炭酸水を利用した微粒化噴霧構造の検討

システム工学群

ものづくり先端技術研究室 12

1200039 岡本 紘樹

1. 緒言

近年,作物をビニールハウスなどで栽培する施設園芸農業 では,施設内の温度及び湿度管理に加え CO2 濃度の制御を行 うことで,作物の品質や収穫量の向上が図られている.既設 ハウスでは,一流体噴霧器で温度及び湿度,灯油を用いた燃 焼型 CO2 発生装置で CO2 濃度を制御している.しかしこれ らの装置の課題点として,一流体噴霧器は施設内に張り巡ら せたパイプに,一定の間隔でノズルが設置されており,ポン プにて高圧で水が送液され,噴霧される構造となることから 設備規模が大きくなってしまう.また,燃焼型 CO2 発生装置 は高温の CO2 ガスが原因となり施設内の急激な温度上昇を 発生させる点が挙げられる.したがって,これらの課題を解 消しつつ同時に制御できる噴霧装置の研究開発が求められ ている.

そこで本研究では、噴霧液に過溶解炭酸水を用い、効率よ く微粒化を行うための混合部の検討を目的とした、炭酸水を 用いることで、溶解した CO2の圧力解放時に発生する膨張エ ネルギーによって、混合部での微粒化効率が促進されると考 えられる. 田原の先行研究¹⁾から、噴霧液を気流の運動エネ ルギーにて微粒化する二流体噴霧器では、水を用いた、より 細かなミスト生成において、内部混合型での噴霧の方が優れ ていると推定された.しかし、噴霧液に過溶解炭酸水を用い ることでの微粒化効率への影響が明らかではない.

したがって、過溶解炭酸水を用いた内外混合器の微粒化影響を調べるとともに、炭酸水噴霧の有効性を検証するため空気加圧下での水噴霧実験も同時に行った.

2. 実験装置および方法

2.1 実験装置

実験装置及び噴霧器概略を図 1,2 に示す. 圧力容器内で コンプレッサーを用いて加圧された水,及び液化炭酸ガスボ ンベを用いて加圧生成された炭酸水を,噴霧器内部のブロワ モータで圧縮した空気にて混合部で微粒化を行う装置とな っている.また,圧力容器と噴霧器の間にバルブを設けるこ とで低流量での実験を行った.噴霧液流量は水流量計,圧縮 空気流量は空気流量計,粒径は粒度分布計でそれぞれ計測し た.





2.2 混合部

混合部概要を図3に示す.混合部には流体同士が装置外で 混合する外部混合器(左図)と装置内で混合する内部混合器 (右図)の2種類である.外部型は噴霧液ノズル先端部に,空 気流量を調整する上流オリフィスがある.また内部型には, 外部型の装置に気液流体を内部混合させるための混合室と, 出口の下流オリフィスを設置した.田原の先行研究の結果か ら外部型で微粒化が最も促進された内径15mm,厚み10mm の上流オリフィスを用い,噴霧液ノズルに関しても,外径 10mm,内径8mmのパイプを用いた.



2.3 実験方法

実験条件を表1に示す.外部型及び混合室径 $D_3 = 50$ mm, 下流オリフィス径 $D_2 = 6 \sim 20$ mmの内部型,計7パターンでの実験を行った.また,容器内圧力は内外共通で0.1から0.5MPaの範囲で0.1MPa間隔に変化させ,加圧する気体は空気またはCO₂を用いた.粒径は液体噴霧でよく用いられるザウタ平均粒径で導出し、5回のデータの平均から求めた.

Table 1 Experimental conditions.		
	External mixer	Internal mixer
Mixed chamber diameter D_3 [mm]		50
Downstream orifice diameter D ₂ [mm]		6, 8, 10, 13, 15, 20
Air flow rate [g/s]	24.3	6.3~26.2
Pressure in the container [MPa]	0.1~0.5	

Water flow rate [g/s]	4.4~8.6
Pressurized gas	Air, CO ₂

本実験では、ザウタ平均粒径を気水比で評価した.気水比 とは、二流体噴霧で用いられる粒径評価法の1つであり

$$K_M = \frac{M_a}{M_{max}}$$

のように質量空気流量 M_a を質量水流量 M_w でから値を求める 気水質量比 K_M や気水体積比 K_V などがある.基本的にこの値 が増加すると粒径は減少する傾向となっている.本研究では, 過溶解炭酸水を用いた CO_2 の圧力解放を利用しているため, 密度変化に影響されない気水質量比での評価を行った.

3. 実験結果および考察

内部型では加圧 気体の違いによる 変化が見られなか ったので, CO_2 加 圧実験の結果のみ を図4に示した. 下流オリフィス径 の縮小による微粒 化は D_2 =10mm前 後で傾向がわかれ た. D_2 =20~10mm間 では,混合室内で

循環せずに装置外

に噴霧される気液

の量が減少したた

め,低気水比かつ

低粒径のミスト生



due to Air/Water ratio

成に変化した.そして、 $D_2 = 10$ mm 付近で D_2 及び空気流量が 混合室内で気液を十分に循環させるための適切な値となっ たと考えられる.したがって、 $D_2 = 10 \sim 6$ mm 間では、空気流 量の低下つまり気水比の低下が大粒径のミスト生成に繋が り、循環できない気液が混合室下部で、液だまりの成長を促 してしまった.図5はそのときの液だまりの成長を表してお り、変化がないとき(左図、 $D_2 = 20 \sim 10$ mm)と、最も成長した とき(右図、 $D_2 = 6$ mm)である.



Fig.5 Growth of liquid pool

また,加圧気体の違いによる変化が見られなかった要因として,気水比を高めるために設けたバルブによる気泡発生が 挙げられる.バルブでの急激な圧力損失によって,水に溶け ていた CO2が気泡として表れ,混合部で作用する膨張エネル ギーが減少してしまったと考えたからである.

そこで、バルブ前後での CO₂ 溶解量を求め、図 6 に示した. 容器内圧力の増加に伴い、バルブ下流側での気泡発生量が増加する傾向となった. また、過溶解炭酸水内に含まれる

膨張エネルギーがバルブを通過することでほぼ失われてし まっていた.つまり、本研究では混合部での膨張エネルギー の影響が少ない炭酸水噴霧実験を行っていたことになる.



Fig.6 Changes in pressure in containers and CO₂ dissolution

内外混合器の微 粒化影響について 空気加圧及び CO₂ 加圧の場合を図 7 に示す. 内部型で は、最も微粒化さ れた下流オリフィ ス径 10mm のとき のデータを用いた. その結果として, 外部型では炭酸水 を用いることで微 粒化促進に繋がり, 内部型でも低気水 比でより細かなミ ストを生成するこ とができた. しか し、バルブの影響



で加圧気体によるザウタ平均粒径の変化が見られなかった. また,外部型でもバルブによる影響が考えられた.

4. 結言

本研究では、過溶解炭酸水を用いた二流体噴霧器での噴霧 構造の検討を行った.その結果として、外部混合器では炭酸 水噴霧の有効性が確認できた.また、内部混合器では、下流 オリフィス径の操作によって混合室内での液だまりの成長 を抑制し、圧縮空気の循環を十分に促すことで微粒化効率を 高められることがわかった.しかし、過溶解炭酸水の流量調 整をバルブで行ったため、下流部で減圧され、気泡の発生及 び混合部での膨張エネルギー低下の影響が大きく、炭酸水噴 霧の有効性が減少する結果となった.

したがって、今後の課題として気泡の発生を抑え混合部ま で膨張エネルギーを保つために、バルブではなく、ノズル先 端部で圧力損失を誘起させる流量調整機構の検討を行う必 要がある.

文献

(1) 田原嶺宏,内外混合二流体噴霧の微粒化特性および噴 霧特性,修士論文,高知工科大学院,知能機械システム 工学コース,2015