

特集

室内環境に発生する昆虫とカビとの関係

(株) エフシージー総合研究所暮らしの科学部 副部長、環境科学研究室 室長

川上裕司

1 はじめに

- 現代日本の住宅の多くは高断熱高气密住宅になり、年間を通して住居内の寒暖差を縮めることに成功し、居住者の快適性が高まったようです。その弊害として、従来問題視されていなかった 10mm に満たない小さな昆虫類や室内塵性ダニ類にも快適な生活環境を提供したと言えます。これを反映するように、室内生息型の昆虫やダニが引き起こす刺咬害、不快感、アレルギーが問題視されはじめ、室内環境におけるアレルゲンの上位に「ダニ、カビ、ハウスダスト」が挙げられるようになりました^{1,2)}。ハウスダストの中には昆虫の死骸や破片が沢山含まれています。
- 15 筆者は、住居や公共施設などの室内環境中に生息する昆虫類と室内環境カビの両者について、同時並行で長年研究していますが、両者は別個に存在するわけではなく、むしろヒトの生活環境を巧みに利用してお互いに複雑に関わり合っ
- 20 て生活していると考えています。

1. 室内環境に生息する昆虫類

- 地球上には約 180 万種の昆虫が現存するといわれていますが、既知種の数倍にあたる約 500
- 25 万種が存在するという説もあります³⁾。地球上での「進化と繁栄」の観点から見ると、脊椎動

物の頂点が人類で、無脊椎動物の頂点が昆虫類です。地球上の動物の 80% が昆虫類であり、地球は「昆虫の惑星」であるとも言えましょう。室内環境に生息する昆虫類は、生態や加害対象によって「衣類害虫」、「食品害虫」、「家屋害虫」、「衛生害虫」、「不快害虫」に分類されます(表 1)。また、昆虫の発生型からは、1. 住居内発生型(畳・敷物・住宅建材などから発生する)、2. 屋外発生侵入型(庭やベランダで発生して室内に侵入する)、3. 物品付着侵入型(外部から持ち込まれる家具・商品・梱包材などから発生する)の 3 つの型に分類できます。建物が都市部にあるか、田園地帯にあるかという立地条件や建築構造の違いによっても、室内環境で見られる昆虫の種類は違ってきます。代表的な種を表 2 に示します³⁾。

2. 室内生息性昆虫とカビとの関わり

室内生息性昆虫とカビとの関係で、筆者がこれまでに研究対象としてきたのは、タバコシバンムシ (*Lasioderma serricorne*、英名 Cigarette beetle; 図 1・A)、ノシメマダラメイガ (*Plodia interpunctella*、英名 Indian meal moth)、コナナガシクイ (*Rhizopertha dominica*、英名 lesser grain borer)、ヒラタチャタテ (*Liposcelis bostrichophila*、英名: booklouse; 図 1・C) な

表 1. 昆虫類（室内塵性ダニ類を含む）の加害対象による分類

分 類	加害対象と生態的特徴
1) 衛生害虫	①細菌・真菌・ウイルスを媒介する ②吸血する ③刺したり、咬んだりする ④寄生する ⑤寄生虫の中間宿主になる ⑥皮膚炎を起こす ⑦アレルゲンとなる
2) 家屋害虫	⑧建材や家具を食害したり、汚染したりする
3) 食品害虫	⑨食品を食害したり、汚染したりする
4) 衣類害虫	⑩衣類や敷物を食害したり、汚染したりする
5) 不快害虫*	⑪室内に侵入するなど不快感を与えるが、刺咬害や皮膚炎の原因とならない

*不快害虫を衛生害虫に統合する考え方もある

表 2. 昆虫類（亜綱 - 下綱 - 目 - 種）の分類と室内環境で見られる代表種

亜綱 Subclass 下綱 Infraclass	目 Order	種 Species (代表種)
双関節丘亜綱 Dicondylia 無翅下綱 Asterygota	①シミ目（総尾目） Thysanura	ヤマトシミ セイヨウシミ マダラシミ
双関節丘亜綱 Dicondylia 有翅下綱 Pterygota	②ゴキブリ目（綱翅目） Blattaria	チャバネゴキブリ、クロゴキブリ、ワモンゴキブリ、 トビイロゴキブリ
	③シラミ目（虱目）* Anoplura (Phthiraptera)	アタマジラミ、コロモジラミ、ケジラミ
	④チャタテムシ目（嚙虫目）* Psocoptera	ヒラタチャタテ、ホンチャタテ、カツブシチャタテ、 スカシチャタテ
	⑤カメムシ目（半翅目） Hemiptera	トコジラミ
	⑥コウチュウ目（鞘翅目） Coleoptera	タバコシバンムシ、コナナガシクイ、 コクヌストモドキ、ヒメマルカツオブシムシなど多数
	⑦ノミ目（隠翅目） Siphonaptera	ネコノミ、イヌノミ
	⑧ハエ目（双翅目） Diptera	イエバエ、キイロショウジョウバエ、ホシチョウバエ、 セスジユスリカ
	⑨チョウ目（鱗翅目） Lepidoptera	ノシメマダラメイガ、イガ、コイガ
	⑩ハチ目（膜翅目） Hymenoptera	クロアリガタバチ、シバンムシアリガタバチ、 イエヒメアリ

*最近の分類では、シラミ目とチャタテムシ目をひとつにしたカジリムシ目（咀嚼目 Psocodea）が提唱されている

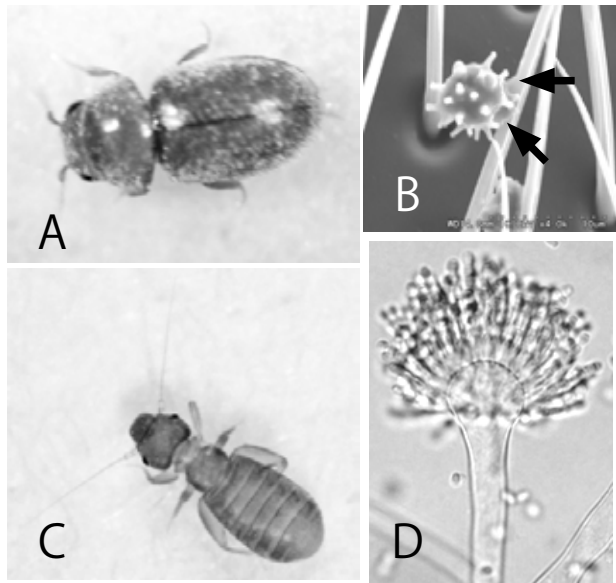


図1. A; タバコシバンムシ, B; タバコシバンムシの体毛に自ら出した粘着物質(矢印)で付着するカビ胞子, C; ヒラタチャタテ, D; アスペルギルス・コニカス (*Aspergillus conicus*)

どです。タバコシバンムシ(以下、本種と称する)は、体長1.7～3.1mmの茶褐色楕円形の小さな甲虫です。広食性で、穀類とその二次加工食品、漢方生薬、ドライフラワーなどの乾燥植物質から鯉節などの動物質まで食害事例は多岐にわたります。1995年以前には、昆虫研究者の間でも「乾燥葉タバコの害虫」、「食品工場で時々発生する食品害虫」、「まれに住宅の畳から発生する害虫」との認識しかありませんでした。筆者らの捕獲調査によって、住宅に極めて普通に生息するだけでなく、店舗、オフィスビル、小学校、幼稚園、病院、スポーツ施設、美術館、駅舎、児童公園など、何処にでも普通に生息する昆虫であることが明らかになりました。本種は、都市部の住居では4月下旬から11月上旬まで発生します⁴⁻⁶⁾。

本種は生活環境に普通に生息することから、「有害な微生物を体表面に付着させて、キャリアとなるのではないか」との仮説を立て、本種から微生物を分離して同定する研究を始めま

した。この結果、本種の体表面から多種の真菌(カビ・コウボ)が分離され、体表面と消化管からは10種前後の細菌とコウボが分離されました^{7,8)}。本種とノシメマダラメイガについては、住宅が密生する東京都内の方が郊外や近県よりも沢山捕獲される傾向にあります。コナナガシキタイについては、前2種ほどではありませんが、住居内の台所で普通に捕獲されます^{9,10)}。ゴキブリ類は、細菌のキャリアーとして知られていますが、クロゴキブリのように良く目立つ大型のゴキブリ類が気密性の高い住宅に侵入し、繁殖するケースは減少傾向にあるようです。ゴキブリ類に替わって、存在すら知られていない小さな昆虫類が台頭してきたように考えています。これらの昆虫類は、ヒトの生活環境に適したライフサイクルをもつ「都市型昆虫」といえます。そして、いずれもカビなどの微生物のキャリアーとなりうる存在であると考えています^{9,10)}。

室内生息性のチャタテムシの仲間にはヒラタチャタテ、カツブシチャタテ、ソーメンチャタテ、ウスグロチャタテ、ホンチャタテなど5種が存在しますが、これらはカビを食べることが知られています。特に、本や紙作品のフォクシング(foxing: 褐色斑点による汚損劣化)の起因菌であるアスペルギルス・レストリクティ節(*Aspergillus* section *Restrictii*)に属するカビの仲間(アスペルギル・ペニシリオイデス *A. penicillioides*、アスペルギルス・コニカス *A. conicus*(図1・D)など)を餌にしているようです。近年、ヒラタチャタテは新たなアレルギーであることが筆者らの研究で明らかになりましたが、菌食性であることがアレルギー性と何か関係しているかもしれません¹¹⁾。

3. タバコシバンムシから分離されたカビとマ

1 イコトキシシン産生能

筆者は 1996 年から現在まで、様々な室内環境とその周辺で本種を捕獲してカビの分離を行ってきました。これまでに、分離されたカビは約 60 種を数えました。アスペルギルス属のカビが 11 種分離されましたが、本属のカビは、マイコトキシシンを産生する種が多いことでも知られています。筆者は、食品衛生上問題視されているオクラトキシシンを産生するアスペルギルス・オクラセウス (*A. ochraceus*) を付着させていることが多いことに注目しました。オクラトキシシンは、A、B、C、TA の 4 つの型があり、発ガン性、遺伝毒性、腎毒性、催奇形性、生殖毒性、神経毒性などが報告されています。オクラトキシシンが消化管経由で生体に吸収された場合、高い濃度で腎臓に分布し、更に、細胞での DNA および RNA の合成を阻害することも知られています¹²⁾。

A. オクラセウスの孢子を本種に人為的に付着させてみますと、このカビに寄生されて体節からカビ菌糸が発生しました。また、採集してきた本種の体表面を走査型電子顕微鏡で観察してみると、毛根のくぼみで発芽する孢子や体毛に付着するアスペルギルスの孢子を確認することができました (図 1・B)。カビが出した粘着物質によって体毛に固着している様子は、あたかも「カビの意思によるもの」と見て取れました

13)。

液体クロマトグラフ・タンデム質量分析装置 (LC/MS/MS) によって、本種由来の A. オクラセウスのオクラトキシシン A と B の産生量を分析した結果を表 3 に示します。ここに示す値は、大麦で培養した場合の産生量です。虫由来株のオクラトキシシン A の分析値を土壌由来株 (基準株) と比較してみると、産生量が極めて高い株が存在することが判りました。肺アスペルギルス症の起因菌として、医真菌学上重要視されているアスペルギルス・フミガタスも本種の体表面から分離されます。このカビは、フミトレモルゲン、ベルクロゲン、グリオトキシシンなどの 14 種類のマイコトキシシンを産生します。これらは、強い痙攣を引き起こしたり、免疫機能を阻害したりすることが知られていますが、虫由来の A. フミガタスがマイコトキシシン陽性株であることが明らかになっています¹⁰⁾。

カビ側に立った昆虫への付着のメリットを考えた場合、以下の 3 つの仮説を類推することができます。1. 昆虫類の移動・分散・採餌に伴って、体表面に付着するカビ孢子も広範囲に移動・分散することができる。2. 空気の流れに左右される不確定な空中浮遊孢子とは異なる運搬様式によって、昆虫付着孢子は新たな基質や食品での繁殖が容易になる。3. カビ自らが放出した粘着物質によって、本種の体毛にしっかりと貼り

表 3. タバコシバンムシ分離 *A. ochraceus* の ochratoxin A 産生能が高い上位 6 株

株番号	捕獲場所 住所	捕獲期日		ochratoxin A	
		年	月	生成量 ^{a)} (mg/g)	産生能 ^{b)}
1	神奈川県相模原市 (Y 宅)	2006	9	138.2	+++++
2	埼玉県上尾市 (小学校)	2006	7	36.1	++++
3	埼玉県上尾市 (小学校)	2006	7	32.8	++++
4	神奈川県相模原市 (Y 宅)	2007	8	1.17	+++
5	神奈川県相模原市 (Y 宅)	2007	8	1.14	+++
6	神奈川県相模原市 (Y 宅)	2007	8	1.1	+++
標準株	NBRC4410			0.011	+

a) 基質 (大麦) 1g あたりの生成量

b) NBRC4410 株を基準とした 0.011 ~ 0.11 未満: +, 0.11 ~ 1.1 未満: ++, 1.1 ~ 11 未満: +++, 11 ~ 110 未満: +++++, 110 以上: +++++

1 付いたカビ胞子の様子は、何等かの意図があるものと考えています。

筆者らの最近の DNA 分析による研究から、オクラトキシンを産生する種は A. オクラセウスではなく、近縁のアスペルギルス・ウエスターディジキア (*A. westerdijkiae*) であることが判ってきました。

おわりに

10 国際的な物流の動きは海外の製品工場と家庭の茶の間を直結させることになり、外来種の室内への侵入を容易にしました。輸入家具の検査は植物防疫法の対象外で、輸入業者の自主検査任せであることから、多くの製品が梱包から開封まで 1 度も検品されずに消費者の手元に届くのが現状です。高度経済成長期に住宅建材のラワン材とともに侵入し、日本に定着してしまったヒラタキクイムシ (*Lyctus brunneus*) の例があるように、今後も新顔の昆虫が室内環境に侵入して来ることが懸念されます。また、熱帯地域から輸入されている外国産の甲虫が体表面にダニを寄生させていることは稀なことではなく、「細菌、カビ、ウイルスを付着させてくる可能性がない」とは断言できません。全く輸入規制のない“ペット昆虫”の微生物検査や輸入規制について、検討することが望まれます。

参考文献

- 1) 川上裕司 (2007) 室内環境中に見られるダニ類と小昆虫類、室内環境、10、45-67.
- 2) 小屋二六、永倉俊和 編集 (1998) 気管支ぜん息に関わる家庭内吸入アレルゲン—現在の知見とその対策—、公害健康被害補償予防協会 (現 (独) 環境再生保全機構).
- 3) 川上裕司、杉山真紀子 (2009) 博物館・美術館の生物学—カビ・害虫対策のための IPM の実践—、雄山閣、174.
- 4) 川上裕司、中野敬一 (1996) 一般住宅の屋内とその近縁屋外におけるタバコシバンムシの生息調査 (第 1 報)、家屋害虫、18、1-8.
- 5) 川上裕司、中野敬一 (1997) 一般住宅の屋内とその近縁屋外におけるタバコシバン、ムシの生息調査 (第 2 報)、家屋害虫、19、4-10.
- 6) 川上裕司、加瀬泰行 (1998) 住宅と山林におけるタバコシバンムシの生息調査、家屋害虫、20、1-9.
- 7) 川上裕司、清水一郎ら (2002) タバコシバンムシから分離された真菌類、衛生動物、53、249-256.
- 8) 川上裕司、本堂朋子ら (2004) タバコシバンムシ *Lasioderma serricorne* Fabricius から分離された細菌と酵母菌、家屋害虫、26、135-143.
- 9) 川上裕司、高橋治男 (2007) *Aspergillus ochraceus* の carrier としての衛生害虫、マイコトキシン、57、47-56.
- 10) 川上裕司 (2011) 第 4 章住居に発生する昆虫と微生物との関係、住居医学 (V) (筏義人、吉田修 編)、47-67、米田書店.
- 11) Fukutomi Y., Kawakami Y., *et al.* (2011) Allergenicity and cross-reactivity of booklice (*Liposcelis bostrichophila*): A common household insect pest in Japan. *Int Arch Allergy Immunol*, 157, 339-348.
- 12) 中島正博 (2005) オクラトキシン A—その発癌性と汚染実態、マイコトキシン、55、139-148.
- 13) Nakagawa A., Kawakami Y., *et al.* (2008) Adhesion rate and the adhesion patterns of the fungi spore on the body surface of the cigarette beetle, *Lasioderma serricorne*. *J. med. Entomol. zool*, 59, 85-89.