

ISSN 0289-5285

林業と薬剤

No. 211 3. 2015

一般社団法人

林業薬剤協会



目 次

東北地方における近年の松くい虫被害拡大の実態と防除対策	中村 克典 1
森林病害虫雑話（その7） 松枯れ問題の新展開.....	小林富士雄 10
北米に侵入したアオナガタマムシ <i>Agrilus planipennis</i> の生態と防除.....	伊藤 賢介 14

● 表紙の写真 ●

秋田県立大学の炭焼き小屋

秋田県立大学がある秋田市夕日の松原の中に設置されている。

マツ林内で発生する松くい虫被害木の駆除に役立つばかりでなく、地元炭焼きボランティアの活動の拠点として大学と地元を結ぶ役割も果たしている。

平成 18 年（2006 年）11 月 16 日撮影

—中村克典氏提供—

東北地方における近年の松くい虫被害拡大の実態と防除対策

中村 克典*

1. はじめに

前世紀初頭に九州、中国地方に発生し、西南日本のアカマツ、クロマツ、リュウキュウマツ林を蹂躪した松くい虫（マツ材線虫病）の被害は1980年代になると高緯度、高標高の寒冷地へと分布を拡大し、近年は東北地方のみでも全国の被害量の2割を占めるまでになった（図-1）。報告される被害量や報道等で伝えられる情報、あるいは寒冷地のマツ枯れに特徴的な「年越し枯れ」なる言葉のもたらす薄気味悪い感触は、これらの地域で松くい虫が跳梁跋扈しているイメージをまき散らしているように思われる。実際に東北地方で松くい虫研究にあたっている筆者からすると、そのイメージは一部正しいが、一部事実と異なる。その背景として、西南日本では比較的単純明快な発生、拡大様相を見せる松くい虫被害が、東北地方の自然条件、社会条件の下で変容し、何かと複

雑なことになってしまっていて、伝わりにくい部分があるのかも知れない。本稿では、筆者が遭遇した東北地方の松くい虫被害と防除対策の実態について、そのような複雑な事情も含めてお伝えできればと思う。

なお、東北地方における松くい虫被害の拡大状況については、東北林業試験研究機関連絡協議会森林保全部会による詳細な追跡調査が取りまとめ報告^{1) 2)}されているので、参照されたい。

2. 各地の状況から

1) 宮城県・福島県

よく知られているように、東北地方で初めて確認された松くい虫被害は1975年、宮城県石巻市の港湾にほど近い大門崎でのものとされている。ただし、発見された被害木の周りに数年前の枯死木が確認されていたことから、実際の被害侵入はさらに数年前に遡るものと推定されている。翌年、

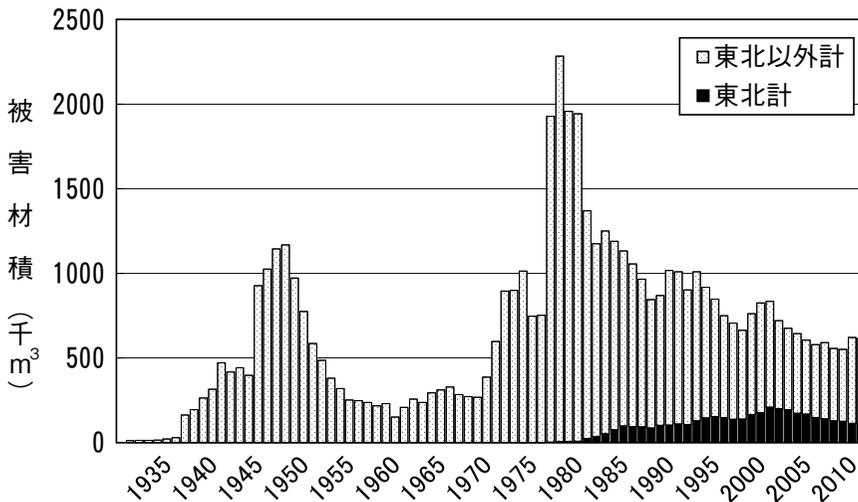


図-1 全国および東北地方における松くい虫被害量（私有林）の推移

* 森林総合研究所東北支所 NAKAMURA Katsunori

福島県郡山市の東北新幹線工事現場付近で松くい虫被害木が発見されたが、発見者の在原登志男氏（元 福島県林業研究センター）によれば、ここでも発見時点で枯死後数年たった枯れ木が確認されていたとのことである。結局のところ、松くい虫被害の東北地方侵入は、全国的に被害が爆発的に拡大しつつあった1970年代前半の、木材なり工事資材なりの移入に紛れた同時多発的なものだったと考えられる。被害木発見当初に実施されたはずの、被害発生箇所を中心とした徹底防除で被害拡大が阻止できなかった理由も、そう考えれば納得できる。

東北地方における被害初発地である石巻や郡山は、松くい虫研究者にとっては史跡のようなもので、実際にそれぞれの場所を訪れる機会を得た際の筆者にはかなりの高揚感があった。が、そこにあったのは、アカマツの混交する普通の広葉樹林であった。松くい虫東北侵入から約30年を経て、最も古い被害地にマツが残っている、という状況にはいささか拍子抜けした。しかし、東北各地を見て回るうちに、実はこれが東北の松くい虫被害のひとつの（すべてではない）形であると認識するに至った。東北地方では、松くい虫被害が発生しても、短期にマツ林が壊滅するような事態には至らず、相当数のマツを残して流行が収まる場合が、実はよくある。このため、例えば、被害が北上を続けている岩手県内陸部や秋田県日本海沿岸部で、被害先端地付近で激害が発生しているのに、かつて被害地だった県南では被害が沈静化しているというようなことが起こる。被害の沈静化がどのような条件下で、あるいはどのような仕組みで起こるのかを解明できれば、この地域での松くい虫対策をより効率よく、さらにうまくすれば環境低負荷なものにできるのではないかと考え、研究を続けている。

とは言うものの、やはり松くい虫侵入以降の歴史の長い両県では、もともとマツの少なかった田園地帯等を中心にマツ林がほぼ消失し、その結果

松くい虫被害もなくなったような場所もあるらしい。また、いったん流行の去ったマツ林に再び流行が巡ってきて大きな被害が発生しているような場所もある。このように、被害の推移の見通しを一概には論じられないところが東北地方の松くい虫被害の悩ましさである。

宮城県には日本三景の松島があり、松くい虫対策の重点地域となっている。ちなみに、松島のマツは基本的にアカマツで、「海辺はクロマツ」の固定観念に支配されていた筆者がこの状況になじむのにはかなり時間がかかった。松島の東に連なる海岸線、また南に広がる仙台平野の長大な砂浜海岸にはクロマツの海岸林が広がっていたが、2011年3月の東日本大震災津波で大きな被害を受けた（写真-1）。津波により、ほとんどのマツがなぎ倒されたり押し流されたりしたようなイメージがあるかもしれないが、実際には相当な数のマツが津波に耐えて残った。しかし、そのような残存マツの一部（特にアカマツ）で、被災数ヶ月後から塩害によると見られる衰弱・枯死が見られるようになった³⁾。本来松くい虫で枯れた訳でないこれらのマツにはマツノザイセンチュウが生息していないので、感染源にはならないと想定していたのだが、衰弱時期が夏にかかったマツには周辺からマツノダガラカミキリ成虫が飛来して産卵し、さらに産卵痕経由で感染したとみられるマ



写真-1 津波被害を受けた海岸クロマツ林
(2011年, 宮城県東松島市)

ツノザイセンチュウが繁殖した⁴⁾。したがって、これらのマツは被災翌年以降の感染源になってしまった可能性が高い。これに加えて、震災後の混乱の中で防除事業が十分には実施されなかったこともあり、この地域の松くい虫被害は拡大傾向にある。震災に関連する悪条件が重なる中であるが、復興の進展に合わせ、松くい虫被害対策が強化されることを願っている。

福島県内では、中通りの既被害地から猪苗代盆地などの高地で隔てられて1980年代まで被害のなかった会津地方で、2000年頃から松くい虫被害拡大が拡大し、その後予防散布ができなくなった地域もあったりして、被害が収まらない状況が続いている。会津の森林では、松くい虫被害に加えてナラ枯れ、カツラマルカイガラムシの被害もあり、病害虫的には踏んだり蹴つたりの様相である。隣接する猪苗代盆地でも松くい虫被害は継続的に発生するようになってきているが、高標高のため大規模な被害拡大には至っていない。猪苗代湖畔の美しいマツの風景が未来に引き継がれることを信じている。

2) 山形県

東北地方日本海沿岸では、卓越する冬の季節風への備えとして、海岸砂丘を覆うクロマツ海岸林が絶対的な存在意義をもっている。庄内砂丘のクロマツ林はその代表的なものであり、県、地元が一体となって重点的な松くい虫防除事業が展開されてきた。中でも特筆されることとして、広い庄内マツ林の各地でマツ林愛護のボランティア活動が立ち上げられ、活発な活動が維持されている点と、庄内マツ林で発生した松くい虫被害材がチップ化され、燃料や製紙に利用されている点があげられる。前者は、山形県庄内総合支庁の公益林整備担当者が県職員としては例外的に長期間在職し、防除事業にあたる一方で積極的に地元へ働きかけボランティア活動立ち上げに関わってきた実績によるもので、松くい虫防除という難事業を進

める上でのコーディネーターたる人材の重要性を如実に示す例である。後者は、高率な駆除と資源の有効利用を両立する実践であるが、現実にはコストの問題や、無理解な事業者が搬入した被害材を翌年のマツノマダラカミキリ成虫発生期以降まで放置する心配などがあって、実現を図ることはなかなか難しい。庄内地方では、公共建築物にペレットボイラーを積極的に導入するなど木質バイオマスの地産地消の取り組みが進められているという好条件もあり、庄内マツ林で発生した松くい虫被害材は酒田市のチップ工場に運ばれて、燃料用ペレットや製紙用チップとして利用されている。ただし、被害材を引き取ってもらうにあたっては県が立米あたり1,000円を支払う形をとっている。すべてを経済原理に委ねることなく政策の実現が図られている例と言えるだろう。

何の気なしに通り過ぎると普通に松くい虫被害の見られないマツ林に見える庄内海岸であるが、それを維持するには全然普通ではない尽力や工夫が注ぎ込まれているのである。

3) 秋田県

秋田県では1999年～2000年の2年続きの高温少雨により県中北部の海岸クロマツ林で松くい虫被害が激化したと言う。筆者が東北支所に赴任した2005年頃には秋田市南部のクロマツ林で全滅に近い激しい枯損被害が見られ(写真-2)、男鹿半島あたりではすでに被害のピークは去って無残な白骨林が広がっていた。「酷い被害だよ」と聞いてはいたものの、寒冷な東北だからとタカをくくっていた筆者には認めたくない現実だった。それでも、暖流の影響で秋田の夏はそれなりに暑く、しかも主な被害地は感受性の高いクロマツの林だから、と自分を納得させようとしていたのだが、その後、岩手内陸のアカマツ林で同様の悲惨な激害を目の当たりにすることになり、「東北でも西日本に匹敵する激害が発生する(場合がある)」と認めざるを得なくなった。



写真-2 秋田市下浜地区のクロマツ林に発生した激しい松くい虫被害 (2005年)

職場の大先輩である小林一三氏が教授を勤めておられたことがご縁で、秋田県立大学の方々と年越し枯れの発生経過やそれらの木へのマツノマダラカミキリの加害について研究する機会を得て、その後数年にわたり、県立大の周囲を取り囲むクロマツ林（夕日の松原と名付けられている）に足繁く通うことになった。その過程で明確に認識できるようになったことが2つある。

ひとつは、「年越し枯れ」の実態は「時間差枯れ」であり、「当年枯れ」と呼ばれるタイミング以降の様々な時期に発症した被害木がごちゃ混ぜになったものだ、ということである。同じく年越し枯れとされる木でも、マツノザイセンチュウ感染後、発症が翌年春ならマツノマダラカミキリの産卵対象とはならないが、夏まで長引けば当年枯れ同様産卵対象となり、さらにそれ以降に枯れるものもある。また、部分枯れから全身枯れへと時間差をもって広がる場合もある。そのような訳で、年越し枯れが発生するようなマツ林では、目の前の被害木がいつマツノザイセンチュウに感染したものなのかを特定することは難しい。あるいは、ある年に徹底駆除をしても、それ以前から感染していたマツが枯れることもあるため、防除の効果が目に見えにくい。ただし、伐倒駆除に際してマツノマダラカミキリの入った被害木を優先的に駆除しようとするなら、重要なはその木が成

虫活動時期に衰弱していたかどうかだけであり、それが年を越していようがいまいが問題にはならない。

もうひとつは、寒冷地の松くい虫被害木に生息、ないしそこから発生するマツノマダラカミキリの絶対数は少ない、ということである。年越し枯れ木を含むマツ林内で手当たり次第に枯れマツの樹皮を剥いで回っても、マツノマダラカミキリに遭遇する頻度は高くない。上述の通り、カミキリが生息するのは成虫活動時期に弱ったマツに限られるからである。また、びっしり産卵された木でも発育する虫は一年一化のもの（翌年成虫発生）と二年一化のもの（翌々年成虫発生、ただし長い材内滞在期間中に死亡するものも多い）に分かれるためか、発生する成虫数はがっかりするほど少ない。防除の観点からすれば、駆除対象のマツノマダラカミキリが少ないに越したことはない。年越し枯れは、松くい虫被害をわかりにくいものにするが、防除という面ではむしろ有利な条件と捉えられるべきものである。

年越し枯れ木の多くにマツノマダラカミキリが入っていない事に気づいていた小林氏は、カミキリが生息する可能性の低い枯れ木をあえて駆除対象から外すことで防除の効率化を図ることを提案した⁵⁾。「秋田方式」と名付けられたこの防除法では、面積あたりの駆除本数を減らすことができるので、結果的に同じ予算で広い面積を防除対象とすることができるという利点もある。ただし、防除対象から外された木に、人の目では探すことの難しい少数のマツノマダラカミキリが生息して駆除されずに残る可能性があり、提案者である小林氏もこの方法は「微害維持のためのもの」と言明している。省力化、効率化は魅力的だが、徹底駆除が要求される場面ではこの方法は採用されるべきではない。

さらに、秋田県立大でのユニークな取り組みとして地元ボランティアとの炭焼き活動がある⁶⁾。夕日の松原内には県立大が設営、維持している炭

焼き窯があり、林内の松くい虫被害木はボラソニアによりここに運ばれ、炭化される。被害材を伐倒駆除しつつ炭として有効利用し、さらに地元住民のマツ林や大学に対する愛着も増進されるという、よいことづくめの取り組みになっている。

秋田の海岸林ではクロマツの下層にカシワが生えていることが多く、これも東北未体験だった筆者には見慣れない光景であった。しかし、カシワはこの地方の海岸林で極相を構成する樹種であり、実際に東北の日本海沿岸をうろついていると海岸前線部にカシワの純林が広がっているような場所をよく目にする（写真－3）。ならば、海岸林はカシワで仕立てればよいか、ということになるが、カシワの苗木はクロマツほど活着がよくなく、成長も遅く、樹高もあまり高くはならないので話は簡単ではない。この地方の海岸林にはカシワの他にもケヤキ、エゾイタヤ、シナノキなどの樹種がよく見られ、秋田県では早くからこれらの広葉樹を海岸林に導入する試験に取り組んできた⁷⁾。ところが、30年以上かけて立派に育ってきた広葉樹に最近カツラマルカイガラムシの激害が発生し、研究担当者を悲しませている。

4) 岩手県

岩手県に松くい虫被害が侵入したのは1979年のことで、その時点で北上盆地の幹線道路沿いに盛



写真－3 カシワの海岸林（青森県つがる市）

岡市以北にまで点在する被害木が確認されたと言う。だが、直後の防除対策が功を奏して翌年の被害発生は県南の一関市で見られるのみとなった。そこから改めて分布拡大をはじめた松くい虫に対し、岩手県では1996年に被害地を取り囲む幅約2 kmの「防除監視帯」を設定し、人員を配置して監視を強化するとともにここで発生する被害木を徹底駆除することで、被害拡大の抑止にあたってきた。岩手県ではこの他にも、夏期のマツ林伐採でマツノマダラカミキリが誘引されることを防止するための「アカマツ林伐採施業指針」を策定したり、被害先端地でマツノマダラカミキリの繁殖源を一掃する「山そうじ」と呼ばれる施業を奨励したりと、先進的な松くい虫対策を繰り広げてきた。結果だけを見れば、これらの取り組みにも関わらず被害分布拡大を止めることはできていないのだが、被害拡大に対処する強力なツールである予防散布をほとんど導入できない状況下で（岩手県内で予防散布は観光地等の極めて限定された地域でしか実施されていない）30年以上にわたり被害前線を域内にとどめてきた実績は高く評価されてしかるべきである。

岩手県内陸部では、盛岡市に隣接する紫波町が2000年より9年の長きにわたって松くい虫被害の北限となっていた。その紫波町内のアカマツ林で2010年頃からすさまじい激害が発生し（写真－4）、これと前後して2009年盛岡市、2013年滝沢村、雫石町、2014年八幡平市、岩手町と被害が拡大し、分布北限が次々と更新される事態となっている。なお、2013年には盛岡市から50km北方の九戸村で松くい虫被害木が確認され駆除されているが、さすがにこれは人為的な要因によるものであろうと考えられている。

近年の急激な被害拡大をもたらした紫波町での激害発生に至る不幸な事件の流れを、岩手県林業技術センターにおられた小澤洋一氏が上手に説明している。ことの発端は2005年冬の豪雪で、紫波町一帯には大量のアカマツ雪害木が発生した。到

底処理しきれなかったこれらの雪害木に、2006年夏マツノマダラカミキリが産卵し、翌年羽化脱出する。雪害木では、ポッキリ折れた幹の梢端側は劣化が早くてマツノマダラカミキリの産卵対象とはならないが、折損木の根元側や根の残った倒伏木は加害されることを筆者も確認している。雪害木からマツノマダラカミキリ成虫が脱出した2007年夏に、紫波町のアカマツ林ではマツカレハ幼虫の大発生があり、食葉されて衰弱したマツが引き続きマツノマダラカミキリに繁殖の場を提供したらしい。こうしてマツノマダラカミキリの密度が十分に高まっていたところ、2010年～2012年の3年続きの猛暑年に見舞われて、歯止めのきかない松くい虫被害に至った、と言うのである。さらに言えば、2011年の東日本大震災による防除事業の停滞もこの事態に影響しているかも知れない。3月11日の地震発生時、盛岡市周辺市町の松くい虫対策担当者が集まって地域連携での防除対策を話し合う会議が行われており、筆者も同席していた。避難した屋外で、長く続いた揺れが収まった頃に誰かが言い放った「これは松くい虫やってる場合じゃないな」という言葉が、妙に鮮明な記憶として残っている。

近年の松くい虫被害拡大に対応すべく、岩手県では2012年以降、被害北限地域に航空写真を活用した被害木探査を導入した。赤外線写真(写真-5)の併用や写真画像のデジタルオルソ化により、地上探査とは比べものにならない精度で、ヘリ探査より格段に自由度が高い被害木探査ができ、しかも写真上で探した被害木の位置(緯度、経度)まで特定できるという先進的な手法である⁸⁾。初年度に、当時被害先端に近いと考えられていた盛岡市南部の丘陵地を撮影したところ、地上調査で数十本の被害しか報告されていなかった区域で数百本の被害木らしき樹冠が確認されて驚愕した(ただしこの中には、雪害木や駆除対象にならない古い被害木も含まれる)。地形の複雑な場所での地上調査の限界を思い知らされるとも



写真-4 岩手県紫波町のアカマツ林で発生した激しい松くい虫被害 (2011年)

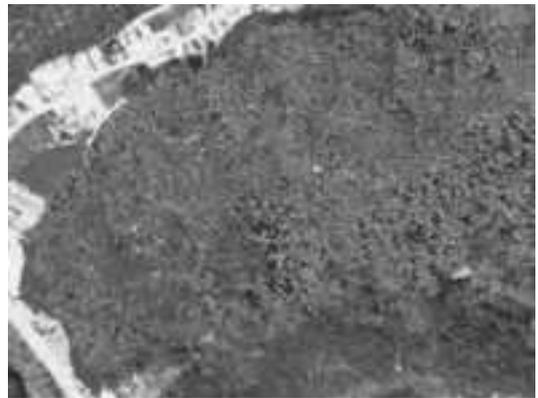


写真-5 盛岡市近郊アカマツ林の赤外線航空写真 (2014年10月撮影, 岩手県森林整備課提供) 白黒写真で枯死木が白く目立つように色調を補正してある。

に、この精度の被害木探査をもとに行われてきた伐倒駆除で日本の松くい虫被害が収まらなかったのはむしろやむを得ないことだったと実感した。航空写真が暴き出した真の被害木分布に基づき、高度な防除が展開されて被害分布北限が押し下げられることを期待している。

松くい虫被害拡大の先端地域では、最先端の被害から徹底駆除の輪を縮めてゆく形で防除をすすめてゆくののが順当な方針であると言える。しかし、現在の盛岡市周辺のように、既被害地で激害が発生し、そこから発生する莫大な数のマツノマダラカミキリ成虫が周囲に飛散して被害を拡散し

ているような状況を考えると、カミキリの供給源である激害地をそのままにして最先端部の防除を続けるだけではたちごっこになりかねない。限られた防除予算の中で、最先端部での徹底駆除と両立できる激害地での駆除対策、あるいは成虫拡散抑制策がないものかと思案している。松くい虫対策のことだけを考えるなら、成虫の発生数を実質的に減少させ、飛翔行動も抑制してくれる「寒さの夏」に期待してしまう気持ちもあるが、それこそ虫がよすぎるといふものかも知れない。

内陸に比べ夏の気温の低い三陸沿岸では、被害分布北限はやや緯度の下がった大船渡市（旧三陸町）にある。この地域で松くい虫対策の焦点であった高田松原は、震災津波で消失してしまった。とは言え、この地域に広く分布しているアカマツ林で、震災以降松くい虫被害は拡大傾向にある。そこで県と近隣市町は連携して、地域全体としての被害拡大防止や、復興工事に伴うマツ林伐採などの松くい虫被害拡大リスクへの対応に取り組んでいる。

5) 青森県

2008年以降、青森県下での松くい虫被害発生に関する情報が何度も流れ、ややもすると「青森県はすでに被害地」という印象をもたれがちである。しかし、県内でこれまでに発生した松くい虫被害木はすべて着実に処分され、その後の継続的な被害発生もないことから、青森県は現時点で基本的に未侵入（過去に侵入はあったが、排除した）状態にある。

青森県で最初の松くい虫被害の報告は2008年9月、津軽半島の外ヶ浜町に植栽されていたクロマツ苗木でのものであった。苗木は関東地方で生産されたもので、生産地でマツノザイセンチュウに感染した状態で8月に青森に持ち込まれ、植栽されていた。したがって、これは青森県内で発生した松くい虫被害ではない。これらのクロマツは全て根こそぎ排除され、直ちに焼却されて、植栽木

は県内産のクロマツで置き換えられた。2010年1月には、外ヶ浜町から20km南に離れた蓬田村で1本のクロマツ枯死木が発見され、マツノザイセンチュウが検出された。この被害木は樹齢70年の巨木で（写真－6）、外ヶ浜の例とは異なり、この地で自然感染したものとは考えられない。しかし、周辺に感染源となるような被害地や移入された被害材などはまったくない。そうすると、このクロマツを枯らしたマツノザイセンチュウは車や列車などの交通機関に乗って機会的に運び込まれたマツノマダラカミキリ成虫から伝播された、というように理解するしかない。青森県では、松くい虫被害侵入への警戒の一環として県内各地に誘引捕獲器を設置してマツノマダラカミキリのモニタリング調査を実施しており、それまでも交通の要衝である弘前市（2006年）や野辺地町（2007年）で成虫が捕獲された記録があった。このことを考えると、蓬田にマツノマダラカミキリ成虫がやってきて悪さをしたという想定も、あながちあり得ないとは言えない。被害木および近傍に生育していた3本のクロマツ・アカマツは3月までに伐採、焼却され、その後3年にわたる調査により周辺マツ林での新たな被害木の発生は確認されなかったことから、蓬田村の松くい虫被害は終息したと断定できる。

津軽半島での突発的な松くい虫被害発生の以前



写真－6 青森県蓬田村で発見されたクロマツ被害木の伐倒処理（2010年）



写真-7 青森県深浦町に設置された「防除帯」伐倒丸太を被覆していた生分解性シートが破損しつつある。

から、松くい虫侵入の危険性が最も高いと考えられていたのが、隣接する秋田県の被害分布北限に近い県西南部の深浦町（旧岩崎村）である。上述の県内マツノマダラカミキリモニタリング調査でも、この地域では1999年以降毎年成虫が捕獲されていた。一方、筆者らは2007年～2011年に行ったプロジェクト研究の中で⁹⁾、この地域を含む青森県内にマツノマダラカミキリが定着している可能性は非常に低く、また2009年に当地で捕獲されたマツノマダラカミキリ成虫についてDNA分析により秋田県産個体群に由来する可能性が高いことを示した。これらのことから、深浦町で誘引捕獲されるマツノマダラカミキリ成虫は秋田県側の被害地から飛来しているものと考えてよい。

2006年7月、県境から秋田県側に250mの地点で松くい虫被害木の発生が確認された。一気に危機感を高めた青森県では、県境から6kmを「特別予防監視区域」と定め、さらにその南北両端の2kmの区間（ただし、南端1kmは秋田県内）について、秋田県、国有林の協力を得てマツ生立木を伐採除去する「防除帯」を設定し（写真-7）、マツノマダラカミキリ成虫の移動経路の遮断を試みた。この画期的な取り組みにより、モニタリング調査による成虫捕獲数は一時激減し、防除帯は順調に機能していると考えられた。しか

し、隣接する秋田県八峰町での松くい虫被害が激化するにつれ、捕獲数は再度増加している。そして、2011年9月、特別予防監視区域内（2つの防除帯の間）のクロマツ林で発見された2本の枯死木からマツノザイセンチュウが検出された。松くい虫はついに、秋田県から青森県への侵入を果たしたのである。これらの木は伐倒くん蒸処分され、翌年の被害発生はなかったものの、2013年には前と同じ林分内で3本の松くい虫被害木が発生し処分されている。松くい虫の再侵入を防ぐ青森県の戦いは続いている。

2kmの防除帯でマツノマダラカミキリ成虫の移動を抑制することはできたとしても、完全に阻止することはできない。県境を越えたマツノマダラカミキリ成虫の飛来がある限り、この地域での被害発生の危険はなくなり、さらには侵入した成虫が次世代を残してマツノマダラカミキリが定着するおそれもある。青森県ではヘリコプターによる探査も含む強力な監視体制を維持して被害の早期発見に努めるとともに、域内のマツ林でマツノマダラカミキリの産卵場所になり得る被圧、衰弱木を除去する衛生伐を徹底し、マツノマダラカミキリの定着阻止を図っている。この取り組みをさらに進めるなら、マツノマダラカミキリの供給源である秋田県側の激害地の駆除の強化、あるいは成虫拡散抑制が必要となるだろう。青森県への侵入を防ぐには秋田県での防除が必要というのは論理的な帰結であり、県境を越えた協働が望まれるところである。

3. 東北地方で松くい虫被害と対峙する

東北地方の松くい虫被害を筆者なりに一言でまとめると、「とんでもない激害が起こることもあるが、何かの加減で被害が収まってしまいうこともあって、複雑（なので研究のしがいがある）」ということになる。ここで、「何かの加減」の大きな部分を占めるのは、間違いなく気温であろう。特に夏の気温動向は、当年枯れ／年越し枯

れの比率やマツノマダラカミキリ成虫の産卵期間、二年一化虫の割合などの変数を介して被害量の変動に影響しているに違いない。被害量を気象条件で説明しようとする試みはこれまでも多くの研究者によって取り組まれてきたが、国、県、市町村レベルでの被害量や分布拡大に関する統計と気象条件の相関を探ってもうまくいかないことが多い。しかし、林分あるいはマツ個体群の単位での被害量ならば上記のような生物学的な過程がダイレクトに反映されるはずで、気温の効果が明確に表れる可能性がある。研究を続けて、東北の松くい虫被害のわかりにくさを解きほぐしてゆけばと考えている。

東北に来るまでの筆者に、雪害やマツカレハ被害と松くい虫被害拡大との関係を考える機会はなかったが、九州で台風被害を受けた海岸クロマツ林で松くい虫被害が激化した例には遭遇したことがある。また、直接松くい虫には関係しないと考えていた津波によるマツの衰弱・枯死が結局松くい虫被害拡大に働いているらしい状況は目の当たりにした。このような、本来松くい虫とは無関係な要因によるマツの衰弱・枯死から松くい虫被害が広がる様を、長野県林業総合センターの岡田充弘氏は「弱り目にたたり目効果」と呼んだ。寒さのためマツノマダラカミキリの増殖が抑制されている東北地方では、彼らの増殖に有利となる「弱り目」が、「たたり目」の松くい虫被害激化に結びつきやすいのかも知れない。気象イベントや食葉害虫等による生物被害を制御することは難しいが、少なくとも被害激化を警戒するための目印として使うことはできるだろう。

東北地方の松くい虫被害を論じる際に「年越し枯れが発生するので防除が困難」というフレーズがよく使われるが、筆者はこの考え方には賛同しない。年越し枯れをもたらす寒さこそ、東北地方で松くい虫と対峙する際の最大の強みである。寒さをうまく利用して拡大を続ける松くい虫被害に反転攻勢をかけてゆくべきであり、筆者は研究の

立場からこれを支援してゆきたい。

本稿をまとめるにあたり、岩手県森林整備課の小澤洋一氏、福島県林業研究センターの蛭田利秀氏、山形県森林研究研修センターの齊藤正一氏より情報の確認をとらせていただいた。記して謝意を表する。

引用文献

- 1) 東北林業試験研究機関連絡協議会保全部会 (2008) 東北地方におけるマツ材線虫病とマツノマダラカミキリの分布変遷. 森林総合研究所研究報告17 (3): 139-158.
- 2) 東北林業試験研究機関連絡協議会保全部会 (2014) 東北地方におけるマツ材線虫病とマツノマダラカミキリの分布変遷: 2007年度~2011年度の分布変遷. 森林総合研究所研究報告13 (4): 335-343.
- 3) 中村克典・小谷英司・小野賢二 (2012) 津波被害を受けた海岸林における樹木の衰弱・枯死. 森林科学66: 7-12.
- 4) 相川拓也・中村克典・市原優・前原紀敏・水田展洋 (2013) 同一マツ枯死木から脱出したマツノマダラカミキリ成虫が保持するマツノザイセンチュウ数の変異: 津波被害によって発生した枯死木の事例. 森林防疫62 (4): 130-134.
- 5) 小林一三 (2004) 松くい虫被害の研究および対策の今昔物語 (2) 冷涼な地に適した防除システムの構築に向けて. 林業と薬剤171: 7-10.
- 6) 星崎和彦・佐野さやか・桜庭秀喜・田淵範子・吉田麻美・及川夕子・蒔田明史・小林一三 (2005) 被害木の炭化によるマツ材線虫病の防除: 媒介昆虫抑制のための戦略と秋田の海岸マツ林における取り組み. 東北森林科学会誌10 (2): 82-89.
- 7) 秋田県林業技術センター (2000) 秋田県における広葉樹造林: 樹種選定と育林技術. 秋田県林業技術センター, 86p.
- 8) 森林総合研究所 (2010) <http://www.ffpri.affrc.go.jp/research/project/matsukuumushi.html>
- 9) 中村克典 (2011) 北限未侵入地域でのマツ材線虫病対策を考える: 公開シンポジウム「未侵入地域での効果的な松くい虫予防対策に向けて」より. 森林防疫60 (6): 223-229.

森林病虫害雑話（その7）

松枯れ問題の新展開

小林富士雄*

1960年前後から関西地域の林業試験場所ではスギヒノキの材質を劣化させる穿孔性害虫の共同研究が生まれ、国立林試関西支場の一員として私もこれに関わった（本誌No.207）。次いで1965年前後からは本支場を通じて松くい虫研究に力を入れることになり、それまで見聞する程度だった松枯れ研究にも加わり（本誌No.208, 209）、これを契機にその後の森林防疫行政にまで片足を踏み入れることになる。

松枯れ対策研究の新展開

松枯れについて真因不明のため長いあいだ漠然とした対応をせざるを得なかった行政は、マツノザイセンチュウ発見を機に「松くい虫防除特別措置法」（1977-1982）に基づく新しい防除体制に踏みきった。大規模な空中散布を伴うこの法律が、少なくない反対論にも拘わらず「比較的容易に」国会審議を通過したのは、今になって考えると不思議な感じもするが、これには森林総研研究者による材線虫発見という新事実に加え、これを効果的に解説した伊藤一雄保護部長の活躍に負うところが大きい。伊藤氏は上記法案に先立つ自著「松くい虫の謎を解く」の発行に加え、衆議院農林水産委員会での明快な参考人陳述によって法案成立の準主役を担った（本誌No.209参照）。

材線虫の発見は世界に誇れる成果である。しかしこの成果を待ち望んでいた現場の要望に応えるためには、解決すべき課題は山積みであった。研究上の課題としては、材線虫の樹体内侵入から枯

損に至るまでのメカニズムの解明があり、防除事業実行面では森林での薬剤散布に伴う環境影響があった。（これに遅れて材線虫抵抗性育種事業が課題化されるが、本稿では触れない）。

前者は別として、後者は新事業の柱である薬剤散布の実施にとって直ちに対応を迫られる課題である。新発見に基づく新事業を始めるにはこれに伴って解決すべき課題が生ずることは、森林林業分野も例外ではなく、研究の進め方も、広い戦略的思考が必要な時代になったと実感させられた。

十数年にわたる関西支場勤務のあと、1973年、当時目黒にあった本場保護部に転勤した。肩書きは昆虫研究室長であるが、主要な任務は数年後に迫る筑波建設移転の準備室兼務であった。

保護部以外は知り合いも少ないなかで、初対面の先輩方に混じり、知り合いを頼りに2、3年を過ごすうち、森林防疫史上では初めての特別措置法というべき「松くい虫防除特別措置法」（第一次特措法）（1977-1982）の法案が国会で議論され始めた。これには直接かかわらないで過ごしたが、本場の昆虫研究室長、これに続く昆虫研究科長という職責を担ってからは、法案の話題から無縁でいる訳にはいかなくなる。

この特措法の目玉というべき航空散布は、これが実施された二年目から更に散布事業の規模を拡大し実効を挙げながらも、広大な被害地全体を空散でカバーするにはほど遠く、一方では、他生物に対するマイナスの影響が各種メディアを通じて強調されて報じられようになった。

この法律が施行された時期は、マツノザイセンチュウの強力な病原性が証明された1970年から数

*元農林水産省森林総合研究所
現大日本山学会名誉会長

KOBAYASHI Fujio

えると正味7年たっており、この年数は常識的には、新法律の準備に十分な時間と言えるかもしれない。しかし森林に大規模な薬剤空中散布を導入するにあたって、環境生物への影響など、必要な調査資料を準備するためには時間不足であった。

遅まきながら環境生物への影響という問題に研究者として対応することになったのは、本特別措置法成立直前ごろである。同様の問題は農業研究についてもほぼ同時期に生じ、農林水産技術会議が力を注いで始まった総合研究プロジェクト「害虫の総合防除」(1977-81)は、農林業における殺虫剤の環境影響と、殺虫剤によらない代替技術の開発利用という二つの異質な研究目標を掲げスタートした。本場への赴任間もない私はこの特別研究のサブリーダー（リーダーは農研の岩田俊一氏）の役割を引き受けることになった。

農業によらない森林害虫対策については、本場（片桐）、北海道（山口）、九州（森本）（括弧内は代表研究者）など既に研究蓄積あったベテラン研究者の成果によって、農業とちがう森林害虫防除の考え方を示すことができた。

一方、薬剤散布が森林の環境生物に与える影響については、特別措置法成立に合わせた国有林野特別会計予算によって、岡崎、豊橋の国有林で調査に着手した。これを受けて上記特別研究の予算を主体に、ほぼ同時期に再スタートした国有林野事業技術開発試験「林業薬剤の環境に及ぼす影響と合理的使用法」(1982-87)の予算などを総動員することにし、それまで私にはあまり馴染みなかった関東平野の山林での試験地探しから始めた。

探索の末、主たる試験地は筑波近郊のほか、千葉^{やちまた}県八街の私有林を選び、主として鳥獣（高野、土方、関）、昆虫（山崎、楨原）、薬剤（田畑）などの研究者と長期間同宿し、薬剤散布前後の鳥類の動向や、散布後直後地上に落下する無脊椎動物・昆虫類のカウントなど、正に「地を這う」作業を繰り返し、これに加え薬剤の野生鳥類への生理的影響を給餌実験等によって調査した。支場で

も九州（竹谷、倉永）に加勢してもらった。それらの成果報文は行政による松枯れ防除事業に活用された。

松くい虫被害対策特別措置法(1982-1986)へ

本誌前々報（No.209）で述べた「松くい虫防除特別措置法」による事業が進められるとともに、農林省・環境省ほか松枯れに関わる行政官庁と接触する機会が増えた。これがとくに多くなったのは、1976年、小田久五氏の後任として林試昆虫科長になってからである。

1979年、北海道営林局長の秋山智英氏が林野庁長官として赴任し、着任間もなく、特別措置法に関わる話をしたい旨の電話があった。氏と同郷である点は別として、当然の行政。対応として覚悟のうえ参上すると、新法案の内容ではなく、松枯れ研究が到達した最新知識情報を聞きたいといっているので、その場（グリーン会館）での泊まり込み覚悟でレクを開始した。

レクに備え多少の話題を準備してみたが、その程度の知識を長官はほぼ承知しており、そのうえ（長官は）頻繁にかかってくる電話の対応に追われ、私のレクもコマ切れ続きで一向に進まず、最終的には不十分なものに終わった。

初回の特別措置法が短時間に準備されたことに鑑み、次回法案は慎重に準備されたようである。林野庁はその第一段階として1979年12月、「松くい虫防除制度庁内検討会」によって現地検討や庁内討議を繰り返した。この素案を基本に学識経験者、森林所有者、地方行政経験者をメンバーとする「松くい虫防除問題検討会」が発足し、翌年11月以降現地を含め合計7回に及ぶ検討会が集中的に行われた。そのメンバーはいま見ても一流の論客揃いである（第1表、文献参照）。この検討結果は同上報告書として取りまとめられ「松くい虫」第二回法案作成の骨子として活用された。

その骨子は、前回法案の名称「松くい虫防除特別措置法」から今回「松くい虫被害対策特別措置

法」と変更されているように、前回の法律が国の命令による航空防除を中心とするやや画一的な面が強かった点に省みて、地域の被害実態に応じて被害木の破碎利用や樹種転換を含む多様な防除戦略が強調された点である。

この特別措置法の主要な改正点を要約すると(1) 枯損木を伐倒焼却・チップ化する「特別伐倒駆除」によって資源の有効利用をはかること、(2) 樹種転換または抵抗性松への転換を促進すること、(3) 国の基本方針に沿って作られた都道府県実施計画に加え、新たに市町村による「地区実施計画」を作成することの三点である。薬剤空散は防除戦略のなかの一手法として含まれているが、これを柱とした第一次の立法趣旨にくらべると、方向転換とでも表現できる思い切った変更である(関係予算を含む詳細は文献②参照)。

なお、この措置法が打ち出した「多様な戦略」と「地域の実態」を強調する方向は、第3回、第4回とも上記特別措置法の「一部改正」という名称で引き継がれ強化され、1997年の本法律の失効に至るまでの間に、被害先端地域や地域判断の重視など、国から地方自治体への権限移譲の方向が進められ、森林行政の基本法の一つである「森林病虫害等防除法」の一部改正による現行の体制になったものである。

新特別措置法の法案審議に先立って、3月10日に衆議院農林水産委員会の現地見学が行われることになり、その視察見学先としては茨城県内の被害地のほか森林総研と決まり、後者の受け入れ先として私は東京に出向いた。大勢の議員を乗せた大型バスの最前列に座っていると、流石に専門委員会メンバーだけに材線虫という用語が頻りに耳に入る。私の後席には同政党らしい二人の議員が座り、お互いの意見交換のあと、材線虫説は「どうも本当らしい」というひそひそ声が聞こえる。そのあと会議室で説明者として現れた私に気づいた議員もいたようであった。

現地検討会における質問の内容は予想以上に濃

く、なかでは共産党の女性議員による大気汚染に関わる質疑が鋭かったことが記憶に残っている。しかしなんとといっても、議員がたの理解を得るのに効果あったのは、会議に続いて案内した材線虫の実物展示であった。検討会一行はそのあと筑波山麓一帯の被害地視察に赴いた。

議会での法案審議が始まると、担当課からは今夜の審議が山だからと要請されて庁内に泊り込むという体験もした。さらに衆議院の委員会への出席依頼があり、これには頭を抱えた末、松井場長に相談したところ「出席してやれよ」という一言。そのお蔭で研究者としては貴重な経験をすることができた。私自身は政府委員席に座るだけに終わったが、議員夫々が扱ってたつ立場の違いから出される種々雑多な質問のなかには予想外なものもあり、私にとっては貴重な体験であった。質問のなかで圧倒的に多い技術的問題には秋山氏はほとんど一人で応答しており、行政官庁における技官長官の立場がよく理解できた。

国会審議での問題点は、短期間の被害低減を目的に掲げた先回の法律が所期の目的を果たすどころか却って増えている点、更には被害地が東北にまで拡大したということなどであり、前法成立時より客観情勢は厳しい状況にあったといえる。当委員会は傍聴を含め複数回出てみたが、質問も回答も含め厳しいだけではなく、なかには笑いを誘う場面などもあり、いずれも公務員研究者として得難い貴重な体験であった。

本国会の審議を通じて松枯れは侵入病害であることが議員諸氏にもほぼ理解が得られ、松枯れは他の森林病虫害とは異質にして容易ならざる問題という認識が議員の間に浸透したように思われる。

『松が枯れていく』

以上述べた松くい虫被害対策特別措置法が国会に提出される2、3年前、小田久五氏の後を継いだ昆虫科長という職務にもようやく慣れ時間にも余裕ができた頃、第1プランニングセンター社長

の森田稲子史から松枯れに関する出版の相談が持ち込まれた。前々報に触れた伊藤著『松くい虫の謎を解く』(1975)以降の新情報をまとめて本にできないかという内容である。流行状態にある今の松枯れを止めることは容易でないことを説明すると、その内容を書いてくれと尚も粘られ重い宿題を背負うことになった。

この宿題を当時身近だった片桐、山根、真宮、宮崎、藤森の各氏に漏らすと、みんな揃って協力を惜しまないという。しかし研究者だけによるこの出版は、新法律のもとで積極的に動き出している現行の防除行政の批判とも受け取られかねない恐れが十分にあった。こんな危惧感は今でこそ想定し難いが、当時そのような空気は普通であった。決めかねた末、松井場長に相談した結果、松枯問題研究会編とし、序文まで執筆して頂いた。私が本書で強調したかったのは、侵入病害と判明した時点の松枯れ対策としては、個々の戦術より全国を俯瞰した戦略的思考が必要であるという一点である。

このような経緯で生まれた『松が枯れてゆく』(1981)(引用文献1))は広く読まれ、森林関係

書としては珍しく1万部近く版を重ね、表紙が鮮やかな黄色のため「黄色本」と愛称された(第1図)。前記した松くい虫被害対策特別措置法の法案審議の際、ある議員がこの黄色本を高々と掲げ「これを読んでいるか」と迫る場面もあったが、結果的には難なく終わった。行政特有の表現と少なからず違いはあるものの、本書が意図した内容が新立法の意図した方向と基本的には一致していたからである。これは大学と異なる行政研究機関の在り方に思い当たった貴重な体験である。

引用文献

- 1) 松枯れ問題研究会編(1981):『松が枯れてゆく』251pp, 発行;第一プランニングセンター, 発売;山と溪谷社。
- 2) 小林富士雄(1982):松くい虫被害対策特別措置法をめぐって「山林」42-49, 1982年9月号。
- 3) 農林水産技術会議事務局(1985):林地の環境生物に及ぼす影響,「有機合成(有機リン)殺虫剤の環境生物に及ぼす影響と代替技術としての害虫誘引物質の開発利用に関する研究」13-26, 農林水産技術会議事務局。



第1図 『松が枯れてゆく』表紙

表1 「松くい虫問題検討会」委員

山内 正敏 (前福岡県林業試験場長)	見里 朝正 (理化学研究所主任研究員・日本農薬学会会長)	前田 豪一 (兵庫県農林水産部長)	沼田 眞 (千葉大学理学部教授・自然保護協会理事長)	西口 親雄 (東北大学農学部助教)	手東平三郎 (林政総合調査研究所理事長・座長)	陣内 巖 (筑波大学農林学系教授)	大谷 健 (朝日新聞編集委員)	大井 道夫 (国民休暇村協合理事)	伊勢 久信 (大分県国東町長)	石倉 秀次 (残留農薬研究所理事長)	菅田 卓三 (岡山県森林組合連合会会長)
-----------------------	---------------------------------	----------------------	-------------------------------	----------------------	----------------------------	----------------------	--------------------	----------------------	--------------------	-----------------------	-------------------------

北米に侵入したアオナガタムシ *Agrilus planipennis* の生態と防除

伊藤 賢介*

1. はじめに

交通手段の進歩や経済のグローバル化により、人や物資の移動が世界規模で著しく活発になっている。それに伴い、さまざまな生物種が、意図的あるいは意図されずに、それまで生息していなかった地域に導入されており、そこで定着に成功したものも多い。中には、原産地では見られないほどの爆発的な個体数増加と分布拡大を起し、農林業などに大きな経済的損害をもたらしているだけでなく生態系や生物多様性にも深刻な影響を及ぼしているものもある (Boyd et al. 2013 ; Roy et al. 2014)。

アメリカ合衆国本土では、ヨーロッパの植民地となった16世紀以降、2006年までに外来の森林昆虫455種が定着し、そのうちの62種が害虫化している (Aukema et al. 2010)。中でも、マイマイガ (*Lymantria dispar*) とツヤハダゴマダラカミキリ (*Anoplophora glabripennis*) は様々な樹種に加害して大きな被害を引き起こしており、世界の侵略的外来種ワースト100にも選定されている (IUCN 2013)。また、日本から侵入したとされるハリモミヒメカサアブラムシ (*Adelges tsugae*) によってツガ類の激しい枯死被害が発生している (Havill et al. 2014)。最近では、アオナガタムシ (*Agrilus planipennis*, 英名: emerald ash borer) (以下, EAB) が侵入して北米在来のトネリコ類 (*Fraxinus* spp.) の絶滅が懸念されるほどの甚大な被害を与えており (Hermes

and McCullough 2014), その損害金額は外来の森林害虫として最も大きいと推定されている (Aukema et al. 2011)。

EABの成虫は体長10~14mm, 青緑色で金属光沢がある (写真1)。自然分布は日本, 中国北部, モンゴル, 極東ロシア, 朝鮮半島などのアジア東部。日本ではヤチダモ (*Fraxinus mandshurica*), オニグルミ (*Juglans mandshurica* var. *sachalinensis*), サワグルミ (*Pterocarya rhoifolia*), ハルニレ (*Ulmus davidiana* var. *japonica*) を食樹とし, 北海道から九州, 対馬と広く分布するが稀少で, 熊本県では絶滅危惧Ⅱ類に指定されている (Haack et al. 2002 ; 榎原 2014)。EABについては, 日本も含め原産地における情報がほとんど無いが, 侵入先である北米では, 2002年に初めて被害が確認されて以来, 生態や防除に関する幅広い研究が精力的に続けられている (Hermes and McCullough 2014)。本稿ではこれらの成果を紹介して, EABのような希少な昆虫が持つ害虫としてのポテンシャルに注意を促したい。



写真1 EAB (アオナガタムシ) の成虫
(撮影者: David Cappaert, Michigan State University, Bugwood.org)

* (独) 森林総合研究所

ITO Kensuke

2. 北米への侵入

2002年夏に北米で初めてのEABが発見された(Cappaert et al. 2005)。ミシガン州デトロイトおよびこれに隣接するカナダ・オンタリオ州内のトネリコ衰弱・枯死木から脱出した成虫がEABと同定された。2004年にはミシガン州内でEABの食害によって枯死したトネリコは約1500万本と推定され(Poland and McCullough 2006)、2009年にはデトロイト近郊の森林におけるトネリコ類の累積枯死率は99%を超えた(Klooster et al. 2014)。また、EABは周辺の州にも分布を広げ、2014年9月時点で合衆国の24州とカナダの2州で発見されている(USDA APHIS 2014a)(図)。

ミシガン州で発生した被害木を対象に行われた年輪年代測定の結果、1997年にはEABによる枯死が発生していたことがわかった(Siegert et al. 2014)。EABが林分に定着してから枯死被害が発生するまでに4年前後かかること(McCullough and Mercader 2012)から、EABは1990年代初め以前に定着していたと考えられている。遺伝子



図 2014年9月までにEAB(アオナガタムシ)が発見された州(黒色, USDA APHIS 2014aに基づき作図)
上: カナダ, 下: アメリカ合衆国, ☆: 2002年に初めてEABが発見された地域

解析に基づき、北米に侵入したEABは中国から来たものと推定されている(Bray et al. 2011)。中国では1950~60年代に北米産のトネリコ類を導入して盛んに造林しており、その後、こうした森林でEABが大発生して高密度の個体群が各地に出現した(Liu et al. 2003)。EABが穿入中のトネリコ材で作られた木工品や梱包材などに紛れて北米に運ばれて来たのだろう(Cappaert et al. 2005; 榎原 2014)。

3. 生態

通常は1年で1世代を完了するが、低密度の幼虫が健全木に寄生した場合には2年を要する個体が多くなる(Cappaert et al. 2005; Tluczek et al. 2011)。成虫の脱出は5~6月に始まり、6~7月に活動の最盛期を迎え、9月始めには活動を終える。成虫の寿命は3~6週間ほどで、その間、トネリコの葉を後食するが実害は無い。脱出後5~7日で交尾を開始し、さらに5~7日後に産卵を開始する。雌成虫の産卵数は60~90卵で、樹皮のすき間に産み付ける。卵は約2週間で孵化し、幼虫は夏から秋にかけて内樹皮と辺材表面を食べる。幼虫の孔道は曲がりくねり、フラスが詰まっている(写真2)。4齢になると材内または外樹皮中に部屋を作り、前蛹で越冬し、翌春に蛹を経て成虫になる(Cappaert et al. 2005; Wang et al. 2010)。累年の加害により幼虫孔道の密度が高くなるにつれて、樹体内の養分や水分の移動が大きく阻害されるようになる。脱出成虫数が内樹皮1㎡当たり30頭以上になると、落葉や枝枯れなどの外観症状が目立つようになり(Anulewicz et al. 2007)、このような衰退木は2~4年以内に枯れる。1本のトネリコが枯死するまでに、内樹皮1㎡当たり約90頭の成虫が生育可能である(McCullough and Siegert 2007)。

4. 食樹とその抵抗性

北米におけるEABはトネリコ属だけを食樹と



写真2 EAB (アオナガタマムシ) 幼虫の食害痕
(撮影者：Troy Kimoto, Canadian Food
Inspection Agency, Bugwood.org)

しており、トネリコ属以外の樹種では成虫の飛来数も産卵数も少なく、幼虫も発育できない (Anulewicz et al. 2008)。合衆国本土に分布するトネリコ属の在来種は16種で (Wallander 2008)、これまでにEABの加害を受けた種はすべて感受性である (Anulewicz et al. 2007; Rebek et al. 2008)。街路樹や人為的な環状剥皮などによってストレスを受けている木では、EAB成虫が多数誘引され、樹体内の幼虫密度も高く、幼虫生存率も高くなる (Jennings et al. 2014; McCullough et al. 2009b; Tluczek et al. 2011)。しかし、EABは健全木にも加害して繁殖しており (Cappaert et al. 2005)、ミシガン州デトロイト付近の38の林分では直径2.5 cm以上のトネリコ類の累積枯死率が99%以上に達している (Klooster et al. 2014)。

このような激害林にわずかに残っている健全木の中からEAB抵抗性個体を選抜する研究が実施されている (Knight et al. 2012; Koch et al. 2012)。

中国など原産地におけるEABはその地域に在来のトネリコ類の衰弱木で繁殖する二次性害虫にすぎない (Duan et al. 2012b; Liu et al. 2003, 2007)。アジア原産であるヤチダモ (*F. mandshurica*) は北米在来のトネリコ類よりもEABに対する抵抗性が強い (Rebek et al. 2008)。このようなヤチダモの抵抗性メカニズムの解明をめざして内樹皮の化学性が調べられており、特にフェノール類と防御タンパク質が注目されている (Chakraborty et al. 2014; Whitehill et al. 2014)。このようなアジア産トネリコ類に存在するEAB抵抗性遺伝子を北米産トネリコ類に導入して抵抗性品種を開発しようとする研究も実施されている (Koch et al. 2012)。

なお、EABも含めてナガタマムシ属 (*Agrilus*) が植物病原体を媒介している例は知られていない (Brown et al. 2014)。

5. 移動分散と拡大の監視

EABの移動分散の手段は自力 (成虫の飛翔) と便乗 (人為的輸送) の2通りがある。交尾後の雌成虫の飛翔能力をフライトミルで測定した実験では、供試個体の20%が10km以上飛べる能力を示した (Taylor et al. 2010)。野外でもEAB成虫は活発に飛翔するが、実際の飛翔範囲などの実態はわかっていない (Mercader et al. 2012)。EABの急速な分布拡大は、主にEABが入った苗木や薪材、丸太などが人為的に輸送されることによっていると考えられている (Cappaert et al. 2005)。ミシガン州で発生した被害木の調査から推定されたEAB被害の拡大速度は、2001年までは約4 km/年と比較的遅かったが、2001年以降はEAB個体数の増加に伴い13km/年と早くなった。また、長距離の人為的輸送によって飛び火的に形成された局地個体群までの距離は平均25km

だった (Siegert et al. 2014)。

侵入害虫を防除するには被害の早期発見と監視が極めて重要である (Brockerhoff et al. 2010)。EAB 発見当初は、被害木の探索は目視により行われていたが、新たな被害木の場合、EAB が樹冠上部に寄生する傾向があることや、EAB 寄生密度が高くなるまでは外見上の症状が現れず、症状が現れる頃には既に数世代の成虫が脱出し分散してしまっていることなどから、この方法は非常に効率が悪いので、より効率的な EAB および新被害木の探索方法の開発が続けられている (Crook and Mastro 2010)。春にトネリコの樹幹を15cm 幅で環状剥皮しておくことで産卵期の雌成虫が誘引されて産卵するので、これをおとり木として秋か冬に伐倒し剥皮調査により幼虫食害の有無を確認するという方法が、EAB の探索に利用されている。この方法は探索効率は高いが、伐倒・剥皮調査に大きな労力を要し、またおとり木に使える伐倒可能な木が見つからない場合もある (Marshall et al. 2009 ; McCullough et al. 2009a ; McCullough et al. 2011)。EAB 成虫は紫色と緑色に誘引される (Grant et al. 2011 ; Poland and McCullough 2014)、トネリコの葉と樹皮の揮発成分にも誘引される (Grant et al. 2010 ; Poland et al. 2011)。EAB の広域的な探索にはこれらの行動特性を利用したトラップが使用されており、毎年、数万基が全米各地に配置される (USDA APHIS 2014b)。

EAB には遠距離で作用するフェロモンは存在しないとされていたが (Crook and Mastro 2010)、最近になって雌成虫が生産・放出する (3Z)-dodecen-12-olide [= (3Z)-lactone] が遠距離から雄を誘引する性フェロモンであることが明らかになり、EAB の早期発見およびモニタリングのための利用法が検討されている (Crook et al. 2014)。また、雌成虫には接触性の性フェロモンがあることも確認されており、その利用法も検討されている (Lelito et al. 2009 ; Silk et al. 2009)。

現状では侵入直後の非常に低密度の段階で

EAB を確実に発見するのは難しいが、ツチスガリ (ギンゲチバチ科) の一種でタマムシ類を餌とする *Cerceris fumipennis* という北米在来の狩りバチを利用して感度の高いモニタリング法を開発しようというユニークな取り組みが行われている (Careless et al. 2014)

6. 防除対策

EAB 発見当初は、その根絶を目標として、EAB の拡大を防ぐために被害地域からトネリコ類の苗木や丸太、薪材などを持ち出すことが禁止されたほか、被害木およびその半径800m 以内にあるすべてのトネリコ類を EAB の寄生の有無に関わりなく除去することが求められた (Siegert et al. 2010)。しかし、多くの被害地で飛び火的な拡大が頻発するようになって資金が不足したために、根絶という目標は断念された (Herms and McCullough 2014)。

2008年に、EAB の総合的な防除戦略を開発するために SLAM (SLOW Ash Mortality) という試験的事業が開始された (McCullough and Mercader 2012 ; Poland and McCullough 2010)。この事業は EAB の増加を抑えてトネリコ枯死被害の発生と進行を遅らせることを目標としている。以下に、この事業で取り組んでいる具体的な対策をあげる。まず、SLAM においても、被害地域からのトネリコ類の苗木・丸太・薪材などの持ち出しは禁止されている。EAB 個体数を減少させる方法としては、①殺虫剤による予防と駆除、②被害木の除去、③おとり木による駆除、④立木の早期利用による予防が実施されている。①については、最近開発された浸透性殺虫剤の樹幹注入など、さまざまな殺虫剤や施用方法が利用できる (Herms et al. 2014)。②については、樹冠の半分以上が枯れた木は回復を期待できないので、速やかに伐採して破碎・焼却・埋設する (McCullough et al. 2007)。③は環状剥皮したトネリコ立木に EAB 成虫を誘引して産卵させるという前述の方

法と同じもので、次世代の成虫が脱出する前に伐採して処分する (McCullough et al. 2009a, b)。④は、EAB の繁殖源を減少させることを目的として、トネリコ大径木を速やかに伐採してその経済的利用と樹種転換を進める (McCullough and Siegert 2007)。これらの防除手段のコストと効果がシミュレーションで比較評価されている (Kovacs et al. 2010 ; McCullough and Mercader 2012)。また、殺虫剤の樹幹注入のような単木的な処理は、市街地では有効だが、森林では経費や環境配慮から実行困難なので、天敵による生物的防除 (後述) が重要な防除手段となっている (Poland 2014)。以上に加えて、EAB の分布と密度の監視 (前述)、トネリコ類の分布と資源量の調査、一般市民への広報・啓発活動も実施されている。

7. 天敵と生物的防除

北米在来の天敵として捕食寄生者、捕食者、病原菌が発見されているが、それらによる EAB 死亡率は概して低い (Cappaert et al. 2005 ; Duan et al. 2009, 2012a)。在来天敵の中ではキツツキ類が最も大きな死亡要因となっており、95% 以上の高率の捕食が観察される場合もあるが、ばらつきが大きい (Duan et al. 2014a ; Flower et al. 2014)。2007年にミシガン州の激害地で新種として発見されたコマユバチ科の *Atanycolus cappaerti* による EAB 幼虫の寄生率は、その後、次第に高くなっている (Duan et al. 2012a)。

EAB 発見当初から古典的生物防除 (原産地からの天敵導入) に強い関心が向けられ、早くも 2003年には中国で天敵調査が開始された (Cappaert et al. 2005 ; Liu et al. 2003)。中国で発見された天敵のうち次の 3 種が有望とされた: *Oobius agrili* (トビコバチ科, 卵に単寄生) (Zhang et al. 2005), *Tetrastichus planipennisi* (ヒメコバチ科, 幼虫内部に多寄生) (Liu et al. 2007), *Spathius agrili* (コマユバチ科, 幼虫外部に多寄生) (Yang et

al. 2005)。これら 3 種について、寄主範囲や環境影響、大量飼育・放飼法の研究・開発が実施され (USDA APHIS 2007, 2013)、2007年にミシガン州で初めて放虫された (NAPPO 2013)。毎年、放虫規模は大きくなり、2013年には14の州で72万頭のハチが放虫された。こうして導入された寄生バチは多くの場所で定着に成功している (Abell et al. 2014 ; Duan et al. 2013)。アジア産の新たな天敵の探索は現在も続けられている (Duan et al. 2014b)。なお、日本でも天敵調査が行われたが、EAB 寄生木を見つけることができなかったため、天敵も発見できなかった (Cappaert et al. 2005)。

8. 健康への影響

EAB によるトネリコ類の消失に伴う自然環境の大きな変化が人間の健康に影響を与えていることが報告されている。Donovan et al. (2013) は、15州における1990年~2007年の EAB 被害の有無と循環器疾患および下部呼吸器疾患による死亡例を分析した。トネリコ枯死被害の発生地となった地域では循環器疾患による死者が15,080人増加し、下部呼吸器疾患による死者が6,113人増加したと報告しているが、トネリコの消失とこれらの疾患が悪化することとの間にどのような因果関係があるのかはわかっていない。

9. おわりに

アメリカ合衆国の広葉樹は、既にクリ胴枯病 (Jacobs et al. 2013) やニレ立枯病 (Scheffer et al. 2008) の侵入によって大きな被害を受けてきた。新たに EAB がこれらの侵入病害に匹敵する被害をもたらしているが、皮肉なことに、ニレ立ち枯れ病の蔓延後にニレ類に代わる樹種として、天然林でも植栽地でもトネリコ類の比重が増したという経緯がある (Gandhi and Herms 2010 ; MacFarlane and Meyer 2005 ; Raupp et al. 2006)。EAB は2.5cm 以上のトネリコ類に加害し

て未成熟なうちに枯死させてしまうので、被害地でのトネリコ類の更新は期待できず、実質的な絶滅が危惧されている (Klooster et al. 2014)。2003年にはロシアのモスクワで EAB の侵入が発見された。北米から導入された *F.pennsylvanica* だけでなくヨーロッパ在来の *F.exelsior* にも枯死被害を引き起こして急速に分布を広げており、ヨーロッパへの侵入が懸念されている (Flo et al. 2014 ; Orlova – Bienkowskaja 2014)。

農産物や森林資源を含む植物に有害な病害虫の侵入を防ぐために FAO (国連食糧農業機関) は「植物衛生措置の国際規格」(ISPMs) を定めている。そのうちの ISPM 15には国際貿易における木製梱包材料の規制が明記されており、具体的には臭化メチルくん蒸または熱処理 (56℃ 30分以上) が義務化されている (FAO 2009)。この ISPM15についてアメリカ合衆国は2005年に実施を開始したが、この熱処理の条件では EAB が死滅しない可能性があることが報告されており (Goebel et al. 2010 ; Henin et al. 2014), 今後見直されるかもしれない。

引用文献

Abell KJ, Bauer LS, Duan JJ, Van Driesche R (2014) Long-term monitoring of the introduced emerald ash borer (Coleoptera : Buprestidae) egg parasitoid, *Oobius agrili* (Hymenoptera : Encyrtidae), in Michigan, USA and evaluation of a newly developed monitoring technique. *Biol Control* 79 : 36-42

Anulewicz AC, McCullough DG, Cappaert DL (2007) Emerald ash borer (*Agrilus planipennis*) density and canopy dieback in three North American ash species. *Arboric Urban For* 33 : 338-49

Anulewicz AC, McCullough DG, Cappaert DL, Poland TM (2008) Host range of the emerald ash borer (*Agrilus planipennis* Fairmaire) (Coleoptera : Buprestidae) in North America : results of multiple-choice field experiments. *Environ Entomol* 37 : 230-41

Aukema JE, Leung B, Kovacs K, Chivers C, Britton KO, et al. (2011) Economic impacts of non- native

forest insects in the continental United States. *PLoS One* 6 (9) : e24587

Aukema JE, McCullough DG, Von Holle B, Liebhold AM, Britton K, et al. (2010) Historical accumulation of nonindigenous forest pests in the continental US. *BioScience* 60 : 886-97

Boyd IL, Freer-Smith PH, Gilligan CA, Godfray HC (2013) The consequence of tree pests and diseases for ecosystem services. *Science* 342 doi : 10.1126/science.1235773

Bray AM, Bauer LS, Poland TM, Haack RA, Cognato AI, et al. (2011) Genetic analysis of emerald ash borer (*Agrilus planipennis* Fairmaire) populations in Asia and North America. *Biol Invasions* 13 : 2869-87

Brown N, Inward DJG, Jeger M, Denman S (2014) A review of *Agrilus biguttatus* in UK forests and its relationship with acute oak decline. *Forestry* doi : 10.1093/forestry/cpu039

Brockhoff EG, Liebhold AM, Richardson B, Suckling DM (2010) Eradication of invasive forest insects : concepts, methods, costs and benefits. *NZ J For Sci* 40 suppl : S117- S135

Cappaert D, McCullough DG, Poland TM, Siegert NW (2005) Emerald ash borer in North America : a research and regulatory challenge. *Am Entomol* 51 : 152-63

Careless P, Marshall SA, Gilla BD (2014) The use of *Cerceris fumipennis* (Hymenoptera : Crabronidae) for surveying and monitoring emerald ash borer (Coleoptera : Buprestidae) infestations in eastern North America. *Can Entomol* 146 : 90-105

Chakraborty S, Whitehill JG, Hill AL, Opiyo SO, Cipollini D, et al. (2014) Effects of water availability on emerald ash borer larval performance and phloem phenolics of Manchurian and black ash. *Plant Cell Environ* 37 : 1009-21

Crook DJ, Francese JA, Rietz ML, Lance DR, Hull-Sanders HM, et al. (2014) Improving detection tools for emerald ash borer (Coleoptera : Buprestidae) : comparison of multifunnel traps, prism traps, and lure types at varying population densities. *J Econ Entomol* 107 : 1496-1501

Crook DJ, Mastro VC (2010) Chemical ecology of

- the emerald ash borer, *Agrilus planipennis*. *J Chem Ecol* 36 : 101-12
- Donovan GH, Butry DT, Michael YL, Prestemon JP, Liebhold AM, et al. (2013) The relationship between trees and human health : evidence from the spread of the emerald ash borer. *Am J Prev Med* 44 : 139-45
- Duan JJ, Abell K, Bauer L, Gould J, Van-Driesch R (2014a) Natural enemies implicated in the regulation of an invasive pest : a life table analysis of the population dynamics of the emerald ash borer. *Agric For Entomol* 16 : 406-416
- Duan JJ, Bauer L, Abell KJ, van Driesche RG (2012a) Population responses of hymenopteran parasitoids to the emerald ash borer (Coleoptera : Buprestidae) in recently invaded areas in north central United States. *BioControl* 57 : 199-209
- Duan JJ, Bauer LS, Abell KJ, Lelito JP, Van Driesche R (2013) Establishment and abundance of *Tetrastichus planipennisi* (Hymenoptera : Eulophidae) in Michigan : potential for success in classical biocontrol of the invasive emerald ash borer (Coleoptera : Buprestidae). *J Econ Entomol* 106 : 1145-54
- Duan JJ, Fuester RW, Wildonger J, Taylor PB, Barth S, et al. (2009) Parasitoids attacking the emerald ash borer (Coleoptera : Buprestidae) in western Pennsylvania. *Fla Entomol* 92 : 588-92
- Duan JJ, Watt TJ, Larson K (2014b) Biology, life history, and laboratory rearing of *Spathius galinae* (Hymenoptera : Braconidae), a larval parasitoid of the invasive emerald ash borer (Coleoptera : Buprestidae). *J Econ Entomol* 107 : 939-46
- Duan JJ, Yurchenko G, Fuester R (2012b) Occurrence of emerald ash borer (Coleoptera : Buprestidae) and biotic factors affecting its immature stages in the Russian Far East. *Environ Entomol* 41 : 245-54
- FAO (2009) Regulation of wood packaging material in international trade. ISPM No.15. [http : //www.ispm15.com/ISPM15_Revised_2009.pdf](http://www.ispm15.com/ISPM15_Revised_2009.pdf) (2014.10.31 アクセス)
- Flo D, Krokene P, Okland B (2014) Importing deciduous wood chips from North America to northern Europe - the risk of introducing bark - and wood - boring insects. *Scand J For Res* 29 : 77-89
- Flower CE, Long LC, Knight KS, Rebbeck J, Brown JS, et al. (2014) Native bark-foraging birds preferentially forage in infected ash (*Fraxinus* spp.) and prove effective predators of the invasive emerald ash borer (*Agrilus planipennis* Fairmaire). *For Ecol Manag* 313 : 300-06
- Gandhi JKJ, Herms DA (2010) North American arthropods at risk due to widespread *Fraxinus* mortality caused by the alien emerald ash borer. *Biol Invasions* 12 : 1839-46
- Goebel PC, Bumgardner MS, Herms DA, Sabula A (2010) Failure to phytosanitize ash firewood infested with emerald ash borer in a small dry kiln using ISPM-15 standards. *J Econ Entomol* 103 : 597-602
- Grant GG, Poland TM, Ciaramitaro T, Lyons DB, Jones GC (2011) Comparison of male and female emerald ash borer (Coleoptera : Buprestidae) responses to phoebe oil and (Z) - 3 - hexenol lures in light green prism traps. *J Econ Entomol* 104 : 173- 9
- Grant GG, Ryall KL, Lyons DB, Abou-Zaid MM (2010) Differential response of male and female emerald ash borers (Col., Buprestidae) to (Z) - 3 - hexenol and Manuka oil. *J Appl Entomol* 134 : 26-33
- Haack RA, Jendek E, Liu H, Marchant KR, Petrice TR, et al. (2002) The emerald ash borer : a new exotic pest in North America. *Newslett Mich Entomol Soc* 47 (3 & 4) : 1 - 5
- Havill NP, Vieira LC, Salom SM (2014) Biology and control of hemlock woolly adelgid. FHTET-2014-05, USDA For Serv
- Henin JM, Leyman M, Bauduin A, Jourez B, Hebert J (2014) Phytosanitary treatment of European pallets by microwave : developing a program to ensure compliance with ISPM 15 and monitoring its efficacy on the house longhorn beetle (*Hylotrupes bajulus* L.) *Eur J Wood Prod* 72 : 623-33
- Herms DA, McCullough DG (2014) Emerald ash borer invasion of North America : history, biology, ecology, impacts, and management. *Annu*

- Rev Entomol 59 : 13-30
- Herms DA, McCullough DG, Smitley DR, Clifford CS, Cranshaw W (2014) Insecticide options for protecting ash trees from emerald ash borer. (2 nd ed) North Central IPM Center Bulletin
- IUCN (2013) 外来侵入種ワースト100. <http://www.iucn.jp/species/376-worst100.html> (2014.10.17 アクセス)
- Jacobs DF, Dalgleish HJ, Nelson CD (2013) A conceptual framework for restoration of threatened plants : the effective model of American chestnut (*Castanea dentata*) reintroduction. *New Phytol* 197 : 378-93
- Jennings DE, Taylor PB, Duan JJ (2014) The mating and oviposition behavior of the invasive emerald ash borer (*Agrilus planipennis*), with reference to the influence of host tree condition. *J Pest Sci* 87 : 71-78
- Klooster WS, Herms DA, Knight KS, Herms CP, McCullough D, et al. (2014) Ash (*Fraxinus* spp.) mortality, regeneration, and seed bank dynamics in mixed hardwood forests following invasion by emerald ash borer (*Agrilus planipennis*). *Biol Invasions* 16 : 859-73
- Knight KS, Herms DA, Plumb R, Sawyer E, Spalink D, et al. (2012) Dynamics of surviving ash (*Fraxinus* spp.) populations in areas long infested by emerald ash borer (*Agrilus planipennis*). In : Proc 4 th Int Workshop Genetics Host- Parasite Interact For (ed. Snieszko RA, Yanchuk AD, Kliejunas JT, Palmieri KM, Alexander JM, et al.), pp. 143-52. PSW- GTR-240, USDA For Serv
- Koch JL, Carey DW, Knight KS, Poland T, Herms DA, et al. (2012) Breeding strategies for the development of emerald ash borer- resistant North American ash. In : Proc 4 th Int Workshop Genetics Host- Parasite Interact For (ed. Snieszko RA, Yanchuk AD, Kliejunas JT, Palmieri KM, Alexander JM, et al.), pp. 235-39. PSW- GTR-240, USDA For Serv
- Kovacs KF, Haight RD, McCullough DG, Mercader RJ, Seigert NA, et al. (2010) Cost of potential emerald ash borer damage in U.S. communities, 2009-2019. *Ecol Econ* 69 : 569-78
- Lelito JP, Böröczky K, Jones TH, Fraser I, Mastro VC, et al. (2009) Behavioral evidence for a contact sex pheromone component of the emerald ash borer, *Agrilus planipennis* Fairmaire. *J Chem Ecol* 35 : 104-10
- Liu HP, Bauer LS, Gao RT, Zhao TH, Petrice TR, et al. (2003) Exploratory survey for the emerald ash borer, *Agrilus planipennis* (Coleoptera : Buprestidae), and its natural enemies in China. *Great Lakes Entomol* 36 : 191-204
- Liu H, Bauer LS, Miller DL, Zhao T, Gao R, et al. (2007) Seasonal abundance of *Agrilus planipennis* (Coleoptera : Buprestidae) and its natural enemies *Oobius agrili* (Hymenoptera : Encyrtidae) and *Tetrastichus planipennis* (Hymenoptera : Eulophidae) in China. *Biol Control* 42 : 61- 71
- MacFarlane DW, Meyer SP (2005) Characteristics and distribution of potential ash tree hosts for emerald ash borer. *For Ecol Manage* 213 : 15-24
- 横原寛 (2014) 移動する森林昆虫類 (2). 海外の森林と林業 89 : 56-60
- Marshall JM, Storer AJ, Fraser I, Beachy JA, Mastro VC (2009) Effectiveness of differing trap types for the detection of emerald ash borer (Coleoptera : Buprestidae). *Environ Entomol* 38 : 1226-34
- McCullough DG, Mercader RJ (2012) Evaluation of potential strategies to SLOW Ash Mortality (SLAM) caused by emerald ash borer (*Agrilus planipennis*) : SLAM in an urban forest. *Int J Pest Manag* 58 : 9-23
- McCullough DG, Poland TM, Anulewicz AC, Cappaert D (2009a) Emerald ash borer (*Agrilus planipennis* Fairmaire) (Coleoptera : Buprestidae) attraction to stressed or baited ash trees. *Environ Entomol* 38 : 1668-79
- McCullough DG, Poland TM, Cappaert D, Anulewicz AC (2009b) Attraction of the emerald ash borer to ash trees stressed by girdling, herbicide and wounding. *Can J For Res* 39 : 1331-45
- McCullough DG, Poland TM, Cappaert D, Clark EL, Fraser I, et al. (2007) Effects of chipping, grinding and heat on survival of emerald ash borer (*Agrilus planipennis* Fairmaire) (Coleoptera : Buprestidae)

- in chips. *J Econ Entomol* 100 : 1304-15
- McCullough DG, Siegert NW (2007) Estimating potential emerald ash borer (*Agrilus planipennis* Fairmaire) populations using ash inventory data. *J Econ Entomol* 100 : 1577-86
- McCullough DG, Siegert NW, Poland TM, Pierce SJ, Ahn SZ (2011) Effects of trap type, placement and ash distribution on emerald ash borer captures in a low density site. *Environ Entomol* 40 : 1239-52
- Mercader RJ, Siegert NW, McCullough DG (2012) Estimating the influence of population density and dispersal behavior on the ability to detect and monitor *Agrilus planipennis* (Coleoptera : Buprestidae) populations. *J Econ Entomol* 105 : 272-81
- NAPPO (2013) Application of biological control of the emerald ash borer (EAB) in North America. http://www.napso.org/en/data/files/download/Science_and_technology_documents/Biocontrol%20of%20EAB%2025-10-2013%20-e.pdf (2014.10.30アクセス)
- Orlova-Bienkowskaja MJ (2014) Ashes in Europe are in danger : the invasive range of *Agrilus planipennis* in European Russia is expanding. *Biol Invasions* 16 : 1345-49
- Poland TM (2014) Progress and future directions in research on the emerald ash borer. *Pennsylvania Forests Summer* : 20-25
- Poland TM, McCullough DG (2006) Emerald ash borer : invasion of the urban forest and the threat to North America's ash resource. *J For* 104 : 118-24
- Poland TM, McCullough DG (2010) SLAM : A multi-agency pilot project to SLow A.sh M.ortality caused by emerald ash borer in outlier sites. *Newslett Mich Entomol Soc* 55 (1&2) : 4-8
- Poland TM, McCullough DG (2014) Comparison of trap types and colors for capturing emerald ash borer adults at different population densities. *Environ Entomol* 43 : 157-70
- Poland TM, McCullough DG, Anulewicz AC (2011) Evaluation of an artificial trap for *Agrilus planipennis* (Coleoptera : Buprestidae) incorporating olfactory and visual cues. *J Econ Entomol* 104 : 517-31
- Raupp MJ, Cumming AB, Raupp EC (2006) Street tree diversity in eastern North America and its potential for tree loss to exotic borers. *Arboric Urban For* 32 : 297-304
- Rebek EJ, Herms DA, Smitley DR (2008) Interspecific variation in resistance to emerald ash borer (Coleoptera : Buprestidae) among North American and Asian ash (*Fraxinus* spp.). *Environ Entomol* 37 : 242-46
- Roy BA, Alexander HM, Davidson J, Campbell FT, Burdon JJ, et al. (2014) Increasing forest loss worldwide from invasive pests requires new trade regulations. *Front Ecol Environ* 12 : 457-65
- Scheffer RJ, Voeten J, Guries RP (2008) Biological control of Dutch elm disease. *Plant Dis* 92 : 192-200
- Siegert NW, McCullough DG, Liebhold AM, Telewski FW (2014) Dendrochronological reconstruction of the epicentre and early spread of emerald ash borer in North America. *Diversity Distrib* 20 : 847-58
- Siegert NW, McCullough DG, Williams DW, Fraser I, Poland TM (2010) Dispersal of *Agrilus planipennis* (Coleoptera : Buprestidae) from discrete epicenters in two outlier sites. *Environ Entomol* 39 : 253-65
- Silk PJ, Ryall K, Lyons DB, Sweeney J, Wu J (2009) A contact sex pheromone component of the emerald ash borer *Agrilus planipennis* Fairmaire (Coleoptera : Buprestidae). *Naturwissenschaften* 96 : 601-8
- Taylor RAJ, Bauer LS, Poland TM, Windell KN (2010) Flight performance of *Agrilus planipennis* (Coleoptera : Buprestidae) on a flight mill and in free flight. *J Insect Behav* 23 : 128-48
- Tluczek AR, McCullough DG, Poland TM (2011) Influence of host stress on emerald ash borer (*Agrilus planipennis* Fairmaire) (Coleoptera : Buprestidae) adult density, development, and distribution in *Fraxinus pennsylvanica* trees. *Environ Entomol* 40 : 357-66
- USDA APHIS (2007) Proposed Release of Three Parasitoids for the Biological Control of the Emerald Ash Borer (*Agrilus planipennis*) in the Continental United States. http://www.aphis.usda.gov/plant_health/ea/downloads/eab-ea07-07.pdf (2014.10.30アクセス)
- USDA APHIS (2013) Emerald Ash Borer Biological

- Control Release and Recovery Guidelines. USDA-APHIS-ARS-FS
- USDA APHIS (2014a) Emerald Ash Borer. <http://www.aphis.usda.gov/wps/portal/aphis/ourfocus/planthealth> (2014.09.25アクセス)
- USDA APHIS (2014b) Emerald Ash Borer Survey Guidelines. http://www.aphis.usda.gov/plant_health/plant_pest_info/emerald_ash_b/downloads/survey_guidelines.pdf (2014.10.29アクセス)
- Wallander E (2008) Systematics of *Fraxinus* (Oleaceae) and evolution of dioecy. *Plant Syst Evol* 273 : 25-49
- Wang XY, Yang ZQ, Gould JR, Zhang YN, Liu GJ, et al. (2010) The biology and ecology of the emerald ash borer, *Agrilus planipennis*, in China. *J Insect Sci* 10 : 128
- Whitehill JG, Rigsby C, Cipollini D, Herms DA, Bonello P (2014) Decreased emergence of emerald ash borer from ash treated with methyl jasmonate is associated with induction of general defense traits and the toxic phenolic compound verbascoside. *Oecologia* 176 : 1047-59
- Yang ZQ, Strazanac JS, Marsh PM, van Achterberg C, Choi WY (2005) First recorded parasitoid from China of *Agrilus planipennis* : a new species of *Spathius* (Hymenoptera : Braconidae : Doryctinae). *Ann Entomol Soc Am* 98 : 636-42
- Zhang YZ, Huang DW, Uang DW, Zhao TH, Liu HP, et al. (2005) Two new species of egg parasitoids (Hymenoptera : Encyrtidae) of wood-boring beetle pests from China. *Phytoparasitica* 33 : 253-56

【訂正】

前々報 (林業と薬剤 No.209, 2014) 訂正

P 4 図4 グンバイムシ

凡例 薬剤区1 : 6g/m² → 同区 : 12g/m²
薬剤区2 : 12g/m² → 同区 : 30g/m²

アブラムシ

凡例 薬剤区1 : 6g/m² → 同区 : 12g/m²
薬剤区2 : 12g/m² → 同区 : 30g/m²

禁 転 載

林業と薬剤 Forestry Chemicals (Ringyou to Yakuzai)

平成27年3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.rinyaku.server-shared.com/>

印刷／株式会社 スキルプリネット 定価 540 円



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

グリーンガードホームページ

www.greenguard.jp/



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	



完全落葉^{*}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。

日産化学工業株式会社
〒101-0054 東京都千代田区神田錦町3丁目7番地1

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 ²
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!



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[®]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[®]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[®]
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/>

新しいマツノマダラカミキリの後食防止剤

殺虫剤 **モリエート[®]sc**

農林水産省登録 第21267号

有効成分は普通物・A類で安全性が高い

(クロチアニジン水和剤 30.0%)

**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)

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。



製 造：住友化学株式会社

販 売：サンケイ化学株式会社 住化グリーン株式会社

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 **イスデー・イス バイオテック**
〒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(神田徳カビル) ☎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 ☎92-281-6650
札幌 札幌市中央区大通西8-2-38(ストーク大通ビル) ☎11-261-9024
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

【普通物】〈チアクロプリド 3.0%〉

- ◆低薬量で高い効果が長期間持続します。
- ◆不快な臭いがありません。
- ◆自動車塗装にも影響がありません。



松くい虫防除／樹幹注入剤

ショットワン・ツリー 液剤

【普通物】〈エマメクテン安息香酸塩 2.0%〉

マツガード

【普通物】〈ミルバメクテン 2.0%〉

- ◆防除効果が長期間持続します。
- ◆基本注入量が60mlと少ないため、作業性に優れています。



緑化樹害虫防除／樹幹注入剤

アトラック 液剤

【普通物】〈チアメキサム 4.0%〉

- ◆ケムシ等の害虫を駆除することができます。
- ◆薬剤が飛散する心配がなく、公園や住宅地でも安心して使用できます。



※「普通物」とは、毒物及び劇物取締法に規定している毒物にも劇物にも該当しないものを指している通称。



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

スミバイン[®] 乳剤

樹幹注入剤 **グリーンガード[®]・エイト**
メガトップ[®] 液剤

伐倒木用くん蒸処理剤

キルパー[®]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

モリエート[®]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	T 891-0122	鹿児島市南郷3丁目9	T 31-0269206-6583
東京本社	T 110-0305	東京都台東区上野3丁目6-11 5F	T 31-0331845-7901
大阪営業所	T 332-0011	大阪市淀川区西宮4丁目3-1 新築ビル	T 31-063305-5871
九州営業所	T 811-0025	佐賀県鳥栖市神城町甲152-3	T 31-0942121-3508

大切な日本の松を守る
松くい虫予防散布薬剤

○ネオニコチノイド系統薬剤
ヤシマモリエートマイクロカプセル
モリエートSC (ナラオアコソコ系統剤)
マツグリーン液剤 (アセチルプロピド系統)
マツグリーン液剤2

○有機リン系統薬剤
ヤシマスミバイン乳剤
スミバインMC

松くい虫駆除剤

パークサイドF、オイル(油剤)
ヤシマNCS(くん蒸剤)

ハチの駆除剤

ハチノックL(巣退治用)
ハチノックS(携帯用)

野生獣類から大切な植栽木を守る

ヤシマレント

ヤマビル剤

マリックスター(駆除剤)/ヒルノック・エコ(忌避剤)

住化グリーンの
林業薬剤

緑に学び、緑と共に生きる

わたしたちは、人と自然との調和を
考えながら、より良い緑の環境づく
りを目指しています

樹幹注入剤

○マツノサイエンティフィック
グリーンガードファミリー剤
メガトップ
マツガード
マッケンジー
○ナラ系統
ケルスケツト

くん蒸用生分解性シート

くん蒸ヤシマ与作シート



住化グリーン株式会社

本社 〒103-0016 東京都中央区日本橋小網町1番5号 TEL. 03-6837-9422 FAX. 03-6837-9423

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
「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

松枯れ防止樹幹注入剤

マツガード®

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