

松の枯損防止新技術に関する総合研究

— マツノマダラカミキリの天敵利用技術に関する研究 —

(大型プロジェクト課題、研究期間 昭和53～57年度)

主任研究員 在原 登志男

まえがき

自然状態におけるマツノマダラカミキリ(以下カミキリという)の死亡の実体を把握することは、生物的防除を主とする総合的な防除法の確立のために必要なことである。

今日まで、越智(1975¹¹⁾)、森本ら(1975⁷⁾、1976⁸⁾、1977⁹⁾)、越智ら(1979¹²⁾)は、カミキリ個体群密度について生命表による調査、解析を行ってきた。それらによると、幼虫がふ化してから材に穿入するまでの死亡、すなわち密度依存的な死亡に個体数密度のkey-factorがあるとしている。しかし、場所や年次において蛹室形成後、特に蛹、材内成虫期で病気と思われる死亡が高い値を示すものが、岸(1976⁵⁾)、森本(1976⁸⁾)、越智ら(1979¹²⁾)によって報告され、同一林分の連年調査で各種死亡要因とその働き方を調べる必要性がとらえられた。つまり、カミキリの死亡に関与する天敵の有用性を確認するためには、死亡要因となる天敵の分布範囲、寄生率およびその役割を広く、全国的に調査すべきであるとされた。

以上の様な背景から、昭和53年から5か年間にわたる大型プロジェクト研究「松の枯損防止新技術に関する総合研究」が実施され、その中で全国各地におけるカミキリ個体群密度やその死亡要因などについての研究が行われた。

本県は材線虫病徴〜激害地でのカミキリ個体群密度調査を担当、生命表を作製し、その変動主要因を検討した。同時に、天敵微生物および昆虫の種の検索と役割調査、さらに天敵微生物を用いた防除試験などを行ったのでその結果を報告する。

本研究を行うにあたって御指導をいただいた国立林業試験場保護部片桐一正博士、野淵輝博士、串田保技官、島津光明技官、および元林野庁研究普及課御橋慧海研究企画官に対し厚くお礼を申し上げる。

I カミキリ個体数変動要因

1. 調査材料と方法

(1) 試験地

(a) いわき試験地

標高50～90mで南東向きの緩斜面に位置するアカマツ23年生単純林。立木密度1500本/ha。材線虫病は昭和54年に発生し被害率1%以下、55年も同様。被害木は伐倒、焼却。なお、本試験地は昭和53～55年の3か年間使用した。

(b) 矢祭試験地

標高230～270mで北向きの緩斜面に位置するアカマツ22年生単純林。立木密度1800本/ha。材線虫

病の被害はない。なお、本試験地は昭和53年のみ使用した。

(c) 相馬試験地

標高7~15mで平坦~南東向きの緩斜面に位置する30~100年生のアカマツ、クロマツ、モミの混交林。立木密度800本/ha。材線虫病は昭和50年に発生し、54年の被害率が11.4%、55年が25.8%。被害木は伐倒し薬剤散布。なお、本試験地は昭和54~55年の2か年間使用した。

(d) 郡山試験地

標高250mで平坦なアカマツ50年生単純林。立木密度800本/ha。材線虫病の被害はない。なお、本試験地は昭和54~55年の2か年間使用した。

(2) 調査材料

長さ1m、中央径6~17cmのアカマツ丸太で、カミキリの産卵期に強制産卵を行った平均産卵跡数25個程度の餌木を1試験地あたり70本ほど設置し、調査時期ごとに10本程度回収、地際部10cmを除いた部分を調査に供した。

(3) 調査時期と方法

調査時期はカミキリの産卵~ふ化期、若齢期、穿入前後期、越冬初期、同後期、蛹~材内成虫期および成虫脱出直後期の各ステージであった。

調査木は剥皮または割材して、産卵跡数、卵数、ふ化数、各齢虫数、穿入孔数、蛹化数、材内成虫数および脱出孔数などを調査した。

なお、死亡虫はその状態を下記区分により調査、記録した。

病気：病原菌による死亡と思われるものには赤色系または黒色系に変色し軟化症状を呈するもの、および白色菌糸を生じまたは生ぜず硬化症状を呈するものの4種がある。なお、病死は生理死との区別が難しいことから、一部にそれを含むことも考えられる。

昆虫：寄生虫と捕食虫の2種がある。

穿入孔カラ：穿入孔があるものの、その付近でカミキリの見あたらないもので、蛹室入口に木屑のつめられた形跡のないもの。なお、穿入孔は次のように区分して調査、記録した。

I型、カミキリが材に直角方向に穿入孔を穿った状態のもの。

II型、I型より進み、平行方向の蛹室を完成状態の半分未満穿った状態のもの。

III型、カミキリが平行方向の蛹室を完成状態の半分以上穿った状態のもの。

鳥：鳥によって捕食されたもの。

その他：カミキリ同志のカミ合い、変色のない軟化症状を呈する死亡などと死亡原因の明らかなもの。

不明：死亡原因が全く不明なもの。

なお、本調査は昭和53~55年の3か年にかけて行った。

2. 結果および考察

(1) カミキリ密度の変動主要因

各年次、場所ごとに作製した生命表の各ステージの虫数について、VARLEY and GRADWELL (1960¹⁸⁾)のグラフ法で解析し、変動主要因を求めた。すなわち、各ステージの虫数を N_1 (卵数)、 N_2 ($L_1 \cdot L_2$ 数)、 N_3 ($L_3 \cdot L_4$ (穿入前) 数)、 N_4 ($L_3 \cdot L_4$ (穿入時) 数)、 N_5 (蛹室内幼虫数)、 N_6 (蛹数)、 N_7 (材内成虫数)、 N_8 (脱出成虫数) とすれば、脱出成虫数に対する卵数の比は、

$$\frac{N_1}{N_8} = \frac{N_1}{N_2} \times \frac{N_2}{N_3} \times \dots \times \frac{N_7}{N_8}$$

両辺を常用対数にとると

$\log N_1 - \log N_8 = (\log N_1 - \log N_2) + (\log N_2 - \log N_3) + \dots + (\log N_7 - \log N_8)$
 となる。ここで、 $\log N_1 - \log N_8 = K$ 、 $\log N_i - \log N_{i+1} = K_i$ (ただし、 $i = 1, 2, \dots, 7$) とおくと

$$K = K_1 + K_2 + \dots + K_7$$

と表わすことができる。すなわち、 K は脱出成虫数÷卵数の逆数の対数、 K_i は*i*から*i*+1のステージの生存率の逆数の対数である。

結果は図-1に示すとおりであり、卵から羽化脱出までの総死亡 K の変動と同じパターンで変動する K_{2+4} 、すなわち $L_1 \cdot L_2$ 期と $L_3 \cdot L_4$ (穿入時)期の死亡に変動主要因があることがうかがわれる。なお、このステージの主な死亡要因は、1-2-(2)-(イ)、(ウ)で述べるが、天敵昆虫および穿入孔カラであった。

さらに、各生命表ごとの総死亡率と要因別累積死亡率の相関をみると、単独の死亡要因では有意な関係がみられなかったものの、天敵昆虫+穿入孔カラが $r = 0.92^{**}$ となったことから、本県においてはこれらがカミキリの密度を支配する重要な死亡要因であることが推察される。

以上の結果から、本県におけるカミキリ密度の変動主要因は $L_1 \cdot L_2$ および $L_3 \cdot L_4$ (穿入時)期の死亡にあり、重要な死亡要因は天敵昆虫および穿入孔カラであるといえる。なお、後述するが、穿入孔カラの真のカミキリの死亡原因は、その大部分が密度依存的な幼虫同志のカミ合いおよび捕食虫によるものと推定された。

これらのことから、密度依存的な死亡および天敵昆虫による死亡がカミキリの密度変動の重要な死亡要因とみて間違いないものと思われる。

カミキリ密度の変動が若齢幼虫から材に穿入するまでの死亡率の変動に依っていること、そしてこの死亡の要因の1つが密度依存的なものであったという本県の結果は森本ら(1975⁷⁾、1976⁸⁾、越智ら

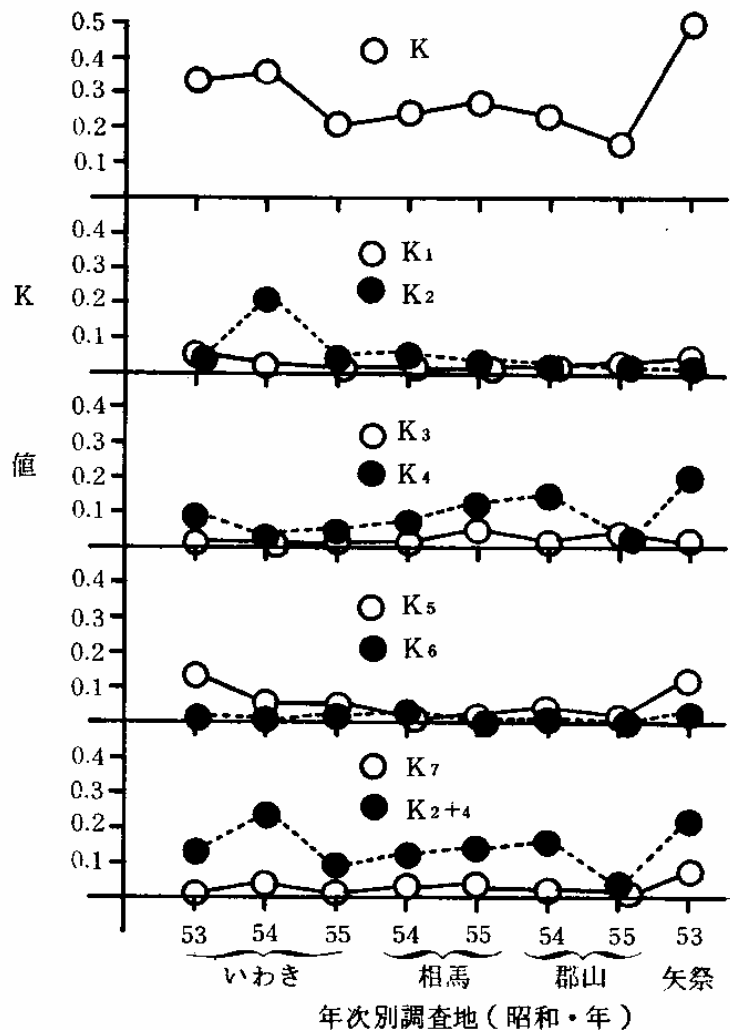


図-1 K値で表した各ステージの死亡率の変化

(1975¹¹⁾、1979¹²⁾)の結果と一致する。

一方、天敵昆虫による死亡もカミキリ密度を支配するという結果は、材線虫病の被害が末期的でない本県のような環境下でみられたものと推察されるが、注目に値すると思われる。

(2) 各ステージの変動と要因

各年次、場所ごとに作製した生命表を集計した結果を表-1に示す。

表-1 カミキリの各ステージにおける死亡要因率

(%)

死亡要因		ステージ		卵	L ₁ ・L ₂	L ₃ ・L ₄ (穿入前)	L ₃ ・L ₄ (穿入時)	L ₃ ・L ₄ (蛹室内)	蛹	材内成虫	※-1	
		軟化	硬化									
病 気	軟化	赤色系		0.09 (0.9)	0.36 (3.4)	1.12 (9.7)	0.52 (4.3)	0.25 (1.7)	1.32 (8.3)	0.59 (3.6)	(31.9)	
		黒色系			0.77 (7.4)	0.23 (2.0)	0.16 (1.3)	2.25 (15.4)	0.90 (5.6)	1.01 (6.1)	(37.8)	
	硬化	白カビが生じる					0.24 (2.0)	0.39 (2.7)	0.05 (0.3)	1.46 (8.8)		(13.8)
		白カビが生じない						0.07 (0.5)	0.10 (0.6)			(1.1)
天敵昆虫	寄生虫	膜翅目		0.05 (0.5)	3.11 (29.7)	0.58 (5.0)	0.10 (0.8)	0.26 (1.8)				(37.8)
		双翅目		0.03 (0.3)	0.10 (1.0)	0.34 (3.0)	0.10 (0.8)	0.33 (2.3)		0.13 (0.8)		(8.2)
	捕食虫			2.17 (20.8)	0.12 (1.0)	1.20 (9.9)	0.40 (2.8)			0.69 (4.2)		(38.7)
鳥類						0.15 (1.2)	4.66 (32.1)					(33.3)
穿入孔カラ	I型					5.16 (42.9)						(42.9)
	II型					5.36 (44.6)						(44.6)
	III型					2.20 (18.2)						(18.2)
その他	カミ合い			0.63 (6.0)	1.56 (13.7)	0.44 (3.6)			0.25 (1.6)			(24.9)
	変色しない軟化死			0.52 (5.0)	0.44 (3.8)	0.64 (5.3)	0.34 (2.3)					(16.4)
	その他の原因			0.73 (7.3)	1.11 (0.6)	0.13 (1.1)		0.15 (1.0)	0.12 (0.7)	0.28 (1.7)		(22.4)
不明				3.46 (34.6)	0.22 (2.1)	0.23 (2.0)	0.64 (5.3)	0.32 (2.2)	0.32 (2.0)	1.42 (8.6)		(56.8)
総死亡率				4.36 (43.6)	8.99 (86.0)	4.75 (41.3)	16.91 (140.2)	9.41 (64.8)	3.06 (19.1)	5.58 (33.8)		(428.8)

※-1、要因別累積死亡率

※()内は卵を1000とした累積値

(ア) 卵期

実産卵率は62.6%、卵のふ化率は95.6%であった。卵期において4.4%が死亡したことになるが、その8割弱は死亡要因が不明であった。

なお、卵期の死亡率は各生命表ごとに2~10%と開きがあった。昭和53年のいわき試験地では10.2%の死亡率があったものの、寄生蜂で0.5%、捕食虫で0.2%が死亡したのみで、残りは死亡要因が不明

であった。

(イ) L₁・L₂ および L₃・L₄ (穿入前)期

ふ化後の若齢幼虫、L₁・L₂期は9.0%が死亡したが、その6割弱が天敵昆虫によるものであった。また、L₃・L₄ (穿入前)期は4.8%が死亡、その5割強がカミ合いおよび天敵昆虫であった。

なお、L₁・L₂期の死亡率は各生命表ごとに1~39%と開きがあった。昭和54年のいわき試験地では38.5%の死亡率を示し、寄生蜂で13.3%、捕食虫で12.6%の死亡がみられた。しかし、翌年の同期の死亡率は7.8%と低下し、両者による死亡も1.5%にすぎなかったことから、天敵昆虫による密度低下現象は単年度的なものといえよう。野淵(1980¹⁰)によれば、天敵昆虫は穿孔虫大発生 の制限要因としての重要な役割を果たしていないと欧米の学者がしていることから、天敵昆虫による密度低下が単年度だけであったこともうなずける。

また、L₃・L₄ (穿入前)期の死亡率は各生命表ごとに1~12%と開きがあった。昭和55年の相馬試験地では11.6%の死亡率を示し、赤色軟化症状で5.5%の死亡がみられた。なお、本病による累積死亡率は12.1%と大きな値であった。

ちなみに、各年次、場所ごとの赤色軟化症状による累積死亡率をみると図-2のとおりで、3か年調査を実施したいわき試験地の結果をみる限り、本病が蔓延し罹病率が高くなる可能性は低いと思われるが、今後とも調査を続けて検討する必要がある。

(ウ) L₃・L₄ (穿入時)および L₃・L₄ (蛹室内)期

L₃・L₄ (穿入時)期は16.9%が死亡し、その8割弱が穿入孔カラによるものであった。また、L₃・L₄ (蛹室内)期は9.4%が死亡、その5割弱が鳥類による捕食であった。なお、L₃・L₄ (穿入時)期の死亡率は各生命表ごとに6~38%と開きがあった。昭和53年の矢祭試験地では37.5%の死亡率を示し、そのすべ

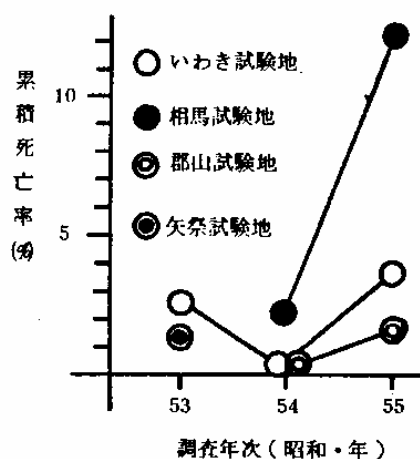


図-2 各年次、場所ごとの赤色軟化症状による累積死亡率

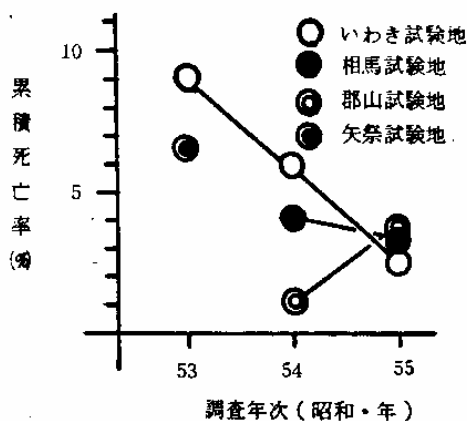


図-3 各年次、場所ごとの黒色軟化症状による累積死亡率

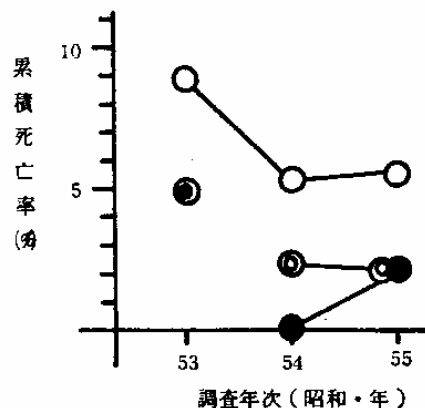


図-4 各年次、場所ごとの鳥による累積死亡率

てが穿入孔カラによるものであった。穿入孔カラの真の死亡原因は、後述するが、カミ合いおよび捕食虫によるものである。

また、L₃・L₄（蛹室内）期の死亡率は各生命表ごとに5～26%と開きがあった。昭和53年のいわき試験地では26.2%の死亡率を示し、黒色軟化症状で11.9%、鳥類による捕食で11.2%が死亡した。

ちなみに、各年次、場所ごとの黒色軟化症状による累積死亡率をみると図-3のとおりで、本病が蔓延し罹病率が高くなる可能性は少ない。

また同様に、鳥類による累積死亡率をみると図-4のとおりで、年次ごとに捕食率が増すという傾向がみられないことから、これもカミキリ密度の重要な制限要因とはならないようである。

(4) 蛹および材内成虫期

蛹期は3.1%が死亡し、その8割弱が病気によるものであった。また、材内成虫期は5.6%死亡、その5割強は病気であった。

なお、蛹期の死亡率は各生命表ごとに0～7%と開きがあった。昭和55年の相馬試験地では7.1%の死亡率を示し、黒色軟化症状で3.5%、赤色軟化症状で2.9%が死亡した。

また、材内成虫期の死亡率は各生命表ごとに2～16%と開きがあった。昭和53年の矢祭試験地では、15.8%の死亡率を示し、捕食虫およびその他でそれぞれ5.3%が死亡した。

最後になるが、総累積死亡率は平均で42.9%となり、要因別では穿入孔カラが10.6%と最も高く、次いで病気および天敵昆虫の8.5%、鳥類による捕食の3.3%となった。なお、その他が3.9%、不明が5.7%をしめていた。

Ⅱ 天敵微生物および昆虫の検索

1. 調査材料と方法

Iのカミキリ個体数変動要因に供した調査木を剥皮、割材して得られた病気によると思われる死亡虫、およびカミキリの捕食虫または寄生虫を国立林試へ送付し病原微生物および天敵昆虫の同定を依頼して、天敵微生物および昆虫の検索を行った。

なお、一般的な天敵昆虫の種同定は材料を国立林試へ送付せず、井上ら(1959³⁾、安永(1964¹⁹⁾の文献によって行った。

2. 結果および考察

(1) 天敵微生物

結果は表-2のとおりであり、送付試料391件のうち病原性の確かなものとしては *Serratia marcescense* が79件(20.2%)、*Beauveria bassiana* が7件(1.8%)、*Verticillium* sp. , *Paecilomyces* sp. がそれぞれ1件(0.3%)から検索された。検索された天敵微生物の間では、*Serratia marcescense* の検出率が高く、かつ卵から材内成虫期までの幅広いステージでみられた。

なお、片桐ら(1980⁴⁾)によると、全国各地において検索された病原微生物は本県と同様で4種であったとしている。

Iのカミキリ個体数変動要因の中で病原菌による死亡と思われるものを4種に区分したが、赤色軟化症状を呈するものの多くから *Serratia marcescense* が検出されたものの、黒色軟化症状を呈するものからは病原微生物の検出がまれであった。また、白色菌糸を生じ硬化症状を呈するものの多くから、

Beauveria bassiana, Verticillium sp. および Paecilomyces sp. が検出されたものの、白色菌糸を生じない硬化症状を呈するものからは病原性の不明な Yeast が検出されたのみであった。

(2) 天敵昆虫

調査木内で確認したカミキリの天敵昆虫を表-3 に示す。

膜翅目では卵期でコマユ

表-2 マツノマダラカミキリ死体から分離された微生物と死亡虫数(頭)

検索された微生物	Serratia marcescense	Beauveria bassiana	Verticillium sp.	Paecilomyces sp.	Yeast.	その他	その他	その他
						の細菌放線菌	の糸状菌	の他
ステージ	病原性不明							
卵	2					2		
樹皮下幼虫	L ₁ ・L ₂	12				2	50	3 7
	L ₃ ・L ₄	20			1		43	2 7
蛹室内幼虫	入口に木屑なし	14	4			4	27	3 11
	木屑あり	11	3	1		4	66	7 12
蛹	15					3	14	1 2
材内成虫	5						24	3 6

表-3 マツノマダラカミキリの天敵昆虫と死亡虫数

(頭)

種名	膜翅				鞘翅			双翅		
	クロエナガコマユバチ	キタコマユバチ	Spathius sp.	Doryctes sp.	Dolichomitius sp.	不明	フタモンウバタマコメツキムシ	その他のコメツキムシ	Ampedus sp.	クロツヤバエ
卵			1			2				
樹皮下幼虫	L ₁ ・L ₂	2	1	1	3		54	2	3	
	L ₃ ・L ₄				4	2	11			1
蛹室内幼虫	入口に木屑なし					2	1	2		1 2
	木屑あり					1	2	1		
蛹										
材内成虫							2			

※ マツノマダラカミキリが被寄生、または被捕食者であることを調査木内で確認できたもののみを示した。

バチ科の1種(Spathius sp.)、L₁・L₂期でクロエナガコマユバチ(Spathius radzayanus RAT-ZEBURG)、キタコマユバチ(Atanycolus initiator FABRICIUS)、コマユバチ科の1種(Spathius sp. および Doryctes sp.)、そして L₃・L₄期以降でコマユバチ科の1種(Doryctes sp.)、ヒメコマユバチ科の1種(Dolichomitius sp.)の寄生がみられた。

また、鞘翅目ではカミキリのほぼ全ステージを通してフタモンウバタマコメツキムシ(Alaus putridus CANDEZE)、L₃・L₄期でコメツキムシ科の1種(Ampedus sp.)などの捕食がみられた。

一方、双翅目では L₃・L₄期でクロツヤバエ(Lonchaea scutellaris RONDANI)の寄生がみられた。

なお、調査木以外で検索した天敵昆虫を表-4に示す。これらはポリカブ飼育等によりカミキリを

捕食またはカミキリに寄生することを確認したものである。

鞘翅目ではオオコクヌスト (*Temnochila japonica* REITTER)、ベニコメツキ (*Denticollis miniatus* CANDEZE)、アリモドキカッコウムシ (*Thanasinus le-*

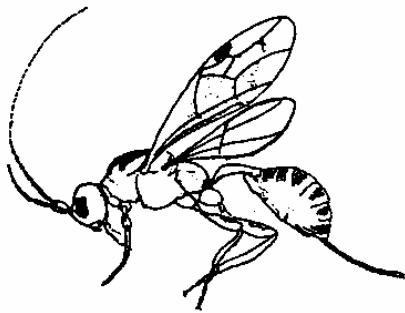
wisi JACOBSON)、膜翅目ではコマユバチ科の1種 (*Iphiaulax* sp.) がカミキリの天敵昆虫として検索された。また、双翅目ではホシキアブ (*Xylophagas maculatus* MATSUMURA)、脈翅目ではラクダムシ (*Inocellia japonica* OKAMOTO) が検索された。さらに、革翅目ではヒゲジロハサミムシ (*Carcinophora marginalis* DOHRN)、半翅目ではヤニサシガメ (*Velinus nodipes* UHLER) が検索された。

野淵 (1980¹⁰) はカミキリの天敵昆虫を15種報告しているが、これらの他にクロエナガコマユバチ、*Iphiaulax* sp., フタモンウバタマコメツキムシ、ベニコメツキ、*Ampedus* sp., ホシキアブ、クロツヤバエ、ヤニサシガメの8種を記録したことになる。

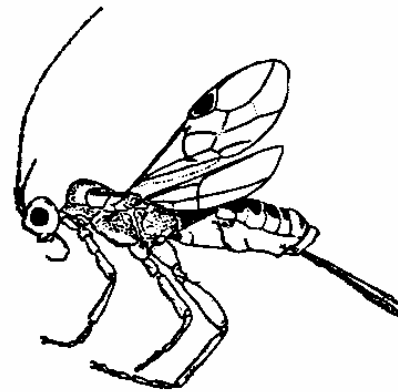
表-4 調査木以外でみられたマツノマダラカミキリの天敵昆虫

目	科	種名	発見場所
鞘翅	コクヌスト	オオコクヌスト	いわき市、西会津町
	コメツキムシ	ベニコメツキムシ	いわき市、相馬市、郡山市
	カッコウムシ	アリモドキカッコウムシ	郡山市、矢祭町
膜翅	コマユバチ	<i>Iphiaulax</i> sp.	郡山市
双翅	キアブ	ホシキアブ	いわき市、郡山市
脈翅	ラクダムシ	ラクダムシ	いわき市、相馬市、郡山市など
革翅	ハサミムシ	ヒゲジロハサミムシ	郡山市
半翅	サシガメ	ヤニサシガメ	いわき市

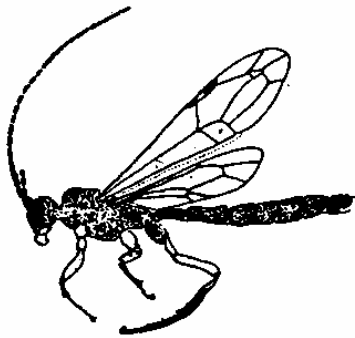
※ ポリカップ飼育等でマツノマダラカミキリが被寄生または被捕食者であることを確認した種のみを示した。



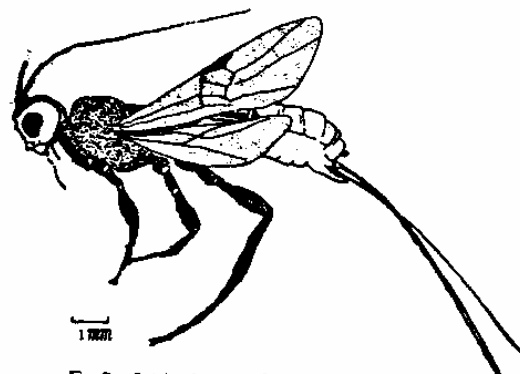
1mm
図-5 クロエナガコマユバチ 4



1mm
図-6 *Doryctes* sp. 9



1mm
図-7 *Dolichomitus* sp. 6



1mm
図-8 *Iphiaulax* sp. 9

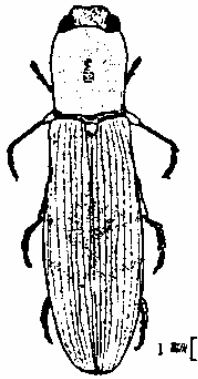


図-9 フタモンウバタマコメツキムシ

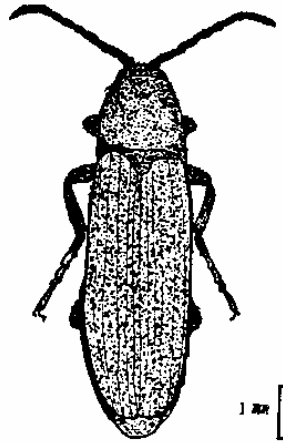


図-10 Ampedus sp.

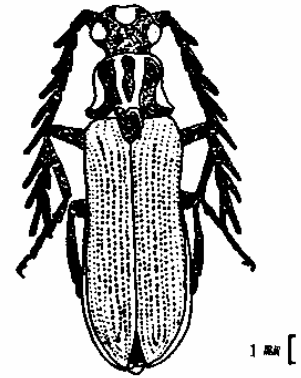


図-11 ベニコメツキムシ

Ⅲ 生命表の補完調査

— L₃・L₄（穿入時）期の1死亡要因、穿入孔カラの死亡要因 —

カミキリの生命表において穿入孔カラ（以下カラという）の累積死亡率は、平均で総死亡率の $\frac{1}{4}$ をしめ、かつカミキリ密度の変動主要因のステージの1つ、すなわちL₃・L₄（穿入時）期の主要な死亡要因であることから、カラの現象の真の死亡原因について調査してみた。

1. 調査材料と方法

昭和54年には、カミキリの産卵期に強制産卵を行った長さ1 m、中央径10~15 cmのアカマツ丸太5本を網室内に置き、すなわち捕食虫を除去した状態に保ち、12月に剥皮、割材してカラ数とカミキリ密度を調査した。

また、昭和55年には前年と同様に作製した産卵跡数密度別のアカマツ丸太53本を、捕食虫を除去した状態に保ち、8~12月に剥皮、割材してカラ数とカミキリ数を調査した。

さらに、昭和57年には材表面積を250 cm²とした中央径3~7 cmのアカマツ小丸太66本に、1~2齢虫を8月中~下旬に1~3頭接種したものを、捕食虫を除去した状態に保ち、11月上旬に剥皮、割材してカラ数とカミキリ数を調査した。

2. 結果および考察

昭和54年の結果を図-12に示すが、カラⅠ型は $r=0.14$ 、Ⅱ型は $r=0.94^{**}$ となり、Ⅲ型は該当するものがなかった。つまり、カラⅠ、Ⅱ、特にⅡ型では密度依存的な死亡、すなわちカミキリ同志のカミ合いによる死亡と深い関係にあるものと思われた。一方、Ⅲ型は密度依存的な死亡では生じにくいようであった。

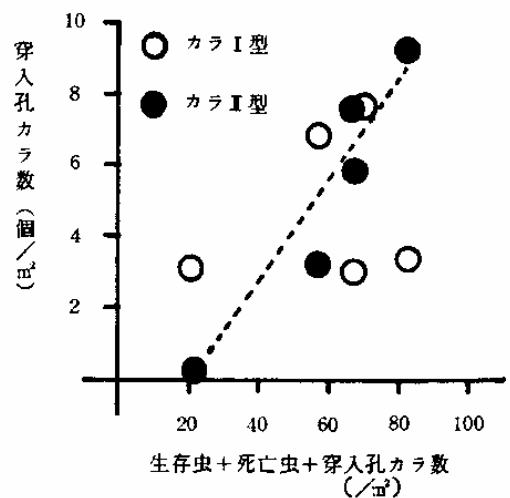


図-12 カミキリ密度と穿入孔カラ数

昭和55年の結果を表-5に示すが、134個の蛹室の中で蛹室形成を放棄したカラI型を4例(3.0%)、カミ合いで生じたII、III型をそれぞれ1例(0.7%)認めた。

次に、昭和57年の結果を表-6に示すが、61個の蛹室の中でカミ合いで生じたカラI型を1例(1.6%)、またII型の蛹室内で生存虫とカミ合いで死亡した虫体のあるものを1例認めた。

これらの結果から、カミキリは通常1個の穿入孔を穿つものと理解されるが、穿入孔を穿ったものの節などで材が固い場合はもう一度別に穿ち直すことが判った。また、カラIII型にも密度依存的な死亡があることも確認された。

ちなみに、Iの各試験林内に設置しカミキリの生命表作製に供した調査木で、穿入前後期に調査した109本について、カミキリ密度とカラ数の r を求めてみると、I型が0.27**、II型が0.42**、III型が、0.14となった。また割材時に次のようなカミキリの習性が観察された。すなわち、穿入孔II型を作製中のカミキリは孔内外への出入りが頻繁で、かつ、かなり広い行動範囲をもつが、穿入孔I型のカミキリはさほどではない。一方、穿入孔III型のカミキリはほとんど移動しない。このことから、カミキリ密度の影響は穿入孔II型のもので強く現われることが判る。なお、当然のことではあるがカラの生じる原因にはカミ合いの他に、捕食虫によるものが観察された。

小林(1957⁶⁾)によると、カミキリの穿入孔の避け合いがおよぶ範囲は約20cm四方であるとしていることから、カミキリ密度が高い場合はカミ合いによる死亡がかなり予想され、そのために生じるカラがかなりあると推定される。

以上のことから、カラの生じる原因には捕食虫による死亡が考えられるものの、カラとカミキリ密度の関係をみると、カラII型では関係が深く、またI型では何らかの理由で穿入孔を放棄する例も認められたが、ある程度関係があると考えられる。一方、カラIII型は密度の影響が少ないといえる。

— カミキリの産卵時期別羽化脱出経過および体重 —

産卵から羽化脱出までのカミキリの死亡経過については、Iのカミキリ個体数変動要因で調査、検討してきたが、ここでは成虫のバイタリティの調査として、まず産卵時期別の羽化脱出経過および体重を調べてみた。

1. 調査材料と方法

昭和55年には、54年のカミキリの産卵初期、中期、後期ごとに強制産卵を行ったアカマツ丸太を用いて、場内のアカマツ林内で羽化脱出経過を調べ、羽化脱出初期、中期、後期ごとの脱出時の成虫の体重

表-5 穿入孔カラの原因調査

カラ	個数	穿入孔カラの原因
I型	4	カミキリが一度穿入孔を穿ったが、材が固いなどの理由で、放棄した。
II型	1	カミキリ同志のカミ合いで生じた。
III型	1	カミキリ同志のカミ合いで生じた。

表-6 カミキリの穿つ穿入孔数の調査

1本あたりの接種頭数(頭)	供試本数(本)	総接種幼虫数(頭)	穿入孔を穿った幼虫(頭)			樹皮下幼虫(頭)		
			生存虫	カラI型※-1	※-2	生存虫	死亡要因	
						カミ合い	不明	
1	19	19	14			5		
2	26	52	29	1		7	13	2
3	21	63	16		2	12	32	1

※ 供試木の表面積は250cm²とした。

※-1. 死亡原因はカミ合いであった。

※-2. II型の穿入孔内にカミ合いで死亡した残骸と生存虫があった。

を測定した。また、昭和56、57年にも同様な調査を行った。

2. 結果および考察

(1) 産卵時期別マツ丸太からのカミキリ羽化脱出経過

昭和55～57年の結果を図-12に示す。

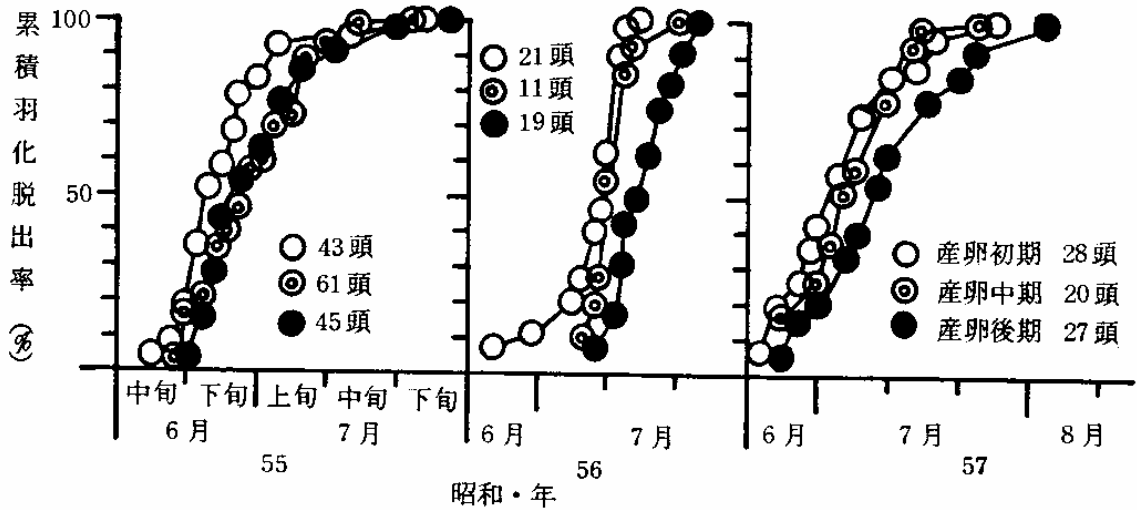


図-12 産卵時期別マツ丸太からのマツノマダラカミキリ羽化脱出経過

昭和55年は産卵初期マツ丸太からのカミキリ羽化脱出経過が、中、後期のものと比べて早いようであった。しかし、中期と後期のマツ丸太からの羽化脱出経過にはそれ程違いがみられなかった。また、昭和56年および57年は産卵初期と中期のマツ丸太からの羽化脱出経過にはそれ程違いがないようであったが、後期のマツ丸太からのものは前二者より明らかに遅れた。

以上のことから、おおむね、カミキリは早く産卵されたものほど早く羽化脱出する傾向にあると思われる。

(2) 羽化脱出時期ごとの成虫体重

昭和55～57年の雌、雄合計の結果を表-7、8に示す。

表-7 羽化脱出時期ごとの成虫の体重

年度	羽化脱出時期	初期	中期	後期	カミキリ数(頭)	平均体重(mg)
昭和55年	初期				67	344.0
	中期				57	319.8
	後期	(*)			27	287.4
昭和56年	初期				179	311.0
	中期	*			250	289.0
	後期	***	*		143	266.7

※ (*) 10%水準で有意
 * 5%水準で有意
 *** 0.1%水準で有意

表-8 羽化脱出時期ごとの成虫の体重(S.57)

羽化脱出時期	I	II	III	IV	V	カミキリ数(頭)	平均体重(mg)
I						84	292.0
II						218	313.5
III						189	317.0
IV						139	314.3
V		*	*	*		117	288.0

昭和55年は羽化脱出初期と後期の体重間に10%の水準で差が認められた。また、56年は羽化脱出初期の成虫が重く、次いで中期、そして後期が最も軽く、それぞれ5%以上の水準で差が認められた。57年は羽化脱出時期を5区分として検討してみたが、羽化脱出終了(V)期で成虫の体重が軽いようであった。

また、羽化脱出開始(I)期の成虫も有意な差はないものの、雄成虫で軽い傾向がみられたため、若干軽いようであった。

なお、雌、雄別の羽化脱出時期ごとの体重については、昭和57年の5期区分で若干異なった傾向がみられたものの、おおむね、羽化脱出時期の早いものほど体重が重いという結果が得られ、さらに雌は雄より早い羽化脱出経過を示し、かつ雌は雄より体重が重い傾向がみられた。

以上のことから、おおむね、カミキリは早く羽化脱出するものほど体重が重い傾向にあると思われる。

早い時期に産卵されたカミキリほど早く羽化脱出し、また羽化脱出の早いものほど体重が重い傾向にあったということは、早く産卵されるカミキリ程餌の摂食期間が長く、十分に成育することを物語っているようである。

なお、カミキリの体重には産卵時期と並行して、餌場をめぐる競争、すなわちIで論じた密度依存的な因子も関与するものと考えられる。

— 羽化脱出時期別のカミキリの生存期間および雌成虫の産卵数 —

成虫のバイタリティの調査として、羽化脱出時期ごとの生存期間と雌成虫の産卵数を調べてみた。

1. 調査材料と方法

昭和56年および57年に、羽化脱出時期ごとのカミキリを直径9.5 cm、高さ4 cmのポリカップで後食用の枝を与えて個体飼育し、その生存期間を調べた。

また、昭和57年には羽化脱出時期ごとの成虫、雌、雄各20頭用い、場内のアカマツ林内にある縦、横、高さそれぞれ1.8 mの網室で、それぞれの産卵数を調べた。なお、後食用の枝と長さ1 mの産卵用アカマツ丸太は、すべての成虫が死亡するまでの間、ほぼ週に一回交換するとともに、生存虫の確認と死亡虫の採取を行った。そして、死亡虫についてはその死亡要因を調べるとともに、交換したマツ丸太は産卵跡数を調べた後、50個以上の産卵跡を剥皮し、実産卵率を求めることによって産卵数を算出した。

2. 結果および考察

(1) 羽化脱出時期別のカミキリの生存期間

昭和56、57年の雌、雄合計の結果を表-9、10に示す。なお、調査中に羽化脱出時期ごとのカミキリが平均23%病気(死体が赤色軟化症状または白色菌糸の生じる硬化症状を呈する)と思われる原因で死亡したが、ほとんどが羽化脱出1か月経過以降に死亡したため、飼育中に感染したものと考えられるので調査の対象から外した。

昭和56年は羽化脱出初期のカミキリの体重がわずかに重かったためか、初期で生存期間が長

表-9 羽化脱出時期ごとのカミキリの生存期間

(昭和56年)

羽化脱出時期	初期	中期	後期	カミキリ数(頭)	平均体重(mg)	平均生存期間(日)	備考
初期				23	325.8	130	35
中期	*			46	291.2	106	30
後期	(*)			10	268.6	101	90

※備考 供試虫における雌成虫の比率(%)

表-10 羽化脱出時期ごとのカミキリの生存期間 (昭和57年)

羽化脱出時期	I期	II期	III期	IV期	V期	カミキリ数(頭)	平均体重(mg)	平均生存期間(日)	備考
I期						5	295.9	76.2	19
II期	*					50	335.7	146.2	46
III期	*					45	368.8	144.0	55
IV期	*					27	362.2	140.9	68
V期						5	298.5	129.4	71

く、中、後期と比べて10%以上の水準で差がみられた。また、57年は羽化脱出時期を5区分として検討してみたが、羽化脱出開始(I)期の体重が終了(V)期を除いたカミキリと1%以上の水準で差がみられ軽かったためか、開始期で生存期間が短く、終了期を除いたものと5%の水準で差がみられた。

以上のことから、おおむね、カミキリは体重の重いものほど生存期間が長い傾向にあると思われる。

なお、カミキリの体重は前述したように、早く羽化脱出するものほど体重が重い傾向にあったため、早く羽化脱出するものほど生存期間が長いものと推察される。

最後になるが、全羽化脱出期をとおしてのカミキリを雌、雄に分けて生存期間をみると、昭和56年は126、104日、57年は144、107日となり、それぞれ5%以上の水準で差がみられ、雌成虫の生存期間が長かった。

(2) 羽化脱出時期別の雌成虫の産卵数

産卵開始から終了までの雌生存虫1頭、1日あたりの産卵経過を示せば図-13のとおりである。

この図から、産卵は8月に入ってピークを迎え、それぞれほぼ3個の卵を産下し、その後9月に入り気温が18~21℃を割るようになると逐次産卵が減少していったことが判る。そして、羽化脱出初期の雌成虫の産卵数は136.4個、中期は130.4個、後期は109.7個となった。ここで、中、後期の雌が毎日1卵以上の卵を安定的に産卵する状態に入るまでに、初期の雌がすでに産卵し終えた卵数を図から算出しそれぞれの産卵数に加えると、中、後期とも140.3個となり、初期のものと同数となった。このことから、羽化脱出時期ごとの雌生存虫1頭、1日あたり産卵終了までの産卵数は、羽化脱出が遅れるもの程産卵の行いにくい時期、すなわち気温が18~21℃を割るようになる時期を早く向えるために少なくなるようであったともいえる。

次に、全供試雌虫1頭あたりの産卵数などを表-11に示すが、初期で95.5個、中期で121.1個、後期で58.9個となり、産卵数は産卵の始めて死亡虫の多かった初、後期で少なかった。なお、初期死亡虫4頭はすべて赤色軟化症状を呈し、中期死亡虫1頭は特に病徴が認められず、後期死亡虫9頭のうち6頭が赤色軟化症状を呈したものの、3頭は特に病徴が認められなかった。

また、羽化脱出時期ごとの平均体重、産卵の始めにおける死亡率、雌1頭あたりの産卵数をみてみ

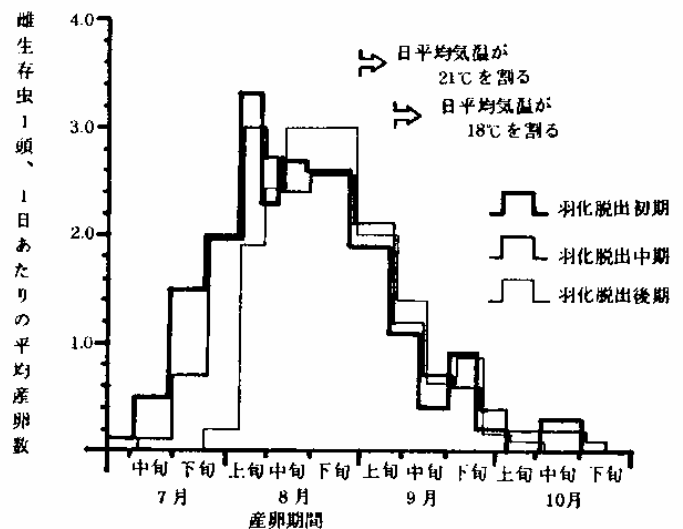


図-13 羽化脱出時期別の雌生存虫1頭、1日あたりの平均産卵数

表-11 羽化脱出時期ごとの雌虫1頭あたりの平均産卵数

羽化脱出時期	初期	中期	後期
供試虫数	雌、雄各20頭		
雌の体重 (mg)	323.7 ±31.4	368.4 ±32.5	304.7 ±40.8
産卵開始後、3週間以内に死亡した雌数(頭)	4(20)	1(5)	9(45)
雌1頭あたりの平均産卵数(個)	95.5	121.1	58.9
平均生存期間(日)	56.0	84.1	56.1

※()内は供試虫に対する死亡率(%)

ると、体重と産卵数には正比例的な関係、体重と死亡率には反比例的な関係、そして死亡率と産卵数には反比例的な関係が認められた。

以上のことから、雌成虫1頭あたりの産卵数は、基本的に羽化脱出の早いものほど産卵期間が長いためか、産卵数が多いといえるが、実際には産卵の初期で死亡の少ないカミキリの産卵数が多いようであった。なお、今まで論じてきたように、成虫の初期の死亡が少ない時期は、体重の重いグループであり、体重の重いグループは早く羽化脱出するものであるため、おおむね、羽化脱出時期の早いもの程産卵数が多いようであるといえる。

— 羽化脱出前後期における死亡虫からの天敵微生物の検索 —

本県では認められなかったが、岸(1976⁵⁾)、森本(1976⁸⁾)、越智ら(1979¹²⁾)は、カミキリ密度の制限要因として羽化脱出直前期で病気と思われる死亡が働いている林分があると報告しているため、病気と思われる蛹、材内成虫および羽化脱出直後期に死亡した成虫から病原微生物の検出を行ってみた。

1. 調査材料と方法

昭和56年夏にカミキリの自然産卵を受けた郡山市のアカマツ雪害木を57年7月上旬に割材し、得られた病死と思われる蛹および材内成虫の死体を国立林試へ送付し、病原微生物の検索を依頼した。

また、昭和56年夏に強制産卵を行い場内のアカマツ林内に立てかけておいたマツ丸太から、57年夏に羽化脱出した成虫で脱出後1週間以内に死亡したものを、同様に国立林試へ送付した。

2. 結果および考察

結果を表-12に示すが、病原性の確かな天敵微生物として *Serratia marcescense* が蛹で3頭(17.6%)、材内成虫および羽化脱出成虫でそれぞれ1頭(12.5および6.3%)検出されたものの、その他からは病原菌らしきものは検出されなかった。

なお、II-2-(1)の天敵微生物の検索でも羽化脱出前後期の死亡虫からそれ程、病原微生物の検出は

なかったことから、本県では羽化脱出期の死亡に関して、病気の流行は今のところないように思われる。

表-12 天敵微生物の検索

ステージ	検出された微生物		
	ナシ	<i>serratia</i> 菌	その他の細菌 (病原性不明)
蛹	10頭	3	4
材内成虫	6	1	1
羽化脱出成虫	10	1	5

IV 天敵微生物によるカミキリの防除

カミキリの死体より分離された *Beauveria bassiana* (以下baという)、*Serratia marcescense* (以下Seという)、そして土壌病原微生物 *Beauveria tenella* (以下teという)を含めた三種の菌によるカミキリの防除試験を行い、菌の種類および孢子濃度と散布期間ごとの効果を検討してみた。

1. 調査材料と方法

(1) 供試菌および散布方法

baおよびteは国立林試の指定した菌株を用い、島津ら(1981¹⁵⁾)が報告したプラスチック箱培養により、分生孢子を5~7月に量産し供試菌としたが、散布時まで密封した直径2.5cm、高さ6cmのポリビンにおさめ5~6℃の冷蔵庫で保存しておいた。そして、散布時、分生孢子を水に懸濁して $10^6 \sim 10^8$ /mlの濃度とし、散布液とした。また、Seも国立林試の指定した菌株で、散布時に肉エキスブイヨン液

で培養、菌体数 $1.6 \times 10^9/ml$ 液を作り、100倍に水で希釈し、散布液とした。さらに、baおよびteとSeの混合液も散布に供した。なお、散布液にはツイン80または展着剤を1ℓあたり0.1~0.2ml添加した。

供試木への散布にあっては降雨のない日を選び、表面積1㎡あたり600~1000ccを噴霧器で散布し、その後場内のアカマツ林内に立てかけたが、突如降雨があった場合は供試木をビニールシートで被い防除効果に降雨の影響がないようにした。また、成虫後食期の散布にあっては降雨のない日を選び、自然状態のアカマツ枝葉に噴霧器でしたたり落ちる程度散布し、風乾後に枝葉を寒冷紗でつつみ、その中にカミキリを放飼した。

(2) 供試木および虫数

供試木は長さ1m、中央径5~15cmのアカマツ丸太で、夏にカミキリの強制産卵を行ったものであり、1処理あたり10~12本を供試した。なお、1本あたりの産卵跡数は平均で20個前後であった。すなわち、平均、若齢期で10頭前後、蛹室内幼虫で7頭前後のカミキリが1本の供試木に寄生していたことになる。一方、カミキリ成虫は1処理あたり20~30頭供試した。

(3) 散布および効果調査時期と調査方法

供試菌の散布時期はカミキリの産卵前期(6月中旬~7月上旬)、産卵直後期(7月上旬~9月上旬)、穿入前期(8月中旬)、穿入期(9月上旬)、蛹化期(5月中旬)、成虫脱出直前期(6月上旬)および成虫後食期(8月上~下旬)であった。

なお、昭和55年は産卵前期、産卵直後期、穿入前期および穿入期の防除試験を行なった。また、56年は成虫脱出直前期、成虫後食期および産卵直後期の防除試験を、57年は蛹化前、成虫脱出直前期、成虫後食期および産卵直後期の防除試験を追試した。

効果調査時期は、昭和55年においては散布1か月後、穿入期(10月)、越冬期(2月)および成虫脱出後(9月)であり、供試木を剥皮、割材してステージごとの生存虫および死亡虫とその要因を調査した。さらに、羽化脱出したカミキリはポリカップで後食用の枝を与えて1か月間飼育し、供試菌による影響の有無を調べた。昭和56~57年は散布1~2か月後、またはカミキリ羽化脱出後に供試木を割材し、55年と同様な調査を行った。また、成虫後食期の試験については、散布1か月後までの死亡経過とその要因を調査した。

2. 結果および考察

(1) 産卵前後期における散布

昭和55~57年の結果を供試木内での供試菌による死亡率(Abbott法で補正。以下も同様)、羽化脱出成虫の死亡率および両者の積算死亡率で示せば表-13のとおりである。

産卵前期の供試木内での死亡率をみ

表-13 産卵期前後における散布 (※)

供試菌	散布時期 試験年次	産卵前期			産卵直後期			56		57	
		死亡率	供試木内	羽化脱出成虫	積算	供試木内	羽化脱出成虫	積算	供試木内		
ba	10^6	10.8	0	10.8	6.6	0	6.6				
	10^7	6.2	9.7	15.3	33.7	0	33.7	1.4			
	10^8							6.1	63.5		
	ba 10^7 Se									34.8	
	ba 10^8 Se									55.5	
te	10^7	5.2	0	5.2	5.9	0	5.9	4.1	1.9		
	10^8							17.7	9.2		
	te 10^7 Se									0.9	
	te 10^8 Se									5.1	
	Se	1.2	0	1.2	9.2	0	9.2			1.6	
	対 照	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

※ 死亡率は(供試菌による罹病死虫数) / (生存虫 + 供試菌による罹病死虫数)によった。なお、対照の死亡率は死体が白色菌糸の生じる硬化症状および赤色系に変色する軟化症状の死虫をもって算出した。

みてみると、ba散布群（baを供試したすべての処理で、Seとの混合散布も含む。以下も同様）は6.2～10.8%の範囲にあって平均が8.5%、teは5.2%、およびSeは1.2%となり、ba散布群でわずかながら効果が高かった。

また、産卵直後期の供試木内での死亡率をみると、ba散布群は1.4～63.5%の範囲にあって平均が28.8%、te散布群は4.1～17.7%の範囲にあって平均が6.4%、およびSeは1.6～9.2%の範囲にあって平均が5.4%となり、ba散布群で明らかに効果が高かった。

次に、産卵前および直後期におけるba散布群の供試木内での死亡率をみると、平均で 10^6 は8.7%、 10^7 は19.0%、 10^8 は41.7%となり、baの散布濃度が増すにつれて、防除効果が高くなったことが判る。

一方、Se混入効果を検討したものの、単菌散布と大差はなかった。

図-14に昭和55年のba 10^7 散布および対照におけるカミキリの生存経過を示したが、散布直後に生存率が低下するものの、その後の生存率は対照と比較し、差がないことから、ba散布の効果にはそれほど残効性が期待できないものと思われた。

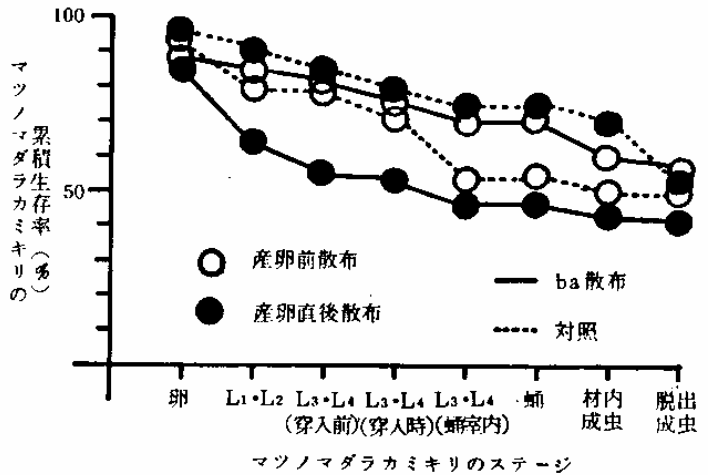


図-14 産卵前後期散布におけるマツノマダラカミキリの累積生存率

(2) 穿入前後期における散布

昭和55年の結果を表-14に示す。

穿入前期の供試木内での死亡率をみると、ba散布群は19.4～56.8%の範囲にあって、平均が38.1%、teは14.6%、およびSeは13.2%となり、ba散布群で明らかに効果が高かった。

また、同様に穿入期をみると、ba散布群は0～31.8%、15.9%となり、teおよびSeは0%であったことから、同じくba散布群で効果が高いことが判る。なお、ba散布群間では、明らかに、散布濃度が増すにつれて防除効果が高まった。

表-14 穿入前後期における散布 (%)

散布時期	穿入前期			穿入期		
	死亡供試菌率	供試木内	羽化脱出成虫積算	供試木内	羽化脱出成虫積算	積算
ba	10^6	19.4	0	19.4	0	0
	10^7	56.8	0	56.8	31.8	31.8
te 10^7		14.6	11.1	24.1	0	0
Se		13.2	14.3	25.4	0	10.3
対照		0	0	0	0	0

図-15にba 10^7 散布および対照におけるカミキリの生存経過を示したが、産卵前後期での散布と同様で、散布直後で生存率の低下がみられるものの、その後のステージにおいては、対照と比較し特に生存率の低下はないことから、ba散布の効果にはそれほど残効性がないものと思われた。

(3) 蛹化前および成虫脱出直前期における散布

昭和56～57年の結果を表-15に示す。

蛹化前の供試木内での死亡率をみると、ba散布群は14.3～33.3%の範囲にあって平均が22.3%、te散布群は0～18.5%の範囲にあって平均が10.8%、およびSeは0%となり、ba散布群で明らかに効果が高かった。

また同様に成虫脱出直前期をみると、ba散布群は9.4~35.7%、23.2%、te散布群は0~13.3%、7.8%、およびSeは0%となり、同じくba散布群で高い効果が得られた。

次に、蛹化前および成虫脱出直前期でのba散布群の供試木内死亡率をみてみると、平均で 10^7 は26.1%、 10^8 は20.9%となり、若干 10^7 が高かったが、誤差を考えれば特に差がなかったといえよう。

一方、Seの混入効果はないようであった。

さらに、蛹化前および成虫脱出直前期における羽化脱出した成虫の死亡率

をba散布群でみてみると、

10^7 は5.8~11.4%の範囲にあって、平均が8.0%、 10^8 は21.1~48.0%の範囲で平均が31.3%となり、明らかに 10^8 で効果が高かった。

なお、蛹化前散布と成虫脱出直前の死亡率をba散布群でみると平均で前者が24.3%、後者が25.4%と大差ないことから、両者の羽化脱出成虫に対する防除効果は同じようであったといえる。

一方、Seの混入効果はみられなかった。

(4) 成虫後食期における散布

昭和56~57年の結果を表-16に示す。

baおよびte散布群およびSe散布間の効果を検討すると、平均それぞれ45.6、2.8、1.5%となることから、ba散布群で効果が高かったといえる。

またba散布群間をみてみると、平均で 10^7 が21.6%、 10^8 が61.6%となり、散布濃度が増すにつれて効果が高くなった。

一方、Seの混合であるが、ba散布群でみてみると、単用散布が 10^7 で8.3%、 10^8 で42.5%、混合散布が 10^7 で34.9%、 10^8 で100%となったことから、混入することにより若干防除効果が高まったものと考えられる。なお、ba散布群において昭和56年と57年の防除効果が平均で、前者8.9%後者70.1%と大きな開きが生じたが、後者の散布時期が8月下旬と遅かったことに起因するののかも知れ

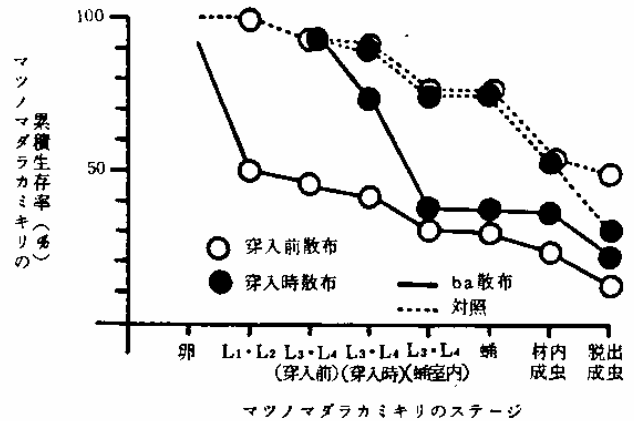


図-15 穿入前後期散布におけるマツノマダラカミキリの累積生存率

表-15 蛹化前および成虫脱出直前期における散布 (%)

散布時期 供試菌	試験年次 死亡率	蛹化前			成虫脱出直前期					
		昭和57年			56			57		
		供試木内	羽化脱出成虫	積算	供試木内	羽化脱出成虫	積算	供試木内	羽化脱出成虫	積算
ba	10^7				10.5	5.8	15.7			
	10^8	14.3	35.6	44.8	35.7	25.9	52.4	9.4	48.0	52.9
ba 10^7 Se		33.3	11.4	40.9				34.6	6.7	39.0
ba 10^8 Se		19.4	26.0	40.4				25.9	21.1	41.5
te	10^7	0	4.6	4.6	8.8	0	8.8	6.7	0	6.7
	10^8	10.0	0	10.0	13.2	0	13.2	4.8	0	4.8
te 10^7 Se		14.6	2.4	16.6				0	0	0
te 10^8 Se		18.5	10.7	27.2				13.3	13.9	25.4
Se		0	0	0				0	0	0
対 照		0	0	0	0	0	0	0	0	0

表-16 成虫後食期における散布の防除効果 (%)

試験年次 供試菌	昭和56年	昭和57年	
ba	10^7	8.3	
	10^8	9.5	75.4
ba 10^7 Se		34.9	
ba 10^8 Se		100.0	
te	10^7	0	
	10^8	7.1	0
te 10^7 Se		0	
te 10^8 Se		9.7	
Se		1.5	
対 照		0	0

ない。ちなみに前者の散布時期は8月上旬であった。

3. 総合考察

(1) 供試菌ごとの防除効果

ba散布群における産卵前～成虫脱出直前期の供試木内での防除効果は平均で22.8%、te散布群およびSe散布は7.5%および3.1%となった。このことからba散布はte、Se散布よりカミキリの防除効果が高いものと思われる。

島津ら(1982¹⁶⁾)は天敵微生物の防除効果をba > te > Seと報告しているが、本結果も同様であったことから、天敵微生物を利用しカミキリの防除をはかる場合はbaの使用がよいと思われる。

(2) baの散布濃度と防除効果

ba散布群における散布濃度ごとの産卵前～穿入期の供試木内での防除効果、蛹化前および成虫脱出直前期の羽化脱出成虫の死亡をも含めた積算の防除効果の平均は 10^6 で9.2%、 10^7 で31.7%、 10^8 で44.1%となり、濃度が高くなるに従って効果も増す結果となった。

この現象は、島津ら(1982¹⁶⁾)の報告でもみられているので、散布にあってはできるだけ濃度を高めた方がよさそうである。

(3) baの散布時期ごとの防除効果

ba散布群における時期ごとの供試木内での防除効果は平均で産卵前期が8.5%、産卵直後期が28.8%、穿入前期が38.1%、穿入期で15.9%、羽化脱出前期(蛹化および羽化脱出直前期)で22.8%となり、カミキリ幼虫が材を盛んに食害する時期、および羽化脱出前期で効果が高かった。なお、羽化脱出前期散布においては、羽化脱出した成虫が平均で25.0%死亡したことから、防除効果は成虫脱出前期散布で最も高いものと考えられる。

島津ら(1980¹⁴⁾)は10月上旬のba 1.2×10^7 散布でカミキリ幼虫が70%ほど死亡したと報告し、樹皮下幼虫への秋散布が最も効果的である(1983¹⁷⁾)とした。また、越智ら(1982¹³⁾)の報告によれば、ba 2×10^7 およびba 2×10^7 Seを11月、4月および5月に散布したところ、ほぼ50%の防除効果が得られ、特にba 2×10^7 SeおよびSeの4月散布で90%および70%台の効果があつたとしている。さらに、五十嵐ら(1982¹⁾)は(1982¹³⁾)の材料から羽化脱出した成虫で、4月散布のba 2×10^7 およびSeの生存期間が短かかったとした。

しかし、本試験においては穿入前期のba 10^7 散布でほぼ60%の防除効果が、また成虫脱出直前のba 10^8 散布から羽化脱出した成虫でほぼ50%の防除効果が得られたこともあつたが、試験年次によりかなりの変動がみられた。

井上ら(1983²⁾)によれば、産卵前～羽化脱出前期におけるba 10^6 、 10^7 および 2×10^7 散布の防除効果が0～12.5%であつたと報告している。

これらのことから、ba散布によるカミキリの防除にはかなりの変動がみられるものと考えられる。

なお、成虫後食期でのba散布群における防除効果には8.3～100%とかなりの変動がみられ、平均で、45.6%となった。

(4) 被害木への散布におけるbaの活性残効期間

産卵前～穿入期におけるba散布によるカミキリの罹病期間は散布対象のステージが主であつた。また、成虫脱出前での散布では羽化脱出成虫にかなりの罹病がみられたことから、散布されたbaの活性残効はほぼ1か月間程度と推察される。

V 天敵微生物利用の補完調査

天敵微生物の利用で供試したbaおよびteの分生胞子は、プラスチック箱培養で量産し収穫後、使用時まで密封した直径2.5cm、高さ6cmのポリビンにおさめ、5～6℃の冷蔵庫で最高80日間保存したものであったので、保存期間による菌の活性状態を調べてみた。

1. 調査材料と方法

昭和57年に、冷蔵庫で保存したbaおよびteの分生胞子を水に懸濁して $10^3/ml$ の濃度とし、1mlを島津ら(1981¹⁵⁾)の報告した培地15mlに混入し、それを直径8.8cmの小型シャーレに流しこみ、25℃で1週間培養後、培地上に発生する菌のコロニー数を計数した。なお、供試菌、保存期間ごとに3回の繰り返しを行い、その平均値をもって菌の活性状態を比較した。

2. 結果および考察

結果は図-16に示すとおりで、baおよびteとも保存期間ごとのコロニー数は、300～400と200前後のグループに大別された。この現象は、保存による菌の活性の低下または上昇によるものとは考えにくく、培養時における胞子計数の誤差と思われた。このことを除けば、baおよびteとも4か月程度の保存ではほぼ一定のコロニー数を示すものと考えられることから、両菌ともこの程度の保存期間では活性の低下はないものと思われた。

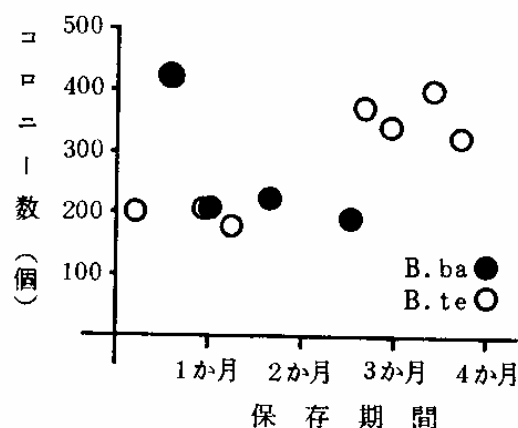


図-16 冷蔵庫保存によるB. ba, te菌の胞子の活性状態

摘 要

材線虫病が微～激害地におけるマツノマダラカミキリの産卵から羽化脱出までの生命表を餌木を用いて作り、個体群密度の変動主要因などを検討した。また同時に、天敵微生物および昆虫の検索を行い、さらに、天敵微生物を用いたマツノマダラカミキリの防除試験を行ったが、その結果の概要は次のとおりである。

1. 各年次、場所ごとに作製した生命表の各ステージの虫数について、VARLEY-GRADWELLのK値の関係から解析したところ、 $L_1 \cdot L_2$ 期と $L_3 \cdot L_4$ (穿入時)期の死亡にマツノマダラカミキリ密度の変動主要因が認められた。なお、これらのステージにおける死亡要因は、主に天敵昆虫および穿入孔カラであった。

また、各生命表ごとの総死亡率と要因別累積死亡率は、天敵昆虫+穿入孔カラで $r = 0.92^{**}$ となった。

さらに、穿入孔カラの死亡原因は、その大部分が密度依存的な幼虫同志のカミ合い、および捕食虫によるものと推定された。

以上のことから、密度依存的な死亡および天敵昆虫による死亡が、マツノマダラカミキリの密度変動の重要な死亡要因であると思われた。

2. 各ステージにおける死亡要因

(1) 卵期はそのほとんどが死亡要因不明であった。

(2) L₁・L₂ 期は主に天敵昆虫によるものであった。しかし、天敵昆虫による密度低下は単年度的なものであった。

(3) L₃・L₄ (穿入前) 期は主に密度依存的な死亡、および天敵昆虫によるものであった。なお、赤色軟化症状による死亡が大きな値を示すものがみられたが、単年度的なものである可能性が強いと思われた。

(4) L₃・L₄ (穿入時) 期は主に穿入孔カラによるものであった。

(5) L₃・L₄ (蛹室内) 期は主に鳥類による捕食によるものであった。しかし、鳥類による密度低下には上限があるものと思われた。なお、黒色軟化症状による死亡が大きな値を示すものがみられたが、単年度的なものであった。

(6) 蛹および材内成虫期は主に病気によるものであった。

3. 天敵微生物として、*Serratia marcescense*, *Beauveria bassiana*, *Verticillium* sp. および *Paecilomyces* sp. の4種が検索された。なお、*Serratia marcescense* は病死虫からの検出率が高く、かつ卵から羽化脱出成虫までの幅広いステージでみられた。

4. 天敵昆虫として、膜翅目ではクロエナガコマユバチ、キタコマユバチ、コマユバチ科の1種 (*Spathius* sp., *Doryctes* sp., および *Iphiaulax* sp.), およびヒメバチ科の1種 (*Dolichomitrus* sp.) の6種が検索された。

鞘翅目ではフタモンウバタマコメツキムシ、コメツキムシ科の1種 (*Ampedus* sp.), オオコクヌスト、ベニコメツキおよびアリモドキカッコウムシの5種が検索された。

さらに、双翅目で、クロツヤバエ、ホシキアブの2種、脈翅目で、ラクダムシ、革翅目で、ヒゲジロハサミムシ、半翅目で、ヤニサシガメが検索され、合計で16種となった。

5. 生命表の補完調査

(1) L₃・L₄ (穿入時) 期の1死亡要因である穿入孔カラは、捕食虫による死亡で生じることがあると考えられるものの、穿入孔カラⅡ型で密度依存的な関係が強く認められた。また、穿入孔カラⅠ型である程度の密度依存的な関係がうかがわれたが、Ⅲ型はその影響がほとんどないと思われた。

(2) 成虫のバイタリティについて、羽化脱出初、中、後期ごとの差を検討したが、おおむね、早く産卵されたマツノマダラカミキリほど、早く羽化脱出する傾向にあった。また、早く羽化脱出するものほど、体重が重い傾向にあり、かつ、ポリカップによる個体飼育の結果から体重が重いものほど長い生存期間を示した。

次に、雌成虫の産卵数は、基本的に羽化脱出の早いものほど産卵期間が長いから産卵数が多いと考えられた。しかし、本試験で供試した初期の雌成虫の体重が中期と比較し、軽い傾向にあり、かつ産卵の初期での死亡がかなりあったため、体重が重くかつ産卵の初期で死亡の少ない、すなわち生存期間の長い中期で1頭あたりの産卵数が多かった。なお、雌成虫の体重およびその生存期間の長さから、その産卵数を考察すると、一般的に、体重が重くかつ長い生存期間を示すものと考えられる羽化脱出初期の雌成虫での産卵数が他期と比べて多いものと推定される。

(3) マツノマダラカミキリ密度の制限要因として、羽化脱出直前期で病気と思われる死亡が働く林分があると報告されているので、本県における現状を調査してみた。その結果、病原微生物、*Serratia marcescense* が蛹、材内成虫期および羽化脱出成虫で6.3~17.6%認められたものの、その他の有力な病原微生物は全く検索されなかった。また、本県におけるマツノマダラカミキリ密度の変動主要因は羽

化脱出直前期の死亡ではないことから、本県では、今のところ、病気の流行はないものと思われた。

6. 天敵微生物によるマツノマダラカミキリの防除

(1) *Beauveria bassiana*, *B. tenella* および *Serratia marcescense* の3種の天敵微生物を、産卵～成虫脱出前期のマツノマダラカミキリの寄生するマツ丸太、およびその後食枝に散布して防除効果を検討したが、いずれの時期においても前者での防除効果が高かった。

(2) *B. bassiana* はいずれの防除時期であっても、散布濃度が高まるにつれて、効果が高まった。

(3) *B. bassiana* のマツ丸太散布における防除効果は、マツノマダラカミキリ幼虫が盛んに材を食害する時期および羽化脱出前期で高かった。なお、後者の散布では羽化脱出した成虫の死亡が期待できることから、最も高い防除効果の得られる時期と考えられた。しかし、防除効果には年次によってかなりの変動がみられるものと思われた。また、成虫後食期における防除効果においても、年次によりかなりの変動がみられた。

なお、*B. bassiana* と *Serratia marcescense* の混合液散布の防除効果は、丸太散布でほとんど認められなかったものの、成虫後食期散布では若干認められた。

(4) *B. bassiana* をマツ丸太に散布したときの活性残効性は、ほぼ1か月程度のものと思われた。

7. 天敵微生物、*B. bassiana* および *B. tenella* の分生胞子を密封したポリビンにおさめ冷蔵庫で保存し、保存期間による活性の変化を調査したが、4か月程度の保存期間では活性に変化が認められず、十分使用可能な状態にあった。

引用文献

- 1) 五十嵐豊・越智鬼志夫・片桐一正・島津光明：微生物によるマツノマダラカミキリの防除(Ⅲ)－丸太に散布したときの成虫生存期間－・93回日林論、403～404, 1982
- 2) 井上二郎・周藤靖雄・山田栄一：マツノマダラカミキリの天敵調査と天敵微生物によるマツノマダラカミキリ殺虫試験・島根林試研報 34, 29～37, 1983
- 3) 井上元則・野淵輝：キクイムシ類の天敵に関する研究(第2報)・林試研報 111, 35～42, 1959
- 4) 片桐一正・島津光明：マツノマダラカミキリの天敵微生物・森林防疫 29(2), 28～33, 1980
- 5) 岸洋一：マツノマダラカミキリの蛹室形成後の死亡について・森林防疫 25(3), 33～36, 1976
- 6) 小林富士雄：森林昆虫の密度および分布の調査法に関する研究(第1報)、マツの穿孔虫類の樹体内分布・林試研報 274, 85～124, 1957
- 7) 森本桂・岩崎厚：マツノマダラカミキリの個体数変動要因・森林防疫 24(10), 202～204, 1975
- 8) 森本桂：マツノマダラカミキリの個体数変動要因・森林防疫 25(12), 195～198, 1976
- 9) 森本桂・真宮靖治：マツ属の材線虫病とその防除・65pp, 日本林業技術協会、1977
- 10) 野淵輝：松くい虫の天敵昆虫・森林防疫 29(2), 23～28, 1980
- 11) 越智鬼志夫：マツノマダラカミキリ個体群の変動要因の調査・森林防疫 24(10), 205, 1975
- 12) 越智鬼志夫・片桐一正：松枯損木内でのマツノマダラカミキリの個体数変動とその要因・林試研報 303, 125～152, 1979
- 13) 越智鬼志夫・五十嵐豊・片桐一正・島津光明：微生物剤によるマツノマダラカミキリの防除(Ⅰ)－丸太に散布したときの材内での死亡－・93回日林論、401～402, 1982

- 14) 島津光明・串田保：天敵微生物によるマツノマダラカミキリ防除試験－被害材の処理－。32回日林
関東支講、93～94, 1980
- 15) 島津光明・串田保・片桐一正：昆虫病原菌 *Beauveria tenella* の分生胞子の量産。92回日林論、
387～388, 1981
- 16) 島津光明・串田保・片桐一正：天敵微生物によるマツノマダラカミキリ防除試験－脱出直前の被害
材の処理－。93回日林論、399～400, 1982
- 17) 島津光明・串田保・片桐一正：天敵微生物によるマツノマダラカミキリ防除試験－成虫後食期の散
布－。94回日林論、485～486, 1983
- 18) VARLEY, G.C. and G.R. GRADWELL : Key factors in populetions studies. J. Anim.
Ecol., 29, 399～401, 1960
- 19) 安永邦舗：松くい虫の分類と天敵の手引。123pp, 熊本営林局造林課、1964