

ISSN 0289-5285

# 林業と薬剤

No. 226 12. 2018

一般社団法人 林業薬剤協会



## 目 次

針葉樹生立木に加害する樹皮下キクイムシのパイオニア成虫の謎 .....	伊藤 賢介	1
おとしぶみ通信 (28) (最終回) 連載を終わるに当たって——虫たちの恩恵—— .....	福山 研二	7
「平成 29 年度森林病虫害被害量」について .....	林 野 庁	12
ブナ科樹木の萎凋病 (ナラ枯れ) における樹木の枯死機構 .....	鳥居 正人	14

### ● 表紙の写真 ●

ササラダニ (タテイレコダニ一種) の走査電子顕微鏡写真

土の中で、ひそかに落ち葉を食べて土に戻している。身を守る為、アルマジロのように、身を丸める事ができる。

—福山 研二氏 提供—

# 針葉樹生立木に加害する樹皮下キクイムシのパイオニア成虫の謎

伊藤 賢介\*

## 1. はじめに

樹皮下キクイムシ (bark beetle) はキクイムシ科 (Scolytidae) に属し、成虫の体長が1 cmに満たない小さな甲虫である。樹木の樹皮下に穿孔して産卵し、幼虫は内樹皮を食べて生育する。樹皮下キクイムシの多くは、伐採木や枯死木のほか被圧や気象害などによって極度に衰弱した木で繁殖する。しかし、中には、何らかの原因で個体数が急激に増えたときに、健全な生立木に加害して大量枯死被害をもたらすものもある。最近では、北米西部の在来種でマツ類に加害する *Dendroctonus ponderosae* (英名 mountain pine beetle) (写真1, 2) がカナダのブリティッシュ・コロンビア州を中心に大発生した。この大発生は1990年代初めに同州で始まり、2004~05年にピークを迎えた後、現在まで減少を続けている。この間の同州の被害面積は1830万 ha に及び合計7.2億立米のマツが枯死した (Corbett et al. 2016)。大発生は同

州の東に隣接するアルバータ州に拡大したほか、米国西部でも2000年から2014年までに約1000万 ha の森林に枯死被害をもたらした (Potter & Conkling 2016)。これらの被害は、これまで北米で記録されてきた害虫被害の中で最大規模とされる (Robbins 2008)。

樹皮下キクイムシの繁殖戦略は次の3つに大別される：一次性的 (primary), 二次性的 (secondary), 腐食性 (saprophytic) である (後藤 2002; Paine et al. 1997)。①一次性的キクイムシは低密度時には樹勢の弱った木でしか繁殖できないが、高密度になると健全な生立木に穿孔して枯死させてそこで繁殖する。このグループには、上述の *D. ponderosae* のほか、同じく北米に分布する *D. frontalis* (southern pine beetle), *D. brevicornis* (western pine beetle), ヨーロッパでドイツウヒ (*Picea abies*) に被害を与えている *Ips ty-*



写真1 *Dendroctonus ponderosae* の成虫  
(撮影: Erich G. Vallery, USDA Forest Service-SRS-4552, Bugwood.org)

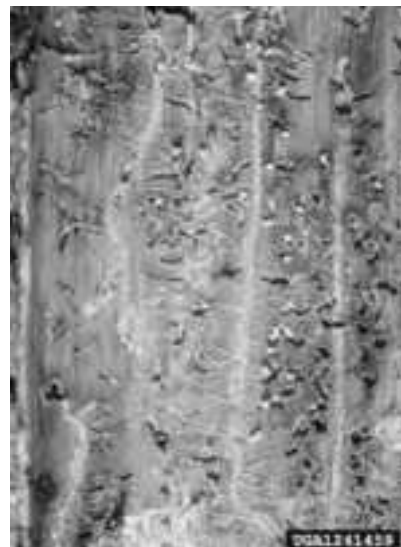


写真2 樹皮下の *Dendroctonus ponderosae* の孔道と幼虫  
(撮影: Ladd Livingston, Idaho Department of Lands, Bugwood.org)

\* 森林総合研究所北海道支所

ITO Kensuke

*pographus* (タイリクヤツバキクイムシ) などが入る。②二次性クイムシは衰弱木や伐倒して間もない木で繁殖することができる。高密度になると健全木を枯死させて繁殖することもあるが、一次クイムシに較べると大発生規模は小さく短期間で終息する。*D. pseudotsugae* (Douglas-fir beetle), *D. rufipennis* (spruce beetle), *I. pini* (pine engraver), *Scolytus ventralis* (fir engraver) などがこのグループに入る。③腐食性クイムシは枯死木だけで繁殖するもので、ほとんどの種はこのグループに入る。なお、一次性的な二次性的な区分が明確でない種もあり、両グループを合わせて aggressive あるいは tree-killing と呼ぶ場合がある (Bentz et al. 2010; Ohmart 1989)。また、広葉樹で生立木の集団枯死を引き起こす樹皮下クイムシは、ニレ類立枯病菌の侵入地で媒介者となっている数種だけが知られている (Ohmart 1989)。本稿では、針葉樹生立木を枯死させる樹皮下クイムシを扱う。

## 2. 樹皮下クイムシの生活史

樹皮下クイムシの生活史は3期からなる：分散期、定住期、増殖期である (Raffa & Berryman 1987; Stark 1982)。分散期：枯死木から脱出した新成虫が分散飛翔して、新たな寄主木を探す。定住期：数頭のバイオニア成虫が寄主木として選んだ木に穿入して、集合フェロモンを放出する。数日のうちに両性の成虫が大量に誘引されてその木に集団攻撃 (マスアタック) する。健全木の場合は、その防御に打ち勝って枯死させるために一定密度以上の成虫が攻撃に参加して穿入する必要がある。成虫密度が低くて攻撃に失敗した場合は、穿入成虫は死んでしまうか、あるいは外に逃げ出す。増殖期：マスアタックが成功して枯死が確実になった木で成虫が交尾・産卵して幼虫が発育する。新成虫となって樹体外へ脱出して再び分散期に進む。

定住期において、雌雄のどちらが先に寄主木に

穿入するかは、それぞれの種の配偶システムと密接に関連している (上田ほか 2009)。*Dendroctonus* 属および全北区の *Scolytus* 属では一夫一妻制で雌が先に穿入し、*Ips* 属では一夫多妻制で雄が先に穿入する (Byers & Zhang 2011; Smith & Hulcr 2015)。そして、個々の寄主木で最初に穿入する個体、つまり集合フェロモンが放出されていない木に飛来して穿入する個体がバイオニアと呼ばれる。本稿では、バイオニア成虫の行動に関する2つの謎について以下に紹介する。

## 3. バイオニア成虫による寄主木探索の謎

バイオニア成虫がどうやって寄主木を探しているのかについては2つの仮説があって、長く論争が続いている (Raffa et al. 1993, 2016; Sasaki & Kawaguchi 1987; Schlyter & Birgersson 1999; Stark 1982; Tunset et al. 1993; Vasechko 1988; Wood 1982)。第1の仮説は一次誘引 (primary attraction) 説と呼ばれ、バイオニア成虫は寄主となる樹種あるいはその衰弱木の匂い (エタノールやモノテルペン類など) に誘引されて寄主を発見するというものだ。なお、集合フェロモンによる誘引を二次誘引 (secondary attraction) と呼んでいる (Renwick & Vite 1970)。第2の仮説はランダム飛来 (random landing) 説と呼ばれ、バイオニア成虫は樹種や生理状態を区別せずにランダムに飛来・降着して穿入し、樹皮摂食時の味覚情報によってその木を寄主とするかどうかを選択するというものだ。一次誘引説を最初に提唱したのは Person (1931) で、一方、ランダム飛來說については Callahan が1952年に作成した未公表資料が最も古い記録のようだ (Miller & Keen 1960; Wood 1972)。クイムシの多くの種について一次誘引説を支持する報告がある (Byers & Zhang 2011; Gitau et al. 2013; Moeck et al. 1981)。しかし、これらの報告に対して、その多くは丸太を使った実験に基づいており、丸太内に穿入した成虫が集合フェロモンを生

産して二次誘引が起こった可能性がある、また、生立木を使った実験の多くはランダム飛來說を支持している、という批判がある (Berryman 1982 ; Moeck et al. 1981)。

この論争に関わる文献は夥しいので、ここでは生立木被害が最も大きい *D. ponderosae* のパイオニア成虫による寄主木探索に関する知見の現状を Progar et al. (2014) の総説を参考にして以下に紹介する。*D. ponderosae* のパイオニア成虫 (雌) はランダム飛来と視覚定位を併用して対象物に降着し、その後、味覚情報または嗅覚情報によって寄主木とするかどうかを決定するという説が有力である (Gray et al. 2015 ; Hynum & Berryman 1980 ; Moeck et al. 1981 ; Pureswaran & Borden 2003, 2005 ; Raffa & Berryman 1979, 1982 ; Safranyik & Carroll 2006)。たとえば、Hynum & Berryman (1980) は、寄主として利用できる樹種と利用できない樹種とでパイオニア成虫の飛来数に差が無かったことを報告している。また、Moeck et al. (1981) はマツ立木を防虫網で覆うことにより集合フェロモンによる誘引を防ぐという周到な野外実験を行い、健全木および人為的に水ストレスや機械的傷害、化学的傷害を与えた木に対して成虫が無差別に飛来したことを報告している。視覚定位については、飛翔成虫は暗色の物体に誘引され、大きな物体ほど誘引性が強いと報告されている (Shepherd 1966)。しかし、一方では、*D. ponderosae* が罹病木や新鮮丸太に定位したという結果に基づいて一次誘引説を主張する報告もあり (Gara et al. 1984 ; Moeck & Simmons 1991)、論争に完全な決着がついているわけではない。その他の一次性キクイムシについては、*D. frontalis* (Sullivan 2016) と *D. brevicornis* (Moeck et al. 1981) ではランダム飛來說が有力とされ、*I. typographus* では両説が拮抗して並立している (Austara et al. 1986 ; Byers & Zhang 2011)。ランダム飛來說を支持する報告に対しては、林分内での単木レベルの比較

に基づく主張であり、もっと大きなスケール (林分レベルやパッチレベル) では一次誘引が起こっている可能性があることを考慮していないという批判がある (Saint-Germain et al. 2007)。また、広葉樹由来の揮発物質にはこれらのキクイムシに対して忌避作用があることから、パイオニア成虫は広葉樹を忌避することにより結果的に針葉樹や針葉樹の多い林分を選択して飛来している可能性がある、と指摘されている (Huber et al. 2000 ; Zhang & Schlyter 2004)。

#### 4. なぜパイオニアになるのか？

針葉樹の生立木にはキクイムシの侵入に対する強力な防御メカニズムがある (Franceschi et al. 2005 ; Krokene 2015)。したがって、生立木に真っ先に穿入するパイオニア成虫はこの防御によって死亡し繁殖に失敗するリスクが大きいだろう。にもかかわらず、パイオニアになる個体がいるのはなぜか、というのが本稿で紹介するもうひとつの謎である (Kausrud et al. 2011)。かつては、パイオニアになるのは種の存続・繁栄のための利他行動と考えられていた。しかし、Alcock (1982) はこの解釈を個体選択の立場から批判し、マスアタックが成功した場合、パイオニアは他の個体よりも早く繁殖を開始することができ、幼虫の餌となる内樹皮をより多く占有することにより、繁殖成功率 (子の数) が大きくなるのだと主張した。

パイオニア個体によるマスアタック誘導の成功率については、*D. ponderosae* の大発生地でロジポールパイン (*Pinus contorta*) に穿入したパイオニア個体のうちマスアタックの誘導に成功したのは30~50%であったと報告されており (Raffa 2001)、パイオニア個体の半数以上が繁殖に失敗すると考えられている。しかし、同じ *D. ponderosae* に関する最近の研究 (Boone et al. 2011) では、パイオニアによるマスアタック誘導の成功率は林分の成虫密度とともに高くなり、最大で93%に達すると報告されており、少なくとも大発

生の最盛時においては、パイオニア個体がマスアタックを誘導できずに繁殖に失敗するリスクはかなり小さいのかもしれない。

Pureswaran et al. (2006) は、*D. frontalis* のマスアタックを受けたスラッシュパイン (*P. eliottii*) における各成虫のマスアタックへの参加のタイミングと繁殖成功率の関係を調べた。その結果、マスアタック中期に参加した個体の繁殖成功率が、その前後に参加した個体に比べて大きかった。また、パイオニアとなった3頭は樹脂に巻かれて死亡していた。中期参加個体の繁殖成功率が最も大きかった理由として、パイオニア個体や前期参加個体は強力なマツの防御に対処しなければならないが中期にはこの防御がかなり弱まっていること、また種内競争も後期ほど強くないことがあげられている。また、Latty & Reid (2009) は、マスアタックに成功した *D. ponderosae* の繁殖成功率を調べ、パイオニア個体の繁殖成功率はマスアタックに後から参加した個体よりも小さく、マスアタックへの参加が遅い個体ほど繁殖成功率が大きかったことを報告している。

以上のように、パイオニアには Alcock (1982) が指摘したような繁殖上の利益は認められない。現在のところ、パイオニアになるのはそれ以外に選択肢が無い個体の戦略、つまり幼虫期に厳しい種内競争に曝されて小型の成虫となり体内の保持エネルギーが少ないために、あるいは飛翔によってエネルギーを消耗したために、寄主木の選り好みをしている余裕が無くなった個体がやむを得ず無差別に木に飛来・穿入して結果的にパイオニアになるという絶望戦略 (Byers 1999 ; Latty & Reid 2009) とするのが有力である。しかし、Reid (2007) は *D. ponderosae* の雌成虫の行動を野外で観察して、大型の個体や保持エネルギーの多い個体ほど、パイオニアになりやすく、またマスアタックを成功させて繁殖する可能性が高かったことを報告しており、この問題もまだ決着がついているわけではない。

## 5. おわりに

キクイムシ研究には100年以上の歴史がある。しかし、今回紹介したパイオニア成虫の謎を含めて、生立木被害の発生メカニズムに関わる基本的な生態や行動にも未解明の謎が多く残されている (Kautz et al. 2016)。キクイムシの大きさが樹木に比べて微小であること、また生活の大部分を樹皮下という隠れた場所で営むこと、生立木を対象とするので実験的操作が難しいことが研究の大きな障害となっているのだろう。これらの障害を克服する新たな研究手法が開発されて、謎の解明に迫る大きなブレイクスルーが起こることを期待している。

## 引用文献

- Alcock J (1982) Natural selection and communication among bark beetles. *Florida Entomol* 65: 17-32
- Austara O et al (1986) Response in *Ips typographus* to logging waste odors and synthetic pheromones. *J Appl Entomol* 101: 194-98
- Bentz BJ et al (2010) Climate change and bark beetles of the western United States and Canada: direct and indirect effects. *Bioscience* 60: 602-13
- Berryman AA (1982) Population dynamics of bark beetles. In: Mitton JB, Sturgeon KB (eds) *Bark Beetles in North American Conifers*. Univ Texas Press, 264-314
- Boone CK et al (2011) Efficacy of tree defense physiology varies with bark beetle population density: a basis for positive feedback in eruptive species. *Can J For Res* 41: 1174-88
- Byers JA (1999) Effects of attraction radius and flight paths on catch of scolytid beetles dispersing outward through rings of pheromone traps. *J Chem Ecol* 25: 985-1005
- Byers JA, Zhang Q (2011) Chemical ecology of bark beetles in regard to search and selection of host trees. In: Liu T et al (eds) *Recent Advances in Entomological Research*. Higher Education Press, 150-90

- Corbett L et al (2016) The economic impact of the mountain pine beetle infestation in British Columbia: provincial estimates from a CGE analysis. *Forestry* 89: 100-05
- Franceschi VR et al (2005) Anatomical and chemical defenses of conifer bark against bark beetles and other pests. *New Phytol* 167: 353-75
- Gara RI et al (1984) Primary attraction of the mountain pine beetle to lodgepole pine in Oregon. *Ann Entomol Soc Am* 77: 333-34
- Gitau CW et al (2013) A review of semiochemicals associated with bark beetle (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae) pests of coniferous trees: a focus on beetle interactions with other pests and their associates. *For Ecol Manag* 297: 1-14
- 後藤秀章 (2002) 青変菌を媒介するキクイムシ類とその発生生態. (全国森林病虫獣害防除協会編) 森林をまもる—森林防疫研究50年の成果と今後の展望. 全国森林病虫獣害防除協会, 97-109
- Gray CA et al (2015) Mountain pine beetles use volatile cues to locate host limber pine and avoid non-host Great Basin bristlecone pine. *PLoS ONE* 10: e0135752
- Huber DPW et al (2000) A survey of antennal responses by five species of coniferophagous bark beetles (Coleoptera: Scolytidae) to bark volatiles of six species of angiosperm trees. *Chemoecology* 10: 103-13
- Hynum BG, Berryman AA (1980) *Dendroctonus ponderosae* (Coleoptera: Scolytidae) : pre-aggregation landing and gallery initiation on lodgepole pine. *Can Entomol* 112: 185-91
- Kausrud KL et al (2011) Trees Wanted—dead or alive! Host selection and population dynamics in tree-killing bark beetles. *PLoS ONE* 6 : e18274
- Kautz M et al (2016) Dispersal variability and associated population-level consequences in tree-killing bark beetles. *Mov Ecol* 4 : 9
- Krokene P (2015) Conifer defense and resistance to bark beetles. In: Vega FE, Hofstetter RW (eds) *Bark Beetles: Biology and Ecology of Native and Invasive Species*. Academic Press, 177-207
- Latty TM, Reid ML (2009) First in line or first in time? Effects of settlement order and arrival date on reproduction in a group-living beetle *Dendroctonus ponderosae*. *J Anim Ecol* 78: 549-55
- Miller JM, Keen FP (1960) Biology and control of the western pine beetle. USDA For Serv, Misc Publ 800
- Moeck HA, Simmons CS (1991) Primary attraction of mountain pine beetle, *Dendroctonus ponderosae* Hopk. (Coleoptera: Scolytidae), to bolts of lodgepole pine. *Can Entomol* 123: 299-304
- Moeck HA et al (1981) Host selection behavior of bark beetles (Coleoptera: Scolytidae) attacking *Pinus ponderosa*, with special emphasis on the western pine beetle, *Dendroctonus brevicomis*. *J Chem Ecol* 7 : 49-83
- Ohmart CP (1989) Why are there so few tree-killing bark beetles associated with angiosperms? *OIKOS* 54: 242-45
- Paine TD et al (1997) Interactions among scolytid bark beetles, their associated fungi, and live host conifers. *Annu Rev Entomol* 42: 179-206
- Person HL (1931) Theory in explanation of the selection of certain trees by the western pine beetle. *J For* 29: 696-99
- Potter KM, Conking BL (2016) Forest health monitoring: national status, trends, and analysis 2015. USDA For Serv, GTR-SRS-213
- Progar RA et al (2014) Applied chemical ecology of the mountain pine beetle. *For Sci* 60: 414-33
- Pureswaran DS, Borden JH (2003) Test of semiochemical mediated host specificity in four species of tree killing bark beetles (Coleoptera: Scolytidae). *Environ Entomol* 32: 963-69
- Pureswaran DS, Borden JH (2005) Primary attraction and kairomonal host discrimination in three species of *Dendroctonus* (Coleoptera: Scolytidae). *Agric For Entomol* 7 : 219-30
- Pureswaran DS et al (2006) Fitness consequences of pheromone production and host selection strategies in a tree-killing bark beetle (Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae). *Oecologia* 148: 720-28
- Raffa KF (2001) Mixed messages across multiple trophic levels: the ecology of bark beetle chemical communication systems. *Chemoecology* 11: 49-65

- Raffa KF, Berryman AA (1979) Flight responses and host selection by bark beetles. In: Berryman AA, Safranyik L (eds) *Dispersal of Forest Insects: Evaluation, Theory and Management Implications*. Washington State Univ, 213-33
- Raffa KF, Berryman AA (1982) Gustatory cues in the orientation of *Dendroctonus ponderosae* (Coleoptera: Scolytidae) to host trees. *Can Entomol* 114: 97-104
- Raffa KF, Berryman AA (1987) Interacting selective pressures in conifer-bark beetle systems: a basis for reciprocal adaptations? *Am Nat* 129: 234-62
- Raffa KF et al (1993) Strategies and mechanisms of host colonization by bark beetles. In: Schowalter TD, Filip GM (eds) *Beetle-Pathogen Interactions in Conifer Forests*. Academic Press, 103-28
- Raffa KF et al (2016) Host selection by bark beetles: playing the odds in a high-stakes game. *Adv Insect Physiol* 50: 1-74
- Reid M (2007) Environmental effects on host selection and dispersal of mountain pine beetle. *Can For Serv*
- Renwick JAA, Vite JP (1970) Systems of chemical communication in *Dendroctonus*. *Contrib Boyce Thompson Inst* 24: 283-92
- Robbins J (2008) Bark beetles kill millions of acres of trees in West. *New York Times*, Nov 17
- Safranyik L, Carroll AL (2006) The biology and epidemiology of the mountain pine beetle in lodgepole pine forests. In: Safranyik L, Wilson B (eds) *The Mountain Pine Beetle: A Synthesis of Biology, Management and Impacts on Lodgepole Pine*. *Can For Serv*, 3-66
- Saint-Germain M et al (2007) Primary attraction and random landing in host-selection by wood-feeding insects: a matter of scale? *Agric For Entomol* 9: 227-35
- Sasakawa M, Kawaguchi Y (1987) Initial attack of the minute pine bark beetle, *Cryphalus fulvus* Nijima (Coleoptera: Scolytidae). *Sci Rep Kyoto Pref Univ Agric* 39: 12-19
- Schlyter F, Birgersson G (1999) Forest beetles. In: Hardie RJ, Minks AK (eds) *Pheromones of Non-Lepidopteran Insects Associated with Agricultural Plants*. CAB International, 113-48
- Shepherd RF (1966) Factors influencing the orientation and rates of activity of *Dendroctonus ponderosae* Hopkins (Coleoptera: Scolytidae). *Can Entomol* 98: 507-18
- Smith SM, Hulcr J (2015) *Scolytus* and other economically important bark and ambrosia beetles. In: Vega FE, Hofstetter RW (eds) *Bark Beetles: Biology and Ecology of Native and Invasive Species*. Academic Press, 495-531
- Stark RW (1982) Generalized ecology and life cycles of bark beetles. In: Mitton JB, Sturgeon KB (eds) *Bark Beetles in North American Conifers*. Univ Texas Press, 21-45
- Sullivan BT (2016) Semiochemicals in the natural history of southern pine beetle *Dendroctonus frontalis* Zimmermann and their role in pest management. *Adv Insect Physiol* 50: 129-93
- Tunset K et al (1993) Primary attraction in host recognition of coniferous bark beetles and bark weevils (Col.: Scolytidae and Curculionidae). *J Appl Entomol* 115: 155-69
- 上田明良ほか (2009) キクイムシの生態：食性と繁殖様式に関する研究の現状と展望. *日林誌* 91: 469-78
- Vasechko GL (1988) The problems that need to be solved for improvement of bark beetle control. *J Appl Entomol* 106: 1-12
- Wood DL (1972) Selection and colonization of ponderosa pine by bark beetles. In: Van Emden HF (ed) *Insect/Plant Relationships*. Blackwell Scientific, 101-17
- Wood DL (1982) The role of pheromones, kairomones, and allomones in the host selection and colonization behavior of bark beetles. *Annu Rev Entomol* 27: 411-46
- Zhang QH, Schlyter F (2004) Olfactory recognition and behavioural avoidance of angiosperm nonhost volatiles by conifer-inhabiting bark beetles. *Agric For Entomol* 6: 1-19



## おとしぶみ通信 (28) (最終回)

### 連載を終わるに当たって

#### —虫たちの恩恵—

福山 研二\*

おとしぶみ通信の連載が始まったのが、2011年3月のことである。かれこれ7年以上にわたって続いたことになる。私も現職を離れて久しいので、虫に関する新しい話題に事欠くようになり、いつも原稿を催促されて苦吟している状況であった。そろそろ終わりにしようということで、めでたく最終回を迎えることとなった。これまで、迷惑がらずに読んでいただいた読者にお礼申し上げます。

虫の話となると、どうしても害虫の話が多くなる。これは、人間世界のニュースなどでも同じことで、良いことよりも悪いことの方が報道されやすいものである。ましてや、雑誌の性格上害虫に関心が行くのは致し方ない。そこで、最後までは虫たちを思い切り持ち上げて終わりたいと思う。

#### 世界三大益虫

昆虫の中で人間に大変役に立っているものとして、三大益虫という言い方をされてきた。もっとも、この言い方は、かなり古くなっており、現代でも通じるかどうかは、やや心許ないが。

三大というからには、3種類いるわけで、おそらく読者の皆さんも2種類くらいはすぐに頭に浮かんでいることだろう。そう、ミツバチとカイコである。

#### ミツバチ

ミツバチといっても、ここでいわれているのは、セイヨウミツバチのことである(図1)。セイヨウミツバチは、古くからヨーロッパ地域で飼育され、家畜化されてきた昆虫で、蜂蜜を大量に集めることで知られている。蜂蜜は、くまのプーさんの大好物であり、ヨーロッパに人々にとっては大変なじみの深い食べ物である。

蜂蜜の市場規模は、家庭用が国内で180億円、業務用110億円ほど。これは大きいように見えるが、ヨーロッパでは1人あたり、1キロのハチミツを消費するのに対して、日本はわずかに56グラムと20分の1ほどしかないとのこと。ということは、日本がヨーロッパ人のようにハチミツを消費すれば、市場規模は、5000億円ということになる。

これは、ミツバチ利用の歴史的な背景もあり、



図1 セイヨウミツバチの働き蜂(体は細かい毛で覆われており、花粉などがつきやすくなっている。太い後足には、やはり毛が生えていて、花粉団子をつける事ができる)

\* 自然環境研究センター客員研究員 FUKUYAMA Kenji

ヨーロッパでは、古くから養蜂業が盛んであり、ミツバチの家畜化が進み、巣箱を使った効率の良い養蜂を行ってきたのに対して、わが国では、たまたま見つけた巣などを採集したり、古い樹洞に巣を作らせたり、半野性的な状況での養蜂を行ってきており、まあハチミツはたまに得られる嗜好品のようなものであった。

それに対して、西洋では、ハチミツは生活に欠かせない重要な食品であり生産品としての位置づけがされてきたということであろう。さらに、ミツバチが生産するロイヤルゼリーやプロポリスなどは健康食品としても評価が高く、巣板の蠟は蜜蠟として珍重される。

さらに、生産物だけでなく、農作物の受粉を助ける働き手としての評価も非常に高く、お金を払ってミツバチの巣箱をおいてもらう果樹農家も多いのである。

そのセイヨウミツバチは、ハチ目ミツバチ科に属する昆虫で、一般にハチというとミツバチを指すほど一般になじみ深い。きわめておとなしいため、めったに人を刺すことはなく、飼育しやすい。

単独で生活をするのではなく、常に群れて暮らす、真社会性の昆虫として知られている。真社会性とは、集団の中で、産卵と労働の役割が分かれており、労働をするものは産卵を行わない社会のことである。真社会性はアリやスズメバチ、シロアリなどでも知られているが、ミツバチの場合は徹底しており、女王が単独で巣を作ることすらしないのである。

スズメバチやアリ、シロアリは、巣から飛び出した女王とオスは、交尾後、越冬してから自分の巣を単独で作りはじめののだが、ミツバチでは、女王は、新しい女王が生まれると、分封といって、働き蜂の一部を引き連れて逆に自分の巣から飛び立ち、別の巣を作るのである。そのため、分封の時期になると、大量の働き蜂が人家の軒に集まったりしてハチの塊ができ、大騒ぎになるというニュースが流れることになる。

自分たちが営々として築きあげてきた巣を、子供たちにあっさりとゆずって、危険を冒して新しい天地を求めて出て行く親の姿、まったくもってあっぱれ、人間どもも少しは見習ったらいいのではないだろうか。

ただし、セイヨウミツバチは、おとなしく家畜化されているため、天敵であるオオスズメバチなどには弱く、人が守ってあげないと瞬く間にオオスズメバチの餌食となってしまう。そのため、日本では野生化したセイヨウミツバチはいないのである。それでは、在来のニホンミツバチはなぜ生存できるのかといえば、彼らは、身を挺してオオスズメバチを取り囲み、自ら発する熱により、オオスズメバチを熱死させるという、すさまじい技を持っているからなのである。

セイヨウミツバチは家畜化されているので、飼育が容易であり、巣内の観察などもやり安いことから、真社会性昆虫の進化や行動の研究材料として非常に重要な役割を果たしてきた。特に有名なのは、ミツバチのダンスであろう。これは、ミツバチの働き蜂が、新しい蜜源を見つけたときに、巣の仲間にその場所を伝達する方法といわれている。

豊富な蜜源を発見すると、巣に飛び帰った働き蜂は、巣板の上を盛んに歩き回って「蜜があったぞー」と伝えるのだが、それだけでは、どこにあるのかはわからないはずである。ところが、周囲の働き蜂は、すぐに飛び立って、狙い過たず蜜源

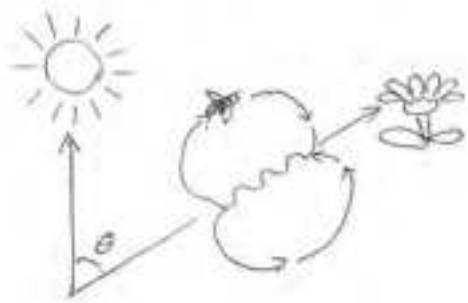


図2 ミツバチの8の字ダンス（蜜源の方向を太陽との角度で表し、お尻の振り方で距離を表す）

に辿り着くのである。その秘密は、蜜源を見つけた働き蜂の動きに隠されていた、ハチは巣板の上をただ歩き回っているのではなく、8の字型に動き続けるのである。これが8の字ダンスといわれるもので、その回転する速さが餌までの距離を表しており、8の字の方向が、餌の方向を表しているのである(図2)。しかも、方角は太陽との角度で表し、それを巣板の垂直な面に変換するという芸の細かさ。これを発見した人もすごいが、なによりもそのような伝達方を編み出したミツバチのすごさ、そして進化の妙に感心せざるを得ない。

### カイコ

いわずと知れた、絹を生産する蛾である。実際に糸を吐くのは幼虫(図3)で、サナギになるときに、繭を紡ぎ、実に1500mもの長さになる繊細な繊維を吐く。この絹糸は、2本のフィブロインというタンパクの糸をセリシンという別のタンパクが包む構造になっており、生物が生産する繊維としては最長を誇っている。

カイコは、チョウ目カイコガ科に属するカイコガの幼虫のことを指すが、一般に成虫も含めてカイコと呼ばれることが多い。実は、カイコは、自然界では生きていけない、唯一の完全家畜動物と

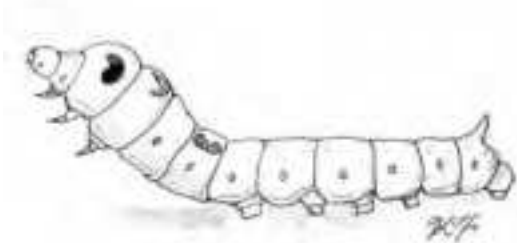


図3 カイコの5齢幼虫(いちばん太くなっているところに目玉のような模様がある為、ここが頭部と思われがちだが、実際は胸にあたり、ここに絹糸腺があり、大量の絹糸の素が蓄えられている)

されており、野生に放された場合、100%死滅するといわれている。ウシにしろブタにしろイヌにしろ、現在人類が家畜として飼育している生き物は、程度の差こそはあれ、本来生育可能な地域に放たれば、自力で生きていくことはできる。それに対して、カイコは、自力で木に登ったり枝に捕まったりすることすらできず、明らかに野生状態では生きていけないし、実際に野外で捕まることはない。

カイコの起源とも考えられている近縁のクワコとはかなり性質が異なることから、クワコが起源ではないとの説もあるほどである。5000年も前に人類がどうやって飼いはじめたのか、一つの謎でもある。科は異なるヤママユガヤクスサンなどがはるかに飼育して糸をとりやすいといわれている。宮沢賢治の童話「ゲースコーブドリの伝記」でも、この天蚕の飼育の様子が描かれており、子供のブドリが男に命じられて、山のナラの木に卵をまいて、幼虫を飼育し、マユを集める仕事をさせられるのである。繭ができると、男は、その繭を集め、糸を取り出すのだが、間に合わずに、蛾が羽化してくるため、きちがいのようにブドリをせき立てるという描写があり、当時の天蚕の飼育状況が偲ばれる。

天然繊維である絹糸は、このカイコの繭を煮て、糸をほぐし、よりをかけて作られるが、繊細で丈夫で美しく染料にも良く染まることから、大変珍重され、高貴な人々が着用する服などが作られた。明治維新後の日本の外貨を稼いだ稼ぎ頭として有名で、近年まで、カイコ専門の国立研究所「蚕糸試験場」まであったほどである。世界遺産に登録された群馬県の富岡製糸場跡なども往事を偲ばせる。

現在では、人工繊維の幅をきかせたことと、海外での養蚕に押されて、人手がかかる養蚕は国内ではほとんど行われなくなっている。しかし、遺伝子導入したカイコを使って、発光する繊維を作ったり、薬品となるインターフェロンの生産を

させるなど、産業用の動物としての新たな利用が進められており、まだまだ三大益虫の一角は譲らないようである。

### ラックカイガラムシ

さて、それでは残りの一つは何であろうか。それはラックカイガラムシと呼ばれるカイガラムシの一種である。カメムシやセミと同じ、カメムシ目でラックカイガラムシ科に属する。しかし、名前を聞いても一般の人はあまりなじみがないのではないだろうか。それでは、ラッカーという言葉はご存じだろう。塗料としてもっとも一般的な材料である。そう、そのラッカーの原料シェラックという天然樹脂を作る虫が、ラックカイガラムシなのである。この虫が三大益虫の一つであるにもかかわらずあまり知られていないのは、この虫が熱帯地域にのみ生息しており、日本には生息していないせいもあるし、塗料としては、現在はラッカーが、それほど主流ではなくなったせいもあるだろう。

ラッカーは、ラックカイガラムシが体表に分泌するワックス状の成分から作られる。カイガラムシをご存じの方なら、その貝殻状の体の表面が様々な蠟物質で覆われていることがわかるだろう。ラックカイガラムシは、そのワックスの生産量が膨大で、体を覆うだけでなく、とりついてい

る枝全体を覆うほど生産するのである。そのため、工業原料として十分に使えるほど集めることができるのである。この樹脂は、現在のプラスチックのように熱をかけて成型をすることができるため、昔のレコードの主要原料であり、溶媒に溶かすとラッカーやラックニスと呼ばれる塗料としても有用であったため、石油由来のプラスチック製品ができるまでは、重要な工業原料となっていた。

シェラックは精製すると無色透明で無味無臭で、食べても安全であることから、食品のコーティングに大変有効である。また、低温では熱可塑性があり加工が容易であるが、ある程度高温にすると熱硬化性となり固くなって変形しなくなる上、アルコール以外の溶剤に溶けないため丈夫である。さらに、虫からとれる色素も重要な赤色染料として多く使われていた。

実は、一見使われなくなっているように見えて、ラックは、様々な形で私たちの生活の中で利用されている。まず、一般的な塗料はもちろん、小豆餡などの染色、薬の錠剤のコーティング、電機部品の絶縁皮膜、多くの粘着テープの表面コーティング（これにより粘着面から離れやすくなり使いやすくなる）、アルミフォイルの表面加工、チョコレートのコーティング、果物のつや出し、マニキュア、マスカラ、トランプの皮膜塗装など、工業用、医薬品、食品、楽器など身の回りにあふれかえっているのである。

これは、むしろハチミツなどよりその利用範囲は広く大きいといえるだろう。そのため、ラックカイガラムシは、今でも東南アジアやインドなどでは、地域の経済を支える産物として重要な位置を占めているのである。

ラックカイガラムシは、成虫が付着している枝を増やしたい樹木の枝につるすだけで、増やすことができ、付着したカイガラムシの3倍の量のシェラックを収穫できる。さらに、寄生できる樹木の種類はきわめて多様で、あらゆる樹木で増や



図4 ラックカイガラムシ2 齢幼虫（この段階では、歩いて移動できる）

すことができるため、東南アジア地域の換金作物としては非常に優れている。タイやインドネシアでは、紫檀やアメリカネムノキなどを植栽し、集落の周囲の緑化を図りながら、年に2回収穫し、枝は燃料にしたり、年数がたった樹木は伐採して、彫刻の材料などにして多面的に利用しており、まさに持続可能な再生産システムとなっている。

その意味では、森林を伐採して、アブラヤシなどを植栽するよりはるかに環境に優しい産物だといえる。現在、石油由来のプラスチック製品が環境を汚染し、特に海洋汚染の重要な問題となってきたことを考えると、再び生物由来のプラスチックとしてのシェラックの利用が見直されてくるのではないだろうか。

### その他の名もなき虫たち（虫は森の血液だ）

さて、三大益虫のすばらしさはわかっていたけどと思うが、実は、昆虫のすばらしさは、ミツバチやカイコ、カイガラムシなど個別の有用昆虫にあるのではない。その種類の多さと数の多さ、そして生活型の多様さにあるのである。

虫たちは、地球の歴史で最も早くに地上に出現した動物であり、最初に空中に飛び立った動物でもある。現在の顕花植物やほ乳類や鳥類、硬骨魚類は比較的最近出現した新参者であるが、昆虫類は古生代から連綿と続く生き物であり、鳥類が空を飛び植物が美しい花を咲かせるようになった原動力でもある。

陸上の生態系では、樹木を主体とする植物が光合成により太陽エネルギーを固定し、炭水化物に変換している。それをまず食べるのが多くの場合昆虫類である。もちろん、鳥類や哺乳動物も植物を食べてはいるが、多くは食べやすい草本植物で

ある。野鳥なども、子育てをはじめ重要な食料、特にタンパク源としては、昆虫が主要な餌となっている。このように、生態系内で植物が固定した有機物を動物などに受け渡すのは、昆虫類なのである。さらに、植物が目立つ花をつけおいしい蜜を生産するのも、昆虫に訪れてもらい、受粉を助けてもらうためなのである。その一部を分けてもらっているのが蜂蜜というわけ。実際、ソバやコーヒー豆などの作物の収量は、周辺に森があり、昆虫が多く飛来するところほど多いという研究結果もあるほどである。

そして、忘れてはいけないのが、昆虫以外の虫たちも含めて、植物や動物の遺体を早期に分解（実際は粉碎）し、微生物による分解を助け、再び植物が利用できるようにするリサイクルの動力として働いていることである。また、微生物を食べる多くの昆虫やダニなどは、特に植物にとって病原性のある微生物を好んで食べており、これにより、作物の病害を減らしたり、天然更新のさいに微生物による枯死を減らして更新を促進している可能性もあるのである。

森林生態系の主体はもちろん樹木であるが、自ら移動することができない樹木の受粉や種子分散、食害や病害の防止などの役割を担っている。それは、我々人類にも生態系サービスとしての恩恵を与えてくれていることを忘れてはならない。森の中の微少な虫たちは、ちょうど我々人間の体の中を駆け巡っている血管と血液とその成分のようなものであり、その血液や血管が元気であるようにすることで森林など陸上の環境が健康に維持されるのではないだろうか。

ながらくのご愛読を感謝します。

「平成29年度森林病虫害被害量」について

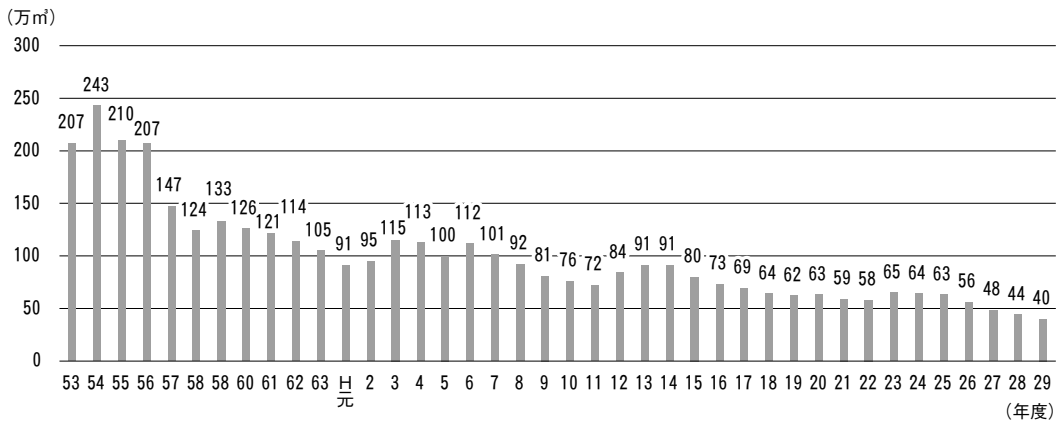
(林野庁資料より作成)

【松くい虫被害】

○平成29年度における被害量とその特徴

- (1) 平成29年度は、北海道を除く46都府県で被害が発生し、全国の松くい虫被害量は、平成28年度より約4万1千立方メートル減の約40万立方メートルでした。
- (2) この被害量は、過去、被害量をもっとも多かった昭和54年度の約6分の1の水準となっています。
- (3) 全国的には被害減となりましたが、都道府県単位では増加している場合もあるほか、新たな被害地も発生していることから、引き続き継続的な被害対策と監視が必要です。

全国の松くい虫被害量（被害材積）の推移



○都道府県別松くい虫被害量（被害材積）

(国有林・民有林総量) (単位: 千m³)

都道府県	年度	平成28	平成29	都道府県	年度	平成28	平成29	都道府県	年度	平成28	平成29
北海道		—	—	福井		3.6	2.4	山口		20.0	18.8
青森		0.1	0.0	山梨		6.5	5.3	徳島		0.2	0.3
岩手		32.5	29.9	長野		74.4	76.1	香川		12.5	6.2
宮城		16.0	17.5	岐阜		0.7	0.4	愛媛		4.5	3.9
秋田		17.9	11.5	静岡		6.4	6.7	高知		0.1	0.1
山形		34.2	26.6	愛知		1.2	0.9	福岡		7.2	5.5
福島		30.7	30.4	三重		2.5	2.1	佐賀		0.4	0.4
茨城		4.3	5.4	滋賀		1.2	0.9	長崎		1.7	5.9
栃木		9.3	7.4	京都		9.6	14.0	熊本		0.2	0.3
群馬		7.7	6.3	大阪		0.9	0.8	大分		0.3	0.2
埼玉		0.1	0.0	兵庫		3.8	2.8	宮崎		3.1	1.7
千葉		1.5	1.4	奈良		0.6	0.6	鹿児島		70.2	62.0
東京		0.1	0.0	和歌山		0.4	0.4	沖縄		4.5	2.3
神奈川		0.3	0.3	鳥取		4.6	6.8	全国合計		440.1	399.3
新潟		7.4	4.0	島根		11.2	9.8	(内)			
富山		0.9	0.5	岡山		3.8	3.4	民有林		402.3	366.5
石川		5.5	4.5	広島		14.9	12.5	国有林		37.8	32.7

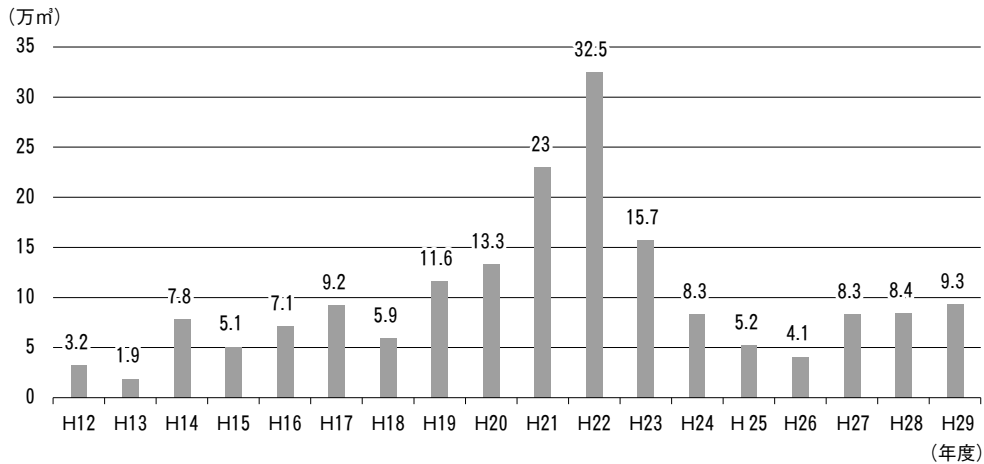
- 1 民有林については、都道府県からの報告による。
- 2 国有林（官行造林地を含む）については、森林管理局からの報告による。
- 3 都道府県ごとに単位以下第二位を四捨五入した。
- 4 四捨五入により合計と一致しない場合がある。
- 5 被害の発生していないものを「—」、50m³未満の被害が発生しているものを「0.0」としている。

【ナラ枯れ被害】

○平成29年度における被害量とその特徴

- (1) 平成29年度は、新たに被害が発生した2県を含む32府県で発生し、全国のナラ枯れ被害量は、平成28年度より約9千立方メートル増の約9万3千立方メートルでした。
- (2) 平成27年度から3年連続増となっていることから、警戒心を持って対応することが必要です。

全国のナラ枯れ被害量（被害材積）の推移



○全国の年度別被害材積の推移

(単位: 千m³)

都道府県	年度					都道府県	年度				
	平成25	平成26	平成27	平成28	平成29		平成25	平成26	平成27	平成28	平成29
青森	—	—	—	0.1	1.2	京都	11.5	3.0	2.4	2.3	1.1
岩手	0.8	0.9	2.0	5.3	8.8	大阪	2.3	3.6	12.4	5.7	3.2
宮城	3.6	3.0	3.9	2.5	6.6	兵庫	0.5	0.8	2.8	4.8	9.4
秋田	5.1	6.1	10.4	15.9	13.1	奈良	1.0	0.9	3.4	17.9	18.6
山形	7.7	2.8	2.4	5.1	4.5	和歌山	0.1	0.2	0.4	0.2	0.4
福島	2.2	3.2	3.5	3.9	6.9	鳥取	2.1	3.8	12.9	7.6	10.3
群馬	0.0	—	0.0	0.0	0.1	島根	2.3	2.3	1.3	0.8	1.0
千葉	—	—	—	—	0.1	岡山	0.1	0.2	0.5	0.8	1.4
神奈川	—	—	—	—	0.2	広島	1.1	0.8	0.4	1.0	1.0
新潟	0.6	0.2	0.1	0.1	0.2	山口	0.0	0.0	0.1	0.1	0.1
富山	0.2	0.1	0.0	0.0	0.0	徳島	—	—	0.1	0.1	0.0
石川	0.3	0.0	0.0	0.0	—	高知	—	—	0.0	0.0	—
福井	0.4	0.3	0.2	0.2	0.0	長崎	—	—	—	0.2	0.2
長野	1.5	1.6	0.8	0.2	0.2	宮崎	0.0	0.2	5.0	1.0	0.3
岐阜	1.0	2.9	0.2	0.1	0.0	鹿児島	0.6	0.5	11.0	4.3	0.5
静岡	0.6	0.5	1.6	0.9	0.8						
愛知	3.2	1.1	3.4	1.2	0.7	全国計	52.2	41.0	82.8	83.6	93.1
三重	0.7	0.6	0.7	1.0	1.9	うち民有林	45.9	34.6	64.1	70.1	81.9
滋賀	2.8	1.2	0.8	0.3	0.1	うち国有林	6.3	6.4	18.7	13.5	11.2

- 1 民有林については、都道府県からの報告による。
- 2 国有林（官行造林地を含む）については、森林管理局からの情報による。
- 3 都道府県ごとに単位以下第二位を四捨五入した。
- 4 四捨五入により合計と一致しない場合がある。
- 5 被害の発生していないものを「—」、50m³未満の被害が発生しているものを「0.0」としている。

●本資料は林野庁 HP から採ったものでプレスリリースの原文及びデータは次のURLで御覧できます。  
 (<http://www.rinya.maff.go.jp/j/press/hogo/181107.html>)

# ブナ科樹木の萎凋病（ナラ枯れ）における樹木の枯死機構 —病原菌の病原性と樹体内での反応—

鳥居 正人\*

## 1. はじめに

日本では1980年代以降、日本海側を中心にブナ科樹木の萎凋病（以下、ナラ枯れ）の発生が顕在化した（伊藤・山田，1998）。ナラ枯れは、病原菌 *Raffaelea quercivora* とそれを伝搬する甲虫の一種カシノナガキクイムシによって引き起こされる（伊藤ら，1998；Kinuura and Kobayashi，2006）。本病原菌は新種として記載されるまでの間（Kubono and Ito，2002），被害木や本甲虫から分離される特定の菌類として，ナラ菌と仮称されていた（例えば伊藤ら，1998；斎藤ら，2001）。そのため，新種記載されてからも本菌はナラ菌と呼称される場合がある。ナラ枯れによる被害は，被害量（材積）でみれば2010年度の被害をピークに減少傾向にあるが，被害地域は拡大傾向にあり（林野庁，2018a），2017年までに35都府県で被害発生が確認された（図-1：伊藤・山田，1998；林野庁，2018b）。本菌の伝搬はカシノナガキクイムシに依存することから，本甲虫の生態や防除に関する研究が多く行われ，本甲虫の樹木への穿入を抑制する予防法や被害木内に生育する本甲虫の駆除法として様々な防除法が考案されている（例えば小林，2008；日本森林技術協会，2015）。一方，本甲虫に関する研究に比べて数は少ないものの，病原菌の樹体内での動態やそれに対する樹木の反応に関する研究も進められ，病原菌が樹体内に侵入してからの樹木の枯死機構が解明されつつある。そこで本稿では，主にそれらに関する研

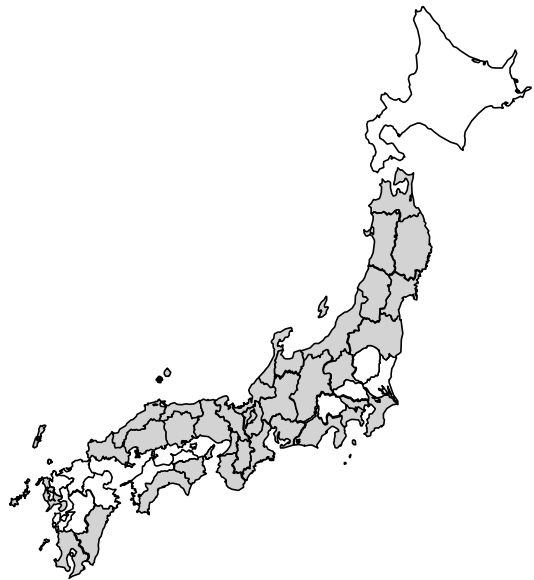


図-1 ブナ科樹木の萎凋病（ナラ枯れ）による被害地域

2017年までに被害が確認された地域は，伊藤・山田（1998）と林野庁（2018b）を参照し，その地域を都道府県ごとにグレーで示した。

究成果を紹介し，カシノナガキクイムシが樹木に加害し，病原菌が樹体内に侵入してから樹木はどのように枯れていくのかを整理，考察したい。カシノナガキクイムシを対象とした防除法との直接的な関連は薄いかもしれないが，被害・防除現場で対象木を観察する際に，ナラ枯れという現象を理解する一助となれば幸いである。

## 2. *Raffaelea quercivora* の病原性

病原菌 *R. quercivora* は，カシノナガキクイムシの体表やメス成虫が有する菌嚢（マイカンギア）に保有されており（伊藤ら，1998；Kinuura，2002），本甲虫が樹幹部に穿孔することで樹体内

\* 森林総合研究所

TORII Masato



に運び込まれる (Kinuura and Kobayashi, 2006)。そして、本甲虫が樹体内で掘った孔道から病原菌は菌糸を伸展させ、樹木への感染が起こる (Kuroda, 2001 : Takahashi et al., 2010)。本甲虫の加害を受けたブナ科樹木の辺材部には、黒褐色に変色した部位が観察される (図-2 : 石山, 1993)。この変色部位は通水機能を失った組織であり、本甲虫による孔道や本病原菌を人工的に接種した箇所を中心に樹木の上下方向や横方向に形成される (黒田・山田, 1996 : Murata et al., 2007)。横断面上だけを見ると、病原菌を樹幹部の1か所に接種した際には、変色部位の形成は接種箇所付近のみに限定されるが (図-3 : Murata et al., 2007)、本甲虫が高密度に穿入した、あるいはそれを模した形で本菌を高密度で接種した樹幹部では、広範囲で変色が観察され、横断面で広く通水が阻害されている (黒田・山田, 1996 : Kuroda, 2001 : 大和ら, 2001)。本菌を高密度に接種し、萎凋症状があらわれた苗木の接種箇所よりも上部の通水状況や上部を切断し、水挿しして外観の変化を観察したところ、接種箇所よりも上部の通水機能は保たれており、水挿ししたものは苗木のまま放置したものに比べ、萎凋症状の進行が遅れた (大和ら, 2001)。そのため、本菌の接種による萎凋・枯死は、接種部付近の局所的な通水阻害によって発生すると考えられる



図-2 被害木の横断面  
変色部位を白矢印で示した。

(大和ら, 2001)。一般的に、樹幹下部ほどカシノナガキクイムシによる穿入密度が高い (Hijii et al., 1991)。また、樹幹下部であるほど横断面に占める変色部位の割合が高い (黒田・山田, 1996)。以上のことから、実際の被害で考えれば、ナラ枯れによる樹木の枯死は、樹幹下部 (樹幹でもカシノナガキクイムシが高密度に穿入した部位) のある高さで通水阻害が広範囲に発生することで引き起こされると考えられる (黒田・山田, 1996 : Kuroda, 2001)。

病原菌 *R. quercivora* を人工的に樹木の1箇所へ接種した場合、通水阻害の発生は接種箇所付近に限定される (Murata et al., 2007)。そのため、本菌の接種による枯死を再現するために、高密度での接種が行われてきた (伊藤ら, 1998 : Murata et al., 2005)。つまり、横断面の広い範囲で通水阻害が起こり、その結果として樹木が枯死するには、カシノナガキクイムシの高密度の穿孔が必要である (伊藤ら, 1998 : Takahashi et al., 2010)。もちろん本甲虫の穿孔のような物理的傷害によっても、樹体内に材の変色や通水阻害部位は形成されるため (Murata et al., 2007)、本病原菌が樹木の枯死に与える影響には疑問を持たれ

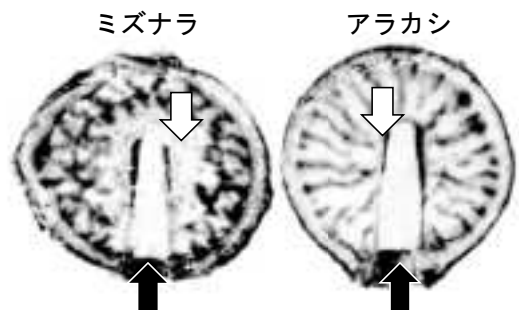


図-3 接種後の苗木における接種部横断面に  
形成された変色・通水阻害部位

変色・通水阻害部位を白矢印で示した。染色液を吸わせたため、通水部位は染色されており、接種に用いた爪楊枝 (黒矢印) の周囲に染色されなかった通水阻害部位が観察される。感受性が低い (枯れにくい) アラカシに比べ、感受性が高い (枯れやすい) ミズナラでは通水阻害部位が大きい。

ることが多いようである。高密度の接種試験の結果は、植物病理学で病原性を証明するために用いられるコッホの原則を満たす。そのため、本菌は病原性を有すると判断された（伊藤ら, 1998 : Murata et al., 2005）。さらに、本菌の高密度の接種では枯死が確認されるが、同様の密度で接種の際の物理的傷害のみを与えた対照区では枯死が発生しないことから（伊藤ら, 1998 : Murata et al., 2005）、本菌が樹木を枯死させるのに貢献していることは明白であろう。つまり、ナラ枯れにおいて、病原菌は *R. quercivora* であると判断されるものの、本被害は病原菌単独の被害ではなく、*R. quercivora* とカシノナガキクイムシの両者によって発生するという理解が適切だろう。

それでは、どの程度の穿孔があれば枯死するのだろうか。それを厳密に答えることができるような報告はないが、萎凋症状が確認された時点までの穿孔数を調査した研究では、生残木と枯死木を分けることができる統計的に有意な判別式が得られており、樹木を枯死させる穿孔密度には閾値があると示唆されている（市原ら, 2009）。そのため、枯死に関わる通水障害部位の大きさにも閾値が存在すると想定される。病原菌の菌株間で病原力を比較した研究では、樹幹部の1箇所接種した際の通水障害部位の大きさは菌株間で連続的に異なったが、高密度の接種を行った場合には枯死が発生する菌株と発生しない菌株の2つに分かれ、通水障害部位がより大きく形成された菌株で枯死が確認された（Torii et al., 2016）。これは、通水障害部位の大きさにも枯死が発生する閾値が存在する可能性を示し、樹木が枯死するカシノナガキクイムシの穿孔密度の閾値とは、樹木が枯死する通水障害部位の大きさの閾値を満たすものと解釈できるのではないだろうか。萎凋症状があらわれた時点の樹木では、横断面の約80%で通水障害が発生していたという報告があり（黒田・山田, 1996）、必ずしも横断面全面での通水障害が発生しているわけではなく、樹木が枯死する通水障害

部位の大きさの閾値は80%以下であるのかもしれない。しかし、これら閾値は一定のものではなく、乾燥ストレス条件下の樹木は枯れやすいといったように、環境条件によって可変的であると考えられる（市原ら, 2009）。厳密にこれら閾値とその変動を定義するためには、さらなるデータの蓄積と検証が必要である。

横断面における通水障害部位や病原菌の分布範囲は、本菌の接種約1週間後まで拡大し（Murata et al., 2009 : 村田ら, 2011）、接種後の時間経過に関わらず、通水障害部位と本菌の分布はほぼ一致することが報告されている（Takahashi et al. 2010 : Torii et al., 2010）。そのため、通水障害部位の拡大には、材内における本菌の分布拡大が密接に関与していると考えられる。しかし、本菌によってどのように通水障害が発生するのかは十分に解明されていない。一般的に、材変色は樹木の防御反応として樹木の二次代謝産物が集積することで発生し、生きた細胞は死滅している（山田, 2008）。実際に、本菌の接種後の変色部位内では細胞の死滅が確認されている（村田ら, 2011）。樹木の防御反応は病原体の感染部を取り囲む形で起こるため（山田, 2008）、単に防御反応やその過程で細胞が死滅することに関連して、通水障害が発生するのかもしれない。また、通水障害を引き起こすような毒素を病原菌が生産している可能性もあるが、詳細な研究は行われていない。

### 3. 宿主樹木の防御機構

上述したように、枯死は通水障害によって発生し、通水障害部位の拡大には樹体内における本菌の分布拡大が密接に関わっていると考えられる。本菌の感染、分布拡大に対して樹木は防御機構を働かせ、その拡大を抑えようとしている。一般的に防御機構は、病原体の感染前に存在する組織構造や防御物質による静的防御機構と、病原体の感染後に生成される防御物質による動的防御機構の2つに大別される（山田, 2008）。これら両防御

機構が複合的に作用することで、病害の発生が抑制される。しかし、本菌の分布拡大の抑制効果は、動的防御機構のほうが大きいと示唆されている (Torii et al., 2017)。動的防御機構は病原体の感染後の反応であるため、その効果の検証には生きた細胞を含む組織を供試する必要があるが、感染前から存在するものによる静的防御機構の影響を排除することができない。そこで、両防御機構が作用する苗木と、生細胞を死滅させ、組織構造をそのまま保持できるよう  $\gamma$  線照射を行い、静的防御機構のみが作用すると想定される材片での病原菌の菌糸伸長量の比較から、防御機構の効果の検証が行われた (Torii et al., 2017)。その結果、 $\gamma$  線照射材片では本菌の接種36時間後に、苗木においては接種2週間後に評価したにも関わらず、菌糸伸長量は両者間で異なるか、苗木において小さいという結果が得られた (Torii et al., 2017)。つまり、動的防御機構によって病原菌の分布拡大は大きく抑制されると考えられる。物質レベルでの特定はあまり進んでいないが、呈色反応による検出、識別では、動的防御機構としてフェノール物質やリグニン様物質、脂質物質の集積が確認されている (Yamada et al., 2006 : 村田ら, 2011)。実際にこれらの物質に病原菌の分布拡大を抑制する効果があるのか検証が必要であるものの、これら物質の集積は接種後の日数経過に伴って顕著になっていくため (Yamada et al., 2006 : 村田ら, 2011)、病原菌の分布拡大は停止すると考えられる (村田ら, 2011)。

ナラ枯れにおいて、樹種によって被害程度は異なり (伊藤, 2000)、樹種間で病原菌に対する感受性 (枯れやすさ) が異なることが示唆されている (Murata et al., 2005)。本菌接種後の通水阻害部位や本菌の分布範囲も樹種間で異なり、それらの違いは感受性の違いと一致する (Murata et al., 2007 : Torii et al., 2011, 2017)。つまり、感受性が高い (枯れやすい) ものほど、通水阻害部位や本菌の分布範囲が大きい (図-3)。樹種

間の感受性の差異は、樹種間の防御機構の差異に起因すると考えられ、 $\gamma$  線照射材片における菌糸伸長量は感受性が異なる樹種間で異なるという報告があり、感受性の差異には、特に動的防御機構の差異が関与していると考えられる (Torii et al., 2017)。通水阻害部位や材内における菌糸伸長量の経時的变化を感受性の異なる樹種間で比較してみると、両者とも接種3日後の時点で既に違いがあらわれるようである (Murata et al., 2009 : 村田ら, 2011)。そのため、接種後の短期間であらわれる動的防御機構によって樹種間の感受性の違いは決定されるのかもしれない。

#### 4. おわりに

本稿では、病原菌が侵入後に樹木が枯死するまでに樹体内で何が起きているのかを紹介し、どのように枯れるのかを考察した (図-4)。主に病原菌 *R. quercivora* の動態やそれに対する樹木の反応に関する研究を紹介したため、カシノナガキクイムシによる影響をあまり取り上げなかったが、本甲虫が樹体内での反応に影響を及ぼすものとして、上述した本甲虫の穿孔密度の他に、病原菌の分布拡大を助長する孔道の形成様式が挙げられる。さらに、本菌の伝搬は本甲虫に依存することから、樹木に穿孔するまでの挙動も含めれば、ナラ枯れによる被害発生においてカシノナガキクイムシが果たす役割が重要であることは言うまで

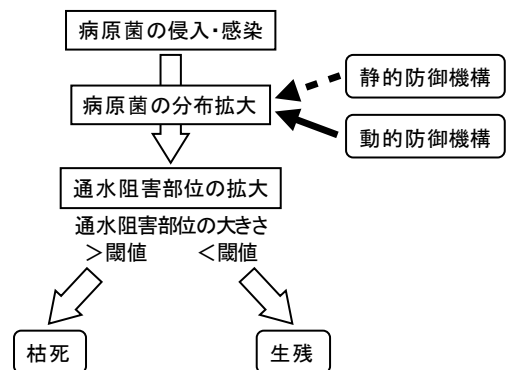


図-4 ブナ科樹木の萎凋病 (ナラ枯れ) において想定される枯死機構

もないだろう。

一般的に、カシノナガキクイムシの穿孔を受けた樹木は、約1ヶ月で枯死に至る(斎藤ら, 2001)。しかし、枯死に関わる通水阻害部位の拡大や病原菌の分布拡大は接種1週間程度までしか起こらない。また、感受性の異なる樹種間でのそれらの違いは、接種数日後であらわれている可能性がある。実際の被害と人工的に病原菌を接種した場合とでこれら日数の厳密な比較は難しいかもしれないが、枯死するという外観上の変化が完結する、はるか以前の時点で、カシノナガキクイムシによる穿孔を受けた樹木は枯れるのか、枯れないのか決定されているのかもしれない。

#### 引用文献

- 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
- 市原 優・升屋勇人・加賀谷悦子・窪野高徳 (2009) ナラ類集団枯損被害地におけるカシノナガキクイムシの穿孔数とミズナラ萎凋の関係. 東北林誌14: 7-11
- 石山新一郎 (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: 11-17
- 伊藤進一郎 (2000) ブナ科樹木の集団枯死—菌類と昆虫の共生関係のなぞ—. 日菌西日本支報10: 16-22
- 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
- 伊藤進一郎・窪野高徳・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
- Kinuura H (2002) Relative dominance of 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
- 小林正秀 (2008) ブナ科樹木萎凋枯死被害 (ナラ枯れ) の防除法. 樹木医学研究12: 73-78
- 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
- Kuroda K (2001) Responses of *Quercus* sapwood to infection with the pathogenic fungus of a new 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
- Murata M, Yamada T, Ito S (2005) Changes in water status in seedlings of six species in the Fagaceae after inoculation with *Raffaelea quercivora* Kubono et Shin-Ito. J For Res 10: 251-255
- Murata M, Matsuda Y, Yamada T, Ito S (2009) Differential spread of discoloured and non-conductive sapwood among four Fagaceae species inoculated with *Raffaelea quercivora*. For Pathol 39: 192-199
- Murata M, Yamada T, Matsuda Y, Ito S (2007) Discoloured and non-conductive sapwood among six Fagaceae species inoculated with *Raffaelea quercivora*. For Pathol 37: 73-79
- 村田政穂・山田利博・松田陽介・伊藤進一郎 (2011) *Raffaelea quercivora* を接種したブナ科樹木4種の菌糸の分布と防御反応の比較. 東大演報125: 11-21
- 日本森林技術協会 (2015) ナラ枯れ被害対策マニュアル改訂版. 37pp
- 林野庁 (2018a) 平成30年版 森林・林業白書. 全国林業改良普及協会. 東京. 326pp
- 林野庁 (2018b) 「平成29年度 森林病害虫被害量 (速報値)」について. <http://www.rinya.maff.go.jp/j/hogo/higai/attach/pdf/naragare-3.pdf>
- 齊藤正一・中山人史・三河孝一・小野瀬浩司 (2001) ナラ類の集団枯損被害の枯死経過と被害に関与するカシノナガキクイムシおよび特定の菌類との関係. 日林誌83: 58-61
- Takahashi Y, Matsushita N, Hogetsu T (2010) Spatial distribution of *Raffaelea quercivora* in

- xylem of naturally infested and inoculated oak trees. *Phytopathology* 100: 747-755
- Torii M, Matsuda Y, Ito S (2017) Comparisons of hyphal growth of *Raffaelea quercivora* among four Japanese Fagaceae species. *For Pathol* 47: e12358
- Torii M, Matsuda Y, Murata M, Ito S (2011) Spatial distribution of *Raffaelea quercivora* hyphae in transverse sections of seedlings of two Japanese oak species. *For Pathol* 41: 293-298
- Torii M, Ito M, Nagao M, Matsuda Y, Ito S (2016) Variation in virulence and hyphal growth of four *Raffaelea quercivora* isolates within *Quercus crispula*. *For Pathol* 46: 248-255
- 山田利博 (2008) 保全講座 2 : 微生物の感染と樹木の反応. *樹木医学研究*12: 91-97
- Yamada T, Ichihara Y, Hori K (2006) Defense responses of oak trees against the fungus *Raffaelea quercivora* vectored by the ambrosia beetle *Platypus quercivorus*. In: Proceedings of the IUFRO Kanazawa 2003 International symposium of forest insect population dynamics and host influences. Kamata N, Liebhold AM, Quiring DT, Clancy KM (eds) Kanazawa University, pp132-135
- 大和万里子・山田利博・鈴木和夫 (2001) ナラ類の萎凋枯死と通水阻害. *東大演報*106: 69-76

禁 転 載

---

林業と薬剤 Forestry Chemicals (Ringyou to Yakuzai)

平成 30 年 12 月 20 日 発行

編集・発行／一般社団法人 林業薬剤協会

〒101-0032 東京都千代田区岩本町 1-6-5 神田北爪ビル 2 階

電話 03 (3851) 5331 FAX 03 (3851) 5332 振替番号 東京00140-5-41930

E-mail : rinyakukyo@wing.ocn.ne.jp

URL : <http://www.rinyakukyo.com/>

印刷／株式会社 スキルプリネット

定価 540 円

---

効果持続期間  
**7**年

7年先の確かな未来を

# 確かな効果

豊富なデータが裏付ける確かな効果で  
皆様の信頼に応えてきた  
グリーンガード・NEOは  
7年間の薬効期間という  
新たな時代の夜明けを  
迎えました。



松枯れ防止樹幹注入剤

## グリーンガード®・NEO

Greenguard® NEO

農林水産省登録：第 22028 号

株式会社 ニッソーグリーン

# 竹を枯らせます!

ラウンドアップ マックスロードなら  
竹稈注入処理で



### 使い方 [注入処理方法]

処理適期：6～8月

2～3cm

地上  
30～  
100cm

- ①節から2～3cm下に開けます。
- ②原液 10mℓ を穴から注入します。
- ③穴をガムテープ等でしっかりと蓋をします。

**⚠ 注意事項:** 処理竹から15m以内に発生した竹の子を食用に供さないこと。また、縄囲いや立て札により、竹の子が採取されないようにすること。

処理時期	完全落葉までの期間 (モウソウチク)
夏処理 (6～8月)	3ヵ月
秋処理 (9～11月)	6ヵ月
原液をタケ1本ごとに10mℓ	

**夏期が  
チャンスです!**  
(もっとも早く枯れます)

**完全落葉<sup>\*</sup>すれば、その後処理竹の根まで枯れます。**

\*竹の葉が全て落ちた状態、この時期であれば伐採可能です。

農林水産省登録：適用の範囲及び使用方法

適用場所	適用雑草名	使用時期	希釈倍数	使用量	使用方法
林地、放置竹林、畑地	竹類	夏～秋期	原液	5～10mℓ /本	竹稈注入処理

## ラウンドアップ マックスロード

THE NEXT TECHNOLOGY TO YOU



防除法について、詳しくは下記窓口までお問合せください。

**日産化学株式会社**  
〒103-6119 東京都中央区日本橋二丁目5番1号

ラウンドアップ  
お客様相談窓口 **0120-209374**

樹木をニホンジカの食害から守ります。

有効成分  
全卵粉末  
80%  
新登場

ニホンジカ専用忌避剤

農林水産省登録 第22312号

# ランテクター®

全卵粉末水和剤

ランテクターは人畜、環境にやさしい製品です。

- ①ランテクターの有効成分(80%)は全卵粉末を使用しています。
- ②ランテクターは環境にやさしい製品なので、年間の使用回数に制限がありません。被害の発生状況に合わせて使用できます。
- ③広葉樹、針葉樹を問わず広く「樹木類」に使用できます。

■有効成分

全卵粉末	鉱物質微粉等
80.0%	20.0%

■適用範囲及び使用方法

作物名	使用目的	希釈倍数	使用液量
樹木類	ニホンジカによる食害防止	10倍	1本当り10~50m <sup>2</sup>
使用時期	本剤の使用回数	使用方法	全卵粉末を含む農薬の総使用回数
食害発生前	—	散布	—

※スギ・ヒノキを始め広葉樹への散布も可能です。(広葉樹の新芽が枯損するなどの心配がありません)

販売

DDS 大同商事株式会社

本社 〒105-0013 東京都港区浜松町1丁目10番8号(野田ビル5F)  
TEL.03-5470-8491 FAX.03-5470-8495

製造



保土谷アグロテック株式会社

〒104-0028 東京都中央区八重洲2-4-1

松枯れ予防  
樹幹注入剤

# マツケンジー®

農林水産省登録  
第22571号

医薬用外劇物

有効成分：塩酸レバミゾール…50.0% その他成分：水等…50.0%  
性状：赤色澄明水溶性液体

専用注入器でこんなに便利!!

① 作業が簡単!

孔をあける ▶ 1ml(8~10cm間隔)、または 2ml(15cm間隔)を注入 ▶ 直後に穴をふさぐ

② 注入容器をマツに装着しない!

注入・チェック・回収などで、現場を何度も回らずOK。

③ 作業現場への運搬が便利で、廃棄物の発生も少ない!

250mlの容器1本で20~25本のマツの処理が可能(φ30cmの場合)しかもジャバラ容器の使用により使用後の容器容積が小さくなる。

④ 水溶解度が高く、分散が早い!

作業時期が、マツノマダラカミキリ成虫の発生期近くまで広がる。

保土谷アグロテック株式会社 東京都中央区八重洲二丁目4番1号 Tel.03-5299-8225



新しいマツノマダラカミキリの後食防止剤 林野庁補助対象薬剤

農林水産省登録第20330号

**マツグリーン<sup>®</sup>液剤**

- ①マツノマダラカミキリ成虫に低薬量で長期間優れた効果。
- ②樹木害虫にも優れた効果を発揮。
- ③新枝への浸透性に優れ、効果が安定。

農林水産省登録第20838号

普通物

**マツグリーン<sup>®</sup>液剤2**

- ④車の塗装や、墓石の変色・汚染がほとんどない。
- ⑤環境への影響が少ない。
- ⑥周辺作物に薬害の心配がほとんどない。

剪定・整枝後の傷口ゆ合促進用塗布剤

農林水産省登録第13411号

**トップジンM<sup>®</sup>**  
ペースト

作物名	適用病害名・使用目的
樹木類	切り口及び傷口のゆ合促進
きり	腐らん病
さくら	てんぐ巣病
ぶな(伐倒木)	クワイカビ類による木材腐朽



株式会社 ニッソーグリーン

本社 〒110-0005 東京都台東区上野3-1-2  
☎03-5816-4351 <http://www.ns-green.com/>

マツノマダラカミキリの後食防止剤

殺虫剤 **モリエート<sup>®</sup>sc**

農林水産省登録 第21267号

低薬量で優れた殺虫効果と  
後食防止効果を示し、  
松枯れを防止します。

**1,000倍使用で**  
**希釈性に優れ**  
**使いやすい**  
(水ベースの液剤タイプ)



製 造：住友化学株式会社

販 売：サンケイ化学株式会社 レインボー薬品株式会社

# 計画散布で雑草、竹類・ササ類を適切に防除しましょう!



題名  
放置竹林から里山を守る!

## 信頼のブランド

《竹類・ササ類なら》

### コロートS (粒剤)

農林水産省登録 第11912号

《開墾地・地ごしらえなら》

### コロートSL (水溶剤)

農林水産省登録 第12991号

※すぎ、ひのき、まつ、ぶなの  
地ごしらえ、又は下刈りの雑草防除  
でも使えます。

〈製造〉



株式会社  **Eisai Bio-Technology**   
〒103-0004 東京都中央区東日本橋1-1-5 COI東日本橋ビル  
TEL.03(5825)5522 FAX.03(5825)5501

〈販売〉



**丸善薬品産業株式会社**

SINCE 1895  
東京 東京都千代田区鍛冶町2-9-12(神田徳力ビル) ☎03-3256-5561  
大阪 大阪市中央区道修町2-4-7 ☎06-6206-5531  
福岡 福岡市博多区奈良屋町1-4-18 ☎092-281-6650  
札幌 札幌市中央区大通西8-2-38(ストーク大通ビル) ☎011-261-9024  
仙台 仙台市青葉区大町1-1-8(第3青葉ビル) ☎022-222-2790  
名古屋 名古屋市中区丸の内1-5-28(伊藤忠丸の内ビル) ☎052-209-5661

### 松くい虫防除／地上散布・空中散布・無人ヘリ散布剤

## エコワン3 フロアブル

〈チアクロプロド 3.0%〉

- ◆低薬量で高い効果が長期間持続します。
- ◆不快臭・刺激臭がないので、薬剤調製時や散布時に作業者や周辺住民に不快感を与えません。

### 松くい虫防除／樹幹注入剤

## ショットワン・グリーン 液剤

〈エマメクテン安息香酸塩 2.0%〉

- ◆確実な防除効果が長期間持続します。
- ◆有効成分は、強力な殺センチュウ活性を有しています。

## エスグリーン

〈酒石酸モランテル 20.0%〉

- ◆確実な防除効果が長期間持続します。
- ◆有効成分は、動物医薬(動物用駆虫剤)やマツノザイセンチュウ防除剤として長年の実績があります。

## マツガード

〈ミルベメクテン 2.0%〉

- ◆確実な防除効果が長期間持続します。
- ◆土壌放線菌から分離された有効成分を有し、環境にもやさしいです。

### 緑化樹害虫防除／樹幹注入剤

## アトラック 液剤

〈チアメキサム 4.0%〉

- ◆樹木の幹から注入して、ケムシ等の害虫を駆除できます。
- ◆薬剤が飛散する心配もなく、公園や住宅地でも安心して使用できます。



**井筒屋化学産業株式会社**

〒860-0072 熊本県熊本市西区花園1丁目11番30号  
TEL (096)352-8121 FAX (096)353-5083

多目的使用(空中散布・地上散布)が出来る

# スミパイン<sup>®</sup> 乳剤

樹幹注入剤 **グリーンガード<sup>®</sup>・エイト**  
**メガトップ<sup>®</sup> 液剤**

伐倒木用くん蒸処理剤

**キルパー<sup>®</sup>40**

マツノマダラカミキリ誘引剤

**マダラコール**

頼れる松枯れ防止用散布剤

**モリエード<sup>®</sup>SC**

スギノアカネトラカミキリ誘引剤

**アカネコール**

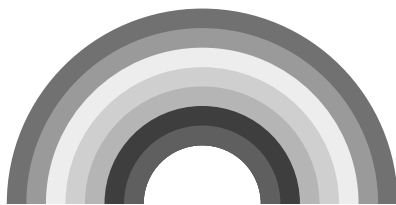


## サンケイ化学株式会社

<説明書進呈>

本社	〒891-0122	鹿児島市南浜2-1-109	TEL 099(23)6-6887
東京本社	〒110-0305	東京都台東区上野3-10-6-11 5F	TEL 03(38)45-7921
大阪営業所	〒532-0011	大阪市淀川区西成4-1-103-1 新業ビル	TEL 06(5)305-5871
九州営業所	〒811-0025	佐賀県鳥栖市南原町4-15-3	TEL 0942(2)1-3508

# 効率的な緑地管理に!



家庭園芸薬品、ゴルフ場・森林関連薬剤はレインボー薬品へご相談ください。



**SCC GROUP**  
住友化学 アゾケルブ



緑地管理の未来をひらく

**レインボー薬品株式会社**

東京都台東区上野 1-19-10

☎ 03(6740)7777 FAX 03(6740)7000

# 少薬量と殺センチュウ活性で 松をガード。

少薬量の注入で効果を発揮  
防除効果が6年間持続

60mlそのまま  
自然圧で注入

60ml(ノズルなし)・180ml  
加圧容器に移し替え、ガス加圧で注入。



自然圧注入用



移し替え専用



移し替え専用

有効成分のミルベメクチンは微生物由来の天然物で普通物<sup>\*</sup>  
「有機JAS」(有機農産物の日本農林規格 農林水産省)で使用が認められた成分です

※「毒物および劇物取締法」(厚生労働省)に基づく、特定毒物、毒物、劇物の指定を受けない物質を示す。

## 松枯れ防止樹幹注入剤

# マツガード<sup>®</sup>

農林水産省登録 第20403号

- 有効成分：ミルベメクチン…………… 2.0%
- 60mL×10×8      ○180mL×20×2
- 60mL×10×8(ノズルなし移し替え専用)      容量×入数

マツガードは三井化学アグロ(株)の登録商標です。



株式会社 **エムシー緑化**



三井化学  
グループ