

# 広域噴霧器による CO<sub>2</sub> を利用した微粒化操作についての検討

ものづくり先端技術研究室 1170173 吉岡 雅浩

## 1. 緒言

近年農業用ハウスの植物促成における技術は、湿度管理に加え、二酸化炭素濃度管理や温度上昇の抑制技術が付加され始めている。これにより収穫量の増加や作物の高品質化が期待されている。しかし、加湿管理で主に用いられている噴霧によって加湿すると、作物に付着した液滴の影響からカビの発生や細菌の感染が問題になっている。そこで、本研究ではミストによる作物の濡れを防ぐために、粒子の微粒化を図る技術を構築することを目的としている。従来の装置は、空気と溶液の衝突エネルギーのみで微粒化を行っていたが、本研究では散布液に気体を過溶解させる技術に着目した。過溶解液を用いることで噴霧の際に空気と溶液の衝突エネルギーに加え、溶存気体の圧力解放による膨張波エネルギーが付与することで微粒化が促進されると考えたからである。溶質の選定条件として、1つに水によく溶け、常温・大気圧下において気体となり、膨張波を誘発させやすくすることである。もう一つは、人体に悪影響がなく植物にとって有益な物質である。これらの条件より、二酸化炭素が溶質として適しているといえる。ハウス内での加湿を目的とした際、炭酸ガスを用いることでハウス内の二酸化炭素の濃度管理を同時に行うことが可能となり、作物の生育に重要である光合成が促進される。したがって、散布液として加圧したタンク内で生成された二酸化炭素の過溶解液を用い、噴出部先端で圧力を解放することで、膨張波を発生させ、微粒化が促進されるかを実験的に検証した。

## 2. 実験方法

実験装置を図1に示す。試作したタンクは、側面および底面がアクリル、上蓋がステンレスである。寸法は高さ 875mm、外径 300mm、アクリル肉厚 20mm、ステンレス肉厚 6mm で、内容積が 44.86L である。また、噴霧器は上流側からブロワモーターおよびブロワモーター固定ボックス、マスフローメーター、オリフィスの構造となっている。オリフィスは、ブロワモーターの仕事率と効率が高い空気流量 1300~1600L/min の範囲で微粒化することが出来るオリフィス径 15mm, 20mm で実験を行った。空気はブロワモーターより供給され、溶液はタンクより過溶解液の生成時に加える圧力を用いて送り出され、先端に取り付けられた外部混合器に供給される構造とする。噴霧する溶液は比較対象となる水、そしてゲージ圧 0.1MPa, 0.2MPa の加圧にて生成した過溶解炭酸水を用いた。噴霧されたミストは、フランホーファー回折法を用いた粒度分布計(Malvern, Spraytec)で測定を行った。

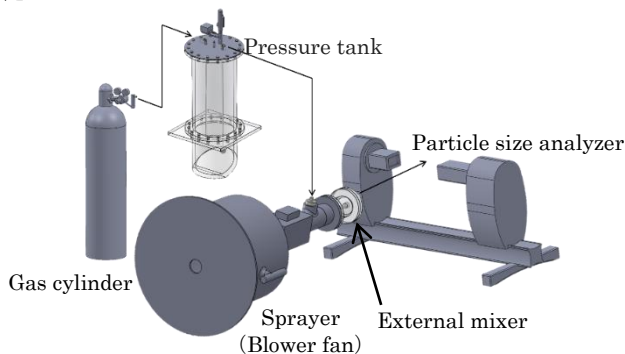


Fig.1 Experimental equipment

## 3. 実験条件

実験条件を表1に示す。また、外部混合器断面を図2に示す。外部混合器はアクリル板厚さ 10mm に直径 15mm および 20mm のオリフィスを設置し実験を行う。溶液噴出部の穴径は 1.0mm~2.5mm までの範囲で実験を行った。流量は溶液噴出部の穴径で決定され、表1のようになる。

Table1 Experimental condition

Orifice hole diameter	D1 [mm]	15, 20			
Solution ejection hole diameter	D2 [mm]	1.0	1.5	2.0	2.5
Solution flow rate	[L/min]	0.674	1.284	2.138	2.500
Dissolution amount	[mg/L]	5.7, 3540, 5310			

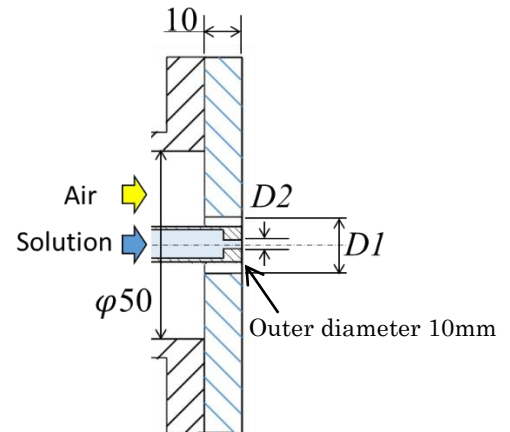


Fig.2 External mixer cross section

## 4. 実験結果

実験により測定されたザウタ平均粒径の結果を図3, 4に示す。全ての流量において粒径が小さい順に炭酸水(5310mg/L)、炭酸水(3540mg/L)、水となることが分かる。またオリフィス径が 20mm のときに比べ、15mm では全ての流量において粒径が小さくなった。また、最も粒径が小さくなったのは、オリフィス径 15mm の流量 0.674L/min のときでザウタ平均粒径が 34.87 μm であった。両オリフィスで流量を増加させると水と炭酸水の粒径の差が大きくなる傾向が見られた。また、図5に各流量の溶液噴出部の圧力を示す。溶液噴出部圧力は、パイプ径が小さいほど圧力が高く、大きくなるに連れて圧力は減少する。本実験で最も圧力が高いのはパイプ径 1.0mm のときにゲージ圧 0.18MPa であり、溶液の種類によって圧力の差はなかった。

## 5. 考察

本実験において最も粒径が微小であったのは、オリフィス径 15mm で溶液流量 0.674L/min となり、ザウタ平均粒径 34.87 μm であった。本結果は、目標であった 10 μm 以下の粒径に対して大きいことから、溶液を送り出すパイプの内径をより小さくして溶液流量を減らす必要があると考えられる。

しかし、図3, 4から分かるように流量が増加するに従い、水で噴霧したときに比べ過溶解炭酸水を用いた場合に粒径が小さくなる傾向が顕著となり、微粒化の効果が現れている。また、溶存炭酸量が多い程、その効果がより大きく表れている。このような特性が見られた理由は、粒子の自己加圧効果による影響ではないかと考えられる。自己加圧効果とは、表

[ここに入力]

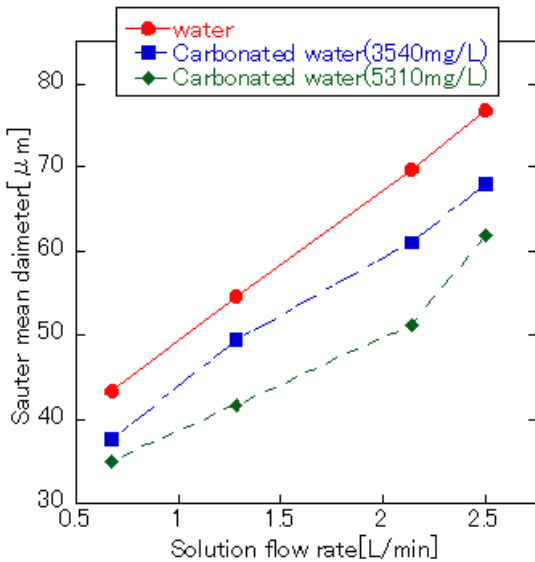


Fig.3 Sauter mean diameter of orifice hole diameter 15mm

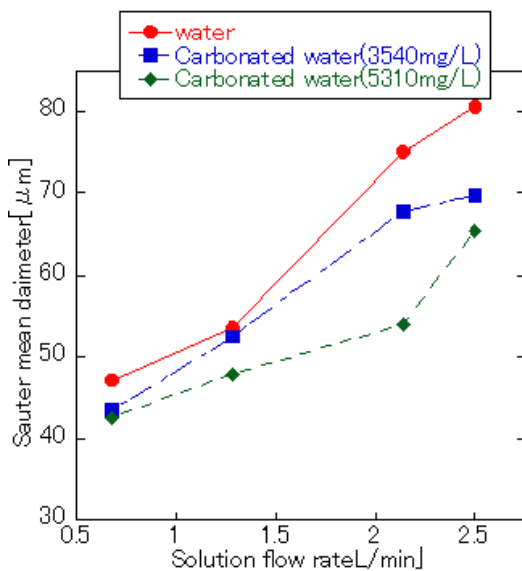


Fig.4 Sauter mean diameter of orifice hole diameter 20mm

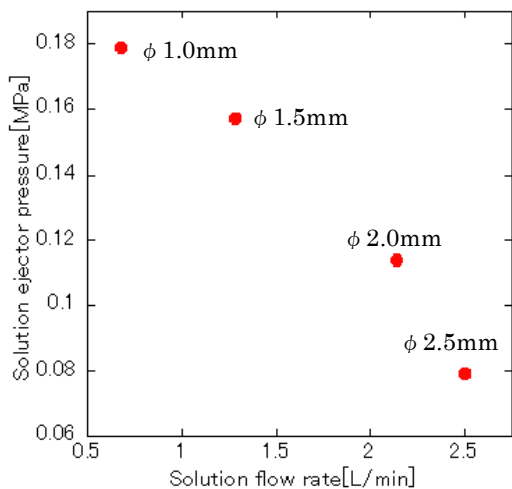


Fig.5 Solution ejector pressure at each flow rate

面張力の影響により液滴周囲の圧力よりも液滴内部の圧力が高くなる現象である。したがって、液滴の粒径が小さくな

るに伴い内圧が上昇する。この現象により、噴霧の際に粒子内に発生する気体の発生挙動が異なるものと考えられる。そこで自己加圧効果を考慮して考察する。この効果については、一般的にヤング・ラプラスの式、

$$\Delta P_1 = 4\gamma/D$$

から求めることが出来る。ここで、 $\Delta P_1$ は液滴の内圧と外圧の圧力差[Pa]、 $\gamma$ は表面張力[mN/m]、 $D$ は液滴径[μm]である。実験から得られた粒径より、単位体積あたりの気泡発生量を求め、そこから図6に示すように、粒径と液化している二酸化炭素が気泡となる割合を求めた。本実験で得られた粒子の発生範囲をメディアン径で示すと、最小粒径が48.85μm、最大粒径が80.83μmとなり、溶解している二酸化炭素が気泡となる割合はそれぞれ97%と98.2%である。この差と粒子の内圧の影響により微粒化の効果が違いが表れ、内圧が上昇することにより、液滴が微粒化されづらくなっていることが考えられる。また、ゲージ圧0.2MPaで加圧し生成された過溶解炭酸水で平均粒径10μm以下の粒子が生成された場合、気泡発生割合は85%以下であり、平均粒径10μm以下の粒子を生成するには、内圧を考慮した生成方法を決定しなければならないと考えられる。

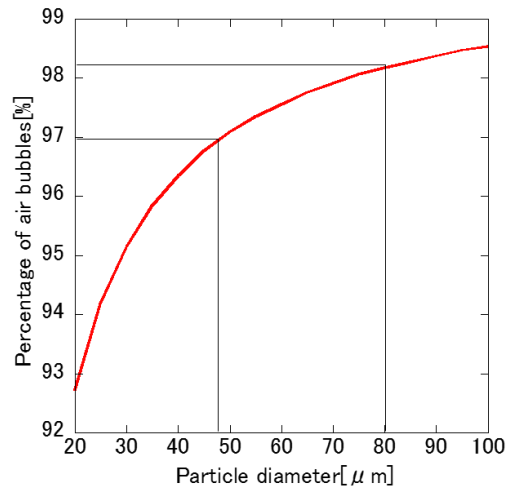


Fig.6 Relationship between particle diameter and bubble generation amount

## 6. 結言

散布液として加圧したタンク内で生成した過溶解炭酸水を使用し、噴出部先端で圧力を解放することで液滴内部に気泡を生じさせ、衝撃波の一種である膨張波を発生させることによる微粒化への効果を実験的に検証した。その結果、流量が増加するにしたがい、水で噴霧したときに比べ過溶解炭酸水を用いた場合に粒径が小さくなる傾向が見られ、微粒化の効果が現れている。しかし、粒子が微小になるに伴い、その効果が減少する。これは、粒子の自己加圧効果による影響ではないかと考えられ、気泡発生割合の低下が原因である。

今後、本研究の目的である平均粒径10μm以下の粒子を生成するには、内圧を考慮した生成方法を決定しなければならないと考えられる。

## 参考文献

- (1) 内部混合方二流体噴射弁による液体の微粒化特性 (I) (金相進 他) 日本エネルギー学会誌第76巻第3号
- (2) 日本液炭株式会社 <http://www.n-eco.co.jp/company/business/co2>
- (3) International Tables of the Surface Tension of Water N.B. Vargaftik, B.N. Volkov, and L.D. Vojjak Moscow Aviation Institute, Moscow, U.S.S.R.