

エアアシスト静電散布における噴霧液滴の物理的特性に関する研究

噴霧液滴の帯電および到達距離に及ぼす影響

誌名	農業食料工学会誌 = Journal of the Japanese Society of Agricultural Machinery and Food Engineers
ISSN	2188224X
著者名	吉永,慶太 山根,俊 宮崎,昌宏 中山,夏希 窪田,陽介 小林,研
発行元	農業食料工学会
巻/号	76巻3号
巻号補足	
掲載ページ	p. 261-270
発行年月	2014年5月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



エアアシスト静電散布における噴霧液滴の物理的特性に関する研究*

— 噴霧液滴の帯電および到達距離に及ぼす影響 —

吉永慶太^{*1†}・山根 俊^{*2}・宮崎昌宏^{*1}・中山夏希^{*1}・窪田陽介^{*3}・小林 研^{*1}

要 旨

ビニールハウスや植物工場等の施設内の防除において、散布ノズル後方からエアアシストを行うことによって、作物群落内の農薬付着性能を向上させることを目的として、エアアシスト静電散布における噴霧液滴の物理的特性に関する研究を行った。本研究では、風洞内において、環状電極を用いた静電散布装置を利用し、エアアシスト風速、噴霧液滴粒子径、噴霧ノズル高さ、散布距離、電極印加電圧と噴霧液滴の落下量分布および液滴の比電荷等の関係について検討した。その結果、中空円錐噴霧ノズルを供試して行った水平方向への噴霧は、エアアシストを利用することにより、対象物へ到達する噴霧液滴量の増加を認め、さらに、散布距離 100 cm における比電荷がエアアシストを利用しない場合と比して最大で約 8 倍となった。

[キーワード] 静電散布, エアアシスト風速, 低濃度多量散布, 比電荷, 散布距離, 噴霧液滴粒子径, 電極印加電圧

Study on the Physical Properties of Spray Liquid Droplets Generated as a Result of Air-assisted Electrostatic Spraying System*

— Effects of Air-assisted Electrostatic Spraying on Charge to Mass Ratio and Spray Distance —

Keita YOSHINAGA^{*1†}, Suguru YAMANE^{*2}, Masahiro MIYAZAKI^{*1},
Natsuki NAKAYAMA^{*1}, Yosuke KUBOTA^{*3}, Ken KOBAYASHI^{*1}

Abstract

We studied the physical properties of spray liquid droplets generated as a result of air-assisted electrostatic spraying with an aim to improve the pesticide adherence performance demonstrated in a crop community by providing air-assistance from behind the spray nozzle for the control of pests in a greenhouse, plant factory, etc. In the course of this study, we used an electrostatic spraying system equipped with an annular electrode in a wind tunnel in order to examine the relationship between the air-assisted wind speed, the diameter of spray liquid droplets, the spray nozzle height, spray distance, the electrode voltage, the distribution of precipitation of spray liquid droplets, the specific charge of liquid droplets, etc. As a consequence, we identified the increase in the volume of spray liquid droplets reaching the object by horizontally spraying the liquid in an air-assisted manner through the use of a hollow conical spray nozzle and found out that the specific charge of liquid droplets measured at the 100 cm spray distance was approx. 8 times greater than when no air-assisted electrostatic spraying was conducted.

* 2010年8月 農業機械学会関東支部(上越市春日上杉謙信交流館)にて一部講演

*1 会員, 独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構 生物系特定産業技術研究支援センター(〒331-8537 埼玉県さいたま市北区日進町1-40-2 TEL 048-654-7000)

Institute of Agricultural Machinery, Bio-oriented Technology Research Advancement Institution, National Agriculture and Food Research Organization, Saitama-shi, Saitama, 331-8537 Japan

*2 会員, 静岡県農林技術研究所(〒438-0803 静岡県磐田市富丘678-1 TEL 0538-35-7211) Shizuoka Prefectural Research Institute of Agriculture and Forestry, Iwata, Shizuoka, 438-0803 Japan

*3 会員, 独立行政法人農業・食品産業技術総合研究機構 生物系特定産業技術研究支援センター, 現在: 神戸大学自然科学系先端融合研究環

† Corresponding author: yoshikei@affrc.go.jp

[Keywords] electrostatic spray, air-assist wind velocity, low-concentration and high-volume application, charge to mass ratio, spray distance, droplet diameter, nozzle operating voltage

I 緒 言

静電散布は、噴霧液滴を帯電させることにより、電気的な力で散布対象物に液滴を付着させる技術であり、葉液の葉裏面への付着性能の向上が見込まれる (Law, 1978; Coffee, 1981 など)。一方、静電散布はノズル近くの植物や先鋭部に良く付着する利点があるが、凹部には付着しにくい、作物群落内への貫通性や到達性に乏しい、電極が濡れると漏電を起し、噴霧液滴への帯電ができなくなるといった問題が報告されている (松尾, 1984)。

これらの問題を解決する手段の一つとしてノズル噴霧液滴に風の力を付与するエアアシスト技術 (以下、エアアシスト) が開発されている。静電散布にエアアシストを利用することにより、付着ムラの減少や作物群落内への到達性向上 (松尾, 1984)、漏電の回避が可能となる (山根ら, 2010)。エアアシストを利用した静電散布については、高濃度少量散布を対象とした研究として、群落内における付着性能 (Khdair et al., 1994)、ドリフトや到達性 (Almekinders et al., 1993) についての報告はされているが、現在我が国が主流としている低濃度多量散布を対象とした検討はなされていない。また、高濃度少量散布については、薬剤認可の問題等から急速な普及は困難と考えられる (松尾ら, 1991)。低濃度多量散布による静電散布の関連研究として、山根ら (2008) の帯電性能に関する研究や松尾ら (1991) の静電式スピードスプレーヤにおける付着性能に関する研究等が報告されているが、エアアシストを利用した静電散布における帯電性能は報告されていない。また、これらの報告においては、垂直下向き噴霧の場合の特性を解明したものが多い。水平方向への噴霧に関する報告は、山根ら (2010) の温室メロン用静電散布ロボット等があるが、エアアシストが噴霧液滴の物理的特性に及ぼす影響について解明した研究は、報告されていない。

そこで本研究では、多量散布ノズルの周囲に環状電極を配置することで、噴霧液滴に誘導帯電させる静電散布ノズルを用い、水平方向への低濃度多量散布に適応可能な静電散布装置を製作し、エアアシストの有無や散布条件が液滴に与える影響を物理的特性の観点から検討した。具体的には、噴霧ノズルの種類、電極印加電圧、噴霧ノズル高さおよびエアアシスト風速等の物理的条件が、噴霧液滴の帯電や到達距離に及ぼす影響について明らかにしたので報告する。

II 材料および方法

1. 実験装置の試作

(1) 静電散布装置および供試ノズルの概要

本研究で供試した静電散布装置 (図1, 山根ら, 2008)

は、高湿度、塵埃環境に対応でき、かつ低電圧で効率よく帯電させることのできる環状電極を用い、誘導帯電方式を採用した。静電散布装置は電極支持体 (polyoxymethylene 樹脂, 外径 75.0mm×全長 78.5mm, 絶縁破壊の強さ 15kV/mm)、環状電極 (内径 38mm×厚さ 4.5mm, 真鍮製)、ノズルおよび同装着部、動力噴霧機 (MS413, 丸山製作所製) およびタンクで構成され、環状電極はノズルからの噴霧形状に沿うようにノズルの周辺に配置されている。

誘導帯電は液滴分裂部位に高い電界を与えて帯電させる原理であるが、中空円錐噴霧ノズルにおける噴霧液滴は、環状電極に対して均一に接近していることから扇型噴霧よりも高い比電荷が得られる (山根ら, 2008) ため、本実験では、中空円錐噴霧ノズルを採用し、農薬散布等に広く用いられている噴霧液滴粒子径 (以下、粒子径) 38~205 μ m の TXVK1, TXVK4, TXVK12, TXVK18 (スプレーイングシステムズ社) の4種類を選定した。選定したノズルの諸元を表1に示す。供試ノズルの吐出量は水道水を噴霧圧力 1.5MPa で1分間メスシリンダ内に噴霧し、その量を測定して算出した。水平方向へ噴霧された粒子径の測定は、レーザ回折粒度分布測定装置 (LDSA-1400A, 東日コンピュータアプリケーションズ株式会社製) を用いた。焦点距離 600mm, レーザ発光部と受光部の距離は 2,000mm, バックグラウンド取り込み時間 2s とし、試験区当たり 10 回連続測定を行い、粒子径 (VMD: Volume Median Diameter (体積中位径)) はその平均値とした。レーザ発光部、受光部および噴霧

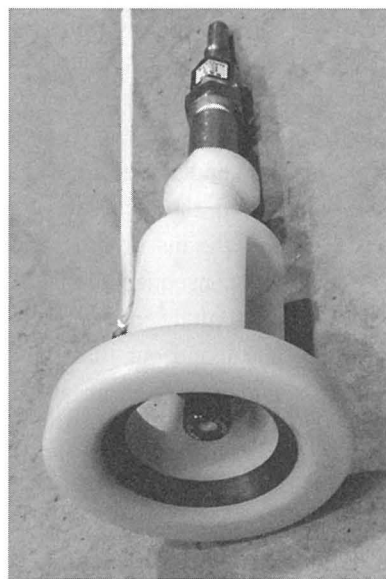


図1 供試した静電散布装置のノズル部 (山根ら, 2008)

Fig. 1 Specifications of the electrostatic sprayer (Yamane et al., 2008)

表 1 供試ノズルの諸元

Table 1 Characteristics of experimented nozzles

供試ノズル型式	TXVK1	TXVK4	TXVK12	TXVK18
噴霧量(L/min)	0.13	0.55	1.7	2.6
粒子径(μm , VMD*)	38	60	165	205
噴霧角	80			
エアアシスト風速(m/s)	0~5			
散布圧力(MPa)	1.5			

* VMD : Volume Median Diameter (体積中位径)

ノズル高さは 800 mm となるように設置した。

(2) 風洞内における液滴の比電荷測定

供試した静電散布装置における噴霧液滴の帯電量および静電散布に対するエアアシスト効果を評価するために、風洞内における噴霧液滴の比電荷 (CMR: Charge to Mass Ratio) 測定が可能な実験装置を作成した。風洞の断面は 2,000×2,000 mm で片方の端面に 1 辺が 15 mm の正六角形の整流格子および異物混入防止の目合 1 mm の金網を、別の端面に軸流ファンを 4 台設けている。軸流ファンの回転数はインバータにより制御することでノズル周辺の風速 (以下、エアアシスト風速) を可変できる構造である。施設内における静電散布ロボットを想定し、自律運転可能な送風量をノズル数および風洞面積から推定して、エアアシスト風速は 3 m/s とし、その測定にはピラム型微風速計 (OZ-29, 測定範囲 0.2~15 m/s, 起動風速 0.1 m/s, 測定精度 ± 0.3 m/s (6 m/s 以下), サンプル周波数 1 Hz, 大田計器製作所製) を用い測定した。噴霧流体の加圧装置は動力噴霧機用ポンプの調圧弁でノズル直近に設置した圧力トランスデューサ (KH17-323, 長野計器製) およびデジタル圧力計 (GC70-20A, 長野計器製) の値から調整し、散布圧力は 1.5 MPa とした。電極へ印加する電源は、直流高圧安定化電源装置 (HAR-50R0.6, 最大出力 50 kV, 出力電力 30 W, 出力電流 600 μA , 電圧変動率 0.005 %, 松定プレジジョン社製) を用い、電極印加電圧は直流高電圧安定化電源装置の出力モニタから測定した。

液滴の比電荷 (松尾ら, 1987) は (1) の算出式から求めた。

$$qs = Is \times t / M \quad (1)$$

qs : 比電荷 (C/g), Is : 噴霧電流 (A), t : 噴霧時間 (s), M : t 時間における捕捉液滴質量 (g)

t/M はノズルの吐出量 (L/min) から算定した。

噴霧電流 Is は、松尾ら (1987) および山根ら (2008) が用いた方法を参考に、帯電した液滴をアルミニウム製コレクタメッシュ (1,800 mm×1,800 mm のアルミニウム A1110, エキスパンドメタル 3 層, 下から目合 3×4.6 mm, 4×8 mm, 7×14 mm) で捕集し (図 2), コレクタからアース間の電流を直流微小電流計 (2010-31, 精度 1.0 級, 横河電機) で計測した。コレクタメッシュは施設内におけるトマトやメロン等のつる性作物の誘引仕立て

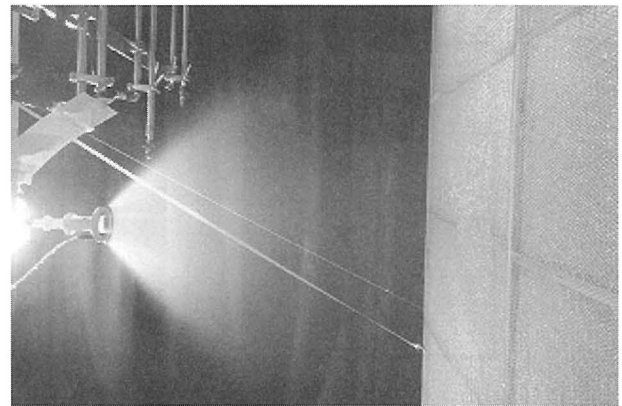


図 2 散布試験の様子

Fig. 2 Spray test in the wind tunnel

を想定し、対象作物に到達したと考えられる到達液滴を捕集することを目的として噴霧方向に対して垂直面に設置した。到達せずに落下してしまったと想定される落下液滴は、床面に設置したコレクタメッシュにより捕集し、それぞれの液滴を捕集後、液滴到達電流、液滴落下電流として計測し (図 3), (1) 式より到達比電荷, 落下比電荷を求めた。また、ノズルと垂直面に設置したコレクタメッシュとの距離を散布距離とし、任意に調節できる構造とした。

水平噴霧時のノズル吐出量における落下液滴量の分布 (以下、落下量分布) は、ノズルから散布方向へ 100 mm の位置から連続して 5 つ設置した噴霧液回収箱 (2,000 mm×300 mm) により落下液滴を回収して測定を行った (図 3)。

噴霧流体の流路は樹脂ホースで構成し、動力噴霧機、水タンクも電気的に絶縁した。散布試験は水道水を用いた。

2. 測定項目

水平噴霧を行った際のノズルの噴霧方向における風速分布 (以下、風速分布), 帯電等の物理的状況を把握するために、噴霧液滴の流速, 落下量分布, 帯電量についてエアアシスト風速, 噴霧ノズル高さ, 電極印加電圧, 散布距離等を変え測定を行った。

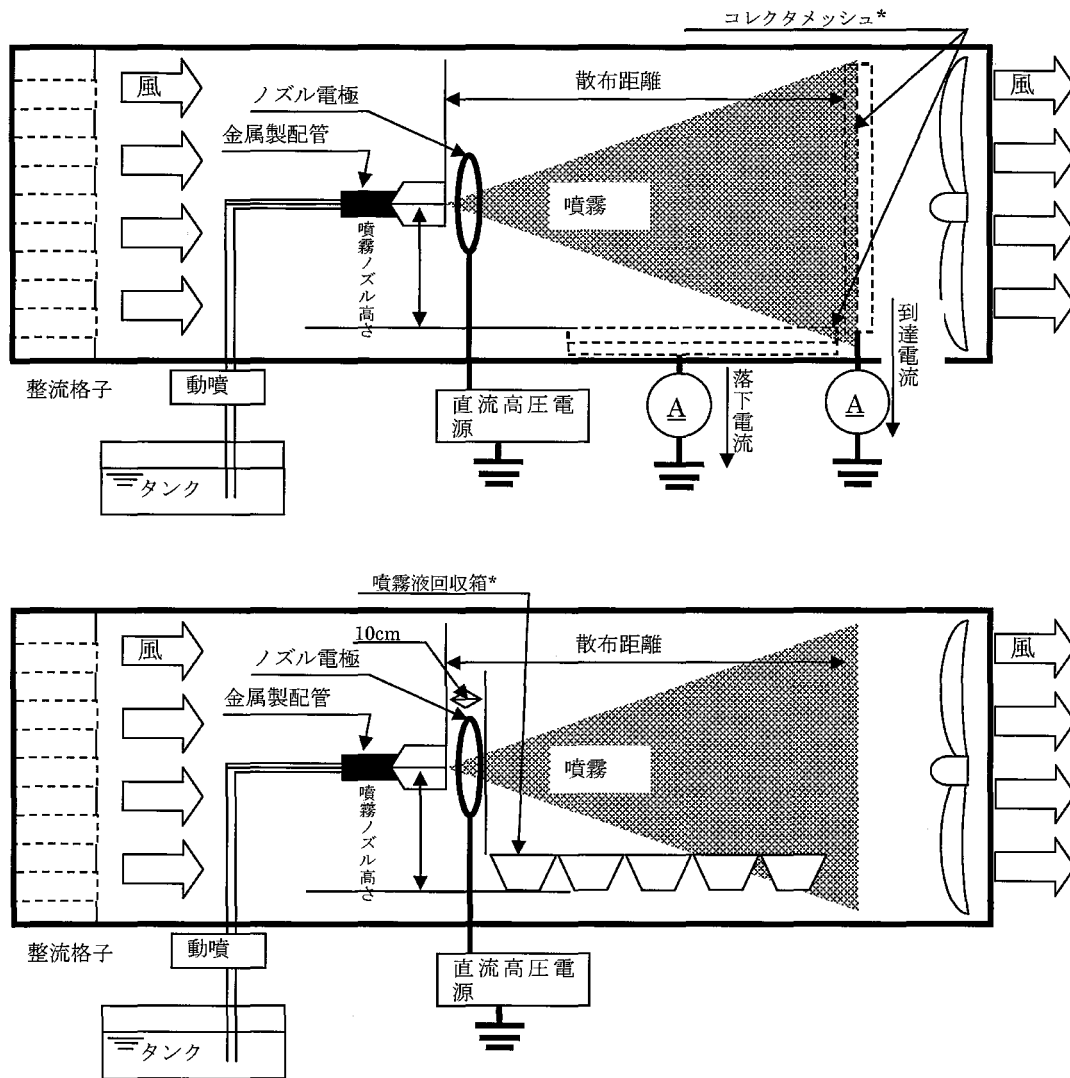
(1) エアアシストが風速分布に及ぼす影響

エアアシストによる噴霧液滴の挙動を明らかにするため、風速分布を調査した。

供試ノズルには TXVK4 を用い、散布距離を施設栽培におけるノズルと作物間距離と想定し、10~100 cm (10 cm 毎) の範囲とし、電極印加電圧を 0 (無電荷) または +4 kV とし、水平噴霧を行った。

(2) エアアシストが落下量分布に及ぼす影響

エアアシストによる噴霧液滴の到達性を把握するために、電極印加電圧, 散布距離およびエアアシスト風速と噴霧液滴の落下量分布との関係を調査した。供試ノズルには TXVK4 を用い、電極印加電圧を 0 (無電荷) およ



*帯電量計測の場合はコレクタメッシュ，落下量分布測定の場合は噴霧液回収箱の設置

図 3 風洞を用いた実験装置

Fig. 3 Schematic diagram of experimental apparatus using wind tunnel

び+4kV とし，噴霧ノズル高さを地上面から 30 cm，50 cm および 100 cm の 3 水準設けた。

(3) エアアシストが噴霧液滴の比電荷に及ぼす影響

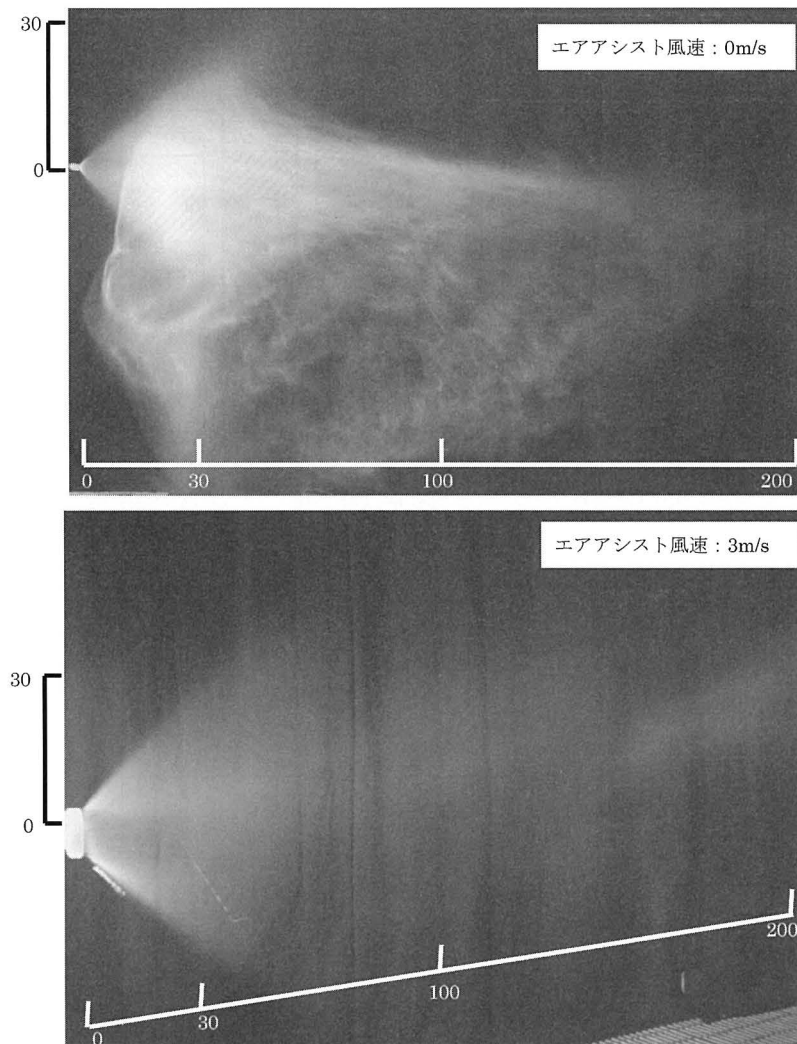
静電散布装置の噴霧ノズル高さ，ノズルの種類（粒子径），電極印加電圧，散布距離およびエアアシスト風速が噴霧液滴の比電荷に与える影響について調査した。供試ノズルは表 1 に示す 4 種類を用いた。電極印加電圧については，+4~+7 kV 程度で液滴の帯電が頭打ちになるという報告（山根ら，2008）から 0~+10 kV（0.5 kV 毎）とし，散布距離は 10~100 cm（10 cm 毎）の範囲とした。

III 結果および考察

1. エアアシストが風速分布に及ぼす影響

電極印加電圧 0 kV におけるエアアシスト風速 0 および 3 m/s 時の供試ノズルの水平噴霧のスプレーパターン

およびノズル噴霧方向における風速分布を図 4 および表 2 に示す。エアアシスト風速 0 m/s の条件下では，中空円錐の形状を維持できる散布距離は約 30 cm 程度であった。ノズル付近の測定位置①における風速は 3.5 m/s 程度であるのに対し，円錐の上部端点である測定位置⑦における風速は 0.1 m/s となった。安井ら（2011）の噴霧液滴の挙動解析においても，粒子の水平速度は噴霧後すぐに低下し，その後の運動は自由落下になったことから，本試験条件においても，散布距離 30 cm 以上では噴霧液滴が同様の挙動を示したものと考えられる。ただし，中空円錐噴霧ノズルの水平噴霧では，中空円錐の中心部分に大きな流速を持った渦流の形成が確認され，散布距離 100 cm の測定位置⑨においても 2 m/s 以上の風速が維持された。この渦流に巻き込まれた噴霧液滴は，5 m 程度まで運ばれることが確認された。



注1：供試ノズル：TXVK4、噴霧圧力：1.5 MPa、電極印加電圧：0 kV
 注2：図中のスケールの単位は cm
 注3：上図は噴霧方向に対して真横から、下図は噴霧ノズル後方から撮影

図4 水平噴霧時のスプレーパターン

Fig. 4 The spray pattern under level spraying condition

表2 水平噴霧時の風速分布

Table 2 Wind speed distribution under level spraying condition

測定位置	ノズルから相対位置 (cm)		ノズル噴霧方向における風速	
	水平方向	垂直方向	エアアシスト風速	
			0m/s	3m/s
①	0	0	3.5	5.2
②	10	0	3.6	5.1
③	20	0	3.6	5.1
④	30	0	3.7	5.1
⑤	10	8	2.5	2.8
⑥	20	16	0.3	2.7
⑦	30	24	0.1	2.9
⑧	50	0	3.6	4.3
⑨	100	0	2.1	4.1
⑩	150	0	1.3	4.0
⑪	200	0	1.1	4.0

* 噴霧液滴の速度は5回の平均。

一方、エアアシスト風速3m/sの場合、エアアシスト風速0m/sに比べて、風速は一樣となった。これは、噴霧液滴が空気抵抗により受ける物理エネルギーに比べて、エアアシストによって得られるエネルギーが大きかったことに起因すると考える。

なお、電極印加電圧+4kVとしても、風速分布に影響しなかった。本試験で供試したノズルの場合、エアアシストによって得られるエネルギーは、帯電することによって得られるエネルギーに比べて十分に大きいことから、電極に電圧を印加しても風速分布には影響しなかったものと考えられた。

2. エアアシストが落下量分布に及ぼす影響

エアアシスト風速、印加電圧、噴霧ノズル高さおよび落下量分布の関係を図5に示す。エアアシスト風速0m/s、電極印加電圧+4kVの条件下では、ノズルからの距離が

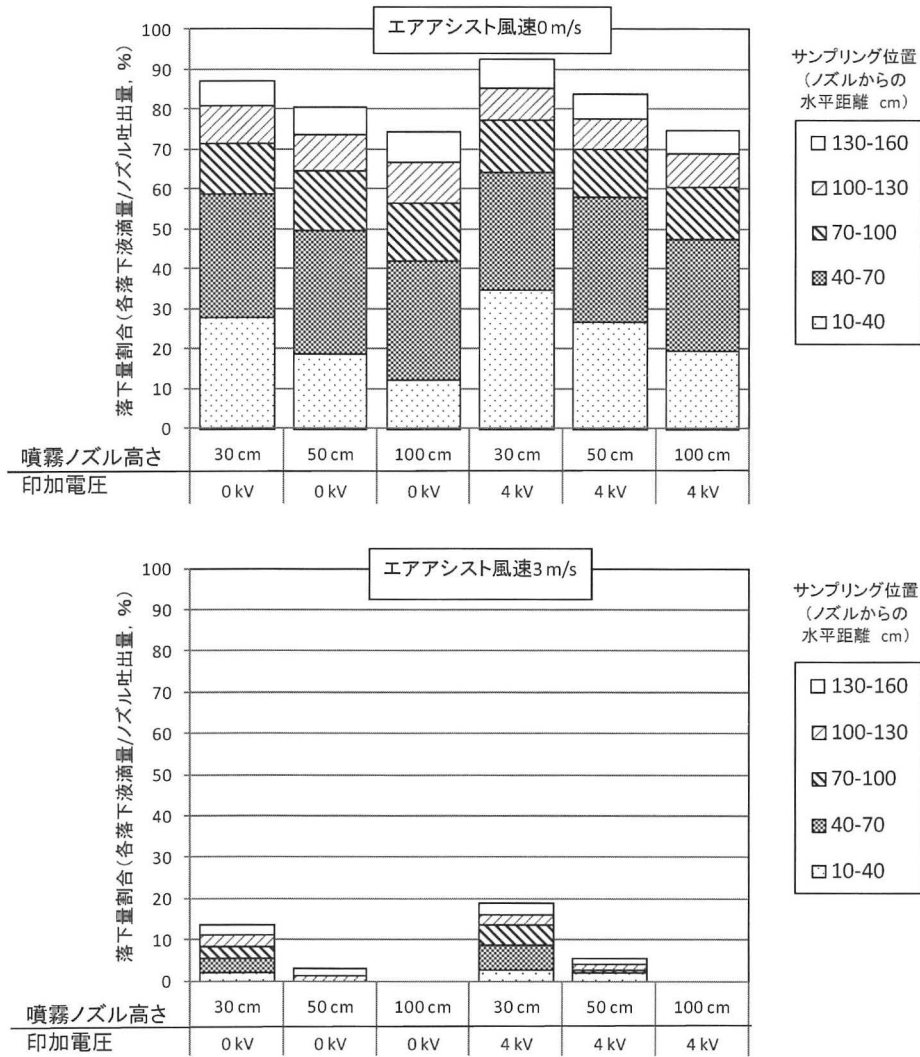


図 5 エアアシスト風速, 印加電圧, 噴霧ノズル高さ と 落下量分布の関係

Fig. 5 Relationships between air-assisted wind velocity, operating voltage, nozzle height and distribution of droplet

短いサンプル位置側に多く噴霧液滴が落下する傾向が見られた。これは、電界の強さは環状電極との距離によって決まること ((2)式), また、磁界の影響が無視できる状況下においては Lorentz の式 ((3)式) により液滴に働く静電気の力は液滴の帯電量と電界によって支配されることから、帯電した噴霧液滴は、静電気の力によってノズルに近い地面に多く落下する傾向となったと考える。

$$E = V/d \tag{2}$$

$$F = qE \tag{3}$$

E : 電界の強さ (V/m), V : 電位差 (V), d : 距離 (m),
 F : 帯電した液滴に働く静電気の力 (N), q : 液滴の帯電量 (C)

ノズル噴霧高さが高い試験区については、上記の理由に加え、落下距離が伸びたことによる蒸発量の増大等の理由から落下量が少なくなる傾向が見られた。

これに対し、エアアシスト風速 3 m/s における落下量

割合は、無電荷、噴霧高さ 30 cm においても 10% 程度、100 cm においてはほぼ 0% であった。また、同条件で電極印加電圧を +4 kV とした場合は、噴霧高さ 30 cm において 20% 程度、100 cm において 0% となった。本試験条件においては、特に噴霧ノズル高さ 30 cm の区において電極と距離が短かった地面との間に形成された電界が最も強いものであったために、静電気の力によって落下量が多くなった。しかし施設内における防除では、電極との距離が短いのは対象作物であるために、帯電した液滴は落下せずに対象作物に付着するものと考えられる。

以上のことから、エアアシストを用いることにより落下量割合は大幅に削減され、到達距離が増大していると考えられた。

3. エアアシストが噴霧液滴の比電荷に及ぼす影響

(1) エアアシストおよび噴霧ノズル高さが噴霧液滴の比電荷に及ぼす影響

供試ノズル TXVK4, 電極印加電圧 +4 kV における噴

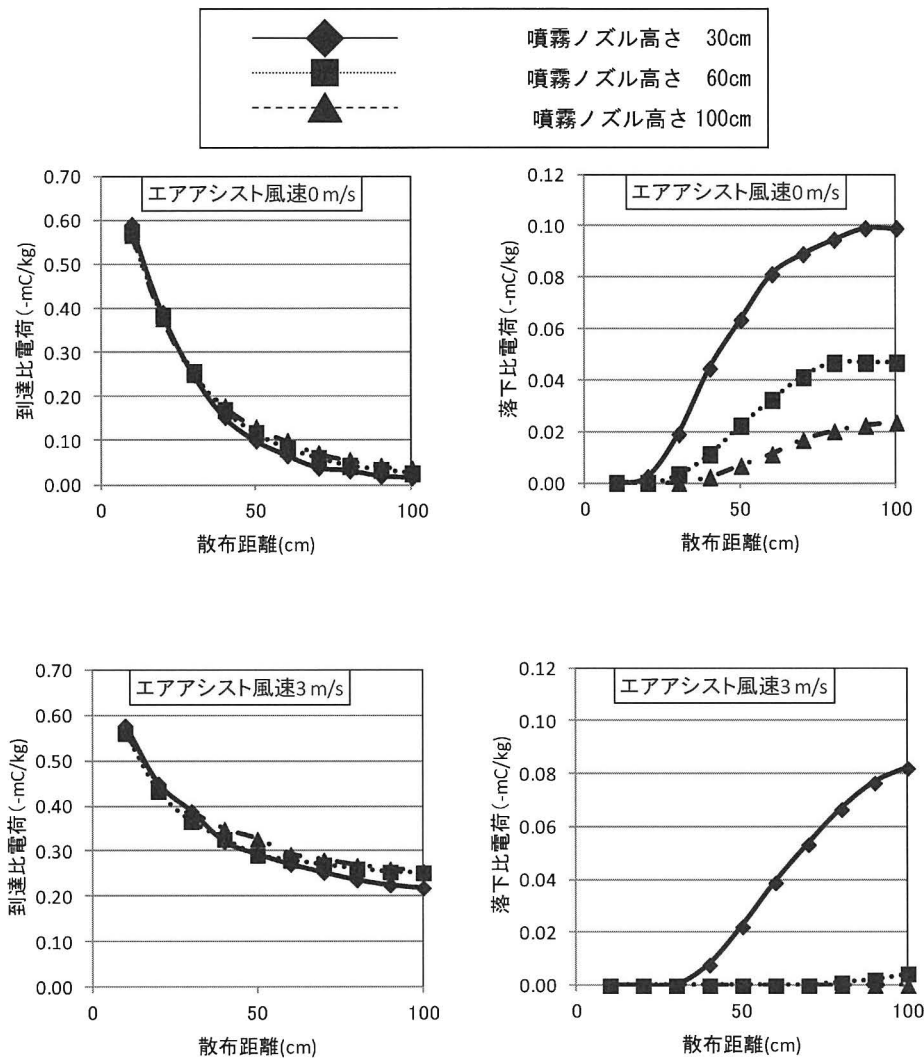


図 6 噴霧ノズル高さ、散布距離、エアアシスト風速と到達（左）および落下（右）比電荷の関係

Fig. 6 Relationships between nozzle height, spray distance, air-assisted wind velocity and charge to mass ratio

霧ノズル高さ、散布距離、エアアシスト風速と到達および落下比電荷の関係を図 6 に示す。エアアシスト風速 0 m/s、散布距離が 100 cm において、噴霧ノズル高さが 30 cm の到達比電荷は -0.02 mC/kg、噴霧ノズル高さ 100 cm の到達比電荷は -0.04 mC/kg となった。これに対して、エアアシスト風速 3 m/s の場合、散布距離 100 cm において、噴霧ノズル高さが 30 cm の到達比電荷は -0.22 mC/kg、噴霧ノズル高さ 100 cm の到達比電荷は -0.26 mC/kg となった。エアアシスト風速 0 m/s、散布距離が 100 cm において、噴霧ノズル高さが 30 cm の落下比電荷は -0.1 mC/kg、噴霧ノズル高さ 100 cm の落下比電荷は -0.02 mC/kg となった。これに対して、エアアシスト風速 3 m/s の場合、散布距離 100 cm において、噴霧ノズル高さが 30 cm の落下比電荷は -0.08 mC/kg、噴霧ノズル高さ 100 cm の落下比電荷は 0 mC/kg となった。エアアシストを行うことにより、落下液滴が減少し散布距離が伸びたことに起因すると考える。

(2) エアアシストが粒子径、散布距離および液滴の比電荷の关系到及ぼす影響

各供試ノズルにおけるエアアシスト風速、散布距離と到達比電荷の関係を図 7 に示す。粒子径 $38\mu\text{m}$ の TXVK1 では、エアアシスト風速 0 m/s の場合、ノズル噴霧直後、つまり散布距離 10 cm における到達比電荷は -0.77 mC/kg であったが、散布距離 100 cm における到達比電荷は、 -0.06 mC/kg と大幅に低下した。すなわち、散布距離 10 cm と 100 cm の空間で液滴が持つ帯電量の 90% 以上を失ったこととなる。これは、山根ら (2008) の報告にもあるとおり、散布距離増大に伴う比電荷の減衰は、帯電粒子の電荷が、ノズルから距離を経るに従って空气中にコロナ放電するためと考えられる。また、一般に粒子径が小さいと蒸発しやすく (Matthews, 1982)、散布距離が伸びることによりコレクタメッシュに到達する前に蒸発してしまい、電荷が捕集できないこと、さらには、粒子が自由落下でコレクタメッシュまで到達できなかった

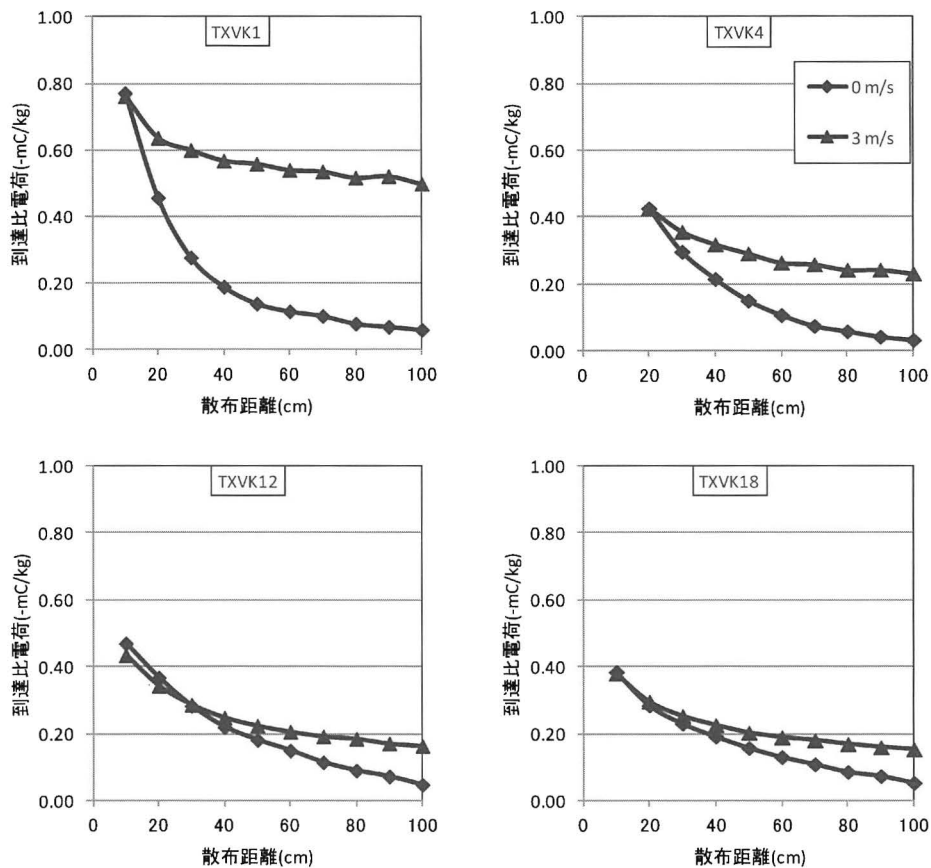


図7 ノズル粒子径, エアアシスト風速, 散布距離と到達比電荷の関係

Fig. 7 Relationships between VMD, air-assisted wind velocity and spray distance on charge to mass ratio

たことも一因であると考えられた。これに対し, エアアシスト風速 3m/s の場合, 散布距離 100 cm における到達比電荷は -0.50 mC/kg となった。散布距離 10 cm と 100 cm の空間で液滴が失った帯電量は 34% 程度となり, エアアシスト風速 0m/s と比して約 8.3 倍の比電荷を有した。エアアシストを行うことにより, 液滴が放電によって電荷を失う前にコレクタメッシュに到達したこと, 液滴の到達量が増加したこと起因すると考える。

一方, 粒子径が 60 (TXVK4), 165 (TXVK12), 205 μm (TXVK18) のノズルでは, 散布距離 10 cm における到達比電荷はエアアシストの有無にかかわらず $-0.3 \sim -0.5 \text{ mC/kg}$ であったが, 散布距離 100 cm における到達比電荷は, エアアシスト風速 0m/s で $0 \sim -0.05 \text{ mC/kg}$, エアアシスト風速 3m/s で $-0.15 \sim -0.23 \text{ mC/kg}$ となった。粒子径の大きなノズルでもノズル TXVK1 と同様に散布距離の増大とともに到達比電荷は減少したものの, エアアシストを行うことによって液滴の放電を抑制する効果は小さくなった。これは, 粒子径が大きいと比電荷が小さくなるため (Law et al., 1978, 松尾ら (1986)), もともと噴霧液滴が持っていた帯電量が小さかったこと, 粒子径の大きな液滴は消失時間が長いために液滴の蒸発が少なかったことにより, 空間中での放電量が少なく, エアアシストの効果が出にくかったこ

とが原因と考えられた。

(3) エアアシストが印加電圧と液滴の比電荷の関係に及ぼす影響

各供試ノズルにおける電極印加電圧, エアアシスト風速と到達比電荷の関係を図 8 に示す。粒子径が $38 \mu\text{m}$ の TXVK1 の場合, エアアシスト風速 3m/s で到達比電荷は電極印加電圧 6kV 程度まで直線的に増加しその後増加が鈍化し, さらに電極印加電圧を上げると減少に転じた。0m/s の場合では到達比電荷は電極印加電圧 3kV まで緩やかに上昇し, その後頭打ちになった。粒子径が $60 \mu\text{m}$ の TXVK4 の場合, エアアシスト風速 3m/s で到達比電荷は電極印加電圧 8kV 程度まで直線的に増加しその後増加が鈍化し, 0m/s の場合では到達比電荷は電極印加電圧 6kV までの範囲内では緩やかに上昇し, その後頭打ちになった。比較的粒子径が大きい TXVK12 および TXVK18 の場合, 送風による到達比電荷に変化は見られなかった。粒子径の小さなノズルを用いる場合には, エアアシストを行うことにより無風の場合と比べて高い電極印加電圧を与えることができ, 到達比電荷を大きくすることが可能であった。静電散布では, 帯電した液滴粒子の持つ比電荷が高いほど付着率が良くなる (松尾ら, 1987) ことから, 静電散布におけるエアアシストの有効性が示唆された。

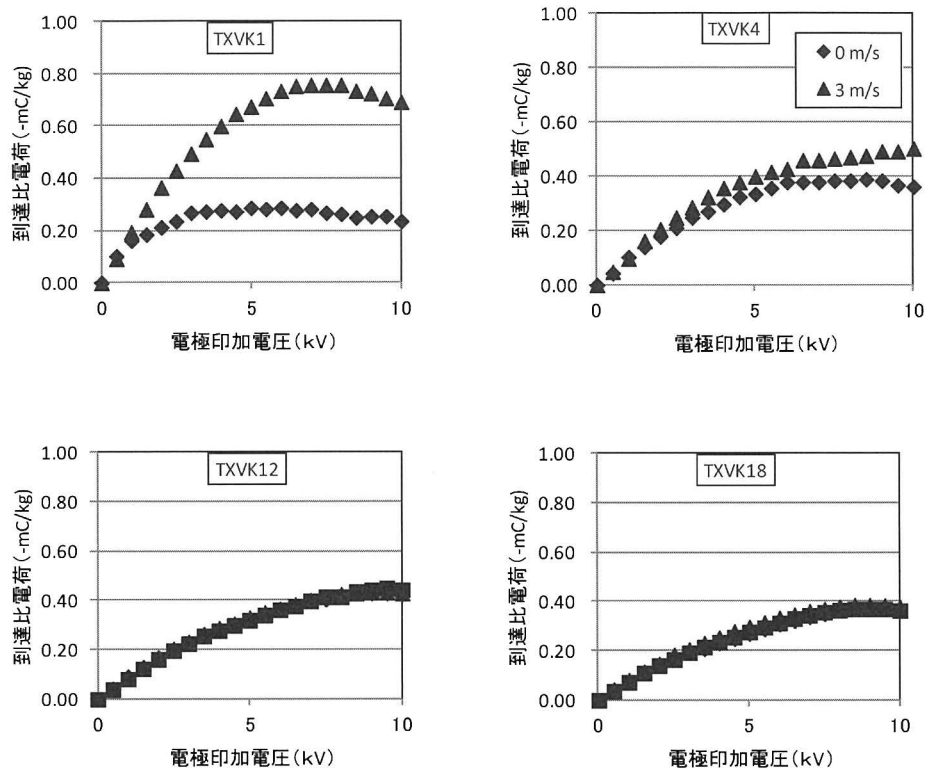


図 8 電極印加電圧，エアアシスト風速，噴霧粒子径と到達比電荷の関係

Fig. 8 Relationships between operating voltage, air-assisted wind velocity, droplet diameter and charge to mass ratio

IV 摘 要

作物群落内へ液滴の到達性および附着性能の向上を目的として，エアアシストが低濃度多量散布の静電散布における噴霧液滴の帯電および到達距離に及ぼす影響について明らかにした。

供試した静電散布装置に吐出量 0.13~2.6L/min の動噴用中空円錐噴霧ノズルを使用し，散布圧力 1.5MPa で水平噴霧した場合，以下の項目が明らかとなった。

- 1) 噴霧液滴が中空円錐の形状を保ったのは，エアアシスト風速 0m/s の場合，30 cm 程度であり，それ以上の散布距離では，液滴は落下したと考えられる。一方，同条件下でエアアシストを行った場合，エアアシスト風速 0m/s に比べて，風速分布は一様となった。また，電極に電圧を印加しても，風速分布に影響しなかった。
- 2) 供試ノズル TXVK4 では，噴霧ノズルの高さ 100 cm，エアアシスト風速 0m/s での水平方向噴霧において，散布距離 100 cm までの液滴の落下量割合は 60% 以上となり，多くの液滴は対象物に到達せず落下していることが明らかとなった。一方エアアシストを行った場合，同落下量割合は 1% 未満となり，多くの液滴が落下することなく対象物に到達したことが明らかとなった。
- 3) 粒子径 38 μ m のノズル TXVK1 では，エアアシスト

風速 0m/s の場合，散布距離 100 cm の空間中で液滴が持つ帯電量の 90% 以上を失うことが明らかとなった。エアアシスト風速 3m/s の場合，失う帯電量は 20% 程度となり，エアアシストによる比電荷減少抑制の効果を認めた。一方，比較的粒子径が大きなノズル TXVK12 および TXVK18 では，TXVK1 と同様に散布距離の増大とともに到達比電荷は減少したものの，エアアシストによる比電荷減少抑制の効果は小さくなった。

- 4) 粒子径 38 μ m の TXVK1 では，エアアシスト風速 0 m/s の場合，印加電圧約 3kV で最大の比電荷を示すが，エアアシスト風速 3m/s の場合，印加電圧 6kV で最大の比電荷を示した。これに対し，粒子径 165, 200 μ m の TXVK12 および TXVK18 では，エアアシストによる到達比電荷に変化は見られず，印加電圧 8.5kV 程度まで直線的に増加しその後頭打ちとなった。粒子径の小さなノズルを用いる場合には，エアアシストを行うことにより無風の場合と比べて高い電極印加電圧を与えることができ，到達比電荷を大きくすることが可能であった。

謝 辞

本研究の実施に関して独立行政法人農業・食品産業技術研究機構生物系特定産業技術研究支援センター生産システム研究部宮原佳彦氏，水上智道氏，東北農業研究セ

ンター生産基盤研究領域-農業機械グループ斎藤秀文氏に多大なご助言を頂いた。記して関係各位に謝意を表す。

References

- A.I. Khdair et al., 1994. Effects of air jets on deposition of charged spray in plant canopies. ASAE, 37 (5), 1423-1429.
- Coffee, R. A., 1981. Electrodynamic crop spraying. Outlook for Agriculture, 10 (7), 350-356.
- H. Almekinders et al., 1993. Deposition efficiency of air-assisted, charged sprays in a wind tunnel. ASAE, 36 (2), 321-325.
- Matthews, G.A., 1982. Pesticide Application Methods. 3rd Edition, 87.
- 松尾昌樹, 1984. 静電散布について. 農機学会シンポジウム精密防除, 17-27.
- 松尾昌樹, 内野敏剛, 飯本光雄, 1986. エレクトロダインの静電散布特性について (第 1 報). 農業機械学会誌, 48 (1), 25-31.
- 松尾昌樹, 内野敏剛, 飯本光雄, 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. 農業機械学会誌, 49 (5), 459-466.
- 松尾昌樹, 内野敏剛, 1991. 静電式スピードスプレーヤの研究. 千葉大園学報, 44, 99-104.
- S. Edward. Law, 1978. Embedded electrode electrostatic-induction spray-charging nozzle. Transactions. ASAE 21, 1096-1104.
- 山根 俊, 宮崎昌宏, 2008. 低濃度多量散布における静電散布装置の帯電性能. 農業機械学会誌, 70 (4), 115-122.
- 山根 俊, 宮崎昌宏, 2010. 低濃度多量散布の静電散布装置に関する研究—温室メロン用静電散布ロボットの開発—. 農業機械学会誌, 72 (6), 70-76.
- 安井さおりら, 2011. 空気中に噴霧された水粒子の挙動解析に関する基礎的研究. 空気調和・衛生工学会近畿支部学術研究発表会論文集, 173-176.

(受付: 2013 年 4 月 2 日・受理: 2014 年 1 月 27 日・質問期限: 2014 年 7 月 31 日)

コメント

[読者のコメント]

本論文は静電散布法にエアアシストを加えた場合の液滴の物理的特性について検討したものであり、今後実用化が期待できる研究です。しかし、本研究では風洞断面を覆う大型ファンでの結果が述べられており、実際の散布作業では小型ファンを用いることになると思います。その場合、本研究の結果とはかなり異なった特性を示すことになると思われませんが、見解をお聞かせ下さい。

[コメントに対する著者の見解]

ご指摘の通り本研究は風洞内で行われた基礎的な研究結果で有り、実際に想定している施設内での散布条件とは大きく異なると考えられます。実際の散布作業では送風方法や対象作物の品種、生育ステージおよび仕立て方等で帯電した液滴の挙動は複雑なもの予想されます。本報では、エアアシストを行うことにより静電散布ノズルの近接付近に多く付着してしまうという欠点を解消できるという仮説を想定し、他の要因を除外した風と帯電の関係についての基礎研究を行いました。またこの点についての知見は見当たりません。次報では実際の栽培施設においてトマト、キュウリ、メロン等の誘引仕立ての作物を対象にエアアシスト方法の違いによる液滴の付着性能について報告する予定です。