

2020（令和 元）年度 修士学位論文

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

2020 年 3 月 9 日

高知工科大学大学院 工学研究科基盤工学専攻

知能機械システム工学コース

1225002 芦田航大

指導教員 松本泰典

目次

第1章 緒言	1
1.1 研究背景	1
1.1.1 既存の機器	2
1.1.2 二流体噴霧器の原理	3
1.2 研究目的	3
第2章 噴霧ミストの測定方法	4
2.1 計測装置	4
2.2 ザウタ平均粒子径	5
2.3 計測方法	6
第3章 オリフィス形状による粒径操作実験	7
3.1 実験目的	7
3.2 実験装置	7
3.3 実験方法	8

3.4 実験結果	9
----------------	---

3.5 考察	11
--------------	----

第 4 章 特定のオリフィス形状による粒径操作実験	13
--	-----------

4.1 実験目的	13
----------------	----

4.2 実験方法	13
----------------	----

4.3 実験結果	14
----------------	----

4.3 考察	23
--------------	----

第 5 章 結言	26
-----------------------	-----------

参考文献

謝辞

第1章 緒論

1.1 研究背景

1.1.1 既存の機器

液体噴霧とは、液体を微小な粒子にして散布する技術の総称として用いられる。この技術は、多種の噴霧器、装置により広い分野で活用されている。例えば、内燃機関での液体燃料の噴霧、農園での液体肥料、農薬の散布、畜産場等防疫面が重要視される場面での消毒液の噴霧などが挙げられる。

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。この具体的な方法としては、可搬できる動力噴霧器で築舎内全体を移動し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研究開発が急がれている。

既存の畜舎内消毒噴霧器の実例として、株式会社土佐農機が事業化している「モーターフォグ」の写真及び概略を図1-1、図1-2に示す。

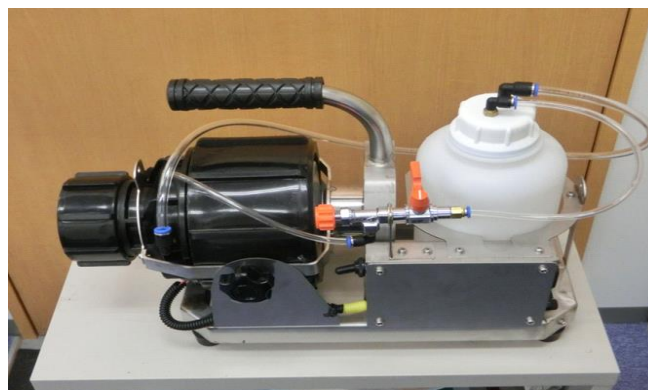


Fig.1-1 モーターフォグ

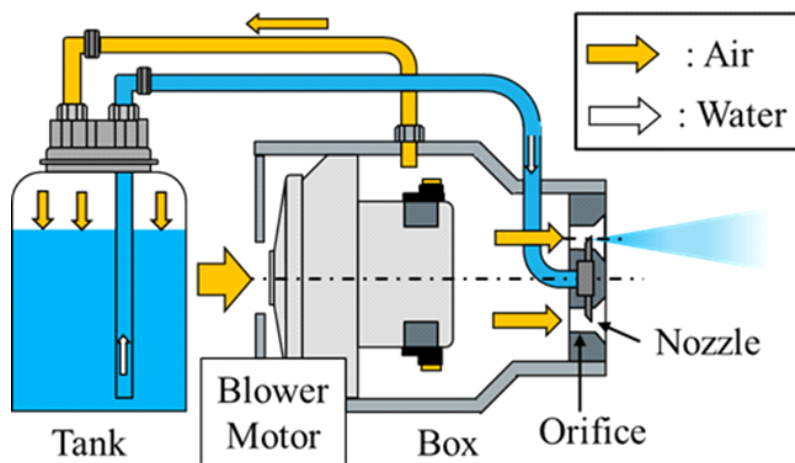


Fig.1-2 モーターフォグ概略図

モーターフォグは100Vのブロワモータを使用した二流体噴霧器である。ブロワで発生する空気圧を利用してタンク内の液体をノズル先端へと送液し、オリフィス部分で液体と空気を衝突させることで微粒化を引き起こしている。本装置から発生する液体粒子を計測すると、ザウタ平均粒子径としては $35\mu\text{m}$ 以下の粒子を発生させている。しかしながら、畜産現場では薬液の粒子径をある程度の大きさで保つことで畜産動物の肺胞に吸い込ませないようにする必要があるため、畜産現場で使用するには改良が必要である。

1.1.2 二流体噴霧器の原理

二流体噴霧器の先端部の概略を図1-3に示す。

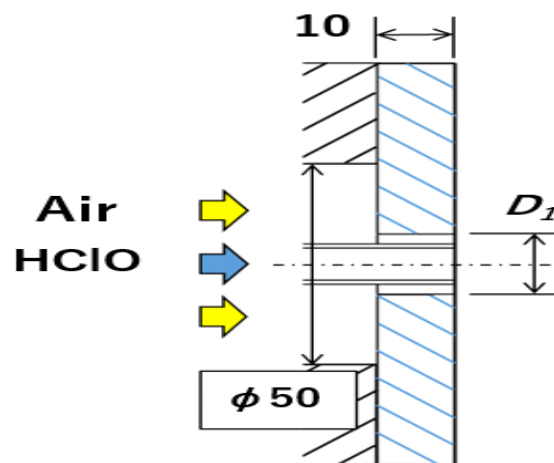


Fig.1-3

二流体噴霧器先端部にはオリフィスと呼ばれる図 1-3 の青色の斜線で表示されているパーツが付けられる。ブロワモータから発生する強い空気流れが、ノズル先端の液滴にせん断力を与えることで液滴の微粒化を可能としている。

1.2 研究目的

前項の 1.1 で示したように、既存の二流体噴霧器「モーターフォグ」では粒子径が微小なため畜産場での噴霧には適さない。その理由として、消毒液を畜産動物が肺胞まで吸い込んでしまった場合に、消毒液の毒性の有無にかかわらず畜産動物の健康への影響が解明されてないため、悪影響を及ぼすことが懸念されている。肺胞に入った消毒液の挙動やメカニズムはいまだ解明が難しく、畜体の安全を考えれば消毒液を肺胞まで吸い込まないようにする必要がある。また、畜体のいる環境下では毒性が確認されている消毒液の噴霧はできないので、消毒液の中で畜体に無害とされる次亜塩素酸水(HClO)の噴霧を目的としている。その理由としては、前述のとおり畜産動物に対しては無害ではあるが、除菌効果の観点から見たときに耐性菌がいまだ確認されていないなど強力な除菌効果があるためである。粒子径については、図 1-4 に示す微霧と細霧の中間程度の粒子径であれば浮遊性、最近捕集効率ともに問題なく畜体の呼吸器についても安全であるとされる。研究の最終目的として、粒子径を使用者の思いのままにコントロールできる二流体噴霧器の開発を目指し、その基礎となるメカニズムの解明とした。

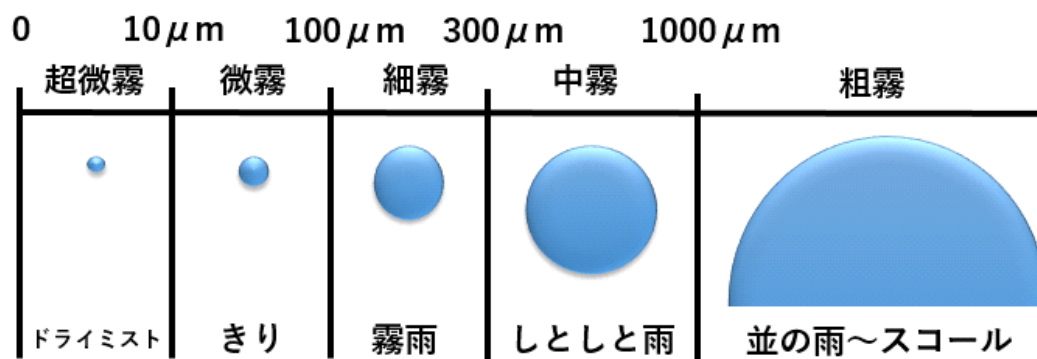


Fig.1-4 ミストの粒子径

第2章 噴霧ミストの測定方法

2.1 計測機器

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 回折理論を用いて粒度分布を測定している。Fraunhofer 回折理論は、光の波長に比べて粒子径が十分に大きいときに粒子の前方小角散乱光強度分布が粒子投影面と同じ開口からの Fraunhofer 回折の強度分布で近似できるというものである^[1]。具体的には粒度分布計の場合、ミストにレーザー光を照射し、その際に起こる Fraunhofer 回折の強度分布パターンを、受光部のチャンネルで読み取ることで粒度分布及びザウタ平均粒径を算出し表示している。Spraytec ではレーザー光照射部から平行にレーザー光を照射し、光強度受光部に送られる。その際の最速測定間隔は 4.0×10^{-4} 秒であり、噴霧ミストのような短時間で多くの粒子が移動する際にも時間的平均を取ることができる。しかし、この測定法は噴霧ミスト一つ一つの粒子径を測定しているのではなく、噴霧ミストのレーザー散乱強度により噴霧ミストの粒子径を算出している。また、粒子による光の散乱強度が同じであれば、粒子の存在場所にかかわらず同じ受光部のチャンネルに光が集まる仕組みである。

粒度分布計 Spraytec を図 2-1、レーザー検出器原理を図 2-2 に示す。

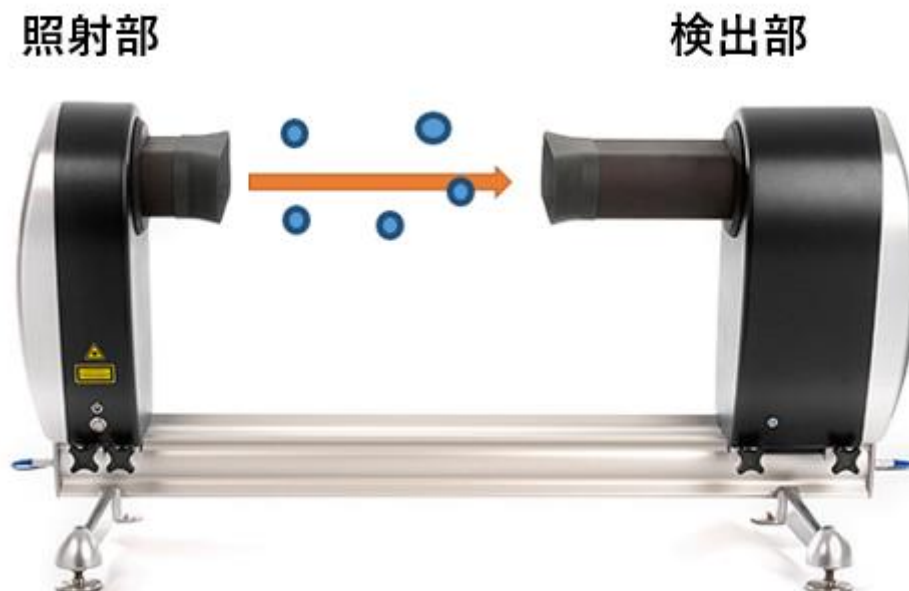


Fig.2-1 粒度分布計概要²⁾

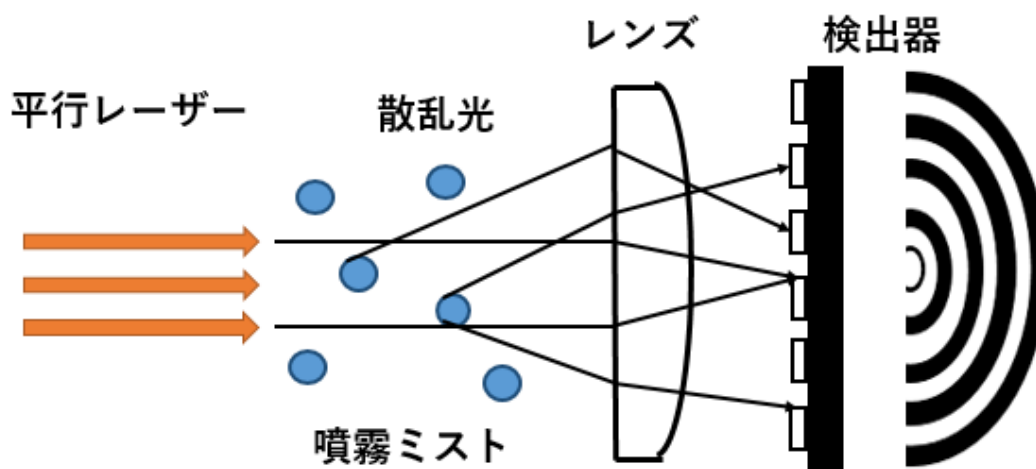


Fig.2-2 検出器の構造原理

2.2 ザウタ平均粒子径

ザウタ平均粒径 D_{32} は式 2-1 で表される噴霧ミストの総体積を総表面積で割ったものである。噴霧ミストを個数平均で表すと、微小粒子が多数存在するため、平均粒子径が小さくなる。また、次亜塩素酸成分の空気拡散などは表面積に大きく依存するため、ザウタ平均粒径を本研究で用いた。

$$D_{32} = \frac{\sum_i V_i}{\sum_i \frac{V_i}{d_i}} \quad (2-1)$$

d_i : 粒子径[μm] V_i : d_i の体積[m^3]

Spraytec での測定は体積基準と個数基準があるが、前述でも記した通り個数基準ならば粒子数に大きく左右されるため、今回は体積基準を用いて粒度分布を計測した。

2.3 計測方法

ザウタ平均粒子径及び粒度分布の測定は図 2-3 のように行った。

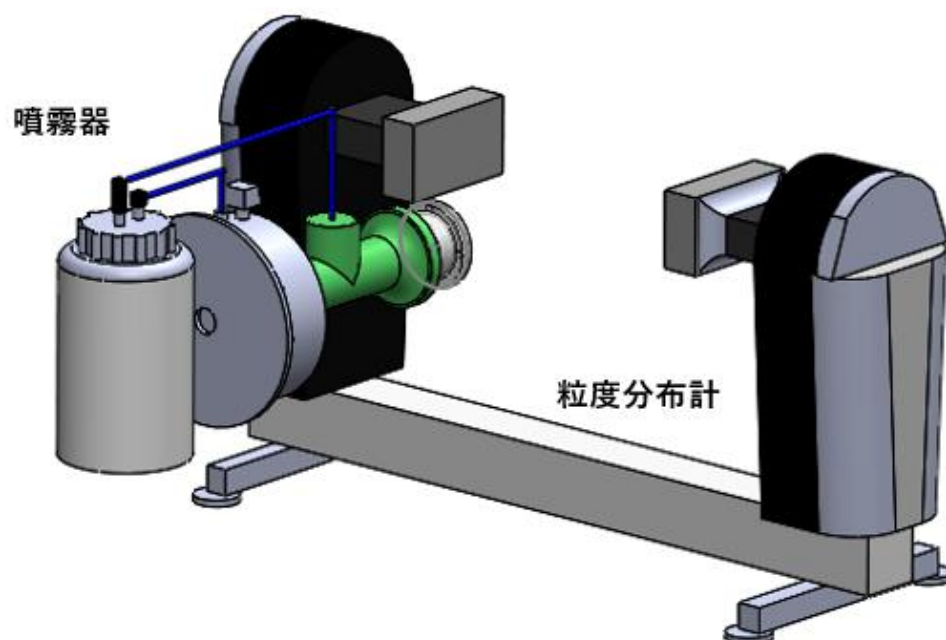


Fig2-3 粒度分布の測定実験

噴霧器先端と粒度分布計のレーザー照射部は 300 mm の間隔で固定し、測定を行った。測定は各実験条件ごとに 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 500Hz とし、4 秒間測定しその平均を粒度分布として決定した。

第3章 オリフィス形状による粒子径操作実験

3.1 実験目的

二流体噴霧器の粒度分布や粒子径は噴霧器先端部のオリフィス形状，そしてオリフィス径が大きく起因し，変化する．これはブロウボックス内の圧力変化やエア流れの変化が影響しており，安定した粒子径の値を継続的に噴霧するため，まずは条件に適したオリフィス形状の選定を目的とした．また目標の粒子径は前項の 1-2 研究目的より， $100\mu\text{m}$ とする．

3.2 実験装置

本研究で使用した二流体噴霧器の概要図を図 3-1 に示す．

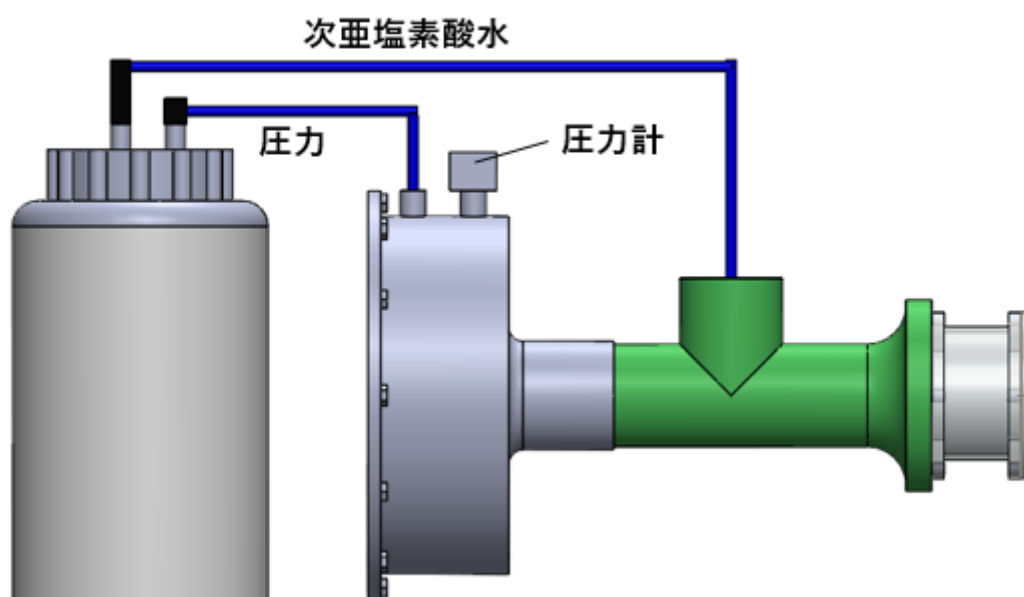


Fig3.1 実験装置概略

本研究で使用したブロウモータは韓国製定格電圧 220V である．9 枚のファン及びモータで構成されており，全長 117 mm，直径 140 mm である．上流側から大気を吸入し，下流側にあるモータを冷却しながら空気を吐出する構造になっている．定格電圧 220V の際，電流が $7.74\text{A} \pm 10\%$ ，電力が $1660\text{W} \pm 10\%$ となる．今回の実験では電圧は 200V を使用した．また，圧力計は SMC 社の ZSE30AF-C6L-C を使用した．液滴吐出部ノズルは内径 8 mm，直径 10 mm，ステンレス製であり，配管系は塩化ビニールパイプを採用している．

3.3 実験方法

本実験では4種類のオリフィス形状について検証した。理由は後述となるが、オリフィス径は23 mmで統一しその実験を行った。検証したオリフィス形状について図3-2に示す。

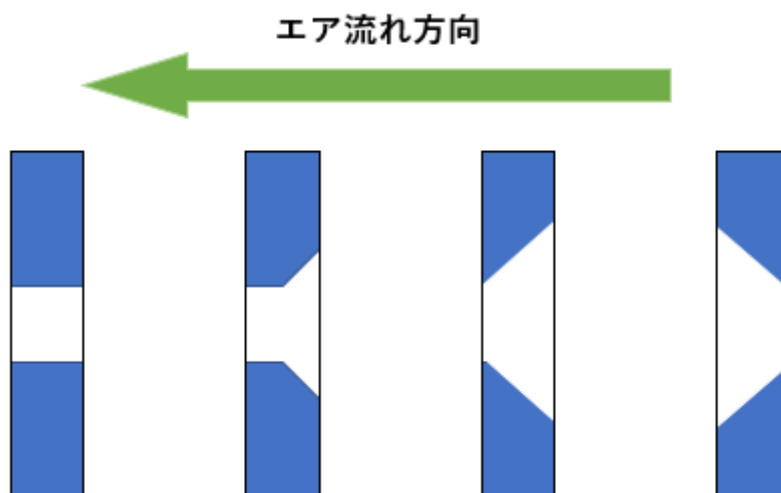


Fig3.2 オリフィスの形状について

各オリフィスのテーパ加工は 45° で統一されている。また、オリフィス厚みは10 mmで統一しており、テーパが穴の最後まで切られていないものはテーパ深さ5 mmである。同一の実験装置を使用し、オリフィスパーツのみ変更して4種のパターンを測定した。また、その際のブロワボックス内の圧力を測定し、液体流量も測定した。液体流量に関しては、タンク内に一定の水をため、1分間の噴霧の後に最初の量との差で求めた。

3.4 実験結果

4 種のオリフィス形状パターンの，測定結果は以下ようになった。
まず単純に 23 mm のオリフィス径のものの粒度分布を図 3-4 に示す。

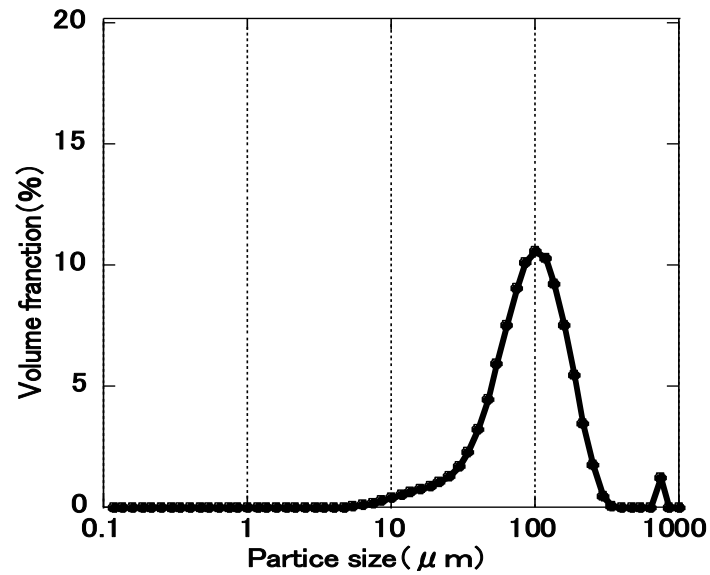


Fig3.4 23 mmオリフィス 粒度分布

次に 45° のテーパを 5 mm加工したものの粒度分布を図 3-5 に示す。

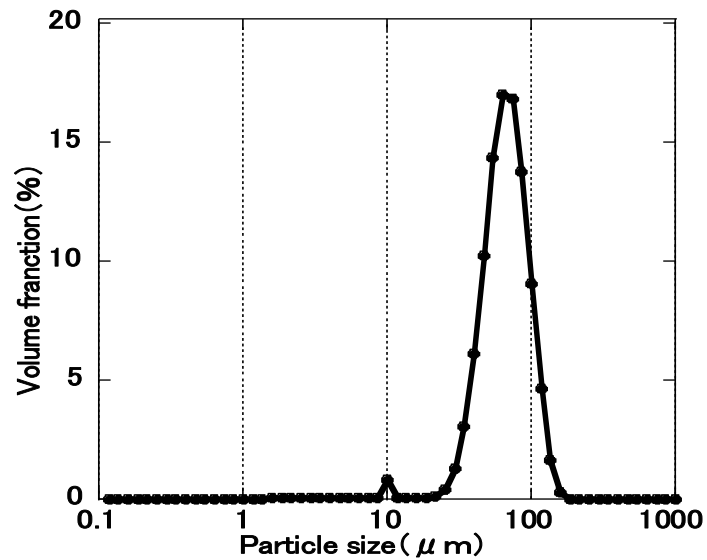


Fig3.5 23 mmオリフィス 45° , 5 mm 粒度分布

45° のテーパを流れに沿うように 10 mm加工したオリフィスの粒度分布を図 3-6 に示す.

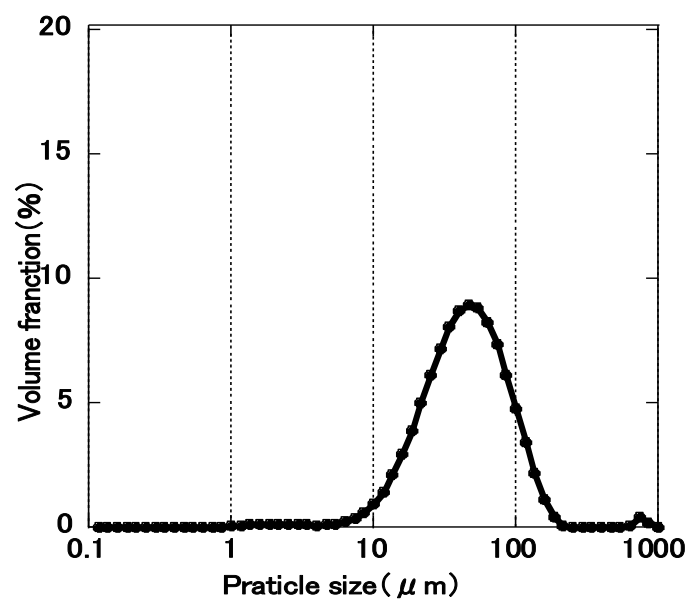


Fig3.6 23 mmオリフィス 45° 10 mm 粒度分布

45° のテーパを流れに抗うように 10 mm加工したオリフィスの粒度分布を図 3-7 に示す.

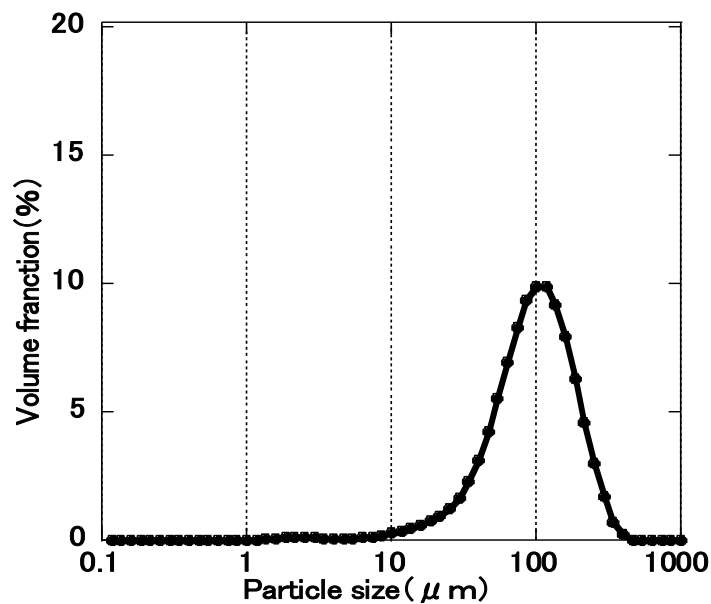


Fig3.7 23 mmオリフィス 45° 10 mm逆 粒度分布

4 種類のオリフィス形状で得ることのできた体積分率に関するデータを表 3-1 に示す。

Table3.1 体積分率に関するデータ

オリフィス径23mm共通	加工なし	45° テーパ5mm	45° テーパ10mm	45° テーパ逆 10mm
粒径100 μ m時の体積分率 (%)	10.6	9.1	4.74	9.9
最高体積分率 (%)	10.6	17.0	8.94	9.9
体積分率ピーク時の粒径 (μ m)	100	63.1	46.4	100

次に、各オリフィスを使用した際のボックス内圧力、液体流量を表 3-2 に示す。

Table3.2 各オリフィスの液体流量と圧力

オリフィス径23mm共通	加工なし	45° テーパ5mm	45° テーパ10mm	45° テーパ逆 10mm
ボックス内圧力(kPa)	13.8	12.9	12	19.5
液体流量(ml/min)	400	660	520	520

3.5 考察

表 3-1 を見ると、単純にピークが 100 μ m であり最高体積分率も 100 μ m の時点で観測できているため、100 μ m の粒子を噴霧することに適しているといえる。なお、オリフィス径 23 mmを使用している。しかし、最高体積分率が最も高いのは 45° テーパ 5 mmの 17.0%である。また、同オリフィス形状は最も 1 分当たりの液体流量が多い。そこで液体流量に粒径 100 μ m 時の体積分率を用いることで 1 分当たり 100 μ m の液体粒子の総量を求めた。本結果を表 3.3 に示す。

Table3.3 各オリフィスの 100 μ m 液体粒子噴霧量

オリフィス径23mm共通	加工なし	45° テーパ5mm	45° テーパ10mm	45° テーパ逆 10mm
100 μ m粒子噴霧量(ml/min)	42.4	59.4	24.6	51.5

表 3-3 より、1 分間に 100 μ m の粒子を最も多く噴霧しているのは 45° テーパ 5 mmの加工を施したオリフィスであると分かる。そこで、この結果についてオリフィスの形状による流れの変化と圧力損失から考察する。まず、流れ方向にテーパ加工した場合の圧力損失と流れについて考察していく。管路系からオリフィスへの流入によるエア圧力損失は図 3-8 の Weisbach の実験図から求める。

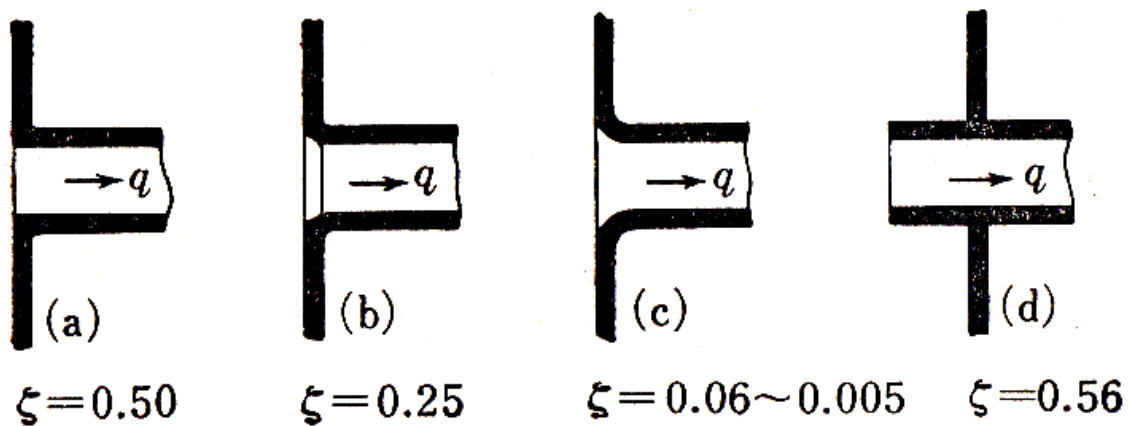


Fig3.8 入口損失係数^[3]

入口損失係数及び管路系の圧力損失は式 3-1 で定義される．

$$\Delta p = \zeta \frac{1}{2} \rho \omega^2 \quad (3-1)$$

ω はエア速度であり， ρ は流体密度である．流体密度は空気密度を使用し，エア速度は大きな式の支配因子となっている．単純なオリフィス形状を図 3-8 の(a)，テーパを 10 mm加工したものを(b)とすると，テーパを 5 mm加工したオリフィスは損失係数 0.50 から 0.25 の間の値になると予測した．計算のため，予測値を中間の 0.375 とした．計算結果を表 3-4 に示す．

Table3.4 計算結果

オリフィス径23mm共通	加工なし	45° テーパ5mm	45° テーパ10mm
ボックス内圧力(kPa)	13.8	12.9	12.0
管路内流速(m/s ²)	4.54	4.38	4.23
オリフィス部流速(m/s ²)	21.43	20.72	19.99
入口損失(kPa)	138.26	97.04	60.31

エア流入速度はボックス内圧力に依存する．結果としてはテーパ 10 mmのものが圧力損失は低い，粒度分布の形を考慮すると，圧力損失がなさすぎる場合には微小粒子の存在割合が増えるため，テーパ加工 5 mmを最適形状とした．したがって次章からはこの形状に特化して検証を行う．なお，流れと逆方向にテーパを加工したオリフィスについては実験結果から効果的とは言えないため検証を終了する．

第4章 特定のオリフィス形状による粒子径操作実験

4.1 実験目的

第3章では、オリフィスの形状による粒子径の操作実験を行った。その結果として、エア流れ方向に沿って45°のテーパを深さ5mm加工したものが効果的であると分かった。したがって本研究では、同オリフィス形状を採用し、オリフィス径を変化させることにより微粒化のメカニズム解明とともに実用化に向けたデータを収集し分析することを目的とした。実験装置及び計測方法は第3章と同様である。

4.2 実験方法

本実験の外部混合器付近とオリフィス概要を図4-1に示す。

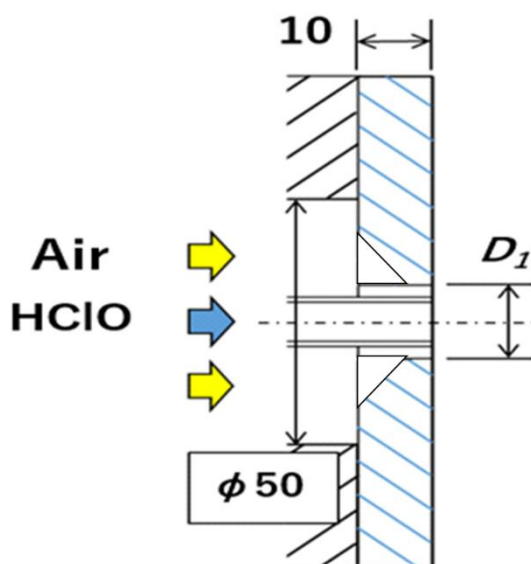


Fig4.1 オリフィス概略

本実験で検証したオリフィス径について表4-1で示す。

Table4.1 検証したオリフィス径

オリフィス径 (mm)	16.5	18.0	20.0	23.0	24.0	26.0
-------------	------	------	------	------	------	------

各オリフィス径ごとに3回粒度分布の測定を行い、その平均を計測結果とした。また前章と同様に液体流量とブロワボックス内圧力も測定した。さらに100 μ m粒子噴霧の適正は主に粒度分布から評価するが、評価値の一つとしてザウタ平均粒子径も計算した。

4.3 実験結果

オリフィス径 16.5 mmの粒度分布を以下に示す.

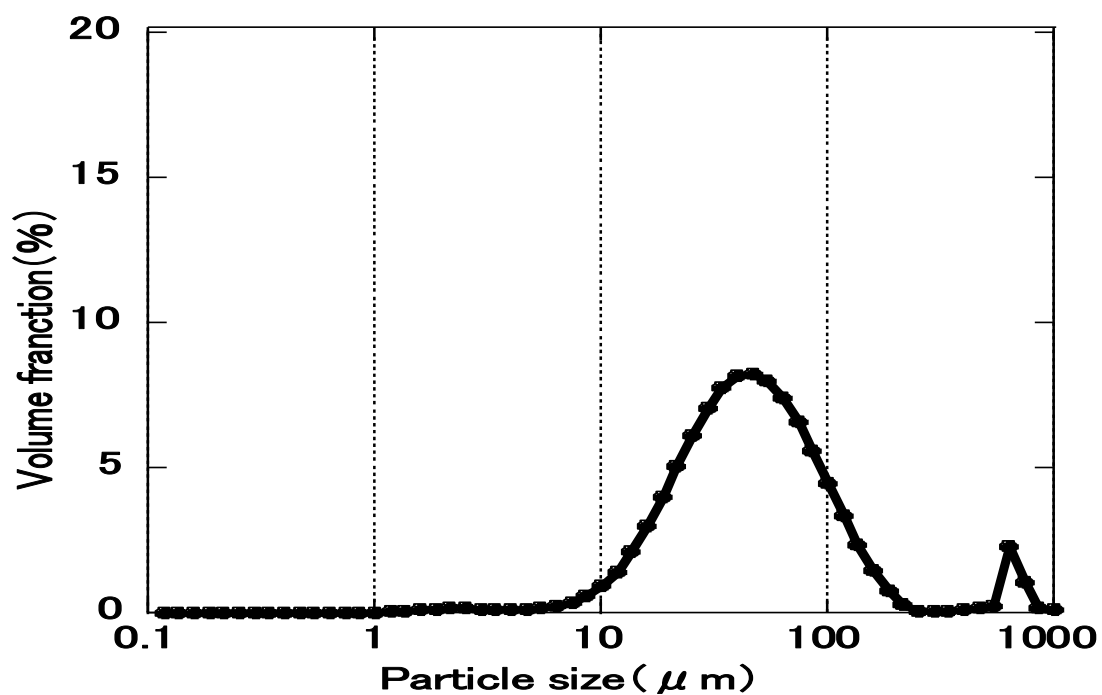


Fig4.2 オリフィス径 16.5 mm 粒度分布 対数表示

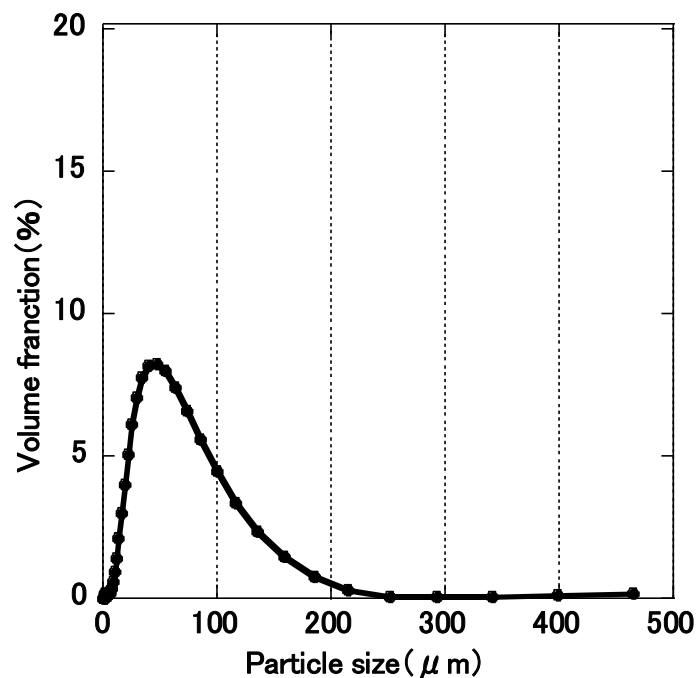


Fig4.3 オリフィス径 16.5 mm 粒度分布

オリフィス径 18 mmの粒度分布を以下に示す.

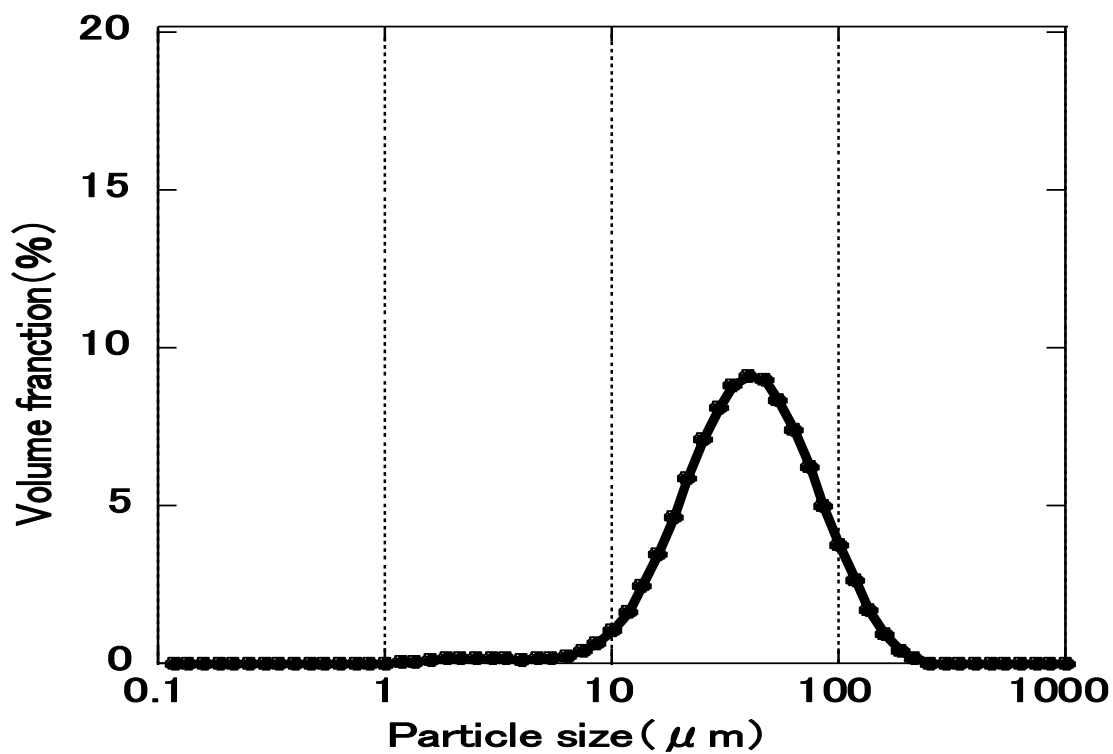


Fig4.4 オリフィス径 18 mm 粒度分布 対数表示

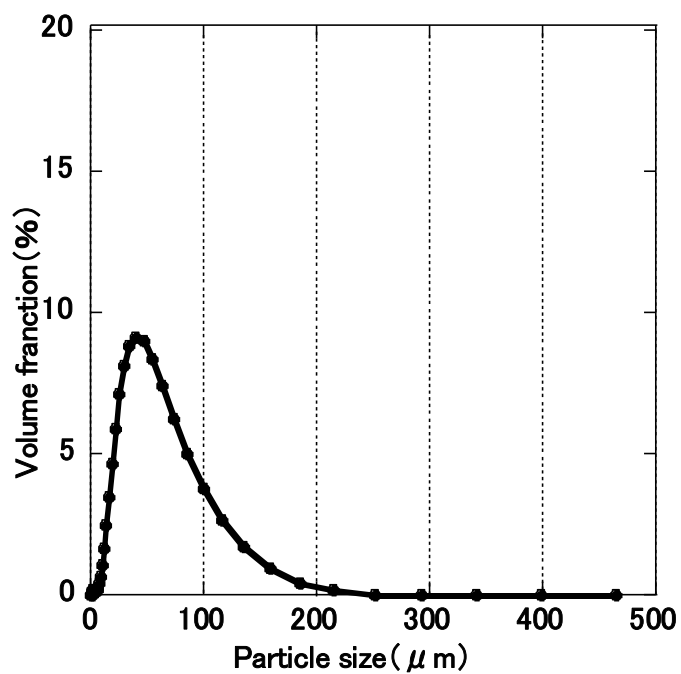


Fig4.5 オリフィス径 18 mm 粒度分布

オリフィス径 20 mmの粒度分布を以下に示す.

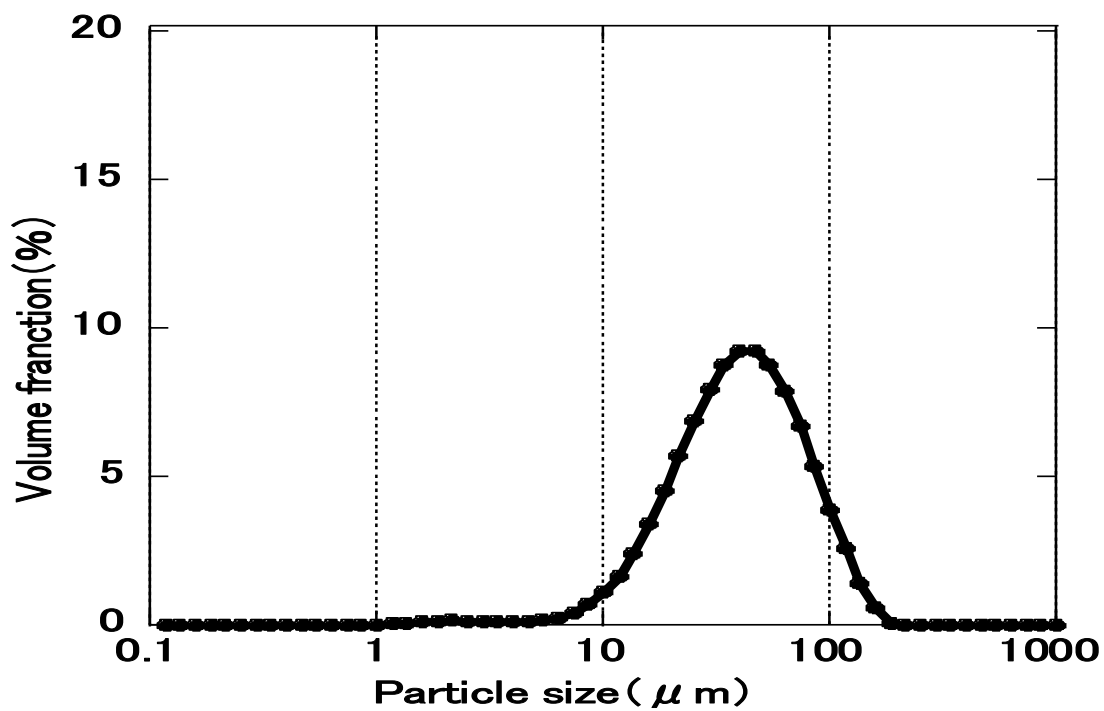


Fig4.6 オリフィス径 20 mm 粒度分布 対数表示

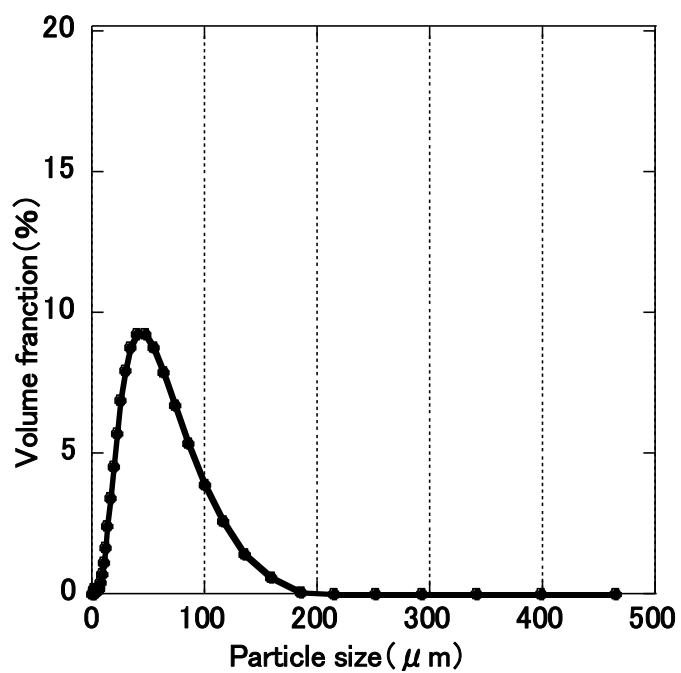


Fig4.7 オリフィス径 20 mm 粒度分布

前章でも示した基準となるオリフィス径 23 mm のものを以下に示す。

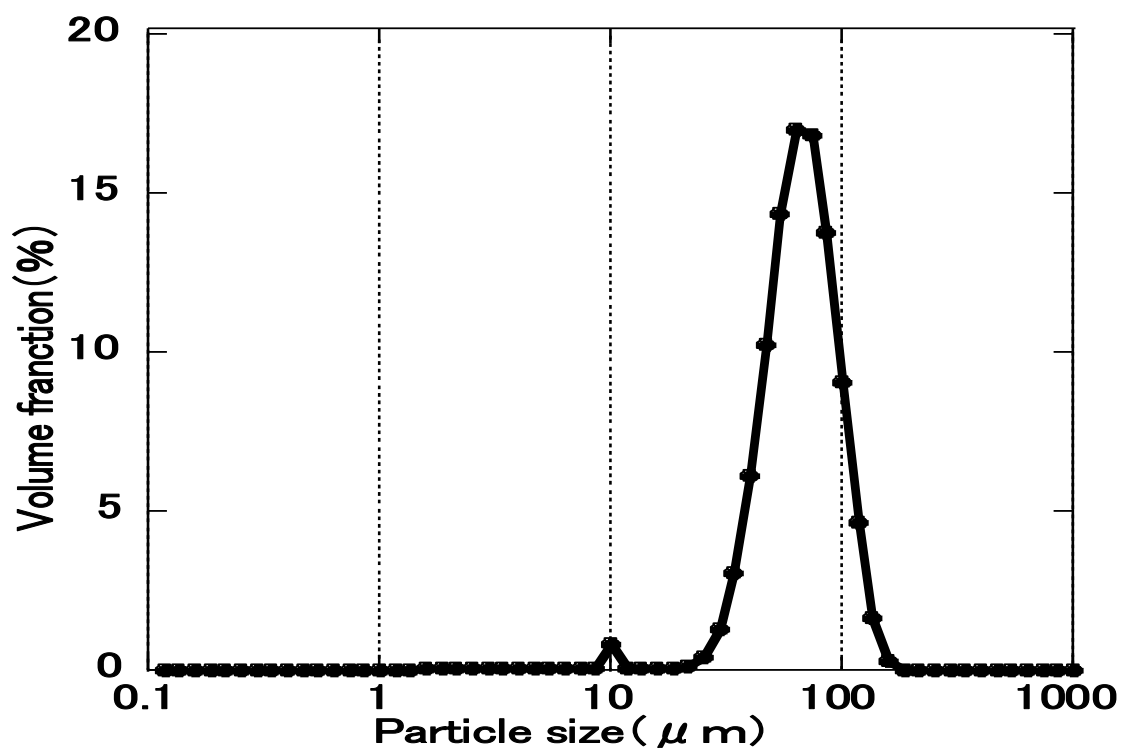


Fig4.8 オリフィス径 23 mm 粒度分布 対数表示

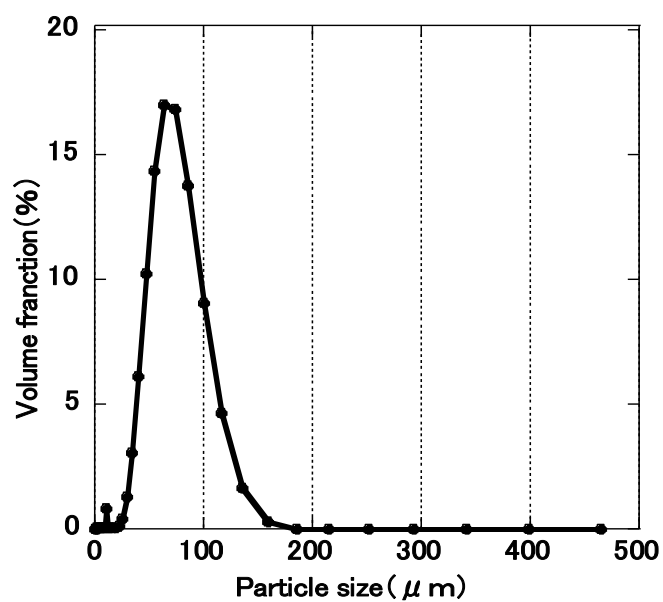


Fig4.9 オリフィス径 23 mm 粒度分布

次から、オリフィス径 23 mm よりも大きい形状の計測結果を示していく。

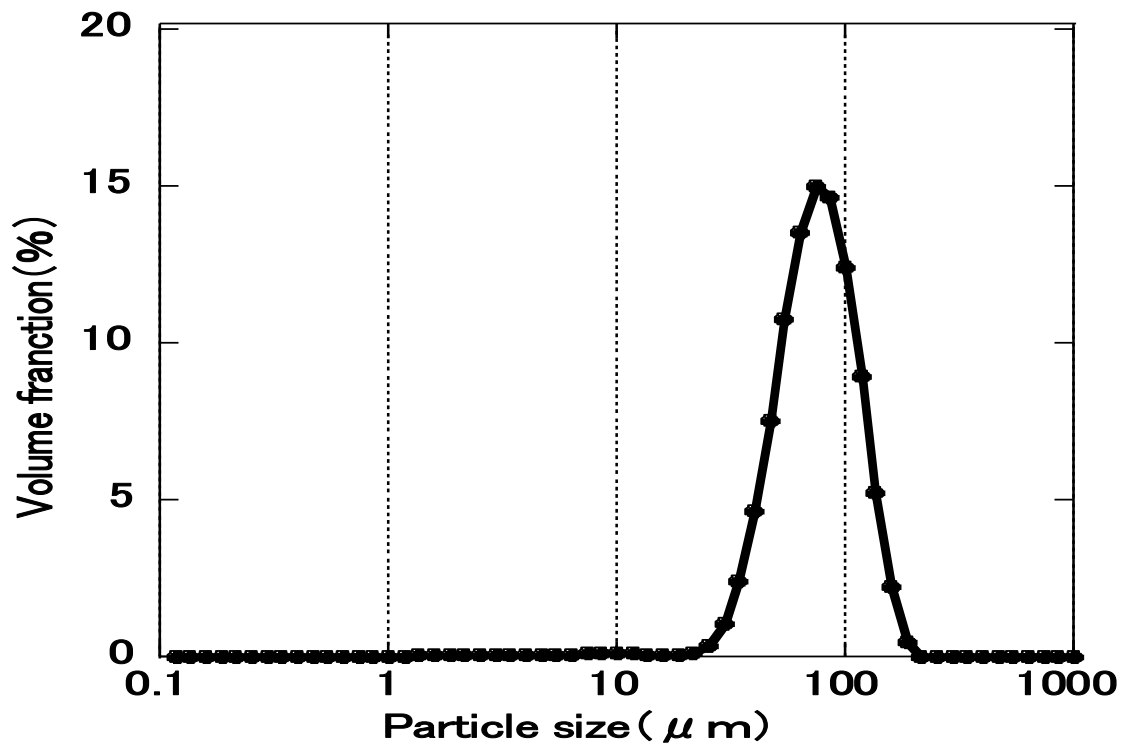


Fig4.10 オリフィス径 24 mm 粒度分布 対数表示

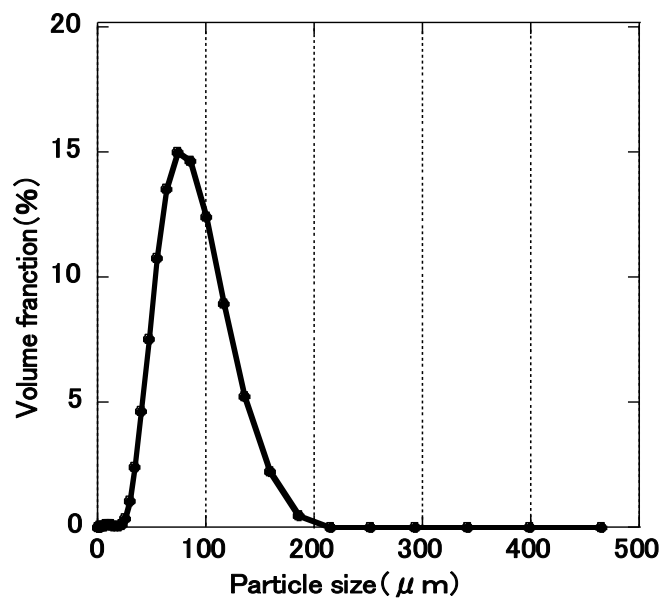


Fig4.11 オリフィス径 24 mm 粒度分布

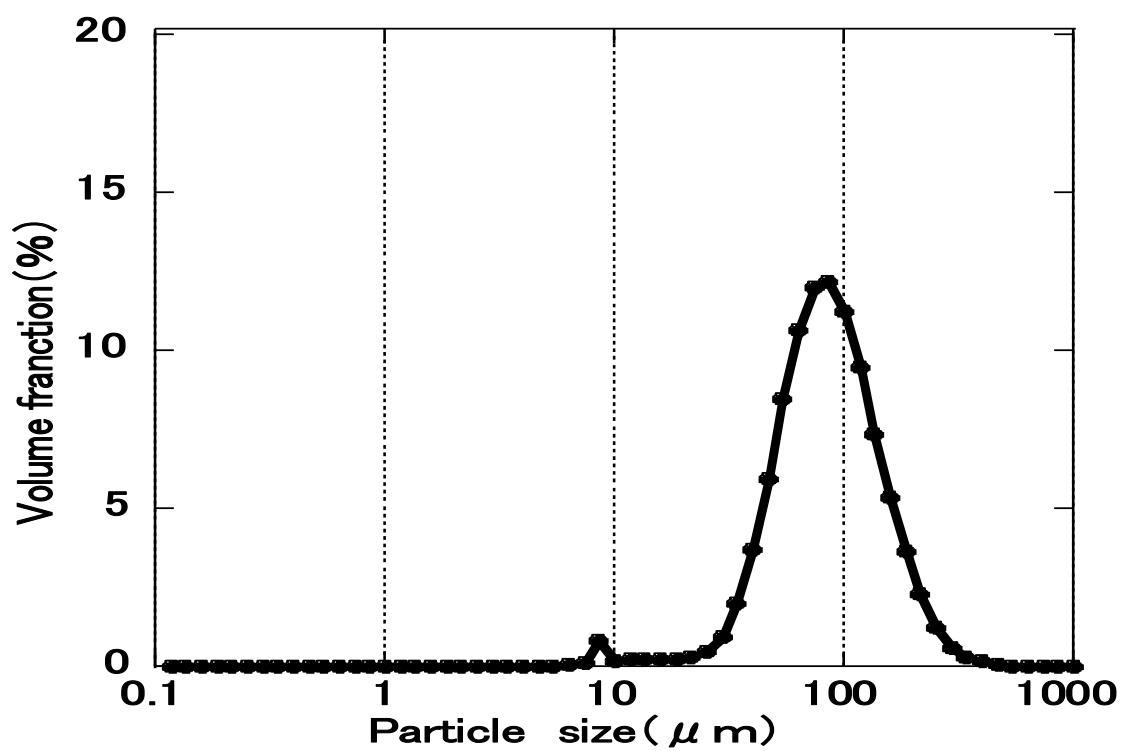


Fig4.12 オリフィス径 26 mm 粒度分布 対数表示

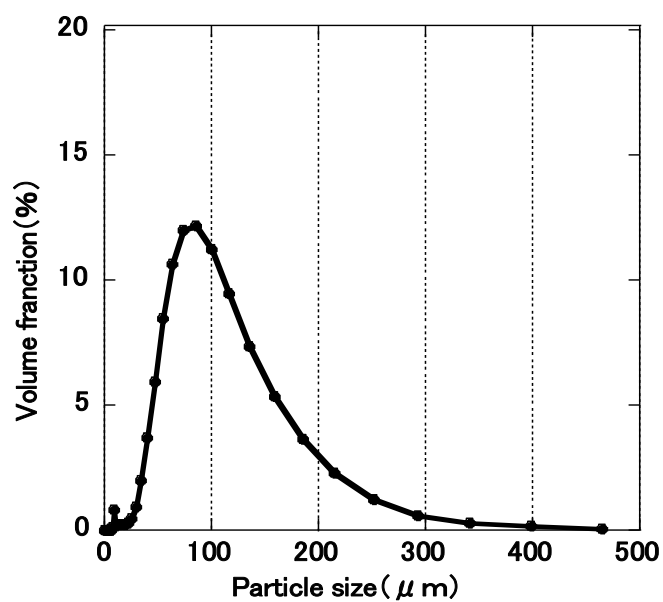


Fig4.13 オリフィス径 26 mm 粒度分布

表 4-1 に粒度分布から得られた粒子径に関するデータを示す。

Table4.1 粒度分布から得られたデータ

オリフィス形状共通(mm)	16.5	18.0	20.0	23.0	24.0	26.0
粒径100 μ m時の体積分率 (%)	4.5	3.7	3.9	9.1	12.4	11.2
最高体積分率 (%)	8.2	9.1	9.2	17.0	15.0	12.2
体積分率ピーク時の粒径 (μ m)	46.4	39.8	46.4	63.1	73.6	85.8
ザウタ平均粒子径 (μ m)	29.3	25.7	26.8	88.2	56.3	65.8

表 4-2 に噴霧液量，ボックス内圧力など粒子径以外のデータを示す。

Table4.2 噴霧特性のデータ

オリフィス形状共通(mm)	16.5	18.0	20.0	23.0	24.0	26.0
ブロウボックス内圧力(kPa)	23.8	18.3	13.2	12.9	12.5	9.0
液体流量(ml/min)	840	740	640	660	540	300

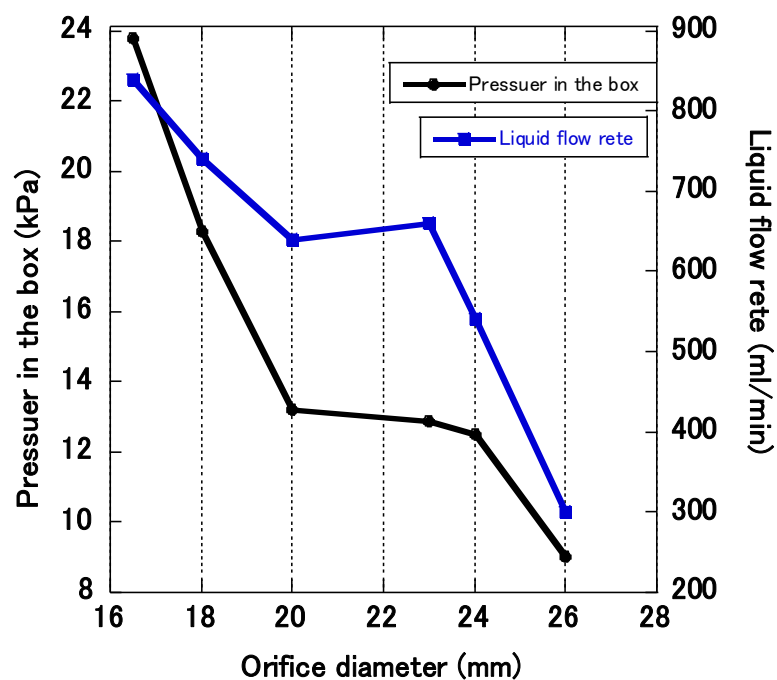


Fig4.14 圧力と液体流量の相関

また、図 4-14 より，噴霧時の圧力と流量は線形的な相関がみられることがわかる。
次にブロウボックス内圧力と体積分率の相関を図 4-15 に示す。

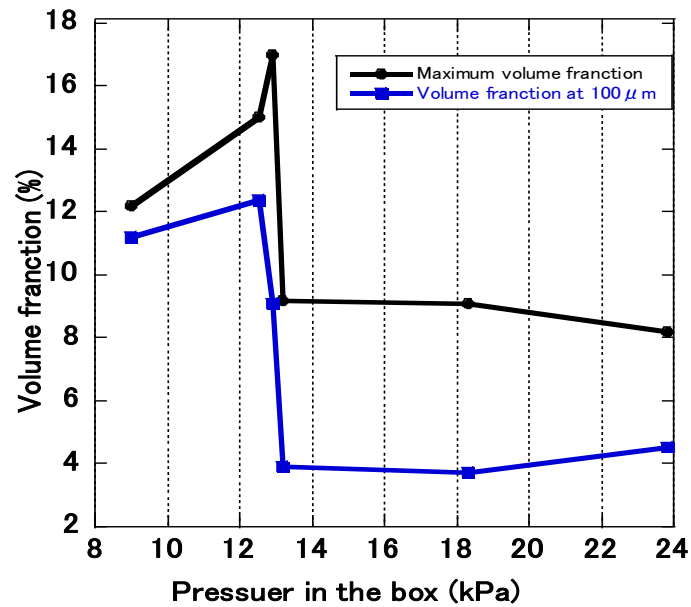


Fig4.15 圧力と体積分率の相関

図 4-15 から、オリフィス径 23 mm の体積分率のピークの高さが顕著であることがわかる。

次にオリフィス径とザウタ平均粒子径の相関をグラフで検証した。以下の図 4-16 に示す。

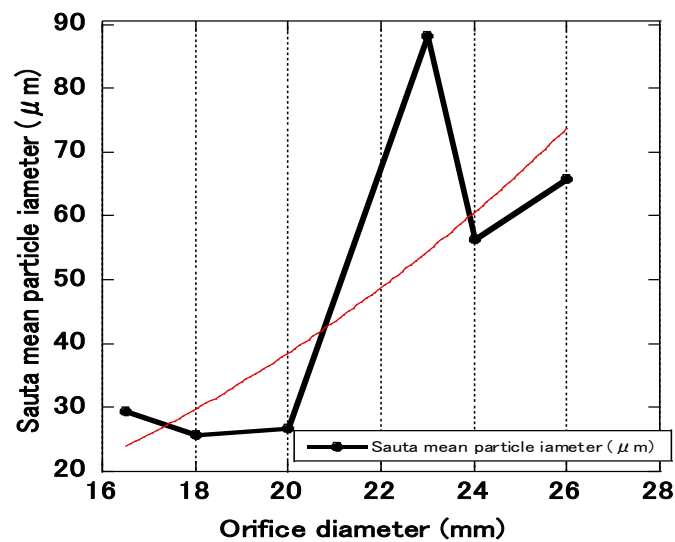


Fig4.16 ザウタ平均粒子径とオリフィス径の相関

本図からも、オリフィス径 23 mm の際のザウタ平均粒子径の大きさが顕著であることがわかる。近似曲線から大きく逸脱しており、再測定を行ってもほとんど変わらないため、他に何らかの原因があるオリフィスだと考えられる。

次に、体積分率のピーク粒径と、オリフィス径の相関を調べ、図 4-17 に示す。

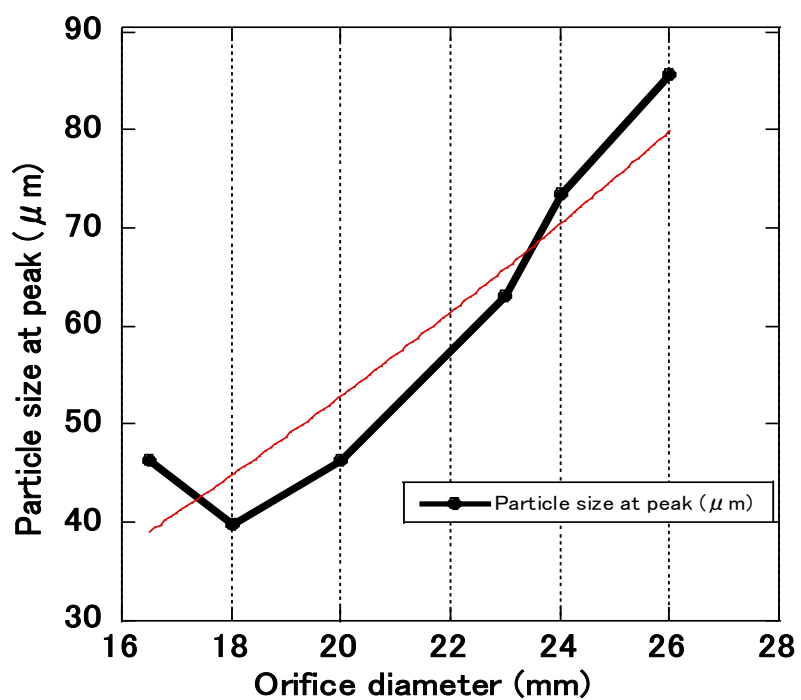


Fig4.17 ピーク粒子径とオリフィス径

図 4-17 から、オリフィス径の大きさと、粒子のモード径に相関関係が見られる。考察で本結果の検証を行う。

4.4 考察

第4章では、オリフィス形状をテーパ加工 45° 、深さ 5 mmにて検証を行った。まず前章と同じく、 $100\mu\text{m}$ の際の体積分率と噴霧流量から $100\mu\text{m}$ 粒子噴霧量を計算した。以下の表 4-3 に示す。

Table4.3 $100\mu\text{m}$ 粒子噴霧量

オリフィス形状共通(mm)	16.5	18.0	20.0	23.0	24.0	26.0
粒径 $100\mu\text{m}$ 時の体積分率 (%)	4.5	3.7	3.9	9.1	12.4	11.2
液体流量(ml/min)	840	740	640	660	540	300
$100\mu\text{m}$ 粒子噴霧量(ml/min)	37.8	27.4	25.0	59.4	67.0	33.6

$100\mu\text{m}$ 粒子の噴霧量はオリフィス径 24 mmが最も多い。また、粒度分布も広域に分布せず狭分布形状になっている。本研究において、理想は目的の大きさとする粒子が多く存在する、というものであるが、その面においてこのオリフィスは優れている。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。

$$\frac{1}{2}\omega^2 + \frac{p}{\rho} + g = \text{const} \quad (4-1)$$

ω : エア流速 p : 管路内圧力 ρ : 空気密度 = $1.342(\text{kg}/\text{m}^3)$

速度 2 つが未知のため、下流を大気開放として管路内流速を求める。

$$\frac{1}{2}\omega^2 + \frac{p}{\rho} + g = \frac{1}{2}\omega_0^2 + \frac{p_0}{\rho} + g \quad (4-2)$$

大気開放条件として $\omega_0=0$ とすると式 4-3 となる。

$$\frac{1}{2}\omega^2 + \frac{p}{\rho} = \frac{p_0}{\rho} \quad (4-3)$$

位置エネルギーを無視すると式 4-2 となる。

$$\frac{1}{2}\omega^2 = \frac{p_0 - p}{\rho} \quad (4-4)$$

$p_0 - p$ を Δp とおく。

この式 4-4 を変形しブロウボックス内圧力からエア流速を求める

$$\omega = \left(\frac{2\Delta p}{\rho}\right)^{\frac{1}{2}} \quad (4-5)$$

この式よりブロワボックス内の管路流速を求め、連続の式 4-6 に代入していく。

$$\omega_1 F_1 = \omega_2 F_2 \quad (4-6)$$

F：管路内断面積（m²）

測定した圧力と管路内断面積及びオリフィス穴断面積を代入し出口流速 ω_2 を算出する。
算出したエア流速を以下の表 4-4 に示す。

Table4.4 導出した流れの速度

オリフィス径（mm）	16.5	18.0	20.0	23.0	24.0	26.0
管路内断面積（m ² ）	0.00785					
出口断面積（m ² ）	0.000855	0.001017	0.001256	0.001661	0.001809	0.002123
管路内流速（m/s ² ）	5.96	5.22	4.44	4.38	4.32	3.66
出口流速（m/s ² ）	54.69	40.30	27.72	20.72	18.73	13.54

算出した出口流速から各オリフィスにかかる圧力を求める。そのため、式 4-7 よりオリフィス部分での体積流量を求める。

$$Q = F\left(\frac{2p}{\rho}\right)^{\frac{1}{2}} \quad (4-7)$$

Q：体積流量（m³/s）

式 4-7 を変形し圧力を求める式を導出する。

$$p = \left(\frac{\rho}{2}\right) \cdot \left(\frac{Q}{F}\right)^2 \quad (4-8)$$

この式 4-8 から各オリフィスにかかる圧力をもとめ、そこから入口損失を考慮する。すると、以下の式 4-9 になる。

$$p = \left(\frac{\rho}{2}\right) \cdot \left(\frac{Q}{F}\right)^2 \cdot \zeta \frac{1}{2} \rho \omega^2 \quad (4-9)$$

これらの式から求まった値を以下の表 4-5 に示す。

Table4.5 損失後の出口圧力

オリフィス径 (mm)	16.5	18.0	20.0	23.0	24.0	26.0
体積流量(m^3/s)	0.046752	0.040995	0.034817	0.034419	0.033882	0.028749
オリフィス部圧力(kPa)	2006.88	1089.53	515.63	288.11	235.48	123.09
出口圧力(kPa)	1330.94	722.57	341.96	191.07	156.16	81.63

本章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 では入口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、逆に本実験最大のオリフィス径である 26 mm では圧力が 24 mm の約 50% の値になってしまう。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 156 kPa 程度に調整することで 100 μm 粒子を効率的に噴霧できると考えられる。しかしながら、本章のオリフィス形状は 100 μm より小さく、更に微小な粒子の噴霧には図 4-2 からわかるように適していない。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にのみ有効である。

第5章 結言

本研究では、オリフィス形状とオリフィス径による噴霧粒子の粒径操作について実験、考察を行った。第1章では、既に事業化されている二流体噴霧器について言及し、畜産場での噴霧を行う際の課題点の確認を行った。ただし、有用な点も見出すことができた。具体的にはブロワモーターから発生する圧力により噴霧液の送液を行う方法などである。この方法ならば電源を1つのみで二流体噴霧器全体を動かすことができるので、電源の少ない畜舎で使用する際に実用的である。更には鶏舎など狭い空間で持ち運ぶ際にコンパクトかつポンプが必要ない分軽量なので有用である。

第2章では、噴霧ミストの測定方法について説明した。噴霧ミストの測定には Malvern 社の Spraytec を使用し、Fraunhofer 回折理論の説明も行った。

第3章では、オリフィス形状の選定を行った。実用化する際の加工難度も考慮し4パターンのオリフィス形状に重きを置いて研究を進めた。実験の結果、10 mmの厚さのオリフィスに45°のテーパを5 mmの深さで加工したものが粒度分布の形状が狭分布状態となり本研究の目的に沿ったものとなり、その形状を採用し、第4章にて本形状にてさらにデータの収集を行った。

前述のとおり、第4章ではオリフィス形状を固定しオリフィス径を変化させていくことで特定のオリフィス形状による粒子の挙動や粒度分布を調べた。オリフィス本流の管路にかかるエア圧力、エア流速を測定値から計算し、その値からオリフィスに関する各パラメータを求めた。オリフィス形状による入口圧力損失は24 mmのオリフィスで94kPaと非常に大きい。第3章で求めたように最も入口損失の小さいオリフィスでの実験であり、ほかのオリフィス形状ならばさらに損失が大きかったと考えられる。第1章で示した通り、エア流速によるせん断力で液滴を微粒化をさせているので、ある程度の流速とオリフィス部圧力を入口損失を考慮した上で保つことのできるオリフィス径24 mm、テーパ加工45°深さ5 mmのものが本研究では最適であるとの知見を得た。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。

今後の研究の展望としては、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) Malvern Instruments Ltd <http://www.malvern.com/jp>
- 3) 円環の断面積変化による損失 skomo.o.oo7.jp/f28/hp28_55.htm
- 4) 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
- 5) 新版 流れ学 (森川敬信 鮎川恭三 辻裕 著 朝倉書店)

謝辞

本研究室松本泰典准教授には御指導頂きましたこと深く御礼申し上げます。

本研究を進めるにあたり、ご協力頂きました農事組合法人平野共同畜産の沖祐次代表理事、並びに従業員の皆様、株式会社土佐農機の井澤治社長、吉村拓人氏、野沢忍氏、元従業員濱川真至氏、そして高知県中央家畜保健衛生所の安藝秀実チーフ、高知県農業技術センター高橋昭彦チーフ、高知県産業振興センター小笠原伸平氏、横山眞二氏そして本研究室の中田功一郎氏、山口翼氏にはご指導を頂きましたことを心から感謝申し上げます。