

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

ものづくり先端技術研究室 1180002 芦田 航大

1. 緒言

近年、畜産分野における消毒方法は、動力噴霧機等による薬品の散布が飼育場のスタンダードになっている。これらに共通する課題として、畜体が畜舎に入っている状態で消毒が行えないことが挙げられる。例えば、燻煙消毒はアルデヒド系の薬剤を散布するので、畜体に対する安全性が懸念され、畜体が飼育場に存在している場合、燻煙を吸引する可能性がある。これらの課題の解決策として据え置き型の小型噴霧機による、畜体の安全性を考慮した、畜体が存在していても使用できる噴霧機の開発が急がれる。安全性を保つ一つの方法として、毒性の低い、又は毒性の無い消毒液の散布が上げられる。しかし、これらの消毒液は殆ど見られない。また、既存の噴霧機や細霧ノズルでは粒径が小さすぎるため、畜産動物の肺胞にまでミストが入り込み悪影響を及ぼしてしまう。そこで、本研究では、浮遊性や細菌の捕集効率を考慮した適切なミスト粒子径の検証と、人体や畜産動物に無害であるとされる次亜塩素酸水を散布液として噴霧することで、疫病や感染症を防ぎつつ安全性を考慮した、噴霧機の開発を目的とした。

2. 実験方法

実験装置を図1に示す。ポンプと噴霧機先端のノズルを連結する配管に、塩化ビニルパイプを用いることで次亜塩素酸水の殺菌性が減少し無いうように配慮した。使用したオリフィス及び外部混合器はアクリル製で厚さは10mmとした。噴霧器は上流側からブロワモータ、ブロワモータ固定ボックス、マスフローメーター、及びオリフィスの構造となっている。圧力計はブロワモータ固定ボックス内に設置し、上流側の圧力を測定した。容器に次亜塩素酸水を投入し、ポンプで噴霧機先端のノズルに送液する。ノズル先端の液はブロワモータから供給される空気と衝突し微粒化される。ミストの粒子径は、フランホーファー回折法の粒度分布計(Malvern製, Spraytec)で測定を行った。本研究では、畜体が吸引しても肺胞に到達し無いとされる、ザウタ平均粒子径100μmを目標と定めることにした。本目標に適する噴霧構造を明らかにするため、オリフィス径と流量の調整により、粒子径の検証をするとともに、噴霧した際の次亜塩素酸水の有効塩素濃度を調べた。

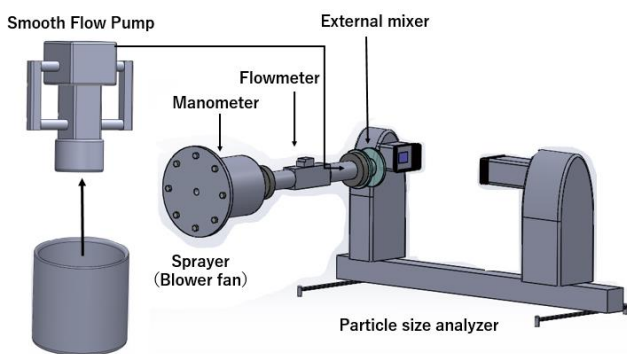


Fig.1 Experimental equipment

3. 実験条件

実験条件を表1に示す。

Table1 Experimental condition

Orifice hole diameter	D_1 [mm]	32.7	32.1	31.0
HClO flow rate	[ml/min]	760	960	1200
Air flow rate	[L/min]	2214	2201	2229
Box inner pressure	[kPa]	6.50	6.93	7.86

また、外部混合器及びオリフィスの断面図を図2に示す。外部混合器はアクリル板厚さ10mmに各条件のオリフィス径を有するプレートを設置し実験を行った。

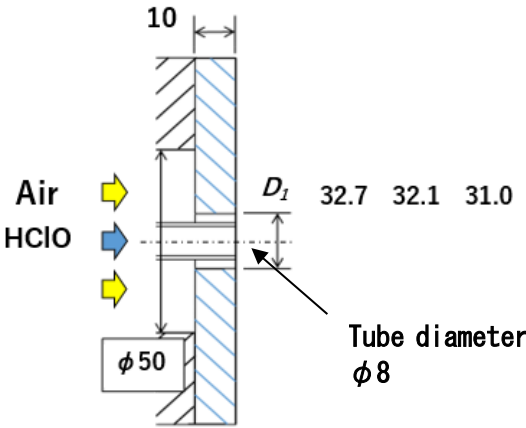


Fig.2 Orifice Construction

4. 実験結果

実験から得られた粒度分布のグラフを図3, 4, 5に示す。また粒度分布より得られた解析値であるザウタ平均粒子径の結果を表2に示す。その結果、32.1mmと31.0mmのオリフィス径では目標に沿ったザウタ平均粒径と粒度分布の波形が得られた。しかし32.7mmのオリフィスは粒度分布が広域に分布し、ザウタ平均粒径も他の径と比較して大きい。ブロワボックス内の圧力については、オリフィス径が大きくなると減少した。また、管内エア流速はオリフィス径が大きくなると減少する傾向にある。噴霧後の次亜塩素酸水は有効塩素濃度が6~9%程度低下したが、殺菌効果には影響がない減少量である。

5. 考察

液体の流量が多くなれば、粒度分布の波形はなめらかになる傾向を原理的には示すが、本実験で用いた次亜塩素酸水はその傾向は現れなかった。本実験において目標であるザウタ平均粒子径100μmに適するプレートはオリフィス径32.1mmのとき次亜塩素酸水流量960ml/minと、オリフィス径31.0mmのとき次亜塩素酸水流量1200ml/minであった。しかし、オリフィス径32.7mmのときの次亜塩素酸水流量760ml/minの条件では粒度分布が広域に分布し、平均粒子径の増大が見られた。これは、ある一定以上のオリフィス径になるとエアの流量の増大によりエア流速が減少し、これが寄与して、オリフィス部での圧力損失の影響が大きくなっていると推察できる。そこでオリフィス径別に管路系の急縮小損失について調べた。急縮小損失は次式で表される。

$$\Delta P_{sc} = \zeta_c \frac{\rho \times V^2}{2}$$
$$\zeta_c = \left(\frac{1}{C_c} - 1 \right)$$

ここでの C_c は収縮係数と呼ばれ、表3で決定される ζ_c は収縮係数により決定される係数である。ここで A_1 と A_2 はそれぞれ管路と急縮小部の断面積である。

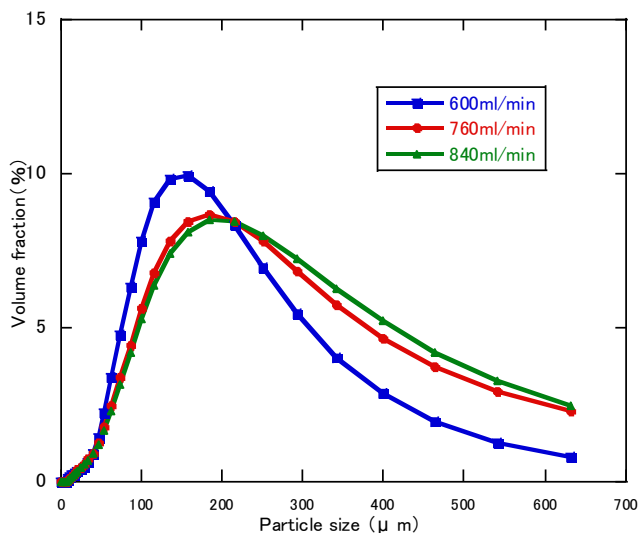


Fig.3 Orifice hole diameter 32.7mm
Particle size distribution

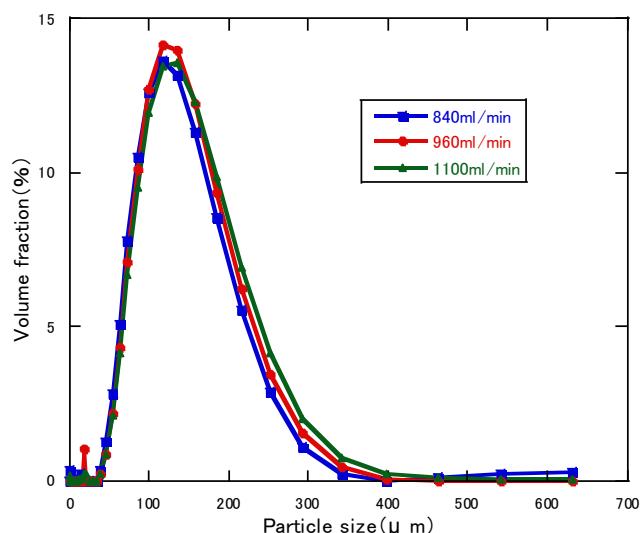


Fig.4 Orifice hole diameter 32.1mm
Particle size distribution

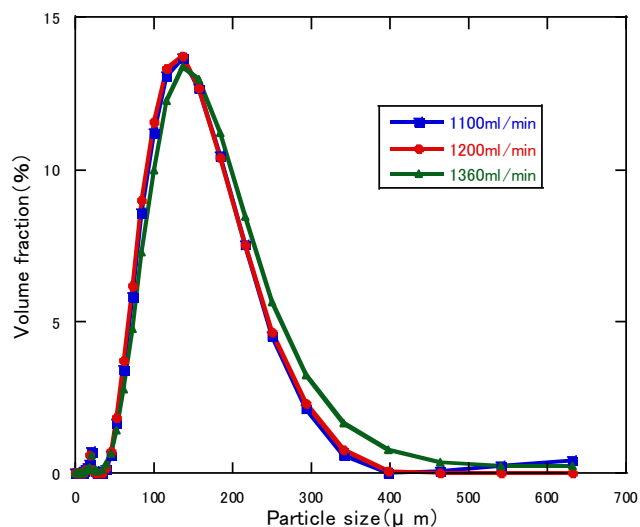


Fig.5 Orifice hole diameter 31.0mm
Particle size distribution

Table2 Sauter mean diameter

Orifice hole diameter [mm]	HClO flow rate [ml/min]	Sauter mean diameter [μm]
32.7	760	122.5
32.1	960	99.4
31.0	1200	101.6

V [m/s]はオリフィス部での出口流速で、 ρ [kg/m³]は空気の密度である。これから得られる ΔP_{sc} [Pa]がオリフィス部の急縮小による圧力損失である。

Table3 contraction coefficient

A_2/A_1	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
C_c	0.61	0.62	0.63	0.65	0.67	0.7	0.73	0.77	0.84
ζ_c	0.41	0.38	0.34	0.29	0.24	0.1	0.14	0.089	0.036

本式から、各オリフィス径による急縮小圧力損失を求めた。さらに各オリフィス径の影響により、ブロワボックス内の圧力も変化するため、これを考慮し、ブロワボックス内の圧力から急縮小による圧力損失を除いた値を求めた。その結果を表4に示す。

Table4 Box inner pressure minus
pressure loss

Orifice hole diameter [mm]	Box inner pressure minus pressure loss [kPa]
32.7	4.76
32.1	5.07
31.0	5.67

5.07kPa の条件で目標のザウタ平均粒子径を得たが、4.76kPa の条件では達成できなかった。4.76kPa の際には、微粒化能力を向上するため送液流量を変化させ、検討を試みたが、効果が得られなかった。このため、4.76kPa の圧力では噴霧に不十分であるといえる。また、オリフィス径 32.1mm での圧力の計算結果より、4.76～5.07kPa の間に微粒化能力の閾値があると推察できる。今後、次亜塩素酸水を噴霧する目的の噴霧機を設計する際には、本研究の噴霧構造の場合、その閾値を下回らない圧力が得られるオリフィスプレートの構造にすることが必要である。

有効塩素濃度の低下については、微粒化の衝撃が次亜塩素酸水の殺菌成分を劣化させていることが推察でき、本実験では 100μm という微細な粒子径ではなかったため、低下しにくかったと考えることができる。

6. 結言

噴霧液として次亜塩素酸水を使用し、噴霧機先端部でのエア圧力開放により液滴を微粒化し、その微粒化した粒子の粒子径をコントロールする方法及び、噴霧した際の次亜塩素酸水への影響の変化を実験的に検証した。その結果、粒子径は噴霧機先端部にある外部混合器のオリフィス径により、コントロールできることがわかった。

次亜塩素酸水の噴霧後の有効塩素濃度については、目標の粒子径 100μm で噴霧した際、有効塩素濃度の低下は 10%未満に抑えることができ、殺菌能力に問題のない構造で噴霧が行えている。

今後は、本実験で得られたデータを下に、噴霧機を設計し、実際に畜体が飼育されている畜舎の中での噴霧消毒の効果を検証する必要がある。

参考文献

- 粉体工学叢書 粉体の基礎物性 pp.179-182
(粉体工学会 日刊工業新聞社)
- 新版 流れ学 pp.51-53
(森川敬信 鮎川恭三 辻裕 著 朝倉書店)