

## スギノアカネトラカミキリ防除技術に関する調査

—誘引器の生息密度低減効果と枯れ枝打ちのトビクサレ被害防止効果—

育林部 片倉 正行  
小島 耕一郎\*  
古川 仁

### 要 旨

メチルフェニルアセテートを誘引物質とする衝突板式プラスチック製黄色誘引器を4年間継続してスギ林に架設し、交尾・産卵期の成虫を捕獲し続けた結果、林内のスギノアカネトラカミキリ生息密度は低下したと判断できた。スギノアカネトラカミキリ成虫捕獲数は大きな年変動を示し、その一因として冷夏が材内幼虫の生育を阻害したことが考えられた。成虫の脱出開始時期は5月下旬～6月上旬の日平均気温15℃以上が続き始める時期に該当した。捕獲された成虫の93%が雌で、その83%が卵管内に卵を保有していた。脱出雌成虫の捕獲率は38.5%、誘引器の最大誘引距離は約50mと考えられた。調査地におけるスギノアカネトラカミキリの生活環境は5年にわたると判断した。

枯れ枝打ちを行った立木に、枯れ枝切断面あるいはその周辺から侵入したと判断されるスギノアカネトラカミキリ幼虫と、トビクサレの発生が認められ、枯れ枝打ちでは被害を完全に防除できないと判断された。

### I はじめに

スギノアカネトラカミキリは、スギ・ヒノキ生立木の枯れ枝に産卵し、幼虫が枯れ枝から樹幹部に入って死節の周辺を食害し、幹材にトビクサレ被害を起こす<sup>(4)</sup>材質劣化害虫である。県下では北信多雪地帯で古くからスギのトビクサレ被害が知られていたが、近年の調査結果ではさらに中中信地方でも被害発生を認めている<sup>(2,3)</sup>。トビクサレ被害は、幹材への幼虫による食害孔道の形成と、食害受傷刺激に起因する化学反応による変色<sup>(1)</sup>が主体であるが、他の昆虫類の二次侵入や腐朽菌の侵入により劣化状態が拡大することも多い<sup>(4,10)</sup>。被害が材強度に及ぼす影響は小さく、市場では被害材が著しく低い評価を受けているとはいえないが、これは激害材が市場へ出材されないためと考えられる<sup>(2)</sup>。

林分を単位とした被害程度と環境因子の関係解析では、被害程度を説明する明瞭な関係因子は認められていない<sup>(12)</sup>。単木単位では、高齢化に伴い材内被害カ所が増加することが明らかとなり<sup>(2)</sup>、加齢に伴う枯れ枝の継続的な発生が被害増加の誘因とされる。

被害防除法については、「強度の枝打ち」で効果が認められている<sup>(7)</sup>。「強度の枝打ち」は、生枝打ちが主体の枝打ちと判断され、スギノアカネトラカミキリの産卵場所となる枯れ枝を発生させなければ被害を防除できるといえる。

しかし、県下のスギ林はすでに壮齢期に入り、枯れ枝を着生していることが一般的であり、生枝

\* 元長野県林業総合センター専門研究員

打ちの適期は過ぎている林分が多い。

さらに、「防虫帯(成虫の移動拡散防止帯)」に防除効果発揮の可能性が認められるが<sup>(8)</sup>、樹種転換など森林施業の制限ともなるため実用には問題点が残る。

成虫の生息密度を低下させ、被害発生量を低下させることを目的とした「誘引器」が検討され、誘引物質をメチルフェニルアセテートとした衝突板式プラスチック製黄色誘引器が高い捕獲能力を示すことが明らかになり、スギノアカネトラカミキリの生息密度の制御に利用できる可能性が示された<sup>(3,13)</sup>。また、「殺虫剤」、「天敵生物」による生息密度制御の検討もなされている<sup>(14)</sup>が、現実林分へ適用可能な段階には至っていない。

本研究では、「誘引器の連年架設」がスギノアカネトラカミキリの生息密度におよぼす影響と、「枯れ枝打ち」のトビクサレ被害防除効果について検討を行った。

なお、本研究は林野庁交付金、林業普及情報活動システム化事業「スギノアカネトラカミキリ防除技術に関する調査(平成5~7年度)」により実施した。

## II 誘引器のスギノアカネトラカミキリ生息密度低減効果

### 1 調査地と方法

#### (1) 調査地の位置と林況

調査は、県北部多雪地帯に位置する下高井郡山ノ内町のスギ人工林(図-1、表-1)で実



図-1 調査地の位置

表-1 調査地の林況概要

項目	プロットNo.	1	2	3
林分密度	(本/ha)	2,510	1,400	1,400
収量比数		0.98	0.80	0.90
胸高直径	(cm)	19.4	21.5	24.8
平均樹高	(m)	18.1	16.9	22.3
上層樹高	(m)	19.5	19.5	24.5
枝下高	(m)	11.9	9.7	16.4
失葉枝着生範囲	(m)	5~12	3~11	6~16
近隣の誘引器		A5	C4	B2

注1 地形：山麓緩斜面(上部自然堤防)

2 山腹傾斜：5°

3 土壌型：BℓE

施した。林分はモザイク状の異齢林であるが、林齢約30年生、樹高20m、平均胸高直径20cm、林分密度1,400~2,500本/ha、収量比数0.80~0.98で、本地域の一般的なスギ人工林の林相を呈する。なお、本林分にはスギノアカネトラカミキリが生息し、トビクサレ被害が発生していることが確認されている(3)。

(2) 調査の方法

①誘引器によるスギノアカネトラカミキリ捕獲調査

ア 調査区の規模と調査期間

調査区は図-2に示すように、120×120mの誘引器架設範囲の方形区とした。調査区の北西側と南西側はスギ幼齢林あるいは林道の開放的な環境で、これらに接する部分は林縁を形成し調査区内への光の入射量が比較的大きい。調査は1993年から1995年にかけて実施し、誘引器の架設期間は、当該地域のスギノアカネトラカミキリ成虫の脱出、交尾・産卵期間といえる6~7月(3)の2ヶ月間とした。

イ 誘引器と架設位置

誘引器は図-3に示した衝突板式プラスチック製黄色誘引器(13)を使用し、誘引剤は固形メチルフェニルアセテート(50g剤)とした。誘引器の受器内部には、誘引落下昆虫の再飛翔などによる逃亡を防止するため、表面活性剤として中性洗剤を少量添加した水を満たした。誘引器の架設は林分内に設定した30×30mメッシュの交点(図-2)直近のスギ立木とし、その架設高は約6mとした。

誘引器架設後は、10日間隔で誘引器内に捕獲された昆虫類を採取し、そのたびに受器内の水を新鮮なものに交換した。なお、誘引剤は調査期間中交換しなかった。

ウ 捕獲昆虫類の調査

採取した昆虫類は実験室に持ち帰り、直ちに60℃で温風乾燥したのち種別ごとの頭数を

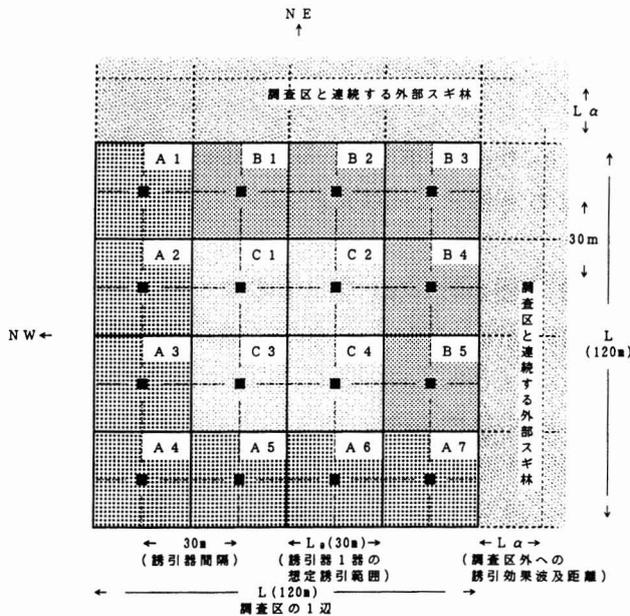


図-2 調査区と誘引器の位置

凡 例	
■	: 誘引器の位置
A 1	: 誘引器番号
A	: 林縁部
B	: 林内外周部
C	: 林内中央部

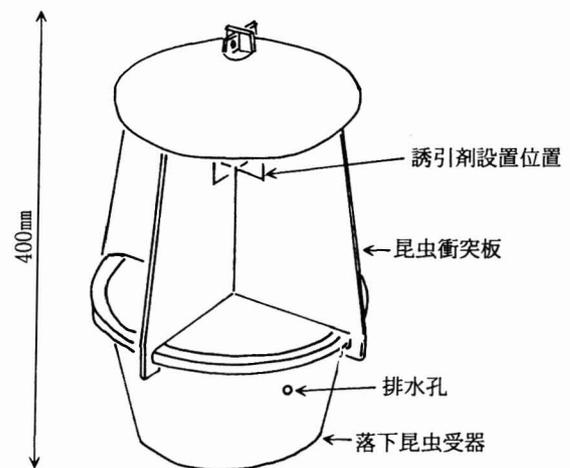


図-3 衝突板式プラスチック製黄色誘引器

調査した。スギノアカネトラカミキリは雌雄別に調査し、雌は顕微鏡下で開腹して卵管内の卵保有状態を調査した。

②スギノアカネトラカミキリの脱出数ならびに林内生息数調査

成虫脱出頭数に対する誘引器による捕獲率、および誘引器による連年捕獲がスギノアカネトラカミキリの林内生息数に与える効果を知るため当年脱出数と林内生息数の調査を行った。

ア 当年脱出数

スギノアカネトラカミキリは、立木内で老熟幼虫になると侵入してきた枯れ枝に戻り蛹室を作って羽化し、成虫態となって越冬したのちに立木外に脱出する習性があり、成虫が脱出した枯れ枝では幹着生部から切断した断面を観察すると直径 3～4 mm のほぼ正円形の孔を認めることができる<sup>(4)</sup>。当年脱出数には、この枯れ枝切断面に認められる新鮮脱出孔数をあてることとし、1995年 9 月に立木 26 本について調査を行った。

スギノアカネトラカミキリは昼行性で正の走光性が強く<sup>(4)</sup>、林縁木に集まりやすい<sup>(3)</sup>ことが知られており、立木内生息密度にもこれが反映されていると考えられたので、調査対象木は林縁木と林内木に分けて選定することとし、林縁木は調査区北西側の林縁部に沿って位置する立木 9 本を、林内木は林縁木列より 2 列ほど内部に平行して位置する立木 17 本を調査対象とした。新鮮脱出孔の調査はこれら立木の 10m 高までの枯れ枝を切り取って行った。

イ 林内生息数

調査立木のうち 5 本 (林内木 4 本、林縁木 1 本) を地際から伐採して持ち帰り、4 m 以上の枯れ枝、巻き込み途中の残枝などについて再度脱出孔調査を行ったのち幹を 10cm 毎に玉切り、厚さ 1 cm 以下に割材して材内のスギノアカネトラカミキリの生息状況を虫態別に調査した。

2 結果と考察

(1) 誘引器による捕獲結果

1993年から1995年の調査結果を表-2、図-4、5、6、7に示した。なお本調査区では1992年にも同一設計による調査<sup>(3)</sup>がなされていたのでこれも併せて掲げた。

①アカネトラカミキリの捕獲数と、その経年変化

1992年から1995年の4年間の捕獲数(誘引器16器合計)は、図-8のように、93頭、235頭、57頭、228頭と大きな隔年変動を示し、所期に期待していたような「連年的に減少、あるいは捕獲されなくなる」傾向とはならず、この結果からは誘引器によるスギノアカネトラカミキリ連年捕獲が、対象林分に生息するスギノアカネトラカミキリの密度低減に効果を示したとは判断できなかった。

調査区は開放系であるため、調査区立木内からスギノアカネトラカミキリが脱出しなくても隣接する外部スギ林で脱出した個体が誘引されてくる可能性があり、「捕獲された成虫のすべてが調査区外部から誘引された個体である

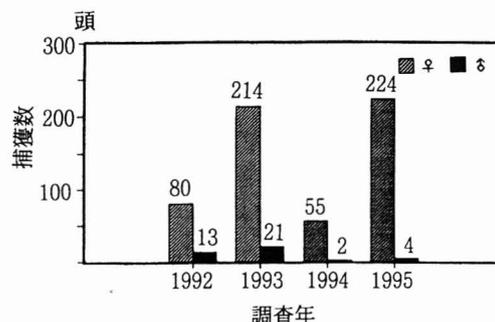


図-8 スギノアカネトラカミキリ捕獲数(誘引器16器)

表-2 誘引器に捕獲されたスギノアカネトラカミキリ数

調査年 誘引器	1992年 (5/22~7/30)			1993年 (5/27~8/05)			1994年 (5/30~8/11)			1995年 (5/30~7/29)			1992~1995年			
	位置区分 No	♂	♀	計	♂	♀	計	♂	♀	計	♂	♀	計	♂	♀	計
林縁部	A1	1	8	9	5	44	49	1	7	8	0	18	18	7	77	84
	A2	1	9	10	4	27	31	0	5	5	1	2	3	6	43	49
	A3	3	5	8	1	6	7	1	1	2	0	17	17	5	29	34
	A4	0	4	4	0	16	16	0	8	8	0	39	39	0	67	67
	A5	1	6	7	0	6	6	0	7	7	0	12	12	1	31	32
	A6	1	8	9	3	8	11	0	3	3	0	15	15	4	34	38
	A7	0	11	11	1	22	23	0	2	2	0	17	17	1	52	53
	平均	1	7	8	2	18	20	0	5	5	0	17	17	3	48	51
林内 外周部	B1	1	7	8	0	4	4	0	0	0	0	18	18	1	29	30
	B2	1	2	3	1	26	27	0	3	3	0	10	10	2	41	43
	B3	1	8	9	0	17	17	0	5	5	1	18	19	2	48	50
	B4	2	3	5	2	19	21	0	5	5	1	14	15	5	41	46
	B5	1	1	2	2	7	9	0	0	0	1	8	9	4	16	20
	平均	1	4	5	1	15	16	0	3	3	1	13	14	3	35	38
林内 中央部	C1	0	2	2	0	3	3	0	3	3	0	11	11	0	19	19
	C2	0	5	5	1	4	5	0	1	1	0	8	8	1	18	19
	C3	0	1	1	0	3	3	0	4	4	0	10	10	0	18	18
	C4	0	0	0	1	2	3	0	1	1	0	7	7	1	10	11
	平均	0	2	2	1	3	4	0	2	2	0	9	9	1	16	17
全体計	13	80	93	21	214	235	2	55	57	4	224	228	40	573	613	

注：平均値は小数点以下を四捨五入した。

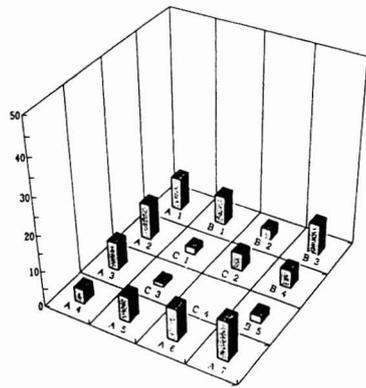


図-4 スギノアカネトラカミキリの誘引器別捕獲数 (1992)

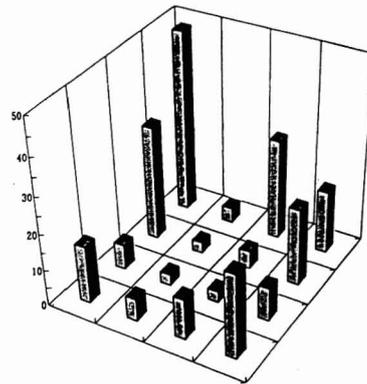


図-5 スギノアカネトラカミキリの誘引器別捕獲数 (1993)

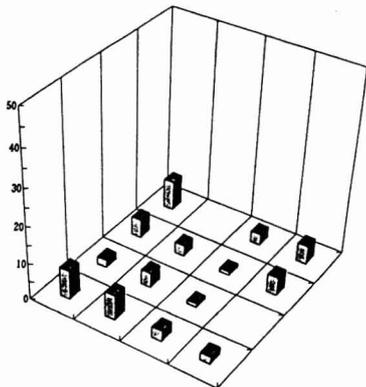


図-6 スギノアカネトラカミキリの誘引器別捕獲数 (1994)

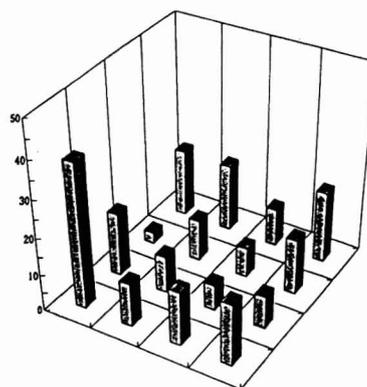


図-7 スギノアカネトラカミキリの誘引器別捕獲数 (1995)

可能性」も考えられた。このため、16器の誘引器の中で最も外部から隔離された環境にあると考えられるC3でこの可能性を検討した。なお、C3では1992～1995年で合計18個体（1、3、4、10頭）が捕獲されている。

C3（図-2参照）は調査区内の西側林内に位置し、外部開放環境との間にそれぞれ1列ずつの誘引器（A1～A7）が配置されている。スギノアカネトラカミキリ成虫はスギの枝や灌木などの間を少しずつ飛翔して移動する<sup>(10)</sup>とされ、飛翔距離は最大でも50mといわれる<sup>(8)</sup>ので、西側の調査区外から開放環境を飛び越えて成虫が飛来し、林縁部誘引器に誘引されず、またみずからの正の走光性に逆らいながらC3にまで誘引されることは考えにくい。

調査区東側にはスギノアカネトラカミキリが生息するスギ林が連続して広がるので、こちらから調査区内に成虫が侵入してくることは当然考えられる。しかしC3はこれら外部のスギ林から60m離れていること、その間には誘引器がそれぞれ2列ずつ配置されていることから、侵入した成虫がC3にまでたどりつくとは考えにくい。これらのことから、C3は調査区外部のスギ林に生息するスギノアカネトラカミキリから十分に隔離された位置にあり、先に述べた4年間の捕獲成虫はすべてC3周辺のスギ立木から脱出したもので、調査区外部からの遠隔誘引個体ではないと判断した。これにより16器の誘引器で捕獲された成虫の一定数は常に調査区内立木から脱出したものが含まれると考えた。

3ヶ年連続して誘引捕獲したにもかかわらず4年目にもスギノアカネトラカミキリが脱出し捕獲された原因として、寒冷地ではスギノアカネトラカミキリが卵から成虫となるのに4～5年以上を要する<sup>(4)</sup>という生活環の長さが考えられ、本調査区ではこれが4年以上であると判断された。

また捕獲数に大きな変動が生じた原因として、表-3に示したように1993年が冷夏であったため、同年は材内幼虫の生活活性が低下し発育不良となり、93年秋に蛹化して成虫となるべき幼虫個体群が終齢幼虫のまま越冬した可能性が考えられた。

なお、この捕獲数の変動傾向は後述するトゲヒゲトラカミキリと類似した。

表-3 調査期間の月平均気温

月	1992年	1993年	1994年	1995年
1	-0.3	0.1	-1.6	-1.8
2	-1.1	-0.3	-1.0	-1.3
3	2.9	1.6	0.6	2.0
4	9.0	6.7	9.4	8.4
5	12.5	13.3	15.3	14.5
6	17.4	17.8	18.9	17.1
7	22.0	20.6	24.7	21.9
8	23.8	21.0	25.6	24.1
9	18.2	17.8	20.1	17.2
10	12.4	11.5	14.5	13.8
11	6.7	7.8	6.9	4.7
12	2.0	1.6	1.3	-0.1
年平均	10.5	10.0	11.2	10.0

注 観測地：野沢温泉村（標高571m）

## ②誘引器の位置と捕獲数

## ア 誘引器の区分

誘引器の位置と捕獲量の関係を検討するために、誘引器を次のように区分して考えた。

- (ア) 林縁部誘引器 林縁部に架設した誘引器 (A1～A7)
- (イ) 林内外周部誘引器 外部スギ林に連続する位置に架設した誘引器 (B1～B5)
- (ウ) 林内中央部誘引器 調査区の中央部に位置し、周辺を他の誘引器により取り囲まれている誘引器 (C1～C4)

## イ 誘引器の位置と捕獲数

誘引器の位置別に捕獲数をみると、林縁部で捕獲数が最も多く、これに林内外周部、林内中央部の順となった。これらについて平均値の差の検定を行った(表-4)。

表-4 誘引器位置別捕獲数の平均値の差の検定

	林内外周部 (B)	林内中央部 (C)	調査年
林縁部 (A)	**	***	1992
	—	**	1993
	—	*	1994
	—	*	1995
	—	***	4年間計
林内中央部 (C)	—	—	1992
	**	—	1993
	—	—	1994
	*	—	1995

注1 \*\*\* t検定(片側)危険率1%で有意差あり。  
 2 \*\* " 5% "  
 3 \* " 10% "

## (ア) 林縁部—林内中央部

林縁部の捕獲数が林内中央部を常に有意に上回るという明かな差が認められ、スギノアカネトラカミキリが光条件のよい林縁付近で多く捕獲されるというこれまでの結果<sup>(3)</sup>と一致した。この原因として、林内で脱出した成虫が正の走光性により林縁に移動したことが考えられたが、これまでスギノアカネトラカミキリが林縁周辺木に産卵する機会が多く、このため林縁周辺の立木内生息密度が高くなっている可能性も考えられた。

## (イ) 林縁部—林内外周部

これらの間には、1992年のみに有意差が認められたが、このことは捕獲数が林縁部で多かったことによるものと考えられた。この原因としては、前者は正の走光性に起因する捕獲数の増加因子をもち、後者は調査区外からの遠隔誘引による捕獲数の増加因子をもつため、両者の間に一定の関係が成り立ちにくいためと推定された。

## (ウ) 林内外周部—林内中央部

林内外周部と林内中央部の誘引器の間では、調査区全体で捕獲数が多かった1993、1995年のみで前者の捕獲数が有意に多いという結果が得られた。この原因は、1992、1994年のように脱出数が少ない場合は、調査区外部スギ林でまばらに脱出する個体が誘引器の効果域外となってしまった可能性があった。

③スギノアカネトラカミキリの誘引距離

林内中央部と林内外周部の間で、1995年のスギノアカネトラカミキリの捕獲数に差があることを利用し下記の仮定を与えながら誘引距離の推定を試みた。

ア スギノアカネトラカミキリの脱出量は林縁より30m以上入った林内では偏りがなく、また誘引器の誘引力は互いに等しい。

イ 林内中央部の誘引器(C1~C4)で捕獲されたスギノアカネトラカミキリは調査区外部から侵入したものではなく、当該誘引器周辺の0.09ha(30×30m)内に存在する立木から脱出したものとし、これら誘引器の平均捕獲数を林内平均捕獲数( $x_c$ )とする。脱出成虫が走光性により林縁方向に誘引され、捕獲数が本来の脱出数に対して過小である可能性があるが、ここではこれを無視する。

ウ 林内外周部の誘引器(B1~B5)の捕獲数( $x_B$ )には、当該誘引器周辺で脱出した個体数に加えて調査区外部スギ林から誘引された個体数( $\alpha$ )が加わっていると考える。

これらの仮定に立ち、スギノアカネトラカミキリに対する誘引器の調査区外に対する波及距離( $L\alpha$ )を下式により37.5mと推定した。また、誘引器からの最大誘引距離は52.5m( $30.0\text{m}/2 + 37.5\text{m}$ )と考えられた。

$$\alpha = x_B - x_c = 21.0$$

$$L\alpha = L_0 \times (\alpha / x_c) = 37.5$$

ただし、 $x_B$ : 林内外周部平均捕獲数(37.8頭/1器・4年間)、 $x_c$ : 林内中央部平均捕獲数(16.8頭/1器・4年間)、 $\alpha$ : 林内外周誘引器1器あたりに対する調査区外からの推定誘引数、 $L_0$ : 誘引器1器の想定誘引範囲の一边(30m)、 $L\alpha$ : 調査区外への誘引効果波及距離とする。なお、本調査地の主風方向は不明だが、山脚緩斜面に位置していることから晴天時の気温の上がる日中は谷風が発生して空気は山腹を東方向に移動すると推測され、誘引物質は東側の外部スギ林内にドリフトしスギノアカネトラカミキリに対して誘引効果を発揮すると考えられた。

④捕獲時期と気象環境

スギノアカネトラカミキリが誘引器に捕獲される時期から、林内での活動期間は5月下旬から8月上旬で、最も多数の個体が活動している時期は6月中旬から7月上旬と推定された。

スギノアカネトラカミキリ成虫の脱出には気温が大きな影響を与えることが知られ、神奈川県、和歌山県などでは、日平均気温15℃、日最高気温20℃の条件が数日続くと脱出が始まり、山形県では日平均気温13℃以上の日が続くと脱出が始まるとされ、脱出のピークは5月上中旬といわれる<sup>(8)</sup>。

本調査区で脱出成虫が捕獲され始めるのは6月上旬で、捕獲数のピークは6月中旬から下旬と、先の地域と出現時期に約1ヶ月の差が認められたので、気温と成虫脱出時期の関係を検討した。気温条件の推移を把握するため、調査区で1995年6月~7月の2ヶ月間の気温を自記記録計(ESPEC THERMO RECORDER RT-10)で観測し、調査区に最も近い野沢温泉村の観測値<sup>(6)</sup>の間に相関を求めたところ両者の間に次に示した関係が認められた。

$$Y = 0.8580 \cdot X + 0.7716 \quad (r = 0.9549)$$

ただし、X: 野沢温泉村の日平均気温、Y: 山ノ内町試験地の日平均気温である。

調査区の5月~8月の日平均気温を、野沢温泉村観測値<sup>(6)</sup>から推定し、15℃を零点とする積算温量を求めた(図-9)ところ、日平均気温15℃以上の日が訪れるのはスギノアカネ

トラカミキリの脱出初発期直前といえる5月下旬にあたり、神奈川県などの傾向と一致した。なお、1995年は最初の誘引期間（6月上旬）で、最も多くの個体が誘引され、成虫初発日が早かったと考えられたので、4月からの日平均気温および15℃を零点とする積算温量との関係を検討したが1995年春季が特異的に温度環境に恵まれたとはいえ、この原因は明らかにできなかった。

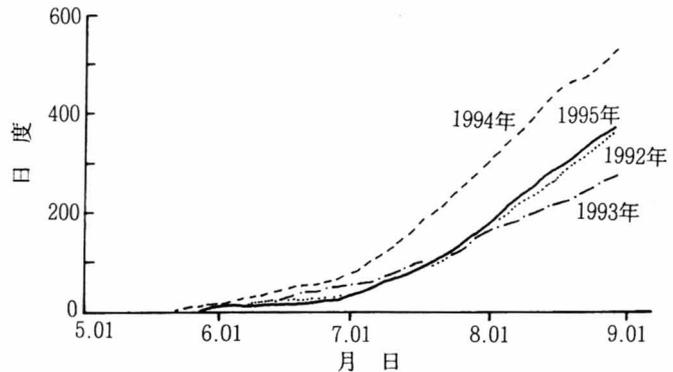


図-9 日平均気温15℃を零点とした積算温量

⑤捕獲成虫の性比と雌の卵保有状況

スギノアカネトラカミキリの脱出成虫は約2ヶ月間生存し、その間に何度も交尾しては産卵するとされている(10)。スギ林内のスギノアカネトラカミキリ生息密度が、林内立木への産卵量によって基本的に支配されるとすれば、産卵前の雌成虫を捕獲し尽くせば翌年の1齢幼虫は発生しない。このため、捕獲成虫の性比および雌の卵保有状況について検討した。

本種の雌雄発生比率は1:1といわれる(8)が、捕獲された成虫の性比は♂:♀=7:93であり、本誘引器は雌を選択的に誘引するという結果(3)と一致した。

雌成虫の卵保有状態は表-5に示したとおりで、全調査期間の平均保有卵数は2.6卵/頭だった。卵保有個体の割合は1992年、1993年の結果から83%といえた。

表-5 捕獲されたスギノアカネトラカミキリ雌成虫数と保有卵数

年	区分	6月			7月			8月	計
		上旬	中旬	下旬	上旬	中旬	下旬	上旬	
1992	個体数 A	8	24	17	21	5	5	-	80
	有卵個体数 B	5	18	17	14	4	3	-	61
	有卵率 B/A	63	75	100	67	80	60	-	76
	卵総数 C	18	45	41	28	23	4	-	159
	平均卵数 C/A	2.3	1.9	2.4	1.3	4.06	0.8	-	2.2
1993	個体数 A	9	91	72	11	15	11	5	214
	有卵個体数 B	8	85	64	11	7	11	4	186
	有卵率 B/A	89	93	89	100	47	100	80	87
	卵総数 C	34	278	262	41	11	21	7	647
	平均卵数 C/A	3.8	3.1	3.6	3.7	0.7	1.9	1.4	2.6
1994	個体数 A	9	8	7	22	3	5	1	55
	卵総数 C	16	32	38	63	12	12	0	173
	平均卵数 C/A	1.8	4.0	5.4	2.9	4.0	2.4	0	2.9
1995	個体数 A	111	37	40	22	6	8	-	224
	卵総数 C	292	142	120	36	20	8	-	618
	平均卵数 C/A	2.6	3.8	3.0	1.6	3.3	1.0	-	2.6
平均	卵数/頭	2.6	3.2	3.6	2.4	3.2	1.5	0.7	2.6

注1 卵数は卵管内に認められた卵の数。

2 1994、1995年は個体ごとの卵数を計測しなかった。

⑥誘引器に捕獲されたスギノアカネトラカミキリ以外の昆虫類

ア トゲヒゲトラカミキリ

最も多く誘引された昆虫は、表-6-1、2に示したようにトゲヒゲトラカミキリで、約15,000頭/60日間(4,613~24,299頭)が捕獲され、スギノアカネトラカミキリ捕獲数の約90倍にあたった。

この原因として、①トゲヒゲトラカミキリの林内生息数がきわめて多いこと、②行動範囲がスギノアカネトラカミキリよりもはるかに遠隔地までに及ぶことの二つが考えられたが、これらについて明らかにすることはできなかった。また、先に述べたように、捕獲数の年変動傾向がスギノアカネトラカミキリに類似したことは、本種の生活環がスギノアカネトラカミキリときわめて類似することを示しているものと考えた。なお、トゲヒゲトラカミキリの捕獲総数は昆虫類全捕獲数の73%を占めた。

イ その他の昆虫

スギノアカネトラカミキリとトゲヒゲトラカミキリ以外の昆虫類は、おおまかな分類では約30種類が誘引された。なお全捕獲数に対して、鞘翅目昆虫の占める割合が84%となった。

(2) スギノアカネトラカミキリの当年脱出数と捕獲率、ならびに林内生息数

①当年脱出数(成虫脱出数)

1995年に行った調査結果は表-7に示したとおりで、林内木17本では4個(0.235個/本)、林縁木9本では6個(0.667個/本)の新鮮脱出孔が認められたので、調査区及び誘引効果波及域の成虫脱出数を下記により1,164頭と推定した。

$$\begin{aligned} S &= (L + L\alpha)^2 / 10,000 = 2.48 \\ N_0 &= S \cdot N = 4,464 \\ L_s &= 100 / (\sqrt{N}) = 2.36 \\ n_E &= (L + L\alpha) / L_s \cdot 2 \cdot 2 = 267 \\ n_I &= N_0 - n_E = 4,197 \\ X &= (n_E \cdot x_E) + (n_I \cdot x_I) = 1,164 \end{aligned}$$

ただし、X:成虫脱出数、N:林分密度(1,800本/ha)、S:対象面積、L:調査区1辺長(120mm)、L $\alpha$ :誘引効果の調査区外波及距離(37.5m)、N<sub>0</sub>:対象面積内立木本数、L<sub>s</sub>:立木間隔、n<sub>E</sub>:林縁木本数(林縁から2列、調査区2辺を対象と考える)、n<sub>I</sub>:林内木本数、x<sub>E</sub>:林縁木の平均脱出数(0.667頭/本)、x<sub>I</sub>:林内木の平均脱出数(0.235頭/本)

②脱出成虫の誘引器による捕獲率

1995年の捕獲総数228頭に対して成虫脱出総数は1,164頭と推定されたので、捕獲率は19.6%と推定された。

なお、スギノアカネトラカミキリの生息密度は雌の産卵量に大きく依存するといえ、また本誘引器に捕獲される成虫の93%が雌であることから、捕獲率を雌のみに限定して推定した。成虫の雌雄発生比率は♂:♀=1:1といわれる<sup>(8)</sup>ので、調査区及び誘引効果波及域における推定脱出総数1,164頭の1/2にあたる582頭を雌と考え、雌成虫捕獲数224頭から雌捕獲率は約38.5%と推定した。

③林内における誘引器捕獲数と脱出数の関係

林内木における平均脱出数0.235頭/本を、誘引器1器の誘引範囲の立木密度に与えると、

表-6-1 誘引器で捕獲された昆虫数(1)

年	採取月日	鞘 翅 目															
		スギノアカネトラカミキリ	トゲヒゲトラカミキリ	ハナカミキリ	その他カミキリ	ゴミムシ	シデムシ	エンマムシ	ジョウカイボン	ジョウカイモドキ	コメツキムシ	キノコムシ	テントウムシ	コガネムシ	ハムシ	ゾウムシ	オトシブミ
1993	06/08	11	9,053	13	1				41		47			2		8	2
	06/17	99	7,045	234	5				81		188			3		49	2
	06/28	76	4,899	575	2		1		92		196			5		61	2
	07/07	13	875	106	1				33		32			21		17	
	07/19	18	862	66					22		15			31		17	
	07/27	11	1,082	77	1			2	9		37			16		5	
	08/05	7	682	37	2			5	4		79		1	8			
計	225	24,299	1,108	12			8	282		594		1	86		157	6	
出現率(%)	0.8	80.4	3.7	0.0			0.0	0.9		2.0		0.0	0.3		0.5	0.0	
1994	06/10	9	3,246	399	2		1		74		20		12	25	44		
	06/20	9	723	484	18	1			61		10		7	14	52	1	
	06/30	7	186	58	10				24		6		2	5	26		
	07/12	23	190	54	21				13		29		11	4	21	1	
	07/20	3	176	104	10				7		20		2	26	2	6	
	07/29	6	83	51	2	1	1		8		28		1	19	2	5	
	08/11		9	13	37			18	7		12					2	
計	57	4,613	1,163	100	2	20		194		125		3	77	66	156	2	
出現率(%)	0.5	43.6	11.0	0.9	0.9	0.2		1.8		1.2		0.0	0.7	0.6	1.5	0.0	
1995	06/13	114	7,576	106	16	1	9	3	48	2	271	2	1	34	64	61	
	06/20	38	2,982	312	3	1			25		78	1		9	8	41	
	06/30	40	3,492	376	4		1		16		69		2	15	28	40	
	07/10	22	1,381	88	5				3	16	22			15	9	35	2
	07/20	6	649	10	1	1			2	11	26			5	15	9	
	07/31	8	1,662	63	5			1	6	17	80			1	19	19	6
	計	228	17,743	955	34	3	11	14	133	2	546	3	4	97	143	192	3
出現率(%)	1.0	77.5	4.2	0.1	0.0	0.0	0.1	0.6	0.0	2.4	0.0	0.0	0.4	0.6	0.8	0.0	

表-6-2 誘引器で捕獲された昆虫数(2)

年	採取月日	蜂 蟻 目 蜻 蛉 目 半 翅 目 膜 翅 目 双 翅 目 鱗 翅 目 クモ 目													その他	計	
		カゲロウ	トンボ	カメムシ	セミ	ヨコバイ	ツノゼミ	ハチ	キバチ	アリ	カ	ハエ	チョウ	ガ			クモ
1993	06/08			2							34	34		133	5	107	9,493
	06/17			1				32			14	53		167		73	8,046
	06/28	66		4				22			32	173		209		105	6,520
	07/07	390		4				55			15	194		243		25	2,024
	07/19	85		8				77			84	125		109		64	1,384
	07/27	2		4				36	2		28	119		143		35	1,609
	08/05	1		1			2	35			35	65		145		39	1,148
計	544		24			2	257	2		242	762		1,149	5	448	30,224	
出現率(%)	1.5		0.1			0.0	0.9	0.0		0.8	2.5		3.8	0.0	1.5	100	
1994	06/10	3	1	4				68	7	7	107	88	55	556	92	95	4,916
	06/20	6		1				28	22	7	84	88		491	51	37	2,196
	06/30	101	1	5				47		3	73	39		203	28	24	870
	07/12	42		6			1	64	3	12	47	83	1	125	37	20	813
	07/20	3		6				61	1	9	55	95	1	90	17	14	715
	07/29	6		2	1			31		3	29	59		117	13	13	481
	08/11	2		1	1	3	9	41		12	58	141		164	36		582
計	163	2	25	2	3	10	339	34	53	453	593	57	1,746	275	240	10,573	
出現率(%)	1.5	0.0	0.2	0.0	0.0	0.1	3.2	0.3	0.5	4.3	5.8	0.5	16.5	2.6	2.3	100	
1995	06/13			5		8		60	14	4	73	93	1	221	45	52	8,884
	06/20							16	6	3	17	22		69	12	2	3,647
	06/30	168		1		1	2	23	28	6	23	45	1	239=	39	6	4,665
	07/10	345		2		6		19	25	3	18	75	1	194	12	5	2,303
	07/20	33		3			8	24	9	8	83	101	2	71	39	6	1,122
	07/31	10		7		1	2	34	2	14	80	81	4	97	36	8	2,264
	計	556		18		16	12	176	84	38	294	418	9	891	183	79	22,885
出現率(%)	2.4		0.1		0.1	0.1	0.8	0.4	0.2	1.3	1.8	0.0	3.9	0.8	0.3	100	

注1 場所、林況および調査対象面積：長野県山ノ内町(標高850m)、30年生スギ人工林、約1.50ha

注2 誘引器の設置間隔と数量：30m間隔で16器を格子状配置し、設置高は6mとした。

表-7 スギノアカネトラカミキリ新鮮脱出孔数の立木調査結果(1995)

立木番号	胸高直径 (cm)	枯れ枝着生範囲 (m)	枯れ枝本数	枯れ枝根元直径 (mm)	枯れ枝長さ (cm)	新鮮脱出孔数	立木の位置
1	26	2.5~9.5	34	16	137		林内
2	32	2.0~9.5	39	18	148		"
3	27	2.0~9.0	19	17	132		"
4	28	8.0~9.5	4	14	124		"
5	21	2.0~9.5	21	13	111	1	"
6	24	4.0~9.5	13	20	158		"
7	28	2.0~11.5	26	19	159		"
8	29	4.0~7.0	23	19	132		"
9	25	2.5~10.0	26	17	123	1	"
10	29	6.0~10.0	7	16	113		"
11	27	3.0~9.0	22	17	69		"
12	22	4.0~9.0	11	25	201	2	"
13	24	1.5~9.0	43	16	132		"
14	26	2.0~10.0	78	17	165		"
15	31	1.0~9.5	21	21	190		"
16	46	1.5~9.5	67	24	215		"
17	25	2.0~6.5	48	16	180		"
18	20	3.0~8.0	36	21	126	2	林縁
19	42	3.0~8.0	34	30	160	3	"
20	23	6.0~8.5	11	14	158		"
21	23	4.5~9.0	45	16	143		"
22	31	4.0~11.0	32	18	130		"
23	21	4.5~9.0	25	16	139		"
24	36	4.0~9.0	46	16	124	1	"
25	23	3.0~10.0	36	15	134		"
26	22	4.0~10.0	53	14	116		"
林内平均	28	2.9~9.3	30	18	146	0.24	
林総平均	27	4.0~9.2	35	18	137	0.67	
平均値	27	3.3~9.2	32	18	143	0.38	

注 脱出孔数の空欄は0を示す。

1,800本/ha×0.09ha×0.235頭/本=38頭が得られた。これに捕獲率19.6%を与えると7.4頭/1器となり、林内中央部誘引器の平均捕獲数9.0頭/1器に比較的近い数値と考えた。

#### ④スギノアカネトラカミキリの林内生息状況

立木の枯れ枝切断による調査では、調査可能な高さに限界があることと、新鮮な脱出孔から脱出した成虫しか確認できないため、立木調査対象木のうちから5本の立木を試料木として伐採し、幹内部のスギノアカネトラカミキリ生息状況を調査した。試料木は、林内木のうち脱出孔が認められたもの(NO.5, 9, 12)と、認められないもの(NO.14)、林縁木では脱出孔が認められないもの(NO.23)を選定した。

試料木は、幹高4m以上を2mずつに梢まで玉切って林業総合センターに持ち帰った。これら試料木の、枯れ枝や生枝の切除断面を再度切削して脱出孔を観察した後、10cmの厚さに玉切り、ナタにより厚さ1cm前後の細片に断ち割りながらスギノアカネトラカミキリの虫態別生息状況を確認した。この結果、表-8に示したように、試料木No.23の幹高8~10mに位置し古い脱出孔をもつ死節付近の樹皮下約2cmから越冬成虫2頭(♂)が認められたが、幼虫は発見されなかった。

表-8 試料木のスギノアカネトラカミキリ当年脱出数と生息数

立木番号		5	9	12	14	23	計
新 鮮 脱出孔数	46			1			1
	6~8						
	8~10	1	1			2	4
	10~12			1			1
	12~14						
	14~16						
	16~18						
	18~20						
計		1	1	2		2	6
材 内 生 息 数	越冬成虫					♂2	2
	幼 虫						
	計					2	2

注 脱出孔数と生息数の空欄は0を示す。

試料数が5本と少ないため、この結果から調査林分全体のスギ立木内に生息するスギノアカネトラカミキリについて推定することは危険を伴うが、長野県あるいは東北地方のような寒冷地帯では、スギノアカネトラカミキリの材内幼虫期間が4~5年間以上といわれており<sup>(4)</sup>、スギノアカネトラカミキリ被害林のスギ立木内には幼虫態の個体が成虫よりも多く存在すると考えられるのに対して、幼虫が一頭も確認できなかったことは、誘引器の4ヶ年連続架設によるスギノアカネトラカミキリ脱出成虫捕獲が産卵を阻止し生息密度の低減効果を発揮したものと判断した。

### 3 まとめ

メチルフェニルアセテートを誘引物質とする衝突板式プラスチック製黄色誘引器を使用して、同一スギ林分で3年間にわたりスギノアカネトラカミキリを誘引捕獲したが、4年目になっても林分から成虫の脱出が認められた。

スギノアカネトラカミキリ成虫捕獲数は一定の減少傾向を示さず4年間で隔年的な変動を示した。この原因として、調査期間内(1992~1995年)に異常な冷夏年があったため、材内幼虫の正常な生育を阻害したことが考えられた。なお、材内に生息する幼虫の齢別個体数に何らかの原因で偏りが存在し、年毎の成虫脱出数に変動が生ずる可能性も考えられる。

成虫の脱出開始時期は6月上旬で、日平均気温15℃以上の日が続く時期に該当し、捕獲数が最大になる時期は6月中旬から7月上旬といえた。誘引器に捕獲された成虫の93%が雌であり、それらの卵保有率は83%、平均保有卵数は2.6個/頭だった。本誘引器が雌のみを性選択的に誘引し、これらの卵保有率が高いことはスギ林に産下される卵数を著しく減少させているといえる。

誘引器により捕獲されるスギノアカネトラカミキリ成虫捕獲率は、誘引率が高い雌成虫数でも脱出数の38.5%といえ、全数捕獲は不可能と考えられた。しかし、1995年に行ったスギ立木幹材内のスギノアカネトラカミキリ生息状況調査で、幼虫が確認されなかったことから、調査区では誘引器の連年架設により材内生息個体が著しく減少していると推定され、雌の捕獲率が38.5%であっても林分内生息密度に与える影響は大きいと考えられた。

誘引器による最大誘引距離を52.5mと推定したが、誘引捕獲個体の93%が雌であるため、この距離は雌に限定して考える必要がある。

1995年に確認された材内成虫が、1991年に産卵された個体と考えると調査区におけるスギノアカネトラカミキリの生活環は5年と推定された。このため調査地周辺では、誘引器による捕獲を5年間継続しなければスギノアカネトラカミキリ生息数を著しく減少させられないと考えられた。

### Ⅲ 枯れ枝打ちによるトビクサレ被害防止効果の検討

#### 1 試験地の場所と林況

試験地は、山ノ内町平隠の30年生前後のスギ人工林である。なおこれは、1981年に枯れ枝打ちによる被害防止効果を明らかにすることを目的として設定されたもので<sup>(11)</sup>、試験地設定時の林況は表-9のとおりであった。

表-9 試験地設定時の概要

場 所	山ノ内町平隠	
設 定 年	1981	
標 高 (m)	810	
傾斜方位	S	
傾 斜 (°)	0~2	
面 積 (m <sup>2</sup> )	1,000	
林 齢 (年)	15~22	
樹 高 (m)	13.5	
胸高直径 (cm)	16.5	
林分密度(本/ha)	1,800	
処理木数 (本)	100	
配 置	(群状)	

#### 2 試験の方法

スギノアカネトラカミキリによる被害が発生している地域のスギ林立木に対して約7mまでの枯れ枝打ちが実施された林分を対象とし、12年後にあたる1994年にこれら立木の一部を伐採して幹材内のトビクサレ発生状態を検討した。

1981年の枝打ちは鋸刃にアサリの無い「枝打ち専用鋸」を使用し、枝座を残して枯れ枝を切り落とした。なおこの際に枯れ枝切断面を観察し、スギノアカネトラカミキリの幼虫侵入孔あるいは成虫脱出孔の有無を調査し、これらが無いことにより試験地設定時にはトビクサレ被害が発生していないことを確認した。なお、枯れ枝打ちの対象となった枯れ枝は、葉を失い棒状になっていた。

1994年にこれら立木のうち5本を試料木として伐採し、幹のすべてを林業総合センターに持ち帰った。試料木は剥皮したのちに地際部から梢端部まで10cm間隔で玉切りし、トビクサレの発生状況とスギノアカネトラカミキリの生息状況を調査した。

なお、枯れ枝打ち部分における被害の確認は、7m高より上部に発生したトビクサレの混入誤認を避けるため0~6m高までの範囲を対象とした。

#### 3 結果と考察

トビクサレ被害の調査結果は表-10に示したとおりで、5本の試料木すべてにトビクサレの発

生が認められ、その位置は高さ1.30～14.5mの範囲に及んでいた。

トビクサレは、枯れ枝打ちがなされなかった7 m高以上の幹材部に多量に発生していたが、枯れ枝打ち実施範囲にも1～9カ所の発生が認められ、2本ではスギノアカネトラカミキリ幼虫が生息していた。

枯れ枝を除去したにもかかわらず、スギノアカネトラカミキリが幹に侵入した原因として、斎藤<sup>(5)</sup>の指摘する枝打ち跡に残る枯れ枝の切断面あるいは周辺の枯死組織に産卵が行われることが考えられた。

表-10 枯れ枝打ち12年後のスギ立木におけるトビクサレ発生状況

調査木	項目	樹齡 (年)	樹高 (m)	胸高 直径 (cm)	幹全体(0 m～梢端)		枯れ枝打ち部(0～6 m)	
					トビクサレ 発生数 (個)	トビクサレ 発生範囲 (m)	トビクサレ 発生数 (個)	スギノアカネトラ カミキリ幼虫数 (頭)
1		28	17.5	14.6	20 (19)	2.4～13.2	3	1
2		34	19.9	19.5	16 (14)	2.6～9.9	4	
3		27	12.9	14.2	14 (12)	1.3～9.5	9	2
4		27	13.3	14.0	5 (2)	4.5～9.4	1	
5		27	16.4	19.0	31 (28)	3.4～14.5	2	

注1 調査木伐採：1993.09.10.

2 ( )内はスギノアカネトラカミキリの脱出孔数

#### 4 まとめ

トビクサレ被害防除の手段として枯れ枝打ちを行っても被害防除効果は高くない。被害防除のためには、林分が閉鎖し枯れ枝が発生すると予測されたら、ただちに生枝打ちを実施する必要がある。しかし、現実林分では立木の成長に伴って込み合い程度が激しくなると、林冠層は枯れ枝を連続的に発生させながら立地によっては20m以上にまで上昇する。このような高さまで生枝打ちを行うことは、きわめて特殊な材の利用用途が保証される場合以外は実施できない。

このため、トビクサレ被害防除の枝打ちは材の予定利用高に1 m程度を加算した高さまでと限定し<sup>(9)</sup>、これより上部については高価値材生産対象から除外して考えるべきであろう。

#### IV おわりに

誘引器を利用してスギノアカネトラカミキリを一定年数にわたり捕獲することでトビクサレ被害が軽減できることが明らかになったが、県下に分布するトビクサレ被害林すべてに適用できる技術とはいい難い。また、枯れ枝打ちではスギノアカネトラカミキリの立木内侵入を阻止しきれず、トビクサレ被害を完全に回避できないことが明らかになった。

トビクサレの防除方法については多様な研究がなされてきているが、防除効果が顕著でまた実際に適応が容易な手法はいまだ確立できない。この大きな原因は、スギノアカネトラカミキリの生活圏が外界から閉鎖された立木幹材内であり天敵に乏しいこと、外界あるいは幹内部の温湿度などの生活環境が悪化しても幼虫期間を延ばし続けて生存を図る能力をもつことにある。

今後の重要な研究方向の一つとして、抵抗性品種系の探索がある。これまで一連の研究経過の中で、須坂地域に多いクマスギでは被害発生が少ない可能性<sup>(3)</sup>が示唆されながら不明瞭なまま現在に至っている。クマスギで被害発生が認められないか、きわめて少ないとすれば、その原因を明らかにすることで他のスギ品種における新たな防除方法開発の可能性も示されよう。

県下にはトビクサレ被害が発生していない地域は多いが、スギノアカネトラカミキリが生息し始めると被害はスギにとどまらずヒノキにまで及ぶ危険性も高く、その撲滅はきわめて困難になる。このため新たな被害地域発生防止のために十分な調査監視を行うことが必要といえる。

おわりにあたり、調査に終始ご協力いただいた長野県北信地方事務所、山ノ内町、森林組合関係者、ならびに調査区の使用と調査立木の伐採を了承していただいた森林所有者の皆様には厚く感謝いたします。

## 引用文献

- (1) 赤井重恭(1978)生立木材質の変色と腐朽(I)「ボタン材」の研究を始めるに当たって、森林防疫27(1):4-5
- (2) 小島耕一郎・三原康義・吉野安里・橋爪丈夫・吉田孝久・武井富喜雄・奥村俊介(1988)スギ・ヒノキ穿孔性害虫被害の防除技術に関する総合研究,長野林総セ研報第4号:8-48
- (3) 〃・片倉正行(1994)スギ・ヒノキ材質劣化害虫防除に関する総合研究,長野林総セ研報第8号:1-33
- (4) 小林富士雄・竹谷昭彦編著(1994)森林昆虫-総論・各論-,養賢堂,東京,188-192
- (5) 斎藤 諦(1960)スギノアカネトラカミキリの産卵について,日林誌42(5):192p.p.
- (6) 長野地方気象台,長野県監修(1991-1995)長野県気象月報第441号-501号
- (7) 日塔正俊・斎藤諦(1962)枝打ちによるスギノアカネトラカミキリの予防,日林誌44(6):163-169
- (8) 農林水産省農林水産技術会議事務局(1994)スギ・ヒノキ穿孔性害虫の生物的防除技術の開発:40-49
- (9) 藤森隆郎(1984)枝打ち-基礎と応用-,日本林業術協会,東京:133-136
- (10) 榎原寛(1987)スギノアカネトラカミキリの被害と防除(わかりやすい林業研究解説シリーズ84),林業科学技術振興所,東京:1-39
- (11) 三原康義・小島耕一郎(1983)枝打ちによるスギノアカネトラカミキリの被害回避技術昭和58年度長野林指業報,55-57
- (12) 林野庁(1988)スギノアカネトラカミキリ抵抗性育種に関する調査報告書:18-33
- (13) 林野庁(1991)スギ・ヒノキ穿孔性害虫被害対策推進調査報告書:69-71
- (14) 林野庁(1991)スギ・ヒノキ穿孔性害虫被害の防除技術の実用化に関する総合研究(大型プロジェクト研究成果4):80-81