付着物は採取した当初は無臭であったが、数日間実験室で室温放置すると微かなにおいが発生しアルコールに似ているのではないかと印象もあった。異物の場合、FT-IRだけでは具体的な化学物質の確認は難しいことが多いが、GC-MSでは詳細な確認ができる可能性もあり今後の課題である。

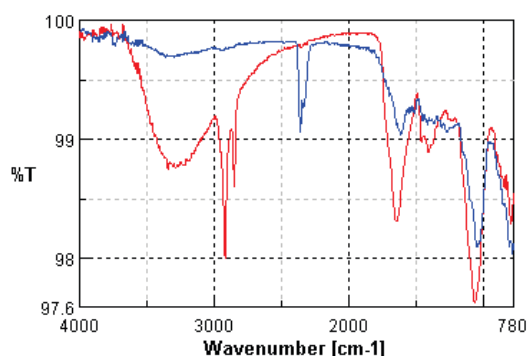


図6 バークと付着物スペクトル
(赤：付着物（図4 d），青：バーク）

4. 2 蛍光エックス線による元素分析

蛍光エックス線は、無機元素に関する有力な情報を与え、付着物の構成元素を確認することができる。

測定には日本電子社製JSX3220を使用し、真空中で測定した。測定条件は、管電圧30kV、管電流0.3mA、ライブタイム600秒とした。

持ち込み試料が少量であったためアクリルピン先端に試料を張り付ける手法を用いた。また、JSX3220はエネルギー分散型蛍光エックス線のため、ふっ素より軽い元素を検出することができず、主成分と想定される炭素、酸素、窒素、水素については検出できない。このため常法では試料を燃焼させ有機物を除外し無機系元素だけを測定し、炭素、酸素、窒素、水素については別法を用い分析することになるが、今回は試料が微量だったことと迅速な概算値が必要であったため用いることにした。

結果を図7、8に示した。バークと付着物の元素組成を比較すると大きく異なっており、両者は明確に違う物であろうと考えられた。

図7に示したとおりバークにはケイ素、カルシウム、鉄が多量に含まれているが、付着物は図8に示したとおりカルシウム、カリウム、りん、硫黄、マグネシウムが多量に含まれていた。元素組成から付着物にはなんらかの生物が関係しているのではないかと疑いを持った。

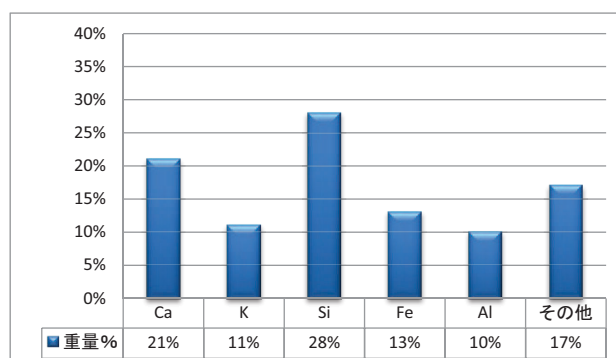


図7 バーク元素別重量組成
(炭素・酸素・窒素・水素対象外)

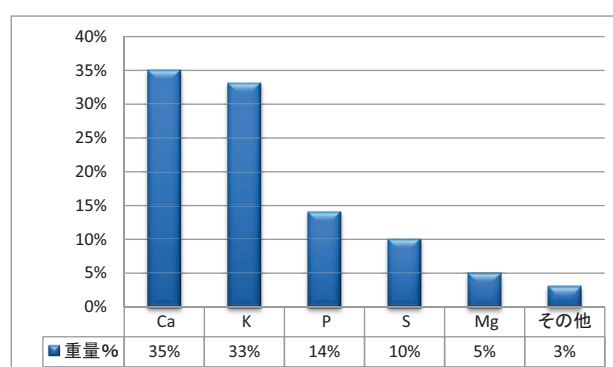


図8 付着物元素別重量組成
(炭素・酸素・窒素・水素対象外)

4. 3 光学顕微鏡による解析

4. 3. 1 光学顕微鏡と蛍光顕微鏡による予備解析

付着物を少量の超純水に溶解し、検鏡することとした。その結果を図9～10に示した。

顕微鏡はオリンパス社製BHSU（位相差）、撮影はソニー社製DSC-P8を使用し、コリメート法を用いた。

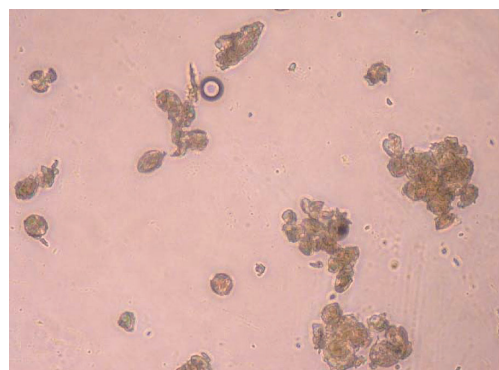


図9 付着物（100倍）

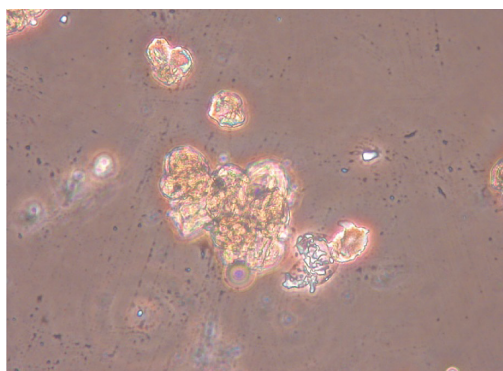


図10 付着物 (400倍)

検鏡すると薄黄色の粒状物質が集まっていることは確認できたが、何なのか不明であった。

また、落射蛍光顕微鏡で検鏡したところ黄色の蛍光が確認された。蛍光顕微鏡はニコン社製OPTI-SHOT, B-2Aフィルターを使用した。このフィルターは510nm以上の波長を透過するため、付着物は黄色く見える波長の蛍光を発生していると考えられた。ただ、この方法ではこれ以上の情報は得られなかった(図11)。

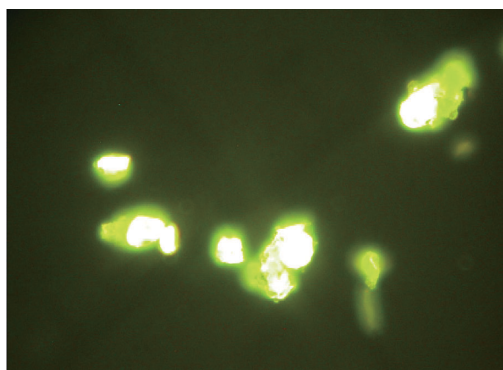


図11 付着物 (落射蛍光顕微鏡100倍)

4. 3. 2 染色手法を活用した解析

付着物の染色を試みた結果が図12, 13である。染色をおこなうと粒子の形状が観察しやすくなった。形状から花粉と考えられ、花粉に関する生物由来である可能性が出てきた。

文献調査をおこなったところ文献1)ではミツバチが原因とされ、花粉が簡単に確認できると記述されていたが、今回の事例では染色をおこなわないと確認が難しかった。また、付着物には夾雑

物が多く、詳細な観察には前処理⁵⁾をおこない花粉殻を抽出する手法が必要であった。

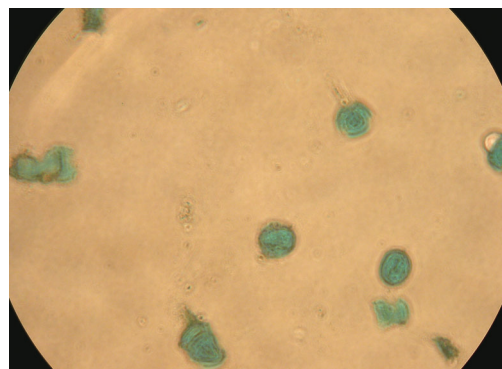


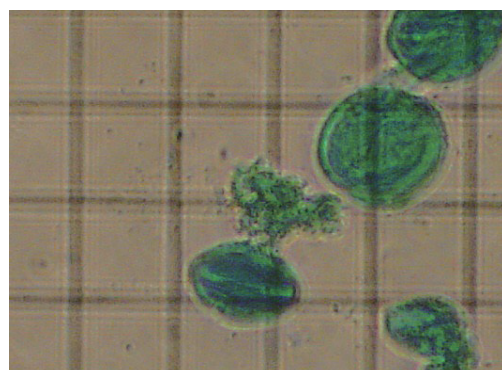
図12 染色を試みた付着物内粒子 (100倍)

4. 3. 3 花粉同定の試み

付着物内から検出できた花粉の同定を試みた。特徴からネコヤナギ³⁾⁴⁾に由来するのではないかと考えられた(図13)。また、フサアカシア(ミモザ)³⁾に由来するものではないかと考えられる特徴的な花粉も検出された(図14)。

相談があった駐車場およびベンチ周辺の樹木、草花から花粉を採取する手法も試み一部について同定することができた(図15~17)。花粉の形、大きさからベンチ横に植えられていたコブシの花粉と同定して問題ないと考えられた。

ネコヤナギの開花時期は3-4月、フサアカシア(ミモザ)は2-4月、コブシは3-5月とされていることから付着物と花の開花時期³⁾に矛盾は生じなかった。

図13 染色を試みた付着物内粒子 (200倍)
1目盛り25μm

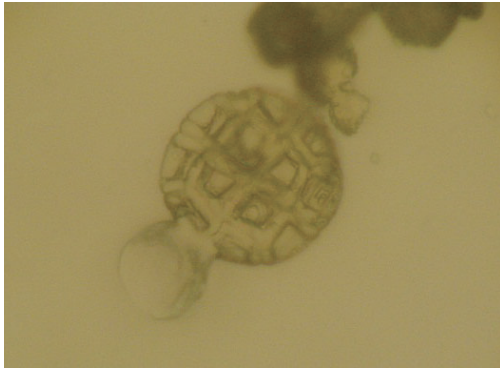


図14 フサアカシアと考えられる花粉

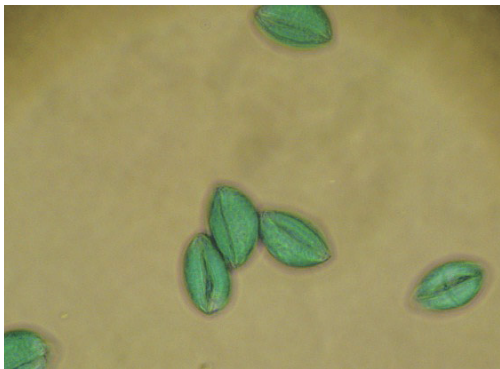


図15 ベンチ横で咲いていたコブシの花粉
(染色済み) (200倍)

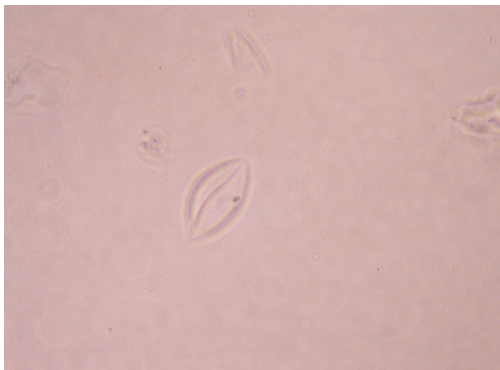


図16 付着物から検出された花粉殻 (200倍)

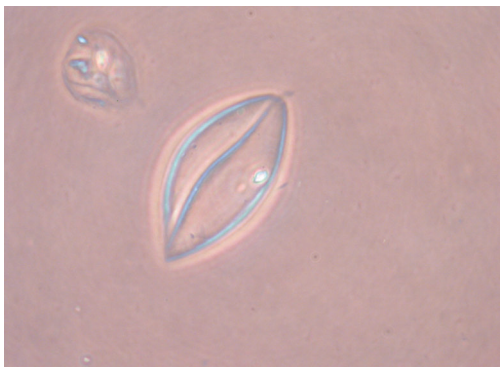


図17 付着物から検出された花粉殻 (400倍)

5. 現場での再調査

道路施設管理者に周辺の再調査をお願いすると、ベンチや駐車場のある場所からは死角になってまったく見ることができない窪地に図18のようなミツバチの巣箱が大量に発見され、原因はセイヨウミツバチの糞と考えて良さそうであった（図19）。

被害が報告されたベンチや駐車場は、巣箱から真北に20～30mしか離れておらず、セイヨウミツバチが一斉に飛び出し脱糞する場所に運悪く当たってしまったと考えられる。このような事例はミツバチの糞公害⁴⁾として知られた現象と思われる。

ミツバチは一部の昆虫と違い冬眠する習性がなく、冬季においても巣の中で活動しており、日中外気温が10℃を超えるようになると巣の外で活動する場合があるとのことであった。

駐車場、事業場、ミツバチ巣箱の位置関係を図20に示した。

苦情処理の過程で、一時期昆虫も疑ったが現場でまったく昆虫が確認できなかったことと、苦情が発生した時期が2月初頭の寒い時期であり、外気温が昼間でも10℃前後の時期に昆虫は活動していないのではないかと考えがあり早期発見に至らなかった。

巣箱を設置していたのは周辺の養蜂業者であったが、苦情が出ていることを承知しておらず、巣箱を直ちに移動することを約束してもらい、翌日には撤去が完了し、今後は苦情の出ない場所に巣箱を設置することで解決することとなった。

道路施設管理者が巣箱を発見してくれたため事実関係についても納得が得られ、苦情については円満に解決することができた。

貝原益軒の大和本草卷之十四の「蜂蜜」の項には「伊勢紀州熊野尾張土佐其外諸國ヨリ出ツ土佐ヨリ出ルヲ好品トス」²⁾との記述が確認でき、江戸時代蜂蜜は土佐藩の名産品として全国的に知られていたと考えられる。当時のミツバチはニホンミツバチであろうが高知県の養蜂には長い伝統がある。

現代は、江戸時代と違って人口密度も高く、観光客も多く訪れることから生活環境に関する苦情が発生しやすい。養蜂は苦情が発生しない場所で適切に行うことが求められる。



図18 確認されたミツバチ巣箱

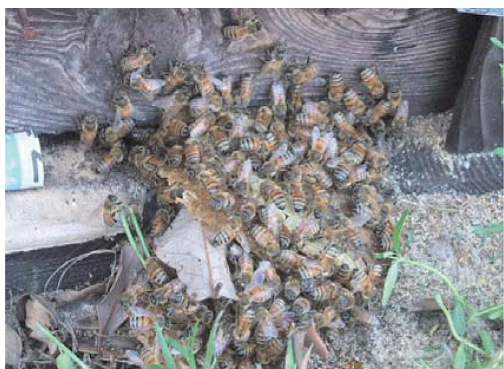


図19 確認されたセイヨウミツバチ

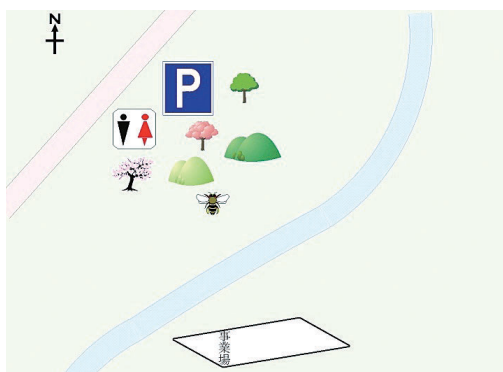


図20 全体位置関係図

6. まとめ

今回の事案は、発生源が事業場ではないかと考えられたが、2年以上原因不明であった。

平成23年2月末頃当所に原因究明の相談があり、採取された付着物を解析してみるとともに、周辺の再調査もおこなうことにより、予想外の発生源を確認することとなった。

異物解析は、多面的な手法の組み合わせであり、技法的にも色々と工夫する必要がある。

原因が判明してしまうとあつけないものではあったが誤認が生じやすいことも経験した。

今回の経験から、今後異物解析に関する技術研鑽や機器整備、利用法を工夫しておくことは行政サービス向上の点からも有効ではないかと考えられた。

最後に調査に際し、養蜂業とハチ類の生態について、所管する立場からそれぞれ有意義な助言をいただきました中央家畜保健衛生所太田衛生課長、農業技術センター山間試験室児玉主任研究員、農業技術センター西内研究企画課チーフに感謝いたします。

参考文献

- 1) 梶勝次：空からの黄害とその原因，光珠内季報，17，13-16（1973）
- 2) 貝原益軒：大和本草卷之十四（1709）
- 3) 三好教夫・藤木利之・木村裕子：日本産花粉図鑑（北海道大学出版会）（2011）
- 4) 日本花粉学会：花粉学事典（朝倉書店）（1994）
- 5) 松下まり子：花粉分析と考古学（同成社）（2004）