

フェロモントラップによるカラマツヤツバキクイムシ・ モニタリング方法の検討

原 秀 穂

A study toward monitoring of larch bark beetle, *Ips cembrae*, by pheromone trap

Hideho HARA

要 旨

カラマツヤツバキクイムシ *Ips cembrae* のモニタリング技術確立のため、道東地域の6調査地で4～7年間、フェロモントラップによる成虫捕獲を実施した。捕獲数はたいてい春（越冬世代）から夏（次世代）の間で増加し、夏から翌年春（夏世代の次世代＝越冬世代）の間で減少した。風害地域内の調査地4カ所では風倒木整理翌年の夏の捕獲数が非常に多かった。風害地域から離れた調査地2カ所の結果から平時の捕獲数（トラップ2個合計）を春が500未満、夏が2,000未満と仮定し、風害地域の調査地4カ所の増加状態の期間を推定した。夏の捕獲数から推定した増加状態の期間は風害後2～6年であり、これまでに報告された生立木被害発生期間とほぼ一致したことから、増加状態の判断基準になる可能性が示された。捕獲数と気温や前世代の捕獲数との間に明瞭な関係は認められなかった。

キーワード：カラマツヤツバキクイムシ、フェロモン、トラップ、モニタリング

はじめに

カラマツヤツバキクイムシ *Ips cembrae*（コウチュウ目 Coleoptera, キクイムシ科 Scolytidae）はカラマツの重要害虫として古くから知られ（松下1943）、風雪害や葉食性害虫の食害などで衰弱した林木を加害・枯死させたり、間伐跡地の放置木で繁殖し、生立木に多大な被害を与えることがある（小泉1994）。北海道では2002年に葉食性害虫被害発生地でカラマツヤツバキクイムシによる過去に例のない大規模な枯損被害（面積454ha, 材積約38,000m³）の発生例がある（上田ほか2004）。トウヒ属を加害する近縁なヤツバキクイムシ *Ips typographus* では、大径木もしくは高齢木ほど被害を受けやすい傾向がある（中山ほか1991, 原・林2002）。このため、カラマツの長伐期化を進めるには、カラマツヤツバキクイムシの被害に対しこれまで以上の注意が必要である。

ヤツバキクイムシ類（*Ips*属）は通常、衰弱木または新鮮な倒木・折れた木・丸太で繁殖する（松下1943, 小泉1994）。強風により風倒被害が発生すると、最初は風倒木で繁殖するが、個体数が増加し風倒木が劣化すると周囲の生立木を加害する

（上田2007）。雄は木に穿孔する際に雌雄を誘引する集合フェロモンを分泌する。これにより特定の木が大量の成虫の攻撃を受け枯死する。

ヨーロッパではヤツバキクイムシの防除やモニタリングに集合フェロモンが広く利用されている（Ratyほか1995, Turciani and Novotný 1998, ノボトニー・尾崎1999, Lindelow and Schroeder 2001, Faccoli and Stergulc 2005）。カラマツヤツバキクイムシでは筆者らの研究（原ほか2007）により集合フェロモンによる捕獲技術がほぼ確立されたが、防除やモニタリングへの利用に向けた研究はほとんど行われていない。そこで、2002年及び2006年の風害地域内並びに風害地域から離れた場所でフェロモントラップによる捕獲数調査を行い、フェロモントラップによるモニタリング方法について検討したので報告する。

材料と方法

調査地は表-1・図-1の6カ所である。No. 1～3は2002年10月2日の台風21号によりほぼ壊滅的な風倒被害を受けたカラマツ林分である。調査地は当該林分における風害木整理

北海道立総合研究機構林業試験場道東支場

Forestry Research Institute Doto Station, Hokkaido Research Organization, Shintoku, Hokkaido, 081-0038

[北海道林業試験場研究報告 第50号 2013年3月 Bulletin of the Hokkaido Forestry Research Institute, No.50 March 2013]

表-1 調査地の概況

| 調査地 No. | 市町村 | 緯度 | 経度 | 標高 | 斜面位置 | 概況 | 植栽年 | 調査年・季節 |
|---------|-----|--------|---------|-------|----------|---------------------------|------|-------------------|
| 1 | 浦幌町 | 42.923 | 143.599 | 約150m | 斜面 上部 | 台風被害跡地, カラマツ造林地 | 2003 | 2004 春～ 2007 夏 |
| 2 | 池田町 | 42.987 | 143.458 | 約30m | 斜面 下部 | 台風被害跡地, カラマツ造林地 2年生 | 2003 | 2004 春～ 2010 夏 |
| 3 | 池田町 | 42.925 | 143.480 | 約30m | 斜面 中部 | 台風被害跡地, ミズナラ造林地 | 2003 | 2004 春～ 2010 夏 |
| 4 | 足寄町 | 43.342 | 143.545 | 約290m | 斜面 下部 | カラマツ造林地 | 2003 | 2007 夏～ 2010 夏 |
| 5 | 津別町 | 43.672 | 143.997 | 約280m | 斜面 中部 | カラマツ壮齡林 近くの空き地 | — | 2007 夏～ 2010 夏 |
| 6 | 美幌町 | 43.763 | 144.027 | 約180m | 尾根 | カラマツ若齡林 近くの空き地 | — | 2007 夏～ 2010 夏 |



図-1 調査地の位置



写真-1 調査地No.2 でのトラップ設置状況(左)とトラップ(右上)

左写真の白矢印先がトラップ

・ 再造林の翌年に設置した。なお、十勝地方の風害林分では2002～2004年まで風害木整理と再造林が進められ、調査開始時には調査地近くの林分においても風害木整理は終了していた。No. 4は2006年10月7～8日の低気圧による風倒被害発生地域にある。調査地周辺のカラマツ林の一部はほぼ壊滅的な被害を受け、2007年10月に風害木が整理された。No. 5・6の調査地では、周辺のカラマツ林に風雪害が発生した形跡はなく、また、伐倒木の放置も認められなかった。ただし、北海道水産林務部森林整備課の資料によれば、調査地のある津別町・美幌町でも2006年の低気圧で風害が発生している。

フェロモントラップは、フェロモン成分（イプセノール

75mg, イプスジエノール15mg, メチルプテノール1280mg；比率5:1:85.3)をポリエチレン0.1mm厚の袋(内側縦6cm横4cm)に密封し、各1袋を黒色衝突板型トラップ(マダラコール用誘引器®, サンケイ化学社製)に取り付けたもので、これを地上高1.2～1.5mに設置して調査を行った(詳細は原ほか2007を参照;写真-1)。各調査地にトラップ2台を約20m間隔で設置した。設置箇所は疎開地で、周辺の林(樹高2m以上)からの東西南北の平均距離が50m以上(No. 6は約30m)離れ、また、トラップの位置からカラマツ林の観察できる場所とした(原ほか2007参照)。トラップはカラマツヤツバキイムシの越冬成虫が飛翔活動を開始する5月中旬に設置し、

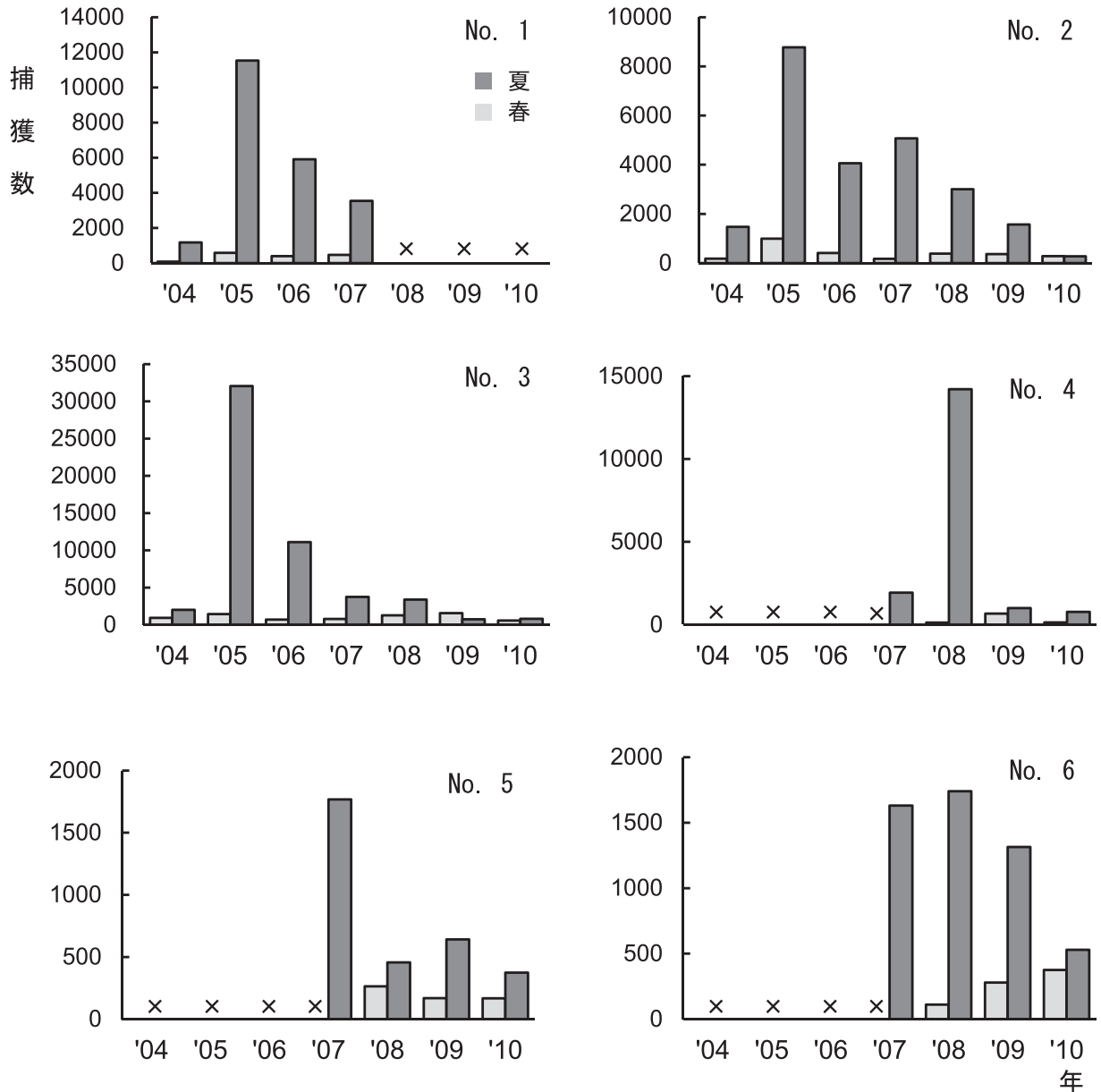


図-2 各調査地におけるフェロモントラップ2個分の捕獲数の推移
 ×の個所は春・夏ともに、または春に調査しなかった。

その後、次世代成虫の出現が始まる7月中旬に捕獲個体の回収及びフェロモンとプロピレングリコールの交換を行い、飛翔活動終了後の9月上旬に捕獲個体を回収した。調査期間は表-1のとおりである。なお、どの調査地でも調査期間中にトラップから目視可能な範囲でカラマツ枯死木の発生は観察されなかった。

カラマツヤツバキクイムシは成虫で越冬、道内の暖かい地域では年2世代を経過し、成虫の飛翔ピークは5月下旬と8月上中旬である(井上1950, 小泉1994)。したがって、5月中旬～7月中旬(以下、春)の捕獲成虫は越冬成虫、7月中旬～9月上旬(以下、夏)の捕獲成虫は主に越冬成虫の子の成虫(第1世代成虫)とみなせる。なお、第1世代成虫の子の成虫が越冬する。

カラマツヤツバキクイムシが増加状態であるかどうかの判断基準を得るため、風害地域から離れた調査地No. 5・6の捕獲数を平時の捕獲数と仮定して、風害地域内のNo. 1～4の捕獲数がこれを越えたときは増加状態である判断し、これまでに報告された生立木被害の発生期間と比較した。

成虫は暖かな日中に活動する(小泉1994)ことから、捕獲数は気温に影響されると考えられる。フェロモンの有効期間約5週間(原ほか2007)の最寄りの測候所における平均気温を気象庁統計情報から求め、捕獲数との関係を検討した。また、捕獲数の変動予測が可能かどうか検討した。

結果と考察

1. 捕獲数の推移

各調査地におけるトラップ2個の合計捕獲数の推移を図-2に示す。捕獲数は風害地域の調査地No. 1～4, 風雪害や伐採木放置に関連するカラマツヤツバキクイムシの増殖がほとんどなかったと考えられるNo. 5と6, どの調査地でも春に減少, 夏に増加する変動を示した。逆転したのはNo. 2の2010年とNo. 3の2009年だけであった。同様の傾向は美唄市の調査でも観察された(原ほか2007)。今回の調査における春から夏の捕獲数の増加率は平均12倍, 範囲0.4～116倍であった。鈴木(1983)によるカラマツヤツバキクイムシの丸太内の母孔数と次世代虫数の関係を見ると, 母孔数(母親成虫数)から次世代虫数までの増加率は最大約30倍であり, 世代間の増加率は性比が1:1なので最大約15倍と推測される。今回の調査におけるフェロモントラップによる春から夏の増加率は最大116倍にも達しており, かなり高いと言える。このことは, 春はフェロモントラップの誘引効果が夏に比べ低いことを示唆する。フェロモン自体の誘引力が繁殖期の春に低下するとは考えにくいので, 春の捕獲数が少ないのは気温が低いことによる飛翔活動の低下に起因する可能性が推測されるが, 詳しい調査が必要である。

捕獲数は風害地域の調査地No. 1～4で著しい増加が見られ, 2002年風害地域のNo. 1～3では風害から3年目の2005年夏, 2006年風害地域のNo. 4では風害から2年目の2008年夏にピークになった。風害後の年数は異なったが, どちらも風倒木整理が終了した翌年の夏であった。それ以降, 夏の捕獲数は減少したが, No. 1～3に比べNo. 4はピーク翌年の減少が著しかった。

小泉ほか(1982)及び吉田ほか(1982, 1983a, 1983b)は, 風倒木発生林分内でフェロモンによるヤツバキクイムシの誘殺試験を行った結果から, 繁殖源となる風害木が存在するとフェロモントラップの誘引率が低下することを報告した。今回, 風倒木整理終了の翌年に捕獲数がピークになったのは, 繁殖源の消失によるものであろう。なお, 両風害地域の風倒木はほとんどが根返りで, 根返りのカラマツは風倒5年後でも生存する個体がある(上田・井口2010)ため, 長期間繁殖源になる。風倒木整理終了の翌年の春の捕獲数では増加は少ないか不明瞭であったが, 上述したように春の捕獲数は全般的に少なく, 原因ははっきりしない。

風害地域のNo. 1～3で, ピーク後の捕獲数が比較的多かったことは, 風害木整理後も繁殖源がかなり存在したこと, また, 誘引源となる繁殖源が存在しながら捕獲されやすい状況にあったことを示す。No. 1～3のある十勝地域では2002年の風害により被害本数率30%以上の林分が約3,000haに達した(十勝総合振興局林務課, 2003, 内部資料)。このように, 繁殖源となる風倒木が一つの林分内に大量に集中して存在し, かつ根返り木であるため数年は繁殖源として利用できる場合, その場所を移動することなく何年も繁殖を継続できる。その間, 間近にある繁殖源そのものの誘引効果に加え, すでに繁

殖を始めた個体が分泌するフェロモンの誘引効果との競合によりフェロモントラップの誘引効果が低下すると考えられる。しかし, 繁殖源が各地に少量ずつ散在し, 1カ所の繁殖源が短期間で消費されつくす場合, 成虫は次の繁殖源を求めて移動する必要があり, また, 繁殖源との競合は著しく低下する(どこか遠くにある繁殖源との競合になる)ため, フェロモントラップの誘引効果が増加すると考えられる。今回の場合, 散在的な少量の繁殖源としては, 風害により衰弱した生立木や風害が軽微な林分に残された少数の根返り木が考えられる。繁殖源の量や分布が捕獲数に及ぼす影響について今後調査が必要である。

2. 増加状態の推定

風雪害や伐採木放置によるカラマツヤツバキクイムシの増殖がほとんどなかったと考えられるNo. 5と6の捕獲数は, 春が111～376, 夏が456～1,768で, 風害地域内の調査地におけるような著しい増加は認められなかった。このことから, 平時の捕獲数を春が500未満, 夏が2,000未満と仮定することに無理はないであろう。風害地域の調査地で春の捕獲数が500以上になったのは, No. 1・2では風害後3年目の2005年のみ, No. 3では全調査年で風害後2～8年目の2004～2010年, No. 4では風害後3年目の2009年のみで, 増加状態の推定期間はNo. 1・2・4とNo. 3の間で大きく異なった。No. 1・2・4では全般に捕獲数が少なく, No. 3では捕獲数が多かったため, 平時の捕獲数の仮定値を変動させても適当な増加状態の期間を推定できなかった。夏の捕獲数が2,000以上になったのは, No. 1が全調査年で風害後3～5年目の2005～2007年, No. 2が風害後3～6年目の2005～2008年, No. 3が風害後2～6年目の2004～2008年, No. 4が風害後2年目の2008年のみであった。増加状態の推定期間は, No. 4が短い, 風害後2～6年の範囲にあった。この増加状態の推定期間はこれまで報告された生立木被害の発生期間に近い(上田・井口2010, 生立木被害は風害後3～4年目に集中, 2年目と5年目にも1本ずつ発生; 長ほか2012, 生立木被害は風害後2～4年目に発生)。カラマツヤツバキクイムシが増加状態にあるかどうかの判断基準として夏の捕獲数2,000以上が利用できる可能性がある。

3. 捕獲数と平均気温との関係

春・夏ともに捕獲数に対する平均気温の影響は認められなかった(図-3)(回帰分析, 春 $P=0.07$, 夏 $P=0.91$)。今回の調査地や年による気温の違い(範囲, 春 $11.9\sim 15.4^{\circ}\text{C}$, 夏 $17.7\sim 22.8^{\circ}\text{C}$)程度では, 捕獲数にほとんど影響しなかったと思われる。

4. 捕獲数と前世代の捕獲数との関係

春・夏ともに捕獲数に対する前世代(前回)捕獲数の影響

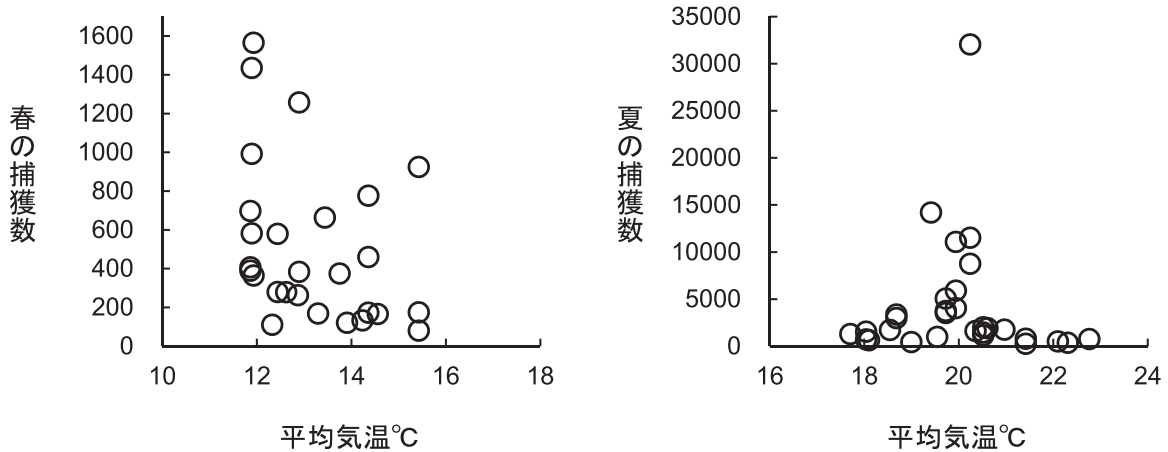


図-3 捕獲数と平均気温

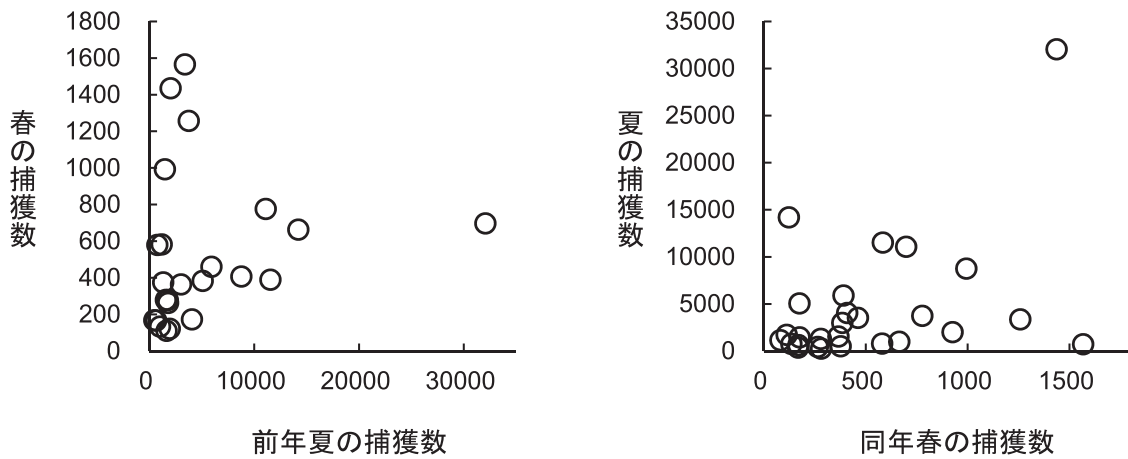


図-4 捕獲数と前回の捕獲数

は認められなかった (図-4) (回帰分析, 捕獲数は対数変換, 春 $P=0.06$, 夏 $P=0.08$)。個体数は主に繁殖源の量で決まると考えられることから, 捕獲数を前世代の捕獲数だけで予測するのは不可能と思われる。なお, Faccoli and Stergulc (2005) はヤツバキイムシの年2世代の個体群において, 春から夏の増加率が高いほど, その年から翌年の増加率が高いことを報告したが, 今回の調査結果ではそのような傾向はまったく認められなかった (回帰分析, $P=0.28$)。

おわりに

今回の調査によりフェロモントラップのモニタリングにより, カラマツヤツバキイムシが増加状態にあるかどうかを夏の捕獲数から判断できる可能性が示された。ただし, ヤツバキイムシ同様に周囲に大量の繁殖源がある場合はトラップの誘引効率が落ちることが示唆され, 判断には繁殖源の状況を考慮しなければならない。そのためには捕獲数と繁殖源の量や分布との関係を調査しておく必要がある。また, 増加状態の判断基準はトラップの形状やフェロモンの量などにより変化すると考えられ, 今回示唆された基準は今回用いた方

法以外では適用できない可能性が高いことに留意する必要がある。

大規模なカラマツ風倒被害の後には, カラマツヤツバキイムシの増加による生立木被害を防ぐため, 風倒木処理を中心とした防除が実施されている。冒頭で述べたように, 長伐期が進めば生立木被害の危険は大きくなると懸念され, より徹底した防除が求められる。フェロモントラップのモニタリングにより増加状態が判断できれば, 防除完了の判断が可能になるだけでなく, 防除効果が確認できるため, 防除方法の点検 (例えば, 繁殖源の見落としの検出) にも役立つことが期待される。

末尾ながら研究にご協力いただいた九州大学農学部附属演習林の長慶一郎氏, 十勝総合振興局林務課造林係・森林室普及課及びオホーツク総合振興局西部森林室森林整備課の方々, 北海道立総合研究機構林業試験場の石濱宣夫, 徳田佐和子, 小野寺賢介, 中川昌彦, 滝谷美香の各氏にお礼申し上げます。本研究の一部は, 日本学術振興会科研費 (20580165) の助成を受けた。

引用文献

- 長 慶一郎・原 秀穂・菱 拓雄・田代直明・馬淵哲也・井上幸子・山内康平・緒方健人・古賀信也 (2012) カラマツ林における風倒木放置が残存立木のカラマツヤツバキクイムシ被害に与える影響. 九州大学演習林報告93: 6-11.
- Faccoli, M. and Stergulc, F. (2005) A practical method for predicting the short-time trend of bivoltine populations of *Ips typographus* (L.) (Col., Scolytidae). *Journal of Applied Entomology* 130: 61-66.
- 原 秀穂・林 直孝 (2002) 若いアカエゾマツ人工林における除間伐後のヤツバキクイムシ被害の発生状況. 北海道林業試験場研究報告 39: 69-74.
- 原 秀穂・三好秀樹・徳田佐和子・石濱宣夫 (2007) カラマツヤツバキクイムシ防除のための集合フェロモンの利用について. 北海道林業試験場研究報告44: 129-138.
- 井上元則 (1950) 唐松食蟲に就て (第1報). 日本林学会誌 32: 112.
- 小泉 力 (1994) カラマツヤツバキクイムシ. 小林富士雄・竹谷昭彦 (編集), 森林昆虫, 総論・各論: 183-184. 養賢堂, 東京.
- 小泉 力・秋田米治・福山研二・吉田成章 (1982) 風倒地でのフェロモンによるヤツバキクイムシ誘引試験 (II). 日本林学会北海道支部論文集 31: 142-143.
- Lindelow, Å and Schroeder, M. (2001) Spruce bark beetle, *Ips typographus* (L.), in Sweden: monitoring and risk assessment. *Journal of Forest Science* 47: 40-42.
- 松下真幸 (1943) 森林害蟲學. 410pp. 富山房, 東京.
- 中山 基・古田公人・高橋郁雄・佐藤義弘・井口和信 (1991) エゾマツ天然木の伐採後の虫害枯損とヤツバキクイムシの成虫の動態. 東京大学農学部演習林報告84: 39-52.
- ノボトニー ジュリウス・尾崎研一 (1999) アカエゾマツ林に忍び寄るヤツバキクイムシの脅威—スロバキアに学べ—. 北方林業51: 116-119.
- Raty, L., Drumont, A., De Windt, N. and Grégoire, J.-C. (1995) Mass trapping of the spruce bark beetle *Ips typographus* L.: traps or trap trees. *Forest Ecology and Management* 78: 191-205.
- Turcani, M. and Novotný, J. (1998) The importance of the eight-toothed spruce bark beetle (*Ips typographus* L.) in central Europe. *Proceedings U.S. department of agriculture interagency gypsy moth research forum 1998*: 62-63.
- 上田明良 (2007) ヤツバキクイムシとカラマツヤツバキクイムシの生態. 森林保護306: 14-16.
- 上田明良・井口和信 (2010) 樽前山山麓2004年18号台風風倒地における2009年度ヤツバキクイムシ被害状況. 日本林学会北海道支部論文集58: 125-128.
- 上田明良・尾崎研一・原 秀穂・石濱宣夫 (2004) 2002年に北海道で発生した森林昆虫 北方林業 56: 85-86.
- 吉田成章・福山研二・小泉 力・秋田米治・池田俊弥 (1983a) 風倒地でのフェロモンによるヤツバキクイムシ誘引試験 (IV). 第94回日本林学会大会論文集: 505-506.
- 吉田成章・福山研二・小泉 力・秋田米治 (1983b) 風倒地でのフェロモンによるヤツバキクイムシ誘引試験 (V). 日本林学会北海道支部講演集32: 58-60.