

平成7年度 植物防疫事例発表会 講演要旨

於：農林水産省講堂
平成7年4月20日

農林水産省農蚕園芸局植物防疫課
植物防疫全国協議会

植物防疫事例発表会開催要領

農林水産省農蚕園芸局
植物防疫全国協議会

1. 開催趣旨

農林水産省では都道府県を事業実施主体とした防除、発生予察、農薬対策等の補助事業を各種実施している。各々の補助事業においては、全国レベルでの事業検討会を開催しているが、当該検討会の参集範囲は一部アドバイザーとして国の研究者が参加する他は当該事業実施県のみに限られるケースがほとんどとなっており、都道府県間及び都道府県とその他関係者との情報交換が必ずしも円滑に行われていない現状にある。

従来積極的に情報交換されてきた関係学会や地域病虫害研究会等での試験研究の最新知見の他、他県における事業成果や現地における先進的な優良事例等の情報は、都道府県における植物防疫関係の諸施策を推進する上で極めて有効であると思われることから、広く植物防疫関係者の参集のもと都道府県における植物防疫事例の発表会を開催し情報交換を行うことで、今後のさらなる植物防疫事業の推進を図ることとする。

2. 開催日時

平成7年4月20日(木) 13:30~17:00

3. 開催場所

農林水産省講堂（本館7階）

4. 参集範囲

都道府県の本庁、病虫害防除所、農業試験場、国の研究者、団体、資材メーカー等

5. 議 題

(1) 特別発表

太陽熱利用による土壌消毒法の開発普及 奈良県 小玉孝司
—— 臭化メチル代替技術の例として ——

(2) 一般発表

- 1) 高度技術応用防除体系推進事業成果
 - アブラムシ類の病原糸状菌 宮城県
 - 野菜類青枯病の拮抗微生物 高知県
 - キャベツ害虫の体系的防除技術 島根県
- 2) ニカメイガの発生予察（特殊調査成果） 新潟県
- 3) リンゴ輪紋病の発生予察（特殊調査成果） 福島県
- 4) 無人ヘリコプター利用による水稻防除 栃木県

目 次

太陽熱を利用した土壌消毒の開発・普及	1
奈良県農業試験場	小 玉 孝 司
アブラムシ類の病原糸状菌	7
宮城県農政部農業技術課	増 田 俊 雄
ナス科果菜類の青枯病の拮抗微生物による防除	11
高知県病虫害防除所	高 橋 尚 之
卵寄生蜂を組み込んだキャベツの害虫の体系防除	13
島根県農業試験場	村 井 保
ニカメイガの発生予察	16
新潟県農業試験場	山 代 千加子
リンゴ輪紋病の発生予察について	27
福島県果樹試験場	尾 形 正
無人ヘリコプター利用による水稻防除	34
栃木県農務部農蚕課	吉 沢 崇

太陽熱を科用した土壤消毒の開発・普及

—— 第 50 回農業技術功労者表彰受賞記 ——

奈良県農業試験場長 小 玉 孝 司

はじめに

このたび、農業技術の研究における伝統と権威のある「農業技術功労賞」の栄誉を受け、身にあまる光栄と感謝申し上げます。これもご推奨いただいた皆様方のご支援の賜であり、心から深く御礼申し上げます。

今回の授賞の対象になりました「太陽熱を利用した土壤消毒法の開発・普及」は「奈良イチゴ」の産地振興の前に立ちはだかったイチゴ萎黄病等の連作障害をなんとかしなければならぬと目的を同じくしていた研究員、農業改良普及員等の一致団結の成果である。また、1997 年からは農林水産省や全国の府県研究機関、全国農業改良普及協会等の強力かつ緊密な連携により、実に短期間で幾多の成果を上げ、施設園芸の土壤保全に役立つ総合的技術として普及・定着を見たものである。

ここに、これら関係者の方々に対して厚く御礼申し上げます。

1. 背景とねらい

施設栽培における規模拡大、省力化の進行に伴い、固定ハウスの増加が著しい。一方、ハウスの高度利用は、収益性の高い作物への作目の単純化をもたらす結果、いわゆる連作障害に起因する生産力の低下が短期間のうちに生じ、問題となっている。これらを回避するため、土壤の改良、特に土壤消毒の必要性が強調され、薬剤による土壤くん蒸などが実用化されているが、人体に有害なものが多く、密閉環境のハウス内や人家近くでの使用には慎重を期さなければならない。

1970 年代には、太陽エネルギーを有効に利用した農業技術が各地で検討されているが、わが国の盛夏は熱帯に近い高温となり、施設栽培では野菜の生育に適さないため、夏期休閑（休作）となることが多い。この時期の気象特性とハウスの保温性を利用し、ハウス密閉処理によって病害虫を殺滅する手法が、すでに一部実用化検討されている。同じころ現地にて生産者が露地において透明マルチ処理で効果をあげているのを発見し、筆者らは、これらの手法がハウス内の土壤消毒にも応用できないかと考え、その実用化試験を行った。

まず、ハウス内の地温を高めにするため、日射エネルギーとハウスの保温性を活用するとともに、夜間の放熱量を最小限にする方策を併せ検討した。一方、イチゴ萎黄病菌など土壤病原菌について短期間加熱による死滅温度よりやや低い低温度域における死滅条件を解明するための基礎実験を併せ行った。これと並行して、イチゴ作を対象に現地実用技術の検討を行い、その有効性を実証し、引き続いて他作物の病害虫および被覆ビニルのない露地作への適用拡大について検討した。

2. 土壤消毒法の概要

この処理法のポイントは、太陽熱をいかに有効に土壤中に伝導し、蓄熱するかにある。施設条件での標準的な

Shigenobu MIYAMOTO and Takashi KODAMA: Development and Application of Soil Sterilization by Solar Heating Against Soil-Borne Diseases 農業技術 50(3), 1995.

処理の概要は以下のとおりである。

(1) 耕起と小畝立て

前作の資材を取り除き、十分に深耕する。そして、このとき、小畝立てを行う。深耕は土壌中の粗孔隙量を高め、小畝立てによって熱の伝導を良くする。また、注水時の水路や、終了後の排水路等の作業性の面から必要である。

これらの作業は早期の涼しい時間帯に完了し、ハウス内の両サイド畝は外部の影響を受けて地温が上昇しにくいので、熱処理前にハウス支柱際の土壌を中央部に移し、畝立てを完了しておく。

難分解性の有機物（林産物等）は、施用量（10a 当り 1～2t 限度）が多過ぎないように注意して、青刈作物等の栽培前に土壌混和するのがよい。また、窒素含量の高い畜産糞尿等では、元肥窒素量を減じ、石灰窒素の施用は避ける。

(2) 地表面のビニル等の被覆

小畝立てが完了すると古ビニル等で土面を全面被覆する。特に、ハウス内の隅々まで敷きつめ、破損箇所はビニルを重ねる等補修して保温性を高める。

(3) 注水（たん水）

畝間に注水し、土壌中の粗孔隙を水で充満する。水は熱の媒体として温度の上昇と保持に有効である（湿熱）と同時に、高温たん水により土壌の酸化還元電位（Eh）が急激に低下し、病虫害は比較的低温域で死滅する。しかし、注水はあくまでも一次たん水とし、自然落水させるか、畝間が溜まり水状態になる程度に水管理を行うだけでよい。畑条件での処理では、ビニル被覆前に十分に灌水しておく。

(4) ハウスの密閉

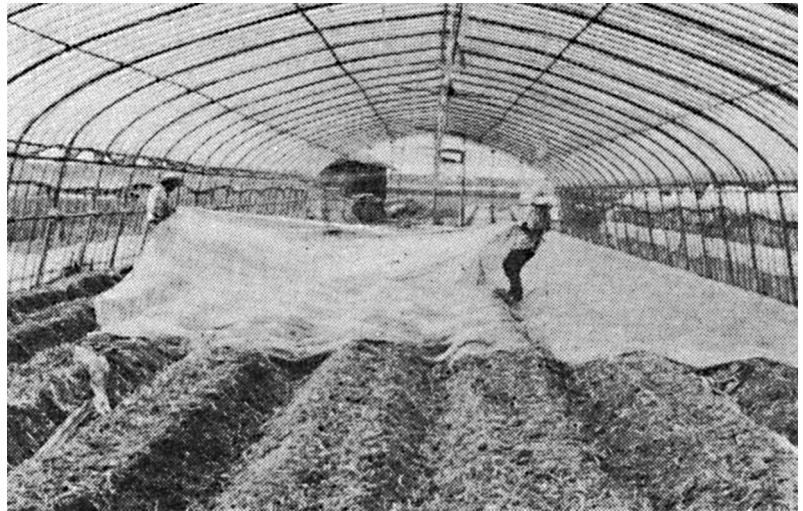
上記の作業が完了したら、施設では外張りビニルを昼夜間とも密閉状態に保つ。ビニルの破損箇所、換気口等は補修し、ハウスの保温性を高める。

(5) 被覆ビニルの除去

処理が完了したら、速やかに外張りと地表面被覆ビニルを取り除き、降雨に当てるようにする。処理期間中は粗大有機物の分解が遅れているが、処理後の常温、好氣的条件で急速に促進される。

(6) 病虫害による再汚染の防止

処理後の浸冠水、農機具、種苗等による病虫害の持ち込みがないようにする。とくに、消毒直後から 10～20 日間は慎重に作業し、排水路を設置しておく。また、腐熟堆肥等の良質（病虫害を含まない）有機物の施用は、土壌微生物相の回復を早め、消毒効果を安定させる。



第1図 ビニルまたはポリフィルム被覆

3. ビニル等被覆による地温の変化

ビニルハウスを密閉すると、屋間の日射エネルギーによりハウス内空間が高温となり、土壤中に伝導、蓄熱した熱量と夜間の放熱量とにより地温が決まり、土壌の深さおよび時刻による差がみられる。地表面の日最高地温は13～14時ごろ60～70℃となり、日最低地温は5～6時前後に記録された。一方、深層部ほど時間的なズレがみられ、地表下20cmでは日最高地温が19～20時ごろに遅延した。地温の日較差は地表面では20～30℃の変温であるのに対し、深層部ほど小さくなり、地表下20cmでは約5℃の高低差となって恒温処理に類似した温度変化を示した。

なお、ハウスの中央部と周辺部では温度分布が異なり、ハウスの周辺部土壌は外の影響を受けやすく、地表下20cmでは中央部に比べ3～4℃低温となった。

また、地温は、その年次の全晴天日射量との関係が深い。晴天が持続した1975年7月31日の快晴日では、日最高地温は、地表面72.3℃、地表下10cmで60.5℃、同20cmは53.2℃を観測した。低日射年次の1976年は処理期間中に曇天日が多く、7月31日の快晴日にも地表面58.0℃、地表下10cmで48.3℃、同20cmで42.8℃が処理期間中の最高地温であった。

露地条件での地表面ビニル被覆による地温の変化は、地表下5cmで平均日最高地温46.5℃となり、無被覆区より11.8℃高くなった。地表下10cmでは9.5℃高く41.9℃となり、同20cmでは7.9℃高く38.9℃であった。地表下20cm地温について、筆者らの測定値とイスラエル、カリフォルニアでの測定値を比較すると、イスラエルでは39～45℃、カリフォルニアでは36～38℃と前者よりやや低温、後者より高温を得ることができた。しかし、施設条件下に比べて露地条件では地温の上昇程度が小さく、特に浅層部では施設条件に比べ地温差が大きく、深層部（地表下20cm）では、その差が狭まった。

4. 熱処理による植物病原菌（体）の死滅

熱処理による菌体殺菌は、古くからキュアリング法、温湯浸法、高温蒸気消毒等で知られ、球根、穀物類、土壌などで物理的消毒法として用いられてきた。

病原菌の死滅温度は、通常、10分間など短時間で死滅する範囲での最も低い温度で示されており、ほとんどの菌類細胞は60℃以下の短時間処理によって死滅する。イチゴ萎黄病菌 (*Fusarium oxysporum* f. sp. *fragariae*) の培養菌は温湯中において、58～60℃では30分間、45℃では24時間以内に死滅した。しかし、病株中や、土壌中に耐久体として生存する菌で

第1表 各温度条件下でのでんぶん添加とフザリウム菌数の推移

土壌温度 (℃)	でんぶん w/w, %	処理日数別検定菌数 (×10 ² /g 乾土)			
		2	4	8	14日
30	0	46.8	71.9	47.5	57.5
	2.5	52.4	64.1	7.8	12.5
	5.0	70.2	33.4	7.8	2.0
35	0	41.6	48.1	14.3	17.6
	2.5	40.3	39.4	1.5	0.0
	5.0	46.8	44.2	0.1	0.0
40	0	50.3	16.0	3.9	0.0
	2.5	24.1	1.7	0.0	0.0
	5.0	13.5	1.5	0.0	0.0
45	0	4.8	1.3	0.0	0.0
	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0
	5.0	0.4	0.0	0.0	0.0
標準無処理		53.3	56.3	43.5	63.0

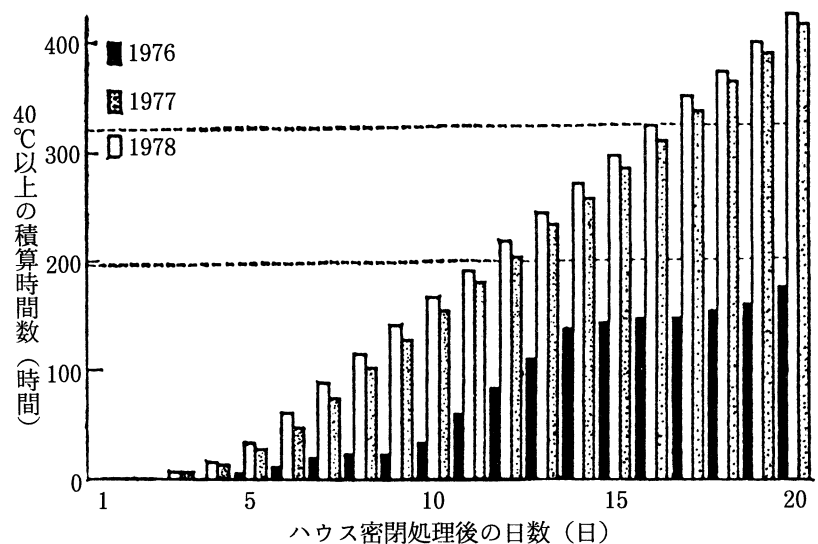
注) 標準無処理土は20℃保存、処理区はたん水条件とした。

は、罹病株が 45℃3 日、病土では同 6 日間で検出されなくなった。その他の病原菌ではキュウリつる割病菌、苗立枯病菌 (*Pythium* 菌) は、これに類似したが、イチゴ芽枯病菌、菌核病菌、白絹病菌、ネグサレセンチュウ等は、より低温、短時間で死滅することが明らかになった。

一般に病原菌は、湿熱に対して耐熱性が劣り、酸素供給がたたれと生存数が減じることが知られている。この両条件を活用して、低温域における病原菌の死滅を図ることが考えられた。そこで、イチゴ萎黄病

菌汚染土壌にでんぷん添加とたん水処理によって、土壌の酸化還元電位 (Eh) を低下させて熱処理を行うと、第 1 表に示すように、40℃以下の低温域においても菌数の減少がみられた。また、たん水条件下で、各温度を設定し、でんぷんおよび石灰窒素の添加とイチゴ萎黄病菌数との関係をみると、標準処理 (たん水) に比べ温度、でんぷん添加は有意に菌数を減少した。これらの結果から、土壌消毒に要する限界温度を 40℃前後に下げることができた。

つぎに、これらの有効温度域の持続が必要なのか、変温処理による積算時間数で対応できるかをみると、イチゴ萎黄病菌はたん水および可溶性でんぷん添加条件下で 40℃以上の積算時間数の 8~14 日 (192~336 時間) が得られれば検出菌数が激減し、土壌消毒が可能と考えられた。実際のイチゴ栽培ハウスにおいて、地表下 20 cm で本菌の有効死滅温度 40℃以上の温度域を得るためには、高日射年次で 3 日、低日射年次では 5 日間を要し、菌の死滅に必要な積算時間数を得るには、3 カ年間の測定値 (第 2 図) から、20~30 日位の処理期間を要することが明らかになった。



第 2 図 年次別のイチゴ萎黄病菌の有効死滅温度域 (40℃以上) の積算時間数の比較

注) 畝最上部から地下 20 cm の測定値、点線は本病原菌の死滅積算時間数の最小時間 (192 時間) および最大時間 (336 時間) を示す。

5. 圃場における土壌伝染性病害の防除

施設条件下における防除効果は、イチゴ萎黄病の激発した圃場において、この処理による病原菌数の経時的な推移を、イチゴを慣行栽培して調査すると、菌数は処理直後急減し、無処理土壌とは歴然とした差を認めた。イチゴ定植時にも急激な増加傾向は認められず、検出菌数からも発病の危険性は極めて少なかった。

発病株の推移は第 2 表に示すように、無処理区が 2 カ年ともに高率に発病したのに対し、処理区は一部に生育不良株を認めたほかは全く発病を認めず、生育、収量ともに格段の差を認め、高菌密度条件での実用性が実証された。

この処理の副次的な効果として、殺草効果が顕著にみられた。通常、9 月中旬定植の促成イチゴでは、10 月中下旬にポリマルチを行うまでに雑草が繁茂し、その除草に余分な労力を費やしているが、この処理により、イネ科雑草はほぼ完全に殺草され、現時点での殺菌、殺虫効果の目安ともなっている。また、マルチ資材に

についても従来の雑草抑制を目的としたものから、生育、収量を目的としたものへの切りかえが可能である。

その他の作物、病害虫についても、適用事例が増加しており、土中での病原菌の生息範囲、作物の根圏深度等が防除効果に影響を及ぼすことが多い。

例えば、白絹病菌、菌核病菌、

苗木枯病などでは病原菌の生息および発病部位が地表面に限られることから、この処理による防除効果が安定している。一方、ナスの青枯病菌、フザリウム病菌では病原菌の分布が土中の深層部まで及び、ナス、トマトなど深根性作物では消毒効果の不安定な事例がみられる。しかし、これらの難防除病害は土壌くん蒸処理などによっても十分に防除できないことから、圃場の病原菌密度の低下、抵抗性品種など耕種的防除や薬剤との併用処理などが必要と考える。

また、露地条件での処理は、施設条件に比べ処理条件が不安定な面は残されるが、西南暖地では病害虫の種類は限定されるのが適用可能である。

第2表 ハウス密閉処理によるイチゴ萎黄病の防除効果

区 分	1976			1977					
	発病株率 (%)			発病株率 (%)			生育・収量		
	植付後日数			植付後日数			葉長 (cm)	葉幅 (cm)	収量 (g)
	20	40	70	20	40	60			
処 理 区	0.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.0	8.4	13.3	216
標準熱処理	16.3	29.4	38.7	23.6	63.5	84.2	6.1	7.4	52

注) ハウス密閉処理: 1976年7月21日～8月23日(33日間), 1977年7月18日～8月7日(20日間), イチゴ定植: 1976年9月13日, 1977年9月12日, 生育調査: 1977年11月20日, 収量調査: 1977年12月～1978年2月までの株当たり収穫量

6. 処理土壌の微生物相、理化学性の変化

ハウス密閉、地表面ポリエチレン被覆などによる高温、たん水条件下では、急激な土壌の還元化と高地温により、土壌微生物の活動は抑制される。とくに、糸状菌は処理期間中は低密度で推移し、構成菌類が耐熱性の高いものに限られた。処理終了後には、菌類は増加傾向に転じ、ハウス開放22～23日後には、処理前と同程度に検出されるようになり、復活が認められた。

細菌では処理10日後にはわずかに減少したが、その変動は糸状菌に比べ少なかった。しかし、1978年の調査ではクリスタル紫耐性細菌は処理期間中に検出数が激減し、総細菌数の変動は少ないが、構成菌種は色素耐性細菌から耐熱性細菌へと変化していることが推定された。処理終了後の色素耐性細菌の復活は極めて短期間に起こり、13日後には標準無処理と同程度に回復した。

土壌中の窒素の動向に関与するアンモニア酸化細菌、亜硝酸酸化細菌などは、この処理により菌数の減少が顕著にみられた。処理期間中の硝化作用は抑制され、土壌の形態別窒素量の分析結果からも、アンモニア態窒素の残存がみられ、処理終了後に急速に硝酸態窒素に移行することが判明しており、土壌消毒後のアンモニア過剰障害は回避できる。また、Ca²⁺およびMg²⁺が増加することが知られており、Ca²⁺イオンは各種病原菌に対して植物の抵抗力を付与するとされている。

これらの結果から、この処理における土壌生物相の残存および早期の復活は、低温蒸気による土壌消毒が土壌微生物相を極端に破壊することなく拮抗微生物の残存による生物的防除を示唆したのに類似した効果が期待できる。

むすび

この土壤消毒法は、栽培休閑期に太陽熱を利用し、熱消毒としては比較的低い温度（40～45℃）を長期間（14～20日）持続させて殺菌する方法である。

植物に寄生する病原菌や害虫は、数多く生息する土壤微生物のうちでは耐熱性が低く、比較的低温で死滅するものが多い。土壌くん蒸剤、蒸気消毒が短期間に非特異的に土壤微生物を壊滅状態にするのに対し、この処理では有害な病害虫を選択的に死滅させる結果、残存する土壤微生物の拮抗、競合等いわゆる防御反応が働くので、消毒後の二次汚染の危険性が少ないといえる。

この処理法の主な特徴を要約すると、①自然エネルギーを活用した消毒法であって作業が単純であり、特定の器具などを要せず、安全、安価である。②植物に無害な耐熱性の微生物を残存させるので、土壤微生物を質的に変動させるが、極端に破壊することがない。③有機物資材の施用と土壤消毒が同時にでき、未熟有機物、作物残渣からの病害虫の持ち込みを防止できる。④副次的な効果として殺草効果が顕著にみられ、除草労力が節減できる。また、生育助長効果がみられる。

この処理法の問題点としては、夏期の気象条件によって適用地域が限定される。十分な処理期間を取るとともに、その地域の太陽エネルギー量に応じて処理法を改変しなければならないことがある。また、病害虫の種類により、土中での生息範囲や耐熱性に差があるので、処理効果をより安定させるためには、輪作など耕種的手法による病原菌密度の低下と地温を効果的に高めるための被覆資材および被覆方法の改善がさらに必要である。

この技術は、環境に優しい今日的な技術であることから、総合的な生産システム確立の一手法としての今後の適用拡大が期待される。

この稿は、財団法人農業技術協会のご好意により「農業技術」第50巻第3号より転載させていただきました。

アブラムシ類の病原糸状菌

—— 高度技術応用防除体系推進事業成果 ——

宮城県農政部農業技術課 増 田 俊 雄

1. 目 的

薬剤抵抗性の発達で防除が困難になっているアブラムシ類に対し、抵抗性が発達しにくく環境に与える影響も小さいと考えられる昆虫病原糸状菌 *Verticillium lecanii* を用いた効果的な防除法を検討する。

2. 試験方法と結果

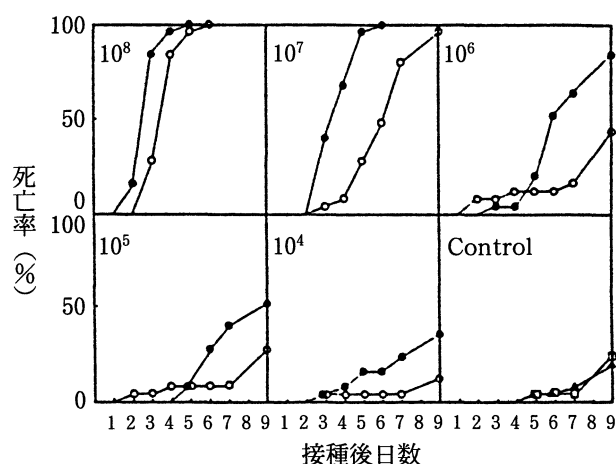
(1) 分離源の異なる菌株の病原性差

供試菌株: *Verticillium lecanii* MG-VI-18 株 (1986 年オンシツコナジラミより分離)

MG-VI-45 株 (1989 年ワタアブラムシより分離)

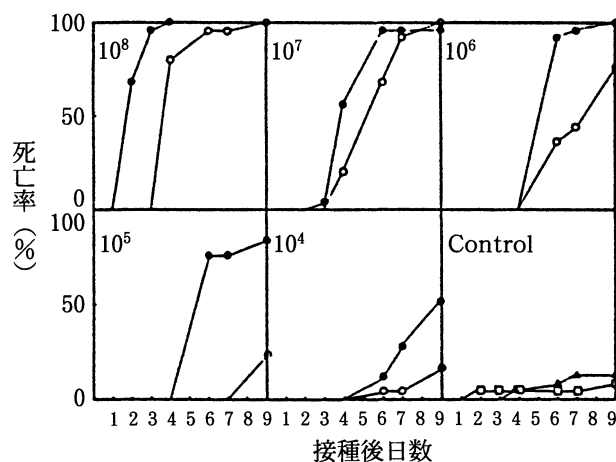
供 試 虫: ワタアブラムシとモモアカアブラムシの無翅胎生雌虫

接種方法: $10^4 \sim 10^8$ 分生子/ml 濃度の分生子懸濁液 (Tween 20 を 0.01% 加用) に 1~2 秒間虫体浸漬した。接種後、風乾して 20℃ で飼育した。



第 1 図 *Verticillium lecanii* MG-VI-18, 45 株のワタアブラムシ無翅胎生雌虫に対する濃度別接種試験

○: MG-VI-18 株 4.2×10^8 , 10^7 , 10^6 , 10^5 , 10^4 分生子/ml
●: MG-VI-45 株 4.1×10^8 , 10^7 , 10^6 , 10^5 , 10^4 分生子/ml
□: 滅菌水 ▲: 無処理



第 2 図 *Verticillium lecanii* MG-VI-18, 45 株のモモアカアブラムシ無翅胎生雌虫に対する濃度別接種試験

○: MG-VI-18 株 4.1×10^8 , 10^7 , 10^6 , 10^5 , 10^4 分生子/ml
●: MG-VI-45 株 6.6×10^8 , 10^7 , 10^6 , 10^5 , 10^4 分生子/ml
□: 滅菌水 ▲: 無処理

結 果

MG-VI-45 株は、MG-VI-18 株に比較してワタアブラムシおよびモモアカアブラムシに対する病原性が強かった。そこで、アブラムシ類の防除には MG-VI-45 株を用いることにした。

(2) 感染に関わる諸条件の検討

温度条件: ワタアブラムシの無翅胎生雌虫に MG-VI-45 株 (10^7 濃度) を接種し、7, 10, 13, 16, 20℃ で飼育したところ、10~20℃ では温度が低下するのに従い死亡までの期間が延長した。7℃ の場合、体内侵入は

接種 10 日後までに完了しているが、発病までには長期間を要した。

湿度条件: モモアカアブラムシの無翅胎生雌虫に MG-VI-45 株を接種し、65～70%、75～80%、85～90%、100%の湿度で飼育して発病状況を調査した。その結果、80%以下の湿度条件は本菌の感染に不適であった。

感染に要する時間: ワタアブラムシの無翅胎生雌虫を供試し、MG-VI-45 株を接種後 1 時間間隔で 70% アルコールで体表面を消毒して再分離し、体内侵入時間を推定した。その結果、20℃、100%の条件下では、本菌は体表面に付着してから接種 13～16 時間経過後に体内侵入を開始し、20 時間後にほぼ完了した。

(3) MG-VI-45 株を用いたワタアブラムシの防除試験

試験場所: 宮城県園芸試験場場内雨よけパイプハウス

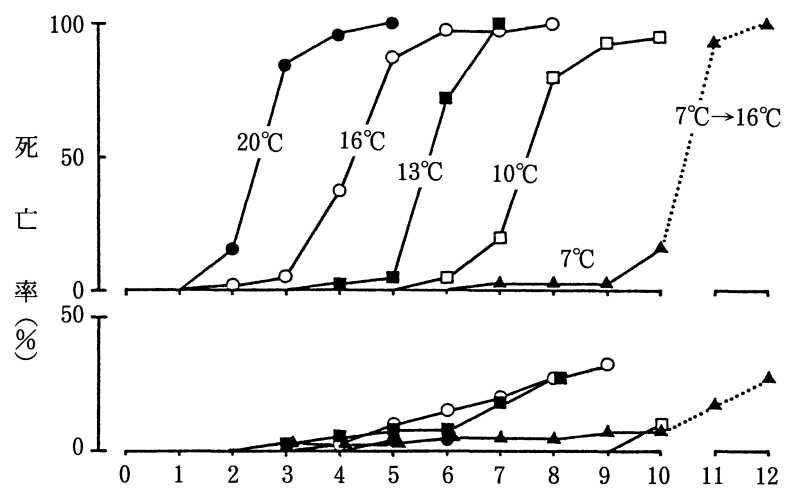
供試作物: キュウリ（品種：シャープ 1、9 月 1 日定植）

散布濃度: 1×10^6 、 10^7 /ml (0.01% Tween 20 加用)

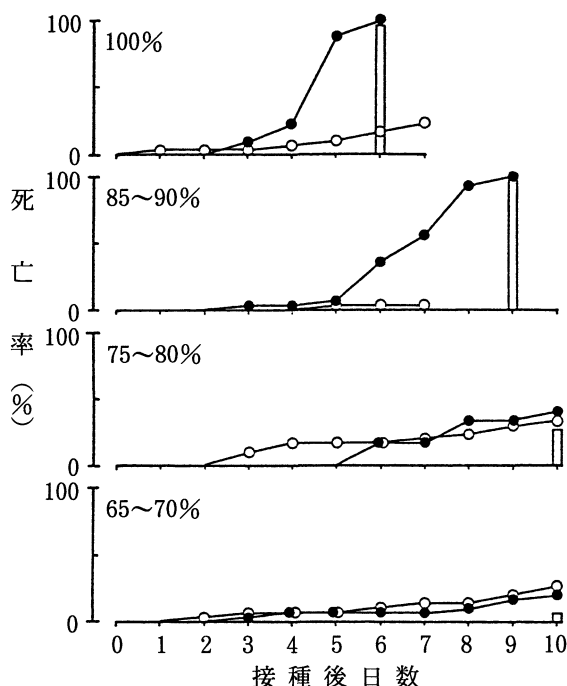
対照薬剤: アリルメート乳剤 1000 倍液

処理月日・方法等: 1994 年 9 月 29 日に、肩掛け噴霧機で 10 a 当たり 350～400 リットル散布した。散布は夕方（午後 4 時から 5 時頃）に行った。

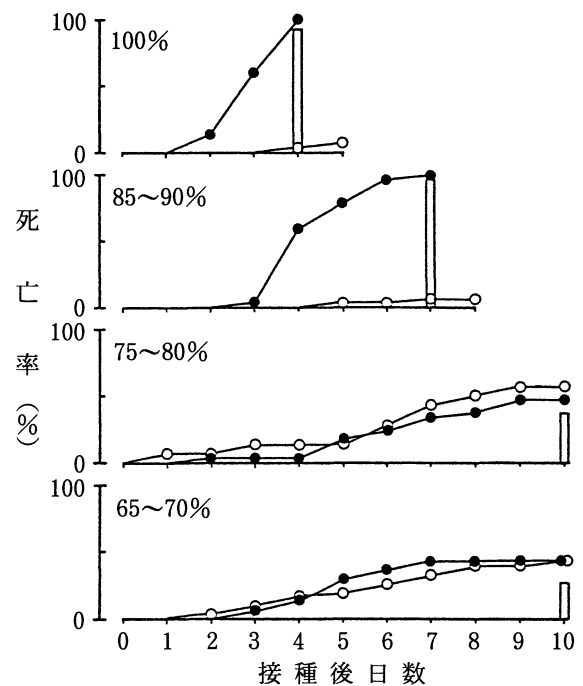
調査方法: 1 区 5 株の上・中・下位の 3 葉をマークし、散布前 (9/29)、4 日後 (10/3)、7 日後 (10/6)、12 日後 (10/11)、14 日後 (10/13) に寄生虫数を調査した。



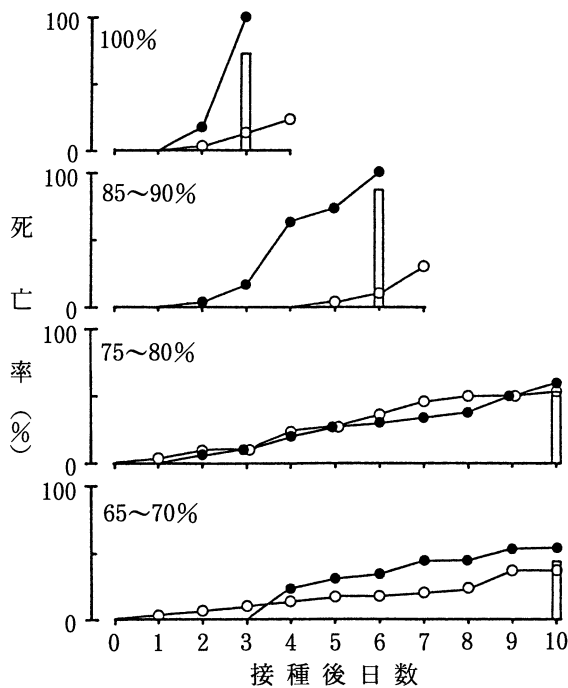
第 3 図 接種後の飼育温度が感染に与える影響



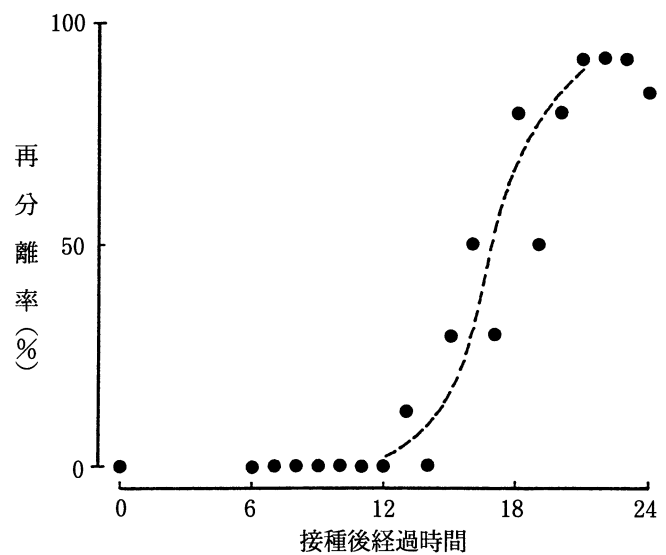
第 4 図 MG-VI-45 株接種後の飼育温度と死亡率 (16℃)



第 5 図 MG-VI-45 株接種後の飼育温度と死亡率 (22℃)



第6図 MG-VI-45 株接種後の飼育温度と死亡率 (25°C)

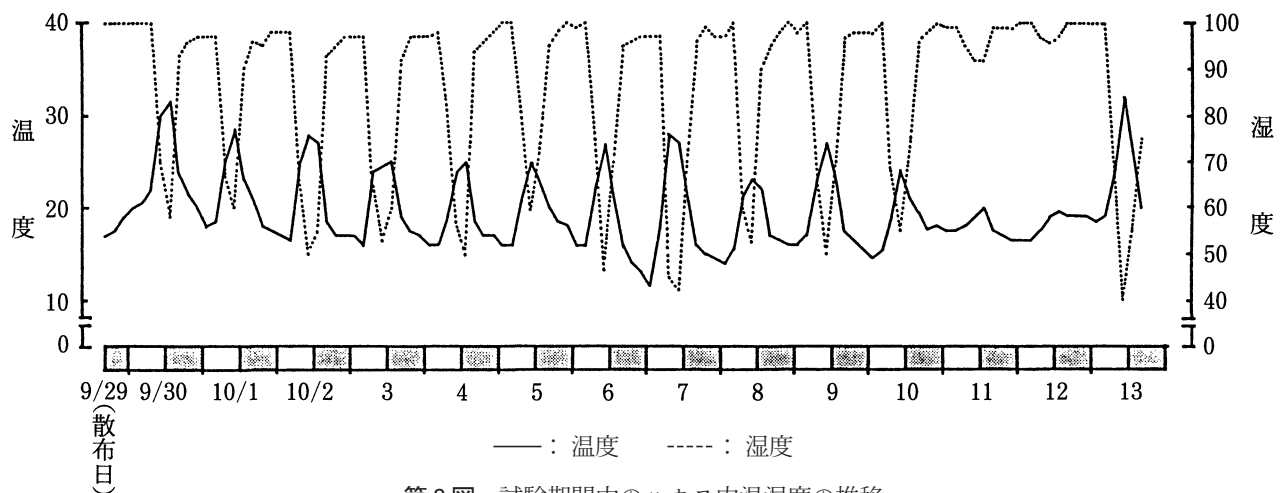


第7図 MG-VI-45 株のワタアブラムシへの感染時間
虫体浸漬処理 (1×10^7 分生子/ml) 後, 単位時間ごとに 70%アルコールで体表面消毒し, 再分離した。

第1表 *V.lecanii* MG-VI-45 株のワタアブラムシに対する防除効果

散布液	1 葉あたりの寄生虫数				
	散布前	4 日後	7 日後	12 日後	14 日後
1×10^6 分生子/ml	27.0	112.2 (90.7)	121.9 (50.0)	110.9 (15.0)	37.8 (4.8)
1×10^7 分生子/ml	33.2	114.8 (75.5)	83.4 (27.8)	22.3 (2.5)	18.1 (1.9)
アリルメート乳剤 1000 倍	34.1	21.8 (14.0)	54.4 (17.7)	159.1 (17.0)	403.0 (40.6)
無 散 布	32.2	147.5 (100.0)	290.8 (100.0)	881.4 (100.0)	937.5 (100.0)

() 内は補正密度指数



第8図 試験期間中のハウス内温湿度の推移

結 果

MG-VI-45 株は, 対照薬剤のアリルメート乳剤と比較して速効性では劣るものの長期間にわたってワタアブラムシの密度を抑制した。散布濃度に関しては, 10^6 濃度に比較して 10^7 濃度の方が効果が高かったが, 両濃度とも防除素材としての実用性が認められた。

(4) 今後の展開方向

今後は、「高度技術応用防除体系推進事業」の「高度技術応用防除体系確立・実証」で、他の防除技術（天敵昆虫，物理的防除資材，農薬等）と組み合わせた総合的技術の開発をめざして，継続して検討する。本菌の製剤化については，現在開発中（共同研究）である。

ナス科果菜類の青枯病の拮抗微生物による防除

—— 高度技術応用防除体系推進事業成果 ——

高知県病害虫防除所 高 橋 尚 之

1. 目 的

高知県におけるハウス園芸の主幹品目であるナス科果菜類の青枯病は効果的な防除方法がなく、重要病害の一つとなっている。そこで、日本たばこ産業株式会社が開発した拮抗細菌の現地栽培ほ場での防除効果を検討した。

2. 試験方法

第1表 試験ほ場の設置一覧

No.	内 容	処 理 量 (/10a)		湛水 期間	太 陽 熱 等 他 の 処 理	残 渣 処 理	作物（品種），耕種概要等
	実 施 場 所 (年)	拮抗 細菌 (cc)	粒状 穀粉 (kg)				
1	安芸市 (91)	200	200	20	無 し	発病株は外へ出す	ナス（穂：はやぶさ，台：ヒラナス）定：9/10
2-1	(92)	200	200	20	〃	〃	〃 定：9/23
2-2		200	400	20	〃	〃	〃 定：9/23
3-1	(93)	200	200	20	臭化メチル	〃	ナス（穂：竜馬，台：トルバム）定：9/26
3-2		200	120	20	〃	〃	〃 定：9/26
3-3		200	200	20	〃	〃	ナス（穂：竜馬，台：ヒラナス）定：9/26
4	香我美町 (91)	200	200	20	臭化メチル	発病株は外へ出す	ナス（穂：竜馬，台：ヒラナス）定：9/18
5	高知市 (92)	200	200	20	無 し	〃	トマト（品：桃太郎）定：1/10
6	香我美町 (93)	200	200	20	臭化メチル	〃	ナス（穂：竜馬，台：トルバム）定：9/18
7-1	土佐市 (91)	200	200	19	無 し	全て外へ出す	ピーマン（品：トサヒメ）定：9/29
7-2		200	100	19	〃	〃	〃 定：9/29
8	(92)	200	200	20	太陽熱処理25日	〃	〃 定：9/29
9	(93)	200	200	22	無 し	〃	〃 定：10/2
10-1	中村市 (91)	200	200	20	太陽熱処理	—	ピーマン（品：トサヒメ）定：10/8
10-2		200	100	20	〃	—	〃 定：10/8
11	(92)	200	200	20	無 し	—	〃 定：9/30

3. 結果の概要

第2表 青枯病発病株率の推移（累積）

No.	区	株数	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月	4月	5月	6月
1	処理	87	0	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	6.9	6.9
	無処理	44	0	0	9.1	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0	25.0
2-1	処理 1	230	—	0	1.3	6.5	8.7	9.1	9.6	10.9	11.7	13.9
2-2	処理 2	125	—	0	3.2	12.0	14.4	14.4	14.4	16.8	17.6	18.9
	無処理	472	—	0	2.8	6.8	7.8	11.7	13.6	22.2	37.9	55.7
3-1	処理 1	139	—	—	0	0	0	0	1.4	1.4	2.9	3.6
3-2	処理 2	39	—	—	0	0	0	0	0	0	2.6	2.6
3-3	処理 3	606	—	—	0.8	1.8	3.1	4.6	5.3	7.8	13.5	20.0
	無処理	49	—	—	0	0	0	0	0	4.1	4.1	6.1
4	処理	1530	—	0	2.1	3.3	3.3	3.7	4.6	4.6	4.6	4.6
	無処理	1080	—	0	0.5	0.7	0.8	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
5	処理		—	—	—	—	—	—	0	0	0	0
	無処理		—	—	—	—	—	—	0	0	0	0
6	処理		—	0	0.8	1.2	1.6	1.6	1.6	4.6	26.9	43.8
	無処理		—	0	0.2	0.4	0.4	0.4	0.4	0.8	8.2	12.4
7-1	処理 1	380	—	0	0	0	0	0.5	1.3	4.0	4.5	6.1
7-2	処理 2	380	—	0	0	0	0	0.5	0.5	4.7	5.8	7.1
	無処理	1520	—	0	0	0	0	0.8	1.3	2.9	5.9	8.4
8	処理	1900	—	0	0	0	0.1	0.1	0.2	0.2	0.7	1.2
	無処理	380	—	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	処理	1900	—	0	0	0.7	1.8	2.3	2.3	3.9	3.9	4.4
	無処理	380	—	0	0	0.8	2.1	3.2	3.2	7.1	8.4	9.7
10-1	処理 1	459	—	—	0	0	0	0.2	0.2	0.2	0.2	—
10-2	処理 2	420	—	—	0	0	0	0	0	0	0	—
	無処理	888	—	—	0	0	0	0	0	0	0	—
11	処理	4200	—	—	—	0	0	0	0.02	0.02	0.02	—

4. 結果の概要及び考察

安芸（No. 1～3）、南国地区（No. 4～6）はナス主体に、須崎（No. 7～9）、中村地区（No. 10～11）はピーマンで拮抗細菌の防除効果を検討した。須崎、中村地区は全般的に発生が少なく、効果が判然せず、南国地区では効果が見られない例もあった。安芸地区では明らかに処理区の発病が少なく効果が認められた例もあるが、県下全般的には効果は不安定で、現在までの現地試験結果では普及性に問題があるものと思われた。

青枯病は既存の防除技術では安定的に防除することは困難であることから、他の耕種的防除対策等と組み合わせた体系的な防除技術の検討、確立が必要なものと思われる。

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

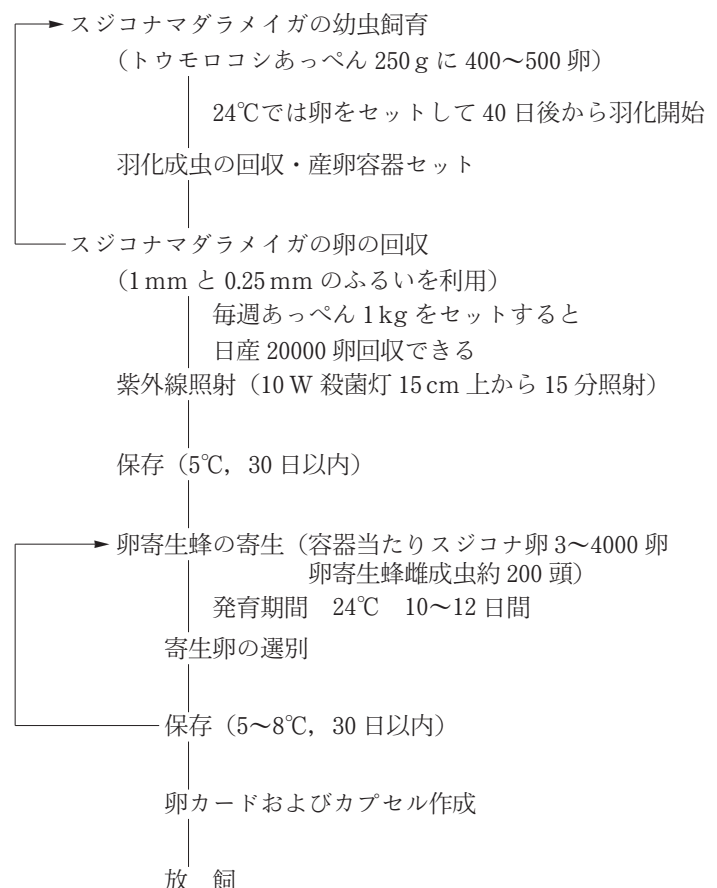


図1 スジコナマダラメイガと卵寄生蜂類の大量増殖手順

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。

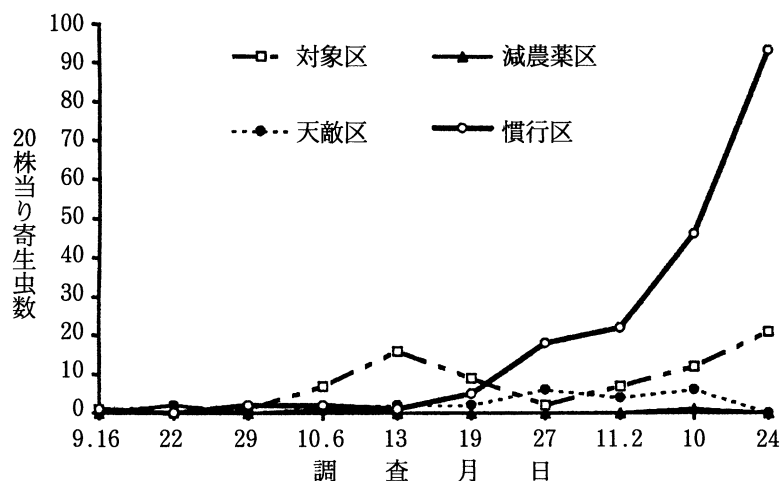


図2 タマゴバチと性フェロモンを組み合わせたコナガの防除

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

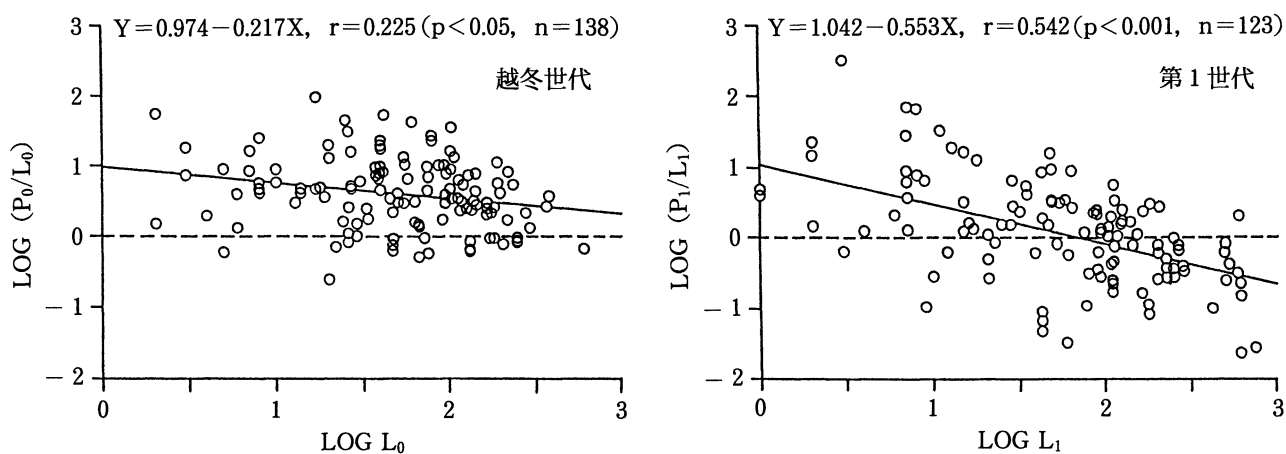
a. 世代間差

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

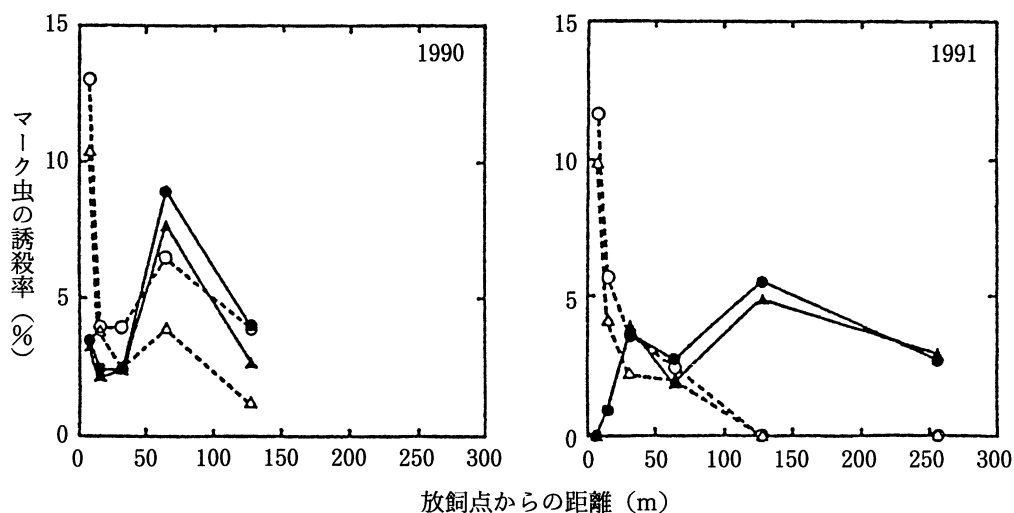
性フェロモンに対して雄成虫が性反応を示す距離範囲を推定したところ、反応する個体はフェロモン源から 20～30 m までの範囲で多く、反応の最大長は 36.8 m と推定された。したがって性フェロモンの有効範囲は、風速によっても異なるが、おおむね 40 m 以内と考えられた。

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

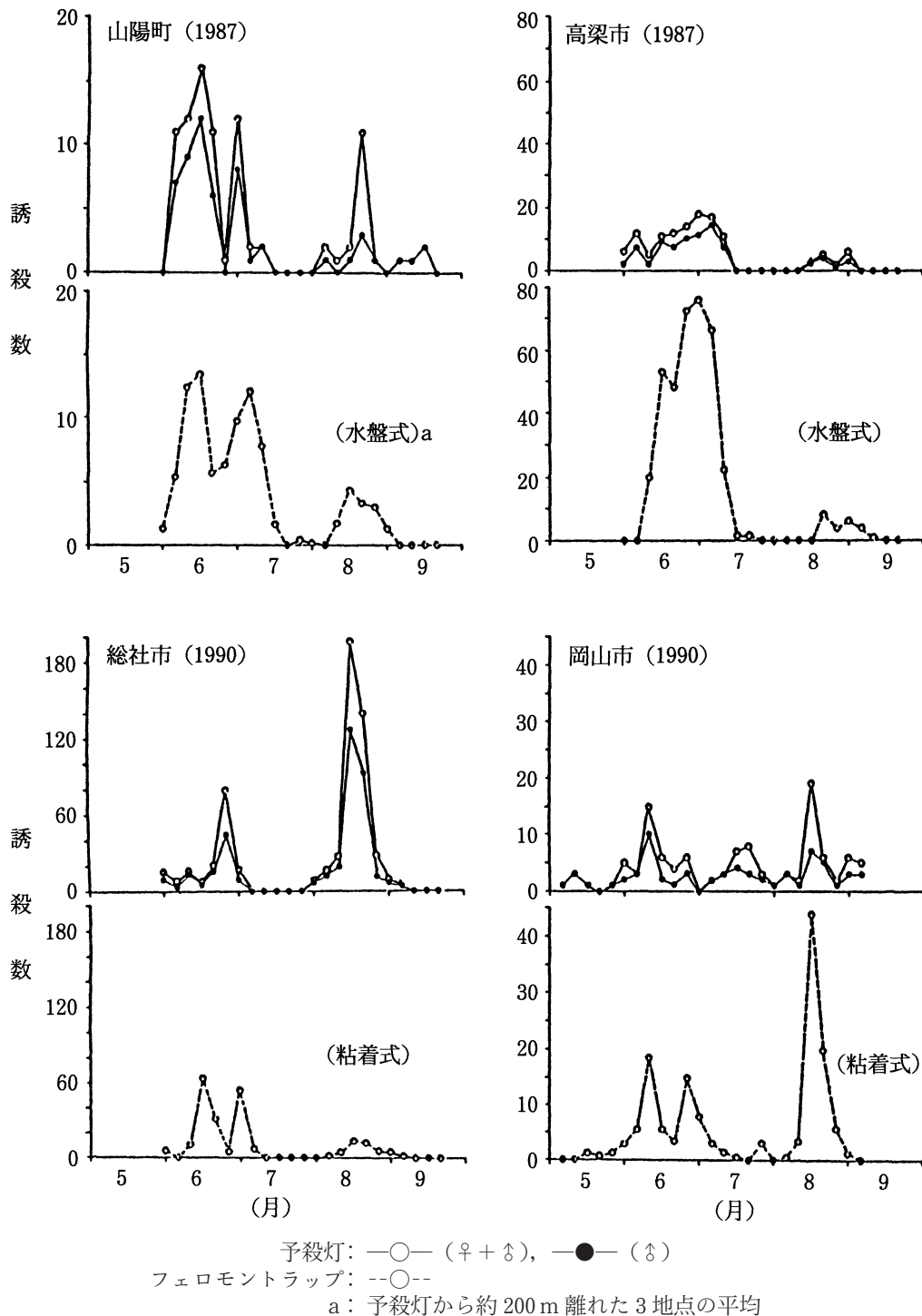
マーク雄成虫を放飼することにより, 誘殺効率に及ぼす風速の影響を調査した。その結果, 平均風速 0.36 m/s で誘殺効率が最大となった。

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。

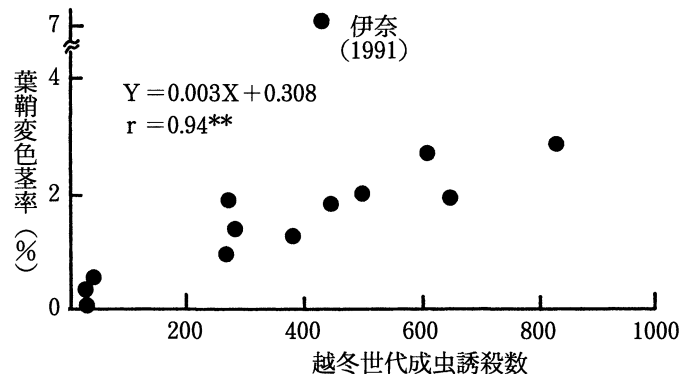
これまでの調査結果から、ニカメイガの発蛾量を推定するモニターとして、性フェロモントラップは有効であると思われた。特に、設置や調査の簡便性を考えればその利点は大きい。しかし、性フェロモントラップによる誘殺数を、これまで調査して来た予察灯による誘殺数と直接比較することはできない。性フェロモントラップによる誘殺数の調査データを有効に利用するためには、その地域における予察灯と性フェロモントラップの誘殺数、または性フェロモントラップの誘殺数とその地域における被害茎の発生程度を一定期間比較して、その地域における両トラップの誘殺効率を明らかにする等の作業が必要と思われる。

(2) 誘殺数と被害との関係

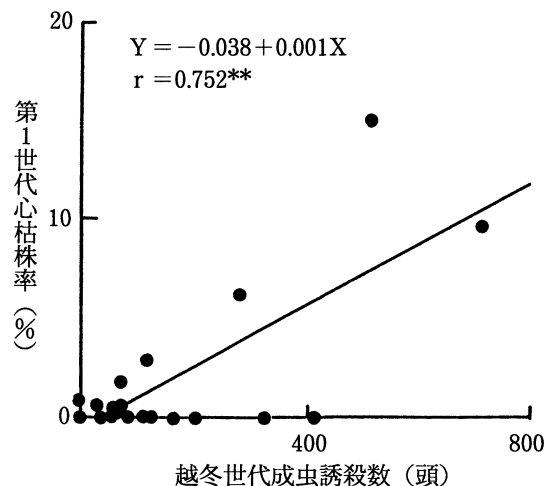
越冬世代成虫誘殺数と第1世代幼虫による被害茎発生程度との間には有意な相関関係が認められる事例が多かった。しかし、この関係を用いて被害茎発生程度を高精度に予測することは難しい事例（秋田県、岩手県及び島根県の各県）も見られた。越冬世代成虫誘殺数から被害茎発生程度の予測が可能とした県は埼玉県、長野県、新潟県、岐阜県及び岡山県の各県であった。新潟では1地域300～1,500 ha にトラップ10基を配置し、被害茎発生程度を36～67圃場で調査した試験から、誘殺数と被害茎発生程度との間には高い相関関係を認めている。しかし、両者の量的な関係は地域によって異なるとし、利用に当たっては地域の特性を知ることが必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

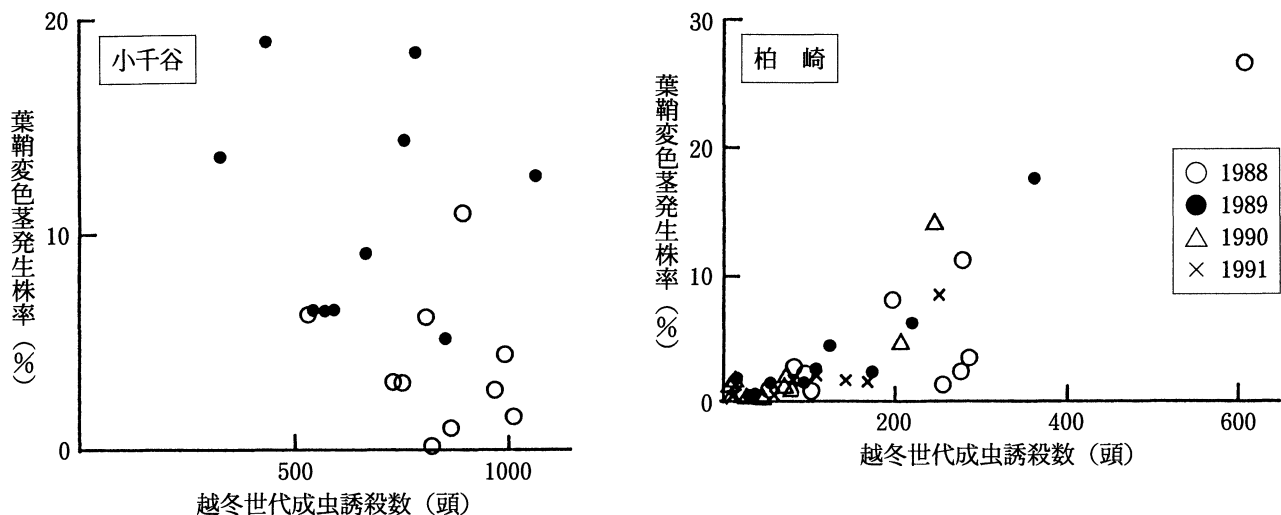
(第4, 5, 6図)

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。埼玉県調査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。

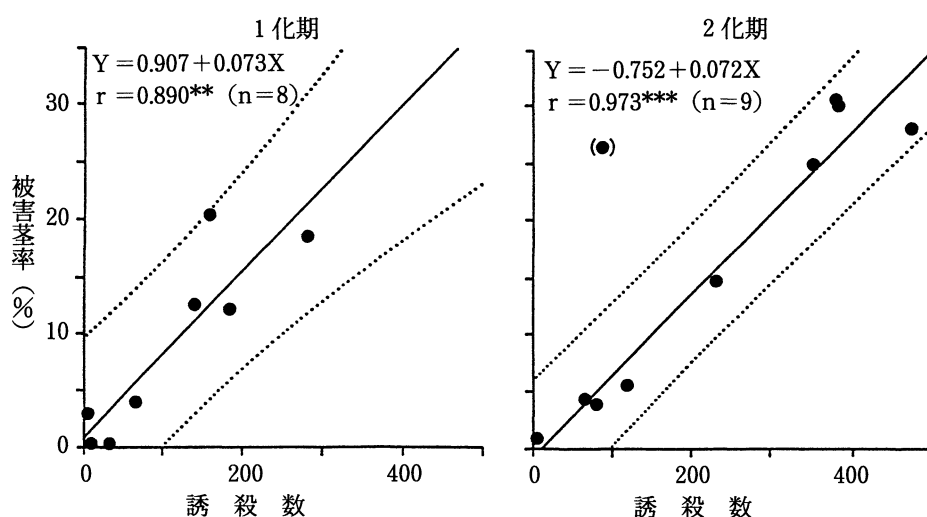
(3) 要防除水準の設定

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が目的とする場合。
 - 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。

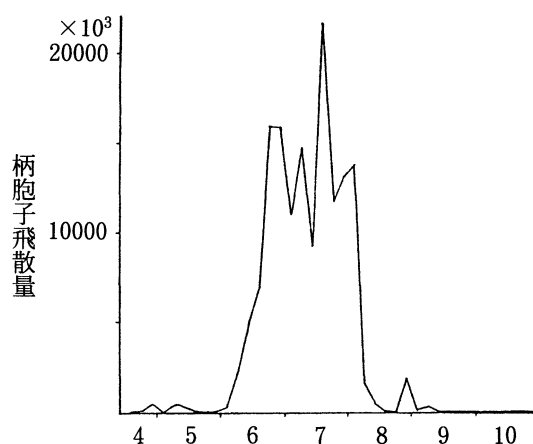
2. リンゴ輪紋病の記録

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。

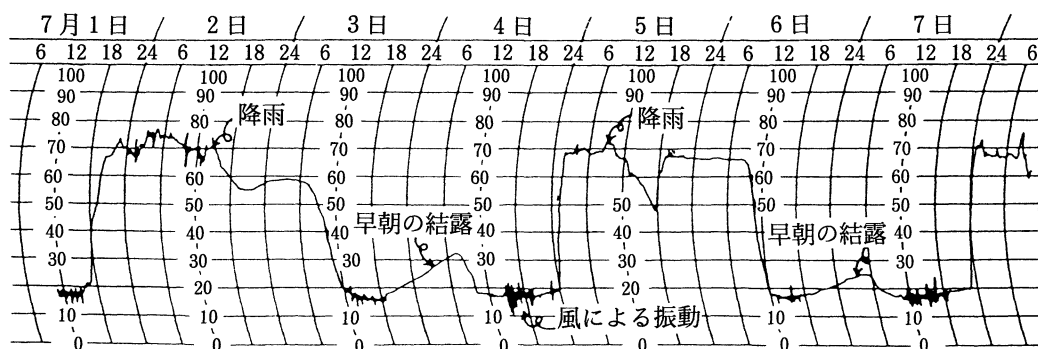
3. 発生予察にかかわる発生生態の解明

(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。また降雨がなくと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）

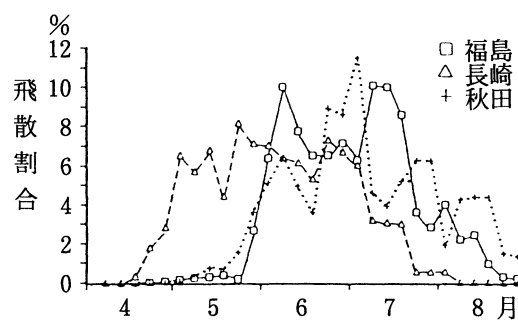


第2図 7月1～7日までの結露計指示値の推移 (平成3年福島果試)

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

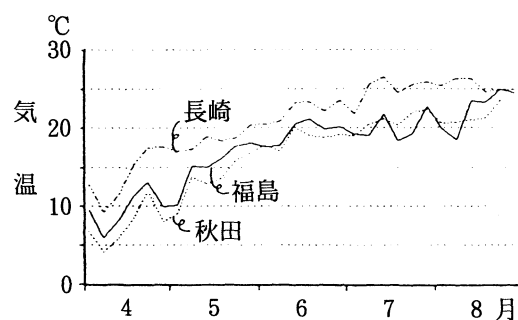
注：日界は午前9時，罹病枝 A, B は切り枝，C は生育枝



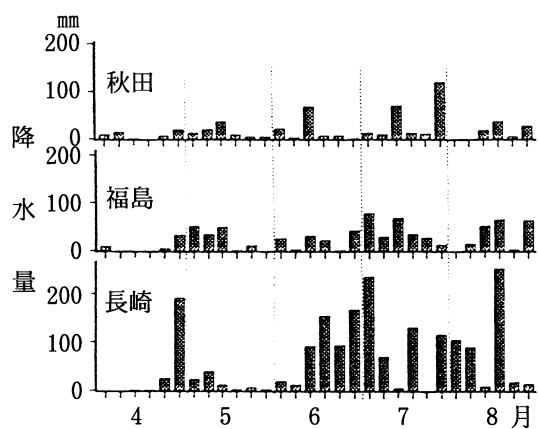
第3図 3項移動平均法による柄孢子飛散消長

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。

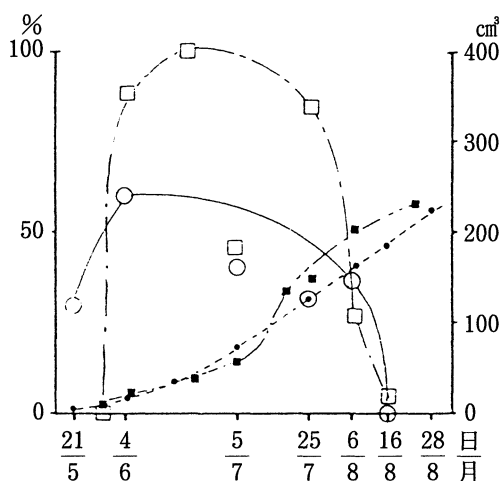
(3) 病原菌に対する果実感受性と果実表面の変化

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・

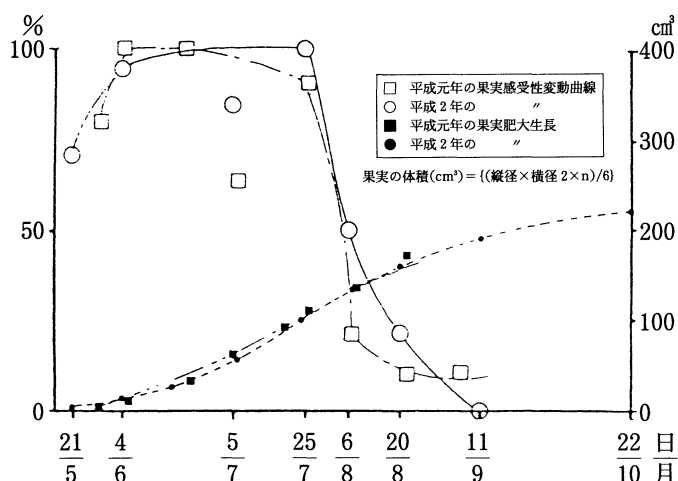
第4表 樹上における輪紋病の発病時期（供試樹の累積発病果率％）

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 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。

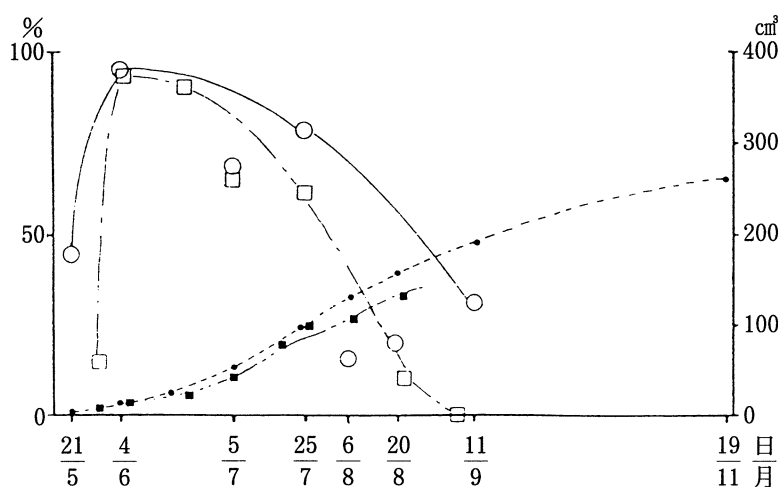


第6図 「つがる」の果実感受性変動曲線と果実肥大生長



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

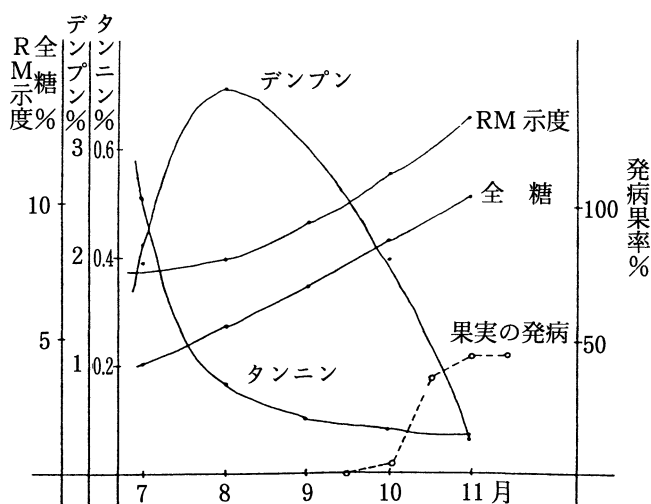
が認められる。これらの内容成分の変化が感染後、潜伏していた病原菌を活性化させ、病斑拡大に影響するのではないかと考えられる。

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)

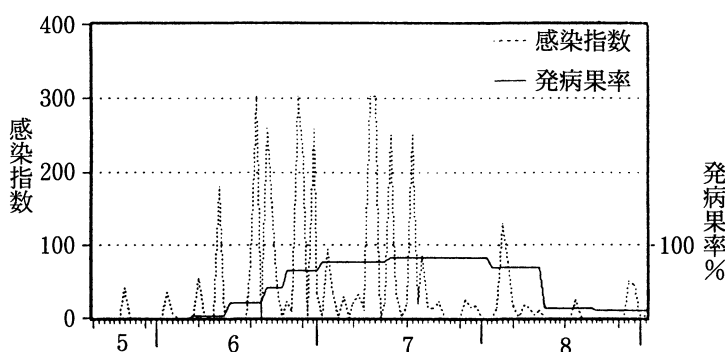
第8表 感染条件の設定基準

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

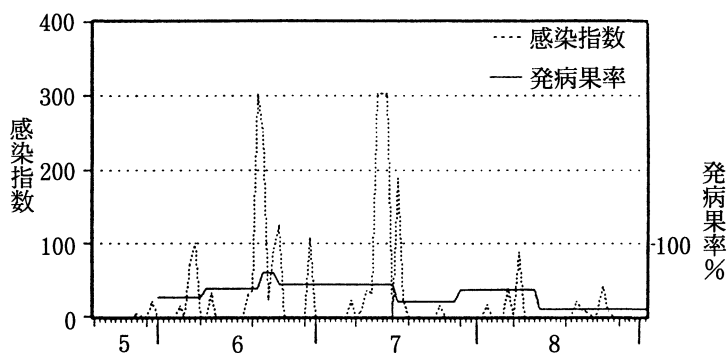
ありと判定した結果が第10・11図である。指数には病原菌密度の要因は含まれないが、降雨日の柄胞子飛散量は果実感染にとって十分量あるものとして考慮したものである。実際にこの指数と実際の発病果率との間には有意な関係が認められた。

(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, 鹿沼, 塩谷
6	35,667	65,429	990	102,086	6	28	

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

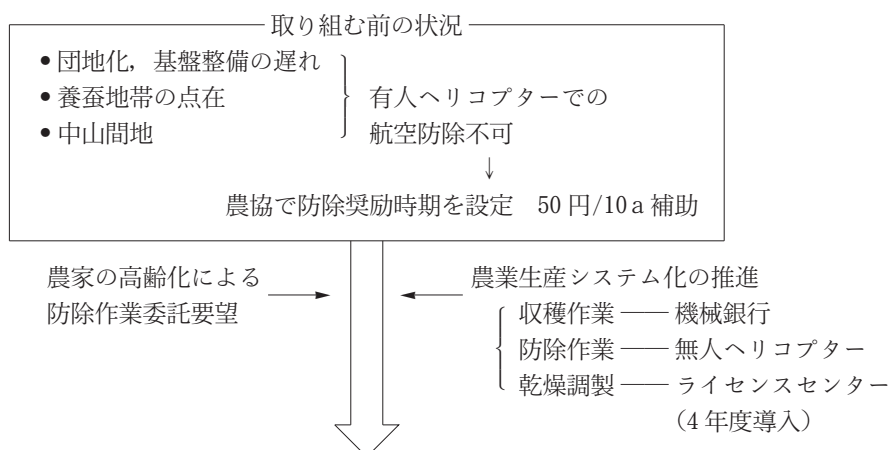
年次	実施面積 (ha)	備 考
3 年	743.1	実用化現地実証事業
4 年	751.3	〃
5 年	624.7	農業利用促進事業
6 年	785.6	〃

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。