

未開封ペットボトルキャップ内に侵入したノミバエ科昆虫

儀同清香 長島典夫 三宅定明 今井浩一 成澤一美
大嶋綾*¹ 竹内由香子*² 酒井孝洋*³

Pupae of phorid flies (Phoridae Diptera) invading inside of the PET bottle caps

Sayaka Gido, Nagashima Norio, Sadaaki Miyake, Kouichi Imai, Kazumi Narisawa
Aya Oshima, Yukako Takeuchi, Takahiro Sakai

はじめに

ノミバエ科 (Phoridae) は昆虫綱双翅目の中でも小型のハエを含む科で、日本国内で25属117種が記載されている。頭部は小型で後脚がよく発達し腿節が太くて扁平である¹⁾。家屋内で発生する種としてスジアシノミバエ属のオオキモンノミバエ (*Megaselia spiracularis*) とクサビノミバエ (*Megaselia scalaris*) が代表的である。この2種はいずれも腐食した動植物質を好んで食する¹⁾。

埼玉県内の保健所において県民から「ペットボトル飲料 (500 mL) のキャップ内側部 (スクリュウ部分) に昆虫の蛹らしき異物がある」との申し出を受けた。申し出者は段ボール製のケースで当該品を購入していたため、同一ケース内の未開封のペットボトルを保健所職員立会いの下に開封し、キャップの内側に蛹様異物があることを確認した (図1)。当該異物から羽化した昆虫を同定検査したところ、ノミバエ科の成虫であった²⁾。この件を受け、当該ノミバエ科昆虫は幼虫時期にキャップ内に侵入し蛹化したと仮定する再現実験を行い、さらに侵入を防止するようなペットボトル形状や外部要因等を検討したので報告する。

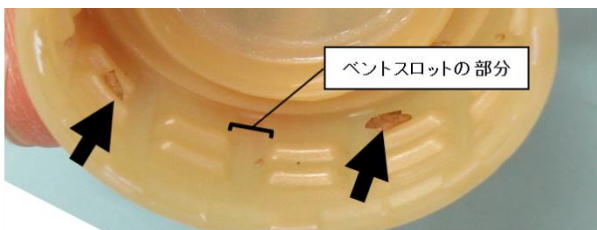


図1 県民から申出のあった混入事例の写真
黒矢印：蛹

材料および方法

1 供試虫

クサビノミバエを用いた。これは当所内で動物用飼料粉末と小麦フスマと水を1:1:1に混合したものを培地として

50 mL の遠沈管内において、気温約 25°C、湿度約 60%、16 L8D (16 時間明期、8 時間暗期) の条件下で累代飼育しているものである。成虫を培地と接触させてから 5 日後の幼虫には、採餌を停止し蛹化する場所を探して動き回るワンダリングという行動が観察され、この時期の幼虫を供試した。

2 供試飲料

4 種類のペットボトル飲料を使用した。いずれも容量は 500 mL で、飲料の内容およびキャップの形状は以下の A～D のものを使用した。

- A 緑茶飲料：県民から申出があったものと同一銘柄。キャップ下部リングとボトル本体の間に間隙がある。
- B コーヒー飲料：リング部分とボトル本体の間隙が A より狭くなっている。
- C ミネラルウォーター：リング部分とボトル本体の間隙が A より狭くなっている。
- D ミネラルウォーター：キャップ部分からボトルの首の部分までがシュリンクフィルムで覆われている。

3 再現実験

(1) ペットボトルキャップの形状別の比較

ダンボール箱 (32×20×27 cm) の中に未開封のペットボトル飲料を 2 本ずつ並べ、クサビノミバエの幼虫約 400 頭を培地ごと箱の中に振りかけた。箱内にはおんどとり (T&D 社製) を置き、温度と湿度をモニタリングした。ダンボール箱の蓋をテープで止め、プラスチック製の蓋付き衣装ケースに入れ、すべての幼虫が蛹になる 6 日程度静置した後、ペットボトル飲料を取り出し、キャップ部分に侵入している蛹の数およびペットボトル外部に付着している蛹の数をカウントした。この実験を A～D のペットボトルについて 2 本ずつ行った。

(2) 湿度条件による比較

ペットボトル A のみを用い上記 (1) と同形のダンボール箱の中に 3 本ずつ並べ、幼虫約 400 頭を培地ごと振りかけた。湿度条件は高湿区と低湿区とし、高湿区には衣装ケー

*¹ 狭山保健所 (現 朝霞保健所) *² 狭山保健所 *³ 狭山保健所 (現 食品安全課)

ス内に水で湿らせたキムタオル（日本製紙クレシア社製）をダンボール箱との隙間に置き加湿した。ダンボール箱におんどり（T&D社製）を置き、温度と湿度をモニタリングした。すべての幼虫が蛹になる6日程度静置後にペットボトルを取り出し、キャップ内部に侵入している蛹の数およびペットボトル外部に付着している蛹の数をカウントした。この実験を高湿区および低湿区についてペットボトル3本ずつ、2回試行した。

4 X線CT三次元測定機によるペットボトル口部の形状測定

県民から申出のあったペットボトルと同一銘柄のペットボトルのキャップ部分を未開封の状態にてX線CT三次元測定機により断面図を撮影した。併せて間隙の大きさを測定した。

結果及び考察

1 再現実験

(1) ペットボトルキャップの形状別の侵入数の比較

キャップの形状別の侵入実験の結果を表1に示す。各種のボトル2本に確認された蛹の数の合計を侵入数とし記載した。キャップ内部に侵入していた蛹は、リング部分とスクリー部分に分けてカウントした（図2）。

実験期間中のダンボール箱内の温度は19.5～26.6℃、湿度は65～90%であった。Aではリング部分とスクリー部

表1 ペットボトルキャップの形状別の侵入数の比較
単位：頭

ペットボトル	キャップ内部		容器外装への 付着数
	リング部分	スクリー部分	
A	11	10	102
B	0	0	265
C	4	0	161
D	0	0	284

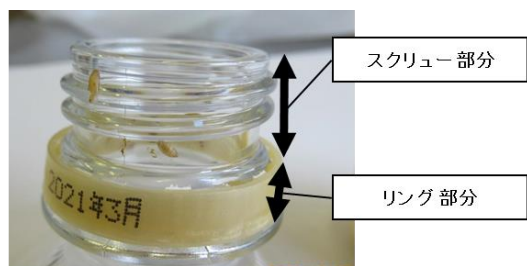


図2 ペットボトルキャップ部分のスクリー部分とリング部分

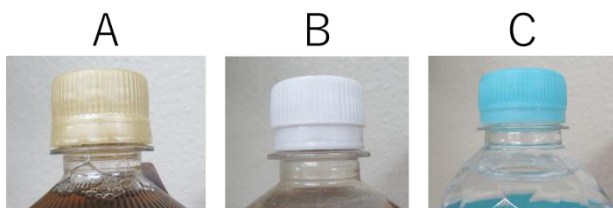


図3 実験で使用したペットボトルキャップの形状（Dは商品名が記載されているため写真なし）

分にそれぞれ11頭、10頭の蛹を確認した。BおよびDのペットボトルではリング部分、スクリー部分のいずれにも蛹は侵入していなかった。Cではリング部分に4頭の侵入を認めたが、スクリー部分には蛹はなかった。

この再現実験により、Aのペットボトルにおいて保健所への申出と同様の事象が観察されたことから、キャップ内部にノミバエ科の幼虫が侵入し、そこで蛹化することが明らかとなった。Aのリング部は外見上はキャップ部と同等の幅であるのに対し、BとCのタイプはどちらもリング部分がキャップ部よりも狭まるタイプであり（図3）、リング部が狭まることでスクリー部への幼虫の侵入が阻止されているものと推察されるが、リング部分までは侵入しうることが示された。

なお、保健所に申出のあった事例については、保健所職員が聞き取り調査を行い、当該品の購入時期とその時期の気温、およびオオキモンノミバエの発育期間から、購入後の保管時に混入したものと判断された²⁾。

Dではキャップ内部のリング部、スクリー部のいずれにも蛹は確認されなかった。このことから飲み口部分をシュリンク包装することで幼虫のキャップ内部への侵入を阻止できる可能性が高まるものとみられた。宮ノ下³⁾によればノシメダラメイガ (*Plodia interpunctella*) の幼虫はワンダリング行動中にシュリンク包装の空気抜き穴をかじり、穴を広げて容器とシュリンクフィルムの隙間に侵入し、そこで蛹化することを報告している。クサビノミバエの幼虫を用いた本研究においてはシュリンク包装の破損は観察されず、シュリンクフィルムの隙間への幼虫の侵入も認められなかった。ノシメダラメイガの幼虫は合成樹脂製の容器包装を齧って穿孔し、内部に入りこむことも報告されている⁴⁾。食害する食品も米粒やナッツ類など硬いものが多いためその口器は齧ることができる構造となっているとみられる。これに対しクサビノミバエの幼虫は栄養源として腐食した動物質といった水分量が豊富であるものをその栄養源としているため、シュリンクフィルムを齧ることができない口部の構造であることからこのような結果となったと推察される。

(2) 湿度条件による侵入数の比較

湿度条件を変えて侵入実験を行った結果を表2に示す。湿度条件は高湿区と低湿区とし、Aのボトル3本ずつを用いた侵入実験を2回繰り返した。実験期間中のダンボール箱内の温度は26.5～27.0℃、湿度は高湿区では80～90%、

表2 湿度条件による侵入数の比較
単位：頭

湿度条件	キャップ内部		容器外装への 付着全数	
	リング部分	スクリー部分		
高湿区 (80～90%)	1回目	10	13	226
	2回目	6	7	111
	合計	16	20	337
低湿区 (25～27%)	1回目	0	0	24
	2回目	3	0	65
	合計	3	0	89

低湿区では25～27%であった。高湿区ではリング部分、スクリー部分のいずれにも蛹が確認され、その数は2回試行の合計でリング部分が16頭、スクリー部分が20頭であった。一方、低湿区では1回目の侵入数はリング部、スクリー部いずれも0頭であった。2回目にリング部分に3頭の侵入が確認され、スクリー部への侵入は0頭であった。ペットボトル外装への蛹の付着は高湿区が2回試行の合計で337頭、低湿区では89頭であった。

高湿区では幼虫はペットボトルを並べたダンボール箱に投入されたのち、蛹化に適した場所を求めて動き回るワンダリング行動をとり、その一部はキャップ内部へ侵入し、一部は外装へ付着したとみられる。一方、低湿区は高湿区と比べてキャップ部分への侵入数が少なく、外装への付着も少ないことから、低湿区において幼虫はペットボトルを並べた段ボールに投入された後、ほとんど動き回ることなくその場で蛹化したとみられる。

本研究の結果から、湿度条件が当該幼虫のワンダリング行動を行う時間の長短に影響する要因である可能性が示唆された。すなわち、高湿区においては幼虫がより乾燥し、かつ蛹となる虫体を固定しやすい場所を求めてワンダリングを低湿区と比べて長時間続けた結果、キャップ内側まで侵入し蛹化したと考えられる。このことはペットボトル外装に付着した蛹がボトル外装の溝に対して平行になるように並んで蛹化していたこと(図4)やラベルフィルムの内側に蛹が認められたことから推察される。



図4 高湿区のペットボトルの外装に認められた蛹(白矢印)

2 X線CT三次元測定機によるペットボトル口部の形状測定

ペットボトルキャップの断面図を図5に示す。当該品およびAのキャップの内側にはベントスロットというボトル内部の圧を逃がすための溝が設けられていた(図1)。ベントスロットとそれのない部分ではボトル本体とキャップの間隙が異なる。ベントスロットのない部分はキャップ内部のスクリー構造と接しているため間隙はないが、ベントスロット部では間隙がある。さらにリング部の内側においてもフラップとブリッジと呼ばれる、開封時に口突部に引っ掛かることでキャップ本体とリングを切り離すための構造がある。これも数か所途切れて本体と間隙を作っていた。

ベントスロットとリング内部のフラップおよびブリッジが途切れている部分の間隙の大きさはそれぞれリング内

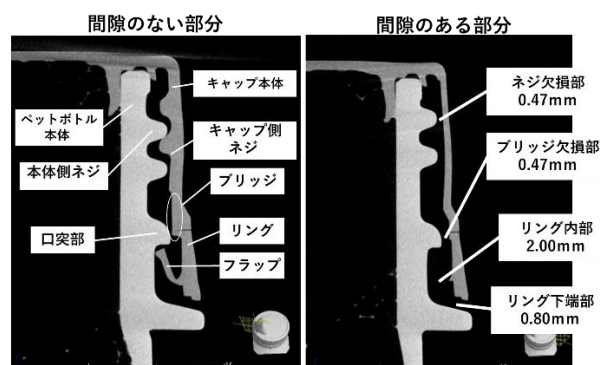


図5 X線CT三次元測定機によるペットボトル口部の形状測定
画像：埼玉県産業技術総合センター

部で2.00 mm、ブリッジ欠損部では0.47 mm、ネジの欠損部では0.47 mmとなっていた(図5右)。当所で保有するクサビノミバエの3齢幼虫の標本10頭について虫体の最大幅の部分を計測すると1.3～1.6 mmであったが、間隙は最小の部分で0.47 mmとなっており、ノミバエ科の幼虫は体を伸縮させることで最低でもこの間隙の大きさがあれば侵入することが可能とみられた。

まとめ

保健所への申出および再現実験からノミバエ科の幼虫が未開封状態のペットボトル飲料のキャップ部に侵入することが明らかとなった。侵入を阻止する条件として、次のような点が有効と考えられた。すなわち、a)キャップリングがキャップ部よりも狭まる構造であること。b)キャップ部がシュリンク包装されていること。c)未開封でも低湿度の環境中で保管すること、の3点である。

キャップ内部の測定結果からは、リング内部の間隙とベントスロットがあることで幼虫の侵入を容易にしていることが明らかとなった。最低でも0.47 mmの間隙で侵入を許すことから、容器の製造にあたり間隙を設ける際の参考となるものと考えられた。

文献

- 1) 中山裕人：新訂原色昆虫大圖鑑．Ⅲ，456-458，北隆館，東京，2008
- 2) 大嶋綾，酒井孝洋，竹内由香子：ペットボトルキャップ内にノミバエ科昆虫が侵入した事例．食品衛生研究，73(3)，41-45，2023
- 3) 宮ノ下明大，今村太郎，森本彩佳：シュリンク包装した紙カップ容器へのノシメマダラメイガ終齢幼虫の侵入．日本応用動物昆虫学会誌，48(1)，33-38，2004
- 4) 篠田一孝，田中新二，吉田敏治，他：ノシメマダラメイガ *Plidia interpunctella*(Hübner) 幼虫の分散と包材への穿孔．日本環境動物昆虫学会誌，2(3)，128-132，1990