

ヒノキ巻枯らし間伐林における森林害虫の発生

誌名	研究報告 / 群馬県林業試験場
ISSN	09186115
著者名	小野,里光 浅野,浩之 金沢,好一
発行元	群馬県林業試験場
巻/号	14号
掲載ページ	p. 10-19
発行年月	2009年4月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



ヒノキ巻枯らし間伐林における森林害虫の発生

Occurrence of forest insect pests in *Chamaecyparis obtusa* stands thinning by girdling method.

小野里 光・浅野 浩之・金沢 好一*

巻枯らし間伐を実施したヒノキ林において森林害虫発生調査を行ったところ、以下のことが明らかになった。

- 1 巻枯らし間伐実施後から数年間は、二次的害虫であるマダクロホシタマムシ、ヒメスギカミキリが発生した。
- 2 立木に変色被害を引き起こすキバチ類の発生は、間伐実施から2夏後に発生数が増加する切り捨て間伐と同様の傾向を示したが、終息期間は切り捨て間伐よりも長期間にわたり発生する場所があることが確認された。
- 3 キバチ類は、巻枯らし木を長期間にわたり繁殖源として利用する可能性があることが示唆された。

キーワード キバチ類、森林害虫、ヒノキ、巻枯らし間伐、マダクロホシタマムシ

I はじめに

林業が低迷し、手入れ不足による森林の荒廃が危惧されている状況の中で、近年、巻枯らし間伐が話題にあがる時がある。巻枯らし間伐とは、間伐対象木の樹皮を剥皮して枯死させる方法で、伐採を伴わないため、間伐作業の省力化・安全性、気象害の軽減等について利点があるといわれている。特にヒノキは、通常の伐採による間伐では伐倒木や立木の枝が支障となりかかり木になりやすく、作業の手間がかかることから、今後長期間にわたり手入れをしない林分においては、間伐施業のひとつの方法として巻枯らしが活用される可能性がある。しかしながら、巻枯らし間伐は対象木を剥皮することにより、林内に多くの衰弱枯死木を人為的に発生させることになるため、森林害虫の生息密度が一時的に高まり、立木に被害をもたらすことが懸念されている。巻枯らしにおける森林害虫を対象とした報告例^{5)・10)}は少なく、森林保護の立場から巻枯らし間伐を評価するためには、多くの事例報告が必要であると思われる。

このため、巻枯らし林分における森林害虫の発生を明らかにすることを目的として、2箇所のヒノキ林で巻枯らし間伐を実施し、森林害虫の発生調査を行った。また、一部の巻枯らし間伐木を林業試験場構内にある網室に搬入し、森林害虫の発生調査を行った。

II 方法

1 巻枯らし間伐林森林害虫発生調査

(1) 調査地の概要

調査地は群馬県安中市にある林業試験場実験林内のヒノキ林（以下、安中調査地）、および群馬県北群馬郡榛東村にある榛東村有林内のヒノキ林（以下、榛東調査地）の2か所である。

安中調査地は、標高約600mの南東向き斜面に位置している。巻枯らし間伐を実施する7齢級のヒノ

キ林（以下、安中巻枯らし林）は、平均胸高直径19.9cm、立木密度約1,800本/ha、面積約0.2haで、周囲はスギ、ヒノキ林である。また、森林害虫の周辺への分散状況を確認するため、調査地を設定した巻枯らし林に隣接する7齢級のヒノキ林分（以下、安中隣接林）は、平均胸高直径20.1cm、立木密度約1,700本/ha、面積約0.1haである（表-1）。

榛東調査地は、標高約700mの南向き斜面に位置している。巻枯らし間伐を実施する8齢級のヒノキ林（以下、榛東巻枯らし林）は、平均胸高直径21.1cm、立木密度約1,900本/ha、面積約0.5haで、周囲はスギ、広葉樹2次林である。対照区の8齢級のヒノキ林（以下、榛東対照林）は、平均胸高直径18.1cm、立木密度2,100本/ha、面積約0.2haである（表-1）。榛東巻枯らし林と榛東対照林の間には幅約30mの広葉樹天然林が存在する。

(2) 巻枯らし間伐方法

安中巻枯らし林における巻枯らしは、地上約1mの位置で一定の幅（30～50cm）の樹皮を剥ぐ方法を主とし、一部ナタにより形成層を切断する方法で、2003年9月下旬に行った⁸⁾。間伐強度は間伐本数率33%で、実施後の立木密度は1,200本/haである（表-1）。

榛東巻枯らし林における巻枯らしは、地上約1mの位置で一定の幅の樹皮を剥ぐ方法で、2005年6月中旬に行った。間伐強度は間伐本数率58%で、実施後の立木密度は800本/haである（表-1）。

表-1 調査地の概要と巻枯らし方法

調査地	安中調査地		榛東調査地	
	巻枯らし林 (安中巻枯らし林)	隣接林 (安中隣接林)	巻枯らし林 (榛東巻枯らし林)	対照林 (榛東対照林)
調査林分 (略称)				
標高(m)	600	600	700	700
斜面方位	南東	南東	南	南
林齢(年)	7	7	8	8
平均胸高直径(cm)	19.9	20.1	21.1	18.1
立木密度(本/ha)	1,800	1,700	1,900	2,100
面積(ha)	0.2	0.1	0.5	0.2
実施時期	2003.9下	—	2005.6中	—
巻枯らし 間伐	方法	一定幅(30-50cm)で樹皮を剥ぐ 一部はナタで形成層を切断する	一定幅(30-50cm)で樹皮を剥ぐ	—
	間伐本数率(%)	33	—	58
立木密度(本/ha)	1,200	1,700	800	2,000

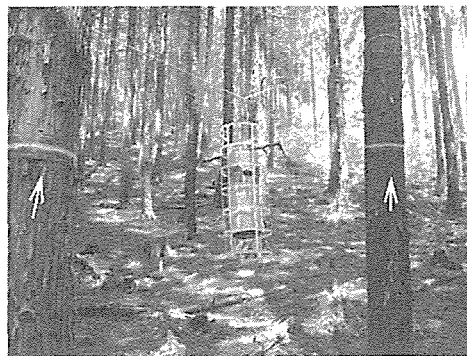
(3) 巻枯らし林内森林害虫発生調査

調査は2とおりの方法を行った（図-1、表-2）。

ア 粘着バンド法 樹幹に粘着紙（製品名：カミキリホイホイ）を巻きつけ、樹皮下に生息するスギカミキリやヒメスギカミキリなどの森林害虫を捕殺する方法である。設置数は、安中調査地の安中巻枯らし林では、巻枯らし木及び立木に各20本の計40本、安中隣接林では立木20本、榛東調査地の榛東巻枯らし林では、立木20本に設置した。粘着紙は初年度の2004年は6月下旬～7月上旬にかけて設置し、

8月下旬に回収した。2005年は2004年と同じ調査木に3月上旬に設置し、6月中旬に回収した。なお、調査年は、安中調査地は巻枯らし間伐実施後、榛東調査地では巻枯らし実施前に該当する。

イ 誘引剤+粘着紙法 誘引剤（主成分：安息香酸・オイゲノール・そのほか）を入れた円筒誘引器の周囲に粘着紙を張り巡らせ、誘引剤に誘引された森林害虫であるキバチ類を誘殺する方法である。設置数は各調査林分に各2器で、約1.5mの高さに設置した。調査は粘着紙に誘殺されたキバチ類を数えることとし、粘着紙は2週間～1か月の間で交換した。調査月は、2004年の7月上旬～を除き、キバチ類発生前の6月上旬から発生終了確認後の9月下旬または10月上旬までの期間で、調査年は2004年から2008年の5年間である。



矢印；粘着バンド、中央：円筒誘引器
図-1 調査地内に設置したトラップ

表-2 森林害虫発生調査方法および調査年

方法	設置か所及び設置数（本）				調査年									
	安中調査地		榛東調査地		安中調査地					榛東調査地				
	巻枯らし林	隣接林	巻枯らし林	対照林	04	05	06	07	08	04	05	06	07	08
ア. 粘着バンド法	40 (巻枯らし木20、立木20)	20	20	—	○	○				○	○			
イ. 誘引剤+粘着紙法	2	2	2	2	○	○	○	○	○	○	○	○	○	○

(4) 巻枯らし木網室搬入森林害虫発生調査

安中巻枯らし林内の巻枯らし木（一定の幅で樹皮を剥ぐ方法により実施）について、毎年3本ずつ伐採し、約1mごとに玉切りしたのちに、榛東村にある林業試験場構内の網室に立木単位で搬入した。対照区として、同様の方法で2本の生立木を別の網室に搬入した。調査は発生する森林害虫などを数えた。調査月は5月上旬から9月下旬までの期間で、調査年は2005年から2007年の3年間である。

III 結果

1 巻枯らし間伐林内森林害虫発生調査

(1) 粘着バンド法

2004年は森林害虫は捕獲されなかった。2005年は安中巻枯らし林の巻枯らし木からヒメスギカミキリが捕獲された（図-2、表-3）。設置した20本の巻枯らし木におけるヒメスギカミキリの寄生本数は15本（寄生本数率75%）であった。巻枯らし林内の立木や隣接林、巻枯らし実施前の榛東巻枯らし林に設置した立木からヒメスギカミキリは捕獲されなかった。2004年に捕獲されなかったのは、調査初年度のため調査開始時期が遅れたことが原因であると考えられた。



矢印：ヒメスギカミキリ
図-2 粘着バンド法による捕獲状況

表-3 粘着バンド法林業害虫発生調査(2005)

(頭数)

調査地	安中						榛東				
	巻枯らし林			隣接林			(実施前)巻枯らし林				
調査林	巻枯木20本			立木20本			立木20本		立木20本		
対象木	寄生本数	寄生本数率(%)	捕獲数	寄生本数	捕獲数	寄生本数	捕獲数	寄生本数	捕獲数	寄生本数	捕獲数
森林害虫											
ヒメスギカミキリ	15	75	64	0	0	0	0	0	0	0	0

(2) 誘引剤+粘着紙法

榛東調査地、安中調査地のいずれにおいても、ニホンキバチ、ヒゲジロキバチ、オナガキバチの3種のキバチが誘殺された。

安中調査地におけるキバチ類の誘殺数は表-4のとおりである。5年間のキバチ類の誘殺数の推移は、両林分ともに同様の傾向を示した。変色被害を引き起こすキバチ2種(ニホンキバチ、ヒゲジロキバチ)⁴⁾の誘殺数の推移は図-3のとおりで、2005年から2007年の3年間高いレベルを維持し、2008年は減少した。誘殺されたニホンキバチの性比は表-5のとおりで、雌の割合が高い。

表-4 安中調査地におけるキバチ類の誘殺数

(頭数)

年	ニホンキバチ		ヒゲジロキバチ		オナガキバチ	
	巻枯林	隣接林	巻枯林	隣接林	巻枯林	隣接林
	2004	6	2	0	0	0
2005	16	19	6	8	1	7
2006	13	14	12	19	6	3
2007	16	10	6	6	3	6
2008	1	3	1	1	4	4

※巻枯らしは2003年9月下旬実施。調査は2004年は7月上旬から実施。

2種キバチ個体数(頭数)

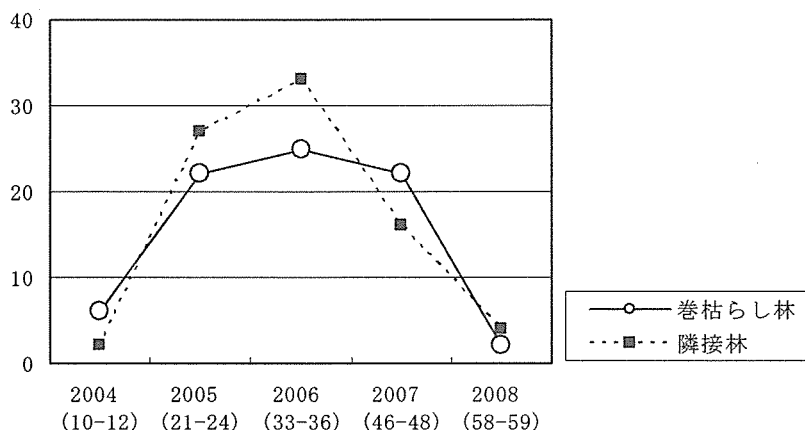


図-3 安中調査地におけるキバチ2種(ニホンキバチ+ヒゲジロキバチ)の年別誘殺数。()は巻枯らし実施後の経過月数を示す。

表-5 安中調査地のニホンキバチの性別誘殺数 (頭数)

林分	性別	2004	2005	2006	2007	2008
巻枯らし林	♀	3	14	13	16	1
	♂	3	2	0	0	0
	性比 [※]	0.5	0.9	1.0	1.0	1.0
隣接林	♀	1	19	14	10	2
	♂	1	0	0	0	1
	性比	0.5	1.0	1.0	1.0	0.7

※ ♀/(♀+♂)

榛東調査地におけるキバチ類の誘殺数は表-6のとおりである。変色被害を引き起こすキバチ2種の誘殺数の推移は図-4のとおりで、巻枯らし林では2007年にニホンキバチの個体数が非常に多くなった。ニホンキバチの性比は表-7のとおりで、2007年の榛東巻枯らし林で多く誘殺された成虫のほとんどは雄であったが、それ以外は雌の割合が高い。

表-6 榛東調査地におけるキバチ類の誘殺数 (頭数)

年	ニホンキバチ		ヒゲジロキバチ		オナガキバチ	
	巻枯林	対照林	巻枯林	対照林	巻枯林	対照林
2004	8	2	4	1	1	0
2005	3	2	4	4	1	1
2006	3	1	8	3	7	1
2007	93	2	7	3	7	5
2008	1	1	5	1	5	4

※巻枯らしは2005年6月中旬実施。調査は2004年は7月上旬から実施。

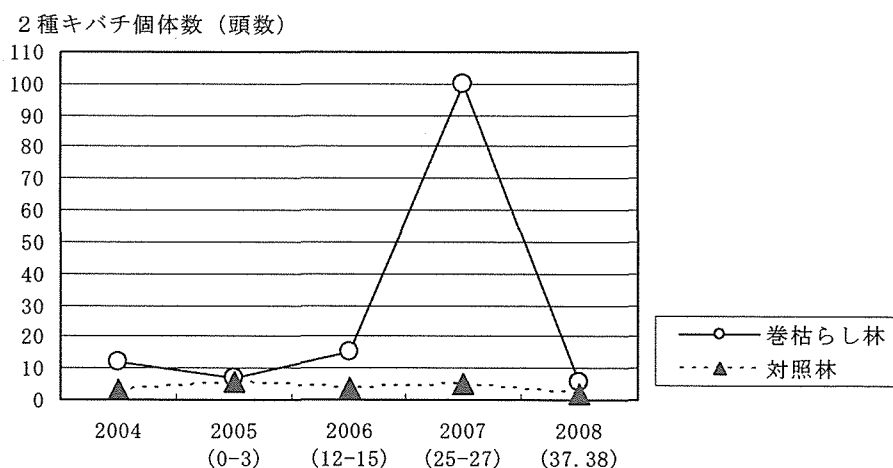


図-4 榛東調査地におけるキバチ類2種 (ニホンキバチ+ヒゲジロキバチ) の年別誘殺数. ()は巻枯らし実施後の経過月数を示す。

表-7 榛東調査地のニホンキバチの性別誘殺数 (頭数)

林分	性別	2004	2005	2006	2007	2008
巻枯らし林	♀	8	3	4	7	1
	♂	0	0	3	86	0
	性比※	1.0	1.0	0.6	0.1	1.0
対照林	♀	2	1	1	2	1
	♂	0	1	0	0	0
	性比	1.0	0.5	1.0	1.0	1.0

※ ♀/(♀+♂)

2 巻枯らし木網室搬入森林害虫発生調査

網室内に搬入した巻枯らし木 (図-5) から発生した森林害虫等は表-8のとおりで、立木単位の発生数にバラツキが認められた。2005年の2本の巻枯らし木 (B、C) には、キツツキの捕食痕が多く認められた。2005年には、ヒメスギカミキリ、マスダクロホシタマムシ、キクイムシ類が多く発生したが、2006年以降の発生数はごく少ないかまたは未発生であった。ニホンキバチは、2007年に1頭 (雌) 捕獲されただけであった。ヒゲジロキバチは発生しなかった。オナガキバチは調査した3年間すべてで発生した。寄生蜂は、キバチ類が発生した巻枯らし木から多く発生する傾向が認められた。対照区からは、森林害虫等の発生はまったく認められなかった。



図-5 巻枯らし木網室搬入森林害虫発生調査

表-8 巻枯らし木から発生した森林害虫など (頭数)

穿孔性害虫名	2005.5搬入 (20か月経過)					2006.5搬入 (32か月経過)					2007.5搬入 (44か月経過)				
	巻枯3本				対照	巻枯3本				対照	巻枯3本				対照
	A	B	C	計	2本	D	E	F	計	2本	G	H	I	計	2本
ニホンキバチ	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0
オナガキバチ	2	15	0	17	0	0	2	0	2	0	0	38	0	38	0
ヒメスギカミキリ	1	6	39	46	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0
マスダクロホシタマムシ	0	28	12	40	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
キクイムシ類	0	多※	多	多	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
(寄生蜂)	0	20	0	20	0	0	41	0	41	0	6	74	7	87	0

※ 多数発生のため、計数困難

IV 考察

今回の調査で巻枯らし間伐によって発生したおもな森林害虫は、マスダクロホシタマムシ、ヒメスギカミキリ、キバチ類であった。

1 マスダクロホシタマムシ、ヒメスギカミキリについて

安中調査地で巻枯らし間伐を実施してから経過した月数に対して発生した森林害虫は、図-7のとおりである。巻枯らし間伐を実施した2003年9月下旬は、今調査で発生した森林害虫の発生期間ではないことから、2004年の巻枯らし木が各種森林害虫の繁殖源として利用される期間に該当する。発生した森林害虫は、いずれも1年1化または2年1化であることから、巻枯らし間伐に対する森林害虫の発生数への影響が現れるのは2005年以降である。

マスダクロホシタマムシ、ヒメスギカミキリは、巻枯らしを実施してから1年間の繁殖期間(2004年)を経た翌年(2005年)の発生数は増大したが、その後(2006年以降)は減少した。これらの森林害虫は巻枯らし間伐実施後に短期間に集中して発生する傾向があることが明らかになった。ヒメスギカミキリは、材の乾燥の程度により加害されると考えられている¹¹⁾。巻枯らし木の含水率は、森林害虫の繁殖期に該当する2004年は60%前後であったが、2005年4月には約20%に低下していることから(図-7)、巻枯らし木の含水率の変化が、ヒメスギカミキリが短期間に終息した要因のひとつであると考えられる。

マスダクロホシタマムシは、健全木には加害しない二次的害虫とされるが、異常気象、過度の伐採・枝打ち等により急激に変化した環境条件下にあるヒノキが加害される例が西日本を中心に報告されている^{1, 14, 16)}。また、千葉県ではヒノキ科に属する多数の緑化用苗木が加害されている⁷⁾。榛東巻枯らし林では間伐本数率58%と強度な間伐を実施したが、現在のところマスダクロホシタマムシによる立木被害は確認されていない。

ヒメスギカミキリは、二次的害虫で産卵対象木は枯死木に限定されるが、スギ・ヒノキの苗木、幼齢木や老齢木の梢頭部は衰弱すると加害されることがある¹¹⁾。今回の粘着バンド法による調査の結果、ヒメスギカミキリは安中巻枯らし林の巻枯らし木からは捕獲されたが、巻枯らし林内および隣接林などの立木では全く捕獲されなかった。このことから、巻枯らし木から発生したヒメスギカミキリは、通常の場合、立木に与える影響はないものと考えられた。

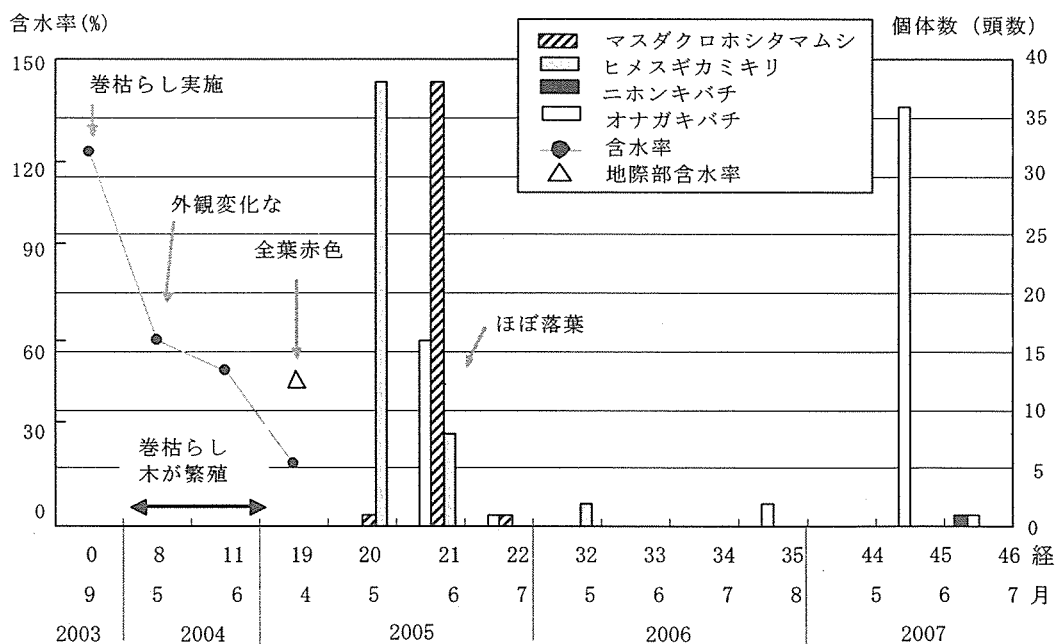


図-7 網室に搬入した巻枯らし木から発生した森林害虫の個体数(棒グラフ)と、供試木の含水率(折れ線)および枯死状況。 ※含水率、枯死状況は引用文献(9)を参考にした。

2 キバチ類について

キバチ類は、ニホンキバチ、ヒゲジロキバチ、オナガキバチの3種が捕獲されたが、なかでもニホンキバチとヒゲジロキバチは産卵の際に接種する共生菌により立木の木口面に星状の変色被害を引き起こす⁴⁾。県内のキバチ類の被害実態調査からは、広い範囲で変色被害が発生していることが明らかにされている¹⁵⁾。

(1) 巻枯らし木がニホンキバチの繁殖源である可能性について

ニホンキバチは、雌成虫はスギ材から放出される揮発性成分や α -ピネンに誘引されるが、雄成虫は誘引されず¹²⁾、雌成虫は移動するが、雄成虫はほとんど移動しない¹⁸⁾という特徴がある。3年間実施した巻枯らし木網室搬入森林害虫発生調査では、ニホンキバチは1頭(雌)捕獲されただけであった(表-8)。このため、巻枯らし間伐林内森林害虫発生調査で誘引剤を用いた方法により誘殺されたキバチ類は、巻枯らし林内から発生したキバチ類であるかを検討する必要がある。安中巻枯らし林では、巻枯らし間伐後に誘殺数が増加した2005~2007年では移動する雌成虫の割合が高いため(表-5)、ニホンキバチが巻枯らし林内で繁殖しているかどうかは明らかでない。しかしながら、2007年に網室に安中巻枯らし林から搬入した巻枯らし木から、1頭ではあるがニホンキバチが発生したこと(表-8)、また、巻枯らし間伐以外にキバチの誘殺数が増加する要因が認められないことから、巻枯らし木が繁殖源となった可能性は高い。一方、榛東巻枯らし林では、巻枯らし間伐後の2007年に誘殺数が激増したニホンキバチは、ほとんどが移動しない雄成虫であったことから(表-7)、巻枯らし木が繁殖源になっていると考えられた。これらのことから、巻枯らし間伐林では巻枯らし木がキバチ類の繁殖源となり、林内におけるキバチ類の誘殺数が増加したと考えられた。

(2) 巻枯らし林におけるキバチ類の発生傾向

変色被害を引き起こすキバチ2種(ニホンキバチ、ヒゲジロキバチ)は、巻枯らし実施から2夏後に相当する21か月および25か月经過の年に誘殺数が増加している(図-3、図-4)。ところで、切り捨て間伐林におけるニホンキバチの発生は、切り捨て間伐実施2夏目に増加し、3夏以降は減少する事が報告されている^{13, 17)}。

榛東巻枯らし林におけるキバチ類の発生は、切り捨て間伐林のキバチ類の発生と同様の傾向を示した(表-6、図-4)。

安中巻枯らし林におけるキバチ類の発生は、巻枯らし実施から3~4夏目に相当する2006年および2007年においても高い値を示していることから、キバチ類の増加した発生数は切り捨て間伐林よりも長い期間にわたった(表-4、図-3)。巻枯らし木網室搬入森林害虫発生調査においても、巻枯らしを実施してから4夏目に相当する45~46か月经過した巻枯らし木から、ニホンキバチ1頭(雌)、およびオナガキバチ38頭が発生した(図-7)。ニホンキバチは1年1化、オナガキバチは1年1化または2年1化²⁾であることから、ニホンキバチの産卵年は2006年、オナガキバチが2年1化虫であったとしても産卵年は2005年であると考えられる。この時期に相当する巻枯らし木の含水率は約20%であるが、地際部の含水率は約50%であった⁹⁾(図-7)。ニホンキバチの発生は、含水率が50%以上の寄主木から多いとされていることから^{6, 19)}、2007年に発生したキバチ類の多くは、地際部に近いところから発生したのではないかと考えられた。ニホンキバチの発生数を決定する要因は、環境条件により異なり、伐倒後の経過時間と材の含水率、産卵を誘発する寄主木の揮発成分の濃度が重要である³⁾。巻枯らし間伐は、処理の方法により枯死の発現に時間的差異を生じることから⁸⁾、材の含水率は巻枯らし木単位によって異なることが予想される。このようなことから、巻枯らし林内には多様な含水率の巻枯らし木が存在し、ニホンキバチやオナガキバチは、これらの巻枯らし木を

繁殖源として利用できることから、長い期間にわたり発生数が増加したのではないかと考えられた。

(3) 隣接する林分における被害

安中隣接林の変色被害を引き起こすキバチ2種の誘殺数は、安中巻枯らし林と同様の傾向を示したことから(図-3)、巻枯らし木から発生したニホンキバチとヒゲジロキバチが隣接林分へ移動していると考えられた。そこで、安中隣接林内のヒノキ1本を伐採したところ、キバチ類による星状の変色被害が木口面に認められた(図-6)。変色部と年輪の位置関係から、巻枯らし間伐実施後に共生菌が接種されたことが判明したため、隣接林に移動したキバチ類が変色被害を引き起こすことが明らかになった。



図-6 巻枯らし間伐林に隣接する林内のヒノキの木口面に現れたキバチ類による変色被害

V おわりに

今回の調査の結果、巻枯らし実施後の数年間はマダクロホシタマムシやヒメスギカミキリの発生数が増大するが、その後終息することが明らかになった。キバチ類は、切り捨て間伐よりも長期間にわたり発生する可能性があること、隣接する林分にも被害が発生することが明らかになった。

巻枯らし間伐は、その方法や規模の違いによって、健全木、衰弱程度の弱～強にわたる衰弱木、枯死木など、質的かつ量的に多様な生理状態の樹木を林内に発生させる方法である。この状態は、切り捨て間伐よりも長期間にわたる。巻枯らし間伐の規模や方法にもよるが、大規模に実施する場合は、森林害虫による被害リスクは、切り捨て間伐と同程度かあるいは高くなるおそれがあることを認識する必要がある。

引用文献

- 1) 遠田暢男・山根明臣・藤下章男：マダクロホシタマムシによるヒノキ造林地の被害：日林論 97, 489-490, (1986)
- 2) 福田秀志：キバチ類3種の資源利用様式と繁殖戦略：名大森研 16, 23-73, (1997)
- 3) 福田秀志：ニホンキバチの繁殖に適した寄主木の条件：日林学術講 116, 412, (2005)
- 4) 福田秀志：スギ・ヒノキの材変色被害に関与するキバチ類とその共生菌：日林誌 83, 161-168, (2001)
- 5) 福田秀志・佐野明・久保田祐介・鈴木啓介：穿孔性昆虫類の巻き枯らし間伐木利用状況：樹木医学研究 12, 125-126, (2008)
- 6) 稲田哲治：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, (2003)
- 7) 石谷栄次・大井田寛：千葉県のコニファー養成地におけるマダクロホシタマムシの被害：日林関東支論 54, 197-198, (2002)
- 8) 金澤好一・鶴淵恒雄・綿貫邦男：巻枯らし間伐の施行と効果の1事例：日林関東支論 56, 149-150, (2005)
- 9) 金澤好一・綿貫邦男・浅野浩之：ヒノキ人工林における巻枯らし間伐の効果と処理木の含水率：日林関東支論 57, 127-128, (2006)
- 10) 加藤徹：巻枯らし間伐木から発生する昆虫：中森研 55, 53-56, (2007)

- 11) 楨原寛：解説 樹木の主要カミキリムシ(5)：森林防疫 384, 53-54, (1984)
- 12) 松本剛史・佐藤重穂：揮発性成分のニホンキバチ成虫に対する誘引活性試験を行うオルファクトメーターの作成：日林誌 89, 135-137, (2007)
- 13) 宮田弘明：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, (1999)
- 14) 本車田勇・竹谷昭彦：マスダクロホシタマムシによるヒノキ林の被害実態：日林九州支論 33, 125-126, (1980)
- 15) 小野里光・高橋史彦：人工林（スギ林を主とした）におけるキバチ類による被害実態：群林試研報 9, 1-14, (2003)
- 16) 越智鬼志夫：四国地方におけるマスダクロホシタマムシの生態と被害：森林防疫 352, 108-111, (1981)
- 17) 佐野明：スギ伐り捨て間伐林におけるニホンキバチの個体群動態と材変色発生経過：日林学術講 110, 66-67, (1999)
- 18) SATO, S., MAETO, K. and MIYATA, H. : Dispersal distance of adult Japanese horntail *Urocerus japonicus*(Hymenoptera:Siricidae) which causes wood discoloration damage: Appl. Entomol. Zool. 35, 333-337, (2000)
- 19) 佐藤重穂・前籐薫・田端雅進・宮田弘明・稲田哲治：ニホンキバチの羽化成虫数に影響を及ぼす要因：樹木医学研究 8, 75-80, (2004)