

竹筒トラップの形式が管住性ハチ類のサンプリングに与える影響

橋本 佳明^{1)*}・遠藤 知二²⁾

Effects of nest-trap types on monitoring of tube-nesting wasps and bees

Yoshiaki HASHIMOTO^{1)*} and Tomoji ENDO²⁾

Abstract

In order to establish standard nest traps for tube-nesting bees and wasps, we evaluated the efficiency and attractiveness of three different nest-trap types for sampling bees and wasps. Bundle type traps, in which 35 bamboo tubes of four sizes sorted according to diameter were bundled haphazardly, attracted less bees and wasps to nests than curtain type traps, in which bamboo tubes of each size were vertically arranged to form four ‘curtains’. The trapping efficiency of the sub-bundle type, in which bamboo tubes were bundled for each size, was similar to that of curtain type traps. Bundle and sub-bundle type traps tended to capture bee and wasp species with preference for large tube size, whereas curtain type traps were effective at capturing various species with different preferences for tube sizes. Our results suggest that the curtain type is better for trapping tube-nesting bees and wasps.

Keywords: Trap-nest techniques, Trap design, Tube-size preference, Bees and wasps, Competition

はじめに

カリバチ類やハナバチ類のなかには、穿孔性昆虫が樹木にあけた穴や折れた茎の中空部分に営巣するものがある(岩田, 1971)。これらのハチ類(管住性ハチ類)は竹垣や藁葺屋根などの人工的に設置された筒にも営巣するので、竹筒などを束ねたトラップネストを野外の適当な場所に設置して観察する手法がハチ類の調査に古くから使われてきた(Krombein, 1967; 郷右近, 1982; 市野, 1992)。管住性ハチ類は幼虫の餌として花粉、クモ、昆虫などの獲物を集めて巣に持ち帰り、さらに、幼虫の育房を作るために泥やワラ、水苔、松ヤニなどの巣材を集めるので、竹筒トラップを設置して回収すれば、それらが採取した餌や巣材の情報を通じて設置場所周囲

の環境を把握することができる。そのため、竹筒トラップはハチ類の営巣習性の研究だけでなく、自然環境評価や生態系モニタリングの研究にも使われはじめている(橋本・遠藤, 1994, 1996; 池口ほか, 1996; 須賀ほか, 2001; 橋本ほか, 2011; Matsumoto & Makino, 2011)。

竹筒トラップを環境評価の手法として考えると、調査方法は竹筒やヨシで作ったトラップを設置するだけなので、調査者の知識や技量の違いによるサンプリング誤差を回避できる利点がある。さらに、親バチが採集した餌量や次世代の繁殖率、性配分、各令期の死亡要因などのデータが回収した筒から得られるため、群集生態学的な観点や食物連鎖構造を踏まえて、より詳細な環境評価をおこなうことができる(Ebeling et al., 2012)。しか

¹⁾ 兵庫県立大学 自然・環境科学研究所／兵庫県立人と自然の博物館 〒669-1546 兵庫県三田市弥生が丘6丁目 Museum of Nature and Human Activities, Hyogo; Yayoigaoka 6, Sanda, Hyogo, 669-1546 Japan

²⁾ 神戸女学院大学 〒662-8505 兵庫県西宮市岡田山4-1 Kobe College; Okadayama 4-1, Nishinomiya, Hyogo 662-8505, Japan

* Corresponding author, E-mail: yoshiaki@hitohaku.jp

しながら、これらの利点をもつ竹筒トラップ手法を環境評価法として汎用性のあるものにするには、トラップネストの形状や設置方法が管住性ハチ類の誘引性や営巣活動にどのように影響するのかなど、基礎的な知見を集積し、スタンダードとなる調査方法を確立する必要がある。たとえば、管住性ハチ類では営巣に選択する孔のサイズ幅に種特異性があることが知られており (Danks, 1971; Budriené, 2004), 多くの管住性ハチ種を誘引するために口径サイズの異なる筒を混在させてトラップネストを作成することは従来から行われてきた。しかし、口径サイズの異なる筒をどのように配列、編成すれば管住性ハチ類のサンプリングに適したトラップネストになるのかについての検討は、これまでほとんどおこなわれていない。管住性ハチ類では異種や同種間で営巣孔の奪い合い、獲物や巣材の盗み合いがおこることが報告されており (Tepedino & Torchio, 1994; Vinson & Frankie, 2000), そのような営巣個体間の干渉が高い場合には営巣孔を放棄するなどの行動が見られることも知られている (Morato & Martins, 2006)。これらのことから、トラップネストの形状によっては営巣個体間の干渉が高くなり、実際に生息する種数よりも少ないハチ類しかサンプリングできないことも起こりうる。そこで、本論文では、筒サイズの配列と編成をかえた3形式のトラップネストを同地点に設置し、出現種数や採集効率、筒サイズの利用様式の違いを調べることで、管住性ハチ類のサンプリングに最適なトラップ形式の検討を試みた。

方 法

トラップの構成

トラップには一端が開口し、他端が節となった長さ15cmの口径16mmのメダケ5本 (Lサイズ), 同10mmのメダケ10本 (Mサイズ), 同6mmのメダケ10本 (Sサイズ), 同4mmのヨシ10本 (SSサイズ)の合計35本を一基として用いた。これら1セット35本の竹筒を用いて、以下の3つの異なる形式のトラップを作成して、40調査地点にそれぞれ設置した。

- 1) 大バンドル式: 口径の異なる竹筒35本をランダムにひとつに束ねたものを各調査地点に設置 (図1A)。
- 2) 直列式: 竹筒を各口径サイズ別にすだれ状に編成した4組のトラップを一基として各調査地点に設置 (図1B)。
- 3) 小バンドル式: 竹筒を各口径サイズ別にひとつに束ねた4組のトラップを一基として各調査地点に設置。

すべての形式とも、筒の入口 (節の反対側) が片方の

側にそろうように向きを統一して作成した。なお、管住性ハチ類の竹筒トラップ利用頻度は、トラップ設置密度が低いほど高くなることがわかっている (遠藤・橋本, 1994), 3形式のトラップを一度に同じ場所に設置するのではなく、大バンドル式と直列式、小バンドル式と直列式の組み合わせで、2回にわけて設置し比較をおこなった。

設置方法

トラップは西宮市南部の山地部から平野部にかけての地域で40地点を選び、各調査地点の別々の木に設置した。調査は1998年と1999年に行い、98年には大バンドル式と直列式トラップをそれぞれ各1基ずつ40カ所の同じ調査地点に設置した。99年には小バンドル式と直列式トラップを、前年の調査において設定した40カ所から20地点を選んで、それぞれ1基ずつ設置した。大バンドル式1基と直列式4組は、各設置地点で相互に数mはなれた5本の立ち木を選び、その高さ約1.5mの位置にシュロ縄でしばりつけた。小バンドル式4組と直列式4組も同様に、8本の立ち木を選んで設置した。直列式はすだれ状の筒が垂直方向にならぶ向きになるように設置し、各形式とも筒の入口が南東を向き、前方に枝などの障害物がないように留意した。98年、99年ともトラップは5月に設置し、11月に回収をおこない、橋本・遠藤 (1994) の方法にしたがって竹筒内に営巣したハチ類の種構成、筒利用数などを記録した。なお、98年の調査ではトラップの消失が一地点で生じたため、本論文で分析に用いた設置地点数は39カ所となった。

データの解析

出現した管住性ハチ類のデータはトラップの形式、筒サイズ別に集計し、出現種数、筒利用数、出現率、採集効率、筒サイズ選好性などを比較した。トラップ形式間でのハチ類の出現種数や筒利用数の違いは、両総数の比較とともに、1地点当りの出現種数や竹筒利用数、利用率 (利用筒数/設置筒数) を求め、Welchの分散分析を用いて有意差を検定した。検定には統計ソフト JMP Ver.10を用いた。各トラップの採集効率は EstimateS Ver. 9 (Colwell, 2013) を用いて、設置地点数に対する累積種数曲線 (rarefaction curve) とそこから推定した累積種数曲線 (extrapolation) を算出し、その曲線の傾きから比較した。トラップ形式間の出現種構成と筒利用形式の類似度比較は、Community Analysis Package 5.0 (Pisces Conservation Ltd.) を用いて、出現ハチ類の種在—不在データから求めた Jaccard 類似度と、それらの筒サイズ別利用数から求めたユークリッド距離類似度に基づく非計量的多次元尺度構成法

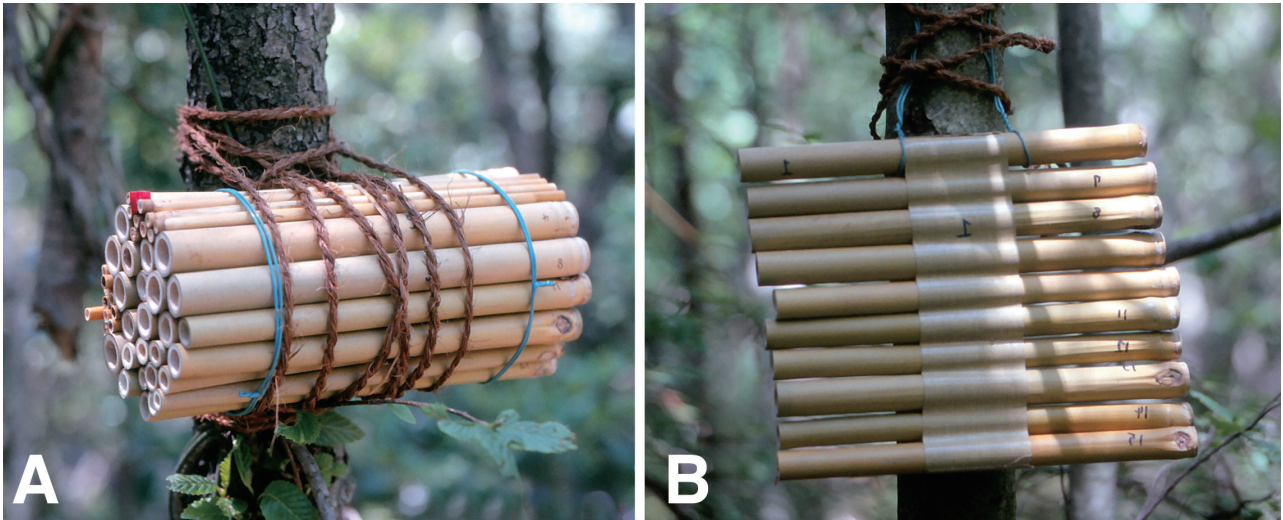


図1. 竹筒トラップ。(A) 大バンドル式, (B) 直列式。

で類似性の座標付けをおこない比較した。各トラップ形式での出現ハチ種の筒サイズ選好性は、各サイズ別に Chesson (1978) の選好性指数を求め、L サイズ、M サイズ、S サイズ、SS サイズの選好性指数にそれぞれ 4,3,2,1 の重みづけをおこなった値を合計したものを選好係数とし、設置地点当りの平均値を比較した。選好係数は 4 から 1 の範囲の値を取り、口径サイズが大きいクラスの筒を選好するほど値は大きくなる。

結 果

出現種数

大バンドル式 vs. 直列式

1998 年の大バンドル式と直列式トラップ調査からは、5 科 16 種の管住性ハチ類の出現があった (表 1)。トラップの形式別に出現種数を見ると、直列式では 5 科 14 種 (総出現種数の 88%) がトラップを利用したのに対し、大バンドル式ではアナバチ科とムカシハナバチ科の利用が無く、3 科 7 種 (44%) の出現しかなかった。これらのうち、大バンドル式だけで出現が見られたハチ類が 2 種であったのに対し、直列式だけで出現が見られたハチ類は 9 種であった。両方の形式を利用したハチ類は 5 種で、両形式間の Jaccard 類似度は 0.31 と低かった。1 地点当たりの出現種数は、直列式が 2.41 ± 1.21 (平均値 $\pm$ 標準偏差) で、大バンドル式での 0.77 ± 0.99 よりも有意に高かった ($F_{1,73} = 43.21, p < 0.0001$)。トラップ設置地点数による累積種数曲線からも、直列式の方が大バンドル式よりも多くのハチ種を誘引できることが示された (図 2)。

小バンドル式 vs. 直列式

1999 年の小バンドル式と直列式トラップ調査からは、4 科 13 種の管住性ハチ類の出現があり、形式別に

出現種数を見ると、直列式では 4 科 12 種 (総出現種数の 92%) が、小バンドル式でも 4 科 9 種 (75%) の利用が見られた (表 1)。これらのうち、小バンドル式だけに出現が見られたハチ類が 1 種、直列式だけに出現が見られたハチ類は 4 種、両方を利用したハチ類は 8 種で、両形式間の Jaccard 類似度は 0.62 と高かった。1 地点当たりの出現種数は直列式で 2.00 ± 1.37 、小バンドル式が 1.65 ± 1.26 で、直列式の方が出現種は多かったが、有意差は検出されなかった ($F_{1,37.7} = 0.699, p < 0.408$)。トラップ設置地点数による累積種数曲線からも、直列式と小バンドル式では採集効率にほとんど差が生じないことが示された (図 2)。

竹筒利用数と筒サイズ別利用様式

大バンドル式 vs. 直列式

総竹筒利用数は直列式が 389 本、大バンドル式が 66 本で、1 地点当たりの利用数も直列式 (9.46 ± 6.35) が大バンドル式 (1.69 ± 3.01) よりも有意に多かった ($F_{1,53.9} = 23.03, p < 0.0001$)。筒サイズ別に出現地点当りの利用率を両形式で比較すると、L サイズの利用率では直列式よりも大バンドル式が高くなったが、それ以外の筒サイズ利用率ではすべて直列式が高くなり、M サイズと SS サイズでは有意な差が検出された (図 3)。両形式で筒サイズ別に、出現ハチ類の種の在—不在データと各種の筒利用数から求めた類似度を見てみると、種構成と利用数の両方で大バンドル式の各サイズと直列式の L サイズが近くにまとまってプロットされ、それらの類似性が高いことが、一方 M, S, SS サイズそれぞれの利用様式は形式間で異なっていることが示された (図 4)。

小バンドル式 vs. 直列式

総竹筒利用数は直列式が 121 本、小バンドル式が 91

表 1. 竹筒トラップに営巣が見られた管住性ハチ類とその出現地点数、竹筒利用数、

種 名	1998年度 (39設置地点)				1999年度 (20設置地点)			
	大バンドル式		直列式		小バンドル式		直列式	
	地点数	筒利用数	地点数	筒利用数	地点数	筒利用数	地点数	筒利用数
アナバチ科 (Sphecidae)								
オオジガバチモドキ (<i>Trypoxylon malaisei</i>)	-	-	12	52	3	5	5	33
ナミジガバチモドキ (<i>Trypoxylon petiolatum</i>)	-	-	3	4	1	3	2	5
ミカドジガバチ (<i>Hoplammophila aemulans</i>)	-	-	5	20	1	6	-	-
コクロアナバチ (<i>Isodontia nigella</i>)	-	-	1	1	-	-	-	-
ハキリバチ科 (Megachilidae)								
オオハキリバチ (<i>Chalicodoma sculpturalis</i>)	2	15	5	20	3	4	1	1
ヒメツツハキリバチ (<i>Megachile subalbata</i>)	-	-	4	19	-	-	1	1
バラハキリバチモドキ (<i>Megachile tsurugensis</i>)	-	-	2	3	1	1	2	4
ムカシハナバチ科 (Colletidae)								
ニッポンメンハナバチ (<i>Hyleus transvrsalis</i>)	-	-	1	2	-	-	-	-
ドロバチ科 (Family Eumenidae)								
オオフタオビドロバチ (<i>Antherhynchium flavomarginatum</i>)	5	12	11	72	6	21	6	27
エントツドロバチ (<i>Orancistrocerus drewseni</i>)	2	3	-	-	-	-	-	-
フタスジスズバチ (<i>Discoelius zonalis</i>)	1	2	6	22	3	10	4	10
カタグロチビドロバチ (<i>Stenodynerus chinensis</i>)	-	-	-	-	-	-	1	1
ベッコウバチ科 (Family Pompilidae)								
ヒメベッコウ (<i>Auplopus carbonarius</i>)	15	26	33	135	12	36	13	34
ペレエヒゲベッコウ (<i>Dipogon conspersus</i>)	-	-	1	2	-	-	-	-
ヒゲベッコウ sp.1 (<i>Dipogon</i> sp.1)	3	6	5	12	-	-	2	2
ヒゲベッコウ sp.2 (<i>Dipogon</i> sp.2)	-	-	5	5	3	5	2	2
ヒゲベッコウ sp.6 (<i>Dipogon</i> sp.6)	2	2	-	-	-	-	1	1
計	19	66	38	369	15	91	18	121

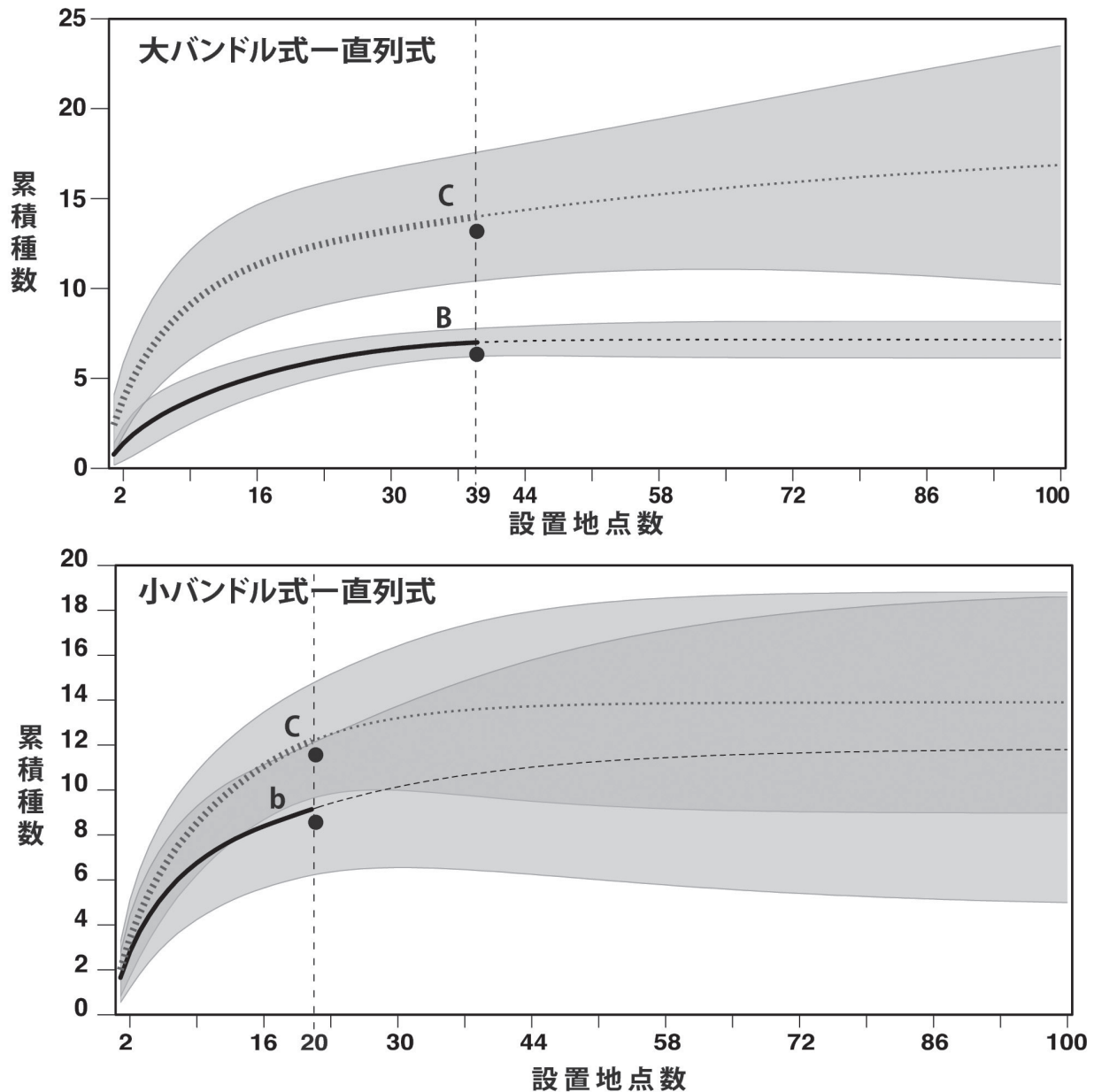


図2. トラップ設置地点による累積種数曲線と推定累積種数曲線。黒丸は観測された種数を、細い点線は実測値から推定された推定累積曲線を、グレーに塗りつぶした領域は95%信頼区間を示す。B, 大バンドル式； C, 直列式； b, 小バンドル式。

本, 1 地点当たりの利用数は直列式が 6.05 ± 5.38 , 小バンドル式が 4.55 ± 3.94 で, 形式間で筒利用数に有意な差は見られなかった ($F_{1,34.8} = 1.011, p < 0.322$). 出現地点当りの筒サイズ別利用率の比較からは, S サイズの出現地点当りの利用率で直列式が小バンドル式よりも有意に高くなるのが見られたが, それ以外のサイズでは利用率に違いはなかった (図3). 筒サイズ別に出現ハチ類の種の在—不在データと各種の筒利用数から求めた類似度の比較でも, 種構成, 利用数ともに直列式 S サイズ以外は両形式が比較的まとまって近くにプロットされた (図5). これらのことから, 小バンドル式と直列式間では, 出現ハチ種の筒サイズ利用様式は S サイ

ズでは異なるが, 全体としては似通っていることが示された。

出現ハチ類の筒サイズ選好性

大バンドル式 vs. 直列式

大バンドル式と直列式トラップを利用したハチ種の筒サイズ選好性を比較してみると, 直列式のみを利用したハチ類の多くが M サイズやそれ以下の小さな筒サイズを選好する種であることわかる (図6). 一方, 両形式で出現が見られたハチ類はオオハキリバチのように大型の筒サイズを選好する種や, ヒメベッコウのように小型から大型まで幅広い筒サイズ選好性を有するものであっ

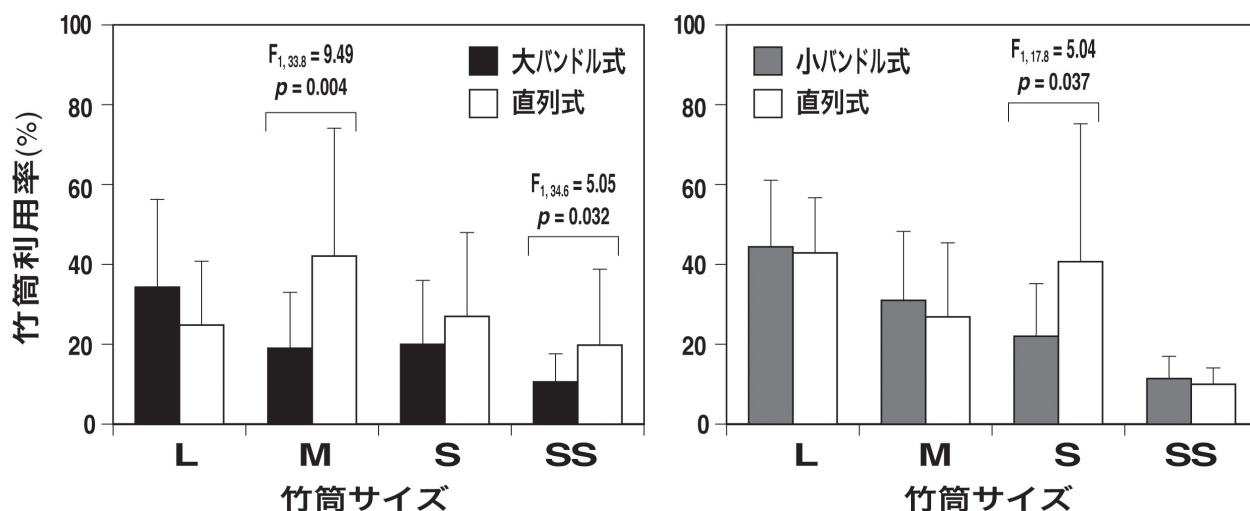


図3. 出現地点当りの筒サイズ別利用率. 有意差検定は Welch の分散分析による.

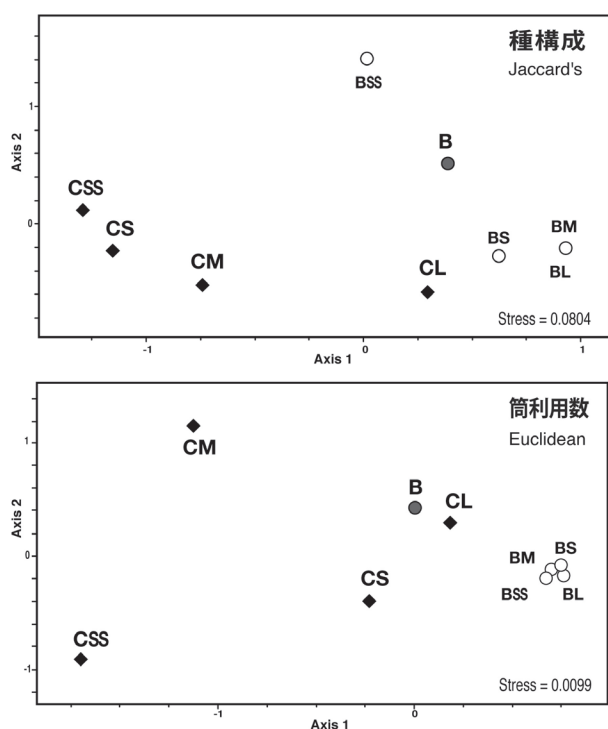


図4. 出現ハチ類の種在—不在データとそれらの筒利用数の類似度に基づく大バンドル式と直列式トラップでの筒サイズ別利用様式の非計量的多次元尺度構成法解析の結果. B, 大バンドル式全体; BL-BSS, 大バンドル式 L-SS サイズ; CL-CSS, 直列式 L-SS サイズ.

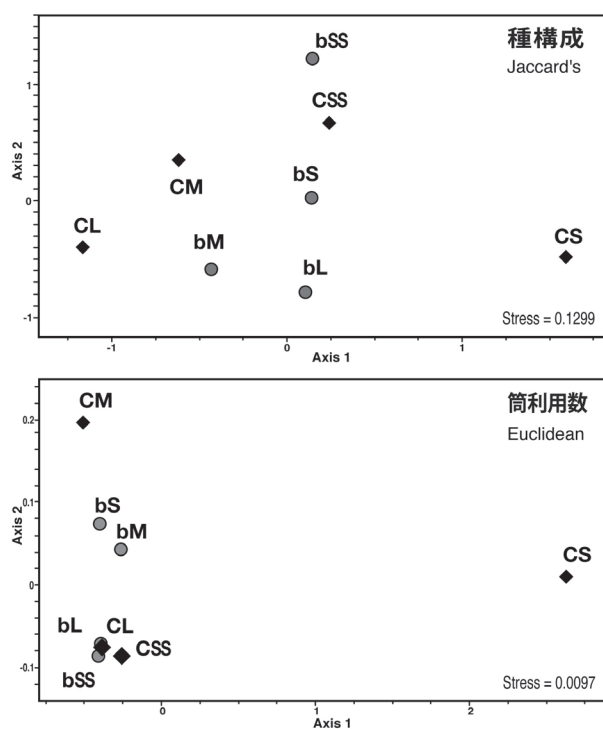


図5. 出現ハチ類の種在—不在データとそれらの筒利用数の類似度に基づく小バンドル式と直列式トラップでの筒サイズ別利用様式の非計量的多次元尺度構成法解析の結果. bL-bSS, 小バンドル式 L-SS サイズ; CL-CSS, 直列式 L-SS サイズ.

た. また, ヒメベッコウを除く両形式で出現が見られたハチ類では, 筒サイズ選好性が両形式で異なるものや, その幅が大バンドル式を利用した場合に直列式よりも狭くなるものが見られた.

小バンドル式 vs. 直列式

両形式間で出現ハチ類の筒サイズ選好性を比較してみると, 直列式で S サイズ選好性を示すハチ種が小バンドル式を利用していないことがわかる (図 7). 一方,

直列式で筒サイズ選好性に広い幅を示す種が小バンドル式も利用していた. 両形式のトラップを利用した種の筒サイズ選好性の違いを形式別に比較してみると, ヒメベッコウとオオフトオビドロバチでは選好性の幅に違いはないが, それ以外では直列式を利用した場合の方が選好性の幅が狭くなる傾向があった.

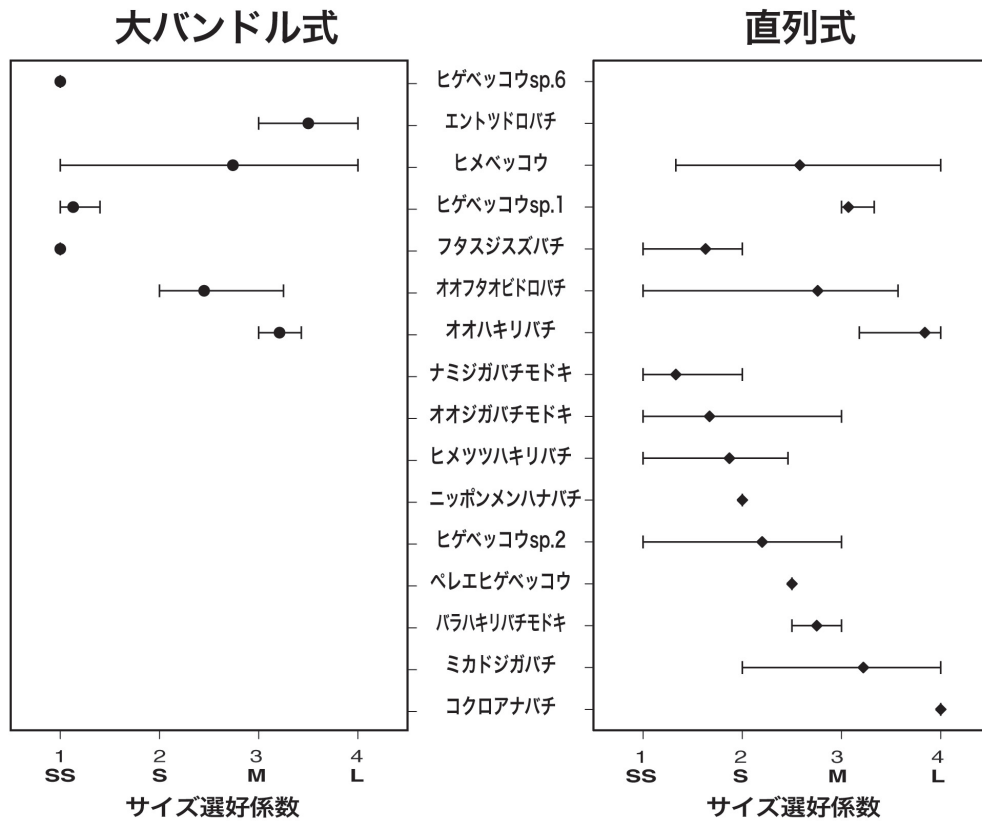


図 6. 出大バンドル式と直列式トラップを利用したハチ種の筒サイズ選好係数。丸印と菱形は出現地点当りの筒サイズ選好係数の平均値を、バーは選好係数の最大値と最小値を示す。

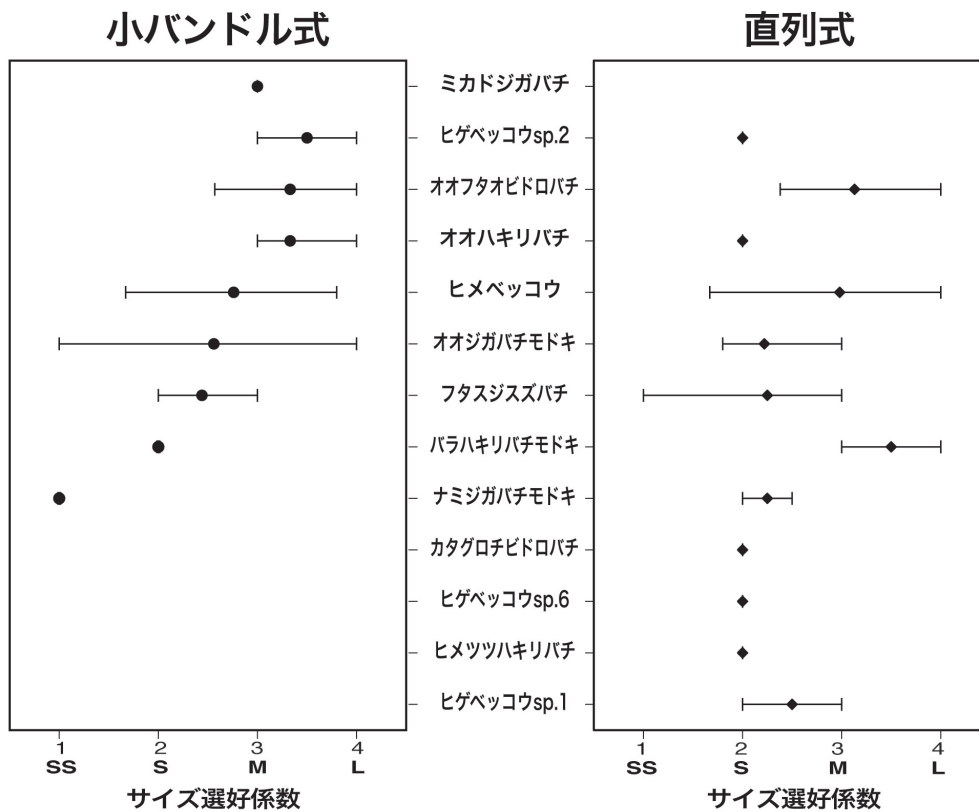


図 7. 出小バンドル式と直列式トラップを利用したハチ種の筒サイズ選好係数。丸印と菱形は出現地点当りの筒サイズ選好係数の平均値を、バーは選好係数の最大値と最小値を示す。

考 察

本論文では、トラップネストの形状が管住性ハチ類のサンプリングに与える影響を明らかにするために、口径サイズの異なる竹筒の配列と編成をかえた3形式のトラップネストを同地点に設置し、その出現種数や竹筒利用数、筒サイズ別の利用形態を比較した。出現種数と竹筒利用数では、サイズの異なる筒を一つに束ねた大バンドル式で、筒サイズ別に一列に編成した直列式に比べて、大きな減少が見られ、地点当りの出現種数、筒利用数でも有意に低い値を示した。また、トラップ設置地点数による累積種数曲線からも、大バンドル式では採集効率が直列式よりも著しく低下することがわかった。一方、同じバンドル式でも、筒サイズ別に束ねた小バンドル式と直列式の比較では、小バンドル式に総出現種数と筒利用数で若干の減少は見られたものの、地点当たりの種数や利用数には有意な差が無く、採集効率もほぼ変わらないことが示された。

各トラップ形式での出現ハチ種の筒サイズ別利用様式の比較では、大バンドル式で営巣が見られたのはLサイズの筒を選好する種や、小径から大径まで幅広い筒サイズ選好性を示す種で、MサイズやSサイズを選好するハチ種は大バンドル式を利用しない傾向が認められた。この傾向は筒サイズ別の利用率で大バンドル式が直列式よりも高くなるのはLサイズのみであったことや、大バンドル式を利用したハチ種構成やその筒サイズ別の利用数が直列式のLサイズでのそれらと高い類似性を示したことから示された。直列式と変わらない採集効率が見られた小バンドル式でも、Sサイズ選好性を示すハチ種は小バンドル式を利用しない傾向が見られ、さらに、筒サイズ別利用率でSサイズのみ直列式よりも有意に低くなることや、筒サイズ別の出現種やその筒利用数の類似度がSサイズのみで直列式と大きく異なることがわかった。

本研究で、口径サイズの異なる筒をランダムに一つに編成する形式と、筒配置の様式は違ってもサイズ別に編成する形式では、前者でトラップに誘引される種数が大きく減少することが、さらに、筒サイズの編成方法は違っても、2つのバンドル形式ではハチ種の筒利用様式に同様の偏りが見られることが示された。これらのことは、異なる筒サイズの混在編成と口径別孔配置が、管住性ハチ種のトラップネストへの誘引性やその利用形態に強く影響する要因であることを示唆している。この2つの要因に対して、具体的にどのようなハチ種の反応が起こっているのかについては本調査の結果からだけでは分からないが、管住性ハチ種では営巣個体間の干渉が高い巣場所では営巣活動を放棄するものが現れることが広く知られている (Morato & Martins, 2006)。また、

Strickler ら (1996) はトラップネストを用いたハキリバチ類の営巣生態の研究で、筒サイズの選好性が異なるハチ種が混じって同じトラップに営巣する場合、ハチ種間の営巣活動に干渉が生じ、とくに小径サイズを選好する種では大径サイズを選好する種よりも営巣を放棄する傾向が強いことを報告している。筒が上下左右に近接して一塊で配置される小バンドル式では、筒が縦一列に配置される直列式よりも営巣個体間の干渉性が高くなり、さらに、異なる筒サイズが一塊で編成される大バンドル式では、筒サイズ選好性が異なるハチ種が混在して営巣活動をおこなうことによって、その干渉性はより高いものになると推測される。こうした干渉性の違いが、トラップネストを利用するハチ種の減少や、小径の筒を選好するハチ種の忌避を起こしている可能性は十分に考えられる。今後、筒編成や配列だけでなく、筒孔密度や配置間隔を変えたトラップ形式を用いて、誘引されるハチ種構成やその営巣活動をさらに詳細に比較調査していくことで、管住性ハチ種のサンプリングに影響を与えているトラップ形状の要因とハチ種の反応を明らかにすることができるに違いない。

最後に、本研究の結果から管住性ハチ種を対象に多様性の解明や環境評価を試みる場合に留意すべき点を2つまとめておく。一つは、調査で使用するトラップの規格の統一である。本研究で示されたように、形式の異なるトラップでは同じ地点に設置してもサンプリングされるハチ種の種数や種構成は異なってくる。どのような形式のトラップを用いるにしても、トラップ設置地点間でハチ種の多様性の比較や、それをつかった環境評価を行うのであれば、異なるトラップ形式の混在使用は避けねばならない。もう一つは、トラップネストから得られる管住性ハチ種の生態的特性には、トラップの形式が及ぼすバイアスが存在することである。たとえば、本研究で、ハチ種が異なる形式のトラップネストを利用したときに、その筒サイズ選好性の幅が変化することが示されている。営巣に使う筒サイズが異なれば、筒内につくる育房数や次世代の性配分、さらには寄生者などによる死亡率も変化してくることが知られている (Krombein, 1967; Morato & Martins, 2006)。トラップネストを用いて管住性ハチ種の生態を種間や群集間で比較する場合には、研究に用いたトラップの形状が対象とするハチ種の営巣活動に及ぼす影響についても考慮しておかねばならない。これらの点に留意しながら調査をおこなえば、トラップネストを用いた管住性ハチ種調査は、より詳細で精度の高い環境評価や生態調査に使えるだけでなく、その調査を通じて、より有用なトラップ形式と調査方法の開発を進めていくことができるだろう。

謝 辞

本研究をおこなうにあたって、郷右近勝夫氏（東北学院大学）には管住性ハチ類全般についての有益なご教授をいただいた。また、清水晃氏（首都大学）にはベッコウバチ科の同定でご協力をいただき、坂田宏志氏（兵庫県立大）にはトラップの設置と回収を手伝っていただいた。これらの方々に、深く感謝申し上げます。

要 旨

本論文では、筒サイズの配列と編成をかえた3形式のトラップネストを同地点に設置し、トラップ形式が管住性ハチ類のサンプリングに与える影響について検討した。サイズの異なる筒を一つに束ねた大バンドル式では、筒サイズ別に一列に編成した直列式に比べて、誘引されたハチ類の種数と竹筒利用数ともに有意に低くなり、累積種数曲線から推定される採集効率も著しく低下することがわかった。一方、同じバンドル式でも、筒サイズ別に束ねた小バンドル式では直列式と変わらない種数、筒利用数、採集効率が示されたが、小径孔を選好するハチ類の誘引性が低下する傾向が見られた。これらのことから、営巣個体間の干渉性が高くなるトラップ形式ではハチ類の誘引性低下や、出現種構成に偏りが生じると考察された。

文 献

- Budrienė, A. N., Budrys, E. and Nevronytė, Ž. (2004). Solitary Hymenoptera Aculeata inhabiting trap-nests in Lithuania: nesting cavity choice and niche overlap. *Latvijas Entomologs*, **41**: 19–31.
- Chesson, J. (1978) Measuring preference in selective predation. *Ecology*, **59**: 211–215.
- Colwell, R. K. (2013) EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 9 and earlier. User's Guide and application. <http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates/index.html>.
- Danks, H. V. (1971). Nest mortality factors in stem-nesting aculeate Hymenoptera. *The Journal of Animal Ecology*, **40**: 79–82.
- Ebeling, A., Klein, A., Weisser, W. and Tschardt, T. (2012) Multitrophic effects of experimental changes

- in plant diversity on cavity-nesting bees, wasps, and their parasitoids. *Oecologia*, **169**: 453–465.
- 遠藤知二・橋本佳明 (1994) 借坑性ハチ類の竹筒トラップの利用様式：トラップ間距離と口径の影響。人と自然, **4**: 71–79.
- 郷右近勝夫 (1982) ススキの枯茎中に営巣するハチ類の生態。昆虫と自然, **17**: 2–6.
- 橋本佳明・遠藤知二 (1994) 三田市フラワータウンとその周辺地域の借坑性カリバチ・ハナバチ類相：竹筒トラップ調査による地域環境の評価。人と自然, **4**: 63–70
- 橋本佳明・遠藤知二 (1996) 管住性ハチ類からみたニュータウンの環境形態とタウン内残存林のビオトープとしての活用。人と自然, **7**: 65–71
- 橋本佳明・遠藤知二・西本 裕 (2011) 武庫川流域における管住性ハチ類相とその多様性による里山環境評価。人と自然, **22**: 1–12.
- 池口 仁・橋本佳明・遠藤知二 (1996) 確率モデルを用いた管住性ハチ類繁殖可能性の可視化。人と自然, **7**: 89–96
- 市野隆男 (1992) ドロバチ類の個体群動態に関する比較生態学的研究。京都大学博士論文, 324pp.
- 岩田久二雄 (1971) 本能の進化：蜂類の比較習性学的研究。大和, 565 pp.
- Krombein, K. V. (1967) *Trap-nesting wasps and bees: Life histories, nests and associates*. Smithsonian Publication, Washington, D.C., 570p.
- Matsumoto, K. and Makino, S. (2011) Monitoring of tube-nesting bees and wasps with bamboo tube nest traps of different types in two types of forests in temperate Japan. *Entomological Science*, **14**: 154–161.
- Morato, E. F. and Martins, R. P. (2006) An overview of proximate factors affecting the nesting behavior of solitary wasps and bees (Hymenoptera: Aculeata) in preexisting cavities in wood. *Neotropical Entomology*, **35**: 285–298.
- Strickler, K., Scott, V. L. and Fischer, R.L. (1996) Comparative nesting ecology of two sympatric leafcutting bees that differ in body size (Hymenoptera: Megachilidae). *J. Kansas Entomol. Soc.*, **69**: 26–44.
- 須賀 丈・遠藤知二・坂田宏志・橋本佳明 (2001) 竹筒トラップをもちいた管住性ハチ類の調査による生態影響評価手法の開発。長野県自然保護研究所紀要, **42**: 23–33.
- Tepedino, V.J. and Torchio, P.F. (1994) Founding and usurping: Equally efficient paths to nesting success in *Osmia lignaria propinqua* (Hymenoptera: Megachilidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.*, **87**: 946–953.
- Vinson, S.B. and Frankie, G.W. (2000) Nest selection, usurpation, and a function for the nest entrance plug of *Centris bicornuta* (Hymenoptera: Apidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.*, **93**: 254–260.

(2014年 7月30日受付)

(2014年10月21日受理)