

ボクトウガ幼虫による樹液依存性節足動物の捕食 — 予備的観察

市川俊英・上田恭一郎*

Predation on exuded sap-dependant arthropods by the larvae of oriental carpenter moth, *Cossus jezoensis* (Matsumura) (Lepidoptera, Cossidae) : preliminary observations

Toshihide ICHIKAWA and Kyoichiro UEDA*

Abstract

Factors of long-term sap-exudation from deciduous *Quercus* trees have not been clarified. The authors conducted field surveys to elucidate the factors at 11 locations in central Kagawa Prefecture, Shikoku Island, Japan. Sap-exuding trees were found in thirty-five of 764 *Q. acutissima* trees, five of 462 *Q. variabilis* trees, one of 371 *Q. serrata* trees and none of 3 *Q. aliena* trees. Wine-colored cossid larvae and/or their galleries were found on ca. 94% of sap-exuding trees examined. All ten adults (two males and eight females) emerged from a part of the cossid larvae were oriental carpenter moths, *Cossus jezoensis* (Matsumura). The sap-exudation period was between mid-May and early November. Each of the larvae of *C. jezoensis* making their own galleries on the edge of bark-abraded parts (sap-exuding parts) was occasionally observed biting the surface of the bark-abraded part by changing the biting spot one after another (scraping behavior), pausing at the entrance of the gallery, fighting with the other inhabiting adjacent gallery, and walking on the stem surface. Furthermore, five larvae were observed attempting to prey on exuded sap-feeding insects. In another survey, the larvae were observed attempting to prey on exuded sap-feeding insects. One succeeded in preying on an ant, and another on a fly, in addition to preying on algophagid new mite species, *Hericia sanukiensis* inhabiting in exuded sap flows. Such predatory behaviors observed between June and November roughly coincided with the total period of sap-exudation. The scraping behavior and the exuded sap flowing from around the entrance of the larval galleries indicate that the long-term exudation of sap flow from deciduous *Quercus* trees is actively generated by the larvae of *C. jezoensis* to propagate the mites and to lure exuded sap-feeding insects.

Key words: Cossidae, *Cossus jezoensis*, predatory larvae, *Quercus*, sap exudation

緒 言

日本各地の平地から低山地にかけて広く分布しているクヌギ *Quercus acutissima*, コナラ *Q. serrata*, アベマキ *Q. variabilis* などの落葉性コナラ属植物は成長が速いことに加えて、地上部を伐倒しても枯死することなく切り口から速やかに萌芽再生してくる。萌芽再生力の強いこれらの落葉性コナラ属植物は、二次林の中で残りやすいだけでなく、古くから薪炭材やシイタケ栽培用材などと

して育成・利用されてきた結果、里山雑木林の主要樹種となっていることが多い⁽¹⁾。特に最もよく利用されてきたと考えられるクヌギの場合は、人家付近に積極的に植栽されてきたために、本来の自然分布の範囲が不明瞭になっているようである^(2,3)。このように古くから日常的に利用されてきた落葉性コナラ属植物では、樹幹や枝から時折樹液が滲出するという現象が認められる。カブトムシ、クワガタムシ類、オオムラサキ、オオスズメバチなどいずれも日本の大型昆虫を代表する樹液食昆虫

* 北九州市立自然史・歴史博物館 805-0071 北九州市八幡東区東田 2-4-1

Kitakyushu Museum of Natural History and Human History 2-4-1 Higasida, Yahatahigasiku, Kitakyushu 805-0071

が頻繁にそのような樹液に飛来するため、樹液はそれらの昆虫と共に里山雑木林の夏の風景を代表する風物詩として広く知られてきた。

コナラ属植物と樹液食昆虫との関係は各地の里山で普通に見られた周知の関係であったことに加えて、何らかの外傷によって偶発的に滲出すると考えられてきた樹液は、花蜜や樹脂などのように適応的な分泌でもなく、経済的価値も認められないことから、樹液滲出に関する本格的な研究が行われることはなかった。また、昭和30年前後に日常使用される燃料が薪炭から石油、ガスへと転換され、有機合成農薬・有機合成肥料の導入など農業の近代化、都市化などの影響も加わって里山の環境が大きく変化したこと^(2, 4-10)も、樹液と昆虫など身近な生物の生活を研究対象として取り上げる機会の減少につながってしまったものと考えられる。ところで、樹液滲出の原因が偶発的な外傷であれば、そのような滲出は植物の防御機能によって速やかに停止するものと考えられる。しかし、本研究の予備調査において、1本のクヌギの同一外傷部位から7月上旬から9月上旬までの約2ヶ月間、継続的に樹液が滲出していたことを示す観察結果が得られていた。そのような長期に亘る樹液の滲出は偶発的な原因によるものではないのではないかと考えられたことが、クヌギを中心とする落葉性コナラ属植物の樹液に関連した本研究を開始した動機であった。

本研究では、まず調査可能な樹液滲出木を確保すると共に樹液滲出木の出現頻度を知るために、落葉性コナラ属植物に焦点を絞った野外調査を行った。この野外調査によって確認された樹液滲出木の一部を調査対象として、年間の樹液滲出消長について調査した。また、予備調査を含む樹液滲出木の調査過程において樹液滲出箇所で見られた鱗翅目(チョウ目)の幼虫が四国未記録種のボクトウガ(oriental carpenter moth), *Cossus jezoensis* (Matsumura)⁽¹¹⁾であることを確認した。さらに、ボクトウガ幼虫と飛来昆虫を含む特異な光景が観察されたため、その点について特に注目して調査を進めてきた。調査の結果、従来、他のボクトウガ科の幼虫と同様に食材性と考えられてきたボクトウガ幼虫が捕食性を示すことが明らかになってきた。本論文では以上の調査結果について述べるとともに、樹液滲出の要因、ボクトウガ幼虫の食性と生活様式などについて考察した。

調査場所と調査方法

調査1：樹液滲出木の発生頻度

香川県木田郡三木町池戸に所在する香川大学農学部(34° 16'35" N, 134° 7'29" E)から15km以内の範囲で

河川土手とその周辺の雑木林、平地林および山林を予備調査した後、その範囲内でコナラ属植物が多いと考えられた11地点(木田郡三木町内の2地点、高松市内の7地点、木田郡三木町と高松市にまたがる1地点およびさぬき市内の1地点)を調査場所として選定した。調査を実施した11地点の地勢状況の概略を示すと、讃岐平野内の川の土手(A)、平地林(B)および独立山塊の山麓(C、DおよびE)、それに香川県から徳島県へと続く阿讃山脈の山麓(FおよびG)および山林内(H、I、JおよびK)であった。調査は1998年から2000年まで行ない、各年の調査はコナラ属植物の樹液滲出が認められた7月から9月にかけて原則として晴天の日を実施した。調査は各調査地点内の道路(公道、公園内遊歩道および林道)沿いで行なった。各調査地点では調査起点から終点までの範囲で見られた胸高直径5cm以上(金属製巻尺による計測)の落葉性コナラ属の生立木すべてを調査対象とした。各調査対象木は樹幹表面の形状および葉から種名を確認し胸高直径を測定した後、幹と枝を地上から目視し、樹液滲出箇所の有無を調査した。発見された樹液滲出箇所はいずれも樹皮が剥がれた部分(剥皮箇所)であったことから、地上2m以下の箇所ではそれらの剥皮箇所の最高と最低の高さを金属性巻尺で計測し、地上2m以上の箇所は金属性巻尺と昆虫採集網の継ぎ竿を用いて概略の高さを計測した。各剥皮箇所の地面からの高さは中央の高さとした。

調査2：樹液滲出箇所に生息する鱗翅目幼虫の観察と採集

調査1において地上2m以下の樹幹で樹液滲出が確認された調査木の樹液滲出箇所については、予備調査中に樹液滲出箇所で見られた暗赤色の鱗翅目幼虫とそれらが潜伏している糞状物を吐糸で綴った孔道の有無について調査した。なお、樹幹が地上約1.5mまでの部分で3分岐し、容易に登ることのできたクヌギ1本(クヌギNo. 1)については根元から地上3.2mまでの高さの樹液滲出箇所について調査したが、その他のすべての調査木では根元から2m以下の樹液滲出箇所について調査した。この鱗翅目幼虫の行動は素早く、材内へと掘られたトンネル内に逃げ込む個体も確認されたことから、発見の確度を高めるために日中(8時~18時)に行なった1回目の調査で幼虫が発見されなかった樹液滲出木では、同一年の調査期間中の夕刻から夜間に至る時間帯(18時~1時)に懐中電灯を使用して再度の調査を行なった。そのような調査によって樹液滲出箇所で見られた鱗翅目幼虫の中で、体サイズが大きく終齢ではないかと考えられた個体を捕獲し、生かしたままプラスチック製フィルムケースに収容して研究室へ持ち帰った。捕獲幼虫

の一部の生体重は PD1-20 (Chyo Balance Corporation製) で測定した。捕獲当日あるいはその翌日、水道水を含ませた脱脂綿または濾紙とともに単独で透明プラスチック容器に収容した幼虫を室温の研究室に置き、それらが蛹化を経て羽化するものか否か調査した。そのような方法で飼育した後に羽化した成虫はすべて乾燥標本にして種の同定を行なった。

調査3：樹液滲出木における樹液滲出箇所数の時期的変化

調査対象木は1998年の7月から9月までの調査において地上2m以下の樹幹で樹液の滲出が確認された落葉性コナラ属植物の中で、香川大学農学部近くに継続的に調査が可能と考えられたクヌギ10本とアベマキ1本であった。調査は1999年および2000年の2年間に亘って実施し、両年とも4月から12月にかけて月2～3回、原則として晴天日の日中(8時～18時)に行なった。調査地点はいずれも香川県高松市内で、讃岐平野内の平地林(B)、独立山塊の山麓(C)および阿讃山脈の山麓(F, G, H)という低地でもあったことから、調査期間中の気温は高松地方気象台の観測データを利用して表示した。各調査日における調査は調査1で行なった暗赤色の鱗翅目幼虫に関する調査の場合と同様で、地上2m以上の樹幹に容易に登ることができた1本のクヌギ(クヌギNo.1)は根元から地上3.2mまでの樹幹、その他のすべての調査対象木(クヌギNo.2～No.10, アベマキNo.1)は根元から地上2m以下の樹幹をそれぞれ調査範囲として各剥皮箇所内の樹液滲出箇所数を目視で確認して記録した。

調査4：樹幹表面における鱗翅目幼虫の行動

クヌギ樹液滲出箇所に関する予備調査の過程において、調査2で述べた暗赤色の鱗翅目幼虫の孔道開口部に潜り込んだ状態で静止しているアブ科の成虫1個体が1998年7月24日に観察された。この成虫は仰向けになり腹面が見える異常な状態であったため、何らかの外力が加わってそのような状態になったものと考えられた。孔道を開いたところ、暗赤色の鱗翅目幼虫が開口部近くで発見された(Fig. 1)。このアブ科の成虫に外傷はなかったようで、ピンセットで体を引き抜いた直後に飛去したが、発見された鱗翅目幼虫によって孔道内に引き込まれた可能性が高いと考えられた。このため、樹液滲出箇所周辺に潜伏する暗赤色の鱗翅目幼虫とその孔道開口部周辺に存在する樹液食昆虫の状態に特に注目した下記の観察調査を行なった。

調査3の調査中に発見された暗赤色の鱗翅目幼虫について、発見場所と発見時の行動をすべて記録した。な

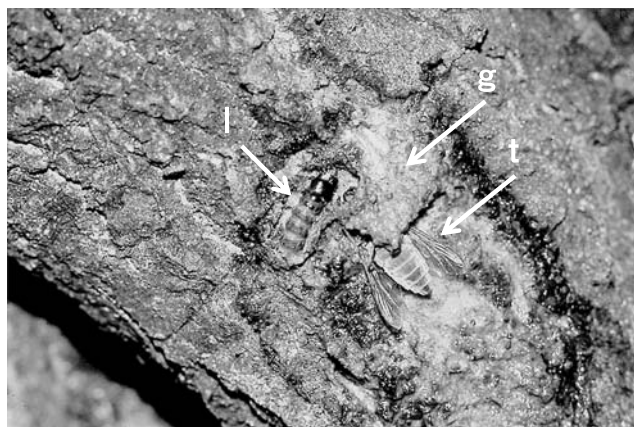


Fig. 1. A tabanid fly (t) found upside down in its body position with the anterior part kept entering into a gallery (g) of a wine-colored lepidopterous larva (l) on July 24, 1998. A part of the gallery was removed to observe the dweller.

お、記録した個体は、孔道を剥がしたり、剥皮箇所周縁部の樹皮を剥がしたりするなど人為的な攪乱のない状態において、少なくとも体の一部を能動的に樹幹表面に露出して目視で発見された個体のみであった。暗赤色の鱗翅目幼虫は剥皮箇所周縁部の観察しにくい場所に生息しているようで、人為的攪乱のない状態での目視観察は困難であると考えられた。このため、観察の機会を可能な限り多く取れるように、本研究開始後新たに発見されて樹液滲出が確認された高松市内のクヌギ2本とアベマキ1本、それに香川県三木町内のクヌギ2本を調査3の11本に加えた16本について追加調査を行なった。これら16本の調査木はいずれも香川大学農学部から8km以内の場所で発見されたものであった。調査期間は1998年8～11月、1999年5～10月、2000年6～10月および2001年6月、8～10月および2002年5～9月であった。これらの期間を通じて調査はすべて日中(8時～19時)に行ない、常時カメラを携帯して一瞬の現象を目視観察と同時に撮影して記録できるようにした。なお、本調査で発見された暗赤色の鱗翅目幼虫の一部も調査2の場合と同様に羽化させ、乾燥標本にして種の同定を行なった。また、追加調査では暗赤色幼虫の行動全般、樹液食昆虫の行動等についても記録したが、結果ではそれらの中で暗赤色幼虫の捕食行動に絞って観察結果を述べる。

結 果

樹液滲出木で採集された暗赤色の鱗翅目幼虫

調査2および調査4において樹液滲出木で採集された暗赤色の鱗翅目幼虫を羽化させて作成した乾燥標本10個体を対象とし、外部形態および交尾器を調査して種の同

Table 1 Species, identified using adults, emerged from wine-colored larvae which had been collected on sap-exuding *Quercus* trees

No.	Locations surveyed	Tree species collected larva	Date of collection	Date of emergence	Species	Sex
1	F	<i>Q. acutissima</i>	Aug. 7, '98	Sept. 13, '98	<i>Cossus jezoensis</i>	Female
2	F	<i>Q. acutissima</i>	Aug. 7, '98	Sept. '99	<i>Cossus jezoensis</i>	Female
3	K	<i>Q. acutissima</i>	Aug. 7, '98	Sept. 21, '98	<i>Cossus jezoensis</i>	Female
4	K	<i>Q. acutissima</i>	Aug. 11, '98	Sept. 5, '98	<i>Cossus jezoensis</i>	Male
5	I*	<i>Q. variabilis</i>	Sept. 14, '98	May 22, '99	<i>Cossus jezoensis</i>	Male
6	F	<i>Q. acutissima</i>	May 16, '99	June 5, '99	<i>Cossus jezoensis</i>	Female
7	F	<i>Q. acutissima</i>	June 4, '99	July '99	<i>Cossus jezoensis</i>	Female
8	F	<i>Q. acutissima</i>	July 9, '99	July '99	<i>Cossus jezoensis</i>	Female
9	A	<i>Q. acutissima</i>	Aug. 22, '99	Mar. 7, '00	<i>Cossus jezoensis</i>	Female
10	J	<i>Q. acutissima</i>	July 17, '00	Aug. 7, '00	<i>Cossus jezoensis</i>	Female

See Table 2 for locations surveyed.

Live weights of No.6, No.9 and No.10 larvae at the time of collection were 4.7499 g, 4.7006 g and 2.9372 g, respectively.

Live weights of other larvae are unknown.

As shown in Fig. 7A, a dead moth was found at the entrance of the gallery of No.5 larva at the time of collection.

Dates of emergence in each of No.2, No.7 and No.8 larvae are unknown.

* In the vicinity of I

Table 2 The number of *Quercus* trees observed in each survey location, in central Kagawa Prefecture*

Tree species	Location											Total
	A	B	C	D	E	F	G	H	I**	J	K	
<i>Q. acutissima</i>	95(1)***	39(1)	50(3)	24(1)	26(0)	38(7)	25(3)	33(2)	39(2)	95(2)	300(13)	764(35)
<i>Q. variabilis</i>	3(0)	0(0)	52(1)	158(0)	92(1)	58(2)	0(0)	1(0)	70(0)	3(0)	25(1)	462(5)
<i>Q. serrata</i>	0(0)	0(0)	2(0)	14(0)	41(1)	10(0)	8(0)	57(0)	98(0)	41(0)	100(0)	371(1)
Total	98(1)	39(1)	104(4)	196(1)	159(2)	106(9)	33(3)	91(2)	207(2)	139(2)	425(14)	1597(41)

A: Bank of Yosidagawa-river, B: Sogouhigashimachi-hill, C: Mt. Yoshiyama, D: Mt. Shirayama, E: Mt. Yashima, F: Kinbuchi forest park, G: Ueta-hachiman shrine, H: Donguri land-1, I: Donguri land-2, J: Mt. Maeyama, K: Mt. Kamiyama.

* The survey was conducted between July and September from 1998 to 2000.

** Three *Q. aliena* trees were observed in addition to the 207 trees.

*** The number in parenthesis indicates the number of trees exuding sap in the trees observed at each location.

定を行なった。Table 1 に示した通り、それらの成虫（雄 2 個体、雌 8 個体）はすべてボクトウガ *Cossus jezoensis* (Matsumura) と同定された。その中で採集直後に測定することができた No.6, No.9 および No.10 の幼虫の生体重は各々 4.7499g, 4.7006 g および 2.9372 g であった。また、No.5 の雄成虫は Fig. 7A に示した幼虫を羽化させたものであった。以上の同定結果から、本研究で調査した落葉性コナラ属植物の樹液滲出箇所（剥皮箇所）とその周辺に生息していた暗赤色幼虫はすべてボクトウガの幼虫として扱った。

調査 1：樹液滲出木の発生頻度

各調査地点における樹種別の確認本数は Table 2 に示した通りで、11 調査地点で確認された落葉性コナラ属植物はクヌギ *Quercus acutissima* (764本)、アベマキ *Q. variabilis* (462本) およびコナラ *Q. serrata* (371本) およびナラガシワ *Q. aliena* (3本) の 4 種であった。4 種の中で確認本数が最も多かったクヌギは人為的に植栽されていることの明瞭な場所が多く、讃岐平野を流れる川の土手の A 地点と南斜面に集中的に植栽されていた阿讃山脈山林内の K 地点では各々伐採したクヌギを調査地点の隣接場所でシイタケ栽培用材として利用していた。また同じ川で土手に沿ってほぼ等間隔に植栽されているク

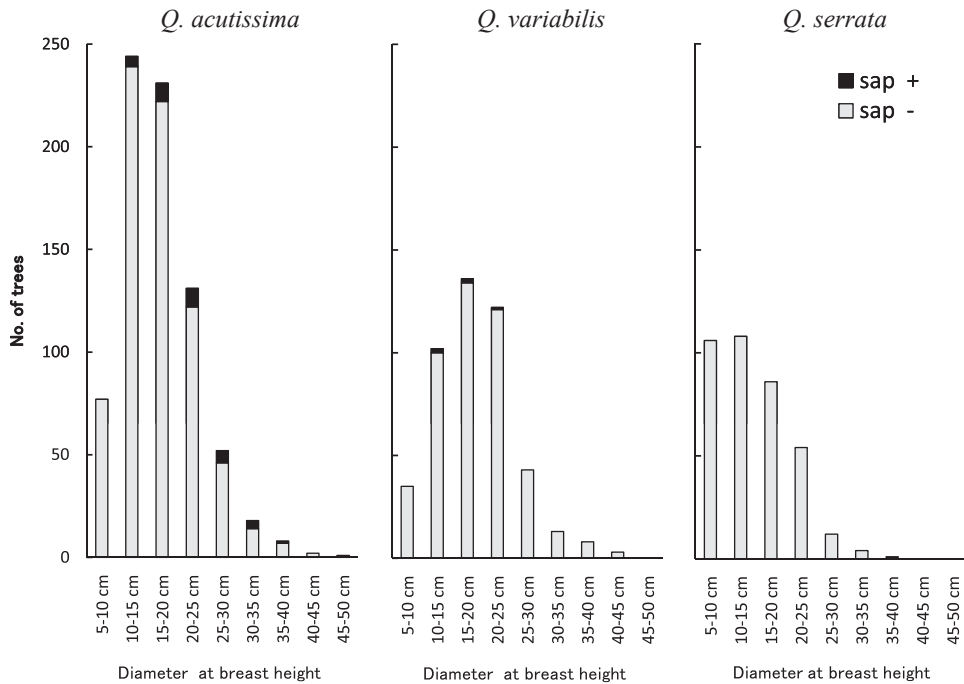


Fig. 2. Distributions of size in intact trees (sap-) and sap-exuding trees (sap+) in three deciduous *Quercus* tree species found in 11 locations.

ヌギも確認された。一方、アベマキとコナラではそのように明瞭な人為的植栽を示す地点は確認されなかった。ナラガシワはI地点の山林斜面で確認された3本だけであったため、以後の分析から省いた。

樹液滲出木の樹液滲出箇所は、樹種に係わらず、いずれも樹幹の多少とも樹皮が剥がれてその直下が見えている部分（剥皮箇所）であった。各調査地点で確認された樹液滲出木数は Table 2 の各括弧内に示した通りであった。クヌギの場合、E地点を除く10地点で樹液滲出木が確認された。ただし、樹液滲出木の出現頻度は10%を超えたF地点（18.4%）およびG地点（12.0%）を除くと、その他の地点では1.1%から6.1%の範囲内の低い頻度であった。アベマキの樹液滲出木は4地点で確認されたが、樹液滲出木の出現頻度はクヌギに比べて一段と低く、最も高かったK地点でも4.0%であった。コナラの樹液滲出木はさらに少なく、わずかにE地点の1本だけであった。11地点をまとめて樹液滲出木の出現頻度を比較すると、クヌギが4.58%（35/764）、アベマキが1.08%（5/462）、コナラが0.27%（1/371）であった。クヌギとアベマキ、クヌギとコナラの間ではいずれもクヌギのほうが有意に樹液滲出木の出現頻度が高かったが、アベマキとコナラの間には有意差が認められなかった（Fisherの正確確立検定および Bonferroniの補正による多重比較；クヌギ対アベマキ $P = 0.002061$ 、クヌギ対コナラ $P = 0.000042$ 、アベマキ対コナラ $P = 0.701502$ ）。Fig. 2は3樹種の調査本数を樹液滲出の有無によって

分け、5cm間隔で胸高直径の範囲別に示したものである。胸高直径が最小範囲の5~10cmの調査木はクヌギの10.1%、アベマキの7.6%、コナラの28.6%であったが、3樹種ともこの大きさの調査木中に樹液滲出木は見つからなかった。クヌギでは胸高直径40~45cmの2本を除く10cm以上のすべての範囲の調査木の中に樹液滲出木が認められた。他方、アベマキの樹液滲出木5本は胸高直径10~25cmの355本の中に含まれていた。それ以上大きい胸高直径25~45cmのアベマキも同一胸高直径範囲のクヌギ82本と大差のない73本確認されたが、樹液滲出木は確認されなかった。また、コナラの樹液滲出木はこの樹種の調査木の中で最も大きかった胸高直径35cmの1本だけであった。

樹皮がはがれた箇所（剥皮箇所）のあるクヌギは764本の調査木の中の37本であったが、それらの中で剥皮箇所から樹液の滲出が確認されなかった木は2本だけで、残りの35本では樹液の滲出が確認された。また、剥皮箇所のあるアベマキ5本とコナラ1本ではいずれも樹液の滲出が確認された。Fig. 3はこのように樹液が滲出する剥皮箇所のあった41本の樹液滲出箇所を地面からの高さ別にまとめて示したものである。この図から明らかなように、クヌギの樹液滲出箇所は1m以下の根元に近い樹幹に最も多く（45.8%）、地上1~2mの高さ（26.4%）から地上2~3mの高さ（18.1%）へと漸減し、地上3m以上の高さ（9.7%）になると急激に減少した。樹液滲出木の少なかったアラカシとコナラでも樹液滲出箇所

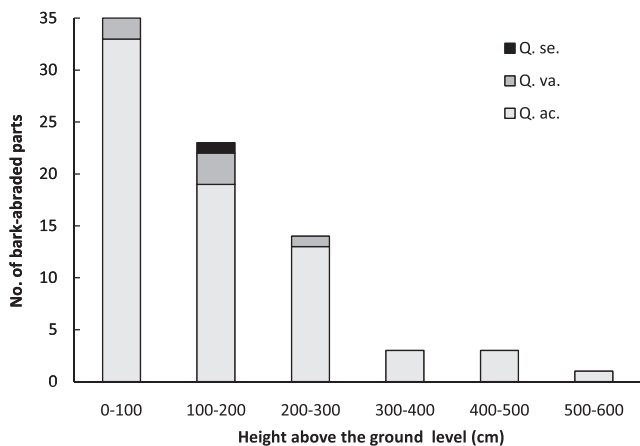


Fig. 3. Relationship between the tree height in sap-exuding trees and the number of bark-abraded parts (sap-exuding parts) in three *Quercus* trees. Q. ac.: *Q. acutissima*, Q. va.: *Q. variabilis*, Q. se.: *Q. serrata*.

Table 3 The number of sap-exuding trees with (+) or without (-) the galleries made of excrement-like materials (G) and/or the larvae of *Cossus jezoensis* in sap-exuding parts lower than 2m above the ground level

Tree species	G	L	G+	L-	G+	L+	Total
<i>Q. acutissima</i>	2	5	22				29
<i>Q. variabilis</i>	0	2	3				5
<i>Q. serrata</i>	0	0	1				1

は地上3m以下の低い位置で確認され、その範囲内でもより低い位置に発生が偏る傾向が認められた。

樹液滲出木の剥皮箇所数は胸高直径が全調査木中最大であった調査地点Fのクヌギ(調査3のクヌギNo.1)で例外的に多く、根元から地上約530cmの範囲で13の剥皮箇所が認められた。残り34本のクヌギの剥皮箇所数(1.71±0.91, Mean±SD)は4箇所が1本、3箇所が7本、2箇所が7本、1箇所が19本であった。アベマキの剥皮箇所数は2箇所が1本、1箇所が4本であった。また、コナラ1本の剥皮箇所数は3箇所であった。

調査2：樹液滲出箇所に生息するボクトウガ幼虫の観察と採集

樹液滲出木の剥皮箇所にボクトウガ幼虫が存在するかどうかについて調査した結果をTable 3に示した。樹液滲出中の剥皮箇所が地上2m以下の樹幹表面に存在していた調査木はクヌギ29本、アベマキ5本、コナラ1本であった。クヌギの場合、ボクトウガ幼虫もその幼虫が糞状物で作った孔道も発見されず、幼虫不在と判断された調査木はわずかに2本であった。これに対して、幼虫も孔道も発見されたのは22本であり、少なくとも調査対象

木の約76%で該当する幼虫の存在が確認された。残り5本の調査対象木では孔道だけ発見されたが、幼虫が潜伏していた可能性を示唆するもので、それらも含めると、樹液滲出木の約93%にボクトウガ幼虫が存在していたということになる。なお、アベマキでは孔道だけ発見された調査木が2本、孔道も幼虫も発見された調査木が3本であった。コナラの調査木1本では幼虫も孔道も発見された。

調査3：樹液滲出木における樹液滲出箇所数の時期的変化

1998年7～9月の調査において樹液滲出が確認されていた調査木の中でクヌギ10本とアベマキ1本を選び、1999年と2000年の2年間に亘って樹液滲出箇所数について調査した結果をFig. 4およびFig. 5に示した。両年とも、森林公園内(F)のクヌギ6本(クヌギNo.1～No.6)を図の最下端、別の4地点(B, C, G, H)のクヌギの中からそれぞれ1本を選んだ合計4本(クヌギNo.7～No.10)を上端から3番目の図、森林公園内(F)のアベマキ1本(アベマキNo.1)を上端から2番目の図、高松地方気象台の気温観測データを上端にそれぞれ示しておいた。調査対象となった剥皮箇所は、地上3.2mの高さまで調査範囲としたクヌギNo.1が10箇所、地上2mの高さまで調査範囲としたその他の調査木では、クヌギNo.2が3箇所、クヌギNo.6, No.8およびNo.10が2箇所、クヌギNo.3, No.4, No.5, No.7, No.9およびアベマキNo.1が1箇所であった。調査対象となった剥皮箇所は上記の通り、両年とも同一同数であった。アベマキも含めて11本の調査木の樹液滲出箇所数の消長を平均気温と関連付けて眺めてみると、2年間ともほぼ同様の傾向を示していた。まず樹液滲出開始時期は、7月中下旬であった1999年の1本(クヌギNo.10)と2000年の1本(クヌギNo.7)を除くと、20℃前後まで上昇した平均気温が20～24℃の範囲で推移した5月中旬から6月中下旬までの間であった。その後、平均気温が25℃以上で推移し、年間で最も高温であったほぼ7月上旬から9月上旬を経て20℃前後となる10月上中旬まで、一部の調査木(該当期間中に樹液滲出が中断した後に再開した2000年のクヌギNo.3, No.4およびNo.6)を除いて、毎回の調査日に樹液の滲出が観察された。クヌギNo.1に関する2年間の調査結果に典型的に示されているように、滲出開始時期にごく少数であった樹液滲出箇所は、6月下旬から7月上旬までの間に急激に増加し、そのレベルが7月下旬まで維持された後、8月上旬から9月上旬にかけてさらに一層の増加を示した後で減少に転じた。大半の調査木で樹液の滲出がほとんどあるいはまったく観察されなくなったのは平均気温が15℃前後まで低下した11

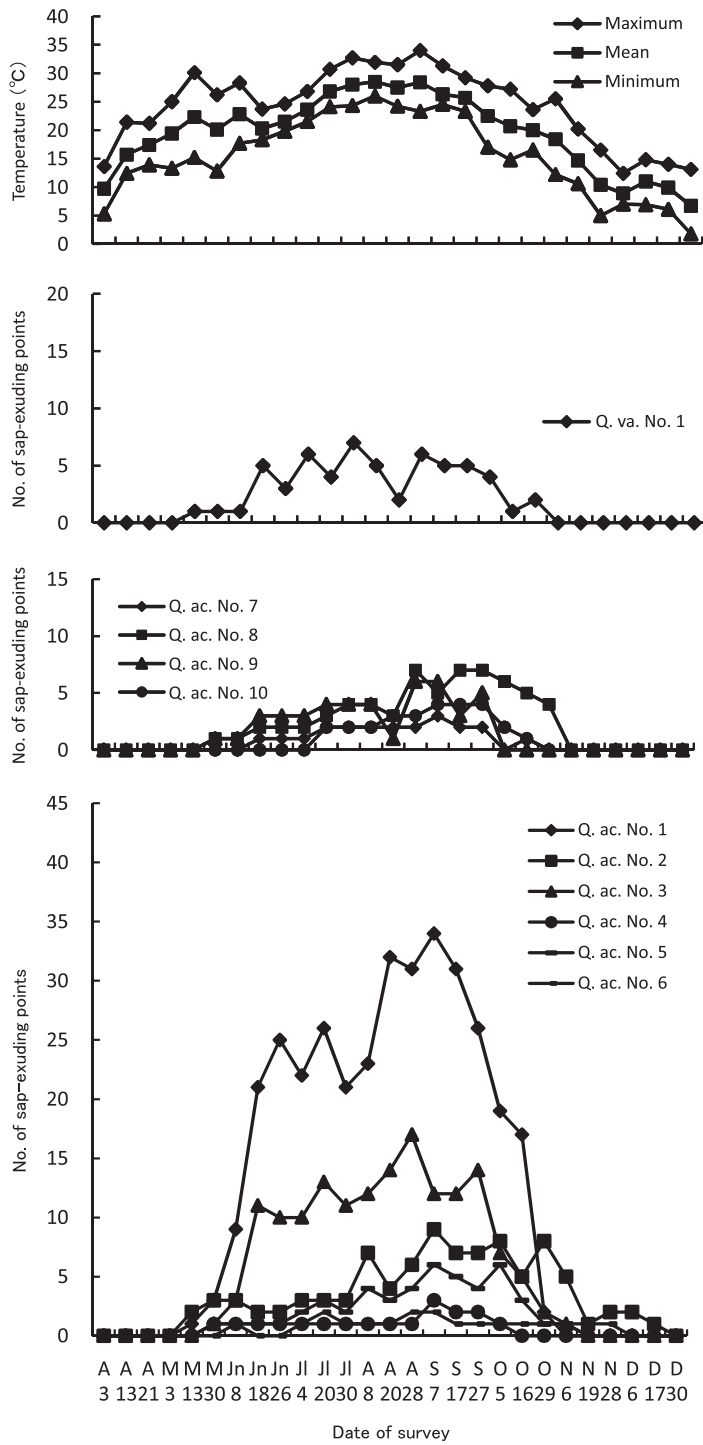


Fig. 4. Seasonal changes of sap-exuding points in ten *Q. acutissima* (*Q. ac.*) trees and one *Q. variabilis* (*Q. va.*) tree examined 2 or 3 times a month from April to December of 1999. All trees examined were undergoing sap-exudation between July and September of 1998. *Q. acutissima* No.1 was examined up to 3.2 m above the ground level, while all of the other trees only up to 2 m above the ground level. The number of bark-abraded parts examined was 10 for *Q. acutissima* No.1, 3 for *Q. acutissima* No.2, 2 for *Q. acutissima* Nos.6, 8 and 10, and 1 for *Q. acutissima* Nos. 3, 4, 5, 7 and 9, and *Q. variabilis* No.1.

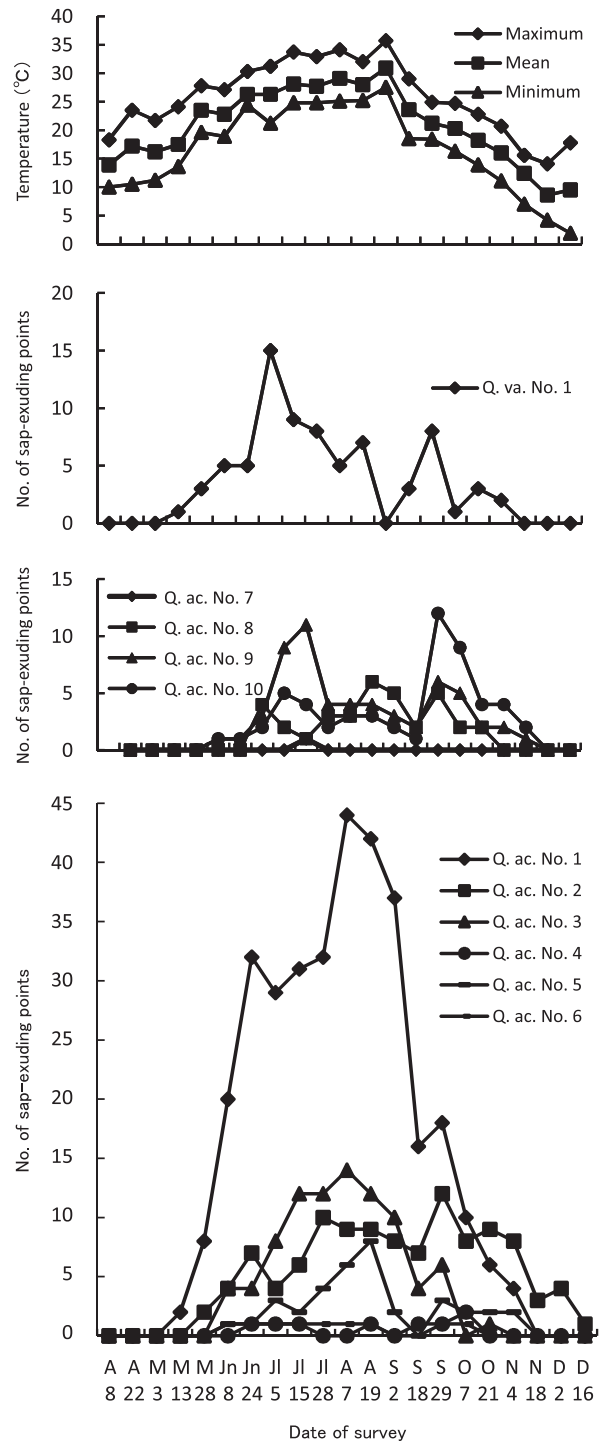


Fig. 5. Seasonal changes of sap-exuding points in ten *Q. acutissima* (*Q. ac.*) trees and one *Q. variabilis* (*Q. va.*) tree examined 2 or 3 times a month from April to December of 2000. The examinations were the same as those of 1999.

月上旬であった。ごく一部の調査木ではその後、平均気温がさらに低下して10℃前後となった11月中下旬（1999年のクヌギ No.6, 2000年のクヌギ No.9 および No.10）あるいは12月中旬（1999年および2000年のクヌギ No.2）までごくわずかながら樹液の滲出が観察された。以上、2年間の調査中に観察された樹液滲出箇所はクヌギ、アバマキいずれも滲出時期にかかわらず樹幹剥皮箇所の周縁部であった。

調査4：樹幹表面におけるボクトウガ幼虫の行動

調査3における樹液滲出箇所数の調査中に調査木の樹幹表面で発見されたボクトウガ幼虫の延べ個体数を月別にまとめて Fig. 6 に示した。両年とも人為的な攪乱や操作を加えることなく行った各調査木の目視調査中に時折ボクトウガ幼虫が発見され、それらの幼虫は下段に示した1999年が延べ55個体、上段に示した2000年が延べ30個体であった。発見幼虫のほとんどは生存個体で、死亡個体は1999年が1個体、2000年が3個体であった。幼虫が発見された期間は5月から10月までであったが、1999年にはこの範囲のすべての月に発見されたのに対して、2000年には10月に発見されなかった。発見個体数が多かったのは両年とも7月と8月で、両月における発見個体数を合計すると、全発見個体数の80.0%（1999年）あるいは76.8%（2000年）に達した。

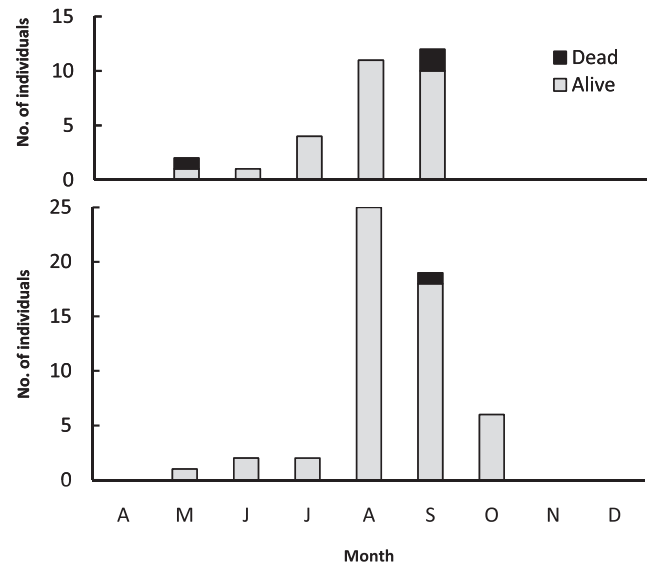


Fig. 6. The total number of the larvae of *C. jezoensis* found on the stems of ten *Q. acutissima* trees and one *Q. variabilis* tree. The total number observed in each month, the results of 1999 (the lower figure) and 2000 (the upper figure) are shown separately. Artificial disturbances on the larvae were minimized by slow movements and gentle touches on the stems.

クヌギ10本とアバマキ1本を対象とした上記の2年間に亘る調査で発見された延べ85個体のボクトウガ幼虫を発見部位と発見時の行動に基づいて分類し、各々月別に

Table 4 The total number of the larvae of *Cossus jezoensis* showing their positions and behaviors at the time of their discovery on the stems of sap-exuding *Quercus* trees surveyed from April to December in 1999 and 2000*

Type of larval behavior	Month									Total	
	Apr.	May	Jun.	Jul.	Aug.	Sept.	Oct.	Nov.	Dec.		
Exposing anterior part of the body from the larval gallery	Pausing	0**	0	0	2	18	17	4	0	0	41
	Biting bark-abraded stem surface	0	0	0	1	5	2	0	0	0	8
	Fighting between two larvae	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2
	Attempting to prey upon sap-feeding insects***	0	0	3	0	1	1	0	0	0	5
	Being sucked by an <i>Agriosphodrus dohrni</i> larva	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2
Exposing whole body on the stem surface	Dead	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
	Walking	0	2	0	3	9	4	2	0	0	20
	Pausing in a hole made by <i>Vespa mandarinia</i> workers	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
	Being bitten by a <i>V. mandarinia</i> worker	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
	Being sucked by <i>A. dohrni</i> larvae	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
	Dead	0	1	0	0	0	2	0	0	0	3
Total	0	3	3	6	34	33	6	0	0	85	

* Ten *Q. acutissima* trees and one *Q. variabilis* tree were diurnally surveyed for two years, 1999 and 2000. Refer to Figs. 4 and 5 for the dates of the survey.

** Figure in each month in each type of behavior indicates the total number of larvae performing the behavior concerned in the same month of the two years.

*** Five larvae were observed attempting to prey upon a small fly (June 26, 1999), a *V. mandarinia* queen (June 26, 1999), a tabanid fly (September 7, 1999), a *Camponotus japonicus* worker (June 24, 2000) and a tabanid fly (August 7, 2000), respectively. All above attempts ended in failure, and the potential preys escaped.

延べ個体数として Table 4 に示した。糞状物を綴って剥皮箇所周縁部に作られた孔道で発見された幼虫は59個体で、総発見個体数の69.4%であった。但し、発見された幼虫は孔道先端の開口部からわずかでも体の前半部分を外に出していた個体であり、操作・攪乱を行わなかった目視のみの本調査では体全体を孔道の中に隠して潜伏していた個体は見えないために含まれていない。このように孔道から体の一部を出した状態で発見された59個体の幼虫の中で最も多かったのはその状態で静止していた41個体で、この範疇の幼虫の69.5%を占めていた。その他の行動や状態を示した幼虫は少数であったが、下記の通りで、それぞれ本種幼虫の特異な生活様式を強く示唆するものであった。8個体は、孔道開口部の外に出した体を前後左右に次々と移動させながら、孔道開口部の外側に広がる剥皮箇所の表面をかじっていた。5個体はそれぞれ、剥皮箇所に飛来あるいは歩行接近して孔道開口部とその周辺から滲出している樹液を摂取していた1個体の昆虫に対して素早く飛びつくあるいはかみつくような行動を見せた。それら5個体の中で、体が小さかったハエの1種とクロオオアリワーカーを攻撃した2個体の幼虫はいずれも攻撃対象を把握することがなく、単に邪魔な樹液食昆虫を排除するための行動のようにも見えた。しかし、オオスズメバチ女王を攻撃した1個体とそれぞれアブ科の成虫1個体を攻撃した2個体はいずれも攻撃個体の脚に大顎でかみつき、そのまま後退してかみついた昆虫を孔道内に引き込む行動を示した。このため、5個体の攻撃的行動は、単なる排除行動ではなく、捕食行動であると考えられた。開口部が向き合う状態で隣接していた二つの孔道に生息していた2個体は、大きくリズムカルに頭部と胸部を上下運動させることによって剥皮箇所周縁部を覆うように残った樹皮の裏面と剥皮箇所表面に頭部と胸部を打ち付けて発音したり、体の一部で相手の孔道開口部内に侵入したり退却したりしながら激しく闘争していた。別の2個体は孔道入口から体を出した状態でそれぞれ1個体のヨコヅナサシガメ幼虫に捕食されているところであった。最後の1個体は、上記ヨコヅナサシガメのうちの1個体によって捕食されている幼虫の直下にあった孔道から体を出して死亡していた幼虫で、その発見状況からヨコヅナサシガメ幼虫に捕食されて死んだものと考えられた。次に体全体を孔道の外に出していたボクトウガ幼虫は下記の延べ26個体であった。最も多く観察されたのは樹幹表面を歩行していた20個体で、この範疇の発見幼虫の76.9%を占めていた。歩行個体を剥皮箇所内外の別に記録していなかったために個体数を示すことはできないが、孔道のある剥皮箇所から遠く離れた健全な樹幹表面上を歩行している個体も多

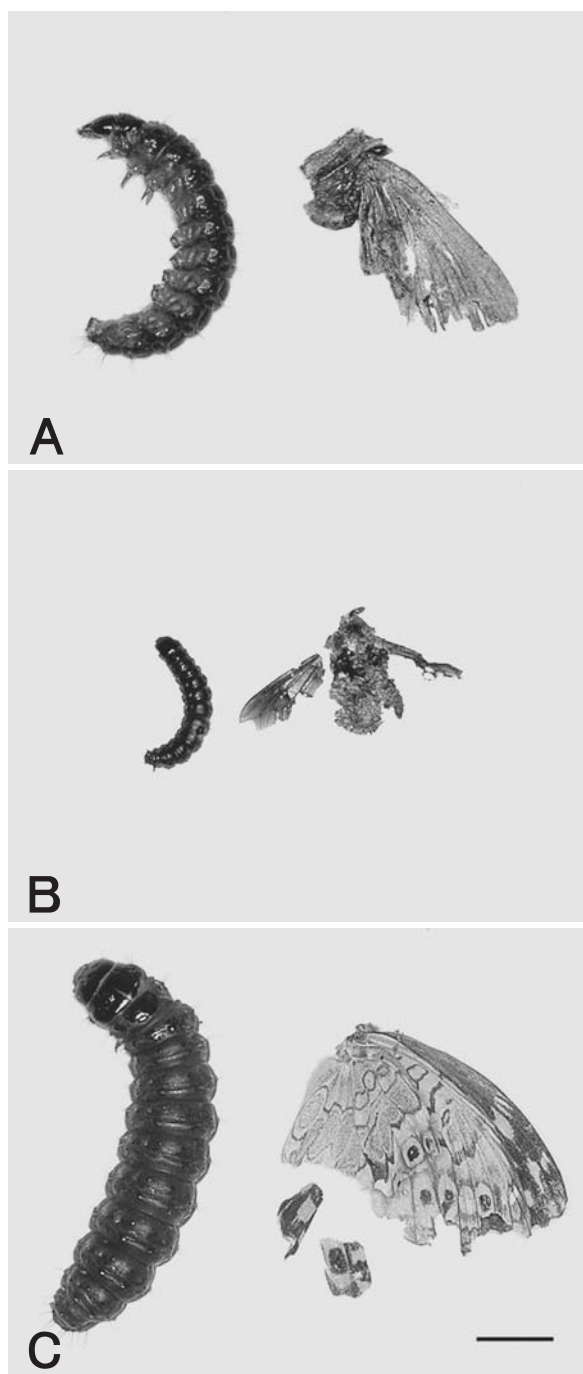


Fig. 7. Three pairs of the larva of *C. jezoensis* (left side) and a seriously damaged dead adult insects (right side) discovered at the entrance of the gallery of the larva made on the edge of an abraded part on the stem surface of a *Quercus* tree. Scale: 1 cm. A: a larva (live weight, unknown) and a moth (species name, unknown) found on September 14, 1998 on a *Q. variabilis* tree growing in the vicinity of location I. B: a larva (live weight, 0.1453 g) and a tabanid adult found on July 30, 2002 on *Q. variabilis* No.1. C: a larva (live weight, 3.2699 g) and a satyrid butterfly, *Neope goschkevitschii* found on August 12, 2002 on a *Q. acutissima* tree growing in the vicinity of location D.

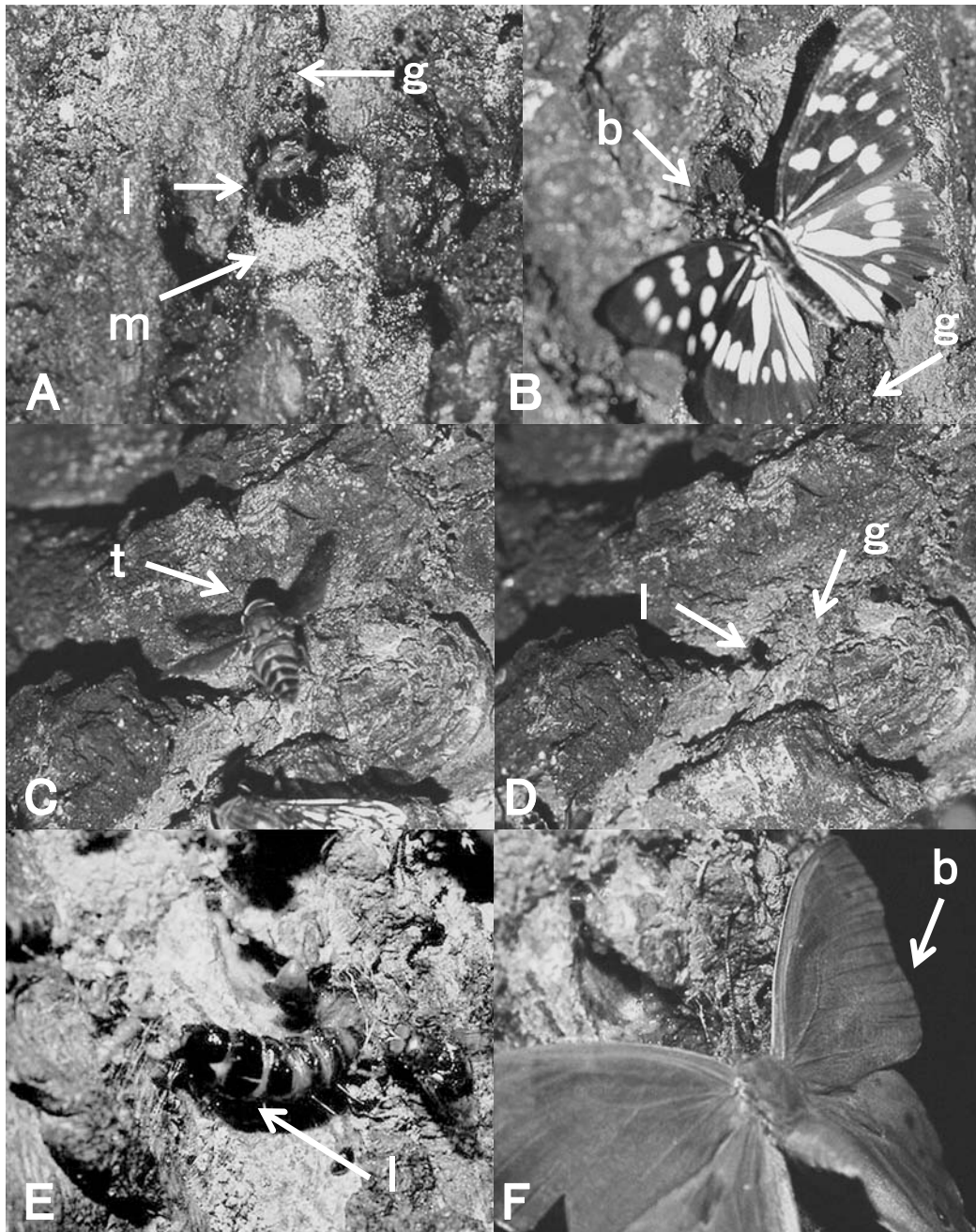


Fig. 8. Predatory behavior of a larva of *C. jezoensis* (l) observed at the entrance of its gallery (g) made on the edge of an abraded part on the stems of a *Quercus* tree. A: a larva preying on a mass of the mite, *Hericia sanukiensis* (m) on August 31, 1998 on *Q. acutissima* No.1. B: a sap-feeding butterfly, *Hestina persimilis japonica* (b) caught by its proboscis by a larva on July 31, 1999 on *Q. acutissima* No.2. C: a species of sap-feeding tabanid fly (t) caught by its leg by a larva on August 4, 2000 on *Q. acutissima* No.1. D: the larva protruding its head from the gallery entrance immediately after the tabanid fly escaped as shown in C. E: a larva protruding its anterior part of the body from the gallery entrance on August 14, 2002 on *Q. variabilis* No.1. F: a sap-feeding butterfly, *Lehe sicelis* caught by its proboscis by the larva shown in E.

In addition, an ant (species name, unknown) feeding on sap flowing down from the gallery entrance was drawn into the gallery immediately after it had been snapped by *C. jezoensis* larva living on *Q. acutissima* No.7 on October 3, 1998, and a fly (species name, unknown) stopping on the inner wall of the gallery entrance was snapped by another larva living on *Q. variabilis* No.1 on November 1, 1998. The ant and the fly at the moment of their captivity, however, could not be photographed because of the high speed of the larval behavior.

かった。1個体は複数のオオスズメバチワーカーがクヌギ樹幹表面の健全な部分を大顎でかじって作った穴の中に潜伏していた。別の1個体は樹幹表面でオオスズメバチワーカー1個体によって捕食されていた。さらに別の1個体は健全な樹幹表面でヨコヅナサシガメ幼虫4個体に同時に刺されて捕食されているところであった。残りの3個体はいずれもクヌギの健全な樹幹上で死亡しており、そのうちの2個体に外傷は認められなかったが、1個体は腹部を何者かによってかじり取られていた。

1998年8月から2002年9月までの間、日中に随時行ったボクトウガ幼虫と樹液食昆虫との相互作用に関する追加調査の結果は下記の通りであった。調査1と同様に、日中の追加調査において孔道開口部から体の一部を出している幼虫は少なく、発見時にそのような状態であっても人間の動きを察知するようで、精査しようとして接近すると素早く後退して孔道内に隠れてしまった。また、シロテンハナムグリ、カナブン、スズメバチ類のような大型昆虫が孔道開口部とその周辺を覆うように止まっているために、ボクトウガ幼虫の行動が見えない場合も多かった。このような観察上の困難が伴ったためか、ボクトウガ幼虫と樹液食昆虫との相互作用を直接的・間接的に示す写真記録は日中に行なった5年間の調査でわずかに7例得られたのみであった。Fig. 7はそれらの写真記録の中で、孔道開口部あるいはその周辺で発見された体に損傷のある昆虫の死骸とその孔道内に潜伏していたボクトウガ幼虫を採取して示したものである。Aは1998年9月14日、当年見つかったアベマキの剥皮箇所下端の孔道開口部に翅が入り込んだ状態で体全体がなくなっていたガの成虫（種名不明）（右側）とその成虫に頭部を接する状態で孔道内に潜伏していたボクトウガ幼虫（生体重不明）（左側）である。Bは2002年7月30日、アベマキ No.1 の剥皮箇所右下端の孔道内に潜伏していた幼虫（生体重、0.1453g）（左側）とその孔道開口部に張り付いていたアブ科成虫の死骸（右側）である。Cは2002年8月12日、三木町内で見つかったクヌギの剥皮箇所左端に上向きに作られていた孔道の中に潜伏していたボクトウガ幼虫（生体重、3.2699g）（左側）とその孔道開口部直上で発見されたサトキマダラヒカゲ成虫の前翅（右側）である。Fig. 8は、孔道内に生息していたボクトウガ幼虫が捕食行動をとっている状態を示したものである。Aは1998年8月31日、クヌギ No.1 の剥皮箇所孔道開口部から体を出したボクトウガ幼虫が、開口部から流下していた樹液内で大量に発生していたダニ集団の縁の部分の捕食していると考えられた状態を示したものである。図示してはいないが、このような幼虫の行動は同一クヌギで同年の9月2日、6日、9日、13日、16日、10

月11日および2002年9月7日にも観察され、その後の糞内容物の調査（市川、未発表）から捕食が確認された。Bは1999年7月31日、クヌギ No.2 の剥皮箇所孔道開口部で、ボクトウガ幼虫が口吻にかみついて引っ張ったために、樹幹表面に貼りついたような状態になったゴマダラチョウを示したものである。なお、図中にボクトウガ幼虫は見えないが、チョウの腹部末端下方に見えている俵状物の連なった構造物がボクトウガ幼虫の孔道の一部である。中段の写真は、2000年8月4日、クヌギ No.1 の孔道開口部に飛来して樹液を摂食中であったアブ科の成虫の脚にボクトウガ幼虫がかみついた孔道内に引き込もうとした時の状態（C）と、この成虫がボクトウガ幼虫を振り切って飛去した直後の状態（D）を示したものである。下段の写真は、2002年8月14日、アベマキ No.1 の孔道開口部から体を出したボクトウガ幼虫（E）と、飛来して樹液を摂食し始めたヒカゲチョウの口吻にこの幼虫がかみついて引っ張ったために、樹幹表面に張り付いたような状態になったヒカゲチョウ（F）を示したものである。以上の他にもオオスズメバチ女王の前脚（1999年6月11日）、オオスズメバチ女王の触角（1999年6月26日）、カナブンの後脚（1999年7月28日）、モンスズメバチワーカーの前脚（1999年7月31日）、ハエの1種の前脚（2001年9月18日）あるいはアブ科の成虫の前脚（2002年8月13日）にそれぞれボクトウガ幼虫がかみついて捕獲した瞬間が観察されたが、捕獲された樹液食昆虫はいずれも孔道開口部に引っ掛かりその状態ではばたいて速やかに飛去したために、写真撮影による記録はできなかった。

最後に、ボクトウガ幼虫が樹液食昆虫の捕食者であることを直接示す2例の観察結果が1998年の追加調査の中で得られた。すなわち、1例目の捕食行動は10月3日11時54分に観察された。クヌギ No.7 の剥皮箇所周縁部に作られたボクトウガ幼虫孔道の開口部から流下していた樹液を摂食していたアリ1個体（種名不明）が、孔道開口部から体を出したボクトウガ幼虫にかみつかれて一瞬のうちに孔道内に引き込まれてしまった。2例目は11月1日14時頃観察された。アベマキ No.1 の剥皮箇所周縁部に作られたボクトウガ幼虫孔道の開口部内壁に止まっていたハエ1個体（種名不明）が1例目のアリと同様、一瞬のうちに孔道内に引き込まれてしまった。なお、以上2例の捕獲行動を写真撮影して記録することはできなかった。

考 察

里山雑木林の主要樹種となっているクヌギ、コナラな

ど落葉性コナラ属植物の樹液に集まるさまざまな樹液食昆虫の中で、大型種には特に関心が向けられてきた。それらの中でクワガタムシ類では角状に巨大化した雄成虫の大顎の大きさと競争におけるその機能⁽¹²⁻¹⁴⁾、カブトムシでは樹上で行われる配偶行動の解発因⁽¹⁵⁾や競争における雄の体サイズや角サイズの機能⁽¹⁶⁻²⁰⁾、またスズメバチ類では樹液滲出樹上にける種内および種間の競争的關係^(21, 22)がそれぞれの樹液食昆虫が示す行動の中で最も強い関心をもって観察・調査されてきた。また、各地で個体数の減少が危惧されてきた国蝶オオムラサキの場合には、生息場所である雑木林の縮小、分断化が減少に大きく影響していることが指摘されている^(23, 24)。このように樹液食昆虫の研究が進む中で、それらの多様な昆虫を一つのグループにまとめる要となっている共通の餌資源、樹液の滲出状況や樹液滲出樹の特徴などに関する研究はまだ殆ど行われていないようである⁽²⁵⁻²⁷⁾。

本研究において香川大学農学部から15km以内の11地点で落葉性コナラ属植物の調査を行なった結果、確認された樹種はクヌギ、アベマキ、コナラおよびナラガシワの4種であった。11地点で確認された1600本の中でナラガシワはわずかに3本であった。ナラガシワは随時の追加調査におけるその他3地点の調査ルート内でも1本確認されただけであったことから、香川大学農学部周辺の雑木林で普通に見られる落葉性コナラ属植物はクヌギ、アベマキおよびコナラであると考えられる。それらの中で樹液滲出木の出現頻度はどの樹種も調査木全体の5%以下であったが、このような調査は行われていないため、過去あるいは他地域の出現頻度と比較することはできない。ただ今回の調査結果から、出現頻度はアベマキ、コナラいずれと比べてもクヌギの方が有意に高かったことから、クヌギには他2樹種にはない樹液滲出木発生頻度を高めるための何らかの要因が働いているものと考えられる。また、11調査地点の中で唯一クヌギに樹液滲出木が確認されなかったE地点ではアベマキとコナラに1本ずつ樹液滲出木が確認されたことから、樹種を問わなければどの調査地点にも1本以上の樹液滲出木のあること（発生頻度0.51~9.09%）が確認された。この調査結果から、雑木林の中に落葉性コナラ属植物がある程度あれば、周辺地域に生息する樹液食昆虫に対していくばくかの樹液が供給され、餌資源の面から最低限それらの生存を許容しうるものと考えられる。なお、その他の樹種の樹液滲出状況については不明であるが、調査期間中に調査地点およびその周辺で観察されたものはケヤキの樹液だけであった⁽²⁸⁾。アベマキとコナラでは樹液滲出木自体が少なく明確ではないが、クヌギの調査結果にははっきり示されているように、樹液滲出箇所は樹幹の

地上1m以下の低い部分に最も多く、樹高が高くなるほど漸減傾向を示し、地上3m以上になるとごく少数になることがわかった。その原因は不明ながら、樹液滲出箇所が樹幹の低い位置に多いことは、古くから日本の子供たちが樹液と樹液食昆虫との係り合いに関心をもって接することができた一つの大きな要因であったと考えられる。

本研究で確認された樹液滲出箇所は、いずれも樹皮が多少とも剥がれて樹皮下が露出している箇所（剥皮箇所）の周縁部であり、そのような箇所中に深い穴があいている場合でも同様であった。このため、何らかの外的な力が働いて樹皮が剥がれて樹液が滲出するようになるものと考えられた。このように樹皮が剥がれた箇所（剥皮箇所）の形成と樹液の滲出に至る外的な要因として、落葉性コナラ属植物は人間の生活と係わり合いが特に深いことから、人為的要因が作用している可能性が考えられる。里山で薪炭材やシイタケ栽培用材として利用度の高いコナラ属植物は伐採の機会が多いことが挙げられ、今回の調査でも11地点の中で、A、JおよびF地点の周辺地域ではシイタケ栽培用材としてクヌギを利用しており、B、FおよびG地点の周辺地域では一部であるが薪材としてクヌギを多く利用していた。また、このような生活上の利用ではないが、B、F、GおよびI地点のクヌギ樹液滲出木では樹液滲出箇所の樹皮を剥がされたり、健全部分の樹皮が刃物で切り取られていることもあった。このような人為的傷害の発生はカブトムシ、クワガタ類の採集者が多い6、7、8月に集中しており、日本の他地域と同様にその中のごく一部の心ない人間によって加えられた傷害と考えられた。アベマキとコナラの樹液滲出木の場合、そのような形跡は確認されなかった。このように、コナラ属植物の中でクヌギ樹幹に特に多い人為的傷害は、樹液滲出木の発生頻度がクヌギで高くなる一つの要因になっているのではないかと推測される。しかし、下記の経験的な観察事実から、それらの傷害は樹液滲出の直接的な原因ではないと考えられる。まず、根元近くで切断された直後のクヌギの樹幹や萌芽枝は本研究の調査中にも、その後の調査中にも観察されてきたが、切断面から樹液が滲出しているクヌギあるいは滲出の痕跡を示すクヌギはなかった。樹液滲出箇所周縁部分の樹皮が剥ぎ取られていた場合は元々樹液滲出中の部位であるために明瞭ではないが、少なくともその影響で樹液滲出量が増加したと感じられる場合はなかった。健全な樹幹の樹皮が剥ぎ取られて樹皮直下が露出した箇所は本研究の調査中にもその後の調査中にも観察されたが、傷害だけで樹液が滲出流下していた箇所は見られなかった。このように、樹皮下に至るまで樹幹を傷つけて

も樹液が滲出しないのは、植物で一般的に知られている外的傷害に対する迅速な防御機構^(29, 30)がクヌギにも存在しているためであると考えられる。

従来、落葉性コナラ属植物の生物的な樹液滲出要因として、シロスジカミキリが有力視されてきた。本種は35種以上の樹種を幼虫の寄主植物として利用し、クヌギとクリで幼虫の加害が最も多く記録されてきた日本最大のカミキリムシである⁽³¹⁾。高桑⁽³²⁾は、南関東およびその周辺地域におけるクヌギやコナラの樹液は、シロスジカミキリが樹皮をかじって作る産卵痕あるいはその幼虫の食害に起因する場合が最も多いと考えており、神奈川県、山梨県および長野県でクヌギとコナラを対象にしてシロスジカミキリの加害に関する調査を行なった。その結果、産卵痕のある木は林縁に多いこと、クヌギでは直径8~15cm(最小5cm, 最大23cm)、地上からの高さ150cm以下(最低10cm, 最高300cm)、コナラでは直径15~20cm(最小11cm, 最大25cm)、地上からの高さ110cm以下(最低5cm, 最高200cm)に産卵痕が多いことを明らかにしている。なお、それらの結果を踏まえて、里山を管理・利用しなくなったことで林縁が他の植物に覆われたり、クヌギやコナラが産卵対象樹として大きくなりすぎている場所の多いことが指摘され、それらがシロスジカミキリ減少、すなわち樹液滲出木減少の原因であると考えた。シロスジカミキリの産卵木に関する高桑のデータを本研究で調査したコナラ属植物胸高直径のデータに概略当てはめてみると、11調査地点で産卵可能な木は、クヌギで少なくとも全体の約72%(胸高直径5~20cm)、コナラで全体の約67%(胸高直径10~25cm)ということになり、産卵可能範囲の不明なアベマキも加えるとシロスジカミキリの産卵可能木は非常に多かったということになる。そのような可能性もかかわらず、本研究においてシロスジカミキリの加害が確認された調査木は、A地点の胸高直径10cmのクヌギ(地上54~58cmの樹幹に産卵痕6箇所、1998年7月17日)と胸高直径8cmのアベマキ(地上50cm前後の樹幹の小孔に幼虫が詰めた多量の木屑状のフラス、1998年7月17日)の2本だけであった。成虫の羽化脱出孔を含めた加害も11地点の調査木1600本およびそれらの地点に加えて随時調査を実施した3地点の落葉性コナラ植物(本数は記録なし)の中に1本も確認されなかった。シロスジカミキリの産卵痕、幼虫の加害跡あるいは脱出孔はかなり長期間に亘って加害木にその跡をとどめるものであるが、11調査地点で発見された樹液滲出木の樹液滲出箇所とその周辺にそのような跡は認められなかった。このため、少なくとも本研究調査時点における落葉性コナラ属植物の樹液発生に関して、シロスジカミキリは殆ど関与していなかった

ものと考えられる。樹木の寿命は長く、成長と修復の過程でシロスジカミキリによる加害の跡が消失してしまったという可能性はあるが、このような本研究の結果は、少なくとも香川大学農学部周辺地域ではかつて普通種であったはずのシロスジカミキリが南関東よりも一層減少していることを示しているものではないかと考えられる。ただ、シロスジカミキリが寄主とする樹種は他にも多いことから、断定するにはそれらの寄主植物に対する加害状況も明らかにしなければならない。その上でどの寄主植物でも生息密度が非常に低いということになれば、産卵数が少なく世代交代も遅いだけに、産卵対象木の減少ではない別の要因、田畑に加えてマツノマダラカミキリ防除のために山林にも年々施用されてきたさまざまな殺虫剤の影響という可能生も出てくる。なお、本研究の調査過程でシロスジカミキリの加害が明らかになったクヌギ1本とアベマキ1本の場合、1998年7月17日の調査時点でクヌギの産卵痕にはゴマダラチョウ、キタテハ、サトキマダラヒカゲ、シロテンハナムグリ、カナブン、コガタスズメバチおよびキンバエの1種、アベマキにはカナブンおよびシロテンハナムグリが飛来して滲み出していた樹液を摂食していたが、両樹とも樹液の流下が認められなかったために樹液滲出木には含めなかった。また、同年8月5日の日中に観察した時には両樹とも滲み出していた樹液が完全に停止して乾燥しており、樹液食昆虫も飛来していなかった。少数例ではあるが、これらの観察結果から、シロスジカミキリによって樹液が滲出することは確かであるが、その滲出は短期間で停止することが示唆される。その理由として、まずシロスジカミキリが属するフトカミキリ亜科の雌成虫が生きた植物の樹皮や茎に大顎による噛み傷を付けて作る産卵痕は、産卵部位周辺の組織細胞を殺して植物の抵抗反応を失わせるためのもので、樹液はふ化幼虫が通道組織をかじって材内に食入する時に付随的、一時的に滲出するものであると考えられるからである。また、幼虫は材から栄養を摂取しているものと考えられるが、時々フラスを外に排出する場合などに傷付けた通道組織から樹液が滲出し、蛹室で羽化した成虫が羽化脱出孔から出てくる時も同様であると考えられる。この点に関連して、ケブカハチモドキハナアブやヒサマツハチモドキハナアブが利用していることが示されたケヤキの樹液も、樹幹および枝の中に生息しているカミキリムシ類幼虫の活動で一時的に滲出するものと考えられる⁽²⁸⁾。

木本植物に共通する特徴として、樹皮の直下に薄く同心円状に師管が分布していること⁽³³⁾から、樹液はそれらの師管から漏出する師管液が主体であると考えられる。植物の師管液には種々のアミノ酸などの他に光合成

産物のショ糖が多量に含まれていることが知られている⁽³⁴⁾。しかも植物組織に含まれていることが多い有毒物質は含まれていないために、植食性動物にとって極めて良好な潜在的餌資源であると考えられる。しかし、繁殖成功や植食性動物からの防衛のために特定動物に対して提供される花蜜、多肉質の果実あるいは花外蜜と違って、師管液は植物自体の栄養源として物理的にも化学的にも厳重に防護されている。このため、師管液を主要あるいは唯一の餌資源として利用することは殆どの動物にとって非常に困難のようで、特殊な口器に加えて、不足栄養物質を供給する共生微生物との共生関係を進化させてきたカメムシ目 (Hemiptera) の昆虫だけが唯一の例外となっている⁽³⁵⁾。カメムシ目昆虫の非常に細長くなった口器は、かむのではなく差し込むようになっており、微細な刺し傷を付けるだけであるから、彼らが落葉性コナラ属植物の樹液滲出要因になっているとは考えられない。カメムシ目昆虫に比べると利用効率ははるかに低いものと考えられるが、それでも樹皮に傷を付け、自力で滲出させた樹液を摂食する動物が知られている。アメリカ大陸に生息するシルスイキツツキ類 (sapsuckers)⁽³⁶⁾、ハワイ諸島に生息するハワイミツスイ (honeycreeper)⁽³⁷⁾ のような鳥類、オーストラリアに生息するフクロモモンガ類 (sugar glider, yellowbellied glider)^(38, 39) のような有袋類、南米に生息するピグミーマーモセット^(40, 41)、アフリカに生息するガラゴ⁽⁴²⁾ やヒヒの仲間⁽⁴³⁾ などの霊長類はそのような動物である。これらの動物はいずれも樹幹に剥皮箇所を形成する生物的要因になりうるものと考えられる。日本ではこのような動物のように外部から樹皮を傷つけて、滲出してくる樹液を餌資源として利用する脊椎動物としてツキノワグマが知られているが、その利用樹種は殆どスギやヒノキに限られているようである⁽⁴⁴⁻⁴⁷⁾。本研究やその後の調査の中でも落葉性コナラ属植物の樹液を摂食する脊椎動物は確認されなかった。木本植物の樹皮は通道組織の厚く堅固な防護壁として機能しているため、カメムシ目の中でも樹幹を摂食部位として利用できるのはセミ科 (Cicadidae)、ピワハゴロモ科 (Fulgoridae) のように体サイズが桁外れに大きいグループに殆ど限られている。この点から類推すると、樹液食昆虫の中には昆虫の中で最大級の体サイズを有するものが含まれており、それらの中には樹皮を突破して自力で樹液を摂取しうる種、すなわち樹液滲出の生物的要因として剥皮箇所 (樹液滲出箇所) を形成しうる種が存在している可能性がある。最近発見されたカブトムシの雌雄成虫が頭楯の硬化した小突起で樹皮を削り、滲出樹液を摂取する行動はその可能性を実現しているものと考えられる。ただし、対象樹は

カブトムシの別亜種が生息する沖縄、台湾、中国大陸などに分布する樹皮の薄いシマトネリコ *Fraxinus griffithii* のみで、樹皮が厚すぎるためか、クヌギ、コナラなど落葉性コナラ属植物の樹皮は削らないことが確認されている⁽¹⁹⁾。厚い樹皮を自力で突破しうる可能性が高いその他の樹液食昆虫として、捕食、巣材採取などのために強大な大顎を備えたスズメバチ属 (*Vespa*) のハチがいる。スズメバチ属の行動については松浦の研究^(21, 22) によってよく知られており、その中で樹液を餌資源として利用する行動も観察されている。それらの研究によると、越冬後の本属女王はクヌギ、コナラ、ヤナギ類などの樹液滲出木に飛来して樹液を摂取し、樹液滲出箇所における優劣順位はオオスズメバチ、モンスズメバチ、コガタスズメバチ、キイロスズメバチの順であった。ワーカーについての記述はオオスズメバチのみであるが、常に同一巣のワーカーが複数で樹液滲出木に飛来して樹液を摂取しており、異巣の同種ワーカーと遭遇すると激しい闘争を行なうと述べられている。松浦の研究ではスズメバチ属の中に自力で樹液を滲出させる種は確認されていなかったが、本研究においてスズメバチ属の中で最大のオオスズメバチが健全なクヌギの樹皮をかじって穴をあけ、その穴から樹液を摂取することが初めて確認された。調査1の中では1999年9月17日にクヌギ No.1 の健全部分の樹皮をかじっていたワーカー1個体が確認されただけであった。この1例だけであれば、ワーカーの偶発的行動であるという可能性も高いが、オオスズメバチの行動に関する記録を結果に示さなかった追加調査では1998年に限っても8月中旬から11月上旬までの間に17回 (クヌギ No.1, 4回, クヌギ No.2, 1回, クヌギ No.3, 2回, クヌギ No.5, 1回, クヌギ No.10, 2回, その他のクヌギ, 7回) 健全な樹皮をかじっている単独あるいは複数のワーカーが観察されていた。ワーカーのこのような行動は巣材採取のためのもに見えるが、掘り進んだ穴は樹皮下に到達する深いもので、最大の目的はやはり樹皮下の新鮮な樹液であると考えられる。とにかくオオスズメバチが剥皮箇所の形成に関与していることは間違いない。ワーカーだけでなく女王も含めて、オオスズメバチのこのような行動の詳細については別述する予定である。

従来からの知見に基づくと、シロスジカミキリの幼虫と同じ樹木穿孔性昆虫として、ボクトウガ科 (Cossidae) に属するガの幼虫も樹幹剥皮箇所の形成や樹液滲出に関与している可能性がある。この仲間の分類や生活様式には不明な部分が多いため、それらの点も含めながら本研究で発見されたボクトウガ (oriental carpenter moth) *Cossus jezoensis* (Matsumura)⁽¹¹⁾ について考察を進める

ことにする。SCHOORL や EDWARDS らによると、ボクトウガ科のガは約700種が知られており、世界中に広く分布している^(48, 49)。それらの幼虫は、コウモリガ科 (Heplialidae) やスカシバガ科 (Sesiidae) の幼虫と同様に、草本植物の茎や木本植物の幹の内部を摂食するものが殆どであると考えられており、植物の根部を外から摂食するものも例外的に知られている⁽⁵⁰⁻⁵³⁾。日本には7種生息していることが知られており、それらの幼虫も、寄主植物の葉を餌資源とする多くのチョウやガの幼虫と異なり、木本植物の幹の内部を摂食するものと考えられてきた。その中にボクトウガが含まれており、多くの広葉樹や果樹と共にクヌギとコナラも寄主植物とされてきた⁽⁵⁴⁻⁵⁶⁾。しかし、日本には同属のオオボクトウ *C. cossus* (Linnaeus) とヒメボクトウ *C. insularis* (Staudinger) も分布しており、それぞれ成虫の発見個体数が非常に少なく、体型や翅の模様も類似していることから、従来、寄主植物も含めて混同されてきた可能性がある。1例として、従来、本州と九州で雄成虫しか採集されていなかったというヒメボクトウの幼虫が、徳島県で栽培ナシの樹幹を加害していることが2001年に発見された⁽⁵⁷⁾。筆者の一人、市川は調査中の中西氏から成虫の標本を頂き、ボクトウガ成虫と比べてみたが、体サイズが小さいだけで、素人が翅の斑紋から簡単に種を識別できるものではなかった。このため、本研究では予備調査の段階からその多くがクヌギ、アベマキおよびコナラの樹液滲出箇所 (剥皮箇所) で発見されてきた暗赤色の鱗翅目幼虫の中で特に体サイズの大きい個体を飼育し羽化させて、外部形態に加えて交尾器も調査することによってすべてボクトウガ (雄2個体、雌8個体) であることを確認した。その結果、従来ボクトウガの分布範囲は北海道、本州および九州であるとされてきたが⁽⁵⁸⁻⁶⁰⁾、四国 (香川県) にも生息することが初めて明らかになった。本研究における11地点の調査 (1998~2000) において、目視観察が可能な樹液滲出箇所 (地上2m以下) のある樹液滲出木合計35本 (クヌギ29本、アベマキ5本、コナラ1本) でボクトウガ幼虫の生息状況調査を行なった結果、それらの中の27本 (クヌギ23本、アベマキ3本、コナラ1本) の樹液滲出木でボクトウガの幼虫とその孔道が発見されたことから、樹液滲出木の77%でボクトウガ幼虫の生息が確認された。ボクトウガ幼虫は樹液滲出箇所周縁部の剥がれた樹皮下に潜伏しているため、発見困難の場合が多かったことから、孔道だけが発見された6本 (クヌギ4本、アベマキ2本) にも幼虫が潜伏していた可能性が高く、それらも含めると樹液滲出木の約94%にボクトウガ幼虫が存在していたことになる。クヌギの樹液滲出箇所にボクトウガの幼虫が生息しているこ

とは2002年から2004年にかけて京都市内で研究を行なった YOSHIMOTO and NISHIDA⁽²⁶⁾ も観察しており、樹液滲出箇所の22.4-39.4%でボクトウガ幼虫を発見し、ボクトウガ幼虫が発見されなかった20%前後の樹液滲出箇所でも生息していた可能性があることから、樹液滲出箇所全体の概略40-60%にボクトウガ幼虫が生息していたものと推測している。これらの調査結果から、従来その生息場所や生息状況が殆ど不明であったボクトウガの幼虫が、本州でも四国でもかなり高い頻度で落葉性コナラ属植物の樹液滲出箇所 (剥皮箇所) に生息していることが分かってきた。YOSHIMOTO and NISHIDA⁽²⁶⁾ はクヌギの樹液滲出箇所に生息するボクトウガ幼虫を温存した区と除去した区を作り、樹液滲出量を比較した結果、除去した区で樹液滲出量が減少する傾向を明らかにし、ボクトウガ幼虫が樹体内への穿孔時にかじることによって樹液の滲出を促進しているものと考えた。一方、本研究の調査4 (1999年および2000年) において、剥皮箇所周縁部の孔道開口部から体の一部を出して開口部周辺の剥皮箇所表面を大顎でかじるボクトウガ幼虫の行動が合計8個体 (クヌギ No.1, 8, 9, アベマキ No.1) 観察された。この行動の特徴は、同一部分をかじり続けて表面から材へと穴をあけるのではなく、孔道から外に出た体の前半部を前後左右に動かして次々と場所を変えながら少しずつ表面をかじるというもの (切削行動) であった。木本植物では樹皮の直下に師部細胞が薄く同心円状に存在していることから、このような切削行動は師管およびその周辺の生きた組織を少しずつ傷付けて樹液を滲出させるための最良の方法であると考えられる。なお、かじっている幼虫は2年間の調査でわずかに8個体しか観察されなかったが、孔道開口部から体の一部を外に出して静止していた幼虫は7月から10月の間に41個体 (1999年: クヌギ No.2, 3, 6, 7, 8, 9, アベマキ No.1, 2000年: クヌギ No.2, 8, 9, アベマキ No.1) 観察されており、それらの幼虫は観察者の接近に気付いて行動を中止した可能性があり、実際にかじっていた幼虫の個体数はさらに多かったのではないかと考えられる。上記両研究の実験および観察の結果から、ボクトウガ幼虫は単に樹木成分を摂食しながら樹体内に生息しているのではなく、樹幹の剥皮箇所周辺に限定して生息し、能動的かつ効率的に樹液を滲出させているものと推測される。しかし、落葉性コナラ属植物の樹幹表面に産下された卵からふ化した微小なボクトウガの幼虫が厚い樹皮に食入し、自力で剥皮箇所を形成することは不可能であると考えられる。この点に関連して、高桑はシロスジカミキリの調査中に、幼虫が加害した樹幹内部に生息するボクトウガらしき幼虫を確認している⁽³²⁾。確認個体は1個体であったが、樹

木内に生息する昆虫を発見することは一般に困難であることから、実際にはさらに多くの幼虫がそのような部位に生息していた可能性がある。本研究でも、オオスズメバチワーカーが樹皮をかじって掘った穴の中に潜伏していたボクトウガの幼虫が、調査1の中で1999年9月17日に確認されている。1998年の追加調査においても、クヌギ No.2 (1998年9月11日および9月14日)、クヌギ No.3 (1998年9月13日) およびクヌギ No.8 (1998年9月24日) で同様の状況が観察されていた。これらの観察結果から、ボクトウガ幼虫は強大な大顎を備えたシロスジカミキリやオオスズメバチが掘り進んだ穴を利用して樹皮直下に潜入するものと考えられる。また、落葉性コナラ属植物の中でも樹幹に対する人為的傷害が多いと考えられるクヌギに樹液滲出木が特に多い原因として、そのような傷害箇所からもボクトウガ幼虫が侵入しうるためではないかと考えられる。

COMMONによると、昆虫綱の中で鱗翅目の種数は甲虫目に次いで2番目に多く、16万種を越すものと推測されている⁽⁵⁰⁾。そのような鱗翅目の食性、特に捕食性に注目して広汎な文献調査を行なった PIERCE は、99%以上の種が植食性であること、ごく少数の捕食性種は幼虫期にその食性を発揮し、それらの中の殆どの種が、動かず体が柔らかい他昆虫の卵、カイガラムシ類、アリ類の幼虫や蛹などを捕食することを示している⁽⁶¹⁾。PIERCE が紹介しているように、捕食性を示す鱗翅目幼虫の中でカマキリ類やハンミョウ類の幼虫のように敏捷な小動物を捕食する待ち伏せ型の捕食者は、MONTGOMERY が発見したハワイ諸島に生息するシャクガ科 *Eupithecia* 属のガの幼虫だけであった⁽⁶²⁾。本研究では予備調査の段階で、極めて敏捷なアブ科昆虫の成虫がボクトウガ幼虫の孔道にトラップされたような状態で見つかったことを契機として、ボクトウガ幼虫の捕食性確認のための野外調査を行ってきた。1998年8月下旬、孔道開口部から体の一部を外に出してダニを捕食する行動が初めて観察された。分類学的調査の結果、このダニは日本未記録の *Algophagidae* 科に属する未記載種であることが判明し、2006年にクヌギジュエキダニ *Hericia sanukiensis* Fashing and Okabe と命名された⁽⁶³⁾。このダニは樹液中で大量に発生し、密集して大きく移動しないため、捕食性チョウ目幼虫の殆どが餌動物として利用している上記のカイガラムシ類、アリ類の幼虫や蛹などと同一範疇の餌動物であった。ボクトウガ幼虫は敏捷な樹液食昆虫も捕食している可能性が高かったことから、樹液滲出箇所に注目しながら2002年まで日中の観察を続けた結果、わずか2例であったが、ボクトウガ幼虫が孔道開口部直下で樹液摂食中のアリと孔道開口部内壁まで入ってきたハエを

捕食する場面を観察することができた。その他に2年間の調査4における5個体(ハエ、アブ科成虫2個体、クロオオアリワーカー、オオスズメバチ女王)と5年間の随時調査における9個体(ハエの1種、アブ科の1種2個体、カナブン、モンズズメバチワーカー、オオスズメバチ女王2個体、ゴマダラチョウ、ヒメジャノメ)はいずれも捕獲直後に大顎による捕捉を振り切って逃亡したが、それらもすべて捕食対象として捕獲されたものと考えられた。以上、本研究の野外観察の結果から、すべてが植食性と考えられてきたボクトウガ科昆虫の幼虫の中で、ボクトウガの幼虫は唯一捕食性であることが明らかになってきた。しかもボクトウガ幼虫の捕食対象は、捕食性チョウ目幼虫の殆どが餌動物としている抵抗することも逃亡することもない定着性小動物だけでなく、殆どすべてが敏捷で危険な種も多い多様な樹液食昆虫にまで及んでいることが断片的ながらわかってきた。ボクトウガ幼虫の捕食行動のさらに際立った特徴は、効率的に滲出させた樹液をルアーとして利用し、樹液食昆虫を孔道開口部におびき寄せていると考えられる点である。本研究においてボクトウガ幼虫による捕食行動が観察された期間は6月から11月に及んでおり、この期間は5月と12月に滲出していた少数箇所を除くと、クヌギ10本とアベマキ1本について調査した樹液滲出の全期間に亘っている。Fig. 1, Fig. 8A および Fig. 8E からわかるように、樹幹剥皮箇所周縁部に作られたボクトウガ幼虫の孔道開口部およびその周辺から樹液が滲出していることも含めて考えると、落葉性コナラ属植物の樹幹から長期間に亘って滲出する樹液は、ボクトウガ幼虫が樹液中で発生する新種ダニと樹液食昆虫を捕食するために能動的に滲出させている樹液であると考えてほぼ間違いはない。なお、ボクトウガ幼虫による樹液滲出行動の詳細、夜間も含めたボクトウガ幼虫の捕食対象動物の範囲や捕食行動の詳細については別述する。ところで、ボクトウガ幼虫がこれまでほとんど発見されなかったのは、樹幹の剥皮箇所周縁部が剥がれた樹皮の先端部分に覆われて見えにくいことに加えて、たとえ外から見えた場合でもボクトウガ幼虫の孔道が色彩も表面の状態も樹皮に酷似しているために気付かれなかったためではないかと考えられる。また、剥皮箇所における観察者の注意が樹液食昆虫に集中してきたことも、特に日中は殆ど孔道内に潜伏しているボクトウガ幼虫の存在(市川・藤本、未発表)を一層分かりにくくしてきたものと考えられる。この点に関連して、本研究で示した Fig. 8B および Fig. 8F と同様の状態になったクヌギ樹液摂食中のコムラサキが1997年8月下旬、京都市内で矢延直樹氏(私信)により観察されていた。コムラサキが何者かに引っ張られるように、

突然頭部を穴に突っ込み翅を反り返らせるような動きをしたという観察から、ボクトウガ幼虫の捕食行動で生じた現象であった可能性が高い。この観察の場合も、捕食者は目視不可能で、一瞬の出来事であったことが現象の本質を分かりにくくする原因であったと考えられる。とにかく、日本に生息するボクトウガの幼虫は食材性の祖先種から捕食性を進化させてきた特異な種であるということになる。しかし、本研究の過程でも分かってきたように、直接観察することが難しい木材穿孔性昆虫は、どの種についても不明な部分が多い。このため、今後ボクトウガ科昆虫の生活様式が解明されていくと、獲物を選ぶことがないと考えられる極めて特異な捕食性を有するボクトウガ幼虫のような生活様式を備えた種が見出される可能性は大いにある。

従来、食材性と考えられてきたボクトウガ幼虫の生活様式がカミキリムシ科幼虫のような典型的な食材性昆虫と大きく異なることは、彼らが樹木の表面に姿を現わすことからわかる。本研究における2年間の観察で、死亡個体も入れて延べ85個体のボクトウガ幼虫が体の一部或いは全体を樹幹表面に出した状態で観察されており、彼らの生活の場が通常のボクトウガ科幼虫の生活の場から大きく逸脱していることを強く示唆している。本研究の調査4では1回観察されただけであったが、剥皮箇所周縁部における発音を伴う幼虫間の激しい闘争は、彼らの生活可能場所が樹幹表面の剥皮箇所の中でも狭い周縁部に限られていることと、その中でさらに好適な場を巡って生起する種内競争の一形態であることを示唆している。また、樹幹表面を歩行中であった幼虫の中にはそのような闘争の敗者が含まれている可能性もそこから示唆される。さらに、本研究中の調査4では2例観察されただけであったが、ヨコヅナサシガメによるボクトウガ幼虫の捕食は、材内に生息していれば完全に回避されたはずで、ここからも彼らの主要な生息場所が樹幹表面であるものと推測される。なお、ヨコヅナサシガメは元々九州に侵入した中国大陸、東南アジア原産の小動物捕食性の外来昆虫であるが⁽⁶⁴⁾、現在は本州と四国にも分布を広げている。サクラ、ケヤキなどの樹幹のうろに幼虫集団が生息していることは知られているが、クヌギ樹幹の剥皮箇所にも多いことはほとんど知られていないようである。少なくとも香川大学農学部周辺のクヌギではそのような箇所の大半にヨコヅナサシガメが生息するようになっていること(市川ら、未発表)から、ボクトウガ幼虫にとって彼らの侵入は大きな脅威になっているのではないかと推測される。なお、殆ど姿が見えないボクトウガ幼虫の生息個体数を直接把握することは難しいと考えられるが、樹幹剥皮箇所周縁部のボクトウガ幼虫の孔

道とその周辺から樹液が滲出していることから、Fig. 4 および Fig. 5 で示した樹液滲出箇所数からその生息個体数を推定しうるものと考えられる。ただしその場合、推定可能な季節は彼らのすべてが活動中と考えられる概略6~9月(香川県の場合)に限定されるものと考えられる。

摘 要

落葉性コナラ属植物樹幹の剥皮箇所から長期間に亘って滲出する樹液の滲出要因を明らかにするため、香川大学農学部(34°16'35" N, 134°7'29" E)から15km以内に位置する11地点の雑木林で胸高直径5 cm以上の落葉性コナラ属植物を調査した。7~9月の調査で4樹種が確認され、それらの中でクヌギ *Quercus acutissima* 764本中の35本、アベマキ *Q. variabilis* 462本中の5本、コナラ *Q. serrata* 371本中の1本 およびナラガシワ *Q. aliena* 3本中の0本で樹液滲出が確認された。少数のナラガシワを除く3樹種で樹液滲出木の調査を進めた結果、樹液滲出木中、調査可能な樹高2 m以下に樹液滲出箇所(剥皮箇所)のあった35本(クヌギ29本、アベマキ5本、コナラ1本)中の26本でボクトウガ科の幼虫とその孔道が、7本で孔道のみが発見された。このため、その他3地点も含めて3樹種の樹液滲出箇所でのこの幼虫を採集し、羽化成虫の分類学的調査を行なった結果、10個体(雄2個体、雌8個体)すべてが四国未記録種のボクトウガ *Cossus jezoensis* (Matsumura) であることを確認した。上記35本中の11本(クヌギ10本、アベマキ1本)で、樹液滲出箇所数の時期的変化およびボクトウガ幼虫の行動を2年間(1999, 2000年)、4月から12月まで月2, 3回の間隔で日中に調査した。その結果、樹液は概略5月中旬から11月上旬まで滲出することがわかった。また、剥皮箇所周縁部に孔道を作ったボクトウガ幼虫は、孔道開口部から体の一部を出して静止していたり、隣接孔道内に生息する幼虫と発音を伴う闘争をしたり、孔道から外へ出て樹幹表面を歩行したりすることに加えて、孔道開口部から体の一部を出して場所を少しずつ変えながら剥皮箇所の表面を削るようにかじる(切削行動)が明らかになった。さらに、樹液が滲出する孔道開口部周辺に集まってきた樹液食昆虫を大顎で捕獲して孔道内に引き込もうとする行動も観察された。このようなボクトウガ幼虫の行動をさらに多く観察するために別の随時調査(1998~2002年)も行なった結果、樹液中で発生して増殖する日本未記録の *Algophagidae* 科の新種クヌギジュエキダニ *Hericia sanukiensis* Fashing and Okabe を捕食するとともに、上記の通り、孔道開口部に集まってきた樹

液食昆虫の捕食行動も示し、それらの中のわずか2例であったが、アリとハエを捕食した。6月から11月に亘って観察されたボクトウガ幼虫の捕食行動は上記の樹液滲出期間とほぼ一致していた。このような一致とボクトウガ幼虫が示す切削行動および樹液がボクトウガ幼虫の孔道とその周辺から流下していることを考え合せると、落葉性コナラ属植物の長期間に亘る樹液滲出は、ボクトウガ幼虫が、捕食するためのクヌギジュエキダニを増殖させるとともに、樹液食昆虫をおびき寄せるために、能動的に滲出させているものと考えられる。

謝 辞

本研究を遂行するに当たって、ダニ類に関する適切な助言と分類学的調査の便宜を図って頂いた香川大学農学部、安井行雄准教授、クヌギジュエキダニの種名を確定頂いたCollege of William and Mary, Norman J. Fashing博士および森林総合研究所、岡部貴美子博士、コナラ属植物など木本植物について種々御教示頂いた香川大学工学部、守屋 均講師および香川大学農学部、小林 剛准教授、また英文を御校閲頂いた香川大学農学部、Peter Lutes 講師に厚く御礼申し上げます。また、野外調査に御協力頂いた香川大学農学部、倉橋伴知氏(当時)に謝意を表す。

引 用 文 献

- (1) 川端良夫・金子周平・島 晃・山口祐士郎・佐々木重行：シイタケ原木としてのクヌギの特性(Ⅲ)―施肥木の原木特性と子実体収量―。日本林学会九州支部研究論文集, No. 54, 167-168 (2001).
- (2) 日本林業技術協会編：里山を考える101のヒント。東京書籍, 1-225 (2000).
- (3) 内海泰弘・村田育恵・椎葉康喜・井上 晋：宮崎県椎葉村大河内集落における植物の伝統的名称およびその利用法 I。高木。九州大学演習林報告, 88, 45-56 (2007).
- (4) 湯嶋 健・桐谷圭治・金沢 純：生態系と農薬。岩波書店, 1-214 (1973).
- (5) 石井 実・植田邦彦・重松敏則：里山の自然をまもる。築地書館, 1-171 (1993).
- (6) 田端英雄：里山の自然。保育社, 1-199 (1997).
- (7) FUKAMACHI, K., OKU, H. and NAKASHIZUKA, T.: The change of a satoyama landscape and its causality in Kamiseya, Kyoto Prefecture, Japan between 1970 and 1995. *Landscape Ecology*, 16, 703-717 (2001).
- (8) KOBORI, H. and PRIMACK, R. B.: Participatory conservation approaches for *satoyama*, the traditional forest and agricultural landscape of Japan. *Ambio*, 32, 307-311 (2003).
- (9) ICHIKAWA, K., OKUBO, N., OKUBO, S. and TAKEUCHI, K.: Transition of the *satoyama* landscape in the urban fringe of the Tokyo metropolitan area from 1880 to 2001. *Landscape and Urban Planning*, 78, 398-410 (2006).
- (10) KATOH, K., SAKAI, S. and TAKAHASHI, T.: Factors maintaining species diversity in *satoyama*, a traditional agricultural landscape of Japan. *Biological Conservation*, 142, 1930-1936 (2009).
- (11) 井上 寛：日本産蛾類若干の学名について。誘蛾燈, No.108, 37-46 (1987).
- (12) 塩川太郎・岩橋 統：オキナワノコギリクワガタ *Prosopocoilus dissimilis okinawanus* Nomura の小型雄の交尾成功。 *Japan Journal of Entomology (New Series)*, 3:157-165 (2000).
- (13) OKADA, Y. and HASEGAWA, E.: Size-dependent precopulatory behavior as mate-securing tactic in the Japanese stag beetle, *Prosopocoilus inclinatus* (Coleoptera; Lucanidae). *Journal of Ethology*, 23, 99-102 (2005).
- (14) KAWANO, K.: Genera and allometry in the stag beetle family Lucanidae, Coleoptera. *Annals of Entomological Society of America*, 93, 198-207 (2000).
- (15) OBATA, S. and HIDAKA, T.: Recognition of opponent and mate in Japanese horned beetle, *Allomyrina dichotoma* L. (Coleoptera, Scarabaeidae). *Japanese Journal of Entomology*, 51, 534-538 (1983).
- (16) SIVA-JOTHY, M. T.: Mate securing tactics and the cost of fighting in the Japanese horned beetle, *Allomyrina dichotoma* L. (Scarabaeidae). *Journal of Ethology*, 5, 165-172 (1987).
- (17) KARINO, K., NIYYAMA, H. and CHIBA, M.: Horn length is the determining factor in the outcomes of escalated fights among male Japanese horned beetles, *Allomyrina dichotoma* L. (Coleoptera: Scarabaeidae). *Journal of Insect Behavior*, 18, 805-815 (2005).
- (18) KARINO, K. and NIYYAMA, H.: Males with short horns spent more time mating in the Japanese horned beetle *Allomyrina dichotoma*. *Acta Ethologica*, 9, 95-98

- (2006).
- (19) HONGO, Y.: Bark-carving behavior of the Japanese horned beetle *Trypoxylus dichotomus septentrionalis* (Coleoptera: Scarabaeidae). *Journal of Ethology*, **24**, 201–204 (2006).
- (20) HONGO, Y.: Evolution of male dimorphic allometry in a population of the Japanese horned beetle *Trypoxylus dichotomus septentrionalis*. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, **62**, 245–253 (2007).
- (21) 松浦 誠：オオスズメバチの樹液孔における行動特に種内及び種間の優劣位関係について。ミツバチ科学, **1**, 111–118 (1980).
- (22) MATSUURA, M.: Comparative biology of the five Japanese species of the genus *Vespa* (Hymenoptera, Vespidae). *The Bulletin of the Faculty of Agriculture Mie University*, No. **69**, 1–131 (1984).
- (23) KOBAYASHI, T., NAKASHIZUKA, T., KITAHARA, M., KUBO, M. and ITO, S.: Roles of riparian and secondary forests in maintaining the near-threatened butterfly, *Sasakia charonda* (Lepidoptera, Nymphalidae), populations in Japan. *Ecological Research*, **23**, 493–502 (2008).
- (24) KOBAYASHI, T., NAKASHIZUKA, T. and KITAHARA, M.: Effects of fragmentation of secondary broadleaf deciduous forests on populations of the near-threatened butterfly, *Sasakia charonda* (Lepidoptera, Nymphalidae), in central Japan. *Ecological Research*, **24**, 57–64 (2009).
- (25) YOSHIMOTO, J., KAKUTANI, T. and NISHIDA, T.: Influence of resource abundance on the structure of the insect community attracted to fermented tree sap. *Ecological Research*, **20**, 405–414 (2005).
- (26) YOSHIMOTO, J. and NISHIDA, T.: Boring effect of carpenterworms (Lepidoptera: Cossidae) on sap exudation of the oak, *Quercus acutissima*. *Applied Entomology and Zoology*, **42**, 403–410 (2007).
- (27) YOSHIMOTO, J. and NISHIDA, T.: Plant-mediated indirect effects of carpenterworms on the insect communities attracted to fermented tree sap. *Population Ecology*, **50**, 25–34 (2008).
- (28) 市川俊英・大原賢二：ケブカハチモドキハナアブとヒサマツハチモドキハナアブ（双翅目，ハナアブ科）の成虫の行動。香川大学農学部学術報告, **61**: 1–10 (2009).
- (29) KNOBLAUCH, M. and van BEL, A. J. E.: Sieve tubes in action. *Plant Cell*, **10**, 35–50 (1998).
- (30) van BEL, A. J. E.: The phloem, a miracle of ingenuity. *Plant, Cell and Environment*, **26**: 125–149 (2003).
- (31) 小島圭三・中村慎吾：日本産カミキリムシ食樹総目録，比婆科学教育振興会，1–336 (1986).
- (32) 高桑正敏：雑木林におけるシロスジカミキリと好樹液性昆虫はなぜ衰退したか？。神奈川県立博物館研究報告（自然科学）**36**号，75–90 (2007).
- (33) 深澤和三：樹体の解剖 しくみから働きを探る。海青社，1–199 (1997).
- (34) LALONDE, S., TEGEDER, M., THRONE-HOLST, M., FROMMER, W. B. and PATRICK, J. W.: Phloem loading and unloading of sugars and amino acids. *Plant, Cell and Environment*, **26**, 37–56 (2003).
- (35) DOUGLAS, A. E.: Phloem-sap feeding by animals: problems and solutions. *Journal of Experimental Botany*, **57**, 747–754 (2006).
- (36) KILHAM, L.: The relations of breeding yellow-bellied sapsuckers to wounded birches and other trees. *The Auk*, **81**, 520–527 (1964).
- (37) PEJCHAR, L. and JEFFREY, J.: Sap-feeding behavior and tree selection in the endangered Akiapolau (*Hemignathus munroi*) in Hawaii. *The Auk*, **12**, 548–556 (2004).
- (38) SMITH, A. P.: Diet and feeding strategies of the marsupial sugar glider in temperate Australia. *Journal of Animal Ecology*, **51**, 149–166 (1982).
- (39) GOLDINGAY, R. L.: Use of sap trees by the yellow-bellied glider in the Shoalhaven region of New South Wales. *Wildlife Research*, **27**, 217–222 (2000).
- (40) IZAWA, K.: Foods and feeding behavior of monkeys in the Upper Amazon Basin. *Primates*, **16**, 295–316 (1975).
- (41) KINZEY, W. G., ROSENBERGER, A. L. and RAMIREZ, M.: Vertical clinging and leaping in a neotropical anthropoid. *Nature*, **255**, 327–328 (1975).
- (42) BEARDER, S. K. and MARTIN, R. D.: *Acacia* gum and its use by bushbabies, *Galago senegalensis* (Primates: Lorisidae). *International Journal of Primatology*, **1**, 103–128 (1980).
- (43) POST, D. G.: Feeding behavior of yellow baboons (*Papio cynocephalus*) in the Amboseli national park, Kenya. *International Journal of Primatology*, **3**, 403–430 (1982).
- (44) 渡辺弘之・登尾二郎・二村一男・和田茂彦：芦生演習林のツキノワグマ とくにスギに与える被害について。京都大学農学部演習林報告, **41**, 1–25 (1970).
- (45) 門脇正史・遠藤 徹・杉山昌典・滝浪 明・大坪輝夫・井波明宏：ツキノワグマによるヒノキの剥皮害と乾材腐朽・変色の関係 一静岡県有林62年生ヒ

- ノキにおける事例— 日本林学会誌, 81, 351–354 (1999).
- (46) 八神徳彦: 石川県におけるクマ剥ぎ被害軽減に向けたとりくみ. 石川県林業試験場報告, 34, 36–41 (2003).
- (47) 西 真澄美・野崎英吉・八神徳彦・上馬康生・中田彩子: クマの食料としてのスギ形成層周辺部糖含量について. 石川県白山自然保護センター研究報告, 第30集, 43–47 (2003).
- (48) SCHOORL, J. W.: A phylogenetic study on Cossidae (Lepidoptera: Ditrysia) based on external adult morphology. *Zoologische Verhandelingen*, 263, 1–295 (1990).
- (49) EDWARDS, E. D., GENTILI, P., HORAK, M., KRISTENSEN, N. P. and NIELSEN, E. S.: The Cossoid/Sesioid assemblage. In KRISTENSEN, N. P. (ed.), *Handbook of zoology Volume IV Arthropoda: Insecta part 35 Lepidoptera, moths and butterflies Volume 1 : Evolution, systematics, and biogeography*. pp.181–197. Walter de Gruyter, (1998).
- (50) COMMON, I. F. B.: *Moths of Australia*. Melbourne University Press, pp.1–535 (1990).
- (51) NIELSEN, E. S. and COMMON, I. F. B.: 41 Lepidoptera (moths and butterflies). In *The insects of Australia. A textbook for students and research workers 2nd edition Volume 2. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (Division of Entomology)* (ed.), pp.817–915. Melbourne University Press, 1–1136 (1991).
- (52) SCOBLE, M. J.: *The Lepidoptera form, function and diversity*. Oxford University Press, pp.1–404 (1992).
- (53) POWELL, J. A., MITTER, C. and FARRELL, B.: Evolution of larval food preferences in Lepidoptera. In Kristensen, N. P. (ed.), *Handbook of zoology Volume IV Arthropoda: Insecta part 35 Lepidoptera, moths and butterflies Volume 1 : Evolution, systematics, and biogeography*. pp.403–422. Walter de Gruyter, (1998).
- (54) 平嶋義宏・森本 桂・多田内 修: 昆虫分類学. 川島書店, 1–597 (1989).
- (55) 小林富士雄・竹谷昭彦 (編著): 森林昆虫 総論・各論. 養賢堂, 1–567 (1994).
- (56) 日本応用動物昆虫学会編: 農林有害動物・昆虫名鑑 増補改訂版. 日本応用動物昆虫学会, 1–387 (2006).
- (57) 中西友章: 日本ナシで初めて確認されたヒメボクトウの発生. 日本応用動物昆虫学会誌, 49, 23–26 (2005).
- (58) 井上 寛・岡野磨瑳郎・白水 隆・杉 繁郎・山本英穂: 原色昆虫大図鑑 第1巻 (蝶・蛾編). 北隆館, 1–284 (1965).
- (59) 井上 寛・杉 繁郎・黒子 浩・森内 茂・川辺 湛: 日本産蛾類大図鑑 第1巻: 解説編. 講談社, 1–966 (1982).
- (60) 井上 寛・杉 繁郎・黒子 浩・森内 茂・川辺 湛: 日本産蛾類大図鑑 第2巻: 図版・目録編. 講談社, 1–552 (1982).
- (61) PIERCE, N. E.: Predatory and parasitic Lepidoptera: carnivores living on plants. *Journal of the Lepidopterists' Society*, 49, 412–453 (1995).
- (62) MONTGOMERY, S. L.: Biogeography of the moth genus *Eupithecia* in Oceania and the evolution of ambush predation in Hawaiian caterpillars (Lepidoptera: Geometridae). *Entomologia Generalis*, 8, 27–34 (1982).
- (63) FASHING, N. J. and OKABE, K.: *Hericia sanukiensis*, a new species of Algophagidae (Astigmata) inhabiting sap flux in Japan. *Systematic & Applied Acarology Special Publications*, 22, 1–14 (2006).
- (64) 中尾舜一: ヨコヅナサシガメ *Agriosphodrus dohrni* Signoret に関する生態学的研究. I その分布及び一般習性について. 九州大学農学部学芸雑誌, 14:319–328 (1954).

(2009年10月31日受理)