

風倒地における生立木虫害防止の ためのフェロモンによる誘殺試験

風倒地における生立木虫害防止のための フェロモンによる誘殺試験

(414. 11, 145. 7×19. 92)

I 試験担当者

保護部昆虫科長（現関西支場長）	小 林 富士雄
北海道支場 昆虫研究室	吉 田 成 章
同 上 （現保護部天敵微生物研究室）	小 泉 力
同 上	秋 田 米 治
同 上 （現保護部昆虫第一研究室）	福 山 研 二
保護部昆虫第一研究室（現東京大学）	山 根 明 臣
同 上 （現林業薬剤第二研究室）	池 田 俊 弥

（実施期間 昭和5・7年～59年）

II 試験目的

昭和56年8月23日の台風15号によって北海道十勝地方を中心に大規模な風倒が起こった。昭和29年の洞爺丸台風など、過去の例によると、主としてエゾマツ類の風倒木に寄生繁殖したヤツバキクイムシが残存エゾマツ類立木にまで寄生し、これを枯死させることが知られており、洞爺丸台風の後では風倒木の1割強の立木枯損が起こった。このような虫害の防止対策として、風倒木の早期搬出、殺虫剤の散布等があるが、時間的な余裕が風倒後2年程度ないこと、労力的な制約および環境汚染の心配等から大面積を早期に完全防除することはかなりむづかしい現状にある。このため、風倒時にとることのできる有効な対策、とくに比較的省力的で環境汚染の少ない方法を樹立することが望まれている。

今回の試験は、ノルウェー等ですでに実用化されているフェロモン剤をとりあげ、その効果をみようとしたものである。ちなみにノルウェーで1980年におけるフェロモン Ipslure の使用量は60万個であり、防除効果のあったことが報告されている。しかしながら、北西ヨーロッパで用いられているフェロモン剤はタイリクヤツバキクイムシ (*Ips typographus*) を対象としたものであるため、日本のヤツバキクイムシ (*I. typographus japonicus*) に同様の効果があるかどうか不明であった。したがって本試験はこの点の確認からスタートとし、ついで林分環境の変化とともに誘引率がどのように変化するかを調査することによって最終的には実用化できる条件を探ることを目的とした。試験は

昭和57年より3年間主として帯広営林支局阿寒営林署管内において行ったものであり、試験に協力された帯広営林支局、阿寒営林署、阿寒湖畔担当区、津別営林署の担当官に厚く御礼申しあげる。

III 試験の経過と得られた成果

1. 試験年度の風倒地環境の概略

風倒地では風倒木の変化に伴ってヤツバキクイムシの寄生密度や寄生場所が変わるので、これにあわせた試験が必要となる。そこで後述する試験経過の理解を助けるため、風倒後の風倒木の変化及びヤツバキクイムシの密度、寄生場所の時間的変化等を簡単に述べる。

1981年8月23日の風倒後、年内に風倒木にヤツバキクイムシの寄生は認められなかった。これはヤツバキクイムシの2度目の発生がすでに終わっていたためである。

1982年5月に試験を開始したが、この年の春には、周辺林分にいたヤツバキクイムシ成虫が、風倒木に寄生して繁殖した。夏には再寄生個体が一旦寄生した場所から脱出して別の幹に再び寄生した。また、新成虫の一部は8月に羽化脱出し、繁殖場所とは別の風倒木の幹に寄生した。風倒木への寄生状況は幹折木、根倒木での違いはほとんどなかったが、傾斜木のうち寄生されないものがあった。このように、1982年はほとんどすべて(一部傾斜木で寄生されないものがあった)の風倒木が寄生され、風倒木の形成層部はほとんどが加害されつくした。また、風倒木で日あたりの良い樹幹上部は寄生されなかったものも、ジン皮部は乾燥した。この年の秋には、春に寄生した数の90～120倍に及ぶ成虫が越冬した。

1983年には、風倒木はほとんどすべて前年に寄生されたことや寄生されない部分も乾燥等によって寄生できなくなったことから、傾斜木と春先の強風で新しく倒れた木が寄生の対象となった。しかし、前年の秋に越冬に入ったヤツバキクイムシの数が極めて多かったことから、新風倒木・傾斜木に寄生するのみならず、生立木への寄生も始まった。1983年はたまたま冷夏といわれる程夏の気温が低かったので、被害木の枯れは目立たなかったものの、生立木への寄生は確実に認められた。また、この冷夏のために、ヤツバキクイムシの繁殖は遅れ、再寄生による繁殖はあったものの第2世代の繁殖は行われなかったものと思われる。虫密度は餌となる風倒木が少なかったため、1982年の半分になった。

1984年には、寄生可能な風倒木は極めて少なく、幹折木が少しでたのみで、寄生の大部分は生立木で起こった。生立木での繁殖率は極めて悪く、1984年秋に越冬に入った虫の数は、1982年の春に風倒木に寄生した数とほぼ同数となった。この年は

夏の気温が高かったので、前年に目立たなかった被害木も赤変して立木の枯れが目立つこととなった。

このような虫密度の変動と立木枯損の経過は、過去の風倒の例とほぼ同様である。

2. 試験地の概況

試験地は2か所で、帯広営林支局阿寒営林署105林班へ小班(一部北見営林支局津別営林署25林班にまたがる)の「格子状試験地」と、これより約400m離れたほ小班的「十字型試験地」で、両試験地とも標高600mのほぼ平坦な場所である。105林班へ小班ではほぼ100%の穴状風倒地と、その周囲の残存林分を試験地とし穴状の風倒地の中に150×150mのトラップを設置する試験区を設け、この周囲の風倒木は除去した。この試験区に続く残存林分に150×300mの残存林分調査区を設け(図-1)、この試験地をフェロモンラップの配置状態から格子状試験地と称した。試験区

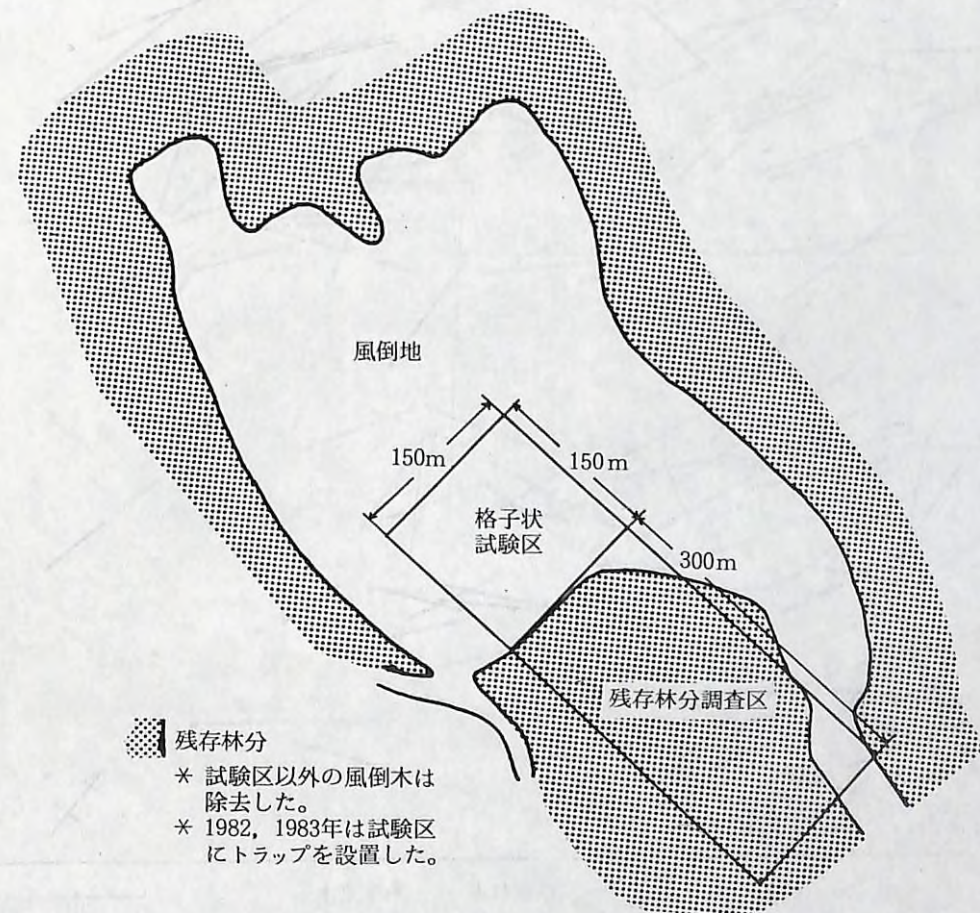


図-1 格子状試験地の概略図

内の風倒率を表-1に、試験区内の風倒木の位置を図-2に示した。残存林分調査区の立木と倒木(1983年春の風による)の位置図は後出(図-12)。風倒木の胸高直径分布を図-3に示した。

表-1 格子状試験区の風倒率

エゾマツ・アカエゾマツ(本)				風倒率
幹折木	根倒木	生立木	計	
49	90	6	145	96%

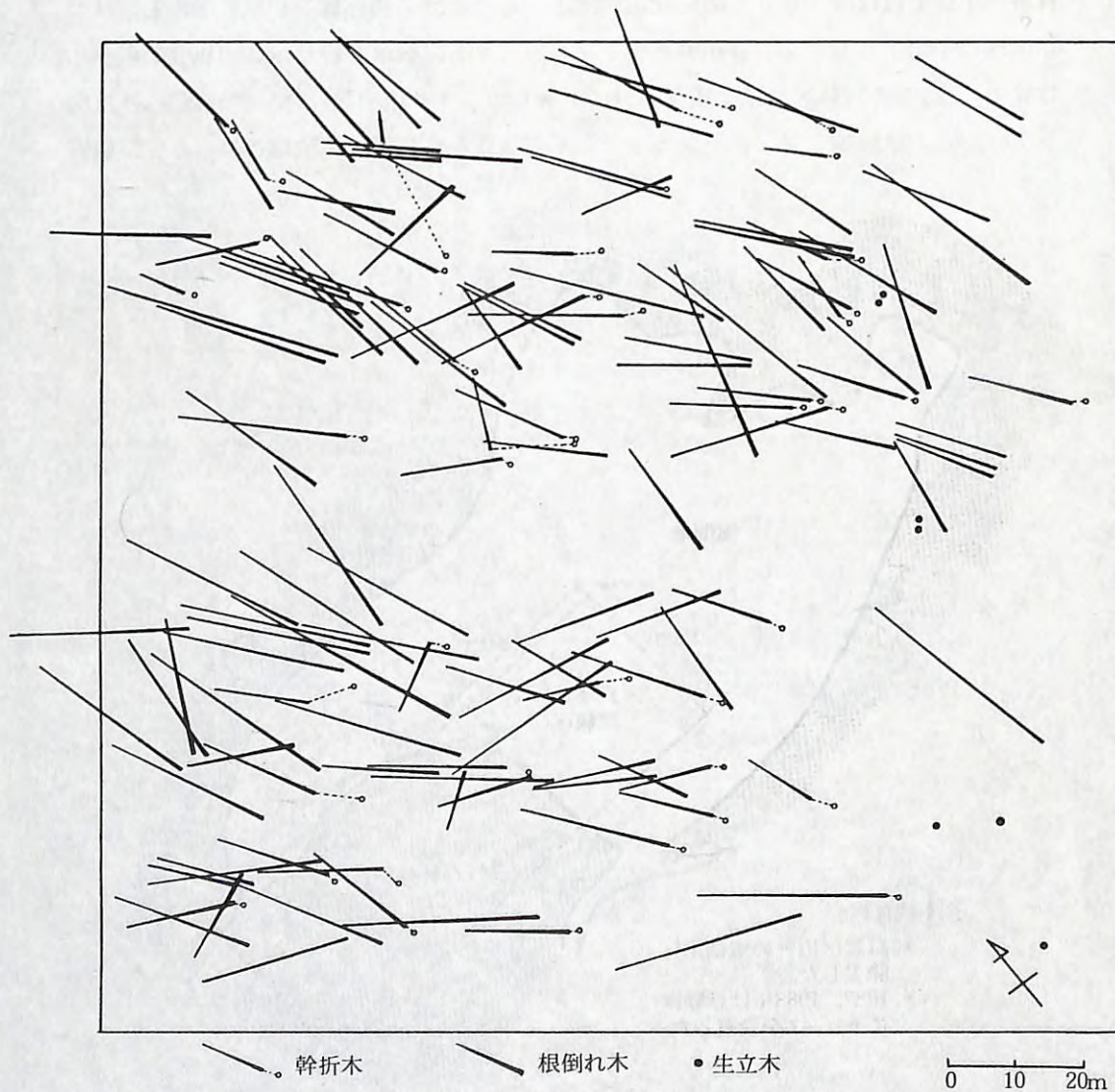


図-2 格子状試験区の風倒木・生立木位置図

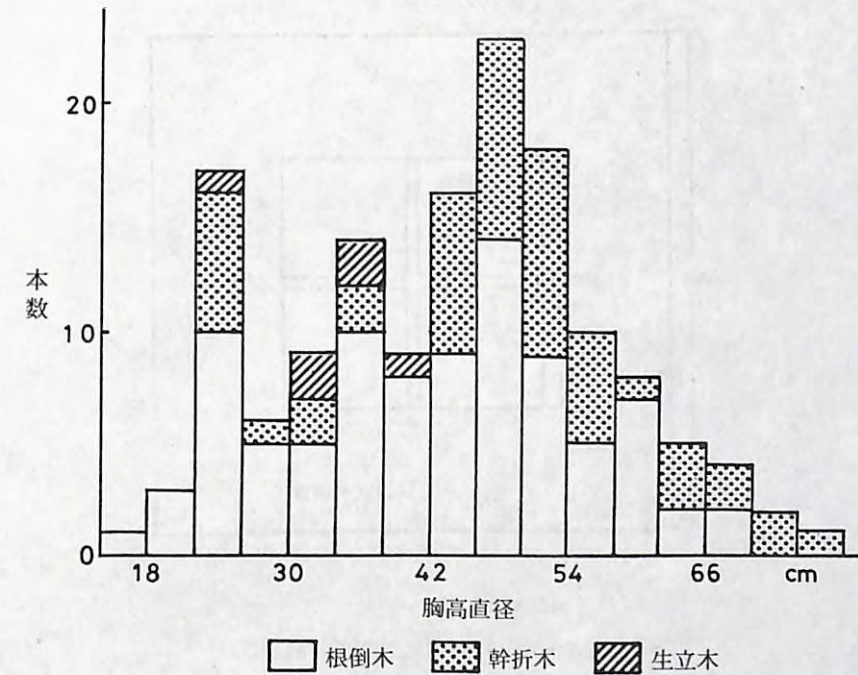


図-3 格子状試験区の風倒木・生立木の胸高直径分布

105林班ほ小班では、ほぼ50%の風倒率の風倒地の林分内に100×100mの試験区を設け、その周囲200×200mを含めて残存立木調査地とした。ここでも格子状試験地と同様に100×100mの試験区外の風倒木は除去した。この試験地をフェロモントラップの配置状態から十字型試験地と称した(図-4)。試験区内の風倒率を表-2に、試験区の風倒木および生立木(1983年春の風による倒木を含む)の位置図を図-5に示した。試験区内の風倒木と生立木の胸高直径分布を図-6に示した。

表-2 十字型試験区の風倒率

エゾマツ(本)				風倒率
幹折木	根倒木	生立木	計	
47	29	64	140	54%

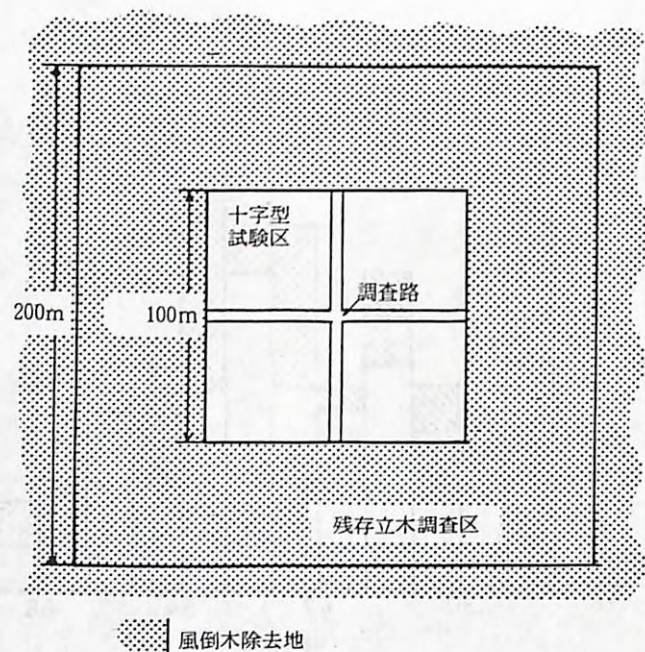


図-4 十字型試験地の概略図

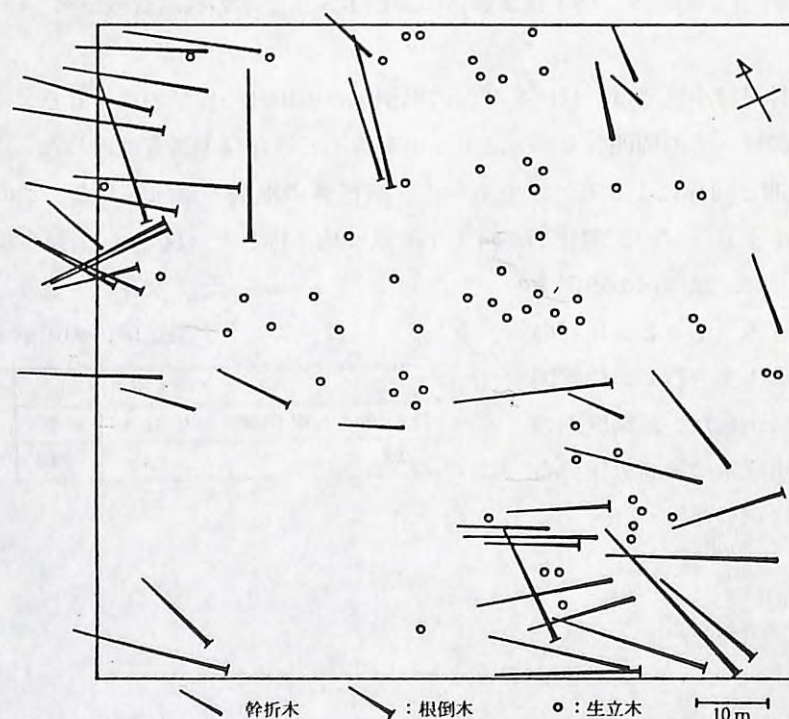


図-5 十字型試験区の風倒木・生立木位置図

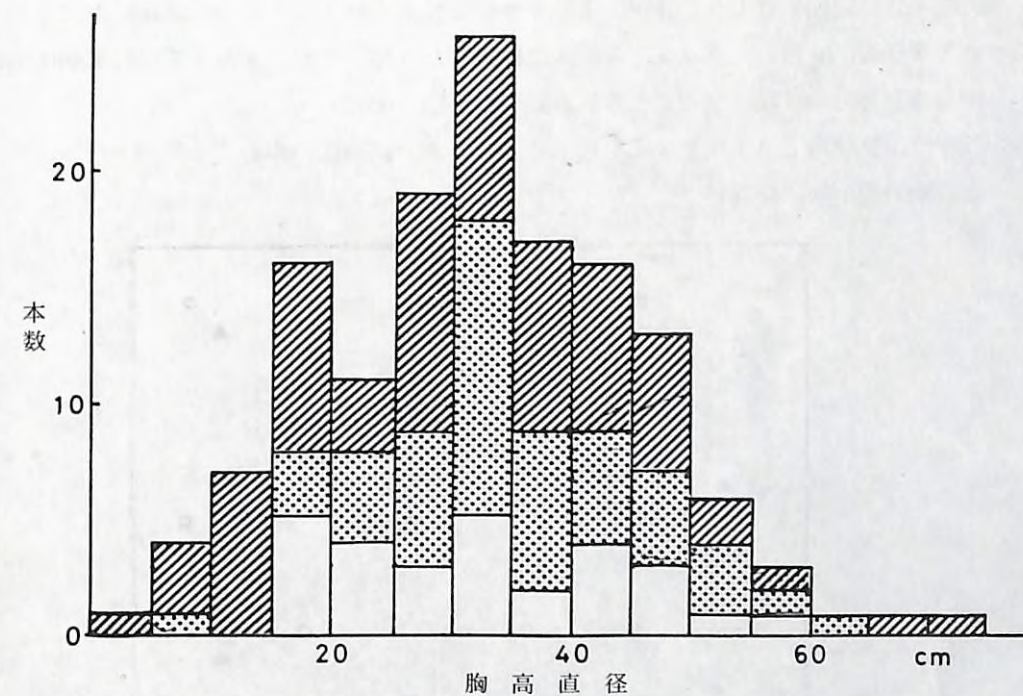


図-6 十字型試験区の風倒木・生立木の胸高直径分布

3. フェロモン剤およびフェロモントラップ

使用したフェロモン剤はノルウェーBORREGAARD社の商品名IPSLUREである。主成分は

metybutenol	1 5 0 0 mg
cis-verbenol	7 0 mg
ipsdienol	1 5 mg

である。このフェロモン試験用薬剤には2種の担体（ディスペンザー）がある。1つは40×60mmのマットにフェロモンをしみこませこれをビニール袋で封入したもので、もう1つは2.4cm×1mの帯状の軟質プラスチックにフェロモンをしみこませたものである。

トラップはフェロモン剤と同じ会社のTrap 1979と称されているものを使用した。しかし、1982年春にはこのトラップの輸入が間に合わなかったため日本で試作したものを使用した。格子状試験地では1982年7月以降はtrap 1979を使用した。十字型試験地では4本のうちの2本はtrap 1979、2本は日本製のものを使用した。トラップ設置位置、個数

格子状試験地では1982年, 1983年には150×150cmの試験区内にそれぞれ18個及び8個のトラップを等間隔に設置した(図-7)。1984年には風倒地の周囲の残存林分の林縁に沿って16個設置した(図-19)。

十字型試験地では1982年から1984年まで試験区の中心に4個のトラップを2m間隔で集中的に設置した。

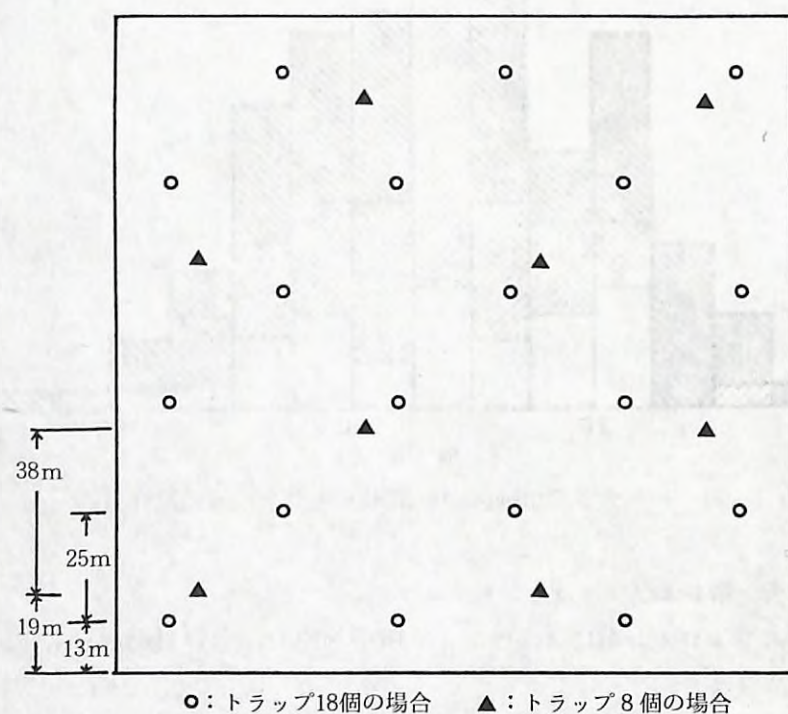


図-7 格子状試験区のトラップの配置

4. 1982年5月～7月の誘引試験

格子状試験地

18個のトラップによって成虫を捕獲し, また風倒木に穿入した虫数をサンプリングによって推定して, その比率で捕獲(誘引)率を求めた。この試験地では5月18日の試験地設定時にすでにかんりの穿入孔がみられた。これは5月9日～11日に日最高気温が20℃をこえたために一部の成虫が穿入したものと思われた。

誘引経過: 表-3でトラップに入ったヤツバキクイムシ数を回収日毎に示した。フェロモン剤は5月20日に最初に設置し, 5月27日に新しいものと交換した。No.7のトラップで5月27日以後捕獲数が0なのは, 交換の際新しいフェロモン剤をセットし忘れたためである。7月13日と7月26日回収分については捕獲頭数が多いことから雌

表-3 5～7月の格子状試験地での誘引経過

トラップ No.	5月25日		26日		27日		28日 AM		28日 PM3時		～7月13日	～7月26日
	雄	雌	雄	雌	雄	雌	雄	雌	雄	雌	雄+雌	雄+雌
1	0	1	0	0	0	2	0	13	1	11	546	10
2	0	1	0	0	0	1	0	36	0	12	16	0
3	0	0	0	0	3	27	0	15	0	2	1395	362
4	0	0	0	0	0	0	2	54	0	3	197	238
5	0	0	0	0	0	1	0	12	0	2	804	15
6	0	0	0	0	0	1	1	25	0	2	1284	5
7	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
8	0	0	0	1	0	6	0	30	0	4	138	0
9	0	0	0	0	0	33	0	32	0	8	135	8
10	0	0	0	0	0	0	0	17	0	2	519	0
11	0	1	0	0	0	0	0	24	0	2	517	4
12	0	0	0	0	0	0	0	23	0	1	621	1
13	0	1	0	0	0	0	0	21	0	0	466	2
14	0	0	0	4	0	3	1	23	0	1	273	27
15	0	0	0	0	0	0	1	18	0	1	473	0
16	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	265	0
17	0	0	0	4	0	0	1	18	0	0	397	0
18	0	0	0	0	0	0	0	16	0	0	606	0
計	0	4	0	9	3	76	6	387	1	51	8652	672

雄の区別をしなかった。

穿入虫数の推定: 41本のエゾマツ幹折木の樹幹上に各々1ヶ所の穿入孔調査わく(20cm×1m)を設け, 5月24日～28日の毎日と7月26日に新しい穿入孔数を計数した。

穿入虫数の推定には次の5つの仮定および推定を用いた。

1. 樹高は胸高直径から次式で推定した。
2. 表面積の算出に際しては, 樹幹は三角すいであると仮定した。
3. 幹回りの寄生率の違いはサンプリング調査の結果を利用して, 各調査わく毎にその位置での寄生密度の重みをつけて推定した。
4. 幹上下での寄生密度の差はないものと仮定した。
5. ヤツバキクイムシでは1穿入孔に1雄と2雌が穿入するのが普通なので穿入孔数の3倍を穿入虫数とした。

以上の仮定・推定のもとに, 各々の幹折れ木の穿入虫数を次式で推定した。

$$1本の木の穿入虫数 = \left(\frac{1}{6} \times \frac{100}{P_x} \right) \times (穿入孔数 / 0.2 \text{ m}^2) \times \text{表面積} \times 3$$

P_x : 調査わくの位置する幹回り位置での寄生割合(%)

エゾマツ幹折木については5月24日～28日の毎日と7月26日にサンプリング調査を行ったが, その他の風倒木については5月24日と7月26日に穿入孔の有無の調査を行ったのみなので, これらの木の穿入虫数の推定は各推定日の穿入面積と穿入密度

がエゾマツ幹折木と同様に推移したものとして計算した（表-4）。この寄生面積と穿入虫密度から穿入虫数を推定し誘引率を算出した（表-5）。5月25日から28日までの平均の誘引率は0.43%であった。

表-4 格子状試験区でのエゾマツ根倒木とアカエゾマツ倒木の穿入面積の推定

調査日		～5月24日	25日	26日	27日	28日	29日～7月26日
寄生面積(m ²)	エゾマツ幹折木	450.5	450.5	464.0	576.3	591.3	629.1
	エゾマツ根倒木 +アカエゾマツ	894.7	894.7	934.1	1264.3	1308.3	1419.9
穿入虫数/m ²	エゾマツ幹折木	40.666	0.255	1.541	21.477	37.485	78.209

下線の数値は推定値

表-5 格子状試験区での調査日毎の推定穿入虫数と誘引率

調査日		～5月24日	25日	26日	27日	28日	29日～7月26日
穿入虫数 ※		138	1	2	79	129	315
推定穿入虫数	エゾマツ幹折木	18320	115	715	12377	22165	45072
	エゾマツ根倒木 +アカエゾマツ	36384	228	1439	27153	49042	111096
	計	54704	343	2154	39530	71207	156168
誘引虫数		—	4	9	79	393	9376
誘引率(%)		—	1.2	0.42	0.20	0.55	5.7

※ (0.2m² / 1 幹折木) × 41本

十字型試験地

試験区の中心にフェロモントラップを設置し、十字方向の調査路に餌木を5m間隔で並べてフェロモン剤と餌木・風倒木との競合を調査した。

誘引経過：表-6にトラップに入ったヤツバキクイムシ数を回収日毎に示した。5月

表-6 5～7月の十字型試験地での誘引経過

フェロモン トラップ	設置日	5月26日		27日		28日		7月13日	26日
		雄	雌	雄	雌	雄	雌	雄+雌	雄+雌
A	5月20日	0	10	0	20	0	0	1	0
B	"	0	6	0	8	0	1	0	0
C	" 25日	0	4	1	3	0	0	36	8
D	" 28日	—	—	—	—	—	—	372	11
計		20		32		1		409	19

29日以後実質2基のフェロモン剤に誘引が集中している。これは他の2基のフェロモン剤の設置方法を誤ったためである。

餌木への穿入：5月26日～28日と5月29日～7月30日の餌木への穿入孔数を図-8に示した。フェロモン剤が設置されている中心から5mと10mにおかれた餌木に穿入が集中している。また7月30日調査のN調査路に穿入孔数のきわめて多い餌木があった。この餌木には高い誘引力があったものと思われるが、その原因は不明である。

誘引率：5月26日～28日については餌木への穿入虫数から単位面積あたりの穿入虫数を計算し、風倒木でも同様の密度で穿入したと仮定し総穿入虫数を推定し誘引率を算出した。

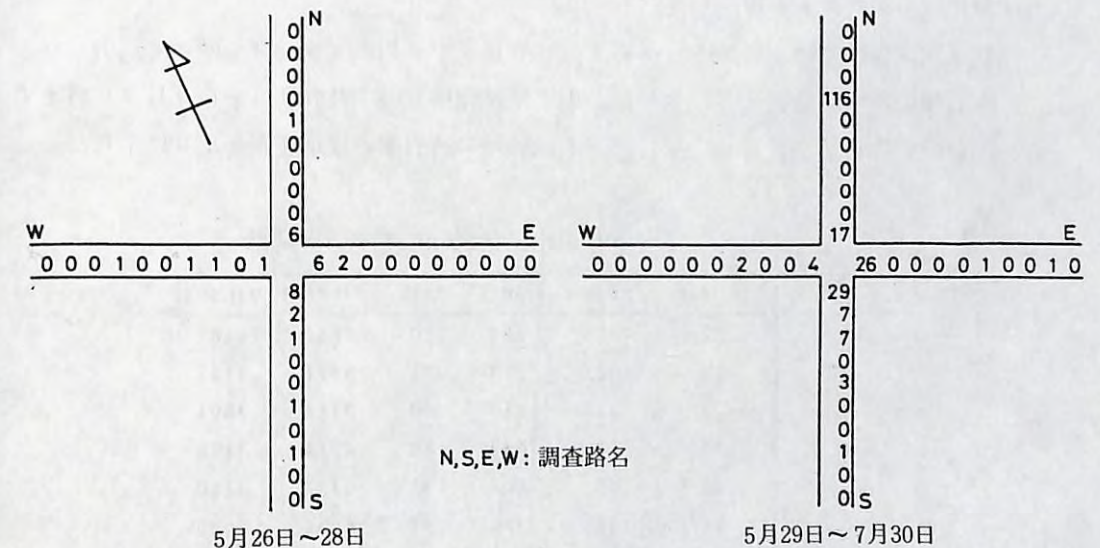


図-8 十字型試験区の餌木への穿入孔数

5月29日～7月30日については上記と同じ計算法の外に、7月28日～29日に試験区内の寄生を確認した風倒木について20×50cmの樹幹上の区画内の穿入孔数を調査し、格子状試験区と同じ計算法で穿入虫数を推定した（計算法2）。この2つの計算法の間には推定穿入虫数に大きな差はなかった（表-7）。

表-7 5～7月の十字型試験地での誘引率の率定

月 日	餌木穿入虫数	推定 風倒木穿入虫数	誘引虫数	合計	誘引率(%)
5月26～28日	96	1.6789	1519	1668	3.4
5月29日 計算法1	642	11.228	10159	11229	3.8
7月30日 2	642	—	7749	8819	4.9

5. 1982年7月～9月の誘引試験

この時期の誘引は再寄生の成虫と第1世代の成虫が誘引の対象となった。再寄生の成虫と第1世代の成虫では、この体色が多少異なるが、これを正確に区別することはできないので、捕獲虫を選別することはしなかった。7月30日の誘引虫の中に赤褐色の成虫が混ったことから、この時期に第1世代の飛しょうが始まったものとして、8月1日から9月30日までに誘引された成虫を第1世代成虫とみなした。第1世代成虫は一部が脱出飛しょうし、残りは繁殖場所の近くでそのまま越冬に入るので、9月29、30日に脱出孔の調査を行った。その結果、脱出孔の割合は31%であった。繁殖率(子虫数1母孔)は山口・小泉1956のデータから30とした。これらの数値を利用して第1世代成虫の誘引率を算出した。

格子状試験地では7月28日から9月30日まで8個のトラップを使って誘引した。回収日毎の誘引数を表-8に示した。十字型試験地での7月30日から9月30日までの回収日の捕獲数を表-9に示した。両試験地の誘引率の推定を表-10に示した。

表-8 7～9月の格子状試験地での誘引経過

トラップNo.	7月28日	29日	30日	31日	8月18日	9月30日
1	22	207	708	180	7542	6187
2	40	113	379	61	5477	4137
3	7	21	113	60	3113	3201
4	36	113	243	59	2514	3165
5	25	69	693	133	6133	4460
6	21	105	485	84	6232	3129
7	27	61	327	77	4362	4029
8	6	90	432	79	5753	3885
計	184	779	3380	733	41126	32193

表-9 7～9月の十字型試験地での誘引経過

トラップNo.	7月30日	31日	8月18日	9月30日
A	43	26	1555	2133
B	16	5	428	548
C	29	10	811	963
D	17	6	574	519
計	105	47	3368	4163

表-10 第1世代成虫の誘引率の推定

試験地	越冬あけ成虫と再寄生(7月28日まで)				第1世代成虫(8月1日～9月30日)			誘引率(%)
	穿入虫数	母孔数	母孔数/母孔	子虫数/母孔	成虫数	脱出虫数	誘引虫数	
格子状試験地	324106	216070	96.3	30	6482120	2009457	73319	3.6
十字型試験地	11211	7474	39.5	30	224220	69508	7531	10.8

このほかマーク放虫法による誘引率の推定を行った。すなわちヤツバキクイムシ成虫にマークをつけて放虫し再び捕獲される率によって誘引率を推定した。格子状試験地では試験区の中に等間隔に放虫点(マークをつけた虫を放す場所)を設けて8ヶ所のトラップによって捕獲した。トラップと放虫点の配置を図-9に示した。十字型試験地では調査路の25m、50mの位置に放虫点を設け放虫し、中心のトラップで再捕獲を行った。放虫点の配置を図-10に示した。両試験地での再捕獲を表-11に示した。

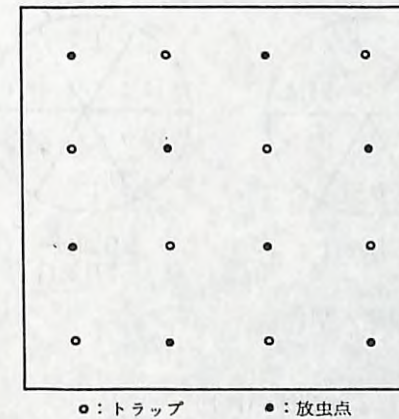


図-9 格子状試験区での放虫点の配置

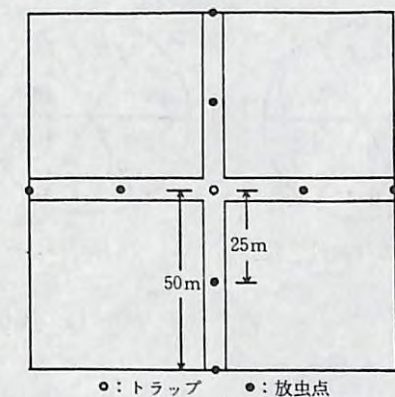


図-10 十字型試験区での放虫点の配置
(25m, 50mの場合)

表-11 マーク放虫法による誘引率

	放虫日	7月29日	30日		31日
	放虫時間	10:00 ～10:40	10:40 ～11:25	1:00 ～1:45	9:00 ～9:40
格子状試験地	マーク虫数	80	400	160	400
	放虫数	79	358	133	303
	再捕獲数	4	11	2	11
	誘引率(%)	5.1	3.1	1.5	3.6
十字型試験地	放虫時間	10:00 ～10:40	10:40 ～11:15	13:00 ～13:30	8:45 ～9:15
	マーク虫数	80	400	160	400
	放虫数	73	352	157	383
	再捕獲数	5	2	3	27
	誘引率	6.8	0.6	1.9	7.0

6. 1982年のその他の調査事項

風倒木周囲での穿入密度：風倒木では樹幹周りの位置によってヤツバキクイムシの穿入密度が異なる。すなわち直射光のあたる上部にはほとんど穿入せず、また下部にも穿入は少なかった。2本の根倒木の枝下部分5m～6mについて調査した結果を図-11に示した。

誘引されたヤツバキクイムシの性比：誘引された成虫を室内で解剖によって性比を調査した結果、いちじるしく雌の方に偏っていた。この傾向は5月から9月まで同様であった。風倒木丸太から脱出した成虫を調査した結果では性比は1：1であることから、雌の方が多く誘引されていることは明らかである（表-12）。

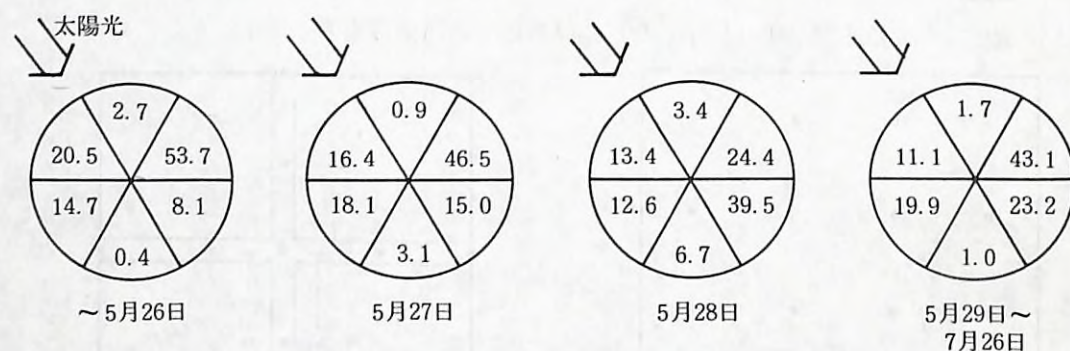


図-11 風倒木幹回りでの穿入割合

表-12 1982年の誘引個体と未飛しょう個体の性比

	回収日	雄	雌	比（雄=1）	備考
越冬あけ成虫	5月28日	1	52	1 : 52	十字型試験地
再寄生	7月31日	13	94	1 : 7	
第1世代成虫	8月18日	7	93	1 : 13	
〃	9月30日	6	94	1 : 16	
第1世代成虫の脱出個体	8月5日	52	48	1 : 1	格子状試験地の丸太から

7. 1983年春の誘引試験

1983年3月12日、13日の強風によって、格子状試験地の残存林分と周辺林分、さらに十字型試験地では全域に新しく風倒が発生した。この風倒木を1981年の風倒によるものと区別するために「新風倒木」と称する。この新風倒木は格子状試験地で28本、十字型試験地で13本であった。この数字は格子状試験地では150×300mの

残存林分について、十字型試験地では200×200mの範囲について調べたものである。格子状試験地の残存林分調査区の立木等の位置図を図-12に、十字型試験地のそれを図-13に示した。

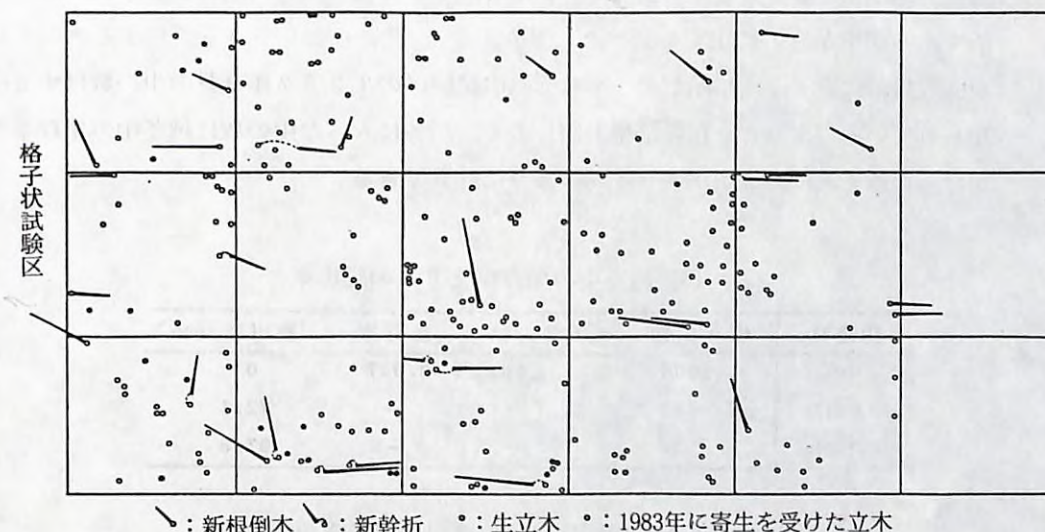


図-12 格子状試験地の残存林分の立木等位置図

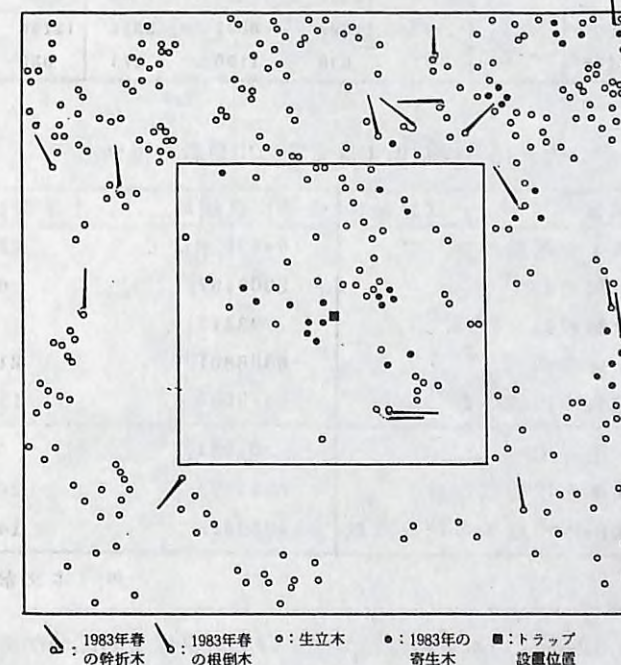


図-13 十字型試験地の立木等の位置図

フェロモントラップおよびフェロモン剤の設置を4月27日に行った。また、この日に格子状試験区の風倒木6本の側面から20×50cmの樹皮を剥ぎ、この中で越冬している成虫を調査し冬期の死亡率および生息密度を求めた。その後5月24日、30日にも同一木から20×50cmの樹皮を剥いでそれぞれの日の生息密度の調査を行い越冬場所である樹皮からの脱出率を調べた(表-13)。フェロモントラップによる誘引虫数を回収日毎に表-14に示した。それぞれの試験区の1982年9月の虫の数はすでに知られている(1982年の結果参照)ので、越冬に入った虫の数に越冬中の生存率をかけると越冬あけの成虫が表-15のように計算できる。

表-13 越冬中の生存率と5月の脱出率

調査日	生存虫数	死亡虫数	生存率	脱出率(%)
4月27日	1006	56	0.947	0
5月24日	281	—	—	72.1
5月30日	22	—	—	97.8

表-14 5月の回収日毎の誘引虫数(総捕獲数)

試験区	回収日		5月29日				5月30日		計
	5月24日	5月28日	9:00	12:00	14:30	17:00	9:00	17:00	
格子状試験区	30900	223	2342	11629	8891	2354	12156	4301	72555
十字型試験区	2188	—	45	538	1190	273	880	586	5700

表-15 1983年4月までの生息数の推移

項目		試験地	格子状試験地	十字型試験地
1982年 9月	第1世代成虫数		6482120	224220
	脱出数		2009457	69508
	誘殺数		93319	7531
	総越冬数		6388801	216689
	風倒木内越冬数※		4472663	154712
1983年 4月	生存率		0.947	0.947
	越冬あけ総成虫数		6050195	205204
	風倒木内越冬あけ成虫数		4235612	146512

※ 本文参照

この値を求める過程では多くの仮定や過去のデータによる部分があることから、現実の試験区内の生息数なのか否か疑問がもたれる。本来なら、ここで大規模なサンプリング調査を行い越冬あけ成虫の生息数を知ればよいわけであるが、労力とのかねあいもあり、簡単な調査によって上述の数値に大きな誤りのないことを以下の手順で確かめるにとどめる。

表-13に示した4月27日のサンプリング調査の越冬あけ成虫密度を利用して生息数を推定すると表-16のようになる。表-15の風倒木内越冬あけ成虫数とこのサンプリング調査での推定値との差は20%弱のもので、今まで行ってきた計算が大幅にまちがったものではないことを示している。なお風倒木内越冬成虫(や越冬あけ成虫)とは羽化後樹皮から脱出せずに風倒木内で越冬した成虫のこと。いったん脱出した成虫もまた風倒木内で越冬孔を新しくつくって越冬するが、サンプリング調査ではこの越冬孔については調査していない。

表-16 1983年4月の風倒木のサンプリング調査による越冬あけ成虫の生息数

項目	試験区	格子状試験区	十字型試験区
m ² あたりの越冬あけ成虫		1677	687.2
1982年9月の寄生面積		2049.5	182.5
風倒木内越冬あけ成虫数		3437012	125414
前表の風倒木内越冬あけ成虫数との差		-798600(-19%)	-21098(-14%)

※ 寄生面積：寄生された木の表面積×寄生された木の本数
 ※※ 十字型試験区のm²当りの越冬あけ成虫は、昨年(1982年)の格子状試験と十字型試験区の比率により推定した。

以上の調査から1983年5月30日までの誘引率の推定を行うと表-17となる。この計算では脱出時の性比を1:1とし、誘引された虫の性比は平均的に10.8:1(雌:雄)とした。新風倒木、生立木への寄生数についてはサンプリング調査を行い、

表-17 越冬あけ成虫の誘引率と寄生数

項目	試験地			格子状試験地			十字型試験地		
	計	雌	雄	計	雌	雄	計	雌	雄
脱出数	5917091	2958545	2958546	200690	100345	100345			
誘引数	72796	61058	11738	5700	5251	485			
誘引率	1.2	2.1	0.4	2.8	5.2	0.5			
(新風倒木 生立木)寄生数	4693994	2953533	1740461	149991	91882	58102			
行方不明	1150301	—	56046	1206347	44999	3248	41751		

寄生密度を調査して、これに寄生面積をかけることによって算出した。格子状試験地の残存林分調査区の南東側の端50mは風倒地で立木等がなかった。この残存林分で、新風倒木と生立木の寄生調査およびサンプリングによる寄生密度調査を行った。十字型試験地では100×100mの試験区を含め、その外側200×200mについて格子状試験地と同様の調査を行った。寄生密度の調査結果を表-18に示した。寄生性比は新風倒木では1:2(雄:雌)、生立木ではサンプリング調査の結果から1:0.526(雄:雌)とした。

表-18 1983年5月30日までの穿入密度

試験地 寄生木	格子状試験地		十字型試験地	
	穿入孔数/㎡	サンプル数	穿入孔数/㎡	サンプル数
新風倒木	561.1	12	305.2	20
生立木	320.0	7	127.1	13

すでに述べたように両試験地とも試験区周囲の風倒木は除去されている。ただし、直径28cm以下の樹幹梢頭部が残っていたが、これらについては誤差の範囲にあると判断したので、生息していると計算されている虫はすべて試験区内に生息していたものとしてあつかった。

格子状試験地では試験区内の生立木は少なく周囲を残存林分で囲まれているので、試験区内の成虫は越冬あけ後、周辺林分にその大部分が移り新風倒木と生立木に寄生したと考えられる。この周辺林分全域について調査することは労力的に困難なことから残存林分調査区と同様の寄生が周囲にもおよんでいると考えて残存林分調査区の新風倒木・生立木への寄生数の10.28倍を総寄生数とした(図-14)。

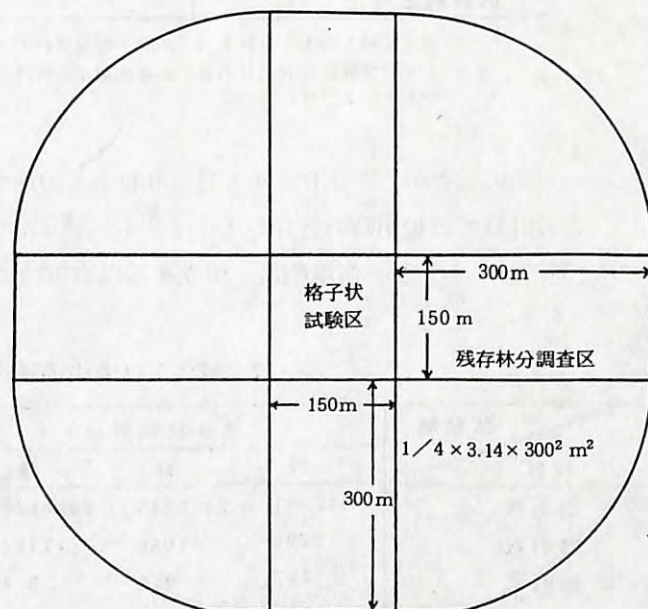


図-14 格子状試験区から飛んだ成虫が寄生したとみた周辺林分の仮想範囲

今回の新風倒木の場合、倒木の幹回りでの穿入孔密度の差はみられなかったもので、既述のような幹回りでの計算上の考慮はしなかった。また生立木では方位による寄生の差は見られなかった。

雌の総脱出数のうち行方不明と判断されたものの割合は格子状試験地では-1.8%、十字型試験地では3.2%にすぎず、両試験地とも試験区から脱出した成虫のほとんどが今回調査した範囲の新風倒木と生立木に寄生するか、誘引器で捕獲されたとみられる。雄の行方不明の部分については死亡によるものか移出によるものかまったくわからない。

8. 1983年夏の誘引試験

6月からは一部の日を除いて18個のトラップを設置した。フェロモン剤は7月21日と8月9日にとり換えた。6~9月の誘引数、寄生数等の集計結果を表-19に示し

表-19 6~9月の誘引率

項目	試験地	格子状試験地			十字型試験地			備考
		計	雌	雄	計	雌	雄	
4~5月の新風倒木・生立木寄生数(A)		4797262	3018511	1778751	153291	93911	59380	越冬あけ成虫が全部脱出したとして換算
6~9月の誘引数(B)		524281	465299	58982	139012	123373	15639	
誘引率 I (%)		10.9	15.4	3.3	90.7	131.4	26.3	(B/A) × 100
6~9月の新風倒木・生立木寄生数(C)		2116498	1089022	1027476	194653	82127	112526	再寄生による
誘引率 II (%)		19.9	29.9	5.4	41.7	60.0	12.2	
行方不明		2156483	1464190	692293	-180374	-111589	-68785	-: 移入

た。5月30日には97.8%の脱出率であったことから、その後2.2%の脱出・寄生と誘引があったとして示した。6~9月の寄生数の推定には表-20の寄生密度を使用した。

表-20 6~9月の穿入数推定に使用した穿入密度

寄生対象木	試験地	格子状試験地		十字型試験地	
		穿入孔数/㎡	サンプル数	穿入孔数/㎡	サンプル数
新風倒木	5月までに寄生	(9.6)	—	(9.6)	—
	6月以後 "	(570.7)	—	(305.2)	—
生立木	5月まで "	107.3	7	(42.6)	—
	6月以後 "	277.5	8	277.7	9

() は5月のデータを使用

格子状試験地の残存林分調査区の調査から、4~5月の推定と同様に図-14の範囲

の周辺林分の寄生数を推定すると再寄生個体は誘引数を含めても越冬あけ成虫の55%にすぎないことになった。すなわち45%のものがこの周辺林分からさらに外に出たものと考えられる。これに対して十字型試験区では越冬あけ成虫数の調査と同じ区域内に越冬あけの成虫の約2倍の再寄生固体がいることとなった。この原因は、十字型試験区と格子状試験区の間が400m程度しか離れていないことから、格子状試験地から十字型試験地へ移入があったためではないかと考えられた。

このように移入・移出が考えられることから、フェロモントラップによる誘引率は2つの計算方法をとった(表-19)。状況をより正確に示しているのは格子状試験地では誘引率I、十字型試験地では誘引率IIであると思われる。

以上のような移出入の可能性は、両試験区のフェロモントラップへの誘引経過にもみられ、トラップあたりの誘引数は4~7月には格子状試験区の方が多かったが、8月以後は逆転し十字型試験区の方が多くなっている(表-21)。

表-21 6~9月の回収日毎の1トラップあたりの誘引数

試験区	回収日	VI.1	VII.21	VIII.10	VIII.12	VIII.13	IX.27
格子状試験区 (18トラップ)		7	10812	12136	1400	889	4826
十字型試験区 (4トラップ)		—	1931	11363	3635	2224	16738

9. 1983年のマーク放虫法による誘引率

1983年5月および7月の2度にわたりマーク放虫法による誘引率の調査を行った。誘引に関するより広い知見を得るため、前年行った方法以外にいくつかのことを試みた。前年には、フェロモントラップで一旦捕獲したものにマークし放虫したが、今回は、5月に樹皮内から採集した未飛しょうの個体にマークし放虫した。8月には、格子状試験区でトラップの数を従来使用してきた8個のほかに18個も使用しマーク放虫・再捕獲を試みた。また、十字型試験地では従来の50m位置の放虫点のほかに75m位置での放虫を試みた(図-15、

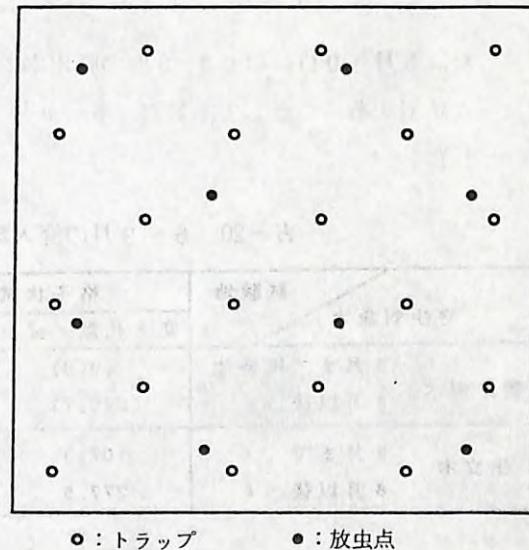


図-15 格子状試験区のトラップ数を18個としたときの放虫点との位置関係

16)。

5月には、格子状試験区では8個のトラップと8か所の放虫点を使った。十字型試験区では放虫点を25mと50mの配置とし、トラップは中心に4個を置いた。5月のマーク・放虫・再捕獲の結果を表-22に示した。未飛しょう個体の放虫を2回行ったが、両試験区ともフェロモントラップで捕獲し放虫した場合より低い誘引率であった。

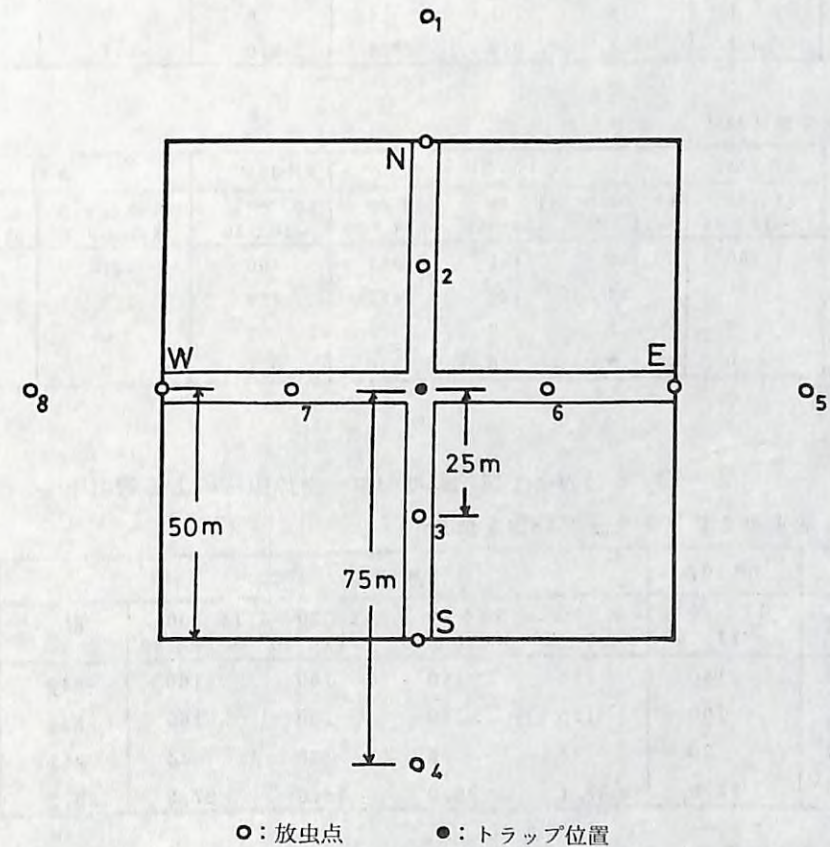


図-16 十字型試験地で放虫点の1つを75mとしたときの配置図

8月の格子状試験区の結果を表-23に示した。18個のトラップを使用した時の誘引率がかなり高くなっている。この理由は放虫点8個、トラップ18個としたので放虫点とトラップの最短距離が10mとなりこれら場所で誘引率が高くなったためである。

8月の十字型試験区の結果を表-24に示した。放虫点を25mと75mとした場合、25m、50mの場合より誘引率は低くなるが、その差はそれ程大きくはない。

表-22 5月のマーク放虫法による誘引率

格子状試験区							
調査日	5月27日	5月29日			5月30日	合計	
放虫時間	11:30 ~12:05	9:35 ~10:00	10:40 ~11:15	14:00 ~14:30	10:00 ~10:30	未飛しょう 個体(※)	トラップで 捕獲個体
マーク虫数	160※	165	157※	165	400	317	730
放虫数	143	41	155	165	396	298	602
再捕獲数	1	1	1	4	8	2	13
誘引率(%)	0.7	2.4	0.6	2.4	2.0	0.7	2.2

十字型試験区							
調査日	5月27日	5月29日			5月30日	合計	
放虫時間	11:30 ~12:00	10:00 ~11:00	11:15 ~11:50	14:00 ~14:30	10:00 ~10:30	未飛しょう 個体(※)	トラップで 捕獲個体
マーク虫数	160※	160	161※	167	400	321	727
放虫数	136	28	140	157	388	276	573
再捕獲数	0	1	0	1	2	0	4
誘引率(%)	0	3.6	0	0.6	0.4	0	0.7

表-23 8月の格子状試験地のマーク放虫法による誘引率

放虫点8個, トラップ18個を使用

調査日	8月10日	8月12日					合計
放虫時間	11:00 ~11:40	9:00 ~9:20	10:00 ~10:30	11:20 ~11:40	14:00 ~14:30	計	
マーク虫数	160	160	160	160	160	640	800
放虫数	160	155	160	160	160	635	795
再捕獲数	20	73	56	38	44	211	231
誘引率(%)	12.5	47.1	35.0	23.8	27.5	33.2	29.1

放虫点8個, トラップ8個を使用

調査日	8月13日			
放虫時間	9:20 ~9:40	11:50 ~12:20	15:00 ~15:20	計
マーク虫数	160	160	160	480
放虫数	160	160	160	480
再捕獲数	11	12	18	41
誘引率(%)	6.9	7.5	11.3	8.5

表-24 8月の十字型試験地のマーク放虫法による誘引率

25m, 50mで配置

調査日	8月10日	8月12日					合計
放虫時間	11:00 ~11:30	9:20 ~9:40	10:35 ~11:00	11:50 ~12:10	14:00 ~14:30	計	
マーク虫数	160	160	160	160	160	640	800
放虫数	144	160	160	159	160	639	783
再捕獲数	14	34	27	31	21	113	127
誘引率(%)	9.7	21.3	16.9	19.5	13.1	17.6	16.2

25m, 75mで配置

調査日	8月13日			
放虫時間	9:20 ~9:40	11:50 ~12:20	15:00 ~15:20	計
マーク虫数	160	160	160	480
放虫数	160	159	160	479
再捕獲数	25	24	23	72
誘引率(%)	15.6	15.1	14.4	15.0

10. 1983年の生立木への寄生

図-12, 13に示したように, 格子状試験地では30本の生立木が寄生を受け, その内9月の調査で枯れもしくは異常と判断されたものは14本であった。十字型試験地では, 試験区内で17本, 周辺林分で24本の生立木に寄生がみられた。図-17, 18に両試験地の立木と寄生された立木の直径分布を示した。

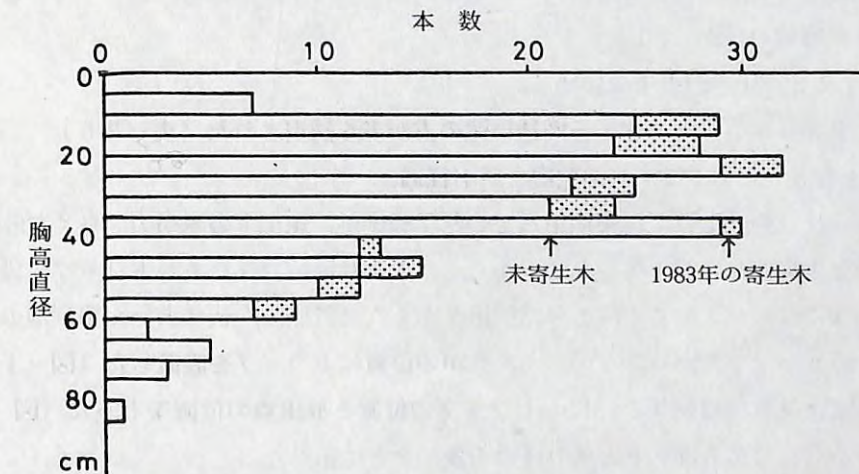


図-17 格子状試験地残存林分調査区の生立木の胸高直径分布

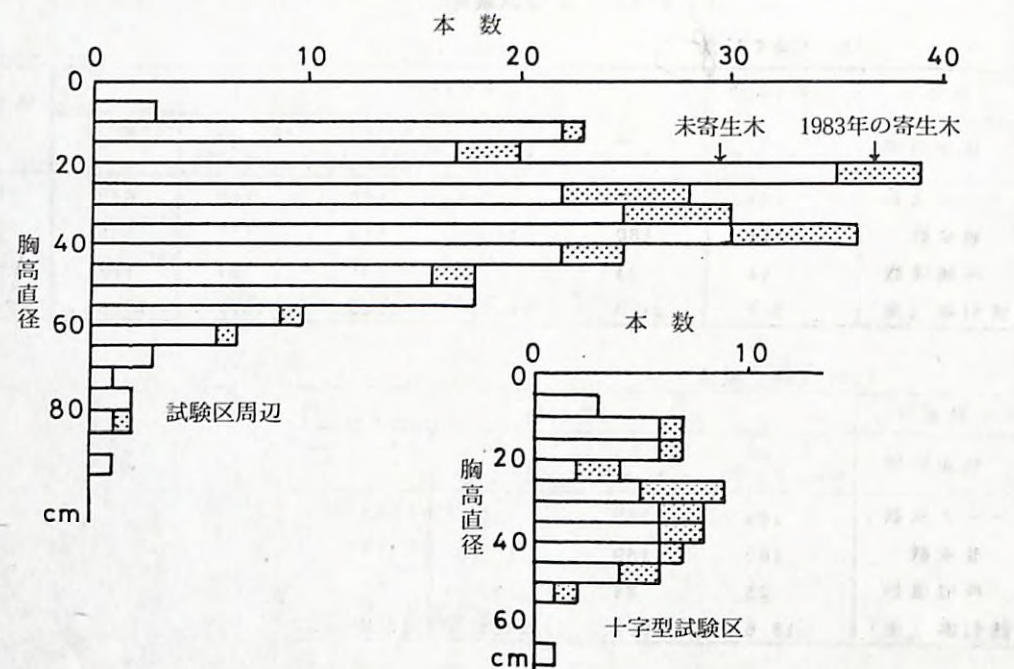


図-18 十字型試験地の生立木の胸高直径分布

一般に風倒でないときの生立木の枯れは直径の大きいものから始まるが、風倒の場合には図に示したように径級にかかわらず寄生されるのが特徴的である。今年は夏期に低温で経過したためか、寄生され枯れたと思われる立木でも針葉が変色せず、緑色のまま落葉しているものが多かった。これと同様の理由であろうが、トラップの近くの生立木への寄生も多かった。

11. 1983年の誘引虫の性比

1983年も1982年と同様に雌の方が多く誘引された(表-25)。

12. 1984年のトラップの配置と誘引経過

格子状試験地では、従来使用していた試験区が、風倒木の誘引力がなくなり、また成虫の発生源となくなったことから、この試験区にフェロモントラップを設置する意味がなくなった。そこで、この試験区をふくんだ外側の穴状にあいた風倒地の周辺に林縁から0m, 25m, 75m, 175mの位置にトラップを設置した(図-19)。

十字型試験区は前年と同様のトラップの位置と放虫点の位置をとった(図-16)。5月から9月27日までの誘引経過を表-26に示した。

表-25 1983年の誘引個体と未飛しょう個体の性比

採集日	誘引個体		未飛しょう個体		備考
	雌	雄	雌	雄	
V.24			127	138	
27			65	44	
29	671	129			格子状試験区
"	366	34			十字型試験区
VII.21	175	25			
VIII.9	94	6			
IX.27			111	96	
"	235	33			新成虫
"	87	13			
計	1628	240	303	278	



図-19 格子状試験地のフェロモントラップと放虫点配置の概略(中央の正方形の場所は1983年までトラップを設置していたところ)

表-26 1984年の誘引経過

試験地	回収日	~VI. 4	VI. 5	VI. 6	VI. 7	VII. 4	VII. 21	VIII. 6	VIII. 7	VIII. 8	VIII. 9	IX. 27
格子状試験地		67384	1680	5496	1418	64680	57089	58600	1234	1501	2725	10442
十字型試験地		16600	296	401	46	18400	40500	56600	744	1215	2907	3621

格子状試験地16個, 十字型試験地4個トラップの合計

13. 1984年春の誘引試験

フェロモントラップの設置を5月15~16日に行った。このとき、日陰部分にはまだ雪が残っていた。

それぞれの試験地の1983年9月に越冬に入った虫の数は知られている。前年はこれに越冬虫の越冬場所内での死亡を考慮して春の総虫数を推定したが、今年はこれに加えて鳥の捕食が起こった。鳥の捕食は立木のみでみられ、倒木ではまったくみられなかった。鳥によって捕食のあった立木は樹皮がはがれ木部が露出したことから明瞭に判断できる。そこで、この捕食による死亡率を調査するために、枯死立木の剥皮面積を観察によっておまかに測定した。格子状試験地残存林分と十字型試験地での鳥による剥皮割合はそれぞれ、27.8%と60.0%であった。この剥皮した部分に寄生していた虫はすべて捕食されるか、死亡したものと判断し、剥皮割合=捕食による死亡率とした。

1983年9月に越冬に入った虫の数から捕食による死亡とそれ以外の死亡を除いた数が、1984年春の越冬あけ成虫総数となる。計算経過を表-27に示した。6月7

表-27 1984年4月までの生息数の計算

年 月	項 目 \ 試験地	格子状試験地	十字型試験地
1983年	7月 立木に寄生した虫の数	1000008	147969
	風倒木に寄生した虫の数	1116490	46684
	立木での繁殖率	1.285	
	倒木での "	30	
	9月 立木で越冬に入った虫の数	442934	65540
	倒木で "	2233330	933690
	合 計	2676264	999230
1984年	4月 鳥類による捕食率(死亡率)	0.28	0.60
	鳥類以外の死亡率	0.947	
	立木での越冬あけ成虫数	302006	24827
	倒木での "	2114966	884204
	越冬あけ総成虫数	2416972	909031

日までに越冬あけ成虫がすべて脱出したと考えると、越冬あけ成虫の誘引率を計算した。

脱出虫の性比は雄:雌=1:1 誘引虫の性比は雄:雌=1:8.53とした。寄生数は、立木と倒木についてサンプリング調査を行った。穿入密度は立木で125/m²倒木で285/m²であった。立木への穿入虫の性比は前年の数値雄:雌=1:0.526を使用した。倒木での穿入虫の性比は雄:雌=1:2とした。格子状試験地の密度は残存林分調査区の調査の数値を前年と同様に10.28倍して周辺林分に対応させた。十字型試験区では200×200mの範囲の立木について寄生を調査した。以上の計算から、脱出虫数に対する誘引率、寄生数に対する誘引率等を算出したのが表-28である。行方不明の数がかなり多いが、この原因は、脱出数の推定がかなり過大に評価されているためと考えられる。すなわち、剥皮していない部分を鳥に捕食されなかったものとしたが、この剥皮していない部分は樹皮内に虫がいなかったために、鳥が捕食しなかったとも考えられ、生存虫はもっと少ない可能性がある。しかし、これについては実際に調査を行っていないので裏付けはない。

表-28 越冬あけ成虫の誘引率

項目 \ 試験地	格子状試験地			十字型試験地		
	計	雌	雄	計	雌	雄
脱出数	2416972	1208486	1208486	909031	454516	454516
誘引数	75978	66481	9497	17343	15484	1859
誘引率(%)	3.1	5.5	0.8	1.9	3.4	0.4
(風倒木) 寄生数	282237	178132	104105	31864	21243	10621
(立木) 寄生数	21.2	27.2	8.4	35.2	42.2	14.9
(寄生に 対する) 誘引率(%)	2058757	963873	1094884	859824	417789	442035
行方不明, () は割合	(85.2)			(94.6)		

4. 1984年夏の誘引試験

この年は6~9月がかなり暑く、樹皮内の子虫の成長が早かったため、定期調査を行った8月6~9日には再寄生と第1世代成虫とが混っていた。また第1世代の成虫も羽化が終了する時期になっていた(表-29)。

そこで、再寄生と第1世代をこみにして計算を行った。繁殖率(子虫数/母孔数)は7月24日に行った調査から立木で0.59、倒木で6.25とした。倒木における繁殖は前年、前々年と比べて極めて悪かった。これは夏の高温のせいかもしれない。8月9日の調査では格子状試験地の残存林分であらたな倒木が1本あり、寄生がみられた。生立木への穿入密度は107/m²であった。立木での寄生性比は雄1:雌0.526とした。誘引率の計算結果を表-29に示した。脱出数に対する誘引率は、15%、33%、

%, 寄生数に対する誘引率は26%, 70%とかなりよい誘引率を示している。雌についてだけみれば85.6%という高い数値が得られた。

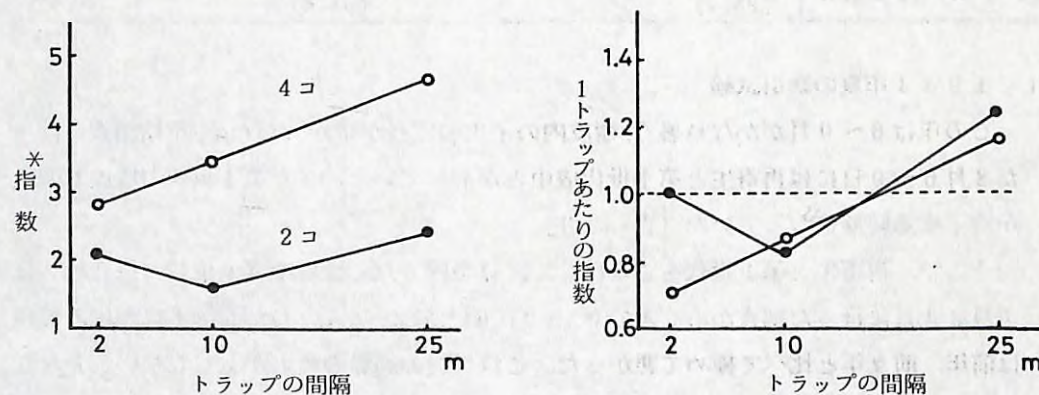
表-29 再寄生と第1世代成虫の誘引率

項目	試験地	格子状試験地			十字型試験地		
		計	雌	雄	計	雌	雄
脱出数		1328484	664242	664242	375638	187819	187819
誘引数		196271	175234	21037	123987	110698	13289
誘引率		14.8	26.4	3.2	33.1	58.9	7.1
(風倒木) 寄生数		532833	327562	205271	52250	18010	34240
V.6~VIII.9の誘引数		185829	165912	19917	120366	107465	12901
(寄生に 対する) 誘引率(%)		25.9	33.6	8.8	69.7	85.6	27.4
行方不明, () は割合		568540 (43.8)	146026 (22.5)	422514 (65.1)	199401 (53.1)	59111 (31.5)	140290 (74.7)

格子状試験地と十字型試験地で行方不明の割合がほぼ等しくなっており、前年のような極端な差がなくなっている。この原因は両者の生息密度が同じようになったため移動があっても相殺されたものと思われる。

15. トラップ密度とトラップ間隔試験

トラップの配置の最適密度および間隔を知るために格子状試験地で、トラップ各地点に1, 2, 4個のトラップを設置した。トラップ地点No.4, 6, 8に2個のトラップ, No.13, 14, 16に4個のトラップを設置した。No.4と16が2m間隔, No.6と14が10m間隔, No.8と13が25m間隔とした。調査期間は1984年8月10日~9月27日である。この結果を図-20に示した。



*: 1コ設置のトラップでの捕獲数を1としたときの指数

図-20 トラップの密度と間隔との関係

1個のトラップを配置したNo.2, 10, 11の捕獲数を1とした指数として表わすと, 2個の場合も4個の場合も1個の時より多くとれることは確実であるが1個あたりの捕獲数は, 2mと10m間隔では1個のときより少なく25mで約1.5倍となっている。1個と同等の捕獲数になるのは約16m程度の間隔のときである。トラップ間隔とトラップ1個あたり数との間には上限値があり, その値は1に近づく筈であるが25m間隔のとき, 1個あたりの捕獲数が, 1を越えている。この原因はトラップ位置間の距離が100mとなっているので, 他のトラップへ影響がおよんでいるためであると思われる。その裏付けとしては, フェロモン数が全体として増えたので誘引数が多少増えていること, 4個設置したNo.12~16側では間にはさまった, 1個のトラップの捕獲数が少なくなっていることなどがあげられる。

トラップ間隔と捕獲能率との関係を理想的に実験することは場所の均一等から不可能に近いと思われるので, 1回の試験ではあるが今回の試験程度で満足せざるを得なかった。

16. 1984年のマーク放虫法による誘引率

マーク放虫法は前年と同様で, 調査は1984年6月5日~7日と8月7日~10日の2回行った。格子状試験地ではトラップ配置の変更にともなって, 放虫点の位置を変えた。成虫の脱出が, 残存林分内で行われることから, 放虫点も林分内に設置した(図-19)。十字型試験地では前年と同様放虫点を25mと50m, 25mと75mの2つで試験した(図-16)。

十字型試験地では毎回, 各放虫点で20~50頭を放虫した。その結果, 6月には25m, 50m放虫点を使用したとき2.4~4.4%の再捕獲率となり, 25m, 75mの放虫点を使用したときには1.3%程度の数字となった。8月には25m, 50mの配置で0.6~4.3%, 25m, 75mの配置で5.6%となった(表-30)。これを

表-30 十字型試験地でのマーク法による誘引率

調査日	6月5日		6日※		7日	
放虫時間	14:00	15:00	9:00	12:00	9:00	12:00
マーク虫数	160	160	320	320	320	320
放虫数	159	152	296	320	296	320
再捕獲数	7	4	4	4	7	9
再捕獲率(%)	4.4	2.6	1.4	1.3	2.4	2.8

調査日	8月7日※	8日		9日	10日	
放虫時間	10:00	8:30	10:00	8:30	9:00	12:00
マーク虫数	160	320	168	401	400	323
放虫数	160	319	167	401	400	322
再捕獲数	9	8	1	14	16	14
再捕獲率(%)	5.6	2.5	0.6	3.5	4.0	4.3

※ 25mと75mの放虫点を使用した。

※ 放虫開始時間を示し, 終了までに40分を要した。

内側25mの放虫点と外側

50m, 75mの放虫点で

分けて再捕獲率を比較する

と表-31のようになる。

25mと50mでは差はあ

まり大きくないが、75m

では50mに比べて再捕獲

率が著しく低下している。

格子状試験地でも十字型試験地と同時に放虫を行った。放虫点毎の再捕獲率を示したのが表-32である。林縁からの距離が0mと25mでは再捕獲率はそう変わらないが、75mと175mではかなり低くなっている。75mと175mとは大きな差はない。再捕獲されたマーク虫の軌跡をみると(図-21)。近いトラップにより多く入っている。

表-32 格子状試験地での放虫点毎の誘引率(再捕獲率)

調査日	放虫点	0m	25m	75m	175m	計
6月5日~7日	放虫数	203	220	414	430	1267
	再捕獲数	12	12	4	3	31
	再捕獲率(%)	5.9	5.5	1.0	0.7	2.4
8月7日~10日	放虫数	221	217	290	338	1066
	再捕獲数	9	7	3	2	21
	再捕獲率(%)	4.0	3.2	1.0	0.6	2.0

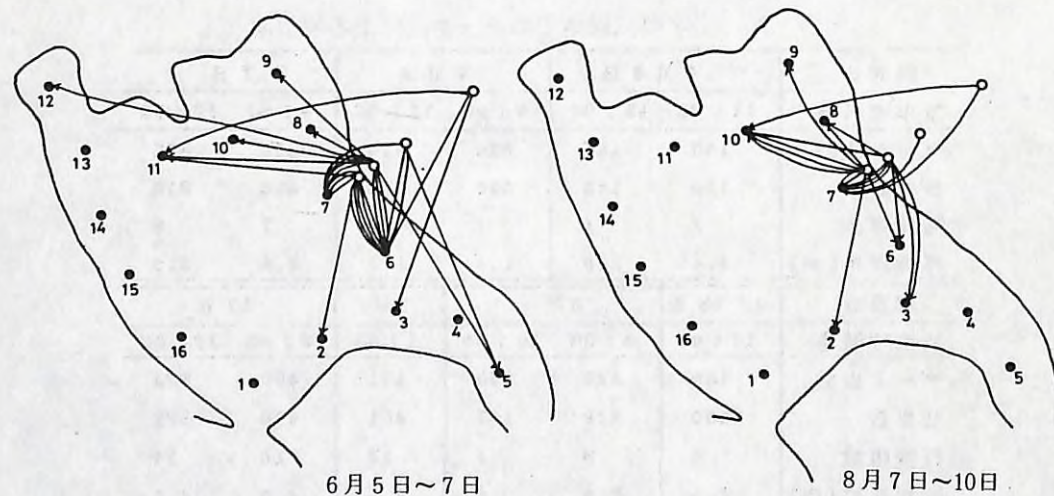


図-21 格子状試験地で林内から放したマーク虫の再捕獲の経路
(一本の線が一頭のマーク虫を表わしている)

IV ま と め

1. タイリクヤツバキクイムシフェロモン剤 Ipslure およびトラップは、日本のヤツバキクイムシに対しても充分有効であり、かなりの虫が誘引されることがわかった。
2. しかし、トラップを密に配置することにより虫の全体密度をかなり下げることが可能であると考えられるが、風倒直後のようにフェロモン剤の周辺に競合相手となる倒木が多くある場合には、倒木への寄生をさせない程の誘引力は認められなかった。
3. このことから、倒木等がなく、生立木への寄生が主の状態(例えば平常状態の天然林)で生立木と競合するといった関係になればこのフェロモン剤はかなり高い誘引率防除効果が期待される。今後、このような使用法についての検討を要する。
4. 問題点として、雌雄によって誘引率に差がある点があげられる。雄の誘引率を雌と同様にすることができればより大きな効果が期待されるので、フェロモン剤組成の改良などの検討も望まれる。