

卵寄生蜂を組み込んだキャベツの害虫の体系防除

—— 高度技術応用防除体系推進事業成果 ——

島根県農業試験場 村 井 保

はじめに

アブラナ科野菜を加害する害虫類の種類は多く、キャベツでは、周年栽培化によって薬剤抵抗性が発達したコナガの発生がもっとも大きな問題となっている。1970年代から有機リン系殺虫剤に対して、1983年からは合成ピレスロイド剤に対しても著しく抵抗性が発達した。また、近年昆虫発育制御剤（IGR）やBT剤などにも抵抗性が発達している例も報告されている。そのため、各種薬剤の効率的な利用方法が各地で検討されている。コナガに対しては性フェロモンによる交信攪乱法も実用化され、2、3の集団栽培地では利用されている。しかし、この性フェロモンはコナガにしか効果がないため、ヨトウムシ、アオムシなどの防除には薬剤の使用が必須となっている。コナガをはじめこれらキャベツの害虫の総合的害虫管理の観点から有効な防除技術の組合せによる防除可能性を検討することが必要である。また、天敵を組み込んだ技術の確立が環境保全型農業を推進するに当たって大きく期待されている。島根県では鱗翅目害虫の卵寄生蜂の増殖技術を確立し、その利用方法を検討し、さらに、コナガの性フェロモンや粒剤処理を組み合わせた防除体系を検討しているので、その概要を紹介するとともに今後の可能性についての話題提供としたい。

1. 卵寄生蜂の大量増殖と放飼方法

(1) 代換え餌としてのスジコナマダラメイガの増殖方法

卵寄生蜂類 *Trichogramma* sp. の代換え餌として用いたスジコナマダラメイガの卵は図1に示したような手順で得た。プラスチック容器（240×180×70 mm）にトウモロコシあっぺん約2～300 g とともに10～15 mg のスジコナマダラメイガ卵（400～600 卵）を均一に入れ、幼虫を飼育した。あっぺんの上に蛹化場所としてダンボール紙でできたセル（包装緩衝材ハニーコアー）を載せた。25℃で約40日で羽化成虫を得ることができ、羽化した成虫を掃除機を利用した吸虫器で回収し、篩を利用した採卵装置に入れる。

週に1回、10ケースのスジコナマダラメイガの飼育容器を作成すると、40日後から1日4万卵以上の卵を回収することが可能となっ

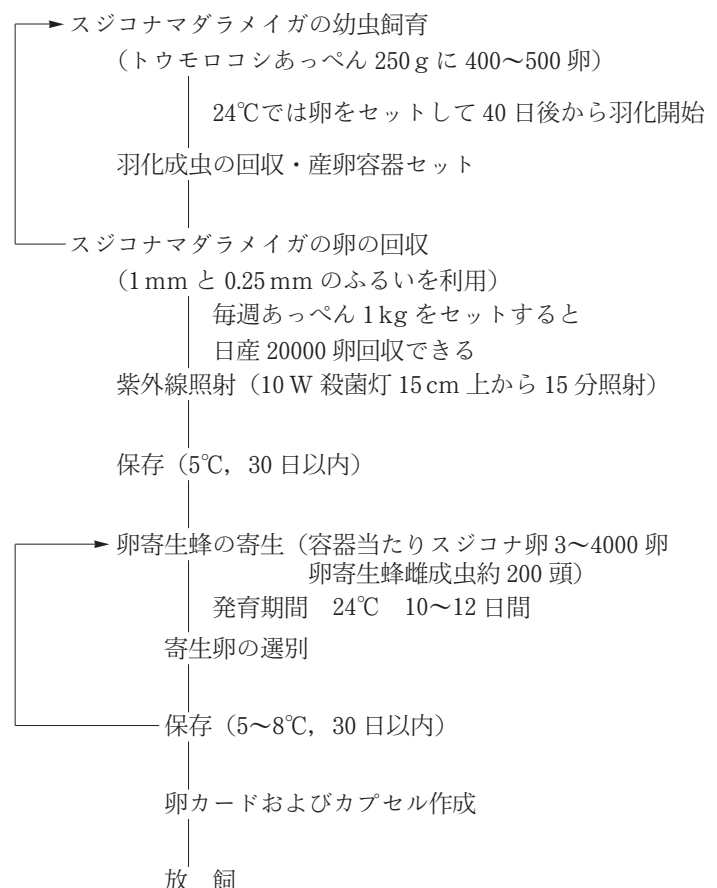


図1 スジコナマダラメイガと卵寄生蜂類の大量増殖手順

た。1日、一人で1時間の作業でこれらの作業を行うことができた。

(2) 卵カードの作成

回収したスジコナマダラメイガの卵は、卵寄生蜂に寄生された卵がふ化幼虫によって食害されないように紫外線処理し、ふ化を阻止した。この卵を修正テープにはりつけ卵カードを作成した。修正テープの粘着部分の面積を調節することによって卵の数を調節することができ、40 mm²で約200卵を貼り付けることができる。この卵は5℃で1カ月以上保存できるので、寄生蜂の大量増殖に供給が可能となり、寄生蜂探索のためのトラップとしても随時利用できる。

(3) 卵寄生蜂の放飼方法

寄生卵が付着した卵カードを直接作物の上に設置できるが、捕食性の天敵から守るためゼラチンカプセルにこのカードを入れた。カプセルの端に針穴を開けると、羽化した蜂のほとんどが脱出できた（表1）。

表1 ゼラチンカプセルからの卵寄生蜂の脱出

カプセルの種類	供試卵数	羽化数	脱出数	脱出率
透 明	73.8	62.8	58.8	93.3
赤	59.8	54.8	54.0	98.5

2. 卵寄生蜂を組み込んだキャベツの害虫防除体系

島根県松江市及び東出雲町に位置する中海干拓地の約40haに秋冬キャベツが栽培されている。その中に表2に示したような試験区を設けた。各試験区とも定植時にオンコル粒剤を株当たり1g施用した。コナガコンは9月22日に設置し、卵寄生蜂は9月29日、10月6日及び10月13日の3回10a当り約40000匹（卵カード400枚）放飼した。なお、卵寄生蜂は1992年8月島根県横田町でコナガ卵から羽化した寄生蜂を累代飼育し、スジコナマダラメイガを餌として大量飼育したものをを用いた。

9月中旬から11月末まで1週間毎に各種害虫の発生を調査した結果、コナガの発生は慣行防除区では10月下旬から増加し、11月下旬には株当たり約5匹となった（図2）。天敵放飼区及び減農薬区では収穫まで密度が非常に低く経過した。ヨトウガ幼虫の被害は慣行防除区と天敵区では認められなかった。アオムシは薬剤防除区で少なかった。ハスモンヨトウは対象区と天敵区で多かった。オオタバコガは各試験区で認

表2 試験圃場の耕種概要と薬剤散布状況

試験区	圃場面積	定植時期	薬 剤 散 布, 処 理
対 象 区	2a	8月26日	定植時オンコル粒剤株当たり1g施用 薬剤散布なし
慣行防除区	1ha	8月29日	定植時オンコル粒剤株当たり1g施用 コナガコン9月22日設置（1ha） 薬剤散布（6回7薬剤） 9月12日 ランネート水和剤、アタブロン乳剤 9月22日 エビセクト水和剤 10月3日 ラービン水和剤 10月10日 オルトラン水和剤 10月18日 ホスパー乳剤 10月31日 トレボン乳剤
減 農 薬 区	30a	9月2日	定植時オンコル粒剤株当たり1g施用 コナガコン9月22日設置（周囲2.4ha） 薬剤散布 2回 9月22日 ランネート水和剤 10月2日 トアロー水和剤
天 敵 区	60a	9月2日	定植時オンコル粒剤株当たり1g施用 コナガコン9月22日設置（周囲2.4ha） 薬剤散布 2回 天敵放飼 3回 9月12日 トアロー水和剤 10月2日 トアロー水和剤

められた。

以上の結果から、オンコル粒剤と卵寄生蜂、BT 剤を組み込んだ防除によって、コナガ、ヨトウガ、アオムシの防除が可能と考えられる。昨年のようにハスモンヨトウやオオタバコガの異常発生下でも比較的被害は少なかった。このことから土着の天敵の保護の観点からもこの防除体系は評価できると考える。

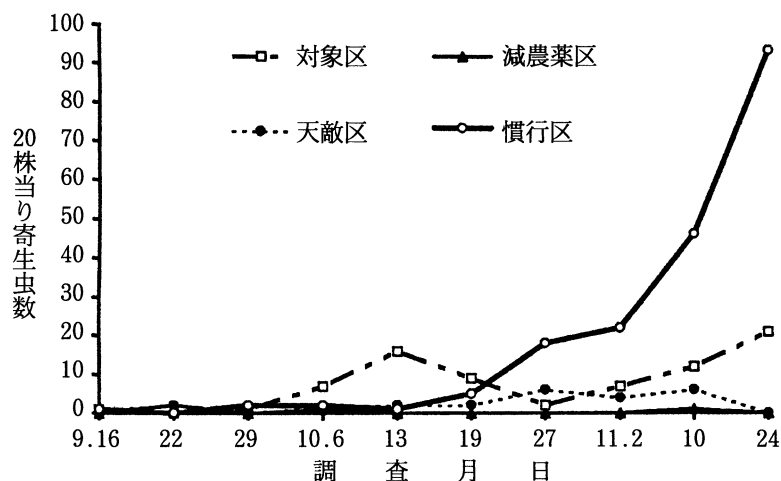


図2 タマゴバチと性フェロモンを組み合わせたコナガの防除

3. 今後の問題点

島根県の主な作型である秋冬作では、害虫の密度がそれほど増加しないので、この防除体系が安定的に有効となるかも知れない。しかし、春～夏作では害虫密度が上昇するのでこの体系の有効性について検討しなければならない。

キャベツの害虫の防除体系として様々な薬剤を組み合わせた体系が現場で採用されている。天敵を組み込んだ体系は小規模な試験では行われているが、この試験のように 60a の規模での試験は例がない。この規模は天敵の拡散による密度低下を幾らかでも少なくするために採用された。これは性フェロモンによる交信攪乱と同様の考えに基づいている。天敵の密度維持にはより放飼規模が大きいほうがよい。放飼規模を大きくすると、増殖規模をどれほど大きくできるか、また放飼の労力を如何に少なくできるかが今後重要な問題となるだろう。また、天敵を増殖利用するためのコストの軽減も計らなければならない。それを解決する道として、規格化された増殖システムと複数の天敵の増殖を行う天敵増殖企業による大量増殖や天敵類の放飼方法として無人ヘリコプターの利用も考えられる。

ニカメイガの発生予察

—— 性フェロモントラップ利用による発生予察 ——

新潟県農業試験場 山 代 千加子

農林水産省では1987～1991年に、「ニカメイチュウの発生予察方法の改善に関する特殊調査」を実施した。この事業には岩手、秋田、埼玉、長野、新潟、岐阜、岡山及び島根の8県が参加し、成果は農作物有害動植物発生予察特別報告第38号にまとめられている。

【おもな成果】

1. 合成性フェロモンとトラップの種類

(1) 誘引剤とトラップ

a. 誘引剤（性フェロモン含浸量）と有効期間（成績省略）

b. トラップの種類

湿式トラップ4種類と乾式トラップ2種類で、誘殺状況を比較した。

湿式トラップの誘殺数の比較では、武田式（武田式トラップの湿式改造型）が箱型（四国農試米びつ型など）と同等かまたは多い傾向が認められた。乾式トラップではファネル式（英BCS社製）と粘着式（武田式）で一定の傾向はみられなかった。ファネル式と他のトラップとの比較では、開口部が2方向にある湿式武田型に対してはファネル式の誘殺数が少ない傾向が明らかであった。湿式箱型との比較では同等かややファネル式が勝る傾向が認められた。

誘殺消長にトラップの種類の違いによる差は、ほとんど認められなかった。

以上から、各種トラップには誘殺効率にある程度の違いが見られるが、実用的にはどれを用いても問題はないと思われる。実際の使用にあたっては、設置及び維持の難易、調査労力、経費等の差があるので、調査環境にあわせて選択するのが望ましい。ただし、トラップの種類は誘殺効率に影響するため、特に定量的な調査データを得る必要がある場合には、特定のトラップに限定することが必要である。

また、湿式トラップではフェロモン源と水面との間隔が大きすぎると誘殺効率が低下するので10 cm以内に保つ必要がある。

(2) フェロモントラップの設置方法

a. 設置場所の環境

トラップの設置場所として水田内と畦畔との比較を行ったところ、越冬世代では畦畔の方が誘殺数が多く、第1世代では差がなかった。また畦畔の回りの環境が、一方が水田で他方が道路である場合と、両側が水田である場合を比較したところ、両側が水田である場合の方が誘殺数が多く、誘殺効率が高いと考えられた。以上から、両側を水田で囲まれた畦畔が水田での設置場所として適当であると思われる。（第1, 2表）

水田以外のニカメイガの発生源として果樹園（敷きわら）とマコモの影響を調査した。トラップ周辺（半径100 m, 200 m）の果樹園の作付面積は越冬世代誘殺数と正の相関があり、果樹園（敷きわら）の存在は誘殺数に大きな影響を及ぼすと考えられた。またその影響範囲は400～600 mまで及び、100 m以内でその影響

が大きいことが明らかとなった。

マコモから羽化した雄成虫はイネから羽化した個体より大型であるが、マコモ群生地に設置したトラップには、水田に設置したものより大型の個体が誘殺された。マコモ群生地から 100 m 離れた水田での誘殺消長は、マコモ群生地の影響を受けたと思われるピークが観察されたが、400～500 m 離れた水田での誘殺消長にはそれが観察されなかった。

以上のことから水田以外のニカメイガの発生源が発生予察上重要である場合には、発生源より 100 m 以内にトラップを設置するのが望ましいと考えられた。

b. 設置の高さ

フェロモントラップの水田での適切な設置高を調査した結果、誘殺数と誘殺消長から判断して 50 cm が適当であると考えられた。

c. 設置間隔

フェロモントラップの誘殺範囲が、越冬世代では 100～400 m、第 1 世代では 50～100 m と推定されたことから、複数のトラップで発生量の予察を行う場合の設置間隔は少なくとも 200 m 以上とする必要があると考えられた。

第 1 表 地上 0.50 m に設置した水盤式トラップにおける水田内と畦畔での世代別誘殺数の比較 (岡山県)

地 点	年次	場 所	n	越冬世代	第 1 世代
総社市	1987	水田内	3	83.0± 3.6	32.3±15.9
		畦 畔	3	201.7± 3.7***	28.0± 8.1 ^{ns}
同 上	1988	水田内	3	81.7±20.0*	20.3± 3.3
		畦 畔	3	151.7±11.1	16.0± 6.0 ^{ns}

ns: $p>0.05$, *: $p<0.05$, ***: $p<0.001$ (t-検定)

第 2 表 地上 0.5 m に設置した粘着式トラップにおける畦畔周辺の環境と世代別誘殺数

地 点	年次	畦畔周辺の環境	越冬世代	第 1 世代
山陽町	1990	一方水田, 他方道路	41.3±12.7*	33.0±10.7*
		両側水田	86.0± 2.3	90.3±13.6
同 上	1991	一方水田, 他方道路	104.3±24.0*	74.0±23.5 ^{ns}
		両側水田	220.3± 9.6	86.7±38.7

(3) 性フェロモントラップの誘殺に関与する要因

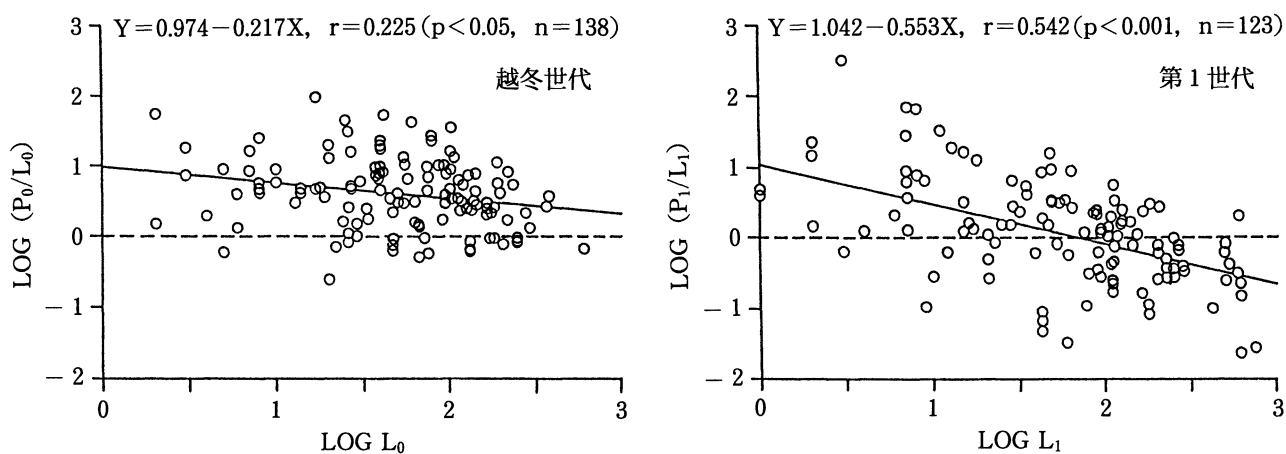
a. 世代間差

予察灯に比べ、性フェロモントラップの第 1 世代の誘殺効率越冬世代よりも劣ると考えられた。雄成虫の性フェロモンに対する反応性、飛翔能力には世代間で有意差が見られなかった。一方、誘殺数に対する野外雌密度の影響は、越冬世代よりも第 1 世代の方が大きく、世代間の誘殺特性の違いに関与する要因の 1 つと考えられた。(第 1 図)

b. 有効範囲と誘殺範囲

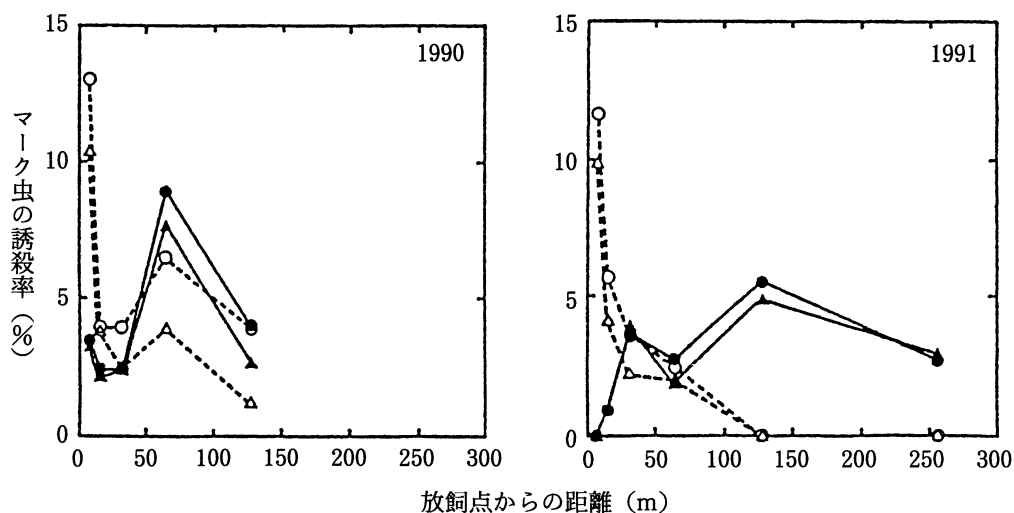
性フェロモンに対して雄成虫が性反応を示す距離範囲を推定したところ、反応する個体はフェロモン源から 20～30 m までの範囲で多く、反応の最大長は 36.8 m と推定された。したがって性フェロモンの有効範囲は、風速によっても異なるが、おおむね 40 m 以内と考えられた。

性フェロモントラップによる誘殺範囲は越冬世代の方が第 1 世代よりも広い傾向があり、その推定範囲は、越冬世代では半径 100～400 m、第 1 世代では半径 50～100 m であった。したがって、複数のトラップで発生量の予察を行う場合は、トラップ間を少なくとも 200 m 以上離して設置する必要があると考えられた。なお、被害の分布状況からトラップの予察可能な範囲が 500 m 以内であることも示された。(第 2 図)



L_0, L_1 : 予殺灯誘殺数 (L_0 : 越冬世代, L_1 : 第1世代),
 P_0, P_1 : 性フェロモントラップ誘殺数 (P_0 : 越冬世代, P_1 : 第1世代),
 -----: $L_0=P_0$ または $L_1=P_1$.

第1図 予殺灯と性フェロモントラップとの誘殺比率に及ぼす予殺灯誘殺灯(野外雌密度)の影響(岡山県)



越冬世代; —▲—: 1日後, —●—: 3日後。 第1世代; --△--: 1日後, --○--: 3日後。

第2図 放飼地点からの距離とマーク雄成虫の誘殺率(岡山県)

第3表 予察灯からの距離と性フェロモントラップへの誘殺数及び夜間照度(長野県)

トラップ	S 40 m	S 20 m	予察灯	N 1 m	N 20 m	N 40 m	N 60 m	N 80 m
越冬世代	156	138	70	49	89	150	276	146
第1世代	19	28	48	11	21	27	33	67
合計	175	166	118	60	110	177	309	213
照度 (lx) A	<0.1	0.2	713	38.3	0.15	<0.1	<0.1	<0.1
〃 B	<0.1	<0.1	(30 cm)	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1

トラップ位置の表示例 (S 40 m: 予察灯の南 40 m, N 80 m: 同北 80 m)。越冬世代は6月第2半句からの誘殺数。
 照度 A: 計測窓を予察灯側に向けた値, B: 予察灯の反対側に向けた値。

c. 風速の影響

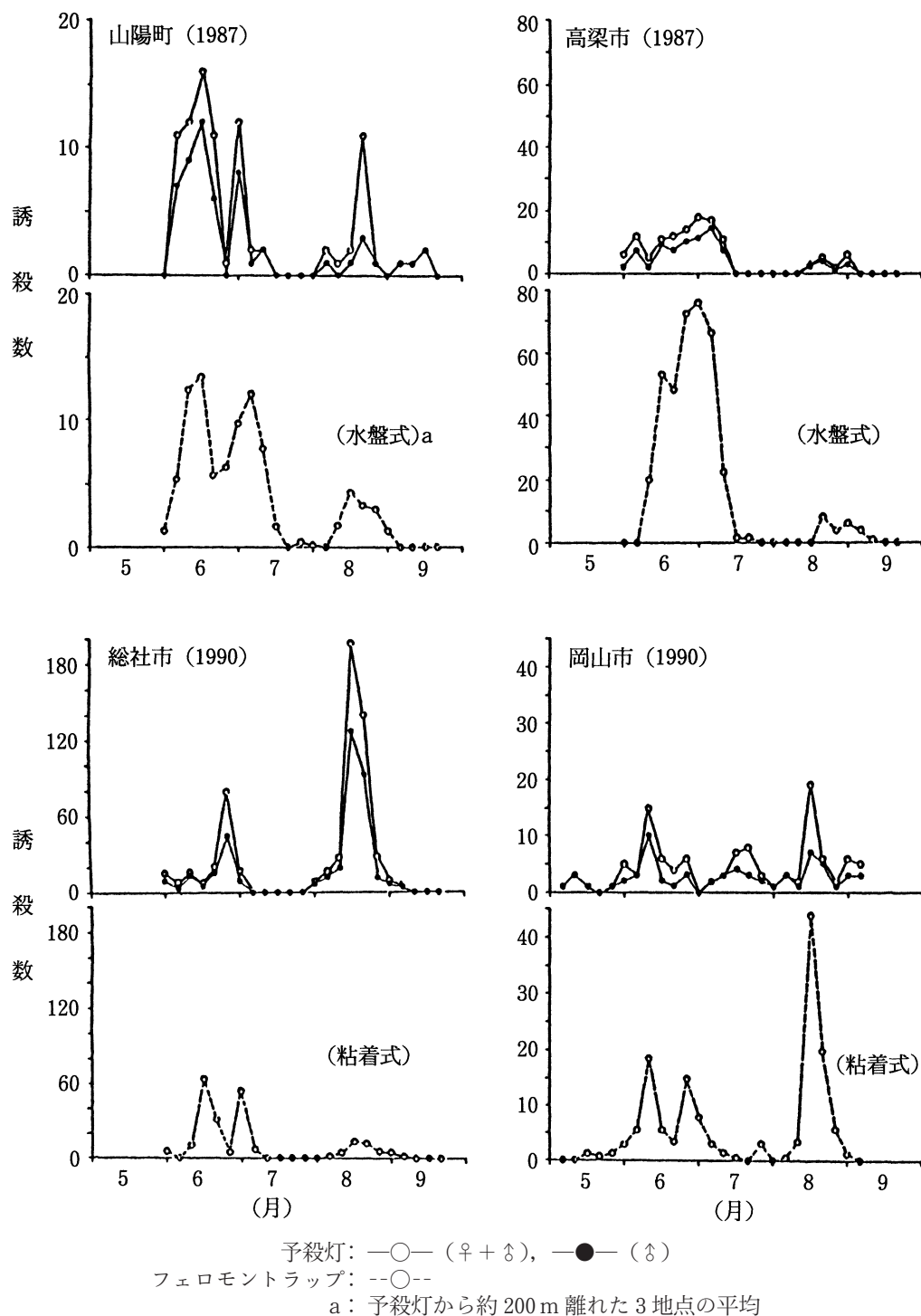
マーク雄成虫を放飼することにより, 誘殺効率に及ぼす風速の影響を調査した。その結果, 平均風速 0.36 m/s で誘殺効率が最大となった。

d. 光源の影響

予察灯や街灯などの光源がトラップの近くにある場合（20～40 m 以内の範囲）には、両世代とも誘殺効率が相対的に低下することが示された。したがって、少なくとも光源から 30～40 m 離してトラップを設置する必要があると考えられた。（第 3 表）

e. 異種の混入

性フェロモントラップに混入するニカメイガ以外の類似種として 9 種認められ、そのうちニカメイガと混同しやすいものはイトツガ、クロミヤクホソバ、*Grambinac* sp. であった。



第 3 図 フェロモントラップと予殺灯との誘殺消長の比較（岡山県）

2. 発生時期の予察

(1) 予察灯との誘殺時期の比較

年1世代発生地帯では、予察灯と性フェロモントラップとも誘殺数が多い年には、両トラップの誘殺時期の比較ができ、誘殺消長は同様であることが多く、最盛半旬（誘殺ピーク）もほぼ一致した。

年2世代発生地帯では、越冬世代については性フェロモントラップでの誘殺数が予察灯に比べて多い地点が多かった。そのため、予察灯での誘殺数が少なく誘殺消長が明瞭でない地点、年でも、性フェロモントラップでは誘殺消長は明瞭であり、最盛半旬もわかった。両トラップとも誘殺数が多い地点、年には誘殺時期の比較ができ誘殺消長は同様であることが多く、最盛半旬もほぼ一致した。第1世代については、トラップと予察灯で、最盛半旬が一致する場合とやや異なる場合があった。これは両トラップの誘殺範囲の違いや、誘殺に対する夜温などの影響の違いによるものと考えられた。

これらの結果から、性フェロモントラップでは越冬世代成虫の誘殺時期は予察灯と同様に安定しており、第1世代成虫の誘殺時期は越冬世代に比べてやや不安定であるが、発生時期の予察に利用できるものと考えられた。

(2) 防除適期の予測

圃場におけるニカメイガの発育推移をフェロモントラップでの雄成虫の誘殺消長と比較したところ、野外飼育した越冬幼虫の羽化消長はフェロモントラップでの誘殺消長とおおむね一致した。産卵盛期は、フェロモントラップでの誘殺最盛期から約2週間後になった。卵塊の孵化最盛期などの結果から、第1世代の孵化幼虫を対象とした防除適期は、フェロモントラップでの誘殺最盛期の約3週間後が適期と考えられる。

3. 発生量の予察

(1) 誘殺数の予察灯との比較

性フェロモントラップと予察灯による誘殺数の量的な関係は、ニカメイガの世代や調査地域で異なった。越冬世代ではいづれの調査事例でも性フェロモントラップの誘殺数が予察灯より明らかに多かった。このことは、少なくとも越冬世代成虫に対しては予察灯より性フェロモントラップの誘殺効率がよく、発生量を推定するモニターとしての有効性を示している。第1世代では性フェロモントラップの誘殺数が多い傾向であったが、その差は越冬世代より小さ

第4表 性フェロモントラップと予察灯の誘殺数の比較（新潟県）

調査場所	調査年	越冬世代成虫誘殺数（頭）			第1世代成虫誘殺数（頭）		
		フェロモン (A)	予察灯 (B)	比 (A/B)	フェロモン (A)	予察灯 (B)	比 (A/B)
安塚町	1985	373	193	1.9			
柿崎町	1985	1,832	74	(18.7)			
塩沢町	1985	384	153	2.5			
越路町	1985	157	74	2.1	587	92	6.4
白根市	1985	1,728	148	(11.7)	97	156	0.6
月潟村	1985	1,000	241	4.1			
新潟市A	1985	452	97	4.7			
新潟市B	1985	1,295	206	6.3			
横越村	1985	2,138	112	(19.1)			
紫雲寺町	1985	1,474	326	4.5	179	76	2.4
金井町	1985	376	54	7.0	205	259	0.8
長岡市	1985	481	158	3.0	118	106	1.1
長岡市	1987	514	142	3.6	222	83	2.7
長岡市	1988	278	89	3.1	49	80	0.6
長岡市	1989	321	99	3.2	430	118	3.6
長岡市	1990	379	146	2.6	189	43	4.4
長岡市	1991	385	58	6.6	578	64	9.0
平均				6.2 (3.9)			3.0

空欄は調査なし。平均の()内は比が極端に多い3か所を除外した場合。

く、予察灯より少ないデータも多かった。

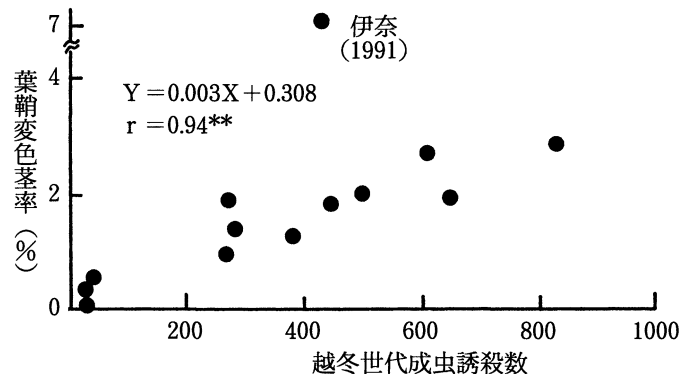
これまでの調査結果から、ニカメイガの発蛾量を推定するモニターとして、性フェロモントラップは有効であると思われた。特に、設置や調査の簡便性を考えればその利点は大きい。しかし、性フェロモントラップによる誘殺数を、これまで調査して来た予察灯による誘殺数と直接比較することはできない。性フェロモントラップによる誘殺数の調査データを有効に利用するためには、その地域における予察灯と性フェロモントラップの誘殺数、または性フェロモントラップの誘殺数とその地域における被害茎の発生程度を一定期間比較して、その地域における両トラップの誘殺効率を明らかにする等の作業が必要と思われる。

(2) 誘殺数と被害との関係

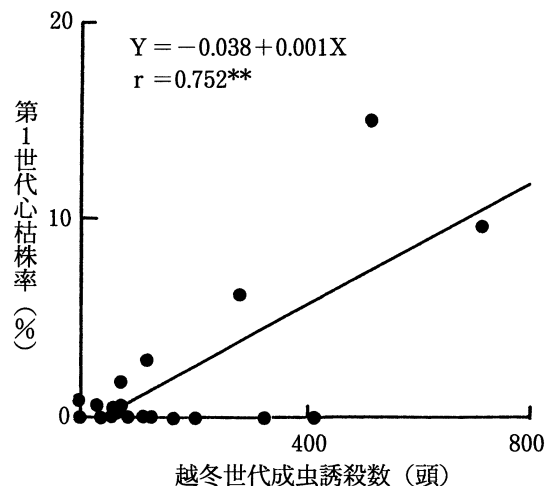
越冬世代成虫誘殺数と第1世代幼虫による被害茎発生程度との間には有意な相関関係が認められる事例が多かった。しかし、この関係を用いて被害茎発生程度を高精度に予測することは難しい事例（秋田県、岩手県及び島根県の各県）も見られた。越冬世代成虫誘殺数から被害茎発生程度の予測が可能とした県は埼玉県、長野県、新潟県、岐阜県及び岡山県の各県であった。新潟では1地域300～1,500 ha にトラップ10基を配置し、被害茎発生程度を36～67圃場で調査した試験から、誘殺数と被害茎発生程度との間には高い相関関係を認めている。しかし、両者の量的な関係は地域によって異なるとし、利用に当たっては地域の特性を知ることが必要であるとしている。

(第4, 5, 6図)

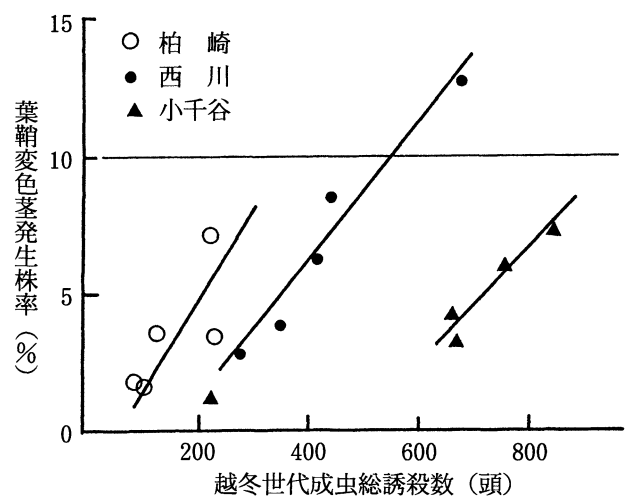
トラップごとの誘殺数とその周辺圃場における被害茎発生程度との関係について、新潟県では山間地の狭い地域では有意な相関関係が得られたが、広い平坦地では相関関係は認められなかったことから、性フェロモントラップによる誘殺数調査は圃場ごとの被害茎発生程度の予測には適しないとしたが、長野県及び岐阜県ではトラップ1基と周辺数圃場の被害茎発生程度との間にも有意に高い相関関係が得られている。これには、被害茎発生調査の標本数との関係も考えられ、注意を要すると思われた。(第7図)



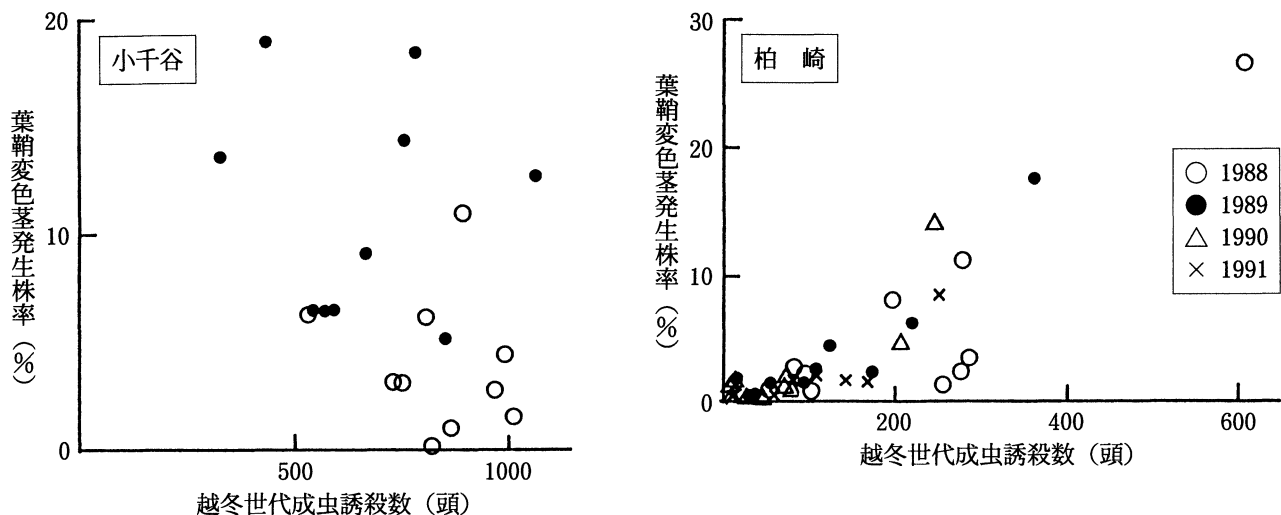
第4図 越冬世代成虫誘殺数と第1世代幼虫の被害（埼玉県）
(回帰式及び相関係数から伊奈(1991)を除いた)



第5図 越冬世代成虫誘殺数と第1世代幼虫による被害発生との関係（秋田県）



第6図 越冬世代成虫誘殺数と第1世代幼虫による被害発生との関係（新潟県）



第7図 越冬世代成虫誘殺数と周辺圃場における第1世代幼虫による被害発生程度
(被害茎発生程度はトラップの周辺10~20圃場の平均値)(新潟県)

第1世代成虫誘殺数と第2世代幼虫による被害茎発生程度との間には有意な相関関係が認められる事例(岐阜県及び島根県)と相関関係を示さない事例(新潟県)が見られた。同一県の調査結果でも有意な相関関係が認められる年と認められない年とが混在する事例(秋田県)も見られ、両者の関係はやや不安定であると思われた。埼玉県では越冬世代成虫誘殺数と第2世代幼虫による被害茎発生程度との間、及び翌年の第1世代幼虫による葉鞘変色茎発生程度との間にも相関関係が認められた。

1地域の調査に必要なトラップ数は、埼玉では2基とし、岡山でも2~4基での誘殺数から安定したデータを得ているが、新潟では平均値からの許容誤差を20~30%程度の精度で調査することを目標とし、原則として1地域10基のトラップが必要とした。必要なトラップ数は調査地域の地形などの条件によってもかなり異なるが、地域の発生量を知るためには少なくとも複数個のトラップが必要と考えられた。

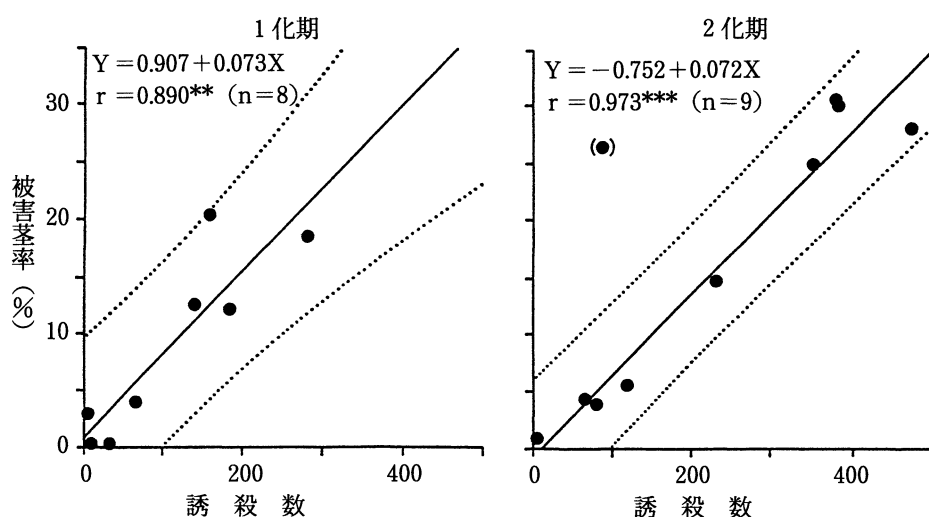
(3) 要防除水準の設定

8県のうち、長野県、新潟県、岐阜県及び岡山県の4県が性フェロモントラップでの誘殺数による要防除水準を推定した。秋田県、岩手県、埼玉県及び島根県の4県では発生量が少なかったり、誘殺数と被害茎発生程度との間に相関関係は認められるものの、防除要否の判定に用いるには誤差が大きすぎる結果で、要防除水準の設定には至らなかった。

ニカメイガは成虫の発蛾期間中に防除適期が来るため、いずれも発蛾途中での誘殺数を防除要否判定の基準にしている(第8図)。推定された要防除水準の具体的な数値は県ごとに異なった。これは、被害許容水準が県によって異なることや、性フェロモントラップの誘殺効率、成虫数に対する幼虫発生量、幼虫の生存率や食害程度なども異なることが予想されることから当然の結果である。

長野県ではしん枯茎発生株率10%までは防除不要、20%以上では防除が必要として、越冬世代成虫総誘殺数が118頭以下では防除不要、421頭以上で防除が必要となるが、防除要否の判定は発蛾期間の途中で行わなければならないことから、最多誘殺半旬までの誘殺数をもとに安全率などを考慮して決定するとしている。新潟県では第1世代幼虫による葉鞘変色茎発生株率10%までは防除不要とし、越冬世代成虫誘殺数では防除適期の10~15日前にあたる6月第2半旬までで400頭、第3半旬までで500頭までは防除不要とした。岐阜県では第1世代幼虫による被害株率での要防除水準は10%とし、これに達する越冬世代成虫誘殺数のめ

やすは300頭であった。
岡山県では被害許容水準を第1世代は被害茎率5.0%，第2世代は12.5%として誘殺数による要防除水準は，第1世代では田植えの5日前から発蛾盛期までで56頭，第2世代では発生開始期から発蛾盛期までで184頭であった。また，世代別の平年の発蛾盛期頃に当たる越冬世代成虫で6月



1化期：田植え5日前～発生ピーク
2化期：発生開始期～発生ピーク
()：解析から除外
点線：95%信頼区間

第8図 発生ピークまでの誘殺数と被害茎率との関係（岡山県）

15日，第1世代成虫で8月15日までの誘殺数ではそれぞれ64頭，192頭となった。

誘殺数の調査に必要なトラップ数について，新潟県の調査では調査誤差を誘殺数の平均値に対して20～30%許容するとすれば1地域10基を基準として地形などの特徴を加味して増減するとしたが，埼玉県や岡山県では2～4基程度のトラップでよいとしている。地域単位の発生量調査ではトラップは少なくとも複数個必要と思われた。

【性フェロモントラップの利用によるニカメイガの発生予察方法】（マニュアル）

合成性フェロモン剤を用いたトラップによって成虫の発生時期や被害発生程度を予測する。

(1) 使用するフェロモン源と有効期間

z-11-HDAL：z-13-ODAL：z-9-HDAL=48：6：5の混合物0.6mgと安定剤を含浸した，市販のゴムセプタムを使用する。ゴムセプタムは原則として1か月間隔で更新する。

(2) トラップの型式

湿式と乾式があり，乾式には粘着式とファネル式がある。いずれも利用できるが，誘殺効率が幾分異なるので，調査目的によっては特定のトラップを使用することが必要である。

① 湿式

箱型（四国農試米びつ型），バケツ型（10l程度の蓋付きポリバケツ改造），武田型などが利用しやすい。

② 乾式（粘着式）

屋根型，円筒形などがある。

③ 乾式（ファネル式）

英BSC社製。殺虫プレート（DDVP）を1片（2.5×3.2cm程度）入れる。殺虫剤は少なくとも2か月間は有効である。

(3) トラップ設置上の注意点

① 一般的な注意点

- a. トラップの高さは性フェロモン源が田面から 50 cm の高さになるようにする。越冬世代、第 1 世代とも同じ高さでよい。
- b. 設置場所は、街灯などの夜間照明の影響がなく（少なくとも光源から 30 m 以上離す。）、水田に囲まれた場所の畦畔または水田内の畦畔に設置することが望ましい。
- c. 複数のトラップを設置する場合、トラップ間の距離は少なくとも 200 m 以上とする。
- d. 大規模のマコモ群落がある地域ではマコモから 500 m 以上離す。

② トラップの型式ごとの注意点

a. 湿式トラップ

- 界面活性剤（展着剤や洗剤等）を必ず添加する。逆性石鹼を用いると水盤中の水の腐敗を防止するので誘殺虫を数えやすい。
- 水盤の水量が減少すると誘殺が不安定になるので、性フェロモン源と水面との間隔は 10 cm 以内に保つ。

b. 乾式トラップ（粘着式）

- 粘着面積の大きさを十分に確保する。粘着紙の交換は原則として 1 か月間隔とするが、誘殺量が多い場合は早めに交換する。
- 一度に 200 頭以上付着すると誘殺効率が低下するので、誘殺数が多い場合は湿式またはファネル式を用いるとよい。
- 誘引虫がアマガエルに捕獲されやすいので、カエルの捕食を回避するように工夫する。

c. 乾式トラップ（ファネル式）

- 誘殺虫がアマガエルに捕獲されやすいので、カエルの捕食を回避するように工夫する。

(4) 性フェロモンの有効範囲と誘殺範囲

- ① 性フェロモンの有効範囲はおおむね 40 m 以内と推定される。
- ② 誘殺範囲は越冬世代成虫は 100～400 m、第 1 世代成虫は 50～100 m と考えられる。

(5) 性フェロモントラップに混入する昆虫

① 混入する蛾類のうち、ニカメイガに類似する種類はイトトガ及びその他のツトガ類、クロミヤクホソバなどがあげられるが、誘殺数は少なく、偶発的に混入する可能性が高いことから、特に問題になるとは考えられない。

- ② ほかに、双翅目、膜翅目などの昆虫が混入することもある。

(6) 予察の目的と調査方法

- ① 予察灯に替えて発蛾消長と発生量を知ることを目的とする場合。
 - 調査時期は 4 月～9 月までとし、原則として毎日誘殺数を数える。
 - 予察灯と比べて多く誘殺される傾向にあり、越冬世代でその傾向が特に著しい。予察灯による誘殺数との関係は世代や調査場所によって異なるが、越冬世代では一般に性フェロモントラップが予察灯の 3～5 倍程度誘殺される。第 1 世代では越冬世代よりその差は小さい傾向を示すが、予察灯の 2～4 倍程度の場合が多い。しかし、多発地帯では、第 1 世代成虫の誘殺数が予察灯より少なくなる傾向がある。

- 予察灯に比べ初誘殺日がやや早く、初期の誘殺数がやや多い傾向を示すが、誘殺消長、誘殺最盛日はほぼ同様と考えてよい。
- 誘殺消長と防除適期の関係は予察灯の場合と同様に考えてよい。
- 誘殺数の予察灯との関係は、地域の違いや、予察灯やフェロモントラップの設置条件で異なるので、予察灯データとの連続性や整合性については注意を要する。

② 被害発生程度を推定し、防除要否の検討を目的とする場合

a. 数百～千 ha 程度の水田を対象とする場合

ア. 必要なトラップ数

- 設置するトラップの数は対象地域の地形などによって異なるが、越冬世代では 10 基程度を標準とする。
- 山間・山沿地域などの地形が複雑で、トラップごとの環境が異なる地域ではこれより多く必要であり、風通しのよい平坦地域などでは数基でもよい。
- トラップ間の間隔は少なくとも 200 m 以上とする。

イ. トラップの配置

基本的には任意系統抽出で設置場所を選定するが、地形、周辺の夜間照明などに配慮して決定する。

ウ. 調査項目、調査間隔

誘殺数を一般的には 5～7 日ごとに数える。

エ. 被害発生程度の推定

- 越冬世代成虫の誘殺数から第 1 世代幼虫による被害茎発生程度を推定する場合の予測精度は高い。
- 一般的な防除時期は各世代の誘殺が終息する前であるが、発蛾最盛日ころまでの誘殺数から被害発生程度を推定することが可能である。
- 第 1 世代成虫誘殺数から第 2 世代幼虫による被害発生程度の予測精度は高くない。

オ. 注意点

誘殺数と被害発生程度との関係は地域によって異なるので、両者の関係を地域ごとに確認する必要がある。

b. 数十 ha 程度を対象とする場合

ア. 必要なトラップ数

設置するトラップの数は、調査対象地域が小さい場合でも複数必要であり、防除要否検討のためには 3～5 基程度の設置が望ましい。

イ. トラップの配置

誘殺範囲が広い（越冬世代では 100～400 m）ので、調査区域の周辺環境には注意が必要である。特に地形、街灯などに注意して配置する。

ウ. 調査項目

誘殺数を一般的には 5～7 日ごとに数える。

エ. 被害発生程度の推定

- 越冬世代成虫の誘殺数から第 1 世代幼虫による被害茎発生程度を推定する場合の予測精度は高い。

- 一般的な防除時期は各世代の誘殺が終息する前であるが，発蛾最盛日頃までの誘殺数から被害茎発生度を推定することが可能である。

オ．注意点

誘殺数と被害茎発生度との関係は地域によって異なるので，両者の関係を地域ごとに確認する。

c．ほ場ごとの被害発生度の推定

1 基のトラップが成虫を誘引する範囲は少なくとも 100～200 m 以上と考えられるので，ほ場ごとの被害発生度の推定には利用しにくい。

果樹輪紋病の発生予察方法の改善に関する特殊調査の成果から

「リンゴ輪紋病の発生予察について」—— 果実発病に関する要因の解析 ——

福島県果樹試験場病理昆虫部 専門研究員 尾 形 正

1. はじめに

リンゴ輪紋病の主な感染時期は6月下旬～7月中旬であるが、発病するのは収穫期近くなってからであるため、発生を予測することを難しくしている。発生に関わる要因として、感染時期における本病原菌の生態、宿主側の病原菌に対する感受性、温度と濡れなどの気象要因、薬剤による防除対応があげられ、一方、発病時期においては果実の内容成分、温度条件を中心とした気象条件が考えられる。

平成元年から5年計画で果樹輪紋病の発生予察方法の改善に関して、福島県を含む6県によって試験が実施された。ここではこれらの試験から明らかになった知見を中心に述べてみたい。

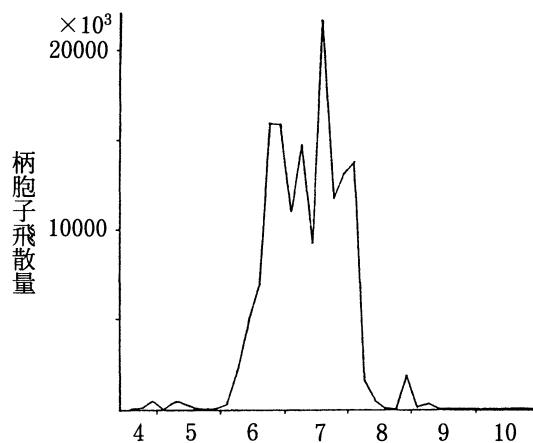
2. リンゴ輪紋病の記録

リンゴ輪紋病は枝梢や主幹に発生すると“いぼ”を生ずることから、古くは枝幹に発生する病害として鋤塚（1921）により「いぼ皮病」として記載されている。本病は果実に対しても病原性があることが知られていたが（野瀬，1934），従来はむしろ枝幹病害として考えられていた。しかし昭和40年代半ば頃から無袋の‘ゴールデン・デリシャス’などで果実腐敗が多発し，高橋ら（1970）は「*Macrophoma* 属菌によるリンゴ腐敗病」として報告している。近年‘ふじ’をはじめとした新しい品種の栽培面積が増加し，無袋栽培の普及，ボルドー液に対する依存度の低下，さらにわい化栽培による経営規模拡大とともに枝幹部病斑が目立つようになり，年によっては果実発病が多発して問題になるようになった。このように本病は，直接，生産を阻害するという意味からも，最近では果実発病が重視されるようになった。

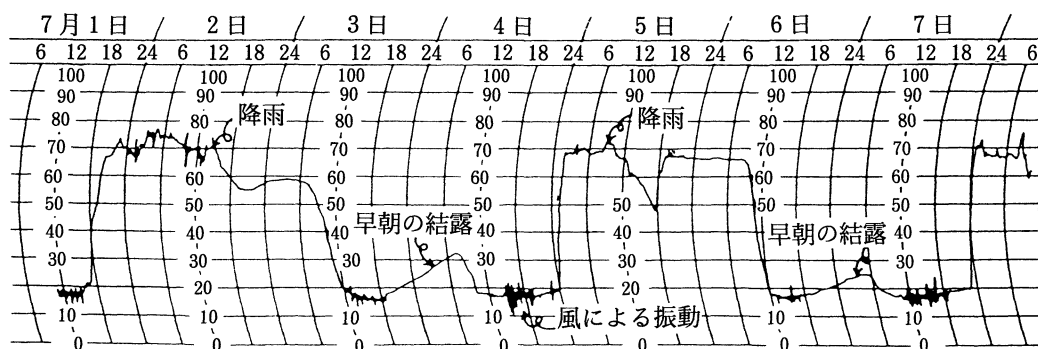
3. 発生予察にかかわる発生生態の解明

(1) 枝病斑からの柄孢子飛散消長と気象要因

本病は主幹，主枝および側枝上のいぼ病斑に形成される柄子殻中の柄孢子が主な伝染源である。柄孢子飛散と気象条件については，加藤（1973）はナシ輪紋病に関する研究の中で降雨との関係が密接であることを記載しており，林（1984）はリンゴ輪紋病について柄孢子の飛散が降水量と関係が深いことを報告している。ほ場において切り枝を使って飛散消長を見てみると，年次によって違いはあるが，例年4月中旬から10月まで認められる（第1図）。飛散消長の傾向としては4・5月は少なく，6月から7月にかけて著しく多くなり，8月以降漸減する。また降雨がなくても早朝に結露することがあるが，結露程度の濡れでは柄



第1図 リンゴ輪紋病菌（柄孢子）の飛散消長（平成3年福島果試）

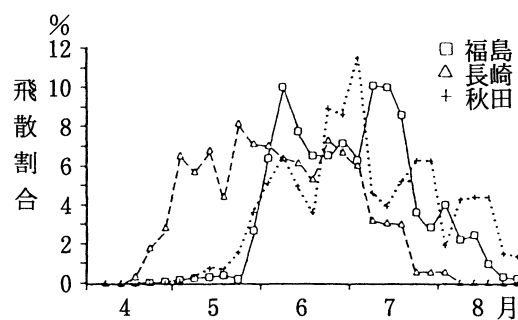


第2図 7月1～7日までの結露計指示値の推移 (平成3年福島果試)

第1表 7月1日～5日までの柄孢子飛散量

月 日	罹病枝		罹病枝
	A	B	
7. 1	540	659	81
2	1,734	7	51
3	0	0	0
4	2,592	13,338	1,961
5	1,063	2,091	2,465

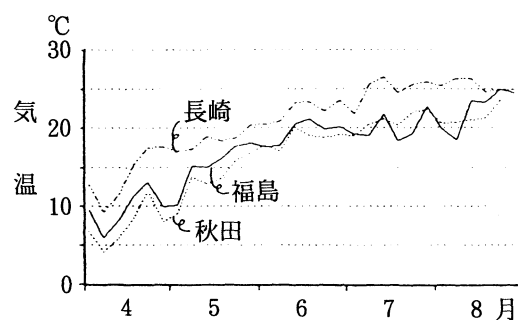
注：日界は午前9時，罹病枝 A, B は切り枝，C は生育枝



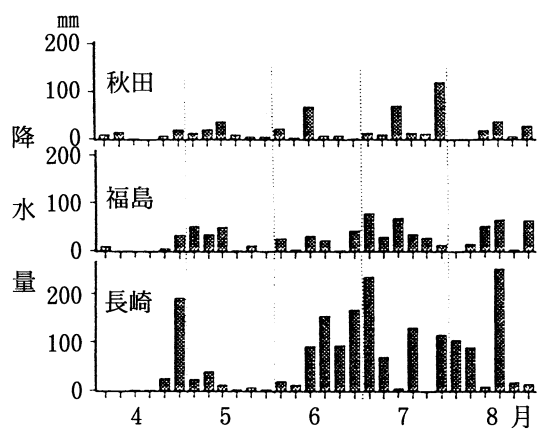
第3図 3項移動平均法による柄孢子飛散消長

孢子飛散にとって十分ではない(第1表, 第2図)。さらに柄孢子飛散数と降雨条件を含めた各種気象要因について統計的手法を用いて検討したところ，柄孢子飛散にとっては最低気温16℃以上で気温がやや高めに推移し，0.5～2mm以上の降雨が1～2時間以上持続する必要があることが明かとなった(尾形ら，1991)。また気象条件の異なる長崎県，福島県，秋田県における柄孢子飛散の急増期を検討した結果(第3～5図)からも，最低気温が早めに高くなる長崎県では他の地域よりも早くから急増する。このことは柄子殻中の柄孢子の形成過程において，比較的短期間の好適温度が重要であると考えられる。

このように柄孢子は降雨でいば病斑が濡れると，雨滴に混じって飛散し，降雨がなければ飛散することはない。しかし，この柄孢子の飛散にとって，柄子殻が十分成熟して柄子殻内に柄孢子が存在する場合，温度条件は重要ではなく，水滴が柄子殻の表面を濡らしただけで柄孢子が外に押し出される。連続降雨を想定した室内におけるモデル実験では，水滴を柄子殻に当ててから2～3時間のうちに，ほぼ80%以上が飛散する(第2表)。



第4図 試験期間中の福島，秋田，長崎における平均気温の推移



第5図 試験期間中の福島，秋田，長崎における降水量の推移

第2表 温度条件の違いによる柄孢子飛散量

経過時間	9		11		14		17		21		25		28℃	
	飛散数	相対比率	飛散数	相対比率	飛散数	相対比率	飛散数	相対比率	飛散数	相対比率	飛散数	相対比率	飛散数	相対比率
0(分)	3	0.1	4	0.5	0	0.0	673	6.3	12	0.2	3	0.2	12	0.1
20	1,605	38.0	190	23.5	10	14.9	3,596	33.9	1,364	21.5	552	29.4	739	6.2
40	580	13.7	79	9.8	1	1.5	3,153	29.7	902	14.2	465	24.8	1,579	13.3
60	551	13.1	199	24.7	0	0.0	1,407	13.3	1,020	16.1	230	12.3	755	6.3
80	313	7.4	86	10.7	36	53.7	827	7.8	835	13.2	115	6.1	1,722	14.5
100	510	12.1	177	21.9	10	14.9	317	3.0	821	13.0	248	13.2	1,726	14.5
2(時)	181	4.3	28	3.5	3	4.5	366	3.5	495	7.8	66	3.5	2,648	22.2
3	96	2.3	27	3.3	2	3.0	111	1.0	188	3.0	38	2.0	2,312	19.4
4	258	6.1	9	1.1	0	0.0	50	0.5	419	6.6	27	1.4	122	1.0
5	19	0.5	3	0.4	1	1.5	45	0.4	198	3.1	21	1.1	93	0.8
6	31	0.7	4	0.5	0	0.0	10	0.1	34	0.5	8	0.4	35	0.3
7	2	0.0	0	0.0	1	1.5	25	0.2	29	0.5	87	4.6	64	0.5
8	72	1.7	1	0.1	3	4.5	28	0.3	15	0.2	17	0.9	106	0.9
合計	4,221		807		67		10,608		6,332		1,877		11,913	

注：相対比率とは各温度条件において8時間の間に飛散した柄孢子の合計に対する％である。

第3表 接種源量の違いと果実発病（1991，福島県試）

接種源の本数	樹上における累積発病果率					25℃保存10日後調査	
	調査果数	8月27日	9月17日	10月15日	11月15日	調査果数	発病果率
0	326	0.6%	4.6%	21.6%	51.6%	95	42.1%
5	463	2.6	21.9	45.8	70.1	73	77.2
20	330	2.7	27.2	62.6	78.1	34	90.0

注：0・20本区は2区合計・平均，5本区は3区合計・平均

以上のことからリンゴの生育期に，適当な温度条件と降雨による濡れの条件が整えば感染に十分な柄孢子の飛散量が確保されることになる。

(2) 伝染源量の違いが果実発病に及ぼす影響

6月下旬～8月中旬の果実感受性の高い時期に‘ふじ/M.26’の樹上に罹病枝（3～5年生枝，長さ50cm）を0，5，20本とかえて置き，殺菌剤無散布で管理して収穫時までの累積発病果率と，収穫時外観健全な果実は25℃で保存し，10日後の発病果率を調査した結果が第3表である。樹上における発病果率が設置した罹病枝数の違いほど差がないように見受けられるが，観察結果からは果実1個当りの病斑数にかなりの違いが認められる。

これらのことからいば病斑が多くなると，柄孢子の飛散も多くなり，果実感染の機会も増加することが知られた。

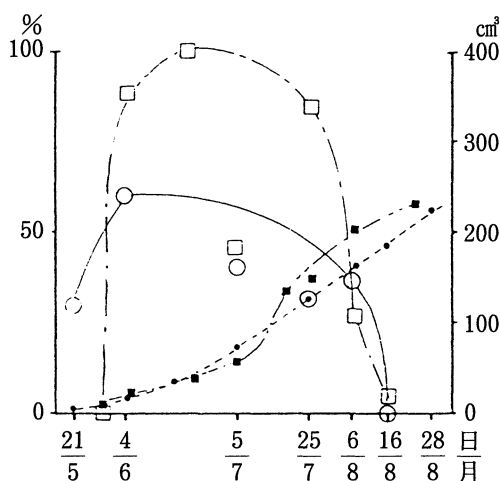
(3) 病原菌に対する果実感受性と果実表面の変化

樹上における果実の発病時期を調査すると，‘ふじ’の場合，例年9月上旬頃から発病が認められるようになり，収穫直前までに漸増する（第4表）。また生育期の果実については，幼果期以降の果実肥大生長とともに本病原菌に対する果実感受性もまた変化している。第6～8図には接種時期を変え，収穫後の発病果率によって果実の感受性変化を検討したものである。品種および調査年次によって多少異なるが，ほぼ6月上・

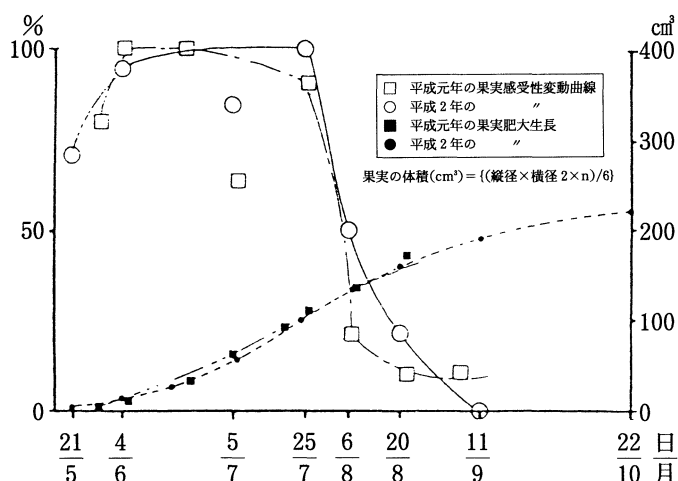
第4表 樹上における輪紋病の発病時期（供試樹の累積発病果率％）

試 験 区	調 査 年 次	調査果数	9 月					10 月							11 月	
			8	13	14	26	28	3	6	12	15	16	21	30	2	15日
有機銅・ キャプタン剤 ×500	1988年	348	0		0	0.3		1.1		1.4			1.7			4.3
	1989	394			0.5		0.8		0.8			1.0		2.0		6.2
	1990	351		0							0.9				1.1	4.8
ボルドー液 4-12 式	1988	283	0.4		0.7	0.7		1.1		1.1			1.1			2.2
	1989	400			0		1.2		1.9			1.9		3.9		7.0
	1990	485		0							0.2				0.6	0.8
無 散 布	1988	311	1.0		3.5	7.7		11.3		14.1			15.4			25.7
	1989	382			1.0		5.0		6.0			6.3		9.7		15.9
	1990	613		1.6							9.6				10.9	14.9

注：供試品種：ふじ/M26（S 63, 4, 9 年生），試験規模：1 区 1 樹，2～4 樹供試。試験区の薬剤散布：有機銅・キャプタン剤は 6 月下旬～8 月上旬まではば 10 日間隔で 5 回，ボルドー液はこの間ほぼ 12 日間隔で 4 回散布した。

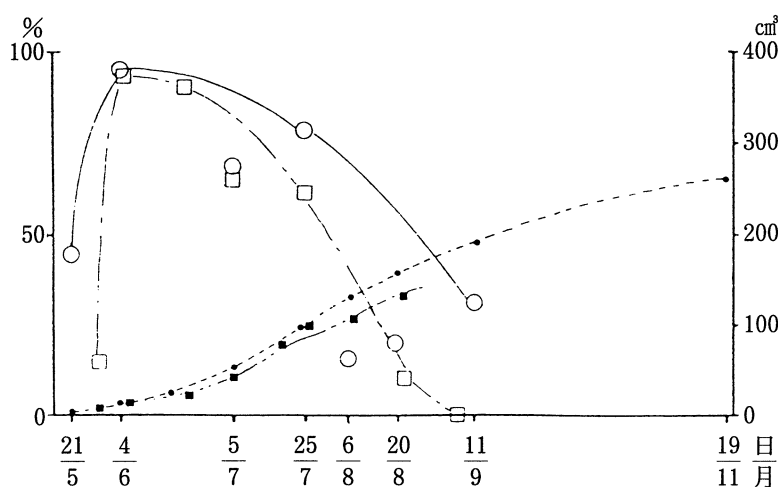


第6図 「つがる」の果実感受性変動曲線と果実肥大生長



第7図 「スターキング」の果実感受性変動曲線と果実肥大生長

中旬ごろから感受性が高まり，梅雨時期を中心に高い感受性を持続し，果実生長の最大生育期後半頃（ふじの場合は8月中旬頃）から感受性低下が認められた。このように果実生長に伴う果皮構造の変化が，本病原菌に対する感受性変化にも影響していることが示唆されたので，発病部位を実体顕微鏡で観察してみたところ，これまで果実における感染部位は果点であるとされてきたが，気孔由来の果点だけではなく，明らかに毛茸痕（hair-base）を中心として進展している果実病斑が39%もあり（第5表），必ずしも果点からの感染だけではないことが知られた。果実表面の経時的な変化から，毛茸の脱落期（毛ぶるい期）以



第8図 「ふじ」の果実感受性変動曲線と果実肥大生長

く，明らかに毛茸痕（hair-base）を中心として進展している果実病斑が39%もあり（第5表），必ずしも果点からの感染だけではないことが知られた。果実表面の経時的な変化から，毛茸の脱落期（毛ぶるい期）以

前は気孔からの侵入が多く、その後は気孔由来の果点と毛茸痕から感染し、果点および毛茸痕の褐変コルク化とともに果実感受性が低下するのではないかと考えられた。品種によって感受性期間が異なる原因および果実感染後発病までの潜伏期間における病原菌の生態については、さらに検討する必要がある。

(4) 果実感染と感染好適条件

降雨とともに飛散した柄胞子が果実に到達した後、感染が成立するためには一定の気象条件が必要である。‘アルプス乙女’の樹上着果の幼果（7月）を用いた接種試験では、25℃、24時間および12時間保湿では著しく発病が多くなり、25℃8時間、20℃12時間、15℃24時間の保湿でも多くなった。25℃および20℃で4時間の保湿では極めて少ない発病果率であった（第6表）（林，1983）。また筆者らはほ場における降雨日の暴露試験により、各種気象要因および柄胞子飛散量と果実感染との関係を解析した。その結果、果実感染にとって降雨日の最低気温と相対湿度が高いことが必要であり、さらに降水量や柄胞子飛散量の多少も影響することが知られた。このことは果実感染が柄胞子の飛散とともに温度と濡れの時間に影響されることを示すものである。

(5) 品種の違いによる果実感受性の差異

現地における果実の被害は、調査年次、防除のタイミングなどの要因によって発生程度に差が認められる。また慣行防除を行っているほ場について、品種間に差があるかどうか、平成3年に調査した結果を第7表に示した。この調査内容と過去の実態調査結果からいえることは“ふじ”、“王林”、や“千秋”では果実発病が多く、“スターキング・デリシャス”、“つがる”ではやや多く、“陽光”、“あかね”、“ジョナ・ゴールド”、“紅玉”では少ないことが知られた。

このように品種によって果実感受性に差が生じる原因として、品種固有の果皮構造や熟期の糖や酸など内容成分の組成の違いが、感染や発病に関与していると考えられる。

(6) 果実内容成分の変化と果実発病

林らは1984～1986年に果実の内容成分の変化と発病との関係について検討している。その結果を第9図に示した。これをみると全糖の増加、デンプンおよびタンニンの減少とともに発病果率が増加する傾向

第5表 収穫時の発病果における発病部位の違い

調査 発病果数	発 病 部 位		
	果 点	毛茸痕	不 明
48 個	49 カ所	31 カ所	12 カ所

第6表 リンゴ輪紋病の果実感染に必要な温度と濡れの時間

温度 条件	保湿 時間	供試 果数	発 病 果 率 (%)	
			収 穫 時 (10月6日)	25℃保存 5 日 後
15℃	12 h	17	29.4	52.9
	24	24	52.4	71.4
20℃	4	8	12.5	12.5
	8	39	35.9	53.8
	12	36	22.2	77.8
	24	13	76.9	100
25℃	4	8	25.0	25.0
	8	56	51.8	82.1
	12	39	79.5	100
	24	15	93.3	100

注：鉢植えの「アルプス乙女」4年生を供試した。

第7表 品種の違いによる果実感受性の差異

品種	調査 ほ場	樹上調査		収穫後調査		防除 体系
		調査 果数	発病 果率	調査 果数	発病 果率	
つがる	A	300	0.3	95	4.2	○
	B	300	0.3	94	4.3	△
	C	300	0	90	0	○
スター キング	A	300	1.3	100	0	○
	B	300	1.3	100	4.0	○
	C	300	0.3	100	1.0	○
陽 光	A	362	0	99	0	○
	B	328	0	100	0	△
	C	217	0.9	101	1.0	△
王 林	A	300	0.7	105	17.1	○
	B	294	5.1	110	10.9	○
	C	300	1.7	100	2.0	○
ふ じ	A	315	1.0	100	3.0	○
	B	317	0.6	100	5.0	○
	C	472	0.4	100	1.0	○

注1：収穫後調査は25℃保存20日後

注2：防除体系の「○」はボルドー液体系

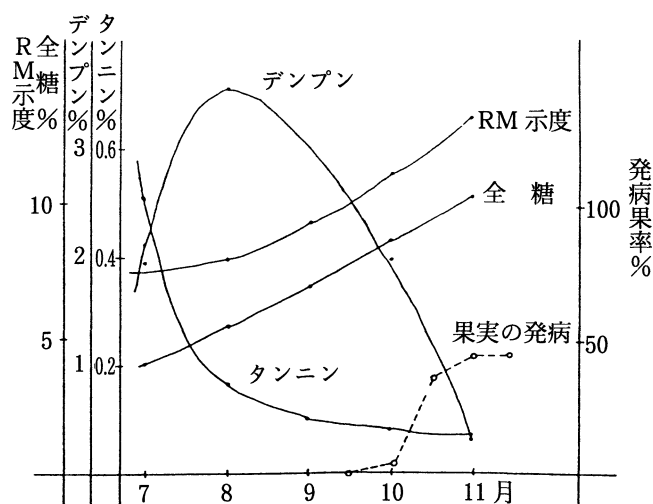
が認められる。これらの内容成分の変化が感染後、潜伏していた病原菌を活性化させ、病斑拡大に影響するのではないかと考えられる。

4. 試みとしての発生予察

(1) 殺菌剤無散布条件下における感染好適指数

本病は感染後、発病までの潜伏期間が長いために、生育ステージごとの発病状況をフィードバックしてその後の発病を予測するような手法は困難である。そこで発生予察のための試みとして、これまで得られた果実感染に結びつくような各種気

象データおよび果実感受性変化に対して指数を与え、感染に適する条件を設定しようとした(第8表)。これにより感染好適指数=(果実感受性変化指数×最低気温指数×降水量指数×降雨時間指数×結露時間指数×日照時間指数)を求め、200以上を感染好適、100以上200未満をやや好適、50以上100未満を感染の可能性



第9図 果実中の主な内容成分の変化(ふじ)

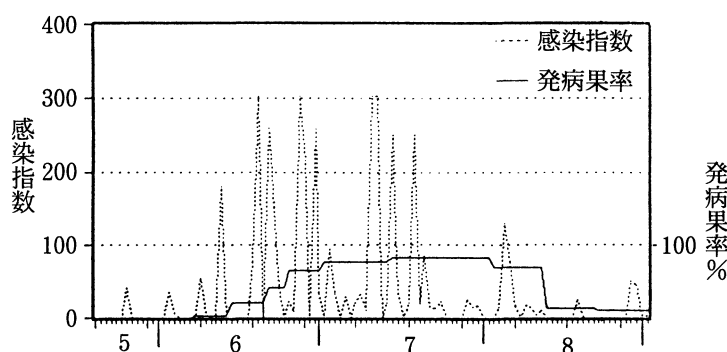
第8表 感染条件の設定基準

最低気温	指数	降水量	指数	降雨時間	指数
15℃未満	1	0 mm	0	0 hr	0
15℃以上 20℃未満	2	0.5 mm 以上 2 mm 未満	2	1 hr 以上 2 hr 未満	2
20℃以上 25℃未満	3	2 mm 以上 5 mm 未満	4	2 hr 以上 5 hr 未満	4
25℃以上	4	5 mm 以上 10 mm 未満	6	5 hr 以上 50 hr 未満	6
		10 mm 以上 50 mm 未満	8	当日を含め前3日間 合計時間が 50 hr 以上	2
		50 mm 以上	6		
結露時間	指数	日照時間	指数	果実感受性変化指数	指数
0 hr	0	0 hr 以上 2 hr 未満	3	5/26~6/5, 8/16~9/5	1
1 hr 以上 5 hr 未満	3	2 hr 以上 5 hr 未満	2	6/6~6/10, 7/21~7/31	4
5 hr 以上 10 hr 未満	5	5 hr 以上	1	6/11~7/15, 7/16~7/20	5
10 hr 以上 15 hr 未満	10			6/16~7/15	6
15 hr 以上	20			8/1~8/10	3
				8/11~8/15	2
				その他の期間	0

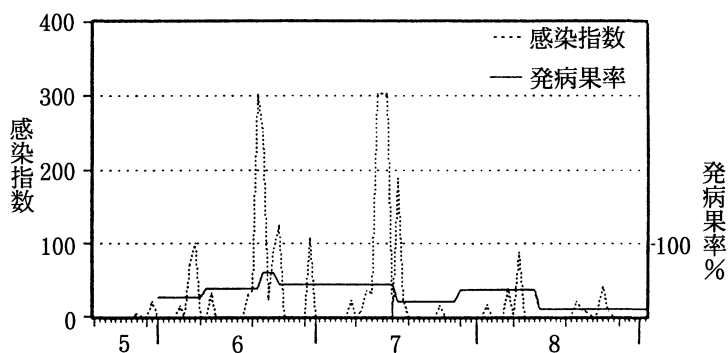
ありと判定した結果が第10・11図である。指数には病原菌密度の要因は含まれないが、降雨日の柄胞子飛散量は果実感染にとって十分量あるものとして考慮したものである。実際にこの指数と実際の発病果率との間には有意な関係が認められた。

(2) 発生予察への応用

果実感受性の変化は品種によって異なる



第10図 1991年における果実感染と感染好適指数の推移



第 11 図 1992 年における果実感染と感染好適指数の推移

が、果実感受性変化指数の与え方を変化させることによって対応が可能と考えられる。また薬剤による防除は果実感染にとって影響は大きいので、薬剤の作用性を考慮し、散布後の経過日数に伴って変化する効力の減衰を、できるだけ単純なモデルに当てはめるための検討が今後必要となる。ここで使用した指数は極めてラフであり、今後は感染好適条件を設定する上で、指数の

取り方について十分な検討が必要であるとともに、感染好適条件の出現頻度の程度を果実発病に対してどう評価すべきかについて検証する必要があるものと考えられる。

5. おわりに

予察方法を確立するためには、病害発生に結び付く要因の抽出と、その調査方法の検討が必要である。しかし一般に病害の発生を予測することは難しく、発生量を予測することはさらに困難である。

近年は気候変動が大きいために、現地では防除タイミングを逃したり、散布間隔があいて薬剤防除が予定通りに実施されないなど、防除対策が後手にまわることが多い。果樹にとって病害虫の被害は、場合によっては当年だけの問題でないことが多い。リング輪紋病の場合も、果実感染時期には枝梢部の感染もあり、枝梢のいぼ病斑部に形成される柄胞子が後年への伝染源となる。このため現状では感染時期の予防対策（定期薬剤防除）がきわめて重要となっている。

本病にかぎらず、将来的には発生予察をふまえたきめ細かな病害虫防除対策が必要であると考えられる。そのためにもさらに発生要因解明のための試験研究を実施する必要がある。

無人ヘリコプター利用による水稻防除

栃木県農務部農蚕課 吉 沢 崇

1. 栃木県農業の概要

項 目	年 次	単 位	全 国	栃 木	全 国 に おける順位	全 国 に おける割合
耕 地 面 積	5	ha	5,12400	138,580	10	2.9%
農 業 粗 生 産 額	4	億円	111,377	3,093	14	2.8
生 産 農 家 所 得	4	億円	48,058	1,519	10	3.1
水 稻 粗 生 産 額	4	億円	27,997	1,218	—	4.4
水 稻 作 付 面 積	5	ha	2,127,000	80,000	8	3.8
一戸当たり耕地面積	5	ha	1.39	1.56	—	—

栃木県農業の概要

2. 航空防除実施面積の推移

対象 年次	水 稻 (ha)				全国の順位 水 稻	実 施 市 町 村 数	事 業 中 止 団 体
	ウンカ類 初期害虫 同時防除	いもち病 その他 同時防除	ツマグロ ヨコバイ 吸 汁 害	小 計			
50	77,088	31,397	30,514	138,999	2		
55	68,031	44,261	1,715	114,007	5		
60	101,271	41,115	837	143,223	3		
61	101,825	40,148	718	142,691	3		
62	96,833	38,857	703	136,393	5		
63	95,898	40,492		136,390	5		
元	81,835	41,870		123,705	5		
2	67,971	47,377	3,393	118,741	6	33	
3	50,407	52,343	7,738	110,488	6	32	氏家
4	44,759	57,455	7,258	109,472	6	32	
5	41,927	55,404	7,905	105,236	7	29	今市, 日光 藤原
6	35,667	65,429	990	102,086	6	28	鹿沼, 塩谷

注) 農蚕課調べ

3. 栃木県における無人ヘリコプター利用水稻病虫害防除の取り組みについて

1) 無人ヘリコプター実用化現地実証事業 (H3~4) (県単)

無人ヘリコプターの有用性を実証するため、県内各地に実証展示ほ場を設置する。

事業主体：農業協同組合等 補助率：1/2

2) 無人ヘリコプター農業利用促進事業 (H5~6)

航空防除を補完するために開発された無人ヘリコプターについて、安全で効率的な防除を実施する先進的モデル農協を育成し、本県の主要作物である水稻の病虫害に対し、主体的取組を促すとともに、農

業分野における総合的利用の促進を図る。

(1) 無人ヘリコプター利用先進農協モデル事業（国庫）

- 航空防除が困難な地域において、無人ヘリコプターを導入し、安全性が高く効率的な地域の防除体制の整備を図る。

平成 5 年度 茂木町

平成 6 年度 氏家町農協，黒羽町農協，日光農協

(2) 無人ヘリコプター効率利用普及事業（県単）

- 無人ヘリコプターの各種防除による効率利用の普及と都市化等での安全性，中山間等での有効性の検討を行う。
- 平成 6 年度実施面積 785.6 ha（南河内町他 5 市町）

4. 県内の無人ヘリコプター導入，利用状況（H7.4 月現在）

1) 機 体 数：34 機（防除業者等 15 機，農協等 19 機）

2) オペレーター数：63 人（農家 14 人，農協等 22 人，鹿沼市農業公社 2 人，その他 25 人）

3) 防除業者届出：13 人（県内）

4) 無人ヘリコプター利用状況

年次	実施面積 (ha)	機体数
元年	4.5	
2 年	71.0	
3 年	771.5	6
4 年	814.1	13
5 年	3,322.4	23
6 年	7,410.0	34

5) 県単事業実施状況

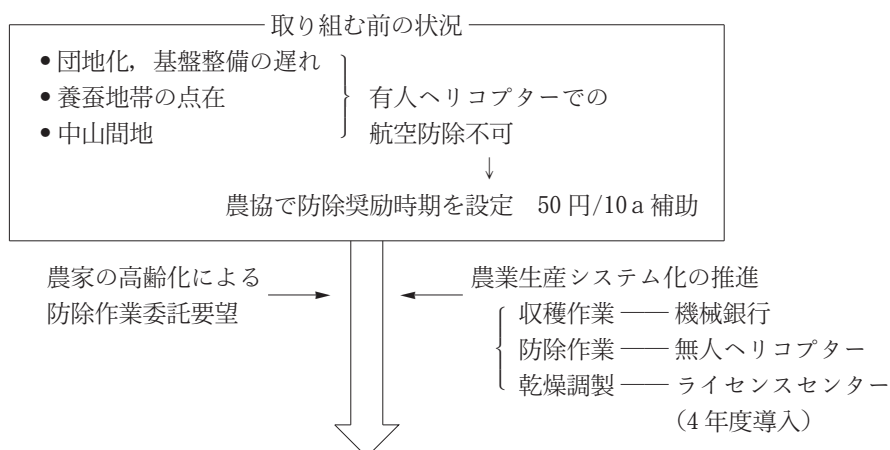
年次	実施面積 (ha)	備 考
3 年	743.1	実用化現地実証事業
4 年	751.3	〃
5 年	624.7	農業利用促進事業
6 年	785.6	〃

6) 実用促進事業実施状況（航空協会）

年次	実施面積 (ha)	地 区 数	
		補 完	中山間
4 年	149.0	1	1
5 年	292.4	1	2
6 年	307.0	2	2

5. 那須町農協での無人ヘリコプター取り組み状況

1) 取り組みの経過



無人ヘリコプターの取り組みへ

- 平成 2 年 町，栃木スカイテックと試験ほ場設置 (15 ha)
- 3 年～ 4 年 無人ヘリコプター実用化現地実証事業を実施 (県単事業)
- 4 年 那須町病害虫防除及び条件整備推進協議会結成
無人ヘリコプター 6 機購入 (地域営農推進助成)
現在のオペレーター数 11 人

年	2	3	4	5	6
防除面積 延べ ha	15	50	53	1743	3299

* H6 水稲作付面積 2,896 ha (56%をカバー)

2) 実施の現状 (6 年度)

「那須の良質米」の維持のため，6 月下旬と 8 月上旬の 2 回をセット

4,579 円/10 a の料金に設定 — 個別の地上防除よりも安価

6/26～7/4 オリゼメート粒剤散布 16 機/日 (協議会 6 機 + 防除業者 10 機)

8/ 1～12 カスラブサイドゾル，マラバッサ乳剤 12 機/日 (協議会 6 機 + 防除業者 6 機)

3) 問題点

- ① 散布実施ほ場が離れている場合，移動に手間がかかる
- ② バンドが 7 種類しかないため，混線の恐れがある (早く終わった地区の機体を援助機として使えない場合がある)。

6. 無人ヘリコプター実施上の問題点

- 可能積載量が少ない。
- 水稲以外の登録農薬が少ない。
- バンド数が少ない。