

이중분무의 중첩영역과 단일분무에서 액적의 거동 특성

정지원* · 차건종** · 김덕줄**
(1999년 10월 19일 접수)

Characteristics of the Droplet Behavior in the Overlap Region of Twin Spray and in Single Spray

Ji-Won Jung, Keun-Jong Cha and Duck-Jool Kim

Key Words: Liquid Atomization(액체 미립화), Pressure-Swirl Nozzle(압력식 와류형 노즐), Phase Doppler Anemometer(위상 도플러 입자분석기), Twin Spray(이중분무)

Abstract

The objectives of this study was to investigate the spray characteristics of single spray and twin spray in the overlap region such as mean axial velocity, mean radial velocity, mean droplet size and probability density function of droplet size. A phase doppler anemometer was used as the measurement system for droplet size and velocity. In case of single spray, injection pressure was varied from 0.2MPa to 0.7MPa. Mean axial velocity, mean radial velocity and droplet size were decreased as the distance below nozzle tip was increased. In case of twin spray, the spray characteristics were measured by varying the distance between two nozzles from 127mm to 155mm. In the overlap region, the boundary of the overlap region was determined by obtaining the distribution of mean axial and radial velocity. Droplet size was increased as the distance from nozzle tip was increased. It was found that the distribution of droplet size for twin spray in the overlap region was different to single spray.

기호설명

- D : 액적의 직경
- D_{10} : 액적의 산술평균직경
- P : 분사압력
- R : 분무 액적이 도달한 반경방향 최대거리
- r : 분무 액적을 측정할 반경방향 거리
- U : 액적의 축방향 속도
- \bar{U} : 액적의 축방향 평균속도
- V : 액적의 반경방향 속도
- \bar{V} : 액적의 반경방향 평균속도
- z : 선단거리

1. 서론

산업 현장의 다양한 분야에서 사용 목적에 적합한 분무 특성을 가진 분무를 형성시키기 위해 노즐의 분무 특성에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다.⁽¹⁾ 특히 넓은 분무각을 가진 압력식 와류형 일반적으로 예칭, 살균, 도장, 냉각 등의 산업용 시스템에 많이 사용된다. 또한 와류형 분사 노즐을 사용하는 일반적인 산업용 분무 시스템에서는 많은 양의 분사액체를 미립화 시키고 시스템의 연속적인 운전을 위해서 여러 개의 노즐들을 배열시켜 동시에 분사하도록 하고 있다. 이렇게 동시에 분사할 경우, 노즐간의 간격에 따라 개별적으로 분사된 분무들이 서로 중첩되어 개별적으로 분사되었을 때와 다른 분무특성을 나타내게 된다. 따라서 이러한 중첩된 부분의 분무특성을 이해하는 것은 산업적 측면에서 매우 중요하다고 할 수 있다. 이에 대한 국내의 연구^(2,3)가

* 부산대학교 대학원
** 회원, 부산대학교 기계기술연구소
E-mail : djkim@hywon.pusan.ac.kr
TEL : (051)510-2316 FAX : (051)516-9598

부분적으로 이루지긴 했지만, 두 분류가 중첩되는 영역은 매우 복잡한 난류 혼합 영역으로서 이 영역에서의 거동 메카니즘에 대한 명확한 해석이 이루어져 있지 않다. 중첩영역에서 예상되는 액적의 충돌 현상에 대해 선행연구자인 Crosby⁽⁴⁾는 두 액적간의 충돌 후 거동을 두 액적 간의 상대 속도에 따라 합착, 부분합착, 스침분열, 반발분열, 되튐분열 그리고 미세분열로 분류하였고, Brenn과 Frohn⁽⁵⁾은 충돌후 액적 흐름의 압착에 따라 충돌후의 액체 분류형태가 결정된다고 하였다. 그리고 Adams는 중첩영역에서의 SMD 변화를 분석하여 분무 중첩 현상을 설명하였다. 이처럼 중첩영역에서는 매우 다양한 크기의 액적과 속도, 비행 방향등 매우 복잡한 특성을 가지고 있으며, 전술한 모든 경우의 액적 거동이 발생할 수 있다. 이러한 영향으로 세부적으로는 개별 액적의 비행 방향과 크기 그리고 속도에 영향을 미칠 것이 확실하지만 복잡한 중첩혼합 과정을 거치면서 거시적으로 하나의 주된 경향을 나타낼 것이다. 따라서 본 연구에서는 거시적 관점에서 중첩영역에서 액적의 평균 속도와 입경을 비중첩영역에서의 경우와 비교함으로써 전반적인 중첩효과를 고찰하고자 하였다.

그래서 본 연구에서는 먼저 특정한 압력식 와류형 분사 노즐을 선정하고 기초적인 분열기구를 알아보기 위하여 단일분무의 형상을 가시화 하였다. 단일분무의 경우에는 선단거리와 분사압력에 따라서 액적의 축방향 및 반경방향의 평균속도, 평균 액적크기, 액적크기의 구간에 따른 확률밀도함수(PDF), 액적크기와 축방향 속도의 상관관계를 구하였다. 또한 단일분무의 실험결과를 토대로 하여 이중분무의 경우에는 노즐간의 간격(pitch)과 선단거리에 따른 액적의 축방향 및 반경방향 평균속도, 평균액적크기, 액적의 입경에 따른 확률밀도함수를 구하였다. 분무 액적의 평균속도 및 입경은 2-D PDA 시스템을 사용하여 측정하였다.

2. 실험장치 및 방법

2.1 실험장치

Fig. 1은 본 연구에 사용된 실험장치를 나타낸다. 본 실험에 사용된 실험장치의 구성은 분사계, 2-D PDA시스템 및 가시화 장치로 구성된다.

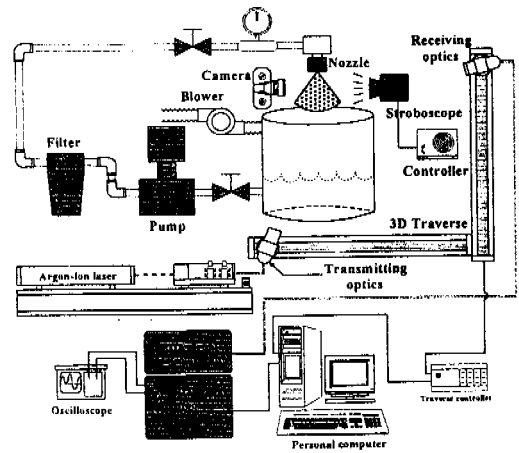


Fig. 1 Schematic diagram of experimental set-up

Table 1 Specifications of PDA

Laser wavelength (nm)	Green	514.5
	Blue	488
Shift frequency (MHz)	40	
Fringe number	35	
Laser beam dia. (mm)	1.4	
Beam separation (mm)	38	
Focal length (mm)	Transmitter	400
	Receiver	400
Scattering angle (deg.)	30	
Laser power (W)	2	

Table 2 Specifications of the nozzle

Nozzle type	Nozzle dia (mm)	Swirler angle (°)	Flow rate (l/min)		Spray angle(°)	
Pressure-swirl nozzle	2.7	45	0.2MPa	0.7MPa	0.2MPa	0.7MPa
			5.88	9.98	62	65

분사계는 분사노즐, 압력계, 펌프, 송풍기, 대형수조, 정수필터와 분사압 조절을 위한 밸브 등으로 구성되어 있다. 가시화 장치는 카메라, 마이크로렌즈, 스트로보스코프 등으로 구성되어 있다.

분사계는 펌프와 대형수조를 배관으로 연결하여 순환식으로 작동유체인 물을 공급하도록 설치하였으며 균일한 액적으로 측정하기 위하여 펌프와 노즐사이 정수필터를 설치하였다. PDA시스템에서 레이저는 Ar-ion 레이저(최대출력 5W)가 사용되었고, 실험시 사용출력은 2W로 하였다.

Table 1에 본 실험에 사용된 PDA 시스템의

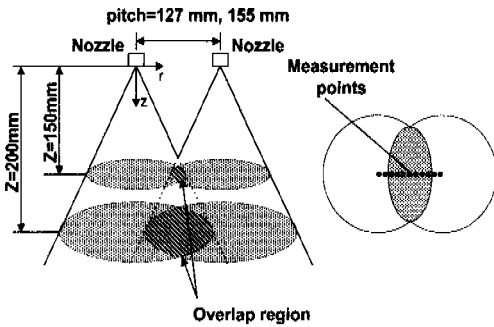


Fig. 2 Measurement position of twin spray

set-up 조건을 나타내었다. 가시화 장치는 Nikon FM2 카메라에 105mm 줌렌즈를 부착하여 노즐 전방에 설치하였으며, 광원은 순간발광속도가 4 μsec 인 스트로브스코프를 사용하였고, 필름은 ASA400으로 하였다. Table 2는 본 연구에서 사용된 노즐의 제원을 나타내고 있다.

2.2 실험방법

단일분무에서 z 방향은 분무 축방향이고, r 방향은 분무 반경방향으로, 측정 위치의 표기는 노즐 선단에서 중심점을 원점($r=0, z=0$)으로 하는 좌표계이다. 예비실험을 통해 분무의 대칭성을 확인하여 분무중심축을 기준으로 하여 한쪽방향으로 액적의 크기와 속도를 측정하였다. 측정은 분무 축방향으로 30, 50, 70, 100, 150, 200mm의 횡단면에 대해 반경방향으로 4mm 또는 8mm 간격으로 분무액적이 도달하는 위치까지 측정하였다. 분사압력은 0.2, 0.4, 0.5, 0.7MPa로 하였다.

Fig. 2는 이중분무의 설치조건 및 측정점을 나타내고 있다. 단일분무 실험결과를 토대로 하여 동일한 두 개의 노즐에서 분사되는 이중분무의 중첩되는 부분에서의 분무특성을 조사하였다. 이 실험을 위해 동일한 두 개의 노즐을 동일 높이에 평행하게 노즐간의 거리를 127, 155mm가 되도록 설치하였다. 측정단면은 분무 축방향으로 150, 200mm의 횡단면이며, 분사압력은 0.5MPa로 하였다. 측정 위치의 표기는 두 노즐의 중첩되는 부분의 중심을 원점으로 하고 원점을 기준으로 좌우 반경방향으로 측정하였다. 작동유체는 상온의 수돗물을 사용하였으며, 측정값은 측정체적을 통과한 5000개 액적의 평균값으로 하였다.

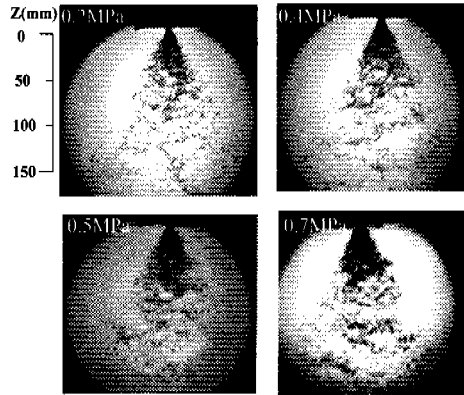


Fig. 3 Photographs of single spray

3. 실험결과 및 고찰

3.1 분무의 가시화

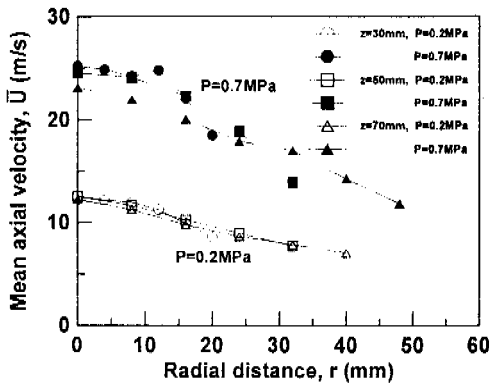
Fig. 3은 고속 순간 촬영법을 이용하여 분사압력이 0.2, 0.4, 0.5 그리고 0.7MPa일 때, 단일분무의 형상을 가시화한 것이다. 와류형 노즐의 분열특징은 노즐팁 근방에서 원추형의 막이 형성되며 이것이 회전하면서 점점 축방향으로 퍼져나가면서 얇은 막으로 발달하고 점차 막이 찢어져 작은 액적들이 형성된다.

분사압력이 높을수록 스웰에 의한 회전력이 크게 작용하여 분무각이 증가하다가 일정한 분무각을 유지하는 압력이 존재하게 된다. 분사압력이 0.2MPa에서 0.4MPa로 증가함에 따라 분무각이 증가하다가 0.5MPa부터는 분무각이 일정하게 되어 0.7MPa일 때의 분무각과 거의 동일하다. 이것은 분무류의 분출 속도가 증가함에 따라 분무의 축방향 모멘텀의 증가와 주위 공기의 강한 유입에 기인한다.

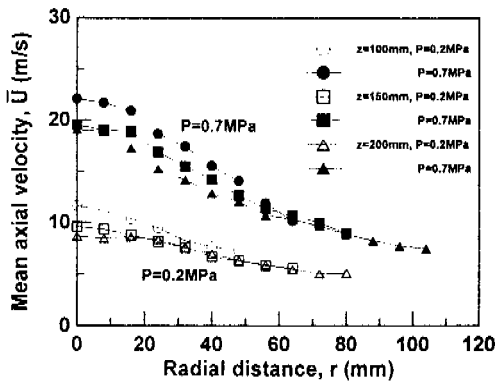
3.2 단일분무의 액적 거동

3.2.1 액적속도

Chigier와 Chervinsky⁽⁶⁾는 스웰 분무의 유동구조를 해석하기 위해 속도 성분을 부차원 속도 profile로서 해석하여 스웰강도에 따라 변하는 스웰 분무의 유동 구조를 상호 비교할 수 있는 정보를 제시하였다. 본 연구에서는 동일 분사압력 조건에서 단일의 스웰러를 장착하였기 때문에 분류의 스웰강도에 따른 유동 구조의 비교보다 각 위치에서 속도의 크기 변화의 비교에 관심을 두



(a) Upstream



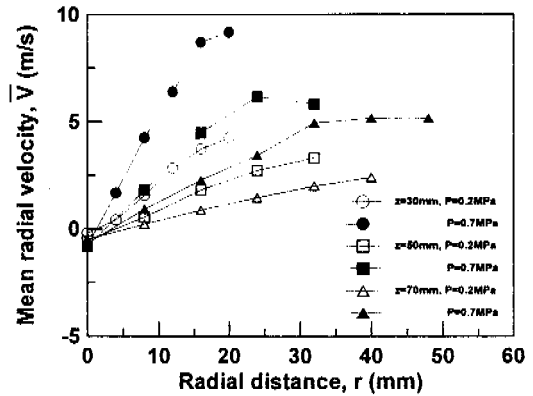
(b) Downstream

Fig. 4 Mean axial velocity with radial distance

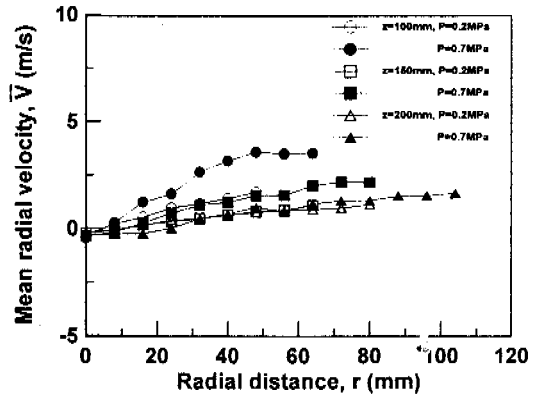
고 접근하였다. 따라서 본 연구에서는 분무의 유동 구조의 특성을 구명하기 보다는 분무의 각 위치에서 존재하는 액적의 실제 속도의 크기를 비교하여 거동특성을 보고자 절대값으로 표현하였다.

Fig. 4는 분사압력과 선단거리에 따른 축방향 평균속도를 반경방향 거리에 따라 나타낸 것이다. 분사압력이 증가함에 따라 축방향 평균속도는 증가하였다. 이것은 분무 모델링이 분사압력의 증가에 따라 증가하기 때문이다. 또한 축방향 거리와 반경방향 거리가 증가할수록 축방향 평균속도가 감소하고 있으며 이것은 분무하류와 분무 외곽으로 갈수록 주위 공기의 저항 및 유입으로 축방향 분무 모델링이 감소되기 때문이다.

Fig. 5는 분사압력과 선단거리에 따른 반경방향 평균속도를 반경방향 거리에 따라 나타낸 것이다. 반경방향 속도는 반경방향으로 갈수록 증가함을 보였다. 분사압력이 증가함에 따라 반경



(a) Upstream



(b) Downstream

Fig. 5 Mean radial velocity with radial distance

방향 평균속도가 증가하였다. 분무하류로 갈수록 반경방향 평균속도가 감소하였는데, 이것은 분무의 상류에는 분무가 와류에 의해 반경방향으로의 큰 운동량을 가지고 확산하다가 분무하류로 진행할수록 반경방향 운동에너지가 점차 약화되기 때문이다. 또한 분무중심에서는 반경방향 평균속도 방향이 역방향으로 이루어짐을 알 수 있다. 스웰 노즐의 분류 특성상 노즐 중심부에 중공이 형성되고 내부에서 분류축을 행해 주위 공기가 유입되는 역구배의 순환영역이 형성되었기 때문이다.

Fig. 6은 분사압력을 변화시켰을 때 축방향과 반경방향 거리에 따른 속도벡터를 나타낸다. 속도벡터는 축방향 평균속도와 반경방향 평균속도를 합성한 것으로 분무 유동장의 특성을 파악할 수 있다. 속도벡터 분포를 통해 앞의 Fig. 4와 Fig. 5의 결과를 확인할 수 있었다. 또한 분사압력이 증가할수록 분무하류 단면에서의 중심과 외곽에서의 속도분포가 크게 차이가 났다.

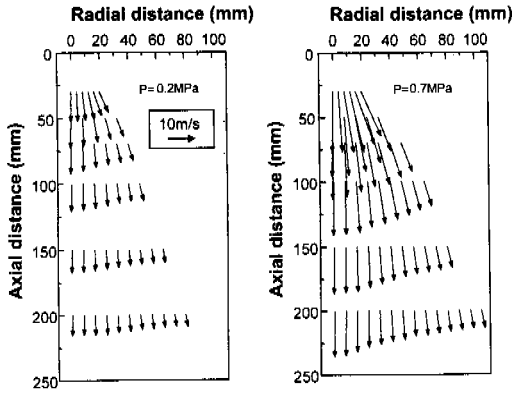
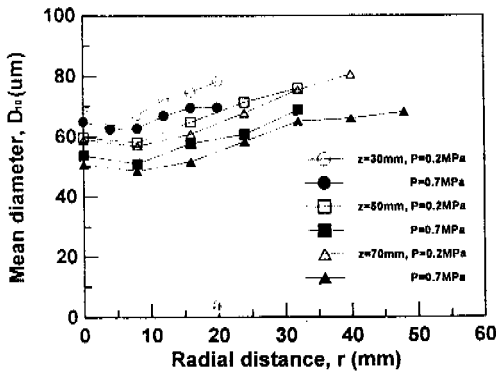
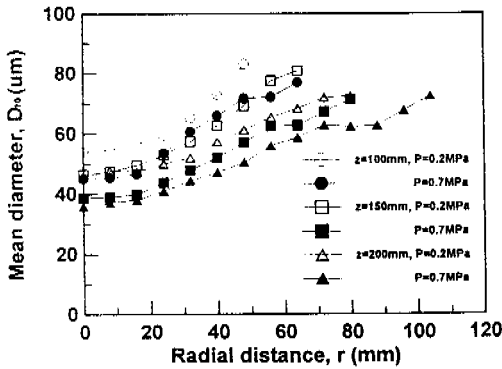


Fig. 6 Velocity vector profiles with injection pressure



(a) Upstream

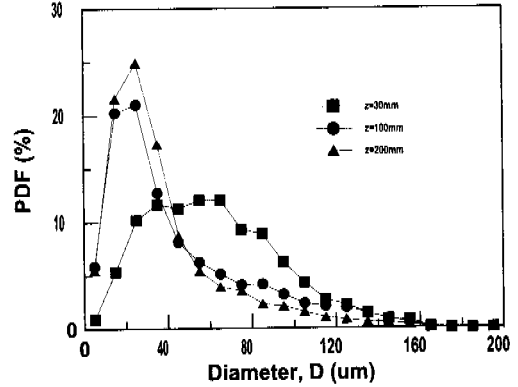


(b) Downstream

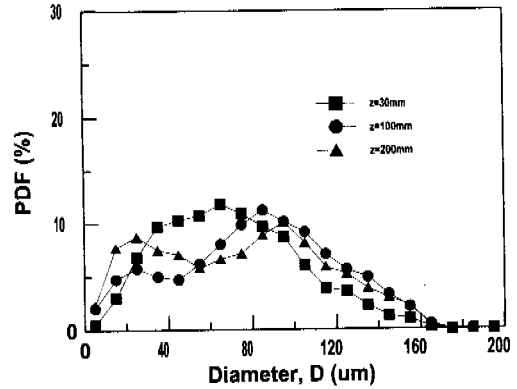
Fig. 7 Mean droplet size with radial distance

3.2.2 액적의 크기

Fig. 7은 분사압력과 선단거리에 따른 액적크기를 반경방향 거리에 따라 나타낸 것이다. 분사압력과 축방향 거리가 증가할수록 액적크기는 감소



(a) $r/R=0$



(b) $r/R=1$

Fig. 8 Probability density function distribution of droplet size ($P=0.5MPa$)

되었다. 분무외각으로 갈수록 액적크기가 증가하고 있지만 분무상류인 $z=30, 50, 70mm$ 에서는 분무 중심의 액적크기가 반경방향 거리가 약간 증가한 분무 주변부보다 크게 나타나고 있다. 이것은 액적들이 분무중심에서 빠른 속도로 낙하하기 때문에 주위 공기의 유입효과로 인해 분무중심으로 액적들이 유입되어 충돌에 의한 합체가 발생하기 때문으로 사료된다.

Fig. 8은 분사압력이 $0.5MPa$ 일 때, 선단거리와 반경방향(r/R)위치에 따라 액적들의 크기분포를 확률밀도함수(PDF, Probability Density Function)로 나타내고 있다. R 은 분무액적들이 도달한 반경방향 최대거리이고, r 은 분무액적들을 측정 한 반경방향 위치를 나타낸다. 분무중심($r/R=0$)에서는 분무외각($r/R=1$)에 비해 작은 액적들이 많이 분포하였다. 이것은 작은 액적은 큰 액적에 비해 반경방

향으로의 작은 운동량을 가지므로 분무외각까지 도달하지 못하기 때문이다. 또한 분무 하류로 갈수록 작은 액적들이 분포하는 비율이 증가하였다. 이것으로 분무하류로 갈수록 2차분열에 의한 미립화가 촉진되는 것으로 사료된다.

3.2.3 단일분무의 액적크기와 속도의 상관관계

Fig. 9는 분사압력이 0.5MPa일 때, 선단거리와 반경방향(r/R)에 따라 측정된 액적 크기와 축방향 속도의 상관관계를 나타내고 있다. 분무중심($r/R=0$)에서, 특히 분무의 상류에서는 액적의 크기와 속도가 다양함을 알 수 있다. 분무의 하류로 갈수록 액적속도는 감소하고 특정값을 가진 상대적으로 작은 액적이 집중되어 있다. 이러한 분포로 보아 분무하류로 갈수록 분무의 미립화가 촉진되며 주위공기의 저항 및 유입에 따라 액적속도는 감소하는 것을 알 수 있다. 분무외각

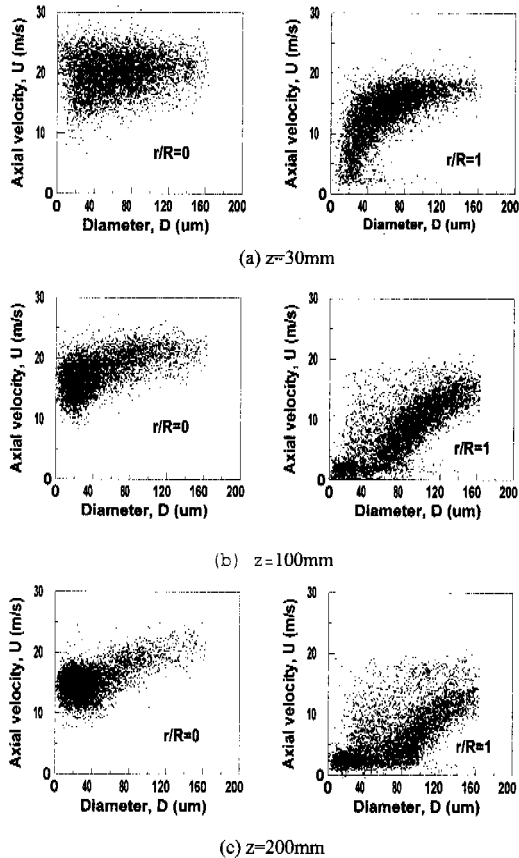


Fig. 9 Correlation of droplet size and axial velocity ($P=0.5MPa$)

($r/R=1$)에서는 액적의 크기와 속도는 분무중심에 비해 선형성을 가진다. 이것은 큰 액적들이 큰 모멘텀을 갖게 되어 큰 액적들의 속도가 작은 액적들의 속도보다 상대적으로 크게 나타나기 때문으로 사료된다.

3.3 이중분무의 액적 거동

3.3.1 액적의 속도

Fig. 10은 분사압력이 0.5MPa이고 노즐간의 거리가 각각 127mm, 155mm일 때, 선단거리에 따른 축방향 평균속도와 반경방향 평균속도를 반경방향 거리에 따라 나타내었다. 축방향 평균속도는 증첩영역 중심에서 반경방향으로 갈수록 약간 감소하다가 증가하였다. 반경방향 평균속도는 증첩영역 중심에서 거의 0의 값을 가진다. 이는 두 분무의 증첩영역에서 액적 충돌로 인한 방향성 상실로 반경방향으로의 운동량 손실이 크게 발생하기 때문이다.⁽⁷⁾

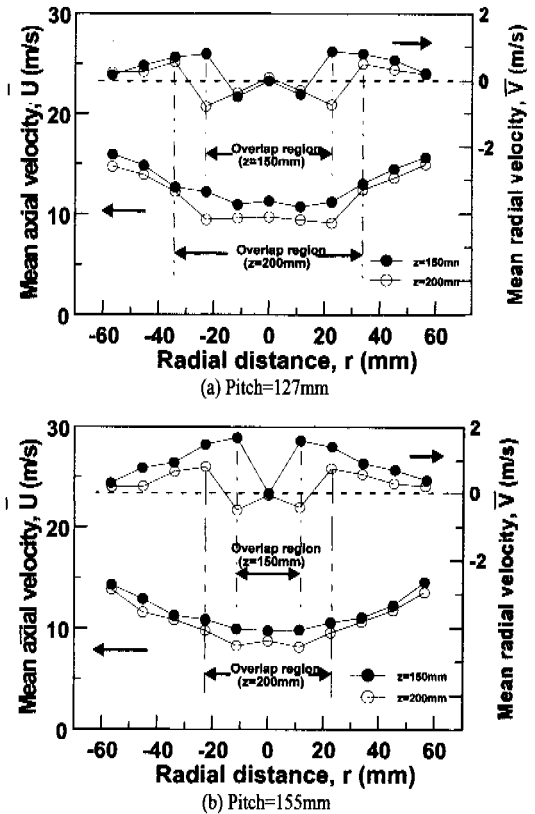


Fig. 10 Mean velocity distribution with radial distance ($P=0.5MPa$)

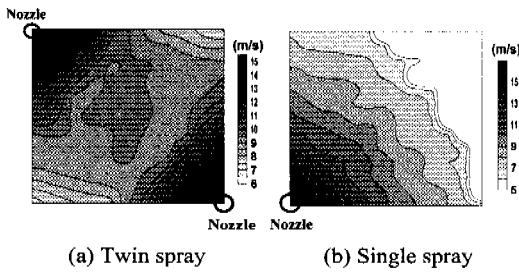


Fig. 11 Mean axial velocity distribution of twin and single spray ($z=150\text{mm}$, $P=0.5\text{MPa}$)

그리고 두 분부의 중첩 영역에서 충돌로 인한 불안정한 속도분포로 인해 액적의 파동성분이 증가하여 중첩효과가 적은 영역보다 반경방향 성분의 난류강도와 난류전단응력이 증가하는데 반해 축방향 성분의 난류강도는 거의 영향을 받지 않는 것으로 알려져 있다.⁽⁷⁾ 이로 인해 축방향 속도에 비해 반경방향 속도는 불안정하게 된다. 이같은 이유로 해서 Fig. 10에서 중첩영역에서의 축방향 속도는 일정한 속도로 유지되는 반면 반경 방향 속도는 중심부분과 중첩 외곽영역간의 속도 변화가 큼을 알 수 있다.

특히 중첩영역 중심에서는 액적들의 충돌로 인해 반경방향 운동량 손실로 대부분 액적들이 축방향으로 낙하하며, 중첩영역 경계로 갈수록 단일분부에 더 많은 영향을 받게 되고 중첩영역을 벗어나면 단일분부 원래의 특성을 나타내게 된다. 또한 축방향 평균속도가 중첩영역 중심에서 반경방향으로 갈수록 감소하다가 급격히 증가하는 위치와 반경방향 평균속도가 중첩영역 중심에서 반경방향으로 갈수록 첫 번째로 반전되는 위치가 일치하였다. 따라서 이 지점 근방이 두 분류가 교차되는 중첩영역의 경계로 예상되며, 이것은 축방향 거리가 동일한 단일분부에서 분무액적들이 도달한 반경방향 최대거리를 이용해 중첩영역의 폭을 계산한 결과와 거의 일치하였다. Fig. 11은 분사압력이 0.5MPa, 선단거리가 150mm, 노즐간의 거리가 127mm일 때의 이중분부의 축방향 평균속도 분포와 동일한 분사압력 및 선단거리에서의 단일분부의 축방향 평균속도 분포를 횡단면에 대해서 대표적으로 나타내고 있다. 단일 분부의 외곽에 비해 두 분류가 교차된 중첩영역에서의 속도 분포가 균일함을 확인할 수 있다.

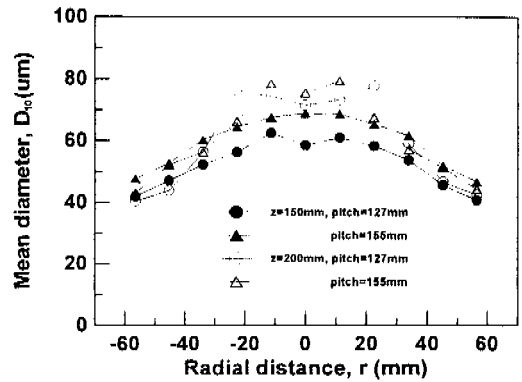


Fig. 12 Mean droplet size distribution with radial distance ($P=0.5\text{MPa}$)

3.3.2 이중분무의 액적크기

Fig. 12는 분사압력이 0.5MPa일 때 두 노즐 사이의 간격과 선단거리에 대해 반경방향에 따른 액적 크기의 변화를 나타낸다. 전반적으로 노즐 중심에서 중첩영역으로 갈수록 액적의 크기가 증대함을 알 수 있다. 특히 Fig. 7(b)와 비교할 때 중첩영역에서의 액적 입경은 선단거리가 멀수록, 두 노즐간의 간격이 클수록 단일 분부의 액적 보다 크게 형성됨을 알 수 있다. 그러나 선단거리 150mm, 노즐의 간격 127mm인 경우는 중첩영역에서의 입경이 단일분부의 경우보다 감소함을 나타내고 있다. 이는 선단거리와 노즐의 간격이 액적의 충돌로 인한 2차 분열과 합착 효과에 크게 영향을 미침을 의미한다.

즉 선단거리가 멀고, 노즐의 간격이 넓을수록 액적의 운동량 및 속도가 크게 감소하여 액적이 충돌후 합착될 가능성이 증대된다. 그러나 반대의 경우는 액적의 운동량 및 속도가 커기 때문에 충돌후 액적의 2차 분열이 유발될 확률이 현저히 높아져 평균 입경의 감소를 가져온다.

두 분류가 교차될 경우 입경의 단면에서 액적의 입경이 가장 큰 부분은 두 분류가 교차되는 경계영역에서 발생됨을 확인할 수 있다. 이는 단일 분부의 경우 분부 외곽의 액적이 가장 크며 분부 내부로 갈수록 입경이 작은 것과 충돌시 두 액적간의 상대속도와 연관지을 수 있다. 즉 두 분류의 교차시 중첩되는 경계 영역에서 한 분류의 외곽에 해당하는 큰 액적과 또 다른 분류의 내부에 해당하는 작은 액적이 만나게 되며, 이 경우 입경이 크게 다른 두 개의 액적이 낮은 상

대속도로 충돌하거나 스쳐서 충돌하는 경우 두 액적이 합착되어 이전보다 큰 액적과 아주 작은 액적으로 다시 분리된다.⁽⁴⁾ 따라서 전반적으로 액적의 입경이 증가하게 된다. 이에 반해 중첩영역 중심에서는 비슷한 크기의 액적들이 비교적 대칭적으로 충돌하는 경우로서 일단 합착 후 다시 3-4개의 액적으로 대칭 분리되는 반발형태의 분열⁽⁴⁾이 발생되기 때문에 중첩영역 경계보다 액적의 입경이 다소 작게 나타나고 있는 것으로 보인다. 그러나 중첩영역을 벗어난 영역에서는 단일분부에서 나타나는 액적의 입경 특성과 거의 일치하고 있다.

선단거리가 200mm일 경우가, 150mm인 경우보다 중첩영역의 액적 입경이 더 크게 나타나고 있다. 이는 단일분부에서 선단거리가 증가할수록 액적 입경이 감소한 결과와는 상반된 결과로서 분부하류로 갈수록 중첩영역에서의 액적들간의 충돌에 의한 합착이 발생 가능성이 높아졌기 때문으로 보인다. 즉 노즐에서 분출된 액적의 비행거리가 길어질수록 액적의 운동량은 감소하며 액적간의 상대속도 역시 감소하여 두 액적의 충돌시 충돌후 미세 액적으로의 분열보다는 부분합착 효과가 크게 작용하기 때문이다. 따라서 상대적으로 액적의 속도나 운동량이 감소한 선단거리 200mm의 경우 비록 충돌전의 액적 입경은 작을지 모르나 충돌후 액적의 합착하여 더 큰 입경을 형성한 것으로 분석된다. 이에 반해 150mm의 경우 두 액적간의 운동량과 상대속도가 큰 경우 2차 분열이 유발되어 전반적으로 단일 분부일때의 입경보다는 다소 작은 입경분포를 가진다. 이같은 현상 액적의 입경분포에 따른 확률 밀도 함수를 통해서 확인할 수 있다.

3.4 단일 및 이중분부의 액적분포 비교

Fig. 13은 분사압력이 0.5MPa이고 두 노즐간의 간격이 127mm일 때, 이중분부의 중첩영역 중심 위치와 동일한 위치에서 단일분부의 액적입경분포와 이중분부의 액적크기분포를 확률밀도함수로 비교한 것이다. z=150mm에서는 이중분부에서 액적 입경이 작은 범위에 분포하는 액적들의 비율이 높음으로 단일분부에 비해 액적 입경이 작다는 것을 알 수 있다. 이것은 이 부분에서의 충돌 효과는 액적의 운동량과 속도에 의해 2차 분열의 사실을 확인시켜주고 있다. 또한 z=200mm에서

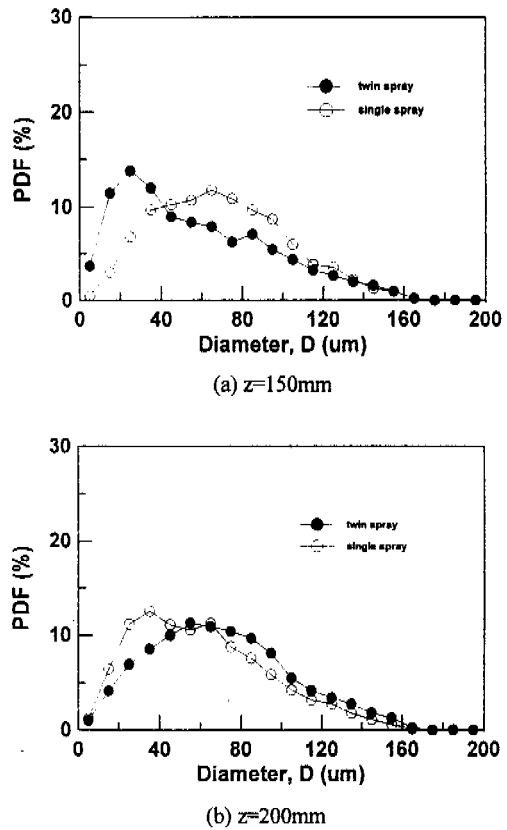


Fig. 13 Probability density function of droplet size distribution in single and twin spray. (P=0.5MPa, pitch=127mm)

는 작은 액적의 입경분포가 z=150mm의 결과와는 상이하게 큰 액적들의 비율이 크게 나타남을 확인할 수 있다. 이는 액적간의 합착이 발생함을 의미하는 것이다. 따라서 두 분부가 교차하는 경우 그 중첩영역에서의 액적의 거동은 분부 선단 거리와 두 노즐간의 간격만을 변화시킨 본 연구 결과 액적의 운동량에 밀접한 영향이 있으며 운동량의 영향으로 액적의 거동은 노즐의 선단에서 멀어질수록 2차 분열에 의한 입경 감소로부터 합착에 의한 입경 증대로 발전함을 보였다.

4. 결론

압력분사식 스웰 노즐에 대하여 단일 분부와 이중분부의 중첩영역에서의 액적 거동 특성 구명

하기 위하여 2D-PDA로서 액적의 속도 및 입경을 측정하여 비교 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 단일분무에서 액적의 크기는 축방향거리가 증가할수록 감소하였으며, 분무외각으로 갈수록 증가하였다.

(2) 분무의 교차시 임의의 선단거리 횡단면상에서 중첩영역의 축방향 속도는 거의 균일함을 보인 반면 반경방향 속도는 중첩 경계면에서 속도의 방향이 역전함을 보이고 중첩영역 중심에서 0이 되었다.

(3) 두 분류의 교차시 선단거리에 대한 임의의 단면상에서 액적의 최대 입경은 중첩영역면에서 형성되었다.

(4) 두 노즐의 간격이 가까울수록 중첩영역에서 임의의 단면에 대한 액적 입경이 감소하였다.

(5) 중첩 영역에서의 액적의 거동은 노즐의 선단에서 벌어질수록 2차 분열에 의한 입경 감소로부터 합착에 의한 입경 증대로 발전하였다.

참고문헌

(1) Lefebvre. Arther H, 1989, "Atomization and

Spray," Hemisphere publishing Co.

- (2) 정종수, 박찬범, 임경수, 1996, "이중분무의 중첩구조에 미치는 분무노즐의 영향," 액체미립화학회 학술강연회 논문집, pp. 179~186.
- (3) 김인구, 이상용, 1988, "두개의 와류분무 노즐로부터 분사되는 이중분무의 분무특성에 관한 실험적 연구," 대한기계학회 논문집, 제12권, 제2호, pp. 359~372.
- (4) Crosby, E.J., 1978, "Atomization Considerations in Spray Processing," *Proceedings. 1st ICLASS-78*, pp. 435~448.
- (5) Brenn, G. and Frohn, A. 1989, "Collision and Merging of Two Equal Droplets of Propanol," *Experiments in Fluid*, Vol. 7., pp. 441~446.
- (6) Chigier, N.A. and Chervinsky, A., 1967. "Experimental investigation of swirling vortex motion in jets," *Trans. ASME., J. Appl. Mech.*, pp. 443~451.
- (7) 조대진, 윤석주, 최태민, 1994, "이중분무 교차지역에서의 액적유동특성의 통계학적 분석에 관한 연구," 대한기계학회논문집, 제18권, 제3호, pp. 635~644.