

# 屋外からの飛来侵入虫について —微小昆虫の侵入条件に関する研究—

辻 英 明

環境生物研究会

〒607-8345 京都市山科区西野離宮町 2-1, F-409

## Small Flying Insects Invading Structures from Outdoors

Hideakira TSUJI

KSK Institute for Environmental Biology

F-409, 2-1 Nishino-Rikyu-cho, Yamashina-ku, Kyoto, 607-8345 Japan

**摘要.** 工場や商店など施設内の防虫対策のなかで、屋外から飛来侵入する昆虫に対する対策が重要であり、モニタリングトラップによる監視と、そのデータに基づく各種の施策が行われている。しかし、微小な飛翔昆虫の侵入や製品への混入は残された大きな問題の一つである。小型飛翔昆虫の室内への侵入条件に関して検討した結果では、窓やドアを閉めきった室内にも微小な昆虫の侵入がみられ、窓やドアの周囲の通常は目視できない隙間からの入り込みが確認された。その主要因は排気用換気扇の稼働による室内空気の陰圧化に伴う吸い込みであった。さらに、目視できる程度の隙間のある窓からの吸い込みによる侵入も顕著で、夜間の点灯による誘引よりは影響が大きかった。これらのことは、施設の窓、ドア、壁、床、天井など不特定多数の隙間から微小な昆虫が吸い込まれて侵入することを示している。逆に市販の給気用換気扇に防虫用のフィルターを追加装着して室内に給気すると、問題の微小昆虫の侵入はほとんど防止できた。

**キーワード:** 混入昆虫, 微小飛来昆虫, 光と換気の影響, 換気扇

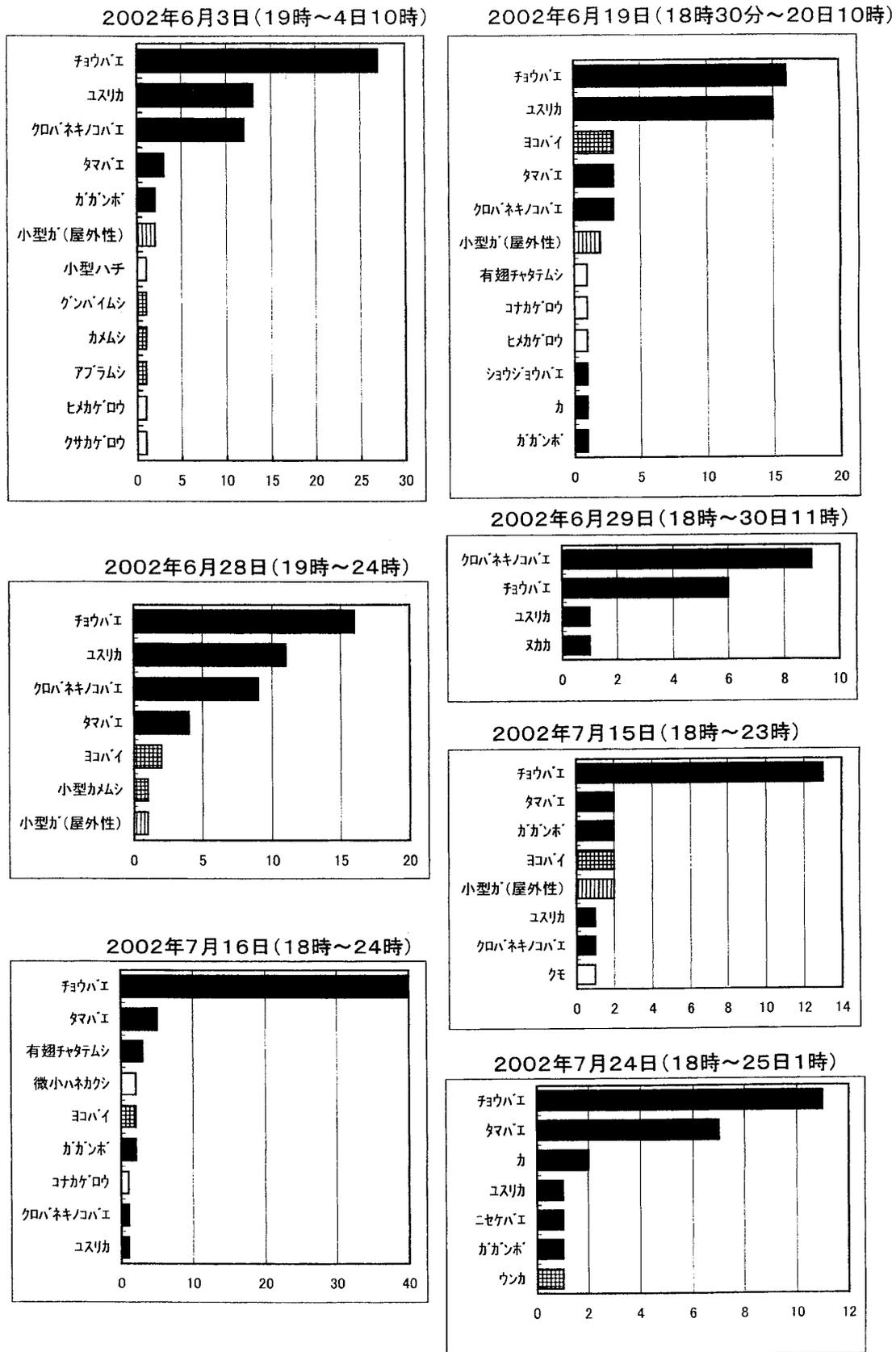
**Key words:** contaminant insects, small flying insects, influences of light and ventilation, ventilation fan

医薬品、食品、包装材料、精密機器部品などの工場における製造工程で昆虫が製品に入り込み、混入異物として大きな問題となる可能性がある。企業にとって、工場における昆虫をはじめとする異物の混入防止対策が必須であり、多様な努力が払われている。もちろん、一般家庭においても食品をはじめ、開封後に利用しつつある各種商品に昆虫が入り込んだり、発生したりすることが少なくない。

### 飛来侵入する昆虫

製品に昆虫が混入する経路は昆虫の種類により様々で、発生侵入経路として便宜的に内部発生、歩行侵入、排水系、人為搬入、飛来などに分けられる場合がある(平尾, 1980; BELLO, 1997)。

屋外から屋内に飛来侵入した昆虫の調査例を図1に示す。これは2002年6~7月に窓の隙間(幅7 mm, 長さ30 cmの7列)から侵入した飛翔性小昆虫で、7回の調査結果(後述する実験で得られた昆虫)である。これらはハエ目に属する昆虫が圧倒的に多く、カメムシ目、チョウ目がそれに続いている。ハエ目の中でもチョウバエ、タマバエ、ユスリカ、クロバネキノコバエが多く、我々の



ハエ目
  カメムシ目
  チョウ目
  その他のグループ

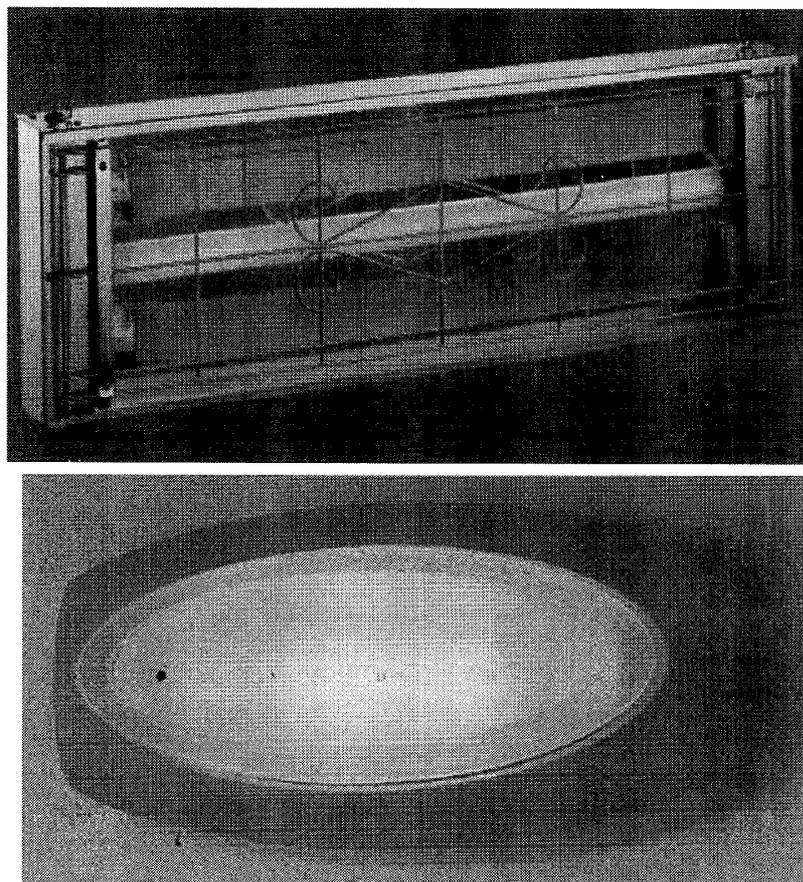
図1 屋外から室内に飛来侵入した小昆虫の調査例 (辻・他, 2004)  
 (後述の実験の一部で得られた結果)

現場経験や文献上（三井，1990）で工場製品に多くみられる混入昆虫のうち特に屋外からの飛来侵入による主要昆虫とよく一致している。

工場としては常々製造工程付近で発見される昆虫を監視すること，すなわちモニタリングすることによって，混入の危険を評価予知し，混入事故の発生以前に対策を講ずることが大切である．工場内にみられる昆虫のモニタリングの結果，屋外への出入り口付近や壁や窓の隙間付近において多くの屋外性飛翔昆虫が恒常的に検出される．これらは工場製品に混入する種類と一致し，一般住宅周辺から屋内への侵入昆虫とも共通点が多いと言える．こうした事実は，工場製品への異物混入対策上，屋外昆虫の屋内への侵入防止が非常に重要であることを示している．

### モニタリングおよび捕獲用のトラップ

これらの昆虫は走光性があり，工場内の照明，特にそれに含まれる紫外線によって誘引されることが侵入の大きな原因の一つとされる．逆に，屋内に誘引性 UV ランプと粘着紙とを組み合わせた捕獲トラップ（粘着ライトトラップ，**図 2**）を屋外からは見えないように設置することで，屋内に侵入した昆虫を有効にモニタリングすることができる．このトラップは，すでに侵入してしまった昆虫に対する有効な防除対策でもある．しかし，光を用いない床置き式（**図 3**）や吊り下げ式の粘着トラップ（ハエ取りリボン）も，多くの飛翔性昆虫を捕獲し，屋外から昆虫を誘引する危険がない点で，重要なモニタリング手段である．これに対してフェロモンを用いる屋内トラップは，屋内で発



**図 2** 走光性飛来昆虫を誘引捕獲する粘着ライトトラップ  
 上：近紫外線ランプとその上下に粘着リボンを取り付けた露出型  
 下：ランプと粘着リボンが散光板でカバーされ，捕殺昆虫が見えない型

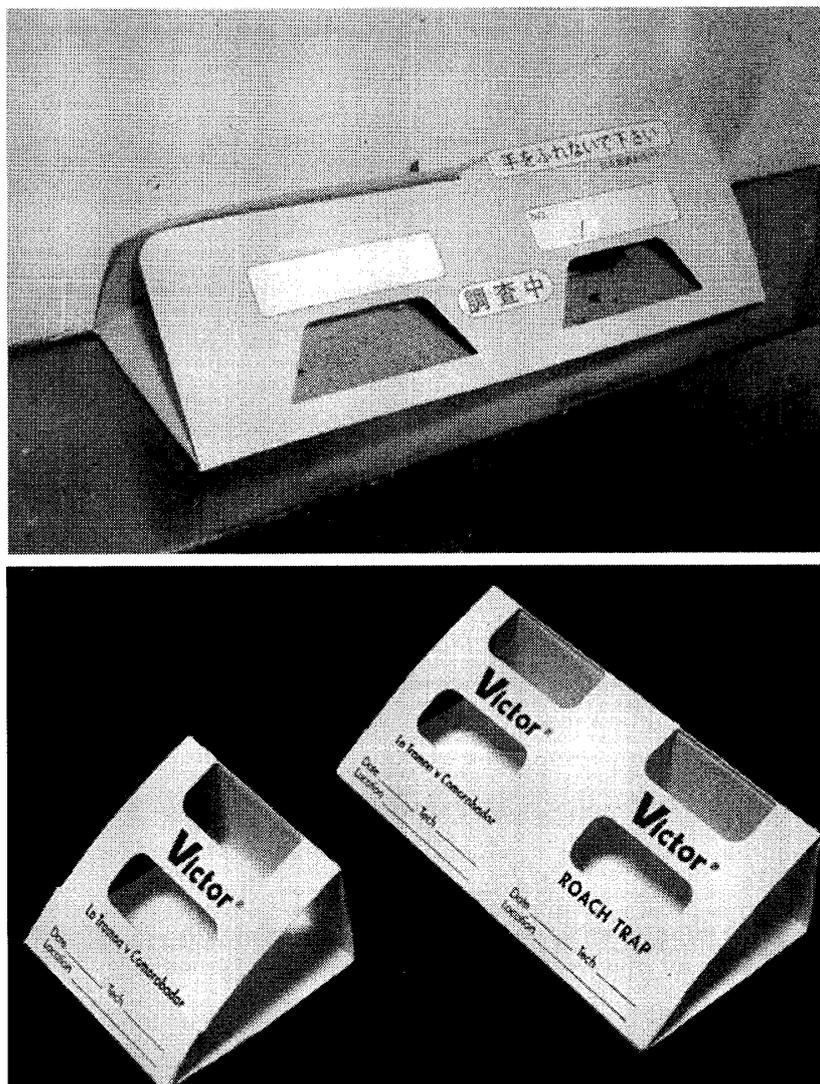


図3 光を用いない床置き式粘着トラップ（紙製組み立て式、使い捨て）  
上：粘着面 10 cm×20 cm、断面高さ 5 cm のピラミッド型  
下：粘着面 6 cm×13 cm とその半裁型、断面高さ 3 cm 直角三角形

生する特定の食品害虫の検出に利用されている。

### 飛来侵入昆虫対策

モニタリング用トラップに捕獲された昆虫の種類が判り発生源が特定できれば、発生源の除去や殺虫剤による処理が可能である。しかし、屋外からの飛来侵入虫の場合は、たとえば家屋近くで発生していてもすべての発生源を確認することができなかったり、遠距離かつ広範な区域から飛来するものもあり、発生源対策が困難な場合が多い。そのため通路や窓の開放防止、前室による多重ドアの採用、出入り口の高速シャッターやエアカーテンの採用、虫を誘引する光（特に波長 300~400 nm の近紫外線）の遮断、窓への防虫網の採用、屋外に通ずる隙間の封鎖などの侵入防止手段が重要となっている。管理システムの優良な工場では、解放されている出入り口付近を除いて、これらの手段により重要な生産工程ゾーンにおいて大型～中型の飛来昆虫が検出されるようなことは少ない。問題はこのような手段を尽くしてもなおかつ侵入や混入する微小な昆虫である。

### 閉じられた窓やドアから侵入する微小昆虫

現実には、上記の幾多の手段によっても、なおかつユスリカやチョウバエなどをはじめとする微小昆虫の侵入を防ぎ切れない悩みがある。その対策を考えるために、2002年5月に埼玉県下の住

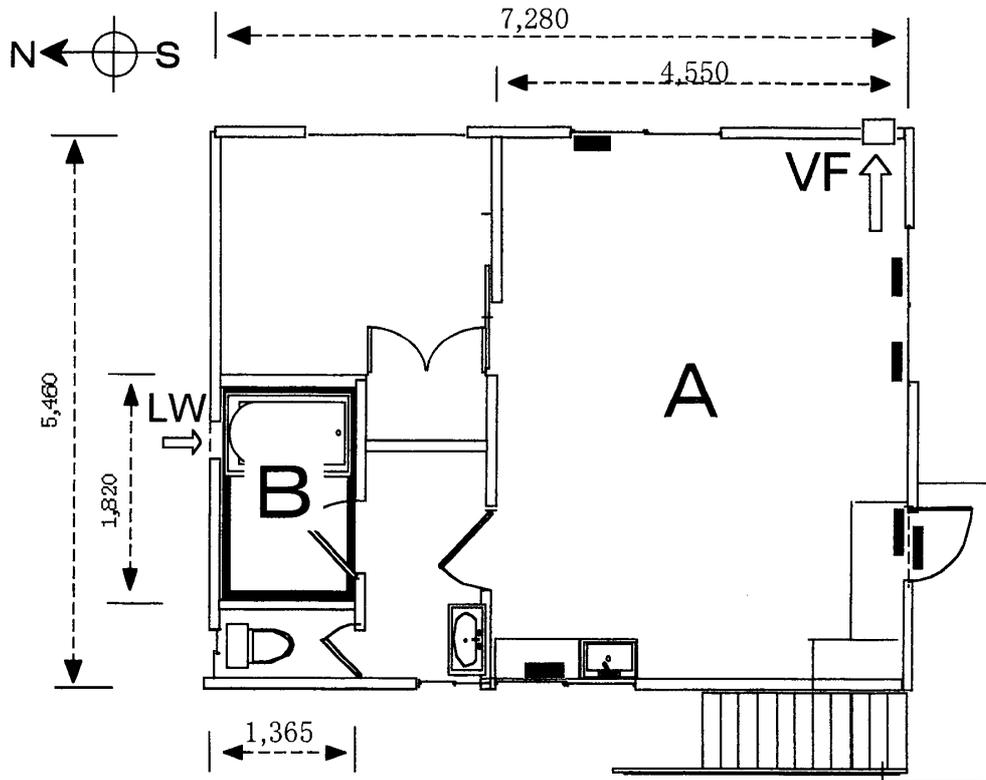
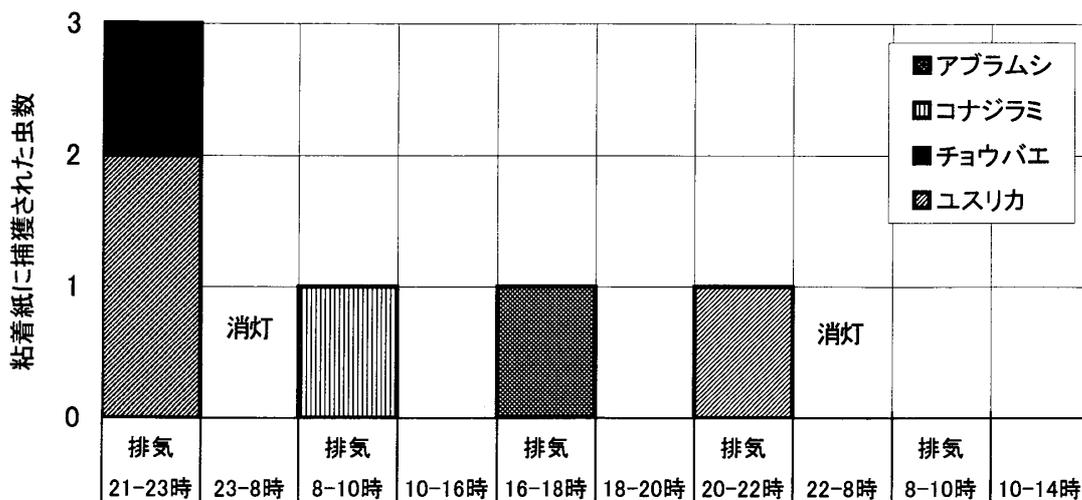


図4 侵入する微小昆虫を調査した家屋の1階平面図 (寸法はミリメートル) (辻, 2003a)  
 A: A室 (事務室) B: B室 (浴室) LW: ガラスよろい窓 VF: 排気型換気扇  
 ■: 粘着板 (窓の縁では斜め下向き, ドア下床と郵便受けでは上向き)



#### 5月24日21時から26日14時までの経過

図5 ドアや窓を閉めきった状態でA室内の粘着紙に捕獲された昆虫数の経過 (辻, 2003a)  
 排気: A室の換気扇が稼働し排気していた時間  
 消灯: 消灯と記入された時間以外はA室内の照明が連続点灯されていた時間

宅地において窓とドアを閉めきった家屋の窓枠やドア付近に粘着板を設置し（図4）、夜間の飛来侵入昆虫を調べたところ以下の結果を得た（辻，2003a）。

すなわち、一階事務室（A室とする）の通常の窓（引き戸式）やドアを閉めきっておいても、窓やドアの周囲には僅かの隙間があり、微小な昆虫が侵入した。しかも、それらの侵入は、上記A室に設置された排気用の換気扇が稼働し、室内の気圧が低下している場合にだけ起こり（図5）、付近を飛行中か窓ガラスを含む外壁上で歩行あるいは静止している虫が吸い込まれたものと言える。これらの昆虫は体長1mm前後と微小な種類（チョウバエ、ユスリカ、アブラムシ、コナジラミ）で、閉じられた窓やドアの隙間や、通常の防虫網の目を容易に通過するものとみられる。

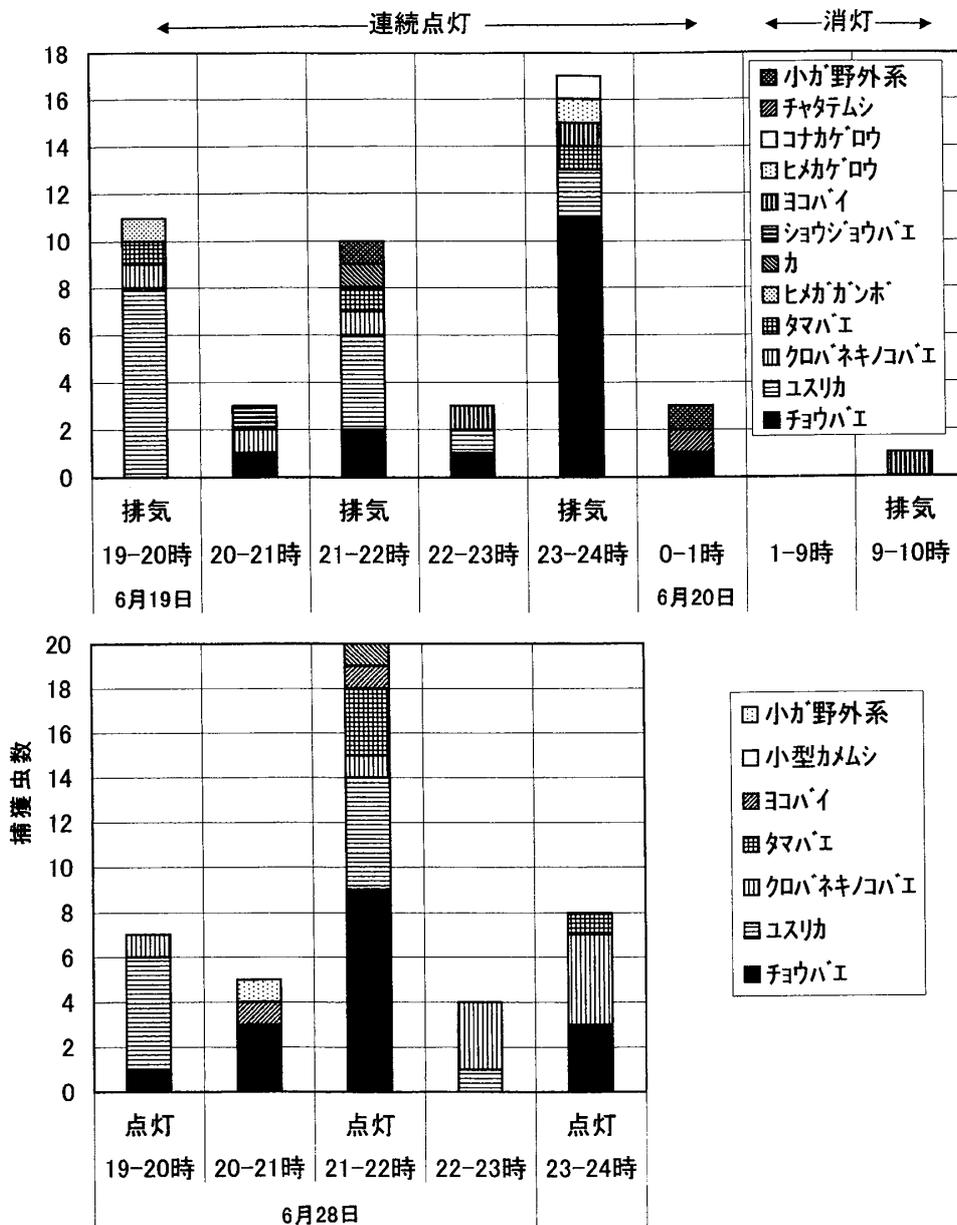


図6 ガラス窓の7mm幅の隙間からB室に侵入した昆虫の捕獲調査例（辻，2003b）  
 上：A室換気扇の稼働による排気と停止を繰り返した結果  
 下：A室換気扇を連続稼働（排気）し、B室内の点灯と消灯を繰り返した結果

### 7 mm 幅の隙間のあるガラス窓からの侵入

2002年6~7月の夜間に上記の家屋の浴室(B室とする)で、7枚の型板ガラスを重ねた65 cm×30 cmのよろい窓を不完全に閉め、ガラス同士の間を7 mmの隙間を作って、そこから侵入する昆虫を吸虫管で採取して調べた。すると、侵入昆虫は小型ながら体長数 mmのものまで認められ、やはり(近接するA室の)換気扇の稼働の影響により、上記窓の隙間から吸い込まれる昆虫が多いことが判った(辻, 2003b)。

室内の照明を連続点灯して、換気扇による排気とその停止を繰り返し、侵入昆虫数を比較したところ、排気時の侵入数増加は停止時の3.1倍および4.2倍(各実験日の平均)であった(図6上, 4.2倍の例)。一方、連続排気して、室内照明の点灯と消灯を繰り返し侵入昆虫数を比較したところ、消灯時間中も少なからぬ侵入が認められ、点灯時の侵入数増加は消灯時の1.2倍および2.6倍に止まった(図6下, 2.6倍の例)。この場合、数 mm幅の隙間からの小型昆虫の侵入には、照明による誘引よりも(換気扇の排気による)室内の気圧低下による吸い込みの影響の方が大きかったと言える。

### 侵入昆虫の脱出

2002年5月に上記家屋B室(浴室)内に侵入し滞在する昆虫を目視により計数のみを行い、捕獲せず放置してその増減を観察したところ(辻, 2003a)、換気扇の排気時間に滞在虫数が急増し侵入虫数が多かったことを示したばかりでなく、換気扇の停止時間中に滞在虫数が著しく低下し、いったん侵入した昆虫がその間に屋外へ脱出することも示された(図7)。これも、室内への侵入昆虫数の維持に、換気扇の影響による吸い込みが大きな役割を果たしていることを示すものである。この

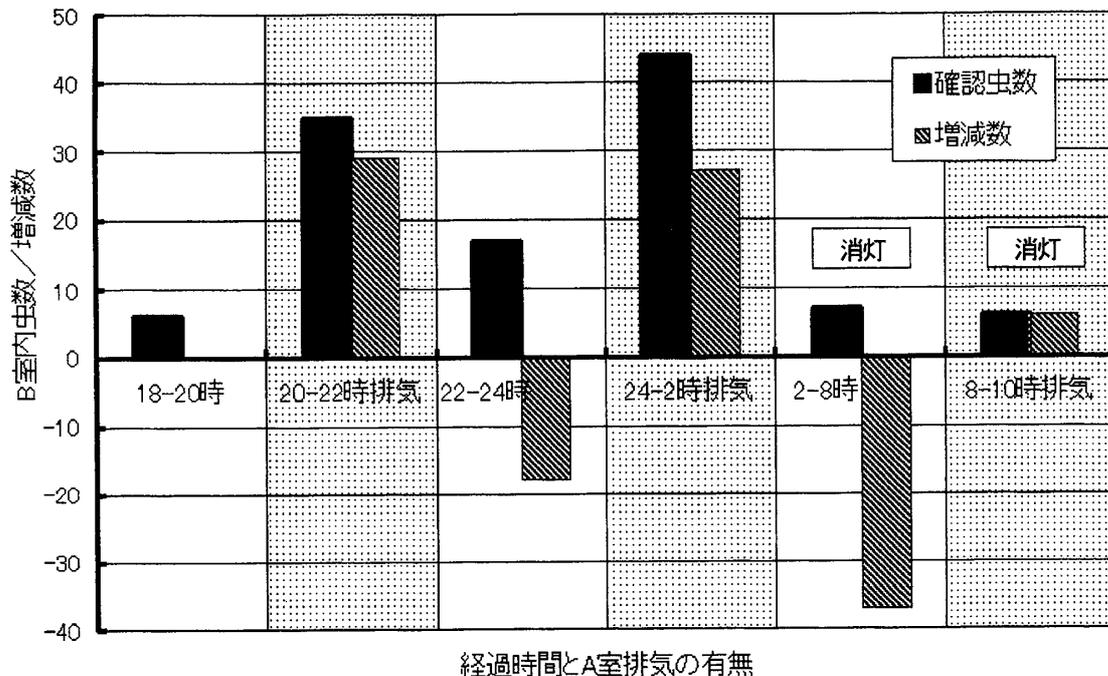


図7 B室内に滞在していた昆虫の個体数の変化(2002年5月26日~27日10時の間)。昆虫は26日18時~27日2時の間は捕獲せず計数(出入するに任せ)、その後は捕獲回収(辻, 2003a)  
排気: A室の換気扇を稼働させ排気していた時間  
消灯: 消灯と記入された時間以外は室内の照明を連続点灯していた時間

脱出は、隣家の照明が明るいため、室内から窓明かりとして感知される状態であったためであろう。

### 侵入昆虫の粘着ライトトラップによる捕殺

工場内に侵入してしまった飛翔性昆虫を粘着ライトトラップで誘引し捕殺することは製品への混入を防止する手段として有効であるが、短時間のうちにどの程度の割合で捕殺できるのか明らかでなかった。そこで2003年7~8月に前記家屋B室(浴室)内に粘着ライトトラップを設置し、近接A室の換気扇を稼働したまま粘着トラップに捕獲された侵入昆虫を(実験終了後に)数え、それ以外の(壁や床などに静止あるいは活動している)侵入昆虫は1時間ごとに吸虫管で捕獲回収し、これらの侵入個体数合計の中で占める粘着ライトトラップ付着個体数の割合を調べた(辻・他, 2004)。

その結果、侵入個体のすべてが粘着ライトトラップに捕獲された種類から、全く捕獲されずに室内で壁や床に静止あるいは飛翔を続けていた種類まで、その程度はいろいろであった(図8)。室内に入ってから粘着ライトトラップに捕獲されやすい種類ないしグループは、ノミバエ、ヨコバイ、小型カメムシ、小型ハネカクシなどで、捕獲されにくかったのはオオチョウバエ、セスジユスリカ、ガガンボ類、コナジラミ類などである。チョウバエやユスリカのグループ内でも種による差があり、相対的にみると小型チョウバエと小型ユスリカは粘着ライトトラップに捕獲されやすく、オオチョウバエやセスジユスリカは捕獲されにくい傾向を示した。

これらの結果は、一旦侵入した後、粘着ライトトラップに直ちに飛来せず、周囲を飛翔や歩行、あるいは静止したりする昆虫個体も少なくないことを示す。したがって、製造工程で飛来昆虫の混入を防止するためには、トラップのみに頼らず、まずは施設内や重要ブース内への侵入を防止することが最も重要であると言えよう。

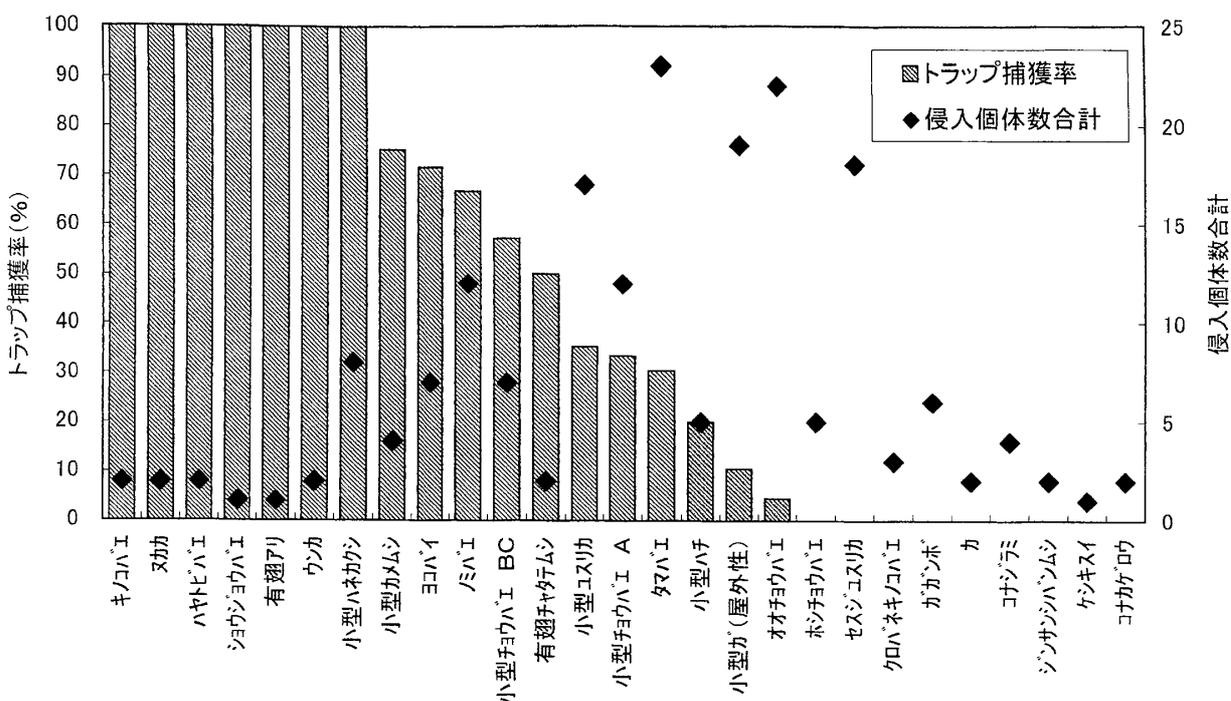


図8 各昆虫グループの侵入個体数合計と、室内粘着ライトトラップの捕獲率% (2003年7~8月) (辻・他, 2004)

## 防虫ファンの効果

以上の事実から、飛来昆虫の侵入を防ぐために窓やドアを閉めきったり、それなりに隙間を少なくした室内に微小な昆虫が入る主要因が、(排気用)換気扇稼働(室内陰圧化)に伴う隙間からの吸い込みであることが容易に理解できる。上記の実験のように外部に通じる隙間が狭い場合には、飛来する微小昆虫の侵入に対する吸い込みの影響は、照明の点灯による誘引よりも大きいことも示されたと言える。そこで市販の給気用(陽圧型)換気扇に防虫用フィルターを追加装着してA室に設置し室内に給気することを試みたところ(図9)、これらの微小昆虫の侵入を有効に防止できた(辻・菅野, 2003)。

すなわち、2002年6~7月に前記家屋B室(浴室)において行った夜間の実験1の中で、(隣接A室の)排気用換気扇の稼働を5回行い5回とも飛来昆虫が侵入した(合計17個体)のに対し、5回の給気用換気扇の稼働中の侵入個体数はゼロであった。さらに繰り返し実験2の中で、排気用換気扇の稼働を2回行い2回とも昆虫あるいはクモが侵入(合計23個体)したのに対し、3回の給気用換気扇の稼働中には1個体(微小なヨコバイ)のみであった。しかも、これは排気用換気扇の稼働中に入った個体のうち見落とされたものが残っていた可能性が高い。

従来、精密機器・部品工場や微生物防止操作の必要な施設などでは、高性能のフィルターと大規模な装置によるクリーンルームシステム(シーエムシー, 2001)による微細浮遊物防止が図られているが、このようなシステムは高いコストを必要とする。小型昆虫の屋内への飛来侵入防止が主目的の場合、クリーンルームシステムのような高コストを要する対策でなく、換気扇を給気用のものに変更するという低コストの対策で対応できる可能性が示されたと言えよう。

しかし、防虫の観点からみると市販の給気用換気扇そのままでは不十分で、屋外からの大型昆虫やゴミ、あるいは雨滴の吸い込み排除、取り付け壁との間の密閉性など改善が必要である。ちなみに、屋外側に大型昆虫防止用の金網フィルターを追加装着しても、換気扇モーター部の温度上昇は1℃に止まり、負荷の増加は少なかった。電気器具については使用者の勝手な改造は許されないが、

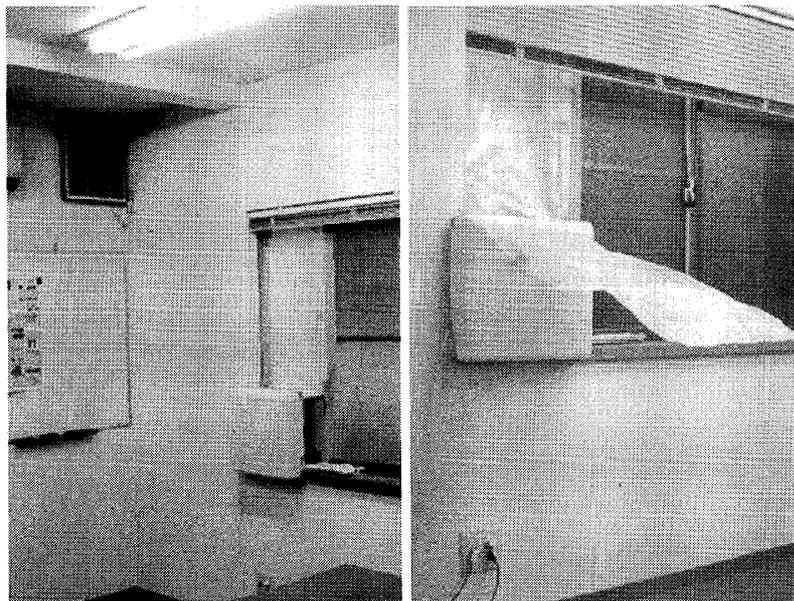


図9 A室の排気用換気扇と、追加設置した給気用換気扇  
左: 天井近くの排気用換気扇と窓枠に追加設置した給気用換気扇  
右: 給気用換気扇の稼働状態(取り付けしたビニール膜が空気の流入状態を示す)

メーカーとしては、防虫の目的に応ずる、より合理的な給気用換気扇の開発が十分可能と思われる。

## 文 献

- BELLO, P., 1997. Occasional invaders. "Handbook of Pest Control" (ed. Mallis, A.): 1021-1058. Mallis Handbook & Technical Training Company, USA.
- 平尾素一, 1980. 医薬品工場における防虫対策の実際. 第3回医薬品の製造と品質管理シンポジウム抄録: 27-32.
- 三井英三, 1990. 食品工業と害虫. 240 pp. 井上書院, 東京.
- シーエムシー編集部, 2001. クリーンルームと機器・材料. 284 pp. シーエムシー, 東京.
- 辻 英明, 2003a. 異物昆虫の屋内侵入条件に関する実験的研究 —窓やドアの隙間からの出入り—. ペストロジー学会誌 **18**(1): 25-30.
- 辻 英明, 2003b. 昆虫侵入条件に関する実験 —照明, 換気の影響—. 家屋害虫 **25**(1): 1-6.
- 辻 英明・菅野格朗, 2003. 飛翔性小型昆虫が室内に侵入する条件に関する実験 —給気用(陽圧型)換気扇の防虫効果—. ペストロジー学会誌 **18**(2): 113-116.
- 辻 英明・菅野格朗・片山淳一郎, 2004. 小型飛翔昆虫の室内への侵入傾向と粘着ライトトラップへの反応. ペストロジー学会誌 **19**(1): 投稿中.

### 引用文献論文の正誤表

論文掲載雑誌	ページ	誤	正
ペストロジー学会誌 <b>18</b> (1): 25-30	29 ページ写真 4	コロバネキノコバエ	クロバネキノコバエ
家屋害虫 <b>25</b> (1): 1-6	1 ページ本文 2 行目	2001 年	2002 年 5 月