マツの枝せん定処理によるマツノマダラカミキリの誘引

江崎功二郎^{*1}・八木 豊 夫²・鎌田 直 人³

マツ類のせん定がマツ材線虫病の罹病リスクに及ぼす影響を明らかにするために、2020年7月中旬に健全なアカマツ生立木6本の樹冠に比較的強度なせん定処理を行い(処理区)、幹や枝条に形成されたマツノマダラカミキリ成虫の後食痕数および産卵痕数を無処理木6本(対照区)と比較を行った。せん定処理後の調査期間に形成された後食痕数は、処理区と対照区それぞれ木あたり4.7個と4.0個で、処理の影響は認められなかった。一方、産卵痕は処理区のみで木あたり1.8個形成され、処理の影響が認められた。これらの結果、性成熟したメス成虫はせん定箇所から放出される揮発性物質に産卵誘引された可能性が示された。せん定処理は成虫を産卵誘引し、マツノザイセンチュウをマツに伝播する可能性があるため、本種成虫のセンチュウ保持数が多い時期を避けてマツ類のせん定を行うことで、マツ材線虫病の罹病リスクを軽減できる可能性がある。

キーワード: マツ, せん定, 産卵誘引, 後食誘引, マツ材線虫病

Kojiro Esaki,^{*1} Toyoo Yagi,² Naoto Kamata³ (2021) Attraction of the Japanese Pine Sawyer *Monochamus alternatus* to Trimmed Pine Trees. J Jpn For Soc 103: 367-371 In this study, we aimed to evaluate the risk of pine wilt disease (PWD) caused by the pinewood nematode (PWN) due to the trimming of pine twigs. For this, we determined if the pine twig trimming attracts the adults of the Japanese pine sawyer (*Monochamus alternatus*), a potential vector of this disease. Twelve healthy pine (*Pinus densiflora*) trees (six each in the treatment and control group) were selected as test trees. Twigs of the six individuals in the treatment group were intensively trimmed in mid-July 2020. Feeding wounds and oviposition scars created by *M. alternatus* following trimming were compared between the treatment and control groups. The number of feeding wounds did not significantly differ between the two groups (mean, 4.7 and 4.0 per tree). However, oviposition scars were observed only in the treatment group (mean, 1.8 per tree), indicating a significant treatment effect. Conclusively, the pine twig trimming attracts the mature females of *M. alternatus* for oviposition, thereby increasing the possibility of PWN transmission into the pine trees. Accordingly, to reduce the risk of PWD/PWN, twig trimming should be avoided during the season when females carry many nematodes.

Key words: pine tree, trimming, oviposition attraction, feeding attraction, pine wilt disease caused by pinewood nematodes

I. は じ め に

マツノマダラカミキリ *Monochamus alternatus* (以下、本種とする) は、マツ材線虫病の病原体であるマツノザイセンチュウ *Bursaphelenchus xylophilus* (以下、ザイセンチュウとする) の日本における主要な媒介昆虫である(Mamiya and Enda 1972; 森本・岩崎 1972)。本種はマツ枯死木から羽化脱出後、ランダムに飛翔する(例えば、山根 1975; 1976)。そして、マツ樹に到達した本種は生命維持や性成熟などのため3~4週間程度の間、寄主の若年枝の樹皮を後食する(山根 1976)。性成熟した成虫は交尾や産卵のために、夜間、衰弱木または新しい枯死木へ飛来する(Okamoto 1984)。日中は周囲の健全木へ移動し健全な若年枝を後食するため、これらの周辺で本種の密度が高まる(岩崎・森本 1975)。

本種成虫は若年枝の樹皮などから得られる抽出成分に強い摂食刺激を受けることが報告されているが(宮崎ら 1974)、摂食誘引物質は未知である(住本 1977)。その一方で、衰弱木または新しい枯死木から放出される揮発性物質(モノテルペン類とエタノールの混合ガス)に成虫が産卵誘引されることが知られている(山根 1975; 山根

ら 1975; Ikeda *et al.* 1980; 池田ら 1986)。

本種が寄主とするマツ類は、緑化木や庭園木としての利用価値も高く、多くのマツ樹が市街地や住宅地に植栽されている。このような場所のマツ樹はせん定され生長が管理されている。せん定を行うと、枝の切断面からは松ヤニが滲出し、マツ特有の強い匂いが放出される。そして、強度なせん定はマツ樹を衰弱させ、枯死に至らしめることもある(小山 1999; 西村 2005; 石黒・相川 2016)。そのため、せん定後に放出される匂い物質の拡散とマツ樹の衰弱が本種をせん定したマツ樹へ誘引する可能性が懸念される。

筆者らは本種の出現期にはマツ樹のせん定を可能な限り控えるよう普及しているが、せん定が本種成虫を誘引することを確認した研究は報告されていない。そこで本試験では、せん定がマツ材線虫病の罹病リスクに及ぼす影響を明らかにするために、本種の出現期にアカマツをせん定処理し、観察された後食痕と産卵痕を調査して無処理木との比較を行い、せん定処理による本種の誘引効果を調査した。

II. 材 料 と 方 法

アカマツが優占する加賀市片野海岸マツ林(36°19.4'N, 136°17.1'E, 標高 53 m)に約 0.1 ha の調査地を設置した(図-1)。

*連絡先著者 (Corresponding author) E-mail: esaki@pref.ishikawa.lg.jp <https://orcid.org/0000-0003-2595-046X>

¹ 石川県農林総合研究センター林業試験場 〒920-2114 石川県白山市三宮町ホ1 (Ishikawa Agriculture and Forestry Research Center, Forestry Experiment Station, Ho 1 Sannomiya, Hakusan, Ishikawa 920-2114, Japan)

² 一般社団法人日本樹木医会石川県支部 〒925-0033 石川県羽咋市川原町 4250 (Ishikawa Prefectural Branch of Japan Tree Doctor Association, 4250 Kawahara, Hakui, Ishikawa 925-0033, Japan)

³ 東京大学大学院農学生命科学研究科附属演習林北海道演習林 〒079-1563 北海道富良野市山部東町 9-61 (The University of Tokyo Hokkaido Forest, Graduate School of Agricultural and Life Science, the University of Tokyo, 9-61 Yamabe-higashimachi, Furano, Hokkaido 079-1563, Japan) (2021年3月30日受付; 2021年7月25日受理)

©2021 一般社団法人日本森林学会: この著作はクリエイティブ・コモンズのライセンス CC BY-NC-ND (引用を表示し、改変せず、非営利目的に限定) の条件の下で再配布・二次利用が可能なオープンアクセスです。 <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.ja>

図-1. 処理木の位置

Positions of *Pinus densiflora* trees (A-L) used in the experiment in a pine plantation.

2020年7月9日に、調査地内の作業道沿いのアカマツについて、せん定処理木6本（以下、処理区）と無処理木6本（以下、対照区）が6 m以上の間隔で交互に配列するように12本を選木した（図-1）。そして、それらについて健全度調査によって健全を判定し、胸高直径と樹高を測定した。調査木の地上高0.5 mの樹幹に直径8 mmのコルクボーラーで形成層まで達する穴を開け、小田（1967）にしたがって数時間後にヤニの滲出が認められる場合には健全と判断した。

石川県では本種成虫は6月上旬から出現し、林内の成虫密度は7月にピークに達する（Togashi 1988）ため、7月16日にせん定処理を行った。事前処理として、すべての調査木についてはしごを使って枝条や幹を精査し、樹皮の巻き込みやカルス化が起こっていた古い後食痕と思われるキズ、後食痕および産卵痕の痕跡を油性ペンで塗りつぶし、処理後に出現した後食痕および産卵痕を明確にした。その後、庭師として造園業25年以上の経験を有する著者の一人である八木が、キズや後食痕が観察された枝も含めて、処理区に比較的確度のせん定を行った。せん定処理は2年生以上の枝について分枝箇所付近で間引きしたが、一部、枝径25 mm程度の太い枝を幹の付け根付近でも行った。せん定強度の目安とするため、せん定直後に処理木ごとに切り落とされた枝を集め、枝の齢ごとに枝数と生重量を計測した。なお、本試験では緑枝（当年枝）の齢を1年枝とした。

処理後、計4回（7月22日、7月30日、8月13日、9月9日）、後食痕と産卵痕の数を調べた。それぞれの調査日で初めて観察された後食痕および産卵痕について、それぞれ色の異なる油性ペンでマーキングした。また、調査木の健全性の変化を8月13日および9月9日に処理前と同じ方法で評価した（小田 1967）。さらに9月9日の調査では、各調査木の周囲5 m以内で明らかに針葉の変色が観察された自然発生した衰弱木を記録した。

胸高直径および樹高については、誤差分布としてガンマ分布を用いた一般化線形モデル（以下、GLM）により両区間の差が有意かどうか検定した。せん定処理後に出現した後食痕数と産卵痕については、寄主個体を選択する行動

と選択した寄主個体において後食・産卵行動を何回行うのかという二つの過程が別々にはたらいっている可能性が考えられた。そこで、ゼロ過剰なポアソン分布モデル（以下、ZIPモデル）と、二つの過程を分ける必要がない場合としてGLMを用いた。さらに、これら二つのモデルの誤差分布として、それぞれポアソン分布と過分散の問題に対応するために負の二項分布を用いたため、合計四つのモデルに当てはめた。後食痕数と産卵痕数それぞれについて、せん定処理、5 m以内の衰弱木の有無の、いずれか一つの説明変数を用いたモデルを個別に解析した。これら四つのそれぞれについて、(ZIP/GLM) × (ポアソン分布/ 負の二項分布) の四つのモデルからVuong検定（Vuong 1989）を用いて最適なモデルを選択して、説明変数の影響を検定した。先行研究（Desmarais and Harden 2013）に基づき、Vuong検定の情報量基準としてはベイズ情報量基準（BIC）を用いた。産卵痕数に対するせん定の影響については、対照区の結果がすべて0であったため、係数の推定値が収束しないことから解析を行わなかった。後食痕、産卵痕、周囲5 m以内に衰弱木のあった調査木の割合については、Fisherの正確確率検定によって処理区と対照区で比較した。周囲5 m以内の衰弱木の有無が、後食痕の有無、産卵痕の有無に及ぼす影響についても、Fisherの正確確率検定によって検定を行った。すべての統計処理は、フリーソフトウェア R ver. 3.6.3（R Core Team 2020）を用いた。負の二項分布を用いたGLMにはパッケージMASS（Venables and Ripley 2002）を、ZIPモデルとVuong検定にはパッケージpscl（Jackman 2020）を用いた。

III. 調査結果

せん定処理前の健全性調査において、せん定処理木6本と無処理木6本のすべての調査木はヤニの滲出が認められ、健全と判断された。供試木の平均胸高直径と樹高の平均値 ± 標準偏差（最小～最大）（以下、同様）は、処理区で 6.5 ± 0.9 cm (5.2～7.9) および 3.6 ± 0.5 m (3.0～4.2)、対照区で 6.3 ± 0.8 cm (5.5～7.8) および 3.5 ± 0.1 m (3.4～3.7) であった（表-1）。両区間に、胸高直径、樹高ともに有意差はなかった（ガンマ分布によるGLM、胸高直径： $p=0.742$ 、樹高： $p=0.592$ ）。処理前の調査で、後食痕と思われる痕跡は両区で観察されたが、産卵痕と思われる痕跡は観察できなかった。

処理木における木あたりせん定箇所数、枝数およびその生重量は 37.5 ± 28.0 カ所 (17～76)、 $1,065.2 \pm 353.2$ 本 (526～1,565) および $6,349.7 \pm 2,450.7$ g (3,822～9,238) であった（表-1）。せん定された枝の齢分布は本数・重量ともに1年枝が最も割合が高く、齢が高くなるほど割合は低くなった（図-2）。

処理後の調査において、7月22日から9月9日までの間に合計52個の後食痕が新たに出現した（表-1、図-3上）。処理後に形成された合計後食痕数は、処理区および対照区でそれぞれ28個および24個で、木あたり後食痕数はそれぞれ 4.7 ± 6.9 (0～15) 個および 4.0 ± 5.5 (0～12) 個であった（図-4）。処理による影響は認められなかった（負の二項分布によるZIPモデル、カウントモデル $p=0.918$ 、ゼロ過剰モデル $p=1.000$ ）。後食痕が出現した調査木数は両区

とも3本で、本数割合は50.0% (3/6)であった(表-1) (Fisherの正確確率検定, $p=1$)。一方、7月22日の調査においてせん定処理木2本で3個の産卵痕が出現し、7月30日には別のせん定処理木2本で8個が出現した(表-1, 図-1, 2下)。したがって、処理区では調査木4本で合計11個の産卵痕が出現したが、対照区では9月9日までに出現はなかった(表-1, 図-3下)。処理区の木あたり産卵痕数は 1.8 ± 2.2 (0~6)個で、その本数割合は66.7% (4/6)であった(図-4)。産卵痕数が出現した本数割合は処理区で多くなる傾向がみられた(Fisherの正確確率検定, $p=0.061$)。

8月13日および9月9日に実施した健全性の評価において、調査木はすべて健全で針葉の変色も観察されなかった。9月9日に周囲5m以内で衰弱したマツが見つかった

図-3. せん定処理木に形成されたマツノマダラカミキリの後食痕(上)および産卵痕(下)

Feeding wounds (upper) and oviposition scars (lower) created by *Monochamus alternatus* adults on pine trees following twig trimming.

調査木は、処理区が3本(3/6)、対照区が4本(4/6)であったが、両者に有意差は認められなかった(表-1) (Fisherの正確確率検定, $p=1$)。

図-2. せん定処理木におけるせん定箇所数、枝数、重量の枝の齢分布(緑枝の齢を1年枝とした)

Distribution of twig age by the number of cut positions and the number and weight of twigs following trimming (green shoots = 1-year-old).

図-4. せん定処理木6本(処理区)および無処理木6本(対照区)における木あたり後食痕数および産卵痕数(上: 平均値+SD)と本数割合(%) (下)

Number of scars per tree (upper: mean + SD) and proportion of trees with the scar(s) (lower) in the treatment ($n=6$) and control ($n=6$) groups. Feeding wounds (black) and oviposition scars (white) are shown.

表-1. 調査木の後食痕数および産卵痕数
Numbers of feeding wounds and oviposition scars on test trees

調査木 Tree	処理 Treatment	胸高 直径 DBH* (cm)	樹高 Height (m)	せん定箇所 No. of cut positions	せん定枝 Trimmed twigs		後食痕数 No. of feeding wounds	産卵痕 No. of oviposition scars	周辺衰弱木の有無 Presence/absence of weakened trees**
					数 No.	重さ Weight (g)			
A	Treatment	6.5	3.0	71	996	8938	1	0	×
B	Control	5.5	3.4	—	—	—	0	0	×
C	Treatment	5.2	3.2	76	1011	7310	15	6	×
D	Control	6.4	3.4	—	—	—	0	0	○
E	Treatment	7.9	4.2	17	1565	3822	12	2	○
F	Control	5.7	3.5	—	—	—	0	0	○
G	Treatment	6.4	3.4	21	970	4526	0	1	×
H	Control	6.2	3.4	—	—	—	12	0	×
I	Treatment	6.8	3.5	22	1323	9238	0	2	○
J	Control	7.8	3.5	—	—	—	2	0	○
K	Treatment	6.0	4.2	18	526	4264	0	0	○
L	Control	6.2	3.7	—	—	—	10	0	○

* DBH: diameter of breast height. ** 9月9日に調査木の周囲5mのマツを診断した。

** Pine trees within 5 m in radius from each test tree were diagnosed on September 9, 2020.

逆に、衰弱したマツが近くの調査木の結果に与えた影響については、周囲 5 m 以内で衰弱したマツが見つかった 7 本の調査木のうち、後食痕および産卵痕が観察された調査木数はそれぞれ 3 本 (3/7) および 2 本 (2/7) であった (表-1)。一方、衰弱したマツが観察されなかった 5 本の調査木のうち、後食痕および産卵痕が観察された調査木数は 3 本 (3/5) および 2 本 (2/5) であった。周囲 5 m 以内の衰弱木の有無は、後食痕の有無 (Fisher の正確確率検定, $p=1$)、産卵痕の有無 (Fisher の正確確率検定, $p=1$) とともに有意な影響は認められなかった。処理後に形成された後食痕数は、周囲 5 m 以内に衰弱マツがある場合とない場合で、それぞれ木あたり 3.4 ± 5.3 (0-12) 個および 5.6 ± 7.3 (0-15) 個で、両者の間に有意差は認められなかった (ZIP モデル, カウントモデル $p=0.684$, ゼロ過剰モデル $p=0.581$)。同様に、産卵痕についてはそれぞれ木あたり 0.57 ± 0.98 (0-2) 個および 1.4 ± 2.6 (0-6) 個で、両者の間に有意差は認められなかった (負の二項分布による GLM, $p=0.446$)。

IV. 考 察

本試験のサンプル数は、処理区・対照区ともに 6 本ずつであり、必ずしも十分ではなかった。実際には差がないのに差があると判定される第 1 種の過誤については、 p 値のとおりなので問題にはならないが、検出力が十分ではないことに留意する必要がある。たとえば、産卵痕数を処理区と対照区で Fisher の正確確率検定で比較しているが、検出力を計算すると 0.76 と一般に用いられる 0.8 よりも低い。これは実際には差があるのに差がないと判定される (第 2 種の過誤) 確率が 0.24 であることを示している。したがって、差がない結果がでたものについては慎重に解釈を行う必要がある。

強度なせん定はマツ樹を衰弱させマツノマダラカミキリの産卵を誘起することもあるが (小山 1999; 西村 2005; 石黒・相川 2016)、本試験では調査期間を通じて調査木は健全で、針葉の変色も観察されなかった。また、衰弱木の周辺で本種成虫の密度が高まり (岩崎・森本 1975)、衰弱木の周辺にある健全木にメス成虫が産卵することもあるが (江崎 2018)、本試験では周辺に出現した衰弱木は調査木の後食痕や産卵痕の出現に影響していなかった。そのため、せん定処理木に本種が誘引され、産卵痕が出現した可能性が高いものと考えられた。

本種の産卵誘引物質は衰弱木や新しい枯死木から放出されるモノテルペン類とエタノールの混合ガスである (山根ら 1975; Ikeda *et al.* 1980)。しかし、池田 (1981) はマツ樹の幹につる植物が巻き付いた箇所や自動車がこすった傷近くでも本種の産卵痕が観察されたことを報告している。このことは健全なマツにおいても物理的な傷害箇所から産卵誘引物質が放出されることを示唆している。同様に、せん定処理によって枝の切り口から放出される揮発性物質には本種の産卵誘引活性が含まれるものと推測された。本試験において、処理区では 6 本中 4 本のせん定処理木 (本数割合: 66.7%) で合計 11 個の産卵痕が見つかったが、対照区からはみつからなかった。これらの産卵痕はせん定箇

所付近の枝上で観察された。通常、マツノマダラカミキリのメス成虫は枝条を産卵場所として選択しないが、飼育条件下では直径 1.5 cm 以下の枝にも産卵することが知られている (家入 1973; 井戸・武田 1975)。また、せん定処理の 2 日後 (2021 年 7 月 18 日) の 18 時ごろに処理区の調査木 C の切断箇所に滞在するオス成虫が観察された (図-1, 図-5)。本種は衰弱木や新しい枯死木上で交尾行動を行うため、産卵誘引物質はオス成虫にも活性が高いことが報告されており (山根ら 1975; Ikeda *et al.* 1980)、せん定処理された枝の切り口から放出された産卵誘引物質が、雌雄の成虫を誘引した可能性が示唆された。しかし、木あたり産卵痕数は 2 個未満で、すべてせん定後 2 週間以内に出現したことから、切り口から放出された産卵誘引物質の誘引活性はそれほど高くはない可能性を示している。また、産卵痕の形成が処理後 2 週間までに限られていた原因としては、切り口からの新鮮なヤニの滲出が停止したことに伴う誘引物質の放出期間が短かった可能性と、この調査地では 7 月下旬にはマツ材線虫病に罹病した衰弱木が出現したことから、せん定処理木の誘引力が相対的に低下した可能性、あるいはこれら両方の可能性が考えられた。

メス成虫は産卵の際に樹皮に産卵加工を行うが、産卵加工が中断された場合には卵を含まない産卵痕になる (例えば, Anbutsu and Togashi 1997)。メス成虫にマツ伐倒丸太を与えた場合、無卵の産卵痕の出現率は 50% 程度であるのに対して (Togashi and Magira 1981)、伐倒丸太を誘引源として健全木に産卵された場合、無卵の産卵痕が 84~100% の割合で発生する (岩崎・森本 1970; 川畑・古城 1973)。これらの結果は、防御反応の強い健全木では産卵加工を中断する割合が高いことを示している。今回、出現した産卵痕について卵の有無は確認していないが、生枝への産卵であったため、産卵加工が中断された無卵の産卵痕であった可能性が高い。

マツ樹またはその枝などから放出される α -ピネンなど

図-5. 処理木 C のせん定箇所に誘引されたマツノマダラカミキリのオス成虫 (2020 年 7 月 18 日, 18 時 7 分撮影)

A *Monochamus alternatus* male attracted to the cross section left behind by twig trimming on treatment tree C (photographed at 18:07 on July 18, 2020).

のモノテルペン類は本種成虫の摂食誘引活性は低いため（宮崎 1974；住本 1977；池田 1981），羽化後，ランダムに飛翔し樹木へ飛来した成虫はその生枝の樹皮を摂食し，好適な餌資源であれば滞在して摂食を続けるものと考えられている（宮崎ら 1974；池田 1981）。本試験においても後食痕数には処理区と対照区との間で差がなかったことから，せん定処理によって放出される揮発性物質には摂食誘引活性は認められなかったことを示しており，先行研究の結果を支持していた。

衰弱木の揮発性成分を誘引源としたトラップの周囲 5 m の範囲では，本種の後食量が増加し，マツ樹の枯死率が高くなることが知られている（岩崎・森本 1975）。また，産卵痕からザイセンチュウが侵入することも報告されている（石黒・相川 2016）。本試験においてせん定処理木に産卵痕が形成され，また，せん定箇所滞滞するオス成虫が観察されたことから，せん定処理は成虫を産卵誘引することが明らかにされたが，その一方で，せん定処理木およびその周囲の個体にマツ材線虫病を誘発することはなかった。本試験地で並行して行った成虫の捕獲試験において，産卵誘引木で捕獲される個体のザイセンチュウ保持数は 6 月上旬の誘引初期には特に多く，7 月下旬以降の誘引後期はほとんど保持していなかった（江崎 2021）。これらのことから，本試験においてせん定処理木を設置した 7 月中旬以降に産卵誘引された個体はザイセンチュウ保持数が少なく，せん定処理木およびその周囲のマツ樹にマツ材線虫病を誘発することはなかったと推測された。しかし，誘引初期に産卵誘引される個体はザイセンチュウを伝播しマツ材線虫病を罹病させる可能性があることから，せん定時期の選定においては本種のザイセンチュウ保持数の季節変化を考慮する必要がある。また，江崎（2019）は本種が切り枝を据え付けられたマツ樹に誘引されることを明らかにしており，マツ材線虫病の発症リスクを軽減するためにはせん定枝の処分方法にもあわせて留意する必要がある。

謝 辞

統計処理について鈴木智之氏から貴重な助言をいただいた。感謝申し上げます。

引用文献

- Anbutsu H, Togashi K (1997) Oviposition behavior and response to oviposition scars occupied by eggs in *Monochamus alternatus* (Coleoptera: Cerambycidae). *Appl Entomol Zool* 32: 541-549
- Desmarais BA, Harden JJ (2013) Testing for zero inflation in count models: Bias correction for the Vuong test. *Stata J* 13: 810-835
- 江崎功二郎 (2018) マツノマダラカミキリ産卵健全木の出現と林内分布. 第 129 回日本森林学会大会学術講演集: 236
- 江崎功二郎 (2019) 切り枝の付け加えによるアカマツ生立木へのマツノマダラカミキリの誘引と産卵. *日林誌* 101: 173-177
- 江崎功二郎 (2021) マツノマダラカミキリの大量捕獲消長. 第 132 回日本森林学会大会学術講演集: 128
- 家入 忠 (1973) マツノマダラカミキリの産卵部位. *日林九支研論* 26: 217-218
- 井戸規雄・武田文雄 (1975) マツノマダラカミキリ成虫飼育による産卵と生存期間に関する 2・3 の知見. 86 回日林講: 337-338
- 池田俊弥 (1981) マツノマダラカミキリの寄主選択と誘引物質. *植物防疫* 35: 395-400
- Ikeda T, Oda K, Yamane A, Enda N (1980) Volatiles from pine logs as the

- attractant for the Japanese pine sawyer *Monochamus alternatus* Hope (Coleoptera: Cerambycidae). *J Jpn For Soc* 62: 150-152
- 池田俊弥・山根昭臣・遠田暢男・尾田勝夫・横原 寛・伊藤賢介・大河内勇 (1986) マツ伐倒木揮発成分のマツノマダラカミキリに対する誘引性. *日林誌* 68: 15-19
- 石黒秀明・相川拓也 (2016) マツノマダラカミキリの産卵痕を経由したアカマツ枯死木へのマツノザイセンチュウの侵入. *日林誌* 98: 124-127
- 岩崎 厚・森本 桂 (1970) マツノマダラカミキリの産卵対象木. *日林九支研論* 24: 187-188
- 岩崎 厚・森本 桂 (1975) マツノマダラカミキリに関する研究 X III 誘引器周辺でカミキリの後食が多くなる範囲. *日林九支研論* 28: 197-198
- Jackman S (2020) pscl: Classes and methods for R developed in the Political Science Computational Laboratory. United States Studies Centre, University of Sydney. Sydney, New South Wales, Australia. R package version 1.5.5. URL <https://github.com/atahk/pscl/>
- 川畑克己・古城元夫 (1973) 松穿孔虫の寄生条件に関する試験. *鹿児島県林試業報* 20: 1-9
- 小山奏弘 (1999) マツのせん定. 長野県林業総合センターミニ技術情報 11
- Mamiya Y, Enda N (1972) Transmission of *Bursaphelenchus lignicolus* (Nematoda: Aphelenchoididae) by *Monochamus alternatus* (Coleoptera: Cerambycidae). *Nematologica* 18: 159-162
- 宮崎 信 (1974) マツノザイセンチュウ防除の研究に参加して. *山林* 1081: 12-18
- 宮崎 信・尾田勝夫・山口 彰・山根明臣・遠田暢男 (1974) マツノマダラカミキリ成虫の摂食行動に関連するマツ樹皮成分 (I) 小容器内における生物試験と咬みつき因子の二, 三の性質. *日林誌* 74: 239-246
- 西村正史 (2005) 庭木の松類を守る一病害虫以外の原因による枯れ一. *花と緑の銀行* だより 155: 9
- 森本 桂・岩崎 厚 (1972) マツノザイセンチュウ伝播者としてのマツノマダラカミキリの役割. *日林誌* 54: 177-183
- 小田久五 (1967) 松くい虫の加害対象木とその判定法について. *森林防疫* 13: 100-102
- Okamoto H (1984) Behavior of the adults of Japanese pine sawyer, *Monochamus alternatus* Hope. In: *Proceedings of United States-Japan seminar the resistance mechanisms of pine against pine wilt disease*. Dropkin V (ed) University of Missouri Coop Ext Serv, 82-90
- R Core Team (2020) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>
- 住本昌之 (1977) マツクイムシの誘引と忌避—その生態と試験法. *化学と生物* 15: 227-229
- Togashi K, Magira H (1981) Age-specific survival rate and fecundity of the adult Japanese pine sawyer, *Monochamus alternatus* Hope (Coleoptera: Cerambycidae), at different emergence times. *Appl Entomol Zool* 16: 351-361
- Togashi K (1988) Population density of *Monochamus alternatus* adults (Coleoptera: Cerambycidae) and incidence of pine wilt disease caused by *Bursaphelenchus xylophilus* (Nematoda: Aphelenchoididae). *Res Popul. Ecol* 30: 177-192
- Venables WN, Ripley BD (2002) *Modern Applied Statistics with S*. Fourth Edition. Springer, New York. ISBN 0-387-95457-0
- Vuong QH (1989) Likelihood ratio tests for model selection and non-nested hypotheses. *Econometrica* 57: 307-333
- 山根明臣 (1975) マツノマダラカミキリ成虫の行動習性. *森林防疫* 283: 24-26
- 山根明臣 (1976) マツノマダラカミキリの行動. *森林防疫* 297: 188-191
- 山根明臣・宮崎 信・尾田勝夫・浅田 卓 (1975) マツノマダラカミキリ成虫の産卵期における餌木等の匂いに対する反応. 86 回日林講: 329-330

J-STAGE DATA

- 論文 (マツの枝せん定処理によるマツノマダラカミキリの誘引) の図およびデータセット
- Imerges and datasets in this Ms: Attraction of the Japanese pine sawyer *Monochamus alternatus* to trimmed pine trees
- <https://doi.org/10.50853/data.jjfs.16599089>