

論文

カシノナガキクイムシ *Platypus quercivorus* (MURAYAMA) の穿入孔から脱出した捕食者相

伊藤 昌明・大橋 章博

An ambrosia beetle (*Platypus quercivorus* (MURAYAMA)) predators emerging from gallery holes on death of *Quercus crispula* BLUME

Masaki ITO and Akihiro OHASHI

カシノナガキクイムシの穿入孔にチューブトラップを設置し、穿入孔から脱出する捕食者を捕獲した。9分類群585個体の捕食者が捕獲され、すべて鞘翅目であった。その中で、ケシキスイ科幼虫とツツオニケシキスイ成虫の捕獲個体数が多く、全捕獲個体数の94.5%を占めた。ケシキスイ科幼虫の出現傾向は、調査地点間で偏りがみられ、また、材直径が大きくなるほど出現数は少なくなった。ツツオニケシキスイ成虫も調査地点間で出現数に違いがみられたが、材直径の増加とともに出現数も増えることが明らかとなった。なお、いずれの捕食者個体数も標高との間に相関関係はみられなかった。また、カシノナガキクイムシはオス1個体のみが採集された。以上の結果から、ツツオニケシキスイを含むケシキスイ科甲虫がカシノナガキクイムシの重要な捕食者である可能性が示唆された。また、材直径との関係から、ケシキスイ科甲虫が大径木内では成虫まで発達し、小径木内では成長しきれずに脱出することが推察された。これは、材内の餌資源量によるものと考えられた。

キーワード：カシノナガキクイムシ、ブナ科樹木萎凋病、ミズナラ、チューブトラップ、捕食者相

I はじめに

近年、ブナ科樹木萎凋病（以下、ナラ枯れ）によるブナ科樹木の集団枯損被害が全国的に発生している。その被害は2011年までに30府県に拡大した（林野庁, 2011）。岐阜県においてもその被害はみられ、1996年に揖斐郡揖斐川町で被害が初記録された後、岐阜県東部に被害地が拡大しており、2010年には、その東端が恵那市に達した（大橋, 2011）。また、2005年には岐阜県北部の大野郡白川村で、2006年には隣接する飛騨市で被害が確認され、その被害地が南下している（大橋, 2008）。

ナラ枯れは真菌類の一種である *Raffaelea quercivora* KUBONO et ITO (Kubono and Ito, 2002) によって引き起こされる。この菌はカシノナガキクイムシ *Platypus quercivorus* (MURAYAMA)（以下、カシナガ）と共生関係を持っており、カシナガによって樹木内に運び込まれることが明らかとなっている（Kinuura, 2002; Kinuura and Kobayashi, 2006）。

現在、ナラ枯れ被害の拡大を防止することを目的とした様々な対策が行われている（林野庁, 2011）。例えば、

被害木のくん蒸・焼却によるカシナガの駆除、健全木への粘着剤の塗布やビニールシート被覆によるカシナガの侵入予防、殺菌剤の樹幹注入による共生菌の繁殖阻害とカシナガの繁殖抑制などがある。また、被害木を伐倒後、50cm以下の短木に処理する、割材し薪とする、チップ化する方法なども用いられている（大橋, 2011）。以上のような、物理的、化学的防除方法に加えて、天敵を利用した生物的防除方法も試みられている。例えば、斉・二井（2012）はカシナガの孔道から昆虫病原性を持つ微生物の探索を行い、駆除効果が期待できる菌として *Beauveria bassiana* を検出している。また、昆虫寄生性の線虫を被害木に接種し、カシナガ個体群の密度を低下させる方法も行われている（大橋, 2009）。

このように、様々な防除方法が試みられているが、その方法の多くは単木的な処理が中心である。しかし、被害の発生規模が大きい地域では、処理を必要とする樹木個体数も多くなるものと推察される。そのような地域では、単木ごとの処理のみではなく、被害が発生している森林全体で個体群密度を低下させる面的な防除方法が必要となるだろう。その方法のひとつとして、移動性の高い天敵を用いた防除が考えられる。これまでに、カシナ

* 前：森林研究所, 現：地方独立行政法人青森県産業技術センター 林業研究所

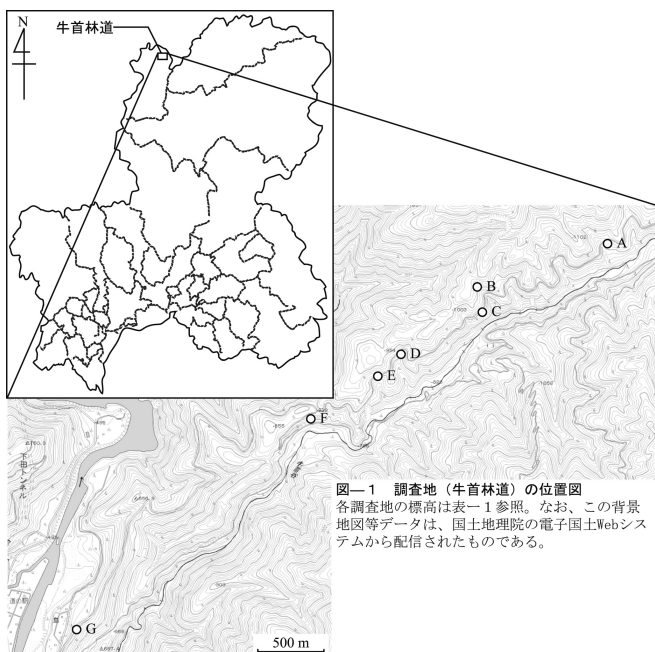
ガを含むキクイムシ類の天敵として、孔道を利用する甲虫類、寄生蜂、アリ類および線虫などが報告されている (Kirkendall, 1993; 梶村, 2002; 小林・上田, 2005; 梶村, 2006)。これらの中で、カシナガの孔道を利用し、分散能力の高いものが有効な防除資材としての有力候補になるだろう。

本研究では、カシナガの穿入によって枯死したナラ枯れ被害木を対象として、カシナガ穿入孔から脱出した捕食者を採集した。それらの種構成および構成割合を算出し、寄主木の選好性を検討した。これらの結果から、面的な防除方法の開発を目的として、生物防除に有効と考えられる捕食者の探索を行った。

II 材料と方法

1. 調査地

本研究は岐阜県大野郡白川村の牛首林道（北緯36°17′；東経136°55′）で行った。林道沿いで、2011年に枯死したナラ枯れ被害木がみられた7ヶ所を調査地点に設定した（図－1；表－1）。調査地点の標高は1,050～530mである。なお、調査地に最寄りのアメダスによる平均気温は10.7℃で、平均降水量は2,432.4mmである（1981～2010年；気象庁アメダス白川）。



図－1 調査地（牛首林道）の位置図

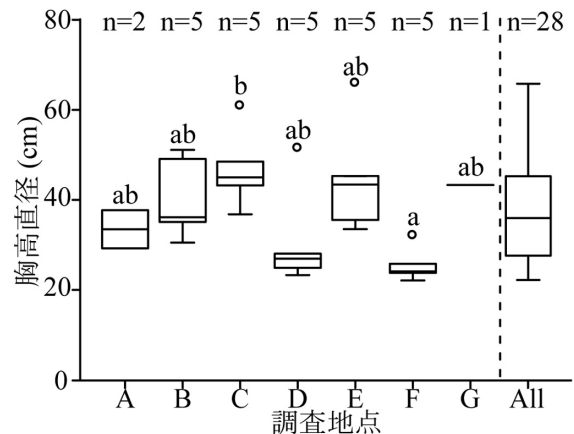
各調査地の標高は表－1 参照。なお、この背景地図等データは、国土地理院の電子国土 Web システムから配信されたものである。

表－1 調査地点概要

調査地点	標高 (m)	供試木 (本)	チューブトラップ (基)
A	1,050	2	40
B	1,020	5	100
C	990	5	100
D	940	5	100
E	880	5	100
F	830	5	100
G	530	1	40
合計		28	580

2. 供試木

対象とした樹種はミズナラ *Quercus crispula* BLUME である。2011年にカシナガの穿入によって枯死したミズナラを供試木とし、調査地点Aからは2本、調査地点Gからは1本、それ以外の調査地点からは5本を選定し、実験に用いた。なお、供試木28本の胸高直径は35.85±11.64cm（中央値±標準偏差）であり、最大で65.7cm、最小で22.1cmであった（図－2）。また、調査地点間では、調査地点Cの方が調査地点Fよりも胸高直径が有意に大きかった (ANOVA, $p < 0.05$; Tukey-Kramer test, $p < 0.05$; 図－2)。



図－2 供試木の胸高直径

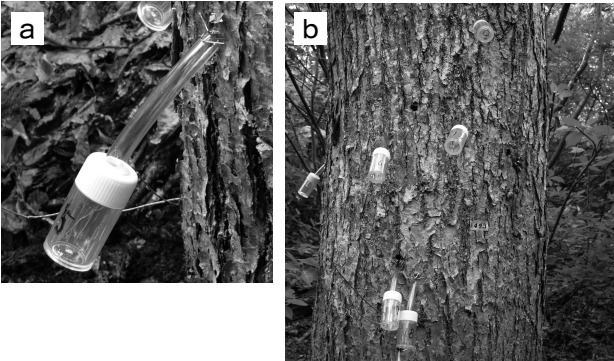
箱の上端は75パーセンタイル、下端は25パーセンタイル、箱中の横線は中央値を示す。縦棒は箱の長さの1.5倍の範囲内における最大値および最小値を示し、○は外れ値を示す。nは供試木の個体数を示す。異符号間で胸高直径に有意差有り (Tukey-Kramer test, $p < 0.05$)。

3. 調査方法

カシナガの穿入孔から脱出する捕食者を捕らえるために、チューブトラップ (小林, 2004) (図－3) を供試木に設置した。チューブトラップは供試木1本あたり20基設置した。なお、調査地区Gの供試木1本のみ、40基設置した。設置期間は2012年6月18日～9月26日である。設置期間中、2～4週間に1回、チューブトラップの交換を行い、トラップ内のサンプルを回収した。設置期間を通して、合計5回、サンプルを回収した。回収したサン

プルは岐阜県森林研究所に持ち帰り、ソーティングした。ソーティング後、捕食者を種〜科レベルで同定し、分類群ごとに個体数を計数した。なお、トラップを設置したカシナガの孔道は終齢幼虫が排出するフラス（Tarno・山崎，2012）が確認され、初期の繁殖に成功したと考えられるものとした。

捕食者の餌資源量の指標として、供試木の地上高0.5mと1.5m地点における、材直径を計測した。これは、材直径とカシナガの次世代生産数の間に正の相関がみられることから（Hijii, et al., 1991；小林，2006）、カシナガの捕食者の餌資源量も同様に増加するものと考えられるためである。また、昆虫の繁殖力や生活史サイクルに温度が影響を及ぼすため、気温の指標として、調査地点の標高を計測した。



図ー3 チューブトラップ
a) チューブトラップの拡大写真
b) チューブトラップの設置状況

4. 統計解析

調査地点間全体において、出現する捕食者相に違いがみられるかを明らかにするために、 χ^2 検定を行った。これは、各調査地点における捕食者分類群ごとの個体数を用いて比較した。なお、各調査地点間を対象とした多重比較は行わなかった。

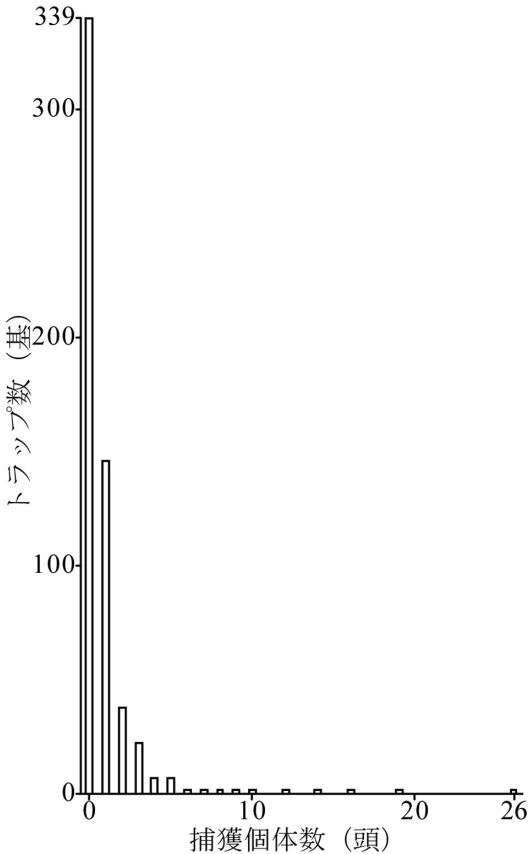
捕食者の捕獲量に影響を及ぼす要因を明らかにするために、一般化線形混合モデル（GLMM）による解析を行った。この解析では、応答変数に捕食者の個体数、説明変数に材直径および標高もしくは調査地点、変量効果に樹木個体を用いた。応答変数はポアソン分布に従うと仮定し、link 関数は log link 関数とした。なお、説明変数の材直径および標高は連続変数であり、調査地点は名義変数である。すべての独立変数の組み合わせモデルに関して、赤池の情報量基準（Akaike's Information Criteria, AIC）の値を比較し、AIC 値が最小のモデルを選択した。なお、これらの解析には R 2-15-2パッケージ（R Development Core Team, 2012）を使用し、GLMMには R パッケージ内の” lme4 Ver. 0.999999-0”（Bates et al., 2012）を用いた。

Ⅲ 結果

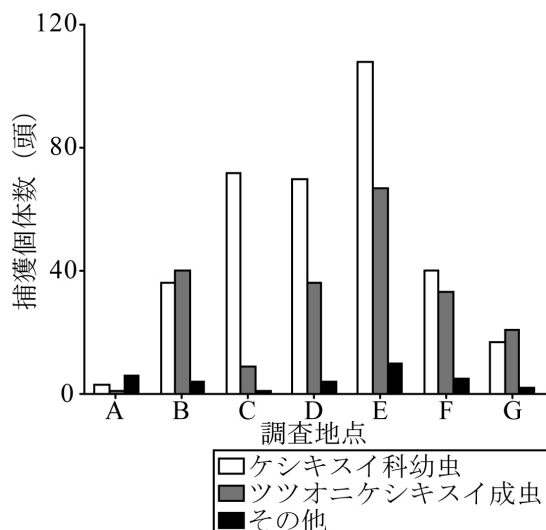
本研究で捕獲された捕食者は9分類群585個体で、すべてコウチュウ目であった（表ー2）。その中で、ケシキスイ科幼虫が最も多く、346個体が捕獲された。次いで、ツツオニケシスイ *Librodor subcylindricus* REITTER 成虫が207個体捕獲され、上位の2分類群のみで捕獲個体数の94.5%を占めた。以上から、これ以降の結果では、総捕獲個体数、ケシキスイ科幼虫およびツツオニケシスイ成虫の捕獲個体数について、解析を行った。なお、カシナガが初期繁殖に成功したと考えられる孔道（Tarno・山崎，2012）にトラップを設置したものの、全調査期間を通して、カシナガ成虫はオス1個体しか捕獲されなかった。

表ー2 捕獲されたコウチュウ目相

捕獲分類群	調査地点							合計
	A	B	C	D	E	F	G	
ケシキスイ科幼虫	3	36	72	70	108	40	17	346
ツツオニケシスイ成虫	1	40	9	36	67	33	21	207
ゴミムシダマシ科成虫	5	1	1	3	5	3	2	20
クチキムシダマシ科成虫		2						2
オオコクヌスト幼虫	1				1			2
ゾウムシ科成虫					1			1
ハナノミ科成虫		1				1		2
ホソエンマムシ科幼虫					1			1
Coleoptera spp.				1	2	1		4
合計	10	80	82	110	185	78	40	585
チューブトラップ数	40	100	100	100	100	100	40	580

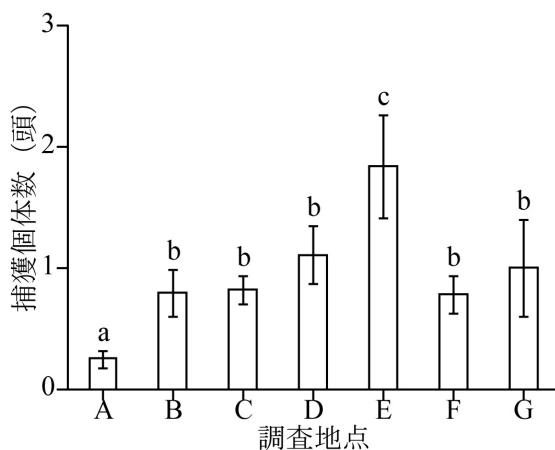


図ー4 トラップあたりの捕獲個体数



図－5 捕食者の捕獲個体数

捕獲された捕食者の分類は凡例の通り。



図－6 捕食者の総捕獲個体数

縦棒は標準誤差を示す。異符号間で捕獲個体数に有意差有り (GLMM, $P < 0.05$)。

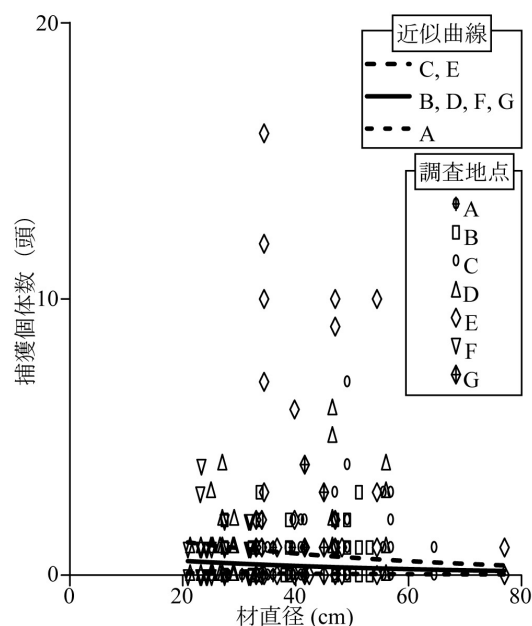
全580基のチューブトラップの中で、捕食者が捕獲されたチューブトラップは241基であり、設置トラップ全体の41.6%であった (図－4)。各チューブトラップの捕獲個体数は0～4個体のものが全体の95%を占め (図－4)、捕獲個体数が最大であったチューブトラップでは、26個体が捕獲された。また、18基のチューブトラップで、ケシキスイ科幼虫とツツオニケシキスイ成虫の両方が捕獲された。

各調査地点の捕食者相の構成割合について、ケシキスイ科幼虫、ツツオニケシキスイ成虫およびその他に分けて比較したところ、調査地点間全体で有意差がみられた (χ^2 検定, $P < 0.05$; 図－5)。したがって、調査地点間全体における捕食者相の構成割合に有意な違いがあることが明らかとなった。なお、各調査地点間における多重比較は行っていないため、各調査地同士の類似性や違いなどは検出していない。

表－3 GLMM より選択されたモデルとその係数

応答変数	説明変数†	Intercept†	AIC
総捕獲個体数	調査地点 A	-0.118*	1988.194
	-1.268*		
	BCDFG		
	0		
	E		
ケシキスイ幼虫	調査地点 A	-0.228 ^{ns}	1301.616
	-1.881*		
	BDFG		
	0		
	CE		
ツツオニケシキスイ成虫	調査地点 AC	-2.599***	1147.420
	-1.840**		
	BDEFG		
	0		
	0		

†; *** $P < 0.005$, ** $P < 0.01$, * $P < 0.05$, - $P < 0.1$, ns $P > 0.1$



図－7 材直径とケシキスイ科幼虫の捕獲個体数の関係

材直径と捕獲個体数との間に有意な負の相関有り (GLMM, $P < 0.05$)。また、3近似曲線間で、捕獲個体数に有意な違い有り。各点および近似曲線の示す調査地点は凡例の通り。

総捕獲個体数を応答変数とした GLMM の結果、調査地点のみを説明変数としたモデルで AIC 値が最小となった (AIC = 1988.194; 表－3)。また、調査地点 A および調査地点 E のみをそれぞれ異なる調査地点とし、残りの 5 調査地点を同一のものとした場合に AIC 値が最小となった。各調査地点の捕獲個体数は、調査地点 A が他の調査地点よりも有意に少なく、調査地点 E が有意に多かった (GLMM, $P < 0.05$; 図－6)。

ケシキスイ科幼虫の捕獲個体数を応答変数とした結果では、調査地点および材直径を説明変数としたモデルで AIC 値が最小となった (AIC = 1301.616; 表－3)。また、調査地点を調査地点 A、調査地点 C および E、調査地点 B、D、F および G の 3 組に分類した場合で AIC 値が最小となった。それぞれの捕獲個体数は、調査地点 A が他

の調査地点よりも有意に少なく、調査地点CおよびEが有意に多かった (GLMM, $P < 0.05$; 図-7)。また、材直径と捕獲個体数の間には、有意な負の相関がみられた (GLMM, $P < 0.05$; 図-7)。

ツツオニケシキスイ成虫の捕獲個体数を応答変数とした結果でも同様に、調査地点および材直径を説明変数としたモデルで AIC 値が最小となった (AIC = 1147.420; 表-3)。また、AIC 値が最小となった調査地点の組み合わせは、調査地点AおよびCと調査地点B, D, E, F およびGの2組に分けたものであった。捕獲個体数は調査地点AおよびCで有意に少なかった (GLMM, $P < 0.05$; 図-8)。また、材直径の増加に伴い捕獲個体数も増加する傾向がみられた (GLMM, $P = 0.059$; 図-8)。なお、いずれの解析においても、標高は説明変数として選択されなかった (GLMM, $P > 0.05$)。

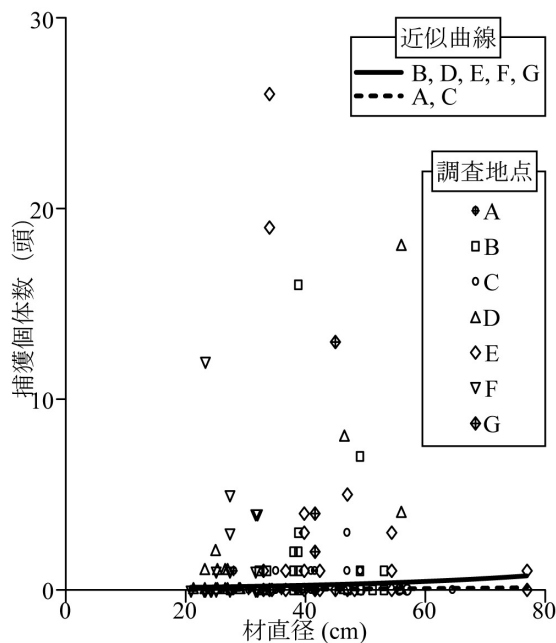


図-8 材直径とツツオニケシキスイ成虫の捕獲個体数の関係

材直径と捕獲個体数との間に有意な正の相関有り (GLMM, $P < 0.05$)。また、2 近似曲線間で、捕獲個体数に有意な違い有り。各点および近似曲線の示す調査地点は凡例の通り。

IV 考察

本研究で捕獲された捕食者はすべてコウチュウ目昆虫であり、その94.5%をケシキスイ科が占めた (表-2)。ツツオニケシキスイを含む、オニケシキスイ亜科の数属の幼虫はクイムシ類の天敵であり (久松, 1985), 同属のヨツボシケシキスイ *Librodor japonicus* (MOTSCHULSKY) の幼虫も他種昆虫の幼虫を摂食する (林,

2005)。これらのことから、本調査地において、ツツオニケシキスイはカシナガの重要な天敵であると考えられる。また、科レベルまでの同定となったが、ケシキスイ科幼虫とツツオニケシキスイ成虫が同一のチューブトラップで捕獲される例が18例みられたことから、ケシキスイ科幼虫がツツオニケシキスイの幼虫である可能性もあるものと思われる。このことは、ツツオニケシキスイのカシナガの天敵としての重要性をさらに高めるものと考えられる。一方で、チューブトラップ580基の中で、捕食者が捕獲されたものは241基であり、全体の41%に過ぎなかった (図-4)。また、95%のチューブトラップで捕獲個体数が0~4個体であった。これらのことから、捕食者は一様に分布しているのではなく、偏在しているものと推察される。また、調査地点間における捕食者の捕獲割合に違いがみられた (χ^2 検定, $P < 0.05$; 図-5)。したがって、捕食者の分布構造には一定の傾向はないものと考えられる。このように、分布の偏在化や分布構造の不均一性が検出された。しかし、それらを作り出す要因について、本研究から明らかにすることは困難である。

総捕獲個体数、ケシキスイ科幼虫およびツツオニケシキスイ成虫の捕獲数すべてにおいて、調査地点間で有意な違いがみられた (GLMM, $P < 0.05$; 表-3)。また、材直径との間にケシキスイムシ科幼虫では負の、ツツオニケシキスイ成虫では正の相関がみられた (ケシキスイムシ科幼虫, GLMM, $P < 0.05$; ツツオニケシキスイ成虫, GLMM=0.059; 表-3, 図-7, 8)。一方、標高はいずれの捕獲個体数とも関係がみられなかった (GLMM, $P > 0.05$)。ここで、総捕獲個体数において材直径との間に相関関係がみられなかったのは、ケシキスイ科幼虫およびツツオニケシキスイ成虫と、材直径の相関関係が正負反対であったためであろうと思われる。その結果、調査地点ごとの捕獲個体数の違いのみを反映したモデルが採択されたものと推察される。

ケシキスイ科幼虫とツツオニケシキスイ成虫で、材直径との関係が異なったのは、餌資源の量に関係しているのかもしれない。すなわち、餌資源が豊富な大径木からは成虫が、餌資源が少ない小径木からは幼虫が多く脱出するものと考えられる。カシナガの孔道長や次世代生産数は材直径の増加に伴って増加することが示されている (Hijii, et al., 1991; 小林, 2006)。したがって、本研究で捕獲されたケシキスイ科幼虫がツツオニケシキスイであるならば、ツツオニケシキスイは小径木に作られたカシナガの孔道内の餌資源のみで、生活史を完遂することが不可能なのかもしれない。そのため、幼虫は他孔道のカシナガ幼虫や、孔道内の菌類などを獲得するために、脱出するのではないかと推察される。ツツオニケシキスイと同属のヨツボシケシキスイの幼虫は、他種の昆虫の幼虫を捕食するとともに、樹液や腐植等も摂食する (林,

2005)。このことも、ケシキスイ科幼虫が餌資源を求めて他孔道などへ移動する可能性を支持するものと考えられる。

ケシキスイ科幼虫およびツツオニケシキスイ成虫ともに、調査地点間で捕獲個体数が異なることが明らかになった (GLMM, $P < 0.05$; 表-3)。しかし、ケシキスイ科幼虫では、調査地点A、調査地点CおよびE、調査地点B、D、FおよびGの3組に、ツツオニケシキスイ成虫では調査地点AおよびC、調査地点B、D、E、FおよびGの2組に分けるモデルが選択された。本研究で用いた供試木の胸高直径は、調査地点Cよりも調査地点Fの方が有意に小さいが (Tukey-Kramer test, $P < 0.05$; 図-2)、その他の調査地点間では差はない。また、すでに材直径による影響がモデルに組み込まれているため、調査地点間での捕獲個体数の違いは材直径以外の要因が関係しているものと思われる。例えば、気温が挙げられる。本研究において、気温に影響を及ぼすと考えられる標高差はモデルより棄却された。しかし、本研究では、調査地点ごとの気温の計測や各調査地点の斜面方位や樹冠の密度、林内における照度など気温に関係するパラメータの測定は行っておらず、その影響を検討することはできない。また、湿度やツツオニケシキスイを誘引する物質の有無あるいはその存在比が異なっていることなども考えられる。材直径以外のどのような条件がツツオニケシキスイの個体群密度に影響を及ぼすのか、今後検証する必要があるものと思われる。

本研究から、ツツオニケシキスイがカシナガの重要な捕食者である可能性が示唆された。また、材直径が捕獲個体数に影響を及ぼすことが明らかとなった。これまでもキクイムシ類の捕食者は報告されており、例えば小林・野崎 (2009) はツツオニケシキスイを含む8種のコウチュウ目昆虫をカシナガの孔道から捕獲している。また、キクイムシ類の捕食者として、アリ類や寄生蜂の報告もある (Kirkendall, 1993; 梶村, 2002; 小林・上田, 2005; 梶村, 2006)。しかし、これらの捕食性昆虫を用いた生物防除の検討はほとんどなされていない。その中で、ツツオニケシキスイは生物防除用資材の有力候補になるものと思われる。ツツオニケシキスイは99.5%エタノールに誘引されやすく、これを誘引剤とした小型の衝突板トラップ (名大式トラップ; 伊藤・梶村, 2006) で大量捕獲が可能である (伊藤, 未発表)。また、同属のヨツボシケシキスイでは、バナナを用いた継代飼育方法が確立されているため (Okada and Miyatake, 2007)、ツツオニケシキスイも同様の方法で継代飼育ができるかもしれない。したがって、容易に大量捕獲と大量増殖ができる可能性が高いものと考えられる。今後、これらのことを検証し、捕食効率等を解明することによって、生物防除用資材としての有効性を検討することが可能となるだろう。

引用文献

- Bates D, Maechler B, Bolker B (2012) Package lme4: Linear mixed-effects models using Eigen and Eigen. Version 0.999999-0. <http://lme4.r-forge.r-project.org/>
- 林 長閑 (2005) ケシキスイ科. 日本産幼虫図鑑 (石綿進一・花田聡子・林 文男・山崎柄根・上村佳孝・青木典司・林 正美・野崎隆夫・福田晴夫・岸田泰則・林 長閑・篠原明彦・篠永 哲監修, 学研). 245
- Hijii, N, Kajimura H, Urano T, Kinuura H, Itami H (1991) The mass mortality of oak trees induced by *Platypus quercivorus* (MURAYAMA) and *Platypus calamus* BLANDFORD (Coleoptera: Platypodidae)-the density and spatial distribution of attack by the beetles-. J Jpn For Soc 73: 471-476
- 久松定成 (1985) ケシキスイ科 Nitidulidae. 原色日本甲虫図鑑 (I I I) (黒澤良彦, 久松定成, 佐々木寛之編著, 保育社). 175-196
- 伊藤昌明・梶村 恒 (2006) 養菌性キクイムシの生け捕りを目的とした新型トラップの開発. 中森研54:227-230
- 梶村 恒 (2002) 養菌性キクイムシ類の生態と森林被害. 森林科学35: 15-23
- 梶村 恒 (2006) 養菌性キクイムシ類の生態—昆虫が営む樹内農園—. 木の中の虫の不思議な生活穿孔性昆虫研究への招待 (柴田叡式・富樫一巳編著, 東海大学出版会). 161-187
- Kinuura H (2002) Relative dominance of the mold fungus, *Raffaelea* sp., in the mycangium and proventriculus in relation to adult stages of the oak platypodid beetle, *Platypus quercivorus* (Coleoptera: Platypodidae). J For Res 7: 7-12
- Kinuura H, Kobayashi M (2006) Death of *Quercus crispula* by inoculation with adult *Platypus quercivorus* (Coleoptera: Platypodidae). Appl Entomol Zool 41: 123-128
- Kirkendall L R (1993) Ecology and evolution of biased sex ratio in bark and ambrosia beetle. In: Evolution and Diversity of Sex Ration in Insects and Mites. Wrensch DL and Ebbert MA (eds) Chapman and Hall, 235-345
- 小林正秀 (2004) カシノナガキクイムシの穿入に伴うブナ科樹木集団枯死被害の発生機構. 京都府林試研報, 7: 1-139

- 小林正秀 (2006) ブナ科樹木萎凋病を媒介するカシノナガキクイムシ. 木の中の虫の不思議な生活穿孔性昆虫研究への招待 (柴田叡弌・富樫一巳編著, 東海大学出版会). 189-212
- 小林正秀・野崎 愛 (2009) ナラ枯れ被害をどう防ぐのかー被害のメカニズムと防除法ー. 京都府林業試験場
- 小林正秀・上田明良 (2005) カシノナガキクイムシとその共生菌が関与するブナ科樹木の萎凋枯死ー被害発生要因の解明を目指してー. 日林誌87: 435-450
- Kubono T, Ito S (2002) *Raffaelea quercivora* sp. nov. associated with mass mortality of Japanese oak, and the ambrosia beetle (*Platypus quercivorus*). Mycoscience, 43: 255-260
- 大橋章博 (2008) 岐阜県におけるナラ類枯損被害の分布と拡大. 岐阜県森林研研報, 37: 23-28
- 大橋章博 (2009) カシノナガキクイムシ幼虫に対する *Steinernema* 属線虫の殺虫力について. 中森研57: 287-288
- 大橋章博 (2011) ナラ枯れ被害を防ぐために. 岐阜県森林研究所
- Okada K, Miyatake T (2007) *Librodor japonicus* (Coleoptera: Nitidulidae): life history, effect of temperature on development, and seasonal abundance. Appl Entomol Zool 42: 411-417
- R Development Core Team (2012) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria
- 林野庁 (2011) 平成23年度 森林・林業白書. 一般社団法人全国林業改良普及協会
- 齊 宏業・二井一禎 (2012) 仲間もいれば敵もいるーカシノナガキクイムシを取り巻く微生物. 微生物生態学への招待ー森をめぐるミクロな世界ー (二井一禎・竹内祐子・山崎理正編, 京都大学学術出版会). 307-325
- Tarno H・山崎理正 (2012) 親子二世代の連係プレーー木屑が語る坑道の中の社会的な生活. 微生物生態学への招待ー森をめぐるミクロな世界ー (二井一禎・竹内祐子・山崎理正編, 京都大学学術出版会). 279-292