

第4章 水田における省力防除法(粉剤の多口ホース噴頭散布)の合理化

水稻に対する農薬散布には液剤散布と粉剤散布があるが、圧倒的に後者が多い。粉剤は、市販製剤をそのまま散粉機で散布できる便利さがあり、また殺虫・殺菌用の混合製剤による省力同時防除が可能なことから、水稻の病虫害防除に広く使用されている^{38,100)}。

さらに、水田での粉剤散布は作業の省力化のため、多口ホース噴頭散布(以下パイプダスター)による散布法が広く普及している。しかし、この散布法は従来の直噴管や曲がり噴管による吹込み散布に比較して株元への薬剤到達性が劣り、稲作後期の株元に発生する病虫害に対して防除効果の劣ることが、普及当初から懸念されていた¹³⁶⁾。そのため、粉剤の株元到達性を高めしかも漂流飛散性を少なくした DL 粉剤(以下 DL)が開発され、現在では殆どの粉剤がこれにおきかえられた^{1,87)}。

しかし、この DL の普及と前後してトビイロウンカの有機リン剤やカーバメート剤による効果不足が問題となった。特に、広島県では1979年、1982年、1983年、1985年、1987年のトビイロウンカの多発生年には大きな被害がみられた。このパイプダスター散布によるトビイロウンカの防除効果不足の原因として、散布むらと株元葉鞘部への薬剤付着量不足が考えられた。それには DL の製剤特性¹²⁶⁾ やトビイロウンカの薬剤抵抗性の発達^{13,39,40,51,92)} も関与していることが懸念された。

本章では、広島県における水稻の最重要害虫であるトビイロウンカを対象害虫として、パイプダスター散布による防除効果不足の原因を究明し、その対策について検討した^{23,24,25,26)}。

第1節 現地ほ場における防除効果と散布むらの実態

パイプダスター散布におけるトビイロウンカに対する防除効果不足の原因は、従来の吹込み散布に比較して薬剤が株元に十分到達しないことによる薬量不足と散布むらの大きいことに起因すると考えられた。このため、現地ほ場においてトビイロウンカの防除効果を従来の吹込み散布と比較すると共に、農試ほ場で散布むらの実態を明らかにした²⁴⁾。また、実態調査の結果、同一の散布条件でもホースによって薬剤の平面落下量や株元垂直面付着量の異なることが明らかとなった。この原因は、ホース噴孔部およびホース内風速に関係があると思われたので、散布むらを調査した時と同じホースを用いて噴孔の大きさおよびその配列と風速の関係について検討を行った。

1. 実験材料および方法

(1) バイブダスター散布による防除効果試験

現地試験 1

1) 試験場所および供試粉剤

1981年8月21日から9月30日にかけて広島県内3か所の農家は場でトビイロウンカの防除試験を行った。供試粉剤、散布条件は表51のとおりである。供試ホースは農家所有のもの

表51 現地試験の散布条件

試験 区分	散布月日	試験区面積		供試粉剤および散布量 (10 a 当たり)	供試水稻 (品種)
		吹込み区	パイブダスター区		
試験 I 熊野町	'81, 8/21	433m ²	433m ²	キタバイバッサ ^{a)} 4 kg	ミネヒカリ
試験 II 西条町	9/28	545	462	ダイアジノン ^{b)} 4 kg	改良千本
試験 III 西条町	9/30	261	432	バッサ ^{c)} 4 kg	改良千本

^{a)} IBP+MPP+BPMC (2 + 2 + 2 %)

^{b)} Diazinon (2 %)

^{c)} BPMC (2 %)

のを使用し、供試粉剤は普通粉剤（以下 RD）とした。

2) 防除効果調査

BPMC の落下量を調査した位置の10株について、散布直前と散布1日後に見取り法によりトビイロウンカ虫数を計測した。

3) イネの生育調査

薬剤散布前に任意の株について草丈は20株、基数は10株の生育調査を行った。

4) 薬剤の付着量および落下量調査

試験 I と試験 III では試験区内を縦横に3等分して、その交点におけるイネの穂首と株元の位置における供試粉剤中の BPMC の落下量を調査した。穂首の場合は直径9 cmの東洋濾紙No.2を水平に設置し、株元の場合は直径9 cmのガラス製のロートをガラス瓶に受けて薬剤散布30分後にそれぞれ回収し、濾紙はアセトンで抽出した抽出液中の、またロートはアセトンで洗い溶解させた洗液中の BPMC を常法によりガスクロマトグラフで定量した。

さらに試験Ⅲでは落下量を調査した位置の任意の10株から止葉と株元の下葉を1枚ずつ採取し、アセトンで洗った洗液をガスクロマトグラフで分析しBPMCの付着量を求めた。なお、試験Ⅱのダイアジノンの分析は行わなかった。

5) ガスクロマトグラフィー条件

ガスクロマトグラフは島津製作所製FTD付GC-5Aを使用した。カラムは1.5% OV-17+1.95% QF-1/クロモゾルブW, AW, 80~100メッシュ, を充填した内径3mm, 長さ1.5mのガラスカラムによって分析した。温度は試料気化室250, カラムオープン170℃とし, He, 空気およびH₂の流量はそれぞれ50, 200および3ml/minとした。なお本章におけるガスクロマトグラフによる分析は全てこの条件によって行った。

現地試験2

1) 試験場所および供試粉剤

1983年9月22日に東広島市八本松町の農家ほ場(品種: 中生新千本, 黄熟期)で行った。散布面積は図16に示したように, パイプダスター散布区は725m², 吹込み区は333.5m²とし, 供試粉剤はBPMC剤(2%)のRDおよびDLを4kg/10a散布した。散粉機はクボタADM30-1を用い, 散布条件はパイプダスター散布の場合は, エンジン開度8/13, 吐出開度7/10, 吹込み散布の場合は, エンジン開度7/13, 吐出開度6/10とした。ホースは共立エコー物産製DMH30Aを使用した。

2) 薬剤落下量調査

株元落下量の調査のため, 図16に示すようにパイプダスター散布区では1~11までの11か所, 吹込み散布区では1~5までの5か所に直径9cmの東洋濾紙No.2を入れたシャーレを株元に設置し, 粉剤散布30分後に回収して現地試験1の方法に準じてガスクロマトグラ

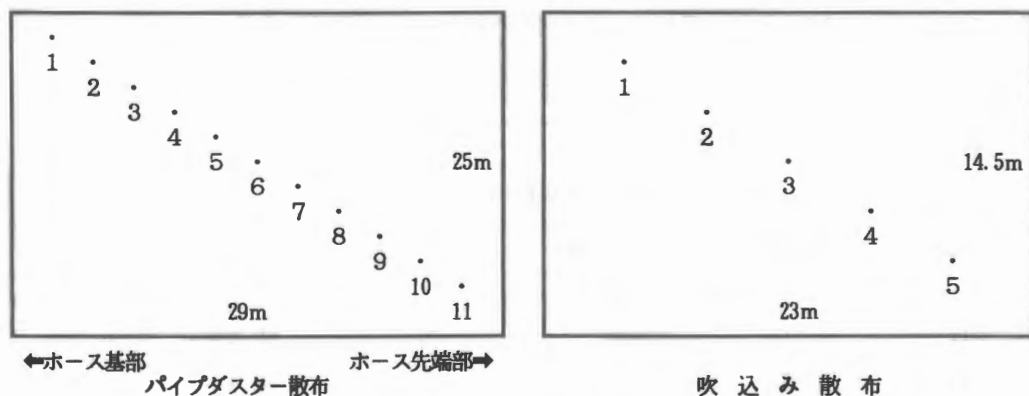


図16 農薬の株元への落下量調査位置

フで供試粉剤中の BPMC を定量した。

3) ガスクロマトグラフィー条件

前記現地試験 1 の 5) に準じて行った。

4) 防除効果調査

散布直前と散布 2 日後の 9 月 22 日 (この時のトビイロウンカの令期は第 4 世代幼虫末期) に 1 か所 20 株について見取り法によって虫数を計測した。なお、調査位置はパイプダスター散布の場合は、ホース位置別にホース基部、中央部、先端部の 3 か所、吹込み散布の場合も区内 3 か所とした。

(2) 散布むらの実態調査

1) 試験方法

1985 年 9 月 17 日に農試ほ場 (品種: 中生新千本, 黄熟期) で散布を行った。散布面積は 900 m² (30 m × 30 m) とした。散粉機は共立エコー物産製の DMD350AE (最大風量 16 m³/min) を用い、散布条件はエンジン開度 7/10, 吐出開度 6/10 で BPMC 剤 (2%) の RD, DL を 4 kg/10 a 散布した。

2) 薬剤落下量調査

この試験ではシリコングリスを塗布したスライドガラス (76 mm × 26 mm) を用いて、株元の位置における BPMC としての平面落下量と垂直面付着量を測定した。平面落下量測定用のスライドガラスはホース基部から 5, 10, 15, 20, 25 m, 散布方向に向かって、5, 10, 15, 20 m のそれぞれの交点に地面から 3 cm の高さに水平に設置した。垂直面付着量測定用のスライドガラスは、ホース基部から 5, 15, 25 m, 散布方向に向かって 10, 20 m のそれぞれの交点にスライドガラスの下端が地表面から 3 cm の高さになるように垂直に吊り下げて設置した。スライドガラスは粉剤散布 1 時間後に余分な薬剤が付着しないように注意して回収した。回収したスライドガラスはアセトンで BPMC を洗い流してガスクロマトグラフで定量した。

表 52 供試粉剤の物理性

供試粉剤	見掛比重	浮遊性指数	分散性指数	粉末度 (<300 mesh)	水分
RD	0.71	— ^{a)}	71	98.5%	0.11%
DL	0.85	7.5	75	96.0	0.11

^{a)} 測定せず。

3) 供試粉剤の物理性

供試粉剤は、ウンカ防除剤として広島県で使用量の多い BPMC 剤（2%）の RD および DL とした。粉剤の物理性は表52のとおりである。

4) 供試ホース

市販されている3社のホースを使用した。即ち、丸山製作所製 DL30A (RD, DL 兼用), 共立エコー物産製 DMH30A (RD 専用), DLH30A (DL 用) および初田工業製吹込みグリーン (RD, DL 兼用) を選び、長さは全て30mのものを使用した。

5) ガスクロマトグラフィー条件

前記(1)の現地試験1の5)によった。

(3) 多孔ホース内および噴孔部の風速調査

1) 供試ホース

前記(2)の4)と同じホースを用いた。供試ホースの噴孔の大きさとその配列を図17に示した。また、各供試ホースの噴孔径の最大および最小値をまとめて表53に示した。なお、

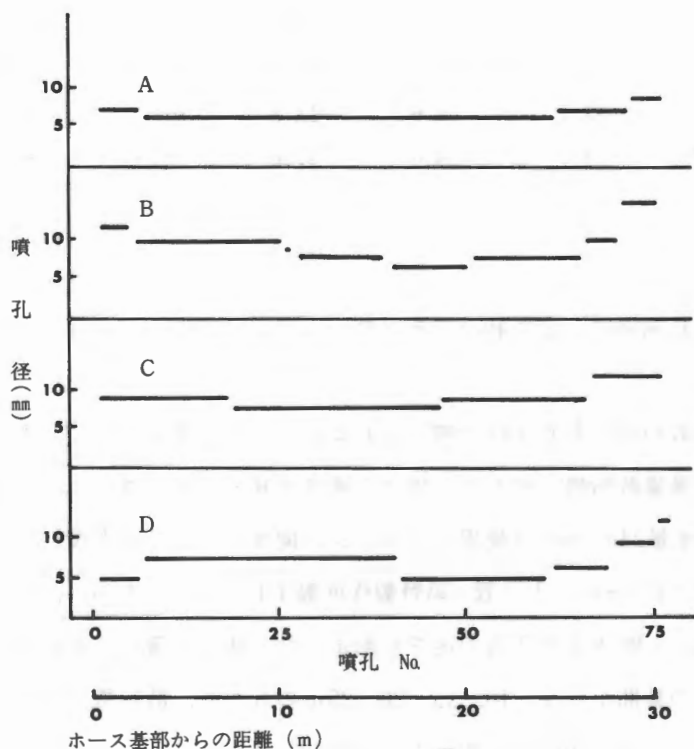


図17 供試ホースの噴孔の大きさとその配列

A: 吹込みグリーン, B: DLH30A,
C: DMH30A, D: DL30A

表53 供試ホースの噴孔直径

供試ホース	噴孔直径 (mm)		
	最 大	最 小	平 均
DL30A	13.0	5.0	7.55
DMH30A	12.0	8.0	8.45
DLH30A	15.0	7.0	9.60
吹込みグリーン	9.0	6.5	6.55

表54 イネの茎数および草丈

散 布 法	調査位置	試験 I		試験 II		試験 III	
		茎数(本) ^{a)}	草丈(cm)	茎数(本)	草丈(cm)	茎数(本)	草丈(cm)
パイプダスター散布	1	20.4	89.6	23.4	108.1	18.2	108.8
	2	23.4	95.8	20.2	101.9	17.8	103.3
	3	19.0	97.4	26.0	104.7	19.8	104.0
	平均	20.9	94.3	23.2	104.9	18.6	105.4
吹込み散布	1	23.2	95.4	15.0	97.9	21.0	103.9
	2	20.8	93.8	19.0	103.4	18.5	101.7
	3	21.2	94.6	18.8	107.7	16.9	104.2
	平均	21.7	94.6	17.6	103.0	18.8	103.3

^{a)} 茎数は1株当たり。

供試ホースの噴孔開隔は、全て40cmであった。

2) 試験方法

前項(2)と同じ散粉機と散布条件で噴孔部およびホース内風速を測定した。さらに、同じホースを用い大風量散粉機で散布した場合の風速を知るため、共立エコー物産製の散粉機DMD11E(最大風量24m³/min)を使用し、エンジン開度8/10、吐出開度3/7として測定した。

風速測定には直径3mmのピトー管(岡野製作所製 DP-1000A)を用い、ホース内の平均風速と噴孔中心部から吹き出す空気の流れの速さを測定した。測定位置は、散粉機が DMD350AE の場合はホースの基部から 5, 10, 15, 20, 25m の 5 か所、散粉機が DMD11E の場合は同様に 0, 5, 10, 15, 20, 25, 30m の 7 か所とした。

表55 散布法別のトビイロウンカ防除効果

散布法	調査位置	トビイロウンカ虫数 (死虫率%)					
		試験Ⅰ		試験Ⅱ		試験Ⅲ	
		散布前	1日後	散布前	1日後	散布前	1日後
パイプダスター散布	1	359	0 (100)	560	167(70.2)	835	377 (54.9)
	2	75	0 (100)	430	140(67.5)	733	302 (58.8)
	3	334	0 (100)	727	365(49.8)	1,329	6 (99.6) ^{a)}
	平均	256.0	0 (100)	572	224(60.8)	965.7	228.3(71.1)
吹込み散布	1	571	1 (100)	512	101(80.3)	1,256	0 (100)
	2	301	0 (100)	382	152(60.2)	1,020	0 (100)
	3	78	0 (100)	495	189(61.8)	953	0 (100)
	平均	316.7	0.3(100)	463	147(68.3)	1,076.3	0 (100)

^{a)} 吹込み区に隣接した位置

表56 イネ葉へのBPMC付着量(ppm)

散布法	調査位置	試験Ⅰ		試験Ⅲ	
		止葉	下葉	止葉	下葉
パイプダスター散布	1	0.887	4.18	0.268	0.317
	2	0.471	3.18	0.302	0.111
	3	0.232	1.18	0.134	0.332
	平均	0.530	2.85	0.235	0.253
吹込み散布	1	0.863	2.65	0.124	0.575
	2	1.23	8.32	1.55	0.689
	3	2.32	6.27	1.50	2.28
	平均	1.47	5.75	1.06	1.18

2. 結果

(1) 現地試験における防除効果

現地試験Ⅰにおけるイネの生育状況は表54に示すように、吹込み散布区、パイプダスター散布区ともほぼ同程度であった。防除効果は表55に示したとおりで、試験Ⅰの穂孕期散布ではパイプダスター散布区も吹込み散布区と同等の防除効果を示した。しかし、試験ⅡとⅢの黄熟期散布では、パイプダスター散布区の効果が劣った。特に、試験Ⅱでは散布農

表57 イネの穂首および株元におけるBPMCの落下量(g/ha)

散布法	調査位置	試験Ⅰ		試験Ⅲ	
		穂首	株元	穂首	株元
パイプダスター散布	1	316	384	41	245
	2	147	87	47	209
	3	21	59	189	125
	4	25	197	57	223
	5	25	95	60	114
	6	14	61	41	110
	7	14	133	126	209
	8	8	97	130	215
	9	10	31	72	181
	平均	64	127	85	181
吹込み散布	1	26	21	31	512
	2	5	22	38	640
	3	5	46	46	693
	4	5	77	24	635
	5	5	26	126	377
	6	6	24	16	528
	7	6	41	55	641
	8	16	58	14	190
	9	8	70	11	374
	平均	9	43	40	510

薬がトビイロウンカに対し抵抗性の発現した有機リン系のダイアジノンであったため効果が著しく劣った。

イネ葉身への BPMC 付着量は表56に示した。止葉への平均付着量は、吹込み散布区の方がパイプダスター散布区よりも、約3～4倍多かった。下葉への付着量は、試験Ⅰの穂孕期ではパイプダスター散布区は、吹込み散布区の約半量であった。試験Ⅲの黄熟期には吹込み散布区でも付着量が激減したが、パイプダスター散布区ではさらに少なく吹込み散布区の約1/5となった。

試験ⅠとⅢでは、穂首の位置と株元への BPMC 落下量を調査した(表57)。

試験Ⅰ、Ⅲとも、穂首の位置での落下量はむしろパイプダスター散布区の方が多かった。

表58 BPMCの粉剤特性別および散布法別のトビイロウンカ防除効果

供試 粉剤	散布法	調査位置	トビイロウンカ虫数					
			散 布 前			散 布 2 日 後		
			幼虫	成虫	合計	幼虫	成虫	合計(死虫率%)
DL	パイプダス ター散布	1	355	32	387	49	14	63 (83.7)
		2	763	45	808	562	63	625 (22.6)
		3	315	12	327	47	13	60 (81.7)
		平均	477.7	29.7	507.3	219.3	30.0	249.3(50.9)
	吹込み散布	1	1,254	55	1,309	68	2	70 (94.7)
		2	335	43	378	23	4	27 (92.9)
		3	871	51	922	57	26	83 (91.0)
		平均	820.0	49.7	869.7	49.3	10.7	60.0(93.1)
RD	パイプダス ター散布	1	414	10	424	50	6	56 (86.8)
		2	297	24	321	104	15	119 (62.9)
		3	643	14	657	68	4	72 (89.0)
		平均	451.3	16.0	467.3	74.0	8.3	82.3(82.4)
	吹込み散布	1	1,011	35	1,046	34	5	39 (96.3)
		2	229	10	239	3	0	3 (98.7)
		3	1,095	77	1,172	45	12	57 (95.1)
		平均	778.3	40.7	819.0	27.3	5.7	33.0(96.0)

これに対し、株元への落下量は試験Ⅰの穂孕期にはパイプダスター散布区が吹込み散布区の約3倍ほど多かったが、試験Ⅲの黄熟期には逆に吹込み散布区が多くなった。

現地試験2のパイプダスター散布と吹込み散布の場合の効果は表58のとおりであった。この試験では、BPMC剤(2%)のRDとDLを用いて試験を行った。吹込み散布区での効果は、RD、DLとも高く、若干DLで死虫率が低くなる程度であった。しかし、パイプダスター散布区では、RDでも吹込み散布区に比較してかなり効果が低下した。DLでは吹込み散布区と40%以上も効果に開きがみられ、DLでの効果不足が目立った。また、ホースの位置別に効果をみた場合、ホース中央部での効果不足がRD、DLともに認められた。株元への薬剤の平均落下量は、表59に示したように、パイプダスター散布では、RD(51.2 g/ha)がDL(38.6 g/ha)より多かったのに対し、吹込み散布では逆にRD(19.6 g/ha)がDL(68.4 g/ha)よりはるかに少なかった。

表59 BPMCの株元落下量 (g/ha)

散布法	供試粉剤	調査位置	落下量	供試粉剤	調査位置	落下量
パイプダスター 散布	RD	1	20	DL	1	9
		2	19		2	9
		3	23		3	13
		4	34		4	5
		5	37		5	14
		6	46		6	31
		7	79		7	17
		8	44		8	28
		9	123		9	62
		10	62		10	90
		11	76		11	147
		平均	51.2		平均	38.6
吹込み散布	RD	1	5	DL	1	90
		2	12		2	58
		3	31		3	71
		4	34		4	69
		5	16		5	54
		平均	19.6		平均	68.4

表60 ホースの違いと平面落下量および垂直面付着量(平均値)

供試ホース	供試粉剤	平面落下量および変動係数		垂直面付着量および変動係数	
		g/ha	CV%	g/ha	CV%
DL30A	RD	105	49	120.6	54
"	DL	206	73	144.6	55
DMH30A	RD	102	79	82.8	21
DLH30A	DL	66	60	87.4	16
吹込みグリーン	RD	152	51	141.1	37
"	DL	125	56	127.7	34

(2) 散布むらの実態

ホース別の BPMC の平均平面落下量と垂直面付着量を表60に示した。また、図18には平面落下量分布を、図19には垂直面付着量分布を示した。DL30A ホースの場合、RD の平面落下量はホース基部で多く、先端部では少なかった。平均落下量は 105 g/ha で、落下量の変動係数（以下 CV）は49%であった。DL の場合には、さらにこの傾向が拡大されて、基部の5 mと10 mでの落下量が著しく多く（ $200 \sim 500 \text{ g/ha}$ ）、中央部から先端部への落下量が少なく（ 100 g/ha 以下）になった。CV は73%で、散布むらも著しかった。垂直面付着量は RD, DL とも基部で多く、先端部では少なく、平面落下量の場合と同様な傾向であった。

しかし、平均付着量は RD で 120.6 ng/cm^2 、DL で 144.6 ng/cm^2 、CV もそれぞれ、54%、55%でほぼ同等であった。

次に、DMH30A と DLH30A ホースの場合、RD の平面落下量は15 mまでは平均落下量（ 102 g/ha ）よりも少ないが、それより先端部に向かうにしたがって若干多くなった。CV は79%であった。DL では、中央部まではほぼ平均落下量並であったが、先端部の25 mの位置で若干多かった。平均落下量は 66 g/ha 、CV は60%であった。RD, DL ともこのホースでは先端部で落下量が多くなる特徴がみられた。一方垂直面付着量は RD, DL ともに平面落下量の場合に比較すると、ホース基部から先端部までの付着量は少ないもののほぼ均一であった。RD および DL の平均付着量と CV は、それぞれ 82.8 ng/cm^2 と21%、 87.4 ng/cm^2 と16%であった。吹込みグリーンホースでは、RD の場合の平面落下量は、ホース基部では平均落下量（ 152 g/ha ）よりも少ないが、中央部から先端部では平均落下量よりも多かった。DL では基部と先端部では平均落下量（ 125 g/ha ）より少なく、中央部では多かった。CV は RD で51%、DL で56%であった。垂直面付着量は、RD, DL とも比較的均一で、平均付着量と CV は、それぞれ RD で 141.1 ng/cm^2 と37%、DL で 127.7 ng/cm^2 と34%であった。

(3) 多口ホース内および噴孔部の風速

供試したホースの噴孔の大きさとその配列は図17に示した。各ホースの特徴は、DL30A では先端部の噴孔が他のホースに比較して大きかった。また、このホースには基部から12 mまでの噴孔に高さ6.0 mmの衝突板があった。DMH30A と DLH30A は、全体的に他のホースに比較して噴孔が大きかった。一方、吹込みグリーンは基部から25 m付近までは噴孔が小さく、先端部でやや大きくなっていたが、平均噴孔径は供試したホースの中では最も小さかった。また、このホースは全ての噴孔に厚さ5 mmの縁どりが施されていた。

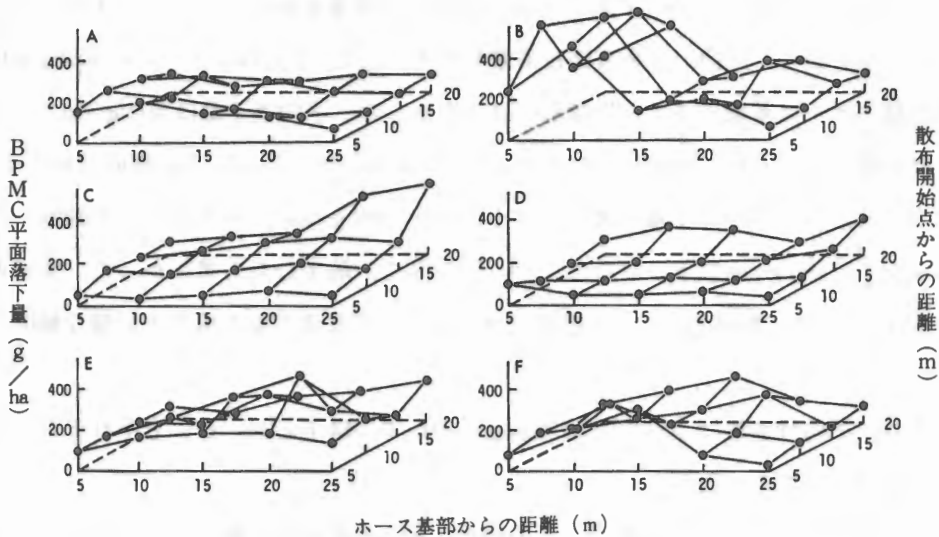


図18 ホース別の BPMC 平面落下量

A : DL30A-RD, B : DL30A-DL,
C : DMH30A-RD, D : DLH30A-DL,
E : 吹込みグリーン-RD, F : 吹込みグリーン-DL

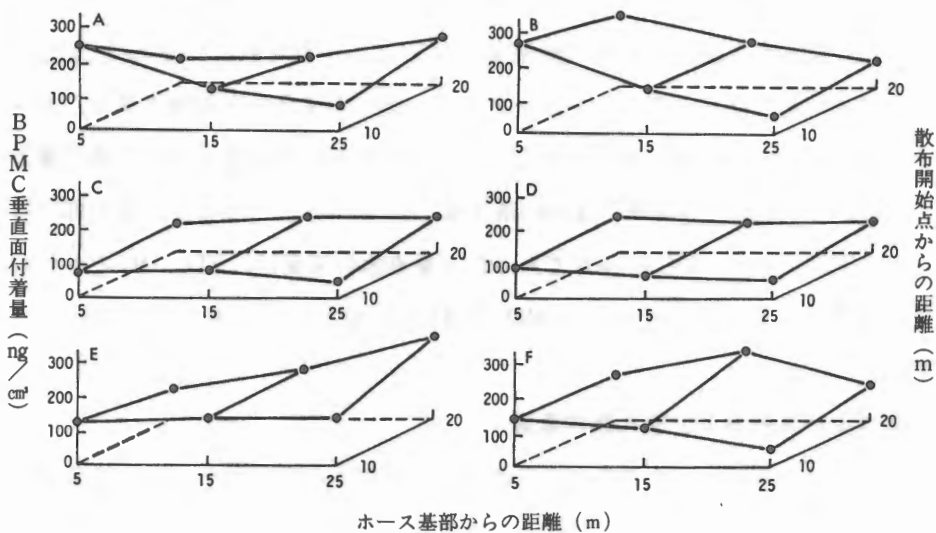


図19 ホース別の BPMC 垂直面付着量

A : DL30A-RD, B : DL30A-DL,
C : DMH30A-RD, D : DLH30A-DL,
E : 吹込みグリーン-RD, F : 吹込みグリーン-DL

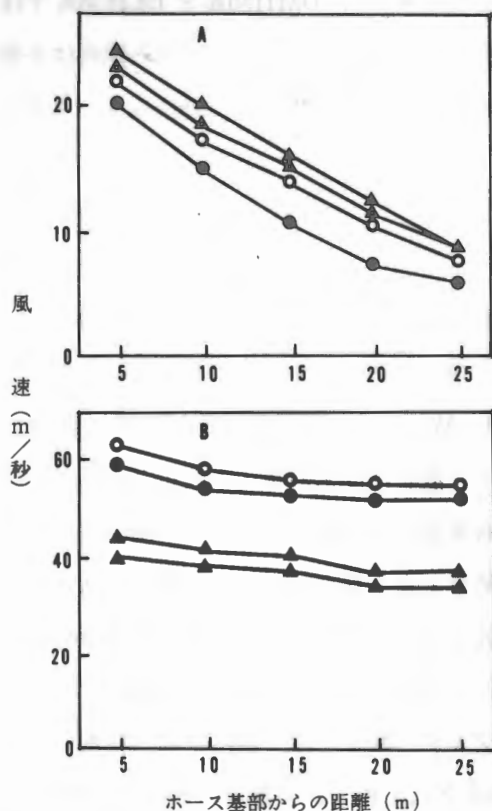


図20 小風量散粉機の場合のホース内風速(A)と噴孔部風速(B)

● : DL30A, ▲ : DMH30A, △ : DLH30A, ○ : 吹込みグリーン

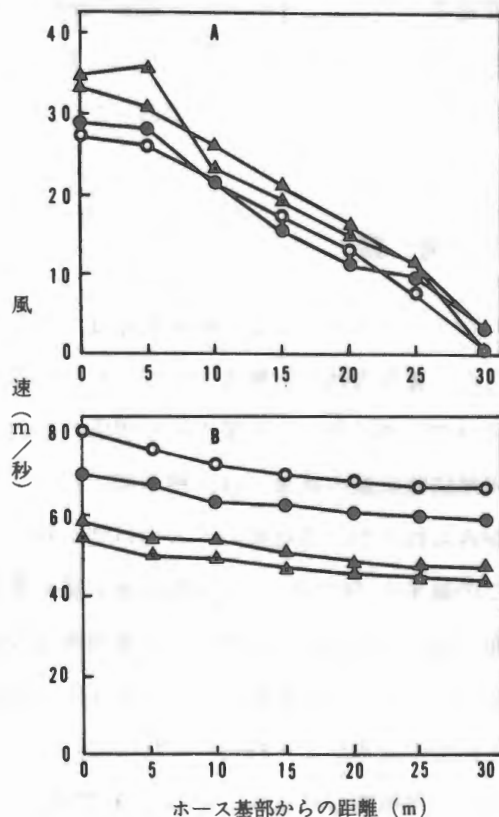


図21 大風量散粉機の場合のホース内風速(A)と噴孔部風速(B)

図20には小風量散粉機を使用した場合、図21には大風量散粉機を使用した場合のホース内と噴孔部の風速の測定結果を示した。ホース内風速はどのホースも基部から先端部に行くに従って漸減し、先端部では基部の概ね1/3の風速となった。また、大風量散粉機を使用した場合には、小風量散粉機の場合よりも3~8 m/sec速い風速となった。ホース別にみると、DMH30A, DLH30A, 吹込みグリーン, DL30Aの順に風速が速かった。即ち、図17に示したように、先端部の噴孔径の大きいホースほど速くなる傾向がみられた。ただし、DL30Aでは先端部の噴孔径が大きいにもかかわらず遅かった。これは基部から12mまでの噴孔部の内側にある衝突板がホース内の風速に影響していると考えられた。しかし、大風量散粉機を用いると風速が速くなり、吹込みグリーンと同程度の風速がえられた。

これに対して、噴孔部風速はホース内風速と異なり、どのホースでも先端部が基部よりも若干低下する程度であった。しかし、ホース別にみた場合、小風量散粉機の場合には、

吹込みグリーンと DL30A が 60 m/sec 前後であるのに対して、DMH30A と DLH30A では 40 m/sec 前後で 2/3 程度であった。一方、大風量散粉機の場合には、ホース別の傾向は小風量散粉機の場合と全く同様であったが、全てのホースでそれぞれ 10~15 m/sec 速い風速となった。

3. 考 察

パイプダスターによる粉剤散布は、イネの株元に発生する病害虫には防除効果の劣ることが、普及当初から懸念されていた¹³⁶⁾。広島県では、1979 年頃からこの散布法によるトビイロウンカに対する効果不足が現実のものとなり、特に DL での効果不足が問題となった。現地防除試験の結果では、穂孕期のパイプダスター散布は従来の吹込み散布と同等の効果がみられたが、草冠部のうっぺい度が高くなる黄熟期には効果が劣ることが確認された。この結果は BPMC のイネ株元落下量や葉身付着量とよく符合していた。即ち、吹込み散布では、目的部位への意図的な薬剤吹込みが可能であるため、止葉や下葉への薬剤付着量はパイプダスター散布よりも 2~5 倍も多かった。このため、吹込み散布では DL でも RD と同等の効果がえられた。これに対してパイプダスター散布では、噴出された粉剤は上部からの機械的な吹込みになるため、葉身などに妨害されて株元に必要量の薬剤が到達せず、これが防除効果不足の原因になっていると考えられる。平松ら³⁶⁾と野田ら¹⁰²⁾も同様なことを報告している。

次に、BPMC 剤の RD、DL の粉剤特性と防除効果についてみると、パイプダスター散布の場合は、株元落下率が高いとされている¹⁵⁰⁾ DL による効果は明らかに RD よりも劣った。また、吹込み散布の場合は、RD の株元落下量は DL の 1/3 以下であるにも係わらず高い効果がえられた(表 58, 59)。このことから、防除効果には株元への薬剤落下量だけではなく、イネ草冠部から吹込まれた粉剤が株間で滞流し、その間における株元葉鞘部への薬剤付着量の多少が重要な役割を果たしていると考えられる。

パイプダスター散布での効果不足の原因として、薬剤の株元到達量不足の他に、その散布むらも無視できない。散布むらに関しては、実際は場での調査報告によると、ホース中央部から先端部に多く落下する場合^{3,103)}、中央部で多く基部と先端部で少ない場合¹²³⁾、また先端部のみに多く落下する場合⁹⁸⁾などがある。しかし、これらの報告は体系的な検討ではなく、散布条件がそれぞれ異なっているため比較ができない。本研究では複数のホースを用いて BPMC 剤を散布し、落下分布を 3 次的に比較検討した。同じ散布条件でも基部で多く先端部では少ない DL30A、逆に基部で少なく先端部では多い DMH30A と DLH30

A, また中央部で落下量の多い吹込みグリーンなど, ホースによってそれぞれ異なった落下分布を示した。さらに, RD, DL の粉剤特性差によっても落下分布が異なることが明らかになった。この実態調査の結果から, ほ場では株元薬剤落下量や付着量が少ない所で効果不足が起きていると考えられる。なお, 一般的にはパイプダスター散布の場合は散粉機とホースが同一メーカーであることが望ましいといわれている。しかし酒井ら¹²⁰⁾は, 散粉機とホースのメーカー間互換性は充分あるとしており, 上述のホース毎の落下分布には普遍性があるものと考えられる。

ホースによる薬剤の落下量分布の変動には, ホースの噴孔の大きさと形状並びに噴孔部とホース内の風速が関係しているものと思われる。即ち, 噴孔部風速は噴孔直径と関係しており, 噴孔直径の小さい吹込みグリーンと DL30A では噴孔部風速が速かった。一方, ホース内風速は噴孔部とは逆に, 噴孔直径の大きい DMH30A と DLH30A では速く, 増田ら⁸²⁾の報告と矛盾しなかった。以上の落下分布や噴孔部とホース内風速の調査結果から, ホース内風速はホース基部から先端部方向への落下量と関係しており, DMH30A や DLH30A のようにそれが速ければホース先端部での落下量が多くなり, 反対に, DL30A のように遅ければ基部での落下量が多くなると思われる。これに対して, 噴孔部風速は株元方向への落下量と関係し, 吹込みグリーンや DL30A のようにそれが速ければ平面落下量や垂直面付着量が多くなると推察される。

第2節 多口ホース噴頭散布における薬剤落下量と防除効果

前節の現地試験において、パイプダスター散布は吹込み散布に比しトビイロウンカに対する防除効果が劣ることが明らかになった。さらに、BPMC の RD と DL を比較した場合、DL では RD よりも効果が劣り、ホースの位置によって薬剤量不足が生じていると考えられた。したがって、RD と DL の粉剤特性別およびホース位置別に、薬剤落下量とトビイロウンカの死虫率の関係を明らかにすることが重要と思われた。また、トビイロウンカのように株元葉鞘部を生息場所としている害虫では、株元への薬剤の平面落下量（以下平面落下量）だけでなく、株元葉鞘部の垂直面付着量（以下垂直面付着量）も効果に影響すると思われた。

本節では BPMC 剤の RD と DL の粉剤特性別に株元の平面落下量および垂直面付着量とトビイロウンカ死虫率の関係について解析を試みた²⁴⁾。またパイプダスター散布では、茎葉の繁茂した稲作後期には株元への薬剤到達量が少なくなることが、前節の現地試験で確認された。このため、幼穂形成期から黄熟期までの生育ステージ別に、薬剤の平面落下量と垂直面付着量についても精査した²⁵⁾。

1. 実験材料および方法

(1) ホース位置別の薬剤落下量と防除効果の関係

1) 供試ホースおよび散布条件

供試ホースは DL30A, DMH30A および DLH30A を用いた。供試粉剤は、BPMC 剤（2%）の RD および DL とし、4 kg/10 a 散布した。散粉機は DMD350AE を用い、散布条件はエンジン開度7/10、吐出開度6/10とした。

2) 平面落下量および垂直面付着量調査

DL30A ホースでの散布試験は、1985年9月2日に東広島市八本松町の農家ほ場（品種：中生新千本、傾穂期）で行った。散布面積は900m²（30m×30m）とした。平面落下量調査は、ホース基部から5, 10, 15, 20, 25mと散布方向に向かって10, 20mのそれぞれの交点で、また垂直面付着量は、ホース基部から5, 15, 25mと散布方向にむかって10, 20mのそれぞれの交点で、第1節の散布むらの調査方法に準じて行った。また、DMH30A および DLH30A のホースによる散布試験は、1985年9月25日に同じく東広島市八本松町の農家ほ場（品種：中生新千本、黄熟期）で行った。散布面積は420m²（28m×15m）とした。

BPMC の平面落下量および垂直面付着量の調査は、ホース基部から 5, 14, 23m と散布方向に向かって 3.8, 7.5, 11.2m のそれぞれの交点で、第 1 節の散布むらの調査方法に準じて行った。

3) 防除効果調査

防除効果調査は、散布直前と散布 1 日後に、平面落下量および垂直面付着量を調査した位置で、1 か所当たり 10 株について見取り法によりトビイロウンカ虫数を計測した。

(2) 粉剤特性による平面落下量と垂直面付着量の関係

1) 供試ホースおよび散布条件

供試ホースは DL30A, DMH30A および DLH30A とした。供試粉剤は BPMC 剤 (2%) の RD および DL とし、4 kg/10 a 散布した。粉剤の物理性は表 52 のとおりである。散粉機は DMD350AE を使用し、散布条件はエンジン開度 7/10, 吐出開度 6/10 とした。

2) 平面落下量および垂直面付着量調査

散布面積は 900m² (30m × 30m) とし、1985 年 8 月 2 日から 9 月 27 日の間に農試ほ場 (品種: 中生新千本) で 6 回散布した。BPMC の平面落下量および垂直面付着量の調査位置と調査方法は第 1 節の散布むらの調査方法に準じて調査した。

(3) イネの生育時期と薬剤落下量の関係

1) 供試ホースおよび散布条件

供試ホースは DL30A ホースを用い、農試ほ場 (品種: 中生新千本) において、1986 年 8 月 7 日の幼穂形成期から 8 月 13 日, 8 月 25 日, 9 月 1 日, 9 月 16 日および 9 月 29 日の黄熟期にかけて 6 回散布した。散布面積は 900m² (30m × 30m) とし、散粉機は小風量の DMD350AE と大風量の DMD11E を使用した。散布条件は DMD350AE の場合は、エンジン開度 7/10, 吐出開度 6/10, DMD11E の場合はエンジン開度 8/10, 吐出開度は RD の場合は 3/7, DL の場合は 2/7 とした。供試粉剤は BPMC 剤 (2%) の RD (武田薬品製) および DL (日本農薬製) とした。供試粉剤の物理性は表 61 に示した。

2) 平面落下量および垂直面付着量調査

表 61 供試粉剤の物理性

供試粉剤	見掛比重	浮遊性指数	分散性指数	粉末度 (<300mesh)	水分
RD	0.64	13	71	94.0%	0.18%
DL	0.92	9	95	94.9	0.17

BPMC の平面落下量および垂直面付着量調査は、第 1 節の散布むらの調査方法に準じて行った。

3) イネの生育調査

薬剤散布日に、各散布区内の任意の株について、草丈は20株、茎数は10株を調査した。

2. 結 果

(1) ホース位置別の防除効果

BPMC 剤の RD と DL を DL30A ホースで散布したときのホース位置別の死虫率を調査し、表62の結果をえた。

RD ではホース基部から15m付近までは高い防除効果が認められたが、20mより先端部では効果が漸減し、25mの位置の平均死虫率は41%まで低下した。DL ではさらにこの傾向

表62 DL30Aホース散布によるホース位置別トビイロウンカ死虫率% (散布1日後)

供試 粉剤	散布開始点から の距離(m)	ホース基部からの距離(m)					平均
		5	10	15	20	25	
RD	10	100	95.7	95.1	84.9	47.1	84.3
	20	94.6	95.4	98.6	96.7	34.9	
DL	10	100	98.9	98.1	61.1	46.1	73.1
	20	94.1	71.3	70.3	55.4	35.0	

注) 散布前のトビイロウンカ虫数は200~300頭であった。

表63 DMH30A, DLH30Aホース散布によるホース位置別
トビイロウンカ死虫率% (散布1日後)

供試 粉剤	散布開始点から の距離(m)	ホース基部からの距離(m)			平均
		5	14	23	
RD (DMH30A)	3.8	46.3	76.7	89.3	81.6
	7.5	83.9	88.3	95.7	
	11.2	88.1	83.9	82.0	
DL (DLH30A)	3.8	91.9	71.6	79.4	71.7
	7.5	67.0	61.3	58.8	
	11.2	75.0	71.1	69.0	

注) 散布前のトビイロウンカ虫数は200~300頭であった。

が強く、RD の場合に比べ、20m 付近から先端部の死虫率が著しく低下した。

このホースで散布したときの粉剤特性別の平均死虫率は、RD で84.3%、DL で73.1%であり、RD の死虫率は DL よりも高かった。

DMH30A と DLH30A ホースの位置別死虫率は表63に示した。

RD を DMH30A ホースで散布したときの平均死虫率は、ホース基部72.8%、中央部83.0%、先端部89.0%と先端部になるほど高くなった。DL を DLH30A ホースで散布したときのそれは、ホース基部78.0%、中央部68.0%、先端部69.0%で、中央より先端側が低かった。これらのホースの場合の粉剤特性別平均死虫率は、RD が81.6%、DL が71.7%で、この場合も RD の死虫率は DL よりも高かった。

(2) 粉剤特性による平面落下量と垂直面付着量の関係

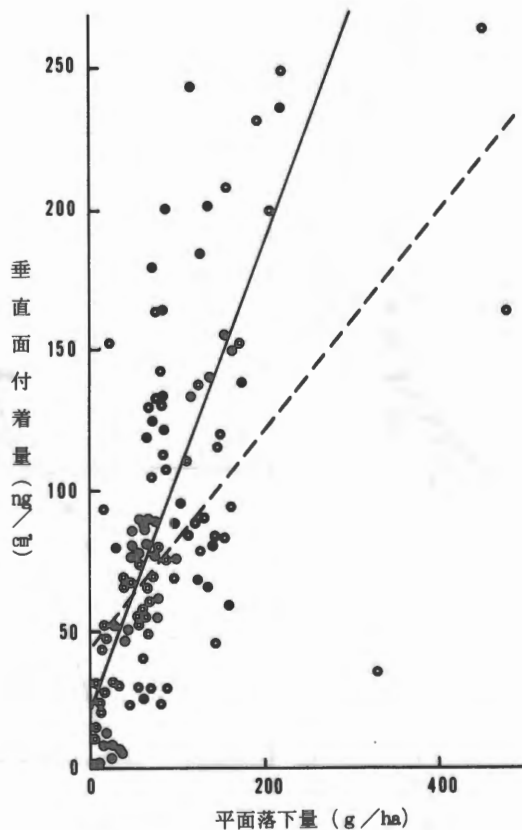


図22 粉剤特性別 BPMC の平面落下量と垂直面付着量の関係
●, — : RD, ○, ... : DL

DL30A, DMH30A および DLH30A の3種類のホースを用いて散布したとき, BPMC の平面落下量と垂直面付着量の間には正の相関関係がみられた (図22)。

即ち, 平面落下量 (x) と, 垂直面付着量 (y) の関係は次の直線式で示すことができた。

$$RD: y = 21.86 + 0.86x$$

$$(n = 50, r = 0.678^{**})$$

$$DL: y = 47.86 + 0.40x$$

$$(n = 62, r = 0.623^{**})$$

RD と DL の関係式を比較した場合, RD の式の勾配は DL の式よりも急で, 単位平面落下量当たりの垂直面付着量は RD の方が多かった。

なお, 平面落下量が著しく多かった3点を除いた直線式でも同様な傾向が示された。

(3) 粉剤特性別の平面落下量および垂直面付着量と防除効果の関係

DL30A, DMH30A および DLH30A の3種類のホースを用いてトビイロウンカを防除したときの, BPMC の平面落下量および垂直面付着量とトビイロウンカ死虫率の関係を示す薬量反応直線は, 図23のとおりであった。

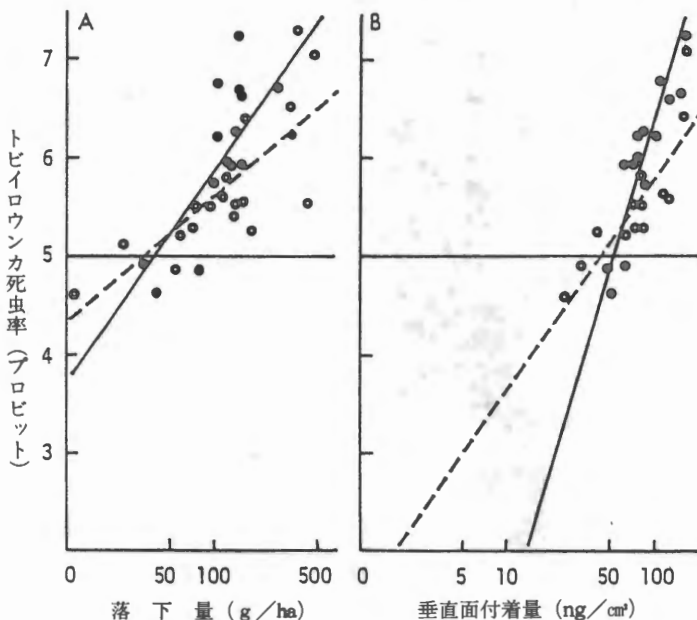


図23 粉剤特性別 BPMC の平面落下量 (A) および垂直面付着量 (B) とトビイロウンカ死虫率の関係
●, —: RD, ○, ---: DL

平面落下量 (x) と死虫率 (y) との間には、次の関係式がえられた。

$$RD: y = 3.70 + 0.22x$$

$$(n = 15, r = 0.740^{**})$$

$$DL: y = 4.31 + 0.13x$$

$$(n = 18, r = 0.773^{**})$$

次に、垂直面付着量 (x) と死虫率 (y) の間には、次の関係式がえられた。

$$RD: y = 1.71 + 4.03x$$

$$(n = 14, r = 0.868^{**})$$

$$DL: y = 1.60 + 2.14x$$

$$(n = 13, r = 0.863^{**})$$

平面落下量および垂直面付着量とトビイロウンカ死虫率の関係式で、RD の式は DL の式に比較して勾配が急で、RD の方が単位平面落下量および垂直面付着量当たりの死虫率が高かった。

(4) イネの生育時期と薬剤落下量

各散布時期のイネの生育状況を表64に示した。

大風量散粉機 (DMD11E) 区と小風量散粉機 (DMD350AE) 区を比較すると、小風量散

表64 イネの基数および草丈

調査月日	供試散粉機	草丈 (cm)		基数 (本)	
		RD区	DL区	RD区	DL区
'86 8/ 7	DMD350AE	70.7	69.0	28.5	25.9
	DMD11E	68.0	68.4	27.4	26.4
8/13	DMD350AE	76.2	74.5	24.8	27.3
	DMD11E	69.8	71.2	22.6	23.2
8/25	DMD350AE	97.6	97.6	26.7	28.1
	DMD11E	93.6	92.4	25.4	23.3
9/ 1	DMD350AE	97.1	100.2	23.8	24.7
	DMD11E	97.5	96.7	22.2	23.1
9/16	DMD350AE	103.9	102.0	24.1	26.8
	DMD11E	96.2	94.9	24.1	25.0

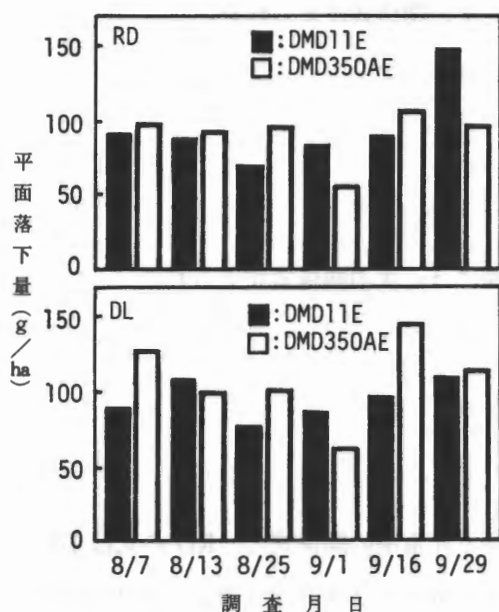


図24 イネの生育時期別平面落下量
DMD11E：大風量散粉機
DMD350AE：小風量散粉機

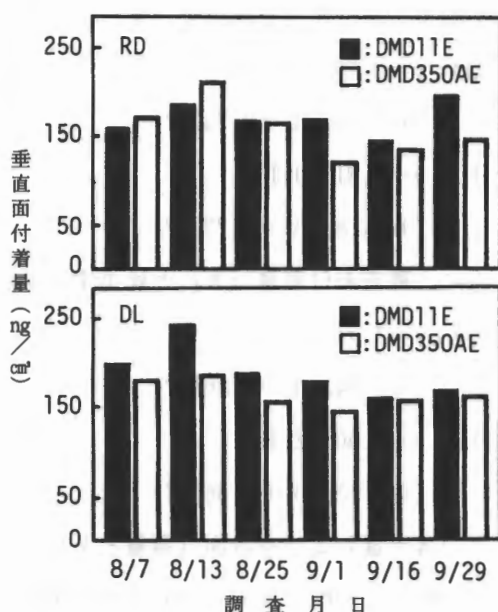


図25 イネの生育時期別垂直面付着量
DMD11E：大風量散粉機
DMD350AE：小風量散粉機

粉機区で若干草丈が高く、茎数も多かった。特に、8月13日、8月25日の出穂期前後には、大風量散粉機区より3～6cm高く、茎数は2～4本多かった。

また、図24、図25には、それぞれ散粉機の風量の大小に対するイネの生育時期別平面落下量と垂直面付着量の関係を示した。RD、DLとも、平面落下量は幼穂形成期から出穂期にかけて漸減したが、小風量散粉機では特に出穂期に少なくなった。しかし、その後の出穂期から黄熟期にかけて再び増加する傾向がみられた。垂直面付着量の場合も、RDとDLによる違いは認められず、平面落下量と概ね同じ傾向であった。しかし、出穂期から黄熟期にかけての付着量は少なかった。また、大風量散粉機の場合には、8月25日以降の付着量は全て小風量散粉機の場合に比較して多かった。

3. 考 察

BPMC剤のパイプダスター散布によるトビイロウンカ防除効果試験の結果では、RD散布の場合、DL散布に比較して株元落下量は少ないにも係わらず、高い防除効果がえられる場合があった。野中ら¹⁰³⁾はマラバッサ粉剤のRDとDLを用いてトビイロウンカの防除試験を行い、RDでは株元落下量が少なくても高い防除効果がえられたと報告している。また、石川農試の調査⁴⁴⁾によれば、イネの草丈や一日の時刻に関係なくトビイロウンカの

生息部位は地際部から20cm以内の高さの葉鞘部に限られると報告されており、本虫の防除効果には株元への落下薬剤量だけでなく、株元葉鞘部への付着量が重要な役割を果たしていると思われる。しかし、これまでに実際は場で株元葉鞘部への薬剤付着量とトビイロウンカ死虫率の関係をみた報告は見当たらない。そこで、BPMC 剤の RD と DL の粉剤特性別に、株元の平面落下量および垂直面付着量とトビイロウンカ死虫率の関係を解析した。平面落下量、垂直面付着量ともに死虫率との間に相関関係がみられ、薬量反応直線の勾配は、いずれとも RD の勾配が急であり、同じ落下量や付着量でも RD は DL より高い効果がえられることが判明した。また、粉剤特性別に平面落下量と垂直面付着量との関係をみた場合、RD、DL とともに両者間に相関関係が認められ、関係式の勾配は RD の方が急で、RD の単位平面落下量当たりの垂直面付着量は DL よりも多く、株元葉鞘部への付着性がよいことがわかった。平松ら^{34,35)}も、粉剤特性別に株元葉鞘部とトビイロウンカ虫体への付着量を調査し、RD の付着量は DL よりも多かったと報告している。これらのことから、RD の場合では株元への薬剤落下量が DL より少なくとも葉鞘部や虫体への付着量は多く、DL よりも高い防除効果を示すものと考えられる。

イネの生育時期別の BPMC 剤の株元での平面落下量と垂直面付着量は、出穂期に一時的に少なくなった。特に小風量散粉機の場合には、試験ほ場のイネ草丈が高く茎数が多かったこととも関係して、その傾向が一層強かった。野田ら¹⁰²⁾と野中ら¹⁰³⁾も、イネの繁茂した稲作後期には株元到達性が不十分であったと報告している。出穂期頃は茎数や葉数が多くなり、イネの生育ステージの中で株間が最も混み合っている時期であり、株元への薬剤到達量が少なくなったと考えられる。しかし、出穂期以降は再び平面落下量が増加する傾向がみられた。この原因は、下葉の枯れ上がりによる株元空間の拡がり⁴⁵⁾、草冠部の傾穂によりうっぺい度が増大し、株元空間に吹込まれた粉剤の外部逃散が抑えられたためであると考えられる。また、富山農試の調査¹³¹⁾では、ホース噴孔からの風速が及ぶ範囲は狭いとしていることから、パイプダスター散布で高い防除効果を得るためには、うっぺいした草冠部から薬剤を株元へ確実に吹込む注意が重要である。

第3節 粉剤特性別のイネ株間における薬剤浮遊性

第2節で示したように、BPMC 剤の RD と DL をパイプダスターで散布した場合、RD は DL よりも単位平面落下量当たりの垂直面付着量が多いことや、平面落下量および垂直面付着量と死虫率の関係を示す薬量反応直線の勾配も急であることが明らかになった。このように粉剤特性によってトビイロウンカに対する防除効果の異なる原因には、散布された粉剤のイネ株間での浮遊状態が関係しているように思われた。そこで本節では、RD と DL 別に株間における浮遊濃度と浮遊時間の関係を検討するため、試験箱を用いたモデル試験での空气中浮遊濃度と、実際は場における粉剤散布後のイネ株元の薬剤濃度の測定を行った²⁴⁾。また、一般に粉剤散布は日中よりも朝夕の上昇気流のない時に散布する方が漂流飛散が少ないといわれているので⁴⁵⁾、昼間散布と夕刻散布の場合の株元の薬剤濃度についても調査した²³⁾。

1. 実験材料および方法

(1) 箱試験における浮遊濃度と浮遊時間に関する試験

1) 試験箱

縦、横、高さそれぞれ90cmの木製の試験箱を用意し、上面中央部に薬剤散布のための直径10cmの穴をあけた。

2) 粉剤散布（粉剤の吹込み）

試験は1985年12月15日に行った。箱上面の散布用の穴から、BPMC 剤（2%）の RD、DL（物理性は表52のとおり）を、床面積0.81m²に対して4 kg/10 a 相当量の3.24gをエアerpumpを用い200mmAqの風圧（風速約60 m/sec）で10秒間吹込み、直ちに穴を閉じた。

3) 空气中の薬剤濃度の測定

粉剤吹込み1分後に、箱中央部の高さ10、20および30cmの位置から箱内の空気を2 l/minの割合で3分間隔で6回吸引ポンプで吸引した。吸引空気はSEP-PAC® Florisil® カートリッジに捕集し、アセトン180mlでBPMCを溶出させ、溶出液を濃縮しガスクロマトグラフにより定量した。

4) ガスクロマトグラフィー条件

第1節(1)の現地試験1の5)のガスクロマトグラフィー条件に準じた。

(2) ほ場における浮遊濃度と浮遊時間に関する試験

1) 供試ほ場

1987年9月3日に、風速2 m/secの殆ど無風条件下で、農試ほ場(品種：中生新千本、穂揃期)において散布した。散布面積は900m² (30m×30m) とした。

2) 供試ホースおよび散布条件

ホースは、RD 散布には DMH30A, DL 散布には DLH30A を用いた。散粉機は DMD350 AEを使用し、エンジン開度7/10, 吐出開度6/10で散布した。供試粉剤は BPMC 剤(2%) の RD および DL とし、4 kg/10 a 散布した。供試粉剤の物理性は表61に示した。

3) 空気中の薬剤濃度の測定

測定位置は、畔際(ホース基部)から2 m水田内に入った所のイネ株元の地表面から高さ3 cmの位置とした。株元の空気の補集は、内径5 mmのシリコンチューブの先端に取り付けた SEP-PAK® Florisil® カートリッジを用い、1 ℓ/minの割合で散布直後から5分間、その後は5分間隔で6回、吸引ポンプによって空気を補集した。カートリッジを回収後アセトン180mlでBPMCを溶出させ、溶出液を濃縮しガスクロマトグラフにより定量した。

4) ガスクロマトグラフィー条件

第1節(1)の現地試験1の5)のガスクロマトグラフィー条件に準じた。

(3) 粉剤の散布時刻と浮遊濃度に関する試験

1) 供試ほ場および散布時刻

農試ほ場(品種：中生新千本)で、散布面積は900m² (30m×30m) とした。昼間散布は1987年9月14日の13時から14時の間に、また、夕刻散布は10月5日の17時30分から18時30分の間に行った。なお、9月14日、10月5日とも散布時は無風状態であった。

2) 供試ホースおよび散布条件

ホースは昼間散布、夕刻散布とも DMH30A を用いた。散粉機は DMD350AE を使用し、エンジン開度7/10, 吐出開度6/10で散布した。供試粉剤は BPMC 剤(2%) の RD を 4 kg/10 a 散布した。供試粉剤の物理性は表61のとおりである。

3) 空気中の薬剤濃度の測定

前記(2)の3)の方法に準じて測定した。

4) ガスクロマトグラフィー条件

第1節(1)の現地試験1の5)のガスクロマトグラフィー条件に準じた。

2. 結 果

(1) 箱試験における高さ別浮遊濃度と浮遊時間

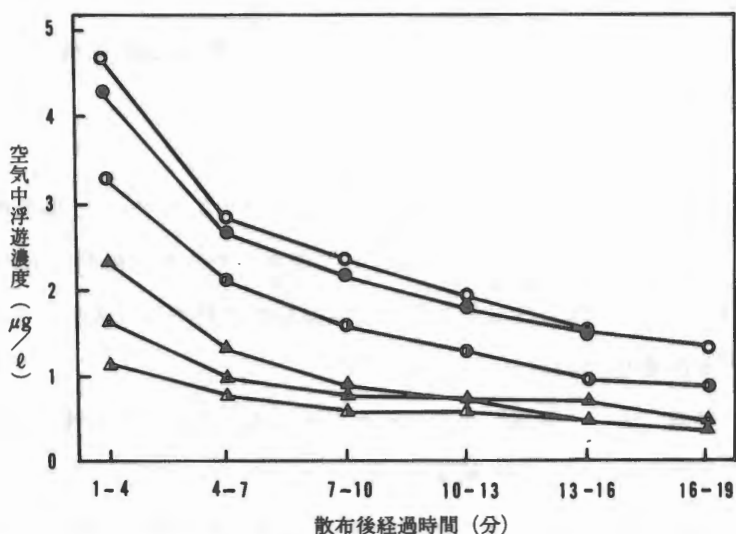


図26 粉剤特性別 BPMC の空气中浮遊濃度
高さ 高さ
● : RD—10cm, ▲ : DL—10cm
○ : RD—20cm, △ : DL—20cm
◐ : RD—30cm, ◒ : DL—30cm

BPMC 剤の RD, DL 別の空气中浮遊濃度を図26に示した。

空气中濃度は、RD ではどの高さ、どの経過時間においても DL よりも 2～3 倍高かった。また、高さ別の濃度は、RD の場合は20cmまでは概ね同濃度で散布19分後まで推移した。これに対して、DL の場合は10分後までは測定位置が低いほど濃度が高い傾向がみられたが、10分後以降はどの高さでもほぼ同じ濃度で推移した。

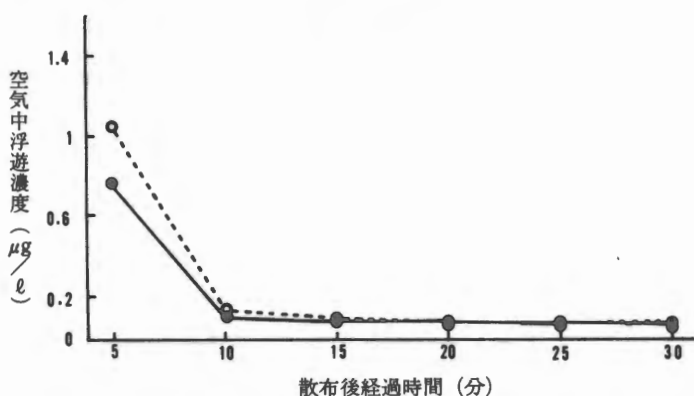


図27 イネ株元における粉剤特性別 BPMC の空气中浮遊濃度
● : RD, ○ : DL

(2) ほ場における浮遊濃度と浮遊時間

実際ほ場でのイネ株元における BPMC 浮遊濃度の消長は、図27に示すように散布10分後まで急激な減少を示した。その後30分後までは $0.1\mu\text{g}/\ell$ 前後の一定した低い濃度で推移した。また、株元の濃度は、DL では散布10分後までは RD よりも高めに推移したが、散布15分後以降は両者とも殆ど同濃度で推移した。

(3) 粉剤の散布時刻と浮遊濃度

RD のみで検討し、図28の結果をえた。

イネ株元の BPMC 浮遊濃度は、夕刻散布では2分後 $5\mu\text{g}/\ell$ 、5分後 $1\mu\text{g}/\ell$ であったのに対して、昼間散布では2分後でも $1\mu\text{g}/\ell$ と低く、5分後には $0.1\mu\text{g}/\ell$ まで減少し、夕

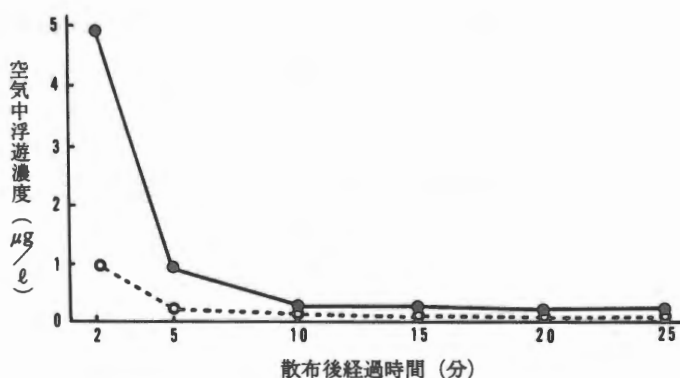


図28 イネ株元における散布時刻別 BPMC (RD) の空气中浮遊濃度
○：日中散布，●：夕刻散布

刻散布の $1/5 \sim 1/10$ の濃度であった。散布10分後以降も夕刻散布の方が昼間散布よりも僅かながら高い濃度で推移した。

3. 考 察

BPMC 剤の粉剤特性別にみたトビイロウンカに対する防除効果は、例え平面落下量や垂直面付着量が同じであっても、RD では DL よりも高いことが明らかになった。これは、BPMC 剤のような接触型殺虫剤では、散布粉剤の株間での浮遊状態が効果と関係していることを示唆している。即ち、高い効果を上げるには、粉剤が株間に長時間滞流・浮遊し、しかもその間に株元葉鞘部やトビイロウンカ虫体に多く付着することが必要条件になる。

試験箱を用いたモデル試験で BPMC 剤の RD と DL を散布した結果では、RD は散布

19分後まで20~30cmの高さに多く浮遊していた。一方、DLは低い位置ほど浮遊濃度が高く、沈降が速いことを示し、浮遊濃度もRDの $1/2 \sim 1/3$ と低かった。この結果は酒井¹¹⁹⁾の浮遊性指数の小さいものは速く沈下するという報告とも一致した。RDは散布後長時間浮遊していることが確認され、これが実際に場におけるトビイロウンカ防除効果が高いことにつながるように思われる。

一方、同じBPMC剤を散布したほ場試験では、株元浮遊濃度はDLの方が散布10分後まではRDよりも高めに推移した。浮遊性指数の大きいRDは株間浮遊性がDLよりも大きいため、葉鞘への接触確率が高まって葉鞘部付着量が増大し、濃度低下が速くなることが考えられる。

また、パイプダスターでの粉剤散布は、上昇気流のない朝夕に行うのがよいと一般的にいわれており、野中ら¹⁰³⁾も夕刻散布の方が、日中散布よりも高い防除効果を示したと報告している。本試験ではBPMC剤のRDの夕刻散布と日中散布における株間浮遊濃度を比較した。夕刻散布の場合には、日中散布よりも5~10倍濃度が高く、このことが株元葉鞘部への付着量とも関係して防除効果に好影響を及ぼすものと思われる。

第4節 粉剤粒子のホース内分級と落下薬量

パイプダスター散布では、ホース内で粉剤粒子の分級が生じ、これが散布むらや防除むらの一因となる。青柳ら^{3,6)}は、微粒剤、細粒剤および粗粉剤を散布し、ホースの位置によって粒度分布の異なることや、ホース先端部で吐出有効成分量が少なくなることを報告している。本節では実際には場に散布された BPMC 剤の RD および DL の落下粒子の粒径分布をホース位置別に調査し、これに基づく落下薬量についても検討した²⁵⁾。

1. 実験材料および方法

1) 供試ほ場

1987年9月28日に農試ほ場（品種：中生新千本，黄熟期）において散布試験を行った。散布面積は1,170m²（30m×39m）とした。

2) 供試ホースおよび散布条件

供試ホースは RD の場合は DMH 30A を、DL の場合は DLH 30A を使用した。散粉機は DMD11D を用い、エンジン開度8/10、吐出開度3/7で散布した。供試粉剤は BPMC 剤（2%）の RD および DL を 4 kg/10 a 散布した。供試粉剤の物理性は表61に示した。

3) ホース位置別の落下粒子の分級調査

落下粒子の分級調査はスライドグラスを用いて行った。調査位置は、平面落下粒子についてはホース基部から 5, 15, 25 m と散布方向に向かって 24 m のそれぞれの交点とし、地面から 3 cm の位置に水平にスライドグラスを設置した。垂直面の付着粒子については、同じ位置でスライドグラスの下端が地面から 3 cm の高さになるように垂直に吊り下げて設置した。各位置における薬剤の平面落下量と垂直面付着量は、第1節の散布むらの調査方法に準じて調査した。薬剤散布1時間後にこれらのスライドグラスを余分な薬剤が付着しないように回収した。分級調査用のスライドグラスは、顕微鏡写真を撮り単位面積当たりの粒子数を計測した。本検討では、粒子径は最大長と最小長の平均値で求め、落下粒子をこの平均粒径の球として平均表面積を算出した。平面落下量および垂直面付着量調査用のスライドグラスは、アセトンで BPMC を溶解した後、ガスクロマトグラフにより定量した。

4) ガスクロマトグラフィー条件

第1節(1)の現地試験1の5)のガスクロマトグラフィー条件に準じた。

2. 結 果

(1) ホース位置別の落下粒子の分級

BPMC 粉剤のホース位置別の落下粒子の平均粒径，粒子数等は一括して表65に示した。また，図29にはホース中央部に落下した RD と DL の平面落下粒子の実際の状況を示した。この結果，RD と DL で大差があるが，いずれとも分級がおこなうことが示唆された。

ホース位置別の平面落下粒子については図30に示した。RD では $10\mu\text{m}$ 以下の粒子は全落

表65 散布されたBPMC粉剤粒子のホース位置別分級

供試粉剤	調査位置	平均粒子直径 ^{a)}		平均表面積 ^{b)}		粒子数 ^{c)}		粉子表面積 1mm^2 当たりBPMC ^{d)}	
		平 面	垂直面	平 面	垂直面	平 面	垂直面	平 面	垂直面
DL	基 部	12.3	16.2	800.0	1,133.9	7	0.6	0.025	0.042
	中央部	14.8	18.0	1,242.6	1,776.1	6	0.6	0.026	0.054
	先端部	19.6	20.6	1,698.2	1,791.5	7	0.7	0.040	0.053
	平 均	15.6	18.3	1,246.9	1,567.2	6.7	0.6	0.030	0.050
RD	基 部	5.3	6.5	138.7	269.7	55	4	0.073	0.070
	中央部	5.5	7.6	191.5	376.5	23	2	0.194	0.342
	先端部	7.1	7.9	295.3	322.0	31	2	0.063	0.201
	平 均	6.0	7.3	208.5	322.7	36.3	2.7	0.110	0.204

a), b), c) および d) の単位はそれぞれ, μm , μm^2 , $\times 10^3/\text{cm}^2$, $\mu\text{g}/\text{mm}^2$ である。

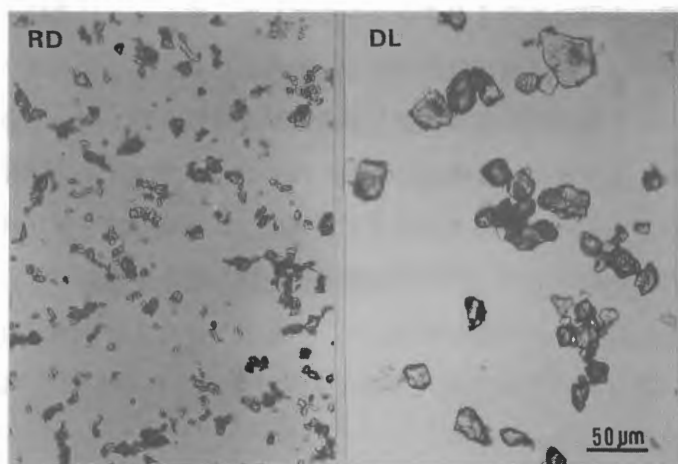


図29 ホース中央部に落下した RD および DL の平面落下粒子

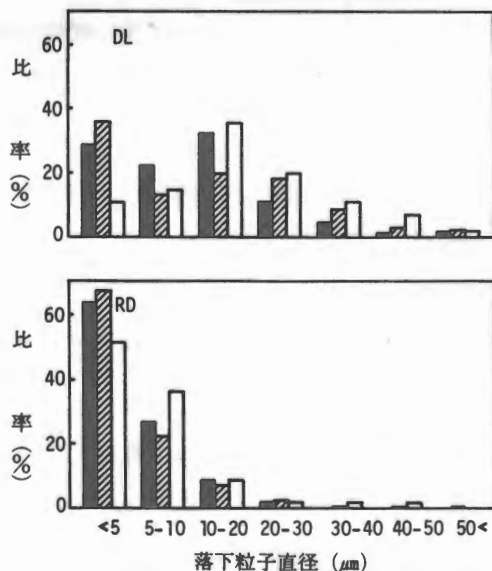


図30 ホース位置別の全平面落下粒子数に対する粒径別粒子数比率
 ■：基部，▨：中央部，□：先端部

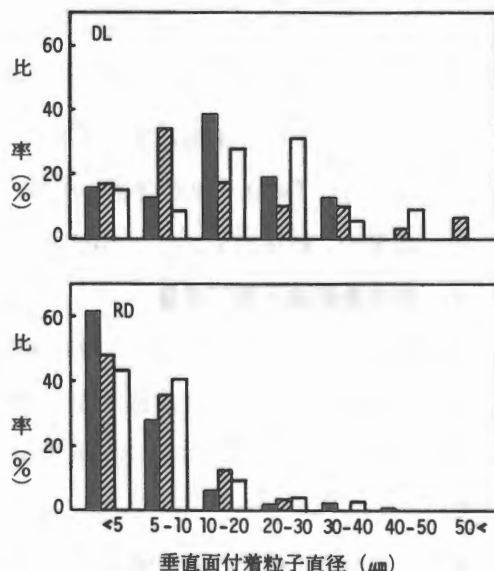


図31 ホース位置別の全垂直面付着粒子数に対する粒径別粒子数比率
 ■：基部，▨：中央部，□：先端部

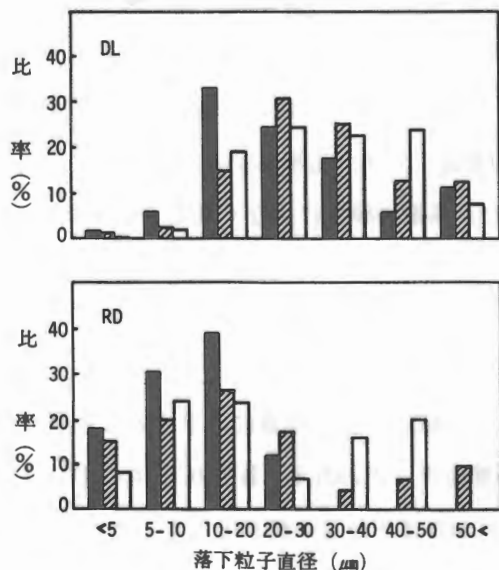


図32 ホース位置別の全平面落下粒子表面積に対する粒径別粒子数比率
 ■：基部，▨：中央部，□：先端部

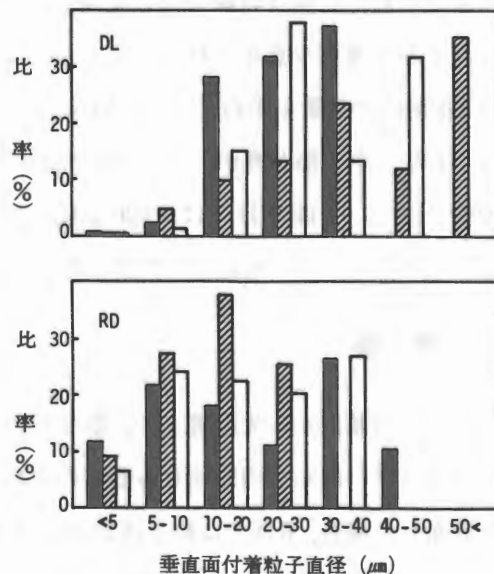


図33 ホース位置別の全垂直面付着粒子表面積に対する粒径別粒子数比率
 ■：基部，▨：中央部，□：先端部

下粒子の概ね90%を占め、ホースの位置に関係なくほぼ均一に落下していた。しかし、5 μm 以下の粒子はホース基部側に多く、また40 μm 以上の大きな粒子は先端部に多い傾向がみられた。一方 DL では、10 μm 以下の粒子の落下割合は基部から中央部に多く、10 μm 以上の粒子は中央部から先端部に多く落下した。

垂直面付着粒子のホース位置別の分級（図31）は、RD、DL とも平面落下粒子の場合と同様の結果で、粒径の大きなもの程ホースの先端部に多く落下した。

（2） 粒子表面積と落下薬量

単位面積（1 cm^2 ）当たりの落下粒子数をホース位置別に表65に示した。当然のことであるが、平面落下粒子数と垂直面付着粒子数とも RD が DL よりも圧倒的に多かった。しかし、RD では基部に多い傾向がみられたが、DL ではホースの位置に関係なく概ね均一であった。

また、平面落下粒子の表面積でみると（図32）、RD では全落下粒子の表面積のうち20 μm 以下の粒子の占める表面積割合は、概ね60～90%であった。これに対して、DL では10 μm 以下の粒子のそれは僅か数%で、20～40 μm のものが70%前後を占めた。また、垂直面付着粒子（図33）の表面積についても RD、DL ともに平面落下粒子の場合と同様の傾向であった。

散布された粉剤が防除効果を発現するためには、どれだけの有効成分量が株元に持ち込まれるかが重要な意味を持つと考えられる。そこで、落下粒子の単位表面積（ mm^2 ）当たりのBPMCの薬量を求めてみた（表65）。平面落下粒子についてみると、RD では平均0.110 μg であり、中央部が多かった。DL では平均0.030 μg であり、先端部が多かった。垂直面付着粒子については、RD では平均0.204 μg であったが基部が極端に少なく、DL では平均0.050 μg に過ぎなかったが概ね均一であった。

3. 考 察

ホースの基部から先端部まで、散布粉剤の粒子分級が少なく均質に落下することが、パイプダスター散布での防除むら改善のための必要条件と思われる。BPMC 剤の RD と DL を散布した場合、RD では粒子径10 μm 以下のものが全落下粒子の概ね90%を占めた。また、ホース位置別の落下粒子の粒径は、先端部でやや大きい傾向がみられたが、ほぼ均一な粒径のものがホース基部から先端部まで落下していた。これに対して、DL は製剤の特性から10 μm 以下の粒子割合は全落下粒子の40%以下であり、ホースの基部ほどその割合が高く、先端部には反対に大きな粒子が落下する傾向がみられた。青柳ら⁶⁾は粗粉をパイプダスター

散布した場合、粗い粒子が先端部に多く、早川ら³¹⁾も仮比重の大きなもののほど先端部に多く落下したと報告している。このようなホース内での粒子の分級現象は、吹出しを伴う高速乱気流中における粒子の行動によるものであり、非常に複雑と思われる。強いていえば、粒子沈降速度は通常ストークスの式³²⁾に従い〔粒子径〕²に比例するが、この場合は粒子の運動量や衝突反発力の影響が大きく、結果として重力の大きい大粒子が遠方に運ばれ易いと考えることができよう。

次に粉剤特性別の平面落下粒子数と垂直面付着粒子数についてみると、RD では DL よりも小さな粒子が3～8倍多く落下或は付着していた。BPMC が均一にキャリアーに付着しているとすれば、表65に示すように RD の平均粒子表面積は DL よりも小さいものの、株元に持ち込まれる単位粒子表面積当たり薬量は、RD が DL よりも平面落下粒子では3倍、垂直面付着粒子では4倍も多かった。これらのことから、パイプダスター散布における DL のトビイロウンカに対する防除効果不足の原因として、粉剤粒子の分級と株元に持ち込まれる薬量不足などが複合的に関与しているものと推察される。

第5節 粉剤散布むらの改善方法

大風量散粉機を用いるとホース内および噴孔部の風速が大きくなり、風速が大きい方が薬剤の平面落下量と垂直面付着量が多くなることを第1節で明らかにした。これらの結果から、大風量散粉機を使用すれば散布むらが改善され、薬剤の平面落下量や垂直面付着量が増加してトビイロウンカの防除効果が高まることが期待された。また、基盤整備されていないほ場でパイプダスター散布する場合には、水田形状に合わせてホース先端を短縮することが多い。ホースの短縮は散布むらを助長し、防除効果を低下させることが予想された。さらに、パイプダスター散布によるトビイロウンカの防除効果不足の原因として、散布むらによる薬量不足の他に、薬剤抵抗性の発達によって効果発現に必要な薬量が株元へ到達していないことも考えられた。

本節では大風量散粉機の使用による散布むらの改善と、ホースの短縮が散布むらや防除効果に及ぼす影響を調査すると共に、薬剤抵抗性が発現していない新しい薬剤による効果についても検討した²⁵⁾。

1. 実験材料および方法

(1) 大風量散粉機使用による散布むらの改善試験

1) 供試ホースおよび散布条件

供試ホースは DL30A を用い、1986年8月25日から9月29日の間に農試ほ場（品種：中生新千本）で4回散布した。散布面積は1,170m² (30m×39m) とし、供試散粉機は DMD11E とした。散布条件はエンジン開度8/10、吐出開度3/7とした。比較のために、小風量散粉機 DMD350AE（エンジン開度7/10、吐出開度6/10）を使用した。供試粉剤は BPMC 剤（2%）の RD および DL とし、4 kg/10 a 散布とした。供試粉剤の物理性は表61に示した。

2) 薬剤の平面落下量および垂直面付着量調査

第1節の散布むらの実態調査の方法に準じて行った。

(2) 大風量散粉機使用による防除効果試験

1) 供試ホースおよび散布条件

1987年9月7日に東広島市八本松町の農家ほ場（品種：中生新千本、糊熟期）で行い、散布面積は900m² (30m×30m) とした。供試ホースは DL30A を使用した。散粉機は DMD350

AE 及び DMD11E を用い、散布条件は前記(1)の大風量散粉機使用による散布むら改善試験のとおりとした。供試粉剤は BPMC 剤 (2%) の DL を 4 kg/10 a 散布した。供試粉剤の物理性は表61に示した。

2) 防除効果調査

防除効果調査は、散布直前の9月7日と散布1日後および3日後にホースの基部、中央部、先端部の位置別にそれぞれの場所で3か所(1か所当たり10株)について金竜[®] を吹付けたサンロイド板(20cm×20cm)に叩き落とした虫数を計測した。

(3) ホース短縮による噴孔部とホース内風速への影響試験

1) 供試ホースおよび散布条件

1986年2月24日に農試グラウンドで行った。30mホースはDL30A, DMH30A およびDLH30Aを、40mホースは丸山製作所製DL40A (RD, DL 兼用)、共立エコー物産製DMH40A (RD専用) およびDLH40B (DL 専用) を用いた。ホースはそれぞれ先端部を10m巻き込んで短縮し、30mホースは20mに、40mホースは30mとして試験した。散粉機はDMD350AEを使用し、散布条件は、30mホースの場合はエンジン開度7/10、吐出開度6/10とし、20mに短縮したときはエンジン開度6/10、吐出開度6/10とした。また40mホースの場合はエンジン開度8/10、吐出開度6/10とし、30mに短縮したときはエンジン開度7/10、吐出開度6/10とした。

2) 噴孔部およびホース内の風速の測定

風速の測定位置は30mホースの場合は、ホース基部から3mおきに、3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24, 27, 30mとし、また、40mホースの場合も同様に、3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24, 27, 30, 33, 36, 39mのそれぞれの該当する位置で、噴孔部とホース内の風速を第1節(3)の2)の方法に準じて測定した。

(4) ホース短縮と散布むらの試験

1) 供試ホースおよび散布条件

1987年9月21日に農試ほ場(品種: 中生新千本, 黄熟期)で散布試験を行った。供試ホースはDL30A, DMH30A およびDLH30Aを用い、それぞれ先端部を10m巻き込んで20mに短縮して散布した。散粉機はDMD350AEを用いた。散布条件は、前記(3)のホース短縮による噴孔部とホース内風速への影響試験のとおりとした。即ち、エンジン開度6/10、吐出開度6/10とした。供試粉剤はBPMC剤(2%)のRDおよびDL(物理性は表61のとおり)を4 kg/10 a 散布した。

2) 薬剤の平面落下量調査

落下量の調査はイネ株元の平面落下量のみとした。ホース基部から5, 10, 15, 20mと散布方向に向かって、8, 16, 24, 32mのそれぞれの交点にシリコングリスを塗布したスライドガラスを設置し、第1節の散布むらの実態調査の方法に準じて調査した。

(5) ホース短縮と防除効果試験

1) 供試ホースおよび散布条件

1987年9月7日に東広島市八本松町の農家は場（品種：中生新千本，糊熟期）で防除試験を行った。散布面積は600㎡（20m×30m）であった。供試ホースはDL30Aを使用した。散粉機はDMD350AEおよびDMD11Eを用い、散布条件はDMD350AEではエンジン開度6/10、吐出開度6/10とし、DMD11Eではエンジン開度7/10、吐出開度3/7とした。供試粉剤はBPMC剤（2%）のRDとDLとし、4kg/10a散布した。供試粉剤の物理性は表61に示した。

2) 防除効果調査

散布直前の9月7日と散布1日後および3日後に、ホースの基部、中央部、先端部の位置別に、それぞれの場所で3か所、1か所当たり10株について前記(2)の大風量散粉機使用による防除効果試験に準じて調査した。

(6) 作用機作の異なる薬剤による防除効果の改善試験

1) 供試ホースおよび散布条件

1986年9月18日に東広島市八本松町の農家は場（品種：中生新千本，黄熟期）で防除試験を行った。散布面積は400㎡（20m×20m）とした。供試ホースはDL30A用い、散粉機はDMD350AEを使用した。散布条件は前記の(1)の大風量散粉機使用による散布むらの改善試験のとおりとした。

2) 供試粉剤および散布量

トビイロウンカに対して薬剤抵抗性の発達のみられない新しい薬剤のブプロフェジンとBPMCの混合剤（商品名：アプロードバッサ粉剤DL，ブプロフェジン0.1%＋BPMC2.0%）を用いた。対照薬剤としてBPMC剤（2%）のDLを散布した。それぞれ4kg/10aを散布した。

3) 防除効果調査

散布直前、散布1日後、3日後、7日後および14日後に、ホースの基部、中央部、先端部の位置別に、それぞれの場所で3か所、1か所当たり10株について前記(2)大風量散粉機使用による防除効果試験に準じて調査した。

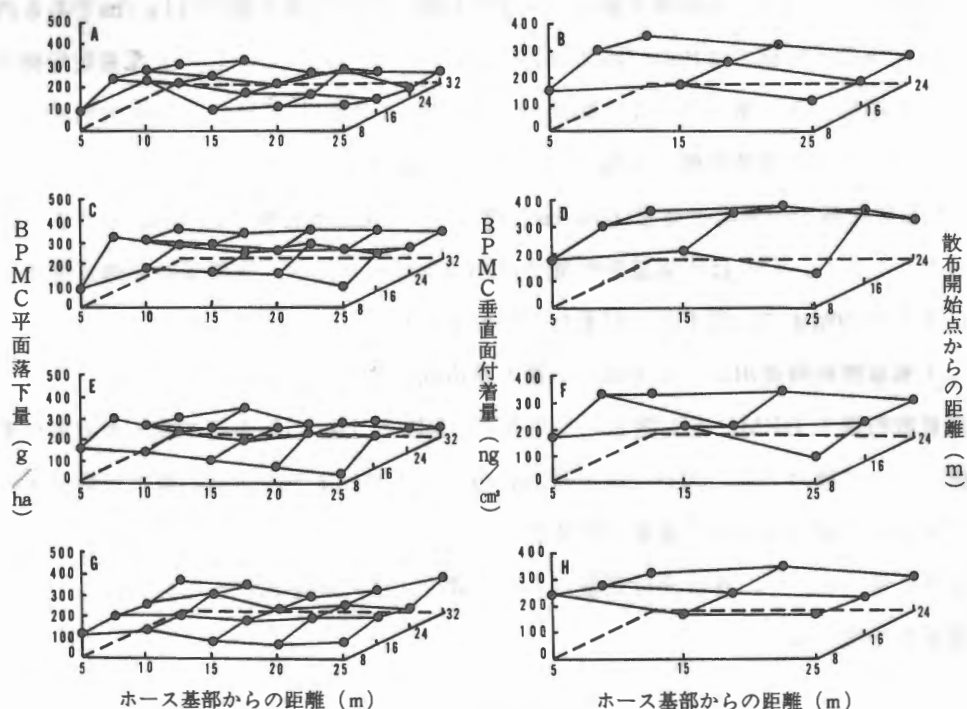


図34 散粉機風量の大小とBPMC平面落下量および垂直面付着量

A, B, E, F: 小風量散粉機 (DMD350AE)

C, D, G, H: 大風量散粉機 (DMD11E)

A~D: RD, E~H: DL

2. 結果

(1) 大風量散粉機使用による散布むらと防除効果の改善

1) 大風量散粉機使用による散布むらの改善

大風量散粉機使用による散布むらの改善について検討し、図34に9月29日の散布結果を示した。

RDについてみると、平面落下量は、小風量散粉機の場合は中央部から先端部にかけて少なくなり、平均落下量は99 g/ha、CVは47.1%であった。しかし、大風量散粉機の場合は中央部から先端部にかけての平面落下量が増加し、平均落下量は149 g/haと増大し、CVも28.3%に低下し散布むらの改善がみられた。垂直面付着量は、小風量散粉機の場合は平均付着量146 ng/cm²、CV 25.3%であるのに対して、大風量散粉機の場合は平均付着量195 ng/cm²、CV 25.4%となった。大風量散粉機の使用によって、付着量は増加したが付着むらは同等であった。

一方、DL については、平面落下量は小風量散粉機での平均落下量が114 g/haであるのに対して、大風量散粉機では109 g/haで改善はみられなかった。しかし、大風量散粉機の使用により先端部の落下量が多くなる傾向がみられた。このため、CV は小風量散粉機で39.8%であったが、大風量散粉機では24.8%に低下し、散布むらが改善された。垂直面付着量は、小風量散粉機での平均付着量160ng/cm²に対して、大風量散粉機では167ng/cm²であり同等であった。しかし、CV は小風量散粉機では26.1%であったが、大風量散粉機を使用することにより19.9%までに低下し、付着むらが改善された。

2) 大風量散粉機使用による平面落下量と垂直面付着量の改善

大風量散粉機で BPMC 剤を散布した場合の、RD と DL の平面落下量と垂直面付着量の関係について検討した。図35には 8 月25日から 9 月29日までの 4 回の散布試験結果から求めた平面落下量と垂直面付着量の関係を示した。

平面落下量 (x) と、垂直面付着量 (y) の間に、次の関係式がえられた。

小風量散粉機の場合

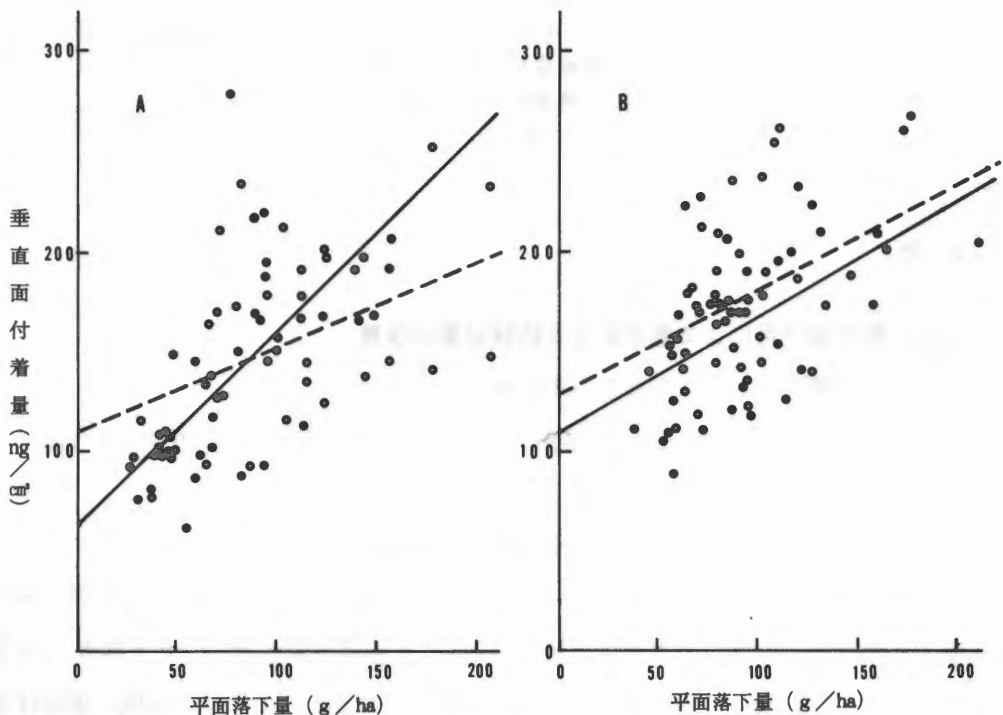


図35 散粉機風量の大小と BPMC の RD, DL の粉剤特性別平面落下量と垂直面付着量の関係

A : 小風量散粉機 (DMD350AE), ●, — : RD, ○, --- : DL
 B : 大風量散粉機 (DMD11E), ●, — : RD, ○, --- : DL

$$RD: y=63.4+0.97x \quad (n=36, \quad r=0.651^{**})$$

$$DL: y=108.9+0.44x \quad (n=36, \quad r=0.501^{**})$$

大風量散粉機の場合

$$RD: y=109.6+0.58x \quad (n=36, \quad r=0.567^{**})$$

$$DL: y=127.2+0.53x \quad (n=36, \quad r=0.325^*)$$

この関係式から、小風量散粉機で散布した場合には、第2節の結果と同様に、RDではDLよりも勾配が急で、単位平面落下量当たりの垂直面付着量は多くなる関係がみられた。しかし、大風量散粉機で散布すると、RDとDLの勾配の差は殆どなくなり、DLの垂直面への付着性はRDと同程度までに改善された。

3) 大風量散粉機使用による防除効果の改善

大風量散粉機の使用した防除試験の結果を表66に示した。使用ホースは基部に薬剤が多

表66 散粉機の風量の大小とホース位置別のトビイロウンカ防除効果

供試散粉機	調査位置	トビイロウンカ虫数 (死虫率%)		
		散布前	1日後	3日後
DMD11E ^{a)}	基部	602	53(91.0)	8(98.7)
	中央部	550	23(96.1)	9(98.7)
	先端部	456	62(84.5)	103(77.2)
	平均		(90.5)	(91.5)
DMD350AE ^{b)}	基部	365	34(89.0)	12(96.3)
	中央部	242	22(87.6)	16(91.2)
	先端部	208	44(76.6)	23(88.1)
	平均		(84.4)	(91.9)

^{a)}大風量散粉機, ^{b)}小風量散粉機

く落下するタイプのDL30Aであり、防除効果にも同様の傾向がみられた。散布1日後の死虫率は、小風量散粉機でも基部と中央部では90%に近いが先端部では76.6%に低下した。一方大風量散粉機を使用した場合には、基部と中央部で90%以上、先端部でも84.5%と高い死虫率がえられた。但し、散布3日後の大風量散粉機使用区の先端部で死虫率が77.2%に低下したのは、隣接区の坪枯れからのなだれ込みによる虫数増加のためであった。

(2) ホース短縮による薬剤落下分布への影響と防除効果

1) ホース短縮と噴孔部およびホース内風速

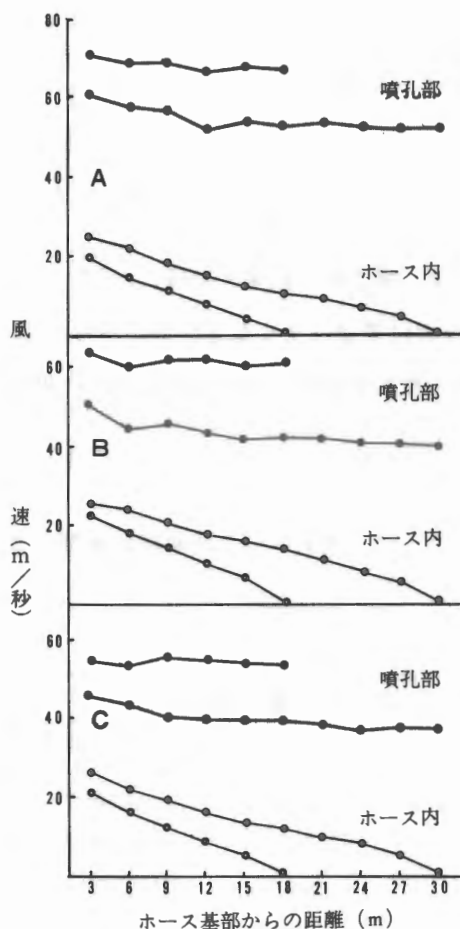


図36 ホース短縮によるホース内および噴孔部の風速に及ぼす影響
A : DL30A, B : DMH30A, C : DLH30A
● : 30mの時, ○ : 20mの時

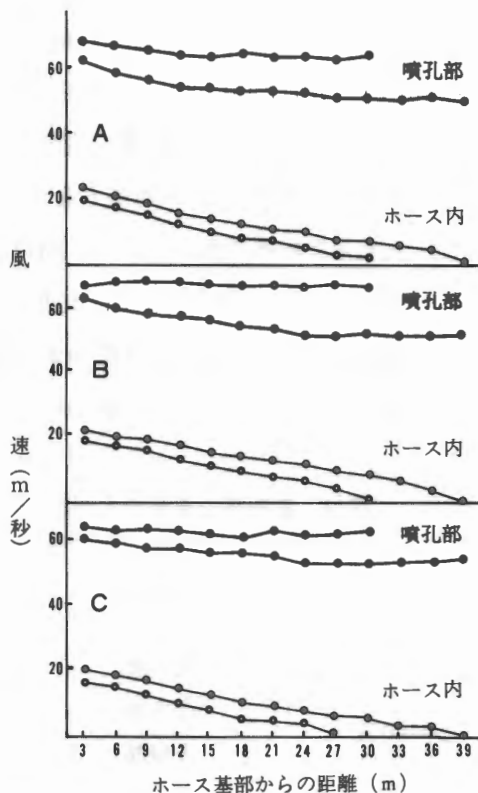


図37 ホース短縮によるホース内および噴孔部の風速に及ぼす影響
A : DL40A, B : DMH40A, C : DLH40B
● : 40mの時, ○ : 30mの時

ホースを短縮して使用することは、噴孔部やホース内の風速に微妙に影響を与え、これが薬剤の落下分布にも影響すると考えられる。図36に30mホースと、それを20mに短縮したときの、また図37には40mホースと、それを30mに短縮したときの噴孔部とホース内の風速を示した。

噴孔部風速は、ホース短縮によって全供試ホースで速くなった。平均風速でみると30mホースでは、DL30Aで13m/sec, DMH30Aで19m/sec, DLH30Aで15m/secそれぞれ速くなった。また、40mホースでは、DL40Aで11m/sec, DMH40Aで13m/sec, DLH40Bで7m/sec速くなった。

一方、ホース内風速は、短縮によって30および40 m ホースとも噴孔部風速の場合とは逆に遅くなった。即ち、30 m ホースの場合、ホース基部 3 m の位置における風速は、DL30A と DLH30A で 5 m/sec, DMH30A で 4 m/sec 遅くなった。同様に 40 m ホースの場合は、DL40A で 3 m/sec, DMH40A と DLH40B で 4 m/sec 遅くなった。また、これに伴って 6 m の位置より先端部方向の風速も全供試ホースで遅くなった。

2) ホース短縮と散布むら

ホースを短縮すると、全てのホースで噴孔部風速は速くなるが、ホース内の風速は遅くなることが明らかになった。このような風速の変化が薬剤の落下分布にどのような影響を及ぼすかを調査した。

DL30A ホースの場合は図38に示した。RD, DL とともに基部では落下量が多いが15 m よ

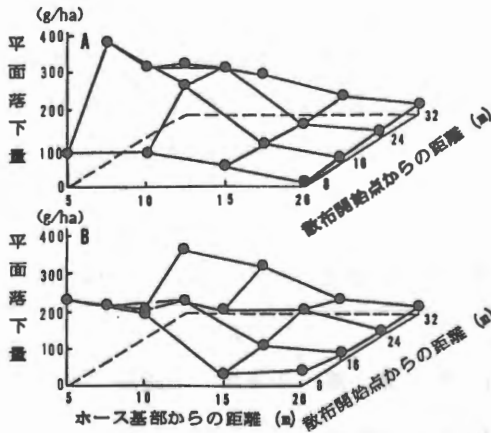


図38 DL30A ホース短縮と BPMC 平面落下量分布
A : RD, B : DL

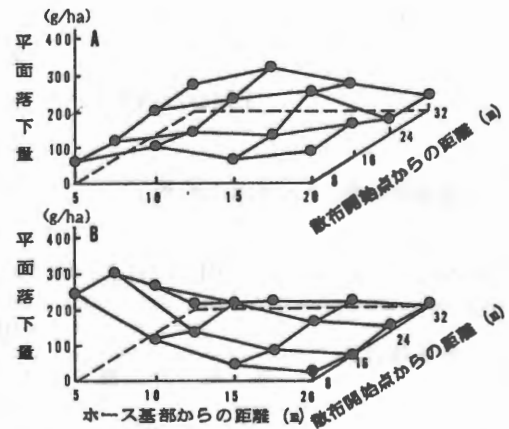


図39 DMH30A (A) および DLH30 (B) ホース短縮と BPMC 平面落下量分布
A : RD, B : DL

り先端部では著しく減少した。このときの平均落下量と CV はそれぞれ、RD では 103.5 g/ha, 89.6%, DL では 94.7 g/ha, 78.3% となり散布むらが大きかった。

DLH30A ホースの DL の場合も図39に示したように基部では落下量が多いものの、10 m より先端部になると著しく減少し、平均落下量は 86 g/ha, CV は 94.4% でこの場合も散布むらが大きくなった。

一方、DMH30A ホースの RD の場合には図39のとおり、落下量は基部から 10~15 m 付近で僅かに多かったが、平均落下量は 75 g/ha, CV は 33.4% で全体的にほぼ均一な落下分布であった。

表67 ホース短縮によるトビイロウンカ防除効果に及ぼす影響

供試粉剤	供試散粉機	調査位置	トビイロウンカ虫数 (死虫率%)		
			散布前	1日後	3日後
RD	DMD11E ^{a)}	基 部	310	46(85.9)	50(84.1)
		中央部	424	19(95.5)	21(95.3)
		先端部	363	166(50.1)	161(53.1)
	DMD350AE ^{b)}	基 部	179	25(79.8)	29(77.7)
		中央部	366	25(90.2)	9(97.4)
		先端部	247	83(66.0)	76(70.3)
DL	DMD11E	基 部	134	18(87.2)	5(95.5)
		中央部	966	89(90.8)	14(98.5)
		先端部	1,156	916(22.0)	324(70.6)
	DMD350AE	基 部	151	17(88.4)	5(96.3)
		中央部	631	37(92.4)	6(98.7)
		先端部	845	483(54.9)	395(56.5)

^{a)}大風量散粉機, ^{b)}小風量散粉機

表68 プロフェジン+BPMCおよびBPMCによるホース位置別のトビイロウンカ防除効果^{a)}

散布後日数	プロフェジン+BPMC				BPMC			
	基 部	中央部	先端部	平 均	基 部	中央部	先端部	平 均
1	96.7	92.1	91.1	93.3	96.4	72.7	85.4	84.8
3	91.1	84.6	89.0	88.2	82.7	68.0	83.5	78.1
7	89.8	92.0	96.0	92.6	78.6	55.8	84.4	72.9
14	95.6	97.4	99.2	97.4	95.1	85.7	91.1	90.6

^{a)}トビイロウンカ死虫率

3) ホース短縮と防除効果

ホースの短縮と BPMC 剤によるトビイロウンカの防除効果の関係は表67のとおりで、散布1日後のホース位置別の死虫率は、ホース基部79.8～88.4%、中央部90.2～95.5%、先端部22.0～66.0%となり、3日後の結果をみても、ホースを短縮すると先端部における死虫率が低く効果が劣った。また、散粉機風量の大小と死虫率の関係は、RD の場合には小風量散粉機の方が若干死虫率が高い傾向が見られたが、DL の場合には明らかではなかつ

た。

(3) 作用機作の異なる薬剤による防除効果の改善

カーバメート系殺虫剤のBPMCとは作用機作の異なるプロフェジンの混合剤(DL)を用い、トビイロウンカの防除試験を行った。プロフェジン剤は残効性が大きいので、散布14日後まで効果を調査した(表68)。散布1日後から14日後までの平均死虫率は、プロフェジン+BPMC区(DL)で92.9%と効果が高かったのに対して、BPMC単剤区(DL)では81.6%で効果が劣った。ホース位置別の死虫率は、プロフェジン+BPMC区では大きな差はみられなかったが、BPMC単剤区ではホース中央部で特に効果が劣った。

3. 考 察

散布むらの実態調査とホース内および噴孔部風速の測定結果から、噴孔部風速が速ければホース位置に関係なく全体の平面落下量や垂直面付着量が多くなり、またホース内風速が速ければホース先端部の平面落下量と垂直面付着量が多くなると考えられた。そこで、大風量散粉機を使用してBPMC剤を散布した結果、RDでは平面落下量は1.5倍、垂直面付着量は1.3倍に増大した。これに伴いホース位置別の平面落下量のCVも47.1%から28.3%と大幅に低下し、散布むらの改善がみられた。これに対しDLでは、大風量散粉機を使用しても平面落下量と垂直面付着量は小風量散粉機の場合と殆ど変わらなかったものの株元への付着性は改善された。またホース位置別の平面落下量と垂直面付着量のCVはかなり低下し、散布むらの改善効果がみられた。田原ら¹²³⁾は散粉機のエンジン開度を上げて風量を多くし株元への薬剤到達性を上げることで、トビイロウンカに対する防除効果が高まると報告している。本試験においても大風量散粉機の使用は有効であり、ホース先端部で落下量が低下するタイプのDL30Aホースを用いてBPMC剤を散布した場合でも、ホース先端部の防除効果は小風量散粉機の場合よりも高く改善がみられた。トビイロウンカのように株元に生息している害虫に対しては、大風量散粉機の使用が有利なことが実証された。

パイプダスター散布では、水田形状によってホース先端部を短縮することがよく行われる。ホースを短縮すると散布むらが大きくなるという報告^{60,136)}はあるが、散布むらの実態を3次元的にみたものではなく、防除効果についても調査されていない。本試験の結果でもホース先端部での落下量が低下し散布むらが大きくなった。田中ら¹²⁸⁾によるとホース末端部を全閉すると噴孔部風速は高く保てるが、ホース内風速は失速するという。本試験の風速測定結果でも、ホース短縮により、全供試ホースともホース内風速が弱まった。このた

め十分量の粉剤が先端部まで運ばれず、先端部落下量が著しく低下したと思われる。しかし、ホースの短縮にもかかわらず、DMH30A ホースでは比較的均一な落下分布がみられた。この原因は、他の供試ホースに比べて20m付近の噴孔径が大きく(図17)、ホース内と噴孔部風速が他のホースよりも1～2 m/sec速かったことにあり、これらが微妙に影響し散布むらが低減されたと思われる。

全体的にホースを短縮したときの防除効果は、散粉機風量の大小や粉剤特性(RD, DL)に関係なく、落下量の少ないホース先端部で劣った。パイプダスター散布ではホース先端部の短縮は避け、薬剤の少々の無駄はあっても伸ばした状態で使用すべきであると考えられる。やむを得ず短縮する必要がある場合には、ホース内風速を失速させないようにホース末端部を全閉にせず開口部を作る等の配慮が必要であろう。

さらに、散布むらによる防除効果不足を補う手段として、殺虫効果の高い薬剤に代えることが考えられる。そこで、BPMC 剤とは作用機作の異なる IGR 剤(昆虫成長制御剤)でしかもガス効果の高いプロフェジン剤⁴³⁾によるトビイロウンカ防除試験を行った。この結果、薬剤落下量の少ないホース先端部でも十分高い防除効果がえられ、散布むらに起因する効果不足を補うことができた。BPMC 剤のパイプダスター散布でのトビイロウンカの防除効果不足には薬剤抵抗性の発達も関与していることが明らかであった。

第6節 粉体の物理的性状が散布むらに及ぼす影響

パイプダスター散布におけるトビイロウンカの防除効果不足は、薬剤の散布むらが要因として大きく、さらに DL は RD に比しイネ株元葉鞘部への薬剤付着量が少なく、その上トビイロウンカの薬剤抵抗性の発達も加わって、効果を一層不安定にしていることを明らかにした。またこの対策として、大風量散粉機を使用すれば薬剤の散布むらと株元付着性が改善され、DL でも防除効果が上がることを示した。このような薬剤の散布むら、株元付着量、または落下量には、粉剤の物理性や散布条件も影響していると思われた。そこで、物理的性状を異にする数種の模擬粉体を用いて散布試験を行い、粉体の物理的性状および吐出開度などの散布条件と散布むらの関係を解析した²⁶⁾。

1. 実験材料および方法

1) 供試模擬粉体

有効成分を含まない鉱物質キャリアーのみで RD と DL に相当する物理的性状を付与した13粉体を供試した。各粉体の物理的性状（表69）は全農農業技術センターにおいて、農

表69 供試粉体の物理性

粉体名	見掛け比重	分散性指数	浮遊性指数	流動性
RD ₁	0.649	46.9	46.3	28.4
RD ₂	0.746	97.8	32.4	5.4
RD ₃	0.825	96.5	29.3	5.7
RD ₄	0.945	97.3	23.8	3.5
DL ₁	0.612	92.5	18.9	14.4
DL ₂	0.659	44.3	12.4	16.6
DL ₃	0.773	65.2	10.1	7.6
DL ₄	0.946	90.6	16.2	4.4
DL ₅	0.957	51.4	12.1	6.7
DL ₆	1.076	98.1	11.5	<1.0
DL ₇	1.094	84.1	2.5	3.5
DL ₈	0.759	69.2	13.6	12.7
DL ₉	0.975	97.5	17.5	2.7

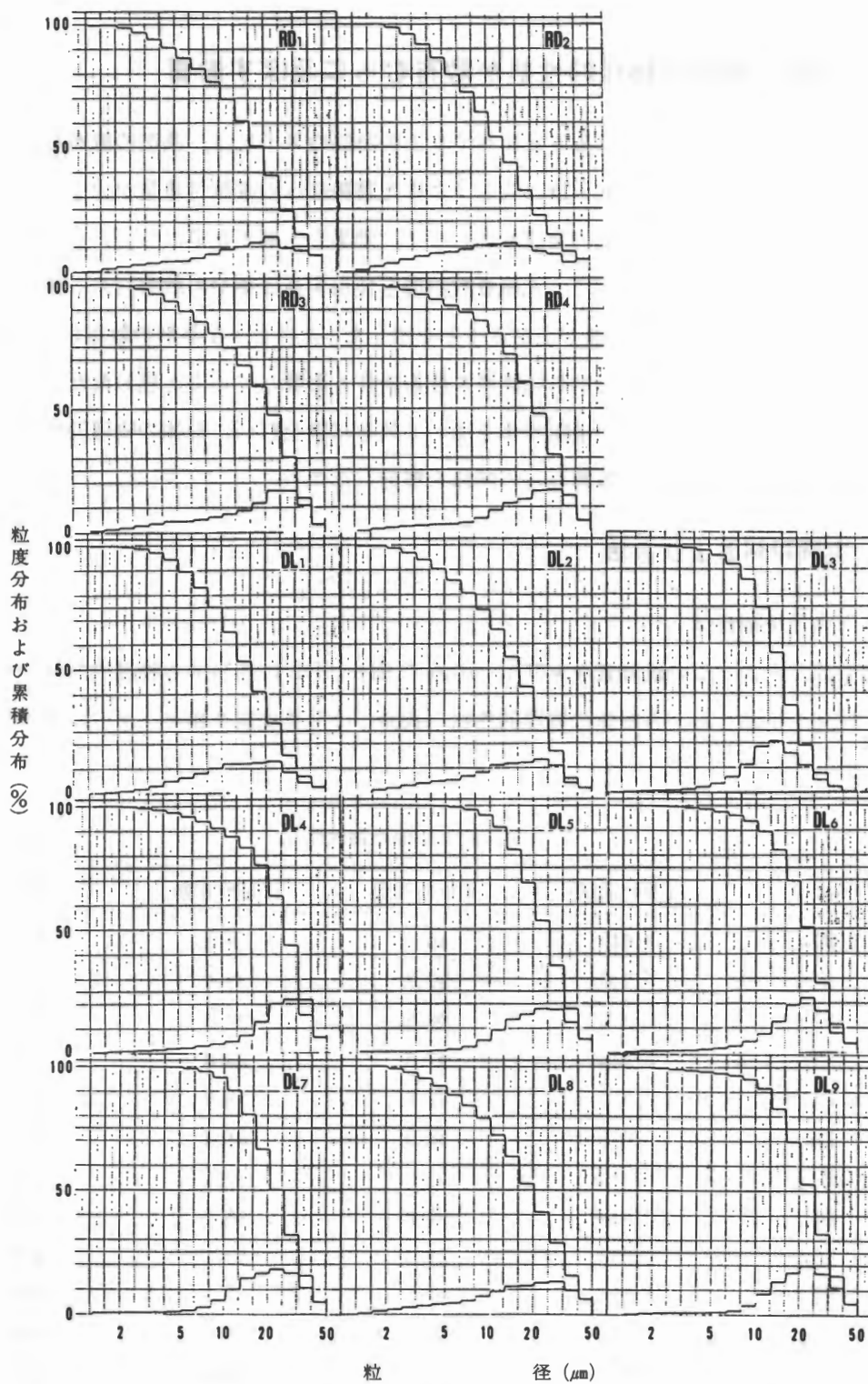


図40 供試粉体の粒度分布および累積体積分布

表70 供試粉体の粒度分布(%)

粉体名	平均粒径 ^{a)}	<10 μ m	11~20 μ m	21~30 μ m	31~40 μ m	41~50 μ m	>51 μ m
RD ₁	18.5 μ m	23.0%	26.0%	27.0%	9.0%	9.0%	6.0%
RD ₂	13.0	36.0	32.0	17.5	6.5	3.5	4.5
RD ₃	22.0	19.5	21.5	28.5	16.5	11.0	3.0
RD ₄	22.0	14.5	24.5	30.0	16.5	10.5	4.0
DL ₁	15.0	25.0	34.0	26.0	8.5	4.5	2.0
DL ₂	16.0	26.0	31.0	26.0	11.5	4.0	1.5
DL ₃	15.0	14.0	51.0	27.0	6.0	2.0	0.0
DL ₄	27.0	9.0	15.0	33.0	27.5	9.5	6.0
DL ₅	24.0	4.0	27.0	33.5	17.5	13.0	5.0
DL ₆	22.5	6.0	24.0	42.0	16.5	8.0	3.5
DL ₇	23.0	4.5	29.0	34.5	16.5	10.5	5.0
DL ₈	19.0	21.0	26.5	24.0	13.0	9.5	6.0
DL ₉	22.5	5.0	25.0	37.5	16.5	11.5	4.5

^{a)} 累積分布曲線より平均粒径を求めた。

薬検査所報告¹⁰⁷⁾の方法に従い、また、粒度分布(表70, 図40)は武田薬品工業株式会社農業科学研究所において、コールター・カウンター、モデル TA-II (COULTER ELECTRONICS INC.)を用い、界面活性剤を数滴添加したアイソトンII®を分散液とし、アパチャーサイズ100 μ mで測定した。

2) 供試散粉機および散布条件

散布試験は1986年4月23日に農試グラウンドにおいて行った。散布時の天気は晴れ、風速は0~2 m/secであった。散粉機は丸山製作所製 MD220(最大風量25m³/min)を使用した。エンジン開度7/7, 吐出開度6/10の散布条件で, RD_{1~4}およびDL_{1~7}の11粉体を散布した。また, エンジン開度7/7, 吐出開度5/10の散布条件で, DL_{1~9}の9粉体を散布した。

3) 供試ホース

丸山製作所製の RD および DL 兼用の DL30A (30m) ホースを用いた。

4) 粉体の散布方法と回収方法

金子ら⁵⁰⁾の方法に準じた。即ち、供試粉体を6~7 kg充填し散粉機重量を計量後、散粉機およびホースを地上90cmの位置に固定した。粉体の回収箱(縦80cm, 横120cm, 深さ100cm)は、箱とはほぼ同じ容積のポリエチレン袋(予め、この袋の重さを最小目盛2 gの秤で量っておく)を装着してホース基部(箱No.1)から3 m間隔で先端部(箱No.10)まで10個

配置した。ホースをこれら回収箱の上に設置し、各回収箱に同数（3個）の噴孔が入るようにした。さらに、外気の吹込みによる粉体の舞上りを防ぐために、ホースの上を網目約25メッシュの寒冷紗で覆い、クリップで固定した。ホースの先端に5kgの荷重をつけ、ホースの曲がりやよじれ等がないようにした後、エンジンレバーを所定の開度にし、30秒間空運転した。次いで速やかに吐粉シャッターを所定の開度とし、90秒間粉体を散布した。散布後散粉機からホースを取り外し、散粉機重量を計量し、散布前後の重量差から粉体散布量を求めた。ホースを回収箱から外した後、ポリエチレン袋を回収箱の中から静かに取り出し、袋内の粉体を舞上がらないように底部に集めた。重さを最小目盛2gの秤で量り、風袋重との差から回収粉体重量を算出した。散粉機に再度ホースを装着し、エンジンを始動させ、ホース内に残留している粉体を完全に除去してから次の散布試験に移った。

2. 結 果

(1) 粉体の物理的性状と落下分布の関係

1) 吐出開度と粉体落下分布

RD に相当する4粉体 (RD_{1-4}) と DL に相当する9粉体 (DL_{1-9}) の13粉体を散粉機MD220 (丸山製作所製) で散布したときの落下分布 (平均落下量に対する相対落下量以下、単に落下量) を図41に示した。

A～Kの実線は、エンジン開度7/7、吐出開度6/10の散布条件、E～Mの破線は、エンジン開度7/7、吐出開度5/10の散布条件で散布したときの粉体落下状況である。なお、ここではホース基部 (箱No.1～3)、中央部 (箱No.4～7)、先端部 (箱No.8～10) に大別して落下分布等を考察した。

吐出開度を6/10とした場合に比較し、5/10に絞った場合の粉体落下分布は、 DL_1 と DL_2 以外の粉体では全て基部の箱No.2が多く、中央部では少なく、先端部では反対に多くなった。このときの各箱に捕集された粉体量 (g/90sec) のCVは、表71と表72に示したように、吐出開度6/10の場合は全供試粉体の平均が42.1%であったのに対して、5/10の場合のそれは38.7%であった。

2) 粉体の物理的性状と落下分布

供試粉体の物理的性状と各箱における粉体落下量の相関関係を解析した (表73)。

見掛け比重に対しては、吐出開度6/10では中央より基部側で負、先端側で正 (箱No.7では有意、図42) の相関傾向を示し、吐出開度を5/10に絞ったときはその傾向が一層明らか (箱No.3, 4, 7, 8では有意) となった。分散性指数に対しては全体的に低い相関値を

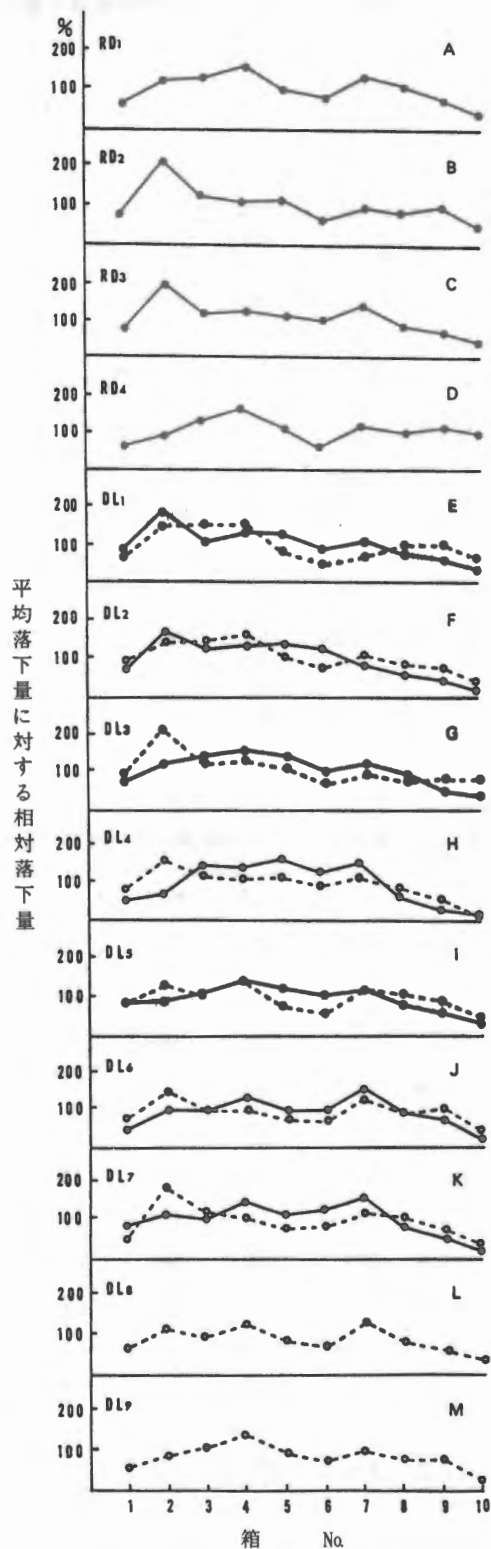


図41 供試粉体の落下分布

表71 吐出開度6/10で散布した時の回収箱別粉体落下量 (g/90sec)

箱 No.	供 試 粉 体										
	RD ₁	RD ₂	RD ₃	RD ₄	DL ₁	DL ₂	DL ₃	DL ₄	DL ₅	DL ₆	DL ₇
1	85.6	125.4	148.9	141.2	157.4	152.8	153.2	198.4	206.9	107.8	198.7
2	189.0	385.3	473.0	180.6	383.6	334.1	230.5	232.7	241.9	198.0	347.7
3	200.3	213.9	273.9	283.8	220.2	271.9	256.5	411.9	301.6	184.4	303.6
4	244.5	201.5	295.3	352.1	292.4	286.6	300.7	384.0	372.1	230.0	427.5
5	152.7	202.2	282.9	241.3	246.3	264.8	284.0	491.3	351.1	169.1	316.0
6	124.1	117.4	234.9	130.2	177.3	255.3	201.5	399.6	278.2	167.5	358.1
7	213.0	157.7	321.6	234.6	232.6	200.0	233.5	489.9	304.0	270.4	466.1
8	176.0	140.0	182.3	206.4	165.0	136.1	173.3	224.2	223.4	195.6	274.2
9	123.3	158.3	152.1	222.1	121.1	87.4	98.4	136.4	184.6	161.0	151.4
10	56.3	72.9	71.1	196.5	54.6	45.9	59.6	32.8	75.3	50.0	56.0
平均落 下 量	156.5	177.5	243.6	218.9	205.1	203.5	199.1	300.1	253.9	173.4	289.9
CV%	37.8	47.9	41.5	30.0	45.0	46.5	48.9	52.2	34.4	35.2	43.2(42.1) ^{a)}

^{a)}CVの平均値

表72 吐出開度5/10で散布した時の回収箱別粉体落下量 (g/90sec)

箱 No.	供 試 粉 体								
	DL ₁	DL ₂	DL ₃	DL ₄	DL ₅	DL ₆	DL ₇	DL ₈	DL ₉
1	61.9	122.2	148.4	150.5	100.0	86.3	81.1	114.9	104.5
2	158.6	232.2	337.1	301.7	172.2	180.2	333.3	247.5	186.4
3	159.0	209.2	203.8	243.2	153.5	124.5	201.5	227.6	225.8
4	157.8	246.0	237.4	232.7	180.3	139.0	188.6	254.2	289.6
5	102.1	171.1	180.6	216.5	104.6	109.7	136.7	175.6	196.6
6	54.2	121.8	105.7	185.7	75.5	104.8	150.3	156.8	154.0
7	73.4	158.7	131.9	223.1	154.7	162.3	236.9	260.9	217.2
8	93.0	116.7	127.9	154.1	146.5	144.2	195.0	173.4	183.1
9	105.7	117.6	109.2	105.2	115.8	124.6	145.6	131.0	185.2
10	72.6	45.3	95.3	31.2	49.3	36.2	58.2	85.9	60.5
平均落 下 量	104.6	154.1	167.7	184.4	125.2	121.2	172.7	182.8	180.2
CV%	38.6	40.2	44.8	42.0	34.5	33.6	45.5	34.1	35.3(38.7) ^{a)}

^{a)}CVの平均値

表73 粉体物理性と回収箱別落下量との相関関係

吐出開度	箱 No.	見掛け比重	分散性指数	浮遊性指数	流動性 ^{a)}
6/10	1	-0.133	-0.255	-0.592	-0.176
	2	-0.575	0.189	0.317	0.173
	3	-0.301	-0.417	0.232	0.287
	4	-0.004	-0.468	-0.107	0.352
	5	-0.026	-0.174	-0.379	-0.185
	6	0.267	-0.319	-0.646*	-0.107
	7	0.623*	0.181	-0.270	-0.217
	8	0.342	-0.023	0.179	0.120
	9	0.221	0.349	0.439	-0.162
	10	0.036	0.229	0.338	-0.099
5/10	1	-0.337	-0.470	0.251	0.203
	2	-0.004	-0.137	-0.647	-0.025
	3	-0.786*	-0.120	0.602	0.726*
	4	-0.670*	-0.371	0.633	0.586
	5	-0.412	0.020	0.587	0.217
	6	0.535	0.326	-0.152	-0.446
	7	0.700*	0.107	-0.364	-0.474
	8	0.758*	0.296	-0.331	-0.616
	9	0.209	0.373	0.168	-0.201
	10	-0.618	-0.055	0.184	0.479

^{a)} 正の相関がみられた場合、粉体落下量は少なくなる。

注) *: 5%の有意差

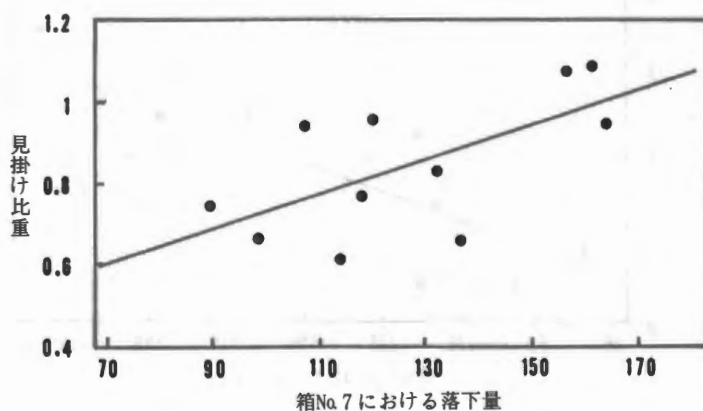


図42 見掛け比重と落下量の相関図
 $y = 0.312 + 0.0042x$ (0.623*)

表74 粉体の粒度分布と回収箱別落下量との相関関係

吐出開度	箱 No.	平均粒径	<10 μ m	11~30 μ m	31~50 μ m	>51 μ m
6/10	1	-0.290	-0.333	0.428	-0.273	-0.468
	2	-0.686*	0.789**	-0.238	-0.584	-0.335
	3	-0.019	0.193	-0.243	0.009	0.031
	4	0.061	-0.337	0.436	-0.024	-0.070
	5	0.205	-0.193	0.020	0.221	-0.123
	6	0.429	-0.488	0.157	0.397	-0.005
	7	0.743**	-0.719*	0.069	0.645*	0.444
	8	0.189	-0.370	0.298	0.060	0.336
	9	0.004	0.081	-0.178	0.014	0.315
	10	-0.093	0.153	-0.118	-0.061	0.016
5/10	1	-0.175	0.193	0.142	-0.225	-0.441
	2	-0.206	0.022	0.426	-0.340	-0.384
	3	-0.437	0.692*	-0.359	-0.288	-0.227
	4	-0.496	0.501	-0.042	-0.370	-0.365
	5	-0.156	0.356	-0.190	-0.110	-0.257
	6	0.634	-0.331	-0.472	0.640	0.598
	7	0.709*	-0.525	-0.413	0.724*	0.818**
	8	0.565	-0.703*	0.070	0.509	0.513
	9	-0.011	-0.213	0.239	-0.011	-0.033
	10	-0.755*	0.485	0.401	-0.744*	-0.511

注) * : 5 % の有意差, ** : 1 % の有意差

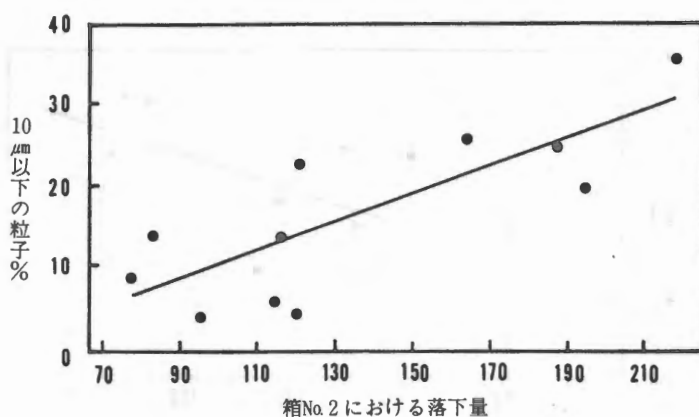


図43 10 μ m以下の粒子%と落下量の相関図
 $y = -6.690 + 0.1714x$ ($r = 0.789^{**}$)

示した。浮遊性指数に対しては、吐出開度6/10では最基部と中央部が負の傾向（箱No. 6では有意）となったが、5/10に絞った場合には中央より基部側でかなり高い正の相関値がみられ、傾向が一定しなかった。流動性に対しては、吐出開度5/10の場合のみ、中央より基部側で正（箱No. 3では有意）、先端部側で負の相関傾向が目立った。

3) 粉体の粒度分布と落下量

供試粉体の粒度分布と各箱における粉体の落下量との相関関係を解析した結果を表74に示した。

平均粒径に対しては、吐出開度6/10では基部で負（箱No. 2では有意）、中央部で正（箱No. 7では有意）の相関傾向であった。吐出開度5/10の場合も概ね同様の傾向であったが、最先端部（箱No. 10）では負の有意な相関がみられた。10 μ m以下の粒子%に対しては、吐出開度6/10では、基部の箱No. 2で正の有意な相関を示し（図43）、中央部では負（箱No. 7では有意）の相関傾向となった。5/10に絞ったときは中央より基部側で正（箱No. 3では有意）、先端側で負（箱No. 8では有意）の相関傾向がみられた。11~13 μ mの粒子%に対しては、吐出開度6/10、5/10のいずれの場合も全体に低い相関値を示した。31~50 μ mの粒子%に対しては、吐出開度6/10の場合、基部で負、中央部で正（箱No. 7では有意）の相関傾向を示した。開度を5/10に絞った場合も同様の傾向がみられたが、最先端部（箱No. 10）では負の有意な相関がみられた。51 μ m以上の粒子%に対しては、吐出開度6/10の場合、全体に低い相関値であった。5/10に絞ったときは、中央部の先端側で正のかなり高い相関値（箱No. 7では有意）を示した。

(2) 粉体の物理的性状と吐出速度の関係

吐出開度6/10および5/10で散布したときの粉体毎の吐出速度を表75に示した。吐出開度6/10の場合の吐出速度は、RD₁の3.78kg/minからDL₇の6.46kg/minまでかなり大きい開きがみられた。吐出開度5/10の場合も同様に、DL₁の2.64kg/minからDL₇の4.25kg/minまで粉体によって吐出速度が異なった。

次に、粉体の物理的性状と吐出速度の相関関係を解析した（表76）。

吐出速度に対し、見掛け比重、分散性指数、浮遊性指数および流動性は、吐出開度6/10、5/10のいずれの場合も有意な相関を示さなかった。しかし、吐出開度6/10の場合に、見掛け比重と正、浮遊性指数および流動性と負のやや高い相関値を示し、平均粒径は正の有意な相関を示した。

表75 散粉機の吐出開度と吐出速度(kg/min)の関係

吐出開度	供 試 粉 体													平均
	RD ₁	RD ₂	RD ₃	RD ₄	DL ₁	DL ₂	DL ₃	DL ₄	DL ₅	DL ₆	DL ₇	DL ₈	DL ₉	
6/10	3.78	4.87	5.40	5.16	4.67	4.68	4.65	6.42	5.95	3.99	6.46	— ^{a)}	—	5.09
5/10	—	—	—	—	2.64	3.34	3.86	4.24	2.96	3.12	4.25	3.97	4.05	3.60

a) 調査せず。

表76 粉体物理性と吐出速度(kg/min)との相関関係

吐出開度	見掛け比重	分散性指数	浮遊性指数	流動性	平均粒径
6/10	0.524	0.187	-0.471	-0.526	0.600*
5/10	0.379	0.170	-0.323	-0.381	0.381

注) *: 5%の有意差

3. 考 察

実際のパイプダスター散布での粉剤の落下分布は、ホースの噴孔の大きさと形状並びに噴孔部とホース内風速によって大きな影響を受けることは既に述べた。本試験では、さらに粉体の物理的性状とホース位置別落下量並びに吐出速度との関係や、散粉機の吐出開度が粉体落下量に及ぼす影響などについて検討した。

粉剤の物理的性状に関しては、見掛け比重に対しては粒度分布と凝集性、浮遊性指数には10 μ m以下の粒子%と凝集性、そして流動性には粒度分布と表面特性が主な支配要因になっていると考えられる。即ち、これらの物理的性状には相互関係があり、特に重要な共通因子として粒度分布があげられる。そこで、粉体の粒度分布とホース位置別落下量の関係をみた結果、ホース基部に落下量の多い粉体（例えば RD₁₋₃, DL_{1,2}）は、平均粒径が小さく、10 μ m以下の粒子%の高い粉体であり、中央より先端部側に落下量の多い粉体（例えば DL₄₋₇）は、大粒子%が高く、平均粒径が大きい粉体であった。このことは、本章第4節での実際は場で BPMC 粉剤を散布したときのホース位置別落下粒子の粒径分布調査で、基部に比べ先端部で大粒子が多くなる傾向を示したものと合致している。一方、物理的性状との関係でみた場合、中央より先端部側には、見掛け比重の大きい粉体の落下量が多く、浮遊性指数の大きい粉体は逆に少なかった。この関係は粒度分布についての結果と矛盾せず、物理的性状と粒度分布とは相互関係にあることが裏付けられた。流動性は吐出開度を絞ったときに影響し、それが小さい（値の大きい）粉体は中央より基部側に多く落下する傾向があった。分散性指数の影響は小さかった。

以上の結果から、ホース基部から先端部まで粉体を均一に落下させるためには、適度の粒度分布と物理的性状（見掛け比重、浮遊性指数、流動性）を有する粉剤、例えばこの試験での RD₄程度にする必要があると思われる。早川ら³¹⁾と金子ら⁵⁰⁾も同様な報告をしている。しかし、粉剤の漂流飛散防止の観点からは浮遊性指数をさらに小さくする（<15）ことが望ましく、製剤上の工夫が必要になる。また、DL の特性を生かすためには散布装置の改善が必要になる。

次に粉体の物理的性状と吐出速度との関係を見ると、平均粒径が大きいと吐出速度は速くなった。また、DL に相当する粉体の吐出開度と吐出速度の関係は、吐出開度が RD 常用の6/10の場合は平均吐出速度が5.09kg/minであったのに対し、5/10に絞ったときのそれは3.60kg/minとなり、約30%減少した。吐出速度は、散布作業とも関係し、粉剤の撒き込み過ぎや散布むらの原因となる。そこで、吐出速度が、5.09kg/minと3.60kg/minの場合の実際の散布速度を藤木¹¹⁾の関係式によって求めてみた。

$$V = 10,000q / WQ$$

但し、V：散布速度（m/min）

Q：ha当たり散布量（kg）

q：吐出速度（kg/min）

W：散布幅（30m：ホース長）

その結果、吐出速度5.09kg/minで、3 kg/10 a 散布の場合の散布速度は0.9m/sec、4 kg/10 a 散布の場合は0.7 m/secとなった。この値は散粉機を背負って粉剤散布するときの適正歩行速度である0.3~0.4 m/sec¹³⁶⁾に比較して大きく、撒き込み過ぎとなる可能性が高い。これに対して吐出開度を5/10に絞った時の吐出速度3.60kg/minでは、3 kg/10 a 散布の場合の散布速度は0.7 m/sec、4 kg/10 a 散布の場合は0.5 m/secとなり若干改善される。しかし、この場合でもまだ散布速度が大きく適正な散布作業は困難と思われる。また、吐出開度を5/10に絞った場合でも、個々の粉体についてみると、DL₄、DL₇、DL₉では吐出速度が4 kg/min以上であった。これらの粉体は流動性が大きく（表69）、青柳ら⁶⁾、金子ら⁵⁰⁾、上島ら¹³⁹⁾の報告のように、吐出速度と相関の高い見掛け比重がいずれも1.0前後と大きいと推察される。しかし、見掛け比重が1.0前後の粉体でも DL₅と DL₆のように吐出速度の遅いものもある。この原因は明らかではないが、粉体の物理的性状を調節することによって適正な吐出速度がえられる可能性を示唆している。

また、吐出開度と落下分布の関係をみると、開度を5/10に絞った場合には、開度6/10の場合に比べてホース先端部（箱No.9~10）の落下量が多くなった。この原因は、吐出粉体

量に対する相対風量が多くなり、先端部方向への落下量が多くなったためと推察される。この結果、粉体落下量の CV は小さくなり散布むらが改善された。したがって、パイプダスター散布では吐出開度を絞り、散布速度を遅くすることも散布むらを少なくするうえで重要であると考えられる。

以上のように、パイプダスター散布における粉体の落下分布には、粉体の物理的性状の他に散粉機の風量や吐出開度などの散布条件も複雑に関係している。今後は、粉剤への適正な物理的性状の付与だけでなく、物理的性状特性が生かせる散布装置の改善と散布条件も含めた総合的な研究が必要であると考えられる。

第5章 総 合 考 察

農業をとりまく環境は、農産物の輸入自由化などの国際化への対応や農業労働力の高齢化・婦女子化による質的な低下など厳しい状況にある。一方、国民の消費動向は、所得の向上によって物質的な豊かさだけでなく精神面の充足感が求められるようになり、食品に対する安全・健康、高品質志向が強くなってきている。また、生活面では都市生活者のふるさと志向にもみられるように、農村の自然環境の良さが見直され、農村のもつ自然景観の維持増進が社会的に要求されている。国際的にも地球的規模での環境保護の問題がとりあげられ、農薬の農作物や環境に対する安全性が厳しく問われるようになってきた。このような社会的環境の変化によって、農業も農薬や化学肥料などの化学合成資材に過度に依存しないで、自然生態系のもっている力を農業生産に活用する環境保全型農業の推進が求められている。このため、農薬の使用に対しても、ヒトや環境に負荷のかからない方法が要求される。

本研究では、このような農薬使用に対する考え方の社会的な変化や農業労働力の質的低下に対応する観点から、第1章では土壌施用農薬の作物移行残留性と移行量の軽減対策、第2章では施設栽培における農薬の安全利用と省力防除法の合理的利用、さらに第3章では水田における省力防除法の合理化について検討を加えたものである。個々の問題についてはそれぞれの章で論述したので、ここでは総合的な考察を加えたい。

1. 土壌施用農薬の作物移行残留性と移行量の軽減対策

土壌病害虫防除を目的として土壌施用された有機塩素剤のドリリン剤（アルドリリン、ディルドリンおよびエンドリン）と PCNB は、土壌中に長期間残留してそこに栽培される農作物に吸収移行され易く、残留基準や登録保留基準を越える場合もあることを明らかにした。ドリリン剤については、1971年の農薬取締法改正によって使用が厳しく規制され、今日では農薬登録も失効したので、今後作物や土壌残留問題が生じる懸念は消滅した。

しかしながら PCNB はバレイショそうか病やアブラナ科野菜の根こぶ病防除剤として現在でも全国的に広く使用されている。PCNB 製剤には、不純物として特定化学物質に指定されている HCB が含まれる他、土壌中での微生物代謝によって PCA と PCTA が生成される^{58,59,95,96,97)}。これら代謝物はイネに対して薬害¹⁴⁹⁾を起こし、バレイショでは減収²⁰⁾するなど好ましくない性質を有している。また、PCNB は単位面積当たりの施用量が多く、作物にも移行しやすい化合物であった。バレイショやシュンギクでは登録保留基準を越え

る場合がみられ、安全農作物の生産や土壌汚染防止の観点からも使用基準の見直しが必要と思われた。なお、PCNBはそれほど卓越した効果を示すとは云えず、今後作物移行性が少なく効果の高い新薬剤の開発が強く望まれる。

本研究では、土壌中農薬の作物への吸収抑制対策として、活性炭処理、耕耘処理および堆肥施用の効果を検討し、一応の成果を確認できた。しかし、活性炭処理は吸収抑制効果がみられる反面、土壌施用される殺虫剤や除草剤の効果発現を抑制する場合も多かった。したがって、活性炭処理は土壌中の農薬濃度が異常に高く、そこに栽培される作物の汚染懸念がある場合の緊急避難的な使用に限定すべきであると考ええる。むしろ、土作りを兼ねた継続的な堆肥施用と耕耘が農家にとっても受入易く、農薬土壌汚染による作物への吸収抑制対策として有効と思われる。

農薬の土壌中濃度と作物体への吸収移行量の間には一定の関係がみられることが報告されている^{41,52,81,89)}。本研究でもドリッ剂やPCNB等の土壌中濃度と作物中濃度の間には回帰式がえられ、土壌中濃度から作物中濃度の推定が可能であった。このことは、今後農薬の土壌汚染問題が生じたときに、農作物作付けの可否を指導する場合に非常に有用と思われる。農産物中の残留農薬に対する関心は高く、不安を抱いている消費者は多い。この不安解消のためにも、現在使用中或は新たに開発される農薬について、土壌中残留濃度と作物への吸収移行性に関するデータの収集が、気象条件や耕種条件の異なる全国的な規模で行われることが望まれる。

作物の定植時に農薬を土壌施用して病虫害を防除する方法は、省力的で機械化も可能なことから、今後も普及する技術と思われる。しかし、農薬を直接土壌中に混入するため作物への吸収移行の可能性が高く、一方では土壌施用農薬は残効性の長いことが一つの要件となるので、作物移行残留性と残効性の関係をいかに両立させるかが、今後の農薬開発に当たっての重要な留意点になる。

2. 施設栽培における安全利用と省力防除法の合理化

農薬散布作業時の防除衣の着用は、露地の場合でも発汗を促し快適な作業とは云えない。まして高温、多湿の閉鎖施設内の作業となるとさらに防備は疎かになりがちである。現実には農薬散布中の事故は装備の不備や安易な農薬の取扱いなど、散布者の不注意によるものが9割以上を占めている¹⁰⁶⁾。

農薬散布中の被曝の実態は、露地栽培の場合には対象作物の草丈によって変わるが、付着量の多い所と少ない所が明確であった。しかし、風のある時にはそれ以外でも局所的に被曝量が多くなった。これに対して施設の場合には、全体的に被曝量が多くなった。また、

草丈の高い作物では農薬付着茎葉への接触による二次的付着が背部や腰部などに多く、その付着量には個人差がみられた。本研究で用いた農薬であれば、経皮毒性¹³⁰⁾からみてこの程度の被曝量では直接事故につながるとは思われない。しかし、農薬によっては毒性の強いものもあり、毒性の発現は作業者の健康状態によっても左右されるので、十分な注意が必要である。

散布農薬の吸入毒性も重要である。現在、農薬の空気中の許容濃度は、米国では産業衛生監督官会議で、数種の農薬について基準値が設定されている¹²¹⁾。ただし、この基準値は製造業にたずさわる工場内労働者の衛生環境を確保するために定められたもので、1日8時間の作業で、連日曝露を受けても殆ど総ての作業者の健康に障害を招くことがない値である。農薬散布作業は比較的短時間であるので、この基準値を当てはめるには問題があるかも知れないが、作業者はより高濃度の空气中に曝露される可能性がある。本研究で、ハウス内慣行液剤散布法での散布中最高気中濃度は TPN の223.0ng/ℓ (0.223mg/m³)であった。TPN (マウス急性経口 LD₅₀=3700mg/kg, 普通物)¹³⁰⁾の基準値は未設定ではあるが、最も厳しい MPP (マウス急性経口 LD₅₀=92mg/kg, 劇物)¹³⁰⁾の基準値0.1mg/m³の2倍強に過ぎないので、直ちに問題になる濃度ではないと思われる。しかし吸入毒性と経口毒性は必ずしも比例しない場合があり、農薬によっては十分注意する必要があることが伺われる。したがって、慣行散布法においては作業者のマスク着用は必須であり、さらに農薬散布作業を想定した許容気中濃度のガイドラインの設定が望まれる。

これに対して、省力防除法は施設の外から、或は施設内でも無人で農薬を散布(噴霧)するため、作業者の直接被曝がない。収穫物の農薬残留量も慣行散布法に比較して少なかった。省力的で安全な防除技術であるが、防除効果に関しては、全く機械的な薬剤拡散であるため防除効果の劣ることは否めなかった。しかし、常温煙霧法で実証したように、散布方法の改善によって防除効果が向上し、他の省力防除法についても同様なことが期待できる。また、省力防除法の多くは殆ど水を使用しないため、慣行散布のように施設内の湿度を高めることがなく、灰色かび病等の好湿性病害の発生に対しては抑制要因となる。

慣行散布法は病虫害発生のポイントとなる重要な時期だけの散布にとどめ、省力防除法は梅雨時の湿度の高い時期や予防的な処理に適用するなど、防除法の合理化を図って行くことが重要と考えられる。

消費ニーズの多様化への対応や高品質の農産物生産のため、施設栽培は今後も増加すると考えられる。施設での更に安全で省力的な防除法の開発と普及が益々重要となる。しかし、新しい防除法が開発されても現行農薬登録制度では処理方法に応じた登録認可をうけ

る必要があり、普及上の一つの障壁となっている。新防除法を速やかに現場に普及するためには農薬登録制度の合理化も望まれる。

3. 水田における省力防除法（粉剤の多口ホース噴頭散布）の合理化

水田における病害虫防除作業では、防除適期を逃さないため短時間で広面積に農薬散布することが要求される。また、季節的にも暑い時期の作業が多くなるため、省力化の要求が強い。現在広く普及している多口ホース噴頭散布は、最低二人で比較的短時間で広面積に散布できることから、現在では稲作における省力防除法として定着している。

しかし本散布法は、従来の吹込み散布に比べ、薬剤の株元への到達量と葉鞘部への付着量不足のためにトビイロウンカに対する防除効果が劣った。この改善法としては、大風量散粉機を使用して吹込み散布と変わらない風圧で粉剤を株元に吹込むことが必要であった。現在、農家に普及している散粉機の風量は $15\sim 20\text{ m}^3/\text{min}$ が一般的である。このため農家の行う粉剤散布では散粉機の風量不足に起因する散布むらも生じ易い。この散布むらの改善方法としては、最も普及率の高い長さ30 m ホースでは、風量が $24\text{ m}^3/\text{min}$ 以上のものが必要であった。散粉機更新時に風量の大きいものにする指導が必要であった。さらに、田中ら¹²⁸⁾の報告のように、ホース内風速を末端部まで高く保ち、しかも噴孔部の風速も高く保ちうる散布条件を設定する一方、これらの条件にあうホースの選択や作出が重要であると考えられる。

また、粉剤の物理的性状も散布むらの大きな要因となっていた。即ち、粉剤の粒度分布と物理的性状（見掛け比重、流動性、浮遊性指数等）が相互に影響しあって落下分布パターンを形成していると思われた。したがって、これらの調節によって均一な落下分布を示す粉剤がえられる可能性が伺え、粉剤の製剤面からの改良も必要と考えられる。

株元に発生する病害虫の防除効果には、薬剤の株元落下量よりもむしろ葉鞘部付着量の影響が大きいと考えられる。粉剤の漂流飛散による公害防止とイネ株元への薬剤落下量の増大により防除効果を高める目的で開発された DL は、トビイロウンカの防除に関しては必ずしも有効に作用していなかった。特に、抵抗性の発達のみられた BPMC 剤では、薬量不足が顕著となり効果不足が目立った。本研究で、BPMC の株元に落下や付着した粒子数は、DL では RD に比較すると少なく、その粒径は大きくて、株元に持ち込まれる薬量も RD の $1/3\sim 1/4$ であった。DL は漂流し易い $10\mu\text{m}$ 以下の粒子をできるだけ除いているため、落下時間が速く株間漂流性が小さいために、株元葉鞘部への薬剤付着性が劣り²⁴⁾、トビイロウンカへの付着量も少ない³⁵⁾とされており、その製剤特性からみて当然のことと思われる。一方、トビイロウンカと同様に株元に発生する紋枯病について、DL の原体粒子径

と効果の関係を検討し、200メッシュ以下の微粉部分を多くすることによって高い防除価をえたという報告もある¹²⁵⁾。また本研究において、ガス効果が高く、抵抗性の発達のみられないプロフェジン剤は、DL であってもトビイロウンカに対して高い効果がえられた。これらのことから、今後、株元に発生する病害虫を対象とした薬剤の DL 化は株元葉鞘部への付着性を高め防除効果を向上させるうえで、DL の製剤特性値内で許容できる粒径の大きさや物理的性状値の調節が行われることを要望したい。また、トビイロウンカの薬剤抵抗性発達の程度も防除効果に影響することから、効果的な防除を実施するためには公的機関における薬剤抵抗性モニタリングと、その情報提供が必要と思われる。

以上のように多口ホース噴頭によるトビイロウンカ防除効果不足の原因は、散粉機やホース等の散布条件、さらに粉剤の物理的特性と本虫の薬剤抵抗性の発達による有効薬量の不足等が互いに関係していることが明らかとなった。この種の問題解決のためには、農業機械の関係者だけでなく、農薬製造や病害虫防除の関係者が相互に連携をとりながら、総合的に研究を進めて問題解決に当たることが重要であろう。

農薬による病害虫や雑草の防除技術は、農作物の安定生産を行ううえで不可欠な技術であり、農薬使用を廃止した場合には、日本の農業が成り立たないことは自明である。本研究では農業生産現場における農薬使用や防除技術上の問題点とその改善法を提示した。農薬の使用は、安全性と環境問題が重要視される今日、ヒトや生態系に対する影響を十分に配慮したものでなければならない。また農業労働力の質的低下が進むなかで、病害虫防除技術はより安全で省力的なものが要求される。今後の病害虫防除技術開発の研究方向としては、安全な農作物生産と環境保全型農業や農業構造の変化に対応した農薬使用と、その一層の合理化が重要な課題となろう。

第6章 摘 要

農薬は、安定した農業生産を行う上で依然として不可欠であり、より安全で合理的な利用技術の確立が重要な課題となっている。本研究は、農業生産現場における農薬利用の安全性の向上と施用法の合理化を追求したもので、①土壌施用農薬とくに有機塩素系農薬の作物移行残留性と移行量の軽減対策、②施設栽培における安全利用と省力防除法の合理化、および③水田における省力防除法（粉剤の多口ホース噴頭散布）の合理化の3部門からなる。いずれも時代の要請に応じて遂行したもので、それらの結果の概要は次のとおりである。

1. 土壌施用農薬とくに有機塩素系農薬の作物移行残留性と移行量の軽減対策

農業生産現場における有機塩素系のドリノ剤および PCNB の土壌残留の実態と作物への吸収移行性を明らかにすると共に、活性炭処理などによる作物への吸収抑制対策について検討した。

(1) 土壌中に残留しているアルドリノ、ディルドリノおよびエンドリノのバレイショ塊茎とキュウリ果実への吸収移行量を調査した。その移行量は収穫初めには多かったが、収穫最盛期には作物体の生長量の増加によって希釈されかなり減少した。これら農薬の土壌中での残留期間は長く、キュウリ果実では2作目でも吸収移行がみられた。また、これら土壌中濃度とキュウリ果実中濃度の間に回帰式がえられ、土壌中濃度から果実中移行濃度の推定が可能であった。

(2) PCNB とその代謝物の PCA、PCTA および不純物の HCB の土壌中の残留性を、土性や耕種条件等の異なる灰色低地土と褐色森林土のバレイショほ場で調査した。両土壌中における PCNB と HCB の残留性は酷似しており、いずれも残留期間が長かった。残留性には土壌中の腐植および粘土含量が影響し、これらの多い灰色低地土の方が残留期間が長くなった。PCA と PCTA の残留性は両土壌でかなり異なり、PCNB 代謝微生物密度と土壌水分の多少が影響していると思われた。また、これら化合物の土壌中での拡散は耕耘等による機械的攪拌によるもので、雨水による下層への移動はないものと思われた。

これら化合物の作物中への吸収移行性はバレイショ塊茎では腐植と粘土含量の多い灰色低地土に比し、それらの少ない褐色森林土の方が大きかった。また、土壌中濃度と塊茎中濃度との間に回帰式がえられ移行濃度の推定が可能であった。シュンギクは移行しやすい作物であり、PCNB 移行量は両土壌とも登録保留基準を大幅に越えた。シュンギクをビニ

ールトンネルで被覆栽培すると PCNB の移行量が増加し、土壤中から揮散した PCNB の葉面付着または気孔からの侵入移行が考えられた。一方、同じ葉菜類のヒロシマナへの移行量は少なかったが、これは地上部の生長量が大きいことによる濃度低下と思われた。

(3) 土壤中残留アルドリノとディルドリンの作物への吸収抑制対策として、活性炭処理の他、耕耘処理と堆肥施用の効果について、キュウリ、バレイショおよびニンジンを対象作物として検討した。活性炭処理は、これら農薬の吸収移行量を30~70%抑制したが、活性炭処理と耕耘処理を組み合わせたときには、さらに抑制効果が高くなった。また、活性炭は全面処理よりも根圏に集中的に処理する植溝処理の方が効果が高かった。堆肥施用の効果はこれら農薬の土壤中残留量が多いときには抑制効果が顕著でなかった。

活性炭の土壌処理は、土壌施用殺虫剤や除草剤の効果発現に悪影響を及ぼすことが懸念された。殺虫剤では有機リン系殺虫剤についてダイコンを用いて検討したが、活性炭処理によって一様に吸収移行量が少なくなった。このためダイコン葉のアブラムシ寄生数は増加し、防除効果面からは好ましくない結果となった。これに対して除草剤は、効果の低下がみられないものもあり、化合物により活性炭への吸着特性が異なると思われた。

2. 施設栽培における安全利用と省力防除法の合理化

施設における農薬散布作業者の安全性確保のための基礎資料として、作業者の農薬被曝の実態を明らかにし、その軽減対策について検討した。さらに省力防除法やドリフトレス散布法をビニールハウス栽培における安全省力防除技術として導入するに当たっての問題点、即ち、農薬の残留性、ハウス内拡散性、気中濃度および防除効果について、トマトとキュウリを対象作物として検討した。

(1) 露地栽培における慣行液剤散布による人体への農薬被曝量は、低草丈作物への散布作業では脚部に多かった。しかし、風速が4m/sec程度以上になると慮外の農薬被曝があり、散布作業を避ける必要が認められた。

一方、施設栽培の場合には、露地栽培に比較して全体的に多かったが、特に脚部、腰部、腕、背部で多かった。施設内液剤散布で、農薬被曝量が背部と腰部に多い原因は、主として薬液付着作物への接触による二次的付着であった。散布作業にあたっては、予め合理的な作業手順を定めるだけでなく、通路幅を広くとるなど栽培面の配慮が必要と考えられた。

施設内液剤散布時の農薬被曝量を軽減するため、ドリフトレス散布法を導入してキュウリに農薬散布を行ったところ、被曝量は慣行散布法の60%以下になり、ある程度の改善が認められた。

(2) トマトを対象作物として、省力防除法(FD法、燃焼法、蒸散法、くん煙法および常

温煙霧法)で農薬施用したときの、トマトの果実における農薬残留量と葉への農薬付着量は、慣行散布法に比し著しく少なかった。特に、葉部付着量は防除機から離れた場所と、茎葉が繁茂した生育後期には減少する傾向がみられた。葉の表面付着量に対する裏側付着量の割合も、慣行散布法に比し小さかった。

省力防除法で農薬を施用した翌朝のハウス開放前の農薬気中濃度は、慣行散布法の散布中濃度に比較して低く、安全性は顕著に改善された。その反面、病害虫に対する防除効果は慣行液剤散布法に比し劣る場合が多かった。

キュウリを対象作物として、常温煙霧法とドリフトレス散布法で農薬散布したときのキュウリ果実における農薬残留量は、慣行散布法に比し常温煙霧法では少なかったが、ドリフトレス散布法ではやや多かった。灰色かび病に対する防除効果は、常温煙霧法は慣行散布法に比較して著しく劣ったが、ドリフトレス散布法は慣行散布法と同等ないし優れた効果を示した。

(3) 広島県内に多い間口6～10mのハウスに省力防除法を適用する場合、効果発現に必要な薬量の到達距離は、防除効果と農薬付着量から推定して、防除機器の設置位置からFD法、燃焼法、常温煙霧法およびくん煙法では20m、蒸散法では30m程度までと判断された。

常温煙霧法について、噴霧方法の改善によるトマトのオンシツコナジラミ成虫に対する防除効果を検討した。ハウス片側1か所からの噴霧よりも、ハウス両側2か所からの噴霧か、あるいはハウス片側1か所からの噴霧の場合には噴霧時に換気扇を回し空気の流れを起こすと農薬のハウス内拡散性が向上し、かなりの効果の改善が達成された。

3. 水田における省力防除法(粉剤の多口ホース噴頭散布)の合理化

粉剤の多口ホース噴頭散布におけるトビイロウンカに対する効果不足問題を解決する目的で、BPMC剤の普通粉剤(RD)とドリフトレス粉剤(DL)を用いて、粉剤の散布むら、イネ株元落下量、葉鞘付着量等の実態と殺虫効果の関係を明らかにすると共に、その改善法について検討した。さらに、粉体の物理的性状と散布むらの関係について、模擬粉体を用いて要因解析を試みた。

(1) 多口ホース噴頭散布におけるBPMC剤のトビイロウンカに対する防除効果不足の主原因は、従来の吹込み散布に比し薬剤のイネ株元到達量の不足にあった。しかし、RDとDLの粉剤特性別の防除効果をみたところ、RDではDLよりも株元落下量が少ないにも係わらず高い効果がみられ、葉鞘付着量も重要と思われた。

市販の4種の30mホース(DL30A, DMH30A, DLH30Aおよび吹込みグリーン)を用い、BPMC剤のRDとDLの散布むらの実態を3次的に調査した。ホース基部で多く

先端部で少ないもの (DL30A), 基部で少なく先端部で多いもの (DMH30A, DLH30A), 中央部で多く基部と先端部で少ないもの (吹込みグリーン) とホースによって異なった落下分布を示した。防除効果不足はこの落下量の少ない所で起こると考えられた。

落下分布がホースによって異なる原因には、噴孔の大きさと形状並びに噴孔部とホース内風速が関係していた。噴孔の小さなものは噴孔部風速が速くなり、株元方向への落下量が多かった。これに対して、噴孔の大きいものはホース内風速が速くなり、先端部方向での落下量が多かった。

(2) イネ株元への薬剤落下量とトビイロウンカ防除効果の関係については、死虫率と株元での BPMC の平面落下量および垂直面付着量の間には正の相関がみられ、垂直面付着量との間の方がより高い相関を示した。また、粉剤特性別の薬量反応直線の勾配は RD が DL よりも急で、RD の殺虫効果の高いことが伺われた。このことは株元への薬剤落下量の多少よりも葉鞘部への付着性の良いことがより重要であることを示唆し、実際は場試験で RD の死虫率が DL よりも高かったことと一致した。

イネ生育時期と BPMC の株元平面落下量の関係は、茎葉の繁茂する幼穂形成期から出穂期にかけて減少し、その後下葉の枯れ上がりに伴って再び漸増した。垂直面付着量については明らかな傾向が認められなかったが、出穂期から黄熟期にかけての付着量が少なかった。多口ホース噴頭散布では薬剤を株元へ確実に吹込む注意が重要であった。

(3) BPMC 剤の粉剤特性別の気中濃度は、試験箱を用いたモデル試験では RD は DL に比べて高く、しかも長時間浮遊していた。しかし、ほ場試験での株元気中濃度は、RD が DL よりも低かった。この原因は、RD は DL に比べ株間浮遊性が高いため株元葉鞘部への付着確率が大きくなり、付着速度が速いためと推察された。このことが株元に生息するトビイロウンカ防除に有効に作用すると考えられた。

RD を日中と夕刻に散布したときの株元気中濃度は、夕刻散布の方が日中散布よりも高かった。粉剤散布は上昇気流のない夕刻に行う方が有利であった。

(4) 散布むらは、噴孔部とホース内風速を速くすると改善されることが、散布むらの実態調査と噴孔部およびホース内風速の測定結果から推察された。そこで、大風量散粉機を使用したところ、ホース位置に関係なく全体の平面落下量と垂直面付着量が増大して散布むらも改善され、DL でも葉鞘部付着性が増大してトビイロウンカ防除効果も向上した。ただし、トビイロウンカの抵抗性が未発達のプロフェジン剤の多口ホース噴頭散布は効果が高く、BPMC 剤の効果不足には薬剤抵抗性の発達も関与していた。

水田の形状に合わせてホース先端部の短縮がよく行われるが、ホースの短縮で噴孔部風

速は速くなるが、ホース内風速は逆に遅くなり散布むらが増大して防除効果も劣った。ホース先端部の短縮はできるだけ避け、やむを得ない場合には、ホース末端に開口部を作る等のホース内風速を失速させない配慮が必要である。

(5) 多口ホース噴頭で散布された BPMC 剤の落下粒子数は、当然ながら RD が多かったが、その粒径は $10\mu\text{m}$ 以下のものが殆どを占め、ホース基部から先端部までほぼ均質に落下していた。これに対して、DL では $20\sim 40\mu\text{m}$ の粒径のものが多く、ホース基部には小粒径のものが、先端部には大粒径のものが多く落下する傾向がみられた。また、RD と DL の平面落下粒子と垂直面付着粒子の単位表面積当たりの BPMC 量はいずれも RD の方が多く、RD が DL よりも高い殺虫効果を示す一因と考えられた。

(6) 模擬粉体の粒度分布および物理的性状と散布むら（ホースの位置別落下量）との関係を解析した結果、均一散布のためには粉体の粒度分布が重要と思われた。概して、RD に相当する平均粒径が小さくて微粒子%（ $10\mu\text{m}$ 以下）の大きい粉体はホース基部側に落下し易く、DL に相当するそれらが逆の粉体はホース先端側に落下し易い傾向が認められた。主に粉体の粒度分布で支配される見掛け比重と浮遊性指数との相関傾向も矛盾しなかった。流動性は吐出開度を絞ったときに影響し、分散性指数の影響は小さかった。RD と DL の中間的な粉体が適当と考えられたが、漂流飛散性（浮遊性指数）との関連があり、散布装置の改善も必要と思われた。

また、平均粒径が大きい粉体では吐出速度も速くなった。DL に相当する粉体では、RD 並の吐出開度では吐出が速すぎて適正な散布作業が困難であり、開度を絞って散布する必要性が認められた。

謝

辞

本論文の作成にあたり貴重なご助言と激励および綿密なご校閲を賜った鳥取大学大学院連合農学研究科教授中村利家博士に謹んで深甚なる感謝の意を表します。山口大学農学部教授矢野宏二博士、島根大学農学部教授駒田旦博士、同教授持田和男博士、鳥取大学農学部教授尾谷浩博士からは本論文のまとめに際し、有益なご教示とご校閲を賜った。ここに謹んで深甚なる感謝の意を表します。また、本研究の端緒を作られた元広島県立農業試験場場長中村啓二氏に深い感謝の意を表します。さらに、本論文の作成にご配慮と激励を賜った当農業技術センター所長前重道雅博士に、本研究の遂行に有益なご助言とご指導を賜った農林水産省農業検査所化学課課長百弘氏、同元化学課課長鈴木啓介氏および元広島県立農業試験場次長藤原昭雄氏にここに謹んで深甚なる感謝の意を表します。

模擬粉体の提供と散布試験にご協力頂いたクミアイ化学工業株式会社、三笠化学工業株式会社、八州化学工業株式会社、北興化学工業株式会社、日本農薬株式会社、武田薬品工業株式会社および株式会社丸山製作所の関係各位、模擬粉体の物理性の測定をして頂いた全農農業技術センターの関係各位、並びに模擬粉体の粒度分布測定の労を煩わせた武田薬品工業株式会社農業科学研究所棚林力氏、明石寛治氏に、また、散布農薬の物理性の測定をして頂いた日本農薬株式会社深田稔氏、有村正雄氏に厚く謝意を表します。

本研究の一部を担当し、ご協力を頂いた当農業技術センター環境研究部研究員香口哲行氏を始め部員各位、薬剤散布など直接ご援助を頂いた当農業技術センター業務課主任技術員舩岡宏毅氏並びに主任技術員西丸一則氏、さらに農薬分析の補助をして頂いた多々富子女史に感謝の意を表します。

現地試験を実施するに当たり、種々ご配慮頂いた病虫害防除所の関係各位並びに元広島県立農業試験場島しょ部支場の関係各位、さらに、山県郡芸北町、東広島市西条町、東広島市八本松町、賀茂郡黒瀬町の農家各位の多くの方々の助力に負うところが大きかった。ここに記して深謝します。

最後に本研究を行うにあたり多大な便宜とご協力を頂いた当農業技術センター次長中澤啓一氏に衷心より御礼申し上げます。

引用文献

- 1) 安達享一：1982. 農薬の製剤と施用法(3)農薬の粉粒状製剤. 農薬誌 7 : 211~218.
- 2) 足立年一・世古静夫・大谷良逸：1984. 施設トマトのオンシツコナジラミに対する DMTP 剤散布法の検討. 応動昆中国支会報 26 : 49~53.
- 3) 青柳和雄・江村一雄・小嶋昭雄・堀口正幸・上島俊治：1970. 多口ホース噴頭による 水稻病虫害の防除 第1報 多口ホース噴頭と粉剤の関係. 北陸病虫研報 18 : 75~79.
- 4) ————・—————・—————・—————・—————：1970. 多口ホース噴頭による 水稻病虫害の防除 第2報 粉剤によるニカメイチュウおよび紋枯病防除試験. 北陸病虫研報 18 : 79~83.
- 5) ————・—————・—————・—————・—————：1971. 多口ホース噴頭による 水稻病虫害の防除 第3報 粉剤による紋枯病防除試験. 北陸病虫研報 19 : 84~86.
- 6) ————・—————・—————・—————・—————：1971. 多口ホース噴頭による 水稻病虫害の防除 第4報 多口ホース噴頭(55m)と微粒剤・細粒剤との関係. 北陸病虫研報 19 : 86~90.
- 7) CARO J. H. : 1969. Accumulation by plants of organochlorine insecticides from the soil. *Phytopathology* 59 : 1191~1197.
- 8) 中国・四国農政局広島統計情報事務所：1988. 広島県農林水産統計年報 昭和62~63 年, 広島農林統計協会, p.100.
- 9) EDWARDS, C. A. : 1966. Insecticide residues in soil. *Residue Reviews*, 13 : 83~132.
- 10) ————, S. D. BECK, and E. P. LICHTENSTEIN : 1957. Bioassay of aldrin and lindane in soil. *J. Econ. Entomol.* 50 : 622~626.
- 11) 藤木徳美：1983. 普及率抜群の散粉機 人力・動力・走行型・パイプダスター. 今月の農薬 27 : 136~141.
- 12) 藤本雄一・中村広明：1976. 露地栽培及び施設栽培トマトにおける散布, くん煙, 蒸散による TPN の残留比較. 農薬検査所報告 16 : 39~44.
- 13) 深町三郎：1985. トビイロウンカの最近の薬剤感受性と防除効果. 九病虫研会報 31 : 94~95.
- 14) GANNON, N. and J. H. BIGGER : 1958. The conversion of aldrin and heptachlor to their epoxides in soil. *J. Econ. Entomol.* 51 : 1~2.

- 15) GORBACH, S. and U. WAGNER : 1967. Pentachloronitrobenzen residues in potatoes. *J. Agric. Food Chem.* 15 : 654~656.
- 16) 五島一成・樋口泰三・都々川修 : 1974. 馬れいしょのディルドリンによる汚染の実態とその対策. 九病虫研会報 20 : 20~21.
- 17) 半川義行 : 1971. 有機塩素系殺虫剤の農作物および土壌中における残留に関する研究 (第1報) 春作バレイショにおけるアルドリン, ディルドリンの生育時期および器官別の残留. 中国農業研究 43 : 49~50.
- 18) ——— : 1973. 有機塩素系殺虫剤の農作物および土壌中における残留 (第2報) キュウリの収穫時期別のアルドリン, ディルドリンおよびエンドリンの吸収. 中国農業研究 46 : 61~63.
- 19) ——— : 1974. 有機塩素系殺虫剤の農作物および土壌中における残留に関する研究 (第3報) 土壌中の腐植含量がアルドリン, ディルドリンの消長におよぼす影響. 広島農試報告 35 : 69~72.
- 20) ——— : 1978. PCNB とその代謝物及び HCB の土壌, バレイショでの残留に関する研究. 広島農試報告 40 : 81~92.
- 21) ——— : 1981. 散布による農薬の作業衣への付着について. 近畿中国農業研究 62 : 71~73
- 22) ——— : 1987. 各種省力防除法によるトマトの病害虫防除. 広島農試報告 51 : 65~77.
- 23) ———・香口哲行 : 1986. パイプダスターによる稲作病害虫防除法に関する研究 (第4報) 散粉機の風量の大小やホース短縮が散布むらに及ぼす影響. 日本農薬学会第13回大会講演要旨集, p. 131.
- 24) HANKAWA, Y. and T. KOHGUCHI : 1987. Deposit distribution of BPMP and its control effect on the brown rice planthopper. *J. Pesticide Sci.* 12 : 35~42.
- 25) ——— and ——— : 1989. Improvement in distribution of BPMP deposits and classification of dust particles. *J. Pesticide Sci.* 14 : 443~452.
- 26) ——— and ——— : 1993. Effects of physical properties of dusts on deposit distribution. *J. Pesticide Sci.* 18 : 1~8.
- 27) 半川義行・中沢啓一・林 英明 : 1987. 常温煙霧機による施設トマトのオンシツコナジラミ防除. 広島農試報告 51 : 79~84.
- 28) ———・酒井泰文 : 1975. 活性炭処理によるアルドリン, ディルドリンの農作物に

- おける吸収抑制効果と殺虫剤および除草剤の效果に及ぼす影響。広島農試報告 36 : 77~86.
- 29) HARRIS, C. R. and E. P. LICHTENSTEIN : 1961. Factors affecting the volatilization of insecticidal residues from soils. *J. Econ. Entomol.* 54 : 1038~1045.
- 30) ————— and W. W. SANS : 1969. Absorption of organochlorine insecticide residues from agricultural soils by crops used for animal feed. *Pesticides Monitoring Journal* 3 : 182~185.
- 31) 早川千吉郎・勝野留雄・村越一彦 : 1970. 多口ホース噴頭付動力散布機の多目的利用に関する研究(第1報) 粉剤の散布性能について。静岡農試研報 15 : 63~77.
- 32) HENDERSON, S. M. and R. L. PERRY著, 高倉 直・石橋貞人・吉崎 繁・山中 勇訳 : 1972. 農業プロセス工学, 東京大学出版会, p.148.
- 33) HERMANSON, H. P., L. D. ANDERSON, and F. A. GUNTHER : 1970. Effects of variety and maturity of carrots uptake of endrin residues from soil. *J. Econ. Entomol.* 53 : 1651~1654.
- 34) 平松禮治・西 一郎 : 1986. 殺虫剤によるトビイロウンカ防除法の改善(第2報) 粉剤の散布方法と虫体付着性。日本農薬学会第11回大会講演要旨集, p. 146.
- 35) —————・—————・稗圃克巳・和泉勝憲 : 1987. 水田における粉剤のトビイロウンカへの付着と殺虫効果。農薬誌 12 : 253~260.
- 36) —————・上村暁雄・池富士清・西 一郎・稗圃克巳 : 1985. 殺虫剤によるトビイロウンカ防除法の改善(第1報) 粉剤の散布方法と稲体付着性。山口農試研報 37 : 85~91.
- 37) 広島県 : 1970. 植物防疫20周年記念誌, 広島県農政部農業改良課刊, p. 8.
- 38) ————— : 1986. 昭和60年度農薬使用状況, 広島県農政部農産課刊, p. 1.
- 39) 細田昭男 : 1983. トビイロウンカの有機リン剤およびカーバメート剤に対する感受性低下。応動昆 27 : 55~62.
- 40) ————— : 1986. トビイロウンカの薬剤防除における問題点。植物防疫 40 : 403~406.
- 41) 堀田徳治・宮崎昭雄・形山順二 : 1973. 有機塩素系農薬の作物体への移行。大阪農技セ研報 10 : 31~35.
- 42) 五十嵐丕・内山正昭・佐藤六郎 : 1975. ペンタクロロニトロベンゼン(PCNB)の分解代謝に関する研究その3 ペンタクロロアニリンの光分解。農業科学 3 : 90~91.
- 43) 池田健一・安井通宏・菅野英夫・前川定文 : 1986. 殺虫剤プロフェジンの開発。農

薬誌 11: 287~295.

- 44) 石川県農業試験場病理昆虫科: 1986. ウンカ類の被害実態と薬剤防除法の検討(2) ト
ビイロウンカの効率的防除法, 昭和60年度北陸農業試験研究成績・計画概要集虫害, 北
陸農業試験場編, 虫-III-I-13.
- 45) 伊藤綾子・宇田川武俊・内嶋善兵衛: 1973. 作物群落の計量植物学的研究 第2報
品種・生育段階による水稻の群落構造の変化, 日作記 42: 334~342.
- 46) 岩崎悦雄・宮下 寛: 1970. 農薬の使用形態がビニールハウス内の湿度に及ぼす影響
について, 関東病虫研報 17: 72.
- 47) 岩田直紀・須田鉄弥・山田 要: 1978. 農薬の作物および土壌残留に関する研究 第
II報 PCNB の作物および土壌残留について, 群馬農試報 18: 65~74
- 48) ———・—————・—————: 1980. 農薬の作物および土壌残留に関する研究 第
III報 土壌中における PCNB の分解について, 群馬農試報 20: 39~46.
- 49) 金子圭一・斉藤公和・鈴木啓介: 1984. 常温煙霧法による農薬の施設内散布について
の基礎試験, 農薬検査所報告 24: 18~24.
- 50) ———・渡邊高志・綾 絹江・百 弘・鈴木啓介: 1986. 粉剤の物理的性状の違
いによるバップダスターの散布性能への影響について, 農薬検査所報告 26: 20~31.
- 51) 阿部 暹・T. HENDRAWATI・風野 光・鶴町昌市: 1985. 九州・沖縄および東シナ海
飛来トビイロウンカの殺虫剤感受性, 九病虫研会報 31: 230.
- 52) 川原哲城: 1971. 作物および土壌に残留する有機塩素剤に関する研究 第12報 かぶ
によるアルドリン, ディルドリンの吸収, 農薬検査所報告 11: 81~86.
- 53) ———・高沼重義・和田健夫・呉羽好三・中村広明: 1971. 作物および土壌に残留
する有機塩素剤に関する研究 第9報 高冷地野菜地帯での有機塩素系殺虫剤の吸収,
農薬検査所報告 11: 67~72.
- 54) ———・中村広明: 1971. 作物および土壌に残留する有機塩素剤に関する研究 第
5報 なすによる土壌中の有機塩素剤の吸収移行, 農薬検査所報告 11: 51~54.
- 55) KEARNEY, P. C. and A. KONTSON: 1976. A simple system to simultaneously
measure volatilization and metabolism of pesticides from soils. *J. Agric. Food
Chem.* 24: 424~426.
- 56) ———, E. A. WOOLSON, J. R. PLIMMER, and A. R. ISENSEE: 1969.
Decontamination of pesticides in soils. *Residue Reviews* 29: 137~149.
- 57) 木村 宏: 1970. アルドリンの土壌中における残留性と植物体内への吸収移行性, 北

- 58) Ko, W. H. : 1968. Evaluation of two suggested factors determining the specificity of pentachloronitrobenzene. *Phytopathology* 58 : 1715~1716.
- 59) ——— and J. D. FARLEY : 1969. Conversion of pentachloronitrobenzene to pentachloroaniline in soil and the effect of these compounds on soil microorganisms. *Phytopathology* 59 : 64~67.
- 60) 熊本勝巳・酒井久夫 : 1969. 農薬の散布技術に関する研究 第2報 パイプダスターによる粉, 粒散布について. 九病虫研会報 15 : 130~132.
- 61) LICHTENSTEIN, E. P. : 1958. Movement of insecticides in soil under leaching and non-leaching conditions. *J. Econ. Entomol.* 51 : 380~383.
- 62) ——— : 1959. Absorption of some chlorinated hydrocarbon insecticides from soils into various crops. *J. Agric. Food Chem.* 7 : 430~433.
- 63) ——— : 1960. Insecticidal residues in various crops grown in soils treated with abnormal rates of aldrin and heptachlor. *J. Agric. Food Chem.* 8 : 448~451.
- 64) ——— : 1980. Bound residues in soils and transfer of soil residues in crops. *Residue Reviews*, 76 : 151~153.
- 65) ———, T. W. FUHREMANN, and K. R. SCHULZ : 1968. Use of carbon to reduce the uptake of insecticide soil residue by crop plants. Effect of carbon on insecticide absorption and toxicity in soil. *J. Agric. Food Chem.* 16 : 348~355.
- 66) ———, ———, and ——— : 1971. Persistence and vertical distribution of DDT, lindane, and aldrin residues, 10 and 15 years after a single soil application. *J. Agric. Food Chem.* 19 : 718~721.
- 67) ———, C. H. MUELLER, G. R. MYRDAL, and K. R. SCHULZ : 1962. Vertical distribution and persistence of insecticidal residues in soil as influence by mode of application and a cover crop. *J. Econ. Entomol.* 53 : 215~219.
- 68) ———, G. R. MYRDAL, and K. R. SCHULZ : 1964. Effect of Formulation and mode of application of aldrin on the loss of aldrin and its epoxide from soils and their translocation into carrots. *J. Econ. Entomol.* 57 : 133~136.
- 69) ———, ———, and ——— : 1965. Absorption of insecticidal residues from contaminated soils into five carrot varieties. *J. Agric. Food Chem.* 13 : 126~131.

- 70) ————— and K. R. SCHULZ : 1959. Breakdown of lindane and aldrin in soil. *J. Econ. Entomol.* **52** : 118~123.
- 71) ————— and ————— : 1959. Persistence of some chlorinated hydrocarbon insecticides as influenced by soil types, rate of application and temperature. *J. Econ. Entomol.* **52** : 124~131.
- 72) ————— and ————— : 1961. Effect of soil cultivation, soil surface and water on the persistence of insecticidal residues in soils. *J. Econ. Entomol.* **54** : 517~522.
- 73) ————— and ————— : 1965. Residues of aldrin and heptachlor in soils and their translocation into various crops. *J. Agric. Food Chem.* **13** : 57~63.
- 74) —————, —————, T. W. FUHREMANN, and T. T. LIANG : 1970. Degradation of aldrin and heptachlor in field soils during a ten-year period translocation into crops. *J. Agric. Food Chem.* **18** : 100~106.
- 75) 町村德行・奈須田和彦 : 1971. 有機塩素剤の土壤残留と吸収-土壤の理化学性と吸収量-. 北陸病虫研報 **19** : 101~106.
- 76) —————・————— : 1972. 有機塩素剤の土壤残留と吸収-堆肥・石灰施用による吸収抑制および経時変化-. 北陸病虫研報 **20** : 71~75.
- 77) 前野道雄・浅見 宏・岩撫才次郎・水沢芳名 : 1976. アルドリンの土壤および作物中における行動. 神奈川農総研報 **116** : 65~69.
- 78) 丸 論・福田寿久・高橋三奈子 : 1983. PCNB とその代謝物 PCA, PCTA 及び PCNB に含まれる不純物 HCB の土壤中における残留と作物による吸収. 千葉農試研報 **24** : 7~17.
- 79) —————・加藤三奈子 : 1977. キュウリによるディルドリン, エンドリンの吸収. 関東病虫研報 **24** : 142.
- 80) —————・中村多喜子・沼田 巖 : 1974. プルスフォグ機による農薬の拡散. 関東病虫研報 **21** : 151~152.
- 81) —————・—————・————— : 1975. メロンによるアルドリン, ディルドリンの吸収(2). 関東病虫研報 **22** : 147.
- 82) 増田康雄・川村 登 : 1972. 畦畔ダスタの研究(第2報) 長噴管内の空気流および粉の運動. 農機誌 **34** : 34~40.
- 83) 松本恭昌・芳岡昭夫・瀬崎滋雄 : 1973. 蒸散法に関する研究(第4報) 農薬煙霧質の

- 施設内作物付着について。奈良農試研報 5 : 48~59.
- 84) 松尾綾男・坂本 庵 : 1970. 殺菌くん煙剤の使用に関する基礎試験。関西病虫研報 12 : 74~75.
- 85) 宮原和夫 : 1978. DL 型粉剤の実用化について。新農薬 32 : 32~35.
- 86) 守田伸六 : 1983. 燃焼・常温煙霧法。今月の農薬 27 : 161~168.
- 87) 守谷茂雄 : 1983. 農薬の剤型と施用技術。今月の農薬 27 : 136~141.
- 88) MURTHY, N. B. K. and D. D. KAUFMAN : 1978. Degradation of pentachloronitrobenzene (PCNB) in anaerobic soils. *J. Agric. Food Chem.* 26 : 1151~1156.
- 89) 永井洋三 : 1971. アルドリン, ディルドリンの土壤残留および作物による吸収とその対策。徳島農試研報 13 : 12~16.
- 90) ——— : 1973. 徳島県における農薬残留対策。植物防疫 27 : 423~424.
- 91) ——— : 1973. ドリン系農薬の土壤残留と野菜の安全栽培対策。農及園 48 : 1312~1316.
- 92) NAGATA, T., T. MASUDA and S. MORIYA : 1979. Development of insecticide resistance in the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* STÅL (Hemiptera : Delphacidae). *Appl. Ent. Zool.* 14 : 264~269.
- 93) 中村幸二・柴 英雄 : 1975. 農薬残留に対する土壌処理効果。農及園 50 : 507~512.
- 94) 中村多喜子・丸 論・沼田 巖 : 1974. メロンによるアルドリン, ディルドリンの吸収。関東病虫研報 21 : 160.
- 95) NAKANISHI, T. : 1972. Microbial conversion of pentachloronitrobenzene in soil. *Ann. Phytopath. Soc. Japan.* 38 : 249~251.
- 96) 中西逸朗・奥 八郎 : 1969. 殺菌剤の選択性機構に関する研究 植物病原菌による pentachloronitrobenzene の代謝。日植病報 35 : 339~346.
- 97) ———・——— : 1970. 殺菌剤の選択性機構に関する研究 植物病原菌による pentachloronitrobenzene の吸収, 代謝および蓄積。日植病報 36 : 67~73.
- 98) 中里肇二・沖島寿彦・吉沢 進 : 1971. 多口ホース噴頭による粉粒剤の散布実用化研究。関東病虫研報 18 : 95~96.
- 99) 中沢啓一・林 英明・細田昭男・那波邦彦 : 1978. オンシツコナジラミの生態と防除に関する研究 第5報 有効薬剤と薬剤施用方法の検討。広島農試報告 40 : 59~72.
- 100) 日本植物防疫協会(農林水産省農蚕園芸局植物防疫課監修) : 1986. 農薬要覧, 日本植物防疫協会, p. 51.

- 101) 西村隆信・柘植茂晃・阪本 剛・鈴木重夫・川原哲城：1980. 土壤殺菌剤 PCNB (Quintozene : Pentachloronitrobenzene) とその農薬製剤不純物 Hexachlorobenzene (HCB) の土壌および作物における残留. 農薬検査所報告 20 : 38~49.
- 102) 野田政春・酒井久夫・芳賀順子：1976. 農薬の散布技術に関する調査研究 第 5 報 水稻の繁茂とアタッチメントの差による粉剤の到達. 九病虫研会報 22 : 115~117.
- 103) 野中耕次・永井清文・後藤重喜：1980. DL 型粉剤の散布方法に関する研究 第 1 報 稲の生育時期別付着状態と防除効果. 九病虫研会報 26 : 112~114.
- 104) 能勢和夫：1980. 農薬の土壌残留と半減期. 植物防疫 34 : 390~396.
- 105) 農林水産省農蚕園芸局：1980. 農作物有害動植物発生予察事業実施要領(一部改正)調査基準(野菜病虫害), p. 7.
- 106) 農林水産省農蚕園芸局植物防疫課監修, 植物防疫全国協議会編集：1987. 農薬概説-農薬取扱業者研修テキスト-, 日本植物防疫協会, pp. 137~138.
- 107) 農林水産省農薬検査所化学課：1981. DL 粉剤の物理的性状に関する試験方法について. 農薬検査所報告 21 : 64~70.
- 108) 農林省振興局植物防疫課編集：1960. 農薬のあゆみ, 小薬印刷所, pp. 135~139.
- 109) 奴田原誠克：1981. キュウリおよびナスにおける土壌処理農薬の吸収と移行. 高知農林研報 13 : 49~54.
- 110) ———・市原 勝：1985. 省力防除法による薬剤のハウス内拡散性について. 高知農林研報 17 : 1~6.
- 111) ———・山本公昭・坂本信行：1973. 土壌処理農薬の作物体内残留分布に関する研究 第 1 報 有機塩素剤のキュウリ・ナスへの移行. 高知農林研報 5 : 9~16.
- 112) ———・———・———：1974. 土壌処理農薬の作物体内残留分布に関する研究 第 2 報 有機リン剤のナスへの移行. 高知農林研報 6 : 51~56.
- 113) 小木曾正敏・木村愛子・田辺仁志：1978. 農薬散布と作業衣付着. 愛知農総試研報 B 10 : 92~95.
- 114) ———・田辺仁志：1981. 防除作業と従事者への農薬付着. 植物防疫 35 : 21~25.
- 115) ———・———：1982. 土壤殺菌剤 PCNB. その代謝物および HCB の土壌中および作物中の残留. 農薬誌 7 : 391~396.
- 116) 大谷良逸：1988. 農業生産現場における農薬残留実態解明に関する研究. 兵庫中央農技センター特別研究報告 12 : 120~132.

- 117) 岡崎 博：1976. ハクサイ及び土壤中のペンタクロロニトロベンゼンの分析. 農薬科学 3 : 201~204.
- 118) RICHARDSON, L. T. and D. E. MUNNECKE : 1964. A bioassay for volatile toxicants from fungicides in soil. *Pytopathology* 54 : 836~839.
- 119) 酒井久夫：1978. DL 型粉剤の開発と実用化. 新農薬 32 : 27~31.
- 120) ———・大迫貞雄：1970. 農薬散布技術に関する調査研究 第3~4報 改良パイプ使用上の問題点. 九病虫研会報 16 : 129~130.
- 121) 桜井 壽編・著：1982. 環境と農薬-その安全性をめぐる- , 全国農村教育協会, pp. 32~33.
- 122) 須田鉄弥・峰岸恵夫・山田 要：1981. 農薬の作物および土壌残留に関する研究 第IV報 輪作作物における PCNB 剤の残留特性と解析について. 群馬農試報 21 : 55~62.
- 123) 田原 誠・岡田 大・永井清文・後藤重喜：1980. DL 型粉剤の散布法に関する試験 第2報 散粉機のエンジン開度と防除効果. 九病虫研会報 26 : 114~116.
- 124) 高津 寛・山根伸夫・松尾綾男・宇都敏夫：1965. 畦畔ダスターによる流し散布及びパイプダスター散布の効果について. 関西病虫研報 8 : 112.
- 125) 武田薬品工業株式会社：1988. TF 161 粉剤 DL (バリダシン粉剤 DL) いね紋枯病防除試験成績集, pp.1~10.
- 126) 竹原 啓：1983. DL 粉剤の散布法と付着性. 第3回農薬製剤・施用法シンポジウム, 日本農薬学会, pp. 26~43.
- 127) 武長 孝：1968. 動力散粉機と粉剤の物理性. 植物防疫 22 : 13~16.
- 128) 田中栄三郎・藤木徳実：1969. パイプダスタ噴頭の改良および大型化に関する研究(第1報) 風特性の改善と性能表示法. 農機誌 31 : 27~31.
- 129) THURSTON, R. : 1953. The effects of some soil characteristics on DDT phytotoxicity. *J. Econ. Entomol.* 46 : 545~550.
- 130) 富沢長次郎・上路雅子編：1989. 最新農薬データブック. ソフトサイエンス社, pp. 78~388.
- 131) 富山県農業試験場病理昆虫課発生予察係：1985. 昭和59年度病害虫試験成績(富山県農業試験場病害虫関係資料84~2), pp. 3~13.
- 132) 津賀幸之介：1983. 施設園芸用防除機 くん煙, 蒸散器. 今月の農薬 27 : 158~159.
- 133) ———：1983. 施設園芸用散布機 ハウス用微粉少量散布法. 今月の農薬 27 : 160~161.

- 134) ————— : 1985. 常温煙霧機による施設内病虫害防除. 今月の農薬 29 : 131~134.
- 135) 塚野 豊 : 1976. 有機塩素系農薬の土壤中における動態. 植物防疫 30 : 297~301.
- 136) 上島俊治 : 1971. 農薬の多口ホース噴頭による散布. 植物防疫 25 : 97~100.
- 137) ————— : 1977. 施設栽培における薬剤施用-ブルスフォグとフロードスト-. 植物防疫 31 : 101~106.
- 138) ————— : 1979. 野菜の病虫害防除と農薬使用剤型, 散布技術. 今月の農薬 23 : 110~113.
- 139) —————・薬丸 薫・田中文隆・伊藤 堯・飯田清野・利根川和江 : 1967. パイプダスター用農薬粉剤の物理性に関する研究(第1報). 全購連農業技術センター農薬研究報告 311~333.
- 140) 和田健夫・高沼重義・春田敏子 : 1978. 農薬散布用防除衣における農薬の付着について. 関東病虫研報 25 : 142.
- 141) WANG, C. H. and F. E. BROADBENT : 1972. Kinetics of losses PCNB and DCNA in three California soils. *Soil Sci. Amer. Proc.* 36 : 742~745.
- 142) 渡辺忻悦・小山重郎 : 1969. スイスイダスターによる紋枯病とニカメイチュウ2世代の防除. 北日本病虫研報 20 : 29.
- 143) 山田 要・須田鉄弥・岩田直記 : 1973. 農薬の土壤残留に関する研究 キュウリのドリン系農薬吸収に及ぼす南瓜台木の影響. 群馬農試報 13 : 67~74.
- 144) 山本 盤・野村健一 : 1971. 農薬の土壤施用法. 植物防疫 25 : 91~96.
- 145) 山本 出 : 1980・農薬変化生成物に関する調査研究報告書, 東京農業大学総合研究所, pp. 16~20.
- 146) 山本公昭・奴田原誠克・谷口 尚 : 1977. 施設栽培の果菜類における農薬残留比較. 高知農林研報 9 : 1~10.
- 147) —————・坂本信行・奴田原誠克 : 1973. 野菜の種類別にみた有機塩素系殺虫剤の残留比較. 高知農林研報 5 : 1~8.
- 148) 山本 勉・金磯泰雄 : 1977. 微粉剤の少量散布(フロードスト)によるハウス病害の防除. 徳島農試研報 15 : 43~54.
- 149) 矢野 仁・都崎芳久・山下勝男 : 1976. PCNB とその代謝物による水稻の薬害. 四国植防 11 : 93~98.
- 150) 横尾広規・占野 悟・久富 勝・倉富紀年・酒見寛郎 : 1974. 新剤型の防除効果と落下量について. 九病虫研会報 20 : 8~11.

- 151) 米村純一・森泉昭治・羅 初浩：1969. 農作業災害防止に関する研究(2) 背負式ミスト機の農薬附着防止に関する試験. 農作業研究 7 : 91~93.
- 152) ———・長岡進一・山田き乃枝・日浅治枝子：1972. 農作業災害防止に関する研究 第7報 ビニールハウスにおける農薬の空气中濃度について. 農作業研究 16 : 38~41.
- 153) ———・—————・—————・—————：1972 : 農作業災害防止に関する研究 第8報 ビニールハウスにおける農薬の人体付着について. 農作業研究 16 : 42~45.
- 154) 芳岡昭夫・瀬崎滋雄・田和稠司：1972. 蒸散法に関する研究(第3報) 農薬煙霧質のハウス内拡散に関する試験. 奈良農試研報 4 : 48~65.
- 155) ———・田和稠司・小畠博文：1973. 蒸散法に関する研究(第5報) 薬剤処理条件の確立と実用効果に関する試験. 奈良農試研報 5 : 60~75.
- 156) 吉崎徹磨・相沢 博・山田 亀：1959. 春秋作馬鈴薯に於ける体内養分の消長. 中国農業研究 16 : 33~37.
- 157) ———・岡田正行・相沢 博・山田 亀・中川一幸：1963. 暖地馬鈴薯の肥培に関する研究 瀬戸内海花崗岩畑地帯における秋馬鈴薯の施肥について. 広島農試報告 17 : 1~4.
- 158) 吉沢長人編：1974. 1974・最新除草剤解説, 全国農村教育協会, pp. 49~64.
- 159) ———：1987. 改訂・最新除草剤解説, 全国農村教育協会, pp. 197~574.

Studies on Safe Utilization and Rational Application of Pesticides in Crop Production

Yoshiyuki HANKAWA

Summary

The present thesis deals with improvements in the safe use of pesticides and their effective application to agricultural crops. The thesis describes and discusses: 1) Absorption by plants of organochlorine pesticides in treated soils and the reduction of absorption by treatment of those soils with activated carbon; 2) Rational use of safe and labor-saving pesticide application methods in plastic green houses; and 3) Improvement of the deposit distribution of insecticide dusts applied with boom-type blow heads and the efficacy against brown rice planthoppers in rice fields.

1. Absorption by Plants of Organochlorine Pesticides in Treated Soils, and Reduction of Absorption by Treatment of Those Soils with Activated Carbon

The status of organochlorine pesticide residues in the soil and the absorption of those residues into plants were investigated. Absorption control measures for various plants then were examined.

(1) The residue amounts of aldrin, dieldrin and endrin absorbed into potato tubers and cucumber fruits from the treated soils were high at the early harvest stage but appreciably decreased at the best harvest stage, indicating that pesticide residues were diluted by the enlargement of plants. These pesticide residues remained in the soil for long periods, and the absorption into cucumber fruits was found in subsequent croppings. Significant correlations were present between the amounts of aldrin and dieldrin in the soil and cucumber fruits; therefore, the residue amounts absorbed in cucumber fruits could be predicted from the residue amounts in the soil.

(2) The effects of soil types and climatic conditions on the persistence of fungicide quintozene (PCNB), its biological metabolites pentachloroaniline (PCA) and pentachlorothioanisole (PCTA), and its technical impurity hexachlorobenzene (HCB), were examined under field conditions at Innoshima (a Brown forest soil) and Hachihonmatsu (a Gray lowland soil). PCNB and HCB remained in the soil for long periods, and their dissipation curve patterns were similar. PCNB and HCB lasted longer in the Gray lowland soil, which contains much humus and clay, than in the Brown forest soil with little of these constituents. In contrast, the production rates of both PCA and PCTA varied fairly for both soils. The production of PCA or PCTA was considered to be affected by the number of microorganisms capable of degrading

PCNB and the moisture content of soil. In the Brown forest soil, one month after PCNB dust had been incorporated into the soil by hoe, the top 0-5 cm layer contained very high amounts of the total residues of PCNB, PCA, PCTA and HCB recovered from the 0-30 cm soil layer region. After soil cultivation, however, the chemicals were distributed more uniformly in the 0-25 cm layer, there being very small residues in the 25-30 cm layer. This shows that rainfall did not leach these chemicals deeper than 30 cm.

The residues of PCNB, PCA, PCTA and HCB in potato tubers grown in PCNB-treated soil were greater for the Brown forest soil than for the Gray lowland soil. The amount of residue was affected by the humus and clay contents of the soil, and the residues in the soil and potato tubers were correlated for both soils.

Larger amounts of PCNB, PCA, PCTA and HCB were absorbed by Garland chrysanthemums than by Hiroshimana (*Brassica campestris* L, pekinensis group). The lesser amounts of these residues in Hiroshimana were due to dilution caused by growth increments in the above-ground parts that were larger than those for Garland chrysanthemums. Remarkably large residues were detected in Garland chrysanthemums growing in plastic tunnels; PCNB in the soil might be vaporized and adhered to leaves or permeated into epidermal tissues through stomata.

(3) Control measures for the absorption were examined on various plants. The absorption of aldrin and dieldrin by potato tubers, cucumber fruits and carrot roots growing in soil treated with aldrin were reduced 30-70% when the soil was treated with activated carbon. When the soil was treated with activated carbon and aerated by tilling, the reduction was greater than that in activated carbon treatment alone. Moreover, the reduction of aldrin absorption by cucumber fruits was more marked in seed furrow treatment than in overall treatment. But the reduction due to treatment with farmyard manure was negligible when the chemical residues in the soil were high.

The efficacy in soil application of such organophosphorus insecticides as disulfoton, isothioate, acephate and chlorfenvinphos on aphid control on the Japanese radish was decreased by soil treatment with activated carbon because of adsorption by the activated carbon. The effects of activated carbon on herbicidal efficacy were investigated for trifluralin, diphenamide, simazine, nitrofen, linuron and thiobencarb. Weed control by simazine and linuron was decreased, whereas that by nitrofen showed an increase. The herbicide adsorption with activated carbon in soil therefore is considered to depend on their physicochemical properties. For this reason, treatment with activated carbon should be made only when plants are cultivated in soils that contain abnormally high pesticide residues.

2 . Rational Use of Safe and Labor-Saving Pesticide Application Methods in Plastic

Green Houses

At first, pesticide depositions on persons who apply pesticides were examined in order to obtain fundamental information about the safe application in plastic green houses. Then, applications of fine dust formulations (Flow Dust), a fogging apparatus (Puls Fog), the Jowsan fogger (Josan-Ki), a smoking apparatus (Doctor Smoke), and a Cold fogger as labor-saving methods, and the application of a Drift-less nozzle for the high volume spraying (HVS) were examined in the control of tomato and cucumber pests in plastic green houses. Residues on fruits, deposits on leaves and amounts in the air of pesticides, and the control of tomato and cucumber pests by these application methods were compared with the conventional HVS using a gun nozzle.

(1) When pesticides were applied to crops of low height in open fields with a stationary power sprayer equipped with a gun nozzle, large amounts of the pesticide used were deposited on workers' legs. At a wind velocity of more than 4m/sec, pesticide was deposited on the upper parts of the body. Therefore, spraying should be stopped immediately when there is wind. In the applications made in plastic green houses, the pesticide deposits on workers' bodies were greater than in the open fields. In particular, large amounts were deposited on the arms, legs, waist and back. Worker's back or waist coming in contact with leaves sprayed with pesticides is considered to have increased the size of the deposit. Wide furrow cultivation therefore is necessary to reduce secondary deposition of pesticides. When the pesticide was applied to cucumber plants in a plastic green house with the sprayer equipped with a Drift-less nozzle, the deposit on the worker's body was about 3/5 that produced by a gun nozzle.

(2) In plastic green houses, pesticide residues on tomato fruits and leaves were lower in applications by labor-saving methods, Flow Dust, Plus Fog, Josan-Ki, Doctor Smoke and Cold fogger, than that by the conventional HVS. The greater the distance from the apparatus, the less the amount of pesticide deposited on the leaves. Slide glasses coated with silicon grease were used to estimate the pesticide deposition on leaves. The ratio of the pesticide deposits on the lower and upper surfaces was smaller for all the labor-saving methods as compared to HVS.

In the next early morning after pesticide application, the pesticide amounts in the air in labor-saving methods were significantly less than that in conventional HVS; These labor-saving methods in plastic green houses also were less harmful to workers. The efficacy of fungicide applied with Flow Dust, Plus Fog, Josan-Ki and Doctor Smoke to the tomato leaf mold caused by *Cladosporium fulvum* Cooke was the same as that for HVS, but differed in the case of only Cold fogger. Fungicide applications, using Plus Fog and Flow Dust to the tomato late blight, *Phytophthora infestans* (Montagne) de Bary, and using Josan-Ki and Doctor Smoke to tomato gray mold,

Botrytis cinerea Persoon, were much less effective than HVS applications. Only application by Plus Fog was as effective as that by HVS on tomato gray mold. White swelling spot on to tomato fruits, caused by flower thrips, *Frankliniella intonsa* Trybom, was controlled as effectively when insecticides were applied by Flow Dust, Plus Fog and Cold fogger, as by HVS.

Applications of fungicides with a Drift-less nozzle were equivalent, or superior, to that by HVS for the control of cucumber gray mold, *Botrytis cinerea* Persoon, but application using Cold fogger did not give good control. Pesticide residues on fruits were less with Cold fogger applications but slightly greater with Drift-less nozzle than with HVS.

(3) In plastic green houses 6 - to 10 - m wide, the pesticide deposit required for pest control was limited to about 20 m from the placement of application apparatus for Flow Dust, Plus Fog and Doctor Smoke, and to about 30 m for Josan-Ki. To obtain better control of greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood), on tomatoes and for an even pesticide deposit on every plant when Cold fogger was used, it was necessary to apply the pesticide from both ends of the plastic green house or to create an air current with a ventilation fan set at the opposite end of the house frontage from Cold fogger.

3 . Improvement of the Deposit Distribution of Dust Applied with Boom-type Blow Heads and Efficacy against Brown Rice Planthoppers in Rice Fields.

Application of BPMC dust with a boom-type blow head was not sufficiently effective for controlling brown rice planthoppers (*Nilaparvata lugens* STÅL) as compared to such conventional methods as blow-in and swing applications. In order to improve the efficacy, the deposit distributions of BPMC and the relation of the deposit amounts at the foot of rice plants and the efficacy against brown rice planthopper were investigated for applications with a boom-type blow head of regular (RD) and less-drifting (DL) BPMC dusts in rice fields. The effects of physical properties of dusts on the deposit distribution also were examined by using imitational dusts containing no active ingredients.

(1) Application of BPMC dusts with a power duster equipped with a boom-type blow head resulted in small deposits of BPMC at the bases of rice plants and was inferior to conventional application method for brown rice planthopper control. As to the relation between the physical properties of BPMC dusts and the control of brown rice planthoppers, RD was more effective than DL although a smaller amount of RD was deposited at the base of rice plants. The results obtained suggest that the amount of deposit on the sheath of rice plants may be important in control of the planthoppers.

The deposit distributions of BPMC dusts on the horizontal and vertical surfaces

at the base of rice plants in the field were estimated from slide glasses coated with silicone grease. The two BPMC dusts were applied with four kinds of boom-type blow heads: DL30A, DMH30A, DLH30A, and Blow-in Green. The BPMC distribution on the horizontal surface showed a large amount of discharged dust distributed in the basal zone and a small amount in the end zone of blow head when DL30A was used. Large deposits from DMH30A and DLH30A were found in the end zone and small amounts in the basal zone, and there was a large deposit from Blow-in Green head in the middle zone. The deposit distribution on the vertical surface was similar to that on the horizontal surface. The reduced effectiveness of applications made with boom-type blow heads was due to nonuniform distribution and the smaller amounts of insecticide deposited.

The distribution patterns of BPMC deposits in rice fields differed with the type of boom-type blow head used even under the same operating conditions. Patterns were affected by the velocity of air flow in the blow head and at the blow holes. The higher the velocity at the blow holes, the greater the horizontal deposits at the rice plant base; and, the higher the velocity in the blow head, the greater the deposits in the end zone of the blow head.

(2) Mortality of brown rice planthoppers was related to the size of BPMC deposit at the base of rice plants. Higher correlation coefficients were found for the relation between the vertical deposit of BPMC and the insect mortality than for the horizontal deposit, the slopes of the dose-response curves being steeper for RD than for DL. These results suggest that RD is more effective for brown rice planthoppers than DL and that the vertical deposit is more important for insect control than the horizontal deposit, which agrees with results showing better control of the insect with RD than with DL in field experiments.

Serial changes in the deposit amounts of BPMC at rice plant bases were investigated. The amount deposited on the horizontal surface at the base of rice plants decreased gradually as the plant grew from the young panicle formation stage to the heading stage, after which it increased toward the yellow-ripe stage. The serial changes in the BPMC deposits on the vertical surface were not as clear, but the amount deposited was relatively small from the heading to the yellow-ripe stage.

It is important that when insecticidal dusts are applied with a power duster equipped with a boom-type blow head they are forced to be deposited at the base of rice plants in order to effectively control brown rice planthoppers.

(3) The amount of airborne BPMC was estimated in a model experiment. The amount for DL was one-half to one-third that for RD at all heights and times. But, in a field experiment the amount for RD was less than that for DL. The airborne RD at the base of rice plants appeared to adhere more easily to plants than did DL. This supports the evidence that RD is more effective than DL in controlling brown rice

planthoppers which live on the rice plant base.

When RD was applied after sunset with a power duster equipped with a boom-type blow head, the BPMC concentration in the air at the base of rice plant was greater than that obtained in daytime. Application after sunset is better for the control of brown rice planthoppers because of the absence of ascending air currents.

(4) Use of a power duster of large air volume, such as DMD11E which provides faster air flow in the blow head and at the blow holes, improved the distribution of BPMC deposits. Even when DL was used, a large amount of BPMC was deposited on rice plant sheaths, which contributed to better control of brown rice planthoppers.

Good control of the planthoppers was obtained when buprofezin, to which the planthoppers don't show reduced susceptibility, was applied with a power duster of small air volume. This indicates that the decrease in susceptibility to BPMC of the planthoppers contributes to less effective control.

In practice, the shape of the rice field often necessitated shortening of the blow head. This increased the nonuniformity of BPMC distribution, the amount deposited in the end zone of blow head being extremely small. Control of the planthopper also was poor at the end blow head position. This means that the blow head should be used at a length as close to the original as possible. When the blow head must be shortened, fast airflow in the head must be maintained by making an aperture at its tip.

(5) When BPMC dusts were applied with a power duster equipped with a boom-type blow head, the diameters of particles deposited at the bases of rice plants were almost all less than 10 μm at all positions for RD; whereas particles 20 to 40 μm in diameter predominated for DL. The number of small-size particles was greater in the basal zone of blow head, and the number of large-size particles was greater in the end zone. The amount of BPMC per surface area was much greater for RD than for DL, which may be why RD gave better control of the brown rice planthopper than did DL.

(6) Relations of the particle size distribution and the other physical properties of dusts to the deposit distribution, when dusts were applied with a power duster equipped with a boom-type blow head, were analyzed by using imitational dusts containing no active ingredients.

The particle size distribution, interrelating with the mean particle diameter, the bulk density and the drift index, seemed to be most important in obtaining an even deposit distribution over all the zones of blow head. As a rule, the dusts with relatively small mean particle diameter and high proportion of small particles below 10 μm in diameter (corresponding to RD) were largely deposited in the basal zone of blow head. In contrast, the dusts of large mean particle diameter and low proportion of the small particles (corresponding to DL) were largely deposited in the end zone. Relations of bulk density and drift index of dusts to the deposit distribution were acceptable to account for the above tendencies, whereas the flowability of dusts

affected only when the power duster was operated at a small shutter opening and the dispersibility had almost no effect.

For these reasons, the dusts with physical properties situated between RD and DL may be suitable to obtain an even deposit distribution. However, as the lower drift index of dust is desirable, it seems also important to improve the application apparatus (blow head).

The discharge rate of dust from a power duster tended to increase in proportion to the mean particle diameter of dusts. When dusts corresponding to DL were applied by a power duster at the 6/10 shutter opening (which was appropriate for RD), the discharge rate was too high. For suitable insecticide applications, the power duster must be set at a small shutter opening.