

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 11 月 17 日現在

機関番号：17601

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2012～2015

課題番号：24658213

研究課題名(和文) 可変粒子径ナノミスト噴霧機器の開発

研究課題名(英文) Development of Particle-Size-Controllable Sprayer

研究代表者

淡野 公一 (Tanno, Koichi)

宮崎大学・工学部・教授

研究者番号：50260740

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、液体を数百nmから数十 μm の径のミスト状にして噴霧する噴霧機器を開発した。幅広い応用を考慮し、ミスト径のばらつきを最小限に抑えながらミスト径を制御可能な機器の開発に取り組んだ。ミストを噴霧する機構としてはベンチュリー効果を用いており、噴霧した液滴を分離板へ衝突させることで、小さな粒子径の液体だけが機器外部へと流出するような機器を開発し、製作した。この機器を評価した結果、ミスト径を約2 μm から11 μm までの範囲で変化させることに成功した。また、本機器の農業への応用として、ピーマンへの忌避剤の噴霧実験を行ったところ、同噴霧器を用いた効果を確認することができた。

研究成果の概要(英文)：In this research, the mist sprayer, which can spray the mist with the particle size of several tens nanometers to several tens micrometers, was developed. In consideration of various applications, we worked in research and development of the mist sprayer, which can change the particle size of the mist with small variation of the particle size. Venturi effect is employed as the mechanism to spray the mist in this research. The mists with the small particle size are flowed out to the sprayer by hitting the sprayed mist at the separation plate. We fabricated and evaluated the mist sprayer. As the results, we confirmed that the particle size of the mist can be varied from 2 micrometers to 11 micrometers by changing some parameters of the fabricated mist sprayer. As the application of the proposed mist sprayer to agriculture field, we tried to spray the repellent to green pepper. Consequently, we could confirm the effectiveness.

研究分野：電子回路

キーワード：噴霧器 微粒子 ベンチュリー効果

1. 研究開始当初の背景

近年、食の安全・安心の確保のため、農作物のトレーサビリティの強化や抜き打ち検査などが行われるようになり、農業従事者には、農薬の使用量の記録や農薬の使用を可能な限り減らすなどの取り組みが求められるようになってきた。しかしながら、第一次産業就業者数は減少が続いており、さらにその高齢化は著しい。以上のような状況から、農薬の使用量を減らし、かつ、農薬の使用量を管理でき、自動で農薬を散布できる機器が求められている。一方、宮崎では、口蹄疫および高病原性鳥インフルエンザによる甚大な被害を被った。これらは、家畜動物における感染症で、病原体はウイルスであり、非常に高い伝搬性を有する。これらに対する畜産業者レベルで行える対策としては、徹底した消毒が挙げられる。特に鶏舎や牛舎の消毒に関しては、容易に、かつ、確実に消毒する方法が強く求められ、その提案は、緊急の課題と言える。以上のような背景から、我々の研究グループでは、ベンチュリー効果を用いたミスト発生機器の開発に取り組んできた。同じような機構を備えたミスト噴霧器は存在するが、噴霧されるミスト径は小さくても数十 μm のオーダーであり、しかも噴霧されるミスト径のばらつきが非常に大きいという問題があった。

一方、我々の研究グループで開発している噴霧器は、特殊な分離板を用いることで、ミスト径が数百 nm 以下で、噴霧されるミスト径のばらつきが非常に小さいという特長を有している。そのため、幅広い応用が期待されている。しかし、現段階では、サンプルとなる機器の特定条件下における評価にとどまっており、様々なパラメータの変化に対する機器の性能を評価するには至っていない。そのため、実証実験にまで適用できず、実際の応用の確認に至っていない。

2. 研究の目的

上述の背景とこれまでの成果から、以下のことを目的に本研究に取り組む。

- (1) ナノミスト噴霧器の種々の設計値とミスト径との関係を測定・評価する。
- (2) ミスト径とミスト量を制御できる機構を開発する。
- (3) 農業分野における応用として、薬剤噴霧の実証実験に取り組む。

3. 研究の方法

本研究で製作したミスト噴霧器を図1に示し、図2にそのブロック図を示す。本噴霧器は、大きく分けて電子制御部、本体部、シリンダー部によりブロック構成され、ベンチュリー効果を用いて微粒子を噴霧する装置である。電子制御部では、無人動作できるきょうにPICマイコンによるタイマー機能が装備され、ACポンプの制御を行う。本体部においては、シリンダー部に圧縮空気を送り込むためのACポンプが設けられている。

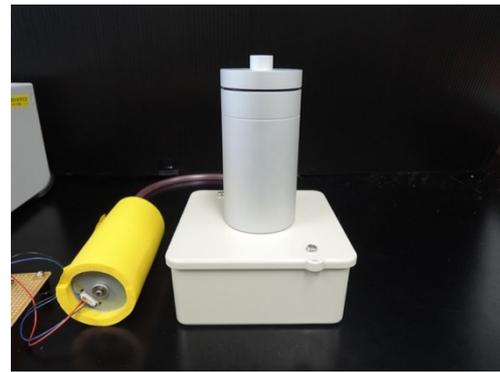


図1 本研究で製作したミスト噴霧器の外観

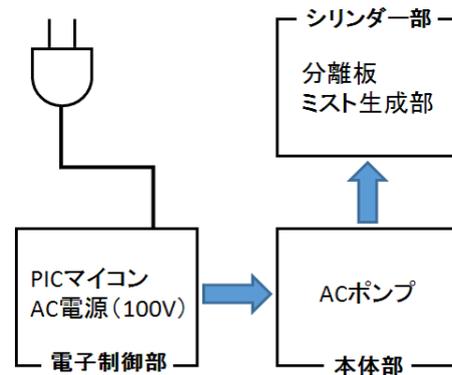


図2 製作したミスト噴霧器のブロック図

図3にシリンダー部の断面図を示す。シリンダー部にはミスト生成部(内管および外管)、分離板および液体貯槽で構成されている。内管には下部にポンプと連結する吸気口があり、外管の下部においては、液体貯槽とつながる液体流路に直結して噴霧液体を供給する流入口が設けられており、それらの上にはミスト噴出口を備えている。また、内管と外管の間には液体流路が形成されており、ACポンプから供給される圧縮空気によって、ベンチュリー効果を引き起こし、外管を介して貯槽内の液体を吸引する仕組みとなっている。

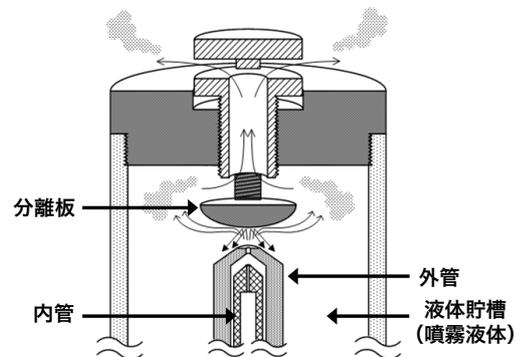


図3 シリンダー部の断面図

次に、粒子径のバラツキが小さく、細かいミスト生成が生成される原理について説明する。ベンチュリー効果により噴霧された液体粒子は、ミスト生成部の真上にある分離板に

衝突し、更に細かいミストが生成される構造となっている。分離板によって細かい粒子となったミストは、内管からの空気流に乗って分離板横の隙間を通り、排出口から噴霧され、粒子径の大きいミストは、分離板に衝突することで貯槽に落とされ、貯蔵されている噴霧液体のもとへと戻る(図3参照)。この機構は、細かい粒子径のミストを噴霧するだけでなく、噴霧液体の消費量の低減にも寄与する。

本研究では、以下の項目についての研究に取り組んだ。

- (1) 上述のシリンダー部における種々のパラメータを変化させることで、粒子径がどのように変化するかを確認し、ミスト径を制御するためのパラメータを明らかにする。
- (2) 上述の機器を用いて、農作物に忌避剤を散布し、どのような効果が現れるかを確認する。

4. 研究成果

(1) 製作した噴霧器の性能評価

Malvern社のSpraytecを使用して、噴霧器から発生するミストの粒子径および粒子径分布の評価を行った。評価に当たっては、ミストを噴霧した際に拡散した微粒子同士が結合して、粒子径が大きくなる可能性が考えられるため、噴霧口からの距離を25mmの場合と100mmの場合の2種の条件で評価を行った。また、測定条件は個数基準を用いている。

噴霧口から25mm及び100mm位置における粒子径および粒子分布の評価結果を図4に示す。また、図4に示す棒グラフは、粒子径のサイズ毎の比率(縦軸右側)であり、棒グラフは累積比率(縦軸左側)の結果である。評価結果より、噴霧口から25mmおよび100mmの粒子径はそれぞれ、約185nmおよび215nmにおいてピークを迎え、両方ともに400nm以下の粒子径が全噴霧粒子の90%以上を占めていることがわかる。また、分離板を外した状態での粒子径はバラツキが非常に大きく、しかも細かい粒子径の割合が少ないことを確認した。以上から、製作した噴霧器における分離板の効果(いわゆるフィルタの機能)が確認できた。

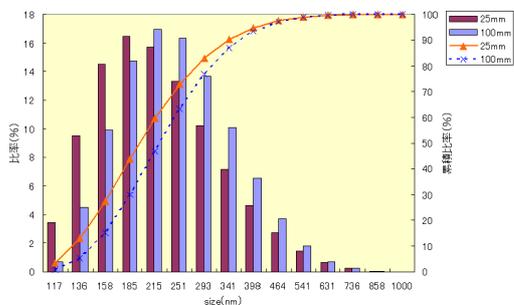


図4 製作したミスト噴霧器の粒子径の測定結果(縦軸右側:粒子径のサイズ毎の比率、縦軸左側:棒グラフは累積比率)

(2) 農業分野(薬剤噴霧)への応用

本研究では、本噴霧器の応用として、作成

した噴霧器を用いた農作物(ピーマン)への忌避剤散布を行った。時期は、春期(2~3月にかけて)と秋期(10月)の2期で実施し、比較のため、忌避剤を散布しないビニールハウス(A)と散布するビニールハウス(B)の両方を準備した。それぞれのビニールハウスの面積は、Aが10アール、Bが2.5アールであり、AとBはほぼ平行に位置され、それらの距離は5mである。Bにおける忌避剤噴霧条件は、10日間で100ccの忌避剤を本噴霧器を用いて散布し、その後は一切の噴霧を停止し、観察することとした。

図5および6に、春期におけるAおよびBにおける農作物の写真を示す。これらの写真から、AおよびBにおいて、農作物に愛する虫の被害に大きな差が生じていることが確認できる。噴霧を行ったBでは農作物に対する被害はほぼ確認できないが、それに対して噴霧を行わなかったAにおける被害は甚大なものとなっている。

次に、上述の実験の後、噴霧を行わなかったAにおいて、同噴霧器を用いた忌避剤の噴霧を行った。その結果、上述のBの実験の結果同様に農作物への被害を抑えることが確認できた。これらの結果から製作した噴霧器を用いた忌避剤噴霧による効果を確認できた。



図5 ビニールハウスA内の農作物の写真



図6 ビニールハウスB内の農作物の写真

最後に、ミスト径を制御するための機構について検討した。本研究では、分離板の形状、外管口から分離板までの距離および圧縮空気の流量の3つのパラメータを調整することで、

ミスト径制御に取り組んだ。本測定には、株式会社堀場製作所の LA-950V2 を用いた。その測定結果を図 7 に示す。図 7 では、数 μm から 20 μm 程度の粒子径制御を行った場合の一例であり、ほぼ同一の頻度で粒子径を制御できていることがわかる。この特長を活用することで、本研究で取り組んだ農業以外の分野においても応用できる可能性がある。

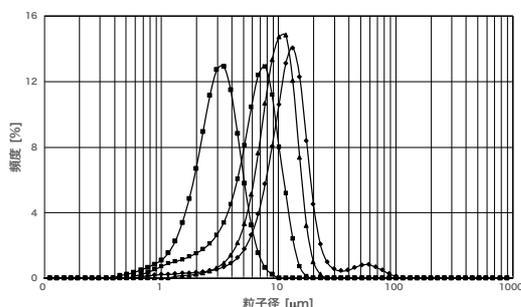


図 7 噴霧器の粒子径制御の一例

(数 μm ~20 μm の場合の例：分離板の形状、外管口から分離板までの距離および圧縮空気の流量を調整することにより、粒子径を制御可能)

以上のように、本研究で製作したミスト噴霧器は数 100nm のオーダーのミスト径と非常に小さく、また、そのばらつきも小さいという特長を有している。さらに、このミスト径を、シリンダー内のパラメータを調節することにより制御可能であり、このような噴霧器は現存しない。また、本研究では農業への応用を試みたが、工学、医学分野と幅広く活用されることが十分に期待できる。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 1 件)

- ① Shugo Kaminota, Koichi Tanno, Hiroki Tamura, Kiyoto Kawasaki, “The Development of the Nano-Mist Sprayer and Its Application to Agriculture”, Genetic and Evolutionary Computing, Advances in Intelligent Systems and Computing, Volume 388, pp.293-298, 2015, 査読有,
DOI: 10.1007/978-3-319-23207-2_29

[学会発表] (計 4 件)

- ① 淡野 公一, “ナノミスト噴霧器の開発とその応用”, 医療と健康のシンポジウム 2015 (招待講演), 2015 年 3 月 16 日, 兵庫県立大学大学院シミュレーション学研究科(兵庫県神戸市中央区港島南町).
- ② 淡野 公一, 神之田 秀悟, 田村 宏樹, 外山 貴子, 川崎 清人, “ナノミスト噴霧器の開発とその応用”, 第 28 回多値

論理とその応用研究会, MVL15-7, 2015 年 1 月 10 日, てんぶす那覇(沖縄県那覇市牧志).

- ③ 神之田 秀悟, 淡野 公一, 田村 宏樹, 外山 貴子, 川崎 清人, “ナノミスト噴霧器の噴霧粒子径の評価と駆動方式の検討”, 平成 26 年度(第 67 回)電気関係学会九州支部連合大会, 04-1A-08, 2014 年 9 月 18 日, 鹿児島大学工学部郡元キャンパス(鹿児島県鹿児島市郡元).
- ④ 淡野 公一, 川崎 悠人, 川崎 清人, 田村 宏樹, 外山 貴子, “ベンチュリー効果を用いたナノミスト噴霧器とその応用”, 平成 24 年度(第 65 回)電気関係学会九州支部連合大会, 07-2P-12, 2012 年 09 月 25 日, 長崎大学文教キャンパス(長崎県長崎市文教町).

[産業財産権]

○取得状況 (計 1 件)

名称：噴霧器及び該噴霧器を用いた噴霧装置

発明者：川崎 清人, 淡野 公一

権利者：同上

種類：特許

番号：特許第 5991685 号

取得年月日：平成 28 年 8 月 26 日

国内外の別：国内

6. 研究組織

(1) 研究代表者

淡野 公一 (TANNO, Koichi)

宮崎大学・工学教育研究部・教授

研究者番号：5 0 2 6 0 7 4 0

(2) 研究協力者

川崎 清人 (KAWASAKI, Kiyoto)

岡崎 正晴 (OKAZAKI, Masaharu)