

〔報告〕ヒメハキリバチによる文化財建造物への営巣事例

島田 潤・轟 丈瑠・山田 紀代美・佐藤 嘉則

1. はじめに

屋外にある文化財建造物は常に周辺の環境と接しているため、屋内の文化財よりも周辺からの影響を受けやすい。外から飛来する木材害虫は屋外にある建造物に容易にアクセスすることができ、特に木造の文化財建造物では木材害虫による被害のリスクに晒されている。木材に穿孔して穴をあける害虫としてはシバンムシ類やキクイムシ類に代表される甲虫類の他にハチ類も存在する。

ハチ類による木材の穿孔被害は、これまでキホリハナバチとクマバチの2種が知られていた¹⁾。これらのハチ類は営巣のために木材に穴をあけ、内部に花粉を集めて球形にした花粉団子に卵を産み、木材内部で子育てすることが知られている。クマバチは直径15~20 mm程度の比較的大型の穴をあけることが知られており、一方でキホリハナバチは約8 mm程度の小型の穴をあけることが知られている。これらのハチ類は餌として木材を穿孔しているのではなく、巣を作るために穿孔しているので、甲虫類の被害と異なり主に成虫が加害を行う。ハチ類は飛翔能力が高いため、木材を殺虫処理しても行動範囲内に木材があれば別の個体が穴をあける可能性があり、根本的な解決が難しい虫害の一つである。

2024年8月に神奈川県伊勢原市の日向薬師宝城坊本堂において、建材である木材がハチ類による被害を受ける事例が確認された（図1）。木材に8 mm程度の穴が複数あけられており、その穴にハチ類が出入りする様子が観察された。穴に出入りしているハチ類は花粉を付けているものが多く、給餌を行い、営巣しているものと考えられる。当初、穴の大きさからキホリハナバチによる被害であると推測されたが調査の結果、実際に発見されたハチがキホリハナバチではなく別種のハチ（ヒメハキリバチ）であった。このハチはこれまで別の昆虫によってあけられた既存の穴や細い隙間のような場所を巣として利用する種と考えられていた。しかし、木材

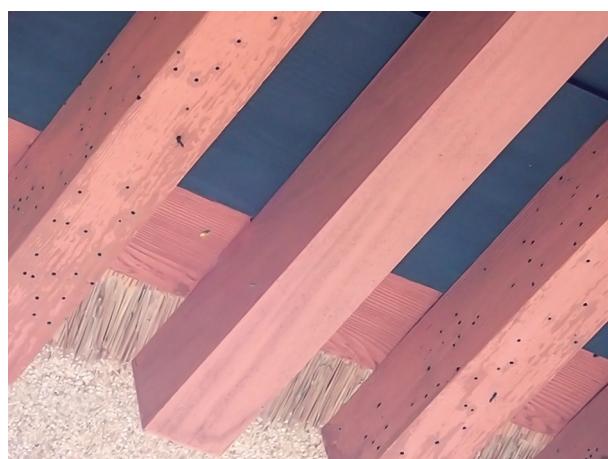


図1 ハチ類による被害を受けた木材

表面を調べるような行動や口器に建材の一部と考えられる物質が付着していたことなどが調査中に観察され、このハチが木材を穿孔している可能性があることも示唆された。本報では新たな文化財害虫の可能性が高い種としてヒメハキリバチによる営巣事例について紹介する。

2. 実験方法

2-1. 現地調査

宝城坊本堂にて穴を出入りしていたハチ類を捕獲した（図2）。また、ハチ類が出入りしていた穴の形状や付着物等を観察した。さらにファイバースコープ（3R-TFIBER28、スリーアールソリューション株式会社）を穴の中に挿入し、内部構造を観察した。それに加え、穴を出入りしているハチ類の行動や、ハチ類の体に付着している花粉の有無を観察した。また、宝城坊本堂周辺約50 m の環境を散策し、花粉の供給源となる花が咲いている植物の目視調査を行った。

2-2. 昆虫の特定

捕獲したハチ類は実体顕微鏡（Leica MZ12.5、ライカマイクロシステムズ）で観察し、形態情報から種の同定を行った。同定には日本産ハナバチ図鑑²⁾の検索表を用いた。また、分子生物学的手法による種の特定も合わせて行った。ハチの1個体から足1本（左前脚）を採取し、DNeasy[®] Blood & Tissue Kit (QIAGEN) を用いて標準的なプロトコルに従ってDNA抽出を行った。抽出したDNAは昆虫のミトコンドリア COI 遺伝子領域を対象として、プライマーセット LCO1490、HCO2198を用いてPCRを行った³⁾。PCR 酵素は KAPA HiFi DNA polymerase (KAPA Biosystems) を用いた。アニーリング温度を50°Cとし、その他の条件は酵素の標準的なプロトコルに従った。得られた増幅産物は2%アガロースゲルを用いて電気泳動を行い、目的のサイズのDNA増幅産物を確認した。PCR増幅産物の塩基配列決定は株式会社マクロジェンジャパンに委託した。

2-3. 花粉からの植物の特定

捕獲したハチ類から採餌した花粉を分取し、植物の種の特定を行った。種の特定には走査型電子顕微鏡（S-3700N、株式会社日立ハイテク）による形態観察と分子生物学的手法を用いた。



図2 捕獲したハチ（ヒメハキリバチ *Megachile (Chelostomoda) spissula*、スケールバー：5 mm）

分子生物学的手法では、採取した花粉試料を金属クラッシャー（タイテック株式会社）が入った2 mL 容コニカル底スクリューキャップ付マイクロチューブ（ワトソン株式会社）に加え、バグクラッシャー（GM-01、タイテック株式会社）によって花粉を破碎する前処理を行った。その後、金属クラッシャーを取り除き、DNeasy[®] Plant Mini Kit (QIAGEN) を用いて標準的なプロトコルに従ってDNA抽出を行った。抽出したDNAは植物ITS領域を対象として、プライマーセットITS-3p62plF1 (ACBTRGTGTGAATTGCAGRATC)、ITS-4unR1 (TCCTCCGCTTATTKATATGC) を用いてPCRを行った⁴⁾。酵素には EmeraldAmp[®] PCR Master Mix (タカラバイオ株式会社) を用いた。アニーリング温度を60°Cとし、その他の条件は酵素の標準的なプロトコルに従った。得られた増幅産物は2%アガロースゲルを用いて電気泳動を行い、目的のサイズのDNA増幅産物を確認した。PCR増幅産物の塩基配列決定は株式会社マクロジェンジャパンに委託した。

3. 実験結果

3-1. 現地調査

穴を出入りしているハチ類には花粉を付けている個体と付けていない個体があり、花粉を集めに出て巣に持ち帰っていることが考えられた。穴の中をファイバースコープで観察した結果、穴の中では枝分かれが多く、複雑な構造となっていた。穴の壁面に黄色い花粉と思われる粉がついている箇所が複数存在した。穴の中において、図3Aのようにハチ類が分枝から顔をのぞかせている様子も観察された。また、調査中にヒメハキリバチが木材の穴のない平らな面に留まり、表面を調べているような行動が確認された（図4）。その他、カツオブシムシの幼虫の抜け殻と、コナチャタテ類の一種が歩行している姿が観察された（図3B）。

周辺の花粉の供給源となる植物の調査を行ったところ、クサギ *Clerodendrum trichotomum* (図5A)、ミズキ *Cornus controversa* (図5B)、カラスザンショウ *Zanthoxylum ailanthoides* (図5C) の3種が発見された。

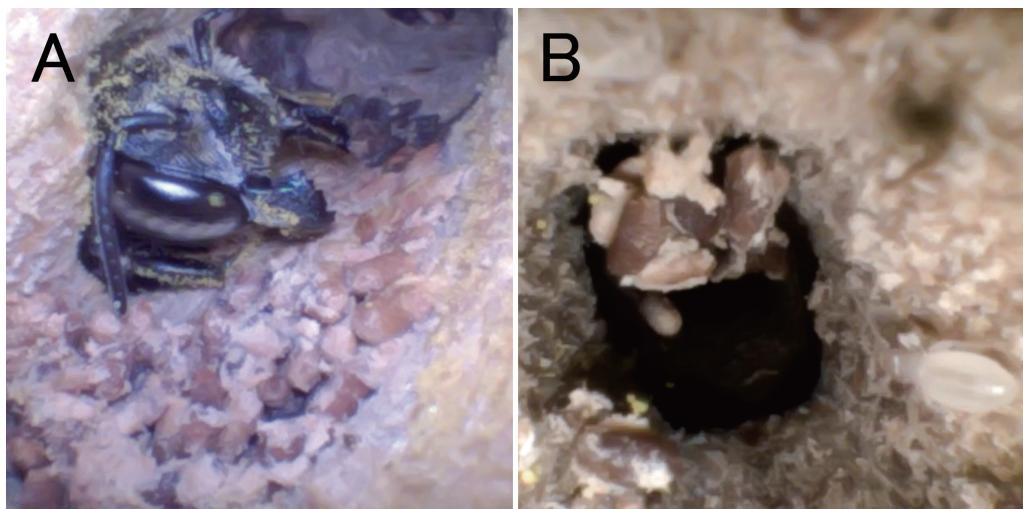


図3 ファイバースコープ画像 A: 穴の中のヒメハキリバチ、B: コナチャタテ類の一種



図4 木材の平らな面に留まっているヒメハキリバチ



図5 周辺で花を付けていた樹木 A:クサギ、B:ミズキ、C:カラスザンショウ

3-2. 昆虫の特定

日本産ハナバチ図鑑の検索表を用いて同定を行った結果、捕獲されたハチは下唇鬚の形状(図6A)、触角孔や触角下溝の形状(図6B)、腹部腹板上の刷毛(図6C)、縦に長い上唇(図6A)、脛節の形状(図6D)、長い前翅の縁紋(図6E)、爪間盤の欠如(図6F)などの形態から、ハキリバチ科でかつハキリバチ属に属することが明らかとなった。さらに大顎に切歯(図6B)があり、腹部背板の後端縁に白い細い毛帯をもつ(図6C)ことから *Chelostomoda* 亜属に属することが明らかとなった。日本においてこの亜属に属するハチはヒメハキリバチ *Megachile (Chelostomoda) spissula* とエサキヒメハキリバチ *Megachile (Chelostomoda) esakii* が記録されている。形態的にこの2種は酷似するが、複眼上部から頭頂後縁部までの間にある点刻が最小部分で5~6個であったため、ヒメハキリバチの形態と一致している。エサキヒメハキリバチは奄美大島以外から記録がなく、捕獲した場所含め広く分布しているヒメハキリバチであると同定した。実体顕微鏡で観察中、捕獲されたハチの中には口器に赤い物質が付着している個体が含まれていた(図7)。宝城坊本堂の建材には赤く塗装された材があり、ハチの口器に付着していた物質が建材の塗料の一部である可能性がある。

分子生物学的手法では、抽出されたDNAを用いてPCRを行った結果、予想される断片長の増幅産物が確認できた。解析された塩基配列をNCBI(アメリカ国立生物工学情報センター)が提供しているBLAST解析(<https://blast.ncbi.nlm.nih.gov/Blast.cgi>)によって同一配列や類似配列を網羅的に検索したところ、登録されているヒメハキリバチ(アクセッション番号OR231112)と一致率が98.78% (650 bp/658 bp)であった。解析結果からCOI遺伝子配列

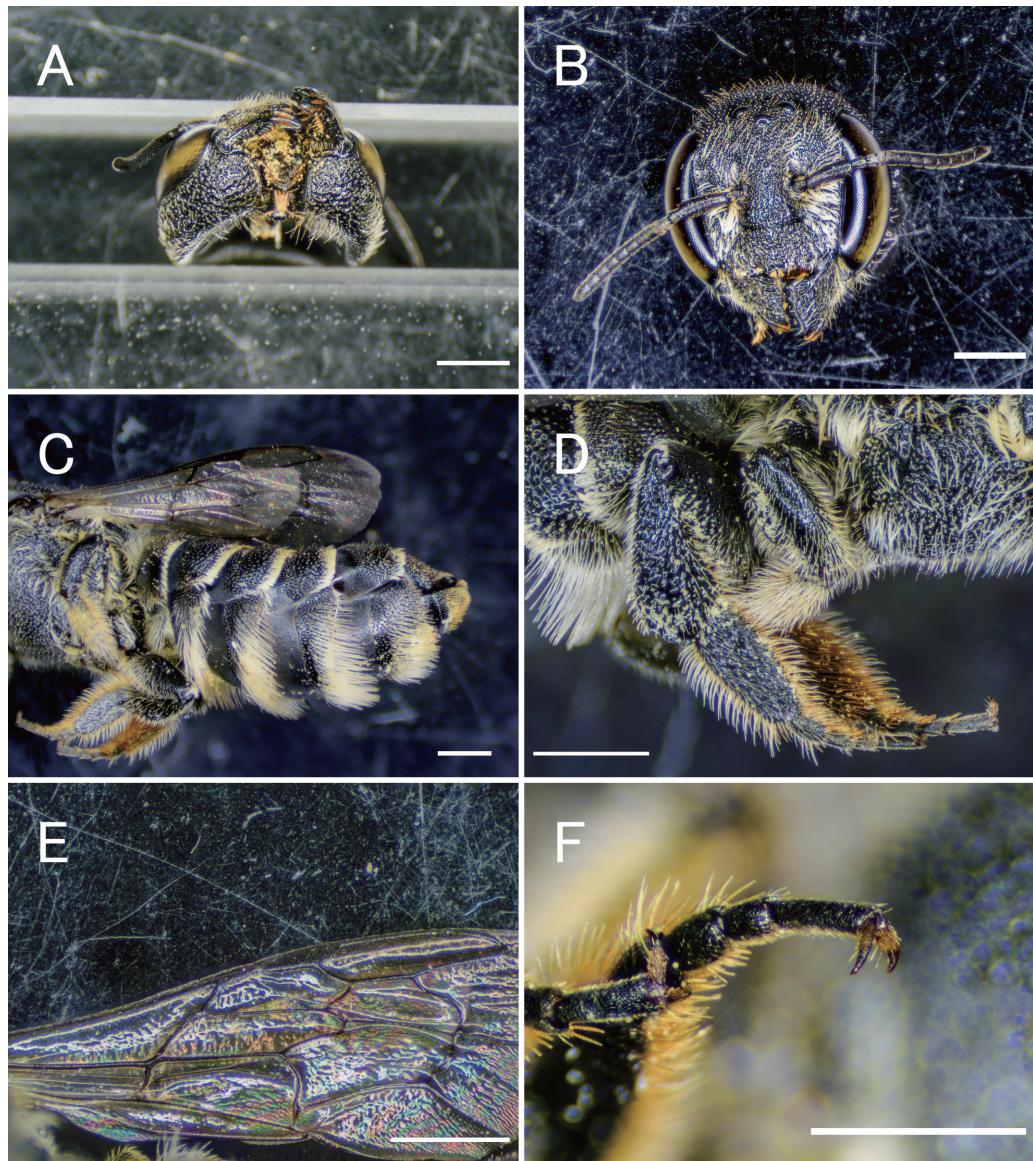


図6 ヒメハキリバチの形態 A：頭部腹面側、B:頭部背面側、C：腹部側面、D:中脚、E：前翅、F：左右の中脚の爪（スケールバー：1 mm）

を決定し、国際塩基配列データベース DDBJ/EMBL/GenBank に登録した（アクセスション番号 LC853088）。分子生物学的手法により調べられた結果は、形態同定の結果とも一致していた。

3-3. 花粉からの植物の特定

ヒメハキリバチに付着していた花粉を採取し、電子顕微鏡で観察したところ図8のようなフットボール型の花粉が観察された、花粉の表面は凹みの集合体となっており、縦に3本の大きい筋が入っていた。このような形状をした花粉の植物は比較的多く存在するが、周辺で花を付け

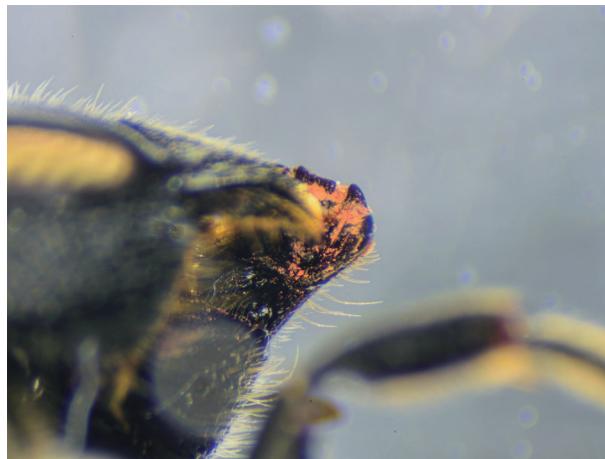


図7 ヒメハキリバチの口器に付着している赤い物質

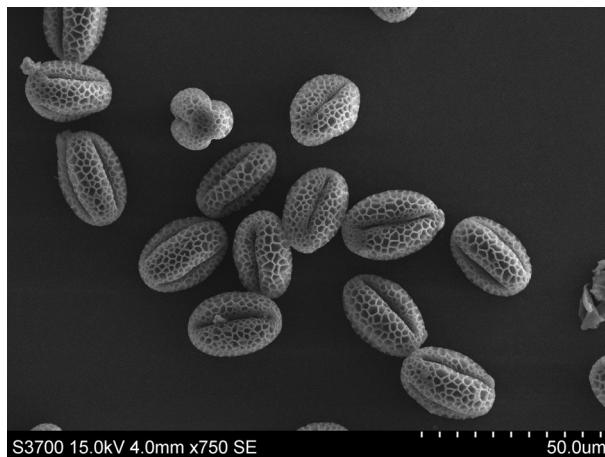


図8 ヒメハキリバチに付着していた花粉の電子顕微鏡写真

ていた3種の樹木の中ではカラスザンショウのものに類似している。

分子生物学的手法では、抽出されたDNAを用いてPCRを行った結果、予想される断片長の増幅産物が確認できた。解析された塩基配列をBLAST解析によって検索したところ、登録されているカラスザンショウ（アクセスション番号 MH016478、MH016477、PQ444057、PQ444056）の遺伝子配列と一致率が99.70% (335 bp/336 bp) であった。

4. 考察とまとめ

ヒメハキリバチはこれまで文化財害虫として認識されていなかった。しかし、本研究においてヒメハキリバチが木造の文化財建造物に営巣することが確認された。これまでの研究において、ハチ類による文化財への営巣・汚損被害はアナバチ類やドロバチ類が知られている⁵⁾。ヒメハキリバチはアナバチ類やドロバチ類とは異なり、泥により文化財の景観を損ねることはないが、木材の内部が花粉と排泄物で汚損される被害が考えられ、新たに文化財害虫である可能性が高いことが明らかとなった。また、本研究の現地調査の際に人が刺される事例が発生し

たことから、衛生害虫としての注意も必要である。

宝城坊本堂で使われている部材は、木材の表面に赤い弁柄の塗装と黒い墨の塗装が施されている。ヒメハキリバチの口器に付着していた赤い物質は建材に塗装された塗料の一部の可能性があり、ヒメハキリバチが木材の表面を傷つけている可能性が考えられる。これまで既存の穴や、細い隙間のような場所を巣として利用する種と考えられてきたが、調査中に観察された木材表面を調べるような行動や口器に付着していた赤い物質などから、ヒメハキリバチが木材を穿孔している可能性が浮上した。今後の研究において、ヒメハキリバチの生態調査を行い、営巣のために木材に穿孔することがあるのか解明していく必要がある。

今回の調査において、ヒメハキリバチには肉眼で確認できるほど大量の花粉が付着していることが観察された（図2）。周辺植物の種類、花粉形状の特徴、および分子生物学的解析の結果から、今回捕獲されたヒメハキリバチが利用していた植物はカラスザンショウである可能性が高いことが示された。ヒメハキリバチはクマバチやキホリハナバチと同様に周辺の樹木や草本類の花粉を利用することが知られており²⁾、今回の場合では周辺のカラスザンショウを利用していたが、場所や時期によっては別の植物を利用すると考えられる。

ヒメハキリバチやキホリハナバチ、クマバチは飛翔して移動しており、木材の殺虫処理を施した場合でも、周辺環境に生息していた個体が容易に侵入する可能性がある。従って、これらのハチ類が利用できる植物を周辺環境から除去するなどの環境改善がなければ、根本的な問題の解決にはならない。現在これらのハチ類が発生した際の対処方法として、確立されたものはない。現状の対処方法としては、穴を開けられた木材の周辺により営巣しやすい巣穴を設置し、適切な時期に殺虫処理を行う方法や、餌として利用されやすい場所に毒入りの花粉を設置し、これを給餌された幼虫を殺虫するという方法などが考えられる。しかし、これらの方法がヒメハキリバチやキホリハナバチに対して有効であると検証された事例はない。そのため、今後に有効性を検証し、ひいては効果的な防除方法を確立することが求められる。

謝辞

本研究にご協力いただいた神奈川県教育委員会、伊勢原市教育委員会、宝城坊関係者の方々に謝意を申し上げます。本研究の一部は、（公財）松井角平記念財団の助成を受けて実施されました。

参考文献

- 1) 独立行政法人文化財研究所 東京文化財研究所編：文化財害虫事典 2004年改訂版、232ページ（2004）
- 2) 多田内修、村尾竜起：日本産ハナバチ図鑑、480ページ（2014）
- 3) Folmer O, Black M, Hoeh W, Lutz R, Vrijenhoek R: DNA primers for amplification of mitochondrial cytochrome *c* oxidase subunit I from diverse metazoan invertebrates, Molecular Marine Biology and Biotechnology, 3(5), 294-299 (1994)
- 4) Kolter A, Gemeinholzer B: Internal transcribed spacer primer evaluation for vascular plant metabarcoding, Metabarcoding and Metagenomics, 5, e68155 (2021)
- 5) 山野勝次、木川りか、三浦定俊：東大寺法華堂・戒壇堂におけるアナバチ類の被害とピレスロイド樹脂蒸散剤による防除対策、文化財保存修復学会誌、45、99-105（2001）

キーワード：文化財害虫 (Cultural Properties Pest)；ヒメハキリバチ (*Megachile (Chelostomoda) spissula*)；営巣 (built nests)；汚損 (pollution)；カラスザンショウ (*Zanthoxylum ailanthoides*)

A Case Study on the Nesting of *Megachile (Chelostomoda) spissula* on a Cultural Property Building

SHIMADA Megumi, TODOROKI Takeru,
YAMADA Kiyomi and SATO Yoshinori

Wooden cultural heritage buildings located outdoors are constantly exposed to environmental factors and are more susceptible to external influences than indoor cultural properties. These structures are at significant risk of damage from wood-boring insects, including beetles such as death watch beetle and bark beetle, as well as certain species of wasps.

At Hōjōbō, Hinata Yakushi Temple in Isehara City, Kanagawa Prefecture, nesting of wasps was found in the wooden parts of the building. The wasps seemed to have nested in bored holes. Fiberscope examinations of the nests revealed a highly branched and complex internal structure. While common wasps which bore holes in wooden building are of the species such as *Lithurgus collaris* or *Xylocopa appendiculata circumvolans* in Japan, morphological identification confirmed that the wasp captured at the site was *Megachile (Chelostomoda) spissula*. Genetic analysis targeting the mitochondrial COI region revealed a 98.78% match with *M. spissula*. In addition, pollen collected from the wasps was examined under an electron microscope and found to be very similar to pollen from *Zanthoxylum ailanthoides*, which was observed near Hōjōbō. Genetic analysis targeting the ITS region further confirmed a 99.42% match with this plant species.

Some of the captured wasps had red material attached to their mouthparts, indicating that they may have affected the red-painted wooden components of Hōjōbō. This suggests the possibility that *M. spissula* might have been boring into the wood.

Wasps such as *M. spissula*, which nest in wood and collect pollen, cannot be effectively controlled by insecticidal treatments of wood. Their behavioral ecology suggests a high probability of re-infestation. Further research is necessary to develop effective prevention and control methods to protect cultural heritage from such threats.