

静電粉剤散布の多口噴頭への適用について

藤木 徳実・内田 進・小島 孝之
石川 弘文*・稲葉 繁樹・古賀淳一郎
(生産情報科学講座)
平成3年5月31日受理

On a Multi-hole Blow Head for Electrostatic Duster

Tokumi FUJIKI, Susumu UCHIDA, Takayuki KOJIMA,
Hirofumi ISHIKAWA, Shigeki INABA, Jun'ichiro KOGA
(Laboratory of Agricultural Information Science)
Received May 31, 1991

Summary

Chemical application is an important work for improving the quality of a farm produce, or for stepping up the production as merchandise. From the view-point of global pollution, however, the application should be decreased as little as possible. For the aim of low volume, even and effective application, electrostatic sprinkle deserved much consideration.

The dusting of paddy crops is very popular in Japan, because of wide distribution of boom type (perforated) blow heads and small powered dusters. However, the actual deposits on the plant are very poor in conventional field dusting, especially in the early stage of growing.

The principle of electrostatics has been successfully exploited to improve the efficiency of paint spraying, flyash diversing and fume removal from smoke.

Authors have got an idea to apply the electrostatic method to the perforated sprinkler through an electric distributor so that the application width is magnified to a practical level. An electric distributor was made and used for distributing periodical current to outlets of multi-hole blow head. Authors investigated the effectiveness of the intermittent electrocharge. Voltage and current at electric terminals of outlets were measured by an electro-multimeter. Sprinkled dust was recalled to cellotapes from metal plates which were used for model leaves. Deposit amount of dust is numerically estimated by a photometer as the transparency of cellotapes.

Periodical charging of electrostatics is reasonably effective on dusting, when charging voltage is over 12kV and when the charging period is over a quarter (4/16 pattern) interval.

Key words: agricultural chemicals, electrostatic duster, multi-hole blow head, electric charge

* 佐賀大学理工学部電子工学科

1. 緒 言

ほとんどの農産物において、その質をあげ商品として多量に生産しようとするれば、遺憾ながら農薬による病虫害防除は避けて通るわけにはいかない。ただ全地球的立場から農薬使用量をできるだけ減らす努力をしなければならぬことは自明である。農薬の使用量をできるだけ減らしつつ、均一に、対象作物に付着させる有効な方法として、機械工業の塗装に実用されている静電散布の応用が着想される。もし実用化できれば害虫の棲息する作物の葉の裏にも均一に農薬がつき、農薬の使用量を半減できるとして、これまでわが国でも欧米でも農薬への応用が試みられてきた。しかし静電散布はその電源と散布装置が一对で成り立っており、対象となる作物が遠い場合や、圃場が広い場合の移動作業には能力的に、経済的に、散布範囲としてカバーすることが困難であったため、実用化が阻まれている。

またわが国の水田稲作では病虫害防除の労力を節減するために、粉剤散布が広く行われており、粉剤の付着量の増大は農薬の使用量の減少のために大きく貢献するものである。この報告は静電散布の上記の欠点を克服して粉剤散布に応用できないかと、研究に取り組んだものである。

本研究を行うに当たっては昭和63年度から平成2年度にわたって文部省科学研究費補助金一般研究(B)を戴いたことを記し、謝意を表する。

2. 研究 目 的

農薬による環境汚染を防止するために、散布量を減らす栽培法がますます重要になっている。その一つの方法として、作業機械の方面からは静電散布の実用化が期待され研究されている。静電気は微細な粒子を吸着するので集塵や防臭に応用される。また粉体の静電散布は塗装に応用されて、塗料の節減に大きな効果を挙げている。農業機械方面においても液剤および粉剤の散布に研究されてきたが、まだ実用化はなされていない。

粉剤を散布する場合に静電気を利用すれば、これまでの送風散布に比べて2点の特徴を付加することができる。第一は農薬粒子を帯電させて散布することによって、粉剤間の反発力で農薬を拡散させ、送風と共に粉剤の拡散性を助長すること。第二はアース電位の作物に向けて電氣的に粉剤を付着させるので葉の裏側へも粉剤が回り込む結果、作物への農薬の付着率を画期的に増加させることができる。すなわち防除効果を高めつつ農薬の使用量を格段に減らすことができることである。

ただ静電圧発生装置と散布噴口とが一对一の割合で必要であったため、作業幅を大きくすることができず能率的に非常に劣っていた。もし作業幅を大きくすることができれば非常に都合がよく、実用化に一歩近づくのではないかと考えた。

まず現在水田において非常に能率的な作業として普及している多口ホース噴頭の機構と、静電散布とを組み合わせることによって、能率的で効果的な防除機械が構成できると期待された。しかし小規模の静電圧発生装置で複数の噴口へ分電することは不向きであった。すなわち噴口部分では高い静電圧電極線は裸線にしなければならないのであるが、数多くの噴口でアースと対極させれば、全体的な電流も増え電圧が下がりがちである。多口噴頭では1個の噴口当りの粉剤吐き出し量は小さく、電流も小さくても効果があるので、多口噴頭に静電散布を応用するには分電方式がよいと考えた。また各噴口につけた電極間隔の製作誤差によって静電効果が異なることや、一部の電極が事故的に短絡アースすることによってすべての電極に影響が及ぶこ

と、などを防ぎつつ作業幅を大きくしなければならないと考えた。

多口噴頭における静電散布としては確実に各々の噴口に高い電圧を伝え得るように、静電圧を時間的に配分することを考えた。この研究においては多口噴頭を使って、時間的に分割して静電圧を供給できるように、間欠的な分電装置を作り、そこから供給された電圧と電流の変化を観測し、付着性能を向上するために必要な要項を求めようとした。

3. 機器の構成

上記した考案の原理的な有効性を試すために硬質の多口噴頭に対して、間欠的に静電圧を導くことを考えた。なお今回使用した静電圧は負の高圧である。図1の様な長さ2.4m、13個の噴口を備えた多口噴頭を供試した。左右に振って散布するので、有効作業幅は約5mの作業機である。

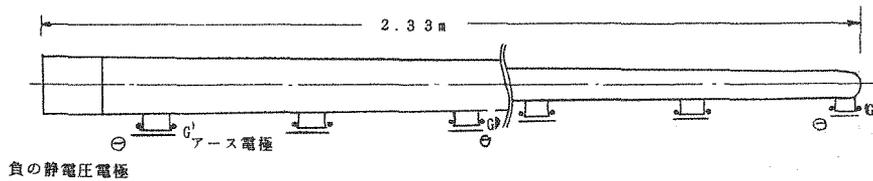


図1 供試した多口噴頭と電極配置

分電機としてはまず自動車のディストリビュータの原理を使って、空中放電路を介して複数の噴口を電極へ分電することを考案した。すなわち多数の噴口を奇数番目と偶数番目の2グループに分けて交互に静電圧をかける場合や、3グループに分けて静電圧を順々に供給する場合など、最高16グループに細分できるように、16個のターミナルを持つ分電機(図2)を作った。なお中央電極から16個のターミナルへは、金属ブラシによる機械的接続を採用した。

ノズル先端の電極構造は、高圧部分を細いピアノ線($\phi 0.45\text{mm}$)とし、アース部分は太いアルミ線($\phi 2\text{mm}$)を使用した。電極間隔は最も近いところで5mmとなった。なおリード線部分は $\phi 1.35\text{mm}$ の被覆銅線を使った。散布装置すなわち送風部分、粉剤供給部分、タンク部分にはミニ散粉機を供した。

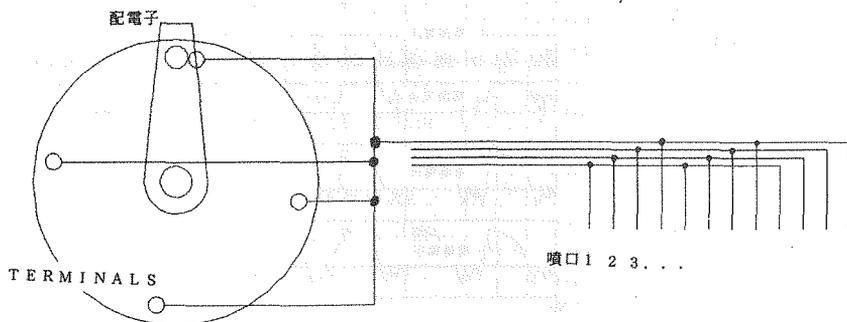


図2 分電機 (Distributor)

4. 粉剤付着状態の測定法

室内実験においても自然風の影響が避けられず、粉剤の飛散が好ましくないため、水槽の上にも天井もない角筒状の箱をつくり、上部で粉剤を散布して送風気流と散布粉剤は角筒の中を通過して底の水面に衝突して外部へ出る構造にした。

粉剤の付着状態を測定するためには、噴口の30cm真下で、しかも水平方向に20cm~25cm離れた部位に55mm×30mmの3枚の疑似葉をつけた。疑似葉はアースからも絶縁できるようなし、粉剤を回収するためにステンレス板を使った。疑似葉のステンレス板を水平に固定して散布した場合は真下を向いた下面と、真上を向いた上面との付着量を比較した。まず下面についた粉剤が落ちないように静かに2枚のセロテープを下面に貼りつけたのち、剥して2枚の接着面を貼り合わせることによって、ステンレス板の粉剤を回収し粉剤付着のサンプル1枚を作った。したがってサンプル片には2倍分の付着量を回収したことになる。あとからステンレス板上面からも乱れないように同様にサンプルを採った。

粉剤付着量を定量化するためには、分光光度計を単なる濁度計として使うことにした。島津分光光度計U-V-120形のタングステンランプにより上述のサンプルの透過率を百分率で表現し相対評価を試みた。

5. 実験結果ならびに考案

5.1 供給電圧の変化特性

間欠的に電圧を供給する場合静電効果が落ちることは予想されたが、どれほどの時間間隔まで許されるのか調べるために、各個の噴口に生ずる電圧と電源電流の大きさを、A/D変換をととしてパソコンPC9800に取り込みデータ処理を行って求めた。

図1のような多口噴頭に静電圧を分電する場合、分電機が1回転する間に1回だけ分電する1/16通電、4回分電する4/16通電、8回分電する8/16通電、常時帯電させる16/16通電、ならびに電源を切った0/16無帯電が考えられ、これらにより粉剤の付着性を比較して、分電による静電散布の可能性を研究した。

なお今回使った噴口電極でアース電極を接地したと

図3-1 1/16に分電したときの電源電圧、電源電流、噴口における電圧変化特性

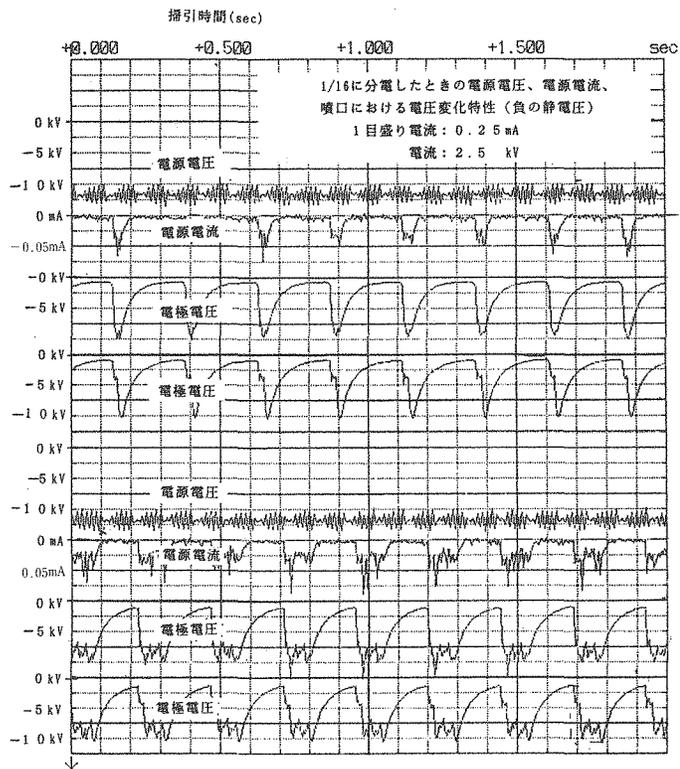


図3-2 4/16に分電したときの電源電圧、電源電流、噴口における電圧変化特性

きは、電圧17kV以上にあげると火花放電による短絡が起こり、電流が増加して電圧が下がり安定な送電が出来なかった。アース電極をはずせばまだ電圧を上げられるが、比較のために17kVまでにとどめた。

噴口における電圧は、分電方法によって1/16通電では図3-1、4/16通電では図3-2のように変化した。

自動車のディストリビュータと同型の空中放電路を紹介するものと、機械的な接触式通電とを使用したのが、接触式では噴口電極における電圧は電源電圧の約77%が伝えられた。空中放電路を通したときは約50%であったので、接触式の方が噴口までの電気抵抗が小さく有利である。

5. 2 粉剤の付着状態

水平に置いた疑似葉における粉剤をセロテープに回収して、波長500nmの光の透過率を測定した。まづブランクのセロテープの平均誘過率85.3%に対して、無帯電で散布した場合の透過率をヒストグラムに示したのが図4である。光度計は約3mm²の面の透過率を測定するので、3枚の疑似葉から30個のデータをとって度数分布で示したものである。無帯電でも上面には粉剤がつくので透過率が低く、無帯電の下面では粉剤が付きにくいので、ブランク状態に近いことがわかる。

図5は静電圧を上げたときの上面と下面への付着量の変化を示す。明らかに電圧が高い方が付着しやすい。8kVでは下面への付着が悪く、効果ははっきりしない。下面は上面よりつきにくいですが、17kVになるとかなり付着がよくなる。

図6は8kVを印加したときの、通電パターンの違いによる差をみたものである。なおこの場合はアース電極をはずしたもので比較した。電圧が低いいためか大きな違いがない。なお左側3枚はアース電極をアースしたが、右側3枚のヒストグラムは噴口のアース電極を取り外したもので、いわば印加電極と作物の間を電極間隔とするものである。

図7はアース電極を取り外して常時通電した場合について、電圧を増大させつつ、上面下面を比較したものである。明らかに電圧が高いほど付着もよく、下面にも付着した。12kV以上で帯電効果がみられる。

図8は印加電圧を12kVに上げて下面への付

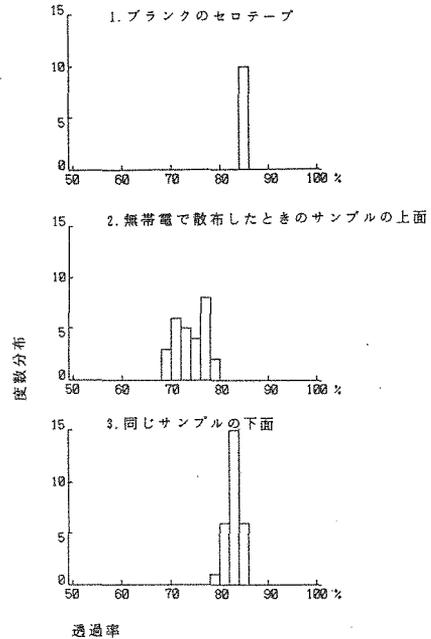


図4 粉剤の付着状態を光度計の透過率の度数分布で表現

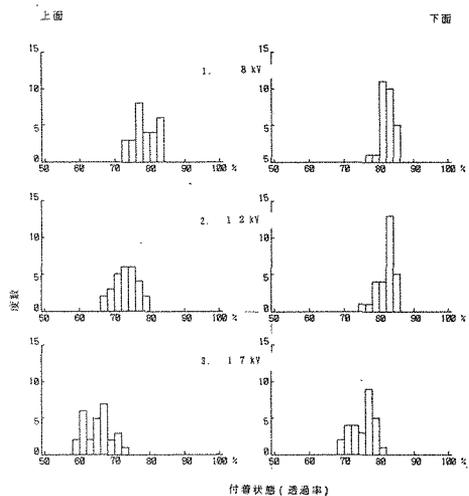


図5 印加電圧を変えた場合 8/16通電における上面と下面との付着状態の比較
1. 8kv
2. 12kv
3. 17kv

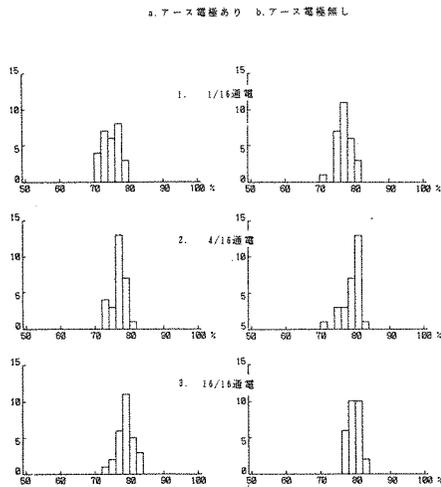


図6 通电時間を変えつつ8 kv印加したときの上面への付着状態比較
 1. 1/16通电
 2. 4/16通电
 3. 16/16通电

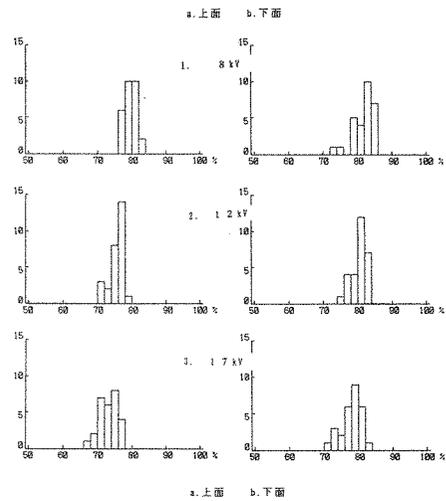


図7 噴口のアース電極を取り外したもので、印加電圧を変えたときの上面と下面への付着状態の比較
 1. 8 kv
 2. 12kv
 3. 17kv

着状態を比較したものである。通电時間が長い4/16~16/16の方が付着状態がよい。右側3枚のアース電極をはずした場合は下面への付着もよくない。

以上はサンプルへの粉剤の付着状態を、光線透過率の絶対値ヒストグラムで比較したものである。実験ごとに粉剤の散布量を一定にするようにつとめたが、必ずしも同じではなかったため、次のような相対値により粉剤の付着量を比較した。サンプルを水平にセットして散布したとき、下面の付着率がよい場合は静電散布の効果があると判断できるので、静電圧効果を判定するために次の式で上面に対する下面の相対値を算出した。上下面透過率相対値は、

$$\frac{(\text{下面の透過率} - \text{ブランクサンプルの透過率})}{(\text{上面の透過率} - \text{ブランクサンプルの透過率})} \times 100(\%)$$

 の百分率で表わして比較した。

下面から採取した3枚のサンプルからそれぞれ10点、計30点の透過率のデータを取り、大きい順に並べ変えて、最高値から3個、最低値から3個のデータはオミットした。下面への付着がないときは相対値は0であり、下面への付着が上面と同じくらいであれば100%となる。上面の透過率と、ブランク状態のセロテープの透過率とは平均値を使ったので、部分的には100%を越えることもあった。付着状態を相対値のヒストグラムで比較すると次のようであった。

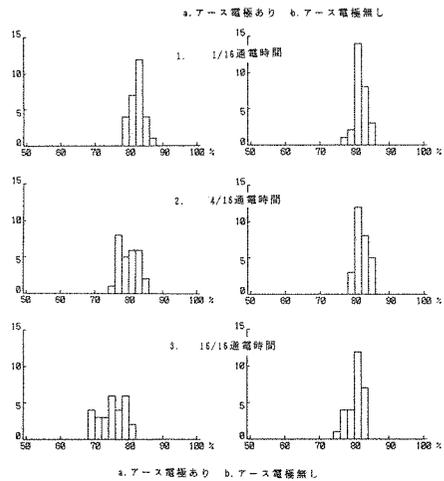


図8 印加電圧12kvで通电時間を変え、アース電極の状態を変えたときの付着状態
 1. 1/16通电時間
 2. 4/16通电時間
 3. 16/16通电時間

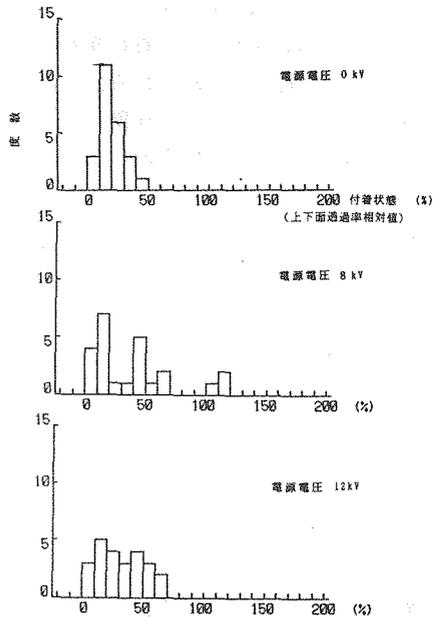


図9 通電時間1/16 誘導帯電法（アース電極つき）における上下面への付着状態比較

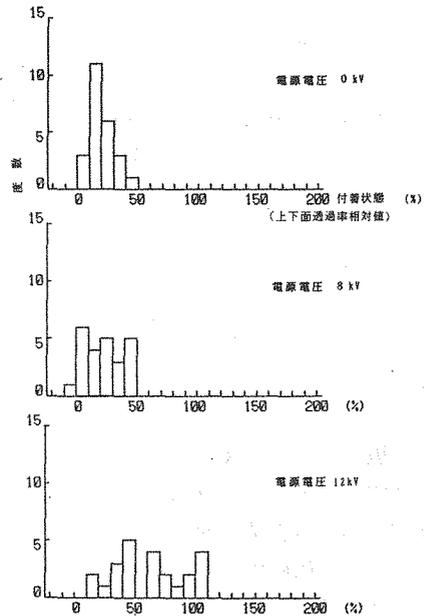


図10 通電時間4/16 誘導帯電法（アース電極つき）における上下面への付着状態比較

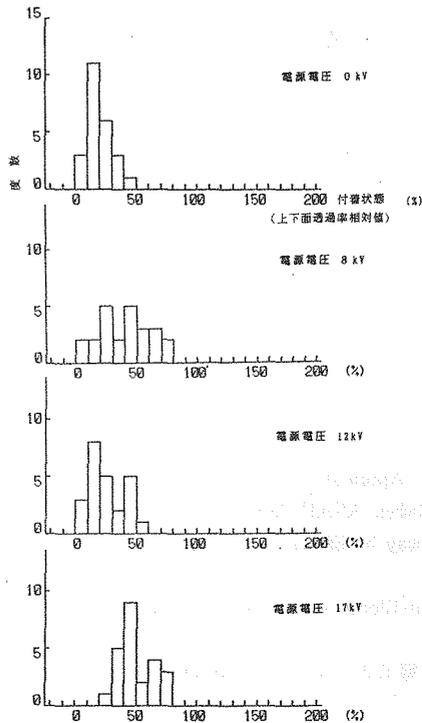


図11 通電時間8/16 誘導帯電法（アース電極つき）における上下面への付着状態比較

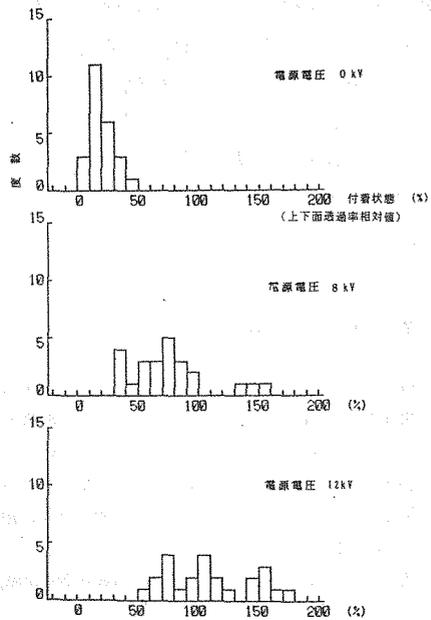


図12 通電時間16/16 誘導帯電法（アース電極つき）における上下面への付着状態比較

図9, 図10, 図11, 図12は誘導帯電で, それぞれ通電時間を1/16, 4/16, 8/16, 16/16において, 電圧を図中に示すように変えたものである。電圧が高いほど, 付着状態がよいといえる。電圧が高い場合, 4/16ないし8/16以上であれば, 静電効果がみられる。

附属農場の1990年8月の水稻において実際の付着実験を行ったが, データの採集ならびに回収が充分でなく, 比較できなかった。圃場実験を含めて, 噴口における電極の形状についても今後の研究を要する。

5. 3 静電圧発生装置

多口噴頭を使って静電散布ができるように携帯用の静電圧発生装置を試作した。最大出力電圧20 kVのDC-DCコンバータ回路とコッククロフト・ウォールトン回路を組み合わせたものである。

6. 摘 要

農産物の質をあげ, 商品として多量に生産するには, 病虫害防除は重要な作業である。ただ地球的立場から農薬の使用量をできるだけ減らしつつ, 均一に, 対象作物に付着させる有効な方法として, 散粉機への静電散布の応用が着想された。

この研究では, 能率がよいことからわが国の水田防除に広く使われている多口ホース噴頭に, 静電散布を応用することを思いついて, 基礎的な実験を試みた。すなわち今回は硬質プラスチック製の多口噴頭を使って, 一つひとつの噴口へ, 静電気を間欠的に伝える方法を考案して, その能力と有効性を試した。中央電極の回転接触ブラシと16個のターミナルを持つ分電機(ディストリビュータ)を試作して, 各種の組合せの分電を可能にし, グループに分けて噴口電極を帯電させた。粉剤の付着率を評価するためには, 疑似葉に付着した粉剤をセロテープに回収し, 光度計によりテープの透過率を測定した。

一つの噴口からみれば, 粉剤の吐き出し量も風量も小さいので, 常時静電圧をかける必要はなく, 4/16ないし8/16の間欠分電でも静電散布の効果がみられた。

有効散布幅10mを越える長い多口ホース噴頭への静電散布の応用にはまだ障壁が予想されるが, 軽い絶縁材料や導電性プラスチックの電気抵抗がさらに小さくなれば, 実用化の可能性はある。

7. 参 考 文 献

- 1) 農業機械学会 (1984) : 精密防除 その理論と実際
- 2) 農業機械学会 (1987) : 新防除技術の課題と展望
- 3) H. D. Bowen, P. Hebblethwaite and W. Carleton (1952): Application of Electrostatic Charging to the Deposition of Insecticides and Fungicides on Plant Surfaces. ASAE Paper
- 4) S. E. Law and H. D. Bowen (1966): Charging Liquid Spray by Electrostatic Induction. Transactions of ASAE 9, 501-506
- 5) W. E. Splinter (1968): Air-Curtain Nozzle Developed for Electrostatically Charging Dusts. Transactions of ASAE 11, 487-490, 499
- 5) 松尾, 内野, 飯本 (1987) : 外部環状電極を用いた誘導帯電式2流体ノズルの静電散布特性 農機誌, 49 (5)
- 6) 津賀, 市来, 梶山 (1985) : 静電散布の研究 (3) 44回農機学会講演要旨, 105