

ISSN 1881-5502

研究報告

第 26 号

2019. 3

秋田県林業研究研修センター

目 次

1. ナラ枯れの被害先端地におけるカシノナガキクイムシの穿入生存木の動態と処置方法	
.....	長岐 昭彦
	1 ~ 24

ナラ枯れの被害先端地におけるカシノナガキクイムシ

穿入生存木の動態と処置方法

長岐 昭彦

Dynamics and treatment method in damaged tip area of the survival trees which received mass attack by oak borer (*Platypus quercivorus*)

Akihiko Nagaki

要旨

ブナ科樹木萎凋病における再発のメカニズムや被害の拡大において、被害林分に内在する穿入生存木の関与やその影響度合いを解明するため、秋田県のナラ枯れ被害先端地に5調査区を設定し、被害初年から8年間、被害の推移を詳細に調査した。その結果、全ての調査区で穿入生存木の発生及びそこから羽化脱出するカシノナガキクイムシを確認し、このうち2調査区からは総数にして2,000頭/haを超える羽化脱出があったものと推定された。また、被害初年から5年目まで発生した全ての穿入生存木は、生存枯死木の半径30m以内に発生していた。穿入生存木は被害再発の発生源となっており、被害先端地では穿入枯死木の周辺を重点的に探索し、防除処理をすることが望ましいと考えられた。また、カシノナガキクイムシの新たな生態として、穿入枯死木に再穿入し、さらにそこから羽化脱出することを確認した。一方、カシノナガキクイムシの穿入がナラの更新に及ぼす影響を明らかにするため、伐採処理による萌芽勢の調査を実施した。萌芽は穿入枯死木、穿入生存木、健全木のいずれの伐根からも発生が認められ、伐採後4年目における萌芽数及び萌芽高において、健全木と穿入木との間には有意な差が認められなかった。萌芽の発生や成長には、樹齢や生育環境等の要因も影響することから、さらにデータを積み重ねる必要がある。

I. はじめに

ブナ科樹木萎凋病（通称ナラ枯れ、以下、ナラ枯れ）は、ナラ菌（*Raffaelea quercivora*）が、ナラ類の材内に侵入・繁殖することで、通水障害を起こし枯死する樹病である（Kubono and Ito, 2002）。ナラ菌は養菌性甲虫のカシノナガキクイムシ（*Platypus quercivorus*、以下、カシナガ）によって被害木から健全木へ運ばれ、新たな被害が発生する（伊藤・山田, 1998；小林・上田, 2005）。

秋田県の被害は、2006年に海岸沿いの山形県境であるにかほ市三崎公園で初めて確認され、2008年には内陸の湯沢市雄勝峠の県境付近でも発生した。その後、被害量の増加に伴って県内各地に広がり、2017年現在、県南では激害林分が顕在化し、海岸沿いでは八峰町八森の青森県境付近まで、内陸

では仙北市まで被害が拡大した。秋田県ではナラ枯れ対策として、民有林のナラ林を守るべきナラ林と利用すべきナラ林に区分し、前者は被害先端地や森林公園などでナラ枯れによって枯死した林木(以下、穿入枯死木)の処理を、後者は大径木や高齢木を含む林分などで予防伐採を行ってきた。守るべきナラ林では、穿入枯死木のほか周辺で樹冠の一部に変色を呈している被害木を数年続けて処理しているにもかかわらず、被害が周辺林分に拡大した事例もみられた。この要因の1つに、カシナガが穿入しても樹冠部の変色など外観に変化がみられない生存木(以下、穿入生存木)が関与していると考えられた。

穿入生存木は、カシナガの穿孔数が少ないと発生しやすく(小林・上田, 2001)、翌年の羽化脱出数も穿入枯死木より少ない(衣浦ら, 2006)。また、1回の穿入で生き残ると、それ以降繰り返し穿入を受けても枯れにくく(井上ら, 2000; 江崎ら, 2002)、ナラ枯れによって起きる上層木の消失を抑制する効果も指摘されている(江崎, 2012)。さらに、伐採や風倒被害で林分内に大きなギャップが生じると、ギャップ林縁の寄主木が急激な環境変化で、樹液分泌量が低下することなどによりカシナガの誘発を招き、被害がより助長されるため(小林・柴田, 2001; 小林・上田, 2001)、多くの穿入生存木がある林分ではむやみに伐採すべきでないとの報告もある(森林総合研究所, 2007; 小林ら, 2008)。

一方で、カシナガの穿孔数が多くても生存する事例(加藤ら, 2002; 小林ら, 2004)があり、翌年に多数のカシナガが羽化脱出した報告(小林ら, 2004)もある。このため、被害初期には、穿入枯死木とともに多数の穿孔を受けている生存木を駆除する必要性を説いている(小林ら, 2008)。また、穿入生存木におけるカシナガの繁殖は樹液量に影響を受け、樹液量の少ない林木であれば繁殖が可能となり、穿孔数が少なくても羽化脱出する場合がある(小林ら, 2004)。

これらのことから、被害初期において穿入生存木の穿孔数とフラスの状態を観察し、防除すべき穿入生存木を見つけ出す必要がある。しかし、穿入生存木は樹冠の変色がみられないため、近寄らなければ発見できず、被害地周辺の全てのナラを対象に穿孔とフラスの有無を確認することは極めて難しい。また、カシナガは気温の低い高標高では羽化脱出数が少なくなること(松浦・中島, 2015)や寄主樹種が複数混じる林分では、嗜好性のある樹種に集中穿入するなど穿孔数に偏りが出ること(小林・上田, 2005)などから、発生量やカシナガの羽化脱出数は林分環境によって異なると考えられる。

ところで、林地の保全や生物多様性を維持するため、被害地ではナラ林の再生を、被害が予測される地域ではナラ林の若返りを図る必要がある。秋田県では、ナラ枯れ被害対策として、利用すべきナラ林においては予防措置である被害前の伐採を推奨してきた。しかし、県内のナラ林は長期間にわたり放置され、大径化・老齢化したことによる萌芽力の衰えが懸念される。また、被害地やその周辺では、予防伐採あるいは伐倒処理した立木の伐根にカシナガが穿入した事例が確認されており、カシナガの穿入がもたらす根株内での物理的な変化や持ち込まれたナラ菌の繁殖が、林分再生の起点となる萌芽の発生や成長にどのような影響を及ぼしているのか不明である。

そこで、県南地域の被害先端地において、2009年の被害初年から8年間の穿入枯死木・穿入生存木の発生量などの動態や発生位置、カシナガの羽化脱出数を調べ、その処置方法について検討した。また、カシナガの穿入伐根から発生した萌芽の生育状況を把握し、カシナガの穿入による萌芽発生への

影響を調べた。

本報告は、県単独課題の平成 20～24 年度に実施された「ゾーニングによるナラ枯れの予防対策に関する研究」と、平成 25～29 年度に実施された「秋田県に侵入し広域的に拡大する森林生物被害の生態と防除に関する研究」で行った研究の一部をとりまとめたものである。

II. 調査地と方法

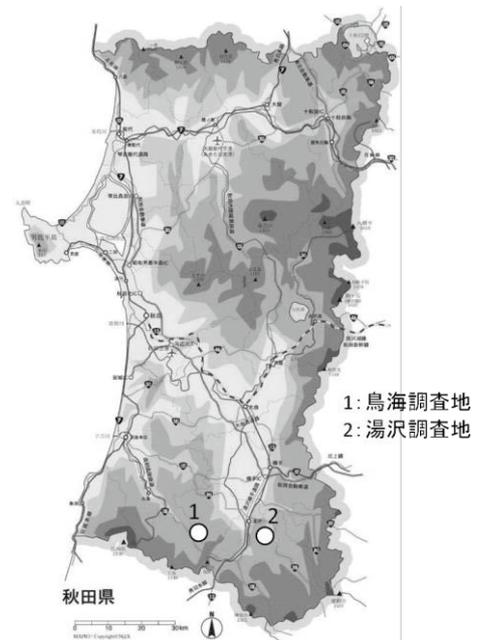
1. 調査地の概況

調査地は、由利本荘市鳥海町上笹子（以下、鳥海調査地）と、湯沢市三梨町宮田（以下、湯沢調査地）の 2 箇所を選定した（図－1）。両調査地とも 2010 年に初めて被害が発生し、2010～2011 年に穿入枯死木と部分枯れを呈した被害木に、県の防除事業として地元の森林組合が NCS くん蒸による立木処理を行った林分である。

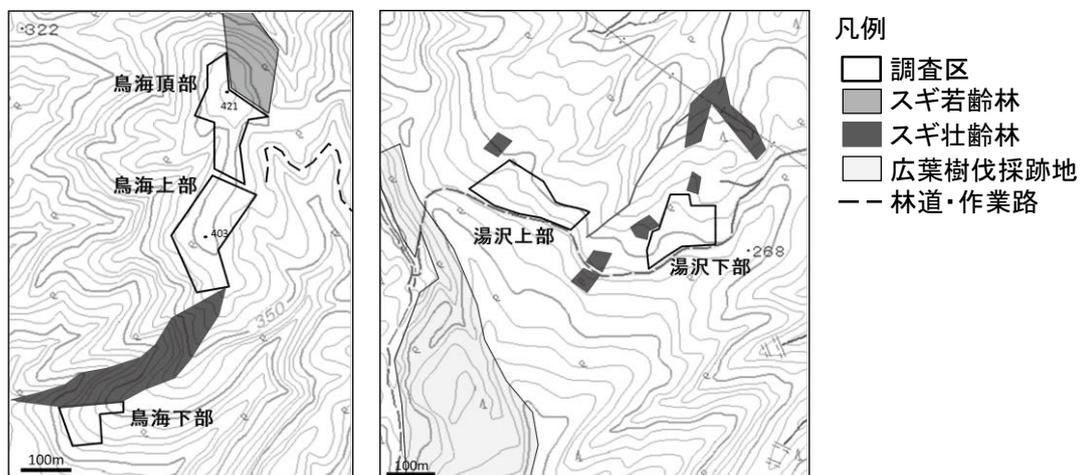
1) 鳥海調査地

標高は 230～420m で、最大積雪深は 150～250cm である。地形は、主尾根が北東から南西にのび、頂部周辺から南方約 500m の地点までと中部から下部にかけて平坦地形や緩傾斜面が存在し、尾根から沢までの斜面は急傾斜が多い（図－2）。主要樹種はミズナラ、ブナで標高が 300m 以下ではブナが減りコナラ、クリが多く生育する（図－3）。林齢は 47～49 年生（2010 年時）で、上層木（樹高 10m 以上）の平均樹高は 14.6～15.1m、平均胸高直径は 22.3～24.6cm、ha 当たりの本数密度は 836～942 本である。

被害は、2010 年に頂部周辺（以下、鳥海頂部）と尾根下部の緩斜面（以下、鳥海下部）に発生し、2013 年に頂



図－1 調査位置図



図－2 鳥海・湯沢調査地の概況（出典：国土地理院ウェブサイト）

部から約 400m離れた尾根上の平坦地（以下、鳥海上部）に飛び火して発生した。調査区は、これら被害の発生した3カ所に設け、面積と標高は頂部で 1.56ha, 410m, 上部で 1.95ha, 390m, 下部で 0.72ha, 290mである。

2) 湯沢調査地

標高は 230~320mで、最大積雪深は 100~250cm である。地形は全体が北東の緩斜面で、ほぼ中央に南西から北東にかけて、常に流水の認められる沢が存在し、ほかに複数の小さな尾根や沢が同方向に存在する（図-2）。主要樹種は、ミズナラ、コナラで、次いでホオノキが多く生育する（図-3）。林齢は 48~59 年生（2010 年時）で、上層木（樹高 10m以上）の平均樹高は 15.7~17.7m, 平均胸高直径は 26.9~27.9cm, ha 当たりの本数密度は 575~586 本である。

被害は、2010 年に中央の沢の西側（以下、湯沢上部）に、2012 年には東側（湯沢下部）にも発生した。調査区は、この2カ所に設け、面積と標高は上部で 1.38ha, 260m, 下部で 1.12ha, 240mである。

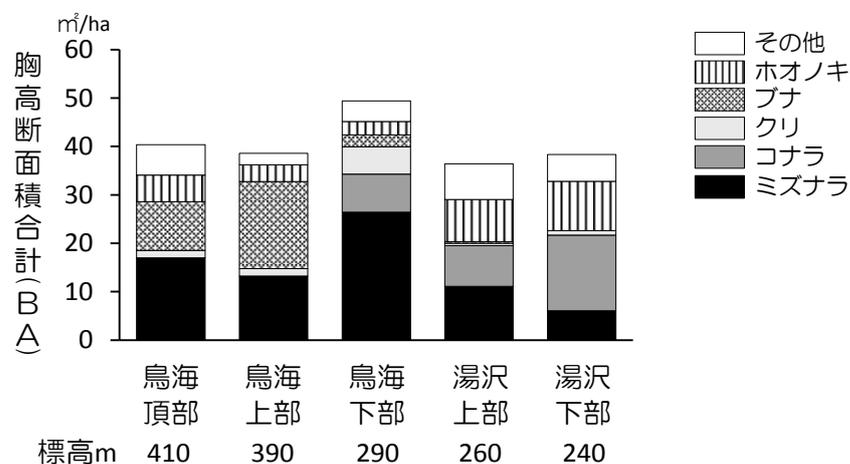


図-3 各調査区の標高と樹種別の胸高断面積合計 (BA)

2. 被害木の動態調査

1) 穿入生存木と穿入枯死木の推移

ナラ枯れに罹病する被害木の胸高直径は、7-10cmが下限であるため、調査対象木を胸高直径7cm以上とした。各調査区において、2010~2017年の9~10月に、穿入枯死木と穿入生存木を調べた。穿入枯死木は、根元や樹幹にカシナガによる多くの穿孔やフラスを、樹冠全体に萎れと褐変を認められる林木とし、穿入生存木は、根元や樹幹に穿孔やフラスを確認でき、調査時点で樹冠に変化が認められない林木とした。調査は、穿孔のある林木に対して胸高直径を計測し、穿孔数を目測で数え100未満、100-199, 200以上に区分した。両調査地で被害4年目となる2013年以降、穿入枯死木に新たな穿入が認められたため、穿孔数と最大穿入高を調べた。

2) 穿入生存木と穿入枯死木の立木配置

2013~2017年に調査区内の胸高直径7cm以上の全ての林木を対象に、樹種、樹高、胸高直径を調べた。また、区内に10~30本の測量杭を設置し、測量杭から各林木への方位、水平距離を計測して位置を特定した。

3. カシナガキクイムシの羽化脱出調査

1) 立木からの羽化脱出調査

カシナガの穿入を受けた林木は、カシナガの繁殖を阻害する物質を含む変色域が形成される（笠井ら、2003）ため、穿入生存木からの羽化脱出数は、穿入履歴に影響を受け、履歴があった方がより少なくなる（小林ら、2008）。このため、鳥海調査地においてミズナラ、コナラ、クリを対象として穿入履歴別の穿入生存木と、枯死年の翌年以降に穿入が認められたミズナラの穿入枯死木に、毎年20～30本を選んでスカート型トラップ（江崎、2002）を設置し、カシナガの羽化脱出数を調査した。トラップは、素材に防草シート（アグリシート、日本ワイドクロス株式会社製）を使用した改良型（小澤、2014 写真1）とし、調査木の地上高約170cm以下の樹幹を覆うように設置した。シート上部は結束バンドで樹幹に縛りつけ、さらにコーキング剤で樹幹との隙間を埋めた。また、根元はシートの裾を鉄製の杭で地面に固定し、土をかけ隙間をなくした。シートの端同士を合わせる場合はステープラで留め、防水テープで隙間を作らないよう貼り合わせた。シートの地上高約100～120cmの部位を3×5cmの大きさに1～2箇所切りぬき、明かり窓の役割を兼ねたプラスチック製の誘引箱を貼りつけ、誘引箱の下に350ccのペットボトルを連結させ捕虫器とした。捕虫器には、設置の際に腐敗防止用としてプロピレングリコールを注いだ。

調査の初年度はツキノワグマにより、ほぼ全トラップの捕虫器のペットボトルが脱落し、シートの一部に穴が空くなどの被害がでた。ペットボトルには噛み跡や爪痕があり、トラップ本体から5m以上離れた箇所に落ちていた事例もあった。そこで、クマ対策として2年目以降、目隠し用にトラップと同一素材で明かり窓をつけた30×50cmシートで、誘引器と捕虫器を覆った（写真2）。2013～2017年、毎年カシナガの羽化脱出する前の6月中旬から10月中旬まで設置し、約10日間置きに捕獲器のペットボトルを交換し、中のカシナガの個体数を計測した。



写真-1 改良型スカートトラップ（小澤 2014）

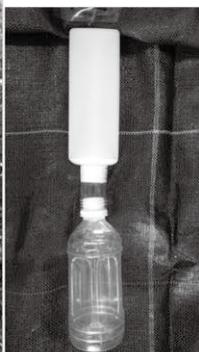


写真-2 クマ避け用の目隠しシートを付けたスカートトラップ

2) 羽化脱出数の推定方法

トラップを設置した調査木を、樹種別、穿入履歴別、穿孔数別（100未満、100-199、200以上）に分け（表-1）、区分ごとのカシナガの平均羽化脱出数を算出した。穿入生存木の動態調査の結果より得られた年単位の区分別の発生本数に、それぞれの平均羽化脱出数を乗じ、その数値の和を、各調査区の年単位の推定羽化脱出数とした（計算例を後述）。

表-1 穿入履歴別、穿孔数区分別、樹種別のスカートトラップ設置数

穿孔数区分	穿入履歴	ミズナラ	コナラ	クリ	ナラ枯れ後に穿孔を受けたミズナラ
100未満	無	14	6	7	-
100-199	無	8	4	-	4
200以上	無	11	-	-	6
100未満	有	4	23	2	-
100以上	有	5	5	1	-

3) 伐根からの羽化脱出調査

萌芽試験区（後述）において、地上高30cmにおける株の直径が30cm以上のミズナラの伐根で、かつ2014年にカシナガの穿入を受けた個体の中から、無作為に10株を選び、これを調査対象とした。2014年10月に、伐採面の伐根径とカシナガの穿孔数を計測した。2015年6月に、伐根を覆うように前述の改良スカート型トラップを設置し、同年10月まで約10日間隔でカシナガの羽化脱出数を調べた。

4. 萌芽調査

萌芽調査は、穿入生存木の伐根及び伐採後に穿入を受けた伐根の2種類と、それぞれの比較対象として未穿入の伐根を選定し行った。

1) 穿入生存木の伐根

鳥海下部調査区の東側に隣接する約0.7haの林分を2013年に伐採し、萌芽試験区とした。伐採前の同年9月に胸高直径7cm以上の林木を対象に樹高、胸高直径を計測するとともに、健全木、穿入生存木、穿入枯死木に区分した。試験区内のミズナラ97本を調査対象とし、その内訳は健全木（カシナガ未穿入木）16本、穿入生存木25本、穿入枯死木56本である。同年11月に区内を皆伐して、伐採高が30cm以上の伐根は、地上高30cmの位置を、それ以外の伐根は伐採面の直径を、山側と谷側の伐採高とともに計測し、翌年以降2014~2017年の10~11月に、伐根から発生した萌芽の有無、1株当たりの生存している萌芽数、1株当たりの最大萌芽高を調べた。伐採高は山側と谷側の伐採高の平均とした。また、萌芽の発生伐根率は、萌芽発生株数/調査株数×100とし、発生した萌芽が1本でも生育している伐根を萌芽有に、伐採翌年に萌芽の発生が認められない伐根や、発生した萌芽が全て枯れた伐根を萌芽無とした。調査対象の伐根側面には2014~2015年の6月に、新たなカシナガの穿入を防ぐため萌芽を避けて噴霧処理剤（カシナガブロック、アース製薬株式会社製）を塗布した。

2) 伐採後穿入を受けた伐根

湯沢調査地の西側に隣接し、2012年秋季に伐採した広葉樹林の伐採跡地に試験区を設定した。ミズナラの伐根について無作為に74株選び、伐採面の直径と山側と谷側の地上高を計測し、2013～2017年の10～11月に、伐根から発生した萌芽の有無、萌芽数、萌芽の最大高及びカシナガの穿孔数を調べた。

III. 結果と考察

1. 被害発生から蔓延するまでの穿入生存木の動態

1) 穿入生存木及び穿入枯死木の推移

各調査区において、各年で新たに発生した穿入枯死木及び穿入生存木（ha 当たり）の推移を図-4に示す。両者の発生本数は、全ての調査区において連動し増減した。鳥海下部を除く4調査区では2015年より両者の発生本数が急激に増加し、翌年にかけてピークを迎え2017年には激減した。ミズナラが多く生育する鳥海頂部・鳥海上部では、被害の初期には両者の出現本数はほぼ同量で推移し、被害のピーク時（2016年）には穿入生存木の発生本数は穿入枯死木の約70%を占める。それに対し、コナラが生育する鳥海下部、湯沢上・下部での穿入生存木は、被害量が少ない時期は穿入枯死木と同量だが、多くなると穿入枯死木の約2倍で推移した。

各調査区における被害初発から8年目（2017年）の穿入枯死木、穿入生存木、健全木、非罹病樹種（ナラ枯れに罹病しない樹種）の本数割合を図-5に示す。穿入枯死木の発生割合が最も高かったのは、鳥海下部の42%、次に湯沢上部の30%、鳥海頂部の30%、鳥海上部の25%と続き、最も低かったのは湯沢下部の21%であった。ミズナラが多く生育する地域ほど、枯死率は高くなった。また、罹病樹種であるミズナラ・コナラ・クリへの穿入率は、鳥海頂部91%、鳥海上部87%、鳥海下部94%、湯沢上部96%、湯沢下部96%と、全区でほぼすべてのナラ類が穿入を受けた。被害の終息時には、ほとんどの穿入対象木が穿入を受けた状態になること（伊藤ら、1993）から、全ての調査区は終息に近い状態にあると推測された。

ミズナラ・コナラ・クリ3樹種における被害初発から8年目（2017年）の穿入枯死木・穿入生存木・健全木の本数割合を図-6に示す。カシナガの穿入を受けた割合は、ミズナラで92%、コナラで97%に

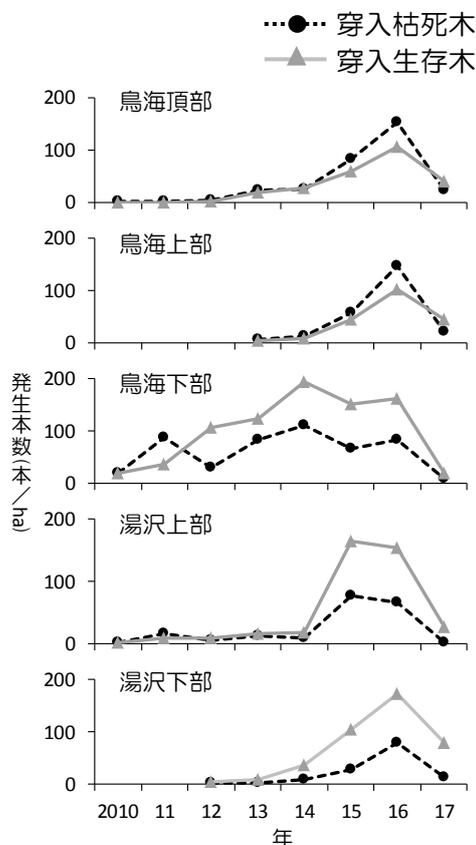


図-4 各調査区における被害枯死木と穿入生存木の ha 当たりの発生本数推移

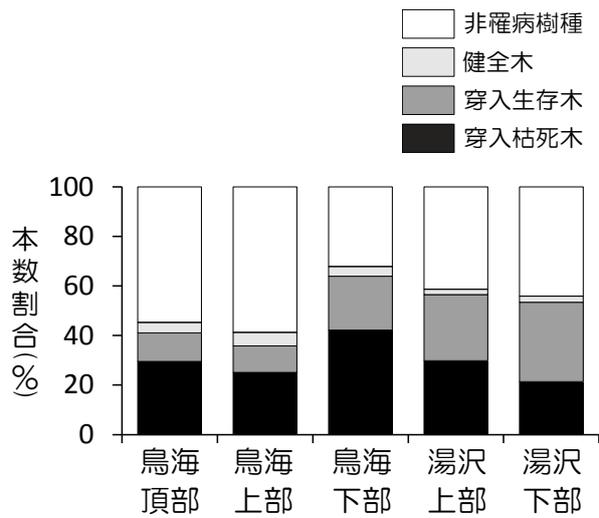


図-5 各調査地における被害初発から8年目(2017年)の穿入枯死木、穿入生存木、健全木、非罹病樹種の本数割合

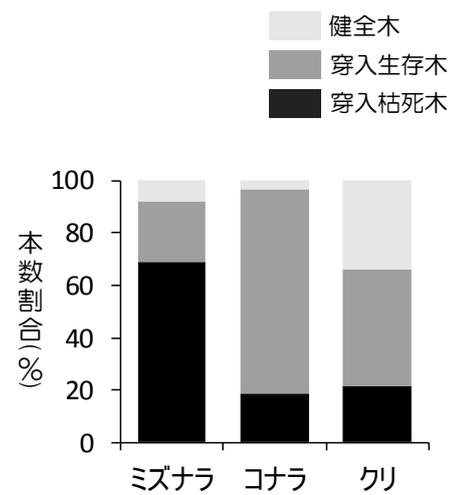


図-6 3樹種における被害初発から8年目(2017年)の穿入枯死木・穿入生存木・健全木の本数割合

対し、クリでは66%とやや低くなった。穿入枯死木と穿入生存木の割合は、ミズナラで69%、23%、コナラで19%、78%、クリで21%、45%となった。ミズナラはナラ枯れによる枯死率が高く(村田ら, 2002)、ミズナラよりコナラの方が穿入生存木の割合が高くなった関西地域の報告(井上ら, 2000; 小林・柴田, 2001; 小林・上田, 2001)と同様の結果が得られた。コナラは穿入割合が高かったのにもかかわらず、健全木と合わせ約8割が生き残る結果となった。

2) 穿入生存木への穿入年数と穿孔数

調査地では、複数年の穿入を受けて枯死する個体がある一方、生存し続ける個体の存在も確認された。カシナガの穿入を受けた年の数を穿入年数とし、ミズナラ・コナラ・クリ3樹種における穿入生存木の穿入年数別本数割合を図-7に、穿入枯死木の穿入年数別本数割合を図-8に示す。図-7より穿入年数2以上の生存木の割合は、ミズナラで56%、コナラで71%、クリで19%、4以上の割合は順に3%、4%、1%であった。図-8より、穿入年数1で枯死した穿入枯死木の割合は、ミズナラ

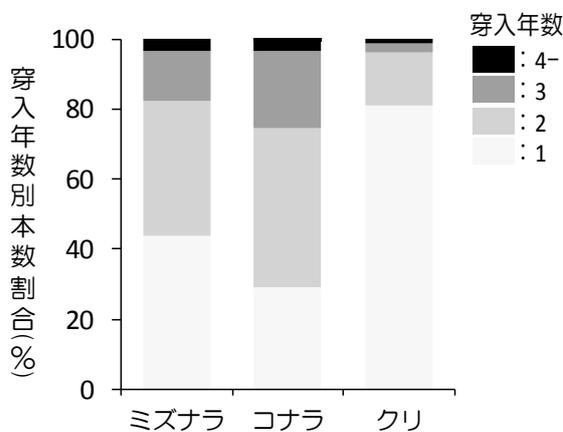


図-7 3樹種における穿入生存木の穿入年数別本数割合

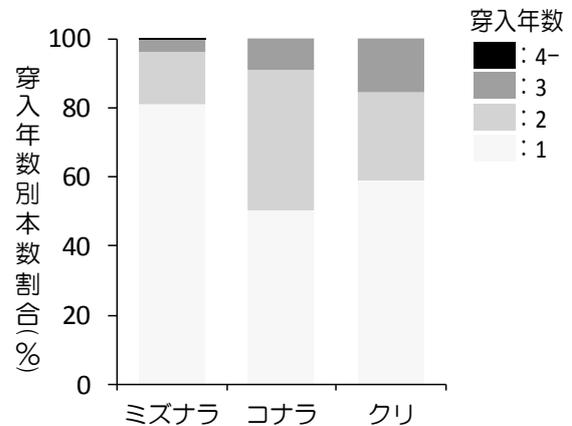


図-8 3樹種における枯死するまでの穿入年数別本数割合

で81%，コナラで50%，クリで59%であった。穿入年数2までで枯死した割合は，順に96%，91%，85%であった。

次に3樹種における穿入年数別の枯死率を図-9に示す。1年目の穿入年数で枯死する割合は，ミズナラで83%と最も高く，コナラで30%，クリで28%であった。ミズナラ，コナラは穿入年数が増えるにつれ枯死率は低下し，クリは逆に増加した。コナラ林では，穿入年数が2年目以降の穿入生存木は，枯れにくくなった結果（松浦・中島，2016）と符号した。

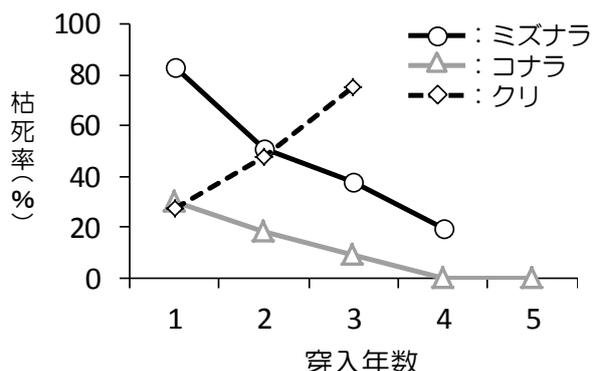


図-9 3樹種における穿入年数別の枯死率

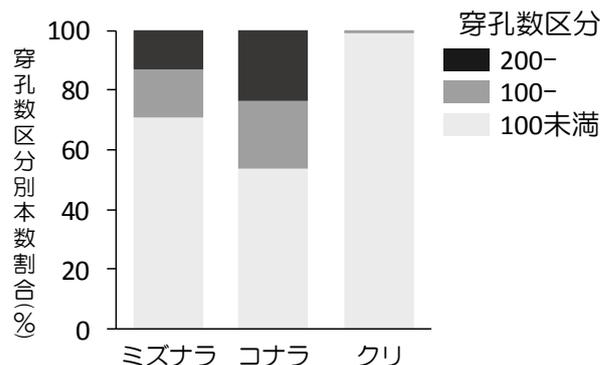


図-10 3樹種における穿入生存木の穿孔数区分別本数割合

穿孔数を100未満，100-199，200以上の3区分とし，3樹種における穿入生存木の穿孔数区分別本数割合を図-10に示す。100以上の穿孔を受けた割合は，ミズナラで29%，コナラで46%，クリで1%と，コナラは，穿孔を多く受けても枯死せず，穿入生存木になる割合が高かった。

胸高直径を10cm未満，10-20cm，20-30cm，30cm以上の4区分とし，3樹種における被害初発から8年目（2017年）の全林木，穿入生存木，穿入枯死木，健全木の胸高直径区分別本数割合を図-11に示す。各樹種の全林木と健全木の20cm未満の直径区分割合を比較してみる。ミズナラは，全林木では43%で，健全木では82%，コナラは16%，50%，クリは12%，17%と，ミズナラとコナラでは健全木の20cm未満の直径階層が全林木より多くなったのに対し，クリはほぼ同じ割合であった。罹病樹種

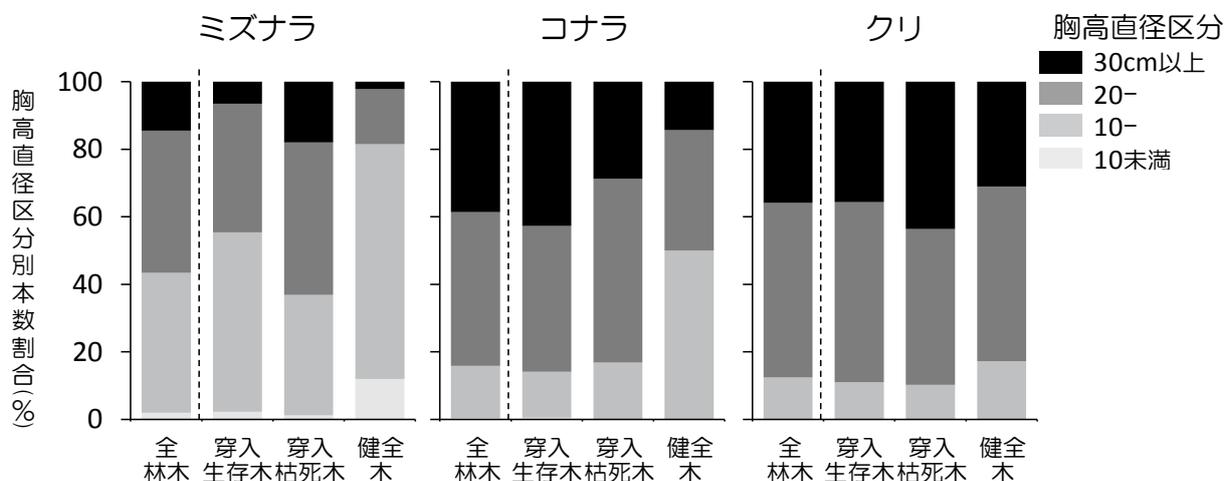


図-11 3樹種における被害初発から8年目（2017年）の全林木，穿入生存木，穿入枯死木，健全木の胸高直径区分別本数割合

の大径木は、含水率が低下しにくくて共生菌が生育しやすいうえに、繁殖容積が大きいので、カシナガにとって好適な寄主となる（小林・上田，2005）。これらのことから、ミズナラ・コナラの大径木はカシナガに優先的に穿入されやすく、直径の小さな林木ほど、ナラ枯れが蔓延してもカシナガの穿入から逃れやすいと推測された。

3) 穿入枯死木への穿入

全ての調査区で、穿入枯死木に対し枯死の翌年以降も穿入する事例や一部の穿入枯死木から羽化脱出する事例（後述）が認められた。ミズナラ、コナラ、クリの樹種別にナラ枯れ後の穿入年数割合を図-12に示す。穿入年数0は、枯死翌年以降に穿入の認められない穿入枯死木を表す。枯死後も穿入を受けた割合は、ミズナラ 58%、コナラ 41%、クリ 10%だった。ミズナラ・コナラにおける穿入年数別の最大穿入高の平均値を図-13示す。穿入枯死木への穿入は根元周辺に多く、年数が多くなるに従い樹幹のより低い位置に穿入した。ミズナラとコナラが生育する鳥海下部、湯沢上・下部では、両樹種の健全木の割合が半分まで減少するとミズナラの穿入枯死木への穿入が確認され、その数年後にコナラの穿入枯死木への穿入が確認された。被害林分では時間の経過に伴い、林分内のカシナガの個体数が増加する一方、枯死木や繰り返し穿入を受ける生存木が増え、繁殖に適した寄主が減った結果、穿入枯死木まで穿入対象としていると推測された。

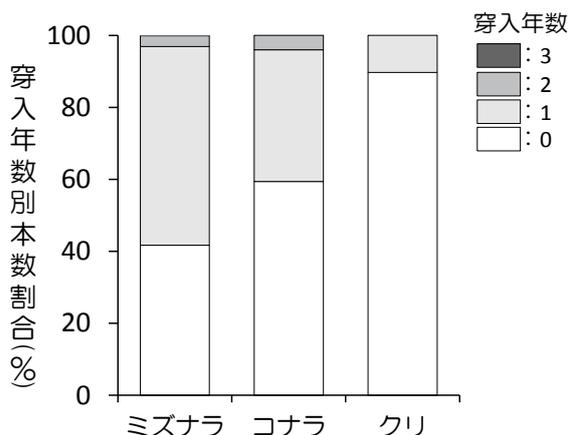


図-12 3樹種におけるナラ枯れ後の穿入年数別本数割合

穿入年数0は枯死翌年以降に穿入の認められない被害枯死木を表す。

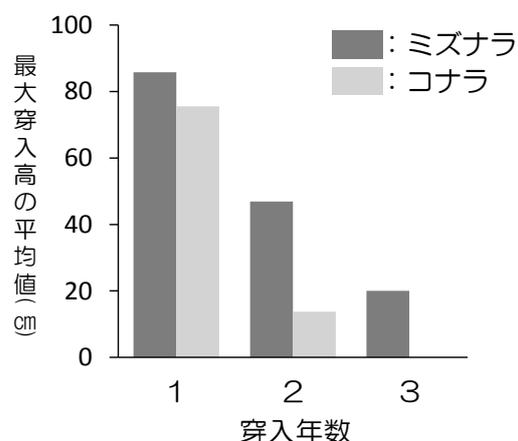


図-13 ミズナラ、コナラにおける穿入年数別の最大穿入高の平均値

4) 穿入生存木と穿入枯死木の動態

これまでの結果をふまえ、被害初発から蔓延するまでの穿入生存木・穿入枯死木の発生経過をミズナラ主体林、ミズナラ-コナラ混交林に区分し記述する。

樹種組成がミズナラ主体の林分では、被害初期は穿入生存木と穿入枯死木がほぼ同数で推移するが、ミズナラの半数近くが穿入を受けた状態になると、穿入枯死木の本数が穿入生存木より上回り急増した。蔓延後、ミズナラの2割ほどが穿入生存木となり、その内6割が繰り返し穿入され、健全木は小径木を中心に1割弱生き残った。穿入生存木の約1割強がカシナガの200孔以上の穿入を受けた。

樹種組成がミズナラとコナラの構成比がほぼ均等な混交林分では、穿入生存木は、被害初期に穿入枯死木と同数か上まわる本数で推移し、両樹種のほぼ半数が穿入を受けた状態になると穿入枯死木の

約2倍で推移した。これは、コナラは、穿入生存木になる割合が約8割とミズナラより高いためである。結果、蔓延後、ミズナラは7割が枯死し、コナラは胸高直径30cm以上の林木も穿入生存木として生き残り、コナラ主体の林分となった。生き残ったコナラの穿入生存木は、約7割が繰り返し穿入され、約2割がカシナガの200孔以上の穿入を受けた。

2. カシノナガキクイムシの羽化脱出

1) 穿入生存木からの羽化脱出

穿入生存木からのカシナガの羽化脱出数は、穿入履歴に影響を受ける（小林ら，2008）ため、穿入生存木からの羽化脱出数を穿入履歴の有無によって区分し、樹種別の平均羽化脱出数を図-14に示した。穿入履歴無の図には、ナラ枯れ後に穿入したミズナラを対象とした結果も加えた。穿入履歴の有無にかかわらず、100以上の穿孔のあったトラップ設置木は、3樹種とも羽化脱出した本数割合が約80%以上と高くなった。穿孔数が100未満の設置木は、羽化脱出の本数割合はミズナラ・コナラで33～57%だったのに対し、クリからの羽化脱出は認められなかった。

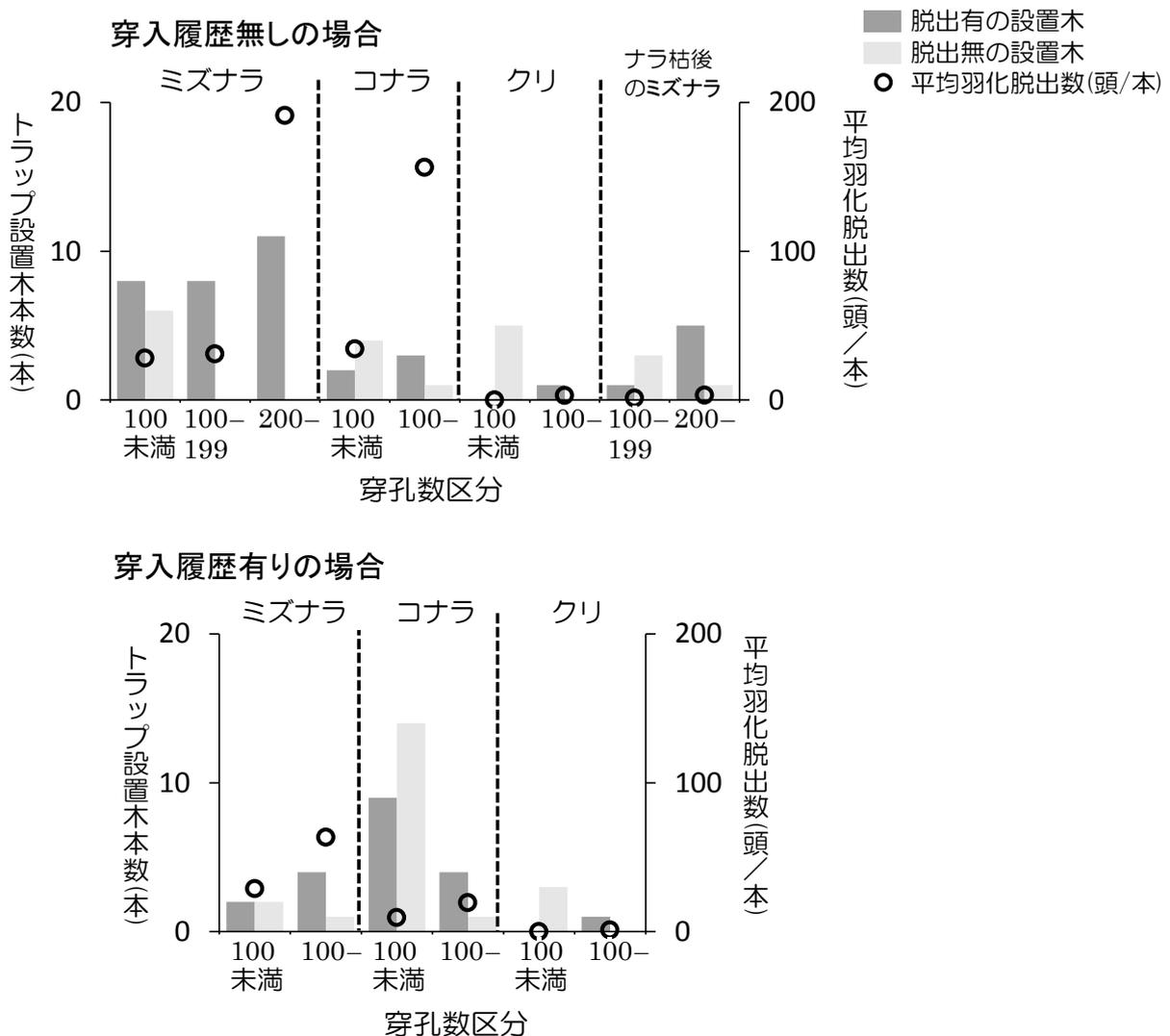


図-14 3樹種における穿入履歴有無別、穿孔数区分別の羽化脱出の有無本数と1本当たりの平均羽化脱出数

1 本当たりの平均羽化脱出数は、穿入履歴の有無にかかわらず3樹種とも穿孔数区分が大きいほど多くなった。樹種別の最大羽化脱出数は、いずれも穿入履歴無で、ミズナラでは穿孔数200以上の191頭/本、コナラでは穿孔数100以上で156頭/本、クリでは穿孔数100以上で3頭/本であった。

2) 枯死から2年経過した穿入枯死木からの羽化脱出（枯死翌年にカシナガが穿入したケース）

ナラ枯れした翌年に100以上の穿孔が認められたミズナラ10本中6本から、平均2.4頭/本と極めて少ないがカシナガの羽化脱出個体が認められた（図-14）。穿入枯死木からの羽化脱出はこれまで確認された事例がない。今回、調査対象の半数の穿入枯死木から羽化脱出個体が確認された。

3) 伐根からの羽化脱出（伐採後にカシナガが穿入したケース）

伐採後に穿入を受けたミズナラの伐根10株のうち、翌年に羽化脱出が認められたのは1株で、羽化脱出数の合計は57頭であった。羽化脱出が認められた伐根は、伐採前の穿入履歴はなく、伐根の直径は66.1cmと調査対象の伐根の中で最も大きく、カシナガの穿孔数も72孔と2番目に多かった。ナラ類は大径木ほどカシナガの穿孔数が多くなる（布川，1993；小林・上田，2001）。これらのことから、ナラ類の大径木であれば、伐採翌年の伐根は繁殖場所となることが明らかとなった。よって、伐採後、カシナガの穿入を防ぐ薬剤処理が必要と判断された。

3. カシノナガキクイムシの穿入を受けた伐根の萌芽力

1) 穿入生存木・穿入枯死木・健全木を伐採した伐根の萌芽力の比較

カシナガの穿入を受けた穿入生存木の材内では、カシナガによる多数の坑道や、ナラ菌の繁殖、その繁殖を阻害する物質による変色域の形成など、様々な環境変化が生じる。カシナガの穿入による萌

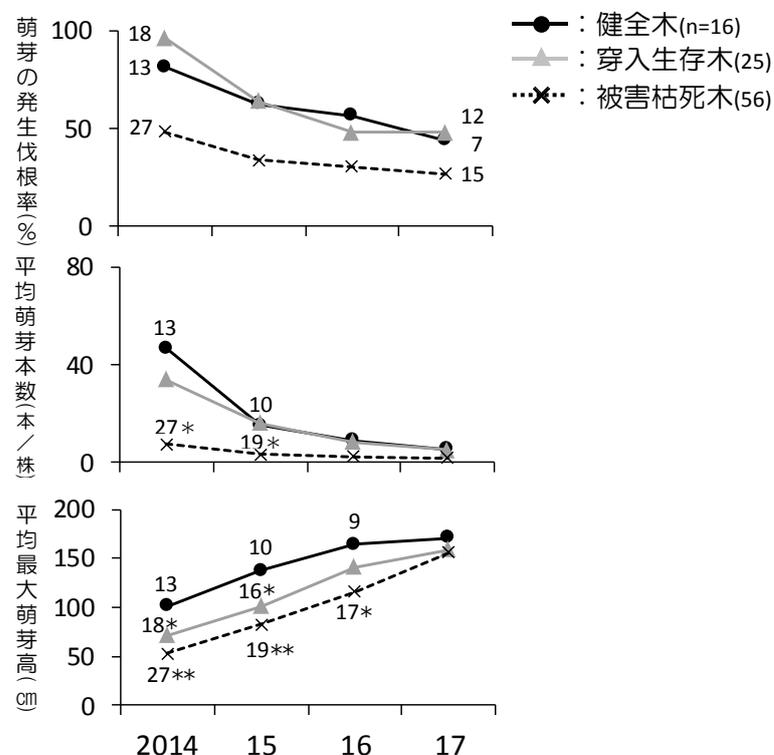


図-15 伐採から4年間の健全木，穿入生存木，穿入枯死木別の萌芽の発生伐根率，平均萌芽本数，平均最大萌芽高の推移

グラフ内の**はp<0.01，*はp<0.05で有意差あり。数値はサンプル数。萌芽の発生伐根率はχ2検定，平均萌芽数と平均最大萌芽高はStudent's test または Welch's testによる。

芽力への影響を調べた。萌芽試験区において穿入生存木、穿入枯死木、健全木（カシナガ未穿入木）別に、萌芽の発生伐根率（萌芽発生株数／調査株数×100）、1株当たりの平均萌芽本数、1株当たりの平均最大萌芽高の推移を図-15に示す。伐採翌年と伐採から4年後における萌芽の発生伐根率は、健全木で81.3%、43.8%だったのに対し、穿入生存木では96.0%、48.0%で、穿入枯死木では、48.2%、26.8%と最も低かった。伐採翌年の1株当たりの平均萌芽本数は、健全木で46.6±58.5本/株（平均値本±標準偏差、以下同じ）と最も多く、穿入生存木では33.8±33.0本/株、穿入枯死木では7.6±15.3本/株と最も少なかった。4年後の平均萌芽本数は、順に5.3±8.6本/株、4.9±7.7本/株、1.8±4.4本/株となった。1本当たりの平均最大萌芽高では、伐採翌年は、健全木100.7±35.6cm、穿入生存木71.2±34.4cm、穿入枯死木52.6±30.3cmとなり、伐採から4年後には順に170.7±80.5cm、159.2±63.4cm、155.8±46.5cmとなった。伐採から4年後の萌芽の発生伐根率、平均萌芽本数、平均最大萌芽高について、健全木と穿入生存木、穿入枯死木をそれぞれ比較すると、有意差は認められなかった。萌芽の発生は、伐根の大きさや伐採高などの影響を受ける。図-16に4年目における健全木、穿入生存木、穿入枯死木別、萌芽の発生有無別の伐根の直径と伐採高を表した。萌芽力は、根株部が最も強く伐採面が高いと弱くなり（千葉，1981）、また、大径化した林木は萌芽力が劣る（韓・橋詰，1991）。本調査地では、どの伐根サイズからも萌芽の発生が認められた。カシナガの穿入による萌芽への影響を明らかにするためには、今後、データを積み重ねる必要がある。

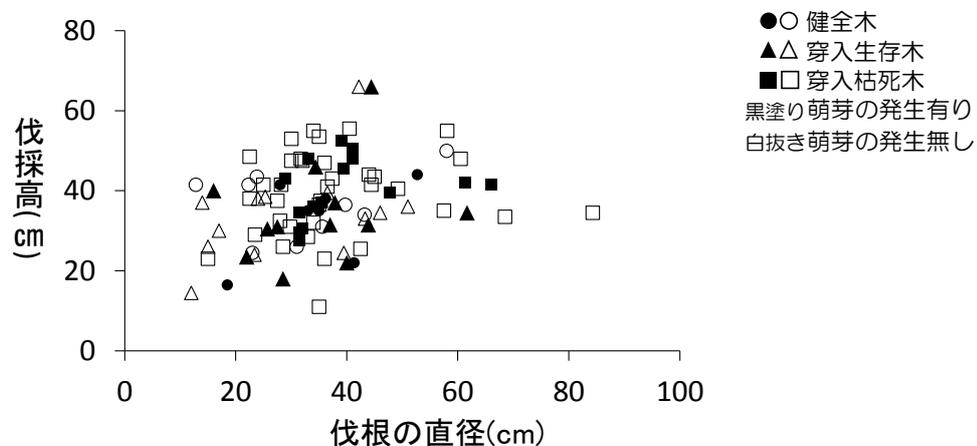


図-16 伐採4年目における健全木、穿入生存木、穿入枯死木別、萌芽の発生有無別の伐根の直径と伐採高

2) 伐採後に穿入された伐根からの萌芽状況

湯沢調査地において伐根74株のうち、伐採翌年以降にカシナガの穿入が認められたのは27株であった。うち17の伐根は2013年か2014年のどちらか1年の穿入を受け、10の伐根は2013年と2014年の2年の穿入を受けた。図-17に伐採から5年目における穿孔有無別の萌芽の発生伐根率を、図-18に伐採5年目における穿孔数（2年の合計）別1株当たりの萌芽本数（本/株）と最大萌芽高（cm）を示す。萌芽の発生伐根率、1株当たりの萌芽本数（本/株）、最大萌芽高（cm）いずれも穿孔数との相関は認められなかった。伐採5年目における穿孔有無別、萌芽の発生有無別の伐根の直径（cm）と伐採高（cm）

を図-19 に示す。伐根サイズと萌芽の発生に相関は認められず、あらゆる伐根サイズから萌芽の発生が認められた。これらの結果より、前述同様、伐根へのカシナガの穿入による萌芽への影響を明らかにするためには、データの積み重ねが必要である。

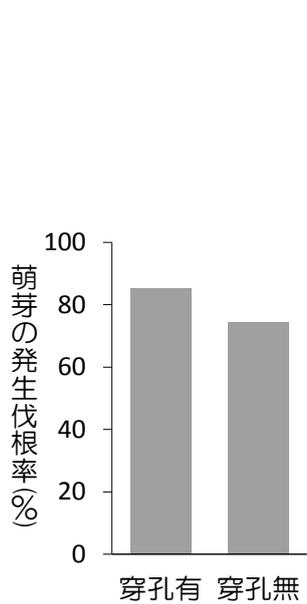


図-17 伐採 5 年目における穿孔有無別の萌芽の発生伐根率

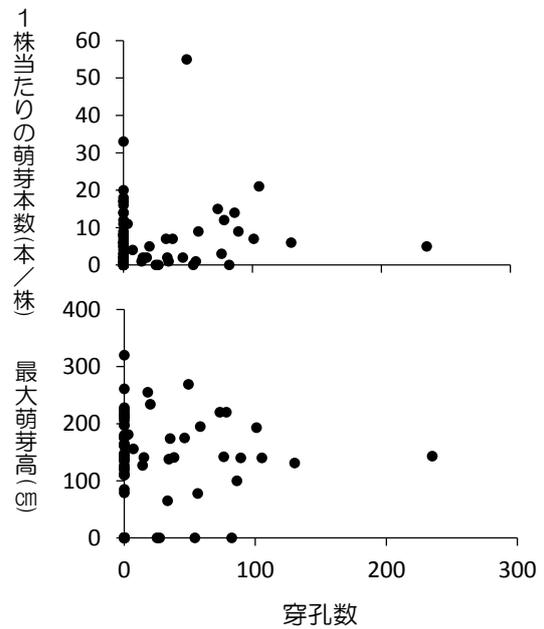


図-18 伐採 5 年目における穿孔数別 1 株当たりの萌芽本数と最大萌芽高

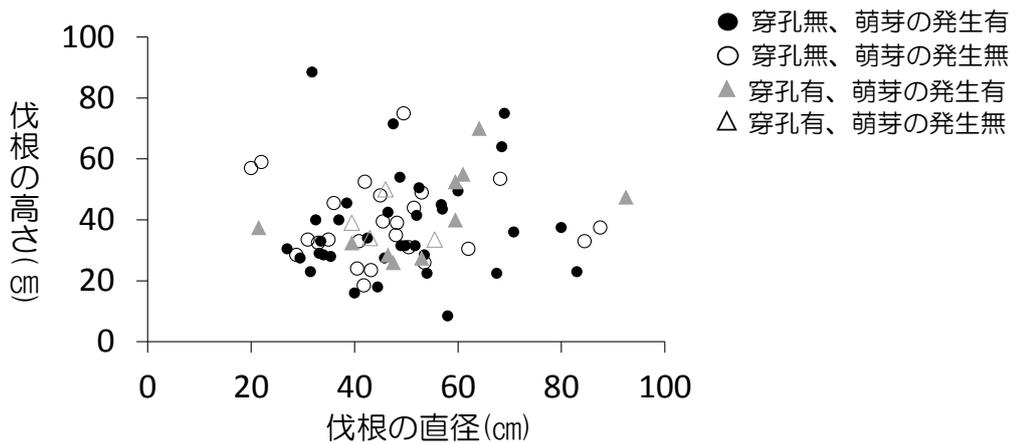


図-19 伐採 5 年目における穿孔有無別、萌芽の発生有無別の伐根の直径と伐採高

4. 穿入生存木の探索と処置方法

1) 穿入生存木の発生場所

各調査区において被害初発年の2010年から被害蔓延後の2017年までの8年間について穿入枯死木、穿入生存木、過去の穿入枯死木、その他（当年無穿入木と非罹病樹種）の分布を図-20～24に示す。被害拡大の様態は多様で、鳥海上部・下部では、被害初年の翌年から周囲に拡大し始め、短期間で全域に広がった。湯沢上部・下部では、2年目まではほぼ同箇所にとどまっていたが3年目から拡大し始めた。鳥海頂部では、2年目に約100m離れた箇所で単年発生したものの、3年目まで穿入枯死木は数本で推移し、4年目以降周囲に拡大した。全ての調査区において、被害初年、穿入生存木は穿入枯死木の近辺に出現し、その後離れた箇所で穿入枯死木が発生しても、穿入生存木はその近辺に出現した。また、穿入生存木のみで発生した事例はなかった。

穿入生存木から同じ年に発生した穿入枯死木までの距離を計算し、各調査区における被害初年から5年目までの距離別穿入生存木本数を図-25に示す。被害初年、穿入生存木は穿入枯死木の半径30m以内に発生し、どの調査地でも穿入枯死木から30m以上離れて発生したことはなかった。その後、穿入枯死木が徐々に増加し、調査区内に拡大して発生しても、穿入生存木は穿入枯死木の半径30m以内に発生した。特に穿入枯死木から15m以内では、5年間の穿入生存木の累積発生本数は、全体の94%を占め、集中して発生していた。

2) 穿入生存木の処置方法

被害発生から3年目まで、各調査区における穿入生存木から羽化脱出したカシナガの個体数を推定した。計算例として、湯沢下部調査区の推定羽化脱出数を表-2示す。湯沢下部各年の推定羽化脱出数は、3樹種における穿入履歴別の穿孔数別の発生本数に平均羽化脱出を乗じた和である。3年目の推定羽化脱出数は、2,363頭となった。被害が確認された年を1年目として3年目までの各調査区におけるha当たりの推定羽化脱出数の推移を図-26に示す。鳥海下部と湯沢下部では、3年目で2,000頭/haを超えるカシナガが穿入生存木から羽化脱出したと予測された。また、穿入生存木の根元から6万頭弱のカシナガが羽化脱出した事例もある（小林, 2010）。これらの結果は、被害初期において穿入生存木は、他地域への被害拡大要因となるため、被害枯死木と同様に処理する必要性を示している。

穿入生存木は、穿入したカシナガが排出するフラス（木屑）によって判別できる。しかし、穿入生存木のみで発生する事例（小林ら, 2008）もあり、この場合、樹冠に褐色変化のない穿入生存木を林外から探索するのは事実上不可能である。よって、ナラ枯れの拡大を止めるためには、被害先端地において、特に穿入枯死木の周囲半径30m以内を入念に探索し、穿入生存木の発見に努めるとともに、薬剤処理など被害枯死木と同様の防除をすることが必要であると判断される。

鳥海頂部

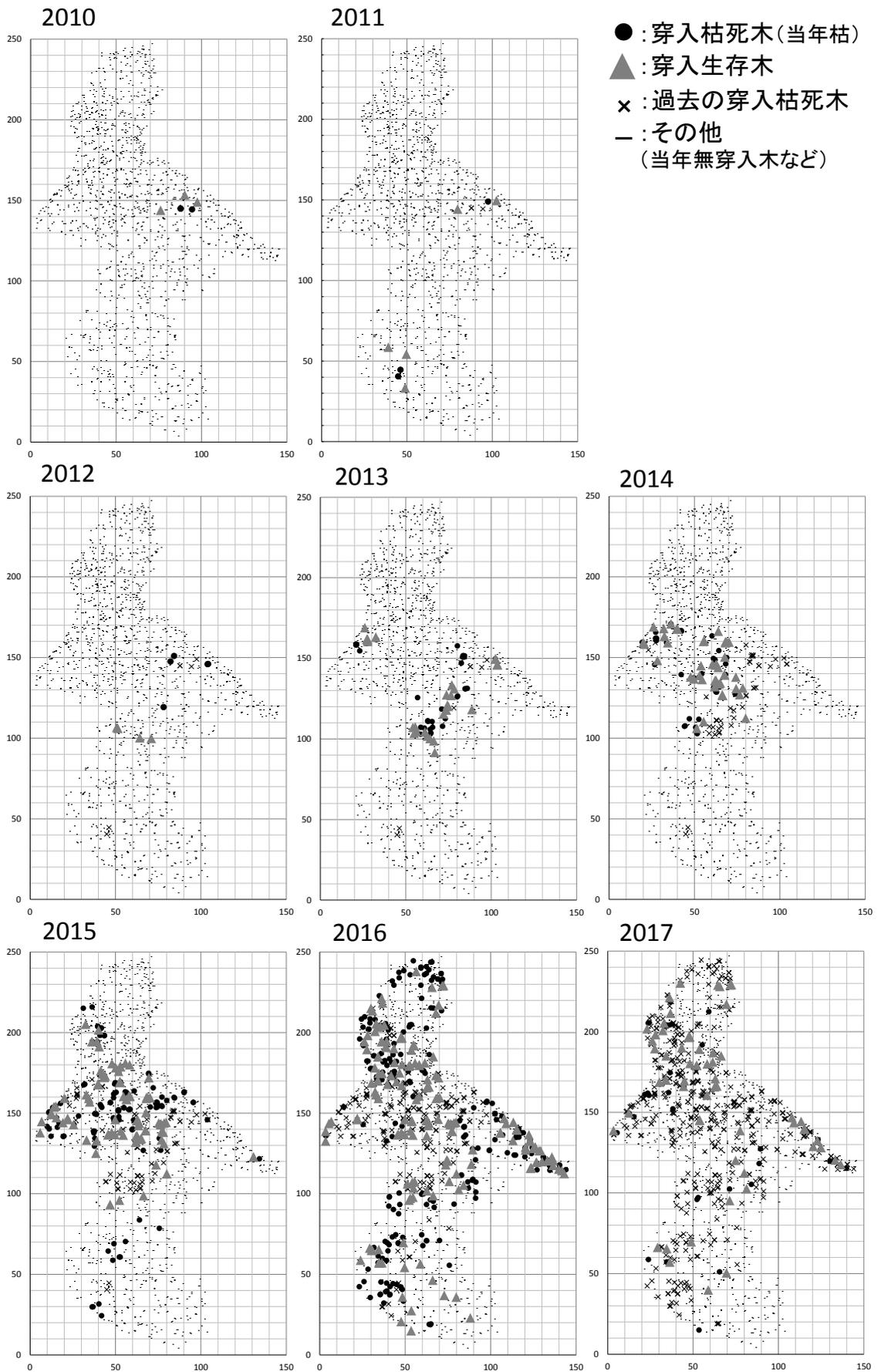


図-20 鳥海頂部における各年の穿入枯死木、穿入生存木、過去の穿入枯死木、その他（当年無穿入木と非罹病樹種）の分布図

鳥海上部

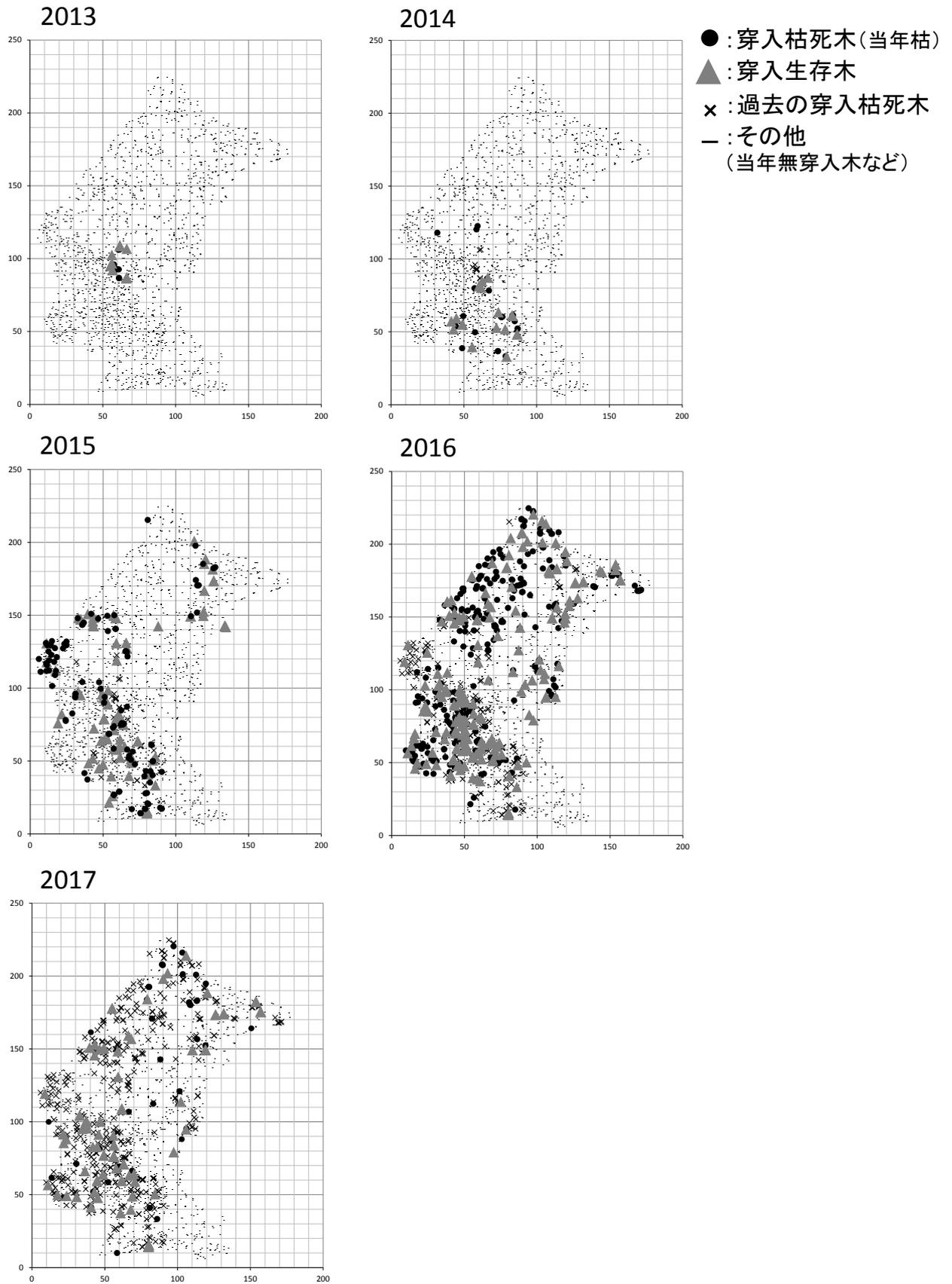


図-21 鳥海上部における各年の穿入枯死木、穿入生存木、過去の穿入枯死木、その他（当年無穿入木と非罹病樹種）の分布図

鳥海下部

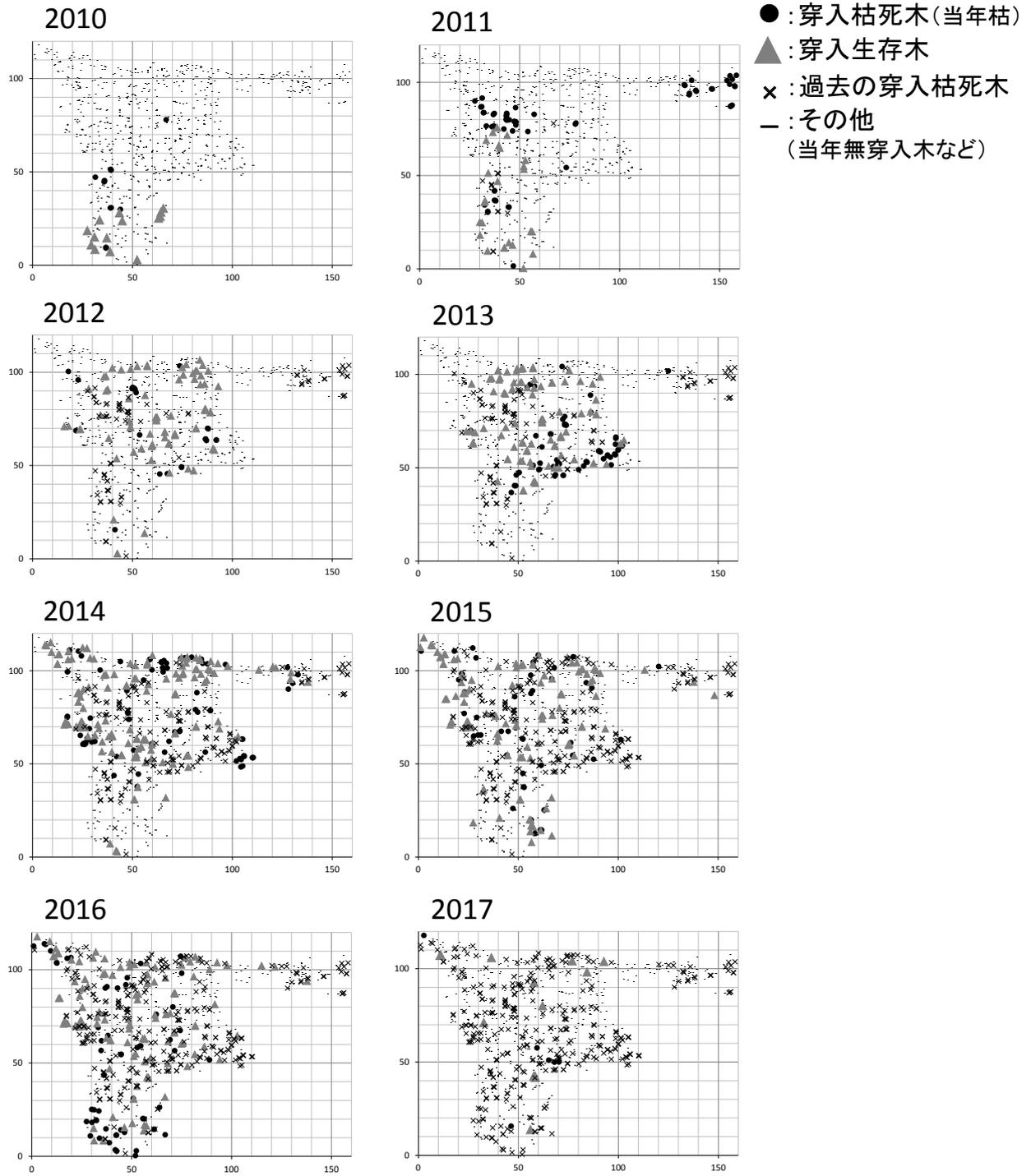


図-22 鳥海下部における各年の穿入枯死木，穿入生存木，過去の穿入枯死木，その他（当年無穿入木と非罹病樹種）の分布図

湯沢上部

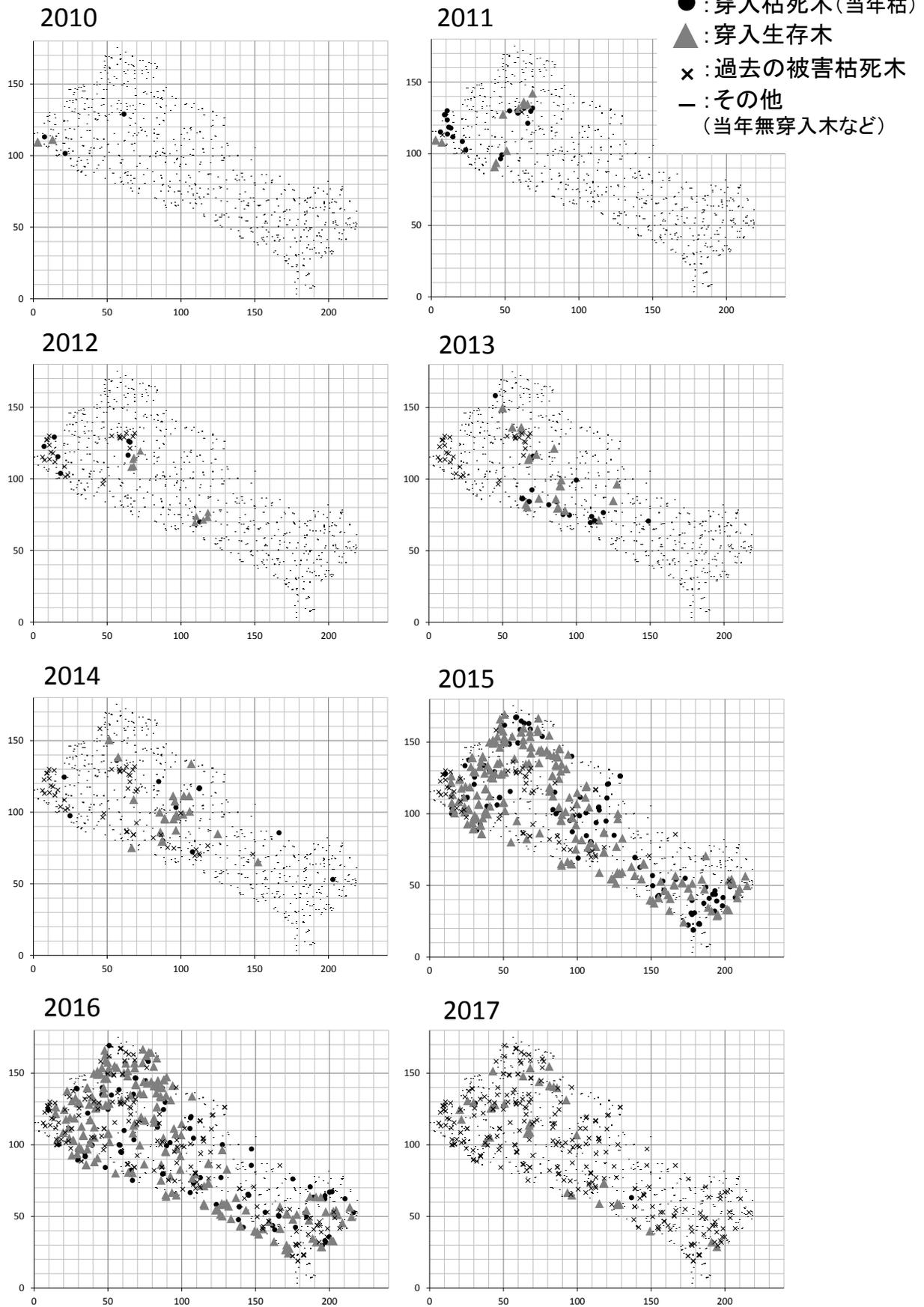


図-23 湯沢上部における各年の穿入枯死木，穿入生存木，過去の穿入枯死木，その他（当年無穿入木と非罹病樹種）の分布図

湯沢下部

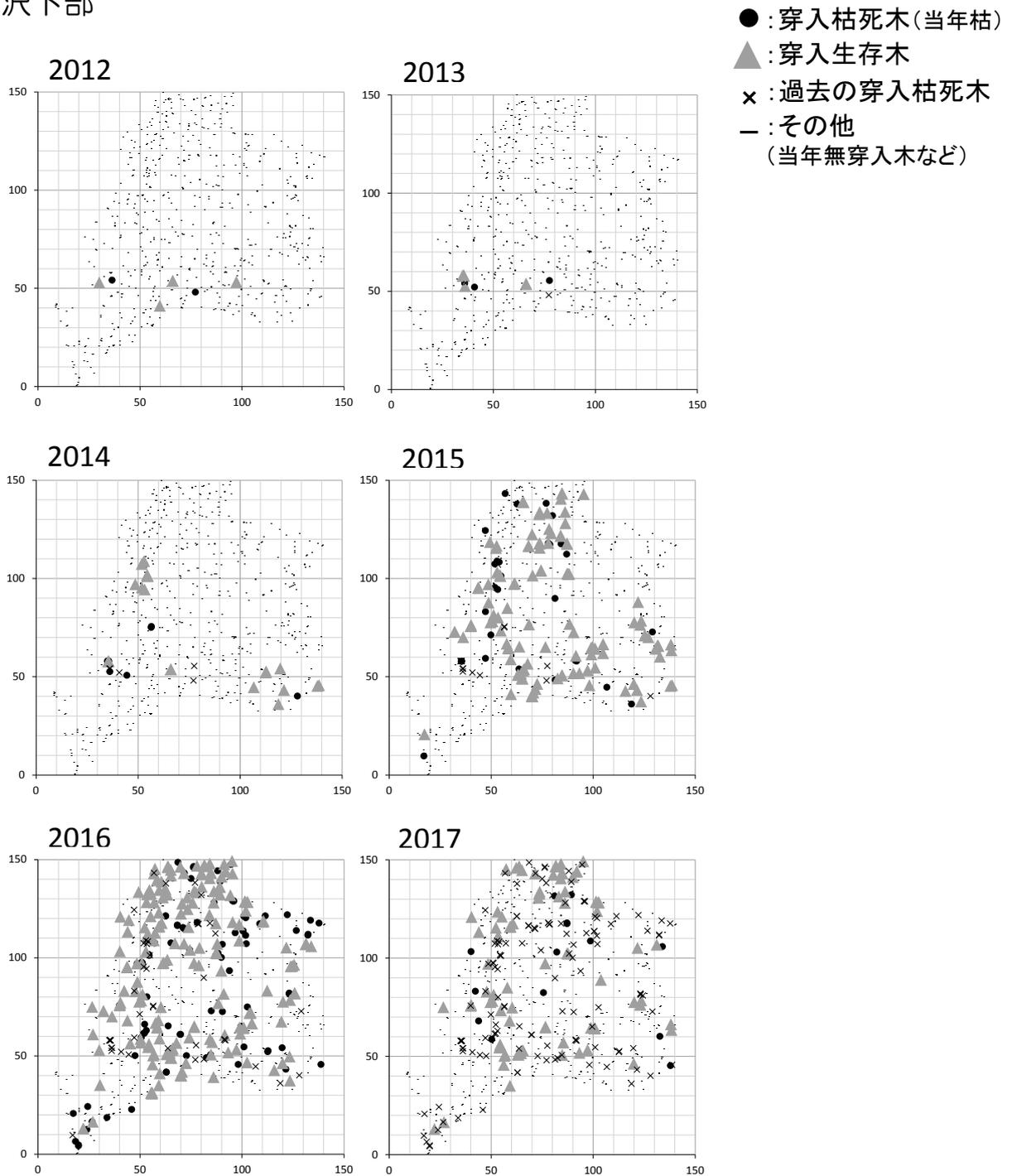


図-24 湯沢下部における各年の穿入枯死木，穿入生存木，過去の穿入枯死木，その他（当年無穿入木と非罹病樹種）の分布図

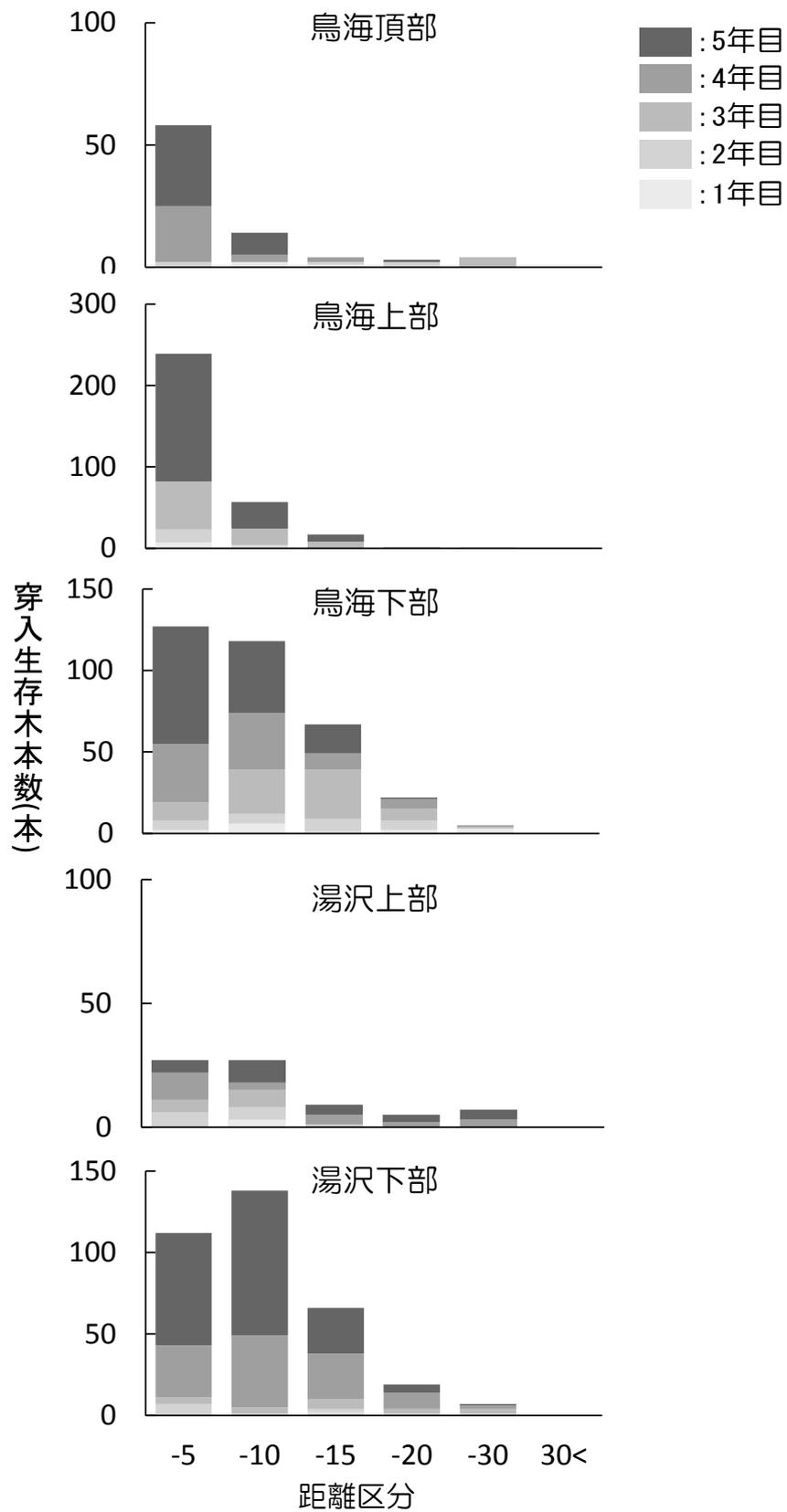


図-25 各調査地における被害初年から5年目まで穿入枯死木までの距離別穿入生存木累積本数

表-2 湯沢下部における穿入生存木からのカシナガキクイムシの推定羽化脱出計算例

穿入履歴	樹種	穿孔数	穿入生存木の本数			計	カシナガ平均羽化脱出数
			1年目	2年目	3年目		
無	ミズナラ	100未満	1	6	3	10	28.0
		100-200	0	1	1	2	30.9
		200以上	0	0	1	1	191.3
	コナラ	100未満	4	0	16	20	34.3
		100以上	0	0	9	9	156.3
		クリ	100未満	0	0	1	1
		100以上	0	0	0	0	3.0
有	ミズナラ	100未満		0	0	0	28.8
		100以上		0	1	1	63.4
	コナラ	100未満		2	4	6	9.4
		100以上		0	0	0	19.4
	クリ	100未満		0	0	0	0.0
		100以上		0	0	0	0
カシナガ推定羽化脱出数			165	218	2,363		

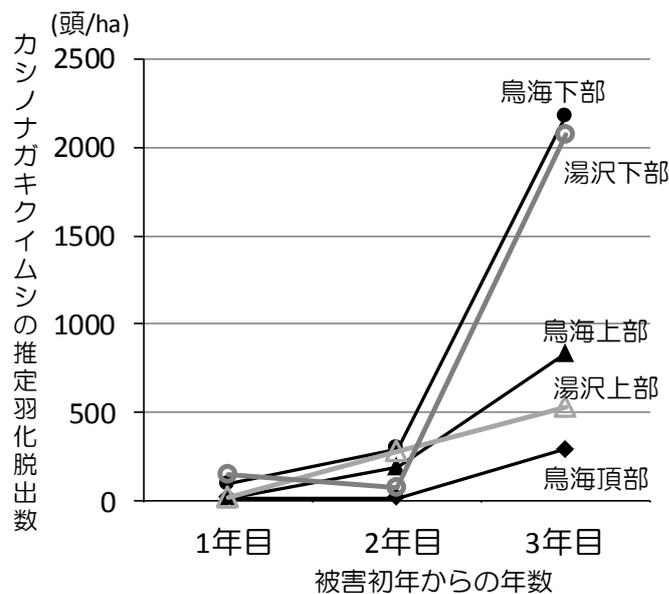


図-26 被害発生から3年目までの各調査区における ha 当たりのカシノナガキクイムシ推定羽化脱出数の推移

引用文献

- 江崎功二郎 (2002) スカート型トラップによる食材性甲虫類の調査法. 昆虫と自然 37 : 24-25.
 江崎功二郎・鎌田直人・加藤賢隆・井下田寛 (2002) カシノナガキクイムシの穿入と枯損木拡大経過. 森林防疫 51 : 132-135.

- 江崎功二郎 (2012) カシノナガキクイムシによる穿入履歴がミズナラの穿入密度および枯損率に及ぼす影響. 日林試 94 : 31-35.
- 井上牧雄・西垣慎太郎・西 信介 (2000) ナラ類生立木へのカシノナガキクイムシの穿入. 森林応用研究 9 (1) : 127-131.
- 伊藤進一郎・黒田慶子・山田利博・三浦由洋・井上重紀 (1993) ナラ類集団枯損における枯損機構の解明—枯損被害に関連する菌類とその病原性—. 第 104 回日林学術講要 : 216.
- 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.
- 笠井美和・光永 徹・伊藤進一郎・鎌田直人 (2003) カシノナガキクイムシの被害を受けたミズナラの抽出成分に関する研究—*Raffaelea quercivora* のタンナーゼによる抽出成分の変化—. 中森研 51 : 195-198.
- 加藤賢隆・江崎功二郎・井下田寛・鎌田直人 (2002) カシノナガキクイムシのブナ科樹種 4 種における繁殖成功度の比較 II. 中森研 50 : 79-80.
- 韓海栄・橋詰隼人 (1991) コナラの萌芽更新に関する研究 (I) 壮齡林の伐根における萌芽の発生について, 広葉樹研究 6 : 99-110.
- 衣浦晴生・小林正秀・野崎 愛 (2006) カシノナガキクイムシの繁殖成功度—穿入生存木と穿入枯死木—. 第 117 回日林講要 : B07
- 小林正秀・柴田 繁 (2001) ナラ枯損発生直後の林分におけるカシノナガキクイムシの穿入と立木の被害状況 (I) —京都府舞鶴市における調査結果—. 森林応用研究 10(2) : 73-78.
- 小林正秀・上田明良 (2001) ナラ類集団枯損発生直後の林分におけるカシノナガキクイムシの穿入と立木の被害状況 (II) —京都府和知町と京北町における調査結果—. 森林応用研究 10(2) : 79-84.
- 小林正秀・野崎 愛・衣浦晴生 (2004) 樹液がカシノナガキクイムシの繁殖に及ぼす影響. 森林応用研究 13 : 155-159.
- 小林正秀・上田明良 (2005) カシノナガキクイムシとその共生菌が関与するブナ科樹木の萎凋枯死—被害発生要因の解明を目指して—. 日林試 87 : 435-450.
- 小林正秀・野崎 愛・細井直樹・村上幸一郎 (2008) カシノナガキクイムシ穿入生存木の役割とその扱い方. 森林防疫 57 : 166-181.
- 小林正秀 (2010) 止まらないカシノナガキクイムシの大発生. BIOSTORY 14 : 90-95.
- Kubono, T. and Ito, S. (2002) *Raffaelea quercivora* sp. nov. associated with mass mortality of Japanese oak, and the ambrosia beetle (*Platypus quercivorus*). *Mycoscience* 43 : 255-260.
- 松浦崇遠・中島春樹 (2015) 「ナラ枯れ」はその後どうなったのか?. 富山農林水総技セ研究レポート 10
- 村田政穂・中根阿沙子・佐野明・松田陽介・中西健一・伊藤進一 (2002) *Raffaelea* 属菌に対するブナ科 6 樹種の感受性の差異. 中森研 50:107-108.
- 布川耕市 (1993) 新潟県におけるカシノナガキクイムシの被害とその分布について. 森林防疫 42 : 210-213.
- 小澤洋一 (2014) 穿入生存木へのスカートトラップ設置によるナラ枯れ被害軽減の試み. 第 125 回日

本森林学会要旨 セッション ID: P2-186.

森林総合研究所関西支所 (2007) ナラ枯れの被害をどう減らすかー里山林を守るためにー
千葉宗男 (1981) 天然更新. (造林学. 堤利夫ほか共著, 朝倉書店) 130-155.

研究報告（第26号）

平成31年3月発行

編集 編集委員長 高田 清晃

編集委員 金子 智紀, 須田 邦裕, 菅原 冬樹, 草薨 光

発行 秋田県秋田市河辺戸島字井戸尻台47-2

秋田県林業研究研修センター

郵便番号 019-2611

TEL 018-882-4511

FAX 018-882-4443

URL <http://www.pref.akita.lg.jp>

e-mail forest-c@pref.akita.lg.jp

BULLETIN
OF
THE AKITA FOREST RESEACH AND TRAINING CENTER
No.26 2019.3

1. Dynamics and treatment method in damaged tip area of the survival trees which received mass attack by oak borer (*Platypus quercivorus*)

Akihiko Nagaki ····· 1 ~ 24