寄主の含水率がカシノナガキクイムシの穿入行動と 孔道内菌類に与える影響

小林 正秀^{1,*}・野崎 愛¹・上田 明良^{2,†}

¹ 京都府林業試験場

² 森林総合研究所関西支所

Influence of Water Content of Host Trees on Attacking Behavior of *Platypus quercivorus* (Murayama) (Coleoptera: Platypodidae) and on Fungi in the Galleries Bored by the Beetles. Masahide KOBAYASHI,^{1,*} Ai NOZAKI¹ and Akira UEDA^{2,††} ¹ Kyoto Prefectural Forestry Experimental Station; Wachicho, Funai-gun, Kyoto 629–1121, Japan. ² Kansai Research Center, Forestry and Forest Products Research Institute; Fushimi-ku, Kyoto 612–0855, Japan. *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 48: 141–149 (2004)

Abstract: To demonstrate influence of water content of host trees on attacking behavior of *Platypus quercivorus* and on symbiotic fungi (yeasts and *Raffaelea quercivora*), the number of beetles landing on bait logs with their water content artificially changed and the number of entry holes bored by the beetles into the bait logs were counted, and the ratio of galleries with eggs or larvae and the ratio of wood pieces with the symbiotic fungi were investigated. A multiple regression analysis of the number of beetles captured and the number of entry holes bored by the beetles was performed with the length and water content of bait logs as explanatory variables. The result suggest that males land on bait logs by judging the length of bait logs or something related to their length, and that males bore into bait logs by judging both the length of the bait logs and water content of the bait logs at the time of breeding or by judging something related to both these factors. At a part with the low water content at the time of breeding, the number of entry holes per m², the ratio of galleries with eggs or larvae, and the ratio of wood pieces containing symbiotic fungi were low, suggesting that *P. quercivorus* fails to reproduce in a part with low water content, because symbiotic fungi fail to propagate in this part. From the above, it is hypothesized that male *P. quercivorus* chooses host trees with large breeding capacity by a certain method, resulting in them tending to choose host trees where the symbiotic fungi grows easily because the water content is maintained for a long time.

Key words: Entry hole; *Platypus quercivorus*; *Raffaelea quercivora*; water content; yeast

緒 言

カシノナガキクイムシ (*Platypus quercivorus* (Murayama)) (以下、カシナガとよぶ) の穿入に伴う広葉樹の集団枯死被害は、1934 年に九州で初めて確認され、1980 年代後半から被害地域が拡大している (伊藤・山田, 1998)。

カシナガによる集中攻撃 (マスアタック) を受けた立木が萎凋枯死に至るのは、カシナガが材内に持ち込んだ *Raffaelea quercivora* Kubono et Ito (以下、ナラ菌とよぶ) によって、道管の通水機能が停止するためと考えられる (黒田・山田, 1996; 伊藤ら, 1998; Kuroda, 2001)。このため、マスアタックが生じる過程を解明することが、集団枯死発生メカニズムを解明するための重要な課題となっている。

カシナガが属する *Platypus* 属は、雄が最初に孔道を掘り

(Kirkendall, 1983), いくつかの種で雄がフェロモンを発散することが知られている (Madrid et al., 1972; Milligan and Ytsma, 1988; Milligan et al., 1988; Ytsma, 1989)。カシナガでも、雄が穿入した丸太に雌雄が誘引され (Ueda and Kobayashi, 2001), 立木に雄を接種することで、マスアタックと立木の枯死が再現されている (小林・上田, 2003)。これらのことから、雄の穿入孔から集合フェロモンが発散され、これに誘引された雄が次々に穿入することで、マスアタックが生じると考えられる。しかし、雄がどのような寄主に対して最初に穿入するのかわからない。

カシナガは、大径木ほど穿入が多く (斎藤, 1959; 末吉, 1990; 石山, 1993; 衣浦, 1994; 曾根ら, 1995; 小林・上田, 2001), 容積が大きい立木の下部ほど穿入が多い (松本, 1955; 山崎, 1978; 末吉, 1990; Hijii et al., 1991; 石山, 1993; 佐藤ら, 1993; 衣浦, 1994)。これは、カシナガは多

* Corresponding author

† 現在 森林総合研究所北海道支所

†† Present address: Hokkaido Research Center, Forestry and Forest Products Research Institute, Sapporo, Hokkaido 062–8516, Japan

2003 年 4 月 21 日受領 (Received 21 April 2003)

2004 年 3 月 19 日登載決定 (Accepted 19 March 2004)

くの階層が重なる複雑な孔道を構築することから(加辺, 1955; Soné et al., 1998), 繁殖場所の容積が大きいほど繁殖に適しているためと考えられる(Hijii et al., 1991). ところが, 餌木に対する穿入状況を調査した結果, 太くても短い餌木に対する穿入は少なかった(小林・上田, 2002; 小林ら, 2003). そして, 短い餌木の含水率は低く, 含水率が低い部位からはナラ菌がほとんど分離されず, カシナガがほとんど繁殖していなかった(小林ら, 2003). これらのことから, カシナガは繁殖に適さない含水率が低い部位を避けて飛来と穿入を行っているとは推察された(小林ら, 2003). この推察が正しければ, 短い餌木であっても含水率が高ければ, カシナガの穿入が多くなるはずである. 実際に, カシナガと同属の *Platypus subgranosus* (Schedl) は, 浸水した餌木に対する穿入が多いことが示唆されている(Elliott et al., 1983). ここでは, 浸水などによって人為的に含水率を操作した餌木に対するカシナガの飛来と穿入状況, および孔道内の菌類の生育状況を調査し, カシナガが寄主に穿入する際に, 何を判断材料にしているのかについて考察した.

材料および方法

1. 餌木の採取と含水率の操作

2002 年 6 月 6 日, 京都府和知町仏主の被害地(小林・上田, 2001)に隣接する標高 720 m の無被害林において, 胸高直径 18 cm 程度のコナラ未穿入木 9 本を伐倒し, 地際から高さ 0.5~1 m と 1~2 m の樹幹部から, 長さ約 0.5 m と約 1.0 m の餌木を 1 本ずつ採取した. 同じ立木から採取した長さの異なる餌木 9 組を 3 つの処理区(W 区, M 区, D 区)に分け, 餌木の含水率を操作する処理を行った. すなわち, W 区の餌木は, 水槽に 6 月 6 日~6 月 12 日の 6 日間浸水した後, 乾燥を防ぐため両木口面をパラフィンで覆った. なお, 浸水中は, 餌木の腐敗を防止するために少量の水を水槽内に流し込み, 2 日ごとに餌木表面をブラシで洗浄した. M 区の餌木は, 伐倒直後に両木口面をパラ

フィンで覆い, 5°C で湿度 95% 以上に調節した庫内(東京冷熱株式会社製「氷蔵庫 FHL-6」)で 6 月 12 日まで保存した. D 区の餌木は, パラフィンで覆う処理を行わずに, 常温の室内で 6 月 12 日まで保存した.

2. 餌木の設置場所と設置方法

京都府綾部市五泉町のミズナラが最も優占し, その他にコナラ, イヌシデ, クリが優占する標高 250 m の被害地に餌木を設置した. 設置場所は, 1998 年に被害が発生した綾部市における最初の被害地(小林ら, 2000)から南西約 1,500 m に位置し, 設置場所周辺では 1999 年には単木的な被害が, 2001 年と調査年の 2002 年には数百本の枯死木が発生していた.

Platypus 属で, 集合フェロモンを発散することが知られている種では, 雄が雌よりも寄主からの臭い物質に強く反応することが知られている(Madrid et al., 1972; Milligan, 1982; Milligan and Ytsma, 1988). カシナガの雄も寄主からの臭い物質に反応すると考えられるが, 寄主に穿入した雄が集合フェロモンを発散し始めると, それ以降に脱出した雄は集合フェロモンに対して強く反応するため, 寄主からの臭い物質に対する反応が弱くなることが予想される(上田・小林, 2003). そこで, 餌木の設置時期を集合フェロモンの発散がない脱出開始期とした. すなわち, 餌木設置場所付近において, 5 月 22 日に 7 本のミズナラ被害木(約 1.4 m³)を伐倒して京都府林業試験場構内に持ち帰り, 被害木からの脱出状況を調査し, 脱出が初めて確認された 2 日後の 6 月 12 日に餌木を設置した. 餌木の設置方法は, 幅 3 m × 長さ 6 m の地表面の下草を刈り払った場所に, 5 cm 角の乾燥したスギ角材を等高線に対して平行に並べ, この上に, 餌木を 30 cm 間隔に配置した(Fig. 1).

3. 餌木に対する飛来状況調査

餌木に対するカシナガの飛来状況を調査するため, 餌木設置当日に, 粘着トラップ(縦 8 cm × 横 50 cm のアースバイオケミカル製「カミキリホイホイ」)を粘着面が表になるようにピンで餌木中央部に 1 枚ずつ取り付けて捕獲した. 捕獲調査は, 7 月 4 日までは 1~3 日ごとに, それ以降の 8 月 15 日まではほぼ 1 週間ごとに行い, 捕獲がほとんどなくなった 8 月 29 日に終了した. なお, 調査日ごとに粘着トラップを交換し, 餌木を 1 本ずつ移動して場所による影響を少なくした. また, 餌木設置場所の近くでカシナガの穿入を受けた立木が発生した場合, その影響を排除するため, 小林ら(2001)を参考に, 樹幹部をビニールシートで被覆して新たな穿入を阻止した.

4. 餌木に対する穿入状況調査

カシナガの穿入孔が初めて確認された調査開始 4 日目の 6 月 16 日に穿入孔数を調査し, 餌木表面積あたりの穿入密度(以下, 初期穿入密度とよぶ)を求めた. また, 調査開始 4 カ月後の 10 月上旬に, 林業試験場構内に餌木を持

Fig. 1. Arrangement of bait logs.

ち帰り、剥皮して表面積あたりの穿入密度（以下、最終穿入密度とよぶ）を求めた。初期穿入密度の調査範囲は、長さ約 0.5 m の餌木は全体を、長さ約 1.0 m の餌木は餌木中央部 50 cm 幅とした。最終穿入密度の調査範囲は、餌木中央部 30 cm 幅と餌木の両端部（上部と下部）の木口面から 10 cm 幅とした。なお、カシナガの穿入孔の直径は、樹皮がある場合は 1.8~2.6 mm で、樹皮がない場合は 1.4~1.8 mm である（井上ら, 1998）。また、穿入孔のまわりには、繊維状の木屑が堆積する（井上ら, 2000）ことから、初期穿入密度の調査では、直径が 2 mm 前後で繊維状の木屑があるものを、最終穿入密度の調査では直径が 1.4~1.8 mm のものをカシナガの穿入孔とした。

5. 餌木におけるカシナガの繁殖状況調査

カシナガの繁殖状況を調査するため、10 月上旬に餌木の中央部や両端部からそれぞれ 10 孔の穿入孔を無作為に抽出して割材し、孔道内の次世代虫（卵または幼虫）の有無によって繁殖の成否を確認した。そして、調査した穿入孔数に対する繁殖に成功している穿入孔数の割合（以下、繁殖成功率とよぶ）を求めた。ただし、穿入孔数が少ない餌木では、調査した穿入孔数が 10 孔未満の場合があった。

6. 餌木からの菌類の分離調査

餌木における菌類の生育状況を調査するため、10 月上旬に各餌木の中央部や両端部から孔道を含む約 1 cm 角の材片を採取して菌類の分離を行った。殺菌方法は、アンチホルミンを使用すると酵母が分離できないことから（小林ら, 2003）、衣浦（1996）に準じて火災滅菌法で行った。すなわち、採取した材片を 70% エタノールですすぎ、炎で焼く作業を 3 回繰り返して殺菌した。そして、殺菌した材片をノミで孔道が姿を現すように割材し、孔道内部をメスでかき取ったものを PDA 平板培地に静置して 22°C で培養した。分離の結果、分離菌の菌叢が Kubono and Ito（2002）と一致したものをナラ菌、酵母様を呈したものを酵母、その他を雑菌とした。

7. 餌木の含水率の測定

伐倒直後と調査終了時の 10 月上旬に餌木の含水率を測定した。伐倒直後の含水率は、餌木中央部を径 10 mm の電動ドリルで餌木の中心部まで穿孔して採取した材片を用いて測定した。また、調査終了時の含水率は、餌木の中央部と両端部の 3 箇所から厚さ 5 cm の円盤を切り取って剥皮した後、円盤の中心部を通る 2 本線で切断した楔形の材片を用いて測定した。含水率の測定は、ビニール袋（Johnson 製「Ziploc」）に材片を投入し、素速く袋の口を閉じて生重量を測定した後、温度 105°C で 24 時間乾燥して乾燥重量を測定し、次式により求めた。なお、伐倒直後の含水率の測定によって生じたドリル穿孔部は、水分蒸散を防ぐため粘着テープで塞いだ。

$$\text{含水率}(\%) = \frac{[(\text{生重量} - \text{乾燥重量}) \div \text{乾燥重量}] \times 100}{1}$$

調査期間中に餌木の含水率の推移を調査した。毎回材片を採取して含水率を測定すると、材片採取部からの水分蒸散などの影響が懸念された。そこで、伐倒直後の餌木重量（ x_0 ）と伐倒直後の餌木の含水率（ y_0 ）を基に、餌木重量の増減量は水分の増減量に等しいとみなして、餌木重量（ x ）から重量測定時の含水率（ y ）を次式により求めた。なお、重量測定による含水率の調査は、調査開始時（6 月 12 日）とその後の 6 月 25 日、7 月 22 日、8 月 1 日、8 月 15 日および 8 月 29 日の計 6 回実施した。

$$y(\%) = y_0 + (x - x_0) \div x_0 \times (100 + y_0)$$

結 果

1. 餌木の含水率

伐倒直後、調査開始時および調査終了時の各餌木中央部の含水率を Table 1 に示す。伐倒直後の含水率は、60~70% でほぼ一定していた。調査開始時には、含水率は W 区と M 区ではそれぞれ 6.7~10.3% と 0.1~1.5% 増加し、D 区では 1.6~4.5% 減少した。調査終了時の含水率は、D 区の長さ約 0.5 m の餌木（DS）が最も低く、いずれも 60% 以下であった。

各処理木の含水率の推移を Fig. 2 に示す。W 区と D 区の含水率は M 区に比較して急激に低下し、W 区の含水率は調査開始 50 日目までは M 区よりも高かったが、それ以降は同程度になった。また、W 区と D 区では、長さ約 0.5 m の餌木の含水率は長さ約 1.0 m の餌木に比較して急激に低下した。このため、調査開始時には、含水率と餌木の長さとの間に有意な相関関係は認められなかったが（直線

Fig. 2. Seasonal change of water content of bait logs. Labels of logs are same with Table 1.

Table 1. Water content of bait logs soon after felling, at start of investigation and at end of investigation

Level ^a	Length (m)	Central diameter (cm)	Weight (kg)	Water content of middle part of bait logs (%)			
				Soon after felling (6 June) (A)	Start of investigation (12 June) (B)	Fluctuation by treatment (B-A)	End of investigation (early October)
WS1	48.7	18.2	12.2	67.4	77.7	10.3	67.7
WS2	47.0	19.0	13.1	70.1	79.4	9.3	60.0
WS3	50.0	18.9	14.5	70.1	78.3	8.2	70.5
WL1	90.0	18.2	22.4	68.9	78.4	9.5	71.7
WL2	97.5	18.3	25.6	68.0	74.7	6.7	73.2
WL3	100.5	17.9	23.6	64.6	73.7	9.1	71.2
MS1	50.3	17.8	11.6	63.7	65.2	1.5	63.5
MS2	51.8	18.7	13.0	64.9	65.9	1.0	70.0
MS3	47.8	18.7	12.6	70.2	70.8	0.6	66.2
ML1	99.4	17.7	25.0	68.2	68.3	0.1	74.2
ML2	104.0	16.2	20.6	61.1	61.9	0.8	62.8
ML3	100.1	17.2	22.3	62.8	62.9	0.1	70.7
DS1	51.5	17.2	12.0	67.7	63.5	-4.2	55.1
DS2	50.1	17.6	11.4	67.7	63.2	-4.5	56.0
DS3	49.0	17.9	11.2	66.2	61.7	-4.5	57.5
DL1	98.2	16.6	20.5	66.2	63.0	-3.2	67.2
DL2	98.6	17.1	20.0	63.5	61.0	-2.5	69.7
DL3	97.0	16.2	20.0	66.8	65.2	-1.6	65.0

^a W: Soaked in a water tank for 6 days then its cut ends coated with paraffin. M: With its cut ends coated with paraffin, it was stored in a refrigerator with low temperature and high humidity for 6 days. D: Stored indoors at room temperature for 6 days. S: Short (ca. 50 cm) bait logs. L: Long (ca. 100 cm) bait logs.

Fig. 3. Seasonal change of number of *P. quercivorus* collected.

回帰: $y = -0.053x + 72.544$, $r = -0.202$, $p = 0.421$), 調査終了時には, 両者間に有意な正の相関関係が認められた (直線回帰: $y = 0.129x + 56.666$, $r = 0.550$, $p = 0.018$).

2. 粘着トラップによる捕獲

粘着トラップによるカシナガの捕獲数は 1,956 頭 (雌 647 頭) であった。カシナガの捕獲数の推移を Fig. 3 に示す。雄の捕獲数は, 調査開始 2 日目から急激に増加し, 9 日目

以降の増加は緩やかになった。一方, 雌の捕獲時期は雄よりも遅れ, 顕著な増加はなかった。

3. 餌木の長さおよび中央部の含水率とカシナガ捕獲数および初期穿入密度との関係

餌木の長さおよび餌木中央部の含水率とカシナガ捕獲数および初期穿入密度との関係を Fig. 4 に示す。餌木の長さ (x_1) と調査開始時の含水率 (x_2) または調査終了時の含水率 (x_3) の 2 つを説明変数とするカシナガの雄捕獲数 (y_1) または雌捕獲数 (y_2) の重回帰式を求めた。その結果, 雄捕獲数の重回帰式は有意であったが, 雌捕獲数の重回帰式は有意でなかった (重回帰分析: $y_1 = 0.411x_1 + 0.389x_2 - 4.315$, $r^2 = 0.608$, $p < 0.001$; $y_1 = 0.289x_1 + 0.783x_3 - 20.463$, $r^2 = 0.659$, $p < 0.001$; $y_2 = 0.091x_1 + 0.216x_2 + 14.366$, $r^2 = 0.100$, $p = 0.451$; $y_2 = 0.034x_1 + 0.355x_3 + 9.935$, $r^2 = 0.119$, $p = 0.386$)。ただし, 有意であった重回帰式においても, 餌木の長さの偏回帰係数は有意であったが, 含水率の偏回帰係数は有意でなかった (分散分析: x_1 と x_2 を目的変数とした重回帰式, x_1 , $p < 0.001$, x_2 , $p = 0.247$; x_1 と x_3 を目的変数とした重回帰式, x_1 , $p = 0.007$, x_3 , $p = 0.067$)。

次に, 餌木の長さ (x_1) と調査開始時の含水率 (x_2) または調査終了時の含水率 (x_3) の 2 つを説明変数とする初

Fig. 4. Relation between the water content of bait logs at the start (left figures) and at the end (right figures) of the investigation and the number of male *P. quercivorus* collected (upper figures), the number of female *P. quercivorus* collected (middle figures) and the number of entry holes per m² bored by the beetles on the 4th day of the investigation (lower figures).

期穿入密度 (y_3) の重回帰式を求めた。その結果、調査開始時の含水率を説明変数とする重回帰式は有意でなかったが、調査終了時の含水率を説明変数とする重回帰式は有意であった (重回帰分析: $y_3 = 0.367x_1 + 0.385x_2 - 16.930$, $r^2 = 0.311$, $p = 0.061$; $y_3 = 0.023x_1 + 0.934x_3 - 41.900$, $r^2 = 0.368$, $p = 0.032$)。ただし、有意であった重回帰式においても、説明変数の偏回帰係数は有意でなかった (分散分析: x_1 , $p = 0.176$, x_3 , $p = 0.187$)。

4. 餌木からの菌類の分離

繁殖に成功している孔道からのナラ菌と酵母の分離率は、繁殖に失敗している孔道からの分離率よりも有意に高かった。しかし、雑菌は、繁殖に失敗している孔道からの分離率が有意に高かった (Fisher の正確確率検定: ナラ菌, 26/16 vs. 4/68, $p < 0.001$; 酵母, 33/9 vs. 5/67, $p < 0.001$; 雑菌, 8/34 vs. 41/31, $p < 0.001$)。また、ナラ菌と酵母は同じ材片から分離される場合が多く、ナラ菌だけが分離されたのは 1 材片だけであった。

5. 餌木の長さおよび部位別の含水率と最終穿入密度、繁殖成功率および菌類の分離率との関係

調査終了時における餌木の部位別の含水率、最終穿入密度、繁殖成功率および菌類の分離率を Table 2 に示す。雑菌の分離率を除くと、餌木上端部や下端部における値は、

ほとんどの場合で中央部よりも有意に低かった。

調査終了時における餌木の部位別の含水率と最終穿入密度、繁殖成功率およびナラ菌と酵母の分離率との関係を Fig. 5 に示す。含水率が 53% 以上の部位では最終穿入密度が 20 孔/m² 未満の場合はなかったが、含水率が 53% 未満の部位では全てが 20 孔/m² 未満であった。また、含水率が 55% 以上の部位では調査した 261 孔のうち 89 孔が繁殖に成功していたが、含水率が 55% 未満の部位では 42 孔全てが繁殖に失敗していた。さらに、含水率が 55% 未満の部位からは、ナラ菌や酵母がほとんど分離されなかった。

考 察

カシナガは、乾燥していない寄主に好んで穿入することが指摘されており (熊本営林局, 1941; 野淵, 1993; Kitajima, 2000), 太くても乾燥しやすい短い餌木に対する飛来と穿入は少なかった (小林・上田, 2002; 小林ら, 2003)。このことから、小林ら (2003) は、カシナガが飛来と穿入を行う際に、繁殖場所の容積だけでなく、寄主の含水率を判断している可能性を指摘した。そこで、本研究では、カシナガが飛来と穿入を行う際に、寄主の含水率を判断材料としているかどうかを確かめるため、餌木の含水率を人為的に変化させて被害地に設置し、カシナガの飛来と穿入状況を調査した。その結果、雌の捕獲数については、餌木の長さや調査開始時の含水率または調査終了時の含水率を説明変数とする重回帰式は有意でなかったが、雄の捕獲数は、これらを説明変数とする重回帰式は有意であった。そして、有意であった雄捕獲数の重回帰式では、餌木の含水率の偏回帰係数は有意でなかったが、餌木の長さの偏回帰係数は有意であった。調査開始 13 日目の餌木の含水率は、調査開始時の含水率とほぼ等しかったことから、初期穿入密度を調査した調査開始 4 日目の含水率は、調査開始時の含水率とほぼ等しかったことになる。このため、調査開始時の含水率は、穿入時の含水率とみなすことができる。また、調査終了時には、孔道内に多くの幼虫が存在していたことから、調査終了時の含水率は、繁殖時期の含水率とみなすことができる。そして、捕獲数は飛来数を反映している。これらのことから、捕獲数の重回帰分析の結果は、雄は飛来の際に、餌木の長さ、あるいは餌木の長さに関連した何かを判断していることを示唆した。一方、初期穿入密度については、餌木の長さや調査開始時の含水率を説明変数とする重回帰式は有意でなかったが、餌木の長さや調査終了時の含水率を説明変数とする重回帰式は有意であった。初期穿入密度は、雄による穿入を反映していることから、初期穿入密度の重回帰分析の結果は、雄は穿入の際に、餌木の長さや繁殖時の含水率を複合的に、もしくはそれらの両方に関連した何かを判断していることを示唆した。ただし、餌木の長さや調査終了時の含水率のいずれの偏回

Table 2. Mean $\pm$ SE of water content of bait logs, number of entry holes per m^2 , ratio of galleries with eggs or larvae, ratio of wood pieces with *R. quercivora*, ratio of wood pieces with yeasts, and ratio of wood pieces with other fungi at different parts of bait logs at the end of the investigation

Investigation	Investigation part of bait logs ^a	No. of investigation	Mean $\pm$ SE	<i>p</i> value compared to 'middle' by Mann-Whitney <i>U</i> -test
Water content (%)	Middle	18	66.2 $\pm$ 1.4	
	Upper	18	58.2 $\pm$ 1.5	<i>p</i> =0.001
	Lower	18	56.8 $\pm$ 1.3	<i>p</i> <0.001
No. of entry holes per m^2 at the end of the investigation	Middle	18	30.1 $\pm$ 2.3	
	Upper	18	31.5 $\pm$ 4.0	<i>p</i> =0.800
	Lower	18	12.7 $\pm$ 1.3	<i>p</i> <0.001
Ratio of galleries with eggs or larvae (%)	Middle	18	41.9 $\pm$ 8.6	
	Upper	17	11.0 $\pm$ 4.4	<i>p</i> =0.005
	Lower	18	14.8 $\pm$ 7.1	<i>p</i> =0.005
Ratio of wood pieces with <i>R. quercivora</i> (%)	Middle	17	38.4 $\pm$ 7.5	
	Upper	15	9.9 $\pm$ 4.6	<i>p</i> =0.005
	Lower	15	6.7 $\pm$ 4.5	<i>p</i> =0.002
Ratio of wood pieces with yeasts (%)	Middle	17	41.4 $\pm$ 8.3	
	Upper	15	24.8 $\pm$ 8.5	<i>p</i> =0.146
	Lower	15	13.3 $\pm$ 7.7	<i>p</i> =0.010
Ratio of wood pieces with other fungi (%)	Middle	17	36.2 $\pm$ 8.0	
	Upper	15	44.9 $\pm$ 9.6	<i>p</i> =0.526
	Lower	15	46.7 $\pm$ 11.4	<i>p</i> =0.545

^a Middle: Central section of thirty-centimeter width. Upper: Ten-centimeter section from upper end-grain. Lower: Ten-centimeter section from lower end-grain.

Fig. 5. Relation between the water content of bait logs and number of entry holes per m^2 , ratio of galleries with eggs or larvae, ratio of wood pieces with *R. quercivora*, and ratio of wood pieces with yeasts at different parts of the bait log at the end of the investigation.

帰係数も有意でなかったことから、何を判断材料にしているのかは明らかにならなかった。長い餌木ほど、多くの階層が重なる長い孔道を構築することが可能であり、カシナガの繁殖にとって有利となる。このため、雄が飛来する際は、餌木の長さ、あるいは餌木の長さに関連した何かを判断していると考えられる。また、カシナガは、繁殖部位の含水率が低下すると繁殖が困難になる（小林ら、2003）ため、穿入時の含水率よりも繁殖時期の含水率が高く維持される餌木ほど、カシナガの繁殖にとって有利となる。このため、雄が穿入する際は、穿入時の含水率ではなく、繁殖時の含水率、あるいは繁殖時期の含水率に関連した何かを判断していると推察される。

樹幹部を利用する昆虫と共生関係にある菌類に要求される能力は、栄養改善のためのセルロース分解能力と樹木の防御を突破するための病原力と考えられる（梶村、1998）。とくに、養菌性キクイムシにとっての共生菌は栄養源だけでなく、変態に不可欠なビタミン源としても重要であり（高木、1967；梶村、1998）、カシナガと共生菌とは不可分の関係にある。そこで、小林ら（2003）は、含水率が低い部位においてカシナガの繁殖成功率が低いのは、含水率が低い部位では共生菌が生育できないことが原因であると推察した。ただし、共生菌のうちナラ菌の分離は行ったが、餌とされる酵母（Kinuura and Yamada, 1994；衣浦、1996；Kinuura, 2002）の分離は行わなかった。そこで、本研究では、寄主の含水率が共生菌に与える影響を明らかにするため、ナラ菌の他に酵母の分離も行った。その結果、今回も短い餌木や餌木端部における調査終了時の含水率が低く、含水率が55%未満の部位では、カシナガは繁殖に成功していなかった。そして、ナラ菌と酵母は同一場所から分離される場合が多く、含水率が55%未満の部位からは、ナラ菌と酵母はほとんど分離されなかった。以上のことから、含水率が低い部位からはナラ菌と同様に酵母も分離されないことが確かめられ、含水率が低い部位においてカシナガが繁殖に失敗するのは、含水率が低い部位では共生菌が生育できないことが原因である可能性が高まった。このような寄主の含水率と共生菌の生育に関して、ハンノキキクイムシが茶樹に穿入する際、枝よりも含水率が高い根株部に好んで穿入するのは、共生菌が含水率の低い部位では生育できないためとされている（Kaneko, 1965）。また、カシナガと同属の *P. apicalis*（White）が、含水率が高い樹幹下部や丸太の土に接触した部位に好んで穿入するのは、共生菌が含水率が高い部位において生育しやすいためとされている（Milligan, 1982）。

カシナガの餌木に対する飛来時期は、小林ら（2003）の調査では、餌木設置10日目以降に増加した。これに対して、今回の調査では、餌木設置2日目に飛来が始まり、雄では9日目までに全体の75%が飛来した。このように飛来

時期が早かったのは、小林ら（2003）の調査では、伐倒直後に餌木を設置したが、今回は、伐倒してから6日後に餌木を設置したことが影響したと考えられる。Elliott et al.（1983）は、浸水した丸太と、浸水しなかった丸太を野外に設置して、*P. subgranulosus* の穿入状況を調査した結果、浸水した丸太は虫を誘引したが、浸水しなかった丸太は、伐倒直後には虫を誘引せず、時間経過とともに誘引力が増すことを示した。そして、この原因は、浸水した丸太が酸欠状態になるため、発酵が生じて虫の誘引源であるエタノールの放出量が多くなるが、浸水しない丸太では伐倒直後にはエタノールの放出量が少なく、時間経過とともに放出量が増加するためとした。カシナガも脱出開始期の雄がエタノールに反応することが示唆されており（小林・萩田、2000）、エタノールを判断材料として寄主に対して飛来と穿入を行っている可能性がある。すなわち、小林ら（2003）の調査では、伐倒直後の餌木を用いたため、餌木設置直後には餌木からエタノールが放出されず、カシナガを誘引しなかったが、時間経過とともにエタノールが放出されて誘引力が増加した可能性がある。これに対して、今回は、伐倒してから6日後に餌木を設置したことや、餌木を浸水したために、餌木設置直後からエタノールが放出され、飛来時期が早くなった可能性がある。ただし、カシナガのエタノールに対する反応は弱く（小林・萩田、2000）、*Platypus* 属を誘引する寄主の臭い物質は、エタノール単体ではなくモノテルペンとの組み合わせであることが指摘されている（Ytsma, 1989）。これらのことから、カシナガは寄主から放出されるエタノールと他の木材成分との混合物の臭いを判断して飛来と穿入を行っている可能性が高い。そして、エタノールと他の木材成分との混合物の臭いを基に、繁殖容積が大きい寄主を選択しており、このことが結果として含水率の低下が起こりにくく、共生菌が生育しやすい寄主を選択することに寄与しているのかもしれない。今後、寄主から放出される木材成分に対するカシナガの反応や寄主の含水率と木材成分との関係を調査する必要がある。

摘 要

寄主の含水率がカシナガキクイムシの飛来と穿入行動や共生菌に与える影響を明らかにするため、含水率を操作した餌木での捕獲数、穿入密度、繁殖成功率および共生菌の分離調査を行った。その結果、調査開始直後に雄の捕獲数が急上昇し、調査4日目には穿入孔が確認された。餌木の長さと含水率を説明変数とする飛来数と穿入孔数の重回帰分析を行った。その結果、雄は飛来の際に、餌木の長さ、あるいは餌木の長さに関連した何かを判断していることが示唆された。また、雄は穿入の際に、餌木の長さや繁殖時の含水率を複合的に、もしくはそれらの両方に関連した何かを判断していることが示唆された。繁殖時期の含水

率が低い部位では、穿入密度、繁殖成功率およびナラ菌と酵母の分離率が低かったことから、含水率が低い部位では、共生菌が生育せず、カシナガが繁殖できないことが示唆された。以上のことから、カシナガが、何らかの方法で繁殖容積が大きい寄主を選択することが、結果として含水率の低下が起こりにくく、共生菌が生育しやすい寄主を選択することにも寄与していると推察された。

引用文献

- Elliott, H. J., J. L. Madden and R. Bashford (1983) The association of ethanol in the attack behaviour of the mountain pinhole borer *Platypus subgranosus* Schedl (Coleoptera: Curculionidae: Platypodidae). *J. Aust. Entomol. Soc.* 22: 299–302.
- Hijii, N., H. Kajimura, T. Urano, H. Kinuura and H. Itami (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.
- 井上牧雄・西垣眞太郎・西 信介 (2000) ナラ類生立木へのカシノナガキクイムシの穿入。森林応用研究 9(1): 127–131. [Inoue, M., S. Nishigaki and N. Nishi (2000) Attack by the oak borer, *Platypus quercivorus*, to living oak trees. *Appl. For. Sci. Kansai* 9(1): 127–131.]
- 井上牧雄・西垣眞太郎・西村徳義 (1998) コナラとミズナラの生立木、枯死木および丸太におけるカシノナガキクイムシとヨシブエナガキクイムシの穿入状況と成虫脱出状況。森林応用研究 7: 121–126. [Inoue, M., S. Nishigaki and N. Nishimura (1998) Attack density and seasonal prevalence of two platypodid beetles, *Platypus quercivorus* and *Platypus calamus* (Coleoptera: Platypodidae) on live, dead and logged oak trees. *Appl. For. Sci. Kansai* 7: 121–126.]
- 石山新一朗 (1993) 山形県朝日村におけるナラ類の枯損実態について。森林防疫 42: 236–242. [Ishiyama, S. (1993) Mass mortality of *Quercus* trees in Asahi Village, Yamagata Prefecture. *Forest Pests* 42: 236–242.]
- 伊藤進一郎・窪野高德・佐橋憲生・山田利博 (1998) ナラ類集団枯損被害に関連する菌類。日林誌 80: 170–175. [Ito, S., T. Kubono, N. Sahashi and T. Yamada (1998) Associated fungi with the mass mortality of oak trees. *J. Jpn. For. Soc.* 80: 170–175.]
- 伊藤進一郎・山田利博 (1998) ナラ類集団枯損被害の分布と拡大。日林誌 80: 229–232. [Ito, S. and T. Yamada (1998) Distribution and spread of the mass mortality of oak trees. *J. Jpn. For. Soc.* 80: 229–232.]
- 加辺正明 (1955) 日本産キクイムシ類の喰痕の研究。前橋営林局，前橋。153 pp. [Kabe, M. (1955) *Studies on the Galleries Bark-Beetles and Ambrosia-Beetles in Japan*. Maebashi Regional Forest Office, Maebashi. 153 pp.]
- 梶村 恒 (1998) 森林昆虫の共生菌 アンブロシア菌について。植物防疫 52: 491–495. [Kajimura, H. (1998) Fungi associated with forest insects—Ambrosia fungi—. *Plant Protect.* 52: 491–495.]
- Kaneko, T. (1965) Biology of some scolytid ambrosia beetles attacking tea plants, I. Growth and development of two species of scolytid beetles reared on sterilized tea plants. *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 9: 211–217.
- 衣浦晴生 (1994) ナラ類の集団枯損とカシノナガキクイムシの生態。林業と薬剤 130: 11–20. [Kinuura, H. (1994) Mass mortality of oak trees and the ecology of *Platypus quercivorus*. *Forestry Chemicals* 130: 11–20.]
- 衣浦晴生 (1996) カシノナガキクイムシの坑道内菌相。日林論 107: 307–308. [Kinuura, H. (1996) Fungal flora in the gallery system of the ambrosia beetle, *Platypus quercivorus* (Murayama) (Coleoptera: Platypodidae) in the *Quercus crispula* (Blume). *Trans. 107th Mtg. Jpn. For. Soc.*, 307–308.]
- Kinuura, H. (2002) Relative dominance of the mold fungus, *Raffaella* 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. and T. Yamada (1994) Mass mortalities of oak trees in Japan and related ambrosia beetles. *Proc. 2nd Int. Symp. The Mycol. Soc. Jpn.*, 49–53.
- Kirkendall, L. R. (1983) The evolution of mating systems in bark and ambrosia beetles (Coleoptera: Scolytidae and Platypodidae). *Zool. J. Linn. Soc.* 77: 293–352.
- Kitajima, H. (2000) Artificial rearing of an ambrosia beetle, *Platypus quercivorus* (Coleoptera: Platypodidae) on bolts of a deciduous oak, *Quercus serrata*. *Int. Congr. Entomol. Abst.*, 487.
- 小林正秀・萩田 実 (2000) ナラ類集団枯損の発生経過とカシノナガキクイムシの捕獲。森林応用研究 9(1): 133–140. [Kobayashi, M. and M. Hagita (2000) Process of mass mortality of oak trees and capture of *Platypus quercivorus* (Murayama) (Coleoptera: Platypodidae). *Appl. For. Sci. Kansai* 9(1): 133–140.]
- 小林正秀・萩田 実・春日隆史・牧之瀬照久・柴田 繁 (2001) ナラ類集団枯損のビニールシート被覆による防除。日林誌 83: 328–333. [Kobayashi, M. and M. Hagita, T. Kasuga, T. Makinose and S. Shibata (2001) Prevention of oak mortality by wrapping trunks with vinyl sheeting. *J. Jpn. For. Soc.* 83: 328–333.]
- 小林正秀・上田明良 (2001) ナラ枯損発生直後の林分におけるカシノナガキクイムシの穿入と立木の被害状況(II) 京都府和知町と京北町における調査結果。森林応用研究 10(2): 79–84. [Kobayashi, M. and A. Ueda (2001) Infestation of *Platypus quercivorus* (Murayama) (Coleoptera: Platypodidae) at newly damaged forests by the beetle (II)—Investigation in Wachi and Keihoku, Kyoto Prefecture—. *Appl. For. Sci. Kansai* 10(2): 79–84.]
- 小林正秀・上田明良 (2002) 長さの異なる餌木へのカシノナガキクイムシの穿入と繁殖。森林応用研究 11(2): 55–58. [Kobayashi, M. and A. Ueda (2002) Boring and reproduction of *Platypus quercivorus* (Murayama) (Coleoptera: Platypodidae) in bait logs of different length. *Appl. For. Sci. Kansai* 11(2): 55–58.]
- 小林正秀・上田明良 (2003) カシノナガキクイムシによるマスタックの観察とその再現。応動昆 47: 53–60. [Kobayashi, M. and A. Ueda (2003) Observation of mass attack and artificial reproduction in *Platypus quercivorus* (Murayama) (Coleoptera: Platypodidae). *Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.* 47: 53–60.]
- 小林正秀・上田明良・野崎 愛 (2000) 倒木がナラ類集団枯損発生に与える影響。森林応用研究 9(2): 87–92. [Kobayashi, M., A. Ueda and A. Nozaki (2000) The influence of fallen trees on mass mortality of oak trees in Japan. *Appl. For. Sci. Kansai* 9(2): 87–

92.]

- 小林正秀・上田明良・野崎 愛 (2003) カシノナガキクイムシの飛来・穿入・繁殖に及ぼす餌木の含水率の影響. 日林誌 85: 100–107. [Kobayashi, M., A. Ueda and A. Nozaki (2003) Influence of water content of bait logs on landing, boring, and reproduction of *Platypus quercivorus* (Murayama) (Coleoptera: Platypodidae). *J. Jpn. For. Soc.* 85: 100–107.]
- Kubono, T. and S. Ito (2002) *Raffaelea quercivora* sp. nov. associated with mass mortality of Japanese oak, and the ambrosia beetle (*Platypus quercivorus*). *Mycoscience* 43: 255–260.
- 熊本営林局 (1941) カシ類のシロスジカミキリ及カシノナガキクイムシの豫防駆除試験の概要. 熊本営林局, 熊本. 51 pp. [Kumamoto Regional Forest Office (1941) Examination about prevention and control of oak pest insects *Batocera lineolata* and *Platypus quercivorus*. Kumamoto Regional Forest Office, Kumamoto. 51 pp.]
- Kuroda, K. (2001) Responses of *Quercus* sapwood to infection with the pathogenic fungus of a new wilt disease vectored by the ambrosia beetle *Platypus quercivorus*. *J. Wood Sci.* 47: 425–429.
- 黒田慶子・山田利博 (1996) ナラ類の集団枯損にみられる辺材の変色と通水機能の低下. 日林誌 78: 84–88. [Kuroda, K. and T. Yamada (1996) Discoloration of sapwood and blockage of xylem sap ascent in the trunks of wilting *Quercus* spp. following attack by *Platypus quercivorus*. *J. Jpn. For. Soc.* 78: 84–88.]
- Madrid, F., J. P. Vité and J. A. A. Renwick (1972) Evidence of aggregation pheromones in the ambrosia beetle *Platypus flavicornis* (F.). *Z. ang. Entomol.* 72: 73–79.
- 松本孝介 (1955) カシノナガキクイムシの発生と防除状況 兵庫県城崎郡西気村. 森林防疫ニュース 4: 10–11. [Matumoto, K. (1955) An occurrence and prevention of *Platypus quercivorus* (Murayama) (Coleoptera: Platypodidae)—Nishiki village Kinosaki Hyogo Prefecture—. *Forest Pests News* 4: 10–11.]
- Milligan, R. H. (1982) Evidence for an aggregating pheromone in *Platypus apicalis* (Coleoptera: Platypodidae). In *Insect Pheromones and Their Application*. N. Z. Department of Scientific and Industrial Research Entomology Division Report 2, pp. 37–50.
- Milligan, R. H. and G. Ytsma (1988) Pheromone dissemination by male *Platypus apicalis* White and *P. gracilis* Broun (Col., Platypodidae). *J. Appl. Entomol.* 106: 113–118.
- Milligan, R. H., G. O. Osborne and G. Ytsma (1988) Evidence for an aggregation pheromone in *Platypus gracilis* Broun (Col., Platypodidae). *J. Appl. Entomol.* 106: 20–24.
- 野淵 輝 (1993) カシノナガキクイムシの被害とナガキクイムシ科の概要 (I). 森林防疫 42: 85–89. [Nobuchi, A. (1993) *Platypus quercivorus* (Murayama) (Coleoptera: Platypodidae) attacks to

living oak trees in Japan, and information of Platypodidae (I). *Forest Pests* 42: 85–89.]

- 斎藤孝蔵 (1959) カシノナガキクイムシの大発生について. 森林防疫ニュース 8: 101–102. [Saito, K. (1959) An outbreak of *Platypus quercivorus* (Murayama) (Coleoptera: Platypodidae) in Yamagata Prefecture. *Forest Pests News* 8: 101–102.]
- 佐藤千恵子・荒井正美・衣浦晴生 (1993) 山形県におけるナラ類集団枯損 カシノナガキクイムシの発生消長. 日林論 104: 647–648. [Sato, C., M. Arai and H. Kinuura (1993) Mass mortality of oak trees in Yamagata Prefecture—Appearance and density of *Platypus quercivorus* (Murayama) (Coleoptera: Platypodidae)—. *Trans. 104th Mtg. Jpn. For. Soc.*, 647–648.]
- Soné, K., T. Mori and M. Ide (1998) Life history of the oak borer, *Platypus quercivorus* (Murayama) (Coleoptera: Platypodidae). *Appl. Entomol. Zool.* 33: 67–75.
- 曾根晃一・牛島 豪・森 健・井手正道・馬田英隆 (1995) 林内におけるカシノナガキクイムシの被害発生状況と被害木の空間分布様式. 鹿児島大演習林報 23: 11–22. [Soné, K., T. Ushijima, T. Mori, M. Ide and H. Umata (1995) Incidence and spatial distribution pattern of trees infested by oak borer, *Platypus quercivorus* (Murayama) (Coleoptera: Platypodidae) in a stand. *Bull. Kagoshima Univ. For.* 23: 11–22.]
- 末吉政秋 (1990) 広葉樹に発生したカシノナガキクイムシ被害 (第2報). 森林防疫 39: 242–245. [Sueyoshi, M. (1990) Infestation of broad-leaved trees by *Platypus quercivorus* (Murayama) (Coleoptera: Platypodidae) in Kagoshima Prefecture (the 2nd report). *Forest Pests* 39: 242–245.]
- 高木一夫 (1967) アンブロシア甲虫類の研究展望. 茶業技術研究 34: 1–10. [Takagi, K. (1967) A review of the problems of ambrosia beetles. *Stud. Tea* 34: 1–10.]
- Ueda, A. and M. Kobayashi (2001) Aggregation of *Platypus quercivorus* (Murayama) (Coleoptera: Platypodidae) on oak logs by males of the species. *J. For. Res.* 6: 173–179.
- 上田明良・小林正秀 (2003) カシノナガキクイムシの寄主からの臭いへの反応の野外調査. 森林応用研究 12(1): 41–45. [Ueda, A. and M. Kobayashi (2003) Response of *Platypus quercivorus* (Murayama) (Coleoptera: Platypodidae) to odor of host trees in the field. *Appl. For. Sci. Kansai* 12(1): 41–45.]
- 山崎秀一 (1978) 新潟県朝日村に発生したナガキクイムシの被害. 森林防疫 27: 28–30. [Yamasaki, S. (1978) Infestation of *Platypus quercivorus* (Murayama) (Coleoptera: Platypodidae) in Asahi Village, Niigata Prefecture. *Forest Pests* 27: 28–30.]
- Ytsma, G. (1989) Colonization of southern beech by *Platypus caviceps* (Coleoptera: Platypodidae). *J. Chem. Ecol.* 15: 1171–1176.