

# 二流体噴霧機の先端形状と粒度分布の関連性

## Relationship between tip shape and particle size distribution of two-fluid sprayer

知能機械システム工学コース

ものづくり先端技術研究室 1225002 芦田 航大

### 1. 緒言

液体噴霧とは、液体を微小な粒子にして散布する記述を指した総称として用いられる。現在、畜産分野において、動力噴霧器による消毒薬品の噴霧散布が基本となっている。具体的に、養豚場及び養鶏場などは繁殖、肥育、出荷、畜舎内消毒のサイクルを繰り返すオールイン・アウト方式を主に採用している。その際、消毒は液体薬品による噴霧消毒が行われる。

噴霧消毒の具体的な方法としては、可搬式動力噴霧器で築舎内全体を周りながら消毒する方法、同じく動力噴霧器における燻煙消毒、起泡力のある界面活性系消毒液を用いた発泡消毒、畜舎内全体に配管と細霧ノズルを張り巡らせ、噴霧消毒する方法等が挙げられる。しかしながら細霧ノズルを使用する噴霧では塵芥の多い畜舎などでは目詰まりしやすく、環境によっては適切でないこともある。したがってコンパクトかつ効果的な据え置き型噴霧器の開発が急がれている。

既存の二流体型噴霧機では、粒子径が  $35\mu\text{m}$  とかなり細かい。農業分野で使用することが多いため、粒子径は細かく設定されているがこの粒子径で畜体のいる中に薬液を噴霧すると、畜体が肺胞まで吸い込むことで悪影響を及ぼすことが懸念される。したがって、浮遊性、細菌捕集効率ともに優れ、肺胞の奥に吸い込まないとされる<sup>(2)</sup>

$100\mu\text{m}$  の粒子を噴霧できる二流体噴霧器の先端形状の検証実験を行った。また、実用化も視野に入れ、先端形状のみで粒子径をコントロールするための基礎的なメカニズムを検討した。

### 2. 実験方法

本研究での噴霧ミストのザウタ平均粒子径  $D_{32}$  と粒度分布の測定には、Malvern社の粒度分布計「Spraytec」を使用した。この装置は Fraunhofer 回折理論<sup>(1)</sup> を用いて粒度分布を測定している。ザウタ平均粒子径及び粒度分布の測定は図1のように行った。

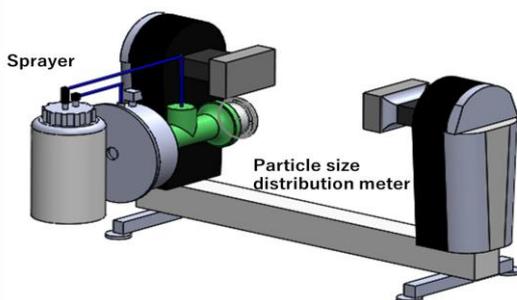


Fig1 Experimental equipment

噴霧器先端と粒度分布計のレーザー照射部は  $300\text{mm}$  の間隔で固定し、測定を行った。各実験条件ごとに3回ずつ行い、その平均値を測定値とした。レーザーの測定間隔を  $500\text{Hz}$  とし、4秒間測定しその平均粒度分布を求めた。噴霧機はブロワボックス内で発生させた圧力を利用してタンク内の次亜塩素酸水を先端部ノズルへ送液する方式となっている。噴霧器先端部は図2のような構造であり、オリフィスに起因した圧力がエア流速と送液量を変化させ、大きな影響を及ぼす。

本実験では粒度分布等粒子径のほか液体流量、ブロワボックス内圧力を測定した。

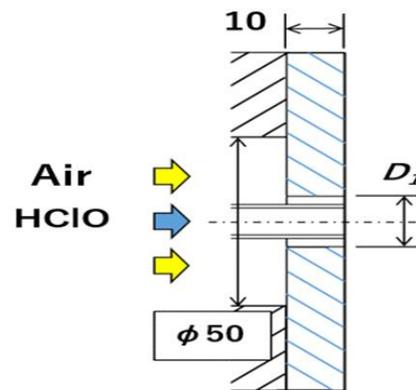


Fig. 2 Sprayer tip

### 3. 実験条件 1

オリフィス径は、 $100\mu\text{m}$  に粒度分布のピークとなるように調整し、 $23\text{mm}$  とした。このオリフィス径  $23\text{mm}$  で、形状の変化により粒度分布の操作を試みた。実験条件を表1に示す。

Table1 Experimental Condition 1

Orifice diameter 23mm common	No processing	45° Taper5mm	45° Taper10mm	45° Anti taper10mm
Pressure in the box (kPa)	13.8	12.9	12	19.5
Liquid flow rate (ml/min)	400	660	520	520

### 4. 実験結果 1

オリフィス形状による粒子径データの変化は表2のようになった。

Table2 Experimental results 1

Orifice diameter 23mm common	No processing	45° Taper5mm	45° Taper10mm	45° Anti taper10mm
Volume fraction at particle size of $100\mu\text{m}$ (%)	10.6	9.1	4.74	9.9
Maximum volume fraction (%)	10.6	17.0	8.94	9.9
Particle size at peak volume fraction ( $\mu\text{m}$ )	100	63.1	46.4	100

本結果を見ると  $100\mu\text{m}$  の粒子を最も多く噴霧したのは  $45^\circ$  深さ  $5\text{mm}$  のテーパを加工したものであった。したがって次の実験はこの形状に特化して行うことにした。

5. 実験条件 2

オリフィス形状を固定しオリフィス径を変化させ粒度分布の操作を試みた。実験条件を表3に示す。

Table3 Experimental Condition 2

Orifice diameter (mm)	16.5	18.0	20.0	23.0	24.0	26.0
-----------------------	------	------	------	------	------	------

6. 実験結果 2

得られた粒度分布を以下に示す。

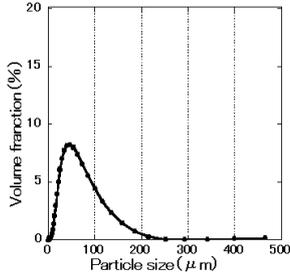


Fig.3 16.5mm

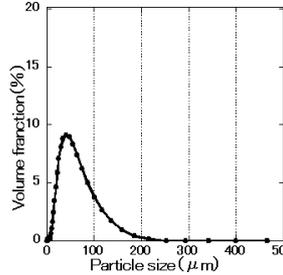


Fig.4 18.0mm

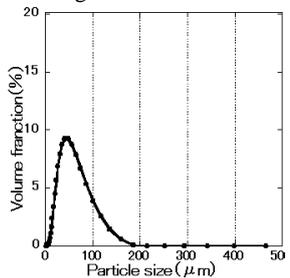


Fig.5 20.0mm

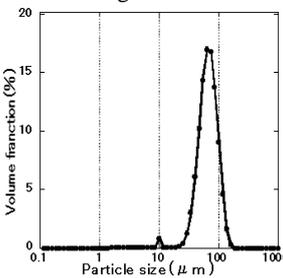


Fig.6 23.0mm

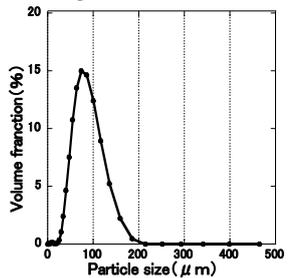


Fig.7 24.0mm

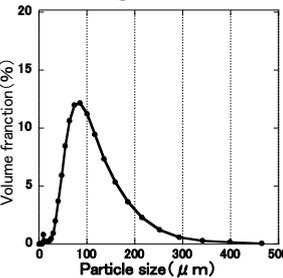


Fig.8 26.0mm

本結果で粒度分布，体積率のピークが最も高かったのはオリフィス径 23 mmであった。しかし，ピークが 100μmに見られない。したがって粒度分布から得たデータと液体流量から 100μm粒子径噴霧量を計算した（表4）。

Table 4 100μm particle spray volume

Common orifice shape(mm)	16.5	18.0	20.0	23.0	24.0	26.0
Volume fraction at particle size of 100μm (%)	4.5	3.7	3.9	9.1	12.4	11.2
Liquid flow rate (ml/min)	840	740	640	660	540	300
100μm particle spray volume(ml/min)	37.8	27.4	25.0	59.4	67.0	33.6

本結果よりオリフィス径 24 mmが最も 100μm粒子噴霧量が多い。したがって本構造の噴霧器で畜舎内を次亜塩素酸水で噴霧殺菌するにはオリフィス径 24 mmに 45° 深さ 5 mmのテーパを加工したものが最適であると知見を得た。

7. 考察，結言

本結果について，入口損失とエア流体速度に着目し，オリフィスを比較していく。

まずは管路流速と出口流速を求める。管路流速はまず以下のベルヌーイの定理を使用する。

$$\frac{1}{2}\omega^2 + \frac{p}{\rho} + g = const \quad (3)$$

エア流速を求めるため次の式に変形する。

$$\omega = \left(\frac{2\Delta p}{\rho}\right)^{\frac{1}{2}} \quad (4)$$

求めた管路内，オリフィス付近流速を表5に示す。

Table5 Calculated flow velocity

Orifice diameter (mm)	16.5	18.0	20.0	23.0	24.0	26.0
Intra-pipeline velocity (m/s)	5.96	5.22	4.44	4.38	4.32	3.66
Outlet flow velocity (m/s)	54.69	40.30	27.72	20.72	18.73	13.54

得られた数値と入口損失からオリフィス部の圧力を求める。入口損失係数はWeisbachの実験図より 0.375 と置く。次の式から導出した。

$$p = \left(\frac{\rho}{2}\right) \cdot \left(\frac{Q}{F}\right)^2 \cdot \zeta \frac{1}{2} \rho \omega^2 \quad (5)$$

導出した数値を表6に示す。

Table6 Pressure considering inlet loss

Orifice diameter (mm)	16.5	18.0	20.0	23.0	24.0	26.0
Orifice pressure (kPa)	2006.88	1089.53	515.63	288.11	235.48	123.09
Exit pressure (kPa)	1330.94	722.57	341.96	191.07	156.16	81.63

本実験のオリフィス形状では以上の結果となった。前述でオリフィス径 24 mmが最も有効であると考察したが，その理由として，20 mmでは圧力損失を考慮してもオリフィスを管路としてみたときの圧力がかなり高いことがわかり，また，本実験で最大のオリフィス径である 26 mmでは圧力が 24 mmの約 50%の値となってしまふ。このことから，本実験機器の構造及びオリフィス穴一つの二流体噴霧器ではオリフィス部にかかる圧力をオリフィス径 24 mmの際に導出した値である 156kPa 程度に調整することで 100μm粒子を効率的に噴霧できると考えられる。

しかしながら，本実験のオリフィス形状は 100μmより小さく，更に微小な粒子の噴霧には適していない。その理由として粒度分布が広域に分布していることが挙げられ，これは圧力損失の少ないオリフィスに高流速の空気が通過すると，微粒化された粒子同士の凝集が起きているためと考えられる。なお，本実験の結果及び考察から導かれた噴霧条件は，本構造と同様の構成の噴霧器にのみ有効である。

また，テーパ加工が流れの安定化にも作用していることが定性的ではあるが確認することができた。

今後の研究課題としては，実際に次亜塩素酸水を噴霧し，畜舎でのフィールドテストを繰り返すことで新たな問題の抽出とその解決が行われるべきである。

参考文献

- 1) 粉体工学叢書 粉体の基礎物性 (粉体工学会 日刊工業新聞社) pp.179-182
- 2) 畜舎空間消毒における液体粒径コントロール可能な噴霧機の開発 芦田航大
- 3) 新版 流れ学 (森川敬信 鮎川恭三 辻裕 著 朝倉書店)