

〈論 文〉

# LDV계측에 의한 동축노즐의 분무특성 연구

윤 석 주\* · 노 병 준\*\*

(1990년 5월 23일 접수)

A Study on the Spray Characteristics of a Coaxial Nozzle by LDV Measurement

Seok-Joo Yoon and Byung-Joon Rho

**Key Words:** LDV(레이저 유속계), Correlation Coefficient(상관계수), Coaxial Nozzle(동축노즐), Diffusion Model(확산모델), Two Phase Flow(이상유동)

### Abstract

For the purpose of the study on the spray characteristics of a coaxial nozzle, the measurement of the velocity and size of droplets, concentration, and the statistical correlation coefficient between the fluctuation of the velocity and that of the corresponding drop diameter have been carried out. Various method of simultaneous measurement of velocity and drop size have been developed from LDV techniques. The technique used here belongs to the method that supposed by Yule, Holve and Self. It has the advantages of making use of a standard LDV apparatus to which minor modifications have been brought, photomultiplier is equipped with a slit instead of a pinhole and observed the measuring volume at an angle of 90°. The voltage supplied by the photomultiplier has undergone an appropriate analog and digital processing. The experimental results give a good idea of the two phase flow organization and can be helpful to find a drop diffusion model when suitable data are input.

### 1. 서 론

고속으로 운동하는 기체의 운동에너지를 이용하여 액체를 미립화시키는 이상류 동축분사 노즐은 그의 미립화 특성때문에 널리 보급되어 농업용 분무기에서부터 각종버너, 내연기관의 연료분사노즐, 나아가서 첨단 과학의 집합체인 인공위성의 분사노즐에 이르기까지 많은 분야에서 사용되고 있다. 그렇지만 분사의 메카니즘이 매우 복잡하고 계측상의 어려움이 수반되기 때문에 현상자체의 충분한 규명 과 해석이 이루어지지 못하고 있는 실정이다.

그동안 많은 측정장치 및 방법이 개발되어 수많

은 문헌이 발표되었는데 특히 측정기술적인 면에서 광산란 이론에 근거를 둔 광학을 이용한 방법이 많이 소개되었다. Chigier<sup>(1)</sup>, Azzopardi<sup>(2)</sup> 등은 분무 입자의 입경측정에 대한 일반적인 내용과 함께 연소기에서 분무특성에 대한 연구를 수행하였다. 또한 Schulte<sup>(3)</sup>는 입경속도를 측정하고 이중노즐 촬영법과 레이저 유속계에 의한 결과를 비교하여 상호 보완적인 일관성이 있음을 입증하였다. Farmer<sup>(4,5)</sup>, Fristom<sup>(6)</sup> 등은 입경 측정방법으로써 Visibility를 사용하고 Holve<sup>(7,8)</sup>, Allano<sup>(9)</sup>, Ereat<sup>(10)</sup>, Mizutani<sup>(11)</sup> 등은 pedestal를 이용하는 방법을 제시하였다.

본 연구에서는 일반적인 레이저 유속계를 사용하여 광전 증폭관내에 핀홀 대신에 슬릿(slit)을 장치하고 광전증폭관을 측정영역에 90°가 되도록 설치

\*정회원, 전북대학교 공과대학 기계공학과

\*\*정회원, 전북대학교 공과대학 정밀기계학과

하여 in-situ calibration을 수행함으로써 분무의 입경과 속도를 동시에 계측할수 있다는 Yoon<sup>(12)</sup>의 결과를 이용하고 모든 입자들의 궤적은 동일한 확률을 갖는다는 Yule와 Holve, Self<sup>(7)</sup>의 가정을 기초로한 수학적인 Deconvolution에 의하여 계측방법에 발생하는 모순점을 해결하였다. 일반적으로 분무특성해석을 위해서는 분무를 지배하는 기하학적인 변수, 입경분포, 액적의 속도분포, 밀도분포, 입경과 속도의 상관계수, 입자의 증발율등이 규명되어야하는데 본 연구에서는 이상류 동축노즐을 제작하고 이의 분무특성을 해석하기위하여 액적의 속도분포, 입경분포, 입경과 속도의 상관계수, 수밀도분포 등을 계측하였다.

## 2. 계측방법의 원리

본 연구에서 실행된 계측방법의 원리는 Fig. 1에 나타나 있는데 도플러원리를 이용한 LDV에 의해 분무입자의 속도를 측정하고 동일한 입자의 크기를 결정하기 위해서 확산된 빛의 세기를 측정하는 두 측정기술을 동시에 연결하도록 하는 장치의 개발에 의한 실험적인 배치에 기초를 두고 있다. 즉 일반적인 LDV의 구성장치에 약간의 수정을 가하여 이론적인 근거를 통하여 광전 증폭관에서의 애널로그 신호의 인텐시티에 대한 해석을 간략화하여(큰 구형입자에 응용된 Mie이론) 이를 액체입자의 입경 측정에 도입할 수 있는 응용범위를 확장시켰다.

입경과 속도의 측정은 Yule, Chigier와 Holve, Self의 측정방법과 이론에 근거를 두고 있으며 Eckel<sup>(13)</sup>과 Yoon<sup>(12)</sup>에 의해 발표된 Fig. 2와 같이

분무에 수직인 방향으로 이송되는 이송장치에 일반적인 레이저 유속계를 설치하고 두 레이저 광선이 교차되어 형성되는 평면(측정영역)에 수직하도록 광전증폭관을 위치시키며 핀홀 대신 프린지 평면에 수직하도록 슬릿을 설치하였다. 이와 같은 조건하에서 입자에 의해 산란되는 광의 세기는 그 입자의 직경과 측정영역에서의 한 좌표축의 함수가 된다. 한 입자가 측정영역을 통과할때 발생하는 burst signal에서 도플러 신호와 pedestal 신호를 구분하여 각각 처리하였다. 이 두 신호가 유효하면 도플러 주파수에서 직접 입자들의 속도를 얻을수 있으며 pedestal 높이  $I$ 를 측정함으로써 입자직경  $d$ 를 계산할 수 있다.  $I$ 와  $d$  그리고 입자가 측정영역을 통과하는 위치와의 함수관계는 Fig. 3에 나타난 바와 같이 입경을 이미 알고있는 선택된 유리입자에 의한 in-situ calibration을 수행함으로써 얻어졌다. 이 결과 다음과 같은 함수식을 얻을 수가 있다(참고문헌 12,13 참조).

$$I(x, d) = k d^{1.62} \exp\{-0.4 (x/ox)^2\}$$

본 연구에서는 이 함수식을 geometrical optics 이론을 근거로 굴절률을 알고 있는 액체 입자의 입경 측정에 도입하였다. 이 결과 증류수를 사용했을 때 동일직경의 유리입자에의해 1/3의 빛을 환산시킴을 알 수 있었다. 앞에서 언급한 입경과 속도 측정방법에 의하여 평균입경과 RMS, 평균속도의 RMS를 측정할 수가 있는데 이 측정결과를 이용하여 입경의 난류성분  $d'$ 과 속도의 난류성분  $v'$  사이의 통계학적인 상관계수를 구할수있다. 본 연구에서는 통계학적인 covariance의 정의에 기초를 두

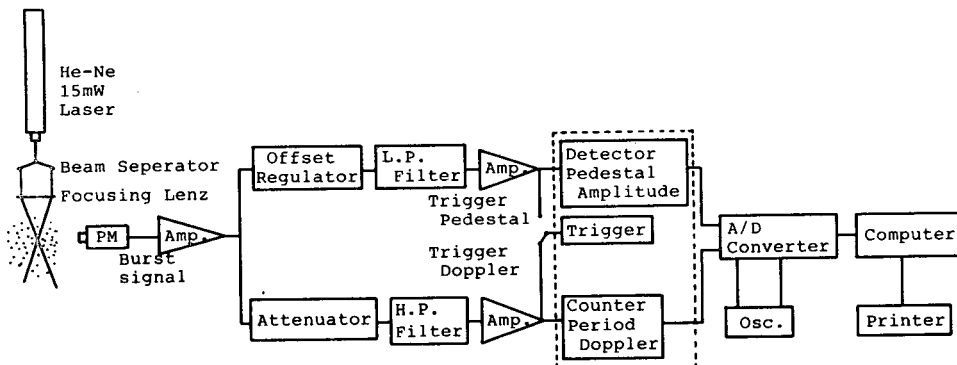


Fig. 1 Principle of the measuring method

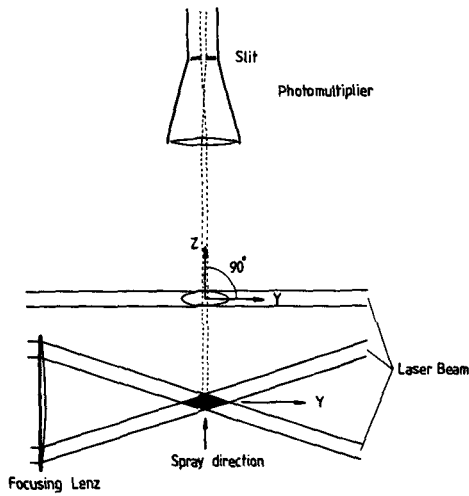


Fig. 2 Geometry of the measuring volume

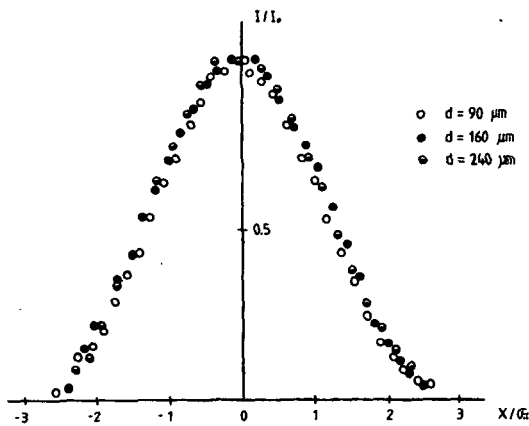


Fig. 3 In-situ calibration results

고 상관계수를 다음과 같이 정의하였다.

$$R(d', v') = \overline{d'v'} / (\sqrt{\overline{d'^2}} \sqrt{\overline{v'^2}})$$

평균밀도분포 측정을 위해서 사용된 방법은 Becke, Hottel, Williams<sup>(15)</sup>와 Huilier<sup>(16)</sup>에 의해 연구된 방법으로 레이저 유속계의 측정영역을 통과하는 입자들에 의해 산란된 광의 세기를 측정하는 것이다. 즉 레이저 유속계의 광전증폭관에서의 발생된 pedestal의 전압은 측정영역을 통과하는 입자들의 local concentration과 비례관계가 있다. 이것은 동일한 실험조건에서 Eckel<sup>(13)</sup>에 의해 확인되었다.

### 3. 실험장치 및 방법

Fig. 4는 본 연구를 위해 사용된 이상류 동축분사 노즐의 제원을 나타내는데  $\phi 10$ 인 스테인리스관을 액주를 미립화시키기 위해 2차 공기의 통로로 사용하고 이 관의 중심부에  $\phi 0.2$ 인 스테인리스관을 위치시켜 2중으로 증류된 증류수가 액주형태로 분출되도록 하였다. 노즐의 끝부분은 액주의 형상을 점검하고 가공편의를 위하여 아크릴을 사용하고 최종 출구단면이  $\phi 1.0$ 이 되도록 하였으며 분사노즐에 공급되는 공기량과 증류수의 양을 측정하기 위하여 마이크로 유량계(GILMONT F1200, F1400)를 각각 사용하여 정확성을 기하였다. 분무 입자의 속도와 입경을 측정하기 위하여 광원이 15 mW, He-Ne 레이저인 LDV(DANTEC)를 사용하였으며 광전증폭관에 핀홀 대신에  $500\mu\text{m}$ 의 슬릿을 설치하였다.

광전증폭관의 burst signal에서 속도성분인 고주파 성분(도플러 신호)과 입경 성분인 저주파 성분(pedestal신호)을 각각 얻기 위하여 2개의 동일한 signal conditioner(DISA 55D26)를 사용하였으며 도플러 신호의 S/N비를 증가 시키기 위하여 signal conditioner 입구에 attenuator를 설치하였다. 입경과 속도의 상관관계수를 측정할 목적으로 위의 두 파형을 동시에 처리하는 애널로그 유닛을 제작하였는데 Fig. 5에 있는 바와같이 샘플링된 한 입자에 대하여 이 유닛은 입자의 속도에 역비례하는 전압과 pedestal 신호의 amplitude에 비례하는 전압을 발생하여 sample and hold device에 보관하며 이 데이터가 유효하면 validation pulse에 의해 trigger된 two channel trigger에 의해 digit화된 다. 이 자료는 이 유닛에 연결된 two channel analyser biomation(GOULD 8100)에 저장되고 1024개의 유효한 자료가 획득되면 HP 217 마이크로컴퓨터에 전달되어 프로그램에 의해 최종결과를

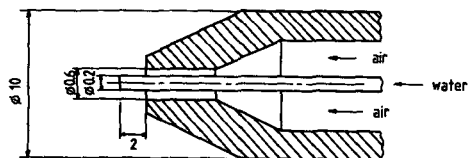


Fig. 4 Geometry of the coaxial nozzle

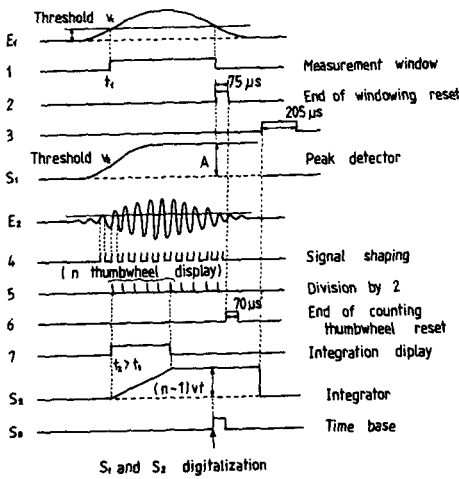


Fig. 5 Analog processing

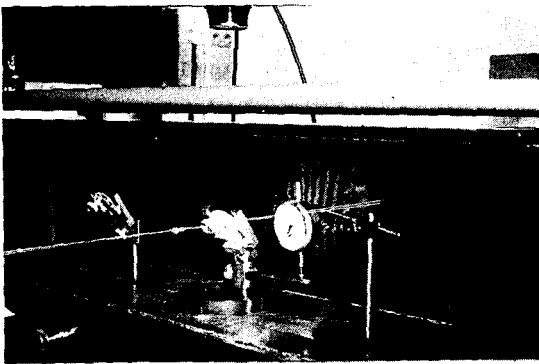


Fig. 6 In-situ calibration system

얻을 수가 있다. 샘플링수에 따라 이와같은 동작이 여러번 반복된다.

그리고 in-situ calibration을 위해 Fig. 6과 같은 장치를 제작하였는데 사용된 유리입자는  $80\mu\text{m} \sim 300\mu\text{m}$  정도이며 입자의 표면상태와 구형여부, 정확한 직경의 측정을 위하여  $5\mu\text{m}$ 의 측정오차를 가진 현미경을 사용하였으며 측정점의 이송과 유리 입자에 의한 레이저광의 산란을 인위적으로 만들기 위하여 일정한 속도로 왕복 운동하는 기능을 가진 마이크로 이송장치를 사용하였다. 유체의 공급계통은 Fig. 7과 같으며 사용된 유체는  $20^\circ\text{C}$ 의 공기와  $15^\circ\text{C}$  상태의 증류수로써 공급유량은 2개의 마이크로유량계 (GILMONT, F1200, F11400)를 사용하여  $50\mu\text{m} \sim 100\mu\text{m}$  정도의 분무입자가 생성될 수 있도록  $Q_{air} = 65\text{ml/s}$ ,  $Q_{water} = 0.4\text{ml/s}$ 로 하였다. 또한

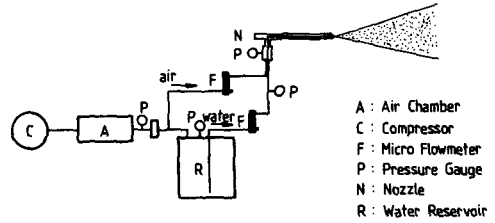


Fig. 7 Schematic diagram of the experimental set-up

외부공기의 온도를  $20^\circ\text{C}$ 로 유지하기 위하여 항온항습장치를 사용하였고 공급계통의 안정성을 최대한 유지하도록 하였으며 사진촬영을 통하여 확인하였다. 분무의 발달과정을 살펴기 위하여 cinematography를 사용하고 미립화가 충분히 이루어진  $X=13\text{cm}$ 에서부터 분무축 방향으로  $X=23\text{cm}$ ,  $X=33\text{cm}$ 까지 측정하였다.  $X=33\text{cm}$ 이후 부터는 분무 입자의 수밀도가 현저히 감소되고 전분무 단면에서 입경과 액적의 속도가 비교적 균일하여 생략하였다.

#### 4. 실험결과 및 고찰

본 실험실에서 제작한 동축 분사 노즐의 분무 특성을 파악하기 위해 위에서 언급한 실험장치와 방법을 이용하여 노즐로부터 축방향으로  $X=13\text{cm}$ ,  $23\text{cm}$ ,  $33\text{cm}$ 에서 반경 방향으로 각각 평균밀도분포를 측정 하였다.

##### 4.1 분무 입자의 평균 속도 분포

Fig. 8은  $X=13\text{cm}$ ,  $23\text{cm}$ ,  $33\text{cm}$ 에서 액적의 평균속도분포와 상대 표준편차분포를 나타낸 것이다. 평균속도분포 곡선은 분무중심부에서 입자속도가 빠르고 외측부로 갈수록 느려지는 일반적인 분포양상을 보이며 비교적 분사 노즐에 근접한  $X=13\text{cm}$ 에서 분무 중심부와 외측부간의 심한 속도구배차를 볼 수 있는데 이는 일반적으로 동축분사노즐에서 나타나는 1차 분무영역과 2차 분무영역의 존재 영향으로 분무중심부는 1차 분무영역이고 외측부로 갈수록 2차 분무영역으로 발전되어 가는 경향이리라 생각된다.

$X=23\text{cm}$ ,  $33\text{cm}$ 에서는 분사 노즐에서 더욱 멀어짐에 따라 1차 분무의 영역이 급격히 감소되어  $X=13\text{cm}$ 에서처럼 발달된 분무 중심부의 영향이

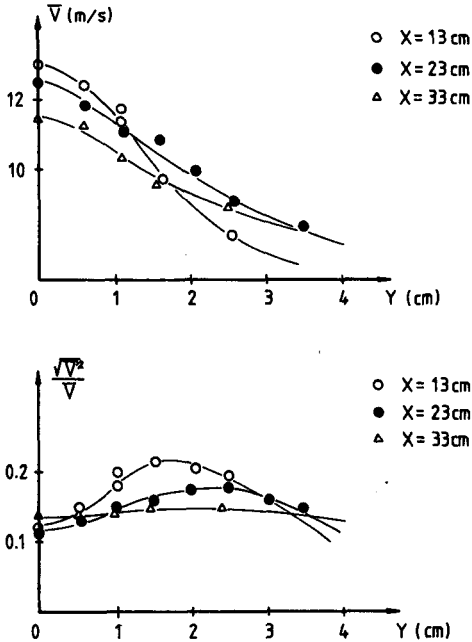


Fig. 8 Distributions of the mean velocity and its relative standard deviation

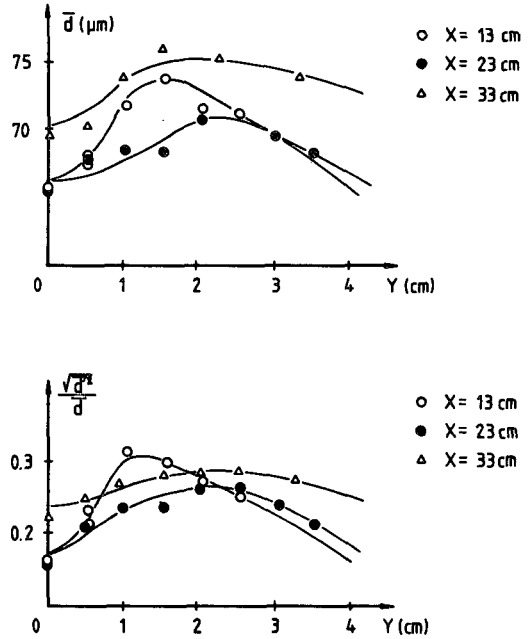


Fig. 9 Distributions of the mean drop size and its relative standard deviation

점차 사라져 분무의 폭은 넓어지고 속도구배는 점차 작아지며 분포곡선은 평평해진다. 상대표준편차 분포는 분무중심부에서 비교적 작은 요동이 있지만 속도분포곡선의 변곡부근에서 높은 요동이 있음을 보이고 있다. 이는 일반자유 제트에서 나타나는 현상과 유사한 것이다.

4.2 분무의 평균입경 분포

Fig. 9는 노즐의 하류방향으로 이동하면서 X=1 cm, 23cm, 33cm, 에서 평균입경 분포와 상대표준편차분포를 나타낸 것이다. 분무의 중심부에서는 평균입경이 비교적 작지만 외측부로 이동함에 따라 평균입경은 증가하다가 감소하는 경향을 보이며 평균속도 분포 곡선의 변곡부근 즉 1차분무와 2차분무가 서로 인접하는 영역에서 구배가 급변한다는 것을 알 수 있다. 이 현상은 하류로 이동하면서 현저하지 않게 되는데 이것은 1차 분무의 세력이 약화되면서 전 분무단면에서 평균입경이 균일해짐을 나타내는 것이다.

표준편차 분포에서 역시 같은 현상으로 분무의 중심부에서는 fluctuation이 비교적 작지만 외측부로 이동하면서 증가하다가 감소하는 경향을 볼 수

있으며 X=13cm에서는 분사노즐에 근접해있기 때문에 fluctuation의 급격한 변화를 보이며 X=23 cm, 33cm에서는 충분히 발달된 분무영역이기 때문에 비교적 fluctuation의 변화가 완만함을 알 수 있다.

4.3 입경-속도의 상관계수

Fig. 10은 상관계수분포를 나타내는데 일반적으로 측정된 계수값은 최대값이 5%정도로 아주 작게

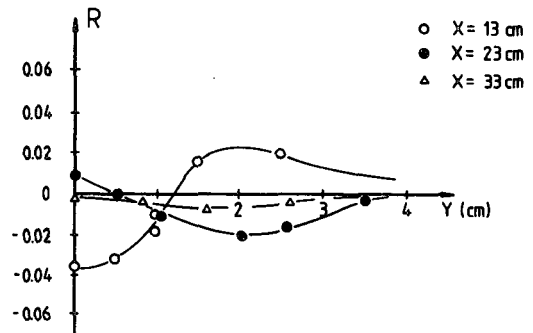


Fig.10 Distribution of the statistical correlation coefficient of the drop size and velocity

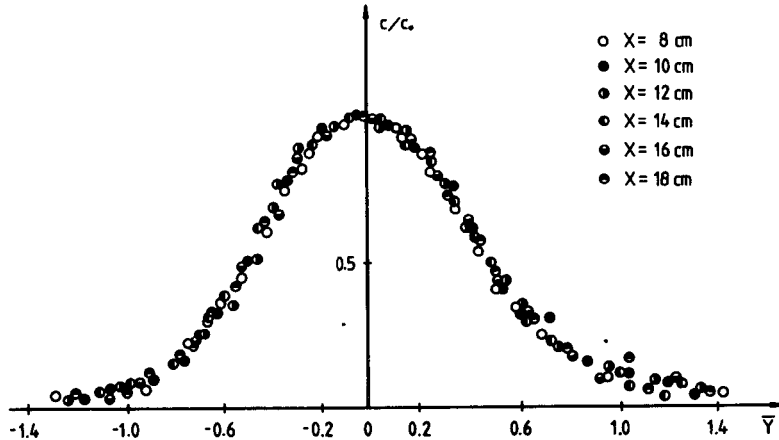


Fig.11 Distribution of the mean concentration

나타났다. 분포경향을 살펴보면 양의 covariance d'V'은 평균적으로 큰 입자는 모든입자들의 평균속도보다 빠르게 운동함을 의미하며 음의 covariance는 위와 반대로 큰 입자가 모든입자의 평균속도보다 느리게 운동함을 의미함으로  $X=13\text{cm}$ 에서는 분무중심부에서 작은 입자들이 큰입자들 보다 빠르게 운동하며 분무 중간부에서는 이와 반대로 큰입자들이 더욱 빠르게 운동한다는 것을 알수 있다. 다시 말하면 분무 중심부에서는 작은 입자들이 먼저 도착하여 큰 입자들 보다 많은 수가 존재하며 분무 중간부에서는 큰입자들이 먼저 도착하여 작은 입자들 수보다 많이 분포하게 된다. 더욱 하류로 이동하여  $X=23\text{cm}$ 에서는 상관계수 값이 감소하며 위와 반대 현상이 발생하여 분무 중심부에서 양의 상관계수 값으로 큰입자들이 작은 입자들보다 빠르게 운동하며 분무중간부에서는 작은 입자들이 큰입자들 보다 빠르게 운동하고 있다.  $X=33\text{cm}$ 에서는 상관계수값은 더욱 감소하여 0에 근접하게 되고 분무의 전구간에서 비교적 균일한 분포를 보여 모든 입자들이 거의 근사한 속도로 운동하며 입경분포는 균일하게 됨을 알 수 있다.

이 현상을 규명하기에 충분치 않지만 미립화 되는 초기 조건들의 영향이 존재하는 곳, 즉 미립화용 압축공기의 영향을 받는 곳까지는 작은 입자들이 빠르게 운동하지만 이 영역을 벗어난 더욱 하류에서는 입자들의 밀도가 감소하고 외부공기와 입자 주위의 난류 영향으로 작은 입자들은 고유의 운동량을 쉽게 잃어 버리는 반면 큰 입자들은 상대적으로

로 적게 잃어버려 역현상이 발생된다고 본다.

#### 4.4 평균 밀도 분포

분사노즐의 하류방향으로  $X$ 에 대하여 분무의 가로방향  $Y$ 로 상대밀도분포를 측정하여 Fig. 11에 나타내었다. 각 단면에서 세로축은  $Y=0$ 에서 측정한 최대값으로 나눈값이며 가로축은 분무축으로부터 반경방향의 거리를 밀도가 최대값의 반에 해당하는 지점의 폭  $\Delta lc$ 로 나눈 값으로 나타내었다. 전영역에서의 분포는 Gaussian 분포를 하고 있는데 이것은 측정구간에서 분무가 점근적으로 분무원점으로부터 멀리 발달된 분무 제트와 같은 형태로 발달해 간다는 사실을 입증하는 것이다.

Fig. 12는 분무축방향  $X$ 의 함수로  $\Delta lc$  값을 측정 도시한 것이다.  $X^{1/2}$ 에 대하여 분무반폭의 변화  $\Delta lc$ 는 선형적으로 변화함을 알 수가 있다.

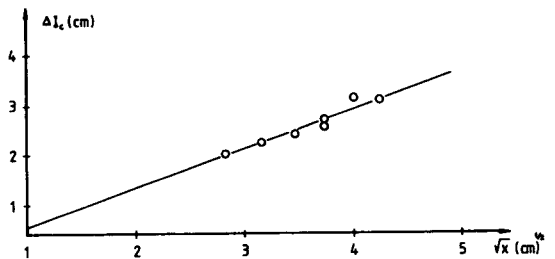


Fig.12 Streamwise evolution of spray width

수 있었다.

## 5. 결 론

본 연구를 통하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 분사노즐 출구로부터 하류방향으로  $X=13$  cm, 23cm, 33cm에서 분무입자의 평균속도와 표준편차분포를 측정된 결과 하류로 갈수록 분무 폭은 넓어지고 속도구배는 점차 작아지며 평평해져가는 경향을 보임으로써 일반적인 분무형태와 유사함을 알 수 있었다. 이점에 대해서는 기체상과 액상의 상호관계와 분무입자의 궤적에 대한 더 많은 연구가 수행되어야 한다.

(2) 분무의 평균입경 분포는 분무 중심부에서 평균입경이 작지만 외측부로 이동하면서 최대값에 도달하고 다시 감소하는 경향을 보였다. 그리고  $X=13$ cm에서는 분사노즐에 근접해 있기때문에 1차 분무의 경향이 강하게 나타나지만  $X=33$ cm에서는 1차 분무의 세력이 약화되면서 전 분무단면에서 평균입경이 균일해지고 요동의 변화는 완만해짐을 알 수 있었다.

(3) 분무입경과 속도의 상관계수는 측정된 값이 약 5%정도의 비교적 작은 편이지만 부호의 변화에 따른 경향을 파악해 볼때 분무특성 해석에 대한 타당성이 있음을 알 수 있었는데 본 연구결과로는 아직 미흡하고 더 많은 연구와 자료수집이 수행되어야 한다.

양의 covariance는 평균적으로 큰 직경의 입자가 모든입자들의 평균속도 보다 빠르게 운동함을 의미하며 음의 covariance는 이와 반대로 큰 직경의 입자가 평균속도보다 느리게 운동함을 의미한다. 따라서  $X=13$ cm에서는 분무중심부에서 작은 입경의 입자들이 빠르게 확산되며 분무 중간부에서는 큰 입경들의 입자들이 빠르게 운동하고  $X=23$ cm에서는 반대로 분무 중심부에서 큰 입경의 입자들이 빠르게 운동되며 분무 중간부에서는 작은 입경의 입자들이 빠르게 운동한다.  $X=33$ cm에서는 상관계수의 값이 거의 0에 접근하고 분무의 전단면에서 균일한 분포를 보인다.

(4) 분사노즐의 하류방향으로 여러 지점에서 수밀도분포를 측정하였다. 전 영역에서 Gaussian 분포를 보이고 있는데 이것은 분무가 점진적으로 분무의 원점에서 멀리 발달된 분무 제트와 같은 형태로 발달해감을 보여주는 것이다. 또한 분무의 단면 폭은 분무축방향에 대하여 선형적으로 변화함을 알

## 후 기

본 연구는 1989년도 한국과학재단 기초 연구비 (과제번호 891-0903-033-1) 지원에 의한 결과로서 이에 감사의 뜻을 포함합니다.

## 참 고 문 헌

- (1) Chigier, N. A., 1983, "Drop, Size and Velocity Instrumentation", *Prog. Energy Combust. Sci.*, Vol. 9, pp. 155~177.
- (2) Azzopardi, B. J., 1979, "Measurement of Drop Sizes", *Int. J. Heat Mass Transfer*, Vol. 22, pp. 1245~1279.
- (3) Schulte, G., 1985, "Concerning the problems in Comparing of Drop Number Distributions Obtained by Spatial and Temporal Methods", *Pro. of ICLASS-85*.
- (4) Farmer, W. M., 1972, "Measurement of Particle Size, Number Density, and Velocity Using a Laser Interferometer", *Appl. Optics*, Vol. 11, pp. 2603~2618.
- (5) Farmer, W. M., 1974, "Observation of Large Particles with a Laser Interferometer", *Appl. Optics*, Vol. 13, pp. 610~624.
- (6) Fristom, R. M., et al., 1973, "Particle Sizing by Interference Fringes and Signal Coherence in Doppler Velocimetry", *Faraday Sym. Chem. Soc.*, Vol. 7, pp. 183~192.
- (7) Holve, D., Self, S., 1979, "Optical Particle Sizing for In-situ Measurements", *Appl. Optics*, Vol. 18, No. 10.
- (8) Holve, D., 1980, "In-situ Optical Particle Sizing Technique", *J. Energy*, Vol. 4, No. 4, pp. 176~183.
- (9) Allano, D., et al., 1984, "Droplet Sizing Using a Top-Hat Laser Beam Technique", *J. Phys.*, Vol. 17, pp. 43~58.
- (10) Ereat, E. R. et al., 1982, "Measurement of Drop Size and Velocity in Vaporizing Sprays", *Proc. of ICLASS-82*.
- (11) Mizutani, Y. et al., 1982, "Doppler-Mie Combination Technique for Determination of Size-Velocity Correlation of Spray Droplets", *Comb.*

- and Flame, Vol. 44, pp. 85~95.
- (12) Yoon, S. J., 1987, "A Study of the Method for Measuring the Local Size Distribution of Spherical Particles", KSME, Vol. 1, No. 2, pp. 140~146.
- (13) Eckel, A., 1983, "Contribution au Developement de Methodes de Measure Simultanée des dimensions, des vitesses et des concentrations de Particules dans les écoulements diphasiques", These de Docteur Ingenieur, Université Louis Pasteur, STRASBOURG, FRANCE.
- (14) Brossmann, R., 1966, "Die Lichtstreuung an Kleinen Teilchen als Grundlage einer teilchengrößenbestimmung", Diss. Technische Hochschule, Karlsruhe.
- (15) Becker, H. A. et al., 1967, "The Nozzle-Fluid Concentration Field of the Round", Turbulent, Free Jet, J. of Fluid Mechanics, Vol. 3, Part 2, pp. 285~303.
- (16) Huilier, D., 1983, "Contribution à l'étude de la Diffusion d'un Aerosol Dans un Turbulent de Grille", These de Doctorat de 3ème Cycle, Université Louis Pasteur, STRASBOURG, FRANCE.