カシノナガキクイムシによるマスアタックの観察とその再現

小林 正秀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

Observation of Mass Attack and Artificial Reproduction in *Platypus quercivorus* (Murayama) (Coleoptera: Platypodidae). Masahide KOBAYASHI¹ and Akira UEDA² ¹ Kyoto Prefectural Forestry Experimental Station; Wachicho, 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.* 47: 53-60 (2003)

Abstract: To demonstrate the process of occurrence of mass attack by *Platypus quercivorus* on living trees and the process of tree death after mass attack, the beetles landing on tree trunks of *Quercus crispula* and *Q. serrata* were collected with adhesive paper traps, and the number of entry holes bored by the beetles into the trunks were counted in Kyoto, Japan. Within one week after the first collection of the beetle, both the number of beetles collected and the number of entry holes bored by them suddenly reached a peak simultaneously and then decreased quickly. On the killed tree, it took three weeks from the first collection of the beetle to discoloration of all leaves. To reproduce the mass attack artificially, male beetles were introduced to two trees that had never suffered boring attacks until mid-August. As a result, many beetles landed on these trees and a large number of entry holes were bored. Moreover, almost all leaves of one of these trees had become discolored by 27 days after introduction of the beetles, and the tree had died by the following spring. These results suggest that the first entry holes bored by male beetles triggered the mass attack.

Key words: *Platypus quercivorus*; entry hole; mass attack; oak wilt; *Quercus* spp.

緒 言

カシノナガキクイムシ (*Platypus quercivorus* (Murayama)): 以下、カシナガという) の穿入に伴うナラ類、シイ・カシ類の集団枯損は、1934 年に九州で、1947 年に本州で初めて確認され、1980 年代後半からは、今まで枯死被害の報告がなかった地域を含めて広範囲に拡大している (伊藤・山田, 1998)。

カシナガが穿入し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菌 (*Raffaelea quercivora* Kubono et Shin. Ito, sp. nov.: 以下、ナラ菌という) (伊藤, 2000; Kubono and Ito, 2002) によって、辺材部に通水の停止した黒~褐色の変色域が拡大し、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)。したがって、ナラ菌の侵入が多い立木ほど枯死しやすいと考えられ、実際に、カシナガによる高密度の穿入 (マスアタック) を受けた立木ほど枯死する場合が多い (浦野ら, 1994; 井上ら, 1998; 小林・柴田, 2001; 小林・上田, 2001)。しかし、カシナガのマスアタックが生じる過程や、マスアタック後に立木が枯死に至る過程は不明であり、集団枯損発生のメカニズムを解明する上で重要な課題となっている。そこで、立木に巻き付けた粘着紙

で飛来虫を捕獲するとともに、同じ立木の樹幹下部における穿入消長を調査し、マスアタックが生じる過程と立木が枯死に至る過程を調査した。また、8 月中旬になってもカシナガが穿入しなかった立木に対して、人為的に雄を穿入させ、マスアタックを再現する野外実験を試みた。

材料および方法

1. 調査地と調査木

調査は、京都府舞鶴市大浦森林公園内で実施した。公園内の優占高木樹種はミズナラ、コナラ、ウリハダカエデ、クリおよびアカガシで、広葉樹の本数調整伐 (劣性木の間伐) を実施した範囲内を中心に、1997 年に初めてナラ類の枯死被害が確認された。その後、1998 年には枯死木が増加したが、1999 年からは減少に転じ、野外調査を行った 2000 年に発生した枯死木はわずかであった。公園内の枯死木はミズナラが最も多く、次いでコナラが多く、クリとアカガシの枯死木は少ない (小林・萩田, 2000; 小林・柴田, 2001)。

調査木は、調査地内の標高 450~500 m に自生するコナラ 5 本とミズナラ 7 本である。カシナガ羽化脱出前の 2000 年 6 月 8 日に、樹幹表面における穿入孔の有無によって穿入履歴の有無を確認した。穿入履歴の有無と胸高直径を

Table 1 に示した．このうち，QcA1 と QcA2 はカシナガ雄を接種するため，2000 年 8 月中旬の時点で穿入されていない木を選んだ．

2. 飛来と穿入の消長調査

カシナガの立木への飛来消長を調査するため，調査木の地際から高さ 50 cm の樹幹北面と南面の 2 カ所に縦 8 cm×横 50 cm の粘着紙（アースパイオケミカル製「カミキリホイホイ」）を粘着面が外側になるように取り付け，カシナガの雌雄別捕獲数を数えた．また，同じ立木における穿入消長を調査するため，粘着紙の直下（北面と南面の 2 カ所）に 30 cm 四方の調査範囲を設定し，調査範囲内で木屑を排出しているカシナガ穿入孔数を数えた．ただし，粘着紙の取り付け位置の横幅が 50 cm 未満あるいは，穿入孔調査範囲の横幅が 30 cm 未満になった小径木では，それらの位置の横幅を計測した．

QcA1 および QcA2 以外の立木に対しては，カシナガ羽化脱出前の 2000 年 6 月 8 日に粘着紙を取り付け，穿入孔調査範囲を設定した．この際，穿入孔調査範囲内については，前年以前のキクイムシ類の穿入孔が再び穿入孔として利用されることを防ぐため，爪楊枝を差し込んだ．粘着紙における捕獲数と，穿入孔調査範囲における穿入孔数の調査は，2000 年 6 月 15 日～11 月 13 日に行った．6～8 日間隔で粘着紙を取り替えて捕獲数を数えるとともに，新しい穿入孔の近くに目印としてピンを刺して穿入孔数を数えた．

3. マスアタックの再現試験

周辺に前年以前の枯死木や新たな穿入木がなく，8 月中旬になってもカシナガが全く穿入しなかった QcA1 および QcA2 に対し，カシナガ雄の接種を行った．接種は，Ytsma (1986) を参考に，ペットボトルの上部を幹の湾曲に沿って切除して容器とし，あらかじめ径 2 mm，深さ約 1 cm の穴を数カ所あけた樹皮表面上に布製ガムテープで容器を固定した．その後，容器内に足場となる数本の小枝とともにカシナガ雄を 10 頭ずつ放虫した．放虫は，QcA1 には 8 月 14 日，QcA2 には 8 月 29 日に行い，それぞれ 8 月 21 日と 9 月 4 日にペットボトルを外して穿入孔数を数えた．接種木への飛来と穿入の消長調査は，放虫直後に粘着紙の取り付けと穿入孔調査範囲の設定を行い，他の調査木と同様に 6～8 日間隔で捕獲数と穿入孔数を数えた．

4. 調査木の衰弱・枯死状況調査

全ての調査木について，調査日ごとに目視によって衰弱・枯死状況を確認し，一部の葉の褐変を確認した調査日を衰弱日，全ての葉の褐変を確認した調査日を枯死日とした．また，翌春の 5 月下旬にも葉の展葉状況を確認した．

5. 調査木周辺の立木密度調査

全ての調査木について，2000 年 10 月 11 日に，調査木を中心とする半径 4 m の円内における立木本数と胸高直径を調査し，調査木周辺の立木密度が穿入に及ぼす影響を調査

した．

6. 穿入孔の割材調査

カシナガは，雄が最初に立木の中心に向かって短い孔道（垂直母孔）を掘り，交尾後の雌が年輪に沿って水平な母孔（水平母孔）を掘り進む（Kinuura and Yamada, 1994）．そのために未交尾の雄による穿入孔には水平母孔がない（Kobayashi et al., 2001）．そこで，カシナガの羽化脱出前の 2001 年 5 月 30 日に，内径 1.5 cm のポンチで調査木の穿入孔を含む樹皮を剥皮し，ノミを用いて垂直母孔の終点または水平母孔の始点まで孔道を掘り，水平母孔の有無を確認した．

結 果

1. 飛来と穿入の消長と立木の枯死過程

各調査木における捕獲数，捕獲開始日，穿入孔数，水平母孔のない穿入孔の割合，調査木を中心とする半径 4 m 以内における立木本数とその胸高断面積合計，調査木の状態を Table 1 に示す．捕獲数は粘着紙 100 cm² あたりの値（以下，捕獲密度という）に，穿入孔数は穿入孔調査範囲 100 cm² あたりの値（以下，穿入密度という）に換算して示した．胸高直径が大きな木ほど捕獲密度や穿入密度が高い傾向が認められたが，小径木での調査面積が異なるため統計的検定ができなかった．

穿入密度が 1.5 孔以上であった 4 本の調査木（QsY1, QsY2, QcY1, QcN3）における捕獲と穿入の消長を Fig. 1 に示す．4 本の調査木の全てで，捕獲開始 1 週間以内に集中的な捕獲と穿入が生じた．QsY1 と QsY2 では，最初の捕獲ピーク後にも捕獲が継続し，捕獲が継続している間は新たな穿入が生じていた．枯死した QcN3 では，捕獲開始 1 週間後に集中的な捕獲と穿入が生じ，その 1 週間後に衰弱，さらに 1 週間後に枯死し，枯死後の捕獲と穿入は全くなかった．

2. カシナガ雄の人為的接種によるマスアタックの再現と立木の枯死過程

カシナガ雄 10 頭を放虫した QcA1 と QcA2 において，実際に穿入した雄の数は QcA1 では 2 頭，QcA2 では 7 頭であった．捕獲開始日は，それぞれ 8 月 21 日および 9 月 4 日で，両調査木とも接種 1 週間後に捕獲が始まり，2 週間後にピークに達し，その後急激に減少した（Fig. 2）．また，QcA2 では，接種 20 日後には変化が認められなかったが，接種 27 日後には大部分の葉が褐変・萎凋して衰弱し，翌春の展葉はなかった．

3. 調査木周辺の立木密度と胸高断面積合計

カシナガ雄を接種しなかった調査木では，周辺立木の胸高断面積合計が 1,200 cm² 以上の場合（QsY3, QsN1, QsN2, QcN2）は，捕獲密度が低く，QsN2 を除いて穿入密度も低かった．これに対し，周辺立木の胸高断面積合計が 1,200

Table 1. Number of *P. quercivorus* collected, date of first collection, number of entry holes, number of entry holes without a horizontal main tunnel, number of trees within a circle with a radius of 4 m centered on the investigated tree, the total basal area of those trees, and condition of every tree investigated

Tree species	Damage in the previous year	Tree No.	DBH (cm)	No. of beetles collected per 100 cm ² of adhesive paper		Date of first collection of the beetles	No. of entry holes bored by the beetles per 100 cm ² of tree trunk surface (A)	No. of entry holes without a horizontal main tunnel per 100 cm ² of tree trunk surface (B)	Ratio of entry holes without a horizontal main tunnel (%) (B/A)	No. of trees within a circle with a radius of 4 m centered on the tree investigated	Total basal area of trees within a circle of radius of 4 m centered on the tree investigated (cm ²)	Condition of trees during the investigation period
				♂	♀							
<i>Quercus serrata</i>	Yes	QsY1	29.5	255.0	162.1	June 24	1.78	1.17	65.6	8	1,139	Healthy
	Yes	QsY2	34.8	345.9	187.4	June 28	2.50	2.06	82.2	7	921	Healthy
	Yes	QsY3	12.7	4.3	6.1	July 17	0	0	—	9	2,068	Healthy
<i>Quercus crispula</i>	No	QsN1	14.4	0.5	0	July 31	0.06	0.06	100.0	11	2,172	Healthy
	No	QsN2	23.7	5.1	1.8	July 3	1.33	0.83	62.5	11	1,283	Healthy
	Yes	QcY1	32.5	98.9	57.6	July 3	1.72	0.61	35.5	10	863	Healthy
	Yes	QcY2	12.3	3.4	1.5	July 9	0.21	0.14	66.7	8	918	Healthy
	No	QcN1	15.0	69.9	49.2	July 24	1.09	0.32	29.4	8	1,125	Healthy
	No	QcN2	25.1	0.7	0.1	July 3	0	0	—	13	2,210	Healthy
	No	QcN3	28.7	97.4	83.6	July 31	4.50	0.83	18.5	2	247	Dead ^b
	No	QcA1 ^a	17.8	59.4	69.6	Aug. 21	1.44	0.44	30.8	12	1,254	Healthy
	No	QcA2 ^a	22.9	22.3	48.4	Sept. 4	2.28	0.39	17.1	10	1,630	Dead ^c

^a Ten male beetles were released in QcA1 on 14 August 2000 and QcA2 on 29 August 2000. Thereafter, 2 male beetles and 7 male beetles bored into the tree trunks of QcA1 and QcA2, respectively.^b The leaves became brown and withered partially on 14 August, all became discolored by 21 August, and no leaves sprouted the following spring.^c The leaves became brown and withered partially on 25 September, and no leaves sprouted the following spring.

Fig. 1. Seasonal change in the number of *P. quercivorus* collected and the number of entry holes bored by beetles in trees with over 1.5 holes per 100 cm² of tree trunk surface. Closed circles with solid lines and open circles with dashed lines indicate the number of males and females collected, respectively. Bars indicate the number of entry holes.

cm² 未満の場合 (QsY1, QsY2, QcY1, QcY2, QcN1, QcN3) は、最も細かった QcY2 を除いて、捕獲密度と穿入密度は高かった。とくに、マスアタックが観察されて枯死した QcN3 は、周辺立木が 2 本しかない明るい場所に位置していた。このように、周辺立木の本数や胸高断面積合計の値が小さいほど、カシナガの捕獲密度と穿入密度が高い傾向が認められたが、小径木における捕獲と穿入の調査面積が異なるため統計的検定はできなかった。一方、カシナガ雄を接種した調査木は、周辺立木の胸高断面積合計が 1,200 cm² 以上の、林冠が閉鎖した暗い場所に位置していたが、捕獲密度と穿入密度は高かった。

4. 水平母孔のない穿入孔の割合

水平母孔のない穿入孔数は、コナラでは調査した穿入孔 101 孔のうち 73 孔、ミズナラでは 223 孔のうち 63 孔で、コナラにおける水平母孔のない穿入孔の割合は、ミズナラに比較して有意に高かった (カイ 2 乗検定, $\chi^2=55.32$, $p<0.001$)。また、捕獲数が多かった調査木についてみると、最初の捕獲ピーク後にも捕獲が継続した QsY1 および QsY2 では、水平母孔のない穿入孔の割合がそれぞれ、65.6% および 82.2% と高率であったが、捕獲ピーク後に捕獲が急激に減少した QcY1, QcN1, QcN3, QcA1 および QcA2 では、水平母孔のない穿入孔の割合は、いずれも 40% 以下と低率であった (Table 1)。

考 察

上田・小林 (2001) は、マスアタックが生じる過程を解明するための第一段階として、幹に巻き付けた粘着紙で飛来虫を捕獲することで飛来消長を調査した。その結果、捕獲数は最初の穿入開始後に急激に増加し、短期間に減少することを明らかにした。一方、穿入消長を調査した西垣ら (1998) や Urano (2000) は、穿入孔数は急激に増加し、短期間に減少することを明らかにした。今回、飛来と穿入の消長を同時に調査した結果、約 1 週間間隔の調査では、飛来と穿入の消長が一致することが明らかとなった。これまでの知見によれば、カシナガ雄を人為的に穿入させた丸太には雌雄の両方が誘引されることから (Ueda and Kobayashi, 2001)、立木において飛来と穿入の消長が一致したのは、立木の場合でも丸太の場合と同様に雄の穿入孔の存在が雌雄の両方を誘引し、誘引された雄が次々に穿入することで、新たな飛来と穿入が生じたためと考えられる。

カシナガの穿入孔数は、立木の径が小さいほど少なく (末吉, 1990; Hijii et al., 1991; 衣浦, 1994; 小林・上田, 2001)、大径木ほどカシナガが穿入しやすいことが知られている (斉藤, 1959; 佐藤ら, 1992; 石山, 1993; 布川, 1993; 塩見・尾崎, 1997; 小林・柴田, 2001; 小林・上田, 2001)。今回、穿入孔数と捕獲数を同時に調査した結果、

Fig. 2. Number of *P. quercivorus* collected and number of entry holes bored in trees into which male beetles were released. Closed circles with solid lines and open circles with dashed lines indicate the number of males and females collected respectively. Bars indicate the number of entry holes. Ten male beetles were released in QcA1 on 14 August 2000 and in QcA2 on 29 August 2000. Thereafter, 2 and 7 male beetles bored into the tree trunks of QcA1 and QcA2, respectively.

穿入孔数が少ない場合には捕獲数が少なく、QcN2のように胸高直径が25 cmを超える比較的大径な立木でも、最初の穿入孔がなければ、ほとんど飛来しないことが明らかとなった。このように、QcN2は全く穿入されなかったが、同じミズナラで穿入履歴がなかったQcN3では、マスアタックが観察されて枯死した。両者の違いは、周辺立木の本数がQcN2で多かったのに対し、QcN3では少なかったことである。カシナガは、ギャップ周辺のような明るい場所に分布が多いことから(井下田ら, 2002), QcN2への飛来数が極端に少なく穿入されなかったのは、林冠が閉鎖した暗い場所にQcN2が位置していたためと考えられる。実際に、本調査地の穿入木は、立木密度が低く明るい歩道近くに集中していた(小林・柴田, 2001)。このように、大径木であっても穿入孔がなければ、新たな飛来と穿入孔が生じないという結果は、最初の穿入孔に誘引されることで、新たな飛来と穿入孔が生じていることを示唆している。

上田・小林(2001)は、成虫の捕獲ピーク後にも捕獲が継続する場合があります、この原因は、捕獲の継続中に成虫を誘引する新たな穿入孔が生じるためであると推察した。今回、上田・小林(2001)の調査において、捕獲ピーク後に

捕獲が継続したQs1とQs3と同一木であるQsY1とQsY2を調査した結果、今回の調査でも捕獲ピーク後に捕獲が継続した。そして、これらの立木の穿入孔を調査した結果、上田・小林(2001)が推察したように、捕獲の継続中にわずかな穿入孔が生じていた。このことも、穿入孔に誘引されることで、新たな飛来と穿入が生じることを示唆している。

最初の穿入孔に誘引されることで、新たな飛来と穿入が生じることを実証するため、2本の立木にカシナガ雄を接種した。その結果、雄の接種後にマスアタックが生じ、うち1本は翌春には展葉せず枯死した。接種した2本の立木の周辺は、立木密度が高く林冠が閉鎖した暗い場所で、カシナガが羽化するであろう前年の被害枯死木がなく、接種前には新たな穿入木もなかった。しかし、接種したことによって、接種した2本だけでマスアタックが観察された。Esaki et al. (2003)は、石川県内の被害地で穿入木が発生する期間を調査した結果、8月下旬以降には新たな穿入木がほとんど発生しなかったとしている。今回、枯死した調査木(QcA2)は、新たな穿入木の発生がほとんどないと考えられる8月下旬に雄を接種した。これらのことから、枯死した調査木は、接種していなければ、カシナガに穿入されることはなく、枯死することもなかったと考えられる。つまり、接種した雄の穿入孔が、雌雄の両方を誘引し、次々に成虫が飛来してマスアタックが生じたと考えられ、ここでも最初の穿入孔に誘引されることで、新たな飛来と穿入が生じることが強く示唆された。カシナガが属する*Platypus*属のいくつかの種では、穿入した雄が集合フェロモンを発散することが知られており(Madrid et al., 1972; Elliott et al., 1983; Milligan et al., 1988; Milligan and Ytsma, 1988; Ytsma, 1989)、カシナガも、雄の穿入孔が雌雄の両方を誘引するのは、雄が集合フェロモンを発散するためと考えられる。

マスアタックが、最初の雄の穿入孔に雌雄が誘引されることで生じるならば、最初の穿入孔さえあれば、マスアタックが生じるはずである。ところが、穿入孔が生じたにもかかわらずマスアタックに至らなかった立木(QsN1, QcY2)が存在した。これらの立木は、胸高直径が15 cm以下の細い立木であった。このような細い立木は繁殖に適さないと考えられており(Hijii et al., 1991)、細い立木に穿入した雄は何らかの情報から繁殖に適さないと判断して穿入孔を放棄したため、穿入孔が生じたにもかかわらず、マスアタックに至らなかったのかもしれない。

Ueda and Kobayashi (2001)は、雄を接種した丸太に、雌を放虫して交尾させると、誘引数が減少したことから、丸太では交尾後に穿入孔の誘引力が低下することを示唆した。今回、調査木の穿入孔を割材して水平母孔の有無を確認した結果、飛来と穿入が急激に減少した立木では、水平

母孔のない穿入孔の割合が低く、ほとんどの穿入孔で交尾が行われていた。このことから、丸太の場合と同様に立木の場合でも、交尾後に穿入孔の誘引力が低下し、飛来と穿入が急激に減少したと考えられる。逆に、捕獲ピーク後にも捕獲が継続した立木では、未交尾の穿入孔の割合が高く、穿入孔の誘引力が持続し、飛来が継続したと考えられる。

水平母孔のない穿入孔の割合は、ミズナラに比較してコナラで高かった。未交尾の穿入孔の割合がコナラで高いことは、同じように穿入されてもミズナラに比較してコナラの枯死率が低い(西垣ら, 1998; 小林ら, 2000; 小林・上田, 2001) ことと関係していると考えられる。未交尾の雄による孔道の長さは最大でも 4 cm 程度と短く、雄による穿入だけでは材内にナラ菌が蔓延しないことが知られている(Kobayashi et al., 2001)。今回、捕獲が長期間継続したコナラ(QsY1, QsY2)では、穿入密度が高くても未交尾の穿入孔の割合が高く、ナラ菌が材内に蔓延せず、枯死を免れた可能性が高い。九州におけるシイ・カシ類の被害では、樹液がカシナガの繁殖を阻害することが指摘されている(森ら, 1995; Soné et al., 1998)。今回の調査でも、水平母孔のない穿入孔の多くから樹液が流出していたことから、マスアタックを受けても枯死しない要因として、樹液による繁殖の失敗が考えられる。

野外の立木が枯死に至る過程に関しては、一部の葉が褐変してから枯死するまでの期間が 1~2 週間程度とする報告はあるが(衣浦, 1994; 伊藤ら, 1998)、飛来と穿入の消長と立木が枯死に至る過程を同時に観察した事例はない。今回、QcN3 の 1 本だけではあるが、初めて枯死に至る過程を観察することができた。この調査木は、カシナガの捕獲開始 3 週間後に枯死したことから、立木がナラ菌に感染してから枯死に至るまでの期間が 3 週間以内の短期間の場合があることが明らかとなった。ナラ菌の立木への人工接種では、接種後に立木が枯死するまでの期間は 1 カ月以上である(伊藤, 1998; 西垣・西, 1998)。今回の調査で枯死に至る過程が、ナラ菌の人工接種よりも早かったのは、ナラ菌が材内へ拡がる速度が、人工接種よりもカシナガのマスアタックによる場合の方が速いためと考えられる。

摘 要

カシノナガキクイムシの立木へのマスアタックが生じる過程や、マスアタック後に立木が枯死に至る過程を明らかにするため、コナラとミズナラの幹に巻き付けた粘着紙によってカシノナガキクイムシを捕獲するとともに、同じ立木の樹幹下部における穿入孔数を数えて、飛来と穿入の消長を調査した。その結果、最初の捕獲から 1 週間以内に、捕獲数と穿入孔数が突然同時にピークに達し、急激に減少した。調査木中で唯一枯死したミズナラでは、捕獲開始か

ら枯死まで 3 週間であった。マスアタックを人為的に再現するため、8 月中旬になっても穿入を受けなかった 2 本のミズナラにカシノナガキクイムシ雄を接種したところ、集中飛来と高密度穿入が生じ、うち 1 本は、接種 27 日後に大部分の葉が褐変して萎凋し、翌春までに枯死した。これらのことから、最初の雄の穿入孔がマスアタックを引き起こすことが示唆された。

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. Ent. Soc.* 22: 299–302.
- Esaki, K., K. Kato and N. Kamata (2003) Stand-level distribution and movement of *Platypus quercivorus* adults and patterns of incidence of new infestation. *Agr. For. Ent.* (in press)
- 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.
- 井下田寛・加藤賢隆・鎌田直人・江崎功二郎 (2002) ギャップとその周辺において飛翔するカシノナガキクイムシの空間分布。中部森林研究 50: 81–82. [Igeta, Y., K. Kato, N. Kamata and K. Esaki (2002) Distribution of flying adults of an ambrosia beetle *Platypus quercivorus* (Murayama) around and inside gaps. *Chubu For. Res.* 50: 81–82.]
- 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 (1998) ナラ類の集団枯死被害とそれに関連する菌類。林業と薬剤 145: 7–14. [Ito, S. (1998) Associated fungi with the mass mortality of oak trees. *Forestry Chemicals* 145: 7–14.]
- 伊藤進一郎 (2000) 森林生態系を脅かす“微生物 昆虫連合軍”。森林微生物生態学(二井一禎・肘井直樹 編)。朝倉書店、東京、pp. 257–269. [Ito, S. (2000) The allied forces of microorganism and insect which threaten the forest ecosystem. In *Ecology of Forest Microorganisms* (K. Futai and N. Hijii eds.). Asakura Press, Tokyo, pp. 257–269.]
- 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.]
- 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.]
- 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.
- 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・柴田 繁 (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 (I) 京都府舞鶴市における調査結果・森林応用研究 10(2): 73–78. [Kobayashi, M. and S. Shibata (2001) Infestation of *Platypus quercivorus* (Murayama) (Coleoptera: Platypodidae) on trees at a newly damaged forest (I)—Investigation in Maizuru Kyoto Prefecture—. *Appl. For. Sci. Kansai* 10(2): 73–78.]
- 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) on trees at newly damaged forests (II)—Investigation in Wachi and Keihoku, Kyoto Prefecture—. *Appl. For. Sci. Kansai* 10(2): 79–84.]
- 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.]
- Kobayashi, M., A. Ueda and Y. Takahata (2001) Inducing infection of oak logs by a pathogenic fungus carried by *Platypus quercivorus* (Murayama) (Coleoptera: Platypodidae). *J. For. Res.* 6: 153–156.
- 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.
- 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) ナラ類の集団枯死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. Ent.* 72: 73–79.
- Milligan, R. H., G. O. Osborne and G. Ytsma (1988) Evidence for an aggregation pheromone in *Platypus gracilis* Broun (Col., Platypodidae). *J. Appl. Ent.* 106: 20–24.
- Milligan, R. H. and G. Ytsma (1988) Pheromone dissemination by male *Platypus apicalis* White and *P. gracilis* Broun (Col., Platypodidae). *J. Appl. Ent.* 106: 113–118.
- 森 健・曾根晃一・井手正道・馬田英隆 (1995) 高隈演習林におけるカシノナガキクイムシの生立木へのアタック・鹿児島大演習林報 23: 23–32. [Mori, T., K. Soné, M. Ide and H. Umada (1995) Infestation on standing oak trees by the oak borer, *Platypus quercivorus* (Murayama) (Coleoptera: Platypodidae) in the Takakuma experimental forest, Kagoshima University. *Bull. Kagoshima Univ. For.* 23: 23–32.]
- 西垣真太郎・井上牧雄・西村徳義 (1998) 鳥取県におけるナラ類の集団枯損及びカシノナガキクイムシの穿入木の材含水率・森林応用研究 7: 117–120. [Nishigaki, S., M. Inoue and N. Nishimura (1998) The relationship between the number of boring by *Platypus quercivorus* and the wood water content in the mass mortality of oak trees. *Appl. For. Sci. Kansai* 7: 117–120.]
- 西垣真太郎・西 信介 (1998) ナラ類集団枯死木から分離された菌類の水分生理への影響・日林誌 109: 369–370. [Nishigaki, S. and N. Nishi (1988) Influence over the water relations of the fungi associated with the mass mortality of oak trees. *Trans. 109th Mtg. Jpn. For. Soc.*, 369–370.]
- 布川耕市 (1993) 新潟県におけるカシノナガキクイムシの被害とその分布について・森林防疫 42: 210–213. [Nunokawa, K. (1993) Incidence and distribution of the infestation by *Platypus quercivorus* (Murayama) (Coleoptera: Platypodidae) in Niigata Prefecture. *Forest Pests* 42: 210–213.]
- 斉藤孝蔵 (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.]
- 佐藤重穂・吉田成章・岡部貴美子 (1992) 綾宮林署内部におけるカシノナガキクイムシの加害実態・日林九支研論集 45: 133–134. [Sato, S., N. Yoshida and K. Okabe (1992) The injuries of broad leaved trees by *Platypus quercivorus* (Platypodidae: Coleoptera) in Aya national forest, Miyazaki Prefecture. *Bull. Kyushu Br. Jpn. For. Soc.* 45: 133–134.]
- 塩見晋一・尾崎真也 (1997) 兵庫県におけるコナラとミズナラの集団枯損の実態・森林応用研究 6: 197–198. [Shiomi, S. and S. Osaki (1997) Mass mortality of *Quercus serrata* and *Q. mongolica* in Hyogo Prefecture. *Appl. For. Sci. Kansai* 6: 197–198.]
- 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.
- 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.]
- 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 (2001) 生立木へのカシノナガキクイムシとヨシブエナガキクイムシの飛来消長・日林誌 83: 77–83. [Ueda, A. and M. Kobayashi (2001) Seasonal change of number of *Platypus quercivorus* (Murayama) and *P. calamus* (Blandford)

(Coleoptera: Platypodidae) landing on living trees. *J. Jpn. For. Soc.* 83: 77–83.]

Urano, T. (2000) Relationships between mass mortality of two oak species (*Quercus mongolica* Turcz. var. *grosseserrata* Rehd. et Wils and *Q. serrata* Thunb.) and infestation by and reproduction of *Platypus quercivorus* (Murayama) (Coleoptera: Platypodidae). *J. For. Res.* 5: 187–193.

浦野忠久・藤田和幸・伊藤進一郎・井上重紀 (1994) カシノナガキクイムシのナラ類健全木における穿入密度および捕獲数と

枯損発生の関係．日林論 105: 443–444. [Urano, T., K. Fujita, S. Ito and S. Inoue (1994) Relationship between the mortality of oak trees and the density of boring adults and the number of captured adults of *Platypus quercivorus* (Murayama). *Trans. 105th Mtg. Jpn. For. Soc.*, 443–444.]

Ytsma, G. (1986) Inducing attack by male *Platypus* (Col., Platypodidae) on wood billets in the laboratory. *J. Appl. Ent.* 102: 210–212.

Ytsma, G. (1989) Colonization of southern beech by *Platypus caviceps* (Coleoptera: Platypodidae). *J. Chem. Ecol.* 15: 1171–1176.