

特集：フェロモントラップによるニカメイガの発生予察〔5〕

性フェロモントラップによるニカメイガの発生量の予察

新潟県農業試験場 小嶋 昭雄・山代 千加子・有坂 通展

害虫の発生量を予測し、これに応じて必要な防除対策を講ずるには、①要防除水準が示されていること、②発生実態の調査法が具体的に示されていること、③調査体制が整っていること、が必須である。しかし実際にはこれらが満たされている事例はまだ少ない。

ニカメイガの要防除水準に関しては高木ら(1958)、小林ら(1971)、杉野(1975)、小山(1975)などの報告がある。これらはいずれもニカメイガの個体数(高木ら、杉野)または被害茎発生程度(小林、杉野、小山)を判断材料としている。要防除水準が実際に生産場面で活用されるためには防除要否判定の精度が高だけでなく、できるだけ簡易な方法で判定できることが望ましい。これまでのように、圃場に生息する害虫の個体数や被害茎を直接に、必要な精度で調査するためには多くの調査労力と技術を要することが多く、これが普及速度を鈍らせていることも少なくないと思われる。そこで調査が比較的簡易な方法として、性フェロモントラップを利用して生息密度を予測し、これに基づいて防除要否を判定することの可能性が注目されている。フェロモントラップの誘殺数による要防除水準の設定事例としては、NAKASUJI and KIRITANI(1978)のサトイモ畑のハスモンヨトウに関するものがあり、ニカメイガについてはKONDO and TANAKA(1995)がある。

一方、病害虫の要防除水準ではそれが原則として圃場単位で利用されるものか、地域的な広がりを持った場面で利用されるものかを明確にすべきである。これは、要防除水準が求められる過程でおのずと定まるものであり、これまで提案されている要防除水準の多くは圃場単位に利用されるものが多いと思われるが、実際にはあまり明確にされていない。特に水田では共同防除が行われることも多く、さらに今後の拡大が期待されている地域営農など組織的な大規模営農では、あるまとまった地域としての防除要否の判断が求められる場面が増加するものと思われる。

病害虫発生予察事業でフェロモントラップが利用されるようになったのは、1980年の野菜病害虫発生予察事業の本事業化からである。このとき初めて3種類の害虫で性フェロモンの利用が始まり、翌年にはさらに7種類が追加されている。現在では日本植物防疫協会が発生予察用として25種類の害虫を対象にした性フェロモン剤をあっせんしている。ニカメイガの性フェロモンについては3成分の混合物として処女雌をものぐ高い誘引力を示す物質が報告されて(MOCHIDA et al., 1985)、発生予察への利用の可能性が急速に高まった。

このような背景のなかで農水省は、1987年から5か年間の「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。この事業はフェロモントラップを予察灯に代替して、ニカメイガの発生消長や幼虫による被害茎の発生程度が予測できるか、さらに防除要否の判定が可能かを明らかにすることであった。事業に参加したのは岩手、秋田、埼玉、長野、新潟、岐阜、島根、岡山の8県で、農林水産省農業研究センター、東京大学農学部、理化学研究所、および信越化学工業の指導と協力を得て実施された。用いたフェロモンはZ-11-HDAL：Z-13-ODAL：Z-9-HDAL=48：6：5の混合物0.6mgをゴムセプタムに含浸させたもの(信越化学製)で、日本植物防疫協会が斡旋しているものと同一である。

新潟県ではこの調査を実施するに当たり、ニカメイガ

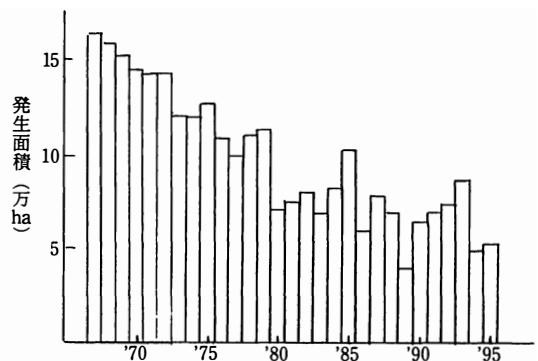


図-1 新潟県におけるニカメイガ第一世代幼虫による被害茎発生面積

An Estimation of the Quantity of the Rice Stem Borer *Chilo suppressalis* (WALKER) (Lepidoptera: Pyralidae) Based on the Pheromone Trap Catches. By Akio KOJIMA, Chikako YAMASHIRO and Michinobu ARISAKA

の発生面積は1970年代初めから減少し(図-1)、少発生状態が続いているものの、近年でも2~3万ha程度の防除が行われており、広範囲の共同防除が多いことから、フェロモントラップを利用して地域的な防除要否を簡易に判定するための技術開発を主な目的とした。これまでは幼虫密度や被害茎発生程度を直接調査することを前提とした要防除水準が普及しており、組織的な調査活動は活発に行われているが、調査の簡易化に対する要望が強かった。この事業の成果として、調査法を簡易化することができれば発生実態に見合った防除活動がさらに普及できるものと期待される。

ここでは、特殊調査の成績を中心に、①フェロモントラップの誘殺数をこれまでの予察灯のデータと連続したものとして直接比較することが可能か、②フェロモントラップの誘殺数から被害茎の発生程度が推定できるか、③フェロモントラップの誘殺数による要防除水準の設定が可能か、について整理した。

I フェロモントラップと予察灯との誘殺数の比較

中野ら(1986)は、同一成分のフェロモンを用いて、新潟県内14か所でフェロモントラップと予察灯を使っ

て誘殺状況を調査した結果を報告しているが、その中で、誘殺数はフェロモントラップのほうが予察灯より多く、この傾向は越冬世代成虫が第一世代成虫より顕著であると述べている。このときのデータにその後新潟県農業試験場で得られたデータを加えると表-1のようである。越冬世代成虫の場合、雄成虫誘殺数はフェロモントラップが予察灯より多く、単純平均で6.5倍、極端に異なる4例を除いた平均では4.2倍であった。第一世代成虫でも予察灯よりフェロモントラップの誘殺数がやはり多いものの、その差は越冬世代成虫ほど大きくはなかった。この傾向は特殊調査に参加した各県共通の特徴であった。フェロモントラップを成虫発生量のモニターとして使う場合、誘殺数が多いことがすべてではないが必要条件ではあり、その点ではまず利用可能と思われた。

予察灯と比較した誘殺効率が世代間で異なることについて、KONDO and TANAKA (1993)は、①雄成虫のフェロモンに対する反応性、②飛翔能力、③野外雌密度の影響を取り上げ、世代間で比較した結果、フェロモンの各濃度に対する反応、飛翔能力には世代間に有意な違いは認められず、予察灯誘殺数(雌密度)に依存して有意に誘殺数が減少し、その傾向は明らかに越冬世代成虫より第一世代成虫のほうが強かった。このことから、世代

表-1 フェロモントラップと予察灯との誘殺数の比較

調査地名	調査年	越 冬 世 代			第 一 世 代		
		フェロモン (A)	予察灯 (B)	A/B	フェロモン (A)	予察灯 (B)	A/B
安塚町	1985	373	193	1.9			
柿崎町	1985	1832	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	1728	148	(11.7)	97	156	0.6
月瀧村	1985	1000	241	4.1			
新潟市A	1985	452	97	4.7			
新潟市B	1985	1295	206	6.3			
横越村	1985	2138	112	(19.1)			
紫雲寺町	1985	1474	326	4.5	179	76	2.4
金井町	1985	376	54	7.0	205	259	0.8
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
長岡市	1992	438	90	4.9	218	144	1.9
長岡市	1993	898	53	(16.9)	556	79	7.0
長岡市	1994	705	156	4.6	309	94	3.4
長岡市	1995	872	146	6.0	195	40	4.9

予察灯の誘殺数は雄のみ。

()内はフェロモントラップと予察灯の誘殺数が極端に異なる事例。

間で誘殺効率が違う原因の一つとして、水田内に生息する雌密度の影響が大きいと考察している。このほか、世代による成虫の羽化場所の違いや活動時間帯の気温条件の違いなども考えられる。トラップと雌との取り合いが顕著に起こるとすれば、雌密度がある程度高い（誘殺数が多い）場合には誘殺数の補正が必要になることも考えられる。ただ、要防除水準や被害評価基準がこのことを前提に含んで設定されていれば、実用上の問題はない。

フェロモントラップと予察灯の誘殺数の違いは、誘殺効率の違いだけでなく、誘殺を妨げる要因（例えば風雨、周囲の光条件、気温など）の作用が世代や調査地域で異なることも考えられる。したがって、モニターとしての有効性は予察灯の誘殺数と合致するのではなく、実際の成虫密度との相関性がどうかである。しかしこの証明は難しいので、産卵数や次世代幼虫による被害茎の発生程度との関連性を見ると次のようである。KONDO and TANAKA (1995) は、誘殺数と卵塊密度、卵塊密度と被害茎率の間に高い相関関係を認め、新潟県の調査（図-3）では、数百～千数百 ha の地域を単位として成虫誘殺数と次世代幼虫による被害茎の発生程度が高い相関関係にあることが示された。さらに、1個または2個のトラップの誘殺数と周辺圃場における被害茎発生程度の関係を検討した秋田、岩手、埼玉、長野、岐阜、島根の各県の調査（農水省植物防疫課，1994）でも同様の傾向であった。

このように、ニカメイガについても性フェロモントラ

ップを使って誘殺数を調査すれば、周辺の成虫密度を簡易に推定することが可能と思われた。しかし、誘殺効率が調査地やニカメイガの発生世代によって異なるものと思われるので、モニターとしての能力をすべての利用場面に対して画一的に考えるのではなく、利用初期には地域の特性をとらえることにも配慮しながら、しだいに信頼度を高めることが大切と思われる。また、フェロモントラップと予察灯では誘殺効率が異なるので、フェロモントラップでの誘殺数をこれまで調査してきた予察灯による誘殺数と直接比較することには限界がある。このことはこれまで蓄積してきた予察灯データの活用が制限されることであり、利用場面で一見重要そうであるが、このようなことは新しい調査技術を取り入れるときにはよく起こることで、技術普及の妨げにはならない。

II 誘殺数と被害発生量との関係

フェロモントラップを用いて、地域的な広い単位で防除要否を判定することができるか、その場合の具体的な方法はどうかを検討した。

これはフェロモントラップの特性を知る調査であることから、試験地としては地形が著しく異なる3地域を選定した。西川は平坦な新潟平野の中心部に位置し、集落が点在する水田面積約1,500 haの水田地帯、小千谷は平坦な丘陵台地で遮蔽物がなく風通しのきわめてよい約300 haの水田地帯、柏崎は地形が複雑な山間地帯が中心で水田面積約600 haである。それぞれにフェロモントラ

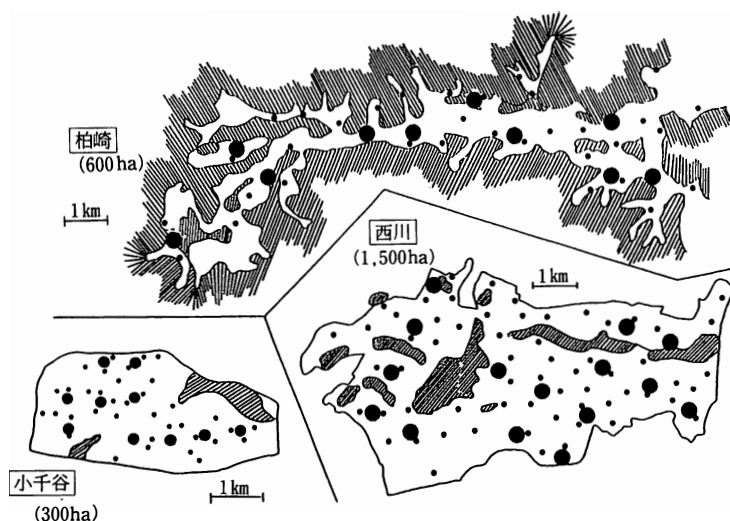


図-2 試験地の概要

▨：山林や集落など，●：フェロモントラップ，○：被害茎調査圃場

ップを15, 10, 10台, 被害茎調査圃場として67, 36, 40圃場を図-2のように配置した。

誘殺数の調査は田植え直後の5月上旬から第二世代成虫の発生がほぼ終了する8月31日まで, 半旬ごとの誘殺個体数を数え, フェロモン源は1か月ごとに交換した。トラップは市販のプラスチック製の箱を改善したもので図-3に示した水盤式である。トラップは畦畔沿いの水田内にフェロモン源の高さが越冬世代成虫調査では50cm, 第一世代成虫調査では100cmになるように設置した。

被害茎調査は任意系統抽出した圃場から1圃場25株を系統抽出し, 第一世代幼虫の被害は葉鞘変色茎(6月下旬)と心枯茎(7月下旬)を, 第二世代幼虫の被害は刈り取り後(10月)の刈り株の食害茎の有無を株別に調査した。柏崎と小千谷では各トラップの周辺(200m以内)10~20圃場について, 葉鞘変色茎発生盛期に1圃場100株の被害茎の有無を調査した。

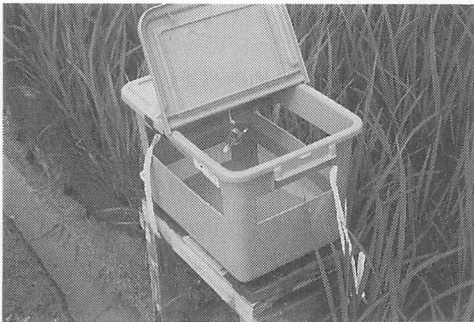


図-3 新潟県で供試したフェロモントラップ
(25 cm×35 cm×高さ 25 cmのポリ容器)

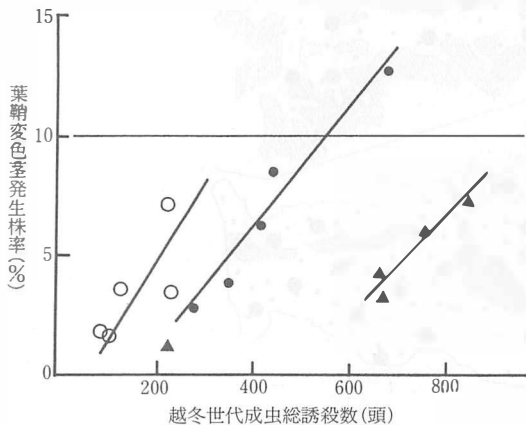


図-4 試験地ごとの越冬世代成虫誘殺数と第一世代幼虫による被害茎発生程度
●: 西川, ○: 柏崎, ▲: 小千谷

越冬世代成虫誘殺数と第一世代幼虫による被害茎の発生程度との関係は図-4, 5のようであった。図-4のように, 被害茎の発生程度は3試験地とも低かったが, 試験地ごとの誘殺数と被害株率の平均値間には, 高い相関関係が認められた。しかし, その内容は試験地間で異なっており, 一定ではなかった。これは地形の違いやそれに伴う風通しの違いなどによって誘殺効率, とくに誘殺範囲が違っているためと考えられた。被害茎の発生程度は3試験地で大差ないか西川でやや多い程度であったが, 誘殺数は丘陵台地で風通しのよい小千谷でもっとも多く, 山間地が主体で地形が複雑な柏崎の約4倍であり, 西川はその中間であった。したがって, 3地域全体をまとめて誘殺数から被害茎発生程度の予測式を導くのは無理で, 地域的な特徴を折り込む必要があると思われる。図-4から西川と柏崎は同一に扱ってもよさそうに思われたが, 小千谷をこれに含めるには無理がある。ただ, 小千谷のような地形は新潟県でも多くはないので, 西川と柏崎のデータをもとに一般的な予測方式を設定して利用

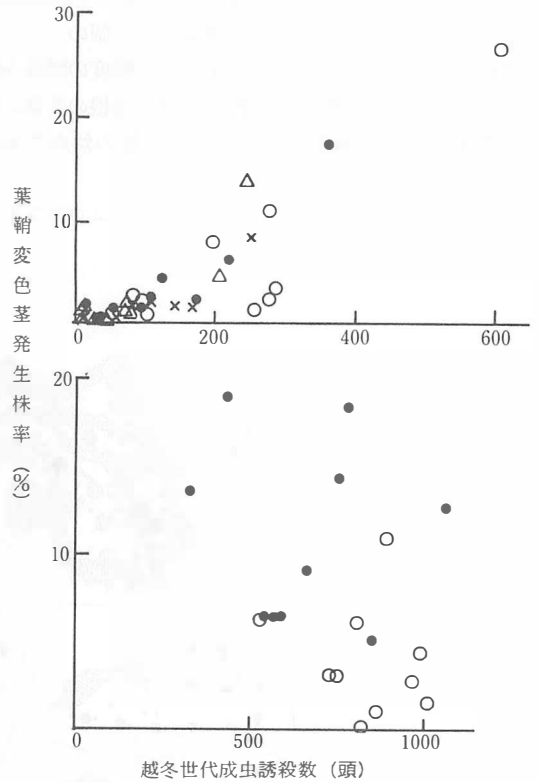


図-5 越冬世代成虫誘殺数と周辺圃場における被害茎発生程度
上段: 柏崎, 下段: 小千谷
○: 1988, ●: 1989, △: 1990, ×: 1991

することとし、小千谷のような特殊な条件を有するところではこれに配慮した修正が必要であると判断した。

また、個々のトラップにおける誘殺数と周辺圃場の被害発生との関係は、図-5のように柏崎では一定の相関関係が認められるものの小千谷ではまったく認められなかった。これも風通しの特により小千谷では誘殺範囲が広いことによるものと思われた。フェロモントラップの誘殺範囲は越冬世代成虫では100 m (KONDO and TANAKA, 1994)、または長野県では100~200 m以上 (農水省植物防疫課, 1994) と推定されている。これらを考慮すれば、小千谷の例は特別としても、フェロモントラップの誘殺数から被害茎の発生程度を予測するには圃場単位などのせまい単位より、ある程度の広がりを持った地域単位のほうがより適していると思われた。

一方、KONDO and TANAKA (1995) は、2.2~4.4 aの圃場にトラップ2~4台を互いに15 m以上離して配置し、その合計誘殺数と圃場ごとの卵塊密度および被害茎発生程度を調査したところ、両世代とも、成虫誘殺数、卵塊密度、被害茎率の相互間にはきわめて高い相関が認められ、直線で回帰された。これらはフェロモントラップの誘殺数からそこにおけるニカメイガの個体数および被害茎発生程度を高い精度で推定することが可能であることを示している (図-7)。

県内数か所~23か所に各1台のトラップを配置し、それぞれの周辺5~10圃場における被害茎の発生程度を調査した秋田、岩手、長野、岐阜の各県における調査、1か所にトラップ2台を配置し周辺数圃場における被害茎発

生程度を調査した埼玉、島根両県における調査結果でも、越冬世代成虫誘殺数と第一世代幼虫による被害茎発生程度との間にはそれぞれ有意な相関関係が認められている。しかし、推定精度はまちまちで、これをもとに誘殺数による要防除水準の設定まで進めた事例は長野、新潟、岡山の3県のみであった (農水省植物防疫課, 1994)。

第一世代成虫誘殺数と第二世代幼虫による被害茎発生程度との関係は図-6のようで、新潟での調査からは試験地別に見ても両者の間に相関関係は認められなかった。しかし、岐阜、島根両県の調査では両者の間に有意な関係を認めている (農水省植物防疫課, 1994)。岡山では密接な相関関係にあることから、要防除水準の設定まで進めている (KONDO and TANAKA, 1995)。また、秋田では調査年次によって異なる傾向を示すなど (農水省植物防疫課, 1994)、両者の関係は越冬世代成虫と第一世代幼虫の関係より不安定であるとも考えられるので、利用性についてはさらに検討を要する地域も多いと思われた。

III 要防除水準の推定

要防除水準設定の基礎となる被害許容水準や害虫の生存曲線などは、気象条件やイネの品種・栽培法などによっても異なると思われる。したがって要防除水準の具体的な数値は県ごと、あるいは地域で異なるものと考えるので、この際重要な意味は持たない。問題はフェロモントラップによる誘殺数と被害茎発生程度とが、安定してしっかりした関係を示すことが明らかになればよい。あとは、各県や地域の被害許容水準が求められていれば技術として成立することになる。したがって、基本的には前述の誘殺数と被害発生量との関係でよいことになるが、ここでは比較的狭い圃場単位での要防除水準について報告したKONDO and TANAKA (1995)の事例と、広い地域単位での利用をねらった新潟県での事例を具体的な数値を含めて紹介する。

KONDO and TANAKA (1995) は、2.2~4.4 aの圃場を用い、圃場ごとの成虫誘殺数、産卵密度と被害茎発生程度の相互間に高い相関関係が認められるので、フェロモントラップの誘殺数から被害茎の発生程度を高い精度で推定することが可能であるとした。そして岡山県における経済被害水準を基に、要防除水準として第一世代は越冬世代成虫の誘殺ピークまでの誘殺数56頭、第二世代は第一世代成虫誘殺ピークまでの誘殺数144頭と推定した (図-7)。

新潟県では図-4に得られた結果をもとに、西川や柏崎のような地形が県内に一般的な地形であること、この両

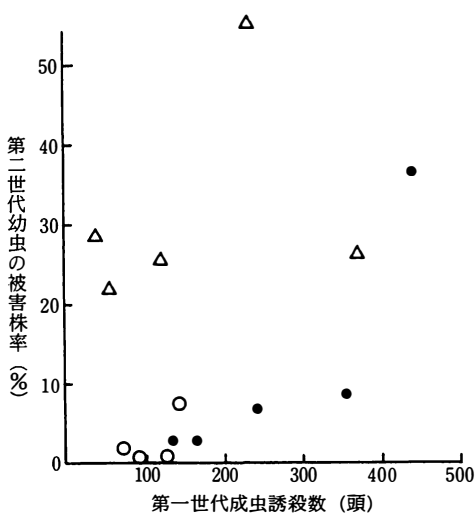


図-6 第一世代成虫誘殺数と第二世代幼虫による被害茎発生程度

●：西川，○：柏崎，△：小千谷

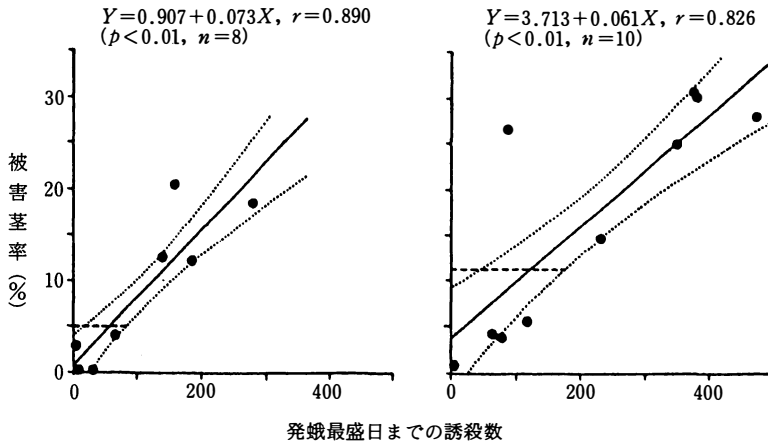


図-7 発蛾最盛日までの誘殺数と被害茎発生程度 (KONDO and TANAKA, 1995)
 左：越冬世代成虫と第一世代幼虫の被害，右：第一世代成虫と第二世代幼虫の被害
 点線は推定被害茎率の80%信頼限界，破線は世代ごとの経済的被害水準

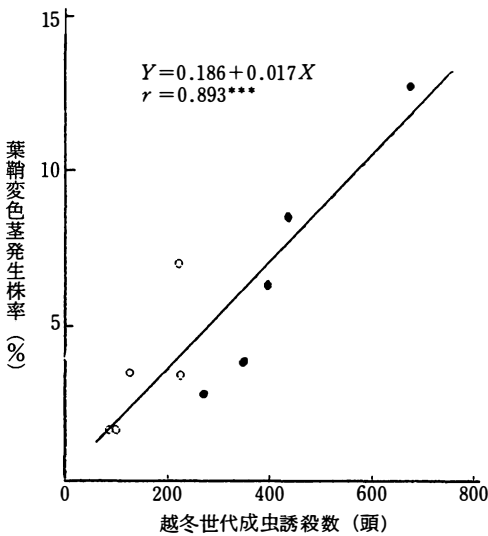


図-8 越冬世代成虫誘殺数から第一世代幼虫による葉鞘変色茎発生程度を推定する基本相関図(西川と柏崎のデータから作成)
 ●：西川，○：柏崎

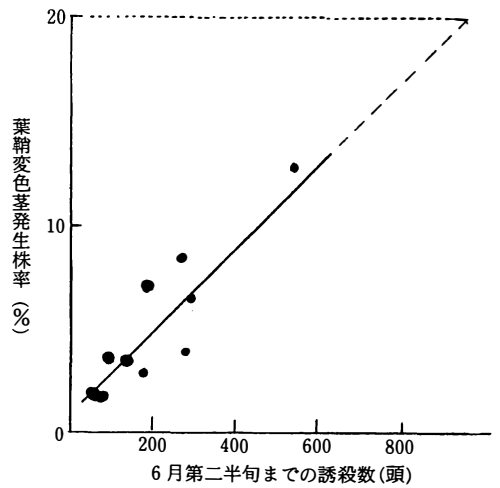


図-9 6月第二半句までの誘殺数による要防除水準の推定
 点線は新潟県における被害許容水準

試験地における成虫誘殺数と被害茎発生程度との関係が類似していることなどから，この2か所のデータをあわせて誘殺数と被害茎発生程度との関係を求める一般式を求めた(図-8)。これをもとに，すでに県内で指導されている被害許容水準(葉鞘変色茎発生株率20%，未発表)に達する誘殺数を推定した。一方，新潟県におけるニカ

メイガ防除剤の散布時期は6月下旬であることから，防除要否の判断は遅くとも6月中旬までに行いたいこと，越冬世代成虫の総誘殺数と6月第2半句までの誘殺数とは高い相関関係を示すこと，6月第2半句までの誘殺数と葉鞘変色茎発生程度との間に高い相関関係が認められることなどから，6月第2半句までの誘殺数800頭を要防除水準とした(図-9，未発表)。

先に述べたように，フェロモントラップの誘殺範囲が

表-2 性フェロモントラップで地域的な発生量を推定するために必要なトラップ数¹⁾の計算

試験地	項目	試験年次					平均誘殺数が必要防除付近の場合 ²⁾	
		1987	1988	1989	1990	1991	必要トラップ数	期待精度 ³⁾
西川	平均誘殺数(頭)	676	436	268	347	407	6	(15%)
	必要トラップ数(個)	10	46	81	10	7		
柏崎	平均誘殺数(頭)	220	225	125	84	97	10	(19%)
	必要トラップ数(個)	39	66	94	110	80		
小千谷	平均誘殺数(頭)	753	838	661	658	215	2	(8%)
	必要トラップ数(個)	5	4	14	30	55		

¹⁾：地域ごとの平均誘殺数の推定誤差を20%許容した場合に必要なトラップ数

²⁾：図-4で地域ごとに葉鞘変色茎発生株率が20%（新潟県の被害許容水準）付近に達すると思われる誘殺数

³⁾：1地域10台のトラップを配置して調査した場合に予想される平均値の誤差範囲

越冬世代成虫では100 m (KONDO and TANAKA, 1994), または100~200 m以上（長野県, 農水省植物防疫課, 1994）と推定されていることも考慮すれば, フェロモントラップの誘殺数による防除要否の判定は, 水田1枚の単位で行うより, 面的にある程度の広がりをもつ地域の判定により適している技術と考えられる。このことは, 水稲が一般的に連続した圃場で広範囲に作られており, 作型もそろっていることからいえる。

最後に, 広域調査を行う場合に必要なトラップ数の検討を行った。試験地ごとの誘殺数のトラップ間変動をもとに, 誘殺数の20%の調査誤差を許容したうえで, 地域単位での平均誘殺数を調査する場合に必要なトラップ数を試算した結果を表-2に示した。地域の平均誘殺数を調査する場合, 求める調査精度が同じでも必要なトラップ数は調査地ごとに大きく異なり, 丘陵台地の小千谷では少なくてもよいが, 山間地を抱える柏崎では多くのトラップが必要であった。今, 発生程度が新潟県の要防除付近に近い場合を想定し, 平均誘殺数の20%の調査誤差を許容すると, 必要なトラップ数は西川では6, 柏崎では10, 小千谷では2と推定される。これを基に新潟県では1地域10台のトラップを用いることとした(未発表)。1地域10台のトラップを配置して調査すれば, 地域ごとの平均誘殺数が10~20%の調査誤差で推定できると期待される。フェロモントラップの誘殺数から防除要否を判断する場合には, この調査誤差を加味して検討することが重要である。

おわりに

ニカメイガの性フェロモンは発生量の予測に十分利用できるものと思われるし, フェロモントラップの誘殺数による要防除水準の設定も行われてきた。しかし, 誘殺効率が調査地やニカメイガの発生世代によって異なるので, フェロモントラップによる発生量の推定が安定した技術として活用されるためには今後の解明が待たれる部分も多い。誘殺効率の違いについては調査地域の地形や気象条件などとともに, ニカメイガの生理・行動面からの検討も必要と思われる。技術の利用当初にはこれらをそれぞれの地域の特徴としてとらえる配慮が必要であろう。フェロモントラップの設置や調査の簡便性はいうまでもないので, 今後広く活用されることを期待したい。発生量に基づく防除活動の展開は机上で十分に作戦を練るだけでなく, まず動きだすことが第一と考えている。

引用文献

- 1) 小林 尚ら(1971): 応動昆 15 (3): 121~13.
- 2) KONDO, A. and F. TANAKA(1993): Appl. Entomol. Zool. 28 (4): 503~511.
- 3) _____ (1994): ibid. 29 (1): 55~62.
- 4) _____ (1995): ibid. 30 (1): 103~110.
- 5) 小山重郎 (1975): 応動昆 19 (2): 63~69.
- 6) МОСНДА, O. et al. (1985): Ent. exp. appl. 36: 295~296.
- 7) 中野 潔ら (1986): 北陸病虫研報 34: 12~15.
- 8) NAKASUJI, F. and K. KIRITANI (1978): Protect. Ecol. 1: 23~32.
- 9) 農林水産省農産園芸局植物防疫課(1994): 農作物有害動植物発生予察特別報告第38号.
- 10) 杉野多万司 (1975): 植物防疫 29: 263~26.
- 11) 高木信一ら (1958): 静岡農試研報 3: 23~36.