

総説 (Review Article)

スギ・ヒノキ人工林における間伐の実施と病虫害発生との関連性

佐藤 重穂^{1)*}

Relationships between insect and disease pest damages and thinning practice in plantations of Japanese red cedar and Hinoki cypress in Japan

SATO Shigeho^{1)*}

Abstract

Recently in Japan, thinning in conifer plantations is promoted as government policy, because many plantations are left without thinning. Unthinned conifer plantations were suspected to display less public functions of forests. Thinning is indispensable for proper management of conifer plantations, though thinning is not necessary to decrease the risk of disease and pest damages. Here the author reviewed on the relationships between thinning and wood destroying disease and insect damages on plantations of Japanese red cedar *Cryptomeria japonica* and Hinoki cypress *Chamaecyparis obtusa* in Japan. I classified diseases and pests into decreasing, increasing or unaffected on the damage risk after thinning. For *Cryptomeria* bark borer *Semanotus japonicus* (Coleoptera: Carambycidae), it was reported that damage decreased after thinning because of removing sever damaged trees. For *Cryptomeria* bark midge *Resseliella odai* (Diptera: Cecidomyiidae), damage decreased after thinning through the enhancement of thickening growth of remained host trees. On the other hand, for *Cryptomeria* twig borer *Anaglyptus subfasciatus* (Coleoptera: Carambycidae), both cases that damage increased after thinning and that damage was not affected by thinning were reported. For Japanese horntail *Urocerus japonicus* (Hymenoptera: Siricidae), many cases which the insect density increased after thinning because many horntails were emerged from felled trees left in the stands were reported. For Cypress bark moth *Epinotia granitalis* (Lepidoptera: Tortricidae), several cases that damage increased after thinning were reported. For wood destroying diseases, very few reports treated the relationship with thinning. It depends on the characteristics of diseases or pests that the effects of thinning are positive or negative on the damage suppression.

Key words: *Cryptomeria japonica*, *Chamaecyparis obtusa*, thinning, wood destroying insects

要旨

近年、国内の針葉樹人工林において間伐が遅れている林分が多く、間伐を推進する施策が行政によってとられている。間伐されずに放置された人工林は、森林の公益的機能が十分に発揮できないと考えられている。間伐は人工林の保育管理に不可欠な施業であるが、病虫害の発生の面からは、間伐によって必ずしも被害が低減するものばかりとは限らない。ここでは、スギ・ヒノキ人工林において発生する材質劣化病虫害と間伐施業との関係について既存の知見を取りまとめ、間伐によって被害が減少するもの、増加するもの、増減のないものに区分した。スギカミキリでは、間伐によって被害木を除去することで、一時的に被害が減少することが報告された。スギザイノタマバエでは、間伐によって樹木の肥大成長が良好になり、被害が減少することが明らかにされている。一方、スギノアカネトラカミキリでは、間伐後に被害が増加した場合と増減がない場合が報告された。ニホンキバチについては、林内に放置された間伐木が誘引源や発生源となり、間伐後に誘引捕獲される成虫数が増加する事例が数多く報告されていた。ヒノキカワモグリガでは、間伐後に被害が増加するいくつかの事例があった。材質劣化病害については、間伐施業との関係がほとんど解明されていない。間伐が被害抑制の上で正負のどちらになるかは、虫害の種類ごとの特性によって異なると考えられた。

キーワード：スギ、ヒノキ、材質劣化害虫、間伐

原稿受付：平成 18 年 12 月 25 日 Received Dec, 25, 2006 原稿受理：平成 19 年 4 月 24 日 Accepted April, 24, 2007

* 森林総合研究所四国支所 〒780-8077 高知市朝倉西町 2-915 Shikoku Research Center, Forestry and Forest Products Research Institute (FFPRI), 2-915 Asakura-nishimachi, Kochi 780-8077, Japan; e-mail: shigeho@ffpri.affrc.go.jp

1) 森林総合研究所四国支所 Shikoku Research Center, Forestry and Forest Products Research Institute (FFPRI)

1. はじめに

我が国では 1950 ～ 1970 年代の拡大造林時代に植林した針葉樹人工林が成熟期を迎えつつあるが、これに伴い、近年、人工林では間伐遅れの林分が増加傾向にある。これに対処するために、林野庁は 2000 年度から 2004 年度に緊急間伐推進事業を実施し、さらに 2005 年度から 2007 年度にかけて間伐等推進 3 カ年対策を実施していると同時に、都道府県で間伐推進事業を行っているところもある(林野庁, 2005a)。現在、国内の人工林のうち、間伐の適期とされる 5 ～ 10 齢級の林分は 776 万 ha に及び、これは人工林面積の 75.3% を占める (Fig. 1, 林野庁, 2005b のデータによる)。間伐は人工林の保育管理に不可欠な施業である(川名ら, 1992)が、同時に、除・間伐、枝打ち等の保育作業は病虫害の発生を抑制すると一般的には考えられている(藤森, 2003)。しかし、病虫害には様々な種類があり、保育施業による被害の抑制効果がすべての病虫害に現れるとは限らず、間伐が正の効果を与える場合、負の効果を与える場合、および中立的な場合がありうる。間伐が被害管理の上で正と負のいずれに働くかは、病虫害の種類ごとの特性によって異なる可能性がある。

拡大造林時代に植栽した人工林が成熟するとともに、近年では各種の材質劣化病虫害の被害が顕在化してきている。スギ *Cryptomeria japonica*・ヒノキ *Chamaecyparis obtusa* 人工林において発生する主要な材質劣化害虫として、スギカミキリ *Semanotus japonicus*、スギノアカネトラカミキリ *Anaglyptus subfasciatus*、スギザイノタマバエ *Resseliella odai*、ニホンキバチ *Urocerus japonicus*、ヒノキカワモグリガ *Epinotia granitalis* など(小林, 1986)、材質劣化病害としてスギ溝腐病、スギ暗色枝枯病、ヒノキ漏脂病、ヒノキ樹脂腐病、ヒノキ根株心腐病など(鈴木, 2004)が知られている。しかし、これらの病虫害

と人工林の保育施業との関係については、十分に解明されていない点が多い。

人工林の間伐が推進される状況の下で、間伐後の林分における病虫害管理の面から、間伐によって病虫害の発生の危険性がどのように変化するのか、検討する必要がある。ここではスギ・ヒノキ人工林における間伐の実施と病虫害の発生の関係について、材質劣化害虫を中心に、既存の研究成果を整理することによって間伐の及ぼす効果を検討し、間伐によって被害が減少したもの、増加したもの、増減のなかったものに定性的に区分した。また、間伐と材質劣化病虫害との関係について、今後解明すべき課題を検討する。

2. スギ・ヒノキの材質劣化病虫害と間伐との関係

2.1 スギカミキリ

スギカミキリは幼虫がスギ・ヒノキの内樹皮と辺材表面部を食害することによって、ハチカミと呼ばれる材質劣化被害を生じさせる(小林・柴田, 1985; 小林, 1986)。同時に多くの幼虫が加害することによって、寄主木が枯死することもある(西村, 2002)。

スギカミキリは本州、四国、九州、台湾に分布するが、東北地方北部と九州南部では被害が少ない(野淵, 1984)。通常は年 1 世代であり、材内で越冬した成虫は 4 月頃に脱出する。雌成虫は交尾後、樹皮の裂け目などに産卵し、孵化幼虫は内樹皮に穿入する。その後、幼虫は内樹皮と木部表面を不規則に食い進み、8 月頃に老熟幼虫は辺材部に蛹室を形成して、蛹室内で蛹化、羽化して、成虫で越冬する(小林, 1986; 西村, 2002)。スギカミキリの脱出成虫は、夜間に樹幹表面を歩いて移動し、昼間は粗皮のすき間などに潜んでいる。標識再捕獲法による調査の結果では、スギカミキリ成虫はあまり樹木間の移動をせず、移動する場合も元の木から 2m 以内

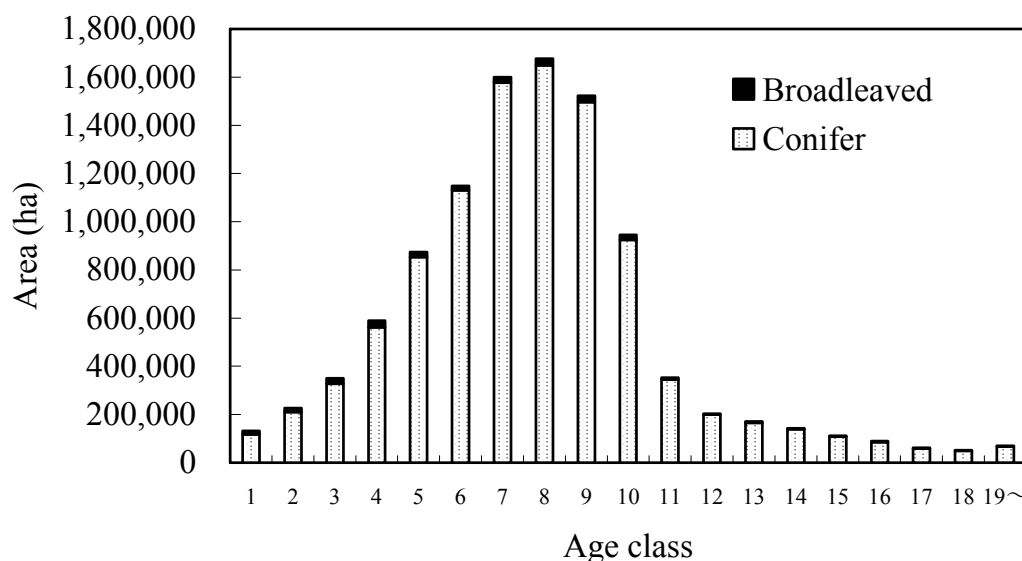


Fig. 1. 日本の人工林の齢級構成 林野庁 (2005b) のデータにより作成

The age class construction of planted forest in Japan. From the data by Forestry Agency (2005b).

であることが多かった (Shibata, 1983)。しかし、林外へ移動する個体もいて、林分間を移動した個体の平均移動距離は 50～80m であった (西村, 1995)。スギ林でのスギカミキリ個体数の年次変動には独特のパターンがあり、植栽の 5～10 年後にスギカミキリが林分に侵入すると、10～20 年後に高密度になり、20～30 年後には密度が低下する (伊藤, 1999)。被害の発生しやすい環境条件としては、低標高で土壌条件のよい肥大成長の良好な林分があげられ (Shibata *et al.*, 1991; 西村, 1995)、間伐や枝打ちを実施している林分においては被害が少ない傾向にあること (伊藤, 1984) などが指摘されている。

スギカミキリの被害木は連年加害される傾向があり、特に被害発生初期段階における被害木は、その林分の成虫発生源にもなるので、このような被害木を間伐の際に処理することで防除効果が期待される (西村, 2002)。スギでは内樹皮の傷害樹脂道の形成による樹脂の分泌でスギカミキリ幼虫の生存率が影響を受け、傷害樹脂道の大きさや形成位置によってスギカミキリ被害感受性に個体差がある (植木・加藤, 2000; 伊藤, 2002) ので、特に実生苗による林分では、間伐によってスギカミキリ感受性の高い樹木個体を除去することで、林分のスギカミキリの密度の低減が期待される。実際に、スギ林分で間伐の際にスギカミキリの被害の多い樹木個体を優先して除去することによって、被害率を低下させた事例が栃木県において 1 例報告されている (野澤, 1989)。この事例では被害木を優先的に間伐したので被害木率が間伐前の 22% から間伐後の 15% へ低下した。しかし、被害木率の低下がわずかにとどまったのは、被害木であっても成長の良い木を残そうとする気持ちが所有者に働いたためと推測されていて、成虫発生源となりそうな被害木をすべて間伐することが重要であると指摘している (野澤, 1989)。

また、佐藤 (1990) は林野庁の大型プロジェクト事業により、12 県 21 箇所で行われた間伐試験の結果をとりまとめて報告している。この試験では、間伐区と対照区とで間伐後の成虫脱出孔数を比較しているが、その結果、間伐区で成虫脱出孔数が少なく、効果有りとされたのが 1 箇所、効果無しとされたのが 3 箇所、残りの 17 箇所は間伐後の成虫脱出数が両区ともにゼロになったので間伐の効果の判定が不能とされた (佐藤, 1990)。効果有りが少なく効果無しが多かった原因として、(1) 間伐処理がスギカミキリの増加期に一致した場合には効果が有った、(2) 間伐がスギカミキリの増加期以前だった場合、あるいは発生のピーク以後だった場合には、脱出成虫数が少ないために不明瞭になった、(3) 間伐区の面積が小さかったので、スギカミキリ発生数が多い林分では、周囲から間伐区内に侵入する成虫の存在によって効果が不明瞭になった、(4) 間伐後の経過年数が少ないので効果が不明瞭だった、と推測している (佐藤, 1990)。た

だし、これらの試験においては、間伐から効果判定までの経過時間がいずれも数年間であり、長期間にわたって検討されていない。スギカミキリの被害は成長の良好な大径木で多い (伊藤, 1999)。間伐を行うと残存木の樹冠の発達が促され、幹の肥大成長が促進される (藤森, 2003)。これらの点を考慮すると、間伐後、数年経過し、残存木の樹冠が発達して肥大成長が良好になると、スギカミキリの被害を受ける危険性が増加する可能性がある。

したがって、スギカミキリと間伐の関係については、被害木を選択的に除間伐することによって、被害率や脱出成虫数が一時的に低下することが期待される。しかし、間伐後の肥大成長が良すぎる場合にはスギカミキリが再増加するおそれがある。

2.2 スギノアカネトラカミキリ

スギノアカネトラカミキリは幼虫が枯れ枝から樹幹部へ食害を進めることによって、トビクサレと呼ばれる被害を樹幹内部に生じさせる (小林, 1986; 楨原, 1987)。スギノアカネトラカミキリは北海道の道南地域、本州、四国に分布する (楨原, 2002)。なお、近縁のサツマスギノアカネトラカミキリ *A. yakushimanus* が九州南部と屋久島に分布する (楨原, 2002)。成虫は 3～5 月頃に脱出し、黄色がかった白色の花に集まり、蜜や花粉を摂食する。雌は交尾後、新しい枯れ枝の粗皮下などに産卵する。幼虫は枝から主幹部へ孔道を作り、成熟後に枯れ枝に戻って蛹化する (楨原, 1987; 2002)。1 世代を経過するのに少なくとも 3 年かかり、10 年以上かかることもある (楨原, 2002)。スギノアカネトラカミキリの成虫はあまり移動しないものの、林外へ 50m は飛び出すことが確認され (楨原・五十嵐, 1991)、被害林分の調査では成虫が 250m 以上飛び出すことが示唆されている (今ら, 1993)。スギノアカネトラカミキリは産卵対象となる枯れ枝の発生に伴って被害の発生が始まり、スギの場合、早ければ林齢が 13 年生ごろから加害が始まって、激害地では林齢が高まるにつれて被害が激しくなる (楨原, 1987)。スギノアカネトラカミキリの被害の発生地域は、寄主であるスギ、ヒノキ、アスナロ *Thujopsis dolabrata*、ヒバ (ヒノキアスナロ) *T. dolabrata* var. *hondai* の天然分布とよく一致している (楨原, 1987; 2002)。本種は林分から外へ移動することが少ないので、成虫発生源となるスギやヒノキ等の古木や天然林が造林地に隣接していると被害が発生しやすい (楨原, 1987)。また、成育不良で自然落枝が遅れる林分、立木密度が低い疎開林分、成虫の訪花樹種であるサンショウ *Zanthoxylum piperitum*、ガマズミ *Viburnum dilatatum*、コゴメウツギ *Stephanandra incisa* 等が多い場所も、被害が発生しやすいと考えられる (楨原, 1987)。

スギノアカネトラカミキリと間伐との関係について

は、スギ林における間伐後に間伐区と無施業の対照区で被害枝条率と材内のトビクサレ数を比較した事例が青森県で報告されている（今，1988）。この事例では2箇所の試験地を設定したが、間伐の5年後に調査したところ、一方の試験地では間伐区と対照区の被害枝条率はそれぞれ27.7%と26.3%でほぼ等しく、もう一方の試験地ではそれぞれ5.2%と1.3%であり、間伐区で被害が多かった。また、材内のトビクサレの数は間伐区で最も多くなった。この理由として、間伐区では落枝しにくいために枯れ枝の着生本数が多くなり、スギノアカネトラカミキリの被害を受けやすくなるためと推測されている（今，1988）。スギノアカネトラカミキリについて、間伐との関係について述べたのは、この事例のみであり、間伐と本種の被害の増減の関係が十分に確かめられているとは言えない。しかし、間伐によって立木の緑枝が発達し、節径が大きくなるため、枯れ上がっても落枝しにくくなることを考えると、本種の被害が無間伐の場合に比べて多くなる可能性が高いと考えられる。

なお、除間伐木にはスギノアカネトラカミキリは産卵しない（五十嵐ら，1989）。しかし、すでに産卵されている木が除間伐され、林内に放置された場合、本種は伐採後かなりの年数を経過しても幼虫が材内で生存し、成虫が脱出するので、除間伐木の林内放置が本種の発生の温床になることが指摘されている（楨原，2002）。

2.3 スギザイノタマバエ

スギザイノタマバエは幼虫がスギ内樹皮から養分を摂取することによって形成層を壊死させて材斑と呼ばれる変色を材部に生じさせる（大河内，2002）。本種は屋久島原産と考えられ、1953年に宮崎県で発見されて以来（小田，1957）、分布を広げ、1980年代後半までに九州のほぼ全域の山岳地に拡大した。さらに、1997年に山口県と島根県で被害が発生し（田戸・福原，2000；周藤ら，2000）、2005年には奈良県で被害が発生している（大河内，私信）。スギザイノタマバエは成虫が年2回発生する。老熟幼虫で越冬する世代は越冬世代と呼ばれ、5～6月頃に羽化し、次世代は夏世代と呼ばれ、8～9月に羽化する（大河内，2002）。夏世代の一部は8～9月に羽化せずにそのまま越冬する（大河内，2002）。分布は年に約2km拡大することが知られ、成虫の分散距離はこの程度であると考えられるが（大河内，1986）、九州から中国地方への侵入のように長距離の移動は、皮付き丸太の移動に伴って分布が拡大したことが疑われる（大河内，2002）。被害発生地ではスギが7～8年生になると、スギザイノタマバエの幼虫の寄生がみられるようになるが、それ以前は樹皮が薄いために加害できないと推測されている（讃井・吉田，2006）。加害は樹皮の厚い地際付近から始まり、スギの成長につれて樹幹上部でも加害するようになる（讃井・吉田，2006）。幼虫の寄生が多いスギ個体は、外樹皮が破壊されて幼虫の生息に好適に

なり、さらに加害されやすくなる（大河内，2002）。被害の発生しやすい環境として、九州における多地点の調査結果から、霧のかかるような高標高地で幼虫密度が高いことが支持され（大河内，1988；大長光ら，1989）、低地でも谷地形には多いこと（大河内，1988）、スギの外樹皮が乾燥すると本種の羽化率が下がること（岡部，1995）から、湿度の高い林分で被害が多いと考えられる。

スギザイノタマバエについては、暗くて湿度の高い林分で幼虫密度が高いとされている（小田，1957）ことから、間伐によって林内環境を改善して虫密度を低下させられる可能性が指摘された（讃井，1988）。また、本種の被害である材斑は、内樹皮がある程度厚ければ形成されず（吉田・讃井，1979）、内樹皮厚は胸高直径と正の相関がある（讃井ら，1980）ので、間伐によって樹木の成長を促進させて内樹皮厚の増加を図り、被害を減少させることができると期待された（讃井，1989）。さらに、被害林分内で激害木を除去することで、林分全体での虫密度を低下させて被害量を減少させることができると期待された。以上の三つの目標に沿って、間伐によるスギザイノタマバエの被害防除効果を実証する試験が福岡、熊本、大分、宮崎、鹿児島各県で取り組まれた（スギザイノタマバエ分科会，2004）。

その結果、宮崎県の試験では伐採率30%の間伐区で幼虫数が減少し、この効果が3年間維持された。しかし、他の4県の試験では、間伐区、対照区とも虫密度が減少して、間伐の効果がはっきりしなかった。間伐による内樹皮厚の増加については、福岡、熊本、大分、宮崎各県の試験では間伐前に比べて間伐後に内樹皮厚が増加したが、鹿児島県の試験では胸高直径と内樹皮厚の相関がきわめて低く、間伐による効果が検証できなかった。また、間伐による胸高直径の成長量の増加は、4年程度持続していた。間伐による激害木除去については、いずれの県の試験においても虫密度が低いことによって材斑の形成がきわめて少なく、間伐の効果を検証するのには不十分であった（スギザイノタマバエ分科会，2004による）。

これらの結果から、間伐によって残存木の肥大成長が促進されると、材斑が生じにくくなり、被害が減少すると考えられる（大河内，2002）。また、間伐によって虫密度が低下する可能性があるが、本種の個体数の変動要因に未解明の点が多いため、十分な説明はされていない（スギザイノタマバエ分科会，2004）。

2.4 ニホンキバチ

ニホンキバチはおもにスギ・ヒノキを寄主とする（金光，1978）。基本的に年1世代であるが、羽化・脱出までに2年かかる個体もいる（金光，1978）。成虫は7～9月頃に発生し（金光，1978；福田，1997）、雌は産卵時に共生菌である *Amylostereum laevigatum* を材内に注入する（Tabata & Abe，1997）。幼虫はこの菌に感染し

た材を摂食する（福田，1997）。ニホンキバチ成虫の標識再捕獲試験から、雄成虫はほとんど移動・分散せず、一方、雌成虫は林内を100m以上分散することが知られている（Sato *et al.*, 2000）。ニホンキバチは間伐遅れ等によって生じる被圧木や、間伐後に林内に放置された伐倒木などを繁殖資源として増加することが知られていて（佐野，1992；福田，1997；福田・前藤，2001）、被圧木や立枯木の発生した林分や間伐木を林内に放置した林分で被害が多いと考えられる（宮田，2002）。また、間伐木を放置した場合、間伐時期によって成虫発生量が異なること、間伐木を玉切りすることで成虫発生量が増加する場合があることなどが報告されている（稲田・井上，2002；稲田，2003；細田ら，2005；佐藤ら，2006）。ニホンキバチの成虫発生密度には、材の含水率が正の効果を及ぼすことが明らかになっている（佐藤ら，2004）。ニホンキバチによる被害はII齢級（林齢6～10年生）から発生しはじめ、III～V齢級（11～25年生）に多い傾向が見られるが、これは除間伐の実施や被圧木の発生に対応していると考えられる（宮田，1999）。

これまでにニホンキバチを含むキバチ類を対象として間伐の効果を検討した報告は7件あり、14事例が報告されていた。これらの報告のいずれも、キバチ類成虫を誘引トラップで捕獲し、その捕獲数によって間伐の効果を検討したものであった。また、捕獲されたキバチ類の種はニホンキバチがもっとも多く、ほかにヒゲジロキバチ *U. antennatus*、オナガキバチ *Xeris spectrum* が捕獲された事例があった。

上記の14事例のうち、間伐林分とこれに近接する無間伐林分とを比較した事例が7例あった。間伐林分での間伐木の搬出の有無について明記されたのは2例であり、いずれも間伐木が搬出されず、林内に放置されていた。この2例のうち、1例では間伐の有無によってキバチ類の捕獲数に有意差がなく（福田・伊藤，1998）、もう1例では間伐林分で捕獲数が多かった（今，2001）。樹種は前者がヒノキで、後者がスギであった。残りの5例は間伐木の搬出の有無が明記されていないが、いずれも間伐林分と無間伐林分とでキバチ類の捕獲数に有意な差はみられなかった（長岐ら，2003のデータによる）。この5例はいずれも樹種がスギであった。5例のうち1例では、間伐林分・無間伐林分ともに隣接して伐採放置木があったとされていて、別の2例では無間伐林分では被圧木・枯死木が多く、キバチの繁殖源となっていたという推察がされた（長岐ら，2003）。

一方、間伐を実施した林分において、間伐の前後で経年的にキバチ類の捕獲数を比較した事例が7例あった。間伐木の搬出の有無について明記されたのは5例であり、いずれも間伐木が搬出されず、林内に放置されていた。この5例のうち、間伐後にキバチ類の捕獲数が増加した事例が4例であり、残りの1例では捕獲数に明瞭な変化がみられなかった（佐野，1992；吉岡，1999；杉本ら，

2003のデータによる）。樹種は前者4例のうち、ヒノキが2例、スギが1例、明記されていない事例が1例であり、後者1例の樹種はヒノキであった。間伐木の搬出の有無が不明の2例については、いずれも間伐後にキバチ類の捕獲数が増加した（加藤・竹本，2002のデータによる）。この2例は樹種が明記されていなかった。

なお、宮田（2003）は高知県内の間伐後の経過年数の異なる23林分（無間伐3林分を含む）においてニホンキバチ成虫を誘引トラップで捕獲し、その捕獲数と間伐後の経過年数の関係を検討した。調査地のうち、無間伐林分は過去の間伐歴がない林分で、それ以外はいずれも間伐木が林分内に放置されていた。捕獲調査の結果、間伐後1年目には多くの成虫が捕獲され、経過年数が増すにつれ、急激に捕獲数が減少したが、間伐未実施の林分においても被圧衰弱木からの発生もしくは周辺林分からの侵入によると思われる成虫が捕獲されていた（宮田，2003）。この23林分を無間伐（3林分）、間伐後1年（8林分）、間伐後2年（3林分）、間伐後3年以上（9林分）に区分して成虫捕獲数を比較すると、この4区分間で有意に異なり、多重比較では間伐後1年は間伐後3年以上に対して有意に捕獲数が多かった（Fig. 2, 宮田，2003のデータによる）。

以上の結果から、間伐後に間伐木を林内に放置した場合は、間伐1年後にキバチ類の成虫発生数が増加する場合が多いと考えられる。ただし、無間伐林分においても被圧木がキバチ類の誘引源や発生源となると推測されるので、無間伐で放置するのは避けるべきであると考えられる。

2.5 ヒノキカワモグリガ

ヒノキカワモグリガは幼虫がスギ・ヒノキ等の内樹皮と辺材表面部を食害して、黒褐色に変色した食害痕を作るとともに、食害部の巻き込みによる瘤が樹幹表面に形成される（山崎・倉永，1988）。本種は本州、四国、九州と周辺の島嶼に分布する（山崎・倉永，1988；佐藤，2002）。北海道の札幌市などでも確認されているが、自然分布が疑わしい（前藤・山崎，1987；佐藤，2002）。ヒノキカワモグリガは年1化であり、成虫が6～7月頃に発生する（山崎・倉永，1988）。雌はスギ・ヒノキの緑枝部に産卵し、1齢幼虫は針葉内に穿入して内部を摂食するが、2齢幼虫は針葉から一旦外に出て、枝の樹皮下に穿入して、内樹皮と形成層を摂食する。幼虫は加害部位の移動を繰り返し、3齢期以後はおもに枝から主幹部へ移動して、内樹皮を加害する（山崎・倉永，1988；加藤，2006）。越冬後も主幹部の内樹皮を加害し、5月頃に粗皮の隙間で蛹化する（山崎・倉永，1988）。成虫の標識再捕獲試験では、林内を50mは移動することが知られている（宮島ら，1993）。本種による被害は4～5年生の幼齢木でもみられる（山崎・倉永，1988）一方、100年生以上の造林木でも被害が発生することが知られ

(山根ら, 1989)、本種の生息地では齢級にかかわらず被害が発生すると考えられる。九州における多地点の被害分布調査では、海岸から高標高地まで被害が認められたが、スギ・ヒノキがあまり造林されていなかった地域で周辺に被害木が見られない林分などでは、被害が認められなかった(山崎・倉永, 1988)。また、神社などにある孤立した古木が近隣の造林地の被害発生源になっていると推測される事例も多い(山崎・倉永, 1988)。

ヒノキカワモグリガを対象として間伐の効果を検討した報告は3件あり、7事例が報告されていた。これらの報告のいずれも、ヒノキカワモグリガの被害木を割材して材内の食害痕数を食害発生年別に集計し、その年次変化によって間伐の効果を検討したものであった。

この7例のうち、間伐区と無間伐の対照区について比較した事例は2例であった。2例のうち1例では間伐後2年目までに食害痕数に有意な差が見られず(福島ら, 1987)、もう1例では間伐区で間伐後に被害が増加していた(佐藤, 1993)。残りの5例では、同一調査木における間伐の前後での食害痕数を比べたものであり、間伐後に食害痕数が増加したのが4例、減少したのが1例であった(林野庁, 1997)。樹種はこれらの7例のいずれもスギであり、品種内の個体間の変異が小さいとされる挿しスギ系の品種(宮島, 1989)であった。

これらの結果から、間伐後にヒノキカワモグリガによる被害が増加する場合があると考えられる。黒木ら(1995)は、スギ林において林縁木、半径2m以内の隣接木の本数の少ない樹木個体、および樹冠径の小さい樹木個体でヒノキカワモグリガの被害が多いことを明らかにし、この結果から、間伐を行うと林冠部に空間が開くため、成虫の産卵を受けやすくなり、被害防除が期待できないと推測している。黒木ら(1995)の推測は、間伐後に林冠が再閉鎖する前に、残存木の陽樹冠表面積が大きくなることによって産卵数が多くなるというものである。一方、間伐を行うことによって残存木の樹冠の発達

が促進される(藤森, 2003)ので、間伐後、数年経過して林冠が再閉鎖しても、残存木の樹冠が発達したことで陽樹冠表面積が間伐前よりも大きくなり、単木当たりのヒノキカワモグリガによる産卵数が間伐前よりも多く、その結果として単木当たりの食害痕数が増加する可能性もある。

一方、実生スギの林分の場合、樹木個体ごとにヒノキカワモグリガに対する感受性の程度が異なるので、間伐時に感受性の高い激害木を優先して伐採すれば、林分全体として本種の被害が減少させられる可能性について言及されている(山崎・倉永, 1988)。しかし、これを実証するような事例はこれまでに報告されていない。

2.6 材質劣化病害

材質劣化病害については、ほとんどの種類の病害で間伐との関係が解明されていない。以下に示す病害については、間伐との関係が言及されているものの、間伐の効果を実証しようとした報告例はない。

スギ暗色枝枯病では、後生芽が侵入門戸となりやすい(讃井, 2002)。スギの後生芽の発生は、強度の間伐や枝打ちによって促進される(竹内, 1998)。暗色枝枯病の抑止のためには、後生芽を発生させないこと、および発生した後生芽を早めに除去することが望ましいので、強度な間伐や枝打ちを行わず、軽度の施業を繰り返し行うことで、被害を軽減できるかもしれない(讃井, 2002)。しかし、間伐によってスギ暗色枝枯病の被害の軽減を試みた事例はこれまでに報告されていない。

ヒノキ漏脂病は、雪害や凍害などの環境ストレスが誘因となり、ヒノキカワモグリガの加害部や枝打ちに伴う傷などから菌が侵入することもあるとされる(藤森, 2003; 鈴木, 2004)。ヒノキ漏脂病の被害の発生している林分において間伐が行われた場合、被害木が伐採されることが多いため、間伐後の被害率が低くなる(周藤, 2002)。また、雪害や凍害が病気の誘因となるので、弱

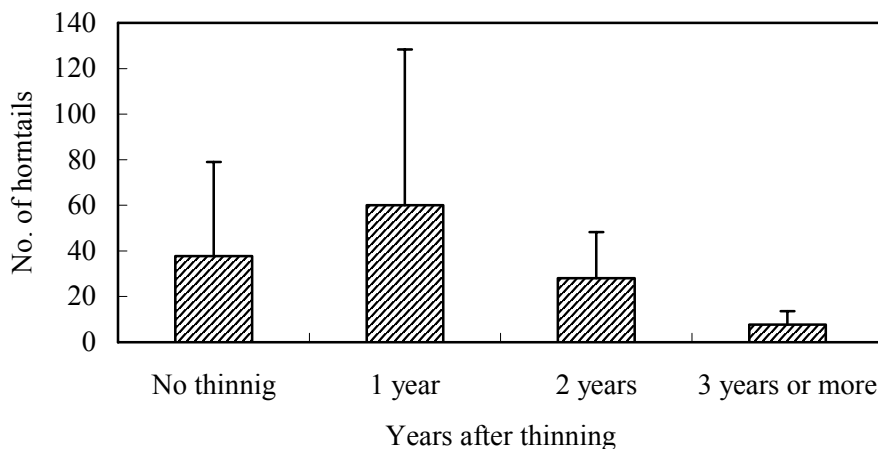


Fig. 2. 間伐後の経過年数とニホンキバチの捕獲数の関係 宮田 (2003) のデータにより作成。縦線は標準偏差。

The relationship between the year after thinning and the number of trapped Japanese horntails. From the data by Miyata (2003). The bars represent standard deviations.

度な間伐を数年おきに行って雪害や凍害を回避することで被害回避を図ることが提言されている（楠木，1999）。しかし、間伐によってヒノキ漏脂病の被害率の低下を試みた事例はこれまで報告されていない。

3. 今後の課題

スギ・ヒノキ人工林における間伐施業と材質劣化を生じさせる個別の病虫害との関係について検討した結果、スギカミキリ、スギザイノタマバエでは、間伐によって被害が回避もしくは低減される場合があった。一方、スギノアカネトラカミキリ、ヒノキカワモグリガ、ニホンキバチでは、間伐後に被害が増加した事例が報告されていて、このうち特にニホンキバチについては、間伐材の放置によって虫密度が上昇し、成虫発生数が増加することが示された。

材質劣化病害については、間伐施業との関係がほとんど解明されていない。今後の研究が必要である。

近年、間伐遅れへの対処法の一つとして、間伐率が50%程度といった強度な間伐が実施されるようになってきている（大内，2001；高知県間伐推進対策室，2003；平野，2004）が、こうした強度間伐は林分内の環境を急激に改変すると考えられる。また、強度の伐り捨て間伐を実施した場合は、通常の伐り捨て間伐よりも林内の放置間伐木が多いので、ニホンキバチや樹皮下穿孔性のキクイムシ類のように伐採木を利用する昆虫にとって多くの繁殖場所が提供されることになり、残存木における被害の増大が危惧される。しかし、残存木の被害が林内に放置された間伐木の量に応じて増減するかどうか、ニホンキバチも含めて、明らかにされていない。無間伐で放置された過密林分では被圧木が害虫の誘引源や発生源となりうるので、病虫害管理の上でも無間伐のままで長期間にわたって放置するのは避けるべきであると考えられる。可能であれば、間伐木を放置せずに利用することが望ましい。

今後取り組むべき研究として、間伐強度、間伐時期と各種の材質劣化病虫害の発生の危険性との関係を解明するために、実証的な試験の実施があげられる。さらに、間伐の強度や時期だけでなく、列状間伐のような通常とは異なる間伐方法との間での被害発生の比較や、複数種の病虫害が同所的に発生する場合の危険性の評価も必要である。良質材の生産を念頭に置いた人工林の間伐を進める上で、材質劣化被害を考慮した施業法が地域毎に求められる。

なお、ここではスギ、ヒノキの材質劣化病虫害について述べたが、カラマツ *Larix kaempferi*、エゾマツ *Picea jezoensis*、トドマツ *Abies sachalinensis*、アカマツ *Pinus densiflora* などの人工林における間伐施業と材質劣化病虫害との関係については、既往の研究例はほとんど見あたらない。関連した研究として、エゾマツ天然林の択伐に伴うヤツバキクイムシ *Ips typographus japonicus* によ

る枯死木の発生に関する研究（井口ら，1993；井口ら，1999）があげられ、エゾマツ人工林の間伐の際の参考になるものと思われる。これらの樹種の人工林の間伐施業と病虫害の関係についても、今後の研究が必要となる。

謝辞

森林総合研究所の牧野俊一博士には本稿をまとめる機会を提供していただくとともに、助言をいただいた。林野庁研究保全課の伊藤賢介博士と国際農林水産業研究センターの後藤忠男博士には、本稿を読んでいただき、原稿の改善のためにきわめて有益な多くの助言をいただいた。材質劣化病害については、森林総合研究所東北支所の田端雅進博士と森林総合研究所の窪野高德博士に的確な助言をいただいた。記して感謝の意を表す。

引用文献

- 藤森隆郎（2003）新たな森林管理 持続可能な社会に向けて，全国林業改良普及協会，428p.
- 福田秀志（1997）キバチ類3種の資源利用様式と繁殖戦略，名大森林研究，**16**，23-72.
- 福田秀志・伊藤正仁（1998）スギ・ヒノキ林における誘引剤を用いたキバチ類の誘引効果（II）—間伐されてからの年数の異なる林分間の比較—，中部森林研究，**46**，149-152.
- 福田秀志・前藤薫（2001）スギ・ヒノキの材質変色被害に関与するキバチ類とその共生菌—防除技術の構築を目指して—，日林誌，**83**，161-168.
- 福島是明・光枝康隆・八尋秀明・大長光純（1987）ヒノキカワモグリガの林業的手法による防除，日林九支研論，**40**，189-190.
- 平野耕三（2004）私の林業（収益採算と機械化），機械化林業，**608**，17-20.
- 細田浩司・大長光純・稲田哲治・佐野明・今 純一・加藤徹・法眼利幸・井上牧雄・周藤成次・杉本博之・竹本雅晴・宮田弘明・吉本喜久雄（2005）キバチ類によるスギ・ヒノキ材質変色被害に対する防除方法の検討，森林防疫，**54**，3-14.
- 五十嵐豊・楨原寛・五十嵐正敏・藤田和幸・中島忠一（1989）スギノアカネトラカミキリの枝内幼虫食害速度，100回日林論，567-568.
- 井口和信・山本博一・古田公人（1993）エゾマツ天然林の択伐にともなう虫害枯損木の発生経過，東大演習林報告，**90**，1-15.
- 井口和信・山本博一・古田公人（1999）エゾマツ天然林の択伐にともなう虫害枯損木の樹齢と枯損前の成長，東大演習林報告，**101**，1-9.
- 稲田哲治（2003）スギ・ヒノキ間伐木の伐倒時期ならびに玉切り方法がニホンキバチ成虫発生数に及ぼ

- す影響, 日林誌, **85**, 95-99.
- 稲田哲治・井上功盟 (2002) スギの秋期間伐における伐倒木の玉切り処理によるニホンキバチ成虫発生量の抑制効果, 日林誌, **84**, 16-20.
- 伊藤賢介 (1999) スギカミキリ大発生個体群の特性およびスギ樹体内における生存過程に関する研究, 名大森林研究, **18**, 29-82.
- 伊藤賢介 (2002) スギカミキリの個体群動態とスギの抵抗性反応, 林木の育種, **204**, 9-11.
- 伊藤孝美 (1984) スギカミキリ被害と施業について, 森林防疫, **33**, 63-66.
- 金光桂二 (1978) 針葉樹に入るキバチ類とその寄生蜂, 昆虫, **46**, 498-508.
- 加藤一隆 (2006) ヒノキカワモグリガの生活, 樹の中の虫の不思議な生活 穿孔性昆虫研究への招待, 柴田叡弑・富樫一巳編, 東海大学出版会 p.65-81.
- 加藤高志・竹本雅晴 (2002) キバチ類の被害防除技術に関する調査, 香川県森セ業報, **33**, 28-30.
- 川名明・片岡寛純・角張嘉孝・岩坪五郎・相場芳憲・大庭喜八郎・橋詰隼人・右田一雄・佐々木恵彦・野上寛五郎・安藤貴・伊藤忠夫・須藤昭二・吉川賢・渡辺弘之 (1992) 造林学, 朝倉書店, 200p.
- 小林富士雄 (1986) スギ・ヒノキのせん孔性害虫, 全国林業改良普及協会, 185p.
- 小林一三・柴田叡弑 (1985) スギカミキリの被害と防除法, 林業科学技術振興所, 88p.
- 今 純一 (1988) 枝打ちおよび間伐とスギノアカネトラカミキリの被害, 日林東北支誌, **40**, 164-166.
- 今 純一 (2001) キバチ類によるスギ造林木の被害について (予報), 平成 12 年度青森林試報告, 1-4.
- 今 純一・山田輝美・槇原寛・高橋健太郎 (1993) スギノアカネトラカミキリ被害の拡大様式について, 104 回日林論, 675-678.
- 高知県間伐推進対策室 (2003) 間伐の推進: 新たな森づくりに向けた取り組み<高知県>, 林業技術, **735**, 20-24.
- 黒木逸郎・讃井孝義・岩切裕司 (1995) 林木間の空間とヒノキカワモグリガ被害との関係, 日林九支研論, **48**, 125-126.
- 楠木学 (1999) 被害回避技術の総合化に基づく施業指針の作成, 農林水産技術会議事務局研究成果, **337**, 76-80.
- 前藤薫・山崎三郎 (1987) 北海道にもヒノキカワモグリガ, 森林保護, **202**, 48-49.
- 槇原寛 (1987) スギノアカネトラカミキリの被害と防除, 林業科学技術振興所, 65p.
- 槇原寛 (2002) スギノアカネトラカミキリーこれまでに明らかになったことと今後の問題点一, 森林をまもる, 全国森林病虫獣害防除協会編・発行, p.171-181.
- 槇原寛・五十嵐豊 (1991) スギノアカネトラカミキリ成虫のスギ林外への移動拡散, 102 回日林論, 275-276.
- 宮島寛 (1989) 九州のスギとヒノキ, 九州大学出版会, 275p.
- 宮島淳二・久保園正昭・福山宣高・山下裕史 (1993) 誘蛾灯によるヒノキカワモグリガ成虫の誘引範囲 (予報) 一標識再捕獲法による調査一, 日林九支研論, **46**, 159-160.
- 宮田弘明 (1999) 高知県におけるニホンキバチによる材変色被害, 林業と薬剤, **147**, 13-18.
- 宮田弘明 (2002) キバチ類の被害と防除, 森林をまもる, 全国森林病虫獣害防除協会編・発行, p.55-64.
- 宮田弘明 (2003) キバチ類の被害防除技術に関する調査, 高知県森技セ研報, **29**, 1-13.
- 長岐昭彦・金澤正和・金子智紀・和田寛 (2003) 秋田県におけるニホンキバチによるスギ被害の実態, 秋田県森技研報, **10**, 23-32.
- 西村正史 (1995) スギ林におけるスギカミキリによる被害発生機構の解明に関する研究, 富山林技セ研報, **9**, 1-77.
- 西村正史 (2002) スギカミキリ, 森林をまもる, 全国森林病虫獣害防除協会編・発行, p.183-192.
- 野淵輝 (1984) 解説 樹木のカミキリムシ (4) スギカミキリ, 森林防疫, **33**, 36-37.
- 野澤彰夫 (1989) 栃木県におけるスギカミキリの被害防除推進について, 森林防疫, **38**, 13-17.
- 小田久五 (1957) スギザイノタマバエと被害, 及び防除対策, 暖帯林, **12(8)**, 33-43.
- 岡部貴美子 (1995) 湿度がスギザイノタマバエ羽化に及ぼす影響, 日林九支研論, **48**, 129-130.
- 大河内勇 (1986) スギザイノタマバエの分布の拡大, 日林九支研論, **39**, 175-176.
- 大河内勇 (1988) スギザイノタマバエの発生環境要因について (II) 一国有林データの解析一, 日林九支研論, **41**, 139-140.
- 大河内勇 (2002) スギザイノタマバエ, 森林をまもる, 全国森林病虫獣害防除協会編・発行, p.192-202.
- 大長光純・竹下晴彦・宮島淳二・高宮立身・讃井孝義・田代卓 (1989) スギザイノタマバエ皮紋数の発生環境による変動, 100 回日林論, 569-570.
- 大内正伸 (2001) 鋸谷式 新・間伐マニュアル (2) あなたの山生まれ変わります!, 林業新知識, **573**, 6-7.
- 林野庁 (1997) 大型プロ研究成果 8 スギ・ヒノキ材質劣化害虫防除に関する総合研究, 林野庁, 118p.
- 林野庁 (2005a) 平成 16 年度森林・林業白書, 日本林業協会, 222+48p.
- 林野庁 (2005b) 森林・林業統計要覧, 林野庁, 214p.
- 佐野明 (1992) ニホンキバチ, 林業と薬剤, **122**, 17-24.

- 讃井孝義 (1988) スギザイノタマバエの被害と間伐の効果, 林業技術, **551**, 16-19.
- 讃井孝義 (1989) スギザイノタマバエの被害と内樹皮厚の推移, 日林九支研論, **42**, 161-162.
- 讃井孝義 (2002) 針葉樹暗色枝枯病, 森林をまもる, 全国森林病虫獣害防除協会編・発行, p.137-148.
- 讃井孝義・吉田成章 (2006) ちょっと変わったスギザイノタマバエの生活, 樹の中の虫の不思議な生活 穿孔性昆虫研究への招待, 柴田叡弼・富樫一巳編, 東海大学出版会 p.45-63.
- 讃井孝義・吉田成章・倉永善太郎・佐藤奉孝 (1980) スギザイノタマバエに関する研究 (X) —胸高直径と内樹皮の厚さ—, 日林九支研論, **33**, 103-104.
- 佐藤平典 (1990) スギ・ヒノキ穿孔性害虫被害とその防除 (5) スギカミキリ被害回避施業技術, 森林防疫, **39**, 68-71.
- 佐藤重穂 (1993) 林分条件の違いによるヒノキカワモグリガの食痕の樹幹内分布の差, 日林九支研論, **46**, 163-164.
- 佐藤重穂 (2002) ヒノキカワモグリガ, 森林をまもる, 全国森林病虫獣害防除協会編・発行, p.203-215.
- Sato, S., Maeto, K. and Miyata, H. (2000) Dispersal distance of adult Japanese horntail *Urocerus japonicus* (Hymenoptera: Siricidae) which causes wood discoloration damage, Appl. Entomol. Zool., **35**, 333-337.
- 佐藤重穂・前藤薫・田端雅進・宮田弘明・稲田哲治 (2004) ニホンキバチの羽化成虫数に影響を及ぼす要因—夏季のスギ間伐放置木において樹木個体間で成虫発生数が変動する原因—, 樹木医学研究, **8**, 75-80.
- 佐藤重穂・前藤薫・宮田弘明 (2006) ヒノキ伐倒木におけるニホンキバチ成虫発生数に及ぼす伐倒時期と材の玉切り処理の影響, 樹木医学研究, **10**, 19-23.
- Shibata, E. (1983) Seasonal changes and spatial patterns of adult populations of the sugi bark borer, *Semanotus japonicus* Lacordaire (Coleoptera: Cerambycidae) in young Japanese cedae stands, Appl. Entomol. Zool., **18**, 220-224.
- Shibata, E., Ito, T., Okuda, K. and Kondo, S. (1991) Adult density of the sugi bark borer, *Semanotus japonicus* Lacordaire (Coleoptera: Cerambycidae) in damaged stands of Japanese cedar, *Cryptomeria japonica* D. Don, Appl. Entomol. Zool., **26**, 313-319.
- 周藤靖雄 (2002) ヒノキ漏脂病, 森林をまもる, 全国森林病虫獣害防除協会編・発行, p.125-136.
- 周藤成次・河井美紀子・大国隆二 (2000) 島根県西部でのスギザイノタマバエの分布と被害調査, 島根県林技研報, **51**, 29-37.
- 杉本博之・田戸裕之・福原伸好 (2003) 人工林におけるキバチ類の生理・生態の解明と被害回避法に関する調査—ニホンキバチの被害回避法に関する調査—, 山口県林セ試験報告, **16**, 11-27.
- スギザイノタマバエ分科会 (2004) スギザイノタマバエ被害回避のための間伐試験. 九州地区林業試験研究機関協議会保護部会, 32p.
- 鈴木和夫編 (2004) 森林保護学, 朝倉書店, 299p.
- Tabata, M. and Abe, Y. (1997) *Amylostereum laevigatum* associated with the Japanese horntail, *Urocerus japonicus*, Mycoscience, **38**, 421-427.
- 田戸裕之・福原伸好 (2000) 林業技術現地適応化事業 (スギザイノタマバエ), 山口県林指セ平成 11 年度業務報告書, p.26.
- 竹内郁雄 (1998) 複層林スギ上木の後生枝の発生, 109 回日林論, 311-312.
- 植木忠二・加藤一隆 (2000) 精鋭樹など育成品種の特性 (9), 林木の育種, **195**, 29-32.
- 山根明臣・佐々木和男・斉藤俊浩・鈴木誠・鈴木貞夫 (1989) 126 年生スギ造林木のヒノキカワモグリガ被害, 100 回日林論, 561-562.
- 山崎三郎・倉永善太郎 (1988) ヒノキカワモグリガの生態と防除, 林業科学技術振興所, 68p.
- 吉田成章・讃井孝義 (1979) スギザイノタマバエの生態と防除の展望, 森林防疫, **28**, 137-142.
- 吉岡信一 (1999) スギ・ヒノキ林におけるキバチ類の発生消長と被害実態, 長崎県総農試研報 (林業部門), **30**, 1-17.

