

兵庫県宝塚市の山火事跡とその周辺における 竹筒トラップに営巣するハチ類

西本 裕¹⁾・遠藤 知二²⁾

はじめに

対象地域の環境を簡便に評価する方法として、竹筒やヨシ筒に営巣するハチを調べる竹筒トラップ法が役立つ(遠藤・橋本 1994; 橋本・遠藤 1994; 橋本ら 2004; Tschamntke et al. 1998; 須賀ら 2001; 西本 2011; 西本ら 2011; 橋本ら 2011)。調査方法は、すだれ状に編んだ竹筒を春先に設置し、秋に回収するという単純なものである。他の調査方法に比べて得られる情報量と労力との観点からも、竹筒トラップは優れていると考えられる。この方法は天候に左右されず、調査者の能力や経験、年齢に関係がないのも利点である。竹筒に営巣するハチは、分類学的にはいくつかの異なる科に属し、花粉や昆虫、クモなど異なるタイプの餌を利用する多様な生態をもち、竹筒の内部に育室をつくるために用いる仕切り材も多様である。さらに、羽化率、成虫の性比および寄生する昆虫の種も解明で

きる。

2002年3月、宝塚市切畑長尾山で山火事が発生し、兵庫県生物学会阪神支部ではその年の9月から焼け跡内の植生調査を毎年実施してきた(兵庫県生物学会阪神支部 2003, 2011)。山火事発生から7年が経過してしまっていたが、2009年に山火事跡での竹筒のハチについて調査を行った(西本ら 2011)。

本調査の目的は、山火事の被害のなかった周辺の山林に竹筒トラップを設置し、山火事が起きた場所とそうでない場所での比較を通じて、山火事による環境の変化が竹筒に営巣するハチにどのような影響を及ぼしているのかを明らかにすることである。本調査は山火事跡での竹筒トラップ調査の翌年、2010年に行なった。理想的には、山火事発生の直後から同一年度に両区域を比較調査し、経年変化を見ることが望ましいが、諸般の事情で残念ながらできなかった。

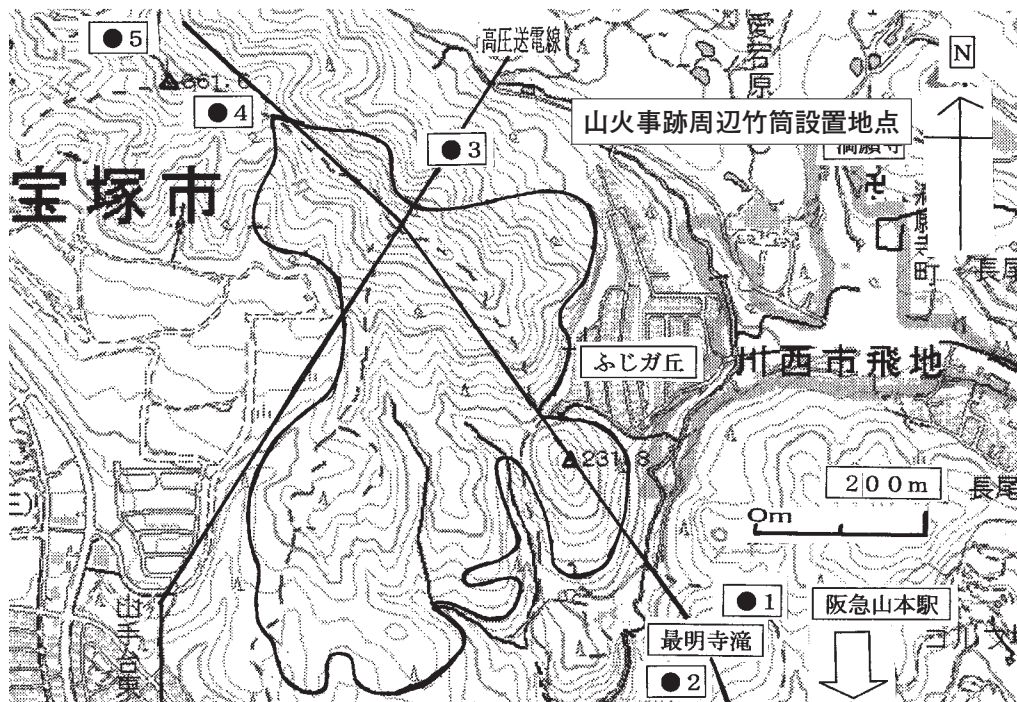


図1 山火事跡周辺 竹筒設置地点 実線は焼失範囲を示す

1) 学校法人 聖心女子学院 小林聖心女子学院中学・高等学校
2) 神戸女学院大学人間科学部 環境・バイオサイエンス学科
2012年2月10日受理

調査方法

2009年に行なった山火事跡の調査では、尾根筋に竹筒トラップを設置したので、今回の調査でもその周辺の尾根筋のアカマツ林とコナラ林の5地点を選んだ(図1, 表1)。トラップ設置場所は、山火事で焼失した区域から最大300m, 最小50m離れていた。

設置は2010年4月17日, 回収は11月14日に行った。使用した竹筒トラップの仕様, 設置方法, 回収後の処理などは前年と同じである(西本ら 2011)。片方が節で閉じていて, もう一方は開口している長さ20cmのメダケを使用した。内径16~13mm(Lサイズ), 13~10mm(Mサイズ), 10~7mm(Sサイズ), 7~4mm(SSサイズ)の4種類の竹筒を上から順に5回繰り返して, 合計20本をすだれ状に編んだ。それを樹幹の高さ1.5mの位置に紐でくくりつけた(図2)。1調査地点に20m四方の各頂点とその中央, 計5トラップを設置した。回収した竹筒から営巣したハチの幼虫・前蛹を1個体ずつ取り出して管ピンで飼育し, 羽化した成虫を標本として作製, 種の同定を行った。

表1 竹筒設置地点の概要

地点	標高(m)	緯度	経度	優占植生
1	197	34度49分56秒	135度23分28秒	アカマツ林
2	199	34度49分53秒	135度23分25秒	アカマツ林
3	279	34度50分22秒	135度23分07秒	コナラ林
4	357	34度50分27秒	135度22分50秒	アカマツ林
5	358	34度50分29秒	135度22分46秒	コナラ林



図2 竹筒設置の様子 (地点5のコナラ林に設置)

結果

1. 竹筒利用率

ハチの営巣は, 設置した500本の竹筒のうち149本にみられ, 竹筒利用率は29.8%であった。前年の山火事跡では480本中181本の営巣があり, 利用率は37.7%だった。これらの竹筒利用率には有意な差があり($\chi^2=6.86$, $p<0.01$), 山火事跡は対照とした周辺区域よりも高い割合でハチが営巣した。

アリは, 前年の山火事跡では2本にしか営巣がみられず, 利用率は0.4%であったが, 周辺区域では38本の営巣があり, 利用率は7.6%であった。両区域間のアリ利用率の違いは有意であり($\chi^2=32.3$, $p<0.001$), ハチとは逆に周辺地域の方がアリの利用率が高かった。

2. 営巣した種とその寄生種

竹筒を利用したハチの種と育室数(表2), 寄生種の育室数とそのホストを示した(表3)。前年の山火事跡では11種が出現したのに対し, 周辺区域では7種と少なかったが, 総育室数は山火事跡で477, 周辺地域で485と大きな違いはなかった。7種の内訳は, ハナバチ類が2種で79育室(16.3%), カリバチ類が2種で381育室(78.6%), クモカリバチ類が3種で25育室(5.1%)であった。この割合を前年の山火事跡と比較すると, 山火事跡でのハナバチ類, カリバチ類, クモカリバチ類の育室数は, それぞれ総育室数の5.2%, 72.7%, 22.0%を占めており, 両区域間の生態グループの割合は有意に異なっていた($\chi^2=78.8$, $p<0.001$)。

育室数の多かった上位3種は, カリバチ類のオオフタオビドロバチ366育室(75.5%), ハナバチ類のツツハナバチ71育室(14.6%), クモカリバチ類のヒメクモバチ22育室(4.5%)で, これら3種で全育室数の94.6%を占めた。各種の育室数の割合を前年の山火事跡の調査結果と比較すると, オオフタオビドロバチは変わらなかったが, 周辺地域ではオオジガバチモドキとナミジガバチモドキが少なく, ツツハナバチ, ミカドジガバチ, ヒメクモバチは多かった。

周辺区域で確認された寄生種は7種, 寄生を受けた育室数は43で(表3), 前年の山火事跡では4種, 被寄生育室数は82だった。山火事跡と周辺区域の地点あたりの寄生者種数は, それぞれ平均2.4種, 2.2種で, 両者の間に有意な差はなかった(Mann-Whitney U検定, $z=0.827$, $p=0.41$)。ただし, 総育室数に対する寄生率は, 山火事跡で17.2%, 周辺地域で8.9%となり, 山火事跡ではほぼ2倍寄生率が高い傾向にあった。地点あたりの寄生率を用いて両地域間で寄生率を比較したところ, この違いは有意だった(U検定, $z=1.984$, $p=0.047$)。

表2 周辺区域における生態グループ別にみた各種ハチ類の育室数とその割合

生態グループ 種 (学名) [科]	地点					合計	割合 (%)
	1	2	3	4	5		
ハナバチ類						79	16.3
ツツハナバチ <i>Osmia taurus</i> [ハキリバチ科]		3	6	43	19	71	14.6
オオハキリバチ <i>Chalicodoma sculpturalis</i> [ハキリバチ科]			8			8	1.7
カリバチ類						381	78.6
オオフトオビドロバチ <i>Anterhynchium flavomarginatum</i> [ドロバチ科]	117	66	156	25	2	366	75.5
ミカドジガバチ <i>Ammophila aemulans</i> [ジガバチ科]	4	5	4		2	15	3.1
クモカリバチ類						25	5.1
ヒメクモバチ <i>Auplopus carbonarius</i> [クモバチ科]	12	5		5		22	4.5
オオジガバチモドキ <i>Trypoxylon malaisei</i> [ジガバチ科]				2		2	0.4
ヒゲクモバチの1種 <i>Dipogon</i> sp. [クモバチ科]					1	1	0.2
総計	133	79	174	75	24	485	100.0

表3 周辺区域における竹筒トラップに営巣したハチ類の寄生種の育室数と寄生率

営巣ホスト種 寄生者	地点					合計	寄生率 (%)
	1	2	3	4	5		
ツツハナバチ							
コバチ上科 Chalcidoidea				1	2	3	4.2
オオハキリバチ							
ハラアカハキリバチヤドリ <i>Euaspsis basalis</i>			7			7	87.5
オオフトオビドロバチ							
コバチ上科 Chalcidoidea			1			1	0.3
ムモンオオハナノミ <i>Macrosiagon nasutum</i>	3	1	8			12	3.3
キイロゲンセイ <i>Zonitis japonica</i>			2			2	0.5
ニクバエ科 Sarcophagidae	4		13			17	4.6
ミカドジガバチ							
ニクバエ科 Sarcophagidae		1				1	6.7
総計	7	2	31	1	2	43	8.9

表4 各種ハチ類の竹筒あたり育室数別の巣数と羽化数および羽化率

営巣種	育室数										巣の合計	総育室数	羽化数	羽化率(%)		
	1	2	3	4	5	6	7	8	10	13					14	20
ハナバチ類																
ツツハナバチ		3	1		1				1	1	1	1	9	71	50	70.4
オオハキリバチ	1	2	1										4	8	1	12.5
カリバチ類																
オオフトオビドロバチ	17	35	20	23	15	5	2	1					118	366	279	76.2
ミカドジガバチ	9	3											12	15	10	66.7
クモカリバチ類																
ヒメクモバチ				1	2			1					4	22	16	72.7
オオジガバチモドキ		1											1	2	2	100.0
ヒゲクモバチの1種	1												1	1	1	100.0
総計	28	44	22	24	18	5	2	2	1	1	1	1	149	485	359	74.0

表5 山火事跡と周辺区域の営巣ハチ種と育室数の比較

生態グループ 営巣種	調査区域 (年)	
	山火事跡(2009)	対照区(2010)
ハナバチ類		
ツツハナバチ	0	71
オオハキリバチ	16	8
ニッポンメンハナバチ	6	0
スミスハキリバチ	3	0
カリバチ類		
オオフトオビドロバチ	342	366
ミカドジガバチ	2	15
オオカバフスジドロバチ	2	0
ヤマトフトスジズバチ	1	0
クモカリバチ類		
ヒメクモバチ	14	22
オオジガバチモドキ	69	2
ナミジガバチモドキ	20	0
ヤマトルリジガバチ	2	0
ヒゲクモバチ	0	1
総育室数	477	485
γ多様性 (合計種数)	11.0	7.0
α多様性 (平均種数)	5.0	3.8
β多様性 (種組成の差)	2.2	1.8
多様性指数 (H')	0.90	0.85

3. 巣あたりの育室数

表4に、竹筒1本あたりの育室数について、巣の頻度分布を示した。ツツハナバチでは10室以上の育室をもつ竹筒が4本(巣の44.4%)、最大育室数は20室だった。オオフトオビドロバチとヒメクモバチでは、最大は8室だった。巣のデータが多く得られたオオフトオビドロバチでは、山火事跡と周辺区域の竹筒1本あたり育室数は、それぞれ 2.7 ± 1.6 と 3.1 ± 1.6 (平均±標準偏差)で、有意ではないが、周辺区域のほうがやや育室の多い巣を設ける傾向にあった(育室数6以上の巣をまとめて検定、 $\chi^2=9.12$, $p=0.058$)。

4. 山火事跡とその周辺の森林との比較

両区域の営巣種と育室数について、種の多様性の違いを調べた(表5)。 γ 多様性、 α 多様性、 β 多様性およびシャノン・ウィナーの多様性指数 H' は、いずれも山火事跡のほうが山火事の起きた周辺区域よりも少し高い値を示した。各地点の種数である α 多様性を、両区域間で比較すると、山火事跡の調査地点は有意に多くのハチ種が営巣していた(U検定、 $z=2.01$, $p=0.045$)。いっぽう、地点あたりの多様性指数を求めて比較したところ、山火事跡と周辺地域の間で有意な差はなかった(U検定、 $z=1.57$, $p=0.12$)。

考察

山火事跡と、山火事が少なくとも長期間は起きていない周辺区域の間で竹筒トラップを利用するハチとその寄生者を比較した。その結果、年度の違いはあるものの、両区域間で次のような違いがあることがわかった。1) ハチの竹筒利用率は山火事跡のほうが高く、アリの利用率は周辺区域のほうが高かった。2) 生態グループの育室数構成に違いがあり、ハナバチ類は周辺地域で、クモカリバチ類は山火事跡で、それぞれ多かった。3) 寄生者の種数や種組成には大きな違いはなかったが、総育室数に対する寄生率は山火事跡のほうが高かった。4) オオフタオビドロバチの巣あたり育室数は、周辺区域のほうで高い傾向にあった。5) α 多様性、すなわち地点あたり平均種数は、山火事跡で高かった。

山火事跡と周辺地域の環境の大きな違いは、開放的環境と閉鎖的環境の違いとして捉えることができる。山火事が起きると樹木は焼け、群落高が低くなり林床に光が入ることによりすぐに草本層は地面を覆いつくす。本調査地でも植物の種数は、山火事直後に増加し、その後減少したことが報告されており、山火事直後の2002年は3地点の平均で23.0種、翌2003年は38.0種と増加したが、2009年には31.7種と減少した(兵庫県生物学会阪神支部 2011)。

竹筒トラップに営巣するハチの α 多様性が周辺区域よりも山火事跡で高かったという結果は、山火事跡の明るい開放的環境がこれらのハチの多くにとって好適であることを示しているのかもしれない。Klein *et al.* (2006) は、ヨシとイタドリをトラップを用いて熱帯多雨林からさまざまな距離に位置する農業林でハチを調べたところ、トラップ設置環境の光量の増加にともなってハチの種数が増加することを見いだした。これはおもにカリバチ類、とくにドロバチ類が明るい環境を好むことによるものだった(Klein *et al.* 2006)。本調査地ではドロバチ類はオオフタオビドロバチ1種しかみられなかったが、山火事跡ではそれ以外にオオカバフスジドロバチ、ヤマトフタスジズバチを含む3種のドロバチ類が出現しており(西本ら 2011)、やはりドロバチ類が開放的な環境下で営巣しやすいことを示唆している。

また、山火事跡では周辺区域にくらべてアリの利用率がきわめて低いことも大きな特徴であった。竹筒トラップを利用するアリの多くは、枯枝や樹上に営巣する種であり(石井 2010)、地上部の表層に営巣していることから山火事の影響を受けやすいと考えられる。そのため、山火事跡ではこれらのアリ類の個体数が減少し、それらの竹筒利用率が低下したのかもしれない。竹筒トラップで活動するアリは、同じトラップに営巣するハチに対する優位な競争者であるため

(Miyano and Yamaguchi 2001)、アリの減少は竹筒に巣をつくるハチの活動性を高めるように作用し、山火事跡でのハチの竹筒利用率が高いことを説明する要因となるだろう。

育室数でみた場合に、山火事跡ではクモカリバチ類の営巣が多かった。これは、オオジガバチモドキが山火事跡のすべてのトラップで出現したこと、ナミジガバチモドキが山火事跡でのみ出現したことなど、ジガバチモドキ属の活動が多かったことによっている(西本ら 2011)。クモカリバチ類は高次の栄養段階に属しており、山火事跡のような二次遷移の比較的初期の段階に出現するのは、やや意外な結果だった。Klein *et al.* (2006) の研究によれば、熱帯の農業林ではクモカリバチ類であるヒメクモバチ属の1種(*Auplopus levicarinatus*)の育室数は光量と負の相関があったという。シガバチモドキ属とヒメクモバチ属は異なった科に属し、狩るクモのタイプやサイズも違っている。このような違いが環境選好性にも関係しているのかもしれない。

山火事跡において高い寄生率がみられたのも、注目すべきことと思われる。Klein *et al.* (2006) は、寄生率についても熱帯多雨林からの距離と光量が説明要因になっているかどうか分析しており、森林からの距離が遠くなるほど、寄生率が低下することを見いだしているが、光量は関係がなかった。今回の山火事跡の調査地は、寄生者のすみつきに影響するほど、周辺の森林から隔たっていないと考えられる。むしろ山火事跡で寄生率が高まる理由として、寄生者が営巣中のハチの巣に視覚的に定位するため明環境で寄生率が高まる、あるいはアリの活動が寄生者の活動を抑制するためアリの少ない環境で寄生率が高まるなどの可能性が考えられるが、いまのところ推測にすぎない。総育室数に対する寄生率にもっとも貢献していたのは、どちらの場所でもオオフタオビドロバチに寄生するニクバエ類だった(表3)。ニクバエ類の寄生率には、両区域間で有意な差はなかったものの(U検定, $z=1.57$, $p=0.12$)、オオフタオビドロバチへの寄生率は、山火事跡で9.1%、周辺地域で4.6%と、山火事跡では約2倍高かった。いっぽう、オオフタオビドロバチの巣あたり育室数は、寄生率の比較的高い山火事跡で少なかった。これは、オオフタオビドロバチがより多くの空室をつくったり、あるいはより頻繁に営巣している竹筒を変更したりすることで、ニクバエ類による寄生を回避しようとした行動を反映しているのかもしれない。

本研究では、山火事による環境変化が竹筒トラップを利用する管住性ハチ類の営巣状況にどのように影響するかをみるために、山火事の起きていない周辺地域を対照区として調査を行った。しかし、調査年度が異

なるため、今回の調査結果が環境の違いを反映しているのかどうかは、厳密な意味でははっきりしない。周辺区域の調査を行った2010年は、山火事跡を調査した前年にくらべると、4月から7月にかけて降水量が倍程度多かったが、8月以降少雨傾向になり、夏季は猛暑が続いた(神戸のデータ, 気象庁 2011)。このような気象条件の違いがハチの営巣活動にどの程度影響を及ぼしていたかは不明だが、兩年のハチの営巣活動への影響は季節の前半と後半で逆転している可能性があり、活動時期の異なるハチの種によって影響の受け方が異なっているかもしれない。また、山火事が生じてからすでに7年が経過していたため、残念ながらもっとも影響が大きいと予想される山火事直後のハチの営巣状況がわからず、これらのハチの種構成が回復過程のどのような段階にあるのかも不明である。もし山火事によってハチの個体群が局所的に消失するのであれば、山火事跡のような環境は、周辺からの移入によるハチ個体群の回復過程を追跡することが可能であろう。したがって、今後山火事直後から、対照区となる周辺地域も含めて竹筒トラップによる調査を行えば、管住性ハチ類の生息場所選好性とすみつき過程、さらに寄生者の侵入過程とそれに対する管住性ハチ類の反応など、さまざまな点について検討することが可能になると思われる。

謝辞

園田女子大学の阪口正樹先生、西宮香風高等学校の後藤統一先生には調査の際、お世話になったのでお礼申し上げます。

摘要

2002年3月に山火事が起き、7年後の2009年に山火事跡に、翌2010年にその周辺に竹筒トラップを設置して、2つの区域の環境の違いによってハチとアリの竹筒利用およびハチの寄生者が異なっているかどうかを調べた。その結果、竹筒を利用したハチの種数は山火事跡と周辺地域でそれぞれ11種と7種、総育室数はそれぞれ477と485であった。 α 多様性、すなわち地点あたりの平均種数、竹筒利用率、寄生率は山火事跡で高かった。生態グループの構成にも違いがみられ、クモカリバチ類は山火事跡で、ハナバチ類は周辺区域でそれぞれ多かった。山火事跡で竹筒に営巣するハチの種多様性が高まるという結果は興味深いことであり、その要因について論じた。

引用文献

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: トラップ間距離と竹筒の口径の影響. 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.
- 橋本佳明・遠藤知二・西本裕・中西明德. 2004. 管住性ハチ類の多様性による武庫川流域の里山環境評価. 武庫川流域人と自然 兵庫県立人と自然の博物館総合共同研究 平成14・15年度調査報告論文集, 36-39.
- 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.
- 兵庫県生物学会阪神支部. 2003. 宝塚山火事跡モニタリング調査報告(2002年). 兵庫生物, 12: 230-232.
- 兵庫県生物学会阪神支部. 2011. 宝塚山火事跡モニタリング調査報告(2010年). 兵庫生物, 14(2): 133-142.
- 石井貴子. 2010. 兵庫県における竹筒トラップ調査で得られたアリ相について. 神戸女学院大学人間科学部環境・バイオサイエンス学科 卒業論文, 62pp.
- 気象庁. 2011. 気象統計情報. <http://www.data.jma.go.jp/obd/stats/etrm/index.php>
- Klein, A. M., Steffan-Dewenter, I. and Tschardtke, T.. 2006. Rain forest promotes trophic interaction and diversity of trap-nesting Hymenoptera in adjacent agroforestry. *Journal of Animal Ecology*, 75: 315-323.
- Miyano, S. and Yamaguchi, T.. 2001. Ants reduce nest building activities of tube-nesting wasps and bees (Hymenoptera). *Entomological Science*, 4: 243-246.
- 宮下直・野田隆史. 2003. 群集生態学. 東京大学出版, 187pp.
- 西本裕. 2011. 阪神地域の市街地とその周辺に営巣する管住性ハチ. 兵庫生物, 14: 95-102.
- 西本裕・後藤統一・阪口正樹. 2011. 竹筒に営巣するハチたちー兵庫県宝塚市・山火事跡7年後の記録ー. 兵庫生物, 14: 103-106.
- 須賀丈・遠藤知二・坂田宏志・橋本佳明. 2001. 竹筒トラップを用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 別冊4: 23-33.
- Tschardtke, T., Gathmann, A. and Steffan-Dewenter, I.. 1998. Bioindication using trap-nesting bees and wasps and their natural enemies: community structure and interactions. *Journal of Applied Ecology*, 35: 708-719.