

粒状農薬とくに除草粒剤の散布機に関する研究

— 研究所報告 —

武 長 孝

STUDIES ON GRANULAR CHEMICALS APPLICATOR,
ESPECIALLY FOR GRANULAR HERBICIDES

— Technical Report —

Takashi TAKENAGA

Institute of Agricultural Machinery

Omiya, Japan

October 1965

昭和40年10月

農業機械化研究所

埼玉県大宮市日進町1丁目

目 次

I 概 説	1
1. 農薬の粒状化と散布機械	1
2. 農薬粒剤の現状	1
3. 粒剤散布機の開発, 改良の経過	1
II 粒剤の物理性と散布機構	3
1. 粒剤の粒径, 粒径分布, 安息角	3
(1) 粒径と粒径分布	3
(2) 粒径分布と安息角	5
(3) 各種粒剤の吸湿性	6
(4) 粒径と除草効果	7
2. 粒剤の粒径と散布機の送り出しおよび調量機構	8
(1) 粒剤散布に対する送り出し装置の適否に関する実験	8
(2) 粒径と毎分落下量の変化に関する実験	8
(3) 落下穴すなわち調量シャッター開度と粒径	9
(4) 各種の粒径分布に対する調量シャッター開度と吐き出し量	10
3. 粒径と到達距離	11
(1) 撃力による散布方向への落下分布	11
(2) 撃力による直角方向への落下分布	12
(3) 風のみによる散布方向への落下分布	12
4. 落下量分布の関数表示	13
(1) 散布方向への落下量分布の Khi 2 乗関数	13
(2) 散布方向への落下量分布の Gauss の関数	14
(3) 散布方向と直角方向への落下量分布の Gauss の関数	16
5. 粒剤への撃力と到達距離	17
(1) 粒剤への撃力	17
(1) 回転円板上の粒剤	17
(3) 実用粒剤の落下量分布と分布関数	18
(4) 粒径分布と落下量の分布関数	19
(5) 分布関数と有効散布幅	20
III 粒剤散布機の試作と性能	22
1. 人力除草粒剤散布機の構造	22
(1) 人力除草粒剤散布機の基準	22
(2) 人力除草粒剤散布機の機構	22
2. 人力除草粒剤散布機の性能	25

(1) 有効到達距離と落下の均一性	25
(2) 散粒機による粒剤の破碎	26
(3) 散粒に対する風の影響	27
3. 背負動力型除草粒剤散布機の構造と性能	27
(1) 有効到達距離と落下の均一性	28
(2) 散粒機による粒剤の破碎	28
4. 歩行型トラクタ用動力除草粒剤散布機の構造	29
(1) 構造および設計の基準	29
(2) 動力散粒機の構造	29
5. 歩行型トラクタ用動力散粒機の性能	33
(1) シャッター穴の通過時間	33
(2) 吐き出し量の分配	34
(3) 衝突板と散布のむら	34
(4) 羽根車の送風効果	36
(5) 試作機の改良点	37
IV 粒剤散布機の圃場試験	38
1. 人力散粒機の雑草防除効果試験	38
2. 人力散粒機によるニカメイチュウ防除効果試験	39
(1) 基礎試験	39
(2) 圃場試験	40
3. 畑作における動力散粒機の雑草防除効果試験	41
4. 水田における動力散粒機の雑草防除効果試験	42
5. 動力散粒機の利用試験	44
6. 実験計画法による各県連絡試験	44
(1) 供試機の予備試験	44
(2) 試験圃場と予備測定	46
(3) 実験計画法による割付け	46
(4) 測定結果と分散分析	48
V 結 論	50
参考資料	52
歩行型トラクタ用動力除草粒剤散布機の性能および効果の確立に関する研究実施方法	52
SUMMARY	54

STUDIES ON THE GRANULAR CHEMICALS APPLICATOR, ESPECIALLY FOR GRANULAR HERBICIDES

— Technical Report —

CONTENTS

I	INTRODUCTION	1
1.	Granulation of Agricultural Chemicals and their Applicator	1
2.	Present Status of Agricultural Granular Chemicals	1
3.	Progress of Development and Improvement of Granular Chemical Applicator	1
II	PHYSICAL PROPERTIES OF GRANULE AND MECHANISM FOR APPLICATOR	3
1.	Mean Granule Diameter, its Distribution, and Angle of Repose	3
(1)	Mean Diameter and its Distribution	3
(2)	Diameter Distribution and Angle of Repose	5
(3)	Moisture Absorbability of Granule	6
(4)	Herbicide Effects and Mean Diameters	7
2.	Mechanism of Feeder and Adjusting Shutter	8
(1)	Selection of Feeder for Granular Application	8
(2)	Discharge Rates for Different Diameters	8
(3)	Opening Area of Adjusting Shutter for Different Diameters	9
(4)	Opening Area of Adjusting Shutter and Discharge Rate for Each Diameter Distribution	10
3.	Range of Deposits for Each Granule	11
(1)	Distribution of Deposits in the Direction of Granule Discharged by Impulsive Force	11
(2)	Distribution of Deposits at Right Angle to Applying-direction by Impulsive Force	12
(3)	Distribution of Deposits in the Direction of Granule Application by Wind Force only	12
4.	Function for Distribution of Deposits	13
(1)	Khi Square Functions for Deposit Distribution in the Direction of Granule Application	13
(2)	Gauss Functions for Deposit Distribution in the Direction of Granular Application	14
(3)	Gauss Functions for Deposit Distribution in the Direction of and at Right Angle to Granule Application	16
5.	Impulsive Force to Granule and Range of Deposits	17
(1)	Impulsive Force to Granule	17
(2)	Granule on Revolving Disc Plate	17
(3)	Distribution of Deposits and its Function for Used Granule	18
(4)	Distribution Functions for Mean Diameters and Deposits	19
(5)	Distribution Functions and Swath Widths	20

III DESIGN AND PERFORMANCE OF APPLICATOR	22
1. Structure of Hand Type Applicator	22
(1) Basis for Design of Hand Type Applicator.....	22
(2) Structures of Hand Type Applicator	22
2. Performance of Hand Type Applicator	25
(1) Range of Deposits and Uniformity of Deposits	25
(2) Break to Dust from Granule by Applicator.....	26
(3) Influence of Wind on Application	27
3. Structure and Character of Knapsack Power Type Applicator	27
(1) Range of Deposits and Uniformity of Deposits	28
(2) Break to Dust from Granule by Applicator.....	28
4. Structure of Hand Tractor Mounted Applicator	29
(1) Basis of Design and Structure	29
(2) Practical Structure	29
5. Performance of Hand Tractor Mounted Applicator	33
(1) Discharge Rate from Adjusting Shutter	33
(2) Division of Discharges.....	34
(3) Effects of Reflection Plate	34
(4) Blower Effects of Blade	36
(5) Improvements of Applicator	37
IV FIELD TESTS OF APPLICATOR	38
1. Weed Control Test by Hand Applicator	38
2. Control Test of Chio Simplex Butler by Hand Applicator	39
(1) Preparatory Test	39
(2) Field Test	40
3. Weed Control Test on Upland Farm by Hand Tractor Mounted Applicator	41
4. Weed Control Test on Paddy Field by Hand Tractor Mounted Applicator	42
5. Utility Test of Hand Tractor Mounted Applicator.....	44
6. Corresponding Tests by 4 Districts in Use of Statistical Design of Experiment.....	44
(1) Preparatory Test of Applicator.....	44
(2) Preparatory Measurement of Test Field.....	46
(3) Design of Experiment.....	46
(4) Estimation of Significance	48
V CONCLUSIONS	50
REFERENCE	52
Practical Methods of Study on Establishment of Performance and Effect for Hand Tractor Mounted Granular Herbicide Applicator	52
SUMMARY	54

I

概 説

Introduction

この報告は農薬粒剤とくに除草粒剤の開発当初から、粒剤の物理性と散布機構の相互関係を求め、これを基礎に散布機械の開発、改良から実用化試験に至るまでの問題点を究明し、粒剤散布 (Granular application) の総合研究を整理したものである。

(1) 農薬の粒状化と散布機械

病虫害防除の農薬は、液剤および粉剤散布の方向に発展し、最近まで粒状化の傾向がほとんどみられなかった。しかるにPCPが水田の雑草防除に著しい効果のあることが知られ、除草剤を発端とする農薬の粒状化が進んできたが、それには次のような長所があったからである。

- a) 農薬のなかには作物に付着すると薬害の原因となるが、粒状にすると全量が水面に落下して作物に付着しない。
- b) 液剤、粉剤のように自然風による飛散損失がなく経済的である。
- c) 液剤は速効性がある代わりに分解が速いが、粒剤は溶解度を調節すると持続性を持たせることができる。
- d) 散布量が少なく、液剤のように調剤の必要がない。

除草粒剤PCPはこれらの性質を十分に発揮できるもので、水稲移植栽培の田植後、および直播栽培の湛水直後のヒエの防除に、著しい除草効果のあることが証明された。

一方病虫害関係では水稲の湛水面にBHC粒剤を散布すると、毛細管現象によって葉鞘部にBHCが結晶集積し、ニカメイチュウ1化期に著しい防除効果のあることが明らかにされている。

しかるに農業技術に粒剤を利用することは、すでに粒状肥料で研究が進み施肥播種機によって種子の近くに条散きする方法と、水田での追肥として人力による散播方法、畑地での Broadcaster による散播方法が実用化さ

れている。これに対し除草粒剤は圃場全体に散布する必要があるためすべて散播方式で、しかも能率をあげるため少ない散布量で十分に均一な落下状態が得られなければ、防除効果の不徹底、もしくは集中落下による薬害の危険があり、散布量が著しく多く、散布むらがさほど問題にならない粒状肥料とは散布機構に大きな差がある。

また除草粒剤の人力による散播は、現在なお多くの農家によって行なわれているが、均一散布に留意するほど作業能率が低く、作業時間を短くすると散布むらのため薬害を起こしやすい結果、大面積の一斉防除には、能率的で散布むらの少ない散布機械の開発が必要であった。

(2) 農薬粒剤の現状

昭和39年(1964年)度の農薬生産量をみると、農薬粒剤の生産量は86000トンで、金額にして71億円になる。このほとんどは殺虫粒剤と除草粒剤で、殺虫粒剤が23000トン(20億円)、除草粒剤が63000トン(50億円)である。

殺虫粒剤のうち大部分はBHC粒剤の22000トンで、1ha当り30kg散布として73万ha(水田面積の約24%)が対象である。また除草粒剤のうち田植え(移植栽培)および湛水(乾田直播)直後に散布するPCPまたはNIP粒剤は46000トンで、1ha当り30kg散布として150万ha(水田面積の約50%)に散布され、粒剤散布の普及は著しいといえる。

(3) 粒剤散布機の開発、改良の経過

除草粒剤が製作され農林省がその効果試験を行なったのは1958年以前のことであり、これを散布する機械の開発と除草効果の検討を、著者と農事試験場雑草関係者に指示してきたのは1959年であった。当時の問題点は散布機械の機構と粒剤の粒径分布で、研究の結果、散布機構では0.3~1.25mm、雑草防除面では0.3~0.8mmという結論が得られ、相互調整の結果、粒径分布は0.3~1.25mmで0.5~0.8mmを大部分とし、有効成分含有率はPCPの場合25%ということになった。これからまず人力

散粉機を簡単に改造して粒剤散布機にという農林省の指示によって、1960年に人力散粉、散粒兼用機が開発され、雑草研究者とともに散布方法と防除効果の検討が行なわれ、同年一部の製造メーカーに実用機の製作販売を依頼して、PCP粒剤の普及とともに、試験的に発売された結果現在多くの普及をみている。また翌年に農業メーカーによってBHC粒剤の試作品が持ち込まれ、圃場試験で人力散粒機の実用性とその効果が認められた。

これらは人力散布機であるため、能率が低く、大面積防除に十分でなかったため、1961年、歩行型トラクタ、動力散粒機が開発され、62年にかけて散布技術と防除効果の研究が雑草研究者との共同で実施され、63年栃木県農

試の水田直播栽培の作業体系に組み込まれて、その能率と効果が明らかにされた結果、64年農業機械化研究所、栃木、滋賀、長野の4農試による連絡試験によって一応問題点が出つくすとともに、その実用性が証明された。

なお、本報告中のⅡ-1-(1)と(4)、Ⅳ-1、3、4、は、農事試験場雑草研究室との共同研究になるもので、同じくⅣ-2は害虫研究室、Ⅳ-5は栃木県農業試験場種芸部との共同研究であり、Ⅳ-6は栃木県農業試験場種芸部、長野県農業試験場農機具部、滋賀県農業試験場経営研究部農機具課に対する委託研究によるもので、担当各位に心から感謝する。

II

粒剤の物理性と散布機構

Physical Properties of Granule and Mechanism for Applicator

粒剤の利用は、従来から粒状肥料、石灰散布などの分野で研究が進み、施肥播種機や Broadcaster としてすでに完成されている。このうち施肥播種機による粒状肥料の施用は、施肥効果を高めるために播溝への条播き落下方式をとり、また Broadcaster は単位面積当りの散布量が比較的多く、農薬ほど均一散布に関する研究が少ない。一方従来の農薬粒剤は粉剤と同じく10 a 当り散布量

が2~3kg ときわめて少量で、しかも防除効果および薬害の点で均一な散布状態が要求されている。その結果粒状農薬の形状、粒径、粒径分布、安息角、粒の破碎、増量剤 (Carrier) の材料などの物理性は、散布機のタンク傾斜角度、調量シャット開度、有効散布幅、散布の均一性から防除効果にまで大きな影響を及ぼすものと考えられる。

1. 粒剤の粒径、粒径分布、安息角

(1) 粒径と粒径分布

研究の当初1959年に供試した粒剤は除草粒剤 P C P と C 1 - I P C で第1表のとおりであった。

第1表 供試粒剤
(Table 1. Content of Granule)

除草剤名	有効成分含有率%
P C P - (A)	25.0
P C P - (B)	32.3
C 1 - I P C - (A)	2.0
C 1 - I P C - (B)	2.2

試験目的 各種粒剤の粒径分布と粒径累加曲線を求め、散布機械の吐き出し機構および散布の均一性の基礎データを得る。

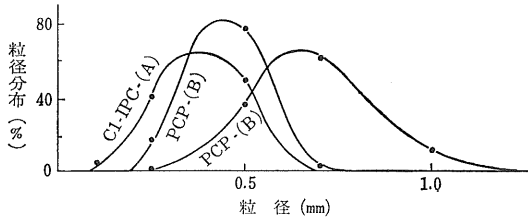
試験方法 100g の材料を1.41~0.105mm の7階級の標準篩で篩別し、その重量を測定して第2表の粒径分布を求め、さらに第1図の粒径分布曲線と第2図の粒径累加曲線を求めた。

結果と考察 P C P - (B) 剤では、粒径0.1~0.5mm のものが大部分であったに対し、(A) 剤は0.25mm 以下のものが少なく0.5~1.0mm のものが比較的多かった。C 1 - I P C の(B) 剤では、0.25~0.5mm の粒剤が大部分であったに対し、(A) 剤は0.25mm 以下のものが49%あった。またこれらの累加曲線をみると、P C P - (A) 剤では

第2表 粒径分布 (重量)

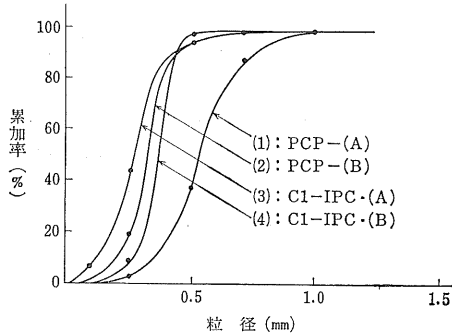
(Table 2. Diameter distribution)

	粒 径 別 重 量 %						
	<0.105mm	0.105~ 0.25mm	0.25~ 0.50mm	0.50~ 0.71mm	0.71~ 1.00mm	1.00~ 1.19mm	1.19~ 1.41mm
P C P - (A)	0	0.18	37.96	49.97	11.85	0.04	0
P C P - (B)	0.05	19.55	77.02	2.48	0.67	0.13	0.10
C 1 - I P C - (A)	6.88	41.81	48.18	2.85	0.23	0.04	0.01
C 1 - I P C - (B)	0.36	6.95	92.39	0.30	0	0	0



第1図 粒径分布曲線1

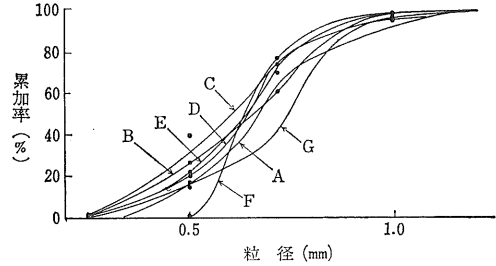
(Fig. 1. Curves of diameter distribution)



第2図 粒径の累加曲線

(Fig. 2. Accumulation curves of diameters)

0.5~0.7mm 付近が変曲点を示し、またこの点を中心に上下がほぼ対称を示しているが、その他の粒剤は変曲点を示す粒径が小さく対称の度合いもやや劣るようである。一般に平均粒径が比較的大きく、しかも粒径分布が左右対称であることは、これを散布する場合、距離別の落下量が均一になりやすいことで、粒径分布が1ヶ所に集中するほど一定距離に集中して落下することが多い。第3表および第3図は1960年度の7社のPCP粒剤の粒径分布と累加曲線を求めたもので、F社およびG社のもの以外はPCP-(A)剤とほぼ同じ傾向を示している。



第3図 各供試粒剤の粒径の累加曲線

(Fig. 3. Accumulation curves of diameters)

粒径の測定値を X_i 、その平均値を \bar{X} 、 X_i の頻度を n とすると、標準偏差は、

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n}}$$

であり、もし第2、3図の測定値が第4-1図の両座標軸に対して直線になる場合には、 X 軸に平均粒径、 Y 軸に%をとった曲線は、

$$Y = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{-\frac{(X-\bar{X})^2}{2\sigma^2}}$$

の Gauss の関数で表示することができる。これを $\frac{X-\bar{X}}{\sigma} = X$ になるよう変形して $-\infty$ から X まで積分した値

$$Y = \int_{-\infty}^X \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{X^2}{2}} dX$$

は、Gauss の表としてすでに公表されている。たとえば $\frac{X-\bar{X}}{\sigma} = X = 2$ に対して Y は 0.977 であり、 $Y = 0.5$ の X は 0 である。第4-1図では $Y = 50\%$ で $X = \bar{X}$ となる。

この第4-1図は50%の点を中心に50%をはなれるほ

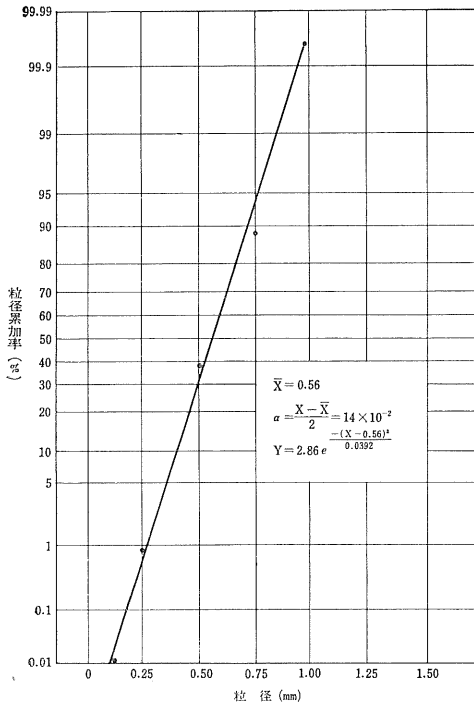
第3表 各供試品の粒径分布

(Table 3. Diameter distribution of PCP)

	粒 径 別 重 量 %						
	<0.25mm	0.25~ 0.50mm	0.50~ 0.71mm	0.71~ 1.00mm	1.00~ 1.19mm	1.19~ 1.41mm	>1.41mm
A社	0.1	16.0	53.2	28.1	2.5	0.1	0
B	1.5	39.1	34.1	25.3	0	0	0
C	0	24.2	50.2	25.6	0	0	0
D	0.2	26.5	36.0	37.3	0	0	0
E	0.1	23.6	54.6	19.1	1.9	0.7	0
F	0.1	0.5	77.6	21.8	0	0	0
G	0.6	19.6	22.8	55.3	1.6	0.1	0

どY軸上の目盛を拡大したもので、実際は片対数目盛の50の点で逆に張り合わせたものである。この目盛に第2表のPCP-(A)の値を代入するとほぼ50%を通る直線となり、これから $\bar{X}=0.56$, $Y=97.7$ のとき $X=0.84$ で $\sigma = \frac{X-\bar{X}}{2} = 0.14$ と求められ、関数の形は $Y = 2.86 e^{-\frac{(X-0.56)^2}{0.0392}}$ となる。

これを第3表のAからEまでについて求めると第4表および第4-2図のようになり、C以外の粒径分布はす



第4-1図 平均値と標準偏差の算出
(Fig. 4-1. Measuring of mean and standard deviation)

べて Gauss の式によって表示することができ、後に述べる粒剤の到達性の基礎資料となる。

第4表 各種粒剤の \bar{X} と σ

(Table 4. Mean and standard deviation of PCP)

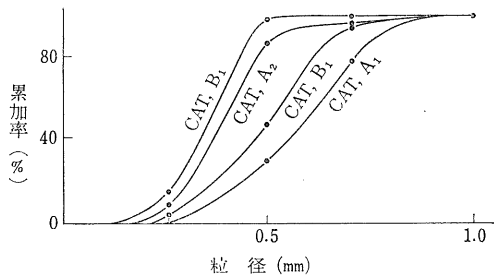
	PCP (A)	A	B	C	D	E
\bar{X}	0.56	0.76	0.69	0.72	0.76	0.73
$\sigma (\times 10^{-2})$	14	14	29	25	29	25

(2) 粒径分布と安息角

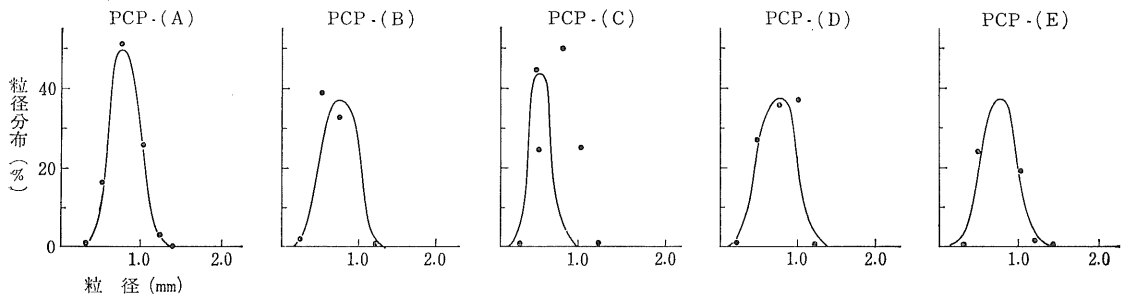
安息角の測定に供した粒剤は製造業者の供試品AからF社のC1-IPCのほかに、第5表のように粒径によってあらかじめ篩別したPCP粒剤と、第6表の粒径分布と第5図の累加曲線を有するCAT粒剤を供試した。

試験目的 以上の各粒剤について、粒径分布に対する安息角を測定して、吐き出し機構とくに調量シャットの基礎資料を得る。

試験方法 長さ、幅、深さ、120, 80, 150mmの安息角測定装置を用いて、側壁を引き上げて粒剤を流出させた後の傾斜面の角度をハンドレベルによって測定した。なおこの場合の粒剤は粒径分布の幅が小さいため、傾斜面に対する側壁の影響、傾斜面の凹状化は一部を除いてみられなかった。



第5図 CAT粒剤の粒径分布
(Fig. 5. Diameter distribution of CAT)



第4-2図 各種PCP粒剤の粒径分布
(Fig. 4-2. Curves of diameter distribution of PCP)

第5表 各粒剤の安息角
(Table 5. Angles of repose)

粒 剤 名	粒 径 範 囲mm	安 息 角 度	粒 の 形 状	備 考
PCP	0.5以下	36	丸 粒	試 験 用
"	0.5 ~ 0.75	37	"	"
"	—	—	"	"
"	1.0 ~ 1.25	37	"	"
"	1.25 ~ 1.5	37	"	"
"	0.3以下	55	"	不良品で傾斜面不定
C1-IPC-(A)	0.3 ~ 0.8	32	砂 粒	試 験 用
" (B)	"	36	"	"
PCP A	0.3 ~ 1.25	36	丸 粒	35年度市販品
" B	"	38	"	"
" C	"	36	"	"
" D	"	35	"	"
" E	"	38	"	"
" F	"	35	"	"
CAT A1	0.3 ~ 0.8	37	"	試 験 用
" A2	"	36	"	"
" B1	"	37	砂 粒	"
" B2	"	36	"	"

第6表 CATの粒径分布
(Table 6. Diameter distribution of CAT)

粒 剤 名	粒 径 別 重 量 %						仮 比 重	成 分 量 %
	<0.1mm	0.1~ 0.25mm	0.25~ 0.50mm	0.50~ 0.71mm	0.71~ 1.00mm	1.00~ 1.4mm		
CAT A1	0.1	1.8	27.5	49.2	21.4	0	1.02	1.07
" A2	0.2	8.8	76.6	12.8	1.6	0	1.02	1.09
" B1	0	4.6	42.7	48.6	4.1	0	1.30	1.08
" B2	0	16.2	82.8	1.0	0	0	1.29	1.17

結果と考察 試験の結果は第5表のように、各社のPCP, CAT供試品, C1-IPCともほぼ36ないし38度の安息角を示した。粒径別に篩別したPCPでは、粒径0.5から1.25mmのものは36ないし37度の安息角であったが、粒径0.3mm以下は傾斜面が急激に変化したり、また凹状になって一様でなく平均55度の安息角となった。またC1-IPCのA剤は0.3mm以下の粒径を多く含んでいるため、傾斜面は比較的安定したが、安息角が32度であった。

以上の結果から粒径分布が0.3から1.25mmの範囲なら安息角が一定となることが知れた。しかし安息角を左右する他の因子は、粒の形状のほか粒剤の水分含有量が考えられる。

(3) 各種粒剤の吸湿性

安息角を左右する因子は、粒剤の水分含有率すなわち吸湿性である。

試験目的 多くの除草粒剤について粒径別の吸湿性を求め、同時に粒状肥料のそれと対比する。

試験方法 供試粒剤は市販PCP粒剤G, Hのほか、水中MCP, BHC, シマジン(ベントナイト), シマジン(珪石), NIP, PCP尿素, 硫酸を用い、ほぼ同量を定温器で十分に乾燥させて感度1mgの直示天秤で秤量し、ついで湿度93~94%, 室温23~24°Cの地下室の底部に144時間放置して24, 48, 144時間での含水量を同じ方法で測定した。なおこの間の湿度, 室温はほぼ一定。

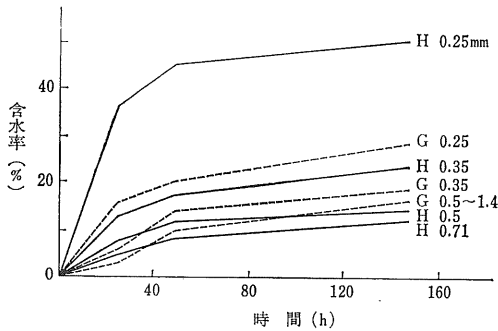
結果と考察 測定結果は第6～8図のとおりで、

1) PCP粒剤においては粒径0.35～1.4mmの範囲では10～20%の含水率であった。また粒径が0.25～0.35mmと小さくなるほど表面積が大きいために含水率が大きくなるが、0.5～1.4mmの範囲では粒径による相違が小さいようである。

2) 各種除草剤水中MCP, シマジン, NIP, PCP(A), (B)およびBHC粒剤では、粒径が0.25～0.35mmの場合含水率は15%以下であった。

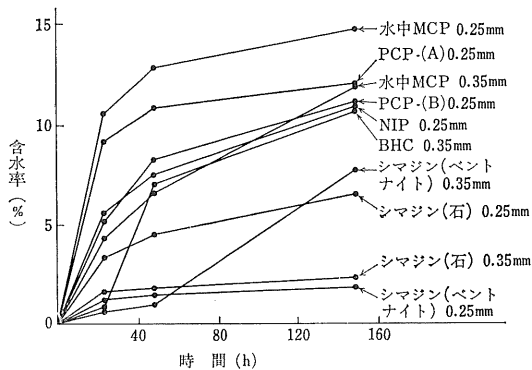
3) これに対して第8図のPCP尿素, 硫安などは20～80%の含水率の変化を示し、含水率の変化は前者の3～4倍であった。

以上の結果から除草剤のなかでも極端な湿度のもとで長時間放置させると最大30%ほど吸湿するが、粒径0.5～1.4mmでは粒状肥料に比べて吸湿性が小さく長時間放置した粒剤の安息角もほぼ一定である。このように



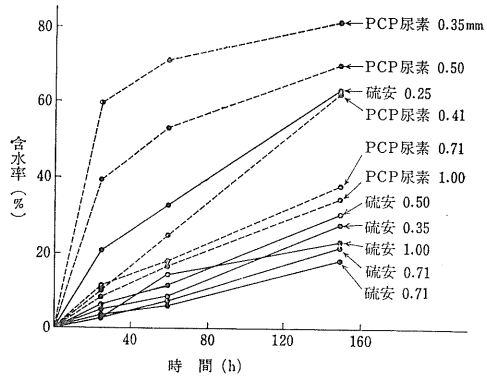
第6図 各種PCP粒剤の含水率変化
(粒径0.25～1.4mm)

(Fig. 6. Transformations of water content of PCP (dia. 0.25～1.4mm))



第7図 各種除草剤の含水率変化
(粒径0.25～0.35mm)

(Fig. 7. Transformations of water content of granular herbicide (dia. 0.25～0.35mm))



第8図 各種粒状肥料の含水率変化
(粒径0.25～1.0mm)

(Fig. 8. Transformations of water content of granular fertilizer (dia. 0.25～1.0mm))

安息角が一定であることは、すでに知られているように粒剤の流動性がよいことで、粒剤の吐き出し機構が後述するように簡素化できる。

(4) 粒径と除草効果

粒剤の流動性からすると粒径分布は0.3から1.25mmが適当であるが、粒径分布と除草効果の面ではやや違ったことになる。一般に少量の粒剤を均一に散布して徹底した除草効果をあげるには液剤散布と同じく粒径の小さい方がよいが、0.3mm以下の粒剤は粉剤に近くなり粒剤の長所が失われてくる。またある粒径以上のものでは作物の株際に集中して落下した場合、一時的に付近の濃度が高くなって根からの吸収量が増加し、作物は薬害を起こして枯死することがある。

試験目的 粒径分布の異なる4種の除草剤を圃場に散布して、除草効果および薬害の程度を求め、適切な粒径分布の範囲を検討する。

試験方法 供試粒剤は第1表のPCP-(A)剤および(B)剤, C1-IPC-(A)剤および(B)剤で、試験圃場と作物は沖積層埴壤土と皮麦(ムサシノムギ)の1ないし2葉展開期である。また対象雑草はノミノフスマ, スズメノテッポウなどで、散布機は後述の試作人力散粒機で、有効散布幅を5mにとり、10a当り3kg散布した。

結果と考察 試験結果は第7表のとおりで、散布区の皮麦および雑草の生体重は無処理区に比しいずれも小さくなっている。これらの結果から、

1) PCP粒剤では粒度の大きい(A)剤は粒度の小さい(B)剤より皮麦に対する影響が大きく、また除草効果もやや少ない。これは(A)剤の場合粒径が大きいため土壌表面

第7表 除草剤による効果と薬害
(Table 7. Weed control effect and injury)

	皮麦生体重		雑草生体重	
	実数 gr	比率 %	実数 gr	比率 %
無 処 理	78.4	100.0	1.69	100.0
P C P - (A)	71.1	90.6	0.33	19.5
〃 (B)	75.0	95.7	0.20	11.8
C 1 - I P C - (A)	49.3	62.9	0.11	6.5
〃 (B)	39.1	49.9	0.10	5.9

の P C P 分布が不均一になりやすく、局部的には高濃度となって薬害が現われ、反対に局部的には低濃度となり除草効果が小さかったといえる。

2) C 1 - I P C 粒剤では、使用量、散布量が多く、

播種深度が浅かったため一般に薬害が大きかったが、0.25~0.5mm が大部分を占める(B)剤の方が、(A)剤より薬害がやや大きく、除草効果は両剤とも著しい結果を示した。

これらを総括すると粒径の大きいものを含む粒剤は除草剤散布としてやや不十分であり、反対に粒径の小さい部分を多く含むものも同じく十分とはいえない。その上下の限界はおおよそ0.3ないし0.8mmと考えられた。一方散布機構からは前述の流動性のほかに、後述する調量の難易と粒径の到達性すなわち有効散布幅の面から0.3ないし1.25mmが適当となったため、両者を調整した結果「除草剤の粒径は0.3から1.25mmで大部分は0.5~0.8mmで1.0mm以上はなるべく少ないこと」という結論を得た。

2. 粒剤の粒径と散布機の送り出しおよび調量機構

粒剤をタンクから送り出し調量する機構は、施肥播種機の研究分野ですでに多くの結果が知られている。除草剤においては平均粒径が小さく、粒径分布の範囲が比較的狭く、しかも安息角が一定で流動性がよいから、通路面積さえ変化させれば簡単に送り出し量が調整でき、その結果従来の散粉機との兼用が考えられる。

(1) 粒剤散布に対する送り出し装置の適否に関する実験

試験目的 前掛け形人力散粉機そのままを用いて粒剤散布の可否を検討した。

試験方法と結果 供試粒剤は P C P - (A) 剤、C 1 - I P C の (B) 剤で、人力散粉機のハンドル毎分回転数は60を目標とした。実験結果は平均粒径の小さい C 1 - I P C の場合はどうにかハンドルを回転することができて粒剤を吐き出しえたが、ハンドルの回転に必要なトルクが大きく連続作業が不可能であった。また平均粒径のやや大きい P C P では、ハンドルが重くて毎分60回転を保つことがむずかしく、タンク底部を調べた結果粒剤の大部分が粉状化していた。

これは散粉機のタンク底部にあるかきませ機 (Agitator) の回転が粒剤によって大きな抵抗を受けるため、粒径の大きいほど抵抗が大きく、これを無理に回転すると粒剤が破砕されるためである。したがって粒剤の送り出し装置としては Agitator 機構は散布速度の遅い特殊なものでない限り不適當であることが知られ、Agitator を

取りはずすことによって散粉機との兼用が考えられた。

(2) 粒径と毎分落下量の変化に関する実験

試験目的 人力散粉機との兼用を前提とし Agitator を取りはずした場合、タンク内の粒剤の充てん量の変化に対する毎分落下量の変化を検討する。

試験方法 供試粒剤は粒径0.5mm から0.25mm おきに1.5mm まで篩別した P C P 粒剤を使用し (この場合1.25~1.5mm も供試した)、タンク側壁の傾斜角度35度で直径6~10mm の落下穴から粒剤を落下させた場合、経過時間に対する落下量の変化を測定した。

第8表 粒径別落下量 (P C P)
(Table 8. Discharge rate of each diameters)

粒 径 mm	<0.5	0.5~ 0.75	1.0~ 1.25	1.25~ 1.5
毎分吐き出 し量 kg/min	0.27	0.24	0.2	0.17

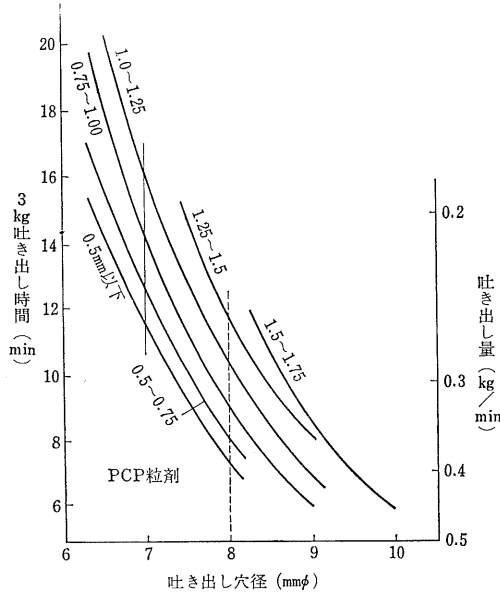
注：穴径 10mmφ。

結果と考察 測定結果は第8表および第9図のとおりであった。この結果から、

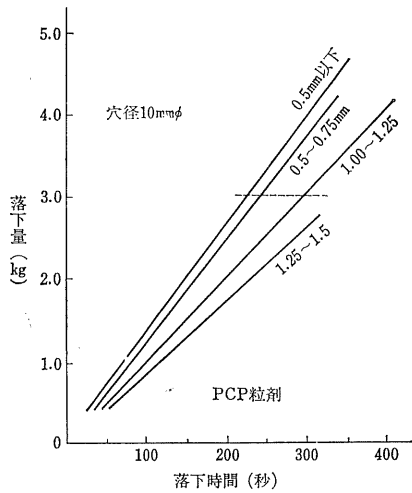
1) 粒径が小さくなるほど毎分落下量 (吐き出し量) は多くなり、粒径が1.5mm を越えると落下状態が間けつになる。これは第5表のように各粒径の安息角がほぼ一定であるから流動性そのものはほぼ同じであるが、粒径が小さいほど落下穴の通過が容易で、反対に粒径が大

きくなるほど落下穴の通過が困難となり、ついに間欠的に落下することが原因と思われる。つまり毎分落下量は落下穴径と安息角が一定である場合は粒径の大小に関係する。

2) 10mmφの落下穴によって0.5から1.5mmの粒径を落下させると、各粒径とも単位時間当りの落下量は第8表のようで、第9-2図のようにタンク内の粒剤の充



第9-1図 吐き出し穴径と吐き出し量
(Fig. 9-1. Discharge area and discharge rate)



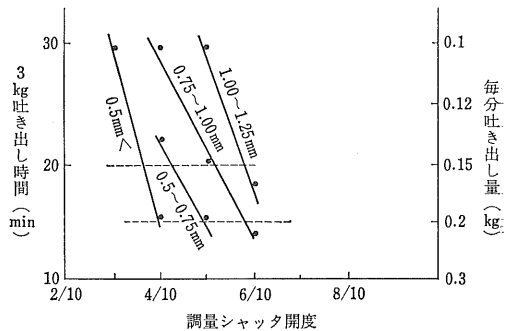
第9-2図 粒径別粒剤の落下量
(Fig. 9-2. Discharge rate of each diameters)

てん量には無関係である。これは粒径分布が0.5~1.5mmの範囲の粒剤を供試し、安息角が一定であるため粒剤の流動性がきわめて安定していることによると思われる。しかし実際の市販製品は粒径分布が当時まちまちであったから、毎分落下量はタンクの充てん量の変化により多少変わることが予想される。

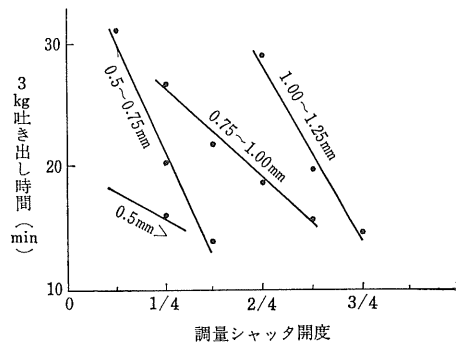
(3) 落下穴すなわち調量シャッタ開度と粒径

試験目的 10a当り散布量が3kgであることは、作業時間を少なくする必要からすでに与えられた基準であり、また粒剤を散布することは軽作業であるから10a当り作業時間は15ないし20分程度が望ましい。したがって粒剤の3kgを15ないし20分で落下する(以下吐き出すと書く)落下穴の断面積(以下調量シャッタ開度と書く)と、各種粒径の関係を検討する。

試験方法 全開における断面積の違った調量シャッタ2種を用い、各々の調量シャッタの開度を変えた場合、3kgの粒剤の吐き出し時間を測定する。供試粒剤は0.5mmから0.25mmおきに1.5mmまで篩別したPCP粒剤を用いた。タンク容量は約6kgで、全開における調量シ



第10図 調量シャッタ開度と粒径 (1)
(Fig. 10. Area of adjusting shutter to each dia. (1))



第11図 調量シャッタ開度と粒径 (2)
(Fig. 11. Area of adjusting shutter to each dia. (2))

シャッタの直径はタンクAで11mm, タンクBで10mmである。

結果と考察 試験結果は第10~11図のとおりである。

これらの結果から,

1) 3kgの粒剤を15ないし20分で吐き出す場合, 粒径が小さいほど調量シャッタの開度を小さく, 粒径が大きくなるほど開度を大きくする必要がある。

2) 粒径1.25mm以上の粒径では, 調量シャッタの開度をある値以上に大きくしないと, 吐き出し状態が間けつ的で, 連続でしかも一定な吐き出し状態が得られない(ただし0.15~0.2kg/minのとき)。

3) 粒径1.25mm以上の粒径は, 吐き出し状態が連続的になる調量シャッタの開度では, 3kgの粒剤の吐き出し時間は15分より速くなり, 散布作業が困難になる。

4) タンクAおよびタンクBの結果から, 粒径0.5ないし1.25mmの粒剤なら, 調量シャッタの開度を調節すると, 3kgの粒剤を15ないし20分で, Agitatorをつけなくても連続的な吐き出し状態が得られる。

これらの理由はすでに落下穴の大きさを一定とした場合に考察したとおりで, 3kgを15ないし20分で吐き出すに適切な粒径は0.5ないし1.25mmの範囲で, この結果に示された調量シャッタの開度なら, 現行の前掛け式人力散粉機の調量範囲内にあることが知れた。

(4) 各種の粒径分布に対する調量シャッタ開度と吐き出し量

試験目的 上の実験によって各粒径の吐き出し状態が求められたが, 実用の粒剤はこれらの粒径がそれぞれ特有の粒径分布をしている。そこで市販PCP粒剤AからGについて3kg散布に対する調量シャッタと吐き出し量を測定した。

試験方法 台上に前の実験に用いたタンクAを固定し, 一定量3kgの粒剤を吐き出す時間を測定した。AからG粒剤の粒径分布は第3表のとおりで, BおよびEが円筒粒であった。調量シャッタの開度はFの8/10を除いてすべて6/10であった。

結果と考察 試験結果は第9表のとおりである。

1) 0.5から0.71mmの粒径が50%以上を占めるA, C, Eは, 6/10開度における吐き出し量が0.15~0.16kg/minであった。これを第10図と対比すると,

(i) 第10図において0.5~0.75mmに篩別された粒剤の示す吐き出し量が0.15kg/minを示すシャッタ開度は

第9表 各粒剤の吐き出し量
(Table 9. Discharge rate of PCP)

粒剤名	調量シャッタ開度	3kg 散布時間 min	吐き出し量 kg/min
A	6/10	21.8	0.14
B	6/10	22.0	0.14
C	6/10	23.2	0.13
D	6/10	19.5	0.15
E	6/10	19.8	0.15
F	8/10	18.0	0.17
G	6/10	18.8	0.16

ほぼ4.5/10であるに対し, 第9表の0.5~0.75mmを50%含む実際の粒剤A, C, Eでは約6/10である。

(ii) 第10図で0.15kg/minの吐き出し量は6/10において1.0~1.25mmの粒剤に相当し, これは1.0~1.25mmをまったく含まないC剤もほぼ同じである。

2) 0.25~0.5, 0.5~0.75, 0.75~1.00mmをほぼ等分に含むB, D剤では, 6/10開度における吐き出し量が0.13~0.14kg/minで第10図の1.0~1.25mmの線より右側の値をとっている。

3) 0.7~1.0mmを55%有するF剤では, 8/10開度の吐き出し量が0.17kg/minで, 第10図の1.0~1.25mmの6/10に相当している。

これらの結果から, 同じ吐き出し量において粒径分布の範囲が広い実用粒剤のシャッタ開度はそれらを構成している0.25mmおきの個々の粒径のシャッタ開度より大きく, シャッタ開度を一定にすると粒径分布の違いによって吐き出し量が違ってくる。しかし0.5~1.0mmを適当に含み, かつ第4表の Gauss 関数に従う実用粒剤は, 0.15kg/minの吐き出し量の目標に対し, その誤差は±10%で, 利用上大きな支障をきたさない。これに反して0.5~1.0mmを99%も含み, 第4表の $\bar{X}=0.6\sim0.7\text{mm}$, $\sigma=(15\sim24)\times 10^{-2}$ の Gauss 関数に著しく合わないF剤は, 調量シャッタの開度を変えないと同じ吐き出し量が得られないため, シャッタ開度をあらかじめ規定できない。

しかしその後実際の農家で使用されているものを検討した結果は, 粒径分布がまちまちで, 極端に小さいものの多い粒剤や1.25mm以上の粒が多くて篩別する必要のあるものなどがあり, 調量シャッタは4/10~8/10まで実際の粒剤に応じて調節する必要があった。

3. 粒径と到達距離

複雑な粒径分布をする粒剤に、一定の力を加えて空中を飛ばせながら散布すると、到達方向及びその直角方向に各距離に応じた落下量の分布を形成する。これは力の加え方や粒剤の飛び出し口（以下散布機の吐き出し口という）の形状のほか、力の大きさと粒剤本体のもつ粒径分布に左右される。

(1) 撃力による散布方向への落下分布

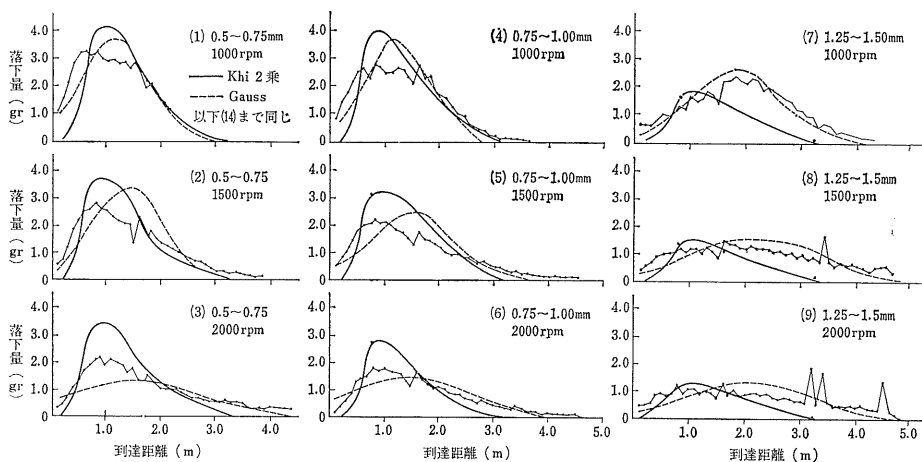
実験目的 撃力 (Impulsive force) によって粒剤を散布する場合には、粒剤の大きさと吐き出し口の形状と、撃力を与える物体の大きさおよびその速度が関係する。そこで取扱いを簡素化するため、撃力を与える物体の大きさ、形状を、後述の設計編で一応妥当なものと考えた。試作羽根車を用い、その円周上の一端に粒剤落下穴をもうけ、撃力だけによる影響をみるためケーシングや吐き出し口を取り付けないことにした。また羽根車の回転速度すなわち撃力の大きさは、粒剤が撃力によって破碎しない程度の 1000, 1500, 2000rpm とし、それ以下の周速度では相対的に到達距離が小さくなるだけで意味がなく省略した。

実験方法 使用粒剤はベントナイトを Carrier とした P C P 粒剤で 0.25~0.5, 0.5~0.75, 0.75~1.00, 1.00~1.25mm に篩別した各粒剤を多量に準備した。測定装

置は幅 1000mm, 長さ 2000mm の木枠の長辺にそって鋼線を 20本張り, その上にビニール布をひろげて, 1 測点 2000×100mm の溝を設けたもので木枠の個数は 4 個である。なお測定範囲は木枠を床面上でならべ変えることによって長さ 8 m まで測定可能であった。また粒剤に撃力を与える羽根車の直径は 260mm で, 羽根幅 31mm, 羽根枚数 16 個で, 床上からの取付高さは 700mm で, ベルトをかいして分巻直流電動機により運転した。粒剤タンクは簡単なホッパで, 落下穴が羽根車のほぼ円周上に来るよう調整した。なお試作した羽根車とその回転速度では, 粒剤が回転する羽根車の間を通り抜けて床面にそのまま落下することは, ほとんど認められなかった。

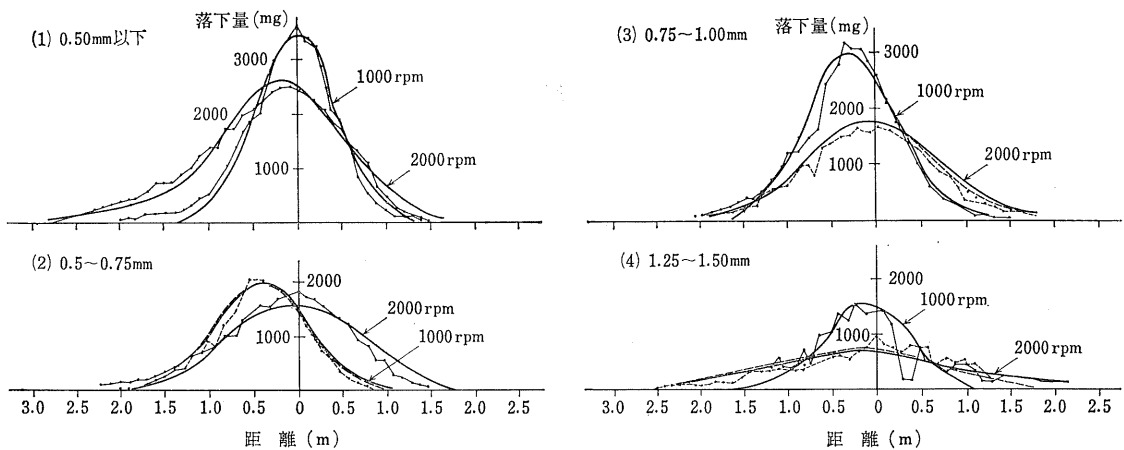
結果と考察 実験結果は第 12 図のとおりで測定値は撃力の作用点から各距離ごとの溝の平均値である。これから,

- 1) 羽根車の回転速度 (周速度) と粒剤の分布
 - (イ) 羽根車の回転速度が低くなると単位面積当たり落下量の peak が大きくなり, 回転速度が速くなるほど単位面積当たり落下量の peak は小さくなる。
 - (ロ) また羽根車の回転速度が低くなると落下量の peak は, 粒剤が撃力を受け始めの点に近くなり, 速くなるほど peak は遠くなる。
- 2) 粒剤の粒径と粒剤の分布



第12図 粒径別落下分布, 散布方向

(Fig. 12. Distribution of deposits, to applying-direction.)



第13図 粒径別落下分布, 直角方向

(Fig. 13. Distribution of deposits, at right angle of applying-direction)

(イ) 粒径については、粒径が小さいほど単位面積当たり落下量の peak が大きくなり、粒径が大きくなるほど peak が小さくなる。

(ロ) また粒径が小さいほど落下量の peak が撃力の点に近くなり、大きいほど撃力の点より遠くなる。

これを実用面から考えると、一般に落下量の peak が小さいほど落下剤の均一性がよくなり、また peak が撃力の点より遠いほど有効散布幅が大きくなって剤散布には都合がよい。その結果剤の粒径が大きいほど、および羽根車の撃力が大きいほどよいわけであるが、すでに述べたとおり 1.0~1.25mm 以上のは除草剤の薬害の点で適当でなく、羽根車の回転速度は後述するように剤の破碎の原因となるからあまり大きくできない。

(2) 撃力による直角方向への落下分布

実験目的 散布方向の分布のみでなく、それと直角方向の分布すなわち横の広がりを検討して、前項と同じく撃力の大きさと粒径に対する落下剤の分布を検討する。これは前項が散布方向と直角に移動する機構の基礎事項に対し、散布方向に移動する場合を想定した基礎実験である。

実験方法 供試剤および試験装置は前項と同じであるが、木枠を90度方向変換させ、最大6mの幅まで測定を行なった。

結果と考察 結果は第13図のとおりで、これから、

1) 羽根車の回転速度が遅くなると単位面積当たり落下量の peak が大きくなり、回転速度が速くなるほど落下量の peak は小さくなる。

2) 粒径が小さいほど落下量の peak が大きくなり、粒径が大きくなるほど peak が小さくなる。ただし 0.5~0.75mm, 1000 rpm の全落下量はこの場合少なかった。

3) 剤の落下幅は、前項の場合よりやや小さい。一般に撃力の方向が剤の重心を通ったときは、ほとんど撃力の方向に集中してとび出すが、剤状が不整いで撃力が重心を通らないときは重心と撃力のずれに応じた方向に拡散する。この場合は後者の性質を利用するもので、前者に比し広がりは小さい。

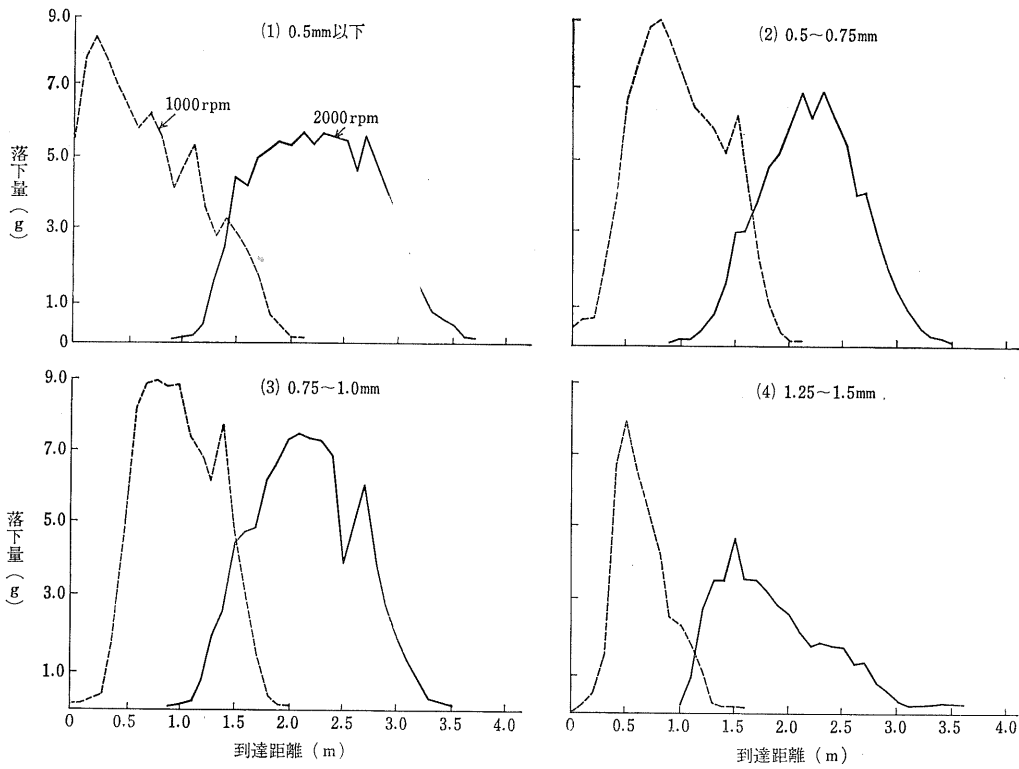
以上の結果から、直角方向についても前項と同じことが認められ、剤を機械の移動方向と直角に散布する機構では、横の広がりより散布方向に集中した方がよいに対し、移動方向に散布する機構では反対に横の広がりが問題である。

(3) 風のみによる散布方向への落下分布

試験目的 以上の項は羽根車むき出しのままであったが、剤の粒径が小さくなると撃力よりも空気流で吹き出す方がよい場合もある。

そこで衝撃と風による吹き出しを共有させる方法として、衝撃の羽根車をケーシングに入れることを考え、剤を羽根車にあてることなく風のみによる落下分布を検討した。

試験方法 前項の羽根車を Archimedian 型のケーシングに入れて衝撃をなくし、送風だけの傾向をみるためケーシングの吹き出し口に剤落下口を設けて、剤の落下分布を検討した。羽根車の回転は前項と同じく 1000~2000rpm とし、使用剤を 0.5mm 以下、0.5~0.75、



第14図 風による粒剤の落下分布
(Fig. 14. Distribution of deposits. Wind only 0.5~0.75mm)

1.0~0.75 mm の各々について、前述の落下分布測定装置を用いて測定を行なった。

結果と考察 試験の結果は第14図のとおりで、これらの結果から、

- 1) 羽根車の回転数が速くなるほど粒剤の到達距離が大きくなり、落下の分布範囲が吐き出し点より遠くなる。
- 2) 撃力を利用する場合より落下分布の範囲が小さく、また一般に1ヶ所に集中して落下する傾向がある。

3) 粒径0.5mm以下のものは粒径が小さいため Stokes の抵抗力が大きく働き粒剤は遠くへは到達しない。また1.25mm以上になると1000rpmの回転(後述するが平均風速11m/s程度)では、粒剤の質量が大きく粒径を遠くへ飛ばすことができない。

4) しかし羽根車回転数2000rpmならば、粒径0.5mm以下の粒剤を約2.0~2.5mまで到達することができ、粒剤を一応散布することができる。

4. 落下量分布の関数表示

以上の落下量の分布状態は、単に曲線で表示するのみでは得られる結論も少なく、根本的な解明にならないことがある。そこでこれらの曲線を数個の関数で表示し、曲線のもつ意味を数式で表現してその性質を検討した。

(1) 散布方向への落下量分布の Khi 2乗関数

第12図は、落下量の分布状態を図示したものである

が、たとえばPCP粒剤の直径0.50~0.75mmのものを1500rpmの羽根車で吐き出すと、その測定値は第10表のようになる。いま各距離 X の落下量と全落下量の比を Y とすると、

$$Y = aX^b c^X$$

なる関係があるとして、 a 、 b 、 c を求めると、

$$Y = 0.64 \times 10^{-3} X^4 (0.74)^4$$

第10表 落下量分布の実験式

(Table 10. Experimental formula of distribution)

X	1	2	4	8	16	32
測定値 Y	0.55	0.77	1.80	2.78	2.36	0.37
$Y=aX^b c^X$	—	—	0.6	2.4	3.4	0.46

となり、第10表のように比較的、実測値と合っている。しかしこの式は変数が a, b, c と3個あるため表示が複雑で得られる結論も少ない。そこで K を定数とした Khi 2 乗関数 (Y は前と同じ)は、

$$Y = \frac{1}{2^{\left(\frac{k}{2}\right)} \Gamma\left(\frac{k}{2}\right)} (X)^{\frac{k}{2}-1} e^{-\frac{X}{2}}$$

に適合させれば K の値のみで関数を決定することができる (Γ は Gamma 関数)。この方法は上式から、

$$\log Y + \frac{X}{2} \log e = \left(\frac{k}{2} - 1\right) \log X + \log \frac{1}{2^{\left(\frac{k}{2}\right)} \Gamma\left(\frac{k}{2}\right)}$$

となり $\log Y + \frac{X}{2} \log e$ に対する $\log X$ の傾斜から $\left(\frac{k}{2} - 1\right)$ すなわち K が得られ、この結果を実測値と対比したものが第12図の実線である (K の値は第11表にある)。

この式による計算値と実測値は多少ずれがあるけれども、いま近似的に合うとすればつぎのようなことがわかる。すなわち上の関数において、 X 軸と曲線とで囲まれた面積、

$$\int_0^{\infty} 2^{-\left(\frac{k}{2}\right)} \frac{1}{\Gamma\left(\frac{k}{2}\right)} (X)^{\frac{k}{2}-1} e^{-\frac{X}{2}} dX = 1$$

であり、 X が X_1 で与えられた場合、

$$P = \int_X^{\infty} 2^{-\left(\frac{k}{2}\right)} \frac{1}{\Gamma\left(\frac{k}{2}\right)} (X)^{\frac{k}{2}-1} e^{-\frac{X}{2}} dX$$

は Khi 2 乗分布の表によって K, P, X の関係があらかじめ知れている。そこで、

1) X すなわち距離が ∞ の点から P になる距離 X をほぼ知ることができる。たとえば距離 ∞ の点から10%になる点、いいかえれば距離0から90%になる点は $K=12$ のとき $X=18.6$ となり、かりに全散布粒剤量の90%まで落下した範囲を有効散布幅という見方をすると、そのときの距離 $X=18.6$ (X 目盛は0.1m) で1.86mということになる。第11表は75%および90%落下した点の距離を各場合について示したものである。

2) X 座標すなわち距離が X_1 から X_2 のあいだに落下する粒剤の割合を知ることができる。たとえば $X_1=14.8$ から $X_2=18.6$ のあいだ

$$X = 18.6 - 14.8 = 3.8 \text{ (距離にして 38cm)}$$

の落下量を知るには X_1 から ∞ までの P_1 と X_2 と ∞ までの P_2 との差

$$90 - 75 = 15\%$$

となる。第11表は90%と75%の間すなわち15%落下する帯状の範囲を表示したものである。

(2) 散布方向への落下量分布の Gauss の関数

第12図の中には比較的 Khi 2 乗関数に合うものがあるけれども、それ以外のは関数の値と実測値のずれが大きく実際のでない。そこでずれの大きいものの中から、ある点を中心にして左右対象なものを見ると Gauss の関数に近いものがある。たとえば1.25~1.5mm のものを1000rpmの羽根車で吐き出した場合などがそれで、

第11表 粒径別の到達性 (Khi 2 乗関数)

(Table 11. Formula for range of deposit (Khi square))

粒 径 mm	羽根車回転数 rpm	K	75% 落下の距離	90% 落下の距離	75~90% 落下の範囲
			m	m	m
0.5 ~0.75	1000	12	14.8	18.6	3.8
	1500	12	14.8	18.6	3.8
	2000	12	14.8	18.6	3.8
0.75~1.00	1000	12	14.8	18.6	3.8
	1500	12	14.8	18.6	3.8
	2000	12	14.8	18.6	3.8
1.25~1.50	1000	13	16.0	20.0	4.0
	1500	13	16.0	20.0	4.0
	2000	13	16.0	20.0	4.0

第12表 粒径別の到達性 (Gauss 関数)
(Table 12. Formula for range of deposit (Gauss))

粒 径 mm	羽根車回転数 rpm	\bar{X}	σ	75%落下の距離 m	90%落下の距離 m	75~90%落下の範囲 m
0.5 ~0.75	1000	11	6	15.0	18.7	3.7
	1500	14	6	18.0	21.7	3.7
	2000	15	12	23.0	30.4	7.4
0.75~1.00	1000	12	6	16.0	19.7	3.7
	1500	15	7	19.7	23.9	4.2
	2000	15	11	22.4	29.1	6.7
1.25~1.50	1000	18	8	23.4	28.2	4.8
	1500	21	11	28.4	35.1	6.7
	2000	21	11	28.4	35.1	6.7

これを粒径分布の Gauss の関数化と同じ方法で計算したところ第12図の点線のようにになった。この関数は標準偏差 σ と平均値 \bar{X} によって決まるから、各々の場合について σ と \bar{X} を表示すると第12表のようになる。ここで各 X の落下量と全落下量との比を Y とすると、

$$Y = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-\frac{(X-\bar{X})^2}{2\sigma^2}} dX$$

において $X = \frac{X-\bar{X}}{\sigma}$ とすると、

$$\frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{+\infty} e^{-\frac{X^2}{2}} dX = 1$$

で X が X_1 で与えられた場合

$$P = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{X_1}^{\infty} e^{-\frac{X^2}{2}} dX$$

は Gauss の表によって X_1 から P を求めることができる。そこで、

1) X すなわち距離が ∞ の点から、落下量の分布割合が P になる距離 X_1 をほぼ知ることができる。たとえば距離が ∞ の点から10%になる点、いいかえれば距離0から90%になる点は、Gauss の表から、

$$\frac{X-\bar{X}}{\sigma} = 1.28$$

で、 $\bar{X}=18$ $\sigma=8$ (粒径1.25~1.5mm, 1,000rpm) のとき $X=28.2$ (2.82m) となる。第12表は75%および90%落下した点の距離を各場合について示したものである。

2) X 座標すなわち距離が X_1 から X_2 のあいだに落ちる粒剤の割合を知ることができる。たとえば 0.5~0.75mm で、1000rpm のとき $X_1=15.0$ から $X_2=18.7$ のあ

いだ

$$X = 18.7 - 15.0 = 3.7 \text{ (0.37mの距離)}$$

の落下量を知るには $\bar{X}=11$ であるから、

$$\frac{X_1 - \bar{X}}{\sigma} = \frac{18.7 - 11}{6} = 1.28$$

$$\frac{X_2 - \bar{X}}{\sigma} = \frac{15.0 - 11}{6} = 0.67$$

の $P_1=90\%$, $P_2=75\%$ でその差15%となる。第12表は75%および90%落下する帯状の範囲を表示したものである。

3) 各々の分布曲線を Gauss の関数で表示できる場合は、関数の分布曲線は平均値を中心にして左右対称である。しかし実測値は必ずしも関数と一致しないから、実測曲線が平均値を中心にとどの程度左右対称であるかを検討することができる。いまある実測曲線の距離 X_n で落下量 Y_n であったとすると、完全に左右対称であると X の平均値を \bar{X} として、

$$\sum Y_n (X_n - \bar{X})^3 = 0$$

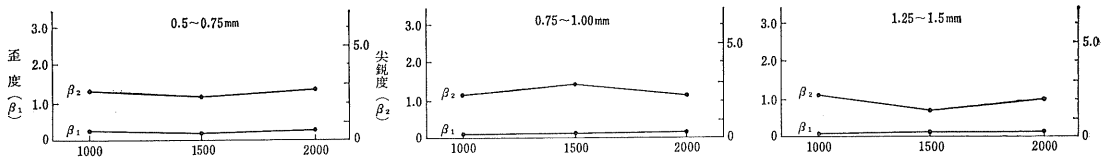
になる。その結果もしこの値が大きいほど Gauss の関数で代表させることが無理ということである。しかしこの値は X_n の単位によるから、単位の影響をなくすため標準偏差 σ を用いて、

$$\beta_1 = \left[\frac{\sum Y_n (X_n - \bar{X})^3}{N \sigma^3} \right]^2$$

を求め歪数 (Skewness) を計算する。計算を簡素化するには、

$$\sum \frac{Y_n}{N} (X_n - \bar{X})^2 = \sigma^2$$

であるから、



第15図 粒径別落下分布の歪度と尖鋭度
(Fig. 15. Skewness and kurtosis of distribution)

$$\beta_1 = \frac{\left[\sum \frac{Y_n}{N} (X_n - \bar{X})^3 \right]^2}{\left[\sum \frac{Y_n}{N} (X_n - \bar{X})^2 \right]^3}$$

としてこれを計算すると、第15図および第13表のようになる。この図と表の値から第12図を検討すると、この場合の結論としてつぎのことがいえる。

第13表 粒径別落下分布の β₁, β₂
(Table 13. Skewness and kurtosis of distribution)

粒径 mmφ	羽根車回転速度 rpm	歪度 β ₁	尖鋭度 β ₂
0.5 ~ 0.75	1000	0.20	2.5
	1500	0.18	2.3
	2000	0.27	2.7
0.75 ~ 1.00	1000	0.07	2.3
	1500	0.05	2.8
	2000	0.12	2.2
1.25 ~ 1.50	1000	0.07	2.2
	1500	0.07	1.4
	2000	0.01	1.9

(イ) 粒剤の粒径が 1.25~1.5mm では、羽根車の回転数が大きくなるほど Gauss の関数にほぼ一致する。

(ロ) Gauss の関数とみなすためには、この場合歪度にして 0.1 以下が適当であり、その場合には関数の性質を利用することができる。

4) 粒剤の分布状態として 1 ヶ所に集中して落下するより、ある範囲に均一に広がって落下したほうがよい。この判定は、落下量の分布曲線を実際に測定し画くより方法がない。しかし多くの経験から集中落下の程度を示す数値を求めると、それ以後の検討に便利である。いまある実測値 X_n, Y_n, 平均値 \bar{X} において、 \bar{X} の付近をとる X_n に対する Y_n が極端に大きく、しかも \bar{X} をはなれても長く尾を引く場合と、 \bar{X} の付近をとる X_n に対する Y_n が適当でしかも範囲が広く、 \bar{X} をはなれても長く尾を引かない場合を想定して、

$$\sum \frac{Y_n}{N} (X_n - \bar{X})^4$$

を計算すると、X_n が \bar{X} からのはなれてもなお尾を引く場

合には上式の値が大きくなる。これを X_n の単位の影響をなくすため前式と同じ方法で

$$\beta_2 = \frac{\sum \frac{Y_n}{N} (X_n - \bar{X})^4}{\left[\sum \frac{Y_n}{N} (X_n - \bar{X})^2 \right]^2}$$

なる尖鋭度 (Kurtosis) を計算すると第13表および第15図のとおりになる。これから

(イ) 粒剤の粒径が 0.75mm 以下では尖鋭度が大きくなり、落下分布がある位置に集中する。

(ロ) 尖鋭度の実際値はいうまでもなく除草効果および薬害に関連するもので、分布曲線の基礎データから判定することが困難であるが、この場合尖鋭度が 2.0 以下ならむき出しの羽根車を使ったこの試験でも一応均一である。

(3) 散布方向に対して直角方向への落下量分布の Gauss の関数

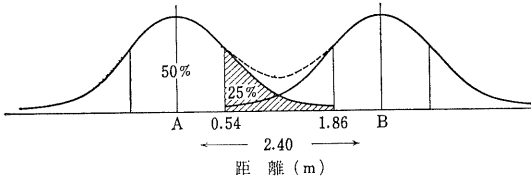
散布方向と直角方向への落下量分布の曲線を Gauss の関数化し、その特性を利用して解析の参考とする。方法は前項と同じでその結果を図示したものが第13図のとおりであり、平均値 \bar{X} と標準偏差 σ を表示すると第14表のとおりになる。これから、

1) 散布方向に対する直角方向への落下量の分布は、Gauss の関数によく一致し、平均値 \bar{X} と標準偏差を第 4-1 図の方法で求めると落下分布を知ることができる。

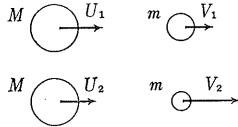
第14表 粒径別粒剤の落下分布の \bar{X} と σ (直角方向)
(Table 14. Mean and standard deviation for distribution of deposits)

回転数 rpm	粒径 mm	0.5以下	0.5~0.75	0.75~1.00	1.25~1.00
		\bar{X}	20	20	21
1000	σ	4.5	5.0	5.0	5.0
	\bar{X}	22	24	23	22
2000	σ	7.0	8.0	7.0	10.0

注: \bar{X} は座標変換した値である。



第16-1図 作業幅の解析
(Fig. 16-1. Swath width)



第16-2図 粒剤の衝突
(Fig. 16-2. Impulse of granules)

すなわち第13の測定点を結んだ折線に対し、実線の理論曲線はよく一致している。

2) その結果ある距離 X_1 から X_2 に落下する粒剤の割合も前と同じ方法で知ることができるが、この場合はとくに機械の作業幅を解析的に求めることができる。いま

0.5~0.75mm の 2000rpm の分布関数第16-1図において座標変換を行ない \bar{X} の点Aが0になったとする。かりに $X=0$ から X_1 までの落下量が25%の範囲まで有効落下とみなすと、Gauss の表で $\frac{X_1 - \bar{X}}{\sigma} = 0.675$ であつ第14表から $\sigma = 8$ であるから $X_1 = 5.4$ (1目盛10cmで0.54m), すなわち0を中心に左右1.08m ($= 0.54 \times 2$) の範囲が50%落下する範囲である。

Gauss関数の左右は無限にのびているから、 ∞ から X_1 までが1%以下である部分は防除効果がまったくないとして X_1 を表で求めると $\frac{X_1 - \bar{X}}{\sigma} = 2.33$, $X_1 = 18.6$ (1.86m) となる。したがって図の斜線部分の距離は、

$$1.86 - 0.54 = 1.32m$$

このあいだは全体の25%しか落下しないから、同じ散布機が回行してきて隣の線を図Bのように通過したとして、斜線の区間にも合計50%落下させると $AB = 1.86 + 0.54 = 2.40m$, これがこの場合の作業幅となり、この間の落下分布は両者の和として点線のようになる。

5. 粒剤への撃力と到達距離

粒剤に力を与えると今まで静止に近かったものが急に大きな速度をもって運動を始め、その速度と粒径の大きさによって到達距離が決まる。そこで運動エネルギーの大きさを検討し、力の与え方による到達性の相違を検討する。

(1) 粒剤への撃力

いま羽根車と粒剤が衝突する場合を単純化して、第16-2図のように質量 M の剛体が質量 m の粒剤と衝突して粒剤に撃力が作用するとし、剛体の速度を羽根車の周速度 U とし粒剤の速度を V とし、衝突前を1、直後を2とすると、前後の運動量の総和は一定であるから、

$$MU_1 + mV_1 = MU_2 + mV_2$$

$$M(U_2 - U_1) = -m(V_2 - V_1)$$

また Newton の実験法則によって回復係数 (Coeff. of restitution) を e とすると、 e は物質による定数で、

$$\frac{U_2 - V_2}{U_1 - V_1} = -e \quad 0 < e \leq 1$$

この両式より、

$$V_2 = V_1 - \frac{M}{M+m}(V_1 - U_1)(1+e)$$

羽根車に衝突する前の粒剤は垂直方向の速度をもつが、水平方向には速度をもっていないから $V_1 = 0$ とすると、

$$V_2 = \frac{MU_1}{M+m}(1+e)$$

$$\frac{m}{M} = \delta \text{ として } 1 > \delta \rightarrow 0$$

$$V_2 = \frac{U_1(1+e)}{1+\delta} \rightarrow U_1(1+e)$$

これから粒剤が衝突後撃力を受けて運動する運動エネルギー E_1 は、

$$E_1 = \frac{1}{2} m U_1^2 (1+e)^2$$

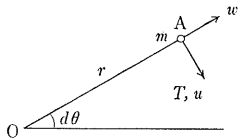
となる。

e は $0 < e \leq 1$ であるが、羽根車および粒剤が完全弾性体とすると $e = 1$ で $E_1 = 2mU_1^2$ である。

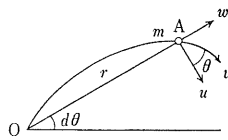
(2) 回転円板上の粒剤

第17図においてOを中心とし半径 r のA点に質量 m の粒剤が回転運動をしているとき、

T : 質量 m の粒剤の円周方向の力
 U : " " " の速度



第17図 円板上の運動(1)
(Fig. 17. Motion of granule on the revolving disc plate (1))



第18図 円板上の運動(2)
(Fig. 18. Motion of granule on the revolving disc plate (2))

W: 質量mの粒剤の半径方向の速度

r: 回転半径

とすると、力Tは質量と円周方向の加速度の積と、半径方向の速度Wの方向変換力の和となり、

$$T = m \frac{dU}{dt} + mW \frac{d\theta}{dt}$$

ここで、

$$r \frac{d\theta}{dt} = U, W = \frac{dr}{dt} \text{ より } W \frac{d\theta}{dt} = \frac{U}{r} \frac{dr}{dt}$$

これらを上式に入れて、

$$Tr = mr \frac{dU}{dt} + mU \frac{dr}{dt} = m \frac{d(Ur)}{dt}$$

ところが Tr は軸Oの回転モーメント (turning moment) で、ωを角速度とすると Trωは単位時間のエネルギー (仕事量) dE₂ になり、dt については、

$$dE_2 = Tr \omega dt = m \omega d(Ur)$$

さてOを回転円板の中心とし、第18図のように粒剤がOから円板の周辺Aに達する間に円板の周速度に対して絶対速度Vの方向に運動したとすると、Vの円周方向の速度は Vcosβ で、つねにU>Vであるから、r=0のときU=0としてdE₂の式につきOからA点まで積分すると、エネルギーE₂は、

$$E_2 = m \omega r V \cos \beta = mU V \cos \beta$$

となり、Vcosβ = rUとして、

$$E_2 = mU^2 \gamma \quad \gamma = \frac{V \cos \beta}{U}$$

このときU>V、0<cosβ<1であるから0<γ<1
これらから $\frac{E_1}{E_2}$ をとるとUとU₁は同じものであるから、

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{2mU_1^2}{mU^2 \gamma} = \frac{2}{\gamma} > 1$$

$$E_1 > E_2$$

なおe=1としたが、実際には0.5<e≤1で、かりにe=0.5としても $\frac{(1+e)^2}{2} = \frac{2.25}{2} = 1.12$ でE₁とE₂の式は成立する。したがって粒剤がもつエネルギーは撃力のほうが大きいといえる。

(3) 実用粒剤の落下量分布と分布関数

試験目的 以上は0.5~0.75, 0.75~1.00mmなどのように、ある小さい粒径の範囲内の粒剤を、羽根車でとばせたが、ここではすでに説明した実用粒剤について、羽根車による落下分布を検討して試作機の基礎資料を得る。

試験方法 使用粒剤はPCP, C1-IPCで羽根車の回転速度は1000, 1500および2000rpmとした。測定装置その他は前項と同じ。

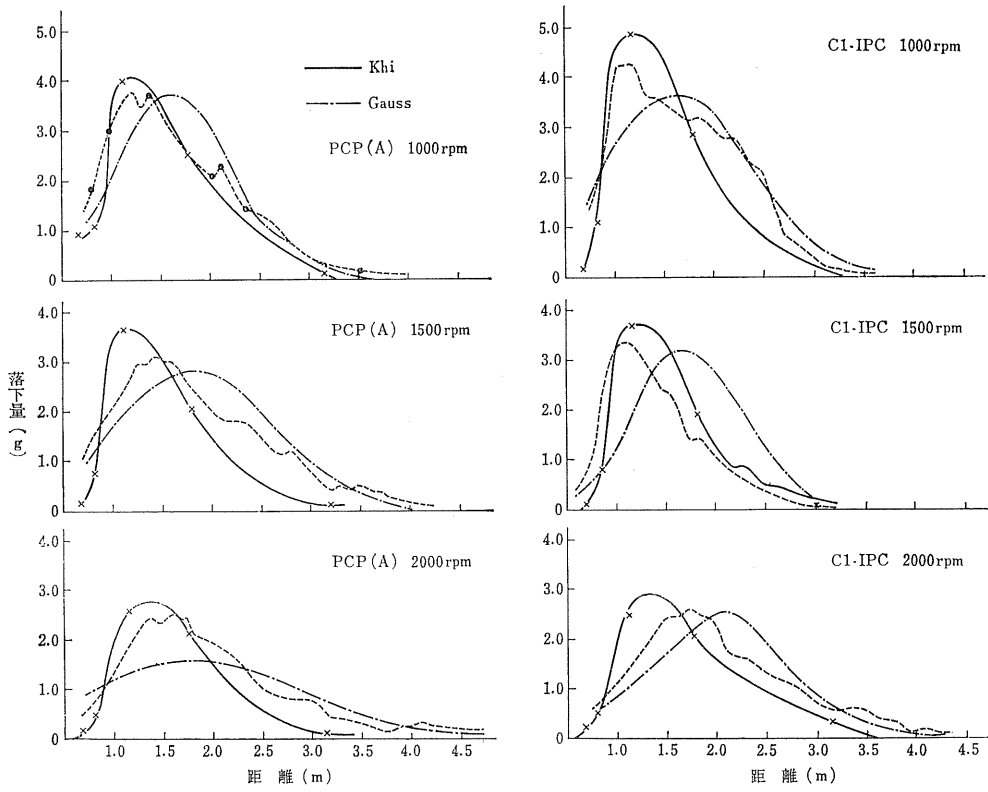
結果と考察 測定結果は第19~20図までのとおりで、これらをKhi 2乗および Gauss 関数で示すと第15表のようになる。この結果から、

1) PCPおよびC1-IPCなどの実用粒剤も、すでに述べた0.25mmおきに篩別したPCPの各粒剤とほぼ同じ落下分布をする。すなわちK=12または13で関数の形を代表することができる。また両粒剤とも羽根車の回転速度が低いほど、とくに Khi 2乗関数によく合う傾向がある。

第15表 実用粒剤の到達性

(Table 15. Range of deposits for used granules)

粒 剤	羽根車回転数rpm	K	75%落下の距離 m	90%落下の距離 m	75~90%落下の範囲 m	Gauss 関数	
						\bar{X}	σ
PCP-(A)	1000	12	14.8	18.6	3.8	10	6
	1500	12	14.8	18.6	3.8	12	7
	2000	13	16.0	20.0	4.0	12	10
C1-IPC-(B)	1000	12	14.8	18.6	3.8	10	7
	1500	12	18.8	18.6	3.8	14	6
	2000	13	16.0	20.0	4.0	14	7



第19図 実用粒剤の落下分布

(Fig. 19. Distribution of deposits of used granules)

2) また Khi 2乗関数でなく Gauss の関数で代表させると σ は 6 から 10 の値をとるが、一般に Gauss 関数と実測値とは一致しにくい。

3) K が求められた結果、有効散布幅やある範囲の落下量をあらかじめ推定することができる。

これらをさらに解析すると次項以下のようになる。

(4) 粒径分布と落下量の分布関数

いま第20図のA点においてある撃力が粒径を異にする各粒剤に単一に作用し、一様に初速度 V_0 で出るとする。この粒径分布は Gauss の関数に表示されるとし、最大粒径は d_{max} 、最小粒径は d_{min} であつたとする。そして d_{max} は粒径が大きいため質点の運動として扱うと径路は放物線となり、

$$X = V_0 t, Y = \frac{1}{2} g t^2 \text{ から}$$

$$X = L_{max}, Y = H \text{ として}$$

$$L_{max} = \left(\frac{2 V_0^2}{g} H \right)^{\frac{1}{2}}$$

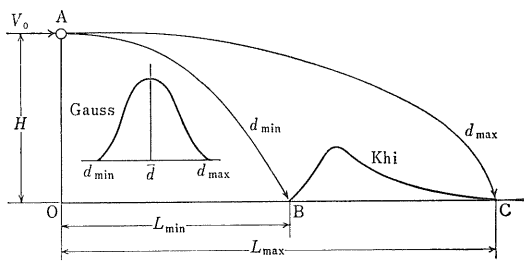
また最小粒径 d_{min} は、粒径が小さいため空気抵抗をう

け、 η を粘性係数、粒剤の密度を ρ とすると、Stokes の式で、

$$\rho \frac{\pi}{6} (d_{min})^3 \frac{dV}{dt} = -3\pi\eta V d_{min}$$

ここで $K = \frac{18\eta}{\rho d^2}$ としてこの式を積分すると、初速 V_0 で、

$$X = \frac{V_0}{K} (1 - e^{-kt}) = \frac{V_0 - V}{K}$$



第20図 粒剤の落下分布曲線

(Fig. 20. Theoretical distribution of deposits)

いま落下高 H が十分に大きくて、 d_{\min} の粒子はその間速度を失うとすると $V \rightarrow 0$ で、そのときの X を L_{\min} とすると、

$$L_{\min} = \frac{\rho(d_{\min})^2}{18\eta} V_0$$

たとえば羽根車の直径0.24m、回転速度1800rpmのとき周速度 U は $U = \frac{\pi 1800}{60} \times 0.24 = 22.6 \text{ m/s}$ 、回復係数 $e = 0.6$ とすると、粒剤の撃力による速度 $V_0 = U(1 + 0.6) = 36.0 \text{ m/s}$ 、地上高さ $H = 0.6 \text{ m}$ とすると、

$$X_{\max} = \sqrt{\frac{2HV_0^2}{g}} = \sqrt{2 \times 0.6 \times 1290} = 12 \text{ m}$$

また $\rho = 0.123 \frac{\text{kg} \cdot \text{s}^2}{\text{m}^4}$ 、 $\eta = 1.83 \times 10^{-6} \frac{\text{kg} \cdot \text{s}}{\text{m}^2}$ 、 $d = 0.3 \text{ mm}$ 、 $V_0 = 36.0 \text{ m/s}$ とすると、

$$X_{\min} = \frac{\rho d^2}{18\eta} V_0 = \frac{0.123 \times (0.3)^2 \times (10^{-3})^2 \times 36}{18 \times 1.83 \times 10^{-6}}$$

$$= 0.01 \text{ m} \approx 0$$

つまり $OB = 0$ 、 $OC = 12 \text{ m}$ で吐き出し点から12mまでの間に分布することになる。

しかしこの間にどういふ分布をするかは、以上の説明では不十分で、これはつぎのようになる。

いま d_{\max} は質点の運動として扱ったため粒径の大小には無関係な L_{\max} となるけれども、大部分は d_{\min} と同じく L は d^2 の関数であるとして、横軸に d^2 に比例する L をとり、縦軸にその百分率をとると、曲線の形はKhi 2乗関数の定義によって K を定数として、

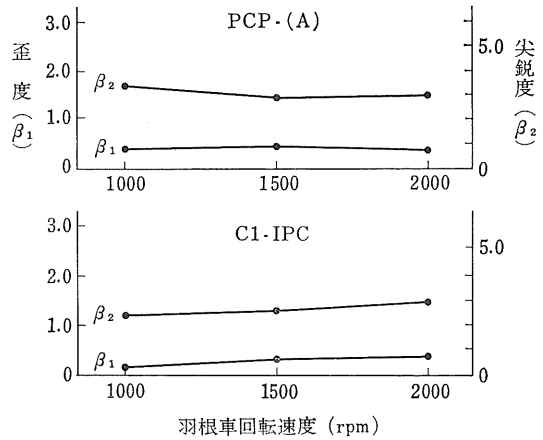
$$Y = \frac{1}{2^{\frac{k}{2}} \Gamma(\frac{k}{2})} (X)^{\frac{k}{2}-1} e^{-\frac{X}{2}} dX$$

で示され、 d の分布を $-\infty$ から $+\infty$ まで積分した値が1であるから、

$$\frac{1}{2^{\frac{k}{2}} \Gamma(\frac{k}{2})} \int_0^{\infty} X^{\frac{k}{2}-1} e^{-\frac{X}{2}} dX = 1$$

となる。いいかえると第4-2図に示されるようなほばGaussの関数に従う粒径分布に単一な速度を与えると、距離別の落下分布は上記のKhi 2乗分布になりGaussの分布にならないことになる。

これを実測の落下分布について検討するため、前と同様歪度を求めると第21図のようになり、歪度は粒径別に分けた第15図より一般に大きい。すなわち歪度が0に等しくなったとき左右まったく対称で、正確にGauss関数に一致するけれども、大きくなるほどGauss関数から遠



第21図 実用粒剤の β_1 と β_2

(Fig. 21. Skewness and kurtosis of distribution for used granules)

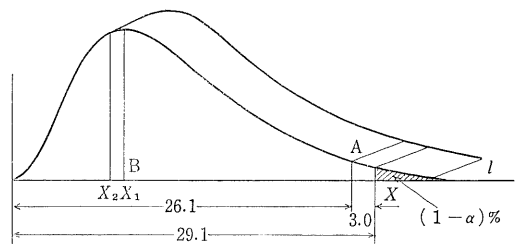
ざかるから、歪度の大きい実用粒剤の分布の方が小さい粒径別粒剤の分布よりGaussの関数に合わない。また尖鋭度も粒径別のもより大きく、粒剤の種類によっては薬害を起こす可能性も考えられる。

(5) 分布関数と有効散布幅

実用粒剤について羽根車単体の場合の落下量の分布は、 K を決めることによって以上のように関数化されたが、この関数を用いてつぎのことが考えられる。

1) 全散布量の α %落下する範囲を有効散布範囲という表現がもしできるならば、ある K をもつKhi 2乗関数において、 $+\infty$ から X までの関数の値が $(1 - \alpha)$ になる X として、 X を求めることができる。たとえば $K = 12$ において $+\infty$ から X になる値が、 $\alpha = 0.01$ として $1 - \alpha = 0.99$ ならばKhi 2乗関数の表より $X = 26.2$ (単位をmにとると2.6m)となる。

2) 有効散布幅が求められた場合、その両端における単位面積当りの落下量の割合を計算することができる。



第22図 散布範囲

(Fig. 22. Theoretical range of deposits)

たとえば $K=12$ において $X=2.62\text{m}$ までを有効散布幅とすると、その近辺の小さい幅（かりに 0.3m ）の落下量の割合は、 $X=2.62\text{m}$ から $+\infty$ までが 0.01 で、 $+\infty$ から $X=2.62-0.3=2.32\text{m}$ までの割合は Khi^2 乗の表から 0.025 であるから、 $0.025-0.01=0.015$ すなわち 1.5% となる。これは第22図において、分布の長さ 1 を適当にとって、A区間の単位面積当りの落下量を求めると 1.5% というので、 $10a$ 当り 3kg 散布とすると $3\text{gr}/\text{m}^2$ でA区間での 1m^2 当りの散布量は、 $3 \times 0.015/\text{m}^2 = 0.45\text{mg}/100\text{cm}^2$ である。

3) 落下量が最大を示す範囲が実験結果または曲線よりあらかじめ推定できるときは、その区間の単位面積当

りの平均落下量が知られ、粒剤の種類によっては薬害が起こるかどうかが知ることができる。いま第22図のある X において X が X_1 から X_2 の点にほぼ集中して粒剤が落下することが推定できる場合は、 ∞ から X_1 までの Khi^2 乗の表の値 P_1 と、 ∞ から X_2 までの Khi^2 乗の表の値 P_2 との差 P_2-P_1 がB区間の落下分布量であり、 $10a$ 当り散布量を $a\text{kg}$ (m^2 当り $a\text{gr}$) とするとB区間での平均落下量は $a(P_2-P_1)$ となる。そして薬害の起こる限度を単位面積当り $\beta\text{gr}/\text{m}^2$ とすると、つねに、

$$a(P_2-P_1) < \beta$$

にする必要がある。

III

粒剤散布機の試作と性能

Design and Performance of Applicator

1. 人力除草粒剤散布機の構造

(1) 人力除草粒剤散布機の基準

1960年に着手した粒剤散布機は人力用の除草粒剤散布機で、設計に際しての目標はつぎのようなものであった。

(i) 10 a 当りの散布製品量 3kg を約15分で、連続かつ定常に吐き出す調量シャッタをもつこと。

(ii) 有効散布幅は 4 ないし 6 m で、薬害の起こらないよう 100cm² 当り落下量の変動は 20 ないし 30% で散布のむらが少ないこと。

(iii) 現在著しく普及している人力散粉機に、多少の改良を加える程度の簡単な構造で、散粉、散粒が兼用できること。

以上のうち(i)については粒剤の毎分吐き出し量 q kg/min は、10 a 当り散布製品量を Q kg とし、10 a 当り正味散布時間を t 分とすると、

$$q = \frac{Q}{t} \quad \text{kg/min}$$

であり、(ii)に示されている有効散布幅 $t = 15$ min, $L = 6$ m では散布速度 v m/s は、

$$v = 16.7 \frac{q}{LQ} = 16.7 \frac{1}{Lt} = 0.186 \text{ m/s}$$

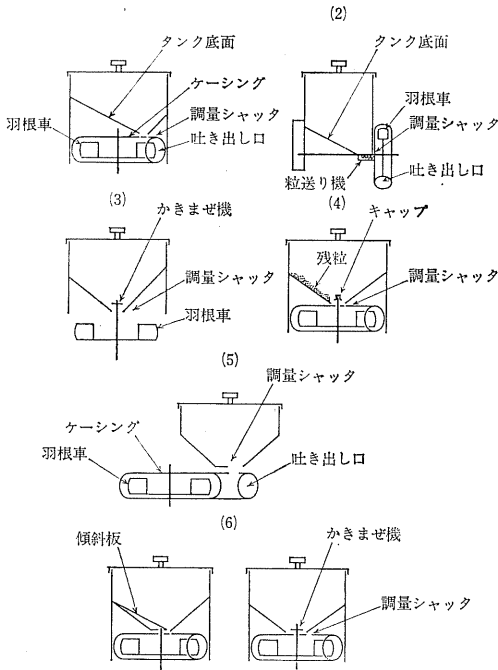
になる。また $L = 4$ m とすると $v = 0.279$ m/s で、いずれも水田内の移動および散布速度としては適当である。しかし(ii)のような均一に散布することが要求されると、速く移動しながら散布するより、遅く移動して確実な落下状態を得るほうが適当と考えられる。ただし遅く散布しても散布幅が広いから作業時間が同じになるが、散布幅が小さいほど旋回の時間が多くかかる。(iii)の事

項は設計上必要なことではあるが、散粉機の噴管を振る操作が粒剤散布でも必要になり散布技術を要するが、噴頭の形状を考えればほぼ目的を達成することができる。

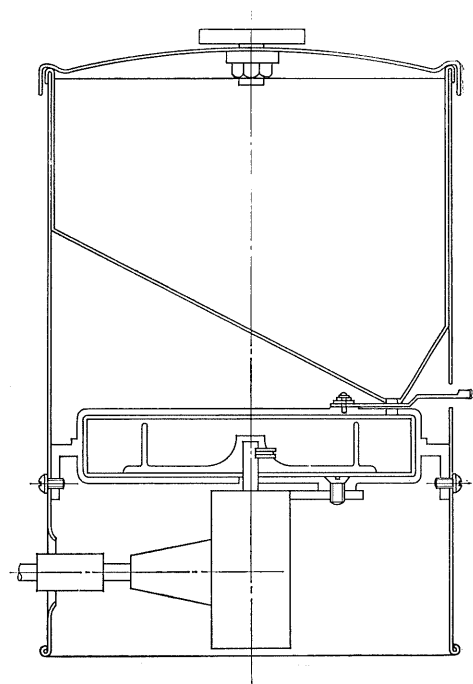
(2) 人力除草粒剤散布機の機構

さて粒剤散布として考えられる機構は第23図のとおりで、それぞれつぎのような長短を具えている。第24-1図は粒剤タンクの底部の開閉シャッタをたて軸型の羽根車の吐き出し口上部に置いたもので、タンク内の粒剤は調量シャッタで吐き出し量を調節されながら、すぐ下の回転羽根車の撃力によって吐き出し口から散布されるものである。この方式の長所は、粒剤がケーシング内にはいることが少なく羽根車の軸受の耐久力が大きく、羽根車の撃力のみでなく羽根車とケーシングから発生する風によって、細かい粒剤も場合によっては散布することができる。しかし短所は粒剤タンク底面の傾斜角が小さくなる所があり、粒剤の流動性に支障をきたすことが考えられ、また Agitator が取り付けられないから散粉機と兼用することができない。

第24-2図は横軸型の羽根車の側方に粒剤タンクを取り付けたもので、タンク内の粒剤をタンク底部で調量シャッタまで横方向に移動させるため、タンク底面の傾斜角度が小さくなり、これを安息角以上にとるとタンク容量が小さくなる。またタンク底部で Screw conveyer を用いて粒剤を横方向に移動させると、Screw conveyer の送り量に対し調量シャッタの開度が小さい場合には、conveyer 上で粒剤が停滞するため粒剤が破碎する。しかし長所としては Screw conveyer などを取り付けることによって散粉機に兼用することができ、また横軸であるためそのまま原動機軸に取り付けることが可能で、実



第23図 粒剤散布の機構
(Fig. 23. Mechanism of applicator)



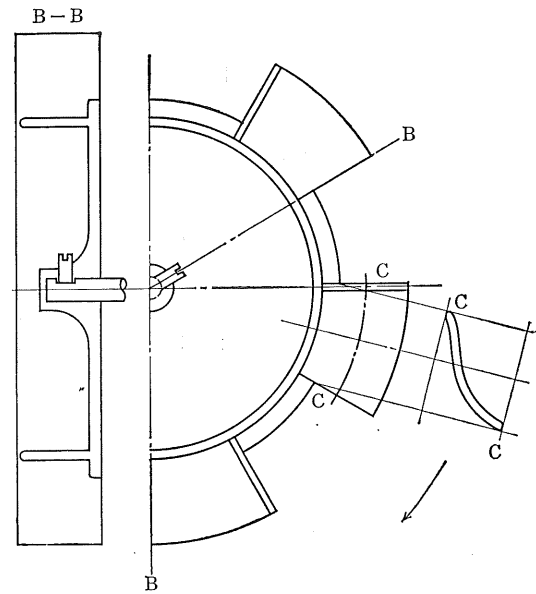
第24-1図 人力散粒機組立図 (1)
(Fig. 24-1. Hand type applicator (1))

用化の例がある。

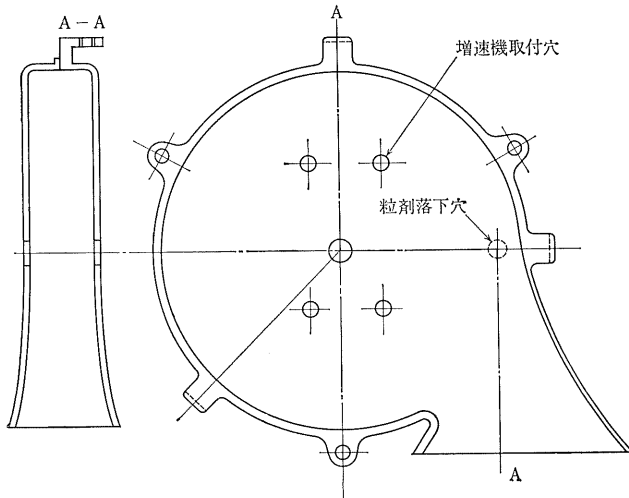
また第24-3図はすでに Broadcaster に利用されているもので、ケーシングがないため調整シャックから落下した粒剤は羽根車の中心から円周方向に至るあいだ主として遠心力をうける結果、粒剤の到達距離がやや小さくなり、さらに羽根車に対する粒剤の落下位置は、羽根車の中心に完全に一致しないと地上での落下分布が不均一になる。しかし構造が簡単でケーシング内の侵食がなく、その後改良されて実用化になっている。

第24-4図は従来のたて軸型散布機の Agitator を取りはずし、軸受保護のために軸の上部からキャップをかぶせたもので、この長所は散粉機がそのまま散粒機に使用できるから構造上きわめて簡単である。しかし調整シャックの反対側のタンク底部に安息角を示したままの粒剤が残留し、一定面積当り正確な散布量が得られないことがある。また粒剤は羽根車の中心に落下しケーシング内で複雑な運動をしながら、吐き出し口から散布されるから、軸受部やケーシング内の粒剤による侵食が考えられる。

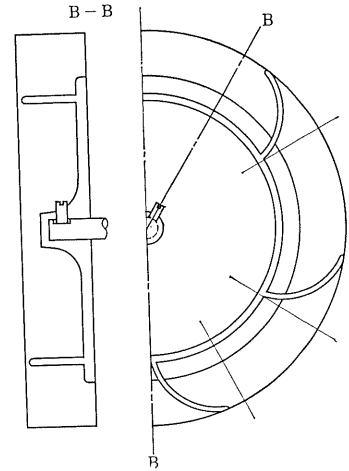
第24-5図は従来の散粉機のうち送風機の吐き出し口へ粉剤を落下させる型式をそのまま粒剤散布に利用したもので、粒剤が羽根車室内にはいらぬから耐久性が大



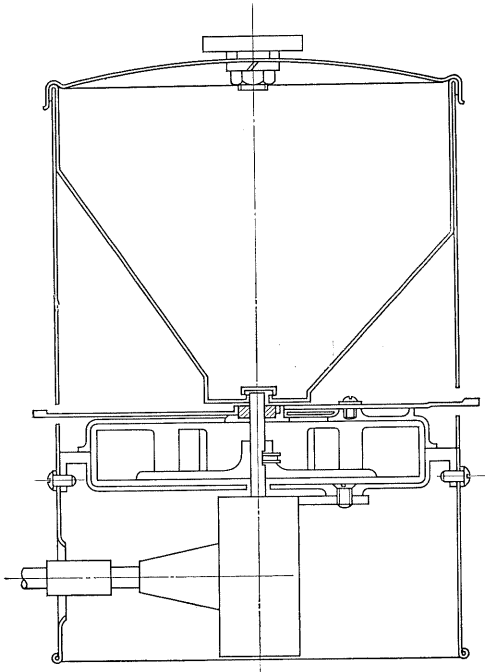
第24-2図 羽根車 (1)
(Fig. 24-2. Blade (1))



第24-3 図 羽根車ケーシング
(Fig. 24-3. Casing)



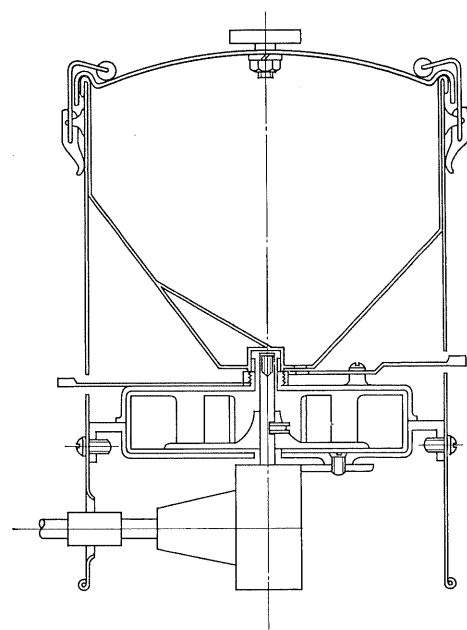
第24-4 図 羽根車 (2)
(Fig. 24-4. Blade (2))



第24-5 図 人力散粒機組立図 (2)
(Fig. 24-5. Hand type applicator (2))

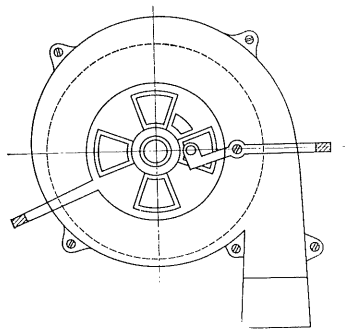
大きく構造簡単であるが、送風機からの風だけで粒剤を散布するため、粒剤の到達距離が比較的小さい。これもその後改良を加えて実用化されている。

第24-6 図は第24-4 図の改良型で、図左において軸受保護用のキャップの代わりに粒剤の安息角よりやや傾斜の大きい傾斜板をタンク底部に固定するもので軸受保護

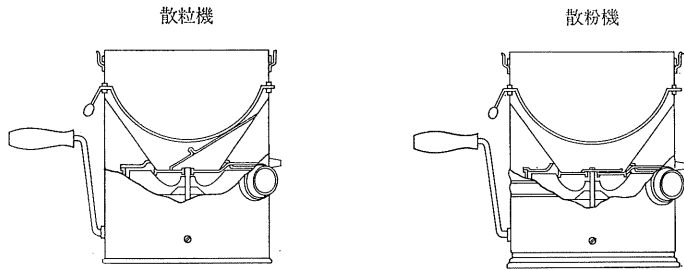


第24-6 図 人力散粒機組立図 (3)
(Fig. 24-6. Hand type applicator (3))

と残留粒剤の除去を同時にねらったものである。この方式はケーシングや羽根車の耐久性を高める材料を選定する必要があるけれども、前編の基礎試験や後編の圃場における実用試験にかんがみて一応の実用性が考えられ、現在多くの機種に利用されている。第24-1 図から第24-7 図は人力散粒機の試作過程を示したものである。そして第24-8 図は人力型散粉、散粒兼用機の実用例である。



第24-7図 人力散粒機ケーシング
(Fig. 24-7. Casing)



第24-8図 人力散粉散粒兼用機
(Fig. 24-8. Applicator for granule and dust)

2. 人力除草粒剤散布機の性能

(1) 有効到達距離と落下の均一性

実験目的 試作機を圃場に持ち出して防除効果を行なう前に、実験室内でその性能とくに粒剤の到達距離と落下状態の均一性を検討する。

実験方法 実験室内に断面積 100cm² の箱を一定間隔に40個ならべ、10a 当り 3kg の各種除草粒剤を試作機によって散布し、散布後箱の中に落下した粒剤を感量 1mg の直示天秤で測定した。箱の側壁は高さが 10cm であるから一度落下した粒剤は外へとび出さなかったし、粒剤の進入に対する箱の側壁の影響は、進入角度が大きかっ

たためこれを無視して計算を実施した。

供試粒剤は P C P - (A), および(B), C 1 - I P C - (A), ならびに A, B, C, D, E, F, G 社の P C P とした。また供試試作機は、調量シャッタの断面積の異なる A 機と B 機を用い、A 機ではシャッタ開度を 3/6~4/6, B 機では 6/10~8/10 とした。

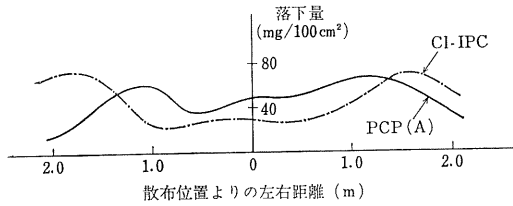
実験結果 実験した結果は第16-1表および第25図のとおりである。

有効到達距離 (effective swath width) を、落下量が 20mg/100cm² すなわち 10a 当り 2kg に相当する範囲と仮定し、散布の均一性を各測定値の変動係数 C · V

第16-1表 有効散布幅と散布むら (人力)

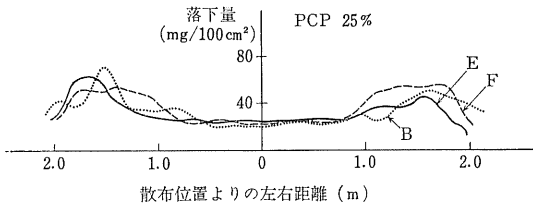
(Table 16-1. Effective swath width and uniformity of deposits)

供試機	除草剤	散布開度	散布速度	平均落下量 mg/100cm ²	変動係数		有効散布幅	
					右	左	右	左
A	畑用 P C P - (A)	4/6	0.179 m/s	43.45	30 %	28 %	1.8 m	2.3 m
	" (B)	"	0.239	63.35	37	23	1.7	2.0
	C 1 - I P C - (A)	3/6	0.232	56.65	23	20	2.2	2.6
B	P C P - (A)	6/10	0.18	35.8	32		1.8	
	" (B)	"	0.19	40.3	30		2.2	
	" (C)	"	0.16	32.4	28		2.2	
	" (D)	"	0.18	40.0	32		1.9	
	" (E)	"	0.18	31.3	33		1.8	
	" (F)	8/10	0.16	41.3	34		2.0	
	" (G)	6/10	0.16	31.3	34		1.9	



第25-1図 人力散粒機による落下分布 (1)

(Fig. 25-1. Real distribution of deposits by hand type applicator (1))



第25-2図 人力散粒機による落下分布 (2)

(Fig. 25-2. Real distribution of deposits by hand type applicator (2))

(coefficient of variety) によって表現した。すなわち 100cm^2 当りの測定値を x_i とし、 n 個の測定平均を \bar{x} とすると、

$$C \cdot V = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{n}} \times \frac{1}{\bar{x}}$$

である。

なお実用機の例についてシャッタ開度と吐き出し量の関係を求めた結果は第16-2表のとおりで、3kgを8~19分で散布することができる。

第16-2表 人力散粒機の吐き出し量

(Table 16-2. Discharge rate of hand type applicator)

シャッタ開度	3kg 吐き出し時間 (分・秒)			平均	吐き出し量 kg/min
	1	2	3		
6/8	20' 2''	18' 57''	19' 29''	19' 29''	0.154
7/8	12' 14''	11' 56''	—	12' 05''	0.248
8/8	8' 33''	8' 9''	—	8' 21''	0.359

PCP 25%

考察 有効散布幅と散布むらについてはつぎのことがいえる。

(i) 供試機A・B機ともに左右おのおのの有効散布幅は1.7~2.6mで、 $20\text{mg}/100\text{cm}^2$ 以上の落下範囲は、左右合計3.6~4.4mであった。

(ii) 散布のむらすなわち変動係数は20~37%で、比

較的均一であった。

(iii) 人力散粉機と兼用する型式においては、吐き出し管が散粉機と同じであるため、なるべく広い散布幅を得るには噴管を取り付けて左右に振る必要があり、そのほうが不定形な圃場区画にも十分使うことができる。しかし噴管を振る操作は散布むらに大きく影響し、単位長さ当り移動するあいだに、なるべく噴管の振り回数を多くする必要がある。この試験では未経験の散布者5名について室内散布を試みた結果では、1名が60%の変動係数を示したが、その他は30~40%であった。そこで20~30%の変動係数におさえるためには、作業方法として、移動距離1m当り噴管往復振り回数3回が多くて多くの測定結果から適当である。第17表は試作機の性能諸元である。なお 100cm^2 当り20mgが有効散布範囲であるとしたが、両端では重なるため有効散布幅は5~6mとした。

第17表 人力散粒機の性能諸元

(Table 17. Characters of hand type applicator)

大 き さ	高320, 長250, 幅260mm
重 量	2.8kg (空)
タンク容量	4.7l (3.1kg)
風 速	10~18m/s
散 粉・散 粒	0~250gr/min (散粉) 120~200gr/min (散粒)
散 布 幅	5~6m
噴管の振り回数 (1m移動当り)	3 往復
作 業 時 間	15~20min/10 a (正味) 1 時間25~35 a

(2) 散粒機による粒剤の破碎

実験目的 人力散粒機によって粒剤を散布すると、この機構では羽根車の撃力を利用するから、粒剤が破碎されて粉剤化し、それが風に流されて所定の量が落下しないことがあり、またPCPの場合人体の呼吸作用にも支障を与える。

実験方法 粒剤の一定量を0.42mmの篩で分け、通過しないものを人力散粉機にかけ、吐き出し口に長いビニール袋をかけて回収し、再び0.42mmおよび250メッシュの篩によって破碎した粒剤を測定した。

結果と考察 試験結果は第18表のとおりで、一般には羽根車の大きさと回転数、すなわち周速度が大きくなるほど、粒剤に与える衝撃が大きく破碎しやすいが、人力散粒機の場合(周速度が約10m/s)は0.42mm以下が3~7%で、さらに250メッシュの粉剤化するものは0.4%以下で、風上に向かって散布するとやや呼吸がくるしくなる

第18表 人力散粒機による粒の破碎

(Table 18. Break to dust from granule by hand type applicator)

粒 剂 名	散布開度	散布時間 10 a 3kg min	散 布 前			散 布 後		
			重 量 kg	0.4ミリ 篩通し%	250メッシュ 篩通し%	重 量 kg	0.4ミリ 篩通し%	250メッシュ 篩通し%
P C P A	6/10	21.8	2.9	0.6	0.02	2.87	7.7	0.09%
B	"	22.0	3.0	8.8	0.38	2.99	6.1	0.13
C	"	23.2	3.0	12.1	0.85	2.95	6.6	0.39
D	"	19.5	3.0	3.3	0.01	3.00	4.0	0.13
E	"	19.8	3.0	3.1	0.01	3.00	4.5	0.11
F	8/10	18.0	3.0	7.2	0.12	2.96	4.8	0.29
G	6/10	18.8	3.0	6.0	0.03	2.82	2.5	0.04

第19表 散粒の風による影響 (人力)

(Table 19. Influence of wind to application (hand type))

粒 剂 名	散布開度	1			2			平 均 落 下 量 mg/100cm ²
		散布速度 m/sec	振り回数 回/m	右側到達 距離 m	散布速度 m/sec	振り回数 回/m	右側到達 距離 m	
P C P A	6/10	0.18	4.6	1.8	0.16	3.0	2.1	35.80
B	"	0.19	4.0	2.3	0.15	3.3	2.5	40.30
C	"	0.16	3.2	2.3	0.14	3.3	2.7	32.40
D	"	0.18	3.2	2.0	0.14	3.3	2.5	40.25
E	"	0.18	3.0	1.8	0.17	2.7	2.1	24.70
F	8/10	0.16	3.4	2.0	0.18	2.7	2.5	41.30
G	6/10	0.16	3.6	2.0	0.17	3.0	1.9	42.70

が、落下量に対する影響は大差がない。

(3) 散粒に対する風の影響

実験目的 散粒機に使用する粒剤は、0.3~1.25mmであるが、圃場における自然風が強くなると、粒剤が風に流されて落下状態が違ってくる。この傾向は粉剤散布ほど顕著でないがその影響を検討する。

実験方法 散粒機の吐き出し口における風速が2m/sになるよう、軸流型送風機を実験室内で運転し、風速の影響をうけた部分の落下量とうけない部分の落下量を比較検討した。送風機は直径580mm、400rpm、送風機吐き出し口から散粒機の通過位置までの距離は3mとした。

風速計はロビンソン型であった。また風速を2m/sに持ったのは、一般散粉機で散布に支障をきたす場合に準じたものである。使用粒剤はP C PのA~G社のものである。

結果と考察 試験結果は第19表のとおりで、粒剤別の相違はこの場合明確な傾向がなく、片側で0.2~0.5mほど流されている。したがって、多少風上から粒剤を散布する程度でP C P粒剤ならその影響をなくすることができるが、畑作用除草剤のなかには第2図のように粒径の小さいものが多く、2m/sでもある程度落下分布が異なると考えられる。

3. 背負動力型除草粒剤散布機の構造と性能

人力散粉機が人力散粒機に兼用できることから、従来の背負動力散粉機にも、適当な付属装置(タンク底部の傾斜板)を取り付けて、除草粒剤を散布することが可能

である。具体的な構造および性能は人力除草粒剤散布機とまったく同じものであるが、人力散粒機より羽根車の周速度(すなわち羽根車の直径、毎分回転数)が大きい

第20表 有効散布幅と散布むら（背負動力）

(Table 20. Effective swath width and uniformity of deposits (knapsack power type))

	回転数 rpm	散布速度 cm/s	振り回数 回/min	平均落下量 mg/100cm ²	変動係数 %	片側有効 散布幅 m
無風	3000	15.7	2.2	23.8	36	4.75
	4000	15.8	2.2	25.0	26	5.45
風速 2m/s	3000	17.9	2.0	27.0	21	4.95
	4000	17.2	2.0	22.6	17	5.92

第21表 背負動力散粒機による粒の破碎

(Table 21. Break to dust from granule by knapsack power type)

回転数 rpm	羽根車周速度 m/s	散布前kg 0.42mm以上	散布後 %			
			0.42mm以下	250メッシュ 以上	250メッシュ 以下	飛出し
4000	52	3.0	15.0	10.9	1.7	2.4
3000	39	〃	8.7	6.7	0.7	1.3
2000	26	〃	4.3	4.0	0.3	0

ため、粒剤の到達距離や粒剤の破碎程度が違ってくる。

(1) 有効到達距離と落下の均一性

実験目的 背負動力型散粒機によって除草剤を実験室内で散布し、到達距離や落下の均一性などの性能を検討する。

実験方法 実験の方法は人力散粒機の場合と同じで、使用剤はPCPのAからG社の製品で、10a当り3kgの割合で散布し、100cm²当りの落下量を測定した。またこれらの性能は無風状態と2m/sの両方について実施した。使用した背負動力散粒機は、たて軸型の送風機とかきまぜ片をもつ散粉機を人力散粒機と同様かきまぜ片を取りはずして傾斜板を取り付けたもので、羽根車の回転数を3000および4000rpmについて行なった。

結果と考察 実験結果は第20表に示すとおりで、散布開度が9/20（穴の断面積は人力散粒機と同じ）のときほぼ0.2kg/minの粒剤吐き出し量となり、平均落下量は23～27mg/100cm²で、変動係数は17～36%を示し、人力散粒機とほぼ同じであった。また散布幅は片側で約5mで噴管の振り回数は1m当り2ないし3回であった。これらのことから背負動力散粒機では散布幅が大きい結果、同じ吐き出し量では散布速度が小さいので、吐き出し量を人力散粒機よりやや大きくし、作業時間を小さくすることができる。また無風と2m/sの風速では、0.2～

0.5mほど風下に流されているが、この傾向は人力散粒機と同じである。

(2) 散粒による粒剤の破碎

実験目的 人力散粒機の羽根車の回転数は約1000rpmであるが、背負動力の散粒機では3000ないし5000rpmのものが多い。そのため粒剤の破碎も大きくなるのでその程度を検討する。

実験方法 人力散粒機の場合と同じく0.42mmの篩を通ったものを3kgを散粒機にかけ、回収したものを再び篩別した。なお羽根車の回転速度は2000, 3000, 4000について行なったが、この場合の羽根車の直径は250mmであった。

結果と考察 結果は第21表に示すとおりで、羽根車の回転速度、すなわち周速度が大きくなるほど、破碎が大きいといえる。そして破碎後の値をみると、羽根車の回転数2000rpmのときと、人力散粒機の1000rpmのときは、0.42mmを通ったものがほぼ同じで、これから粒剤を羽根車で散布する場合は、周速度で26m/s以下なら人力散粒機と同じで大きな支障はないといえる。なお表中の飛出しとは、粒剤タンクから羽根車室に粒剤が落下するとき、羽根車のために逆にはじき出されることで、羽根車の回転数が2000rpm以下なら、飛出し量も小さいようであった。

4. 歩行型トラクタ用動力除草粒剤散布機の構造

(1) 構造および設計の基準

人力散粒機はその能率が10a当り15ないし20分で、大面積を能率よく作業するには容量がきわめて小さい。一方除草作業のうち粒剤を使用するのは、初期雑草防除のPCPまたはNIP粒剤の散布、広葉雑草防除の24D、MCP粒剤の散布、さらには裏作麦の播種後のCAT粒剤の散布などから、水稻のニカメイチュウ防除のBHC粒剤の散布まで案外使用する回数が多く、場合によっては水稻や牧草などの種子の散播、粒状農薬の散播などにも使うことが考えられ、最近ヘリコプタによる施肥、播種、防除などの一貫作業の研究に対し、地上散布機の大面積用として基礎データを作る必要がある。その第1段階として現在著しい普及をみている歩行型トラクタのアタッチメントとして、農家に受け入れやすい形を検討することにした。

そこで歩行型トラクタ用動力除草粒剤散布機（動力散粒機）として昭和36年（1961年）に考えた基準は、

(i) 散布能率すなわち10a当り作業時間は、人力散粒機の15ないし20分に対し、5分ないし7分以下であること。

(ii) 有効散布幅は7~9mとする。すなわち前述の10a当り作業時間 t 分、散布幅 L m、散布速度 v m/sのあいだには、すでに述べたように、

$$vLt = \text{一定}$$

の関係があり、 t を5ないし7分以下と小さくするに

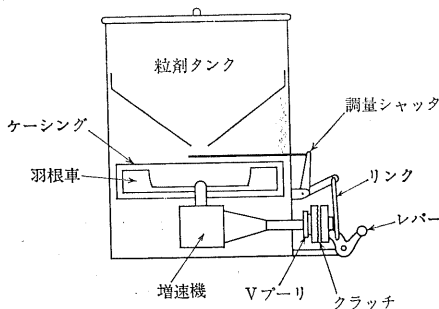
は、 vL を大きくする必要がある。しかし v は歩行型トラクタの水田内作業上ある限度があるから、結局散布幅 L を大きくしなければならない。ところが第II章の基礎編で述べたとおり、粒剤の到達距離を大きくするには、羽根車の周速度を高めるか、粒剤の直径を大きくしなければならない。前者は粒の破碎に関係し、後者は薬害の原因になる。そこで基礎実験の結果を検討した結果、有効散布幅は7ないし9mを一応の目標と決めることにした。

(iii) 散布のむらは防除効果と薬害に関連するもので、人力散粒機の場合100cm²当りの変動係数が20~37%であったが、動力散粒機の場合は散布幅が広くかつ作業時間が短いため、どの程度の変動に止まればよいかは栽培面との密接なる連絡が必要である。したがって基準としては40ないし50%以下を目標とし、圃場試験によって検討を行なうこととした。

(iv) 普及台数の多い歩行型トラクタのアタッチメントとするが、その価格は3万円程度の簡単なものを想定した。

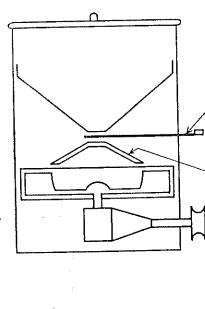
(2) 動力散粒機の構造

動力散粒機の構造は、主として人力散粒機と同じ羽根車の撃力を利用するもので第26図から第35図の経過をたどって完成したものである。すなわちその構造は、粒剤タンクの下に調量シャッタがあり粒剤タンクから落下した粒剤はケーシング内に落ちて、羽根車の撃力によって吐き出し口から散布されるものである。第26図は羽根車



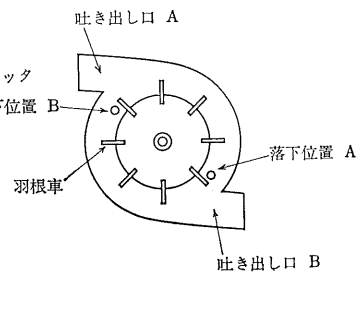
第26図 連動式開閉レバー

(Fig. 26. Shutter lever connected clutch (hand tractor mounted))



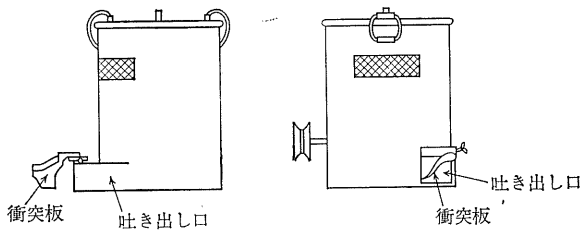
第27図 分岐管

(Fig. 27. Divided pipe (hand tractor mounted))



第28図 羽根車

(Fig. 28. Blade (hand tractor mounted))

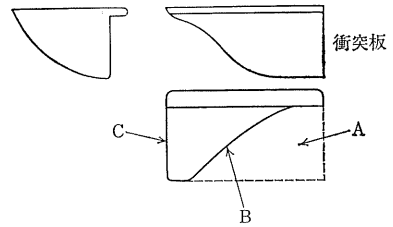


第29図 散粒機の衝突板
(Fig. 29. Reflection plate)

の回転を伝えるクラッチと調量シャックとが連動する構造を示したもので、その目的はもし羽根車が停止しても調量シャックが閉じない場合は、羽根車室に粒剤が一杯になり次回の始動が不可能となるだけでなく、羽根車の破損を防ぐためのもので、図の右下部のVプーリは発動機によってつねに回転しているが、レバーによってクラッチを入れると増速機軸が回転し羽根車が回転するが、同時にリンクによって調量シャックが開くようになっている。調量シャックの開度はリンクの途中にある Turn buckle でリンクの長さを調節することができる。しかしこの方法は反対側にバネが入れているがリンクの遊びや摩擦のため調量シャックの開度が一定しないので、調量シャックと開閉シャックを別にし、開閉シャックをクラッチに連続させ、調量シャックは別に調節するようになった。

第27図は粒剤タンクから羽根車のケーシングへ粒剤を落下させる機構を示したもので分岐管は外部から回転できるようにし、吐き出し口との関係位置を変えて粒剤に与える撃力を加減するものである。すなわち落下位置を吐き出し口から遠くするほど粒剤はケーシングなどに衝突して複雑に運動し、吐き出し口での初速は小さくなると考えられるからである。また粒径の小さいものを風力で散布する場合は、落下穴が吐き出し口より遠いほど粒剤の速度を大きくすることも可能である。しかしこの構造は試作完了後あまり効果がなく一定場所に固定した。また分岐管の傾斜と内径との間には安息角すなわち流動性に関して一定の関係がある。

第28図は羽根車とケーシングを示したものでその特徴は遠心型送風機を2台組み合わせたものである。すなわち落下位置Aから落ちた粒剤は180度回転して吐き出し口Aから散布され、落下位置がBから落ちた粒剤は吐き出し口Bから散布されるので、一度に左右の散布を行なうことができる。また場合によっては送風機の性能を持たせることも可能で、粒径の小さいものは羽根車の撃力だけでなく風力で吐き出すことができるよう、各々の



第30図 衝突板(曲面)
(Fig. 30. Reflection surface)

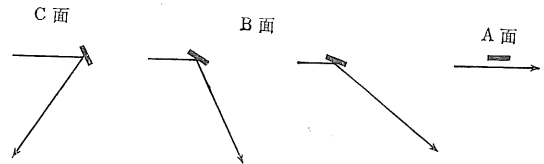
落下位置から吐き出し口までの180度のあいだを2重のうず巻型ケーシング (archimedian spiral) に作られている。

第29図は吐き出し口に衝突板を取り付け、吐き出し口から出てきた粒剤を拡散させるものである。すなわち第30図のA・B・C面に対する粒剤の落下方向は、第31図のように曲率面に応じて変わる結果、散粒機の直下から有効散布幅一杯までほぼ均一な落下状態を得ることができる。この衝突板は当初一枚の曲面を想定したが、使用者側で多少調節できるように第32図のような数枚の lip の組合せとした。

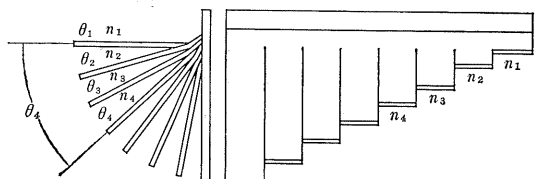
いま i 番目の lip の垂直面に対する角度を θ_i 、lip の番号を n_i とし、 i 区間の吐き出し口からは平均にしかも同じ粒径分布で吐き出されるとすると lip の数を N として、

$$\theta_i = \frac{90}{N} n_i$$

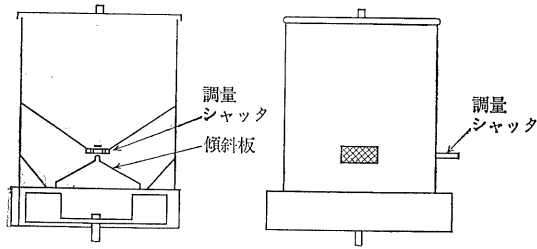
でよいわけであるが、回転数の変化などにより吐き出し口から粒剤は一方にかたよって出る傾向があり、また粒径分布が著しく Gauss 関数からはずれる場合は、上式を基準にして多少手直しを行なう必要がある。



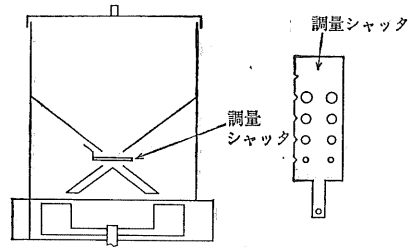
第31図 衝突板と粒剤の落下
(Fig. 31. Reflection of granule)



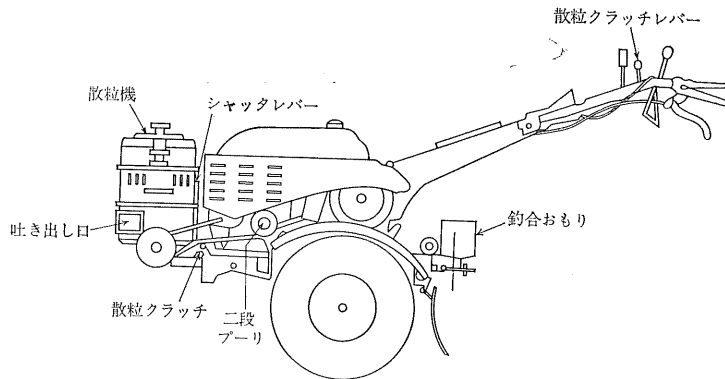
第32図 衝突板 (lip)
(Fig. 32. Lips of reflection plate)



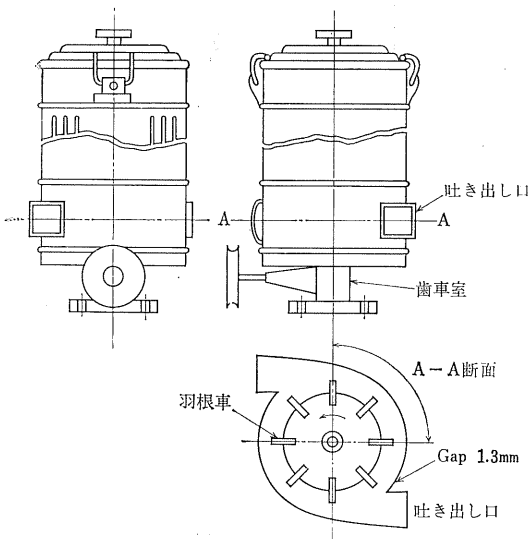
第33図 傾斜板
(Fig. 33. Incline plate)



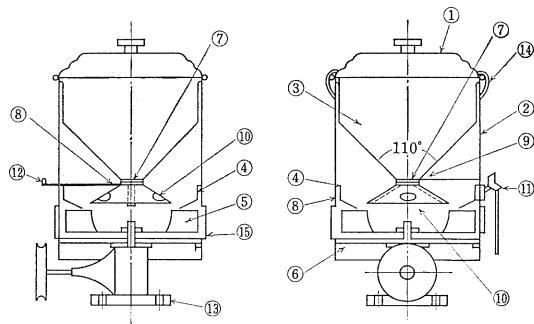
第34図 調量シャッター
(Fig. 34. Adjusting shutter)



第35-1図 動力散粒機の外觀図
(Fig. 35-1. Granular applicator mounted power tiller)



第35-2図 タンクおよび羽根車
(Fig. 35-2. Tank and blade)



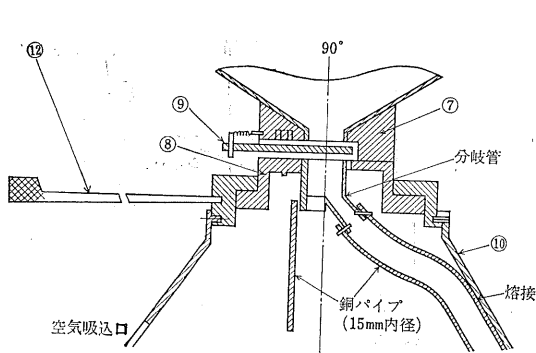
- ①蓋, ②本体, ③ホッパー, ④上部ケーシング, ⑤羽根車, ⑥下部ケーシング, ⑦ホッパー底部, ⑧シャッター固定板, ⑨シャッター分配板, ⑩シャッターレバ, ⑪分配板回転レバ, ⑫ギアボックス, ⑬蓋固定具, ⑭衝突板取付部

第35-3図 組立図
(Fig. 35-3. Assembly of applicator)

る構造で、円錐の頂点に左右の吐出し量を規定する板を固定したものである。また円錐の周囲には、羽根車によって逆にはね上げられた粒径が、再び羽根車に落下するように作られたもので、分岐管に比べて構造が簡単である。

また第34図は、穴面積の大きさを滑り板によって調節

第33図は調量シャッターを通過した粒剤が分岐管によらずに円錐形をした傾斜面によって均一に羽根車に落下す



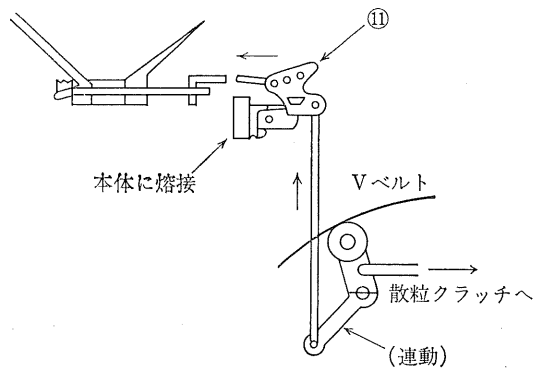
第35-4図 分岐管
(Fig. 35-4. Assembly of divided pipe)

する方法が不確実であるため、調量シャッターの穴をあらかじめ設定し、シャッター板の左端にある切欠きによって粒剤タンクとシャッター穴を固定するものである。

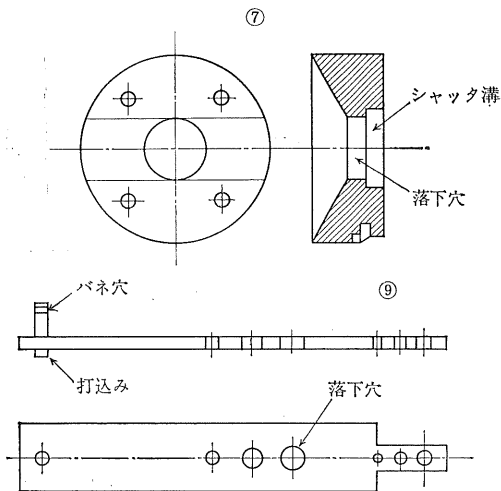
この方法は調量が正確で構造も簡単であるが、調節範囲が広く、また同一粒剤でも粒径分布の違いによる微調節ができない。

これらの事柄を取捨選択した結果は第35図から第37図の試作第1号機である。すなわち第36図において動力はVプーリに伝達され、傘歯車によって羽根車軸が回転する。

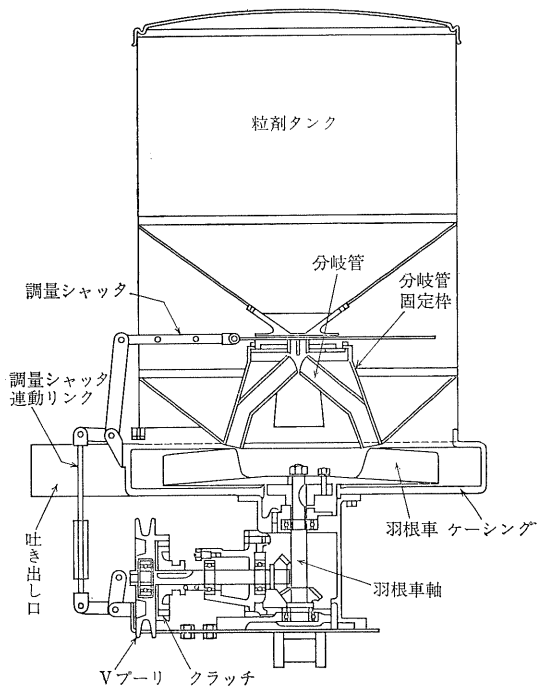
粒剤は粒剤タンクの底部から調量シャッターを通して分岐管に出るが、分岐管の左右に等分に分配される必要があり、調量シャッター穴は分岐管の分岐点を中心につねに対称に開くようになっている。分岐管の末端で粒剤は羽根車の上に落下し、羽根車で撃力を与えられて吐き出し口から散布される。一方クラッチはVプーリの裏側にあって、クラッチがはいると同時に調量シャッター連動リンクが動き調量シャッターを開くことができる。シャッター開



第35-6図 調量リンク
(Fig. 35-6. Assembly of shutter link)



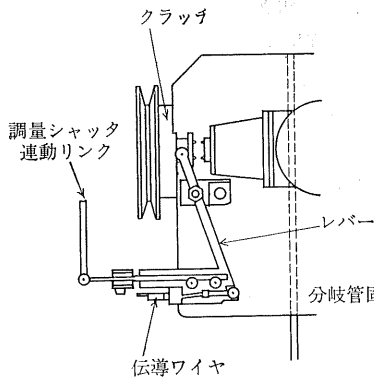
第35-5図 調量シャッター
(Fig. 35-5. Assembly of adjusting shutter)



第36図 動力散粒機の構造 (1)
(Fig. 36. Assembly of applicator (1))

度はリンクの途中の turn buckle で調節する。

第37-1図は調量シャッターとクラッチの連動を示したもので、トラクタの操縦ハンドルの手元にあるクラッチレバを引くと、伝導ワイヤを介してクラッチ板がはず

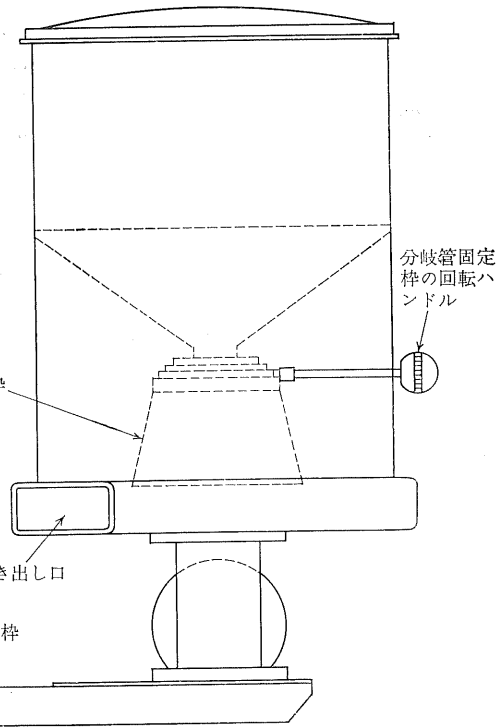


第37-1図 連動装置

(Fig. 37-1. Assembly of clutch and shutter)

れ、レバーに取り付けられたリンクが調量シャッター連動リンクを動かすようになっている。

第37-2図は分岐管をケーシングの上で回転させ、吐き出し口と落下穴の相対位置を変えようとしたもので、分岐管固定棒の回転ハンドルを左右に回転すると分岐管を支える分岐管固定棒が分岐管とともに回転する構造で



第37-2図 動力散粒機の構造 (2)

(Fig. 37-2. Assembly of frame (2))

ある。

この第1号機は実験室内、農事試験場および栃木県農業試験場で圃場試験に使用したが、後述のように多少の欠かんが生じたため改良したものが第2号機および第3号機で、一応の完成品として農事試験場および各県農業試験場にはいつている。

5. 歩行型トラクタ用動力散粒機の性能

以上のように概略の構造が出来上がったところで、試作機の基礎的な性能試験を行なった。

(1) シャッター穴の通過時間

動力散粒機の場合は粒剤タンク容量が大きく調量シャッターの開度が大きい、粒剤の種類によっては散布中つねに同じ吐き出し量で散布されるとは限らない。

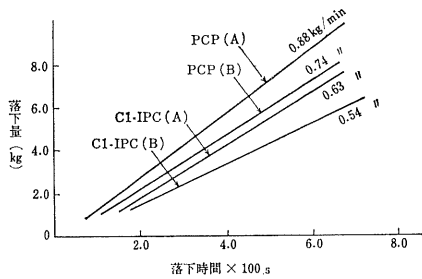
実験目的 試作機の調量シャッターを調節して、一定開度における吐き出し量の時間的変化を検討する。

実験方法 試作機の調量シャッター開度を10mmとし

(全開17mm) 粒剤タンクに約8kgの粒剤を入れて落下穴直下に台秤を置き、落下時間に対する落下量を求めたものである。使用粒剤はPCP-(A)および(B)、C1-IPC(A)および(B)であった。

実験結果 実験結果は第38図のとおりで、

(i) 10a 当り3kgの粒剤を200~300秒で通過することができ、吐き出し量は0.9~0.6kg/minで、有効散布幅を7~9mとすると、作業速度は0.37~0.79m/sとなり、一般の歩行型トラクタの水田内作業が十分に実施できる。



第38図 動力散粒機の吐き出し量
(Fig. 38. Discharge rate of hand tractor mounted applicator)

(ii) 落下量の時間的变化は、この試験用粒剤の場合ほとんど認められなかった。すなわち落下時間中のどの部分をとっても毎分当りの吐き出し量がほぼ一定で、粒剤タンク内の粒剤の大小による影響がみられなかった。しかしその後の市販粒剤をみると粒径分布がまちまちで、大粒径から小粒径を極端に含むものがあり、粒径分布を決めない限り吐き出し量が一定しないことがある。

(2) 吐き出し量の分配

供試機の吐き出し口は左右に1個ずつ取り付けられているが、粒剤タンクの底部から分岐管に落下する粒剤が、正確に左右に分けられないと、散粒機の進行方向の左右に落下状態のむらが生じる。

実験目的 吐き出し口の左右の粒剤吐き出し量を測定して、粒剤の落下状態と分岐管の精度（組立て精度および振動によるずれ）を検討した。

実験方法 試作機の各吐き出し口に長さ約1m、直径20cm、厚み0.1mmのビニール円筒を取り付け、円筒の末端を大気に開放して散布粒剤のみを集めた。なお使用粒剤はPCP-(A)で、調量シャッタの開度は、吐き出し量が0.1kg/minになるよう調節し、発動機の回転速度を変えて分岐管内の粒剤の落下状態と組立て精度および振動によるずれを検討した。

実験結果 発動機の回転速度を2000から4500rpmに

した場合の測定値は第22表のとおりで、左右の変動率は15~22%を示し、一般に回転速度が速いほど変動が多い。したがって組立て精度などをよくする必要があるが、この点は圃場試験の結果とあわせ検討する。

第22表 左右の吐き出し量
(Table 22. Discharge rate of each side)

発動機回転速度 rpm	吐き出し量 kg		変動率 %
	右	左	
2000	1.55	1.30	17.5
2500	2.40	2.30	4.3
3000	2.40	2.05	15.6
3500	2.40	2.05	15.6
4000	2.40	2.00	18.0
4500	2.41	2.00	19.0

(3) 衝突板と散布のむら

実験目的 試作機を用いて使用状態と同一条件で実用粒剤を散布し、各粒剤に対する吐き出し口の衝突板を調節して、粒剤の落下分布を検討する。

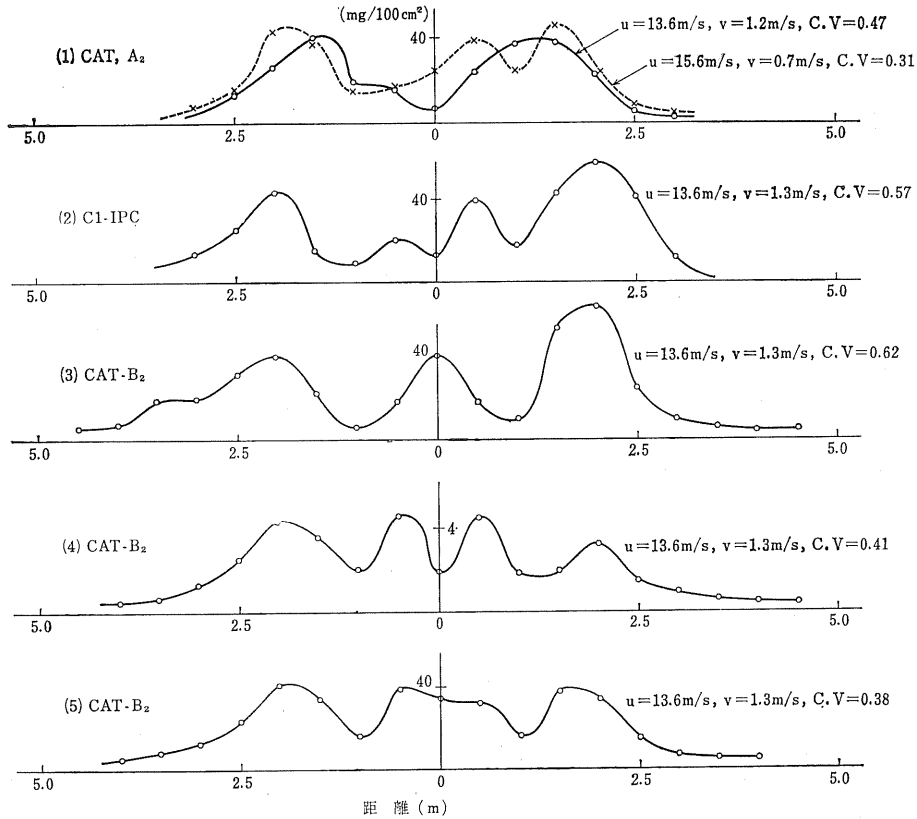
実験方法 ほとんど無風のときの裸地で試作機を運転し、吐き出し口から散布された粒剤を50cmおきに左右2列（1列に8個で合計32個）に配置された100cm²の箱に受け、直示天秤によって各箱の変動係数を求めた。使用粒剤は比較的粒径の小さい散布むらの起きやすいCAT（第5表）とCI-IPCを用いた。散布速度、平均落下量はつぎのとおりである。

実験結果 測定結果は第23表のとおりで、

(i) CAT-A2を用い、散布幅を6.0mと想定して散布速度1.2m/sで散布した場合と羽根車の周速度をやや速くして散布幅を6.5mとして変速比をかえ散布速度0.7m/sで散布した場合では、散布速度の遅いほうが落下状態の変動係数すなわち散布むらが少ない。これは羽根車の周速度が大きいかつ散布速度の遅いほうが遠くまで到達し、しかも散布むらが少ないことで、基礎編で

第23表 試作機の散布むら
(Table 23. Uniformity of hand tractor mounted applicator)

粒剤名	羽根車周速度 m/s	吐き出し量 kg/min	散布幅 m	散布速度 m/s	平均落下量 mg/100cm ²	変動係数 %	作業時間 10a当り分
CAT-A2	13.6	1.33	6.0	1.2	25	47	2.2
"	15.6	0.82	6.5	0.7	29	31	3.7
CI-IPC	13.6	1.40	6.0	1.3	28	57	2.1
CAT-B2	13.6	1.67	7.0	1.3	28	41	1.8



第39-1図 試作機の衝突板の形状と散布むら (1)
(Fig. 39-1. Uniformity effect by reflection plate (1))

の結果と同じである。しかし作業時間は吐き出し量によって決まり、吐き出し量の大きいほど時間が短い。なおCATは畑用除草剤で、作業速度0.7~1.3m/sはそれほど困難でない。なおC1-IPCやCAT-B2の変動係数は41ないし57%で、当初目標とした40~50%に近づけることができた。このときの吐き出し口の衝突板は第23表の2番目であった。

(ii) CAT-B2を用い、羽根車の周速度を13.6m/sとし、散布速度を1.3m/sとして10a当り3kgを散布し、衝突板の形状を第24表のように調節した場合、100cm²当りの落下量の変動係数を求めたところ、衝突板の形状によって散布むらすなわち変動係数が $\frac{1}{2}$ になることが知れた。この結果は、粒径が比較的小さいCAT-B2をほとんど無風状態の裸地で測定したデータであって、粒径分布や羽根車の回転数、衝突板の形状などによって大きく変わることはない。たとえば38%という変動係数も、PCPやC1-IPCでは、この衝突板の形状ではあまり適当でない。しかしその後の試

験によって、第23表の変動係数41%を示した衝突板の形状なら、PCP、C1-IPC、NIP、24Dなど一般の粒剤に使用しても、それほど大きな散布むらを起こさないことが知れる。そしてこれを実際圃場に持ち出した場合は、機械の傾斜や散布速度の変動(スリップなど)のほか、自然風の影響をうけてさらに変動が大きくなると考えられる。

(iii) 第39図はこれらの落下分布を示したもので、図の(1)はCAT-A2を用い衝突板の形状はlipの数をNとしてこれを3等分し、羽根車の回転方向に各々0, 30, 60度の角度をつけ、この状態で羽根車の周速度を13.6m/sと15.6m/sに変えた場合の落下分布を示したものである。すなわち13.6m/sでは左右とも1.5~2.0mの地点に落下量のpeakがあり、機械進行直下の落下量が少ないのに対し、15.6m/sはpeakの幅が広くその数多くて変動係数が小さくなっている。したがって粒径分布および衝突板の形状が一定である場合は、羽根車の周速度が大きいかほど落下分布は均一であるといえ、他の粒剤につ

第24表 衝突板の形状と散布むら

(Table 24. Coefficient of variety by reflection plate)

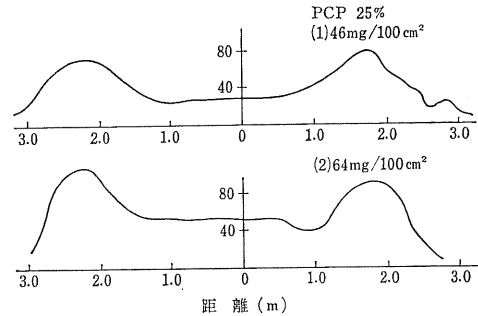
粒 剤 名	lip の取付角度			羽 根 車 の 周 速 度 m/s	散 布 速 度 m/s	変 動 係 数 %
	$0 \rightarrow \frac{N}{3}$	$\frac{N}{3} \rightarrow \frac{2}{3}N$	$\frac{2}{3}N \rightarrow N$			
CAT - B 2	0	30	60	13.6	1.3	62
"	0	25	80	13.6	1.3	41
"	0	35	90	13.6	1.3	38

注： Nは lip の数または衝突板の幅とし、羽根車は $\theta=0$ から θ_n の方向に回転する。

いてもほぼ同じ傾向である。このように羽根車の回転数が増すほど均一性がなくなることは、基礎編の結果からも理解されているが、回転数の増加にともなってケーシング内での粒剤の運動が複雑になり、粒剤は吐き出し口全面からいろいろな角度でとび出すから、落下分布がよくなると考えられる。

また図の(3), (4), (5)はCAT - B 2を用い、羽根車の周速度を13.6m/sとし、衝突板の形状を第24表のように変えた場合の落下分布を示したものである。これを第40図について説明すると衝突板が吐き出し口を覆う面積が小さいほど落下分布は一ヶ所に集中し、覆う面積が大きくなると、落下量の peak の数がふえ全体として均一になる。そしてCAT - B 2の場合は、衝突板の形状が(3)のとき変動係数が38で比較的均一であったが、これより粒径分布の大きい粒剤では図の点線のようになり、吐き出し口を覆う部分が多くなると近距離に落下分布の peak が来る。

以上のように衝突板の形状、羽根車の回転速度や、場合によっては羽根の取付角度などで落下分布が決まるけれども、粒剤の粒径分布によって到達距離および均一性が変わることは基礎編で述べたとおりで、これらの要素に応じてその都度衝突板を調節することは、かえって煩雑であるから、水田用のPCP, NIP粒剤の散布も、畑用のCAT, C1 - IPCの散布もすべて第24表の0,



第39 - 2 図 動力散粒機による落下分布 (2)
(Fig. 39-2. Uniformity effect by reflection plate (2))

25, 80度に統一し、微調節は衝突板自体の取付角度を変える方式が適当と思われる。

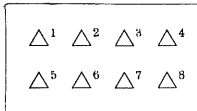
(4) 羽根車の送風効果

実験目的 構造の章で述べたとおり、試作機のケーシングは2重の渦巻型をしているため、不十分なが送風機としての性能を具えている。この目的はケーシング内で粉状化した微量の粉剤を外に吐き出して腐食を防ぐことと、場合によっては0.3mm以下の粒径のものも、できうるかぎり散布することで、ここでは吐き出し口の動圧を測定する。

第25表 風 速 分 布

(Table 25. Winds on blow head)

羽根車回転速度 rpm	羽根車周速度 m/s	吐き出し口	測 定 位 置 の 風 速 m/s								
			1	2	3	4	5	6	7	8	平均
1000	13.6	右	11	11	10	11	12	11	10	11	11
		左	11	11	10	10	12	11	10	10	11
1500	20.4	右	16	16	15	17	17	16	15	17	16
		左	17	17	15	15	17	17	15	15	16
2000	27.2	右	22	22	20	22	23	22	20	22	22
		左	22	22	20	21	23	22	19	21	21



吐き出し口における測定位置

実験方法 試作機の羽根車の周速度を3とおりに変えた場合、左右の吐き出し口における動圧を、ゲッチング型ピトー管を用いて測定した。

結果と考察 測定結果は第25表のとおりで、羽根車回転数1000rpmで、約11m/sの風速があった。しかるに前掛け式人力散粉機の吐き出し風速はJ I Sで、10m/sとなっており、11m/sなら200~300メッシュの一般粉剤を十分吐き出すことができ、さらに一定時間連続運転した直後羽根車ケーシングを分解してみても、ケーシング内に粉状化した粒剤の残留がみとめられなかった。

(5) 試作機の改良点

以上の諸性能を総括した結果は第26表のとおりで、一応動力散粒機概念が出来上がった。しかし実験室内での性能試験および、圃場での試験に際しては、試作機であるための強度不足や組立て精度はよくないとしても、つぎのような改良点や検討事項が発生した。

(i) 調量シャッタの開閉機構はリンクや調量シャッタ板の摩擦のため正確な開度を示しにくい。これはクラッチと調量シャッタが連動することに原因があり、むしろクラッチと開閉シャッタを連動させ、微量調節ができ、しかも作動が確実な別の調量シャッタを設けたほうがよい。そして作業開始前に調量シャッタの開度を決め、作業直前に開閉した方がよい。

(ii) 作業の終りでは、圃場の区画の都合で作業幅を小さくする必要があり、両側散布では作業幅を小さくしにくい。したがって吐き出し口に片側散布用の開閉シャッタを取り付け調量シャッタの開度をそのままに作業速度を2倍にするか、開度を $\frac{1}{2}$ にして散布すれば、両側散布と同じ落下状態が得られる。

(iii) 粒剤タンク直下の分岐管は、分岐管固定枠を回転することによって散布幅を変えようとしたが、実験の結果無意味であることが知られ、1点に固定するとともに、構造を簡単にしたほうがよい。

(iv) 吐き出し口の長さは当初100mmあったが、粒剤の拡散を容易にするため、衝突板を固定できるだけ残して短くしたほうがよい。

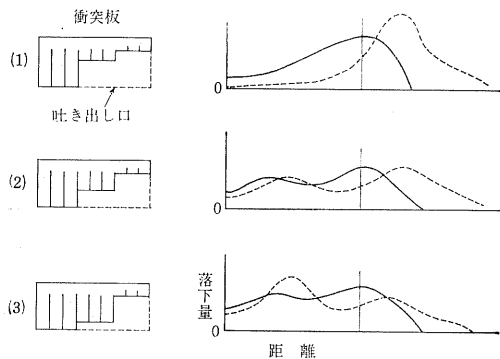
(v) 羽根車やケーシングは粒剤の衝突によって侵食

されると思われるが、それに対する耐久時間を検討するとともに、場合によっては耐食材料の研究を行なう必要がある。

第26表 動力散粒機の諸元

(Table 26. Characters of hand tractor mounted applicator)

1. 本体		
全長	長	350mm
全幅	幅	650mm (取付台共)
乾燥重量	重量	16kg
全備重量	重量	31kg
2. 散粒部		
型式	型式	2重渦巻結合型
羽根車直径	直径	250mm
回転速度	速度	1000~2000rpm
3. 吐き出し口		
型式	型式	衝突曲面型
個数	数	2個
到達距離	距離	3~5m (片側)
吐き出し量	量	0.8~1.5kg/分
吐き出し口地上高	高	500mm
4. 粒剤ホッパー		
容量	量	15 l
開閉シャッタ		クラッチ連動
5. 作業能率		
散布速度	速度	0.3~1.5m/s
散布幅	幅	6~10m
作業能率	能率	3~10分/10 a



第40図 衝突板と落下分布

(Fig. 40. Theoretical distribution of deposits by reflection plate)

IV

粒剤散布機の圃場試験

Field Tests of Applicator

1. 人力散粒機の雑草防除効果試験

実験目的 比較的散布むらを起こしやすい裏作麦について、実用除草剤PCPとCATを用いて、試作機の圃場試験を実験し、その実用性を検討する。

実験方法 使用粒剤は第1表の有効成分と第2表の粒径分布をもつPCPおよびC1-IPC粒剤とし、供試機は第24図の試作人力散粉散粒兼用機を用いた。

供試機のハンドル回転数は60rpmとし、調量シャッタ開度を $\frac{3}{6} \sim \frac{4}{6}$ にした場合の粒剤吐き出し量は第27表のように0.16~0.30kg/minで、計画散布量3.0および4.0kg/10aに対し、散布量の増減は±10%以内であった。またあらかじめ裸地で行なった予備試験では、第28表の

とおり散布速度が0.17~0.24m/sのとき、有効散布幅が3.7~4.1mとした場合（畑用粒剤は粒径分布が小さいため安全をとって散布幅を小さくした）平均落下量は44~63mg/100cm²で、100cm²ごとの変動係数は27~49%であった。

試験区は沖積層埴土の畑を用い、1区110cm²で2区制とした。散布時期は耕起播種後で品種ムサシノムギが1~2葉展開期で、雑草はノミノフスマ、ズメノテッポウなどの発生終期で、ノミノフスマは子葉展開期であった。試験区は秋に犁耕し、播種前日にdisc harrowで碎土し、施肥播種機で施肥、播種したもので、条間20

第27表 圃場での散布諸元

(Table 27. Deta of field application by hand type)

粒 剤 名	計画散布量 kg/10a	10a当り有 効成分量 g	散 布 開 度	吐き出し量 kg/min	測定散布量 kg/10a	10a当り 散 布 時 間 min	散 布 精 度 %
P C P-(A)	4.0	1,000	4/6	0.19	4.0	21.0	±0
" (B)	3.0	"	"	0.17	3.1	18.0	+3
C1-IPC-(A)	"	60	3/6	0.30	2.7	9.0	-10
" "	"	"	—	0.16	—	—	—
" (B)	"	"	4/6	0.19	3.0	16.0	±0

第28表 散 布 性 能

(Table 28. Character on the field test of hand type)

粒 剤 名	散 布 開 度	散 布 速 度 m/s	平均落下量 mg/100cm ²	変 動 係 数 %		散 布 幅 m	
				右	左	右	左
P C P-(A)	4/6	0.17	43.5	40.3	36.6	1.8	2.3
" (B)	"	0.24	63.4	49.1	30.0	1.7	2.0
C1-IPC-(A)	3/6	0.23	56.7	30.4	27.4	2.2	2.0

第29表 防除効果と薬害

(Table 29. Weed control effects and injury by hand type)

試験区	皮麦生体重		変動係数	雑草生体重		変動係数
	生体重 g	比率 %		生体重 g	比率 %	
無処理	78.4	100	25%	1.69	100	103%
P C P - (A)	71.1	91	27	0.33	20	196
〃 (B)	75.0	96	22	0.20	12	180
C 1 - I P C - (A)	39.1	50	52	0.10	6	280
〃 (B)	49.3	63	44	0.11	7	200

cm, 播種深度は2~3 cm, 播種量は1.6 l/a, 施肥はa 当り青刈大豆 112.5kg と消石灰 3.75kg を犁耕の際にすき込み, 基肥 6-9-6 の化成肥料を 6.2kg/a, 追肥を 2kg/a 施した。降雨は散布10日後に約 33mm の降水量があった。

散布時の風速は0.5~2.0m/s で, P C P の A, B ともあまり風に流されなかったが, C 1-I P C とくに B 剤は風に流されていた。

結果と考察 測定結果は第29表のとおりで, 皮麦生体重は40cm (2条)×30cm, 雑草生体重は30cm×30 cm 当り, 測定点数を30点とって変動係数を求めた。この結果から,

1) 散布速度が0.17~0.24m/s であることは, 水田内作業としてはほぼ適当であるが畑作業としてはやや遅い感がある。しかし噴管を左右に振る操作は, 1 m につき3往復がよいとされているから, 散布速度を速くすると十分に噴管を振ることができず, 場合によっては散布むらを生ずることになる。したがって0.2~0.3m/s の範囲が適当と思われる。

2) 散布幅を3.7~4.1m とすると平均落下量は44~63 mg/100cm² で, 10 a 当りに換算すると 4.4~6.3kg/10 a となり, もう少し散布幅を大きく計画したほうがよい。しかし畑用除草剤の粒径分布は水田用に対して小さいから, 基礎編でも述べたとおり到達距離が小さいので, この場合両端における重なり合いを考えに入れて約 5 m が

適当である。一方, 水田用は粒径分布が大きいので, 基礎試験結果から3.5~6 m がよいと推定される。

3) 散布むらすなわち落下量の変動係数は27~49% で, とくに27.4% は水溶剤の水平ノズル散布に比べてあまり劣らない。しかし49% は人力散粒機としてはやや多いほうで, とくに水田とちがって水のない畑地では50% 以下であることが望ましい。

4) 散布精度すなわちこの試作機を使ったために, どの程度作業が正確に実施できるかは, 目標散布量に対して10% 以内で, 農家で使用する場合のみでなく, 除草剤の比較試験についても十分な精度と思われる。

5) 10 a 当り作業時間は, 基準の15~20分をほぼ満足し, 人力作業機としては適当と思われる。

6) 防除効果は, 第29表の示すとおり, 雑草をほぼ80~90% おさえることができたが, C 1-I P C を使って30% の変動係数に対し, 皮麦の薬害が40~50% も認められている。しかし変動係数30~50% で P C P を散布すると薬害が10% 以下であり, また30% 以下の変動係数は作業上容易でないので, 防除機的设计上からは大体十分なものと思われる。

7) 試作人力散粒機の使用上の注意事項は, 前進距離 1 m 当り噴管を3往復以上振ることで, 人力散粉機に慣れている農家には最初はやりにくいと思われるが, 特別な装置を必要としないため, この方法は散布作業の1方法である。

2. 人力散粒機によるニカメイチュウ防除効果試験

実験目的 試作人力散粒機を用いて BHC 粒剤を散布し, メイチュウ 1 化期を対象として散布試験を実施する。

実験方法と結果

(1) **基礎試験** 圃場試験に移る前に, BHC 粒剤の物

理性を検討する。

(i) 安息角——除草剤と同じ方法で粒剤の安息角を測定した結果は第30表のとおりで, あらかじめ粒径分布を指定した結果, 一般 P C P 粒剤と大差がなかった。

(ii) シャッタ穴の通過時間——人力散粒機によって

第30表 BHC粒剤の物理性と散布性能

(Table 30. Uniformity of deposits by hand type on BHC granule)

散布方法	粒 剤 名	濃 度 %	粒 径 範 囲 mm	安 息 角 度	吐 き 出 し 量 kg/min	落 下 変 動 係 数 %
人 力 散 粒 機	BHC	6	0.3~1.25	36.2	0.2, 6mmφ (0.6, 10mmφ)	29.0 29.4
手 ま き	"	"	"	"	—	85.4 45.7

第31表 圃場試験の散布諸元

(Table 31. Deta of field application by hand type (BHC))

散布方法	粒 剤 名	計 画 散 布 量 kg/10a	散 布 量 kg/10a	散 布 時 間 (分, 秒)	散 布 精 度 %
人 力 散 粒 機	BHC粒 剤	2.0	1.8	16' 0"	-10
	"	3.0	3.1	20' 8"	+ 3
手 ま き	"	2.0	2.6	20' 48"	+30
	"	3.0	3.9	30' 24"	+30
人 力 噴 霧 機	バイジット乳剤	72 l	74 l	—	+ 3

第32表 メイチュウ1化期防除効果

(Table 32. Control effect chio simplex butler by hand type)

粒剤名 散布方法 散布量	B H C 粒 剤				バイジット 乳 剤 人力噴霧機	標準無処理区
	人 力 散 粒 機		手 ま き			
	2kg/10a	3kg/10a	2kg/10a	3kg/10a	72l/10a	
被 害 株 率 %	1.67	1.67	1.67	0	0	6.67
被 害 茎 率 %	0.08	0.08	0.16	0	0	0.66

10 a 当り 3kg の粒剤を15分ないし20分で散布するには、シャッタ穴の大きさは第30表のとおりで、吐き出し量は0.2kg/minとなる。粒径分布および安息角がPCP粒剤と同じであるため、除草剤と同じ概念で散布することができる。

(iii) 散布むら(変動係数) — 実験室内で人力散粒機と手まき散布の散布むらを検討した結果、個人差にもよるが一般に人力散粒機の方が均一に散布できる。

(2) 圃場試験 水稻品種のクサブエ5aを用い、6月27日にBHC粒剤6%を10a当り2および3kg散布した。散布方法は人力散粒機と手まき方法ならびに同条件下のバイジット1,500倍(72l/10a)の人力噴霧機使用とし、ニカメイチュウ1化期を対象に防除効果を対比した。

圃場試験の散布諸元は第31表のとおりで、また防除効果の結果は第32表のようである。

(3) 考察 これらの結果からつぎのことが考えられる。

(i) BHC粒剤を使用するに際し、粒径分布その他を指示した結果、安息角、シャッタ穴の通過時間などがPCP粒剤など一般水田除草剤と大差がなく、適切な散布性能を発揮することができた。

(ii) 計画散布量である3kg/10aに対し、散布精度は±10%以内で、手まき散布が多量に散布される傾向に比べ、人力散粒機は適当である。

(iii) 手まきによる10a当り散布時間は、人力散粒機に比して大きい結果、人力散粒機のほうが能率的である。

(iv) BHC粒剤散布区は、無処理区に比し被害株率、被害茎率ともに小さく、BHC粒剤によるニカメイチュウ防除効果は明らかである。しかしバイジット乳剤1500倍、72l/10a区に比しやや少ない。

(v) 人力散粒機と手まきを比較した結果は、個人差にもよるが一般に人力散粒機の散布むらが少ない。

(vi) メイチュウ1化期のBHC粒剤散布では、10a当り2kg散布でも3kg散布とほぼ同じ防除効果が期待できる。

(vii) 散布むらに関してはBHCの溶解度が低く、かつ粒剤のため持続性が長い結果、ある程度の散布むらが

あっても水に均一に溶解して、ともに防除効果があったと考えられる。

(viii) 人力散粒機と手まき散布は、室内試験では変動係数に差があったが、圃場での防除効果はともに大差がない理由も上と同じで、手まきの方が10a当り散布量が大きいため、防除効果の優劣は決められない。

3. 畑作における動力散粒機の雑草防除効果試験

実験目的 人力散粒機と同じく裏作麦について、粒径分布の異なる4種のCAT粒剤の散布を、歩行型トラクタ用除草剤散布機(動力散粒機)で圃場試験を行ないその実用性を検討する。

実験方法 使用粒剤は第6表の粒径分布をもつCAT粒剤で、供試機は試作第1号の動力散粒機を用い、対比として人力散粒機および動力噴霧機を供試した。

供試機の散布諸元は第33表のとおりで、吐き出し量が

第33表 圃場散布諸元 (1)

(Table 33. Deta of field application by hand tractor mounted (1) —Upland field—)

粒 剤 名	吐き出し量 kg/min	有効到達距離 m	作業速度 m/s	10 a 当り散布時間
CAT-A 1	0.94	6.0	0.8	3.2
CAT-A 2	0.91	"	"	3.3
CAT-B 3	1.00	"	0.9	3.0

0.9~1.0kg/minであるから10a当り3kgを3.0~3.2minで散布し、到達距離を6.0mとした場合、作業速度は0.8~0.9m/sとなる。なお調量シャッター開度は6/10で、羽根車の周速度は13.6m/s(発動機3500rpm)で、散布量の増減は目標より±10%以内とした。

試験圃場は沖積層埴壌土で、1区95~189m²の2区制、

麦の品種はムサシノムギで1~2葉展開初期に散布した。雑草はノミノフスマ、スズメノテッポウで大体発生の終期に当たる。各試験区は秋に施肥播種機で条間20cm、全面ドリル播、深度約2cm、播種量は1.2l/a、施肥は慣行に準じて施肥、播種した。散布後2~3日後に21mmの降雨があった。

試験圃場における試作機の性能は第34表のとおりで、目標散布量3.0kg/10aに対し動力散粒機は7~8%減となり、人力散粒機はこの場合15%減であった。また平均落下量は21~31mg/100cm²で、10a当り2.1~3.1kgに相当し、散布むらすなわち変動係数は61~79%を示した。これらの結果から、

1) 散布時の風速は0.5~2.0m/sで、CAT-A 2は明らかに流されたため変動係数は79%と比較的大きな値を示した。また粒径の小さいものほど風に影響されやすく、左右の吐き出し口からの到達距離が変わり、一般に散布むらが大きいようであった。

2) 散布速度は0.8~0.9m/sで畑地内の作業速度としては適当であり、散布幅が後述の水田における動力散粒機の場合に比し小さいけれども、散布速度が速いため、10a当り作業時間は3.0~3.2分と大差がない。

3) 防除効果は第35表のとおりで散布むらに多少影響されて雑草乾物重の比率は18~49%と、後述の水田での

第34表 圃場散布諸元 (2)

(Table 34. Deta of field application by hand tractor mounted (2) —Upland field—)

粒 剤 名	使用量(10a当り)		散 布 機	散 布 時 期	平均落下量 mg/100cm ²	変 動 係 数 %	散 布 精 度 %
	成分量 g	製品量 kg					
CAT-A 1	30	2.8	動力散粒機	麦1葉期	30.8	61	-6.7
A 2	"	2.75	(たて型)	"	21.6	73	-8.3
B 1	"	2.78	"	"	24.0	79	-7.4
B 2	"	2.56	人力散粒機	"	27.5	67	-14.7
CAT水和剤	"	0.6	動力噴霧機	"	41.1 41l/10a	-	-

第35表 動力散粒機の防除効果と薬害

(Table 35. Weed control effect and injury by hand tractor mounted on upland field)

粒 剤 名	散 布 機	皮 麦 乾 物 重		変 動 係 数	雑 草 乾 物 重		変 動 係 数
		実 数 g	比 率 %		実 数 g	比 率 %	
無 処 理	—	44.5	100	17	0.79	100	68
C A T - A 1	動力散粒機	36.5	82	22	0.14	18	100
A 2	(たて型)	38.5	86	16	0.39	49	138
B 1	〃	40.7	92	20	0.28	35	68
B 2	人力散粒機	38.2	86	19	0.22	28	164
C A T 水 和 剤	動力噴霧機	39.9	90	15	0.18	23	177

注：皮麦乾物重は40(2条)×30cm当り，雑草乾物重は30×30cm当り，変動係数は30測点。

効果に比しやや劣る。これは粒径が小さいことによる散布機自体の散布むらと，自然風により粒剤が流されたためである。また人力散粒機や動力噴霧機によるCAT水

和剤散布と対比してみると，皮麦乾物重は大体同じであるから薬害の程度もほぼ同じである。

4. 水田における動力散粒機の雑草防除効果試験

実験目的 水田に対する動力散粒機の実用性を検討するため，適当な水田車輪を試作するとともに防除効果を測定し，また水田内での散布性能を調査する。

実験方法 供試機は前と同様試作第1号機で，使用粒剤は昭和37年度市販されたPCP粒剤(25%)であった。防除効果試験に先立って実際の圃場で供試機を予備運転した結果は第36表のとおりで，羽根車の周速度，吐き出し量を変えた場合の散布速度を検討した。また別の圃場

においてシャッタ開度を7/10とし，散布幅を8.5m，散布速度を0.85m/sにとった場合，散布機の左右各々0～1.5, 1.5～3.0mの距離における落下量と，全範囲内の変動係数を求めたものが第37表であった。これらの結果から防除効果を判定する実験圃場では第38表のように吐き出し量を1.2kg/min，散布速度を0.65m/s，散布幅を9.0mとして運転したが，散布の精度は散布量が11%増であった。

第36表 散 布 諸 元

(Table 36. Deta of field application by hand tractor mounted —Paddy field—)

シャッタ開度	吐き出し量 kg/min	羽根車周速度 m/s	計画到達距離 m	散布速度 (車速) m/s	10a 当り 散布時間 min	散布精度 %
6/10	1.20	13.1	8.5	0.73	2.5	± 0
7/10	1.35	15.6	8.5	0.83	2.3	+ 3

注：PCP25。

第37表 圃場散布諸元 (1)

(Table 37. Deta of field application (1)—Paddy field—)

	距 離 m	落 下 量 mg/100cm ²	散 布 速 度 m/s	散 布 精 度 %	変 動 係 数 %	散 布 幅 m
右	0～1.5	42	0.85	+13.5	62.4	8.5
	1.5～3.0	20				
左	0～1.5	42	0.85	+13.5	62.4	8.5
	1.5～3.0	20				

注：PCP25。

第38表 圃場での散布諸元 (2)

(Table 38. Deta of field application (2)—Paddy field—)

散布機	10 a 当り散布量		吐き出し量 kg/min	散布速度 m/s	散布幅 m	散布精度 %
	製品量 kg	成分量 g				
動力散粒機	3.4	850	1.2	0.65	9.0	+11
手まき	2.6	650	—	0.20	4.5	-11

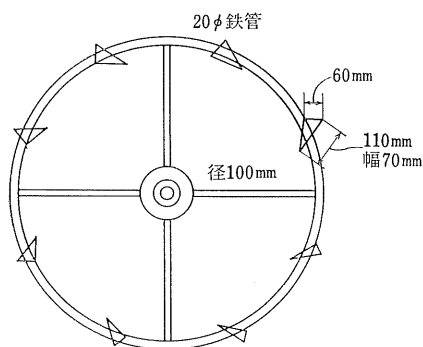
注：PCP25。

第39表 動力散粒機の防除効果

(Table 39. Weed control effect by hand tractor mounted on paddy field)

散布機	粒剤名	雑草乾物量		変動係数 %	水稻収量調査		
		実数 g	比率 %		全重 kg/a	粗重 kg/a	比率 %
無処理	PCP25%	1.68	100	90	110	50.6	100
動力散粒機 (たて型)	"	0.09	5.1	266	111	50.7	100
"	"	0.06	3.1	100	—	—	—
手まき	"	0.17	10.3	200	109	51.2	102

注：雑草調査は30×30cm，変動係数は30点，収量は0.9m²で17点。



第41図 水田車輪

(Fig. 41. Wheel used application)

またこの試験に供試した水田車輪は第41図のとおりで、従来の水田車輪をいろいろ検討した結果、歩行型トラクタに散粒機本体を取り付けさらに所定の粒剤をタンクに充滿した場合の車輪の沈下、除草剤散布時の草丈および植幅、および車軸回転数に対する適正散布速度などを検討して経験的に決定したものである。

結果と考察 防除効果試験の結果は、第39表のとおりで、予備試験および効果試験から次のことが考えられる。

1) 吐き出し量は1.2~1.3kg/cm²で10 a 当り3kg 散布を計画した場合、作業時間は2~2.5分できわめて能率的であるが、実際農家では水田内の作業速度を0.8m/s以上にとることは熟練を要し、せいぜい0.5~0.7m/sが適当と思われる。

2) 第2表のPCP-(A)で代表される粒径分布をもつ粒剤なら、供試機によって7~9mの散布幅を得ることができ、この場合実際の圃場における落下量の変動係数は、車輪のスリップ、機体の傾斜などを考慮して60~80%程度になると思われる。

3) 散布機の左右各々3mすなわち全体で6mの地点の落下量はこの場合20mg/100cm²で、散布機の往復による落下の重複を考えると、粒径分布によって異なるけれども、一般に7~9mを一応の散布幅と考えても水田においては目的を達すると思われる。

4) 第39表の試験結果から、雑草乾物重すなわち雑草の発生防止率は動力散粒機の場合顕著で、同一粒剤を慣行の手まきでした場合と明確な差が認められる。また葉害の程度は散布直後葉先の傷みなどが場合によって認められるが、表の示すとおり収量調査結果はほとんど同一で葉害による減収はないといえる。

第40表 水田直播栽培における
(Table 40. Prevading test of hand)

作業名	月日	散布機名	対象	薬剤名	濃度 %	散布量 kg/10a	散布幅 m
種子散播*	5. 6	動力散粒機	—	—	—	* 8	6
追肥**	6. 5	〃	—	肥料 8-8-8 化成	—	72	6
除草粒剤散布	6.10	〃	ノビエ雑草	P C P 粒剤	25	3	7.7
除草粒剤散布	7. 5	〃	広葉雑草	水中M C P 粒剤	1.4	3.5	6

注：*印は試験結果のみで利用体系にのせたものでない。

**印は一応体系にのせたが散粒機の調量シャックを改造の要あり。

5. 動力散粒機の利用試験

実験目的 水稲直播栽培の湛水初期および中期の水田に、試作動力散粒機を使用して除草粒剤 P C P、M C P を散布し、作業体系の関連をみるとともにその実用性を検討した。

実験方法 1区画 44.6×76.2m (34a) の圃場において、動力散粒機の試作第1号機を用い、圃場の長辺にそって3往復の散布を行なった。使用粒剤は P C P (25%)、水中M C P (1.4%) 粒剤で散布諸元は第40表のとおりである。

結果と考察

1) P C P 粒剤の場合 1ha 当り散布時間は25分53秒、旋回および移動時間は3分53秒、補給時間は5分53秒で合計35分39秒となり、合計時間に対する散布時間の割合は72.6%であった。散布速度は0.85m/sで、散布量は計画量の13.5%増であった。またM C P 散布の場合は、散布時間が22分56秒、旋回および移動時間が28分20秒、補給時間が6分37秒で合計57分53秒になり、合計時間に対する散布時間の割合は39.6%であった。散布速度は0.92m/sで散布量は計画量の-6.8%であった。

2) 稲の生育は P C P 粒剤散布の前後で草丈が31cm、水中M C P 粒剤散布で63cmであったが、動力散粒機に水田車輪を取り付け、0.8~0.9m/sの散布速度で運転すると、P C P の場合は比較的作業が容易であるに対し、M C P 粒剤散布では草丈が大きいため作業が容易でなく、散布速度を1/2に減少する必要が認められた。その場合は1ha 当り散布時間が46分、合計時間が約80分となり、合計時間に対する散布時間の比率は約57.5%となる。

3) 1台当り負担面積——1ha 当りの合計作業時間を35~40分として、1日の作業時間を7時間とすると、約11haの防除が可能で、防除期間を3日とすると33haの負担面積となる。しかし圃場間の移動時間、調節や修理時間を考えると負担面積はこれより小さくなる。

4) なお第40表には追肥作業が作業体系に含まれているが、このものは調整シャックを改造する必要がある。また種子散播は別の実験結果を付記したもので、種子散播についてはなお検討中である。

6. 実験計画法による各県連絡試験

以上の圃場試験によって、ほぼ試作機の散布方法および防除効果が確立されたので、さらに実験計画法による同一に調整した試験方法によって4県の農業試験場の実験を依頼し、結果を総括して試作機の性能と防除効果を

検討した。

(1) 供試機の予備試験

番外圃場を用いて圃場試験時の散布速度、調量シャック

動力散粒機試験結果

(tractor mounted on paddy field)

吐き出し量 kg/min	散布速度 m/s	作業人員 人	作業時間 min·sec				作業能率 min/10a	散布変 動係 数 %	備 考
			補 給	調 節	移 動	散 布			
2.5	0.8	1	—	—	—	3' 15''	—	—	作業能率は雑時間 を含めたものであ る。
5.8	0.43	2	3' 25''	3'	1' 6''	10' 57''	18.5	59.9	
1.2	0.89	1	35''	3'	23''	2' 35''	6.6	62.4	
1.3	0.84	1	39''	3'	2' 50''	2' 18''	8.8	—	

第41-1表 散布諸元

(Table 41-1. Deta of field application by corresponding tests)

圃場 番号	地域名	シャッ タ開度 (mm)	送 風 機 回 転 速 度 (rpm)	実散布 速 度 (m/s)	備 考
I	鴻巣	4.7	2,350	0.41	直播田
	長野	5.3	2,400	0.41	
	栃木	5.1	2,220	0.38	
	滋賀	5.0	2,100	0.41	
II	鴻巣	7.1	2,030	0.59	直播田
	長野	6.7	2,400	0.62	
	栃木	6.4	2,040	0.55	
	滋賀	6.8	2,100	0.60	
III	鴻巣	4.7	2,350	0.39	直播田
	長野	5.3	2,400	0.40	
	栃木	5.1	2,220	0.38	
	滋賀	5.0	2,100	0.41	
IV	鴻巣	7.1	2,030	0.58	直播田
	長野	6.7	2,400	0.62	
	栃木	6.4	2,040	0.55	
	滋賀	6.8	2,100	0.58	
V	鴻巣	4.7	2,225	0.39	移植田
	長野	5.3	2,400	0.41	
	栃木	5.1	2,160	0.38	
	滋賀	5.0	2,100	0.41	
VI	鴻巣	7.1	2,050	0.62	移植田
	長野	6.7	2,400	0.64	
	栃木	6.2	2,040	0.55	
	滋賀	6.8	2,100	0.57	
VII	鴻巣	4.7	2,225	0.40	移植田
	長野	5.3	2,400	0.41	
	栃木	5.1	2,160	0.38	
	滋賀	5.0	2,100	0.41	
VIII	鴻巣	7.1	2,050	0.64	移植田
	長野	6.7	2,400	0.64	
	栃木	6.2	2,040	0.55	
	滋賀	6.8	2,100	0.57	

第41-2表 調量シャッタ開度と吐き出し量

(Table 41-2. Discharge rate on corresponding test)

羽根車 回 転 数 rpm	調量板 の 幅 mm	調量板 穴 面 積 mm ²	吐 き 出 量 kg/min	調 量 目 盛	10 a 当 り 3 kg 散 布 時 間 min	備 考
2,000	13.0	40.2	0.355	2.8	8.5	試験時
"	12.5	49.8	0.441	3.2	6.8	
"	12.0	55.0	0.554	3.4	5.4	
"	11.0	71.1	0.642	4.1	4.7	
"	10.0	82.7	0.727	4.9	4.1	
"	9.0	84.5	0.870	5.0	3.4	
"	8.0	103.3	1.042	6.1	2.3	

注：調量板移動距離は17mmが全開。使用粒剤はN1P7%（三共）。

タ開度などの散布諸元を求める。

(i) 使用粒剤——農業機械化研究所が一括購入し4県に送付したN1P粒剤（7%）をあらかじめ篩別して粒径2mm以上を取り除き調量シャッタ開度を求める。

(ii) 散布重と散布速度——10a当り3kg, 0.4および0.6m/s。

(iii) 使用動力散粒機——農業機械化研究所が同一図面で製作し、4県に送付したもの（実用第2号機）。

(iv) 散布幅8mとして試験区の大きさを決める。

(v) 吐き出し量——動力散粒機に一定量の粒剤を入れ、3kgを5.2分および3.5分で吐き出す調量シャッタ開度を、各県に貸与された供試機ごとに各県で決定した。その結果は第41-1表のとおりで、試作第1号機については第41-2表のとおりであった。したがってこの調量シャッタ開度における粒剤吐き出し量 q_1 q_2 は、

$$q_1 = \frac{3}{5.3} = 0.58 \text{ kg/min}, \quad q_2 = \frac{3}{3.5} = 0.86 \text{ kg/min}$$

となる。これから散布幅 $L=8\text{m}$, 10a当り散布量3kgとして、

$$V = 16.7 \frac{q}{LQ}$$

より、散布速度 V m/s は、

$$V_1 = 0.4 \text{ m/s} \quad V_2 = 0.6 \text{ m/s}$$

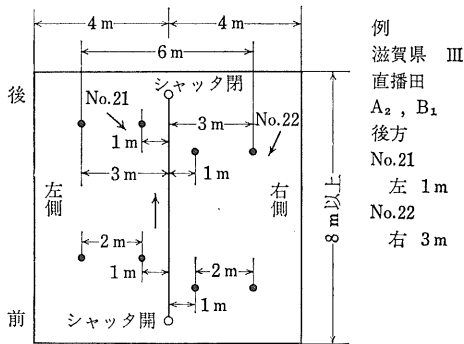
となる。ただし散粒機本体のプーリ軸は2000rpm以下にならないこと。散布時の散布速度の誤差は±5%以内としたが第41-1表のとおりである。

(2) 試験圃場と予備測定

試験圃場は移植田10a、乾田直播10aの合計20aを8等分し1区の大きさは測定点の数と位置を第42図のようにとった(とり方は後述)。測定点の大きさは50cm角、圃場の条件は、

(i) 前処理——耕起、整地、播種量、施肥量その他はすべて慣行どおりとする。イネの品種は任意で普通植え。

(ii) 直播田の除草——直播田では乾田期にスタム乳剤を1回散布する。散布量、散布時期は慣行どおり。



第42図 1区の大きさと測定位置

(Fig. 42. Measuring points (Corr. test))

(iii) 試験区の配置——試験区の割付けは第43図のとおりで、移植田と直播田とは距離がはなれていてもよいが、IからIVおよびVからVIIIはなるべく同一圃場内にとる。

第43表は4県の散布月日、播種または田植月日、散布時の草丈、茎数、植付間隔、播種量または田植は田植本数、水深を示したものである。

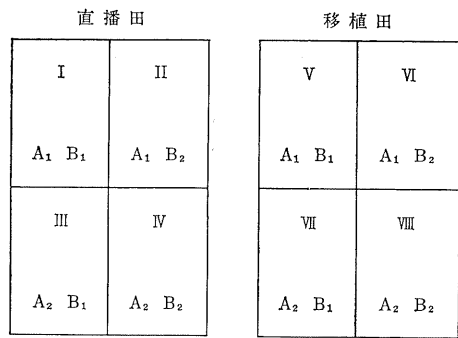
この測定点についてNIP粒剤の散布前2~3日目に雑草総本数およびヒエの本数を測定した。ただし散布後に同一場所を測定するため雑草は取り除かない。

(3) 実験計画法による割付け

(i) 測定項目——測定項目は散布後20日目の雑草およびヒエの総乾物重で、測定内容は、

a 吐き出し口の形状

A₁: 農業機械化研究所よりあらかじめ調節して各県に送付した衝突板を取り付けた場合



第43図 圃場への割付け (1県当り)

(Fig. 43. Devision of field (Corr. test))

第42表 直交表への割付け

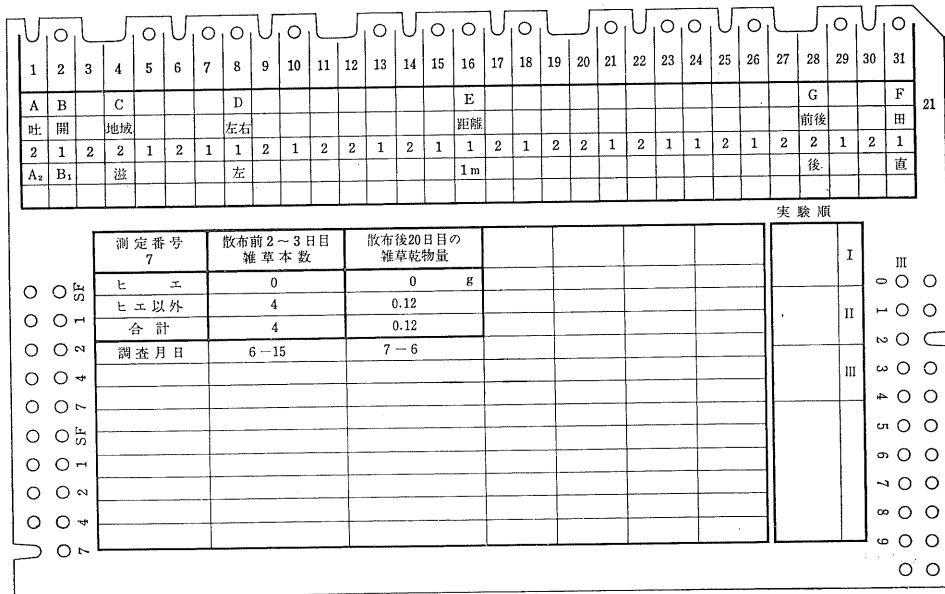
(Table 42. Statistical design of experiment)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
a	b	a	c	a	b	a	d	a	b	a	c	a	b	a	e	a	b	a	c	a	b	a	d	a	b	a	c	a	b	a
		b	c	c	b		d	d	b	d	c	c	b		e	e	b	e	c	c	b	e	d	d	b	d	c	c	b	
				c				d	d	d	c				e	e	e	c		e	e	d	e	d	e	d	c			
										d								e		e		e	e	e	d					
A	B	e	C	e	e	e	D	A	B	e	e	e	e	E	A	B	e	e	e	e	D	e	e	C	G	B	A	F		
							D	D							E	E					E			F	F	F				
<p>A: 吐き出し口形状 B: 散布速度 C: 地域 D: 進行方向左右 E: 中心よりの距離 F: 直播, 移植 G: 圃場の前後</p>																														

- A₂: 衝突板を取り付けない
 E₁: 中心より1m
 b シャッター開度すなわち散布速度
 E₂: " 3m
 B₁: 室内試験結果のとおり, 散布速度0.4m/s
 f 試験区域内の前後のむら
 B₂: " " 0.6m/s
 G₁: 試験区の前
 G₂: " 後
 c 直播田と移植田
 F₁: 直播田
 F₂: 移植田
 g 4県を2群に分けた相違
 C₁: 鴻巣 = 農業機械化研究所と長野県農業試験場
 C₂: 栃木県農業試験場と滋賀県農業試験場
 d 機械進行方向の左右のむら
 (ii) L₃₂直交表への割付け
 D₁: 進行方向左側
 D₂: " 右側
 e 機械移動中心より1mおよび3mの距離
 以上の測定項目を決めた結果測定点数は256点となり、
 あまりにも膨大に過ぎる。そこで実験計画法を用いて測

第43表 散布時の圃場条件
 (Table 43. Field conditions at test)

		散布月日	播種または 田植月日	草丈 cm	莖数 本	植付間隔 cm	播種量または 田植本数	水深 cm
鴻 巣	直 播	6月22日	5月6日	40.5	—	30cmドリル播	4kg/10 a	5.6
	移 植	6月23日	6月1日	27.2	4	30×18	3本	2.6
長 野	直 播	6月18日	5月2日	22.4	—	30cmドリル播	6kg/10 a	3.0
	移 植	6月9日	5月31日	20.2	4.2	35×15	2本	3.5
栃 木	直 播	6月16日	4月27日	20.3	—	30cmドリル播	7kg/10 a	5.0
	移 植	6月16日	6月11日	31.6	4.6	30×15	3本	4.5
滋 賀	直 播	6月17日	5月13日	21.0	2.6	30cmドリル播	5kg/10 a	3.0
	移 植	6月29日	6月22日	23.0	—	30×20	2~3	4.0



第44図 直交表カードによる測定値の一例
 (Fig. 44. Sample by measuring card)

定点数を64点になるよう設計した。すなわち L_{32} 直交表を2組準備して C_1 と C_2 に分け第42表のような割付けを行なった。

256点を64点にするため31行にF、28行にGを割り付けた交互作用のうち試験目的に必要なものをAD, BD, AE, BE, DE, CG, BF, AFを残し、あとを誤差項にとった。したがって1県当り試験区の割付けは第43図の8区、1区当り測定点は第42図のうちの2点となり、例えば滋賀県での直播田で、 A_2 , B_1 なら圃場番号はⅢで、この試験区では後方の左、1mのNo.21と、3mのNo.22の散布前雑草本数および散布後雑草風乾重を測定すれば、全体を測定しなくてもよい。第44図は滋賀県でのNo.21の直交表のカードである。

(4) 測定結果と分散分析

L_{32} 直交表に従い、4県から集まった測定結果を整理すると、第44表のようになる。これからYatesの計算によって分散(自由度が1であるから平均平方と同じ)を計算し、要因記号を入れると第44表のような計算ができる。これから第45表の分散分析表が得られるのであるが、交互作用があると推定した要因の中ではAF, BD以外すべて有意なる差がなかったため、これらを改めて誤差項に含めたものが第45表である。

これから、

a) 吐き出し口に衝突板を取り付けた A_1 と取り付けなかった A_2 では、 A_1 のほうが10%の有意水準で防除効果が大きい。すなわち4県の結果を総合すると衝突板を取り付けたため防除効果がよいといえる。

b) 供試機を使って試験した場合、鴻巣農業機械化研究所と長野県農業試験場に対する栃木県農業試験場と滋賀県農業試験場の防除効果は、前者のほうが大きい。これは鴻巣の試験圃場が散布前後を通じて雑草が少ないことに大きく影響すると考えられる。

c) 供試機が通過する線上から各々1m, 3mの距離では、有意水準25%をもってしては有意なる相違が認められない。しかし水準を30%に上げると1mより3mの地点の防除効果が大きいといえる。これは第39図(CAT粒剤で細かいが、NIP粒剤ではpeakが0点より遠くなる)のpeakが多少影響すると考えられる。

しかしこの結果は衝突板を付けた場合と付けない場合をこみにして検定しているから、衝突板を取り付けた場合のみについて1mと3mの相違を検定すると、分散比は0.349でF表の値0.466(有意水準50%)より小さい。したがって衝突板を付けた場合は1mと3mの地点の防除効果に50%の有意水準をもってしても有意なる相違が

第44表 Yates の計算
(Table 44. Yates' calculation)

No.	L_{32}	データ		分散	要因記号
1		2,135			
2		600		4,737,811.55	E
3		1,782		3,341,758.78	D
4		210		1,652,107.53	FD
5		1,543		7,032,187.53	C
6	直	1,202	イ	2,983,513.78	e
7		2,370	エ	2,479,207.78	e
8		1,292	イ	642,694.53	G
9		2,792	ツ	3,459,107.53	B
10	交	90	ツ	1,718,194.53	BE
11		2,070	の	23,996,860.03	BD
12		2,210	計	428,506.53	e
13		680	算	1,564,238.28	e
14	表	775	算	3,851,006.28	e
15		3,485		5,087,252.53	e
16		605		7,983,009.03	AF
17		3,530		11,218,400.28	A
18		350		1,726,546.53	EA
19		200		116,041.53	AD
20		4,930		2,579,288.28	e
21		628		7,032,187.53	e
22		1,716		5,041,106.28	e
23		8,324		1,293,234.03	e
24		7,763		2,257,281.28	BF
25		10		5,837,090.28	e
26		3,840		1,041,485.28	e
27		992		23,996,860.03	e
28		10		776,569.53	CF
29		7,650		7,230.03	e
30		603		1,655,745.03	e
31		1,280		7,251,384.03	e
32		962		21,479,096.53	F

なく、均一な防除効果であるといえる。

d) 直播田と移植田については、この供試機を使った場合有意水準2.5%で直播田のほうが移植田より防除効果が大きい。

これは直播田と移植田で雑草の生え方が異なると考えられるため、散布前の雑草本数について共分散分析を行なった結果は第46表のとおりで、やはり直播田のほうが移植田より散布後の雑草が少なかった。これは散布機より栽培上の問題であるが、散布前にスタム乳剤を1回散布したため雑草の状態が違ったものと考えられる。

e) AとFすなわち衝突板の有無と直播、移植の交互

第45表 分散分析(雑草量)

(Table 45. Analysis of variance)

要因	自由度	平均平方	分散	F	防除効果
A	1	11,218,400.28	11,218,400.28	3.07	10% $A_1 > A_2$
B	1	3,459,107.53	3,459,107.53		
C	1	7,032,187.53	7,032,187.53	1.93	25% $C_1 > C_2$
D	1	3,341,758.78	3,341,758.78		
E	1	4,737,811.53	4,737,811.53	1.3 < 1.39	25% $E_1 < E_2$
F	1	21,479,096.53	21,479,096.53	5.88	25% $F_1 > F_2$
G	1	642,694.53	642,694.53		
AF	1	7,983,009.03	7,983,009.03	2.19	25%
BD	1	23,996,860.03	23,996,860.03	6.57	2.5%
誤差	22	80,376,076.93	3,653,458.04		

第46表 移植と直播のNIP粒剤散布前後の雑草量の共分散分析表

(Table 46. Influence of field (weed) in analysis of variance)

	自由度	$\sum x^2$	$\sum xy$	$\sum y^2$	回帰係数	自由度	$\frac{\sum y^2 - (\sum xy)^2}{\sum x^2}$	平均平方	F
移植	31	538945	1916925	134209259	3.56	30	127391121	4246371	
直播	31	524	84360	56798850	161.0	30	43217534	1440584	
標本内 回帰係数						60	170608655	2843478	
共通の 修正平均						1	12975225	12975225	4.0 ^{10%}
	62	539469	2001285	191008109	3.71	61	183583880	3009472	
						1	57116119	57116119	19.0 ^{0.1%}
全体	63	615439	2732661	252833554	4.44	62	240699999	3882258	

第47表 AとFの2元表(雑草量)

(Table 47. Relation A and F)

	F ₁	F ₂	計
A ₁	9.36	14.48	23.84
A ₂	10.84	31.94	42.78
計	20.20	46.42	

第48表 BとDの2元表(雑草量)

(Table 48. Relation B and D)

	D ₁	D ₂	計
B ₁	11.70	26.87	38.57
B ₂	16.44	11.61	28.05
計	28.14	38.48	

作用が25%の有意水準で認められる。そこで第47表の2元表を作ってみると、直播田ではA₁とA₂すなわち衝突板の有無の相違が少ないのに対し、移植田では衝突板を付けない方が防除効果が著しく低いことを示している。

したがって雑草の多い移植田での衝突板の効果が大きいといえる。

f) BとDすなわち(シャッタ開度)散布速度0.4と0.6m/sの相違と、散布機の進行方向の左右の相違との交互作用が有意水準2.5%で認められている。そこで第48表の2元表を作ってみるとB₂すなわち0.6m/sでは除草効果がよく左右の相違があまり違わないのに対し、0.4m/sでは右側の防除効果がとくに低いことを示している。これは0.4m/sの調量シャッタ開度が0.6m/sに比べて小さいため、粒剤を左右に分割する板のずれがシャッタ面積が小さくなるほどその割合が大きくなるためと考えられる。したがってNIP粒剤を散布する場合のシャッタ開度は、吐き出し量が0.58kg/minになるほう、すなわち速度は0.6m/sのほうがよいと考えられる。

なお以上の検定には、無散布区と対比することをわざと実施していない。これはNIP粒剤の防除効果が明確で、また前述の圃場試験においても動力散粒機の防除効果が一応認められているため、衝突板の有無、調量シャッタ開度の大きさ、散布速度すなわち減速比などの機械技術的研究を主としたためである。

V

結 論

粒状農薬の散布機に関する研究は、粒状農薬の改良につれて次第に進展して行くものと思われるが、この研究は粒剤散布機の基礎的な性能、構造の開発のみでなく、試作機によって圃場における実際の防除効果を検討したものである。いまその概略を述べると、

1. 粒剤をタンクの底部から連続にかつ安定して吐き出すためには、粒径分布は0.3~1.25mmの範囲にあることが必要である。

2. 粒剤の落下量分布が地表面で均一であるためには、粒径分布は平均値と標準偏差で決まる Gauss 関数に従うことが望ましい。

3. 粒剤の安息角が36~38度で、水分含有量が15%以下でなければ、タンク底部での粒剤吐き出し状態は連続かつ一定にならない。

4. 粒径の吐き出し量を調節する開閉シャッタの開度(直径)は7~10mmで、この状態なら1ha当り30kgの粒剤散布が、特別の繰り出し装置がなくても簡単にできる。

5. 散布機の進行方向に直角の左右両側に、粒剤を撃力によって散布すると、粒径分布が Gauss 関数に従うとき、各距離別落下量の分布関数は Khi 2乗関数で実験的に表現できる。そしてこの傾向は平均粒径が小さいほど顕著である。

また Khi の値が、この実験で基礎的に求められたため、粒剤落下の範囲はこの Khi の値を用いてあらかじめ知ることができ、基礎的ではあるが、75%、90%および75~90%落下する範囲を計算したところ、ほぼ実測値と一致した。

6. 散布機の進行方向に粒剤を撃力によって散布すると、粒剤の散布幅への分布関数は、Gauss 関係に従う。これらは基礎的な取扱いではあるが、75、90%および75~90%落下する散布幅の範囲を計算することができ、よく実測値と一致する。

7. これらの落下量分布関数が、Khi に従うか Gauss 関数になるかの検討は一般に困難であるが、実測の落下

分布の Skewness を計算すると、Gauss 関数に従う限界点が検討できる。そしてこの値が0.1以下なら Gauss 関数にほぼ近いと考えられる。

8. また実際の落下量分布が、不均一に地表に集中すると葉害の原因になる。そこで実測の落下分布の Kurtosis を計算すると、地表での均一性を基礎的に推定することができ、2.0以下なら十分均一であると思われる。

9. 粒剤を送風機の風の力のみで散布すると、撃力を利用した場合より、散布幅が少なくかつ落下の均一性が悪くなる。

10. また粒剤を撃力で散布する場合と、遠心力で散布する場合を比較すると、撃力による粒剤の運動エネルギー E_1 は、

$$E_1 = \frac{1}{2} m U_1^2 (1 + e)^2$$

m : 粒剤の質量

U_1 : 撃力を興える羽根の速度

e : 回復係数

となるが、反対に回転する円板上での遠心力による運動エネルギー E_2 は、

$$E_2 = m U V \cos \beta$$

V : 粒径の速度

β : U と V との角度

で、 $U > V$, $0 < \cos \beta < 1$, $e = 1$ で、両者の比は

$$E_1 / E_2 > 1$$

したがって撃力による方が遠心力より運動エネルギーが大きいといえる。

11. 計算による散布幅(最大粒径と最小粒径の到達距離の差)は、つぎの場合実測値と一致する。

1) 最大粒径をもつ粒剤の運動を質点の力学として到達距離を計算し、最小粒径をもつ粒剤の運動を Stokes の法則を用いて到達距離を計算する。

2) 粒剤は撃力のみによって散布される。

3) 粒剤の粒径分布は Gauss 関係に一致する。

12. しかし Gauss 関数に従う粒径分布をもつ粒剤が、すべて微小粒径であるとみて Stokes の法則に従い撃力

を受けるとすると、散布された粒径の落下量の分布は、 K_{hi} 2乗関数によって理論的に表現できる。

13. 人力粒剤散布機の設計基準として、

1) 水田において1ha 当り 30kg の粒剤を散布する時間は、回行、調節などの時間を除いて約2.5時間であること。

2) 散布機の有効散布幅は、水田作業において約4～6mであること。

3) 100cm² 当り粒剤の落下量の変動係数は、30% 以下であること。

4) 散布機は粒剤散布のみでなく、部品交換によって現在普及している散粉機となりうること。

以上の基礎的かつ実験的な結果から6設計案が作られ、その中から1案の試作機が選ばれた。

14. この試作機の有効散布幅、変動係数などの性能を検討した結果、設計基準にほぼ一致することが知れた。

15. また圃場試験において、水田の雑草防除に PCP 粒剤、ニカメイチュウ1化期に BHC 粒剤を散布して、試作機による防除効果が証明された。

16. 歩行型トラクタ用動力散粒機の設計基準としては、

1) 水田において1ha 当り 30kg 散布の時間は、正味0.3～0.5時間程度であること。

2) 散布の有効散布幅は約7～9mであること。

3) 100cm² 当りの落下量の変動係数は40～50% 以下であること。

4) 歩行型トラクタのアタッチメントとして設計すること。

この原理は人力散粒機と大差ないが、動力用として必要な7設計案が採用された。そしてNo.1からNo.3までの試作機が、設計図面により防除機メーカーの手で製作された。

17. これら試作機の室内試験により、その性能すなわち落下量の均一性、有効散布幅、散布時間などが、ほぼ設計基準を満足することが知れた。

18. また水田および裏作麦の雑草防除について、その実用性を検討したが、

1) 有効散布幅は、水田においては6～9m、畑地では5～7mであった。

2) 水田における1ha 当り 30kg 散布の時間は、調節、補給などの時間を含めて1～1.5時間であった。

3) 地表における落下量の変動係数は61～73%であった。

4) 雑草乾物重を測定した結果の雑草防除率

$$\left[\frac{\text{無散布区の雑草量} - \text{散布区の雑草量}}{\text{無散布区の雑草量}} \right]$$

は、65～97%であった。

19. 試作 No. 3 機によって、長野、栃木、滋賀各県の農業試験場との連絡試験を、農業機械化研究所の依頼により実施したが、実験計画法の L32 表を採用し、散布機の同一条件と同一測定方法において、

1) 3県農業試験場とも農機研と同じく、この設計構造案が防除効果上十分で、その実用性が認められる。

2) 散布機の左右両側の各々1、3mの距離における雑草量はいずれも少なく、25%の有意水準をもってしては、それらに有意なる相違がない。すなわち雑草効果は均一である。

3) 散布機の吐き出し口に設けた衝突板による防除効果は、これを取り付けない場合より防除効果が大きい(有意水準10%)。

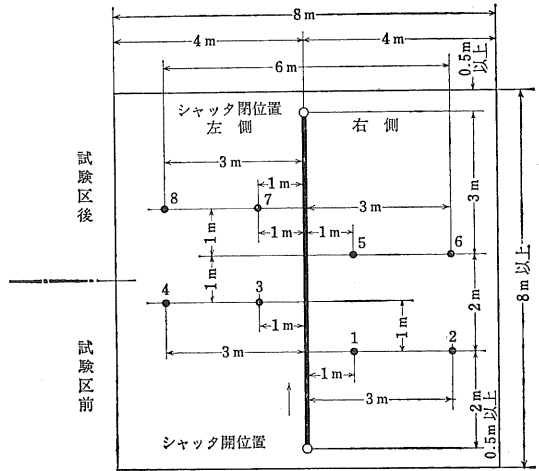
4) 散布速度については、0.6m/sの方が0.4m/sより除草効果が均一である。この理由はタンク底部にある粒剤の分配器が、速度が速くなるほど開閉シャッタの直径が大きくなり、その性能がよくなるからである。

〔付〕 参考資料

歩行型トラクタ用動力除草粒剤散布機の性能及び

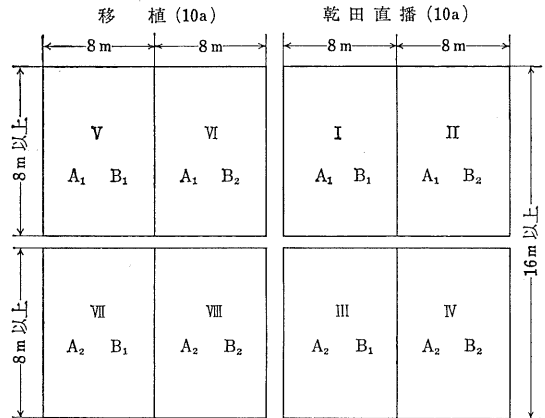
効果の確立に関する研究実施方法 (39. 5. 12)

1. 供試機械 小型トラクタ用動力散粒機
5月下旬, 久保田鉄工より送付
2. 散布除草剤 NIP 粒剤7% 5月下旬送付
3. 10a 当り散布量 3kg
4. 測定項目
 - 1) 散布前2~3日目の雑草総本数およびヒエの本数 (50cm角)。ただし散布後に同一場所を測定するため雑草は取り除かない。
 - 2) 散布後20日目の雑草総乾物重およびヒエの乾物重 (50cm角)
5. 測定位置と測定点数
1区 8m × 8m以上の圃場において, 機械進行方向の左右各々1, 3mの測定点を第1図のように決める。1測定点は50cm角1個で, カード(L32表)に示されている場所の測定のみで可。
6. 試験圃場の数
移植区10a, 乾田直播区10aの合計20aを第2図のように8等分する。
7. 散布時期
直播では灌水後5日目, 移植では田植後5日目。
8. 耕起, 整地, 播種量, 施肥量その他はすべて慣行どおりとする。直播は乾田期にスタム乳剤を1回散布する。散布量, 散布時期は慣行どおり。イネの品種は任意で普通植え。
9. 試験内容
 - 1) 吐き出し口の形状 A₁ (農機研より送付のもの), A₂ (特に取り付けないもの)
 - 2) シャッタ開度 B₁ および B₂, ただし 10a 当り散布量は3kgで, シャッタ開度を大きくすると, トラクタの速度を速くする。B₁ および B₂ は後述する。
 - 3) 直播田と移植田での相違 F₁ および F₂
 - 4) 機械進行方向左右のむら D₁ および D₂
 - 5) 中心より1mおよび3mのむら E₁ および E₂
 - 6) 4地域での実用性の相違 (2群に大別)
C₁ および C₂
C₁: 栃木, 鴻巣 C₂: 滋賀, 長野
 - 7) 圃場前後のむら (第1図) G₁ および G₂



カードを整理すればわかるが, 測定点は1→8のうち2点のみでよく, 1枚のカードにそれぞれ1測定値を記入する (ただし各県は全部測定すると独立した試験となる)。

第1図 1区の大きさや測定位置



第2図 試験区のととり方

10. 圃場の割付け

圃場番号 直播移植の別 吐き出し口 シャッタ開度

I	直播	A ₁	B ₁
II	〃	A ₁	B ₂

III	"	A ₂	B ₁
IV	"	A ₂	B ₂
V	移 植	A ₁	B ₁
VI	"	A ₁	B ₂
VII	"	A ₂	B ₁
VIII	"	A ₂	B ₂

以上第2図のとおり。

11. カード (L32表) への測定値記入方法

1) 圃場番号 カードの右側に書かれているIからVIIIまでが圃場番号(第2図)を示す。

2) 試験条件 カードの上段, 上から5列目にA₂, B₁, 柄, 右, 1m, 前, 移と記されているのが, このカードに記入する測定値の試験およびサンプリングの条件で(第3図), たとえば,

A₂: 吐き出し口の形状 A₂

B₁: シャッタ開度 B₁

柄: 担当県名栃木県

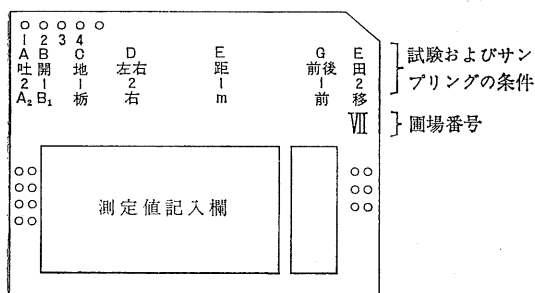
右: 機械進行方向の右側

1m: " 中心より1mの点

前: 第1図前後の前側

移: 移植田

したがって, この場合第3図のカードでは圃場番号がVIIであるから, 第2図のVII (A₂, B₁, 移) の圃場において, 第1図に示す測定点1 (右側, 1m, 前) の雑草本数および乾物重を記入する。



第3図

12. B₁ と B₂ の決定方法

シャッタ開度 B₁, B₂ は, 試験圃場内での散布速度から逆算する。すなわち

散布速度: 0.4m/s および 0.6m/s

になるよう, トラクタの発動機回転速度と変速比をあらかじめ試験田で検討しておく。ただし散粒機本体のプーリ軸は 2000rpm 以下にならないこと。散布速度の誤差は±5%以内。

3kg の粒剤をタンクに入れ, 実験室内または番外圃場で数回散布しながら, 3kg の粒剤が5.2分で吐き出し終わるシャッタ開度と, 3.5分で吐き出し終わるシャッタ開度を求め, 散布中動かないよう確実に固定する。

シャッタ開度 B₁ 3kg を5.2分ですすシャッタ開度

" B₂ 3kg を3.5分ですすシャッタ開度

以上の時間は±10%以内の誤差とする。

13. 試験の順序

1) 試験圃場を第2図のように配置する。移植と直播は距離がはなれていてもよいが, I→IVおよびV→VIIIはなるべく同一圃場内にとる。

2) 各区ごとに第1図の測定点を決定する。1→8点あるが必要点数はカードに示されている2点だけ。

3) 試験圃場内で0.4m/s および0.6m/s の散布速度となる発動機の回転速度, 変速比を決定する。

4) 実験室内または番外圃場で, 3kg を5.2分および3.5分ですすシャッタ開度 B₁, B₂ を決定する。

5) 散布前2~3日に, ヒエおよび雑草総本数をカード1枚ごとに記入する。圃場およびサンプリングの条件は第1および第2図を参照し, カードの上から5列目の試験条件と一致させる。

6) 第2図のとおり除草剤を散布する。

SUMMARY

With the improvement of agricultural granular chemicals, the study on Granular Applicator for the control of pest and weed will make a great progress.

This study is intended to investigate not only the fundamental performance and construction of Granular Applicator but also on-the-spot pest control effects.

The study covers the followings :

1. To maintain the continuous and constant discharge out of the bottom of Granule Tank, the range of granular diameters shall be kept 0.3 to 1.25 mm.
2. To maintain the uniform deposits on the surface ground, distribution of granule diameters shall be recommended to follow Normal Distribution Function by Gauss which is defined by mean diameter and standard deviation.
3. To maintain the continuous discharge rate out of the bottom of Granular Tank, the angle of response and the moisture content for the granule shall be 36 to 38 degrees and below 15% respectively.
4. When the opening (diameter) of Adjusting Shutter which regulates the discharge rate is 7 to 10mm, 30 kg. of granule per 1 ha. can be easily and constantly applied without a special feeder attached on Applicator.
5. In application of granule by impulsive force to the both sides of working direction of Applicator, the distribution of amount of deposits by distances from Applicator can be expressed by the Khi Square Function in case that diameter distribution of granules follows the Gauss Function. The smaller the diameter of granules, the more applicable the Khi Function.

The actual range of deposits can be fore-known by the Khi value in this experiment. The calculated ranges of 75, 90, and 75 to 90% of granules applied were found coincident with actual measurements.

6. In application of granules by impulsive force to the both sides of working direction of Applicator, the calculated swath width of 75, 90, and 75 to 90% of granules applied were found almost coincident to the actual measurements.
7. It is difficult to determine which function, Gauss or Khi is more applicable in determination of deposits distribution. However by the calculated skewness, the limit point shown by the Gauss Function can be estimated. When the skewness is below 0.1, the distribution nearly follows the Gauss Function.
8. Unevenly concentrated deposit of granules is the cause of injury to plants. The calculated Kurtosis of actual deposits distribution basically estimate the uniformity of deposits on the ground. When the Kurtosis is below 2.0, the deposits on the ground are comparatively uniform.
9. In case of application of granules by mere wind delivered from Blow Head of Blower Type Applicator, the swath width is narrower and the distribution of deposits is more uneven than by impulsive force.
10. The difference between the energies produced by impulsive and centrifugal force respectively is shown in the following equation.

$$1) E_1 = \frac{1}{2} m V_1^2 (1+e)^2$$

where,

E_1 : Kinetic energy of granules by impulsive force.

m : Mass of Granule

V : Velocity of blade.

e : Coefficient of restitution.

$$2) E_2 = mUV\cos\beta$$

where,

E : Kinetic energy of granule by centrifugal force

$m'U$: equivalent to E

V : Velocity of blade.

β : Angle from U to V .

In the equations, $U > V$, $0 < \cos\beta < 1$, $e = 1$, $E_1/E_2 > 1$

Thus the Kinetic energy of impulsive force is greater than that of centrifugal force.

11. The calculated swath width (the distance between the furthest point and nearest point where granulars are dropped.) was almost coincident with the actual measurements in case of the following:

- 1) The reaching distance of the granule with maximum diameter is calculated by motion of dynamics, while the reaching distance of the granule with minimum diameter is calculated by Stoke's Law.
- 2) The granule is delivered by impulsive force only.
- 3) The distribution of granule diameters is satisfied by Gauss Function.

12. The distribution of deposits is theoretically expressed by the Khi Square Function, on the assumption that small granules which follow the Gauss Function are subject to impulsive force by Stoke's Law.

13. The basis of design for Hand Type Granular Applicator is as follows:

- 1) When applying rate is 30kg for 1 ha. of paddy field, applying time shall be 2 hours and a half, excluding the time for turning, adjustment of machine, etc.
- 2) The effective swath width for Applicator shall be 4 to 6 meters.
- 3) The coefficient of uniformity of deposits per 100 cm² shall be below than 30%.
- 4) This design shall apply not only to Granule Applicator but also to Hand Duster already spread among farmers by changing some parts of Applicator.

Due to the continuous trial making based upon the fundamental experimental results mentioned above, one trial machine proved successful out of six ones.

14. The characters, especially effective swath width and the coefficient of deposits uniformity of the trial Applicator was found almost satisfactory to the basis of the design.

15. The effects of the Applicator were proven by use of granular herbicide P. C. P. for weed controlling and B. H. C. for rice stem borer in the paddy field.

16. The basis of design for Power Type Granular Applicator mounted on Hand Tractor is shown as follows:

- 1) When applying rate is 30kg per 1 ha. of paddy field, the applying time shall be about only 30 minutes.
- 2) The effective swath width for the Applicator shall be 7 to 9 meters.
- 3) The coefficient of deposits uniformity per 100 cm² shall be below 40 to 50%.
- 4) This design shall be for the attachment mounted on the front of Hand Tractor.

Based upon the basis of design, 7 propositions were proposed, three of which (No. 1 to No. 3) were manufactured by famous pest control machine manufacturers.

17. As a result of the tests made in the experimental room, the characters of these trial Applicators were found satisfactory from the view point of the design basis on the uniformity of deposits, effective swath width and applying in unit area.

18. Weed control effects in paddy and wheat field respectively were found useful. The results are as follows:

- 1) Effective swath width shall be 6 to 9 meters and 5 to 7 meters in paddy and upland field respectively.
- 2) When applying rate was 30kg for 1 ha. of paddy and upland field, time including adjustment of machine etc. was 1 to 1.5 hours.
- 3) Coefficient of uniformity of deposits on the surface of field was 61 to 73%.
- 4) The rate of weed control was 65 to 97%, when weed was dried at 110 degree centigrade in 24 hours. The ratio is expressed in the following equation.

$$R = \frac{(\text{Amount of weeds at plot not applied}) - (\text{Amount of weeds at plot applied})}{(\text{Amount of weeds at plot not applied})}$$

19. For test of trial Applicator No. 3, the corresponding test with Nagano, Tochigi, and Shiga Agricultural Experimental Stations in the main rice-producing districts in Japan was planned by our Institute.

The test for Applicator No. 3 was carried out according to the prepared measuring methods under the same conditions. The

results are shown in the following :

- 1) The weed control effects for the Applicator were found satisfactory on each field of 3 experimental stations. The results produced by our Institute shows the same.
- 2) The weed control effects on each field were uniform, as the weeds on both sides, 1m and 3m away from the Applicator was of little amount, and of no significant difference. (Level of significance was 25%.)
- 3) The weed control effect with the reflection plate (which is wrought in special curve with effect of uniform application) was more remarkable than that without plate. (Level of significance was 10%.)
- 4) The weed control effect at the traveling speed of 0.6 m/s was more uniform than at the speed of 0.4 m/s, as the opening of the shutter became wider as the speed increases.

粒状農薬とくに除草粒剤の散布機に関する研究
—研究所報告—

昭和40年10月1日印刷
頒価 490円

埼玉県大宮市日進町1丁目 農業機械化研究所