

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

橋本佳明¹⁾・遠藤知二²⁾*

Biodiversity Study on Tube-nesting Wasps and Bees in New Town for their Conservation in the Fragmented Forests. Yoshiaki HASHIMOTO and Tomoji ENDO

Tube-nesting wasp and bee biodiversity was studied in a new town in the hilly area of Sanda City, Hyogo Prefecture, for use in discussing guidelines for conserving these satoyama (rural forest) insects in the fragmented forests. A total of 77 bamboo trap-nests were set in the new town, along the environmental gradient: fragmented forests in the surrounding and central zone, grass fields, green belts and residential zone. 13 species were obtained, among which *Auplopus carbonarius*, *Anterhynchium flavomarginatum* and *Isodontia nigella* were the most frequent. The species diversity was the highest in the fragmented forests, and lowest in the green belts. The distribution pattern showed that the insect presence or absence at trap-sites were accounted for by the coverage of forest area and the degree of isolation (distance to surrounding forests), respectively. On the basis of these data, the methods of conserving the insects in the fragmented forests are discussed.

Key words: tube-nesting wasps and bees, new town, fragmented forests, biodiversity, satoyama

はじめに

研究の目的

近年のニュータウン開発は、大都市の30~50km圏にある丘陵部で進められている。こうした丘陵部は雑木林に被われ、その周囲の水田耕作地とともに比較的良好な「里山環境」を残していることが多い。里山は多種多様な生き物の生息場所であり、その環境的な価値は生物多様性保全地や環境教育の場として高まる一方にある(服部ほか, 1995)。このため、今後のニュータウン開発に里山生物相保全への配慮が益々もとめられることは間違いない。

ニュータウンに里山生物の生息場所を確保する一つの方法として、ニュータウン内の残存林をビオトープとして活用することが考えられる。丘陵部の造成では、周辺部や内部の傾斜地に従前の樹林が小面積ではあるが残されることがある。生物は種によって採餌や繁殖場所の好みを少しずつ違えており、多くの生物種を保全するためには可能な限り大きな面積の樹林地を残すことが望まれ

る。しかし小面積林であっても、生物が生態的な要求に合わせて移動できるように配置された複数の残存林があれば、生物相を保全できる可能性がある。とくに、ニュータウン内の残存林は昆虫類のように小型で移動能力の高い里山生物のビオトープとして有用であろう。もちろん、このためには里山環境に開発されたニュータウンで里山昆虫の生息に好ましい残存林の配置や大きさなどについての研究成果を蓄積する必要がある。

橋本・遠藤(1994)は、竹筒トラップを用いた管住性ハチ類の生息調査法が昆虫から見た地域環境の評価手法として有用であることを明らかにした。管住性ハチ類は典型的な里山昆虫であり、里山昆虫相の保全に好ましいニュータウン内残存林の条件を探るためには格好の研究対象である。また、竹筒トラップ法は営巣場所を探して移動中のハチ類をトラップに誘因する方法である。残存林間に竹筒トラップを設置すればハチ類の移動状況を調べることができる。さらに、ハチ類が利用した竹筒には翌年羽化する前蛹が詰まっている。これをハチ類の出現がなかった残存林に移して次世代の生息状況を調べれば、その樹

¹⁾兵庫県立人と自然の博物館 系統分類研究部 Division of Phylogenetics, Museum of Nature and Human Activities, Hyogo, Yayoigaoka 6, Sanda, 669-13 Japan

²⁾兵庫県立人と自然の博物館 生態研究部 Division of Ecology, Museum of Nature and Human Activities, Hyogo, Yayoigaoka 6, Sanda, 669-13 Japan

*現所属:神戸女学院大学人間科学部 School of Human Sciences, Kobe College, Okadayama 4-1, Nishinomiya, 662 Japan

林地にハチ類が生息できないのか、あるいはハチ類がそこへ移入できないのかを検証することができる。

本研究の目的は、この竹筒トラップ調査法の利点を用いて里山昆虫の生息に好ましいニュータウン内残存林の環境形態を考察することにある(ここでは、ある環境基質の配置や広がりなどを環境形態と呼ぶことにする)。調査は、兵庫県三田市で里山を造成して建設されたニュータウン「フラワータウン」で1994年と95年の2回おこなった。両年とも、トラップは同地点に設置し、94年度は管住性ハチ類の出現パターンの調査を、95年度には移植実験をおこなった。本論文では94年度の出現パターンの調査結果について報告する。

調査地域の概要

フラワータウン(以下タウンと呼ぶ)は1971年頃に、兵庫県三田市の既成市街地に隣接する独立丘陵の頂部を造成して建設された。面積339ha、計画人口は34,000人(戸建て14,000人、集合住宅20,000人)である。南東側を既成市街地に、南西を中国自動車道に、北を水田耕作地に隣接している。造成以前はアカマツ-コナラ林によって被われていた。現在、その樹林の一部がタウン周囲と内部の傾斜地に残されている。タウン周囲の残存林は、面積102700m²の樹林をのぞけば、300~3000m²ほどの帯状の樹林地が隣接して構成されている。タウン内部では、100~17200m²ほどの円や方形状の樹林地が主に4つの公園の一部として残されている。図1に、フラワータウン

の概観を示した。

管住性ハチ類の概説

竹筒やヨシなどの管に巣を作り子育てをおこなう習性を管住性という。管住性を有するハチ類は系統的にはハナバチ科とアナバチ科、スズメバチ科、ベッコウバチ科に属するハチ類で、本邦にはおよそ60種以上の管住性ハチ類が生息している(郷右近 私信)。以下に管住性ハチ類の食性、巣材、営巣場所について概説しておく。

管住性ハチ類の食性: 管住性ハチ類には花粉・花蜜を集める植物性のものと、食植性昆虫類(チョウ目、バッタ目、甲虫目など)や昆虫捕食者であるクモ類などを狩る肉食性のものがある(岩田, 1971)。ただし、これらは幼虫の餌として集められるものであり、成虫の主要な餌は花蜜である。

管住性ハチ類の巣材と巣の構造: 管住性ハチ類は普通一本の管内部を様々な材料で仕切って複数の小室(育房)を作る。ハチ類が育房の仕切壁として利用するものはドロや松ヤニなどの天然可塑性材料、あるいは葉片、ワラなどである(岩田, 1971)。ハチ類は一つの育房に一匹の幼虫が成長するのに必要な量の餌をつめ終わると、ドロ粒や、あるいは葉片などの詰めもので育房の閉塞をおこなう。管の奥から入り口近くまで1匹の幼虫ごとに1つの育房を作っていく、最後に管口そのものを厚い仕切壁(入り口栓)で閉塞して一本の筒を完成する。

管住性ハチ類の営巣場所: 近年まで、管住性ハチ類が



図1. フラワータウンの概観と竹筒トラップ設置地点。

種数・個体数ともに最も多く生息している場所は人里であったと考えられる。管住性ハチ類は、固定した場所(巣)へ幼虫の餌や仕切壁材をもちかえる、いわゆる中心場所採餌を行なう。このため、管住性ハチ類の生息には、営巣場所である管を中心として、比較的狭い域内で幼虫の餌や仕切壁材を充足できることが必要である。従来の伝統的な農村部では竹やヨシなどが家屋やその周辺のしつらえに多用されてきた。また、家屋周囲の耕作地やその背後の山林草地には幼虫の餌や巣材となる資源が豊富に存在していた。人間の農林業活動が創出した「里山環境」は、管住性ハチ類にとって最も好適な営巣場所の1つになっていた。現在では、農林業活動の形態の激変とともにない、里山環境が消失しつつある(服部ほか, 1995)。

調査方法

1基の竹筒トラップは、ポリプロピレン製波板の覆いをつけた長さ30cmの「竹筒」35本(内径16mm級のメダケ5本, 同10mm級のメダケ10本, 同6mm級のメダケ10本, 同4mm級のヨシ10本;メダケは一端が開口し, 他端は節となったもの, ヨシは中央に節があり両端が開口したもの)で構成される。トラップの設置は1994年5~6月に, タウン周辺残存林(24地点)タウン内残存林(24地点), 草地(造成地;5地点), 植栽地(緑道, 児童公園, 集合住宅敷地内, 幹線の法面など;15地点), 独立住宅

の庭(9地点)の合計77地点でおこなった。各トラップは立木の高さ約1.5mの位置に針金でくくりつけた。図1に, トラップ設置地点を示した。トラップの回収は同年12月に行ったが, 全地点のうち11地点で設置中にトラップがほぼ完全に消失し, さらに12地点で竹筒1~25本の部分的な消失が起こった。これらの消失は, 植栽地(とくに児童公園)に設置したトラップで集中的に起こった。その結果, 本論文で分析に用いた環境別地点数は, 周辺残存林24地点, タウン内公園残存林22地点, 草地5地点, 植栽地6地点, 独立住宅9地点の合計66地点となった。回収したトラップは, 橋本・遠藤(1994), 遠藤・橋本(1994)の方法にしたがって処理し, 竹筒内に営巣したハチ類の種構成, 筒利用数, 育房数(次世代成虫数)などを記録した。

結果

1)出現した管住性ハチ類の種類

66地点に設置された2811本の筒のうち460本が13種のハチの営巣に利用され, 総計1619室の育房が得られた。表1にタウンに出現した13種の管住性ハチ類の特性と出現地点を示した。さらに, 今回の調査で優占的に出現したヒメベッコウ, オオフタオビドロバチ, コクロアナバチの3種については出現地点を図1に示した。なお, キヌゲハキリバチはタウン内残存林(No.44)と草地(No.7)

表1. タウンに出現した管住性ハチ類とその出現地点.

| 種名 | 生態的特性 | | 周辺部 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|--------|------|-----|---|----|----|----|----|----|----|----|----|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|--------------------------------------|
| | | | 北西 | | 北東 | | | | | | | | | | 南 | | | | | | | | | | | |
| | | | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 38 | 39 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | |
| ベッコウバチ科 | 幼虫の餌 | 仕切壁材 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ヒメベッコウ | クモ類 | ドロ | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | + | <i>Auplopus carbonarius</i> |
| ヒゲベッコウ | クモ類 | ドロ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | <i>Dipogon sp.</i> |
| ドロバチ科 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| オオフタオビドロバチ | チョウ目幼虫 | ドロ | + | + | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | <i>Anterhynchium flavomarginatum</i> |
| オオカバフスジドロバチ | チョウ目幼虫 | ドロ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | <i>Orancistrocerus drewseni</i> |
| ミカドドロバチ | チョウ目幼虫 | ドロ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | <i>Euodynerus nipanicus</i> |
| フタスジスズバチ | チョウ目幼虫 | 葉片 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | <i>Discoelius japonicus</i> |
| アジアカタドロバチ | チョウ目幼虫 | ドロ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | <i>Allodynerus mandschricus</i> |
| アナバチ科 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ジガバチモドキ | クモ類 | ドロ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | <i>Trypoxylon spp.</i> |
| コクロアナバチ | バッタ目 | 枯死草茎 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | <i>Isodontia nigella</i> |
| モンキジガバチ | クモ類 | ドロ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | <i>Sceliphron deforme</i> |
| ハナバチ科 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| オオハキリバチ | 花粉・蜜 | ヤニ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | <i>Chalicodoma sculpturalis</i> |
| キヌゲハキリバチ | 花粉・蜜 | 葉片 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | <i>Megachile kobensis</i> |
| キヌゲハキリバチ? | 花粉・蜜 | 葉片 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

| 種名 | 生態的特性 | | タウン内部 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|-------------|--------|------|-------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|--------------------------------------|----|----|----|
| | | | 北西 | | | | 北東 | | | | | | | | | | 南 | | | | | | | | | | | | | |
| | | | 7 | 52 | 34 | 35 | 36 | 37 | 76 | 68 | 74 | 24 | 25 | 27 | 28 | 29 | 40 | 41 | 42 | 65 | 67 | 59 | 63 | 77 | 66 | 64 | 30 | 31 | 32 | 44 |
| ベッコウバチ科 | 幼虫の餌 | 仕切壁材 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ヒメベッコウ | クモ類 | ドロ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | <i>Auplopus carbonarius</i> | | | |
| ヒゲベッコウ | クモ類 | ドロ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | <i>Dipogon sp.</i> | | | |
| ドロバチ科 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| オオフタオビドロバチ | チョウ目幼虫 | ドロ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | <i>Anterhynchium flavomarginatum</i> | | | |
| オオカバフスジドロバチ | チョウ目幼虫 | ドロ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | <i>Orancistrocerus drewseni</i> | | | |
| ミカドドロバチ | チョウ目幼虫 | ドロ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | <i>Euodynerus nipanicus</i> | | | |
| フタスジスズバチ | チョウ目幼虫 | 葉片 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | <i>Discoelius japonicus</i> | | | |
| アジアカタドロバチ | チョウ目幼虫 | ドロ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | <i>Allodynerus mandschricus</i> | | | |
| アナバチ科 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| ジガバチモドキ | クモ類 | ドロ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | <i>Trypoxylon spp.</i> | | | |
| コクロアナバチ | バッタ目 | 枯死草茎 | + | + | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | <i>Isodontia nigella</i> | | | |
| モンキジガバチ | クモ類 | ドロ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | <i>Sceliphron deforme</i> | | | |
| ハナバチ科 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| オオハキリバチ | 花粉・蜜 | ヤニ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | <i>Chalicodoma sculpturalis</i> | | | |
| キヌゲハキリバチ | 花粉・蜜 | 葉片 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | <i>Megachile kobensis</i> | | | |
| キヌゲハキリバチ? | 花粉・蜜 | 葉片 | + | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

で出現したが、草地(No.7)は羽化済みの巣であったため本種であるかどうかの確認はできなかった。このため、ここでは一応別種としてあつかった。

2) 区域別管住性ハチ類出現パターン

まず、タウン周辺部と内部で出現種数を比較すると、周辺部が7種、タウン内部が9種で内部の方が種数が多くなっている(表1)。出現種組成の違いを両区分で比較してみると、周辺部だけに出現した種は3種、タウン内部だけに出現した種は6種で、両区分に共通の出現種は4種であった。さらに、タウンを北西、北東、南部の3つに分割する幹線道路(道幅60m)の影響を調べるために、この3区域別に種組成を類似度で比較してみた(表2)。各区域の類似度は次式によって算出した。

$$\text{類似度} = c/a, a \geq b \quad a, b: \text{比較する2区域の種数}$$

c: 2区域の共通種数

本示数は0から1までの数値を取り、値が1に近づくほど類似性が高いことになる。3区域間の類似度は周辺部では高く(表2右上段網かけ部分)、一方、タウン内部では低いことが示された(表2左下段)。とくに、タウン内北西部と南部間の類似度は0.33で、これはタウン周辺部と内部間で算出される類似度0.57と比べても低い値である。

3) 環境別管住性ハチ類各種の出現パターン

表3に、周辺残存林、タウン内残存林、独立住宅、草地、植栽地の環境別に管住性ハチ類の出現種数、出現各種数の育房数から計算した多様度指数(H')をまとめた。また、図2に、環境別に総筒利用数と総育房数の内での出現各種の筒利用数と育房数が占める比率(%)を示した。

表2. タウン3区域間の管住性ハチ類組成の類似度。
右上段網掛け部分は周辺部、左下段はタウン内部の類似度。

| | | | |
|----|------|------|------|
| | 北西 | 北東 | 南 |
| 北西 | - | 0.80 | 1.00 |
| 北東 | 0.80 | - | 0.80 |
| 南 | 0.33 | 0.60 | - |

表3. 環境別の管住性ハチ類出現地点数、出現種類数、多様度(H')。
()内は有効調査地点数。

| | 出現地点数 | 出現種数 | 多様度 (H') |
|---------|---------|------|----------|
| 周辺残存林 | 23 (24) | 7 | 2.18 |
| タウン内残存林 | 20 (22) | 6 | 1.40 |
| 独立住宅 | 5 (9) | 4 | 1.19 |
| 草地 | 4 (5) | 4 | 0.77 |
| 植栽地 | 1 (6) | 1 | 0 |

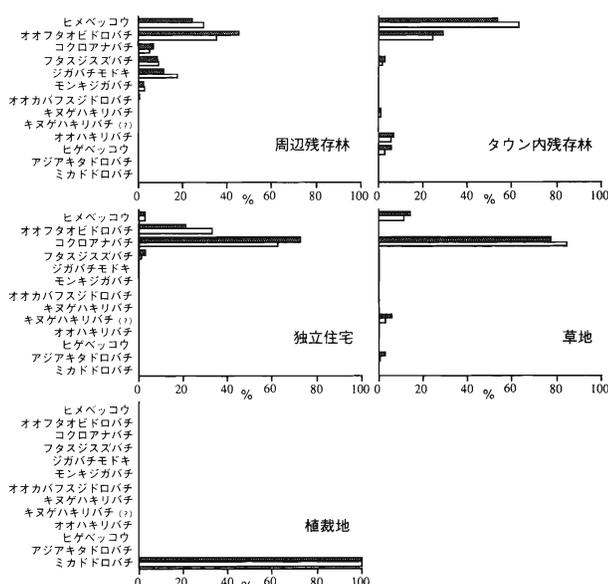


図2. 環境別の管住性ハチ類出現各種の優占率。

上段(網掛け)は総筒利用数内で出現種が占める割合を、
下段(白抜き)は総育房数に占める割合を示す。

周辺残存林では出現種数が最も多く、各種の占有度も均等性が高い。このため、多様度は周辺残存林で最も高い値を示した。一方、同じ樹林地でもタウン内残存林では出現種数はほぼ変わらないが、ヒメベッコウの優占度が高くなっている。このため、多様度は周辺残存林よりも低い値となった。独立住宅地では4種の出現がみられ、コクロアナバチとオオフタオビドロバチが優占的であった。多様度はタウン内残存林部に近い値を示した。草地でも4種の出現があったが、筒利用数、育房数ともにコクロアナバチが80%程を占有しており、多様度は独立住宅地よりも低くなっている。ただし、草地では他の環境では出現しない種が見られた。植栽地ではミカドドロバチ1種のみが出現した。

4) 優占3種のタウン内出現パターン

ヒメベッコウ、オオフタオビドロバチ、コクロアナバチの3種はともに今回の調査で優占種であったが、そのタウン内での出現パターンは以下に述べるように各種ごとに異なっていた。図3に、この3種の環境別出現頻度、出現地点当たりの平均筒利用数と育房数、筒1本当たりの育房生産数(総育房数÷総筒利用数)を示した。また、ヒメベッコウとオオフタオビドロバチについては、タウン内部のトラップ設置地点42箇所をハチ類の出現した地点と出現しなかった地点に分け、それぞれの地点の周辺残存林からの最短距離、周囲100m圏内の樹林地面積を比較し、Mann-WhitneyのU検定の結果を図4に示した。

コクロアナバチ：本種は周辺残存林と比較しても、タウン内の草地で出現率が最も高く、筒利用数、育房数も

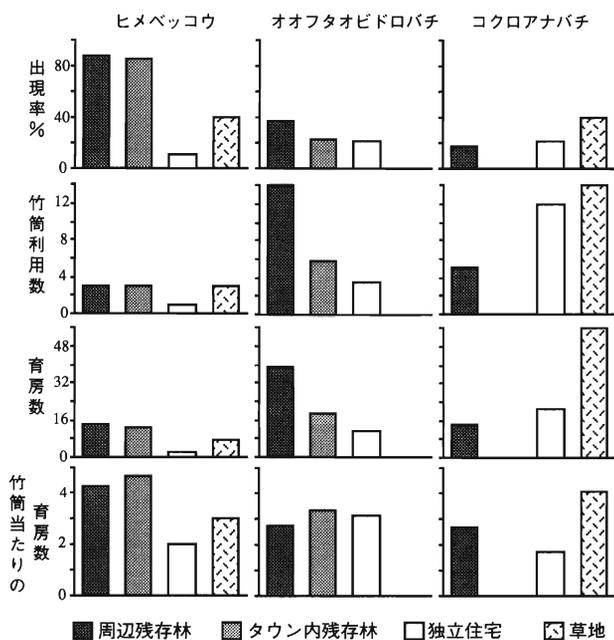


図3. 優占3種の環境別の出現率, 出現地点当たりの平均筒利用数と平均育房数, 筒1本当たりの育房数.

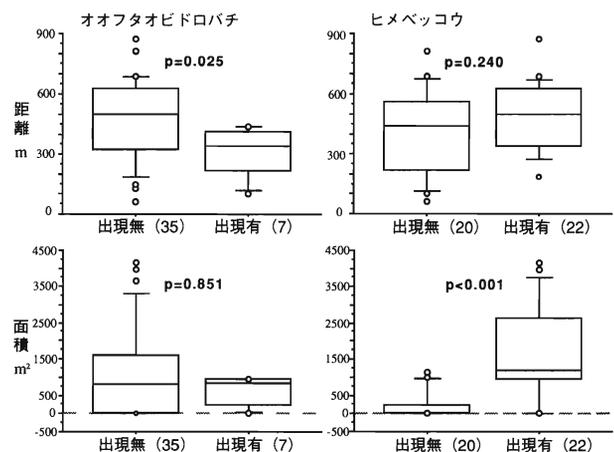


図4. オオフタオビドロバチとヒメベッコウの出現の有無とその地点の周辺残存林からの距離, 周囲100m圏内の樹林地面積との関係(平均±95%信頼限界, 縦線は範囲を示す).

草地で最も多くなっていた。また、筒1本当たりの育房生産数も草地以外では半分程に減少していることから、草地から離れるとその繁殖効率が著しく低下することがうかがえる。

ヒメベッコウ：本種のタウン内部の出現率は残存林で最も高かった。出現率、筒利用数、育房数の筒1本当たりの育房生産数はタウン内と周辺部の残存林の間でほとんど違いが見られない。しかし、樹林地以外(草地や独立住宅)の環境では、出現率から筒1本当たりの育房生産数まで、すべての値が著しく低下する。さらに、本種が出現したタウン内の地点は、出現しなかった地点と比較して、周辺残存林からの距離には差はないものの、周囲

に有意に広い樹林地を有していた(平均±SD：出現有 $1543.4 \pm 1175.9\text{m}^2$ 、出現無 $239.9 \pm 389.9\text{m}^2$)。

オオフタオビドロバチ：本種もタウン内部では残存林での出現率が最も高かった。しかし、ヒメベッコウとは異なり、本種ではタウン内部では樹林地でも筒利用数、育房数は低下する。また、筒1本当たりの育房生産数については独立住宅地と両樹林地の間で差がなかった。タウン内で本種が出現した地点は非出現地点と比較して、ヒメベッコウとは逆に、周囲の樹林地面積については差がなかったが、周辺残存林から有意に近い距離に位置していた。(出現有 $307.1 \pm 124.5\text{m}$ 、出現無 $472.1 \pm 195.9\text{m}$)。

考 察

1) 管住性ハチ類からみたフラワータウンの環境形態

橋本・遠藤(1994)の竹筒トラップによる三田市全体での管住性ハチ類の生息調査では18種類のハチ類の出現が見られた。タウンに出現した管住性ハチ類は13種であり、タウン全体としてみたハチ類の種多様性はかなり高いといえる。しかし、区域や環境別にみるとタウンにはハチ類の種数や個体数が著しく減少している地点がある。以下に、管住性ハチ類からみたフラワータウンの現状を環境別に考察する。

周辺残存林：管住性ハチ類の多様性が高く、個体数も多く生息している周辺部の樹林地は、タウン内部へのハチ類の「種の供給地」になっていると考えられる。周辺残存林に管住性ハチ類が多く生息しているのは、周辺部に一カ所ではあるが比較的大きな面積の樹林地が残っているためと、北側の樹林地が農村環境と隣接しているためであろう。さらに、周辺部では残存林が互いに近接し合ったベルト状の配置になっていることも理由の一つであろう。この形態ではハチ類の周回移動が可能で、たとえ小面積樹林地のハチ類個体群であっても孤立化が起きにくいと思われる。タウン周辺部の区域ではハチ類種組成の類似度が高いのも、この樹林地形態のためであろう。

タウン内残存林：タウン内部で最も多くの管住性ハチ類が生息している環境である。しかし、周辺部の樹林地と比べると、タウン内の樹林地ではハチ類の出現種類数や、ヒメベッコウ以外のハチ類の次世代生産性が低下していることが分かった。とくに、タウン中心部にある残存林では出現種数は1~2種までに減少している。

草地：草地にしか出現しないハチ類や草道を主要な次世代生産地点にしているハチ類がいることが分かった。

植栽地・緑道：公園内の植栽地や緑道は、管住性ハチ類の営巣場所や移動回廊としてほとんど機能していないことが分かった。これは植栽地が単純な植生で構成され

ているためや、線分としてタウン内に配置されているためであろう。

独立住宅：独立住宅地は管住性ハチ類の営巣場所や移動回路としての役割を果たしている。これは、植栽地や緑道と比べて、独立住宅の庭が面として広がっていることや、あるいは植生が多様であることが理由であると考えられる。ただし、ハチ類が出現した独立住宅地は樹林地や草地に隣接した地点に限られており、独立住宅地のみではハチ類の出現に十分な環境基質を満たすことはできないと考えられる。

幹線道路：タウンを3分割するように走る幹線道路の形態は管住性ハチ類の移動分散の障害になっていると考えられる。互いに隣接し合っているにもかかわらずタウン内部の3区域間ではハチ類種組成の類似性が低いことから、幹線道路の影響は共通の後背地を有する周辺部よりも、タウン内部に強く現れていることが分かった。

総括：管住性ハチ類からみたフラワータウンの環境形態を総括すると、タウン周辺部では良好な里山環境が維持されているといえよう。タウン内部では里山環境は縮小しているが、完全には消滅していないと思われる。タウン内残存林でハチ類の種多様性が低いのは、ハチ類が営巣できないからではなく、ハチ類の移入を妨げるタウンの環境形態に起因する可能性が高い。このことは、ハチ類の移植実験によって検証されよう。

2)管住性ハチ類の出現に影響を与えるタウン内の環境要因

今回の調査結果からヒメベッコウ、オオフトオビドロバチ、コクロアナバチの3種をモデルに、管住性ハチ類の出現に影響を与えるタウン内の環境要因を考察してみる。

ヒメベッコウ：タウン内では本種の出現は周囲100m圏内の樹林地面積が500m²以下の地点ではみられない。本種はクモ類を狩る高次捕食者である。捕食者であるクモ類が多数生息するためには、その獲物となる食植性昆虫類が多数生息できる樹林地環境が必要である。そのクモ類をさらに捕食する本種は、この食性のために樹林地環境が消失すると出現できなくなると考えられる。さらに、本種は幼虫の餌を地上運搬するので、遠距離を運搬するコストは大きい。このため、営巣場所が採餌場所の樹林地から離れるほど、本種の次世代生産効率は低下することが予想される。事実、今回の調査でも、極く少数例で本種の出現が草地や独立住宅地で見られたが、その育房数は地点当たりでも筒当たりでも樹林地と比べて著しく少なく、ハチ1個体当たりの営巣効率が低下していることを示している。本種の餌運搬能力の弱さも、その出現が樹林地環境と強く結びついている理由の一つになっていると考えられる。ただ、本種は小型で営巣活動圏も狭

いために(遠藤・橋本, 1994)、逆に市街地の社寺林のような孤立化した小面積樹林地でも繁殖が可能である(橋本・遠藤, 1994)。樹林地の消失には弱い、樹林地の縮小・孤立化には強い種であるといえよう。フラワータウン内残存林の優占種が本種であったことは、タウン内では樹林地の大部分が孤立化した状態にあり、ハチ類の新たな移入がほとんど起こっていないことを推測させる。

オオフトオビドロバチ：本種のタウン内での出現は大面積樹林地や農村環境を後背地とした樹林地から300~500m圏内の地点に限られていた。この圏内であれば、面積100m²の樹林地でも独立住宅地でも出現があり、営巣場所選択には樹林地の広がりには影響を与えていない。これは、本種がヒメベッコウとは違い、大型で高い飛翔力を持ち、餌の空中運搬もできるため営巣場所と採餌場所の樹林地がある程度離れていても繁殖できるからであろう。本種のタウン内での出現には、営巣場所そのものの環境よりも、営巣場所の周囲300~500m以内に採餌場所として好適な樹林地が存在しているかどうかに関与していると考えられる。本種と同じく大型種のオオカバフスジドロバチでも、その営巣は営巣場所の周囲200m以内に採餌場所となりえる樹林地が存在しているかどうかと強い関係があることが報告されている(市野, 1992)。

コクロアナバチ：本種の育房生産性が草地を離れると低下することから、草地の広がりとは本種の出現が強く関係していることは間違いない。本種が獲物とするのはササキリやカンタンなどのバッタ目昆虫である(岩田, 1982)。これらは樹林地や水田地よりも粗放管理の草地に出現するバッタ目昆虫で、タウン内では未整備の造成地を主な生息場所としていることが調べられている(八木私信)。つまり、本種の出現はタウン内部では未整備造成地の広がりに関与していることになる。

3)管住性ハチ類ピオトープとしてのニュータウン内残存林の環境形態

今回の調査から、タウン内残存林で管住性ハチ類の種多様性を保全するためには、最低限、1)残存林の配置、2)残存林の周囲、3)残存林の広がりについて最適な環境形態を創出する必要があることが分かった。まず、個別にこの3点について検討し、最後に3つを合わせて総括をおこなう。

残存林の配置：タウン内の残存林の配置は、個々の樹林地が互いに300~500m以内の距離間にあることが望まれる。さらに、個々のタウン内残存林が種の供給地(多くの場合、タウン周辺部であると考えられる)からも300~500m以内の距離に配置されることも必要である。このように残存林を配置できれば、ハチ類は樹林地間を移動しながら繁殖することができると推測される。細分化された個体群であっても個体群間で個体の移動が可能な

ら、個体群は孤立化や絶滅の確率を低下させることができる。すなわち、タウン内残存林のハチ類種多様性を維持するためには、個体群をメタ個体群化させることが不可欠である。また、残存林間にハチ類の移動分散の障害物となりえる道路などを配置しないことも、タウン内のハチ類個体群をメタ化させるために考慮すべき環境形態であろう。

残存林の周囲：草地と残存林の組み合わせは、草地性のハチ類と樹林地性のハチ類がセットで出現するため、ハチ類の多様性が最も高い環境を創出できる。また、独立住宅の庭地はハチ類の営巣が可能であるため、ハチ類の一時的な増殖場所や樹林地への飛び石づたいの移動地点として活用できる。残存林に草地や独立住宅庭地を隣接するよう配置する形態は、タウン内残存林で管住性ハチ類の種多様性を維持するのに好ましいものであると考えられる。

残存林の広がり：今回の調査では、面積2000m²ほどの残存林(Nos.34-35)でも4種のハチ類が営巣できることが示されている。しかし、これはこのタウン内残存林が周辺部から近い位置にあったからで、孤立した樹林地でハチ類の個体群を維持するには、かなりの大面積が必要になると考えられる。事実、タウン中心部にある残存林(Nos.43-47)では、樹林地面積が19600m²あっても、ヒメベッコウとフタスジスズバチの2種の営巣が認められただけである。

総括：具体的に管住性ハチ類のビオトープを設計するためには、残存林の配置、残存林の周囲、残存林の広がり3点を合わせて考える必要がある。しかし、この3点について個別に検討した最適形態が同時に成り立つとは限らない。たとえば、タウン内に大面積樹林地を500m以内の距離をおいて配置していけば、タウン内に住宅地や草地を配置する余地はほとんどなくなるであろう。また、管住性ハチ類とひとまとめに呼んでも、その特性は飛翔力の強い大型種や弱い小型種など種によって異なり、個体群維持に最適な環境形態が相反し合う種もある。結局、1)部分では特定の環境形態の最適化をはかり、全体として見たときには色々な環境形態がモザイク状に組み込まれた形を選択するか、2)個々の環境形態が最もバランスよく組み込まれた形を一応の最適形態として選択す

るかになろう。前者と後者のどちらが、より管住性ハチ類の種多様性を高い状態で維持できるかについては実験的に検証していく必要がある。

どちらの手法を選択するにしても、ある特定種の生態的な特性だけを物差しに、ビオトープ全体の環境形態を設定しないことが重要である。管住性ハチ類の研究結果は、ある特定の種だけのためにビオトープの環境形態を設定すると、他の多くの種を消滅させてしまう危険があることを示唆している。

謝 辞

本研究は、兵庫県立人と自然の博物館の総合共同研究「公園都市研究」の一環としておこなわれたものである。博物館の諸氏にはさまざまな助力と指導をいただいた。とくに、船城周子氏には本研究にかかわる作業全般を補助していただいた。また、環境計画研究部の池口 仁氏には統計処理法について助言をいただいた。管住性ハチ類研究方法については、東北学院大学の郷右近勝夫氏に有益なご教授をいただいた。香川大学の市野 隆氏にはドロバチ類の文献についてご教示していただいた。ドロバチ類の同定には鹿児島大学の山根正気氏にご助力いただいた。これらの方々に、深く感謝します。

文 献

- 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。
- 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。
- 服部 保・赤松弘治・武田義明・小館誓治・上甫木昭春・山崎 寛(1995)里山の現状と里山管理。人と自然，6，1-32。
- 市野 隆(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，324p。
- 岩田久二雄(1971)本能の進化：蜂類の比較習性学的研究。眞野書店，565pp。
- 岩田久二雄(1982)日本蜂類生態図鑑。講談社，162pp。
- (1996年5月30日受付)
- (1996年8月2日受理)